

## 4 河川研究部

# 不定流解析に基づく流量配分・流下能力の 一体的評価手法に関する研究

Research on integrated evaluation method for discharge distribution  
and flood flow capacity using unsteady flow analysis

(研究期間 平成 24～26 年度)

河川研究部 河川研究室  
River Department  
River Division

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher

服部 敦  
Atsushi HATTORI  
中村 圭吾  
Keigo NAKAMURA  
竹中 裕基  
Yuki TAKENAKA

This paper aims to indicate and discuss the future directions about the study on river course design and management based on evaluation of flood flow capacity using unsteady flow analysis. Flood observation, flume experiment and numerical simulation were conducted in order to estimate the applicability of analysis and measurement methods concerning flood wave propagation.

### [研究目的及び経緯]

河道計画においては、洪水を安全に流下できる水位との比較によって流下能力を評価するにあたり、最大水位が得られる不等流計算を用いるのが一般的である。近年、こうした河道の「器」としての大きさに加え、「防御システム」としての防災・減災機能を明示的に取り上げて検討する河道計画への進展が模索されている。この場合、洪水時の最大水位のみでなく、時々刻々「波」として伝わり、水位・流量が変動する状況が本質的に重要となる。すなわち、防御システムに実際と同様に洪水波として負荷を与えて、堤防の浸透や浸食に対する安全性、ポンプによる内水排除など所定の機能について照査するとともに、万が一機能を越えた場合の溢水・破堤による氾濫の発生状況から減災効果を評価するために、不定流解析の重要性が従前に比べて高くなっている。

また近年、洪水時の水位変動を多点同時観測によって捉えることが現場で試行されており、不定流計算を実務ツールとして鍛錬するのに必要不可欠な現地観測データも得られる目処がついてきた。

本研究は河道計画へ不定流解析を導入することを目的とする。そのため、これまで時間変化を扱わないなかで種々の折り合いを付けて合理性を保った不等流解析の技術体系を部分的に見直すとともに（例えば、観測データに基づく粗度係数の設定方法）、さらに従前の流下能力評価との整合性について検討を行うものである。

### [研究内容]

#### 1. 多点同時観測による洪水波伝播特性に関する検討 (平成 24 年度)

5 河川で得られた水位多点観測データを用い、出水ごとの水位、水位伝播速度、流量低減率、平均流速の縦断分布を整理した。この結果を用いて、水位伝播速度と平均流速の比較など、実際の河川で生じた、不定流現象としての洪水流下特性を調べた。

#### 2. 簡易水位計の観測誤差と逆算粗度に及ぼす影響 (平成 25 年度)

不定流解析における粗度係数の検証に一般的に用いられるようになってきた簡易水位計について、水理実験を行い、その設置方法が水位の測定精度に与える影響を調べた。さらに、設置方法の違いによって生じる誤差が逆算した粗度係数に与える影響を試算した。

#### 3. 河道形状変化地点を含む区間での流量低減特性 (平成 26 年度)

河床勾配の急変、川幅の急拡・急縮といった河道形状の変化点を間に挟んだ河道区間における流量低減特性を把握するための不定流解析を行った。その結果を用いて流量低減の大きさを把握するとともに、流量低減に関わる項のオーダーを算定して特に影響の大きい項を特定するための基礎データとして活用した。

### [研究成果]

主な研究成果の概要を以下に示す。

# 1. 多点同時観測による洪水波伝播特性に関する検討

従来のピーク水位と流量の観測結果と不等流解析との組み合わせに比べて、洪水波伝播を水位の多点同時観測により捉えて不定流解析と組み合わせる手法には、粗度係数の逆算において図-1に示すような特長がある。この特長を活かして粗度の逆算精度を確保するためには、洪水波の伝播速度と水深低減の観測が重要である。

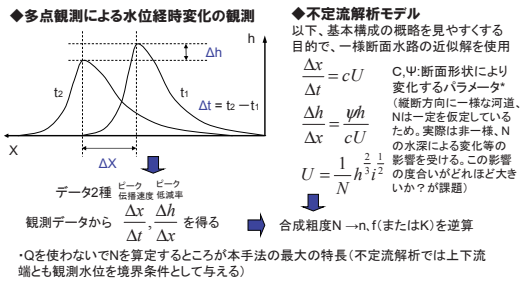


図-1 不定流解析を利用した粗度逆算の特長

簡易水位計を多点に設置した5河川で観測された水位経時変化データから、伝播速度を算定した結果を図-2に示す。上下流端を簡易水位計の設置位置とした各区間別に算定結果を見ると、伝播速度が負値をとるなど、必ずしも十分な結果が得られない場合があった。これは、図-3に示すある観測点におけるピーク周辺の水位経時変化のように、水位が変動しているなどの理由で明確なピーク時刻を設定するのが困難であること、それへの対応としてピーク水位周辺(ピークの9割水深以上の水深となる時間帯)の水位-時間関係曲線から図心を求めることで水位変動の影響を緩和することを試みたが、十分な改善に繋がらなかったためである。

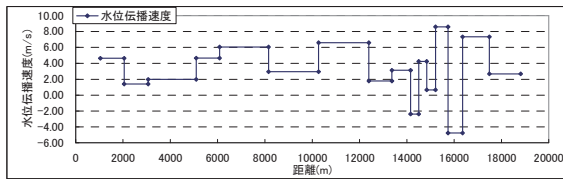


図-2 水位伝播速度の算定結果の一例

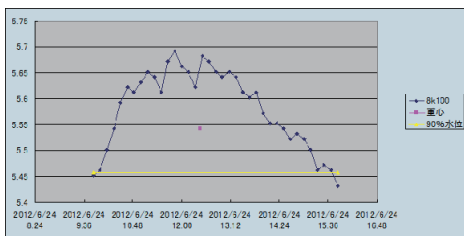


図-3 水位ピーク周辺の水位経時変化の一例

今回対象とした5河川の他にも観測データが得られているので、それらを加えて誤差の要因とデータ分析法について検討する予定である。

## 2. 簡易水位計の観測誤差と逆算粗度に及ぼす影響

水圧センサーとロガー・電源を一体化した簡易水位計は、鋼管やH鋼を河床に打ち込む、護岸などコンクリート表面に固定するなどして、管内や凹み部に取り付けられることが多い。流速が大きい場に設置するとパイプ等を迂回する局所流により鋼管等表面の水面(水圧)がせき上げまたは凹むため、その差分を含む水位を簡易水位計が記録することが考えられる。鋼管等を水路中央に立てたケース、側壁表面に固定したケースについて、水路実験により水位の差分  $\Delta h$  と速度水頭 ( $v^2/2g$ : ここで  $v$  は流速、 $g$  は重力加速度) について測定した一例を図-4に示す。パイプ背後で水面が写真-1に示すように凹み、この低下高とごく近い値を  $\Delta h$  がとることが分かった。また  $\Delta h$  は、実験の範囲では速度水頭に比例して大きくなること分かった。

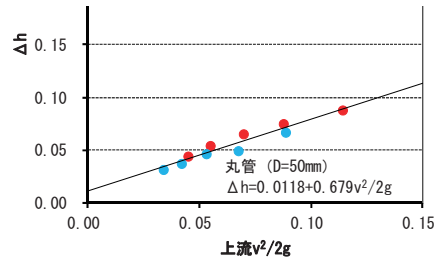


図-4 水位差分(低下)  $\Delta h$  と速度水頭の関係(鋼管)



写真-1 鋼管を模したアクリルパイプ周辺の水位状況

この関係を用いて概略の試算を行ったところ、フルード数が0.2程度となる勾配1/5000の区間において、低水路内の流速をまともに受ける箇所鋼管パイプで簡易水位計を設置すると、粗度係数を最大で1割程度小さく評価する場合があることを確認した。こうした差を小さくする水位計設置と補正の方法について、今後さらに検討する予定である。

## 3. 河道形状変化地点を含む区間での流量低減特性

河道形状変化の一例として、同一の矩形断面で勾配急変点(急→緩勾配)を含む場合の急変点下流での流量低減を、一様勾配(緩勾配)の場合と比較した結果、大きくなる結果を得た。これは勾配の減に伴う水深増に伴うものと考えられ、今後、その程度に大きく関わる項を特定するデータとして活用する。

### [成果の活用]

本研究で得られた成果および知見については、今後、さらなる検討を加え、不定流効果を踏まえた河道計画・管理の進展に活用する予定である。

# 河川汽水域における流動・物質動態評価手法の適用性に関する研究

Research on the applicability of the evaluation method of flow and material dynamics in riverine estuary.

(研究期間 平成 25~26 年度)

河川研究部 河川研究室  
River Department  
River Division

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher  
交流研究員  
Guest Research Engineer  
交流研究員  
Guest Research Engineer

服部 敦  
Atsushi HATTORI  
中村 圭吾  
Keigo NAKAMURA  
鈴木 宏幸  
Hiroyuki SUZUKI  
前田 義志  
Yoshiyuki MAEDA  
甲斐 崇  
Takashi KAI

In this study, we evaluated the habitat of fishes and benthoses that live in riverine estuary after having arranged the relationship with habitation of these creature and habitat index such as reed area ratio or the complexity of the water's edge, other than flow dynamics such as the mean of the water depth or intertidal zone width. In environmental conservation, restoration of fishes live in riverine estuary, it is thought that the value of the change point that habitation fitness suddenly declines with a reply curve of the reliable habitation models is available as one of the target value. When it considered environmental conservation, restoration of the riverine estuary, it was suggested that a group classification of the sea mingled with fresh water area was important because the environmental condition that benthos chooses varies according to physical environment affecting the flow and material dynamics in riverine estuary.

## 【研究目的及び経緯】

河川汽水域は、淡水と海水が混じり合い、潮汐等の影響により常に変動する特殊な環境であるため、海水性、淡水性生物に加え、汽水性生物の生息・生育する独特な環境となっている。また、河道掘削や干潟再生などの人為的地形改変や気候変動に伴う海面上昇の影響を大規模かつ複雑に受ける環境でもある。このような特殊な環境である汽水域において、様々な側面から影響を検討・把握する手法が必要とされている。しかし、河川汽水域におけるこのような手法の知見の蓄積は、一般的な河川区域と比較して不十分である。

本研究では、河川汽水域を対象として、河川事業に伴う河道掘削や自然再生に伴う干潟再生などの環境改変によって生じる生物への影響を定量的に評価するため、汽水域の魚類や底生動物を対象として平均水深や潮間帯幅等の流動環境の他、ヨシ原面積割合や水際の複雑さ等の生息場に関する指標との関係性を整理し、汽水域生物の生息環境の評価を行った。

## 【研究内容】

### 1. 汽水性魚類の生息適地モデル

汽水性魚類の生息適地モデルは、直轄河川 103 水系の汽水域地点を対象に、魚類の生物地理を考慮したモデルとするため、水系毎の魚類データを用いて TWINSpan 分析によりグループ分けを行った上でグループ毎に作成した。モデル作成の対象魚種および環境データは、データ数、生態知見や事前検討結果などを踏まえて絞り込みを行った。モデル作成手法は、一般化線形回帰モデル(以下 GLM)、ランダムフォレスト(Random Forest、以下 RF)、マックスエント(MaxEnt、以下 ME)の 3 手法とし、作成されたモデルにより魚類の生息と環境データとの関連性を解析すると共に、その種の生息環境の選好性の定量的に評価した。

### 2. 河川汽水域における底生生物の生息特性

河川水辺の国勢調査(底生動物)における汽水域の定量調査結果をもとに調査地点の標高、横断面形状と潮汐の関係を把握した上で、河川別の出現種を用いて全国の河川をグループ分類し、グループ毎に底生生物の在・不在と生息場の物理環境特性の関係について統計学的手法を用いて整理し、底生生物の生息場の環境特性を把握した。

## 〔研究成果〕

主な研究成果の概要を以下に示す。

### 1. 汽水性魚類の生息適地モデル

TWINSPAN 分析により、103 水系の河川汽水域は、九州及び瀬戸内海から伊勢湾や東京湾に位置する水系「内湾・汽水性強型」、西日本の日本海側及び中部から東北の水系「外洋・汽水性弱型」、本州最北端の馬淵川と北海道の水系「北海道型」の3つに区分された。

生息適地モデルは、「内湾・汽水性強型」と「外洋・汽水性弱型」の区分について、区分毎の対象魚種が14種、12種、環境データが水系別4項目、キロポスト別7項目を選定し、3手法を用いて52モデルが作成された。その結果、3手法で同じ傾向を示す結果が得られ、生態特性とも一致する信頼性の高い20モデルを作成できた。寄与率の高い環境データは、水系別では、エネルギー平均波高、塩分、ヨシ原面積割合、キロポスト別では、河口からの距離、水際の複雑さ、ヨシ原面積割合、平均水深、潮間帯幅であった。

モデルの妥当性を確認するために、モデルの応答曲線と対象種の生態情報との関連性を解析した。その結果、汽水性のハゼ類は、水際の複雑さが複雑なほど、また潮間帯幅が広いほど生息適性が高くなっていた。一般的に水際に複雑な場所は、河岸勾配が緩やかで、相対的に浅場や潮間帯も広いと考えられることから、本結果と整合している。他の魚種においても、このように説明変数と生態情報の関連性が高いことから、ここで作成された信頼性の高いモデルは妥当であると判断できる。

次に、魚種別の生息環境の選好性についてモデルの応答曲線から定量的に評価した。例えば、キロポスト別のモデル作成結果からトビハゼの生息適性は、3手法ともヨシ原面積割合とプラスの対応関係にあったことから、干潟やその後背のヨシ原を利用する生態特性と一致しており、信頼性も高いものと考えられる。図-1に示す3手法のヨシ原面積割合の応答曲線から判断すると、応答曲線が急激に変化する変化点の値は、0.1~0.2であった。これは、河道面積に対するヨシ原面積の割合が0.2以上になると、トビハゼの生息適性が高くなることを示している。このように、モデルの応答曲線から生息適性が急激に落ちる変化点の値は、環境保全・再生上の目標値の1つとして利用できると考えられる。

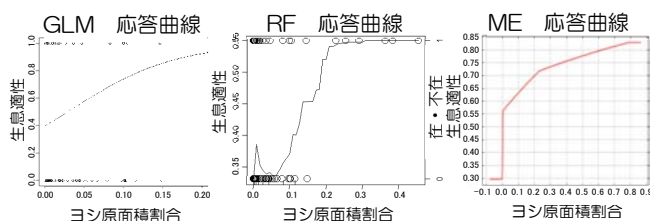


図-1 説明変数の応答曲線(トビハゼ)

### 2. 河川汽水域における底生生物の生息特性

底生生物の生息環境の視点から河川汽水域の環境を評価するために、河川汽水域に生息する主要な4分類群(巻貝類・二枚貝類・ゴカイ類・エビカニ類)を中心に、バランスを考慮して評価対象種24種を選定した。また、底生生物の選好する環境条件が河川によって異なる可能性があるため、河川別の出現種を用いて、TWINSPAN分析を行い全国の河川を6つのグループに分類し、分析した。

TWINSPAN 分析の結果から、河川汽水域の代表的なグループとして、低塩分の汽水環境の「G3」、潮汐差が中程度で都市河川の泥質干潟に形成される汽水環境の「G4」、潮汐差が中程度で砂泥質干潟に形成される汽水環境の「G5」について、対象24種の出現状況と物理環境との関連性を正準相関分析(CCA分析)により分析した。その結果、G3では、対象種はコメツキガニやソトオリガイ等の「干潟・浅場に依存する種」とカワザンショウガイやケフサイソガイ等の「ヨシ原等の水際に依存する種」に分かれ、前者が河岸勾配や干潟面積割合等、後者は自然水際率やヨシ原面積割合等の物理環境との関連性が示された。

G4やG5でも同様に底生生物の生息と物理環境との関連性が示され、これらのグループ毎に底生生物の生息に寄与する物理環境が異なることが明らかとなった。

このように、底生生物が選好する環境条件は汽水域の流動や物質動態に影響を与える物理環境により異なり、汽水域の環境保全・再生を検討する場合は、汽水域のグループ分類が重要となることが示唆された。

#### 〔成果の活用〕

本研究で得られた成果および知見については、河川汽水域における河川改修に伴う影響評価・環境保全措置、自然再生に必要な整備内容を具体的に検討する際に活用できる。

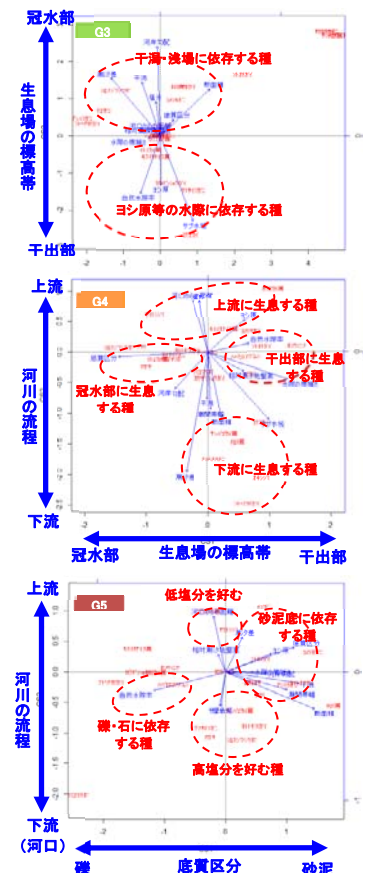


図-2 対象24種の在・不在データと物理環境の関係(グループ別)

# 河道管理の労力・効果の全国マクロ試算に基づいた合理化に関する調査

Research on the rational river channel management by nation-wide macroscopic calculation of effort and effect  
(研究期間 平成 24～26 年度)

河川研究部 河川研究室  
River Department  
River Division

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher

服部 敦  
Atsushi HATTORI  
中村 圭吾  
Keigo NAKAMURA  
竹中 裕基  
Yuki TAKENAKA

In this study, we calculated channel capacity and tree volume in the river from cross-sectional surveying to estimate management effort. As a result, we found the increase in channel capacity is slowdown in recent years. Moreover, we analyzed the river channel excavation and tree harvesting and clarified the effort and effect of each river management. Next, we studied the causes of river revetment damages, and found the characteristics of the damage-prone river channel. Using these results, a flowchart for estimating the damage risk was created and used to identify the high risk area in the river corridor.

