

持続可能性の観点からの河道の設計手法

River design methods from the perspective of sustainability.

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

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

室 長 福島 雅紀
Head FUKUSHIMA Masaki
主任研究官 田端 幸輔
Senior Researcher TABATA Kosuke
研 究 官 武川 晋也
Researcher TAKEGAWA Shinya

Polarization may cause not only reduction of flow capacity but also damage to revetments and pier foundations, monotonic natural environment, etc., so caution is required in river channel management. This study presents an index for judging the progress of polarization in order to contribute to river channel management that is easy to maintain without causing polarization.

【研究目的及び経緯】

河川の流下能力確保のために、全国で河道掘削が行われているが、その際、低水路に隣接する高水敷を平水位以下あるいは小出水で冠水する高さまで切り下げる「低水路拡幅」(図-1①)が行われることが多い。低水路拡幅は、掘削土量に対して効率的に流下能力を確保でき、水棲生物や利水等への影響が少ないという利点を持つ。一方、水面上に露出した砂州高位部に植生が形成され、出水時に浮遊砂やウォッシュロードを捕捉することで、拡幅から数年程度で河岸が再形成し、流下能力を大きく低減させてしまう場合がある(図-1②～③)。その後は、堆積土と植生の一部消失により河岸が再形成されるか(図-1④)、滞筋が完全に固定化しいわゆる二極化が進行するかのいずれかとなる。特に二極化は、流下能力低減だけでなく護岸や橋脚基礎の被災、自然環境の単調化等を引き起こすおそれがあり、河道管理上注意が必要である。このため、河道管理の現場では、現況あるいは掘削後の河道が土砂堆積と河岸形成を繰り返して動的に安定した健全な状態を維持できるのか、あるいは二極化に至ってしまうのかを簡易に判断するための手法が求められている。

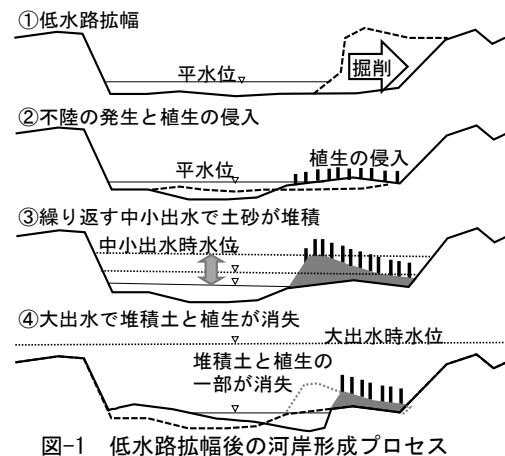
本研究では、二極化進行を判断するための指標を提示することを目的とし、以下の検討を行った。

- ・ 河道断面形の違いが砂州移動と植生消失に及ぼす影響を数値実験により把握した。
- ・ 砂州冠水率に着目し、実データを基に二極化進行との関係を整理し、二極化進行を概略評価するための指標とその閾値を検討した。

【研究内容】

1. 砂州上の植生消失による河岸形成に関する検討

河岸再形成と二極化のどちらの局面になるかは、砂州が冠水して土砂が攪乱し、植生を消失させるかどうか



かが重要な指標となる。これには、主に低水路の深さと幅が影響するものと考えられる。そこで、複断面直線河道を対象に、植生消失を考慮した平面二次元河床変動解析モデルを適用し、10年分の流量ハイドログラフを通水した時の砂州移動と植生消失の傾向を確認した。断面諸元と流量条件は、セグメント 2-1 の実河川を参考に設定し、低水路の幅と深さは表-1 に示す組み合わせとした。

図-2 に、各ケースにおける砂州上の植生地被率の経年変化の比較を示す。低水路幅の狭い Run-2、3、低水路水深の大きい Run-5、6 では、植生地被率が小さくなる結果が得られた。これらのケースでは砂州移動が顕著であり、植生が消失しやすい状態にあったことを確認している。よって、低水路幅が狭く、低水路水深が大きいほど、砂州冠水頻度が高まって大きな掃流力が働くことから、洪水時の砂州移動が顕著となり、河岸が再形成されやすい傾向にあることが確認された。一方、砂州上の植生侵入は、平水位以下の頻度が重要となると考えられる。これについても併せて確認し、河川毎の河岸形成特性を把握していく必要がある。

表-1 検討ケース

ケース	低水路幅 (m)	高水敷高 (m)	河床勾配	低水路の 流下能力 (対Run-1)
Run-1	120	3.00	1/700	1
Run-2	150	3.00		1.25
Run-3	180	3.00		1.5
Run-4	90	3.00		0.75
Run-5	120	3.43		1.25
Run-6	120	3.82		1.5

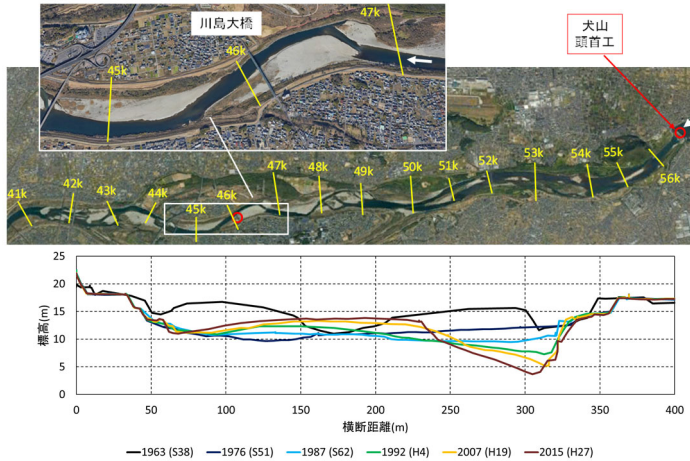


図-3 木曾川セグメント1区間の空中写真と46.2kの横断形状の経年変化

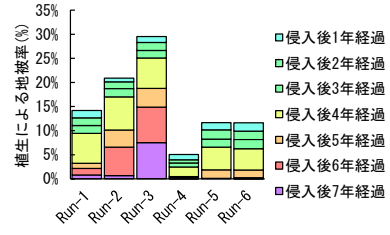


図-2 砂州上の植生地被率の経年変化

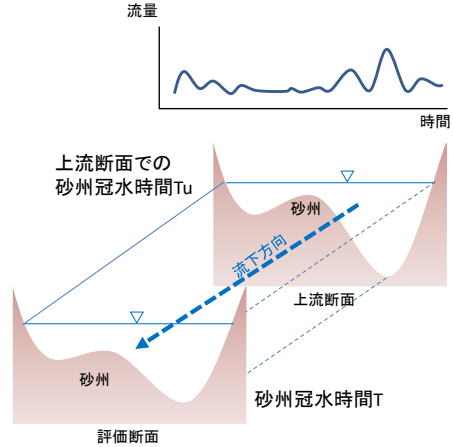
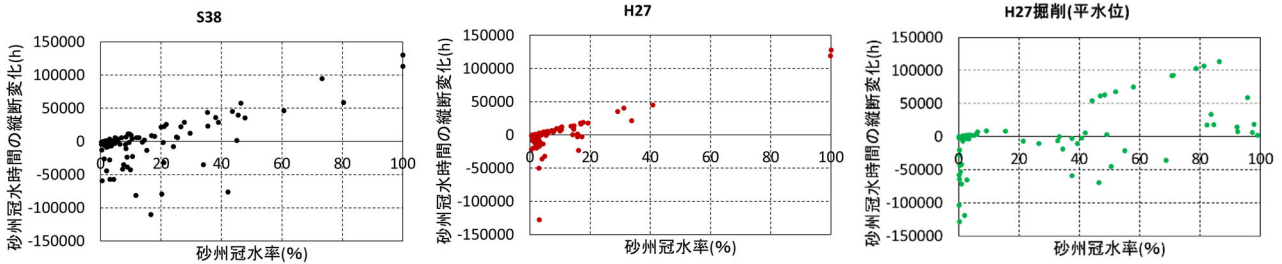


図-4 砂州冠水率と砂州冠水時間縦断差分 (T-Tu)の算定イメージ



(a) S38 (河岸再形成が生じていた時期) (b) H27 (二極化が進行した時期) (c) H27を基に平水位まで掘削した場合

図-5 砂州冠水率と砂州冠水時間の縦断差分 (T-Tu)との関係

2. 二極化指標の検討

平成4年以降に二極化が進行した木曾川セグメント1区間 (41~56k、図-3) を対象とし、経年的な定期横断測量と毎時の位況データから各断面の砂州冠水率を算出し、図-4に示す砂州冠水時間の縦断差分 (T-Tu) との関係を整理した。砂州冠水率と砂州冠水時間の縦断差分の関係を図-5に示す。昭和38年時点 (図-5(a)) では、砂州冠水率が全体的に大きく、T-Tuの正負の数および範囲が概ねバランスしている。一方、平成27年時点では砂州冠水率が20%以下の範囲に集中してプロットされるとともに、10%以下の範囲ではT-Tuの値がかなり小さくなる箇所が現れる (図-5(b))。これは、滞筋に流れが集中し、河床低下しやすい状態にあることを意味している。

上記結果を、横断測量結果 (図-3) から判断される二極化の実態と比較すると、昭和38~昭和62年頃は河床が高く滞筋も固定しておらず河岸再形成が生じていたが、平成4年以降は徐々に河床が低下し、平成年代以降は二極化が進行していた。よって、木曾川では砂州冠水率によって二極化進行を概ね把握できることが示された。

図-5(c)は、平成27年河道を基本とし砂州を平水位の高さまで切り下げた場合の結果を示す。これにより砂州冠水率が全体的に大きくなり、T-Tuの正負の数と範囲も概ねバランスすることから、河道が安定傾向となり、二極化を抑制する方向に働くものと予想される。

[研究成果]

砂州冠水率を指標とすることで、二極化進行を概略推定できることが分かった。河川毎に二極化進行にシフトする際の砂州冠水率を見極め、その値を目安として砂州を掘削すれば、極端な再堆積を生じさせず、二極化進行をなるべく抑制できる可能性があり、現場での活用が期待される。今後は、再繁茂抑制の観点から平水位以下となる頻度についても調べ、河川毎の河岸形成特性を把握していく。

[成果の活用]

本研究の成果は、河道計画検討の手引き等の改定に資する基礎資料として活用する予定である。

実データを活用した河道管理計画の検討

Study on river management plan utilizing real date.

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 29 年度～)

室長	福島 雅紀
研究官	笹岡 信吾
研究官	今 勝章

[研究目的及び経緯]

河川研究室では、河道計画の検討にあたり、水理模型実験など大規模な実験ができる施設、装置を整備、管理して提供するとともに、河川事務所等からの技術相談に対応している。本検討では、これらの施設、装置について、老朽化しているものの修繕や更新を計画的に実施し、全国河川の河道計画の検討を支援するものである。

令和 3 年度は、老朽化により使用できなくなっていた河川模型実験施設内の給水用配管バルブの更新を実施し、試験運転を実施した。また、老朽化が進み、模型実験で使用した大量の水を循環・再利用することに支障をきたしていた、帰還水路内のスライドゲートについて更新を実施し、運用を開始した。

気候変動に伴う外力増大を見据えた堤防強化技術の開発

Development of levee reinforcement to prepare for increased external force due to climate change.

河川研究部 河川研究室

(研究期間 令和 2 年度～令和 4 年度)

室長	福島 雅紀
主任研究官	三好 朋宏
交流研究員	西嶋 貴彦

[研究目的及び経緯]

河川堤防を越水した場合であっても、決壊しにくく、堤防が決壊するまでの時間を少しでも長くするなどの減災効果を発揮する粘り強い河川堤防を整備するための堤防強化構造の検討を行うことを目的とする。

令和 3 年度は、実験水路内に、堤防高 75cm の固定床の堤防模型を設置し、越水実験を通じて、天端保護工、裏法肩保護工、裏法面保護工、基礎工に作用する流体力を分力計で直接計測した。得られたデータを元に、各種保護工に作用する流体力の評価方法を検討した。

河川堤防の耐浸透性能の評価手法に関する検討

Examination of evaluation method of infiltration performance of river levee.

