

# 河川事業における環境影響分析手法の高度化に関する研究

河川局河川環境課

(独)土木研究所水循環研究グループ河川生態チーム

北海道開発局建設部河川計画課

東北地方整備局河川部河川環境課

関東地方整備局河川部河川環境課

北陸地方整備局河川部河川計画課

中部地方整備局河川部河川環境課

近畿地方整備局河川部河川環境課

中国地方整備局河川部河川計画課

四国地方整備局河川部河川管理課

九州地方整備局河川部河川計画課

## 1. はじめに

本研究では、計画段階及び事業実施段階において想定される河川事業に伴うインパクトに対するレスポンス(以下IRという)を科学的に予測するために、いくつかの異なるインパクトを対象にした検討を行い、このレスポンスを予測するための手法の高度化を図ることを目的としている。

昨年度に引き続き、これまで行ってきた個々の事例を対象とした事例研究のIRの検討についても、モニタリングを通じた予測結果の定性的な検証に取り組みを行っていることや、特定のインパクトに対する定量的な分析手法の確立を目指し、3つの個別課題をとりあげ、全国の河川からのデータをもとにした解析を行い、今後の河川事業における環境影響分析手法の高度化と事業の円滑な進捗している(図-1)。また、本年度から試行的にいくつかの代表河川を元に河川調査によって得られたデータの統一的な整理を行い、それを踏まえて、調査法の発展や評価法の開発に取り組んでいる。

### 個別環境課題

## 2. 事例研究(15)

表 1 に昨年度から事例研究として実施する事例を示す。この事例研究では、事業の進捗状況に応じて、インパクトに対するレスポンスの予測、検証、モニタリングを実施し、環境

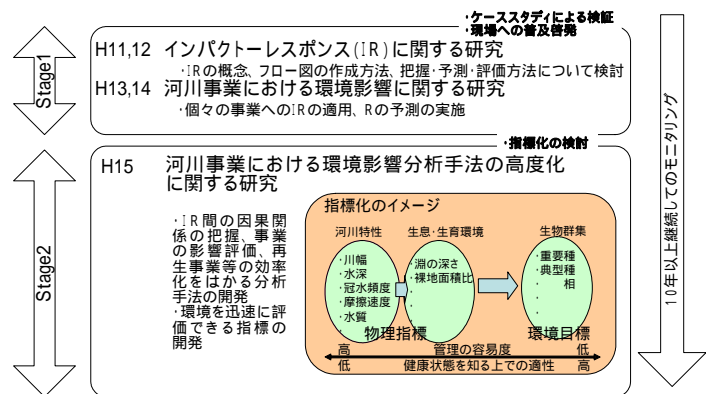


図 - 1 インパクトレスポンス (IR) の変遷

- IR は H11 年度から始まり、H14 年度までで Stage1 を終了し、H15 年度より新たに環境影響分析の手法の高度化に関する研究として Stage2 の検討段階に入っている。 -

影響分析において今後重点的に解決すべき課題の発掘や分析手法の高度化を図っている。なお、事例研究では進捗状況により、新たな知見が得られた場合に報告を行うこととし、毎年度の成果発表は必ずしも行わない方針となっている。

表 - 1 主要インパクトの種類と事業の進捗状況

		事業の進捗状況			
		現況把握・分析	計画	事前調査 (インパクト前)	事業実施中 事後調査 (インパクト後)
主要 インパクトの種類	流量・水位の変化	近畿(淀川)	中国(斐伊川・神戸川)	近畿(淀川)	北海道(永山新川 (牛朱別川))
	ショートカット			東北(砂鉄川)	北陸(早出川)
	低水路拡幅		中国(斐伊川・神戸川) 九州(加勢川)	九州(加勢川)	
	高水敷切り下げ			近畿(淀川) 関東(多摩川)*	関東(多摩川)*
	高水敷化、樹林化等* (この場合レスポンス)	中部(三峰川) 四国(四万十川)	九州(加勢川)		
	土砂バイパス	中部(三峰川)			

\*多摩川は今後予定されている事業を対象として整理している。中部及び四国は現況をレスポンスとし、インパクトの分析にIRを用いている。

### 3. 個別研究

個別課題は既存事例の中で多く見られるものを取り上げている。課題と担当地方整備局を以下に示す。

捷水路建設に伴う環境影響分析手法の高度化

担当：北海道開発局、北陸地方整備局

河床低下と河道の高水敷化に伴う河川生態系への影響と分析手法の検討

担当：関東地方整備局、中部地方整備局、中国地方整備局、四国地方整備局

ヨシ原の成立要因に関する研究

担当：東北地方整備局、近畿地方整備局、九州地方整備局

また、個々の事例を対象とした研究については、これまでの検討内容を中心に、現況把握・分析、計画、事前調査、事業の実施、モニタリングの評価という一連の流れを通じた最終的な予測結果の検証とIRが抱える課題の発掘・整理・情報交換・解決に取り組むことにより、総合的にIRの技術向上を図る。

昨年度からインパクト - レスポンスを、インパクト 河川特性、物理・化学環境 生息・生育場 生物群集、と個々の素過程に分割し、 と の関係について重点的に検討している。インパクトに対するレスポンスの予測は素過程の最初の段階で精度が低下すると、次の段階の素過程における予測精度は当然のことながら確保できないことから、IRをこのような素過程に区分し、個々に検討を進めていくことが環境影響分析の高度化を図る上で重要な視点となる。また、河川環境を定量的に表現するための指標の開発も併せて実施している。指標も から のどの段階に属するかによって利用方法が異なり、 に近づくにつれ治療(操作)に結びつく指標、 に近づくにつれ診断(評価)に結びつく指標となる。

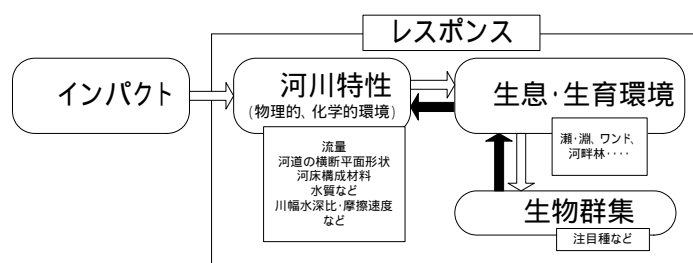


図 - 2 インパクト - レスポンスの過程

### 4. 河川環境情報の評価と調査法の発展(16) 河川構造からみた河川評価の課題

#### 4.1.1 河川環境の捉え方について

研究会では、試行的段階として H16 年度より、河川の調査法から得られるデータを利用し、河川物理的な側面からその類型区分化を行っている。現在、日本では、河川環境をどのように捉え評価していくかといった点について、その重要性は増しているものの、その手法に関しては萌芽的段階にある。河川環境は、地理学、生態学、社会人類学の狭間にあり、景観生態学の分野に属していると言われる。また、景観生態学のとらえ方について、ヨーロッパでは、景観の一部として人間の役割を定義付けようとしており、アメリカでは、人間は無視するか、障害物として見なされている例が多い (John A. Wiens 2002)。さらに、ヨーロッパでは、景観要素としての河川を分類する上で、人間の活動及び文化も焦点として強調される。表 - 2 は、各国における河川評価法の例である。河川評価項目については、流域条件において、地形・標高、流況、水質、土地利用、連続性、人工改変について整理している。また、物理条件では、流路構造、河床状態、流路内の特徴、河岸の特徴、河畔林から河川環境を捉えている。またここにあげた評価法のうち半数は、生物面からの評価も行っている。日本においても河川水辺の国勢調査から河川環境情報図、河川総括図等で河川環境の整理を行っているが、その評価を数的に表すといった整理は大きく遅れをとっている。研究会では、先進国の例について勉強を進め、特にイギリスで開発された調査法である RHS (River Habitat Survey) を参考にしつつ日本での適用について検討を進めることとした。

表 - 2 河川調査法

手法名	リファレンスサイトとの比較による評価						スコアリングによる評価						
	生物面から評価			物理面から評価			生物面から評価			スコアリングによる評価			
手法名	RIVPACS (River and Invertebrate Prediction And Classification System)	AUSRIVAS (Australian River Assessment System)	HABSCORE	THE MULTIMETRIC A	Habitat Predicting Mo	Geomorphic River Styles	RHS (River Habitat Survey)	SEQ-MP	LAWA-vor-Ort	STAR (Standardisation of River Classification)	OHEI (Qualitative Habitat Evaluation Index)	SERON (System for Evaluating River for Conservation)	Index of Stream Cond
使用国 (機関)	イギリス	オーストラリア	アメリカ (UESPA)	アメリカ (UESPA)			イギリス (Environment Agency)	フランス	ドイツ	EU	アメリカ (OhioEPA)	イギリス	
開発者	Wright et al.	Simpson and Norris	Barbour		Davies et al.		Raven et al.				Rankin	Boon et al.	Ladson & White
開発年代	1994, 1998	2000	1999		2000		1997, 1998	1999	1999	2002	1989, 1991	1997, 1998	1999
目的	河川環境を水生昆虫を指標として評価、分類する。	河川環境を水生昆虫を指標として評価する。	河川環境をサケ科魚類を指標として評価する。	河川で利用するための迅速な生物環境評価。	河川環境を物理面から評価する。	河川環境を地形学の理論を基に評価、予測する。	物理環境を計測・分析し、河川を類型区分する。	河川環境を評価する。(フランス)	中小河川の構造を動的プロセスや流路・氾濫域の生態的機能面から評価する。(ドイツ)	ヨーロッパにおける統一された河川調査手法である。生物データ利用の補完。	物理的なハビタット評価による生物データ利用の補完。	河川の保全価値を物理・生物面から評価する。	河川環境を物理面・水生昆虫から評価する。
分類		P			P		P				P		N
予測			N				P						N
評価方法	物理・化学的特徴を用いた予測モデルによる自然状態と現状の水生昆虫群集タイプを比較してクラス分けし、重み付けして点数付けする。	水生昆虫、その生息域に関する物理環境を用いた予測モデルによる自然状態と現状の水生昆虫群集タイプを比較してクラス分けし、重み付けして点数付けする。	経験的なモデルによりサケ科魚類個体群の自然状態と現状と比較し、その比で評価する。	物理・化学・生物の変数についてグループ化と生物メジャーの選定を行い、環境のスコア化と閾値の設定によりアセスメントを行う。	各項目において、予測モデルによる自然状態と現状を比較して評価する。	地形学の理論を基に、自然状態と現在を比較して評価する。また、理論的予測式より将来の地形を予測する。生物は間接的に評価する。					物理的な側面からハビタット特性を6つのマトリックスに区分し、個々のマトリックス要素について定量的にスコアリングを行い評価する。	各項目を主観的評価により点数付けし、川の保全価値を評価する。	自然状態と比較してスコアリングで評価する。
使用方法		重要な地域を認識する。ストレスを受けていると判断されたところは改善する。						計画立案のための基礎情報にする。			生物指標値(BI, IWB,又はIC)とともに環境的な悪化影響のマグニチュード(大きさ) severity(激しさ)を評価し、政策決定を行うための情報とする。	開発による河川環境への影響を予測する。評価の低い河川の改修を推進する。	環境状態をモニタリングするツールとする。
評価項目 (流域)	地形、標高等	地形、標高、次級等			(特に指定なし)								
	流況	流量変動、洪水頻度等			(特に指定なし)								
	水質	pH, SS等			(特に指定なし)						(追加情報として)		
	土地利用				(特に指定なし)	?							
	連続性	横断構造物等			(特に指定なし)	?							
	人工改変	堰、護岸等			(特に指定なし)								
(物理条件)	流路構造	水面幅、平面・横断面、瀬淵、淵、渚、砂、礫、浮石等			(特に指定なし)								
	河床状態	礫径、土砂堆積、浮石等			(特に指定なし)								
	流路内の特徴	流れ、日陰、倒流木等			(特に指定なし)								
	河岸の特徴	河岸の地質、安定性等			(特に指定なし)								
	河畔林	種類、量、長さ			(特に指定なし)								
(生物)	水生昆虫	水生昆虫	魚類				水生植物			全て		全て	水生昆虫
調査単位	様々	川幅 X10	様々		川幅 X10		500m	full	full			流域	10 - 30km
備考	・リファレンスサイトの情報を集め、モデルを作る必要がある。 ・大型水生生物と関りのある物理環境のみ把握。 ・RIVPACを基にしている。	・リファレンスサイトの情報を集め、モデルを作る必要がある。 ・大型水生生物と関りのある物理環境のみ把握。 ・RIVPACを基にしている。	・リファレンスサイトの情報を集め、モデルを作る必要がある。 ・経験的なもののため、物理環境と直接リンクしていない。 ・サケ科魚類が存在し、電気ショックが可能な川に限る。	・RIVPACSと同様のアメリカにおける予測システムとしての評価手法。 ・ほとんどの州(88.2%)で実施。	・リファレンスサイトの調査には地形の専門家が必要。 ・調査には地形の専門家が必要。 ・AUSRIVASの生物評価を物理面、化学面から補完する。 ・流域スケールの特徴を小スケールの生息域の特徴の予測に使う。 ・分類にも使える可能性有り。				・RHS, SEQ-MP, LAWA-vor-Ortを統合したもの。	・OHEIシートを作成する生物学者はハビタット特性を選択案(複数案)間の中間物として解釈することがあり、これが許容できる場合にも対応する。			

注) P:可能性あり N:できない

河川目標検討委員会 (2004.3) (一部補足・修正)

#### 4.1.2 調査方法について

イギリスで開発された RHS は、ある河川での物理的特性と生物的特性を調査するため、6 調査シートに書かれたチェック項目を元に、500m 区間での各種条件を記入する。調査時間は約 40 分程度であり、得られた項目について整理し、河川の特徴を表そうとしている。これらを参考に、研究会では、試行的に日本版 RHS（仮名）の概要について検討を行ったので、以下その概観を記述する。

##### 1) 日本版 RHS（仮名）作業の概観

RHS は図 - 2 に示すような、調査区間と横断測線区間から設定する。表 - 2 には、使用するシート名とそれに対応する調査項目及び対象とするスケールを示している。また、図 - 3 には、場の定義を示した。

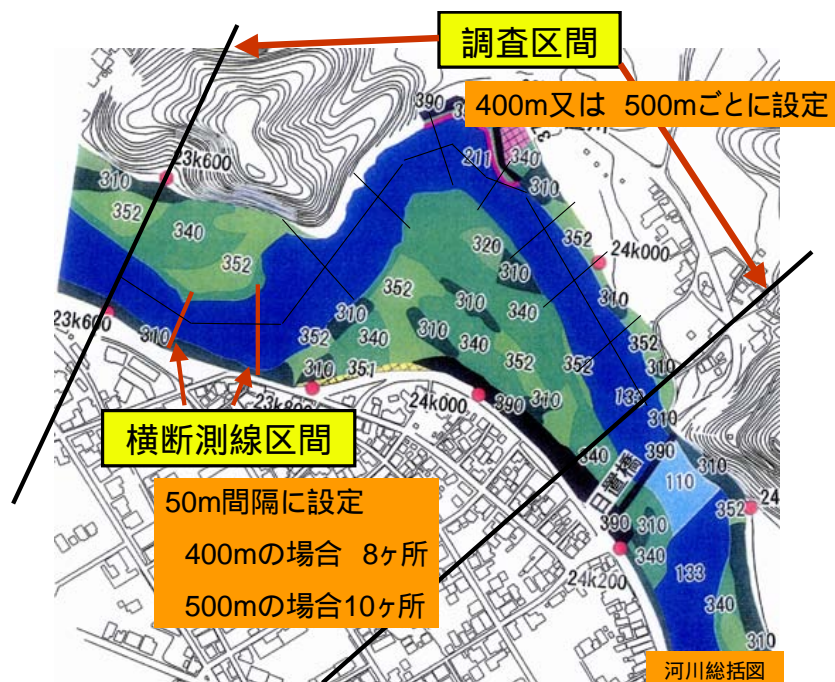


図 - 2 RHS の概観

- 調査区間は、定期横断測量を考慮し、400m (200m×2) 又は 500m と設定する。横断測線区間の中でシート の項目事項について調査を行う。 -

表 - 2 使用シート、調査項目と対象とするスケールの関係

使用シート	調査項目	対象とするスケール
シート	<ul style="list-style-type: none"> <li>・流域の概要</li> <li>・調査区間の基礎資料</li> <li>A: セグメントの概要</li> <li>B: 調査区間の概要</li> </ul>	流域
シート	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調査区間の概観調査結果</li> <li>C: 河川形態と横断形状</li> <li>D: 瀬・淵の状況</li> <li>E: 多様な生息場・特殊な環境</li> </ul>	横断測線間隔である 200m の 2 倍の 400m を基準 又は、横断測線 500m

	F:人工物の状況	を基準
シート	. 河川の横断調査 G:高水敷の利用 H:河岸の状況 I:水際の状況 J:中州の状況 K:流路内 L:植生タイプ M:外来種	50m 間隔を基準

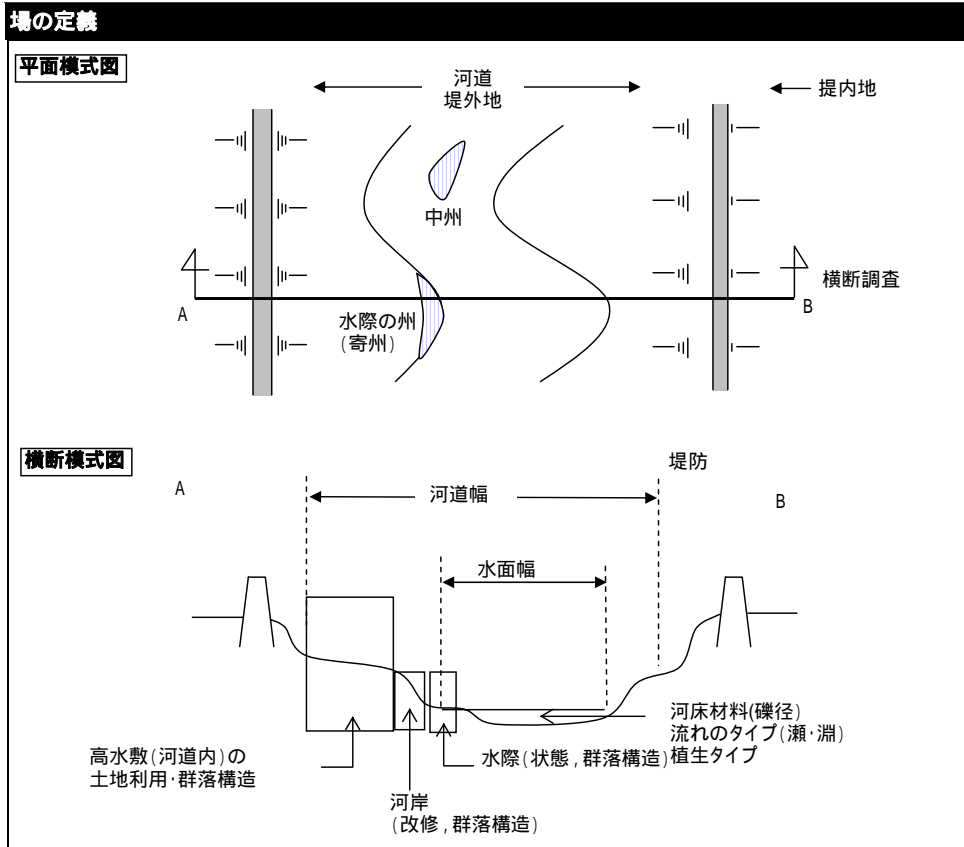


図 - 3 調査項目中の場の定義

- 横断模式図は、平面模式図中の A-B 横断線について示している。 -

## 2) 結果

1) で作成した資料をもとに、各項目について整理すると、図 - 4 のような結果が得られる。このような特徴の整理をすることで定量的なデータを容易に作成することが可能となる。

### 3) RHS の重点化

調査によって得られたデータの整理は、2) に示した通りであるが、上記にあげた統一的な方法により河川環境を捉える方法を標準版として扱っている。標準版では、河川管理において知っておくべき項目やこれまでの調査研究の中でよく取り上げられる事項について整理している。研究会では、調査法についての発展も目指しているため、標準版に加えて、ある区間での現象（河川の物理的特性と生物的特性）をより詳しく調査し、その解明について整理することも目的とし、標準版と区別するため、重点版と呼ぶことにする。図 5 に標準版と

重点版の関係を示している。重点版には、1つのトピック（例えば注目する生物）があり、これらの関係をなるべく細かに調べ河川環境の解明に努めていく。さらに、ここで得られた現象については、標準版へフィードバックし、標準版での調査の補完を目指していく。

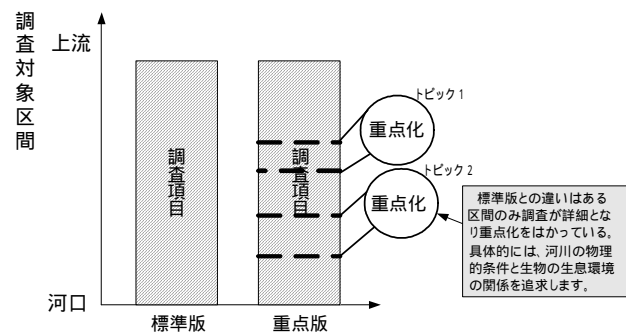


図 - 5 各種 RHS の関係

#### 4.1.2 対象とする河川の区間と概要

表 - 3 に対象とする河川の区間と概要を地方整備局ごとにまとめておく。日本版 RHS の使用にあたっては、今年度の対象とする RHS の版を記載している。

#### 5. おわりに

表 - 3 各地方整備局にみる対象河川とその選定理由

地整名	対象河川	対象区間	対象版	選定理由
北海道	十勝川水系札内川	0～48km	標準	札内川の河畔林には日本では長野県上高地と十勝地方にしか分布していない氷河時代から生き延びてきたケショウヤナギが群生しており、このような貴重な環境を定量的に把握するため。
東北	雄物川水系雄物川	88～92km	標準	秋田県に位置する雄物川の河畔には、河道内に形成された寄り州と中州が複合してできたワンド群の発達しているところが見られ、環境省レッドリストにおいて絶滅危惧種A類に指定されているイバラトミヨ雄物型が存在するなど、動植物の貴重な生息・生育環境が残っている
関東	久慈川水系久慈川	13.0-16.5km	標準	下流部では複数の湿地が発達しており、抽水植物群落が繁茂し、貴重鳥類や各種水生昆虫等の繁殖箇所となっている。これら多様な生物相が見られる環境の特性を明らかにするため。
北陸	手取川水系手取川	0～17.3km	標準	管内の急流河川における環境整備事業の基礎資料として、物理的環境特性を把握する。上流直轄区間から河口まで一連で調査できる区間として、調査延長を考慮し、調査区間内の河道特性データ、環境データ等資料が比較的揃っている。
中部	庄内川	-2.0～1.0km	重点	庄内川河口干潟を含む藤前干潟は、H14.11月にラムサール条約に登録されており、国内最大級のシギ・チドリ類の渡来地で、渡りの中継地として国際的にも重要な湿地であり、その機能が良好な状態で保全されていることが重要であるため。
近畿	九頭竜川水系九頭竜川	15～31km	重点	砂礫河原の樹林化により、コアジサシ等の河原で営巣する鳥類の生息空間が減少してきた反面、樹林で営巣するサギ類の生息空間が増大するなど、河川における自然環境の保全・再生のあり方を検討するうえで、客観的かつ定量的な評価が必要となっ
中国	江の川水系江の川	138.6～140km	重点	細粒土砂の堆積によりかつて存在したレキ河原が失われ樹林化が進行している当該河川において、今後のレキ河原再生のための基礎情報として河道の物理特性を明らかにすることを目的としているため。
四国	渡辺水系四万十川	10～10.4km	重点	日本最後の清流と称され、多種多様の動植物が存在する河川であり、豊かな自然環境を保全・再生するために、自然再生事業を行うなど河川の物理環境の復元を目指した事業を行っている。この基礎資料とするため河川の物理環境が有する生態的機能を評価する手法であるRHS実施河川に選定。
九州	本明川水系本明川	0～7km	標準	当河川は、対象区間(直轄管理区間)にセグメント1から3までを有し、多様な河川環境を呈しており、RHSを用いて河川の物理環境特性を、河口から上流まで一貫して評価することができるため。