## [研究目的及び経緯]

現在、戦略的な河道計画や河道の維持管理の合理化が喫緊の課題となっている。合理的な河道管理のためには、河道容量や河道形状に関する指標の経年変化を整理し、維持管理に係わる労力を試算するとともに、被災が発生している河道断面について把握する必要がある。そこで、本研究では、国土交通省が管轄する直轄河川 109 水系において、河道の合理的な維持管理のために、河道容量や樹木容積の経年変化などのデータを示すことによって、河道の機能を維持しつつ河川整備目標に向けた整備のための指針を示すとともに、被災のメカニズムを整理することによって、河道における危険箇所の抽出及び経年変化について把握し、現場点検等における要注意箇所を示すものである。

## [研究内容]

### 1. 河道容量及び河道内樹木容積の経年変化の把握(平成 24 年度)

定期横断測量を用いて、H. W. L 以下の河道容量を算出し、各河川の河道容量の経年変化についてセグメントごとに、整理を行った。また、水辺の国勢調査における植生データを用いて、河道内の樹木繁茂面積を算出し、それに樹高をかけることによって、河道内樹木容積について算出し、経年変化について整理を行った。その後、これらを合計することによって、全国直轄区間、地方整備局ごとの河道容量及び河道内樹木容積の経年変化について整理を行った。

### 2. 河道形状の経年変化及び被災との対応関係の整理

## (平成 25 年度)

定期横断測量より、断面ごとに低水路平均河床高、最深河床高、最深河床の河岸からの距離、高水敷幅を読み取り、測量時期ごとに河道横断特性表として整理を行った。また、読み取った数値を組み合わせて河道形状に関する指標を作成し、河道形状の時間的な変化を読み取った。次に直轄河川 109 水系における災害復旧事業に関する申請書類をもとに、発生要因などを整理し、被災箇所によく共通して現れる指標と河道形状の指標の関連性について整理を行った。次に、堤防基礎地盤の地質縦断図及び堤防詳細点検で実施したボーリングデータを用いて、堤体土下の地層 3 層分について、地層境界の表及び土質区分を読み取り、河川ごと・距離標ごとの一覧表として整理した。

### 3. 河道の長期変化の整理と被災危険度推定手法の開発(平成 26 年度)

河道の長期変化について労力等の変化を把握するために、河道内における樹木伐採量及び、河道内掘削量の経年変化について整理した。また、河道容量から、河道内樹木容積を減ずることによって、実際に水を流すことの出来る容量を有効容量として整理し、算出した指標を河川延長で割ることによって河積としての整理を行った。次に、河川整備計画における河道横断断面から、将来の河道容量を算出し、河川整備計画の断面を達成するための労力を算出するとともに、河道を維持するための労力について推定を行った。また、災害と河道形状の関係から、被災危険度を推定するフローを作成し、河道の危険度を評価した。

**[研究成果]**

主な研究成果の概要を以下に示す。

**1. 河道の長期変化と労力の整理**

国土交通省が管轄する直轄河川 109 水系において、河道容量、河道内樹木容積、樹木伐採量、砂利採取量について整理を行った。図-1 は全国の河道容量等の経年変化を整理したものである。河道容量は砂利採取の多かった時期では、増加が見て取れるが、砂利採取が規制によって減少してくると、河道容量の増加が鈍化している。また、河道において、実際に水を流すことのできる容量を、河道容量－河道内樹木容積＝有効容量として整理した。その結果、河道内樹木容積が増加傾向にあることから、近年の有効容量は河道容量よりも増加割合が小さくなっていることが確認できた。

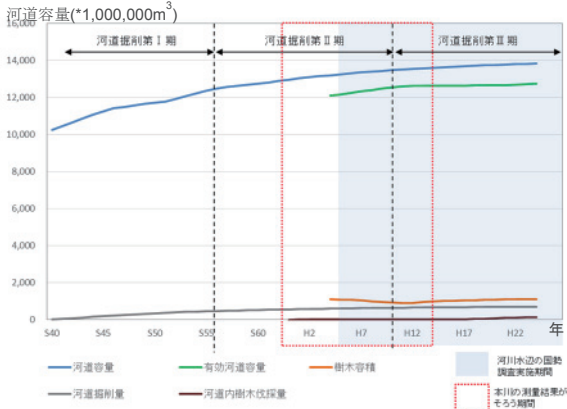


図-1 河道容量等の経年変化図（全国）

**2. 河道の維持管理労力の算定**

砂利採取量を基準として年代を3つに区分し、河道を維持するための労力を算出した。図-2 は全国セグメント別の河積と河道掘削労力の関係図であり、河積の増加にしたがって、その河積を維持するための河道掘削労力が増大していることを把握した。

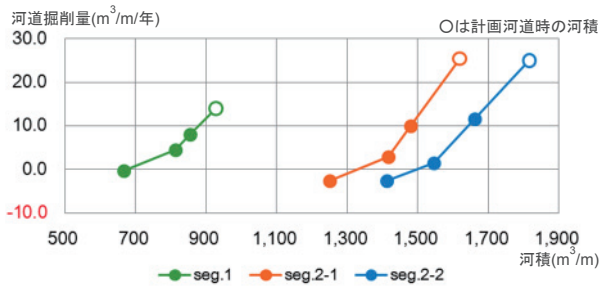


図-2 河積と河道掘削労力の関係

**3. 河道形状及び被災に関連する指標の整理**

河道形状に関する指標として、無次元洗掘深（洗掘深/平均水深）、高水敷幅比（高水敷幅/必要高水敷幅）、湾曲度（曲率半径/川幅）など7つを設定し、各断面に

おいて、河川別、年代別に算出を行い、危険度のランク分けを行った。また、河床材料についても地層区分などから整理を行い、同様のランク分けを行った。

被災に関する指標を整理し比高（最深河床高－護岸基礎天端高）や、川幅の急変箇所が被災の発生において重要な指標となることを明らかとした。また、セグメント別に被災が発生する上で重要となる指標を整理した。

**4. 被災危険度推定フロー作成と経年変化**

被災に関連する指標の整理をもとに、図-3 のように被災危険度推定フローをセグメント別に作成し、図-4 の様式にそって整理を行った。また、河道の危険度評価は、各河川、年代別にも評価しており、河道の危険箇所の経年変化を把握した。

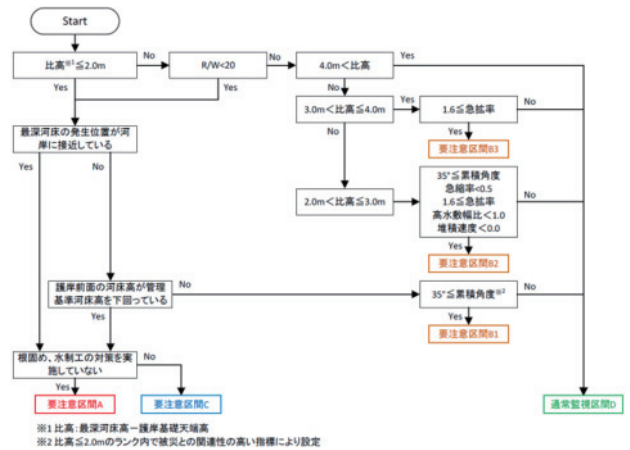


図-3 被災危険度推定フロー（seg. 1）

| 距離標 | 西岸   | 距離標 | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 |
|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| H23 | 2011 | 右岸  | B1  | B2  | B4  | D   | D   | B2  | B2  | B2  | B2  | D   |
|     |      | 左岸  | B1  | B2  | B4  | D   | D   | B1  | B1  | B1  | B1  | D   |

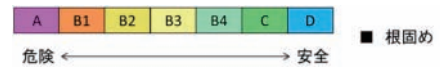


図-4 被災危険度推定フローによる河道の危険度評価

**[成果の活用]**

河道の長期変化と労力については、河川ごとに樹木伐採や砂利採取がどのように変化してきたかを整理することによって今後の労力の概算を行った。これを活用することにより、河道管理に関するデータを俯瞰することができ、今後の労力を意識した河道管理計画に示唆を与えることができると考えている。

被災に関する指標を整理し、そこから作成した被災危険度推定フローを活用することにより、巡視における重点箇所を職員が把握しやすくなり、合理的な河道の維持管理ができるようになると思われる。

# 巡視・点検・維持補修がもたらす治水効果の評価手法に関する調査

The assessment for the effects of patrol, inspection or repair of a river levee

(研究期間 平成 24~26 年度)

河川研究部 河川研究室  
River Department  
River Division

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher  
交流研究員  
Guest Research Engineer

服部 敦  
Atsushi HATTORI  
森 啓年  
Hirotoshi MORI  
福原 直樹  
Naoki FUKUHARA  
下川 大介  
Daisuke SHIMOKAWA

Inspection or patrol plays an important role in the condition monitoring of river levees in Japan. The analysis of data obtained in the inspection or the patrol was attempted for the rationalization. The results depicted the relation between the faults, the failure and the characteristic of river levees. The prioritizing of the section for patrol and inspection is proposed by the relation of the failure and the characteristic of river levees.

## 〔研究目的及び経緯〕

河川堤防は長い歴史の中で構築された長大で不均質な土構造物であり、その内部の把握はボーリング調査等による特定の横断面に限定される。そのため河川堤防の維持管理は、目視による点検、巡視により変状を小規模な時期から把握し、補修することによって機能を維持し、出水時の治水安全性を確保してきた。しかし、今後の経済的及び人間的な制限を考慮すると、現状の点検や巡視を合理化することが求められている。その様な中、点検や巡視で発見される変状と出水時の被災の関連性など、蓄積されてきたデータを用いた検討はほとんど行われていないのが現状である。

本研究は、より効率的な河川堤防の維持管理の実現を目的として、8河川（変状に関する検討：8河川、被災に関する検討：5河川）を対象に、点検・巡視結果、被災履歴、堤防特性（堤防高、敷幅、法面勾配、セグメント、微地形、平均動水勾配等）のデータを収集し、河川堤防の変状及び出水後に発見される被災、堤防特性の関係を分析した。

## 〔研究内容〕

### 1. 変状の分布状況の実態

点検・巡視により発見される変状の分布状況の把握することを目的とし、8河川の過去5年間の点検・巡視結果を用いて、変状の実態（変状の種類、発生頻度、変状規模）の整理を行った。

### 2. 変状及び被災と堤防特性の関係

変状の発生しやすい堤防特性の把握を目的として、

多変量解析の一つであるロジスティック解析を用いて、点検・巡視で発見された変状と、堤防概略点検から得られた堤防特性の関係性について定量的な評価を実施した。また同様に、被災の発生しやすい堤防特性の把握を目的として、被災と堤防特性の関係性についても定量的評価を行った。

### 3. 変状発生箇所と被災発生箇所の比較

変状発生の傾向から被災発生の予測を行うことを目的として、平面図上に被災発生箇所と変状発生件数を整理し、被災と変状の関係性について検討を行った。

## 〔研究成果〕

### 1. 変状の分布状況の実態

まず、図-1に点検・巡視により発見された変状の種類について整理した。浸透に関する変状（亀裂、陥没、抜け上がり、漏水）に着目すると、全体の4分の1を占めていることがわかる。その他に発見された変状は、植生の異常、表土の異常、モグラ等小動物の穴、樹木の侵入、踏み荒らし・轍等である。

次に、各河川での変状発生頻度について整理した。表-1に変状発見数を堤防延長で除したものをまとめた。1km当りに発見される全変状数は平均で約3.4個であり、そのうち、浸透に関する変状は1.0個しか発見されておらず、堤防延長に対して比較的低い頻度でしか変状が発生していないことがわかる。

また、変状規模が堤防の機能維持へ与える影響についての検討を行った。ここでは、浸透に関する変状の中で亀裂に着目し、亀裂深さが堤防の機能維持に与え

る影響を、堤防の安全性評価に用いられる円弧すべり解析を実施し定量的に評価を行った。解析モデルは堤防高6.3m、法面勾配を1:2の単断面とし、堤体土は砂質土 ( $c=1.0\text{kPa}$ ,  $\phi=30.0$ 度)、中間土 ( $c=10.0\text{kPa}$ ,  $\phi=35.0$ 度)、粘性土 ( $c=15.0\text{kPa}$ ,  $\phi=0.0$ 度) の3種類を想定した。浸潤線は浸透流解析により求めた結果を用いた。図-2に亀裂深さとすべりに対する安全率の関係を示す。図に示す通り、亀裂深さが増加するに従いすべりに対する安全率が低下する。しかし、点検・巡視で見発される亀裂の規模は0.1m未満のものが大半を占めており、堤防の機能維持に影響を与える前に、補修を実施することにより治水機能を維持していることが示唆された。

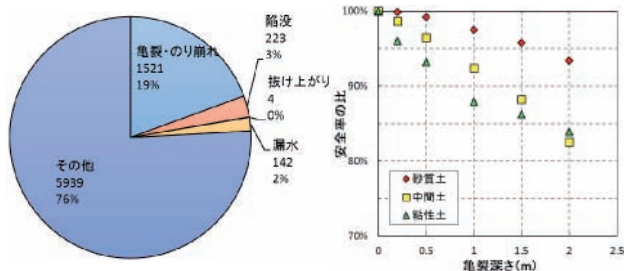


図-1 変状の種類

図-2 亀裂の深さとすべり安全率の比

表-1 河川堤防の延長1kmあたりの変状数

| 河川 | 点検対象 (km) | 変状数  |        | 発生頻度 (年平均) |        |
|----|-----------|------|--------|------------|--------|
|    |           | 全変状  | 浸透4種変状 | 全変状        | 浸透4種変状 |
| A川 | 41.1      | 623  | 207    | 3.1        | 1.0    |
| B川 | 59.8      | 638  | 127    | 2.1        | 0.4    |
| C川 | 265.1     | 1682 | 432    | 3.2        | 0.8    |
| D川 | 130.3     | 1249 | 99     | 2.3        | 0.2    |
| E川 | 24.8      | 209  | 86     | 3.5        | 1.4    |
| F川 | 99.8      | 1270 | 248    | 3.2        | 0.6    |
| G川 | 75.2      | 451  | 50     | 1.2        | 0.1    |
| H川 | 95.9      | 1707 | 641    | 8.3        | 3.1    |
| 平均 |           |      |        | 3.4        | 1.0    |

## 2. 変状及び被災と堤防特性の関係

変状発生と堤防特性の関係について、堤防概略点検にて得られる堤防特性を説明変数に用いてロジスティック回帰分析を行った。分析は8河川を対象に実施した。図-3は浸透に関する変状発生の予測値と平均動水勾配の関係を示したものである。平均動水勾配以外の堤防特性についても解析を行ったが、特に関係性はみられず、堤防特性をもとに変状発生の蓋然性が高い区間を絞り込むことは困難である。

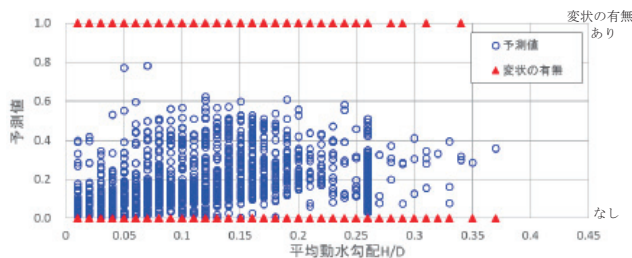


図-3 変状発生予測値と平均動水勾配 H/D の関係

また、被災発生と堤防特性の関係についても同様にロジスティック回帰分析を行った。分析は5河川を対象に実施した。図-4はパイピングによる被災発生の予測値と平均動水勾配の関係を示したものである。図に示す通り、平均動水勾配が大きくなるにつれて、被災発生の予測値も大きくなる傾向が確認された。被災箇所と類似した堤防特性を持つ区間については、被災発生の可能性が比較的高いことが示唆された。

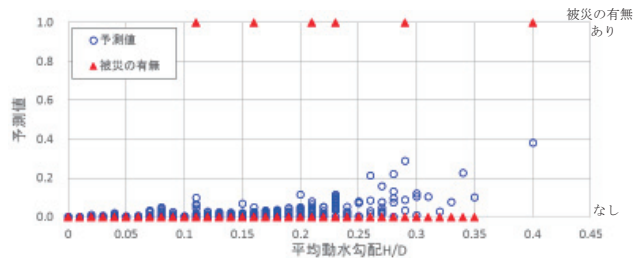


図-4 被災発生予測値と平均動水勾配 H/D の関係

## 3. 被災発生箇所と変状発生箇所の比較

図-5は平面図上に被災履歴と変状発生箇所を整理したものである。変状が高頻度に発生する箇所と被災箇所は必ずしも一致しておらず、変状発生の分布傾向から出水時の被災発生を予測することは困難である。



図-5 被災発生箇所と変状発生箇所の比較

### [成果の活用]

パイピングによる被災と平均動水勾配の関係は出水時の重点監視区間の設定に活用されている。現在の点検・巡視にて発見される変状は堤防延長を考えると少なく、変状規模も比較的小さいものが多いため、堤防機能は相当程度の管理水準を確保していると言える。また、今後の経済的、人員的影響を考慮すると効率的な維持管理が必要となってくる。その際、被災箇所と堤防特性が類似する区間については、出水時に変状が弱点箇所となり、被災の引金となる恐れがあるため、重点的な点検・巡視により変状を把握し、補修することが点検・巡視の合理化に繋がると考えられる。また、点検・巡視を継続的に行い、蓄積したデータに基づく経験的知見の検証と改善を行うことが重要である。



# 河川管理施設マネジメント手法に関する調査

## Management Method for Flood Control Facilities

(研究期間 平成 25～26 年度)

河川研究部 河川研究室  
River Department  
River Division

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher  
交流研究員  
Guest Research Engineer

服部 敦  
Atsushi HATTORI  
森 啓年  
Hirotoishi MORI  
福原 直樹  
Naoki FUKUHARA  
下川 大介  
Daisuke SHIMOKAWA

The management method for flood control facilities in a foreign country, such as The UK, The USA, Australia, Germany, France and Netherlands were investigated. It was confirmed that patrol and inspection method for flood control facilities was mainly carried out by visual observation. Those results were accumulated by the database in each country. In a part of country, the data visualization was carried out for building the management strategy was made using those data.