河川研究部 河川研究室

(研究期間 令和 3 年度～令和 4 年度)

室長	福島 雅紀
研究官	笹岡 信吾
研究官	今 勝章

[研究目的及び経緯]

平成 24 年の矢部川決壊を受け、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。これらを踏まえ、本検討では堤防の持つ治水機能を最大限活用するため、施設能力を上回る洪水が発生した場合の堤防の耐浸透性能を評価する手法を検討している。

令和 3 年度は、河川堤防を対象として、パイピングに対する安全性を定量的に評価するための解析プログラム（耐浸透性能評価プログラム）にすべりに対する安全性を定量的に評価する機能を追加するとともに、被災事例に適用して、パイピング及びすべりに対する安全性を評価した。

令和 4 年度は、パイピングやすべりによる被災を受けた河川堤防を対象に耐浸透性能評価プログラムを適用し、安全性評価を実施するとともに、河川堤防一連区間におけるパイピングやすべりに対する性能曲線を作成する。

河道基盤情報化システム（RBCOM）更新・管理検討業務

Maintenance of River Base Computerization System

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 29 年度～)
室 長 福島 雅紀
主任研究官 田端 幸輔
研 究 官 大谷 周

[研究目的及び経緯]

河川の計画策定・管理に必要なデータを蓄積とその蓄積されたデータを図表化することのできる「河道基盤情報化システム（RBCOM）」を整備し、実河川における基本的なデータ蓄積により、河道計画の技術的検討の支援、効率的な河川管理へのデータの活用を目指している。

令和 3 年度は、令和 2 年度の河川基本技術会議における審議河川及び報告河川の 40 河川の河道基盤情報を新たに RBCOM へ登録し、RBCOM の活用頻度あげるための検討を実施した。

令和 4 年度は、三次元河川管内図をベースとし、RBCOM に格納されているデータを活用する手法を検討する。

粘り強い河川堤防の設計に関する検討

Research on structure of overtopping-resistant levee.

河川研究部 河川研究室

(研究期間 令和 2 年度～令和 3 年度)
室 長 福島 雅紀
主任研究官 三好 朋宏
交流研究員 西嶋 貴彦

[研究目的及び経緯]

河川堤防を越水した場合であっても、決壊しにくく、堤防が決壊するまでの時間を少しでも長くするなどの減災効果を発揮する粘り強い河川堤防を整備するための堤防強化構造の検討を行うことを目的とする。

令和 3 年度は、ブロックマットで裏法面を保護した構造について、堤防高 4m の堤防模型を設置し、越水実験により、想定している越水外力が作用した時のブロックマットの安定性や、想定以上の越水外力が作用した時の堤防の壊れ方の確認を行った。得られた実験結果をもとに、構造検討上の留意点を整理した。

水害リスク管理型の河道計画策定手法の検討

Research on technique to design river channels with flood risk assessment

河川研究部 河川研究室

(研究期間 令和 3 年度～令和 5 年度)
室 長 福島 雅紀
主任研究官 三好 朋宏
研 究 員 三尾 奈々恵

[研究目的及び経緯]

平成 30 年西日本豪雨、令和元年東日本台風、令和 2 年 7 月豪雨など、計画を上回る規模の洪水が発生している。本研究では、計画規模の洪水による被害を防止することに加え、それを越える洪水が発生した場合でも流域における被害を軽減できるような河道計画検討手法を提案するものである。

令和 3 年度は、流域の水害リスクを適切に把握する手法を検討するため、モデル河川を対象に河川水位情報、浸水深等のハザード情報、人口分布、土地利用状況等の情報、指定緊急避難場所等の避難に関する情報を包括的に確認できる水害リスクマップの作成、及び目的別に必要な情報が掲載された水害リスクマップを試作した。

令和 4 年度は、試作した水害リスクマップを流域特性等の異なる他河川において適用し、マップの有効性を確認するとともに、河川整備内容や順番を具体的に検討し、被害軽減の程度を試算する予定である。

河川技術に関する研究開発・開発公募運営

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

河川研究部 河川研究室

(研究期間 平成 22 年度～)
室 長 福島 雅紀
主任研究官 三好 朋宏
研 究 員 三尾 奈々恵

[研究目的及び経緯]

水管理及び国土保全行政における技術政策課題を解決するため、産学の持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、水管理・国土保全局に「河川砂防技術研究開発制度」を設置している。河川研究室は、本省水管理・国土保全局河川情報企画室と合同で河川技術部門の事務局を務めている。

令和 3 年度は、公募案件の審査及び成果の評価等を行う委員会を合計で 5 回開催した。新規公募課題については、国総研から委託研究を行う指定型課題(流出抑制対策の治水効果を推定できる流出解析・洪水解析技術に関する研究開発)にて 2 件の他、地域課題にて 3 件、流域課題にて 3 件、革新的河川技術部門にて 2 件の研究テーマを新規採択し、令和 4 年度から技術研究開発を実施する。実施中の技術研究開発においては、研究成果の質の向上を目的として、技術研究開発課題ごとに各研究テーマの研究代表者、学識者、水管理・国土保全局担当者、及び国総研河川研究部担当者による意見交換会を合計で 6 回開催した。

災害対策検討や災害予測等に資する情報提供等に必要な情報管理システム保守

Maintenance of information management system that contributes to prevent disaster

河川研究部 河川研究室

(研究期間 令和 2 年度～)
室 長 福島 雅紀
主任研究官 田端 幸輔
研 究 官 大谷 周

[研究目的及び経緯]

河道や河川構造物に関する災害調査報告書等を蓄積し、被災状況、調査内容とその方法、被災要因分析結果、および被災要因を踏まえた対策の検討経緯等を関係部局で共有することは、確実な防災対策の実施や人材育成の観点で重要である。

令和 3 年度は、広島県で発生した天井川での災害調査報告書等を河道基盤情報システム (RBCOM) に新たに登録した。また、情報閲覧のページを更新し、災害調査報告にアクセスしやすくした。

減災と両立する環境目標設定支援ツールの構築

Development of tool that support to consider environmental goal with disaster mitigation

河川研究部 河川研究室	(研究期間	令和2年度～)
	室長	福島 雅紀
	主任研究官	田端 幸輔
	研究官	大谷 周

[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。これまで蓄積されてきた河道基盤情報と環境情報を有効活用し、環境に配慮した河道設計や維持管理に資する情報管理システムの保守・改善を行う。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を通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河道基盤情報化システム（RBCOM）と連携させ河川環境情報と河道基盤情報を同時に利用可能なシステムとして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。

令和3年度は、河道基盤情報と水辺の国勢調査へのアクセス性を向上させるため、河道基盤情報ポータルページを作成した。

河道計画における土砂・流木対策に関する検討

Study on sediment and driftwood countermeasures in river channel planning.

河川研究部 河川研究室	(研究期間	令和元年度～令和4年度)
	室長	福島 雅紀
	主任研究官	田端 幸輔
	研究官	大谷 周

[研究目的及び経緯]

上流域での大規模斜面崩壊に伴い、大量の土砂が河道内に流入するとその下流河川では河道が埋塞し、いわゆる土砂・洪水氾濫が発生する。本検討の目的は、土砂・洪水氾濫による被害軽減のため、土砂・洪水氾濫の発生機構を解明し被害軽減対策を提示することである。

令和3年度は、国土技術政策総合研究所河川水理実験施設内に作成した赤谷川模型を改造し、平成29年7月九州北部豪雨により発生した土砂・洪水氾濫の再現実験の精度を向上させた。次に、改修計画に基づいて模型を変更した上で、縦横断形状の変更や水害防備林の設置などによる被害軽減対策の有効性を確認した。

令和4年度は、令和元年度に検討した矩形・複断面水路実験による細粒土砂による河床上昇・河道埋塞の基本的プロセスと、令和2年度～3年度に検討した赤谷川模型実験による土砂・洪水氾濫の発生機構と被害軽減対策に関する成果を技術資料にとりまとめる。

総合土砂管理の観点での河川現場での課題分析手法の整理

Arrangement of analysis methods at river sites from perspective of comprehensive sediment management.

河川研究部 河川研究室

(研究期間 令和3年度～令和4年度)

室 長 福島 雅紀
主任研究官 田端 幸輔
研 究 官 武川 晋也

[研究目的及び経緯]

本研究では、河川管理における土砂に係る課題を整理し、その対策として総合土砂管理が有効である河川を見出すための河道変化の予測手法について検討する。

令和3年度は、河床安定局面と低下局面における河道特性データを整理するとともに、セグメント1および2の河道区間における再堆積に関する河床変動計算を行った。検討の結果、水深と砂州波高の比を指標とすることで二極化に伴う河床低下傾向を概略推定できること、この指標を用いて掘削諸元を設定することで、再堆積量が軽減される傾向にあることを確認した。

令和4年度は、現況河床以深に軟岩等の弱点層が分布する河道区間での河床高管理に資するため、河床低下局面にある箇所横断測量データを整理し、最深河床高を簡易に推定するための手法等を検討する。

高潮・高波による浸水危険度予測の高度化

Improvement of storm surge and high wave disaster mitigation support system.

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

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

室 長 加藤 史訓
Head KATO Fuminori
主任研究官 井樋 世一郎
Senior Researcher IBI Yoichiro
研 究 官 湯浅 直美
Researcher YUASA Naomi

Inundation damage caused by storm surges and high waves have often occurred in recent years. In order to protect the coastal area from damage caused by storm surges and high waves, it is necessary not only to improve the coastal dike but also to predict and provide the risk of inundation due to storm surges and high waves at an appropriate time. This study is to improve a "storm surge and high wave disaster mitigation support system" that predicts the risk of flooding due to storm surges and high waves with the aim of supporting flood control activities during storm surges and high waves.

〔研究目的及び経緯〕

2018年台風21号では、大阪湾において既往最高潮位を約40cmも上回る潮位を記録した。また、西湘海岸においては、2017年及び2019年に、台風に起因する高波による浸水被害が発生し、長時間道路が通行止めになった。このように、近年、大きな高潮や高波が発生し、それらによる浸水被害が各地で生じている。こうした高潮・高波による被害から海岸の背後地を守るためには、海岸堤防等の整備とともに、高潮・高波による浸水の危険性を適切なタイミングで予測・周知し、避難等により人的被害の軽減を図る必要がある。

〔研究内容〕

本研究は、高潮・高波時の水防活動を支援することを目的として開発された、高潮・高波による浸水の危険性を予測する「高潮・高波減災支援システム」(以下、「本システム」という)の機能を拡張するとともに、過去の高潮・高波事例による精度検証結果を踏まえて改良を行うものである。

〔研究成果〕

本システムは、気象庁の波浪・潮位予測をもとに、全国約150地点でのうちあげ高を予測する「うちあげ高予測機能」(2007年度から「うちあげ高予測システム」として試験運用)と、高潮・高波等による浸水危険度を予測し、日本全国(一部島嶼部を除く)の海岸線における浸水発生の危険度を色分け表示する「浸水危険度予測機能」(2021年度から運用予定)から構成されるシス

テムである。今回、うちあげ高予測機能について、予測地点の追加をおこなった。また、地点の増加に伴う処理時間の増加を抑えるためのプログラムの高速化を行った。さらに、過去5年間で、実況の越波の有無を予測できたかどうかについての定性的な精度検証を行い、その結果の要因分析を踏まえ、プログラムの改良を行った。浸水危険度予測機能についても今年度の越波事例をもとに、定性的な精度検証を行った。以下にそれぞれの概要を示す。

1. うちあげ高予測機能における予測地点の追加

うちあげ高予測機能において、現状のうちあげ高予測地点151地点に加え、新たに既存の浸水危険度予測機能における重点監視箇所500箇所の中から350箇所を選んでうちあげ高予測地点に転換することにより、全国約500箇所のうちあげ高予測をできるようにした。既存の重点監視箇所から追加地点を選定したのは、重点監視箇所は、一連の海岸で最も浸水しやすい地点であることに加え、うちあげ高予測に必要な地形データ等があるので、比較的容易にうちあげ高予測地点に転換できるからである。追加地点の選定に当たっては、相対的に危険度が高いと考えられる、越波しやすい地点を選定した。具体的には、必要な堤防高に満たない箇所や「現況堤防高ー設計高潮位」が小さいところから選定した。また、予測地点の配置のバランスを考慮し、全沿岸、全都道府県に最低1地点はうちあげ高予測地点が存在するように予測地点を配置するとともに、既存の予測地点に近い地点は除外した。従来のうちあ

げ高予測機能の対象海域以外に追加された地点があるため、新たに 28 個の海域を設定した。追加後の海域の一覧を図-1 に示す。



図-1 地点追加後の海域一覧

2. うちあげ高予測機能における処理速度の高速化

予測地点の増加に伴う計算処理の所要時間の増大を防ぐため、計算処理手順の見直しを行った。これまでのプログラムでは、波浪変形計算結果の座標系と、波浪変形係数テーブルの座標系が異なるフォーマットになっていたため、処理計算を行う都度座標系の変換を行う必要があり、その処理に時間を要していることがわかった。そこで、その処理を行う必要がなくなるよう波浪変形係数テーブルの座標系を波浪変形結果の座標系にそろえる改修を行った。その結果、地点追加前とほぼ同じ時間で計算処理が可能となった。

3. うちあげ高予測機能の精度検証に基づく改良

2016 年 1 月～2021 年 1 月の高潮・高波事例を対象とし、越波が発生した際にうちあげ高予測値が天端高を超える予測であったか、また、うちあげ高予測値が天端高を超える予測であった際に越波があったかを検証し、予測の適中、見逃し、空振りの事例数を確認した。