# 河床変動の特性把握と予測に関する研究

河川局 治水課  
 国土技術政策総合研究所 河川研究室  
 各地方整備局等 河川計画課

## 1. 研究の目的

「河床変動の特性把握と予測に関する研究」は平成14年度に始まり、今年度で最終年度を迎える。平成11～13年の国土技術研究会では、全国の21河川を対象に流砂量・河川地形変化のモニタリング及び水系土砂動態マップの作成を実施し、粒径集団別土砂動態の概念を現場に定着させるという点で一定の成果を得た。本研究では、その研究成果を河道管理に活かすために土砂動態変化と河床変動特性の関係解明を目指した。また、平成3年から4年に行われた河床変動に関する技術研究発表会での河床変動についての分類、課題の抽出および予測手法の検討に引き続き、河床変動の特性把握手法の確立を目指した。さらに、河床変動特性を表現するツールとして河床変動計算を実施し、上記検討によって明らかになった特性との比較検討を実施した。

## 2. 研究の概要

本研究で対象としたテーマを表-2.1に示す。

本研究では検討内容を4つのグループ、10のテーマに分けて研究を進めてきた。

「土砂動態の変化と河床変動特性の関係解明」グループでは、横断構造物・河道掘削等による土砂動態の変化が河床変動特性に及ぼす影響について土砂管理上の課題を抱える河川のうち、土砂動態モニタリング体制を活用できる河川や、ダム建設等により近年の土砂動態が変化していると思われる河川において調査を実施した。「河床変動の特性把握と予測手法の確立」グループでは、測定事例の少ない洪水中の河床変動モニタリングを中心に、洪

表-2.1 研究対象テーマ

テーマ		内容
土砂動態の変化と河床変動特性の関係解明	横断構造物が河床変動におよぼす影響の解明	・横断構造物(ダム・堰・床止め)による水理条件・流砂量の変化が河床変動におよぼす影響の解明 ・構造物直下における河床変動特性の把握 ・河床変動の伝播特性の把握
	土砂動態の変化が河床変動特性におよぼす影響の解明	・上流のダム・砂防ダム等による土砂動態の変化が河床変動特性におよぼす影響の解明 ・ダム・砂防ダムからの土砂流出特性の把握 ・河床変動の伝播特性の把握
	河道掘削が河床変動におよぼす影響の解明	・河道掘削が河床変動(河床高、川幅等)におよぼす影響の解明 ・河道掘削が下流の土砂動態におよぼす影響の解明
河床変動の特性把握と予測手法の確立	洪水分派点の河床変動特性把握と予測	・河床変動に伴う分派率の把握と予測
	局所洗掘などの河床変動特性把握と予測	・最大洗掘深の把握と予測 ・洗掘および埋め戻しメカニズムの解明 ・複断面河道における洗掘特性の把握
	砂州移動に伴う側方浸食・河床変動特性把握と予測	・砂州の特性把握と予測 ・砂州移動の特性把握と予測 ・側方浸食メカニズムの解明
	干潟・ワンドの河床変動特性把握と予測	・細粒土砂による河床変動特性の把握と予測 ・河口域における河床変動特性の把握と予測
河床変動計算	一次元河床変動計算技術の向上	・土砂動態モニタリングの改良による給砂量の精度向上 ・流砂量式の見直し ・水理量の見直し ・河床変動計算の改良
	二次元河床変動計算技術の向上	・計算に必要なデータ取得技術の向上 ・河床変動計算の改良
河床変動モニタリング	河床変動モニタリング技術の向上	

水分派点や干潟・ワンドの河床変動特性についても調査した。「河床変動計算」グループでは、河床変動計算手法の向上を図るほか、土砂動態モニタリングにおける実測値を踏まえた上流からの給砂量の見直しを行い、計算精度向上を図った。「河床変動モニタリング」グループでは、新たな手法も含めた各種モニタリング手法を用いた観測を実施し、各種モニタリング手法の特性把握とノウハウの蓄積を図った。

今年度は対象河川の多くで洪水が観測されたものの、阿武隈川、安倍川等を除くその他の対象河川では本稿とりまとめ時点において観測データ等の分析が進んでいないことから、次章以降では今年度のモニタリング結果のみならず、過去2年間の研究成果も含めてとりまとめる。

### 3. 調査対象河川の主な研究成果

#### 3.1 富士川

##### 3.1.1 流域概要

富士川は山梨・長野県境の南アルプス鋸岳山塊に水源を発し、甲府盆地において笛吹川を合わせ駿河湾に注ぐり流域面積 3,990km<sup>2</sup>、流路延長 128km の急流河川である。

##### 3.1.2 河床変動に関する課題

流域は約 90% が山地であり、流域内の地質は複雑かつ脆弱であるため崩壊地が多い。崩壊した土砂は流れの緩やかな所に堆積して扇状地を作り天井川を形成している。近年、釜無川・富士川本川では、砂防事業による土砂流出抑制の効果、砂利採取等の影響から河床低下傾向が見られる。

##### 3.1.3 モニタリング状況

平成 12 年 9 月出水（台風 14 号、清水端最大流量；2,741m<sup>3</sup>/s）及び平成 15 年 8 月出水（台風 10 号、清水端最大流量；1,611m<sup>3</sup>/s）を対象として、砂面計による河床変動調査を実施した。いずれの出水も基準地点（清水端）において指定水位を上回る平均年最大流量（約 1,700m<sup>3</sup>/s）規模の出水であった。

図-3.1.2 は各々の出水に対する浅原橋（甲府盆地内で河口より約 70km；セグメント 1-K（釜無川区間セグメント 1））付近の砂面計による変動状況を示したものである。当該区間は砂州形状に伴う蛇行流路（滯筋）が形成される領域にある。平成 12 年 9 月出水時には増水期から最大流量にいたるまでに河床が 2.0m 洗掘され、減水期にかけて埋め戻しが生じて洪水前の河床にまで復元していることが砂面計計測結果より確認された。一方、平成 15 年 8 月出水時は前述の出水と比較して小さいものの、0.5m 程度の河床変動が確認された。

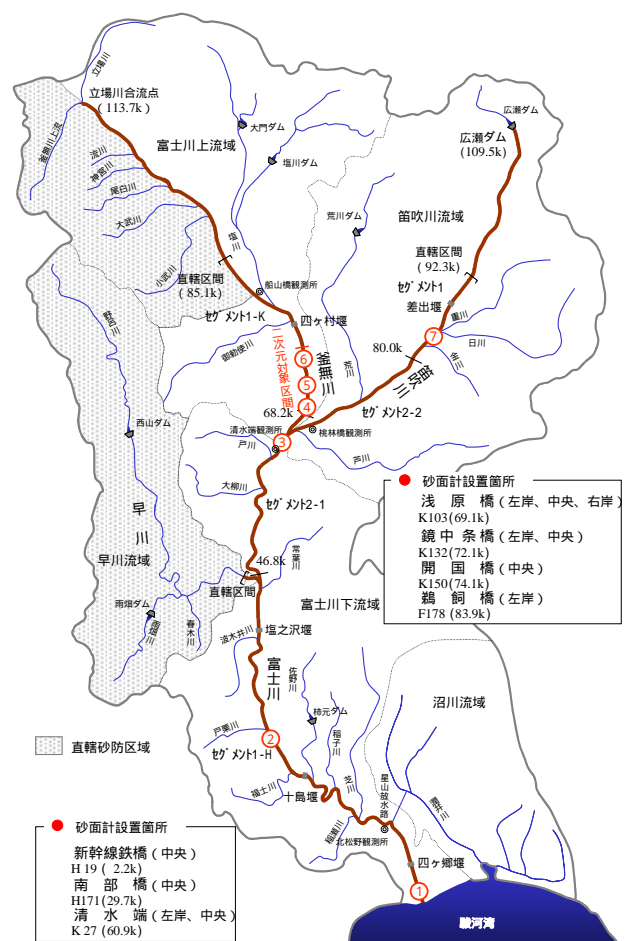


図-3.1.1 富士川流域図

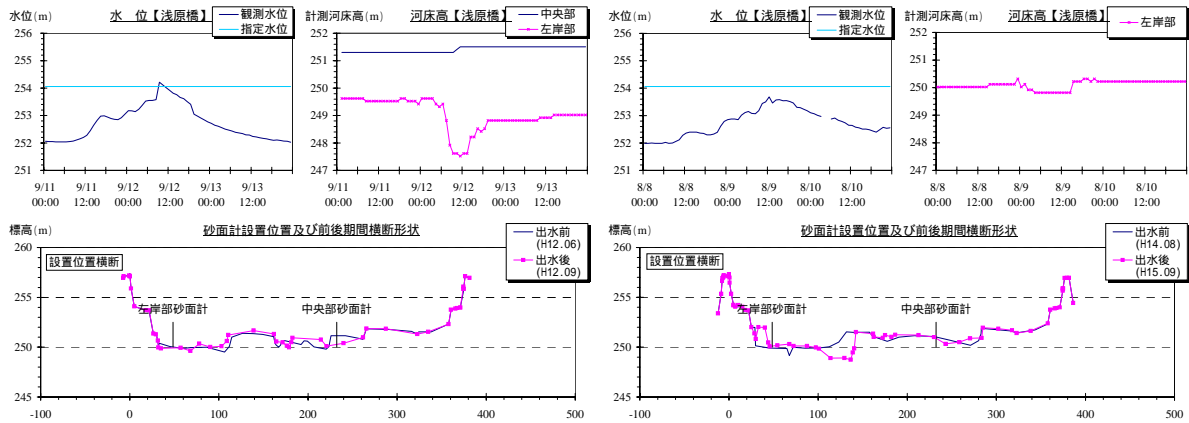


図-3.1.2 砂面計による河床変動状況 (左 ; H12.9、右 ; H15.8)

### 3.1.4 河床変動計算結果

二次元河床変動再現計算は釜無川中流部 K92 ~ K170、約8.3km ; 格子間隔約20 × 20m) を対象とし、横断測量調査や砂利採取等の人為的要素の状況を勘案して、表-3.1.1 に示す2時期を選定した。

検証 では、砂面計による洪水時の河床変動と計算結果を比較した(図-3.1.3)。9/12の8~9時にかけて顕著な河床変動が生じ、9/12の11時以降は概ね平衡状態となっている傾向が一致している。また洪水後の最深河床高は、砂面計及び計算結果が概ね同程度である。

検証 では砂利採取が実施されていない S55.3 ~ S57.3 を対象として土砂移動が活発と考えられる流量 (200m<sup>3</sup>/s) 以上を抽出し検証計算を行った。図-3.1.4 は実績及び計算による河床変動高を平面的に比較したものである。また図-3.1.5 は初期及び洪水後の河床高 (標高) 図-3.1.6 は最深河床の平面的な発生位置の比較であり、図-3.1.7 及び図-3.1.8 は最深河床及び平均河床の縦断的な変化の比較である。

平面河床変動高の結果を比較すると全体的に実績より計算結果の河床低下エリアが少ない。最深河床位置 (主流路) についてはそれほど大きな変化はないが、最深河床高については頭首工上流部で実績よりも計算値がやや低下する傾向、下流部でやや上昇する傾向がみられる。平均河床高の変化については実測値と計算値が概ね傾向が一致している。

表-3.1.1 検証計算条件

項目	検証	検証
対象期間	H12.9 出水	S55.3 ~ S57.3
最大流量	1,355m <sup>3</sup> /s	1,186m <sup>3</sup> /s
河床高	平成10年度測量	昭和54年度測量
河床材料	平成10,12年度調査	昭和53年度調査

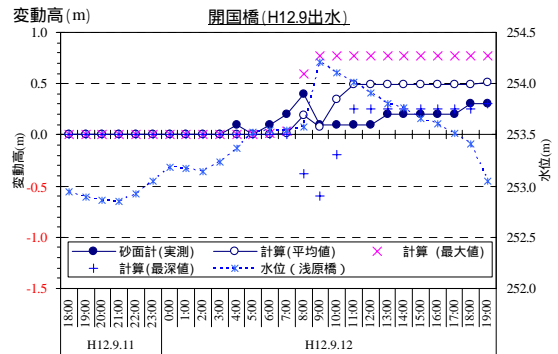


図-3.1.3 河床変動高 (砂面計及び計算)

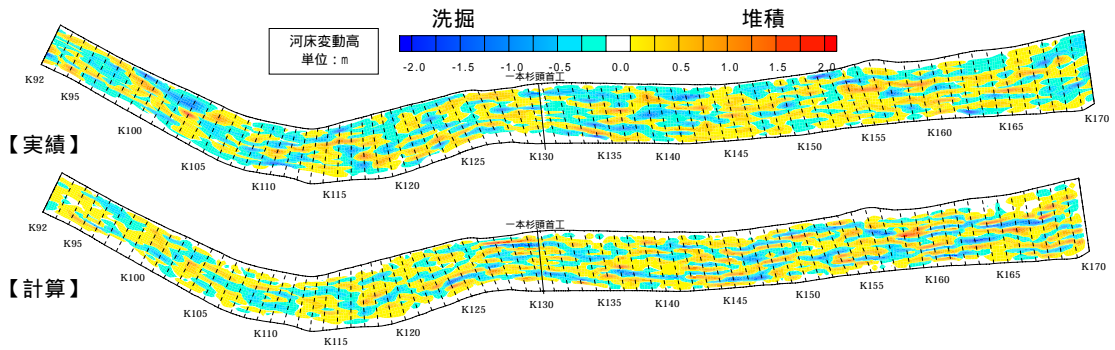


図-3.1.4 河床変動高の比較

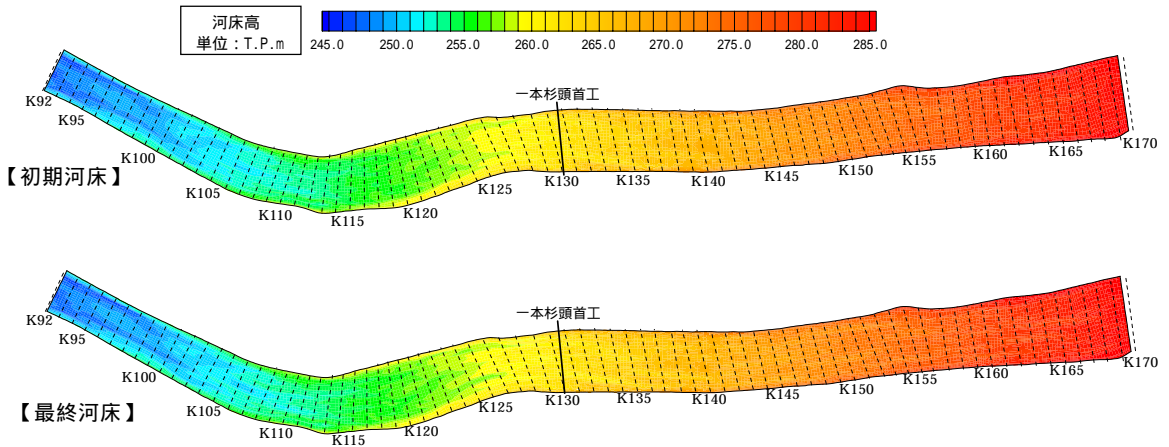


図-3.1.5 河床高の比較 (計算)

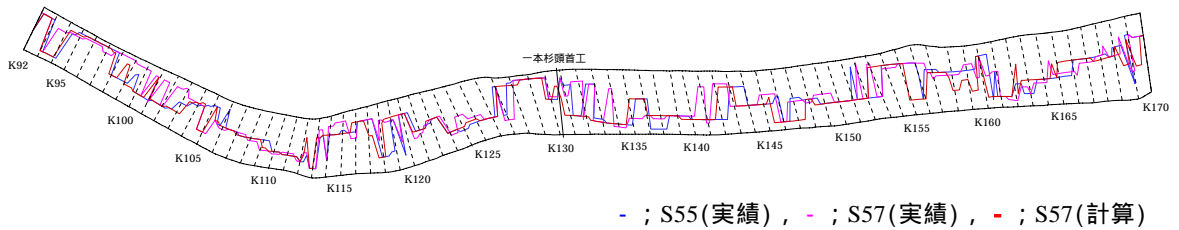


図-3.1.6 最深河床位置の比較

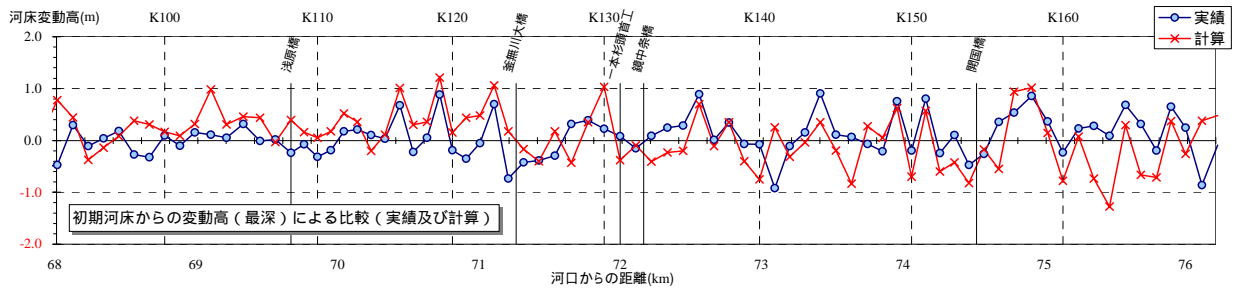


図-3.1.7 最深河床の比較

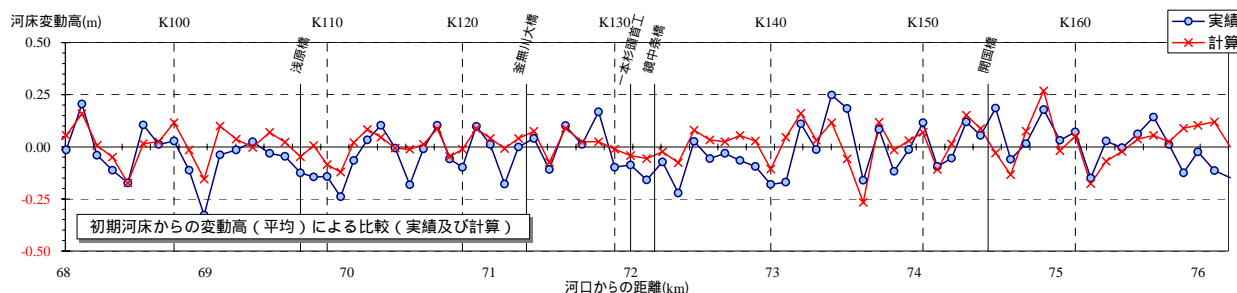


図-3.1.8 平均河床の比較

一本杉頭首工から下流部の緩やかな蛇行区間に着目すると、澁筋は頭首工直下で右岸に位置し、蛇行部の出口付近（浅原橋付近）で対岸に移っている。頭首工直下や浅原橋周辺での澁筋は河床変動計算においても、図-3.1.6 に示すように期間前後で動いていないが、水衝部以外の区間では複雑な河床形状を有し、小規模な砂州の形成・移動が認められる。

### 3.1.5 研究成果の取りまとめ

検討対象とした釜無川中流部は、セグメント1及び2-1に属する河道であり、河道特性から単列あるいは多列砂州が形成される領域にある。当該区間では増水期からピーク流量時にかけて河床が洗掘され、その後、埋め戻しによって低下前と同程度までに河床高が回復する様子が砂面計により確認された。一方、河床変動計算による土砂移動の再現により、水衝部の発生位置や最深河床の位置及び深さが実態と概ね一致した結果を得ることができ、概略的な土砂移動を表現することができた。

## 3.2 安倍川

### 3.2.1 流域の概要

安倍川は、図-3.2.1 に示すように静岡県静岡市梅ヶ島の大谷嶺（標高 1999.7m）に源を発し、駿河湾に流入する流域面積 567km<sup>2</sup>、流路延長 51km の一級河川である。

### 3.2.2 河床変動に関する課題

安倍川は急流土砂河川であり、出水中における河床変動が激しいため、過去に出水に伴う河川管理施設等構造物の被災が生じている。このため、河床変動のメカニズムを明らかにすることを目的とし、砂面計等によるモニタリングを継続実施している。

### 3.2.3 モニタリング状況

#### (1) 観測概要

安倍川では平成8年7月より、砂面計を河口から14.25km付近（門屋）に2基、17.25km付近（牛妻）に4基と、平成15年4月より4.07km付近（手越）に4基を設置し河床変動の観測を実施している。

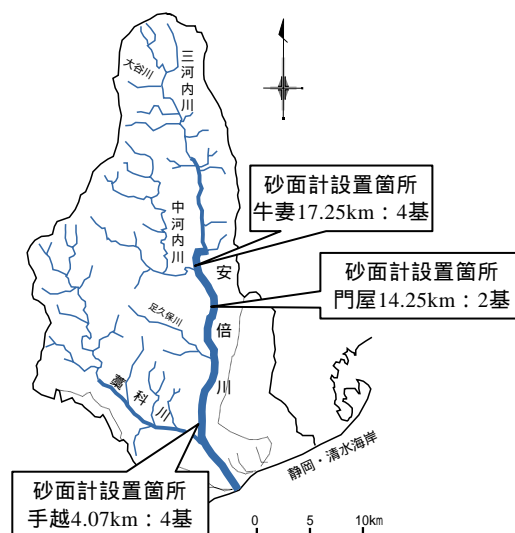


図-3.2.1 安倍川流域図

(2) 観測結果

近年の手越地点付近の航空写真を図-3.2.1に示す。これより平成15年3月以降7出水発生しているが、右岸側の澇筋の平面的な位置は大きく変化していない。

平成15年8月と平成16年6月洪水時の河床高変動状況および水位変動状況を図-3.2.2~3に示す。いずれの出水においても右岸では水位ピーク時に2mを越す河床洗掘が生じているが、中央及び左岸では最大でも0.5m程度と河床洗掘量は小さい。なお、左右岸中央共に出水中に生じた洗掘は出水後埋め戻されている。