### [研究目的及び経緯]

平成 25 年に河川法が改正され、河川管理施設の維持管理が義務付けられた。従来から国直轄の河川においては、河川管理施設の点検及び巡視を実施し、変状が発見された場合は必要に応じて補修を行うことで維持管理に努めてきたところである。しかしながら、国管理の河川における河川管理施設（堰、水門、樋門・樋管等）10,216 箇所のうち、設置後 40 年以上を経過する施設は 3,765 箇所に達する（平成 23 年 3 月時点）等、多くの施設の老朽化が進行している状況にある。これらの状況を鑑みると、これまでの維持管理のあり方を見直し、より効率的・効果的な維持管理体制に移行していく必要がある。

本研究は、諸外国の河川堤防管理手法を調査するとともに、諸外国の管理手法の我が国の河川管理への適用可能性を検討したものである。

### [研究内容]

#### 1. 各国の河川堤防管理手法の調査

各国の河川堤防管理の手法やその技術基準等について調査を行った。調査対象国は、米国、英国、豪州、独国、仏国、蘭国とし、文献調査や関係者へのメールでの問い合わせ等の調査方法を用いた。合わせて、米国及び英国については現地での関係者へのヒアリング等も実施した。

#### 2. 各国のデータ蓄積方法及び活用方法の調査

1.で示した 6 ヶ国における点検データの蓄積方法について調査を行った。また、蓄積したデータを活用した事例等についても調査を行った。調査の方法は、1.と同様の調査方法にて実施した。

#### 3. 我が国の河川堤防管理手法との比較

1.及び 2.での調査結果を基に、我が国の河川堤防管理手法との比較を行った。合わせて、他国との比較から、我が国の維持管理手法を検討する上での重要な観点を抽出を行った。

### [研究成果]

主な研究成果の概要を以下に示す。

#### 1. 各国の河川堤防管理の手法

河川堤防管理はいずれの国においても、点検を実施し、その結果を基に損傷度・健全度の判定を行い補修・対策の優先順位付けを行う管理手順であることが確認された。点検の実施方法については目視点検を主体となっており、地盤工学的な観点からの調査も合わせて行われている。ただし、各国によって損傷度・健全度判定の基準は異なる。例えば米国は閾値による 3 段階評価方式を用いており、沈下やクラック、植生等の項目（計 22 項目）毎に評価を行い、最も低い評価を当該



図-1 英国の写真による健全度評価方法の一例

堤防の総合評価とすることで健全度を判定している。また、それらを補助金の率と関連付けることで、適切な施設管理を誘導している。英国や独国については、写真判定による評価方式を用いている(図-1)。予め、各評価段階のサンプル写真を示し、当該箇所が写真のどの段階に該当するか、によって健全度を判断する方法である。

## 2. 各国のデータ蓄積方法及び活用方法

一部整備途中の国が見受けられたものの、各国にて点検データを蓄積するためのデータベースを整備している。蘭国におけるデータの蓄積は、タブレット式端末等を用いて実施されており、点検の結果(構造物の場所・機能・評価等)が所定のフォーマットへ自動でデータ化された上でデータベースへ格納される仕組みを構築している。米国で整備している National Levee Database (NLD) には点検結果のみならず、評価結果や氾濫原の管理情報、リスク評価に関する情報等も格納されている。また、GIS 上にデータを表示させ、点検結果の「見える化」を行うシステムとなっている。

蓄積したデータの活用は各国にて異なっている。米国においては、堤防の洪水に対するリスク評価を行っている。「堤防の被災確率」と「被災時の死亡者数」を区間毎に算出しそれらを組み合わせることでリスクを評価し、リスクの高い箇所から対策を実施する仕組みを構築している。英国においては、点検データから堤防の劣化曲線を算出し、そこから費用対効果の高い維持管理方法を選択する手法を構築している。

## 3. 日本の管理手法との比較

日本においても、河川維持管理のためのデータベースを整備しており、データを蓄積する仕組みは変わらないが、データ活用方法に大きな差異が見受けられる。日本での点検データの活用は、米国、英国とは異なり、現場での補修判断に留まっているのが現状である。これらの点検データが現場のみに活用される材料ではなく、組織の維持管理戦略の根本を形成する材料となる仕組みづくりを構築し、施策と現場を繋ぐ必要がある。その示唆として、米国の NLD に見られる「点検データの見える化」が挙げられる。現場で取得された点検デ

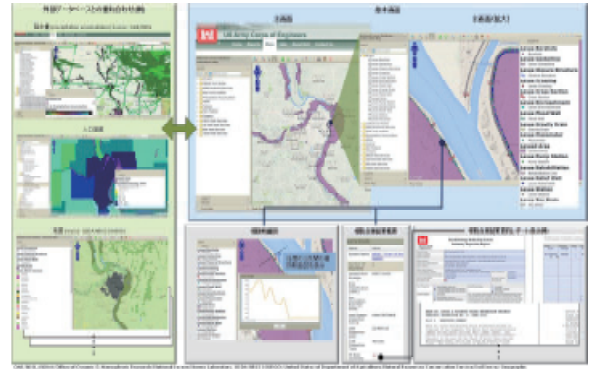


図-2 National Levee Database の画面例

ータは、閲覧可能なデータのレベルに違いはあるものの、政策決定機関や一般国民まで広く共有されている。政策決定機関等の上層部が意思決定をし、その決定を基に現場が動く仕組みは「Line of sight」と呼ばれ、アセットマネジメントの国際規格 (ISO55000 シリーズ) にも合致する概念である。NLD の仕組みは上記の概念を体現するための一手段といえる。ワシントン地下鉄やロンドン地下鉄等、河川以外の分野においてもその仕組みが構築されており(図-3)、円滑な維持管理戦略を進める上で重要な観点であると考えられる。

### 【成果の活用】

本研究で得られた成果および知見については、効率的・効果的な維持管理体制の構築を検討する際に活用されている。具体的には、国土交通省本省が進めている「河川管理施設の点検結果評価基準・要領(案)」において、米国の評価方式や英国の写真による判断方法を組み合わせた日本独自の健全度評価方法を構築する等に活用されている。

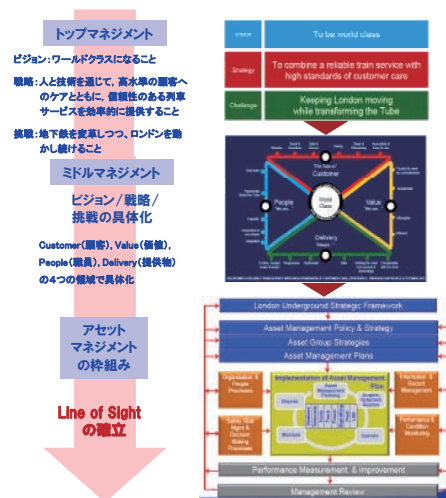


図-3 ロンドン地下鉄の Line of sight

## 粒子法による河川堤防のパイピング現象の解析

Numerical analysis of river levee failure with piping by the SPH method

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 26～28 年度)

室 長 服部 敦  
主任研究官 森 啓年  
研 究 官 福原 直樹  
交流研究員 倉田 大輔  
交流研究員 下川 大介

### [研究目的及び経緯]

平成 24 年 7 月に発生した矢部川の堤防決壊は、基礎地盤のパイピングにより発生したものと考えられる。パイピングは堤内地のガマのように出水時にしばしば発生するものであるにも関わらず、堤防決壊という大規模な被災に至る詳細なメカニズムや発生条件はいまだ不明な点が多い。

本研究は、堤防のパイピングによる進行性破壊時における挙動を、シミュレーション可能な解析プログラムの開発を行うものである。具体的には、粒子法の一つである SPH 法を利用し、従来の解析手法では困難な堤防の進行性破壊による大規模な被災を、土-水連成理論を考慮した上で再現することを目標とする。

平成 26 年度は、平成 25 年 7 月に発生した子吉川の堤防被災の再現解析を粒子法により実施し、現場の開削調査結果と比較することで進行過程を推定するとともに、SPH 法を河川堤防に適用する際の課題を整理した。その結果、堤内地盤の強度低下を仮定することで、同時にすべりと噴砂が発生する進行過程が計算され、開削調査で観察された地盤構造の特徴を再現することができた。一方、地盤の強度や大変形時のモデル化等については、現状では適切なモデルがなく、今後の課題であることが示された。

## 災害調査を活用した技術基準の改訂検討

Revision of technological standard based on lessons learned from disaster investigations

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 20 年度～)

室 長 服部 敦  
主任研究官 中村 圭吾  
研 究 官 小林 勝也

### [研究目的及び経緯]

河川管理施設の被災メカニズムを解明して得られる技術的知見は、各種基準類の改訂を検討する上でベースとなり、これらの情報を蓄積・共有化することは重要である。本検討は、災害が発生した際に、国土技術政策総合研究所の専門調査団が現地災害調査を行い、被災の原因やメカニズムを推定した結果を後日実験等により検証を行い、その検証結果や新たに収集した知見を活用し、最新の技術基準として、各種基準類の改訂の検討を行うものである。

平成 26 年度は、気中において、コンクリート平板供試体の摩耗量が衝突する際の礫の運動エネルギーを確認したうえで、急流河川に設置される落差工を想定し、礫が水叩きに衝突し摩耗するメカニズムと、この時の摩耗量を推定する手法を提案するため、所内の実験水路に落差工のモデルを設置して、水路上流から礫を投入した水路実験を行い、水叩きコンクリートの摩耗量の計測を行った。この計測結果を用いて、衝突時の礫の速度や衝突角度を考慮した水叩きコンクリートの摩耗量推定式を検討した。

## 河川堤防の津波対策に関する研究

Research on countermeasures against tsunami run-up in river

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 24 年度～27 年度)  
室 長 服部 敦  
主任研究官 森 啓年  
研 究 官 鈴木 宏幸  
研 究 員 中村 賢人

### 〔研究目的及び経緯〕

東北地方太平洋沖地震津波による沿川での津波被害を受けて、河川津波対策が洪水・高潮と並んで計画的に防御対策を検討する対象と位置づけられた。本研究は、河川津波対策として堤防高や堤防構造等を個々の河川条件に応じて決定するための検討手法を整理し、技術基準としてとりまとめることを目的としている。

平成 26 年度実験は、北上川を対象とした縮尺 1/330 の大型水理実験模型を使用し、津波遡上時の河道内の水位・流速等が、津波の波高や周期、河道形状、河川流などの変化によって、どのような影響を受けるかを調べた。その結果、河道内の流量が津波遡上現象へ顕著に影響を与えることを把握した。また、直交座標 10m メッシュ、直交座標 2m メッシュ、一般曲線座標の 3 種類の計算格子を用いて実験の再現解析を実施し、津波遡上計算結果の差異を把握した。

## 河川管理のための環境資産（アセット）の評価・目標に関する研究

Research on environmental target for river management

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 25～27 年度)  
室 長 服部 敦  
主任研究官 中村 圭吾  
研 究 官 鈴木 宏幸  
交流研究員 前田 義志  
交流研究員 甲斐 崇

### 〔研究目的及び経緯〕

本研究は、河川における実践的な環境管理に資する合理的・定量的な手法を開発することを目的としている。水系単位で河道物理環境と生物指標を整理し、環境管理に必要な情報把握・評価手法や統計モデル等を開発するとともに、代表河川において検証・分析することによって、実効性の高い河川の環境管理手法を検討するものである。

本年度は、雄物川、多摩川、遠賀川の 3 河川を対象に、水系において相対的に良好な河川環境が存在する場（以下、「良好な場」と呼ぶ）を分析・評価するツールを開発した。ツールは河川環境の定量的な調査成果データを見える化するシート群である。シートは 3 種類を一連とし、(1) 縦断方向に環境管理の基本単位を区分する「区分シート」、(2) 各基本単位の目標である「良好な場」を選定する「選定シート」、(3) 「良好な場」を手本として評価し持続的に記録する「管理シート」により構成されている。シートには昨年度に研究した生息適地モデルも評価基準として取り込んでいる。また、本シートにより縦断的な環境分布状況が認識できるため、状態監視による予防保全にもつながると考えている。

## 災害復旧等における多自然川づくりに関する調査

Research on river restoration for post-disaster river works

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 25～27 年度)

|       |       |
|-------|-------|
| 室 長   | 服部 敦  |
| 主任研究官 | 中村 圭吾 |
| 研究官   | 鈴木 宏幸 |
| 交流研究員 | 前田 義志 |
| 交流研究員 | 甲斐 崇  |

### 【研究目的及び経緯】

本研究は、良好な河川環境保全のため、治水の面から早急な対応が求められる被災箇所への復旧においても自然環境に配慮できるよう、激特事業や災害助成事業等における多自然川づくりのあり方について技術的検討を行っている。

本年度は、中小河川における今後の災害復旧時や河道計画策定時等に有用な情報を提供するため、河川で護岸が設置された箇所（調査区）とその近傍の自然河岸（対照区）について、植生や周辺の物理環境、河岸の景観等の調査を実施、分析した。この結果、調査区の植生は対照区と比較して明確な変化が見られ、工事による護岸周辺の開空率・日射量・水分量等の物理環境の変化がその要因となっていることを把握し、調査区の上部において、既存の植生、樹林を可能な限り保全することが、その地域本来の植生の回復、周辺環境との調和に重要であることがわかった。

## 河川技術に関する研究開発

Research and development on river improvement technology

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 21 年度～)

海岸研究室  
水循環研究室  
水害研究室

|       |       |
|-------|-------|
| 室 長   | 服部 敦  |
| 主任研究官 | 佐渡 周子 |
| 室 長   | 諏訪 義雄 |
| 室 長   | 川崎 将生 |
| 室 長   | 伊藤 弘之 |

### 【研究目的及び経緯】

河川行政における技術政策課題を解決するため、産学のもつ先端的な技術を積極的に活用し、産学官連携による技術研究開発を促進することを目的として、「河川砂防技術研究開発制度」（平成 21 年より本省水管理・国土保全局に設置）を実施している。国土技術政策総合研究所では、本制度の方針の検討及び応募課題審査にあたっての技術的意見付与、および採択された研究課題の委託を行っている。

平成 26 年度は、「河川堤防の安全対策に関する技術研究開発」、「都市等流域の浸水状況の予測等に関する技術研究開発」、「堤防及び河川構造物（コンクリートまたは鋼構造物）の点検・診断の高度化技術研究開発」、「洪水予測技術の研究開発」、「海岸保全施設の被災メカニズムの解明に資する技術研究開発」、「津波河川遡上及び浸水解析手法に関する技術研究開発」、「サンゴ等を活用した海岸保全手法に関する技術研究開発」について、委託研究を行った。

## 河道に関する基盤情報の拡充

### Improvement of River Base Computerization System

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 25～26 年度)  
室 長 服部 敦  
主任研究官 佐渡 周子

#### [研究目的及び経緯]

国土交通省では、国土の保全や地域社会の安全性を持続的に確保していくための河川や河川管理施設等の一層の効率的・計画的な管理等を推進している。本研究は、河道に関する基盤的なデータを整理・蓄積し、河川整備や河川管理等の検討に利活用することを目的としている。

本年度は、昨年度構築した、各種河道データが登録でき、登録データから縦断図、横断図等の作図、出力等が可能なデータベースシステム「河川基盤情報化システム」について、土砂収支関連機能の追加や、管理機能、利用機能の改良等を行い、実務で利用できるよう各地方整備局等に導入した。

## 総合的な土砂管理による河道への影響評価に関する検討

### Research on the impact evaluation on river bed sediment and structure by integrated sediment management.

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 26～28 年度)  
室 長 服部 敦  
主任研究官 中村 圭吾  
研 究 員 中村 賢人  
交流研究員 舩屋 繁和

#### [研究目的及び経緯]

本研究は、河道の整備・管理を効率的に進めるために、総合的な土砂管理による河道への影響を把握することを目的として、基礎的検討を実施している。

本年度は、本研究では、全国一級水系を対象として、砂利採取が概ね規制された後の近年 10～15 年程度の土砂収支を粒径集団別に整理し、河道からの直接土砂搬出（砂利採取+河川工事による土砂の搬出入）が河道の変化に与えた影響を評価した。その結果、直接土砂搬出が河道容積の増加に大きく寄与していることが示されほか、直接土砂搬出を行わなかった場合、河道容積が年間 0.3%以上減少する可能性がある水系、年間 0.5%以上増加する可能性がある水系が散見された。

## 河川環境データセンターサービス提供

### Development of River Environment Database System

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 22 年度～)  
室 長 服部 敦  
主任研究官 中村 圭吾  
研 究 官 鈴木 宏幸  
交流研究員 前田 義志  
交流研究員 甲斐 崇

#### [研究目的及び経緯]

国土技術政策総合研究所は、国土交通行政に関する諸情報の管理・活用の拠点としての役割が期待されるようになってきている。当研究は、河川水辺の国勢調査等の河川環境に関するデータを整理・蓄積し、河川環境に関する研究や河川管理の実務に利活用することを目的としている。

本年度は、河川環境に関する情報を一括して管理、表示する河川環境管理データベースを、別途構築中の河川基盤情報化システムで整備している河川のセグメント区分や距離標のデータを読み込み、表示できるよう改良し、河川に関する情報の統一化と相互連携を深めた。

## 河川技術共同研究（河川生態分野）

Research and development on advance river improvement and management methods (River Ecology)

(研究期間 平成 21 年度～)

河川研究部 河川研究室

|       |       |
|-------|-------|
| 室 長   | 服部 敦  |
| 主任研究官 | 中村 圭吾 |
| 研 究 官 | 鈴木 宏幸 |
| 交流研究員 | 前田 義志 |
| 交流研究員 | 甲斐 崇  |

### **【研究目的及び経緯】**

河川が本来有する自然環境を活かした河川管理に必要な知見である河川を持つ物理的・科学的特徴と生態環境との関連性について、種々の研究が進められてきた。このような中で、河川工学と生態学の研究者が協働して、河川生態に焦点を当てた河川生態学術研究が行われ、多くの研究成果が得られている。また、全国の地方整備局等で行われてきた多自然川づくりや自然再生事業から河川生態に係る多くの研究・検討、調査成果が得られつつある。

本年度は、昨年度試作した河川環境管理データベースに、水辺の国勢調査結果の、過去（1 巡目～3 巡目）の調査結果を整理、格納した。この結果を活用することで、データベースの Web システム上で河川環境の経年変化を図化、表示させることができるようにした。またこれらの調査結果に物理環境情報（瀬・淵の面積、セグメント区分等）を組み合わせ、直轄河川における生物数の経年変化や在・不在に関する図表を作成、ダウンロードできる機能を追加した。

## 河川環境等を考慮した河道計画のあり方に関する検討業務

Research on the river planning for river ecosystem

(研究期間 平成 25～27 年度)

河川研究部 河川研究室

|       |       |
|-------|-------|
| 室 長   | 服部 敦  |
| 主任研究官 | 中村 圭吾 |
| 研 究 官 | 鈴木 宏幸 |
| 交流研究員 | 前田 義志 |
| 交流研究員 | 甲斐 崇  |

### **【研究目的及び経緯】**

河道計画においては、治水安全度の確保や維持・管理のしやすさなど河川工学的視点だけではなく、河川環境の整備と保全など生態学的視点も重要視され、これらを両立させることが重要である。しかしながら、河川環境を保全するにあたり具体的に生物の生息・生育場の量や質を数値として定量的に把握し、評価する技術が十分な水準にないのが現状である。本研究では、河川環境を考慮した河道計画に資することを旨とし、河川環境の状態を定量的に把握・評価する手法の開発を目的としている。

本年度は、流域の環境管理と一体となった河道計画に資する知見を得るために、河川水辺の国勢調査(鳥類)データと緑の国勢調査(現存植生図)データを活用し、流域を含めた鳥類の生息適地評価を統計モデルにより検討した。その結果、河道内で確認された鳥類の生息は、河道内環境と周辺環境のいずれが重要な生息要因となっているのか、係数の大小からその相対的重要性を統計的に評価できることが示された。このことは、流域を含めた視点からどのような河道計画、河川環境管理を行っていけば良いかを検討する材料になると考えられた。

## 気候変動下の河川の氾濫被害低減効果評価手法に関する調査

Research on evaluation method for effect of riverine flood damage reduction measures under the global climate change.