越波が発生した 28 事例の内 7 事例で予測が適中した。予測の見逃しは、沿岸波浪モデルの波浪予測値を用いてうちあげ高予測を行っている高知海岸で比較的多く発生していた。一方、予測値が天端高を超えた 157 事例では、越波が生じていないと想定される空振りが多かったが(図-2)、これは越波を海岸管理者が十分に把握できていないことも影響している可能性がある。また、空振りの場合でも、予測値と天端高との差が 1m 以内の事例が多く、予測がやや過大である傾向にあるものの、その誤差は比較的小さいことがわかった。

空振りのうち、天端高よりも 2.0m 以上高い予測値となっていた予測地点を抽出し、その原因を分析したところ、うちあげ高計算に用いた波浪予測値の抽出地点が適切に設定されていなかったことがわかった。それらの地点については、波浪予測値の抽出地点を適切

に設定し直す改良を行った。改良後、予測を大きく外した当時の外力をうちあげ高予測機能に入力し、当該予測地点の値がどうなるか検証したところ、すべての地点について、天端高を超えない予測となった。

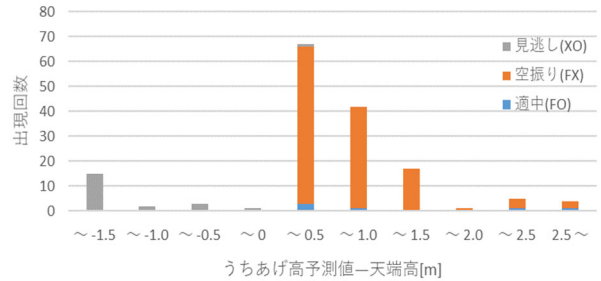


図-2 天端高とうちあげ高予測値の差の分布

4. 浸水危険度予測機能の精度検証

今年度の台風期と冬季における越波事例(表-3)について、浸水危険度予測機能の警戒指標の精度検証を実施した。

表-3 今年度冬季の越波事例

管理番号	被災箇所	発生日時	被害状況	気象要因
114	北海道厚岸町港町	1/12	高潮などによる冠水 海水が護岸を超え道路が冠水 一時10cm 道道123号の厚岸郵便局～厚岸漁協が通行止 住宅や店舗の被害はなし	冬季の季節風
112	北海道根室市根室港	1/12	高潮などによる冠水 満潮時に海水が一部岸壁を超えて打ち寄せた	冬季の季節風
1806	福井県越前町厨	11/23～24	高波による観光施設の窓ガラス破損 海側の窓ガラス6枚が割れ、施設内に土砂が流入	冬季の季節風
1709	石川県小松市浜佐美町日末町	11/23～24	高波による越波 石川海岸小松工区N608及びN623に設置されたCCTVで越波が確認された	冬季の季節風
1709	石川県小松市浜佐美町石川県加賀市塩浜町	1/14	高波による越波 石川海岸小松工区N623及びN673に設置されたCTVで越波が確認された	冬季の季節風
1709	石川県小松市浜佐美町石川県加賀市塩浜町	1/18	高波による越波 石川海岸小松工区N623及びN673に設置されたCCTVで越波が確認された	冬季の季節風

台風期の 2 事例については、予測と実況の乖離が少なかった。一方、冬季の 6 事例については、予測と実況に差があった。その原因としては、潮位と有義波高の 1/2 倍との和をもって浸水危険度を予測する簡易なモデルであるため、詳細な地形や構造物が予測において考慮されていないこと、予測地点と実際に越波が発生した場所の地形や構造物が異なること(厚岸町)、警戒指標の算出に用いた波浪予測地点が特定の波浪に対して遮蔽されてしまうこと(越前町)、及び波浪予測の系統的な誤差(波高が低めに予測される傾向)があること(加賀市)が考えられる。波浪予測の系統誤差については、多数の事例について予測値と観測値の相関を解析し、その結果をもとに波浪予測を補正することが必要である。

【成果の活用】

本研究により改良された「高潮・高波減災支援システム」は、2022 年 4 月から地方整備局により運用され、実際の水防活動時等に活用される予定である。

海岸線モニタリングの高度化

Advancement of the shoreline monitoring

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

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

室 長 加藤 史訓
Head KATO Fuminori
主任研究官 渡邊 国広
Senior Researcher WATANABE Kunihiro

The prototype of Web GIS site was constructed for providing the results of shoreline monitoring. This site was designed for considering the restrictions caused by the office environment of coastal manager, data size and the license of satellite imagery. The software was developed for generating the time series shoreline data, and the required performance of database server was investigated.

〔研究目的及び経緯〕

気候変動が海岸に及ぼす影響の1つとして、海面水位の上昇による砂浜の消失が懸念されている。今後顕在化する気候変動の影響を早期に把握して対策を講じるためにも、砂浜の状態を継続的にモニタリングする、いわゆる「砂浜の健康診断」の実施が欠かせない。海岸線の変化については、今後、衛星画像の活用により全国的な調査も可能となる一方で、膨大化するデータを蓄積し、海岸管理者等の要求に応じて情報提供する体制の構築が課題となる。

本研究では、海岸管理者（主に都道府県）のPC及びネットワーク環境の制約や衛星画像を扱う上での課題（データ量やライセンス）などを考慮したうえで、海岸線モニタリング結果の情報提供のあり方を検討し、情報提供サイトの試作版を構築した。

〔研究内容〕

（1）モニタリング結果の情報提供サイトの構築

海岸線モニタリング結果の情報提供サイトの表示画面のデザイン、操作方法等のユーザーインターフェース、サイトのフォルダ構成およびデータ追加時のファイル・フォルダの命名・格納規則の案を検討した。検討にあたっては、処理能力の高くない行政用PCでも操作できること、新たなソフトウェアのインストールを必要としないこと、データベースサーバーを新設せずに国土技術政策総合研究所が有している既存のWEBサーバーを活用することを条件とした。また、今後のデータ量の増加による処理速度の低下や、表示するレイヤーが膨大となることによる操作性の低下を抑制するための工夫についても検討した。

（2）二次生成データの自動作成プログラムの作成

上記で試作する情報提供サイトでは、時系列整理グラフを表示させるために、事前に時系列データセットを作成しておく方式を採用するが、モニタリング結果が追加されるたびにデータセットを作り直すことは運用上の負担が大きい。そこで、ユーザーのリクエスト

に応じて抽出海岸線ベクトルから二次生成データを自動生成するプログラムを試作した。さらに、このプログラムをサイトに組み込む際にサーバーに求められる性能及び環境を整理した。なお、二次生成データとは、海岸線位置の時系列データセット（CSVファイル）および海岸線位置の時系列整理グラフを作成するための中間ファイル（JSONファイル）である。

〔研究成果〕

（1）モニタリング結果の情報提供サイトの構築

衛星画像のデータサイズの大きさと、二次利用に対するライセンス上の制約を考慮して、地形図や衛星画像等から抽出された海岸線とし、ベクトルデータとしてWEBGIS上で表示する形式とした（図-1）。抽出元の衛星画像等を別途、確認できるようにするため、各海岸線ベクトルデータには、元画像を特定できるシーンIDや撮影日の情報を属性データとして付与した。加えて海岸線変化の傾向と現状を視覚的に把握できるようにするため、一定期間における海岸線位置の変化量と2006年時点における砂礫浜の幅も閲覧できるようにした。さらに、任意の測線上における海岸線位置の時系列変化を表示させるとともに、csvファイルとしてダウンロードできるインターフェースを付与した（図-2）。

ユーザーからのリクエストに応じて表示内容を変える動的なWEBサイトの構築には、通常はデータベースサーバーを必要とするが、JavaScriptによって閲覧者側のPCで処理する方式を工夫とすることで、既存のWEBサーバーのみでも実現することができた（図-3）。特に時系列変化の表示については、各測線におけるJSON形式の中間ファイルを作成しておき、リクエストに応じ閲覧者側のPCで描画する方式を採用することで、対象とする測線を当初予定の約3,000本から約30,000本に大幅に増加させることが可能となった。

また、各種ベクトルデータをタイルデータ化することで、行政のPC及びネットワーク環境でも高速にデー

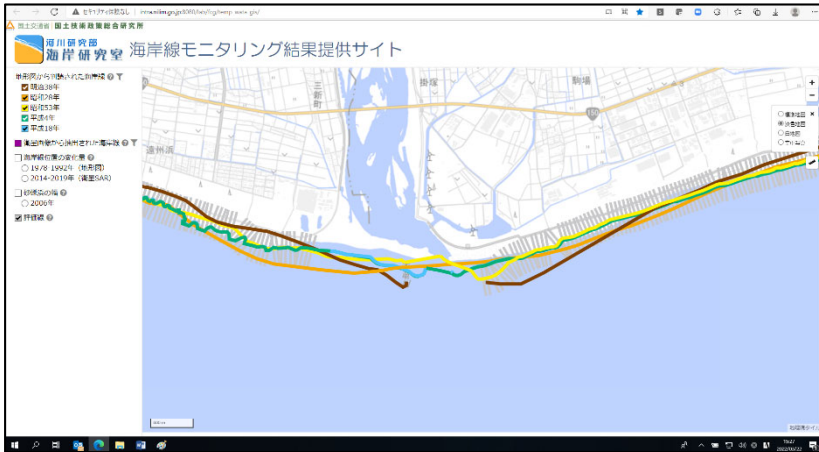


図-1 情報提供サイトにおける各年代の海岸線の表示例
抽出元の地形図の年代に応じて海岸線の色を変えて表示している

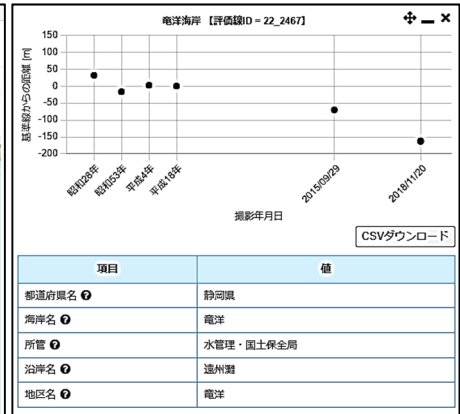


図-2 海岸の基本情報と海岸線位置の時系列変化の表示例

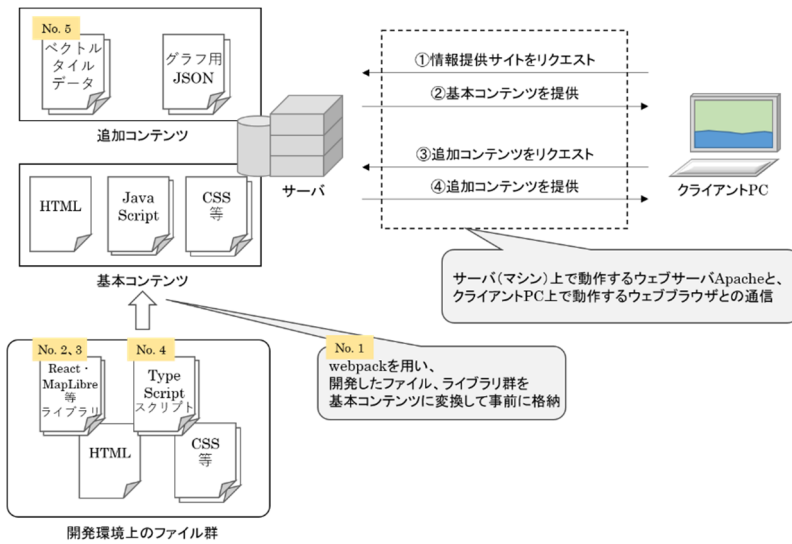


図-3 海岸線モニタリング結果の情報提供サイトの構成

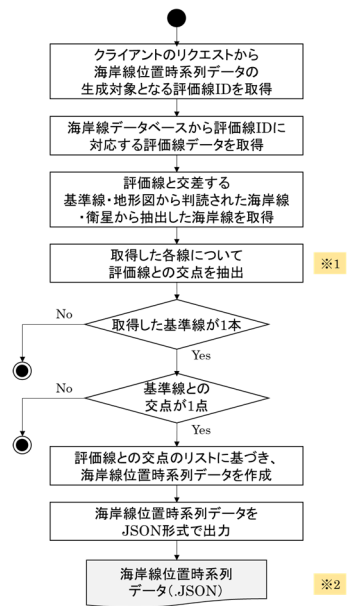


図-4 二次生成データの作成フロー

タ描画を行えるようにした。地形図から判読された海岸線については都道府県名、海岸名から、衛星画像から抽出された海岸線については撮影年月日からそれぞれ検索できる機能を実装することでデータが増加した場合にも操作性の低下が起りにくいよう工夫した。

(2) 二次生成データの自動生成プログラムの作成

二次生成データの生成を高速に行えるようにするため、各種データからまず海岸線データベースを構築し、そのデータベースから必要に応じてデータを抽出して二次生成データを構築するフローを作成した(図-4)。データベースエンジンは新たなサーバーを構築する必要がなく、十分な動作速度が得られることが知られている SQLite3 を使用することとした。評価線と交差する基準線等を高速に検索できるようにするため、空間インデックス (R*Tree) を使用することとした。

本プログラムを検証用のサーバー上で実行して処理時間、データ量、メモリ使用量等を計測した結果、最も処理時間を要する工程はデータベースの構築であり、

全工程の約 77%の時間を要していることが確認された。この工程は並列書き込みに向かない処理であるため、コア数が多い CPU を用意しても改善されないことが分かった。一方で、メモリを最も必要とする工程は地図タイルデータの生成であった。これらの結果を踏まえて、中部、近畿、中国、四国を対象とする場合、最低でも CPU は Intel Core i5 以上、メモリ 2GB 以上、ストレージの空き容量 500MB が必要であることが確認された。全国を対象とする場合にはさらにデータ量に応じて線形にメモリ容量を増やす必要があることも示唆され、本研究で試作したプログラムの実装に必要なサーバーの性能を把握することができた。

【成果の活用】

本成果は、当室がこれまでに取得してきた各年代の海岸線位置に関する情報を海岸管理者に提供するのに活用する予定である。また、ダウンロード可能なデータを増やすことで成果のオープンデータ化も進める。

無人機、3次元測量を活用した維持管理の高度化

Advancement of the maintenance of coastal facilities using UAV and 3D survey

(研究期間 令和2年度～令和3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

KATO Fuminori

渡邊 国広

WATANABE Kunihiro

Height of coastal dikes were investigated by analyzing the archived 3D survey data on three coasts. Three methods were proposed for detecting the crown of dike, and their applicability to coastal dikes was evaluated by estimating the change in height between two survey data. The alongshore variations of the height were also analyzed based on the survey data taken once for screening the damage suspected location.

