

第VI章 豊かな生態系を確保するための水質調査

1. 水質調査

1.1 目的

河川や湖沼は豊かな生態系を育み、内水面漁業の場を提供している。

河川管理者は、こうした生態系や内水面漁業に適した水質を保持、あるいは改善するための水質調査を行う必要がある。

1.2 関係法および基準

(1) 生態系保全に係る水質調査の意義

1) 生態系の中での水質の位置づけ

環境保全を図る上で生態系の保全は主要な事項であり、河川生態系保全には、水質および底質を適正に維持することが不可欠である。

出典：環境基本法、環境影響評価法

解 説

環境基本法では「環境の保全に関する基本的施策の策定等に係る指針」の主要な柱として、「生態系の多様性の確保、野生生物の種の保存その他の生物の多様性の確保が図られるとともに、森林、農地、水辺地等における多様な自然環境が地域の自然的社会的条件に応じて体系的に保全されること」が掲げられている。また、これを受けて、環境影響評価法においても、生態系の保全の観点から「生物の多様性の確保と多様な生物からなる生態系」が評価の視点の一つとして新たに盛り込まれた。

生態系とは、ある地域における生物群集とそれをとりまく非生物的環境（気象、地形、土壌、水環境等）が相互関係をもったまとまりの中での物質循環やエネルギー流からなる機能系として捉えられるものであり、大きくは生物的要素と非生物的要素に分けることができる。生物的要素と非生物的要素は密接に関係し合っており、生物が成長し、増殖する過程では、非生物的要素が大きな影響を及ぼす。また、生物的要素を構成する生物相互間も密接に関わり合っている。

水質および底質は、図1.1に示すように非生物的要素のひとつであり、水域である河川、湖沼域の生態系を考える上では重要な要素となる。水質を適正に保つことは、水界生態系の基礎生産に必要な水中光度や栄養塩類の適正な保持、動物の生息に必要なD0の保持、生物全体の生存に係る有害物質混入の防除などの面で重要である。

また、河川や湖沼においては、河床や湖底の堆積物に依存して生活する各種生物がおり、生物体の保持や外敵からのかくれ場、堆積物やその周辺に含まれる有機物等を餌として利用するなど重要な要素である。

なお、これらの堆積物中の有機物は徐々に分解し、上に接する河川水や湖水中のD0を消費するとともに、分解により生成した栄養塩を河川水、湖水に回帰（溶出）させている。底質調査の詳細については「2.底質調査」参照のこと。

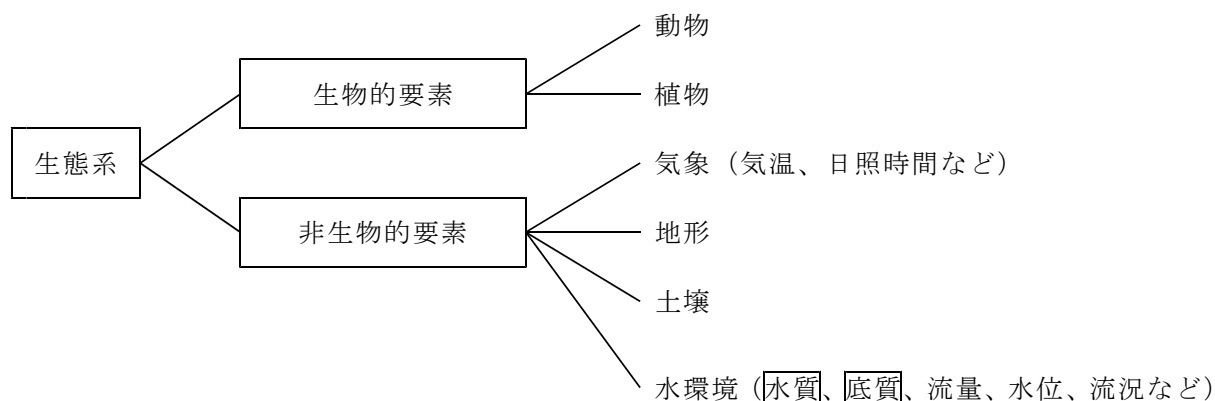


図1.1 生態系における水質・底質の位置づけ

2) 水質調査の目的

河川を生息場とする生物は、各々の生息条件に合わせて源流から河口までの全ての領域に分布しており、河川水系全体の生態系保全のためには、水域内の全ての領域で水質を把握する必要がある。このために、以下の①の調査を基本とし、目的に応じて②、③の調査を行い、河川・湖沼における生物の生息・生育環境としての水質特性を把握する。

- ①水域全体の生物生息環境を把握するための水質調査
- ②特定の種の生息環境を把握するための水質調査
- ③事業実施に伴う生物生息環境の変化の程度を把握するための水質調査

解 説

① 水域全体の生物生息環境を把握するための水質調査

河川は源流から河口にかけて様々な水質の変動特性（平均値、変動幅、変動パターン）を持っている。また、水質を変動させる要因は、自然条件と人為的な作用によるものがある。

水域全体の生物生息環境を把握するための水質調査は、流下に伴い水質変動特性が異なる区間ごとに、それを代表する地点で行う必要がある。水質変動特性を変化させる支川の流入や滞留時間の異なる湖沼や河口部などにおいて、各々水質調査を行う必要がある。

② 特定の種の生息環境を把握するための水質調査

特定の種に着目する場合には、その生物の生活史に合わせて時間と場所を限定した水質調査が適している。

③ 事業実施に伴う生物生息環境の変化の程度を把握するための水質調査

事業影響に着目する場合には、その事業の想定される時間と場所に限定した水質調査が適している。

VI章

(2) 河川順流域・湖沼・感潮域の生態系の特性

河川順流域は物質が水とともに上流から下流へと流下する系である。有機物、栄養塩類など生物の生息・生育にとって重要な物質は、降水ならびに集水域の土壌等から供給され、上流から下流へと流下しながら食物連鎖等を通じて様々に変化し、利用され、陸水域の様々な場で生息する生物やその現存量に影響を与える。

湖沼は火山湖の一部などのように流入・流出がほとんどないものもあるが、多くは流入、流出河川を伴う。湖沼の物質循環はこれらの河川を通じた物質の流れの影響を受けるのであるが、内部生産が生態系全体に占める割合が大きいことが重要なポイントである。

感潮域は定常的な河川の運ぶ物質の流れと海域から潮汐の運ぶ物質の流れが相互に交わる場であり、特殊な環境が形成されている。

このように水を媒体とする連続性は、河川・湖沼・海域の物質循環を規定する重要な特徴である。

また、河川はそこに生息・生育基盤をもつ動物・植物にとって回廊（コリドー）として移動に利用される重要な場であり、遡上、降河する魚類、甲殻類や水生昆虫など河川や湖沼によって形成される水系のつながりを縦断的に利用する生物が存在する。

出典：自然環境のアセスメント技術（Ⅲ）

解 説

○各水域の環境の特徴

河川は、上流から下流に向けて、河床勾配、河床粒径、流速等が変化し、各々に適した生物種が出現している。河川生態系を把握するに際しては、河川順流域、湖沼、感潮域のそれぞれの生息域の特徴を考慮する必要がある。

1) 河川順流域

河川順流域は、河道内で潮汐の影響を受けない区間である。

河川順流域の生態系については、水深、流速等の異なる瀬と淵に注目して調査を実施する。

出典：河川・湖沼・水辺の水質浄化、生態系保全と景観設計 工業技術会

① 地形からみた特徴

水中の生物にとって、流路の構造が重要な意味をもっている。流路の構造として特に大切なのは、その自然の蛇行と、それにとまって形成される瀬や淵の構造、およびそれらの特性である。このような構造は川の流程によって特徴があり、水生昆虫の生息環境に関する研究から、可児藤吉は図1.2のような類型に分類している。図の中で、Aは流路のひとつの蛇行区間の中に小さな瀬（または滝）および小さな淵（または落ち込み）的な構造が何組もみられる場合、Bは原則として一組ずつあらわれる場合、さらにaは水が小さな滝のようになって深みの部分に落ち込み、bは波立つ瀬を経て淵に移行し、cは両者の区別がはっきりしないことを意味している。図の類型Aa、Bb、およびBcは、おおまかにいって、それぞれ川の上流、中流、および下流の流路の姿に対応すると考えられる。

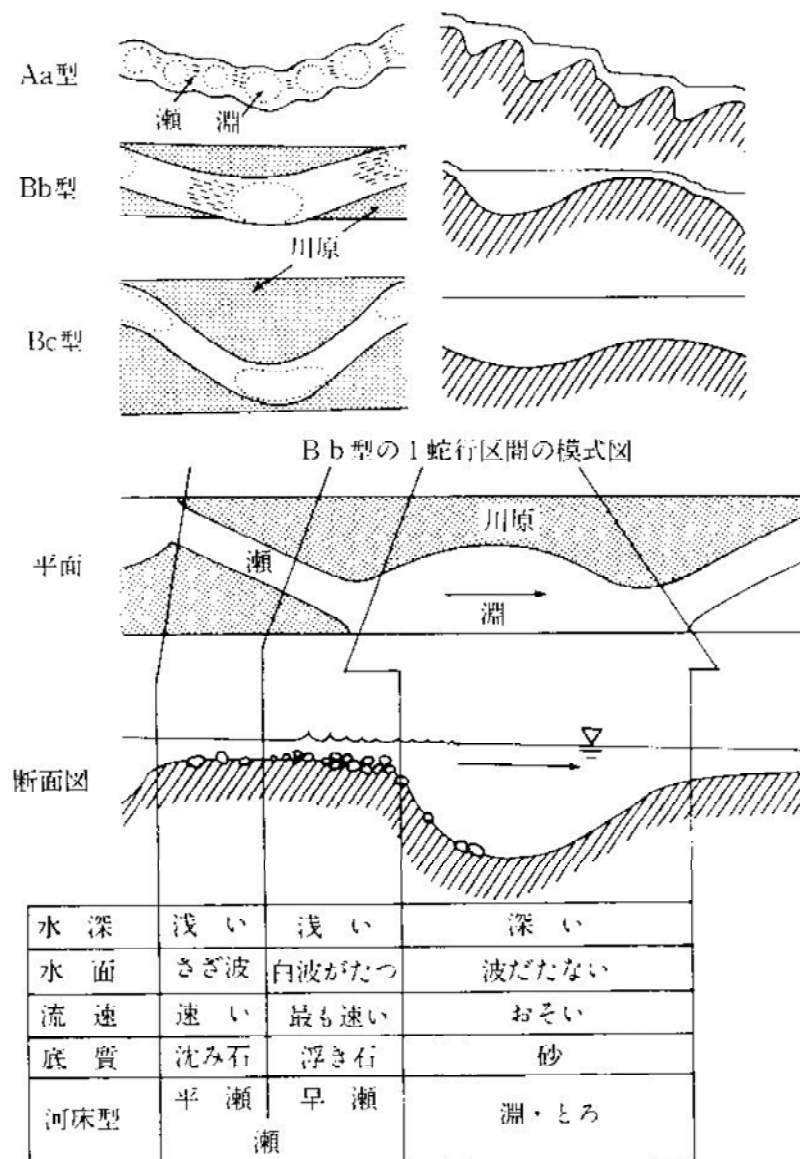


図1.2 河川の流路形態

出典：工業技術会（1993）河川・湖沼・水辺の水質浄化、生態系保全と景観設計

VI章

② 生物群集

川の流路と川岸の様々な構造は、多様な野生生物の生息環境の形成などの面で、重要な役割を果たしている。図1.3にわが国の河川の中流部で一般的にみられる断面を模式的に示し、このような河川における生態的機能を表1.1にまとめた。

瀬と淵との関係に着目すると、瀬は淵に比べて水深が浅いため、河床への光量が多く、また流速が大きいため供給される栄養塩の量が多くなるため、生産性は高い。瀬で生産された有機物は剥離し、流速の遅い淵で堆積する。このため、淵での底質について把握しておく必要がある。

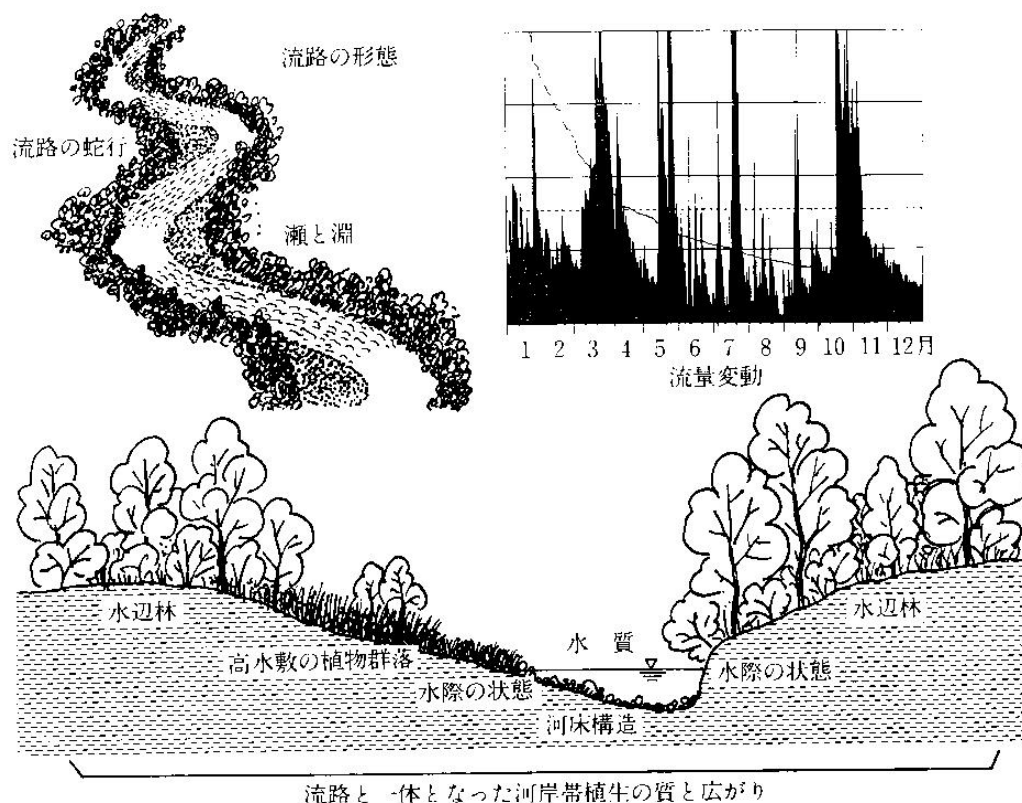


図1.3 河川中流部における模式断面

出典：工業技術会（1993）河川・湖沼・水辺の水質浄化、生態系保全と景観設計

表1.1 河川のおおまかな構成要素と生態的機能

	瀬（礫底）	淵・とろ	流れの中の植生	土の水際と土手	川原・中州	水辺草原	水辺林
付着藻類	着生基体		着生基体				
水生昆虫	餌・すみ場（特に重要）	餌・すみ場	餌・すみ場	羽化		成虫の餌・すみ場	餌（落葉、デトリタス）・成虫すみ場
陸生昆虫					餌・すみ場	餌・すみ場	餌・すみ場
魚類	餌・産卵・すみ場	かくれ場・餌・すみ場	餌・すみ場（特に稚魚）			高水時の避難場所	餌（落下昆虫）・高水時の避難場所
鳥類	餌	餌	餌・営巣・ねぐら	営巣	餌・営巣	餌・営巣・ねぐら	餌・営巣・ねぐら