(研究期間 平成 26～27 年度)

河川研究部 河川研究室

|       |       |
|-------|-------|
| 室長    | 服部 敦  |
| 主任研究官 | 板垣 修  |
| 研究官   | 小林 勝也 |
| 研究官   | 竹中 裕基 |

### 【研究目的及び経緯】

本調査は、気候変動の影響による将来の豪雨・洪水の増大予測を踏まえ、整備水準を上回る規模を含む様々な規模の洪水を対象として、氾濫被害発生に係る不確実性を可能な限りモデル化することにより氾濫リスク（氾濫発生確率と氾濫発生時の被害の積）の効果的な低減対策を検討する手法（平成 25 年度提案）を実河川に適用するための具体的手法を確立することを目的とする。

平成 26 年度は、国土交通大臣直轄管理本川区間を念頭に設定した 2 モデル河川において、流域で実施しうる各種氾濫被害低減対策（河道流下能力の向上、降雨予測に基づくダム操作、戦略的河道管理、住まい方の工夫、特定緊急水防活動の高度化、避難促進策）について、気候変動の影響により将来海面水位が上昇しうることを考慮しつつ、対策ごとの被害低減効果を同効果発揮に係る不確実性の幅を含め試算・検討した。本検討により、各種対策を組合せた氾濫リスク低減対策検討手法を実河川に適用するための具体的手法を開発した。



# 人工リーフの設計の手引き改訂に関する調査

Research to revise the manual for design of artificial reef

(研究期間 平成 25~26 年度)

河川研究部 海岸研究室  
River Department  
Coast Division

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
交流研究員  
Guest Research Engineer

諏訪 義雄  
Yoshio SUWA  
野口 賢二  
Kenji NOGUCHI  
中村 英輔  
Eisuke NAKAMURA

Artificial reef is a submerged mound-type structure that applied the phenomenon that waves are broken when the depth of water is shallow and wave height is lowered. As there were no manuals to physical model test for stability review in armor blocks, we made several regulations for the test. 1.The disaster standard for "armor block works" of artificial reef was defined as a single armor block moving. 2.The depth of installation was defined to be within the breaker zone, which is close to actual condition. The manual for physical model test for stability review will be published as Technical Note of NILIM in fiscal 2015.

## [研究目的及び経緯]

「人工リーフの設計の手引き」(以下、「手引き」)は、1992年3月に初版が発行され、2004年3月には基準の性能規定化や重量算定法の拡充等について改訂された。2004年時点で956基143kmの人工リーフが設置されており、2013年度には1287基175kmと増えている。この間に離岸堤から人工リーフへ転換する事例や従来型と異なるタイプのブロックが登場する(例えば、高い安定性を有する被覆ブロックやブロック自身が消波性能を有する)等の技術的な進展もあった。

一方で、被覆ブロックの合理的な選定方法や性能設定の考え方が一般化されていない等の課題が残されている。これらの解決に向けて、選定方法についてはブロック銘柄毎の性能評価手法・標示法(性能数値や被害時状態の明示等)の標準化が求められている。

「手引き」には被覆ブロックの安定性に関する実験方法の標準が記されておらず、補完するマニュアルもなかった。そこで、「手引き」の被覆ブロックの安定性照査の項目を補完するものとして本マニュアルを作成することとした。

## [研究内容]

### 1. 人工リーフ被覆ブロック飛散メカニズムの水理模型実験の条件

人工リーフ被覆ブロックの安定性に関する水理模型実験のほとんどが、ブロックメーカーが開発した形

状に対する安定係数を算出するための実験であった。このため、ブロックの移動限界を把握するために人工リーフ法先での波高の変化の幅を広くすることにより実験の効率を高めると言う実験計画に基づいていた。

しかし、実際に海岸保全施設として設置される人工リーフは多くの場合が海岸保全区域や海域利用者との関係から岸から近い砕波帯内に設置されることが多い。両者の関係を図-1に示すと、ブロックメーカーが実施してきた設置条件は図中の上の図となり、現地設置は図中の下の図となる。これらの違いが「人工リーフ被覆ブロック水理模型実験マニュアル(案)」(以下、「マニュアル(案)」)で規定する実験の設置条件で重要な点である。

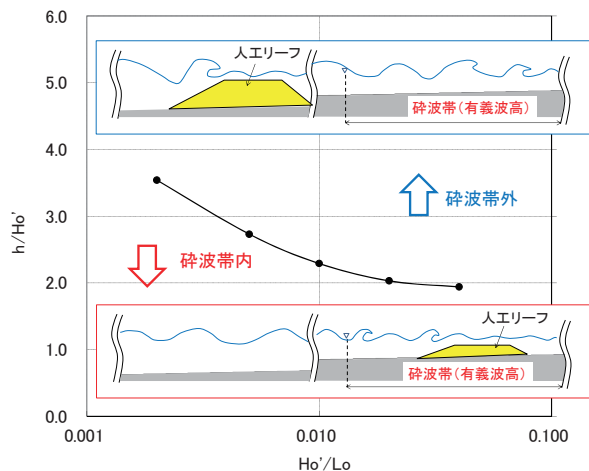


図-1 砕波帯と人工リーフ設置位置のイメージ

なお、砕波帯内外を区分する曲線は、砕波帯内の有義波高の算定図の海底勾配 1/30 のものにおいて各  $H_0/L_0$  の有義波高と換算沖波波高の比 ( $H_{1/3}/H_0$ ) が最大となる  $h/H_0'$  の値を結んだ曲線を引いたものとした。

## 2. 砕波帯と変状規模の関係

実験で得られた被覆ブロックの被害率（設置ブロック個数に対する飛散したブロックの割合）と再波の関係を図-1 の砕波帯と人工リーフ位置との関係で整理したのが図-2 である。

砕波帯内外の指標とした黒線の値を得た元の図においては、当該値を最大として波高が小さくなる図となっている。そのことから、図-2 で下方は設置位置では波高が小さくなっているはずである。しかし、下側にあるプロットの方が被害率は大きい。これは周期（波長）の影響が大きいことを示している。この点は、従来の安定性の検討では考慮されていなかった点である。

さらに、先にブロックメーカー実験と現場との乖離を指摘したのが、水理模型実験と現地の計画波との関係を確認すると図-3 のようになる。実験データは存在しないものの外洋海岸の波浪条件は、人工リーフ被覆ブロックの安定性にとって厳しく周期の影響が大きい条件であることが分かる。

## 3. 人工リーフの被災に至る被覆ブロックの変状連鎖

人工リーフは被覆ブロックが1個でも飛散すると、隣接するブロックやマウンド材の飛散へ連鎖的に被災して、直ちに目的性能を損失する危険性が高い。そこで、人工リーフ被覆ブロックの変状連鎖を観察した。図-4 に例を示す。被害率（全設置ブロック個数と被災個数の比）の推移を波作用時間と有義波周期の比 ( $t/T_1$ ) で整理したものを示す。図中に、代表的な時刻に相当する人工リーフ真上からの状況写真を示した。左から  $t/T_1=0$ （被災直後）、 $t/T_1=214$ （被災直後から10分後）、 $t/T_1=857$ （被災直後から40分後）の状況である。被覆ブロックは、数波の波で大きな被害が発生するのではなく、波が作用するにしたがい被災が拡大し、状況によって進行速度が異なることがわかる。

### 〔研究成果〕

本研究より「マニュアル（案）」に取り入れた重要な内容を次に示す。

#### 1. 人工リーフ被覆ブロックの被災基準の規定

人工リーフは、被覆ブロックが1個でも被災すれば、連鎖的に被災する。そこで、被覆ブロック1個の被災を以て、人工リーフ「被覆ブロック工」の被災基準と規定した。さらに、側方や上方から観察によりブロックの種類毎に変状連鎖図を作成することとした。

#### 2. 水理模型実験の位置付け確定のための条件設

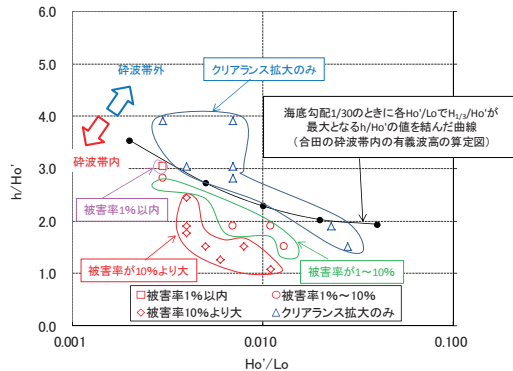


図-2 堤脚水深と換算沖波波高比  $h/H_0'$  と波形勾配  $H_0'/L_0$  による被覆ブロックの被害率

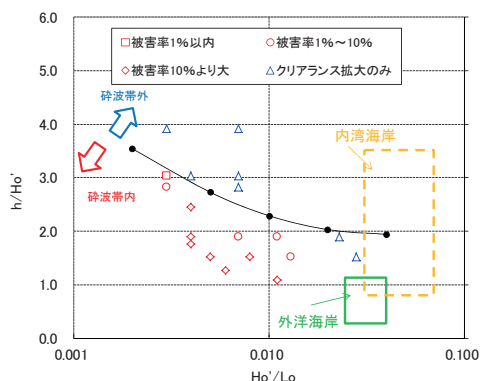


図-3 実験と我が国沿岸の計画波浪の関係

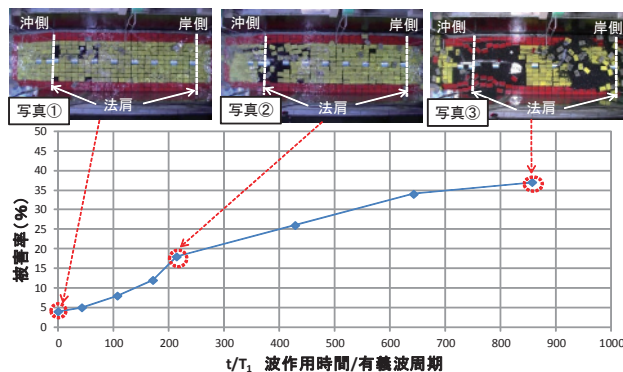


図-4 被害率の推移と代表的な時刻の飛散状況

設置実態として事例が多い外洋海岸の波浪条件のもとで砕波後の複雑な水理現象が生じる砕波帯内に設置される人工リーフを、本「マニュアル（案）」の適用範囲とした。

### 〔成果の活用〕

本研究で得られた成果および知見については、国総研資料として刊行する予定である「マニュアル（案）」を通じて、新規設置や災害復旧時の適用により被災し難い人工リーフとなることが期待される。

## “生きた砂浜”に必要な波浪かく乱に関する研究

Research on essential wave disturbance for maintaining the seashore ecosystem

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 平成 25～27 年度)  
室 長 諏訪 義雄  
研 究 官 渡邊 国広

### [研究目的及び経緯]

本研究は、砂浜の環境保全にも資する新たな海岸管理手法として、適度な波浪かく乱を許容した海岸管理手法を開発するための基礎知見として、砂浜環境を健全に保つために必要な波浪かく乱を具体化させることを目的とする。

平成 26 年度は、継続調査を実施している伊勢湾西南海岸における植生調査、海浜材料調査、無人航空機 (UAV) による空中写真の撮影および微地形の面的把握の試行をおこなった。その結果、海岸堤防のセットバック実施直後には沿岸方向に一様であった海浜断面に微地形が形成され、海浜植生の生育状況はそれらの微地形に対応したものになりつつあることが確認された。これは昨年度までの単調な地形における草地植生と海浜植生の生育競争に加えて、微地形との相互作用もさらに重要な要素として加わる新たなフェーズに入ったことを示すものであり、今後の海浜植生の遷移を把握するには微地形の面的な把握も欠かせないと考えられた。微地形の面的把握手法として試行した UAV による写真測量の結果は、同時に 4 測線で実施した水準測量の結果と比較した場合、堤防より海側の海浜においては UAV による測量でも十分な精度で地形把握が可能であることを確認でき、新たな遷移フェーズにおけるモニタリング手法として今後有効と考えられた。なお、海浜の西側では海岸堤防の大規模補修により植生生育がリセットされたが確認され、海浜植生群落の成立過程を知るうえで重要な箇所として重点モニタリングに加えていく予定である。

## 砂と礫の混合比率が海浜形成に果たす役割解明に関する研究

Research on elucidation of the function that the mixed ratio between sand and gravel forms the beach structure

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 平成 25～27 年度)  
室 長 諏訪 義雄  
主任研究官 野口 賢二

### [研究目的及び経緯]

海岸分野でも数値シミュレーションが進み、我が国の海岸特性に合った複数の粒径で構成される海岸の地形と底質の変化の再現が可能となってきた。現在では平均水位までの再現にとどまるが、海浜（陸上）の再現への発展が期待される。ただし、波打ち際から砂丘に至る堆積環境の把握が不可欠である。しかし、検証材料となる現地実態把握は、決して豊富でないのが現実である。海岸研究室では堆積現象を解明するために断面での堆積状況の把握が可能なトレンチ調査を実施している。

本年度は、富士海岸においてトレンチ掘削調査を実施し海浜の内部構造を把握した。砂が潤沢に存在する河口近傍では高い浜を形成していることや漂砂の終着点でも砂の割合が増して同様に背後（山側）まで砂が堆積していることから、砂の供給の多少が背後の地盤高さを決定していることが分かってきた。また、最大侵食時の断面を把握することが可能となり、海岸線の維持の上で重要な情報が得られる。我が国の海浜の多くは砂礫浜で、砂と礫の勢力争いによって「海岸の特徴」を形成している。海岸研究室では、今後もトレンチ調査により「海岸の特徴」を形成するメカニズム解明の情報を蓄積する。

## 津波防災地域づくりにおける自然・地域インフラの活用に関する研究

Creation of tsunami disaster prevention regions using natural and regional infrastructures

(研究期間 平成 26～28 年度)

河川研究部 海岸研究室

室 長 諏訪 義雄  
主任研究官 竹下 哲也  
研 究 官 渡邊 国広

### [研究目的及び経緯]

本研究は、津波の来襲が予想される地域における避難の可能性を早急に高める手段として、津波減災効果を有する自然地形や歴史的地物（自然・地域インフラ）を活用した津波防災地域づくりの実現を目指し、そのために必要な、自然・地域インフラが有する減災効果と効果の発揮限界の評価方法を確立することを目的とする。

平成 26 年度は、東日本大震災における津波による砂丘・樹林・盛土等の地形変化を 74 事例について空中写真・LP 測量データを元に分析し、砂丘等の状態による地形変化の違いを把握した。一方で、津波越流による砂丘等の侵食過程を把握する水理実験方法を確立させるために、根系を含む現地土壌供試体の採取を出雲市内および国総研内で実施し、得られた 4 検体を使用して、高流速実験水路を用いた津波越流侵食実験を実施した。また、津波減災効果が期待される自然・地域インフラのカタログ作成に向けた有識者ヒアリング（5 名）、現地調査も実施し、105 事例を収集・整理することができた。津波災害の伝承に関する勉強会を開催し、民学官の間の分野横断的な情報交換をおこなった。

## 海岸保全施設の耐津波性能の照査方法や強化手法に関する調査

Research on Verification Methods and Improvement on Performance of Shore Protection Facilities against Tsunamis

(研究期間 平成 25～26 年度)

