

平成 15 年度国土総合開発事業調整費

森・川・海をつながり重視した
豊かな漁場海域環境創出方策検討調査報告書

平成 16 年 3 月

水産庁漁港漁場整備部
林野庁森林整備部
国土交通省河川局

【 目 次 】

< 要約編 >

- 1 . 調査の目的 (1)
- 2 . 調査の内容 (1)
- 3 . 調査の結果 (2)

< 本 編 >

序章	
1 . 事業の目的	
2 . 事業の内容	
第1章 森・川・海をつなぐに関する知見の整理	1
1 . 既往文献調査	2
2 . 研究者への聞き取り調査	101
3 . アンケート調査	121
第2章 森・川・海のあるべき姿の検討	131
1 . 本調査における「良好で豊かな漁場海域環境」の姿	132
2 . 森・川・海全体を通したつなぐに係る知見等の再整理	133
3 . 森・川・海の役割・機能、つなぐに関する論点の整理	148
第3章 モデル地域における実態調査	153
1 . 概要	154
2 . モデル地域の抽出	156
3 . モデル地域の状況	159
4 . 現地調査	225
第4章 総合考察	353
1 . 森・川・海の役割・機能、つなぐに係る総合考察	354
2 . 今後の検討課題等	366
第5章 今後の事業展開に向けて	367
1 . 整備の方向性の検討	368
2 . 整備方策の具体的検討	376
委員会の開催	378
< フォローアップ計画書 >	398

森・川・海のつながりを重視した
豊かな漁場海域環境創出方策検討調査

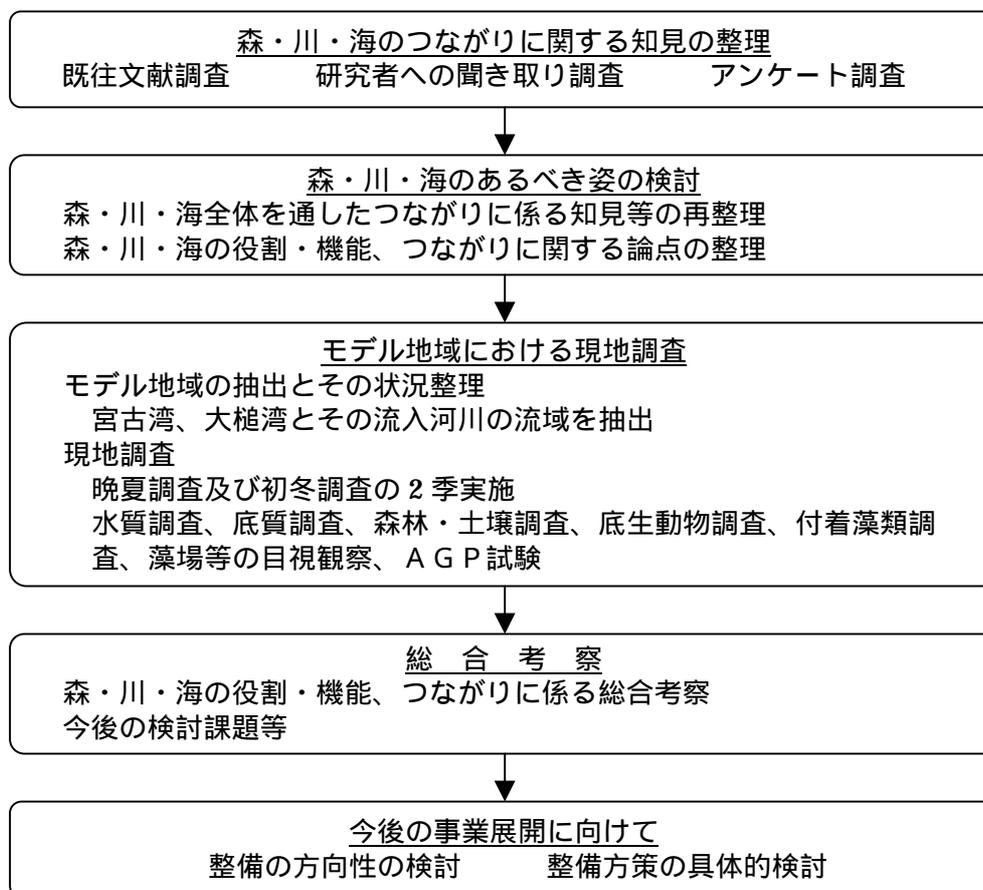
要 約 編

1. 調査の目的

本調査は各種公共事業や NPO、漁業者による環境活動等を実施するにあたって、森・川・海のつながりを重視して連携する方策について検討し、これらの視点から漁場海域の健全な生態系の維持・構築のための基本方針を策定することを目的とした。

2. 調査の内容

調査の内容は以下に示すフローのとおりである。なお、本調査においては「森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場海域環境創出方策検討委員会」を設置し、委員会からの指導・助言等のもと、調査を実施した。



3. 調査の結果

(1) 総合考察

論点1：森林・河川から供給された栄養塩類は、海域の生産に寄与しているか？

モデル地域における現地調査により、森林から窒素、リンが低濃度ながら流出していること、その後、河川流下に伴い主に人為起源による高濃度・高負荷の窒素が新たに流入していること、一方、河川の流下に伴うリン濃度の変化はほとんど無いことが明らかになった。今後人為起源からの流出形態やその量等を明らかにし、今回得られた森林からの流出量との関係についても検証が必要と考えられる。

海域における窒素及びリン濃度については、河口域が最も高く、湾口に向かって減少していること、いずれの地点でも有機態の窒素、リンの占める割合が高いこと、クロロフィル a 濃度が高く、植物プランクトンの増殖等が確認されていることから、河川から河口域に供給された栄養塩類が海域の生産に寄与しており、特に河口域の存在が海域の生産に重要な役割を果たしていることが推察された。

珪酸濃度については、森林・河川で高い濃度を示し、海域流入後、濃度が低下する傾向がみられた。これは主に海域で珪藻類に摂取されたことに起因しているものと考えられ、森林・河川から供給された珪酸が海域の生産に寄与していることが示唆された。

論点2：森林・河川から供給された微量元素類は、海域の生産に寄与しているか？

モデル地域における現地調査では、森林域の岩石等から各種微量元素類の流出が認められ、河川を通じた海域への供給が明らかとなった。しかし、森林からの供給メカニズムや河川での流下形態等及びその定量的な評価は明らかにできなかった。

濃度測定を実施した各種微量元素類のうち、マンガン、コバルト、鉄については、森林や河川では、それぞれの元素ごとにほぼ同レベルの濃度であったが、河口域流入後、表層・底層とも懸濁態の濃度が大幅に上昇し、湾口に向けて濃度が徐々に低下する傾向がみられた。文献資料等から判断し、これは河口域においてこれらの微量元素類を植物プランクトンが生体内に取り込み蓄積していることや、コロイド状に沈降・堆積していた微量元素類が河口域特有の巻き上がり等で海中に浮遊していること、また、このような物質の挙動をもたらす河口域の存在が海域の生産に大きく関与していることが推察された。

上記以外の微量元素類については溪流、河川、海域間で顕著な差異は認められず、これら元素類の海域の生産性への影響を判断するデータは得られなかった。フルボ酸鉄については、分析精度等の問題もあったが、全般的に低濃度であったため、今回の調査では定量的な知見は得られなかった。

論点3：森林・河川から供給された有機物は、海域の生産に寄与しているか？

文献調査及び現地調査等により、森林が供給した落ち葉等の有機物を餌として溪流・河川には多様な底生動物が生息していることが明らかになった。また、落ち葉の供給が多かったと想定される初冬調査時に、晩夏調査時よりも破砕食者や捕食者の種類数・個体数が増加する傾向が認められたことなどから、落ち葉等の供給にあわせて溪流・河川の底生動物相が変化した可能性が推察された。しかしながら、樹種毎の落葉の違いがどの程度底生生物に影響

を及ぼしているかなど、未解明な部分も多く、今後研究成果の蓄積が必要とされる分野である。

落ち葉等の多かった初冬調査においては、河川での固形物質濃度は流下に伴い低下し、粒径 2mm 未満の固形物質濃度の割合が増加していることから、有機物の細粒化・溶存化の可能性が示唆されたが、一方で有機炭素濃度も低下しており、河床への沈降や底生動物による摂食の可能性も考えられ、明瞭な結果は得られなかった。

海域では、晩夏調査の津軽石川河口の懸濁態有機炭素濃度は沖合の地点よりも高く、河川から懸濁有機物が供給されたこと又は植物プランクトンが増殖したこと等の可能性が考えられた。しかしながら、河川の有機炭素濃度は低く、また、多くの割合で有機炭素のうち溶存態が占めていることから、河川以外の起源の可能性も否定できない。

論点 4：森林・河川から流出する水量が安定することは、健全な海域生態系の維持に寄与しているか？

既往知見によると、森林や河川による水量の安定化機能の発揮は、健全な海域生態系の維持に寄与しているとの指摘があるが、今回の現地調査では融雪や洪水時等の流量等の連続観測や、このようなイベント時における海域生物の生息状況調査等を実施していない。今後、これらの機能に着目した調査を実施し、知見を蓄積していくことが必要である。

論点 5：森林による土砂流出防止機能は濁りの発生を抑制し、健全な海域生態系の維持に寄与しているか？また流域からの土砂の適度な供給は健全な海域生態系の維持に寄与しているか？

既往知見によると、森林による濁りの発生の抑制や流域からの適度な土砂供給は、健全な海域生態系の維持に寄与しているとの指摘があるが、今回の現地調査では融雪時や洪水時等の濁度等の連続観測、土砂供給量の把握、河床や海底地形の変化状況調査、海域生物の生息状況調査等を実施していない。今後、これらの機能に着目した調査を実施し、知見を蓄積していくことが必要である。

論点 6：森林・河川生態系が適切に維持されることは、海域の生産に寄与しているか？

文献調査等によると、森林は日射の遮断等によりイワナ、ヤマメをはじめとする溪流における魚類の生息環境の維持に貢献していること、また、溪流や河川における落ち葉等の供給も、水生昆虫等の餌の供給に貢献しているとされている。しかしながら森林整備や林種・林齢の違いによる生物相の違いや溪畔林・河畔林による落ち葉等の供給機能と海域生態系との関係については不明な部分が多く、今後、研究成果を蓄積していくことが必要である。

論点 7：動植物の存在や水産資源の収穫は、海域の生産に寄与しているか？

モデル地域における現地調査では、回遊魚等の生息場・産卵場としての調査・評価は実施しておらず、これら回遊魚等をはじめとする動植物の生息と海域の生産との関係について定量的な評価はできていない。さらには、回遊魚等をはじめとする動植物や沿岸漁業による物質循環量等の評価や、これによる海域生産への寄与程度も明らかとなっていないことから、今後、定量的な知見を蓄積していく必要がある。

(2) 今後の検討課題

森・川・海につながりに係る調査の充実

今回の調査では、モデル地域において現地調査を2季実施し、既往知見と照らし合わせる等によりその解析を行ってきたが、その解析手法が確立されていないこと、人為起源からの流出形態やその量等が明らかになっていないなど、各物質の挙動等には複数の影響要因が複雑に関係していること等を理由として、森・川・海につながりを十分に解明できたとはいえない。また、出水時や融雪時における調査や年間を通じた調査の必要性も示唆されており、基礎調査やモニタリング調査の充実によるデータの蓄積が求められている。今後、既往知見の集約と合わせて、森・川・海につながりの視点に立って調査を継続していくとともに、調査内容の充実を図った上でのデータの蓄積が重要となっている。

森・川・海につながりを意識した長期的視点に立った取り組みの展開

今後、森林域・河川域・海域との連携の下、その整備・検討の方向性を考えるにあたっては、森林域での施策・取り組みでは、その効果の発現までには長時間を要するものがあること、また、森林・河川・海域生態系の維持・保全に関する施策・取り組みでは生物多様性を確保していくことが重要であること等が指摘されており、10年先、100年先を展望した長期的視点に立った調査・研究計画を立て、これに基づいた知見の蓄積を図っていくことが重要となっている。

森・川・海につながりに係る知見等の情報の共有化

今後、森・川・海につながりを重視した事業展開を図っていくためには、既往知見を集約するとともに、知見の乏しい分野に焦点を当てたデータ等の更なる蓄積が重要となっており、各種機関により得られたデータや知見等の情報を積極的に共有化していくことが重要である。

森・川・海につながりに係る調査・解析手法の検討・確立

森・川・海につながりの観点から調査を行い、得られたデータを解析した事例はほとんど皆無であることから、その調査手法及び解析手法についての具体的な検討とその確立等に取り組んでいくことが重要である。

森林域・河川域・海域の「接点」の健全化

森・川・海の健全なつながりを確保していくためには、森・川・海それぞれの機能や役割が十分発揮されることが必要であるが、一方「森林域と河川域との接点」や「河川域と海域との接点」が不健全な場合には、森林域や河川域で整備を推進しても、十分な効果を期待することはできない。具体的には、森林域と河川域であれば溪畔域や河畔域等、河川域と海域であれば河口域等について、今後、特に留意して整備方策を検討していくことが必要となっている。

連携体制の構築

森・川・海につながりに係る分野は多岐に渡っていることから、より広範な分野の行政・

研究に係る関係機関の密接な連携体制を構築するとともに、共通認識に立った目標等を掲げた上で、それぞれの役割分担の下、調査研究・解析等を進めていくことが重要である。

さらには、漁業者、林業従事者、地域住民、NPO等の多様な主体の参加・参画を推進していくとともに、地域住民等が森・川・海的环境保全活動に参画する際に参考となる手引き書的な資料(パンフレットやリーフレット、小冊子等)の作成・配布等の取り組みの推進が重要となっている。

(3) 今後の事業展開に向けて

森・川・海をつなぐの視点から、「良好で豊かな漁場海域環境」を創出するための今後の整備の方向性を検討するとともに、森林域・河川域・海域それぞれにおいて、現時点で想定される具体的な整備方策や取り組み等について検討を行った結果は表-1に示すとおりである。今後、各海域や流域の実態を踏まえ、必要に応じて森林域・河川域・海域の関係者が連携し整備や取り組みを進めていくことが望ましい。その際、モデル地域を設定し効果の検証等を実施することが考えられる。

表 - 1 現時点で想定される整備方策や取り組み等

項目		整備方策、取り組み等
森林域	基礎調査	地質や気象条件等が流出水に与える影響の把握 森林整備、樹種・林齢等が流出水に与える影響の把握
	モニタリング	豪雨時や融雪時を含め、森林が水量・水質、土砂供給量等に与える影響のモニタリング
	整備方策	濁水の発生防止等森林の水源かん養機能の維持・増進の観点から、山腹崩壊の予防や山腹崩壊跡地等土砂供給源の早急な復旧、並びに伐採跡地への早急な植栽の実施や人工林の適切な密度管理の実施、水質保全施設の設置等多様で健全な森林を維持・造成する観点から、生態系に配慮した森林の整備・保全、溪畔林等の整備・保全
	協働	上下流の連携やボランティア活動等を通じた森林の整備・保全の一層の推進
河川域	基礎調査	栄養塩類濃度等に関する基礎調査 河畔林等に関する基礎調査(樹種、現存量、落葉・落枝供給量、落葉分解速度等)
	モニタリング	水質・水量等のモニタリング 出水時や融雪時における流出水量、土砂供給量、河床の変化等のモニタリング 河床材料のモニタリング 河畔林等のモニタリング
	整備方策	多自然型護岸等による瀬と淵、生物生息域の創出 自然再生事業による本来の河川環境が有するバランスの復元、生物生息域の復元 河川内浄化施設による余剰な栄養塩類の除去又は形態変化の促進 河畔林、水草・河畔植生等の適切な整備・保全 貯水池等でのプランクトンの異常発生の抑制 適切な魚道の設置及び維持管理 河川管理施設における適切な土砂管理 河道における砂利採取等の適切な規制
	協働	流域関係者と連携した、栄養塩類、有機物を適切に循環させるための取り組み
海域	基礎調査	藻場等の形成や漁業生産に及ぼす河川水・流入土砂の影響の把握 物質環流量と海域生産との関係の把握 陸域起源物質の海域生物への摂取機構の調査と物質収支の把握 出水時や融雪時等の大量の淡水流出が海域環境に及ぼす影響の把握
	モニタリング	河口域において河川水や物質挙動等を把握するためのモニタリング・観測体制の充実
	整備方策	沿岸域における適切な生態系を保全する観点から、藻場、干潟、砂浜、産卵場等の保全、自然調和型防波堤等による生物生息域の創出 栄養塩類、微量元素類、有機物、淡水、土砂等の作用を考慮した漁場環境の整備・保全
	協働	漁業者、地域住民、NPO 等多様な主体の参画による藻場の保全・創造等良好な沿岸域環境を創出する取り組みの一層の推進
森川海のつながり	協働	森林・河川・海域の関係者間の連絡体制強化による意見交換と情報の共有化 森林・河川・海域それぞれにおける施策を実施するにあたっての、他の施策への円滑な情報提供 調査手法及び解析手法の具体的な検討とその確立 森・川・海のつながりの観点から、より広範な分野との連携調査の実施

森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場海域環境の創出 (イメージ図)

水や有機物の安定的な供給、土砂の流出防止に資する森林の整備・保全

渓畔林等の整備・保全

森林や溪流における多様な生物の生育・生息環境の保全

降水の流出調節機能や土壌保全機能の発揮

人工林の適切な管理

山腹崩壊等の発生予防、山腹崩壊跡地等の早急な復旧

濁水

栄養塩類等の安定的な供給

落ち葉

有機物の適度な供給

適切な土砂管理

伐採跡地への植栽の実施

適切な流量の維持
土砂の適切な流下

河川生物の生息・生育環境の保全

河畔林の保全、整備

多自然型護岸等による生物生息域の創出・復元

浄化施設の設置

栄養塩類の適切な流下と形態変化

有機物の適度な貯留・流下

砂利採取の適切な規制

魚道の設置、管理

生物の移動や沿岸漁業による陸域への物質環流機能の確保

適切な流量の維持と、適度な栄養や土砂等の流下に資する河川整備

底生動物

干潟・砂浜の保全

藻場(海草)の保全・創造

珪藻類

遡河性魚類

磯根資源生物
藻場(海藻)の保全・創造

栄養塩類、微量元素類、有機物、淡水、土砂等の作用を考慮した漁場環境の保全・整備

森・川・海のつながりを海域の生産に有効に活かせる漁場整備

(7)

(継続)

森・川・海のつながりを重視した
豊かな漁場海域環境創出方策検討調査

本 編

序章

1．調査の目的

本調査は各種公共事業や NPO、漁業者による環境活動等を実施するにあたって、森・川・海のつながりを重視して連携する方策について検討し、これらの視点から漁場海域の健全な生態系の維持・構築のための基本方針を策定することを目的とした。

2．調査の内容

調査の内容は以下の第 1 章～第 5 章に示すとおりである。なお、本調査においては「森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場海域環境創出方策検討委員会」を設置し、委員会からの指導・助言等のもと、調査を実施した。

第 1 章 森・川・海のつながりに関する知見の整理

既往文献調査、研究者への聞き取り調査、アンケート調査の結果をとりまとめた。既往文献調査では、森林、河川、海域の項目ごとに既往知見を整理した。研究者への聞き取り調査の結果として、研究者の考えを項目別に整理した。植樹活動等を行っている漁業関係者団体等を対象としたアンケート調査から、活動事例や課題等を整理した。

第 2 章 森・川・海のあるべき姿の検討

第 1 章で整理した知見や考えを「森・川・海をとおした視点」でとりまとめた。このとりまとめに基づいて森・川・海の役割、機能、つながりにおける論点について、明らかな点、不明な点を整理した。

第 3 章 モデル地域における現地調査

現地調査の考え方を整理して、モデル地域（宮古湾、大槌湾とその流域）を抽出し、抽出したモデル地域の状況についてとりまとめた。また、現地調査（水質、底質、森林・土壌調査、底生動物調査、付着藻類調査、藻場等目視観察結果、AGP 試験）の結果についてとりまとめた。

第 4 章 総合考察

モデル地域における現地調査結果から明らかになったことを整理し、第 2 章で検討した論点について、現地調査結果から得られたデータを用いて総合的に考察した。また、今後の検討課題について整理した。

第 5 章 今後の事業展開に向けて

森・川・海のつながりの機能等を発揮させるためのモデル地域での今後の整備の方向性と具体的な公共施設整備事業や取り組み等を検討した。また、基本方針の策定として今後の課題や事業展開の方向性等の検討・提案を行った。

第1章 森・川・海のつながりに関する知見の整理

目 次

1 . 既往文献調査	2
1.1 概要	2
1.2 森林についての既往文献	3
1.3 河川についての既往文献	37
1.4 海域についての既往文献	67
2 . 研究者への聞き取り調査	101
2.1 調査概要	101
2.2 聞き取り調査結果	103
3 . アンケート調査	121
3.1 概要	121
3.2 アンケート調査結果	123

1. 既往文献調査

1.1 概要

森、川、海のつながりについて、一般書籍、各種文献による情報を収集、整理した。整理の主な内容は以下の通りである。

森林についての既往文献

- ・ 森林の栄養元素の調節機能
- ・ 森林からの葉等落下有機物の供給
- ・ 森林の流量の安定機能及び土砂流出防止機能の調節
- ・ 樹冠による日光遮断と倒流木の供給

河川についての既往文献

- ・ 水量の調節機能
- ・ 土砂の調節機能
- ・ 栄養塩の供給
- ・ 生物の生息場

海域についての既往文献

- ・ 動植物の生息・生育の場となる機能
- ・ 物質を捕捉し、生物生産と同時に物質循環する機能
- ・ 物質を陸域へ供給する機能

1.2 森林についての既往文献

(1) 森林の栄養元素の調節機能

ア 水質形成要因

渓流水質の形成に係わる要因は多様で、しかもそれらが相互に関連している。図 1.2-1 のように、森林の水質形成過程は大きく 3 段階に区分することができる。第 1 は、降雨が林内雨や樹幹流として地表面に到達する段階である。林内雨と樹幹流は、樹冠や樹皮に付着した物質、樹体からの溶出物質を取り込んで降雨とは異なった化学組成となる。第 2 は、土壤に浸透した水が湧出に至る段階である。このうち、土壤表層部では、土壤の物理・化学的特性、有機物の分解、植物の吸収などが移動する水の水質を左右している。土層深部や基岩層では、保水・排水特性、基岩の化学組成や風化などが水質に影響を与えている。森林の多くは傾斜地に位置し、土壤中には物理・化学的特性や生物活性の異なる層位があり、石礫や根系、大小の孔隙や亀裂が混在するなど不均一性が高い。そのため、土壤中での水や各種物質の移動・循環の速度や経路は非常に複雑である。第 3 は、谷部や地形変換点から湧出した水が渓流水として流下する段階である。この段階では、大気中の二酸化炭素(CO₂)濃度、藻類や水生生物、溪床や溪岸の堆積土砂、流路の地質などによる影響を受ける。このうち、最も大きな役割を果たしているのは第 2 段階である。

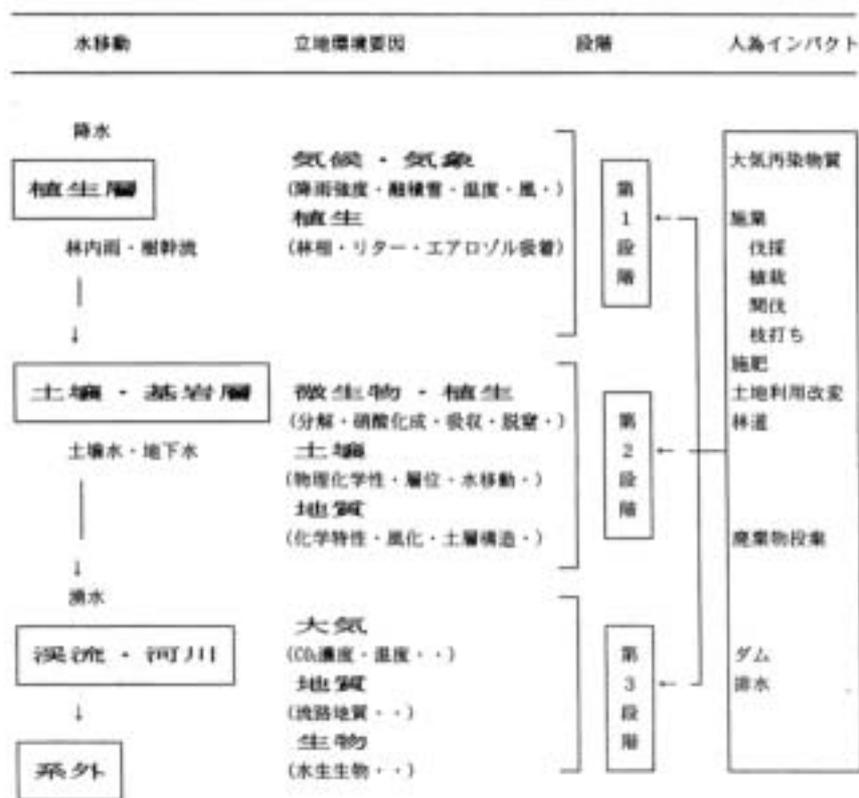


図 1.2-1 森林流域における水質形成メカニズムの模式図(加藤ら、1999)¹⁾

注：ここで系外とはより大きな河川をいう。

森林の渓流水質を左右する要因を自然立地環境要因と人為インパクトに分けると次のとおりである。

(ア) 自然立地環境要因

地質要因：地質要因は、地形や土層構造、保水・水流出特性を左右するほか、岩種の化学的組成や風化形態の違いから、pH や EC(電気伝導度)、ミネラル類や珪酸(SiO₂)などの濃度形成に強い影響を与えている。

気候(気象)要因：降雨はその強度によって水流出パターンが異なるため、水質に明瞭な影響を与える場合と不明瞭な場合があるが、融・積雪を含めて溶存成分や懸濁物質(SS)の流出負荷量を評価する場合に大きな要因となる。また、年間を通じた降水量の多寡が、溶存成分の濃度形成を左右する場合がある。温度は植物の分布や生育、微生物活性や有機物分解と密接に関連する。さらに、雨や雪による海塩成分の流入が水質に強い影響を与えることがある。

植生(生物)要因：林相や林齢の違いは、蒸発散量や水流出量、林内雨や樹幹流に伴う化学成分の地表への供給量、養分物質の吸収・蓄積量と落葉落枝による地表への還元量などの違いを通じて渓流水質に影響を与える。

土壌要因：土壌の物理・化学的特性の違いは、水の移動や保水性、有機物の分解や窒素の無機化、イオン交換などを通じて土壌溶液の化学特性を左右し、湧水や渓流水の水質に強い影響を与える。

(イ) 人為インパクト

伐採：森林の大面积の皆伐は、表層土壌の温度や水分環境を大きく変え、有機物の急激な分解を引き起こすとともに、一時的に植物の養分吸収を減少させて、窒素(N)などの流出量を増加させる場合がある。また、皆伐直後には、表層土壌の構造の変化や粗孔隙量の減少、透水性の低下、蒸発量の増加などによって、土壌中での水分動態や水流出に強い影響を与える。

土木の工事：森林地域における土木工事は、適切な施工を行わないと斜面や渓床、渓岸の攪乱によって土砂の流出を増加させることがある。

土地利用の改変：森林を農耕地に転換した場合、窒素(N)やリン(P)など施肥成分の流出量が増加することがある。宅地開発に伴う雑排水の増加や水流出パターンの変化、採石場からの土砂流出によって水質も影響を受ける。

イ 森林の物質現存量

森林生態系には、膨大な量の物質が蓄積されている(表 1.2-1)。窒素(N)は大部分が土壤中に存在するが、リン(P)は植物体に含まれる量が多い。ミネラル類は、成分によって土壤中に多いものや植物体中に多いものがある。土壤中のミネラル類の現存量については、土壤母材の化学的特性の違いが強い影響を与えている。

		有機物	C	N	P	K	Ca	Mg
		t/ha	t/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
北海道 トドマツ 天然林 (堤, 1973)	葉	18.8		223	23.8	102	205	70.4
	枝	25.2		108	18.7	65.5	139	108
	幹	172		241	27.5	172	513	396
	A ₀	32.5		455	88.7	46.2	449	144
	土壤	170		5570	1.3	416	804	523
	計	419		6597	160	802	2110	1241
秋田 スギ人工林 (堤, 1973)	葉	26.8		291	21.9	170	225	69.1
	枝	21.6		32.7	3.1	15.3	39.2	24.0
	幹	320		352	29.8	256	416	160
	A ₀	12.4		80.6	3.5	8.4	223	21.1
	土壤	178		7630	6.7	574	2213	935
	計	561		8386	65.0	1024	3166	1209
京都 落葉 広葉樹林 (片桐ら, 1978)	葉	4.2	2.2	77	4.2	34.7	43.6	11.0
	枝	102	52.2	459	42.8	199	673	79.6
	幹	171	88.1	307	22.2	179	768	68.3
	A ₀	4.8	2.3	110	6.4	9.6	135	12.9
	土壤	165	93.9	8560	-	430	1140	391
	計	447	239	9513	(75.7)	852	2760	563
九州・水俣 照葉樹林 (Katagiri, et al., 1978)	葉	7.3		108	5.9	43.2	40.2	12.3
	枝	55.3		276	23.2	166	254	56.9
	幹	325		520	29.3	553	602	84.5
	A ₀	6.2		76.0	3.8	6.6	79.9	7.6
	土壤	162		6762	13.5	203	30.3	57.2
	計	556		7743	75.7	971	1006	218.5

表 1.2-1 森林の物質現存量 (堤、1987 より)²⁾

注：A₀層とは、森林土壌のうち地表にある落葉、落枝や草本遺体とそれらの分解腐植物からなる有機物層である。A₀層は植物遺体の分解の程度によりL層、F層、H層の3層に細分される。

注：土壤母材とは花崗岩、粘板岩、凝灰岩、火山灰などの岩石が風化作用を受けた細片と動植物の枯死遺体である。この土壤母材が時間経過し土壤となる。

ウ 森林生態系の物質動態

森林生態系における物質動態は次の循環モデル図 1.2-2 のとおりである。



図 1.2-2 森林生態系における物質動態の循環モデル (加藤、1997)³⁾

注：ここで系外とはより大きな河川をいう。

(ア) 森林生態系における物質のフロー

窒素の動態：森林生態系を移動・循環する主要な物質のうち、窒素(N)は土壌の生産力という面から最も重要な物質である。同時に、近年社会的な問題となっている酸性雨や地下水汚染、河川や湖沼の富栄養化の原因物質の一つでもある。N は立地環境やその変化に敏感に反応して形態が変化する。落葉落枝や枯死根、動物遺体などの形で供給された有機態窒素(Org.-N)は、土壌動物や土壌微生物の働きで分解・無機化される。土壌中での窒素の形態変化とフローは図 1.2-3 のとおりである。土壌に供給された有機態窒素は、アンモニア化成菌の働きでアンモニア態窒素(NH₄⁺-N)に変換される。水分や pH などの条件がよい立地環境の場所では、NH₄⁺-N は亜硝酸態窒素(NO₂⁻-N)を経て硝酸態窒素(NO₃⁻-N)に変換される。このうち、アンモニア態窒素は、陽イオンのアンモニウムイオン(NH₄⁺)となるため、マイナス荷電している土粒子表面に吸着されて移動しにくい。逆に、硝酸態窒素は、陰イオンの硝酸イオン(NO₃⁻)として水に溶存して移動しやすい。従って、森林の土壌溶液や渓流水に含まれる無機態窒素の多くはNO₃⁻-Nであり、NH₄⁺-Nは非常に低濃度である。

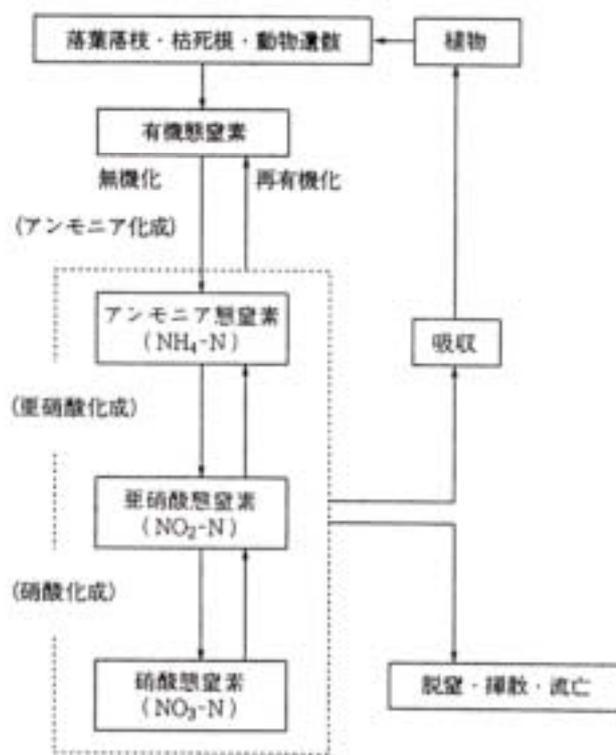


図 1.2-3 森林土壌中での窒素の形態変化とフロー (加藤、1997)³⁾

窒素の無機化は主に土壌表層部で行われ、下層部ではほとんど無機化が進行しない。硝酸化成は斜面中腹～下部の適潤性～弱湿性土壌で盛んである。土壌が強く乾燥し、炭素/窒素比(C/N比)が高く、pHの低い斜面上部の乾性型土壌では、硝酸化成は非常に少ない。また、硝酸化成の盛んな部分では、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ から $\text{NO}_3^-\text{-N}$ が生成される際に放出される水素イオン(H^+)と土粒子に吸着しているカルシウム(Ca^{2+})などの陽イオンが交換し、土壌溶液中のカルシウムイオン(Ca^{2+})やマグネシウムイオン(Mg^{2+})濃度が高くなる。

ミネラルの動態： Ca^{2+} や Mg^{2+} などのミネラル類は、一部は降雨に伴って森林の外部から流入するが、多くは岩石の化学的風化によって供給される。一般に、渓流水の Ca^{2+} や Mg^{2+} 濃度は降雨より高く、これらは岩石の風化に由来しているとみられるが、量的な評価は非常に難しい。⁴⁾⁵⁾

(イ) 降雨に伴う物質の流入量

降雨に伴う物質の流入量は、林外雨より林内雨や樹幹流によってもたらされる部分が多い(表 1.2-2)。これは、林内雨や樹幹流には、樹冠や樹幹に付着した物質、並びに樹体からの溶出物質を含んでいるためである。Nについては、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の他に有機態窒素(Org.-N)があり、これを含めると林内雨と樹幹流によって地表に到達する全N量は、年間10～15kg/ha程度と推定される。しかし、茨城県筑波の平地ヒノキ林では、年間約30kg/haのNの流入が観測されており⁶⁾、人為的なN排出量が多い都市部や都市周辺地域では、多くのNが林地に流入している可能性がある⁷⁾⁸⁾。また、塩素(Cl)などの海塩由来の物質は、

海岸線に近いほど高い濃度が観測されている。

	(kg / ha / 年)						
	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Inorg.-N	P	K	Ca	Mg
降 雨	2.1 ~4.6	1.4 ~2.3	3.5 ~6.7	0.04 ~0.73	2.4 ~7.7	8.8 ~10.9	1.1 ~3.2
林内雨	2.2 ~16.4	1.6 ~8.7	4.4 ~22.4	0.1 ~7.5	11 ~75.3	13 ~70	3.7 ~5.8
樹幹流	0.1 ~1.3	0.2 ~0.4	0.3 ~1.7	0.02 ~0.06	0.8 ~9.3	1.7 ~4.0	0.1 ~0.4

表 1.2-2 降雨、林内雨、樹幹流の容存物質質量 (河田、1989)⁹⁾

(ウ) 森林生態系における物質収支

森林生態系における主要物質の収支については、N や P は流出量より流入量が多く、森林生態系に蓄積される傾向がみられる。これに対して、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺などのミネラル類は、岩石の風化による流出が多いため、流入量より流出量が多い傾向がみられる(表 1.2-3)。

No.	調査地		NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	Org.-N	Total-N	Cl ⁻	P	SO ₄ ²⁻ -S	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
1.	遊智馬・若女	収入	1.63	2.77	2.52	6.92	22.62	0.37		8.06	3.89	2.98	1.41
		支出	0.22	0.80	0.82	1.83	28.59	0.12		29.58	4.05	5.55	2.42
		収支	1.42	1.97	1.70	5.09	5.03	0.23		-21.52	-0.67	-1.58	-1.01
2.	遊智馬・梁ヶ谷	収入	1.95	2.87	4.27	9.09	48.11	0.28		20.05	5.63	4.57	2.48
		支出	0.34	1.08	1.41	2.66	64.63	0.55		48.66	7.24	22.63	15.64
		収支	1.61	1.79	2.86	6.43	-16.52	-0.27		-28.61	-1.61	-18.07	-13.16
3.	遊智馬・竜王山	収入	2.87	5.07	2.97	11.90	45.62	0.31		45.62	3.09	5.72	2.31
		支出	0.97	1.78	1.45	4.20	62.46	0.23		62.46	8.55	145.26	23.24
		収支	1.90	3.29	2.52	7.70	-16.84	0.08		-16.84	-5.46	-139.53	-19.93
4.	Hubbard Brook (U.S.A) (落葉広葉樹林)	収入				20.7		0.04	18.8	1.6	0.9	2.2	0.6
		支出				4.0		0.02	17.6	7.5	2.4	13.9	3.3
		収支				16.7		0.02	1.2	-5.9	-1.5	-11.7	-2.7
5.	Birkenes (Norway) (常緑針葉樹林)	収入				14.5			15.6	19.1	2.2	2.7	2.3
		支出				2.2			26.9	30.3	1.5	14.1	5.0
		収支				12.3			-11.3	-11.2	0.7	-11.4	-2.7
6.	El Verde (Puerto Rico) (常緑広葉樹林)	収入								57.2	18.2	21.8	4.9
		支出								64.5	20.8	43.1	15.0
		収支								-7.3	-2.6	-21.3	-10.1

表 1.2-3 主要物質の降雨による収入と渓流水による支出 (kg/ha/年)

(No1 ~ 3:堤、1987 No4 ~ 6:G.E.Likens and F.H.Bormann、1997)^{2) 10)}

(エ) 植物の物質吸収量

植物が吸収し固定する養分物質質量の違いは、森林生態系から流出する各種物質の濃度や量に強い影響を与える。養分吸収量は森林によってばらつきは大きいですが、N では毎年数 10 ~ 150kg/ha 程度が植物に吸収されている(表 1.2-4)。この値は、降雨に伴う N 流入量の数倍 ~ 10 倍程度に相当する。また、生育の旺盛な若い森林では、植物に吸収・固定される各種物質質量は、系外への流亡を抑制する大きな役割を果たしている。

	N	P	K	Ca	Mg	備 考
ブナ林 京都 (B ₂ 型土壌)	108	9.7	76.5	227	28.5	片桐ら, 1978
ブナ林 京都 (B ₂ 型土壌)	42	2.6	31.2	83.5	10.7	
広葉樹2次林 京都	87	4.2	98.6	95.5	26.3	岩坪, 1976
ヒノキ林 京都	32	1.3	21.1	61.7	9.3	
ヒノキ林 遊覧 (地位上)	60	2.4	52.0	75.7	11.0	西谷, 未発表
ヒノキ林 遊覧 (地位下)	26	0.6	35.6	45.3	6.5	
ヒノキ林 遊覧*	49	3.8	18.9	64.7	8.6	阿草, 1971
アカマツ・ヒノキ林 遊覧	34	2.2	32.1	80.9	8.9	
モミ林 高知*	74	7.9	121	71.2	12.3	安藤ら, 1977
ツガ林 高知*	60	3.9	40.2	29.1	9.6	
原産樹林 熊本*	101	4.5	31.4	83.2	14.7	Katagiri, et al., 1978

* 樹冠からの洗脱を含まない

表 1.2-4 森林の養分吸収量 (堤、1987)²⁾

エ 森林からの降雨の流出

(ア) 森林生態系からの流出課程

森林からの降雨の流出過程を示すと図 1.2-4 のとおりである。降雨の一部は樹冠層で遮断されて蒸発するが、多くの部分は林内雨や樹幹流として林床に到達する。林床到達量は降水量の 70~90%程度とみられる。樹冠層での遮断蒸発量、地表面からの蒸発量、植物による蒸散量は、合計すると降水量の 35~40%程度と推定されている¹¹⁾。地表流は、土壌の浸透能を超える多量の降雨があった場合に発生したり、谷底部の流路付近に形成される。しかし、森林土壌の降雨浸透能は数 100mm¹²⁾あるため、林床に到達した降雨の大部分は土壌中に浸透し、斜面上で地表流が発生する頻度は非常に少ない。中間流は、土壌中に浸透した降雨が斜面の土層に沿って移動する部分である。森林流域では、土壌中に浸透し斜面に沿って移動・流出する水と地下水が無降雨時にも徐々に流出し、溪流が枯れることなく維持されている。この間に複雑な物理・化学的及び生物的作用を受けて、降雨とは異なった水質の渓流水が形成されることになる。

なお、森林土壌中には、物理・化学的特性や生物活性の異なる層位がある。A 層と呼ばれる表層土壌には粗大な孔隙が多く、降雨を速やかに浸透することができる。B 層やさらにその下層部では、小さな孔隙が多く保水力が高い。土壌中では細粗さまざまな孔隙中に保持され、移動速度の異なる水が存在する。

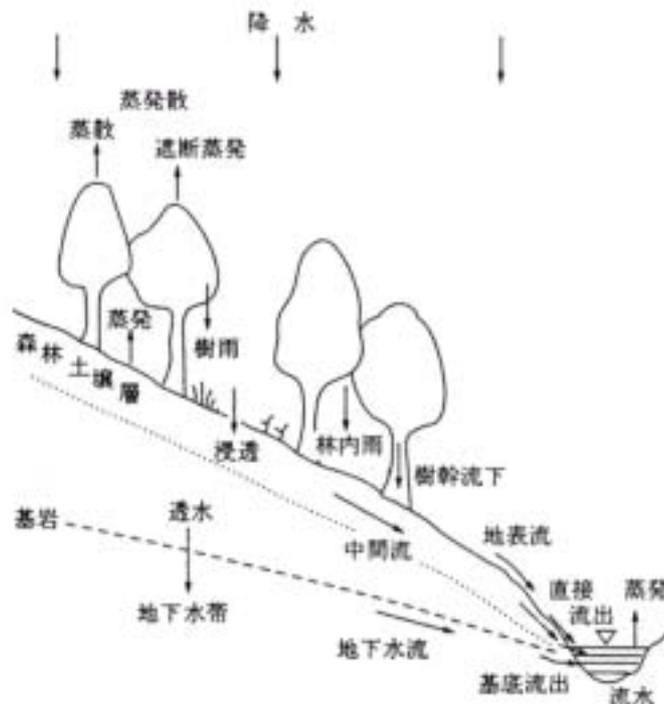


図 1.2-4 林地における降雨の行方 (中野ら、1989)¹¹⁾

(イ) 地質と逕流水質

地質条件の違いは、岩石の風化形態や土壌中および基岩層の保水・水移動特性並びに化学組成の違いを反映して逕流水の水質に影響を与える。火山活動の盛んな地域や温泉の影響の強い地域では pH が低く、 SO_4^{2-} -S や Ca^{2+} 濃度が高い¹³⁾。石灰岩や蛇紋岩地帯では pH や Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 濃度が高い^{14) 15)}。

茨城県北部のスギ・ヒノキ人工林流域の湧水の水質は表 1.2-5 のとおりである。

pH は古生層堆積岩流域が最も低く、石灰岩やカンラン岩流域が高い。EC(電気伝導度)も Ca^{2+} や Mg^{2+} 濃度の高い石灰岩流域やカンラン岩流域で $200 \mu\text{S}/\text{cm}$ 前後と高いが、花崗岩流域や古生層堆積岩流域では $57 \sim 58 \mu\text{S}/\text{cm}$ 程度である。 NO_3^- -N 濃度は石灰岩流域でやや高い値を示すほかは大きな違いがみられない。 Ca^{2+} 濃度は石灰岩流域で、 Mg^{2+} 濃度はカンラン岩流域で顕著に高く、地質の違いを明瞭に反映している。ただし、海岸線からの距離は、石灰岩流域、カンラン岩流域、変成岩流域が $4 \sim 8\text{km}$ 、花崗岩流域が $12 \sim 16\text{km}$ 、古生層堆積岩流域が 40km 程度であるため、Cl、 Na^+ などの海塩由来成分は、海岸線に近い流域で高い濃度を示した可能性がある。

このように、湧水や逕流水の pH、EC、ミネラル類については、流域の地質の化学的特性を反映した特徴が認められる。

() 内は (最低値-最高値)

岩層地質	調査地点数	pH	EC μS/cm	NO ₃ -N mg/L	Cl ⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L
花崗岩	11	6.3 (5.8~6.6)	57 (41~87)	0.42 (0.02~1.24)	2.91 (2.20~5.64)	1.41 (0.27~4.77)	6.27 (4.05~9.19)	0.43 (0.24~0.80)	2.18 (1.80~4.88)	0.49 (0.30~1.60)
古生層堆積岩	8	5.6 (5.2~5.9)	55 (48~67)	0.32 (0.11~0.78)	4.03 (2.22~6.23)	1.74 (0.93~2.59)	4.68 (2.74~5.98)	0.28 (0.20~0.57)	2.99 (2.25~4.10)	1.49 (0.80~1.75)
石灰岩	6	6.9 (6.5~7.4)	215 (124~281)	0.80 (0.45~1.12)	9.41 (7.41~11.49)	7.07 (4.62~9.45)	9.12 (7.29~10.67)	0.66 (0.41~1.04)	23.96 (12.20~44.95)	2.48 (1.80~2.47)
カンラン岩	4	7.0 (6.5~7.5)	185 (121~277)	0.46 (0.14~0.70)	8.32 (7.56~9.53)	5.29 (3.41~7.76)	5.88 (3.30~6.44)	0.21 (0.14~0.21)	8.00 (5.25~8.80)	14.34 (8.20~26.70)
変成岩 (粘板岩)	7	6.2 (5.9~6.7)	116 (88~138)	0.57 (0.13~1.47)	12.99 (8.41~16.45)	4.72 (2.22~8.12)	12.55 (8.07~14.28)	0.10 (0.00~0.20)	5.50 (2.75~5.90)	2.19 (1.50~2.50)
変成岩 (結晶片岩)	13	6.2 (5.7~6.6)	124 (78~222)	0.40 (0.03~1.05)	9.04 (5.26~21.02)	6.10 (4.19~9.50)	9.41 (5.57~18.54)	0.65 (0.15~2.52)	7.57 (2.95~22.85)	3.78 (2.10~7.13)
変成岩 (片麻岩)	2	5.9 (5.9~5.9)	105 (101~109)	0.45 (0.25~0.64)	10.05 (8.92~11.18)	2.22 (1.82~2.82)	5.45 (5.56~5.72)	0.16 (0.00~0.22)	4.88 (2.80~5.95)	4.55 (4.22~4.90)

表 1.2-5 茨城県北部スギ、ヒノキ人工林流域の湧水の平均水質
(1993年11月及び1994年3月調査の平均値)(加藤ら、1999)¹⁾

(ウ) 植生と渓流水質

高知県の四万十川支流の葛籠川源流部で、ヒノキ・ツガ・アカガシなどが混生する天然林、21年生ヒノキ人工林、25年生スギ人工林の渓流水質では、pHはスギ林流域 ヒノキ林流域 天然林流域、ECは天然林流域 ヒノキ林流域・スギ林流域の傾向がみられるが、K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺濃度は林相による違いが不明瞭である¹⁶⁾。京都府の由良川源流部のスギ人工林流域と落葉広葉樹天然林流域では、林齢の異なるスギ人工林や天然林から流出する渓流水の全窒素(T-N)濃度には有意な差が認められていない。¹⁷⁾

森林生態学的にみると、生長の旺盛な林分では、植物に吸収・蓄積される窒素量が多いため、降雨に伴う流入量や土壌の硝酸化成量が同じであれば、流出する渓流水の窒素濃度は低下すると考えられる。林相の違いによる渓流水質への影響については、これまでさらに多くのデータを蓄積して比較検討する必要があるとされている。

(エ) 降雨時の渓流水質

渓流水質は、降雨や融雪によって変化する。茨城県筑波山のスギ・ヒノキ人工林流域で、降雨が流出水の水質に与える影響を調べた結果は図 1.2-5 のとおりである¹⁸⁾。

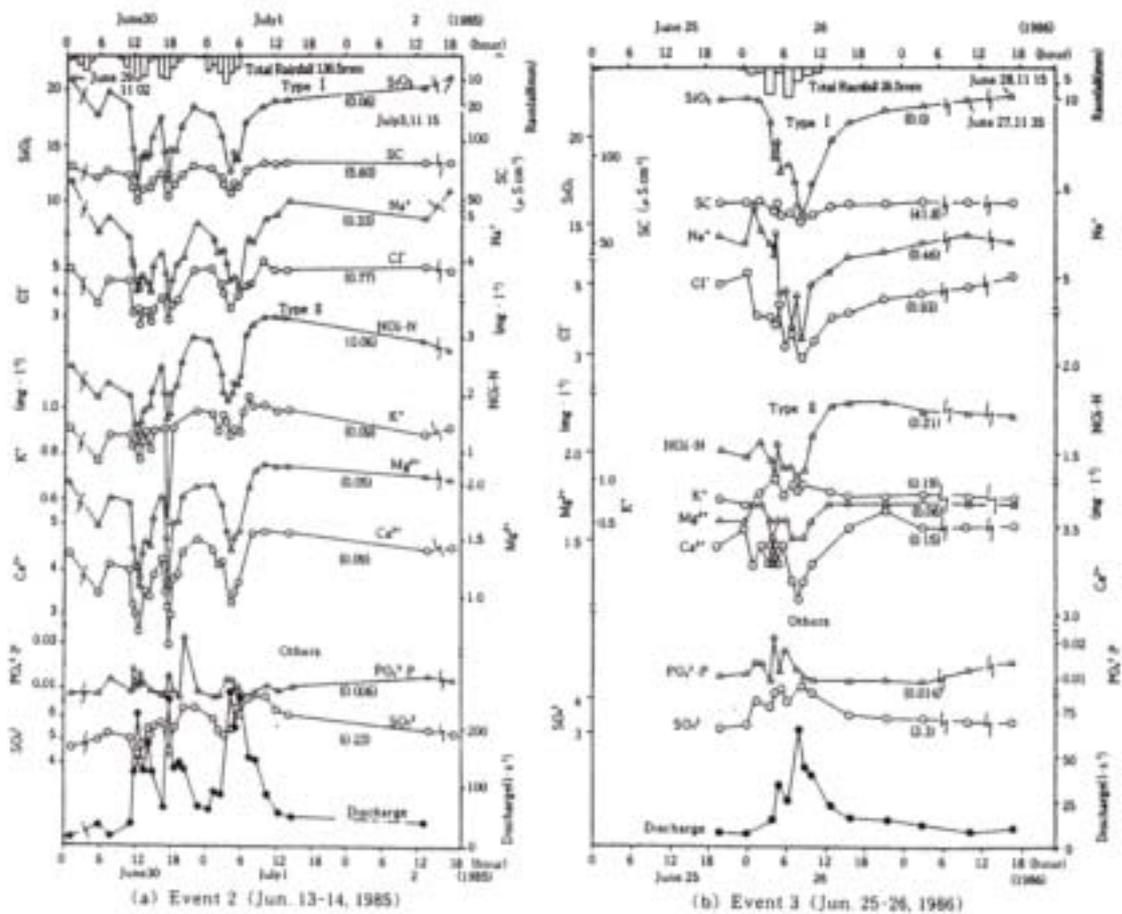


図 1.2-5 降雨による渓流水質の変化 (平田ほか、1988)¹⁸⁾

Event2 では降雨は 4 つに分かれ、時間最大降雨量は 6.5、12.0、10.5、12.5mm/時である。Event3 は 26.5mm の総降雨量である。降雨時の渓流水の各種濃度は、流量増加時に減少し、ピーク流量付近で最少となり、流量減少時に増加する。流量の増減が繰り返されても、単一降雨の場合でも、濃度は流量の時系列と逆の関係を示している。さらに、降雨に対する応答の違いは流量減少時に現れ、濃度が降雨前のベースに回復する物質 (Type 1) と上回る物質 (Type 2) に大別される。Type 1 としては溶存ケイ酸(SiO_2)、EC、 Na^+ 、 Cl^- 、Type 2 としては NO_3^- -N、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} がある。 SO_4^{2-} や PO_4^{3-} は降雨強度や降雨パターンによって変化し、どちらのタイプにも分類しにくい。

オ 河川の地域による比較

広域的な河川水質については、1942～59 年にかけて全国 225 河川(集水面積として国土面積の 73%相当)で、年に 6～12 回にわたって山岳地帯と平野部の境界付近を中心に水質を調査した事例がある(表 1.2-6)。この結果から、地域的に以下の特徴がみられる。¹⁹⁾

東北地方では、温泉や鉱山の影響が強いため、アルカリ度が低く SO_4^{2-} -S 濃度が高い。

太平洋側と日本海側を比較すると、 Cl^- 濃度の平均は太平洋側で 4.3mg/L に対し、日本海側は 7.8mg/L となり、日本海側では冬季の季節風による海塩の影響が大きいとしている。

地方	河川数	NH ₄ ⁺ -N mg/L	NO ₃ ⁻ -N mg/L	Cl ⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ -S mg/L	PO ₄ ³⁻ -P mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Fe mg/L	SiO ₂ mg/L	蒸発 残渣 mg/L	浮遊物 mg/L	
北海道	22	0.06	0.54	9.0	3.57	0.00	32.9	0.55	9.2	1.45	8.3	2.3	0.50	22.6	87.9	78.9
東北	35	0.06	0.26	7.9	5.37	0.00	19.9	0.33	7.3	1.06	7.7	1.9	0.49	21.5	79.1	13.6
関東	11	0.08	0.29	6.1	5.31	0.01	42.4	0.69	7.3	1.43	12.7	2.9	0.23	22.1	93.5	22.1
中部	42	0.05	0.18	2.9	2.57	0.01	30.1	0.49	4.8	1.05	8.9	1.7	0.14	12.7	62.0	28.9
近畿	28	0.04	0.21	5.3	2.47	0.00	27.4	0.45	5.5	1.04	7.6	1.3	0.11	12.1	56.8	20.0
中国	25	0.03	0.20	6.6	1.47	0.00	27.2	0.45	6.5	0.94	6.7	1.1	0.05	14.1	56.7	7.4
四国	19	0.02	0.12	2.4	1.90	0.00	37.2	0.61	3.8	0.66	10.6	1.5	0.01	9.8	57.0	6.1
九州	43	0.04	0.20	4.6	4.37	0.01	40.9	0.67	5.6	1.84	10.0	2.7	0.13	22.2	106.0	29.3
全国	225	0.05	0.26	5.8	2.54	0.01	31.0	0.51	6.7	1.19	8.8	1.9	0.24	19.0	74.8	29.2

表 1.2-6 日本の河川の平均水質 (小林、1961 より、一部補正)¹⁹⁾

さらに、外国と比較して、日本の河川には以下の特徴がみられる¹⁹⁾。

総塩分が少ない(世界平均 100mg/L、日本平均 70.7mg/L)。

SiO₂ が塩分組成(%)と濃度(mg/L)の両面で著しく多い(世界平均 11.67% , 日本平均 26.73%、濃度では世界平均 11.7mg/L、日本平均 19.0mg/L)。

塩分組成、濃度の両面で Ca²⁺とアルカリ度が乏しい(Ca²⁺は塩分組成で世界平均 20.39%、日本平均 12.46%、濃度では世界平均 20.4mg/L、日本平均 8.8mg/L)。

塩分組成で Na⁺と塩化物が多量に含まれている(塩分組成で Cl⁻は世界平均 5.68%、日本平均 8.21%)。

この他に広域的な渓流水質の調査事例として、全図 34 ヶ所の森林集水域で毎月 1 回平水時に渓流水を採取し、水質が調査されている(表 1.2-7)。

これをみると、平水時の渓流水の水質には概ね以下の傾向が認められる²⁰⁾。

pH はほぼ中性。

Ca²⁺、Mg²⁺、Na⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、NO₃⁻-N 濃度は、EC と正の相関(r = 0.6)を示す。

NO₃⁻-N と SO₄²⁻濃度は、瀬戸内沿岸で特に高い。

Na⁺と Cl⁻濃度は、沖縄と多雪の山形で高い。

寒冷湿潤な岐阜と長野は、全ての濃度が低い。

No.	地点名	WL	HL	EC	pH	Cl	NO ₃ -N	SO ₄	Ca	Mg	Na	K	Total P	NH ₄ -N
1	糠 茶	56.5	11.1	55.5	6.84	2.06	0.11	1.50	2.14	0.69	5.20	1.95	0.01	0.00
2	糠 茶	56.5	11.1	63.9	6.78	2.06	0.09	1.87	2.58	0.77	5.56	2.07	0.02	0.00
3	白 糠	71.8	11.0	73.4	6.78	2.72	0.06	7.03	2.32	1.24	6.00	2.77	0.04	0.04
4	美 唄	67.0	8.9	65.0	6.91	6.17	0.01	3.04	2.86	1.18	6.43	1.22	0.02	0.00
5	岩 手	79.9	12.8	36.0	6.85	5.37	0.11	1.89	0.88	0.50	3.78	1.17	0.01	0.02
6	山 形	90.6	10.5	130.3	6.81	15.43	0.05	27.51	1.37	0.94	16.81	2.20	0.01	0.00
7	山 形	70.0	24.4	115.7	6.78	11.41	0.17	6.15	7.29	3.23	7.79	1.37	0.02	0.01
8	山 形	70.0	24.4	96.2	6.73	8.64	0.10	4.95	5.54	3.23	6.44	1.42	0.03	0.00
9	十日町	99.3	21.6	78.7	6.76	3.93	0.09	3.07	2.99	3.12	5.13	1.38	0.01	0.00
10	十日町	99.3	21.6	68.9	6.76	4.15	0.16	1.95	3.21	1.71	5.12	1.23	0.01	0.00
11	富 山	82.6	22.9	50.8	6.78	2.10	0.21	1.37	2.50	0.92	4.39	0.94	0.02	0.03
12	富 山	82.6	22.9	56.8	6.76	2.16	0.25	1.78	3.12	0.91	4.65	1.16	0.04	0.03
13	富 山	52.8	25.2	55.2	6.76	0.31	0.02	0.95	5.89	1.42	1.41	0.32	0.01	0.00
14	富 山	52.8	25.2	19.9	6.90	0.25	0.08	1.30	1.50	0.57	0.58	0.40	0.01	0.01
15	金 沢	101.2	21.9	103.0	6.81	6.72	0.28	4.10	6.17	2.53	7.69	0.83	0.03	0.00
16	旭 川	111.6	18.3	42.7	6.81	3.36	0.04	3.02	2.02	0.98	3.69	0.61	0.03	0.00
17	赤 井	101.2	11.5	113.9	6.73	3.87	0.20	9.22	5.40	2.42	8.23	0.63	0.01	0.03
18	赤 井	101.2	11.5	118.2	6.83	5.04	0.51	8.00	7.79	2.65	7.36	0.91	0.01	0.00
19	和歌山	111.4	19.4	51.9	6.84	2.23	0.13	6.46	3.91	0.67	3.34	0.80	0.01	0.00
20	湖 山	105.9	12.4	47.5	6.82	2.18	0.09	7.65	3.10	0.80	2.95	0.47	0.03	0.00
21	岡山市	117.6	9.5	203.5	7.01	8.56	1.56	19.30	7.65	4.94	15.83	1.71	0.04	0.01
22	島 根	95.0	23.3	61.9	6.83	8.00	0.06	2.86	1.92	0.85	6.97	1.10	0.02	0.00
23	島 根	95.0	23.3	56.7	6.78	7.53	0.14	2.63	1.62	0.81	6.41	1.01	0.02	0.00
24	香 川	98.4	10.1	133.0	6.69	6.31	0.54	13.81	9.81	2.23	7.84	1.05	0.01	0.00
25	香 川	98.4	10.1	104.3	6.75	5.94	1.41	11.27	6.38	1.78	6.92	0.91	0.01	0.12
26	香 川	107.1	9.7	150.9	6.81	7.15	2.38	13.30	15.59	2.01	6.10	1.11	0.01	0.00
27	愛 媛	94.9	16.8	63.0	6.92	2.81	0.16	5.34	5.22	0.44	4.08	0.83	0.01	0.00
28	高 知	113.0	18.3	64.4	6.78	1.85	0.01	11.46	4.18	1.22	4.22	0.85	0.01	0.00
29	高 知	113.0	18.3	59.9	6.81	2.18	0.11	8.31	3.59	1.18	4.07	0.94	0.01	0.02
30	播 磨	105.9	13.9	44.7	6.82	3.23	0.25	4.56	1.60	0.88	4.07	1.05	0.01	0.01
31	沖 縄	212.9	15.0	163.6	6.85	18.55	0.02	6.69	10.34	3.10	12.29	1.12	0.01	0.01
32	高 松	122.2	9.2	232.9	6.86	6.39	2.20	32.83	23.06	4.44	9.46	0.90	0.07	0.00
33	長 野	64.5	30.2	13.6	7.37	0.26	0.25	0.58	0.72	0.15	1.13	0.41	0.03	0.00
34	岐阜	65.0	21.6	20.4	6.89	0.53	0.06	3.49	0.68	0.17	2.34	0.65	0.00	0.00
平均値		93.2	17.0	82.8	6.83	4.98	0.35	7.04	4.88	1.61	6.01	1.10	0.02	0.01
		°C・月		μS/cm		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l

(注) WLは暖かさの指数 (Warmth Index), HIは乾湿度指数 (Humidity Index) である。

表 1.2-7 森林流域の渓流水質の広域的比較 (広瀬ほか、1988)²⁰⁾

カ 東北地方の渓流水質の概要

東北地方の渓流水質に大きな影響を及ぼす要因として、寒冷あるいは多雪という北日本特有の気候条件があげられる。寒冷な環境では、土壤微生物の活動が不活発で有機物が分解しにくく、厚い堆積有機物層が形成されてポドゾル化が起きやすい。こうした条件は水質にも影響を及ぼしていると考えられる。一方、多雪地帯では、融雪が始まるとともに流量が急激に増加し、同時に水質も変化する。また、この地域には火山が多く、特に東北地方では奥羽脊梁山脈に沿って温泉が多数湧出しており、これが渓流水質に影響を及ぼしているところがある。

東北地方各地の森林地帯における渓流水質の調査結果は表 1.2-8 のとおりである。これらは、同一地点で複数回採水・分析された結果である。河川の水質については多数報告されているが、温泉の影響が明らかな場合や大流域の事例を除外し、比較的狭い範囲での結果である。

表 1.2-8 東北地方の渓流水質測定例

No.	調査地	水系	採水地	標高	面積	地 質	林 相	EC mS/m	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	NO ₃ -N mg/l	TOC mg/l
				(m)	(ha)		林 齢									
1	青森県 青森市	内真部川	中ノ沢	80	81	第三紀砂 岩・凝灰岩	ヒバ天然林 152-202	9.9	14.0	2.44	3.2	2.4	19.3	7.4	0.14	4.7
2	青森県 青森市	内真部川	西家戸 沢	40	53	第三紀砂 岩・凝灰岩	スギ人工林 20-25	10.8	13.8	3.28	5.6	2.5	18.8	5.2	0.11	2.6
3	青森県 鯉ヶ沢町	赤石川	大栃沢	170	18	第三紀凝灰 岩	ブナ天然林 161	8.6	9.3	0.98	8.8	2.2	11.4	4.5	0.12	2.5
4	青森県 鯉ヶ沢町	赤石川	五人役 沢	280	27	第三紀凝灰 岩	スギ人工林 24-27	9.6	8.5	0.62	13.1	2.2	11.3	5.9	0.13	2.1
5	青森県 鯉ヶ沢町	赤石川	津軽沢	280		第三紀安山 岩	ブナ・スギ人工林	14.9	15.3	1.19	14.4	4.3	9.8	45.2	0.22	1.0
6	青森県 鯉ヶ沢町	赤石川	猿賀沢	310		第三紀安山 岩	ブナ・スギ人工林	13.5	18.5	1.20	7.2	3.1	9.1	23.1	0.35	1.3
7	岩手県 玉山村	北上川	姫神	640		中生代花崗 岩	スギ・カラマツ人工林 6, 25-30	5.0	3.7	0.32	4.7	0.9	3.1	1.7	0.88	2.0
8	秋田県 藤里町	米代川	南沢	400		第三紀流紋 岩・凝灰岩	ブナ天然林	9.0	6.3	0.61	9.8	1.7	6.8	10.6	0.24	1.0
9	秋田県 藤里町	米代川	三蓋沢	400		第三紀花崗 岩・凝灰岩	ブナ天然林	9.1	6.2	0.64	9.4	2.0	6.3	7.6	0.26	1.1
10	秋田県 藤里町	米代川	善知鳥 沢	385		第三紀凝灰 岩・玄武岩	ブナ天然林	7.1	6.1	0.53	6.0	1.6	6.6	5.9	0.19	0.9
11	秋田県 藤里町	米代川	向善知 鳥沢	390		第三紀安山 岩	ブナ天然林	7.4	6.1	0.61	6.1	1.6	7.1	8.0	0.24	0.9
12	秋田県 藤里町	米代川	抱合沢	320	122	第三紀泥岩	ブナ天然林 166	5.1	6.0	1.28	3.8	1.4	6.1	11.2	0.08	1.3
13	秋田県 藤里町	米代川	小屋場 沢	370	127	第三紀泥岩	スギ人工林 48-63	4.4	5.8	1.20	3.1	1.0	6.2	4.0	0.14	1.2
14	山形県 真室川町	最上川	釜淵 ¹ 号沢	162	3	第三紀凝灰 岩	落葉広葉樹林 60+	5.8	7.0	1.65	2.9	0.9	8.8	7.8	0.26	3.9
15	山形県 真室川町	最上川	釜淵 ² 号沢	166	3	第三紀凝灰 岩	スギ人工林 28-38	5.9	6.8	1.66	2.4	0.8	7.7	7.5	0.30	3.0

資料:池田重人(1999)

(2) 森林からの葉等落下有機物の供給

ア 葉等落下有機物の供給が溪流生物に与える影響

森林域を流れる溪流には毎年秋に大量の落ち葉等が供給され流域に生息する多様な動物類の重要なエネルギー源になっている。

山地上流域では河川内の有機物資源は、溪畔林からの葉等落下有機物によって支えられている。葉等落下有機物は上流の水生昆虫が分解することによって、さらに下流の水生昆虫の餌になっている。

水域外で生産され流入する葉等落下有機物の重要性は、上流から下流に向かって川幅が広がり河川の中に光が差し込む割合が増えるにつれて相対的に小さくなる。

河川の幅が広がるにつれて河川内に日射エネルギーが差し込む割合が増し、こうした場所では、水生植物や藻類の光合成生産が増加し、底生生物が落葉に変わってこれを利用することとなる。葉を噛み砕いて食べる破砕摂食者（シュレッダー）は上流域に分布し、これらによって細くなった有機物や排泄物は、さらに下流に分布する収集摂食者（コレクター）によって餌として利用される。これらの他、珪藻類をそぎ取って食べる刈り取り摂食者（グレイザー）もいる。

さらに大きな河川になると、水深と濁りが増し、河川内の一次生産量は再度低下するが、上流から多くの有機物が運搬され食物連鎖のつながりは海へとつながっている。

こうした流域全体の流れでエネルギーや有機物の変化と底生生物の摂食機能群の分布を説明した仮説は、河川連続体説と呼ばれている。（図 1.2-6）

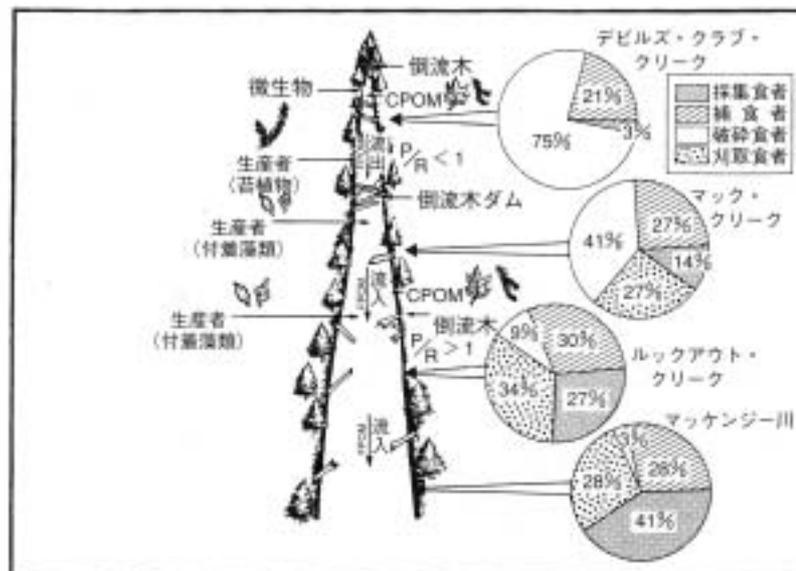


図 1.2-6 マッケンジー川流域の小溪流から大規模河川に至る底生生物群集の変化が表現されている河川の連続体概念 (Vannote et al., 1980)²¹⁾

注 1: CPOM は粗大有機物片 (> 1mm)、FPOM は微細有機物片 (< 1 mm) である。

注 2: P/R は生産 / 呼吸である。

これまで、多くの研究が北ヨーロッパ、北アメリカでなされ、北海道の広葉樹林で実施した調査では、樹冠で覆われた溪流内に陸域から入る落葉量は ha 当り約 3.0 トン程度で、樹冠から直接入る量はそのうち 89% を占め、後の 11% は林床堆積している落葉が風などで巻き上げられ溪岸から入り込む量であった(岸ほか、1999)。

北海道南部の落葉広葉樹林流域において秋に生産された落葉の分解過程についての調査では、落葉を 0.5cm メッシュのリターバッグに詰め、水生昆虫の進入できる処理(オープン)と進入できない処理(コントロール)の 2 処理で溪流内の淵に設置し、11 月から翌年の 7 月までほぼ 1~2 ヶ月おきに回収してその葉重変化を比較したものである。溪流内に入った落葉は、可溶性物質が数日の内に溶け出した後、微生物、特に菌類が付着し、最終的に水生昆虫に摂食されるという過程をたどって分解される。

実験に用いた葉は、実験溪流周辺に一般的にみられるブナ (*Fagus crenata*)、ミズナラ (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*)、イタヤカエデ (*Acer mono* MAXIM.)、ホオノキ (*Magnolia obovata* THUNB.)、サワシバ (*Carpinus cordata* BLUME)、シラカンバ (*Betula platyphylla* var. *japonica* HARA)、トチノキ (*Aesculus turbinata* BLUME)、ケヤマハンノキ (*Alnus hirsuta*)、ヤナギ属 (*Salix* sp.) の 9 種である。

落葉の分解速度は樹種によって異なっており(図 1.2-7)、溪畔にみられる窒素分の多いケヤマハンノキが最も分解され易く、イタヤカエデ、シラカンバ、サワシバ、ヤナギ属が中間で、斜面に見られるホオノキ、ミズナラ、ブナ、トチノキは分解されにくい(柳井ほか、1995)²²⁾。

溪畔林からは、落葉のみならず枝、幹、花、種子、多くの陸生昆虫も落下し、溪流生態系に有機物資源を供給している。

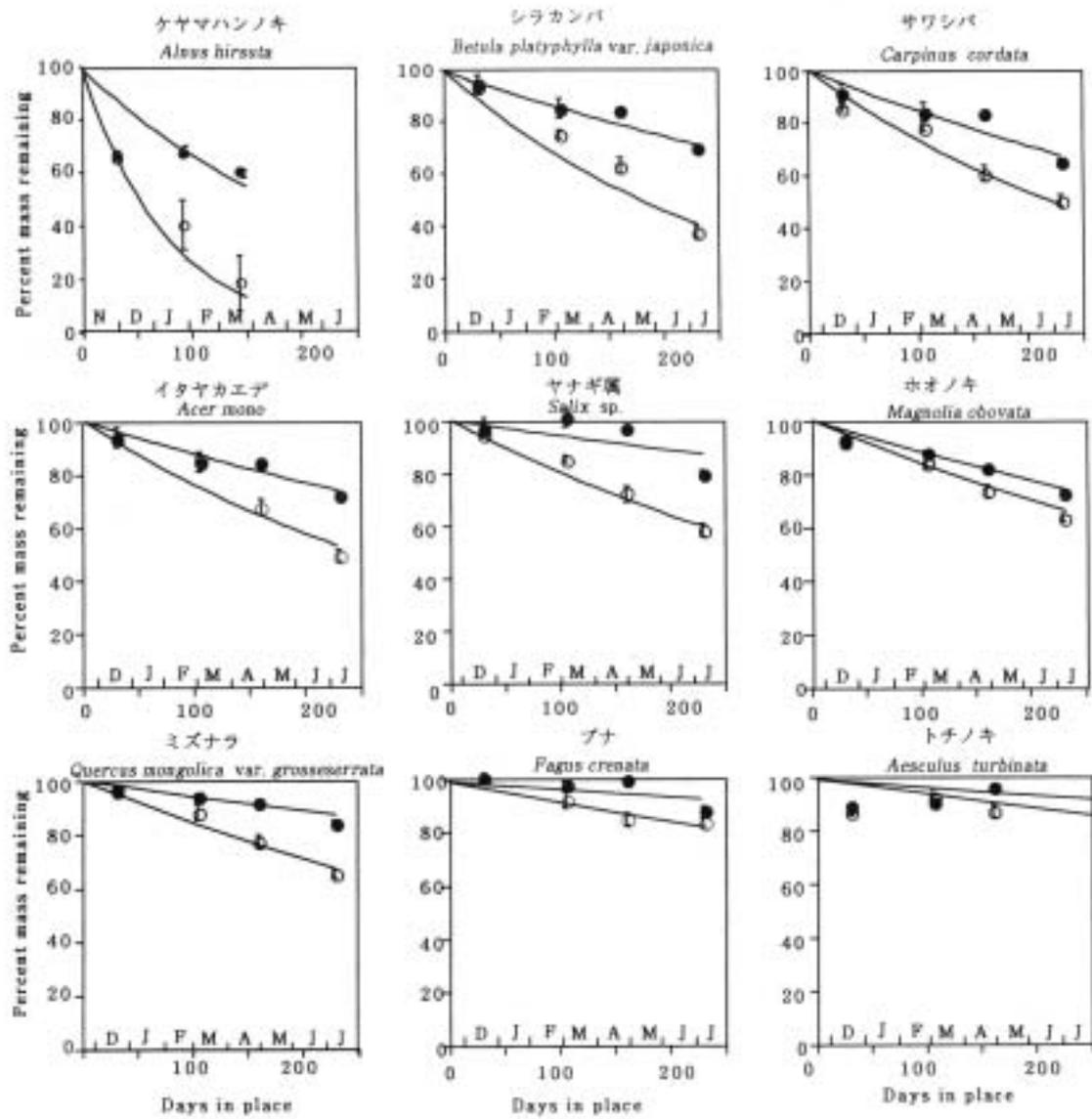


図 1.2-7 山地溪流における広葉樹 9 種のリターの分解過程 (柳井、1995)²²⁾

注 1 : ○ はオープン (5 サンプルの平均値)、● はコントロール (5 サンプルの平均値) 処理を示す。

注 2 : 縦線は標準誤差を示す。曲線ラインは指数関数に適合させたもの。

イ 落葉が河口域の生物に与える影響

森林域を流れる溪流には毎年秋に大量の落ち葉が供給され流域に生息する多様な動物類の重要なエネルギー源になっている。落葉は上流の水生昆虫が分解することによって、さらに下流の水生昆虫の餌になっている。しかし、落ち葉は河川で分解されるばかりではなく、雪解け出水、集中豪雨等により海へ流入することもある。

北海道日本海沿岸の濃昼川河口域周辺に落ち葉の堆積が年間を通じて形成され、海に運ばれた森林起源の落ち葉をトンガリキタヨコエビが優占し本種はクロガシラカレイ 0 歳魚の主要な餌生物になっていることが判明した(図 1.2-8)。トンガリキタヨコエビは北アメリカ西海岸やカムチャッカ半島～サハリン沿岸の潮間帯～潮下帯にも広く生息する寒海性の端足類であり、北アメリカ沿岸では本種がサケ科幼魚の重要な餌になっている (Levings 1973)²³⁾。トンガリキタヨコエビの繁殖期は 5 月と 10 月の年 2 回と推察されており、6 月から 11 月に成長が顕著になり、12 月から 5 月に停滞する傾向にある。同河口域ではクロガシラカレイ 0 歳魚は年間生産量の 81.6%に相当する有機物をトンガリキタヨコエビに依存しており、その 27%に当たる値が落葉からトンガリキタヨコエビを介してクロガシラカレイに流れたと推定された。この河口のクロガシラカレイは年間生産量の 22.0%を落葉に支えられている。(桜井、柳井 2003)²⁴⁾。

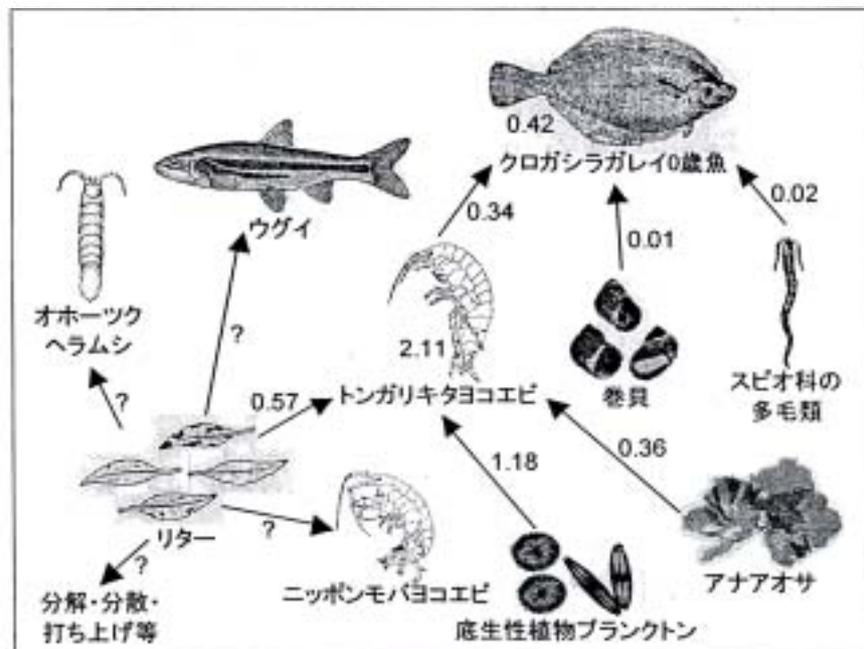


図 1.2-8 濃昼川河口域の落葉だまり内における有機物フロー
(桜井、柳井 2003)²⁴⁾

ウ 森林からの葉等の落下有機物量

(ア) 森林型と落葉量

森林の落葉量は、表 1.2-9 のとおり亜寒帯・亜高山常緑針葉樹林、温帯常緑針葉樹林、温帯落葉広葉樹林、照葉樹林及び熱帯林と森林型により異なる。傾向としては南方の森林帯が多くなっている。

森林型	代表的な樹種	調査林分数	落葉量 t/ha・年
亜寒帯・亜高山常緑針葉樹林	トドマツ・トウヒ・ コメツガ	4	4.23 ± 0.97
温帯常緑針葉樹林	スギ・ヒノキ・ アカマツ	41	4.57 ± 1.42
温帯落葉広葉樹林	ブナ・ミズナラ・ クヌギ	40	4.07 ± 1.00
照葉樹林	クスノキ・タブノキ・ アカガシ	13	6.51 ± 0.81
熱帯林（常緑樹林）	ガジュマル・タコノキ・ フタバガキ科樹木	32	9.87 ± 2.36

表 1.2-9 森林型と落葉量 (堤 利夫、1987 より抜粋。一部修正)²⁾

(イ) 各種森林の葉現存量と葉の平均寿命

森林の葉量は一般に落葉広葉樹林では少なく、2.5～3.5t/ha、常緑広葉樹 5～9t/ha、常緑針葉樹 15～20t/ha である(只木 1977、斎藤 1989)²⁵⁾。森林は樹種によって葉の寿命が異なり、落葉広葉樹、常緑広葉樹、温帯常緑針葉樹、亜寒帯常緑針葉樹林の順に長くなる(表 1.2-10 斎藤 1989)²⁵⁾。落葉広葉樹のハンノキの寿命はわずかに 0.7 年で、生育している間にかなりの葉が入れかわっている。最も寿命の長いコウヤマキでは 9.7 年である。このような葉の寿命の違いから、さまざまな森林の葉の現存量は、ブナ林の 3t/ha からコウヤマキ林の 34t/ha まで約 10 倍の差がある。

ブナのような落葉広葉樹では、葉はすべて春以降に新しく生産されたもので、夏に着いている葉量は葉の生産量にほぼ近い。常緑樹では、当年以前につくられた葉が着いているので、葉量は葉の生産量とは異なる。我が国森林の葉の生産量は落葉樹林、常緑広葉樹林、マツ林などでは 3～4t/ha・年で、葉量が特別多く、寿命の長い常緑針葉樹林では 1.5～2.5t/ha・年である(大畠、1986)²⁶⁾。

樹種	森林型	樹齡 (年)	葉現存量 (t/ha)	落葉量 (t/ha・年)	平均寿命 (年)	備考
ヨーロッパトウヒ人工林	亜寒帯・亜高山帯常緑針葉樹林	41	22.1	3.8	5.8	齋藤ら、1980
モミ林	亜寒帯・亜高山帯常緑針葉樹林	成熟	15.1	2	7.5	安藤ら、1977
ツガ林	亜寒帯・亜高山帯常緑針葉樹林	成熟	7.8	2.2	3.5	安藤ら、1977
シラビソ・オオシラビソ林	亜寒帯・亜高山帯常緑針葉樹林	成熟	20.8	2.2	9.5	木村ら、1963
コメツガ林	亜寒帯・亜高山帯常緑針葉樹林	成熟	10.2	1.9	5.3	大島ら、1977
アカマツ林	温帯常緑針葉樹林	7	9.8~11.5	4.9~8.4	1.2~2.3	蜂屋ら、1966
アカマツ林	温帯常緑針葉樹林	20	8.7	2.9	3.0	佐藤ら、1970
クロマツ林	温帯常緑針葉樹林	19	11.7	3.6	3.9	湯浅ら、1981
ヒノキ人工林	温帯常緑針葉樹林	17	14.3	2.2	6.6	川原ら、1979
ヒノキ人工林	温帯常緑針葉樹林	41	18.0	2.7	6.8	吉良ら、1982； 齋藤ら、1982
ヒノキ人工林	温帯常緑針葉樹林	19	11.7	3.6	3.3	齋藤ら、1981；1982
コウヤマキ人工林	温帯常緑針葉樹林	63	34.0	3.5	9.7	大久保ら、1981
ハンノキ林	温帯落葉広葉樹林	15	2.9	4.3	0.7	只木ら、1987
ブナ林	温帯落葉広葉樹林	成熟	3.0	2.9	1.0	川原ら、1979
コジイ林	照葉樹林	14	8.4	3.7	2.2	只木ら、1968
照葉樹林	照葉樹林	約 60	6.8~7.8	3.2~4.2	1.8~2.4	吉良ら、1978

表 1-10 各種森林の葉現存量と葉の平均寿命

注：葉の平均寿命は現存量と落葉量より計算

(齋藤秀樹、1989 より、一部修正)²⁵⁾

(ウ) 葉等の落下有機物量

森林からの葉、枝、樹皮、花、種子、昆虫等の落下有機物量は森林の種類によって異なるが、下表 1.2-11 の報告がある。ブナ等天然林平均の場合には 5.3t / ha・年、コナラ二次林の場合には 5.6t / ha・年、スギ人工林の場合には 6.2t / ha・年、アカマツ林の場合には 6.7t / ha・年となっており。

また、ヒノキ人工林では 3.5t / ha ~ 4.6t / ha、常緑広葉樹では 6.6t / ha ~ 7.4t / ha となっている。

温帯における森林からの葉等の落下有機物量は森林の種類によって異なるが、ヘクタール当たり 3.5t から 7.5t の範囲である。

単位 : kg/ha・y

	調査数 (年*箇所数)	葉等の落下有機物量 (年平均/調査数)				調査場所	備 考
		葉	枝と樹皮	その他	計		
モミ・ツガ天然林	13	3,184	1,079	365	4,628	和歌山県	
ブナ天然林 1	4	3,066	1,204	946	5,216	山形県	老齢林
ブナ天然林 2	4	2,974	1,709	1,417	6,100	山形県	老齢林
ブナ天然林 3	1	2,220	880	1,420	4,520	岐阜県	
ブナ天然林平均		2,753	1,264	1,261	5,278		
コナラ 2 次林	4	4,036	1,264	348	5,648	山形県	壮齢林
スギ人工林	1	4,800	1,280	200	6,280	愛知県	
アカマツ林	2	3,829	1,982	870	6,681	京都府	
クロマツ林	3	4,130	630	700	5,460	千葉県	
ヒノキ人工林 A	11	3,281	820	504	4,606	山口県	地位良・施肥
ヒノキ人工林 B	11	2,895	841	426	4,162	山口県	地位良・無施肥
ヒノキ人工林 C	11	3,121	699	401	4,220	山口県	地位劣・施肥
ヒノキ人工林 D	11	2,389	809	292	3,490	山口県	地位劣・無施肥
常緑広葉樹林	1	5,955	1,041	408	7,403	千葉県	人工造成地
常緑広葉樹林	1	4,784	1,240	617	6,641	千葉県	2 次林

表 1.2-11 各種森林の葉等の落下有機物量

注 1) 葉には主要樹種以外の下層木などの葉も含まれる。

注 2) その他には花や種子などの生殖器官、昆虫及び虫糞等が含まれる。

(京都大学農学部演習林報告 1986-12 吉野²⁷⁾、新潟大学農学部演習林研究報告 1994 - 02 丸山、今²⁸⁾、日本林学界大会発表論文集 1986-10 上田、堤²⁹⁾、京都大学演習林報告 1991 斎藤、上家、祐、竹岡³⁰⁾、日本林学界大会発表論文集 1984-10 岩井³¹⁾、日本林学界大会発表論文集 1984-10 勝野、萩原、穂積³²⁾、日本林学界大会発表論文集 1987-10 小田³³⁾、日本林学界中部支部大会講演集 1986-03 後藤、安藤、鈴木³⁴⁾、日本林学界中部支部大会講演集 1981-03 依田、只木³⁵⁾より)

(工) 葉等の落下有機物量の季節変化

落葉の最盛期は4～6月と9～11月の2回である。常緑広葉樹と落葉広葉樹とではその最盛期が異なる。常緑広葉樹の多くは4～6月に落葉の最盛期があり、落葉広葉樹は7月頃から落葉が始まり9～11月に最盛期になる(図1.2-9)。

なお、別の報告から常緑針葉樹ではスギの落葉は11月に多いが、枝は風により必ずしも秋ではなく、ヒノキの落葉も秋に集中するが、年次により多少の相違があり、11月の1ヵ月間にその大部分が落下する年と、11月、12月、1月にかけて大部分が落下する年がある。

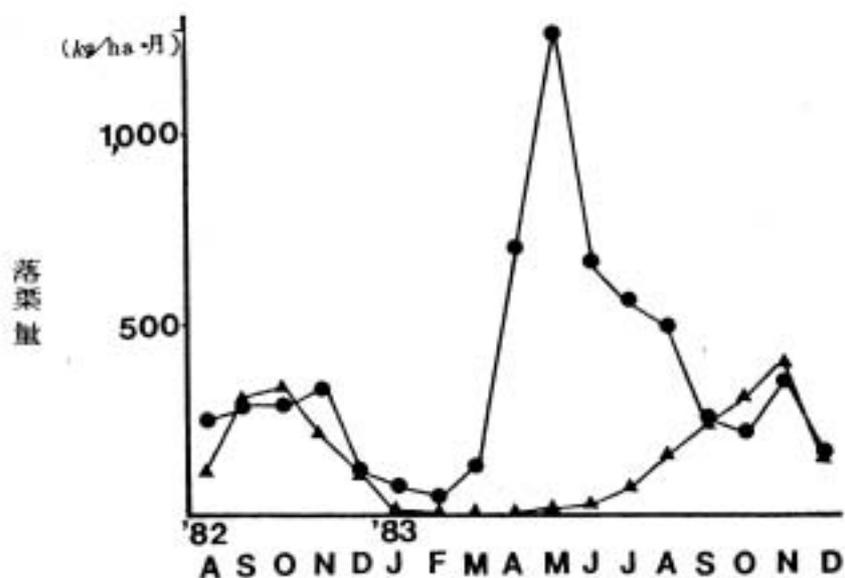


図 1.2-9 常緑・落葉広葉樹別落葉量の季節変化 岩井宏寿(1984)³¹⁾

注： 常緑広葉樹
落葉広葉樹

(才) 溪流への有機物の落下

森林から溪流への有機物供給量は、溪流の川面に直接落下する有機物と林床に落下した有機物が風などで斜面を転がり川面に落下するものがある。後者の割合は、20.0%～25.6%との報告があるが(2003 阿部俊夫、藤枝基久)³⁶⁾、林床における落葉の移動は斜面傾斜の影響を強く受け、地形によりその範囲も異なると考えられる。

(3) 森林の流量の安定機能及び土砂流出防止機能の調節

ア 森林の流量安定

森林は降雨の直接流出量を減少させるとともに、ピーク流量を低減させ洪水を緩和する機能を果たしている。洪水を緩和する機能は、森林の樹幹、林床植生、落葉落枝の存在と、降雨の森林土壌への浸透により発揮される。裸地斜面では降雨に対する流出の反応が敏感で、流出水の上昇と増水の急減であり、また、ピークの流出量が大きく、森林斜面の10倍にも達している。

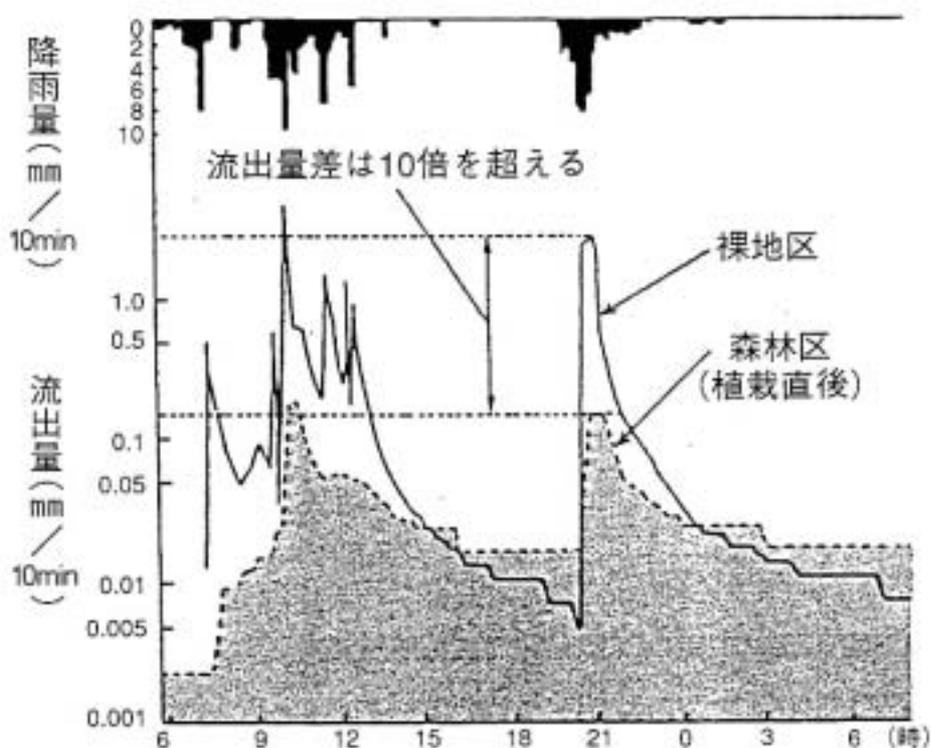


図 1.2-10 裸地と森林（植栽直後）の流出ハイドログラフの違い（福嶋、1977）³⁷⁾

イ 森林の存在と土壌浸食

森林の土砂流出防止機能は、雨滴の打撃による地表面の土粒子の分散防止、地表面の浸透性向上による地表流の発生抑止、さらに地表流が発生した場合に流下速度を抑え、土粒子運搬エネルギーの減殺として発揮される。

森林の樹冠、林床植生、落葉落枝は地表面を雨滴の打撃から守り、土壌構造の破壊を防ぎ、表面浸食を防止し土壌流出防止に重要な役割を果たしている。

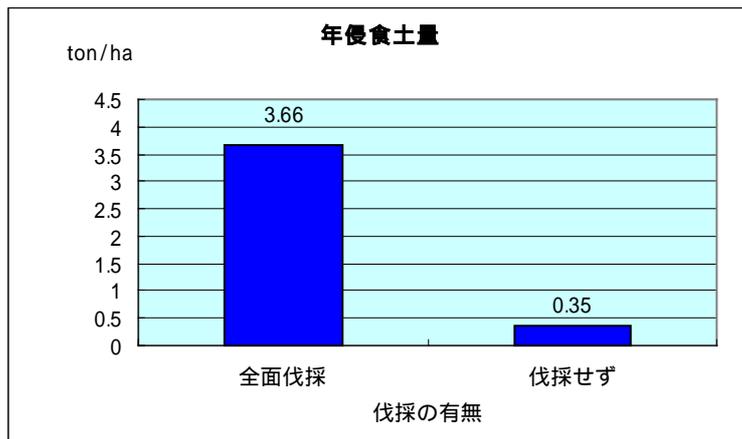


図 1-2-11 伐採の有無による土壌の侵食量 (川口武雄、山本勝一、1948)³⁸⁾

注：傾斜 30°、アカマツ天然林 30 年生、岡山県下、年雨量 746mm

ウ 落葉で地表が覆われた場合の土壌流出の違い

森林に落葉被覆がある場合には、裸地状態と比較すると侵食土砂量が著しく少ない。図 1.2-12、図 1.2-13、図 1.2-14 のとおり葉の形状や落葉の堆積状態により異なるがおおむね 0.4cm 以上(アカマツの場合は 0.8cm 以上)の落葉被覆があれば、地表面上にある落枝落葉層や草本などの林床植生が雨滴や樹冠からの水滴のエネルギーを減殺し、雨滴侵食を防止するとともに、地表流の発生を抑制し土壌侵食を防ぎ土壌流出防止に効果がある。

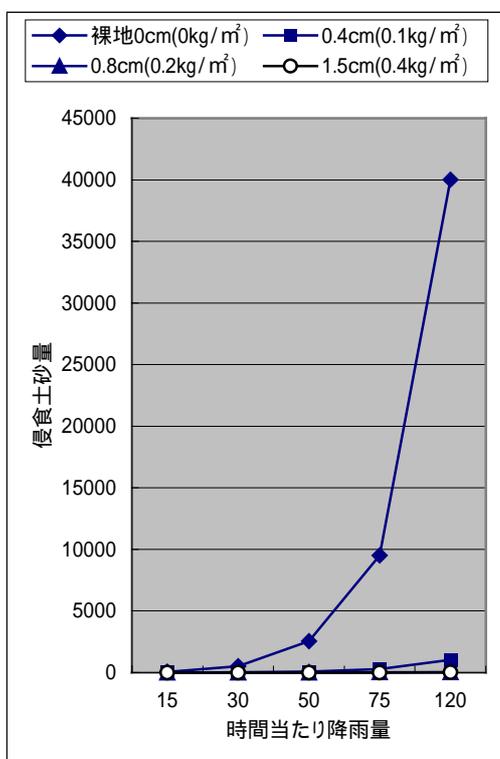


図 1.2-12 地表表面の落葉量と侵食土砂量 (コナラとウミズザクラ)

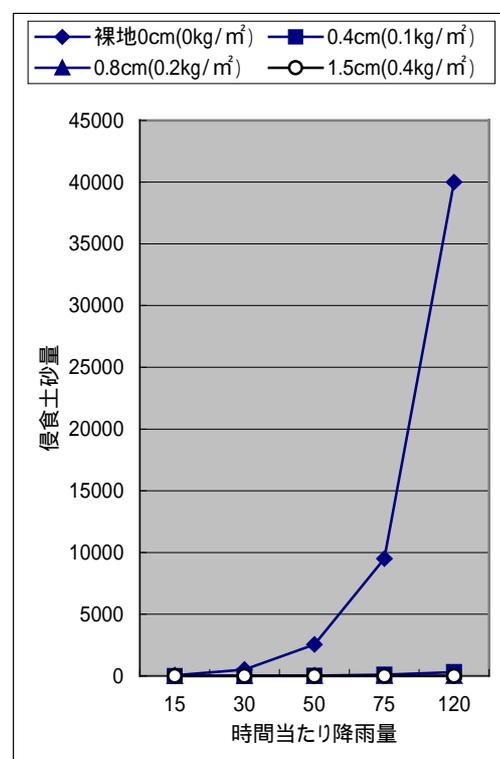


図 1.2-13 地表表面の落葉量と侵食土砂量 (カラマツ)

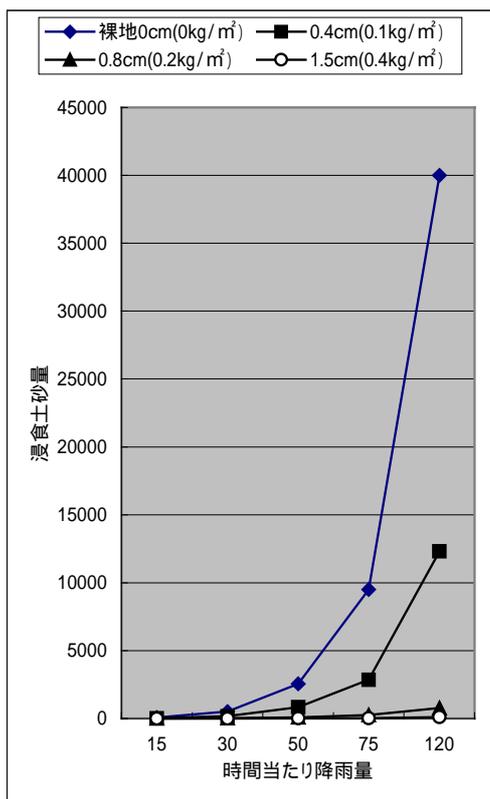


図 1.2-14 地表表面の落葉量と浸食土砂量
(アカマツ)

資料：村井ほか 1975 を作図³⁹⁾

注 1：浸食土砂量の単位は、kg / ha · hr

注 2：室内実験結果、傾斜長 1.5m、傾斜 25°、岩手火山灰

エ 林種、樹種等土地の被服状態による土壤浸透能の違い

森林は一般に森林土壤で覆われている。地表を被う A₀ 層の働きや森林土壤の高い透水性と保水性により、地表に到達した降雨の大部分は地中に浸透し、かつ一時的に貯留される。このため森林地に降った雨水は時間のずれをもって、しかも時間をかけて流出する部分が多くなり、短い時間の激しい降雨であっても、長い時間の穏やかな流出となる。

図 1.2-15 の土地利用と土壤浸透能の調査では土壤浸透能は森林平均が 258mm / ha 伐採跡地が 158mm / ha、草生地 128mm / ha、裸地の 79mm / ha となり、森林の林種による浸透能の違いよりは、土地利用の違いによる差が大きい。

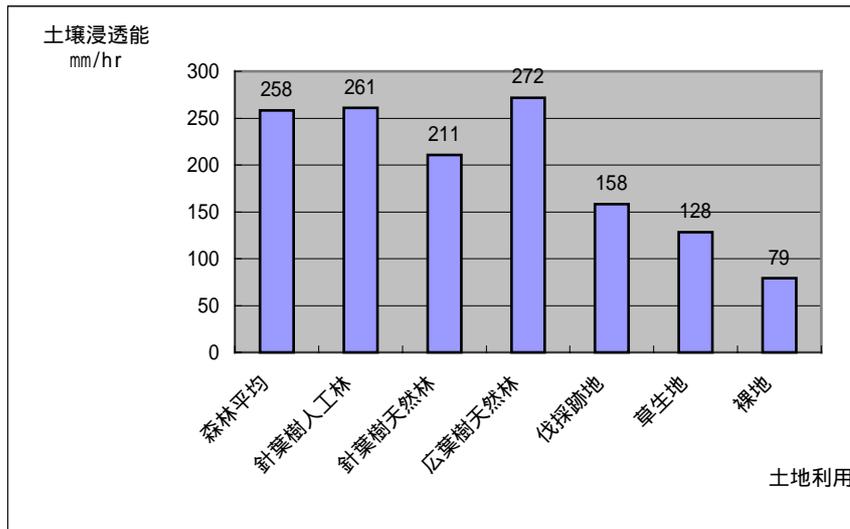


図 1.2-15 土地利用と土壌浸透能 (村井、岩崎 1975)³⁹⁾

参考

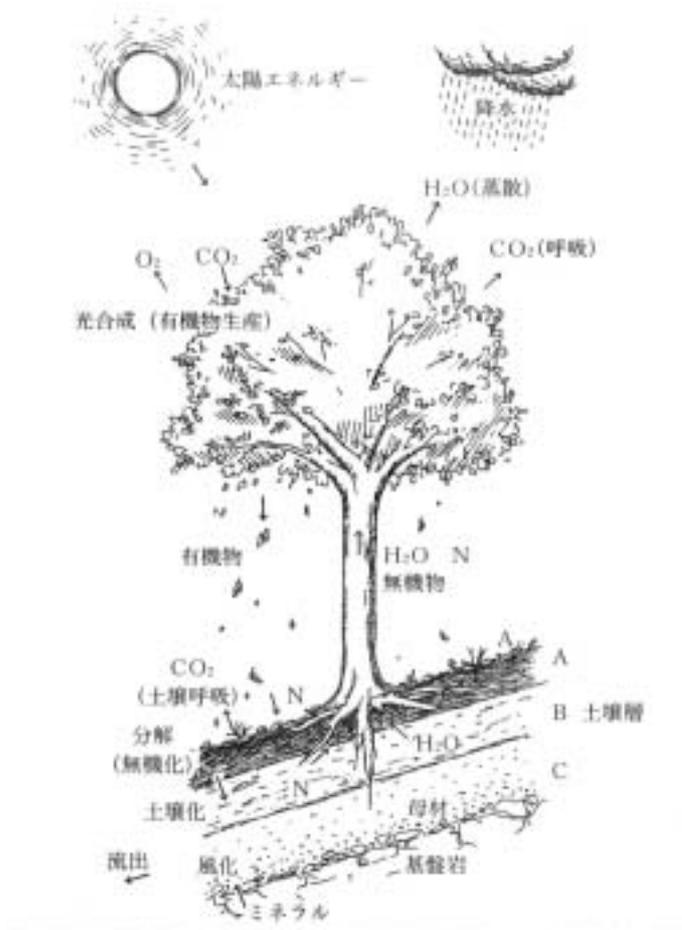


図 1.2-16 森林土壌 (太田、2001)

森林土壌は、表層から、落葉落枝やその分解途中のものが積み重なった A₀ 層、有機物に富む A 層、A 層からの溶脱物の集積した B 層、基礎岩の風化層である C 層のような層位を持つ。森林の成立・発達とともに草や根の腐朽、地中の小動物の通路などによって作られた土中パイプは、表層では生成・変形・消滅を繰り返すが、下層では永続性のある物が多い。このため、A 層、B 層には大・中孔隙が多く、特に団粒構造が発達した A 層では、大孔隙の割合が大きい (「土の環境圏」、1997)⁴⁰⁾

オ 林齢の違いによる土壌の保水性

森林の成長とともに土壌の質的变化が進むことが判っており、各樹種とも林齢の高いところほど全粗孔隙量は多い。このことは土壌の保水性向上のためには長伐期がよいことを示している（図 1.2-17）。

なお、土壌の生成には地形、地質も大きく関係しており、スギ、ヒノキ、ブナといった地上部分の樹木のみの影響により土壌特性が決定されるものではない。

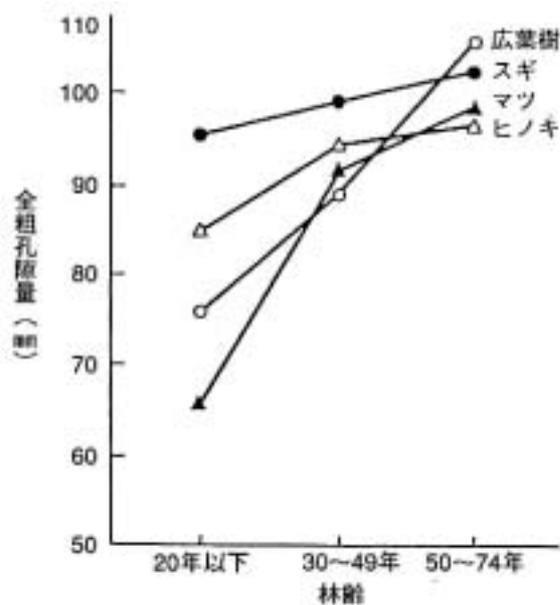


図 1.2-17 林齢による土壌層の全粗孔隙量の相違（竹下ほか 1977 より作図）⁴¹⁾

注：土壌孔隙 土壌の土粒子、礫、根などの固体の部分以外の、固体と固体の間の空間を土壌孔隙という。0.006mm 以下を細孔隙、0.006mm 以上を粗孔隙という。

カ 森林における降雨と濁水流出

森林は前述のように、降雨があっても地表流が発生しにくいいため濁水の発生を抑制する効果がある。良く整備された森林に降雨があった場合には、降雨強度、降雨時間、地形、地質、流域面積等にもよるが降雨後も数時間程度は濁水が流出するものの、短時間で清水に戻る傾向がある。

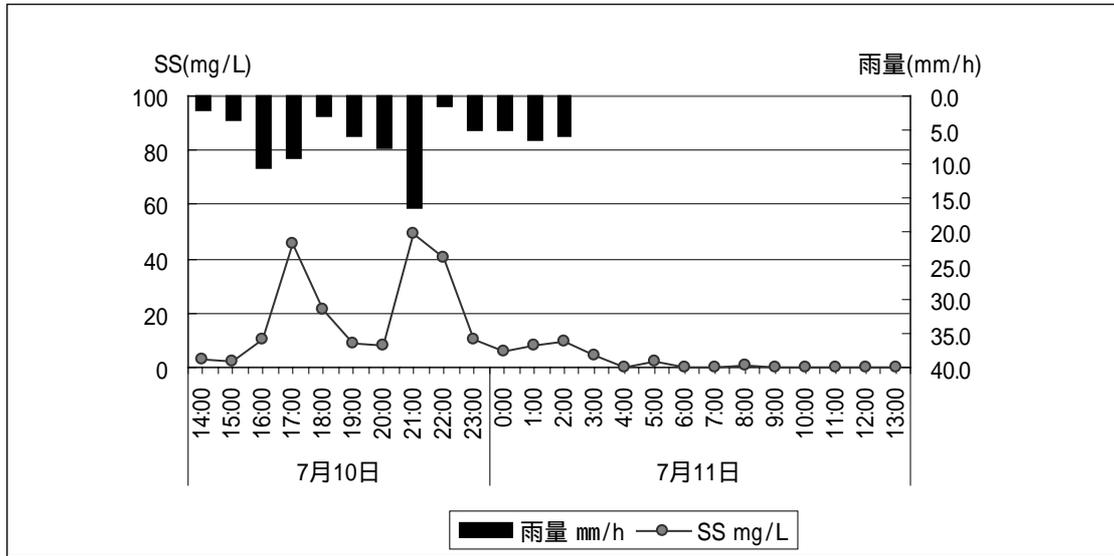


図 1.2-18 群馬県 熊川上流笹沢 3号量水堰観測結果 降雨が 82mm の場合 (2002.7.10 ~ 11)
上流域 14.9ha カラマツを上木とする複層林 (2003、土屋)⁴²⁾

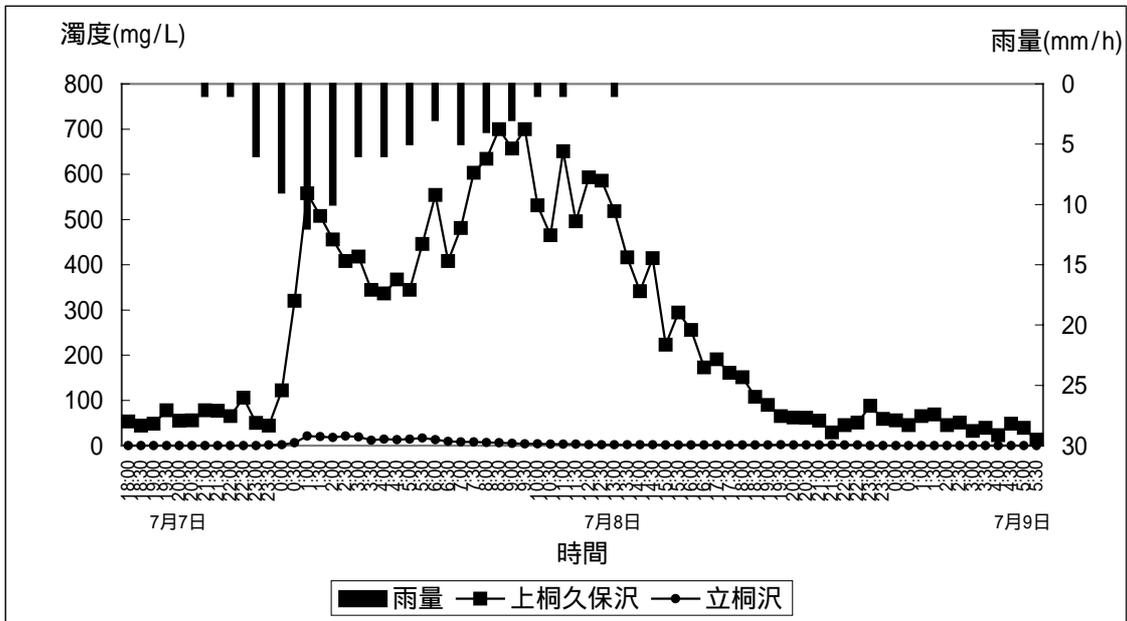


図 1.2-19 栃木県 足尾山地 観測結果 降雨が 75mm の場合 (2000.7.7 ~ 9)
上桐久保沢 流域面積 69ha 植生:森林 79%,草地 9%,岩石地 8%,荒廃地 3%
立桐沢 流域面積 86ha 植生:森林 95%,草地 4%,岩石地 0%,荒廃地 1% (2001、井上)⁴³⁾

キ 山腹工による復旧の効果

崩壊地等の裸地化した山腹斜面に降水があると、地表流が起き、浸食により濁水を発生させる。裸地斜面に階段及び植栽等を施工し、森林が回復すると、土砂の流出及び濁水の防止に大きく貢献する。これは植栽した樹木や草本等の効果で浸透能が増すことによる。また、樹木が成長すると、樹冠、地表植生、落葉、落枝等が降雨の落下速度を減殺することで雨滴浸食を防止する。さらに落葉落枝は地表水の流下速度を減殺する。一方、落葉、落枝などによる有機物供給ならびに地中小動物の活動の活発化が土壤の団粒構造を発達させ、土壤の孔隙量やパイプ状の管水路を増加させ浸透能が一層向上する。

図 1.2-20 に見るとおり、裸地と山腹工施工地とでは、流出土砂量が3ケタ少ない。また、山腹工施工後 15 年ほどして、土砂流出量が更に一段と減少している。これは、樹木が成長することにより落葉、落枝が林床に蓄積し、有機物の多い土壤となって土壤の孔隙量を増し、雨水の土壤浸透能が一層増大したことによる。

崩壊地に山腹工を施工することによる土砂流出防止、濁水防止には、効果は大きなものがある。

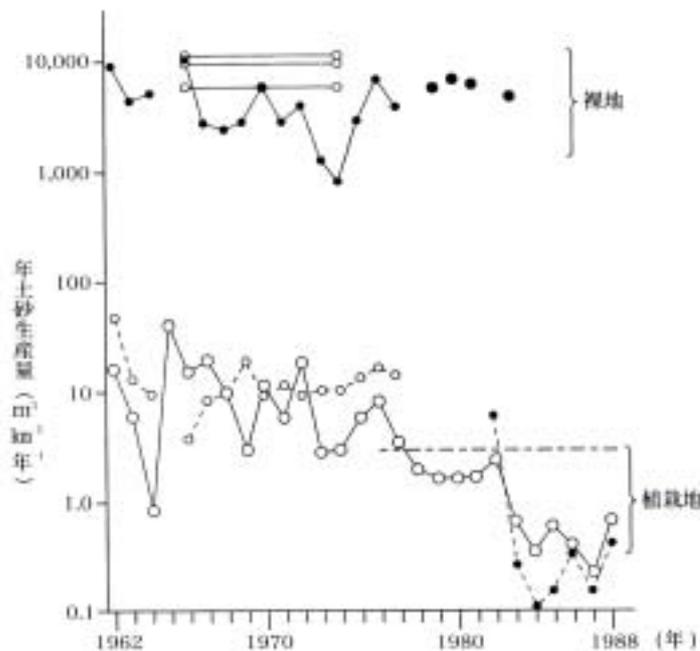


図 1.2-20 裸地と山腹工施工地の土砂流出量の比較（鈴木 雅一）⁴⁴⁾

滋賀県田上山の 1962 年から 26 年間の連続調査事例

印の違いは試験地の違いである。

崩壊地などに山腹工を施工した場合、森林・草地が増加し、岩石地、荒廃地が減少するとともに流出する水の濁度が減少していく傾向にある。下图 1.2-21 のように荒廃率が小さくなるほど濁度が減少する。

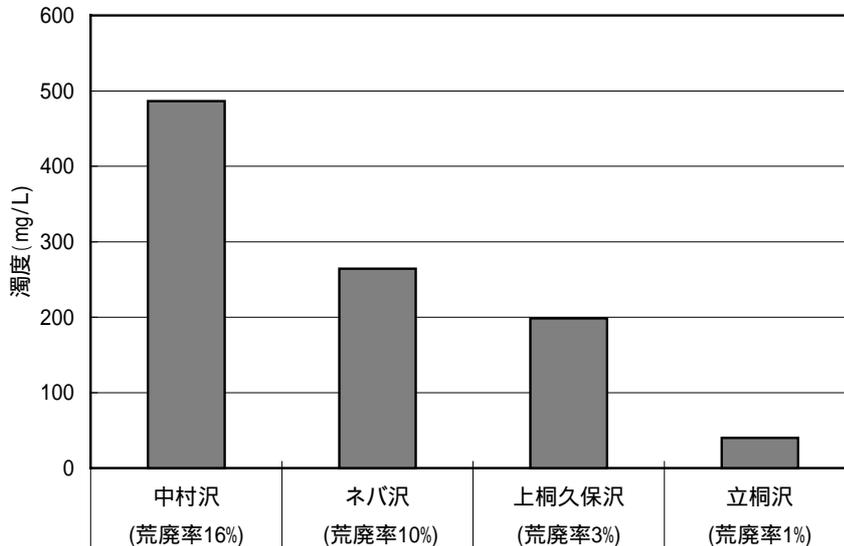


図 1-21 荒廃率の違いによる降雨時の濁度最大値の違い - 栃木県足尾山地 (井上、2003)⁴⁵⁾

注 1 雨量 50mm、直前雨量強度 10mm/hr の場合である。

注 2 1998 年から 2002 年まで観測の約 10 例を用いた回帰式による。

注 3 ここで荒廃率とは、山腹の崩壊地と溪流内の不安定土砂の堆積地を合計した面積（荒廃地）の流域面積に対する率である。

注 4 各流域の概要は次の通りである。

流域	流域面積 (ha)	植生別面積率 (%)					山腹工等実施率 (%)
		森林	草地	岩石地	荒廃地	計	
中村沢	29	24	35	24	16	100	66
ネバ沢	47	40	41	9	10	100	57
上桐久保沢	69	79	9	8	3	100	35
立桐沢	86	95	4	0	1	100	0

注 5 当該地域は足尾銅山の煙害被害地であり、逐次、山腹工、空中緑化等が施工されており、施工地は森林と草地に変わる。山腹工等が施工された結果岩石地と荒廃地が減少している。

注 6 森林と草地の面積合計が中村沢の山腹工等実施率より小さいのは、施工しても植生が回復していない所があるためである。

(4) 樹冠による日光遮断と倒流木の供給

樹冠による日光遮断は、水温の上昇を抑える上で重要な役割を果たして高温に弱いサケ科の魚類に重要な生息環境を提供している。北海道の広葉樹林では、夏の間太陽日射量の70~80%がカットされ、直接水面に到達できるエネルギー量は20~30%程度に抑えられる(図1.2-22)。

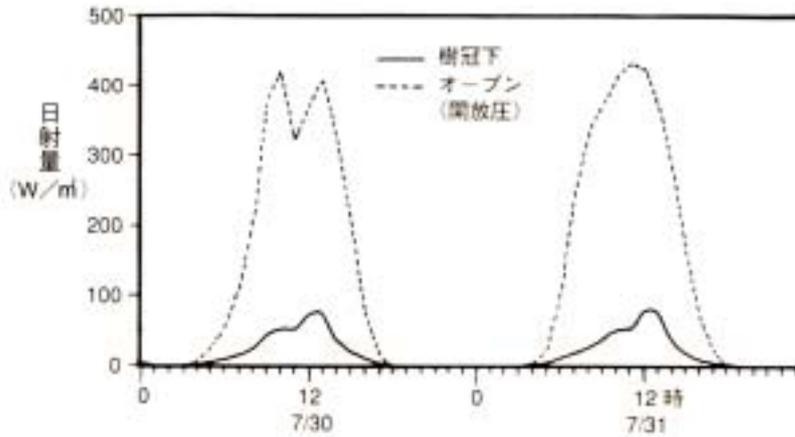


図 1.2-22 樹冠の有無と日射量 (中村、百海、1989) ⁴⁶⁾

こうした溪畔林樹冠の日光遮断によって、夏季の川の水がもっとも少なく流速の遅い時期でも山地上流域の渓流水温は低温に保たれる。このため、落葉広葉樹の開葉時期の遅い北海道の溪流では5月の水温の日変化が極めて大きく日中の最高水温が最も高くなるのもこの時期である。1日のうちの最高水温と最低水温との差である水温日変動幅は開葉期と落葉期では異なり、樹冠による日射遮断により夏季においても安定した低水温が保たれる。樹冠による日光遮断が渓流水の水温変化を通じて水産資源に与える事例としては次の報告がある。北海道問寒別川流域で実施された調査では、50m~160mの流域スケールにおけるサクラマス个体数密度は、溪畔域が樹林で覆われているか人工草地やササによって覆われているかのよって影響を受ける。河川水温が20を越える溪流ではサクラマスの个体数が激減する (inoue et al.,1997) ⁴⁷⁾

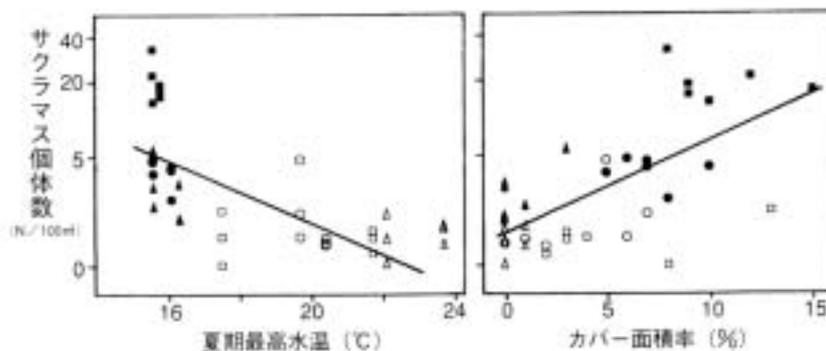


図 1.2-23 夏期の水温とサクラマス个体数 (井上ら、1997) ⁴⁷⁾

一方樹冠で覆われた溪畔域では日光遮断により溪流内の石礫に付着する藻類の繁殖は抑えられ、溪流に日射量がある伐採区間では夏季において一次生産量が高く餌供給が多いためサケ科魚類の個体数が森林区間の2.5倍であるとの報告もあり(Murphy et al1986)⁴⁸⁾、正負双方の効果がある。どちらが重要な因子であるかは気候、地形等により異なる。また、冬季に落葉する樹種からなる溪畔林は冬季間の一次生産量を高め河床有機物の不足する期間の餌資源を保障している可能性もある。

森林内から供給される倒流木は水の流れをさえぎることにより溪流の微地形の形成、溪流内の物質移動に重要な役割を果たしている。米国において実施された研究では溪流内に形成される階段状の落ち込み構造の30%から80%は倒流木により形成され、淵の約50%~100%が倒流木によって形成されると報告している。倒流木の量が増えると魚類の量が増える傾向を示しており、倒流木が形成する環境は魚類の生息場に欠かせない要素であると考えられている(Elliott,1986;Riley and Fausch,1995)^{49) 50)}。阿部、中村(1999)⁵¹⁾は、同じ溪流で倒流木除去実験をして、倒流木除去によってサクラマス⁵¹⁾の個体数が減少したことを対象区との比較で明らかにしている。

参考文献

- 1) 加藤正樹ほか(1999)：森林と渓流水質 その形成メカニズムと実態 . 林業科学技術振興所 .
- 2) 堤 利夫(1987)：森林の物質循環 . 東大出版会 . pp17・124
- 3) 加藤正樹(1997)：森林土壌の自然浄化作用(岩田進午・喜田大三監修：土の環境圏) . フジテクノシステム . 455 - 469
- 4) 一國雅己(1992)：岩石風化に由来する物質(日本科学会編：季刊科学総説 No.14 . 陸水の化学) . 学会出版センター . 16-24
- 5) 岩坪五郎(1996)：森林生態系における物質循環の機構(岩坪五郎編：森林生態学) . 文永堂出版 . 115 - 135 .
- 6) 加藤正樹ほか(1997)：平地林の持つ水質浄化機能のモデル化と評価 . 森林総研所報 110 . 6 - 7
- 7) 藤本浩平ほか(1996)：樹幹流および林内雨に溶存する海塩由来物質が土壌に与える影響() 海岸からの距離による溶存成分濃度の違い . 日林論 107 . 159 - 162
- 8) 鶴見 実・一國雅己(1989)：多摩川上流の沢水に含まれる無機成分の科学的特徴 . 環境化学誌 2(1) . 9 - 16 .
- 9) 河田 弘(1989)：森林土壌学概論 . 博友社 . pp399
- 10) Likens,G.E. .et al(1997)：森林生態系の生物地球化学(及川武久監訳、伊藤昭彦訳) . シュプリンガー・フェアラーク東京 . pp177
- 11) 中野秀章・有光一登・森川 靖(1989)：森と水のサイエンス . 日林協 . pp176 .
- 12) 村井 宏・岩崎勇作(1975)：林地の水および土壌保全機能に関する研究(第 1 報)森林状態の差異が地表流下、浸透及び侵食に及ぼす影響 . 林試研報 274 . 23 - 84 .
- 13) 加藤武雄・佐藤五郎(1978)：東吾妻火山地域の河川の水質と溶存物質の流送について . 水温の研究 22(3) . 2 - 12
- 14) 小沢竹二郎ほか(1980)：荒川上流秩父山地の河川水質(その 1) . 水温の研究 23(5) . 15-22 .
- 15) 佐藤冬樹ほか(1990)：北海道北部天然林内を流れる小河川の水質 . 日林論 101 . 255 - 256
- 16) 森貞和仁・平井敬三(1995)：市ノ又山国有林流域の渓流水質 . 日林関西支論 4 . 55 - 56 .
- 17) 徳地直子ほか(1991)：山地小流域における降水と流出水の水質 . 京大演報 63 . 60 - 68
- 18) 平田健正・村岡浩爾(1988)：森林域における物質循環特性の渓流水質に及ぼす影響 . 土木学会論集 399 . 131 - 173
- 19) 小林 純(1961)：日本の河川の平均水質とその特徴に関する研究 . 農学研究 48 . 63 - 106
- 20) 広瀬 顕・岩坪五郎・堤 利夫(1988)：森林流出水についての広域的考察(1) . 京大演報 60 . 162 - 173
- 21) Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W. and Cushing C.E(1980) : The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37. 130-137
- 22) 柳井清治・寺沢和彦(1995)：北海道南部沿岸山地流域における森林が河川および海域に及ぼす影響() . 山地流域から津軽海峡に流出する浮遊土砂と有機物 . 日林誌 77 . 408 - 415
- 23) Levings C.D.(1973) : Intertidal benthos of the Squamish estuary. *Fish. Res. Board Can. MS Rep.*, 1218,60p

- 24) 櫻井 泉・柳井清治(2003)：濃昼川河口域の落ち葉だまりに生息するトンガリキタヨコエビとクロガシラガレイ若齢魚の生物生産．平成 12～14 年度重点領域特別研究報告書「森林が河口域の水産資源に及ぼす影響の評価」．103 - 114
- 25) 斎藤秀樹(1989)：森林の物質生産．「森林生態学」．堤 利夫編．朝倉書店
- 26) 大畠誠一(1986)：森林の純生産量の同化部分への生産物配分．京大演報 57．
- 27) 古野東洲(1986)：和歌山演習林におけるモミ、ツガ林の生産力調査．京都大学農学部演習林報告 12．35 - 49
- 28) 丸山幸平・今 広(1994)：ブナ林の生態学的研究(40)．新潟大学農学部演習林研究報告 02．13 - 33
- 29) 上田晋之助・堤 利夫(1986)：壮齡のヒノキ人工林のリターフォール量におよぼす地位と施肥の影響について．日林論 97．51 - 63
- 30) 斎藤秀樹・上家 祐・竹岡政治(1991)：壮齡アカマツ林の現存量、枯死量、リター量およびリターフォール量．京都府立大学演習林報告 35．41 - 47
- 31) 岩井宏寿(1984)：環境保全林におけるリターフォール量．日林論 95．221 - 223
- 32) 勝野真澄・萩原秋男・穂積和夫(1984)：スギ人工林のリターフォール．日林論 95．363 - 364
- 33) 小田隆則(1987)：海岸クロマツ林の生長と密度について()．日林論 98．623 - 624
- 34) 後藤展哉・安藤辰夫・鈴村仁孝(1986)：林地におけるリターフォール量及びその分解について()．日林中支講 34．43 - 44
- 35) 依田修二・只木良也(1981)：ブナ天然林における土壌呼吸とリターフォールについて．日林中支講 29．37 - 38
- 36) 阿部俊夫・藤枝基久(2003)：茨城県内の 2 溪流におけるリター供給量と有機物流出量．日林論 114．pp717
- 37) 福郷義宏(1977)：田上山地の裸地斜面と植栽地斜面の雨水流出解析．日林論 88．
- 38) 川口武雄・山本勝一(1948)：林業試験集報 57．
- 39) 村井 宏・岩崎勇作(1975)：林地の水および土壌保全機能に関する研究(第 1 報) - 森林状態の差異が地表流下、浸透および侵食におよぼす影響 - 林試研報 274．23 - 84
- 40) 早瀬吉雄(1997)：水の貯水・浸透機能とその応用．(岩田進午・喜田大三監修：土の環境圏)．フジテクノシステム．pp608
- 41) 竹下啓司・高木潤治(1977)：温暖林地の水保全機能に関する土壌及び地形的研究．福岡県林業試験場時報 26
- 42) 土屋十園(2003)：吾妻上流域水土保持対策検討調査報告書．林野庁
- 43) 井上清美(2001)：治山事業施工地における水質浄化効果の調査報告書(平成 11～15 年度)．前橋営林局・水利科学研究所
- 44) 鈴木雅一(1994)：水・エネルギー循環と森林．「'94 森林整備促進の集い」報告書．日本治山治水協会・日本林道協会
- 45) 井上清美(2003)：治山事業施工地における水質浄化効果の調査報告書(平成 11～15 年度)．前橋営林局・水利科学研究所
- 46) 中村太士・百海琢司(1989)：河畔林の河川水温への影響に関する熱収支的考察．日林誌 71(10)．387 - 394

- 47) Inoue, M. Nakano, S. and Nakamura, F.(1997) : Juvenile masu salmo (*oncorhynchus masou*) abundance and stream habitat relationship in northern Japan. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54 1331 - 1341
- 48) Murphy, M. L., J. Heifetz, S. W. Johnson, K. V. Koski and J. F. Thendinga.(1986) : Effects of clear-cut logging with and without buffer strips on juvenile salmonids in Alaskan streams. Can. J. Fish. Aquat. Sci.43 1521 - 1533
- 49) Elliott, S.T.(1986) : Reduction of a Dolly Varden population and macrobenthos after removal of logging debris. Transaction of the American Fisheries Societh.115 392 - 400
- 50) Riley, S.C. and Fausch, K.D.(1995) : Trout population response to habita enhancement in six northern Colorado streams. Can J. Fish. Aquat. Sci.52 34 - 53
- 51) 阿部俊夫・中村太士(1999) : 倒流木の除去が河川地形および魚類生息場所におよぼす影響 . 応用生態工学 2(2)

1.3 河川についての既往文献

森・川・海のつながりを考えたとき、川は、「森から供給される物質を海に運ぶための流路」という機能に留まらず、森以外から流入する淡水や土砂を調節し安定して供給する機能や、流入した栄養塩が混合し、化学的、生物化学的な反応が生じ、海域に生息する生物に適切な形態で供給する機能を有していると考えられる。

また、漁場海域環境を構成する生物は、海域だけで閉じてはおらず、河川内の生物と相互に関係を持つものや、一部はその生活史の中で海域と河川域との両方を利用する生物もある。

しかしながら、森・川・海のつながりを踏まえて、河川の機能について掘り下げて検討した知見の蓄積はあまり多くはない。

ここでは、河川による淡水、土砂の調節、海域への栄養塩類の供給、生物の生息場に関して、河川内での検討に終始した基礎的な知見も含めて、既往の知見について収集しとりまとめた。

<水量の調節機能>

流速に及ぼす河川性状の影響に関する知見から、自然河川では流速が遅く、より一定に淡水を海域に供給していることが導かれた。また、水温の季節変化等により河川水の密度変化が、河口での塩分分布や海水の流動、物質の拡散等に影響を及ぼしていることを整理した。

<土砂の調節機能>

河川内の浮遊流砂量は流量と概ね比例関係にあるが、土砂の粒径や粘性も影響し、その他にも多くの要因が影響していること、流下に伴って、細粒化がみられ、海域へはより細かい粒径の粒子を供給していることを示唆する結果を示した。この土砂供給については、河川での採取など、人為的な影響が少なからず働いているとの知見が得られている。また、河口から出水時に流出した土砂によって地形は変化するが、元の含泥率へ戻そうとする潮汐等の作用が働いている知見が得られた。

<栄養塩の供給>

陸域からの窒素、リン、有機物の供給が、海域での生産に大きく寄与している既往の知見や、河川内での窒素、リン、有機物、溶存酸素の動態について整理した。また、海水より河川水に多く含まれているその他の微量成分について、空間的・時間的な分布を測定した調査結果について整理した。

<生物の生息場>

生物の生息場としての河川としては、河川内での生態系を模式的に整理した既往の知見についてレビューするとともに、河川と海域との両方を生息の場とする生物について整理した。

これら既往の知見の概要について、表 1.3-1に占める項目に従って整理した。

表 1.3-1 河川についての既往文献の整理項目

機能	整理項目
水量の調節	降雨量と河川の流出特性との関係
	河川の流出特性に及ぼす影響
	海域への流出特性
土砂の調節	河川への供給量
	河川内での流下と沈降との関係
	流下に伴う河床材の変化と影響を及ぼす要因
	海域への流出特性
栄養塩の調節	栄養塩の供給
	豊かな漁場環境へ寄与する河川からの供給物質
	窒素、リン、有機物
	珪素
	溶存酸素
	微量成分
生物の生息場	河川生態系
	底生動物
	回遊魚
	海域への寄与

1) 水量の調整機能

(1) 降雨量と河川の流出特性との関係

流域への降雨は、一部は蒸発再び大気中へと還元されるが、残りは河川水や地下水として海域へ供給される。

地表面に降雨が流下してから海域へ流出する間、流域や河川内で種々の影響が生じ、降雨量と海域への流出量の時間分布は異なったものとなる。降雨量と流出高の時間分布図の例を図 1.3-1に示す。

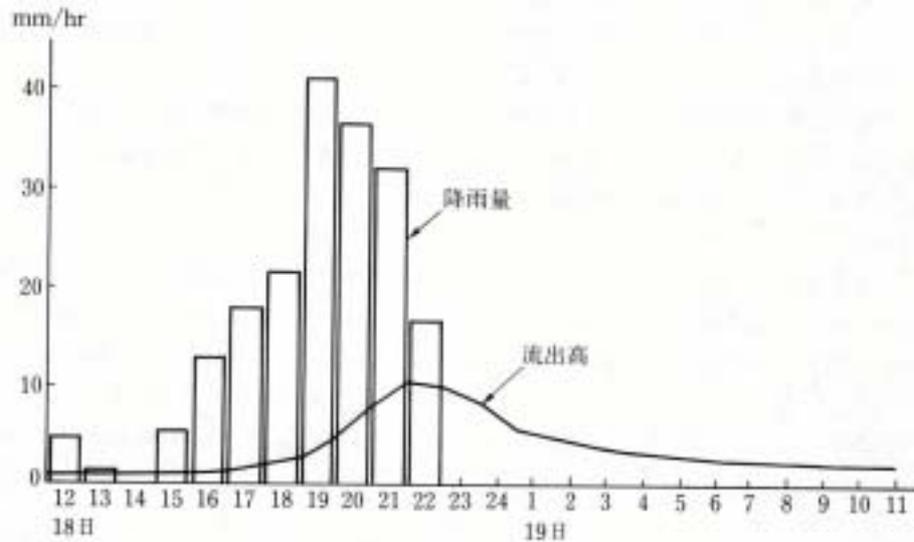


図 1.3-1 降雨量と流出高の時間分布図の例¹⁾

降雨量と流出量との時間分布の差は、降雨から流出するまでの流程で生ずる遅れによる。河川内での流出の遅れは、流程の距離と流下速度との積で表される。流程の距離は、流域の広さの他に、流域ではその地形の起伏によっても変化し、河川では河川の蛇行度合いによって変化する。

河川内の流下速度の経時変化を検討したものとしては、以下に示す不等流公式が有名である。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial u^2}{\partial x} = -g \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{n^2 g}{R^3} u|u| \quad \dots \text{式 1}$$

$$B \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial (Au)}{\partial x} = q_{in} \quad \dots \text{式 2}$$

ここで、 u : 流速、 h : 水位、 B : 川幅、 A : 断面積、 R : 径深、 g : 重力加速度、 n : マニングスの粗度係数、 q_{in} : 途中河川流入量

この式によれば、河川の流速は、水位勾配の他、流量、河川内断面地形（川幅、断面積、経深）、河床の粗度（マニングスの粗度係数）によって決まるとされている。

(2) 河川の流出特性に及ぼす影響

粗度係数は、流下に対する抵抗の大きさを表す指標となり、粗度係数が大きいほど流速が遅くなる。河川や水路の状況と粗度係数の範囲に関する既往の知見としては、表 1.3-2 に示す結果が得られている。

表 1.3-2 河川や水路の状況と粗度係数の範囲¹⁾

河川や水路の状況		マンシングスの粗度係数の範囲
人工水路 ・ 改修河川	コンクリート人工水路	0.014 ~ 0.020
	スパイラル半管水路	0.021 ~ 0.030
	両岸石張水路（泥土床）	0.025 (平均値)
	岩盤掘放し	0.035 ~ 0.05
	岩盤整正	0.025 ~ 0.04
	粘土性河床・洗掘のない程度の流速	0.016 ~ 0.022
	砂質ローム、粘土質ローム	0.020 (平均値)
自然河川	ドラグライン掘しゅんせつ、雑草少	0.025 ~ 0.033
	平野の小流路、雑草なし	0.025 ~ 0.033
	平野の小流路、雑草、灌木有	0.030 ~ 0.040
	平野の小流路、雑草多、礫河床	0.040 ~ 0.055
	山地流路、砂利、玉石	0.030 ~ 0.050
	山地流路、玉石、大玉石	0.040 以上
	大流路、粘土、砂質床、蛇行少	0.018 ~ 0.035
大流路、礫河床	0.025 ~ 0.040	

前述の式 1 で流速の時間的、空間的变化がないと仮定すると流速はマンシングスの粗度係数と反比例することとなる。このため、マンシングスの粗度係数が小さいと淡水やそれとともに流入する物質の変動は河川へ流入したときの波形に近いものとなり、マンシングスの粗度係数が比較的大きいとより一定に近い波形で海域へ供給されることとなる。

河川を流下する流速の時間分布に植生も影響を及ぼすことが知られている。植生の有無による洪水時の水位 - 流量曲線の違いを図 1.3-2 に示す。水位 - 流量曲線は一般にループを描くことが知られている。植生があるときにはこの特徴がさらに顕著になる。これは、水位上昇に伴う深抵抗によって、洪水の貯留効果が増大するためと推察される。²⁾

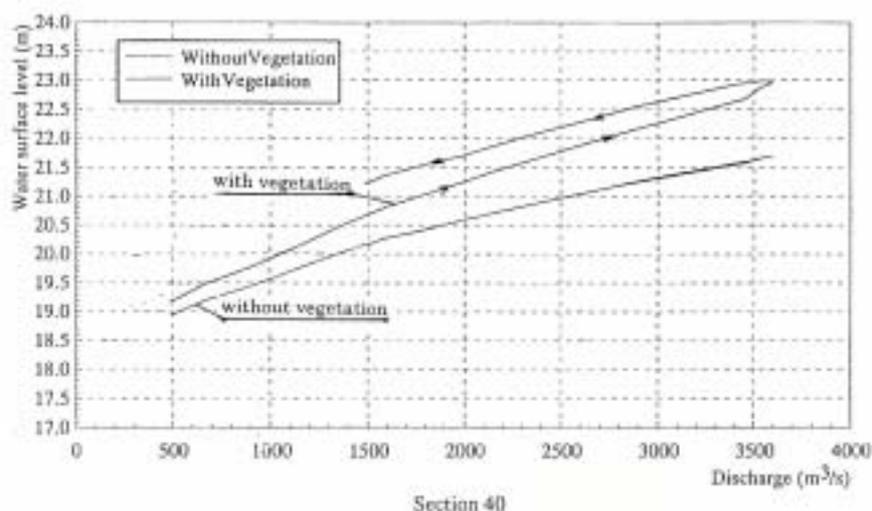


図 1.3-2 植生の有無による洪水時の水位 - 流量曲線の違い²⁾

(3) 海域への流出特性

海域へ供給された淡水は河口で塩水と混合することとなるが、混合の度合いによって、弱混合型、緩混合型、強混合型の3種に分類される。³⁾これら混合の違いに影響を及ぼす淡水の要因は、流入量と密度差があげられ、淡水の密度は水温によって変化する。

これら混合の型は、海域間だけでなく、季節によっても変化することから、河口を中心とした沿岸の海域漁場環境を空間的、時間的に多様な空間としている。

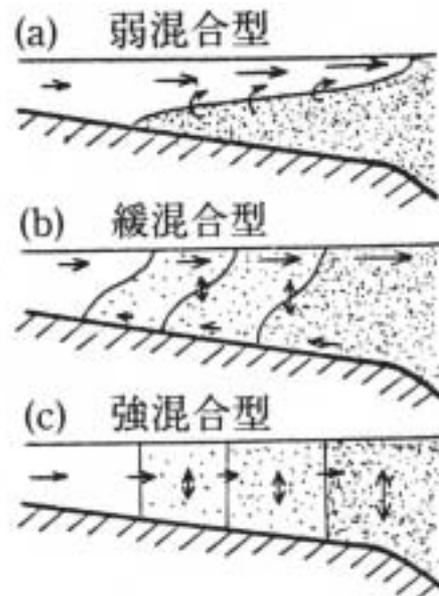


図 1.3-3 河口における淡水と塩水との混合型³⁾

この混合の違いは、沿岸での水温、塩分分布に影響する。また、海域での物質の拡散等にも影響を及ぼす。

東京湾の中心軸に沿った縦断面における2月と8月の水温、塩分、密度の分布を図 1.3-4 に、東京湾の区部における水温、塩分、密度、溶存酸素の鉛直分布の経時変化を図 1.3-5 に示す。冬季は淡水の水温が低下し密度差が少なくなることで強混合型となる。夏季は淡水の水温が高くなるため、海水と淡水の密度差が大きくなり弱混合型となる。これにより、塩分分布に大きな変動が生じている。また、湾奥部では夏季に密度差が大きくなるため鉛直方向の拡散がほとんどなくなるため、底層へ溶存酸素がほとんど供給されなくなる。

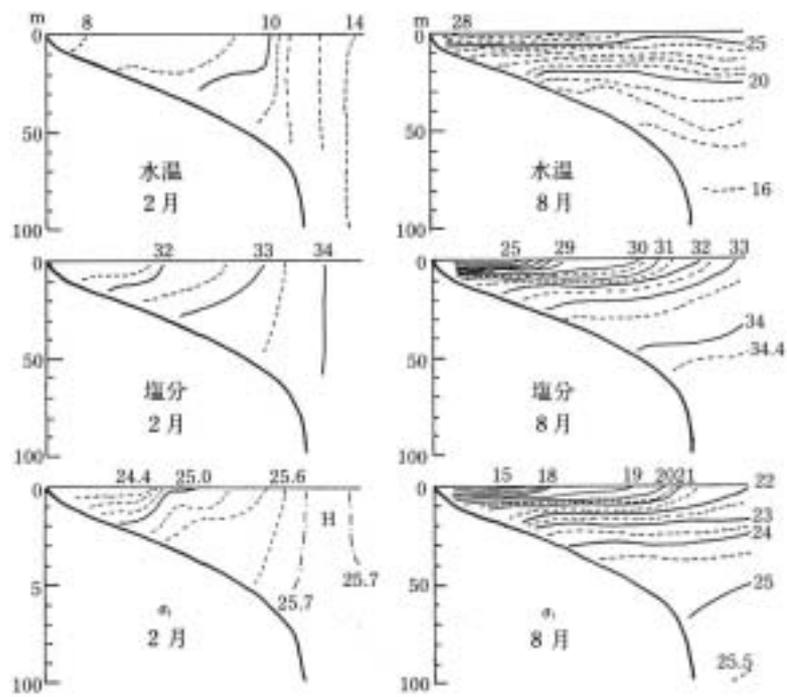


図 1.3-4 東京湾の中心軸に沿った縦断面における2月と8月の水温、塩分、密度の分布³⁾

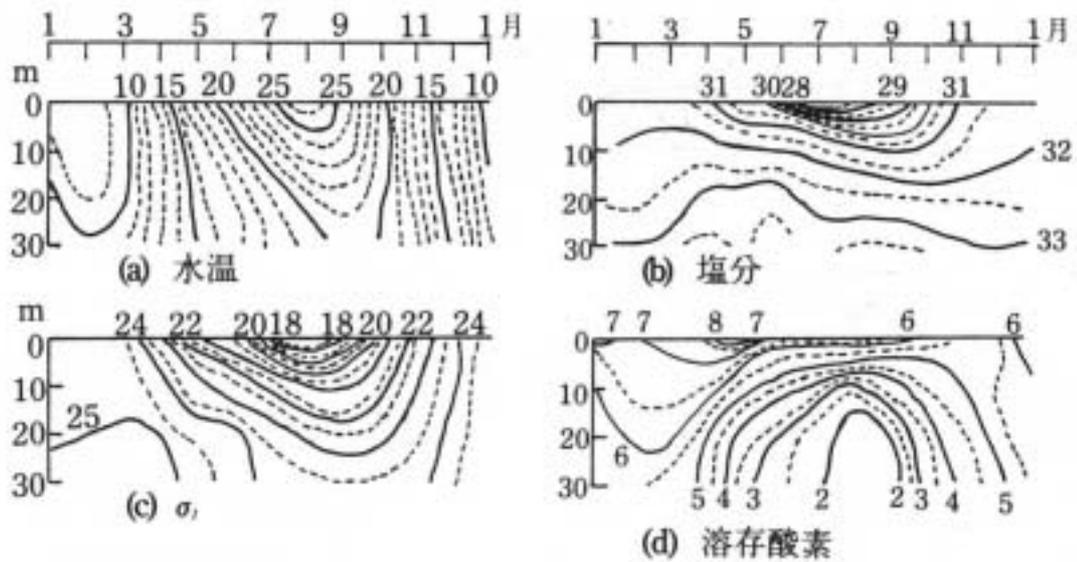


図 1.3-5 東京湾の区部における水温、塩分、密度、溶存酸素の鉛直分布の経時変化³⁾

2) 土砂の調節

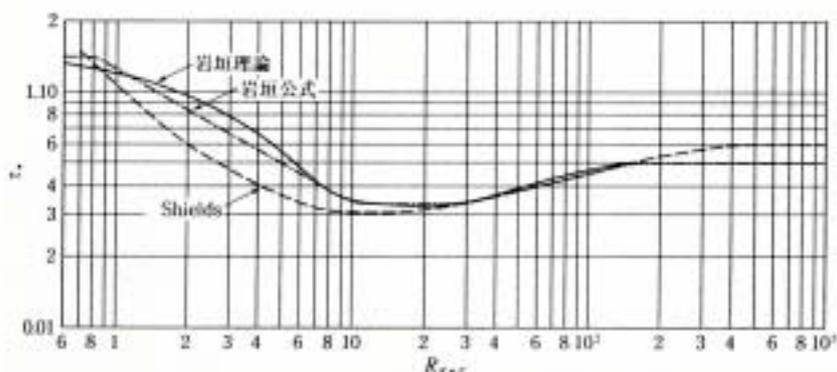
(1) 河川への供給量

森林等から河川への土砂の流入は土壌の浸食によってもたらされる。この浸食速度は、気候、地質、植生、地形などの要因によって変化する。花崗岩の裸地での浸食速度が 10mm/年(面積 100km² で、1,000,000m³)、山腹緑化工施工地の浸食速度が 0.1mm/年(面積 100km² で、1,000m³)との報告がある。⁴⁾