近年の洪水時における手越右岸の最大洗掘深を表-3.2.1に示す。出水中における最大河床洗掘深は、図-3.2.4に示すとおりピーク流量に比例する傾向が見られた。

また河道状況を踏まえ砂州高の推定を行った。横断的な深掘れの数をもード数と仮定し、以下の算定式から砂州高の上限値と下限値を求めて図-3.2.5に示す。観測された最大洗掘深は砂州高の上限値と下限値の範囲にほぼ含まれることが分かる。

$$2.2m^{2/3} < (B/d)^{2/3} / (h/d) < 6.7m^{2/3} \quad (1)$$

$$Z_B = [0.0051 / (u_{*c} / u_*)] B [(B/d)^{2/3} / (h/d)] m^{-5/3} \quad (2)$$

ただし、 $m$  はモード数、 $B$  は川幅、 $h$  は水深、 $d$  は粒径、 $Z_B$  は砂州高、 $u_{*c}$  は限界摩擦速度、 $u^*$  は摩擦速度である。空中写真より低水時にはモード数が約3程度であること、洪水時には1~2程度となっていることが確認できる。前述の砂州高算定式では水深が大きくなるほどモード数が減少し砂州高が高くなる傾向があるが、砂面計で計測される最大洗掘深についても同様の傾向が見られることが確認された。

凡例： 砂面計 水位計

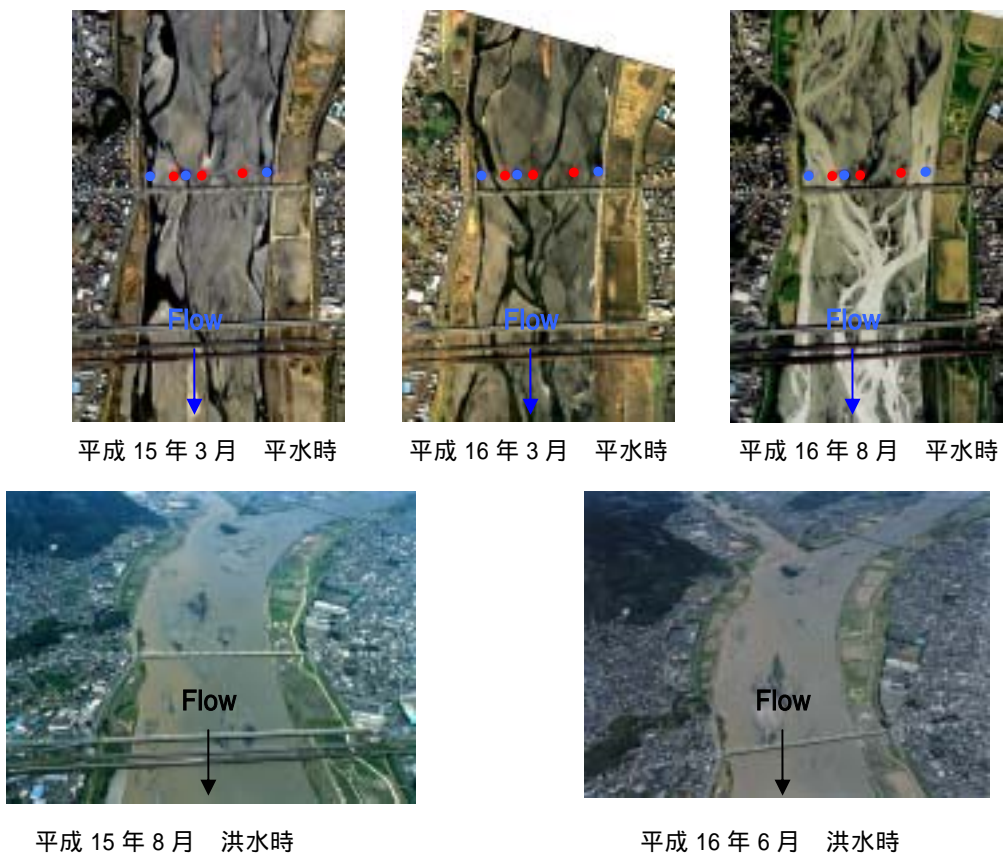


図 - 3.2.1 手越地点航空写真

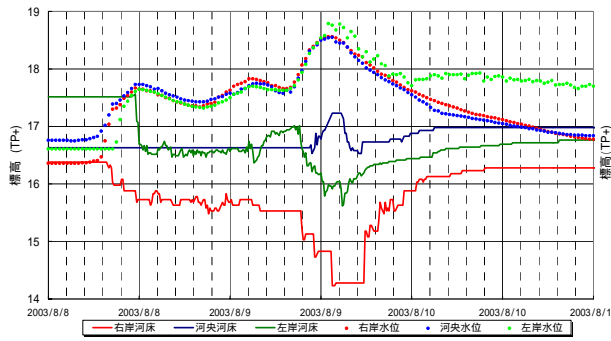


図 - 3.2.2 観測結果 (H15.8 手越)

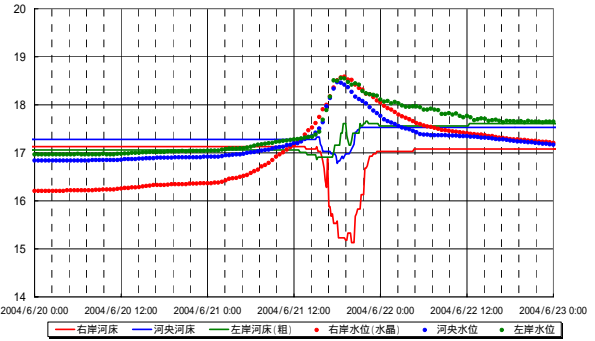


図 - 3.2.3 観測結果 (H16.6 手越)

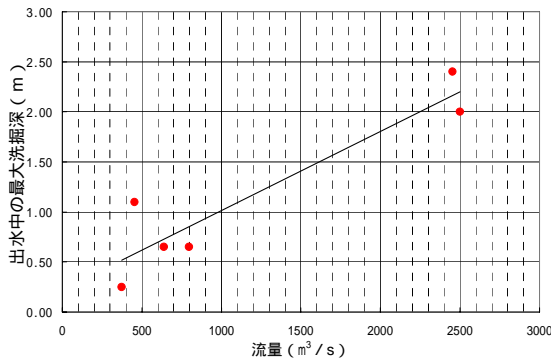


図-3.2.4 流量と最大洗掘深の関係

表-3.2.1 手越右岸河床変動状況

洪水期間	ピーク流量 $q$ ( $m^3/s$ )	初期河床高 $a$ (m)	最深河床高 $b$ (m)	最終河床高 $c$ (m)	最大洗掘深 $a-b$ (m)	出水前後の河床変動高 $h=a-c$ (m)
H15.7.26	453	17.40	16.30	16.5	1.10	0.90
H15.8.8-11	2,451	16.60	14.20	16.2	2.40	0.40
H16.4.27	797	16.93	16.28	16.58	0.65	0.35
H16.5.10-11	373	16.63	16.38	16.53	0.25	0.10
H16.5.20-21	638	16.93	16.28	16.68	0.65	0.25
H16.6.21-22	2,500	17.13	15.13	17.08	2.00	0.05

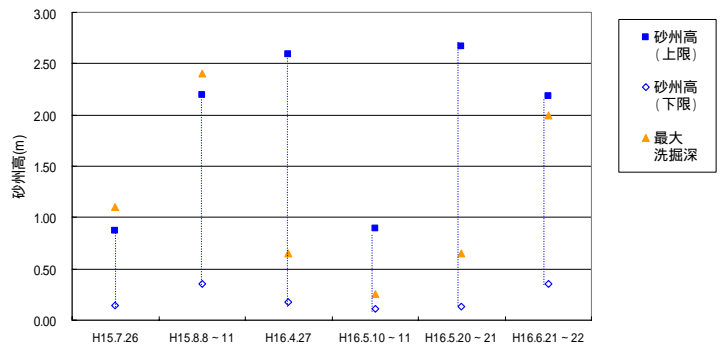


図-3.2.5 砂州高の推定値および最大洗掘深

### 3.2.4 研究成果のまとめ

モニタリングを行った結果以下のことが推察される。

手越観測地点において、出水中には右岸側が大きく洗掘される。

出水中の最大洗掘深は流量に応じ比例したものとなっている。

洪水時の砂州高と最大洗掘深はモード数との相関傾向が見られる。

## 3.3 重信川

### 3.3.1 流域概要

重信川は愛媛県の中央部を流れる流域面積445km<sup>2</sup>、幹線流路延長36kmの急流な一級河川である。当該流域では風化の進行した領家花崗岩や和泉層群等の脆弱な地質で占められ土砂生産が活発であるため、昭和23年より直轄砂防事業が行われている。

### 3.3.2 河床変動に関する課題

平成11年9月の記録的豪雨により砂防区域で多量の土砂流出が発生し、施工後長年未満砂の砂防ダムが、一洪水でほとんど満砂になった。砂防区域の河道にも多量の土砂が堆積したことから、今後、下流河川区間への土砂流入が想定され、河床上昇が危惧される。



図-3.3.1 重信川位置図

一方、将来的に砂防施設の整備が進捗した場合、直轄区間上流では更なる河床低下も想定され、過去の当該区間の低下要因解明、今後の動向予測が必要である。

下流河道の不安定化及び河床材料の細粒化も懸念されている。

### 3.3.3 河床変動計算結果

#### 1) 1次元河床変動計算

高水敷造成後河道を想定し上流砂防区域の流出土砂量を再現計算の精度が最も良かったケース(1.7万 $m^3$ /年)の0.4倍~2.0倍に変化させ、河床高の変化を予測した。その結果、供給土砂量の違いによって30年後の河床高が変わるのは12.0k上流の区間であり、それより下流の区間はほとんど変化しないことが明らかになった。今後の長期的な河床低下を少なくするためには、2.0倍程度の土砂量(3.4万 $m^3$ /年)及び適正な粒径の土砂が上流から供給されるように砂防施設の整備を行うことが望まれる。

#### 2) 平面二次元河床変動計算

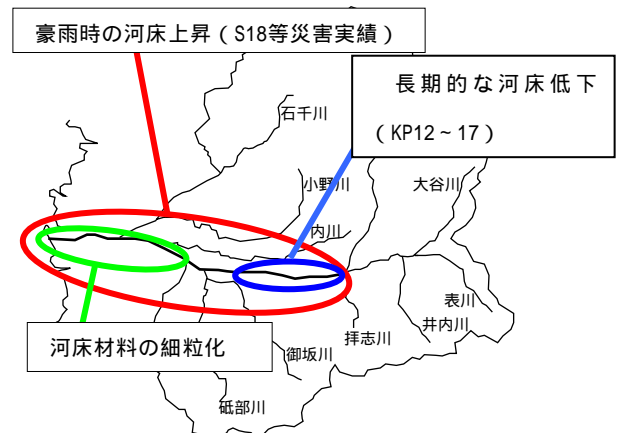


図-3.3.2 河床変動上の問題

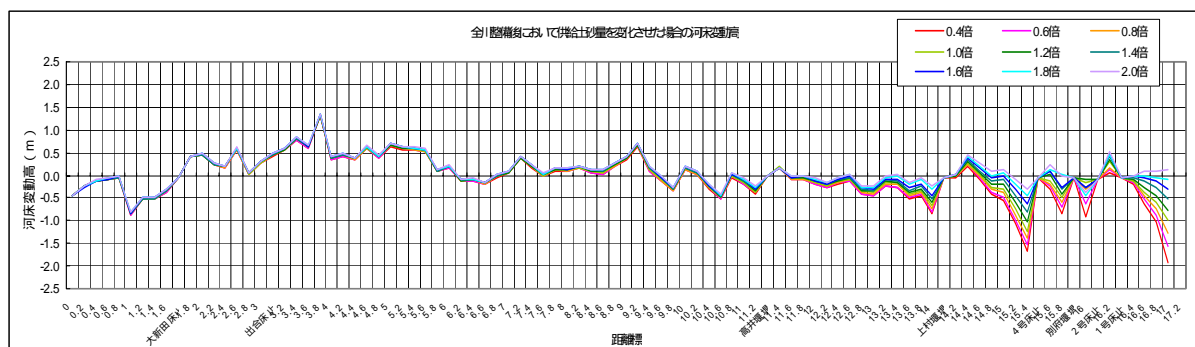


図 - 3.3.3 河床高縦断図 (一次元河床変動計算)

今後河道整備が予定されている区間について平面二次元河床変動計算モデルを作成した。計算時間を考慮し計算対象範囲を2区間(下流部、中流部)に分けて計算を実施した。メッシュ分割を縦断方向に約50m間隔としているため河床に形成された小規模な河床変動については十分な再現を行うことができなかつたが、河床洗掘状況など概ね再現することができた。また各種対策後毎の計画高水流量流下時の河床変動予測を行った。以下に代表区間の河床変動高計算結果を示す。

- ・河積確保対策として1.2~1.6k区間の河床掘削を行うと、流れが低水路内に集中するため、川幅が狭い1.0k付近より下流では河床が低下したが、1.0k上流右岸では河床掘削箇所が埋め戻される傾向になった。
- ・低水路拡幅案の場合、低水路内への流れの集中が緩和されるため、河床掘削の場合に比べ1.0k付近の河床低下量は小さくなる。また1.3k右岸付近の堆積位置についても河床掘削案に比べやや右岸よりに移動している。
- ・引堤案の場合についても低水路拡幅案と同様に低水路内への流れの集中が緩和されるた



め、河床掘削の場合に比べ 1.0k 付近の河床低下量は小さくなる。また 1.4k 右岸付近の堆積はほとんどみられない。

- ・河口部においては計画出発水位 (TP1.61m) で一定としているため、流量ハイドロ低減時に河口部の流速が減少し、上流から流れてきた土砂が堆積する箇所が見られる。
- ・1.2~1.6k 区間は河積確保対策を行っても、0.4k 下流の河床変動に影響しない。

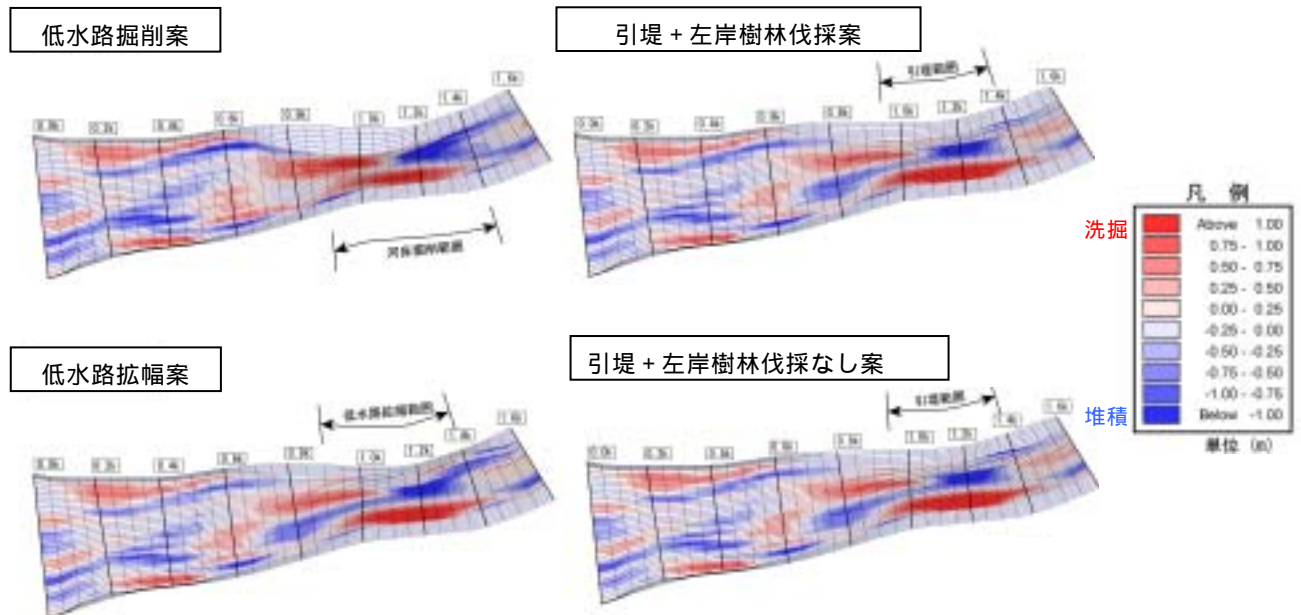


図 - 3.3.4 河床変動高平面図(二次元河床変動予測計算)

### 3.3.4 研究成果のまとめ

河川区間上流部(セグメント1)の長期的な河床低下については、1次元河床変動計算により平成13年から30年間の河床変動予測結果等から、長期的な土砂移動量、河床変動の将来予測結果等の成果を得た。また下流河道については二次元河床変動計算により河道整備メニューとして考えられる各種対策に対する河道の変化についての成果を得た。今後は砂防施設計画との調整を図り、河道整備に対する河床変動状況を予測しながら、洪水イベント毎に与える土砂の量・質を設定する必要がある。

## 4. 研究成果とりまとめ

### 4.1 対象河川の研究成果の概要

各対象河川の研究成果の概要をまとめると表-4.1.1のようになる。

「土砂動態の変化と河床変動特性の関係解明」に関する研究としては、沙流川における平成15年8月洪水を対象とした検討が挙げられる。この洪水は既往最大洪水を上回る規模で、さらに二風谷ダムが運用を開始してからはじめて迎えた大規模な出水であったが、出水に伴う河床変動は比較的小規模であったため粒径の変化に着目して河床変動計算の再現性の検討を行い、その計算を用いて今後の長期的な河床高および粒径の変化を予測した。黒部川では上流ダムの連携排砂と河床変動の関係解明を目指したが、研究期間内に大規模な出水がなかったために再現計算を実施することができなかった。重信川では、一次元・二次元河床変動計算を実施して上流の直轄砂防区域からの土砂供給と河床変動の感度分析

表-4.1.1 対象河川研究成果の概要

対象河川	研究成果の概要
石狩川 (雨竜川)	・砂面計等による洪水分派点の河床変動特性把握 (出水時の堆積傾向、旧川分派点堆積の平面特性) ・一次元河床変動計算による分派条件の変化予測
沙流川	・横断構造物(ダム建設・堰撤去)が土砂動態・河床変動におよぼす影響の解明 ・粒度分布(シヤモの産卵条件に関係)に着目した1次元河床変動再現計算の精度向上(平成15年8月洪水による再現+長期予測)
阿武隈川	・一次元および二次元河床変動計算による局所洗掘などの河床変動特性把握と予測 ・丸森地点の洪水中の河床変動状況把握による流量観測精度の向上(洗掘センサー・レンガ法)
利根川	・洪水分派点の河床変動特性把握と一次元河床変動計算による予測
富士川	・局所洗掘などのモニタリングによる河床変動特性把握と二次元河床変動計算による予測(局所洗掘・砂州移動に伴う側方侵食)
姫川	・一次元河床変動計算技術の向上 ・地下レーダーを用いた河床変動特性把握
黒部川	・一次元河床変動計算技術の向上 ・土砂動態の変化(連携排砂)が河床変動におよぼす影響の把握
安倍川	・モニタリングによる局所洗掘・砂州移動に伴う側方侵食などの河床変動特性把握
木曾川	・一次元河床変動計算技術の向上
淀川	・干潟・ワンドの河床変動特性把握 ・一次元河床変動計算(セディメントトラップ結果を反映) ・二次元河床変動計算技術の向上(干潟・ワンドを含む)
斐伊川	・放水路分派点での砂面計によるモニタリング ・一次元・二次元河床変動計算技術の向上 ・放水路通水が河床変動におよぼす影響の解明 ・洪水分派点の河床変動特性把握と予測 ・局所洗掘などの河床変動特性把握と予測
天神川	・高水敷の河床変動と樹木の関係 ・樹木伐採による流況変化が河床変動に与える影響の把握
那賀川	・横断構造物(堰撤去)が河床変動におよぼす影響の解明 ・局所洗掘などの河床変動特性把握と予測 ・砂州移動に伴う側方侵食・河床変動特性把握と予測 ・二次元河床変動計算技術の向上
重信川	・土砂動態の変化(砂防ダム)が河床変動におよぼす影響の解明 ・一次元・二次元河床変動計算技術の向上
川内川	・局所洗掘などの河床変動特性把握と予測 ・準三次元河床変動計算 ・新たなモニタリング機器の導入

を実施したが、実際の堆砂量データ等を用いた土砂供給量の評価については未検討である。

「河床変動の特性把握と予測手法の確立」のうち、洪水分派点の河床変動特性については雨竜川、利根川、斐伊川で検討を実施した。このうち斐伊川については二次元河床変動計算を実施したが、モデルの再現性については未検討である。雨竜川、利根川については一次元河床変動計算による分析にとどまった。局所洗掘及び砂州移動に伴う側方侵食などの河床変動特性把握と予測に関しては多くの河川においてモニタリングと河床変動計算を実施した。そのうち、富士川については砂面計によるモニタリング結果と河床変動計算結果についての比較検討を実施したほか、安倍川については砂面計によるモニタリング結果と航空写真から読みとった砂州の変動特性の比較を行った。

#### 4.2 河床変動モニタリング結果を用いた河床変動特性把握の事例

本研究の対象河川における検討では、モニタリング機器の設置数に限りがあることから、河床変動モニタリング結果と河床変動特性との十分な比較が行えなかった。そこで、次に示す多摩川を対象とした模型実験のように多くの砂面計が設置された場合のモニタリング結果を用いて河床変動特性を把握する手法についての考察を試みた。

解析対象とした実験は多摩川 49.4k~56.4k を対象とした 1/50 スケールの移動床実験であり、ここでは計測データが充実している 51.0~51.4k を対象に検討を行った。

実験対象洪水を表-4.2.1 に示す。各実験後の横断測量結果(図-4.2.1)によると右岸と左岸とで河床の上昇・下降の動きが逆になる傾向が見られる。1980年頃の航空写真からも砂州長 500~700m 程度の交互砂州の発達が確認されていることから、実験中に交互砂州が

生じておりその傾向を捉えていたことが予想される。

51.2k 地点においては低水路部で各洪水中 5 回ずつの横断測量(図-4.2.2 参照)を行い、左岸で砂面計による連続的な河床変動計測(図-4.2.3 参照)を行った。実験 2 の砂面計計測結果の変動周期の間隔より砂州の周期 T は約 40~50hr 程度と推定され、砂州の移動速度  $V_s (=L/T)$  は約 9~17m/hr と予想された。これは砂州の移動速度算定式(1)から算定された  $V_s$  が約 8~16m/hr となることから妥当な値といえる。

$$\frac{V_s B}{u_* d} = 3.33 \frac{\beta_1}{\beta_2} \cdot f(\tau_*) \quad (1)$$

ただし、B: 低水路幅(m),  $u_*$ : 摩擦速度(m/s), d: 代表粒径(m),  $\beta_2/\beta_1=0.05\sim 0.1$ ,  $f(\cdot)$ : 基礎実験による曲線式からの読値とする。

図-4.2.1~3 の計測結果および傾向より表-4.2.2 に示す方法で砂州の移動イメージを予測した(図-4.2.4 参照)。51.0k および 51.4k 地点の変動状況については時系列連続データがないが、51.2k 地点で確認された変動特性より変動状況を予測することができた。