河川研究部 海岸研究室

室 長 諏訪 義雄  
主任研究官 竹下 哲也  
研 究 官 姫野 一樹

### [研究目的及び経緯]

東北地方太平洋沖地震による津波災害を受けて、今後は、比較的頻度が高い一定程度の津波に対して海岸保全施設等の整備を進めていくこと、および設計対象の津波高を超えた場合でも施設の効果が粘り強く発揮できるような構造物の開発を進め、整備していくことが必要とされた。

本調査では、海岸堤防の粘り強い構造を様々な堤防断面に対して、実験によらず検討できるようにするため、津波、被覆工の挙動、洗掘等の地形変化、堤体内部および下部の基礎地盤の応答の四者間の相互作用を考慮できる数値解析モデルを構築した。26 年度は国総研で実施した大規模模型実験との比較により、海岸堤防の陸側での洗掘が良好に再現できることなどを検証した。今後は、構築した数値解析モデルを用いて津波越流による海岸堤防の破壊・倒壊予測シミュレーションの現場適用を支援する。

## 津波に対する堤防構造調査

Research on Coastal Dike Structures against Tsunamis

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 平成 25～26 年度)

室 長 諏訪 義雄  
主任研究官 竹下 哲也  
研 究 官 姫野 一樹

### [研究目的及び経緯]

東北地方太平洋沖地震による津波災害を受けて、今後は、比較的頻度が高い一定程度の津波に対して海岸保全施設等の整備を進めていくこと、および設計対象の津波高を超えた場合でも施設の効果が粘り強く発揮できるような構造物の開発を進め、整備していくことが必要とされた。

本調査では、津波の越流に対する海岸堤防の粘り強い構造について検討する。26 年度は、裏法に盛土を設置した場合の盛土及び裏法地盤の洗掘形状を模型実験により確認するとともに、光学式砂面計により越流中の洗掘深の連続的な測定を行った。また、裏法に設置する盛土の土質を変化させて、洗掘形状の違いを確認し、粘性土相当の盛土の津波越流時の侵食低減効果を確認した。今後は、研究成果を海岸堤防の粘り強い構造の安全性照査法の検討に活かす。

## 海岸線変化に関する調査

Study on environmental conservation in the riverine estuaries damaged at large-scale

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 平成 25～26 年度)

室 長 諏訪 義雄  
主任研究官 山田 浩次

### [研究目的及び経緯]

本調査は地形図や測量データ、衛星写真や空中写真などさまざまなデータを利用した海岸線モニタリングを実施することで、侵食発生状況を全国規模で定期的に把握する体制構築の資料とすることを目的とする。

国土地理院の発行する新旧の地形図を比較して、砂浜海岸線の位置の変化を集計し、面積変化の確認をおこなった。もっとも古い地形図（明治 38 年）、昭和 53 年、平成 4 年、平成 18 年（最新）の地形図の海岸線を比較集計した。これにより、昭和から平成初めにかけて大きく砂浜が侵食していたが、平成初めから平成十年代後半にかけてわずかに堆積傾向となっており、砂浜侵食のトレンドが変化していることがわかった。また、地形図における海岸線の推移と深淺測量による断面形状の変化を比較すると、主な侵食海岸 9 海岸で、海岸線の後退は抑制されているにもかかわらず海底の土砂量が減少している状況が見られた。今後は、本調査の結果を念頭に置いて、海岸線や海底地形、底質粒径など海岸に関する情報を継続して収集整理する体制を構築していく必要がある。

## 人工リーフの漂砂制御性能評価手法に関する数値計算等の検討

Research for Numerical Model Simulation to estimate the Performance of Sediment Transportation Control by Artificial Reef

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 平成 25～27 年度)

室 長 諏訪 義雄  
主任研究官 野口 賢二

### [研究目的及び経緯]

下手への沿岸漂砂や景観の配慮から侵食対策施設として人工リーフが多く設置されている。しかし、事業者が期待した結果が得られない事例が少なからず存在している。これには、人工リーフ背後における流況が複雑で十分に解明されていないことや、このような状況での数値計算予測結果の精度と事業者の期待との乖離が存在すると考えられる。そこで、本調査では地形変化の数値計算の精度向上のための検証用データを取得するための水理模型実験を実施した。

本年度の主な検討成果は次の通りである。人工リーフ背後の底層流況を人工リーフの設置条件と波浪条件により分類することができた。底層流況に関しては、現行の「人工リーフの設計の手引き」では示されていないことや従来は深さ方向について平均流として扱っていたことから、取り扱いの転換が必要となると考えられる。また、底層流況が変わる条件により移動床実験を行ったところ、人工リーフの堆砂性を再現できた。

## 高潮浸水計算に関する調査

Research on the assumptions of storm surge inundation

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 平成 26～27 年度)  
室 長 諏訪 義雄  
主任研究官 竹下 哲也

### [研究目的及び経緯]

2005 年の米国におけるハリケーン・カトリーナや、2013 年のフィリピンにおける台風ハイヤンなど、世界各地で大規模な高潮災害が発生している。我が国においても、1959 年の伊勢湾台風など過去に大規模な高潮災害が発生しており、人口・資産が集中し、ゼロメートル地帯が存在する三大湾などでは今なお高潮災害に対するリスクが高い状況である。

その一方で、津波に比べて、高潮に関するハザードマップの整備率は全国的に低い状況にあるため、2015 年 1 月に国土交通省がとりまとめた「新たなステージに対応した防災・減災のあり方」では、最大規模の高潮の浸水想定を作成・公表の必要性が示され、同年 2 月には高潮浸水想定を法定化する水防法改正案が国会に提出された。

上記の背景の下、本研究では、最大規模の高潮浸水想定の設定手法を確立することを目的とし、最大規模の台風条件（中心気圧、最大旋衡風速半径、移動速度、経路）や浸水計算を行う上で必要となる高潮時における河川条件等について、過去の気象データをもとに調査研究を実施した。

## サンゴ等を活用した海岸保全手法に関する調査

Research on Method of Coastal Prevention using Coral Ecosystem

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 平成 25～26 年度)  
室 長 諏訪 義雄  
主任研究官 野口 賢二

### [研究目的及び経緯]

礁池内における波・流れ共存場の水理学的メカニズムの解析及び礁池内漂砂系へのサンゴ砂礫等（サンゴ砂礫及び有孔虫遺骸）の供給を考慮したサンゴ砂礫等の移動堆積の全体像の把握を可能とすることにより、自然の営力を活用した海岸保全を実現するために河川砂防技術研究開発制度により採択された研究課題の研究代表者である東京大学へ研究を委託した。

本年度の成果として、モデルサンゴ礁として選択した沖縄県竹富町のバラス島サンゴ礁のハビタットマップを作成し、石灰化量を計算した。また、バラス島の体積と石灰化量から堆積物の交換時間が概算で 80 年程度と見積もられ、州島堆積物の年代から見積もられた州島堆積の時間スケール（数 10 年）とオーダーとして合致していた。バラス島について、流れに起因する移動メカニズムそれぞれを摂動展開に基づき陽的に表現したモデルを組み込むことでサンゴ礫移動を再現してその積算値として地形変化の数値解析を行ったところバラス島の形成を妥当に再現できた。

# 流域内水循環における雨水利用効果に関する研究

Research on the effect of rain water use in a drainage-basin water cycle

(研究期間 平成 25~26 年度)

河川研究部 水循環研究室  
River Department Water Cycle Division

室長 川崎 将生  
Head Masaki KAWASAKI  
主任研究官 西村 宗倫  
Senior Researcher Sorin NISHIMURA

In this research, we developed the rain water use model and included it in the water cycle analysis model. And we evaluated the influence of the water cycle on rain water use at the case study valley.

## [研究目的及び経緯]

今般、雨水に関しては、これまでも各家庭からビル等での利用まで、様々な形態で利用が進められてきており、昨今の気候変動等による水利用の安定性の低下や新規水資源開発の抑制等を背景に、今後もその利用が増加していくものと考えられる。

しかし、こうした雨水利用が、現状においてまた将来的にさらに普及・増加した場合に、河川流量、ダム貯水量等流域内水循環に対してどのような効果・影響を有するかは必ずしも定量的に評価されていない。

そこで本研究においては、雨水利用モデルを開発し、水循環解析モデルに組み込み、ケーススタディ流域において雨水利用の普及・増加による水循環への影響を定量評価した。

## [研究内容]

### (1) 雨水利用モデルの構築

雨水利用モデルは、家屋および事業所等の施設の屋根に降った雨を集水した後、雨水貯水槽に導水して貯留し、貯留した水を利用するという一連の流れのシステムと定義する。図 1-1 にその概念図を示す。

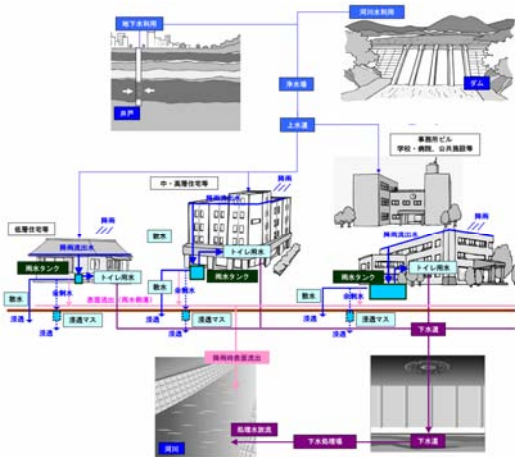


図 1-1 雨水利用システムの概念図

個別施設毎の雨水利用形態については、図 1-2 に示すとおり、施設の屋根等で集水した雨水流出量 $Q$ を雨水貯留槽へ導水し雨水使用量 $U$ が利用される。この状況で雨水貯留槽からオーバーフローする余剰水 $O$ は、雨水側溝への排水や浸透マスへ導水し地下浸透（浸透能を超える余剰水は雨水側溝へ流出）させるモデルとして設定した。

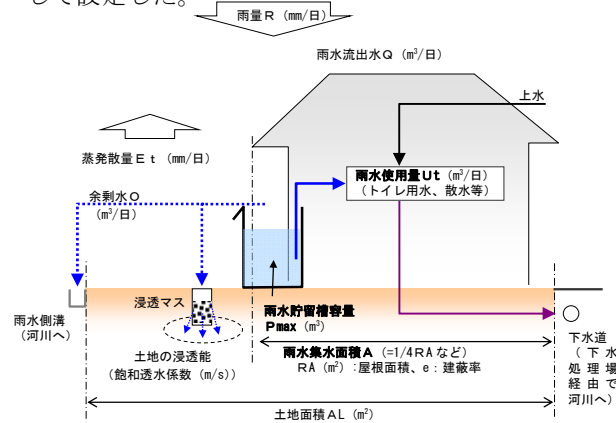


図 1-2 雨水利用システムの概念図

### (2) ケーススタディ流域の設定

ケーススタディ流域については、地下水の適正な利用と保全に積極的に取り組んでおり、地下水位観測網の整備が進んでいる図 2-1 に示す福井県大野市を対象とした。



図 2-1 福井県大野市の位置

### (3) 雨水利用が行われた場合の予測条件

雨水利用を行う1施設の雨水使用量の原単位は、表3-1に示すとおりに、施設規模（延床建築面積）と雨水使用量の関係から設定した。なお、低層・中層住宅については世帯人数と既存資料による1人当たりのトイレ洗浄水使用量などを用いて設定した。

1施設の雨水使用量原単位に対し、1段タンクモデルにより雨水使用量と余剰水量、雨水貯留量を1日単位で計算し、雨水を効果的に利用できる雨水貯留槽の規模を設定した。

表 3-1 施設毎の雨水使用量の原単位

| 導入施設                        | 低層住宅                               | 中層住宅                              | 学校                    | 公共施設                                   | 商業施設                               | 事業所・工場                |
|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|
| 導入場所                        | 「第一種低層住居専用地域」と「第一種住居地域」            | 「第一種中高層住居専用地域」                    | 都市計画用途地域内             | 「第一種低層住居専用地域」と「第一種住居地域」及び「工業地域」以外の用途地域 | 「商業地域」と「近隣商業地域」                    | 「準工業地域」及び「工業地域」       |
| 導入数(戸・棟・施設)                 | 9,030                              | 330                               | 7                     | 7                                      | 4,670                              | 16                    |
| 1施設あたり集水面積(m <sup>2</sup> ) | 30                                 | 300                               | 900                   | 380                                    | 50                                 | 1,490                 |
| 1施設あたり貯留容量(m <sup>3</sup> ) | 240                                | 500                               |                       |  | 125                                | 22,000                |
| 全導入雨水集水面積(m <sup>2</sup> )  | 451,500                            | 99,000                            | 6,510                 | 2,660                                  | 233,500                            | 23,680                |
| 全導入敷地面積(m <sup>2</sup> )    | 2,167,200                          | 165,000                           |                       |  | 583,750                            | 352,000               |
| 雨水貯留容量(m <sup>3</sup> )     | 2                                  | 5                                 | 50                    | 30                                     | 2                                  | 50                    |
| 雨水使用量原単位                    | トイレ+散水<br>0.235m <sup>3</sup> /棟・日 | トイレ+散水<br>3.72m <sup>3</sup> /棟・日 | 3.26m <sup>3</sup> /日 | 1.59m <sup>3</sup> /日                  | トイレ+散水<br>0.235m <sup>3</sup> /棟・日 | 4.66m <sup>3</sup> /日 |

また、雨水利用施設は都市計画の用途地域別に図3-1のように設定し、全戸で雨水利用が行われたと仮定した。

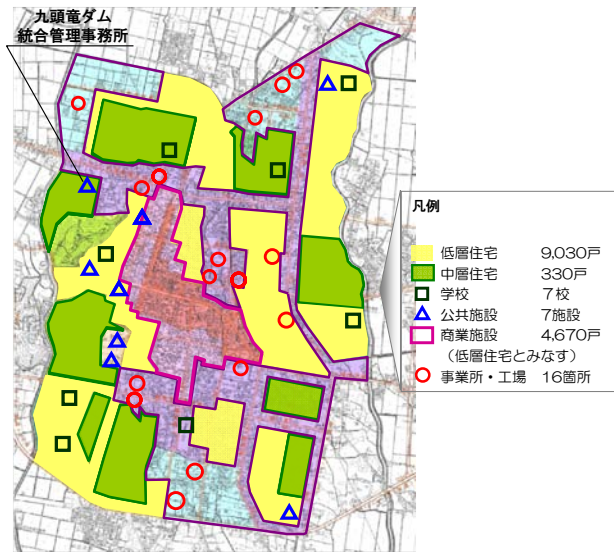


図 3-1 雨水利用施設の設定

### (4) 水循環解析モデルの設定

本検討においては、水循環解析モデルは、流水と地下水を完全連成で一体的に解析可能な統合的水循環モデル (GETFLOWS) を採用した。図4-1にその概念図を示す。このモデルは、非物理的意味を持つパラメーターがなく、水理学の基礎方程式である質量保存則と運動方程式の数値解析を行うものである。このモデルに上述の雨水利用モデルを連成させ、解析を行った。

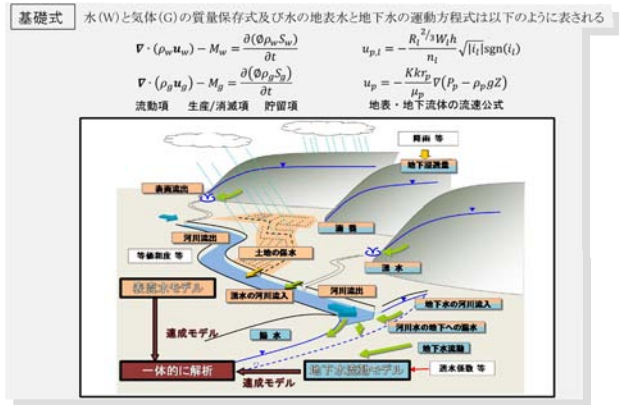


表 4-1 水循環解析モデルの概念図

### (5) 検討結果

解析結果では、雨水利用施設を導入により、約3,300m<sup>3</sup>/日の雨水使用を行い、その分、地下水揚水量を削減する試算となった。その結果、図5-1に示すように、地下水位は現況再現とほぼ同じか、極わずかに高い時期が計算される結果となった。

これは、雨水使用により降雨の地下水涵養量も減少したため、結果的に地下水揚水量の削減による地下水位上昇効果が相殺されたものと推察する。

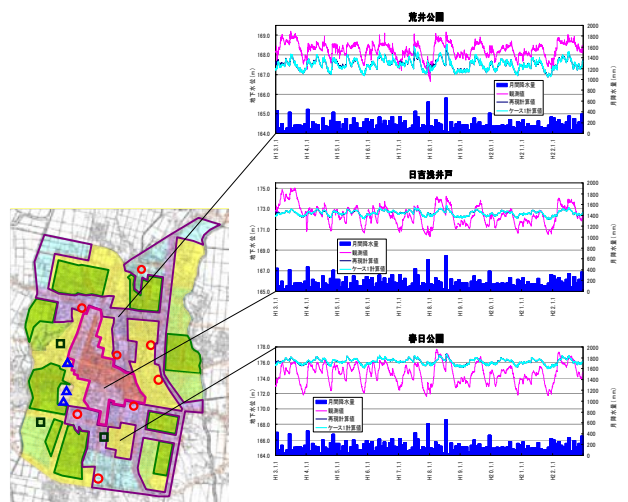


図 5-1 雨水利用の有無による地下水位への影響

### (6) 本研究の成果

本研究は、汎用的な雨水利用モデルを構築し、福井県大野市を対象に解析を行った。当該地では地下水利用が盛んなため、雨水利用による水源転換として地下水を対象としたが、雨水利用により地下水涵養量も低減するため、雨水利用による地下水保全効果は限定的であることがわかった。今後、この雨水利用モデルの様々な適用が期待される。



# 地下水の適正管理手法に関する研究

Research on appropriate groundwater management groundwater

(研究期間 平成 24～26 年度)

河川研究部 水循環研究室  
River Department Water Cycle Division

室長 川崎 将生  
Head Masaki KAWASAKI  
主任研究官 西村 宗倫  
Senior Researcher Sorin NISHIMURA

This research is research on appropriate groundwater management for the maintenance and promotion of healthy water cycle.