出典：工業技術会（1993）河川・湖沼・水辺の水質浄化、生態系保全と景観設計

2) 湖沼

湖沼は、陸地に囲まれた静止した水域であり、湖沼に流入した河川水は、順次下流河川に流下する。湖水は、春・秋の循環期、冬・夏の停滞期をとおして鉛直的に複雑な動きを呈する。また、水深の浅い沿岸域と、最深部では生態系の様子は異なっている。したがって、湖沼における生態系に係る水質調査は、流入・流出口ならびに水深に注目して調査を実施する。

① 地形からみた特徴

湖沼の空間的構成要素は、水深に伴って沖方向に沿岸帯、深底帯、沖帯というように変化する。各構成要素の特徴を表1.2に示す。

また、二つの性質の異なった環境が隣接し、その間に環境条件の勾配や、それに伴う動植物群落の変化がみられる部分をエコトーンと呼ぶ。沿岸帯は陸域と水域の間に位置し、まさにエコトーンの典型であり、魚類やエビ・カニ類などの水産資源生物ばかりでなく、両生類、昆虫類、鳥類などにも変化に富んだ生息環境を提供し、その地域全体の生物群集や自然景観を豊にする上で、重要な役割を果たしている。図1.4に沿岸帯のイメージを示す。

a) 水平方向

表1.2 湖の空間的構成要素の特徴

湖の空間的構成要素	特 徴
沿岸帯 (湖棚)	●湖の周囲に沿って帯状に存在する。 ●各種の水生植物が繁茂している。 ●底質は泥または砂泥で波浪も少ない。
深底帯	●沿岸帯に続く部分。 ●水生植物は消失し、底生生物が分布する範囲である。
沖帯	●深底帯に続く部分。 ●水底には大型の生物は存在しない。 ●生産層と分解層に分けることができる。(極めて浅い湖沼では分解層はほとんどない) ●湖沼における一次生産は、深度が深くなれば照度が減少するため小さくなる。総生産量と呼吸量が等しくなる補償深度より上層が生産層、下層が分解層である。 ●一般に補償深度は湖沼表面の照度の1%に相当し、透明度の約2倍の深さに相当する。

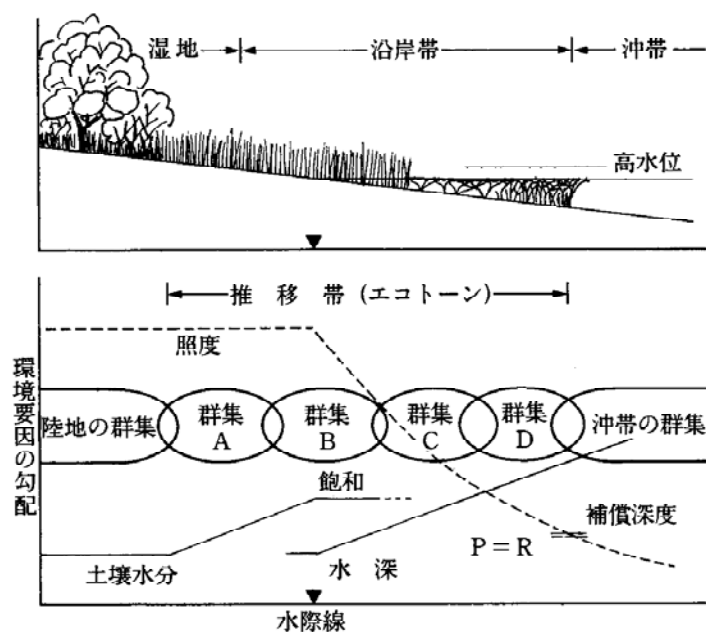


図1.4 湖沼沿岸帯の生態系のイメージ

出典：工業技術会（1993）河川・湖沼・水辺の水質浄化、生態系保全と景観設計

b) 鉛直方向・季節変化（温度成層と湖沼の物質循環：水深10～20m以上の深い湖）

湖沼の環境条件の中で年間を通じて最も大きく変動するのが水温である。水温は季節によって鉛直的にも変動特性が異なる。表水層、水温躍層、深水層の区分ならびに春季と秋季の循環期、夏季と冬季の停滞期の区分、汽水湖の塩分躍層等の特徴については第Ⅱ章 3. を参照のこと。

② 生物群集

湖沼における主な生物群集は表1.3のように整理される。また、整理した生産者、消費者、分解者について、物質とエネルギーの流れを図1.5に示す。

表1.3 湖沼における主な生物群集

分 類	主な生物群集
生産者	植物プランクトン（珪藻類、緑藻類、藍藻類、鞭毛藻類） 水生植物 ・抽水植物（ヨシ、マコモ、ガマ） ・浮葉植物（ヒシ、ヒツジグサ、ヒルムシロ） ・沈水植物（クロモ、エビモ、セキショウモ）
消費者	動物プランクトン（甲殻類、輪虫類） 底生生物（ユスリカの幼虫、巻貝、イトミミズ） 魚類
分解者	細菌 菌類

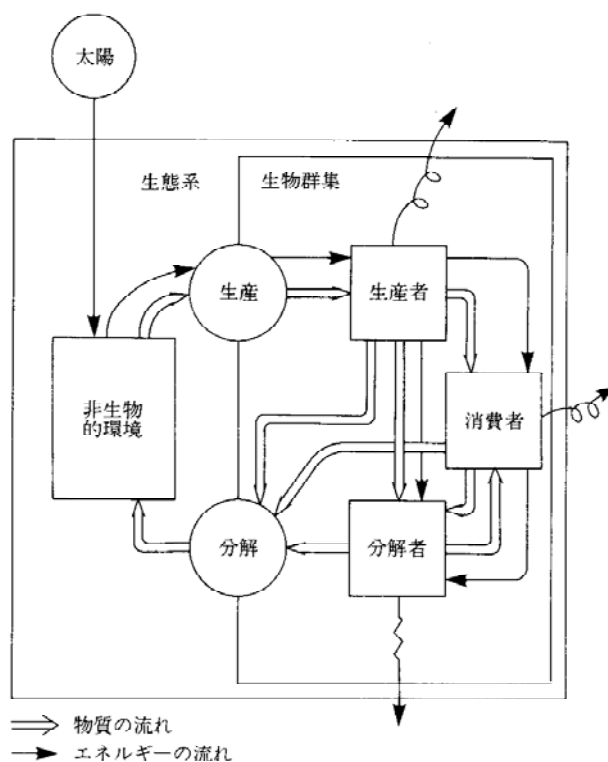


図1.5 湖沼における物質とエネルギーの流れ

出典：沖野外輝夫（1990）諏訪湖－ミクロコスモスの生物

これらの生物群集うち、湖沼の環境問題として注目されるものを以下に整理する。

a) 環境の悪循環を招くおそれのある生物変化

例えば、富栄養化の進行した水域における植物プランクトンの増加は、死滅・沈降⇒底泥での有機物分解量の増加⇒底層水の貧酸素化⇒底泥からの栄養塩溶出⇒植物プランクトンの増殖へとつながり、富栄養化の諸現象をより活性化するおそれがある。同様に、底層水の貧酸素化に伴い死亡した底生生物も、有機物分解量を増加させて貧酸素化をさらに促進する要因となる。

このような生物変化が想定される場合は、将来的に多くの問題を引き起こす可能性を内在しているため慎重に検討する必要がある。

b) 他の生物への影響が大きい種

例えば藻類のように、昆虫や魚類等の生息空間を提供したり、餌料生物として寄与することで多くの生物の生息と深く関連している種については、その保全にあたって対象水域の生態系の構造を踏まえて、慎重に検討する必要がある。

しかしながら、藻類の生息環境に関する知見は十分でなく、特にその種の変化が他の要因に及ぼす影響までを的確に把握しにくい状況にある。

c) 行動圏の広い種

魚類等は、発育段階や季節に応じて活動場所を主体的に変えながら生息している。これらの種の保全にあたっては、それぞれの生活史に合わせた広い範囲での環境情報を収集する必要がある。特に、産卵場や幼稚仔の保育場は環境変化の影響を受けやすいため、慎重に検討する必要がある。

VI章

3) 感潮域

感潮域は、潮汐の変動によって水位が変動する水域であり、その大部分は海水と河川水が混合する汽水域となっている。生物体にとって塩分の変化は、浸透圧の関係から重要な生息要因であるため、塩分が変動する汽水域には汽水環境に適応した特異的な生態系が形成される。したがって、感潮域での水質調査では、特に汽水域の塩分の挙動に注目する必要がある。

① 地形からみた特徴

汽水区間の距離が河口から5km以上の河川は、圧倒的に太平洋側に多い。また同じ太平洋側の河川でも、湾奥に河口があるもの、あるいは瀬戸内海へ流入する河川のように、河口部に外海の潮流や波浪の影響を直接受けない河川は、長い汽水域を持つ。日本海側と太平洋側の違いは、干満の差の大小によるところが大きい。

また、汽水区間の長い河川の河口部の底質はほとんどの場合、細砂か泥である。汽水区間が長くなるに従い、泥の堆積も多くなっている。上流から流れてきたマイナスに荷電した懸濁物（シルト）は下流汽水域で混合し、海水中に含まれるマグネシウムやカルシウムなど塩類のプラスイオンにより中和され、互いに凝集しやすくなり、合わせて流速の低下に伴い、河口部に泥の沈積が多くなる。

粒子が凝集する際、微生物死骸や上流より流れてくるその他の有機物を吸着するため、底質は富栄養化する。合わせて海水の入退潮により酸素の補給が行われる河川では、適度な富栄養化が保たれ、底生生物を豊富にし、汽水域の生産性を高める好結果を産む。しかし、大きな都市を下流する河川では、生活排水や工場排水などが流入し、河川中の過剰な有機物は、汽水域の泥中に沈積し、低酸素や無酸素状態を作る。

これとは逆に、その汽水区間が1kmに満たない河川の河口部の特徴は、波浪の影響を直接受ける外海に面していること、下流部まで石礫底で水深が浅く、河口部に至っても水深が大きくなりませんで海に流れ出る形態をもっていることである。底質の状態からみても、河口部はほとんど粗砂で、砂州の発達により下流部の水幅が河口部で極端に狭められ、海へ流れ込んでいる。このような河川では上流からの懸濁物は河口部に堆積することはない。ただ発達した砂州の内側や、河口近くの河岸など、流心からはずれ流速の小さいところでは、泥や細砂の沈積をみることがある。

