

2.2.4 河川研究部

堤防の性能曲線を踏まえた効率的河川管理の検討

Examination of efficient river management based on the performance curve of the levee

(研究期間 平成 30～32 年度)

河川研究部 河川研究室

室 長	福島 雅紀
主任研究官	瀬崎 智之
研 究 官	笹岡 信吾
交流研究員	田中 秀岳

[研究目的及び経緯]

平成 24 年の矢野川決壊を受け、基盤漏水による堤防の決壊メカニズムが着目されている。これまでの研究において、透水性の異なる複層構造や行止り構造を有する場合等にパイピングが発達しやすいことが明らかとなった。

本研究では、パイピングの進行性を評価する手法を提案し、浸透対策の優先度の決定に資するものである。また、パイピングの浸透機構を解明し、効果的な水防工法の選択に資するものである。

平成 30 年度は、堤防模型実験により、異なる基礎地盤条件で破壊の進展を再現し、進行的に堤防破壊に至る地盤条件や外力条件等について仮説を立てた。この仮説に基づいて、パイピングの進行現象を簡易に判定する手法について提案した。また、パイピング被災の生じている実河川において堤外地から堤内地における地盤調査を実施し、3次元表層地形データと合わせることで3次元地盤モデルを作成した。さらに、本省からの要請に応じて、危機管理型ハード対策について実験を行い、かご工を用いた法尻補強の効果を確認した。

平成 31 年度は、パイピングによる変状の進行を評価する手法について、模型実験や現地被災状況や現地調査結果を踏まえ適用性を確認する。また、漏水・噴砂といった基礎地盤のパイピング現象に対する水防工法について、模型実験により間隙水圧や流速等を確認することで水防の定量的評価を行う。作成した3次元地盤モデルを活用して3次元浸透流解析を実施することで、従来の弱点箇所抽出手法の課題を整理する。危機管理型ハード対策の設計・施工事例を収集・分析するとともに、構造の異なる危機管理型ハード対策の効果を検証し、構造上の工夫や施工上の留意点を整理する。

本研究の成果は、「河川砂防技術基準（調査編）」、「堤防等河川管理施設及び河道の点検要領」、「河川堤防構造検討の手引き」などに反映する予定である。

実データを活用した河道管理計画の検討

Maintenance of laboratory facility to acquire data for the river management plans

(研究期間 平成 29～32 年度)

河川研究部 河川研究室

室 長	福島 雅紀
主任研究官	山本 陽子
研 究 官	鈴木 淳史
研 究 員	下津 隆介

[研究目的及び経緯]

屋外河川模型実験施設・河川水理実験施設では、国総研が自ら実施する実験の他、地方整備局による事業計画検証のため、複数の実験が並行して実施されている。実験設備の不具合は、政策展開や事業実施の遅れ・支障に直結する。老朽化や損傷に伴う実験への支障発生を防ぎ、今後、継続的に必要となる施設の整備更新を合理的に実施するため、整備・更新計画及び設計を立案し、緊急性が高い施設の更新を実施する。

平成 30 年度は、実験実施に必要なポンプ設備等の改修を行うとともに、実験設備の計画的な改修に向けて改修計画検討を実施した。

今後も引き続き、国総研、地方整備局による複数の実験が継続的に予定されており、実験に支障が出ないよう施設の改修・管理を継続的に実施していく予定である。

河川横断構造物の破壊メカニズムの解明に関する実験業務

Experiment on the damage process of river crossing structures

(研究期間 平成 29～31 年度)

河川研究部 河川研究室

室 長 福島 雅紀
主任研究官 山本 陽子
研 究 官 中村 良二

[研究目的及び経緯]

出水中に河川横断構造物に変状が発生し、その変状が連鎖的に拡大し、構造物自体が流失するなど大規模な被害を受けると、構造物周辺の護岸や堤防が被害を受けることがある。こうした被害を防止するため、河川横断構造物の状態を評価する手法の開発が求められている。

本研究では、河川砂防技術開発制度「河床低下状況下の河川における横断構造物の劣化・損傷・破壊予測技術の開発」（委託研究）と連携し、構造物周辺の複雑な流れの解明とのメカニズムを把握し、構造物の維持管理基準の作成を目指すものである。

平成 30 年度は、河床低下が進行する河川を想定し、屈撓性の河川横断構造物をモデル化した移動床水理実験を実施した。河床低下によって下流河川の水位が低下すると、屈撓性護床工の下流端からブロックが流失した。実験中の観察によると、下流河川の水位が低下することに加え、護床工直下の局所洗掘が影響することを確認した。下流水位や護床工直下の局所洗掘の状況をそれぞれ変えた固定床実験を行い、水圧や流速等を計測することで、ブロック周辺の圧力の変化がブロックの流失を評価する上で重要であることを確認した。

平成 31 年度は引き続き、実験により護床工ブロック周辺の流れ場を詳細に計測し、構造物形状による違いや浸透流の影響について確認する。また、ここで得られたデータを委託研究者に提供することにより、委託研究者が開発を進める解析手法のさらなる高度化を図る。これらの知見をとりまとめ、河川横断構造物の維持管理基準について検討する。

成果は「河川砂防技術基準（維持管理編・設計編）」、「床止めの構造設計手引き」、「護床工ブロックの性能評価法」、「横断構造物占用許可基準」などへの反映を目指す。

災害リスク軽減に資する情報管理システムの構築

Construction of an information management system that contributes to reducing disaster risk

(研究期間 平成 29～31 年度)

河川研究部 河川研究室

室 長 福島 雅紀
主任研究官 山本 陽子
研 究 官 鈴木 淳史

[研究目的及び経緯]

災害リスクの軽減に向けて、治水・環境の両面に配慮して河道を設計することが求められている。河川水辺の国勢調査結果をデータベースとして公開するとともに、環境に配慮した河道設計や維持管理への活用策を検討している。河川水辺の国勢調査の重要種を除くデータは河川環境データベースとして一般公開しており、研究者やコンサルタントが活用している。一方、重要種を含むデータはイントラネット内で運用し、地方整備局職員が活用している。

平成 30 年度は、サーバ OS 更新のための概略検討を行い、更新後のサーバに求められる要件を整理した。一方で、現場事務所や有識者からのヒアリング結果を受け、使いやすさ、セキュリティの向上につながるデータベースの改良を行った。

平成 31 年度は引き続き、操作性の向上や情報管理等の課題を整理した上で、本省関係各課等とも調整を行い、河川関係の他のデータベースとの連携を含めて検討を行う。

これからの河道計画立案手法に関する調査

Survey to update planning methods of river channel shape planning

(研究期間 平成 30～32 年度)

河川研究部 河川研究室

室 長	福島 雅紀
主任研究官	瀬崎 智之
主任研究官	山本 陽子
研 究 官	鈴木 淳史
研 究 官	西前 駿太郎

[研究目的及び経緯]

気候変動により整備水準や計画規模を上回る洪水の発生頻度が増加することから、整備水準や計画規模を上回る洪水が発生した場合に氾濫被害を少しでも軽減する必要がある。本研究によって、減災のための河道設計メニューが確立され、新たな治水計画のフレーム作りに活用される。

平成 30 年度は、モデル的な河道諸元を複数設定し、河道条件ごとの下流の流量低減量を試算し、低減効果発揮条件を整理した。その結果、植生の繁茂状況、高水敷の高さや幅によって、下流区間のピーク流量低減効果が異なること、洪水波形や流量規模によってもピーク流量低減効果が異なることが確認された。

平成 31 年度は引き続き、確認したピーク流量低減効果について、洪水規模や河道条件によって、どのように効果を発揮するのかを定量的に評価する。また、これらの減災効果を河川計画に反映する方法について検討する。例えば設計上の配慮事項とするのか、設計で見込むのかなどについて、上記の結果を整理した上で本省関係部局と議論する。

本研究の成果は、「河道計画検討の手引き」、「河川砂防技術基準（計画編、設計編）」等の改定に向けて活用される。

河川技術に関する研究開発

Promotion of R & D on river technology for sophistication of river management

(研究期間 平成 22 年度～)

河川研究部 河川研究室

室 長	福島 雅紀
主任研究官	山本 陽子
研 究 官	鈴木 淳史

[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開発を促進することが必要であり、「河川砂防技術開発制度」(平成 21 年より本省水管理・国土保全局設置)を実施している。

平成 30 年度は、河川分野について「河川技術評価委員会」、「地域課題評価分科会」、「流域計画・流域管理課題評価分科会」の運営を行った。併せて、過年度成果のフォローアップを行い、研究成果の実装に向けて検討を行った。平成 31 年度は、引き続き委員会の事務局を担うとともに、募集課題のテーマ設定検討のために、地方整備局職員に現場の課題等をヒアリングすることとしている。研究過程においては、各テーマ別に研究グループ、河川技術開発制度委員、本省・地方整備局等行政、国総研による意見交換会を実施し、開発された研究成果は現場実装する予定である。

河道CIMモデルの標準仕様の設定に関する検討

A study on specification of River-CIM model

(研究期間 平成 30～31 年度)

河川研究部 河川研究室

室 長 福島 雅紀
主任研究官 瀬崎 智之
研 究 官 笹岡 信吾
研 究 員 下津 隆介

[研究目的及び経緯]

近年の測量技術の進展を踏まえ、河川事業において、3次元データを測量・調査段階から導入し、その後の設計、施工、維持管理や災害復旧時の被災原因調査、応急対策及び復旧方法等における検討等の各段階において情報を流通・利活用させることにより、一層の河川事業や維持管理の効率化を図ることが求められている。これを踏まえ、情報マネジメント及び3次元データの効率的な河川事業への反映を目指し、データの骨格となる河道のCIMモデルの仕様を検討、整理する。

平成30年度は、3次元地形データを簡易に水理計算シミュレーションソフトにインポートし、即座に検討を進めることが可能な3次元地形データ編集ツールを作成した。当該ツールを実河川及び水理実験模型に適用し、流下能力を確保するための一連の作業（河道掘削形状や樹木伐採範囲の設定等）を試行し、河道CIMに必要な要件（データ構造、データの種別や属性等）を整理した。

平成31年度は、引き続き、河川CIMの各種河川事業への適用を検討することで、必要なデータ構造等を整理する。

本研究の成果は、「CIM導入ガイドライン」、「3次元データ利活用方針」における河道部分の標準的な仕様の整備等へ活用する。

沿岸域土砂管理を見据えた海岸侵食対策の計画論に関する技術的検討

Technical Study of Planning Concept on Beach Erosion Countermeasures to Accomplish Coastal Sediment Management

(研究期間 平成 29～31 年度)

河川研究部 海岸研究室

室 長 加藤 史訓
主任研究官 野口 賢二
研 究 官 福原 直樹

[研究目的及び経緯]

現場技術者のために「海岸保全計画の手引き」が平成5年に発行された。しかし、海岸侵食が大きく進行している中で海浜変形予測手法、対策工法、事業評価手法等が変化してきたことから、新たな手引きが必要とされている。

「海岸保全計画の手引き」の改訂は、新たな知見の反映や現場における海岸保全のPDCAの実践を導けるものを目指している。その際にCheckやActionの段階で計画の評価において海浜変形予測計算の精度がネックとなっている。本検討では、予測計算の精度向上に必要な沿岸漂砂量の水深方向分布等に関する知見を整理し、「海岸保全計画の手引き」の改訂案を提案する。

突堤周辺の沿岸漂砂量の水深方向分布を模型実験により明らかにした上で、その結果をもとに沿岸漂砂量の水深分布推定手法を提案し、その手法を適用した海浜変形予測計算により、現地適用性があることが検証された。また、砂浜管理に用いる海浜変形予測図表の様式を作成した。

漂砂における砂と礫の堆積モードと外力の関連性に関する研究

Study on Relation between Mode of Sand and Gravel Accretion and Wave Condition on the Sediment Transportation

(研究期間 平成 28～30 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
研究官
Researcher

加藤 史訓
Fuminori KATO
野口 賢二
Kenji NOGUCHI
福原 直樹
Naoki FUKUHARA

In order to realize efficient nourishment, differences between sand and gravel accretion modes were clarified by hydraulic model experiments, and the results of on-site trench surveys were analyzed. As a result, the relationship between sand and gravel accretion modes and wave conditions became clear. In addition, typhoons that formed traces of the beach surface in the ground, which were confirmed by on-site trench surveys, were identified.