## [研究目的及び経緯]

気候変動による渇水リスクの高まりや、地球規模の人口増加による水需要の増大など、水需給の逼迫が懸念される中で、「地下水の適正な利用と保全」への社会的要請が高まっている。

更に、今般、成立した水循環基本法では、地下水を含む水が「国民共有の貴重な財産であり、公共性の高いもの」と位置付けられ、「水の利用に当たっては、水循環に及ぼす影響が回避され又は最小となり、健全な水循環が維持されるよう配慮されなければならない」とされている。

そこで本研究では、健全な水循環に資することを目的として地下水の適正管理手法の研究を行ったものである。具体には、鳥取県鳥取平野（千代川水系）・福井県大野盆地（九頭竜川水系）を対象に水循環解析を行った。そこで得られたノウハウをもとに地方公共団体の職員向けの水循環解析の手引きの原案を作成した。また、我が国の地下水管理の実態を把握するために、地下水管理の地方公共団体へのアンケート調査を行った。また、今後の地下水政策の参考とするために、熊本市や大野市のような地下水管理の先進地域の地下水管理手法の情報収集・体系的整理を行うとともに、約 20 の国・都市を対象に地下水管理の海外事例の収集整理を行った。また、地下水政策を進める上で必要不可欠である地下水と水循環への理解を深めるために、我が国の地下水に関する文化的・歴史的情報、地下水の私水・公水の位置づけ、地下水管理の先進事例、地下水解析技術の現状と課題等を地下水に関する基本情報の整理を行った。

## [研究内容]

(1) 鳥取県鳥取平野・福井県大野盆地における水循環解析のケーススタディ

沖積平野である鳥取県鳥取平野を対象に、水循環解析モデルと水収支モデルを構築し、現況再現を行った。

その結果、非物理的なパラメーターの多い水収支モデルは地下水の経年変化が単調な場合はフィッティングが容易であり、解析の信頼性が必ずしも判断できなかった。また、水循環解析では、データの不足に起因して解析誤差が発生することがわかった。

扇状地である福井県大野盆地を対象に、水循環解析モデルを構築し、現況再現を行うとともに、各河川別の涵養域や、図-1 に示すような流線軌跡図の描画を行った。その結果、扇状地への流入付近から各河川により地下水涵養が為され、下流につれて湧出傾向となり下荒井堰付近で河川に湧出していることがわかった。また、市街地の清水への涵養エリアが盆地の南西部の限定的なエリアである可能性が示唆された。以上の成果については、地元市に情報提供を行った。この流線軌跡図の描画の手法はまだ定まっておらず、また、現地調査による実証も十分ではないため、今後も継続した検討が望まれる。

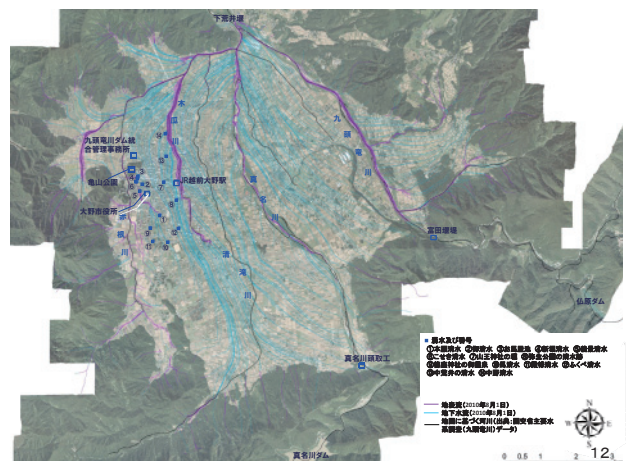


図-1 福井県大野盆地における地下水流線軌跡図

(2) 水循環解析の手引きの原案整理

鳥取県鳥取平野・福井県大野盆地における地下水解析のケーススタディから得られたノウハウをもとに、

地方公共団体や地方整備局の職員を対象とした水循環解析の手引きの原案を整理した。

同資料においては、水循環解析の具体的な解析の実施はアウトソーシングするものとし、その発注者として把握が必要な水循環解析の目的、必要な資料、モデルの選定、解析メッシュ・解析領域の設定、各水文プロセスの設定手法をまとめた。

水循環解析は、離散的な観測情報を補完して、複雑な地下水の流動特性や水収支等の「基礎的な情報」や、地下水への公共性の認識の根拠となる「視覚的な情報」を得るとともに、「地下水の涵養や規制等の政策評価」を行うための有効な手段と考えられる。今後、この手引きを利活用されることが期待される。

(3) 全国の地方公共団体への地下水管理に関するアンケート調査

全国の都道府県・地区町村の地下水管理の実態を把握することを目的に、アンケート調査を試行した。具体には、①地下水位の観測状況、②地下水の適正水位の設定状況、③地下水の採取量の把握及び適正採取量の設定状況、④地下水に関する条例の設定状況、⑤地下水採取の規制及び水源地域における規制の状況、⑥地下水保全の取り組み状況、⑦地下水障害の発生状況について質問・結果整理を行った。

表-1 に示すように、アンケートの結果では、何らかの地下水障害が発生している都道府県は全体の 40%、市町村は 10%であり、そのうち、地下水に関する条例の制定などの地下水保全の取り組みを行っている都道府県は 88%、市町村は 53%となった。

表-1 地下水アンケート①

| 地下水障害が発生している地方公共団体 |          |     |        | 地下水障害が発生し、条例の制定や地下水保全の取り組みを行っている地方公共団体 |         |      |  |
|--------------------|----------|-----|--------|--|---------|------|--|
| 【都道府県】             |          |     |        | 【都道府県】                                 |         |      |  |
| 発生しています            | 発生していません | 不明  | 合計     | 行っています                                 | 行っていません | 合計   |  |
| 17件                | 24件      | 2件  | 43件    | 15件                                    | 2件      | 17件  |  |
| 40%                | 56%      | 5%  | 100%   | 88%                                    | 12%     | 100% |  |
| 【市町村】              |          |     |        | 【市町村】                                  |         |      |  |
| 発生しています            | 発生していません | 不明  | 合計     | 行っています                                 | 行っていません | 合計   |  |
| 118件               | 1,049件   | 28件 | 1,195件 | 63件                                    | 55件     | 118件 |  |
| 10%                | 88%      | 2%  | 100%   | 53%                                    | 47%     | 100% |  |

しかし、表-2に示すように、適正な地下水位を設定している都道府県は24%、市町村は5%、適正な地下水採取量を設定している都道府県は35%、市町村は7%にとどまっており、こうした地下水データに基づく量的な地下水管理の普及は未だ道半ばであることがわかった。

表-2 地下水アンケート②

| 地下水障害が発生し、適正な地下水位を設定している地方公共団体 |          |      |  | 地下水障害が発生し、適正な地下水採取量を設定している地方公共団体 |          |      |  |
|--------------------------------|----------|------|--|----------------------------------|----------|------|--|
| 【都道府県】                         |          |      |  | 【都道府県】                           |          |      |  |
| 設定しています                        | 設定していません | 合計   |  | 設定しています                          | 設定していません | 合計   |  |
| 4件                             | 13件      | 17件  |  | 6件                               | 11件      | 17件  |  |
| 24%                            | 76%      | 100% |  | 35%                              | 65%      | 100% |  |
| 【市町村】                          |          |      |  | 【市町村】                            |          |      |  |
| 設定しています                        | 設定していません | 合計   |  | 設定しています                          | 設定していません | 合計   |  |
| 6件                             | 112件     | 118件 |  | 8件                               | 110件     | 118件 |  |
| 5%                             | 95%      | 100% |  | 7%                               | 93%      | 100% |  |

(4) 地下水管理の先進事例の収集と体系的整理

地方公共団体へのヒアリング、更には学識経験者や大規模地下水利用者へのヒアリングをもとに、地下水管理の先進事例を収集し、体系的に整理を行った。

収集した地下水管理手法については、図-2 に示す概念のもと「地下水の公共性への認識の醸成を目的とした PDCA サイクル」、「地下水の適正な利用を目的とした PDCA サイクル」、「地下水の涵養の維持増進を目的とした PDCA サイクル」に分類・整理を行い、収集した事例と併せて整理を行った。

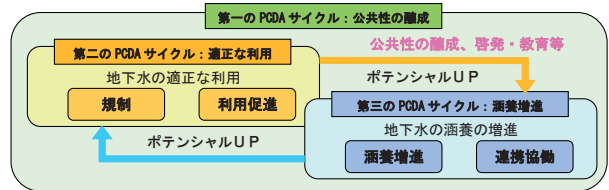


図-2 先進地域の地下水管理手法の体系的整理の概念

(5) 地下水管理の海外事例の収集

日本と類似した気候区分や地下水利用が進展している約 20 の国・地域・都市を基本として、web による情報収集や、海外・国内の学識者への照会等により地下水管理の海外事例を収集した。

収集した情報については、①地下水に関する法制度の概要、②地下水の位置づけ（公水もしくは私水）、□地下水利用に関する規制・登録制度、□地下水利用に関する税制・料金、□地盤沈下の概況、□地下水汚染の概況、⑦水利用全体に占める地下水利用の割合、⑧地下水と表流水の一体的管理の有無により整理した。

(6) 地下水と水循環に関する基本情報の整理

地下水と水循環への理解を深めるための講演資料等に供することを目的に、地下水と水循環に関する基本情報の整理を行った。

収集整理した情報は、①地下水を含めた各水資源の特徴、□地下水の法的性格、□地下水と文明の発達（黄河・京都・カナート等）、□地下水利用の歴史（井戸の歴史・上総掘り等）、□地下水障害の事例（地盤沈下・湧水の枯渇・地下構造物の浮き上がり等）、□地下水の保全の先進的な事例（熊本市・大野市等）、⑦地下水解析技術の現状と課題、⑧地下水に関する近年のトピックス（防災時の利活用、オストロム女史のノーベル賞受賞等）に整理した。

(7) まとめ

本研究においては、地下水の適正管理に向けて、多岐にわたる基盤情報の整理を行った。今後、水循環基本法に基づく施策展開が図られる上で、本研究によって得られた成果は有用な知見を与えるものであり、その利活用を進めていく。

## 水災害に対する観測・分析・予測技術の開発及び導入等

Development and implementation of observation, analysis and prediction technology for water-related disasters

(研究期間 平成 26～30 年度)

河川研究部 水循環研究室

|       |       |
|-------|-------|
| 室 長   | 川崎 将生 |
| 研 究 官 | 土屋 修一 |
| 研 究 官 | 猪股 広典 |
| 研 究 官 | 山地 秀幸 |
| 室 長   | 伊藤 弘之 |
| 主任研究官 | 大沼 克弘 |
| 研 究 官 | 細田 悟史 |

河川研究部 水害研究室

### [研究目的及び経緯]

近年、集中豪雨や局所的な大雨（いわゆるゲリラ豪雨）による水災害や土砂災害が増加する傾向にある。その一方で、様々な水災害に対し確実な防災・減災を図るための災害・予測情報の共有や活用が十分でない。そこで、本研究では、次世代レーダによる雨量情報や降雨予測情報を、実用的な河川水位予測、浸水予測情報に翻訳し、リアルタイムで提供するための研究開発及びシステム構築を行う。

H26 年度は、神田川及び石神井川流域を対象に、河川、下水道水理解析及び氾濫解析モデルを統合し、内水・外水氾濫を一体的に扱える浸水予測モデルを作成するとともに、リアルタイムデータや予測計算結果等を表示するグラフィック・ユーザーインターフェイスを作成した。また、河川水位予測モデルは荒川流域を対象に、分布型流出モデル、一次元不定流モデルを用いて、極力出水規模に依存しないモデルを構築し、これに粒子フィルタによるデータ同化技術を組み込み、精度の向上を図ることができた。

## 河川環境データベースの活用及び適切な観測・分析方法に関する検討

Study on observation and analysis methods and appropriate use of river environment database

(研究期間 平成 25～27 年度)

河川研究部 水循環研究室

|       |       |
|-------|-------|
| 室 長   | 川崎 将生 |
| 研 究 官 | 大谷 周  |

### [研究目的及び経緯]

本研究は、水環境の保全・再生のために必要である、河川、湖沼等の水質保全・改善やそのための流域一体となった連携体制の強化に資するため、経年的に蓄積されてきた水質データを活用し、水質の変化や水質に影響を及ぼす諸要因との関係等を分析する手法の確立を目的とする。

今年度は、時系列の水質データから短期変動（スパイク・シフト）、周期変動、長期変動の検出を行う“水質データ簡易分析ツール”を作成し、全国 1 級河川の水質調査地点（約 900 地点）で観測されている、BOD、T-N、T-P、SS、大腸菌群数について分析を行った。また、この分析ツールによって検出された水質データの変化と流域の変化との関係について、大和川をモデル河川としてケーススタディを行った。

上記の分析からわが国の河川水質の変化傾向を俯瞰すると、全国的に概ね改善、安定傾向にある一方で、北陸の一部の水系においては月別の BOD 観測値の長期的に上昇傾向であることがわかった。モデル河川においては改善傾向が示され、特に太子橋観測地点の BOD に着目すると、H4～H20 の期間で大きく減少しており、下水道整備による生活系の排出負荷量削減が水質の改善に大きく寄与したことが見出された。観測値は水温や流量といった自然条件に大きく左右されることから、流域の変化と河川水質の関係性についてさらなる詳細な分析を行うには、観測値とともに流出負荷量の変化にも注意を払い分析を行う必要があることがわかった。

## 気候変動によるダム貯水池水質への影響把握

Research on impact on the water quality of the dam reservoir by climate change

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 平成 25～27 年度)  
室 長 川崎 将生  
主任研究官 西村 宗倫

### [研究目的及び経緯]

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) は、第 4 次評価報告書で、最も厳しい緩和 (温室効果ガスの削減) の努力を行ったとしても、今後数十年にわたり、気候変動のさらなる影響を避けられないこと、そのため、長期的な緩和とともに適応の取組が不可欠であることを指摘している。

これを受けて、国総研水循環研究室では、全国ダムのうち 4 つのケーススタディダムに対して、流域の流出・利水モデル、ダム貯水池の水質モデルを構築し、これに気候変動予測モデルの出力結果を入力することで、気候変動によるダム貯水池の水質・水温への影響を整理するとともに、これらの影響に対する適応策を整理している。

## 水理水文解析ソフト共通基盤の拡充 (CommonMP)

Improvement of Common Modeling Platform for hydraulic and hydrological analysis (CommonMP)

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 平成 22～27 年度)  
室 長 川崎 将生  
主任研究官 菊森 佳幹  
研 究 官 大谷 周

### [研究目的及び経緯]

国土技術政策総合研究所は、平成 19 年度から河川・流域の様々な水・物質循環の素過程を再現することのできる要素モデルを組み合わせることで流域モデルを構成し、河川・流域の水・物質循環を解析することのできるソフトウェアである水・物質循環解析ソフトウェア共通プラットフォーム (CommonMP: Common Modeling Platform for water-material circulation analysis) を開発している。また、国総研は、国土交通省水管理・国土保全局や土木学会等とともに CommonMP の開発・普及のためのコンソーシアム (CommonMP 開発・運営コンソーシアム) を結成しており、事務局としてその運営に当たっている。

平成 26 年度は、機能更新としてメモリ容量の確保と演算の高速化のためプラットフォーム本体を OS の 64 ビットに対応できるよう改良した。また、平面二次元氾濫要素モデル (NILIM モデル) について、堤内地水理構造物・施設の水理現象をシミュレーションする機能を追加するとともに、モデルが出力する浸水深データと資産データや被害率、デフレーター等から被害額を算定するツールを作成した。

上記の機能更新により操作性、利便性を高めつつ、河川事業の実務への CommonMP の普及促進と職員の河川管理に関する技術力向上を目的として、国土交通大学や地方整備局で研修・講習会を実施した。

## Cバンド MP レーダ初期調整業務

### Initial adjustment of C band MP radar

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 平成 25～27 年度)

室 長 川崎 将生  
研 究 官 土屋 修一  
研 究 官 山地 秀幸

#### [研究目的及び経緯]

本研究は、レーダ雨量の算定手法の高度化によりXバンドMPレーダ、CバンドMPレーダの観測技術の確立、観測精度の向上を図ることを目的とする。

平成 26 年度は、MP 化された C バンドレーダである高鈴、聖高原、羅漢山レーダの初期調整を行い、試験公開可能な精度を確保した。C バンド MP レーダと X バンド MP レーダの合成雨量の配信を見据え、C バンド MP レーダの運用高度化の検討を行い、C+X 合成雨量を 1 分間隔更新することが可能な C バンド MP レーダの運用を実証した。また、C+X 合成雨量により、XRAIN の低精度領域の精度向上を実証するとともに、XRAIN の未カバー領域を XRAIN とほぼ同等の精度でのカバーを実証した。

## 洪水予測の精度向上に関する検討

### Improvement of flood forecasting

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 平成 24～25 年度)

室 長 川崎 将生  
研 究 官 猪股 広典

#### [研究目的及び経緯]

的確な水防活動を実施する上で高精度の洪水予測が必要であるが、多くの事務所で採用されている洪水予測システムの実測調整手法は簡易的な手法が多く、全ての洪水イベントに対して安定して精度を担保できるかが不明である。本研究は統計理論に則った実測調整手法である粒子フィルタを洪水予測システムに適用し、予測精度向上を図ることが目的である。

平成 25 年度は東北の北上川流域を対象として、汎用的に用いられている貯留関数法と不定流計算を組み合わせた流出モデルに対し粒子フィルタを組み込むことで粒子フィルタの効果を検証した。また平成 26 年度は九州の遠賀川流域を対象として同様のモデルを構築・粒子フィルタを適用し、その効果を検証した。

上記検討の結果、粒子フィルタを洪水予測システムに適用することで、対象河川によらず概ね全ての洪水イベントについて水位の予測精度を改善できることが分かった。現在事務所において稼働している洪水予測システムの実測調整手法を粒子フィルタに置き換えることで、現在稼働している洪水予測システムの予測精度が向上することが期待される。