(2) 河川内での流下と沈降との関係

河川へ流入した土砂は、土砂の粒径や河川の状態の変化によって沈降と掃流とを繰り返しながら、一部は河床材となり、その他は下流へと流下する。掃流砂量と粒径や河川の状態との関係に関する研究はこれまで多く行われている。砂面での流砂の移動が連続的にみられる限界の掃流力を限界掃流力と呼び、我が国では岩垣と栗原がそれぞれ Shields の関数関係に自らの実験値を追加した式を示している。⁵⁾

これは、粒径、密度、粘性と限界掃流力から求まる流速より速い流速以上となると、土砂は流下し、逆にそれよりも遅い流速では、土砂の堆積が進むことを表している。このため、河川へ流入した土砂のうち、粒径が大きい土砂は流速が速い上流域に留まり、粒径が小さい土砂が下流へと流下することとなる。



τ_c : 無次元限界掃流力 ($= u_{*c}^2 / ((\rho_s / \rho) - 1) g d$)
 Re_c : レイノルズ数 ($= u_{*c} d / \nu$)
 ここで、 u_{*c} : 流速、 ρ_s : 土砂密度、 ρ : 水密度、 g : 重力加速度、 d : 平均粒径、 ν : 粘性

図 1.3-6 限界掃流力の無次元表示⁵⁾

(3) 流下に伴う河床材の変化と影響を及ぼす要因

筑後川におけるセグメント別の平均粒径分布を図 1.3-7に示す。

上流から下流になるに従い、粒径分布は細粒側へシフトしている。これは、前述したとおり、下流になるに従い河床勾配が緩やかになることや川幅が増加することなどで、流速が低下し掃流力が低下して小さい粒子が堆積したためと考えられる。

また、図 1.3-7では、昭和 31～36 年と平成 6 年との比較も行われており、河口付近で細粒化が進んでいること見られる。これは、この間に行われた河川流量確保のための河床勾配の変更が主な原因であると考えられる。さらに、図 1.3-8には、筑後川における河床変動と掘削土量の経年変化を示す。筑後川では、1950 年から 2000 年頃までに約 30 百万 m^3 の河床材が減少しており、掘削土量と量や経年的な傾向でほぼ一致していることが分かる。

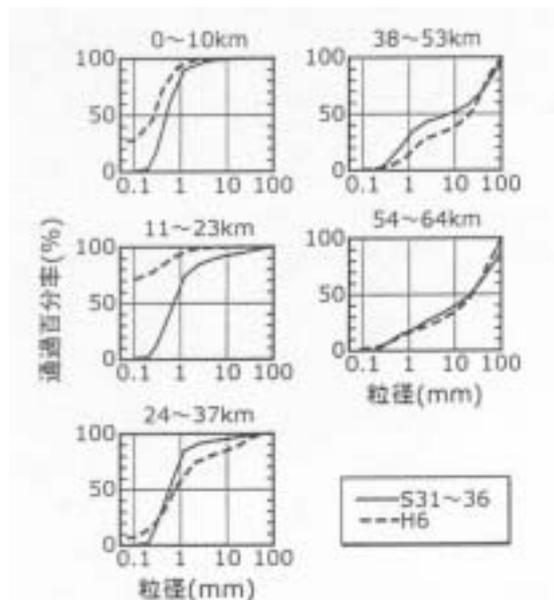


図 1.3-7 筑後川におけるセグメント別の平均粒径分布⁶⁾

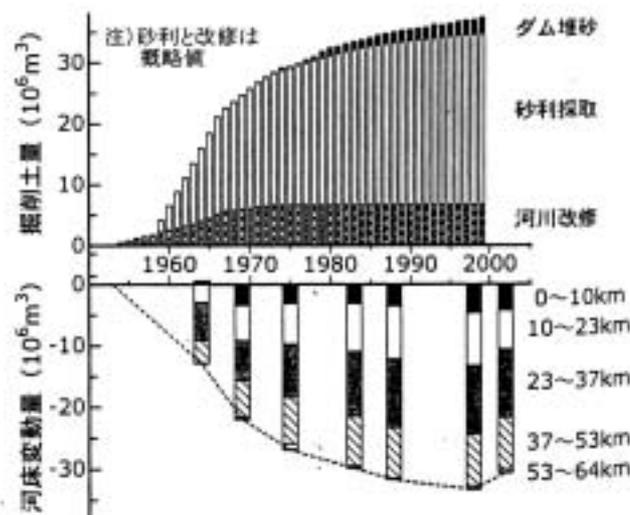


図 1.3-8 筑後川における河床変動と掘削土量の経年変化⁶⁾

前述した限界掃流力の関数関係では、堆積する土砂や掃流される土砂は、粒径、密度、粘性、流速で表現できるとしている。しかし実際にはその他の要因も影響を及ぼしている。

河川水中の実測浮遊流砂量と流量の関係を図 1.3-9に示す。流量が増加すると流砂量も増加する関係が一応みられるが、同一箇所であっても、ばらつきが大きい。このばらつきは、限界掃流力の関数関係でも用いられた物性の他に、河床形態や流入量、堆積量、砂の性状等その他多くの要因が影響を及ぼしていることを示唆している。

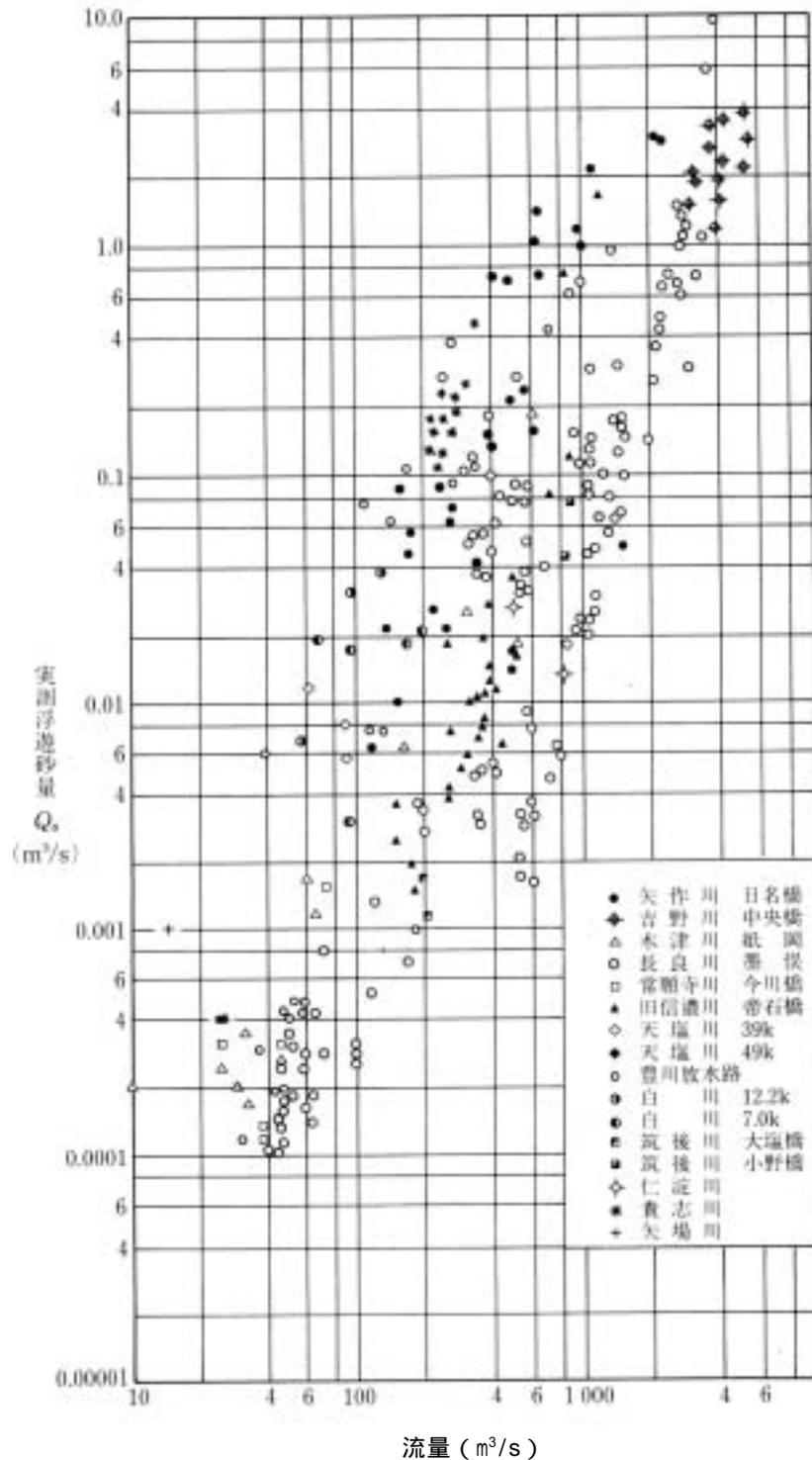


図 1.3-9 実測浮遊流砂量と流量との関係¹⁾

(4) 海域への流出特性

横山らは、河川から海域への土砂供給について、有明海に注ぐ白川河口域における調査結果から検討している。⁶⁾

洪水前後の干潟地形変化を図 1.3-10に、底質の含泥率の経時変化を図 1.3-11示す。調査は、3～4年確率の洪水発生前後に行われ、洪水でもたらされた土砂が河口から数キロの範囲にわたって堆積していることが分かる。また、底質の含泥率は出水前後で比べると、出水後に含泥率が高く洪水により泥質が河口に供給されている。しかしながら、2ヶ月後に行った含泥率の調査では、平水時の潮汐や波浪による巻きあげや移動により、出水前の含泥率とほぼ同じに戻っている。これらを繰り返しながら海岸地形や底質は形成され、横山らは、この形成に、海面に対する河床の高さや、河道容量と洪水量との関係が影響していると述べている。

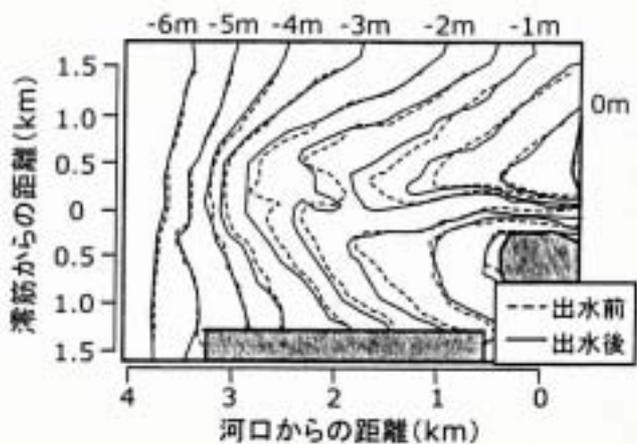
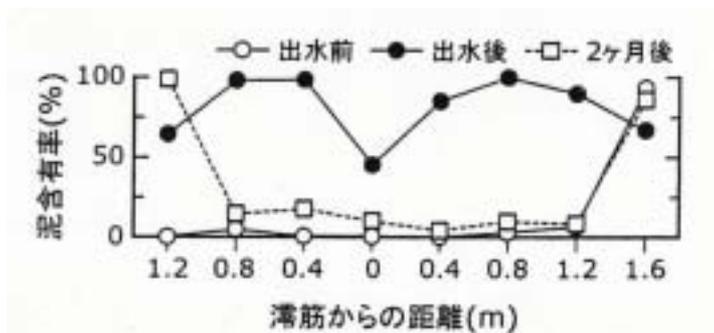


図 1.3-10 洪水前後の干潟地形変化(白川)⁶⁾



注： 図 1.3-10の河口から 2km の地点

図 1.3-11 底質の含泥率の経時変化(白川)⁶⁾

3) 栄養塩の供給

(1) 豊かな漁場環境へ寄与する河川からの供給物質

海域での一次生産は、海藻や植物プランクトンなど藻類の増殖による。藻類の生育に必要な元素は、炭素 C、窒素 N、リン P、カリウム K、マグネシウム Mg、カルシウム Ca、イオウ S、珪素 Si、鉄 Fe、マンガン Mn 及び亜鉛 Zn などと言われている。⁷⁾また、藻類を 600 の温度で焼いて、残った灰分を分析した結果では、珪素 Si、カリウム K、マグネシウム Mg、ナトリウム Na、アルミニウム Al、マンガン Mn、クロム Cr、コバルト Co、リン P、フッ素 F、カルシウム Ca、鉄 Fe、銅 Cu 等が確認されている。⁸⁾

河川ならびに海域の主要化学成分を表 1.3-3に、河川水ならびに海水中の主要な栄養塩と有機物の分布を表 1.3-4に示す。主要化学成分の濃度は、海水の方が河川より高い。一方、主要な栄養塩や有機物については、内湾より河川や水深が深い海の方が高く、河川水や深層水の湧昇が栄養塩の供給源となっていると考えられる。

表 1.3-3 河川ならびに海域の主要化学成分 (mg/L)⁹⁾

	Ca ²⁺	Mg ⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	懸濁粒子
日本の河川 (225 河川の平均)	8.8	1.9	6.7	1.19	31.0	10.6	5.8	29
海水	400	1,270	10,650	380	142	2,650	18,980	~ 0.3

表 1.3-4 河川水ならびに海水中の主要な栄養塩と有機物の分布¹⁰⁾

	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiO	DON	PON	DOC	POC
	mg/L	μg atom/L						mg/L	
河川									
岩手県大槌川	3.7	0.4	24	0.5	234	30	-	2	0.15
東京都南浅川	30	62	144	16	8	93	73	5.7	1.1
海									
大槌内湾	29	0.2	4	0.2	60	27	4	2	0.3
大槌湾	33	0.2	0.2	0.5	2	20	3	2	0.2
東京湾表面水	-	30	10	2	30	15	45	2~6	0.3
西部太平洋 28.5° N									
水深 0m	1.9 × 10 ⁴	0.5	0.0	0.0	4.5	14.4	~1	1.61	0.1
4,000m	1.9 × 10 ⁴	0.7	35	2.1	151	8.9	<1	0.76	0.05
西部太平洋 44° N									
水深 0m	1.9 × 10 ⁴	0.6	12	1.2	23	12	~1	1.7	0.2
4,000m	1.9 × 10 ⁴	0.3	32	2.6	155	7.4	<1	0.6	0.05

注) 出典の表中で単位の記載ミスと考えられる箇所については一部修正した

(2) 窒素、リン、有機物

海域への寄与

宮城県沖を対象にしたシミュレーションモデルでは、陸水による負荷（窒素、リン、有機物）と河川水に溶存する酸素の海域への供給が無くなると、岸沖 30km までの範囲で植物プランクトンの現存量が夏季に約 6%、冬季に約 1%減少し、それに伴って動物プランクトンも夏季に約 15%、冬季に約 0.5%減少するとの結果が得られている。¹¹⁾

表 1.3-5 宮城県沖を対象にしたシミュレーションモデル結果¹¹⁾

季節	項目	植物プランクトン (ton C)			動物プランクトン (ton C)		
		水深	現況再現	負荷ゼロ	陸水寄与率 (%)	現況再現	負荷ゼロ
夏季	0-5m	183.35	130.86	28.63	75.27	49.64	34.05
	0-20m	895.43	810.15	9.52	342.60	285.52	16.66
	0-50m	1118.45	1043.00	6.75	367.07	309.69	15.63
	全水深	1141.70	1066.67	6.57	393.00	335.62	14.60
冬季	0-5m	1211.40	1185.29	2.16	15.12	14.88	1.59
	0-20m	2113.78	2080.99	1.55	32.04	31.66	1.19
	0-50m	2313.73	2280.39	1.44	42.43	42.02	0.97
	全水深	2852.15	2818.54	1.18	89.48	89.05	0.48

注 1) 有光層は現地調査によれば、夏季は約 50m、冬季は約 30mである。

注 2) 対象海域の面積は岸沖 30km、南北 45 km の 1300 km²である。

注 3) 陸水寄与率は (現況再現 - 負荷ゼロ) / 現況再現 × 100 より求めた。

注 4) 流入負荷としては窒素、リン、有機物、溶存酸素を計算対象とした。

芳村らは、噴火湾において流入する河川の栄養塩濃度を調査し、供給される栄養塩が湾内生産にどの程度寄与しているのかを検討している。¹²⁾噴火湾では、雪解け時の 4 月に負荷量が特異的に高く、明瞭な季節変化を示していた。また、河川からの栄養塩負荷量が噴火湾の基礎生産に与える影響について検討した結果では、総生産に占める割合は小さいものの、夏季だけで見るとの新生産に対し河川からの負荷がその 1 割程度寄与していると考察している。

表 1.3-6 噴火湾に流入する栄養塩負荷量の変化¹²⁾

	TN	TP	DIN	PO ₄	SiO ₂
1998年5月1日	200	3.6	150	1.9	2600
1998年5月19日	250	6.6	160	2.9	2600
1998年6月12日	92	2.4	55	0.61	1200
1998年6月14日	130	3.2	110	1.3	1500
1999年3月18日	170	2.7	140	1.1	1300
1999年4月15日	1000	24.3	860	9.1	5900
1999年4月27日	410	9.1	350	3.5	3300

単位 kmol/day

河川内の濃度

全国河川の窒素濃度の分布状況を図 1.3-12に、リン濃度の分布状況を図 1.3-13に示す。

河川の窒素濃度は、集計を行った 449 地点の中央値が 1.10mg/L となっている。全体の約 6 割が海域の環境基準で 類型に相当する 1mg/L を超えており、高濃度の窒素が供給されていると言える。

河川のリン濃度は、集計を行った 449 地点の中央値が 0.052mg/L となっている。全体の約 3 割が 0.1mg/L を超えており、海域の環境基準 類型が 0.09mg/L 以下であることから、窒素程ではないが高濃度のリンが供給されていると言える。

N-P 比は中央値でみると 20 : 1 で、海域での生物生産が窒素制限になるかリン制限になるかは 10 : 1 ~ 20 : 1 程度と一般に言われていることから河川から供給される窒素とリンではややリン制限と言える。

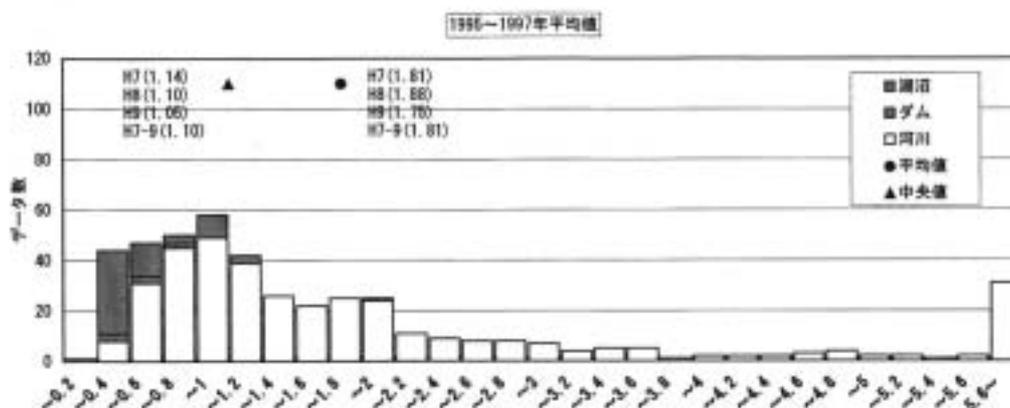


図 1.3-12 全国河川の窒素濃度の分布状況¹³⁾

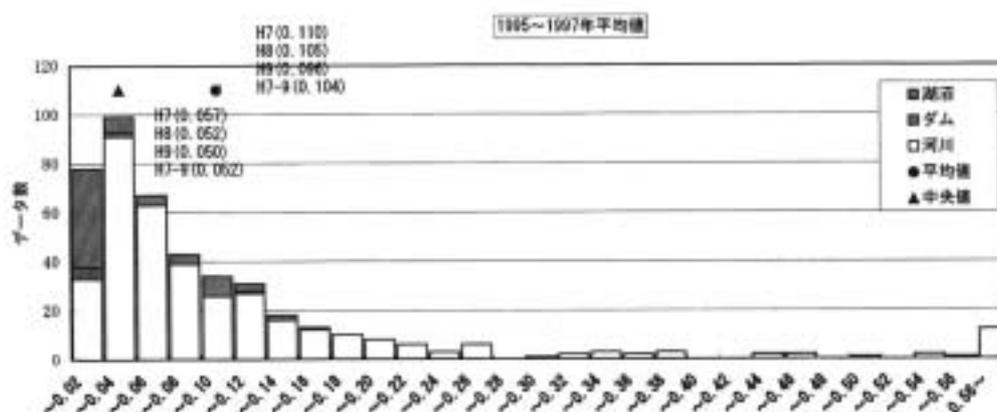


図 1.3-13 全国河川のリン濃度の分布状況¹³⁾

河川内での変化

窒素及びリンは、化学的、生物化学的な変化によりその形態を変化させる。また、河川内では沈降や巻き上げ、吸着などの物理的な変化により河川内での濃度を変化させる。河川内における窒素及びリンの変化を図 1.3-14に示す。

藻類への吸収は主に硝酸やアンモニア、リン酸などの溶存態で行われるため、海域での一次生産を増加させるためには、溶存態での供給が望ましいと考えられる。ただし、過剰な供給は赤潮などの原因となっており、我が国の多くの閉鎖性水域で富栄養化の問題が生じている。

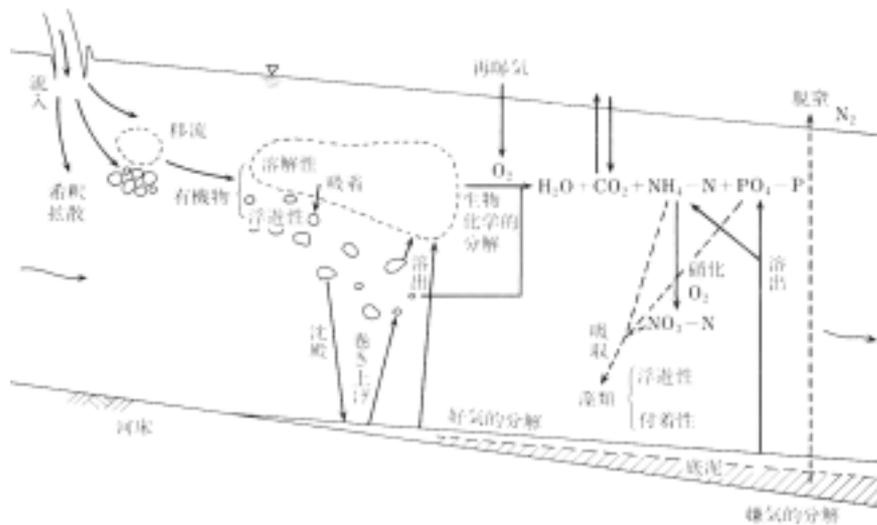
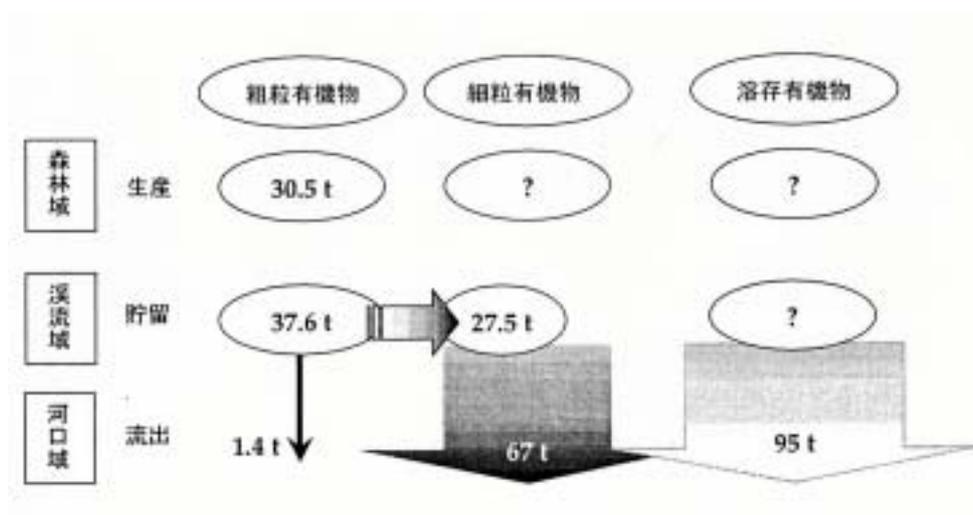


図 1.3-14 河川内における窒素及びリンの変化¹⁴⁾

長坂らは、北海道の濃昼川において、有機物の供給量、貯留量、流出量を1年余にわたるサンプリングを行い、流下に伴う有機物動態の特徴について考察している。¹⁵⁾その結果、粗粒有機物のほとんどが溪床に貯留され、沿岸域に流出するのはわずかで、渓流域に貯留された粗粒有機物のほとんどが細粒有機物となり、沿岸域に流出する時点でみると溶存態の占める割合が多くなることを明らかにしている。



注：細粒有機物と溶存有機物の森林からの生産量は実測していないため、未知とした。

図 1.3-15 濃昼川(流域面積 200ha)における1年間の有機物動態¹⁵⁾

海域への流出特性

山下らは、窒素及びリンが、どのような形態で海域へ供給されるかを北海道の鶴川の融雪期調査から検討している。^{16)、17)}その結果、出水時にはSSの濃度増加にあわせる形で粒子性総窒素と粒子性総リンの濃度が増加し、栄養塩は主にSSに吸着された形で輸送されていると考察している。また、鶴川では、溶存性窒素は出水時、平水時とに関わらず濃度はほぼ一定であり、溶解性リンは出水時の全リン濃度に対してかなり低い濃度であることを述べている。

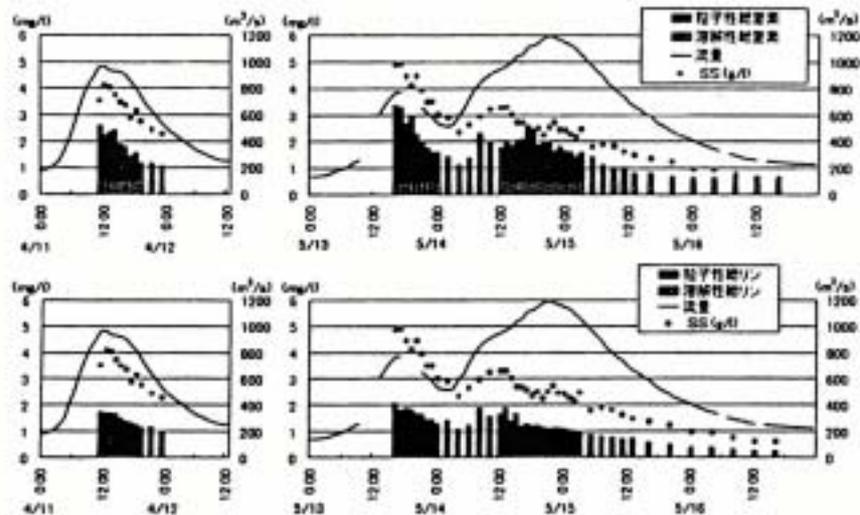


図 1.3-16 鶴川河口における出水時の窒素、リン、SS濃度の経時変化¹⁶⁾

(3) 珪素

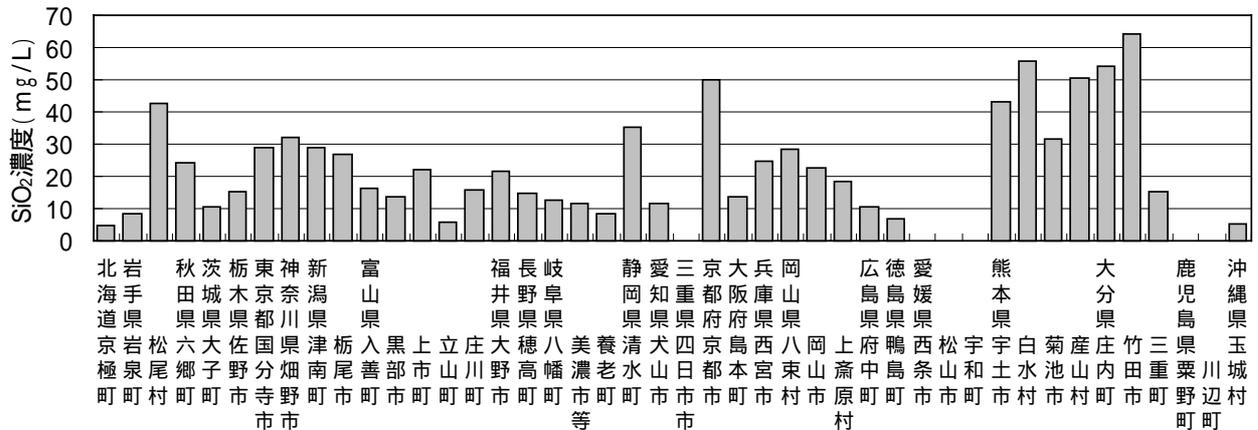
海域での一次生産において珪藻類が重要な役割を担っており、珪藻類の増殖は水中の珪酸濃度に比例すると言われている。⁶⁾

河川源流域における珪酸濃度を図 1.3-17に示す。

図に示した水質は、いずれも「名水」と呼ばれている源流域で採水したものを分析した結果である。大分や熊本で高い値が観測されているが、源流域にあっても 10mg/L を下回る地点も見られる。

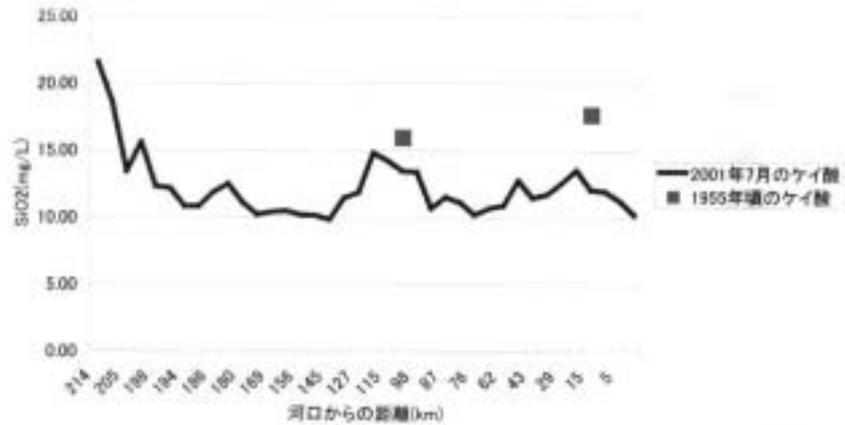
最上川における珪酸の流下変化を図 1.3-18に示す。珪酸は一般的に森林から多く流出すると言われており、最上川においても、上流部では 20mg/L を超えているが、中流から下流では 10mg/L 程度で流下している。

珪酸は、海域でばかり消費されるのではなく、湖沼の珪藻類の増殖によっても消費される。珪酸の琵琶湖における流入河川における濃度範囲を表 1.3-7に示す。琵琶湖に流入する河川の上流で人為的影響を受けない地点では概ね 20mg/L を超える濃度で流出している。これが琵琶湖に流入する河口部では 20mg/L 以下に減少し、湖表層では、2mg/L 程度となる。珪酸の減少が近年広島湾で珪藻類による赤潮の出現頻度減少と関係があるのではないかとする報告¹⁸⁾もあり、河川等での珪藻の変化に着目する必要があると考えられる。



備考：日本地下水学会編集：名水を科学する、技報堂出版株式会社（1994年）より、同一市町村で得られたデータについて平均値を求めることにより作成

図 1.3-17 河川源流域におけるミネラル濃度



※2001年7月のケイ酸：2001年7月におけるスポット調査結果
 ※1955年頃のケイ酸：1954年5月から1955年4月までの年12回測定の平均値

図 1.3-18 最上川における珪酸の流下変化¹³⁾

表 1.3-7 珪酸の琵琶湖における流入河川における濃度範囲¹³⁾

サンプル (サンプル数)	河川上流部 (59) (人為的影響を 受けない地点)	河口部 (190)	湖表層 (304)	湖深層 (16)
SiO ₂ (mg/L)	18.9 ~ 34.8	3.02 ~ 20.09	0.31 ~ 2.32	0.46 ~ 3.7

値は、各サンプルの(平均値 - 標準偏差) ~ (平均値 + 標準偏差)

(4) 溶存酸素

窒素やリン等栄養塩の化学変化や生物化学変化に河川中の溶存酸素が重要な役割を果たしている。また、動植物が生息するためにも溶存酸素は必要となる。溶存酸素量は、河川表面からの再曝気と河川内での消費とのバランスによって決まる。河川における酸素、栄養塩の循環の概念図を図 1.3-19に示す。

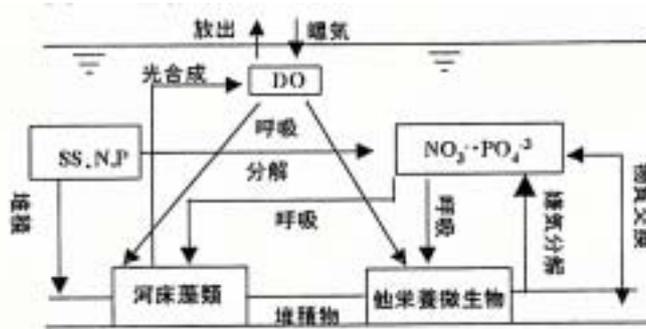


図 1.3-19 河川における酸素、栄養塩の循環の概念図¹⁹⁾

赤松らは、多摩川上流域の瀬と淵で、溶存酸素と栄養塩濃度を測定し、両者の違いを検討している。¹⁹⁾その結果、瀬では日中、過飽和状態でも曝気しており、瀬と淵のある河川では河床面で栄養塩の交換が激しく、その量は淵より瀬の方が大きいことを明らかにしている。また、河床藻類の増殖率は淵より瀬の方が大きく、水理量(摩擦速度)と深く関連していると考察している。

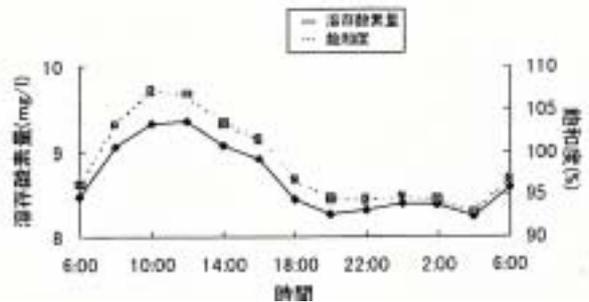


図 1.3-20 瀬における溶存酸素とその飽和度の日変化¹⁹⁾

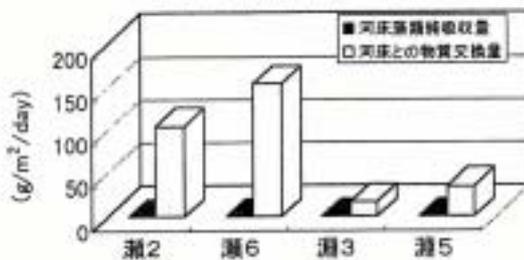


図 1.3-21 栄養塩の河床との交換量と河床藻類の純吸収量の比較¹⁹⁾

(5) 微量成分

海域と河川の濃度比較

河川から多く供給される窒素やリン、珪素以外の化学物質が、海域の漁場環境に及ぼす影響についての研究はほとんどなされていないのが現状であるが、鉄については北海道大学の松永や広島大学の長沼らにより研究がなされている²⁰⁻²³⁾。

鉄は、海藻や植物プランクトン体内で硝酸の還元やクロロフィルの生成に用いられることが知られている。しかしながら、海域の表層では図 1.3-22に示すとおり、表層で鉄の濃度が低い。また、植物体内への鉄の取り込みは溶存態で行われるが、単純な鉄イオンや水酸化鉄イオンの他に、落ち葉などが腐食・分解される過程で生成されるフルボ酸などの溶存態有機物(DOC)と結合した鉄でも取り込まれる。松永らは、森林から供給されるフルボ酸鉄が海域環境の形成に重要な役割を担っていると述べている²⁰⁾。

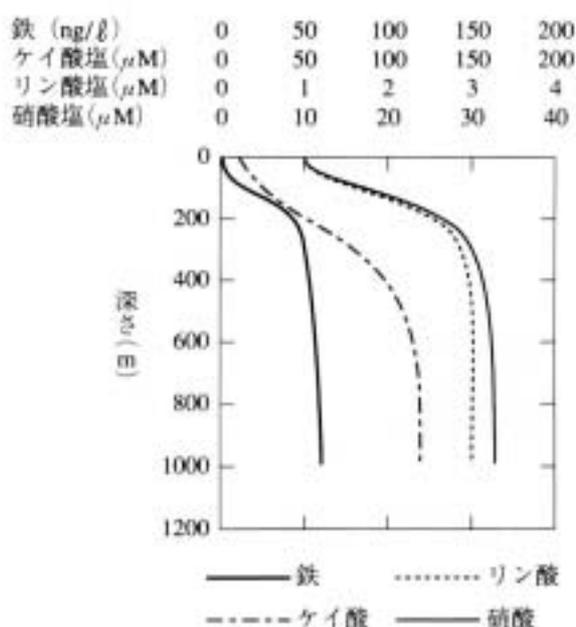


図 1.3-22 アラスカ湾における鉄、珪素、リン酸塩、硝酸塩の垂直(鉛直)分布²⁰⁾

河川内での濃度変化

北海道の大沼に流入する宿野辺川における鉄の形態別濃度を表 1.3-8に示す。フルボ酸鉄の濃度は斜面の森林地帯を流れる上流で 0.6 μM を超えることはなく、平地の森林地帯を流れる下流では数 μM となっていた。これは、平地の森林地帯では腐植土中での滞留時間が長い表層地下水が河川に流入するためだと松永は考察している。

表 1.3-8 宿野辺川における鉄の形態別濃度(μM)²¹⁾

	全鉄	溶存態鉄	フルボ酸鉄
上流	1.7 ~ 9.8	ND ~ 0.7	ND ~ 0.6
下流	4.8 ~ 22	2.7 ~ 6.2	1.5 ~ 4.4

微量金属の河川水等環境中の濃度は、山口県予防協会がまとめている。また、岩手県水産技術センターが北上川や太平洋沿岸の河川で調査し、全濃度と溶存態濃度を示している。環境中の鉄、マンガン、銅、亜鉛の濃度は表 1.3-9に示すとおりである。

表 1.3-9 環境中の鉄、マンガン、銅、亜鉛の濃度

物 質		環境中の濃度	出 典
鉄	全鉄	地表水で 0~1.5mg/L、大気中で 0.9~16 μ g/m ² 、河川水で平均 0.67mg/L、降水で平均 0.23mg/L、海水で平均 0.01mg/L	山口県予防保健協会HP
		岩手県の北上川本川で 0.063~0.183mg/L、太平洋沿岸河川で 0.009~0.010mg/L	「漁場環境における河川水等の影響調査」(1998,岩手県水産技術センター年報)
	溶存態鉄	岩手県の北上川本川で 0.001~0.017mg/L、太平洋沿岸河川で検出限界(0.001mg/L)以下	
マンガン	全マンガン	土壌で 200~3000mg/kg、海水で 1.7~5.0 μ g/L、河川水で 8~180 μ g/L	山口県予防保健協会HP
	溶存態マンガン	岩手県の北上川本川で 38~111 μ g/L、太平洋沿岸河川で 1~5 μ g/L	「漁場環境における河川水等の影響調査」(1998,岩手県水産技術センター年報)
銅	全銅	岩手県の北上川本川で 1~5 μ g/L、太平洋沿岸河川で ~1 μ g/L	「漁場環境における河川水等の影響調査」(1998,岩手県水産技術センター年報)
	溶存態銅	岩手県の北上川本川で 1~2 μ g/L、太平洋沿岸河川で ~1 μ g/L	
亜鉛	全亜鉛	土壌中で 10~300mg/kg、河川水で 10 μ g/L、海水で 1 μ g/L	山口県予防保健協会HP
		岩手県の北上川本川で 2~23 μ g/L、太平洋沿岸河川で 1~4 μ g/L	「漁場環境における河川水等の影響調査」(1998,岩手県水産技術センター年報)
	溶存態亜鉛	岩手県の北上川本川で 2~6 μ g/L、太平洋沿岸河川で 1~3 μ g/L	

流出特性の経時変化

落合らは滋賀県朽木村の溪流中で鉄、マンガン、アルミニウム濃度を連続測定した結果を報告している。²⁵⁾その結果、鉄の濃度は変動が多く、夏季に濃度が増加する傾向みられた。

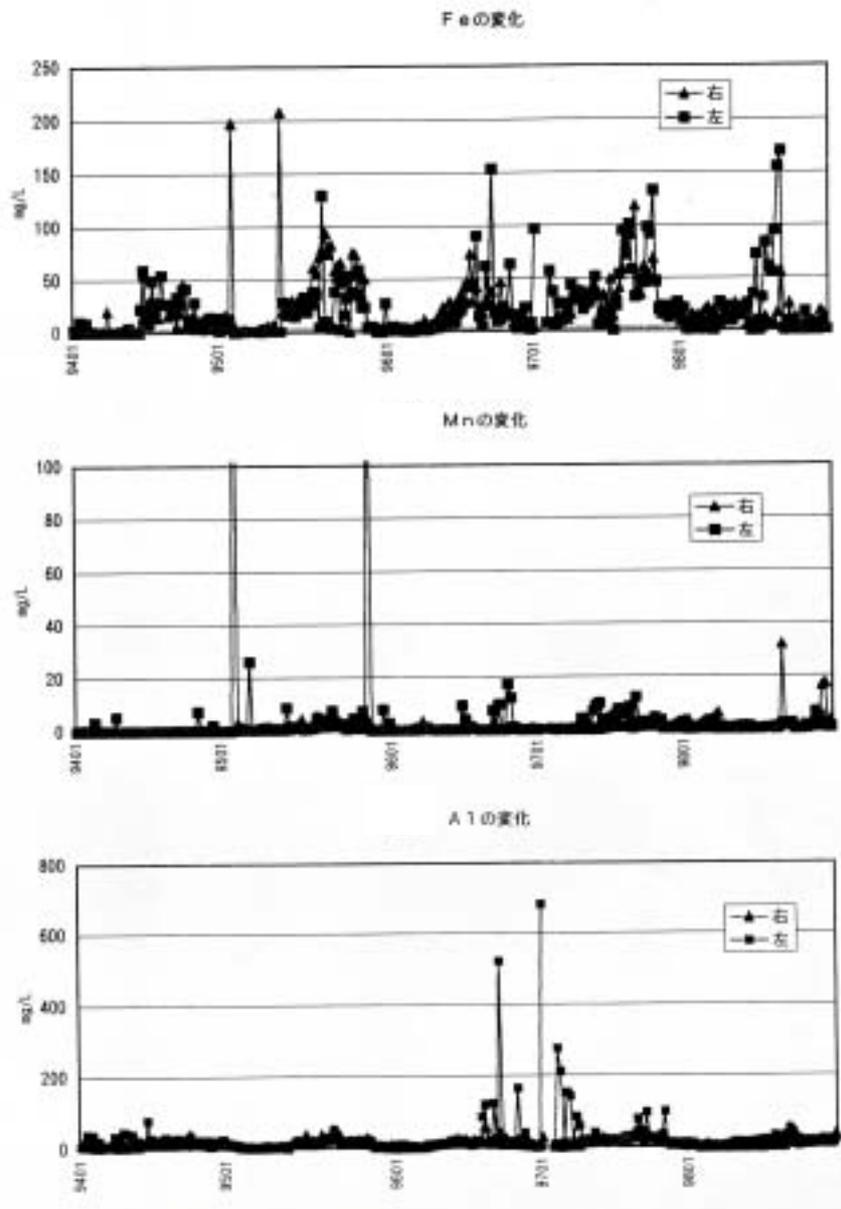


図 1.3-23 溪流中の鉄、マンガン、アルミニウム濃度の経時変化²⁵⁾

海域生産への寄与

吉村らは、河川水より精製した溶存態有機物（DOM）を培養液に添加し、植物プランクトンの成長に対する影響を検討している。²⁶⁾ 実験には、山田川の河川水より精製した高濃度に腐食物質を含んでいるDOMを用い、比較として、フルボ酸標準物質を添加したものと、なにも添加していないもので行っている。また、DOM及びフルボ酸は、そのまま添加したものと、UVを照射し有機物を分解したものと二通りで行っている。

その結果、なにも添加していないものに対して、フルボ酸やDOMを添加した方が、植物プランクトンの細胞収量が増加した。また、UV照射した方が照射しないものより細胞収量が増加していることから、腐植物質中の無機物、特に微量元素の存在が植物プランクトン（*C. sociale*）の細胞収量増加に貢献することが示唆された。

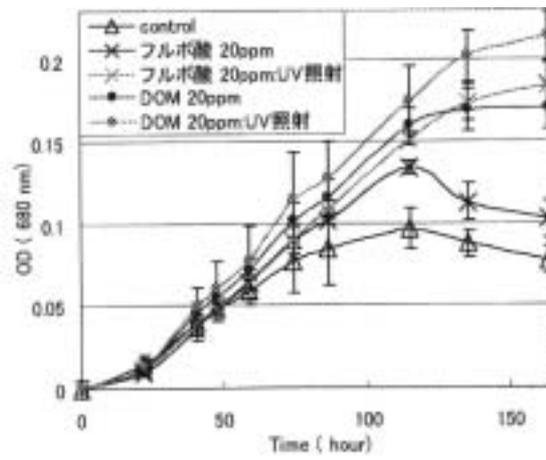


図 1.3-24 プランクトンの細胞収量の経時変化²⁶⁾

4) 生物の生息場

(1) 河川生態系

上流・中流・下流での生息場所と食物連鎖の特徴を図 1.3-25に示す。

上流では、栄養塩が少ないことや、樹木による日光の遮蔽、流下速度が速く滞留時間が短いこと等から、河川内での一次生産が少ない。このため、河川外から流入する陸上昆虫が魚類の餌の主なものとなる。中流になると、付着藻類の生育による一次生産が多くなり、水生昆虫を餌とする魚類の割合も多くなる。下流域では、植物プランクトンや水草による一次生産や、デトリタスなども増加し、食物連鎖が多様で複雑なものとなってくる。

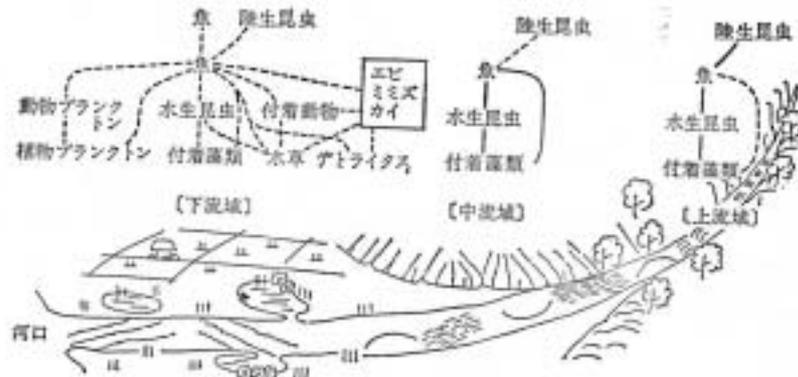


図 1.3-25 上流・中流・下流での生息場所と食物連鎖の特徴²⁷⁾

谷田は、河川内の生物群集が有機物や栄養塩の貯留と生物循環を促進し、物質やエネルギー滞留時間を延ばしていることを述べている。また、有機物や栄養塩の滞留と循環には河床間隙や流路周辺の止水的環境も大きな役割を果たしていることを指摘している。²⁸⁾

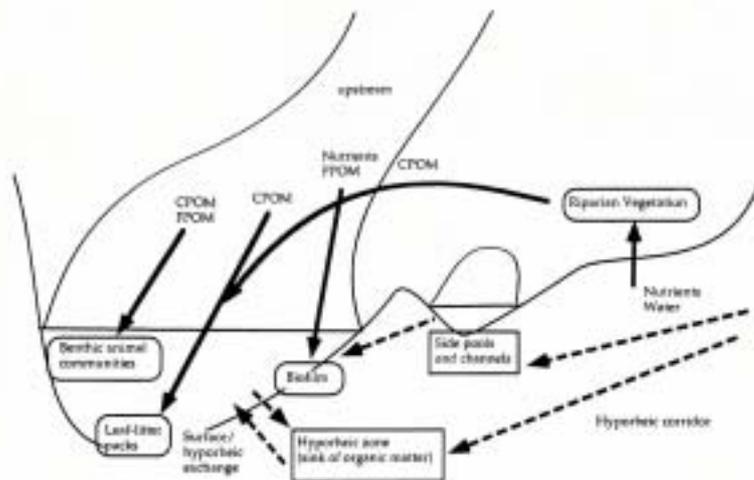


図 1.3-26 有機物と栄養塩の生物スパイラルを促進する生態系・地形学的な機構²⁸⁾

(2) 底生動物

前述した河川内での生物循環の中で、底生動物が重要な役割を担っていると考えられる。平成 8 年度の河川国勢調査で得られた北上川における底生動物の出現種類数と個体数を表 1.3-10に、その調査地点を示す。

出現種類数は上流の調査地点 (st.17、st18、st.19、st20) で多く 50 種前後が確認されている一方、盛岡市街 (st.10) や本川中流 (st.2~st.5)、石巻市街 (st.12) のような調査地点で少ない傾向が見られる。

表 1.3-10 北上川における底生動物の出現種類数と個体数

夏季調査結果

調査地点	北上川				
	1	2	3	4	5
出現種類数(定量採集 + 定性採集)	32	15	20	23	20
個体数合計(/ m ²)	2800	1048	472	1920	3744
調査地点	北上川				
	6	7	8	9	10
出現種類数(定量採集 + 定性採集)	47	37	27	41	25
個体数合計(/ m ²)	1122	1304	306	486	258
調査地点	旧北上川				
	11	12	13	14	15
出現種類数(定量採集 + 定性採集)	18	20	22	22	23
個体数合計(/ m ²)	2160	128	809	1720	736
調査地点	江合川			猿ヶ石川	中津川
	16	17	18	19	20
出現種類数(定量採集 + 定性採集)	43	52	54	63	47
個体数合計(/ m ²)	984	1008	4128	356	308

早春調査結果

調査地点	北上川				
	1	2	3	4	5
出現種類数(定量採集 + 定性採集)	22	4	6	11	13
個体数合計(/ m ²)	26	12	10	22	17
調査地点	北上川				
	6	7	8	9	10
出現種類数(定量採集 + 定性採集)	13	16	16	20	19
個体数合計(/ m ²)	27	37	28	32	28
調査地点	旧北上川				
	11	12	13	14	15
出現種類数(定量採集 + 定性採集)	9	6	9	7	7
個体数合計(/ m ²)	14	24	26	19	24
調査地点	江合川			猿ヶ石川	中津川
	16	17	18	19	20
出現種類数(定量採集 + 定性採集)	11	16	34	30	34
個体数合計(/ m ²)	8	23	41	55	49

備考：平成 8 年度 河川水辺の国勢調査（建設省河川局河川環境課監修）より作成



図 1.3-27 平成 8 年度 河川水辺の国勢調査の北上川における底生動物の調査地点

(3) 回遊魚

豊かな漁場海域環境の創出という視点で、河川は海域へ栄養塩を供給するだけでなく、回遊魚の生息場や産卵場としての役割を担っている。

日本の主要な通し回遊魚の分布域と遡河、降海、産卵の時期・体長等を表 1.3-11に示す。

通し回遊魚とは、海と淡水との間を定期的に回遊している魚である。その中で、降海回遊魚は一生の大部分を淡水域で送り、産卵のために河を下って海へ入るもので、遡河回遊魚はこれとは逆に、産卵のために海から川へ遡上するものをいう。両側回遊魚は産卵と無関係に幼魚期を海と川との間を往復するものをいう。世界で知られている回遊魚の種類数は約 160 種で全魚類の 0.8% にすぎないが、水産重要種が多く含まれている。わが国には 25 科の通し回遊魚が認められており、種類数は 100 種を超えている。²⁹⁾

表 1.3-11 (1) 日本の主要な通し回遊魚の分布域と遡河、降海、産卵の時期・体長等²⁹⁾

(a) 遡河回遊型		主要分布域	成魚の	遡河期	降河期	産卵期	産卵場所
科名	和名		平均体長 (cm)	(遡河期の体長 cm)	(降河期の体長 cm)		
ヤツメ ウナギ 科	コワヤツメ ウナギ	北海道および茨城県・島根県以北の本州	50	夏 (30~50)	春 (15~20)	春	中流域の淵尻や平瀬
カタテ チイワ シ科	エツ	九州有明海湾奥部とその流入河川の感潮域	40	6~7月 (25~34)	6~7月 (2.5mm)	6~7月	筑後川河口から20km前後の水城
キョウ リウオ 科	キョウワ ウオ	北海道の太平洋沿岸と噴火湾およびオホーツク海沿岸	15~23	4~6月 (15~23)	5~7月 (7.2~7.8mm)	4~6月	河口から1km以上上流の砂礫底
	シシヤモ	北海道の太平洋沿岸	12~18	10~12月 (12~18)	3~5月 (8mm程度)	10月	河口から数km上流の淡水域の砂礫床
	ワカサギ	北海道、利根川・島根県以北の本州	6~11	1~5月 (6~11)	— (孵化仔魚)	1~4月	浅瀬の砂礫床、水草
シラウ オ科	シラウオ	北海道・本州のほぼ全域。九州西岸部、四国吉野川	5~10	2~5月 (5~10)	2~5月 (4.5mm)	2~5月	2~3m以浅の砂礫底部、水草
サケ科	カラブト マス	北海道	55	6~9月 (30~70)	4~5月 (35mm前後)	8~10月	上・中流の砂礫底
	サケ	太平洋側：利根川以北 日本海側：九州北部以北	65	9~1月 (60~80)	3~5月 (40mm程度)	9~2月	湧水場所
	サクラマ ス	太平洋側：千葉県以北 日本海側：山口県以北	60	3~5月 (40~60)	4~6月 (10~20)	9~10月	砂礫底の淵から瀬への移行点
	サツキマ ス アメマス	岐阜県長良川 北海道および最上川・利根川以北の本州	25~50 30~64	4~5月 (30~40) 夏 (30~64)	11~3月 (15~25) 3~6月 (15cm以上)	10月下旬 9~11月	堰堤直下の中流域の淵 瀬の岸寄りのやや浅いところ
トゲウ オ科	イトヨ	利根川と島根県以北の本州、北海道	8	2~3月 (8)	6月下旬~秋 (3cm程度)	4~6月	流れの穏やかな水草近くの砂泥流
ハゼ科	シロウオ	ほぼ全域	5	春 (5)	春 (5mm程度)	春	下流域の浅い流れの緩い礫河床の石の下面

表 1.3-11(2) 日本の主要な通し回遊魚の分布域と遡河、降海、産卵の時期・体長等²⁹⁾

(b) 降河回遊型							
科名	和名	主要分布域	成魚の平均体長 (cm)	遡河期 (遡河期の体長 cm)	降河期 (降河期の体長 cm)	産卵期	産卵場所
ウナギ科	ウナギ	太平洋側：北海道日高地方以南 日本海側：石狩川以南	100	10～6月 (5～6)	9～2月 (40～70)	6～7月	北緯15°、東経140°付近
	オオウナギ	太平洋側：利根川以西 東シナ海側：長崎県以西	220	— —	— —	— —	— —
カジカ科	ヤマノカミ	有明海湾奥流入河川	16	4～5月 (2～3)	11～1月 (16)	1～3月	河口ないし干潟の二枚貝の空き殻
	アユカケ	神奈川県・秋田県以南の本州、四国、九州	20	春 (2～3)	秋～冬 (20)	1～3月	海の沿岸近く

(c) 両側回遊型							
科名	和名	主要分布域	成魚の平均体長 (cm)	遡河期 (遡河期の体長 cm)	降河期 (降河期の体長 cm)	産卵期	産卵場所
オユウリウオ科	アユ	北海道西部以南のほぼ全域	10～30	3～7月 (7～8)	秋 (孵化仔魚)	8～12月	中流域と下流域の境目付近にある砂礫底の瀬
ハゼ科	シマコシノボリ	北海道を除くほぼ全域	7	7～10月 (15～20mm)	5～7月 (孵化仔魚)	5～7月	中流域の沈み石の裏
	チナブ	北海道と琉球列島を除く日本全国	8	秋 (8～10mm)	3～8月 (3.2～3.7mm)	3～8月	石の下面、石垣の隙間、空き缶
ハゼ	ボウズハゼ	太平洋側：茨城県以西、四国、九州、琉球列島	12	3～5月 (3)	7～8月 (孵化仔魚)	7～8月	瀬や平瀬の直径30cm くらいの底の平な石の下面
カジカ科	カジカ小鰓型	本州、四国、九州の一部、北海道積丹半島	17	2～7月 (2cm程度)	1～6月 (孵化仔魚)	1～6月	中・下流域の石の下面
	エゾハナカジカ	北海道津軽海峡から標準地方までの太平洋側	25	5～6月 (11～14mm)	4～5月 (6～7mm)	4～5月	下流域の石の下面、または下流側の側面
	カンキョウカジカ	日高地方以東の太平洋側を除く北海道、東北地方、富山県	♂：17 ♀：12	5～6月 (13～30mm)	4～5月 (8～9mm)	4～5月	下流域の石の下面、または下流側の側面

上記の生物の多くは、利用する場所の一部が欠落しても全生活史を完結することができなくなり、再生産できなくなる場合もある。このため、全生活史で利用する環境を包含する規模での検討が必要であると考えられる。

(4) 海域からの寄与

河川を回遊魚が生息場や産卵場として利用するばかりでなく、栄養塩の循環においても役割を担っていると考えられる。

長坂らは、サケが遡上する河川で栄養塩濃度を測定し、冬季～融雪期前の河川水、河川近傍の地中水で $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が遡上しない河川より高いことを明らかにし、河畔林の生育にも寄与していることを示唆する結果も得ている。³⁰⁾

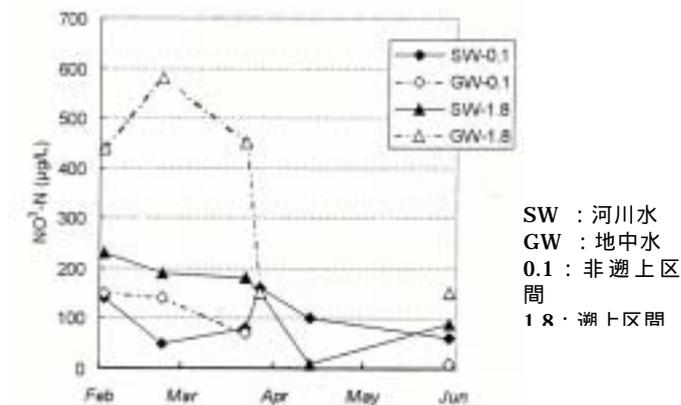


図 1.3-28 遡上区間と非遡上区間の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の季節変化³⁰⁾

参考文献

- 1) 建設省河川局監修：改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)同解説・調査編、社団法人日本河川協会（1999）
- 2) 財団法人河川環境管理財団：河道変遷特性に関する研究 - 適切な河川環境管理をめざして - （1998）
- 3) 宇野木早苗：沿岸の海洋物理学，東海大学出版会(1993)
- 4) 小川滋：森林地からの水・土・栄養塩の流出と森林管理、応用生態工学会第 7 回研究発表会講演集（2003）
- 5) 土木学会 水理委員会 水理公式集編集小委員会編集：水理公式集[平成 11 年版]、社団法人土木学会（1999）
- 6) 横山勝英、宇野誠高：河川の土砂動態が沿岸域に及ぼす影響について、応用生態工学会第 7 回研究発表会講演集（2003）
- 7) 元田茂編集：海洋科学基礎講座 6 海洋プランクトン、東海大学出版会（1975）
- 8) 殖田三郎、岩本浩三、三浦昭雄：水産植物学、恒星社厚生閣（1973）
- 9) 半谷高久監修、大竹千代子編：日本環境図譜、共立出版（1978）
- 10) 栗原康：河口・沿岸域の生態とエコテクノロジー、東海大学出版会（1988 年）
- 11) 社団法人 海と渚環境美化推進機構：海の生態系と漁業に関する調査 報告書（1998）
- 12) 芳村毅、工藤勲：噴火湾における河川からの栄養塩負荷量およびそれらが湾内の基礎生産に与える影響，海の研究，VOL. 12 NO. 2（2003）
- 13) 財団法人河川環境管理財団：栄養塩類濃度が河川水質環境に及ぼす影響に関する研究（2003）
- 14) 松本純一郎編集：水環境工学、朝倉書店（1994）
- 15) 長坂晶子、河内香織、柳井清治：北海道日本海沿岸の山地溪流における有機物の動態と源流域の果たす役割、応用生態工学会第 7 回研究発表会講演集、VOL. 7 (2003)
- 16) 山崎真一、渡辺康玄、宮下将典、森田真郷、山下俊彦：融雪期に鶴川から供給された物質の河口沿岸域環境への影響，海岸工学論文集，VOL. 49 NO. 2（2002）
- 17) 山下俊彦、宮下将典、山崎真一、渡辺康玄：河川から供給された物質の河口沿岸域での挙動、海岸工学論文集、VOL. 47 NO. 2（2001）
- 18) 山本民次：川と海の境目～エスチュアリー～の生態系～、アクアネット、VOL. 25 (2003)
- 19) 赤松良久、池田駿介、戸田祐嗣：瀬と淵の水質及び生物一次生産に関する現地観測、土木学会年次学術講演会講演概要集 第 2 部、VOL. 53rd (1998)
- 20) 松永勝彦：森が消えれば海も死ぬ 陸と海を結ぶ生態学、講談社（1993）
- 21) 松永勝彦：森林起源物質が海の光合成物質に果たす役割、日本海水学会誌、第 54 巻第 1 号（2000）
- 22) 松永勝彦：沿岸域における生物生産機構に関する研究、日本海水学会誌、第 56 巻第 6 号（2002）
- 23) 長沼毅：河川における鉄の存在量とその生物利用性に関する調査研究、河川整備基金助成事業報告書、河川環境管理財団（2000）
- 24) 岩手県水産技術センター：漁場環境における河川水等の影響調査。岩手県水産技術センター年報（1998）

- 25)吉村和也、濱健夫、白岩善博、岩本浩二：*Chaetoceros sociale* の増殖に対する河川水中腐植物質の寄与、日本陸水学会大会講演要旨集,67,166(2003)
- 26)落合正宏、井原真理子、北原麻衣、中島拓男：渓流水中の金属元素の挙動、第 18 会琵琶湖研究シンポジウム「森林伐採が環境に及ぼす影響」予稿集（2000）
- 27)沼田真監修、水野信彦、御勢久右衛門著：河川の生態学、築地書館（1993）
- 28)谷田一三：河川の自然復元 生態学的視点による河川の自然復元 生態的環境と連続性について、応用生態工学,第 2 巻第 1 号（1999）
- 29)玉井信行、水野信彦、中村俊六編集：河川生態環境工学、東京大学出版会（1993）
- 30)長坂有、長坂晶子、伊藤絹子、間野勉：遡上サケの死体（ホッチャレ）による河畔林への栄養塩添加について、応用生態工学会第 7 回研究発表会講演集(2003)

1.4 海域についての既往文献

1) 沿岸域の特性からみた森、川、海つながり

森・川・海をつなぐりを重視した豊かな漁場海域環境創出方策検討調査では、海域の中でも特に森や川の影響を大きく受ける沿岸域を対象としている。沿岸域の特性として、陸水が流入すること、海域が浅いために栄養塩が有光層に回帰しやすく一次生産、ひいては生物生産が盛んなこと、生物生産が盛んで陸に近いために沿岸漁業等人による利用が多いことなどが挙げられる。沿岸域から見た森、川、海つながりに関する既往文献としては、以下のものがあり、2)以下でその概要を説明する。

< 動植物の生育生息の場となる機能 >

沿岸域は、河川水や地下水を通じた陸域からの栄養供給の他、沖合からの栄養供給もあり、栄養が豊富な場所である。豊富な栄養によって生物生産が盛んになるが、栄養過多による富栄養化の問題や、淡水の大量の流入による生物の生育生息環境への影響といった問題もある。

また、陸域から土砂が運び込まれることで河口域から沿岸部にかけて浅場が形成される。光合成は有光層で起こるので水深が浅い水域では生産層の割合が大きい。浅場に形成される藻場は、海藻草類が生育しているだけでなく、様々な生物の生育生息環境となっている。ただし、流入する土砂の加減によっては生物の生育、生息に悪影響を及ぼすこともある。

< 物質を捕捉し、生物生産と同時に物質循環する機能 >

植物プランクトンや海藻草類、底生付着藻類が光合成を行うことによって、溶存態の栄養分や光エネルギーが有機物へと変換され、食う食われるといった食物連鎖が形成される。同時に植物の生産によって沿岸域に豊富に供給される溶存態の窒素やリンなどの栄養塩が、速やかに取り込まれる。

沿岸に生息する動物は、植物プランクトンや海藻草類といった一次生産者を直接食べるばかりではなく、デトリタスを食べるものも多い。デトリタスの中には落ち葉など陸上由来の有機物も含まれており、これらは餌となるばかりでなく、ある種の生物の生息場ともなっている。

< 物質を陸域に供給する機能 >

海域は、陸域から物質の供給を受けるばかりではなく、陸域へ物質を供給する働きもある。サケ等遡河性魚類によるもの、水鳥によるもの、波による打ち上げ、漁業によるものなどが挙げられる。サケの例では、河川に遡上して産卵後に死んだ個体が動植物に利用されることで、海から陸への物質輸送の一端を担っている。また、沿岸漁業は栄養塩を取り込んだ海藻類や魚介類を陸域に輸送するという機能を持っている。

2) 動植物の生息・生育の場となる機能

(1) 栄養塩の供給

< 陸水からの栄養供給 >

沿岸域は、河川水や地下水等陸域から窒素やリン等の栄養塩が流入するうえ、栄養塩類が河口域で沈殿するために沖合に比較して栄養塩が豊富であり、一次生産の高い場所である。

斉藤(1984)¹⁾はノリ漁場の定点観測より、流入する河川流量が約7m³/sec以下では良質ノリの全無機窒素濃度の最小要求量7~8μg/Lに不足する場合が過半数を占めること、また、ノリ漁場の定点と沖合表層との全無機窒素濃度の差から、河川流量が減少するにつれて河川からの窒素の供給が減少し、ほぼ4m³/sec以下で河川水による窒素の供給が定点まで届かなくなることといった河川流量と窒素の定量的な関係を示した(図 1.4-1)。

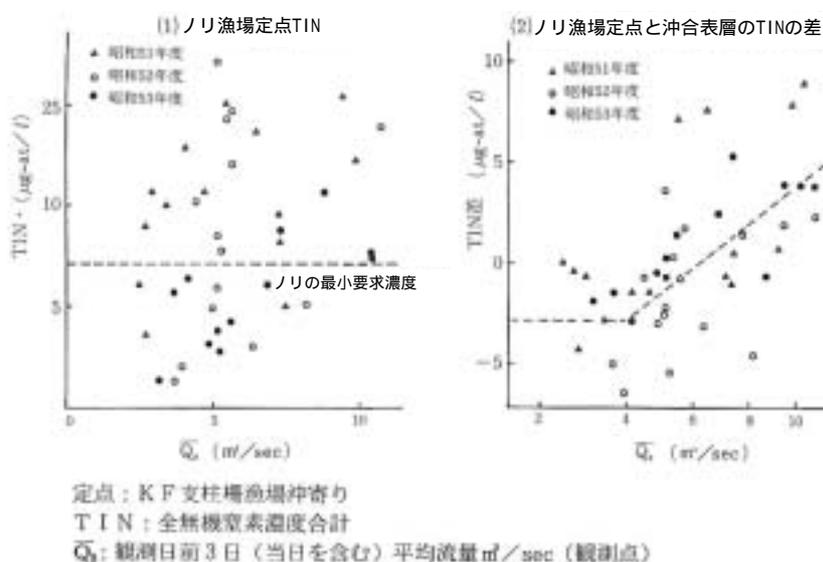


図 1.4-1 河川が流入する海域におけるノリ漁場定点の窒素濃度¹⁾

全国の公共用水域水質測定結果(環境省 2002)²⁾によると、平成13年度のT-N及びT-Pの平均値は、T-Nが約0.2mg/L(類型の平均値)~約1.0mg/L(類型の平均値)の幅で、全体の平均値は約0.3mg/L、T-Pが約0.01mg/L(類型の平均値)~約0.08mg/L(類型の平均値)の幅で、全体の平均値は約0.03mg/Lであった(図 1.4-2)。

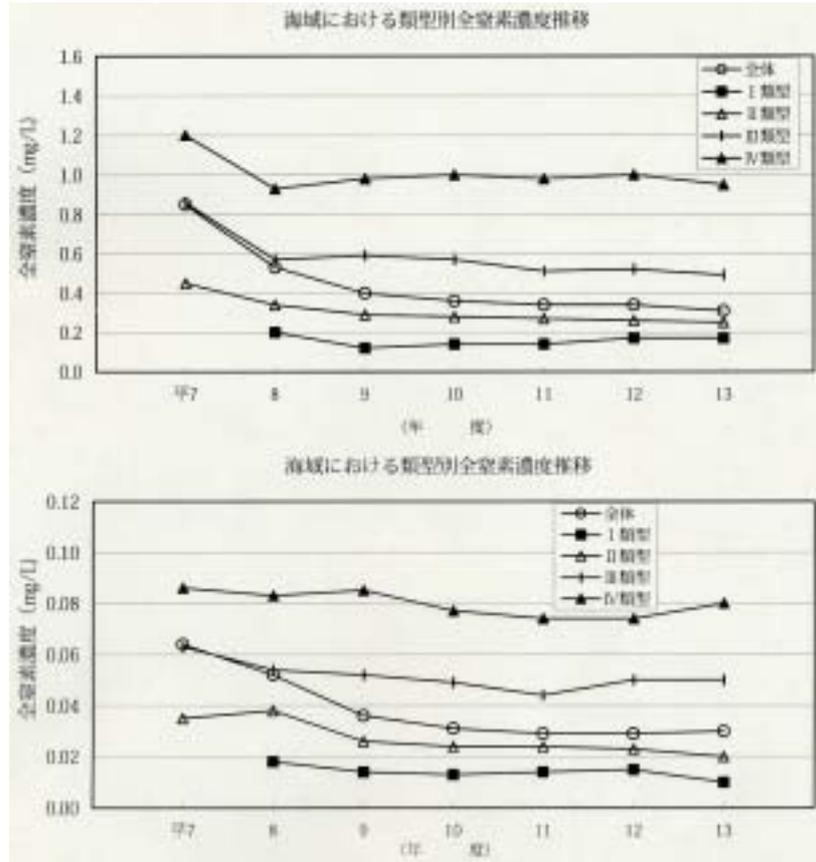
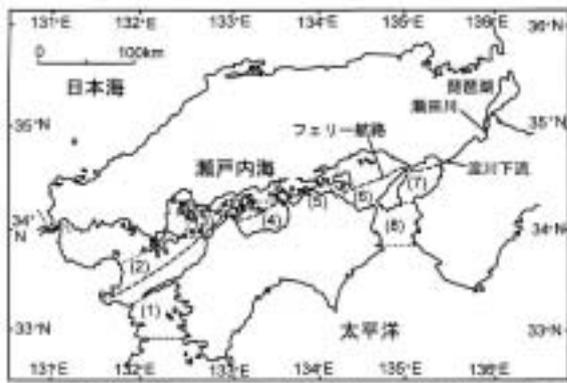
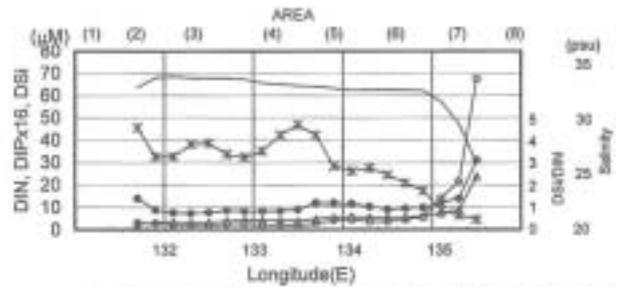


図 1.4-2 海域における類型別栄養塩濃度の推移²⁾

珪素は主に珪藻によって利用されている。珪素は土壌や岩石中に豊富に存在しており、雨水や河川水が土壌や岩石に接触する自然の風化作用により溶け出し、最終的に海洋中に運ばれる。珪素を含む栄養塩が充分あるときには珪藻類の増殖率は他の植物プランクトンより大きい。珪素が不足して窒素やリンが多い場合には、渦鞭毛藻など、魚介類に利用されづらい植物プランクトンが大発生することがある。瀬戸内海を中心とした海洋モニタリングの結果では、溶存態無機窒素、溶存態無機リン、溶存態珪素の絶対濃度は東側(大阪湾周辺)で高く、西側(伊予灘、豊後水道周辺)で低かったものの、溶存態珪素 / 溶存態無機窒素の相対比では西側で高く、東側で低くなっており、琵琶湖などある程度の規模を持つ停滞水域が珪素のシンクとなっていることが示唆された(原島 2003 図 1.4-3)³⁾。



琵琶湖—淀川—瀬戸内海の水系。点線は1994～2000年の間、フェリーさんふらわああいぼり（関西汽船所属）を用いて行った海洋モニタリングの航路。



瀬戸内海表層海水のDSi (●), DIN (○), DIP×16(△), DSi/DIN比(*), および塩分値(線)の7年間平均値の水平分布。左端が別府、右端が大阪湾である。国立環境研究所によるフェリー（関西汽船所属のさんふらわあ）を用いた海洋モニタリングによる1994～2000年の平均値。

図 1.4-3 瀬戸内海表層海水質の水平分布³⁾

鉄はすべての生物に必須の元素であるが、酸素を含む海水中において熱力学的に安定な3価鉄イオンよりなる酸化鉄()や水酸化鉄()は難溶性であることから、植物プランクトンはこれらを直接利用することはできない。ただし、3価鉄よりも海水に溶解しやすい2価鉄も光化学的な還元、原形質膜の酸化還元タンパクや細胞から流出した酵素による還元、デトリタス凝集物、生物コロニー、捕食動物の消化系など微小な嫌気環境での還元過程で作られる他、還元と酸化のサイクルは、溶解しやすいアモルファス状鉄()酸化物の形成を促す。さらにこれらの金属イオンは多様な無機、有機物粒子に吸着するとともに、コロイドや粒子状物質としても存在するといったように、存在形態が多様である(武田 1996)⁴⁾。

なお、河川から海洋に供給された鉄は大部分が沿岸で除去されてしまい、外洋では主に風で運ばれる土壌粒子によって鉄が供給されている。マーチンの鉄仮説は、アラスカ湾、南極海、赤道太平洋等の高栄養塩、低クロロフィル海域の生物生産は鉄によって制限されているとしたもので、南極海で採取された海水に鉄を添加した実験で大型の植物プランクトンの増殖速度が鉄制限を受けていたことを確かめた(日本海洋学会 2001)⁵⁾。

植物プランクトンは窒素やリンなどの栄養塩の他、海水中における濃度が低い、鉄、マンガ、亜鉛、銅、コバルト、モリブデン、ニッケルなどのいわゆる微量元素も必要とする。これらの微量元素の大部分は主に海洋に流入する河川水や海底堆積物から供給されるため、沿岸から外洋に向かうにつれてその濃度が減少する傾向にある(武田 1996 表 1.4-1)⁴⁾。

表 1.4-1 海洋表層水中における溶存微量金属濃度の分布⁴⁾

金属	海域	濃度(nmol/L)
Fe	北太平洋	0.02 ~ 1.1
	瀬戸内海	5 ~ 110
	広島湾奥部	32 ~ 75
Mn	北太平洋	0.3 ~ 4.7
	瀬戸内海	5 ~ 980
	広島湾奥部	26 ~ 127
Zn	北太平洋	0.06 ~ 0.24
	瀬戸内海	2 ~ 49
	広島湾奥部	33 ~ 85
	多摩川河口域	8 ~ 48
Cu	北太平洋	0.5 ~ 1.4
	瀬戸内海	3 ~ 10
	広島湾奥部	10 ~ 15
	多摩川河口域	10 ~ 75
Co	北太平洋	0.004 ~ 0.03
	瀬戸内海	0.1 ~ 1.2
	広島湾奥部	0.3 ~ 1.6
	多摩川河口域	1.6 ~ 6
Ni	北太平洋	2.1 ~ 3.7
	瀬戸内海	3 ~ 43
	広島湾奥部	7 ~ 13
	多摩川河口域	47 ~ 100

海域に流れ込む陸水は河川水ばかりではない。山岳地帯への降水は地下水涵養を生じ、この地下水は山体内部を流動したあと山麓部にもたらされ、平野部の地下水形成に寄与するほか、山地が海岸に接している場合には、海底湧水として直接海洋に流出することになる(林、丸井、安原 1999)⁶⁾。張、佐竹(2002)⁷⁾は、富山の年間降水量($201 \times 10^8 \times \text{m}^3$)と年間の蒸発量と河川流出量を合わせた量($168 \times 10^8 \times \text{m}^3$)の差から富山湾に流入する海底湧水の量を見積もり、富山湾への河川流出量の約3割に相当するとした(図 1.4-4)。また、張、佐竹(2002)⁷⁾は、地下水中に溶存している化学成分の濃度が河川水中の濃度よりも大きいことから、化学成分の海洋への寄与に関して海底湧水が重要であるとしている。

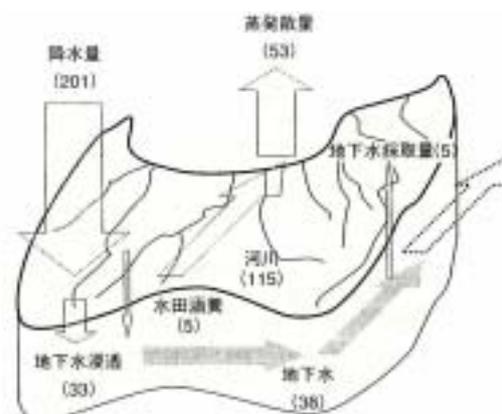


図 1.4-4 富山における水収支⁷⁾

< 沖合からの栄養供給 >

沿岸の海の生物生産は陸からの栄養塩供給の影響を強く受けるというのが一般的な認識であるが、外洋からの栄養塩供給も決して小さなものではない。武岡、菊池、速水、榊原(2002)⁸⁾は、閉鎖的で外洋の影響が小さいと思われる瀬戸内海において、河川起源と外洋起源の窒素及びリンの量を算出し、窒素では9割弱、リンでは7割強が外洋起源という結果を得た(表 1.4-2)。

表 1.4-2 瀬戸内海の河川起源と概要起源のN、Pの量(万t)⁸⁾

	柳(1977)	広大のデータ 橋本他(1996)から計算
瀬戸内海のNのstock	17.8	14.7
外洋起源のN	6.2	13.0
河川起源のN	11.6	1.7
瀬戸内海のPのstock	2.04	1.49
外洋起源のP	1.14	1.10
河川起源のP	0.88	0.39

< 富栄養化と赤潮 >

陸域から流入する窒素、リンなどの栄養塩は沿岸域の生物生産量を増大させるが、栄養塩の濃度が高くなりすぎると、植物プランクトンの異常な増殖を招くことがある。

海域における水質汚濁の指標の一つであるCODの平成13年度の全国の平均値は公共用水域水質測定結果(環境省 2002)²⁾によると、約1.6mg/L(A類型の平均値)～約2.7mg/L(C類型の平均値)の幅で、全体の平均値は約1.8mg/Lであった(図 1.4-5)。

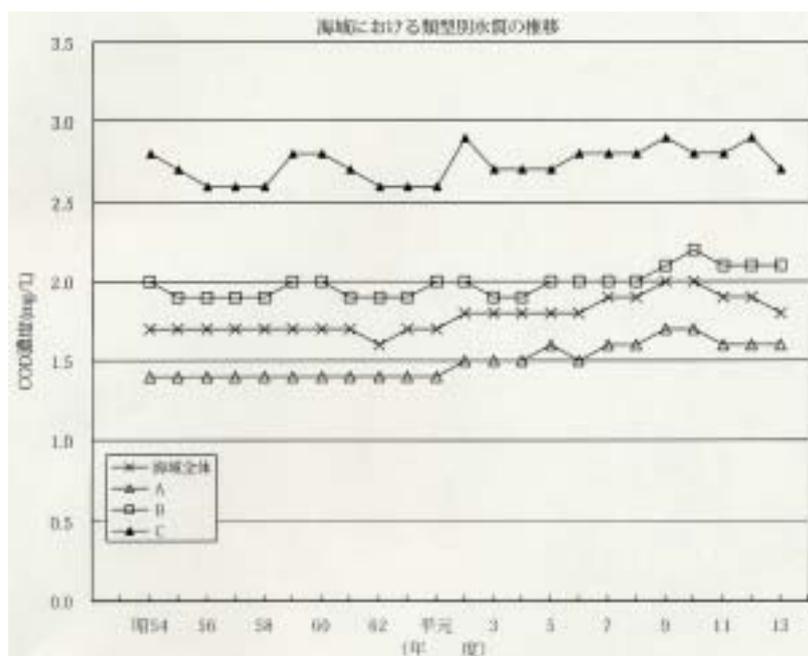


図 1.4-5 海域における類型別COD濃度の推移²⁾

植物プランクトンの異常な増殖は懸濁物を増加させて水中照度を減少させ、水中の海藻草類の生育を阻害するほか、枯死した後底層においてバクテリアに分解される過程で酸素を大量に消費するため、溶存酸素濃度が低くなり、酸素の要求量が多い生物が生息しづらくなることもある。富栄養化の一般的な過程を図 1.4-6に示す。

植物プランクトンのうち1種あるいは複数種が数千～数万細胞/mLにまで増殖し、海水が変色する現象は赤潮と呼ばれる。本城(2000)⁹⁾によると瀬戸内海では赤潮の発生件数と海水中に含まれる栄養塩類濃度の推移は同じような変化を示し、両者間に密接な関係が認められている(図 1.4-7)。

代表的な赤潮プランクトンの1種である*Gymnodinium mikimotoi*は、1985年の周防灘においては5000細胞/mLもの高い密度で確認された(図 1.4-8)¹⁰⁾。

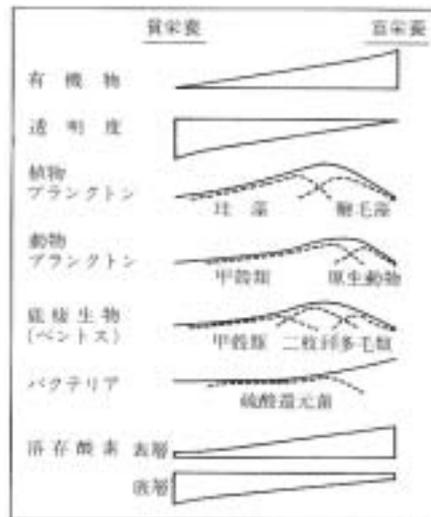


図 1.4-6 富栄養化の過程¹¹⁾

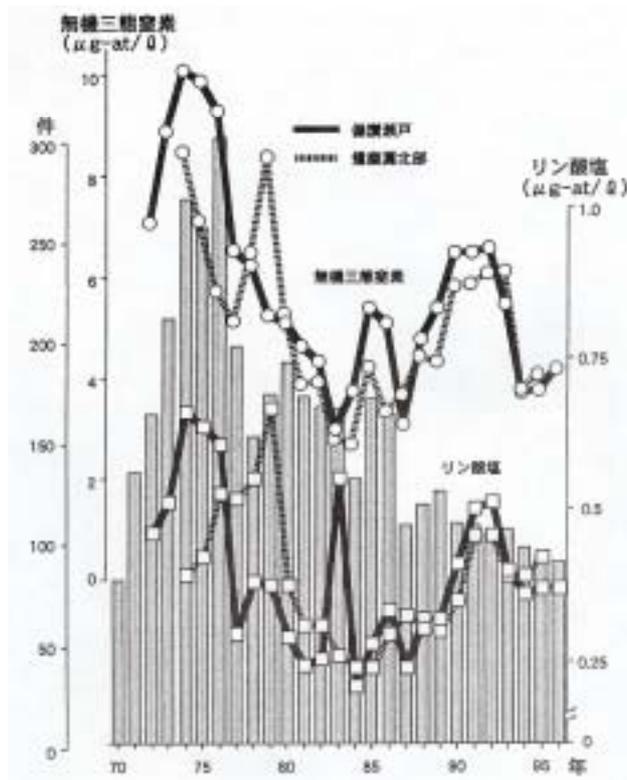


図 1.4-7 瀬戸内海における富栄養化と赤潮発生件数との関係⁹⁾

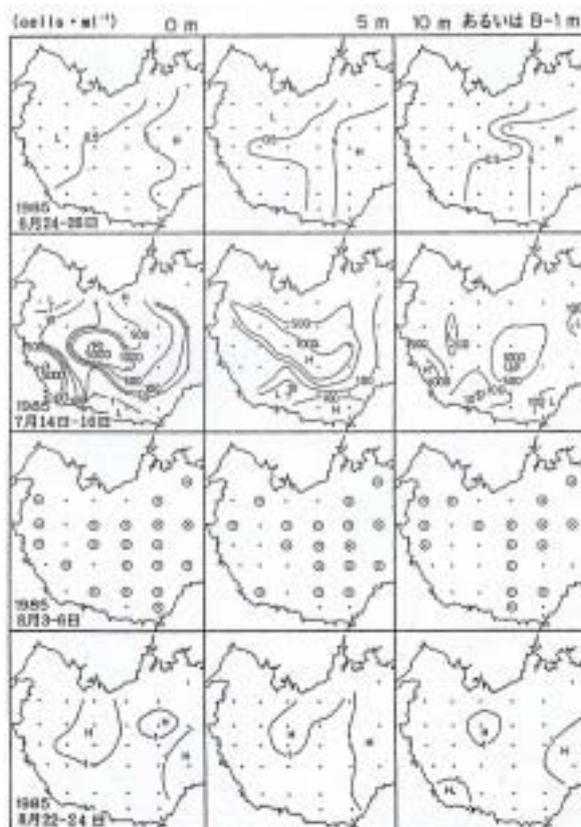


図 1.4-8 周防灘における *Gymnodinium mikimoti* の水平分布¹⁰⁾

赤潮の中でも特に漁業に甚大な被害を及ぼすものは、魚介類を毒化させるプランクトンや、魚介類をへい死させるプランクトンの大量発生である。

二枚貝に毒を蓄積させ、それらを食べた人間の麻痺や下痢症状などを招く、毒化プランクトンとしては、渦鞭毛藻の*Gymnodinium catenatum*(麻痺性)、*Alexandrium catenella*(麻痺性)、*Dinophysis fortii*(下痢性)などがある。

養殖の魚介類のへい死を招く毒性のプランクトンとしては、ラフィド藻の*Heterosigma akashiwo*、*Chattonella antiqua*、*C. marina*、渦鞭毛藻の*Gymnodinium mikimotoi*、*Heterocapsa circularisquama*などがある。*H. circularisquama*の大量発生は1988年に記録された比較的新しいものであり、被害数量、被害額は英虞湾と広島湾で大きい(表 1.4-3)。本種が50~200細胞/mlの密度で長期間存在していると、餌料である珪藻類が多くても、アコヤガイ母貝は餌をろ過しなくなり、さらに細胞密度が高くなるとアコヤガイは麻痺状態に陥り、死に至ることが観察された(本城 2000)¹²⁾。

表 1.4-3 *H. circularisquama* の大量発生による被害額と被害数量¹²⁾

年	水域	金額	へい死生物と被害量
1988	浦ノ内湾	3-4.6億円(推定)	アサリ 1,560tへい死
1989	福岡湾	不明	アサリ他へい死
1992	英虞湾	30億円(確定)	アコヤガイへい死
1993	浜名湖	不明	アサリ収穫50~90%減
1994	楠浦湾	1億円(推定)	アコヤガイ母貝平均65.4%へい死 アサリ他 平均69.5%へい死
1995	広島湾	3.25億円(確定)	カキ610tへい死 アサリ210tへい死
1996	英虞湾	不明	アコヤガイ150万貝へい死
1997	小浜湾	不明	アコヤガイ、アサリへい死
	豊前海	0.38億円(確定)	アサリ210tへい死
	広島湾	2.2億円	カキへい死
1998	広島湾	38.79億円(確定)	カキ・アサリへい死

< 淡水の流入 >

河川水は海域に様々な物質をもたらすが、一方で洪水などにより海域に大量に淡水が流入すると、海藻草類や移動性の低い底生動物等が死滅することがある。大野(1986)¹³⁾によると内湾性の藻類であるアナアオサやアサクサノリは外洋水よりもやや低い塩分に最適値があり、適応範囲が広いのに比べ、外海に生育するマクサは外洋水に近い塩分で最適値を示し、適応範囲が狭かった(図 1.4-9)。また、養殖のりにおいても出水による短期間(2~数日)の著しい塩素量低下はあかぐされ病などの病害を激化させ、生産を低下させることが確認されている(斉藤 1984)¹⁾。

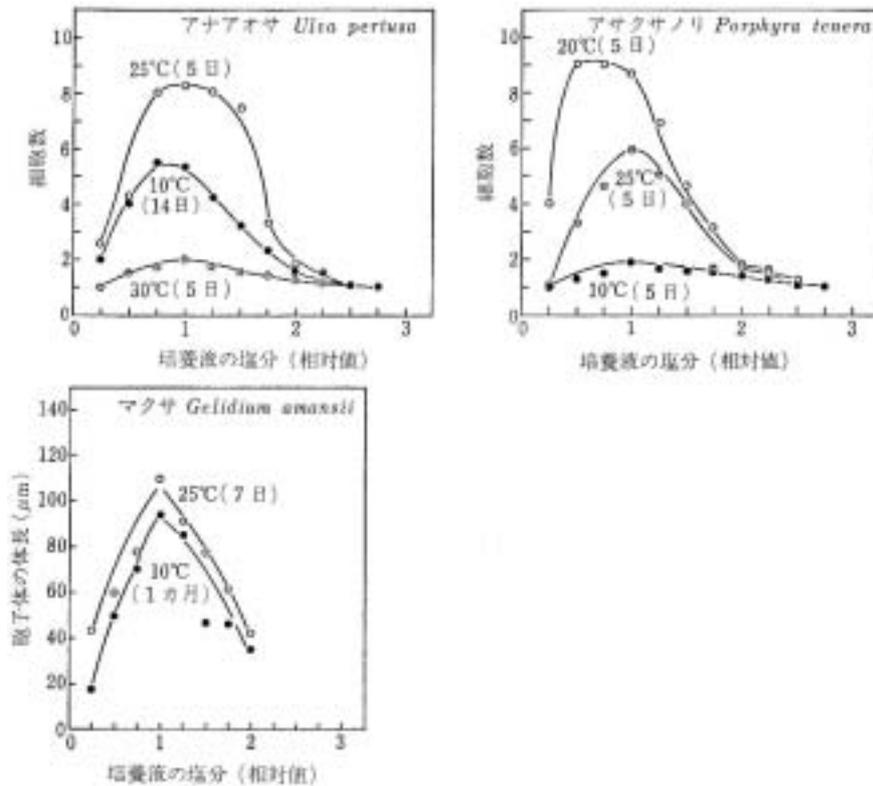
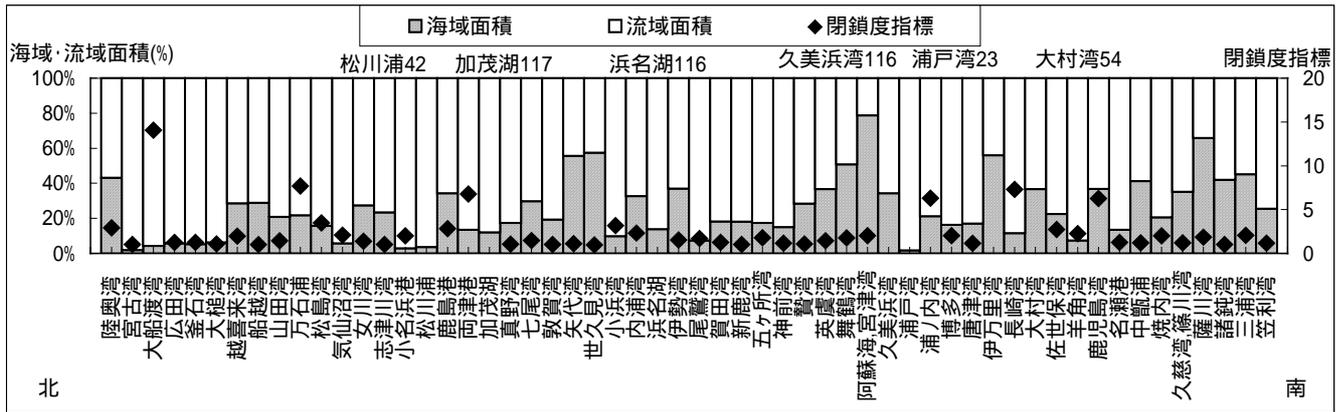


図 1.4-9 培養による海藻の幼芽期の生長と塩分の関係¹³⁾

< 地形条件と陸域の影響の大きさ >

陸域が海域に及ぼす影響の度合いは、影響を受ける海域の大きさ、海域の閉鎖性、海域に流入する河川の流域の大きさなど、その地域の地形によって変化する。小さく閉鎖性が高い海域が大きな流域を有する場合には、その海域は他の海域に比べて陸域の影響を大きく受けていると言える。また、閉鎖性水域の閉鎖度指標は、湾口幅、海域面積、湾内最大水深、湾口最大水深から求めた指標で、数値が高いほど海水交換が悪く、富栄養化のおそれがあることを示しており、水質汚濁防止法では、この指標が1以上である海域等を排水規制対象としている(財団法人国際エメックスセンター 2001)¹⁴⁾。

全国の閉鎖性水域の海域と流域の面積の比と、閉鎖度指標を図 1.4-10に示す。宮古湾、大槌湾を含む三陸周辺では、全国の閉鎖性水域の中でも海域に対して大きな流域面積を持っており、陸域の影響を受けやすい地域と言える。閉鎖度指標については、宮古湾、大槌湾とも1程度であり、日本の閉鎖性水域の中では低い値であった。



注)閉鎖度指標: $\{(海域内部面積)^{1/2} \times 海域最深部の水深\} / \{湾口幅 \times 海域入口の最深部の水深\}$
 数値が高いほど海水交換が悪くなる。水質汚濁防止法ではこの指標が1以上である海域等を排水規制対象としている。

図 1.4-10 日本の主な閉鎖性水域における海域面積と流域面積の比と閉鎖度指標

財団法人国際エメックスセンター (2001) 日本の閉鎖性海域 (88 海域) 環境ガイドブック¹⁴⁾のデータより作成

< 高水時と低水時の水質特性 >

河川から流出する物質の量は流量によって大きく変動する。すなわち、水質成分負荷量の発生や排出は低水時と大雨や融雪等の高水時とでは大きく異なる。太田、中津川、齋藤(2001)¹⁵⁾は北海道内の複数の河川を対象に、低水時と高水時のそれぞれにおけるSS、T-N等の負荷量を算出し、いずれの河川においても、高水時における負荷量の割合が大きいことを示した(図 1.4-11)。

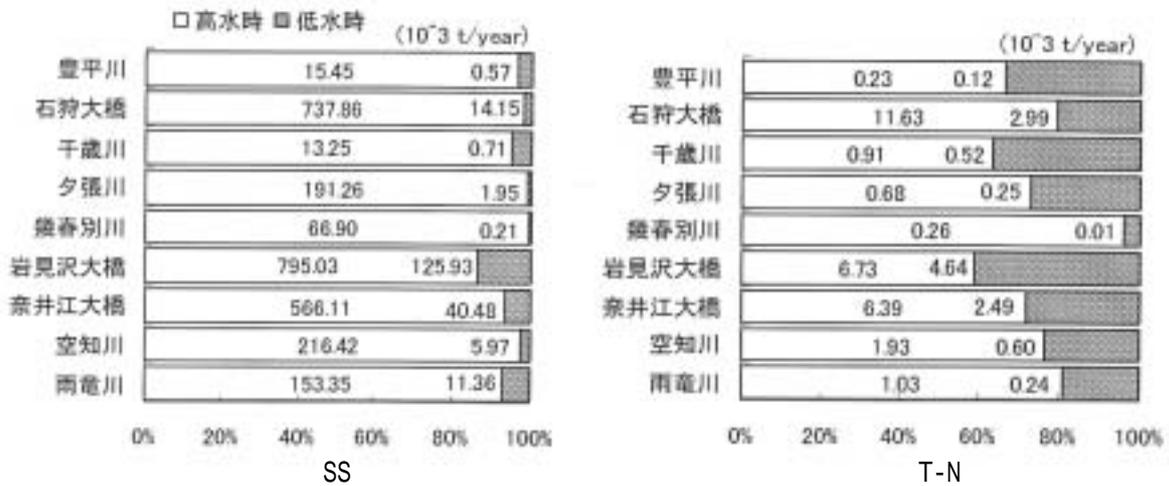


図 1.4-11 高水時と低水時の負荷量が総負荷量に占める割合¹⁵⁾

(2) 浅場と太陽光の照射

<陸からの土砂供給>

鎌谷(1990)¹⁶⁾によれば、河川から運び込まれる多くの懸濁物質は、河口域から沿岸域にかけて沈積し(~92%)、大陸棚以遠まで運ばれる量はごく少ない(~8%)。沿岸域の地形、特に干潟などの浅場は河川が供給し、沿岸域で沈積する土砂によって形成される。このため供給土砂量(質・量)が変化すると、汀線後退、砂浜勾配の変化、粒径の変化など海岸地形の変化が起こる(辻本 2003 図 1.4-12)¹⁷⁾。熊本県の白川河口域では3~4年確率の洪水の発生により、砂に替わってシルト粘土の堆積が多く見られ、また透筋や周辺高地で地形が前進するなど、地形や底質の変化が見られた(横山、宇野 2003 図 1.4-13)¹⁸⁾。磯部(1998)¹⁹⁾は安倍川における土砂採取と河床堆積土量の変遷から河川から海岸への土砂供給が海岸浸食問題の支配的な条件であることを示し(図 1.4-14)、流砂系における総合的土砂管理の方向性としてまず海岸での必要計画流砂量を決めるべきであるとの考え方を示した。



図 1.4-12 土砂移動量の変化に伴う影響¹⁷⁾

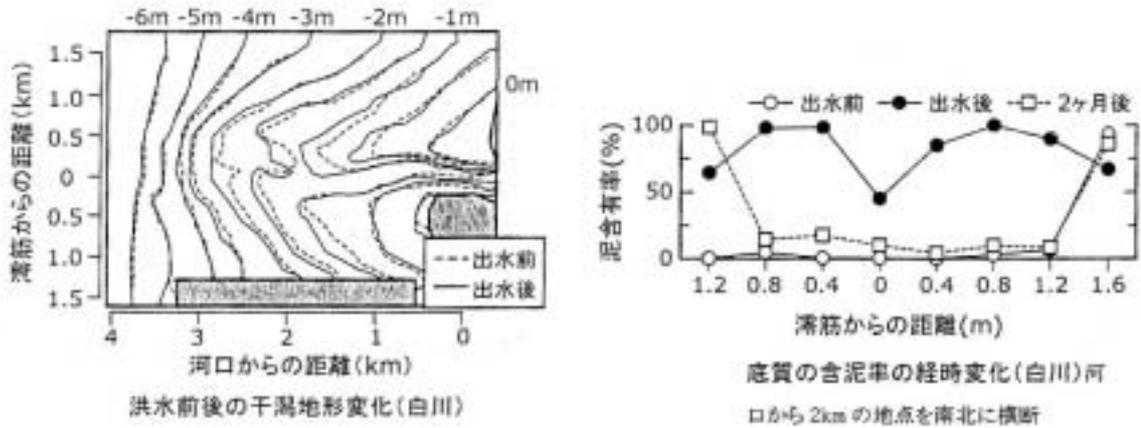


図 1.4-13 洪水による土砂供給で変化した干潟の地形、地質¹⁸⁾

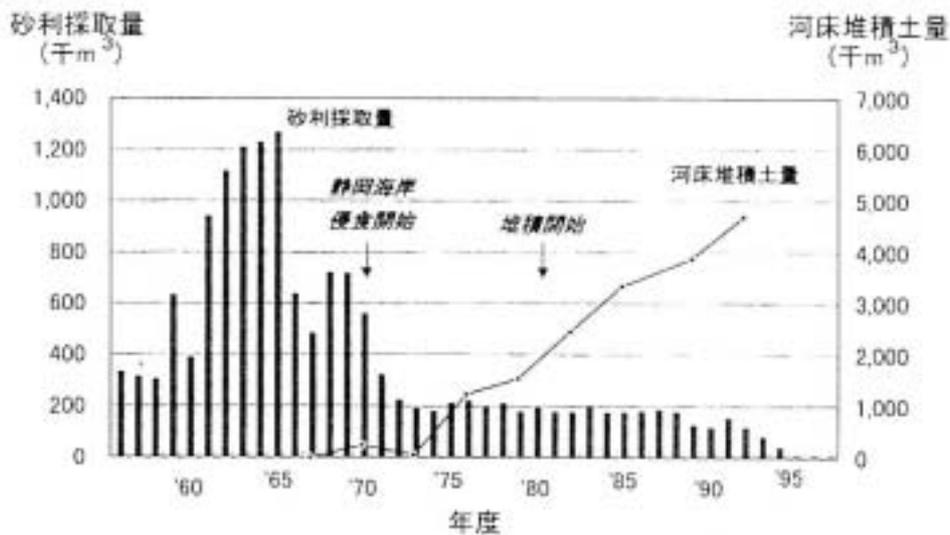


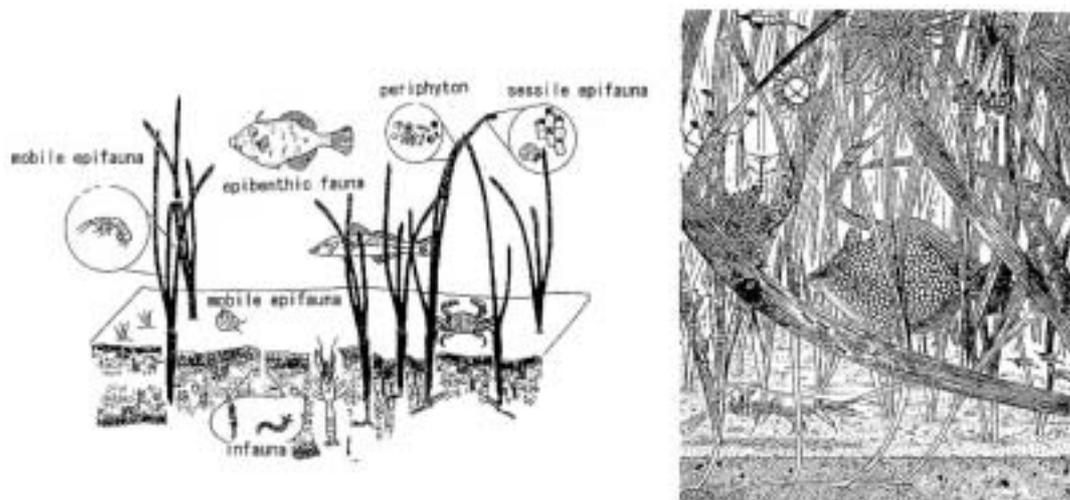
図 1.4-14 安倍川における土砂採取と河床堆積土量の変遷¹⁹⁾

< 浅場の生物生産機能 >

光合成は有光層で起こるので、水深が浅い沿岸海域では植物プランクトン、海藻草類、底生の付着藻類による水柱内での生産層の割合が大きい。底生の付着藻類は植物プランクトンに比べて弱い光強度で十分な光合成能を発揮でき、海底に堆積した無機栄養塩類を利用できることから、海底まで光が届く浅い海域では一次生産の主体として重要である(日本海洋学会 2001)⁵⁾。底生の付着藻類は光合成によって底質に酸素を供給することで、底生動物の生息環境を作り出している。

また、藻場は、海藻草類自体が生育している場である他、藻場が多くの生物の生育・生息の場となっている。相生(2000)²⁰⁾によると、アマモ場では葉上に珪藻などの付着生物やコケムシなどの固着性動物、葉上を移動する巻貝や甲殻類など、葉間には小魚、地下部に底生動物という具合にそれぞれ生息場所をわけて利用している生物群集が形成される(図 1.4-15)

ことから、アマモ場群落があることで生物多様性が高くなるとしている。



オーストラリアの例

日本の本州の例

図 1.4-15 生息場所をわけて生息しているアマモ場の生物²⁰⁾

<海藻草類による懸濁物の浄化>

藻場の中では、流速が遅く、懸濁物質の量が少ない。これは藻体の繁茂により粒子の通過と流れを妨げられること、藻体へ懸濁物質が付着することによるものであり、藻場内の空間を水質、水理的に安定した環境とする効果がある(小河 1989 表 1.4-4)²¹⁾。さらにアマモ類は複雑に張り巡らせた地下茎によって漂砂を防ぎ、砂地盤の安定化に寄与している(海の自然再生ワーキンググループ 2003)²²⁾。

表 1.4-4 ヨレモクモドキ群落(密生)内外の環境要因(高知県須崎湾)²¹⁾

	水深	群落内	群落外
水温	0m	20.8	21.2
	1m	20.3	20.4
	2m	20.2	19.9
溶存酸素 ml/l (%)	0m	7.06 ~ 7.72 (141.7 ~ 144.8)	6.45 (121.2)
	1m	8.82 ~ 8.93 (164.5 ~ 165.9)	6.82 (127.2)
	2m	7.29 ~ 7.64 (135.5 ~ 142.1)	6.45 (119.8)
光量 ml/m ² s	0m	5.3 ~ 5.3 × 100	5.8 ~ 6.0 × 100
	1m	3.2 ~ 3.3 × 100	3.2 ~ 3.3 × 100
	2m	1.1 ~ 1.3 × 100	2.3 ~ 2.5 × 100
流速 m/min	0m	3.07 ~ 3.52	3.68
	1m	1.84 ~ 2.15	3.96
	2m		3.98
クロロフィルa量 μg/l	0m	0.65 ~ 0.66	1.23
	1m	0.94 ~ 1.31	2.18
	2m	0.40 ~ 0.83	1.62

<土砂の流入による影響>

海域への土砂の供給は、沿岸域の地形を形成するなど重要な役割を果たしているが、大量の土砂が急激に海域に流入してきた場合、海生生物に悪影響を及ぼすことがある。

沖縄県(1978)²³⁾がヒトデ類、ウニ類、ナマコ類、貝類、甲殻類、イシサンゴ類等の生息分布状況を調査した結果、赤土の流出、堆積の多い場所では底生動物が少なく、赤土に被われた生物遺骸が確認された。荒川、森永、吾妻、谷口(2003)²⁴⁾は堆積粒子のX線解析により、和歌山県三尾地先の磯焼け海域に堆積している濁水粒子が河川起源の粒子であることを明らかにし(表 1.4-5)、一般的な磯焼けの原因とされる水温上昇や植食動物の摂餌圧などで説明できない、当該地域に限られた磯焼けを、堆積粒子によるアラメの枯死によるものと考察した。

表 1.4-5 X線解析による鉱物含有量の比較²⁴⁾

採取場所	quartz	feldspar	mica	kaolinite	chlorite	smectite
三尾地先	◎	◎	+	+	-	-
野島地先	◎	◎	+	+	-	-
椿山ダム	◎	△	○	○	+	+
日高川河口	◎	△	+	+	-	-
懸濁粒子	◎	△	○	○	+	+

◎: 大変多い △: 普通
 ○: やや多い +: やや少ない
 -: 少ないか含まれていないか

海藻草類に対する濁りの影響としては、ノリやワカメ等で試験が行われている。神原(1972)²⁵⁾は海底土で懸濁した海水下でのノリの光合成量を試験し、照度10Kluxが500ppmの濁りによって照度2.6~2.3Klux以下になると、光合成が損なわれ、養殖における生産被害が著しくなるとしている。荒川、松生(1992)²⁶⁾は、ワカメとカジメの遊走子及び配偶体に対する6μmの粒子の影響について、基質上の堆積量が0.13mg/cm²で減耗率50%、0.49mg/cm²で90%、1.0mg/cm²ですべての個体が減耗することを示した(図 1.4-16)。

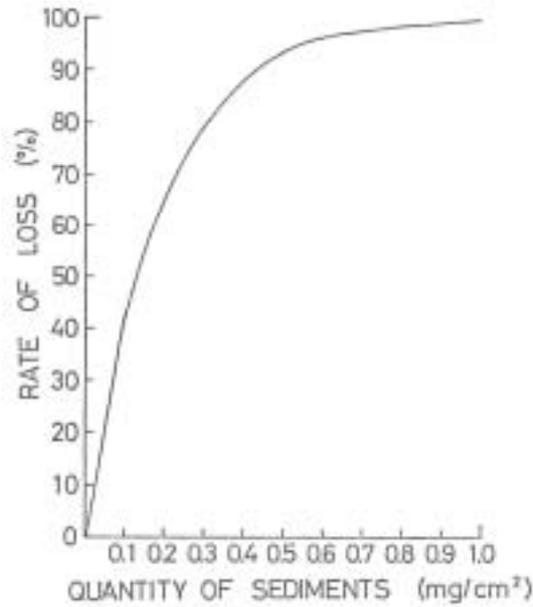


図 1.4-16 ワカメ、カジメの遊走子及び配偶体の減耗と粒子の堆積量²⁶⁾

底生動物への濁りの影響としては、主に貝類で調査が行われている。小島(1972)²⁷⁾によると、カオリンを濁り物質とした濃度6.5ppmの実験でアコヤガイ13個体中7個体の貝殻運動に影響がみられ、真珠養殖を行う際には濁りがかなり低濃度でも影響を及ぼすと推察している。また香川県水産試験場(1973)²⁸⁾は粒径0.01~0.02mmの海底土を懸濁させた海水中での酸素消費量を測定したところ、マガキ、サザエでは濁り濃度5ppm、アサリでは10ppmで酸素消費量に変化が現れ、濁りに対する反応を示すことを明らかにした(図 1.4-17)。

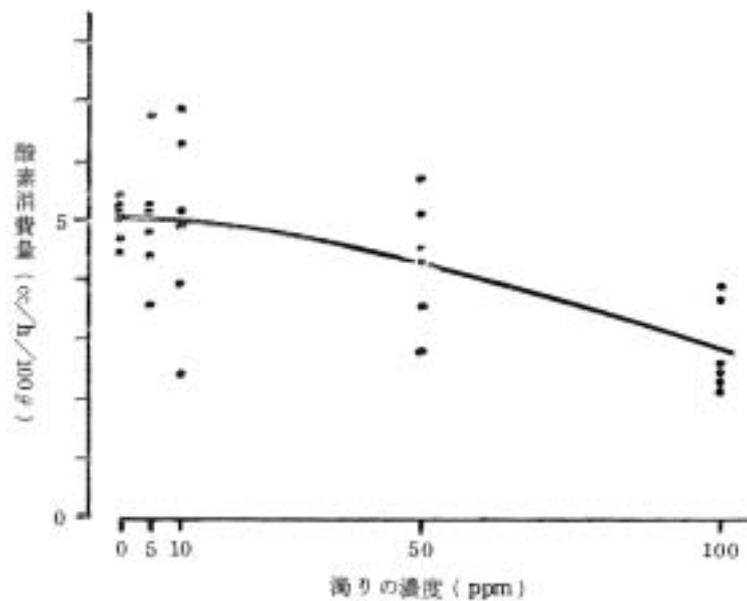


図 1.4-17 マガキの濁りの増大に伴う酸素消費量の変化²⁸⁾

魚類への濁りの影響としては、マダイ成魚による実験が行われており、海底土を付加すると20ppmまでの範囲であっても、顕著な呼吸量低減がみられるなど影響があった(本州四国連絡橋漁業影響調査委員会 1977 図 1.4-18)²⁹⁾。

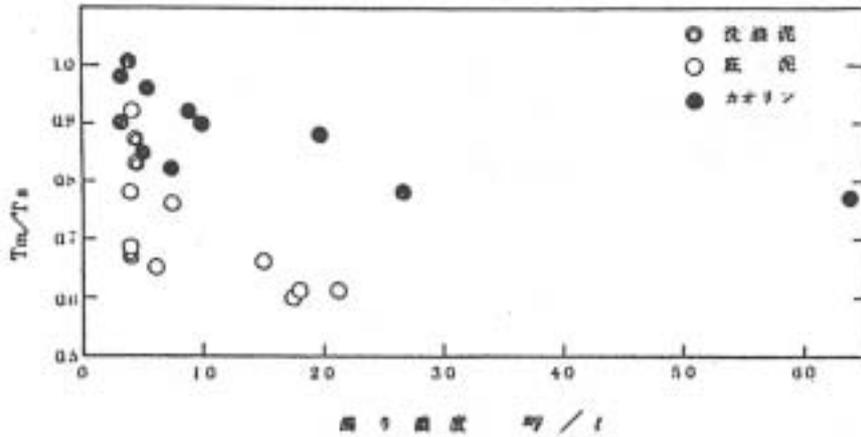


図 1.4-18 濁り濃度がマダイの酸素消費速度に及ぼす影響²⁹⁾

3) 物質を捕捉し、生物生産と同時に物質循環する機能

(1) 植物の生産と物質循環

<沿岸域の一次生産>

沿岸域における生物生産の基礎は、植物プランクトン、海藻草類、底生付着藻類等が光合成により有機物を生産することである。光合成は生産者自身への生存に不可欠であると同時に、光エネルギーや溶存物質が形を持った生物体に変化することで、食う食われるといった食物連鎖が形成されるという重要な意味を持っている。

現在推定されている地球上の一次生産の1/3～1/2は海洋の植物プランクトンによるものである(高橋、田口 1996)³⁰⁾。海洋の一次生産量の分布を概括すると、沿岸域の植物プランクトンによる生産量(>250mgC/m²/day)は外洋(<100mgC/m²/day)より高い(図 1.4-19)が、この基礎生産を支える栄養塩は、陸域から河川や地下水経由で沿岸に供給される他、外洋水や沿岸域での物質循環により供給されている。なお、海藻草類や底生付着藻類による単位面積あたりの生産量は、植物プランクトンによるものと同じかそれより大きく、光が底層まで届く浅い水域では海藻草類や底生付着藻類の有機物供給としての貢献が重要である(Parsons、Takahashi、Hargrave(向井・菊地訳)1996 表 1.4-6)³¹⁾。

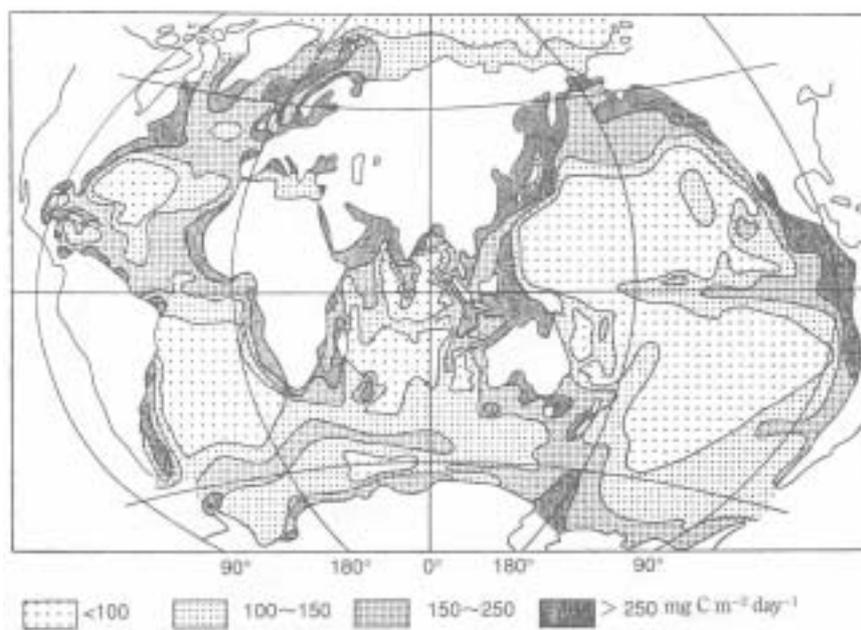


図 1.4-19 植物プランクトンによる海洋の一次生産量の分布³²⁾

表 1.4-6 底生付着藻類と海藻草類による一次生産量³¹⁾

場所 / 材料	測定方法	gC/m ² /年	
底生微細藻類			
ジョージア塩性湿地草原	O ₂ , CO ₂	200	
デラウェア塩性湿地草原	O ₂	38 ~ 99	
カリフォルニア塩性湿地草原	O ₂	217 ~ 400	
マサチューセッツ塩性湿地草原	¹⁴ C (覆いあり)	106	
	¹⁴ C (覆いなし)	165	
潮間帯砂質干潟	O ₂	143 ~ 226	
潮間帯砂質干潟	O ₂	0 ~ 325	
潮間帯砂質干潟	¹⁴ C	4 ~ 9	
潮間帯泥質干潟	¹⁴ C	31	
河口域潮下帯	¹⁴ C	116	
	¹⁴ C	90	
	¹⁴ C	180	
ワッデンジー砂質干潟	¹⁴ C	58 ~ 177	
海藻および塩性湿地植物			
<i>Thalassia</i> 藻場	O ₂	520 ~ 640	
<i>Spartina</i> (ジョージア)	O ₂	257 ~ 897	
	(ノースカロライナからバハマス)	つみとり	130 ~ 256
	(マサチューセッツ)	つみとり	1100 ~ 2300
マングローブ干潟			
フロリダ (純生産量)	O ₂ (+ 落ち葉)	400	
コンブ類			
<i>Laminaria</i> (ノバスコシア)	つみとり	1900	
	(イングランド)	つみとり	1225
	(ノバスコシア)	葉の更新	1750
<i>Macrocystis</i>	つみとり	400 ~ 820	
潮間帯海藻			
<i>Fucus</i>	O ₂	<3000	

<物質の取り込み>

沿岸域に豊富に供給される溶存態の窒素やリンなどの栄養塩は、一次生産者により速やかに取り込まれる。有賀(1990)³³⁾によると多摩川河口沖の定点において植物プランクトン(クロロフィルa量9.21~98.27 μg/L)による窒素の取り込み量は0.17~2.21gN/m²/日である(図1.4-20)。海藻類では、佐野等(2003)³⁴⁾により褐藻類カジメのNH₄-N、PO₄-Pの吸収速度が濃度依存的に高く、飽和しないことが確認されている(図1.4-21)。

また、海藻草類では、溶存態の栄養塩を吸収、削減するだけでなく、藻体の繁茂による粒子の通過の阻害や藻体への粒子の付着により、浮遊する懸濁物質を減少させている(小河1988)²¹⁾。



図 1.4-20 植物プランクトン現存量、光合成活性、窒素取り込み量の季節変動³³⁾

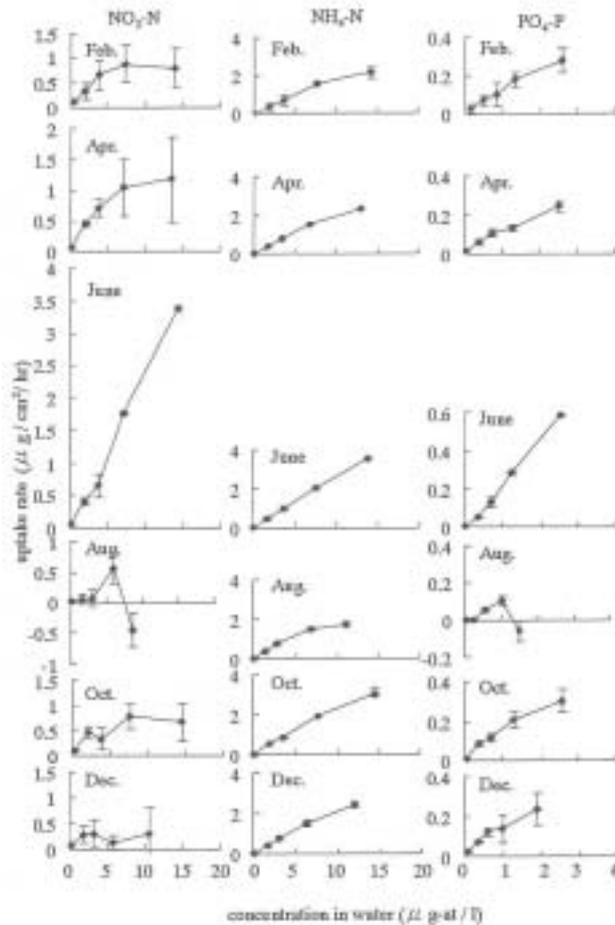


図 1.4-21 カジメ成体の海水中の濃度段階別のNO₃-N、NH₄-N、PO₄-Pの吸収速度の季節変化³⁴⁾

(2) 動物の生産と物質循環

< 生食連鎖 >

陸域の影響により成立している沿岸域の浅場で、豊富な栄養塩と光エネルギーを受けて大量に存在している植物プランクトンは、動物プランクトンやより上位の捕食者の餌料として重要な位置を占めている。

干潟の代表的な生物である懸濁物食の二枚貝は、豊富なプランクトンにより生息密度が大きく(図 1.4-22)、湿重量で3kg/m²を越えることもある(大森、靄田 1988)³⁵⁾。なお、二枚貝は植物プランクトンを濾しとって、糞や擬糞(過剰な有機物の塊)を排出することで、懸濁物の生物的堆積作用を行っている。

植物プランクトンは栄養段階を経て、高次の捕食者の生産を支えているが、栄養段階間のエネルギー転送の際に生じるエネルギー損失と、栄養段階の数によって、最高次捕食者の生物量が決定される(図 1.4-23)。沿岸域や湧昇域では一次生産が豊富な上、栄養段階が少ないため、外洋域の60倍もの魚類生産がある(LALLI、PARSONS(關訳)1996 表 1.4-7)³²⁾。



図 1.4-22 干潟低潮帯における底生動物群集の密度³⁵⁾

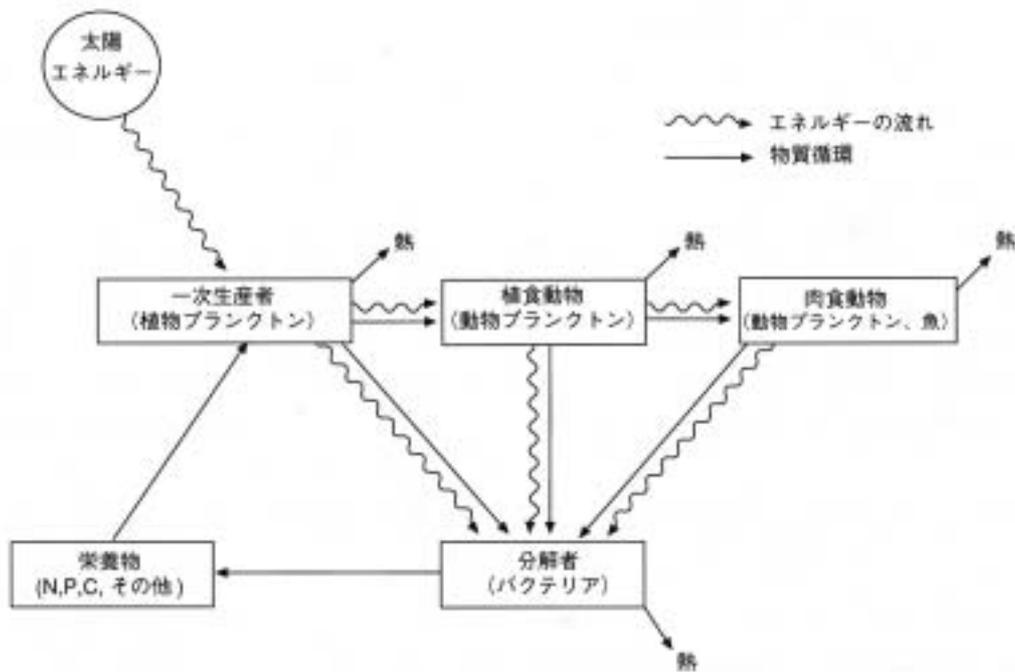


図 1.4-23 物質循環に伴うエネルギーの流れ³²⁾

表 1.4-7 海域別の生産量の比較³²⁾

海域	外洋域	沿岸域	湧昇域
海洋全体における面積 (%)	90	9.9	0.1
平均一次生産性 (gC/m ² /年)	50	100	300
一次生産合計 (10 ⁹ tC/年)	16.3	3.6	0.1
エネルギー転送の数	5	3	1.5*
平均生態効率 (%)	10	15	20
平均魚類生産** (mgC/m ² /年)	0.5	340	36,000
魚類生産合計*** (10 ⁶ tC/年)	0.2	12	12

*湧昇域の栄養段階数は2ないし3であり、その間のエネルギー転送数の平均

** $P=BE^n$ から計算した。 P:二次生産量 B:年間の一次生産量 E:生態効率 n:栄養段階の転送数

*** 各海域が占める面積 (%)から計算した。全海洋 $362 \times 10^6 \text{km}^2$

< 腐食連鎖 >

沿岸域では植物プランクトンや海藻草類を直接摂食する動物の他に、これらを含む生物の死骸、破片、排泄物やその分解物、有機物にバクテリアが付着したものなどよりなるデトリタスが多くの生物に摂食されている。大型海藻草類は、一部がアワビやウニなどの藻類食者に食われるが、一次生産の大部分はデトリタスを中心とした食物連鎖に入っていく(ラファエリ、ホーキンス(朝倉訳)1999、図 1.4-24)³⁶⁾。

河川が流入する海域では、海藻草類など海由来のデトリタスのみでなく、陸上起源のデトリタスが河口から沿岸にかけての動物の生産を支えていることもある。河川から流出する有機物の形態は、森林小溪流からは主に落ち葉、大河川からは河床に繁殖した付着藻類の細胞や破片に由来するものが多く、これらの有機物は主に出水時に流送される(柳井、中村2000)³⁷⁾。櫻井、柳井(2003)³⁸⁾は北海道の小河川で、陸域から河口、沿岸域に運ばれる落ち葉の量を $25.8 \text{kgC/m}^2/\text{年}$ と試算している。陸上由来の落ち葉が沿岸の生物に利用されている例として、安定同位体比の分析によりトンガリキタヨコエビの年間生産量の27.0%が落ち葉に依存し、さらにクロガシラガレイ0歳魚の年間生産量の81.6%がトンガリキタヨコエビに依存していることが明らかにされている(櫻井、柳井 2003 図 1.4-25、図 1.4-26)³⁹⁾。なお、河口、沿岸域で落ち葉だまり内の生物相とその周辺の砂泥底の生物相は異なっていることから、落ち葉だまりを生活の基盤とする生物がいることが示唆されている(櫻井、柳井2003)³⁸⁾。

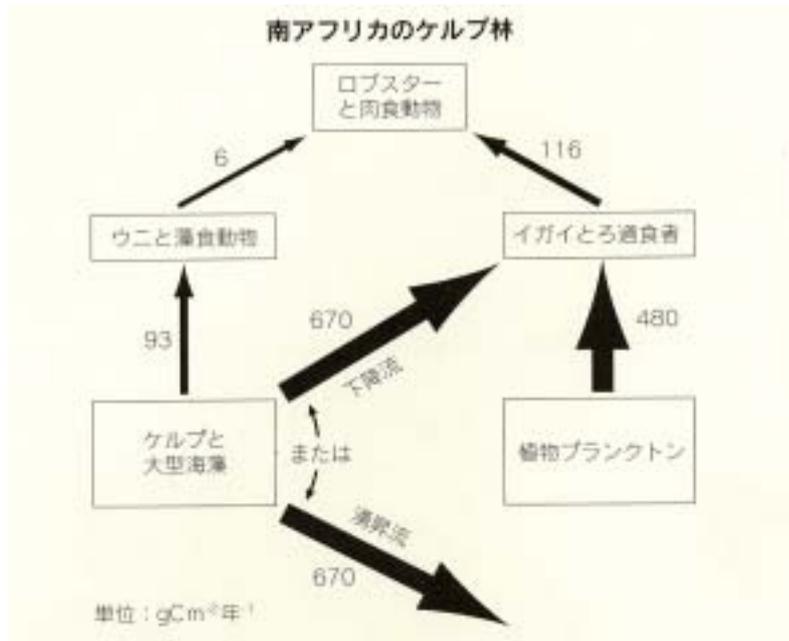
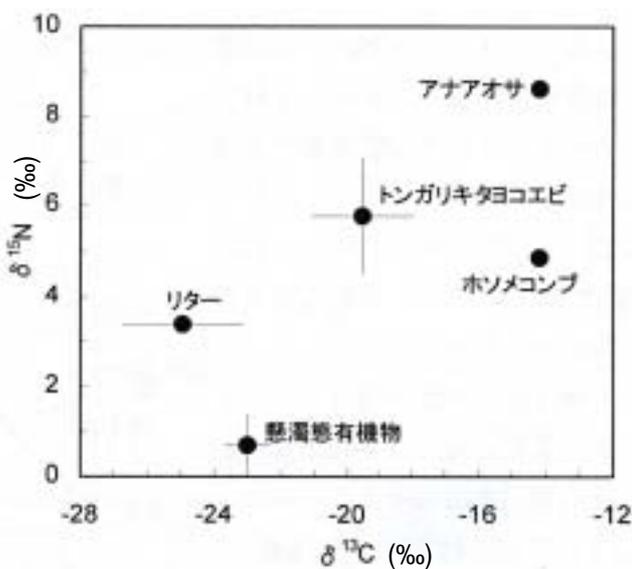


図 1.4-24 南アフリカのケルプ林におけるエネルギーの主な流れ³⁶⁾



(注 安定同位対比について)

¹³C：炭素の安定同位体の比 (¹³C / ¹²C)

¹⁵N：窒素の安定同位体の比 (¹⁵N / ¹⁴N)

一次生産者によって合成された有機物は、食物連鎖を介してより上位にある生物の体内に取り込まれるが、その過程で餌生物よりもその捕食者の同位対比のほうが相対的に高くなる。その差は ¹³Cでは小さく(約1‰)、¹⁵Nでは大きく(約3‰)なることが経験的に知られている。

したがって、同一の食物連鎖で連なっている生物体内の ¹³Cは近い値を示すので、それを根拠に起源を同じくする食物連鎖を認識できる。また ¹⁵Nは食物連鎖の中の栄養段階を認識できる。

図 1.4-25 トンガリキタヨコエビとその餌候補の炭素・窒素安定同位体比³⁹⁾

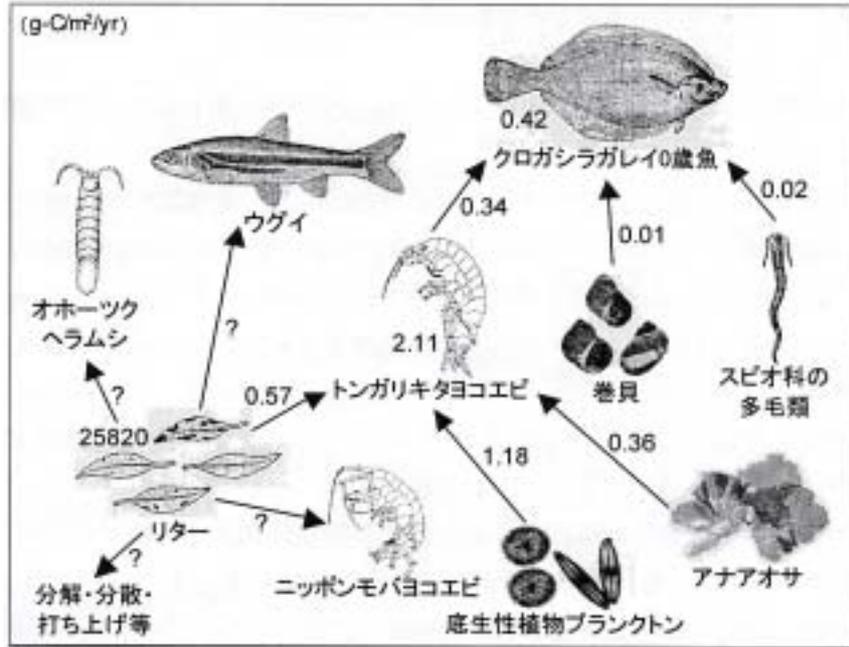


図 1.4-26 濃昼川河口域の落ち葉だまり内における有機物フロー³⁹⁾

4) 物質を陸域へ供給する機能

海から陸への物質輸送において海域は陸域から物質供給をうけるばかりではなく、陸域へと物質供給する働きもある。サケ・マスなどの遡河性魚類によるもの、水鳥類によるもの、漁業によるもの、波による打ちあげなどがあげられ、陸から海への場合と異なり生物による輸送が主体である。

遡河性魚類であるサケは成魚期のほとんどを海で過ごす、繁殖の際に河川を上って産卵場に向かい産卵を終えると死んでしまうという生活史をもっている。海から陸へもたらされる物質は産卵された卵と死んだ親個体(ホッチャレ)である。伊藤、中島(2003)⁴⁰⁾によると北海道の遊楽部川では流程1kmあたり2,000尾のホッチャレが確認されている(表 1.4-8)。ホッチャレは分解されて一部は再び海に流れていくが、岸边に打ちあげられたり倒木に引っ掛かった個体は、河川のヨコエビ類や水生昆虫類などに食われて河川生態系に組み込まれていく(図 1.4-27)。産卵された卵は孵化したのちに海に降っていくが、多くはその場所で他の魚類や鳥類に捕食され、陸上または河川の生態系に組み込まれる(向井 2002)⁴¹⁾。水域と陸域の生物によるホッチャレ利用の概念を図 1.4-28に示す。

表 1.4-8 既往文献にあるホッチャレの密度と現存量⁴⁰⁾

密度 N/km	密度 N/m ²	現存量 Kg/m ²	調査河川数・回数	調査河川の場合	出典
240-720			2河川	USA ワシントン州	Bibly et al., 1996
1.2-968			26河川	USA ワシントン州	Bibly et al., 2001
164-493	0.025-0.051	0.05-0.11	1河川, 2年(8回)	USA ワシントン州	Minakawa, 1997
552-1759	0.32-1.02		1河川, 1年(9回)	USA ワシントン州	Minakawa and Gara, 1999
0-0.45			16河川, 2年	オホーツク沿岸	植田他, 1999
	0.006-0.083	0.024-0.231	5河川	道央・道南	中島・伊藤, 2000
3.3-57	0.0001-0.017	0.001-0.03	1河川, 5年, 50回以上	千歳川支流(下流にしつかりしたウライあり)	伊藤・中島, 未発表
300			1河川, 3年以上	増幌川(下流にウライなし)	中島, 未発表
2000			1河川, 2年?	遊楽部川(下流にゆるやかなウライあり)	中島, 未発表



図 1.4-27 ホッチャレを利用する底生生物^{40), 42)}

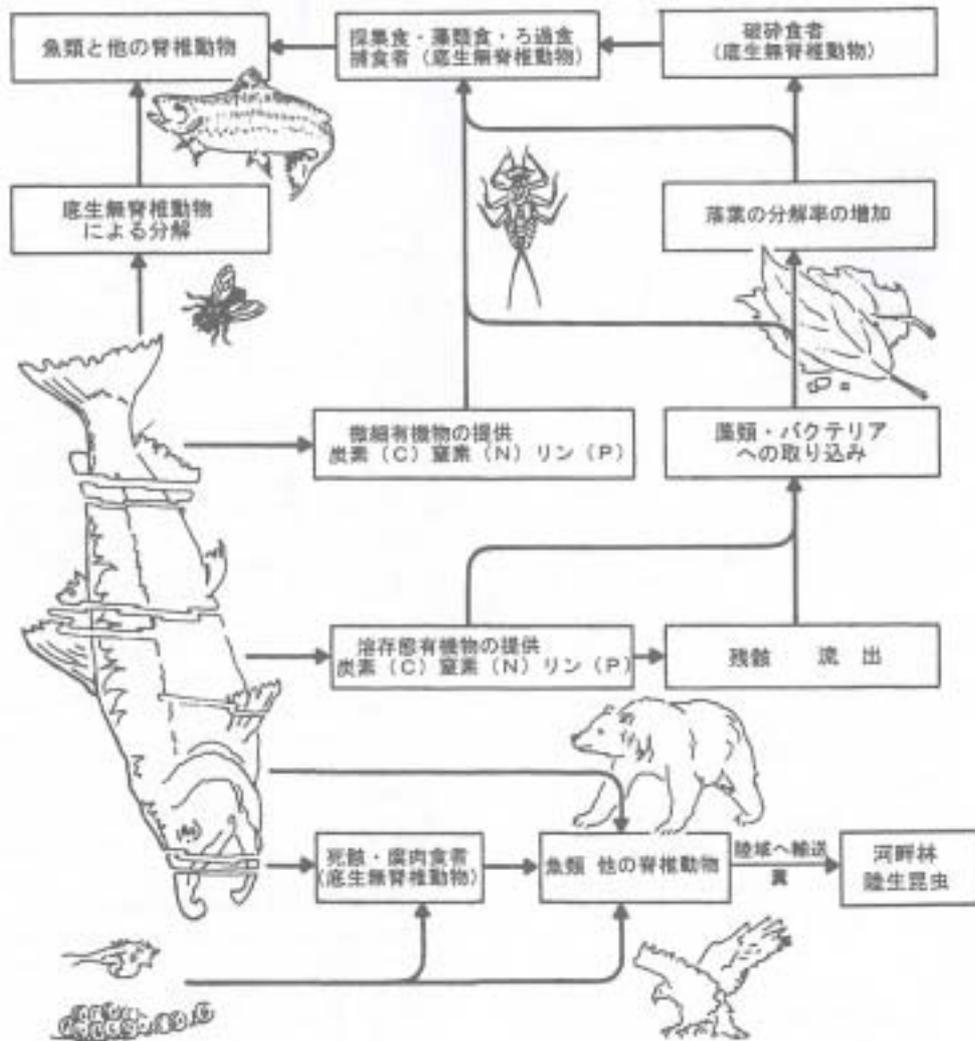
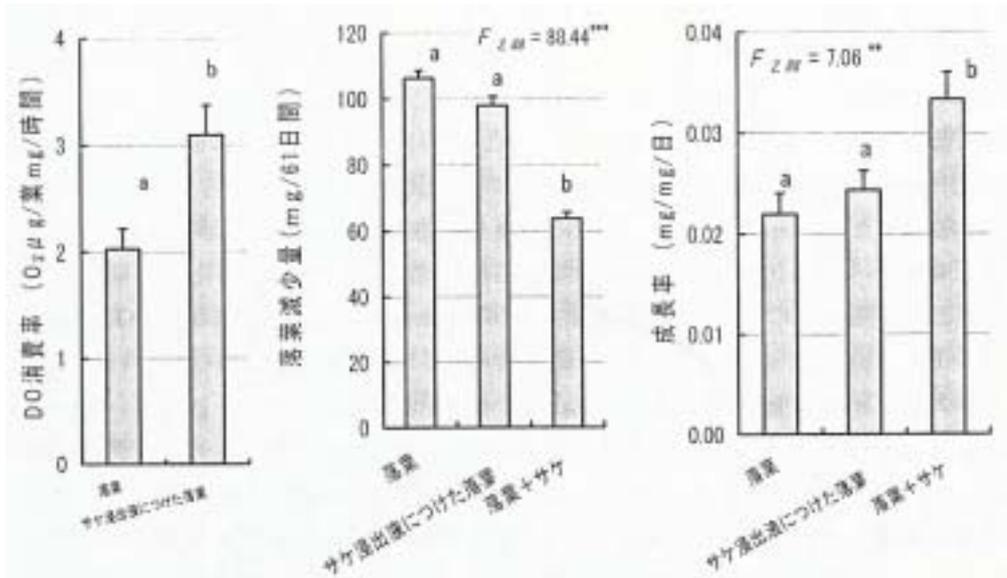


図 1.4-28 水域と陸域の生物によるホッチャレ利用の概念モデル⁴³⁾

ホッチャレは肉食動物の餌料となるばかりではない。通常では落葉を食う水生昆虫のサトウカクツツトビケラ幼虫に各種の餌を与えた成長実験において、落葉とホッチャレを与えた区では落葉区やサケの浸出液につけた落葉区よりも成長率が高く(図 1.4-29)、サトウカクツツトビケラ幼虫がサケ肉を食べて成長率が高まることがあきらかになった(伊藤 2003)⁴⁴⁾。また、ホッチャレは直接餌料となる以外に溶出した栄養が生産を高めている。ホッチャレの周辺で礫や倒木、落葉の付着微生物膜が増加することが確認されており、小型の水生昆虫についてもこれらの微生物を食うことによって個体数が増えたと推定されている(伊藤、中島 2003)⁴⁰⁾。



左：与えた落葉の酸素消費量 中：実験中の落葉の減少量 右：幼虫成長率
棒グラフ上の異なるアルファベットは、統計的に有意な差があることを示す。
***, **: 危険率がそれぞれ0.001以下、0.01以下

図 1.4-29 サトウカクツツトビケラ幼虫成長実験の結果(平均値+標準誤差)⁴⁴⁾

また、植物でもホツチャレから溶出した栄養分が河畔のヤナギに利用されていることが報告されている。長坂等(2003)⁴⁵⁾によると、北海道のサケの遡上がみられる川におけるホツチャレの密度が高い区間(鮭誕橋から大富橋の間)では、サケのほとんどみられない川より NO_3^- 濃度が高くなっていた(図 1.4-30)。さらにヤナギ類の窒素安定同位体比について、ホツチャレの密度が高い遊楽部川や、人為の影響がなく野生動物によるサケの持ち込みが示唆されるエトロフ島の河川(蕊取川、比良糸川)で高い値となっている(図 1.4-31)ことから、ヤナギがホツチャレ由来の栄養分を吸収していると考えられている。(なお、同様に窒素安定同位対比が高い野田追川では人為的影響が示唆されている。)

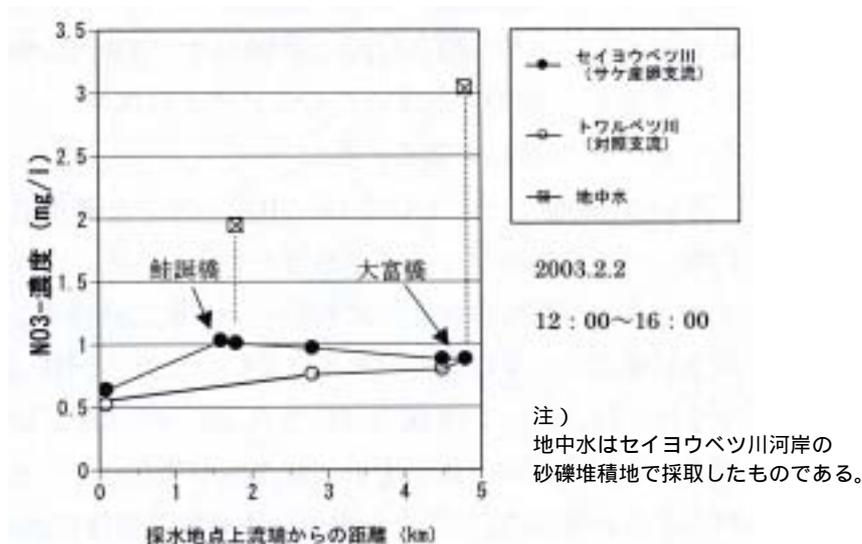


図 1.4-30 サケ産卵区間の硝酸体窒素濃度変化⁴⁵⁾

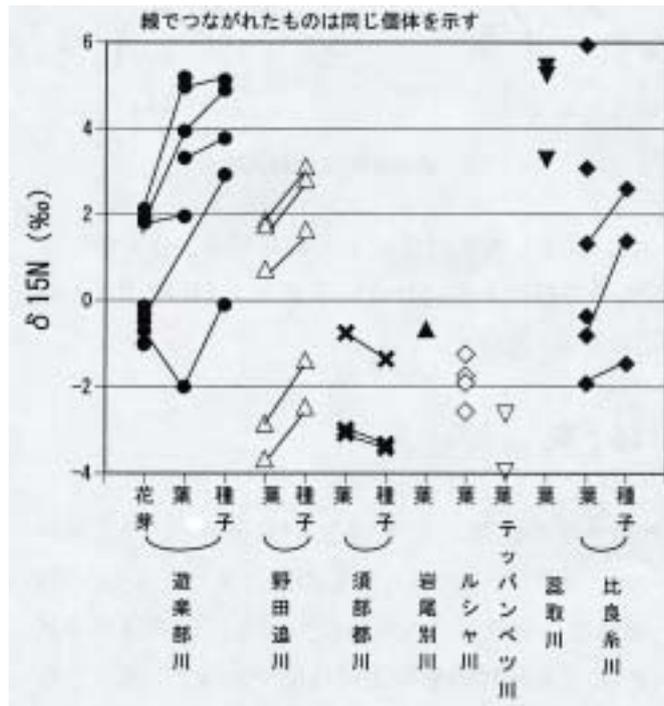


図 1.4-31 各河川のヤナギ類の窒素安定同位体比⁴⁵⁾

海で排泄物や死体等を供給する水鳥類も海から陸への物質輸送を担っている。

北海道厚岸湖付近の調査では、魚食性のアオサギが死体を供給することで特に死体の多いコロニー内の腐肉食性昆虫の密度を増加させており(図 1.4-32)、魚食性鳥類による陸域への物質供給が陸域の生物群集に影響を及ぼしている(上野、野田、堀 2002)⁴⁶⁾。