〔研究目的及び経緯〕

日本の海岸堤防の総延長は約 3,000km に及ぶが、その多くが 1959 年に来襲した伊勢湾台風を契機に整備されたものであり、2035 年には設置後 50 年以上となる施設が 7 割を超える見込みである。高潮・高波や津波に対する背後地の安全を確保するためにも、変状を早期に発見するための定期的な巡視点検が重要であるが、離島や僻地など、アクセスが難しい海岸も多い。

本研究では、国土地理院や土木事務所によって海岸保全以外の目的で実施された航空レーザー測量のアーカイブデータを活用することで、海岸堤防の変状箇所を効率的に抽出する手法を確立することを目的とした。

〔研究内容〕

(1) 2 時期間の比較による変状箇所の抽出

3 海岸（下新川海岸、高知海岸、仙台湾南部海岸）のうち変状が確認されたことがある箇所を対象に 2 時期の航空レーザー測量の点群データから 2 時期間の変化を、①点群データから各時期の推定天端高を求めて比較する方法、②点群データから生成した天端の 3 次元モデル同士を比較する方法、③点群データ同士の差分をとる方法の 3 通りの方法によって算定して比較した。①については、東京港若洲も対象に加えた。

(2) 1 時期分のデータからの変状箇所の抽出

上記の 3 海岸について、1 時期分の点群データにおける天端面の点群データの高さのばらつき状況を分析し、局所的に天端高の低下が生じている可能性が高い箇所の抽出を試行した。

〔研究成果〕

(1) 2 時期間の比較による変状箇所の抽出

①では天端高の推定方法として原野ら(2016)の方法（以下、既往手法）と、既往手法に RANSAC(Random Sample Consensus)による天端被覆工平面を推定し、主成分分析によって特定した長手方向に厚みを持った断面を切り出して 2 次元に投影することで波返工を特定

する等の改良を加えた手法（以下、改良手法）の 2 通りを用いた(図-1, 図-2)。改良手法の方が処理手順は多いものの、目視抽出等の恣意的な作業が排除されている。これらの手法によって推定された天端被覆工及び波返工の高さを 2 時期間で比較した結果は既往手法で $-0.21 \sim 0.03$ m, 改良手法で $-0.25 \sim 0.05$ m の差であり、手法による大きな違いはなかった。ただし、沿岸方向にある程度の延長で計測値を平均化する必要があるため、局所的な沈下等の検出は難しいと考えられた。

②の方法については、3 次元モデルの作成方法として、田中ら(2011)の方法と点群データから三角形メッシュ(TIN)を生成する方法の 2 通りを試行した。田中ら(2011)の手法では実際の天端被覆工の傾斜が原因で、延長方向に圧縮して断面データを作成した時に各線分に厚みが生じてしまい、天端被覆工を正確なモデル化できない例もあった。TIN モデルを生成する手法については、元の点群データ(オリジナルデータ)からモデル化する場合と地面のみを抽出した点群データ(グラウンドデータ)からモデル化する場合の 2 通りを試行したところ、後者の方がノイズの影響を受けにくいために形状が再現されやすかったものの、波返工については形状が十分再現できなかった。また、点群データの密度の違いが原因で 2 時期間に高さ変化が生じたように見えてしまう例も確認された(図-3)。

③の方法については、一定サイズのグリッドに空間を分割し、グリッドごとに点群データの代表点を 1 点選定する正規化処理を実施した(図-4)。グリッドの大きさを変えて高さに変化する箇所の抽出を試行したところ、点群を 1m 程度で正規化した場合に最も変状を抽出しやすくなることが確認された。概ね 1m 以上の差がある箇所については検出が可能であることがわかった。

これらの結果から、地盤沈下等による広域的な天端高低下を把握するには手法①が適し、局所的な変状を

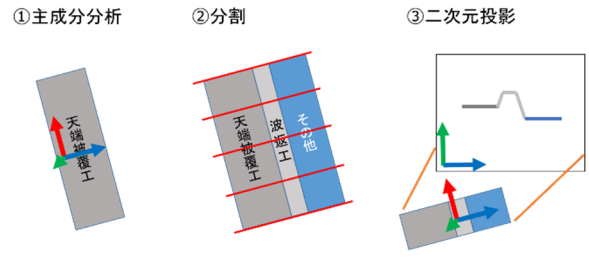
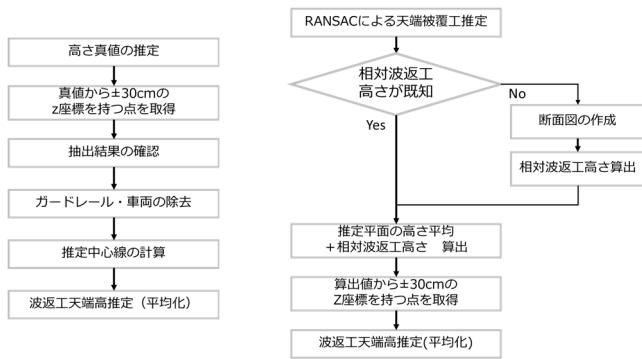


図-2 改良手法による天端面推定の概要

図-1 天端高推定方法の処理フロー
左) 原野らの手法 (左)、右) 改良手法

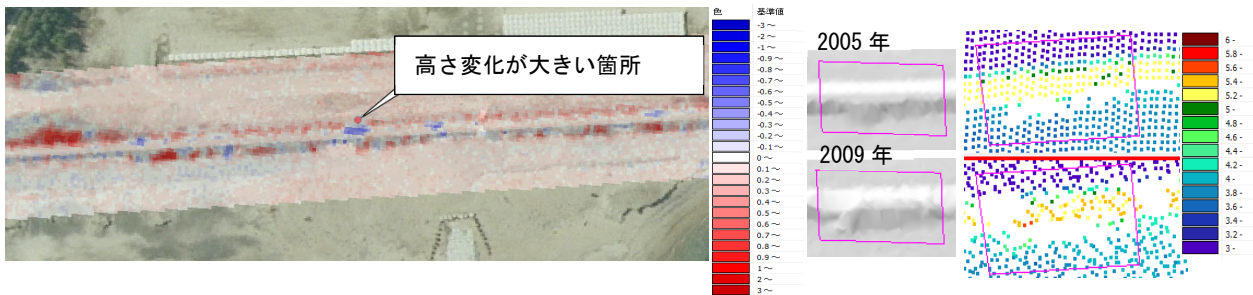


図-3 2時期の TIN モデル (グランドデータ) 間の高さの差分 (左) と当該箇所の点群データ (右)

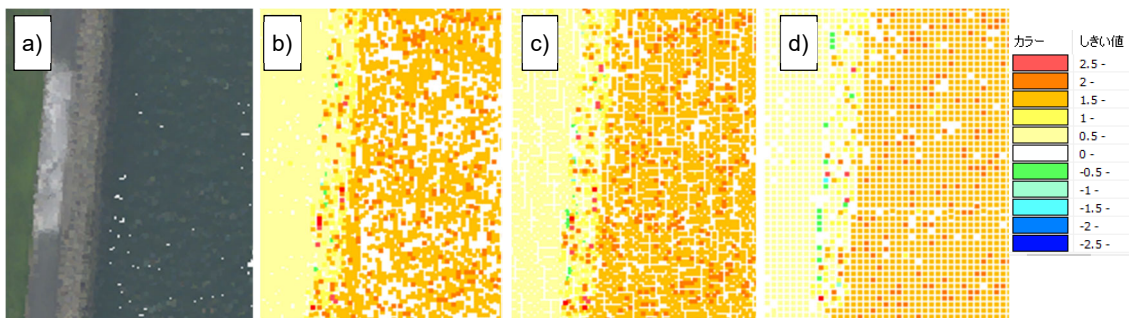


図-4 グリッド間隔による点群データの正規化結果の違い a) 航空写真、b) 50cm 間隔、c) 1m 間隔、d) 2m 間隔

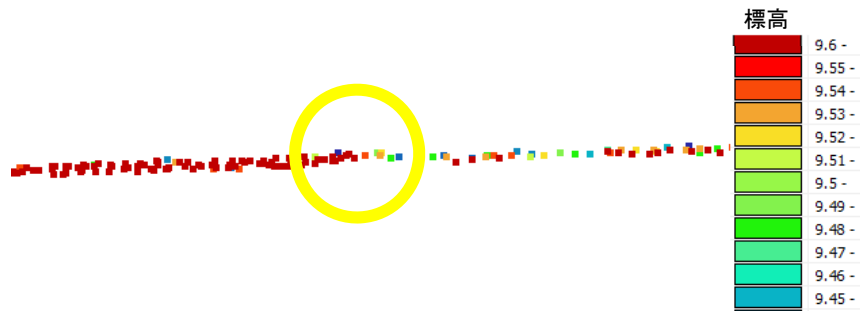


図-5 波返工の高さが変化する箇所における点群データの例

把握するには高さ方向の感度に注意しながら手法③を活用することが望ましいと考えられた。

(2) 1 時期分のデータからの変状箇所の抽出

堤防の天端被覆工もしくは波返工上の点群データについて、延長方向 1~2 m×幅 1m の範囲の平均高さを取得して沿岸方向に比較することで、局所的に天端高低下が疑われる箇所を抽出することができた(図-5)。ただし高知海岸では 50 cm を超える低下箇所が 10 カ所

以上確認されたものの、構造の変化を航空写真でも明確に確認できたのは 2 カ所に限られた。50cm 程度の変化まではノイズも混ざる可能性に留意しながら活用する必要があると考えられた。

【成果の活用】

本研究で試行した手法は、課題が多くまだ改良が必要であるが、現時点で得られた知見を技術資料にとりまとめることで、海岸管理者に情報提供していきたい。

気候変動を見据えた海岸防護の再構築手法に関する研究

Research on coastal protection for adapting to the future climate change.

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)
室長 加藤 史訓
主任研究官 渡邊 国広

[研究目的及び経緯]

気候変動による海面水位・波浪等の外力変化を海岸管理者が見据え、海岸における面的防護の再構築を検討するにあたって必要な、設計外力の変化量の整理、面的防護による適応策の検討方法の開発、既存施設の効率的な改良方法等の整理をおこなうことを目的とする。

令和3年度は、全国の波浪、潮位観測所における過去からの観測結果を整理し、将来の設計外力を検討するにあたって考慮すべき海象の地理分布を明らかにした。また、面的防護による適応策を海岸管理者が検討する際の手順を整理し、概略検討を行うためのツールを試作した。

今後は、設計外力の予測手法と海浜変形計算手法の確立に向けた研究を実施するとともに、令和3年度に実施した概略検討ツールを、急勾配の海岸や構造物の影響が強い海岸にも適用できるように改良する。

衛星画像を活用した海岸線モニタリングの対象拡大に関する検討

Research for expanding the application of shoreline monitoring based on satellite image analysis.