汽水域を含む河口付近の主な生物生息環境について、図1.6に示す。このように河口付近には多種多様な生息環境が存在し、それぞれの環境に固有の生物が存在する。

出典：河口の生態学 山海堂

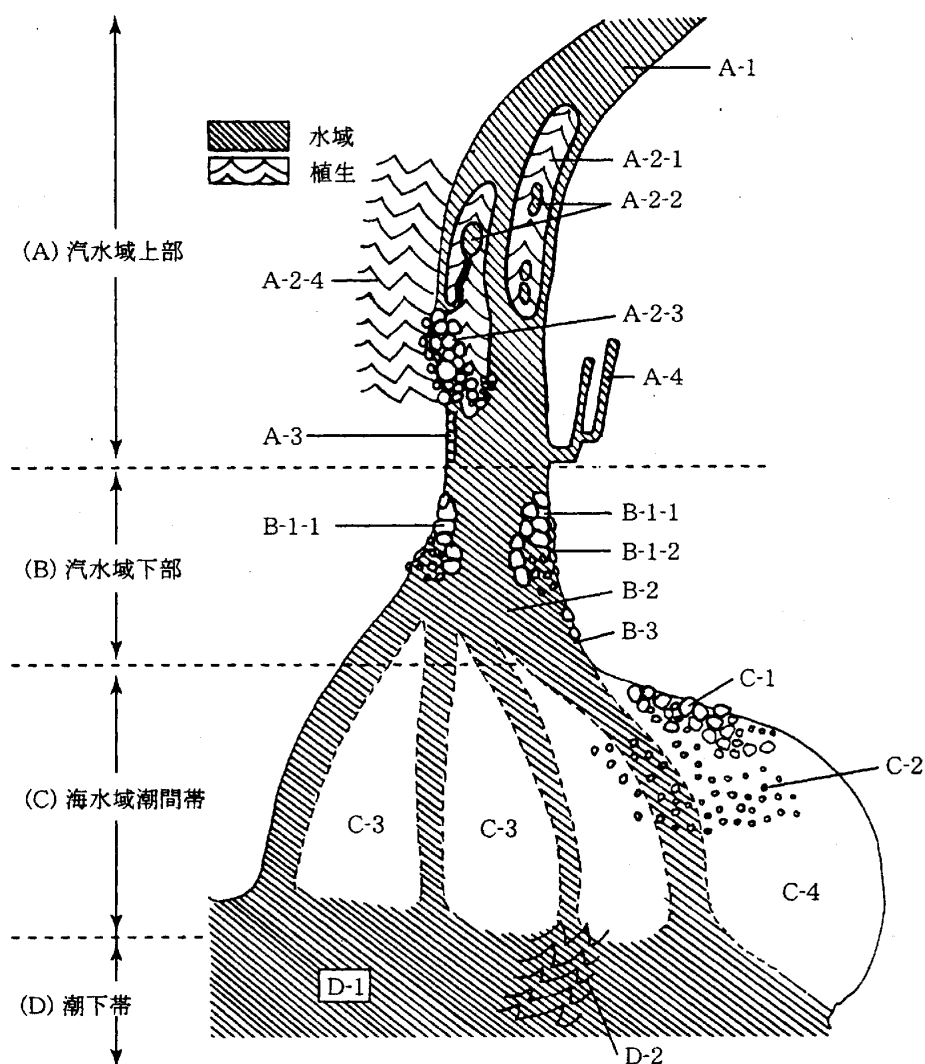


図1.6 河口周辺における多様な生息環境

出典：佐藤正典（2000）有明海の生きものたち

(A) 汽水域上部

A-1 川の流水中

A-2-1 ヨシ原内部の植物の根元の地表面

A-2-2 ヨシ原内部および近隣の水溜り

A-2-3 ヨシ原内部および近隣の岩礫地

A-2-4 ヨシ原近隣の土手などの草むら

(B) 汽水域下部

B-1-1 カキ礁

B-1-2 石（特に泥に深く埋もれた石）

B-2 平坦な泥上

B-3 泥干潟辺縁部

(C) 海水域潮間帯

C-1 岩礫地

C-2 砂礫混じりの泥の平坦な干潟上

C-3 砂礫の混じらない平坦な泥干潟上

C-4 砂干潟

(D) 潮下帯

D-1 泥底

D-2 アマモ場

VI章

② 生物群集

河川水と海水の混じる汽水域は、水質の日変化の幅が大きいため、一般には生物にとっては生息しにくい場所である。しかし、海から運ばれてくる栄養分と陸から流れてくる栄養分とがたくさんあるため、その水質に適合する生物については、その生息密度は大きく、生産量は高い。汽水域の主な産物は日本では、ノリ、カキなどのほか、アサリやハマグリ等がある。また、カニやエビの中には外洋で生息し産卵するが、幼生の期間プランクトンとなって、汽水沿岸域を利用するものもかなりある。

汽水域の生物は、本来海洋起源のもので、高塩分性であり、浸透圧調節機能をもっている。したがって汽水域には、このような汽水性適合種が生息するが、この水域は生物にとって特殊な生活環境であるため、種類数は多くない。

汽水域は海と川を往来する魚類、中でもウナギ、アユの遡河性の魚などにとって重要な水域である。ウナギやアユなどの稚魚は、海から河口にたどりつき、そこで体調を整えたのち、川を遡上して淡水域で大きく成長する。

汽水域の環境特性と生物生息特性のイメージを図1.7に示す。移動能力の大きい魚類等の生物は好適環境を求めて自由に移動するのに対し、底生動物はその場所との結びつきが強く、場に適応した種類が生息している。

また、汽水域では上層に淡水、下層に海水といった塩分差に伴う躍層が生じる場合があり、この躍層によって水質の鉛直方向の混合が行われなため、動物にとって重要な溶存酸素が、水生植物による光合成活動が行われない夜間に下層で低下することがあるので溶存酸素の時間変動について注意が必要である。

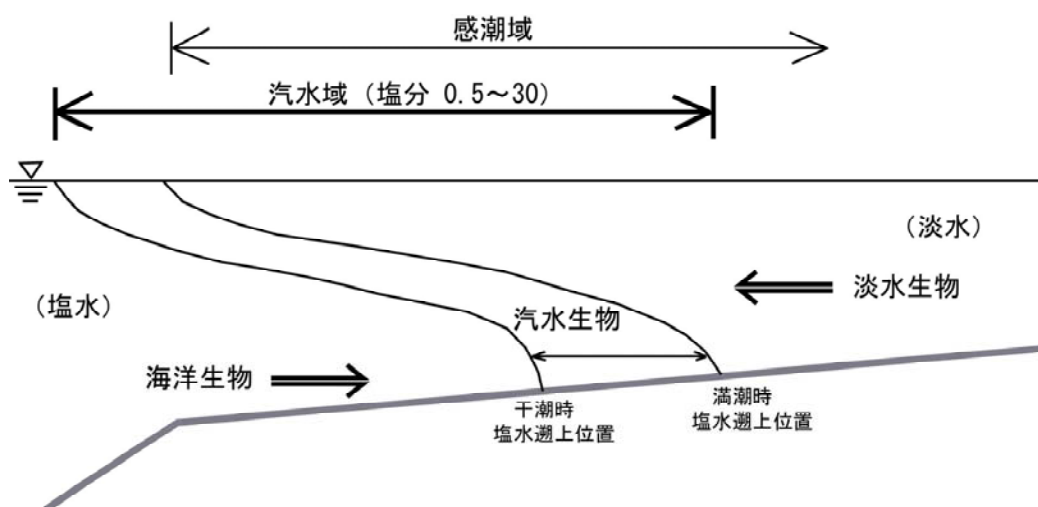


図1.7 汽水域の環境特性と生物生息特性のイメージ

4) その他特殊環境

陸水は河川、湖沼の他、地下水としても分布しており、これを生息場とする生物も存在する。イトヨやトミヨは湧水を利用して生息していることが知られており、この生息環境を把握するためには、湧水の水質把握が必要となる。

(3) 生物生息・生育環境を把握するための水質項目

生物はそれぞれ生息・生育に適した水質の範囲を有している。したがって、各種生物に適した環境であるかどうかを把握する上で、水温、塩分、pH、DO、有機物（BOD、COD）、栄養塩類（窒素、リン等）、懸濁物質、有害物質を測定することが重要である。また、生物生息環境として、粒径、含水率、COD、硫化物、T-N、T-Pなどが底質項目として重要である。

解 説

植物（植物プランクトン・付着藻類・水生植物）、動物プランクトン、底生動物、魚類といった生物の生息・生育と有機物量、栄養塩類、溶存酸素等の水質項目の関係を表1.4(1)～(2)に示す。

また、各生物群の生息・生育環境を把握し、生態系を保全するための水質調査項目の考え方は参考図表－7に示した。なお、本表では流水域と止水域・汽水域に分け、それぞれに生息する生物の生息・生育環境の指標となる項目、栄養分・餌量の指標となる項目、生物量の指標となる項目に区分し、整理する。

表1.4 (1) 生物生息・生育と水質項目の関係

	植物（植物プランクトン・付着藻類・水生植物）	動物プランクトン	底生動物	魚類
水温	水温は植物の分布・生息に影響を及ぼす要因である。	水温は動物プランクトンの分布・生息に影響を及ぼす要因である。	水温は底生動物の分布・生息に影響を及ぼす要因である。	水温は魚類の分布・生息に影響を及ぼす要因である。
塩分	塩分は植物の分布・生息に影響を及ぼす要因である。	塩分は動物プランクトンの分布・生息に影響を及ぼす要因である。	塩分は底生動物の分布・生息に影響を及ぼす要因である。特に汽水性の底生動物にとって塩分の変化は生息に大きな影響を及ぼす。	塩分は魚類の分布・生息に影響を及ぼす要因である。
pH	pHは植物の分布・生育に影響を及ぼす要因である。	pHは動物プランクトンの分布・生息に影響を及ぼす要因である。	pHは底生動物の分布・生息に影響を及ぼす要因である。	pHは魚類の分布・生息に影響を及ぼす要因である。
溶存酸素		溶存酸素量の低下は動物プランクトンの生息に影響を及ぼす重要な要因である。	溶存酸素量の低下は底生動物の生息に影響を及ぼす重要な要因である。	溶存酸素量の低下は魚類の生息に影響を及ぼす重要な要因である。
有機物量		過度の有機物の増加は底層水の貧酸素化の原因となり、動物プランクトンに影響を及ぼすおそれがある。	- 適度な有機物量の増加は、水中あるいは底泥中の有機物を摂食する底生動物の餌料増加となるが、過度の有機物の増加は底層水の貧酸素化の原因となり、底生動物に影響を及ぼす。 - 有機物量の変化は、流れの変化とともに底質に変化を及ぼす項目であるため、底生動物への影響を検討する上で重要な項目である。	過度の有機物の増加は底層水の貧酸素化の原因となり、底層に生息する魚類に影響を及ぼす。

表1.4 (2) 生物生息・生育と水質項目の関係

	植物（植物プランクトン・付着藻類・水生植物）	動物プランクトン	底生動物	魚類
栄養塩類	窒素・リン等の栄養塩類は植物の増殖に必須の物質であるため、栄養塩濃度の変化は水中の栄養塩を利用する植物の現存量の変化に直接結びつく要因である。特に、栄養塩濃度の増加は植物プランクトン現存量の増加につながり、赤潮やアオコ、貧酸素水塊の形成といった問題に発展する可能性がある。	栄養塩類は植物プランクトンの増殖必須物質であるため、植物プランクトンを餌とする動物プランクトンの生息に影響を及ぼす要因と考えられる。	・栄養塩類は藻類の増殖必須物質であるため、藻類を餌とする底生動物の生息に影響を及ぼす要因と考えられる。 ・過度の栄養塩の増加は、植物プランクトンの増加につながり、底層の貧酸素化の原因となり、底生動物に影響を及ぼす。	・栄養塩類は藻類の増殖必須物質であるため、藻類を餌とする魚類の生息に影響を及ぼす要因と考えられる。 ・過度の栄養塩の増加は、植物プランクトンの増加につながり、底層の貧酸素化の原因となり、魚類に影響を及ぼす。
懸濁物質	・懸濁物質の増加に伴い水中照度が低下すると、それを利用して光合成を行う植物の生産量の低下につながる。 ・植物プランクトン自身も懸濁物質となる。	懸濁物質が増加すると、ろ過食性の動物プランクトンの場合には、摂餌器官への付着による摂餌阻害が起こる可能性がある。	・懸濁物質が増加すると水中照度が低下し、藻類の生育に影響を及ぼすため、懸濁物質は藻類を餌とする底生動物の生息に影響を及ぼす要因と考えられる。	・懸濁物質の耐忍限界よりもかなり低い濃度であっても、魚類は忌避行動を示す。また、濁水の長期化は成長にも影響を及ぼす。 ・懸濁物質が増加すると水中照度が低下し、藻類の生育に影響を及ぼすため、懸濁物質は藻類を餌とする魚類の生息に影響を及ぼす要因と考えられる。
着色	・着色により水中照度が低下すると、それを利用して光合成を行う植物の生産量の低下につながる。 ・植物プランクトン自身も着色の原因となる場合がある。	着色により水中照度が低下すると、植物プランクトンの生育に影響を及ぼすため、着色は藻類を餌とする底生動物の生息に影響を及ぼす要因と考えられる。	着色により水中照度が低下すると、藻類の生育に影響を及ぼすため、着色は藻類を餌とする底生動物の生息に影響を及ぼす要因と考えられる。	着色により水中照度が低下すると、藻類の生育に影響を及ぼすため、着色は藻類を餌とする魚類の生息に影響を及ぼす要因と考えられる。
底質	・底泥中の窒素・リン等の栄養塩類は、底泥から栄養塩を採取する植物の現存量の変化に直接結びつく要因である。 ・水中の栄養塩を利用する植物にとっても、底泥中の窒素・リン等の栄養塩類は、水中に溶出し栄養分となる。		・底生動物の分布は底質の粒度組成と深く関係している。 ・流速の低下や水中の有機物量の増加に伴い底質が泥化すると、底質中の酸素消費速度が大きくなり、下層水の貧酸素化を促進する。	・底魚類の分布は底質の粒度組成と深く関係している。 ・流速の低下や水中の有機物量の増加に伴い底質が泥化すると、底質中の酸素消費速度が大きくなり、下層水の貧酸素化を促進する。

《出典》

(植物プランクトン)

- 1) 山田真知子(1982) 富栄養化と植物プランクトンの指標性. 水産学シリーズ43沿岸海域の富栄養化と指標生物. (株)恒星社厚生閣

(動物プランクトン)

- 1) 大森信・池田勉(1976) 動物プランクトン生態研究法. 共立出版株式会社

(底生生物)

- 1) 今林博道(1983)底生生物群集に及ぼす貧酸素水塊の影響. 日本水産学会誌. 第49巻第1号
- 2) 北森良之介(1975)7. 環境指標としての底生生物(2)－指標生物を中心に－. 環境と指標生物2－水界編－. 共立出版株式会社
- 3) 菊池泰二(1975)環境指標としての底生生物(1)－群集組成を中心に－. 環境と指標生物2－水界編－. 共立出版株式会社
- 4) 菊池泰二(1979)7. 4海洋汚染とベントス. 環境科学としての海洋学3. 東京大学出版会

(魚類)

- 1) (社)日本水産資源保護協会 (1994) 環境が水産動物および漁業に及ぼす影響を判断するための『判断基準』と『事例』
- 2) 須藤俊造(1992)海藻・海草相とその環境条件との関連をより詰めて求める試み. 藻類, 第40号
- 3) (社)日本水産資源保護協会 (1992) 環境が海藻類に及ぼす影響を判断するための『判断基準』と『事例』
- 4) (社)日本水産資源保護協会 (1978) 水産生物の環境条件. 『沿岸漁場整備開発事業構造物設計指針』(昭和53年度版) 付録部分抜粋

VI章

(4) 生物の生息環境に関連する水質基準等

水界生態系の上位に位置する魚類を中心に、環境基準、水産用水基準等、または生息条件に関する既存知見をもとにpH、COD、D0等の基準値を参考にして、各水域の状態を判断する。

解 説

各生物はそれぞれ生息・生育に適した水質の範囲を有しているが、これらの範囲は生活史の各段階において異なり、また生命維持、成長、再生産のために必要な範囲などの観点によっても異なる。したがって、生物の生息環境に関連する水質は、各生活史段階について把握する必要がある。