表-4.2.1 対象洪水

実験番号	対象洪水	ピーク流量(m <sup>3</sup> /s)	備考
1	1981年8月22日~8月24日	1,267	
2	1982年8月1日~8月4日	2,094	既往最大
3	1982年9月12日~13日	895	

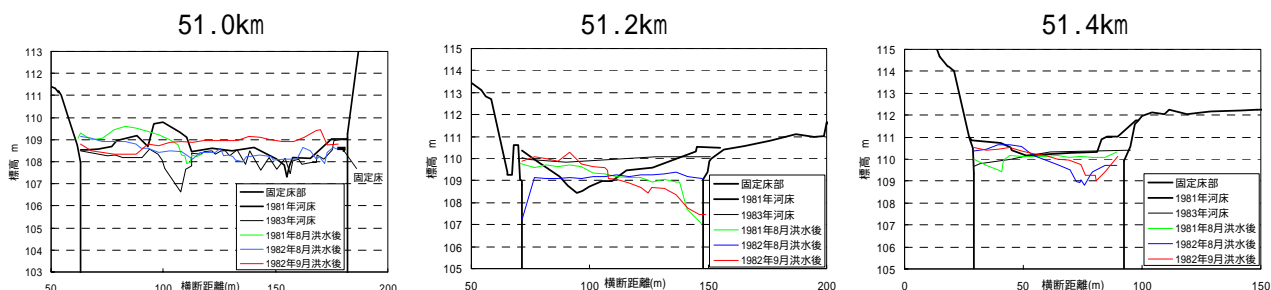


図-4.2.1 実験後横断測量結果

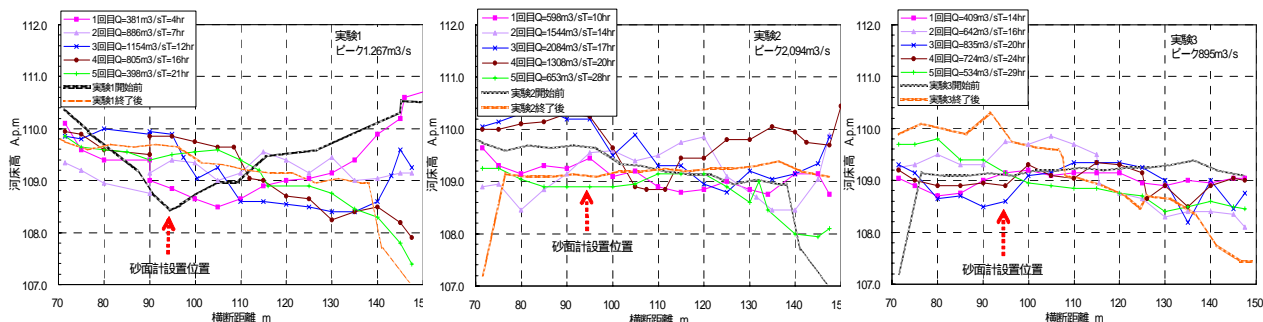


図-4.2.2 実験中低水路横断測量結果(51.2k)

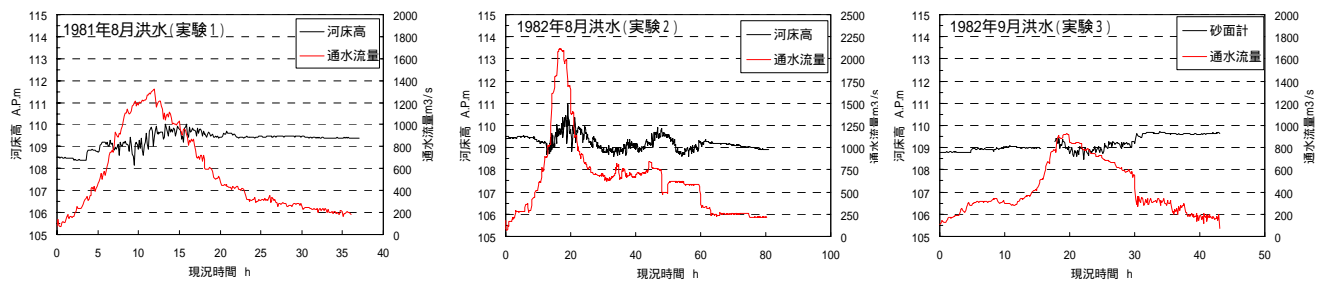


図-4.2.3 砂面計計測結果 (51.2k)

表-4.2.2 砂州移動イメージ図作成方法

51.2k 左岸	図-4.2.1~3 より予測
51.2k 右岸	図-4.2.1~2および51.2k 左岸の変動状況を参考に左岸と同規模、同移動速度の砂州が生じていることを仮定して予測
51.0k 左右岸	51.2k よりも砂州の約 1/3 波長先に 51.0k 地点が、約 1/3 波長後に 51.4k 地点が位置していると仮定し、51.2k を通過する砂州を位相差分移動させ図 - 4.2.1 と照らし合わせて変動を予測

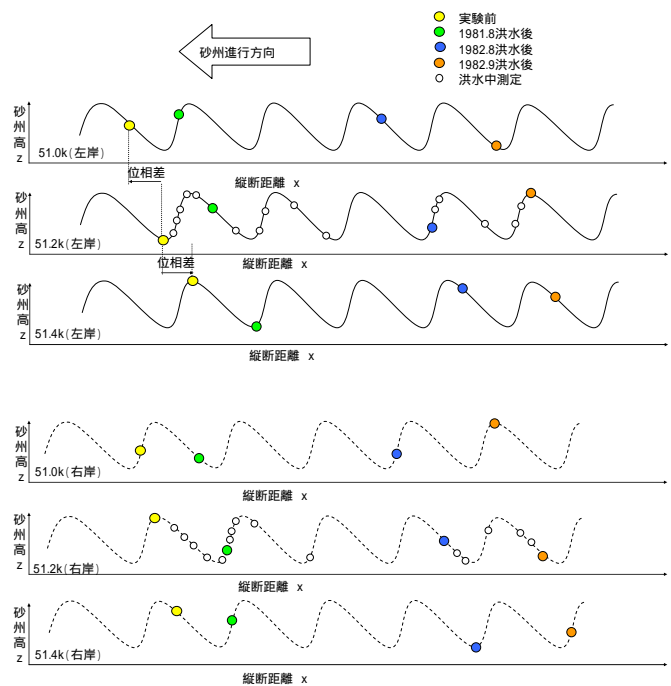


図-4.2.4 砂州移動イメージ図

### 4.3 おわりに

3年間における本研究のうち「土砂動態の変化と河床変動特性の解明」については、運用開始後間もないダムを有する河川を対象に検討を行うことができたが、研究期間内に明確な変化を捉えることができなかった。今後は、本研究で構築した予測計算と実績との比較を継続する必要がある。「河床変動の特性把握と予測手法の確立」については、モニタリング機器を設置したにも関わらず観測機会に恵まれない河川が多かった中、砂面計の横断方向の複数設置による砂州を有する河川の河床変動特性把握を実施することができた。本研究で設置したモニタリング機器および本研究で構築した河床変動計算モデルを有効に活用するために、河床変動モニタリング結果と河床変動計算結果の関係について今後とも検討を継続する必要がある。

# 漂砂系における流砂量モニタリングに関する調査

河川局砂防部保全課海岸室  
国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室  
東北地方整備局河川部河川計画課  
北陸地方整備局河川部河川計画課  
中部地方整備局河川部河川計画課  
中国地方整備局河川部河川計画課  
四国地方整備局河川部河川計画課  
九州地方整備局河川部河川計画課

## 1. はじめに

1998年7月に河川審議会総合土砂管理小委員会から「流砂系の総合的な土砂管理に向けて」の報告が出され、水系スケールの総合的な土砂管理に向けた本格的な取り組みが始められることになった。磯部（1998）は、流砂系における総合的な土砂管理計画では、下流側（すなわち、海岸）の計画流砂量（沿岸漂砂量）を最初に決めるべきと示唆している。また、磯部（1999）は、河川からの流出土砂の一部が沖側へと損失する可能性を指摘し、河口域への流出土砂量と沿岸漂砂量の定量的な比較を提案している。

そこで、本調査では、海岸における沿岸漂砂の調査手法と沖への損失土砂の調査手法、および河口域での土砂動態の調査手法の提案を目的とする。このために、阿武隈川、姫川、手取川、大井川、日野川、仁淀川、大淀川が流入する漂砂系で、各々の土砂動態を対象とした現地調査とその解析を行う。また、あわせて「流砂系の総合的な土砂管理に向けて」の理念に基づいた海岸保全を推進するために必要とされる、「漂砂系における流砂量モニタリング手法」の確立を目指す。

## 2. 漂砂系の概念と土砂動態

本調査では流砂系を図-1に示すように、陸域における土砂の運動領域である流域と、沿岸域での土砂の運動領域である漂砂系、これら2つの領域が接合する河口域からなると定義する。流砂系における総合的な土砂管理では、山地から海岸までの全領域を含んだ総合的で計画的なものが望まれ、その場合に必要となるのが水流の場合の計画流量に相当する計画流砂量である。

計画流量は降水量から始まって上流から下流に向かって決めていくことになるが、計画流砂量では最上流の土砂生産も制御対象であ

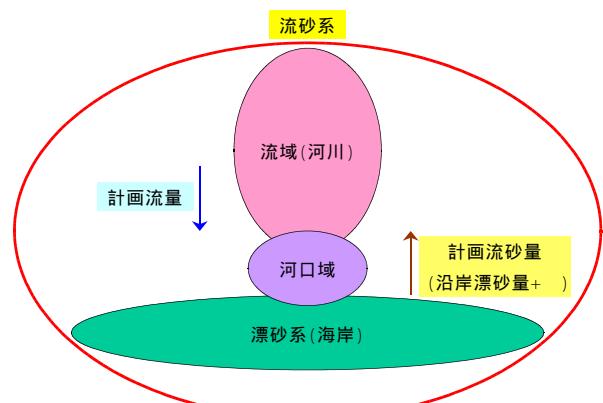


図-1 流砂系の概念

ること，土砂が河川の河道内に堆積・滞留することを考えると，必ずしも上流側から決めていくことが得策とは言えない．流砂系における土砂管理計画では，まず，図-1 に印で示した下流側の海岸での計画流砂量（沿岸漂砂量+）を決めるべきであり，海岸の位置する漂砂系における土砂動態の解明が必要とされる．

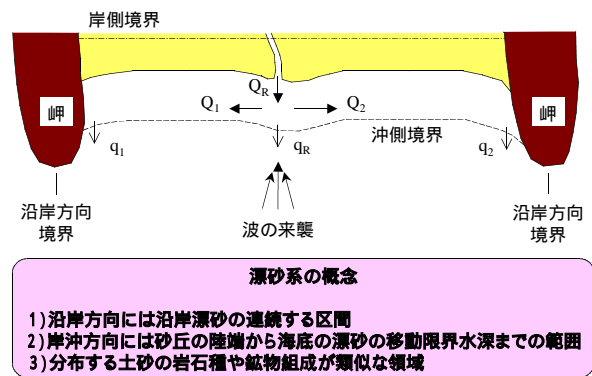


図-2 漂砂系の概念

漂砂系は図-2 に示すように，1)沿岸方向には沿岸漂砂の連続する区間，2)岸沖方向には砂丘の陸端から海底の漂砂の移動限界水深までの範囲，3)分布する土砂の岩石種や鉱物組成が類似な空間的領域と定義する．また，漂砂系では波浪の作用による沿岸漂砂( $Q_1, Q_2$ )や左右岸沖への損失土砂( $q_1, q_2$ )などの土砂動態と，出水時における河口域での土砂動態( $Q_R, q_R$ )が見られる．したがって，これらの土砂動態に関する調査・解析を行い，沿岸漂砂量と左右岸沖への損失土砂量，および河川からの流出土砂量などを精度良く把握して，海岸における計画流砂量を設定することが要求される．

ここで，漂砂系における土砂動態に伴う各土砂量の収支関係と，それによって生じる海浜変形について考察すると図-3 に示すようになる．まず，河口部海岸の変形は，流入する河川からの流出土砂量( $Q_R$ )と河川の左右岸の沿岸漂砂量( $Q_1, Q_2$ )，および河口沖への損失土砂量( $q_R$ )との収支関係で生じる． $Q_R > (Q_1 + Q_2 + q_R)$ であれば，河口域に土砂が堆積して，河口部海岸が沖側へと突出するようになる． $Q_R = (Q_1 + Q_2 + q_R)$ の場合では，河口部海岸はほとんど変形せず， $Q_R < (Q_1 + Q_2 + q_R)$ ならば河口域の土砂が運び去られて，河口部海岸は侵食されることになる．

次に，漂砂系全域の変形は，河川からの流出土砂量( $Q_R$ )と左右岸沖への損失土砂量( $q_1, q_2$ )，および河口沖への損失土砂量( $q_R$ )との収支関係で生じる． $Q_R > (q_1 + q_2 + q_R)$ であれば，漂砂系に供給される土砂量が損失土砂量よりも多いので漂砂系全域で見ると堆積傾向となるが，河口部海岸は侵食される可能性がある． $Q_R = (q_1 + q_2 + q_R)$ の場合は，供給土砂量と損失土砂量が均衡するので漂砂系全域では安定となるが，河口部海岸は侵食されると危惧される．一方， $Q_R < (q_1 + q_2 + q_R)$ ならば，供給土砂量よりも損失土砂量が多いので漂砂系全域は侵食傾向となり，河口部海岸も侵食されることになる．

さらに，河口部海岸と漂砂系全域の変形は，河川からの流出土砂量( $Q_R$ )と河川の左右岸の沿岸漂砂量( $Q_1, Q_2$ )と左右岸沖への損失土砂量( $q_1, q_2$ )，および河口沖への損失土砂量( $q_R$ )との収支関係で生じる．ここで， $Q_0 = (Q_1 + Q_2 + q_1 + q_2 + q_R)$ とすると， $Q_R > Q_0$ であれ

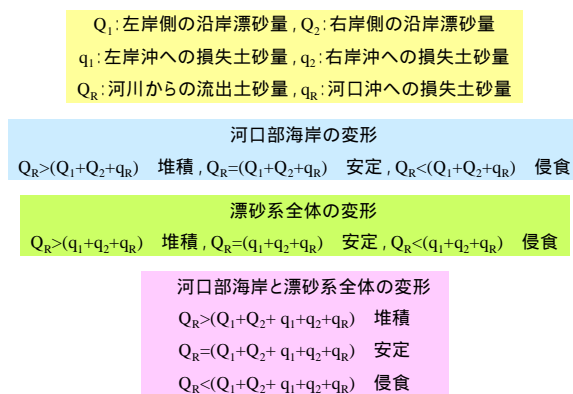


図-3 各土砂量の収支と海浜変形

ば河口部海岸と漂砂系全域は堆積が進むことになり、 $Q_R=Q_0$  の場合はほとんど海浜変形は生じない。一方、 $Q_R<Q_0$  ならば河口部海岸と漂砂系全域は侵食傾向となる。

以上の土砂動態に伴う各土砂量の収支関係で生じる海浜変形に基づくと、漂砂系における計画流砂量は原則として  $Q_0=(Q_1+Q_2+q_1+q_2+q_R)$  と設定するのが望ましい。なお、漂砂系において局所的な海岸侵食を許容できるのであれば、海岸における計画流砂量を  $Q_0=(q_1+q_2+q_R)$  としてもよい。ただし、いずれの場合も、海岸事業の担当者が漂砂系における土砂収支を十分に把握するとともに、海浜変形の傾向を精度良く予測して、流砂系における総合的土砂管理に基づく海岸保全を推進することが重要である。

### 3. 漂砂系における土砂動態の調査手法

流砂系における総合的土砂管理に基づく海岸保全を推進するためには、表-1 に示すように、漂砂系を設定して、侵食実態を明らかにし、漂砂系に分布する底質の特性を

表-1 漂砂系において把握すべき各土砂量などと調査手法

漂砂系の境界の設定	土木地質図などから対象とする沿岸における地形・地質の特徴を把握し、固結・半固結堆積物からなる岬や海食崖を沿岸方向境界として設定する。岸側境界は堤防・護岸や道路および防砂林などの人工構造物とする。沖側境界は計画波浪と土砂の代表粒径から算定される底質の完全移動限界水深を指標として設定する。また、設定した漂砂系に流入する主な河川の流域の地質も把握する。
侵食実態の把握	第2次世界天戦直後に米軍が撮影した航空写真と、その後国土地理院が数回にわたって撮影した航空写真を収集して、で設定した漂砂系における各時期の汀線形状を読みとり、それらを比較して汀線経年変化図を作成する。また、漂砂系内に測線を設けて定期深浅測量を行い海浜縦断面の特徴を把握するとともに、それらのデータから汀線位置を把握して汀線経年変化図を作成する。そして、得られた汀線経年変化図をもとに漂砂系における侵食実態を把握する。
底質粒径の把握	のために行った定期深浅測量の測線から代表的なものをいくつか選び、それらの測線に沿って漂砂系の岸側境界から沖側境界の範囲の数地点で底質を採取する。そして、採取した底質の粒度分析・鉱物組成分析・堆積年代分析などを行い、中央粒径やふるい分け係数および粒度加積曲線、代表鉱物や堆積年代を把握する。
沿岸漂砂量 $Q_1, Q_2$ の推定	で設定した漂砂系全域においてで得られた汀線経年変化を再現する汀線変化モデル(または等深線変化モデル)を構築して、各代表時期の沿岸漂砂分布図を作成する。各モデルの構築には、波浪観測で得られたデータを統計処理して得られた各方向から入射する波浪のエネルギー平均波と、で把握した底質の中央粒径などをを用いて精度を向上させる。漂砂系全域の汀線経年変化の再現性が悪い場合は、流入する河川の左岸側と右岸側に分けて沿岸漂砂量分布図を作成する。作成した沿岸漂砂量分布図から左岸側と右岸側の最大沿岸漂砂量を把握して、沿岸漂砂量 $Q_1, Q_2$ を推定する。
境界沖損失量 $q_1, q_2$ 推定	定期深浅測量のデータからいくつかの時期の地形変化量を算出し、で設定した漂砂系の沖側境界より沖側への土砂の堆積状況を把握する。特に、漂砂系の沿岸方向境界の沖側における土砂の堆積状況を調べ、境界沖損失量を推定する。また、任意水深の地点に蛍光砂などのトレーサーを投入し移動状況を調査することも有効である。
河川流出土砂量 $Q_R$ の推定	定期深浅測量により河口域の地形データがある場合は、それらからいくつかの時期の地形変化量を算出し、河口域への土砂堆積量から河川流出土砂量を推定する。また、河口域において堆積物を柱状採取し、その堆積年代と河川からの出水履歴を把握することも有効である。なお、2次元不等流モデルなどにより河床変動計算を行い、実際の河床変動を再現して河川流出土砂量を推定する方法もある。
河口部沖損失量 $q_R$ の推定	定期深浅測量により河口域の地形データがある場合は、それらからいくつかの時期の地形変化量を算出し、河口域沖における土砂堆積量から損失量を推定する。また、河口域において堆積物を柱状採取し、その堆積年代と河川からの出水履歴を把握することも有効である。
計画流砂量 $Q_0$ の算定	原則として、 $Q_0=Q_1+Q_2+q_1+q_2+q_R$ で推定した土砂量を加算して算定する。
土砂収支の推定	定期深浅測量のデータからいくつかの時期の地形変化量を算出し、で設定した漂砂系内のいくつかの代表時期における土砂収支を推定する。また、で得られた沿岸漂砂量、で得られた境界沖損失量、で得られた河川流出土砂量、で得られた河口部沖損失量との整合をとり、各代表時期の土砂収支の推定精度を向上させる。
海岸保全計画の立案	河川流出土砂量と計画流砂量の収支から海岸保全計画を立案する。この場合、で推定した各代表時期の土砂収支をもとに制御すべき土砂量を設定するのが望ましい。例えば、河川からの流出土砂量の減少が侵食原因であれば、河川管理者と協力して流出土砂量を増加させる対策をとる。また、漂砂系の沿岸方向境界の沖側への土砂損失が侵食原因であれば、それを制御するための施設の設置を検討する。

把握する必要がある。そして、漂砂系における土砂動態に伴う各土砂量を表-1 の ~ に示した調査手法などにより精度良く推定し、定期深浅測量データの解析から得られる地形変化量の経年変化と沿岸漂砂量との整合性をとった土砂収支図（表-1, ）を作成し、それに基づく海岸保全を立案すること（表-1, ）が望まれる。つまり、流砂系における総合的な土砂管理に基づく海岸保全計画は表-1 のフローで立案することになり、漂砂系における土砂動態の調査手法の確立が必要とされる。

そこで、各海岸で行われている土砂動態に関する調査・解析結果をとりまとめ評価することにし、沿岸漂砂（ $Q_1, Q_2$ ）に関する調査手法については中部地方整備局河川部河川計画課と中国地方整備局河川部河川計画課が主体となって検討を進めている。また、左右岸沖への損失土砂（ $q_1, q_2$ ）に関する調査手法については北陸地方整備局河川部河川計画課と九州地方整備局河川部河川計画課が、河口域での土砂動態（ $Q_R, q_R$ ）の調査手法については東北地方整備局河川部河川計画課と四国地方整備局河川部河川計画課が主体となって検討を進めている。以下では、それらの検討結果について報告する。

### 3.1. 沿岸漂砂（ $Q_1, Q_2$ ）に関する調査手法の検討

#### (1) 汀線の経年変化の再現による沿岸漂砂量（ $Q_1, Q_2$ ）の推定

駿河海岸は、静岡県焼津市石津地先から榛原郡榛原町細江地先に至る延長約 12.1km の海岸で、中央部には大井川が流入する。駿河海岸では大井川からの流出土砂の減少や港湾の整備などにより海岸侵食が進んだため、海岸保全施設を整備するとともにサンドバイパスを実施し汀線維持を図ってきた。しかし、最近になって大井川左岸域の北端に位置する焼津工区和田浜地先で侵食傾向が顕在化したため、駿河海岸全域の土砂動態を把握した総合的な土砂管理に基づく海岸保全計画を立案する段階にある。そこで、平成 15 年度から駿河海岸全域の変形を再現するために沿岸漂砂量を検討するとともに、大井川から流出する土砂の量と質を正確に把握することを目的として調査・解析が行われている。

沿岸漂砂（ $Q_1, Q_2$ ）に関する調査・解析としては、駿河海岸の大井川左岸側を対象とした海浜変形モデルによる汀線の経年変化の再現が試みられている。海浜変形モデルの構築には、長期の汀線変化の予測に適した汀線変化モデル（図-4）が採用された。汀線変化モデルは、沿岸漂砂の収支により発生する土砂の変化量を式(1)の基礎方程式に基づき、汀線の前進・後退量に置き換えるモデルである。ここに、 $x_s$  は汀線の岸沖方向位置、 $Q$  は空隙率を含む沿岸漂砂量、 $D_s$  は移動高であり、 $q$  は岸沖方向の土砂移動量である。