白鳥やガン・カモ類など海で餌を食べて成長し、繁殖のために大規模な渡りをするような鳥は大陸を越えて海からの物質を輸送する。

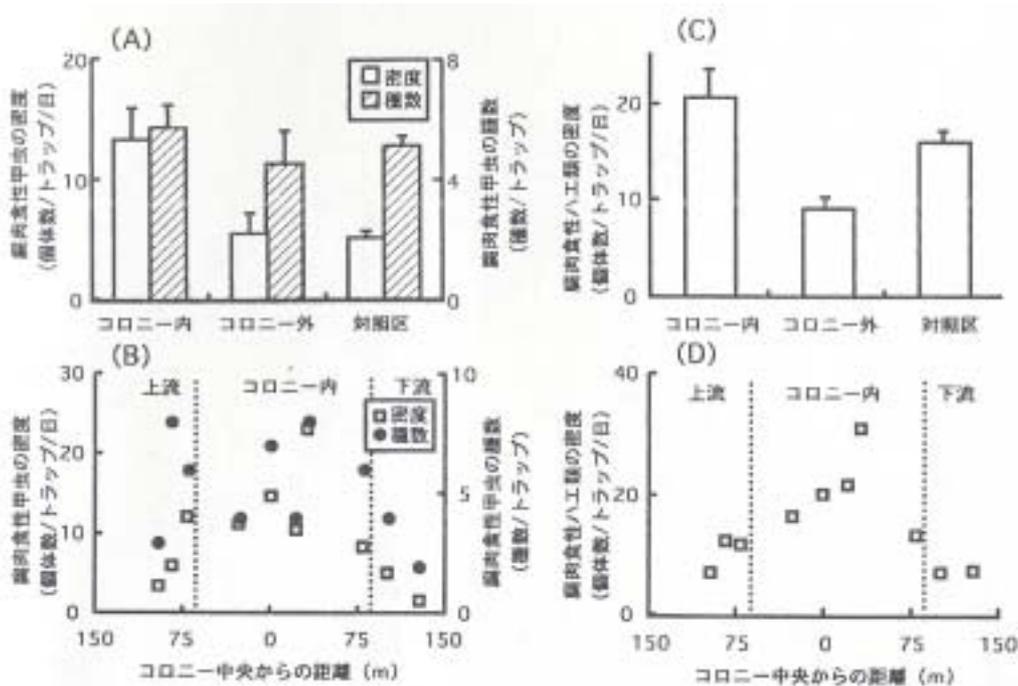


図 1.4-32 アオサギの死体による腐肉食性昆虫の密度および種数の空間変化⁴⁶⁾

さらに、海から陸への物質輸送として漁業によるものがある。陸から海へ流入する栄養塩類は、食物連鎖の過程を経て生物体内に蓄積されるが、漁業は生物体内に含まれる栄養塩を陸へ戻す行為であり、特に閉鎖性が強く栄養塩類の流入が多い海域では、物質循環上重要な役割を果たしている。

乾(1998)⁴⁷⁾は、日本における水産物の漁獲量に、水産物(海藻類、魚介類)に含まれている窒素とリンの濃度を乗じて、漁業活動による栄養塩類の回収量を算出した。それによると海藻類の漁獲による窒素の回収量は 3.5×10^3 t/年、リンの回収量は 0.3×10^3 t/年、魚介類による窒素の回収量は 216×10^4 t/年、リンの回収量は 14×10^3 t/年である(表1.4-9)。また、これらの回収量を日本の年間負荷量で割り、水産物(海藻類+魚介類)の漁獲による回収率を、窒素で22%、リンで19%と試算した。日本全体の負荷量の2割を漁業活動で海から陸に回収したことになる。

門谷(1996)⁴⁷⁾は瀬戸内海の灘別に栄養塩類の負荷に対する漁業による回収率について、回収率の悪い大阪湾で窒素の1.4~6.0%、リンの1.5~7.2%、回収率の高い播磨灘では窒素の7.2~11.7%、リンの13.9~23.4%が漁業による回収であると試算している(表1.4-10)。

なお、瀬戸内海に流入する関係府県の1990年における土地利用の状況(図 1.4-33)からは、瀬戸内海の中で最も負荷量の最も多かった大阪湾に流入する大阪府、京都府、兵庫県では宅地の占める割合が比較的高く、負荷量の低かった伊予灘に流入する愛媛県、大分県では宅地が少なく、森林の占める割合が高かった。

表1.4-9 海藻類の漁獲による窒素・リンの回収量の試算⁴⁷⁾

種類	生産量(t)	含有量		漁獲による回収量	
		窒素(g/kg)	リン(g/kg)	窒素(t)	リン(t)
コンブ	185,513	1.312	0.20	243.4	37.1
ワカメ	105,873	3.040	0.36	321.9	38.1
ノリ	396,660	6.208	0.58	2,462.5	222.1
その他	50,643	8.640	0.50	437.6	25.3
合計	738,689			3,465.4	322.6

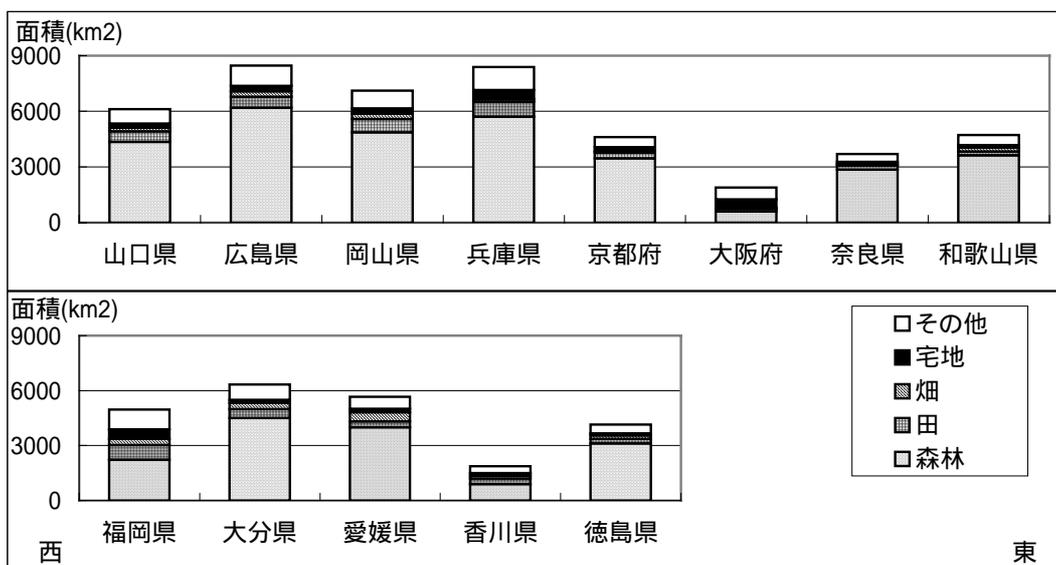


図 1.4-33 瀬戸内海関連府県の1990年における土地利用の状況

広島県の統計(<http://db1.pref.hiroshima.jp/Folder01/Frame01.htm>) より作成

表1.4-10 瀬戸内海の灘別流入負荷量と水揚げ量の推移⁴⁸⁾

灘名	年	負荷量(t/day)			水揚量(t/day)		回収率(%)		水揚高 (億円/年)
		COD	N	P	N	P	N	P	
大阪湾	1962	343	89	8.0	3.6	0.42	5.2	5.3	120
	1967	547	109	13.8	3.6	0.41	3.3	3.0	83
	1972	580	229	29.1	3.3	0.44	1.4	1.5	98
	1977	355	190	22.5	4.2	0.53	2.2	2.4	112
	1982	311	169	18.7	10.1	1.35	6.0	7.2	119
	1987	304	167	17.9	5.8	0.83	3.5	4.6	106
紀伊水道	1962	61	27	1.8	2.0	0.18	7.4	10.2	98
	1967	79	37	2.9	3.2	0.39	8.7	13.5	87
	1972	112	48	3.9	4.2	0.47	8.9	12.2	190
	1977	84	40	3.2	4.2	0.51	10.5	15.9	231
	1982	82	42	3.5	4.3	0.56	10.3	16.2	183
	1987	88	41	3.5	4.4	0.58	10.8	16.7	178
播磨灘	1962	87	38	2.6	3.7	0.60	9.7	23.4	164
	1967	154	51	4.4	5.9	1.04	11.7	23.4	163
	1972	230	89	8.0	6.4	1.11	7.2	13.9	348
	1977	171	72	6.5	6.7	1.02	9.3	15.6	370
	1982	164	74	6.1	6.8	1.05	9.0	17.3	382
	1987	161	72	5.8	7.8	1.24	10.8	21.3	353
燧灘・ 備讃瀬戸	1962	219	70	5.9	3.4	0.33	4.9	5.6	248
	1967	411	94	8.8	4.4	0.53	4.7	6.0	210
	1972	540	103	8.3	7.6	0.95	7.4	10.7	473
	1977	236	71	6.3	7.0	0.79	9.9	12.4	418
	1982	225	64	6.2	7.2	0.98	11.2	15.8	399
	1987	220	66	5.3	5.9	0.70	8.9	11.1	340
安芸灘	1962	344	27	2.4	1.8	0.25	6.7	10.5	90
	1967	588	36	3.9	2.2	0.24	6.1	6.1	167
	1972	347	41	5.1	1.9	0.21	4.3	4.2	196
	1977	115	32	3.9	2.2	0.24	6.9	6.2	218
	1982	107	35	4.0	2.2	0.23	6.3	5.8	221
	1987	110	35	4.2	2.0	0.21	5.8	5.0	184
伊予灘	1962	33	13	1.0	1.4	0.12	10.9	12.4	85
	1967	57	17	1.7	1.7	0.17	10.1	9.8	79
	1972	85	23	2.5	2.3	0.24	9.8	9.7	183
	1977	60	25	2.2	2.8	0.30	11.1	13.4	196
	1982	52	29	2.4	3.1	0.31	10.6	13.1	219
	1987	54	29	2.4	2.9	0.30	10.0	12.4	189
周防灘	1962	76	40	2.7	1.4	0.19	3.5	7.0	181
	1967	102	60	4.7	1.8	0.16	2.5	3.4	95
	1972	128	81	5.8	2.5	0.22	3.1	3.8	306
	1977	82	44	4.2	2.0	0.20	4.5	4.8	253
	1982	83	50	4.2	2.4	0.29	4.8	6.9	231
	1987	83	49	4.0	1.7	0.19	3.5	4.9	154
瀬戸内海	1962	1,163	284	24.2	17.3	2.09	6.1	8.6	984
	1967	1,938	404	40.2	22.6	2.94	5.6	7.3	884
	1972	2,019	615	63.1	28.2	3.54	4.6	5.8	1,772
	1977	1,103	474	48.8	29.1	3.58	6.1	7.3	1,798
	1982	1,024	463	45.0	35.9	4.77	7.7	10.6	1,754
	1987	1,018	459	44.1	30.6	4.05	6.6	9.2	1,504

灘区分は水産庁による区分である。

水揚量は養殖分を含む。不可食部も含めた純水揚量である。

水揚高は消費者物価指数により1975年基準に補正した

参考文献

- 1) 齊藤雄之助：流量変動がのり生産に影響する機構の検討、のり生産と河川流量 その調査方法、(社)日本水産資源保護協会水産研究叢書、齊藤雄之助・須藤俊造著(1984)
- 2) 環境省：平成13年度公共用水域水質測定結果(2002)
- 3) 原島省：陸水域におけるシリカ欠損と海域生態系の変質、水環境学会誌Vol.26、No.10(2003)
- 4) 武田重信：微量金属と植物プランクトン その取り込みと作用、月刊海洋 号外No.10(1996)
- 5) 日本海洋学会編集：海と環境 海が変わると地球が変わる、講談社(2001)
- 6) 林武司・丸井敦尚・安原正也：利尻島における陸水及び海底湧出地下水の水質特性、日本水文学会誌、29(3)(1999)
- 7) 張勁・佐竹洋：富山湾における海底湧水、海洋と生物Vol.24、No.4(2002)
- 8) 武岡英隆・菊池隆展・速見祐一・榊原哲郎：瀬戸内海における外洋起源の栄養物質、月刊海洋Vol.34、No.6(2002)
- 9) 本城凡夫：有害プランクトンによる漁業被害の発生状況とその問題点、有害・有毒赤潮の発生と予知・防除、石田祐三郎・本城凡夫・福代康夫・今井一郎編、(社)日本水産資源保護協会水産研究叢書(2000)
- 10) 山口峰生：有害赤潮渦鞭毛藻*Gymnodinium mikimoti*の生理・生態学的特性と赤潮発生機構及び発生予察の現状、有害・有毒赤潮の発生と予知・防除、石田祐三郎・本城凡夫・福代康夫・今井一郎編、(社)日本水産資源保護協会水産研究叢書(2000)
- 11) 柳哲雄：改訂海の科学 - 海洋学入門、恒星社厚生閣(1992)
- 12) 本城凡夫：植物プランクトンの大量発生、海洋と生物Vol.22、No.2(2000)
- 13) 大野正夫：汽水域の藻類の生態、藻類の生態、秋山優・有賀祐勝・坂本充・横濱康継共編、(株)内田老鶴園(1986)
- 14) 財団法人国際エメックスセンター：日本の閉鎖性海域(88海域)環境ガイドブック(2001)
- 15) 太田陽子・中津川誠・齋藤大作：出水時を含む水質成分負荷量の推定と流域の被覆状況との関係について、河川技術論文集、第7巻(2001)
- 16) 鎌谷明善：内湾における自然浄化機能、自然の浄化機構、宗宮功編、技報堂出版(株)(1990)
- 17) 辻本哲郎：応用生態工学会北陸現地ワークショップin富山プログラム(2003)
- 18) 横山勝英・宇野誠高：応用生態工学会第7回研究発表会講演集(2003)
- 19) 磯部雅彦：海岸環境と流砂系土砂管理、河川、1998年11月号(1998)
- 20) 相生啓子：アマモ場研究の夜明け、海洋と生物Vol.22、No.6(2000)
- 21) 小河久朗：藻場、河口・沿岸域の生態とエコテクノロジー、栗原康編、東海大学出版会(1988)
- 22) 海の自然再生ワーキンググループ：海の自然再生ハンドブック その計画・技術・実践 第3巻藻場編、株式会社ぎょうせい(2003)
- 23) 沖縄県：赤土の流出による漁場の汚染状況調査報告書(1978)

- 24) 荒川久幸、森永勤、吾妻行雄、谷口和也：和歌山県三尾沿岸における海洋環境 - 濁りと堆積粒子を中心として -、磯焼けの発生要因の解明と克服技術の開発に関する生態学的研究、谷口和也編（2003）
- 25) 神原成美：のりに対する濁りの影響、本州四国連絡架橋漁業影響調査報告（1972）
- 26) 荒川久幸、松生治：褐藻類遊走子の着生と成長、生残及び成熟に及ぼす海底堆積粒子の影響、日本水産学会誌第58巻第4号（1992）
- 27) 小島博：アコヤガイに対する濁りの影響、本州四国連絡架橋漁業影響調査報告（1972）
- 28) 香川県水産試験場：貝類の酸素消費量に及ぼす濁りの影響について、本州四国連絡架橋漁業影響調査報告第4号（1973）
- 29) 本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会：本州四国連絡架橋漁業影響調査報告第11号（1977）
- 30) 高橋正征・田口哲：総論；海洋植物プランクトンの生理・生態の研究の現状と展望、月刊海洋 号外No.10（1996）
- 31) T.R.Parsons・M.Takahashi・B.Hargrave（向井宏・菊地永祐訳、高橋正征、古屋研、石丸隆監訳）：生物海洋学 4 ベントス、東海大学出版会（1996）
- 32) Carol M. Lalli・Timothy R. PARSONS（長沼毅訳、關文威監訳）：生物海洋学入門、講談社（1996）
- 33) 有賀祐勝：内湾河口域（多摩川河口域）の場合、自然の浄化機構、宗宮功編、技報堂出版（株）（1990）
- 34) 佐野稔・小久保友義・狭間弘学・上出貴士・吾妻行雄・谷口和也：褐藻カジメの生育と光合成、磯焼けの発生要因の解明と克服技術の開発に関する生態学的研究、谷口和也編（2003）
- 35) 大森迪夫・靄田義成：環境要求と適応、河口・沿岸域の生態とエコテクノロジー、栗原康編、東海大学出版会（1988）
- 36) デイヴィッド ラファエリ・スティーブン ホーキンス（朝倉彰訳）：潮間帯の生態学、（株）文一総合出版（1999）
- 37) 柳井清治、中村太士：水辺域の構造と機能、水辺域管理 - その理論・技術と実践、砂防学会編、株式会社古今書院（2000）
- 38) 櫻井泉、柳井清治：河口域に形成される落ち葉だまりの重要性、平成12-14年度重点領域特別研究報告書 森林が河口域の水産資源に及ぼす影響の評価、北海道立林業試験場 北海道立中央水産試験場 北海道立水産孵化場（2003）
- 39) 櫻井泉、柳井清治：濃昼川河口域の落ち葉だまりに生息するトンガリキタヨコエビとクロガシラガレイ若齢魚の生物生産、平成12-14年度重点領域特別研究報告書 森林が河口域の水産資源に及ぼす影響の評価、北海道立林業試験場 北海道立中央水産試験場 北海道立水産孵化場（2003）
- 40) 伊藤富子・中島美由紀：サケマスのホッチャレが川とその周囲の生態系で果たしている役割 - 2002年ごろまでの文献レビュー -、魚と水39号（2003）
- 41) 向井宏：森と海の相互作用、月刊海洋Vol.34 No.6（2002）

- 42)長坂有、長坂晶子、伊藤絹子、間野勉：遡上サケの死体(ホッチャレ)による河畔林への栄養添加について、第7回応用生態工学会研究発表会講演集(2003)
- 43)中島美由紀：森と川を育むサケの恵みと北海道のサケ、水環境学会誌Vol.26 No.10(2003)
- 44)伊藤富子：落葉を食べる水生昆虫,サウカクツトビケラの成長に及ぼすホッチャレの効果、平成12~14年度重点領域特別研究報告書 森林が河口域の水産資源に及ぼす影響の評価(2003)
- 45)長坂有・長坂晶子・伊藤絹子・間野勉・山中正美・片山敦司・佐藤喜和・A.L.Grarkin・A.I.Zdorikov・G.A.Boronov：遡河性魚類による河畔林への栄養添加の可能性 - 安定同位体分析によるヤナギ植物体内の¹⁵N値について -、平成12~14年度重点領域特別研究報告書 森林が河口域の水産資源に及ぼす影響の評価(2003)
- 46)上野裕介・野田隆史・堀正和：アオサギによる海洋から陸域への物質輸送が林床の生物群集に及ぼす影響、月刊海洋Vol.34 No.6(2002)
- 47)乾政秀：漁業と環境 漁業の環境保全機能とこれからの課題、水産振興第32巻第9号
- 48)門谷茂：瀬戸内海の環境と漁業の関わり、瀬戸内海の生物資源と環境、岡市友利・小森星児・中西 弘編、恒星社厚生閣(1996)

2. 研究者への聞き取り調査

2.1 調査概要

1) 調査の狙い

前項で調査を行った「森・川・海のつながり」に関連する既往知見の整理結果によると、「森林域」、「河川域」、「海域」それぞれにおいて、森・川・海のつながりを示唆する研究成果は見いだされるものの、森・川・海全体を通じた視点からの研究成果は少なく、また、その研究者も少ない状況にあるものと判断された。

このため、「森林域」、「河川域」、「海域」それぞれのフィールドにおいて、物理、化学、生物等の各分野を研究対象としている研究者を抽出し、「森・川・海の役割・機能、つながり」等についての考え方や意見等をヒアリングするとともに、近年の研究動向や研究者等の情報についても提供を依頼した。

2) 質問事項

聞き取り調査の質問事項は下記に示すとおりとした。

1. 良好な漁場海域環境を形成・維持する上で重要と考えられる森林・河川・海域等における主な作用やメカニズム等
2. 森林・河川・海域の役割等に関する課題やその解決策等
3. 森・川・海のつながりを重視した連携方策等に関する特徴的・先進的な取り組み事例
4. 森・川・海のつながりを重視した連携方策を今後検討・展開していくにあたって必要となる重点的な調査・研究分野等
5. 森・川・海のつながりを重視した連携方策を今後検討・展開していくにあたって、特に留意すべき事項等
6. その他、森・川・海のつながりに関連したご意見・お考え等

3) 聞き取りを行った研究者

聞き取り調査を実施した研究者は表1.1に示すとおり32名であり、森林、河川、海域それぞれのフィールドを対象とする様々な分野の研究者とした。

表1.1 聞き取り調査を実施した研究者一覧

(順不同・敬称略)

氏名	所属	役職	専門分野
高橋正征	東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学系	教授	水域生態系
西村 修	東北大学大学院工学研究科土木工学専攻	教授	水文・水質
柳井清治	北海道工業大学環境デザイン学科	教授	環境共生
沖野外輝夫	信州大学 早稲田大学総合人間科学部	名誉教授 教授	プランクトン生態系
向井 宏	北海道大学大学院理学研究科 生物科学専攻海洋生物学講座	教授	浅海生物
植松光夫	東京大学海洋研究所海洋科学国際共同研究センター	助教授	海洋環境化学
谷田一三	大阪府立大学総合科学部	教授	河川水生昆虫
堤 裕昭	熊本県立大学環境共生学部生態・環境資源学専攻	教授	海洋生態学
鬼頭 鈞	(独)水産大学校生物生産学科	教授	汽水類の養殖技術、藻場の構造と機能
本城凡夫	九州大学大学院生物資源環境科学府 生物機能科学専攻海洋生命化学講座 水産生物環境学分野	教授	水産増殖環境学、赤潮プランクトン
大森浩二	愛媛大学沿岸環境科学研究センター	助教授	森林生態系、水域生態系
柳 哲雄	九州大学総合理工学府大気海洋環境システム学 海洋環境計測学研究室	教授	沿岸海洋学
藤田光一	国土技術政策総合研究所環境研究部 河川環境研究室	室長	流域圏の総合管理技術、河川環境保全修復技術
田中宏明	(独)土木研究所水循環研究グループ	上席研究員	河川汚濁機構、現況把握、対策技術
小倉紀雄	東京農工大学	名誉教授	水環境保全
田中 克	京都大学フィールド科学教育研究センター	センター長	森里海連環学
谷口和也	東北大学大学院農学研究科 資源生物科学専攻水圏植物生態学研究室	教授	水産植物学、植物生態学
森 勝義	(財)かき研究所	理事長	カキ等の種苗育成、養殖等の試験研究
横濱康継	志津川町自然環境活用センター(志津川ハイパーセンター)	所長	海藻の生理生態学
田口 哲	創価大学工学部環境共生工学科生物海洋学研究室	教授	プランクトン生理生態
大野正夫	高知大学海洋生物教育研究センター	センター長	海藻学、植物プランクトン学、水産増殖学、藻場の生態学
松田 治	広島大学	名誉教授	水圏環境学
飯泉 仁	(独)水産総合研究センター日本海区水産研究所 日本海海洋環境部	部長	海洋生化学、藻場生態学
磯部雅彦	東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻	教授	海岸工学、沿岸環境
加藤正樹	(独)森林総合研究所立地環境研究領域	領域長	森林土壌、渓流水質
河原輝彦	東京農業大学地域環境科学部森林総合科学科	教授	森林生態学
新山 馨	(独)森林総合研究所森林植生研究領域 群落動態研究室	室長	森林植生学
大手信人	京都大学大学院農学研究科	助教授	森林水文学、森林の物質循環
中村太士	北海道大学大学院農学研究科	教授	森林管理保全学
藤枝基久	(独)森林総合研究所東北支所	研究調整官	森林水文学、森林の水源かん養機能
長坂晶子	北海道立林業試験場道南支場		森・川・海の物質循環
楠田哲也	九州大学大学院工学研究院環境都市部門 都市環境工学研究室	教授	環境工学

2.2聞き取り調査結果

上記研究者からの聞き取り調査結果を、各項目別等に分類・整理した。

(1) 本調査に関連する全般的事項

森・川・海のつながりに関する研究動向や調査の意義

- 森・川・海を総合的に捉えた調査は少なく、森・川・海全てを対象とした研究者は少ない状況にある。そういう意味では大変重要な調査である。
- 森・川・海のつながりについては、今まで具体的なデータがないままにいるなことを言ってきた経緯がある。具体的にデータを示して森林の役割、川の役割、沿岸の役割をはっきりさせることは意義がある。
- 森、川、海を通じた研究は、外国にも目立った業績はない。
- 「森さえあれば」という神話はきれいなイメージにだまされている。植林が免罪符になって他の要因を考慮しない危険もあるので、今回の調査で神話を是正して欲しい。
- 河川分野では、海とのつながりを意識して研究をしているのは水量や土砂供給くらいであろう。
- 今まで測定されていなかったものを一つでも測定する。一歩進めるのも一義である。
- 森と海とのつながりについて、近年植林活動などの取り組みが多くなされている割に研究されていない。これを機に研究が進むと良い。
- 日本では、海への影響まで考えて森林の研究を行っている研究者はいないのではないかと。社会的に重要な研究テーマであっても学際的に取り組むことがなかなか難しい状況にあって、今回の調査が行政的な必要性から行われるものであるにしても、学術的にも意義ある調査と思う。
- 治水を目的とした河川工学はあるが、生物保全を目的とした河川工学がない。
- 水産対象種に対する生物学的研究は盛んになされているが、水産非対象種に関する基礎生物学的検討にはほとんど手がつけられていない。

森・川・海のつながりに関する調査を実施するにあたっての視点

【生物生産を指標とした調査について】

- 「生物生産」をキーワードとした調査の考え方は適切と考える。森・川・海的良好さやつながりを把握するためには、生物生産を評価する調査が重要、という考え方でどうか。ただし、生物生産の「量」だけを対象とするのではなく、その生産の「質」も同時に見るのが重要。例えば、同じ生産量でも藍藻の生産と珪藻の生産とでは意味が違ってくる。
- 森川海のつながりの「あるべき姿」を考えると、「生物生産」と「生物多様性」が重要なキーワードとなる。
- N、Pや微量元素等の物質そのものの調査よりも、付着藻類、貝類、水生昆虫は複合要因の集約された指標であるため、生物を基本とした調査を実施することは重要である。
- 調査の指標生物にカキを選んだ考え方は良い。

【調査の考え方・方針について】

< 知見の追加・集約とターゲットの絞り込み >

- 多分、科学的・技術的知見が少ない分野であると思うので、知識の集約という意味では、網羅的な調査をしたうえで、今後絞り込むのも良いのではないかと。そもそも基礎研究が足りない。事業への応用は今後の課題である。
- 今回のテーマは幅広いので、ターゲットを絞る必要がある。何に焦点をあてるのかが大きなテーマであるので、今年は何にターゲットを絞るのか。その上で、得られた成果に対して次の新たな手法を検討するといった、段階を踏むことが必要なのでは。
- やったなりの成果が得られると思うが、今回の調査で、新たな知見を得ることが重要で、折角やるからには、意味のあるデータを取る必要がある。
- 重点化すべき研究として、水産あるいは沿岸生態系研究者が漁業生産（生物生産）に影響を与える環境因子の解明を今以上に行う必要がある。森林、河川の研究者に何が沿岸漁場環境に一番大事か提案し、その研究を行ってもらう必要がある。
- 調査研究対象地域を決め、集中的な研究をすることが必要。カキならカキと対象生物を絞ることも有効。
- 森の専門家、川の専門家、海の専門家による研究よりも、むしろ専門には粗くてもそれらの境界を埋める新たな視線からのアプローチが必要となる。

< 仮説やシナリオを立てての調査・検討 >

- アウトプットのイメージをつくる必要がある。
- 仮説をたてて、それを検証するように調査を進めることが効果的である。
- 今回の調査で全てを明らかにすることはできない。既存の調査を活用し、全体の中で、今回は何を明らかにするかを明確にし、シナリオをたてて調査を進める必要がある。また、河川での調査の位置づけも明確にしておく必要がある。
- 今回、流域の違いの調査を行うようであるが、定量的な評価はできないであろう。せいぜい質的な違いが言えるかどうかであろう。

【水質調査項目等について】

< まずは網羅的・帰納的な調査から >

- 水質の調査項目は絞った方がよいが、最初は項目を絞り込むための調査という考えで、網羅的にやるのも良いだろう。
- 水質レベルで川や海の違いが現れるかどうか分からない。仮説を立てて水質項目等を絞るのも良いが、結果をつきあわせて帰納的に推論した方が最初は調査を進めやすいのではないかと。
- 最初は網羅的に調査するのは仕方がない。針葉樹、広葉樹などの樹種ごとに特徴的な物質や、物質間の比がでたら、それに注目すればよい。

< 既往知見に基づく水質項目の絞り込みと、その存在形態・挙動等の知見の整理 >

- 分析項目はまず、元素として整理する必要がある。文献（農学系、土壌学、かんがいの本など）をみて、足りないところを測定するというスタンスが必要である。既往知見の有り無

しの整理も必要である。何のために測定するか整理も必要。N、Pの測定結果を何に使うのか。河川での変化、海での変化機構を解明するというのであれば、その変化が何によってもたらされたかが分かる調査・実験系を検討すべきである。

- 個々の物質の形態変化を整理しておくことが必要（生産に使われるのは溶存態であり、それが河川内でどう挙動しているのか）。大局的には、川の中で変化があるもの、変化のないものを整理する。
- 調査対象としている水質項目については概ね良いが、今回対象とする河川では汚濁が低く、フミン酸、フルボ酸を分別して計量するのが困難と思われる。

< 定量的な実証の必要性 >

- 森から出てくる水というのは、N、Pは非常に少ない。きれいな森からの栄養、川の栄養は何であるのか、実態を定量的に示すことが重要である。
- 関与するであろう物質の寄与度を実証するために、実験（AGP試験など）は必要。
- 海の生物のモニタリング体制をとって評価をきちんとする。因果関係を明らかにするデータをとることが重要である。

調査の実施を検討する必要がある事項・項目等

【季節変化を把握できる調査の必要性について】

- 森、川、海すべての場所で、基礎生産量の季節変化がどうなっているのか、興味がある。このあたりが明らかになればかなりの進歩と言えるのではないか。
- 生物生産を見るときに、季節変化が重要となる。四季の調査が必要である。また、時間をかけないと分からない調査である。短期間では、まったく違う結論を出してしまう可能性もあるので、数年かけた調査をしていくことが必要である。
- 冬は生物の活動が休止するので、生物の影響をみるのであれば夏に調査すること、できれば通年調査することが望ましい。

【台風等の出水時や融雪時等の調査の必要性について】

- 台風等の出水後に、環境や生物相がどのように変化したのか等も調査した方がよいが、これは今年の調査というより、今後の課題として考えて欲しい。
- 北海道では4～5月の雪代（ゆきしろ：融雪水）により海域の生産量が上がることから、雪代を対象とした調査が必要である。
- 洪水時と濁水時についても状況が違って来るであろう。
- 海への物質供給としては、洪水時の影響が一番大きい。
- 出水時も必要では。平常時と出水時でどの程度のオーダーが違うのかは知りたい。今回特に平常時に絞って調査を行うことに対する考え方の整理が必要である。

【底質調査について】

- 河川水に溶存態として含まれていた成分の河口部での挙動を把握するための材料として、河口部等で底質調査を実施した方がよい。

- 海域で、なるべく安定している場所の底質をコアサンプリングし、薄層切片を観察してその海の履歴を把握する方法もある。年代測定はセシウムで行う。珪藻の殻から一次生産者の構成、有孔虫から塩分濃度がわかる。陸上でも古い池があれば池の周辺の植生の変遷がわかる。これら環境の履歴と、養殖生産量の実績等をつきあわせることで、漁場としての環境との関わりが検証できるのではないかと。
- 底質を構成する成分について、粒径別の分布も重要である。

【河川を流下する粒子状有機物の調査について】

- 落ち葉の形のまま海に流れていっても生物は利用できない。この点では、流下するPOM（粒子状有機物）が生物生産に寄与しており、調査を実施すべきと考える。プランクトンネット等で粒子状物質を集め、1mm、0.5mm、0.25mm等に分画して、重量、有機態炭素等を測定する。

【付着藻類調査について】

- 河川での付着藻類は、物質の蓄積という意味を持ち、量的なものよりも、取り込みスピードを見る必要がある。物質収支（流入、流出、蓄積、変化）という観点で検討を進めることが重要である。

【流出する土砂に関する調査について】

- 洪水等で運ばれる土砂の量は試算できておらず、この調査が必要である。
- 今後の課題として、森、川、海をつなぐ土砂管理が必要になる。砂礫浜を対象フィールドにして、同じように調査を行ってはどうか。これを行うことで日本はよくなる。持続的な管理という視点からも土砂についての研究は重要である。

【複数の流域や全国における調査への展開について】

- 森から供給されたものが、流域の何によって川や海でどう変化するか、断片的な調査では得られない。複数の流域で多くのデータを取って、流域の状況などから統計的な解析をすることも有効である。
- 森・川・海の関わり合いを検討する上で、対象とする河川ごとに特徴があり、主に関与する項目がそれぞれ異なることが考えられる。全国展開する際には比較検討が必要。
- 今後の研究の留意点として、地域（海域）の違いをどのように表すか、研究事例の普遍化、パラメータの検討が課題となる。沿岸の形態によってモデルを分ける必要があるかもしれない。例えば陸中海岸、北海道東部、瀬戸内海、南日本太平洋沿岸など。
- 漁業海域への森林の影響を調べるのであれば、農地や市街地の影響が介在しないようなもつと小さい流域を選定する必要がある。
- ダム、農地、都市の影響が大きいので、これらの少ない河川で調査し森林の働きを調べても、実際の対応のときはこれらの影響を考えないと一般論にはなりにくい。

【安定同位体比調査について】

- 安定同位体比を測定することで餌の起源がわかるが、調査に費用がかかるため難しいだろう。

- 三陸のように川が短いと、海でも森林由来の腐食生態系が主となっている可能性があり、陸上の落葉や水中付着物を含めて安定同位体比調査を実施することが考えられる。
- ベントスについては、CNの安定同位体の測定も有効である。
- 海域の生産に寄与する物質が河川由来か海域由来かを確認する必要がある。その手法として、炭素または窒素の同位体比が近年利用されている。

【モデルの構築について】

- 沿岸域における微量元素の収支は明らかとなっていないものの、今後、これらの定量的なデータを蓄積することにより、現在のN、P等を中心とした生態系モデルに微量元素等を組み込んだモデルを構築し、生物生産への寄与度等についての評価が可能となる。ただし、森・川・海の全体を通したシミュレーションモデルは、話としては面白いが、各物質の濃度レンジに差がありすぎるため、学問的な価値はないと考える。
- 沿岸における漁場環境は海象（潮汐、海流）、気象（風、日照、降雨）の直接の影響を受けるほか、河川や地下水を通じて陸水における気象の影響を大きく受ける。言い換えれば海と陸の物理的環境変動の影響を直接間接に受けているので、それらの作用を理解するためにはモデル化が欠かせないと考えている。

【カキの金属成分分析について】

- カキの身の金属分析を行ってはどうか。カキは重金属をためやすく、金属の構成比が味を決めている可能性がある。このカキの成分分析とともに、そのカキの養殖位置（河口からどれだけ離れているか等）の情報とカキの生長量等との関係を比較することが考えられる。

【カキの食味・呈味分析について】

- カキ等の食味について官能試験（検査者の五感による試験）を行うのも面白いが、味を評価するのは難しい。ある物質があるからうまい、とは言いきれないだろう。同じ海域の違う地点では比べられるだろうが、違う海域では比べられない。ある漁場内で良い品質のものが取れるところを調べたら流れや物質が他と異なっていた、という書き方ならできだろう。
- 呈味（ていみ）成分を化学的に測定した研究はあることはある。カキの呈味は甘さの元であるグリコーゲンと独特の味を作るアミノ酸の相乗効果によるものであるが、指標はグリコーゲンでよいだろう。ただし、呈味を測定したところで何がわかるのか、何の指標とするのかをよく考えてから行うべきである。
- シアトルでカキを食したが、湾のカキ、という注文の仕方であり、実際に湾ごとに味が異なっている。餌が原因の可能性もある。カキがうまい理由が見つかれば、一層の商品の差別化に成功するだろう。

【地下水に関する調査について】

- 海に流れ込む水として、地下水の存在も大きい。地下水は有機物は少ないが栄養塩が多く、漁師などは地下水の出口がある場所は良いなどと言う。それがN、Pによるものなのか微量元素によるものなのかはわからない。もっとも地下水自体の調査は実施が困難ではあるが。

- 地下水として陸域から海域へ流入する負荷について検討する必要がある。硝酸が高濃度の場合、影響として無視できないことがある。

【その他の調査について】

- 森林伐採の前後で水質や生物がどのように変わるかを調べられればよいと思う。
- すべての河川で流量の連続観測をしてはどうか。
- 殺虫剤や除草剤等の農薬は汚染物質として無視できないため、これらを考慮すべきである。
- 海域で実施している浅海定線調査等のように、河川においても長期モニタリング調査を実施すべき。代表的項目だけでも良いので、長い目を持つことが必要。
- 今後、N、Pの不足と磯焼けについての検討を視野に入れてはどうか。ただし、条件をそろえて栄養塩の濃度を変えるということは非常に難しい。現地調査から推察するくらいならできらるだろう。

調査実施にあたっての留意すべき事項

【森や川のプラス面の機能だけでなく、マイナス面を抑制する機能にも着目すべき】

- 森があることによるプラス面を強調した調査計画となっているが、因果関係を立証できない可能性もある。マイナス面の抑制という考え方からの評価もしたほうがよい。例えば樹木のない土地では土砂が出てアサリなどが窒息するが、木を植えると濁水が抑制されるなど。
- 生物に対する森や川の機能として、プラス要因が増える、という考え方と、マイナス要因(硝酸など)が減っていく、という考え方がある。
- 生産にプラスになるもの、マイナスになるものを整理する。
- 河川が海の環境に影響を与えているとすれば、人間の開発行為によって生ずる過剰な栄養塩、洪水、土砂などのマイナスの影響である。森林にプラスの効果を期待するのは止めたほうがいい。皆伐などで生ずるマイナスの影響をどのように回復し、いかにして森林が本来持っている機能の水準に戻すかという議論をすべきである。

【海域生物の餌料が陸起源か海起源かの調査に際して】

- 栄養塩は沖からも供給されるので、河川のみにとらわれないよう、注意すること。
- カキ等の生物が陸域起源の餌料を摂取しているにせよ、1年中利用しているわけではないので、安定同位体比ではきれいな結果は出ないだろう。やってみる価値はあるが、安定同位体比のみで結論を出すと間違った解釈をしてしまう可能性があるため、補足的に用いるべき。
- カキやホタテの餌料として、植物プランクトンの他、巻き上がった底生の珪藻、アマモの分解物等の可能性がある。食性の確認には安定同位体比調査もいいが、直接顕微鏡で観察するなど、必ず複数の手段を用いる必要がある。

【AGP試験の留意点について】

- AGP試験について、外洋水の水質は年によって、季節によって異なっているため、外洋水をコントロールに使うというならばそれらの平均的なものを使用する必要がある。また、

正確な組成が分かった培養水を使用しなければ意味がない。A G P 試験で、外洋水と陸上水を混ぜた方が植物プランクトンの生長が良いに決まっているが、それによって陸上からの水が海の生物を養っていると考えるのは早計である。

- A G P 試験で、海水と河川水を混ぜる計画としているが、実際はそのようなことは起こりえない。汽水域での変化を考慮するなど、試験ケースを検討する必要がある。また、A G P 試験でケースによって塩分濃度がかかなり違うので、同一種での試験は困難である。やるのであれば、塩分濃度を同じレベルにし、その上で何かを足すというようなことが必要である。

【流域全体の状況を把握しておくこと】

- 流域全体で考えた場合、人工林か天然林かの違いよりも、農地の影響のほうが格段に大きい。樹種等の違いをみるためには上流で調査するという考えでよい。
- 流域全体のマップを作成する必要がある。樹種の違いの他、農地や都市の情報も入れること（農地等の影響が大きいいため、これらを十分に考慮した調査結果とするために）。
- 流域には、森以外の土地利用が存在する。都市や農地からの負荷が大きく、それらが森から流出した物質に大きく影響を及ぼすことも考えられる。流域の中での森という考え方で調査を進める必要がある。
- 森川海の係わり合いに関して、森は流域の一要素であり流域全体の視点が大切。

【モデル地域（三陸沿岸海域・流域）について】

- 宮古湾は京都大学の研究でもフィールド調査の候補として抽出した場所でもある。
- 宮古湾では人口の増加とともに栄養塩の供給が適度となり、カキの身入りが良くなった。現在の人口がちょうど良いのかもしれない。これ以上人口が増えると味は落ちるだろう。
- 宮古湾のカキは一粒牡蠣に特化している。値段がいいのはそのせいもある。
- 宮古湾のカキはSRSV（食中毒の原因となる小型球形ウイルス）が出ていないことがセールスポイントであったが、近年確認されるようになり、やや値が下がった。
- 宮古湾では日裁協がホシガレイの種苗生産と放流を行っており、このホシガレイは今回の調査の指標生物にすることができると考える。この追跡調査等をやってはどうか。
- 三陸なら心配ないだろうが、雪が深く根雪になるような場合は、降水と流出の間にタイムラグが生じるので気をつけること。
- 今回の調査対象地のひとつである津軽石川流域はコンパクトであり、森林の影響を調べていく場合、適切な選び方と思う。

(2) 森・川・海のつながりに係る知見等

森林・河川・海域のつながりや関係等について

- 「森があるから海が豊か」とはよく言われていることであるが、「海があるから森が豊か」という話は、サケの遡上による物質還流の話を除き、あまり言われていない。しかし、もう少し広い視点からは、例えば、日本海が存在するから白神山地が成立できた、といった話ができるのではないかと。

【森林・河川における生物生産機能等について】

- 奈良の吉野は人工林ばかりだが、河畔林が広葉樹なので、生産量は高い。河川等の生産量は、流域全体の林層と河畔林の林層がそれぞれ関連しているものと考えられる。
- 川から離れた森の奥の方よりも、河畔林が重要と考えられる。
- 落ち葉の形のままで海に流れていっても生物は利用できない。河川の上流部には落ち葉を砕く生物が必要である。
- 川における付着藻類の生産量は、上流では比較的安定した量が見られるが、下流では多いときと少ないときの差が激しい。また、生産量は流速など多様な環境要因と大きく係わってくる。
- 川の「肥沃さ」は、流れのスピードと含まれる栄養分による部分が大きいと考えている。
- ハワイでは川はほとんどない。ほとんど天然林の森に降った雨は多孔質の岩にしみこんで海に湧水としてでてくる。その場合、川は経由していないが、森からの物質を海に供給できしており、沿岸の生物生産はそれらの恩恵を受けている。ただしハワイでは降水量 湧水量と簡単に換算できるが、日本では湧水量の算定は難しいだろう。

【森林・河川における栄養や成分等の挙動・供給等について】

< 森林における元素・栄養塩の挙動・供給等 >

- 陸からの栄養供給源は、岩石からにせよ、岩石から吸収した森にせよ、もとは岩石である。
「栄養供給源としての森が重要」という考え方は誤りである。
- 針葉樹林は広葉樹林と比べて、土壌のpHが低く、流出水質ではNO₃-Nの上昇が認められている。これは、腐植層の減少による酸性度緩衝作用の低下、流出緩衝機能の低下によると考えられる。
- 森林からの物質供給は土壌や森林の管理が重要で、その違いによって供給量も異なる。
- 森林からの物質供給の違いは、植生以外に、土壌、地下水など種々の要素が影響する。また、三陸では鉱山もあり、その他の影響も考慮する必要がある。
- 落ち葉や土が直接栄養供給源になるわけではなく、それらを微生物が分解した糞が栄養になっている。元となる樹種や地域、微生物の種類によって森が出す栄養は異なっている。
- 石灰岩の地域では酸性雨を中和し、pHが安定するので養鱒などには向いている。
- 落ち葉をとったり、林床を手入れしていた頃と違い、近年では林に手を入れていないために林内が富栄養化し、成長が良くなったり、樹種が変わる等の変化がおきた。
- 塩類は地質の影響が大きく、森林の取り扱いの影響は少ない。
- 全国的に見てNの濃度は降水量の影響が大きい。降水量が多いと薄い、降水量が少ないと濃くなる。Nは雨から10kg / ha年程度供給されており、森林のN流出量は数kg ~ 10kg/ha程度が多い。
- 森林を伐採するとN濃度が増え、Ca、Mgも動き易くなるので増える。これは伐採後数ヶ月から数年続き、落葉落枝等の分解と植物の吸収量の減少が原因である。
- 水産関係ではSiO₂を重視しているが、これは地質の影響が大きい。我が国は外国に比較してSiO₂が塩分組成(%) 濃度(mg/L)の両面で著しく高い。

- 河川水質に及ぼす森林の影響については、森林土壌との関係で考える必要がある。森林調査と同時に土壌断面を調べることが重要であり基本となる。人工林の場合は下層植生の有無が土壌のA₀層に影響する。広葉樹林の場合は若齢林と壮齢林とで土壌に大差ないので、そうした森林の違いが溪流の水質に影響するとは考えにくい。
- 広葉樹林と針葉樹林の養分流出量の違いは明らかにされていない。影響要因は複雑であり統計処理に耐えるデータ量の蓄積が必要である。森林では、樹木と土壌の間での窒素の循環量が溪流に流出する量より圧倒的に多いことを考慮すべき。
- 森林からの栄養塩類については、食物連鎖においてN、Pの重要性はあるが、過剰になれば河川の富栄養化を招く。森林内での物質循環量は森林内でほぼ完結しており、それに比べれば森林外に出て行く量は僅かである。それが森林伐採などで溶存態の有機物やN、Pの流出が増える。如何にその流出量を抑え、本来の姿に戻すかは森林施業を行う上で常に考えておかなければならないことである。
- 森林から流出する養分量については、それが下流の河川や海の生態系にどのような影響を及ぼしているか未解明である。
- 日本海側では雪代の影響は大きい。普段は栄養塩等の濃度の薄い水が少量流れており、雪代で濃度の濃い水が大量に流れるので、栄養塩等の絶対量で考えると雪代などイベントがほとんどを占めている。

< 落ち葉について >

- 森林の役目は落ち葉を確保することである。落ち葉は保水力を持ち、水をろ過する他、微量の栄養物質（鉄やマグネシウム、溶存態の有機物など）を供給している。
- 水生生物の多様性をもたらすという点で落葉が関係してくる。わが国での落葉量の地域差はそれほど大きくはない。ただし溪流に堆積する落葉は大部分が溪畔林に由来するもので、林地からのものは少ない。
- 河川は物質を生物の使いやすい形に変えていく働きがある。落ち葉そのものは炭素が多く、大きくて生物には使いづらいが、川の源流域は落ち葉を貯留して、ヨコエビや水生昆虫がそれを砕くことで粒子状有機物や溶存有機物の供給源となっている。二枚貝などは細かく砕かれた落ち葉や、溶存有機物を栄養に集まった微生物などを餌とできる。
- 河畔林の状況とともに、川の中で落ち葉を貯留できる空間の大きさも、有機物の供給量に関係している。
- 川の中でも、海の中でも、落ち葉溜まり（リターパック）は生物生息空間としても、餌料そのものとしても利用されている。川の中ではヨコエビや水生昆虫、海の中ではカレイなどの稚魚が多く観察された。落ち葉溜まりは季節や流況で存在場所や大きさが変わるものだが、それがあるとないのとでは生物量が大きく異なる。

< 河川における栄養や成分等の挙動・供給等 >

- 水質年表などで、全国の河川のシリカの濃度は分かる。一般の河川での既往値は調べられるものもある。
- ダムでの変化についても興味がある。
- 風蓮湖に流入する河川の土地利用と水質の関連について、護岸率が高いと窒素が高く、湿地

に接している割合が高いと窒素が低いという。

- 融雪期に水が多く流れ、秋とは変わるはずである。融雪期の場合1日の中でも水量は変わり、午後3時頃がもっとも多くなる。雨が降っても濃度は変わり、降雨により濃度が下がるものもあるが、流量が増えるので、負荷量としては増える。

【森林における保水機能や土砂流出抑制機能について】

- 森の機能の最も大事なものは保水の力である。川を干上がらせることなく、ろ過した清浄な水を供給している。ヒノキ林は葉が泥に刺さらず、腐りづらいため保水力がない。スギよりも悪い。雨が降ると泥が出るのはヒノキ林である。
- 日本では降水量が多いので、森ができる。そして降水量が多いので、洪水による出水と土砂をコントロールするために森が必要である。日本における森の一番の効用は出水と土砂のコントロールである。
- 森林の機能で重要なものは保水機能、つまり砂、土、水のコントロール機能である。
- 森があると川の流量が安定するという働きがある。出水時と渇水時の流量の変動幅が大きいと、海水の塩分も大きく変動するため、海生生物のストレスとなる。また、流量の変動幅が小さければSiを安定して供給できる。
- 降雨時の流出特性については、保水性の観点から土壌構造に着目する必要がある。保水性が高い土壌の団粒構造の維持には、有機物や生物が係わっており、健全な生態系に欠かせない。
- 森の機能は濁りを海に出さないことが最も大きい。特に川が小さい場合は影響が大きい。足摺岬が大雨で崩壊したが、地元の間人は、根が浅い人工林のせいだと言っている。
- 漁業海域に及ぼす森林の影響として、土砂流出の問題が大きいのではないかと。かつて大面積皆伐が行われたときは崩壊をもたらし土砂発生源となるが多かった。現在はせいぜい数haの伐採で、その程度ではほとんど河川水質に影響はないと考えてよい。
- 現在、森林内で土砂発生源となるのは、間伐が行われていないスギ・ヒノキ林地が第1に上げられる。森林からの土砂の流出は針葉樹林地と広葉樹林地との違いといったことよりも、森林の荒廃という視点で見ていく必要がある。
- 林道工事の影響は間伐の問題よりも大きい。林道路面、法面工事に十分な注意を払わないと土砂の流出で降雨のたびに川が濁る状況が数年間続く。
- 溪畔林は土砂流出抑止などの面で重要な役割を果たしている。
- 河川・海への影響を考えたとき、斜面の森林より河畔林にもっと注目してほしい。河畔林は、土砂流出の抑止、水質浄化、生物相の多様性創出などの機能をもっている。河川や沿岸域への影響は斜面林に比べて大きい。河畔林の問題では、河畔林を何処にどの様な規模であればどのような効果があるかといった配置の問題を考えていく必要がある。
- かつては森林内の溪畔林に類似のものが農地や集落などにおいてもあって川に沿って海まで続いていた。今は途中で分断している。源流部の山ばかりでなく川沿いに海まで連続して樹を植えることが重要である。

森林・河川から海域への栄養や成分等の供給について

【栄養・成分等の陸域（森・河川等）からの供給と海域からの供給について】

- 現在の調査計画は、「森から供給される物質が海を養っている」という偏見に基づいている。海生物は基本的に海だけに依存しており、陸からの物質供給はプラスの貢献でしかない。森林は土壌から栄養を吸収して、カスを落ち葉という形で、川や、ひいては海に供給している。それに依存した生物が多いということについては否定しないが、「陸（森）が海を養う」という言い方はおかしい。海は陸からの供給よりも海からの供給によって養われている部分がずっと大きい。
- 森があるのとないのでは森があったほうがよいのは当たり前。ただし、森による成分等の供給は海藻の生育にとって必須ではない。森による成分供給がない砂漠から流れる川が流入する海でも、ジャイアントケルプのような立派な海中林ができる。砂漠地帯のオマーンでも海中林ができ、アワビの漁獲がなされている。
- 沖にも栄養源は十分にある。「海の栄養が川に依存している」という考え方は過大評価である。中国山東半島のカキ養殖場では沿岸から5kmほど離れた場所のカキが、身入り、味ともによい。
- 室内実験では必要とされる物質でも、海には充分にあるということもあるだろう。微量物質よりも海水交換、塩分、水温などの物理化学的条件のほうが影響は大きいのではないか。また、生物同士の関係も影響するだろう。
- 川がなくても海中林が成立するかどうかは地域の条件によって異なる。湧昇流など物理的要因に恵まれれば栄養塩が供給され、海中林ができるだろう。
- “森は海の恋人”という言葉は陸の人が（陸の重要性をアピールするために）作った言葉である。海は陸から供給されるだけのシンクではない。
- 浅海域への栄養供給源としては河川からの流入と沖合からの湧昇がある。河川からの栄養供給は雨期に多く、雨期以外は沖合からの供給割合が大きい。また、河川からの流入と沖合からの湧昇の割合については、地形によって決まる部分もある。内湾では河川に頼るところが大きい。
- 海生物はもともと海水に依存している。海の中での大きな物質循環系の中で陸から流れ込む水が海生物にどれほどの影響を与えうるのか。沿岸域に生息し陸からの水に依存しているように見えても、仮に流入水が途絶えたときにその生存基盤が揺るがされるのか。海の生産性を制御する物質が何であり、それが陸域からでしか供給できないものなのかをチェックすることが先決である。
- 森林の存在は栄養を与えて生産に寄与するというよりも、緩衝帯として負荷を除き、海に与えるインパクトを減らすという面が大きい。
- 海中においては、森林からの栄養供給よりも海洋起源の栄養供給がはるかに多いにもかかわらず、森林からの栄養がクローズアップされるのは、マスコミ等によるものもあるだろう。
- ナミビアなど湧昇流により海の栄養塩がもともと多い場所では、川からの栄養の供給が無くても海中林はできるが、日本では川からの供給が必要である。四万十川の影響を受ける場所には海藻が生えているが、川の影響を受けない場所では磯焼けが起きている。仁淀川でも、川の水が流れ込む方向のみに海藻が生えている。海藻が生える場所は河口のすぐ近くではなく、少し離れた、ちょうど良いところである。
- 海では海の栄養塩があり、そこに川からの栄養塩が追加される。川からの供給はプラスにな

ることも、過負荷になることもあるだろう。

- 日本の場合、N、Pに差が無くても、川があるところに海草、海藻の藻場ができる。川の水をウニが嫌うためという原因もあるだろうが、何か他にも影響しているかもしれない。

【森林・河川から海域への栄養や成分等の供給機構と生産との関係について】

- 森から海への栄養の供給は一年中起こるわけではなく、雪代（融雪水）などにより栄養ドリ๊งクが供給されるような機構があるのではないか。
- 海でプランクトンはなぜ増えるか、を考えた場合、微量元素、N、P、プランクトンの濃度、養殖があるかないか、などの要因が関係している。
- 四万十川では終戦直後から天然のアオノリを収穫しているが、収穫量が近年少なくなっている。この原因として、森が人工林となり、腐葉土が少なくなったことで栄養が減ったことがあげられる。
- 栄養塩の量は同じでも、コンスタントに与えるか、スパイク上に与えるかで出現する植物プランクトンが異なるという現象がある。ダムによる栄養塩の貯留はこの意味からも海洋に影響を与えている可能性がある。
- 広島湾ではもともとノリは河口域だけで行われていたが、富栄養化が進むとともに河口周辺はノリの生産に適さなくなり、ドーナツ化している。
- モデルによるシミュレーションでは栄養塩濃度が高いとブルームが起きるが、流量が多いとブルームは起こらない。つまり、栄養塩がどっと来るか、じわじわ来るかの違いがでる。どっと来ても利用しきれないと考えられる。
- 陸の海に対する具体的な作用として、栄養塩供給の量と流出モードの制御があげられる。厚岸湖の観測例では、土地利用（森林、牧草地など）や河川の河畔の状態（河畔林や湿地の有無）によって河川水の栄養塩濃度と流出パターンが異なっていた。沿岸生態系にとっては、適切な濃度の栄養塩が大きな変動無く流入することが生産性、特に基礎生産を高く維持することに必要と考えられる。
- 陸からの物質が海の生産に寄与しているのは間違いないが、単純に多ければよいというものではない。供給量や、対象生物の生活史のどの部分に係わっているのかなどを考慮する必要がある。

【各成分・各物質等について】

- 複数のアサリ漁場で底質の各種金属の量を調べた結果、マンガンが1,000ppmを越えた漁場ではアサリが取れていないことから、マンガン濃度が高いためにアサリ稚貝がへい死するのではないかという調査結果を得ている。マンガンは生物にとって必須元素であるが、高濃度になりすぎた場合には悪影響を及ぼす。漁場に覆砂を実施した結果アサリが復活したことから、アサリの不漁は干潟への砂の供給量が減少し、マンガンが高濃度になりすぎたことに起因しているものと推測している。
- 森川海の調査に関して、京都大学では主に鉄とタンニンを研究対象としようと考えている。鉄は既存の研究結果の確認を中心として、タンニンについては海洋生態系に重要な役割を果たしているとの知見に基づき、調査をしたいと考えている。
- 「森はフルボ酸鉄の供給源として重要であり、森が海の生産を支えている」という話をよく

耳にするが信用していない。鉄はどこにでもある。環境中には二価の鉄と三価の鉄が存在し、生物に吸収されない三価の鉄の方が存在量が多く、生物に吸収されやすい二価の鉄は少ない。しかし、環境中では二価と三価の鉄は一定の比率で存在するため、二価の鉄は必ず存在しており、鉄が海の生産を規定しているとは考えられない。

- 河川の栄養供給としてはN、P、Siが重要である。特にSiは森の流量安定化機能により、陸からの供給が安定することが大きい。マークするとすればSiである。外洋ではSiは少ない。
- ダムができて水が溜まると珪藻の繁殖により珪素が取り入れられ、珪藻が沈殿することによって下流への珪素の供給が減少する。このことはドナウ川と黒海の関係で発表されたが、他の地域でも同じ現象が起こっている可能性がある。
- 森から供給される溶存有機物（腐食物質）は淡水のマーカースとして使える。人工衛星によるクロロフィルの観測では、クロロフィルと黄砂、腐食物質を判別できないので、腐食物質の研究はその仕分けにも使えるだろう。
- 下水処理をしてもN、Pは減らない。減らせばよいということではなく、N、Pは資源であると考えた場合、下水処理をどのような形にするのが適切かが問題となる。
- 浅海では、日射により水底面でプランクトンが増殖しやすい。プランクトンが排出するポリサッカロイド系の高粘性高分子物質がフミン質等を吸着すると考えられるが、多くの事象について定性的なことが分かっていない。

森林・河川から海域への土砂供給について

- 森・川・海のつながりには土砂の供給という側面が大きい。戦中、戦後すぐなど、樹木の伐採が過剰だった頃に比べると、森からの土砂の供給は少なくなったと考えられる。現在の土砂供給の減少要因は、地域によってはダムよりも砂の採取が大きな問題となることもある。過度な土砂供給は生物生産に影響を与えるが、適度な土砂供給は生物生産にプラスに働く。
- 筑後川の中・下流域では砂がとられすぎている。1982年からの20年間に351.7万トンの砂が採取された。砂がとられすぎるとは海の生産に影響を及ぼす。
- 微細な泥等を含む濁水は河川生態系に影響を与えるが、出水があれば復活する。
- 土砂供給について、土砂動態も一つの大きなテーマであるが、土砂と漁場環境の関係の知見はあまり無い。
- 表層土が河川に流出すると、アユなど卵を石に付着させるタイプの生物では、卵が流れてしまって繁殖できない。
- 四万十川では終戦直後から天然のアオノリを収穫しているが、収穫量が近年少なくなっている。この原因として、森が人工林となり、濁りが増えたことがあげられる。
- 河畔林や河口域の湿原が粒状無機物の沿岸への流入のバッファーになっていると思われる。
- 沿岸における濁度は海藻類、海草類、底生微細藻類の光環境に大きな影響を与える。大雨などのイベントで海面が暗くなる頻度が高くなると藻場が深くまで分布できず、基礎生産に影響する。
- 土砂供給については、量だけでなく質 = 粒径も重要である。比表面積が増えればバクテリアも増える。また、粒径によりベントスの種類が決定する。

- 土砂の供給や堆積について量の議論はあるが、質の議論はない。生物にとっては量とともに粒径や空隙などの質も重要である。
- はげ山はある程度必要である。はげ山がなくなると、土砂供給が少なくなる。土砂供給が減ると水底では土砂による被覆が薄くなり、堆積物からの溶出が多くなる。これは、治山等とのバランスの問題である。

河口域における物質の挙動等について

- 淡水と海水の混じった汽水域での物質の挙動（拡散、沈降、堆積、形態変化、生物の摂取メカニズム等）が一つのポイントと考える。
- 川から海へ物質が供給される時に、汽水域での変化が重要である。
- 淡水と海水が混合する水域では、河川水に溶存態として含まれていた成分が粒子状・コロイド状となって底泥に沈降・堆積するケースがあり、また、沿岸の底層では嫌気状態となり重金属等が溶出しやすいといった特徴を有しており、このような物質の挙動と生物生産との関係が大きな鍵を握っていると考えられる。
- 腐食質が水中でさまざまな物質とともにコロイド化したり、植物プランクトンに摂取されるなど、懸濁有機物となることによって魚やカキなどの餌となる、という腐食連鎖の考え方が1960年代によく言われていた。
- 沿岸域における微量元素の収支メカニズムは全く分かっていない状況にある。現状ではN、P、Siの検討しかされておらず、プランクトンの増殖に対して微量元素がどれだけ効いているのか等は明らかとなっていない。
- 鉄は河口域で沈降するが、河口域は安定しておらず、すぐに巻き上がって海中へ移動する。また、河口域で沈降した鉄が底生の珪藻などに利用されることもある。
- 鉄は一旦河口で粒子状になって沈降するが、底泥で還元して植物に利用されやすい形になる。
- 河川があることによる海への栄養供給機構としては、河川からの直接の負荷の他に、河川から沖へ向かう表層流で海水が押し流され、それを補うために底層で岸へ向かう流れが生じるエスチュアリー循環によって、外洋や底層から栄養が供給されるメカニズムがある。
- 別寒辺牛川河口には湿原が多いが、牧草地帯の他の川と比較して栄養塩が低い。硝化、脱窒の他、植物やコケによる調整機能が働いていると考えている。
- 陸域と海域の境界の「汽水域」における現象（代謝、貯留や潮汐の影響）の寄与を見落としやすいが、これらに関する知見は少ない。河口では干満により高濃度水塊が往復運動を繰り返している。それをデトリタスフィーダーが利用すると考えられるが、それに関する知見は少ない。干潟では、波による（恒流や潮流とは別に）輸送の影響が大きいだが、定量的な研究がほとんどなされていない。

海域生物による各種物質の摂取機構等について

【海域生物の餌料や摂取機構等について】

- カキやホタテの餌料として植物プランクトンは重要ではあるが、植物プランクトンだけでは

ない。底生の珪藻がまきあがったものを食べているという研究もあるし、厚岸ではむしろ海起源のPOM（アマモの分解物など）が重要である可能性がある。

- カキは植物プランクトンを主な餌としているが、トリプシンを含む動物プランクトンや卵も消化する。デトリタスも食べる。
- 有明海ではアサリがいなくなってノリが取れなくなった。プランクトン食の貝がいれば摂食によりプランクトンの急増が抑えられるが、貝がいないと栄養塩の増加がダイレクトにプランクトンを増加させるので、ノリと競合して生産が落ちることによる。なお、貝はプランクトンがいなければいけない程度程度の耐性はある。
- ノリは大阪湾のような富栄養の海域でも取れる。リミテッドファクターはN、Pが中心ではあるが、地域によって異なっている。
- プランクトンの種類でカキの味は左右されると思うのでブランド化は可能だが、一般にこのプランクトンがよい、などとは言えない。
- プランクトンの研究者も、どのようなプランクトンがカキに食われるかといった研究はしていない。

【各成分・各物質等について】

- フミン質は悪いものも取り込むので、生物にとってマイナス要因を減らす役割があるかもしれない。
- ヘテロシグマやシャットネラなどのラフィド藻類は鉄の要求量が高いことから、還元状態である貧酸素状態の場所のみ発生する。また、鉄がない場合はマンガンで代用することが知られている。
- 海洋中にコロイド状で浮いている鉄はたくさんある。シャットネラ等の植物プランクトンは粘液（タンパク質を含んだヌルヌル状の粘液）で包まれており、この粘液はコロイドと親和性があるため、プランクトンの表面の粘液でこれらの鉄を捕捉し、利用できるはずである。
- ダムが鉄をためて植物に利用されにくい形にする、という話もあるが、鉄はそこら中にいくらでもあるため、鉄の不足を心配する必要はない。
- 海藻やプランクトンの生長は、N、Pの供給に制限される部分が一番大きい。微量元素は考慮する必要はない。
- フルボ酸そのものは毒である。磯焼けの原因はフルボ酸の減少によるサンゴ藻の増加ではない。水温が下がり、藻食者（ウニ）さえいなければ、サンゴ藻の上にも海藻は生える。
- 藻場の藻類、アマモ類は溶存物でないことと取り入れることはできないが、その表面の粘液等によって懸濁物質を付着させてSSや余分な物質を減らすことで、海の生物の味が良くなるといった機能も挙げられるのではないかと。
- 珪素が少ないと珪藻が少なくなること、遊泳力を持つ渦鞭毛藻は貧栄養に耐えられることなどから、植物プランクトンの構成は栄養状態の指標となる。有明海では窒素が制限要因になっており、窒素が減少すると渦鞭毛藻が増加していた。
- N、Pの評価法として、T-N、T-Pでは荒すぎる。プランクトンが利用しやすい形を考えなくてはならない。東京湾においても硝酸態窒素は多いのに、アンモニア態窒素だけが足りなくなる事もある。

海域と河川とを行き来する生物等について

- 川と海をつなぐ回遊魚については、国交省でも魚道の研究などを進めているはず。回遊魚についてはもう少し積極的になってもよいのではないか。
- 河川で流下した生物は再び上流へ戻らなければ再生産されないが、河口域の生物でその機構が明らかにされているものは少ない。

(3) 森・川・海のつながりを重視した連携方策の方向性等について

物質循環の視点から

- “物質循環の流れを太く長くなめらかに”がキーワードとなる。生産性を上げつつ生物多様性を保つようにするのが重要である。
- 都市から川を通じて供給される有機物質はアサリやカキに化けさせ、無機物質は海藻に化けさせ、N、Pを再び人の利用できる形にする。陸から海に入った物質を陸に戻してやることのできる沿岸漁業は、物質循環に貢献するすばらしい力を持っている。
- カキの餌となるプランクトンの栄養は、現在は下水などが主な供給源であり、汚い海をカキやホタテが浄化している。このような浄化機能を物質循環として捉え、確保していくことが重要である。
- 農地における糞尿の肥料としての利用はN、Pの循環に貢献していた。
- 今の自然は里山的であり、人の手をうまく加えることが必要となる。その際に、人間にとって役に立つかという視点に追加して、物質循環の担い手として、人の手が河川のために役立っているかという視点が必要である。
- 漁獲やサケの遡上を含めた海から陸へ、陸から海への循環を考慮する必要がある。
- 生物による浄化を評価する場合、ろ過量だけではなく、漁業や鳥類による取りあげを考える必要がある。三番瀬ではスズガモが漁業に匹敵するほど海から陸への持ち上げを担っていた。

河川・流域の視点から

- 河川形態を復元することが望ましい。ダムの下流では、礫の供給が止まるので下流に礫を供給するなどの方策が必要と考える。また、流況が安定して微細粒子が溜まるのでこれを洗い流すフラッシュ放流を行うなどの操作が必要である。
- 河川は氾濫原を広く確保し、洪水時には河川が暴れることができるようになっている方がいい。そのような河川は瀬、淵の健全性も保たれるし、海に対しても洪水調節、土砂調節の機能がある。
- 今後、河川内での自浄作用を高めるようなことを検討すべきである。その際には、健全な食物連鎖、物質循環の視点が必要である。
- かつての日本の水田の持つ機能は干潟と同じであった。保水力を持っているという意味からも海に対して洪水調節、土砂調節を行っていた。

- 河川内の湧水をコンクリートで固めないことが重要。これにより浄化作用が保たれる。
- 輸入を含め、流域外からの土砂の供給は、バクテリアの移入など問題がある。流域内から土砂を供給することが必要である。
- 河川ではこれまで治水を目的とした整備が行われ、次いで、ある特定の生物が生息できる環境整備という事業が行われてきた。今後は、多種の生物にとってそこそこいい環境であり、多様な生物が生息できる環境という観点で整備することが望ましい。
- 多自然型護岸の整備では、生物の全生活史で利用する環境を包含する規模で事業を行う必要がある。
- 少しの仕掛けをすれば、出水時に上流から流下する土砂を利用して生物の生息環境が整備できるなど、自然の力を活用した環境整備事業を可能にする制度設計が必要である。

漁場海域環境の視点から

- 有明海の干潟で耕耘を行ったところ、アサリの成長が良くなった。引き潮時に耕耘を行うと含泥率が低くなることが関係しているかもしれない。
- 深場にいる貝は浅場の貝の種苗の供給源となっており、深場の貝を漁獲するようになってから漁獲量が不安定になった。漁獲場所等への配慮が必要である。
- アユが自然に生活史を全うするには海岸に砕波帯が必要である。

連携の視点から

- 宮川では流域交流、エコミュージアムといった流域中心の活動を通じ、日本一の清流を守ろうという活動が行われている。
- これまでもNPOが森・川・海のかかわりを重視して活動している。彼らの活動を支援し、行政から情報を提供するなどの仕組みづくりが重要である。
- 沿岸漁場環境をどのように維持したいか、改変したいかなど、漁業生産者だけでなくすべての利害関係者（stake holder）からの社会的経済的な視点も必要。これからは社会とのつながりを考えていかないといけない。

(4) その他情報等

- 北海道の“お魚を殖やす運動”は山の上に植えているので実際にはあまり効果はないと考えられる。ただし、啓蒙という意味では役に立っている。
- 兵庫県では、住民運動的な植樹活動が盛んである模様。
- 山口県では「やまぐちの豊かな流域づくり構想（榎野川（ふしのがわ）モデル）」として、森・川・海をつなぐに関する調査・検討を実施している模様。
- 山口県では河川行政が進歩的である。榎野川の取り組みは研究者やNGOなども参加し、自然再生法に近い考え方でやっている。
- 京都大学でも「森里海連環学」として取り組み始めたところである。この森・里（川）・海をつなぐに関する研究は、亜寒帯をフィールドとして北大が、温帯は京大が、亜熱帯は琉球大が、熱帯としてタイをフィールドとして京大が調査を開始しようとしている。この

各気候帯での研究は地球レベルの視点からの研究の必要性による。「森里海」の「里」としているのは、特に温帯では森と海の間には里があるため、里を抜きにしては語れないというスタンスからである。

- 中国の重慶では、酸性雨対策としての土壌改良の必要性から、針葉樹林の広葉樹混交林転換を推進中である。
- 環境問題に関しては、子供に対する教育も、行政などを含めた大人に対する教育も重要である。
- 森と海のつながりには、間伐材を魚礁に使うなどの発想もある。海中で崩れても処理の必要もない。
- 高知では森林環境税（「県民税均等割の超過課税」、通称「森林環境税」）の制度を整え、この税で山、川を整備しようとしている。
- 広島では漁民の森づくり活動が太田川上流の大暮川（おおぐれがわ）で、かなり前から進められている。海から山の方向の働きかけの一環として、土壌改良、pH調整や肥料のためにカキ殻を粉にして植林した場所にまいている。
- 間伐材の利用を促進すれば、山の手入れも今よりは行われるようになるだろう。なお、中国で産業の発展にともない木材の需要が増え、宮崎から輸出を行ったという話もあり、長いスパンで見れば林業が復興する可能性も無いとは言えない。
- リサイクル振興の一環として、間伐材の利用を推進すれば、山の手入れも進むだろう。川や湖では枝などをまとめた“ソダ”による漁業がある。

3. アンケート調査

3.1 概要

1) 目的

関係行政機関や植樹活動等を行っている漁業関係者等の団体にアンケート調査を行い、森・川・海つながりに関わる活動事例、植樹活動等の内容、効果、問題点や課題等についての情報を得るために実施した。

2) アンケート調査票

アンケート調査票の概要を表 3-1に示す。

アンケート調査票は関係行政機関用と漁業関係者等の団体用の2種類である。それぞれの調査票は資料編に示す。

表 3-1 アンケート調査票の概要

アンケート項目
1. 最近の活動事例について
2. 活動の位置づけ及び目的・方針
3. 活動の効果について
4. 活動における問題点や課題
5. 良好な漁場海域環境を形成・維持する上での森林・河川の役割
6. 今後の活動方針
7. 森・川・海つながりに関する意見・考え

3) アンケートの回答を得られた自治体・団体

アンケートは関係行政機関に27通、漁業関係者等の団体に99通、合計126通を送付した。このうち、63自治体・団体から回答が得られた(平成16年3月9日現在)。うち、何らかの活動をしていると回答した61自治体・団体の65の活動について集計した。

アンケートの回答を得られた自治体・団体を表 3-2に示す。

表 3-2アンケートの回答を得られた自治体・団体

自治体・団体名	活動名
北海道泊村	お魚殖やす植樹運動
北海道瀬棚町	檜山の森づくりせたな植樹祭
北海道戸井町	お魚殖やす植樹運動
北海道紋別市	オホーツク魚の市民植樹祭
北海道湧別町	浜の母さん植樹祭
青森県大畑町	山と海、交流の森植樹活動
青森県川内町	漁民の森づくり活動推進事業
岩手県陸前高田市	海と山ふれあい森づくり2003
岩手県大船渡市	豊かな海を育む大きな森づくり事業
岩手県大槌町	大槌植樹祭
岩手県山田町	山に広葉樹を植える会「第3回」植樹祭
岩手県岩泉町	未来を育てる植樹祭
岩手県宮古市	元気な森・川・海をつくる会
茨城県北茨城市	漁場を育む森づくり事業
新潟県朝日村	サケの森づくり活動
新潟県村上市	平成15年度森林環境保全事業
新潟県新発田市	市民植樹祭
島根県	漁民の森づくり活動推進業務
佐賀県鹿島市	海の森事業
釜漁協女性部	お魚殖やす植樹運動
ひやま漁業協同組合	魚つきの森づくり
戸井町漁業協同組合	漁民の森づくり植樹活動
上磯はまなす漁業協同組合	お魚殖やす植樹運動
上磯町漁業協同組合	お魚殖やす植樹運動
榎法華漁協女性部	お魚殖やす植樹運動
福島吉岡漁業協同組合女性部	お魚殖やす記念植樹
いぶり噴火湾漁協豊浦支所	植樹祭(漁民の森づくり植樹活動)
虎杖浜漁業協同組合	地域植樹運動
苫小牧漁業協同組合	魚を殖やす植樹祭
冬島漁業協同組合	様似・冬島両漁協女性部合同植樹
様似漁業協同組合	魚付き植樹
えりも町漁業協同組合女性部	漁民の森造り植樹活動
浜中漁業協同組合女性部	お魚殖やす植樹祭
根室漁業協同組合	お魚殖やす植樹運動
雄武漁業協同組合	漁民の森づくり活動
ウトロ漁協女性部	お魚殖やす植樹運動
増毛漁業協同組合	(記載無し)
八雲町漁業協同組合	平成15年度河畔林造成の森植樹祭開催要領
広尾漁業協同組合	魚付林 植栽事業植樹祭
石狩湾漁業協同組合浜益支所	平成15年度浜益村・空知森林管理署合同育樹行事
野付漁業協同組合	海を守るふーどの森づくり
網走漁業協同組合	河川環境保全対策事業
佐呂間漁業協同組合	お魚殖やす植樹運動
平内町漁業協同組合	漁民の森づくり活動推進事業
蓬田村漁業協同組合	漁民の森づくり活動推進事業
易国間漁業協同組合	森と川と海の絆を深める植樹
三厩村漁業協同組合	津軽海峡春もみじまつり
田老町漁業協同組合女性部	「婦人の森」植樹活動
波佐間漁業協同組合	(記載無し)
新潟県漁業指導協会	サケの森づくり、朱鷺と牡蠣の森づくり、鮭と鮎の森づくり サクラマスの森づくり、糸西大魚の森づくり 「山・川・海 - 思いやりの森」造成運動 漁業者の森づくり～豊かな森が豊かな海を育てます～ 森は海の恋人 漁民の森づくり 漁民の森づくり活動推進事業 えひめ漁民の森づくり 佐賀市漁協有明海再生植林事業 (記載無し) 漁民の森づくり活動 漁民(稚魚育成)の育つ森づくり 東町漁民の森づくり事業「FISHERMEN'S FOREST」東町漁協青壮年部 (特に活動をしていない) (特に活動をしていない)
愛知県漁業協同組合連合会	
兵庫県漁業協同組合連合会	
温泉津町漁業協同組合	
広島県漁業協同組合連合会	
山口県漁業協同組合連合会	
愛媛県漁業協同組合連合会	
佐賀市漁業協同組合	
大分県漁業協同組合	
八代漁協	
鏡町漁業協同組合	
東町漁業協同組合内東町漁協青壮年部	
北海道伊達市	
庶野漁業協同組合	

合計63自治体・団体・65活動 : 2004年3月9日現在

3.2 アンケート調査結果

1) 最近の活動事例について

(1) 活動地

植樹などの活動を行った場所について図 3-1に示す。

半数の約50%が「c.市町村有林」で活動を行っていた。次いで「a.国有林」における活動が多かった。また、「e.その他」としては「河川敷」、「田畑」、「混木林地(草地)」などがあげられた。

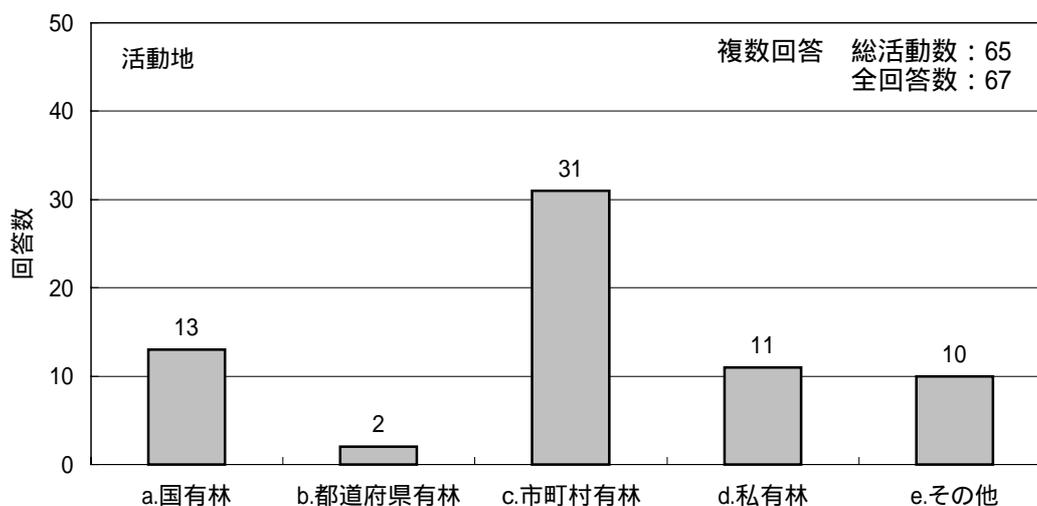


図 3-1 活動地

(2) 活動内容

活動内容について図 3-2に示す。

95%以上の活動で「a. 植樹活動」を行っており、そのうちの43%が「b. 地ごしらえ」や「c. 下草刈り」を併せて行っていた。また、植樹を行わなかった活動では、以前植樹した樹木の維持・管理活動を行っていた。また、「e. その他」としては「林道の整備」、「植樹地の遊歩道の整備」などがあげられた。

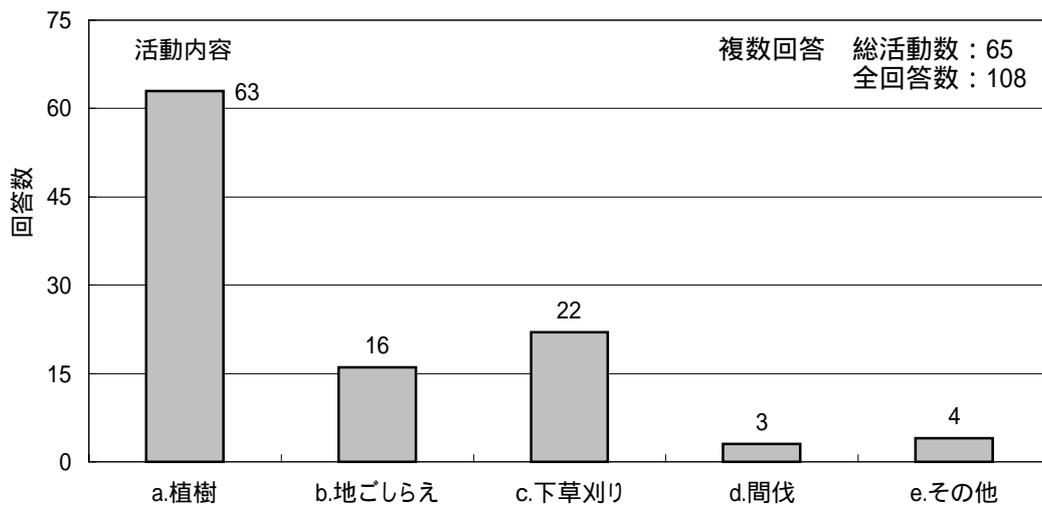


図 3-2 活動内容

(3) 植栽樹種

主な植栽樹種について表 3-3に示す。

回答のあった63の活動のうち35%でブナを植樹していた。ブナ以外の樹種でもミズナラ、コナラなど落葉広葉樹が多く植栽されていた。

表 3-3 主な植栽樹種

植樹された樹種	回答数	植樹された樹種	回答数
ブナ	22	モミジ	3
ミズナラ	17	カエデ	2
コナラ	8	キハダ	2
ケヤキ	6	タブ	2
ヤマザクラ	6	ドロノキ	2
シラカバ	5	ナナカマド	2
クヌギ	6	ナラ	2
イチョウ	3	ハンノキ	2
カシワ	3	ヤナギ	2
サクラ	3	その他	42

複数回答 総活動数：63
全回答数：140

(4) その他

その他の項目および活動開始年についてそれぞれ表 3-4、図 3-3に示す。

参加人数、植栽本数、面積、費用とも活動単位によって、小規模のものから大規模のものまであり、ばらつきがみられた。

活動開始年は、平成8年以降に開始した活動が76%と、近年始まった活動が多いが、昭和24年から魚つき林の下草刈りを行っている団体もあった。活動頻度は概ね年1回であるが、県単位で活動を行っているような団体では、場所を変えて年数回活動しているとの回答も得られた。

表 3-4 その他の項目

	参加人数 (人)	植栽本数 (本)	面積 (ha)	活動の概算費用 (円)
総活動数	61	61	49	56
平均値	164	790	0.5	869,605
最大値	660	4,560	2.0	6,314,000
最小値	12	20	0.01	0

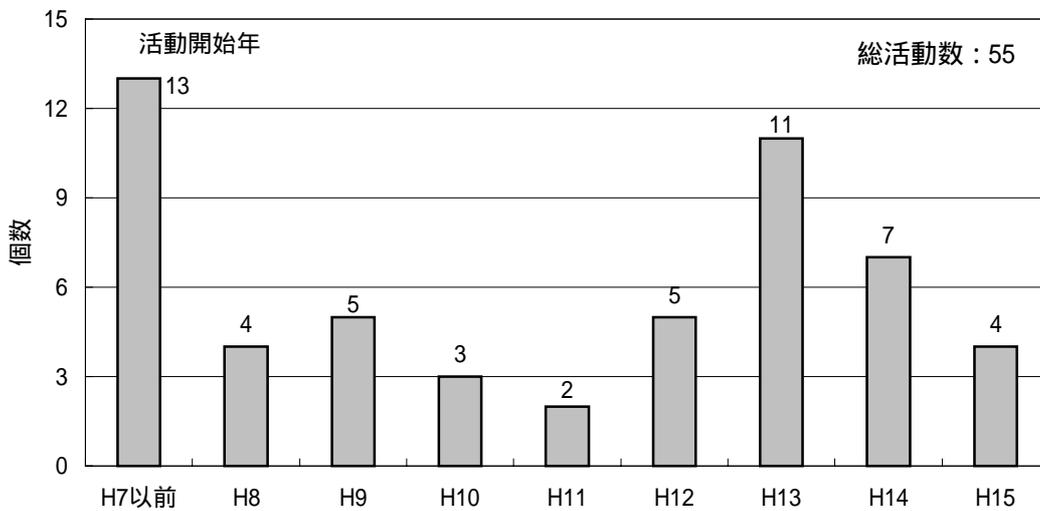


図 3-3 活動開始年

2) 活動の位置づけ及び目的・方針

(1) 位置づけ

活動の自治体・団体の中での位置づけについて27自治体・団体から回答が得られた。以下に主だったものをまとめる。

- ・ 独自事業であったが今後は北海道国土緑化推進委員会の事業として位置づけされる。
- ・ 市総合発展計画のなかでH13～H22年度の10箇年計画の一つ。
- ・ まちづくり総合計画の中で、町の将来像として10項目ある中の一つ。
- ・ 毎年年次計画をしている事業。
- ・ 漁協女性部活動の一部。
- ・ 漁連指導事業の公害対策事業として取り組んでいる事業。
- ・ 海と山と川を一つの自然環境として考える、漁業者が育つ事業として位置づけている。
- ・ 漁業資源の繁殖保護事業の中の一つ。
- ・ 漁協青壮年部の推進する「環境保全」において種苗放流、藻場育成と並ぶ活動の一つであるが主催として実施していることもあり活動の主軸である。
- ・ 現状は他団体の活動への協力参加のみである。

(2) 実施目的及び実施方針

活動の自治体・団体の中での実施目的、方針について44自治体・団体から回答が得られた。以下に主だったものをまとめる。

< 目的 >

- ・ 自然豊かな山と海を育てていくことや森林資源の回復を目的とする。
- ・ 漁業振興の一環と漁場環境の保護。
- ・ 広葉樹の保護・育成、漁場への濁流流入防止。
- ・ 魚つき林保護のため。
- ・ 海の重要性を町民に認識してもらうこと。
- ・ 緑化による河川の清流化およびサケ・マスの河川遡上効果が得られること。

< 方針 >

- ・ 活動を継続する。
- ・ 流域一丸となり森林の保全を目指す。

3) 活動の効果について

活動を行ったことによる効果について図 3-4に示す。

活動による「効果はみられていない」という回答が44%、「分からない」という回答が43%であり、「定量的データとして効果がみられた」や「感覚的に効果がみられた」の回答率を大きく上回った。と回答した要因として「市内河川の水質環境基準タイプのランクがあがった」、「鮭の遡上数が増加した」という回答が得られた。

また、「効果はみられていない」とした要因について図 3-5に示す。

と回答したうちの78%が「a.活動を開始して間もないため」としており、44%が「b.小規模な活動のため」としていた。また、その他(c、d)の具体的な要因として、「水温の上昇」や「河川水の流量の減少」との回答が得られた。

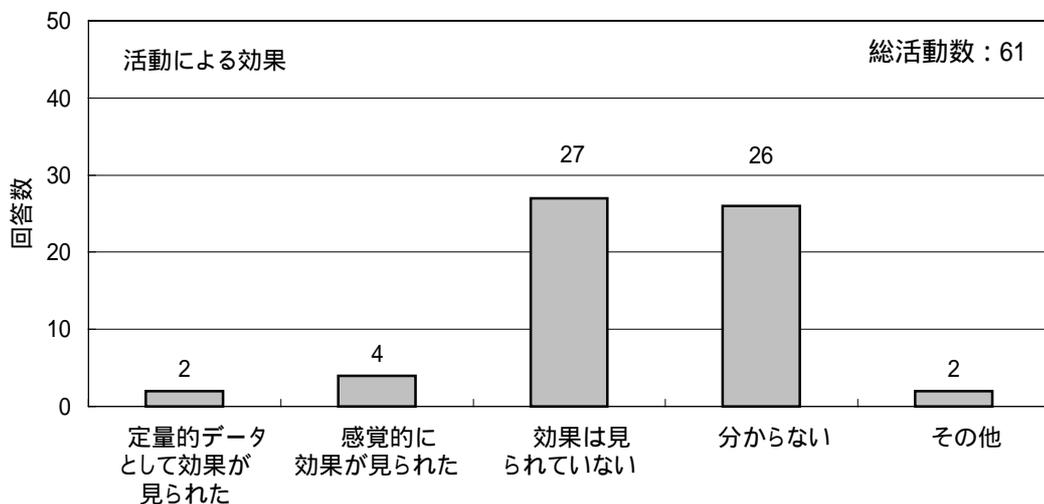


図 3-4 活動の効果

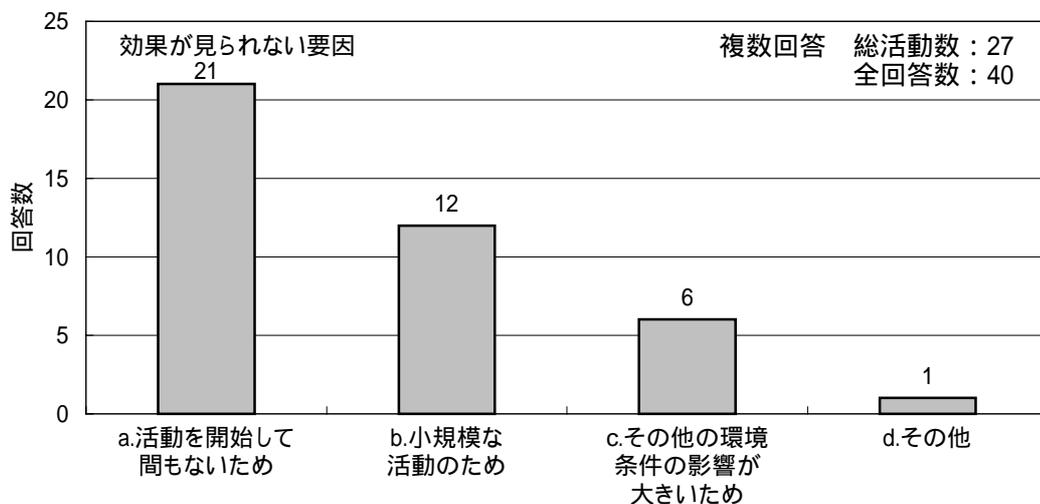


図 3-5 効果がみられない要因

4) 活動における問題点や課題

活動における問題点や課題について図 3-6に示す。

活動における問題点・課題として最も多かったのが「植樹した樹木の維持管理に人手や手間、費用がかかること」であり、45%が問題点としてあげた。また、それぞれ約30%が「活動費用の確保が困難」、「活動の準備・手配等に人手や手間がかかる」をあげており、とあわせると活動前の準備から後の維持管理まで費用や人手がかかることが問題点・課題として多くあげられた。また、「その他」として、「今後の植栽地が見つからない」、「市町村有林でないと植樹が難しい」との回答もあった。

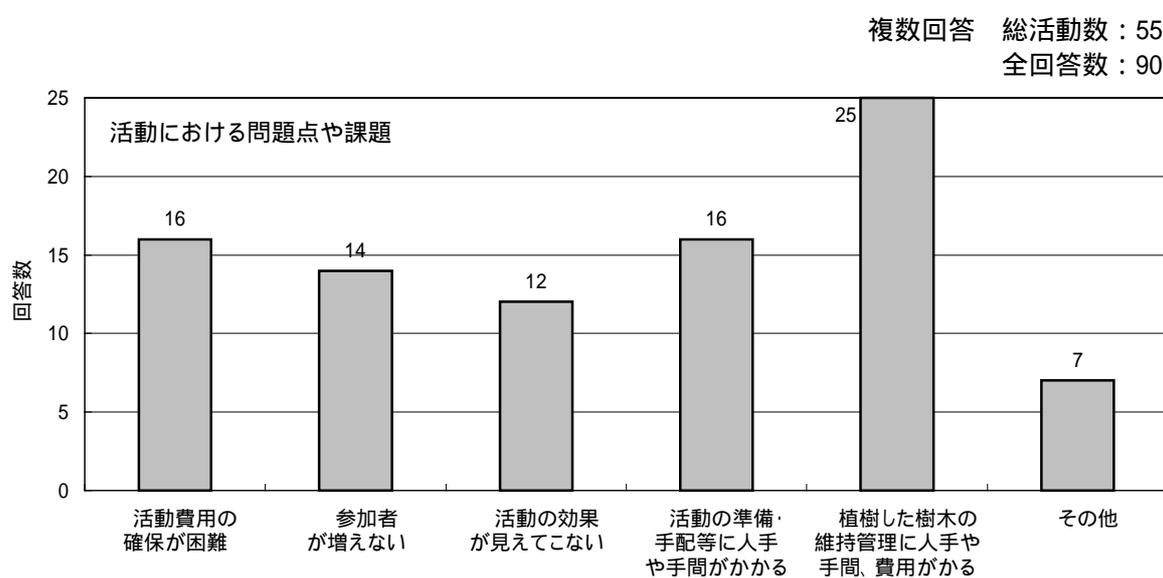


図 3-6 活動における問題点や課題

5) 良好な漁場海域環境を形成・維持する上での森林・河川の役割

< 森林 >

森林が良好な漁場海域環境の形成・維持に果たす役割について図 3-7に示す。

森林の役割として83%が、「水産動物の生育・生息に寄与する成分や元素の供給機能」をあげた。「森林の保水機能」、「森林の土砂供給機能」はそれぞれ62%、57%であった。また、「その他」として、「河川水の水温の安定化」があげられた。

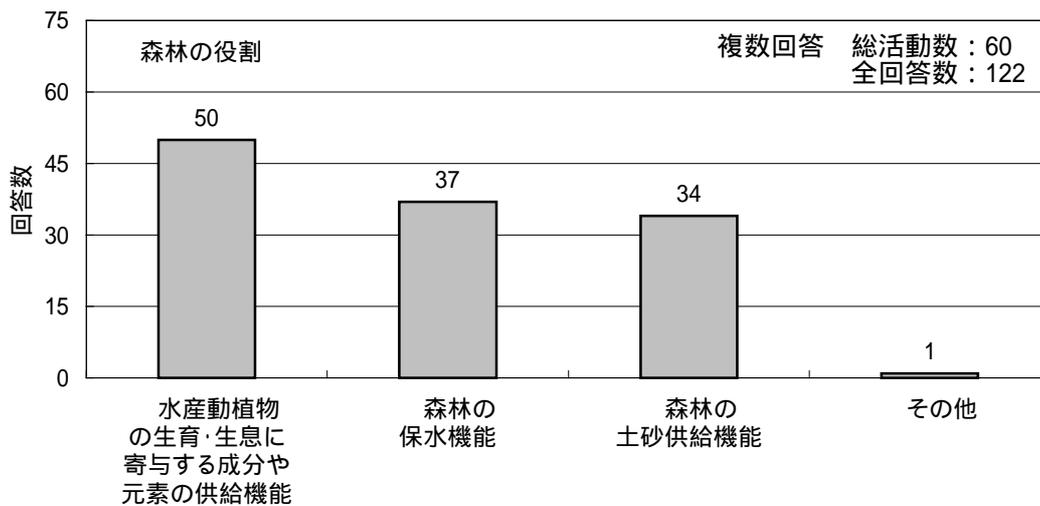


図 3-7 森林の役割

< 河川 >

河川が良好な漁場海域環境の形成・維持に果たす役割について図 3-8に示す。

河川の役割として87%が、「森林から供給される成分等を海域に送り出す機能」と回答した。

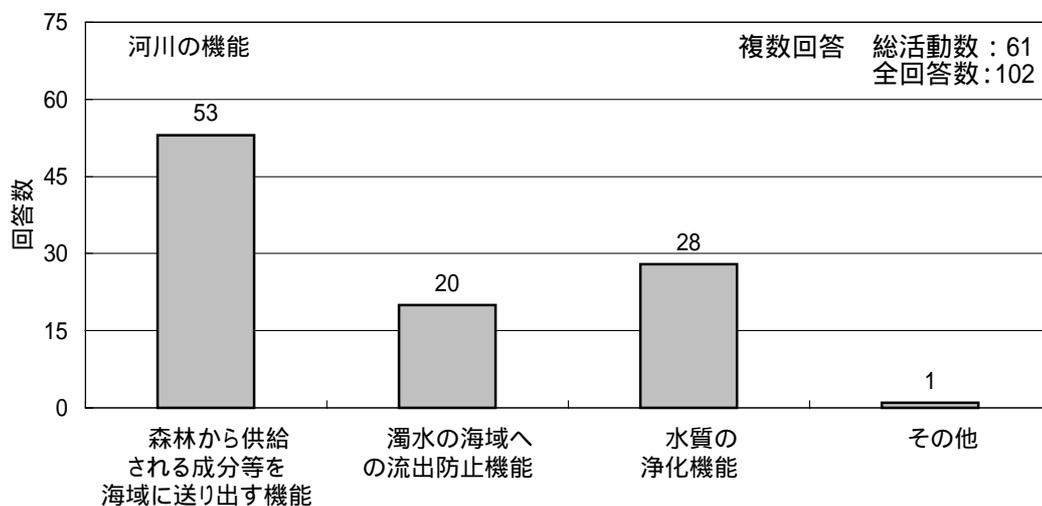


図 3-8 河川の役割

6) 今後の活動方針

今後の活動方針について46自治体・団体から回答が得られた。以下に主だったものをまとめる。

- ・ 今後も活動を継続していく(多数)
- ・ 植樹から育樹へ、活動の展開を図る。
- ・ 植樹祭、植樹活動をレクリエーション的な活動とし、特に子供が積極的に参加するイベントとして発展させる。
- ・ 他団体における植林、間伐、下草刈り等のボランティア参加。
- ・ 植栽活動を年2回に増やす。
- ・ 小中学校の「総合的な学習の時間」等を利用し、青少年に自ら森林について学ぶことのできる場所の整備を図る。
- ・ 一般県民への普及。

7) 森・川・海のつながりに関する意見・考え

森・川・海のつながりに関する意見や考えについて20自治体・団体から回答が得られた。以下に主だったものをまとめる。

- ・ 森を育てることが、河川の浄化、土砂の流出を防ぎ、川を育て豊かな海づくりには欠かせないものと思います。広い視野で言えば、地球の温暖化の抑制にもつながり、内水面及び海洋資源の確保に期待するものです。
- ・ 森林が少なければ川は土砂を海に流すだけのやっかいなものになるが、木があることにより森林で蓄えられた栄養分を海へ供給する重要なものになる。
- ・ 森林の整備により保水・飛砂・水産動植物の生息・生育に寄与することにつとめたい。
- ・ 漁業者だけの特典となる恵みでなく、あらゆる県民が海の自然の豊かさを示す県民共有の財産を失うことなく守り、活性させることに主眼を置き、当事業の継続化を図ってまいりたい。
- ・ 上流・下流の団体が連携した取り組みを行う必要がある。
- ・ 漁業者も山の重要さは認識しているが、高齢化により今後漁業者だけでの取り組みでは難しい。

第2章 森・川・海のあるべき姿の検討

目 次

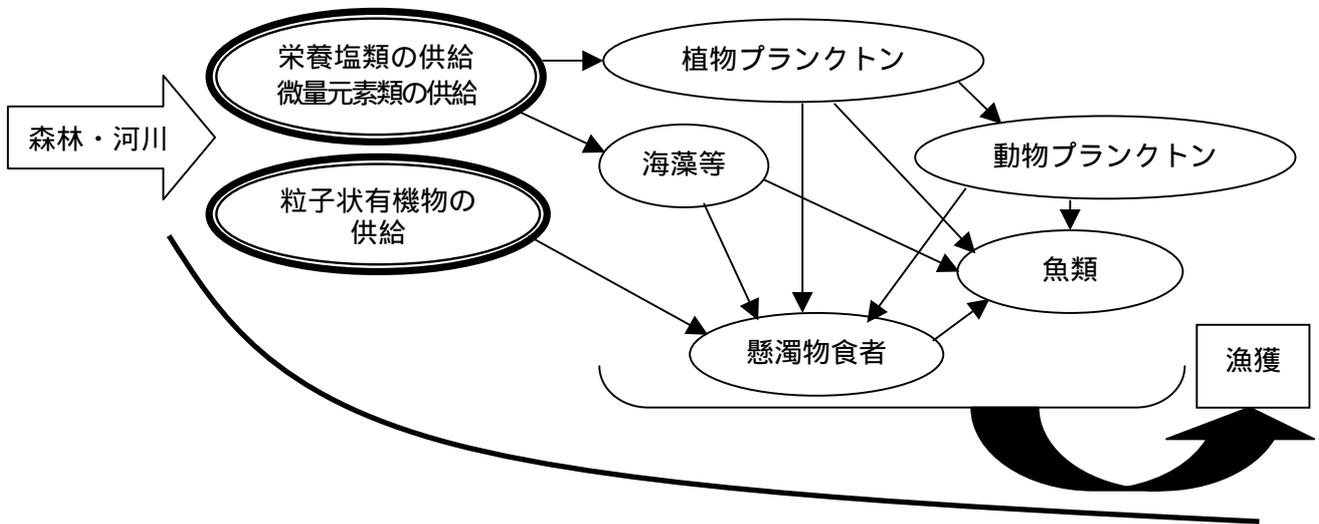
- | | |
|---------------------------------------|-----|
| 1 . 本調査における「良好で豊かな漁場海域環境」の姿 | 132 |
| 2 . 森・川・海全体を通したつながりに係る知見等の再整理 | 133 |
| 3 . 森・川・海の役割・機能、つながりに関する論点の整理 | 148 |

本章では、第1章の森・川・海をつなぐに関する知見の整理結果を踏まえ、これら知見を、森・川・海全体を通じた視点から再整理することにより、漁場海域の健全な生態系を維持・構築するための森・川・海の役割・機能及びそのつながりに係る論点について整理・検討を行った。

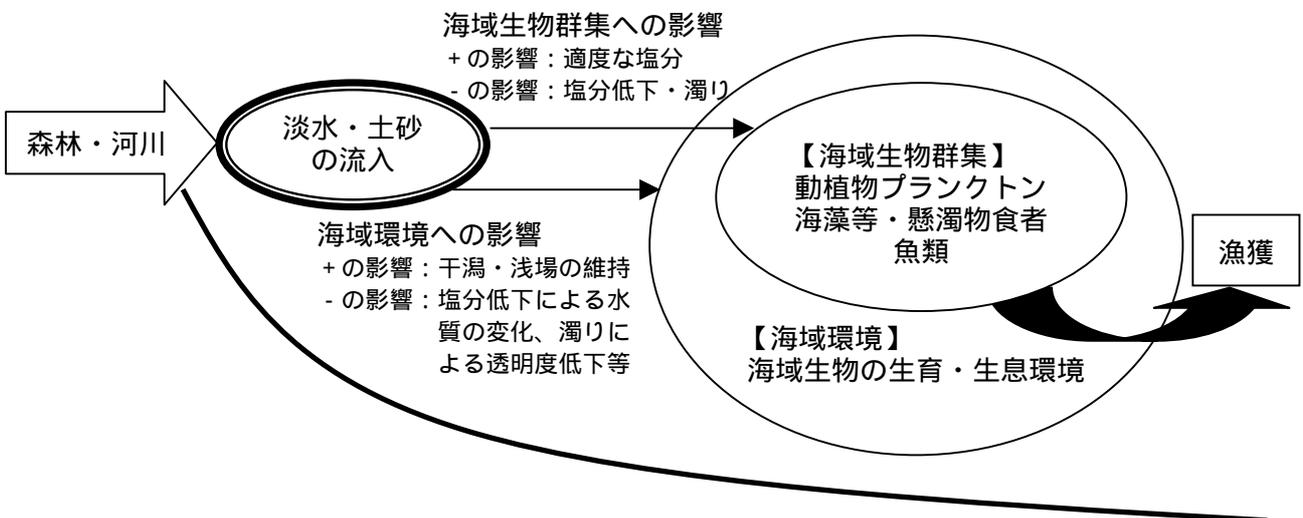
1. 本調査における「良好で豊かな漁場海域環境」の姿

本調査は、良好で豊かな漁場海域環境を創出することを目標として、森・川・海をつなぐの視点から各種の調査・検討を実施するものであり、今回の調査においては、この「良好で豊かな漁場海域環境」の具体的な内容として、次に示すような漁場海域環境の姿を2つ想定した。

姿 : 漁業にプラスとなる海域の生産が維持されていること
 (沿岸漁業が適切に営める海域の生産が維持されていること)



姿 : 漁業にプラスとなる海域生物群集が健全に維持されていること
 (沿岸漁業が適切に営める海域生物群集とその基盤となる海域環境が健全に維持されていること)



2. 森・川・海全体を通したつながりに係る知見等の再整理

1) 既往知見の再整理

第1章で示した既往文献調査結果を基に、共通するキーワードを抽出するとともに、このキーワードに関して森・川・海それぞれの既往知見を横並びに整理することにより、「森・川・海をつながり」に係る事項等を再整理した。

再整理結果は表2.1に示すとおりであり、「森・川・海をつながり」として以下の事項が整理された。

< 栄養・成分等 >

森林から流出した窒素・リン等の栄養塩類や落ち葉等に代表される有機物は河川に流入し、その流下過程において化学的、生物化学的な作用により形態変化を生じながら海域に供給され、海域の生産に寄与したり、海域生物の餌料になったりするなどの機能が挙げられている。また、森林からの河川を通じた珪素の流出は、海域での生産に寄与しているとの研究成果は多い。

その他の微量元素類については、海域での生産に何らかの寄与を与えていること及びその供給源は岩石等によるものであることは明らかであるが、森林の存在とその供給メカニズムとの関係、河川の状況とその流下形態との関係、海域生物への摂取機構及びその定量的な評価などは明らかになっていない。

< 流量 >

保水機能を維持している森林や自然に近い河川は、流量を安定化させる機能を有しており、ある程度以下の規模の出水に伴う一時的な海域への大量の淡水流入を低減し、海域生物の生育・生息への影響を軽減している機能が示唆されている。

< 土砂 >

森林の樹冠・林床植生・落葉等は降雨による地表面の打撃を緩衝し、また、森林土壌は降雨の浸透能が高いといった機構により土砂流出防止機能が発揮されるとともに、河川では土砂の沈降と掃流の繰り返しの伴い、その一部は河床材となり、その他の土砂は下流域へ供給されるという調節機能が示唆されている。これらの土砂の流出防止機能や調節機能が変化することは、沿岸域の地形や粒径の変化につながり、海域生物の生育・生息環境への影響が生じるとともに、濁りを生じるような土砂の流入は海域生物の生育・生息に直接的・間接的に影響を及ぼすことが示唆されている。

< 生物 >

森林・河川における生態系が適切に維持されることで、海域への有機物の供給が安定的・持続的に維持されることにつながることを示唆されている。

また、生活史の中で森・川・海を相互に利用している生物が存在しており、これらのつながり（行き来）を確保することは、森・川・海それぞれの生態系の健全さを維持することにつながる。とともに、これらの生物の遡河等に伴う陸域への物質環流機能によって、栄養塩類等が再度河川から海域に供給されることにより、海域の生産に寄与しているとの示唆がある。

さらには、沿岸漁業は陸域から海域に供給された物質を、陸域に環流する役割を担っているとの考え方も示されている。

表2.1 森・川・海全体を通じたつながりから見た既往知見の再整理結果（1）

キーワード	森林域における既往知見	河川域における既往知見	海域における既往知見	森・川・海のとつながりに係る事項等	
栄養成分等	<p>栄養塩類の供給・調節</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降水により森林に供給される窒素やリンの量は一般的には森林から流出していく量よりも多く、森林に蓄積していく傾向がある。 ・降水が土壌に浸透した過程において、土壌条件が栄養塩類の形態変化に影響を与える。 ・林相の違いによる溪流水質への影響は不明な点が多いが、大規模な皆伐採等によって窒素濃度が上昇することが報告されている。 	<p>栄養塩類の調節</p> <ul style="list-style-type: none"> ・河川を通じて供給される窒素やリンが海域の一次生産に寄与している。 ・河川の流下過程における化学的作用により、物質の形態が変化する。 ・河川の流下過程で付着藻類に取り込まれたり、この付着藻類を摂食する水生昆虫類等に取り込まれて河川内に一時的に貯留されるが、付着藻類の剥離や水生昆虫類の死骸の流亡等により、物質形態を変化させながら下流に流される。 ・森林からの供給よりも、人為起源からの供給の方が大きい場合が多い。 ・河口域では沈降・堆積、溶解等の作用が働く。 ・珪酸は森林から多く流出し、海域や湖沼等での珪藻類の増殖に大きく寄与している。 ・河川上流域では珪酸の濃度は高く、流下に伴い濃度が低下する。 	<p>栄養塩類の供給による生物生産</p> <ul style="list-style-type: none"> ・河水に含まれて供給される窒素・リンが海域の一次生産に寄与している。ただし、沖合からの栄養塩類の供給の方が大きく寄与している場合もある。 ・地下水からの供給もある。 ・栄養塩類が多すぎると富栄養化等が生じる。 ・珪素は珪藻にとって不可欠の物質である。 	<p>森・川・海のつながりに係る事項等</p> <p>森林から流出した窒素やリンは河川に流入し、河川の流下過程でその物質形態を変えながら、海域に供給され、海域の生産に寄与している。森林からの河川を通じたケイ素の流出は海域の生産に寄与しているとの研究成果は多い。</p> <p><留意事項・課題></p> <ul style="list-style-type: none"> ・森林からの供給以外に、人為起源の窒素・リンの影響が大きいケースが多い。 ・地下水からの供給もある。 ・河川からの供給だけでなく、外洋（沖合）からの栄養塩類の供給が大きく影響している場合もある。 	
	元素	<p>元素（ミネラル等）の供給</p> <ul style="list-style-type: none"> ・元素の多くは岩石の風化等によって供給されるため、地質等の影響を強く受ける。 ・岩石の風化等による流出が多いため、森林への流入量よりも流出量が多い傾向がみられる。 ・量的な挙動等の評価は難しい。 	<p>微量元素類の供給</p> <ul style="list-style-type: none"> ・複数の微量元素類が海域での藻類の生育に必要なと言われているが、河川水に含まれる微量元素類が海域の漁場環境に及ぼす量的な研究は少ない。 ・フルボ酸鉄が海域での生産に寄与しているとの研究例はあるが、河川での挙動を含めて研究途上の段階である。 	<p>微量元素類の供給による生物生産</p> <ul style="list-style-type: none"> ・植物プランクトンは微量元素類を必須としており、これら物質は主に河川水や海底堆積物から供給される。微量元素類は沿岸から外洋に向かって濃度が減少する傾向がある。 ・一次生産が鉄によって制限されている海域が存在するとの研究が報告されている。 	<p>微量元素類の多くは海域の生産に寄与していること及びその供給源は岩石等によるものであることは多くの文献で挙げられているが、森林の存在とその供給メカニズムとの関係や、河川での流下形態、海域生物への摂取機構及びその定量的な評価などは明らかとなっていない。</p> <p><留意事項・課題></p> <ul style="list-style-type: none"> ・量的な研究が必要となっている。
	有機物	<p>落下葉等の落下有機物の供給</p> <ul style="list-style-type: none"> ・落下葉等の溪流への供給は、流域に生息する多様な生物のエネルギー源となっている。 ・落下葉のみならず、枝、幹、花、種子のほか、陸上昆虫類も落下し、溪流生態系に有機物資源を供給している。 ・流程の短い河川では、落下葉が河口域の生物の餌料となっている。 	<p>陸起源有機物の供給による生物生産</p> <ul style="list-style-type: none"> ・落下葉、付着藻類の破片や細胞、水生昆虫類の死骸等は、主に河川出水時に流送され、デトリタス食の海域生物に摂食される。 	<p>陸起源有機物の供給による生物生産</p> <ul style="list-style-type: none"> ・落下葉、付着藻類の破片や細胞、水生昆虫類の死骸等は、主に河川出水時に流送され、デトリタス食の海域生物に摂食される。 	<p>森林から流出する落ち葉等に代表される有機物は、河川に流入し、流下に伴って細粒有機物、溶解有機物へと変化し、これらを餌料とする海域生物に摂食される。</p> <p><留意事項・課題></p> <ul style="list-style-type: none"> ・河川の付着藻類の剥離物等も海域生物に摂食される。

表2.1 森・川・海全体を通じたつながりから見た既往知見の再整理結果（2）

キーワード	森林域における既往知見	河川域における既往知見	海域における既往知見	森・川・海のとつながりに係る事項等
流量	<p>流量の安定化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降雨の直接流出量を減少させるとともに、ピーク流量を低減させ、洪水を緩和する機能がある。 ・この機能は降雨が森林土壌に浸透すること等によって発揮される。 ・土壌への浸透能は林齢の高いところほど大きい傾向がある。 ・裸地は森林に比べ、降雨後の流出量の反応が敏感となるとともに、ピーク時の流量が増加する。 	<p>流量の安定化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自然河川では流量を安定的に流下させる機能がある。 ・河川改修等による河道の貯留効果の減少。コンクリート等の人工水路では、水路への流入パターンと海域への出水パターンが同様な波形となる。 	<p>大量の淡水の流入による影響</p> <ul style="list-style-type: none"> ・洪水などにより大量の淡水が一挙に海域に流入すると、海藻草類や移動性の低い底生動物等が死滅することがある。 ・養殖ノリでは、出水による短期間の著しい塩素量低下で病害が激化することがある。 	<p>森・川・海のとつながりに係る事項等</p> <p>森林や河川では流量を安定化させる機能があり、出水に伴う海域への大量の淡水流入を低減し、海域生物の生育・生息への影響を軽減している。</p> <p><留意事項・課題></p> <ul style="list-style-type: none"> ・森林土壌の状況や河川の粗度係数等が流出パターンに大きな影響を与える。
土砂	<p>土砂流出の防止</p> <ul style="list-style-type: none"> ・樹冠・林床植生・落葉等による地表面の雨滴打撃の緩和、地表面の浸透性向上による地表流の抑止等により、土砂の流出を防止している。 ・森林が裸地化した場合や土木工事等が適切に実施されなかった場合には、土砂の流出や濁りを生じることがある。 	<p>土砂の調節</p> <ul style="list-style-type: none"> ・河川内での土砂は、沈降と掃流を繰り返しながら、一部は河床材となり、その他は下流へ流下する。 ・粒径の大きい土砂は上流域にとどまり、粒径の小さい土砂は下流へと流下する。 ・河川改修による河床材料の変化や河川での砂利採取等の影響も大きい。 	<p>土砂の供給とその影響</p> <ul style="list-style-type: none"> ・河川からの土砂供給量の変化すると沿岸域の地形や粒径の変化が生じる。 ・土砂の流入による濁りは、海藻草類の光合成を阻害する。 ・土砂の流入は、海域生物の生息に直接・間接的に影響を及ぼす。 ・藻場は懸濁物の除去能を有している。 	<p>森林では土砂流出防止機能が発揮され、河川では土砂の沈降と掃流が繰り返されながら、下流域に適度な土砂が供給される。土砂の供給機構が変化すると、沿岸域の地形や粒径に変化が生じるとともに、濁りを生じるような土砂の流入は、海域生物の生育・生息に直接的・間接的に影響を及ぼす。</p> <p><留意事項・課題></p> <ul style="list-style-type: none"> ・土砂量だけでなく土砂の質（粒径）も重要な要素である。 ・河川改修等の土木工事や砂利採取等の人為的な影響が大きい。
生物	<p>生物生息環境の提供</p> <ul style="list-style-type: none"> ・樹冠による日光遮断は、高水温に弱いサケ科魚類等の生息を可能としている。 ・森林内から供給される倒流木等は生物の生息環境を提供している。 	<p>河川生態系の形成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・河川生態系として、食物連鎖構造を形作っている。 ・河川内の生物群集が有機物と栄養塩類の貯留と生物循環を促進し、物質やエネルギーの滞留時間を延ばしている。 		<p>森林、河川における生態系が適切に維持されることで、海域への有機物の供給が安定的・持続的に維持される。</p> <p><留意事項・課題></p> <ul style="list-style-type: none"> ・森林・河川での生態系と海域生態系との具体的な関係についての知見は少ない。
	<p>回遊魚</p> <ul style="list-style-type: none"> ・樹冠による日光遮断は、高水温に弱いサケ科魚類等の生息を可能としている。 	<p>回遊魚と物質環流</p> <ul style="list-style-type: none"> ・河川は回遊魚の生息場や産卵場としての役割を担っている。 ・サケ等は陸域への栄養塩類の環流の役割も有している。 	<p>陸域への物質環流</p> <ul style="list-style-type: none"> ・遡河性魚類、水鳥、漁業等による海域から陸域への物質環流が存在する。 	<p>生活史の中で森・川・海を利用して生息している生物が存在し、これらの生物の行き来に伴い物質環流が促進され、ひいては海域の生産に寄与している。また、沿岸漁業は陸域への物質環流の役割を有している。</p> <p><留意事項・課題></p> <ul style="list-style-type: none"> ・全生活史に配慮した生息環境づくり。 ・さらなる物質循環・環流の仕組みづくり。

2)研究者への聞き取り調査結果の再整理

第1章で示した研究者への聞き取り調査結果を基に、それぞれの意見等を分類するとともに、代表的な意見を集約・とりまとめることにより、「森・川・海のつながり」に係る事項等を整理した。

(1) 聞き取り調査結果の分類・集約

研究者への聞き取り調査結果により得られた意見等を分類し、代表的な意見を集約した結果は表2.2に示すとおりである。

また、これらの代表的な意見を横並びに整理することにより、「森・川・海のつながり」に係る事項等を再整理した。結果は図2.1に示すとおりである。

表2.2 研究者への聞き取り調査結果の分類と再整理結果(1)

キーワード	代表的意見	まとめ
森林の機能・役割	<p>物質供給</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 森林からの物質供給の違いは、植生以外に、土壌、地下水など種々の要素が影響する。 ➢ 河川水質に及ぼす森林の影響については、森林土壌との関係で考える必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・森林からの物質供給は、森林土壌や植生、地下水等種々の要素が影響する。
	<p>栄養塩類供給</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 森林内での物質循環量は森林内でほぼ完結しており、それに比べれば森林外に出て行く量は僅かである。それが森林伐採などで溶存態の有機物やN,Pの流出が増える。 ➢ 一般に森以外の土地利用が存在し、都市や農地からの負荷が大きい。 ➢ 森林を伐採するとN濃度が増える。これは伐採後数ヶ月から数年続き、落葉落枝等の分解と植物の吸収量の減少が原因である。 ➢ 針葉樹林は広葉樹林と比べて、流出水質ではNO₃-Nの上昇が認められている。 ➢ 森林の存在は栄養を与えて海域生産に寄与するというよりも、緩衝帯として負荷を除き、海に与えるインパクトを減らすという面が大きい。 ➢ 広葉樹林の場合は若齢林と壮齢林とで土壌に大差ないので、そうした森林の違いが溪流の水質に影響するとは考えにくい。 ➢ 広葉樹林と針葉樹林の養分流出量の違いは明らかにされていない。 ➢ 海への物質供給としては、洪水時の影響が一番大きい。 ➢ 日本海側では雪代の影響は大きい。普段は栄養塩類の濃度の薄い水が少量流れており、雪代で濃度の濃い水が大量に流れるので、栄養塩類の絶対量で考えると雪代などイベントがほとんどを占めている。 ➢ SiO₂は地質の影響が大きい。 ➢ 流量の変動幅が小さければSiを安定して供給できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・森林内での物質循環はほぼ完結しており、森林外へはわずかな流出である。 ・都市や農地からの負荷が大きい。 ・森林は栄養を供給するというよりも、緩衝帯として海への影響等を低減する機能が大きい。 ・森林伐採により窒素濃度の増加がみられている ・広葉樹の場合、林齢の違いによる水質への影響は小さいと考えられる。 ・広葉樹と針葉樹とでは養分流出の違いは明らかにされていない。 ・洪水時や雪代の影響は大きい。 ・ケイ素は珪藻に必須の物質であり、その供給源は岩石等である。
	<p>元素供給</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 陸からの栄養供給源の元は岩石である。 ➢ 塩類は地質の影響が大きく、森林の取り扱いの影響は少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・微量元素類は岩石が供給源であり、地質の影響を強く受ける。
<p>落ち葉等</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 森林の役目は落ち葉を確保することである。落ち葉は保水力を持ち、水をろ過する他、微量の栄養物質（鉄やマグネシウム、溶存態の有機物など）を供給している。 ➢ 落ち葉や土が直接栄養供給源になるわけではなく、それらを微生物等が分解した糞が栄養になっている。元となる樹種や地域、微生物等の種類によって森が出す栄養は異なっている。 ➢ 水生生物の多様性をもたらすという点で落葉が関係してくる。溪流に堆積する落葉は大部分が溪畔林に由来するもの。 	<ul style="list-style-type: none"> ・森林の落ち葉は保水性、有機物等の供給等の面で重要。 ・落ち葉や土はそのまま栄養源となるのではなく、これを生物が分解するなどの生物化学的变化により栄養が変わっていくことに留意。 ・特に溪畔林が重要。 	

表2.2 研究者への聞き取り調査結果の分類と再整理結果(2)

キーワード		代表的意見	まとめ
森林の機能・役割	水と土砂の調節	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 日本では降水量が多いので、森ができる。そして降水量が多いので、洪水による出水と土砂をコントロールするために森が必要である。日本における森の一番の効用は出水と土砂のコントロールである。 ▶ 森林の機能で重要なのは保水機能、つまり砂、土、水のコントロール機能である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 森林は水と土砂のコントロール機能を有しており、この機能が最も重要。
	水量の調節	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 森があると川の流量が安定するという働きがある。出水時と渇水時の流量の変動幅が大きいと、海水の塩分も大きく変動するため、海生生物のストレスとなる。 ▶ 降雨時の流出特性については、保水性の観点から土壌構造に着目する必要がある。保水性が高い土壌の団粒構造の維持には、有機物や生物が係わっており、健全な生態系に欠かせない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 森林土壌の団粒構造等による保水性の高さが流出水量を安定化させる。
	土砂の調節	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 森の機能は濁りを海に出さないことが最も大きい。特に川が小さい場合は影響が大きい。 ▶ 漁業海域に及ぼす森林の影響として、土砂流出の問題が大きい。かつて大面積皆伐が行われたときは崩壊をもたらした土砂発生源となることが多かった。 ▶ 現在、森林内で土砂発生源となるのは、間伐が行われていないスギ・ヒノキ林地が第1に上げられる。森林からの土砂の流出は針葉樹林地と広葉樹林地との違いといったことよりも、森林の荒廃という視点で見ていく必要がある。 ▶ 林道工事の影響は間伐の問題よりも大きい。林道路面、法面工事に十分な注意を払わないと土砂の流出で降雨のたびに川が濁る状況が数年間続く。 ▶ 溪畔林は土砂流出抑止などの面で重要な役割を果たしている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 森林は土砂流出防止機能を有しているが、皆伐、森林の荒廃、林道工事等により土砂が流出する。 ・ 森林調整伐等の森林整備を適切に行うことが重要である。 ・ 溪畔林は土砂流出防止機能としても重要な役割を持っている。
	溪畔林・河畔林	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 河畔林は、土砂流出の抑止、水質浄化、生物相の多様性創出などの機能をもっている。河川や沿岸域への影響は斜面林に比べて大きい。河畔林の問題では、河畔林を何処にどの様な規模であればどのような効果があるかといった配置の問題を考えていく必要がある。 ▶ 河畔林が広葉樹の場合、生産量は高い。 ▶ 川から離れた森の奥の方よりも、河畔林が重要と考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 河畔林は、土砂流出防止のほか、水質浄化、生物相の多様性創出機能を有しており、河川・海域への影響は斜面林より大きい。

表2.2 研究者への聞き取り調査結果の分類と再整理結果(3)

キーワード		代表的意見	まとめ
河川の機能・役割	生物生産	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 川における付着藻類の生産量は流速など多様な環境要因と大きく係わってくる。 ➢ 川の「肥沃さ」は、流れのスピードと含まれる栄養分による部分が多い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 付着藻類の生産には多様な環境要因が関係している。
	物質	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 風蓮湖に流入する河川の土地利用と水質の関連について、護岸率が高いと窒素が高く、湿地に接している割合が高いと窒素が低いという。 ➢ 河川内の湧水をコンクリートで固めないことが重要。これにより浄化作用が保たれる。 ➢ 融雪期に水が多く流れ、秋とは変わるはずである。融雪期の場合1日の中でも水量は変わり、午後3時頃がもっとも多くなる。雨が降っても濃度は変わり、降雨により濃度が下がるものもあるが、流量が増えるので、負荷量としては増える。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 河川が湿地に接している割合が高い場合には窒素濃度が低くなっている。 ・ 河川の浄化作用が保たれることが重要。 ・ 融雪や洪水等の影響により濃度や負荷量は変化する。
	落ち葉等	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 落ち葉の形のままで海に流れていっても生物は利用できない。河川の上流部には落ち葉を砕く生物が必要である。 ➢ 河川は物質を生物の使いやすい形に変えていく働きがある。落ち葉そのものは炭素が多く、大きくて生物には使いづらいが、川の源流域は落ち葉を貯留して、ヨコエビや水生昆虫がそれを砕くことで粒子状有機物や溶存有機物の供給源となっている。 ➢ 河畔林の状況とともに、川の中で落ち葉を貯留できる空間の大きさも、有機物の供給量に関係している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 河川・海域への有機物の供給源として落ち葉は重要である。 ・ 河川の流下に伴い落ち葉を生物が利用しやすい形に変えていく生態系がある。
	流量の調節	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 氾濫原を広く確保することにより、瀬、淵の健全性も保たれるし、海に対しても洪水調節の機能がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 瀬・淵の健全性の保たれた河川は洪水調節機能を有する。

表2.2 研究者への聞き取り調査結果の分類と再整理結果(4)

キーワード		代表的意見	まとめ
河川の機能・役割	土砂の調節・供給	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 流域内から土砂を供給することが必要である。 ➤ 森・川・海のつながりには土砂の供給という側面が大きい。過度な土砂供給は生物生産に影響を与えるが、適度な土砂供給は生物生産にプラスに働く。 ➤ 河川形態を復元することが望ましい。ダムの下流では、礫の供給が止まるので下流に礫を供給するなどの方策が必要と考える。また、流況が安定して微細粒子が溜まるのでこれを洗い流すフラッシュ放流を行うなどの操作が必要である。 ➤ 微細な泥等を含む濁水は河川生態系に影響を与えるが、出水があれば復活する。 ➤ 表層土が河川に流出すると、アユなど卵を石に付着させるタイプの生物では、卵が流れてしまって繁殖できない。 ➤ 河畔林や河口域の湿原が粒状無機物の沿岸への流入のバッファーになっている。 ➤ 土砂供給については、量だけでなく質＝粒径も重要である。比表面積が増えればバクテリアも増える。また、粒径によりベントスの種類が決定する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 過度な土砂供給は生物生産に影響を与えるが、適度な土砂供給は生物生産にプラスに働く。 ・ 表層土が河川に流出した場合には、河川生態系に影響が生じることがある。 ・ 河畔林や河口域の湿原が土砂流入の緩衝帯となっている。 ・ 土砂の供給量だけでなく、その質（粒径）が重要である。
	生物生息空間	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 川の中では落ち葉溜まり（リターパック）は生物生息空間としても、餌料そのものとしても利用されている。ヨコエビや水生昆虫等が観察された。 ➤ 今後は多種の生物にとってそこそこいい環境であり、多様な生物が生息できる環境という観点で河川整備することが望ましい。 ➤ 多自然型護岸の整備では、生物の全生活史で利用する環境を包含する規模で事業を行う必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 生物の生息空間としての河川の役割が重要である。

表2.2 研究者への聞き取り調査結果の分類と再整理結果(5)

キーワード		代表的意見	まとめ
河口域(汽水域)の機能・役割	物質の挙動等	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 淡水と海水の混じった汽水域での物質の挙動(拡散、沈降、堆積、形態変化、生物の摂取メカニズム等)が一つのポイントと考える。 ➤ 汽水域では、河川水に溶存態として含まれていた成分が粒子状・コロイド状となって底泥に沈降・堆積するケースがあり、また、沿岸の底層では嫌気状態となり重金属等が溶出しやすいといった特徴を有しており、このような物質の挙動と生物生産との関係が大きな鍵を握っていると考えられる。 ➤ 沿岸域における微量元素類の収支メカニズムは全く分かっていない状況にある。現状ではN、P、Siの検討しかされておらず、プランクトンの増殖に対して微量元素類がどれだけ効いているのか等は明らかとなっていない。 ➤ 鉄は河口域で沈降するが、河口域は安定しておらず、すぐに巻き上がって海中へ移動する。また、河口域で沈降した鉄が底生の珪藻などに利用されることもある。 ➤ 河川があることによる海への栄養供給機構としては、河川からの直接の供給の他に、河川から沖へ向かう表層流で海水が押し流され、それを補うために底層で岸へ向かう流れが生じるエスチュアリー循環によって、外洋や底層から栄養が供給されるメカニズムがある。 ➤ 陸域と海域の境界の「汽水域」における現象(代謝、貯留や潮汐の影響)の寄与を見落しやすいが、これらに関する知見は少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 河口域(汽水域)では、物質の拡散、沈降、堆積、形態変化等が生じ、これら挙動と生物生産が大きく関係していると考えられるが、知見は少ない状況にある。 ・ 河川水の湾への流入によりエスチュアリー循環が生じ、海域起源の栄養等が供給されるケースがある。

表2.2 研究者への聞き取り調査結果の分類と再整理結果(6)

キーワード	代表的意見	まとめ
<p>海域の機能・役割</p> <p>陸域からの栄養供給と海域での生産</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 海の生物は基本的に海のみ依存しており、陸からの物質供給はプラスの貢献でしかない。森林は土壌から栄養を吸収して、カスを落ち葉という形で、川や、ひいては海に供給している。それに依存した生物が多いということについては否定しないが、「陸(森)が海を養う」という言い方はおかしい。 ➤ 浅海域への栄養供給源としては河川からの流入と沖合からの湧昇がある。河川からの栄養供給は雨期に多く、雨期以外は沖合からの供給割合が大きい。河川からの流入と沖合からの湧昇の割合については、地形によって決まる部分もある。内湾では河川に頼るところが大きい。 ➤ 海では海の栄養塩類があり、そこに川からの栄養塩類が追加される。川からの供給はプラスになることも、過負荷になることもあるだろう。 ➤ 森があるのとないのでは森があったほうがよいのは当たり前。ただし、森による成分等の供給は海藻の生育にとって必須ではない。 ➤ 日本の場合、N、Pに差が無くても、川があるところに海草、海藻の藻場ができる。川の水をウニが嫌うためという原因もあるだろうが、何か他にも影響しているかもしれない。 ➤ 森から海への栄養の供給は一年中起こるわけではなく、雪代(融雪水)などにより栄養ドリンクが供給されるような機構があるのではないか。 ➤ 陸からの物質が海の生産に寄与しているのは間違いないが、単純に多ければよいというものではない。供給量や、対象生物の生活史のどの部分に係わっているのかなどを考慮する必要がある。 ➤ 栄養塩類の量は同じでも、コンスタントに与えるか、スパイク上に与えるかによって、出現する植物プランクトンが異なるという現象がある。ダムによる栄養塩類の貯留はこの意味からも海洋に影響を与えている可能性がある。 ➤ 陸の海に対する具体的な作用として、栄養塩類供給の量と流出モードの制御があげられる。沿岸生態系にとっては、適切な濃度の栄養塩類が大きな変動無く流入することが生産性、特に基礎生産を高く維持することに必要と考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 沿岸域への栄養供給機構として、河川からの流入と沖合からの湧昇があり、内湾では河川に頼る場合が多い。 ・ 河川からの栄養は海からの栄養にプラスとなることも、過負荷となることもある。 ・ 森からの成分等の供給は海藻の生育にとって必須ではない。 ・ 河川のあるところに藻場ができており、何らかの関係があると推察される。 ・ 陸からの物質が海の生産に寄与していると言えるが、単純に多ければ良いというものではなく、対象生物の生活史のどの部分に関わっているかが重要となる。 ・ 栄養塩類の供給モードとして、コンスタントに供給がある場合と、スパイク上に供給がある場合とが存在するが、このような供給モードの違いが海域の生産にどのような影響を与えているかは議論が分かれている。

表2.2 研究者への聞き取り調査結果の分類と再整理結果(7)

キーワード	代表的意見	まとめ
海域の機能・役割	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 河川の栄養供給としてはN、P、Siが重要である。特にSiは森の流量安定化機能により、陸からの供給が安定することが大きい。マークするとすればSiである。外洋ではSiは少ない。 ➢ ダムができて水が溜まると珪藻の繁殖により珪素が取り入れられ、珪藻が沈殿することによって下流への珪素の供給が減少する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ケイ素については珪藻に必須の元素である。
元素の供給と海域での生産	<ul style="list-style-type: none"> ➢ マンガンは生物にとって必須元素であるが、高濃度になりすぎた場合には悪影響を及ぼす。 ➢ 「森はフルボ酸鉄の供給源として重要であり、森が海の生産を支えている」という話をよく耳にするが信用していない。鉄はどこにでもある。鉄が海の生産を規定しているとは考えられない。 ➢ 沿岸域における微量元素類の収支メカニズムは全く分かっていない状況にある。現状ではN、P、Siの検討しかされておらず、プランクトンの増殖に対して微量元素類がどれだけ効いているのか等は明らかとなっていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 沿岸域における微量元素類の収支は明らかとなっていない。 ・ 鉄やマンガンが生物生産を支えているとの説があるが、未解明の分野である。
淡水の流入と海域生物の生息	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 出水時と渇水時の流量の変動幅が大きいと、海水の塩分も大きく変動するため、海生生物のストレスとなる。 ➢ 北海道では融雪水により海域の生産量が上がることから、融雪時や出水時の調査も必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 淡水流入の大きな変動は海域生物にストレスを与える。 ・ 適度な出水や融雪水は海域生産につながる。
土砂供給と海域生物の生産	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 過度な土砂供給は生物生産にマイナスの影響を与えるが、適度な土砂供給は生物生産にプラスに働く。 ➢ 沿岸における濁度は海藻類、海草類、底生微細藻類の光環境に大きな影響を与える。大雨などのイベントで海面が暗くなる頻度が高くなると藻場が深くまで分布できず、基礎生産に影響する。 ➢ 筑後川の中・下流域では砂がとられすぎている。砂がとられすぎるとは海の生産に影響を及ぼす。 ➢ 四万十川では終戦直後から天然のアオノリを収穫しているが、収穫量が近年少なくなっている。この原因として、森が人工林となり、濁りが増えたことがあげられる。 ➢ 土砂と漁場環境の関係の知見はあまり無い。 ➢ 土砂供給については、量だけでなく質 = 粒径も重要である。比表面積が増えればバクテリアも増える。また、粒径によりベントスの種類が決定する。 ➢ 土砂の供給や堆積について量の議論はあるが、質の議論はない。生物にとっては量とともに粒径や空隙などの質も重要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 過度な土砂供給は生物生産にマイナスの影響を与えるが、適度な土砂供給は生物生産にプラスに働く。 ・ 濁り等の発生は光合成を阻害し基礎生産に影響を与える。 ・ 土砂供給が少ないと海の生産に影響を及ぼす。 ・ 濁りが増えると海の生産に影響が生じる。 ・ 土砂と漁場環境の関係の知見はあまり無い。 ・ 土砂の供給について、質 = 粒径も重要である。

表2.2 研究者への聞き取り調査結果の分類と再整理結果(8)

キーワード	代表的意見	まとめ
<p>海域の機能・役割</p> <p>海域生物による有機物等の摂取機構</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ カキやホタテの餌料として植物プランクトンは重要ではあるが、植物プランクトンだけではない。底生の珪藻がまきあがったものを食べているという研究もあるし、厚岸ではむしろ海起源のPOM(アマモの分解物など)が重要である可能性がある。 ▶ カキは植物プランクトンを主な餌としているが、トリプシンを含む動物プランクトンや卵も消化する。デトリタスも食べる。 ▶ プランクトンの種類でカキの味は左右されると思うのでブランド化は可能だが、一般にこのプランクトンがよい、などとは言えない。プランクトンの研究者も、どのようなプランクトンがカキに食われるかといった研究はしていない。 ▶ 落ち葉そのものは炭素が多く、大きくて生物には使いづらいが、生物が砕くことで粒子状有機物や溶存有機物の供給源となっている。二枚貝などは細かく砕かれた落ち葉や、溶存有機物を栄養に集まった微生物などを餌とできる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ カキやホタテは様々な餌料を摂取している可能性が高い。 ・ カキが摂取するプランクトンの種類などの研究はない。 ・ 陸起源の落ち葉等による粒子状有機物や溶存有機物等が餌料となっている可能性がある。
<p>海域生物による元素等の摂取機構</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 海洋中にコロイド状で浮いている鉄はたくさんある。シャットネラ等の植物プランクトンは粘液(タンパク質を含んだヌルヌル状の粘液)で包まれており、この粘液はコロイドと親和性があるため、プランクトンの表面の粘液でこれらの鉄を捕捉し、利用できるはずである。 ▶ ダムが鉄をためて植物に利用されにくい形にする、という話もあるが、鉄はそこら中にいくらでもあるため、鉄の不足を心配する必要はない。 ▶ 海藻やプランクトンの生長は、N、Pの供給に制限される部分が一番大きい。微量元素類は考慮する必要はない。 ▶ フルボ酸そのものは毒である。磯焼けの原因はフルボ酸の減少によるサンゴ藻の増加ではない。水温が下がり、藻食者(ウニ)さえいなければ、サンゴ藻の上にも海藻は生える。 ▶ 藻場の藻類、アマモ類は溶存物でない取り入れることはできないが、その表面の粘液等によって懸濁物質を付着させてSSや余分な物質を減らすことで、海の生物の味が良くなるといった機能も挙げられるのではないかと。 ▶ 珪素が少ないと珪藻が少なくなること、遊泳力を持つ渦鞭毛藻は貧栄養に耐えられることなどから、植物プランクトンの構成は栄養状態の指標となる。有明海では窒素が制限要因になっており、窒素が減少すると渦鞭毛藻が増加していた。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 植物プランクトンは海水中の鉄を摂取する機能を備えており、陸域からの鉄の供給には依存しない。 ・ 海藻やプランクトンの成長は窒素やリンの供給に制限される部分が大きく、微量元素類の存在は考慮する必要がないとの説がある。

表2.2 研究者への聞き取り調査結果の分類と再整理結果（9）

キーワード		代表的意見	まとめ
全般	回遊魚等	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 川と海をつなぐ回遊魚については、魚道の整備等をはじめ、もう少し取り組んでもよいのではないか。 ➢ 河川で流下した生物は再び上流へ戻らなければ再生産されないが、河口域の生物でその機構が明らかにされているものは少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・回遊魚等の川と海とを行き来する生物を考慮する必要がある。
	物質循環・環流	<ul style="list-style-type: none"> ➢ “物質循環の流れを太く長くなめらかに”がキーワードとなる。生産性を上げつつ生物多様性を保つようにするのが重要である。 ➢ 都市から川を通じて供給される有機物質はアサリやカキに化けさせ、無機物質は海藻に化けさせ、N、Pを再び人の利用できる形にする。陸から海に入った物質を陸に戻してやることのできる沿岸漁業は、物質循環に貢献するすばらしい力を持っている。 ➢ カキの餌となるプランクトンの栄養は、現在は下水などが主な供給源であり、汚い海をカキやホタテが浄化している。このような浄化機能を物質循環として捉え、確保していくことが重要である。 ➢ 今の自然は里山的であり、人の手をうまく加えることが必要となる。その際に、人間にとって役に立つかという視点に追加して、物質循環の担い手として、人の手が河川のために役立っているかという視点が必要である。 ➢ 漁獲やサケの遡上を含めた海から陸へ、陸から海への循環を考慮する必要がある。 ➢ 生物による浄化を評価する場合、ろ過量だけではなく、漁業や鳥類による取りあげを考える必要がある。三番瀬ではスズガモが漁業に匹敵するほど海から陸への持ち上げを担っていた。 	<ul style="list-style-type: none"> ・森・川・海を通じた“物質循環の流れを太く長くなめらかに”していくことが重要。 ・カキやホタテなどは下水などを浄化していると考えられ、このような浄化機能を物質循環として捉え、確保することが重要。 ・人の手をうまく加えてやることが重要。 ・漁業や遡河性魚類、水鳥等による物質の環流等に注目する必要がある。

【 森林 】

【 河川 】

【 河口域 】

【 海域 】

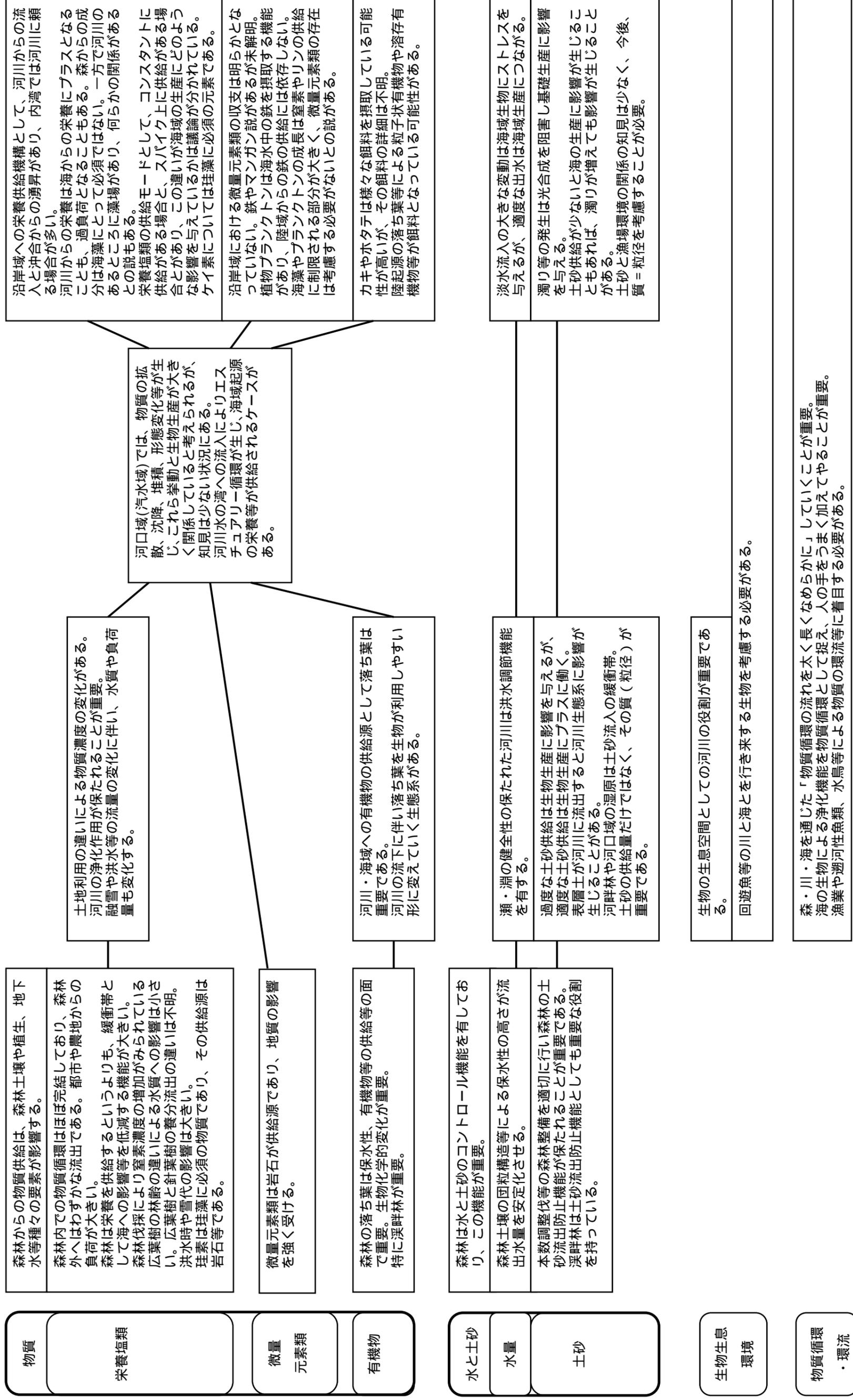


図2.1 研究者への聞き取り調査結果から得られた「森・川・海のつながり」に関する事項等の整理結果

3. 森・川・海の役割・機能、つながりに関する論点の整理

以上の既往知見の整理結果及び研究者聞き取り調査結果の整理結果を踏まえ、「森・川・海の役割・機能、つながり」についての論点を整理するとともに、この論点に対する既往知見や意見等及び不明な事項等について総合的にとりまとめを行った。

1) 森林・河川からの物質の供給による海域生産への寄与について

論点1 森林・河川から供給された栄養塩類は、海域の生産に寄与しているか？

【論点に関する既往知見や意見等】

森林内での物質循環はほぼ完結しており、この循環から系外に流出する窒素やリンが存在しているとの説が大勢を占めている。これらの窒素やリンは森林生態系の有する調節作用を受けながら安定的に河川に流入するとともに、流下に伴う化学的、生物化学的作用により、その形態を変えながら海域に流出し、特に内湾等では一次生産に寄与していることが示唆されている。

ただし、森林からの流出量に比べ、流域（都市や農地等）からの人為起源の窒素・リンの河川への流入量が上回っている場合が多く、このようなケースでは海域が富栄養化するなど、漁場海域環境にマイナス影響を与えたとの指摘も多い。このため、人為起源の負荷を低減する必要性があることや、河川では、流入してきた人為起源の窒素・リンの調節機能が発揮されることが重要であるとの指摘がある。また、森林伐採等によって窒素の流出量が増加すること等も指摘されている。

また、海域の生産が、森林・河川から供給される栄養塩類に大きく依存しているとの意見がある一方で、海域の生産は基本的に海に依存しているという意見もあるが、一般的には、河川からの供給と沖合からの湧昇による供給の二つが挙げられており、雨期や内湾等の場合には河川からの供給割合が高く、雨期以外や外海に面している場合には沖合からの供給割合が大きいと言われている。

なお、珪素については、珪藻にとって不可欠の物質であり、海域の一次生産への寄与は多くの研究者が認めており、その安定的な供給メカニズムは森林の持つ流量の安定化機能に関係していることが示唆されている。

【不明な事項等】

- ・ 出水時や融雪時の栄養塩類の供給が重要な役割を占めているとの研究成果は多いが、この供給メカニズムと海域生産との定量的な関係等についての知見は少ない。
- ・ 河川の流下過程において、窒素やリンが化学的な形態変化を生じたり、付着藻類や底生動物等に取り込まれたり、さらには生物の死骸等から無機化するなどのメカニズムが言われているが、その定量的な評価等については知見が少ない。
- ・ 流域からの人為起源の窒素・リンの流入量とその海域生産との関連・寄与度など、定量的

な知見は少ない。

- ・ 栄養塩類の海域への供給機構として、地下水の役割を重要視する指摘はあるものの、その定量的な研究成果や知見は乏しい状況である。
- ・ 珪素は岩石等の風化に伴って流出するが、地質とその量的な挙動との関係、流出過程における物質形態等についての定量的な研究成果等は少ない。

論点2 森林・河川から供給された微量元素類は、海域の生産に寄与しているか？

【論点に関する既往知見や意見等】

植物プランクトンは微量元素類の多くを必須としており、また、微量元素類は陸域では岩石等に含まれることから、森・川・海をつながりを通して微量元素類が海域に供給され、海域生産に何らかの影響を与えていることが示唆されているが、その具体的な生物摂取機構や定量的知見は乏しい状況にある。