また、これらの水質は基準値の達成だけでなく、経時的な悪化傾向についても留意する必要がある。

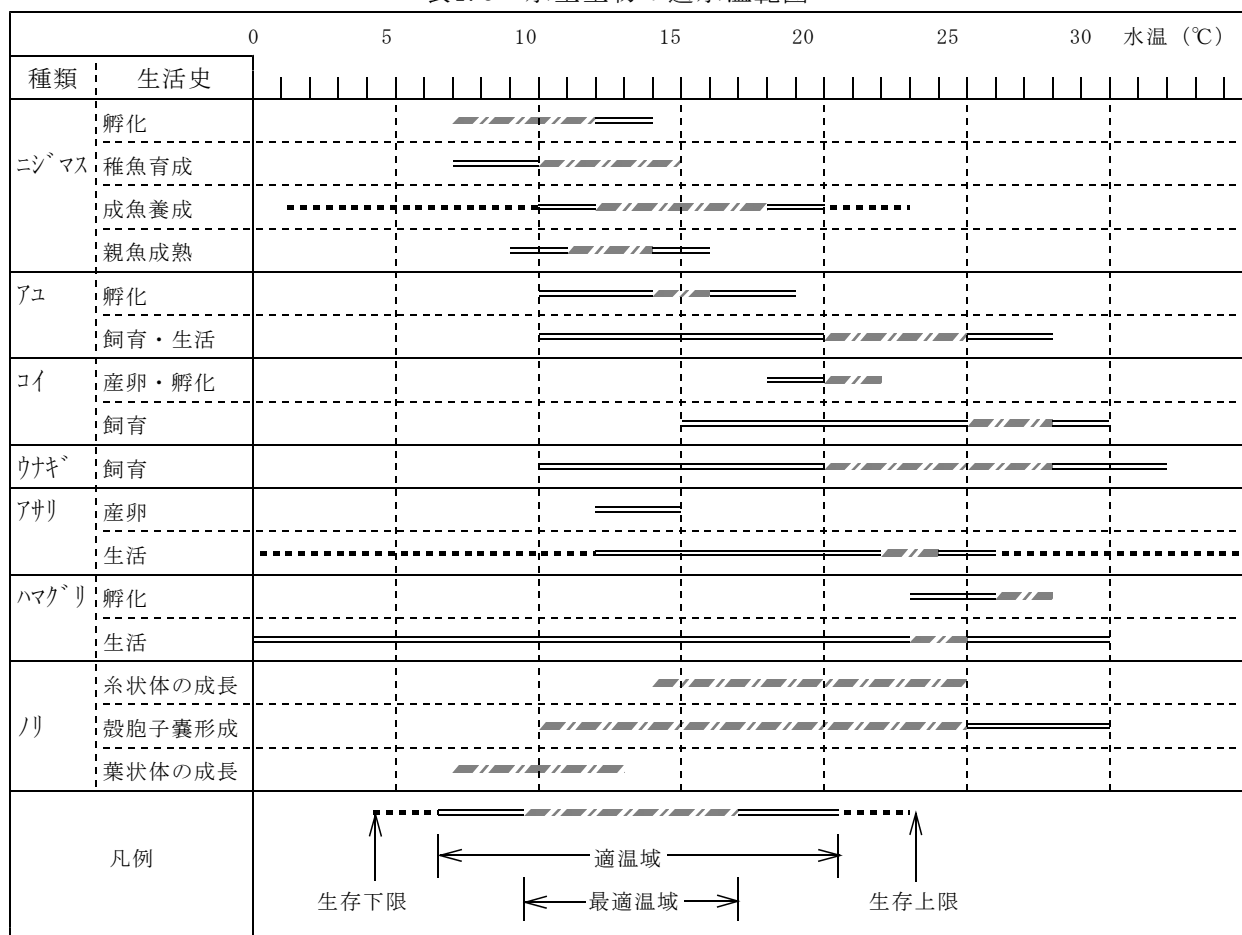
なお、環境基準や水産用水基準等の基準値は、様々な水生生物の行動や成長に影響を与えることがないように設定されており、特に水産用水基準の有害物質の基準値は、代表的な生物を数段階の既知濃度中で飼育し、各種行動阻害や成長阻害、半数が死に至る状況を観察して設定している。

1) 水温

水産用水基準では、水産生物に悪影響を及ぼすほどの水温の変化がないこととされている。

以下に水産生物の主なものについて示し、その生活史ごとの生息に適した水温を示す。

表1.5 水生生物の適水温範囲



出典：(社)日本水産資源保護協会（1972）水産環境水質基準

2) 塩分

塩分は潮位変動や河川の流量変動を受けて短期的に変化する。汽水域でのこのような大幅な塩分変化は、植物や底生動物といった移動能力の小さな生物にとってはより重要な要素となる。また、これら生物と被食-捕食関係を持つ生物など直接塩分変化の影響を受けない生物については、間接的に影響を受ける場合があり、さらに他の種の分布に変化を与える可能性があるため注意が必要である。

以下の表に汽水性生物の主なものについて、その生活史ごとの生息に適した塩分の範囲を示す。なお、淡水・汽水・海水の塩分境界は、汽水域区分に関するベニスの合意¹⁾による。

表1.6(1) 水生生物の適正塩分範囲

種類	生活史	適正塩分範囲 (‰)				塩分変化による影響等
		0 淡水	10	20	30 海水	
ヨシ	成長期 (陸)		////	////		陸上に生育するヨシは塩分25‰程度以下、また冠水している場合は15‰程度以下で生育し、これより高塩分になると影響を受ける可能性がある ^{2) 3)} 。
	成長期 (冠水)		////			
マシジミ	底生期					淡水域のみに生息 ⁴⁾ 。
セタシジミ	底生期					淡水域のみに生息 ⁵⁾ 。
ヤマトシジミ	産卵期 および 孵化期			////		卵期に塩分10～25‰程度 ⁶⁾ 、成貝期は5～20‰程度で成育する ^{7) 8) 9)} 。これより低塩分または高塩分になると影響を受ける可能性がある。
	底生期		////			
アサリ	底生期		////	////	////	塩分5‰以下では生存に影響を受ける可能性がある ⁹⁾ 。 低温1℃において15‰以下は影響を受ける可能性がある ¹⁰⁾ 。
ハクセンシオマネキ	底生期			////	////	塩分15‰程度以上で成育し、これより低塩分になると影響を受ける可能性がある ⁴⁾ 。
ヤマトオサガニ	底生期			////	////	塩分15‰程度以上で成育し、これより低塩分になると影響を受ける可能性がある ⁴⁾ 。
モクズガニ	浮遊期			////		浮遊期に20～30‰程度 ^{11) 12)} 、底生期に30‰程度以下で成育する ⁴⁾ 。浮遊期は20‰程度以下または30‰程度以上、底生期は30‰程度以上の塩分になると影響を受ける可能性がある。
	底生期		////	////		

表1.6(2) 水生生物の適正塩分範囲

種類	生活史	適正塩分範囲 (‰)				塩分変化による影響等
		0 淡水	10	20	30 海水	
ウナギ	未成魚期					未成魚期は25‰程度以下で成育し、これより高塩分になると影響を受ける可能性がある。成魚期については、淡水域から海水域の塩分に適応する ¹³⁾ 。
	成魚期					
アユ	孵化期					孵化期は塩分10～20‰程度 ¹⁴⁾ 、稚仔魚期は塩分10～30‰程度 ¹⁵⁾ 、未成魚期は塩分5～30‰程度で成育し ¹⁶⁾ 、これより低塩分または高塩分になると影響を受ける可能性がある。
	稚仔魚期					
	未成魚期					
ボラ	産卵期					産卵期は塩分25‰程度以上 ¹⁷⁾ 、稚仔魚期は34‰程度で成育し ¹⁸⁾ 、これより低い塩分になると影響を受ける可能性がある。
	稚仔魚期					
トビハゼ						塩分5～25‰程度で成育し、これより低塩分または高塩分になると影響を受ける可能性がある ¹⁹⁾ 。

《出典》

- ① VENICE SYSTEM (1959) Symposium on classification of brackish waters, Venice, April 8-14, 1958. *Arch. Oceanog. Limnol.* 11
- ② 栗原康 (1991) 河口・沿岸域のエコテクノロジー、東海大出版会
- ③ 島多義彦・他 (2000) 汽水域におけるヨシ原造成方法と水質浄化能に関する研究、フジタ技研報 第36号
- ④ 東海大出版会 (1971) 浅海地質学 第Ⅱ編 第10章 汽水域のベントス特集
- ⑤ 丸邦義 (1993) ヤマトシジミについて、北水試だより21
- ⑥ 朝比奈英三 (1941) 北海道に於ける蜆の生態学的研究、日本水産学会誌10:143-152
- ⑦ 田中彌太郎 (1984) ヤマトシジミ塩分耐性について、養殖研報6号:29-32
- ⑧ 西條八束・奥田節夫編 河川感潮域—その自然と変貌—第6章感潮域の底生生物
- ⑨ 中村幹雄 (1997) 宍道湖におけるヤマトシジミと環境との相互関係に関する生理・生態学的研究、島根水試事報
- ⑩ 蔵田護 (2000) 低水温下におけるアサリの低塩分・貧酸素耐性
- ⑪ 石田雅俊 (1976) モクズガニの生態と増殖に関する研究、福岡豊前水試研究業務報告 昭和49年度
- ⑫ 宮崎一老 (1940) マハゼについて、日水誌9(4)
- ⑬ 石田修 (1970) 淡水ウナギ海水馴致実験、千葉県内湾水試内水面分場調査研報 (4)
- ⑭ 田畑和男 (1975) 海水および希釈海水中で孵化したアユ仔魚について、兵庫水試研報 (15)
- ⑮ 京都府経済部水産課 (1956) 淵のアユの生態Ⅱ、鮎放流基準調査報告書
- ⑯ 落合明・田中克 (1986) 新版 魚類学 (下)、恒星社厚生閣
- ⑰ 童逸彦 (1961) 高雄東港近海鯛魚之成熟度、中国水産86期
- ⑱ 堀木信男 (1975) 紀伊水道及び紀南沿岸流域に出現する魚卵・稚仔魚の研究—Ⅳ 稚仔魚の出現と水温及び塩素量との関係、和歌山水試事報
- ⑲ 日本水産資源保護協会 (1998) 日本の希少な野生水生生物に関するデータブック (水産庁編)

3) pH

pHは水中の化学的作用や生物作用に大きな影響を与える。一般に、強い酸性やアルカリ性の水の中では生物は活動できず、化学的にも種々の悪影響が現れる。したがって、測定値の評価は中性（pH7）付近が最も高く、中性から離れるほど評価が低くなる。環境基準は河川のAA～C類型以上で6.5以上8.5以下、D、E類型で6.0以上8.5以下（農業用利水地点では6.0～7.5）である。

河川でも、水深が浅く（日光が河床まで届く）、水が停滞するような場所では河床の付着藻類の光合成のためにpHが高くなる（同時にD0も高くなる）ことがある。

また、pHの変化はアンモニアの生物への毒性を変化させることが知られており、注意が必要である。

表1.7 水生生物に及ぼすpHの影響

pH	既 知 の 影 響
11.0～11.5	すべての魚種に対し、急性致死である。
10.5～11.0	サケ類に対し、急性致死。上限値はコイ、キンギョ、カワマスに対して致死。
10.0～10.5	サケ類は短時間の接触では耐性であるが、結果的には致死となる。
9.5～10.0	長時間の接触でサケは致死。冷水魚は生育不可。温水魚の数は減少。発育段階で有害となる。
9.0～9.5	かなりの時間接触した場合、サケ類に対し有害の模様。また、冷水魚は生育不可。温水魚の数は減少。コイはこの範囲をさける。
8.5～9.0	ある種のサケ、ナマズに対する耐性限度に近い。キンギョはこの範囲をさける。
8.0～8.5	コイの精子の動きが抑制される。
7.0～8.0	完全な魚類の生産が行われる。
6.5～7.0	pHの低いとき、毒性の強まる重金属やシアン化合物が存在しないときは、魚類に対して致死でない。
6.0～6.5	遊離の炭酸ガスが100ppm以上存在しなければ、魚類に対して毒性的でない。
5.5～6.0	カワマスはpH5.5以上で生存する。ニジマスは出現しない。自然状態では比較的種類の魚類が数少なく見いだされる。
5.0～5.5	魚類の数は抑制されるが、炭酸ガスが高濃度（25ppm）以上でないとき、あるいは、鉄分を含まないときは、すべての魚類に対して、致死でない。
4.5～5.0	冷水魚は生育不可。コイに対しては有害であるが、致死でない。
4.0～4.5	魚類の数は制限され、わずか数種のみ生存可能。
3.5～4.0	サケ類に対し致死。
3.0～3.5	魚類はすべて、数時間以上生存できない。

出典：米国環境保護庁、「水質クライテリア」

4) D0

水中に溶解している酸素は、河川の自浄作用や水生生物の生息に不可欠なものである。

酸素の溶解度は水温、気温、塩分などに影響されるが、水が清澄なほどその条件における飽和量に近い量が含まれる。通常はmg/Lで表すが、同じ濃度であっても条件（特に水温）によって溶存酸素飽和量に対する割合が異なるため、飽和度（%）でも表す。

測定値の評価は0mg/L（完全な酸欠）が最低で、飽和度100%（20℃の純水の飽和溶存酸素量は8.8mg/L）が最高となる。環境基準は河川のAAおよびA類型で7.5mg/L以上、B、C類型で5mg/L以上、D、E類型で2mg/Lとされている。

一般に、魚介類が生存するためには、D03mg/L以上が必要であり、良好な状態を保つためには5mg/L以上であることが望ましいとされる。好気性微生物が活発に活動するためにはD02mg/L以上が必要であり、それ以下になると嫌気性分解が起こって硫化水素などの悪臭物質が発生する。農業用水としては、D05mg/L以下では根ぐされなどの障害が生じる。