【研究目的及び経緯】

長期的な侵食の進行で元来(当該海岸のかつて状況)の粒径の材料による養浜では回復が不可能な海岸が多くなっているため、より大きな粒径の養浜材料を用いる傾向にある。従来から、大きな粒径による多量の養浜が効果が高いとされてきた。一方で、粒径に過度に拘るあまり、採取地での篩い分けや採取地の限定によるコスト高等の問題が生じることもある。また、元来の海岸と様相が変化してしまう環境面の問題もある。今後の養浜は、天然の海岸をより良く再現しつつ、より高効率な砂浜再生手法とする必要がある。

本研究では、効率的な養浜を実現するため、外力による砂と礫の堆積モードの違いを水理模型実験¹⁾で説明し、現地トレンチ調査結果の解析を行った。

【研究内容】

先行研究で実施した現地海岸でのトレンチ調査で見られた堆積状況の形成機構を確認するために、粒度が異なる材料を用いて砂浜の遡上帯での砂礫の挙動と形成される地形を観察する水理模型実験を行った。砂と礫の挙動の違いにより、堆積の形態(堆積モード)が異なると考え、3つ材料の粒径とそれらを混合した材料を用いた。実験から得られた砂と礫の挙動をもとに、先行研究のトレンチ調査で確認された地中に残存する地表面の痕跡(以下、残存する地表面)を形成した外力を推定した。

【研究成果】

(1) 水理模型実験による砂と礫の堆積モードの把握

実験では、長さ 33m、幅 0.3m、深さ 0.8m の小型造波水路に図-1 に示すようにモルタル固定床を製作し、陸上部分に図-2 の材料構成で盛土を整形して、2 種類の波浪(波浪 1: 波高 10cm、周期 1.3 秒、波浪 2: 波高 6cm、周期 2.6 秒)を造波した。波浪 1 は波形勾配が大きく海岸侵食が生じ易い波浪条件、波浪 2 は波形勾配が小さく波が打ち上がり易い波浪条件として設定した。

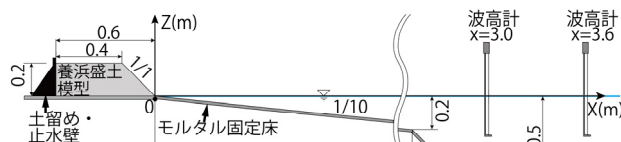


図-1 盛土模型と海底模型の形状

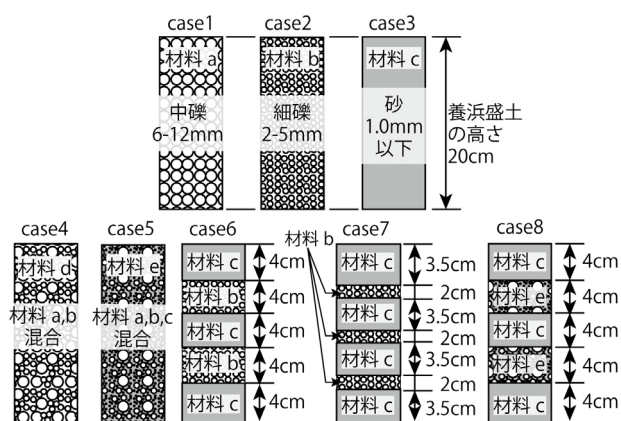


図-2 各ケースの養浜盛土の材料構成

図-3に汀線位置の経時の変化量を、造波5分後を基準として示す。礫のみにより構成される case1, 2, 4 は波浪1と波浪2のどちらでも、後退もしくは小さい前進量となっている。case1の15分後から20分後にかけての $x=0\sim 15\text{cm}$ の範囲での前進は、平坦面を造成したことによるものであるが、45分後には後退へ転じている。中礫と細礫と砂を同体積ずつ混合した case5 では、波浪1と波浪2のどちらでも前進している。砂層と礫層の互層で盛土を構成した case6, 7, 8 では、波浪1では砂を含む割合が高い順の case8, 7, 6 で前進している。したがって、波の打ち上がりに伴い底質材料も打ち上がり易い波浪2において、砂を含むケースでは汀線が前進しているが、礫のみのケースでは汀線は前進していない。

図-4に、波浪1と波浪2における砂と礫の挙動の観察結果を示す。礫のみの case1 は取り崩された礫が沖に堆積する。砂のみの case3 は、波浪1では沖側に堆積し、波浪2では遡上する波により岸側へ張り付くように堆積する。砂と礫を混合した case5 から、波浪1では主として砂と礫が分級し、波浪2では砂の層の上を礫が被覆して砂の移動抑制により安定する。

(2) 礫の打ち上がり高さによる残存する地表面の形成時期推定

砂浜に砂礫混合材料が養浜された静岡県浜松篠原海岸 No. 64 のトレンチから確認された残存する地表面の形成過程を、実験で得られた礫の堆積モードと波浪観測データから分析した。波浪観測データから礫の打ち上がり高さを算定し、残存する地表面の礫の高さと比較して形成時期を推定し、図-5に示すように残存する地表面を形成した台風を特定した。

【成果の活用】

本研究は、砂と礫の堆積モードと外力の関連性を明らかにしたものであり、砂浜保全のための手引きを策定する際の砂礫混合養浜の検討手法として反映される。

【参考文献】

- 野口 賢二, 加藤 史訓, 佐藤 慎司: 前浜地形の耐波侵食性向上に資する砂礫混合養浜手法の検討, 土木学会論文集 B2(海岸工学), 2017, 73 巻, 2 号, p. I_799-I_804.
https://doi.org/10.2208/kaigan.73.1_799.

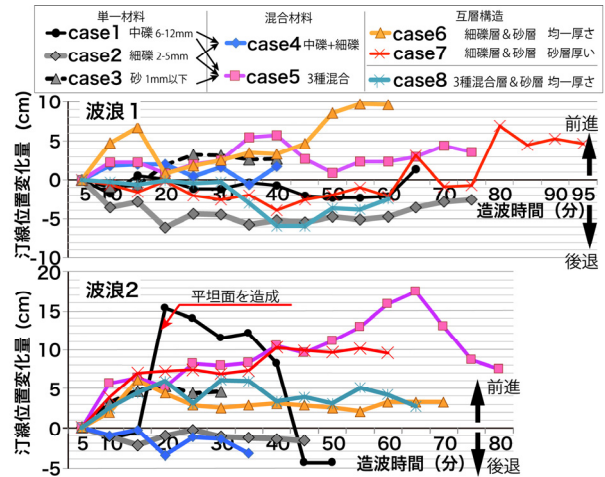


図-3 養浜盛土構成と波浪の違いによる汀線の変化

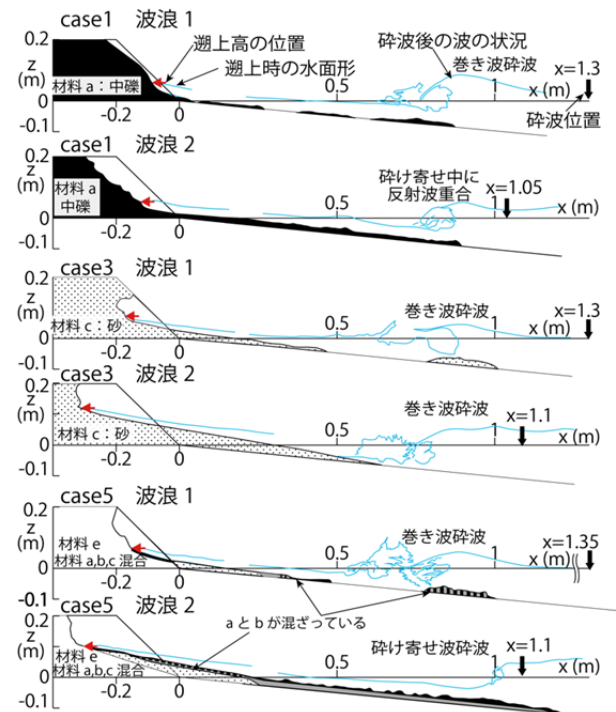


図-4 波浪の変化に伴う砂と礫の挙動の違い

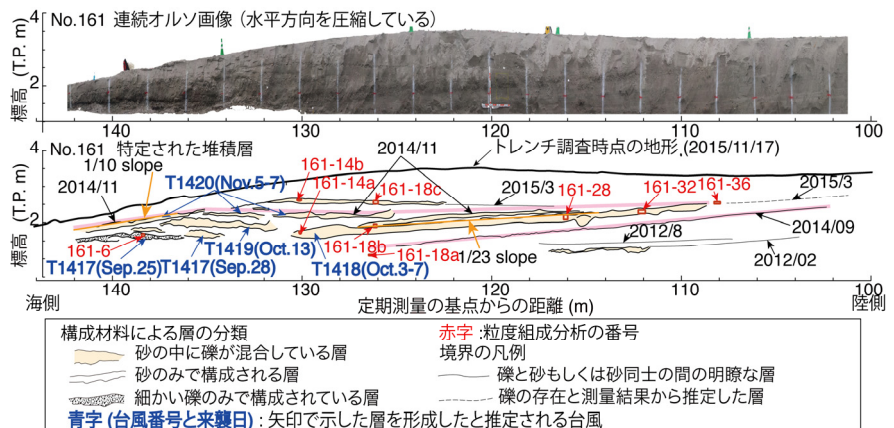


図-5 浜松篠原海岸 No. 64 の残存する地表面と形成した台風の特定結果

衛星画像等を活用した海岸線モニタリングに関する技術開発

Research on shoreline monitoring system based on satellite images

(研究期間 平成 30 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

加藤 史訓
Fuminori KATO
渡邊 国広
Kunihiro WATANABE

SAR-based shoreline monitoring system was modified so that shoreline can be extracted automatically, and shorelines were extracted tribally from 60 scenes. Although the success rate of shoreline extraction was higher in the coast with large grain size, variances among scenes were high in the same coast. The observation angle between satellite and shoreline, the width of beach and vegetation on landward were also seemed to effect on the success rate. The accuracy of shoreline position was worse than that of manually extracted using eye. The developed method would be applicable for gravel coast, and can provide warning alert if the shoreline position changed more than 30 meters.

【研究目的及び経緯】

海岸保全事業等が実施されていない海岸における海岸侵食の兆候を早期に発見して対処するためには、全国の砂礫浜の海岸線を定期的に把握する必要がある、広範囲の画像を高頻度かつ安価に入手可能な衛星 SAR 画像（以下、SAR 画像）を活用したモニタリング手法が提案されている。特定の海岸を対象とした既往研究では衛星画像から目視で海岸線を抽出する手法が主流であるが、全国を定期的にモニタリングしていくには処理の自動化が欠かせない。本研究では、赤松ら（2018）によって提案された SAR 画像からの海岸線抽出をさらに自動化し、代表的な 18 海岸（総延長約 6,000km）に適用することで、各海岸における適用性を明らかにすることを目的とした。

【研究内容】

1. 海岸線抽出の自動化と適用性確認

赤松ら（2018）の方法に、SAR 画像を計算機のメモリに応じて処理可能なサイズに自動的に分割して切り出す機能、海側と陸側の代表点を自動で指定する機能を追加し、18 海岸の SAR 画像 60 シーンを対象に海岸線自動抽出を実施した。

海岸線を抽出できなかった箇所を抽出失敗とみなして、沿岸方向に 50m 間隔で設定した評価線における抽出成功率を算定して、対象海岸の砂礫の粒径や撮影時の衛星の状態などとの関係を調べた。

2. 海岸線抽出結果の精度評価

上記で抽出された海岸線ベクトルデータについて、SAR 画像の撮影時に観測所で観測された潮位・波浪等の情報をもとに海岸線付近における水位上昇量を算定

し、T.P.+0m における海岸線位置を求めた。これを海岸管理者等によって別途実施された直近の測量成果と比較した。

【研究成果】

(1) 海岸の特徴及び撮影条件による抽出成功率の違い

海岸線の自動抽出を試行した 60 シーンの画像全てについて、自動判読できない箇所が確認されたが、発生箇所に明確な傾向は見られなかった。

砂礫の粒径が大きい海岸ほど抽出成功率の最大値が高くなる傾向があるものの、同じ海岸でもシーンによって成功率がバラついた（図-1）。

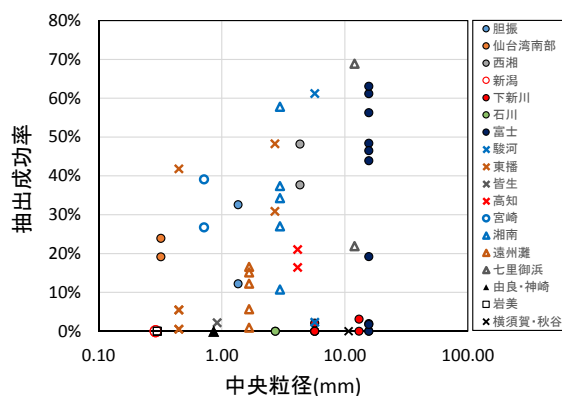


図-1 海岸の砂礫粒径と抽出成功率の関係

衛星からの観測角度を示すオフナディア角が 40 度を超えるといずれの海岸でも抽出が難しくなることや（図-2）、富士海岸のように観測時の衛星の移動方向によって抽出成功率に違いがあるケースも確認され、こ

れらが抽出成功率のバラつきの一因であると考えられた。また、下新川海岸のように既に浜幅が狭い海岸では抽出が難しいことも確認された。

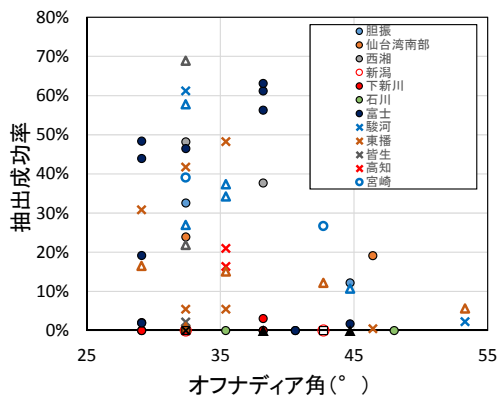


図-2 オフナディア角と抽出成功率の関係

(2) 抽出された海岸線の精度と検出可能な変状

自動抽出された海岸線位置と測量によって得られた海岸線位置の差異は、最も精度が高い富士海岸のシーンでも $12.4\text{m} \pm \text{S.D.}17.0\text{m}$ ($n=290$)が最小であり、赤松ら(2017)の目視抽出(3.3m)、一部自動抽出(5.8m)に比べて誤差が大きかった。

植生前縁部を海岸線と誤判読したケースや、急激に沖に向かって折れ曲がる不自然な形状で抽出されたケースなど(図-3)、人の判断が介在した場合には当然除外される誤判読への対処ができていないことが原因と考えられた。



図-3 海岸線抽出の結果例(富士海岸)
黒線は評価線、背景は地理院地図

各海岸で十分な数の精度評価ができていないシーンにおける抽出精度は、概ね海岸の砂礫の中央粒径と逆相関関係があることが確認された(図-4)。なお、富士海岸では、測量成果によって海岸線変化が最大でも13m程度であることが分かっている2015年2月から2016年1月の期間に撮影されたシーンからの抽出誤差は20m未満に集中しており、現状の精度では30m以上

の海岸線変化があれば変状として把握できると考えられた。一方、細砂で構成される湘南海岸では20m未満と30~50mの2カ所に誤差分布の山があり(図-5)、処理方法の改善によって後者の山への対処ができるようになれば、礫海岸と同様に30m以上の海岸線変化があった場合に把握が可能となることが示唆された。