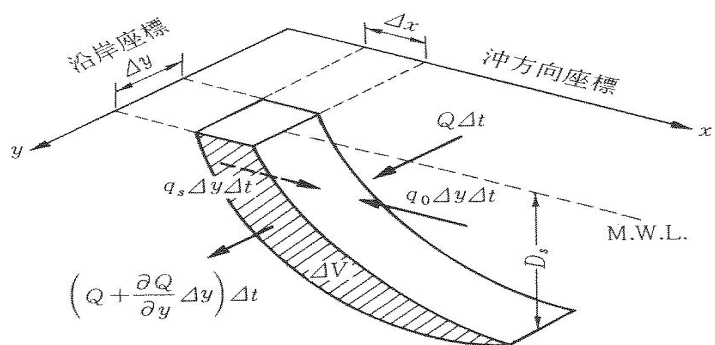


図-4 汀線変化モデルの概要

$$\frac{\partial x_s}{\partial t} + \frac{1}{D_s} \left( \frac{\partial Q}{\partial y} - q \right) = 0 \quad (1)$$

汀線変化モデルの計算は大きく



分けて、波浪変形計算、沿岸漂砂量の計算、汀線変化の計算の3つで構成される。この汀線変化モデルにより、航空写真や深浅測量データの解析で得られた汀線の経年変化を再現すれば、沿岸漂砂量( $Q_1$ ,  $Q_2$ )を精度良く推定できる。図-5に大井川左岸側の昭和40年～昭和51年における汀線変化の再現結果と沿岸漂砂量分布を示す。計算結果は実際の汀線変化の傾向とほぼ一致しており、沿岸漂砂量分布から昭和40年～昭和51年における大井川左岸側の沿岸漂砂量( $Q_2$ )は最大で約50万 $m^3$ /年と推定される。

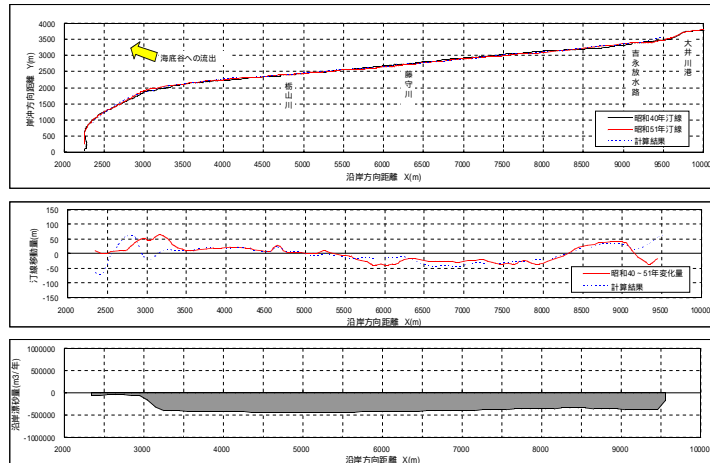


図-5 汀線変化の再現結果と沿岸漂砂量分布

このように、航空写真や深浅測量データの解析から得られた汀線の経年変化を海浜変形モデルで再現する手法によれば、代表期間（港湾の整備前や整備後、侵食対策後など）における沿岸漂砂量( $Q_1$ ,  $Q_2$ )を精度良く推定することができる。なお、この手法は沿岸漂砂( $Q_1$ ,  $Q_2$ )に関する調査手法としてほぼ確立されている。

(2)現地調査による土砂の移動・堆積の把握

鳥取県的美保湾に面する皆生海岸では、過去に著しい海岸侵食が生じたため、河口部から西側へと離岸堤が整備されたが、その整備範囲より西側では侵食が依然として生じている。このことから、海岸景観に配慮して動的養浜（サンドリサイクル）による対策が試験的にとられているが、皆生海岸全域における海岸保全のあり方を検討する段階にきている。そこで、平成15年度から皆生海岸全域における波・流れに伴う土砂動態に関する調査・解析が行われている。

(2)現地調査による土砂の移動・堆積の把握

鳥取県的美保湾に面する皆生海岸では、過去に著しい海岸侵食が生じたため、河口部から西側へと離岸堤が整備されたが、その整備範囲より西側では侵食が依然として生じている。このことから、海岸景観に配慮して動的養浜（サンドリサイクル）による対策が試験的にとられているが、皆生海岸全域における海岸保全のあり方を検討する段階にきている。そこで、平成15年度から皆生海岸全域における波・流れに伴う土砂動態に関する調査・解析が行われている。

沿岸漂砂( $Q_1$ ,  $Q_2$ )に関連する調査としては、海浜変形モデルを用いた汀線の経年変化の再現による沿岸漂砂量の推定が試みられているとともに、汀線に直交する測線でのダイバーによる海底ビデオ撮影などの現地調査も行われている。そして、海底に形成された砂漣の形状や方向から土砂の移動・堆積過程が図-6のように推定されている。この調査では、砂漣が調査海域全体で形成されていることが確認され、波浪により生じる砂漣は水深が浅い場所よりも深い場所の方が少し北へ向いていることが分かった。この北向きの砂漣は水深-3m～-4mに顕著に見られ、この位置は砕波帯内で北向きの沿岸流が発達することから、海底での土砂の移動・堆積に沿岸流も影響している可能性が指摘される。

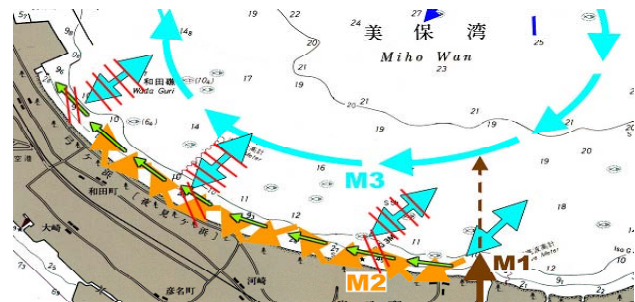


図-6 砂漣による土砂の移動・堆積の推定結果

(3)調査手法の提案と課題

沿岸漂砂( $Q_1$ ,  $Q_2$ )に関する調査手法としては、海浜変形モデル（汀線変化モデル、ま

たは等深線変化モデル)を用いた汀線の経年変化の再現による沿岸漂砂量分布の推定が提案できる。しかし、海浜変形モデルでは海岸における底質は単一粒径と仮定しているため、砂礫混じりの底質が分布する海岸では汀線の経年変化の再現精度が良くない場合がある。したがって、大井川の左右岸側で底質粒径が異なる駿河海岸では、その底質特性を反映した海浜変形モデルの改良が今後の課題として残されている。また、美保湾に面する皆生海岸では、現地調査により沿岸流に伴う土砂の移動・堆積が生じていることが分かったので、その機構を反映した海浜変形モデルの改良も望まれる。平成16年度においては、各海岸における沿岸漂砂( $Q_1, Q_2$ )に関する調査手法をとりまとめて、それらの手法の効率性や得られた成果の精度について検討している。

### 3.2. 左右岸沖への損失土砂 ( $q_1, q_2$ ) に関する調査手法の検討

#### (1) トレーサーによる沖への損失土砂の把握

加越沿岸は日本海に面した石川県高岩岬から福井県越前岬に至る約223kmの沿岸であり、手取川を主な土砂供給源とする漂砂系の沿岸方向境界は、岩礁域である北端の滝崎と南端の加佐ノ岬とされている(図-7)。加越沿岸の石川海岸では、過去に生じた著しい海岸侵食の対策として離岸堤が整備されたが、手取川南側の小松・片山津海岸では侵食が生じ、護岸の災害が頻発しており、金沢港北側の海岸においても侵食が健在化し始めている。このため、手取川流砂系の総合的な土砂管理に基づく海岸保全計画を立案する段階にきている。そこで、平成15年度から加越沿岸全域の波浪による土砂動態と、手取川河口域での土砂動態を対象とした調査・解析が行われている。

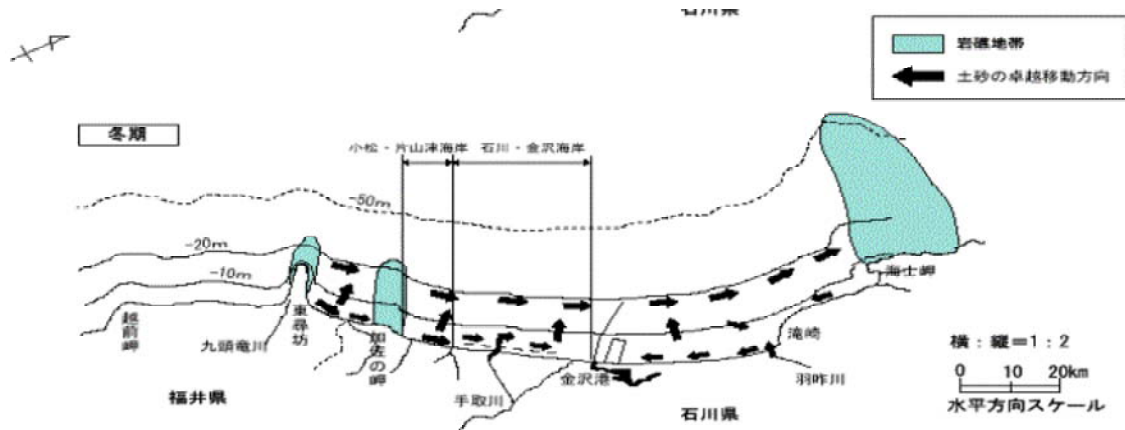


図-7 手取川を土砂供給源とする漂砂系における冬期の土砂の移動方向(暫定版)

左右岸沖への損失土砂 ( $q_1, q_2$ ) に関する調査としては、波浪観測とトレーサー調査が南端の加佐ノ岬周辺と金沢港周辺で平成15年の冬期に行われている。このトレーサー調査によると、観測期間中においては金沢港方面に向かう北東方向の沿岸漂砂

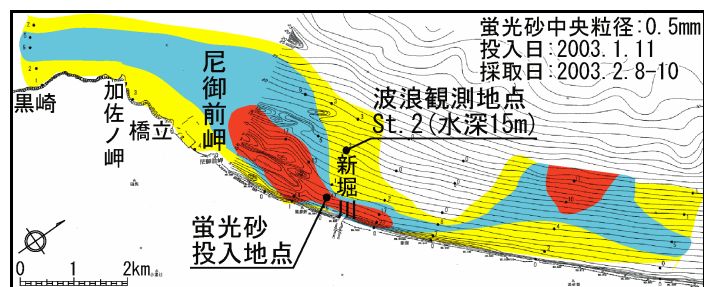


図-8 加佐ノ岬周辺でのトレーサーの移動状況

が卓越しており、金沢港防波堤沖合（水深 20m）では 30m/s を越える強い北向き流れにより北向きの沿岸漂砂が生じていたことが明らかとなった。また、図-8 に示すように、漂砂系の沿岸方向境界と考えられていた加佐ノ岬を越えて、南側沖へトレーサーの一部が移動・堆積していることが確認された。つまり、波浪観測とトレーサー調査によって、沿岸漂砂を遮断すると考えられていた金沢港防波堤沖への損失土砂と、漂砂系の沿岸方向境界と考えられていた加佐ノ岬沖への損失土砂の存在が明らかにされた。

## (2) 河川流域の岩石種・鉱物による沖への損失土砂の把握

宮崎県東部の日向灘沿岸は、大分県界から鹿児島県界へ至る総延長約 400km の海岸である。この沿岸一体は絶滅危惧種であるアカウミガメの産卵地となっており、一部は国定公園の特別保護区に指定されている。しかし、近年、住吉海岸をはじめとした沿岸一体は侵食傾向にあり、海岸侵食の原因究明と河川域から海岸域にわたる流砂系の総合土砂管理計画の策定が必要となっている。そこで、平成 15 年度から日向灘沿岸全域における土砂の供給源や沿岸漂砂などの土砂動態に関する調査・解析が行われている。



図-9 砂の供給源と移動形態

左右岸沖への損失土砂 ( $q_1$ ,  $q_2$ ) に関する調査としては、各河川の河道内と海岸における計 18 地点での土砂採取と、底質の重鉱物分析が行われている。この調査・解析結果から、耳川～小丸川の河道内の土砂には尾鈴酸性岩を特色とした鉱物が含まれており、底質は北側へ移動していること、一ツ瀬川周辺は四万十累層群の土砂のみで形成され、底質は北側と南側に移動していること、住吉海岸から青島にかけては霧島火山岩類を中心とした鉱物で形成され、大淀川の土砂は北側に多く移動しており、住吉海岸の沖側にも分布していることが分かった（図-9）。また、住吉海岸における深浅測量データを解析した図-10 よると、宮崎港と宮崎空港の沖側領域（E-4～I-4）では土砂が経年的に堆積してい

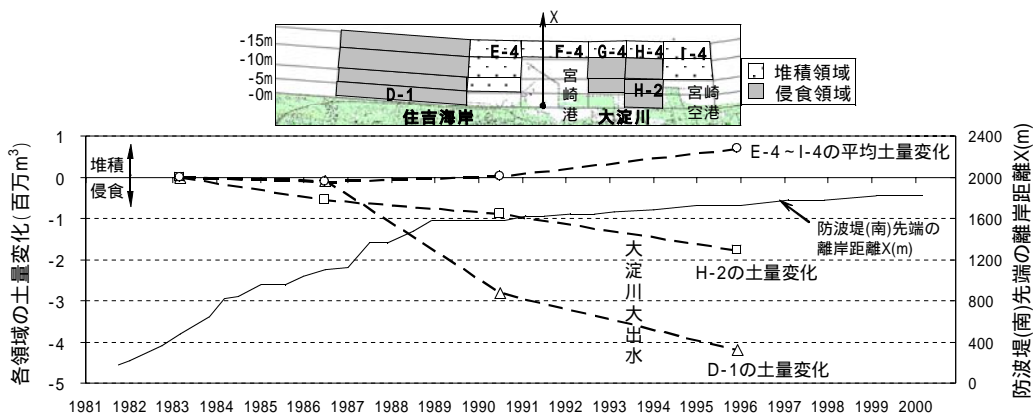


図-10 住吉海岸における領域別の土砂量変化

ることが明らかになった．このように，河川の河道と海岸に分布する堆積物の重鉍物分析および深浅測量データの解析から，海岸への土砂の供給源と土砂の移動方向，および海岸の沖への損失土砂を把握することができる．

### (3) 調査手法の提案と課題

左右岸沖への損失土砂 ( $q_1, q_2$ ) に関する調査手法としては，蛍光砂などのトレーサーを投入して移動状況を調査する手法，河川流域と海岸に分布する土砂の岩石種・鉍物を調べて供給源と移動方向を推定する方法，および深浅測量データを解析して領域別の土砂量変化を算出する方法が提案できる．しかし，トレーサー調査は局所的で短期的な調査になり，土砂を広範囲で採取することと重鉍物分析には時間と経費がかかる．したがって，深浅測量データの解析から領域別の土砂量変化を把握して，沖へ土砂が堆積している範囲で詳細なトレーサー調査を行う，などの調査フローの確立が課題として残されている．平成 16 年度においては，各海岸における左右岸沖への損失土砂 ( $q_1, q_2$ ) に関する調査をとりまとめて，それらの調査手法の効率性や得られた成果の精度について検討している．

## 3.3. 河口域での土砂動態 ( $Q_R, q_R$ ) の調査手法の検討

### (1) 河川からの流出土砂量の推定と河口域地形の把握

図-11 に示す高知海岸の長浜 - 新居工区では，仁淀川からの流出土砂の減少や漁港などの整備による沿岸漂砂の遮断，および河口沖や海域で行われた海底砂利の採取などの影響により海岸侵食が深刻化した．このため，海岸侵食の対策としてヘッドランド群による静的の安定海浜の創出が計画され，その整備に着手しているが，仁淀川流域と高知海岸における総合的な土砂管理に基づく海岸保全計画を立案する段階にきている．そこで，平成 15 年度から仁淀川からの流出土砂や高知海岸の沿岸漂砂に関して代表粒径別の土砂動態を解明するための調査・解析を行っている．

河口域での土砂動態 ( $Q_R, q_R$ ) に関する調査としては，1 次元河床変動計算による河口からの流出土砂量の経年変化 (図-12) が検討されている．これによると，河川からの流出土砂量は年によって大きく変化することが分かる．また，河床が比較的安定した近年 (平成 4 年～平成 10 年) を対象とした計算では，海域への流出土砂量 (粒径  $d=0.075\text{mm}$  以上) は平均  $10.4 \text{ 万 m}^3/\text{年}$  と

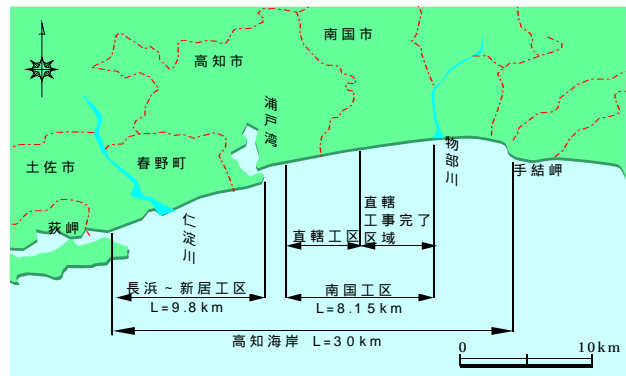


図-2.2 高知海岸位置図

図-11 長浜 - 新居工区の位置

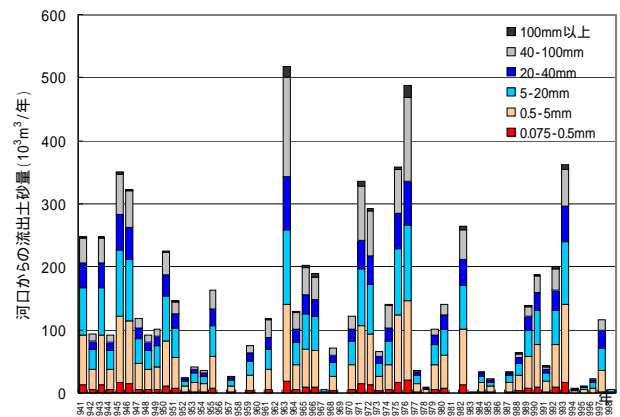


図-12 推定された仁淀川からの流出土砂量

算定された。一方，海域砂利採取禁止後における河口域地形の回復量を，図-13 に示すような深淺測量（河口を含む幅  $2\text{km}=2B$  の範囲）の経年比較から求めると，約  $10.5 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ （平成 4 ～平成 11 年の平均値）となった。したがって，河川からの流出土砂量と河口域における堆積土砂量はほぼ一致することになり，1 次元河床変動計算結果と深淺測量データの解析結果の比較により，河口域での土砂動態が精度良く把握できると言える。

## (2)河口域における土砂の堆積過程の把握

仙台湾南部海岸は仙台湾沿岸の一部をなす砂質海岸であり（図-14），福島県常磐海岸からの供給土砂と主な流入河川である阿武隈川からの流出土砂により形成されたと考えられている。しかし，近年では南端に相馬港が整備されて常磐海岸からの供給土砂がほとんどなくなるとともに，阿武隈川流域においてダムなどが建設されて河川からの流出土砂量が減少し，海岸侵食が著しくなった。このため，南端の相馬港から北端の仙台新港までの漂砂系と阿武隈川流域における総合的な土砂管理に基づく海岸保全計画を立案する段階にある。そこで，平成 15 年度から阿武隈川流域と仙台湾南部海岸における土砂動態に関する現地調査・解析が行われている。

河口域での土砂動態（ $Q_R$ ， $q_R$ ）に関連する調査としては，図-15 に示す阿武隈川の河口テラス上での堆積物の柱状採取・分析と，昭和 59 年から平成 14 年までの深淺測量データの解析が行われている。堆積物の柱状採取とその分析からは，河口テラスは粗粒砂層や砂礫層およびゴミ・木片混在砂層などに区別でき，それらの層は 1 回の大規模な洪水や暴浪波の来襲で堆積したと推定された。

この結果から，洪水によって土砂が堆積する範囲を設定して，河口テラスが固定化したと考えられる昭和 61 年 3 月から平成 15 年 3 月までの深淺測量データにより土砂収支を算定し，河口テラス部では約  $15 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ の堆積が進んでいることを明らかにした。また，深淺測量データから河川流量のピークが  $2,500 \text{ m}^3/\text{s}$  以上の洪水時を含むデータのみを抽出して土砂変化量を求めた結果，1 年あたりに換算すると約  $51 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ の土砂が河口テラス上

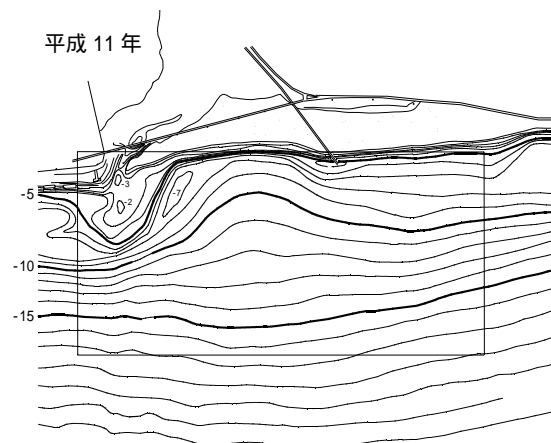


図-13 仁淀川河口域の深淺測量データ

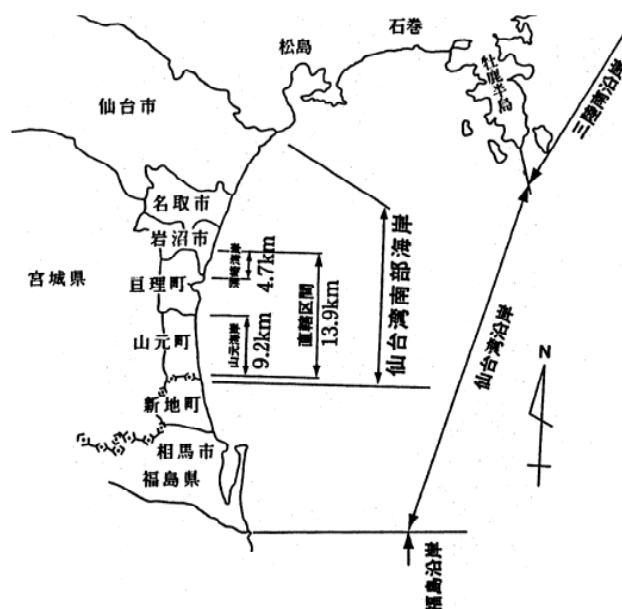


図-14 仙台湾南部海岸の位置

に堆積している  
との結果を得た。

さらに、河口  
テラス形成過程  
を再現した数値  
計算結果からは、  
河口テラスが沿  
岸漂砂の供給源  
となっている可  
能性が高いとの  
結論が得られた。

以上のように、  
河口域での深淺測

量データと河川からの出水の履歴を比較検討すること、河口テラス上で土砂を柱状採取して堆積年代分析を行うこと、河口テラスの形成・変形過程を海浜変形モデルで再現することにより、河口域での土砂動態 ( $Q_R, q_R$ ) が把握できる。

### (3) 調査手法の提案と課題

河口域での土砂動態 ( $Q_R, q_R$ ) の調査手法としては、1次元河床変動計算により河川からの流出土砂量を推定する手法や、深淺測量データと河口域堆積物調査の解析による河口域での土砂の堆積過程を把握する手法などが提案できる。しかし、河口域では深淺測量データが不足していること、大がかりな土砂採取と堆積年代分析や鉱物組成分析には時間と経費がかかることなどが問題点として挙げられる。したがって、河口域での効率的な地形調査手法や堆積物調査手法の構築と、河口域における土砂動態を再現できる海浜変形モデルの改良が今後の課題として残されている。平成16年度においては、各海岸における河口域での土砂動態 ( $Q_R, q_R$ ) に関する調査をとりまとめて、それらの手法の効率性と得られた成果の精度について検討している。

## 4. おわりに

流砂系の総合的な土砂管理に基づく海岸保全を推進するためには、図-1 に示したように海岸における計画流砂量の提示が望まれ、図-2 に示した漂砂系における土砂動態に伴う各土砂量 ( $Q_1, Q_2, q_1, q_2, Q_R, q_R$ ) を精度良く把握する必要がある。そこで、平成17年度も各海岸で各土砂量に関する調査・解析を継続して行うとともに、河口域における出水時の土砂動態を解明するための効率的な地形調査手法を提案する。そして、「漂砂系における流砂量モニタリング手法の手引き(案)」を策定する予定である。

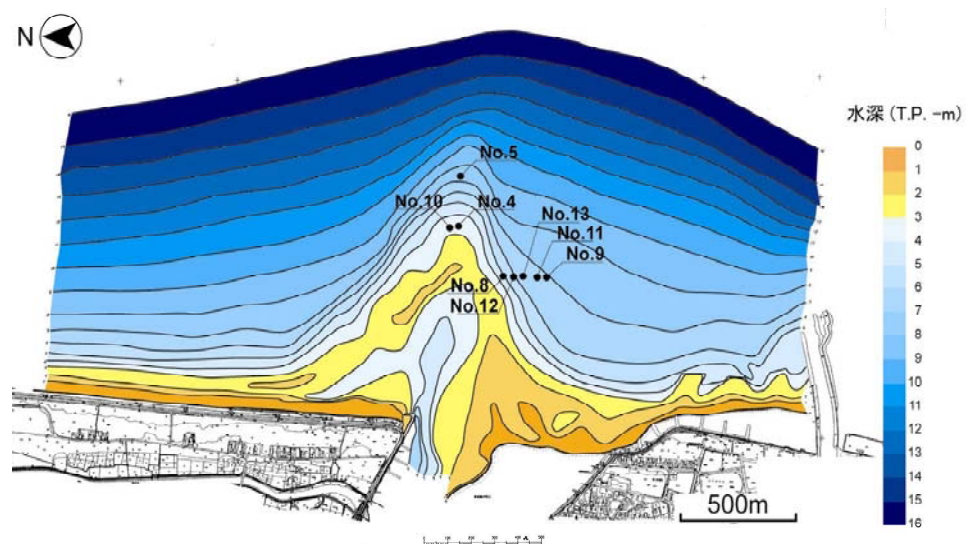


図-15 阿武隈川の河口テラスと堆積物の柱状採取位置

## 参考文献

磯部雅彦 (1998): 海岸環境と流砂系土砂管理, 河川, No.628, pp.24-31.