生物の生息環境としては、基本的に濃度が高いほどよいが、富栄養化した湖沼などでみられるような極端な過飽和（光合成の影響により飽和度300%にもなることがある）は良好な状態とはいえ、魚介類等に対しても酸素ガス病などの障害が発生する。ガス病の事例としては、マダイの仔魚では飽和度180～200%で症状が現れた例¹⁾、ガザミ幼生は飽和度120～150%で2.5時間飼育され症状が現れた例²⁾、一方、金魚（成魚）は飽和度300%でもガス病にならなかった例が報告されている³⁾。さらに過飽和となるような富栄養状態では、夜間に逆に低酸素となる恐れがあるため魚介類の生息環境としては好ましくない。

溶存酸素量は圧力、水温、塩分などの影響を受け、絶対値で示すことは必ずしも適当ではなく、それらの影響を除いた飽和度で示した方が比較しやすい場合もある。以下に湿潤空気1気圧下でのこれらの関係を求めたWeissの式を示す。⁴⁾

$$\ln O_2 = A_1 + A_2(100/T) + A_3 \ln(T/100) + A_4(T/100) + S\{B_1 + B_2(T/100) + B_3(T/100)^2\}$$

ここで、 T は温度K（=273.15+t℃）、 S は塩分であり、係数 A 、 B については表1.8の値を使用する。この式は温度-2～40℃、塩分0～40に適用できる。水温5～30℃、塩分0～35の計算結果を表1.9、図1.8に示し、表1.10に水生生物に及ぼすD0の影響を示す。

表1.8 酸素飽和量を計算する式の係数

O_2 の係数	mL/L	mL/kg
A_1	-173.4292	-177.7888
A_2	249.6339	255.5907
A_3	143.3483	146.4813
A_4	-21.8492	-22.2040
B_1	-0.033096	-0.037362
B_2	0.014259	0.016504
B_3	-0.0017000	-0.0020564

表1.9 Weissの式より求めた水温5～30℃、塩分0～35の酸素飽和量(mg/L)

塩分\水温	5	10	15	20	25	30
0	12.77	11.28	10.08	9.08	8.25	7.55
5	12.36	10.93	9.78	8.82	8.02	7.34
10	11.95	10.60	9.48	8.57	7.79	7.14
15	11.57	10.25	9.19	8.31	7.58	6.95
20	11.20	9.94	8.92	8.07	7.36	6.76
25	10.83	9.62	8.65	7.84	7.15	6.58
30	10.48	9.32	8.39	7.61	6.95	6.39
35	10.14	9.04	8.14	7.39	6.76	6.22

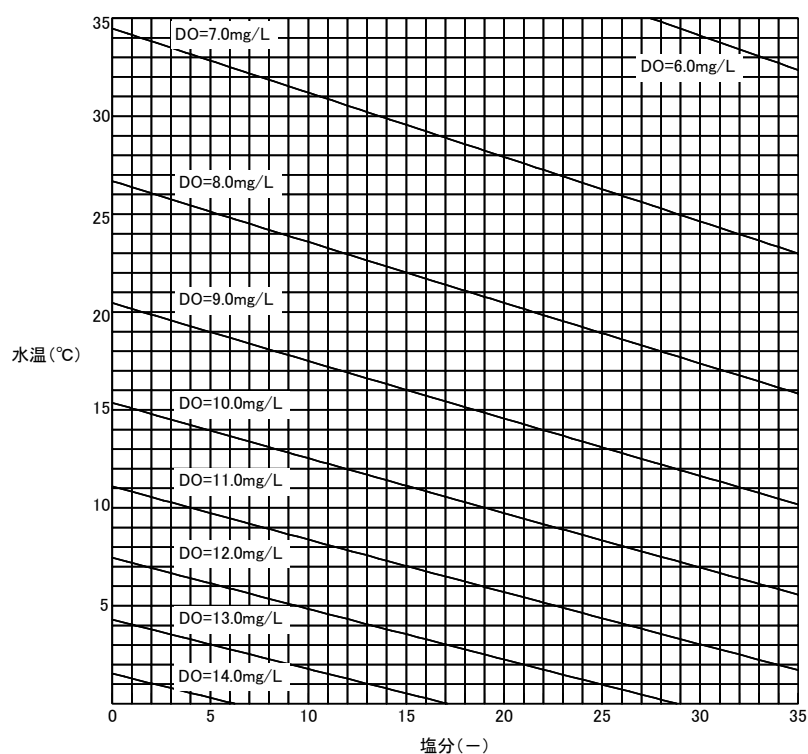


図1.8 溶存酸素飽和量曲線

《出典》

- 1) 山下金義(1964)水産増殖, 12
- 2) 今攸・他(1964)水産増殖, 16
- 3) 江草周三(1959)広大水畜産学部紀要, 2
- 4) (社)日本水産資源保護協会(2000)水産用水基準(2000年版)

表1.10 水生生物に及ぼすD0の影響

生物種	溶存酸素量 (mg/L) 条件：水温20℃			備考
	5	1.0	1.5	
鮭鱒類 ----- サケ、イワナ、ヤマメ、サクラマス				夏季に高D0になる停滞水域に生息しない
アユ (オイカワ、ウグイ)				夏季に高D0になる停滞水域に生息しない
停滞水域の魚類 ----- コイ、フナ、モツゴ、タナゴ、タモロコ				酸素飽和度260%以上で酸素ガス病が発生する
底生の魚類 ----- ハゼ、ナマズ、ドジョウ、ウナギ				
甲殻類 ----- アメリカザリガニ、テナガエビ、ヌカエビ				アメリカザリガニは無酸素でも水面上に這い出していれば生存する
貝類 ----- ヤマトシジミ				
貝類 ----- アサリ				
貝類 ----- ハマガリ				
凡例				

注) 温度による溶存酸素量の換算

魚類の呼吸代謝は環境水の酸素飽和度に依存している。酸素飽和度は水温によって決まるので、各水温にこの表を適用するには、水温10℃では約1.2倍、水温15℃では約1.1倍、水温20℃では約0.9倍の値を目安にする。

5) 有機物・栄養塩類・懸濁物質等

有機物・栄養塩類・懸濁物質等についても、生物種により適域は異なっており、生物の生息条件を念頭において設定された環境基準や水産用水基準においては、CODは1～5mg/L以下、SSは1～15mg/L以下、全窒素は0.2～1.0mg/L以下、全リンは0.01～0.1mg/L以下が適域であるとされている。

表1.11 環境基準および水産用水基準における基準値

調査項目 対象生物		pH	COD	SS	DO	大腸菌 群数	全窒素	全リン	n-ヘキサ ン抽出 物質	出典
ヒメマス等貧栄養湖型の水域 の水産生物 (AA, II 類型、水産1級)		6.5～8.5	1	1	7.5	50	0.2	0.01	—	環
サケ・マス・アユ	自然繁殖	6.7～7.5	2	1.4	7	—	0.2	0.01	検出されな いこと	水
	成育		3							
サケ科魚類およびアユ等貧栄 養湖型の水域の水産生物 (A, IV 類型、水産2級)		6.5～8.5	3	5	7.5	1,000	0.6	0.05	—	環
ワカサギ		6.7～7.5	—	—	—	—	0.6	0.05	検出されな いこと	水
温水性魚類			—	3.0	—	—	—	—		
一般	自然繁殖		4	—	6	1,000	—	—		
	成育		5							
コイ・フナ			—	—	—	—	1.0	0.1		
コイ、フナ 等、富栄養湖型の 水域の水産生物 (B, V 類型、水産3級)		6.5～8.5	5	15	5	—	1.0	0.1	—	環

注) 1. 表中の「水」は水産用水基準、「環」は環境基準により定められた値であることを示す。

2. 各数値の単位は「mg/L」。ただし、pHは[—]、大腸菌群数は[MPN/100mL]。

上記のような生活環境項目は、環境基準の適合状況を判定する際には年間を通じた長期的な評価が行われている。一方、水生生物の生息環境という観点からは、短期的なpHやDO、塩分などの変化についても評価する必要がある。

海域のノリ等の生育には栄養塩類が深く関係しているが、堰等の河川構造物の影響により海域の栄養塩類の減少が問題とされている。海域でのノリの栄養塩類に関する知見をまとめたものを表1.12に示す。なお、ノリの生育にとって必要な栄養塩類濃度は、流速によって異なるため、流速ごとのDIN濃度とノリの色落ちの関係を表1.13に示す。

表1.12 良質なノリの生産のための最低基準

(平均流速10～30cm/s程度)	
・ DIN	0.07～0.1mg/L ¹⁾
・ NH ₄ -N	0.2～0.4mg/L ²⁾
・ NO ₂ -N	0.02～0.04mg/L ²⁾
・ NO ₃ -N	0.3mg/L ²⁾
・ PO ₄ -P	0.004～0.009mg/L ²⁾
(流速不明)	
・ PO ₄ -P	0.007～0.014mg/L以上 (P/N値 (μg/Lで) 1/7～1/9程度) ¹⁾
・ NH ₄ -N	1mg/L以上になると養殖不可能となる ¹⁾

表1.13 DIN濃度とノリの色落ちの関係

(平均流速10cm/s程度)	
・ 0.07mg/L以下	ノリの色落ちが始まる ¹⁾
(平均流速20～30cm/s程度)	
・ 0.04mg/L以下	ノリの色落ちが始まる ¹⁾
(流速不明) (兵庫の例)	
・ 0～0.042mg/L	ノリの色落ち傾向あり ³⁾
・ 0.042～0.07mg/L	ノリの色がややさめている ³⁾
・ 0.07～0.112mg/L	ノリの色落ちは心配ない ³⁾
・ 0.112mg/L以上	ノリの色落ちは全く心配ない ³⁾

《出典》

- ①(社)日本水産資源保護協会(1992) 環境が海藻類に及ぼす影響を判断するための『判断基準』と『事例』
- ②吉田忠生・秋山和夫(1976) ノリの養殖の技術 改訂版 浅海完全養殖、恒星社厚生閣
- ③兵庫県のり養殖安定対策協議会、兵庫県漁業協同組合連合会(1989) 平成元年度 のり生産に関する基本指針

6) 有害物質

有害物質の基準値等について、参考図表－8に示す。水産用水基準の基準値は、水生生物の正常な生息および繁殖を維持することを目的として設定されたものであり、環境基準の基準値は人の健康を保護する上で維持することが望ましい基準として設定されたものであることから、生態系保全の立場からは水産用水基準の方が望ましいと考えられる。

なお、環境省は平成11年度より水生生物の保全に係る水質目標を検討しており、検討対象物質のうち環境中濃度が高く、かつ、水生生物に影響を及ぼすレベルについて十分な知見が得られた9物質について、平成14年8月に具体的な目標値案を公表している。(資料編参照)

(5) 生態系評価手法

得られた水質データは、生物生息に関与する他の非生物的ならびに生物的要素と組み合わせて生態系の概要を把握することにより、その保全対策の検討材料として活用する。

解 説

生態系保全の観点から、生物的要素と非生物的要素の関わり合いを可能な限り整理するという考え方は重要である。

このような場合、対象種を絞り込んで、それらの生態系における他の生物的要素および非生物的要素との関連を検討するという方法が考えられる。対象種には、当該水域を代表する典型種、多くの生物種と関連がある種、もしくは食物連鎖上多くの生物種と関連している当該水域での上位種が適当である。

窒素、リン等の栄養塩類と植物プランクトン、藻類などによる一次生産量の関係や、これを補食する動物プランクトン、底生生物、さらには魚類などの生息量の関係を把握し、生態系内での食物連鎖の状況を整理する。このような量的関係を次のようなモデルで表現し、生態系保全のほか、生物資源利用に向けて活用することは有意義である。

○生活史モデル³⁾

特定種の発生段階ごとの生物学的・非生物的要素との関わりを定量化して、環境変動に対応した資源量の変化を求めるモデル。

報告事例としては、対象種は漁業生物に限られている。また、各要因と資源量との定量化に経験的な仮定が残されている等の問題点がある。

○生態系モデル^{1), 2)}

沿岸生態系モデルや干潟生態系モデルが開発されている。対象とする生態系内の炭素、窒素、リンなどの物質循環をその現存量と移動・変化速度で数式化したものである。

生物的要素としては、動・植物プランクトンあるいは底生生物までにとどまり、より上位の魚類等が含まれておらず、また係数の設定や再現性の検討のために多くの現地データや実験データを必要とする等の問題点がある。

これらの手法は現在開発途上にあるため、試行的な部分が多く残されているが、今後、モデルの精度向上による生態系変化の定量的予測は盛んになっていくものと考えられる。

《出典》

- 1) 中田喜三郎(1983)4. 沿岸生態系モデル. 水産学シリーズ48漁業環境アセスメント. (株)恒星社厚生閣
- 2) J. Baretta and P. Ruardij (中田喜三郎訳) (1995)干潟の生態系モデル. (株)生物研究社
- 3) 堀家健司・平野拓郎・細田昌広・平野敏行(1992)7. 生活史モデル. 水産学シリーズ87漁場環境容量. (株)恒星社厚生閣

1.3 基礎調査（事前調査）

調査地点、調査項目等の選定、調査結果の評価等に資するため、以下の3つの事項について既存調査の整理あるいは現地調査を行う。

(1) 河川水質

既存の水質調査状況および調査結果の整理を行う。

- ・ 既存調査の調査項目、調査地点、採水位置・深度、調査頻度等の整理
- ・ 水質の流下方向の変化や経時的変化の整理
- ・ 有害物質等の流入状況および発生源

(2) 生物相

既存の生物調査状況および調査結果の整理を行う。

- ・ 既存調査の調査地点、調査頻度等の整理
- ・ 生物の分布状況や種組成の経時的変化
- ・ 特定種等の有無

(3) 河川の形状と水塊構造

調査対象水域の概要を把握する。

＜河川形状＞

- ・ 河床勾配、瀬淵の状況等
- ・ 支派川等
- ・ 河川横断施設の有無
- ・ 環境整備のための施設（魚道、ワンド等）

＜流量＞

- ・ 水位、流量の変動状況

＜水塊構造＞

- ・ 循環期、停滞期と成層水深等の把握（湖沼）
- ・ 感潮区間、混合形態、潮位等の把握（汽水域）

1.4 水域全体の生物生息環境を把握するための水質調査

(1) 調査項目

水質の調査項目は、生物の生息・生育・繁殖に関連が深い、水温、塩分、pH、DO、BOD、COD、SS、濁度、T-N、T-P、亜鉛、流量等とする。これらの項目は通常、公共用水域の水質監視で測定されているものであり、これらの成果を極力活用する。