特に、鉄については、森がフルボ酸鉄の供給源として重要であり、フルボ酸鉄の供給が海域の生産に大きく関与しているとの説が有名ではあるが、一方で、鉄が海の生産を規定しているとは考えられないとの意見が多い。また、マンガンについても生物の必須元素であるとの共通認識はあるものの、このマンガンが海域の生産を規定しているという説には否定的な意見が多く、これら微量元素類と海域生産との関係については未解明の分野と考えられる。

【不明な事項等】

- ・ 各種元素は岩石等の風化に伴って流出するが、地質とその量的な挙動との関係、流出過程における物質形態等についての定量的な研究成果等は少ない。
- ・ 微量元素類の多くは河口域で複雑な挙動を生じるとの意見があるものの、その具体的な挙動や収支等については明らかとなっていない。
- ・ 海域生物に摂取されていることは明らかであるが、その摂取機構や摂取される物質、量的な評価等については明らかとなっていない。

論点3 森林・河川から供給された有機物は、海域の生産に寄与しているか？

【論点に関する既往知見や意見等】

森林（特に溪畔林・河畔林）での落ち葉等の溪流への供給は、森林域を含め下流域の生物のエネルギー源となっており、森林生態系や河川生態系を支え、海域生産に寄与していることが多くの研究者により指摘されている。河川においてはその流下過程において、水生昆虫等が落ち葉を利用することにより有機物の形態変化（細粒化、溶存化）が生じ、海域の生物にとって利用しやすい形態となって供給されているとの研究成果がある。

また、河川の付着藻類等も剥離して、海域生物の餌料となっていることが推定されている。一方で、カキやホタテなどは、植物プランクトンのほか、海起源の底生の珪藻やアマモの分解物等を摂食しているとの知見もあり、海域の生物生産を支えているのが陸起源の有機物だけではないことを指摘している知見もある。

【不明な事項等】

- ・ 海域生物が、海域由来の有機物と陸域由来の有機物をどの程度の割合で利用しているかについての定量的な知見は少ない。
- ・ 河川の流下に伴う形態変化（細粒化、溶存化）に関する定量的知見は少なく、また、これら形態変化が海域生物の利用にどのようにプラスとなっているかといった研究成果は少ない。
- ・ 溪畔林・河畔林の状況と河川への落ち葉等の供給量の関係、河川の中に貯留された落ち葉等の量とその流出量との関係等に関する研究成果は少ない。

2) 森林・河川の水量・土砂の調節機能による健全な海域生態系の維持について

論点4 森林・河川から流出する水量が安定することは、健全な海域生態系の維持に寄与しているか？

【論点に関する既往知見や意見等】

洪水などにより大量の淡水が一挙に海域に流入することは、淡水に弱い海域生物等の死滅やストレスの蓄積等を引き起こすとの研究者の指摘がある。一方で、適度な出水が海域に良い影響を与えているとの指摘もある。

森林では、林齢の高いところほど土壌への浸透能が高く、また、裸地は森林に比べて、降雨に対する流出量の反応が敏感となって、ピーク時流量が増加することなどが既往知見として得られている。また、河川においては、河川改修等により河道の貯留効果が減少しているという指摘もあり、森林や河川による水量の安定化機能の発揮は、健全な海域生態系の維持に寄与しているとの指摘がある。

【不明な事項等】

- ・ 年間を通じた海域への淡水流入量の変化と海域生物の生息・生産の変化状況との定量的な関係は明らかとなっていない。
- ・ 塩分の低い環境に適応した生物等を含めた海域生物の淡水に対する許容範囲等についての定量的な知見が不足している。

論点5 森林による土砂流出防止機能は、濁りの発生を抑制し、健全な海域生態系の維持に寄与しているか？ また、流域からの土砂の適度な供給は健全な海域生態系の維持に寄与しているか？

【論点に関する既往知見や意見等】

森林は土砂流出防止機能を有しており、この機能は海域での濁りの発生抑制に寄与し、健全な海域生態系の維持や光合成が確保されることで、ひいては海域の生産に寄与しているとの指摘が多い。

特に森林が裸地化した場合や、土木工事等が適切に実施されなかった場合には、土砂流出防止機能は低下し、海域等で濁りを生じさせる大きな要因となっている等の指摘が多く得られている。

一方、森林・河川からの適度な土砂の供給は、河川・沿岸域の地形や底質の粒径を保ち、健全な河川生態系や海域生態系の維持に寄与することを示唆している研究者も多い。

特に河川改修による河床材料の変化や河川での砂利採取等は、土砂供給量に大きな影響を与えるばかりではなく、土砂の粒径分布の変化にも影響を及ぼすことが示唆されている。

【不明な事項等】

- ・ 海域における濁りと生物生産の関係については一部で研究成果が得られているが、森林が裸地化した場合や、土木工事等が適切に実施されなかった場合における海域への土砂流出量と、これによる海域での濁りの増加量等の関係に関する定量的なデータが不足している。
- ・ 年間を通した海域への土砂供給の必要量や、土砂の質（粒径）に関する定量的な知見が不足している。

3) 森林・河川生態系が適切に維持されることによる海域の生産への寄与について

論点6 森林・河川生態系が適切に維持されることは、海域の生産に寄与しているか？

【論点に関する既往知見や意見等】

森林生態系や河川生態系が適切に維持されることにより、森林や河畔林からの落ち葉等の有機物の供給が可能となるとともに、水生昆虫などの河川生態系による有機物の形態変化作用が維持され、海域生物が利用しやすいような有機物の安定的・持続的供給が可能となり、ひいては海域の生産に寄与しているとの意見がある。

【不明な事項等】

- ・ 森林・河川生態系と海域生態系との具体的・定量的な関係についての知見が不足している。

論点7 動植物の存在や水産資源の収穫は、海域の生産に寄与しているか？

【論点に関する既往知見や意見等】

森林では、河畔林の樹冠による木陰の存在により高水温に弱いサケ科魚類等の生息を可能としているとともに、河川そのものは回遊魚の生息場や産卵場としての役割を果たしているとの指摘があり、これら回遊魚の遡河に伴う陸域への物質環流機能によって、栄養塩類が再度森林・

河川から海域に供給されることにより、海域の生産に寄与しているとの指摘が多い。この物質環流の過程においては、熊や大型鳥類等による遡河してきた回遊魚の陸上への持ち込み、回遊魚に含まれる成分等のヤナギ等の植物体による固定など、多様な動植物が関与しているとの研究成果が示されている。

また、海域で採餌した水鳥等の移動や沿岸漁業による陸域への物質環流機能に関しても多くの研究成果が示されており、特に沿岸域に蓄積し飽和状態となった栄養塩類の物質を除去することは新たな海域生産の促進に寄与できるとの指摘がある。

【不明な事項等】

- ・回遊魚等の動植物、沿岸漁業等による物質環流量の定量的な評価、物質環流と海域生産との関係等について定量的な知見は少ない。

第3章 モデル地域における現地調査

目 次

1 . 概要	154
1.1 現地調査の考え方	154
1.2 現地調査の調査項目	155
2 . モデル地域の抽出	156
2.1 モデル地域抽出の考え方	156
2.2 モデル地域の抽出	156
3 . モデル地域の状況	159
3.1 モデル地域の概況	159
3.2 森林域の状況	161
3.3 河川域の状況	177
3.4 海域の状況	212
4 . 現地調査	225
4.1 概要	225
4.2 現地調査結果	233
1) 調査日までの気象	233
2) 水質調査結果	234
3) 底質調査結果	311
4) 森林土壌調査結果	314
5) 底生動物調査結果	322
6) 付着藻類調査結果	330
7) 藻場等目視観察調査結果	336
8) A G P 試験	348

1. 概要

1.1 現地調査の考え方

モデル地域における調査は、当該流域に係る既存資料・既存データ等の収集・整理を行うとともに、流域全体を踏査した上で、「森林」、「河川」、「海域」においてそれぞれ現地調査を実施した。

調査項目の設定にあたっては、次の考え方に基づき、検討・設定を行った。

森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場海域環境の創出方策を検討するにあたっては、森・川・海のつながりからみた「森・川・海のあるべき姿」と「そのつながりを評価する項目」を整理し、その評価項目等についてモデル地域で現地調査を行い、評価を行う計画である。

これを踏まえ、ここでは漁場海域環境のあるべき姿（良好な姿・豊かな姿）を指標する又はこの姿に寄与すると考えられる森・川・海それぞれの生物に着目するとともに、これに関連する化学的・物理的要素を対象として、モデル地域において調査を実施した。

表 1.1-1 調査項目の設定の考え方

	調査項目設定にあたっての考え方	調査項目
流域 全般	<ul style="list-style-type: none"> 流域全体及び海域の状況を把握するための基礎情報を把握する。 	地域・流域諸元、海域諸元等 流域全体の踏査
森林	<ul style="list-style-type: none"> 良好で豊かな漁場海域環境の形成に寄与すると考えられる森林の状況や森林から供給される成分等を把握する。 森林から供給される成分を摂取・利用し、森林生態系を支えるとともに、その残渣や排泄物等が下流の生物等の生息に寄与していると考えられる底生動物や付着藻類について、その状況を把握する。 	森林の状況（植生・土壌等） 造林、治山事業の状況 生物の生息状況 森林から供給される水質成分等の状況 成分の供給元である森林土壌等の状況 底生動物の生息状況 付着藻類の生育状況
河川	<ul style="list-style-type: none"> 良好で豊かな漁場海域環境の形成に寄与すると考えられる河川の状況や森林・上流から供給された成分等の流下状況を把握する。 森林・上流から供給された成分を摂取・利用し、河川生態系を支えるとともに、その残渣や排泄物等が海域生物等の生息に寄与していると考えられる底生動物や付着藻類について、その状況を把握する。 	河川の状況（河道・取排水・流況） 生物の生息状況 河道等の状況 森林から供給された水質成分等の流下状況と底質の状況 底生動物の生息状況 付着藻類の生育状況
海域	<ul style="list-style-type: none"> 良好で豊かな漁場海域環境の指標と考えられる基礎生産や漁業生産の状況と、それに寄与する成分等の挙動を把握する。 良好な漁場海域環境を指標する藻場・干潟の状況を把握する。 豊かな漁場海域環境を指標する無給餌養殖生物の状況を把握する。 	水質・底質等の状況 藻場・干潟等の状況 漁業生産等の状況 水質成分等及び底質の状況 基礎生産等の状況 藻場等の状況 無給餌養殖生物の状況（聞き取り）

注) : 資料調査 : 現地調査等

1.2 現地調査の調査項目

現地調査の調査項目は、表 1.2-1に示す項目とした。

表 1.2-1 現地調査の調査項目

	資料調査項目	現地調査項目
全般	地域・流域諸元（位置・流域面積、地形・地質、気象、土地利用、人口、産業等） 海域諸元（海岸・湾地形、水深、海象等）	現地踏査
森林	森林面積・分布（広葉／針葉、自然林／人工林等） 植生別面積・分布 森林所有状況・営林状況 保安林等の分布 林野事業等の実施状況 生物生息状況（付着藻類、底生動物、魚類、水辺植生等）	水質調査（栄養塩類、微量元素、その他） 荒廃状況調査（山腹荒廃） 森林・土壌調査（樹種、立木密度、蓄積等、土壌型、理化学性） 底生動物調査（定性・定量調査） 付着藻類調査（定性・定量調査）
河川	本川・支川の位置・延長・面積等 河道の状況（瀬・淵、勾配、河床、湧水、水辺植生等） 取排水状況、河川工作物の状況 流況（水位・流量・流速等） 水質・底質の状況 河川事業等の実施状況 生物生息状況（付着藻類、底生動物、魚類、水辺植生等）	水質調査（栄養塩類、微量元素、その他） 底質調査 河道状況の現地確認調査 底生動物調査（定性・定量調査） 付着藻類調査（定性・定量調査）
海域	水質・底質の状況 藻場・干潟の分布・面積・種類・状況 生物生息状況 漁業実態	水質調査（栄養塩類、微量元素、植物プランクトン等） 底質調査 A G P 試験 藻場等の目視確認調査 漁業者聞き取りによる養殖生物等の成長量等調査

2. モデル地域の抽出

2.1 モデル地域抽出の考え方

本調査は、良好な水産動植物の生息・生育環境を維持する上で、森林から供給される河川水の果たす役割を明らかにし、その成果に基づき、森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場海域環境の創出方策について検討を行うことを目的としている。

このため、この目的を達成するために、特に次の観点を設定・考慮し、モデル地域の抽出を行った。

【観点1】

漁場海域（河口域等）の良好さや豊かさを指標する水産動植物の生息・生育状況等について比較・評価ができる海域（地域）であること

漁場海域（河口域等）の良好さ・豊かさを示す指標が存在・分布する海域であること

例） 藻場が分布する海域

カキ・ノリ等の無給餌養殖を行っている海域 等

【観点2】

森林・河川と漁場海域との関係を明らかにすることができる地域であること

（言い換えれば、森林・河川と漁場海域とが密接な関係にあると考えられる地域）

外部要因の小さい地域であること

例） 人為的な影響の小さい流域

外海の影響が小さい海域（内海・内湾等） 等

森林・河川と漁場海域とが密接な関係にある地域

例） 流域面積が大きすぎず、流路延長も長すぎない流域

河川の影響を強く受けている海域（リアス式の湾形状等） 等

漁場海域環境の状態の相違が森林・河川の状態の相違と比較できる海域であること

例） 森林の林種や施業履歴等の相違がみられる地域 等

2.2 モデル地域の抽出

1) 観点1による抽出結果

観点1によると、カキ・ノリ等の無給餌養殖を行っている主な海域としては、

- ・三陸海岸沿い（宮城県～岩手県）
- ・三重県
- ・瀬戸内海

・有明海 等

が挙げられ、これらの海域では藻場も多く見られている。

2) 観点 2 を加えた抽出結果

観点 1 による抽出結果に観点 2 を加えて検討すると、

(流域)

- ・流域面積が大きすぎず、人為的な影響が小さい流域
- ・人工林率や施業履歴の違いを比較しやすい

(海域)

- ・リアス式の湾形状等を呈している内海・内湾で、河川の影響を強く受けている海域

等の諸条件から、三陸海岸沿い(宮城県～岩手県)が候補として挙げられた。

3) モデル地域の抽出

宮城県から岩手県にかけての三陸海岸沿いには多くのリアス式の湾とそれに流入する河川が分布しており、また、カキ等に代表される豊かな漁場海域環境に恵まれた地域である。なお、宮城県側については、7月頃に多発した地震等の影響により今回は対象外とした。

岩手県側の三陸海岸沿いの主な海域・河川としては、

- ・宮古湾(閉伊川、津軽石川)
- ・山田湾(関口川、織笠川)
- ・大槌湾(大槌川、小槌川、鵜住居川)
- ・釜石湾(甲子川)
- ・大船渡湾(盛川)
- ・広田湾(気仙川)

が挙げられ、このうちカキ等の養殖の状況、人工林率の状況、人為的影響度等を総合的に比較・検討した結果、宮古湾(閉伊川、津軽石川)と大槌湾(大槌川、小槌川、鵜住居川)をモデル地域として抽出した。

宮古湾・大槌湾及びその流入河川の位置等は図 2.2-1に示すとおりである。



図 2.2-1 モデル地域の位置

3. モデル地域の状況

3.1 モデル地域の概況

今回、モデル地域として設定した宮古湾及びこれに注ぐ閉伊川、津軽石川、大槌湾及びこれに注ぐ大槌川、小槌川、鵜住居川について、現時点で得られている情報を整理すると以下に示すような概況にある。

1) 気象の概況

宮古の年平均気温は約10℃で、月平均気温は8月には20℃を超え、1・2月は0℃程度である。また、宮古の年降水量は約1000～1800(mm/year)を推移しており、月降水量の月変動では7～9月に180(mm/month)を超え、12月に最も少ない130(mm/month)程度となる。

2) 海域の概況

宮古湾及び大槌湾は岩手県東岸の中央部に位置するリアス海岸で、宮古湾は面積24.1km²、湾口最大水深76m、大槌湾は面積20.2km²、湾口最大水深77mとほぼ同程度の規模である。藻場の分布状況は、宮古湾ではワカメ場、コンブ場、アマモ場が、大槌湾ではワカメ場、コンブ場が形成されている。

また、漁業の状況については、階層別経営体数では宮古湾・大槌湾とも動力船が多く、次いで宮古湾ではかき養殖、大槌湾ではわかめ養殖が多い。養殖魚種別漁獲量では、いずれの湾とも、わかめ、ほたて等が多く、かき養殖は3位～4位である。

3) 河川・森林の概況

閉伊川はその水源を標高1000m級の山々に発し、多くの支川を合わせて川井村・新里村を流れ、宮古市街地の平野部を通過して宮古湾に注ぐ河川である。他の河川流域に比べ森林の占める割合が大きい。上・中流部にブナ・クリ - ミズナラ群落とコナラ群落、カラマツ植林、下流部にコナラ群落が、宮古市の平野部では田及びその他の農用地と市街地が広がる。

津軽石川は水源を標高700m級の山々に発し、同じく宮古湾に注ぐ河川である。他の河川流域に比べ相対的に平野部の占める割合が大きい。上・中流部にブナ - ミズナラ群落、下流部にアカマツ植林が、河川に沿って田及びその他の農用地、最下流部には市街地がみられる。

大槌川、小槌川、鵜住居川は水源を標高700m級の山々に発し、共に大槌湾に注ぐ河川である。流域には、全体的にコナラ群落、スギ・ヒノキ植林が、中流部にはススキ群団、下流部にはアカマツ群落が広がっており、流域のほとんどは森林が占め、河川に沿って田及びその他の農用地、下流部には市街地がみられる。

表 3.1-1 モデル地域の概況

湾・河川名	概況
宮古湾	<ul style="list-style-type: none"> ● 湾の面積24.1km²、湾内最大水深76m。宮古市。 ● 湾奥にはアマモ場、湾東岸の岩礁にはコンブ、ワカメを主体とする海中林やガラモ場が分布。津軽石川河口には干潟が分布。 ● 湾内ではワカメ、コンブ、ホタテ、カキ等の養殖が営まれている。 ● 閉伊川河口部には宮古港が位置している。
閉伊川	<ul style="list-style-type: none"> ● 流域面積972km²、流域人口約4万人。 ● 川井村、新里村を経て宮古市で宮古湾に注ぐ。 ● 人工林率は37%で比較的低い。自然林はブナなど、薪炭林ではコナラなど、人工林はスギ、カラマツなどが多い。 ● 下流ではアユ、上流ではイワナ、ヤマメなど。 ● 発電が農業取水のため、一部の区間で断流がみられる。 ● 漁民の森づくり活動を実施。 ● 水位観測所は3地点、うち流量観測所は1地点。
津軽石川	<ul style="list-style-type: none"> ● 流域面積153km²。山田町を経て宮古市で宮古湾に注ぐ。 ● 人工林率は45%。サケの遡上が有名。 ● 河口には高潮対策のための水門の工事中（大規模工事はほぼ終了）。 ● 水位観測所は1地点。
大槌湾	<ul style="list-style-type: none"> ● 湾の面積20.2km²、湾内最大水深77m。大槌町と釜石市。 ● 湾口部の岩礁にはワカメ、コンブ、ホンダワラ類等の藻場が分布。 ● 湾内ではワカメ、コンブ、ホタテ、カキ等の養殖が営まれている。
大槌川	<ul style="list-style-type: none"> ● 流域面積120km²。大槌町に位置し、大槌湾に注ぐ。 ● 人工林率は47%。かつてはブナ林が分布していたが、ほとんど伐採されスギ、カラマツなどの人工林が卓越している。 ● サケの遡上。上流ではヤマメなど。 ● 水位観測所は1地点。
小鎚川	<ul style="list-style-type: none"> ● 流域面積63km²。大槌町に位置し、大槌湾の大槌川近傍に注ぐ。 ● 人工林率は47%。人工林はスギ、カラマツなどが多い。 ● 河口部では高潮水門工事を実施中。水位観測所は無し。
鵜住居川	<ul style="list-style-type: none"> ● 流域面積155km²。釜石市に位置し、大槌湾の釜石市側に注ぐ。 ● 人工林率は49%。水位観測所は1地点。

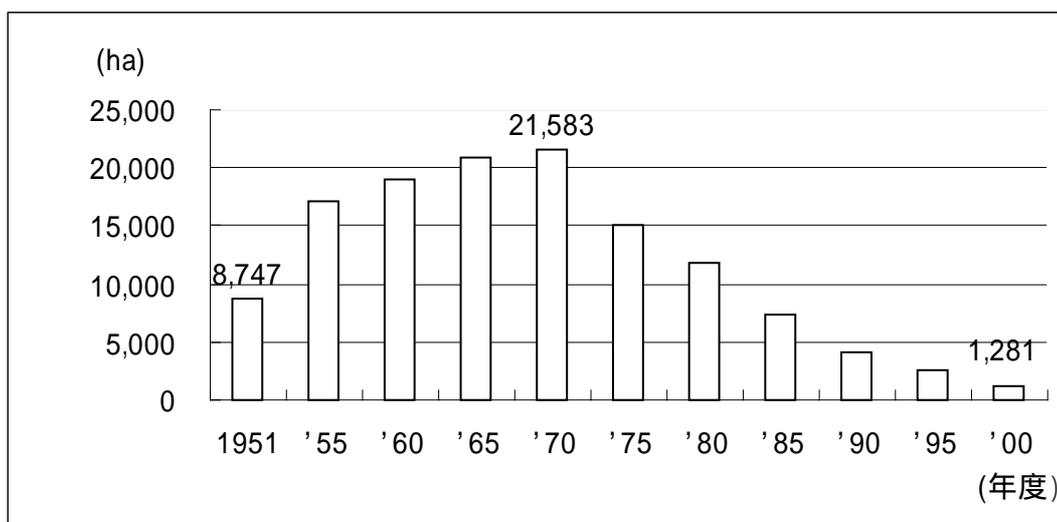
3.2 森林域の状況

ア 岩手県の森林等の概況は次のとおりである。

岩手県	面積、戸数、人口、比率等
総土地面積 (h a)	1,527,838
林野面積 (h a)	1,156,859
総世帯数 (戸)	476,446
総人口 (人)	1,416,198
農家数 (戸)	92,438
林家数 (戸)	48,784
1)林家以外の林業事業体数 (事業体)	5,344
2)林野率 (%)	76
3)山地率 (%)	77
4)人工林率 (%)	45
5)保安林率 (%)	33
6)国有林野率 (%)	32
7)耕地率 (%)	11
8)農家林家率 (%)	74

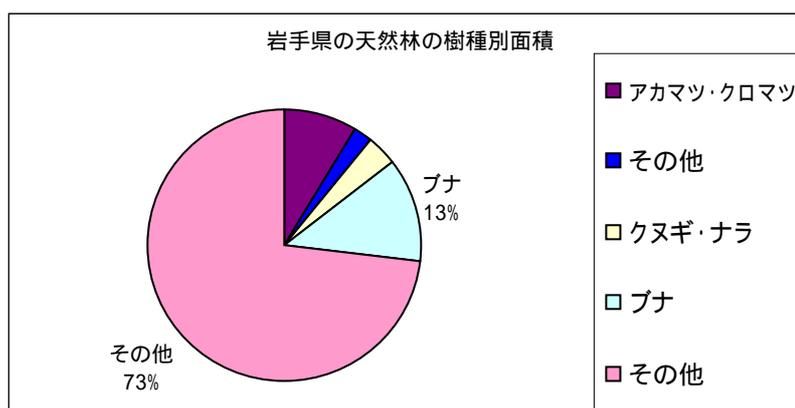
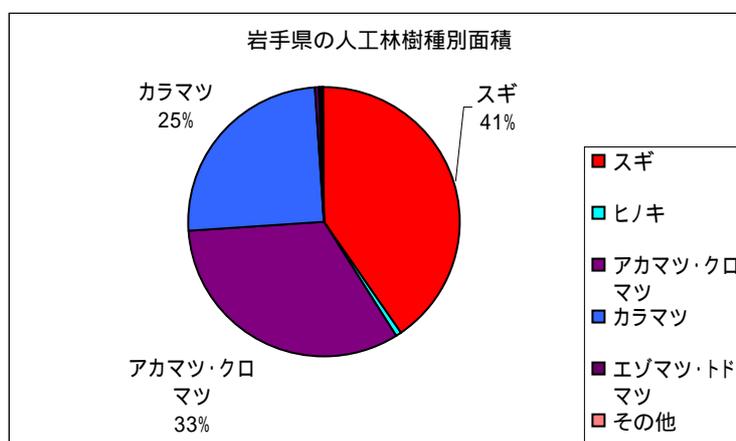
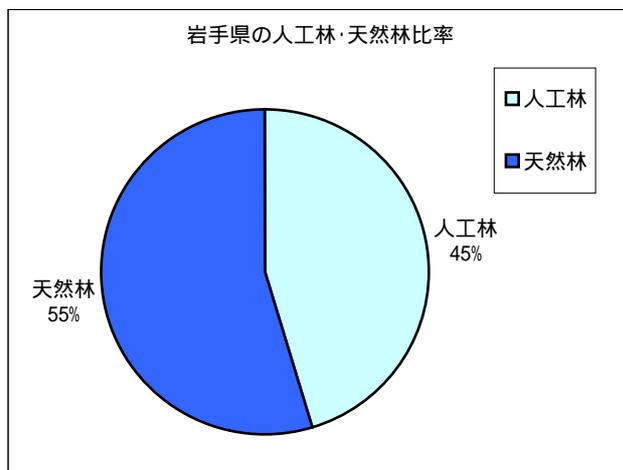
注：2000年現在世界農林業センサスによる。

イ 岩手県の造林面積の推移



資料：林野庁整備課調べによる

ウ 岩手県の森林



エ モデル流域森林面積、民有林・国有林比率

		森林面積 (ha)	比率 (%)
閉伊川流域	民有林	60,294	71
	国有林	24,206	29
	計	84,499	100
津軽石川流域	民有林	5,357	38
	国有林	8,838	62
	計	14,196	100
大槌川流域	民有林	3,974	38
	国有林	6,596	62
	計	10,570	100
小澁川流域	民有林	3,287	98
	国有林	70	2
	計	3,357	100
鵜住居川流域	民有林	8,860	67
	国有林	4,362	33
	計	13,221	100

オ モデル流域の森林面積と人工林率

		人工林面積	天然林面積	森林面積	人工林率
		A	B	C = A+B	A / C × 100
閉伊川流域	民有林	21,128	39,166	60,294	35
	国有林	9,140	15,066	24,206	38
	計	30,267	54,232	84,499	36
津軽石川流域	民有林	2,180	3,177	5,357	41
	国有林	3,781	5,057	8,838	43
	計	5,961	8,234	14,196	42
大槌川流域	民有林	1,231	2,743	3,974	31
	国有林	3,405	3,191	6,596	52
	計	4,635	5,935	10,570	44
小澁川流域	民有林	1,208	2,079	3,287	37
	国有林	55	15	70	78
	計	1,263	2,094	3,357	38
鵜住居川流域	民有林	3,961	4,899	8,860	45
	国有林	2,588	1,774	4,362	59
	計	6,549	6,673	13,221	50

カ モデル流域の人工林樹種別面積(単位：ha)

		スギ	アカマツ・クロマツ	カラマツ	その他	人工林面積
		A	B	C	D	E=A+B+C+D
閉伊川流域	民有林	6,696	7,904	6,123	405	21,128
	国有林	996	1,005	6,932	206	9,140
	計	7,692	8,909	13,055	611	30,267
津軽石川流域	民有林	1,138	952	81	9	2,180
	国有林	439	2,536	677	129	3,781
	計	1,577	3,488	758	138	5,961
大槌川流域	民有林	679	471	51	29	1,231
	国有林	643	1,690	995	77	3,405
	計	1,323	2,161	1,046	106	4,636
小鎚川流域	民有林	592	535	62	19	1,208
	国有林	27	27	0	0	55
	計	620	562	62	19	1,263
鵜住居川流域	民有林	1,638	1,716	480	128	3,961
	国有林	398	783	1,331	75	2,588
	計	2,036	2,499	1,811	203	6,549
合計面積		13,247	17,620	16,732	1,076	48,675

キ モデル流域の天然林面積（樹種別）

（単位：ha）

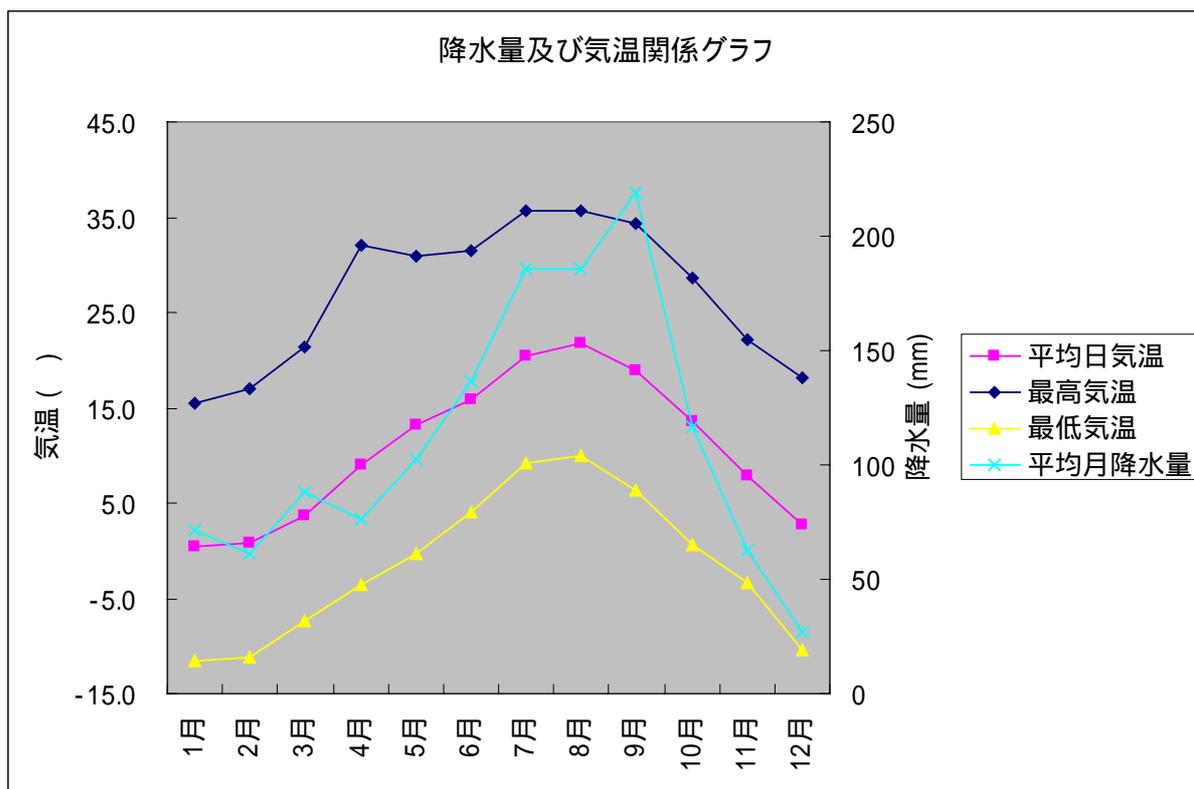
		アカマツ・ クロマツ	ナラ	その他	天然林面積
		A	B	C	E=A+B+C
閉伊川流域	民有林	915	44	38,207	39,166
	国有林	114	2,247	12,705	15,066
	計	1,030	2,290	50,912	54,232
津軽石川流域	民有林	249	2	2,926	3,177
	国有林	586	70	4,401	5,057
	計	835	72	7,327	8,234
大槌川流域	民有林	134	34	2,575	2,743
	国有林	159	343	2,688	3,191
	計	294	377	5,264	5,935
小澁川流域	民有林	205	0	1,874	2,079
	国有林	0	0	15	15
	計	205	0	1,889	2,094
鵜住居川流域	民有林	366	64	4,469	4,899
	国有林	24	73	1,677	1,774
	計	390	137	6,146	6,673
合計面積		2,753	2,877	71,538	77,168

ク 宮古測候所(北緯 39° 38.8 、東経 141° 57.9)の平成 5 年から平成 14 年までの 10 年間の観測結果は次の通りである。

区分	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均極値合計
平均日気温	0.5	0.7	3.6	9.1	13.2	15.8	20.5	21.8	19.0	13.6	7.8	2.7	10.7
最高气温	15.4	17.0	21.3	32.1	30.9	31.4	35.6	35.7	34.3	28.7	22.1	18.1	35.7
最低气温	-11.5	-11.1	-7.3	-3.6	-0.4	4.1	9.2	9.9	6.4	0.6	-3.4	-10.5	-11.5
平均月降水量	71.8	61.5	88.1	76.3	102.7	136.5	185.9	185.6	218.9	116.9	62.4	26.8	1,333.3
最大日雨量	81.5	55.0	60.0	65.5	119.5	131.0	319.0	157.5	134.5	156.0	84.5	31.5	319.0
	暖かさの指数											80.7	
	寒さの指数											12.5	

当地区は、年平均気温 10.7 、年間降水量は 1,333mm となっている。

この地域は西方に二重の山地、山脈を持つため冬季の北西季節風による降水量が少ない。一般に冬季乾燥気候といわれる。夏季は太平洋を南下する親潮(寒流)の影響で涼しい。「やませ」は夏季における低温風の代表的なもので冷害の原因となる。



平均気温

月別平均気温()

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
5	1.8	1.5	3.2	8.5	12.9	14.7	16.6	19.3	17.9	12.2	9.0	3.3	10.1
6	0.0	1.1	2.8	9.2	14.6	16.0	22.1	24.6	20.7	14.4	8.3	3.0	11.4
7	0.1	1.0	3.1	9.8	13.7	15.0	21.2	22.7	18.3	14.8	7.9	2.8	10.9
8	0.4	0.4	3.3	7.1	11.3	15.7	20.6	20.8	17.8	13.3	7.3	3.5	10.1
9	1.3	1.5	4.0	9.0	12.9	15.3	22.0	21.8	18.2	12.5	9.2	3.8	11.0
10	-1.0	0.1	4.7	10.0	14.0	15.3	19.1	20.6	20.0	14.9	7.0	3.2	10.7
11	0.6	0.9	3.4	8.7	13.7	17.5	20.8	24.8	20.4	13.5	8.5	3.0	11.3
12	1.8	0.4	3.0	8.4	13.9	16.6	22.0	22.5	19.8	13.4	7.5	2.1	11.0
13	-1.2	-1.3	3.3	9.8	12.3	16.0	20.3	19.6	18.2	13.2	7.7	1.1	9.9
14	1.4	1.6	5.4	10.3	12.3	15.7	20.4	21.4	18.4	13.7	5.6	1.2	10.6
平均	0.5	0.7	3.6	9.1	13.2	15.8	20.5	21.8	19.0	13.6	7.8	2.7	10.7
最大	1.8	1.6	5.4	10.3	14.6	17.5	22.1	24.8	20.7	14.9	9.2	3.8	12.2

年平均気温は、10.7

植物の生育に密接に関係する温量は、暖かさの指数が 80.7 (平均気温 5 を超える各月の平均気温から 5 を差し引いた値の年間合計値)で、寒さの指数が 12.5 (平均気温 5 以下の各月について平均気温と 5 のひらきの合計値)となり、森林帯区分は、温帯林に位置づけられる。

最低気温

月別最低気温()

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	最低
5	-6.2	-5.7	-7.3	-1.3	2.1	8.0	9.6	11.5	9.5	1.3	-2.3	-7.5	-7.5
6	-8.8	-9.2	-4.9	-0.7	4.6	7.7	14.6	18.7	12.3	3.0	-1.6	-8.5	-9.2
7	-8.5	-7.1	-6.6	-0.2	4.1	7.2	13.6	15.3	10.1	3.6	-1.5	-6.6	-8.5
8	-8.8	-10.3	-5.6	-3.6	3.1	7.7	13.3	12.0	8.6	1.9	-2.7	-4.8	-10.3
9	-6.3	-7.3	-6.2	-1.8	4.9	7.2	13.7	12.7	8.9	0.6	0.1	-4.1	-7.3
10	-11.5	-11.0	-4.4	-2.8	2.2	4.1	9.2	14.2	14.7	5.7	-2.7	-6.2	-11.5
11	-9.6	-8.2	-5.9	-1.2	2.7	9.3	12.5	16.8	10.8	1.7	-2.1	-4.4	-9.6
12	-9.2	-7.7	-5.0	-1.6	4.3	8.1	15.3	16.3	11.3	0.9	-2.8	-7.5	-9.2
13	-11.3	-11.1	-6.7	-2.0	-0.4	9.4	12.7	9.9	6.4	3.2	-0.8	-6.4	-11.3
14	-5.9	-7.6	-5.5	-0.4	3.4	9.4	14.4	12.5	7.8	1.8	-3.4	-10.5	-10.5
平均	-8.6	-8.5	-5.8	-1.6	3.1	7.8	12.9	14.0	10.0	2.4	-2.0	-6.7	-8.6
最低	-11.5	-11.1	-7.3	-3.6	-0.4	4.1	9.2	9.9	6.4	0.6	-3.4	-10.5	-11.5

年間平均気温の極は、過去 10 年間で - 11.5 を示し、年間では 1 月に出現し、零下の最低気温は 11 月～5 月に記録されている。

最高気温

月別最高気温()

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	最高
5	12.8	15.8	16.4	23.1	28.0	29.7	27.6	31.1	28.1	24.9	22.1	16.5	31.1
6	12.4	11.8	14.9	24.8	26.8	28.1	32.7	35.5	30.6	26.6	21.8	18.1	35.5
7	13.9	12.3	17.7	24.6	28.8	28.5	34.9	33.5	27.1	25.1	19.4	14.2	34.9
8	14.5	17.0	15.8	26.2	28.6	27.4	34.2	31.2	27.1	24.8	19.6	17.7	34.2
9	11.2	14.3	19.0	27.8	27.9	27.8	32.3	33.9	31.7	25.4	19.9	15.0	33.9
10	10.7	8.9	21.3	32.1	30.4	27.8	32.6	32.6	30.8	28.7	20.7	13.4	32.6
11	10.7	14.0	20.3	20.0	30.7	31.4	35.6	35.7	31.0	23.6	19.0	14.2	35.7
12	15.4	8.7	15.1	18.5	30.9	30.8	34.5	35.3	34.3	23.6	21.7	15.3	35.3
13	10.6	12.3	19.5	26.1	28.4	30.2	32.7	31.7	30.4	23.8	20.4	11.2	32.7
14	14.1	11.4	18.1	25.9	27.9	27.1	32.8	34.8	31.7	27.2	18.4	13.8	34.8
平均	12.6	12.7	17.8	24.9	28.8	28.9	33.0	33.5	30.3	25.4	20.3	14.9	33.5
最大	15.4	17.0	21.3	32.1	30.9	31.4	35.6	35.7	34.3	28.7	22.1	18.1	35.7

年間最高気温の極は過去 10 年間で 35.7 を 8月に記録している

月別降水量

月別降水量(mm)

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
5	72	162	74	58	71	190	228	114	173	61	43	60	1,302
6	48	155	62	6	67	123	16	198	487	30	3	31	1,223
7	58	46	123	85	87	75	65	311	118	21	21	15	1,022
8	15	20	99	72	113	115	118	84	150	8	欠測	23	814
9	71	48	24	73	164	199	23	79	213	24	143	欠測	1,059
10	95	66	12	87	40	184	159	490	315	322	30	20	1,818
11	24	62	148	155	89	187	359	184	317	159	43	19	1,742
12	82	33	129	189	238	44	381	20	215	68	106	11	1,512
13	65	24	107	7	62	132	欠測	144	123	207	29	44	941
14	191	2	105	34	98	120	325	236	79	272	146	21	1,627
平均	72	62	88	76	103	137	186	186	219	117	62	27	1,333

我が国の単純平均降水量は 1,800mm であり、2,000mm 以上の地域を多降水量地域、1500mm 以下を少降水量地域に区分しているが、宮古は 10 年間の平均降水量が 1,333mm であり少降水量地域に属する。

年間最大降水量は平成 10 年の 1,818mm、年間最少降水量は平成 8 年の 814mm となっている。

過去 10 年間の最大日雨量は、平成 12 年 7 月 8 日の 319mm/日、最大時間雨量は平成 12 年 7 月 8 日の 49mm/時である。

最大日雨量

上段:最大日雨量(mm / day)

最大日雨量

下段:起生日

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	最大
5	41.0	55.0	22.5	23.5	18.0	131.0	74.0	36.5	53.5	32.0	20.0	20.5	131.0
	26	17	29	30	10	3	3	28	4	8	14	11	
6	22.0	50.0	27.5	4.0	22.5	44.0	8.0	157.5	134.5	7.0	3.0	19.0	157.5
	29	9	24	29	15	14	11	20	15	26	27	27	
7	44.0	23.0	60.0	29.0	25.0	20.5	21.0	73.0	81.5	7.5	18.5	10.0	81.5
	23	26	11	12	16	4	16	5	17	2	8	15	
8	9.0	18.5	26.0	20.5	75.0	36.0	49.5	15.0	77.0	5.0	21.5	9.0	77.0
	16	6	22	16	9	18	11	24	22	4	1	5	
9	47.0	15.0	14.5	20.5	74.5	75.5	9.0	22.5	64.5	6.5	84.5	18.0	84.5
	6	11	30	8	25	20	16	20	19	15	22	8	
10	52.5	38.5	6.0	27.5	24.0	60.0	55.5	105.0	126.5	156.0	7.0	7.5	156.0
	18	8	12	9	25	14	23	30	30	1	9	7	
11	12.5	40.5	58.5	65.5	26.5	72.0	170.0	67.0	94.5	73.5	22.5	13.5	170.0
	7	25	15	25	5	30	13	29	21	28	1	21	
12	35.5	16.0	37.0	61.5	119.5	18.5	319.0	11.0	49.5	43.5	39.0	6.0	319.0
	13	7	16	22	3	9	8	5	9	2	2	25	
13	23.0	14.0	48.5	4.5	16.0	48.5	32.0	40.0	56.5	88.5	12.0	31.5	88.5
	27	24	4	12	9	7	4	22	11	1	6	22	
14	81.5	1.5	36.5	12.5	27.5	48.5	149.0	60.0	33.0	105.0	74.5	9.5	149.0
	27	28	6	12	8	21	11	12	28	1	26	17	
最大	81.5	55.0	60.0	65.5	119.5	131.0	319.0	157.5	134.5	156.0	84.5	31.5	319.0

最大時間雨量

上段：最大時間雨量(mm / 時)

最大時間雨量

下段：起生日

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	最大
5	5.0	7.5	4.5	5.5	3.0	30.5	10.0	15.5	22.0	6.0	4.0	8.5	30.5
	26	17	7	1	13	3	25	28	4	30	21	12	
6	4.0	8.5	6.5	3.0	11.0	8.5	6.0	25.0	46.5	3.5	1.5	6.0	46.5
	29	21	24	29	16	14	11	20	15	26	27	27	
7	4.0	5.5	7.0	11.5	5.0	6.5	8.0	19.5	15.5	7.0	9.5	3.0	19.5
	23	26	11	12	16	26	16	6	1	17	8	15	
8	3.5	8.0	5.5	6.5	24.0	11.5	10.0	8.5	14.5	2.5	4.5	3.0	24.0
	15	6	15	16	9	19	11	15	22	4	1	18	
9	5.0	3.5	6.5	9.5	11.5	18.5	3.5	9.0	22.5	6.5	17.0	6.5	22.5
	6	11	30	8	17	20	9	20	19	15	22	8	
10	9.5	1.5	2.5	4.5	7.0	14.0	17.5	30.0	37.0	15.0	4.0	4.5	37.0
	18	12	9	9	25	14	23	28	16	1	14	8	
11	5.0	9.0	7.5	13.5	7.0	19.5	27.0	17.5	25.5	27.0	7.0	1.5	27.0
	25	12	15	25	25	27	14	15	8	28	1	21	
12	4.5	4.0	7.5	15.0	16.5	4.5	49.0	4.5	15.0	29.0	4.0	2.5	49.0
	10	9	29	22	3	9	8	5	9	2	20	25	
13	6.5	3.0	8.0	2.5	4.0	12.5	17.0	7.5	26.0	28.5	4.0	5.5	28.5
	27	24	4	12	8	29	4	22	11	11	6	22	
14	19.5	0.5	7.0	4.0	7.0	9.5	38.0	19.0	7.5	44.0	19.5	8.0	44.0
	21	28	30	4	31	15	11	24	28	1	26	17	
最大	19.5	9.0	8.0	15.0	24.0	30.5	49.0	30.0	46.5	44.0	19.5	8.5	49.0

ケ 地質

本調査の5流域の地質は、おもに古生代後期から中生代の花崗岩類とチャートを伴う粘板岩及び砂岩からなる。

津軽石川の中流部から上流部の流域の最も大きな部分を占めているのは主に粘板岩、チャートである。ケイ酸に富むチャートは風化に強く、急峻な地形を形成している。この他に河口から豊間根付近までは主に花崗岩からなる。また河川沿いの平地にはシルト、砂、礫からなる沖積層が、豊間根周辺には礫の多く混じった砂礫からなる段丘堆積物もわずかに見られる。

地質図凡例

沖積層 Alluvium 津中流部地域河原段丘堆積物 及び近傍沖積物 River terrace deposits in the Hiroachi Coast and delta	3	礫・砂及び粘土 Gravel, sand and clay
小川層群 Kogawa Group	4	礫及び砂 Gravel and sand
門神岩酸性火山岩 Kakigamiwa Acid Volcanic Rock	4a	礫岩・砂岩及び泥岩、耐火粘土・炭層を伴う Conglomerate, sandstone and mudstone, with refractory clay and coal
門神岩酸性火山岩 Kakigamiwa Acid Volcanic Rock	4b	角閃石黒雲母デイサイト（貫入岩） Hornblende-biotite diorite (intrusive rock)
津土ヶ浦酸性火山岩 Imagahama Acid Volcanic Rock	4c	黒雲母流紋岩（貫入岩） Biotite rhyolite (intrusive rock)
横道層及び西郷層 Yokosachi and Sawawari Formations	5	礫岩・砂岩・泥岩及び溶結凝灰岩 Conglomerate, sandstone, mudstone and welded tuff
宮古層群 Miyako Group	6a	礫岩・砂岩及び泥岩 Conglomerate, sandstone and mudstone
遠野・栗積岩体など Tōno, Kuribiki masses and others	6b	角閃石黒雲母花崗閃緑岩及び石英閃緑岩 Hornblende-biotite granodiorite and quartz diorite
栗ノ神岩体など Kusunokami-dake mass and others	6c	角閃石黒雲母花崗閃緑岩・石英閃緑岩及び 角閃石雲母閃緑岩 Hornblende-biotite granodiorite, quartz diorite and hornblende gabbro
津野嶺・宮古岩体など Tsunohata, Miyako masses and others	6d	角閃石黒雲母花崗閃緑岩及びトナール岩 Hornblende-biotite granodiorite and tonalite
津東・大瀧岩体など Tsuhi, Ōta masses and others	6e	角閃石黒雲母花崗閃緑岩・花崗岩及び花崗岩 porphyry Hornblende-biotite granodiorite, granite and granite porphyry
超基岩質-基岩質岩 Ultramafic to mafic rocks	7a	かんらん石質・輝石・コートランド岩・蛇紋岩・ 黒い・岩及び閃緑岩 Peridotite, pyroxenite, cordierite, serpentinite, gabbro and diorite
原地山層 Harauchiyama Formation	8a	デイサイト-黒雲母流紋岩及び火砕岩 Dacite to rhyolite lava and pyroclastic rock
	8b	安山岩流紋岩及び火砕岩 Andesite lava and pyroclastic rock
	8c	チャート Chert
	8d	頁岩及び砂岩、チャート薄層を伴う Shale and sandstone, with thin layers of chert
	8e	チャート Chert
	9	石灰岩 Limestone
	10	基岩質火山岩 Mafic volcanic rock

		粘板岩及び砂岩、チャート薄層を伴う Slate and sandstone, with thin layers of chert
		礫岩 Conglomerate
		チャート Chert
		石灰岩 Limestone
		古鉄質火山岩 Mafic volcanic rock
		粘板岩及び砂岩、チャート薄層を伴う Slate and sandstone, with thin layers of chert
		チャート Chert
		石灰岩 Limestone
		流紋岩凝灰岩及び苦鉄質火山岩 Rhyolite tuff and mafic volcanic rock
栗林層 Kurayoshi Formation		粘板岩及び砂岩 Slate and sandstone
		粘板岩 Slate
小川層・小形層など Kogawa, Koguro Formations and others		古鉄質火山岩 Mafic volcanic rock
藤川層及び六角半層 Nekikawa and Rokkoshi Formations		砂岩・頁岩及び安山岩 Sandstone, shale and andesite
		石灰岩 Limestone
坂本沢層 Sakamotozawa Formation		粘板岩・石灰岩・砂岩及び礫岩 Slate, limestone, sandstone and conglomerate

	断層 Fault
	伏在断層 Concealed fault
	背斜軸 Anticlinal axis
	向斜軸 Synclinal axis
	転倒背斜軸 Overtured anticlinal axis
	転倒向斜軸 Overtured synclinal axis
	大口 Circle
	採り鉱山 Working mine
	休廃止鉱山 Closed mine
	金 Gold

Cu	銅 Copper
Zn	亜鉛 Zinc
Fe	鉄 Iron
Py	黄鉄鉱 Iron sulfide
Mn	マンガン Manganese
Ni	ニッケル Nickel
Mo	モリブデン Molybdenum
Sb	アンチモン Antimony
S	硫黄 Sulfur
Sl	珪石 Silica stone

tal	滑石 Talc
rc	耐火粘土 Refractory clay
ls	石灰石 Limestone
do	ドロマイト Dolomite
c	石炭 Coal
h	温泉 Hot spring
	等重力線 (1984年国際重力式に基づき「ブーゲー異常」 既定密度 2.0g/cm ³ 5ミリガル間隔) Gravity contour (Bouguer anomalies based on the International Gravity Formula (1984) Assumed density 2.0g/cm ³ Contour interval 5 milligals)
H	高重力域 Area of higher gravity
L	低重力域 Area of lower gravity

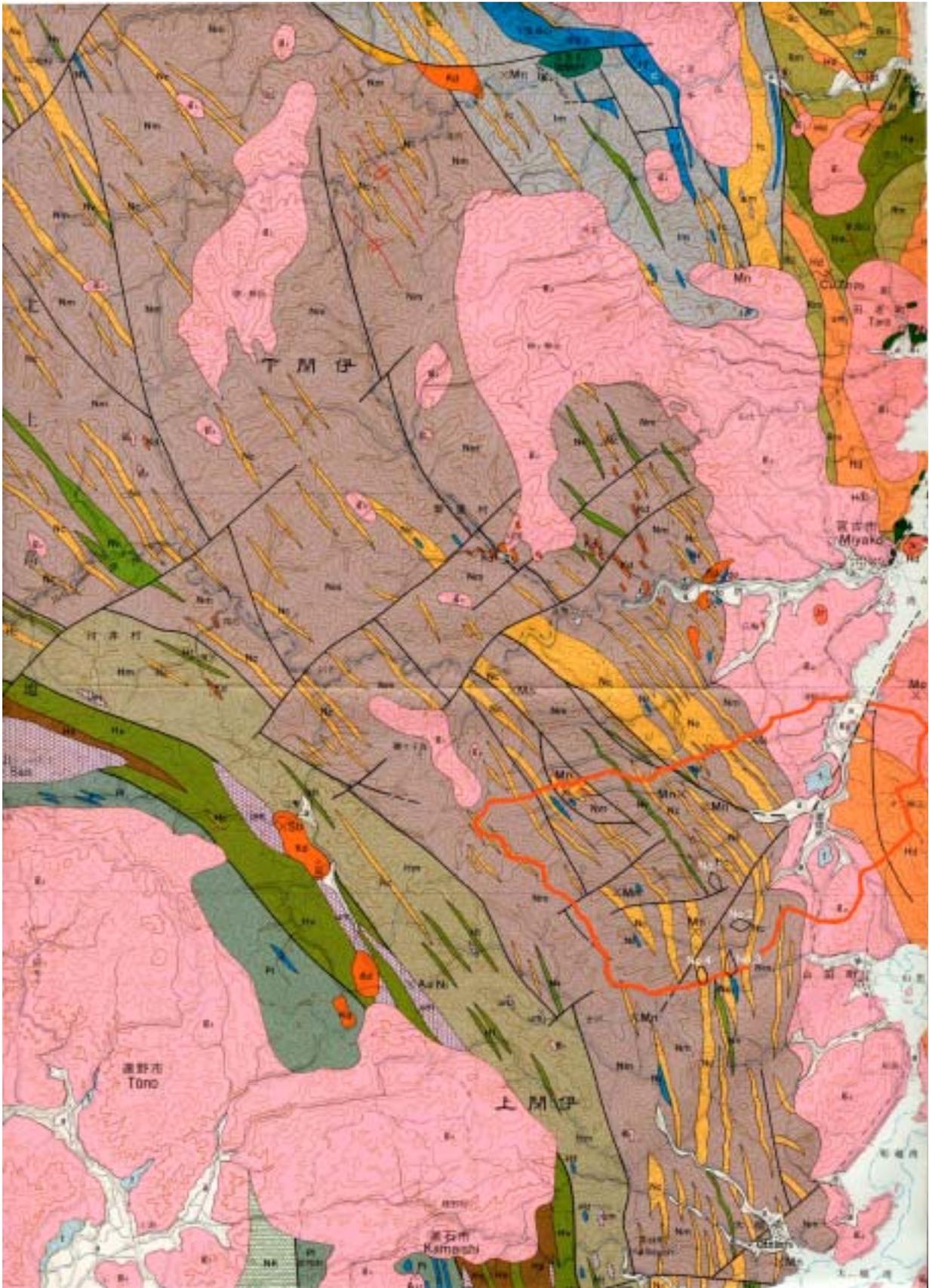


図 3-6 森林域周辺の地質図

注：赤線区域は津軽石川流域、白字のNo1、No2、No3、No4が森林域調査地点、黒線はその森林区域である。

コ 保有山林面積規模別林家数

面積規模	宮古市	新里村	川井村	山田町	大槌町	釜石市	総数
0～5ha	830	132	170	472	627	684	2915
5～10ha	262	68	95	140	122	265	952
10～20ha	189	74	117	102	59	181	722
20～30ha	59	40	46	33	25	56	259
30～50ha	39	32	53	18	10	57	209
50～100ha	38	15	21	13	8	21	116
100ha以上	11	9	5	0	2	4	31
総数	1428	370	507	778	853	1268	5204

資料：宮古市、新里村、川井村、山田町、大槌町森林整備計画書、世界農林業センサス(2000)

サ 産業別総生産額

(単位：百万円)

		宮古市	新里村	川井村	山田町	大槌町	釜石市
総生産額(A)		101,574	7,383	7,087	34,004	28,147	
内 訳	第1次産業	6,447	252	515	5,175	1,380	
	うち林業(B)	144	31	31	217	137	
	第2次産業	26,365	3,636	2,717	9,378	9,526	
	うち木材・木製品製造業(C)	0	1,312	571	0	0	
第3次産業		68,762	3,495	3,855	20,731	17,241	
B+C/A		0.1%	18.2%	8.5%	0.6%	0.5%	

資料：宮古市、新里村、川井村、山田町、大槌町森林整備計画書

シ 林業関係の就業状況

	区分	組合・事業者数	従業者数		備考
				うち作業員数	
宮古市	森林組合	1	30	16	(名称:宮古地方森林組合)
	生産森林組合	4	286	88	(名称:長沢・磯鶏・藤畑・田代下組)
	素材生産業	20	81	84	
	製材業	16	603	487	
	造林業	2	10	10	
	森林管理署	1	18	1	
	合計	44	1028	686	
新里村	森林組合	1	30	16	(名称:宮古地方森林組合)
	生産森林組合	2	90	13	(名称:北山・平沢)
	素材生産業	8	56	52	
	製材業	5	125	110	
	造林業	9	49	49	
	森林管理署				
	合計	25	350	240	
川井村	森林組合	1	32	15	
	生産森林組合				
	素材生産業	5	41	36	
	製材業	5	70	65	
	造林業	5	57	52	
	森林管理署	1	17	6	
	合計	17	217	174	
山田町	森林組合	1	30	16	(名称:宮古地方森林組合)
	生産森林組合	2	330	136	(名称:荒川第2・豊間根)
	素材生産業	4	31	28	
	製材業	4	27	23	
	造林業	3	12	12	
	森林管理署				
	合計	14	430	215	
大槌町	森林組合	1	109	101	(名称:釜石地方森林組合)
	生産森林組合	1	15	15	(名称:折合生産森林組合)
	素材生産業	15	38	18	
	製材業	7	41	34	
	造林業				
	森林管理署	1	28	7	
	合計	25	231	175	
釜石町	森林組合				
	生産森林組合				
	素材生産業				
	製材業				
	造林業				
	森林管理署				
	合計	0	0	0	
合計		125	2256	1490	

資料：宮古市、新里村、川井村、山田町、大槌町森林整備計画書

ス 林産物の生産概況

種類		素材 (m ³)	チップ (m ³)	苗木 (本)	しいたけ(kg)		なめこ (kg)	まいたけ (kg)	松茸 (kg)	木炭 (kg)	くるみ (kg)	わさび (kg)	くり (kg)
					生	乾							
宮古市	生産量	15,600	7,402		58,736	21,694	1,072		223	13,500			
	生産額(百万円)	176	78		38	76	1		4	2			
新里村	生産量	2,700	5,323		4,959	5,116	5,300				260	1,330	660
	生産額(百万円)	32	56		3	18	3				0	0	0
川井村	生産量	38,500	35,000		300	6,400		16,700	80				
	生産額(百万円)	367	450		0	19		25	0				
山田町	生産量	6,300	5,819	4,000	5,390	18,890			5,000	8,250			
	生産額(百万円)	76	61	0	4	66			80	1			
大槌町	生産量	12,500	15,800		24,530	14,177	300			2,700		15,050	
	生産額(百万円)	256	140		26	67	0			0		9	
釜石市	生産量												
	生産額(百万円)												
合計	生産量	75,600	69,344	4,000	93,915	66,277	6,672	16,700	5,303	24,450	260	16,380	660
	生産額(百万円)	907	785	0	71	246	4	25	84	3	0	9	0

資料：宮古市、新里村、川井村、山田町、大槌町森林整備計画書

セ 分収造林地点資料

No		林小班	面積(ha)	人・天割合	樹種構成	ha 当り材積	契約年度	契約期間
2	広葉樹の若齢林	56と2	0.94	100%人工林	コナラ 100%	材積 199m ³ /ha	S56.6.13	S56 ~ H57
		56と3	5.42	100%人工林	クリ 100%	材積 282 m ³ /ha	S56.6.13	S56 ~ H52
		56と4	1.02	100%人工林	アカマツ 100%	材積 79 m ³ /ha	S57.7.13	S57 ~ H38
		56と5	9.05	100%人工林	クリ 100%	材積 398 m ³ /ha	S57.7.13	S57 ~ H53
		56と6	5.33	100%人工林	コナラ 100%	材積 235 m ³ /ha	S57.7.13	S57 ~ H58
		56ち1	0.50	100%人工林	クリ 100%	材積 298 m ³ /ha	S58.6.28	S58 ~ H54

3.3 河川域の状況

現地調査に先立ち、宮古湾に注ぐ二級河川(閉伊川、津軽石川)と大槌湾に注ぐ二級河川(大槌川、小槌川、鷓住居川)とその流域を対象に、流量、水質、周辺域に生息する生物等とそれらに影響を及ぼす地形、地質、土地利用、取排水、気象の基礎情報について既往資料をもとに整理した。

1) 対象河川の概要

岩手県の宮古湾に注ぐ二級河川(閉伊川、津軽石川)と大槌湾に注ぐ二級河川(大槌川、小槌川、鷓住居川)を対象河川とした。

対象河川の概要について表 3.3-1に、対象河川的位置を図 3.3 - 3に示す。

表 3.3-1 対象河川の概要

湾名	河川名 (二級河川)	本川流路 延長 (km)	流域面積 (km ²)	流域人口 (人)	概況(河川工作物等)
宮古湾	閉伊川	91(76)	972	45,000	川井村・新里村を経て宮古市で宮古湾に注ぐ。支川の大沢川には大沢ダムがある。
	津軽石川	13(13)	153	8,300	山田町を経て宮古市で宮古湾に注ぐ。河口には津波対策のため水門を工事中。(平成17年完成予定)
大槌湾	大槌川	28(13)	120	4,700	大槌町に位置し大槌湾に注ぐ。
	小槌川	26(12)	63	8,400	大槌町に位置し、大槌湾の大槌川近傍に注ぐ。河口では津波対策のため水門を工事中。(平成16年完成予定)
	鷓住居川	23(23)	155	5,300	釜石市に位置し、大槌湾の釜石市側に注ぐ。

注) 表中の数字は二級河川と準用河川を含む流路延長、括弧内の数字は二級河川のみの流路延長



図 3.3 - 1 対象河川の位置図

出典：「岩手県河川図、平成 15 年 3 月、岩手県」より作成

後述の現地調査で縦断方向の水質調査を行う津軽石川における河川構造物の詳細な情報を、図 3.3 - 2に示す。河口に、津波の被害を防ぐための水門が、中流には床固工がそれぞれ数カ所ある。このうち繫橋下流の床固工は縦断延長が 255m と最も大きい。また上流部には河制工があり、高さが 3.45m あるものも設置されており、溶存酸素の供給が行われる一方で、物質の貯留や生息域の分断が生じている。また大川と小川との合流地点には頭首工が、本川上流部には分流堰が設置されており、取水が行われている。

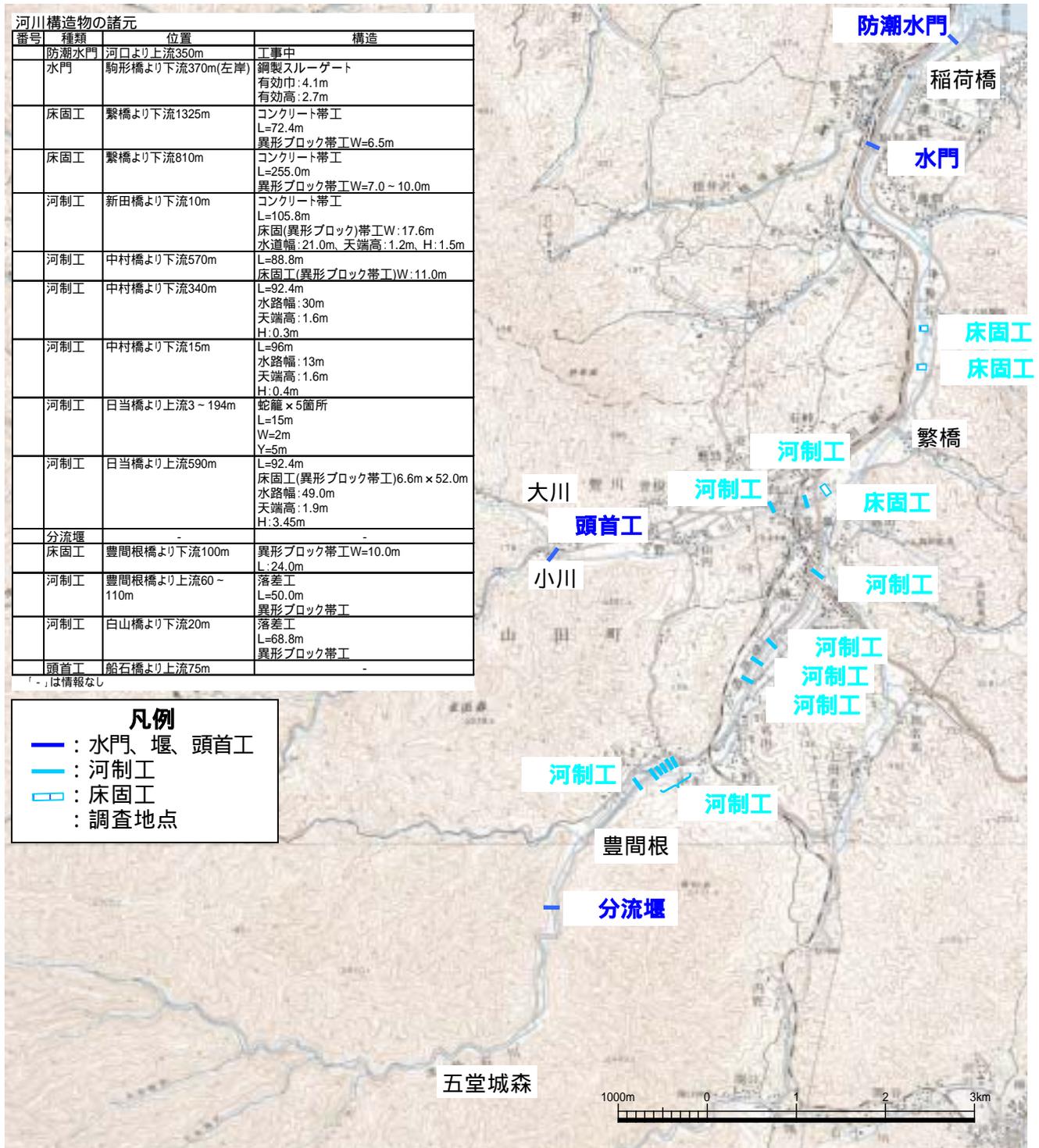


図 3.3 - 2 津軽石川の河川構造物の位置

出典：「平成 14 年度二級河川津軽石川津軽石川河川整備計画策定業務参考資料、平成 15 年 3 月」に、現地踏査で得られた情報を加筆し作成

2) 地形(標高、河床勾配)

対象河川流域の地形を図 3.3 - 3に示す。

閉伊川はその源流を川井村の標高 1000m を超える山々に発し、多くの支川を合わせて新里村を流れ、宮古市街地の平野部を通って宮古湾に注ぐ河川である。閉伊川流域は他の対象河川の流域に比べ西部に広い山地が広がることから、流域面積に占める山地の割合が大きい。

津軽石川は源流を山田町西部の標高 600m 前後の山々に発し、同じく宮古市から宮古湾に注ぐ河川である。津軽石川流域は中流部にも平野が開けていることから、他の対象河川の流域に比べ流域面積に占める平野部の割合が大きい。

大槌川、小釜川は源流を大槌町西部の標高 1000m 前後の山々に発し大槌湾に注ぐ河川である。鵜住居川は源流を釜石市北西部の標高 900m 前後の山々に発し、同じく大槌湾に注ぐ河川である。

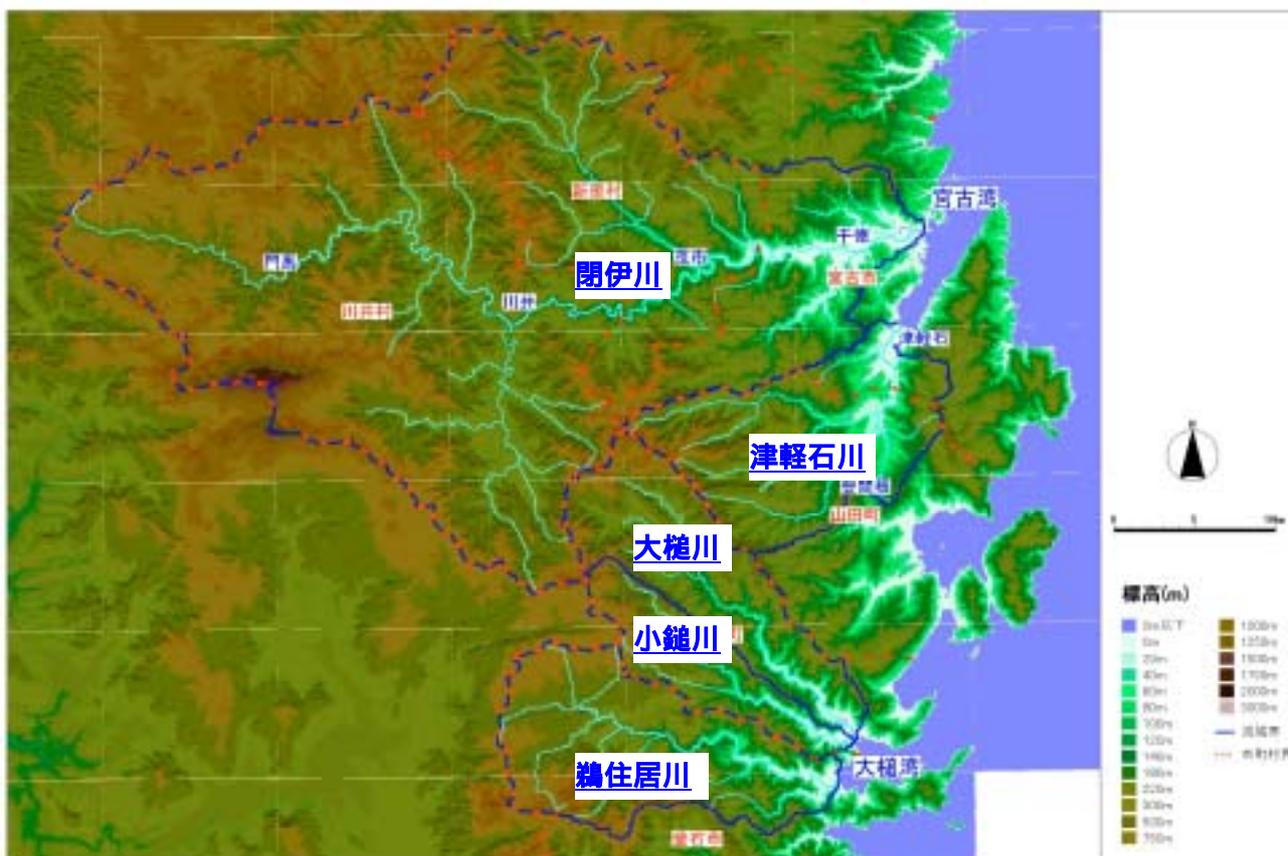


図 3.3 - 3 対象河川流域の地形図

出典：「数値地図 50m メッシュ標高、平成 9 年 7 月、国土地理院」より作成

また、対象河川の河床勾配(河口からの距離と標高の関係)を図 3.3 - 4に示す。
津軽石川が最も勾配が緩く、小鍬川および鶉住居川の勾配が急であった。

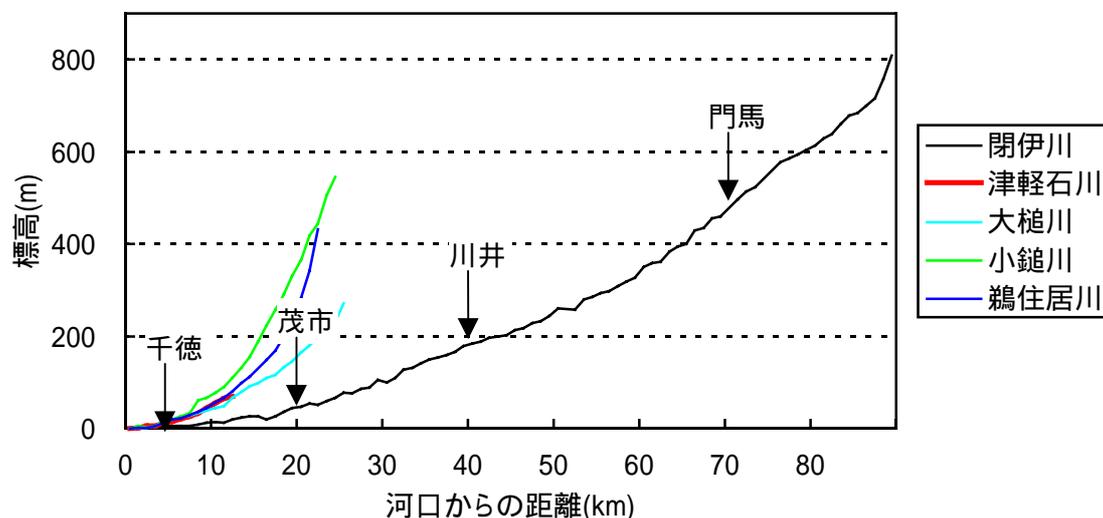


図 3.3 - 4 対象河川の河床勾配

注) 河床勾配は二級河川と準用河川を対象に「数値地図 50m メッシュ標高、平成 9 年 7 月、国土地理院」より求めた

津軽石川下流部(河口～河口より 6.8km 地点まで)について、河川縦断図より求めた河床勾配は 1/281。
出典：「津軽石川河川整備計画策定(その 2)業務報告書、平成 15 年 3 月」
小鍬川下流部(河口～河口より 11.5km 地点まで)について、河川縦断図より求めた河床勾配は 1/115。
出典：「平成 13 年度 二級河川小鍬川水系河川整備基本方針・整備計画策定業務委託報告書、平成 14 年 3 月」

3) 地質(表層地質、土壌分類)

対象河川流域の表層地質と土壌分類について整理した。

(1) 表層地質

対象河川流域の表層地質を図 3.3 - 5に示す。

閉伊川流域の表層地質は上・中流域が泥岩、互層(凝灰岩・凝灰角礫岩・シルト岩・泥岩・礫岩)、下流域が花崗岩質岩石によりおおそ構成されている。

津軽石川流域の表層地質は上流域が互層(凝灰岩・凝灰角礫岩・シルト岩・泥岩・礫岩)、下流域が花崗岩質岩石、玲岩等によりおおそ構成されている。

大槌川・小槌川流域の表層地質は上流域が泥岩、下流域が互層(凝灰岩・凝灰角礫岩・シルト岩・泥岩・礫岩)によりおおそ構成されている。鶺住居川流域の表層地質は上流域が花崗岩質岩石、中流部が泥岩と互層(石灰岩・粘板岩)、下流域が互層(凝灰岩・凝灰角礫岩・シルト岩・泥岩・礫岩)によりおおそ構成されている。

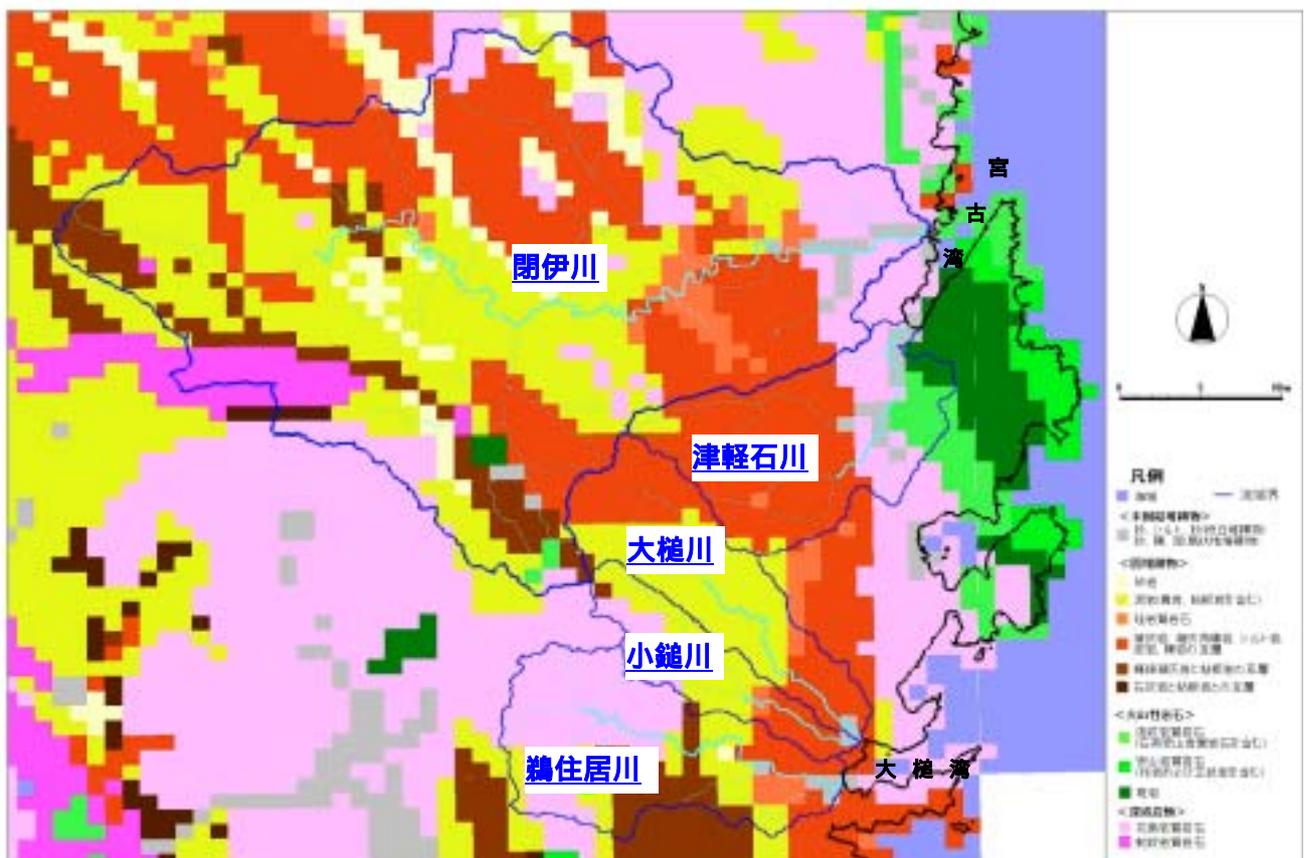


図 3.3 - 5 対象河川流域の表層地質図

出典：国土交通省 国土数値情報ダウンロードサービスの土地分類メッシュデータ(1kmメッシュ)を元に作成
岩手県 昭和54年 土地分類メッシュデータ G05-54M

(2) 土壌分類

対象河川流域の土壌分類を図 3.3 - 6に示す。

閉伊川流域の土壌は森林土壌、黒ボク土、低地土壌におおよそ分類される。

津軽石川流域の土壌は上流域が森林土壌、下流域が黒ボク土におおよそ分類される。

大槌川・小槌川・鶴住居川流域の土壌はほとんどが黒ボク土となっているが、大槌川の上流域、鶴住居川の下流域は森林土壌となっている。

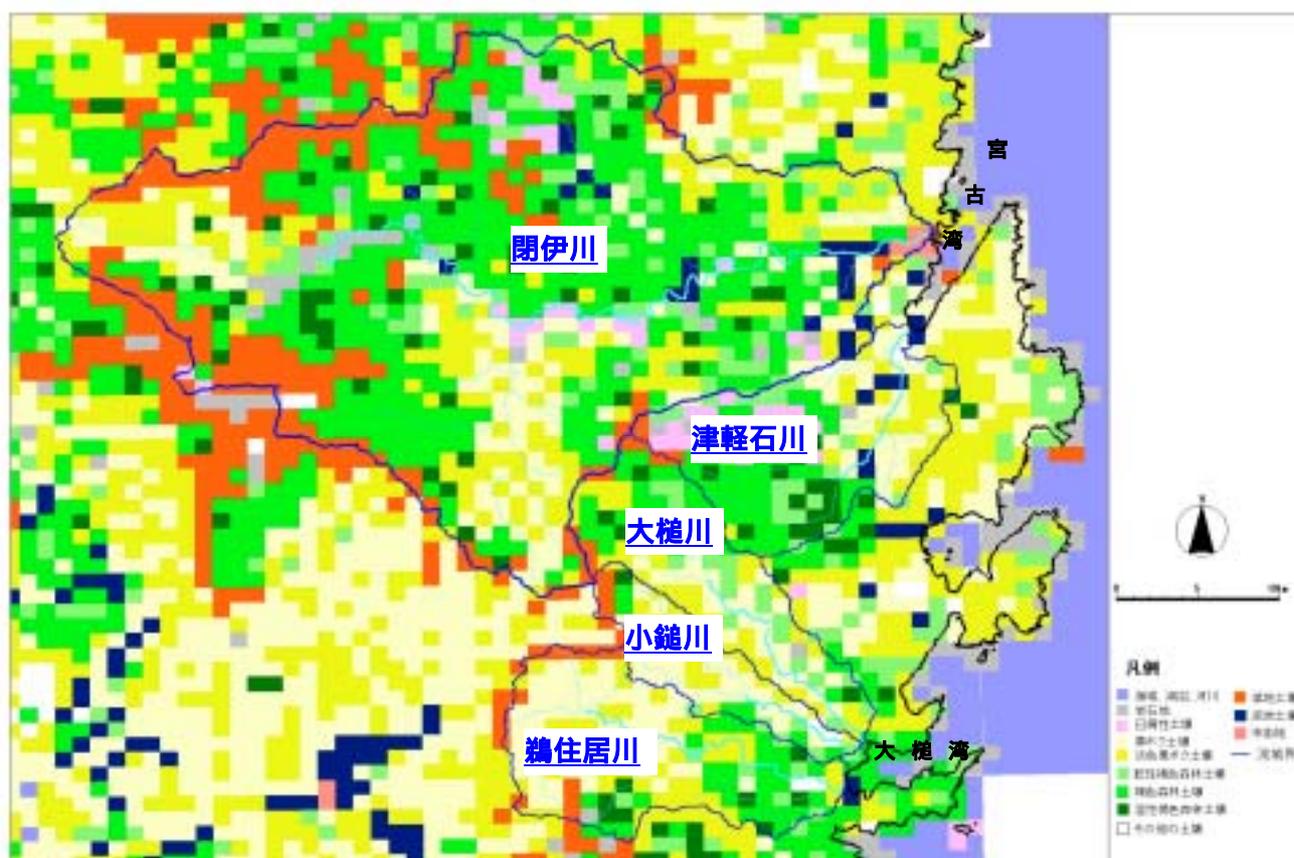


図 3.3 - 6 対象河川流域の土壌分類図

出典：国土交通省 国土数値情報ダウンロードサービスの土地分類メッシュデータ(1km メッシュ)を元に作成
岩手県 昭和 54 年 土地分類メッシュデータ G05-54M

4) 土地利用

対象河川流域の土地利用を図 3.3 - 7に示す。

また、各流域の土地利用の内訳を表 3.3-2に示す。

閉伊川の流域のほとんどが森林となっており、宮古市の平野部では田およびその他の農用地と市街地が広がる。

津軽石川の流域の大部分は森林であるが、河川に沿って田およびその他の農用地、下流部には市街地がみられる。

大槌川、小鎚川、鵜住居川の流域はほとんどが森林となっており、河川に沿って田およびその他の農用地、下流部には市街地がみられる。



図 3.3 - 7 対象河川流域の土地利用図

出典：国土交通省 国土数値情報ダウンロードサービスの土地利用メッシュデータ(100m メッシュ)を元に作成
岩手県 平成 9 年 土地利用メッシュデータ L03-09M

表 3.3-2 各流域の土地利用の内訳

流域名	流域面積 (km ²)	土地利用面積の割合(%)							
		田	その他の 農用地	森林	荒地	建設用 地	幹線交 通用地	その他 の用地	河川及 び湖沼
閉伊川流域	972	0.83	2.50	90.28	3.79	0.88	0.11	0.50	1.07
津軽石川流域	153	2.91	2.82	87.89	2.94	1.49	0.14	0.49	1.27
大槌川流域	120	1.27	2.11	94.28	0.30	0.78	0.00	0.38	0.84
小鎚川流域	63	1.49	1.20	91.33	0.52	1.65	0.07	2.66	1.03
鵜住居川流域	155	1.35	1.45	89.64	2.42	0.94	0.11	3.03	1.03

注) 流域面積は表 3.3-1の流域面積を用いた。

土地利用面積の内訳は岩手県 平成 9 年 土地利用メッシュデータ L03-09M より求めた。

土地利用面積の割合は小数第 3 位を四捨五入しているため、必ずしも合計値が 100(%)とはならない。

5) 取排水状況

閉伊川、津軽石川、小槌川の利水状況と利水施設の位置図を図 3.3 - 8に示す。

閉伊川では、農業用水、工業用水、水道用水、発電用水として約 30(m³/s)取水されている。水利権の件数では農業用水が多く、取水量では発電用水からの取水が約 28(m³/s)と多かった。

津軽石川では農業用水、水道用水として約 0.3(m³/s)取水されている。

小槌川では農業用水として 0.2(m³/s)取水されている。

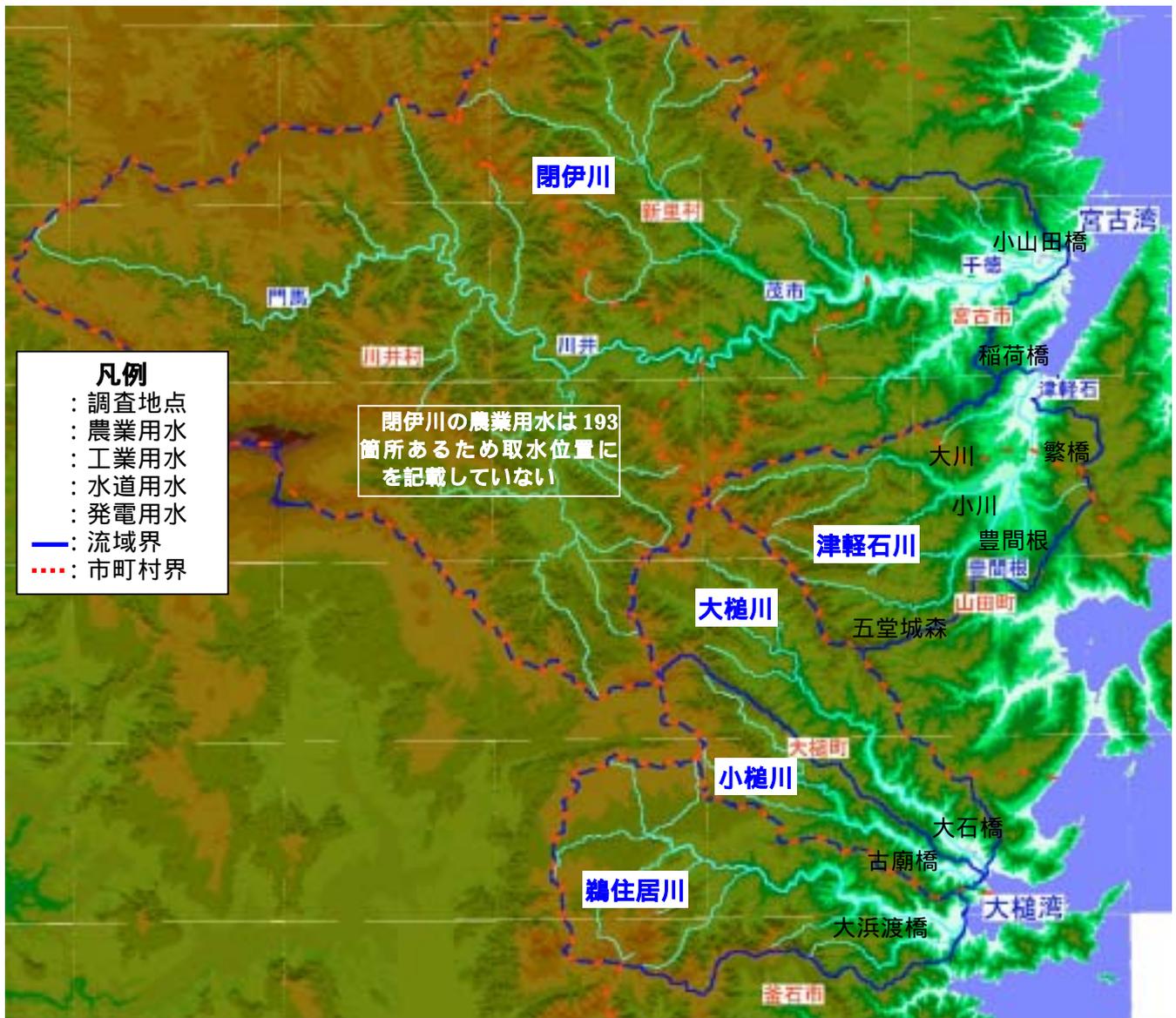


図 3.3 - 8 利水施設の位置図(閉伊川・津軽石川・小槌川)

注) 総取水量は河川毎に水利権量を合計した数値

小槌川の農業用水の総取水量は普通期の数値で代播期は 0.261(m³/s)

出典: 「河川整備基本方針参考資料(治水計画)、平成 15 年 10 月、岩手県」

「平成 15 年度第 1 回「いわての川づくりプラン」懇談会資料津軽石川編、平成 15 年 9 月、岩手県」

「平成 13 年度二級河川小槌川水系河川整備基本方針・整備計画策定業務委託報告書、平成 14 年 3 月」

対象河川流域を含む市町村の水道普及状況を表 3.3-3に示す。

閉伊川上流域を占める川井村の水道普及率は 67.0%となっており、他の流域を含む市町村では 87～99%である。

また、対象河川流域を含む市町村の下水道整備状況を表 3.3-4に、下水処理場の位置を図 3.3 - 9に示す。

津軽石川流域の多くを占める山田町の下水道整備率は 6.5%となっており、他の流域を含む市町村では 35～44%である。

閉伊川流域内には宮古浄化センター、小槌川流域内には大槌浄化センターがあり、宮古浄化センターは小山田橋の上流に、大槌浄化センターは古廟橋の上流に位置している。

表 3.3-3 対象河川流域を含む市町村の水道普及状況(2001 年度)

市町村名	行政区域人口 (人)	給水人口 (人)	水道普及率 (%)	含まれる流域
宮古市	54,756	54,425	99.4	閉伊川、津軽石川
新里村	3,745	3,274	87.4	閉伊川
川井村	3,626	2,430	67.0	閉伊川
山田町	20,849	19,843	95.2	津軽石川
大槌町	17,905	15,897	88.8	大槌川、小槌川
釜石市	17,905	15,897	88.8	鵜住居川

注) 水道普及率 = (給水人口 / 行政区域人口) × 100

下水道整備状況は市町村単位の集計のため、行政区域人口は流域人口と一致しない。

行政区域と流域との関係は図 3.3 - 3を参照とする。

出典：「いわての水道 HP」よりダウンロードした平成 13 年度の水道普及状況

表 3.3-4 対象河川流域を含む市町村の下水道整備状況(2000 年度)

市町村名	行政区域人口 (人)	処理区域人口 (人)	下水道整備率 (%)	含まれる流域
宮古市	54,923	22,267	40.5	閉伊川、津軽石川
新里村	3,745	0	0	閉伊川
川井村	3,626	0	0	閉伊川
山田町	21,730	1,418	6.5	津軽石川
大槌町	18,106	6,205	34.5	大槌川、小槌川
釜石市	46,733	20,478	43.8	鵜住居川

注) 下水道整備率 = (処理区域人口 / 行政区域人口) × 100

下水道整備状況は市町村単位の集計のため、行政区域人口は流域人口と一致しない。

行政区域と流域との関係は図 3.3 - 3を参照とする。

出典：「平成 12 年度版 下水道統計 行政編、平成 14 年 3 月、(社)日本下水道協会」

ただし、新里村および川井村の行政区域人口は、出典資料に記載がなかったため、「いわての水道 HP」よりダウンロードした平成 13 年度の水道普及状況に記載の平成 13 年度の行政区域人口を用いた。



図 3.3 - 9 下水処理場の位置図

注) 鶴住居川流域内には下水処理施設はない

出典: 「平成 12 年度版 下水道統計 行政編、平成 14 年 3 月、(社)日本下水道協会」

6) 植生

対象河川流域の現存植生図を図 3.3 - 10に示す。

閉伊川の流域には上・中流部にブナ・クリ - ミズナラ群落とコナラ群落、カラマツ植林、下流部にコナラ群落が広がっている。

津軽石川の流域には、上・中流部にブナ - ミズナラ群落、下流部にアカマツ植林が広がっている。

大槌川・小槌川・鶴住居川の流域には、全体的にコナラ群落、スギ・ヒノキ・サワラ植林が広がり、中流部にはススキ群団、下流部にはアカマツ群落広がっている。

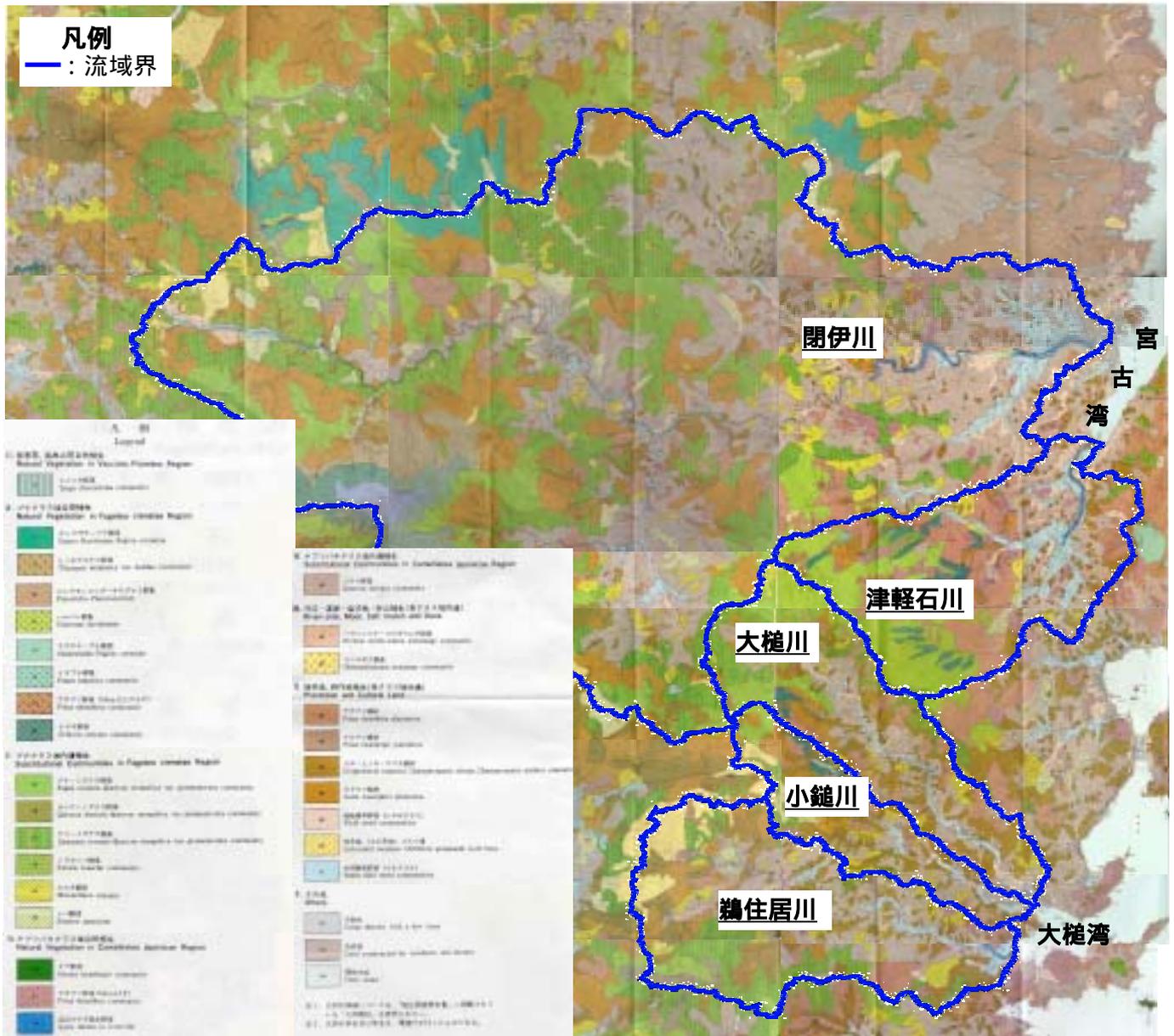


図 3.3 - 10 対象河川流域の植生図

出典：「現存植生図(5万分の1)田老・宮古・川井・大槌・釜石・大川・川井・土淵・遠野・外山・早池峰山、昭和56年、環境省」より作成

7) 気象(気温・降水量)

対象河川流域周辺の気象観測地点を図 3.3 - 11に示す。

宮古では、気温、降水量、風向・風速、日照時間、積雪等が観測されている。

宮古の年平均気温の経年変化を図 3.3 - 12に、月平均気温の月変動を図 3.3 - 13に示す。

宮古の年平均気温は約 10 で、月平均気温は 8 月には 20 を超え、1・2 月は 0 程度である。

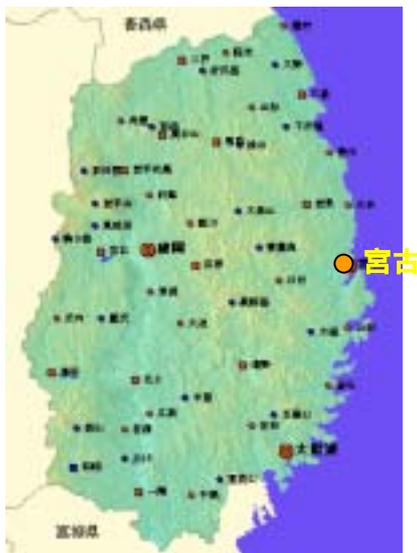


図 3.3 - 11 気象観測地点図

出典：気象庁ホームページ 電子閲覧室より

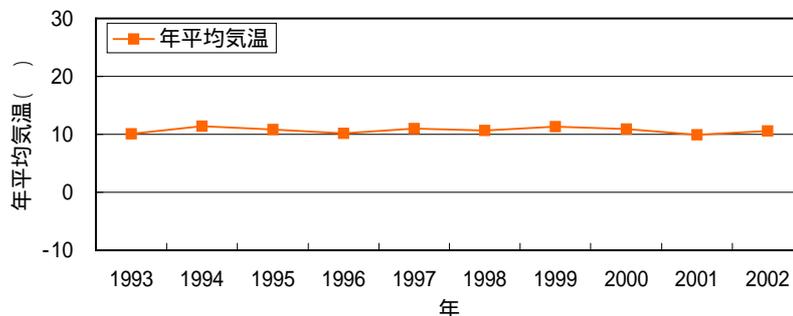


図 3.3 - 12 宮古における年平均気温の経年変化

出典：気象庁ホームページ 電子閲覧室よりダウンロードした気温データを使用

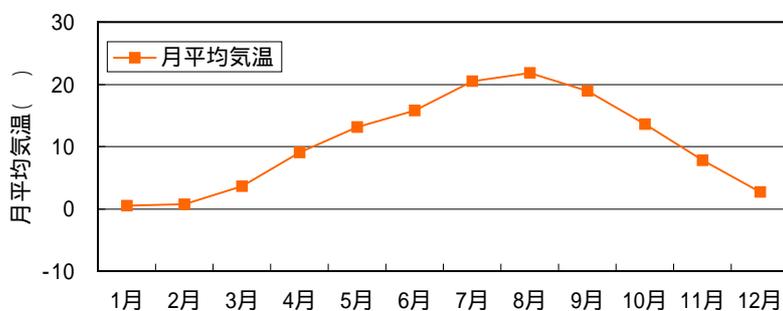


図 3.3 - 13 宮古における月平均気温の月変動

注) 月平均気温は 1993～2002 年の 10 ヶ年平均値とした

出典：気象庁ホームページ 電子閲覧室よりダウンロードした気温データを使用

宮古の年降水量の経年変化を図 3.3 - 14に月降水量の月変動を図 3.3 - 15に示す。
 宮古の年降水量は約 1000 ~ 1800(mm/year)を推移しており、月降水量の月変動では 7 ~ 9 月に 180(mm/month)を超え、12 月に最も少ない 30(mm/month)程度となる。

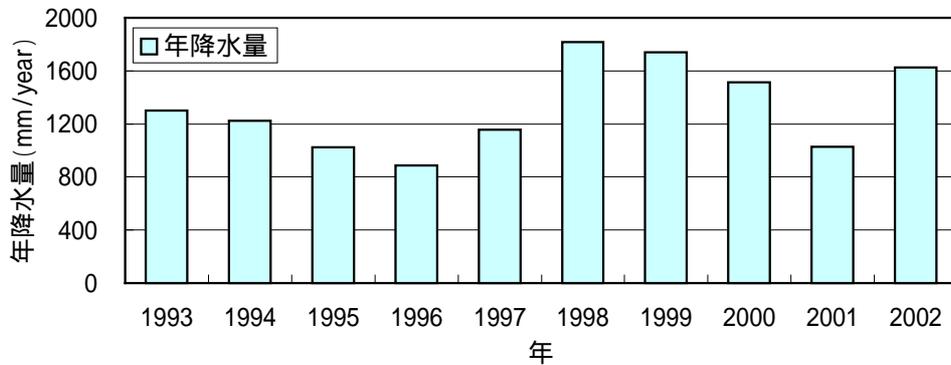


図 3.3 - 14 宮古における年降水量の経年変化
 注) 年降水量は月降水量の年平均値×12ヶ月とした
 出典：気象庁ホームページ 電子閲覧室よりダウンロードした降水量データを使用

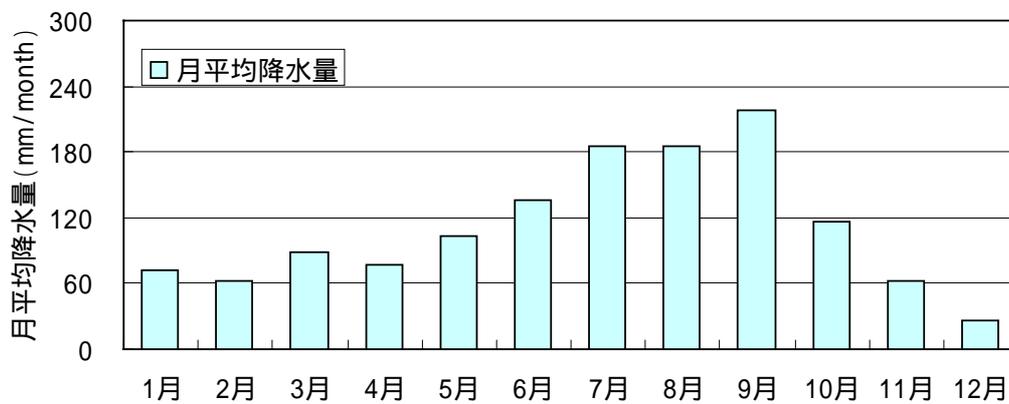


図 3.3 - 15 宮古における月降水量の月変動
 注) 月降水量は 1993 ~ 2002 年の 10 ヶ年平均値とした
 出典：気象庁ホームページ 電子閲覧室よりダウンロードした降水量データを使用

8) 流況(水位・流量)

対象河川の水位観測地点を図 3.3 - 16に示す。また、水位観測地点の水位と潮位の関係を
図 3.3 - 17に示す。

閉伊川では3箇所、津軽石川、大槌川、鵜住居川ではそれぞれ1箇所で水位が観測されて
いる。また、閉伊川の下流、千徳では流量データも得られている。なお、大槌川と鵜住居川
の水位観測所では、潮位の変動を受けている。

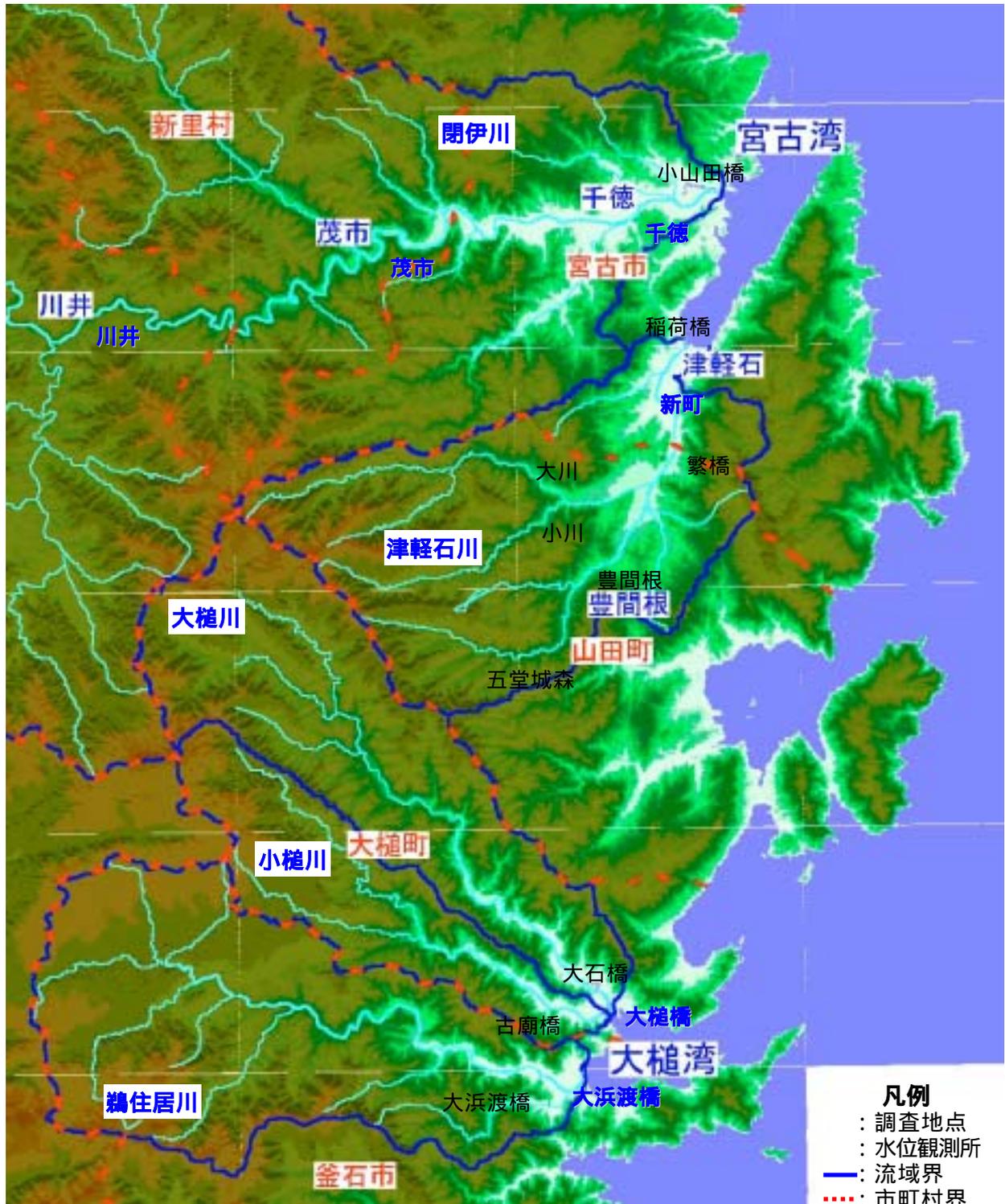
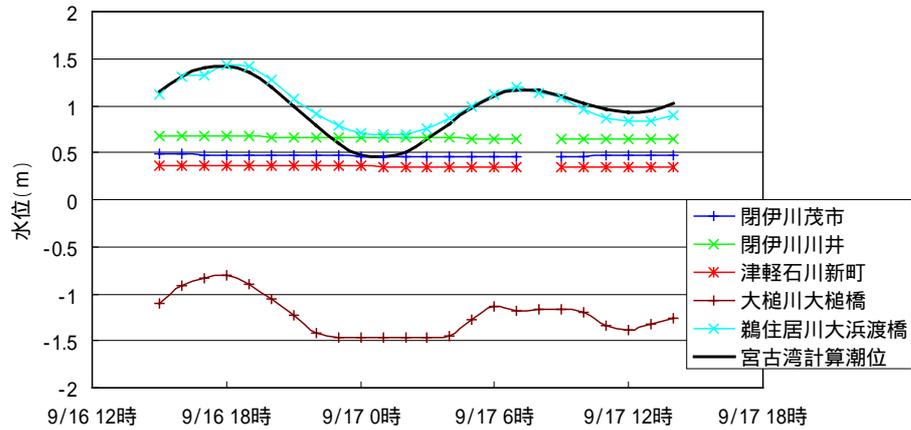


図 3.3 - 16 水位観測地点図



注: 閉伊川千徳は欠測(潮汐による水位変動がないことは確認済み)

図 3.3 - 17 水位観測地点の水位と潮位の関係

宮古における降水量と千徳観測所(閉伊川下流)の流量の経月変化を図 3.3 - 18 に示す。閉伊川下流の千徳観測所の流量は概ね宮古における降水量の変動と一致しており夏季に多く、冬季に少なくなっている。ただし、1・2 月以外は、宮古の降水量が少ない場合でも閉伊川下流の千徳観測所の流量は 25(m³/s)程度を保っている。また、千徳観測所(閉伊川下流)の流況表を表 3.3-5に示す。過去 5 カ年の平均値でみると豊水流量が約 40m³/s、平水流量が約 30 m³/s、低水流量が約 20 m³/s、渇水流量が約 10m³/s となっている。河況係数は 20 ~ 150 程度の値となっている。

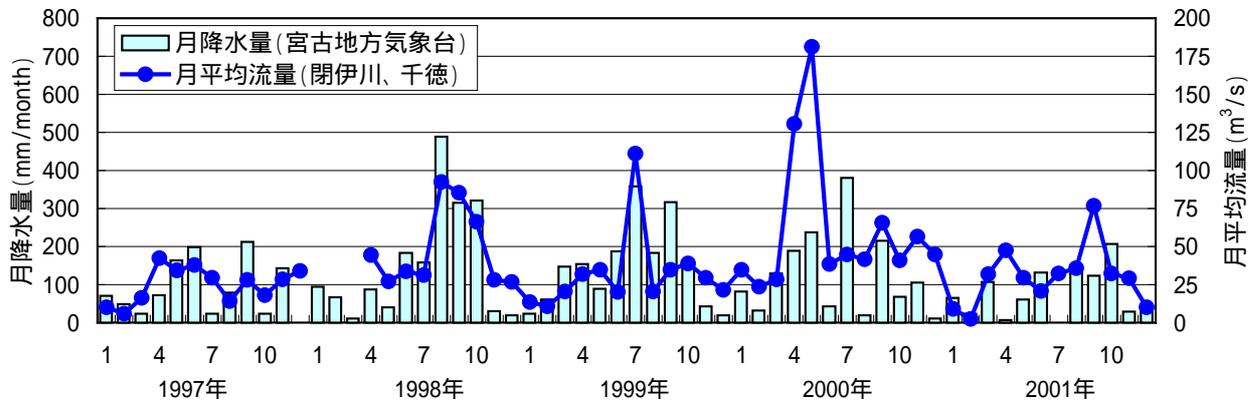


図 3.3 - 18 宮古における降水量と千徳観測所(閉伊川下流)の流量の経月変化

< 降水量 > 出典：気象庁ホームページ 電子閲覧室よりダウンロードした降水量データを使用
 < 流量 > 出典：岩手県資料

表 3.3-5 千徳観測所の過去 5 カ年(1997 ~ 2001 年)の流況表

年	豊水流量 (m ³ /s)	平水流量 (m ³ /s)	低水流量 (m ³ /s)	渇水流量 (m ³ /s)	河況係数 (-)
1997	37.08	18.80	13.21	6.08	21
1998	46.33	33.32	25.48	19.60	51
1999	28.17	22.43	16.16	10.00	153
2000	53.27	43.75	29.96	15.03	65
2001	36.62	28.23	9.61	1.07	-
平均	40.29	29.31	18.88	10.36	73

出典：岩手県資料より作成

各水位観測所の水位の経月変化を図 3.3 - 19(1) ~ (2)に示す。

春先(3,4月)や夏季(7~9月)に日平均水位の最大値が高くなっているが、これはそれぞれ融雪出水、大雨による出水の影響を受けていると考えられる。

水位の変動幅は日平均値の最大・最小でみると 2m 程度であり、水位の高い時には日最大水位が月平均水位より 1.5~2.0m 程度高くなっていた。

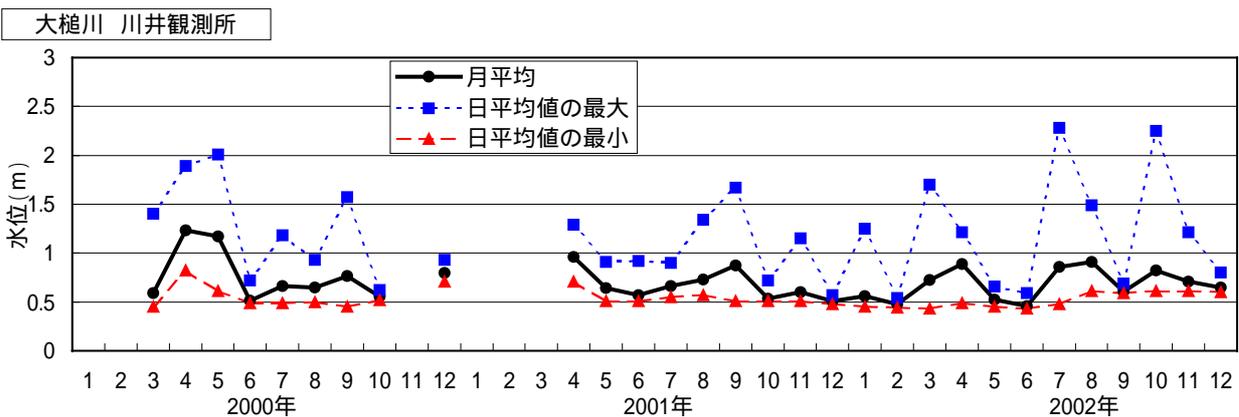
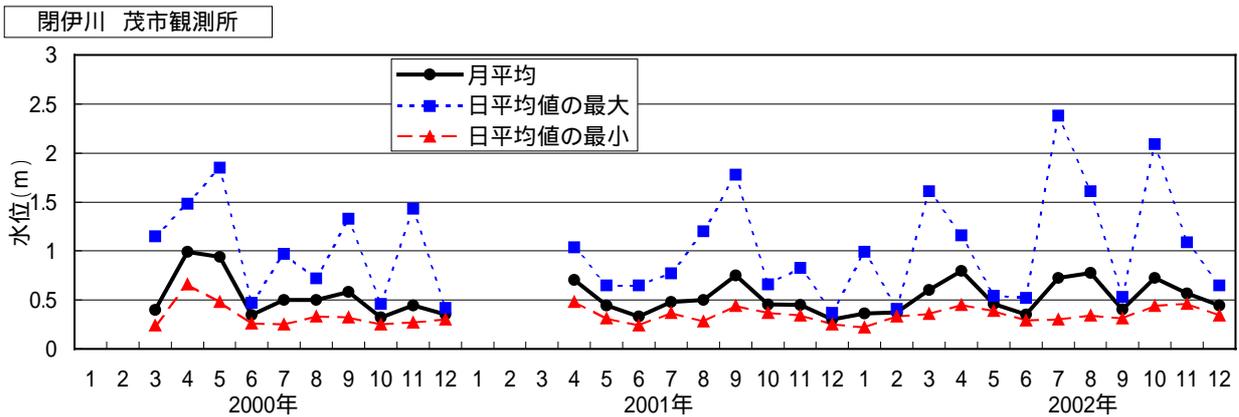
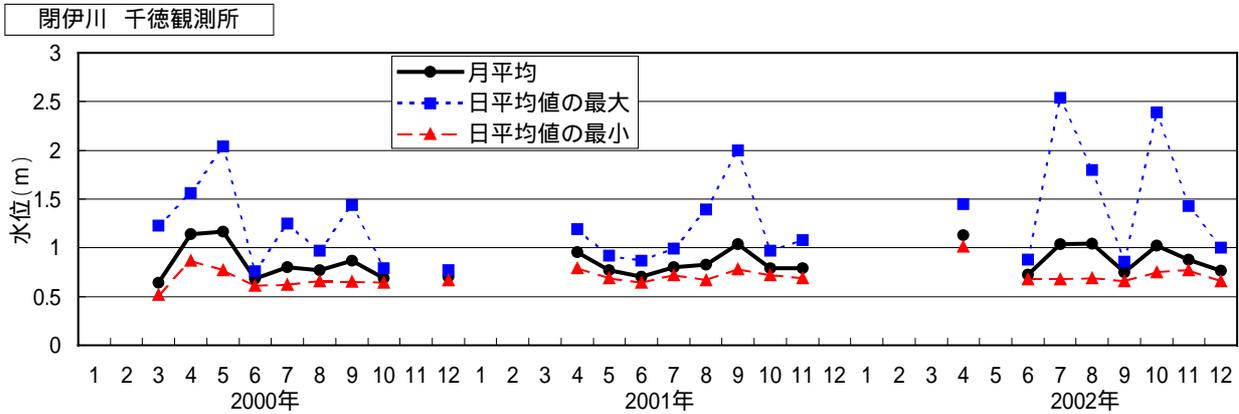
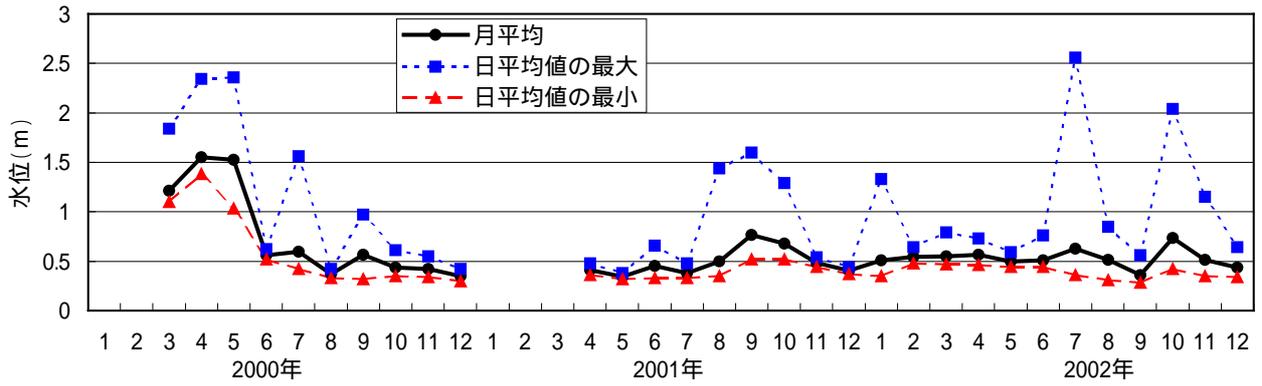


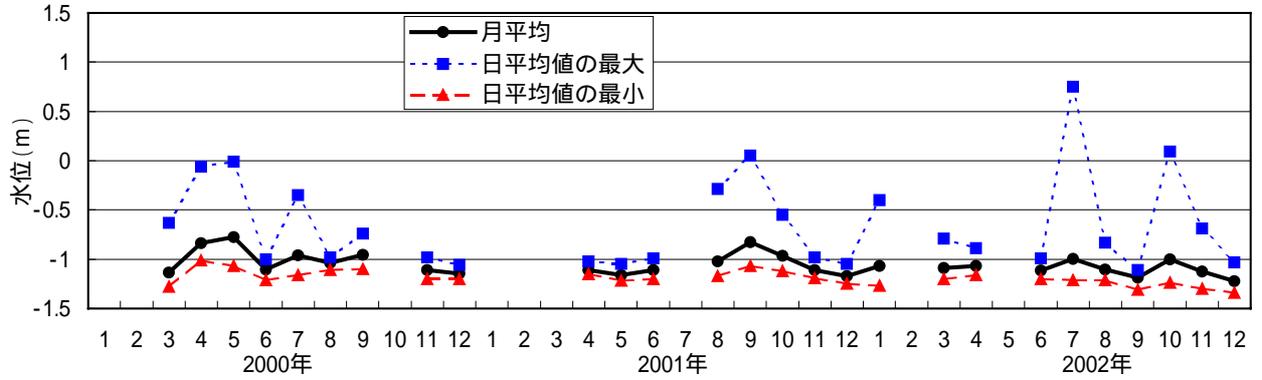
図 3.3 - 19(1) 水位の経月変化(閉伊川)

出典：岩手県資料

津軽石川 新町観測所



大槌川 大槌橋観測所



鵜住居川 大浜渡橋観測所

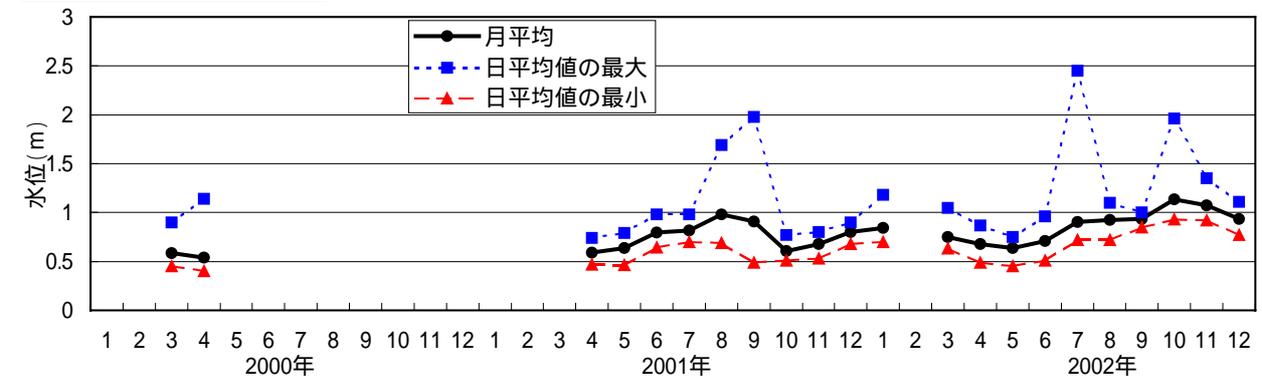


図 3.3 - 20(2) 水位の経月変化(津軽石川、大槌川、鵜住居川)

出典：岩手県資料

9) 水質(水温、BOD、SS、T-N、T-P)

対象河川における公共用水域の水質測定地点を図 3.3 - 21に示す。

閉伊川では支川も含め 8 箇所、津軽石川、大槌川、小鍬川ではそれぞれ 1 箇所、鵜住居川では 2 箇所で水質が測定されている。なお、小鍬川の 小鍬橋で 1999 年度より測定が行われており、鵜住居川の大浜渡橋では 2000 年度以降測定が行われていない。

2001 年度において、公共用水域の水質調査地点ごとに水質測定項目を整理したものを表 3.3-6に示す。また、各水質項目別に調査年、調査地点ごとの調査回数を表 3.3-7に整理した。

T-N、T-P は閉伊川の 小山田橋、宮古橋、津軽石川の 稲荷橋、大槌川の 安渡橋、小鍬川の 古廟橋、鵜住居川の大浜渡橋で調査を実施している。



図 3.3 - 21 対象河川における公共用水域の水質測定地点図

表 3.3-6 調査地点ごとの水質測定項目(2001 年度)

調査項目	水系、地点名												
	閉伊川			閉伊川支川					津軽石川	大槌川	小澁川		鶏住居川
	花輪橋	小山田橋	宮古橋	戸草橋	薬師川	刈屋川	長沢川	近内川	稲荷橋	安渡橋	古廟橋	小澁橋	長持橋
一般項目	水温												
	外観												
	臭気												
	透視度												
生活環境項目	pH												
	DO												
	BOD												
	COD	-											-
	SS												
	大腸菌群数												
健康項目	全窒素	-											
	全リン	-											
	カドミウム	-	-										
	全シアン	-	-										
	鉛	-	-										
	六価クロム	-	-										
	砒素	-	-										
	総水銀	-	-										
	アルキル水銀	-	-										
	ジクロロメタン	-	-										
	四塩化炭素	-	-										
	1,2-ジクロロエタン	-	-										
	1,1-ジクロロエチレン	-	-										
	シス-1,2-ジクロロエチレン	-	-										
	1,1,1-トリクロロエタン	-	-										
	1,1,2-トリクロロエタン	-	-										
	トリクロロエチレン	-	-										
	テトラクロロエチレン	-	-										
	1,3-ジクロロプロパン	-	-										
	チウラム	-	-										
	シマジン	-	-										
	チオベンカルブ	-	-										
	ベンゼン	-	-										
	セレン	-	-										
	硝酸態窒素・亜硝酸態窒素	-	-										
	フッ素	-	-										
	ホウ素	-	-										
要監視項目	クロロホルム	-	-										
	トランス-1,2ジクロロエチレン	-	-										
	1,2-ジクロロプロパン	-	-										
	p-ジクロロベンゼン	-	-										
	イソキサチオン	-	-										
	ダイアジン	-	-										
	フェニチオン	-	-										
	イソプロチオン	-	-										
	オキシ銅	-	-										
	クロロニル	-	-										
	プロピサミド	-	-										
	EPN	-	-										
	シクロホス	-	-										
	フェノカルブ	-	-										
	イプロホス	-	-										
	クロルニトロフェン	-	-										
	トルエン	-	-										
	キシレン	-	-										
	フタル酸ジエチルヘキシル	-	-										
	ニッケル	-	-										
	モリブデン	-	-										
	アンチモン	-	-										
	銅	-	-										
亜鉛	-	-											
排水基準項目	鉄(溶解性)	-	-										
	マンガン(溶解性)	-	-										
その他	塩化物イオン	-	-										
	合計	10	17	61	9	9	9	9	9	10	10	10	12

注)「 - 」は測定されている水質項目、「 - 」は測定されていない水質項目

表 3.3-7 各水質項目の調査回数

調査項目	調査年	水系、地点名													
		閉伊川			閉伊川支川					津軽石川	大槌川	小鮎川		鵜住居川	
		花輪橋	小山田橋	宮古橋	小国川 戸草橋	薬師川 江繁橋	刈屋川 茂市橋	長沢川 松山橋	近内川 本近内橋	稲荷橋	安渡橋	古廟橋	小鮎橋	長持橋	大浜渡橋
水温	1992	6	6	12	4	4	4	4	4	5	4	4	-	4	4
	1993	7	7	12	7	7	7	7	7	5	6	6	-	6	6
	1994	6	6	12	6	6	6	6	6	6	6	6	-	6	6
	1995	5	5	14	5	5	5	5	5	7	6	18	-	6	6
	1996	6	6	12	6	6	6	6	6	18	18	6	-	6	6
	1997	6	6	12	6	6	6	6	6	6	6	6	-	6	6
	1998	6	6	12	6	6	6	6	6	5	6	6	-	6	6
	1999	6	6	12	4	4	4	6	6	4	6	6	9	6	6
	2000	6	6	12	4	4	4	6	6	4	6	6	12	6	2
	2001	6	6	12	4	4	4	6	6	4	6	6	12	6	-
BOD	1992	6	6	12	4	4	4	4	4	5	4	4	-	4	4
	1993	7	7	12	7	7	7	7	7	5	6	6	-	6	6
	1994	6	6	12	6	6	6	6	6	6	6	6	-	6	6
	1995	5	5	24	5	5	5	5	5	7	6	18	-	6	6
	1996	6	6	12	6	6	6	6	6	18	18	6	-	6	6
	1997	6	6	12	6	6	6	6	6	6	6	6	-	6	6
	1998	6	6	12	6	6	6	6	6	5	6	6	-	6	6
	1999	6	6	12	4	4	4	6	6	4	6	6	9	6	6
	2000	6	6	12	4	4	4	6	6	4	6	6	12	6	2
	2001	6	6	12	4	4	4	6	6	4	6	6	12	6	-
SS	1992	6	6	12	4	4	4	4	4	5	4	4	-	4	4
	1993	7	7	12	7	7	7	7	7	5	6	6	-	6	6
	1994	6	6	12	6	6	6	6	6	6	6	6	-	6	6
	1995	5	5	24	5	5	5	5	5	7	6	18	-	6	6
	1996	6	6	12	6	6	6	6	6	18	18	6	-	6	6
	1997	6	6	12	6	6	6	6	6	6	6	6	-	6	6
	1998	6	6	12	6	6	6	6	6	5	6	6	-	6	6
	1999	6	6	12	4	4	4	6	6	4	6	6	9	6	6
	2000	6	6	12	4	4	4	6	6	4	6	6	12	6	2
	2001	6	6	12	4	4	4	6	6	4	6	6	12	6	-
T-N	1992	0	0	6	0	0	0	0	0	5	4	4	-	0	4
	1993	0	0	5	0	0	0	0	0	5	6	6	-	0	6
	1994	0	0	6	0	0	0	0	0	6	6	6	-	0	6
	1995	0	4	24	0	0	0	0	0	7	6	18	-	0	6
	1996	0	6	12	0	0	0	0	0	11	18	6	-	0	6
	1997	0	6	12	0	0	0	0	0	6	6	6	-	0	6
	1998	0	6	12	0	0	0	0	0	5	6	6	-	0	6
	1999	0	6	12	0	0	0	0	0	4	6	6	9	0	6
	2000	0	6	12	0	0	0	0	0	0	2	2	12	0	2
	2001	0	6	12	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	-
T-P	1992	0	0	6	0	0	0	0	0	5	4	4	-	0	4
	1993	0	0	5	0	0	0	0	0	5	6	6	-	0	6
	1994	0	0	6	0	0	0	0	0	6	6	6	-	0	6
	1995	0	4	24	0	0	0	0	0	7	6	18	-	0	6
	1996	0	6	12	0	0	0	0	0	11	18	6	-	0	6
	1997	0	6	12	0	0	0	0	0	6	6	6	-	0	6
	1998	0	6	12	0	0	0	0	0	5	6	6	-	0	6
	1999	0	6	12	0	0	0	0	0	4	6	6	9	0	6
	2000	0	6	12	0	0	0	0	0	0	2	2	12	0	2
	2001	0	6	12	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	-

注)「」は夏季に2時間おきの調査を実施している

「0」はその水質項目が測定されていないこと、「-」はその年に調査が実施されていないことを示す

(1) 水温

対象河川の公共用水域水質測定地点における水温の経年変化(年平均値)を図 3.3 - 22 に示す。各河川ともに水温は年間を通じて約 12 で、宮古の気温より 2 高かった。

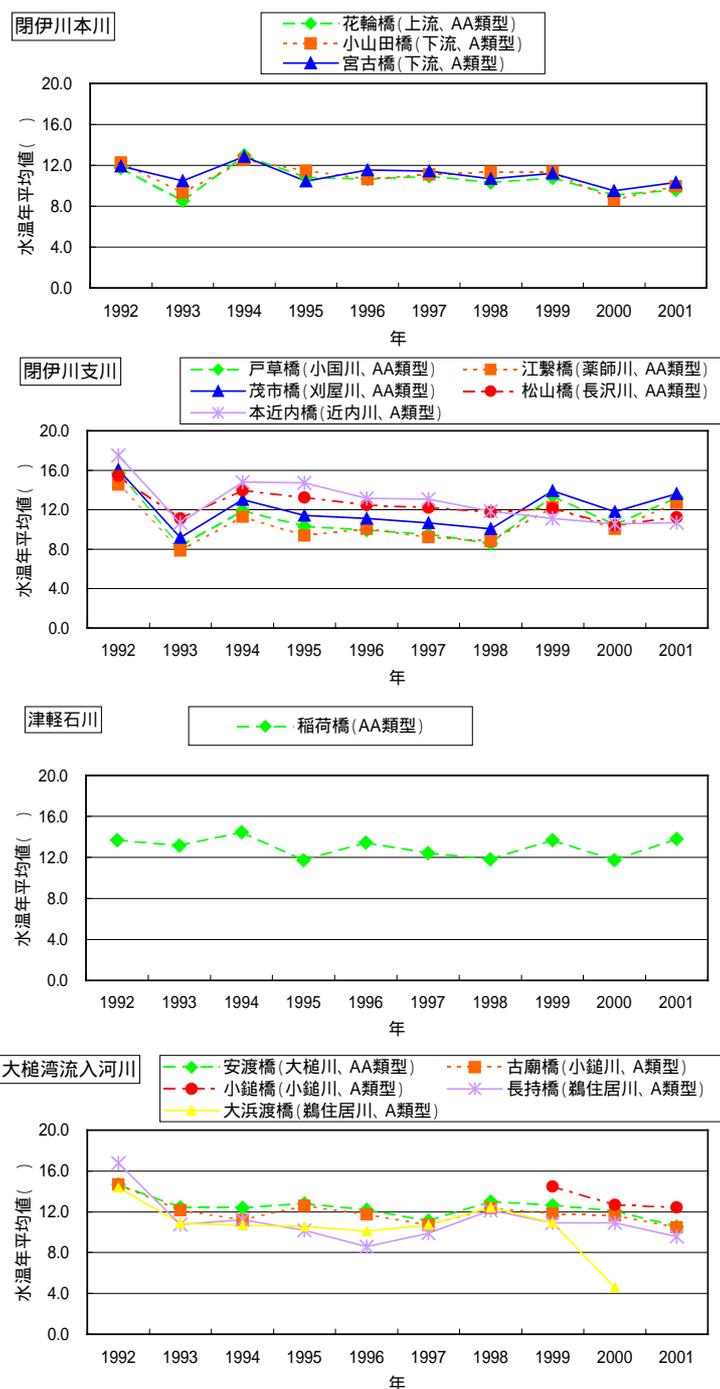


図 3.3 - 22 水温の経年変化

出典：「全国公共用水域水質年鑑、環境庁水質保全局」(1992～1998年)
 「公共用水域水質測定結果、岩手県」(1999～2001年)

対象河川の公共用水域水質測定地点における水温の経月変化(月ごとの 10 ヶ年平均値)を図 3.3 - 23に示す。水温の月ごとの 10 ヶ年平均値は 7~9 月に高く、12~2 月に低くなっており、図 3.3 - 13の宮古の月平均気温の月変動とほぼ同様の値であった。稲荷橋(津軽石川)の水温は比較的、月変動が少なかった。

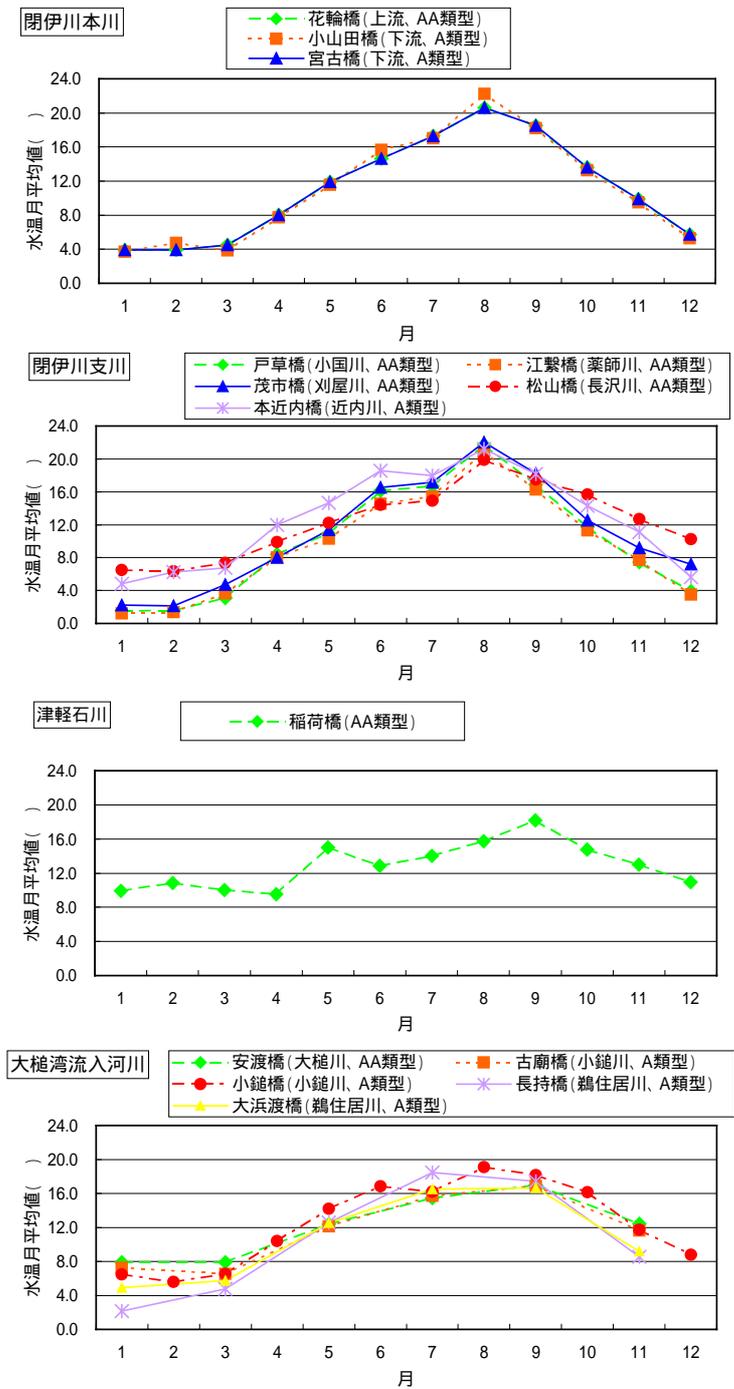


図 3.3 - 23 水温の経月変化

注) 大浜渡橋は 9 ヶ年、小鎚橋は 3 ヶ年の平均値
 出典: 「全国公共用水域水質年鑑、環境庁水質保全局」(1992~1998 年)
 「公共用水域水質測定結果、岩手県」(1999~2001 年)

(2) BOD

対象河川の公共用水域水質測定地点における BOD 年平均値の経年変化を図 3.3 - 24 に示す。本近内橋(閉伊川支川近内川)以外の地点では、BOD は 0.5 ~ 1.0(mg/L)を推移していた。

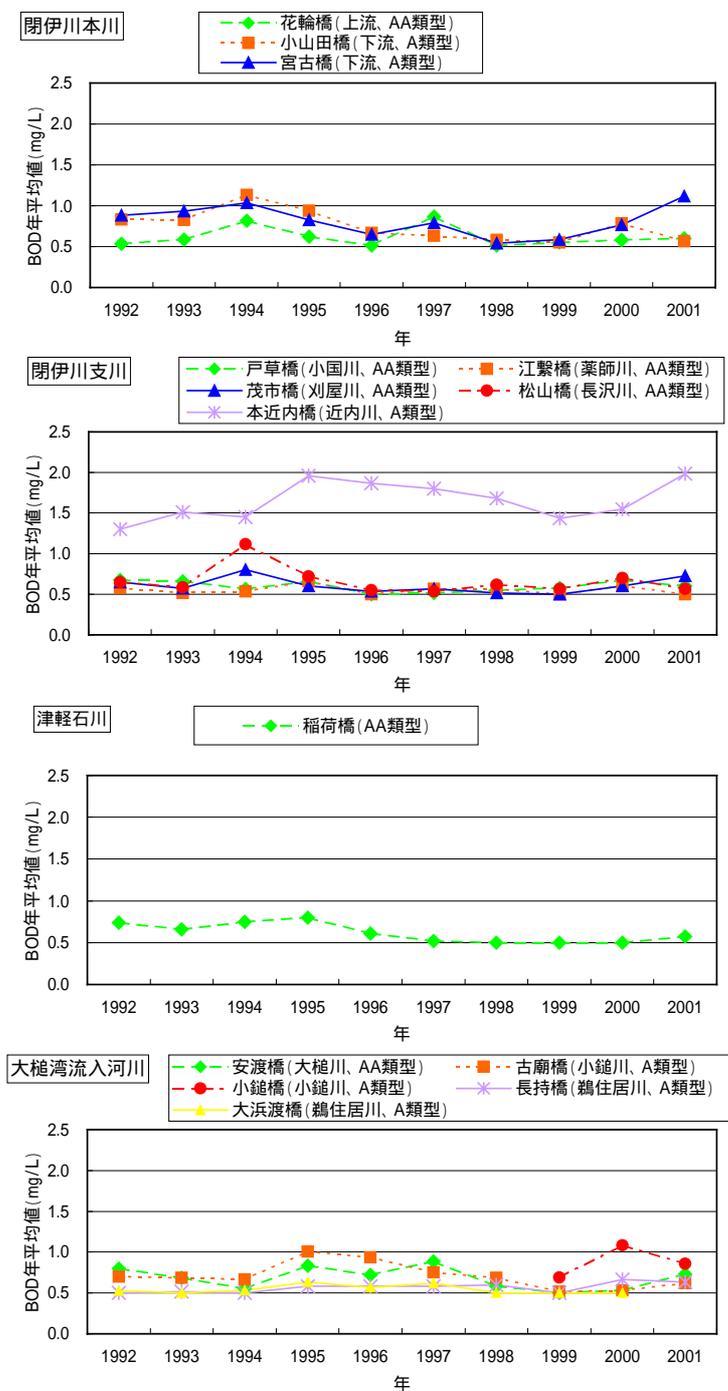


図 3.3 - 24 BOD の経年変化

出典：「全国公共用水域水質年鑑、環境庁水質保全局」（1992～1998年）
 「公共用水域水質測定結果、岩手県」（1999～2001年）

対象河川の公共用水域水質測定地点における BOD の経月変化(月ごとの 10 ヶ年平均値)を 図 3.3 - 25 に示す。本近内橋(閉伊川支川近内川)の BOD の月ごとの 10 ヶ年平均値が他の地点に比べ高いが、明らかな季節変動はみられなかった。

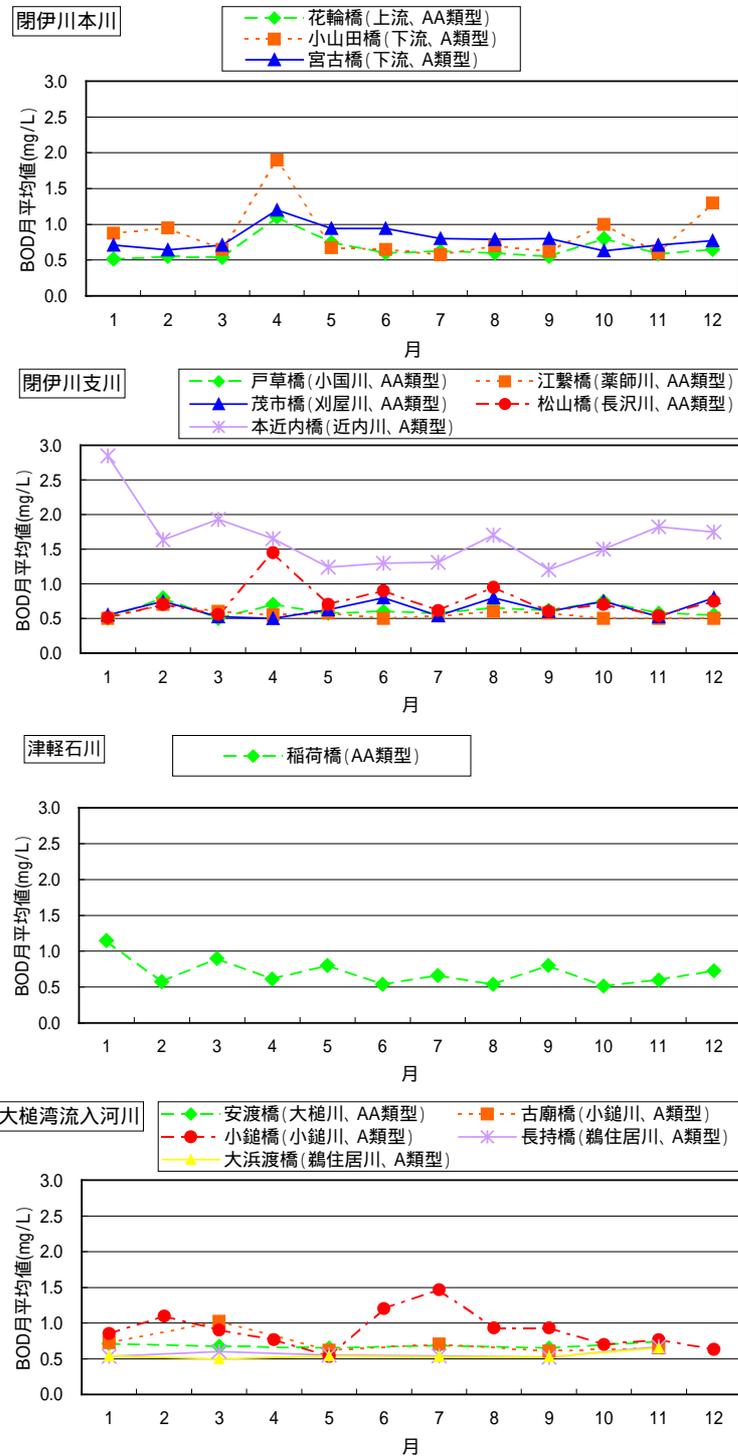


図 3.3 - 25 BOD の経月変化

注) 大浜渡橋は 9 ヶ年、小鎚橋は 3 ヶ年の平均値
 出典: 「全国公共用水域水質年鑑、環境庁水質保全局」(1992 ~ 1998 年)
 「公共用水域水質測定結果、岩手県」(1999 ~ 2001 年)

(3) SS

対象河川の公共用水域水質測定地点における SS 年平均値の経年変化を図 3.3 - 26に示す。閉伊川本川・支川では SS 年平均値が 10(mg/L)以上になることがあるが、津軽石川、大槌川、小鎚川、鶉住居川では 6(mg/L)以下で推移していた。

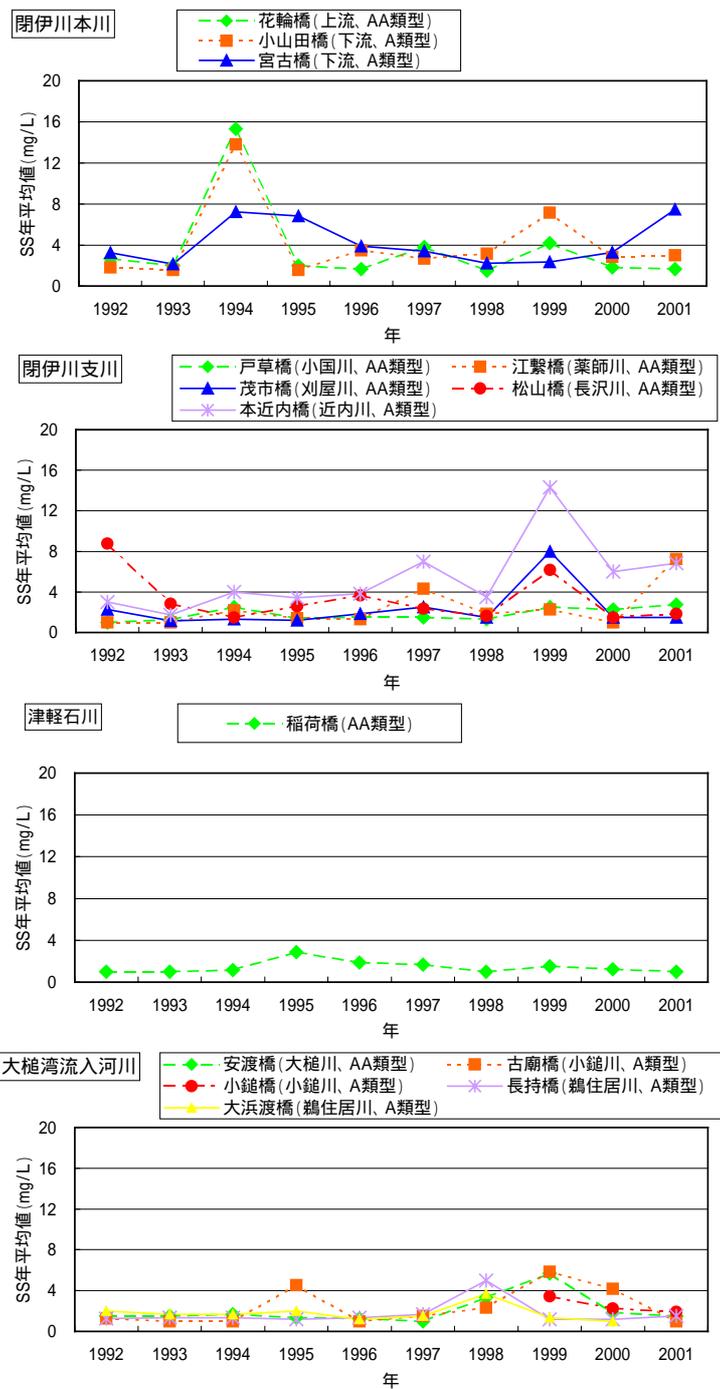


図 3.3 - 26 SS の経年変化

出典：「全国公共用水域水質年鑑、環境庁水質保全局」(1992～1998年)
 「公共用水域水質測定結果、岩手県」(1999～2001年)