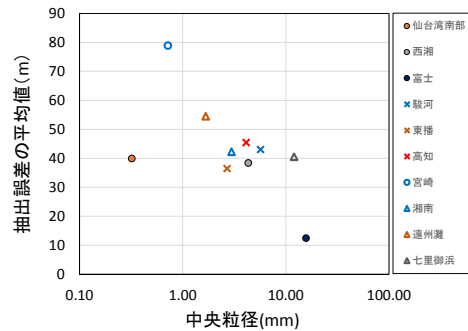


図-4 抽出誤差と海岸砂礫の粒径の関係

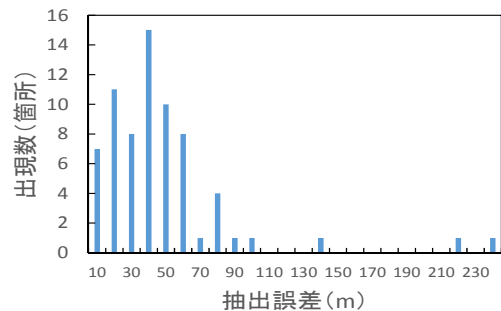


図-5 細砂の海岸における抽出誤差の分布(湘南海岸)

[成果の活用]

本調査と平行して、衛星画像等による海岸線モニタリングを実施する海岸の対象や、観測結果を踏まえた海岸保全のPDCAサイクルなどの運用面の検討が「津波防災地域づくりと砂浜保全のあり方に関する懇談会」(事務局：水管理・国土保全局海岸室)において進められている。その結果も踏まえて、適用可能な海岸からモニタリングを平成31年度より開始し、結果を定期的に公表していく予定である。あわせて抽出精度等を向上させるための研究も継続することで、対象海岸を順次拡大していく予定である。

[参考文献]

- 1) 赤松ら：海岸線モニタリングにおける合成開口レーダの適用性の分析、土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 73, No. 2, I_1621-I1626, 2017
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局 津波防災地域づくりと砂浜保全のあり方に関する懇談会 http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/tsunamiKondankai/index.html

海岸線モニタリング実用化検討

Research on practical application of shoreline monitoring by analyzing SAR scenes

(研究期間 平成 29～30 年度)

河川研究部 海岸研究室

室 長 加藤 史訓
主任研究官 渡邊 国広

[研究目的及び経緯]

海岸侵食の兆候を早期に発見して対処するためには、全国の砂礫浜の海岸線を定期的に把握していく必要があるため、広範囲を把握できる衛星画像を活用した海岸線モニタリングの技術開発が進められている。開発された技術を用いて海岸線モニタリングを全国運用するにあたっては、①海岸線の比較対象となる過去の海岸線位置情報の整備、②膨大に蓄積されていく海岸線位置情報の管理が課題となることが想定されることから、本研究では過去の海岸線位置データの整理と海岸線位置データベースの構築を進めている。

平成 30 年度は、国土地理院発行の地図を元に作成された平成 4 年および平成 18 年時点の海岸線ベクトルデータについて、最近までの地殻変動や地形図作成精度の違いによって最新の地形図と整合しない箇所について平行移動、幾何補正などによって補正した。このうち代表的な 18 海岸（総延長約 6,000km）については、平成 29 年度に作成した潮位等補正ツールによるベクトルデータの補正も試行した。さらに、行政機関においても導入可能な、フリーの GIS ソフト(Q-GIS)上で扱える海岸線位置データベースを試作した。

海岸事業における環境・利用への配慮方策の検討

Research on methods for mitigating coastal environment and activities

(研究期間 平成 29～30 年度)

河川研究部 海岸研究室

室 長 加藤 史訓
主任研究官 渡邊 国広

[研究目的及び経緯]

砂浜保全を推進するためには、砂浜を保全することで得られる環境・利用上の便益についても可能な限り定量的に評価する必要がある。しかし、費用便益分析指針で示されている旅行費用法 (TCM) や仮想市場法 (CVM) などによる評価は、海岸管理者 (都道府県) の財政上の負担も大きいこともあり、ほとんど実施されていない。そのため本研究では、海岸管理者が簡便に海岸の利用・環境上の価値を評価できる手法の開発を進めている。

平成 30 年度は、利用上の価値を評価する際に活用可能な砂浜価値の原単位 (砂浜 1m^3 ・年あたりの価値) を、①既往の各種統計データ、②WEB アンケートの結果から、砂浜を有する都道府県ごとに算定した。また、千葉県、新潟県内の砂浜を対象に、③携帯電話の位置情報 (モバイル空間統計) からの原単位の算定も試みた。環境については、価値評価にあたっての基礎データの取得に必要な「海辺の生物国勢調査」を全国の海岸において継続的に実施できるよう、海岸協力団体等による実施を想定した簡易かつ低コスト化した調査方法を検討した。このうち、陸域植物の調査については、住民参加型の調査を支援するスマートフォンアプリも試作し、遠州灘の表浜海岸において現地調査の試行を実施した。

防災・減災を考慮した海岸保全計画技術研究

A study of coastal planning for coastal structures considering disaster prevention and reduction

(研究期間 平成 30～32 年度)

河川研究部 海岸研究室

室 長 加藤 史訓
主任研究官 竹下 哲也
研 究 官 福原 直樹

[研究目的及び経緯]

南海トラフ地震等の発生の可能性の高い災害や、気候変動による海面上昇等の長期的な変化に対して、被害の最小化を図るためには、中長期を見据えた計画的な海岸保全が求められる。防災・減災の観点から、中長期を見据えて、段階的な海岸保全施設の整備の検討を行うことを支援する計画技術の研究を行う。

平成 30 年度は、段階的な海岸保全施設整備の要素技術の一つとして、設計規模を超える高波浪に対する粘り強い堤防構造に関する大型模型実験（縮尺 1/8）に着手するための実験内容の検討並びに実験準備を実施した。

山地等の地形特性を考慮した高潮推算手法に関する研究

A study for estimating storm surges considering the influence of topographies formed by mountains

(研究期間 平成 30 年度)

河川研究部 海岸研究室

室 長 加藤 史訓
主任研究官 竹下 哲也
研 究 官 福原 直樹

[研究目的及び経緯]

平成 27 年改正水防法の施行通知では、三大湾や瀬戸内海、有明海における高潮浸水想定区域の指定の目標を概ね 5 年程度としており、関係県において検討が本格化する。瀬戸内海のように山地に囲まれた内湾では、地形による風向・風速の変化等が高潮浸水シミュレーションの精度に影響を与えることから、地形特性を考慮した高潮推算手法の研究を行う。

地形特性を考慮した高潮推算手法として、瀬戸内海をモデルケースに、地形特性を考慮した海上風の補正係数の検討を行った。具体的には、気象庁の風向風速に係る客観解析データをもとに、山地地形による風向風速への影響を考慮した海上風の補正係数を作成し、高潮推算において同補正係数を用いることで既往台風の潮位偏差の再現性が向上することを確認した。また、海上風の補正係数を用いて、台風の進行方向を 16 方位別に瀬戸内海に影響のある範囲に経路を平行移動させた高潮推算を実施し、瀬戸内海の各沿岸において潮位が最大となる可能性のある台風経路が得られた。

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
River Department
Water Cycle Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
研究官
Researcher

川崎 将生
Masaki KAWASAKI
土屋 修一
Shuichi TSUCHIYA
工藤 俊
Shun KUDO
幕内 加南子
Kanako MAKUUCHI

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

室長
Head
研究官
Researcher

板垣 修
Osamu ITAGAKI
瀬能 真一
Shinichi SENO

土砂災害研究部 土砂災害研究室
Sabo Department
Sabo Risk-Management Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher

野呂 智之
Tomoyuki Noro
野村 康裕
Yasuhiro NOMURA

In recent years, there has been a tendency for water disasters and sediment disasters to increase due to heavy rainfall and localized heavy rainfall (so-called guerrilla heavy rainfall). On the other hand, sharing and utilization of disaster and forecast information to ensure reliable disaster prevention and mitigation against various water disasters and sediment disasters is not sufficient. Therefore, in this research, we research and develop systems for providing river level prediction information, inundation prediction information, and sediment disasters prediction information in real time by utilizing rainfall information and rainfall prediction information from next-generation radar, etc.

【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・土砂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活用する等して、実用的な河川水位予測情報、浸水予測情報、土砂災害予測情報を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。

【研究内容】

1. 浸水予測

観測・予測降雨、河川水位等の 10 分毎のデータを基に河川、下水道、地形の水の流れを一体的に計算でき

る浸水予測計算プログラムを構築し、1 時間先までの予測浸水範囲及び深さ等を同データ受信後 10 分以内に計算・配信できる浸水予測システムを開発した。なお、事前登録により浸水予測情報をアットメールとして自動配信するシステムを実装している。現時点で、神田川流域、石神井川流域、東京都内東部地域において浸水予測情報の表示・閲覧、アットメール配信が可能となっている。2016 年度から開始した社会実験では、神田川流域内の地方自治体防災関係者や要配慮者利用施設管理者、地域防災会などに、実際に浸水予測システムを利用いただき、浸水被害の防止・低減効果並びに浸水予測システムの使い勝手などについてご意見を伺っている。

2. 河川水位予測

洪水時の数時間先の河川水位を精度良く予測することを目的とし、流出モデル+河道モデル+データ同化

技術で構成される河川水位予測モデルを開発した。また、データ同化技術については、多地点の水位を同化するカスケード同化手法を開発した。開発したモデルについて、荒川流域を対象にシステム化し、試行運用を行い、水害リスクライン情報として関係市町村へ提供した。

3. 土砂災害予測

線状降水帯のような局所的な集中豪雨の際は土砂災害警戒情報発表から土砂災害発生までのリードタイムの確保が難しい。そのため、気象庁数値予報データを用いて豪雨発生危険度を事前に評価する手法（豪雨ポテンシャル）について検討を行うとともに線状降水帯等に伴う集中豪雨の自動抽出手法の検討を行った。検討結果を踏まえ防災担当者に迅速な情報提供が出来るよう線状降水帯等の自動抽出システム（プロトタイプシステム）の開発を行ない、全国の都道府県の防災担当者を対象に試行運用を行った。

【研究成果】

(1) 浸水予測

2017, 2018 年の 2 年間で計 22 回の豪雨予測に対してアラートメール配信を行った。2017 年 8 月 19 日の浸水深再現結果とアラートメール配信状況を以下に示す。

同豪雨では、実際に浸水が起こったと推定される時刻の概ね 1 時間前にアラートメールを配信しており、浸水深の予測結果は聞き取り調査等から推測される浸水深（ $H=0.7\sim 0.8m$ ）より大きめ（ $H=1.26m$ ）となった（図-1）。また、社会実験参加者からの主な意見は以下のとおりである。1) 浸水予測情報は他の情報（TV 等）を得る「きっかけ」として利用されている。2) 浸水予測情報により、各個人の水害の危険認識が向上している。

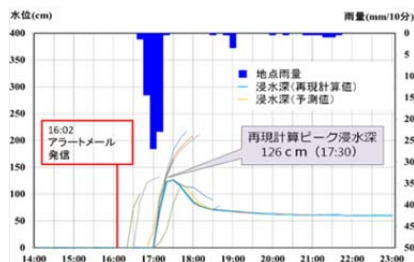


図-1 浸水深再現結果とアラートメール配信状況

(2) 河川水位予測

流出モデル+河道モデル+データ同化技術で構成される河川水位予測モデルを作成した。また、カスケード同化手法を開発し、粒子フィルタを用いた多地点の観測水位の同化をリアルタイムで演算することを可能とした。河川水位予測モデルを荒川流域へ適用した結果、観測結果とよく一致した再現シミュレーションをすることを確認した。また、予測雨量の影響を受けにくい河川水位予測が可能であることが確認できた。開発したモデルについて、荒川流域を対象にシステム化し、試行運用を行い、水害リスクライン情報（図-2）として関係市町村へ提供した。システムの連続安定稼

動と予測精度の向上により、本研究で開発した河川水位予測プロトタイプシステムの実用性を確認した。



図-2 「水害リスクライン」の表示例

(3) 土砂災害予測

線状降水帯抽出のプロトタイプシステムについて、近年の主要な土砂災害を発生させた豪雨に適用したところ、豪雨生起ポテンシャルによる実況値もしくは予測値による評価によって大規模な土砂災害の発生もしくは線状降水帯発生の際概ね 4~6 時間前に土砂災害の危険性の高まりを把握できる結果となった。また線状降水帯等の集中豪雨の停滞をリアルタイムで概ね把握できることも確認した。今年度の出水期における都道府県を対象とした試行運用でも切迫性の共有等で本システムの有効性を確認した。

さらに線状降水帯等のリアルタイム把握について、国土交通省の X-MP レーダや内閣府 SIP で開発された MP-PAWR レーダの 3 次元観測データを活用することで積乱雲の発達状況を把握する手法を検討した。また、気象庁の高解像度ナウキャストの予測雨量を活用することで線状降水帯等の継続性を評価する手法について検討した。これらの手法を近年の豪雨事例等に適用したところ、土砂災害を発生させた線状降水帯等の抽出精度の向上が見られ、リードタイムの確保に資する情報の提供に活用できることを確認した。

【成果の活用】

浸水予測については、対象範囲の拡大や東京オリンピック・パラリンピックの開催期間中に外国人観光客などが利用できる多言語化などを行う他、大学との共同研究を通じて、さらに技術開発を進めていく予定である。

河川水位予測については、地整等で整備が進められることとなった洪水予測基幹システムの河川水位予測手法として本研究の知見が活用される。

土砂災害予測については、都道府県等での活用が見込まれる線状降水帯等の自動抽出システムにおいて本研究の知見が活かされる。

【参考文献】

- 1) S. TSUCHIYA, M. KAWASAKI: Development of a Practical River Water Level Prediction Method Using Data Assimilation Technique, Journal of Disaster Research, Vol.14, No.2, pp.260-268, 2019.

水循環解析を用いた地下水マネジメントの高度化に関する調査

Research on improving groundwater management by using basin-wide water cycle analysis

(研究期間 平成 29～30 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

There is no doubt that the impact of climate change is suspected, and it is predicted that the drought will be severe. Under such a drought, groundwater is expected to be used as a source of water to replace surface water.