また、「豊かな生態系の確保」の視点に対する「今後の河川水質管理の指標項目(案)」(河川水質管理検討会)で示されている項目は基本的に調査項目とする。

なお、各水域における生物の生息・生育環境の変化を示す主要な水質項目は以下のとおりである。

(河川順流域)

河川順流域に生息・生育・繁殖する生物に影響を及ぼす要因としては、洪水や工事等による濁り、ダム放水などによる水温の低下が挙げられることから、濁度、SS、水温の変化を測定する。

(湖沼)

湖沼では、河川に比べ滞留時間が長いため、植物プランクトンによる内部生産が水質に大きく影響していることから、内部生産に関わりの深い、水温、pH、DO、透明度、SS、T-N、I-N、I-P、クロロフィルa等を測定する。

(感潮域)

感潮域には、汽水域特有の生物種が生息・生育・繁殖し、生態系を構成している。これらの生息状況は、潮汐による水質の挙動に密接に関わっていることから、特に塩分の挙動を測定する。また、塩分の違いによる成層化に伴う底層の貧酸素化は、底生生物、魚介類の生息に障害を与えることから、底層DOについても測定する。

解 説

1) 今後の河川水質管理指標項目(案)

水質管理検討会で検討された「今後の河川水質管理の指標項目(案)」は表1.14に示すとおりである。

また、河川の基本的特徴を表す水温、流量、BOD、SS、濁度、pH等についても測定を行う。

表1.14 今後の河川水質管理の指標項目(案)

河川水質管理 の視点	河川水質の確保すべき機能		確保すべき機能を 表す項目	今後の河川水質管理の指標項目[案] (全国共通の項目)	
				住民との協働による 測定項目	河川等管理者 による測定項目
豊かな生態系 の確保	生息、生育、 繁殖	呼吸	DO、SS、[BOD]、[COD]	DO、[COD]	DO、SS、[BOD]、
		毒性	NH ₄ -N、Zn、ダイオキシン類、 環境ホルモン	NH ₄ -N	NH ₄ -N
		生物の生息	水生生物の生息、[水温]、[pH]、 [BOD]、[COD] [T-N]、[T-P]、 [水辺の植生]、[鳥類]、[魚類]、[昆虫]	水生生物の生息、 [水温]、[pH]、 [COD]	水生生物の生息、 [pH]、[BOD]、 [T-N]、[T-P]

◆表の見方

- ・[]内の指標項目は、今後のデータの蓄積を行い、河川水質管理の指標項目として継続すべきか、あるいは他の項目で代替すべきかを判断するために、調査を行う項目
- ・太字は水質管理上重点的に評価を行う項目[評価項目]

VI章

2) 物質輸送量の把握

生物の生息に必要な水質は、個々の物質濃度も重要であるが、この他、成長速度（量）などの物質循環の視点で生態系を捉える場合には、物質輸送量の把握が不可欠であり、水質濃度のほか、それぞれの調査断面での流量（断面積×流速）が必要となる。

(2) 調査地点

既往の生物調査が実施されている地点（国勢調査地点、水生生物による簡易水質調査地点）の中から選定することを基本とする。ただし、既往の生物調査が実施されている地点が近傍に多数ある場合には、公共用水域での水質監視等の定期的な水質調査が実施されている地点や、上流部、中流部、下流部等のバランスを考慮して選定するものとする。

具体的な水質調査地点の配置に当たっては、以下の点に留意する。

（共通事項）

- ・公共用水域での水質監視等、定期的な水質調査地点がある場合には、これを利用すると良い。
- ・水生生物調査が実施されている地点で生態系を把握する上で重要な地点は、調査地点の候補として考慮する。

（河川順流域）

- ・河川の瀬淵、ワンドなど様々な環境をできるだけ網羅できるような調査地点の配置も必要に応じて検討する。

（湖沼）

- ・湖心ならびに主な流入河川の流入口付近、下流河川への流出口付近に調査地点を配置する。
- ・湖岸地形により形成されるまとまった水域内に1点配置する。
- ・湖岸帯に植生等、注目すべき生態系が構成されている場合には、この中に調査地点を配置する。

（感潮域）

- ・感潮域においては塩分の分布状況を把握するため、流程方向に、汽水域上流端、汽水域上流端から河口部の間、河口部の最低3点を配置する。

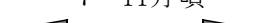
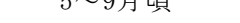
出典：河川水辺の国勢調査マニュアル（生物調査編）

解 説

調査地点の設定に先立ち、あらかじめ調査対象区間の河床勾配、流量、流速、瀬と淵の状況などの河川形態や河床材料、河岸の状況、汽水域の存在、感潮域の有無、河川横断施設の有無、主要な支川の流入および水質の変化の状況などを、航空写真や既存調査結果をもとに平面図等で整理したり、河川縦断面図を作成するなどにより、調査対象区間の環境と生物の生息との関係をきめ細かく把握しておくことが必要である。なお、住民との協働による調査を実施する場合には、調査の安全性、効率性に配慮する必要がある。

回遊する生物のうち主なものについて、その生息範囲を表1.15に示す。

表1.15 回遊する種の生息範囲

種名	生活環境区分	時期区分	生息範囲 ()	備考
			上流   下流(河口)  海域	
イワナ	純淡水魚	非繁殖期		産卵場所は、細流、平瀬、淵の礫質、砂礫底。
		繁殖期	9～11月頃 	
アマゴ (陸封型)	純淡水魚	非繁殖期		産卵場所は、平瀬、淵の礫質、砂礫底。
		繁殖期	9～11月頃 	
カワヒガイ	純淡水魚	非繁殖期		産卵場所は、2枚貝。
		繁殖期	5～7月頃 	
ナマズ	純淡水魚	非繁殖期		産卵のため、小河川、水田の用水路等へ移動する。産卵場所は水草。
		繁殖期	4月中旬～7月頃 	
アカザ	純淡水魚	非繁殖期		産卵場所は、平瀬、早瀬の礫質の浮き石。
		繁殖期	4月中旬～6月頃 	
アジメ トシヨウ	純淡水魚	非繁殖期		産卵場所は、早瀬、平瀬、湧水・伏流水の砂礫底。
		繁殖期	3～6月頃 	
カジカ (小卵型)	両側回遊魚	非繁殖期		産卵場所は、平瀬の礫質の浮き石の礫下。
		繁殖期	3～5月頃 	
アユ	両側回遊魚	非繁殖期		産卵場所は、平瀬または早瀬の砂礫・礫質底。
		繁殖期	8～11月頃 	
ウナギ	降河回遊魚	非繁殖期		産卵場所のため、7月頃海へ下る。
		繁殖期	7～11月頃 	
テナガエビ		非繁殖期		特に大きな移動はしない。孵化まで親が保護。
		繁殖期	5～9月頃 	
モクスガニ		非繁殖期		産卵のため、9～10月頃海へ下る孵化まで親場保護。
		繁殖期	9～3月頃 	

VI章

(3) 採水位置、深度

調査地点の水質が一樣となっている場合には、水平・鉛直方向の断面内の1ヵ所で測定する。一樣となっていない場合には、水平方向の位置の違いや水深の違いによる水質特性が把握できるよう測定する。なお、採水方法の詳細については第XI章 3. 参照のこと。

(河川順流域・感潮域)

- ・河川における採水は、流心で行うものとする。ただし、中州の存在など河川形状や流入河川等の合流により左岸側と右岸側で水質が明らかに異なる地点では、左岸側、右岸側のそれぞれ代表する位置でも測定する。
- ・河川順流部の採水水深は、表層から全水深の2割の位置からの採水を基本とする。ただし、水面下の採水器による採水は採水器が流されやすく困難なことが多いため、水面と2割水深での水質がよほど異なることが予想される時以外は、流心部の水面水の採取でもよい。
- ・感潮域においては、塩分が遡上するため表・中・下層で水質が異なることが想定されることから、2割水深の他に5割、8割水深での採水を同時に実施することが望ましい。

(湖沼)

- ・全水深が3mを超え、水温躍層が形成され水深方向に水質変化があると考えられる場合には、表層（水面より0.5～1.0m）、変水層または中層（全水深の1/2）、および下層（底泥表面より0.5～1.0m）の深度において採水する。全水深が3m以下の場合には、中層採水および下層採水を省略してよいものとする。

(4) 調査頻度

生物生息・生育に関連の深い項目は、周年変化を把握するため、季節1回以上の調査を行う。その中の少なくとも1回は、住民との協働により水質調査を実施するものとする。

また、具体的調査日については、実施可能であれば近傍における公共用水域の水質監視等の定期調査の調査日と同一とし、情報を有効に活用する。生物調査は可能な範囲で頻度を検討する。

なお、各水域において、調査頻度を設定する際に留意すべき事項は以下のとおりである。

(河川順流域)

- ・平常時と洪水時で水質が大きく異なるため、平常時と洪水時の両方における水質の挙動を把握することが望ましい。
- ・魚類の遡上・降河や産卵、水生昆虫の羽化前など、その場に生息すると考えられる代表的な生物の生活史に合わせて各季調査と調整を図りながら、各々に適した時期に調査を行う。
- ・洪水時において、突発的な水質変化現象を捉えるための頻度を検討することも必要である。
- ・経日、経時等の連続的な水質変化を監視するためには、水質自動監視装置を積極的に活用する。

(湖沼)

- ・湖沼においては、特に夏季停滞期におけるD_Oの鉛直分布に留意する。

(感潮域)

- ・感潮域の水質は、潮汐による塩水の遡上による変動が最も大きいいため、大潮、小潮の両方で水質（特に塩分）の挙動を把握する。
- ・塩分分布は潮時により変化するため、1日のうち干潮と満潮の2回調査を行うものとする。なお、塩分の周日変化を把握するため、連続観測を行うことも有効である。

出典：河川水辺の国勢調査マニュアル（生物調査編） 自然環境のアセスメント技術（Ⅲ）

解 説

河川は流量や水位に日変動、季節変動、年変動がある。これらは集水域や涵養域の降水特性、地質、土地利用や河川勾配などの環境要素によって規定されている。上流にダムなどの調整施設がある場合には変動が人為的に操作されている。河川の流量や水位の変動は移行帯成立のもととなり、物質の流れをも規定している。これを細かく見ると地点ごとに河川水的作用の程度が異なり、基盤環境に多様性をもたらしている。河川の流入する湖沼や湿原などにも河川水や地下水の流入・流出による変動がある。また、河口部には河川の水利に潮汐の作用が加わり、陸水域と海域相互の性質を反映した複雑で多様性に富んだ生態系が成立している。

また、こうした比較的短期間の変動に対して、河川では洪水、湖沼では増水や吹送による波浪発生、渇水による異常な水位低下などにより、河床材や水質、底質が変化し、河床や湖岸の植生に攪乱がおこる。こうした突発的な変動に依存して生息する生物も存在している。

生態系保全のための水質調査の頻度は、こうした水位や水量・流量、表流水による攪乱などの日変動、季節変動および年変動などを考慮し、その変動が十分に把握できる調査頻度を設定することが必要である。特に河川順流域では、平常時、洪水時、湖沼では、循環期、停滞期、感潮域では、潮時、潮汐等に留意し、調査頻度を設定する。

塩分の連続観測の1例として、紀の川河口部における推算潮位を図1.9に塩分の連続観測結果を図1.10に示す。この例では、1日の中で塩分が20以上変動している。

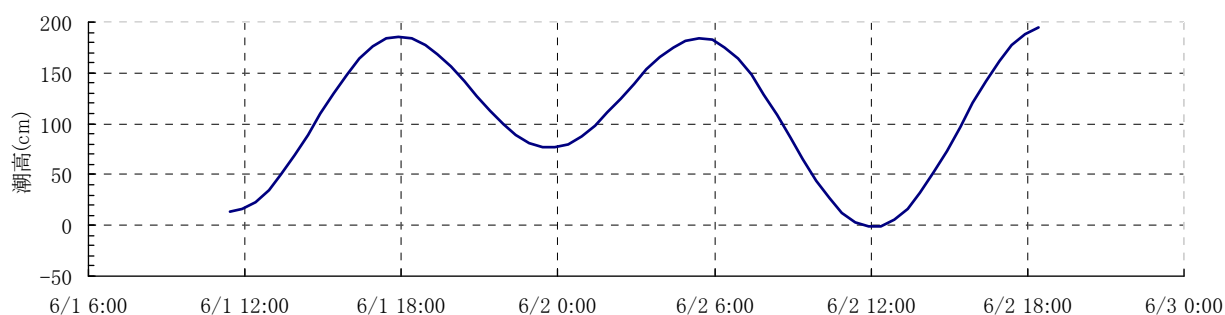


図1.9 紀の川河口部における推算潮位

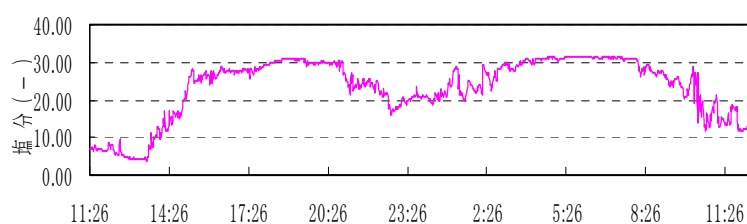


図1.10 紀の川河口部における塩分の連続観測結果

1.5 特定の種の生息環境を把握するための水質調査

特定の種の生息環境を把握するための水質調査は、対象河川等の生態系を特徴づける生物種（群集）を抽出したのち、これらの生活史、生息環境、ならびに対象とする河川等の特性を考慮し、適切に設定する。