対象河川の公共用水域水質測定地点におけるSSの経月変化(月ごとの10ヵ年平均値)を図3.3-27に示す。花輪橋(閉伊川上流)と小山田橋(閉伊川下流)のSSの4月の10ヵ年平均値が他の地点に比べ高いのは、4月の調査回数が少ないため、出水時の調査結果の影響を大きく受けているからである。各河川ともに明らかな季節変動はみられなかった。

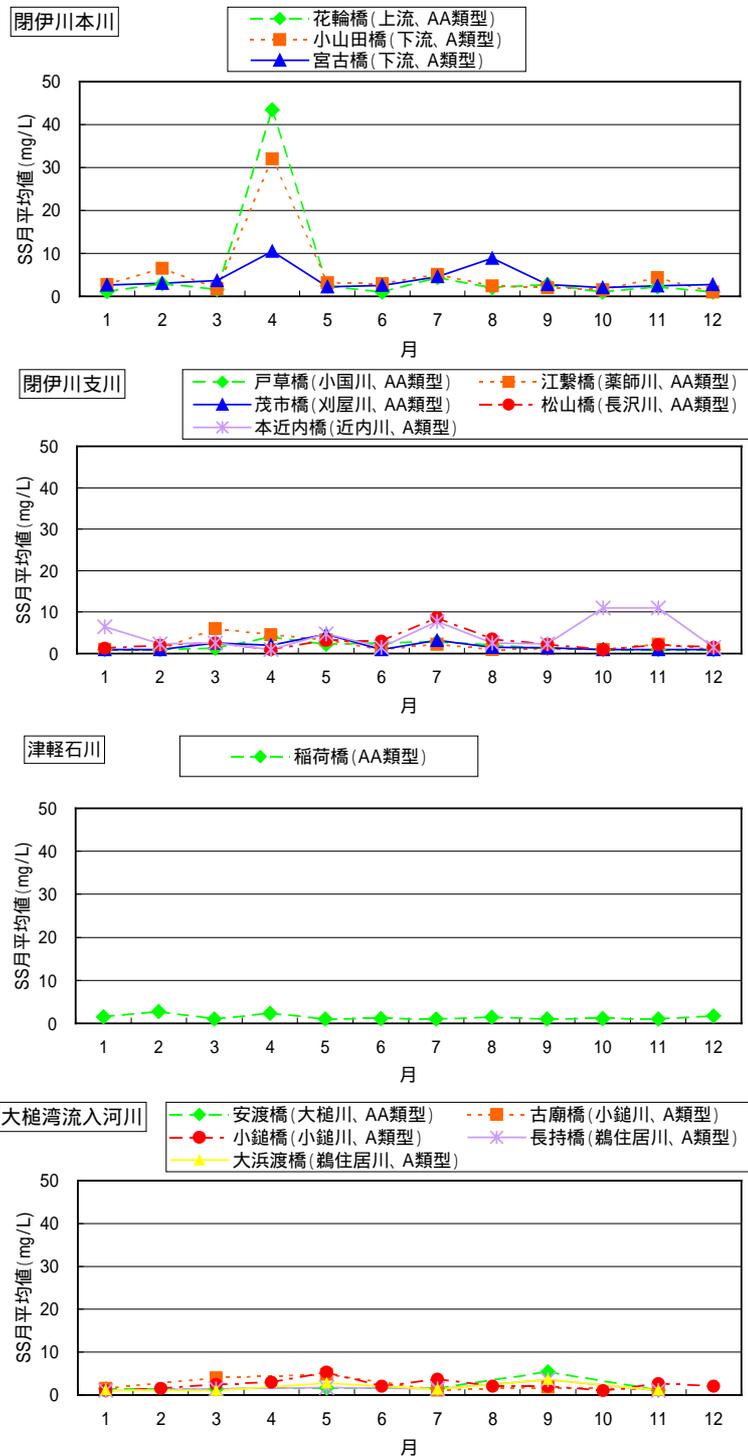


図 3.3 - 27 SSの経月変化

注) 大浜渡橋は9ヵ年、小鍬橋は3ヵ年の平均値

出典:「全国公共用水域水質年鑑、環境庁水質保全局」(1992~1998年)
「公共用水域水質測定結果、岩手県」(1999~2001年)

(4) T-N

対象河川の公共用水域水質測定地点における T-N 年平均値の経年変化を図 3.3 - 28 に示す。各河川ともに T-N は 0.30 ~ 1.20(mg/L)を推移していた。

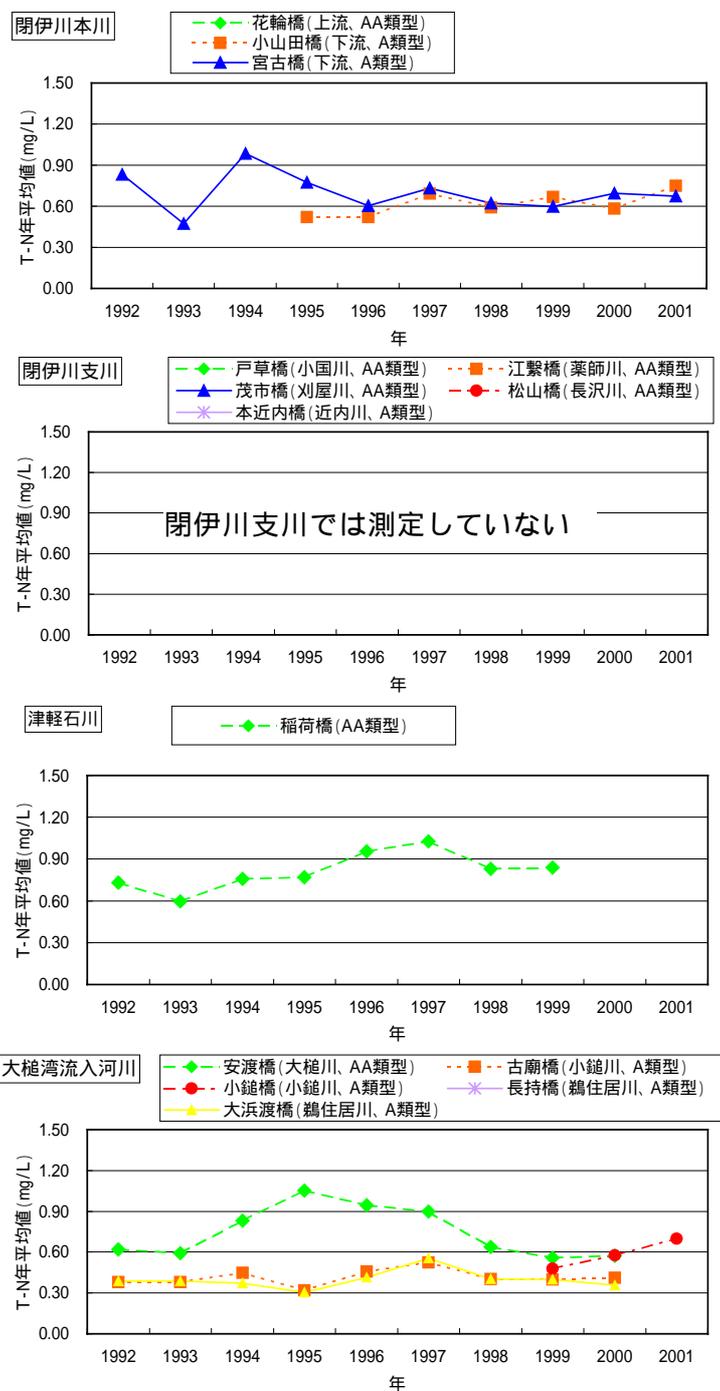


図 3.3 - 28 T-N の経年変化

出典：「全国公共用水域水質年鑑、環境庁水質保全局」(1992～1998年)
 「公共用水域水質測定結果、岩手県」(1999～2001年)

対象河川の公共用水域水質測定地点における T-N の経月変化(月ごとの 10 ヶ年平均値)を 図 3.3 - 29 に示す。各河川ともに明らかな季節変動はみられなかった。

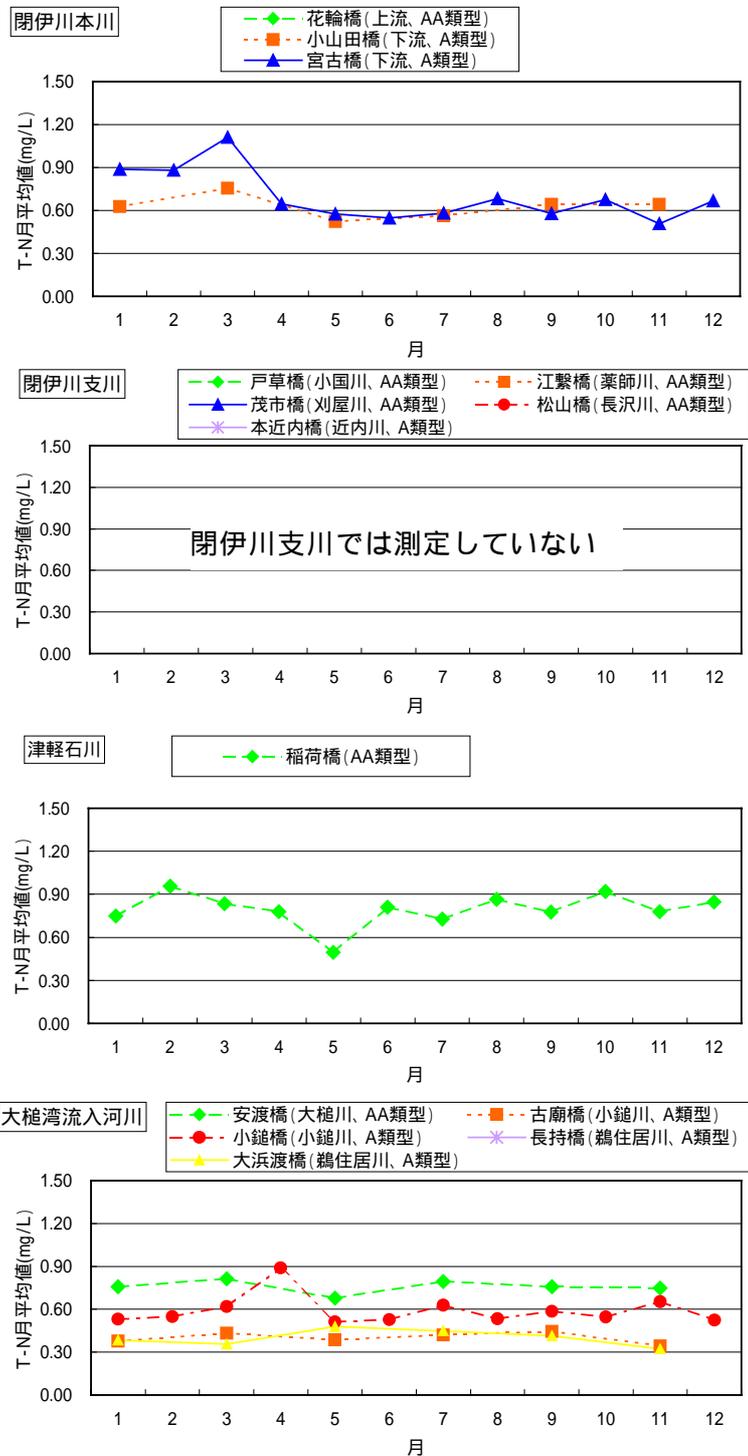


図 3.3 - 29 T-N の経月変化

注) 大浜渡橋は 9 ヶ年、小鍬橋は 3 ヶ年の平均値
 出典: 「全国公共用水域水質年鑑、環境庁水質保全局」(1992 ~ 1998 年)
 「公共用水域水質測定結果、岩手県」(1999 ~ 2001 年)

(5) T-P

対象河川の公共用水域水質測定地点における T-P 年平均値の経年変化を図 3.3 - 30に示す。閉伊川の宮古橋以外は、各河川とも 0.03(mg/L)以下を推移していた。宮古橋は閉伊川下流であることから宮古市街地の人為的負荷(家庭排水、尿尿、工場排水等)の影響が考えられる。

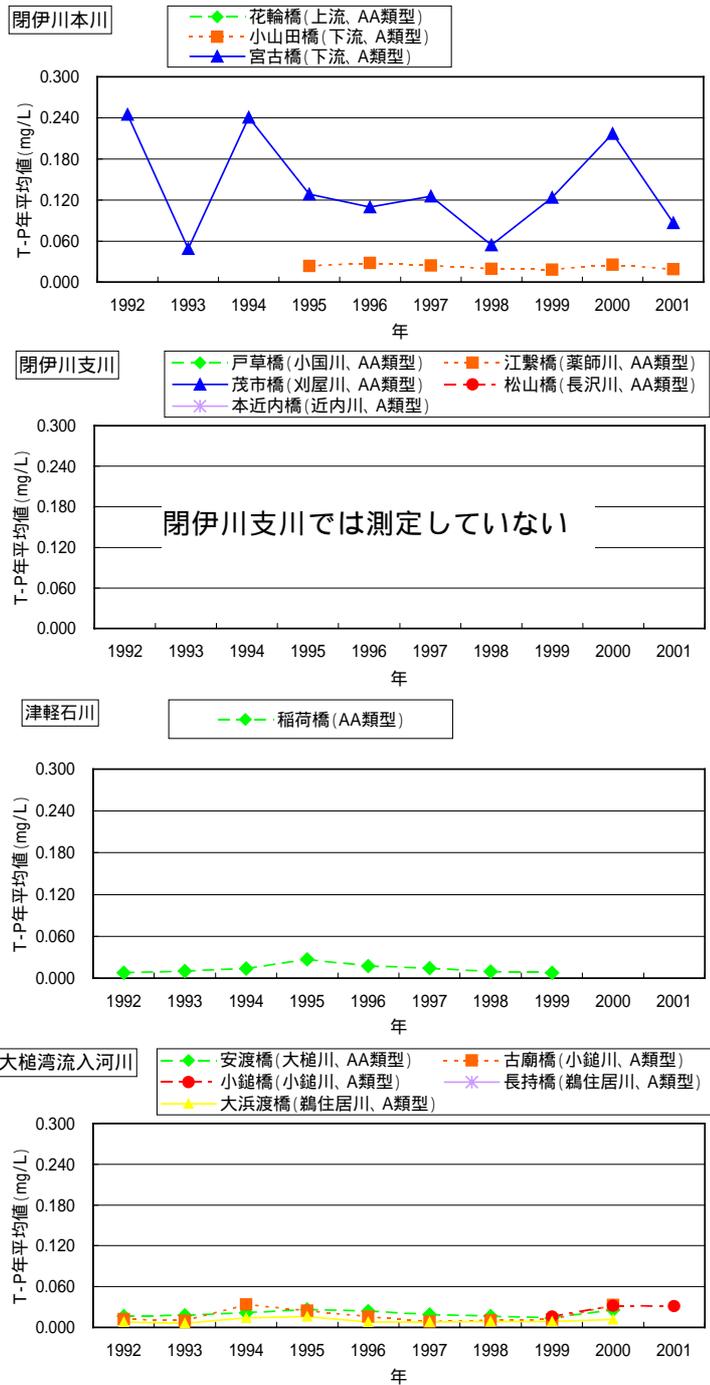


図 3.3 - 30 T-P の経年変化

出典：「全国公共用水域水質年鑑、環境庁水質保全局」(1992～1998年)
 「公共用水域水質測定結果、岩手県」(1999～2001年)

対象河川の公共用水域水質測定地点における T-P の経月変化(月ごとの 10 ヶ年平均値)を 図 3.3 - 31 に示す。各河川ともに明らかな季節変動はみられなかった。

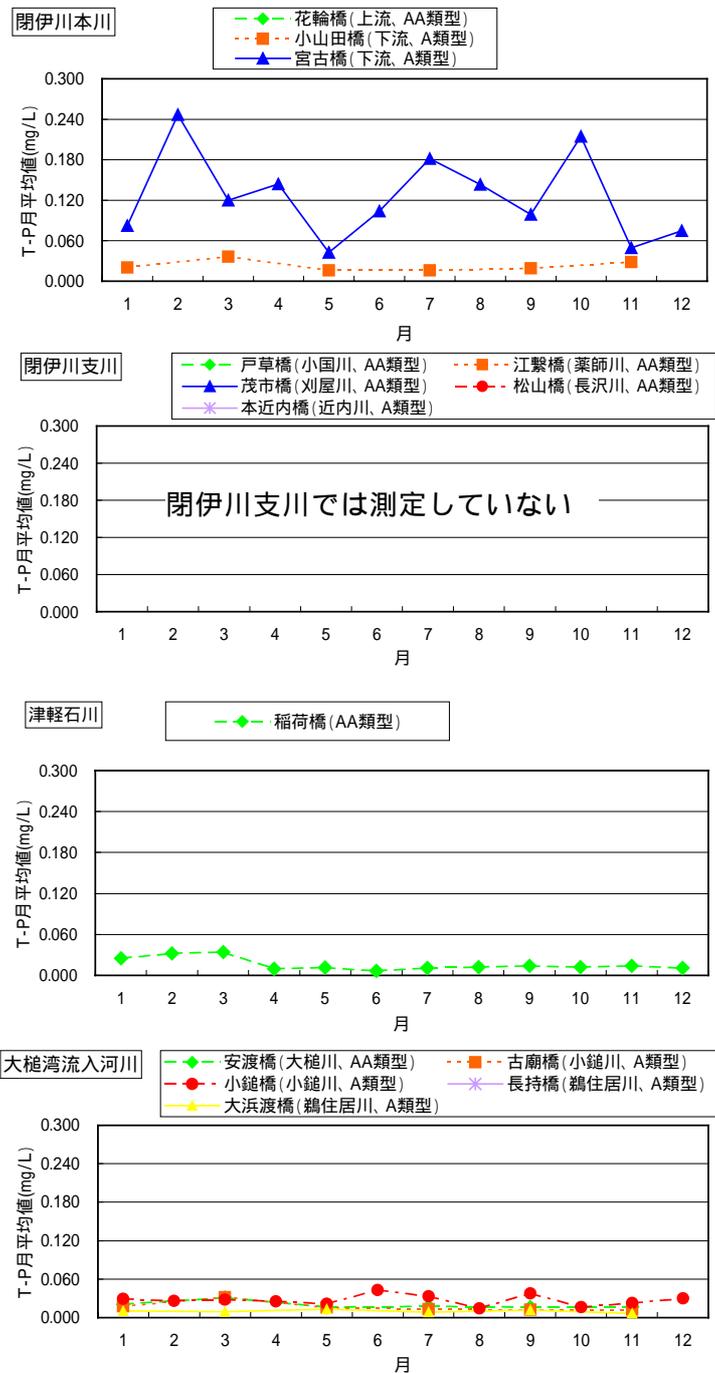


図 3.3 - 31 T-P の経月変化

注) 大浜渡橋は 9 ヶ年、小鎚橋は 3 ヶ年の平均値
 出典: 「全国公共用水域水質年鑑、環境庁水質保全局」(1992 ~ 1998 年)
 「公共用水域水質測定結果、岩手県」(1999 ~ 2001 年)

10) 生物

閉伊川、津軽石川、小鍬川に生育・生息する動植物について整理した。

(1) 閉伊川

(a) 植物

閉伊川流域内で広い面積を占める植生は、クリ - ミズナラ群落、コナラ群落、アカマツ植林、カラマツ植林などがあげられる。また、早池峰山周辺には高山植物、針葉樹林、ヒノキ、アスナロ林など、貴重な植物群落が分布しており、河川沿いには閉伊川のケヤキ林、下流部には黒森山のモミ林、磯鷲のヤブツバキ林などもみられる。

河川敷の植生は、概ね自然植生(自然林ならびに自然草地)や半自然植生(半自然林ならびに半自然植生)によって占められ、上・中流部ではケヤキ優占林が、また、下流部にはオニグルミ優占林が成立することが多い。また草本タイプのもものでは河川敷の低湿地に広く発達しているツルヨシ・ヨシ優占草地や、下流の低湿地にわずかに成立をみたヒメガマ優占草地に群落の自然的資質の高さを感じられる。

(b) 魚類

閉伊川水系には 63 種の魚が生息しているといわれており、アユが広く生息しているほか、上流部ではイワナ、ヤマメの生息状態が良好である。

(c) 鳥類・昆虫類

閉伊川流域内には多くの種類の鳥類が生息しており、重要な昆虫類も上流部を中心に広く分布している。

出典：「閉伊川河川整備計画基本方針参考資料(治水計画)、平成 15 年 10 月、岩手県」

(2) 津軽石川

(a) 植物

津軽石川流域には、タブノキ林、モミ林、イヌブナ林、ブナ林(スズタケ - ブナ)等の温暖帯性の植生が発達している。上流部の山地側では、少雪、低温型で太平洋型気候の海拔の高い地域とみることができる。標高の低いところでは、三陸海岸と大きな差はないが、標高が高くなるとブナ - ミズナラ群落が多くなるように冷温帯を示す植生となる。

(b) 魚類

津軽石川河口部に生息する魚類のほとんどが、サケ、ヤマメ、アユ等の汽水、海水魚または回遊魚で、シロウオやイトヨも確認されている。

(c) 哺乳類

津軽石川流域に生息する哺乳類は、沿川流域の生息する大型哺乳類として、タヌキ、キツネがほぼ全域に、標高の高い上・中流部には、ニホンカモシカ、ニホンジカ、ツキノワグマなどがいるとされている。

(d) 鳥類

津軽石川河口部に生息する鳥類は、キンクロハジロ、スズガモなどのカモ類やウミネコ、ウミアイサ、キョウジョシギなど、海岸域を好む種も多く確認されている。注目種においても、魚のみを補食するミサゴ、砂礫地を好むコチドリ、海浜や州を好むシロチドリなど比較的海岸域を好む種が確認されている。

津軽石川中流部では、代表的な水鳥であるオオハクチョウやカモ類、河原を好むイカルチドリ・セキレイ類が多く、上流部ではカワラヒワ・スズメなどの人家や農耕地周辺を好む種や雑木林を好むカシラダカなどが確認されている。

(e) 昆虫類

津軽石川流域に生息する昆虫類については、分布は豊かで、マークオサムシ、オオチャイロハナムグリなどが生息している。

(f) 底生生物

津軽石川河口部に生息する底生生物は、カニ・貝などの甲殻類やゴカイなどの多毛類が多く確認されている。

津軽石川中・上流部には、一般的な種であるユスリカ科が多く確認されており、全体的には「きれいな水」に生息する種が多く確認されている。

また、希少種であるモノアラガイも確認されている。

出典：「平成 14 年度二級河川津軽石川津軽石川河川整備計画策定業務参考資料、平成 15 年 3 月」
「平成 15 年度「いわての川づくりプラン」懇談会資料津軽石川編、平成 15 年 9 月、岩手県」

(3) 小鎚川

(a) 植物

小鎚川流域は温暖帯および冷温帯の境界に位置すると考えられ、最上流部の川沿いはケヤキ群落ที่กว้าง、周辺の山地にはアカマツ群落が分布している。河川区間より下流では、コナラ群落とスギ植林が交互に広がる丘陵地内を蛇行して流下しており、川沿いには水田雑草群落や畑地雑草群落が広がる。

なお、この他ブナ - ミズナラ群落、クリ - ミズナラ群落、ススキ群団、コナラ群落、カラマツ植林などが流域内にみられる。

(b) 魚類

隣接して大槌湾に注ぐ大槌川と共に、漁業権が設定されており、アユ、ヤマメ、イワナ、ウナギの稚魚が放流されている。なお既往の文献および調査結果による資料では、モツゴ、マハゼ、ウグイ、オイカワ等の生息が確認されており、小鎚川サケ・マス人工孵化工場ではサケ・マスの養殖孵化が行われている。

(c) 哺乳類

小鎚川流域に生息する哺乳類の分布は、「第 2 回自然環境保全基礎調査」によると、ツキノワグマ、キツネ、タヌキ、アナグマの 4 種が常に生息しているとされる。ニホンザルについては、絶滅した地域となっている。また、ニホンジカについては、隣接する釜石市が繁殖地域、出没地域となっていることから、大槌町での生育の可能性も考えられる。

特別天然記念物のニホンカモシカは、北上山地が主要な生育地域であり、大槌町においても生息が確認されており、生息密度も高い。

(d) 鳥類

小鎚川流域には、「第 2 回自然環境保全基礎調査」における日本産鳥類の繁殖分布によると、18 種の鳥類が生息している。

(e) 昆虫類

「第 2 回自然環境保全基礎調査」における、学術上重要な種等の生息地および生息状況の調査結果によると、指標昆虫類および特定昆虫類の生息記録はない。

(f) 両生類・爬虫類

「第 2 回自然環境保全基礎調査」による学術上重要な種等の確認地点はなく、貴重な両生類・爬虫類の生息記録はない。

出典：「平成 13 年度二級河川小鎚川水系河川整備基本方針・整備計画策定業務委託報告書、平成 14 年 3 月、岩手県釜石地方振興局」

3.4 海域の状況

1) 地形

宮古湾及び大槌湾の地形及び諸元を図 3.4-1、図 3.4-2、表 3.4-1に示す。宮古湾及び大槌湾は岩手県東岸の中央部に位置するリアス海岸で、宮古湾は面積 24.1km²、湾口最大水深 76m、大槌湾は面積 20.2km²、湾口最大水深 77mとほぼ同程度の規模である。宮古湾には閉伊川、津軽石川の2河川が流入し、大槌湾には大槌川、小槌川、鵜住居川の3河川が流入している。

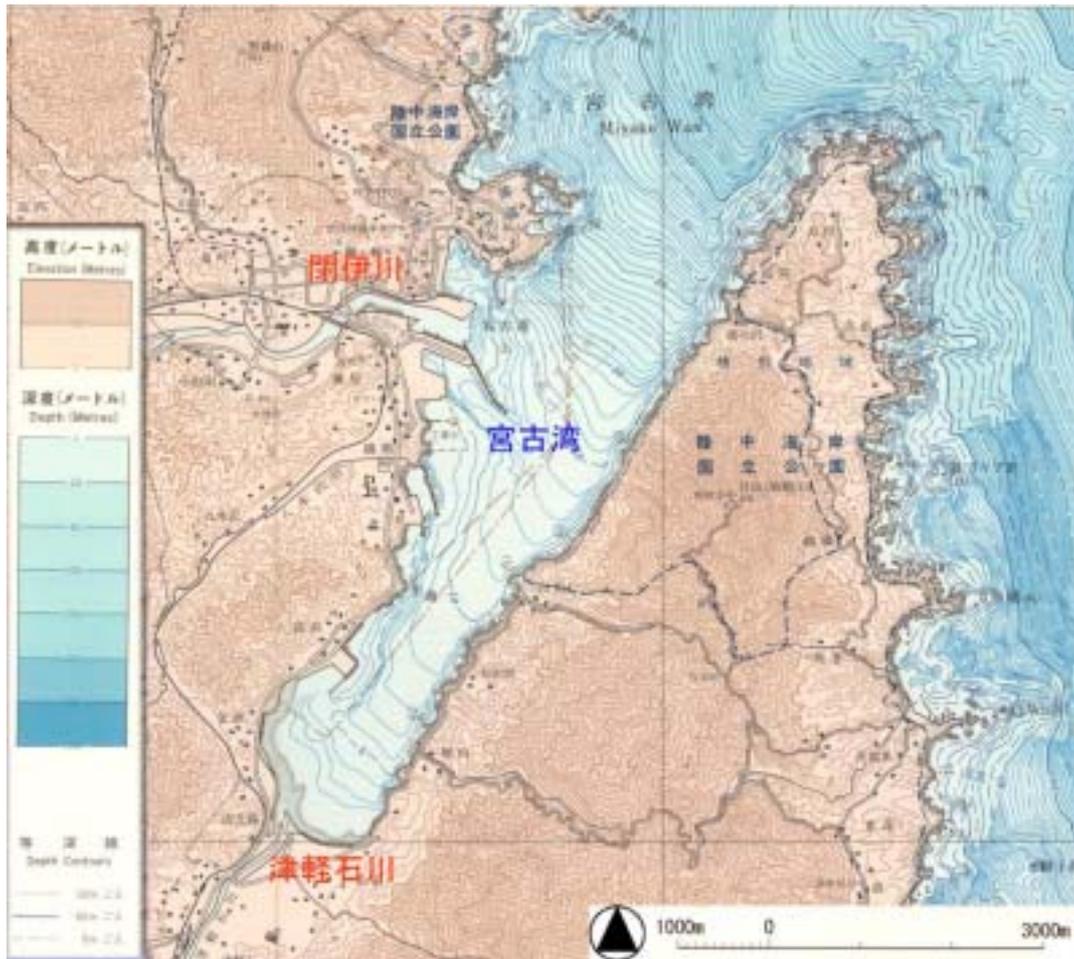


図 3.4-1 宮古湾の地形

出典：1/50000 海底地形図 山田湾、昭和 59 年、海上保安庁より



図 3.4-2 大槌湾の地形

出典：1/50000 海底地形図 釜石湾、昭和 59 年、海上保安庁より

表 3.4-1 宮古湾及び大槌湾の諸元

	宮古湾	大槌湾
湾口幅	4.8 k m	4.1 k m
面積	24.1 k m	20.2 k m
湾口最大水深	76 m	77 m
閉鎖度指標	1.02	1.10
流入河川	閉伊川、津軽石川	大槌川、小槌川、鷓住居川

閉鎖度指数 = (面積^{1/2} × 湾内最大水深) / (湾口幅 × 湾口最大水深)

数値が高いほど、海水交換が悪い。水質汚濁防止法では指数 1 以上の海域等を排水規制対象としている。

((財) 国際エメックスセンターのデータベースを改変)

2) 潮位

宮古港における 2003 年 10～12 月の日平均実測潮位を図 3.4-1 に示す。

水質・底質の現地調査を行った 10 月 8、9 日及び 12 月 1、2 日の日平均実測潮位は、それぞれ 130.4(D.Lcm)、128.2(D.Lcm) 及び 134.5(D.Lcm)、135.9(D.Lcm) であった。

10 月に行った調査(晩夏調査)より 12 月に行った調査(初冬調査)の方が、4～7cm 潮位が高かった。

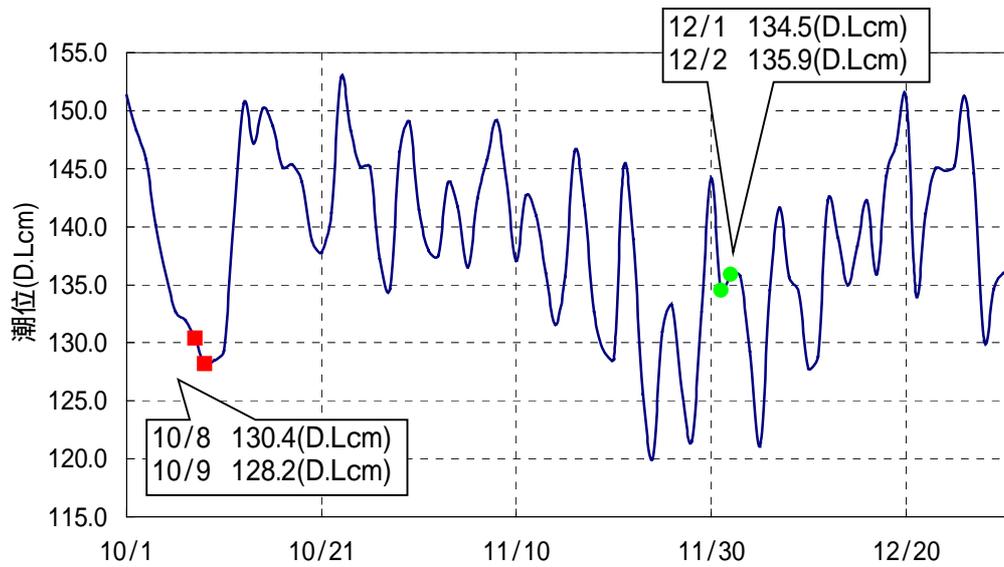


図 3.4-3 宮古港の日平均実測潮位(2003 年 10～12 月)

出典：気象庁 HP 海洋の情報より作成

3) 水質

宮古湾、大槌湾ともに A 類型 (COD) かつ Ⅱ 類型 (T-N、T-P) に指定されている。1989 年以後の公共用水域の水質調査結果 (COD、T-N、T-P) を図 3.4-4、図 3.4-5 に示す。

宮古湾では、COD には地点間で大きな差は見られず、いずれの地点も概ね環境基準値を下回っており、 $<0.5 \sim 3\text{mg/L}$ の範囲で推移することが多かった。T-N は閉伊川河口付近で概ね $0.1 \sim 0.7 \text{mg/L}$ の範囲、その他の地点では概ね $0.1 \sim 0.5 \text{mg/L}$ の範囲、T-P は閉伊川河口付近で概ね $0.02 \sim 0.15 \text{mg/L}$ の範囲、その他の地点では概ね $0.01 \sim 0.08 \text{mg/L}$ の範囲であり、閉伊川河口付近の地点でやや高い傾向がみられた。

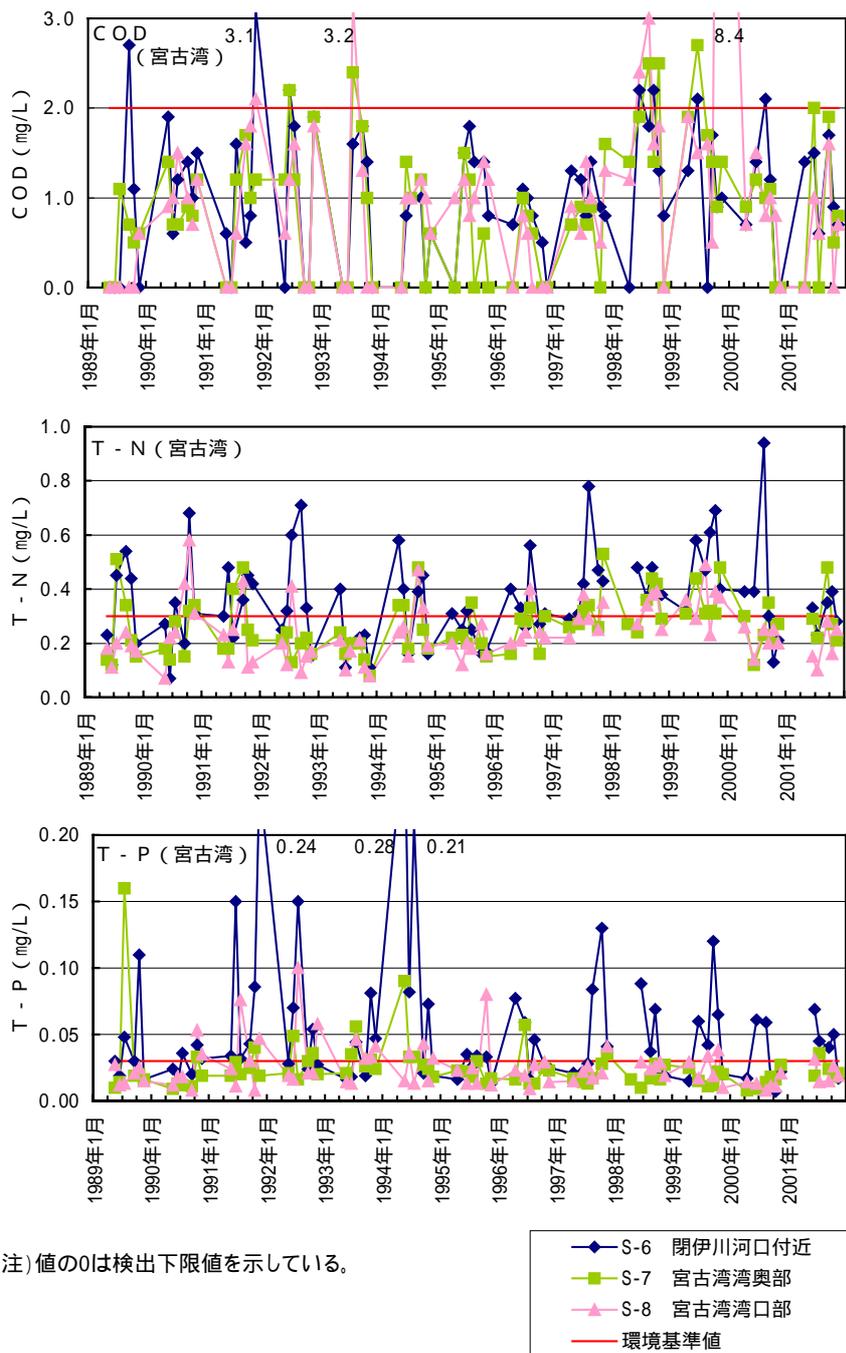


図 3.4-4 宮古湾の水質経月変化 (COD、T-N、T-P)

大槌湾では、COD には地点で大きな差は見られず、いずれの地点も概ね $<0.5 \sim 2\text{mg/L}$ の範囲と環境基準値を下回っていたが、2001 年にやや値が高い傾向がみられた。T-N は大槌川・小槌川河口付近で概ね $<0.05 \sim 0.5 \text{ mg/L}$ の範囲、その他の地点で概ね $<0.05 \sim 0.3 \text{ mg/L}$ の範囲、T-P は大槌川・小槌川河口付近で概ね $0.01 \sim 0.04\text{mg/L}$ の範囲、その他の地点では概ね $0.01 \sim 0.02 \text{ mg/L}$ の範囲であり、大槌川・小槌川河口付近の地点でやや高い傾向がみられた。

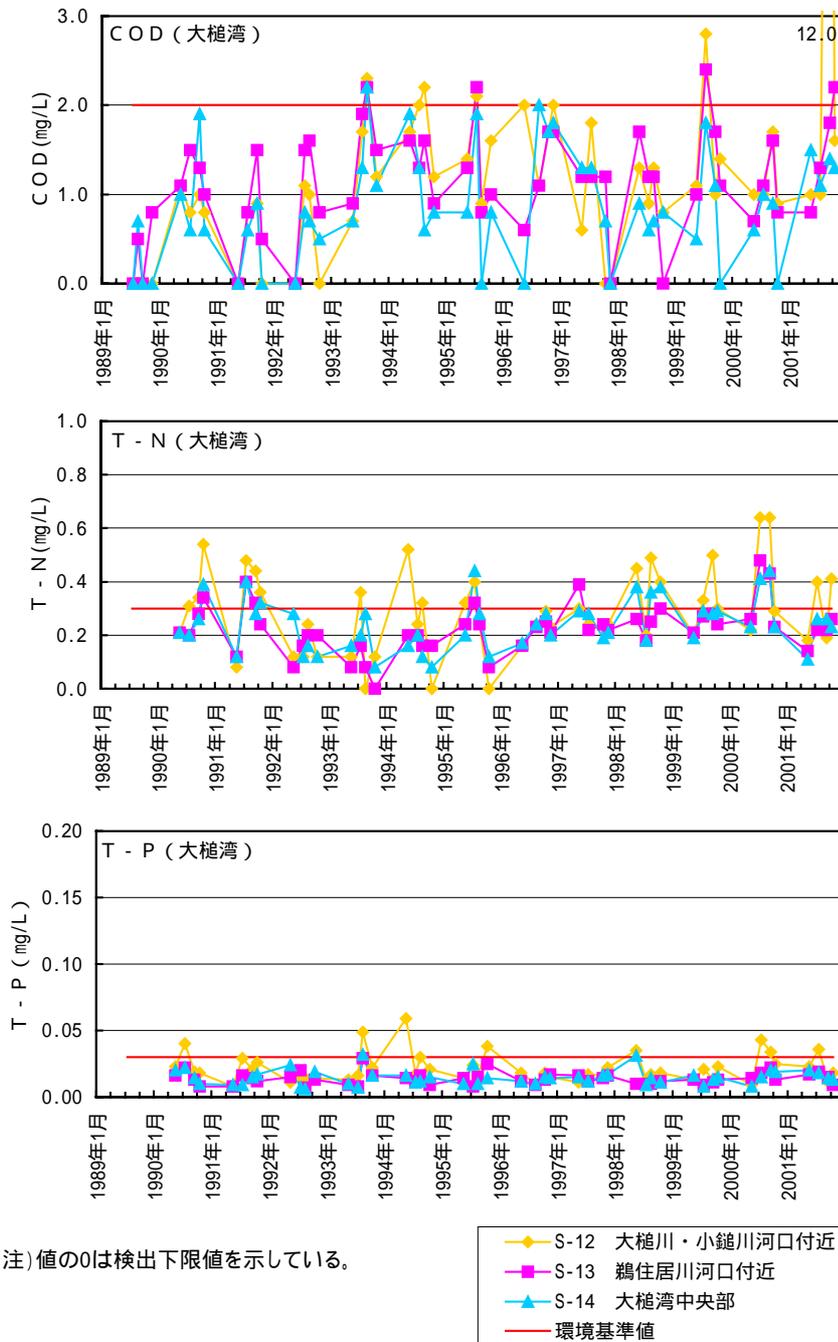


図 3.4-5 大槌湾の水質経月変化 (COD、T-N、T-P)

4) 藻場の分布

環境省の調査による宮古湾及び大槌湾の藻場の分布の状況を図 3.4-6に示す。宮古湾、大槌湾とも外海に近い波の強い地点ではワカメ場が広く分布し、比較的波の弱い地点ではコンブ場が形成されていた。また、宮古湾奥部の砂泥地にはアマモ場が形成されていた。

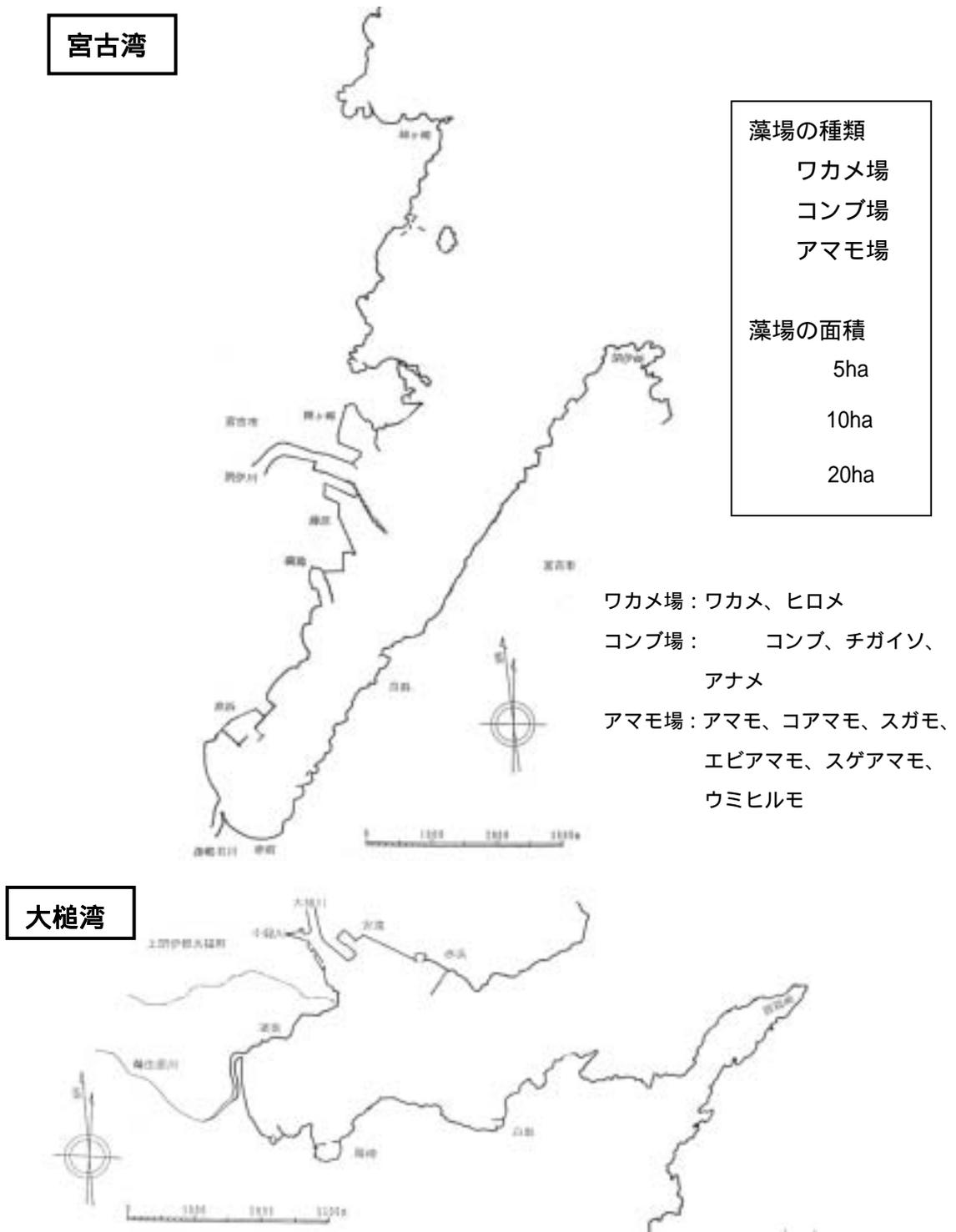


図 3.4-6 宮古湾及び大槌湾における藻場の分布状況

5) 生物生息の状況

対象海域である、宮古湾、大槌湾は、岩手県の中南部のリアス式海岸に位置する湾である。

この地域は、津軽暖水や黒潮、親潮の混合水域とされており（川合，1965；小河他，1990）親潮の影響を受け、水温は夏季（7～9月）に20℃を超える程度と全体的に低いため、寒流系に生息・分布する生物種が多くみられる。

大槌湾には東京大学海洋研究所大槌臨海研究センター（現 国際沿岸海洋研究センター）が設置されており、大槌湾および周辺海域における物理・化学・生物の広い分野の研究・調査について1975年から報告がなされている。今回は、東京大学海洋研究所大槌臨海研究センター報告（1976～2003）をもとに大槌湾および周辺海域についてまとめた。

(1) 植物プランクトン

植物プランクトンの調査は、ほぼ周年にわたって行われている。植物プランクトンの採集は採水方法およびネット方法（XX13（網目0.10mm）およびGG54（網目0.33mm）のノルパックネット）で行われているが、記載はXX13ネットの結果を中心に行われているため、大槌湾に分布する実際の植物プランクトンは今回とりまとめた種と組成が異なっていると推察される。

文献で確認された種類は、藍藻綱1種、黄色鞭毛藻綱5種、渦鞭毛藻綱6種、珪藻綱121種で、合計133種が確認された。出現種のほとんどが沿岸性種であるが、外洋性種も確認でき、種組成から大槌湾は内湾的性格が比較的弱い沿岸域の特性を示している（会沢・丸茂，1979）。また、*Chaetoceros coarctatus*、*Climacodium frauenfeldianum*、*Rhizosolenia calcaravis*のような黒潮系水の指標種や、*Thalassiosira decipiens*、*Chaetoceros atlanticus*のような親潮系水の指標種が確認されており、黒潮および親潮の影響が湾内にも及んでいることを示している。

(2) 動物プランクトン

動物プランクトンの調査は、毎月1回周年にわたって行われている。動物プランクトンの採集はノルパックネット（GG54）を使用した鉛直曳きで行われている。

確認された種類は、節足動物門甲殻綱が36種、毛顎動物門ヤムシ綱が10種で、合計46種が確認された。出現種のほとんどが沿岸性種であるが、*Calanus plumchrus*、*Sagitta elegans*のような亜寒帯種や、*Sagitta ferox*のような黒潮系水で確認される種も確認された。

また、*Sagitta crassa*のような内湾種が湾奥に分布し、湾全体として出現頻度が低いことから、大槌湾の内湾的性格はかなり弱いといえる（寺崎，1980）。

(3) 海草藻類

海草藻類の調査は冬季以外の時期に行われている。

大槌湾において確認された種類は、緑藻綱が21種、褐藻綱が43種、紅藻綱が86種、被子植物単子葉綱が3種で、合計153種が確認された。出現種のほとんどが、銚子あるいは三陸沿岸を生育の南限とする寒海産の種であるが、アナアオサ、ヒジキのような日本南部の暖海域で普通にみられる種も確認されており、大槌湾は寒流系の影響が強い湾と考えられる（小河他，1990）。

大槌湾における夏季の優占群落形成種の鉛直分布は、高潮線付近に紅藻のフクロフノリが、潮間帯には緑藻のアナアオサ、褐藻のヒジキ、紅藻のエゾツノマタが優占して生育していた。低潮線から漸深帯にかけては褐藻のホソメコンブ、ウガノモク、紅藻のアカバ、マクサ等が優占し、海草のアマモ、スガモ等が群落を形成していた（小河他，1990 図 3.4-7）。

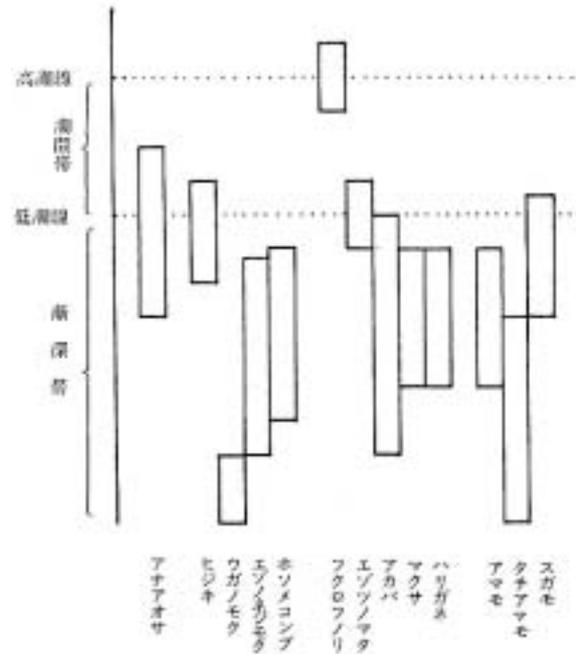


図 3.4-7 大槌湾の海藻類における優占群落形成種の垂直分布模式図

(4) 底生動物

大槌湾で確認された種類は、刺胞動物門が 13 種、扁形動物門が 19 種、紐形動物門が 11 種、軟体動物門が 410 種、環形動物門が 127 種、節足動物門が 132 種、触手動物門が 7 種、棘皮動物門が 22 種、脊索動物門が 2 種で合計 743 種が確認された。

ヒメエゾボラやクロタマキビなどの寒帯性の貝類が確認されていることから、大槌湾は親潮の影響を受けていると考えられる。

宮古湾では扁形動物門が 2 種、軟体動物門が 81 種、環形動物門が 46 種で合計 129 種の底生生物が確認された。しかし、宮古湾は大槌湾よりも既往文献が少ないため、実際はより多くの種が生息していると考えられる。

(5) 魚類

魚類の調査は、湾内操業船による漁獲物調査（5～10月）、かご網・船曳き網による成魚等調査（11月）、ネットによる魚類稚仔魚調査（周年）を実施している。

確認された種類は、軟骨魚綱が3種、硬骨魚綱が197種で、合計200種が確認された。軟骨魚であるサメ、エイは湾口部の定置網で混獲されることから、太平洋からの迷い込み魚と考えられる。サンマは湾口より外洋に分布し、湾内では少量が漁獲される。ブリの成魚が漁獲されるのは稀である（岩田他，1978）。エゾイソアイナメは湾内で未成魚から成魚までが確認されている（沼知他，1978）。

大槌湾で採集された稚仔魚は内湾性の種が最も多く、次いで沿岸性の種が多かった。ハダカイワシ類およびサンマ仔魚のような外洋性種は極めて少なかった（山下・青山，1980）。マイワシ、マサバ、カタクチイワシ等が大槌湾の主要魚種であるが、カタクチイワシの稚魚は湾内で大量に確認されているものの他の主要魚種の稚魚については湾内では多量の分布は認められていないことから、これらの魚種については、湾外から季節的に来遊するものと考えられる（岩田・沼知，1981）。

湾内で確認されたウグイについては、生活場所の中心は淡水域であるので、何らかの原因で一時的に流下したものであると思われる（立川・田中，1982）。さらに、河口域の近くに漁獲物の解体処理場があり、その下水口から切断された魚体・内臓等が排出されており、その近辺でウグイ等の魚類が活発に摂餌していることが確認されている（立川他，1986）。

参考文献

- 会沢安志・丸茂隆三（1979）大槌湾に出現する植物プランクトン．東京大学海洋研究所 大槌臨海研究センター報告，5，15 - 23．
- 岩田宗彦・沼知健一（1981）：大槌湾における漁業対象生物群集の組成変化の研究，第7号，35 - 46．
- 岩田宗彦・沼知健一・真岩美衣子（1978）：大槌湾の魚類相調査 - 漁業から見た魚類相（5月 - 10月の水産物），東京大学海洋研究所大槌湾臨海研究センター報告 第4号，20 - 27．
- 川合英夫（1965）本州東岸の自然条件．水産庁東北海区水産研究所 研究報告，25，105 - 130．
- 沼知健一・岩田宗彦・土田英治・寺崎誠（1978）：大槌臨海研究センター前面三角水域におけるかご網、船曳網による生物採集，東京大学海洋研究所大槌湾臨海研究センター報告 第4号，42 - 46．
- 小河久朗・飯泉仁・竹内一郎（1990）大槌湾における夏季の海藻植生の特徴．東京大学海洋研究所 大槌臨海研究センター報告，16，53 - 56．
- 立川賢一・酒井光夫・李健・L.A. ハースネ・R.B. シーゲル（1986）：大槌湾沿岸域における6月の魚種組成の年変化，第12号，25 - 34．
- 立川賢一・田中昌一（1982）：大槌湾沿岸域における魚類群集調査，第8号，49 - 68．
- 寺崎誠（1980）大槌湾の動物プランクトン．東京大学海洋研究所 大槌臨海研究センター報告，6，1 - 5．
- 山下洋・青山恒雄（1980）：大槌湾に出現する稚仔魚 - 予報，東京大学海洋研究所大槌湾臨海研究センター報告 第6号，13 - 19．

6) 漁業の状況

対象海域における漁業実態について、岩手農林水産統計年報により、階層別経営体数、漁業種類別漁獲量、魚種別漁獲量、海面養殖業の状況をとりとめた。宮古湾については宮古市、大槌湾については大槌町および釜石市の数値を用いたため、全体的にみると宮古湾または大槌湾の中での漁獲とは異なった結果にはなるが、漁業種類および魚種により、特徴はうかがえる。なお、とりまとめ期間は平成元年から13年までであるが、代表年として平成元年、6年、11年、13年についてその特徴を述べるものとする。

(1) 階層別経営体数

3市町における階層別経営体数の状況を図3.4-8に示した。

経営体数は平成元年から13年まで釜石市が常に最も多く(平成13年で約900経営体)、大槌町が常に最も少なかった(同、約200経営体)。また、変化の割合は異なるものの、3市町ともに平成元年から平成13年にかけて減少しており、特に、釜石市における減少の割合は大きい。

3市町について階層別の経営体構成をみると、宮古市、大槌町では4代表年とも常に「動力船」の比率が最も高い。これらの動力船についてはそのほとんどが3トン未満の漁船であり、沿岸域(宮古湾、大槌湾)での漁業が中心となっていると推察できる。第2位は、宮古市では「その他の養殖(主としてこんぶ養殖)」であり、大槌町では「わかめ類養殖」となっている。

釜石市では平成元年度に「わかめ類養殖」が圧倒的の第1位であったが、年々その比率は低くなり、平成13年には第2位の「ほたてがいがい養殖」と大差なくなっていた。

このように宮古市、大槌町の漁業は、小型漁船による沿岸(湾内)漁業およびこんぶ、わかめ等の海藻類またはほたてがいがいの貝類の養殖に關与している経営体が多い状況である。

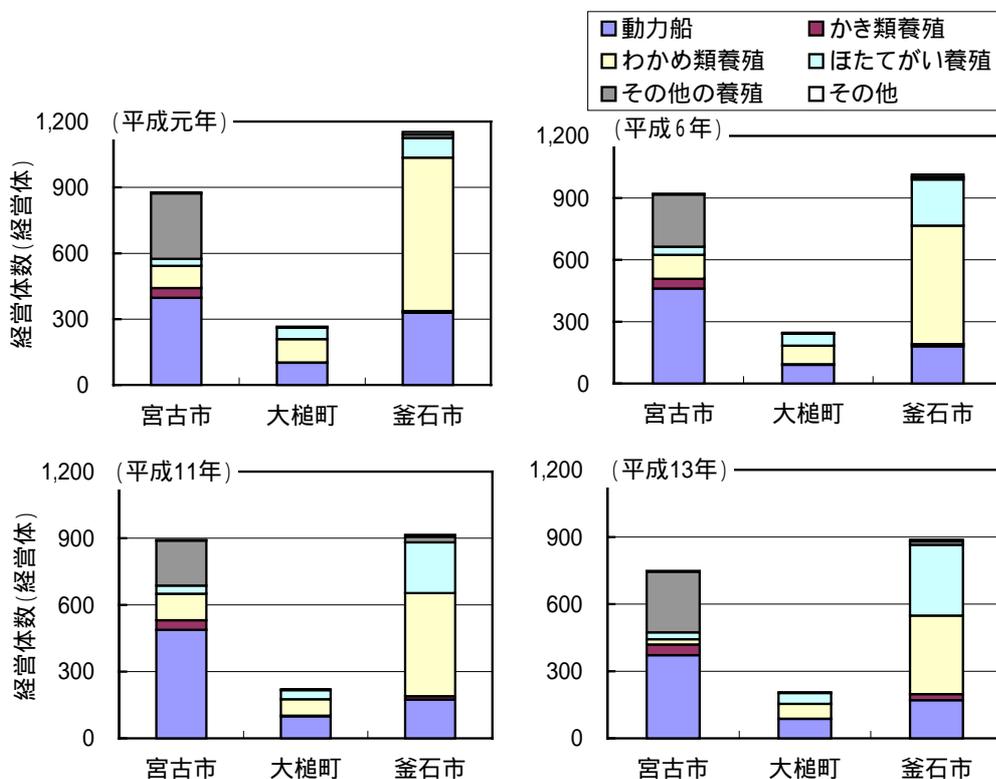


図 3.4-8 階層別経営体数

(2) 漁業種類別漁獲量

3市町における漁業種類別漁獲量の状況を図 3.4-9に示した。

漁獲量は宮古市が約 28,000 ~ 22,000 トン、大槌町が約 11,000 ~ 4,500 トン、釜石市が約 31,000 ~ 22,000 トンと宮古市および釜石市が多く、大槌町が少ない状況は、4 代表年について同様のものであった。

漁業種類別に漁獲比率をみると、宮古市ではおよび釜石市では「沖合底曳網(2そうびき)」、「大型定置網」、「遠洋まぐる延縄」による漁獲が多い。大槌町では平成元年には「さんま棒受網」が漁業の多くを占めていたが、その割合が減少し、平成 13 年には「船曳網(ひき回し)」、「大型定置網」に取って代わり、沿岸域での漁業が中心となっている。

以上より、宮古市、釜石市では大型漁船による「遠洋まぐる延縄」による漁獲が比較的多くみられるが、大槌町を含めて全体的には「沖合底曳網(2そうびき)」、「大型定置網」、「船曳網(ひき回し)」等の沿岸(内湾)における漁業による漁獲が多くを占めている。

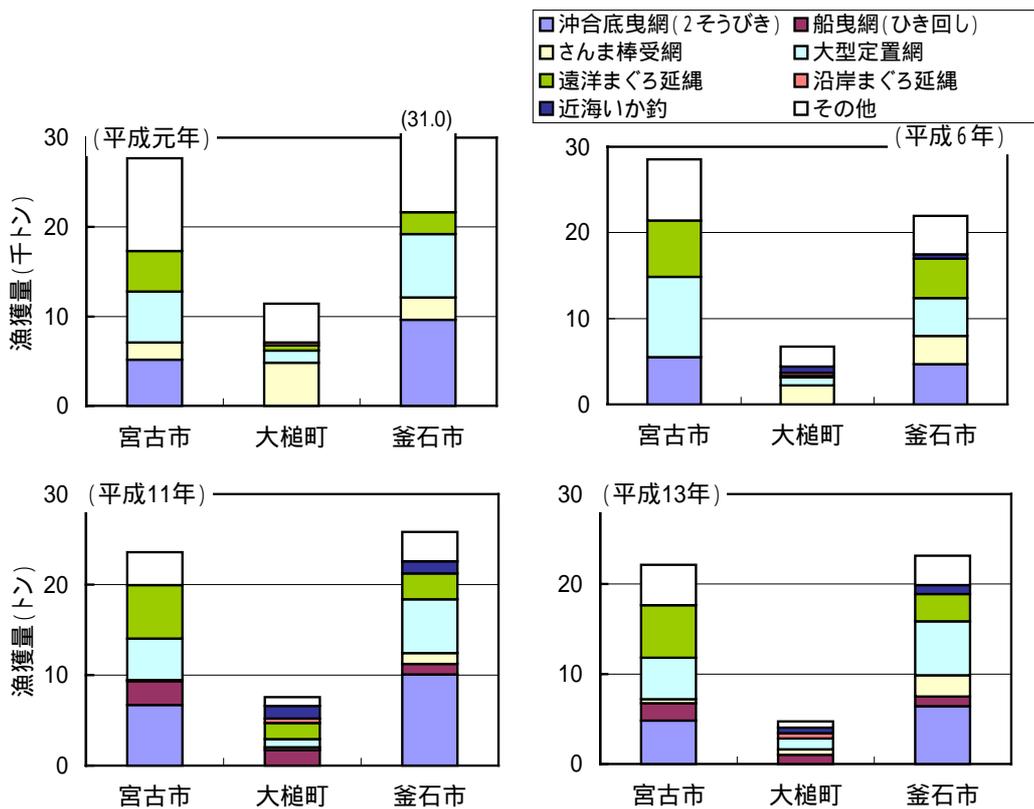


図 3.4-9 漁業種類別漁獲量

(3) 魚種別漁獲量

3市町における魚種別漁獲量の状況を図 3.4-10に示した。

漁獲量は、宮古市および釜石市が約 20,000～30,000 トン、大槌町が約 5,000～10,000 トンとなっており、全体的に平成元年以降、減少傾向にある。その中でも釜石市は減少量が最も大きく、大槌町は減少の割合が最も大きい。

魚種別にみると、宮古市および釜石市では「するめいか」、「さけ類」が多く漁獲されており、大槌町では平成元年には「さんま」、「さけ類」が多く漁獲されていたが、近年は「さんま」が減り「おきあみ類」が多くなっている。これらのうち「さけ類」は定置網により漁獲されているものである。

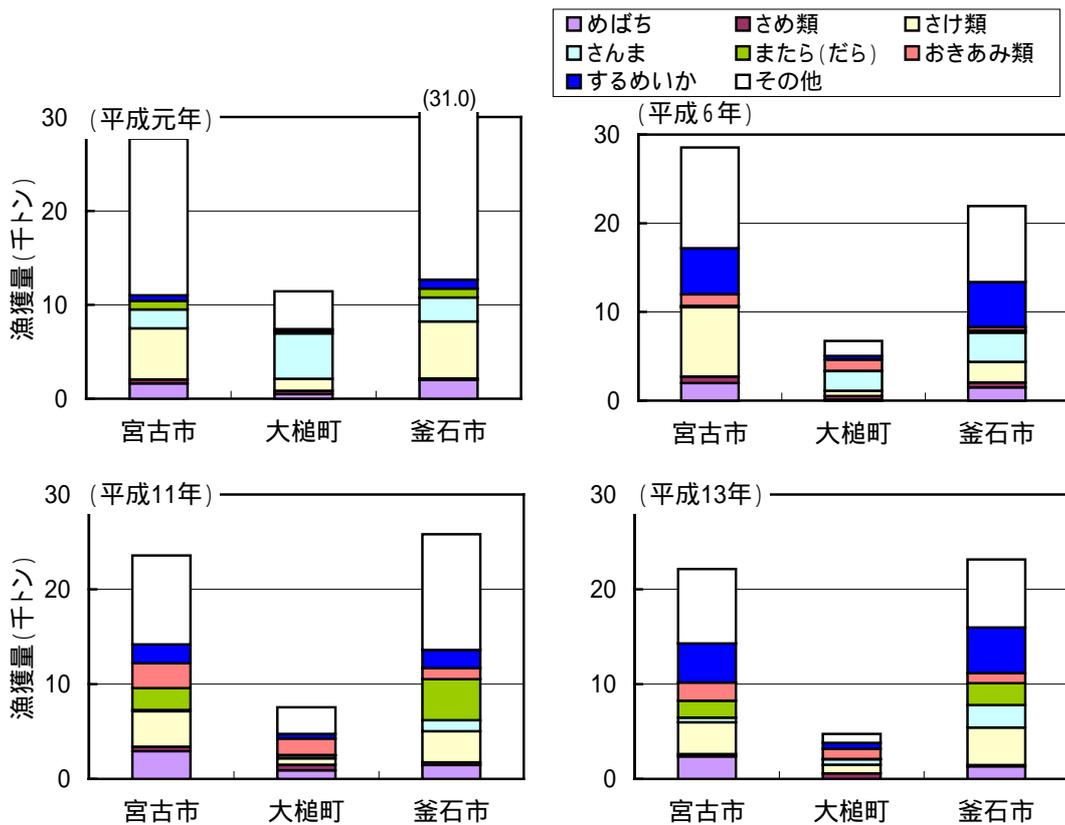


図 3.4-10 魚種別漁獲量

(4) 海面養殖業

3市町における養殖魚種別収穫量の状況を図 3.4-11に示した。

収穫量は、宮古市が平成3年以後増加し平成13年には約14,000トン、大槌町が約2,000～1,000トン、釜石市が平成3年以後減少し平成13年には約7,000トンであった。

養殖魚種別にみると、宮古市では「こんぶ養殖」が平成3年以後増加し、「わかめ養殖」とあわせて全体の約8割の収穫量になっている。大槌町では「わかめ養殖」がその大半を占め、「ほたてがい養殖」が次いでいた。釜石市では平成3年以後「わかめ養殖」が減少し、その分全体の収穫量が減少していた。

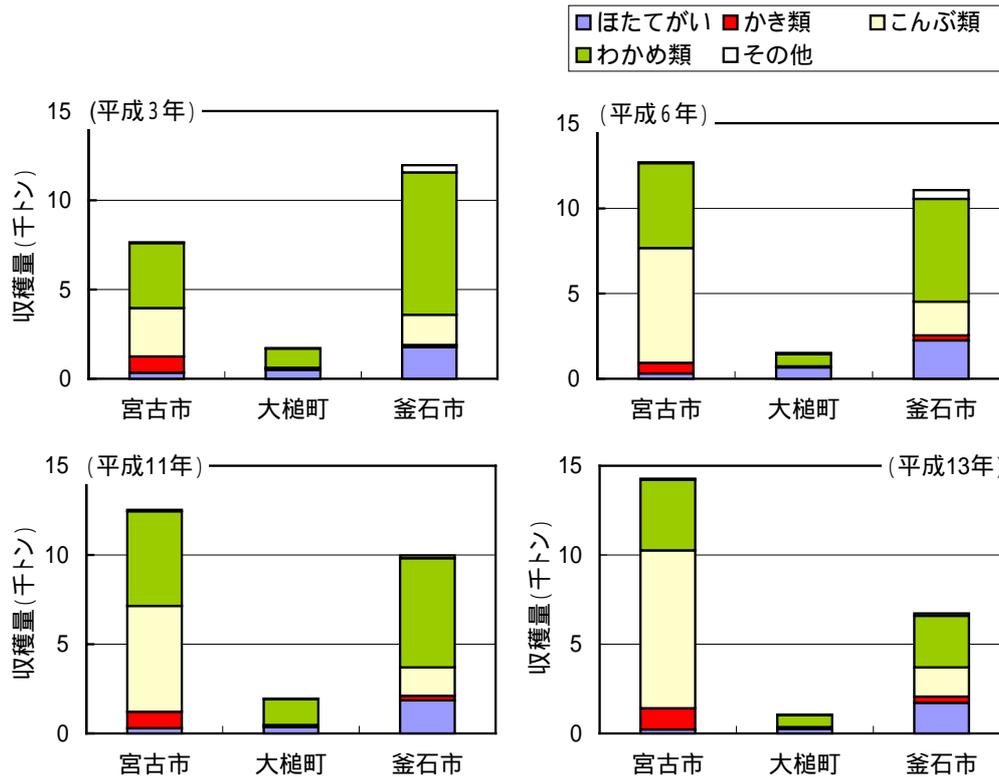


図 3.4-11 養殖魚種別漁獲量

4. 現地調査

4.1 概要

1) 調査地点

現地調査の調査地点は図 4.1?1に示すとおりである。

< 森林域 >

森林域での水質調査は、森林から供給される成分や土砂量及びその形態を把握するため、流域最上流部の森林を流れ出る小規模な溪流（幅50cmにも満たないようなチョロチョロとした流れを想定）で水質調査を実施した。林種、施業履歴等の違いによる森林から供給される成分等と河川の成分等との関係を比較検討する観点から、代表河川である津軽石川の最上流部付近より、林況の異なる4つのそれぞれの流域は、針葉樹の壮齢林、広葉樹の若齢林、針葉樹の若齢林、広葉樹の原生的天然林を主体とするものとしたが、自然条件等により流域内が小班に区分され、必ずしも画一的な施業が行われておらず、樹種、林齢が異なる林分が若干混在している。

森林・土壌調査の調査地点は、水質調査で選定した津軽石川の最上流部の4小流域の森林を対象とした。

底生動物及び付着藻類の調査地点は、水質調査で設定した4小流域の溪流を対象とした。

< 河川域 >

河川域での水質調査は、海域への河川水の流入に伴う水質成分の供給を把握するため、5つの河川のそれぞれ順流末端で水質調査を実施した。この調査結果により、宮古湾と大槌湾に注ぐそれぞれの河川から供給された成分等の状況と、それぞれの湾での生産の状況等を比較することにより、河川と海域とのつながりを把握することを狙いとした。また河川の流下に伴う水質成分の濃度変化や組成変化を明らかにするため、一つの河川を代表として、その水質の縦断変化（5地点）を調査した。代表河川は計画立案時での情報（自然林・人工林の分布状況、水位観測所等の有無、断流等の状況）を考慮し、津軽石川とした。なお、晩夏調査時に津軽石川の豊間根地点（豊間根）では、調査地点上流で分岐する水路の流量が多かったことから、参考として当該水路（豊間根）について水質、流量を調査し、初冬調査では豊間根と豊間根が合流したあとの地点（豊間根）について水質、流量を調査した。

底質調査の調査地点は、水質調査で設定した津軽石川の上流支川から本川沿いの5地点と本川順流末端1地点とした。

底生動物及び付着藻類の調査地点は、水質調査で設定した津軽石川の上流支川から本川沿いの5地点（晩夏調査時には参考として豊間根）と本川順流末端1地点とした。

< 海域 >

海域での水質調査は、森林・河川から供給された成分等が海域で拡散・減少する状況を明らかにすることを目的として実施した。このため、河川水の影響が把握しやすい宮古湾を中心とし、大槌湾は補完的に調査地点を定めた（宮古湾5地点、大槌湾1地点）。宮古湾の調査地点は、「河口（2つの河川それぞれ）」、「湾央」「湾口」「湾外」の5地点を基本とし、「湾外」の位置は河川水の影響の無い地点とした。調査地点の詳細は現場で塩分を確認しながら設定を行った。採水層は表層と底層とし、採水時期としては河川水が海域で拡散している状況として下げ潮時を基本とした。「湾外」は表層のみとした。

底質調査は水質調査で設定した津軽石川河口部、宮古湾央の2地点とした。

藻場等の目視観察調査の調査地点は、宮古湾及び大槌湾とし、既存資料調査及び現地での事前ヒアリング等により藻場等の位置を確認した後に、宮古湾6地点、大槌湾3地点を設定した。

2) 調査時期

現地調査は生物生産が多く、落葉前の晩夏（9-10月）と、生物生産が少なく、落葉後の初冬（12月）に実施した。調査の実施日は表 4.1-1に示すとおりである。

表 4.1-1 現地調査の実施日（すべて平成15年）

現地調査項目	場所	晩夏調査実施日	初冬調査実施日	備考
水質調査	森林	10月6日	12月4日	森林4地点
	河川	10月7日～8日	12月2～3日	5河川11地点 ^{注)}
	海域	宮古湾：10月9日 大槌湾：10月8日	宮古湾：12月1日 大槌湾：12月2日	宮古湾5地点 大槌湾1地点
底質調査	河川	10月7日	-	津軽石川6地点
	海域	10月9日	-	宮古湾2地点（津軽石川河口、宮古湾央）
森林・土壌調査	森林	10月22日～25日	-	森林4地点
底生動物調査 付着藻類調査	森林	10月6日	12月1～3日	森林4地点
	河川	9月26日	12月4日	津軽石川6地点
A G P 試験	-	採水：10月7日～9日	-	森林4地点、津軽石川及び大槌川順流末端、宮古湾外
藻場等の 目視確認調査	海域	宮古湾：9月25日、 28日 大槌湾：9月27日	-	大槌湾3ライン 宮古湾6ライン

注) 津軽石川の豊間根地点（豊間根）では、晩夏調査時に調査地点上流で分岐する水路の流量が多かったことから当該水路（豊間根）についても水質・流量を調査し、初冬調査では豊間根と豊間根が合流したあとの地点（豊間根）についても水質、流量を調査した。

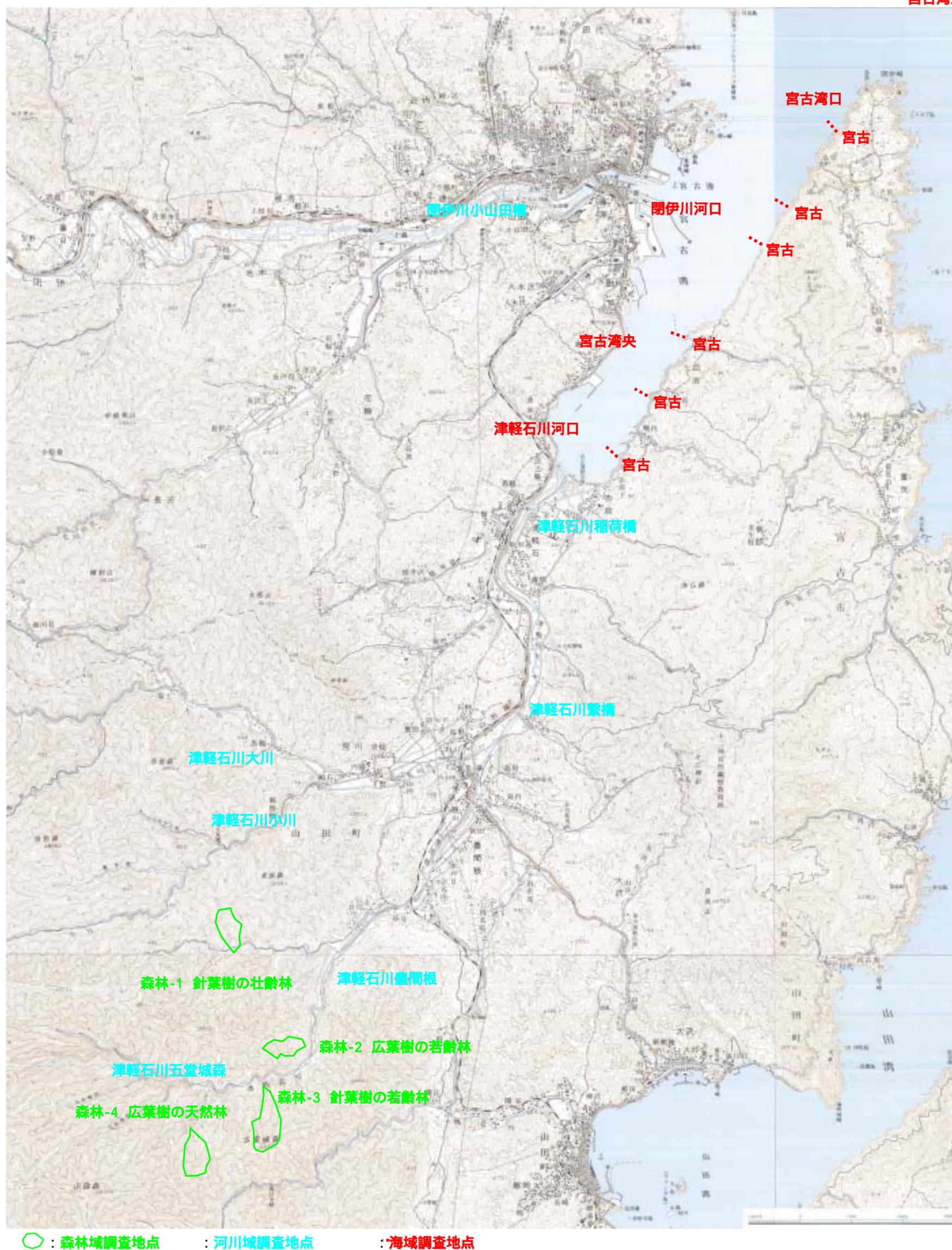
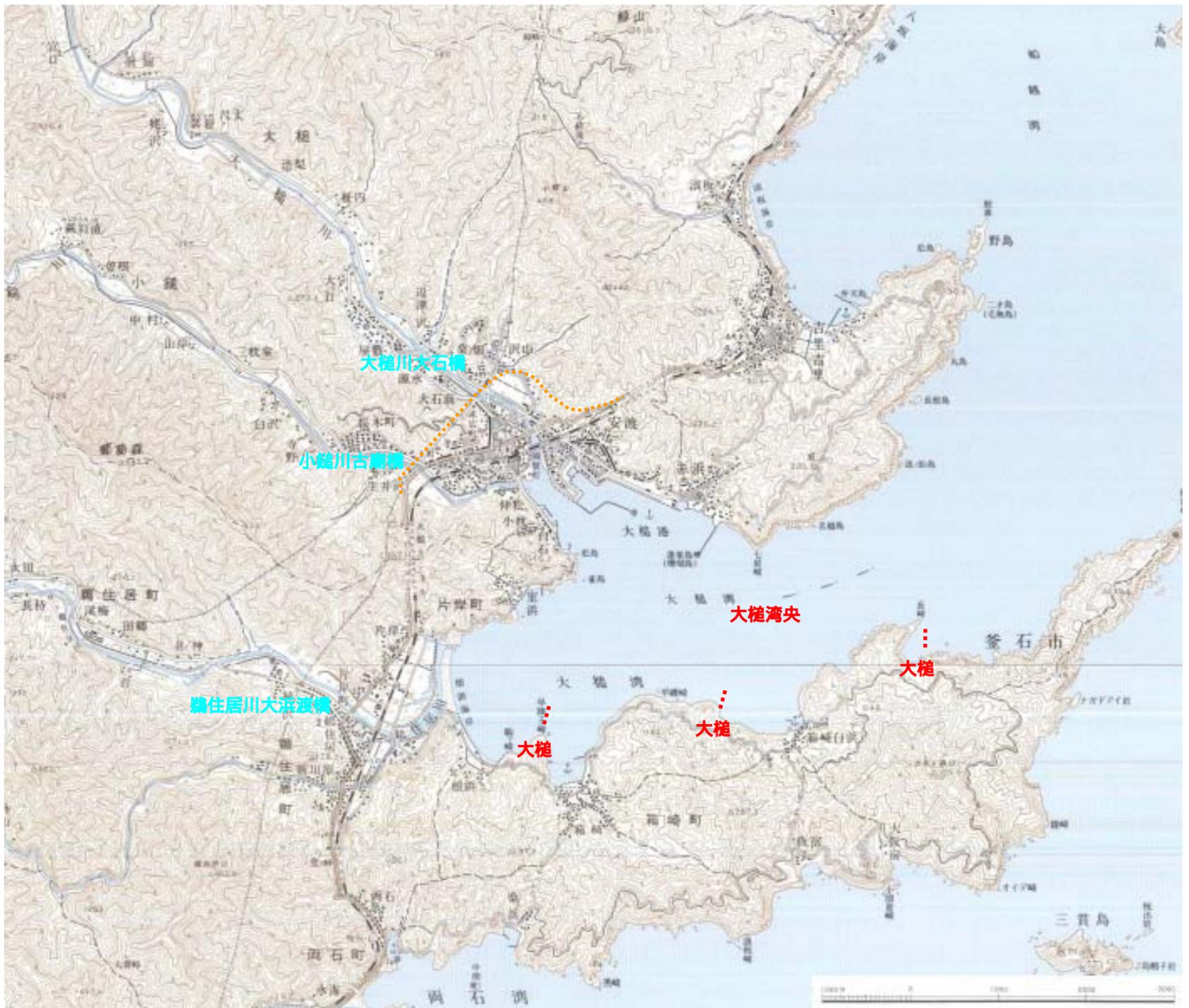


図 4.1-1(1) 調査実施地点図(宮古湾)



：河川域調査地点 ・・・海域調査地点

図 4.1?1(2) 調査実施地点図 (大槌湾)

3) 調査方法

(1) 水質調査

良好で豊かな漁場海域環境の形成に寄与すると考えられる森林から供給される水質成分等について調査を実施した。河川では水質調査と同時に流量観測を行った。

分析項目は、計画立案時の文献検索等の結果から、森・川・海のつながりに関係が深いと考えられる有機物、珪素を含む栄養塩類、鉄、金属元素の他、クロロフィル a 及び植物プランクトン(海域)を対象とし、森林では陰イオンも対象とした。分析項目は表 4.1-2に、分析項目の選定理由は表 4.1-3に示すとおりである。なお、分析項目のほとんどは一般的な採水方法及び分析方法で対応可能であるが、フルボ酸鉄については、環境中の鉄分による汚染が考えられることから、採水器具及び分析器具は非金属製のものを酸洗浄した後に使用した。

(2) 底質調査

水質成分の河川の流下に伴う濃度・組成変化等に関連すると考えられる河川の底質について調査を実施した。底質の分析項目としては、表 4.1-2の分析項目のうち有機物、珪素を含む栄養塩類、鉄、金属元素を対象とするとともに、粒度組成についても調査を行った。

(3) 森林・土壌調査

水質調査で選定した、津軽石川の最上流部の4小流域の森林を対象とし、森林調査では1ケース当たり2方形区(コドラート)程度を設けて、樹種、密度、下層植生等を調査した。土壌調査は、土壌断面を観察し土性の判定等を行った。

(4) 底生動物調査

森林から供給される成分を摂取・保持するとともに、その残査や排泄物等が下流の生物等の生息に寄与していると考えられる底生動物の状況を把握するために、定量調査と定性調査を行った。

定量調査は、各調査地点の浮き石のある瀬において、河床の砂礫を攪拌し、河床に生息する底生動物をコドラート(方形枠)付きサーバーネット(目合:約0.3mm)に流し込み採集した。

定性調査は、各調査地点の水際の植物帯、礫の下、堆積している落葉の中など多様な環境を対象として、ハンドネット、熊手等を用いて底生動物を採集した。

採集した底生動物は、定量サンプルについては種の同定、種類別個体数の計数、定性サンプルについては種の同定を行った。

(5) 付着藻類調査

森林から供給される成分を摂取・保持するとともに、その破片や枯死体等が下流の生物等の生息に寄与していると考えられる付着藻類の状況を把握するために、定量調査と定性調査を実施した。

定量調査は、各調査地点において川の中にあるこぶし大の礫を拾い、表面に付着している藻類をナイロンブラシでバットに擦り落として採集した。

定性調査は、定量調査と同様の方法で各調査地点2～3個の礫について採集面積を定めずに藻類を採集した。

採集した付着藻類は、定量サンプルについては種の同定、種類別細胞数の計数、定性サンプルについては種の同定を行った。

(6) 基礎生産量調査 (A G P 試験)

水質成分を含む河川水の海域への供給が、豊かな漁場海域環境の形成に寄与しているかどうかの指標となると考えられる基礎生産の状況を把握するため、A G P 試験を行った。

津軽石川及び大槌川それぞれの順流末端の河川水と、宮古湾外の河川水の影響を受けていない外海水を採水し、これらを比率を変えて混合し、それぞれのケースでA G P 試験(植物プランクトンを添加し、その増殖速度を測定する試験)を実施した。また、津軽石川上流の森林での水質調査地点4地点においても採水し、これらについても外海水と混合しA G P 試験を実施した。河川水の混合により塩分が変化するが、塩分調整を行った。

混合率としては、順流末端の河川水の場合には、河川水：外海水 = 1 : 3 (河川水25%)、1 : 9 (河川水10%)、1 : 20 (河川水5%) の3ケースを2つの河川でそれぞれ設定するとともに、外海水のみのケースの合計7ケース実施した。

津軽石川上流の森林4地点では、森林水：外海水 = 1 : 9 (森林水10%) の4ケースと、この森林水をP S 樹脂でろ過して有機物を吸着させた後の試水で同じく4ケースを実施した。

以上、合計15ケースを設定し、クロロフィルaを分析し、指標とした。

(7) 藻場等の目視確認調査

良好な漁場海域環境の指標となると考えられる藻場の状況について目視確認調査を実施した。宮古湾及び大槌湾において、既存資料調査及び現地での事前ヒアリング等により藻場等の位置を確認した後、調査地点を設定した。

調査地点において、潜水による目視観察を実施し、大型海藻、メガロベントス、魚類等の生息状況をベルトトランセクト法により確認した。

表 4.1-2 水質分析項目

分析項目		分析方法	備考
有機物	全有機態炭素	JIS K 0102 22.1	
	溶存態有機態炭素	JIS K 0102 22.1	0.45 μmろ過後の試料を使用
	フミン酸	XAD樹脂吸着-溶媒抽出-重量法又は吸光度測定	
	フルボ酸		
	粒子状有機物(POM)	NXX13のプランクトンネットで流下する懸濁物を集め、これを2mm以上、1-2mm、0.5-1mm、0.25-0.5mmに分画し重量と粒子状有機態炭素を測定	森林・河川（津軽石川）のみ
栄養塩類	総窒素	JIS K 0102 45.4	栄養塩類の指標
	亜硝酸態窒素	JIS K 0102 43.1.1	
	硝酸態窒素	JIS K 0102 43.2.3	
	アンモニウム態窒素	JIS K 0102 42.2	
	総リン	JIS K 0102 46.3.1	
	リン酸態リン	JIS K 0102 46.1.1	
		珪素	珪酸
鉄	全鉄	JIS K 0102 57.3	酸で分解後ICP/MS質量分析法
	溶存態鉄	JIS K 0102 57.3	0.45 μmでろ過後、酸で分解しICP/MS質量分析法
	フルボ酸鉄	XAD樹脂吸着-溶媒抽出-ICP/MS質量分析法（採水・分析器具は非金属製のものを酸洗浄して使用）	0.45 μmでろ過後の試料をXAD樹脂で有機物分を吸着し、溶媒抽出した試料を酸で分解後、ICP/MS質量分析法
金属元素 （主要）	ナトリウム	JIS K 0102 48.2	フレーム原子吸光法（溶存は0.45 μmでろ過後の試料を使用）
	カリウム	JIS K 0102 49.2	
	カルシウム	JIS K 0102 50.2	
	マグネシウム	JIS K 0102 51.2	
金属元素 （微量）	マンガン	元素としての全量分析（酸分解後ICP/MS質量分析法） 溶存態の分析（0.45 μmでろ過・酸分解後ICP/MS質量分析法） 溶存有機結合の分析（XAD樹脂吸着-溶媒抽出-酸分解後ICP/MS質量分析法）	元素としての全量と、溶存態及び溶存有機結合を分析
	銅		
	亜鉛		
	ニッケル		
	コバルト		
陰イオン	塩化物イオン		森林のみ：森林でのイオンバランスの指標
	重炭酸イオン		
	硫酸イオン		
一般項目	BOD又はCOD	JIS K 0102 21、JIS K 0101 14	水質成分との関係が想定される河川の主要な水質指標
	SS	JIS K 0102 14.1	
	VSS	JIS K 0102 14.1	
	クロロフィルa		生産量の指標
プランクトン	植物プランクトン		海域のみ：代表種と細胞数

注) 以上の他、現地観測項目（天候、気温・水温、pH、DO、電気伝導度、塩分、水深等）を観測・記録する。

表 4.1-3 水質調査項目等の選定理由

分析項目		選定理由
有機物	全有機態炭素	生物生産の指標となる有機物量を、有機態炭素量で指標させるため
	溶存態有機態炭素	
	フミン酸	森林から供給される腐植物質が生物生産に寄与しているとの報告があり、これを検証するため
	フルボ酸	
	粒子状有機物 (POM)	
栄養塩類	総窒素	窒素やリンの栄養塩類が、生物生産、特に植物生産に寄与しているため、また珪酸が生物生産に寄与していることを検証するため
	亜硝酸態窒素	
	硝酸態窒素	
	アンモニウム態窒素	
	総リン	
	リン酸態リン	
	珪酸	
鉄	全鉄	生物に必要とされる鉄が、総量としてどの程度存在しているかを明らかにするため
	溶存態鉄	鉄総量のうち、溶存態・懸濁態の割合がどの程度かを明らかにするため
	フルボ酸鉄	腐植酸 (特にフルボ酸) と結合した鉄が、生物生産に寄与していることを検証するため
金属元素 (主要)	ナトリウム	金属元素が、生物生産に寄与するケースもあれば、阻害するケースもあるとの報告があり、どの程度の濃度が流下・供給されているかを明らかにする必要があるため
	カリウム	
	カルシウム	
	マグネシウム	
金属元素 (微量)	マンガン	これらの微量元素は、生物生産、特に植物生産に必要と言われているが、反面、生産を阻害するケースも報告されており、どの程度の濃度あるいはどのような形態で流下し供給されているのかを明らかにする必要があるため
	銅	
	亜鉛	
	ニッケル	
	コバルト	
陰イオン	塩化物イオン	森林の状況等を指標する成分であるため
	重炭酸イオン	
	硫化物イオン	
一般項目	BOD又はCOD	河川等の有機汚濁の状況及び有機物等の状況を明らかにしておく必要があるため
	SS	
	VSS	
	クロロフィルa	生産力の状況を把握しておく必要があるため
プランクトン	植物プランクトン	基礎生産の状況を把握しておく必要があるため

4.2 現地調査結果

1) 調査日までの気象

< 晩夏調査 >

晩夏調査日までの気温及び降水量の変化を図 4.2-1に示す。

宮古気象台における1993～2002年の月平均気温は、9月が19.0、10月が13.6であり、調査を実施した時期の気温はほぼ例年並みであった。

降雨量は、9月25、26、28日に10mm/day以下の降雨が認められたほか、採水を行った10月6日に1mm/dayが観測された。ただし採水を行う前約1週間は降雨がなかった。調査前9月の合計降雨量は65mm/monthで、1993～2002年までの9月における降雨量の平均が219mm/monthであったことから、例年よりも少ない。

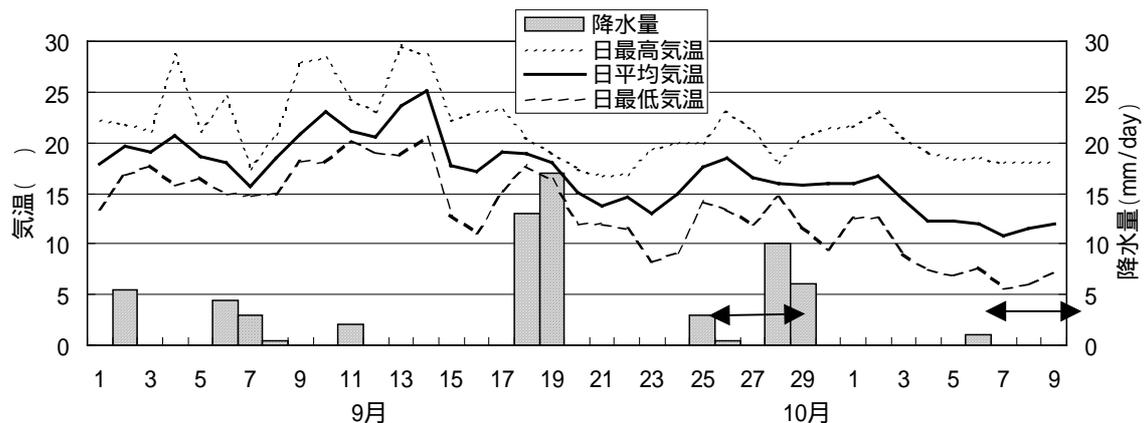


図 4.2-1 晩夏調査日までの気温及び降水量の変化 (調査日)

< 初冬調査 >

初冬調査日までの気温及び降水量の変化を図 4.2-2に示す。

宮古気象台における1993～2002年の月平均気温は、11月が7.8、12月が2.7であり、調査を実施した時期は例年よりやや高い気温であった。

降雨量は、採水を開始した12月1日の1～2日前に合計24.5mmが観測されており、その前も4日間隔で10mm以上の降雨が2回観測されている。調査前11月の合計降雨量は101mm/monthで、1993～2002年までの11月における降雨量の平均が62mm/monthであったことから、例年よりも多い。

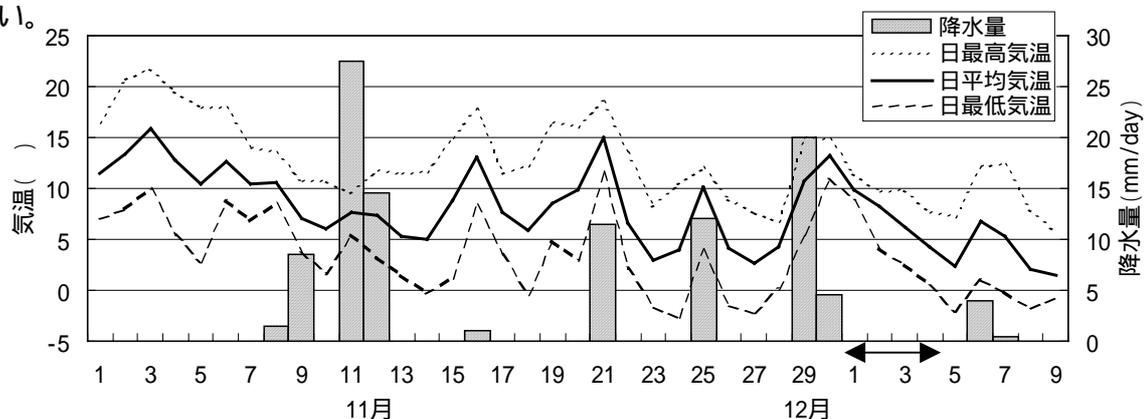


図 4.2-2 初冬調査日までの気温及び降水量の変化 (調査日)

2) 水質調査結果

(1) 現地観測結果

晩夏調査、初冬調査時における現地観測結果を以下に示す。

森林域現地観測結果

森林域における現地観測結果（透視度、流速、流量、水温等）を表 4.2-1に示す。

< 晩夏調査 >

晩夏調査時には、流量は1.2～3.8L/S（0.0012～0.0038m³/s）といずれの地点でも河川流量に比較して非常に少ない量であった。いずれの地点でも透視度は100cm以上であり、濁りなどは認められなかった。

< 初冬調査 >

初冬調査時には、流量は2.4～21.3L/S（0.0024～0.0213m³/s）であり、晩夏調査同様に河川流量に比較して非常に少ない量であったが、いずれの地点でも晩夏調査時よりもやや流量が多かった。晩夏調査同様いずれの地点でも透視度は100cm以上であり、濁りなどは認められなかった。

表 4.2-1 森林域現地観測項目

時期	調査点	森林-1 (針葉樹壮齡林)	森林-2 (広葉樹若齡林)	森林-3 (針葉樹若齡林)	森林-4 (広葉樹天然林)	備考
晩夏調査	調査日	H15.10.6	H15.10.6	H15.10.6	H15.10.6	
	調査時間	9:00 ~ 10:48	11:22 ~ 12:40	13:14 ~ 14:21	15:05 ~ 16:23	
	天候(雲量)	曇(10)	曇(10)	晴(5)	晴(3)	
	水深(m)	0.18	0.10	0.33	0.20	
	気温()	13.2	14.0	12.0	12.0	棒状温度計
	透視度(cm)	100以上	100以上	100以上	100以上	透視度計
	流速(m/s)	0.08	0.16	0.17	0.32	
	流量(l/s)	1.2	2.1	3.8	2.7	
	流量(m ³ /s)	0.0012	0.0021	0.0038	0.0027	
	水温()	12.2	12.6	11.8	11.2	棒状温度計
	pH	6.8	6.8	6.9	7.1	pHメータ
	EC(ms/m)	6.1	5.0	5.3	3.8	ECメータ
	DO(mg/l)	9.8	10.4	10.8	8.4	
	POM濾過量(l)	4,991	4,719	2,329	2,596	
	特記事項 ・濁り ・その他					
初冬調査	調査日	H15.12.4	H15.12.4	H15.12.4	H15.12.4	
	調査時間	12:30 ~ 13:20	10:52 ~ 11:36	9:41 ~ 10:35	8:07 ~ 8:55	
	天候(雲量)	快晴(0)	快晴(0)	快晴(0)	快晴(0)	
	水深(m)	0.20	0.30	0.50	0.20	
	気温()	5.0	6.0	3.8	1.4	棒状温度計
	透視度(cm)	100以上	100以上	100以上	100以上	透視度計
	流速(m/s)	0.14	0.37	0.09	0.16	
	流量(l/s)	2.4	3.7	21.3	18.0	
	流量(m ³ /s)	0.0024	0.0037	0.0213	0.0180	
	水温()	7.3	7.6	6.4	6.1	棒状温度計
	pH	7.5	7.0	7.3	7.5	pHメータ
	EC(ms/m)	3.2	4.1	5.1	3.1	ECメータ
	DO(mg/l)	11.8	11.7	11.3	9.5	
	POM濾過量(l)	2,135	3,908	8,453	5,166	
	特記事項 ・濁り ・その他					

- ・ DO値は補正值
- ・ pH、ECは現場測定値

河川域現地観測結果

< 晩夏調査 >

晩夏調査における現地観測項目（透視度、水深、流速、流量）を表 4.2-2に示す。

各地点の流量を比較すると、概ね流域面積を反映した結果となっていた。

閉伊川では調査地点の小山田橋から約3km上流の千徳観測所で常時流量を測定しており、1997～2001年の流量を集計した結果は、豊水流量：約40m³/s、平水流量：約30m³/s、低水流量：約20m³/s、渇水流量：約10m³/sであった。閉伊川の小山田橋における採水時の流量は15m³/sと千徳観測所の低水流量を下回っており、これは例年と比べ降雨量が少なかったためであると考えられる。

津軽石川の豊間根については、本川（豊間根）と平行する水路（豊間根）との流量比が1：9であった。本川と平行する水路との配分は、豊間根上流の越流堤で行われており、越流堤を越えたものが本川へ、残りは水路へと流れる仕組みになっている。津軽石川についても閉伊川同様、水量が少なかったと考えられ、河川水のお大半が越流堤を越えず水路へ流れたためと考えられる。

表 4.2-2(1) 河川域晩夏調査における現地観測項目（津軽石川）

調査河川	津軽石川 本川					津軽石川 支川	
	稲荷橋	繫橋	豊間根	豊間根	五堂城森	大川	小川
調査日	H15.10.7	H15.10.7	H15.10.7	H15.10.8	H15.10.7	H15.10.7	H15.10.7
水深(m)	0.30	0.60	0.19	0.22	0.45	0.35	0.42
透視度(cm)	100以上						
流速(m/s)	0.27	0.21	0.16	0.82	0.18	0.36	0.12
流量(m ³ /s)	1.92	0.90	0.02	0.18	0.19	0.58	0.27
水温()	13.0	14.7	14.8	13.0	11.8	12.0	12.0
pH	6.9	6.8	6.9	7.5	7.1	7.0	6.9
EC(ms/m)	8.3	6.9	6.4	6.7	7.8	3.5	6.1
DO(mg/l)	9.9	9.8	8.4	9.0	10.5	10.4	10.4
流域面積(km ²)	153	122	34		17	34	26
比流量(m ³ /s/100km ²)	1.3	0.73	0.59		1.1	1.7	1.0

表 4.2-2(2) 河川域晩夏調査における現地観測項目（閉伊川、大槌川、小槌川、鵜住居川）

調査河川	閉伊川	大槌川	小槌川	鵜住居川
調査点	小山田橋	大石橋	古廟橋	大浜渡橋
調査日	H15.10.7	H15.10.8	H15.10.8	H15.10.8
水深(m)	1.20	0.35	0.44	0.24
透視度(cm)	100以上	100以上	100以上	100以上
流速(m/s)	0.24	0.34	0.19	0.72
流量(m ³ /s)	14.52	1.26	0.53	3.40
水温()	10.9	15.4	15.0	14.6
pH	6.8	7.7	7.9	8.3
EC(ms/m)	51.8	8.6	7.6	13.9
DO(mg/l)	10.8	9.4	9.0	11.2
流域面積(km ²)	972	120	63	155
比流量(m ³ /s/100km ²)	1.5	1.1	0.84	2.2

注：流域面積は河川最下流での値。

< 初冬調査 >

初冬調査における現地観測項目（透視度、水深、流速、流量）を表 4.2-3に示す。

各地点の初冬調査における流量は、晩夏調査と比べ、いずれの地点も増加していた。河口付近の流量増加の割合は、流域面積が最も広い閉伊川が1.5倍で最も小さく、流域面積が最も狭い小槌川で5倍と最も大きく、流域面積の違いが降雨に対する流量の変動特性に影響を及ぼす結果となった。また、津軽石川における初冬調査の流量は、晩夏調査結果と比べ、3～5倍であった。鵜住居川では流域面積が津軽石川とほぼ同じであるが、比流量の変化は津軽石川ほどみられておらず、鵜住居川は他河川より流量の変動が少ない特徴がみられた。

閉伊川の流量を千徳観測所の観測結果と比較すると低水流量とほぼ等しい値であった。津軽石川の豊間根については、前述の通り、本川と平行する水路とに上流の堰で分流が行われているが、初冬調査では農閑期であることなどから、ほとんど取水は行われていなかった。ただし、晩夏調査の水路における水質濃度が高く、その上流にある事業所が影響を及ぼしていると考えられた。このため、初冬調査では、上流の事業所が本川へ排水している地点下流を豊間根 として調査地点に追加した。

表 4.2-3(1) 河川域初冬調査における現地観測項目（津軽石川）

調査河川	津軽石川 本川					津軽石川 支川	
	稲荷橋	繫橋	豊間根	豊間根	五堂城森	大川	小川
調査日	H15.12.3						
水深(m)	0.72	0.41	0.51	0.63	0.58	0.64	0.58
透視度(cm)	100以上						
流速(m/s)	1.00	0.68	0.39	0.63	0.41	0.81	0.29
流量(m ³ /s)	7.00	4.36	0.90	0.88	0.63	1.98	0.95
水温()	10.0	9.8	8.1	8.2	8.1	7.3	7.3
pH	7.8	8.2	8.1	8.0	7.7	8.4	8.3
EC(ms/m)	7.9	7.5	5.6	5.7	5.5	8.1	5.9
DO(mg/l)	8.7	9.2	9.2	9.4	9.7	9.6	9.6
流域面積(km ²)	153	122	34		17	34	26
比流量(m ³ /s/100km ²)	4.6	3.6	2.6	2.6	3.7	5.8	3.7

表 4.2-3(2) 河川域初冬調査における現地観測項目（閉伊川、大槌川、小槌川、鵜住居川）

調査河川	閉伊川	大槌川	小槌川	鵜住居川
調査点	小山田橋	大石橋	古廟橋	大浜渡橋
調査日	H15.12.3	H15.12.2	H15.12.2	H15.12.2
水深(m)	1.84	0.64	0.66	0.47
透視度(cm)	100以上	100以上	100以上	100以上
流速(m/s)	0.20	0.60	0.69	0.89
流量(m ³ /s)	21.01	5.62	2.72	5.93
水温()	7.8	10.2	9.6	9.0
pH	7.4	7.6	8.0	8.0
EC(ms/m)	7.4	8.6	7.0	6.6
DO(mg/l)	9.6	8.9	8.9	8.6
流域面積(km ²)	972	120	63	155
比流量(m ³ /s/100km ²)	2.2	4.7	4.3	3.8

注：流域面積は河川最下流での値。

海域現地観測結果

海域における現地観測結果（透明度、水温、pH、EC等）を表 4.2-4に、水温、塩分、D0の鉛直分布の状況を図 4.2-3に示す。なお、宮古湾外の地点を除き、基本的に下げ潮時に調査を実施した。

< 晩夏調査 >

晩夏調査時には、調査地点の水深は宮古湾では5m～91m程度、大槌湾では41mであった。

透明度については、宮古湾の津軽石川河口では最も低く3.9mであったが、閉伊川河口から宮古湾外にかけては9m程度であった。大槌湾では11.3mと最も高い透明度を示した。

塩分の鉛直分布状況によると、閉伊川河口の表層において塩分が低くなっており、閉伊川からの河川水の影響を受けていることが示唆された。

D0の鉛直分布では、閉伊川河口、宮古湾口、宮古湾外、大槌湾央では水深にかかわらず8mg/L前後であったが、湾奥部に位置する津軽石川河口の底層付近では4.8mg/L、宮古湾央の底層付近では6.4mg/Lとやや低下していた。

< 初冬調査 >

初冬調査時には、調査地点の水深は宮古湾では6m～81m程度、大槌湾では43.3mであった。透明度は、津軽石川河口の5.6mから、宮古湾外の17.5mまで、湾奥から湾外に向かって高くなる傾向がみられた。大槌湾央の透明度は14.0mであった。

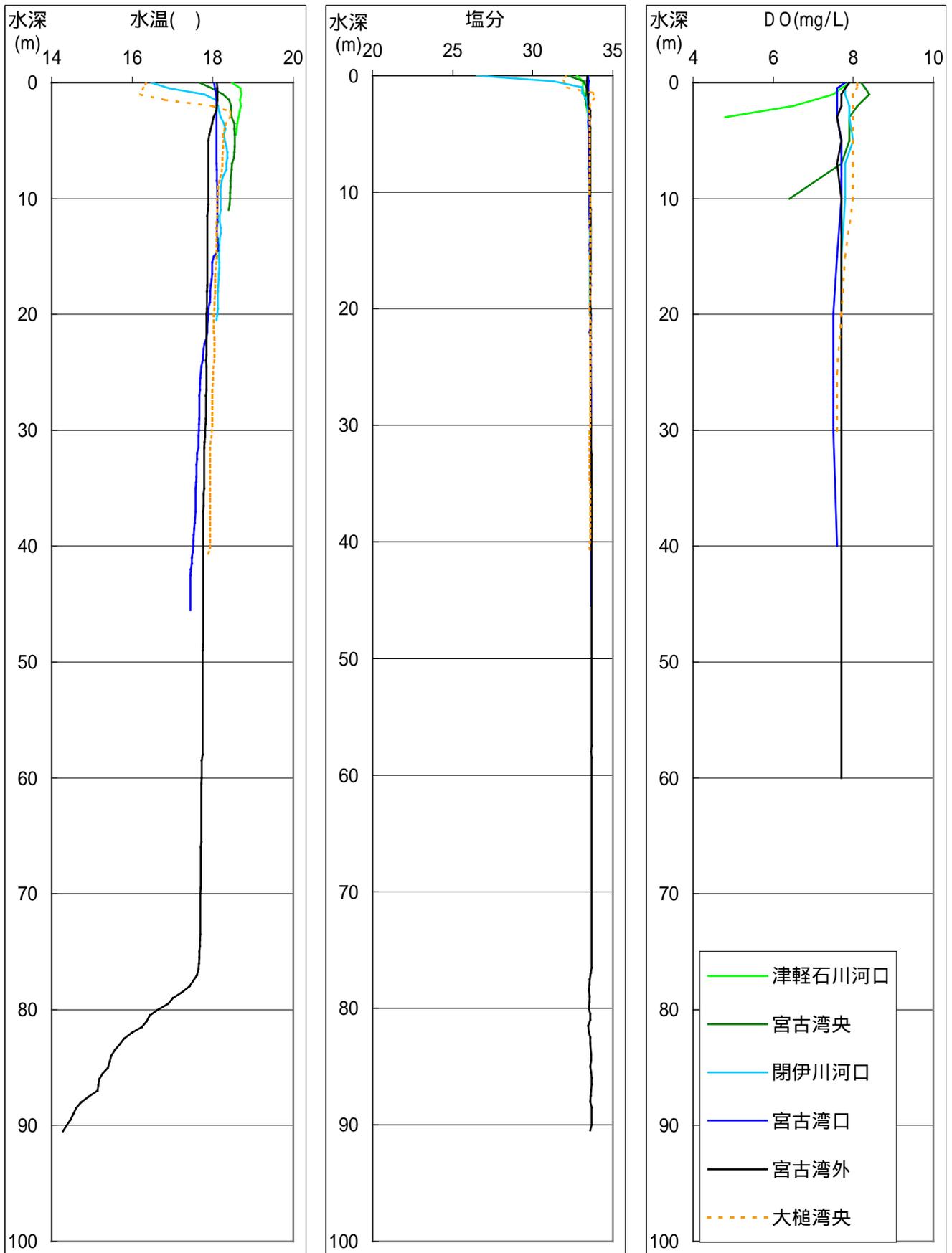
津軽石川河口では、晩夏調査時より多い河川流量を受けて河川水の層ができており、表層では塩分が20程度まで低下していた。宮古湾央、閉伊川河口、宮古湾口の地点でもやや塩分が低下しており、晩夏調査時よりも強く河川水の影響を受けていた。

D0の鉛直分布では、津軽石川河口、宮古湾央、閉伊川河口の3地点において表層から底層に向かってD0が低下していく傾向がみられ、特に津軽石川河口では明瞭であった。宮古湾口、宮古湾外では水深による変化はほとんどみられなかった。大槌湾央でも表層でやや高い傾向がみられた。

表 4.2-4 海域現地観測項目

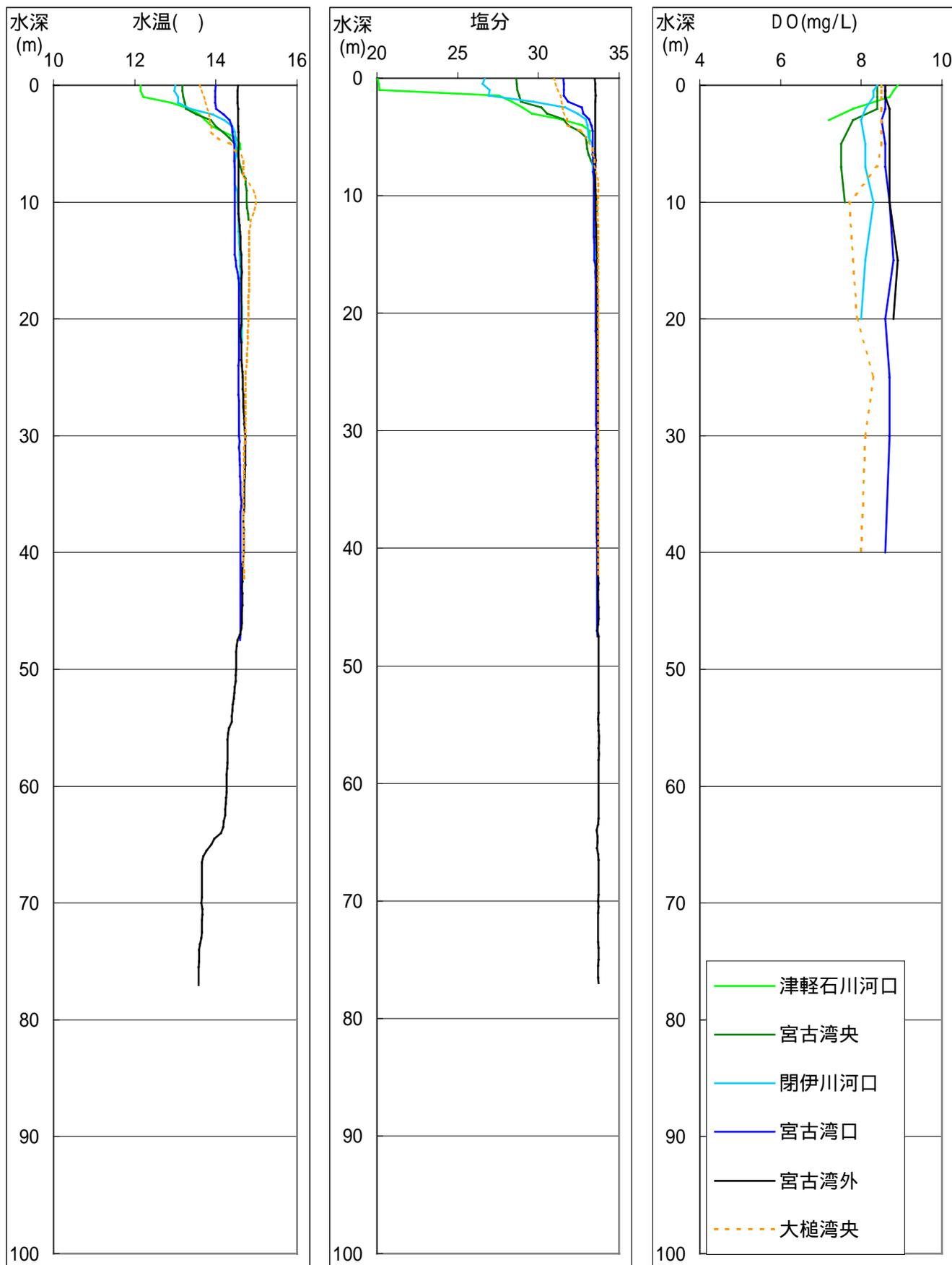
時期	調査点	宮古湾										大槌湾		備考
		津軽石川河口		宮古湾央		閉伊川河口		宮古湾口		宮古湾外		大槌湾央		
晩夏調査	調査日	H15.10.9		H15.10.9		H15.10.9		H15.10.9		H15.10.9		H15.10.8		
	調査時間	6:44 ~ 6:54		7:09 ~ 7:26		7:38 ~ 7:55		8:04 ~ 8:33		11:23 ~ 11:53		7:50 ~ 8:20		
	天候(雲量)	晴(5)		晴(2)		晴(3)		晴(2)		晴(3)		晴(1)		
	水深(m)	5.0		11.0		21.3		45.9		90.5		41.0		
	気温()	8.6		10.2		11.2		12.4		17.0		14.0		棒状温度計
	色相	5GY3/3		10GY3/4		5G2.4/3		5BG2.4/3		5G2.4/3		5G2.4/3		
	透明度(m)	3.9		7.8		9.3		9.7		8.5		11.3		透明度板
	項目	表層 (0.5m)	底層 (底上1m)	表層 (0.5m)	底層 (底上1m)	表層 (0.5m)	底層 (底上1m)	表層 (0.5m)	底層 (底上1m)	表層 (0.5m)	底層 (底上1m)	表層 (0.5m)	底層 (底上1m)	
	水温()	18.2	17.2	16.2	17.2	17.0	17.0	16.9	16.8	17.8	-	15.2	17.4	棒状温度計
	pH	8.0	7.9	8.2	8.2	8.3	8.3	8.3	8.2	8.2	-	8.2	8.2	pHメータ
	EC(s/m)	4.9	5.1	4.7	5.1	4.5	5.2	5.1	5.1	4.8	-	4.6	2.6	ECメータ
	特記事項	カキ棚があるため、場所をずらす ・濁り ・漁船操業 ・調査位置 ・その他 39°35.732 141°57.301												
初冬調査	調査日	H15.12.1		H15.12.1		H15.12.1		H15.12.1		H15.12.1		H15.12.2		
	調査時間	11:33 ~ 11:45		11:08 ~ 11:21		10:43 ~ 10:57		10:14 ~ 10:35		9:50 ~ 10:04		10:54 ~ 11:15		
	天候(雲量)	曇(10)		曇(10)		曇(10)		曇(10)		曇(10)		曇(10)		
	水深(m)	5.6		12.0		22.0		47.6		81.0		43.3		
	気温()	11.0		10.8		10.8		11.2		10.2		8.8		棒状温度計
	色相	5GY5/8		10GY3/4		5G2.4/3		5G2.4/3		5B2/4		5BG2.4/3		
	透明度(m)	1.8		5.7		9.2		12.0		17.5		14.0		透明度板
	項目	表層 (0.5m)	底層 (底上1m)	表層 (0.5m)	底層 (底上1m)	表層 (0.5m)	底層 (底上1m)	表層 (0.5m)	底層 (底上1m)	表層 (0.5m)	底層 (底上1m)	表層 (0.5m)	底層 (底上1m)	
	水温()	12.4	13.4	13.2	14.8	13.0	14.6	13.6	14.6	14.7	-	13.4	14.3	棒状温度計
	pH	8.3	8.2	8.3	8.3	8.3	8.2	8.2	8.3	8.2	-	8.4	8.3	pHメータ
	EC(s/m)	3.1	4.0	4.3	4.7	3.9	4.9	4.6	4.9	4.8	-	4.5	2.4	ECメータ
	特記事項	カキ棚があるため、場所をずらす ・濁り ・漁船操業 ・調査位置 ・その他 39°35.729 141°57.320 表層河川水の層あり								天候悪化のため、場所をずらす 39°40.007 142°01.189				

- ・DO値は補正值
- ・pH、ECは現地測定値



注) 宮古湾外は水深60mまで測定

図 4.2-3(1) 海域の水質調査地点における水温、塩分、DOの分布 (晩夏調査)



注) 宮古湾外は悪天候のため
水深20mまで測定

図 4.2-3(2) 海域の水質調査地点における水温、塩分、DOの分布 (初冬調査)

(2) 森林域水質調査結果

森林の水質調査結果を表 4.2-5、図 4.2-4に、参考として単位面積あたりの負荷量を図 4.2-5に示す。

N類の濃度については、晩夏調査が0.09～0.22 mg/L、初冬調査が0.06～0.64mg/Lであった。この数値は、一般的な森林からの流出量の範囲である。晩夏調査、初冬調査とも森林-4（原生的広葉樹天然林）の数値が0.09、0.06 mg/Lと最も低かった。

Nは降水により年間10kg～15kg/haが森林に供給され大部分が吸収されていることが知られている。また、降水量の少ない地方の濃度が高く、これまでの調査で、地質の影響として石灰岩流域でやや高い値を示すことが認められているが、樹種、林齢による影響については有意な差が認められていない。更にデータを蓄積する必要がある。

P類の濃度については、晩夏調査が0.026～0.069 mg/L、初冬調査が0.021～0.035mg/Lであった。森林-1（針葉樹壮齢林）では晩夏調査、初冬調査とも0.069、0.035mg/Lと高い値を示したが他の地点は同程度であった。

Pの濃度は、森林-1（針葉樹壮齢林）以外の地点では一般的な森林からの流出量の範囲である。森林-1（針葉樹壮齢林）の数値が晩夏調査、初冬調査とも一般的な森林の数値より高いことについては、何らかの原因があると考えられるが原因は特定できない。P類は降水により森林に供給される量が流出量より多いことが知られている。樹種、林齢による影響については有意な差が認められていないことから、更にデータを蓄積する必要がある。

SiO₂の濃度については、晩夏調査が7.6～10.4mg/L、初冬調査が6.0～8.5mg/Lで、森林-4でやや低いほか、どの森林もほぼ同程度であった。

我が国河川のSiO₂の濃度(平均19.0mg/L)は世界の平均(11.7mg/L)より高いが、本調査の数値は我が国の数値としては低いほうであり、一般的な森林からの流出量の範囲である。河川、海と次第に低くなっており、特に海において低い数値となっている。珪藻の繁殖にSiO₂が必要であることから海で消費されていると考えられる。SiO₂の濃度は地質による影響が大きいとされており、樹種、林齢による影響については有意な差が認められていないことから、更にデータを蓄積する必要がある。

Mnの濃度については、晩夏調査が0.9～7.2 μg/L、初冬調査が0.3～3.6 μg/Lであった。森林-2（広葉樹若齢林）の数値7.2 μg/Lは比較的大きい値である。森林-1（針葉樹壮齢林）と森林-4（原生的広葉樹天然林）とはほぼ同程度であり、森林-3（針葉樹若齢林）の数値は低い。

Mnは地質の影響が大きいですが、溪流の水質として森林-2（広葉樹若齢林）の数値7.2 μg/Lは比較的大きい値である。付近にあるMn鉱の影響が出ていると考えられる。但し鉱脈そのもの

があるというほど大きい値ではない。他の3地点については、一般的な森林からの流出量の範囲である。

pHについては、晩夏調査が6.8~7.1、初冬調査が7.0~7.5であった。4つの森林とも同程度であった。

この数値は、一般的な森林からの流出量の範囲である。我が国の降水は酸性でpHが5~6であるが、森林から溪流に流出するときのpHは6以上の中性に近くなっている。これは森林土壌中の二酸化炭素の影響によるものとされており、土壌の物理・化学的特性や土壌呼吸、風化が影響を与えているものである。

Na⁺、Cl⁻の濃度については、晩夏調査、初冬調査とも同程度であった。

海の近くでは海塩の影響で数値が大きくなるが、海から直線で約6 kmあり、数値から考えても海の影響は少ないと考えられる。この数値は、一般的な森林からの流出量の範囲である。

K⁺、Ca⁺、Mg⁺の濃度については、晩夏調査、初冬調査とも同じ傾向であり、Ca⁺が森林-4（原生的広葉樹天然林）で他より低い数値である他は大きな違いはない。

K⁺、Ca⁺、Mg⁺などの濃度については、降雨による流入もあるが、多くは岩石の科学的風化によって供給される。この数値は、一般的な森林からの流出量の範囲である。

HCO₃⁻、SO₄²⁻の濃度については、晩夏調査、初冬調査とも同じ傾向であり森林-4（原生的広葉樹天然林）のHCO₃⁻の数値が他よりやや低い但他的3地点は同程度である。

HCO₃⁻、SO₄²⁻の濃度についても、一般的な森林からの流出量の範囲である。

SS（懸濁物質）については晩夏調査、初冬調査ともに1~7 mg/Lの数値であり、VSS（有機懸濁物質）、濁度の数値も含めて、森林-4（原生的広葉樹天然林）がやや大きな数値である他は同程度である。

SS（懸濁物質）、VSS（有機懸濁物質）、濁度の数値も含めて、一般的な森林からの流出量の範囲である。

Cu、Zn、Ni、Coについては、これまで森林調査において測定例が少ない数値である。晩夏調査に比べ初冬調査の数値がCu、Zn、Niともに低くなっている。調査時期ごとには、森林-1（針葉樹壮齡林）~森林-4（広葉樹天然林）の数値はほぼ同程度である。

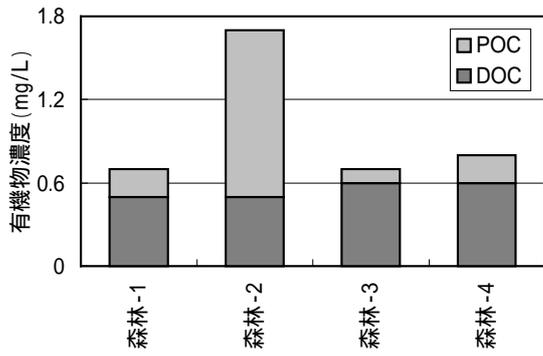
Cu、Zn、Ni、Coは地質による影響が大きいと考えられるが更にデータを蓄積する必要がある。

表 4.2-5 森林域における水質調査結果

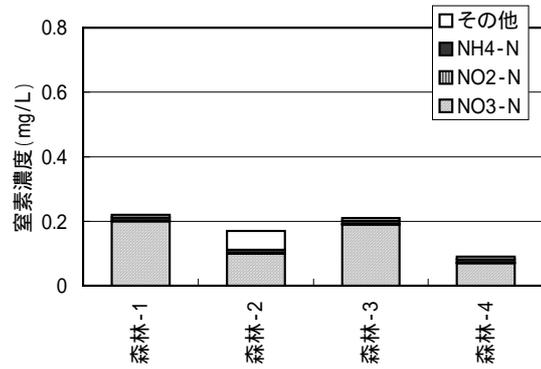
区分	項目(略)	時期 地点 単位	晩夏調査				初冬調査			
			森林-1 針葉樹 壮齢林	森林-2 広葉樹 若齢林	森林-3 針葉樹 若齢林	森林-4 広葉樹 天然林	森林-1 針葉樹 壮齢林	森林-2 広葉樹 若齢林	森林-3 針葉樹 若齢林	森林-4 広葉樹 天然林
有機物	TOC	mg/L	0.7	1.7	0.6	0.8	1.1	1.0	0.8	0.8
	DOC	mg/L	0.5	0.5	0.6	0.6	0.8	0.7	0.8	0.7
	POC	mg/L	0.2	1.2	<0.1	0.2	0.3	0.3	<0.1	0.1
金属元素 (主要)	Na	mg/L	4.7	4	4.5	3.4	4.5	3.3	3.8	2.8
	K	mg/L	0.6	0.6	0.6	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4
	Ca	mg/L	5	4.5	4	2.4	4.5	3.2	3.9	2
	Mg	mg/L	0.9	0.7	0.7	0.7	1	0.6	0.6	0.5
陰イオン	Cl ⁻	mg/L	3.96	2.82	3.85	3.23	3.72	2.9	3.44	3.02
	HCO ₃ ⁻	mg/L	18.1	20.5	15.6	9.3	16.6	15.2	12.9	8.6
	SO ₄ ²⁻	mg/L	4.49	2.02	3.71	3.59	4.48	2.07	3.13	2.8
有機物	フミン酸	mg/L	0.1	0.2	<0.1	0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.1
	フルボ酸	mg/L	0.3	0.4	0.9	0.5	1	0.6	0.9	0.5
N類	T-N	mg/L	0.22	0.17	0.21	0.09	0.64	0.29	0.33	0.06
	NO ₂ -N	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	NO ₃ -N	mg/L	0.20	0.10	0.19	0.07	0.60	0.25	0.32	0.02
	NH ₄ -N	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
珪酸	SiO ₂	mg/L	10.4	10.1	9.7	7.6	8.5	8.5	7.8	6.0
P類	T-P	mg/L	0.069	0.027	0.033	0.026	0.035	0.024	0.021	0.021
	PO ₄ -P	mg/L	0.040	0.020	0.022	0.021	0.032	0.016	0.019	0.013
金属元素 (微量)	Mn	μg/L	3.5	7.2	0.9	2.2	3.6	3.4	0.3	2.1
	Cu	μg/L	<0.5	1.0	0.5	1.8	0.3	0.2	0.3	0.2
	Zn	μg/L	<5	5	8	<5	1.2	1.9	1.5	1.5
	Ni	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.2	0.1	0.1	0.1
	Co	μg/L	0.05	0.08	0.01	<0.01	0.05	0.04	0.02	0.02
金属元素 (溶存態)	Mn	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.2	0.2	<0.1	1.7
	Cu	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.2	0.1	0.2	0.2
	Zn	μg/L	<5	<5	<5	<5	1.1	1	0.7	1.1
	Ni	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.2	0.1	0.1	<0.1
	Co	μg/L	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
金属元素 (XAD)	Mn	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.11	0.12	0.07	0.24
	Cu	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Zn	μg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Ni	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Co	μg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01
鉄	T-Fe	μg/L	49	50	17	7	27.8	26.9	3.9	5
	D-Fe	μg/L	<5	<5	<5	<5	5	3.2	0.78	1.2
	フルボ酸鉄	μg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
その他	BOD	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	COD	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-
	SS	mg/L	1	2	1	7	2	1	<1	<1
	VSS	mg/L	<1	1	<1	4	1	<1	<1	<1
	濁度	度	0.5	2.8	0.5	0.7	0.2	0.4	0.1	0.2
	カロフィルa	μg/L	-	-	-	-	-	-	-	-
固形物量	2mm以上	mg/L	0.130	0.328	0.777	0.327	0.112	0.166	0.164	3.229
	1-2mm	mg/L	0.000	0.078	0.009	0.004	0.000	0.013	0.004	0.010
	0.5-1mm	mg/L	0.000	0.100	0.000	0.004	0.000	0.018	0.005	0.006
	0.25-0.5mm	mg/L	0.000	0.068	0.000	0.000	0.000	0.018	0.000	0.006
有機物量 (POM)	2mm以上	mg/L	0.062	0.051	0.292	0.162	0.005	0.064	0.062	1.353
	1-2mm	mg/L	<0.002	0.013	0.004	<0.004	<0.005	0.005	0.001	0.004
	0.5-1mm	mg/L	<0.002	0.015	<0.004	<0.004	<0.005	0.008	0.001	0.002
	0.25-0.5mm	mg/L	<0.002	0.011	<0.004	<0.004	<0.005	0.008	<0.001	0.002

注) - は調査を実施していないことを示す。

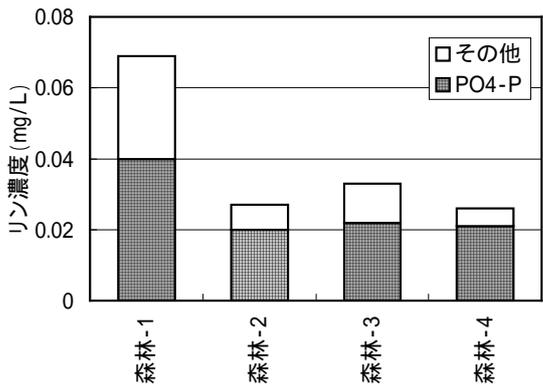
有機物濃度



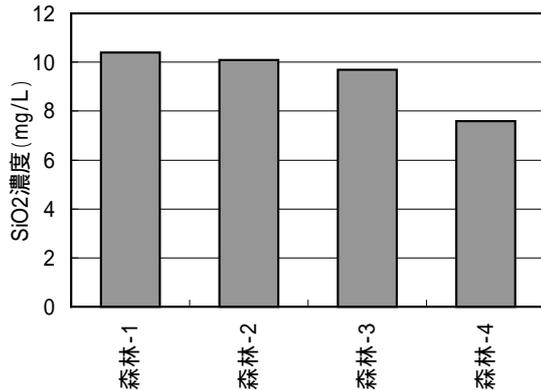
窒素濃度



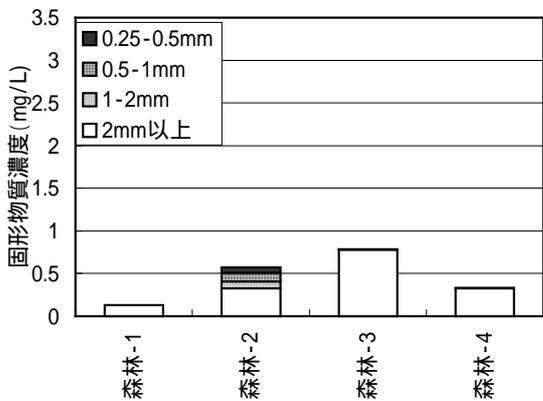
リン濃度



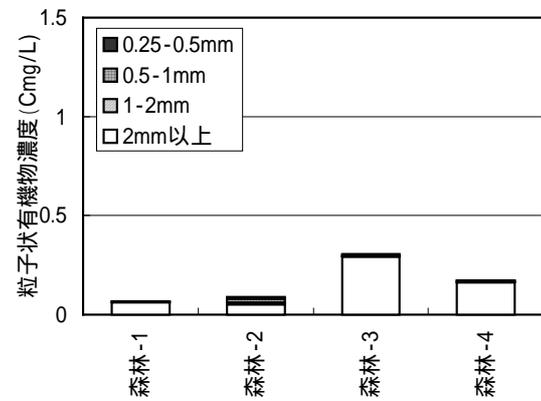
珪酸濃度



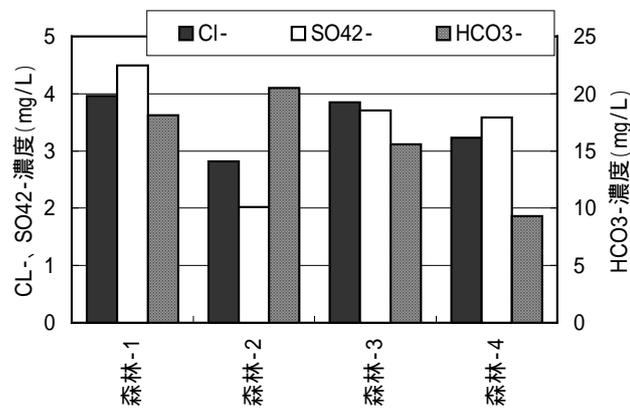
固形物質濃度



粒子状有機物濃度 (POM炭素換算)



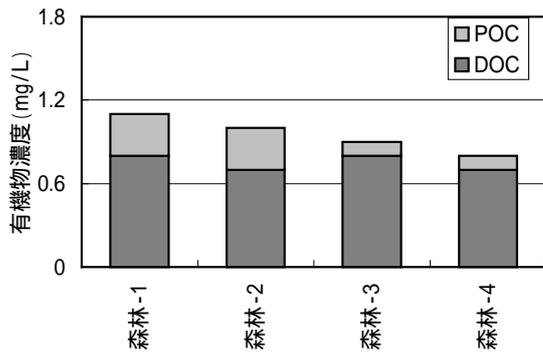
陰イオン濃度



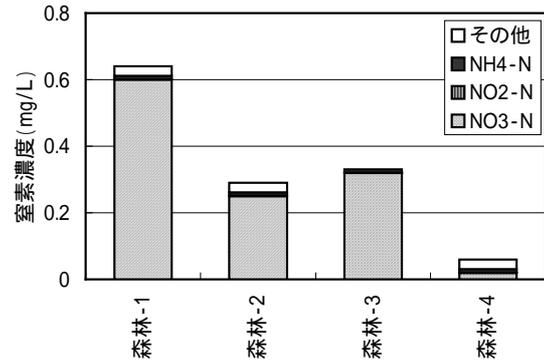
森林-1: 針葉樹の壮齢林
 森林-2: 広葉樹の若齢林
 森林-3: 針葉樹の若齢林
 森林-4: 広葉樹の原生的天然林

図 4.2-4(1) 森林域の溪流における水質調査結果 (晩夏調査)

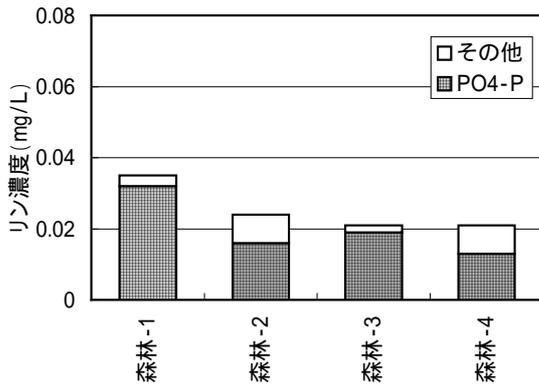
有機物濃度



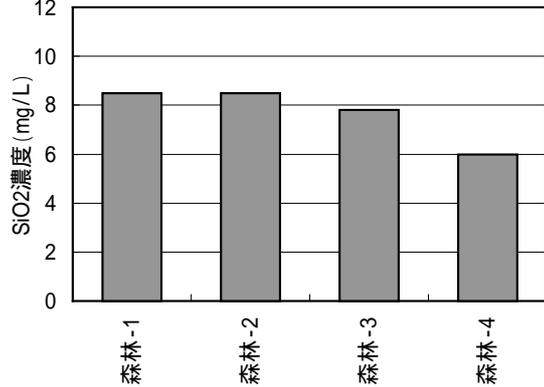
窒素濃度



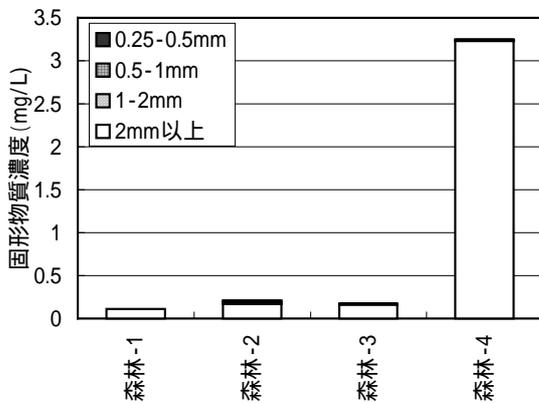
リン濃度



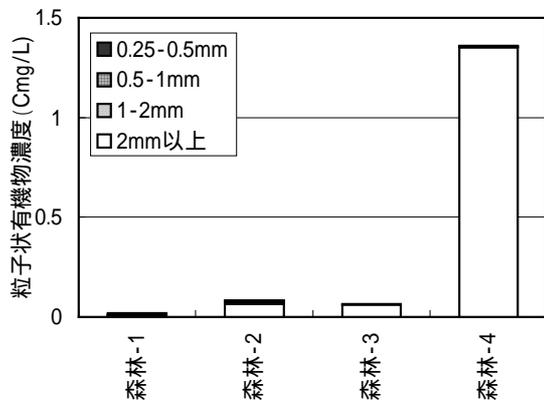
珪酸濃度



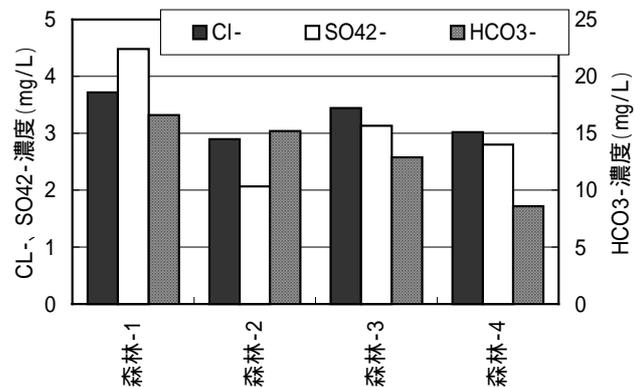
固形物質濃度



粒子状有機物濃度 (POM炭素換算)



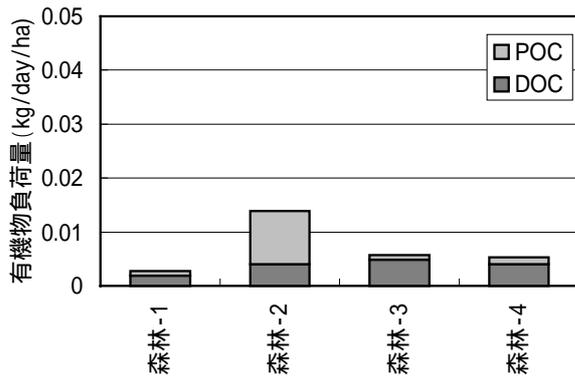
陰イオン濃度



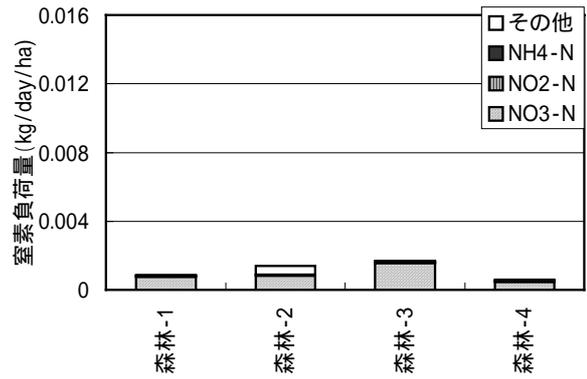
森林-1: 針葉樹の壮齢林
 森林-2: 広葉樹の若齢林
 森林-3: 針葉樹の若齢林
 森林-4: 広葉樹の原生的天然林

図 4.2-4(2) 森林域の溪流における水質調査結果 (初冬調査)

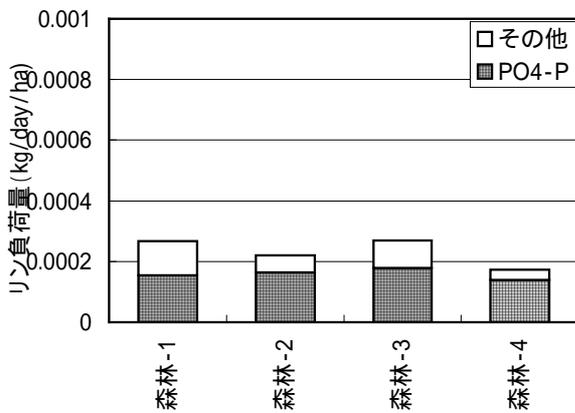
有機物単位面積あたり負荷量



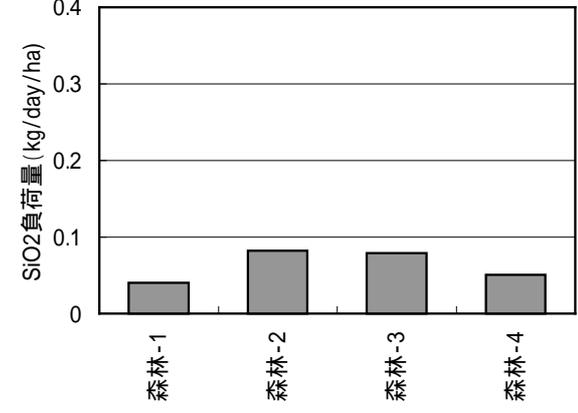
窒素単位面積あたり負荷量



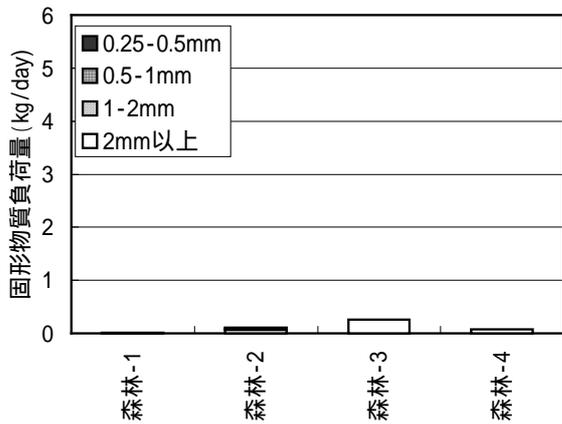
リン単位面積あたり負荷量



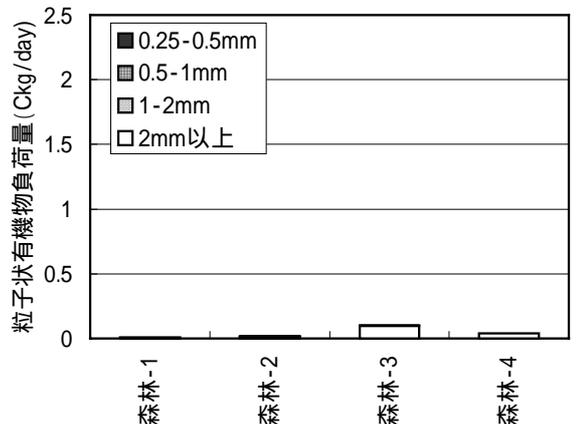
珪酸単位面積あたり負荷量



固形物質単位面積あたり負荷量



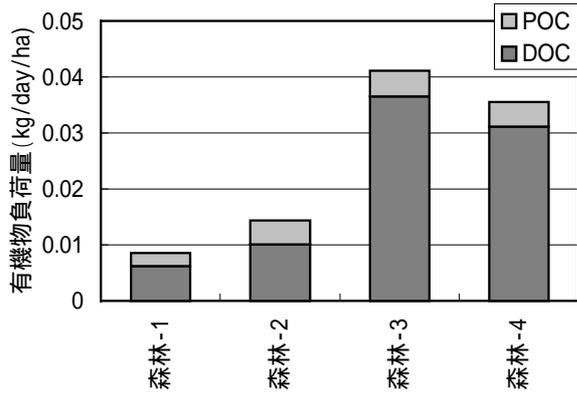
粒子状有機物単位面積あたり負荷量 (POM炭素換算)



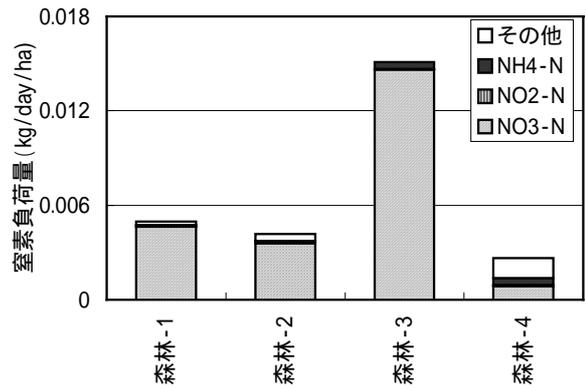
森林-1: 針葉樹の壮齢林
 森林-2: 広葉樹の若齢林
 森林-3: 針葉樹の若齢林
 森林-4: 広葉樹の原生的天然林

図 4.2-5(1) 森林域の溪流における単位面積あたり負荷量 (晩夏調査・参考)