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 令和元年度～令和4年度)
室長 加藤 史訓
主任研究官 渡邊 国広

[研究目的及び経緯]

気候変動に伴う海面水位の上昇等による海岸侵食の兆候をいち早く把握できるようにするため、衛星画像等を活用した海岸線モニタリングの技術を実用化し、全国の海岸の長期的なモニタリングに向けた試験運用を開始する。

令和3年度は、深層学習によって衛星画像から汀線を自動抽出する手法を航空写真等のRGB画像にも適用するうえで必要となる濃淡画像の作成方法等を開発した。また、光学衛星画像（解像度10m）から汀線を抽出するプログラムを海岸管理者等がクラウドサーバーを介して利用できるようにするためのクラウドアプリを試作した。

今後は、試作した汀線抽出のクラウドアプリを高解像度（解像度1～3m）の衛星画像や空中写真にも対応できるように機能拡張するとともに、海岸管理者等による試験利用を実施してユーザーインターフェールの改良をおこなう。

海岸環境の簡易モニタリング手法の開発

Establishment of simplified method for monitoring beach environment.

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 令和元年度～令和3年度)
室長 加藤 史訓
主任研究官 渡邊 国広

[研究目的及び経緯]

砂礫浜海岸における生物生息の状況を全国で継続的に調査できるようにするため、海岸協力団体等の協力を想定した「住民参加型の海辺の生物国勢調査」の手法を構築する。また、得られた調査結果をもとに海岸の生物生息環境の状態を客観的に評価する指標を開発する。

令和3年度は、既往の海辺の生物国勢調査、環境省等によって実施された調査の結果や国総研が所有する海岸の浜幅の調査結果等を整理して、気候変動による影響をいち早く察知するための重点監視海岸を抽出した。また、令和2年度に作成した鳥類・昆虫類等の市民参加型調査手法を神奈川県内および千葉県内の計4海岸で試行し、これまでに実施した海浜植物の調査結果とあわせて市民参加型の海辺の生物国勢調査マニュアル（案）を作成した。

客観的判断による空洞箇所への把握に関する検討

Research for the evidence-based detection of cavities in coastal dikes.

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)
室長 加藤 史訓
主任研究官 井樋 世一郎
研究官 湯浅 直美

[研究目的及び経緯]

海岸堤防等における空洞化の早期発見に向け、目視による巡視や一次点検において外観の変状等から空洞化している箇所を推定するための着目点等を既往の空洞化事例から分析する。同時に、海岸堤防等に適用可能な空洞化把握技術の選択肢を広げるための調査を行う。

令和3年度は、令和2年度に抽出した海岸堤防において実施可能な空洞化調査手法のうち、特に一次点検で簡易に空洞を見つけることができる打音調査に着目し、海岸堤防天端下に空洞が発生した場合を想定した模型実験の実施方法を計画した。

今後は模型実験を実施し、打音調査の海岸堤防への適用性を確認し、その結果を技術基準等への反映も念頭にとりまとめる。また、前述の適用性の確認結果を踏まえ、新たな空洞化調査手法の開発促進を念頭に、海岸堤防における空洞化調査手法の課題及び対応案をとりまとめる。

高波に対して粘り強い海岸堤防の構造に関する検討

Research on tenacious structures of coastal dikes against high waves.

河川研究部 海岸研究室

(研究期間 令和3年度～令和4年度)
室長 加藤 史訓
主任研究官 井樋 世一郎

[研究目的及び経緯]

海岸堤防の粘り強い構造については、設計規模を超える津波に対して技術開発が進み、現場への実装が進んでいる。一方、高潮・波浪に関しては、設計外力による洗掘に対して必要な矢板工の長さなどが経験的に定められてきたが、設計規模を超える外力に対する構造を検討するためには、洗掘のメカニズムに立ち返って分析することが重要となる。

令和3年度は、高潮時の波浪による洗掘に起因する海岸堤防の被災に着目し、縮尺1/8の大型水理模型実験により、高速カメラの画像等を用いて、表法先、裏法尻付近の洗掘の過程及びメカニズムを分析し、主に、表法被覆工を戻す流れにより発生する渦が基礎工前面の洗掘を生じさせていること、裏法被覆工を滑り降りる流れにより発生した渦が根留工付近の洗掘を生じさせていることを明らかにした。

来年度は、洗掘による被災を軽減するのに必要な矢板工の諸元を検討するとともに、大型実験の各種計測データを元に、高波時の海岸堤防への波の遡上・越波・波力、表法先や裏法尻での洗掘、波や洗掘による構造物の挙動、波や洗掘等による構造物の破壊等を再現する計算手法を検討する。

観測水位を活用した傾向分析による中小河川の水位情報提供システムの開発

Development of water level information provision system for small and medium-sized rivers by trend analysis using observed water level

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 平成 30 年度～令和 4 年度)

室 長 竹下 哲也

主任研究官 土屋 修一

研 究 官 諸岡 良優

[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中小河川における実用的な河川水位予測手法の速やかな開発及び社会実装が求められている。

令和 3 年度は 84 時間先のアンサンブル水位予測表示や、新たな流出解析手法（RRI（降雨-流出-氾濫解析）モデル）の導入等により、山地等での河川の氾濫を考慮することを可能とした水害リスクライン表示システムのプロトタイプを作成し、動作確認を実施した。今後は、前年度までに開発したプロトタイプについて、令和 4 年度出水期に試行し実装上の課題分析と必要な改良を実施するとともに、現地実装版のシステム改良を実施中の地方整備局等に対してパラメータ等設定条件の収集分析や技術指導を行うことを予定している。

気候変動影響評価のための流域規模でのダム貯水池・下流河川の熱収支解析技術の確立

Establishment of heat balance analysis technology for dam reservoirs and downstream rivers on a basin scale to evaluate the effects of climate change

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 令和 3 年度～令和 5 年度)

室 長 竹下 哲也

主任研究官 西村 宗倫

[研究目的及び経緯]

気候変動に伴う地球温暖化により、ダム貯水池・下流河川の水温上昇が推測される。この水温上昇により、生態系（貴重種、希少種を含む）や漁業、農業への水利用、水質等への影響が懸念される

このため、国総研においては、ダム貯水池および下流河川の水温を評価するための熱収支解析技術を確立し、河川環境分野における国土交通省気候変動適応計画の更なる充実を目指している。

令和 3 年度は、ダム貯水池・下流河川の熱収支の把握に適した解析技術に関する情報収集を実施した。

VR 技術を活用した洪水の見える化技術の開発

Development of flood risk visualization method using virtual reality technology.

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)
室長 竹下 哲也
主任研究官 土屋 修一
研究官 諸岡 良優

[研究目的及び経緯]

近年、豪雨災害が頻発化・激甚化する中で、洪水時に住民が的確な避難行動をとれるよう、河川氾濫の切迫性をリアルタイムでわかりやすく伝えることが求められている。本研究では、河川水位等の洪水予測情報を VR 技術を用いて表示するシステムの構築を行う。このシステムは、現地ですべて撮影した写真や 3 次元測量データにゲームエンジンで作成した 3 次元の河川水面モデルを合成して表示し、洪水の危険性をより具体的にイメージできるようにするものである。

今年度は、モデル河川を対象とした VR 表示システムのプロトタイプを作成し、動作確認を実施した。当該表示システムは、水害リスクライン表示システムへの機能追加を想定して開発しており、同水害リスクライン表示画面から距離標・左右岸毎の画面切り替えや現在時刻～6 時間先までの予測水位の表示が可能であることを確認した。今後は、令和 4 年度出水期に試行し現場事務所の意見聴取を行うことを通じて課題整理やシステム改良を行い、同表示システムの標準仕様をとりまとめる予定である。

気候変動による渇水流量への影響・適応策の設定に関する研究

Research on the impact of climate change on drought flow and the setting of adaptation measures

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)
室長 竹下 哲也
主任研究官 西村 宗倫

[研究目的及び経緯]

気候変動に伴う地球温暖化により、降雨形態の変化、蒸発散量の増加、降雪水量の減少が予測されている。これにより、河川の渇水流量が減少し、渇水被害の激甚化が懸念される。

このため、国総研においては、本研究において、全国の 1 級水系を対象に、気候モデルの出力を用いて渇水流量の影響評価を行い、水資源分野における国土交通省気候変動適応計画の更なる充実を目指している。

令和 2 年度は、過年度に実施したバイアス補正済みの気候モデルの出力（気温・降水量）から流出解析により河川流量の将来変化を把握するため、複数の 1 級水系を対象にタンク型流出解析モデルを構築した。

大規模洪水に対する多目的ダム・利水ダムの有効活用のための洪水予測システムの開発

Development of a system for effective utilization of multi-purpose dam and water utilization dam against extreme flood

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 令和元年度～令和5年度)

室長 竹下 哲也

主任研究官 土屋 修一

研究官 諸岡 良優

[研究目的及び経緯]

近年頻発する大規模洪水の被害をできるだけ軽減するためには、計画規模を上回る洪水が予見された際に多目的ダムだけでなく、利水ダムも含めた流域内のダムを総動員した防災操作が必要である。大規模な洪水であるほど、多目的ダム・利水ダムの利水容量を活用した事前放流には長時間のリードタイムが必要であるとともに、下流河川の水位への影響を考慮する必要があるため、本研究では、気象庁が配信するアンサンブル予測雨量等を利用し、水系全体における長時間先のダム流入量及び下流河川の水位状況を予測し、事前放流の実施判断に資するシステムを開発する。

今年度は、84時間先のアンサンブル水位予測表示や、新たな流出解析手法（RRI（降雨-流出-氾濫解析）モデル）の導入等により、山地等での河川の氾濫を考慮することを可能とした水害リスクライン表示システムのプロトタイプを作成し、その機能の一つとして、ダム地点におけるアンサンブル予測降雨量を活用した流入量予測機能の開発を行った。今後は、開発したプロトタイプシステムのダム地点の流入量予測機能について令和4年度出水期に試行し実装上の課題分析と必要な改良を実施するとともに、現地実装版のシステム改良を実施中の地方整備局等に対してパラメータ等設定条件の収集分析や技術指導を行う。

気候変動を考慮した治水計画検討のための降雨量変化倍率の算定

Estimating the rate of change in heavy rainfall intensity for flood control planning in Japan.

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 平成28年度～令和3年度)

室長 竹下 哲也

主任研究官 前田 裕太

研究官 高橋 祐貴

[研究目的及び経緯]

本研究では、気候変動下における降雨特性の変化が河川整備に及ぼす影響を定量的に評価するために、気候モデルの降水量データを用いて、河川整備に関わる雨量値の将来変化に関する試算を行っている。

具体的には、気候変動を踏まえた治水計画の立案において重要な役割を果たす「現在気候と将来気候との降雨量の比」（以下、「降雨量変化倍率」とする）について、大量アンサンブル気候予測データを用いて、値の分布傾向やその要因分析を行った。

本研究の成果は、国土交通省「気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会」における議論に反映され、気候変動を踏まえた治水計画に用いる降雨量変化倍率が設定された。令和3年度は実際に3つの一級水系において、河川整備基本方針の変更に降雨量変化倍率が活用されており、気候変動を踏まえた治水計画への見直しが始まっている。

ダム操作意思決定支援システムの構築

Development of a system to support decision making of dam operator for flood control operation.

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 令和元年度～令和3年度)
室 長 竹下 哲也
主任研究官 土屋 修一
研 究 官 諸岡 良優

[研究目的及び経緯]

気候変動に伴い豪雨の規模が増大する可能性が指摘される中、適応策として、既設のダムにおいて洪水調節操作方法を高度化し、従来以上に洪水調節効果を発揮することが求められている。本研究は、ダム操作の担当者がアンサンブル降雨予測を活用して事前放流等の意思決定を支援するためのシステムを構築するものである。

今年度は、過年度に構築した本システムの有効性を確認するため、検討対象のダム流域において、システムを活用した（アンサンブル予測降雨量を活用した）方法と操作規則に基づく方法によるダム貯水位の時間変化に関する試算を行った。試算の結果、操作規則に基づく方法と比較して、本システムを活用した方法では、事前放流を複数回実施し、洪水時最高水位に到達する時間を約11時間遅らせることが可能であることが分かった。今後、構築したシステムの試行運用を行うとともに、アンサンブル予測降雨量を活用したダム操作を検討するダム管理者に対して、本研究で得られた技術的知見を提供する等の支援をしていく予定である。

既存ダムの洪水調節機能の強化に向けたリアルデータの活用検討

Investigation for utilization of real-data toward enhancement of flood control of existing dams.