## ダム水環境改善検討業務

### Improvement of River Environment by Dam Outflow

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 平成 24～26 年度)

室 長 川崎 将生  
研 究 官 猪股 広典

#### [研究目的及び経緯]

ダムの下流河川においては、流況の平滑化や出水時のピーク流量の低下等の流況変化や、流砂量の減少が生じる。これらの変化に伴って、付着藻類の繁茂や礫河原の減少をはじめとして種々の環境変化が生じることが知られている。このような課題を解決あるいは緩和しようとするを目的に、ある程度の規模の流量を意図的にダムから放流（中規模フラッシュ放流）する試みが近年実施されている。本課題では、今後中規模フラッシュ放流を実施するダムにおいて検討すべき技術的手順について解説した「中規模フラッシュ放流（案）」を作成した。

## ダム操作の高度化検討

Improvement of dam flood control

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 平成 26～27 年度)

室 長 川崎 将生  
研 究 官 猪股 広典

### **[研究目的及び経緯]**

既設ダムについては、異常洪水時防災操作（計画規模を超える洪水時の操作）の開始水位の見直しなどダムの洪水調節能力を最大限活用するための操作の方法について検討が必要と考えられている。今年度は、従来の異常洪水時防災操作よりも洪水調節容量を多く使うことで放流量を小さくする新しい複数の操作方法を横並びで比較した。その結果、洪水の規模やダムによって手法間の洪水調節効果が異なることが分かった。この結果は来年度作成予定のダム操作規則の点検要領に反映させる予定である。

## レーダ情報を活用した流出計算の高精度化に関する調査

Research on improving the accuracy of the runoff calculation utilizing the radar information

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 平成 25～27 年度)

室 長 川崎 将生  
研 究 官 土屋 修一  
研 究 官 山地 秀幸

### **[研究目的及び経緯]**

洪水予測システムが、各地整等で導入されているが、洪水毎に精度のばらつきが大きい、水位立ち上がりやピークを捉えられていないといった課題がある。本研究は、これらの課題を解決し実用的な洪水予測モデルを確立することを目的とする。

平成26年度は、洪水予測のフィードバック（データ同化）に多点水位観測データを用いることで洪水予測の精度改善を図ることを目的とし、一次元不定流モデルと分布型流出モデルを組み合わせた洪水シミュレーションモデルを構築し、これに粒子フィルタを用いて多点水位データを同化した洪水予測シミュレーションを行った。多地点水位データを同化することで、1地点水位データ同化よりも、洪水シミュレーションの再現性の向上が図られるケースがあることが確認された。

# アンカー構造物の維持管理手法に関する研究

Research on maintenance method of anchor structures

(研究期間 平成 26 年度)

河川研究部 大規模河川構造物研究室  
River Department  
Large-scale Hydraulic Structure Division

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher

佐々木 隆  
Takashi SASAKI  
櫻井 寿之  
Toshiyuki SAKURAI  
芳賀 正崇  
Masataka HAGA

There are a lot of anchor structures used for Dam Projects in Japan, but the maintenance method is not standardized. In addition, a part of dams has the anchors that are found some deterioration. So, we collected and arranged a lot of technical documents related to anchor structures, and carried out the field inspection of anchors at two Dams. Based on the results of them, we made a draft of “inspection manual for anchor structures for dam”.

## [研究目的及び経緯]

アンカーは 1957 年に藤原ダムの副ダムに用いられて以来<sup>1)</sup>、河川や道路等のさまざまな土木構造物に多数使用されている。ダムにおいても貯水池周辺斜面における地すべり対策として多くのアンカーが施工されている他、「ゲート固定部」や「基礎岩盤補強部」といった、その機能維持がダム管理において非常に重要とされる箇所にも、アンカーが施工されている。

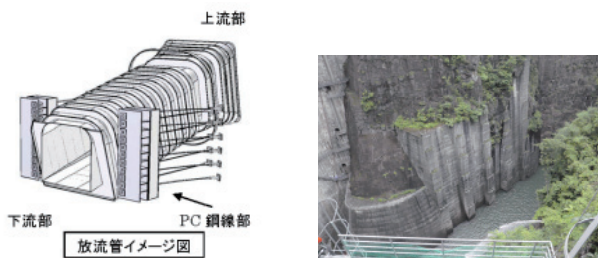


図 1 ダムにおけるアンカーの例

(左:ゲート固定部アンカー<sup>2)</sup>、右:基礎岩盤補強部アンカー)

しかし初期のアンカーの設計指針では二重防食が義務付けられていないためアンカーの防食が確実に行われていないものも多く<sup>3)</sup>、また明確な点検指針が無いことからその維持管理状況にはばらつきがみられる。また一部のダムにおいては、アンカーの劣化が顕在化しつつあるものもある。

そこで、ダムにおけるアンカーの維持管理に資するため、国内外におけるアンカーに関する技術資料や調査事例等を整理し、また現地調査も行い、「ダムにおけるアンカーに関する点検マニュアル(案)」としてとりまとめた。

## [研究内容]

本研究で実施した主な内容を以下に示す。

### 1. 国内外のダムにおけるアンカーに関する技術資料の整理

国内外のアンカーに関する技術基準や発表論文の他、ダム管理所から調査・補修事例に関する資料を収集し、整理した。

### 2. 現地調査の実施

直轄管理ダムを対象に、ダムにおけるアンカーの現状を把握するため、現地調査を行った。調査内容は目視点検の他、頭部詳細調査やリフトオフ試験である。

### 3. 「ダムにおけるアンカーに関する点検マニュアル(案)」の作成

上記(1)(2)の成果を元に、「ダムにおけるアンカーに関する点検マニュアル(案)」として取りまとめた。

## [研究成果]

主な研究成果の概要を以下に示す。

### 1. 国内外のダムにおけるアンカーに関する技術資料の整理

#### 1) 外観・頭部

既往のアンカー破断事例の半分以上はアンカー頭部で起きており、この箇所の維持管理は最も重要と考えられる。そのため頭部背面の腐食状況や防水機能の確保に注意が必要である。

#### 2) 緊張・定着

緊張材周辺をグラウト材で固着しないアンボンドタイプの場合は、定期的リフトオフ試験等にて残存緊張力を確認することが望ましい。緊張材をグラウト材

で固着するボンドタイプでは、緊張力を計測することが困難であるが、超音波による探査法によって緊張力の状況を確認する手法がある。

### 3) 防食・防錆

旧タイプアンカー(1988年改定の地盤工学会指針が適用されていないもの)は防食機能が劣っており、腐食に対して注意が必要である。

## 2. 現地調査の実施

前述の留意点を念頭に置き、実際にダムにおけるアンカーの現状を把握するため、直轄管理ダムに施工されているアンカー(1991年施工、アンボンドタイプ)を対象に、現地調査(目視点検・頭部詳細調査・リフトオフ試験)を行った。

目視点検では、一部アンカーにおいて防錆油の流出とみられる状況が確認された。また背面の腐食状況を確認するために行った頭部詳細調査では、グラウトの流失によると思われる空洞が確認された(図2)。



図2 アンカー頭部の状況  
(左：防錆油の流出、右：頭部背面の空洞)

目視点検・頭部詳細調査結果からアンカーの劣化が懸念されたため、上記の頭部背面に空洞が確認されたアンカーを対象としてリフトオフ試験を行った。その結果、ほぼ設計荷重と同程度のリフトオフ荷重が確認でき、残存荷重の面からはアンカーの機能には問題が発生していない(図3)。

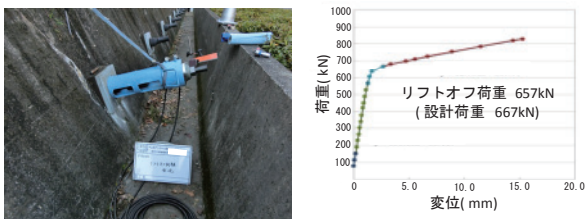


図3 リフトオフ試験

(左：試験状況、右：試験結果)

その他、リフトオフ試験を実施したアンカーとは別のアンカーを対象として、工業用内視鏡を用いた頭部背面調査を試みた(図4)。同アンカーは防錆油が劣化により変色しており、内視鏡からは頭部背面に止水具等を確認できなかったため、アンカーの腐食が懸念された。しかし特に背面に目立った錆び等は確認できず、

大きな問題は確認されなかった。

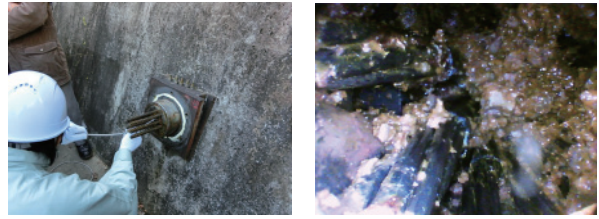


図4 工業用内視鏡を用いた頭部背面調査の状況

これら現地調査の結果から、アンカーの状況確認時に前述の留意点に着目して調査することが重要であるが、個別の留意点ごとに判断するのではなく、複数の調査を実施・結果を確認し、総合的に判断することが必要と考えられる。

## 3. 「ダムにおけるアンカーに関する点検マニュアル(案)」の作成

資料の整理結果や現地調査結果を元に点検マニュアル(案)として取りまとめた。

|                           |                                  |
|---------------------------|----------------------------------|
| 第1章 総則                    | 第4章 ダムにおけるPSアンカーの健全性調査と対策        |
| 1.1. 目的                   | 4.1. 堤体・堤体周辺基礎岩盤増強におけるPSアンカーの点検  |
| 1.2. 適用範囲                 | 4.2. 点検結果への対応                    |
| 1.3. 適用基準                 | 4.3. 健全性調査の必要性の判定                |
| 1.4. ダムに關するアンカーの分類        | 4.3.1. 健全性調査の種類                  |
| 1.5. 用語の定義                | 4.3.2. 健全性調査の内容・実施時期・点検数量        |
| 第2章 ダムにおけるアンカー点検のための基本的事項 | 4.3.3. 健全性調査計画                   |
| 2.1. アンカー技術の経緯            | 4.4. 対策工                         |
| 2.2. アンカーの維持管理上の課題        | 4.5. 点検記録                        |
| 2.3. アンカーの劣化要因            | 4.6. PSアンカーの点検事例                 |
| 2.4. アンカーの防食仕様            | 第5章 ダムのゲート固定部におけるPCアンカーの健全性調査と対策 |
| 2.5. アンカーの残存引張力の管理        | 5.1. ゲート固定部におけるPCアンカーの点検         |
| 2.6. アンカーの点検上の着目点         | 5.2. 点検結果への対応方針                  |
| 第3章 ダムにおけるアンカー点検          | 5.3. 健全性調査の必要性の判定                |
| 3.1. 点検の基本方針              | 5.3.1. 健全性調査の種類                  |
| 3.2. ダムにおけるアンカーの点検        | 5.3.2. 健全性調査の内容・実施時期・点検数量        |
| 3.3. ダムにおけるアンカーの点検手順      | 5.3.3. 健全性調査計画                   |
| 3.4. 健全性調査の基本的な考え方と流れ     | 5.4. 対策工                         |
| 3.5. 健全性調査の種類             | 5.5. 点検記録                        |
| 3.5.1. 健全性調査の内容・実施時期・点検数量 | 5.6. PCアンカーの点検事例                 |
| 3.5.2. 健全性調査の実施           |                                  |

図5 作成した点検マニュアル(案)の目次

### [成果の活用]

本研究でとりまとめた「ダムにおけるアンカーの点検マニュアル(案)」は、現場と連携してさらなる内容の検証を行った上で、活用していきたい。

### [参考文献]

- 1) 山田浩：グラウンドアンカー工法技術の進歩とその歴史(その1)-構造と施工技術-, 斜面防災技術 Vol.35, NO.2(104号), (一社)斜面防災対策技術協会, 2008年11月
- 2) 三浦盛男,小林信昭,田島健,鳥山智弘：常用洪水吐ゲート放流管周辺部の健全性評価, ダム工学 18(1),p48-51,2008年
- 3) (独)土木研究所・社団法人日本アンカー協会 共編：グラウンドアンカー維持管理マニュアル, 2008年7月



## 衛星 SAR による地盤および構造物の変状を広域かつ早期に検知する変位モニタリング手法の

### 開発

Research on the wide and rapid displacement monitoring system for land and infrastructure by Synthetic Aperture Radar

(研究期間 平成 26～30 年度)

河川研究部 大規模河川構造物研究室

室 長 佐々木 隆  
主任研究官 櫻井 寿之  
研 究 官 芳賀 正崇

#### [研究目的及び経緯]

本研究は、広域かつ面的な計測データが得られる衛星画像を活用して、インフラを広域・面的・安価にモニタリングできるように、衛星 SAR 解析により複数構造物の変位を一括してモニタリングする手法を開発することを目的とする。

平成 26 年度は、データが蓄積されてきている衛星「だいち 1 号」のデータを用いて、沖縄北東部の 5 ダムを対象とした変位解析（干渉 SAR 解析、時系列干渉 SAR 解析、北行・南行軌道の干渉 SAR 解析の合成処理）を実施した。その結果、衛星 SAR により構造物の変位計測を行う際には、従来の地殻変動等の広範囲を対象とした変位解析とは異なる「構造物」を対象とした誤差低減のためのデータ処理手法が必要なことがわかり、平成 26 年度の解析では約 5mm 程度（平均）の精度を確保する手法を整理した。しかし計測地点によっては精度にばらつきがみられたため、H27 年度以降はさらなる精度向上に関する検討等を行う予定である。

## ダムの補強手法に関する研究

Research on reinforcement method of dams

(研究期間 平成 26～28 年度)

河川研究部 大規模河川構造物研究室

室 長 佐々木 隆  
研 究 官 伊藤 壮志  
研 究 官 大越 盛幸

#### [研究目的及び経緯]

本研究は、標準的な対策工の有無別にダム堤体の耐震照査を行い、対策工の評価（対策工の規模、規格、数量、工事費、工期等）を行い、損傷形態と工事費および工期等のマトリクスから、標準的な対策工の選定フローを作成することを目的とする。

平成 26 年度は、アーチ式コンクリートダムの複数の補強工による耐震補強効果試算及びその効果の評価、重力式ダムの腹付コンクリート工による耐震補強効果の試算及びその効果の評価に関する検討を行った。

## ダムの維持管理データベース構築

Construction of management database for dam

河川研究部 大規模河川構造物研究室

(研究期間 平成 25～27 年度)

室 長 佐々木 隆  
主任研究官 櫻井 寿之  
研 究 官 大越 盛幸

### [研究目的及び経緯]

本研究は、ダムにおける経年劣化の事例収集、各種管理データの傾向分析を通じて、ダム土木構造物の維持管理を適切に実施するため、基礎データの実装・取扱いの容易化・共有化を可能とするデータベース構築を行うことを目的とする。このデータベースを構築することにより、基礎データを長期に渡り積み重ねることが可能となり、さらに他ダムとのデータ比較等を通じて経年劣化傾向の分析が可能となる。

平成 26 年度は、ダム個別で保有している点検、補修、施設更新履歴等に関する情報をデータベース化するため、過年度に構築したシステムについて、登録の簡便化・検索性能の向上のためのシステム改良を実施した。また、集積したデータを分析し、ダム土木構造物の経年劣化傾向の整理を実施した。

## 大規模地震動の設定精度向上に関する検討

Research on improvement of accuracy for designing large earthquakes

河川研究部 大規模河川構造物研究室

(研究期間 平成 26～28 年度)

室 長 佐々木 隆  
研 究 官 伊藤 壮志  
研 究 官 芳賀 正崇

### [研究目的及び経緯]

本研究は、経験的手法と半経験的手法による推定値と実測値との対応関係について詳細な分析を行うことで両手法の適用性について検討を行い、設定外力の精度向上に資することを目的とする。併せて、設定外力の妥当性判断基準についても検討する。

平成 26 年度は、距離減衰式の回帰データの収集整理、回帰データの分類及び詳細分析、半経験的手法による地震動の設定、経験的手法及び半経験的手法の適用性に関する検討を行った。

## ダム維持管理の今後の方向性に関する調査検討業務

Research on future directionality of management for dam

河川研究部 大規模河川構造物研究室

(研究期間 平成 26 年度)

室 長 佐々木 隆  
主任研究官 櫻井 寿之  
研 究 官 伊藤 壮志  
研 究 官 大越 盛幸

### [研究目的及び経緯]

ダムの維持管理においては、平成 26 年に河川砂防技術基準維持管理編（ダム編）が発出され、30 年毎に実施する総合点検、3 年毎の定期検査を基に安全性、健全性を評価し維持管理のマネジメントサイクルを実行することと示されている。

本業務においては維持管理のマネジメントサイクルに必要となる治水ダム用の定期検査の手引き（案）を作成するため、全国ダムの定期検査結果の分析、課題点の抽出及び関連基準との記載内容齟齬について検証を行うなど技術支援を実施した。また、ダム貯水池水質調査要領の改訂に伴い河川砂防技術基準維持管理編（ダム編）の見直し作業を実施した。

## 地すべりに起因する段波に対する流域危機管理に関する調査

Research on the River Crisis Management for impulse waves by landslide

河川研究部 大規模河川構造物研究室

(研究期間 平成 26～28 年度)

室 長 佐々木 隆  
主任研究官 櫻井 寿之  
研 究 官 芳賀 正崇

### [研究目的及び経緯]

近年、豪雨等により地すべりの発生が懸念される場合がある。そのような場合、河川流域への地すべりの影響を把握する上で、地すべりに起因する河川、湖等における段波現象を評価する必要がある。そこで、本研究では、地すべりに起因する段波の数値計算方法の提案を目的とする。

平成 26 年度は、国内外の地すべりに起因する段波に関する発生事例、研究事例を収集し、地すべり規模と段波の波高との関係、簡易的な段波の波高予測手法について整理した。また、貯水池における段波の数値計算を実施し、段波伝播の特性を把握し、計算における精度向上のための留意点を整理した。

## 合理的な流域危機管理のためのダム潜在的リスク分析に関する研究

Research on potential risk analysis of dams for reasonable risk management in basin

河川研究部 大規模河川構造物研究室

(研究期間 平成 26～28 年度)

室 長 佐々木 隆  
主任研究官 櫻井 寿之  
研 究 官 伊藤 壮志

### [研究目的及び経緯]

自然外力や人為的な外力を含む異常現象、あるいは経年劣化を考慮した場合に、ダムが保有する全体的な安全余裕度が明確になっていないため、ダム管理における対策の優先度が明確ではない。そこで、流域にある複数のダムの維持管理の水準及び対策のレベル・優先度を合理的に決定するための手法が必要である。本研究では、ダムの水理構造に関わるリスク要因を抽出・類型化し、リスク要因の確率を算出するための外力条件を整理して、ダムの相対的な安全余裕度を判断するための総合的なリスク分析手法の基本的考え方の提案を目的とする。

平成 26 年度は、ダムに関する既往の被災事例、安全に関する法体系等及びリスク分析に関する文献の整理を行った。また、モデルとして重力式コンクリートダムを対象にリスク要因と分析手法の整理を行った。

# 水害による人的被害の軽減に向けた適切な避難確保に関する研究

Study on appropriate evacuation and sheltering against floods for reducing human damage.