磯部雅彦 (1999): 改正海岸法の理念の実現に向けて, 海岸, 第39巻第1号, pp.14-18.

# 山地流域における土砂生産予測手法の研究

河川局砂防部砂防計画課  
独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム  
北海道開発局建設部河川計画課  
各地方整備局河川部河川計画課  
内閣府沖縄総合事務局開発建設部河川課

## 1 はじめに

流砂系においては、土砂や洪水の氾濫、ダム貯水池における堆砂、河床低下に伴う人工構造物の基礎部損傷、海岸侵食等に見られるような土砂問題が発生している。このような土砂問題を解決するために、河川審議会総合土砂管理小委員会（平成9年～10年度）では総合的な土砂管理の考え方等について議論され、土砂管理上の課題の一つとして、土砂の生産・流出過程の把握が不十分であるために、土砂移動に関する予知・予測が困難であることが指摘された。

平成11年から15年にかけて実施してきた国土技術研究会指定課題「流砂系における土砂移動実態に関する研究」（以下、前課題という）は、流域全域における土砂モニタリングの実施により、土砂移動の実態を量・質・時間的に流砂系一貫として明らかにしてきた。しかし、前課題においても、山地流域における土砂生産量推定精度の向上と山地河川流量の推定精度の向上が課題として残された。

今後立案する砂防基本計画においては計画の客観性と合理性が強く求められる。砂防基本計画の立案は生産土砂量の想定が基本であるため、砂防事業が主として対象とする山地流域において基本生産土砂量推定精度の向上が必要とされている。また、山地流域内で生産された土砂は、山地河川の流量に応じて運搬されることから、山地河川による流出土砂量の推定精度は、山地河川流量予測精度に大きく依存するとともに、その推定精度の向上が必要とされている。

現行の推定手法では、過去の災害における実績に基づいて土砂生産の量やタイミングが推定されている。通常、砂防基本計画は100年以上の確率降雨に伴う現象を対象に計画されるが、そのような規模の災害の実績データを得るのは容易ではない。さらに、土砂生産のタイミングについては、事後の調査によって調べることが困難であるため、地域の人々への聞き込み結果に頼るしかなく、十分に情報を集めることは難しい。そして、そのような実績データさえ得られていない場合も多く、合理的かつ客観的に土砂生産の量やタイミングを推定することは、重要性が高いにも関わらず、依然として困難である。

砂防基本計画における生産土砂量は、計画規模（例えば100年）の降雨時に対するものを対象とする。したがって、計画立案に際しては、これまで経験したことの無いような規模の現象による生産土砂量を外挿予測する必要がある。

そのため、本研究の開発対象である基本生産土砂量の推定手法は、既往データの統計処理に基づいた経験的な手法ではなく、土砂移動現象を物理的にシミュレートすることによって生産土砂量を求める手法であることが望ましい。

本研究では、山地流域を対象として、地形、地質等の情報に基づいた物理的な土砂生産モデルによって合理的かつ客観的に短期および中・長期の基本生産土砂量と土砂供給タイミングを推定する手法を開発することによって、土砂ハイドログラフ設定のための境界条件の与え方を開発する。そして、地質毎の崩壊・土石流による土砂生産タイミングやタイプ等を類型化し、過去の災害事例が乏しい流域や、調査をあまり行うことができない流域において、地質、地形毎に崩壊・土石流による土砂生産タイミング、タイプ等を適切に想定可能な手法を開発することを目的とする。

## 2 山地流域における土砂生産量および土砂供給タイミング推定手法の研究

### 2.1 研究方法

砂防基本計画を策定するために基本生産土砂量を推定する場合には、まず、流域における土砂移動実績に基づく計画シナリオを定め、そのシナリオによる場合の基本生産土砂量を推定する。通常、計画シナリオは、短期・中期・長期に分けて作られる。ここで短期とは計画規模の一連の降雨に対するもの、中期とは短期の降雨とともに発生する土砂量の影響期間（数年間程度）に対するもの、そして、長期とは短期・中期を除いた数十年間程度またはそれ以上の期間に対するシナリオを指す。

前述のとおり、本研究では、基本生産土砂量を、土砂移動現象を物理的にモデル化することによって求めようとしている。そのためには、モデル化する現象を特定しなければならない。それぞれのシナリオには様々な土砂移動現象が含まれる。しかし、多岐にわたる現象全てについてモデル化することは困難であり、それぞれのシナリオで想定する支配的な土砂移動現象をある程度限定する必要がある。

そこで、本研究では、短期のシナリオにおける

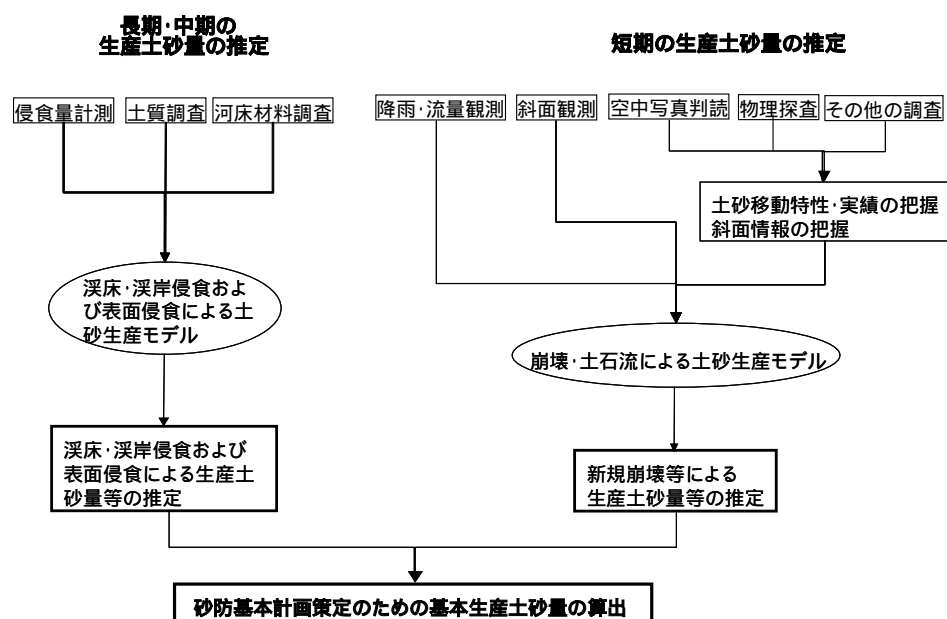


図1 山地流域における土砂生産予測手法の研究フロー



計画規模の降雨時に支配的な土砂移動現象として斜面崩壊を、中長期のシナリオにおける経年的に継続する土砂生産として主に渓床・渓岸侵食そして表面侵食をそれぞれ各シナリオにおいて支配的な土砂移動現象であると考えた。

そこで、以下では、斜面崩壊現象が支配的な土砂移動現象であると考えられる短期の土砂生産と、渓床・渓岸および表面侵食が卓越すると考えられる中・長期の土砂生産の2通りに分けて研究を進めることとする。

図1に、短期と中・長期の基本生産土砂量推定方法の研究フローを示す。土砂移動現象を物理的にシミュレートするためには、土砂移動現象が起きる場の状態に関する情報、すなわち、地形、地質等に関する情報が必要となる。そのため、短期の生産土砂量推定であっても、中・長期の生産土砂量推定であっても、まず、地形、地質等に関する基礎的な調査を行う。また、同時に、計測終了後にモデルによる土砂生産計算結果の検証に供するために、モデルによる計算結果検証用のデータを得るための計測も実施する。これらの調査、計測は、全国の直轄砂防事業を実施しているエリアから好適な箇所を選んで実施する。







以下、短期の基本生産土砂量推定手法と中・長期の基本生産土砂量推定手法に関する研究に分け、それぞれについてさらに詳しく説明する。

## 2.2 短期の基本生産土砂量推定手法に関する研究方法

### 2.2.1 短期の基本生産土砂量を推定する際に対象とする現象

短期の基本生産土砂量を推定する場合に主に考慮する現象は、計画規模の降

表1 短期の土砂生産現象の分類

	表層崩壊	大規模崩壊	中規模崩壊
説明	表層の風化土層と基岩との間の面を境界として表土層が崩壊するものである。個々の規模は小さく、崩壊の深さも数10cm~2m程度であるが、発生数は多い。花崗岩地帯に多く、長さ、幅とも小規模で、表層土層も比較的薄い斜面であることが多い。	基岩内部で崩壊が発生するものである。個々の規模は極めて大きく崩壊の深さも大きい。発生頻度は低い。第三紀層、破砕帯等の堆積岩地帯に多く、長さ、幅の大きい斜面で発生することが多い。	過去の大規模な火砕流堆積物により形成された斜面や、基岩が認められないほど強度に風化が進行した斜面において発生する崩壊である。個々の規模は大きく、崩壊の深さも大きい。発生頻度は低い。たとえば火山噴出物地帯が挙げられ、長さ、幅とも大規模で、斜面表面から基岩までが深い急峻な斜面で発生することが多い。
模式図 <sup>1)</sup>			
事例	 2003年 福岡県太宰府市災害 御笠川支川	 1997年 鹿児島県出水市計原川	 1993年 玉川、濁沢の崩壊状況

雨時に流域内で発生する斜面崩壊である。ここでは、斜面崩壊は、その規模、崩壊機構等の観点から表1に示すとおり表層崩壊、大規模崩壊、中規模崩壊の3通りに分類することとする。これらの崩壊の発生が予想される斜面のことを、以降、それぞれ、小斜面、大斜面、中斜面と呼ぶこととする。

研究を進めるにあたっては、これら3種類の崩壊に対する研究対象箇所を、全国の地方整備局等の直轄事業管内等から選定する必要がある。選定に当たっては、既往の斜面崩壊発生状況、地質区分、地形（大斜面か、中斜面か、小斜面か）などを考慮して、今後具体的に選定してゆく予定である。

## 2.2.2 短期の生産土砂量推定手法の開発に必要な調査・観測の概要

前節において、短期の土砂移動現象として対象とする3種類の崩壊に分類した。ここでは、これら3種類の崩壊現象に伴う土砂生産量を把握する手法の開発を目的とした調査、観測の概要について述べる。なお、中斜面については、現場の状況に応じて大斜面と小斜面における調査・観測手法を使い分けることとするので、以下では特に記述しない。

### (1) 小斜面における調査・観測

#### 1) 調査

調査は、生産土砂量を推定するために必要な、地形・土層構造、土質データを取得する目的で実施する。

地表に到達した雨水の一部は土壤中に浸透し、残りは斜面を流れ下って谷地形に集まり表面流を形成する。このような水の移動は地形の起伏、勾配に強く支配されるため、その地形条件を把握するための、地形計測調査を実施する。

小斜面における崩壊は、表層崩壊を想定している。表層崩壊は、基岩上の薄い表層土壌へ雨水が浸透し、基岩と表層土壌の境目をすべり面として発生する崩壊である。そのため、発生土砂量は、風化土層深に強く支配される。その調査は、簡易貫入試験などにより、流域全体の土層厚さ分布状況がわかるよう、図2のように、流域を網羅して高密度に調査する。

また、地中に浸透した雨水が風化土層を飽和し、その結果、地山の持つ強度を弱めて崩壊に至ることを想定すると、雨水の浸透速度を知るため保水性・透水性試験、地山の持つ強度を知るため粘着力・内部摩擦角測定など土質試験(図2(中下))を行う必要がある。これらの調査で得られる結果を用いて、表層崩壊に起因する生産土砂量を推定するものである。

#### 2) 観測

観測は、これから作成しようとする土砂生産モデルをより実態に則したものとするために行うが、モデルを作成した後は、そのモデルによる推定結果を検証するために実施するものである。

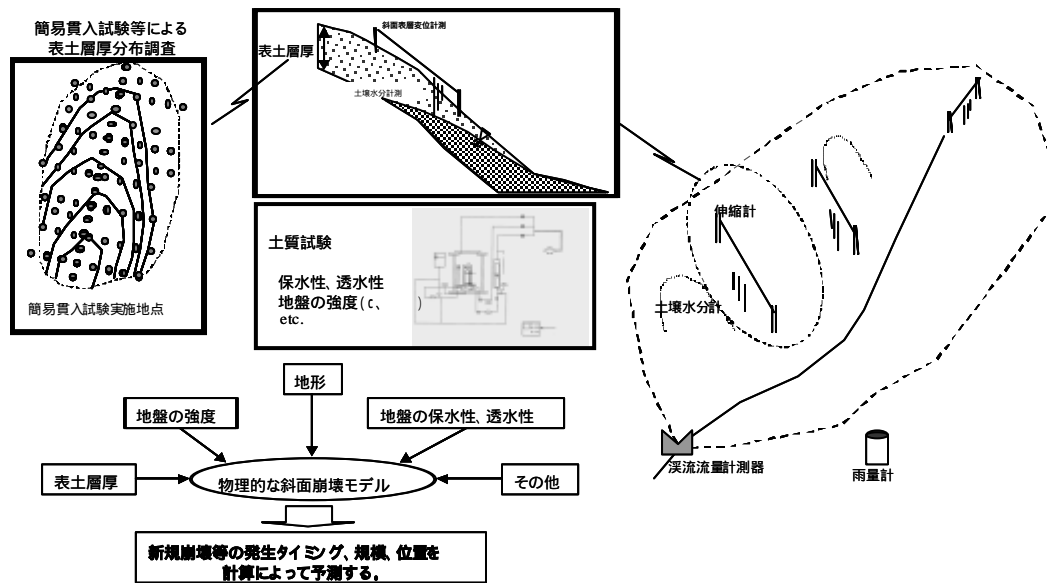


図2 短期の基本生産土砂量推定手法研究のための調査・観測イメージ

表層崩壊は、表層土壌中への雨水の浸透が引き金となって発生するものである。したがって、土中に浸透した水の移動状況を把握するために、図2に示すように、土壌中の水分変化や地下水位変動を計測する。計測は、流域内のいくつかの斜面に土壌水分計や地下水位観測計を設置して行う。これらのデータは、モデルによる再現計算結果のうち、土壌中の水分状態の再現計算結果の検証に用いる。また、崩壊発生時に生じる微小な斜面変位も伸縮計や傾斜計により観測する。これらのデータは、モデルによる再現計算結果のうち、斜面変形の再現計算結果の検証に用いる。最後に、対象流域出口において溪流流量を観測する。このデータは、モデルによる再現計算結果のうち、流出流量の再現計算結果の検証に用いる。またその他、観測データを積み重ねることによって、山地溪流における流量予測精度向上のための基礎データを得ることができる。

## (2) 大斜面における調査・観測

### 1) 調査

調査を実施する目的と実施する調査項目は小斜面と変わらないが、対象とする斜面が大規模な斜面であるため、調査員が現地に赴いて実施するタイプの調査手法は一般には用いることができない。地形調査は、専ら航空機搭載のレーザープロファイラーを用い、斜面内部の情報は、弾性波探査や比抵抗法等各種物理探査による。土質試験に供する試料も現場で採取することが不可能な場合には実施できない可能性もある。これらの調査を行うことにより、大斜面内部のすべり面の位置を特定する。

また、崩壊規模を推定するため、調査対象斜面周辺の過去の崩壊地の規模を空中写真の微地形判読等を行うことにより把握する。

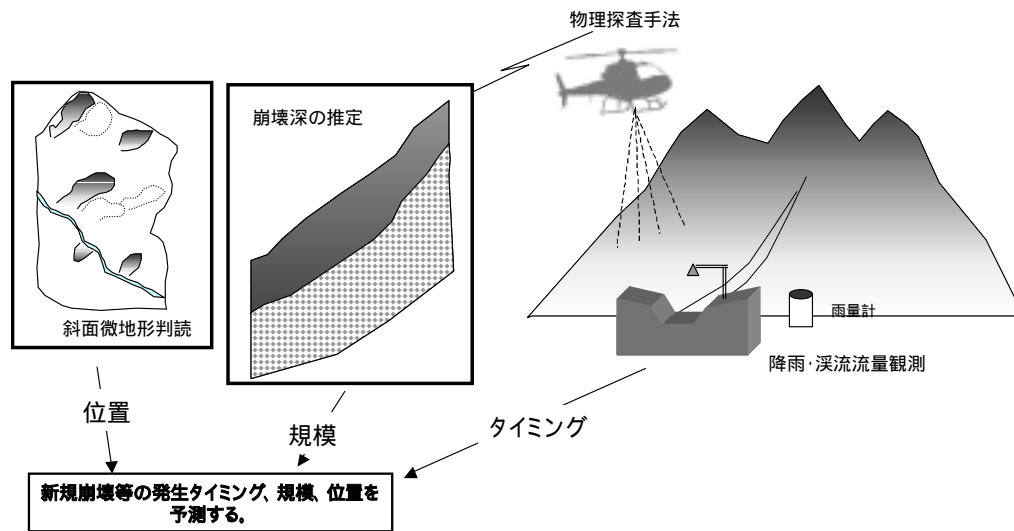


図3 中長期の生産土砂量推定手法研究のための調査・観測イメージ

## 2) 観測

対象とする斜面が大規模であるため、小斜面で実施する計測はほとんど実施できないと考えられる。ただし、溪流流量の測定は可能である。観測対象溪流として、なるべく上流まで砂防えん堤が設置された溪流を選び、最上流の砂防えん堤に水位計を設置し、流量を計測する。雨水は、観測対象とする大斜面の内部に浸透した後流出すると考えられるので、降雨と溪流流量の応答関係には、斜面内部の情報が含まれていると考えられる。本研究では、降雨データと流量データから、逆解析によって大斜面の水文特性の推定を試みる。

### 2.3 中・長期の土砂量推定手法に関する研究の進め方

#### 2.3.1 中・長期の基本生産土砂量を推定する際に対象とする現象

中・長期の基本生産土砂量を推定する場合に主に考慮する現象として、溪岸・溪床侵食と表面侵食を考える。中・長期の溪岸・溪床侵食による生産土砂量の研究実施対象流域としては、中・古生層の堆積岩地帯等において、過去大規模な斜面崩壊が起こり、不安定な土砂が河道に堆積しており、今後、侵食を受け易いと考えられる流域内の河道部分を選ぶ。

また、表面侵食による生産土砂量の研究実施対象流域は、表面侵食による微細土砂流出が発生している流域内において、なるべく平均的な斜面を選ぶ。

#### 2.3.2 中長期の生産土砂量推定手法の開発に必要な調査・観測の概要

前節において、中長期の土砂移動現象として、溪岸、溪床侵食と表面侵食の2種類に分類した。ここでは、その2つの内、溪岸、溪床侵食の再現モデルの概要について説明する。

研究実施対象溪流のある区間の溪床、溪岸について、ある流量を想定して水面形や掃流力等の水理計算を行い、その掃流力に対する掃流砂量や浮遊砂量を計算する。そして、対象区間の上流の断面を通過して流入する土砂量と、下流

の断面から流出する土砂量の差で河床変動量が決まる。溪岸侵食もこの収支に加えて評価する。

河床変動を表すためには、刻々と変化する流れの状態と流砂量を評価して、刻々と変化する流砂量のアンバランスを追跡する必要がある。このためには、基本的に流れの計算、

流砂量の計算、河床変動量の計算という3つのモデルが必要である。流れの基礎方程式には連続式と運動方程式を用いる。流砂量の評価には流砂量式(掃流砂・浮遊砂)を用いる。それに加え、溪岸侵食の計算や混合粒径を取り扱う場合には粒度分布の変化の計算が必要となる。

このモデルによって土砂生産を計算するためには、溪岸、溪床の地形と、河床材料の粒径分布を現地調査によって与える必要がある。モデルの検証は、溪岸、溪床侵食量調査結果と照合することによって行う。図3に、溪岸・溪床侵食モデルに関連して必要となる調査・観測のイメージを示す。また、侵食を引き起こす原因である水流の流量の予測手法についても検討する。

### 3. 調査・観測の分析事例

まだ、本格的に調査・観測は実施されていない。しかし、本研究で対象とするような山地溪流の流量を観測した事例がいくつかあるため、そのデータを解

表2 中長期の土砂生産現象の分類

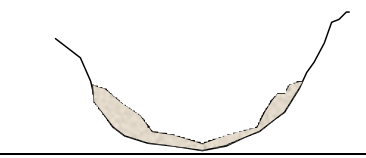
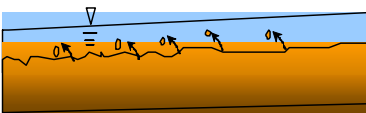