In this study, we investigated the possibility of utilization of groundwater as an alternative water source for the maximum class of drought in the Sendaigawa River basin.

【研究の概要】

気候変動の影響は疑う余地がないとされ、渇水の激甚化が予測されている。このような渇水時に、表流水に代わる水源として地下水の利用が期待される。

本研究においては、水循環解析モデルを用いて、千代川流域における最大クラスの渇水に対する地下水の代替水源としての利用可能性を検討した。

【研究の背景・目的】

水循環解析とは、当研究室では、河川流域等を対象とし、地表水モデルと地下水モデルを基幹として、降雨、融雪、蒸発散、表面流出、地下浸透、地下水流動、河道流、地下水揚水、及び河川水と地下水の水交換などの水文プロセスを組み合わせて、一体的かつ広域的に解析を行う技術と定義している。

この水循環解析は、水循環基本法（平成 26 年法律第 16 号）の成立を踏まえ、水循環の健全化やこれに資する持続可能な地下水の保全と利用についての精度ある予測技術が強く求められる。水循環解析はこれらの政策の評価ツールとなるため、政策を進めるための必要不可欠な技術と言える。しかし、水循環解析は、解析モデルは開発されているものの、モデルを実用し、社会実装を進める上では、以下のような課題があり、各機関により試行錯誤が続けられているのが現状である。

- ① 水循環解析の報告事例が少ない。流域規模が大きくなると地質構造の複雑さや利水系統の複雑さ等により、解析精度が低下すると想定されるが、規模の大きい一級水系で高度に精度評価がされた解析事例が特に少ない。
- ② ①に付随して、モデルの設定手法（地質構造等の設定手法や各水文プロセスの設定手法）やモデルの再現性の評価手法は発展途上にある。

- ③ ①に付随して、水循環解析は様々な政策の評価に利用可能と想定されるが、施策への利用可能性の検討事例が殆どなく、当然ながら、現状で行政での活用事例も殆どない。

こうした課題への解決の一助とすることを目的に、本研究を実施した。具体には、水循環解析を千代川流域で構築し、モデルの設定プロセスのノウハウを蓄積するとともに、渇水時に地下水を代替水源として活用する政策の実現のため、水循環解析を用いて地下水利用可能性の評価するケーススタディを行った。

【研究のプロセス及び結果の概要】

水循環解析モデルは、複数のモデルが提案されているが、任意形状の四角形メッシュによって山地地形を再現できること、水と空気の間二相流れとして統合した計算をすることにより地表水と地下水の交換を高い精度で計算できること等から、また、河川における取排水や地下水の採取、GETFLOWS (General purpose Terrestrial fluid-FLOW Simulator) を選定した。メッシュは、平野部は $5 \times 10\text{m} \sim 100 \times 100\text{m}$ とし河道を詳細に再現する観点から、河道周辺のメッシュを細かくした。山間部は、谷地形を概ね再現出来ると考えた $100\text{m} \times 150\text{m}$ で構築した。深度方向は17層に分割した。その結果、メッシュ数は約 656,000 となった。

その上で、GETFLOWS のパラメータとなる地層の透水係数、間隙率、飽和不飽和の地層の水理学的特性（地層の飽和度に対する負の間隙水圧と飽和状態に対する不飽和状態の透水係数の比）の関係と地表面の粗度係数のチューニングを行った。

水循環解析モデルの再現計算結果については、鳥取県の条例により、地下水揚水量データの提出が義務化された 2013 年から 2016 年までを対象に行った。再現

性の検証項目については、河川流量・ダム流入量の再現性、地下水位の再現性を確認するとともに、本研究においては、水循環解析を地下水利用可能量の評価に用いる観点等から実績の地下水揚水量の再現性（実際の地下水揚水量がモデル上でも取水可能となっているか）を確認し、モデルの再設定を行った。

なお、千代川流域では、地下水位が11ヵ所で観測されている。ほとんどの観測井戸は鳥取平野の市街地に設置されており、浅層地下水は沖積層上部砂層（Us）、深層地下水は洪積層最下部礫質土層（Lm）を主な観測対象層としている。

外力となる渇水イベントの降雨は、全国的にも著名な渇水である平成6年の降雨波形を元に、渇水への影響が大きいと考えられる4月～8月期降雨量を、1/100となるように年間降雨波形を引き縮めた。その結果、年間降雨量は1/40となった。

これを外力データとして、渇水イベントのうち河川流量が千代川水系の基準点である行徳観測地点において、正常流量の13.9 m³/sの半分程度（7.0 m³/s）を下回る期間について、平均年河川取水量を80%に留め、減じた20%である4,340千m³/年を深層（洪積層）から代替取水する水利用シナリオを設定した。

その結果、試行計算により河川流量を整理したところ、7月11日～8月18日の期間が代替水源期間となった。この期間において、表流水から地下水から水源転換する条件とし解析を行った。なお、水源転換する地下水の取水は、洪積層の透水性が高いと想定されるエリアに3ヵ所の防災用井戸を仮定した。

鳥取県の地下水位・地盤沈下の観測は1970年代後半から開始され、深層の地下水位は観測当初が最も低く変動しながら概ね単調増加の傾向にある。一方で、地盤沈下もそれにつれ緩和傾向であり、2000年～2004年（観測終了年）には概ね沈静化している。これらから地盤沈下の目安となる地下水位を、1970年代後半の地下水位（田園町 T.P-5.0m）と地盤沈下量と年平均地下水の線形的な変化から、鳥取県の地盤沈下発生指標（5mm/年）を下回る深層地下水の年平均地下水位（田園町 T.P-2.0m）の二つを設定した。

解析結果は、浅層の地下水位は代替水源期間において殆ど低下しなかった。この解析により、揚水により深層地下水位が低下しても、沖積層上部粘性土層が厚く分布する範囲では浅層地下水位はほとんど低下しないことを示唆された。

深層の地下水位は、代替取水期間の18日目に1970年代後半地下水位（田園町 T.P-5.0m）に達した。一方で、線形解析より設定した地下水位（田園町 T.P-2.0m）は、代替取水開始後7日後に達した。この解析により、深層の地下水の代替取水により、誘発涵養を引き起こ

しつつも低下することが確認された。

これにより、一定期間の取水の可能性が示されたことで、激甚な渇水において地盤沈下リスクをどこまで甘受するかは行政判断があるものの、千代川水系においては激甚な渇水時に、地下水の一部代替の利用可能性があることが示された。

【研究の成果のまとめ】

- ① 社会が高度化し、水の安定供給へのニーズは極めて高いと想定される一方で、気候変動の影響は不可避とされ渇水リスクが高まっている。一方で、わが国では人口が減少し、投資余力の減少が想定される。こうした中、新たな水資源開発を行うことなく、地下水を代替水源として利用することで、渇水への強靱性を高める政策の検討に対して、水循環解析を用いる有用性を示した。
- ② 本稿では、詳細な内容は割愛したが、短期的に渇水の代替水源としての利用可能性だけでなく、長期的に揚水量を増大させた場合の地下水位の応答とそれに対して、地盤沈下の目安となる地下水位の比較を行った。これは、地盤沈下が沈静化した地域において、これまでの規制を主眼とした政策から、地盤沈下を回避しつつも地下水を積極的に利用し、地下水の多面的な価値の享受を図る政策への転向への検討に対して、水循環解析を用いる有用性を示した。
- ③ 本研究は、地下水利用可能量の評価に水循環解析を用いる観点等から、実績の地下水揚水量の再現性を確認し、その再現性を向上させるため、地質構造やパラメータのチューニングを行った。その際、古千代川の河谷部は、透水性の良い砂礫等が分布し、高透水部が形成される仮定を行った等、水循環解析を設定する上での重要なノウハウを得た。

【その他】

本研究は、地下水利用可能性の評価手法の確立に向けたケーススタディであり、幾つかの仮定や限定的な情報で解析を実施しており、本稿で示した条件による揚水や地盤沈下の回避を保証するものではないことを特記する。

本研究の成果は、技術の進化による新たな地下水政策の実現に資するものと考えており、国総研資料や地下水学会誌への投稿等による公表を今後、検討したい。

新予測システムを用いた既設ダムを最大限活用する操作等の検討

Enhancement of dam operation based on meso-ensemble rainfall information

(研究期間 平成 28～30 年度)

河川研究部 水循環研究室

室 長 川崎 将生
研 究 官 工藤 俊

[研究目的及び経緯]

国土交通省における 20 の生産性向上につながる先進的な取組「生産性革命プロジェクト」の一つに「ダム再生」が選定され、降雨予測技術の進展を踏まえた”賢く柔軟な運用”の早期実現が熱望されている。ここでは、メソアンサンブル予測雨量を用いてダム操作に関わるリスク（貯水位が回復しない確率、ただし書き操作に入る確率等）を定量化し、予測の不確実性を考慮して合理的に意思決定を行う手法を開発する。

今年度は、メソアンサンブル予測雨量を用いて、新たに予備放流の実施要否や実施する場合の放流量を決定する手法について検討し、これまで本研究課題で検討してきた事前放流及び特別防災操作と合わせた一連の洪水時ダム操作方法の決定手法を開発した。そして、ダム操作シミュレーションを実施し、開発した手法の有効性を確認した。今後は、様々な気象現象に対するメソアンサンブル予測雨量を用いて、できるだけ多くの事例でケーススタディを行い、現場と密に連携しながら開発手法の適用性を検証していく。

CommonMP を用いた河川・流域管理の高度化・効率化

Development and efficiency of river basin management utilizing the Common Modeling Platform for water-material circulation analysis (CommonMP)

(研究期間 平成 28～30 年度)

河川研究部 水循環研究室

室 長 川崎 将生
主任研究官 山田 浩次
研 究 員 小沢嘉奈子

[研究目的及び経緯]

CommonMP は、河道・高水計画に必要な要素モデル等を概成させ、河川管理の実務に利用できる環境が整ったところであり、今後はこれらを実務に定着させて河川管理の効率化を図るとともに、河川管理の高度化に取り組む必要がある。

CommonMP を用いて洪水時の河川の状況をリアルタイムで把握し、氾濫を予測するための演算プロジェクトを整備し、河川・流域管理の高度化を推進するとともに、河川事務所の河川管理実務の業務フローへの定着・維持更新を実施し、河川管理の効率化を図る。

CommonMP の防災・河川管理業務への利活用及び普及を促進するため、国土交通省水文水質データベースのリアルタイムデータを用いて、リアルタイムの河川縦断水位を CommonMP で計算するための次元不定流計算の演算プロジェクト、及びその発展として破堤・越流要素モデル、氾濫要素モデルと組み合わせた氾濫シミュレーションの演算プロジェクト、中小河川等における洪水時の減災行動を支援する暫定水位設定支援のためのサンプル演算プロジェクト等の作成、改修後の河道安定性評価のための基礎水理量作図等支援ツール等の作成を行った。また、地方整備局等職員を対象に CommonMP 講習会を開催し、CommonMP の操作方法、河川管理実務への活用方法についての講習を実施した。今後もこうした取り組みを継続するとともに、地整等が作成した演算プロジェクトの共有化、地整等への技術支援を通じて、現場技術力の向上を促進する必要がある。

レーダ雨量に関する水文観測データ統計処理要領・品質照査要領の改訂検討

The study for revision of "Statistical processing regulation of hydrological observation data of radar raingauge" and "Quality check regulation of hydrological observation data of radar raingauge"

(研究期間 平成 30～31 年度)

河川研究部 水循環研究室

室 長 川崎 将生
主任研究官 山田 浩次

[研究目的及び経緯]

XバンドとCバンドを合成したXRAINによるMPレーダ雨量観測の全国展開が進む中、地域によらず一定以上の観測精度を確保することが求められる。

観測精度に係る課題として、Xバンドの電波消散時の扱いやCバンドの高高度観測データの合成重みの設定などが挙げられる。また観測高度・観測密度等の観測条件の違いに起因して、観測精度に局地的な偏差が見られる場合には、レーダ雨量計の配置を含め、一定以上の精度が確保される観測体制の整備が必要である。これまでの観測により多くの観測データが蓄積されており、こうした検討が可能になってきたところである。

本年度は、レーダ観測データ合成における降雨減衰重み等の考慮による観測精度の違いの試算、Xバンド及びCバンドMPレーダ雨量計データの合成処理手法の検討等を行い、より精度が高くなる雨量算出手順を考案した。

今後、これらの算出手順を現業システムに適用するための検討・調整を行う一方、全国で一定以上の観測精度確保に向け、MPレーダ雨量計の適切な配置について検討する必要がある。

AIによるMPレーダ雨量算定精度向上に関する基礎的研究

Fundamental study to improve accuracy of precipitation estimation with Multi-parameter Radar by artificial Intelligence

(研究期間 平成 30～31 年度)

河川研究部 水循環研究室

室 長 川崎 将生
主任研究官 山田 浩次
研 究 員 小沢 嘉奈子

[研究目的及び経緯]

国土交通省では2010年からMPレーダ雨量計による雨量観測を実施し、即時性および空間解像度の高いレーダ雨量情報を配信しており、国総研では観測精度のさらなる向上に取り組んでいる。現在、MPレーダ雨量の算出にあたっては、過去の地上雨量データと照らし合わせて求めた雨量算定補正係数を全国一律に適用している。しかし、地上雨量との相関が最も高い最適な補正係数はレーダ雨量計毎、降雨イベント毎に必ずしも一律ではない。近年頻発する豪雨等による水災害等の被害軽減に向け、MPレーダ雨量計で得られる観測データからより精度の高い雨量算定を可能にするため、雨量算定補正係数の変動特性を解明する。

本研究では、MPレーダ雨量計でこれまでに得られた膨大で多様な観測データから、AIによりMPレーダ雨量計の観測データと補正係数の関係を学習し、MPレーダ雨量観測の即時性を損なうことなくその時々で最適な補正係数を設定する手法を検討する。今年度は、AIによる学習計算および推測計算で教師データやテストデータとして用いる8年分の降雨事例(約40降雨事例)について観測データを選定・整理し、AIに投入する入力データセットを作成した。