出典：自然環境のアセスメント技術（Ⅲ）

解 説

＜生態系を特徴づける生物種（群集）を抽出＞

開発事業等の生態系への影響評価に際しては、対象地域の生態系を特徴づける生物種（群集）に着目し、これらの種（群集）の生息環境およびこれらと関係する種（群集）への影響を評価する手法が用いられている。生態系を特徴づける生物種（群集）（以下、注目種（群集））の選定に当たっては、上位性、典型性、特殊性の3つの考え方が用いられている。上位性では栄養段階の上位に位置する種・群集、典型性では表流水による河床の攪乱といった基盤環境の変動や、河川の上下流のつながり、移行帯を介した水域と陸上の連続性など、陸水域本来の性質や機能に適応した種・群集、特殊性では特殊な環境や比較的小規模な環境を特徴づける種・群集などから選定する。

＜水質調査の内容（項目、地点、時期・頻度等）の設定＞

生態系保全のための水質調査の内容（項目、地点、時期・頻度等）の設定に当たっては、植物では発芽や生長が活発な時期、動物では繁殖、移動、回遊、変態など、生活史における各段階の特徴や生息環境の違いを考慮する必要がある。特に遡上・降河する動物は、生活史の段階に応じて生息場所が変化することが多く、繁殖期などの生活史の一時期のみに利用する場であっても、そのごく小規模な場を失うことにより存続が危ぶまれるような場合もあるため、そのような時期、場所を見落とすことがないように注意して設定する。

また、調査計画を策定する際には、水域全体の生物生息環境の把握が基本にあることを念頭に置き、本章1.4の調査を基本とし、これに特定の種の生息環境を把握のための調査を追加するという形をとるのが望ましい。

＜代表的事例＞

生態系を特徴づける種の例として、水産業上重要とされている以下の9種について水質調査を計画する際の目安を参考図表－9に示している。

（生態系を特徴づける種の例）

(1) 回遊によって河川から海域までの広い範囲で生活する種

アユ（両側回遊魚）、サケ（遡河回遊魚）、マス（遡河回遊魚、湖沼利用するものあり）

イワナ（上流域に生息、湖沼を利用するものあり）

注）これらの種の生活型は地域によって異なり、同一種でも海域から上流域まで広く回遊する型と上流域など河川の一部のみに残留する型に分かれる場合があるため、調査地点配置に当たっては、地域ごとの生態把握が必要である。

(2) 移動性が小さく、環境の変化を受けやすい種

アサリ、ハマグリ（海浜域に生息）、シジミ（淡水域または汽水域に生息）

(3) 植物の代表種

アオノリ、ノリ

参考図表－9 で取り上げた9種の例は、あくまでも一般知見に基づいた目安であり、実際の河川等で調査計画を作成する際には、対象とする河川について、水深、流速等の物理的環境特性、水温、塩分、D0等の化学的環境特性、生物相、ならびに注目する生物種ごとの生息範囲等の詳細な予備的調査を行い、必要に応じて調査地点数、調査時期・頻度等について検討を行う必要がある。

1.6 事業実施に伴う生物生息環境の変化の程度の把握のための水質調査

事業実施に伴う生物生息環境の変化の程度の把握のための水質調査は、事業実施による水質変化の予測、保全対策の検討、効果検証などの目的を持って行われるものであり、その手法については、事業特性等を基に1.4および1.5を参照し、適宜選定する。

<調査項目>

事業内容並びに地域特性を考慮し、変化する恐れのある項目について調査する。必要に応じ工事中と完成後に分けて項目を設定する。

<調査地点>

事業内容並びに地域特性を考慮し、変化する恐れのある範囲について、その程度の変化を代表する点を選定し調査する。なお、対照点として変化の及ばない地点を追加する。

<調査頻度>

事業内容並びに地域特性を考慮し、変化の発生する時期について、その程度を適切に把握できる頻度を設定し調査する。なお、工事前の事業影響のない時期の状況についても調査する。

1.7 湿地帯の水質調査

(1) 湿地の定義

天然のものであるか人工のものであるか、永続的なものであるか一時的なものであるかは問わず、さらには水が滞っているか流れているか、淡水であるか汽水であるか塩水であるかを問わず、沼沢地、湿原、泥炭地または水域をいい、低潮時における水深が6メートルを超えない海域を含む。

出典：ラムサール条約

解 説

湿地の定義は広く、河川順流域やその氾濫原、淡水湿原、泥炭地、湖沼、河口域の干潟、マングローブ林など様々な環境を含んでいる。

それぞれの湿地は土壌、水、植物、動物、養分など、多くの物理的、生物的、化学的要素からなっている。これらの要素間あるいは要素内のプロセスにより、湿地は洪水調節、暴風雨からの保護などいくつかの機能を発揮し、また野生生物、魚類、森林資源などの生産物を産出する。

湿地がある機能を発揮し、特定の産物を作り出すかどうかは、その場所の生物的、化学的、物理的特性の相互作用によって決まってくる。このため、湿地の有する機能や生産物は各々の湿地で異なっている。

湿地の価値を表1.16に示す。

平成13年度、自然再生事業を立ち上げた国土交通省が、蛇行部や湿原など本来の自然環境が持つ機能の再生・保全を目指すこととなった。

VI章

平成14年度は、北海道の釧路湿原や揖斐川・長良川河口干潟、荒川河口部の干潟再生などが採択された。

表1.16 湿地の価値

機能	地下水への貯留
	地下水からの放出
	洪水調節
	岸辺の安定／浸食調節
	堆積物と毒性物質の貯留
	養分の貯留
	バイオマスの輸出
	暴風制御／防風
	微気候の安定
	水上輸送
	レクリエーション／観光
	水質浄化
	生物多様性
生産物	森林資源
	野生生物資源
	漁業資源
	飼料資源
	農業資源
	水供給

出典：パトリック・デュガン編（1993）湿地の保全，（財）自然環境研究センター

(2) 調査項目

河川順流域、湖沼および河口域の調査項目に準ずる。ただし、湿地は水系の微妙なバランスの上に成り立ち、周辺の森林の伐採やダム建設、水路の増設などの開発の影響を受けやすいため、特に土砂や水、それに含まれる栄養塩類の流入量や流入形態、水位変化などについて注意が必要である。

解 説

湿地帯の水質調査項目としては、下記①の項目の調査事例が多く、また場合によっては②の項目も追加されている。

① 通常行われている項目：流量、水温、pH、導電率、D_O、COD、T-N、NH₄-N、NO₃-N、NO₂-N、T-P、PO₄-Pなど

② 研究内容によって追加される項目：BOD、SS、TOC、クロロフィルa、フミン酸、酸化還元電位、Ca、Mg、Na、K、Fe、Clなど

(3) 調査地点

河川順流域、湖沼および河口域の調査地点に準じて、河川の流入、流出部、並びに水質の異なることが予想される水域の中心などに配置する。ただし、湿地帯においては、地下水による流入が大きい場合もあるため、地下水の水質についても注意が必要である。

解 説

調査地点の配置は調査の目的に応じて増減するが、湿地を貫流する河川について詳細に検討している事例を図1.11に示す。本事例では、湿地を貫流する河川の流入前と流出後に各1地点、湿地内の左右岸からの表流水等10地点という多くの地点配置がなされている。

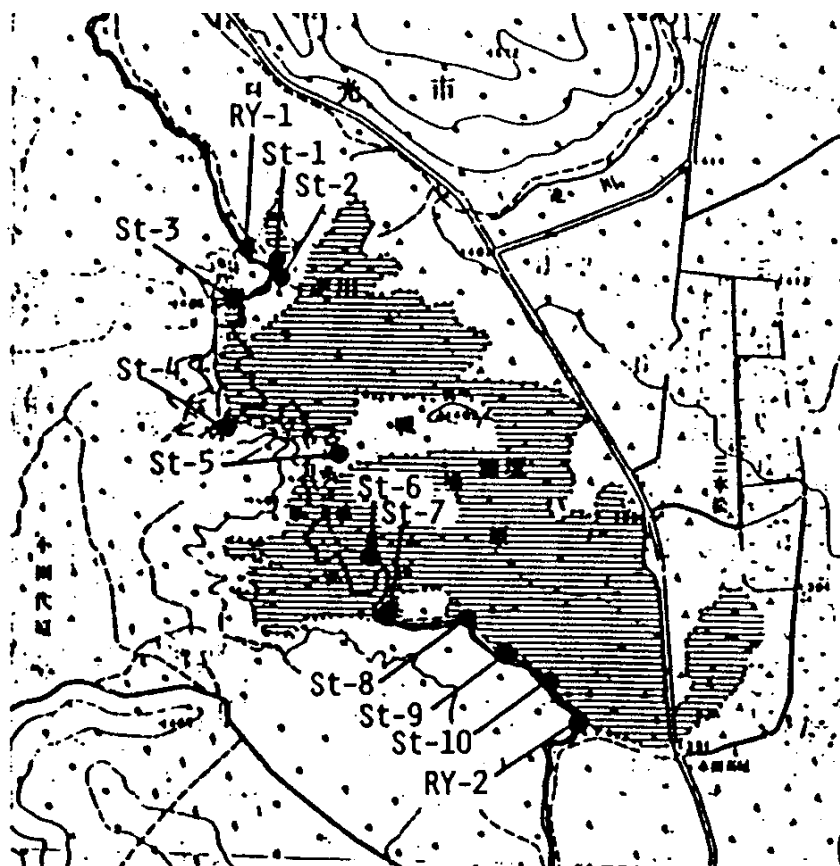


図1.11 地点配置の事例

(出典) 松永隆・他 (1984) 戦場ヶ原表流水調査について、栃木県公害研究所年報

(4) 調査頻度

河川順流域、湖沼および河口域の調査頻度に準ずる。ただし、河川の氾濫原など水が一時的にしか存在しない場所については、その出現頻度に応じて適宜頻度を設定する。

解 説

湿地帯の水質調査事例では、月1回から季節1回程度の頻度で調査が行われている。

1.8 調査結果の評価と活用

生態系保全のための水質調査結果は、水産用水基準等を参考に、対象生物の生息・生育条件と比較することにより評価する。

住民に分かり易い調査結果の評価方法では、豊かな生態系の確保に関するランクと水質濃度の関係を定めて評価する方法がある。

調査結果は、評価尺度の見直しや今後の河川（湖沼）環境整備（保全）のあり方を考えていく基礎データや住民への情報発信として活用する。

解 説

(1) 調査結果の評価

1) 生態系保全の適性の評価

生態系保全のための水質調査結果の評価は、以下の①～③の目的に合わせて各々行う。

水中に生息する生物は、適応する水質条件の場所に生息しているが、一旦水質が適応範囲外に逸脱すると、移動能力のある生物は逃避するが、移動能力が水質変化の速度に追いつけない種の場合は、その程度と継続時間によっては死に至ることがある。

したがって、生物生息環境としての水質評価に当たっては、生物の生息適応範囲外となる値の程度とその継続時間が重要となる。

また、単一種の生息環境の評価は上記のように行うことができるが、その場所に生息する生物の種構成の変化要因を把握するためには、最小値、最大値を含む水質の変動パターンの全体像を把握する必要がある。

①水域全体の生物生息環境を把握するための水質調査の評価

水質汚濁に係る環境基準のうち自然環境保全の適応性に該当する基準値や水産用水基準に示されている基準値等と比較することにより評価を行う。

②特定の種の生息環境を把握するための水質調査

特定の種の各発育段階における、生息・生育条件と比較することにより評価を行う。具体的には、本章1.5 特定の種の生息環境を把握するための水質調査に示した数値を参考に行う。なお、例示されていない種については、その都度有識者にヒアリングを行い評価を行う。

③事業実施に伴う生物生息環境の変化の程度を把握するための水質調査

事業影響の及ぶ範囲で得られたデータを事業影響の及ばない範囲、または事業実施前のデータと比較することにより、事業影響の有無、程度を評価する。

2) 住民に分かり易い調査結果の評価

調査結果の分かり易い評価方法としては、豊かな生態系の確保の視点に関するランクと対応する水質濃度の関係（評価レベル）を定め、地点の評価を行う方法がある。

以下には、水質管理検討会で検討された評価レベル（案）を示した。これらは、既往の知見を参考に設定したものもあるため、必ずしも全ての河川に適合するものではない。そのため、当該地域や河川の特長、流域住民等の感覚に応じて評価レベルを設定することが望ましい。

ただし、当面の間、A～Dのランク、その説明は変更しない。評価レベルが定められている項目（評価項目という）のうち、水生生物の生息については、地域に応じて評価レベルの表現方法を設定することができるものとする。

全国レベルの公表の視点からデータは全て揃っている状態で評価すべきなので、計画段階（または実施段階）で、住民協働ができないことが見込まれる（またはできない）場合には河川等管理者が補完的に調査を実施する。

豊かな生態系の確保では、住民との協働による測定結果が公表にあたって重要となる。そのため、河川等管理者による測定項目に不足が生じた場合においても、住民と協働した調査は評価するものとする。住民と協働した調査が実施できなかった場合でも、河川等管理者による測定データがあれば、特記事項に示した上で評価しても良いものとする。公表の際には、住民との協働による調査項目に主観的に判断した結果が含まれることや、河川等管理者による測定結果であること、場（瀬、淵など）の情報、地域に応じて評価レベルを定めている項目があることなどを必要に応じて特記事項に示す。

河川（順流域）と湖沼等の水域では、水域の特徴が異なることから、全ての項目において同列に評価することは困難である。そのため、評価する項目を選定する際には、その水域の特徴に留意が必要である。水生生物の生息は、ダム貯水池、湖沼、堰の湛水域では適用せず、これらの水域では水生生物の生息を除く項目で評価するものとする。

表1.17 評価レベル(案)

ランク	説明	評価項目と評価レベル		
		DO (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	水生生物の生息*)
A	生物の生息・生育・繁殖環境として非常に良好	7以上	0.2以下	I. きれいな水 ・カワゲラ ・ナガレトビケラ等
B	生物の生息・生育・繁殖環境として良好	5以上	0.5以下	II. 少しきたない水 ・コガタシマトビケラ ・オオシマトビケラ等
C	生物の生息・生育・繁殖環境として良好とは言えない	3以上	2.0以下	III. きたない水 ・ミズムシ ・ミズカマキリ等
D	生物が生息・生育・繁殖しにくい	3未満	2.0を超えるもの	IV. 大変きたない水 ・セスジユスリカ ・チョウバエ等