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 令和2年度～令和3年度)
室 長 竹下 哲也
主任研究官 土屋 修一
研 究 官 諸岡 良優

[研究目的及び経緯]

既存ダムの洪水調節機能の強化に向けた基本方針に基づき、ダムの事前放流の実施にあたっての基本的事項を定める事前放流ガイドラインが令和2年4月に策定された（令和3年7月一部改正）。同ガイドラインに基づき、ダム流域毎の予測降雨量情報等により事前放流の実施判断、事前放流容量の判断をすることで、より効果的な事前放流が期待される。本研究は、全国のダムを対象に、予測降雨量と実測降雨量の比較整理を通じて、ガイドライン準拠の予測降雨量の精度確認並びにアンサンブル等の他の予測降雨量の活用可能性の検討を行うものである。

今年度は、降雨の種類別（台風性・前線性）にスレットスコア・見逃し率・空振り率を評価するとともに、アンサンブル降雨予測の活用可能性に関する検討を実施した。本研究で得られた技術的知見は、今後、ダム管理者への技術支援や、ガイドラインの改定の際の参考情報として活用していく予定である。

高精度データの河川・流域管理への活用のための CommonMP のシステム改良

Application of high resolution data to river basin management utilizing Common Modeling Platform for water-
Material circulation analysis (CommonMP)

河川研究部 水循環研究室

(研究期間 令和元年度～令和4年度)
室長 竹下 哲也
主任研究官 前田 裕太
研究官 高橋 祐貴

【研究目的及び経緯】

近年の河川管理の現場においては、河川定期縦横断測量への高精度・高密度な三次元測量（LP 等）の適用や、危機管理型水位計などによる高密度な観測データの取得と水位予測への活用、あるいは河川 CIM への取り組みなどが進んできており、CommonMP でそれらの高精度・高密度データを活用したいとする強いニーズがある。そこで本研究では、CommonMP で高精度・高密度データを読み込み、解析に使える形に変換し、精度良く計算を行うためのシステム改良を行う。

令和3年度は、実河川における CommonMP 利活用を推進するため、これまでに作成した演算プロジェクトを国交大研修などに適用し、初心者の水理解析技術に関する理解を効率的に高められるよう各種資料のブラッシュアップを行った。

気候変動への適応力を高めるダム構造面での危機管理対策 に関する調査検討

Research on structural risk management measures for existing dams
to improve adaptive capacity to climate change

(研究期間 令和元年度～令和3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
KONDO Masafumi
佐藤 弘行
SATO Hiroyuki
森 博啓
MORI Hirotaka

In Japan, cases of large-scale dam redevelopment projects are increasing in recent years such as heightening dam body or installing new discharge facilities in order to enhance the flood control function of existing dams due to increasing scale of floods required to be controlled. However, there may be cases where such large-scale redevelopment may be difficult due to various restrictions such as topography and geology of dam site, structural characteristics of existing dams or economic efficiency resulting from these conditions. In this research, we investigated precedent cases of local retrofitting of existing dams that can be applied even in such cases in order to avoid fatal situations, and study its design method through trial design by using numerical hydraulic simulations.

[研究目的及び経緯]

気候変動に伴う大規模洪水の頻発化が指摘されている。一方で新たなダム建設には様々な困難が伴う。このような中、わが国では治水機能の向上を目的として既設ダムの嵩上げや放流設備の増設を行うダム再生の事例が増えている。しかし、地形・地質条件や既設ダムの構造上の制約あるいはこれらに伴う経済性の点から、既設ダムの大規模改造を伴う抜本的な対策が困難な場合も考えられる。海外においても、設計対象流量の見直し等に伴い洪水吐きの能力増強を図る事例が増えているが、米国では2014年にFEMA (Federal Emergency Management Agency、連邦緊急事態管理庁) から” Technical Manual: Overtopping Protection for Dams” が公表されている。このマニュアルでは、ダムの治水機能向上を目的とした洪水吐き増設事例のほか、嵩上げ等の大規模改造が困難な場合の対策として、施設能力を上回る大規模洪水による流水を安全に流下させられるようダム堤体の下流面や下流アバット岩盤を局部的に改良する事例等が紹介されている(図-1)。

このような動向を踏まえ、本研究では、気候変動に対するダム構造面での新たな適応策として、ダム操作の高度化や嵩上げ等の大規模改造が困難な場合でも致命的な事態を招かないよう、既設ダムに対して効果的に安全機能を付加できる局部的な改良方策について、海外の先行事例等の調査やモデルダムでの数値シミュレーション等を用いた試設計等を通じ、その設計方法等を検討した。



図-1 局部改良の事例(米国 Coolidge dam) ¹⁾

洪水吐きの放流能力不足から、洪水時に下流の岩盤が流水により侵食されるリスクがあることが判明したため、放流能力増強を目的とした非常用洪水吐の改良と左右岸アバットの岩盤をコンクリート床版で補強する対策が行われた。

[研究内容]

本研究では、①ダムの放流設備能力を規定する設計対象流量、貯水容量を規定するダム堤体の必要高さ等に関する海外基準を調査し、わが国との比較を行うとともに、②海外での先行的な局部改良の事例調査を実施した。その上で、③モデル的に局部改良手法の適用ケースを想定し、数値解析による流体シミュレーションを用いた対策工の試設計を通じて、水理面や構造面からその設計方法を検討した。

[研究成果]

本研究により、以下のことが明らかになった。

① 海外と日本の設計基準の相違

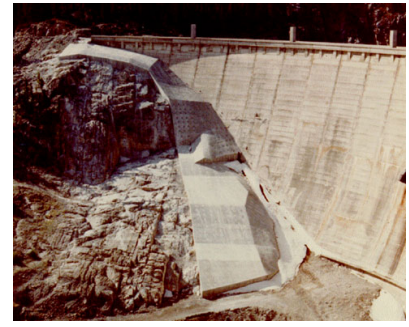
海外では設計対象流量を確率年により設定するとと



(a) フィルダム非常用洪水吐にラビリス堰を設置²⁾



(b) 重力式コンクリートダム堤体下流に導流壁・シュート部を設置³⁾



(c) アーチダムのアバットメントをコンクリートで保護³⁾

図-2 海外のダムでの局部改良の事例

もに、わが国とは異なって洪水波形を考慮する例が多い。一方、ダム堤体の必要高さについては、わが国のように余裕高の確保において考慮される地震による波浪を考慮している例は見あたらない。

② 海外での局部改良手法の事例調査

文献調査および米国での現地調査やヒアリング調査から、洪水規模の増大によるダムや下流のリスクを考慮し、個々のダムの特성에応じた様々な対策（局部改良）が実施されている例があることがわかった（図-2）。

③ 局部改良による対策工の設計方法

コンクリートダムあるいはフィルダムへの適用が考えられる各種の局部改良手法について、先行事例を踏まえ、その設計方法を検討した。

このうちロックフィルダムを対象とした検討では、貯水池内の自然地形の高まりを利用して非常用洪水吐の流入部を改良し、越流長を延ばすことで放流能力を増加させることが可能なラビリス堰を付加するとともに、増加する放流量に対してシュート部導流壁を嵩上げる対策（図-3）について、改良前形状に対する既往水理模型実験結果と数値解析（有限差分法による流体シミュレーション）の結果が概ね整合すること（図-4）を確認した上で、数値解析を用いて堰形状や導流壁高の検討を行った（図-5）。解析の結果、この局部改良により放流能力を5%程度増加させることができ、貯水位上昇の抑制効果が期待できることがわかった。これを踏まえ、数値解析で得られた流下水位や圧力等から導流壁の必要高や断面構造についても検討した。このような試設計を通じ、局部改良による対策の設計で必要となる主な技術的検討事項や主要な設計の手順を整理した。

[成果の活用]

本研究の成果は、今後気候変動の影響が更に増大して既往のダム再生手法での対応が困難なケースが生じるなど、ダム構造面においてわが国でもより多様な適応策の可能性を検討すべき状況となった際に有効な知見として活用できるものと考えている。

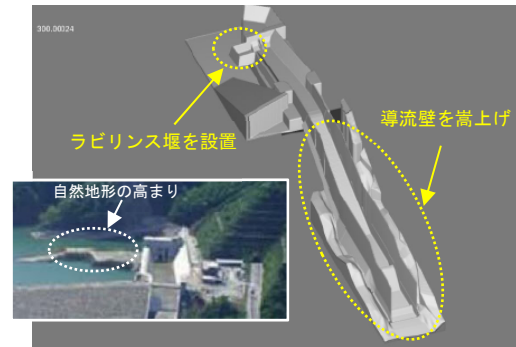


図-3 フィルダム洪水吐きの局部改良モデル

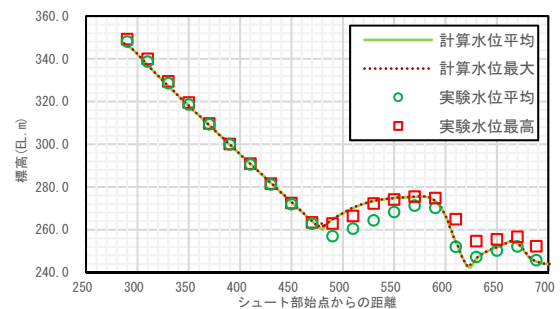


図-4 数値解析と水理模型実験の比較
（改良前形状でのシュート部縦断方向の水面形）

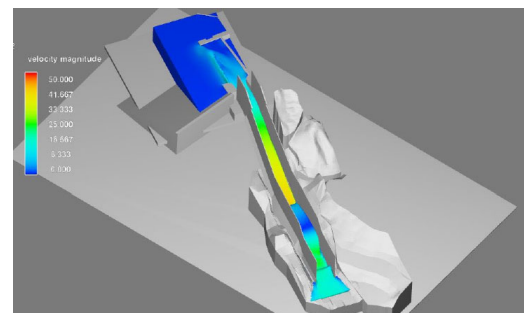


図-5 数値解析による放流水のシミュレーション
（放流量増加時の流速分布の試算例）

参考文献

- 1) K. D. Hansen and T. J. Fitzgerald:
Performance of RCC Used for Overtopping Protection and Spillways, 2nd International Seminar on Dam Protection against Overtopping, pp.7-20, 2016.
- 2) Maguga Dam on the Komati River, Swaziland,
<http://www.zmcksd.co.sz/project2.html>
- 3) 米国連邦緊急事態管理庁 (FEMA)
<https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/97888>

ダム事業におけるリスク認識・対処方法の体系化に関する調査

Study on systematization of risk identification and response process in dam projects

河川研究部 大規模河川構造物研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)
室長 金銅 将史
主任研究官 佐藤 弘行
研究官 森 博啓

[研究目的及び経緯]

令和3年度は、ダム事業の安全・円滑な実施に関わる多様なリスクについて、国内外のダムでの事例調査や関係者へのヒアリング調査による情報収集・分析の結果をもとに、各種リスクの要因とその特性及び対処方法等によって分類整理する方法を考案した。また、この方法に基づいて、リスク認識・対処の実例を参照しつつ、事業の各事業段階で確認すべきリスクを網羅するチェックリストやこれを含むダム事業でのリスクマネジメントの活用に向けた技術資料の素案（たたき台）を作成した。

令和4年度は、現場での日常的なリスクマネジメントや事業の主要な意思決定のタイミングにおける関係者での設計・施工方法等の確認に活用可能なリスク認識・対処の手引き（案）を実事業での試行を通じたブラッシュアップを経てとりまとめ、建設段階で認識されたリスク情報が維持管理へも確実に継承可能となるようなリスク情報の蓄積・共有の方法とともに提案することを目指す。

ダム・堰管理データベース更新・分析業務

Update and Analysis of Dam and Weir Management Database

河川研究部 大規模河川構造物研究室

(研究期間 平成28年度～)
室長 金銅 将史
主任研究官 小堀 俊秀
研究官 松下 智祥

[研究目的及び経緯]

令和3年度は、ダムにおける維持管理の効率化や災害時の危機管理への活用を目的とする複数のデータベース・システムを対象に活用性向上と運用・保守管理の合理化のための統合運用化システムの基本設計を行うとともに、その一部となるダム維持管理データベースの活用促進や利用機関拡大のための改良設計を行った。また、ダムで観測された地震動データを分析し、各ダムへの影響の即時的な推定に利用するため、現場から地震動観測データを自動収集できるシステムを稼働させるためのプログラム作成と試行運用を行い、正常に通信できていることを確認するなど実用化への見通しを得た。

令和4年度は、令和3年度に行った各種データベース・システムの統合運用化に向けた基本設計をもとに統合運用システムの構築を進める。地震動観測データを自動収集するシステムについては、試行運用で明らかになった通信環境設定上の課題等を踏まえ、本省及び各地方整備局等と調整・連携し、本格運用を目指す。また、本システムと国総研で試験運用中のダムへの地震影響を即時に概略推定するシステムを連動させ、収集した地震動データを用いて地震がダムへ及ぼす影響を迅速に推定する機能を追加するための設計等を行う。

ダム管理者支援のための維持管理データの有効活用技術の開発

Development of dam manager support technology by making more effective use of safety monitoring data

(研究期間 令和2年度～令和4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 小堀 俊秀
研 究 官 松下 智祥

[研究目的及び経緯]

令和3年度は、ダムの安全管理を目的に現場で取得されている各種計測データを用いてAI(再帰型ニューラルネットワークを用いた深層学習等)による異常検知を試行し、現場職員による異常有無の判断支援に一定程度適用が可能となる見通しを得た。そこで、この結果をもとに、現場において計測データの異常検知に活用可能なAIを用いた分析ツールの基本設計を行い、基本的な時系列データによる異常検知が可能な試作版を作成した。

令和4年度は、令和3年度に試作した分析ツールを実際のダムで取得されたより多くの計測データの分析に適用し、異常検知精度の検証等を行い現場実装化に向けて必要な改良を行う。また、ダム総合点検等の際に行われることがある複数の異なる計測データを組み合わせての総合的な分析など、より高度な分析も可能となるよう分析ツールの機能充実を図るとともに、深層学習用データの収集・蓄積・前処理等分析ツールの実用・普及に向けた環境構築を進める。

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 年度～令和 3 年度)

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

土砂災害研究部 砂防研究室
Sabō Department
Sabō Planning Division

室 長	板垣 修
Head	ITAGAKI Osamu
主任研究官	山本 陽子
Senior Researcher	YAMAMOTO Yoko
研 究 員	海老原 友基
Research Engineer	EBIHARA Yuki
室 長	山越 隆雄
Head	YAMAKOSHI Takao
主任研究官	坂井 佑介
Senior Researcher	SAKAI Yusuke

Flood hazard mapping on small or medium-sized rivers has been underway in recent years, on the back drop of frequent severe flood disasters. But the current method considers only flooding due to running water, and neither sedimentation nor driftwoods are considered. In small or medium-sized rivers in mountainous areas, a large amount of fine-grained sedimentation may occur in river channels and floodplains. We conducted statistical analysis on the rate and topographical factors of sediment produced in mountainous basins, constructed a sediment runoff rate estimation formula, and applied it to actual disaster cases to verify the validity of the formula. In addition, we developed a method for setting the one-dimensional river bed shape assuming sedimentation during flood in the sections where the friction velocity is relatively low for enveloping the peak flood water level. We proposed the method based on the results of hydraulic model experiments to understand the relationship between u^* (frictional velocity) / w_0 (sedimentation speed) and sedimentary characteristics. We also applied the method to actual flood cases on a trial basis, and confirmed its applicability, although the number of cases is limited.