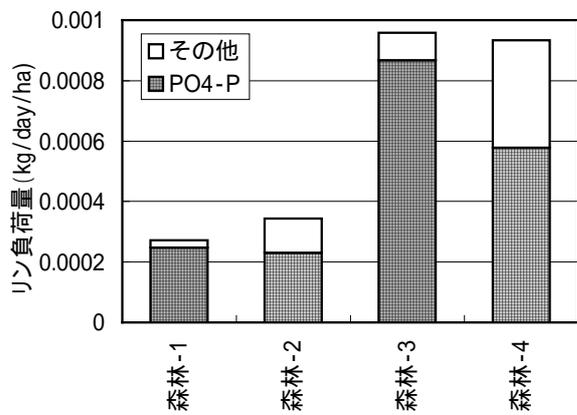
有機物単位面積あたり負荷量



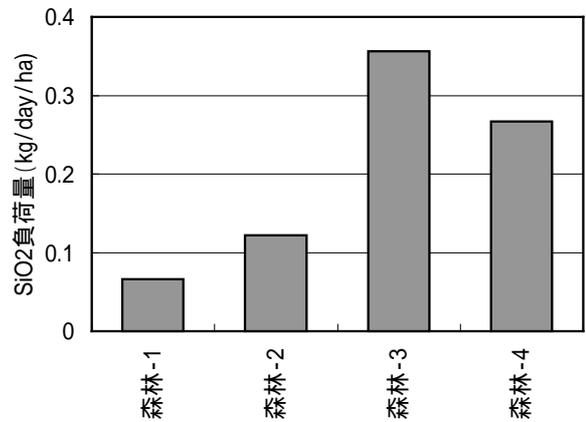
窒素単位面積あたり負荷量



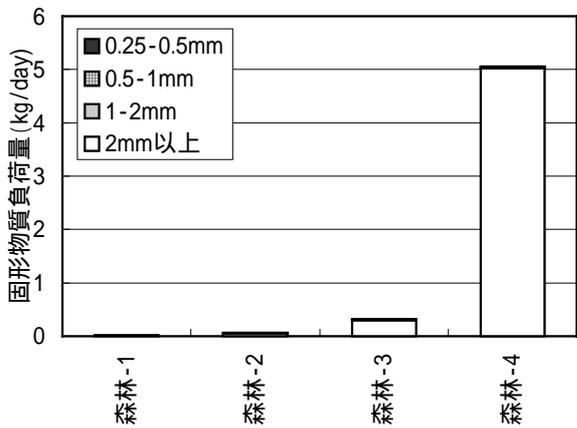
リン単位面積あたり負荷量



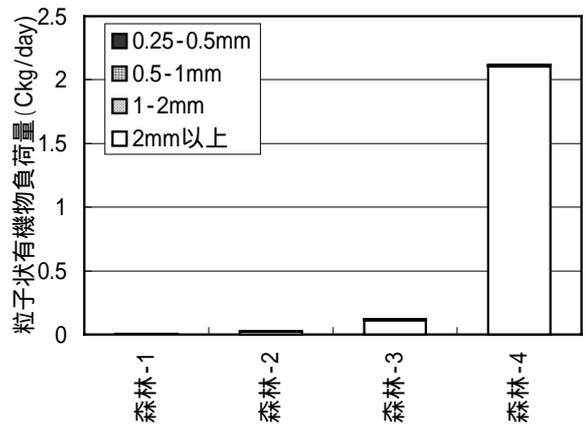
珪酸単位面積あたり負荷量



固形物質単位面積あたり負荷量



粒子状有機物単位面積あたり負荷量 (POM炭素換算)



森林-1: 針葉樹の壮齢林
 森林-2: 広葉樹の若齢林
 森林-3: 針葉樹の若齢林
 森林-4: 広葉樹の原生的天然林

図 4.2-5(2) 森林域の溪流における単位面積あたり負荷量 (初冬調査・参考)

(3) 河川域水質調査結果

晩夏調査

晩夏調査における水質調査結果の一覧を表 4.2-6に、津軽石川の流下に伴う水質変化を図 4.2-6に、負荷量を図 4.2-7に、湾流入河川の順流末端における水質を図 4.2-8に、負荷量を図 4.2-9に示す

なお、津軽石川の豊間根については用水路が併設されており、採水時当日の流量が少ないため用水路の流量が本川より多かった。このため、本川（豊間根）と用水路（豊間根）の両方で採水分析を行った。ただし、豊間根 上流に養魚場があるため参考値として扱った。

<津軽石川の流下に伴う水質変化>

有機物（TOC、DOC、POM、フミン酸、フルボ酸）

TOC濃度は、最上流（五堂城森）と流入支川（大川）で若干高いものの、大きな違いは見られず、森林での調査結果とも同程度であった。内訳は、いずれの地点も森林と同様、DOCの占める割合が多く、POCはほぼ一定の値であった。

DOC、POMの負荷量は、地点間で濃度に大きな違いが見られないことから、流量に応じた変化となっている。また、DOCとPOMとを比べると、POMのほうが流下に伴う増加が大きい。

フミン酸、フルボ酸濃度の合計はDOCと同程度かやや低い値であった。DOCが溶存態有機物の炭素の量を測定したものであるのでフミン酸、フルボ酸として測定される以外の溶存態有機物があるのか、定量下限値に近い値であるための誤差の範囲内であるのかを検討するためには、DOCを構成する成分をより詳細に分析するなど、今後より多くの知見を蓄積する必要があると考えられる。流下に伴う傾向やフミン酸とフルボ酸との比については、濃度が低く定量下限値に近い値であったこともあって、一定の関係は得られていない。

窒素（T-N、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N）

T-N濃度は、最上流（五堂城森）や流入支川（大川、小川）で低く、流下に伴って高くなる傾向が見られた。内訳は、いずれの地点も溶存態が大半を占め、なかでもNO₃-Nの割合が高かった。流下に伴う濃度の増加は、最上流や流入支川の濃度が、森林調査で得られた濃度の範囲内にあり、豊間根や支川の調査地点の下流に農地や市街地が集中していることから、下流での窒素濃度の増加は森林以外からの流入によるものと考えられる。

負荷量は濃度が流下に伴って高くなることから、流量の増加以上に増加していた。

リン（T-P、PO₄-P）

T-P濃度は、T-N濃度の傾向とは逆で、本川中流から最上流（繫橋～五堂城森）や流入支川の小川で高く、本川下流の稲荷橋と大川で低かった。内訳は全般的にはPO₄-Pが大半を占めているが、大川、稲荷橋では低い値となっていた。N-P比で見ると、上流の五堂城森や支川の大川、小川では、10：1～15：1程度であったものが、最下流の稲荷橋では80：1まで増

加している。溶存態の窒素は速やかに流下するが、 $\text{PO}_4\text{-P}$ などのリンは土粒子等に吸着しやすく、平水時は沈降することが一般に知られている。森林調査の濃度は、最上流や流入支川より高く、後述する底質調査でもリンの濃度が上流で高かったことから、森林から流出したリンは平水時の河川においては吸着・沈降や消費により見かけ上、取り除かれているものと考えられる。

負荷量は、濃度の流下に伴う減少以上に流量が増加していることから、下流で増加している。ただし、本調査が平水時の調査であり、出水時には上流に堆積しているリンが流出する可能性がある。また、豊間根の用水路ではリン濃度が高く、負荷量で見積もると順流末端と同程度であることから、用水の取水と排水の状況によっては、傾向が大きく変化する可能性もある。

珪酸 (SiO_2)

SiO_2 濃度は、地点によらずほぼ一定の濃度であり、既往文献調査で述べたような最上川の流下課程で半分程度まで減少するような状況はなかった。また、現地調査を行ったモデル地域に最も近い岩手県岩泉町での珪酸濃度は8.2mg/Lで、調査結果と概ね一致している。津軽石川では、森林から供給される濃度としては低いが、ほぼそのままの濃度を保ったまま海域へ供給されていると言える。河川別にみると、本川に比べ流入支川（大川、小川）で若干低かった。また、森林調査より2割程度減少している。後述する付着藻類の調査において大川や小川では本川と比べて珪藻類の細胞数が多い結果が得られている。大川、小川での濃度の低下について、流域の違いに伴う流入量の違い以外に、珪藻類による消費が要因として上げられるが、これらの関係をモデル流域で言及するためには、より狭い範囲で区切り SiO_2 濃度と珪藻類の現存量を測定するなどのより詳細な調査が必要であると考えられる。

負荷量は流下に伴う濃度変化がほとんど見られないことから、流量に応じた変化となっている。

粒径別の固形物質濃度、有機物質 (POM) 濃度

固形物質濃度は、下流の稲荷橋と流入支川（大川、小川）で濃度が高く、その大半が2mm以上の粒径のもので占められている。有機物濃度は、固形物濃度に対して稲荷橋で10分の1程度、その他の地点では2～3分の1程度を占めており、粒径分布も固形物全体と同様の傾向であった。最下流の稲荷橋では、固形物として採取したものに無機物が多く含まれていると考えられる。有機物質濃度は炭素換算での値で、セルロースであれば有機物濃度に占める炭素は約5分の2となり、本調査の結果と概ね一致する。

大川、小川では、現地調査時に葉などの植物片の混入が確認されており、これらが粒径2mm以上の固形物及び有機物濃度の増加原因と考えられる。しかしながら、粒径2mm以下の粒子や、POC、DOCで測定した時の有機物、BOD、SS、窒素、リン等で大川や小川の濃度が五堂城森と同程度であることから、大川や小川の測定地点で流下する葉や剥離した付着藻類等は

細粒化や分解が見かけ上ほとんど生じていないと考えられる。なお、現地調査時に河床に堆積した落ち葉が確認されていることから、洪水時に落ち葉由来の有機物の多くは流下することが想定される。

また、森林より濃度が高いことから、これら2mm以上の粒子は河川内や森林以外の流域で生産されているものと考えられる。負荷量でも大川、小川の固形物、有機物とも下流の繋橋以上となっており、その間での沈降等が生じていることを示唆する結果となっている。

金属元素

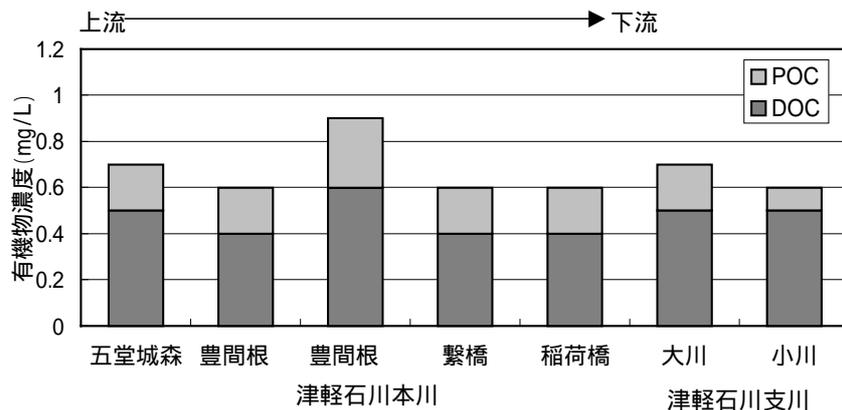
金属元素については、Mn、Zn、Feを除くと、定量下限値以下かそれに近い値であったこともあり、流下に伴う一定の傾向は得られていないが、森林での調査結果と比較するとマンガンと鉄濃度については、森林での濃度の方が高く、河川への主な流入元となっていると考えられる。ただし、森林においてのマンガンや鉄濃度と比べて、上流の五堂城森や支川の大川、小川においても濃度が大きく異なること、森林での流出は懸濁態が大半を占めていることから、土粒子として森林から流入した鉄やマンガンは河川に流入すると平水時には流速が低下することなどにより速やかに沈降・堆積するものと考えられる。

既往文献調査で示した河川での一般的な濃度と本調査結果を比べると、定量下限値以上の値が得られたMn、Zn、Feについては津軽石川での濃度が低く、Cuについても北上川本川では定量下限値以上の値が得られており、金属元素濃度は概ね低い値であったと言える。

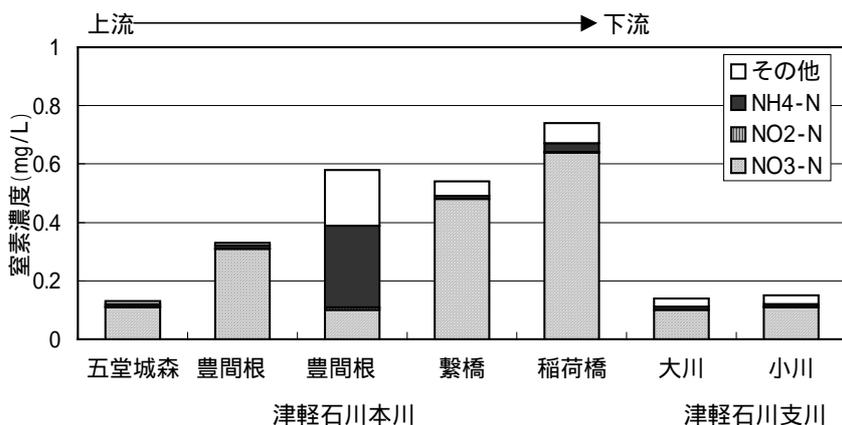
表 4.2-6 河川の水質調査結果(晩夏調査)

地点			河川											
			津軽石川本川					津軽石川支川		閉伊川	津軽石川	大槌川	小鍬川	鶴住居川
区分	項目(略)	単位	五堂城森	豊間根	豊間根	繫橋	稲荷橋	大川	小川	閉伊川	津軽石川	大槌川	小鍬川	鶴住居川
有機物	TOC	mg/L	0.7	0.6	0.9	0.6	0.6	0.7	0.6	0.8	0.6	0.6	0.6	0.8
	DOC	mg/L	0.5	0.4	0.6	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.4	0.4	0.4	0.6
	POC	mg/L	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
金属元素 (主要)	Na	mg/L	3.5	3.8	3.8	4.4	4.6	3	3.4	69	4.6	4.6	5.1	3.8
	K	mg/L	0.5	0.6	0.6	1	1	0.6	0.4	3.6	1	1	1.2	0.8
	Ca	mg/L	8.4	6.6	6.7	7	6.5	8.7	6.6	10	6.5	9.4	6.9	6.5
	Mg	mg/L	0.9	0.9	0.8	1	1	0.7	0.8	9.4	1	1.2	1	1
陰イオン	Cl ⁻	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HCO ₃ ⁻	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	SO ₄ ²⁻	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
有機物	フミン酸	mg/L	0.2	0.2	0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.3	<0.1	<0.1	0.1	0.2	0.1
	フルボ酸	mg/L	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1
N類	T-N	mg/L	0.13	0.33	0.58	0.54	0.74	0.14	0.15	0.55	0.74	0.40	0.25	0.28
	NO ₂ -N	mg/L	<0.001	<0.001	0.009	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.005	<0.001	0.001	<0.001	0.001
	NO ₃ -N	mg/L	0.11	0.31	0.10	0.48	0.64	0.10	0.11	0.30	0.64	0.35	0.18	0.23
	NH ₄ -N	mg/L	0.01	<0.01	0.28	0.01	0.03	0.01	0.01	0.11	0.03	<0.01	<0.01	<0.01
珪酸	SiO ₂	mg/L	7.9	8.5	8.3	9.2	8.6	7.0	7.2	9.1	8.6	8.7	8.7	9.9
P類	T-P	mg/L	0.013	0.017	0.099	0.015	0.009	0.008	0.014	0.017	0.009	0.012	0.011	0.011
	PO ₄ -P	mg/L	0.012	0.015	0.076	0.010	0.001	<0.001	0.012	0.008	0.001	0.009	0.005	0.006
金属元素 (微量)	Mn	μg/L	<0.5	<0.5	1.2	1	2.9	<0.5	0.5	2.7	2.9	1.1	1.6	1.3
	Cu	μg/L	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.9	<0.5	1.1	<0.5	0.7
	Zn	μg/L	<5	<5	13	11	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Ni	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Co	μg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01
金属元素 (溶存態)	Mn	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.8	<0.5	<0.5	1.3	<0.5
	Cu	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Zn	μg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Ni	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Co	μg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	<0.01	0.01
金属元素 (XAD)	Mn	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Cu	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Zn	μg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Ni	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Co	μg/L	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
鉄	T-Fe	μg/L	5	10	<5	16	12	6	<5	22	12	5	18	25
	D-Fe	μg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	15	<5	5	<5	<5
	フルボ酸鉄	μg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5	<5	<5	6	<5
その他	BOD	mg/L	0.5	<0.5	1.1	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5
	COD	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	SS	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	VSS	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	濁度	度	0.2	0.4	0.7	0.3	0.4	0.5	0.4	0.7	0.4	0.5	0.8	0.9
	クロロフィルa	μg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
固形物量	2mm以上	mg/L	0.35	0.08	-	0.18	1.16	1.92	2.84	-	1.16	-	-	-
	1-2mm	mg/L	0.01	0.01	-	0.01	0.03	0.06	0.04	-	0.03	-	-	-
	0.5-1mm	mg/L	0.00	0.00	-	0.01	0.32	0.07	0.05	-	0.32	-	-	-
	0.25-0.5mm	mg/L	0.00	0.00	-	0.00	0.03	0.04	0.02	-	0.03	-	-	-
有機物量 (POM)	2mm以上	mg/L	0.09	0.04	-	0.08	0.10	0.84	1.35	-	0.10	-	-	-
	1-2mm	mg/L	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.03	0.02	-	0.00	-	-	-
	0.5-1mm	mg/L	0.00	0.00	-	0.01	0.03	0.03	0.02	-	0.03	-	-	-
	0.25-0.5mm	mg/L	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.02	0.01	-	0.00	-	-	-

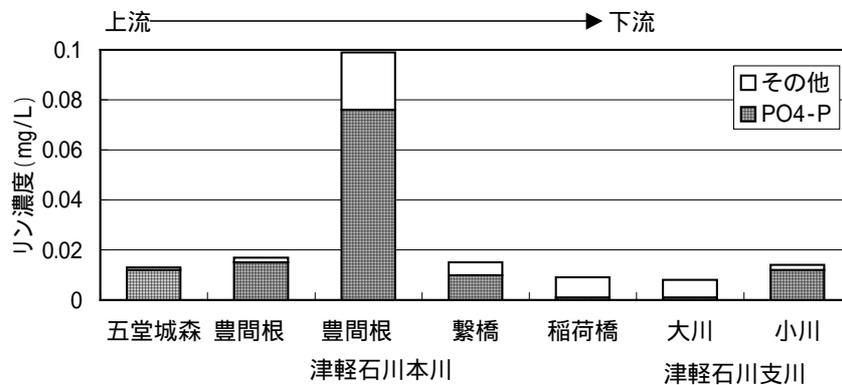
有機物濃度



窒素濃度



リン濃度



珪酸濃度

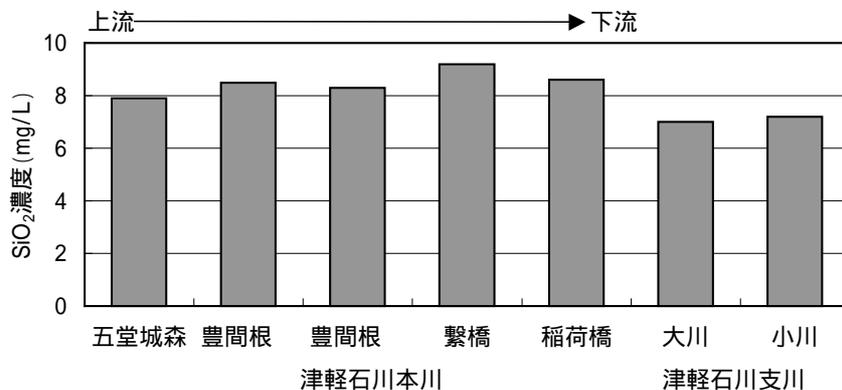


図 4.2-6(1) 津軽石川の流下に伴う水質変化(晩夏調査)

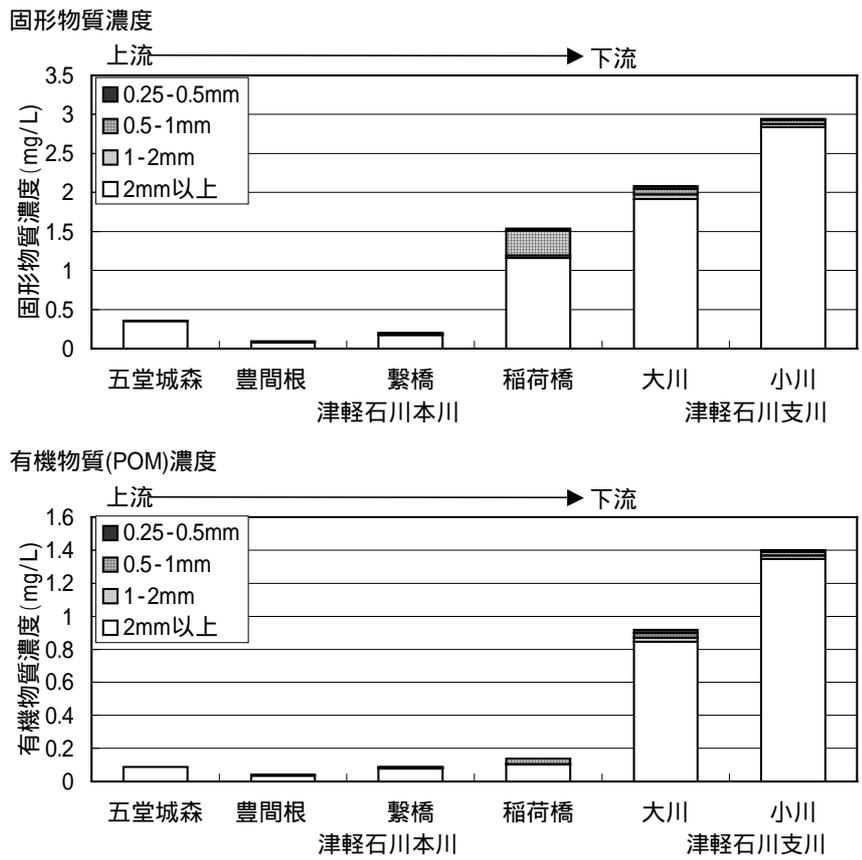


図 4.2-6(2) 津軽石川の流下に伴う水質変化(晩夏調査)

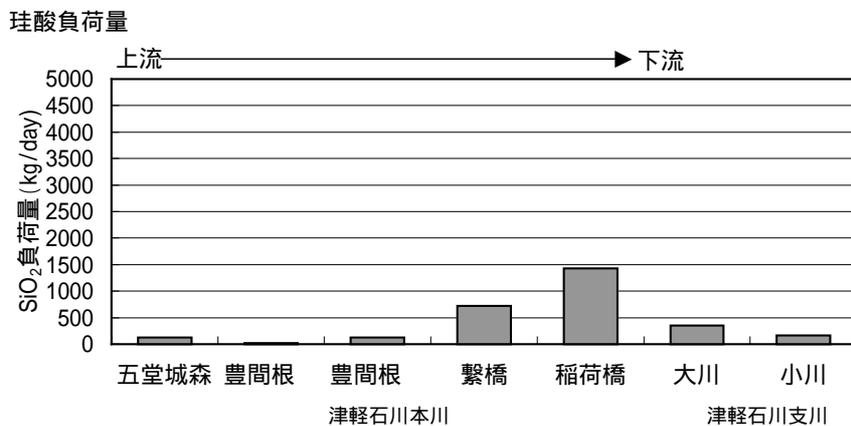
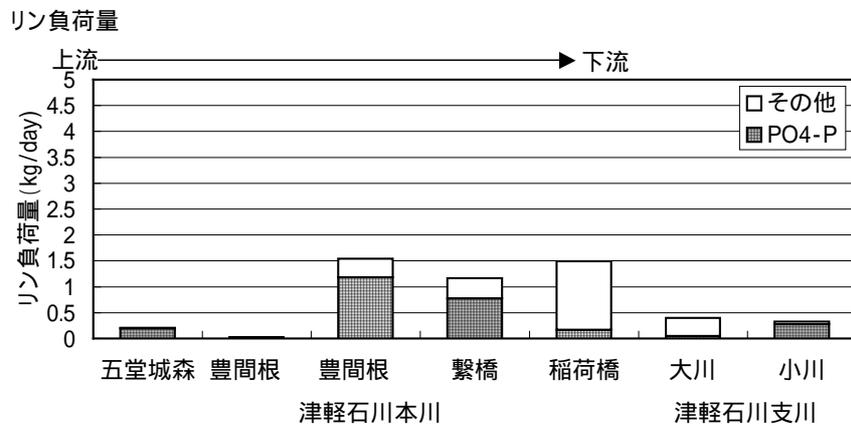
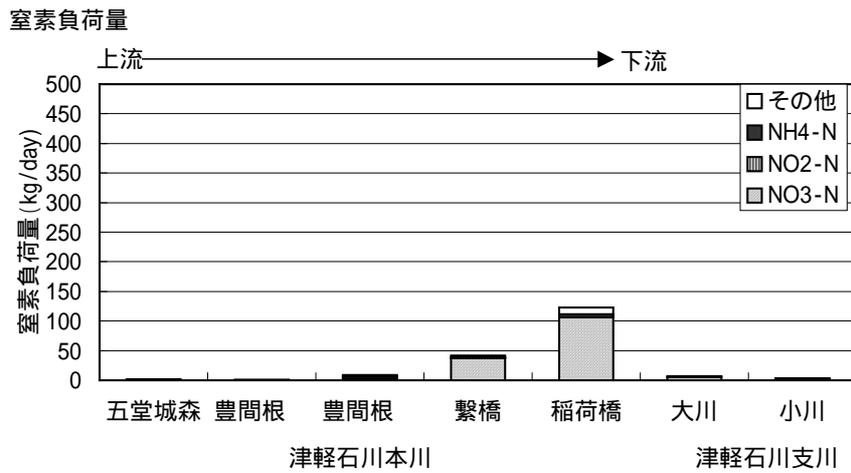
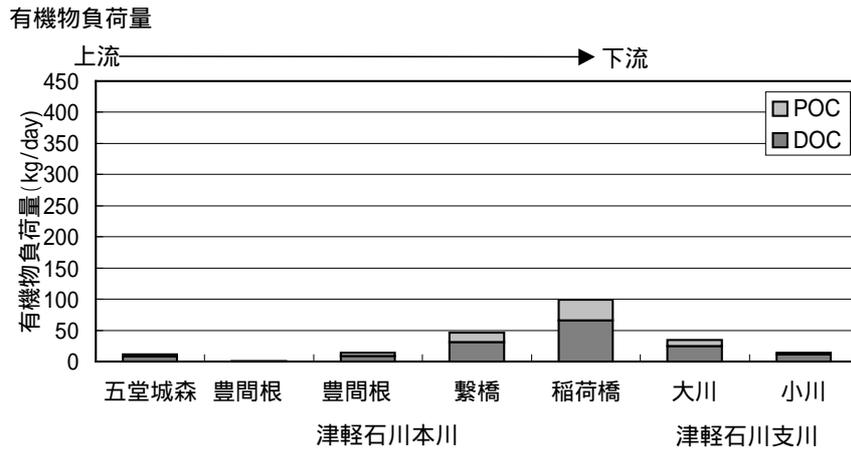
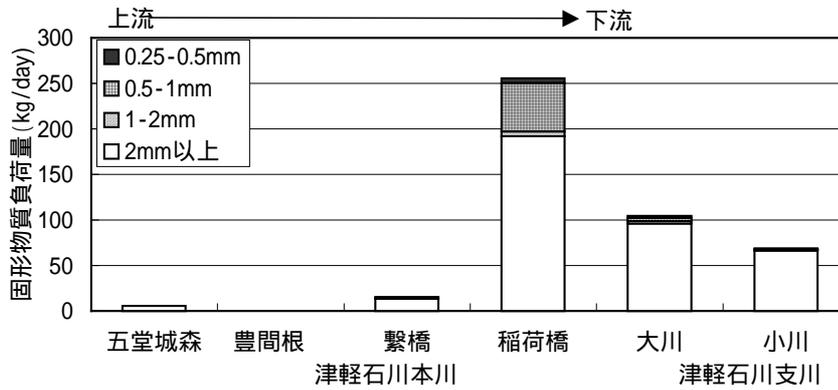


図 4.2-7(1) 津軽石川の流下に伴う負荷量変化(晩夏調査)

固形物質負荷量



有機物質(POM)負荷量

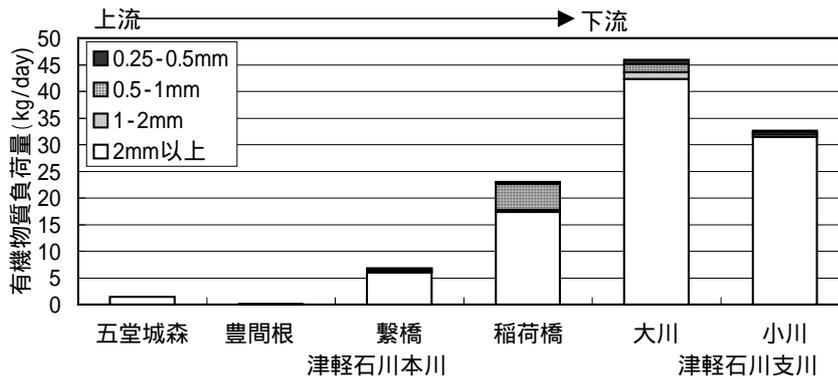


図 4.2-7(2) 津軽石川の流下に伴う負荷量変化(晩夏調査)

参考 表 4.2-7 各調査地点の流域面積に占める割合と土地利用の内訳

地点名	流域面積割合 (%)	土地利用面積の割合 (%)							
		田	その他の農用地	森林	荒地	建設用地	幹線交通用地	その他の用地	河川及び湖沼
五堂城森	11	0.00	0.00	99.61	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00
豊間根	22	0.00	0.00	97.15	2.85	0.00	0.00	0.00	0.00
繫橋	80	2.42	2.09	90.21	3.23	0.98	0.06	0.30	0.70
稲荷橋	100	2.92	2.82	87.89	2.95	1.50	0.15	0.49	1.27
大川	22	0.56	0.92	93.97	4.50	0.03	0.00	0.00	0.03
小川	17	0.07	0.85	95.85	2.93	0.15	0.00	0.00	0.15

注) 土地利用面積の内訳は岩手県 平成9年 土地利用メッシュデータ L03-09M より求めた。
土地利用面積の割合は小数第3位を四捨五入しているため、必ずしも合計値が100(%)とはならない。

< 湾流入河川の順流末端における水質 >

有機物 (TOC、DOC、POM、フミン酸、フルボ酸)

TOC濃度は、閉伊川と鶴住居川で若干高く、これはDOC濃度が若干高いことによるもので、POCは河川によらず一定の値であった。

負荷量は流量の多い閉伊川と鶴住居川とで高かったことから、宮古湾では閉伊川が、大槌湾では鶴住居川がTOC負荷の多くを占める結果となっている。

窒素 (T-N、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N)

T-N濃度は、大槌湾に流入する河川で低く、宮古湾に流入する河川で高く、特に津軽石川で高かった。この傾向は近年の公共用水域の水質測定結果でも確認されており、モデル地域の平水時における一般的な傾向といえる。津軽石川では前述の通り、農地や市街地の増

大に伴って濃度の増加が見られている。また、公共用水域の測定結果では2000年以降測定されていないが、それ以前では若干の増加傾向が読み取れる。ただし、最も高い津軽石川の順流末端においても0.74mg/Lで、既往文献調査で示した全国の河川で測定した窒素濃度の中央値である約1.1mg/Lの3分2程度であることから、モデル地域の海域への窒素供給は少ないと考えられる。

流域間の土地利用面積の内訳を流域間で比較すると、津軽石川では農地の占める割合が高いことから、農地由来による窒素の流入が濃度を増加させる一因としてあげられる。内訳は、いずれの河川もNO₃-Nが大半を占めていたが、宮古湾に流入する閉伊川でNH₄-Nやその他の窒素濃度が若干高い傾向が見られた。他河川と比べ閉伊川でNO₃-Nへの酸化が完全に行われていないことについては、調査地点に近い下流域に人為起源の排出源が集中しているためと考えられる。

負荷量は流量が多く濃度の高い閉伊川が極めて多いが、その他河川では、濃度を反映して津軽石川が流量の多かった鶴住居川より多い結果となった。

リン (T-P、PO₄-P)

T-P濃度は閉伊川で高く、津軽石川で低かった。津軽石川では流下に伴ってPO₄-P濃度が低くなる傾向が確認されており、平水時には森林から流出したリンは流下に伴って沈降し、森林以外の負荷も小さいと考えられる。公共用水域の水質測定結果でも津軽石川の濃度は他河川より低く、傾向が一致している。また、既往文献調査で示した全国の河川で測定したリン濃度の中央値は約0.05mg/Lで、モデル地域の河川では3分の1から5分の1程度となっており、河川から海域へのリン供給は窒素以上に少ないと言える。負荷量を河川別に見ると流量が多く濃度の高い閉伊川が極めて多かった。

珪酸 (SiO₂)

SiO₂濃度は、閉伊川と鶴住居川で若干だったものの地点によらずほぼ一定であった。これは、SiO₂が森林から主に供給されており、いずれの河川も流域に占める森林の面積は9割前後で大きな違いがないためと考えられる。負荷量は濃度がほぼ一定であることから、流量に応じた値となっている。

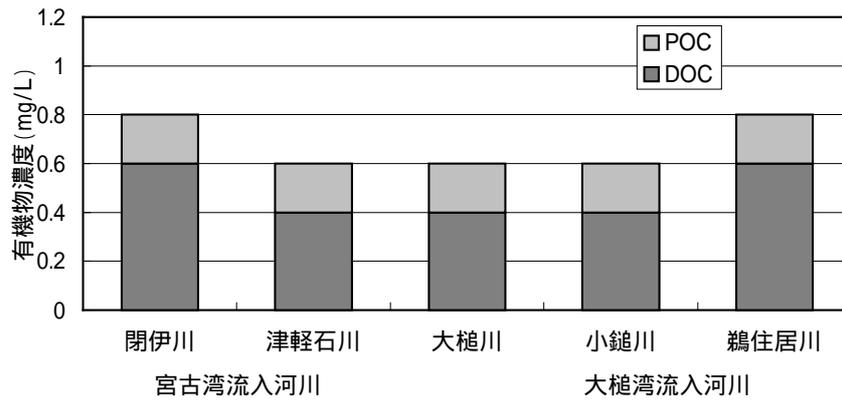
参考 表 4.2-8 各河川の流域面積と土地利用の内訳

河川名	流域面積 (km ²)	土地利用面積の割合 (%)							
		田	その他の農用地	森林	荒地	建設用地	幹線交通用地	その他の用地	河川及び湖沼
閉伊川	972	0.83	2.50	90.28	3.79	0.88	0.11	0.50	1.07
津軽石川	153	2.91	2.82	87.89	2.94	1.49	0.14	0.49	1.27
大槌川	120	1.27	2.11	94.28	0.30	0.78	0.00	0.38	0.84
小槌川	63	1.49	1.20	91.33	0.52	1.65	0.07	2.66	1.03
鶴住居川	155	1.35	1.45	89.64	2.42	0.94	0.11	3.03	1.03

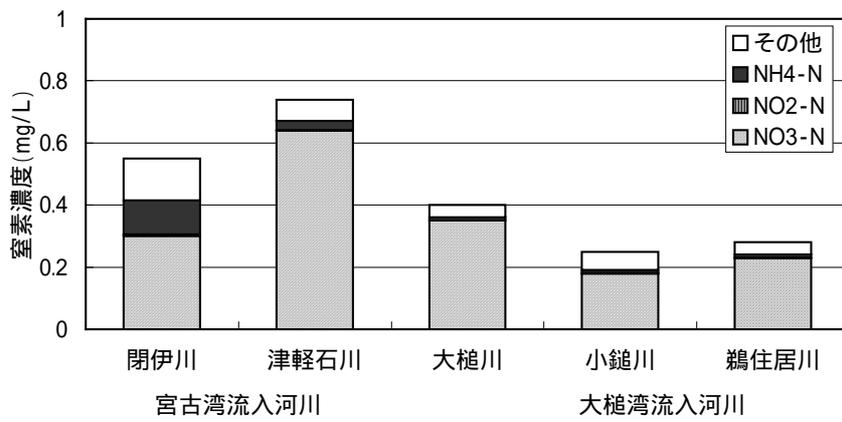
注) 土地利用面積の内訳は岩手県 平成9年 土地利用メッシュデータ L03-09M より求めた。

土地利用面積の割合は小数第3位を四捨五入しているため、必ずしも合計値が100(%)とはならない。

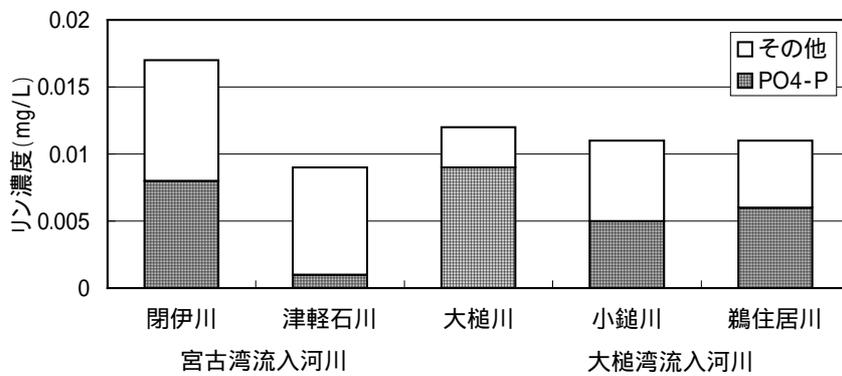
有機物濃度



窒素濃度



リン濃度



珪酸濃度

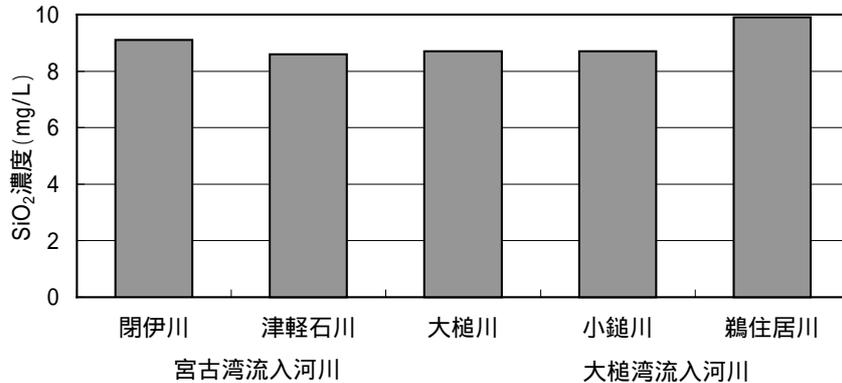
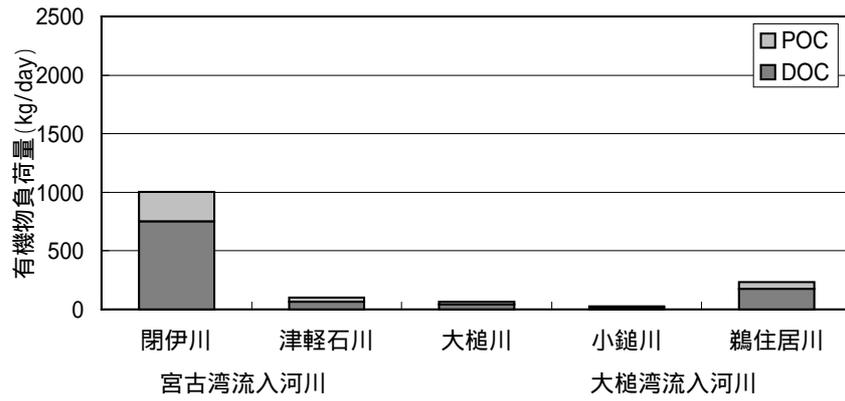
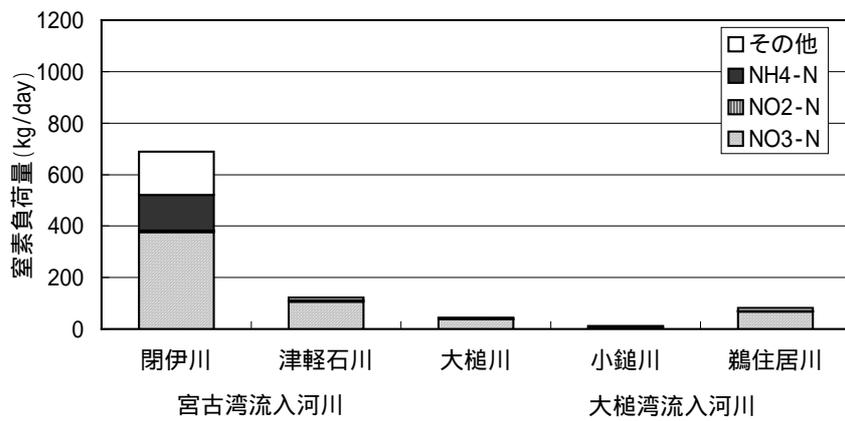


図 4.2-8 湾流入河川の順流末端における水質(晩夏調査)

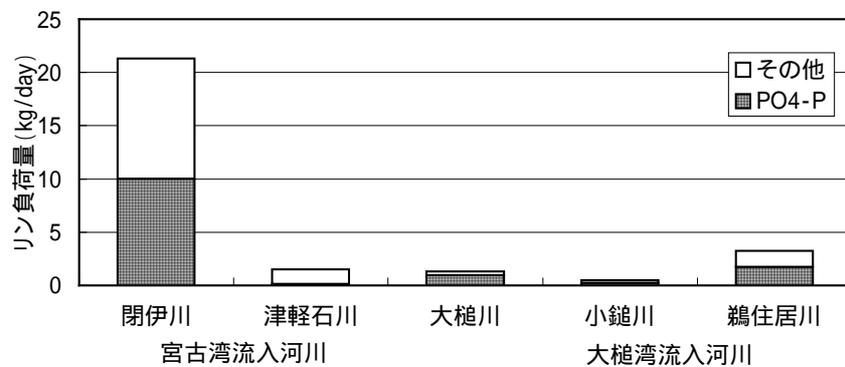
有機物負荷量



窒素負荷量



リン負荷量



珪酸負荷量

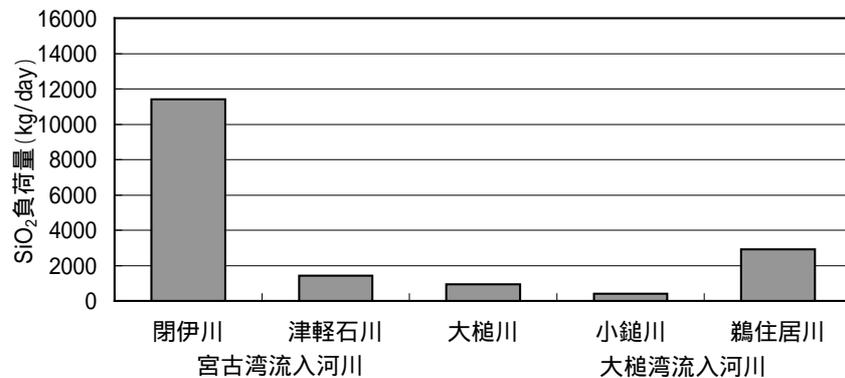


図 4.2-9 湾流入河川の順流末端における負荷量(晩夏調査)

初冬調査

初冬調査における水質調査結果の一覧を表 4.2-9に、津軽石川の流下に伴う水質変化を図 4.2-10に、負荷量を図 4.2-11に、湾流入河川の順流末端における水質を図 4.2-12に、負荷量を図 4.2-13に示す

なお、豊間根については、前述の通り、本川と平行する水路とに上流の堰で分流が行われているが、初冬調査では農閑期であることなどから、ほとんど取水は行われていなかった。ただし、晩夏調査の水路における水質濃度が高く、その上流にある事業所が影響を及ぼしていると考えられた。このため、初冬調査では、上流の事業所が本川へ排水している地点下流を豊間根として調査地点に追加した。ただし、豊間根の値は参考値として扱った。

<津軽石川の流下に伴う水質変化>

有機物 (TOC、DOC、POM、フミン酸、フルボ酸)

TOC濃度は、晩夏調査と比べて全般的に濃度がやや高かった。流下に伴う濃度の減少がみられ、濃度が一定であった晩夏調査と傾向に違いが見られた。森林での濃度との比較では、晩夏調査同様、上流や支川の濃度は森林と一致していた。内訳は、いずれの地点も晩夏調査同様DOCの占める割合が多く、POCには流下に伴う一定の傾向は得られなかった。

DOC、POMの負荷量は晩夏調査と比べ、濃度、水量とも増加していることから、晩夏の5倍程度に増えている。

フミン酸及びフルボ酸濃度では、晩夏調査と比べ、フミン酸の濃度に大きな違いが見られないのに対し、フルボ酸濃度は増加が見られる。森林調査においてもこの傾向は一致しているが、河川では流下に伴ってフルボ酸濃度の増加が見られることや、DOCは流下に伴って減少が見られ、一定の傾向が得られない。さらなるデータの蓄積とメカニズムに関する定量的な検討が今後必要であると考えられる。

窒素 (T-N、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N)

T-N濃度は、流域のほぼ全域が森林で占められている本川上流 (豊間根、五堂城森) や流入支川 (大川、小川) と、農地や市街地が混在する本川中流～下流 (繫橋、稻荷橋) とで晩夏調査ほどではないが、明確な違いが見られ、本川中流～下流で濃度が高かった。晩夏調査の濃度と比べると、本川最上流の五堂城森や流入支川 (大川、小川) で濃度の増加が見られ、森林での濃度が増加していることを受けたものであると考えられる。内訳については、晩夏調査同様、いずれの地点もNO₃-Nが大半を占めていた。負荷量では、豊間根、大川、小川の合計値が約100kg/dayであることから、その下流の繫橋との間で多量の負荷があることを示唆する結果となった。

リン (T-P、PO₄-P)

T-P濃度は、最上流の五堂城森や大川で森林の濃度増加が原因と考えられる増加が見られるが、その他の地点では同程度か濃度が低くなっている。流下に伴う傾向は、上流で高く

下流で低い晩夏調査と同様の傾向がみられ、内訳もいずれの地点においても $PO_4\text{-P}$ が大半を占めている。負荷量は流下に伴う濃度の減少以上に水量が増加しているため、下流に向かって増加する傾向が見られる。ただし、豊間根、大川、小川の合計値が約 4kg/day で繫橋より多いことから、晩夏調査同様、リンの沈降や吸着等が生じていることを示唆する結果となった。

珪酸 (SiO_2)

SiO_2 濃度は、晩夏調査同様、地点によらずほぼ一定か下流で若干の増加傾向であったが、濃度としては森林調査の結果と同様、若干低い結果であった。負荷量は濃度がほぼ一定であることから、夏季同様、流量に応じた変化となっている。

粒径別の固形物質濃度、有機物質 (POM) 濃度

固形物質濃度、有機物質濃度とも、晩夏調査同様、大半が 2mm 以上の粒径のもので占められていて、固形物質と有機物質との濃度比は稲荷橋を除き $3\sim 2$ 分の 1 程度であった。濃度については、本川上流から中流で増加がみられ、本川下流の稲荷橋や大川、小川で大幅な減少が見られた。負荷量でも、稲荷橋や小川で同程度、大川では減少がみられることから、調査前の11月に降雨が多く調査時には細粒化した落葉などは洗い流された後であることが考えられる。

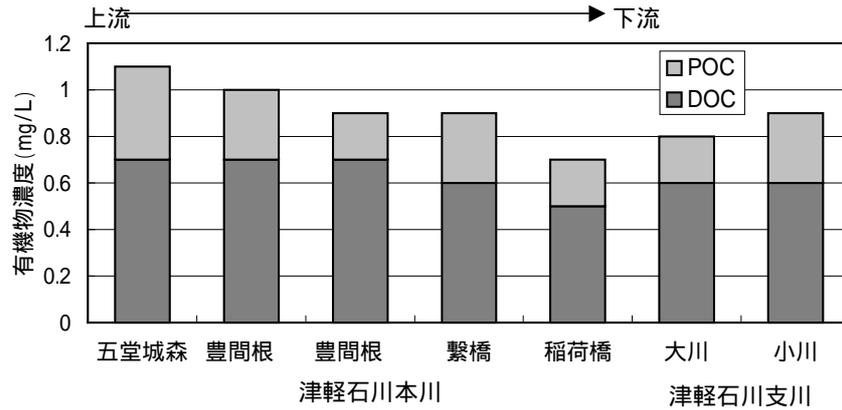
金属元素

金属元素については、晩夏調査以降、分析精度の見直しを行った。このため、全量と溶存態については、全てにおいて定量下限値以上の値が得られるようになった。鉄及びマンガンについては、晩夏調査同様、上流での全量濃度が、森林の調査結果より概ね低い値であった。一方、溶存態は森林と同程度であることから、懸濁態が減少し化学平衡を維持しようとして溶存態の一部が懸濁態へ変化しているようすは確認されなかった。銅と亜鉛については、全量、溶存態とも、上流や流入支川で森林より濃度が高く、銅については全量だけであるが中流から下流で増加が見られる。ニッケルとコバルトについては全量、溶存態とも濃度に森林と大きな違いは見られず、地点間で比較しても、ニッケルが中流から下流で全量濃度の増加が見られる以外はほぼ一定であった。

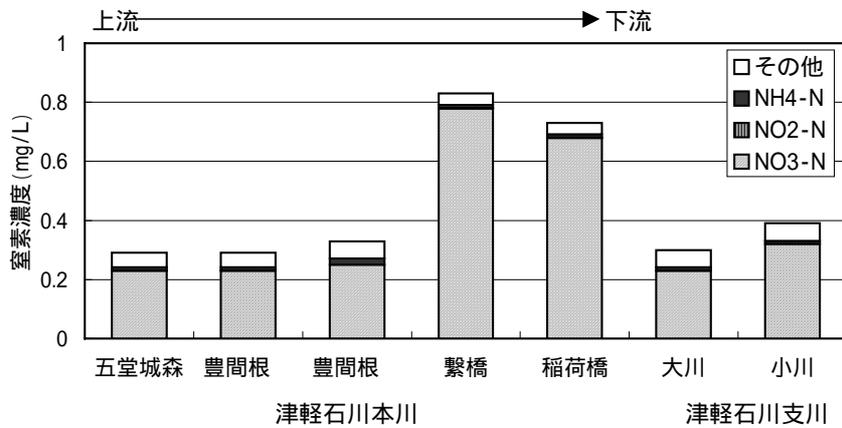
表 4.2-9 河川の水質調査結果(初冬調査)

地点			河川											
			津軽石川本川					津軽石川支川		閉伊川	津軽石川	大槌川	小鍬川	鶴住居川
区分	項目(略)	単位	五堂城森	豊間根	豊間根	繋橋	稲荷橋	大川	小川	閉伊川	津軽石川	大槌川	小鍬川	鶴住居川
有機物	TOC	mg/L	1.1	1.0	0.9	0.9	0.7	0.8	0.9	1.1	0.7	1.0	0.8	1.0
	DOC	mg/L	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.6	0.6	0.7	0.5	0.5	0.7	0.8
	POC	mg/L	0.4	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.2	0.5	0.1	0.2
金属元素 (主要)	Na	mg/L	3.2	3.2	3.2	4.2	4.8	2.7	3.1	4.9	4.8	4	4.7	3.7
	K	mg/L	0.4	0.5	0.5	0.9	0.9	0.5	0.4	0.8	0.9	0.9	1.1	0.8
	Ca	mg/L	6.1	5.7	5.6	6.3	6.2	7	5.8	6	6.2	9	5.6	6.2
	Mg	mg/L	0.7	0.7	0.7	1	1	0.7	0.7	1.3	1	1.1	0.9	1
陰イオン	Cl ⁻	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HCO ₃ ⁻	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	SO ₄ ²⁻	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
有機物	フミン酸	mg/L	0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	フルボ酸	mg/L	1.4	0.4	2	2.1	3.6	1.1	1.1	0.4	3.6	1.2	1.8	1.8
N類	T-N	mg/L	0.29	0.29	0.33	0.83	0.73	0.30	0.39	0.55	0.73	0.62	0.50	0.52
	NO ₂ -N	mg/L	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001
	NO ₃ -N	mg/L	0.23	0.23	0.25	0.78	0.68	0.23	0.32	0.32	0.68	0.53	0.37	0.36
	NH ₄ -N	mg/L	0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12	0.01	0.01	0.02
珪酸	SiO ₂	mg/L	6.7	6.8	6.9	7.9	7.8	6.1	6.6	8.0	7.8	7.6	8.6	8.6
P類	T-P	mg/L	0.017	0.019	0.018	0.010	0.008	0.011	0.011	0.010	0.008	0.015	0.010	0.013
	PO ₄ -P	mg/L	0.012	0.016	0.010	0.009	0.006	0.010	0.009	0.008	0.006	0.008	0.004	0.001
金属元素 (微量)	Mn	μg/L	0.6	1.1	0.2	2.4	1.8	0.9	0.5	3.2	1.8	0.5	2.7	1.6
	Cu	μg/L	0.4	0.6	0.3	0.5	0.4	0.4	0.3	0.7	0.4	0.3	0.5	0.6
	Zn	μg/L	3	2.3	2.1	1.4	4.5	3.3	2.4	3.3	4.5	2.2	3.6	2.5
	Ni	μg/L	0.1	0.5	0.1	0.3	0.3	0.2	0.1	0.4	0.3	0.3	0.1	0.2
	Co	μg/L	0.02	0.03	0.02	0.02	0.05	0.03	0.02	0.04	0.05	0.03	0.03	0.03
金属元素 (溶存態)	Mn	μg/L	0.5	0.8	0.1	2.4	1.1	0.4	0.3	1.4	1.1	0.2	1.6	1.5
	Cu	μg/L	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.5
	Zn	μg/L	1.7	1.9	1.2	0.3	1.3	1.4	1.6	3	1.3	1.6	1.9	1.8
	Ni	μg/L	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2
	Co	μg/L	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02
金属元素 (XAD)	Mn	μg/L	0.14	0.16	0.1	0.18	0.19	0.14	0.15	0.35	0.19	0.19	0.19	0.17
	Cu	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Zn	μg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Ni	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Co	μg/L	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01
鉄	T-Fe	μg/L	4.6	4.6	3.7	8.2	12	9.9	5.5	36	12	5.7	18	24
	D-Fe	μg/L	2.5	3.8	1.9	3.9	7.3	3.4	4	23	7.3	2	4.2	7.1
	フルボ酸鉄	μg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
その他	BOD	mg/L	<0.5	0.5	<0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	<0.5	0.5	0.7	0.6	0.9
	COD	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	SS	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2	<1	3	1	1
	VSS	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	濁度	度	0.4	0.3	0.2	0.7	0.5	0.5	0.5	1.6	0.5	0.8	0.8	1.2
	クロロフィルa	μg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
固形物量	2mm以上	mg/L	0.45	0.34	0.43	0.18	0.30	0.27	0.97	-	0.30	-	-	-
	1-2mm	mg/L	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	-	0.01	-	-	-
	0.5-1mm	mg/L	0.00	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	-	0.01	-	-	-
	0.25-0.5mm	mg/L	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-	0.01	-	-	-
有機物量 (POM)	2mm以上	mg/L	0.19	0.16	0.11	0.04	0.04	0.08	0.28	-	0.04	-	-	-
	1-2mm	mg/L	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00	-	-	-
	0.5-1mm	mg/L	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00	-	-	-
	0.25-0.5mm	mg/L	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00	-	-	-

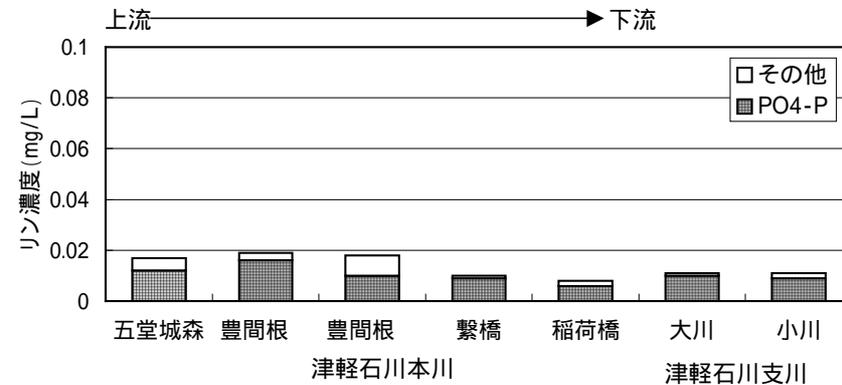
有機物濃度



窒素濃度



リン濃度



珪酸濃度

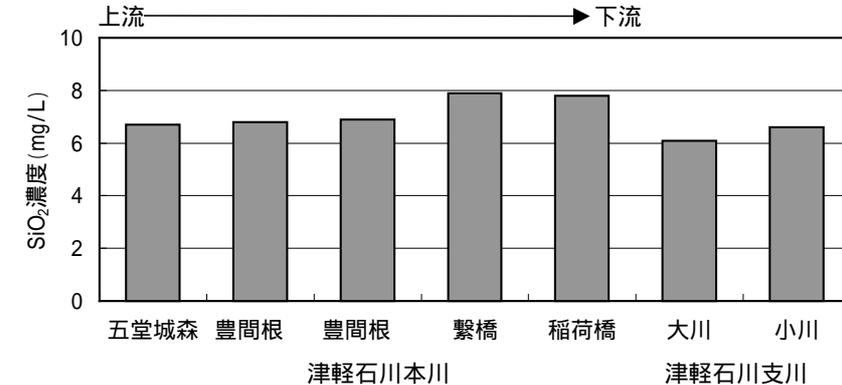


図 4.2-10(1) 津軽石川の流下過程に伴う水質変化(初冬調査)

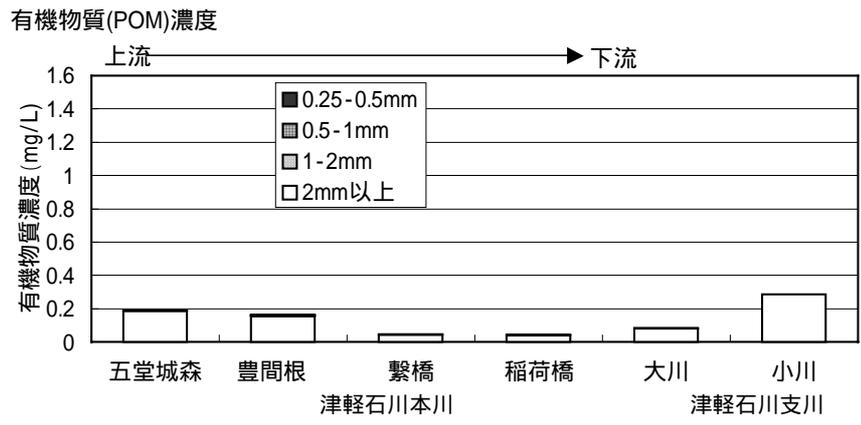
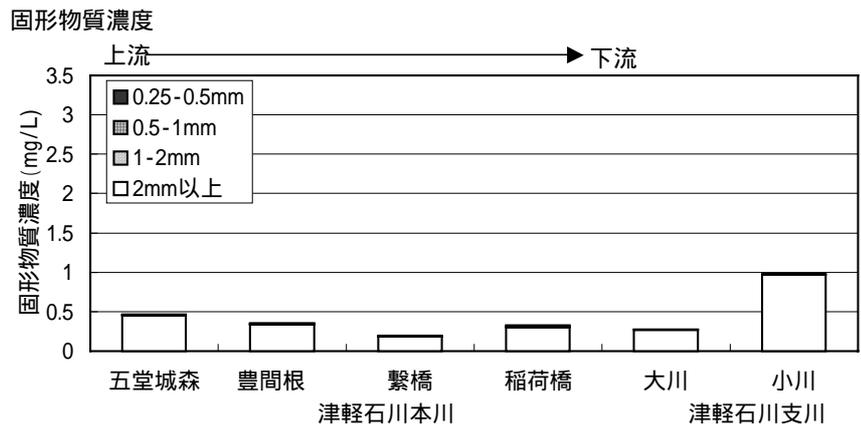
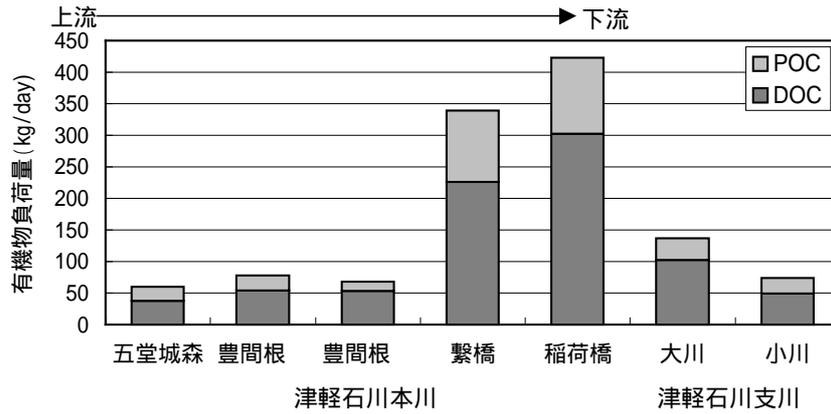
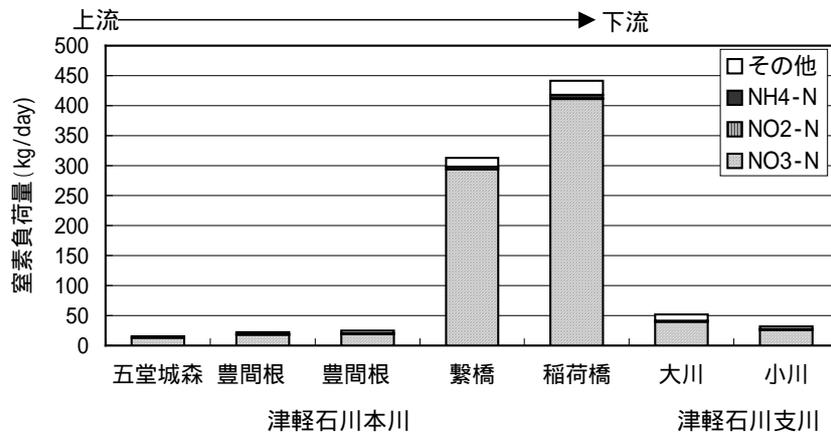


図 4.2-10(2) 津軽石川の流下過程に伴う水質変化(初冬調査)

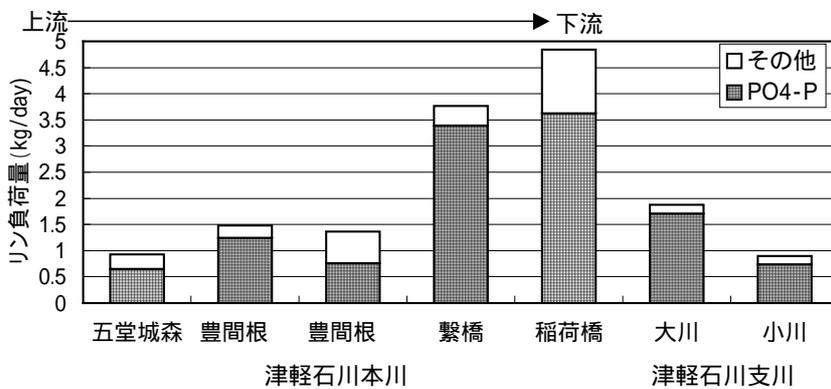
有機物負荷量



窒素負荷量



リン負荷量



珪酸負荷量

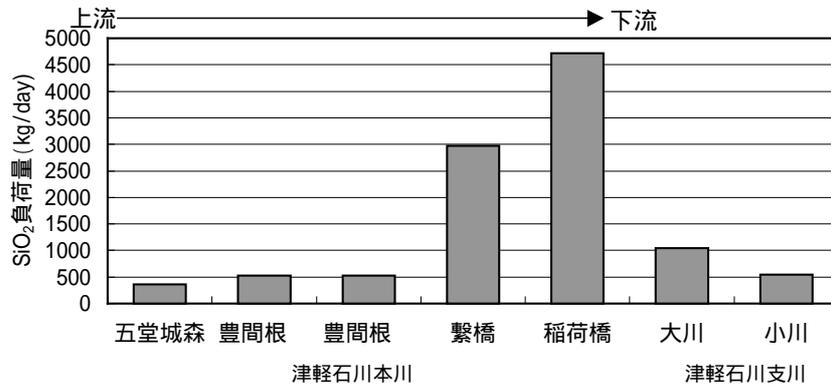


図 4.2-11(1) 津軽石川の流下過程に伴う負荷量変化(初冬調査)

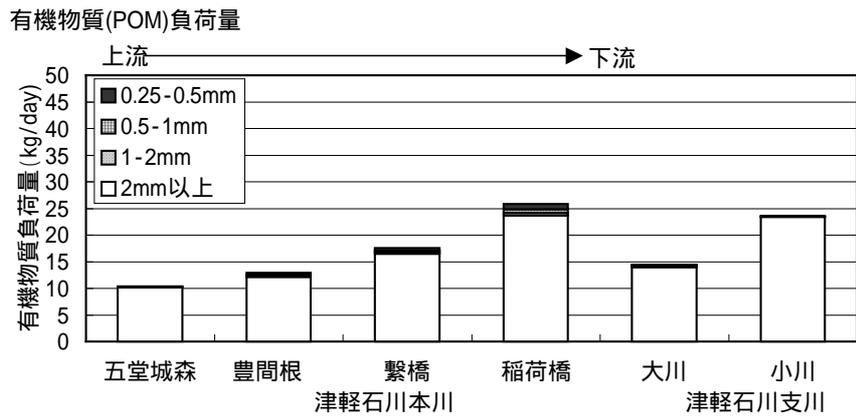
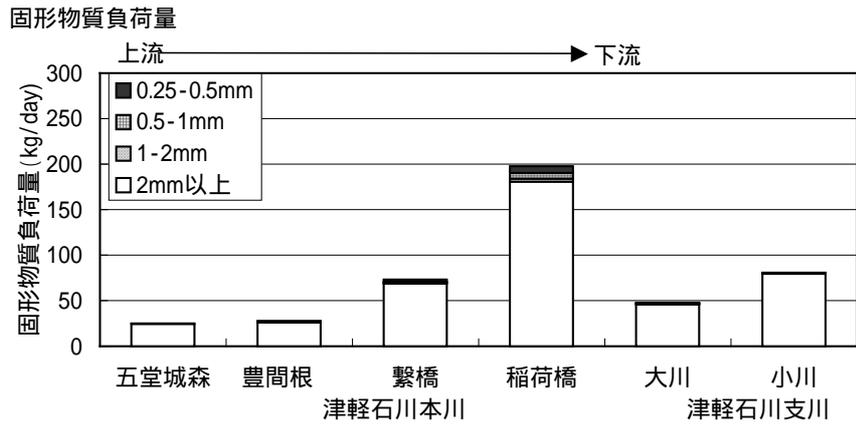


図 4.2-11(2) 津軽石川の流下過程に伴う負荷量変化(初冬調査)

< 湾流入河川の順流末端における水質 >

有機物 (TOC、DOC、POM、フミン酸、フルボ酸)

TOC濃度は、晩夏調査より全般的に高く、河川別にみると晩夏調査で高かった閉伊川と鵜住居川に加え、大槌川でも若干高かった。大槌川の濃度増加はPOCによるところが大きく、初冬調査では、POCと割合が等しかった。その他の河川では晩夏調査同様、DOCが大半を占めていた。負荷量は晩夏調査同様、閉伊川が最も多いが、初冬調査の流量は晩夏調査ほどの差がないことから、閉伊川と他河川との違いは小さくなっている。

窒素 (T-N、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N)

T-N濃度は、晩夏調査と比べ大槌湾に流入する河川でいずれも濃度が増加している。内訳は、晩夏調査の傾向とほぼ同じで、いずれの河川もNO₃-Nが大半を占めており、閉伊川ではNH₄-N濃度も若干高い。負荷量は閉伊川が最も多いが、晩夏調査ほどの違いはなく、初冬調査での宮古湾では閉伊川の約6分の1の流域面積である津軽石川から約2分の1の負荷量が流入している計算となる。

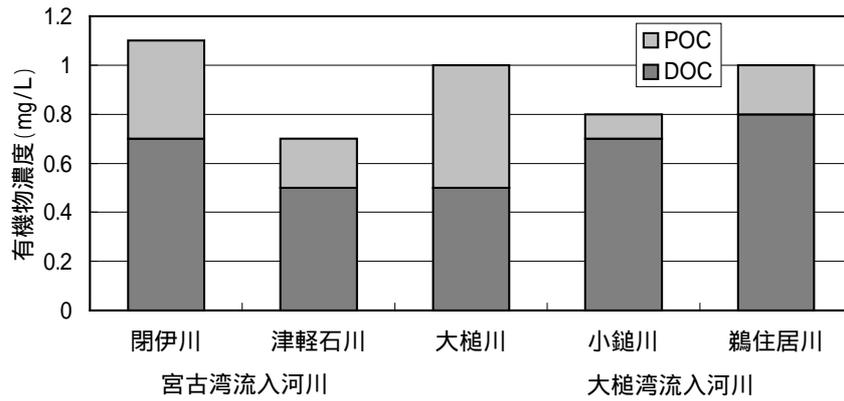
リン (T-P、PO₄-P)

T-P濃度は、晩夏調査の河川間での傾向と異なり、大槌川と鵜住居川で増加し、閉伊川で低下している。PO₄-Pの占める割合も調査時期や、調査地点で比較して一定の傾向が得られていない。負荷量は、他項目同様、閉伊川の増加は晩夏調査ほど顕著ではない。

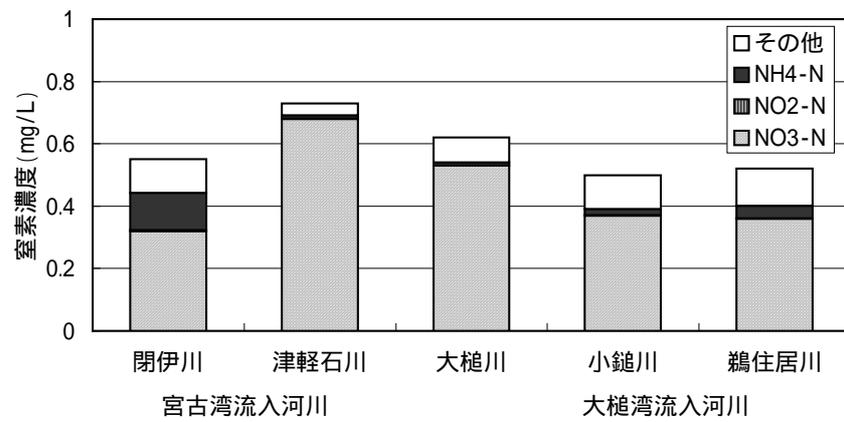
珪酸 (SiO₂)

SiO₂濃度は、晩夏調査より若干低く、地点によらずほぼ一定の濃度の傾向は同一であった。負荷量は濃度がほぼ一定であることから、流量に応じた値となっているが、他項目同様、流域面積ほどの違いはみられなかった。

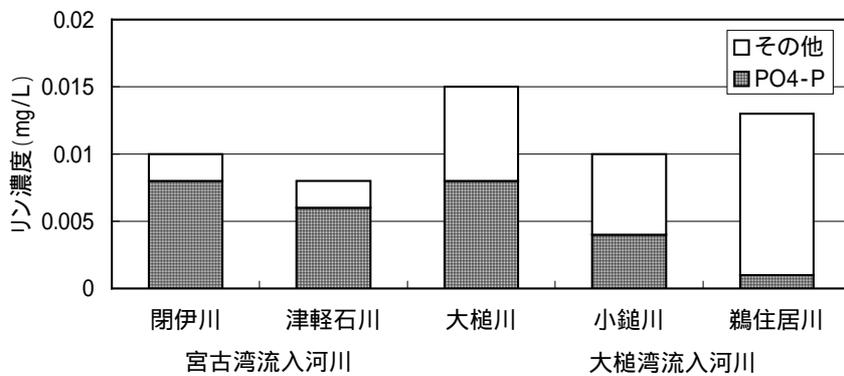
有機物濃度



窒素濃度



リン濃度



珪酸濃度

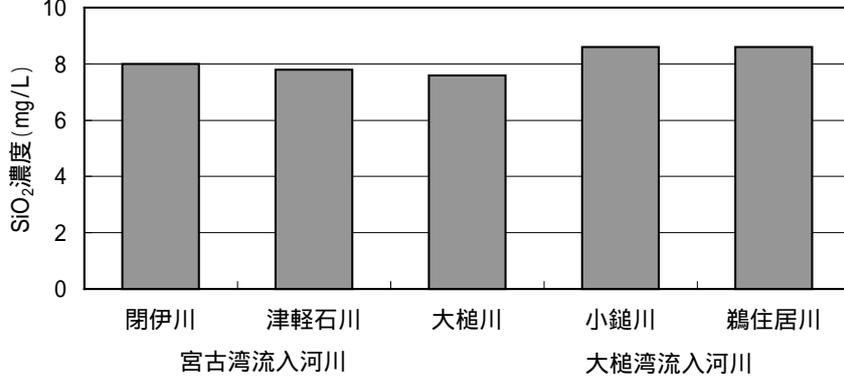
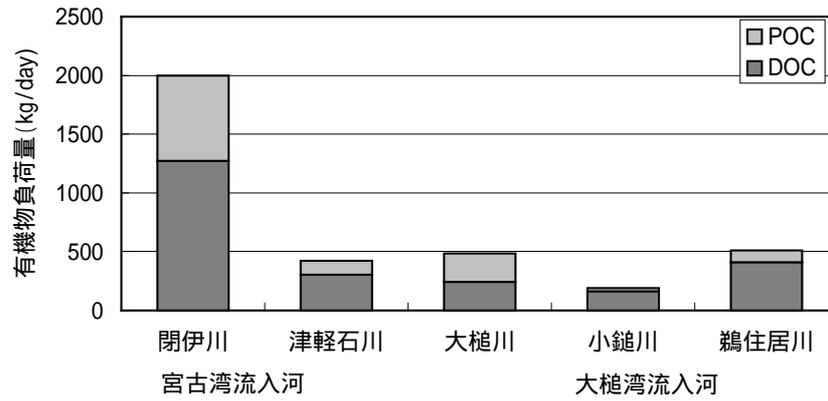
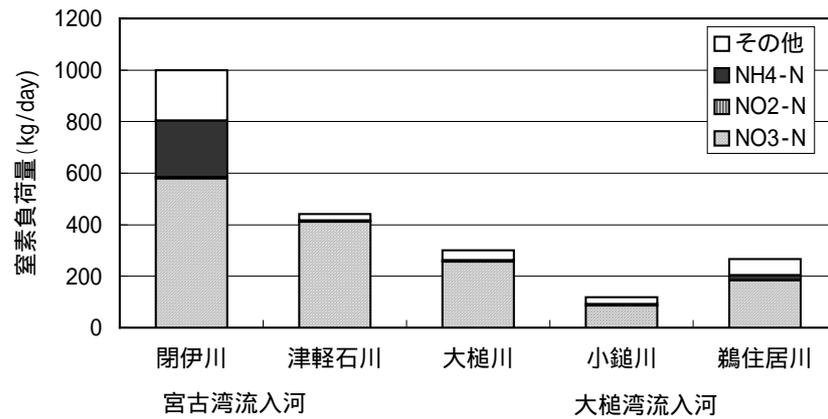


図 4.2-12 湾流入河川の順流末端における水質(初冬調査)

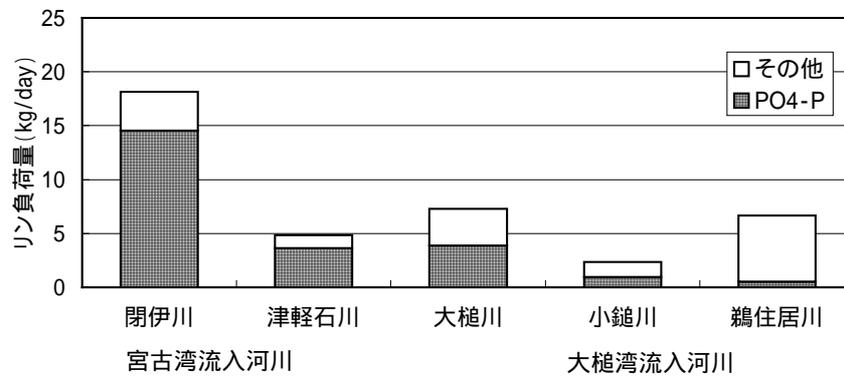
有機物負荷量



窒素負荷量



リン負荷量



珪酸負荷量

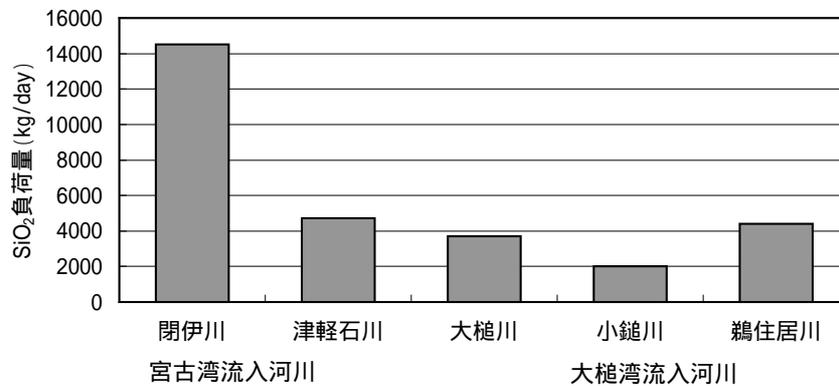


図 4.2-13 湾流入河川の順流末端における負荷量(初冬調査)

(4) 海域水質調査結果

海域の水質調査結果を表 4.2-10、図 4.2-14に、植物プランクトンの調査結果を図 4.2-15、表 4.2-11に示す。

海域水質調査結果

< 晩夏調査結果 >

宮古湾のTOC濃度は、津軽石川河口の表層で2.0 mg/Lとやや高く、その他の地点では1.1～1.4mg/L前後と同じ程度であった。いずれの地点でもDOCの占める割合が多く、TOCの値の高かった津軽石川河口の表層では比較的POCの値も高かった。大槌湾中央のTOC濃度は、津軽石川河口（表層）以外の地点とほぼ同様の値であった。

宮古湾のT-N濃度は、津軽石川河口（表層）で高く、概ね湾口に向かって徐々に減少していく傾向がみられた。同じ地点の表層と下層を比較すると、いずれの地点も表層の値が高かった。内訳は、いずれの地点もその他のN（有機態窒素等）が多かったが、津軽石川河口付近ではNH₄-Nの占める割合もやや高かった。大槌湾中央のT-N濃度は宮古湾中央や閉伊川河口の地点とほぼ同様の値であった。

宮古湾のT-P濃度は、T-Nの傾向と同様に、津軽石川河口（表層）で0.086 mg/Lと高く、湾口に向かって徐々に減少していく傾向がみられた。同じ地点の表層と下層を比較すると、津軽石川河口では表層の値が高かったが、それ以外の地点ではほぼ同程度であった。内訳は、全般的にPO₄-Pより、その他のP（有機リン等）の占める割合が高かった。大槌湾中央のT-P濃度は宮古湾中央や閉伊川河口の地点とほぼ同様の値であった。

宮古湾のSiO₂濃度は、閉伊川河口（表層）で高く、次いで宮古湾中央（表層）及び津軽石川河口（表層）の値が高かった。底層を含めたその他の地点では0.3～0.4mg/Lとほぼ一定の濃度であった。大槌湾中央のSiO₂濃度は、表層ではやや高く、底層では宮古湾と同じ程度の値であった。

宮古湾のCOD濃度は、津軽石川河口（表層）で4.9 mg/Lとやや高く、その他の地点では1mg/L前後の値であった。濁度、クロロフィル濃度も津軽石川河口（表層）で高かった。

フミン酸は<0.1～0.2mg/L、フルボ酸は0.3～2.5mg/Lと、いずれも濃度が低かった。フミン酸は宮古湾口と、宮古湾外において定量下限値を示した。

微量金属元素ではマンガン、銅、亜鉛、ニッケル、コバルト、鉄（T-Fe）のいずれも津軽石川河口において高い値を示していた。

< 初冬調査結果 >

宮古湾のTOC濃度は初冬調査では津軽石川河口の表層が晩夏よりもやや下がり1.5mg/Lとなり、その他の地点では晩夏と同じ程度の1.2～1.6 mg/Lであった。晩夏調査と同様、いずれの地点でもDOCの占める割合が多かった。大槌湾中央のTOC濃度は、晩夏の津軽石川河口（表

層)以外の地点とほぼ同様の値であった。

宮古湾のT-N濃度は、晩夏調査同様、津軽石川河口(表層)で高く、概ね湾口に向かって徐々に減少していく傾向がみられた。同じ地点の表層と下層を比較すると、いずれの地点も表層の値が高かった。内訳は、津軽石川河口付近の表層ではNO₃-Nの占める割合が高く、その他の地点ではその他のN、ついでNO₃-Nの占める割合が高かった。大槌湾中央のT-N濃度や内訳は宮古湾中央や閉伊川河口の地点とほぼ同様の値であった。

宮古湾のT-P濃度は、T-Nの傾向と同様に、津軽石川河口(表層)で高く、湾口に向かって徐々に減少していく傾向がみられた。津軽石川河口(表層)では晩夏調査時よりも値が下がり、0.040 mg/Lとなっていた。同じ地点の表層と下層を比較すると、いずれの地点でもほぼ同程度であった。内訳は、初冬調査時には宮古湾中央(表層)、閉伊川河口(表層)ではPO₄-Pの占める割合が高く、宮古湾口(底層)、宮古湾外(表層)ではその他のPの占める割合が高く、その他の地点では同じ程度の割合であった。大槌湾中央のT-P濃度は宮古湾中央や閉伊川河口の地点とほぼ同様の値であった。

宮古湾のSiO₂濃度は、津軽石川河口(表層)、閉伊川河口(表層)、宮古湾中央(表層)の3地点で値が高く、特に津軽石川河口(表層)で2.9 mg/Lと高い値を示した。大槌湾中央のSiO₂濃度は、表層ではやや高かった。

宮古湾のCOD濃度は、初冬調査時には津軽石川河口(表層)で1.9 mg/Lと晩夏よりやや低い値となり、その他の地点では1mg/L前後と晩夏と同じ程度の値であった。大槌湾中央では晩夏調査時同様表層、底層で1mg/L前後の値であった。

フミン酸は<0.1~0.1mg/L、フルボ酸は0.2~2.0mg/Lと、いずれも濃度が低かった

微量元素元素ではマンガン、銅、亜鉛、ニッケル、コバルト、鉄(T-Fe)のいずれも津軽石川河口において高い値を示しており、亜鉛は宮古湾口の底層でも値が高かった。

<他の地域との比較>

全国の公共用水域水質測定結果(環境省 2002)によると、平成13年度の水質の平均値は、T-N濃度では約0.2mg/L(類型の平均値)~約1.0mg/L(類型の平均値)の幅で、全体の平均値は約0.3mg/Lであり、T-P濃度では約0.01mg/L(類型の平均値)~約0.08mg/L(類型の平均値)の幅で、全体の平均値は約0.03mg/L、であり、COD濃度では約1.6mg/L(A類型の平均値)~約2.7mg/L(C類型の平均値)の幅で、全体の平均値は約1.8mg/Lであった(資料 - 1 図 1.4-2、図 1.4-5)。

今回の調査では、津軽石川河口の表層においてT-N、T-P、CODともやや高かったものの、その他の地点では概ね全体の平均を下回っており、宮古湾、大槌湾は比較的窒素、リン、有機物とも少ない海域と言える。

表 4.2-10(1) 海域における水質調査結果（晩夏調査）

地点			海域										
			津軽石川河口		宮古湾央		閉伊川河口		宮古湾口		宮古湾外	大槌湾央	
区分	項目(略)	単位	表層	底層	表層	底層	表層	底層	表層	底層	表層	表層	底層
有機物	TOC	mg/L	2.0	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.4	1.2
	DOC	mg/L	1.5	1.3	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.0
	POC	mg/L	0.5	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.3	0.2
金属元素 (主要)	Na	mg/L	9200	9400	8700	9500	7900	9300	9300	9300	8900	8500	9300
	K	mg/L	380	390	370	380	320	380	390	380	390	350	390
	Ca	mg/L	370	380	360	380	310	380	380	400	370	360	400
	Mg	mg/L	1100	1200	1100	1200	1000	1200	1200	1200	1100	1000	1200
陰イオン	Cl ⁻	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HCO ₃ ⁻	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	SO ₄ ²⁻	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
有機物	フミン酸	mg/L	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	フルボ酸	mg/L	0.5	0.5	1.3	1.8	1	0.9	0.3	2.5	0.7	0.6	0.6
N類	T-N	mg/L	0.75	0.30	0.22	0.14	0.19	0.11	0.10	0.10	0.14	0.17	0.10
	NO ₂ -N	mg/L	0.006	0.005	0.001	0.001	0.002	0.003	0.002	0.005	0.001	0.001	0.004
	NO ₃ -N	mg/L	<0.01	0.01	0.02	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
	NH ₄ -N	mg/L	0.28	0.10	0.05	0.02	0.04	0.02	0.01	<0.01	0.02	0.04	0.01
珪酸	SiO ₂	mg/L	0.9	0.4	0.9	0.3	1.7	0.3	0.4	0.4	0.4	1.1	0.4
P類	T-P	mg/L	0.086	0.041	0.019	0.016	0.012	0.011	0.009	0.011	0.013	0.014	0.012
	PO ₄ -P	mg/L	0.009	0.020	0.007	0.005	0.004	0.002	<0.001	0.004	0.002	0.006	0.001
金属元素 (微量)	Mn	μg/L	31.6	39.0	23.6	7.5	6.4	2.0	2.1	2.1	5.9	5.3	2.7
	Cu	μg/L	0.8	1.4	0.5	0.6	<0.5	0.6	<0.5	<0.5	0.7	2.5	1.9
	Zn	μg/L	<5	7	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	6
	Ni	μg/L	<0.5	0.9	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.9
	Co	μg/L	0.07	0.16	0.06	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.02
金属元素 (溶存態)	Mn	μg/L	12.3	15.9	12.0	3.6	0.9	<0.5	0.5	<0.5	1.4	1.7	<0.5
	Cu	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Zn	μg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Ni	μg/L	<0.5	0.6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Co	μg/L	0.06	0.09	0.06	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01
金属元素 (XAD)	Mn	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Cu	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Zn	μg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Ni	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Co	μg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
鉄	T-Fe	μg/L	14	92	18	9	6	5	<5	<5	5	9	17
	D-Fe	μg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5
	フルボ酸鉄	μg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
その他	BOD	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	COD	mg/L	4.9	1.3	1.5	0.8	1.0	0.9	1.2	0.6	1.0	1.1	0.8
	SS	mg/L	3	3	2	1	1	2	<1	1	1	<1	<1
	VSS	mg/L	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	濁度	度	7.4	2.0	1.2	1.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.6	0.7	0.4
	ケロフィルa	μg/L	54.2	5.7	1.8	1.7	1.1	1.1	1.1	0.4	1.1	0.9	0.6
固形物量	2mm以上	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1-2mm	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.5-1mm	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.25-0.5mm	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
有機物量 (POM)	2mm以上	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1-2mm	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.5-1mm	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.25-0.5mm	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注) - は調査を実施していないことを示す。

表 4.2-10(2) 海域における水質調査結果（初冬調査）

地点			海域										
			津軽石川河口		宮古湾央		閉伊川河口		宮古湾口		宮古湾外	大槌湾央	
			表層	底層	表層	底層	表層	底層	表層	底層	表層	表層	底層
区分	項目(略)	単位											
有機物	TOC	mg/L	1.5	1.6	1.3	1.3	1.2	1.4	1.3	1.5	1.3	1.1	1.2
	DOC	mg/L	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
	POC	mg/L	0.3	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	0.5	0.2	<0.1	0.1
金属元素 (主要)	Na	mg/L	6300	8200	8800	9700	8000	11000	9500	9800	11000	9400	11000
	K	mg/L	240	310	310	340	290	360	330	360	340	330	360
	Ca	mg/L	220	300	320	360	290	370	360	370	370	350	380
	Mg	mg/L	790	1000	1000	1200	980	1200	1200	1200	1200	1100	1200
陰イオン	Cl ⁻	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HCO ₃ ⁻	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	SO ₄ ²⁻	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
有機物	フミン酸	mg/L	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1
	フルボ酸	mg/L	2	0.2	0.9	1.5	1.8	0.5	1.7	0.3	1.8	0.8	0.6
N類	T-N	mg/L	0.50	0.33	0.24	0.18	0.25	0.16	0.21	0.17	0.15	0.23	0.19
	NO ₂ -N	mg/L	0.007	0.011	0.009	0.011	0.009	0.009	0.010	0.009	0.010	0.012	0.012
	NO ₃ -N	mg/L	0.27	0.08	0.08	0.05	0.10	0.04	0.06	0.04	0.04	0.07	0.04
	NH ₄ -N	mg/L	0.07	0.07	0.04	0.03	0.04	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04
珪酸	SiO ₂	mg/L	2.9	0.8	1.2	0.4	1.9	0.4	0.7	0.2	0.3	0.8	0.4
P類	T-P	mg/L	0.040	0.046	0.020	0.023	0.022	0.020	0.018	0.013	0.014	0.017	0.013
	PO ₄ -P	mg/L	0.021	0.024	0.014	0.010	0.014	0.010	0.010	0.003	<0.001	0.010	0.006
金属元素 (微量)	Mn	μg/L	15.0	14.0	4.2	6.6	9.3	2.8	2.5	1.4	1.7	2.5	2.1
	Cu	μg/L	0.4	0.8	0.3	0.6	0.2	0.5	0.2	0.5	0.2	0.2	0.3
	Zn	μg/L	3.3	3.2	1.3	2.6	1.6	2.7	1.7	5.9	1.3	1.5	3.9
	Ni	μg/L	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.6	0.4	0.6	0.5	0.4	0.6
	Co	μg/L	0.09	0.12	0.03	0.04	0.04	0.08	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01
金属元素 (溶存態)	Mn	μg/L	7.6	8.2	3.4	4.2	2.8	1.3	1.5	1.1	0.6	1.5	0.9
	Cu	μg/L	0.2	0.4	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3
	Zn	μg/L	1.1	1.9	1	2.2	1.4	1.8	1.3	5.4	1.3	1.4	3.5
	Ni	μg/L	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.6
	Co	μg/L	0.06	0.07	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
金属元素 (XAD)	Mn	μg/L	0.37	0.32	0.22	0.18	0.19	0.15	0.38	0.15	0.13	0.19	0.14
	Cu	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Zn	μg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Ni	μg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Co	μg/L	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	<0.01	0.01	0.02	0.01
鉄	T-Fe	μg/L	42.7	58.6	6.8	13	6.8	59.3	4.2	2.1	2.4	4.3	2.7
	D-Fe	μg/L	3.1	1.7	1.9	1.6	1.5	2.5	1.8	1.4	1.3	2.1	2.7
	フルボ酸鉄	μg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
その他	BOD	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	COD	mg/L	1.9	1.6	1.0	1.1	1.3	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6
	SS	mg/L	6	10	1	4	1	5	3	<1	<1	2	1
	VSS	mg/L	1	1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1
	濁度	度	8.3	12.8	1.2	5.0	1.2	4.6	1.2	0.6	0.7	0.7	0.5
	コロイドa	μg/L	2.0	1.4	0.9	0.7	0.8	0.5	0.7	0.4	0.4	0.6	0.3
固形物量	2mm以上	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1-2mm	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.5-1mm	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.25-0.5mm	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	有機物量 (POM)	2mm以上	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-2mm	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.5-1mm	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.25-0.5mm	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

注) - は調査を実施していないことを示す。

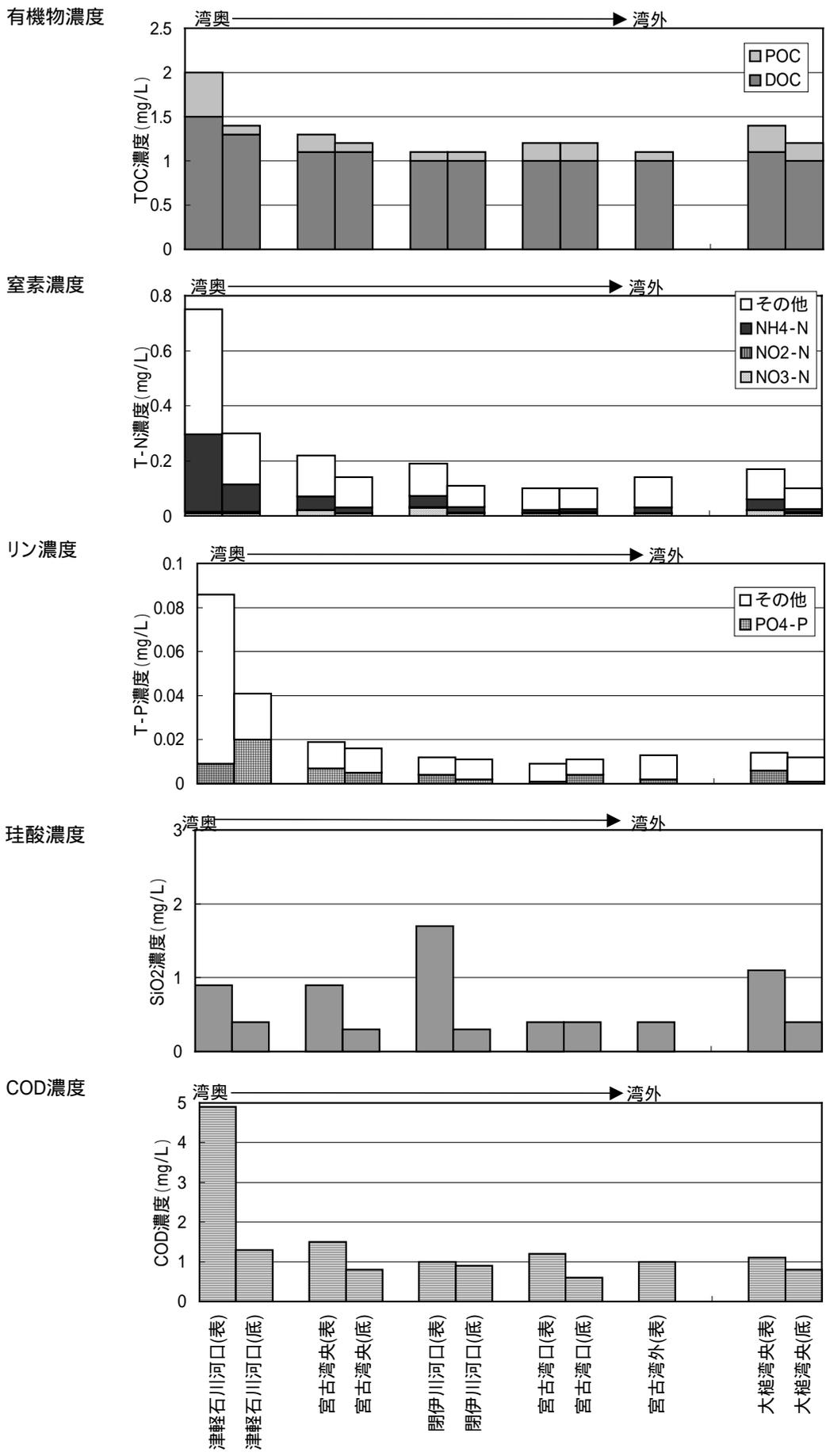


図 4.2-14(1) 海域における水質調査結果（晩夏調査）

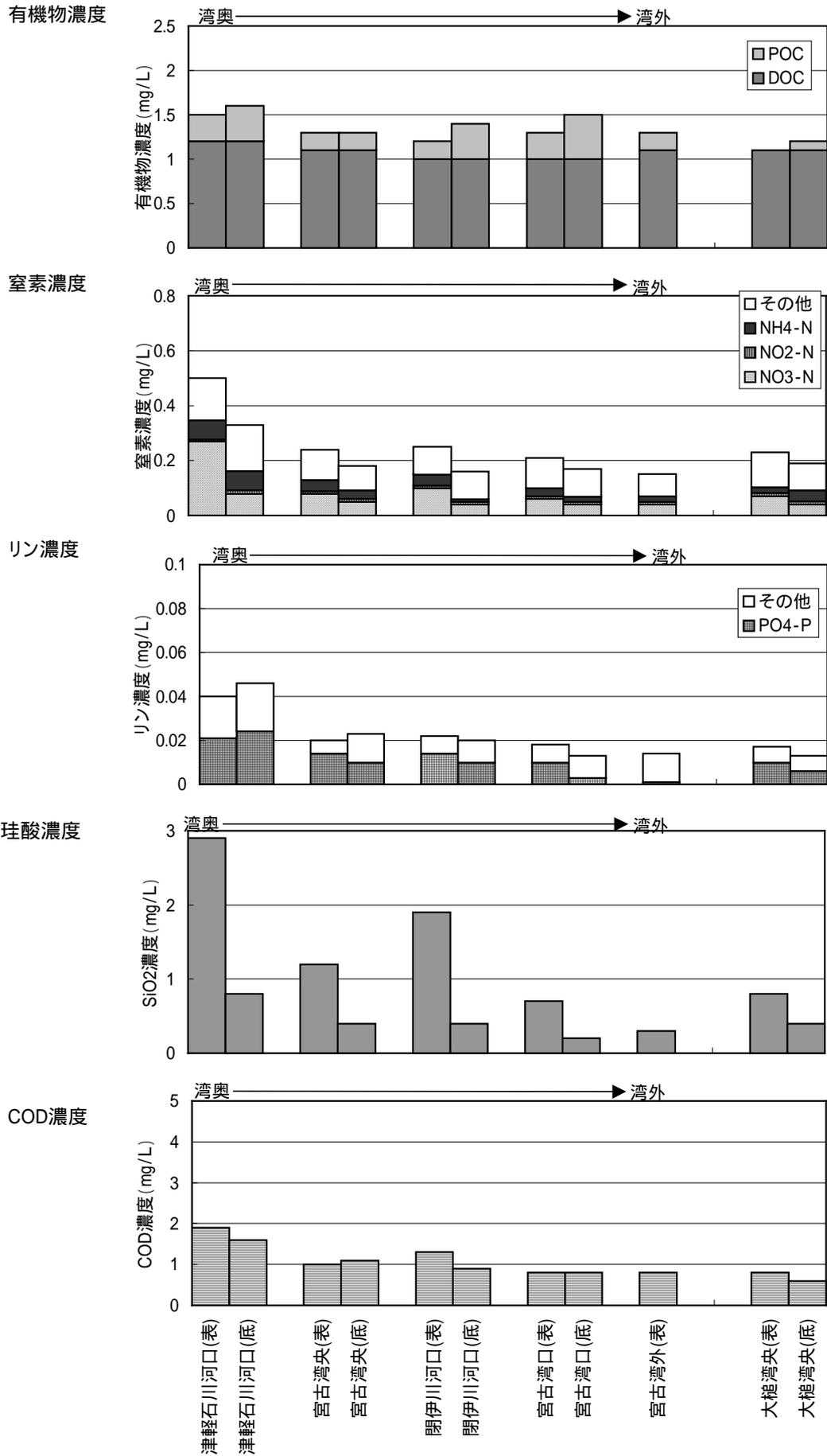


図 4.2-14(2) 海域における水質調査結果 (初冬調査)

植物プランクトン

< 晩夏調査 >

宮古湾の植物プランクトンの種類数は、調査全体で渦鞭毛藻綱15種類、珪藻綱34種類、その他7種類の合計56種類であった。調査地点別にみると、種類数は表層では14（宮古湾口）～24（津軽石川河口）種類、底層では12（宮古湾口）～25（宮古湾奥）種類で、宮古湾奥以外の地点で表層のほうが底層より多い傾向にあった。細胞数は表層では73（閉伊川河口）～683（津軽石川河口）細胞/mL、底層では11（宮古湾口）～289（津軽石川河口）細胞/mLであった。津軽石川河口の表層では渦鞭毛藻綱の割合が多かったが、その他の地点では珪藻綱の割合が高かった。細胞数は全ての地点で表層のほうが底層よりも多い傾向にあった。主な出現種は、渦鞭毛藻綱の*Gymnodinium sanguineum*、珪藻綱の*Skeletonema costatum*、不明微細鞭毛藻類であった。

宮古湾のクロロフィル a 量は津軽石川河口の表層で54.2 µg/Lと高い値を示しており、湾外に向かって減少していく傾向がみられた。同じ地点の表層と下層を比較すると津軽石川河口、宮古湾口では表層が高く、宮古湾奥、閉伊川河口では同じ程度であった。

大槌湾の植物プランクトンの種類数は調査全体で渦鞭毛藻綱4種類、珪藻綱13種類、その他4種類の合計20種類であり、表層では15種類、底層では10種類であった。細胞数は表層で30細胞/mL、底層で24細胞/mLで、宮古湾よりも少なかった。主な出現種は、珪藻綱の*Skeletonema costatum*、*Asterionella glacialis*、不明微細鞭毛藻類であった。

大槌湾のクロロフィル a 量は宮古湾のクロロフィル a 量よりも低い値であった。

< 初冬調査 >

宮古湾の植物プランクトンの種類数は、調査全体で渦鞭毛藻綱4種類、珪藻綱39種類、その他6種類の合計49種類であり、晩夏に比べ渦鞭毛藻綱が減少した。種類数を調査地点別にみると、種類数は表層では10（津軽石川河口）～19（宮古湾奥）種類、底層では9（津軽石川河口）～13（宮古湾奥）種類で、すべての地点で表層のほうが底層より多い傾向にあり、晩夏に比べ全体的に種類数は減少した。細胞数は表層では10（宮古湾外）～78（宮古湾奥）細胞/mL、底層では13（閉伊川河口）～25（宮古湾奥）細胞/mLであり、全ての地点で表層のほうが底層よりも多い傾向にあり、そのほとんどが不明微細鞭毛藻類であった。細胞数は晩夏に比べ全体的に密度が低くなっており、特に津軽石川河口の表層では晩夏調査の1/10以下に減少していた。同じ地点の表層と底層を比べると、晩夏調査同様、表層の細胞数が多かった。主な出現種は、不明微細鞭毛藻類、クリプト藻綱のCRYPTOMONADALESであった。

宮古湾のクロロフィル a 量は、晩夏調査に比較すると全体に濃度が低下しており、特に津軽石川河口の表層における高濃度が解消されていた。ただし傾向としては晩夏調査と同様に湾奥部で高く、湾外に向かって減少していた。

大槌湾の植物プランクトンの種類数は調査全体で渦鞭毛藻綱2種類、珪藻綱19種類、その

他3種類の合計24種類であり、表層では16種類、底層では14種類であった。細胞数は表層で14細胞/mL、底層で13細胞/mLで、宮古湾の細胞数よりも少なかった。主な出現種は、珪藻綱の*Chaetoceros debile*、不明微細鞭毛藻類等であった。

大槌湾のクロロフィルa量は宮古湾のクロロフィルa量よりも低い値であった。

<他の地域との比較>

漁業被害をもたらす渦鞭毛藻綱*Gymnodinium mikimotoi*は、周防灘で赤潮が大規模に発生した1985年には5,000細胞/mLを越える高密度で確認されていた(資料 - 1 図 1.4-8)。晩夏調査時の津軽石川河口の表層では優占種として*Gymnodinium sanguineum*が460.8細胞/mLの密度で確認されたが、本種には魚毒性はなく、密度も比較的低いことから、漁業被害にはつながらないものと考えられる。

有賀(1990)によると1988年の東京湾の内湾河口域(多摩川河口域)におけるクロロフィルa量は9.21~98.27 μ g/Lの範囲であり、10月調査時には18.82 μ g/Lであった(資料 - 1 図 1.4-18)。宮古湾で最大のクロロフィルa量は晩夏調査時における津軽石川河口の表層で54.2 μ g/Lであり、多摩川河口域の10月のクロロフィルa量よりも多かった。調査方法や地点の条件等が同一でない事から他の地点との単純な比較はできないが、宮古湾の生産性の高さが伺える結果となった。

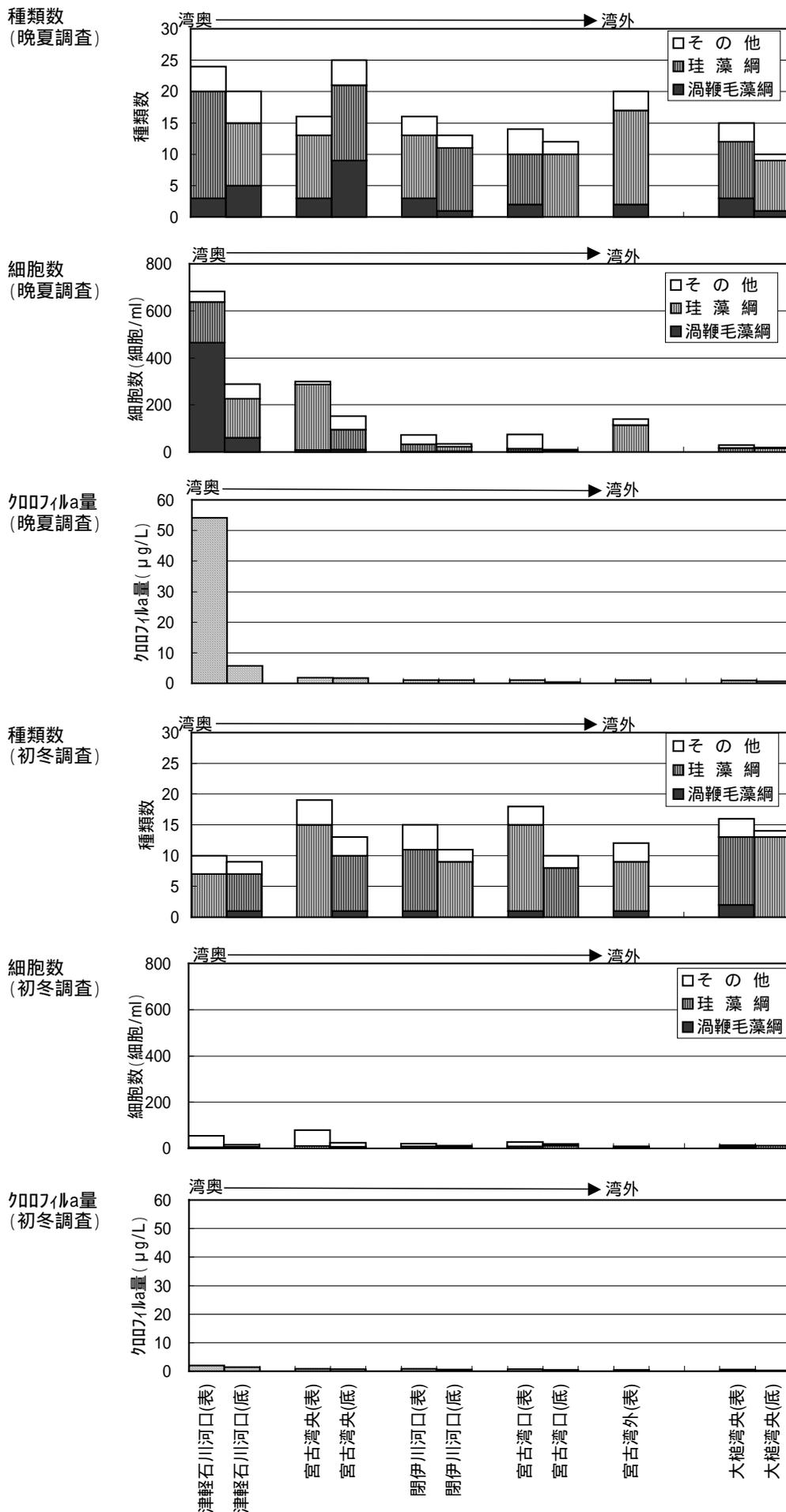


図 4.2-15 海域における植物プランクトンの種類数、細胞数、クロロフィル a 量

表 4.2-11(1) 海域における植物プランクトン調査結果概要 (宮古湾・晩夏調査)

調査期日：平成15年10月8日～9日
 調査方法：バントン型採水器による採水(5L)

項目	津軽石川河口		宮古湾央		閉伊川河口		宮古湾口		宮古湾外	宮古湾 平均								
	表層	底層	表層	底層	表層	底層	表層	底層	表層									
種類数	渦鞭毛藻綱	3	5	3	9	3	1	2		2	15							
	珪藻綱	17	10	10	12	10	10	8	10	15	34							
	その他	4	5	3	4	3	2	4	2	3	7							
	合計	24	20	16	25	16	13	14	12	20	56							
細胞数 (細胞/mL)	渦鞭毛藻綱	464.1	60.1	8.3	11.2	1.3	2.7	3.8		0.2	61.3							
	珪藻綱	174.0	166.2	277.7	84.4	31.1	20.2	10.0	3.8	114.5	98.0							
	その他	45.0	62.4	12.8	56.4	40.4	11.7	59.8	7.2	25.2	35.7							
	合計	683.1	288.7	298.8	152.0	72.8	34.6	73.6	11.0	139.9	194.9							
細胞数 組成比 (%)	渦鞭毛藻綱	67.9	20.8	2.8	7.4	1.8	7.8	5.2		0.1	31.4							
	珪藻綱	25.5	57.6	92.9	55.5	42.7	58.4	13.6	34.5	81.8	50.3							
	その他	6.6	21.6	4.3	37.1	55.5	33.8	81.3	65.5	18.0	18.3							
主な出現種 (細胞/mL・%)	<i>Gymnodinium sanguineum</i>	460.8 (67.5)	<i>Skeletonema costatum</i>	126.0 (43.6)	<i>Skeletonema costatum</i>	184.8 (61.8)	<i>Skeletonema costatum</i>	67.2 (44.2)	不明微細鞭毛藻類	29.4 (40.4)	<i>Asterionella glacialis</i>	8.3 (24.0)	不明微細鞭毛藻類	52.2 (70.9)	不明微細鞭毛藻類	4.8 (43.6)	<i>Skeletonema costatum</i>	77.4 (55.3)
	<i>Skeletonema costatum</i>	94.4 (13.8)	<i>Gymnodinium sanguineum</i>	57.6 (20.0)	<i>Leptocylindrus minimus</i>	69.6 (23.3)	不明微細鞭毛藻類	34.2 (22.5)	CRYPTOMONADALES	16.8 (23.1)	不明微細鞭毛藻類	7.2 (20.8)	CRYPTOMONADALES	CRYPTOMONADALES	CRYPTOMONADALES	CRYPTOMONADALES	CRYPTOMONADALES	CRYPTOMONADALES
			不明微細鞭毛藻類	36.0 (12.5)			CRYPTOMONADALES	20.4 (13.4)	CRYPTOMONADALES	10.8 (14.8)	CRYPTOMONADALES	4.5 (13.0)					不明微細鞭毛藻類	22.5 (16.1)
			<i>Leptocylindrus minimus</i>	32.4 (11.2)							<i>Asterionella glacialis</i>	8.5 (11.7)	<i>Skeletonema costatum</i>	3.6 (10.4)				

注) 1. 主な出現種として、各調査点の細胞数の上位5種(ただし、種別組成比が10%以上)を示す。
 2. 種類数の平均の欄には、全調査点での出現種類数を示す。

表 4.2-11(2) 海域における植物プランクトン調査結果概要 (宮古湾・初冬調査)

調査期日：平成15年12月1日～2日
 調査方法：ハンド型採水器による採水 (5L)

項目	宮古湾1		宮古湾2		宮古湾3		宮古湾4		宮古湾5	宮古湾 平均
	表層	底層	表層	底層	表層	底層	表層	底層	表層	
種類数	渦鞭毛藻綱	1		1	1		1		1	4
	珪藻綱	7	6	15	9	10	9	14	8	39
	その他	3	2	4	3	4	2	3	2	6
	合計	10	9	19	13	15	11	18	10	49
細胞数 (細胞/mL)	渦鞭毛藻綱	0.1		0.1		0.2		0.1		0.1
	珪藻綱	5.9	6.4	9.7	7.0	8.8	6.3	9.1	12.9	8.1
	その他	48.7	9.0	69.2	18.1	11.5	6.6	18.7	6.6	21.2
	合計	54.6	15.5	78.9	25.2	20.5	12.9	27.9	19.5	29.4
細胞数 組成比 (%)	渦鞭毛藻綱	0.6		0.4		1.0		0.4		0.4
	珪藻綱	10.8	41.3	12.3	27.8	42.9	48.8	32.6	66.2	27.4
	その他	89.2	58.1	87.7	71.8	56.1	51.2	67.0	33.8	72.1
主な出現種 (細胞/mL・%)	不明微細鞭毛藻類	不明微細鞭毛藻類	不明微細鞭毛藻類	不明微細鞭毛藻類	不明微細鞭毛藻類	不明微細鞭毛藻類	不明微細鞭毛藻類	不明微細鞭毛藻類	不明微細鞭毛藻類	<i>Chaetoceros debile</i>
	39.6 (72.5)	8.4 (54.2)	52.2 (66.2)	12.6 (50.0)	10.2 (49.8)	6.0 (46.5)	15.0 (53.8)	6.0 (30.8)	2.2 (22.9)	
	CRYPTOMONADALES	<i>Skeletonema costatum</i>	CRYPTOMONADALES	CRYPTOMONADALES		<i>Chaetoceros curvisetum</i>	CRYPTOMONADALES	PENNALES	不明微細鞭毛藻類	
	8.4 (15.4)	3.7 (23.9)	15.6 (19.8)	5.4 (21.4)		2.7 (20.9)	3.6 (12.9)	3.0 (15.4)	1.8 (18.8)	
				<i>Chaetoceros debile</i>		<i>Chaetoceros debile</i>		<i>Chaetoceros debile</i>	<i>Thalassiosira rotula</i>	
			3.0 (11.9)		1.4 (10.9)		2.9 (14.9)	1.3 (13.5)		
			<i>Asterionella glacialis</i>				<i>Asterionella glacialis</i>			
			2.7 (10.7)				2.5 (12.8)			
							<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>			
							2.0 (10.3)			

注) 1. 主な出現種として、各調査点の細胞数の上位5種 (ただし、種別組成比が10%以上) を示す。

2. 種類数の平均の欄には、全調査点での出現種類数を示す。

表 4.2-11(3) 海域における植物プランクトン調査結果概要 (大槌湾)

調査期日：平成15年10月8日～9日

調査期日：平成15年12月1日～2日

調査方法：ハ'ンド'-型採水器による採水(5L)

調査方法：ハ'ンド'-型採水器による採水

調査時期		晩夏調査			初冬調査		
項目		大槌湾中央		大槌湾 平均	大槌湾1		大槌湾 平均
		表層	底層		表層	底層	
種類数	渦鞭毛藻綱	3	1	4	2		2
	珪藻綱	9	8	13	11	13	19
	その他	3	1	3	3	1	3
	合計	15	10	20	16	14	24
細胞数 (細胞/mL)	渦鞭毛藻綱	0.3	0.1	0.2	0.2		0.1
	珪藻綱	16.8	15.6	16.2	7.5	12.4	10.0
	その他	12.7	2.7	7.7	6.0	0.4	3.2
	合計	29.8	18.4	24.1	13.7	12.8	13.3
細胞数 組成比 (%)	渦鞭毛藻綱	1.0	0.5	0.8	1.5		0.8
	珪藻綱	56.4	84.8	67.2	54.7	96.9	75.1
	その他	42.6	14.7	32.0	43.8	3.1	24.2
主な出現種 (細胞/mL・%)	不明微細鞭毛藻類	<i>Asterionella</i> 9.9 (33.2)	<i>Asterionella</i> <i>glacialis</i> 10.9 (59.2)	<i>Asterionella</i> <i>glacialis</i> 6.4 (26.6)	不明微細鞭毛藻類 4.2 (30.7)	<i>Chaetoceros debile</i> 3.9 (30.5)	
	<i>Skeletonema</i>	<i>Skeletonema</i> <i>costatum</i> 6.4 (21.5)	<i>Skeletonema</i> <i>costatum</i> 2.7 (14.7)	不明微細鞭毛藻類 6.3 (26.1)	<i>Asterionella</i> <i>glacialis</i> 1.9 (13.9)	<i>Chaetoceros</i> <i>curvisetum</i> 3.0 (23.4)	
	Thalassiosiraceae	3.6 (12.1)	不明微細鞭毛藻類 2.7 (14.7)	<i>Skeletonema</i> <i>costatum</i> 4.6 (18.9)	<i>Chaetoceros</i> <i>didymum</i> 1.5 (10.9)	<i>Asterionella</i> <i>glacialis</i> 2.4 (18.8)	

注) 1. 主な出現種として、各調査点の細胞数の上位5種(ただし、種別組成比が10%以上)を示す。

2. 種類数の平均の欄には、全調査点での出現種類数を示す。

(5) 森林域、河川域、海域を通じた水質調査結果

濃度の比較

森、川、海を通じた水質の変化を把握するために、宮古湾と宮古湾に注ぐ津軽石川の流域の水質の濃度を比較した。森林域（4地点）、河川域（津軽石川本川、支川）、海域（宮古湾）における水質調査結果から、各物質の濃度を図 4.2-16に示す。

<有機物（POC、DOC）>

晩夏調査

森林-2（広葉樹若齢林）のPOCが1.2mg/Lと高かった他は、森林域、河川域を通じてPOCが0.5mg/L程度、DOCが0.2mg/L程度と同じ程度の濃度であった。海域では森林域、河川域よりもDOCの濃度が高くなっており、特に津軽石川河口の表層ではDOCが1.5mg/Lと森林域、河川域の3倍程度の値を示したほか、POCも0.5mg/Lと高い値を示した。

初冬調査

晩夏調査に比べて森林域、河川域でDOC、POCともやや高い値を示した。海域では晩夏と同様森林域、河川域よりも高い値を示していたが、晩夏調査時に特に高い値を示していた津軽石川河口表層のDOC、POC濃度はやや低下し、海域の他の地点と同じ程度の値となっていた。

<有機物（フミン酸、フルボ酸）>

晩夏調査

フミン酸は<0.1～0.3mg/Lの値を示していた。森林域の中では森林-2が0.2mg/Lとやや高い値を示していた。海域の閉伊川河口域、宮古湾口、宮古湾外では定量下限値以下の低い値を示していた。フルボ酸は森林域では0.3～0.9mg/L、河川域では<0.1～0.3mg/Lといずれの地点でも低い値であったが、河川域のほうがより低い値を示していた。森林域の中では森林-3が0.9mg/Lとやや高い値を示していた。海域では0.5～2.5mg/Lと再び濃度が高くなった。

初冬調査

フミン酸は森林域、河川域、海域のすべての地点で<0.1～0.1mg/Lと非常に少ない値であった。フルボ酸は森林域では0.5～1.0mg/Lと晩夏調査と同じ程度であったが、河川域では0.4～3.6mg/Lと晩夏調査よりも高い値を示していた。海域では0.3～2.0mg/Lと晩夏調査よりやや低い値を示していた。

<窒素>

晩夏調査

T-Nは森林域では0.09～0.22mg/Lであり、森林-4（広葉樹天然林）が低い値を示していた。河川域では0.13～0.74mg/Lであり、流下に従って高くなる傾向がみられた。海域では0.10～0.75mg/Lであり、湾奥から湾口、湾外に向かって値が低くなる傾向がみられた。窒素の内訳は、森林域、河川域ではそのほとんどがNO₃-Nであるが、海域ではその他のN（有機態窒素など）の割合が高く、NO₃-Nはほとんどみられなかった。海域の中でも湾奥にあたる津軽石川河口（表層）ではNH₄-Nの値も高かった。

初冬調査

T-Nは森林域では0.06～0.64mg/Lであり、晩夏調査と同様森林-4（広葉樹天然林）が低い値を示していた。河川域では0.29～0.83mg/Lであり、晩夏調査と同様流下に従って高くなる傾向がみられた。海域では0.15～0.50mg/Lであり、湾奥から湾口、湾外に向かって値が低くなる傾向は晩夏調査と同様であった。窒素の内訳は、森林域、河川域では晩夏調査と同様そのほとんどがNO₃-Nであったが、海域ではその他のN（有機態窒素など）の他にNO₃-Nの占める割合が高くなっていた。

<リン>

晩夏調査

T-Pは、森林域では0.026～0.069mg/Lであり、森林-1（針葉樹壮齢林）がやや高い値を示していた。河川域では0.008～0.017mg/Lと森林域よりやや低い値を示していた。海域では0.09～0.086mg/Lと範囲が広く、津軽石川河口で高く、湾口や湾外で低い傾向を示していた。内訳は、森林域、河川域ではPO₄-Pの占める割合が高い地点が多かったが、海域ではその他のP（有機態リンなど）の占める割合が高かった。

初冬調査

T-Pは森林域では0.021～0.035mg/Lであり、森林-1の濃度が晩夏調査よりも低くなったものの、一般的な森林の数値と比較するとやや高い値を示していた。河川域では0.008～0.019mg/Lと晩夏調査と同じ程度であった。海域では0.046～0.013mg/Lであり、晩夏調査時に値の高かった津軽石川河口（表層）で値が1/2以下となっていた。内訳は、森林域、河川域では晩夏調査同様PO₄-Pの占める割合が高く、海域では晩夏調査時よりもPO₄-Pの割合が多くなっていた。

<珪酸>

晩夏調査

森林域では7.6～10.4mg/Lであり、森林-4（広葉樹天然林）がやや低い値を示していた。河川域では7.0～9.2mg/Lと森林域よりやや低かった。海域では0.3～0.9mg/Lと、森林域、河川域よりもかなり低い値であり、海域内ではいずれの地点でも同じ程度の値であった。

初冬調査

森林域では6.0～8.5mg/L、河川域では6.1～7.9mg/Lと全体に晩夏調査よりもやや低い値となっていたが、森林-4でやや低いこと、森林域よりも河川域が低いことについては晩夏調査と同様であった。海域での珪酸濃度は0.2～2.9mg/Lと、晩夏調査よりも高い値を示していた。特に河川水の影響を受ける津軽石川河口（表層）、閉伊川河口（表層）において、他の地点よりも高い値を示していた。

<主要金属（Na、K、Ca、Mg）>

Na、K、Ca、Mgについては晩夏調査、初冬調査とも同様の傾向を示していた。森林-1でやや高く、森林-4でやや低い傾向はみられたが、地点間の差は大きくはなかった。Na、Kは大川、小川、五堂城森、豊間根といった河川の比較的上流部では森林域と同じ程度の値を示し、河川の下流部である繫橋、稻荷橋ではやや高い値を示した。Ca、Mgは河川域の値が森林域よりやや高かった。Na、K、Ca、Mgはいずれも海域で多い元素であり、Naでは森林域、河川域の2,000倍程度、Kでは500～1,000倍程度、Caでは50～100倍程度、Mgでは1,000倍程度の値を示していた。海域の中では、河川水の影響を受ける表層の地点がやや薄いほかはほとんど違いはみられなかった。

<その他の金属（Mn、Cu、Zn、Ni、Co、Fe）>

マンガン

晩夏調査時には定量下限値は0.5 µg/Lであり、初冬調査時に定量下限値の見直しを行い、0.1 µg/Lとした。

T-Mnは森林域では0.3～7.2 µg/L、河川域では0.2～2.4 µg/Lと森林域より河川域の値がやや低かった。森林域の中では、森林-1、森林-2の値がやや高かった。海域では1.4～39.0 µg/Lと、森林域、河川域よりもかなり高い値であり、特に湾奥の津軽石川河口では底層、表層とも高い値を示していた。

D-Mnも森林域より河川域の値がやや低く、海域、特に河口域で高い値を示すという傾向はT-Mnと同様であった。

XAD-Mn（溶存有機態マンガン）については森林と河川域は同じ程度であり、海域でやや高い値を示していた。

銅

晩夏調査時には定量下限値は $0.5 \mu\text{g/L}$ であり、初冬調査時にT-CuとD-Cuの定量下限値の見直しを行いT-CuとD-Cuについてはすべて定量下限値以上となった。

T-Cuは晩夏調査時には森林-2（広葉樹若齢林）、森林-4（広葉樹天然林）、海域の津軽石川河口でやや高かった。初冬調査時には森林域よりも河川域がやや高く、河川域よりも海域の湾奥部の底層でやや高く、湾外に行くに従って減少する傾向がみられた。

D-Cuは晩夏調査時にはすべて定量下限値以下であった。初冬調査時にはT-Cuと同様森林域よりも河川域がやや高く、河川域よりも海域の湾奥部の底層でやや高く、湾外に行くに従って減少する傾向が傾向がみられた。

XAD-Cu（溶存有機態銅）は晩夏調査時、初冬調査時とも定量下限値以下であった。

亜鉛

晩夏調査時には定量下限値は $5 \mu\text{g/L}$ であり、初冬調査時にT-ZnとD-Znの定量下限値の見直しを行いT-ZnとD-Znについてはすべて定量下限値以上となった。

T-Znは晩夏調査時には森林-3（針葉樹若齢林）、河川域の繫橋、海域の津軽石川河口（底層）で定量下限値よりも高い値が確認された。初冬調査時には森林域よりも河川域がやや高く、河川域と海域では同じ程度であるが湾外に向かって減少していく傾向がみられた。

D-Znは晩夏調査時にはすべて定量下限値以下であった。初冬調査時には森林域よりも河川域がやや高く、河川域と海域で同じ程度の値であった。

XAD-Zn（溶存有機態亜鉛）は晩夏調査時、初冬調査時とも定量下限値以下であった。

ニッケル

晩夏調査時には定量下限値は $0.5 \mu\text{g/L}$ であり、初冬調査時にT-NiとD-Niの定量下限値の見直しを行いD-Niの定量下限値を $0.1 \mu\text{g/L}$ とし、T-Niについてはすべて定量下限値以上となった。

T-Niは晩夏調査時には津軽石川河口の底層で定量下限値よりも高い値が確認された。初冬調査時には森林域よりも河川域がやや高く、河川域では流下に従って増加する傾向がみられ、海域では河川域よりもやや高く、湾外に向かって増加していく傾向がみられた。

D-Niは晩夏調査時には津軽石川河口の底層で定量下限値よりも高い値が確認された。初冬調査時にはT-Niと同様、森林域よりも河川域がやや高く流下に従って増加する傾向、海域では河川域よりもやや高く、湾外に向かって増加していく傾向がみられた。

XAD-Ni（溶存有機態ニッケル）は晩夏調査時、初冬調査時とも定量下限値以下であった。

コバルト

晩夏調査時、初冬調査時とも定量下限値は0.01 µg/Lであった。

T-Coは晩夏調査時、初冬調査時とも同様の傾向を示し、森林-1（針葉樹壮齢林）、森林-2（広葉樹若齢林）でやや高く、その他の森林域、河川域では低い値であった。海域では津軽石川河口部で高い値を示し、湾外に向かって減少していく傾向がみられた。

D-Coは晩夏調査時、初冬調査時とも同様の傾向を示し、森林域、河川域では定量下限値に近い低い値を示し、海域では津軽石川河口で高く、湾外に向かって減少していく傾向がみられた。

XAD-Co（溶存有機態コバルト）は晩夏調査時にはすべての地点で定量下限値と同じかそれ以下であった。初冬調査時には森林域、河川域では定量下限値と同じかそれ以下であり、海域では湾奥側の3地点でやや値が高く、湾口、湾外の地点で低い値であった。

鉄

晩夏調査時には定量下限値は5 µg/Lであり、初冬調査時にT-FeとD-Feの定量下限値の見直しを行いT-FeとD-Feについてはすべて定量下限値以上となった。

T-Feは晩夏調査時には森林域では7～50 µg/L、河川域では<5～16 µg/Lと森林域の濃度が河川域の濃度より高かった。森林域の中では森林-1（針葉樹壮齢林）、森林-2（広葉樹若齢林）の値が高かった。海域では<5～92 µg/Lであり、津軽石川河口の底層で特に高い値を示し、湾奥から湾外に向かって減少していく傾向がみられた。初冬調査時には、森林-1、森林-2でやや高く、河川域では森林域よりも濃度が低いという傾向は同じであったが、海域で津軽石川河口（底層）の他に津軽石川河口（表層）、閉伊川河口（底層）でも高い値を示していた。湾口、湾外では低い値であった。

D-Feは晩夏調査時にはすべて定量下限値以下であった。初冬調査時には森林-1と繋橋でやや高い値を示していた。

フルボ酸鉄は晩夏調査時、初冬調査時とも定量下限値以下であった。

< B O D ・ C O D >

B O Dは森林域、河川域で調査を行った。晩夏調査、初冬調査のいずれの地点においても定量下限値と同じ程度か定量下限値以下の低い値であった。

C O Dは海域で調査を行った。晩夏調査、初冬調査とも、湾奥で高く、湾外に向かって減少する傾向がみられた。

<SS・VSS>

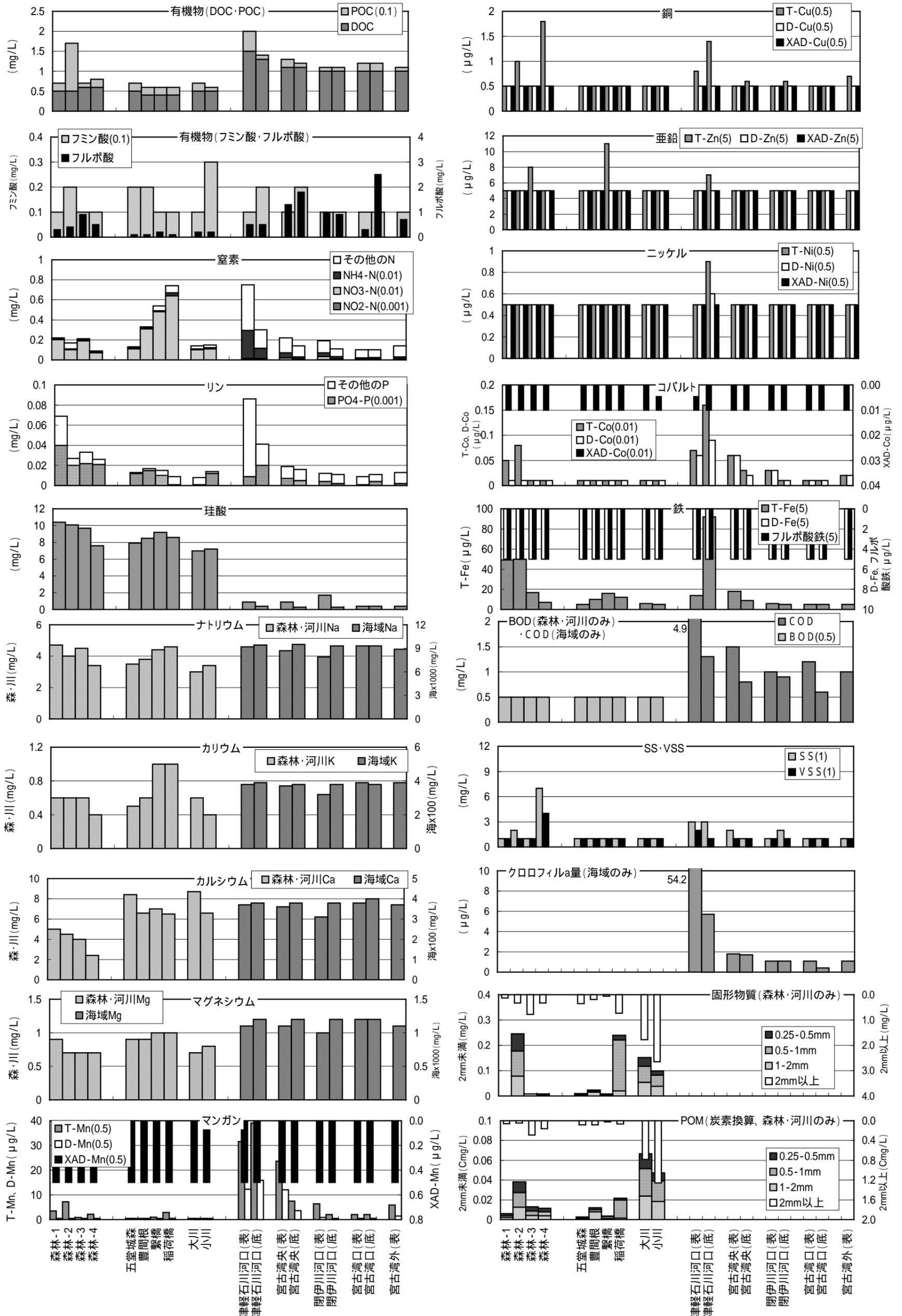
晩夏調査時には、SS、VSSとも森林-4（広葉樹天然林）でやや高い値を示していた。初冬調査時には津軽石川河口の表層と低層でSSが高く、その他宮古湾央（底層）、津軽石川河口（底層）、宮古湾口（表層）でやや高い値を示した。

<クロロフィルa量>

クロロフィルa量は海域のみで調査を行った。晩夏調査時には津軽石川河口（表層）で52.4 µg/Lと高い値を示し、湾外に向かって徐々に減少していく傾向がみられた。初冬調査時には晩夏調査時のような高い値はみられず、0.4~2.0 µg/Lの範囲であった。

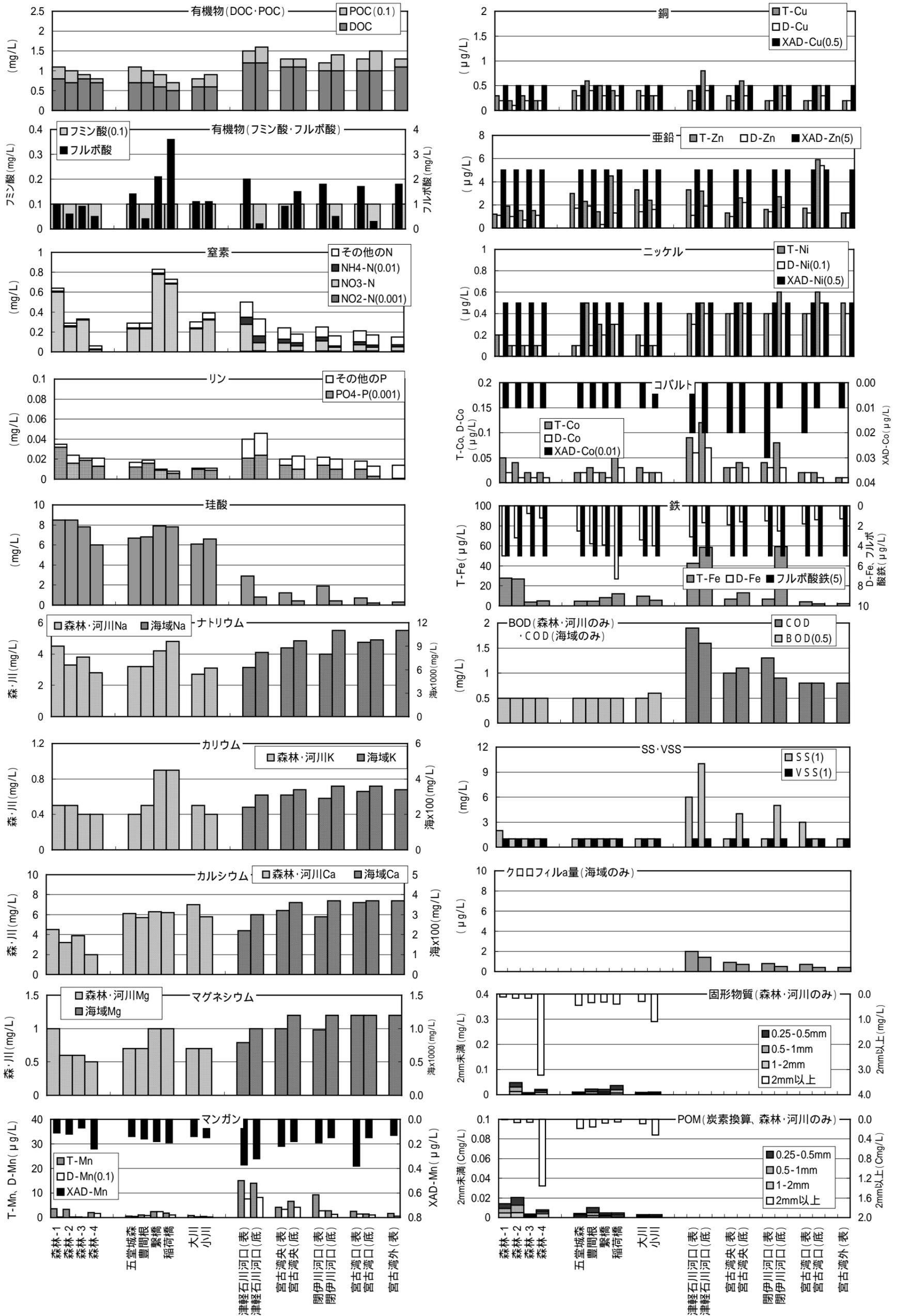
<固形物質・POM量>

固形物質、POM量（炭素換算）は森林域、河川域のみで調査を行った。固形物質、POM量とも2mm以上の物質の占める割合が高かった。晩夏調査時には河川域の大川、小川で値が高く、森林域の森林-2（広葉樹若齢林）においても2mm以下の物質による固形物質、POM量がやや高かった。初冬調査時には、森林-4（広葉樹天然林）における固形物質、POM量が多かった。初冬調査時には2mm以下の物質では森林域の固形物質、POM量とも河川域に比べてやや多かった。



(数値)は検出下限値を示す。定量下限値以下の値は図中では定量下限値として表した。

図 4.2-16(1) 森林域、河川域、海域における水質調査結果 (晩夏調査)



(数値)は検出下限値を示す。定量下限値以下の値は図中では定量下限値として表した。

図 4.2-16(2) 森林域、河川域、海域における水質調査結果 (初冬調査)

海域の負荷量（ストック）と河川の負荷量（フラックス）の比較

物質の流れについて、森林と河川とのフラックス、海域における河川由来と海域由来とのストックをそれぞれ比較する。

なお、本来は森・河・海の3点で比較することが理想であるが、現地調査結果等からは森林と河川のフラックスと、海域のストックが求まることとなり、フラックスとストックの次元が異なるため単純な比較を行えないため、両者を分けて検討した。

ただし、本検討では、森林供給量は実測値より求めた森林の原単位に各地点の流域森林面積を乗じて算出しているのに対し、河川通過量は実測の水質に流量を乗じることにより算出しており、両者の算出方法に違いがあることに十分留意する必要がある。

森林域、渓流域、河口域の有機物の動態を検討した研究例としては、北海道の濃昼川での例¹⁾があり長坂らはその中で、粗粒有機物のほとんどが溪床に貯留され沿岸域に流出するのはわずかであること、沿岸域に流出する有機物のほとんどは溶存態と細粒であることを示している。

< 森林の負荷量と河川の流下量の比較（フラックスの比較） >

流下に伴う流量と森林供給水量の変化を図 4.2-17に、流量と森林供給水量の河川間比較を図 4.2-18に示す。なお、図に示した森林供給水量は、森林から流出する単位面積当たりの流量に各地点の流域森林面積を乗じたものである。

津軽石川の流量は、最下流の稲荷橋や大川を除き、森林供給水量と概ね一致している。大川で河川流量より森林供給水量が少なく算定された原因としては、上流に大きな排水施設がないことから、森林供給水量を算定するための森林から流出する単位面積当たりの流量を少なく見積もったため、森林4地点で単位面積当たりの流量を比べると地点間で2倍以上異なっていることから、本川上流や小川と森林からの流出特性が異なることが考えられる。

稲荷橋については、森林からの流出特性の違いのほか、取排水の影響も考えられる。また、海面に近づくことから、地下水の伏流も原因としてあげられる。

河川間の比較では、閉伊川の冬季を除き、森林から供給される水量より順流末端の流量が多い結果となっている。閉伊川の冬季だけ森林供給量が上回った原因としては、閉伊川の流程が約100kmと他河川の5倍程度あり降雨時の流水の到達時間に遅れが生じたこと、人為的取水により流量が減少したこと等が挙げられる。

流下に伴う森林供給量と河川通過量を図 4.2-19に、河川別の森林供給量と河川通過量との関係を図 4.2-20に示す。なお、図に示した森林供給量は、森林から流出する単位面積当

¹⁾ 長坂晶子、河内香織、柳井清治：北海道日本海沿岸の山地溪流における有機物の動態と源流域の果たす役割、応用生態工学会第7回研究発表会講演集、VOL. 7 (2003)

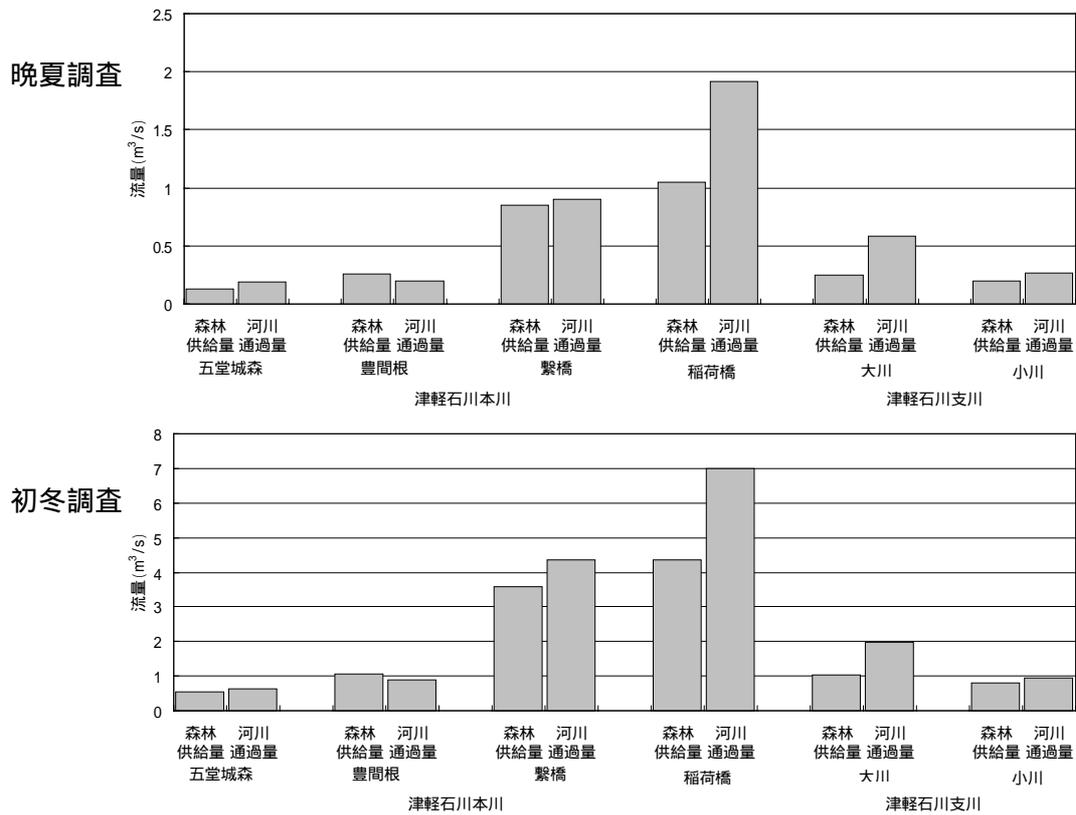
たりの負荷量に各地点の流域森林面積を乗じたものである。

有機物質負荷量は、各地点とも河川通過量と森林供給量とが概ね一致している。森林から流出する有機物質は大半が溶存態であり、河川では速やかに流下していると考えられる。

窒素負荷量は、津軽石川の流下過程をみると、本川上流や支川で森林供給量と河川通過量とに大きな違いが見られないが、中流から下流の繋橋や稲荷橋で河川通過量が森林供給量に対して大幅に増加している。これは、中流から下流にかけて増加する市街地や農地からの負荷が影響していると考えられ、発生源としては生活排水、工場排水、農地で散布された肥料等が挙げられる。津軽石川以外の河川の順流末端でも河川通過量は森林供給量に対していずれも多く、下流にある市街地や農地からの負荷により濃度が増大する傾向が見られる。

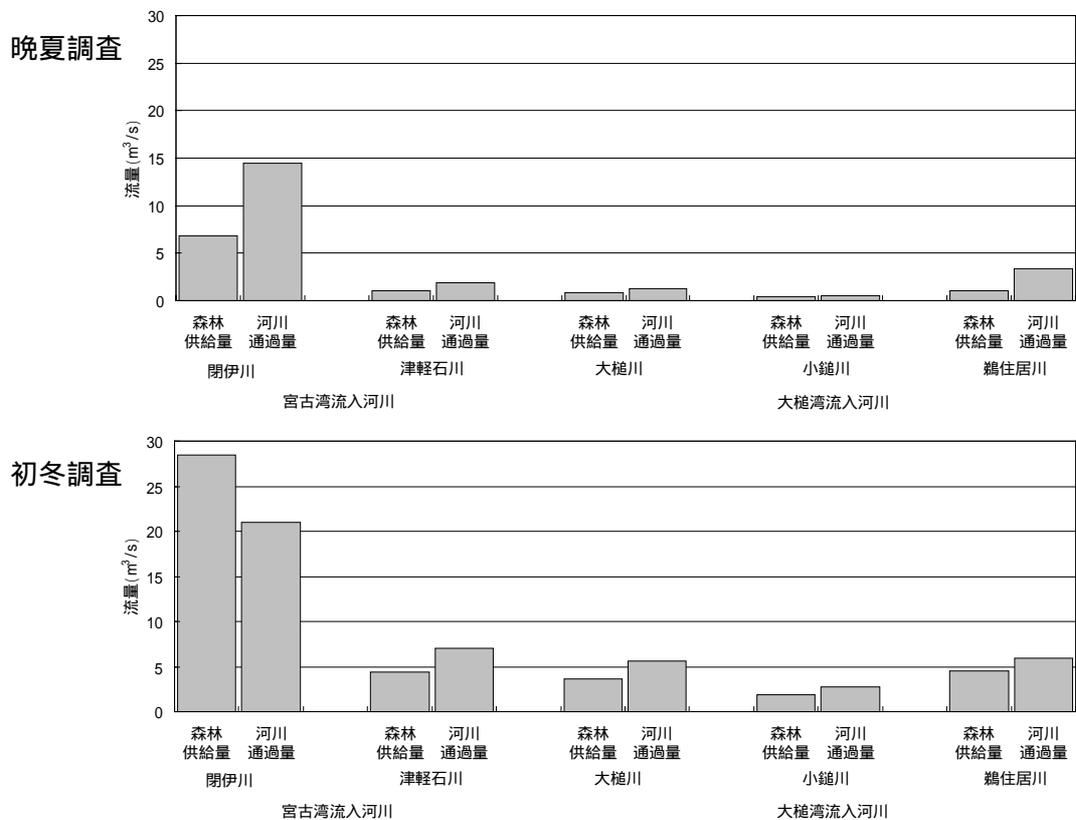
リン負荷量は、津軽石川の流下過程をみると、窒素負荷量とは逆に中流から下流の繋橋や稲荷橋で河川通過量が森林供給量よりも少なくなっていた。これは、森林から流出したリン酸は流下過程で吸着・沈降したり、藻類等の生物により消費されたためと考えられる。中流から下流における市街地や農地からの負荷については、窒素で影響が見られることから、リンでも河川の負荷量に影響を及ぼす量が発生していると考えられる。しかし、平水時を対象とした本調査結果で確認できないことから、河川での吸着・沈降や藻類等による消費などが生じていることが想定され、今後森林以外の負荷を明らかにするためには出水時の挙動を把握する必要があると考えられる。津軽石川以外の河川についても、河川通過量は森林供給量と同程度か少なくなっており、両者の傾向は一致している。