	溪岸・溪床侵食	表面侵食
説明	過去に大規模な斜面崩壊が発生し、河道に侵食を受けやすい堆積物が大量に堆積している溪流において、大規模な出水時に大きく進行する溪岸部、溪床部の侵食現象を対象とする。	表面流によって斜面表層の微細土砂が斜面から分離され、下方へ運搬される現象を対象とする。侵食深は一般に小さく、流送される土砂は微細であるが、降雨によって表面流が発生する度に発生する。
模式図		
事例		



図3 中長期の生産土砂量(溪床・溪岸侵食量)推定手法研究のための調査・観測のイメージ

析した結果を以下に例示する。

### 3.1 対象流域

分析の対象とした流域の概要を、表3に示す。また、図4にその位置図を示す。三宅島カニガ沢は、最近の火山噴火（2000年7月）によって細粒の火山灰によって覆われた流域である。通常は溪流に水流は無く、降雨時のみ、出水が観測される。広島荒谷川右支川は、風化花崗岩山地の溪流である。通常は溪流に水流は無く、降雨時のみ流出が生じる。風化土層深さは50cm～1mと浅く、流域内には、小規模な表層崩壊の跡が残っている。長野の宇原川ロットの沢は、第四紀の火山噴出物から成っている。

表3 本研究の対象流域の概要

項目 \ 番号	三宅島 カニガ沢	広島 荒谷川右支 川	長野 宇原川ロッ トの沢
観測期間	H15.5～	H14.2～	H13.12～ H15.3
流域面積：A km <sup>2</sup>	0.83	0.0035	0.819
主流路長：L m	2,600	138	2,470
標高差：H m	575	80	790
平均河床勾配 S 1/n	1/4.5	1/1.4	1/3.1
常時流水の有無	無	無	有
主な地質	火山礫及び 火山灰	花崗岩類	四阿火山岩 類 両輝石安山 岩

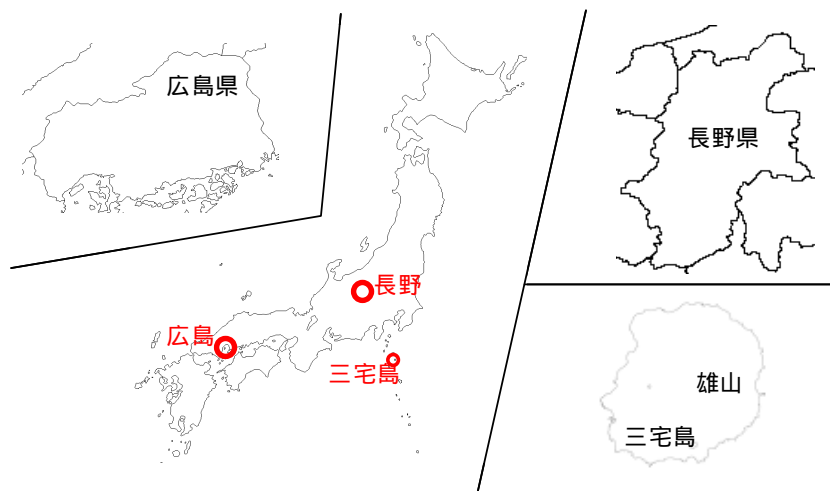


図4 対象流域の位置図

1981年に同流域内で深層崩壊が発生し、大規模な土石流が発生した溪流である。

### 3.2 分析方法

計測した降雨量と流量データより、ハイトハイドログラフを作成し、洪水時の総雨量、ピーク流量を求めた。洪水到達時間（Tp）は、角屋<sup>2)</sup>の方法により求めた。すなわちピーク流量発生時刻と同じ降雨があった時刻に遡り、その時刻をピーク流量を発生させた降雨開始時刻として、その時間差を洪水到達時間とする方法である。この洪水到達時間中の積算雨量を有効雨量として計算し、総損失雨量は総雨量から有効雨量を差し引くことにより求めた。また、有効雨量を洪水到達時間で除して平均有効降雨強度を求め、それをもとに洪水毎のピーク流出率を、合理式により逆算した（(1)式）。

$$f = \frac{3.6 \cdot q_p}{r_e \cdot A} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 $f$ : ピーク流出率、 $q_p$ : ピーク流量 ( $m^3/s$ )、 $r_e$ : 平均有効降雨強度 ( $mm/hr$ )、 $A$ : 流域面積 ( $km^2$ ) である。

### 3.3 分析結果

#### 3.3.1 ピーク流量と洪水到達時間

角屋ら<sup>2)</sup>は洪水到達時間を推定する経験式として、特性曲線法の理論に基づき次式を提案している。

$$t_p = CA^{0.22} r_e^{-0.35} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 $C$ : 流域固有の係数 (丘陵地で 290、市街化地域で 60~90 程度)  
 $A$ : 流域面積 ( $km^2$ )  
 $r_e$ : 平均有効降雨強度 ( $mm/hr$ )

上記、式 (2) は合理式

$$q_p = \alpha \cdot r_e \dots\dots\dots (3)$$

を用いて、 $q_p$ : ピーク流量 ( $m^3/s$ )、 $T_c$ : 到達時間 ( $hr$ ) で書き直すと、

$$T_c = \left(\frac{C}{60}\right) A^{0.57} q_p^{-0.35} \dots\dots\dots (4)$$

となる。

図 5 に、対象流域におけるピーク流量と洪水到達時間の関係をプロットした。プロットの分布を見ると、角屋らの示した関係式 (式(4)) の傾向が見られる。荒谷川右支川は流域面積が他の 2 渓流と比較してずっと小さいため比較は困難であるが、カニガ沢と宇原川ロットの沢を比較すると、グラフ上では、前者よりも後者の方が上方に分布し、流出のタイミングが遅いということが分かる。

式 (2) に、洪水到達時間、流域面積、平均降雨強度を代入して、それぞれの渓流の流域固有の係数  $C$  を求めた。その結果を表 4 に示す。

角屋ら<sup>3)</sup>によると、係数  $C$  は、丘陵山林地流域で 290、市街化地域で 60~90

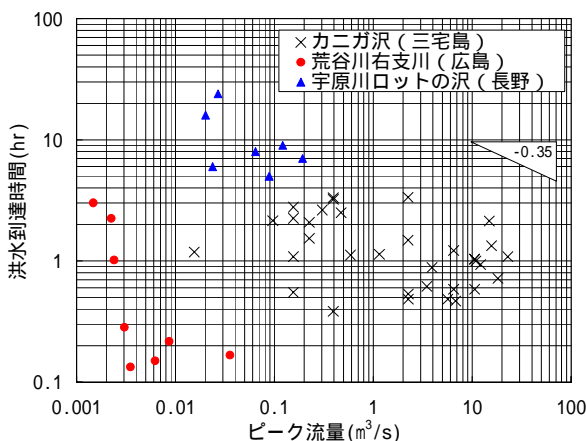


図 5 ピーク流量と洪水到達時間

表 4 対象渓流の係数Cの値

渓流名	係数C		
	最小値	最大値	平均
カニガ沢 (三宅島)	18	366	113
荒谷川右支川 (広島)	13	225	85
宇原川ロットの沢 (長野)	251	1049	573

と示されている。カニガ沢と荒谷川右支川の係数 C は、市街化地域での値と同様かやや大きい値が得られている。カニガ沢は、新規火山灰に被覆され、流域斜面の浸透能が極めて悪く、雨水はホートン地表流として直ちに流下する。また、荒谷川右支川には、溪床に基岩が露岩している部分がある。したがって、市街化地域と同等の値であることは妥当であると考えられる。一方、宇原川口ツトの沢は、角屋らの丘陵山林地流域の代表値よりもずっと大きい。同溪流では、過去に深層崩壊が発生していることから示されるように、雨水は斜面内部のある程度の深さまで浸透してから流出してくるため、このように流出が遅い結果となったと考えられる。

### 3.3.2 ピーク流出係数と総雨量

実測のピーク流量及び洪水到達時間内の平均強度より合理式から逆算して、ピーク時の流出係数を求め、総雨量との関係を検討した(図6)。全般的に見ると、総雨量が多いとピーク流出係数が高いようである。荒谷川右支川のデータはこれら三つの溪流のデータの中で最もピーク流出係数が低いことがわかる。一方、カニガ沢は、総雨量150mmあたりから1.0に近い値を示し、場合によっては1.0を超える値を示すこともある。

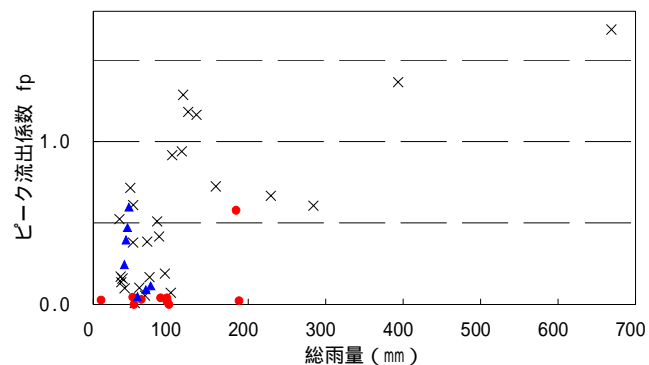


図6 総雨量とピーク流出係数

### 4. おわりに

本研究は、今年度から平成18年度まで実施する計画で始まった。初年度ということもあり、本格的なデータ解析等を行っていない。次年度以降の課題としたい。本研究が対象とする範囲は山地の源頭部であるので、調査、観測には、非常な困難が伴うことが予想される。今後は、次年度からスタートする現地調査・観測に向けて体制を整えることに全力を傾ける必要がある。今後とも担当部局が十分な情報交換を行って良い成果を挙げられるように努力したい。

### 参考文献

- 1) 小橋澄治編(1993): 山地保全学, 文永堂出版, p.130
- 2) 角屋陸(1980): 流出解析法(その8) - 洪水到達時間と合理式 -, 農業土木学会誌, 第48巻, 第8号, pp.39-44
- 3) 角屋陸ほか(1976): 中小河川の洪水到達時間, 京都大学防災研究所年報, 第19号B, pp.143-152



## 景観検討・評価のための計画デザイン・システムに関する研究

国土技術政策総合研究所	「美しい国土の創造」WG
東北地方整備局河川部河川工事課長	阿部幸雄
東北地方整備局道路部交通対策課長	伊藤友良
中国地方整備局苫田ダム工事事務所調査設計課長	友澤晋一
九州地方整備局菊池川河川事務所玉名出張所技術係長	坂田光一

### 1. はじめに

国土交通省では、官民あわせて美しい国土づくりに取り組むべく、平成15年7月に「美しい国土づくり政策大綱」を公表した。平成16年7月には景観法が成立するとともに「国土交通省所管公共事業における景観評価の基本方針（案）」が公表された。

一方、国土技術政策総合研究所においては「安全で美しい国土の創造」を基本課題として設定しWGを設置し、研究活動、情報発信を行ってきたところである。

過去、3回のシンポジウム（うち1回は東北地方整備局と共催）を開催するとともに、美しい国土の創造を実現するための計画デザインシステム（委員会方式、アドバイザー方式等）のあり方等について、有識者や地方整備局と議論、検討してきたところである。

その過程で、景観検討の進め方は、国土交通省所管の各社会資本整備事業毎に異なるところがあること、また、各分野で行われた景観への取り組みの努力等が、他の分野に伝わっていないこと等が明らかになってきた。

そのため、本稿では、WGメンバーにより、各社会資本整備事業毎の景観検討に係る取り組みの実態と課題についてレビューをする。ちなみに、景観に関し、このように横断的にとりまとめが行われた例は殆どない。

また、各地で行われている先進的取り組みの例として直営方式（事務所が直営で景観検討を行う）、デザイナー方式（デザイナーを有するコンサルタントに発注して景観検討を行う）、委員会方式（景観検討委員会で景観検討を行う）、アドバイザー方式（有識者のアドバイスを受け景観検討を行う）から、1例ずつ、計4例を挙げる。関連資料をもとにまとめたため、事例に関する文責はWGにある。

本稿では、頁の関係で、各事業の特性、課題、取り組み事例について、簡単なレビューとならざるをえないが、今後、計画デザイン・システムの特性等とともに、WGにおいて、とりまとめをする予定である。

## 2. 各事業における景観検討

### 2.1 営繕・建築における景観デザインへの対応の方法とその課題

#### 2.1.1 官庁営繕事業の概要

戦前の大蔵省から戦後の建設省に継承され、国の庁舎を設計・建設している。戦前から景観や都市美の観点は、設計上の重要な配慮事項であった。設計は地方整備局で行われている。外注も併用しつつ、職員が自らデザインを行う伝統が長く引き継がれている。

#### 2.1.2 官庁施設整備における景観デザインへの対応の方法とその課題

##### (1) 歴史的建物の保存・活用

近代建築では、凍結保存ではなく、具体的な用途のために活用することが一般的であるため、耐震診断・改修等、安全性の確保を図る必要がある。歴史的建物を保存活用した法務省（明治28年建設、平成7年保存、右写真）のように、公共建築の場合には、国がまず保存・活用のための整備を行い、文化財として指定する手順をとっている。



歴史的建物の下限が戦後の建物にも及ぶようになり、また通常の建物も維持保全し長く活用する必要が生じていることから、歴史的建物の保存活用と、通常の公共建築物ストックの維持保全との間の境界はなくなりつつある方向である。

##### (2) シビック・コア制度による複数の事業主体間のデザイン調整

営繕においては、技術的蓄積を活かし、地方公共団体の庁舎の設計を受託することもおこなわれてきた。これを発展させ、国の合同庁舎等を含む、市民サービスのための拠点を、都道府県や市町村と共同の一団地として計画する場合に適用される。基本的には地元の市町村が主体となって、地元協議会等の活動を通じて地区全体の整備方針を定めることとし、国は技術的なサポートを行い、専門家を紹介する等の形で支援している。

工事事務所に併設されるアンテナなど、電気・通信施設と建築物の調和も一つの課題となっている。航空法の改正により、いわゆる従来 of 赤白ペンキの鉄塔・アンテナに関しても、より景観に配慮したデザインができるようになってきている。

#### 2.1.3 今後の展望

景観に関して「官庁営繕事業における景観評価の試行に関する方針」（平成16年7月2日公表）が整備された。緑化や水の利用といった単体の項目も含まれているが、多くは、歴史的町並、関連計画、周辺施設、周辺自然環境、周辺都市環境など、地域的なコンテキストとの調和を配慮している。

## 2.2 住宅・建築指導における景観デザインへの対応の方法とその課題

### 2.2.1 住宅建設事業の概要

公営住宅は、都道府県・市町村が事業主体となり、国が補助を行うことにより建設されている。200万戸を超えるストックを形成してきた。公団住宅は、大都市圏を対象に、国の公団が分譲・賃貸住宅を建設してきた他、ニュータウン、市街地再開発など、技術的に先導してきた。住宅金融公庫は、民間住宅に対して、低利融資により支援してきた。

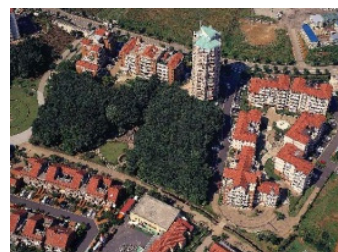
この他、国土交通省では建築基準法の運用（建築確認）を通じて、民間の建築活動をコントロールしている。

### 2.2.2 住宅建設事業における景観デザインへの対応の方法とその課題

昭和40年代までは、戦後の住宅難に続く、都市への人口集中に対応して、量的充足が中心的課題であった。50年代から、質の追求への転換の一環として、景観に関する配慮も行われるようになった。公営住宅においては、量的充足から質への脱皮を図るため、昭和50年代後半から、優良モデル団地における設計費上乘せ補助を行い、有名建築家等による設計も可能とした。昭和58年からは、地域の文脈や環境との調和を目指して、地域住宅計画策定に対する補助を開始した。設計者の個性が卓越するデザインに入る前に、地域の住宅の実態や特性を調査により把握し、住宅設計における基本的な方向をまず明らかにすることが目指された。また、量産の時代に建設され、残存価値のある既設公営住宅に関しては、景観改善を行う枠組みが用意されている。公団住宅においては、外観の設計は当初より課題であり、多摩ニュータウンや筑波研究学園都市の開発においても、景観的な配慮がなされている。しかしながら、個々の建物と集合的な景観形成のギャップが課題であることから、マスター・アーキテクトによる総合調整が試みられた。



Hope 計画 金山町



マスターアーキテクト（南大沢）

### 2.2.3 今後の展望

住宅やその集合体が形成する、地域的な町並景観の多くは、古くからの既成市街地に見いだされる。一方、住宅建設事業の多くは、郊外部において実施されてきた。従って、既成市街地の都市景観を保全・形成する手段としては余り効果を発揮してこなかった側面がある。都心部の再開発などの事業においても、家賃や投資効果の観点から、周辺の水準よりもむしろ都市計画的な上限にデザインが誘導される。事業の中心が新規建設から、既存ストックの改修・建替えにシフトする中、周辺の市街地を含めた町並形成の要素としてどのような役割を果たせるが課題であろう。現在、建築指導は技術基準に基づく、全国共通のマニュアル的な指導が主体であるが、IT化によるオンライン処理や、景観法とのリンクにより、建築主事の業務が、よりエキスパート・ジャッジを中心とした、地域に根ざしたマスター・アーキテクト的な内容に変化していく可能性はある。

## 2.3 公園整備における景観デザインへの対応の方法とその課題

### 2.3.1 公園整備事業の概要

一般に公園と呼ばれるものは、都市公園法に基づく都市公園に代表される「営造物公園」と、国立公園など自然公園法に基づく「地域性公園」に大別される。国土交通省はこのうち都市公園を所管しており、国および地方公共団体が整備事業を行っている。都市公園は、機能、目的、誘致圏域、規模等によって、基幹公園（住区基幹公園、都市基幹公園）、特殊公園、大規模公園（広域公園、レクリエーション都市）、国営公園、緩衝緑地、都市緑地、都市林、緑道、広場公園の9つに分類される。国が設置する国営公園には、一つの都府県の区域を越えた広域の見地から設置されるイ号公園と国家的な記念事業やわが国固有の優れた文化遺産を保存・活用するために設置されるロ号公園があり、現在までに全国17箇所で整備が行われ、うち16箇所が開園している。また、地方公共団体に対しては、都市公園事業費補助をはじめとする多様な補助制度により、公園・緑地整備の支援を行っている。平成15年3月末現在の都市公園等の整備量は、全国計で約100,968ha、84,994箇所、一人当たり公園面積は約8.5㎡/人となっているが、欧米諸国に比べて約4割の水準に過ぎない。

### 2.3.2 公園整備における景観デザインへの対応と課題

国営公園では、適地選定の段階で景観を含む自然条件調査等が行われ、基本計画には概略の景観計画が盛り込まれることになっている。検討体制は、学識者、本省、地整、関係自治体等から構成される委員会方式が一般的であるが、設計協議（コンペ）の実施事例が多いといった点が他の事業と比べて特徴的である。地方公共団体でも、基本構想や基本計画段階でコンペが多く行われていたが、経済情勢を反映して最近ではほとんど実施されなくなった。その一方で、市民参加型の公園整備が積極的に展開されるようになっている。

公園デザインでは、植栽や造成、個別の施設設計において、景観にも配慮したデザインが行われてきたが、機能や使い勝手が優先し、景観検討が十分に行われなかった場合も多い。また、公園の景観計画は、敷地内からの眺望や展望が中心となることが多く、敷地内に限定された自己完結型のデザインに陥りがちとの批判もある。さらには、景観デザインに対する客観的な評価指標がないため、「良い景観」が実現できているかどうかを確認できないといった問題がある。

### 2.3.3 今後の展望

平成16年6月に公布された景観緑三法によって、都市および都市近郊の緑地の保全や緑化が強力に推進されることとなった。緑は、景観向上のための重要な要素であることから、これまでの公園整備を景観の観点から再点検し、周辺と一体となった公園整備を実現することで、美しいまち・地域づくりに貢献することが求められる。したがって、多様な整備手法に対応した景観デザイン手法や、客観的な評価指標など、景観デザインを支える技術の研究・開発が必要である。

## 2.4 下水道整備における景観デザインへの対応の方法とその課題

### 2.4.1 下水道整備事業の概要

都市における下水道が果たす役割は大きく、各家庭や事業所から排出される汚水を処理場へ排除し、衛生的に処理を行い公共水域に放流することで、都市環境及び公共水域の水質保全に寄与するほかに、雨水を速やかに排除することや、貴重な水資源として下水処理水をせせらぎやトイレに利用することなども下水道の果たすべき役割である。

下水道事業は、全て地方公共団体が実施主体であり、国の関与は事業計画の認可や補助金の交付などに限られる。一般的な事業の流れを示すと以下ようになる。

事業計画の認可 (5～7年間の計画)	実施計画の策定 (年度毎の計画)	施設設計	建設
-----------------------	---------------------	------	----

### 2.4.2 公園整備における景観デザインへの対応と課題

景観という観点から下水道を見ると、ともすれば「下水道＝地下施設」という固定観念から、あまり配慮されないのではないかと受け止められがちであるが、先進的な地方公共団体においては、せせらぎやマンホールなどの下水道施設が、都市にうるおいを与える景観としてまちづくりの重要なファクターとして扱われている。

下水道では、その性質上全ての施設が景観に配慮される必要はないが、せせらぎやマンホール等の施設における景観デザインへの対応としては、下水道の実施計画を策定してから施設設計の段階までに、関係者間で景観に関する合意を得ておく必要があり、そのための手法としては、住民への説明会や関係者間から成る委員会での議論などが考えられる。



せせらぎやマンホールなどの下水道施設の例

### 2.4.3 今後の展望

現状では、必ずしも下水道施設における景観への配慮が一般的に認識されている状況ではないため、景観デザインの必要性に関する検討を行うとともに、実施設での対応を一層推進していく必要がある。

## 2.5 河川事業における景観デザインへの対応の方法とその課題

### 2.5.1 河川事業の概要

我が国の河川は、勾配が一般に急であり、年間平均降水量は世界平均の2倍近い量であることから急な流路を大量の流水が一時に流出する特徴をもつ。一方、我が国の社会経済活動は、河川の堆積作用により形成された沖積平野に展開され、人口・資産が河川の氾濫原に高い密度で集中しており、ひとたび水害に見舞われると国民生活・経済に甚大な影響を与えるため、水害による被害を防ぐ治水対策が実施されてきた。

平成9年の河川法改正により見直された整備計画制度では、水系ごとに河川整備基本方針とその方針に沿った河川整備計画が定められている。河川の整備は河川整備計画によって実施される。河川整備基本方針は、当該水系に係る河川の総合的な保全と利用に関する基本方針、基本高水とその河道・ダム配分、計画高水流量、水位・川幅、正常流量といった河川の整備の基本となる事項が定められている。また、河川整備計画には、河川整備の目標に関する事項、河川工事の目的や設置される河川管理施設機能の概要など河川整備実施に関する事項が定められている。なお、河川整備計画の策定に当たっては、河川に関する学識経験者の意見聴取、関係住民の意見の反映が必要に応じ行われている。