(研究期間 平成 25~26 年度)

河川研究部  
River Department  
水害研究室  
Flood Disaster Prevention Division

|                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| 室長                | 伊藤 弘之           |
| Head              | Hiroyuki ITO    |
| 主任研究官             | 大沼 克弘           |
| Senior Researcher | Katsuhiko ONUMA |
| 研究官               | 細田 悟史           |
| Researcher        | Satoshi HOSODA  |

In this study, we made the dynamic inundation analysis model using flux-difference splitting (FDS) technique that simultaneously solves flows in a channel and inundation flows in a flood plain. We applied both this model and the traditional model using the overflow discharge formula to various simplified geographic model and real geographic model, compared the output by this model with that by traditional model, and made the character of two models clear.

## [研究目的及び経緯]

「洪水ハザードマップ作成の手引き（改訂版）」に示されたように、水害時の適切な避難を誘導するため氾濫流により家屋倒壊の危険性のあるエリアに関する情報提供が必要とされている。また、このような情報は、大規模氾濫時の人命の保護の観点から、河川整備箇所

の優先順位の指標としても活用が期待できる。  
一方で、これまでの浸水計算では、河川と浸水域をそれぞれ異なるモデルとし、浸水計算の境界条件を河川水位から越流公式により与える方法が採用されてきており、堤防決壊部近傍の氾濫流況に関する計算制度については、十分な検討がされてこなかった。本研究では、河川と浸水域の浸水状況を一連の流体運動としてモデル化することにより、越流公式では十分表現できない決壊部の流況も合わせて計算して、決壊部を中心に浸水深、流速等の精度を高め、河川堤防の重点的整備箇所の抽出の精度向上等に資することを目的とする。

## [研究内容]

### 1. 一体法計算プログラムの作成

FDS法（流束差分離法）を用いて、河道、堤防決壊域及び氾濫域を連続した領域として一体的に計算できる二次元不定流計算のプログラムを作成し、計算を行った（以下「一体法」）。また、比較対象として、河道域を一次元不定流、氾濫域を平面二次元不定流、河道と氾濫域間の流量を越流公式により求める計算（以下「従来法」）を行った。

### 2. 簡易地形モデルによる両計算法の比較分析

一体法と従来法による計算結果の特性等を抽出するため、抽象的な河道地形（川幅、河床勾配、曲率、天端幅）、河道と氾濫域の高低差、決壊形状（決壊幅、決壊形状）とそれらの組合せにより簡易地形モデルを作成した。これら簡易地形モデルに、一体法と従来法を適用し、水深、流速分布等を計算し、決壊から30分後までの氾濫総ボリュームや家屋倒壊危険ゾーンの堤防からの横断方向距離（浸水想定区域図作成マニュアルH26.3改訂版に基づき、水深及び流速から旧耐震基準で判定）等を指標として整理した。簡易地形モデルは、図-1に示すような勾配1/2000の単断面直線河道、堤防高さ10m、天端幅5m、法勾配2割、決壊形状は幅100mの矩形や台形（図-2参照）、河道地形（川幅、河床勾配、曲率、天端幅）とし、河道と氾濫域の高低差、決壊幅、決壊形状を組み合わせたケースを作成した。

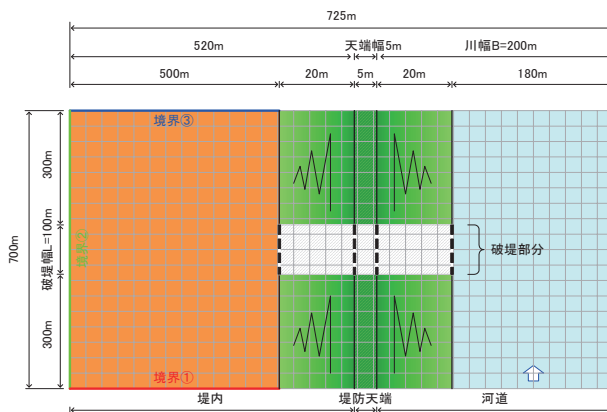


図-1 基準ケースの簡易地形モデル諸元

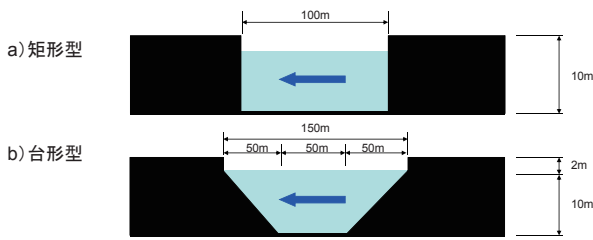


図-2 決壊形状の設定

### 3. 一体法の実河川への適用

荒川（関東）を対象とし、後述する簡易地形モデルでの比較分析結果を踏まえ、従来法よりも一体法の方が流体力の計算結果が大きくなりそうな3地点（荒川右岸10.0k付近、荒川左岸21.0k付近、荒川左岸70.0k）を設定し、実地形における比較計算を行った。

#### [研究成果]

#### 1. 一体法計算プログラムの作成

秋山らがFDS法の検証のために行った直線河道での室内実験（「直線・蛇行河道における破堤氾濫流の特性とその予測」秋山壽一郎ら、水工学論文集第56巻、2012.2）の結果と当プログラムによる計算結果を比較し、再現性の確認を行った。

#### 2. 簡易地形モデルによる比較分析

氾濫ボリューム、家屋倒壊危険ゾーンとも、基準ケースも含め一体法のほうが小さくなるケースの方が多かった。後者について、一体法／従来法で整理した結果が図-3である。

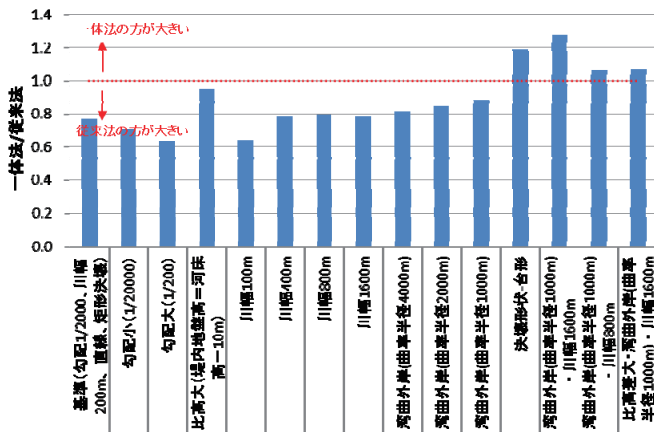


図-3 家屋倒壊危険ゾーンの堤防からの距離比（一体法／従来法）

また基準ケースでの流速分布を図-4に示す。従来法では決壊口全体にわたり高速流が発生するのに対して、一体法では決壊口下流側の氾濫域に比べて上流側で流速が小さくなる現象を良好に表現していると考えられ、

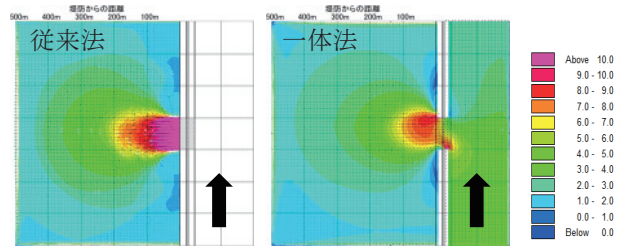


図-4 基準ケースでの流速分布

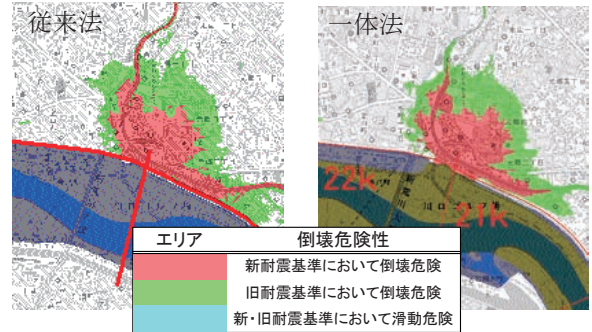


図-5 荒川左岸21.0k家屋倒壊危険ゾーン

その結果、家屋倒壊危険ゾーンが従来法より小さくなったと考えられる。川幅が小さくなるとこの影響がさらに大きくなる傾向が見られた。

湾曲外岸の場合、氾濫ボリューム、家屋倒壊危険ゾーンとも、曲率半径が小さいほど一体法／従来法の値が大きくなる傾向が見られた。これは、遠心力の働きにより外岸側に向かう流れが卓越する現象を、一体法では表現しているためと考えられた。

決壊形状については、氾濫ボリューム、家屋倒壊危険ゾーンとも、一体法／従来法の値が最も大きいのは台形であった。これは、決壊口上流側での流線の剥離による死水域の影響や、下流側に水流が衝突して塞ぎ上げる影響が小さくなるためと考えられる。

#### 3. 一体法の実河川への適用結果

3地点で計算した結果、荒川左岸70.0kは一体法の方が水深・流速等がやや小さめになったものの、全体的には一体法と従来法による大きな違いは見られなかった。家屋倒壊危険ゾーンについて整理した例を図-5に示す。

#### [成果の活用]

垂直避難が不適切なエリアや重点的に河川堤防整備を行う箇所等の抽出にあたって氾濫計算の精度向上が重要であるが、実河川へ適用では従来法と一体法との計算結果に大きな差異は概ね見られなかった。一方、決壊形状が氾濫計算に及ぼす影響が相当あることが示唆され、これが反映できる一体法について、必要に応じて適用を図っていくことが重要と考えられる。

# 水害リスクに関する新たな評価項目に関する研究

Study on evaluation method of flood damage.

(研究期間 平成 25～26 年度)

河川研究部  
River Department  
水害研究室  
Flood Disaster Prevention Division

室長 伊藤 弘之  
Head Hiroyuki ITO  
主任研究官 山本 晶  
Senior Researcher Akira YAMAMOTO  
研究官 細田 悟史  
Researcher Satoshi HOSODA

In flood disasters, various kinds of damage concerning properties, human lives, living, occur according as a special quality of the basin .This study is to detect a relation between the risk of flood damage and society indicator of basin.

## 〔研究目的及び経緯〕

水害については、資産被害等の金銭換算できる直接被害の他、人的被害や生活に係わる被害のように様々な被害を伴うが、これらを表現するため、「水害の被害指標分析の手引」(H25試行版)(以下「手引」という。)が策定されている。手引にはいくつかの指標について算出方法が提示されており、今後手引の積極的な活用が期待されている。

本研究は、河川流域の特性と内在するリスク特性の関係について検討し、今後の水害対策を検討するための基礎資料とするため、手引に基づく指標算出を行った河川・流域について、算出した結果を用いてリスクの特性と地形・氾濫状況や流域の社会条件の関係について検討するものである。

## 〔研究内容〕

河川に特徴的な指標として、流域の規模による影響を排除するため、被害規模に対する指標の大小を比較する。「治水経済調査マニュアル(案)」では、被害額の算定方法が定められており、被害の規模を示す指標として適当と考えられる。そこで、本検討においては、各指標の算出値を被害額で除したもの(以後「被害率」という)を用いて分析を行う。

### 1. 各指標の被害率間の相関性整理

手引による試算を実施した 62 水系を対象に、①浸水区域内人口、②想定死者数、③最大孤立者数、④電力停止による影響人口、⑤ガスの停止による影響人口、⑥上水道の停止による影響人口、⑦下水道の停止による影響人口、⑧通信(固定)の停止による影響人口に

係わる被害率について相互の相関係数を算出し、相関係数の高い指標の組み合わせや独立性の高い指標の抽出等、相関性についての整理を行った。なお、想定死者数、最大孤立者数については、避難率を 40%として算出した値を用いた。

### 2. 被害率と社会条件の関係性整理

1. で使用した 62 水系のうち、①～⑧の被害率が比較的高い 10 水系と低い 10 水系の計 20 水系を選定し、氾濫ブロック毎に被害率を算出して地形、氾濫条件、社会条件との関係性を分析した。社会条件等は以下の 9 項目とした(表-1 参照)。

氾濫ブロック数の特に大きな河川があると、相関性にその河川の影響が大きく出てしまうおそれがあるため、そのような河川では 30 程度までブロック数を集約した。

表-1 相関係数算出の対象とした社会条件等

| No.  | 社会条件、地形・氾濫状況等の項目                       |
|------|--|
| I    | 浸水区域内人口(人口分布(人))                       |
| II   | 高齢化率(65歳以上人口/浸水区域内人口)                  |
| III  | 戸建世帯率(戸建世帯数/総世帯数)                      |
| IV   | 一次産業率(一次産業従事者数/浸水区域内人口)                |
| V    | 都市化率(対象氾濫ブロック内の DID 人口/浸水区域内人口)        |
| VI   | 人口密度(浸水区域内人口/浸水面積)(人/km <sup>2</sup> ) |
| VII  | 地盤勾配                                   |
| VIII | 最大浸水深(m)                               |
| IX   | 浸水日数(日)                                |



## 浸水時の状況把握及び予測技術の高度化に関する研究

Study on the method of monitoring and predicting flood.

河川研究部 水害研究室

(研究期間 平成 25～27 年度)  
室 長 伊藤 弘之  
主任研究官 大沼 克弘  
研 究 官 細田 悟史

### [研究目的及び経緯]

ひとたび氾濫が生じた場合、人の安全確保や資産被害を軽減するための浸水防止対策の実施や避難に要する時間の確保とともに、それら行動の是非やタイミング等を判断するための情報が必要である。このため河川管理者は、浸水実態及び浸水域拡大予測結果を、市町村等にいち早く通知し、上記判断・行動のためのリードタイムを確保することが求められる。本研究では、浸水監視手法・計画の検討や、これらデータの浸水予測計算へのフィードバックによる予測精度向上について検討を行う。

平成 26 年度は、大河川の破堤等による氾濫を想定し、浸水深、浸水範囲、先端位置等の監視項目の観点から、既設の CCTV、人工衛星によるリモートセンシング (SAR 等)、空撮映像 (UAV 等) による監視や、SNS 等を活用した情報収集について、それぞれの適用性やメリット、デメリットについて整理した。また CCTV については、カメラの映像等からリアルタイムに浸水を推定する手法の開発に向けて、画像解析技術等の実態調査を行った。

## 迅速かつ適確な水防活動に資する新技術に関する検討

Study on the new technology that is useful for quick and right flood fighting works

河川研究部 水害研究室

(研究期間 平成 26～28 年度)  
室 長 伊藤 弘之  
主任研究官 大沼 克弘  
研 究 官 細田 悟史

### [研究目的及び経緯]

近年、豪雨に伴う水害が頻発化しており、市町村による水防活動や避難誘導等の危機管理の重要性が増している。本研究は、水防活動、避難誘導、災害対応能力の向上のため、市町村の実情を把握したうえで、危機管理能力の向上に資する新技術や行動計画 (体制・システム) について調査・検討を行い、ソフト面におけるより効率的な流域対策に資することを目的とする。

平成 26 年度は、江東デルタを対象とした荒川大規模氾濫時の避難シナリオを前提に、シミュレーションによる人的被害の試算を行うとともに、排水作業 (直轄で対応可能な排水ポンプ車と荒川ロックゲートの排水操作) 等の施策シナリオの効果の試算を行った。その結果、避難率が 20% の場合、排水作業を行うことにより浸水時間限界超過者 (垂直避難した住民のうち 50cm 以上の浸水時間が 48 時間を超過する者) の数が 0.66 倍になる等、孤立者の抑制効果があり、垂直避難完了者数 (垂直避難した住民のうち浸水時間限界超過者数を除いた数) は、1.20 倍になることがわかった。

さらに、既往の文献調査を元に、危機管理対応の実態について整理し、災害対応における課題や留意事項を横断的に抽出した。その結果、通信手段の途絶や防災情報システムへの不慣れからくる情報の混乱、伝達手段の不十分さや住民の理解不足により避難勧告が有効に機能していない等の課題が明らかになった。



## 水害被害実態調査の手法に関する調査

Study on the method of surveying flood damage

河川研究部 水害研究室

(研究期間 平成 26～28 年度)

室 長 伊藤 弘之  
主任研究官 山本 晶  
研 究 官 細田 悟史

### [研究目的及び経緯]

水害に対する有効な対策の立案のためには、複雑な被災メカニズムの把握や解明が重要であり、そのためには継続して水害の実態調査を行い、その結果を蓄積していく必要がある。本研究は、発生した水災害の現地調査を通じて、水災害について浸水等の物理諸元、施設の被災形態、人的被害や発災当時の避難行動等幅広い情報集を効率的に行う方法や、水災害による社会影響を分析するための手法について検討し、整理することにより、水害被害調査の把握、分析手法の高度化を図るものである。

平成 26 年度は、平成 25 年度に水害が発生した滋賀県高島市、山口県萩市において、浸水状況に係わるデータの収集や再現計算を行うとともに、被災した世帯に伺い調査票を使用した対面型のヒアリングを行い、被災状況に関する情報を収集した。