洪水予測に適した危機管理型水位計データの同化手法に関する調査

Research on assimilation method of crisis management type water gauge data suitable for flood forecasting

(研究期間 平成 30～34 年度)

河川研究部 水循環研究室

室 長	川崎 将生
主任研究官	土屋 修一
研 究 官	幕内 加奈子

[研究目的及び経緯]

市町村や住民等に対して、水位観測所の河川水位だけでなく、自分の居場所近傍の河川水位と堤防高の関係を把握できるようにするなど、氾濫の切迫度をリアルタイムで伝えることができる水位情報提供システム等の開発が求められている。各地整で整備する河川水位予測基幹システムに導入する予測モデルやシステム仕様を確定するとともに、今後これらを継続的に改良していく体制を構築する。

九州 2 河川（山国川、川内川）を対象に、分布型流出モデル、一次元不定流モデル、多地点データ同化で構成される河川水位予測システムの試行運用を行い、水害リスクライン情報として関係市町村へ提供した。また、予測精度のさらなる向上のため、予測水位の縦断的な補正手法を開発するとともに、高度なダム操作を河川水位予測に反映するため、ダム放流計画の反映機能を開発し、これらをシステムに導入した。

洪水予測基幹システムへの新たな計算手法の導入及び効果検証

Introduction of new calculation method to flood forecast backbone system and effect verification

(研究期間 平成 30～34 年度)

河川研究部 水循環研究室

室 長	川崎 将生
主任研究官	土屋 修一
研 究 官	幕内 加奈子

[研究目的及び経緯]

近年、気候変動等に伴い台風の大型化、前線性豪雨の発生等により、豪雨災害が頻発・激甚化し、多くの人的被害が発生している。特に避難が遅れる危険性が高い、水位上昇速度の大きい河川における、実用的な河川水位予測手法を開発し、社会実装する。

流出が早い河川において、1 時間間隔の予測雨量を用いた場合、ピーク付近で水位を過小に予測することを確認した。10 分間隔と 1 時間間隔の予測雨量を組み合わせた予測雨量を用いることで、ピーク付近の過小予測が改善することがわかった。

既設ダム of 柔軟な操作手法等の検討

Investigation for efficient usage of the existing dams

(研究期間 平成 30～31 年度)

河川研究部 水循環研究室

室 長 川崎 将生
研 究 官 工藤 俊

[研究目的及び経緯]

これまでの知見や技術を活用した高度なダム操作（事前放流操作、異常洪水時防災操作、特別防災操作）の実施可能性を各ダムで点検するため、同操作に関する点検要領が平成 29 年 7 月に発出された。一方、気象庁が運用を予定しているメソアンサンプル予測雨量を活用することで、上述のダム操作をさらに高度化できる可能性が期待されることから、この導入可能性を各ダムで点検するための方法を検討する。

今年度は、メソアンサンプル予測雨量を活用した操作、操作規則に基づく操作、回復可能水位テーブルに基づく操作の試算結果を比較・整理し、メソアンサンプル予測雨量を活用した操作の効果を確認した。また、メソアンサンプル予測雨量を活用したダム操作を実現するための支援システムの要件を整理し、基本設計を行い、ダム管理所における実現性を確認した。

今後、試算事例を増やした上で、メソアンサンプル予測雨量を活用したダム操作の技術的特徴、導入にあたっての留意点、システム構築にあたり必要な要件等を整理した結果をとりまとめ、導入可能性を各ダムで点検するにあたり参照すべき技術資料を取りまとめる。

気候変動による河川計画対象降雨量の変化に関する検討

Examination about the change of the rainfall targeted for a river plan by the climate change

(研究期間 平成 28～31 年度)

河川研究部 水循環研究室

室 長 川崎 将生
研 究 官 工藤 俊
研 究 官 幕内 加南子

[研究目的及び経緯]

近年、気候変動等の影響により、施設能力を上回る洪水による被害が各地で発生しており、今後も更に水災害の頻発化・激甚化が懸念されている。そこで、本研究では、将来の治水計画について検討するため、気候変動モデルによる降雨予測結果を活用するなどして、将来の想定外力を設定する方法を見出す。

将来の降雨量の変化について、高位シナリオである RCP8.5（4℃上昇）シナリオの予測の分析を行った。メッシュサイズが 2km、5km、20km の 3 種類の気候モデルのデータを使用し、全国を 15 の地域ブロックに分割して現在及び将来降雨の DAD 解析を行い、地域ブロック毎に現在気候に対する将来の変化率を試算した。今後、気候変動を踏まえた河川整備計画の検討に資する、2℃上昇シナリオなどの低位シナリオに基づく気候モデルの出力データを用いた計画規模降雨の将来変化率及びその不確実性を算出する。

ダム貯水池水質改善に係るマニュアル整備

Research on formulation of manual for improvement of water quality of dam reservoir

(研究期間 平成 30～32 年度)

河川研究部 水循環研究室

室 長 川崎 将生
主任研究官 西村 宗倫

[研究目的及び経緯]

国土交通省及び独立行政法人水資源機構が管理するダムにおいて、現状で環境基準を満足していないダム地点は約3割存在するとともに、約4割のダム貯水池でアオコ等の富栄養化現象が確認されている。そのため、国総研においては、ダム貯水池の水質対策に対して、標準的事項のマニュアル化や先進的事例の共有化を通じて、地方整備局等による効果的・効率的な対策や技術の継承を支援している。本研究においては、水質対策検討の重要なツールであるダム貯水池の水質シミュレーションと、富栄養化対策の重要な対策のひとつである曝気循環施設について、全国のダムでこれまでに蓄積された経験や学術的な知見を集約したマニュアルを作成する。

今年度は、水質シミュレーション及び曝気循環施設の全国での検討事例を分析・整理し、共通的事項・留意事項をとりまとめた。また、水質シミュレーション及び曝気循環サブモデルの全国での検討事例の精度検証を行った。

ダム堤体の振動モニタリングによる健全度診断に関する研究

Research on Soundness Diagnosis of Dam Structures by Vibration Monitoring

(研究期間 平成 28～30 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
研究官
Researcher

金銅 将史
Masafumi KONDO
小堀 俊秀
Toshihide KOBORI

In an effort to monitor dams for long-term changes in conditions and seismic impact on dam bodies, we developed and tried a new diagnostic technique focusing on changes in vibration characteristics such as natural frequencies of a dam body. This report summarizes this study and its findings including the technique to capturing changes in structural soundness of a dam body by visualizing its vibration characteristics using the running spectrum of transfer function calculated from seismic records and ambient vibration test in/on concrete dams.

【研究目的及び経緯】

わが国のダムでは、定期的な漏水や変位等の各種計測や日常の巡視等により入念な安全管理が行われているが、近年、築堤後数十年を超える長期供用ダムが増加する中、その安全管理の合理化や一層の長寿命化を図る観点から構造物としての健全性を効率的にモニタリングする技術の開発・普及が求められている。

そこで、筆者らは、ダムで観測される地震動や常時微動等の振動計測結果から同定される固有振動数などダム堤体の振動特性を表す指標に着目し、その変化からダムの構造物としての健全性の経年や大規模地震による変化をモニタリングできる技術の確立を目指して研究を実施した。

【研究内容】

ダム堤体の振動特性の把握には、地震計が設置されているダムでは、基礎部とダム天端付近に設置された地震計で同時に得られた地震観測記録を利用することができる。ダム堤体の振動特性の把握方法を図-1 に示す。両者で得られた加速度時刻歴（波形データ）から各々の周波数特性を表すフーリエスペクトルを求め、その比（天端／基礎）により堤体の周波数応答特性を表す伝達関数を求めれば、そのピーク振動数からダム堤体の固有周波数を知ることができる。一般にダム管理現場では、堤体に設置されている地震計は地震後臨時点検の実施要否の判断に用いる最大加速度値を取得する用途に供されていることが多いと考えられるが、このようにダム堤体の健全性を把握する上で有効な振動特性に関するデータも得ることができる。

また、振動特性の把握は、常時微動（様々な自然又は人工の振動源によって常に生じている地盤や構造物の微小な振動）の計測によっても可能である。近年は

可搬型の高精度な計測機（センサー）もあり、ダム堤体の任意の場所に持ち運んで比較的容易に常時微動計測が行えるようになってきている。地震観測記録と異なり、常時微動計測では基本的に任意の時期・場所で振動データを得ることができる点が大きな長特であり、地震計と同様に堤体内の基礎部と天端付近において同時に常時微動計測を行うことでダム堤体の固有振動数を知ることができる。

このような方法でダム堤体の振動特性を継続的に捉えていけば、ダム堤体の構造物としての長期的な健全性の変化や大規模地震による影響が把握できる可能性がある¹⁾。また、計測データから精度よくダム堤体の固有振動数を同定するには、伝達関数をその時系列変化を表すランニングスペクトルとして可視化することが有効なことが本研究により明らかになった^{2), 3)}。

【研究成果】

ここでは、本研究で得られた成果の1つとして、地震観測データを用いてダム堤体の振動特性の時系列変化を視覚化する手法について述べる。

東北地方太平洋沖地震(2011 年)による加速度波形が得られたMダム(堤高：65m、型式：重力式コンク

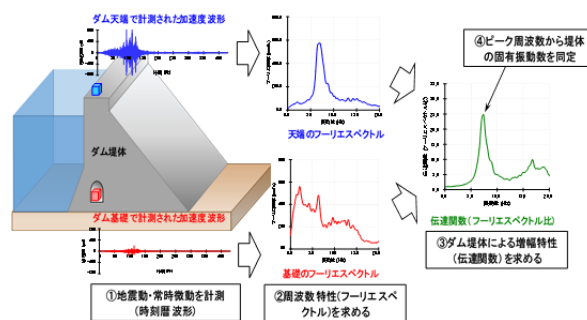


図-1 ダム堤体の振動特性の把握方法

ートダム)の地震動データを対象に、ダム堤体の振動特性とその変化を把握するため、ランニングスペクトルによる可視化を行った。地震計はダム最大断面の天端および同ブロックの基礎監査廊内に設置されている。

本震時の天端と基礎の加速度観測記録から求めたダム堤体の振動特性(伝達関数)の上下流方向成分のランニングスペクトルを図-2に示す。図は天端と基礎で得られた加速度時刻歴(サンプリング周波数 100Hz)を1024ステップ毎に分割し、高速フーリエ変換により算出した各区間(時間帯)の伝達関数を連続的に表示したものである。図-2において赤い実線で示されるピーク振動数が堤体の固有振動数に相当しているが、主要動到達に伴い若干低下していることがわかる。なお、当該ダムでは地震後臨時点検において特段の変状等は報告されていない。また、固有振動数は数ヶ月後には以降の観測データから求めた固有振動数の重回帰分析から、固有振動数は地震発生前の状態と同程度に戻っていることがわかっている^{2), 3)}。一方で、マスコンクリートであるダム堤体にひび割れ防止目的で設けられた横継目(上下流方向の鉛直継目)に設置された継目計のデータ(継目変位)は、本震時に僅かな変動が確認された。これらのことから、当該ダムでは地震による構造的損傷はないが、横継目で区切られた堤体各ブロック間の相対変位により一時的に継目の密着性が僅かに低下し、これが固有振動数の一時的低下として観測されたものと考えられる。

なお、構造的損傷を受けた海外のダムで得られた地震動の観測記録をもとに同様の分析を行ったところ、地震以降も固有振動数の回復が認められない例がある^{2), 3)}。このような場合にはダムの安定性への影響を評価するためより詳細な調査が必要になると考えられる。

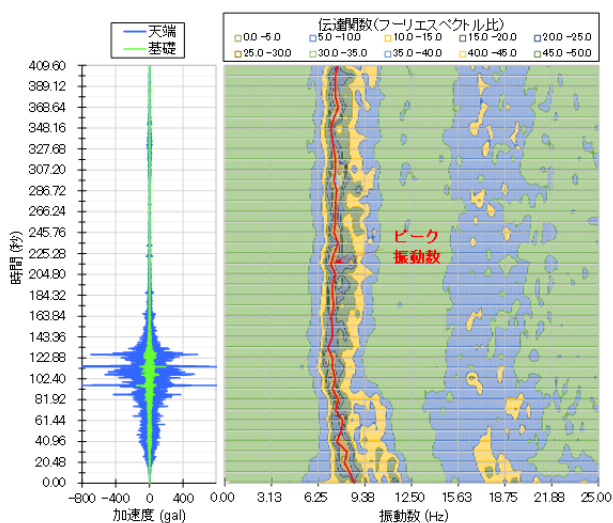
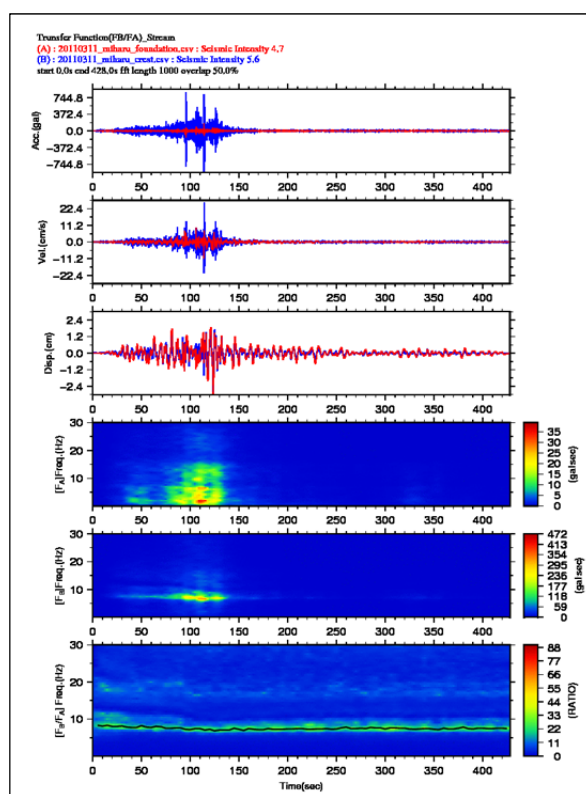