### 2.5.2 河川事業における景観デザインへの対応と課題

美しい国土づくりを追求していくためには、地域社会にとってどのような河川像が求められるか合意を得て進められる必要があり、ふるさとの川整備事業、桜つつみモデル事業、多自然型川づくりなどいくつかの試みがなされてきている。

しかし、限られた河川空間の中で洪水処理機能を高めることを優先せざるを得なかった結果、護岸のコンクリート化が進み、多様な水辺環境が失われ、動植物の生息・生育環境の悪化が見られる場合がある。また、舟運の衰退、水道の普及など、河川の利用形態が変化することにより、生活の中での河川の存在感が少なくなり、河川と地域社会との関わりが希薄になってきている例も見受けられる。

### 2.5.3 今後の展望

河川の景観は、個々の流域毎に気象、地形等の自然的条件、土地利用等の社会的条件、自然環境等の特性が異なっており、求められる河川像が異なっている。そのため、景観に対する意見も様々であり、美しい河川づくりには地域社会の意見の反映に努めていくことが重要である。

## 2.6 ダム事業における景観デザインへの対応の方法とその課題

### 2.6.1 ダム事業の概要

我が国はアジアモンスーン地帯に位置し、梅雨期と台風期に降水量が集中する。さらに地形が急峻で、ひとたび大雨が降ると河川に水が一気に流れ出して洪水をもたらし、降雨が終了すると短期間で流量が減少して水不足となり、生活や経済活動に大きな影響を与える。全人口の51%、資産の75%が国土面積の10%に過ぎない河川氾濫域に集中する我が国において、国民生活・社会経済活動を洪水被害から守るためには、洪水の一部を上流で貯留して下流の洪水ピーク流量を低減するダムは有効な治水対策の一つである。また、河川流量が多い時に水を貯留し、少ない時に貯留した水を補給するダムは国民生活・社会経済活動を支える水資源開発の重要な手段となっている。国土交通省、都道府県の河川管理者が管理するダムは特定多目的ダム法（昭和32年制定）及び河川法（昭和39年制定、旧法は明治29年）に基づいて建設され、平成15年現在で440ダムが完成している。

### 2.6.2 ダム事業における景観デザインへの対応と課題

ダムはこれまで社会的要請を踏まえて数多く建設されてきた。それぞれのダムは、永年にわたり生活・社会を支えてきた歴史的遺産として、あるいは豊かな自然の中でそのスケールを活かしたランドマークとして、堤体の機能美や安定感のあるダム景観、周りの山々と一体化した水辺風景などを提供し、訪れる人に感動を与えてきた。

近年、うるおいある環境への人々の志向が高まる中、ダム及びダム貯水池においても、社会教育や観光・レクリエーションの場として、周辺の自然環境との調和を図りつつ、ダムの持つ景観要素を統一的に評価して、全体としてシンボル性と魅力ある景観を形成する必要がある。

### 2.6.3 今後の展望

ダム施設と周辺の自然環境との調和を図っていくための施策は、個々のダムで大きく異なる。平成9年に河川法が改正され、河川整備計画策定において、関係住民、学識経験者、地方公共団体の長の意見を反映させる手続きが導入されたことから、今後は意思決定や合意形成を図る方法の確立がさらに必要となってくると思われる。

## 2.7 砂防における景観デザインへの対応の方法とその課題

### 2.7.1 砂防の概要

砂防は、土砂の移動に起因とする自然現象が引き起こす災害に対して実施される事業で、河床上昇による洪水、土石流、火山噴火等により発生する災害の防止（砂防事業）や、地すべり等による災害の防止（地すべり対策事業）及び急傾斜地の崩壊の防止（急傾斜地崩壊対策事業）を目的としており、それぞれ、国土交通大臣が指定する砂防指定地内、主務大臣（国土交通大臣、農林水産大臣）が指定する地すべり等防止区域内、都道府県知事が指定する急傾斜地崩壊危険区域内で実施される。

土石流、地すべり、急傾斜地の崩壊により人家等に被害を及ぼす恐れのある「土砂災害危険箇所」は全国で約 46 万箇所のにのぼる。（土石流・急傾斜地は H14 年度、地すべりは H10 年度公表）

### 2.7.2 砂防における景観デザインへの対応と課題

砂防における景観に配慮した施設整備は、環境保全や自然保護に対する要求の高まりとともに、昭和 50 年代頃から多く行われ始めている。平成 6 年には「溪流環境整備計画策定要綱」を定めており、溪流および溪流周辺の自然環境・景観の保全と創造等について配慮した砂防施設整備計画を作成し、自然との共生をめざした事業の実施を図っている。平成 15 年には、文化庁と協力して「歴史的砂防施設の保存活用ガイドライン」を策定・公表している。これは、景観に配慮することを意図して設計した訳ではないが、長い年月を経て結果的に周辺景観と調和し景勝地となっている歴史的砂防施設について、その「学術的価値」や「景観・環境的価値」の適切な評価、保存、活用方法に関する基本的考え方および手順を示したものであり、評価が不十分なまま単なる技術革新や社会構造の変化等を理由に歴史的砂防施設が撤去・改変されるのを防いでいる。

### 2.7.3 今後の展望

これまで、施設の形状・素材について様々な試みがなされているが、歴史的砂防施設に見られるような「時間の効果」についても考慮した景観形成手法の構築が課題になると考えられる。



## 2.8 海岸事業における景観デザインへの対応の方法とその課題

### 2.8.1 海岸事業の概要

わが国の海岸線形状は複雑でありその延長は約 35,000km である。そのうち、海岸保全区域に指定する必要がある海岸（要保全海岸延長）は約 45%にあたる 16,000km であり、他は道路など他目的により管理されているもの、国土保全上管理を要しないものなどである。また、海岸事業は、国土交通大臣（河川局・港湾局）、農林水産大臣（農村振興局・水産庁）が主務大臣であるが、海岸保全区域の管理は都道府県知事が行うものとされている。

昭和 28 年 13 号台風により伊勢湾沿岸に高潮災害が発生したことが契機となり、海岸災害に対処して国土を保全することを目的に海岸法が制定された。その後、環境・利用の観点からも調和のとれた管理を行うことが新たなニーズとして求められ、平成 11 年に海岸法が改正され、海岸保全全般に関する「基本海岸保全基本方針」が主務大臣に、地域住民の意向を反映した「海岸保全基本計画」の策定が都道府県知事に義務づけられた。

### 2.8.2 海岸事業における景観デザインへの対応と課題

これまで、海岸事業では高潮対策、侵食対策への対応が急を要していたことから、これまで景観に必ずしも配慮されていなかったが、消波・侵食対策機能を持つ離岸堤とほぼ同様な機能効果をもつ没水型の構造物である「人工リーフ」が開発され、採用が進んでいる。

日本の海岸景観の原風景とされる「白砂青松」の前提となる砂浜の侵食防止のための海岸侵食対策事業が展開されている。また、砂浜自体が波を消すための海岸保全施設と位置づけ、コンクリート構造物によらない海岸保全が展開されつつある。

しかし、海が与える波力等の外力・流体量は、たとえば河川と比べてはるかに大きく、コンクリート等による強固で大きな構造物を用いなければ海岸の保全を図ることが困難である。

### 2.8.3 今後の展望

海岸景観は海象・気象、地形・歴史的背景、社会活動により地域ごとに異なっており、求められる海岸像も異なっている。一方、景観に影響を与えない人工リーフの設置、砂浜の保全などの工法も開発されてきている。そのため、海岸景観の保全については地域の合意を得ながら進めていくことが可能となっているととも重要である。

## 2.9 道路事業における景観デザインへの対応の方法とその課題

### 2.9.1 道路整備事業の概要

道路整備は、1954(昭和29年)から道路整備5ヵ年計画に基づき本格的に行われてきた。なかでも、幹線道路は交通量の急激な伸びに対応して機能重視を目的に道路網が整備され、橋梁、トンネルといった構造物が建設されてきた。

### 2.9.2 道路整備における景観デザインへの対応の方法

近年、国民生活が豊かになり国民ニーズも多様化し、道路整備に対しても社会資本整備重点計画に基づき、社会・経済の活性化を図るために地域の特性を生かした親しみと潤いのある豊かな環境を求めるといった声が従来にも増して強くなってきている。このような社会情勢のもと1988年、道路局より、道路の計画、整備、設計、管理の各段階における景観への配慮事項や方法を具体的かつ実用的に記述された「道路景観整備マニュアル(案)」が発刊された。それに続き1993年に道路構造物の事業実施段の各段階で、景観整備に対応した配慮事項、道路構造物の景観整備の計画をとりまとめた「道路景観整備マニュアル(案)」や「景観に配慮した防護柵の整備ガイドライン(案)」等が各機関から発刊されている。

上記の踏まえた上で、事業者は検討委員会方式、アドバイザー方式、プロポーザル方式などさまざまな方法によって具体的な地域の実情にあった景観整備方針を取り入れて事業を進めているのが実態である。

### 2.9.3 今後の展望

景観を取り入れた道路事業を実施する際にはさまざまな方法で地域の実情にあった景観が検討されているが、景観方針、公共施設のデザインなどが決定されるまでに多大な時間と金額を要することから事業執行へ影響を及ぼすことや、景観に対する発注者側の意識レベルの違いといった問題が生じている。この原因としては、景観検討を実施する上で大きな枠組みが構築されていないことがあげられる。このような中、平成15年には「美しい国づくり政策大綱」が公表されどのようなビジョンで景観整備を行うべきか一応の方向性が示された。しかし、内容が多岐にわたっていることから、すべてを取り入れた景観検討を行うことは難しい状態である。

このような問題意識にたてば、「景観」といった言葉を明確に定義づけ、地域が構造物を取り入れて目標(方針)をしっかりと定めて景観整備を進めていく検討システムの確立が必要である。

以下、実際に行われた事業について、本当に景観的によかったのか事後評価を実施し、次の検討材料としていくことが重要であると考えられる。

## 2.10 港湾整備における景観デザインへの対応の方法とその課題

### 2.10.1 港湾整備事業の概要

我が国の港には港湾法上の港（港湾）と漁港法上の港（漁港）があり、港湾が1000港、漁港が3000港、存在する。港湾については港湾管理者（多くは自治体）が港湾の施設の規模、配置を決める港湾計画を作成したのち、基幹施設である防波堤、岸壁、臨港道路等は、重要港湾においては国が、その他の港湾においては港湾管理者が整備する。また、上屋、荷役機械、埋立用地造成は、主として港湾管理者が起債事業によって整備する。上屋や一部の岸壁（専用岸壁）などについては、民間の事業者が整備を行うこともある。港湾管理者が整備した施設、国が整備した施設とも港湾管理者が管理する。

### 2.10.2 港湾整備における景観デザインへの対応と課題

港湾における景観（空間）整備は昭和48年の港湾法改正により、港湾施設に港湾緑地が位置づけられたことに遡る。この時期の緑地は、緩衝緑地や労働者のための休息緑地が主であった。昭和60年には「21世紀への港湾」、平成2年には「豊かなウォーターフロントを目指して」という長期構想が作られ、物流機能に特化した旧港地区に都市機能を導入し再開発を行うウォーターフロント開発が行われた。昭和58年には歴史的港湾環境整備事業、平成2年には港湾景観形成モデル事業が始まった。平成5、6年頃にはパブリックアクセスの計画・整備が行われるようになった。マニュアルとしては「港の景観設計」（1991,土木学会編）、「美しい港湾景観を目指して」（1993,港湾技術研究所計画基準研究室）が作られた。

ウォーターフロント開発や景観形成モデル事業は、地区が限定された開発であり、港全体が対象ではなく、上物整備に偏っていた傾向があった。また、構造物の設計にあたって景観に配慮することは当たり前になりつつあるが、未だ、景観は化粧だという意識に立っているような整備も見受けられる。



駅前広場、水辺、公園、ホテル等の多様な要素が一体となった整備が行われたウォーターフロント整備（門司港レトロ地区）

### 2.10.3 今後の展望

現在、港湾局においては、景観検討の評価や景観形成に関するガイドラインづくりに取り組みつつある。今後は、表面的な色や形、一定の地区だけを対象とするのではなく、港を含めたまち全体の魅力、価値を向上させるための港まちの景観の総点検、景観形成手法の構築が課題になってくるものと思われる。

## 2.11 空港整備における景観デザインへの対応の方法とその課題

### 2.11.1 空港整備事業の概要

空港整備法に定められる国際航空路線に必要な第1種空港のうち、東京国際空港、大阪国際空港は国が設置管理し、新東京国際空港、関西国際空港、中部国際空港は会社または公団が設置管理する。主要な国内航空路線に必要な飛行場である第2種空港には、国が設置管理する第2種A空港と国が設置し、地方公共団体が管理する第2種B空港がある。地方的な航空運送を確保するために必要な第3種空港は、地方公共団体が設置管理する。第2種B空港において、国が整備するのは、滑走路、着陸帯、誘導路、エプロンの基本施設になる。ターミナル・ビルは、ビル会社が設計、整備する。ターミナル・ビル機能の中でも、管制施設、C I Q施設等については、国が整備し、関係官庁が管理運用する。

### 2.11.2 空港整備における景観デザインへの対応と課題

広島空港、熊本空港、松山空港などで空港周辺を含めた景観が検討されるようになった。特に広島空港では、「庭園空港都市」をコンセプトに周辺整備を行いホテルやゴルフ場を整備するとともに「景観ガイドライン」を作成している。

また、宮崎空港や新千歳空港では、利便性に配慮した新しいコンセプトの空港ターミナルが作られ、その後の空港ターミナル整備に影響を与えた。

ターミナルのデザインにおいては、レンゾ・ピアノ&岡部事務所が設計した関西空港や周辺の橋梁群やファニチャーなどを一貫したコンセプトで設計した羽田空港等の大規模ターミナルに特徴的なものが見受けられる。



「庭園空港都市」というコンセプトで整備された広島空港

### 2.11.3 今後の展望

地方空港は概成したとされるが、今後は、更なるバリアフリー化、安全性（セキュリティ）と利便性に配慮した空港ターミナルの改良等、航空輸送サービスの質の向上を図る航空アクセス高度化推進事業等を推進してゆくことになる。

### 3. 事例

#### 3.1 直営方式：菊池川低水水制群（菊池川河川事務所）

##### 3.1.1 事業の概要

熊本県の最北端を流れる菊池川は、小島橋下流の千田地区、小浜地区で大きく彎曲しており、近年まで水衝部対策として、根固ブロックによる河岸防御が行われてきた。しかし、有明海の感潮区間に位置し、日々の大きな水位変化による洗掘の繰り返しを受けることから、経年的な河床低下が進行し、護岸崩壊の危険性が高まっていた。そこで、九州地方建設局菊池川工事事務所（当時）では、その抜本的な浸食防止対策として、菊池川に残された加藤清正の石剝に範をとり、これを現在に継承する低水水制群の設置を行った。

##### 3.1.2 デザインシステム

現地平面図をもとに、出張所の職員が1/400簡易水理模型を自ら製作し、水理実験を行いながら設計を進めた。まず、浮きや着色剤を使って、流心線、水流の変化、水制周辺の洗掘・堆砂状況等の確認を行い、低水水制の有効性を検証した。次に、局所洗掘の大きい彎曲部の流心を、横水制によって深掘れ部を水制先端の河心側へと変えることで河岸の安定を図るため、最適な水制の形状、配置について費用対効果を含めて検討した。これらの結果に基づき、千田地区に5基、小浜地区に8基の水制を設計し、現地施工を行った。

##### 3.1.3 デザインで配慮した点

模型製作にあたっては、斜め航空写真や現地写真をもとに河道条件を再現し、実物と模型の流心線が合うように模型基盤下のジャッキで勾配を調整した。また、加藤清正が造ったとされる古い水制群や堤防裏法肩のハゼ並木などを模型上に配置し、古くからの周辺景観を含めた河道景観全体について検討を行った。

これらの検討結果から、コンクリートブロックの上を500kg級の自然石で被覆する構造と、先端が平均満潮位になるよう1/20勾配で堤防に取り付く形態を決定した。完成した水制は、5回の出水期を経験し、その治水上の効果を十分に発揮するとともに、周辺の景観に違和感なくおさまり、まさに“用・強・美”を備えたデザインとして、2002年の土木学会デザイン賞最優秀賞を受賞した。



### 3.2 委員会方式の例：苫田ダムの景観整備（苫田ダム工事事務所）

#### 3.2.1 事業の概要

苫田ダムは、岡山県を流れる吉井川水系吉井川の上流部にある奥津町及び鏡野町に位置し、2005年の竣工を目指す多目的重力式コンクリートダムである。堤高は74m、堤頂長は225m、堤体積は約30万 $m^3$ 、集水面積は217.4 $km^2$ 、湛水面積は3.3 $km^2$ 、総貯水容量は84,100,000 $m^3$ である。

ダム事業においては、ダム本体、河川護岸、付替道路、橋梁、ダム周辺整備、管理庁舎等の多様な施設・構造物の計画・設計及び施工を広大な範囲において行う。苫田ダムでは、日本で初めてダムとダム湖の周辺環境全てを対象とし、生態学、構造、デザインを総合的に結びつけ、統一性を持った長期にわたる継続的なランドデザインを作成、実現した。

#### 3.2.2 デザインシステム

ダム事業に関わる多くの施設を別々に検討するのではなく、トータルな環境を作り、かつ長期間に渡ってコンセプト・デザインの統一性を確保するため、ダム環境デザイン検討委員会とデザインの原案づくりを行なうデザインWGを設置した。委員会は、平成4年以来、10年以上に渡って多くの案件を討議、検討し、ダム全体の統一性の確保に寄与してきた。

#### 3.2.3 デザインで配慮した点

ダム本体では、非常用洪水吐きに重力式コンクリートダムでは国内初のラビリンス型自由越流頂を採用した。これにより、単位幅越流量が増大するため堤頂長を18m短縮でき、ダムサイト法面の縮小化とコスト縮減も図ることができた。デザインにおいては堤体の特徴をすっきりと見せるため、堤体上部の上屋等の存在感を抑えた。また、放流施設として引張ラジアルゲートを採用することで15%のコスト縮減に繋がるとともに、下流面の突出部がなくなり、堤体をすっきりと際立たせることが可能になった。橋梁に関しては、景観特性、経済性等の観点から、シンボルとなる「囷の橋梁」と風景にとけ込む「地の橋梁」に分けてデザインを行った。道路のデザインは「地」のデザインを基本とし、線形に配慮するとともに、改変法面規模を大幅に縮小し、環境保全に努めた。管理庁舎も、敷地条件、管理機能、免震等に配慮した、ダム本体を引き立たせるシンボリックなものとした。

デザインの検討にあたっては、スタディ模型を幾度も作成し直しながら景観上の課題を解決する構造を検討し、更に構造を反映したデザインを検討するという、やり取りを幾度も重ねた。



### 3.3 デザイナー方式：阿武隈川渡利水辺の楽校（福島河川道路事務所）

#### 3.3.1 事業の概要

福島県庁付近の阿武隈川右岸側に位置する渡利地区は、対岸の隈畔地区が歴史性と都市性を併せ持つ良好な水辺空間であるのに対し、ヤナギなど高木が帯状に自生し、ヨシやオオバクサ等の草本類も繁茂して、水辺へ近づくことも困難な荒れた印象の場所であった。また、中小洪水が頻発する地区であったことから、河積の増加が課題となっており、治水上の課題を解決しつつ、市民にとって快適な水辺空間を創出することが求められていた。そこで、「渡利水辺の楽校」（平成8年開校）では、「アースデザイン」の手法を用いて、堤防から水際までが一体となった、限りなく自然に近い水辺空間の整備を行った。

#### 3.3.2 デザインシステム

「アースデザイン」は、土を動かして起伏の具合を確認し、また土を動かすことを繰り返して自然な景観を創り出す手法である。設計段階では基本的な盤高の設定と空間配置程度を決めただけで、園路線形や地形の起伏、樹木の配置等、空間の印象を左右する重要な詳細事項については、すべて現場で「作りながら考える」方法を取った。設計者が頻繁に現場に出向き、発注者と議論を重ねながらそれら詳細事項を決定し、施工の指導を行って身体感覚的に居心地の良い空間を作っていた。

#### 3.3.3 デザインで配慮した点

デザインにあたっては、まず風景として優れたものであることを第一に考え、同時に「あたかも従前からあったかのような自然な風景をつくる」ことを基本方針とした。また、通常の河川整備においては、護岸、堤防など個別の施設整備として行われることが多いが、ここでは堤防、高水敷、水際部を一体にとらえ、つながりのある空間をつくることに配慮した。水際部の堆積土を掘削し、その土を堤防に腹付けすることで、堤防の強化と堤防の緩傾斜化による景観面・利用面の向上を図った。さらに、現場にあるものを活用し、現場以外から材料を持ち込まないこととした。工事のほとんどが土工であることから、通常の河川公園整備と比較して、大幅なコストダウンが実現され、コスト縮減と景観向上の両方を満足する結果となっている。



### 3.4 アドバイザー方式：仙台東部高架橋（仙台河川道路事務所）

#### 3.4.1 事業の概要

仙台東部道路は、三陸縦貫自動車道、仙台北部道路および仙台南部道路と一体となって仙台都市圏における自動車専用道路環状ネットワークを形成する高規格道路である。仙台東部高架橋は、仙台東 IC～仙台港北 IC の延長約 5.1km 区間にある約 4.4km の連続高架橋であるが、都市内に位置し、交通量の多い「産業道路」(主要地方道仙台塩釜線)の中央分離帯上に整備されるため、通常の橋梁に比べ「至近距離から見上げられる」機会がはるかに多い。また、沿道は商業地区として市街化が進み、人や物の往来が活発な地域であることから、橋梁全体のデザインを洗練し、「杜の都」にふさわしい質の高い景観の創出をめざした。

#### 3.4.2 デザインシステム

事業化となった平成 8 年度に発足した「美しい国土づくりアドバイザー制度」を活用し、「さりげなく圧迫感のないもの」を基本方針として、アドバイザーの指導のもとコスト面も十分配慮しながら検討を進めた。検討にあたっては、CG、フォトモンタージュ、パース、模型など多様な手段を用いて視覚的な検討を行うとともに、机上の検討だけに頼らず、実際に現地での試験施工を行って、テクスチャー処理や塗装の色合いを確認した。

#### 3.4.3 デザインで配慮した点

景観整備においては、構造物による圧迫感の軽減はもとより、形式の異なる上部構造(鋼鈹桁、鋼箱桁)と下部構造(RC 橋脚、鋼製橋脚)が混在することから、全体としての連続感や統一感の確保が課題となった。上部工では、景観性に優れた鋼箱桁への統一が検討されたが、コスト面を考慮して鋼鈹桁との併用を行うこととし、鋼鈹桁の側面にブラケットを採用することによって主桁の配置を揃えた。その結果、鋼重の削減のみならず、橋脚天端の構造寸法の短縮が可能となり、トータルコストの低減も図ることができた。また、下部工では、経済性、施工性から鋼製橋脚への統一が困難であることから、条件によって RC 橋脚を併用することとし、スリットによる縦線の強調、面の分割、表面処理の採用などによって視覚的な圧迫感の軽減を図った。