〔研究目的及び経緯〕

令和2年6月に「小規模河川の氾濫推定図作成の手引き」(以下、「手引き」)が策定されるなど、中小河川の浸水想定情報の作成が推進されている。現行の手引きにおいては、知見が限られていることから、流水による浸水のみを対象とせざるを得なかったが、山間部の小規模河川では想定最大外力の洪水時に大量の土砂が混入することによる浸水範囲、浸水深の増大が懸念される。このため、「河川区間における大量の土砂の混入を考慮した氾濫推定図の作成手法」が今後の技術的課題の一つとされている。

小規模河川は既存データが少ないため、現行の手引きにおいては流下型氾濫形態を有すると考えられる河川区間において、氾濫原全体を河道のように見なして、降雨流出量に基づく一次元不等流計算をすることによる浸水想定手法を採用している。このため、大量の細粒土砂の流下・堆積を考慮する手法の検討にあたって、大量の土砂が河道に流出する流域を選定するための流出土砂量評価手法および現行の手引きの計算手法を踏まえた細粒土砂堆積による水位上昇量反映手法について検討した。

〔研究内容〕

1. 山地流域から河道への流出土砂量評価手法の検討
山地流域において生産された土砂が河道へ流出する割合(以下、「土砂流出率」という)と地形的要素について統計分析を実施し、土砂流出率推定式を構築した。その上で、災害実績に基づく生産土砂量および土砂流出率推定式を用いて流出土砂量を算出し、実績の流出土砂量と比較することで推定式の妥当性について検証した。
2. 細粒土砂堆積による水位上昇量反映手法の検討
河床勾配から主な河床材料としては考えにくい細粒土砂が、被災直後の河道・堤内地に大量に堆積している実態を踏まえ、細粒土砂が高濃度に流下する場合について、堆積による水位上昇量の考慮手法を検討した。まず、細粒土砂堆積後の地形条件の設定手法について検討するための水理実験を行った。この結果を踏まえて堆積後の河床の縦断形状の設定方法を検討し、2水系について、手引きの推定手法による水理量と実績洪水の浸水位を比較した。

〔研究成果〕

1. 山地流域から河道への流出土砂量評価手法の検討
過去に大規模な土砂流出による災害が発生した6流

域を対象として、表-1のとおり、災害前のLPデータから平均勾配等の地形要素を計測し、災害前後のLPデータ差分解析から土砂流出率等の土砂に関する情報を算出した。そして、土砂流出率を目的変数、地形要素を説明変数としてロジスティック回帰分析を実施し、渓床勾配の標準偏差、谷幅の標準偏差が統計的に有意な説明変数として取り込まれた回帰式（土砂流出率推定式）を作成した（表-2）。

この土砂流出率推定式の再現性を検証するため、推定流出土砂量（生産土砂量（実績値）×土砂流出率（推定式より算出））と実績の流出土砂量との比較を実施した（図-1）。この結果、全体としては実績の流出土砂量を良好に予測できており、土砂流出率推定式の妥当性が一定程度確認された。一方で、本研究の目的とは異なるが、実績の流出土砂量の少ない小流域では実績に対し2倍程度過大に推定流出土砂量が算出されていることから、土砂流出率の低い小流域もしくは生産土砂量が少なかった流域の予測精度に課題があると考えられる。

表-1 地形要素と土砂に関する情報

変数	地形量 (山地流域)		備考
	項目	集約方法	
説明変数	平均勾配 (m)	平均値、標準偏差	上下流端の標高データから算出
	勾配比	平均値、標準偏差	上流/下流 (大きいほど急勾配から緩勾配に変化)
	平均谷幅 (m)	平均値、標準偏差	理論式により算出した土流の流下幅
	谷幅比	平均値、標準偏差	上流/下流 (小さいほど拡縮している)
	湾曲角 (度)	平均値、標準偏差	屈曲部の内角 (小さいほど屈曲している)
	水深 (m)	平均値、標準偏差	理論式により算出した土石流水深
目的変数	合流点数	合計	部分流域内の合流点数
	土砂流出率	-	流出土砂量/生産土砂量
その他	生産土砂量	合計	災害前後のLP差分解析結果 (差分マイナス)
	堆積土砂量	合計	災害前後のLP差分解析結果 (差分プラス)

表-2 ロジスティック回帰分析の結果

分析流域	回帰式	モデルの統計量		流出率が大きくなる地形条件 (有意な説明変数のみ記載)
		P値	決定係数 (Nagelkerkeの決定係数)	
G流域 (赤谷川、北川、桂川、総旗川、大屋大川、中畑川)	$P(\text{土砂流出率}) = 1 / (1 + \exp(-0.0666 \times X1 - 0.0790 \times X2 + 0.0408 \times X3 + 2.5709))$	0.0048	0.0698	渓床勾配標準偏差: 小、谷幅の標準偏差: 小

x1: 渓床勾配標準偏差, x2: 谷幅標準偏差, x3: 合流点数

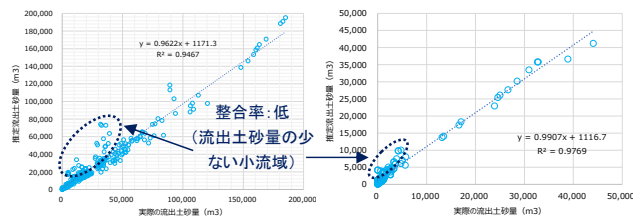


図-1 流出土砂量の再現性検証結果

2. 細粒土砂堆積による水位上昇量反映手法の検討

(1) 水理実験

細粒土砂堆積のメカニズムと土砂堆積形状を把握するため水理実験を行った。上述の赤谷川の事例より、横断堰及び河道・氾濫原一体の狭窄部上流の堰上げが堆積に影響していると考え、水路下流に横断堰または狭窄部を設け、細粒土砂濃度と流量を変化させ堆積高と水位を計測した（図-2）。

(2) 評価方法の実河川における検証

実験結果より、土砂濃度に応じた u_* / ω_0 (摩擦速度/沈降速度) の閾値を下回る場合に、上流に向けて土砂堆積が延伸することが示唆された。特に流速の減速が細粒土砂の堆積に及ぼす影響が大きいことが示されたことから、今回の簡易な浸水想定手法でも、洪水流が氾濫原を流下している場において、堰や狭窄部上流など、流速が減速して u_* / ω_0 が閾値を下回る地点より上流に向かって当該区間の平均エネルギー勾配で堆積が延伸するという地形の設定手順を検討した。これを実際に大量の細粒土砂の堆積による被害が生じた一級河川 2 水系の一次支川に適用して検証した（図-3）。今回提案した評価手法で、特殊な地形要因がある地点を除いて、実績の洪水時の浸水位を下回らない形で浸水位を算定することができることが確認できた。このことから、大量の細粒土砂の流下・堆積の可能性がある小規模河川において、手引きの手法で浸水範囲・浸水深を評価する場合には、 u_* / ω_0 の縦断分布を踏まえて洪水後の河道及び氾濫原の地形を設定した上で浸水深を評価することを提案する。ただし、土砂堆積を考慮した平均氾濫原高の設定方法については、さらに検討を深める必要がある。引き続き、実績洪水の情報を収集し、今回の手法による浸水範囲・浸水位の評価値を上回る浸水が発生していないか検証する必要がある。

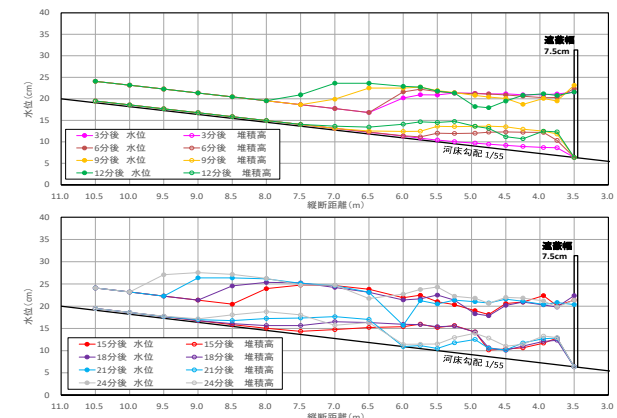


図-2 細粒土砂堆積が上流へ延伸する水理実験の例

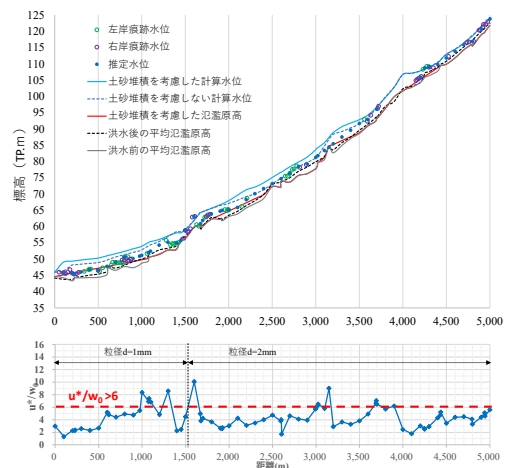


図-3 u_* / ω_0 と試算による河床、浸水深の縦断分布

浸水予測情報を活用した都市域の減災対策に関する研究

Study on disaster mitigation measures in urban areas using flood forecast information.

(研究期間 令和元年度～令和3年度)

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

室 長 板垣 修
Head ITAGAKI Osamu
研 究 官 小峰 正
Researcher KOMINE Tadashi

We studied urban flood damage prevention or mitigation measures with using real time urban flood forecast information. We conducted test operation of urban flood forecasting system developed in previous years, and analyzed the cause of cases where inundation prediction was incorrect, and summarized how to mitigate the forecast error. We also developed a mapping technique on severity of potential urban flood damage in each 25m mesh grid, and studied efficient urban flood forecasting techniques in low flat areas.