図-2 地震動より算出した伝達関数のランニングスペクトルと固有振動数の変化³⁾

【成果の活用】

本研究で得られた知見は、ダム堤体等の長期的な健全度変化のモニタリングや大規模地震後の影響確認に活用が期待できる。そこで、今後のダム管理への本手法の普及を念頭に、ダム堤体等の振動特性とその変化を簡便に可視化できる「健全度診断用振動特性可視化ツール」を作成した。本ツールにダムで計測された地震動や常時微動の振動データを読み込ませれば、加速度、速度、変位の時刻歴や、フーリエスペクトル、伝達関数やそれらのランニングスペクトルを表示でき、ダムの振動特性やその変化を視覚的にモニターすることができる(図-3)。今後、本ツールの活用も想定し、振動特性に着目したダムの健全度診断・モニタリングに関する技術資料の作成も予定している。



※上から加速度・速度・変位の各時刻歴、基礎・天端の各フーリエスペクトル及びそれらの比(伝達関数)のランニングスペクトル表示

図-3 健全度診断用振動特性可視化ツール出力例

【参考文献】

- 1) 金銅将史、小堀俊秀、加嶋武志、佐々木隆：重力式コンクリートダムの固有振動数変化とその重回帰分析、ダム工学、Vol. 25、No. 1、pp. 16-28、2015。
- 2) 金銅将史、小堀俊秀、佐々木隆：地震動がコンクリートダムの振動特性に及ぼす影響、ダム工学、Vol. 27、No. 4、pp. 265-278、2017。
- 3) 金銅将史、小堀俊秀、平松大周：ダムの振動特性の可視化による分析、土木技術資料、Vol. 60、No. 5、pp. 24-27、2018。

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
River Department
Large-scale Hydraulic Structure Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

金銅 将史
Masafumi KONDO
佐藤 弘行
Hiroyuki SATO
石川 亮太郎
Ryotaro ISHIKAWA

With limited budget and number of personnel for maintenance and management, the monitoring works for dam safety management are required to be more efficiently at normal times, and more rapidly at the time of disasters. The purpose of this research is to develop a new technology for monitoring large scale structures such as dams by using satellite SAR data that can grasp the displacement of dams and reservoir slopes in a wide area.

【研究目的及び経緯】

ダムの維持管理における予算・人員に限られる中、安全管理等の目的で行われるモニタリングにおいても、平常はより効率的、災害時はより迅速に実施できることが求められている。このため、本研究は、ダムの安全管理における重要なモニタリング項目の一つである変位計測について、地殻変動の分析等で活用が進みつつある衛星 SAR (Synthetic Aperture Radar、合成開口レーダ) データを利用し、従来の測量や GPS 等とも組み合わせることで、ダム等構造物や周辺地盤の変位を面的・広域・迅速に把握できる効率的な変位モニタリング技術を開発することを目的に実施した。

【研究内容】

1. 衛星 SAR によるロックフィルダムの変位計測

全国 19 基のロックフィルダムを対象に、JAXA が運用する SAR 衛星 (だいち、だいち 2 号) の観測データを用い、面的な変位量を計測するための干渉 SAR 解析等を実施し変位を計測した。そして干渉 SAR 解析等により変位を精度良く計測するための変位解析パラメータを検討するとともに、従来の測量等 (光波測量及び GPS 測量) のデータと比較することで衛星 SAR による変位計測の精度を確認した。また、干渉 SAR 解析は 2 時期の相対変位しか算出できず、複数の干渉 SAR 解析の結果から長期間の変位を算出するには変位基準点が必要となることから、従来の測量や GPS 等の点のデータを変位基準点として活用し、面的変位を精度良く求めるための変位基準点の設定方法についても検討した。

2. 衛星 SAR による貯水池周辺斜面の変位計測

ダム管理者のニーズが高い貯水池周辺斜面について、

全国の 10 ダムを対象に、JAXA が運用する SAR 衛星だいちおよびだいち 2 号の観測データを用いて、干渉 SAR 解析等を実施して変位を計測した。なお、貯水池周辺斜面は植生に覆われているなどロックフィルダムよりも衛星 SAR による計測条件が悪い。このため、変位量の精度が重視となるロックフィルダム堤体の計測と異なり、貯水池周辺斜面では、変動領域を確実にかつ視覚的に容易に抽出することが可能となるよう、対象斜面の規模に応じた解析パラメータの設定方法を検討した。

【研究成果】

(1) 衛星 SAR によるロックフィルダムの変位計測

19 基のロックフィルダムについて、だいち 2 号のデータを用いて約 2 年間の変位を計測した。その際、従来の測量等による全計測データの平均値を変位基準点として用いた。衛星 SAR による変位量と既存の測量等による変位量の RMSE (Root Mean Square Error、二乗平均平方根誤差) を図-1 に示す。約 6 割に当たる 12 ダムについては、RMSE が目標の 5mm 以下となる良好な結果が得られた。これ以外のダムについては、衛星 SAR からのレーダの観測方向と堤体表面のなす角度が小さいことによりレーダの反射が弱くなり反射波に含まれるノイズの影響が大きくなった等の要因が考えられたため、他方向から観測する衛星 SAR データを用いる等の対応により RMSE が小さくなる傾向を確認した。なお、図-2 に地震前後の干渉 SAR 解析での変位計測例を示すが、地震による数 cm 程度の変位を計測できることも確認した。

また、既存の測量等による変位計測データの中から 3～5 点程度を選定したうえで、それらの平均値を変位

基準点として用いることにより、衛星 SAR によりロックフィルダムの変位を図-1 の RMSE と同程度で計測することが可能であることを確認した。このように、従来の測量等の計測データと衛星 SAR を効率的に組み合わせ、ロックフィルダムの堤体の変位を面的に精度良く計測する手法を明らかにした。

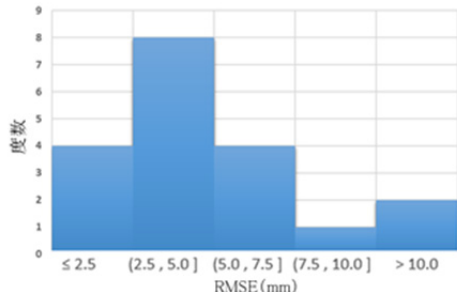


図-1 衛星 SAR と従来の測量・GPS による外部変形測量の RMSE の度数分布 (ロックフィルダム) 1)

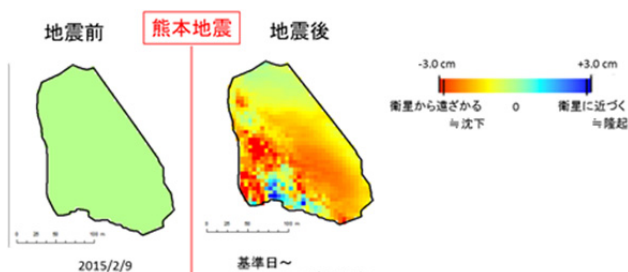


図-2 干渉 SAR 解析の例 (ロックフィルダム) 1)

(2) 衛星 SAR による貯水池周辺斜面の変位計測

貯水池周辺斜面の一部で地上測量等による計測監視が行われている斜面を対象に、干渉 SAR 解析を用いて約 2 年間での地表変位分布を求めた例を図-3 に示す。斜面の高位標高部にあたる図の中央付近に数 cm 程度の衛星から遠ざかる方向 (沈下方向) の変位が捉えられている。また、図-3 で大きな変位が計測されている領域の境界付近は、現地の地表踏査等により把握されている地表の変状箇所 (道路の段差等) と概ね一致することが確認された。ただし、干渉 SAR 解析では、ノイズが大きく斜面の変動領域の把握が困難となる場合もある。このような場合の対応策として、複数の干渉 SAR 解析の結果を足し合わせる手法 (スタッキング解析) について検討を行った。スタッキング解析により、有意な変動についてはその平均値 (年間平均変位量) が算出されるとともに、ランダムなノイズは平均化されてゼロになることが期待される。図-3 の対象領域においてスタッキング解析を行った結果を図-4 に示すが、年間平均変位量が 5mm 以上のピクセルのみ表示することで、比較的変動が大きい領域を見逃すことなく抽出できていると考えられる。スタッキング解析については、このほか、斜面規模の大きさに応じた解析パラメータの

選定など斜面規模等に応じた変動領域の抽出方法についても明らかにした。

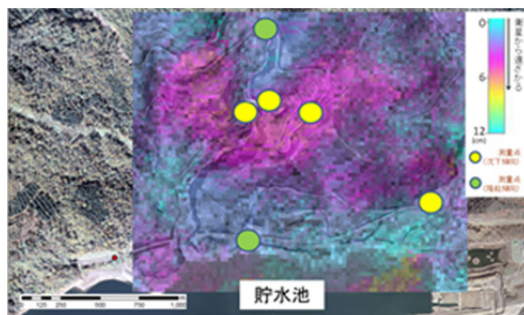


図-3 貯水池周辺斜面の干渉 SAR 解析による二時期の変位計測の例 2) (2015/6/20 と 2017/6/3 の干渉画像)

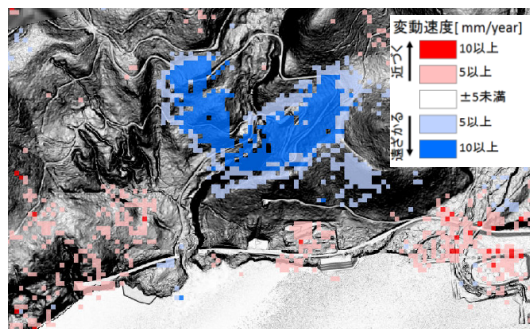


図-4 貯水池周辺斜面のスタッキング解析による年間平均変位量の計測例

【成果の活用】

本研究では、上記のような成果をもとに、衛星 SAR を用いたロックフィルダムや貯水池周辺斜面の変位モニタリングの実務的な活用手法に関するマニュアルやダム管理現場での本技術の活用を支援するシステムの作成もあわせて進めてきている。今後はこれらの活用のほか全国のダム等への個別の技術支援の機会も通じて、本技術が平常時の安全管理や災害時の被害把握に有効に活用されるよう努めていく予定である。

【謝辞】

本研究は、内閣府の SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) のインフラモニタリング分野の個別課題「衛星 SAR による地盤および構造物の変位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」(H26~H30 年度) により実施したものである。

参考文献

- 1) 佐藤弘行、金銅将史、小野寺葵：衛星 SAR データを用いた 19 基のロックフィルダムの外部変形計測、ダム技術、No. 371, pp. 3-14, 2017. 8.
- 2) 佐藤弘行、石川亮太郎、金銅将史：衛星 SAR によるダムの変位モニタリング手法に関する研究、平成 30 年度ダム工学会研究発表会、pp. 1-5, 2018. 11.

ダムのストックマネジメントのための構造性能評価方法の検討

Research on Evaluation Method of Structural Performance for Stock Management of Dams

(研究期間 平成 29～31 年度)

河川研究部 大規模河川構造物研究室

室 長 金銅 将史
主任研究官 佐藤 弘行
研 究 官 小堀 俊秀
研 究 官 松下 智祥

[研究目的及び経緯]

ダムはその安全性等の構造性能に対し十分な余裕を考慮して設計されるが、長期的な外力条件の変化や経年による影響の評価方法は未確立である。そのため、本研究では、これらの影響を及ぼす要因やシナリオを考慮することで、ダムの維持管理をより効果的に行う方法の提示を目指している。

平成 30 年度は、ダムの構造性能への影響要因として地震及び洪水による外力作用を取り上げ、その影響を定量的に評価する方法等について試行的に検討した。その結果、極めて発生が稀な事象の合理的な考慮方法の面などで課題があることがわかった。

平成 31 年度は、ダムの維持管理をより効果的に行う上で、様々な外力作用や経年によるものなど、構造性能への様々な影響要因や影響シナリオの認識、抽出及びその結果を維持管理の実務に役立てる方法について検討を進める予定である。

本研究の成果は、ダムの維持管理における着目箇所・留意点を個々のダムの条件や状態に応じて明確化できるようにすることで、ダムのストックマネジメントの一層の合理化に役立てる予定である。

既設ダム再開発における最適手法の選定に関する検討

Research on Selection of Optimum Method for Redevelopment of Existing Dams

(研究期間 平成 29～30 年度)

河川研究部 大規模河川構造物研究室

室 長 金銅 将史
主任研究官 佐藤 弘行
研 究 官 石川 亮太郎

[研究目的及び経緯]

既設ダム改造・再編を行うダム再開発事業等は今後も増加が予想されるが、各種の制約条件等を考慮した最適な再開発手法の選定やそれに必要な各種調査検討事項とその考え方は十分に整理されていない。このため、本研究では、再開発事業の目的、既設ダムの構造や地形・地質条件、既設ダム機能を維持・運用しながらの施工に伴う制約等諸条件に応じた最適な再開発手法の選定や、それに必要な調査検討事項とその考え方を体系的に整理することを目的としている。

平成 30 年度は、ダム再開発事業として代表的な、既設堤体の嵩上げ、放流設備増設のための既設堤体の削孔又は切削を行う方式を対象に、国内の事業の各段階で行われた多様な調査・技術的検討の項目とその実施方法や留意点を整理した。その結果、既設ダム機能を維持しながらの施工方法など再開発特有の技術的検討の要点を明らかにし、計画段階から設計・施工、試験湛水を経て完成まで事業の各段階における基本的な技術的検討のフローと各段階で必要となる調査や技術的検討項目のリスト等としてとりまとめた。

今後は、既設ダム再開発事業を計画・実施する事業者等が効率的に計画、設計等を進められるよう技術資料としてとりまとめ、その活用を図っていく予定である。

ダムのサイクル型維持管理に有効な健全度診断及びモニタリング技術に関する検討

Research on Useful Technologies for Soundness Diagnosis and Monitoring Based on Cyclic System for Maintenance and Management of Dams