珪酸は、津軽石川の流下過程をみると、下流の稲荷橋や大川で河川通過量が森林供給量と比べて増加が見られる。ただし、水質濃度で述べたように、流下に伴う濃度変化はほとんどなく流量の違いを反映したものだと考えられる。津軽石川以外の河川についても、順流末端の河川通過量は森林供給量より多いが、これらも流量の違いを反映したものである。



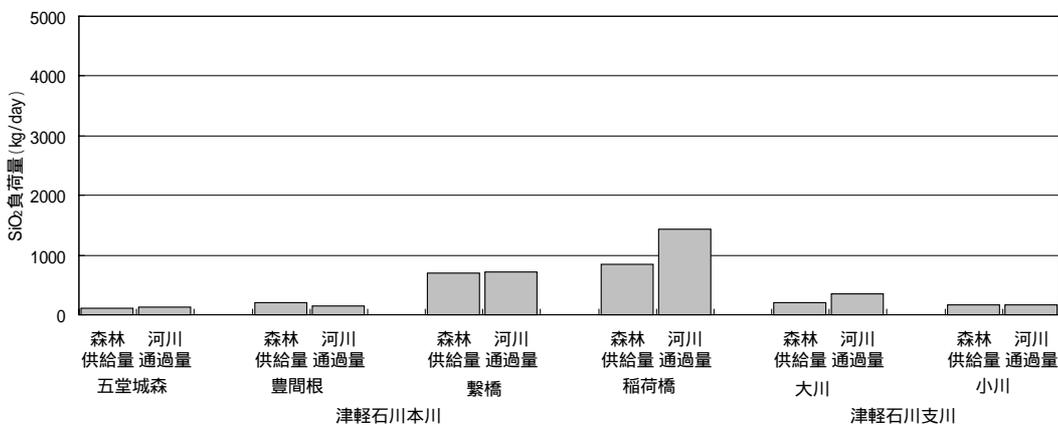
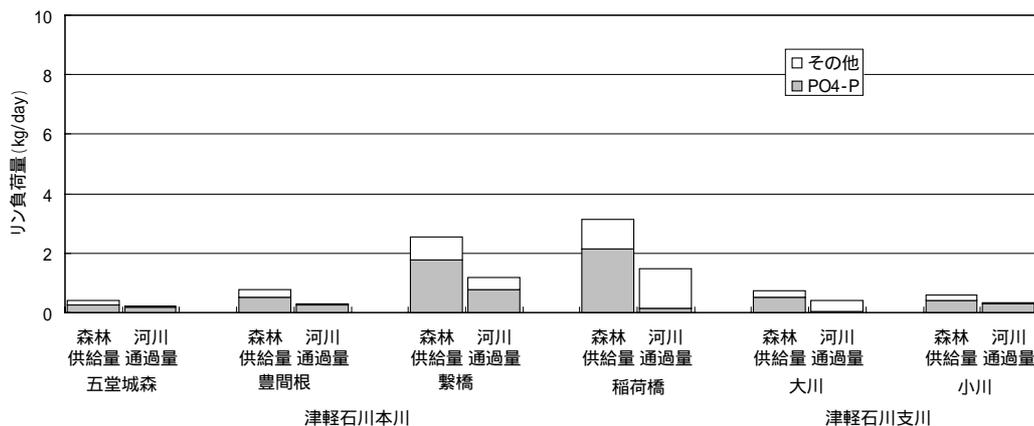
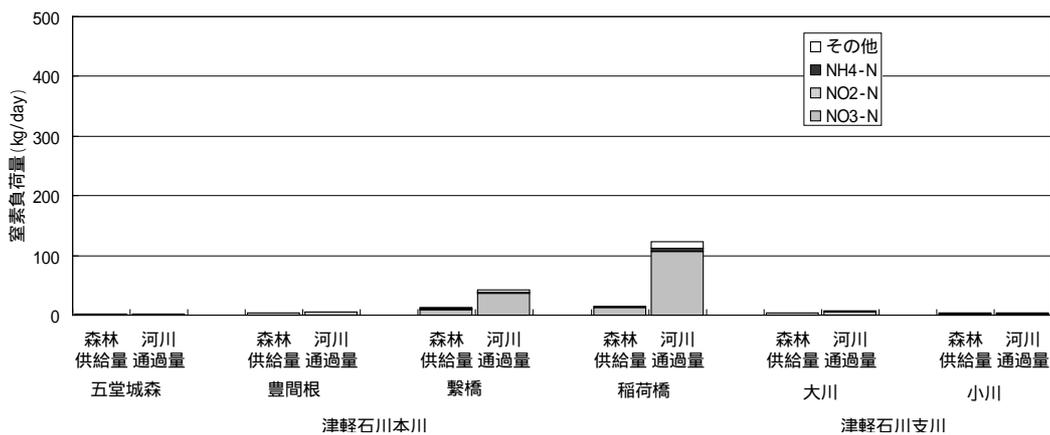
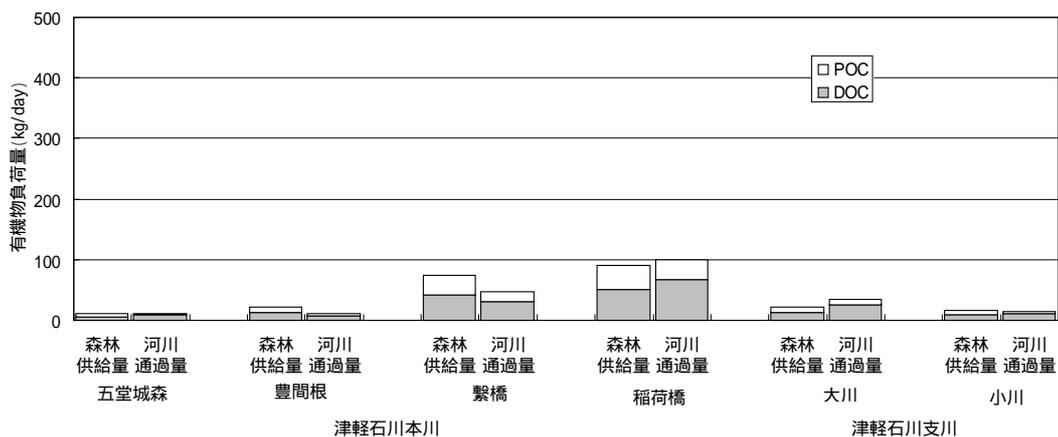
注：森林供給量は、森林の比流量に各地点の流域森林面積を乗じるにより算出

図 4.2-17 流下に伴う流量と森林供給水量の変化



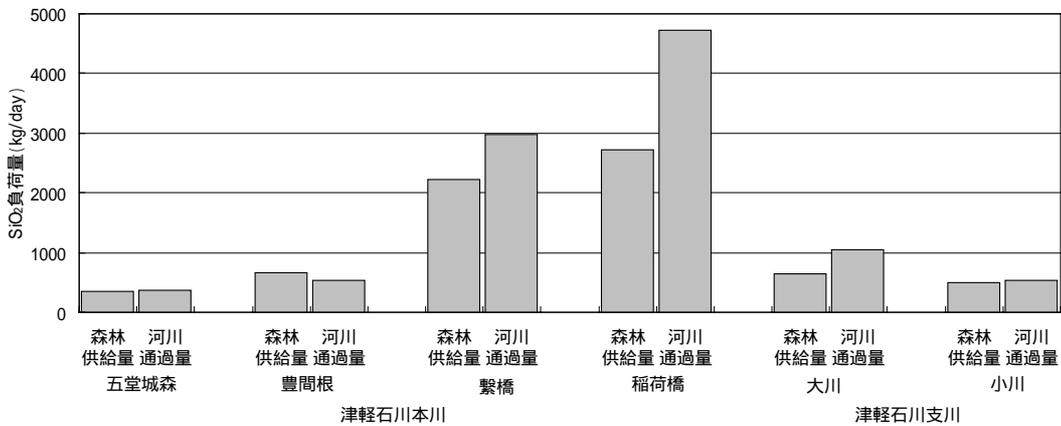
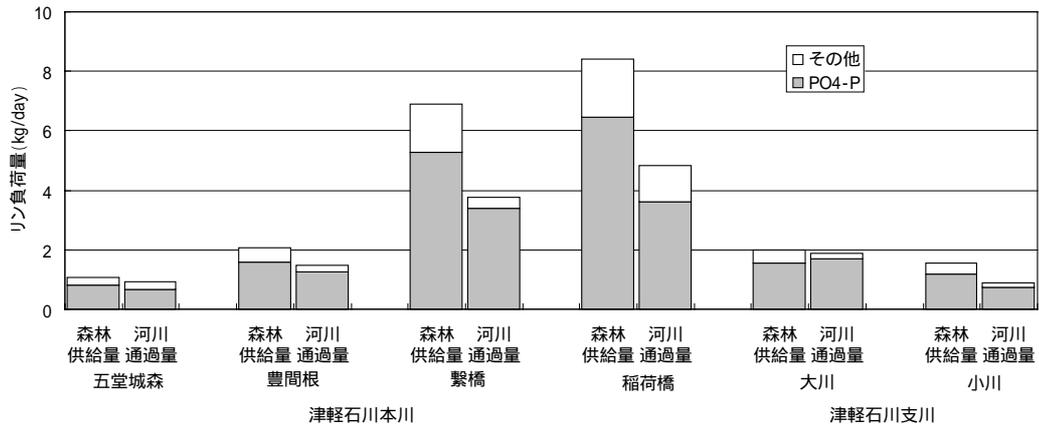
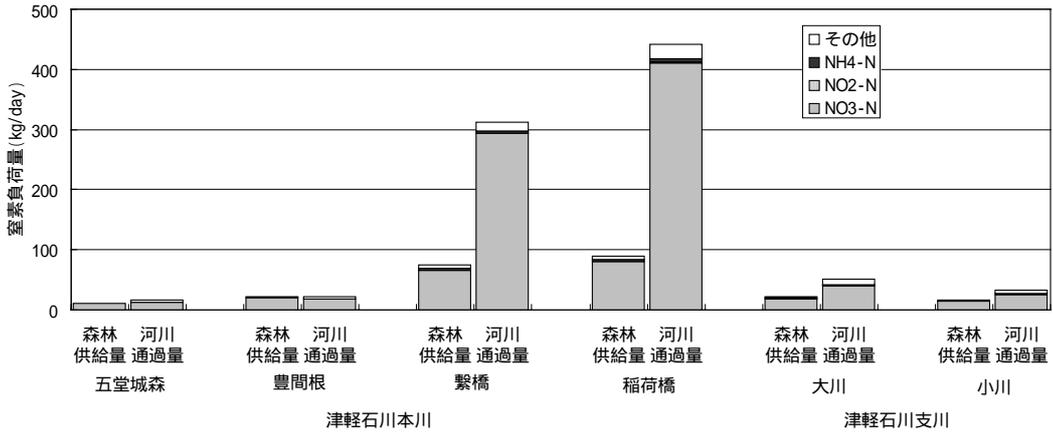
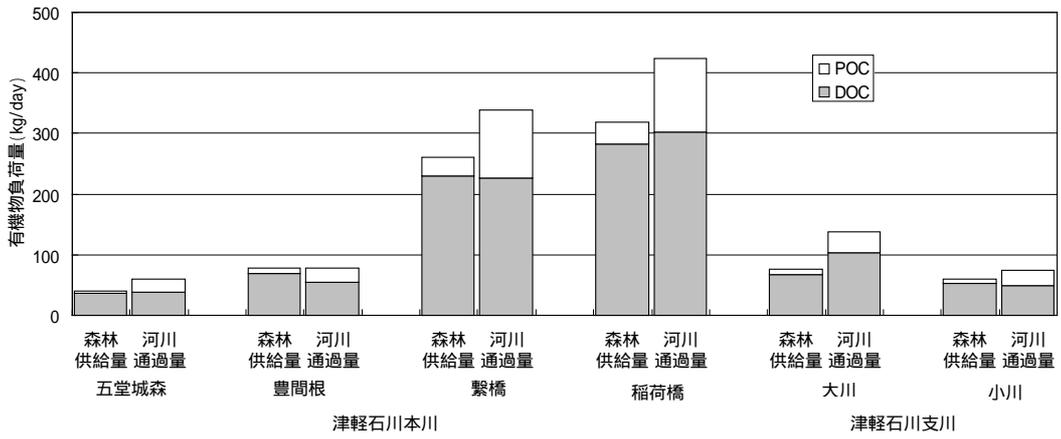
注：森林供給量は、森林の比流量に各地点の流域森林面積を乗じるにより算出

図 4.2-18 流量と森林供給水量の河川間比較



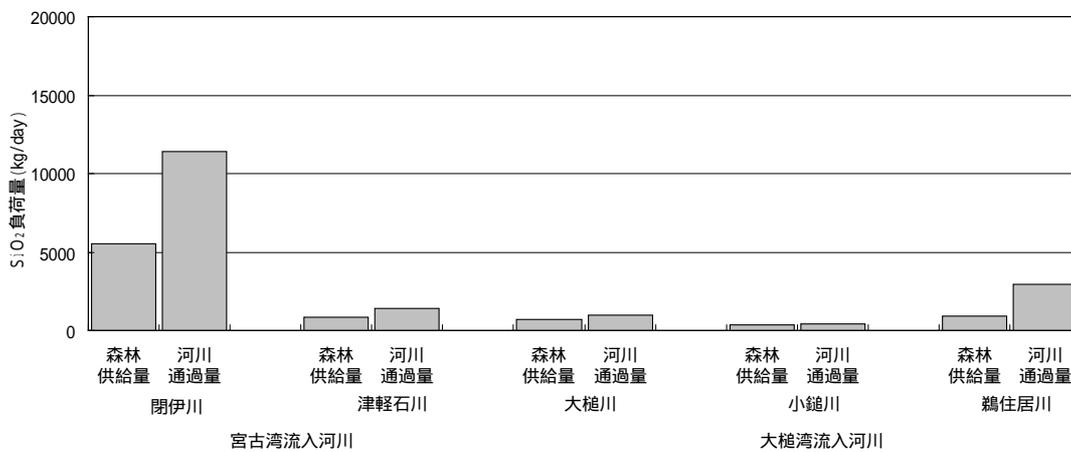
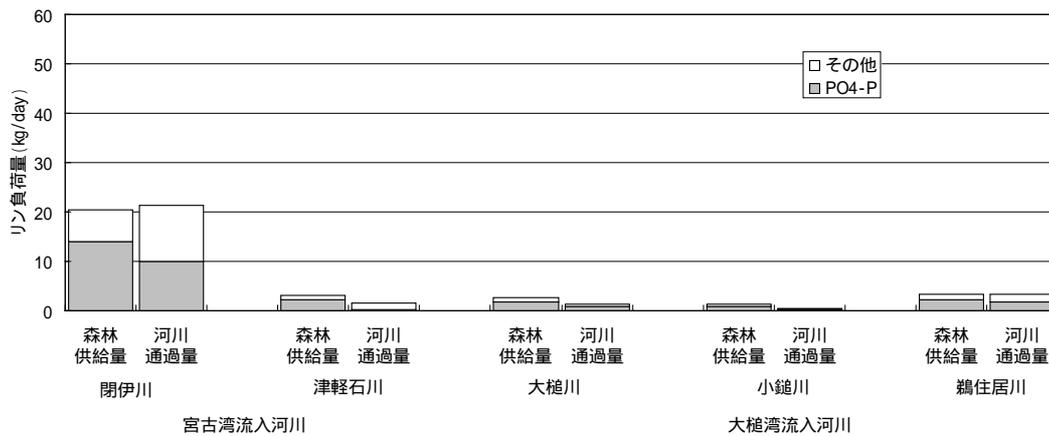
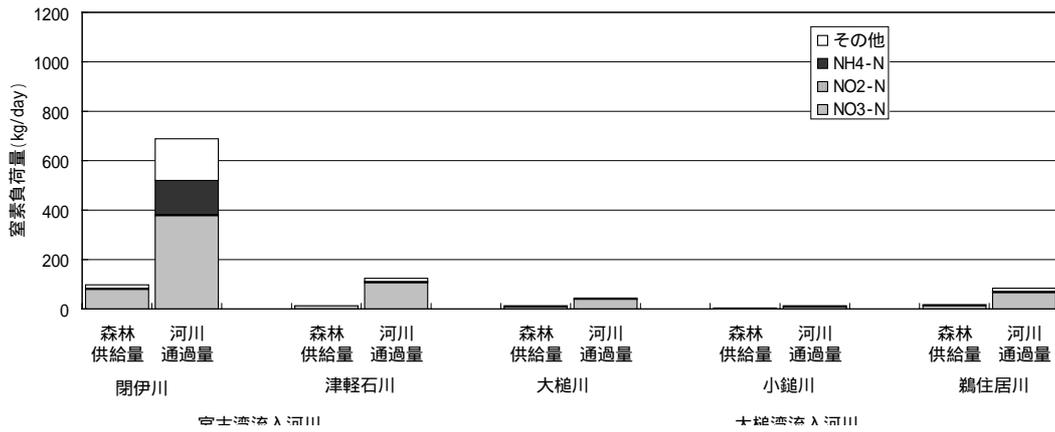
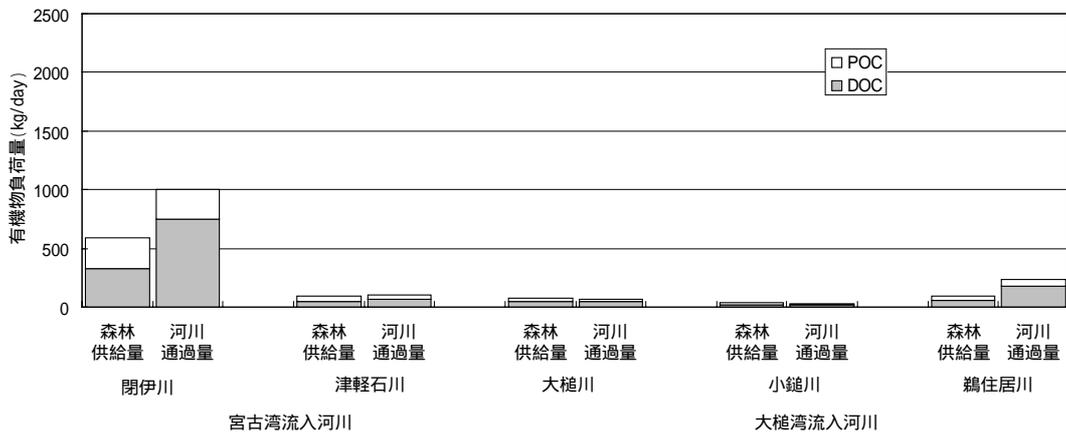
注：森林供給量は、森林の原単位に各地点の流域森林面積を乗じることにより算出
 河川通過量は、水質に流量を乗じることにより算出

図 4.2-19(1) 流下に伴う森林供給量と河川通過量との関係（晩夏調査）



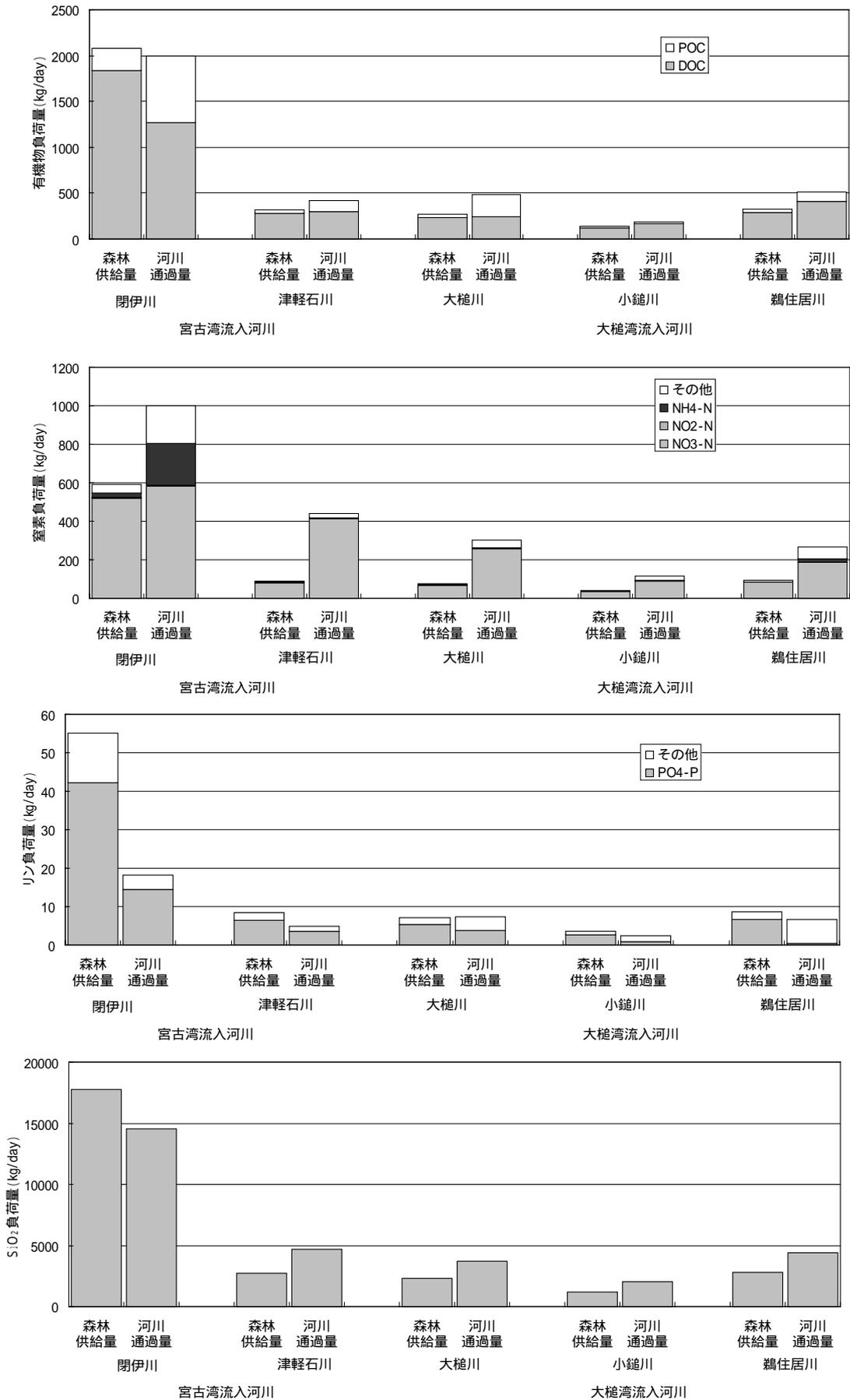
注：森林供給量は、森林の原単位に各地点の流域森林面積を乗じることにより算出
 河川通過量は、水質に流量を乗じることにより算出

図 4.2-19(2) 流下に伴う森林供給量と河川通過量との関係（初冬調査）



注：森林供給量は、森林の原単位に各地点の流域森林面積を乗じることにより算出
 河川通過量は、水質に流量を乗じることにより算出

図 4.2-20(1) 河川別の森林供給量と河川通過量との関係（晩夏調査）



注：森林供給量は、森林の原単位に各地点の流域森林面積を乗じることにより算出
 河川通過量は、水質に流量を乗じることにより算出

図 4.2-20(2) 河川別の森林供給量と河川通過量との関係（初冬調査）

< 海域の現存量と河川及び外洋からの供給量の比較（ストックの比較） >

河川からの負荷は、水質に流量を乗じた単位時間当たりの物質質量として算出される。一方、海域での現存量は、水質に海水量を乗じることで算出され、時間に関する次元はない。このため、河川からの負荷と海域との現存量を比較するためには、河川負荷量に湾内での滞留時間 を乗じ、海域の現存量と次元を統一して比較するのが望ましいと考えられる。

河川水の湾内の滞留時間を正確に求めるためには、湾内の流動、塩分に基づく外洋水と河川水との混合比、湾口での海水交換量に関するデータが必要となる。また、これらのデータは潮汐や気象、河川水量などによって時々刻々と変化することから、平均的な滞留時間を算出するためには、長期にわたる観測データを用いることとなる。

本調査では、湾内の流動に関する調査は行っておらず、水質や河川水量についても二季の瞬時値（晩夏、初冬の平水時）の調査であることから、平均的な滞留時間を算出することは不可能である。このようにデータの少ない条件ではあるが、調査により得られた塩分のデータを案分（湾内の海水は河川から流下した河川水と外洋から流入した外洋水が混合したものであり、外洋水によりもたらされる塩分は一定であるとして対象海域の河川水量と外洋水量を算出）し、海域の現存量と河川及び外洋からの供給量の算出を試みた。また、現存量と河川及び外洋からの供給量の試算結果を比較することにより、陸域から海域への物質寄与や陸域から流入した物質の海域における消費、蓄積、形態変化について検討した。

なお、今回の検討は以下に示す限定的な条件で試みたものであり、一般論としては扱うことは困難で注意が必要である。

- ・ 河川の影響が大きい表層部分(0~1m)のみを対象とした。
- ・ 湾内の流動に関する調査は行っておらず、水質や河川水量についても調査を行った二季の瞬時値（晩夏、初冬の平水時）のみを用いた。なお、二季とも河川水が海域で拡散している状況を捉えるため、下げ潮時に測定を行った。
- ・ 平水時のみの調査であり、流出が大きい出水時のデータを用いていないため、河川からの供給量が過小評価となっている。
- ・ 海水を塩分で案分し河川水と外洋水に分けており、河川由来の物質であっても外洋にでた時点で外洋からの供給とみなしている(元々河川由来の物質であっても、外洋由来の物質として算出している)。

a) 試算方法

水質濃度の単位は、1リットル中の物質重量を用いるが、負荷量は単位時間当たりに発生・排出・流達・流出する物質重量を示している。例えば、河川を流下する負荷量は、水質濃度に河川水量を乗じて算定することができる。本検討は、「河川汚濁のモデル解析」(國松孝男・村岡浩爾 編著 技報堂出版)を参考に以下に示す供給量、現存量を算定した。

a-1 概要

宮古湾内を、水質を測定した地点毎に、5ブロックに区分し、湾内各地点の塩分を外洋水の塩分と河川水の塩分（0‰と仮定）で案分することにより、外洋水由来の水量と河川水由来の水量との割合を求めた。

なお、算定は、海域での生産が高く、河川水の寄与が大きいこと、水質分析のための採水を表層では水深0.5mで行っていることから、海面から水深1mまでの表層を対象とした。

物質の供給量は、河川の順流末端における水質と淡水量を乗じたものを河川からの供給量、外洋の水質と塩水量を乗じたものを外洋からの供給量とした。

また、水質調査結果にブロックの海水量を乗じたものを物質の現存量とした。

a-2 ブロック区分と海水量算出（表層0～1m）

現地調査実施区域である宮古湾を、水質調査5地点を中心に5つのブロックに分けた。ブロックごとに水深0m及び1mの表面積を算出し、以下の式に基づき表層部分の容積を求めた。

$$\text{海水量(表層0～1m)} = \text{水深0mの表面積} \times \text{水深1mの表面積} \times \text{水深(1m)} \times 1/2$$

a-3 ブロック別の河川水量と外洋水量の算出

海面からの蒸発や海面への降水を無視すると、湾内の海水は河川から流下した河川水と外洋から流入した外洋水とが混合したものである。塩分は、化学変化や生物化学変化による影響はほとんどなく、混合による物理変化によって値を変化させる。このため、湾内の塩分を外洋水の塩分と河川水の塩分（0‰と仮定）とで案分し海水量に乗じることで、河川水量と外洋水量を算出した。算出例は以下の通りである。

例：外洋の塩分：34‰、対象海域の塩分：20‰、海水量：1000千m³

$$\text{外洋水量} = 20\% \div 34\% \times 1000 \text{千m}^3 = 588 \text{千m}^3$$

$$\text{河川水量} = (34 - 20) \div 34\% \times 1000 \text{千m}^3 = 412 \text{千m}^3$$

表層における対象海域の水量等を表 4.2-12に示す。

表 4.2-12 対象海域における水量および塩分

		対象海域				
		津軽石川河口	宮古湾央	閉伊川河口	宮古湾口	宮古湾外
海水量(m ³)		2,319,044	4,683,004	5,504,721	7,409,730	2,485,510
晩夏	塩分(‰)	33.0	32.9	30.3	33.5	33.4
	河川水割合(%)	2.0	2.3	10.0	0.6	0.8
	外洋水割合(%)	98.0	97.7	90.0	99.4	99.2
初冬	塩分(‰)	20.1	28.7	26.7	31.6	33.5
	河川水割合(%)	40.4	15.0	20.7	6.4	0.6
	外洋水割合(%)	59.6	85.0	79.3	93.6	99.4

a-4 ブロック別の河川供給量、概要供給量

外洋水量に外洋濃度を、河川水量に河川濃度をそれぞれ乗じることにより外洋供給量、川供給量を算出した。算出例は以下の通りである。

例：外洋濃度：2mg/L、河川濃度：5mg/L

$$\text{外洋供給量} = 588 \text{千m}^3 \times 2 \text{mg/L} = 1176 \text{kg}$$

$$\text{河川供給量} = 412 \text{千m}^3 \times 5 \text{mg/L} = 2060 \text{kg}$$

なお、宮古湾では、津軽石川と閉伊川の2河川が流入しているが、河川供給量を求めるために用いる水質は、地形等を勘案し、表 4.2-13に示すデータとした。

表 4.2-13 河川供給量算出に用いる水質データ

対象海域	主に影響を受ける河川	使用する水質データ
津軽石川河口	津軽石川	津軽石川の水質値
宮古湾央	津軽石川と閉伊川	津軽石川、閉伊川双方の影響を受けると考えられるため、両河川の平均値
閉伊川河口	閉伊川	閉伊川の水質値
宮古湾口	閉伊川	閉伊川の水質値
宮古湾外	閉伊川	閉伊川の水質値

a-5 ブロック別の現存量

対象海域の海水量に各現地調査地点の水質結果値を乗じ現存量を求めた。

b) 算出結果

晩夏調査の各地点における物質の供給量および現存量を図 4.2-21に、初冬調査の各地点における物質の供給量および現存量を図 4.2-22に示す。

一般的に植物プランクトン中での炭素・窒素・リン(C:N:P)比は106:16:1であり試算したデータにおいて生物ストック分と考えられる有機態の炭素：窒素：リンの比は概ね上記と同傾向を示した。調査地点(内湾であること)や留意点(水質の測定方法、条件等)があることを考えると今回の試算による値は概ね妥当であると考えられる。

晩夏調査と初冬調査とを比較すると、晩夏調査では、例年と比べ調査前の降雨が少ないため、河川からの供給量が少ない傾向にある。一方、初冬調査では例年と比べ調査前の降雨が多く、平水時としては河川からの供給量が多い傾向にある。

有機態炭素は溶存態、懸濁態を問わず海洋からの供給が大部分であった。現存量は供給量を上回っており植物プランクトンの光合成により、二酸化炭素を取り込み有機物を生産していることが推察された。

全窒素は晩夏調査では外洋水、初冬調査では河川水からの供給が多かった。内訳では津軽石川河口や閉伊川河口などの河川の流入部では、硝酸態窒素の供給量が多くなっている。現

存量が供給量を概ね上回っているのは、アンモニア態窒素、硝酸態窒素が植物プランクトンの生産に利用され、有機態窒素として系内にストックされるためと考えられる。

珪酸の供給量は、河川水の供給量が少なかった晩夏調査においては外洋からの供給が、河川水の供給量が多かった初冬調査においては河川からの供給が多かった。なお、既存文献等により海水中の珪酸は元々陸上から河川を通じて供給されたものがほとんどであると考えられる。本検討においては、塩分の高い海水に含まれる珪酸は外洋からの供給とみなしているため、一般的な認識よりも外洋由来の珪酸が多く算出されている。現存量と供給量との関係は、晩夏調査では供給量が現存量よりやや少ないか同程度、初冬調査では供給量が現存量より多いか同程度であった。一般に珪酸は海域で珪藻類に取り込まれると、再び海水中に溶出する量が少ないことから、珪藻類が多い海域では珪酸としての現存量が供給量より少なくなる傾向にある。本検討では現存量の大幅な減少はみられなかった。

全リンは主に外洋からの供給量が多い傾向がみられたが、リン酸態リンは河川からの供給量が比較的多かった。全リンの現存量は供給量より多い傾向がみられたことから植物プランクトン等の生物に利用されていることが考えられる。また、リン酸態リンは現存量が供給量を大きく上回っており、これは河口域で植物プランクトン等に取り込まれたリンが沈降し、リン酸態リンの形で溶出したり、底泥の巻き上がりによって表層に回帰するなどの現象によるものと推察された。

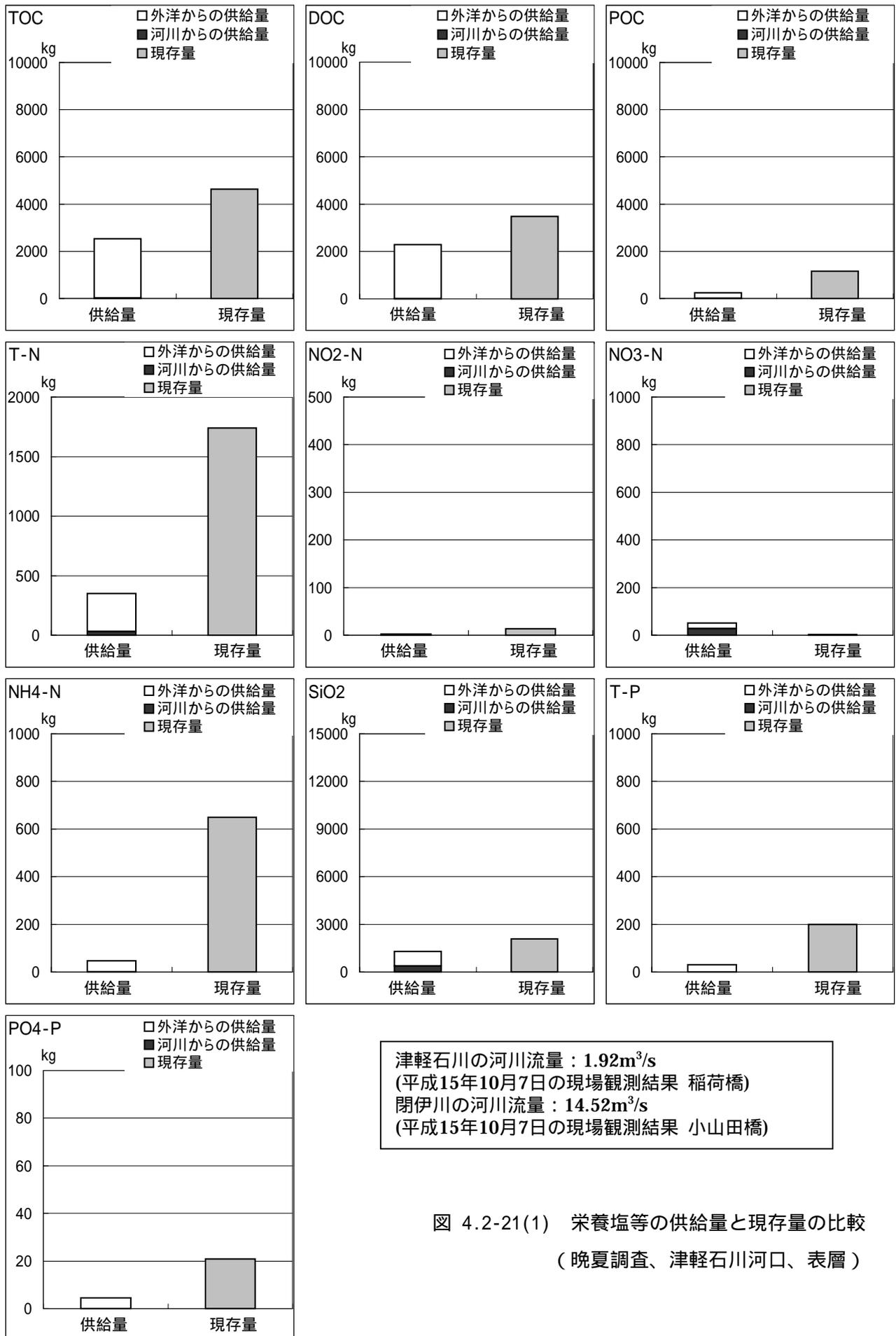


図 4.2-21(1) 栄養塩等の供給量と現存量の比較
 (晩夏調査、津軽石川河口、表層)

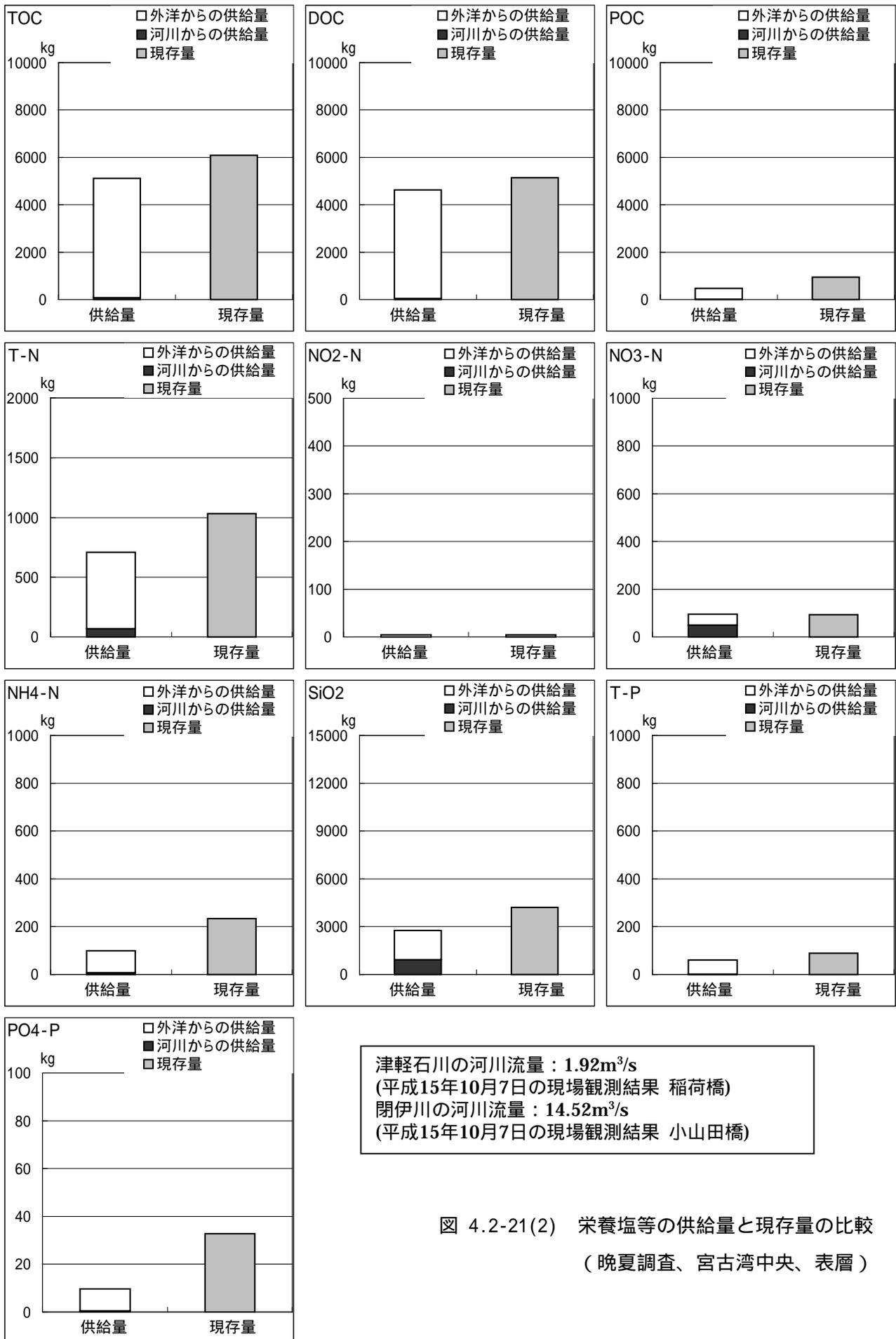


図 4.2-21(2) 栄養塩等の供給量と現存量の比較
 (晩夏調査、宮古湾中央、表層)

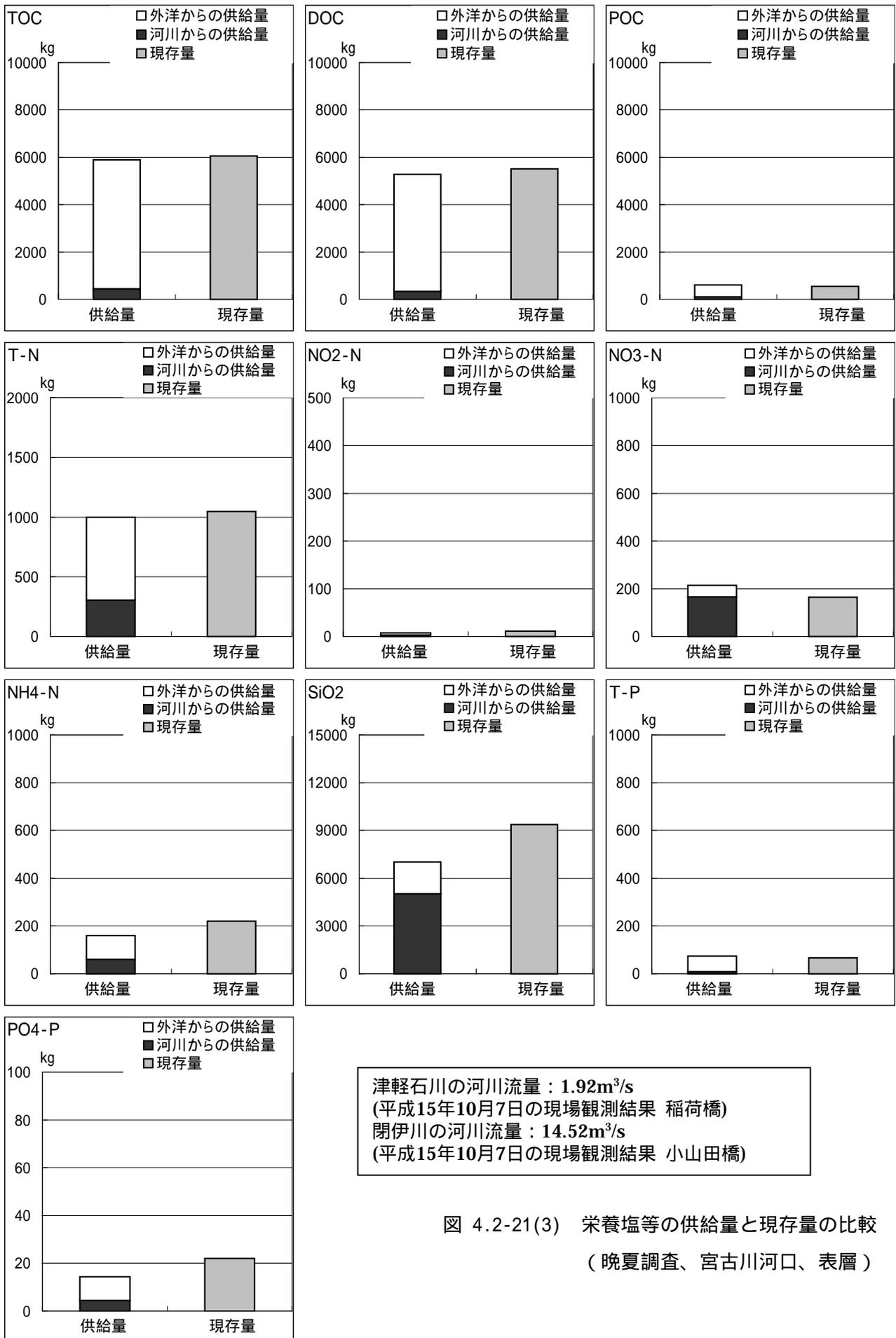
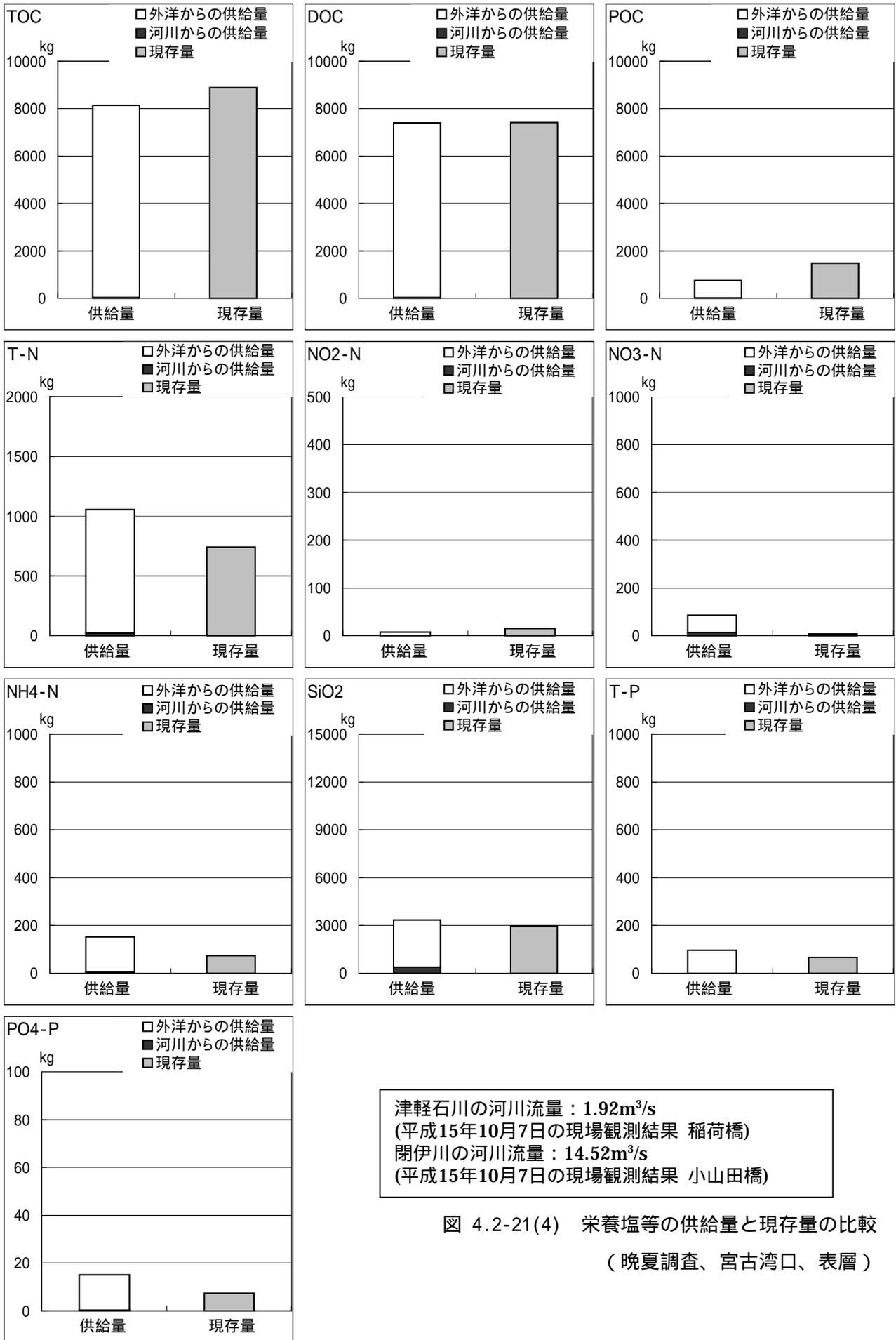


図 4.2-21(3) 栄養塩等の供給量と現存量の比較
 (晩夏調査、宮古川河口、表層)



津軽石川の河川流量：1.92m³/s
 (平成15年10月7日の現場観測結果 稲荷橋)
 閉伊川の河川流量：14.52m³/s
 (平成15年10月7日の現場観測結果 小山田橋)

図 4.2-21(4) 栄養塩等の供給量と現存量の比較
 (晩夏調査、宮古湾口、表層)

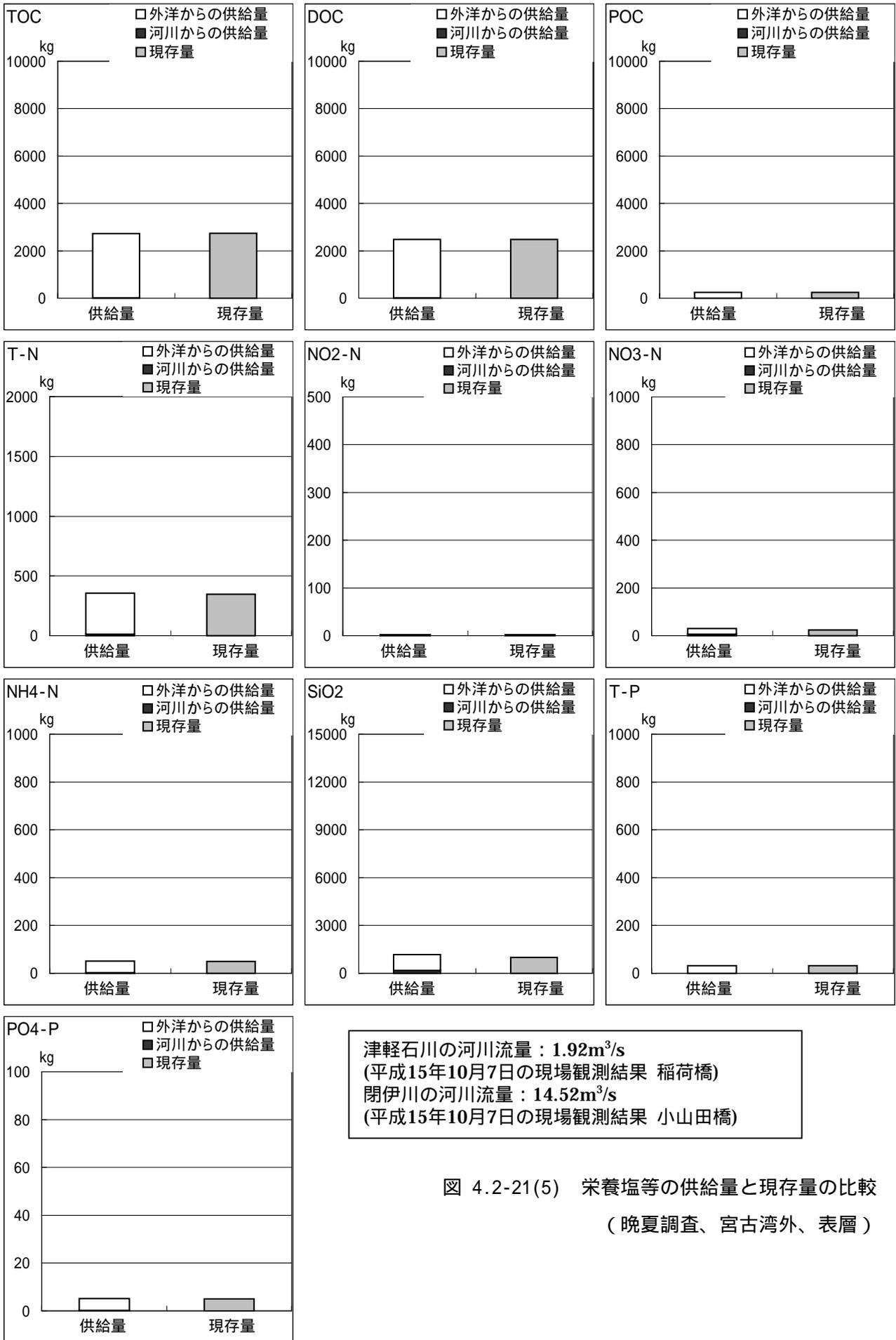


図 4.2-21(5) 栄養塩等の供給量と現存量の比較
 (晩夏調査、宮古湾外、表層)

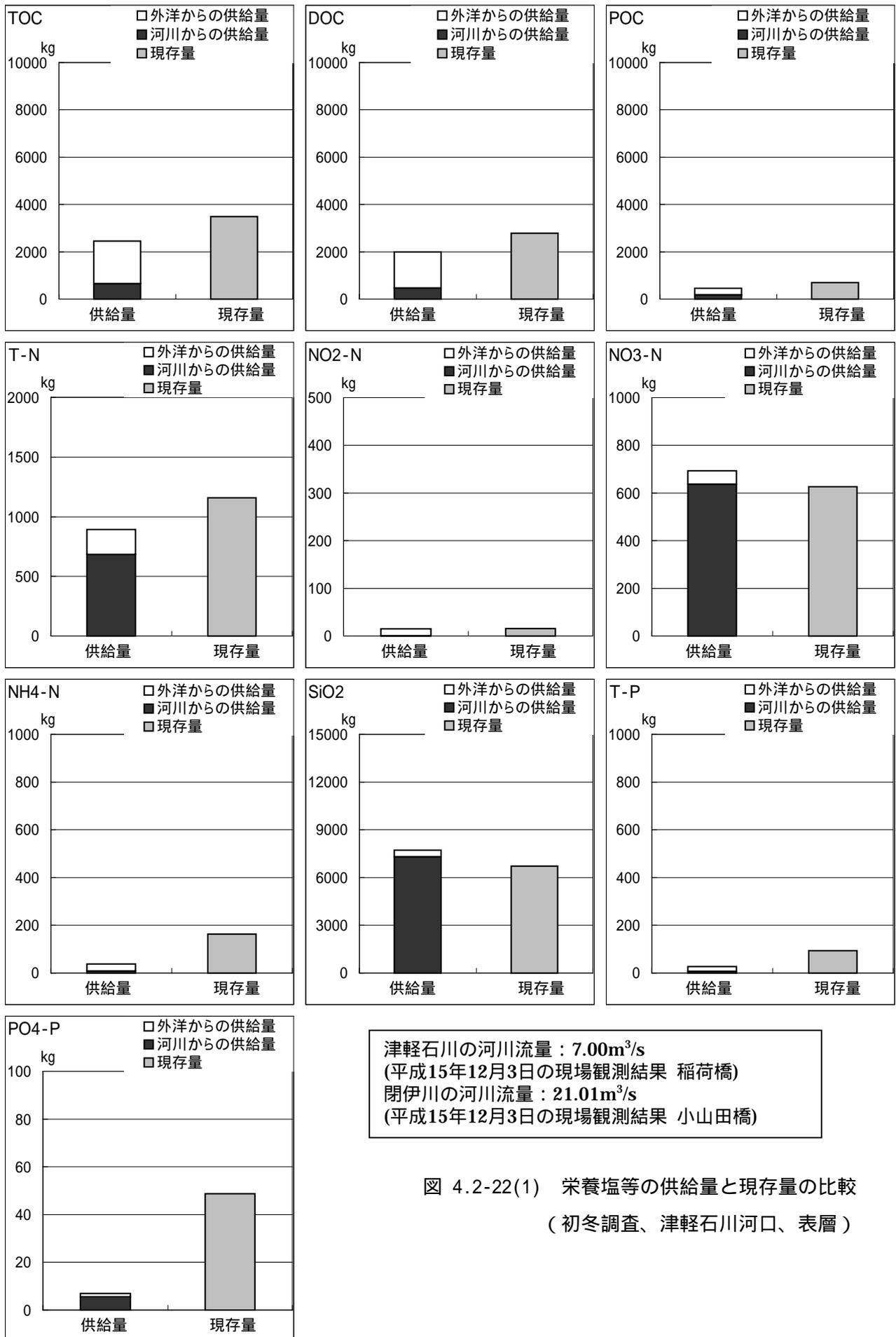
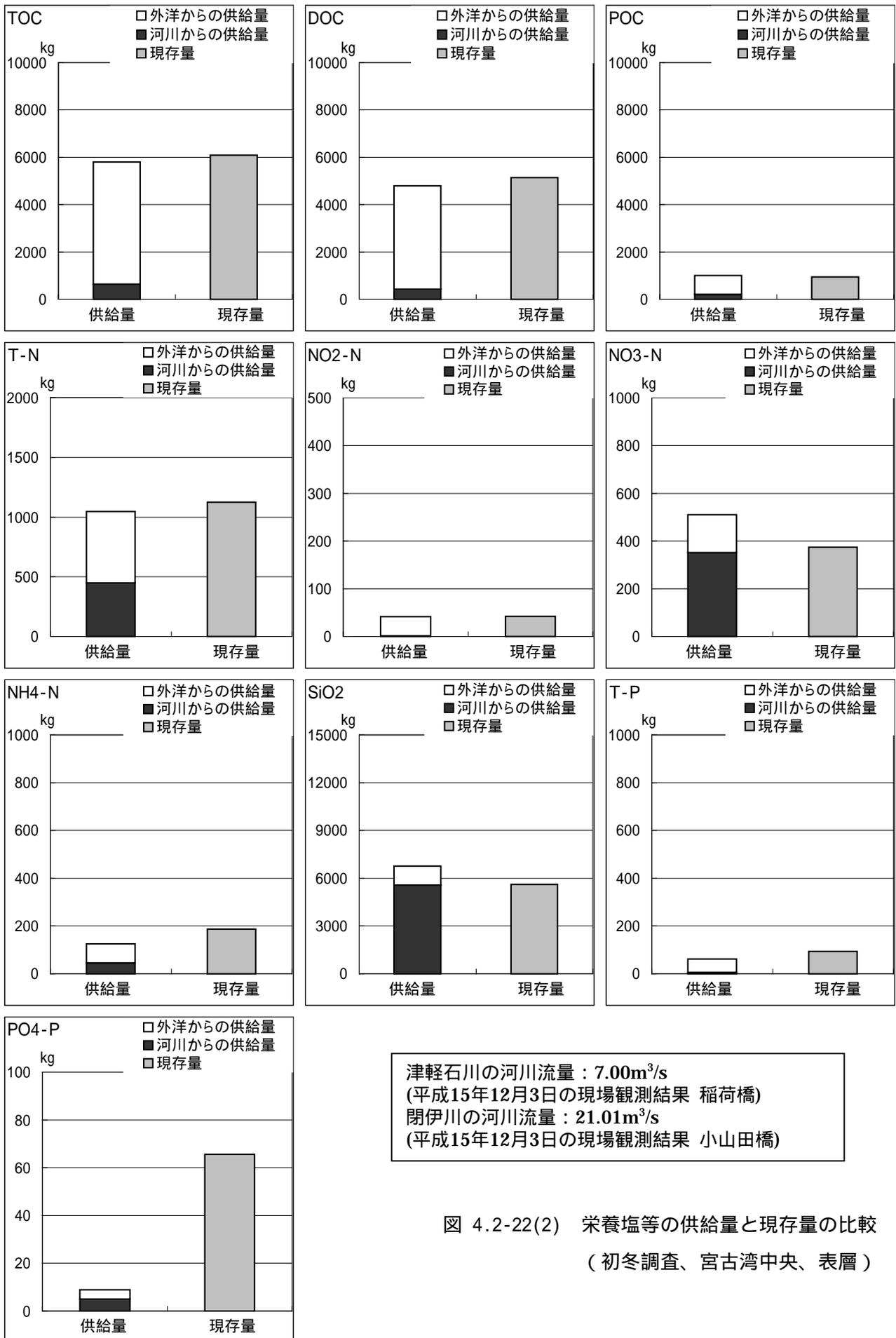


図 4.2-22(1) 栄養塩等の供給量と現存量の比較
 (初冬調査、津軽石川河口、表層)



津軽石川の河川流量：7.00m³/s
 (平成15年12月3日の現場観測結果 稲荷橋)
 閉伊川の河川流量：21.01m³/s
 (平成15年12月3日の現場観測結果 小山田橋)

図 4.2-22(2) 栄養塩等の供給量と現存量の比較
 (初冬調査、宮古湾中央、表層)

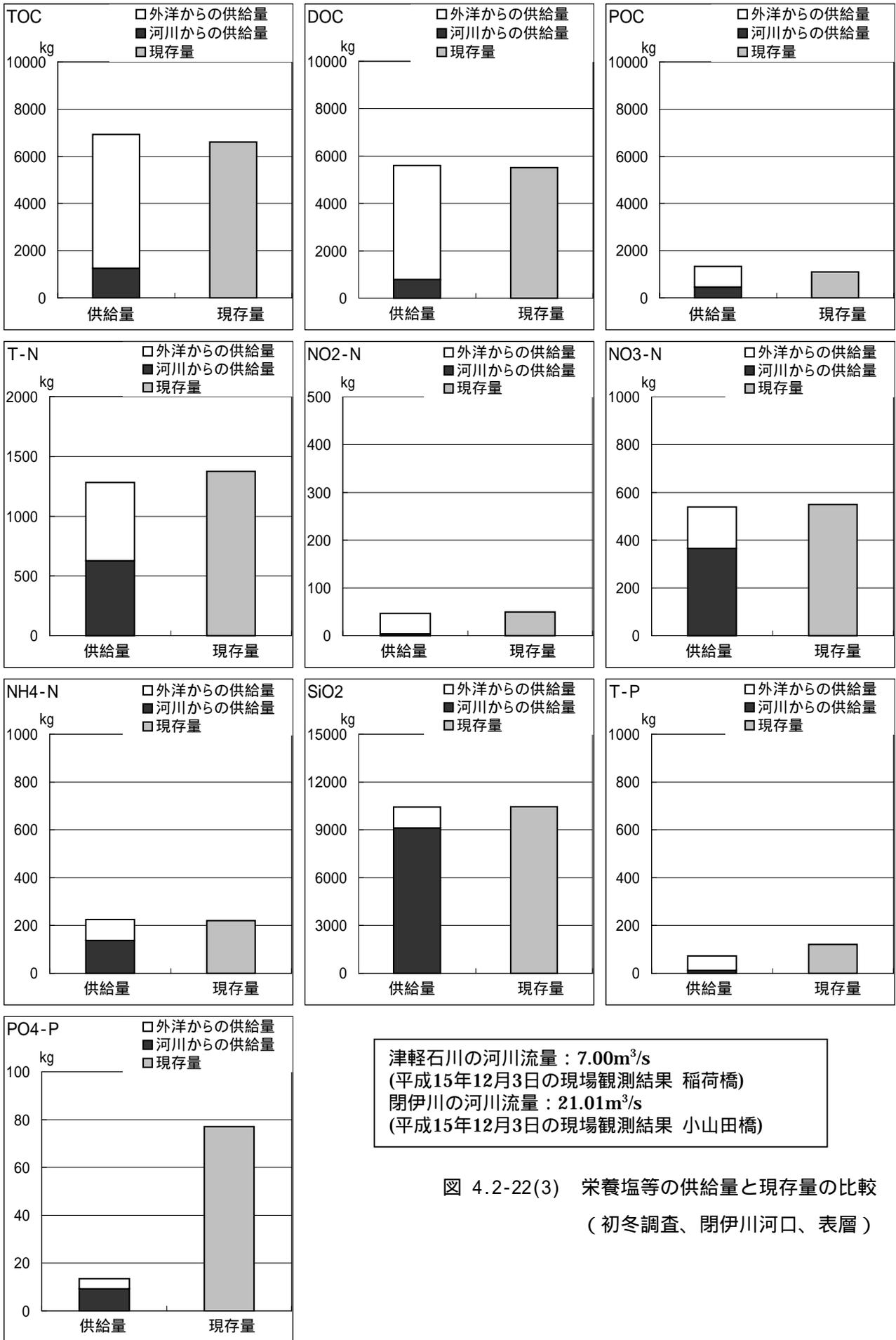


図 4.2-22(3) 栄養塩等の供給量と現存量の比較
 (初冬調査、閉伊川河口、表層)

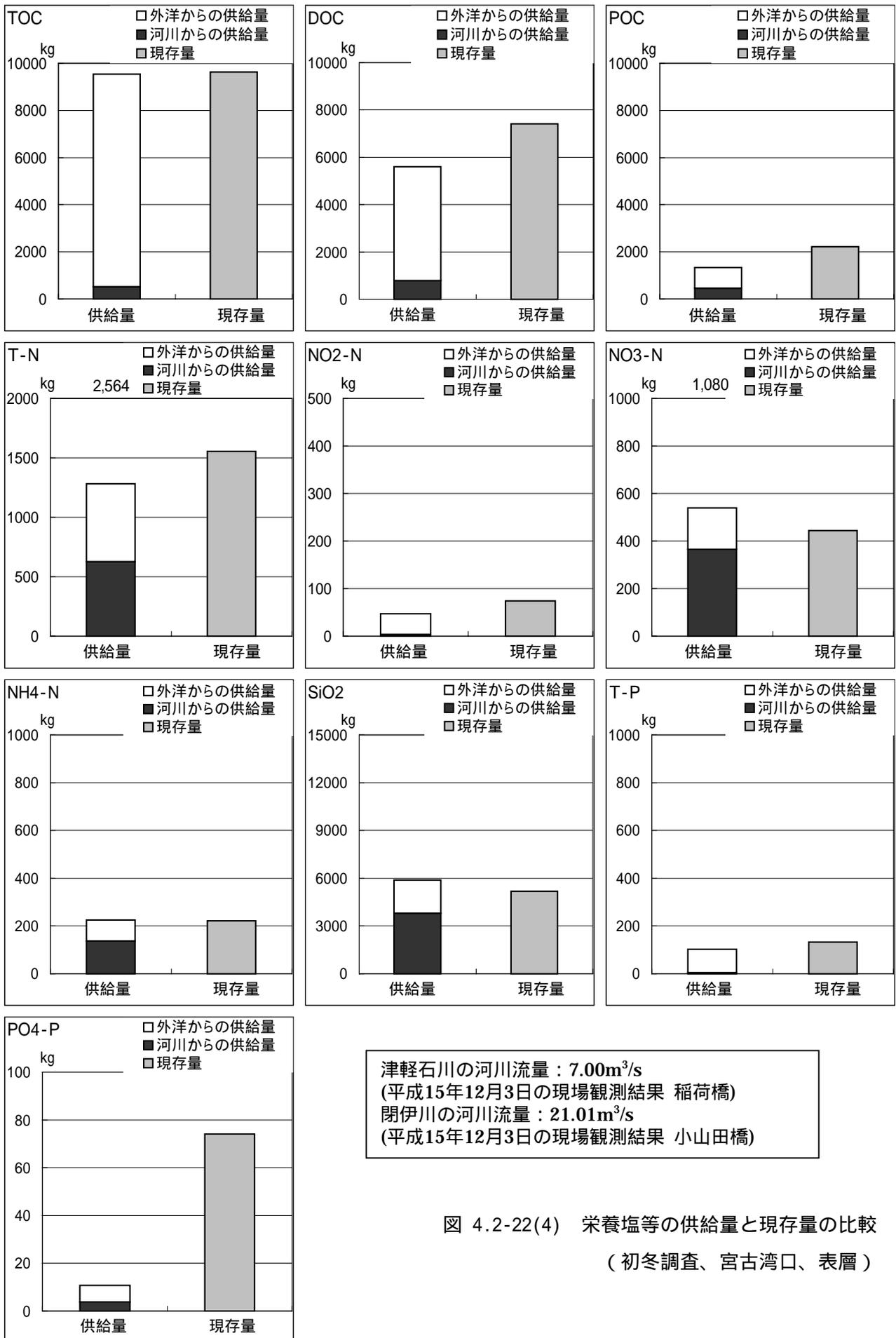


図 4.2-22(4) 栄養塩等の供給量と現存量の比較
(初冬調査、宮古湾口、表層)

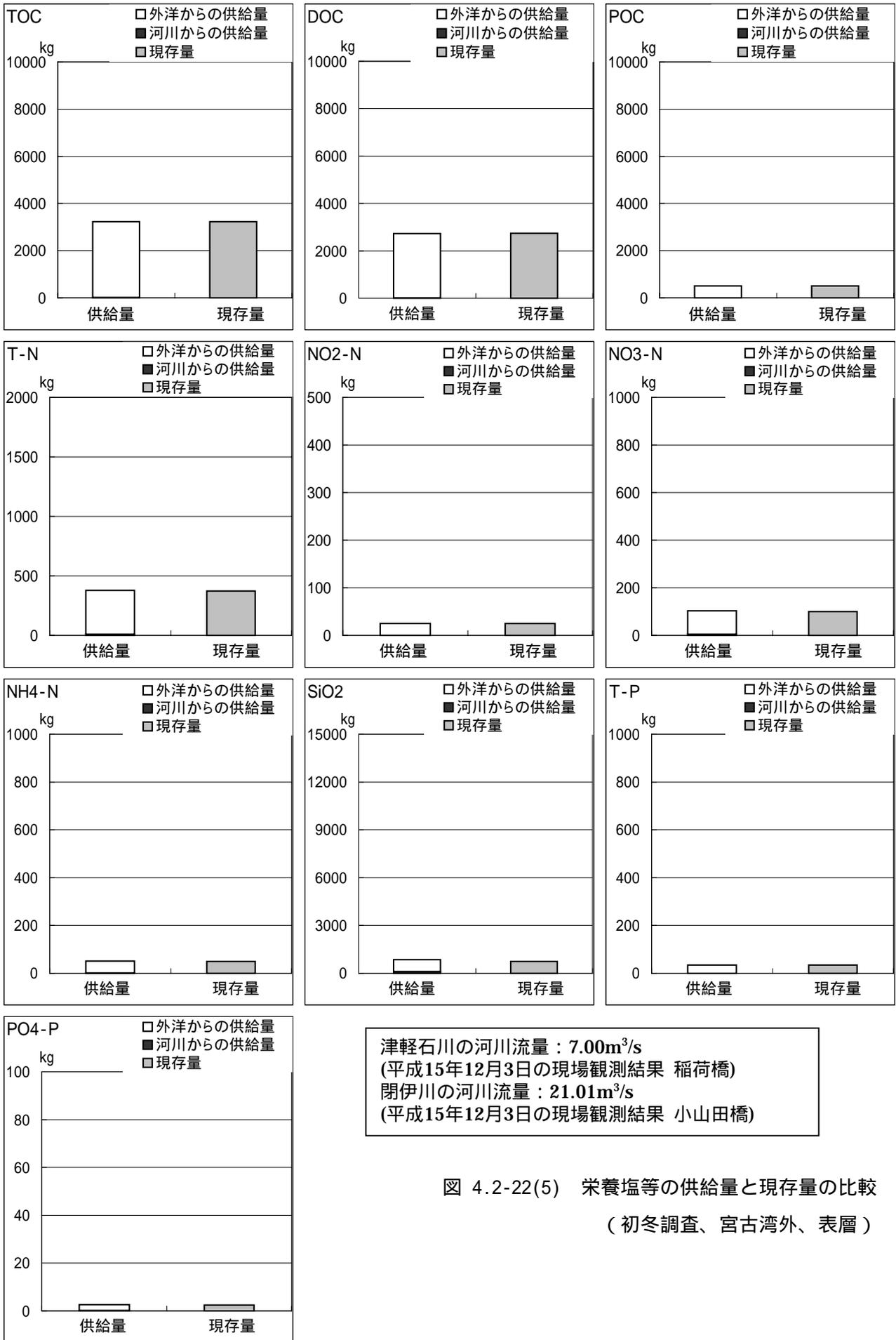


図 4.2-22(5) 栄養塩等の供給量と現存量の比較
 (初冬調査、宮古湾外、表層)

3) 底質調査結果

晩夏調査時に行った底質調査結果を表 4.2-14、図 4.2-23に示す。

(1) 河川域底質調査結果

有機物濃度は、大川が小川や本川より高い。水質の有機物濃度は、底質ほどの変化が見られないが、負荷量でみると大川は小川や本川上流の五堂城森や豊間根より高く、上流部と比較した傾向は一致しており、大川では有機物堆積の堆積が生じやすいか、有機物の分解が遅いと考えられる。

T-N濃度は、有機物濃度と同様の傾向を示していた。また、内訳のほとんどはその他($\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 以外)であった。有機物との濃度比が5:1~10:1程度であり、生物の構成比に近いことから、堆積している有機物及び窒素の大半は生物由来であると考えられる。

T-P濃度は、上流や支川で高く、中流や下流で低くなる傾向が得られ、 $\text{PO}_4\text{-P}$ が大半を占めている。この傾向は水質と一致しており、リンについては河川水からの吸着や沈降と底質からの溶出や流出がいずれの地点においても同様なバランスで保たれていると考えられる。

SiO_2 濃度も、水質と同様の傾向で、本川より支川で若干低いものの、ほぼ一定であった。珪素についてもリン同様、河川水からの吸着や沈降と底質からの溶出や流出がいずれの地点においても同様なバランスで保たれていると考えられる。

粒度組成は、最上流の五堂城森で中礫や細礫の占める割合が高い。また、支川については、中礫からシルト・粘土までの比較的広い粒径分布を示している。豊間根から稻荷橋までは、砂礫から中砂までが大半を占め狭い範囲の粒径分布となっている。

(2) 海域底質調査結果

TOC濃度は、津軽石川河口では12.2mg/L、宮古湾央では7.5mg/Lと津軽石川河口で高かった。また、両地点とも河川におけるTOC濃度よりも高かった。

T-N濃度は、津軽石川河口では0.97mg/L、宮古湾央では0.65mg/Lと津軽石川河口で高かった。内訳は両地点とも窒素分のほとんどがその他のN(有機態窒素等)であり、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の濃度は低かった。また、両地点とも河川における窒素濃度よりも高かった。

T-P濃度は、津軽石川河口では0.61 mg/L、宮古湾央では0.51 mg/Lと津軽石川河口でやや高かった。内訳は両地点とも $\text{PO}_4\text{-P}$ の占める割合が高かったが、津軽石川河口ではその他のP(有機リン等)も1/3程度あった。両地点とも河川におけるリン濃度よりもやや高かった。

SiO_2 濃度は、両地点とも60mg/L程度とほぼ同じ値であった。河川における珪酸濃度よりもやや低かった。

津軽石川河口では中砂、細砂、シルト、粘土の4区分でほとんどを占めていた。宮古湾央では細砂、シルト、粘土の3区分でほとんどを占めており、特にシルトが59%と多かった。礫や中砂が多い河川の底質に比べ、細かい区分の底質が多く、汽水域において細かい粒径の底質が沈殿したことがデータから示された。

表 4.2-14 底質調査結果 (河川域、海域)

区分		項目(略)	単位	河川域				海域			
				津軽石川本川				津軽石川支川		津軽石川河口底層	宮古湾中央底層
				五堂城森	豊間根	繫橋	稲荷橋	大川	小川		
有機物	TOC	mg/g	1.0	1.2	0.9	0.6	3.9	1.6	12.2	7.5	
金属元素 (主要)	Na	mg/g	0.16	0.19	0.17	0.15	0.29	0.17	5.60	5.20	
	K	mg/g	4.9	5.2	3.9	3.2	6.4	4.6	4.9	4.9	
	Ca	mg/g	1.2	1.7	1.1	0.71	2.4	2.3	2.6	2.9	
	Mg	mg/g	8.2	9.2	6.1	4.5	11.0	11.0	10.0	12.0	
有機物	フミン酸	mg/kg	0.5	0.5	0.6	0.5	1.6	0.8	5.8	2.9	
	フルボ酸	mg/kg	9.9	2.5	9.9	6.0	21.0	10.0	59.0	26.0	
N類	T-N	mg/g	0.09	0.19	0.20	0.13	0.41	0.25	0.97	0.65	
	NO ₂ -N	mg/g	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
	NO ₃ -N	mg/g	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	
	NH ₄ -N	mg/g	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	0.002	0.008	
珪酸	SiO ₂	%	72.8	70.8	74.0	75.2	66.3	67.5	64.4	63.1	
P類	T-P	mg/g	0.46	0.49	0.37	0.25	0.49	0.53	0.61	0.51	
	PO ₄ -P	mg/g	0.36	0.32	0.23	0.19	0.37	0.40	0.39	0.48	
金属元素 (微量)	Mn	mg/g	2.70	1.50	0.72	0.50	2.00	1.10	0.54	0.53	
	Cu	mg/g	0.029	0.038	0.019	0.016	0.038	0.032	0.028	0.025	
	Zn	mg/g	0.059	0.083	0.046	0.042	0.087	0.071	0.081	0.082	
	Ni	mg/g	0.015	0.027	0.012	0.010	0.031	0.030	0.025	0.033	
	Co	mg/g	0.0058	0.0091	0.0041	0.0036	0.0099	0.0100	0.0081	0.0086	
	Fe	mg/g	29	33	22	17	38	36	28	30	
粒度組成	粗礫(19-75mm)	%	0	0	0	0	0	0	0	0	
	中礫(4.75-19mm)	%	29	2	1	0	12	5	0	0	
	細礫(2-4.75mm)	%	33	0	7	0	12	5	0	0	
	粗砂(0.85-2mm)	%	27	31	39	17	15	25	3	0	
	中砂(0.25-0.85mm)	%	8	66	49	80	43	54	17	2	
	細砂(0.075-0.25mm)	%	0	0	1	1	14	7	37	28	
	シルト(0.005-0.075mm)	%	3	1	3	2	4	4	26	59	
	粘土(0.005mm以下)	%	-	-	-	-	-	-	17	11	

注) 河川域においてはシルト、粘土の合計量をシルトの欄に示し、粘土の欄を - とした。

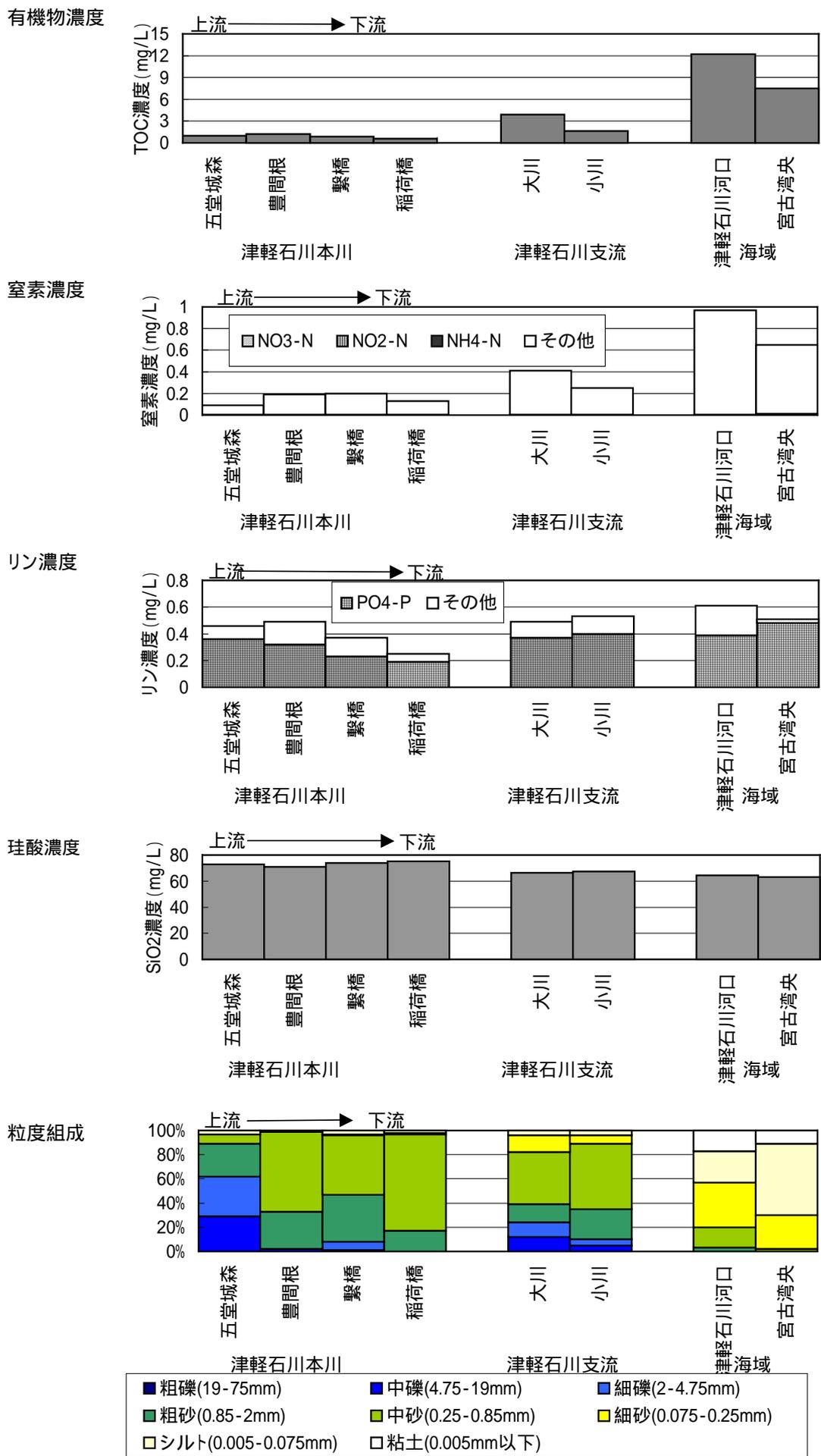


図 4.2-23 河川域、海域における底質調査結果

4) 森林土壌調査結果

森林の調査地点は岩手県東部に位置し、津軽石川本流の上流部豊間根川流域にある山田町内国有林4箇所を選定した。当該4箇所は津軽石川河口の宮古湾から約 12 km、太平洋岸に最も近い山田湾から約 6 km離れている。山田町の森林面積は、23,741haで町の行政面積の90%を占め、民有林が42.5%、国有林が57.5%を占める人工林率は46.8%である。宮古測候所の10年間の観測によると、当地区の年平均気温は10.7、最高気温35.7、最低気温-11.5、年間降水量は1,333mmとなっている。当地域の森林は冷温帯林に位置し、天然林はブナ、イタヤカエデ、ミズナラ、トチノキ、コナラ、アカマツ等が茂り、人工林はスギ、カラマツ、アカマツなどが植栽されている。人工林は沢沿い、尾根筋や台風被害などから生ずるギャップなどには植栽木以外の広葉樹が混じって生育し、また、下層には多くの種類からなる広葉樹低木層やシダなどの草本類、コケ類などが生育している。地質はいずれも古生代後期から中生代の堆積岩からなり、森林-1、森林-2、森林-3は粘板岩、森林-4はチャートである。

森林-1、森林-2、森林-3、森林-4について国有林の森林調査簿等の資料とそれぞれ代表的な箇所2~3ヶ所を選び標準地をとって調査した結果は、以下のとおりである。

森林-1はスギとアカマツなどからなる人工林率が85%の森林で、林齢は40年生前後の壮齢林が多い。林齢が高いこともあってヘクタール当たりの材積が400m³/ha~830m³/haと成長が良く、収量比数が0.92と密度が高いことから、下層の植生はやや疎の森林である。崩壊地等はない。山腹の傾斜は25°~38°である。土壌のF層は1cmあり、A層も10cmから16cmある。沢沿いの溪畔林について標準値をとり調査した結果出現種類数は17種、高木層はスギなど、亜高木層はイヌシデなど、低木層はヤマモミジ、オオバクロモジなど、草本層はスズタケ、チゴユリなどである。

森林-2はクリ、コナラなどからなる天然林100%の森林で、林齢は20年生前後の若齢林である。ヘクタール当たりの材積が156m³/ha~271m³/haであり、収量比数が0.66~0.82と密度が比較的低い、平成14年に間伐を行ったばかりであり、下層の植生はやや疎の森林である。崩壊地等はない。山腹の傾斜は15°~38°である。土壌のF層は1cmから2cmあり、A層も4cmから25cmある。沢沿いの溪畔林について標準値をとり調査した結果、出現種類数は26種と最も多く、高木層はクリなど、亜高木層はウリハダカエデなど、低木層はイヌシデ、アオダモなど、草本層はゼンマイ、イワガラミなどである。

森林-3はスギ、アカマツなどからなる人工林率76%の森林で、林齢が25年生前後の若齢林が多い。ヘクタール当たりの材積が320m³/ha~500m³/haであり、アカマツ林と広葉樹林は収量比数が0.78~0.82と密度が比較的低い、スギ林は1.00と密度が高い。スギ人工林については間伐が必要と考えられる。なお、2003年3月の大雪により溪流沿いに雪折れ木が発生している。下層の植生は疎から中の森林である。崩壊地等はない。山腹の傾斜は38°~41°と比較的急である。土壌のF層は1cmありA層も8cmから18cmある。沢沿いの溪畔林について標準値をとり調査した結果、出現種類数は20種、高木層はスギなど、亜高木層はオオバクロモジ、ミツバツツジなど、低木層はイヌシデ、アオダモなど、草本層はジュウモンジシダ、モミジガサなどである。

森林-4はブナ、イヌシデ、ウリハダカエデなどの広葉樹などからなる天然林100%の森林である。ヘクタール当たりの材積が290m³/ha~380m³/haであり、収量比数が0.63~0.65と密度が低く、下層の植生はやや疎から中の森林である。山腹の傾斜は38°~40°と比較的急である。土壌のF層は林齢が120年と高いこともあり2cm

から4cmあるが、A層は3cmから8cmと比較的薄い。なお、A層が薄いのは他の3箇所が粘板岩を母岩としているのに対し森林-4はチャートが母岩であることが影響していると考えられる。崩壊地等はない。沢沿いの溪畔林について標準値をとり調査した結果、出現種類数は14種と最も少なく、高木層はイヌシデなど、垂高木層はなく、低木層はイヌブナなど、草本層はジュウモンジシダ、スズタケ、フタリシズカなどである。

表 4.2-15 森林調査結果のとりまとめ一覧表(その1)

No	区分	標準地名	林相	標高(m)	主な樹種	平均胸高直径(cm)	上層樹高(m)	上層木のha当り本数(本/ha)	ha当り材積(m ³)	収量比数	林内相対照度(%)	下層植生	下層植生の種類
1	針葉樹の壮齢林	1-1	スギ林	190	スギ	30	25	1,100	830.0	0.92	18.8	やや疎	クロモジ、ヤブレガサ、ウリカエデ、チゴユリ、サンショウ、コアジサイ
		1-2	アカマツ林	190	アカマツ・コナラ・シナノキ・ウリハダカエデ	12	16	1,900	400.7	0.92	46.9	やや疎	コナラ、イヌツゲ、ウリハダカエデ、ヤマモミジ、ミツバツツジ、ガマズミ、シダ、イヌシデ
2	広葉樹の若齢林	2-1	クリ林	150	クリ・アカマツ	13	14	1,200	156.4	0.66	36.5	やや疎	ミズナラ、ヤマモミジ、ササ、クリ、ハクウンボク、イヌシデ、イヌツゲ、クロモミジ
		2-2	アカマツ林	220	アカマツ・コナラ・クリ	11	13	1,800	271.3	0.82	24.0	やや疎	コナラ、イヌツゲ、シダ、ヤマウルシ、オオカメノキ
		2-3	コナラ林	170	コナラ	14	13	1,700	238.1	0.71	38.8	やや疎	コナラ、イヌシデ、アカマツ、ササ、シダ、チゴユリ、アオダモ、オオカメノキ
3	針葉樹の若齢林	3-1	広葉樹林	300	コナラ・イヌブナ・ウリハダカエデ・ミズメ	14	20	1,100	325.8	0.82	27.5	疎	ミツバツツジ、コナラ、イヌシデ、イヌブナ、ウリハダカエデ、コマユミ、オレオノカンバ
		3-2	アカマツ林	290	アカマツ	9	14	1,400	363.1	0.78	60.9	中	オオカメノキ、ヤマモミジ、イヌシデ、クロモジ、シダ、ウリハダカエデ、コシアブラ
		3-3	スギ林	190	スギ	17	15	3,400	503.9	1.00	10.1	疎	タンナサワフタギ、ミツバツツジ、シダ
4	広葉樹の原生的天然林	4-1	広葉樹林	280	ブナ・イヌシデ・ホオノキ	25	23	400	377.2	0.63	33.9	やや疎	クロモジ、ウリハダカエデ、シダ、リュウノヒゲ、シナノキ、ヤマモミジ、オオモミジ、イヌブナ、コアジサイ、ウルシ、イヌシデ
		4-2	広葉樹林	300	イヌシデ・コシアブラ・ウリハダカエデ	16	17	800	287.2	0.65	76.7	中	ウリハダカエデ、クロモジ、ミツバツツジ、コアジサイ、イヌシデ、リュウノヒゲ、ヤマモミジ

収量比数:一定面積内に最大限生育するときの全材積を1とし、これに対対象とする森林の全材積の比。

林内相対照度:林外の照度を100%としたときの林内の照度(%)

表 4.2-16 森林調査結果のとりまとめ一覧表(その2)

No	区分	標準地名	樹冠粗密度	林内状況	地形	傾斜	土壌	土壌断面(cm)		
								F層	A層	B層
1	針葉樹の壮齢林	1-1	密	H7年間伐済み林分であるが、林冠がうっ閉し始めており、下層植生も減少している。	斜面下部	25°	褐色森林土壌	1-0	0-10	10-
		1-2	やや密	林内は過密により枯損・二股木等の劣勢木が多く目立つ。	斜面上部	38°	乾性褐色森林土壌	1-0	0-16	16-
2	広葉樹の若齢林	2-1	中	林内は林冠がやや空いており、下層植生もあって適切な状態にある。	斜面下部	38°	褐色森林土壌	1-0	0-25	25-
		2-2	やや密	上層木が競合状態にあり、林冠がうっ閉し枯損木・先折れ等の劣勢木が多く見られる。	尾根部	30°	乾性褐色森林土壌	2-0	0-4	4-
		2-3	中	林内は林冠がやや空いており、下層植生もあって適切な状態にある。	尾根部	15°	乾性褐色森林土壌	1-0	0-10	10-
3	針葉樹の若齢林	3-1	中	コナラ・イヌシデを主体とした広葉樹林である。上層がうっ閉し下層の植生は少ない。	斜面上部	40°	乾性褐色森林土壌	1-0	0-17	17-
		3-2	やや密	上層がうっ閉しており、林内は過密となり優勢木・劣勢木が明確となっている。枯損木が多く目立つ。	斜面中部	38°	褐色森林土壌	1-0	0-18	B1,18-38 B2,38-
		3-3	密	林冠がうっ閉しており、林内陽光量が不足し下層植生が、殆どない状態にある。また傾斜が急峻なため表土の流出も見られる。	斜面下部	41°	褐色森林土壌	1-0	0-8	8-
4	広葉樹の原生的天然林	4-1	中	コナラ・イヌシデを主体とした広葉樹林である。下層には高木性の稚樹もみられ、現在適切な林分状態にある。	斜面中部	38°	褐色森林土壌	4-0	0-5	B1,5-40 B2,40-
		4-2	中	下層には高木性の稚樹も見られ現在のところ適切な林分状態にある。	斜面中部	40°	褐色森林土壌	2-0	0-3	3-

F層:表層土のうち、粗腐植層。植物葉は細かく破砕されているが、肉眼で組織が判別できる。

A層:表層土のうち、腐植の混入した層

表 4.2-17 森林調査地点資料(その1)

No		林小班	面積(ha)	人・天割合	樹種構成	林齢	ha当り材積	備考
1	針葉樹の壮齢林	58い	16.39	100%人工林	スギ18% アカマツ82%	34	材積172m ³ /ha	スギ間伐実施 アカマツ間伐未実施
		58ろ	6.19	100%人工林	アカマツ100%	40	材積217m ³ /ha	間伐実施h2
		58は1	0.25	100%人工林	スギ100%	44	材積296m ³ /ha	間伐実施h7
		58り	3.90	100%天然林	アカマツ60% 他広葉樹40%	85	材積178m ³ /ha	
		計	26.73	人工林率 85%	スギ10% アカマツ85% 他広葉樹5%			沢名:七日畑沢
2	広葉樹の若齢林	56と2	0.94	100%人工林	コナラ100%	22	材積199m ³ /ha	分収造林、間伐実施
		56と3	5.42	100%人工林	クリ100%	22	材積282m ³ /ha	分収造林、間伐実施
		56と4	1.02	100%人工林	アカマツ100%	21	材積79m ³ /ha	分収造林、間伐実施
		56と5	9.05	100%人工林	クリ100%	21	材積398m ³ /ha	分収造林、間伐実施
		56と6	5.33	100%人工林	コナラ100%	21	材積235m ³ /ha	分収造林、間伐実施
		56ち1	0.50	100%人工林	クリ100%	20	材積298m ³ /ha	分収造林、間伐実施
		計	22.26	人工林率 100%	広葉樹林率95% アカマツ5%			
3	針葉樹の若齢林	50に2	6.50	100%人工林	スギ35% アカマツ65%	26	材積103m ³ /ha	間伐未実施
		50に3	5.37	100%人工林	スギ25% アカマツ75%	26	材積103m ³ /ha	間伐未実施
		50に4	7.23	100%人工林	スギ5% アカマツ95%	25	材積85m ³ /ha	間伐未実施
		50に5	6.63	100%人工林	スギ25% アカマツ75%	25	材積85m ³ /ha	間伐未実施
		50に6	4.86	100%人工林	スギ20% アカマツ80%	25	材積85m ³ /ha	間伐未実施
		50ぬ	9.72	100%天然林	アカマツ40% 他広葉樹60%	75	材積262m ³ /ha	
		計	40.31	人工林率 約76%	スギ19% アカマツ74% 他広葉樹7%			沢名:ナシロナイ沢
4	原広生葉的樹天然林	51い	35.00	100%天然林	アカマツ5% 他広葉樹95%	120	材積183m ³ /ha	伐採の記録不明 イヌシデの北限 原生林的な森林

注:森林調査簿による。

分収造林: 契約により森林に木を植えて育て、木を販売した利益を森林所有者と造林者として分収する仕組み

表 4.2-18 森林調査地点資料(その2)

No	林小班	面積 (ha)	施業区分等	伐期齢	施業方法の 区分	伐採方法	更新方法	新植年度	
1	針葉樹の 壮齢林	58い	16.39	アカマツ 分散伐区	50	育成単層林	皆伐 (母樹保残)	天然下種	S44.4~5
		58ろ	6.19	アカマツ 分散伐区	50	育成単層林	皆伐 (母樹保残)	天然下種	S38.4~5
		58は1	0.25	スギ・ カラマツ等 分散伐区	50	育成単層林	皆伐	新植	S34.4~5
		58り	3.90	保護樹帯	アカマツは 100	天然生林	原則択伐 (30%以内)	天然下種	-
		計	26.73						
2	広葉樹の 若齢林	56と2	0.94	分収造林	65	育成単層林	皆伐	未定	S56
		56と3	5.42	分収造林	60	育成単層林	皆伐	未定	S56
		56と4	1.02	分収造林	45	育成単層林	皆伐	未定	S57
		56と5	9.05	分収造林	60	育成単層林	皆伐	未定	S57
		56と6	5.33	分収造林	65	育成単層林	皆伐	未定	S57
		56ち1	0.50	分収造林	60	育成単層林	皆伐	未定	S53
		計	22.26						
3	針葉樹の 若齢林	50に2	6.50	アカマツ 長伐期	100	育成単層林	皆伐 (母樹保残)	天然下種	S52.4~5
		50に3	5.37	アカマツ 長伐期	100	育成単層林	皆伐 (母樹保残)	天然下種	S52.4~5
		50に4	7.23	アカマツ 長伐期	100	育成単層林	皆伐 (母樹保残)	天然下種	S53.5
		50に5	6.63	アカマツ 長伐期	100	育成単層林	皆伐 (母樹保残)	天然下種	S53.5
		50に6	4.86	アカマツ長 伐期	100	育成単層林	皆伐 (母樹保残)	天然下種	S53.5
		50ぬ	9.72	保護樹帯	アカマツは 100	天然生林	原則択伐 (30%以内)	天然下種	-
		計	40.31						
4	広葉樹の 原生的天然林	51い	35.00	水源かん養 保安林	-	禁伐	なし	天然下種	-

資料：森林調査簿(東北森林管理局 三陸北部森林管理署)、管理経営の指針(東北森林管理局 青森分局)

表 4.2-19 生産目標別の主伐の時期

地区	樹種	標準的な施業体型			主伐の 時期
		生産目標	仕立方法	期待径級	
全域	スギ	中径材	中仕立	24cm	50年
		大径材	中仕立	34cm	100年
	カラマツ	中径材	中仕立	24cm	50年
		大径材	中仕立	30cm	80年
	アカマツ	中径材	中仕立	24cm	50年
		大径材	中仕立	34cm	100年

資料：久慈・閉伊川国有林の地域別の森林計画書(久慈・閉伊川森林計画区)

表 4.2-20 保育の作業時期、回数

樹種	作業別	保育作業計画 (年)															備考
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
スギ	下刈																
	つる切・除伐																
アカマツ クロマツ	下刈	人工林															
		天然林															
	つる切・除伐																
カラマツ	下刈																
	つる切・除伐																

注) は2回刈り、 は必要に応じて実施することを示す。

資料：久慈・閉伊川国有林の地域別の森林計画書(久慈・閉伊川森林計画区)

森林内の水温の状況

今回の森林調査地の水温は、次のとおりである。調査場所により調査時間が異なるが、1日のうちの同じ時間帯ではないにもかかわらず、気温、水温とも安定して低く保たれている。

表 4.2-21 森林調査地の水温の測定結果

調査日	測定時間	森林1	森林2	森林3	森林4
	水温	針葉樹壮齢林	広葉樹若齢林	針葉樹若齢林	広葉樹天然林
H15.10.6	測定時間	10:00	12:00	13:30	15:30
	気温	13.2	14.0	12.0	12.0
	水温	12.2	12.6	11.8	11.2
H15.12.4	測定時間	13:00	11:10	10:00	8:30
	気温	5.0	6.0	3.8	1.4
	水温	7.3	7.6	6.4	6.1

注：調査時間はおおよその時間である。

(イ) 溪流における植生調査結果

下記の調査方法で調査した。

1) 群落の階層構造

〈高木層(BまたはT)〉 ほぼ5m以上の所に葉を茂らせている植物群。

〈低木層(S)〉 ほぼ0.7m~5mの高さに葉を茂らせている植物群。

〈草本層(KまたはH)〉 地表上から0.5mの高さに葉を茂らせている植物群。

〈コケ層(M)〉 地表上に生育しているコケ・地衣植物。

群落によっては、階層構造が明確に分かれており、さらに、高木層を高木層(B₁またはT₁)と亜高木層(B₂またはT₂)に、低木層を第一低木層(S₁)と第二低木層(S₂)に、草本層を第一草本層(K₁)と第二草本層(K₂)に細分することができる。

これらの階層の高さおよびその階層の被覆の程度を調査面積に対する百分率(被覆率という)で判定し、記録する。

2) 出現種のリストの作成

調査区内に出現するすべての種を各階層ごとに記録する。

3) 出現種の被度

各階層に、それぞれの出現種がどれくらいの広がりや葉を茂らせて生育しているか(これを被度という)を記録する。

〈被度5〉 被度が調査面積の $\frac{1}{2}$ 以上を占めているもの。個体数は任意。

〈被度4〉 被度が調査面積の $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{2}$ を占めているもの。個体数は任意。

〈被度3〉 被度が調査面積の $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{3}$ を占めているもの。個体数は任意。

〈被度2〉 個体数がきわめて多いか、または、被度が調査面積の $\frac{1}{10}$ ~ $\frac{1}{4}$ を占めているもの。

〈被度1〉 個体数は多いが、被度は $\frac{1}{10}$ 以下、または、個体数が少なく被度が $\frac{1}{10}$ 以下のもの。

〈被度+〉 個体数も少なく、被度も少ないもの。

〈被度0〉 きわめて稀に、最低被度で出現するもの。

4) 出現種の群度

調査区内やその周辺で個々の植物個体がどのような分散状態で生育しているかを示す尺度で、被度とは直接関係はない。下の基準によって判定し、記録する。

〈群度5〉 調査区内(樹木にあっては調査区周辺も含めて)に一箇に生育していて、その周辺はだいたい連続している。

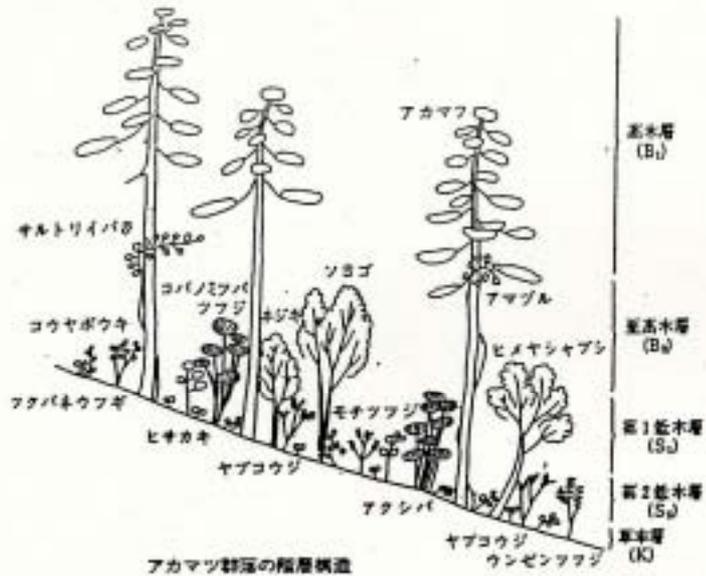
〈群度4〉 1, 2か所欠けて斑状に穴があいたような状態のもの。

〈群度3〉 2, 3か所に小さい斑状に群がって生育しているもの。

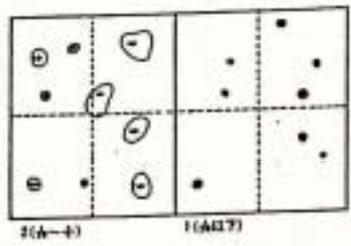
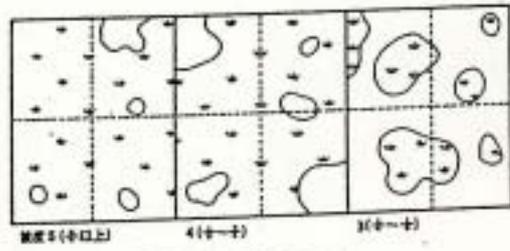
〈群度2〉 2, 3か所に小さい群をなして生育しているもの。

〈群度1〉 1, 2か所に離れて単独に生育しているもの。

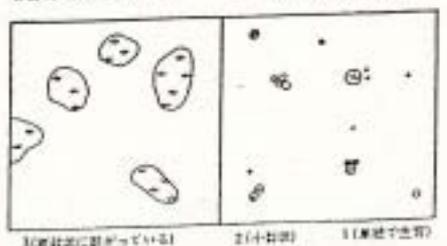
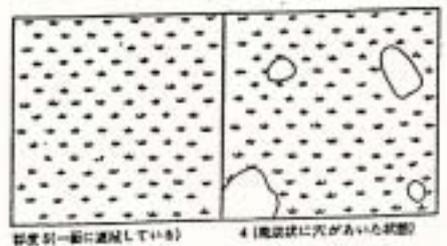
植生調査



アカマツ群落の階層構造



被度の模式図



群度の模式図

5) 底生動物調査結果

底生動物の調査結果は、表 4.2-22に示す摂食機能群と摂食型とに区分し、とりまとめた。森林域及び河川域の底生動物調査結果を表 4.2-23、表 4.2-24、図 4.2-24、図 4.2-25、図 4.2-26に示す。なお、生活型については資料編に示した調査結果一覧に記載した。

表 4.2-22 底生動物の区分

摂食機能群（餌の食べ方に着目して分類したグループ）の説明

分類	略号	区分	解説
摂食機能群	SH	破碎食者 shredder	落葉等を細かくかみ砕いて摂食する。
	FF	濾過食者 filter-feeder	網を張り有機物を集めて摂食する。
	GC	堆積物収集者 deposit-collector/collector-gather	堆積物を集めて摂食する。
	GR	剥ぎ取り食者 grazer	基質上の藻類を剥ぎ取る様に摂食する。
	PR	捕食者 predator	動物（死体も含む）を捕食する。
	PA	寄生者 parasite	宿主に寄生するもの。または自由生活で体液、血液を吸うもの。

摂食型（食性に着目して分類したグループ）の説明

分類	略号	区分	解説
摂食型	H	植食者 herbivora	植物を摂食する。
	A	藻類食者 algivora	藻類を摂食する。
	D	デトリタス食者 detritivora	CPOM、FPOM等を摂食する。
	P	動物食者 predator	動物を摂食する、宿主に寄生する。
	O	雑食者 omnivor	様々なものを摂食する。

生活型の説明

分類	区分	解説
生活型	造網型 net-spinning type	分泌絹糸を用いて捕獲網を作るもの。
	固着型 attaching type	強い吸着器官または鈎着器官をもって他物に固着するもの。
	匍匐型 creeping type	匍匐するもの。
	携巢型 case-bearing type	筒巢をもつ多くのトビケラ目の幼虫。
	遊泳型 swimming type	移動の際は主として遊泳するもの。
	掘潜型 burrowing type	砂または泥の中に潜っていることが多いもの。

）摂食機能群・摂食型・生活型は「R.W.MERRITT,K.W.CUMMINS(1996): Aquatic insects of North America」及び、「太田猛彦・高橋剛一郎(1999) 溪流生態砂防学」等を参考とした。

(1) 森林域底生動物調査結果

溪流の底生動物の生息数については、晩夏調査では生息数の多い順に見ると、森林-4（原生的広葉樹天然林）が3,972個体/m²、森林-3（若齢針葉樹人工林）が1,736個体/m²と多く、森林-2（若齢広葉樹人工林）と森林-1（壮齢針葉樹人工林）とはほぼ同数でそれぞれ500個体/m²、476個体/m²である。湿重量ではカゲロウ目が重く、その他森林-2ではトンボ目が重く確認された。

初冬調査では生息数の多い順に見ると、森林-3（若齢針葉樹人工林）と森林-1（壮齢針葉樹人工林）とがほぼ同数でそれぞれ2,240個体/m²、2,236個体/m²と多く、森林-4（原生的広葉樹天然林）と森林-2（若齢広葉樹人工林）がほぼ同数でそれぞれ1,672個体/m²、1,400個体/m²である。湿重量は全体に晩夏調査よりも重い傾向があった。晩夏調査と同様にカゲロウ目の重量が重く、森林-3ではハエ目、森林-4ではアミメカゲロウ目も重かった。

底生生物の生息数については、晩夏調査結果と初冬調査結果とでは森林タイプの順位も異なり、複数の要因が関係していることが考えられる。年間を通じて調査していないこと、調

査数が少ないことから更にデータを蓄積する必要がある。

(2) 河川域底生動物調査結果

< 晩夏調査 >

晩夏における底生動物調査の結果概要を表 4.2-23に、摂食型、摂食機能型別の種類数と個体数の変化を図 4.2-24に、分類群別質量を図 4.2-26に示す。

河川域の底生動物の定量調査と定性調査をあわせた種類数を摂食機能群別にみると、破碎食者4種、濾過食者15種、堆積物収集者48種、剥ぎ取り食者15種、捕食者40種、捕食・寄生者1種、その他6種の合計129種であった。地点別に種類数をみると50（稲荷橋）～73（小川）種類であった。個体数を地点別にみると2412（大川）～9760（豊間根）個体/m²であった。個体数の多かった豊間根では、摂食機能群別にみると剥ぎ取り食者および堆積物食者が多く、摂食型別にみるとデトリタス食および藻類食の食性をもった昆虫綱のシロハラコカゲロウが多かった。

森林と比較すると、豊間根以外の調査点では、森林域より個体数が少ない傾向にあった。豊間根は、種類数やその構成分類は他の地点と同様であったが、上流において、用水路への分流で瀬切れ等が生じやすい地点であったため、種類数に関しては流下してきたものが調査地点に留まる等、他の地点とは異なる特異な環境であったと考えられる。

湿重量では晩夏調査ではいずれの地点でもカゲロウ目が重く、豊間根、繫橋、稲荷橋ではトビケラ目も重かった。支川の小川ではアミメカゲロウ目が重かった。森林との比較では、いずれの地点でも森林域よりも湿重量が重い傾向があった。

< 初冬調査 >

初冬における底生動物調査の結果概要を表 4.2-24に、摂食機能型、摂食型別の種類数と個体数の変化を図 4.2-25に、分類群別質量を図 4.2-26に示す。

底生動物の定量調査と定性調査をあわせた種類数を摂食機能群別にみると、破碎食者12種、濾過食者13種、堆積物収集者43種、剥ぎ取り食者16種、捕食者44種、捕食・寄生者1種、寄生者1種、その他8種の合計138種であった。地点別に種類数をみると55（稲荷橋）～73（五堂城森）種類であった。個体数を地点別にみると1264（小川）～8276（繫橋）個体/m²であった。個体数の多かった繫橋では、摂食機能群別にみると堆積物食者および破碎食者、濾過食者が多く、摂食型別にみるとデトリタス食および雑食の食性をもった昆虫綱のウルマーシマトビケラ、コカクツツトビケラ属が多かった。

森林と比較すると、河川域の小川を除く各地点で森林域より個体数が多い、晩夏調査とは森林と河川との数量関係が逆転していた。

夏季と冬季の状況を比較すると、冬季は夏季より全体的に確認種類数が増加したが、個体数では小川で約1/3以下、繫橋で約2倍と増減の傾向は地点間で大きく異なっていた。摂食機

能群でみた内訳では、破碎食者が種類数、個体数とも増加しており、森林から供給される落葉等の供給量が増加したことが一因と考えられる。

湿重量は、初冬調査では全体に晩夏調査よりも重い傾向があった。特に繫橋で主にトビケラ目の増加により、65.3g/m²と他の地点に比べて非常に重いことが特徴的であった。種ごとの湿重量の計測は行っていないが、個体数ではウルマーシマトビケラ（1416個体/m²）及びコカクツトビケラ属（1072個体/m²）が多く確認されていた。その他の地点では、五堂城森、豊間根ではカゲロウ目、トビケラ目、ハエ目が、稲荷橋や支川の大川、小川ではハエ目が重く確認された。森林との比較では、いずれの地点でも森林域よりも湿重量が重い傾向があり、特にトビケラ目やハエ目の重量が重いために大きく差が見られるケースがみられた。

晩夏及び初冬の底生動物の調査結果を既往文献調査で示した北上川と比較すると、津軽石川の種類数はいずれの調査地点も、北上川で種類数が多かった上流地点と同程度かそれ以上であった。個体数に至っては、津軽石川では数倍から数十倍の量が存在している。また、津軽石川では、地点間の差異が北上川より少なく、上流から下流にかけて連続した底生動物の分布が形成されていると考えられる。

表 4.2-23 底生動物調査の結果概要（晩夏調査）

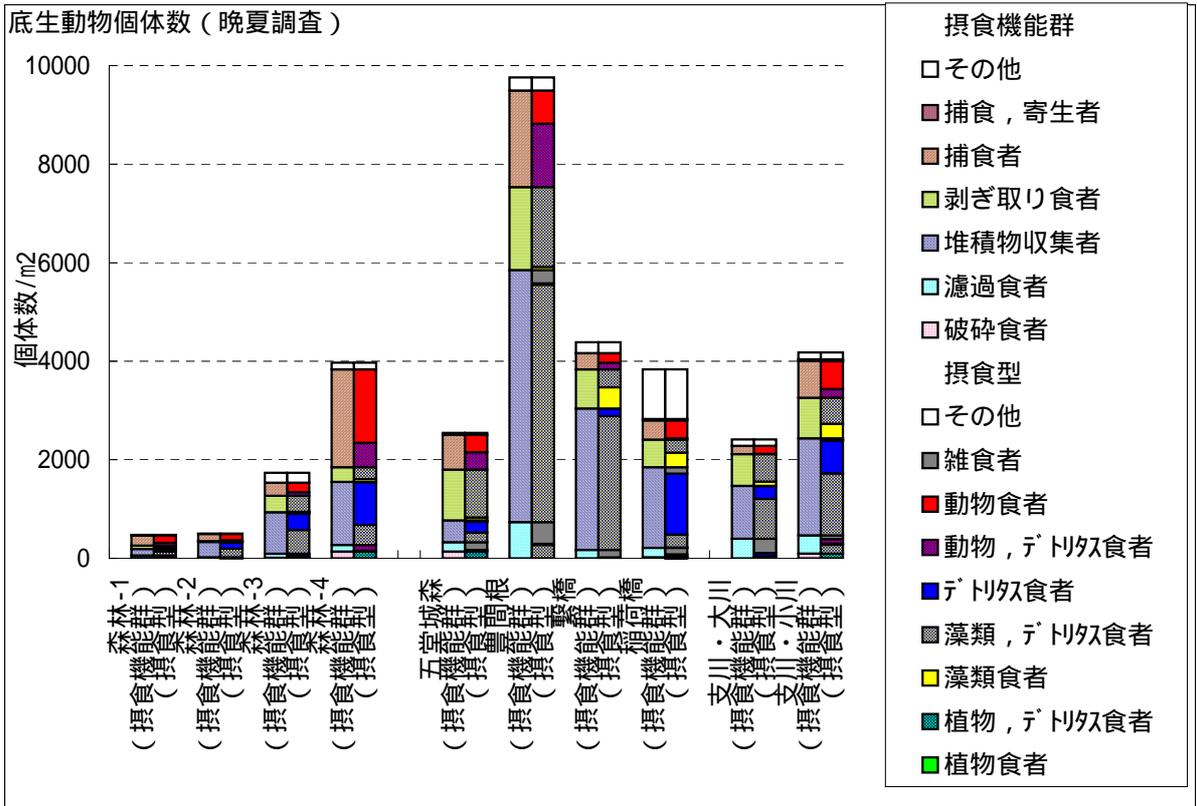
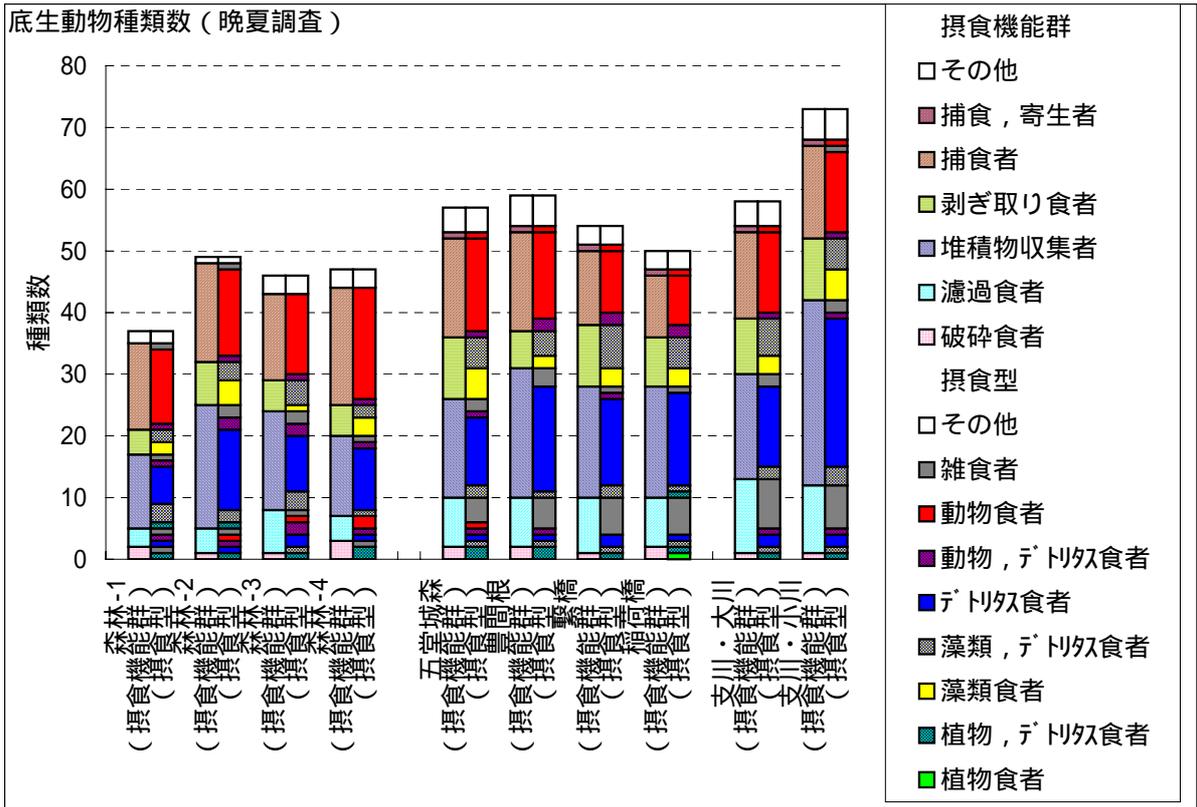
項目	森林																河川（津軽石川）																													
	森林-1 （針葉樹壮齢林）				森林-2 （広葉樹若齢林）				森林-3 （針葉樹若齢林）				森林-4 （広葉樹天然林）				五堂城森				豊間根				豊間根（10月）				繫橋				稲荷橋				大川				小川					
	種類数			個体数 (n/m ²)	種類数			個体数 (n/m ²)	種類数			個体数 (n/m ²)	種類数			個体数 (n/m ²)	種類数			個体数 (n/m ²)	種類数			個体数 (n/m ²)	種類数			個体数 (n/m ²)	種類数			個体数 (n/m ²)	種類数			個体数 (n/m ²)										
コ	シ	カ	コ		シ	カ	コ		シ	カ	コ		シ	カ	コ		シ	カ	コ		シ	カ	コ		シ	カ	コ		シ	カ	コ		シ	カ	コ		シ	カ	コ	シ	カ	コ	シ	カ		
破砕食者	植物食者	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	植物食, デトリタス食者	1	0	1	4	0	1	1	0	1	12	2	0	2	136	1	2	2	140	0	2	2	0	1	0	1	352	0	1	1	0	1	1	1	1	1	20	0	1	1	0	1	1	1	1	100
	雑食者	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	合計	1	1	2	4	0	1	1	0	1	12	3	1	3	140	1	2	2	140	0	2	2	0	1	0	1	352	0	1	1	0	2	1	2	24	0	1	1	0	1	1	1	1	100		
濾過食者	藻類食, デトリタス食者	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	4	0	0	0	0	1	1	1	32	1	1	1	268	1	0	1	4	1	1	1	12	1	0	1	24	1	1	1	48	1	1	1	176		
	デトリタス食者	1	0	1	4	1	0	1	2	0	2	24	1	0	1	16	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	2	4	1	0	1	32	2	1	2	64	2	2	2	20		
	動物食, デトリタス食者	1	0	1	44	1	0	1	2	0	2	40	1	0	1	112	0	1	1	0	1	1	1	24	1	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	92		
	動物食者	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	2	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	雑食者	1	0	1	8	0	1	1	0	1	12	0	0	0	0	2	4	4	156	5	4	5	444	3	3	5	196	5	4	6	156	5	2	6	132	6	3	8	284	6	6	7	76			
合計	3	0	3	56	2	2	4	24	6	1	7	80	2	2	4	128	3	8	8	188	7	7	8	736	5	3	7	208	7	6	9	172	7	2	8	188	9	6	12	396	10	9	11	364		
堆積物 収集者	植物食, デトリタス食者	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	藻類食, デトリタス食者	3	2	3	76	1	1	2	172	3	1	3	484	1	0	1	412	1	2	2	196	1	1	1	4816	1	1	1	4028	1	2	2	2712	1	0	1	268	2	1	2	812	3	1	3	1260	
	デトリタス食者	6	1	6	40	9	8	13	120	9	2	9	324	9	1	10	868	5	10	11	216	3	16	17	28	7	7	10	256	6	10	14	148	14	4	15	1236	7	11	13	256	21	12	24	660	
	動物食, デトリタス食者	1	0	1	4	2	1	2	12	2	1	2	24	1	1	1	4	1	1	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	20	
	雑食者	1	0	1	12	1	2	2	8	2	1	2	12	0	1	1	0	2	1	2	24	3	1	3	268	1	2	2	132	1	1	1	8	1	0	1	132	1	2	2	8	1	2	2	32	
合計	11	4	12	132	13	13	20	312	16	5	16	844	11	3	13	1284	9	14	16	444	7	18	21	5112	9	10	13	4416	8	14	18	2868	17	4	18	1640	10	14	17	1076	26	15	30	1972		
剥ぎ取り 食者	藻類食者	2	0	2	40	2	3	4	8	1	0	1	4	3	0	3	56	3	4	5	56	1	1	2	64	1	2	2	32	3	1	3	432	3	2	3	292	3	2	3	84	5	3	5	296	
	藻類食, デトリタス食者	2	0	2	24	1	2	3	4	3	1	4	328	2	1	2	240	4	5	5	972	4	4	4	1624	3	2	4	5736	4	6	7	360	4	4	5	264	6	4	6	560	5	5	5	524	
	合計	4	0	4	64	3	5	7	12	4	1	5	332	5	1	5	296	7	9	10	1028	5	5	6	1688	4	4	6	5768	7	7	10	792	7	6	8	556	9	6	9	644	10	8	10	820	
捕食者	動物食, デトリタス食者	1	0	1	60	1	0	1	20	1	0	1	76	1	1	1	496	1	1	1	356	2	2	2	1288	1	1	1	364	2	1	2	140	2	1	2	28	1	0	1	4	1	1	1	180	
	動物食者	8	4	12	148	11	9	14	124	12	4	13	192	11	9	18	1488	8	14	15	348	10	11	14	672	13	12	21	576	8	8	10	188	6	4	8	364	8	11	13	160	13	7	13	564	
	雑食者	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	4	
	合計	9	5	14	208	12	10	16	144	13	4	14	268	12	9	19	1984	9	15	16	704	12	13	16	1960	14	13	22	940	10	9	12	328	8	5	10	392	9	11	14	164	15	8	15	748	
捕食・ 寄生者	動物食者	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	4	1	1	1	28	0	1	1	0	1	1	1	36		
	合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	4	1	1	1	28	0	1	1	0	1	1	1	36		
その他	-	2	0	2	12	1	0	1	8	3	1	3	200	3	0	3	140	4	4	4	40	3	5	5	264	3	3	4	52	3	2	3	220	3	0	3	1004	3	4	4	132	5	3	5	140	
合計		30	10	37	1904	31	31	49	2000	43	12	46	6944	36	16	47	15888	33	53	57	10176	34	51	59	39040	36	34	54	46944	36	39	54	17536	45	19	50	15328	40	43	58	9648	68	45	73	16720	
主な出現種 個体数n/m ² （個体数比率：%）	トゲマダラカゲの属	60 (12.6)			ヒメフタオカゲの属	172 (34.4)			ヒメフタオカゲの属	356 (20.5)			モンユスリカ亜科	1200 (30.2)			ヒメヒラコカゲの属	612 (24.1)			シロハラコカゲの属	4816 (49.3)			エモンヒラコカゲの属	4576 (39.0)			シロハラコカゲの属	2712 (61.9)			ハモンユスリカ属	600 (15.7)			シロハラコカゲの属	199 (33.0)			シロハラコカゲの属	306 (29.3)				
									タニガワカゲの属	228 (13.1)			ヒレコカゲの属	692 (17.4)			トゲマダラカゲの属	356 (14.0)			トゲマダラカゲの属	1248 (13.2)			シロハラコカゲの属	4028 (34.3)							コカゲの属	384 (10.0)			ヒメヒラコカゲの属	63 (10.4)								
													トゲマダラカゲの属	496 (12.5)			ヒラコカゲの属	332 (13.1)			ヒラコカゲの属	1020 (10.5)																								
													ヒメフタオカゲの属	412 (10.4)																																

注) 主な種類は、各調査地点における個体数の上位5種（ただし個体数合計に対する比率10%以上）とした。

表 4.2-24 底生動物調査の結果概要（初冬調査）

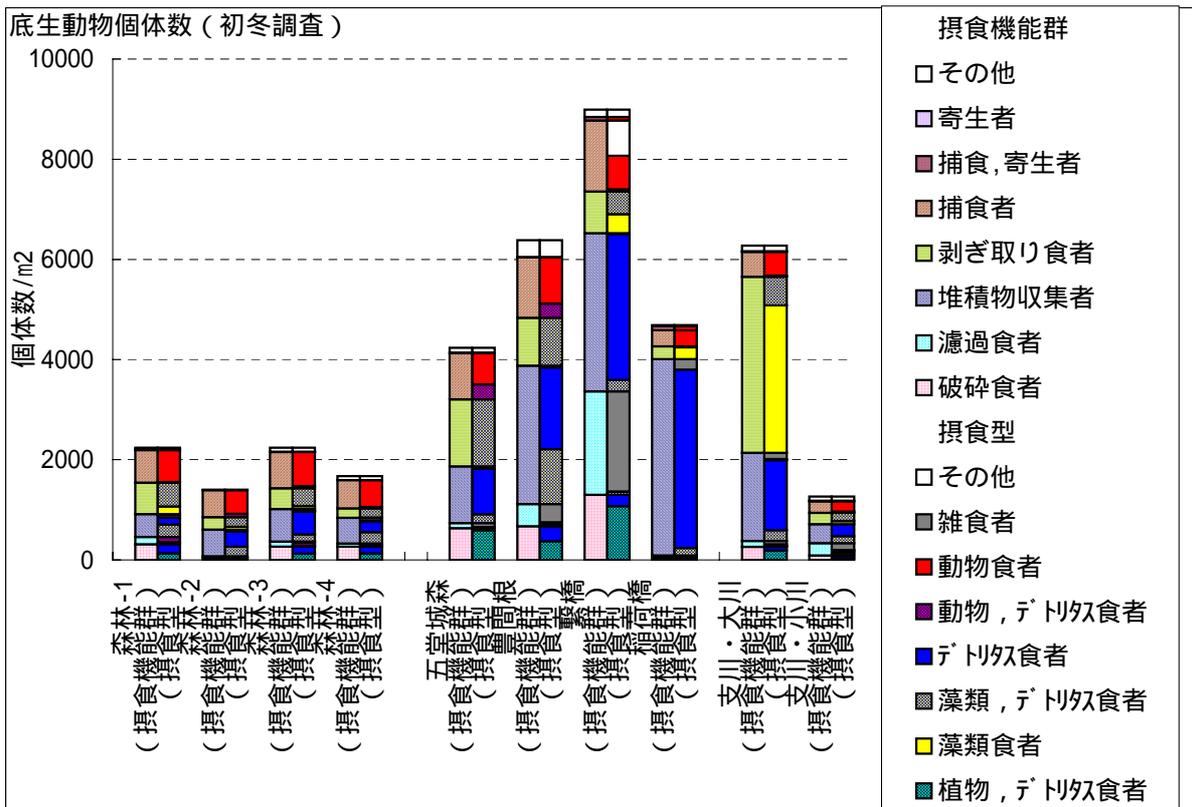
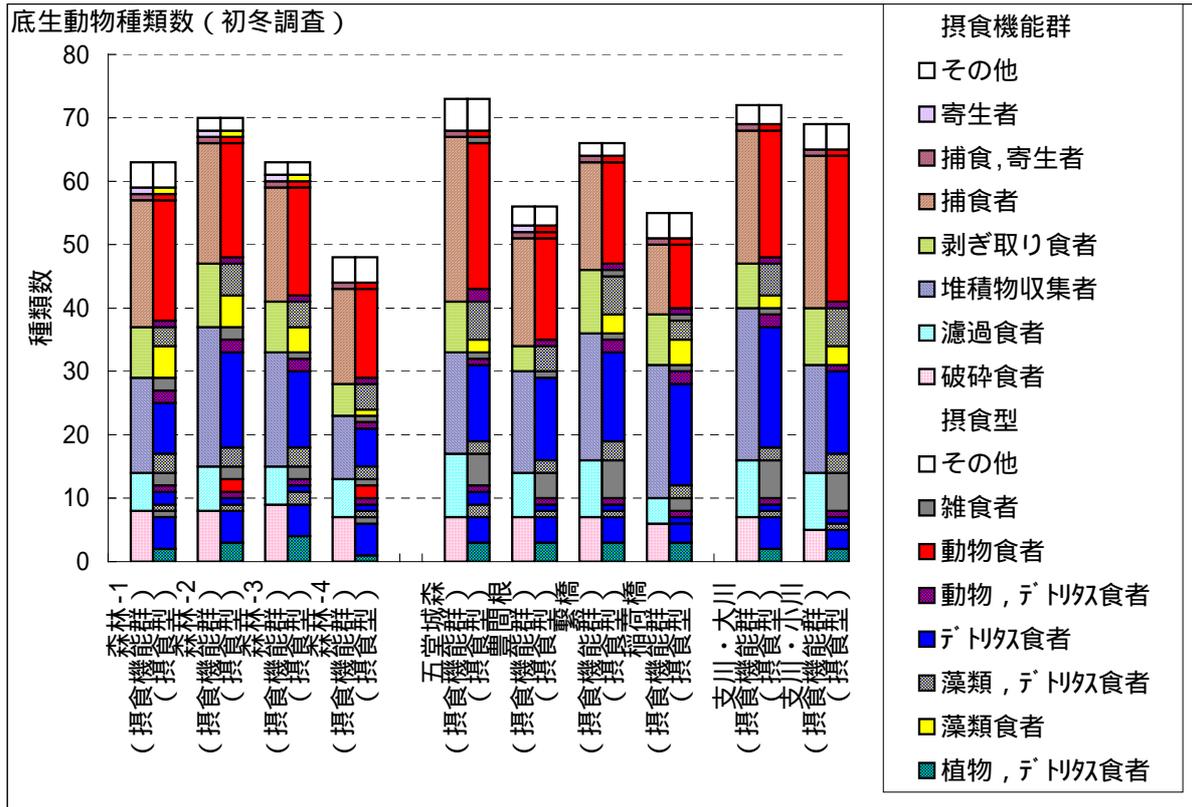
項 目	森林																河川（津軽石川）																								
	森林-1 （針葉樹壮齡林）				森林-2 （広葉樹若齡林）				森林-3 （針葉樹若齡林）				森林-4 （広葉樹天然林）				五堂城森				豊間根				繫橋				稲荷橋				大川				小川				
	種類数			個体数 (n/m ²)	種類数			個体数 (n/m ²)	種類数			個体数 (n/m ²)	種類数			個体数 (n/m ²)	種類数			個体数 (n/m ²)																					
コ	シ	カ	コ		シ	カ	コ		シ	カ	コ		シ	カ	コ		シ	カ	コ		シ	カ	コ		シ	カ	コ		シ	カ	コ		シ	カ	コ	シ	カ	コ	シ	カ	
破砕食者	植物食, デトリタス食者	2	1	2	128	1	2	3	8	3	2	4	124	1	0	1	132	3	2	3	596	3	2	3	372	1	3	3	1072	1	3	3	28	2	1	2	188	2	2	2	36
	デトリタス食者	4	1	5	184	3	4	5	32	5	0	5	140	4	3	5	136	2	4	4	36	4	2	4	300	2	3	4	228	3	2	3	20	4	2	5	72	2	3	3	52
	雑食者	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合 計	6	3	8	312	4	6	8	40	8	2	9	264	5	4	7	268	5	6	7	632	7	4	7	672	3	6	7	1300	4	5	6	48	6	3	7	260	4	5	5	88
濾過食者	藻類食者, デトリタス食者	1	0	1	16	1	0	1	4	1	1	2	16	1	1	1	8	1	2	2	24	1	0	1	44	1	0	1	64	0	0	0	0	1	1	1	12	1	0	1	48
	デトリタス食者	1	1	2	28	1	1	1	12	1	0	1	4	0	1	1	0	0	2	2	0	1	0	1	28	0	1	1	0	1	1	1	36	1	1	1	12	1	1	1	44
	動物食, デトリタス食者	1	0	1	104	1	1	1	20	1	1	1	68	1	1	1	24	0	1	1	0	1	1	1	8	1	1	1	4	0	1	1	0	1	1	1	28	1	1	1	16
	動物食者	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	雑食者	0	2	2	0	0	2	2	0	1	2	2	16	1	0	1	28	3	4	5	80	3	3	4	364	6	5	6	1996	1	1	2	4	5	5	6	64	4	4	6	140
	合 計	3	3	6	148	3	6	7	36	4	4	6	104	3	5	6	60	4	9	10	104	6	4	7	444	8	7	9	2064	2	3	4	40	8	8	9	116	7	6	9	248
堆積物 収集者	藻類食者, デトリタス食者	3	1	3	248	2	3	3	192	2	2	3	140	2	2	2	224	2	2	2	172	1	2	2	1092	3	3	3	228	2	2	2	152	2	2	2	220	2	3	3	140
	デトリタス食者	8	2	8	132	12	7	15	296	12	2	12	460	5	2	6	216	7	8	12	908	10	6	13	1636	10	12	14	2916	13	9	16	3560	18	9	19	1392	6	10	13	236
	動物食, デトリタス食者	2	1	2	56	0	2	2	0	1	1	2	12	1	0	1	24	1	1	1	8	0	0	0	0	1	2	2	8	0	2	2	0	1	1	2	24	0	1	1	0
	雑食者	2	1	2	20	2	1	2	40	1	1	1	36	1	1	1	52	1	1	1	40	1	1	1	32	1	1	1	8	1	1	1	208	1	1	1	124	0	0	0	0
	合 計	15	5	15	456	16	13	22	528	16	6	18	648	9	5	10	516	11	12	16	1128	12	9	16	2760	15	18	20	3160	16	14	21	3920	22	13	24	1760	8	14	17	376
剥ぎ取り 食者	藻類食者	5	0	5	152	5	0	5	56	4	0	4	60	1	0	1	4	1	1	2	4	0	0	0	0	3	2	3	376	3	3	4	236	2	1	2	2944	3	2	3	60
	藻類食, デトリタス食者	2	3	3	476	5	4	5	192	4	4	4	356	3	2	4	180	4	5	6	1340	4	3	4	956	5	4	6	452	1	2	3	8	5	4	5	572	6	4	6	168
	雑食者	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0
	合 計	7	3	8	628	10	4	10	248	8	4	8	416	4	2	5	184	5	6	8	1344	4	3	4	956	8	7	10	828	5	6	8	252	7	5	7	3516	9	6	9	228
捕食者	動物食, デトリタス食者	1	0	1	12	1	1	1	72	1	0	1	44	1	1	1	28	1	2	2	296	1	0	1	284	1	1	1	48	1	1	1	4	1	1	1	24	1	1	1	28
	動物食者	13	10	19	636	16	7	18	464	13	11	17	676	12	7	14	536	11	16	23	624	12	13	16	924	13	10	16	664	5	10	10	320	15	13	20	472	14	18	23	204
	雑食者	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合 計	14	10	20	648	17	8	19	536	14	11	18	720	13	8	15	564	12	19	26	920	13	13	17	1208	14	11	17	712	6	11	11	324	16	14	21	496	15	19	24	232
捕食・ 寄生者	動物食者	1	0	1	8	1	1	1	4	1	0	1	8	1	0	1	4	1	1	1	12	1	0	1	4	1	1	1	64	1	1	1	80	1	0	1	16	1	0	1	12
	合 計	1	0	1	8	1	1	1	4	1	0	1	8	1	0	1	4	1	1	1	12	1	0	1	4	1	1	1	64	1	1	1	80	1	0	1	16	1	0	1	12
寄生者	藻類食者	1	0	1	12	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	動物食者	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合 計	1	0	1	12	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	-	4	1	4	24	2	0	2	8	2	1	2	80	4	1	4	76	3	4	5	92	2	3	3	336	1	2	2	148	1	4	4	24	3	2	3	112	4	2	4	80
合 計		51	25	63	2236	53	39	70	1400	53	29	63	2240	39	25	48	1672	41	57	73	4232	46	36	56	6384	50	52	66	8276	35	44	55	4688	63	45	72	6276	48	52	69	1264
主な出現種 個体数n/m ² （個体数比率：％）	タニガリカゲの属	460 (20.6)			ミドリカゲラ科	164 (11.7)			モユスリカ亜科	256 (11.4)			モユスリカ亜科	340 (20.3)			ヒラタカゲの属	608 (14.4)			シハラコカゲの属	1092 (17.1)			カクマツビケラ	1416 (17.1)			ウシバヒメカガンホの属	2596 (55.4)			マルツツビケラ属	2932 (46.7)			シハラコカゲの属	136 (10.8)			
	ミドリカゲラ科	304 (13.6)			シハラコカゲの属	156 (11.1)							ヒメワカガの属	208 (12.4)			トヨクマダラカゲの属	592 (14.0)			トヨクマダラカゲの属	872 (13.7)			エリュスリカ属	1112 (13.4)			エリュスリカ属	796 (17.0)			ヒメビレカゲの属	656 (10.5)							
																	ヒメワカガの属	524 (12.4)							コカクツツビケラ属	1072 (13.0)															
																	グマカトビケラ属	424 (10.0)																							

注) 主な種類は、各調査地点における個体数の上位5種（ただし個体数合計に対する比率10%以上）とした。



注) 摂食機能群に並んだ摂食型が、摂食機能型の内訳(摂食型)を示している。

図 4.2-24 底生動物の摂食機能型、摂食型別の種類数、個体数（晩夏調査）



注) 摂食機能群に並んだ摂食型が、摂食機能型の内訳(摂食型)を示している。

図 4.2-25 底生動物の摂食機能型、摂食型別の種類数、個体数（初冬調査）

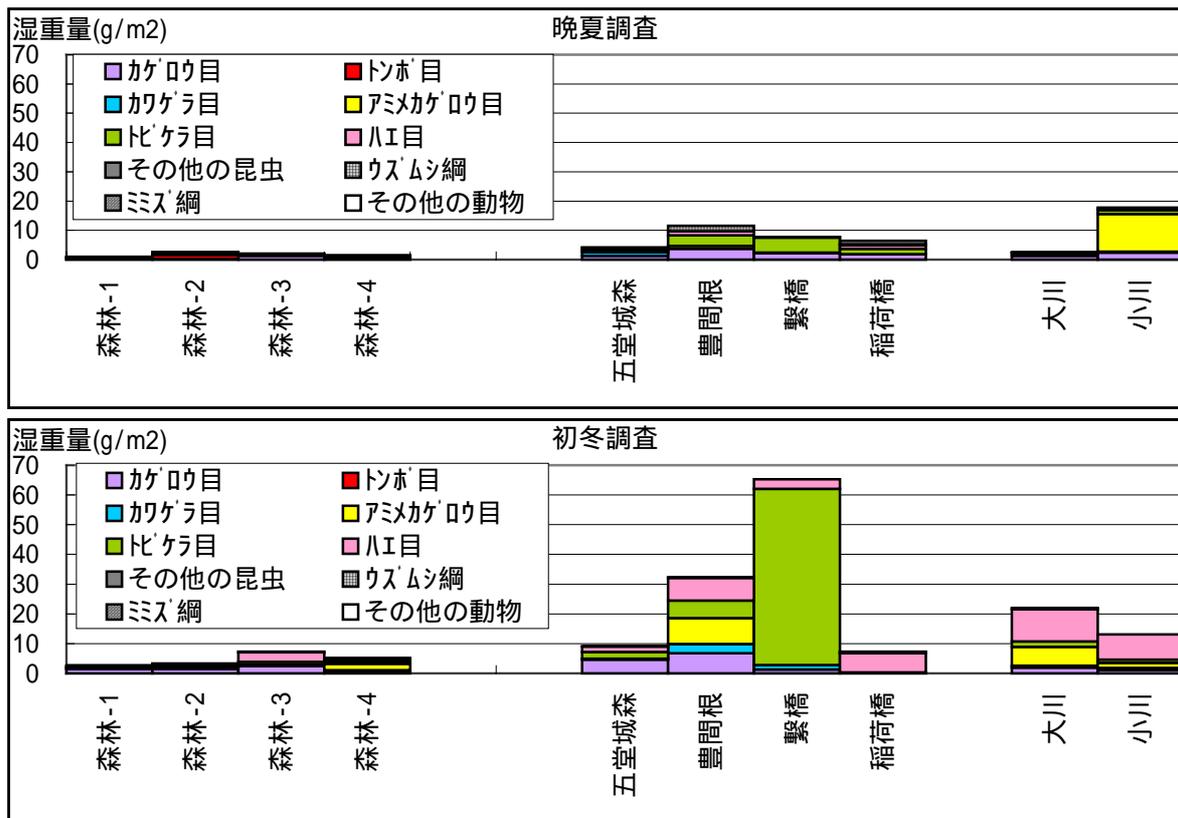


図 4.2-26 底生動物の分類群別湿重量

6) 付着藻類調査結果

(1) 森林域付着藻類調査結果

森林域における付着藻類調査結果の概要を表 4.2-25に示す。

森林では全般に種類数、細胞数ともに河川に比較し少ない。晩夏調査と初冬調査の結果は、いずれの時期も森林-2（若齢広葉樹人工林）の細胞数がそれぞれ1,824細胞/mm²、1,864細胞/mm²と他の森林よりも多い結果となった。

晩夏調査の場合は森林-1（壮齢針葉樹人工林）、森林-3（若齢針葉樹人工林）、森林-4（原生的広葉樹天然林）は極めて少ない。

初冬調査の場合は森林-1（壮齢針葉樹人工林）、森林-4（原生的広葉樹天然林）は極めて少ない。

表 4.2-25(1) 森林域における付着藻類調査結果概要（晩夏調査）

採集面積：2,500mm²
単 位：細胞/mm²

項目		森林-1 針葉樹壮齢林	森林-2 広葉樹若齢林	森林-3 針葉樹若齢林	森林-4 広葉樹天然林
種類数 (定量)	藍藻	0	1	1	2
	紅藻	0	1	1	1
	珪藻	12	13	7	7
	緑藻	0	0	0	0
	合計	12	15	9	10
種類数 (定量+定性)	藍藻	0	1	1	2
	紅藻	0	1	1	1
	珪藻	13	14	11	10
	緑藻	0	0	0	0
	合計	13	16	13	13
細胞数 (細胞/mm ²)	藍藻	0	38	21	10
	紅藻	0	28	179	148
	珪藻	87	1,758	139	127
	緑藻	0	0	0	0
	合計	87	1,824	339	285
主な出現種 (細胞/mm ² ・(%))	<i>Cocconeis placentula</i> 42 (48.3)	<i>Achnanthes japonica</i> 653 (35.8)	Porphyridiales 179 (52.8)	Porphyridiales 148 (51.9)	
	<i>Achnanthes subhudsonis</i> 13 (14.9)	<i>Cocconeis placentula</i> 548 (30.0)	<i>Achnanthes japonica</i> 88 (26.0)	<i>Cocconeis placentula</i> 96 (33.7)	
		<i>Achnanthes lanceolata</i> 293 (16.1)			

表 4.2-25(2) 森林域における付着藻類調査結果概要（初冬調査）

採集面積：2,500mm²
単 位：細胞/mm²

項目		森林-1 針葉樹壮齡林	森林-2 広葉樹若齡林	森林-3 針葉樹若齡林	森林-4 広葉樹天然林
種類数 (定量)	藍藻	1	3	2	1
	紅藻	1	1	1	0
	珪藻	4	13	12	7
	緑藻	0	0	0	0
	合計	6	17	15	8
種類数 (定量+定性)	藍藻	1	4	2	1
	紅藻	1	1	1	0
	珪藻	4	15	18	8
	緑藻	0	0	0	0
	合計	6	20	21	9
細胞数 (細胞/mm ²)	藍藻	14	625	251	4
	紅藻	58	780	369	0
	珪藻	174	459	874	73
	緑藻	0	0	0	0
	合計	246	1,864	1,494	77
主な出現種 (細胞/mm ² ・(%))	<i>Cocconeis placentula</i> 168 (68.3)	Porphyridiales 780 (41.8)	Porphyridiales 369 (24.7)	<i>Cocconeis placentula</i> 48 (62.3)	
	Porphyridiales 58 (23.6)	<i>Homoeothrix janthina</i> 441 (23.7)	<i>Cocconeis placentula</i> 345 (23.1)	<i>Achnanthes lanceolata</i> 11 (14.3)	
		<i>Cocconeis placentula</i> 285 (15.3)	<i>Homoeothrix janthina</i> 297 (19.9)	<i>Achnanthes japonica</i> 8 (10.4)	
			<i>Achnanthes subhudsonis</i> 251 (16.8)		

(2) 河川域付着藻類調査結果

< 晩夏調査 >

晩夏における付着藻類調査の結果概要を表 4.2-26に、付着藻類の種類数と細胞数を図 4.2-27に示す。

河川における付着藻類の種類数は、調査全体で藍藻綱4種類、紅藻綱2種類、珪藻綱38種類、緑藻綱5種類の合計49種類が確認された。調査地点別にみると、種類数は9（五堂城森）～28（小川）種類であった。細胞数は6（豊間根）～61,639（繫橋）細胞/mm²であった。津軽石川では、下流に向かうほど、細胞数は多くなり、同時に珪藻類の比率が低下して、藍藻類の比率が上昇していた。なお、豊間根については、他地点と傾向が大きく異なり、種類数、細胞数とも極端に少ないが、これは豊間根上流において、用水路への分流で瀬切れ等が生じやすい地点であったためと考えられる。

森林、河川を通してみると、津軽石川上流部の五堂城森は森林と同様、種類数、細胞数ともに少なく、下流に向かうほど、細胞数が多くなった。また、支川の大川、小川は五堂城森

と比べ種類数、細胞数が多く、流下する水中のPOM濃度と傾向が概ね一致している。細胞数及び種類数の違いは、大川、小川が本川最上流の五堂城森より、カバー率（河畔林によって水面が覆われる率）が低かったことが要因としてあげられる。