*) 水生生物の生息は流れのある瀬で調査を実施する。そのため、水生生物の生息はダム貯水池、湖沼、堰の湛水域には適用しない。

豊かな生態系の確保のための水質調査結果は、DO、NH₄-N、水生生物の生息（水生生物による簡易水質調査結果）等について評価を行う。ただし、評価レベルについては河川の状況等により異なるため、対象魚種に対する研究・調査等を実施し、その水域にあった評価レベルを設定することが望ましい。

DOは測定結果の中の最低値、NH₄-Nは測定結果の中の最高値でランク評価を行う。水生生物の生息については、簡易水生生物調査結果の評価方法に従い評価を行う。これらのランクの中で悪い方のランクを地点の総合評価結果とし、その地点の豊かな生態系の確保の視点での適正を判断する。年間での評価を行う場合は、個々のランク評価結果の中での最低ランクをその地点の評価とする。

水生生物の生息の評価レベルは、その水域にあった評価レベルを設定することが望ましい。ただし、A～Dのランク、その説明は変更しない。

VI章

(2) 調査結果の活用

1) 調査計画の見直し（継続的改善）

毎年あるいは経年的な調査結果を踏まえ、当該水域で計画した「河川管理上必要な水質調査」の調査地点、調査項目、調査頻度等の妥当性を評価し、より効率的な「河川管理上必要な水質調査」が実施できるように調査計画は見直すべきである。

2) 監視・予防措置・保全対策の必要性の判断

調査結果の経年的な傾向を把握し、河川管理上の問題点の有無、予防措置あるいは保全対策の必要性を判断する基礎資料として活用する。

3) 生物相の短期的、長期的変動の把握

感潮域では流下に伴い生物相が大きく変化することが知られており、その要因として水質、特に塩分の短期的変動状況を把握し、生物相と対比して整理することは有効であると思われる。

一方、温暖化に伴う生物分布域の緩やかな変化や湖沼生物相の遷移については、水質の最小、最大、平均値を用いた長期的変動と関連づけて整理すると有意な関係がみられるものと思われる。

4) 住民等への分かり易い情報発信

豊かな生態系の確保の視点に応じて、地点の現状を図示するなどして分かり易く表現し、住民等の河川利用者へ情報発信を行うために利用する。情報発信を行うことで、住民等の川に対する意識の向上を図ることにつながる。

2. 底質調査

2.1 目的

底質調査は、水底環境の現状あるいは汚濁の現状を把握し、河川、湖沼の良好な自然環境や生態系の保全を図るための基礎資料を得ることを目的として実施する。

2.2 調査すべき水域

特定の種や多様な生物が生息している水域およびその上流を対象とし、河床、湖底の堆積状況または汚濁の現状把握の調査結果より底質の汚濁が著しく、底泥が生物の生育・生息や生態系に影響を及ぼしていると判断される水域の底質について、調査を実施する。

解 説

(1)の堆積状況または汚濁の現状把握の全水域の調査結果により、底泥の汚濁が生物相や生態系に影響を及ぼしていると判断される地点において、生物と底質の関係はどうか、底泥の堆積により生物の生育・生息状況がどう変化しているのかを把握するための調査であり、特定の種が生育・生息している水域や水草、底生動物、魚介類等の生育・生息の保全対象とする水域とともに、巻き上げによる水質汚濁や底泥の流下によりそれらの生育・生息域に影響を与える可能性のある上流域の汚濁底泥分布水域を調査範囲として設定する。

なお、既往調査等において全水域の河床材料の状況（粒度分布）が把握されていない場合は、全域における河床材料の調査も実施する。

2.3 採泥地点

対象水域の淵、河畔植生が繁茂している水際などの生物が生息し、且つ底質の堆積しやすい地点や特定の種が生育・生息する地点を選定するほか、それらの生育・生息域に影響を与える可能性のある上流の底泥の汚濁地点を選定する。

解 説

一般に、多様な生態系を持つ河川は、「瀬」、「淵」が交互に連続する河川で、水際には植生が発達している。一方、底泥は流れの緩やかな水域に堆積するため、河川においては、流れの速い流心より左右岸の水際に分布することが多い。したがって、生物の生育・生息の場と底泥の堆積の場が一致し、堆積した底泥の汚濁は、植物の繁茂した水際を好む昆虫類の幼虫などの底生動物の生息の場を物理的に減少し、さらに水中の溶存酸素の消費や有害物質の溶出などにより、生育・生息環境も悪化するなどの影響を与える恐れがある。

湖沼における生物の多様性を有する生育・生息域は、主に水深の浅い水際の植物の生育域で、底泥の堆積しやすい湖中央部とは水域が異なる。ただし、流入河川の河口域で堆積した底泥が適度な有機物や栄養塩を含む水域は、植物が繁茂し、昆虫類の餌場、産卵場、魚類の餌場、隠れ場、水鳥の餌場、産卵場、隠れ場を提供することによって生物が多様化し、良好な生態系を創出している場合もある。

特定の種の生育・生息の場の保全や生態系の保全のための調査においては、対象とする生物が生育・生息している水域のうち、河川では淵、水際などの汚濁物質が堆積しやすい流れの緩やかな水域、湖沼では植物が繁茂している湖岸や流入河川の河口域等の底泥の現況を把握する。また、出水等により流下した上流域の汚濁底泥が生息域で堆積し、特定の種の生育・生息や生態系の発達した水際の環境を急激に消滅・悪化する恐れもあるため、影響を及ぼす可能性のある上流域や流入河川の汚濁底泥

についても監視を目的として調査地点とする。

2.4 測定項目

底泥の生物に及ぼす影響としては、底泥の堆積による底生動物の生息の場の減少、有機物や栄養塩の溶出による藻類の異常増殖等の生育・生息環境の悪化、底泥の酸素消費による溶存酸素の低下、溶出や底泥の巻き上げによる有害物質の水中への拡散があり、堆積状況、底質環境を把握する項目、水質汚濁に影響を及ぼしている有機物や有害化学物質の含有量を調査する。さらに、必要に応じて、底質の酸素消費速度試験、重金属の溶出試験等を実施する。

解 説

項目の選定の基本的な考え方は、第IV章 表2.4と同様である。

底質の粒度分布、比重、水分の堆積状態の把握は、底泥の嫌気化や巻き上がり易さなど底泥が生物の生息する水域に及ぼす影響として重要である。底泥からの水質への汚濁物質の溶出には酸化還元電位やpHの底質環境が大きく影響するため、これらの項目についても調査を実施する。有機物汚濁物質や有害化学物質については、当該水域の水質汚濁に影響を及ぼしていると想定される項目について、底質の汚濁状況を踏まえて選定する。底泥の汚濁による有害化学物質による影響の把握については、該当する有害化学物質を選定するが、湖沼等の停滞性水域におけるCODや藻類（クロロフィル）等の富栄養化に起因する有機汚濁への影響については、強熱減量やTOCの他、底泥中の窒素、リンの栄養塩を選定する。

底質が明らかに生物に影響を及ぼしていると思われる地点については、その影響を定量的に把握するため、溶存酸素の低下に影響を及ぼす底泥の酸素消費速度試験、底泥の巻き上げによる有害物質汚濁の影響把握のための底泥溶出試験を必要に応じて実施する。

生態系保全のための調査項目の選定例を表2.1に示す。

表2.1 (1) 生態系保全のための項目選定の例（河川）

分類	調査項目	調査地点	選定理由
堆積状況の判定	粒度分布	全地点	生物の生育・生息の場に関わる基本要素としての把握および汚濁状況判定の基本情報および底泥の巻き上がり易さ判定のために選定
	比重		
	水分		
底質環境の判定	pH		表泥の酸化還元状態判定のため選定
	酸化還元電位		
有機物汚濁の判定	強熱減量		生物の生育・成育環境の指標として選定
	硫化物		還元状態の把握および底泥の酸素消費速度に影響する還元物質の代表指標として選定
水質、生態系への影響の判定	底泥の酸素消費速度試験	保全対象生物の生育・生息水域	底層の溶存酸素の消費速度により、水中の酸素の低下による生息環境の悪化を把握するため選定
	底泥溶出試験		底泥の巻き上げによる有害物質の生物への影響把握のために選定

表2.1 (2) 生態系保全のための項目選定の例 (湖沼)

分類	調査項目	調査地点	選定理由
堆積状況の判定	粒度分布	全地点	生物の生育・生息の場に関わる基本要素としての把握および汚濁状況判定の基本情報および底泥の巻き上がり易さ判定のために選定
	比重		
	水分		
底質環境の判定	p H		表泥の酸化還元状態判定のため選定
	酸化還元電位		
有機物汚濁の判定	強熱減量		生物の生育・成育環境の指標として選定 底泥の酸素消費速度に影響する有機物汚濁の指標として選定
	硫化物		還元状態の把握および底泥の酸素消費速度に影響する還元物質の代表指標として選定
	総窒素		富栄養化に起因する有機汚濁把握のために選定
	総リン		富栄養化に起因する有機汚濁把握のために選定
水質、生態系への影響の判定	底泥の酸素消費速度試験	保全対象生物の生育・生息水域	底層の溶存酸素の消費速度により、水中の酸素の低下による生息環境の悪化を把握するため選定
	底泥溶出試験		底泥の巻き上げによる有害物質の生物への影響把握のために選定

なお、ダイキシン類や環境ホルモン、重金属等は、ナマズや貝類に蓄積、濃縮される場合もあるため、必要に応じて調査水域に生息する魚介類についても調査を実施する。

また、生物種ごとの調査項目の選定については、本章 1. 水質調査を参照する。

2.5 採泥の時期および頻度

底泥の有害物質の溶出や酸素の消費等の生物の生育・生息域の水質に及ぼす底泥の影響は、水温に大きく左右されるため、水温の高い夏季の調査に実施する。ただし、保全対象とする生物の産卵時期や稚魚の生育期は、調査実施による生物への影響が大きいと見られるため、調査を避けるように配慮する。

また、底泥の巻き上げによる溶存酸素の低下などの影響が想定される場合は、出水や強風発生直後に底泥の巻き上げによる溶存酸素の状況や水の濁りの状況を判定する水質調査とともに酸化還元状態等の底質環境を把握する。

解 説

生物に影響を及ぼす酸化還元電位や p H の底質環境項目、有害物質の溶出や底泥の酸素消費による溶存酸素の低下は、いずれも水温の上昇により促進されるため、最も影響の大きい夏季に調査を実施する。

ただし、夏季が保全対象生物の産卵期や稚魚の生育期にあたり、調査実施により生殖に影響を及ぼしたり忌避反応を起こさせる可能性がある場合は、調査時期を春季や秋季として調査実施による影響の大きい時期を避けるなどの配慮が必要である。

生物の生息域より上流の汚濁底泥が浮泥状態であったり、湖沼の水深が浅い場合は、流速の変化や水流の乱れにより底泥の巻き上げが発生し、間隙水中の汚濁物質が水中に拡散すると同時に水中の酸素を急激に消費するなどの影響が起きる。また、汚濁した底泥が流下し、保全対象生物の生息域を埋めて生物を全滅させたり生息域を消滅させたりすることもあるため、出水時や強風直後に生息域における水質および底泥の堆積状況の調査を実施することが望ましい。

また、原則的に高等生物の生活史は1年サイクルであるため、生物種の遷移などの自然環境の変化には長い期間を要する。したがって、生態系保全のための調査は、過年度の調査結果や別途実施され

VI章

る生物調査の結果を踏まえて調査地点や調査項目の調査計画を見直しつつ、長期的な視点での継続した調査が必要である。

2.6 調査結果の評価と活用

水環境における生態系の保全において、底質は水環境における環境要素の一要素であり、調査結果は、生態系での環境要素の観点を踏まえた基礎資料として活用する。

解 説

魚類や底生動物等の水生生物にとって、底質はその生活の活動の場として重要な要素である。また、重金属等により汚染された底質からの水中への有害物質の溶出は、魚類、プランクトン等を通じて、食物連鎖により人を含む広範な生態系へ影響を及ぼす可能性を有している。

有害物質の調査結果については、「第IV章 2.5 河川管理上行う底質調査」における評価と同様に、経年的な汚濁傾向や汚濁の分布状況を把握することで評価できる。また、「第IX章 2. 底質調査（汚濁機構解明のための底質調査）」における検討により水質への影響を評価し、その結果生態系への影響を検討することができる。

生態系への影響の判断としては、底泥の影響を受ける水質の濃度を水質の環境基準や「水産用水基準 2000年版」（日本水産資源保護協会）により評価すると良い。水質の評価項目としては、BOD、COD、総窒素、総リン、溶存酸素、pH、SS、着色、有害物質等がある。

底生動物等の生活の場としての底質の評価は、粒度分布（河床材）、強熱減量、酸化還元電位等の底質の基本項目の調査結果を生物学的に検討することで評価できる。

a) 粒度分布（河床材）、水分（含水比）

河床材は、生物の生息環境の基本要素であり、最近では砂、礫等の区分のみでなく、河床の微細地形、例えば石の表面か側面か、はまり石か浮き石か等により底生生物の種類が異なることも報告されており、粒度分布を把握するだけでなく、その河床での状況を記録しておくことが重要となる。

基本的には生物は河床構造が複雑であるほど多様化し、汚濁により河床材が微細化してヘドロ状となるほど生物相は単純化して生息数も減少する。

b) 強熱減量、硫化物、酸化還元電位、

有機汚濁が進行すると底質の酸素が消費されて底質が還元状態となり、硫化物が生成され、硫化水素が発生する。

底質の嫌気化は、好気性の微生物や底生動物の死滅等の影響を及ぼすため、これらの項目の変動の把握や生物相との関係を検討することは重要であり、還元状態への底質の悪化が見られるようであれば、浚渫等の対策を検討し、水環境の改善を図る必要がある。一般的に底泥の酸素消費により水中の溶存酸素が3mg/l以下になると、水生生物は生息できない。

底質の嫌気化は、酸化還元電位(ORP)で判定される。ORPの測定において、測定値がマイナス値である場合は、底質は還元状態であると判定して良い。