(研究期間 平成 29～31 年度)

河川研究部 大規模河川構造物研究室

室 長	金銅 将史
研 究 官	小堀 俊秀
研 究 官	松下 智祥
研 究 員	石川 亮太郎

[研究目的及び経緯]

ダムの維持管理においては各種点検等を組み合わせたサイクル型維持管理の仕組みが構築されているが、ダムの状態把握を客観的・継続的に行っていく上で有効な健全度診断・モニタリング技術の整備・体系化が十分進んでいない。このため、本研究では、新たな技術の開発や既存技術の改良等により、ダムの維持管理の実務で活用可能な健全度診断・モニタリング技術の整備・体系化を目指している。

平成 30 年度は、コンクリートダムの堤体内部の状態把握に活用できる可能性が考えられる技術として高周波衝撃弾性波法を取り上げ、コンクリート供試体での試験及びコンクリートダムでの現地試験を行って診断技術としての特性を確認した。その結果、堤体内部の状態把握に活用できる可能性があるとの見通しを得た。

平成 31 年度は、フィルダムについても、その堤体内部の状態把握を可能とする実用的な調査試験法の検討を行う予定である。また、その上で、各型式のダムの維持管理に活用可能な様々な健全度診断・モニタリング技術について、その特徴、適用対象・条件、活用場面等を技術情報として体系的に整理を行う予定である。

本研究の成果は、ダムの維持管理における各種点検・検査等において、目的や現場条件に応じて有効な健全度診断・モニタリング技術の活用が可能になるよう技術資料としてとりまとめ、現場への普及を図っていくことを考えている。

貯水池の堆砂対策のコストと効用の推定方法に関する検討

Research on Estimation Method of Cost and Benefit of Countermeasures for Reservoir Sedimentation

(研究期間 平成 29～30 年度)

河川研究部 大規模河川構造物研究室

室 長	金銅 将史
主任研究官	佐藤 弘行
研 究 官	松下 智祥

[研究目的及び経緯]

ダムの機能を長期的に維持していく上で堆砂対策の実施が必要となることあるが、最適な対策手法を経済性の面から合理的に選定する手法は確立していない。このため、合理的な対策手法の立案に活用できる堆砂対策の中長期的な経済性の評価手法の提案を目指してきたところである。

平成 30 年度は、ダム貯水池の堆砂対策の中長期的な効用を治水面から洪水被害の防止便益として推計する方法を提示するとともに、中長期的な対策費用について、事例分析をもとにその発生項目、推計方法等を明らかにした。また、以上のことをもとに、代表的な対策手法を想定したケーススタディを実施し、総費用に占める初期費用の大きさの相違等から、評価期間の取り方によって有利となる堆砂対策手法が変わりうることを示した。

今後は、ダム貯水池の堆砂対策の中長期的な経済評価の考え方として技術資料にとりまとめ、ダム管理者・事業者による活用が図られるようにしていく予定である。

ダムの地震被害レベルの即時推定と被害把握に関する検討

Research on Rapid Estimation of Damage Level of Dams due to Earthquakes

(研究期間 平成 30～32 年度)

河川研究部 大規模河川構造物研究室

室 長 金銅 将史

主任研究官 佐藤 弘行

研 究 官 小堀 俊秀

研 究 官 石川 亮太郎

[研究目的及び経緯]

ダムの耐震性は、試行中のレベル2地震動を考慮した耐震性能照査等により検討されているが、現状では実際に各地で発生する地震によるダムへの影響を即座に把握することは難しい。危機管理の高度化のためには、ダムの被害や変状の有無や程度等に関する情報を地震発生後できるだけ早期に把握することが求められる。そのため、大規模地震に対する危機管理の面から、震源・地震規模等の一次情報から各地点での推定地震動レベルや被害発生の可能性を概略的であっても即時的に推定できるようにすることを目指す。

平成 30 年度は、単純な震源モデルを仮定して震源周辺の岩盤基礎での地震動を概略推定するツールの試作版を用い、既往地震観測記録との比較をもとに地震動推定精度の改善を図った。また、岩盤基礎でない地点に対しても表層地盤データや地震動の即時公開データを利用した地震動の概略推定が可能となるようにした。また、推定される地震動によるダムへの影響についても概略的に推定可能とすることを目指し、既往地震時の点検記録等の分析を行い、影響が生じ始める概略的な地震動レベルを把握するなどした。

平成 31 年度は、作成した地震動の即時概略推定ツールと既往地震でのダムへの影響の分析結果をもとに、地震発生時にダムへの影響を概略的にでも即時に推定可能なシステムのプロトタイプを構築する予定である。

本研究の成果は、ダム管理を担う現場及び関係機関による地震時の危機管理に有効な情報提供ツールとしての活用を図れるようにする予定である。

ダム・堰管理データベース更新・分析

Update and Analysis of Dam and Weir Management Databases

(研究期間 平成 28 年度～)

河川研究部 大規模河川構造物研究室

室 長 金銅 将史

研 究 官 松下 智祥

研 究 官 小堀 俊秀

[研究目的及び経緯]

長期供用ダムの増加等に伴い、限られた人員で状態監視や保全対策をより効率的に行っていく必要性が高まっている。このため、各種維持管理データを蓄積し、ダム管理者等が利用できるようにするためのデータベースの構築を必要な機能改良・更新等を行いつつ進めている。

平成 30 年度は、各種データ登録支援機能を加えることでダム管理者等の負担軽減を図るとともに、衛星データを活用するための関連システムとのデータ共有を可能とし情報の相互利用を容易化した。また、地震時における迅速な状況把握にも活用可能とするため、各ダムに設置されている地震計で観測される波形データの収集・蓄積機能の構築に向けた基礎調査を行い、現場における地震動データの蓄積・保存状況等を把握した。

今後は、本データベースを地震時における迅速な状況把握にも活用できるようにするため、地震動観測記録（加速度波形データ）の迅速な収集システムの構築・連携化に向けた技術的課題を整理し、試行運用に向けた検討などを進めていくことを考えている。

水防活動支援技術に関する研究

Research on assisting technology for flood damage reduction activities in communities

(研究期間 平成 29～31 年度)

河川研究部 水害研究室

主任研究官 武内 慶了
室 長 板垣 修

[研究目的及び経緯]

防災施設能力を上回る洪水が頻発している現状を踏まえ、着実な防災施設整備に加え効果的かつ持続的な水防活動を社会に根づかせていくことが重要である。本研究では水防活動について河川管理者が行うべき技術支援の内容について、現場実態を踏まえた研究を行っている。

本年度は、豪雨イベントの時間経過に伴って生じる様々な浸水事象を踏まえ絞り込まれた高リスク地区に対する、優先的かつ早期の避難誘導の促進を目的としたリスク情報図を作成し、高リスク地区への避難誘導時間の短縮効果を試算した。また、大都市圏の低平地に位置し、近年水防活動実績がある自治体の危機管理部局及び水防団から、水防活動実態について聞き取り調査を行い、大都市圏低平地における特徴的な課題を見出すとともに、円滑な水防活動の実現に資する情報提供のあり方について考察を行った。

地域社会における中長期的な水害リスクの調査

Research on risk that local society is suffered by a flood for long term

(研究期間 平成 29～31 年度)

河川研究部 水害研究室

研 究 官 大山 璃久
室 長 板垣 修

[研究目的及び経緯]

現行の治水経済調査マニュアルは、定量化及び金銭価値化の可能な評価項目に基づき事業便益を評価・計上しているに過ぎず、近年の水害被害の実態等を踏まえ、現実に即した水害被害の様相を適切に評価する手法の開発が求められており、中でも、大規模水害後に懸念される被害の社会経済への中長期的影響の評価手法の開発が急がれている。

本年度は、過去に河川激甚災害特別緊急事業が実施された 11 地区のメッシュ別世帯数および事業所数を指標とし、当該指標の中長期的な経年変化量を表現するにふさわしいと考えられるメッシュ属性情報を重回帰分析等により選定し、収集整理した。なお、メッシュ情報の収集にあたっては、世帯数および事業所数の経年変化に影響をもたらす水害以外のイベントと水害による経年的な影響を切り分けて考えるため、各地区におけるイベント情報の収集整理も行った。

効果的な特定緊急水防活動等に資する氾濫流制御対策の設定手法の開発

Development of planning method to control flood inundation area for effective flood damage reduction

(研究期間 平成 29～30 年度)

河川研究部 水害研究室

研 究 官 大山 璃久
室 長 板垣 修

[研究目的及び経緯]

近年全国で発生している大規模洪水氾濫を踏まえ、大規模氾濫発生の際に円滑に排水作業等を行うための排水作業準備計画を河川ごとにあらかじめ策定しておくことが重要である。本研究では、本省水防企画室と連携して、同計画策定に有効な技術支援に関する研究を行っている。

本年度は、排水作業地点までの排水ポンプ車移動ルート検討において、大河川（洪水浸水推す堤区域公表済河川区間）の氾濫のみならず中小河川（上記以外）の氾濫によって浸水する恐れのある道路箇所も考慮することを目的として、由良川水系並びに阿賀野川水系の中小河川を対象として、合成合理式による流出計算と池モデルを組み合わせた簡易的な浸水想定を行った。

中山間地域における減災システム設計に関する調査

Research on design of flood risk reduction system for small and medium scale rivers in hilly and mountainous areas

(研究期間 平成 29～30 年度)

河川研究部 水害研究室

主任研究官 武内 慶了
室 長 板垣 修

[研究目的及び経緯]

近年、水系の中～上流部において洪水氾濫被害が頻発していることから、河川整備のみならず、堤内地の地形・世帯分布特性を踏まえたリスク低減対策の推進に必要なリスク情報の作成・提供手法、減災対策検討手法を開発し、沿川のリスク低減対策を促進することを目的とする。

本年度は、貯留型氾濫形態となるモデル地域を複数ブロックに分割し、氾濫流のブロック間移動を考慮した池モデルを作成した上で、ブロックごとの浸水位（浸水深）～浸水面積～浸水ボリューム～浸水深別世帯数の関係を整理した。この関係を用いて、道路盛土の二線堤化等の対策による浸水深別世帯数の低減効果を試算した。

大規模洪水時の土砂流木の流下・堆積に関する研究

Research on influence of flowing down and deposition of sand and driftwoods for assessing flood risk along rivers

(研究期間 平成 30～33 年度)

河川研究部 水害研究室

主任研究官 武内 慶了
室 長 板垣 修

[研究目的及び経緯]

平成 29 年 7 月九州北部豪雨では、筑後川水系赤谷川等において、大量の土砂・流木が流下・堆積し、被害が激甚化した。このように、施設計画規模を大幅に超える大規模洪水時に、大量の土砂・流木の流下・堆積が想定される河川において、これらの影響を考慮した水害リスク情報提供手法を開発することを目的とする。

本年度は、1) 洪水時において通常、河床に堆積せずに通過するような細粒土砂が、河積を大きく変化させるほど大量に堆積する基本的な水理条件についての移動床水理模型実験、2) 過去に発生した土砂・流木の発生・流下・堆積を伴う水害事例の収集・分析、3) 山地斜面における土砂の粒度分析による表層地質分類別の粒径集団の特徴の把握を行った。

浸水予測システムによる浸水被害低減方策に関する研究

Study on Flood damage Reduction Policy with the Urban flood Prediction system

(研究期間 平成 26～30 年度)

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

室長
Head
研究官
Researcher

板垣 修
Osamu ITAGAKI
瀬能 真一
Shinichi SENOU

Flood disaster harm is frequent by the torrential rain that I have not experienced so far. In the urban area where the concentration of population, assets or the underground altitude use advance to, flood damage becomes serious, and the maintenance of the sewer and the river is pushed forward, but the enhancement of damage reduction measures at the time of the inundation is expected in particular in these days when the heavy rains more than facilities maintenance scales are frequent. In the flood laboratory, I developed an inundation prediction system necessary for the inundation prediction information to deliver it as one of the prevention, reduction measures of these damage

【研究目的及び経緯】

これまでに経験したことのない集中豪雨などにより水災害が頻発している。特に人口・資産の集中や地下の高度利用等が進む都市部では、浸水被害が甚大となり、下水道や河川の整備が進められているところであるが、施設整備規模を越える豪雨が頻発している昨今、浸水時の被害低減対策の充実が望まれている。



写真-1 1996年6月福岡水害(九州地方整備局提供)

本研究は、平成 26 年度より SIP (戦略的イノベーション創造プログラム (レジリエントな防災・減災機能の強化 (豪雨・竜巻予測技術の研究開発) (内閣府)) における水災害・土砂災害予測技術の研究開発の一つとして浸水予測システムによる浸水予測情報を通じた被害低減方策について水害研究室が開発を進めてきた。

この浸水予測システムは、実測・予測降雨、河川水位データを 10 分毎に受信し、河川、下水道、地表面の水の流れを一体的に計算し、1 時間先までの予測浸水範囲及

び深等をデータ受信後 10 分以内に閲覧可能とし、あわせて必要とする浸水予測情報の位置や浸水深を事前登録することによりアラートメールを自動配信するシステムである。

表-1 浸水予測システム等構築の経緯

年度	浸水予測計算プログラム	浸水予測システム	備考
平成 26 年度	神田川流域構築	予備設計	
平成 27 年度	神田川流域改良	プロトタイプ構築	
平成 28 年度	石神井川流域構築	WEB 配信システムへの改良	社会実験開始
平成 29 年度	東京都内東部地域構築	アラートメール配信機能実装等	社会実験継続
平成 30 年度	東京都内東部地域構築	システム改良、モバイルアプリ開発等	社会実験継続

【研究内容】

1. 浸水予測計算プログラム及び浸水予測システムの開発

実績降雨 (X-RAIN) や予測降雨 (高解像度降水ナキキャスト)、河川水位 (テレメータ水位) の 10 分毎のデータを基に河川、下水道 (Φ600mm 以上)、地形 (25m メッシュ) の水の流れを一体的に計算できる浸水予測計算プログラムを構築し、データ入手より 10 分以内に計算された予測浸水範囲及び深さを表示・閲覧できる浸水予測システムを開発した。