表 4.2-26 付着藻類調査の結果概要（晩夏調査）

採集面積：2,500mm²
単 位：細胞/mm²

項目	津軽石川							
	五堂城森	豊間根	豊間根(参考値)	繫橋	稲荷橋	大川	小川	
種類数 (定量)	藍藻	2	0	0	4	4	4	4
	紅藻	0	0	0	0	0	0	0
	珪藻	5	3	11	12	15	15	20
	緑藻	0	0	0	1	1	1	0
	合計	7	3	11	17	20	20	24
種類数 (定量+定性)	藍藻	2	0	1	4	4	4	4
	紅藻	0	0	0	0	1	0	1
	珪藻	7	10	17	17	16	19	22
	緑藻	0	0	1	3	4	1	1
	合計	9	10	19	24	25	24	28
細胞数 (細胞/mm ²)	藍藻	116	0	0	61,228	40,353	27,134	8,457
	紅藻	0	0	0	0	0	0	0
	珪藻	4,446	6	55	355	5,646	14,157	24,409
	緑藻	0	0	0	56	193	12	0
	合計	4,562	6	55	61,639	46,192	41,303	32,866
主な出現種 (細胞/mm ² ・ (%))	<i>Achnanthes japonica</i> 3,920 (85.9)	<i>Achnanthes lanceolata</i> 3 (50.0)	<i>Achnanthes lanceolata</i> 27 (49.1)	<i>Homoeothrix janthina</i> * 47,100 (76.4)	<i>Homoeothrix janthina</i> * 31,900 (69.1)	<i>Homoeothrix janthina</i> * 23,300 (56.4)	<i>Achnanthes japonica</i> 18,500 (56.3)	
		<i>Navicula atomus</i> 2 (33.3)	<i>Melosira varians</i> 6 (10.9)	<i>Entophysalis</i> sp. 12,300 (20.0)	<i>Entophysalis</i> sp. 6,830 (14.8)	<i>Achnanthes japonica</i> 12,300 (29.8)	<i>Homoeothrix janthina</i> * 4,550 (13.8)	
		<i>Cymbella minuta</i> 1 (16.7)			<i>Achnanthes japonica</i> 5,030 (10.9)			

注) 1. *は、糸状体数で計数。

2. 採集年月日：豊間根、五堂城森、大川、小川は平成15年9月26日、稲荷橋、繫橋は9月28日、
なお、豊間根は他地点と傾向が大きく異なることから、10月7日に調査を再度行い参考値として示した。
3. 主な出現種として、各調査点の細胞数の上位5種（ただし、種別組成比が10%以上）を示す。

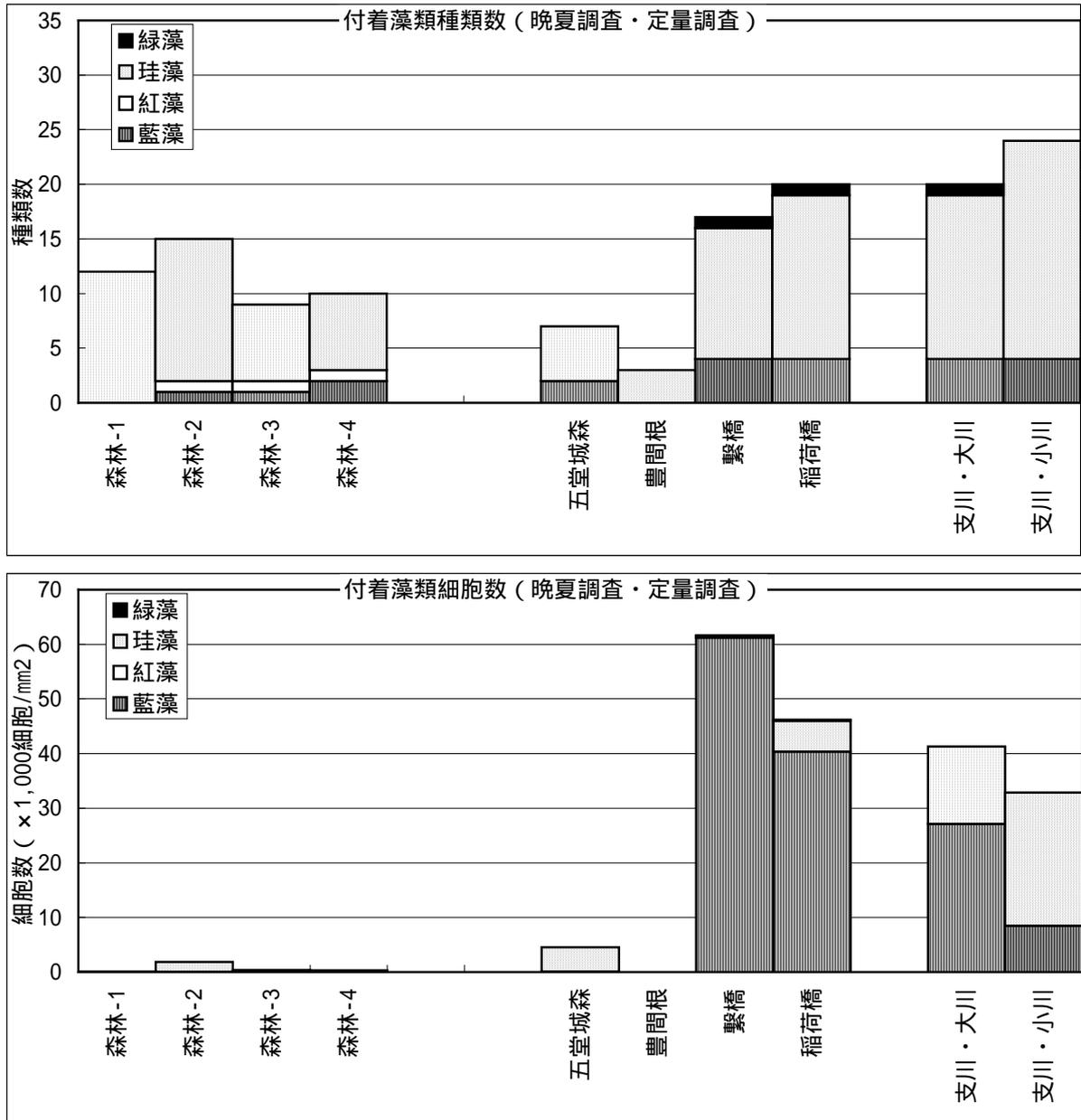


図 4.2-27 森林域、河川域における付着藻類の種類数、細胞数 (晩夏調査)

< 初冬調査 >

初冬における付着藻類調査の結果概要を表 4.2-27に、付着藻類の種類数と細胞数を図 4.2-28に示す。

河川における付着藻類の種類数は、調査全体で藍藻綱4種類、紅藻綱2種類、珪藻綱44種類、緑藻綱5種類の合計55種類が確認され、夏季に比べると紅藻綱が確認され、珪藻綱が増加した。調査地点別にみると、種類数は8 (豊間根) ~ 35 (稻荷橋) 種類であり、夏季に比べると全体的に増加した。細胞数は1,301 (繫橋) ~ 23,739 (大川) 細胞/mm²であり、夏季に比べると本川中流から下流の繫橋や稻荷橋で大幅な減少が見られた。支川の大川、小川は本川と比べ細胞密度は著しく高く、珪藻綱の比率も著しく高かった。また、豊間根は晩夏調査で

は瀬切れ等の影響により他地点と比べて極端に少なかったが、初冬調査では流量が回復したことなどにより藍藻綱の*Homoeothrix janthina*が繁茂したため細胞数が大幅に増加している。森林、河川を通してみると、初冬調査でも、大川および小川で種類数、細胞数が本川上流の五堂城森や森林より多いことが目立つ。

表 4.2-27 付着藻類調査の結果概要（初冬調査）

採集面積：2,500mm²
単 位：細胞/mm²

項目		津軽石川					
		五堂城森	豊間根	繫橋	稲荷橋	大川	小川
種類数 (定量)	藍藻	3	2	3	2	3	4
	紅藻	0	0	0	0	0	1
	珪藻	7	5	25	28	21	17
	緑藻	0	0	1	1	0	1
	合計	10	7	29	31	24	23
種類数 (定量+定性)	藍藻	3	2	3	2	3	4
	紅藻	0	1	0	0	0	2
	珪藻	10	5	25	30	23	20
	緑藻	0	0	3	3	0	1
	合計	13	8	31	35	26	27
細胞数 (細胞/mm ²)	藍藻	2,866	11,203	717	2,427	15,090	1,733
	紅藻	0	0	0	0	0	32
	珪藻	424	194	561	523	8,649	18,854
	緑藻	0	0	23	72	0	88
	合計	3,290	11,397	1,301	3,022	23,739	20,707
主な出現種 (細胞/mm ² ・ (%))	<i>Homoeothrix janthina</i> *	<i>Homoeothrix janthina</i> *	<i>Homoeothrix janthina</i> *	<i>Homoeothrix janthina</i> *	<i>Homoeothrix janthina</i> *	<i>Achnanthes japonica</i> *	
	2680 (81.5)	10900 (95.6)	402 (30.9)	2400 (79.4)	15000 (63.2)	18300 (88.4)	
	<i>Achnanthes japonica</i> 352 (10.7)		<i>Chamaesiphon</i> sp. 282 (21.7)		<i>Achnanthes japonica</i> 7200 (30.3)		
		<i>Hannaea arcus</i> var. <i>recta</i> 227 (17.4)					

注) 1. *は、糸状体数で計数。

2. 採集年月日：稲荷橋、繫橋は平成15年12月1日、大川、小川森林（森林1～4）は12月2日、豊間根、五堂城森は年12月3日。

3. 主な出現種として、各調査点の細胞数の上位5種（ただし、種別組成比が10%以上）を示す。

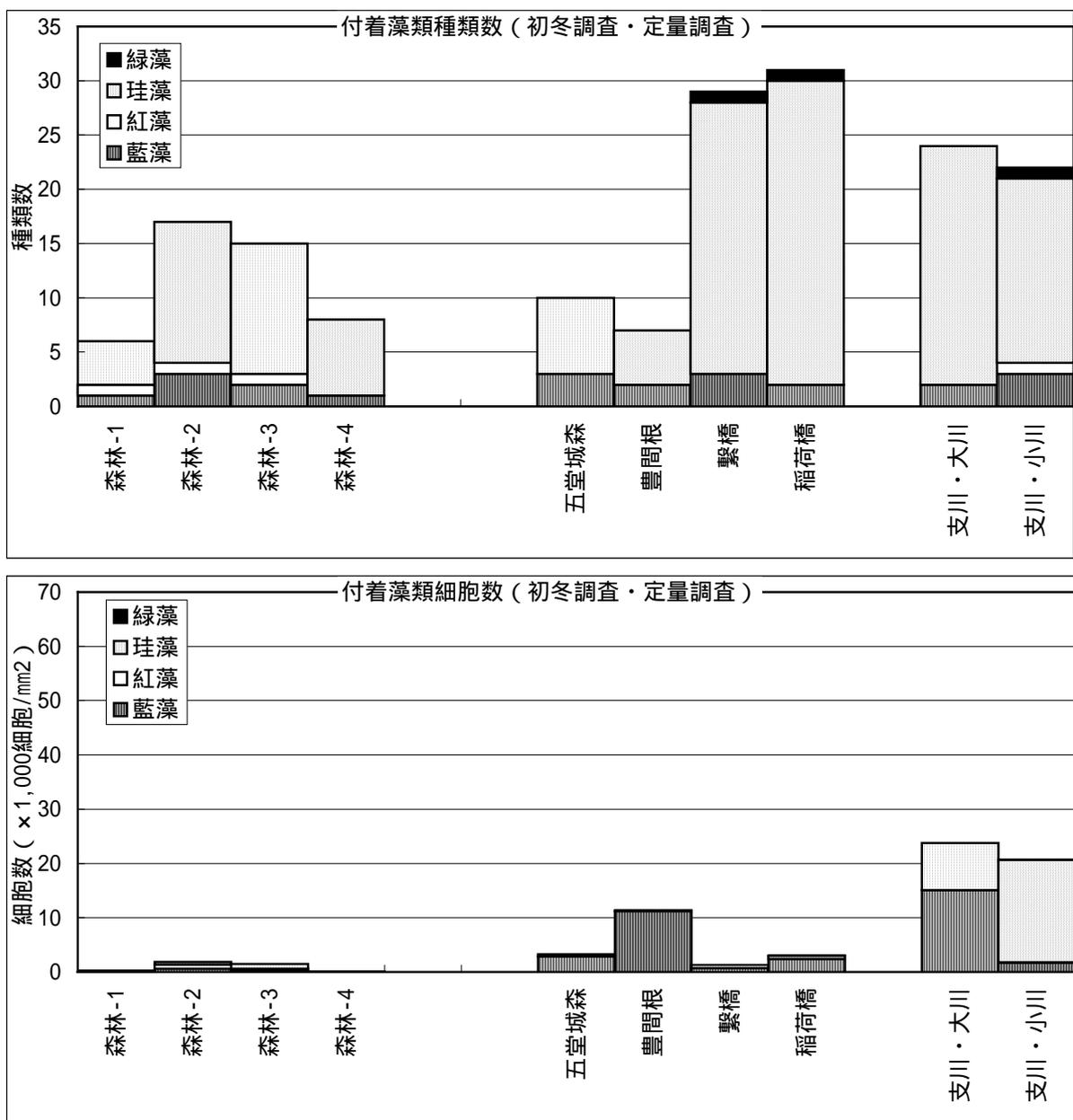


図 4.2-28 森林域、河川域における付着藻類の種類数、細胞数 (初冬調査)

7) 藻場等目視観察調査結果

宮古湾及び大槌湾の調査地点において、潜水による目視観察を実施し、大型海藻草類、大型底生動物、魚類等の生息状況をベルトトランセクト法により確認した。

(1) 現地観測結果

藻場等目視観察調査時における現地観測結果を表 4.2-28、図 4.2-29に示す。

表 4.2-28 藻場等目視観察調査現地観測結果

調査地点	宮古湾						大槌湾		
	宮古	宮古	宮古	宮古	宮古	宮古	大槌	大槌	大槌
調査日	H15.9.25	H15.9.25	H15.9.25	H15.9.28	H15.9.28	H15.9.28	H15.9.27	H15.9.27	H15.9.27
調査時間	9:15 ~ 10:55	11:10 ~ 12:30	13:20 ~ 14:55	8:33 ~ 9:35	9:45 ~ 11:00	11:20 ~ 12:40	9:20 ~ 10:20	10:55 ~ 12:20	13:35 ~ 15:20
天候	雨	雨	雨	雨	曇	曇	晴	晴	晴
気温()	17.3	19.8	20.4	15.4	16.8	17.0	18.4	21.3	21.3
水深(m)	3.9	9.1	12.5	18.2	22.5	22.2	12.5	12.8	12.4
色相	5GY3/3	5GY3/3	10GY3/4	10GY3/4	10GY3/4	5G2.4/3	5BG3.5/7	10GY3/4	5BG2.4/3
透明度(m)	2.2	2.7	4.7	3.5	3.6	5.3	5.6	8.3	10.7

注) 観測はラインエンドで実施した。

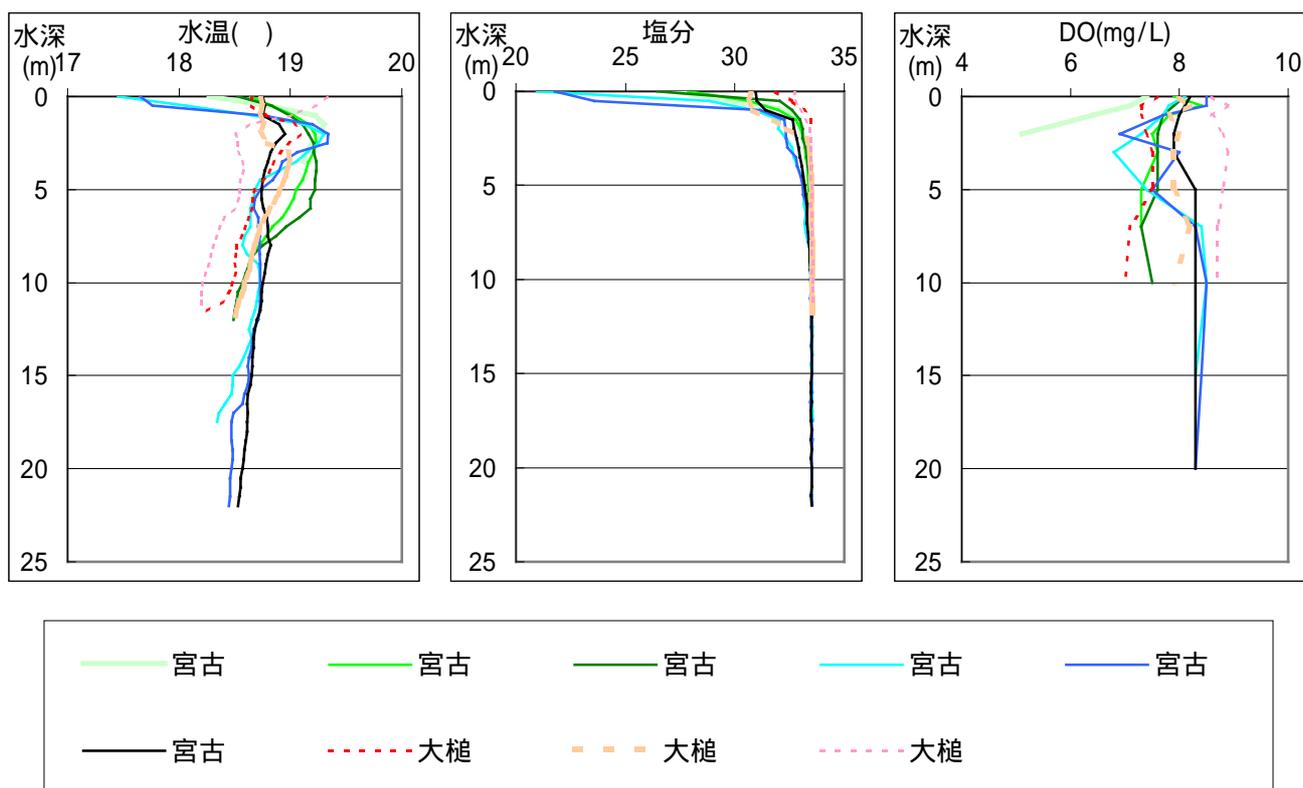


図 4.2-29 藻場等目視観察調査地点における水温、塩分、DOの鉛直分布

(2) 目視観察結果

藻場等の目視確認調査結果を図 4.2-30、表 4.2-29に示す。

宮古湾における調査全体の種類数は、植物では藍藻植物門1種、緑藻植物門4種、褐藻植物門14種、紅藻植物門37種、種子植物門1種の合計57種が確認された。大型底生生物では、海綿動物門1種、刺胞動物門2種、軟体動物門21種、環形動物門2種、節足動物門7種、触手動物門2種、棘皮動物門14種、原索動物門2種の合計51種が確認された。また、魚類では軟骨魚綱エイ目1種、硬骨魚綱タラ目1種、カサゴ目4種、スズキ目6種の合計12種が確認された。

調査地点別にみると植物では24(宮古)~31(宮古)種、大型底生生物では13(宮古)~28(宮古)種、魚類では1(宮古)~7(宮古)であった。

確認された主な生物として、植物では宮古湾奥部の宮古 及び宮古 では、水深3m以浅の岩盤にスガモが、すべての側線の水深4~5m以浅にコンブ属が確認された。無節サンゴモ類は宮古 ~ において確認され、特に湾口よりの宮古 及び宮古 では、70~95%以上もの高い被度を示す箇所もみられた。大型底生生物では、キタムラサキウニやエゾバフンウニ、エゾアワビなどの水産資源生物の他、タテスジホウズキガイやクボガイなどが確認された。魚類では宮古 でスズメダイとアサヒアナハゼが、宮古 でウミタナゴとリュウグウハゼが頻繁に確認された。

大槌湾における調査全体の種類数は、植物では藍藻植物門2種、緑藻植物門1種、褐藻植物門13種、紅藻植物門35種、種子植物門1種の合計52種が確認された。付着生物・底生動物では、海綿動物門1種、刺胞動物門2種、軟体動物門20種、環形動物門2種、節足動物門4種、触手動物門1種、棘皮動物門9種、原索動物門1種の合計51種が確認された。また、魚類では硬骨魚綱カサゴ目3種、スズキ目6種の合計9種が確認された。

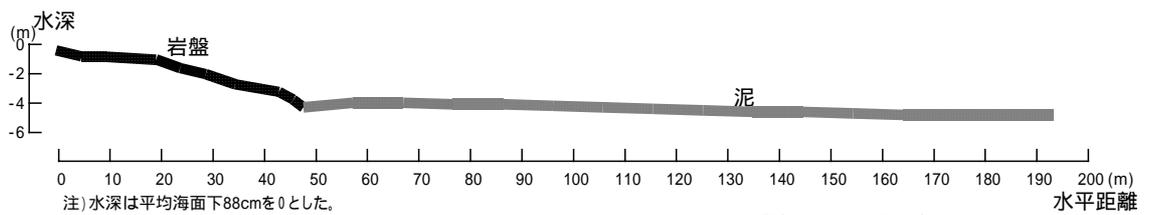
調査地点別にみると植物では30(大槌)~38(大槌)種、大型底生生物では25(大槌)~31(大槌)種、魚類では4(大槌)~5(大槌 、)であった。

確認された主な生物として、植物では大槌 では浅場でアカバヤカイノリ等が、大槌 では水深8m以浅でハリガネやコンブ属が確認された。大槌 では、水深4m以浅にスガモが、水深6m以浅にコンブ属が、水深9m以浅にマクサが確認された。動物はヤドカリ亜目、キタムラサキウニ、コシダカガンガラ等が確認された。魚類では、リュウグウハゼとカマス科が大槌 で頻繁に観察された。

他の地域の藻場調査では、アマモ場における小型底曳網による魚類調査で、岡山県瀬戸内海では年間で約60種類、長崎県志々伎湾では約90種類もの魚類が捕獲された(東 1980)。東北地方や瀬戸内海のアマモ場に比べて関東以南の太平洋岸および九州沿岸のアマモ場では魚類相が豊富で多様度も高くなる傾向にあると言われている(東 1980)。

コンブ場については水産的有用資源の観点から研究されており、宮城県女川町沿岸の海藻群落(2.3ha)再生後の漁獲量はアワビ3.1t、ウニ6.6tと推定されている(菊池、浮 1980)。

宮古湾



調査年月日:平成15年9月25日
調査方法:ハルトランセト法(1m×10m)

枠番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
種名 側線距離(m)	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	100~110	110~120	120~130	130~140	140~150	150~160	160~170	170~180	180~190	190~200
全体被度	40	90	90	80	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
海藻草類																				
無節サゴモ類	+	5	5	10	10															
スガモ		10	70	80	40															
コブ属					40															
グミトラノ	+	+																		
ホソシユモ	+	20	5	+	+															
ツバタ属	10	20	5	+	+															
スジウスハリ	+	5	+	+	+															
イワカワ科	+	+	+	+	+															
アナアサ	+	+	+	+	+															
アハハ	+	5	+	+	+															
ムカデリ属	5	10																		
マツリ	5	5																		
フツナキ	+	+																		
ヒリヒル	+	+																		
シユモ属	10																			
藍藻綱	+																			
フクロフリ	+																			
ヒラムカデ	+																			
キントキ属				+	+	+														
ハリカネ			5	+																
オハクサ				+																
カニテ属					+															
オキツリ					10															
ヤドリ垂目	2	8	6	10	18															
マカキ	+	+																		
エソイソニ	12																			
ハッコウサガイ	2																			
イワシツボ	+																			
エソカサネカンサツ		+	+	+	+															
イソキンチャク目		+	+																	
ゴダカツカラ		1	1																	
タモカイ科		20																		
ヒレカイ			1		4															
ホヤ綱(単体性)					2															
海綿動物門					+															
アスマニシカイ					2															

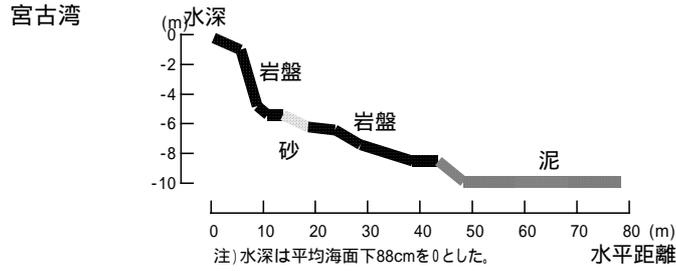
注1)表中の数値は1m×10m枠内における被度(%)、印は個体数を示す。

注2) + は被度5%未満の出現を示す。

注3)全体被度は海藻草類における無節サゴモ類を除いた被度を示す。

注4) ■ は藻場を形成する大型海藻草類を示す。

図 4.2-30(1) 藻場等目視観察調査結果(宮古湾)



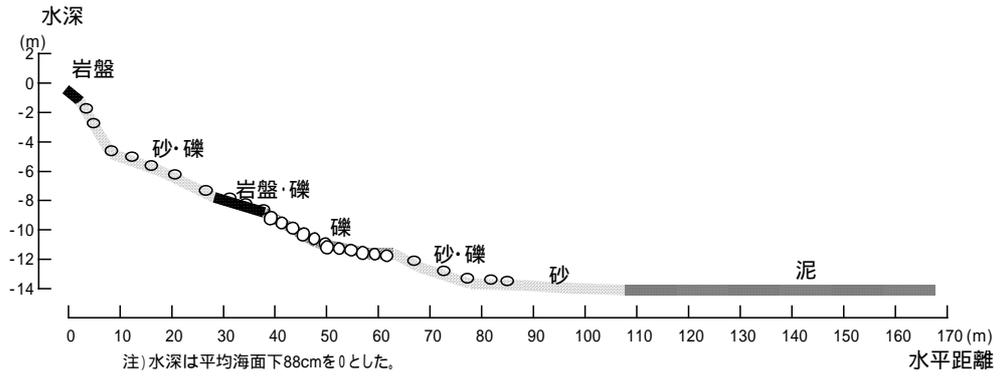
調査年月日:平成15年9月25日
調査方法:ハルトラソネット法(1m×10m)

種名	1	2	3	4	5	6	7	8
側線距離(m)	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
全体被度	90	40	10	+				
無節サゴモ類	5	+	+	+				
スガモ	70							
コブ属	50	20	+					
ウミトコノ	5							
キントキ属	20	10	+	+				
マクサ	+	+	+					
ツノタ属	10	+	+					
カニノ属	+	+	+					
ユカリ	+	+						
ハイヌハノ属	+	+						
アナオサ	+	+						
ユナ	+							
ムカデノ属	+							
ホソシユスモ	5							
フクロノリ	+							
ハリガネ	30							
スシウスハノリ	5							
シユスモ属	+							
オキツリ	+							
イワノリ科	20							
イソダンツウ	+							
イソカワラ属	+							
アカハ		+	+					
クテスシホオスギカイ	96	8	37	98	126			
エソカサネカサシ	20	+	+	+	+			
マナモ	1	1	1					
フツホ垂目	+		+					
クモカイ	1							
クモカニ科	1							
ヒトデ	1							
マガキ	+							
コシカカシカラ	1							
ヤトカシ垂目		4						
ヒシカイ		1						
海綿動物門			+	+	+			
アスマニシカイ			4	16	5			
イソキンチャク目			+		+			
マホヤ			1					

注1)表中の数値は1m×10m枠内における被度(%)、印は個体数を示す。
注2) + は被度5%未満の出現を示す。
注3)全体被度は海藻草類における無節サゴモ類を除いた被度を示す。
注4) ■ は藻場を形成する大型海藻草類を示す。

図 4.2-30(2) 藻場等目視観察調査結果(宮古湾)

宮古湾



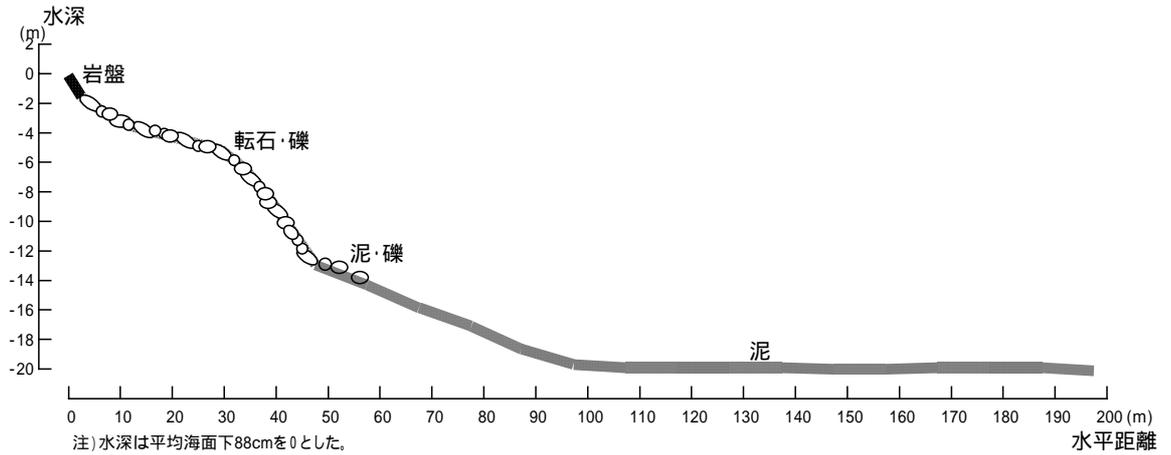
調査年月日:平成15年9月25日
調査方法:ハルトランセト法(1m×10m)

種名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
側線距離(m)	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	100~110	110~120	120~130	130~140	140~150	150~160	160~170
全体被度	70	40	30	60	30	10	+	+									
無節サゴモ類	20	10	10	40	20	10	+										
コブ属	35	+															
ツルモ	5	30	5														
ワカサギ	5																
イワカワ科	10	5	5	20	5	5	+	+									
イサ科	+	+	+	+	+	+											
コブネモ	+	+	+	5	5												
ソウ属	+	5	10	+													
ムカデノリ属	10	15	15	+													
アナアサ	5	+	+														
イワウラ属	+	+	+														
ナカマツモ科	5	40	+														
ハニスナコ	5	+	+														
ツノタ属	5		+														
ハリカネ	+			+													
イソタンクウ	+																
オキツリ	+																
エソヤハス		+	5	40	+	+	+										
タオヤキソウ		+	+	+	+												
イソキリ			+	5	+	+											
ハニヒル			+	+	+												
フクシアミジ			+	+													
スズシロリ				5	20	+	+	+									
アカハ				+													
ハリリカニテ属					+												
フツナギ					+												
ヤトカ亜目	4	8	9	4	2	2											
コシカカンカラ	31	29	14														
フツナギ亜目	+		+		+												
ムラサキイソカイ	+																
イガイ科	5																
レイソカイ	6																
クモカイ	12																
タテシホオスキカイ		19	18	55	82	2											
イソハファンニ		3		3													
ウミウシ目		1															
アスマニシカイ			1	2	1	1											
ヒサラカイ綱			3	1													
イソキンチャクカイ			1														
ヒトデ			2														
タテシチョウチンカイ			8														
キノコ科			8														
キタムラサキリニ				2	1	2											
イソカサネカンザシ				+	+	+											
マナマコ				1													
クモガニ科					2	1											
海綿動物門					+	+											
イソキンチャク目					+	+											
マホヤ					1		1										
ヒメソボラ												1					

注1)表中の数値は1m×10m枠内における被度(%)、印は個体数を示す。
注2) + は被度5%未満の出現を示す。
注3)全体被度は海藻草類における無節サゴモ類を除いた被度を示す。
注4) [黒塗り] は藻場を形成する大型海藻草類を示す。

図 4.2-30(3) 藻場等目視観察調査結果(宮古湾)

宮古湾



調査年月日:平成15年9月28日

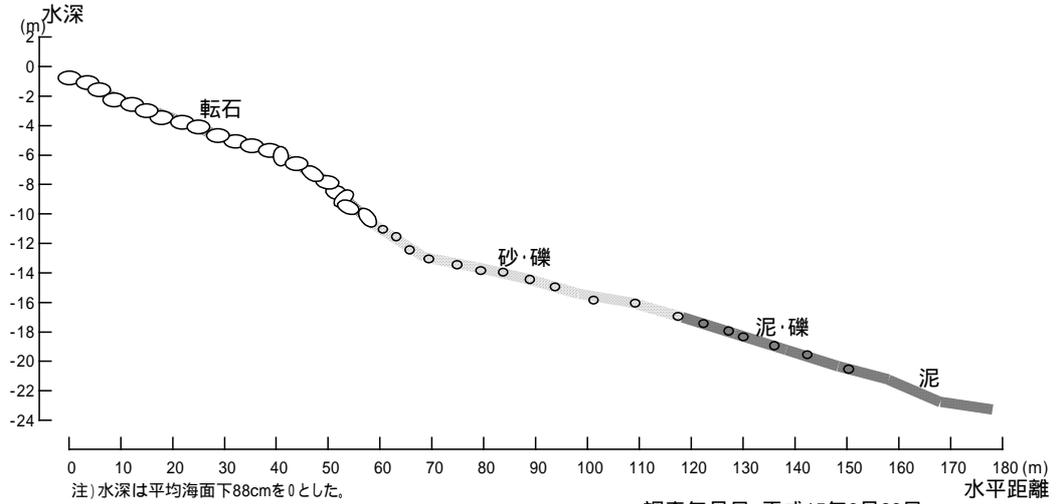
調査方法:ハルトランセト法(1m×10m)

枠番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
種名	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	100~110	110~120	120~130	130~140	140~150	150~160	160~170	170~180	180~190	190~200
全体被度	90	70	60	60	40	5														
無節サゴモ類	50	20	50	60	40	+														
コブ属	50	25																		
ワカメ	+	+																		
アガモク	+	+																		
ハクシハノ属	+	+	+	+	+	+														
ワカワカ科	20	60	30	30	30	+														
イカリ	+	5	10	+	+															
ゴサネモ	5	5	+	+	+															
ツツ属	+	5	+	+																
イキス科	+	+	+	+																
イカワ属	10	15	5																	
アシクサ	+	+	+																	
マクサ	+	+				+														
ヘニスナゴ	+	+																		
ヒラムガテ	+	+																		
ハリカネ	15	+																		
ハネイキス	+	+																		
ヌハノ	+	+																		
ツバタ属	20	+																		
カイリ	+	+																		
オハクサ	+	+																		
アサアサ	+	+																		
アカハ	20	15																		
藍藻綱	+																			
エナ	+																			
ミチガエツク	+																			
エツヤハス		+	5																	
ススシロノ						5														
カニテ属						+														
ヤドリ垂目	16	19	18	11	21	6				1										
フツホ垂目	+	+	+	+																
コタカカンガラ	4	10	21	1																
エソアワヒ	4	3	4	1																
イタキヒトデ	4	4				1														
カホカイ	99	61																		
ヒレカイ	1	1																		
ヨシカサカイ	4	6																		
マガキ	+																			
エソカサネカンサシ	+																			
ユキノカサガイ		1	4	3	1															
イソキンチャク目		+	+	+																
海綿動物門		+		+																
イソコウガニ		1																		
エソヒトデ		1																		
マホヤ			6	3	2															
キタムラサキウニ			18	28	21															
エソハフウウニ			1	1	2															
ヒザラガイ綱			1																	
ニッポンヒトデ				1	2	5			1	2		1								1
ヒメヒトデ				1		1														
アスマニシガイ				2																
テナガエビ科					4															
キノ科					1															
フトウミエラ									+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
スナヒトデ										1										
モシガイ											1									
シヤコ科											2									

注1)表中の数値は1m×10m枠内における被度(%)、印は個体数を示す。
 注2) + は被度5%未満の出現を示す。
 注3)全体被度は海藻草類における無節サゴモ類を除いた被度を示す。
 注4) ■■■■ は藻場を形成する大型海藻草類を示す。

図 4.2-30(4) 藻場等目視観察調査結果(宮古湾)

宮古湾



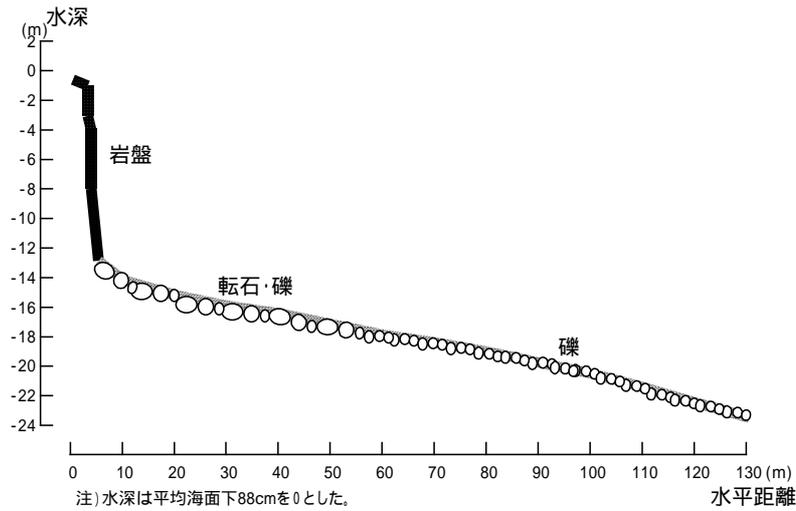
調査年月日:平成15年9月28日
調査方法:ハルトンセット法(1m×10m)

柱番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
種名	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	100~110	110~120	120~130	130~140	140~150	150~160	160~170	170~180
全体被度	80	90	80	40	+	+	10	5	5	+	20	20	5	+				
無節サコモ類	30	30	60	80	95	80	60	15	15	10	20	15	10	+				
海藻草類	10																	
コブ属		85	70															
ウラボシ	+	+	+	+														
ウラボシ	+																	
コササギ	+	+	+	5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
イワカサ科	20	5	+	5	+	+	5	+	+	+	+	+	+	+				
イキス科	+	+	+	+	+	+												
ソコ属	+	+	+	+	+	+												
アナオサ	+	+	+	+														
イソワラ属	15	20	20	20														
ヘニスナコ	+	+	+	+														
マサ	+	+	+	+														
アハハ	20	15	+															
ツマツ属	40	15	+															
ハリガネ	15	30	+															
ヒラムカデ	+	+																
ムカデ属	+	+																
アコウカ	+																	
マツル	+																	
ユナ	+																	
藍藻綱	+																	
スジウスバノ		+	+	+														
イソキリ			+	5	+	+	+	+	+	+	+	+	+					
ハイクスバノ属			+	+	+	+	+	+										
ルネキス			+	+														
ヌメハノ			+	+														
エソヤハス			+	+														
ヌメシロノ						+	5	5	5	+	15	15	5	+				
コハノ科							+	+	+	+	+	+						
コハノ科																		
ユキカサガイ	1	7	6	10	14	17	6	1	2									
エソアワビ	1	8	18	15	4	2												
クサガイ	31	96	140	7														
イトマキヒト	1	2	4	1														
フシツボ垂目	+	+		+														
エソ	+	+																
海綿動物門	+		+		+													
イソキツチャク目	+			+			+											
ムラサキイソガイ	+																	
イガイ科	+																	
エソハフソウニ		1	2	4	1	4	2	4	1	2	2	2						
ヤトカサ目			65	7	8	10	7	6	5	4	9	9	4	6				
キタムラサキウニ				20	32	39	14	4	2	3	2			1				
マホヤ				4	1	1												
ヒメヒト				1			1	1										
コシガカソウカ				2														
マナモ					1	1	1			1					1			
アスマニシガイ					1	1												
エソヒト					1	1												
ウミウシ目					1	1												
サルアワビ						1												
ニッホソヒト							2	2	2	2	5	2		4	11	2	1	1
ハリサンショウウニ										1			1					
ツカルウニ											1			4	2			1
エソキツチャクガイ											1							
ニチソヒト																		1

注1)表中の数値は1m×10m枠内における被度(%)、印は個体数を示す。
注2) + は被度5%未満の出現を示す。
注3)全体被度は海藻草類における無節サコモ類を除いた被度を示す。
注4) ■■■■ は藻場を形成する大型海藻草類を示す。

図 4.2-30(5) 藻場等目視観察調査結果(宮古湾)

宮古湾



調査年月日:平成15年9月28日

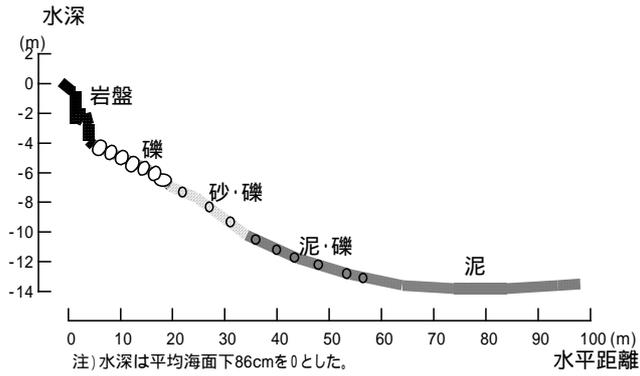
調査方法:ハルトランセ外法(1m×10m)

枠番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
側線距離(m)	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	100~110	110~120	120~130
種名													
全体被度	95	10	5	+	+	5	5	10	5	5	20	20	20
海藻草類													
無節サコモ類	20	70	70	30	20	20	30	20	20	20	60	50	20
コブ属	90	+											
ワカ	+												
フカイソウ	+												
アサ									+		5	+	+
コサネモ	+	5	+	+	+	+	+	+	5	+	5	5	5
イワカ科	10	5	5	+	+	+	+	+	+	+	5	5	5
イサ科	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
ソウ属	+	+	+	+	+								
イカリ	+	+	+	+			+	+		+	+	+	+
藍藻綱	+												
コナ	+												
ヤハスシヨロ	5												
ミヤヒハ	+												
ホソシユモ	+												
フクロフリ	+												
フクリンアミシ	+												
ヒリヒハ	+												
ハリカネ	+												
ハイクスハノ属	+												
シオクサ属	+												
イタナツク	+												
イカワラ属	15												
アナアサ	+												
アカハ	+												
ススシロノ		+	+	+	+	+	+	5	+	+	5	5	5
フクロノ						+							
大型底生生物													
エビトデ	6	1	2	1	1		1						
エソアヒ	37	4											
サルアヒ	1	1											
コシタカシカラ	1	1											
アマアラ	2	1											
フシホ垂目	+			+				+			+		
イカイ科	+												
ハハカセ	2												
レイシカイ	6												
ヤドリ垂目		6	4	2	4	7	4	5	5	6	16	10	7
キタムラサキウニ		48	67	15	11	37	4	8	8	4	11	8	4
ニッポンヒトデ		4	6	5	2	9	1			2	4	2	2
海綿動物門		+		+	+		+						
ユキカサガイ		4				4	7						
マナコ			1		1								
イソキynchク目				+		+	+						
ヒトデ				1				1					
ニチリンヒトデ					1								
イトマキヒトデ						1							
ヒメヒトデ								1	1				
キノコ科												1	1

注1)表中の数値は1m×10m枠内における被度(%)、印は個体数を示す。
 注2) + は被度5%未満の出現を示す。
 注3)全体被度は海藻草類における無節サコモ類を除いた被度を示す。
 注4) は藻場を形成する大型海藻草類を示す。

図 4.2-30(6) 藻場等目視観察調査結果(宮古湾)

大槌湾



注) 水深は平均海面下86cmを0とした。

調査年月日:平成15年9月27日
調査方法:△トランセクト法(1m×10m)

種名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
全体被度	70	50	50	40	30	+				
無節サコモ類	5	20	40	20	20	+				
ゴブ属	+									
ワカ	5	+								
アカモク			+							
イワカワ科	5	10	15	10	5	+				
アカハ	40	+	+	+	+					
ツマタ属	10	+	+	+						
ムカデノ属	+	+	+	+						
カイノ	10	5	+							
タオキソウ	+	+	+							
フツナキ	+	+	+							
イソカラ属	+	20								
フクリンアミシ	+	15								
藍藻綱	+									
フクロノリ	+									
ハリガネ	5									
オキツリ	+		+							
スジスハノリ		+	+	+	+	+				
コリネモ		+	+	+	+	+				
ヘビハ		+	+							
ソソ属		+	+							
イソキ		5	+							
イキス科		+	+	+	+					
アミクサ		+	5	5	5					
不明紅藻		+	+		+					
ススロリ			5	10	+	+				
エソヤハス			+	+						
アミクサ属			5	+						
カニノテ属				+	+					
ヤレウスハノリ						+				
コシカカンカラ	18	4	2	1	4					
ヤドリ垂目	48	112	96	12	1					
エソアサヒ	21	18	4							
クホガイ	101	92	34							
フツホ垂目	+	+		+						
イソキンチャク目	+		+	+		+				
海綿動物門	+			+						
マガキ	+									
ムラサキイソカイ	+									
イカイ科	+									
エラコ	+									
カンザシコカイ科	20									
エソカサネカンザシ		+	+	+						
ユキカサガイ		4	6	2						
アスマニシカイ			1		2					
ヒレカイ			2							
イトマキヒトデ			1							
エソハフソウニ			1							
アモフラシ				1						
キタムラサキウニ				1						
マホヤ				1						
タテシホオスキカイ					2					
ヒトデ					1					
クモカニ科						2	1			
エソヒトデ							1			
ウミガボテン										+
マナマコ										1

注1) 表中の数値は1m×10m枠内における被度(%)、印は個体数を示す。

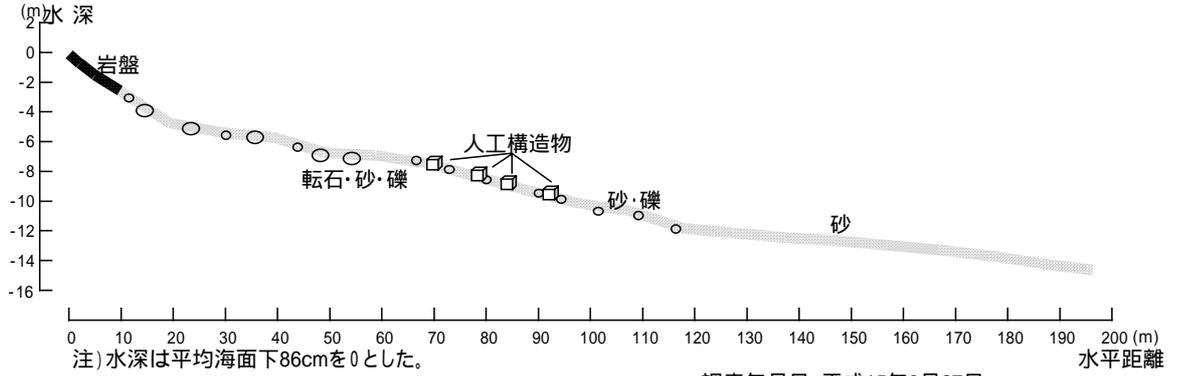
注2) + は被度5%未満の出現を示す。

注3) 全体被度は海藻草類における無節サコモ類を除いた被度を示す。

注4) ■■■■■ は藻場を形成する大型海藻草類を示す。

図 4.2-30(7) 藻場等目視観察調査結果(大槌湾)

大槌湾



調査年月日:平成15年9月27日

調査方法:ハルトランゼト法(1m×10m)

種名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
全体被度	100	95	80	80	80	80	70	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
無節サンゴモ類	10	20	20	10	10	20	30	40	20	20	5	5									
スガモ	+			5	+		+														
コブ属	20	30	15	10	5	+	10		5	+											
ウツメク	+	+	5		+	5	+	+		+	+										
ヒシキ	+																				
フタスダモ		+	10	5	+	+															
ミヤハモ							+	+													
フツナギ	+	+	5	+	5	5	5	10	5	+	5	5									
ムカデノ属	+	+	+	+	+	+	+	+	+	5	10	20									
アカハ	20	20	+	+	5	10	+	15	+	+	+	+									
アミシグサ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+									
イキス科	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+									
イソカワ属	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+									
イワカワ科	15	30	15	5	5	5	10	10	10	5	+	+									
ツノムシ属	30	20	20	20	20	30	5	5	5	5	30	20									
ハイクスハノ属	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+									
コサネモ	+	+	+	+	+	5	5	5	5	5	+	+									
ハリガネ	40	30	20	40	40	30	5		+	5	5	10									
オキツリ	+	+	+	+	+	+	+														
ヒラムカデ	+	+	+	+	+	+															
マツリ	10	+	+	+	+	+															
ヒシヒハ	+	+	+	+	+					+	+	+									
マクサ	+	+		+	+	+	+	+	+	+											
ミチカエソウ	+	+		+	+	+	5	5	+												
藍藻綱	+																				
ホソサネモ		+	+		+	+	+	+	+		+	+									
カイリ			+	+	+	5	5	5													
ソソ属			+	+	+	+						+	+								
アミシグサ属					+	+	+	+	+	+	+	+									
イソキリ						+	+	+	+	+	+	+									
スサウスハノ						+	+	+	+												
ミヤヒハ											+	+	+								
ススシロリ																					
コタカシカ	1	2	2	1	1	16	11	4	8	6											
ヤトカシ目	1	1	1			16	21	19	12	1	2	1	1	2							
カサガイ	8	4	2																		
イソコ	+	+																			
海綿動物門	+		+	+	+																
フツボ垂目	+		+	+	+																
イソキツチャク目	+																				
イカイ科	+																				
ヨサカサガイ	8																				
レイシカイ	6																				
イトマキヒトデ				1	2	9	8		1							1	6	4	4	2	11
エゾアヒ				1		2	1	4	2	2											
エゾハフウニ				1		1			1	1	1	1									
コイチョウガニ				2																	
ユキカサガイ					2				1	1	1	2	2								
キタムラサキウニ						2	1	11	8	7											
クモガニ科							2														
マホヤ									16	16	2										
ニチリンヒトデ									1												
エソヒトデ									1												
ヒトデ												1	1								
ヒレガイ														2							
ハスハカシハコ科															1						
モシガイ																					
マナコ																					1

注1)表中の数値は1m×10m枠内における被度(%)、印は個体数を示す。
 注2) + は被度5%未満の出現を示す。
 注3)全体被度は海藻草類における無節サンゴモ類を除いた被度を示す。
 注4) ■■■■ は藻場を形成する大型海藻草類を示す。

図 4.2-30(8) 藻場等目視観察調査結果(大槌湾)

表 4.2-29 藻場等目視観察調査で確認された魚類

調査方法：バートル池外法（各側線を1枠とした）

種名	宮古湾						大槌湾		
	宮古	宮古	宮古	宮古	宮古	宮古	大槌	大槌	大槌
スズメダイ	c								
アカハハ	c		r	r	r		r		r
キンポコ	+		r						+
ウミタコ	+			r	r	c		+	+
クジメ	r							r	r
アイメ	r	r	r		r	r		+	+
リュウウハ			r	+	r	c	+	c	
ダンコウオ科			r						
キヌバリ				r	+		+		
アカハシハ				r					
エゾイソイメ				r	r				
ガンギエイ科					r				
カレイ科							r		
カマス科								c	

r：5尾以下

＋：6尾～19尾

c：20尾～99尾

cc：100尾以上の特に大きな群れを形成

8) A G P 試験

(1) 試験方法

本試験は、藻類研究法（西澤・千原1992）に準拠して実施した。また、魚介類水質環境基準検討調査総合報告書（海産生物毒性試験指針）（水産庁2000）、ASTM international のAGP標準手順（Designation: D 3978 – 80 [Reapproved 1998]）を参考にした。

(2) 試験条件

試験方式 : 開放系（通気性シリコン栓）
試験期間 : 供試藻の増殖が定常期に達するまで
試験液量 : 30mL / 試験容器
連 数 : 3容器 / 試験区
培養温度 : 22±2
照度、照明 : 試験容器表面付近で4,000 lux±20% 12時間明 / 12時間暗

(3) 試水

海水として宮古湾外の河川水の影響を受けていない地点、河川域の水として津軽石川順流末端及び大槌川順流末端、森林域の水として津軽石川上流の森林調査地点（森林-1：針葉樹壮齡林、森林-2：広葉樹若齡林、森林-3：針葉樹若齡林、森林-4：広葉樹天然林）から平成15年10月6～9日に採水し、試水とした。

試水は試験室に搬入した後速やかに孔径0.2 μm PVDFフィルターでろ過し、試験まで冷凍庫内に凍結保存し、試験直前に解凍して試験に供した。

(4) 供試藻類

試験には、国立環境研究所微生物系統保存施設より入手し、f/2培地（表 4.2-30）を用いて無菌的に継代培養している珪藻類 *Skeletonema costatum* (NIES-324) を使用した。

表 4.2-30 f/2培地

f/2培地		f/2 metals*	
NaNO ₃	75mg	Na ₂ EDTA·2H ₂ O	440mg
NaH ₂ PO ₄ ·2H ₂ O	6mg	FeCl ₃ ·6H ₂ O	316mg
Vitamin B ₁₂	0.5μg	CoSO ₄ ·7H ₂ O	1.2mg
Biotin	0.5μg	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	2.1mg
Thiamine HCl	100μg	MnCl ₂ ·4H ₂ O	18mg
Na ₂ SiO ₃ ·9H ₂ O	10mg	CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.7mg
f/2 metals*	1mL	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0.7mg
Seawater	1000mL	Purified water	100mL

f/2 metals* 出典：西澤一俊，千原光雄編（1992）藻類研究法。

(5) 試験容器、試験装置及び機器

試験容器、試験装置及び機器について表 4.2-31に示す。容器等の洗浄や、試薬の選択に当たっては、沿岸環境調査マニュアル（日本海洋学会編）に示されている重金属の測定に際して使用する器具の洗浄方法や試薬の選択方法を参考とし、微量金属の汚染を最小限に抑えて試験を行った。

表 4.2-31 試験に使用した機器等

機器等	摘要
試験容器	50mL容ガラス製試験管（通気性シリコン栓付）
藻類培養試験装置	伊藤製作所製往復振盪機（型式：AGP-30）
光学顕微鏡	オリンパス製生物顕微鏡（型式：BH2）
蛍光光度計	アムコ社製ターナーデザインデジタルフルオロメーター（型式：TD-700R）
蛍光光度計用スタンド	ソリッド・セカンダリ・スタンド
分光光度計	日立分光光度計U-2000（クロロフィルa測定用）
温度計	水銀棒状温度計（測定範囲：0～50、最小目盛：0.1）
照度計	東京硝子器械製デジタル照度計（型式：FLX-1332）
塩分計	YSI社製ハンディSCTメーター（Model 30）

(6) 試験区の設定

試験区は、宮古湾外の海水に河川水（津軽石川順流末端、大槌川順流末端）を5%、10%、25%の割合で混合した6ケース及び海水に森林水（森林-1、森林-2、森林-3、森林-4）を10%の割合で混合した4ケース、さらに有機物を吸着させるために森林水をPS樹脂でろ過した後、同様に10%の割合で混合した4ケースを設定した。また、対照区として海水のみのケースを実施し、合計15ケースを設定した。試験液は混合後、塩化ナトリウムを用いて海水と同程度に塩分調整し、0.2 μ m PVDFフィルターでろ過滅菌した。

連数は各試験区につき3連を設定した。

(7) 供試藻類の前培養

供試藻類を、宮古湾外の海水を用い、試験と同一条件下で増殖速度（倍加数： μ_2 、式1）が0.1以下になるまで飢餓培養を行った上で試験に供した。

(8) 試験操作

各試験液を30mLずつ試験容器に分注し、試験液中の細胞密度が一定となるよう藻類を試験容器に接種した。試水の分注及び藻類の接種は、クリーンベンチ内で無菌的に行った。

各試験容器を恒温室内（22℃設定）に設置し、この時点を試験開始時とした。

藻類の現存量は、予めターナー型蛍光光度計による *in vivo* 蛍光値と、定常期（安定期）

にある供試藻類の細胞密度との関係式を求め、試験期間中に測定したin vivo蛍光値を細胞密度に変換して算出した。算出された細胞密度の内、最大値を最大増殖量とした。

in vivo蛍光値の測定は、試験期間中毎日行った。試験は、増殖速度（倍加数： μ_2 、式1）が0.05を下回った時点をもって定常期に達したと判断し終了とした。

試験期間中、培養装置内の温度、照度を1日1回測定した。

試験時における細胞内のクロロフィルa量は、予め求めたターナー型蛍光光度計による蛍光値と供試藻類のクロロフィルa量の関係式から算出した。クロロフィルa量は、供試藻類を上水試験法（2001）に従いアセトン抽出し、分光光度計により測定した。

in vivo蛍光値と細胞密度、クロロフィルaとの関係式を表 4.2-32、図 4.2-31に示す。

表 4.2-32 in vivo蛍光値と細胞数、クロロフィルaとの関係式

項目	クロロフィルa	細胞密度
相関式	$y=0.6255x$	$y=1488.9x$
相関係数	1.00	0.99

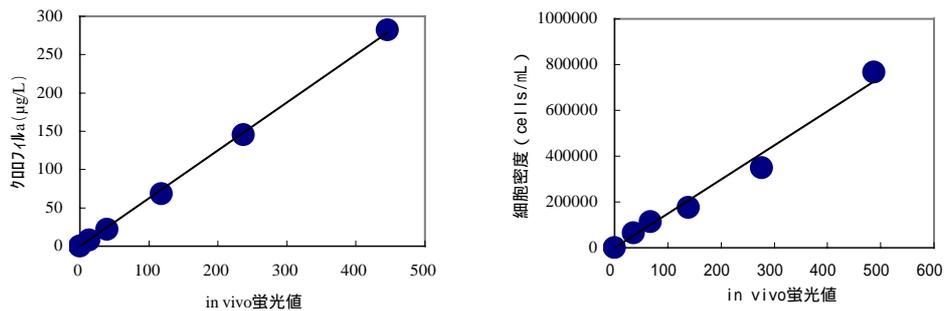


図 4.2-31 in vivo蛍光値と細胞数、クロロフィルaとの検量線

(9) 増殖速度

増殖速度（ μ_2 ；倍加数）は式1より算出した。なお最大増殖速度の算出には細胞密度をクロロフィルa量に置き換えて使用した。

$$\mu_2 = \frac{1}{t_{n+1} - t_n} \times \log_2 \left(\frac{N_n + (t_{n+1} - t_n) \times (N_{n+1} - N_n)}{N_n} \right) \quad \text{式1}$$

N_n : t_n 日の実測細胞密度 (cells/mL)

N_{n+1} : t_{n+1} 日の実測細胞密度 (cells/mL)

t_n : 試験開始後 n 日目

t_{n+1} : 試験開始後 $n+1$ 日目

(10) 結果

試験結果を表 4.2-33、図 4.2-32に示す。

最大増殖時におけるクロロフィルa量は、11～27 $\mu\text{g/L}$ の範囲であり、大槌川25%区で最も多く、森林-4区で最も少なかった。

河川別にみると、大槌川河川水を混合した試験区では、いずれも海水区に比べ最大増殖量が高くなり、特に25%区の最大増殖量は海水区の約2.1倍に達した。最大増殖速度については、5%区で海水区と同程度であり、10%区で約1.2倍、25%区で約1.6倍と、混合比の増加に伴い増殖速度が高くなる傾向がみられた。

津軽石川河川水を混合した試験区でも海水区に比べ最大増殖量が高くなり、特に10%区と25%区で高く、海水区の約1.8倍であった。最大増殖速度については、いずれも海水区に比べ高く、混合比の違いによる差はみられなかった。

津軽石川上流の森林水を混合した試験区では、その最大増殖量は海水区と同程度であった。また、最大増殖量は、有機物を吸着するPS 樹脂で森林水をろ過処理した試験区と、未処理の試験区との間に明瞭な差はみられなかった。最大増殖速度については、森林-1区、森林-2区で海水区よりもやや高い傾向がみられたが、森林-1及び森林-2をPS 樹脂でろ過した試験区では無処理の区と比べて低くなり、海水と同じ程度になった。森林-3、森林-4ではPS 処理区、無処理区とも海水区と同程度であった。

表 4.2-33 AGP試験結果

試験区	最大増殖量 (クロロフィルa: $\mu\text{g/L}$)	最大増殖速度 (μ_2 : 倍加数)
海水区	13	0.75
大槌川 5%	16	0.71
大槌川 10%	17	0.92
大槌川 25%	27	1.19
津軽石川 5%	17	1.25
津軽石川 10%	24	1.26
津軽石川 25%	23	1.22
森林 1	15	1.07
森林 2	13	0.90
森林 3	14	0.69
森林 4	11	0.69
森林 1 (PS)	14	0.75
森林 2 (PS)	12	0.59
森林 3 (PS)	16	0.70
森林 4 (PS)	12	0.61

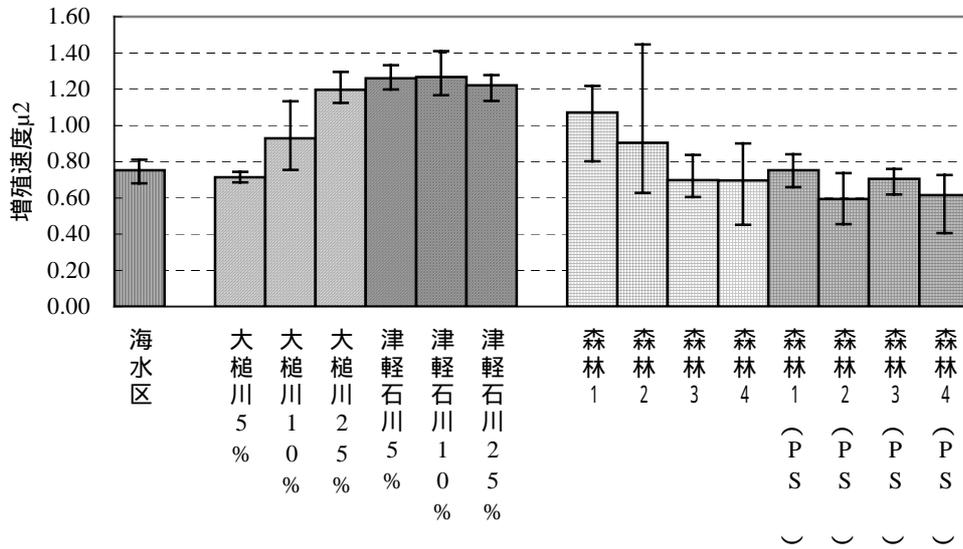
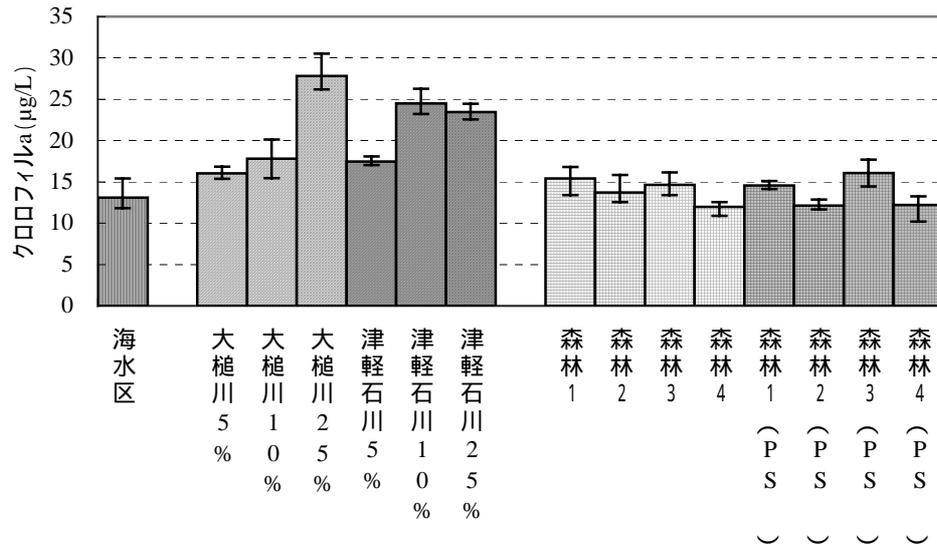


図 4.2-32 最大増殖量 (クロロフィルa量) と最大増殖速度 (μ_2 : 倍加数)

[図中の は最大と最小を示す]

第4章 総合考察

目 次

1 . 森・川・海の役割・機能、つながりに係る総合考察	354
2 . 今後の検討課題等	366

1. 森・川・海の役割、機能、つながりに係る総合考察

第2章において整理した既往知見・ヒアリング調査結果から得られた「森・川・海の役割、機能、つながり」に係る論点の整理結果と、第3章で得られたモデル地域における現地調査結果とを比較することにより、総合考察を行った。

1) 森林・河川からの物質の供給による海域生産への寄与について

論点1 森林・河川から供給された栄養塩類は、海域の生産に寄与しているか？

森林域

現地調査により、森林から窒素やリンが比較的低濃度ながらも流出していることが明らかとなり、これは森林内では物質循環がほぼ完結しており、降雨による森林への流入量に比べて森林外への流出量はわずかである等の既往知見を裏付けているとともに、森林からの窒素やリンの流出に係る調節機能が働いていることが示唆された。

また、森林の皆伐等により窒素濃度が上昇する等の森林施業と栄養塩類濃度との関係が示唆されているが、今回の調査では、窒素・リンとも森林-1(針葉樹壮齢林)では若干高く、森林-4(広葉樹の原生的天然林)では若干低いという傾向は認められたものの、森林施業あるいは林種・林齢の相違等による栄養塩類濃度の明らかな相違は確認できなかった。

渓流水中のリンについては、森林へのリンの流入量、森林生態系内での循環量が少ない上、土壌に吸着されるため一般に濃度は低く、今回の調査でも同様な結果が得られている。

森林を構成する樹種や林齢が水質にどの程度の影響を与えているかについては明確なものがない。これは、均質でない自然条件下では精度の高い調査ができず、わずかな差異は計測できないことに起因している。逆にいえば、森林の樹種や林齢の違いは、地質、降水量、気温等の自然条件の違いや、森林と森林でない場合との違いに比べ、影響が小さくないためと考えられる。森林施業や、樹種、林齢による違いを把握するためには、密度の濃い調査を広域で行う必要があると考えられる。

珪藻にとって不可欠な物質である珪素については、森林-4(原生的な広葉樹天然林)で若干低い濃度となっており、地質の影響等が示唆されるが、そのメカニズムについては明らかにできていない。

< 既往知見等と現地調査結果との具体的な比較結果 >

- ・ 総窒素の濃度については、晩夏調査が0.09～0.22mg/L、初冬調査が0.06～0.64mg/Lであった。この数値は、一般的な森林からの流出濃度の範囲である。これまでの調査で、窒素は降水により年間10kg～15kg/haが森林に供給され大部分が吸収されていることが知られており、降水量の少ない地方の濃度が高く、地質の影響として石灰岩流域でやや高い値を示すことが認められているが、今回の調査では樹種、林齢による影響については有意な差が確認できなかった。更にデータを蓄積する必要がある。
- ・ 全リンの濃度については、晩夏調査が0.026～0.069mg/L、初冬調査が0.021～0.035mg/Lで

あった。森林-1以外の数値は、一般的な森林からの流出濃度の範囲である。森林-1の数値が晩夏調査、初冬調査とも0.069mg/L、0.035mg/Lと一般的な森林の数値より高く、何らかの原因があると考えられるが、原因は特定できない。リンは降水により森林に供給される量が流出量より多いことが知られている。樹種、林齢による影響については有意な差が認められていないことから、更にデータを蓄積する必要がある。

- ・珪酸の濃度については、晩夏調査が7.6～10.4mg/L、初冬調査が6.0～8.5mg/Lであった。我が国の河川の濃度(平均19.0mg/L)は世界の平均(11.7mg/L)より高いが、本調査の数値は我が国の数値としては低いほうであるものの、一般的な森林からの流出濃度の範囲である。地質による影響が大きいとされており、樹種、林齢による影響については有意な差が認められていないことから、更にデータを蓄積する必要がある。

河川域

既往知見によると、河川は森林からの窒素やリンを海域に供給するとともに、その流下に伴い化学的、生物化学的に物質形態を変化させていくことが示唆されている。一方、一般に森林からの流出量に比べ、流域から河川に流入する人為起源の窒素・リンの量の方が大きい場合が多いことが知られている。

モデル地域における現地調査では、窒素及びリンが海域に供給されていることが明らかとなったが、流下に伴う濃度及び単位面積当たりの負荷量変化については、窒素濃度・負荷量は流下に伴い上昇し、リン濃度・負荷量はほぼ同レベルか若干の低下傾向がみられた。窒素は既往知見のとおり、流域からの人為起源の高濃度の窒素の流入によるものと考えられたが、リンについては人為起源からの流入が少なかったことや、流下過程での沈降・吸着等、付着藻類等への取り込み等の影響が示唆された。

窒素の内訳では、硝酸態窒素の割合が高く、リンではリン酸態リンの割合が高いまま、上流から下流までいずれの物質も大きな組成変化はなく流下していた。一般に藻類はアンモニア態窒素や硝酸態窒素、あるいはリン酸態リンなどの無機態を摂取することから、結果的には藻類に利用されやすい形態のまま河川を流下したことが推察された。

また、珪藻にとって不可欠な物質である珪素に関する既往知見によると、河川上流部では高濃度で、流下に伴い濃度が低下すること等が報告されているが、今回の調査では流下に伴う顕著な濃度の変化傾向は認められなかったとともに、森林からの供給量に比べ河川通過量の方が高い傾向がみられており、流下過程において流域から新たに供給された可能性や、生物による取り込み量が少なかった可能性等が示唆されたが、今回得られたデータだけではこれ以上の考察は難しいものと判断された。

< 既往知見等と現地調査結果との具体的な比較結果 >

- ・窒素濃度は、流下に伴い上昇していたが、形態変化はほとんど生じていない。
既往知見のとおり、人為起源による影響が大きいと考えられる。津軽石川では農地や市街地がある中流域から窒素濃度が上昇している。
- ・リン濃度は、上流から下流までほぼ同レベルか若干低下傾向であり、形態変化もほとんど生じていない。
- ・珪酸は比較的高い濃度を示しており、河川を通じて海域に供給されていた。また、今回の

調査結果では流下に伴う顕著な濃度変化は認められず、流下に伴い濃度が低下するという既往知見を裏付けることはできなかった。

海域

既往知見では、河川水に含まれて供給される窒素・リンが海域の一次生産に寄与していることが報告されているが、一方で、沖合からの栄養塩類の供給の方が大きく寄与している場合があること、栄養塩類過多の場合には富栄養化等が生じること等が言われている。

モデル地域における現地調査では、窒素、リンは津軽石川河口域で高く、湾口に向かって減少しており、また、いずれの地点も有機態の窒素・リン等の占める割合が高く、さらに河口域・宮古湾央ではクロロフィル a 濃度及び植物プランクトンの細胞数が最も多いことから、河川から栄養塩類が供給され、これが生産に寄与していることが推定された。

一方、塩分の値から推定を行った河川からの栄養塩類供給量及び外洋からの栄養塩類供給量については、流量の多かった初冬調査では特に河口域で河川起源の栄養塩類が大部分を占めていたが、晩夏調査では多くを外洋起源の栄養塩類が占めていた。しかし、これら供給量の合計と栄養塩類現存量とを比較すると、全般的に河口部に近いところでは栄養塩類現存量が河川及び外洋からの栄養塩類供給量より多くなっており、河口部において栄養塩類が植物プランクトンに取り込まれ蓄積している可能性が示唆された。

さらには、以上の観点から、河口域の存在が海域の生産に大きな影響を与えていることが示唆されており、河川と海域の中間に位置する河口域が重要な役割を果たしていることが推察された。

また、A G P 試験結果からも、河川順流末端の水を混ぜたケースは、海水そのものや森林水を混ぜたケースよりも最大増殖量、最大増殖速度が大きくなり、さらに、河川水の混合率が高いほど最大増殖量、最大増殖速度が大きくなる傾向にあった。これは河川水に藻類の増殖に必要な何らかの成分が多く含まれていることを示しており、内湾等における基礎生産は河川水から供給される成分の影響が大きいという既往知見を裏付けている。これらの成分は森林から河川に流下する過程でその成分が加わったか、または森林から流出した物質が流下に伴い植物プランクトンの増殖に利用されやすい形に変化した可能性が考えられるが、今回の調査結果ではその詳細は明らかとなっていない。ただし、森林水と河川水を単純に比較すると、河川水に多く含まれているのは窒素であり、この影響が大きい可能性が考えられた。

珪素については、晩夏調査では全般的に珪酸濃度が低く、初冬調査では晩夏よりも濃度が高く、湾奥から湾口、湾外に向けて濃度が低下していく傾向がみられた。

晩夏には河口域で珪藻綱を含む植物プランクトンの生産が盛んであったことから、河川から供給された珪酸を珪藻が盛んに取り込んだために水中の珪酸濃度が低下したことが想像された（珪藻に取り込まれた珪酸は本調査で実施した分析方法では測定されない）。

珪藻の細胞数が少ない初冬調査では、湾奥から湾外に向けて濃度が低下しており、河川から供給された珪酸が海中で拡散していくことが推察された。

< 既往知見等と現地調査結果との具体的な比較結果 >

- ・窒素、リンは津軽石川河口（表層）で高く、湾口に向かって徐々に減少しており、河川から栄養塩類が供給されるとする既存文献と合致していた。いずれの地点も有機態窒素・リンが高いが、津軽石川河口のみNH₄-Nも高かった。河川では窒素の内訳のほとんどが無機態窒素であったが、海域では植物プランクトンに吸収されて減少するものと考えられる。
- ・クロロフィル a 濃度や植物プランクトンは晩夏調査時の、特に津軽石川河口、宮古湾央で細胞数が多かった。晩夏の津軽石川河口では渦鞭毛藻綱の割合が高かったが、その他の場所では珪藻綱の割合が高かった。晩夏の津軽石川河口では珪素の濃度が低く、窒素やリンの濃度が高かったことから、珪素を必要としない渦鞭毛藻類が増殖したものと考えられる。
- ・AGP試験において、河川順流末端の水を混ぜた場合に海水よりも最大増殖量、最大増殖速度が大きくなり、さらに、河川水の混合率が高いほど最大増殖量、最大増殖速度が大きくなる傾向にあった。河川水に藻類の増殖に必要な成分が多く含まれていることを示しており、沿岸域における基礎生産は河川水から供給される成分の影響が大きいという既存文献を裏付けている。
- ・AGP試験に供した河川水と森林水を比較すると、河川水のほうが最大増殖量、増殖速度ともに大きい結果が得られ、森林の採水地点から河川の採水地点に流下する過程でその成分が加わったか、または森林の採水地点で存在していた物質が流下に伴い植物プランクトンの増殖に利用されやすい形に変化した可能性が考えられる。なお、河川水は森林水と比べ窒素、特に硝酸態窒素が多く、この影響が大きいことが推察された。
- ・津軽石川河口の珪酸は晩夏には他の地点とほぼ同じ濃度であり、初冬には他の地点より高かった。晩夏に植物プランクトンの生産が盛んであったことから、珪藻に取り込まれることで珪酸が減少しているものと考えられる。
- ・プランクトンは晩夏調査時に津軽石川河口付近で細胞数が多かった。晩夏の津軽石川河口では渦鞭毛藻綱の割合が高かったが、その他の場所では珪藻綱の割合が高かった。晩夏の津軽石川河口では珪藻の盛んな取り込みにより珪酸の濃度が低くなり、窒素やリン濃度が高かったことから、珪酸を必要としない渦鞭毛藻類が増殖したものと考えられる。珪酸濃度が低く、窒素やリンの濃度が高いときに渦鞭毛藻が増殖するという傾向は既存文献と合致していた。
- ・底質の珪酸濃度は河川底質よりも低い値を示した。底生や浮遊性の珪藻に利用されて、濃度が低くなったものと考えられる。

森・川・海のつながりの視点から

既往知見によると、降水により森林に供給された窒素やリンは、森林生態系の物質循環の中で利用され、この循環過程において一部の窒素やリンは系外に流出し河川に流入するとともに、河川に流入した窒素やリンは、流下に伴ってその形態を変えながら海域に供給され、海域の生産に寄与しているとの示唆がある。また、珪素は森林土壌から多く流出し、海域の生産（特に珪藻の増殖）に寄与していると言われている。

モデル地域における現地調査では、森林から窒素及びリンが低濃度ながら流出していること、その後、河川流下に伴い主に人為起源による高濃度・高負荷の窒素が河川流下に伴い新たに流入していること、河川の流下に伴うリン濃度の変化はほとんど無いことが明らかになった。既往知見では森林以外からの主に人為起源による窒素・リンの流出の影響が大きいと言われており、今後、人為起源からの流出形態やその量等を明らかにするとともに、今回得られた森林からの流出量との関係についても検証が必要と考えられる。

海域における窒素及びリン濃度については河口域が最も高く、湾口に向かって減少していること、いずれの地点でも有機態の窒素、リンの占める割合が高いこと、クロロフィルa濃度が高く、植物プランクトンの増殖等が確認されていることから、河川から河口域に供給された栄養塩類が海域の生産に寄与していることが推定された。

さらには、河口域の栄養塩類現存量は河川と外洋からの供給量より多くなっていることから、河口域表層において植物プランクトンが栄養塩類を取り込み生体内に蓄積している可能性が示唆されるとともに、河口域の存在が海域の生産に重要な役割を果たしていることが推察された。

珪酸濃度については、森林・河川で高い濃度を示し、海域流入後、濃度が低下する傾向がみられた。これは主に海域で珪藻類に摂取されたことに起因しているものと考えられ、森林・河川から供給された珪酸が海域の生産に寄与していることが示唆された。

論点2 森林・河川から供給された微量元素類は、海域の生産に寄与しているか？

森林域

森林域からの微量元素類の流出については従来から多くの調査・研究がなされてデータも比較的豊富である。微量元素類の多くはもともと岩石起源のものであり、その濃度は地質等との関係が大きく、森林施業等とは関係が薄いとの指摘がある。一方で、フルボ酸鉄等の有機結合した微量元素類については、森林土壌がその有機結合に大きく関与しているとの指摘もある。

モデル地域における現地調査では、陸域の岩石等から各種微量元素類の流出が認められ、これら微量元素類の多くは既往知見の濃度の範囲と同様なレベルであった。また、調査地点間の違いでは、マンガン、銅、コバルト、鉄等を除きどの地点もほぼ同じレベルの濃度を示しており、これは、今回の調査では調査地点間の地質等に大きな差異は無かったことが大きな要因と考えられ、結果的には森林施業あるいは林種・林齢の相違等による差異については明らかにできなかった。森林施業や、樹種、林齢による違いを把握するためには、密度の濃い調査を広域で行う必要があると考えられる。また、フルボ酸鉄については、分析精度等の問題もあったが、基本的には低濃度であったため、今回の調査では定量的な知見は得られなかった。

調査地点間で濃度の違いがみられたマンガンについては、マンガン鉱の影響が示唆され、また、鉄については、森林-1（針葉樹壮齢林）及び森林-2（広葉樹若齢林）で高い濃度を示す傾向がみられたものの、その要因を明らかにするだけの情報が不足している状況である。銅、コバルトについては既往知見が乏しい状況であるため、森林域での一般的な挙動等について不明であること、及び調査地点間の相違はみられたが、その法則性は認められなかった。

< 既往知見等と現地調査結果との具体的な比較結果 >

- ・マンガンの濃度については、晩夏調査が0.9~7.2 µg/L、初冬調査が0.3~3.6 µg/Lであった。マンガンは地質の影響を大きく受けるが、溪流の水質として森林-2の数値7.2 µg/Lは比較的大きい値である。これは付近にあるマンガン鉱の影響が出ていると考えられる。但

し鉍脈があるというほど大きい値ではない。他の 3 つの地点については、一般的な森林からの流出濃度の範囲である。

- ・ Na^+ 、 Cl^- 濃度については、海の近くでは海塩の影響で数値が大きくなるが、今回の調査地点は海から直線で約 6 km あり、数値から考えても海の影響は少ないと考えられる。今回の調査結果は一般的な森林からの流出濃度の範囲である。
- ・ K^+ 、 Ca^+ 、 Mg^+ などの濃度については、降雨による流入もあるが、多くは岩石の風化によって供給される。今回の調査結果は、一般的な森林からの流出濃度の範囲である。
- ・ Cu 、 Zn 、 Ni 、 Co については、既往知見が不足している元素である。地質による影響が大きいと考えられるが更にデータを蓄積する必要がある。

河川域

既往知見によると、森林域から流出した微量元素類は河川を流下し海域に供給され、海域生産に何らかの影響を与えていることが示唆されている一方で、その流出量の定量的評価やメカニズム等についての知見は乏しい状況である。

モデル地域における現地調査により、各種微量元素類の河川を通じた海域への供給が明らかとなったが、微量元素類について河川の流下に伴う顕著な濃度変化や組成変化等はほとんど確認できず、また、定量限界以下の濃度を示した物質も多く、定量的評価が困難な結果となった。

< 既往知見等と現地調査結果との具体的な比較結果 >

- ・ 微量元素類については明らかな傾向は認められなかった。

海域

既往知見によると、各種微量元素類は海域の生産に何らかの影響を与えていること、及びこれら微量元素類は主に河川水から供給されるとともに、河川水と海水とが混合する河口域において沈降・堆積し、再び海中に回帰する等の研究成果が示されているが、これら微量元素類の生物摂取機構や定量的知見は乏しい状況にある。また、これら微量元素類の濃度は、沿岸から外洋に向かって低下する傾向があることが示唆されている。

モデル地域における現地調査によると、マンガン、銅、コバルト、鉄等の微量元素類については、湾口に向かって濃度が低下していること及び河口域底層で高い濃度を示していることが明らかとなった。これは、陸域から河川を通じて運ばれてきたこれらの微量元素類が河口域に供給され、植物プランクトン等に利用されるという既往知見や、河口域で沈降・堆積・溶出等のメカニズムが働いているという既往知見等を裏付ける現象として理解される。また、このような物質挙動をもたらす河口域という場が海域の生産に大きく関与している可能性も示唆された。

< 既往知見等と現地調査結果との具体的な比較結果 >

- ・ マンガン、銅、亜鉛、ニッケル、コバルト、鉄のいずれも津軽石川河口の底層で高い値を示しており、陸域から運ばれてきたこれらの元素が河口域で沈殿・回帰したものと考えられた。また、湾奥に比べ湾口や湾外では多くの元素等の濃度が低下していたが、これらは既往文献と合致していた。また、溶存態鉄、フルボ酸鉄は $5 \mu\text{g/L}$ 以下と非常に低い濃度であった。

- ・ A G P 試験における森林水の 4 地点間を比較すると、最大増殖量では大きな差はないが、最大増殖速度では森林-1、-2のPS 樹脂無処理区において他の試験区よりも大きくなっていった。森林-1、森林-2では水質中に全鉄が多かったこと、また有機物を吸着するPS 樹脂で森林水をろ過処理した試験区では最大増殖速度が抑えられていたことから、有機態の鉄が増殖速度に関連している可能性も考えられた。

森・川・海のつながりの視点から

既往知見によると、微量元素類の多くは海域生物の生体に含まれていること及びその供給源は岩石等であることから、陸域から供給される微量元素類が海域での生産に何らかの影響を与えていると考えられている。一方で、フルボ酸鉄のような有機結合している微量元素類については、森林土壌がその有機結合に大きな影響を及ぼしているとの知見がある。

モデル地域における現地調査では、森林域の岩石等から各種微量元素類の流出が認められ、河川を通じた海域への供給が明らかになった。しかし、森林からの供給メカニズムや河川での流下形態等及びその定量的な評価は明らかにできなかった。

濃度測定を実施した各種微量元素類のうち、マンガン、コバルト、鉄については、森林や河川ではそれぞれの元素ごとにほぼ同レベルの濃度であったが、河口域流入後、表層・底層とも懸濁態の濃度が大幅に上昇し、湾口に向けて濃度が徐々に低下する傾向がみられた。文献資料等から判断し、これは河口域においてこれらの微量元素類を植物プランクトンが生体内に取り込み蓄積していることや、コロイド状に沈降・堆積していた微量元素類が河口域特有の巻き上がり等で海中に浮遊していること、また、このような物質の挙動をもたらす河口域の存在が、海域の生産に大きく関与していることが推察された。

上記以外の微量元素類については溪流、河川、海域間で顕著な差違は認められず、これら元素類の海域の生産性への影響を判断するデータは得られなかった。フルボ酸鉄については、分析精度等の問題もあったが、全般的に低濃度であったため、今回の調査では定量的な知見は得られなかった。

論点 3 森林・河川から供給された有機物は、海域の生産に寄与しているか？

森林域

既往知見によると、森林は落ち葉等の有機物を供給し、溪流には溪畔林から供給されたこれらの有機物を餌等として多くの底生動物が利用していることが示唆されており、モデル地域における現地調査においても、森林から溪流に落下した落ち葉等を摂食する破碎食者が確認され、さらに落ち葉の多かったと推定される初冬調査では破碎食者の種類数が増加しており、多様な底生動物相が確認されている。

しかしながら、広葉樹の落葉が底生動物の餌となっていることは報告があるものの、針葉樹の落葉が底生動物の餌となっているかどうか等についての知見は乏しいなど、未解明の部分が多く、

今回の調査結果においても、林種・林齢による底生動物相の相違について明らかな傾向はみられなかった。森林施業や、樹種、林齢による違いを把握するためには、密度の濃い調査を広域で行う必要があると考えられる。なお、林種、林齢に由来する生物の多様性の違いが、物質挙動に関連する可能性もある。

また、固形物質濃度の調査結果でも、森林タイプによる違いは明らかとはならなかったが、初冬調査では落ち葉等の影響により2mm以上の固形物質が多く確認されている。

フミン酸、フルボ酸については地点間、季節的な変化等について顕著な傾向は明らかとなっていない。

森林内の上木及び下木の植生、地質、土壌、地形・傾斜、溪畔の植生、溪流の日射量等が複合的に影響している可能性があり、年間を通じて調査していないこと、調査数が少ないことから更にデータを蓄積する必要がある。

< 既往知見等と現地調査結果との具体的な比較結果 >

- ・ 溪流の底生動物の種類数及び個体数については、森林タイプによる顕著な傾向は認められなかったが、摂食機能群による分類では、晩夏調査に比べ落ち葉の多かった時期と考えられる初冬調査において破碎食者や捕食者の種類数が増加していた。
- ・ 固形物質調査結果によると、いずれの地点においても2mm以上の粒径の固形物質が多くを占めていた。また、初冬調査の森林-4（原始的な広葉樹天然林）では、2mm以上の固形物質が高濃度で確認されている。

河川域

既往知見によると、河川ではその流下過程において、森林から流出してきた落ち葉等を水生昆虫等が利用することにより有機物の形態変化（細粒化、溶存化）が生じ、海域の生物にとって利用しやすい形態となって供給されること、また、河川の付着藻類等も剥離して、海域生物の餌料となっていることが報告されている。

モデル地域における現地調査によると、落ち葉等の多かった初冬調査においては、河川での固形物質濃度は流下に伴い低下していること、及び粒径2mm未満の固形物質濃度の割合も増加している傾向がみられており、細粒化・溶存化の可能性が示唆されたが、一方で有機炭素濃度は懸濁態・溶存態とも低下しており、これは河床への沈降や底生動物による摂食の可能性が考えられた。

なお、河川での底生動物調査結果によると、流下に伴う顕著な変化傾向は認められなかったが、晩夏調査に比べ落ち葉等の供給の多かったと想定される初冬調査では破碎食者及び捕食者の種類数・個体数とも増加しており、落ち葉等の供給にあわせて底生動物相が変化した可能性が示唆された。

フミン酸、フルボ酸については地点間、季節的な変化等について顕著な傾向は明らかとなっていない。

< 既往知見等と現地調査結果との具体的な比較結果 >

- ・ 有機炭素濃度については、特に初冬調査において流下に伴いやや減少する傾向がみられ、

懸濁態有機炭素（POC）及び溶存態有機炭素（DOC）とも減少傾向を示した。

- ・ 落ち葉等の多かった初冬調査においては、河川での固形物質濃度は流下に伴い低下していること、及び粒径2mm未満の固形物質濃度の割合も若干増加している傾向がみられたが、一方で有機炭素濃度は懸濁態・溶存態とも減少傾向にあり、河床への沈降や底生動物による摂食の可能性が考えられた。
- ・ 晩夏調査に比べ初冬調査では、底生動物の破碎食者の種類数・個体数が大幅に増加しており、これは落ち葉等の供給に関係があるものと考えられた。

海域

既往知見によると、落ち葉、付着藻類の破片や細胞、水生昆虫類の死骸等は、主に河川出水時に流送され、デトリタス食の海域生物に摂食されると言われている。

今回の現地調査は平常時の調査として実施したものであるが、晩夏調査の津軽石川河口の懸濁態有機炭素（POC）濃度は沖合の地点よりも高くなっており、これは河川から何らかの懸濁有機物が供給されたこと又は植物プランクトンが増殖したこと等の可能性が考えられたが、一方で、河川での有機炭素濃度が低いこと及び溶存態の有機炭素が多くを占めていること等を勘案すると、河川以外の起源の可能性も否定できない。

フミン酸、フルボ酸については地点間、季節的な変化等について顕著な傾向は明らかとなっていない。

なお、海域に供給された懸濁有機物がデトリタス食の海域生物に摂食されたことを示す調査は今回実施しておらず、今後これらの機構を明らかにする調査が必要と考える。

< 既往知見等と現地調査結果との具体的な比較結果 >

- ・ 有機物の内訳として、津軽石川河口では沖合の地点に比べてPOCの割合が高かったが、これが河川からの落ち葉や付着藻類の破片等の有機物に由来するものか、植物プランクトンへの取り込みにより生じたものなのか等については明瞭な判断はできなかった。
- ・ フミン酸、フルボ酸の挙動については、明瞭な傾向は明らかとなっていない。

森・川・海のつながりの視点から

既往知見によると、森林は落ち葉等の有機物を供給し、溪流・河川にはこれらを餌等として多くの底生動物が利用していること、また、これらの底生動物が落ち葉等を利用することにより有機物の形態変化（細粒化・溶存化）が生じ、海域の生物にとって利用しやすい形態となって供給されることが言われている。また、河川の付着藻類の破片や細胞、水生昆虫類の死骸等は、主に出水時に流送され、デトリタス食の海域生物に摂食されることが知られている。

モデル地域における現地調査においても、森林が供給した落ち葉等の有機物を餌として溪流・河川には多様な底生動物が生息していることが明らかになった。また、落ち葉等の供給の多かったと想定される初冬調査時に、晩夏調査時よりも破碎食者や捕食者の種類数・個体数が増加する傾向が認められたことなどから、落ち葉等の供給にあわせて溪流・河川の底生動物相が変化した可能性が推察された。しかしながら、樹種ごとの落ち葉の違いがどの程度底生動物に影響を及ぼ

しているかなど、未解明な部分も多く、今後研究成果の蓄積が必要とされる分野である。

落ち葉等の多かった初冬調査においては、河川での固形物質濃度は流下に伴い低下し、粒径2mm未満の固形物質濃度の割合が増加していることから、有機物の細粒化・溶存化の可能性が示唆されたが、一方で有機炭素濃度も低下しており、河床への沈降や底生動物による摂食の可能性も考えられ、明瞭な結果は得られなかった。

海域では、晩夏調査の津軽石川河口の懸濁態有機炭素（POC）濃度は沖合の地点よりも高く、河川から懸濁有機物が供給されたこと又は植物プランクトンが増殖したこと等の可能性が考えられた。しかしながら、河川の有機炭素濃度は低く、また、多くの割合で有機炭素のうち溶存態が占めていることから、河川以外の起源の可能性も否定できない。

2) 森林・河川の水量・土砂の調節機能による健全な海域生態系の維持について

論点4 森林・河川から流出する水量が安定することは、健全な海域生態系の維持に寄与しているか？

既往知見によると、洪水などにより大量の淡水が一挙に海域に流入することは、淡水に弱い海域生物等の死滅やストレスの蓄積等を引き起こすとの研究者の指摘がある。一方で、適度な出水が海域に良い影響を与えているとの指摘もある。

また、森林では、林齢の高いところほど土壌への浸透能が高く、また、裸地は森林に比べて降雨に対する流出量の反応が敏感であり、ピーク時流量が増加することなどが既往知見として得られている。河川においては、河川改修等による河道の貯留効果の減少等が指摘されており、森林や河川による水量の安定化機能の発揮は、健全な海域生態系の維持に寄与しているとの指摘がある。

しかしながら、今回の現地調査は、平水時相当における物質の供給を明らかにすることを主要な目的の一つとして実施したものであり、融雪時や洪水時等の流量等の連続観測や、このようなイベント時における海域生物の生息状況調査等を実施しておらず、海域生態系と森林・河川による流量の安定化機能との関連について検証できていない。今後、これらの機能に着目した調査を実施し、知見を蓄積していくことが必要である。

論点5 森林による土砂流出防止機能は、濁りの発生を抑制し、健全な海域生態系の維持に寄与しているか？ また流域からの土砂の適度な供給は健全な海域生態系の維持に寄与しているか？

既往知見によると、森林は土砂流出防止機能を有しており、この機能は海域での濁りの発生抑制に寄与し、健全な海域生態系の維持や光合成が確保されることで、ひいては海域の生産に寄与しているとの指摘が多い。特に森林が裸地化した場合や土木工事が適切に実施されなかった場合

は、土砂流出防止機能を低下させ、海域等で濁りを生じさせる大きな要因となっている等の指摘が得られている。

一方、森林・河川からの適度な土砂の供給は、河川・沿岸域の地形や底質の粒径を保ち、河川生態系や海域生態系の維持に寄与することを示唆している研究者も多い。特に河川改修による河床材料の変化や河川での砂利採取等は、土砂供給量に大きな影響を与えるばかりでなく、土砂の粒径分布の変化にも影響を及ぼすことが示唆されている。

しかし、今回の現地調査は平水時相当における物質の供給を明らかにすることを主要な目的の一つとして実施したものであり、融雪時や洪水時等の濁度等の連続観測、土砂供給量の把握、河床や海底地形の変化状況調査、このようなイベント時における海域生物の生息状況調査等を実施しておらず、海域生態系と森林・河川による土砂流出調節機能との関連について検証できていない。今後、これらの機能に着目した調査を実施し、知見を蓄積していくことが必要である。

3) 森林・河川生態系が適切に維持されることによる海域の生産への寄与について

論点6 森林・河川生態系が適切に維持されることは、海域の生産に寄与しているか？

既往知見によると、溪流の樹木等の存在による日陰効果が水温を低下させ、イワナ、ヤマメをはじめとする溪流における魚類の生息環境の維持に貢献していること、また、溪流や河川における落ち葉等の供給も、水生昆虫等の餌の供給に貢献していること、溪流の陽光によって藻類が繁殖し、これは底生動物等の餌となっていること、森林から供給される倒流木が、溪流、河川に淵、瀬を作り、隠れ家等を供給し生物相を豊かにしていることなどの報告がある。

しかしながら森林整備や林種・林齢の違いによる生物相の違いや、溪畔林・河畔林による落ち葉等の供給機能と海域生態系との関係については不明な部分が多く、今後、研究成果を蓄積していくことが必要である。

論点7 動植物の存在や水産資源の収穫は、海域の生産に寄与しているか？

森林では、溪畔林・河畔林等の樹冠による木陰の存在により高水温に弱いサケ科魚類等の生息を可能としているとともに、河川そのものは回遊魚の生息場や産卵場としての役割を果たしているとの指摘があり、これら回遊魚の遡河に伴う陸域への物質環流機能によって、栄養塩類等が再度森林・河川から海域に供給されることにより、海域の生産に寄与しているとの指摘が多い。この物質環流の過程においては、熊や大型鳥類等による遡河してきた回遊魚の陸上への持ち込み、回遊魚に含まれる成分等のヤナギ等の植物体による固定など、多様な動植物が関与しているとの研究成果が示されている。

また、海域で採餌した水鳥等の移動や沿岸漁業による陸域への物質環流機能に関しても多く

の研究成果が示されており、特に沿岸域に蓄積し飽和状態となった栄養塩類等の物質を除去することは新たな海域生産の促進に寄与できるとの指摘がある。

今回の現地調査では、回遊魚等の生息場・産卵場としての調査・評価は実施しておらず、これら回遊魚等をはじめとする動植物の生息と海域の生産との関係について定量的な評価はできていない。さらには、回遊魚等をはじめとする動植物や沿岸漁業による物質循環量等の評価や、これによる海域生産への寄与程度も明らかとなっていないことから、今後、定量的な知見を蓄積していく必要がある。

2. 今後の検討課題

以上の検証結果を踏まえ、今後、森・川・海の役割・機能及びつながりをより詳細に明らかにしていくための検討課題を整理した。

1) 物質の供給に関して

- ・ 出水時・融雪時の調査や1年を通じた物質収支を考慮した調査等を実施する必要がある。
- ・ 森林を皆伐した場合等における渓流水質の変化等の知見は比較的存在しているとともに、その変化状況は明らかであることに対して、渓流水質と森林施業との関わり、あるいは森林施業と水生生物との関係については未知の部分が多く、今後知見を蓄積する必要がある。
- ・ 各種元素（特に微量金属）については仮説を支持する結果が得られていないが、調査時期、項目、地点、分析手法などについて多くの知見を蓄積する必要がある。
- ・ 河川での流下に伴う物質形態の変化が、物理的な変化（沈降、吸着等）か、化学的・生物化学的变化（酸化、分解、消費、溶出）なのか把握できていない状況があり、この変化に焦点をあてた知見の蓄積が必要である。

2) 水量・土砂の調節機能に関して

- ・ 今回のモデル地域での現地調査は、平水時相当における物質の供給を明らかにすることを主要な目的の一つとして実施したものであるが、既往文献やヒアリング調査結果では、森林・河川の水量の安定化又は土砂の適度な流出機能（調節機能）等が海域の生産に極めて重要な役割を果たしていることが示唆されており、今後、流量・土砂の調節機能と海域生産との関係を結びつけていく調査が必要となっている。
- ・ 土砂の調節機能に関しては、現在、河川を中心として様々な調査が実施されており、これらの知見等を活用するとともに、海域生産にプラスに働く適度な土砂量の見極め、及び土砂の質（粒径）について調査・検討が必要となっている。

3) その他

- ・ 森林生態系及び河川生態系が適切に維持されることが海域生態系を豊かにすることにつながると示唆されていることから、森林・河川生態系と海域生態系とのつながりを具体的に明らかにする調査が必要となっている。
- ・ 今回のモデル地域は、森・川・海をつなぐつながりを明確にしやすい地域として、森林・河川と海域との関係が把握しやすく、また、人為影響の少ない三陸沿岸地域を選定したが、全国的にみた場合は、このような流域特性を有する地域は少なく、オープンな海域に注ぐ河川流域や人為的な影響を強く受けている流域が大部分を占めている状況がある。このため、森・川・海をつなぐつながりを重視した豊かな漁場海域環境創出方策を全国展開していくためには、今回のモデル地域と日本全国の多くを占める地域との相違点等を明らかにした上で、森・川・海をつなぐつながりに係る知見を一般化していく調査・検討が必要である。

第5章 今後の事業展開に向けて

目 次

1 . 整備の方向性の検討	368
2 . 整備方策の具体的検討	376

1. 漁場環境のための森・川・海の整備の方向性の検討

4章までの調査・検討結果を踏まえ、森・川・海のつながりの視点から、「良好で豊かな漁場海域環境」を創出するための今後の整備の方向性を検討した。

検討にあたっては、森林域・河川域・海域それぞれの有する機能や役割に着目した方向性と、森林域と河川域、河川域と海域とをつないでいる部分に着目した方向性とに分けて検討を行った。

1) 森林域・河川域・海域それぞれにおける整備の方向性の検討

森林域・河川域・海域それぞれで想定される整備の方向性としては、表 - 5.1に示す事項が挙げられた。

森林においては、珪酸塩珪素を含む栄養塩類や、微量元素類が安定的に供給されるとともに、有機物が適度に供給される健全な森林生態系を維持することが必要となっている。河川においては、食物連鎖等を通じた栄養塩類の適切な形態変化が維持されることや、海域に珪酸塩珪素を適切に流下させる機能が重要となっている。また、有機物については食物連鎖を通じた付着藻類等のバイオマスとしてのストックを適度に増加させるなどにより、有機物を適度に貯留・流下させることが必要となっている。さらに海域では、河川から供給された珪酸塩珪素を含む栄養塩類や微量元素類、有機物を海域生産に有効に利用できる環境を創出することが求められている。

水・土砂の安定的供給については、森林や森林土壌が有する降水の流出調節機能や、森林による土壌保全機能が発揮されることが必要となっており、また、河川では適切な流量の維持に資する河川・流域の貯水性・浸透性の確保や、森林域から供給された土砂を適切に流下させることが求められている。海域では河川からの適度で安定的な淡水供給によって健全な海域生態系を維持するとともに、河川からの適度な土砂量と適度な粒径による土砂供給を活かして、海域生態系の良い生育・生息基盤の維持・確保を図ることが必要となっている。

生態系の適切な維持に関しては、森林及び溪流生物の生育・生息環境の保全を図るとともに、河川では生物の生育・生息環境の保全と移動障害を解消していくことが望まれる。海域においては陸域への物質環流機能を確保するという観点から、生物の生育生息環境保全とその移動の確保、沿岸漁業の振興等の方向性が挙げられる。

表 - 5.1 漁場環境のための森・川・海の整備の方向性の検討

項目	内容	今後の整備の方向性		
		森林域	河川域	海域
森林・河川からの栄養塩類の供給	森林から流出する栄養塩類が河川で形態を変えながら流下し、海域の生産に寄与	栄養塩類が安定的に供給できる健全な森林生態系を維持することが必要	食物連鎖等を通じた栄養塩類の適切な形態変化が維持されることが必要	河川から供給される栄養塩類が海域の生産に有効に利用される環境を創出することが必要
森林・河川からの微量元素類の供給	森林から流出する微量元素類が河川を適切に流下し、海域の生産に寄与	微量元素類が安定的に供給できる健全な森林生態系を維持することが必要 (その他は定量的な知見を蓄積していくことが必要)	森林域から供給される微量元素類を適切に海域へ流下させることが必要 (その他は定量的な知見を蓄積していくことが必要)	河川から供給される微量元素類が海域の生産に有効に利用される環境を創出することが必要 (その他は定量的な知見を蓄積していくことが必要)
森林・河川からの有機物の供給	森林から流出する有機物が河川で形態を変えながら流下し、海域の生産に寄与	森林から有機物が適度に供給できる健全な森林生態系を維持することが必要	食物連鎖を通じたバイオマスとしてのストックを適度に増加させ、有機物を適度に貯留・流下させることが必要	河川から供給される有機物が海域の生産に有効に利用される環境を創出することが必要
森林・河川による流量の調節	森林の流出調節機能や河川の流下速度の調節機能が健全な海域生態系の維持に寄与	森林や森林土壌が有する降水の流出調節機能を発揮させることが必要	適切な流量の維持に資する河川や流域の貯水性・浸透性の確保が必要	河川からの適度で安定的な淡水供給を活かして、健全な海域生態系を維持することが必要
森林による濁り発生抑制と適度な土砂供給	流域からの適度な土砂供給が健全な海域生態系の維持に寄与	森林による土壌保全機能を発揮させることが必要	森林域から供給された土砂を適切に流下させることが必要	適度な土砂量と適度な粒径による土砂供給を活かして、海域生態系の良好な生育・生息基盤の維持・確保を図ることが必要
森林・河川生態系の適切な維持	森林・河川生態系の適切な維持が健全な海域生態系の維持に寄与	森林及び渓流生物の生育生息環境を保全することが必要	河川生物の生育生息環境の保全や河川生物の移動阻害を解消することが必要	生物の移動や沿岸漁業による陸域への物質環流機能を確保することが必要
動植物の存在や水産資源の収穫	動植物の存在や水産資源の収穫が健全な海域生態系の維持に寄与			

2) 森林域・河川域・海域の連携方策に係る方向性の検討

前項では、森林域・河川域・海域それぞれにおける整備の方向性を整理したが、ここでは、森林域・河川域・海域の連携方策を考える上で最も重要な位置にあると考えられる「つながり」の部分に着目し、これら「つながり」の持つ機能・役割を検討することにより、連携方策に係る方向性について検討を行った。

なお、今後、連携して整備・取り組みを進めていくべき個別的な事項等については、以下のとおり整理される。

森・川・海につながりに係る調査の充実

今回の調査では、モデル地域において現地調査を2季実施し、既往知見と照らし合わせることで等によりその解析を行ってきたが、その解析手法が確立されていないこと、人為起源からの流出形態やその量等が明らかになっていないなど、各物質の挙動等には複数の影響要因が複雑に関係していること等を理由として、森・川・海をつなぐを十分に解明できたとはいえない。また、出水時や融雪時における調査や年間を通じた調査の必要性も示唆されており、基礎調査やモニタリング調査の充実によるデータの蓄積が求められている。今後、既往知見の集約と合わせて、森・川・海をつなぐの視点に立って調査を継続していくとともに、調査内容の充実を図った上でのデータの蓄積が重要となっている。

森・川・海をつなぐを意識した長期的視点に立った取り組みの展開

今後、森林域・河川域・海域との連携の下、その整備・検討の方向性を考えるにあたっては、森林域での施策・取り組みでは、その効果の発現までには長時間を要するものがあること、また、森林・河川・海域生態系の維持・保全に関する施策・取り組みでは生物多様性を確保していくことが重要であること等が指摘されており、10年先、100年先を展望した長期的視点に立った調査・研究計画を立て、これに基づいた知見の蓄積を図っていくことが重要となっている。

森・川・海をつなぐに係る知見等の情報の共有化

今後、森・川・海をつなぐを重視した事業展開を図っていくためには、既往知見を集約するとともに、知見の乏しい分野に焦点を当てたデータ等の更なる蓄積が重要となっており、各種機関により得られたデータや知見等の情報を積極的に共有化していくことが重要である。

森・川・海をつなぐに係る調査・解析手法の検討・確立

森・川・海をつなぐの観点から調査を行い、得られたデータを解析した事例はほとんど皆無であることから、その調査手法及び解析手法についての具体的な検討とその確立等に取り組んでいくことが重要である。

今回実施した調査は、既往知見から得られた情報を基に、網羅的に水質や生物相等の調査を実施したものであるが、今後、森・川・海のつながりに係る調査を効果的かつ効率的に全国展開していく場合には、森・川・海のつながりを解析するために必要となる調査内容、調査項目の優先順位を設定・提示していく必要があり、これらの情報について早急に整理・検討することが求められている。今回の調査において得られた結果から提案される今後の現地調査指針（案）は表 - 5.2に示すとおりであり、今後、これら調査内容について精査を行っていくことが重要である。

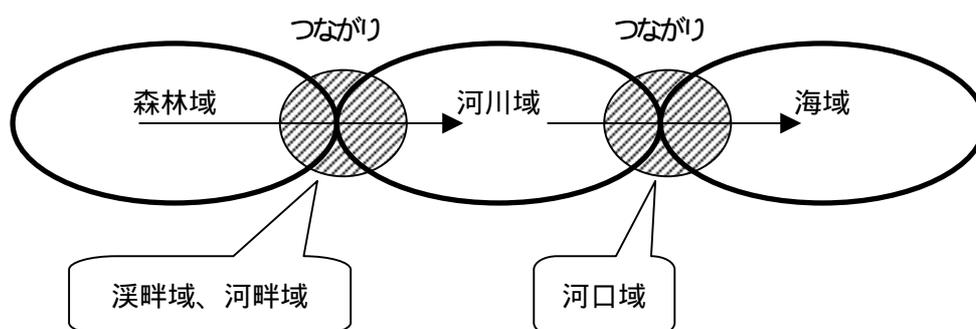
なお、現地調査指針（案）の精査にあたっては、対象とする河川・海域等が、小河川・大河川、内湾・外海、河口域の形状がどうなっているか等によっても森・川・海のつながりのあり方は大きく変わってくることから、対象とする地域等の特性を明確に把握した上で検討を行うことが必要である。

また、今回の調査では、森・川・海の調査結果データを横並びにすること等により解析を実施したが、十分な成果が得られたとは言えない状況であった。これは既往知見が不足しているという要因の他に、森・川・海を通じたデータを横並びにするなどして解析した事例がほとんどなく、試行錯誤による検討であったことに起因する部分が大きかった。

このため、今後、森・川・海のつながりを重視した連携方策を広く展開していくためには、前述の現地調査指針（案）のほか、解析手法を早期に検討・確立し、広く普及していくことが重要である。

森林域・河川域・海域の「接点」の健全化

森・川・海の健全なつながりを確保していくためには、森・川・海それぞれの機能や役割が十分発揮されることが必要であるが、一方「森林域と河川域との接点」や「河川域と海域との接点」が不健全な場合には、森林域や河川域で整備を推進しても、十分な効果を期待することはできない。具体的には、森林域と河川域であれば溪畔域や河畔域等、河川域と海域であれば河口域等について、今後、特に留意して整備方策を検討していくことが必要となっている。



連携体制の構築

森・川・海のつながりに係る分野は多岐に渡っていることから、より広範な分野の行政・研究に係る関係機関の密接な連携体制を構築するとともに、共通認識に立った目標等を掲げた上で、それぞれの役割分担の下、調査研究・解析等を進めていくことが重要である。

さらには、漁業者、林業従事者、地域住民、NPO等の多様な主体の参加・参画を推進していくとともに、地域住民等が森・川・海の環境保全活動に参画する際に参考となる手引き書的な資料（パンフレットやリーフレット、小冊子等）の作成・配布等の取り組みの推進が重要となっている。

表 - 5.2 森・川・海のつながりに係る現地調査指針（案）

調査の基本的考え方

森・川・海のつながりを重視した連携方策を展開していくにあたっては、森林域・河川域・海域及びそのつながりの状況等を把握する必要があり、この観点からは、次に示すような現地での定点調査を実施するとともに、流域に関連するデータは既存資料調査等により得ることが考えられる。

なお、ここで提示した調査項目や手法については、地域特性により必要に応じて取捨選択すべきであると考えられることから、適宜最適な項目及び手法を採用することが重要である。

- ・ 渓流域・河川域・海域を通じた水質調査（水質調査項目（案）は表 - 5.2.1参照）
- ・ 渓流域・河川域を通じた水量調査
- ・ 河川域・海域の底質調査（底質調査項目（案）は表 - 5.2.2参照）
- ・ 渓流域・河川域の底生動物・付着藻類調査（定量・定性調査）
- ・ 河川域・海域の水草・海草（海藻）調査
- ・ 森林・溪畔林、河畔林調査（樹種、立木密度、蓄積、施業履歴等）
- ・ 土壌調査（理化学特性等）
- ・ A G P 試験

調査頻度・時期

水質・水量調査は平水相当時として四季実施するとともに、出水時においても調査を実施することが望ましい。なお、冬季に積雪のある地方においては、春先の融雪時にも調査を実施することが好ましい。

底生動物・付着藻類調査については四季実施することを基本とし、その他の調査については1回程度実施することが望ましい。

調査地点

渓流域では、流域の樹種や林齢、施業履歴等を考慮するとともに、森林を面的に捉える観点から数地点設定する。

河川域では、流下に伴う変化が把握できるように、数地点設定する。

海域では、河川水の拡散方向や外洋水との交換等を考慮し、数地点設定する。また、表層と底層の2層程度設定する。

解析手法

水質分析結果のデータ解析にあたっては、濃度だけでなく、負荷量も対象として、森・川・海のデータを比較する。なお、河川からの負荷量が海域にもたらす影響の定量化には塩分を指標とした解析手法が提案されている。また、平水時・出水時・融雪時等の負荷量を算定し、海域への供給量を推定することが考えられる。

その他の調査結果は、水質・水量調査結果との比較及び相互の比較等を行うことが考えられる。

表 - 5.2.1 漁場環境のための森・川・海の整備で有効と考えられる水質調査項目（案）

分析項目		調査項目の優先順位 (案)	有効と考えられる調査項目の選定理由
有機物	全有機態炭素		生物の現存量及び生産量を指標しているため。
	溶存態有機態炭素		
	フミン酸		森林域で地点による差が確認された項目で、生物生産への関与について近年注目されている物質群であるため。
	フルボ酸		
粒子状有機物(POM)		森林域で地点による差が確認された項目で、河川や海域における生物生産に寄与していることが考えられるため。	
栄養塩類	総窒素		河川内で地点による差が顕著にみられた項目であるため。また、AGP試験における増殖量・増殖速度の差が栄養塩類の差によると考えられるため。
	亜硝酸態窒素		
	硝酸態窒素		
	アンモニア態窒素		
	総リン		
	リン酸態リン		
	珪酸		海域での植物プランクトンの取り込みに由来すると考えられる地点・季節間の差が確認されたため。
鉄	全鉄		地点による差が確認された項目で、生物生産への関与について近年注目されている物質であるため。
	溶存態鉄		地点による差はみられなかったが、生物生産への関与について近年注目されている物質であるため。
	フルボ酸鉄		
金属元素類(主要)	ナトリウム		河口域での沈降等の要因による濃度変化以外は、地点間で目立った差がみられず、これらの物質濃度の違いが生物生産の違いに大きく関与している可能性は低いと考えられるため。
	カリウム		
	カルシウム		
	マグネシウム		
金属元素類(微量)	マンガン		地点による差が確認された項目であるため。
	銅		河口域での沈降等の要因による濃度変化以外は、地点間で目立った差がみられず、これらの物質濃度の違いが生物生産の違いに大きく関与している可能性は低いと考えられるため。
	亜鉛		
	ニッケル		
	コバルト		
陰イオン	塩化物イオン		地点間で目立った差がみられず、森・川・海のつながりの観点からは必須の調査項目とは考えられないため。
	重炭酸イオン		
	硫酸イオン		
基礎項目	pH		水の基本的性質を指標する項目であり、また、pHが物質の形態変化に大きく影響を与える場合があるため。
	電気伝導度		水中に含まれる陽・陰イオン量の目安となるが、森・川・海のつながりの観点からは必須の調査項目とは考えられないため。
	DO		生物の生息環境の状況を指標する項目であり、また、河川から海域への溶存酸素の供給状況を把握するため。
	塩分		海域水質の基礎的項目であり、河川水と外洋水との混合割合を推定するデータとして有効であるため。
	透視度・透明度		濁りの状況等を把握するため
一般項目	BOD又はCOD		水質汚濁の一般的指標であるが、森・川・海の間関係を明らかにするためには、水質汚濁よりも有機物の量等の把握が重要であるため。
	SS		河川から流出する濁り成分の状況を把握するため。
	VSS		
	クロロフィルa		海域における基礎生産の状況を把握するため。
プランクトン	植物プランクトン		海域における基礎生産の状況を把握するため。

<注> : 優先的に調査を実施すべき項目 : 調査の実施が考えられる項目

表 - 5.2.2 漁場環境のための森・川・海の整備で有効と考えられる底質調査項目（案）

分析項目		調査項目の優先順位（案）	有効と考えられる調査項目の選定理由
有機物	全有機態炭素		地点による差が確認された項目で、生物の現存量及び生産量の指標であるため。
	フミン酸		地点による差が確認された項目で、生物生産への関与について近年注目されている物質群であるため。
	フルボ酸		
栄養塩類	総窒素		海域の生産に大きく関与している物質で、これらの物質の底泥での存在量を明らかにすることで、その沈降・堆積状況が把握できるため。
	亜硝酸態窒素		
	硝酸態窒素		
	アンモニア態窒素		
	総リン		
	リン酸態リン		
	珪酸		植物プランクトンによる生産に大きく関与している物質であり、底泥での存在量を明らかにすることで、その沈降・堆積状況が把握できるため。
鉄	全鉄		生物生産への関与について近年注目されている物質であるため。
金属元素類（主要）	ナトリウム		地点間で目立った差がみられず、また、濃度の違いが生物生産の違いに大きく関与している可能性は低いと考えられるため。
	カリウム		
	カルシウム		
	マグネシウム		
金属元素類（微量）	マンガン		地点による差が確認された項目であるため。
	銅		地点間で目立った差がみられず、また、濃度の違いが生物生産の違いに大きく関与している可能性は低いと考えられるため。
	亜鉛		
	ニッケル		
	コバルト		
粒度組成	粒度組成		底質の性状を指標する基礎的項目で、各種物質の沈降・堆積のメカニズムと関連があると考えられるため。

<注> ：優先的に調査を実施すべき項目 ：調査の実施が考えられる項目

2．整備方策の具体的検討

森・川・海のつながりの視点から、「良好で豊かな漁場海域環境」を創出するための今後の整備の方向性を検討するとともに、森林域・河川域・海域それぞれにおいて、現時点で想定される具体的な整備方策や取り組み等について検討を行った結果は表 - 5.3に示すとおりである。今後、各海域や流域の実態を踏まえ、必要に応じて森林域・河川域・海域の関係者が連携し整備や取り組みを進めていくことが望ましい。その際、モデル地域を設定し効果の検証等を実施することが考えられる。

表 - 5.3 現時点で想定される整備方策や取り組み等

項目		整備方策、取り組み等
森林域	基礎調査	地質や気象条件等が流出水に与える影響の把握 森林整備、樹種・林齢等が流出水に与える影響の把握
	モニタリング	豪雨時や融雪時を含め、森林が水量・水質、土砂供給量等に与える影響のモニタリング
	整備方策	濁水の発生防止等森林の水源かん養機能の維持・増進の観点から、山腹崩壊の予防や山腹崩壊跡地等土砂供給源の早急な復旧、並びに伐採跡地への早急な植栽の実施や人工林の適切な密度管理の実施、水質保全施設の設置等多様で健全な森林を維持・造成する観点から、生態系に配慮した森林の整備・保全、溪畔林等の整備・保全
	協働	上下流の連携やボランティア活動等を通じた森林の整備・保全の一層の推進
河川域	基礎調査	栄養塩類濃度等に関する基礎調査 河畔林等に関する基礎調査(樹種、現存量、落葉・落枝供給量、落葉分解速度等)
	モニタリング	水質・水量等のモニタリング 出水時や融雪時における流出水量、土砂供給量、河床の変化等のモニタリング 河床材料のモニタリング 河畔林等のモニタリング
	整備方策	多自然型護岸等による瀬と淵、生物生息域の創出 自然再生事業による本来の河川環境が有するバランスの復元、生物生息域の復元 河川内浄化施設による余剰な栄養塩類の除去又は形態変化の促進 河畔林、水草・河畔植生等の適切な整備・保全 貯水池等でのプランクトンの異常発生の抑制 適切な魚道の設置及び維持管理 河川管理施設における適切な土砂管理 河道における砂利採取等の適切な規制
	協働	流域関係者と連携した、栄養塩類、有機物を適切に循環させるための取り組み
海域	基礎調査	藻場等の形成や漁業生産に及ぼす河川水・流入土砂の影響の把握 物質環流量と海域生産との関係の把握 陸域起源物質の海域生物への摂取機構の調査と物質収支の把握 出水時や融雪時等の大量の淡水流出が海域環境に及ぼす影響の把握
	モニタリング	河口域において河川水や物質挙動等を把握するためのモニタリング・観測体制の充実
	整備方策	沿岸域における適切な生態系を保全する観点から、藻場、干潟、砂浜、産卵場等の保全、自然調和型防波堤等による生物生息域の創出 栄養塩類、微量元素類、有機物、淡水、土砂等の作用を考慮した漁場環境の整備・保全
	協働	漁業者、地域住民、NPO等多様な主体の参画による藻場の保全・創造等良好な沿岸域環境を創出する取り組みの一層の推進
森川海のつながり	協働	森林・河川・海域の関係者間の連絡体制強化による意見交換と情報の共有化 森林・河川・海域それぞれにおける施策を実施するにあたっての、他の施策への円滑な情報提供 調査手法及び解析手法の具体的な検討とその確立 森・川・海のつながりの観点から、より広範な分野との連携調査の実施

委員会の開催

委員会の開催

『森・川・海をつなぐりを重視した豊かな漁場環境創出方策検討調査委員会』を4回開催した。委員の名簿を表-1に、委員会の開催状況を表-2に、委員会の状況(写真)を表-3に、委員会の議事要旨をp385以降に示す。なお、第2回委員会の開催後にモデル地域の現地視察を行った。

表-1 森・川・海をつなぐりを重視した豊かな漁場環境創出方策検討調査委員会委員名簿

委員名	所属	備考
高橋正征	東京大学大学院総合文化研究科	委員長
西村修	東北大学大学院工学研究科	
柳井清治	北海道工業大学工学部	
沖野外輝夫	早稲田大学人間科学部	
向井宏	北海道大学大学院理学研究科	
植松光夫	東京大学海洋研究所	
谷田一三	大阪府立大学総合科学部	
肱黒直次	全国森林組合連合会組織部	
前林篤	全国漁業協同組合連合会漁政部	

(順不同 敬称略)

表-2 森・川・海をつなぐりを重視した豊かな漁場環境創出方策検討調査委員会開催状況

回数	日時	議事
第1回	平成15年10月30日 13:30～16:30	・事業概要について ・現地調査計画について ・第1回現地調査の概要について ・研究者への聞き取り調査結果について ・総合討論 ・その他、次回委員会について他
第2回	平成15年11月13日 13:30～14:45	・第1回現地調査の状況について ・研究者への聞き取り調査結果(捕捉)について ・その他、次回委員会について他
(現地視察)	平成15年11月13日 15:00～17:00 平成15年11月14日 8:30～17:00	視察場所 閉伊川、宮古湾のカキ養殖場、津軽石川(森林域を含む)、カキ工場、大槌湾、大槌川、小槌川、鶴住居川
第3回	平成16年2月16日 13:30～16:30	・森・川・海をつなぐりに関する知見の整理について ・森・川・海のあるべき姿について ・モデル地域における実態調査結果について ・全体報告書のとりまとめ方針について ・総合討論 ・その他、次回委員会他
第4回	平成16年3月9日 13:30～16:30	・森・川・海をつなぐりに関する知見の整理について ・森・川・海のあるべき姿について ・モデル地域における実態調査結果について ・総合考察について ・今後の事業展開に向けて ・総合討論

表 - 3(1) 森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場環境創出方策検討調査委員会の状況

	
<p>第1回委員会 高橋委員長挨拶</p>	<p>第1回委員会 左より植松委員、谷田委員、沖野委員</p>
	
<p>第1回委員会 左より西村委員、柳井委員</p>	<p>第1回委員会 左より肱黒委員、前林委員</p>
	
<p>第1回委員会 委員会全景</p>	<p>第1回委員会 委員会全景 - 2</p>

表 - 3 (2) 森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場環境創出方策検討調査委員会の状況

	
第2回委員会 左より沖野委員、高橋委員長	第2回委員会 向井委員
	
第2回委員会 植松委員	第2回委員会 谷田委員
	
第2回委員会 黒澤委員代理	第2回委員会 前林委員

表 - 3 (3) 森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場環境創出方策検討調査委員会の状況

	
<p>第2回委員会（現地視察） 津軽石川繋橋</p>	<p>第2回委員会（現地視察） 津軽石川繋橋</p>
	
<p>第2回委員会（現地視察） 津軽石川豊間根付近</p>	<p>第2回委員会（現地視察） 森林域調査地点（森林 - 2）付近</p>
	
<p>第2回委員会（現地視察） 大槌湾付近</p>	<p>第2回委員会（現地視察） 力牛加工場</p>

表 - 3(4) 森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場環境創出方策検討調査委員会の状況

	
第3回委員会 高橋委員長	第3回委員会 柳井委員
	
第3回委員会 沖野委員	第3回委員会 谷田委員
	
第3回委員会 左から前林委員、肱黒委員、植松委員	第3回委員会 委員会全景

表 - 3 (5) 森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場環境創出方策検討調査委員会の状況

	
第4回委員会 高橋委員長	第4回委員会 西村委員
	
第4回委員会 柳井委員	第4回委員会 沖野委員
	
第4回委員会 向井委員	第4回委員会 谷田委員
	
第4回委員会 黒澤委員代理	第4回委員会 前林委員

第1回森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場海域環境創出方策検討委員会 議事要旨

1. 日 時 平成15年10月30日(木) 13:30~16:30

2. 場 所 メルパルク東京 会議室「白鳥の間」

3. 出席者

出席者名簿のとおり

4. 要 旨

協会原総括参与、水産庁田中漁港漁場整備部長、林野庁花岡水源地治山対策室長、国土交通省河川局河瀬流域治水調整官からあいさつの後、高橋委員長を座長として議事を進めた。

なお、委員会設置要領(案)に関連して、事務局から本委員会は、原則として一般公開とし、本委員会の配布資料は公表扱いとする。また、希望者には傍聴を認める旨の補足説明を行い了解を得た。

1) 事業概要及び現地計画

事務局から事業概要(資料1)及び現地調査計画(資料2)について説明、原案どおりで了承された。

2) 第1回現地調査概要

各事業実施団体担当者から第1回現地調査の概要(資料3、4、5)について説明し、意見交換を行った。主な意見は以下のとおりであり、今後、これらの意見を踏まえて、調査及びとりまとめを行うこととした。

河川水のNP濃度

資料4のp.4にある閉伊川(宮古橋)のT-P値が高い原因について確認しておく必要がある。

河畔林

森林域での調査にあたっては、水辺の森林の状況を調査しておく必要がある。また、川とのつながりで落葉がどの程度供給されるか(林相による物質供給)のデータも必要となる。他の地域での既往データは存在するが、モデル地域でのデータが必要である。

調査時期の統一

森・川・海で採水時期を統一するべきである。サンプリング前の気象条件(降雨等)も考慮する必要がある。

カキ等の成分分析

海域の魚介類（特にカキ）の成分分析を実施してはどうか。また、基礎データがあるかないかなど調査しておく必要がある。

宮古湾内の流況

海域の採水地点は、湾の流れを考慮した地点設定が必要ではないか。また、カキ棚が水質に影響を与えているのではないか。カキ棚の前後での水質把握が必要であり、既往知見の収集も含めて、データ処理時にカキ棚の影響等を考慮して検討する必要がある。

伏流水

富山湾の例で N、P の負荷量が表流水と伏流水とで同程度であった。伏流水についても考慮する必要がある。

3) 研究者への聞き取り調査結果

事務局から研究者への聞き取り調査結果について（資料6）説明し意見交換を行った。主な意見は以下のとおりであり、今後、これらの意見を踏まえて対応することとした。

研究者以外の意見

実際にカキの養殖をしている畠山重篤さん（牡蠣の森を思う会代表）、北海道での活動の指導的立場の柳沼武彦さん（北海道指導漁業協同組合連合会）等の意見も聞いておく必要がある。

工学的分野の研究者の意見

既にヒアリングした研究者は生物分野に偏っているので、工学的分野（海岸の土木工学など）の研究者の意見を聞いておく必要がある。河口域の地形は、物質や魚のたまり場として重要と考えており、地形変形等の研究者がよいのではないか。大槌湾については、東京大学の大槌沿岸研究センターの乙部弘隆さん、河川では、九州大学の楠田哲也さんがよいのではないか。

ヒアリング結果のとりまとめ

ヒアリング結果を1枚にまとめようとした時に、全体の関連が分かるものとして、相互関連図をKJ法により作成してはどうか。その際には森・川・海といった空間ごとに整理を行えば、それぞれの課題といったものが見えてくるのではないか。

4) 総合討論

全体を通して総合討論を行った結果、主な意見は以下のとおりであり、今後、これらの意見を踏まえて、とりまとめ作業を行うこととした。

物質循環のモデル化

季節変化と生物生産の関連が大変重要である。今回の調査では難しいが、N、Pなどの収支について、マクロレベルでよいのでモデル等で季節的な計算ができれば良い。

現地調査時期

森林の植物生産は春から夏にかけて最大となり、溪流・河川の水生昆虫などでは秋から春が最大で、海では春から夏にかけての基礎生産、藻類生産が最大となる。そういう意味では、今回の遅れた夏と冬の調査だけでは片手落ちであり、時空間（場）の中での循環や分解等をダイナミックに捉える必要がある。

生物の生活史

生物のライフサイクルを考慮しなければいけない。ターゲットとする種を定めて、年間のいつ頃に生産が最大になるかなどを考慮する必要がある。この場合、水産生物（例えばカキなど）を対象にしてはどうか。

森林施業

森林については、季節変化だけを把握するのでは不十分である。森林施業などの時間軸を明らかにしておく必要がある。

5) その他

現地調査結果報告

現地調査結果を急いで出してほしい旨の要望があり、今回は、調査時期から時間的に間に合わなかったが、次回委員会ではできるだけ結果が報告できるよう対応することとした。

次回委員会及び現地視察

第2回委員会は、予定どおり平成15年11月13日13:30～14:45に開催、また、現地視察は13日15:00から14日にかけて実施することとした。

プレスリリース

プレスリリースは、委員会の内容を委員長と審議してまとめていくこととした。

委員会の通称

委員会名が長いので「森・川・海検討委員会」を通称とすることとした。

以上

第1回森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場環境創出方策検討調査委員会出席者

平成15年10月30日

順不同・敬称略

	名 前	所 属	役 職
委員長	高橋 正征	東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学系	教授
委 員	西村 修	東北大学大学院工学研究科土木工学専攻	教授
	柳井 清治	北海道工業大学	教授
	沖野外輝夫	信州大学	名誉教授
		早稲田大学総合人間科学部	教授
(欠 席)	向井 宏	北海道大学大学院理学研究科生物科学専攻海洋生物学講座	教授
	植松 光夫	東京大学海洋研究所海洋科学国際共同研究センター	助教授
	谷田 一三	大阪府立大学総合科学部	教授
	肱黒 直次	全国森林組合連合会組織部	部長
	前林 篤	全国漁業協同組合連合会漁政部	次長
国土交通省 河川局 河川環境課			
	河瀬 芳邦		流域治水調整官
	宮藤 秀之		課長補佐
	小野寺秀明	企画調整係	係長
林野庁 森林整備部 治山課			
	花岡 千草	水源地治山対策室	室長
	箕輪 昌男	水源地治山対策室 水源地治山企画班	課長補佐
	川口 大二	水源地治山対策室 水源地治山企画班 企画係	係長
水産庁 漁港漁場整備部 計画課			
	田中 潤兒	漁港漁場整備部	部長
	内海 和彦		総括課長補佐
	田中 郁也	計画班	課長補佐
	高原 裕一	計画班	水産土木専門官
水産庁 増殖推進部 漁場資源課			
	井上 清和	海洋保全班	課長補佐
	梅津 啓史	海洋保全班 廃棄物係	係長
(財)河川環境管理財団			
	岸田 弘之	河川環境総合研究所 研究第二部	部長
	大野 幸正	河川環境総合研究所 研究第二部	主任研究員
(財)水利科学研究所			
	渡邊 悟		常務理事
(社)日本水産資源保護協会			
	原 武史		総括参与
	田森日出春	調査部	部長
	藤澤 善之	調査部	専門員
	佐藤 隆	調査部	専門員
	福原富士美	調査部	専門員

第2回森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場海域環境創出方策検討委員会 議事要旨

1. 日 時 平成15年11月13日(木) 13:30~15:00

2. 場 所 ホテルメトロポリタン盛岡 本館4F会議室「はやちね」

3. 出席者

出席者名簿のとおり

4. 要 旨

第1回委員会に引き続き高橋委員長を座長として議事を進めた。

1) 第1回現地調査概要

事務局から第1回現地調査の速報(資料1)について説明し、意見交換を行った。主な意見は以下のとおりであり、今後、これらの意見を踏まえて、調査及びとりまとめを行うこととした。

分析方法

金属元素の分析方法は複数の方法があるため、分析方法を明記しておく必要がある。

若齢林

本調査で“若齢林”と呼んでいるのは、林齢の幅がやや広く、いわゆる若齢林(10年以下)とは異なることを考慮して整理する必要がある。

河川の代表性

調査時の河川の状況(平水時、低水時など)を考慮してとりまとめること。調査を実施していない時期については、既存のデータを活用する。

評価の方法

水質について、河川ではフラックスで、海ではストックでとりまとめているが、この評価方法を整理する必要がある。河川でストックをみるには生物データを用いる方法が使えるかもしれない。

人為的影響

河川に入る水は森林起源のみではなく、農地や都市起源のものもある。Siは人為の影響を無視できるので、N、PとSiを比べることで人為の影響をみることはできるのではないか。

2) 研究者への聞き取り調査結果

事務局から研究者への聞き取り調査結果について（参考資料 A3 版）説明し意見交換を行った。主な意見は以下のとおりであり、今後、これらの意見を踏まえて対応することとした。

とりまとめの視点

- 森がなかった時の川と海、川がコンクリートだった時の森・海という視点でまとめると違ったことがみえてくる。
- 人の影響について取り入れること。
- 項目ごとに濃度をかえた表現が必要。信頼性がある概念や疑わしい概念が混在している。森と川のつながりでは落ち葉が重要だが、フローではぼけてしまっている。
- 栄養塩の供給は、人為の影響が圧倒的に多く森林の機能としてはそぐわない。森林はむしろ栄養塩や流量の調節機能が重要である。
- 森は場所によっては N の供給源として重要である。人為の影響の少ない河川の上流域などにおいて落ち葉という形で N を供給している。
- 水質浄化の話をしているわけではないので、森の役割機能 の“浄化”を“調節”に、川の役割・機能 の“浄化”を“形態を変える”に修正してはどうか。

とりまとめの目的

とりまとめの目的として以下のものがあげられる。

- 問題点を抽出して今後の調査に反映させる。
- 木を植える漁業者の活動に、科学的なスポットをあてることができる。
- 委員会としての理解を整理するガイドライン。
- 矛盾している箇所の抽出。

3) その他

次回の現地調査は 12 月の初旬を予定し、また、第 3 回委員会は 1 月下旬から 2 月上旬に、第 4 回委員会は 3 月頃開催を予定することとした。

以 上

第2回森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場環境創出方策検討調査委員会出席者

平成15年11月13日

順不同・敬称略

	名 前	所 属	役 職
委員長	高橋 正征	東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学系	教授
委 員			
欠席	西村 修	東北大学大学院工学研究科土木工学専攻	教授
欠席	柳井 清治	北海道工業大学	教授
	沖野外輝夫	信州大学	名誉教授
		早稲田大学総合人間科学部	教授
	向井 宏	北海道大学大学院理学研究科生物科学専攻海洋生物学講座	教授
	植松 光夫	東京大学海洋研究所海洋科学国際共同研究センター	助教授
	谷田 一三	大阪府立大学総合科学部	教授
(代理)	黒澤 徹	全国森林組合連合会組織部 組織グループ	
	前林 篤	全国漁業協同組合連合会漁政部	次長
国土交通省 河川局 河川環境課			
	宮藤 秀之		課長補佐
	小野寺秀明	企画調整係	係長
林野庁 森林整備部 治山課			
	川口 大二	水源地治山対策室 水源地治山企画班 企画係	係長
水産庁 漁港漁場整備部 計画課			
	田中 郁也	計画班	課長補佐
	高原 裕一	計画班	水産土木専門官
水産庁 増殖推進部 漁場資源課			
	梅津 啓史	海洋保全班 廃棄物係	係長
(財)河川環境管理財団			
	大野 幸正	河川環境総合研究所 研究第二部	主任研究員
(財)水利科学研究所			
	渡邊 悟		常務理事
(社)日本水産資源保護協会			
	原 武史		総括参与
	田森日出春	調査部	部長
	藤澤 善之	調査部	専門員
	佐藤 隆	調査部	専門員
	福原富士美	調査部	専門員

第3回森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場海域環境創出方策検討委員会 議事要旨

1. 日 時 平成16年2月16日(月) 13:30～16:30

2. 場 所 全国町村会館 本館2F ホールB

3. 出席者

出席者名簿のとおり

4. 要 旨

第1、2回委員会に引き続き高橋委員長を座長として議事を進めた。

事務局が資料1～4について説明し、その後意見交換を行った。主な意見は以下のとおりであり、今後、これらの意見を踏まえてとりまとめを行うこととした。

1) 資料1(森・川・海のつながりに関する知見の整理)について

既往知見の整理に使用した文献のリストを作成・添付すること

瀬戸内海の水揚げ高の変化(p1.4-30の表1.4-10)について、灘ごとの森林域の面積や土地利用データを整理し、これらの変遷と水揚げ量の変遷を比較すること。

流域面積/内湾面積などの指標を設け、流域の影響の大きさについて整理すること。

北日本はミネラルが低いという知見があり、これらに関連する情報について調査すること。

2) 資料2(森・川・海のあるべき姿)について

表現等について精査すること。

3) 資料3(モデル地域における実態調査結果)について

森林域の水質結果について、4地点間で違いがみられる項目もあると考えられるため、再検討すること。

今後、森・川・海の検討を行うにあたって分析が必要となる項目と不必要な項目をふるい分けしておく必要がある。地点によって違いが生じている項目はもちろんだが、違いが見られない項目でも注目されている物質などは対象とすべきであろう。

森・川・海を通じた水質変化については、単純に濃度だけで比較するのではなく、森林域や河川のフラックスと海域のストックとを比較できるような形でとりまとめること。また、将来的に森・川・海の水質を比較・検討する上でどのような解析を行うのかといった方法論の雛形を検討しておくことも重要である。

河川の取水堰、構造物等について整理を行うこと。また、森林域では調査地点の勾配等を分かりやすく示すこと。

落ち葉等について、津軽石川のような短い河川では分解しきれない落葉等が海に流出している

ことについて言及すること。

水質の一覧表で珪素 SiO_2 となっているので、「珪素」を「珪酸」と改めること。また、岩手県以外の地域と比べて値が低くなっているが、データを再確認すること。

底生動物について、現存量のデータを測定していれば追加すること。

4) 資料 4(全体報告書のとりまとめ方針)について

論点に関する変更点

論点 1: 「窒素、リン」を「栄養塩」に変更する。

論点 2: 「元素」を「微量元素(珪素を含む)」等に変更する。珪素は通常栄養塩として扱うが、今回は微量元素に入れることを明記する。

論点 3: 有機物については、DOM が再び凝集してコロイド状になったものなども含めて考えるべきなので、「落ち葉等に代表される」という言葉は削除する。

論点 4: 「河川への」を「河川からの」に変更する。

論点 8: わかりやすい表現で整理する。4 行目以降文章が練れてない。

“一次生産”と“生物生産”等、言葉が混乱している。また、それぞれの項目について、森、川、海のつながりのプロセス(平衡を保つのか、促進させるのか等)が整理できていない。これらの関係を整理して、“良好で豊かな漁場海域環境”とはどのような姿なのかをチャートや模式図にとりまとめること。

土壌から溶出する元素が多い(特に珪酸などは森よりも裸地からの供給量が多い)ので「陸域」や「流域」からの流出とし、「森林からの流出」とはしない。

河川の曝気作用についてはもう少し詳しく記述すること。

河口域の存在はきわめて重要である。津軽石川河口の地点を河口域として位置づけ、この地点の調査結果が他の海域の地点と異なる傾向にあることをとりまとめの論点として加え、調査によって河口域が重要であることがわかったというストーリーにする。

森林域の施策を考える際には、100 年単位といった長期的視野で物事を考える必要がある旨を、とりまとめに付け加えておく。

全国の湾と比較して、共通の項目等を明らかにしておく必要がある。今後水質調査などですべての項目を分析しなければならなくなる。既往知見から共通項目を明らかにして要点を抽出していくのが良い。

5) その他

水質調査について、1 地点の調査で 1 回の採水のみでは、統計処理が行えない。今後の調査では複数回採水するべきといった方法論も課題としてあげておく。

6) 今後の予定

第 4 回委員会は 3 月 9 日(火)13:30 ~ 16:30 に開催するものとする。

以上

第3回森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場環境創出方策検討調査委員会出席者

平成16年2月16日

川原 順次 敬略

	名前	所属	役職
委員長	高橋正征	東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学系	教授
委員			
欠席	西村修	東北大学大学院工学研究科土木工学専攻	教授
	柳井清治	北海道工業大学	教授
	沖野外輝夫	信州大学	名誉教授
		早稲田大学人間科学部	教授
欠席	向井宏	北海道大学大学院理学研究科生物科学専攻海洋生物学講座	教授
	植松光夫	東京大学海洋研究所海洋科学国際共同研究センター	助教授
	谷田一三	大阪府立大学総合科学部	教授
	肘黒直次	全国森林組合連合会組織部	部長
	前林篤	全国漁業協同組合連合会漁政部	次長
国土交通省 河川局 河川環境課			
	河瀬芳邦		流域治水調整官
	宮藤秀之		課長補佐
	小野寺秀明	流域管理室企画調整係	係長
林野庁 森林整備部 治山課			
	箕輪富男	水源治水対策室	課長補佐
水産庁 漁港漁場整備部 計画課			
	田中郁也		課長補佐
	中津達也		課長補佐
	高原裕一		水産土木専門官
(財)河川環境管理財団			
	大野幸正	河川環境総合研究所 研究第二部	主任研究員
(財)水利科学研究所			
	渡邊悟		常務理事
(社)日本水産資源保護協会			
	原武史		総括参与
	田森日出春	調査部	部長
	藤澤善之	調査部	専門員
	佐藤隆	調査部	専門員
	福原富士美	調査部	専門員

第4回森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場海域環境創出方策検討委員会 議事要旨

1. 日 時 平成16年3月9日(月) 13:30～16:30

2. 場 所 都道府県会館 4F 会議室

3. 出席者

出席者名簿のとおり

4. 要 旨

高橋委員長を座長として議事を進めた。

事務局から第3回委員会における指摘事項に対する対応及び資料5について説明し、その後意見交換を行った。主な意見は以下のとおり。

1)資料2(森・川・海のあるべき姿の検討)について

漁場海域環境についての姿(フロー図)について、溶存物質と懸濁物質を合わせて「物質」として記載してあるが、懸濁物質と溶存物質とは、海域内での挙動が異なるため、分けて考えた方がよい。

漁場海域環境についての姿(フロー図)について、影響にはプラスとマイナスの側面があるためわかりやすく工夫する。

生物と周辺環境という視点でまとめなおす。

2)資料3(モデル地域における実態調査)について

森林の供給量と河川の通過量の比較(フラックスの比較)に関して、河川通過量が森林からの供給量を下回っている(初冬調査 閉伊川)ことについて、流水の到達時間のギャップや取水による影響等の考えられる要因を言及すること。

海域の現存量と河川及び外洋からの供給量の比較(ストックの比較)は、調査時の限定された条件下でのものであるため、一般論として扱われないよう留意してまとめること。なお、CN比や他の文献等によるデータのチェックを行うこと。

ストックの比較で河川の影響が小さく見えるのは平水時を想定していることにも由来する。

洪水時のインパクトについて既往知見を追加する。

フラックスの比較、ストックの比較については全体に説明や考察を丁寧に記載すること。

今回の調査では森林施業や林齢・林種と物質挙動との関係については関連が見られなかったが、林齢・林種に由来する生物の多様性の違いが物質挙動に関連する可能性があることについて言及すること。また、溪畔林の作用についても言及すること。

3)資料4(総合考察)について

今回の調査では林種ごとの違いがみられなかった。樹種や林齢ごとの差を把握するためには、広域の密度の濃い調査を行う必要がある旨、記載すること。漁業者が植林を行う際の参考となるような記載が望ましい。

4)資料 5(今後の事業展開に向けて)について

方向性の検討の際に、森、河川、海の間、森と河川のエコトーンである河畔林、川と海のエコトーンである河口域という考え方をいれて、そのつながりを強調すること。エコトーンを含む各場所で調査結果を並べて課題を提示すること。

生物等も含めた今後の調査の手法についても整理すること。この際、調査手法案が一人歩きしないよう留意すること。また、対象地域の特性や目的によって検討の方向も異なることについても言及すること。

今後の施策の方向性として、「調査」、「施策」、「共働」の категорияで整理を行う。施策については今回の議論を踏まえてとりまとめの前に改めて委員に提示する。具体的な施策が必要なのは、つながりが遮断されているためであり、つながりを遮断する要因を探るという視点から課題も見えてくると考えられる。

洪水時の物質挙動、河口域の地形、今回議論していない点についても今後の検討課題としてまとめに加える。また森林と流量の安定性については最新のデータを加えて慎重に記載する必要がある。

5)報告書のとりまとめについて

最終報告書のとりまとめについては、今後、委員からいただいた意見を踏まえてとりまとめることで事務局、委員長に一任することとした。

以上

第4回森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場環境創出方策検討調査委員会出席者

平成16年3月9日

順不同・敬称略

	名 前	所 属	役 職
委員長	高橋 正征	東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学系	教授
委 員			
	西村 修	東北大学大学院工学研究科土木工学専攻	教授
	柳井 清治	北海道工業大学	教授
	沖野外輝夫	信州大学	名誉教授
		早稲田大学人間科学部	教授
	向井 宏	北海道大学大学院理学研究科生物科学専攻海洋生物学講座	教授
(欠席)	植松 光夫	東京大学海洋研究所海洋科学国際共同研究センター	助教授
	谷田 一三	大阪府立大学総合科学部	教授
(代理)	黒澤 徹	全国森林組合連合会組織部 組織グループ	
	前林 篤	全国漁業協同組合連合会漁政部	次長
国土交通省 河川局 河川環境課			
	河瀬 芳邦		流域治水調整官
	宮藤 秀之		課長補佐
	小野寺秀明	流域管理室企画調整係	係長
林野庁 森林整備部 治山課			
	箕輪 富男	水源地治山対策室	課長補佐
	川口 大二	水源地治山対策室	係長
水産庁 漁港漁場整備部 計画課			
	鹿田 正一	計画課	課長
	田中 郁也	計画課	課長補佐
	高原 裕一	計画課	水産土木専門官
(財)河川環境管理財団			
	斐 義光	河川環境総合研究所 研究第二部	主任研究員
(財)水利科学研究所			
	渡邊 悟		常務理事
(社)日本水産資源保護協会			
	原 武史		総括参与
	田森日出春	調査部	部長
	藤澤 善之	調査部	専門員
	福原富士美	調査部	専門員

森・川・海のつながりを重視した
豊かな漁場海域環境創出方策検討調査

フォローアップ計画書

国土総合開発事業調整費（調査の部） 調査結果フォローアップ計画書

1) 調査結果フォローアップの実施期間	
平成20年度（調査完了5年後）	
2) 評価指標等	
<p>1) 評価指標</p> <p>森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場海域環境を創出していくため、各地において下記の方策を推進する。</p> <p>森・川・海のつながりに係る調査の充実 森・川・海のつながりを意識した長期的視点に立った取り組みの展開 森・川・海のつながりに係る知見等の情報の共有化 森・川・海のつながりに係る調査・解析手法の検討・確立 森林域・河川域・海域の「接点」の健全化 連携体制の構築</p> <p>【指標が妥当なものである理由】</p> <p>本指標は、森・川・海を通じた栄養分の供給機構とそれが漁場海域の生物の生息・生育環境へ与える影響等を調査し、有識者等により構成された「森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場海域環境創出方策検討委員会（委員長：高橋正征教授）」において、検討された方策をもとに設定しており、本調査の結果を評価する項目として適切である。</p> <p>2) 目標年次</p> <p>平成20年度（調査完了5年後）</p> <p>3) 目標値</p> <p>上記の評価指標に掲げた、推進方策を構成する各種取り組みの着手・推進を目標とする。</p>	
備 考	