開発にあたり、直轄河川事務所や各地方自治体の協力により、河川横断データ、下水道施設データなどを収集・整理し、プログラムの一部として利用している。

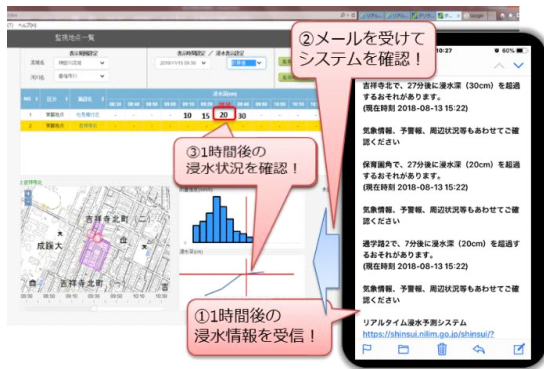


図-1 浸水予測結果・アラートメール表示イメージ

2. 社会実験

現時点で開発が完了している浸水予測計算プログラムは神田川流域、石神井川流域、東京都内東部地域であり、浸水予測システムによる表示・閲覧、アラートメール配信が可能となっており、平成28年度から開始した社会実験では、神田川流域内の浸水常襲地区を含む地方自治体防災関係者や支援施設関係者、地域防災会など約50名に参加いただいているところである。

【研究成果】

(1) 浸水予測結果の精度

2017年8月19日に東京西部を襲った局地的集中豪雨における浸水予測結果の検証を行った。

当時の実績雨量(X-RAIN:レーダ雨量)から浸水範囲、浸水深の計算を行い、その後の聞き取り調査により、浸水が発生した時間及び浸水深を推定した。結果、実際に浸水が起こったと推定される時間の概ね1時間前にアラートメールが配信されており、浸水深の予測結果は聞き取り調査等から推測される浸水深(H=0.7m)より大きめ(H=1.26m)となったが、浸水被害の防止及び事前避難の観点からは安全側であったことを確認した。

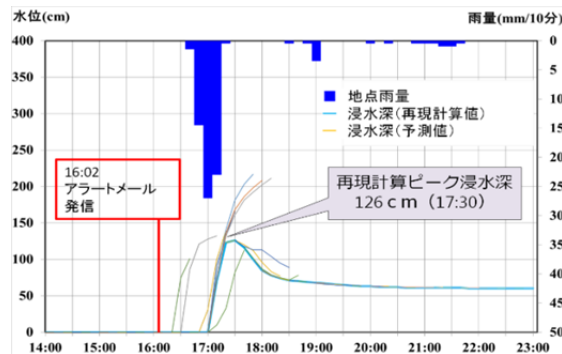


図-2 浸水深再現結果とアラートメール配信状況(1998. 8. 19)

2018年8月13日に同じく東京西部を襲った局地的集中豪雨における浸水予測結果の検証を行った。

この事例においては、浸水が予測される時間の10分前に浸水が発生する高強度の豪雨を予測したため、浸水予測情報の配信と同時に浸水が発生していたこととなる。

これにより、降雨予測精度の重要性について改めて認識することとなった。

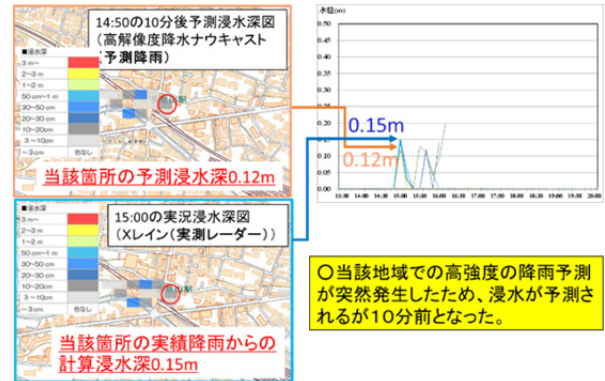


図-3 実況浸水深と予測浸水深計算結果(2018. 8. 19)
(2) 社会実験結果

平成28年から開始した社会実験では、今回開発した浸水予測システムを浸水予測情報を配信により、浸水被害の防止・軽減に向け、今回開発した浸水予測システムの活用方法や使い勝手など社会実験参加者からの意見を聴取した。

参加者からの主な意見をまとめると以下のとおりであり、引き続き開発した浸水予測システムの活用について期待されていることを確認した。

- 浸水予測情報は他の情報(TV等)を得る「きっかけ」として利用されている。
- 浸水予測情報により、各個人の被害への危険認識が向上している。
- 水防訓練教材としての浸水予測システムの利用
- 浸水の恐れがある住民全てに浸水予測情報が行き届く仕組みづくりが必要
- 浸水発生1時間以上前からの浸水予測情報の提供

【成果の活用】

今後は、これまでの社会実験で得られた各種意見に対する改善策やより多くの集中豪雨に伴う浸水予測及び検証を行い実績を重ねることが重要と考える。また、東京都内全域への対象範囲の拡大や東京オリンピック・パラリンピックの開催に伴う外国人観光客などが利用できる多言語化への改良など、今回の研究成果をより活用し、展開していく予定である。

【参考文献】

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所水害研究室
<http://www.nilim.go.jp/lab/rcg/newhp/index.htm>

問題の体系化を通じた水害からのしなやかな復旧に関する研究

Research on smooth recovery from flood damage through systematization of problems

(研究期間 平成 29～30 年度)

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

室長
Head
研究官
Researcher

板垣 修
Osamu ITAGAKI
大山 璃久
Riku OYAMA

Disaster-relief work should be carried out promptly to prevent and reduce next flood disasters in areas affected by floods. On the other hand, there are various issues in disaster recovery, but few researches have been conducted to sort out these issues and organize them systematically. In this study, interviews with organizations related to the Disaster-relief work and collecting information of those works bidding were conducted in order to capture the issues in the recovery process from flood disaster and analyze the factor of the issues on the disaster-relief work.

【研究目的及び経緯】

水害は特定の地域に多数の被害をもたらすとともに、季節性・地域性が強く、地域によっては頻繁にかつ集中的に被災する箇所もある。一方、上記のように頻繁に被災が生じる地域においては、一度被災した場所が復旧されないまま再度被災すると甚大な被害につながるおそれもあることから、迅速かつ確実な災害復旧事業の実施が必要となる。水害に関しては激甚な被災が生じた場合、河川激甚災害対策特別緊急事業の採択などにより国による予算補助など様々な支援が行われているが、災害復旧事業の一連の流れ（図1参照）においては、人員・資材不足など様々な課題により事業が遅延してしまうケースが見受けられる。実際に、2016年熊本地震後の災害復旧工事においては、熊本県が発注した工事の不調率が40%を超過する¹⁾など深刻な事態も発生している。一方、各行政機関等により課題を把握したうえで災害復旧工事の不調不落対策は打たれているものの、災害復旧事業に関する問題の体系的な把握は十分ではないと考える。

本研究では、災害復旧事業の各過程における課題を関係機関へのヒアリングを通じて把握するとともに、災害復旧工事の不調不落の要因を工事入札広告情報等

公表情報から分析を行った。

【研究内容】

1. 災害復旧工事関係機関へのヒアリング

災害復旧事業の発注機関である都道府県及び受注者である建設コンサルタント協会並びに建設業協会からの聞き取り調査を行った。

2. 災害復旧工事に関する過去の入札広告情報の分析

都道府県が発注する河川災害復旧工事に関する入札広告情報等の公表資料を収集し、各工事の発注情報を整理するとともに、不調不落の要因について各案件の発注条件（工期、施工延長など）に基づき分析することで、河川災害復旧工事の設計・発注時に留意すべき事項を抽出した。本研究では全国の4県における計621件（うち193件が不調・不落と考えられる）の発注工事情報を収集した。

【研究成果】

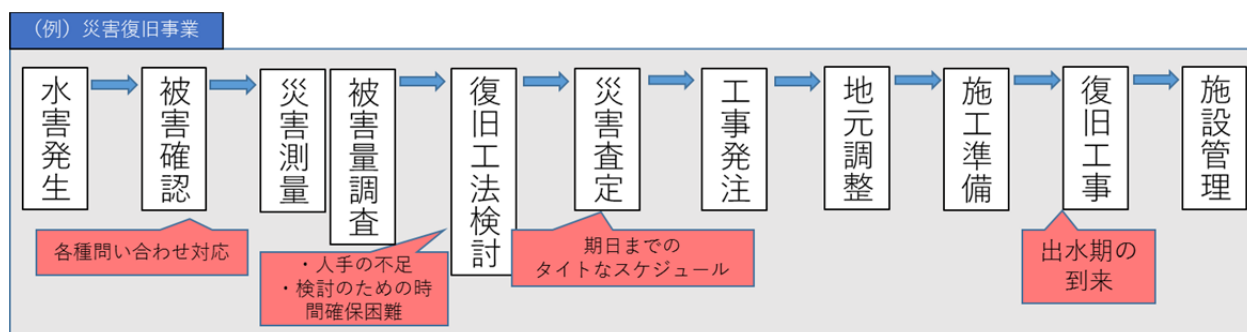


図1 災害復旧事業の流れ

表1 ヒアリング結果に基づく災害復旧過程における主な課題

災害復旧過程	発注者	建設コンサルタント	施工業者
被害確認	・施設管理者の確認に時間を要する ・地域からの問い合わせ対応に時間を要する	・人手不足	
災害測量	・調査設計費の捻出が困難 ・契約手続きに時間を要する	・人手不足 ・積算期間の短さ ・契約後関連書類作成期間の短さ	
被害量測量		・人手不足	
復旧工法検討	・地権者の特定困難 ・TEC-FORCE との役割分担 ・査定用の写真撮影	・人手不足 ・査定用の写真撮影 ・隣県との設計基準の違い	
応急復旧	・予算制約		・資機材不足（発電機等） ・警備員不足
災害査定		・ドローン等の資機材不足	
工事受発注	・不調・不落		・仮設が十分に計上されていない工事の回避 ・技能工の確保
復旧工事施工			・生コンクリート等材料不足

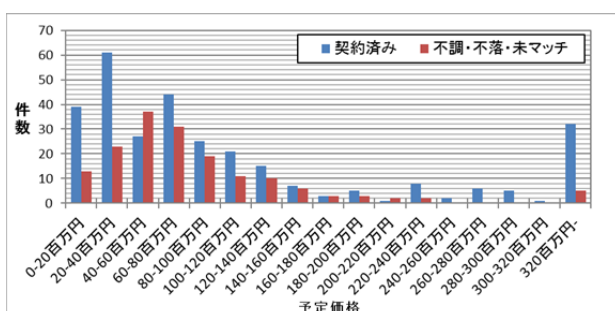


図2 予定価格と落札（不調）件数の関係

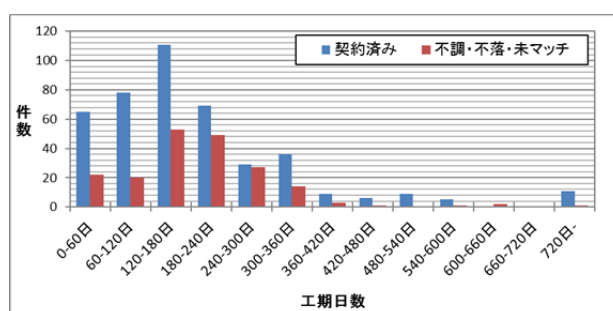


図3 工期日数と落札（不調）件数の関係

(1) 災害復旧工事関係機関へのヒアリング

災害復旧事業に関する各関係機関からのヒアリング結果を表-1に示す。

行政機関においては、被災直後の被害確認時の地域からの問合せ対応に人員が割かれ、災害復旧事業に手が割けないという意見があった。また、災害復旧測量等に係る予算調達に関する課題もわかった。なお、災害復旧測量等に係る予算調達については、国土交通省平成31年度予算にて測量に係る補助内容の拡充を図っており²⁾、都道府県に対する支援につながることを期待される。

コンサルタントにおいては、各過程において人手不足が課題であるほか、自治体ごとに設計基準が異なる場合があり、隣県応援の際に現地の基準への適応に苦労するとの話を伺った。

また、建設業者においては、応急復旧時の資機材不足が課題とされるとともに、工事受注の際に現場条件に応じた適切な仮設が十分に設計に見込まれていない工事は応札を避ける傾向にあるとの意見があった。

(2) 災害復旧工事に関する過去の入札広告情報の分析

収集した災害復旧工事の入札広告情報より、予定価格と落札件数の関係を図-2に示す。また、工期と落札件数の関係を図-3に示す。これらより、予定価格や工期日数の大小の災害復旧工事の不調・不落に対する明確な影響は見受けられなかった。既往の調査においても、国土交通省直轄工事(土木工事)

について、一度目の発注で不調等になった工事のうち、多くが2度目の再発注等により契約できており、さらにその半数は積算見直しやロットの大型化をせずそのまま再公告により契約できている³⁾とされており、工事の規模や日数は直接の不調不落の要因とは言い難い。一方、宮崎県のデータ(H29-H30公告)に着目し、案件の不調・不落と仮設設計に関する記載の有無との関係を分析したところ、全153件の工事のうち28件が不調・不落(不調・不落率18%)である一方、入札公告資料に仮設設計に関する記載がない工事を抽出すると、全21件中16件が不調不落であり、75%強の工事が落札されていないことがわかった。このことは設計において仮設が十分に見込まれていない工事が避けられる傾向にあるというヒアリングで得られた知見を裏付ける。

今後も引き続き不調不落の要因について、仮設設計にも着目しつつ、更なる分析を進める必要があると考える。

【参考文献】

- 1) 建設工業新聞：「依然高い不調・不落発生率」、2017.6.5
- 2) 国土交通省：平成31年度 水管理・国土保全局関係予算概要(平成31年1月)
- 3) JCM マンスリーレポート：公共事業の円滑な施工確保対策について、2014.5 Vol.23 No.3