〔研究目的及び経緯〕

気候変動による影響が指摘される、これまでに経験したことの少ないような豪雨・洪水が全国各地で頻発している。このような豪雨・洪水災害に対しては、河川・ダム・下水道等の整備による氾濫防止対策を着実に進めることが重要であるが、全ての規模の豪雨・洪水に対応可能な施設の整備は非現実的であることから、氾濫発生時の被害防止・軽減対策が合わせて重要である。人口・資産が集積し高密度の土地利用がされている都市域における氾濫発生時の被害は甚大となることから、特に優先的な対策が必要である。

本研究は、平成26年から30年度まで内閣府のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）の第I期で実施した、浸水予測情報を活用した浸水被害の防止・軽減対策の研究（降雨予測情報に基づき1時間先までの25mメッシュ格子ごとの浸水深等を10分ごとに予測しアラートメールの配信等を行う浸水予測システムの研究開発等）の成果を活用し、2020東京オリンピック・パラリンピック開催を念頭に、都市域における浸水予測情報を活用した浸水被害防止・軽減対策について検討したものである。

〔研究内容〕

SIP（第I期）における浸水予測システムの研究成果等を活用し、下記の研究を行った。

(1) 浸水発生時の被害の深刻さの共有手法

地下街・アンダーパスなどの分布に応じた浸水発生時の被害の深刻さについて危機管理担当者等に分かりやすく情報提供できるよう、25mメッシュ格子ごとの浸水発生時の被害の深刻さに係る情報提供に必要な地下施設の情報収集・整理並びに情報提供に必要な図等の作成を行った。

(2) 低平地における浸水予測計算の効率化

豪雨による浸水被害が発生しうる夏期を中心として

24時間連続で浸水予測計算プログラムを稼働させることが、急に発生する局所的豪雨等に対応した浸水予測情報の提供に必要なであるが、(クラウド)サーバの費用の低減が課題である。サーバ能力を低めにすることは費用の低減につながるが、大雨により計算負荷が増大した場合に計算が遅くなり、浸水予測情報の配信が遅れる恐れがある。

このため、特に浸水範囲が広く薄く広がりやすい低平地部において、計算負荷を減らすための計算上の工夫について検討した。

(3) 2020東京オリパラ開催期間を含む試験運用

2020東京オリパラ（新型コロナウイルス感染対策強化の中2021年に開催延期）の開催期間を含め、夏期を中心として、浸水予測システムの試験運用を行い、浸水事例（浸水が予測されたもの実際には浸水が発生していないと考えられる事例を含む）に基づく浸水予測精度の検証、浸水計算上の課題の抽出、課題解決方法の検討を行った。

〔研究成果〕

(1) 浸水発生時の被害の深刻さの共有手法

豪雨による地表面の浸水発生に伴い地下街等が浸水した場合、人的被害等の甚大な被害の発生しやすさは様々な要素に影響されると考えられる。本研究では、以下に示す避難行動の余裕時間が小さいほど、人的被害等の甚大な被害が発生しやすいものと仮定した。

地下出入口からの避難が困難となる地表面の浸水深となるまでの時間： T_1 ※図-1に T_1 の試算例を示す。

地下から地上への避難の所要時間： T_2

避難行動の余裕時間： $T_3 = T_1 - T_2$

ここで、 $T_1 = T_4 - T_5$ 、 T_4 ：地下出入口からの避難が困難となる時間（過去の研究事例を参考に出入り口の越流水深が0.2mとなる時間とし、地下出入口の高さ

に0.2mを足した0.35mに25mメッシュ格子平均の浸水深が達する時間)、 T_5 ：地表面の氾濫水の地下出入口からの流入開始時間（地下出入口の高さを道路縁石の高さを参考に0.15mと一律仮定し25mメッシュ格子平均の浸水深が0.15mに達する時間）

T_4 、 T_5 は、実績降雨を想定最大規模まで引き伸ばした降雨シナリオに基づき、浸水予測システムにより算定した。さらに、避難行動の余裕時間（ T_3 ）の長短に基づき、地下出入口からの避難の困難さ（被害の起こりやすさ、深刻さ）を3つのレベルに分類した。

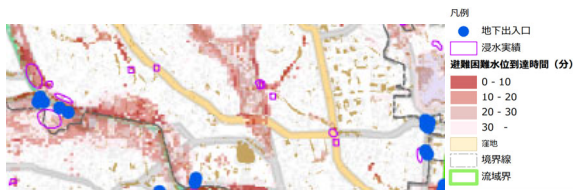


図-1 地下出入口避難困難水位到達時間試算例

(2) 低平地における浸水予測計算の効率化

計算負荷を減らすための工夫について検討するため、以下の2つの感度分析を行った。

1) 浸水計算の打ち切り水深

社会実験に用いた浸水予測システムでは浸水計算の打ち切り水深として0.001m(1mm)を採用しているが、これを大きくした場合について、5つの降雨シナリオを設定して浸水メッシュ数、演算時間を比較した。

この結果、打ち切り水深を0.08mまで大きくした場合には浸水メッシュ数が減少したが、同0.09mでは増加に転じた(図-2)。これは、打ち切り水深が大きくなり浸水範囲が狭まることで浸水範囲内の水深が大きくなり地下の下水道管内の水圧が高まり、その影響で、下水道管のつながった離れた場所で下水道管から溢水し浸水したためと考えられる。浸水メッシュ数の増加は演算時間の増大につながることから、計算打ち切り水深を大きくすることは、必ずしも計算時間の短縮につながらない場合があることが明らかになった。

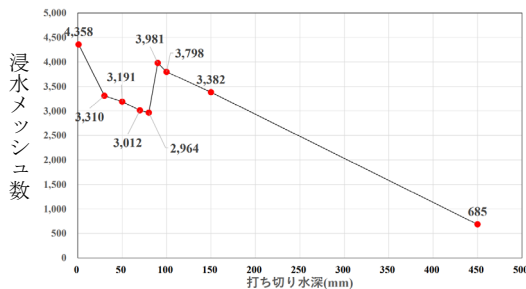


図-2 計算打ち切り水深と浸水メッシュ数との関係例

2) 下水道管内の流れの計算の簡略化

社会実験に用いた浸水予測システムでは内径0.6m相当以上の下水道管をモデル化し一次元不定流計算を

行っている。この演算時間を短縮するため、一次元不定流計算を行わずに水の保存則のみで簡易的に計算する方法など4つの簡易手法について3つの実績降雨シナリオに基づき比較した。

結果として、降雨シナリオによっては演算時間がわずかに(0.7%程度)短くなる簡易手法があったが、同手法では実績浸水範囲の再現性が低く、採用すべき簡易手法は見いだせなかった。

(3) 2020 東京オリパラ開催期間を含む試験運用

SIP 第I期を含む平成29年度から令和3年度までの試験運用期間中のアラートメールの月別配信日数は表-1のとおりである。また、SNSなどの情報から浸水発生情報を収集し、浸水予測計算結果との突き合わせを行い、浸水予測精度を確認するとともに、精度が低い場合には原因を究明し、適宜計算プログラムの改良を行った。

表-1 アラートメールの月別配信日数

▼H29年度(延べ11日)			
7月	8月	9月	10月
3日	3日	3日	2日
▼H30年度(延べ10日)			
7月	8月	9月	10月
0日	5日	5日	0日
▼R1年度(延べ5日)			
7月	8月	9月	10月
0日	0日	2日	3日
▼R2年度(延べ14日)			
7月	8月	9月	10月
5日	5日	4日	0日
▼R3年度(延べ9日)			
7月	8月	9月	10月
2日	4日	2日	1日

[成果の活用]

本研究において活用するとともに改良してきた浸水予測システムは、河川・下水道等一体の浸水解析をクラウドサーバ上で迅速に行うものであるが、リアルタイムの浸水予測計算を引き続き行っていくことは、現状では費用等の面から難しいことが国土交通省水管理・国土保全局の関係課室、自治体の防災担当者との意見交換の中で確認された。

今後は、令和3年度以降全国の地方整備局等で検討が進められている、河川・下水道等一体の浸水解析による多段階の浸水想定図、及び浸水深別の発生頻度を図示した水害リスクマップの検討において、河川・下水道等一体の浸水解析上の課題、住民の実感に合う比較的高頻度の浸水事象の浸水深分布の算定手法等の検討に、本研究の成果が活用される予定である。

小規模河川の氾濫推定図作成手法に関する研究

Study on flood hazard mapping method in small and medium-sized rivers with using LP data.

(研究期間 令和元年度～令和3年度)

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

室長 板垣 修
Head ITAGAKI Osamu
研究官 中村 賢人
Researcher NAKAMURA Kento

With severe flood disasters occurring frequently throughout Japan, it is indispensable to promote not only structural measures in the river, such as river improvement projects, but also non-structural measures in the flood plain, such as land use regulation and flood warning. But the flood hazard maps which are necessary for promoting the measures in the flood plain are in many cases not available in small and medium-sized rivers administered by prefectural government. In this study, we performed calculations necessary for flood hazard mapping in a total of about 10,900 km of small and medium-sized rivers in 23 prefectures with using the existing laser profiler data, examined the technical challenges, and provided solutions for some of them.

〔研究目的及び経緯〕

気候変動による影響が指摘される激甚な洪水災害が各地で頻発している。このような中で、治水施設の整備を着実に進めるとともに、洪水氾濫が発生した場合の被害を防止・軽減するための氾濫原での土地利用の工夫等が重要であり、令和2年7月に社会資本整備審議会から「あらゆる関係者が流域全体で行う持続可能な『流域治水』への転換」について答申されているところである。

洪水氾濫の発生を前提とした被害防止・軽減対策の具体的な推進に当たっては、洪水氾濫時に想定される浸水範囲・浸水深等の洪水ハザード情報（水防法に基づく洪水浸水想定区域図等）が必要である。しかし、全国の一級、二級河川（準用河川を除く）約21,000河川のうち、令和2年度時点で浸水想定区域が設定されているのは2,092河川のみであり、これを令和7年度に約17,000河川に拡大することが目標とされている。

このような中、予算等の厳しい制約の中で、膨大な数・延長の中小河川を対象とした浸水想定を効率的に実施する新たな手法の開発が必要とされ、国総研水害研究室では航空レーザー測量（LP）データを活用した中小河川の浸水想定手法の研究開発を進めてきた。同成果は、令和2年6月に公表された「小規模河川の氾濫推定図作成の手引き」（以下「手引き」）に反映されたが、引き続き、手引きの適用を技術的に支援するとともに残された技術的課題の解決に必要な検討を行うことを目的として、手引きに基づく浸水範囲・浸水深分布の試行計算等を行った結果について以下に述べる。

〔研究内容〕

国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室が令和元年度に実施した、全国の都道府県管理河川

の浸水想定の実施状況、及び浸水想定未実施河川（リスク情報空白河川）における国からの技術的支援に対する要望の調査結果に基づき、本研究の対象とする中小河川の河川区間を選定し、国土地理院からLPデータ及び航空写真（オルソ画像）を入手し、以下の試行計算等を行った。

(1) 試行計算の対象河川区間の抽出

手引きに基づく試行計算には少なくとも河道部分のLPデータが必要であるため、都道府県からの要望を踏まえ選定した約7,100河川、延長約31,200kmについて国土地理院から入手したLPデータと重ね合わせ、河道部分のLPデータの有無を確認した。

また、河川の氾濫形態は、地形特性等により流下型、拡散型、貯留型の3つに分類しうるが、本研究では限られた予算、期間の中で、リスク情報空白河川をより多く解消することを優先し、最も効率的に浸水想定を行うことが可能である流下型の氾濫形態を呈すると考えられる河川区間を試行計算の対象として抽出した。

(2) 浸水範囲・浸水深分布の試行計算

抽出された河川区間約18,200kmから県から要望の取り下げがあった河川及び地方整備局が試行計算を行う予定である河川を除く延長約10,900kmについて、手引きに基づく浸水範囲・浸水深分布の試行計算を行い、各河川管理者へ提供できるように所定の様式でデータを保存した。

(3) 技術的課題に関する検討

手引きに残された技術的課題や、試行計算を実施する過程で明らかになった技術的課題について解決手法等を検討した。例えば、堤防破堤の仮定の有無が想定浸水範囲・浸水深に与える影響について、流域面積等に基づき選定した7河川の流下型氾濫形態を呈すると

考えられる河川区間を対象として、①手引きの手法（破堤を考慮しない手法）、②洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）の手法（破堤を考慮する手法）及び③中小河川浸水想定区域図作成の手引き（第2版）の手法（有堤区間において片岸ごとに堤防がないものと仮定する手法）の3つの手法による浸水想定を行い、結果を比較した。

【研究成果】

(1) 試行計算の対象河川区間の抽出

一部の河川区間の河道部分で LP データがないことが判明した。この原因としては、LP データの有無の情報が図郭単位となっており、各河川区間の河道部分が LP データ整備済みの範囲に入っていないことが考えられる。集計が可能な 19 県（要望された河川区間の総延長約 17,900km）について集計したところ、要望された河川区間の約 6%（約 1,100km）で LP データがなかった。

河道部分の LP データがある河川区間から、地形情報等に基づき流下型氾濫を呈すると考えられる河川区間として約 4,500 河川、延長約 18,200km が抽出された。

結果として、都道府県から要望のあった河川区間のうち河道部分の LP データがないことや氾濫形態が流下型を呈しないと判断されたため、約 10,300km（途中で要望を取り下げた県の河川を除く）の河川区間が、浸水範囲・浸水深分布の試行計算の対象外とされ、これは要望された河川区間の総延長（途中で取り下げた県の河川を除く）の約 38%であった。

(2) 浸水範囲・浸水深分布の試行計算

抽出された河川区間の浸水範囲・浸水深分布の試行計算は地方整備局と分担し、水害研究室では 23 県の約 2,800 河川、延長約 10,900km で実施した（図-1）。

(3) 技術的課題に関する検討

手引きに残された技術的課題及び試行計算の過程で抽出された技術的課題（例 隣接河川の扱い、非流下型氾濫形態を呈すると考えられる河川区間が断続的に挟まる場合の効率的な計算手法）について検討し、対処方法を適宜取りまとめ本省、地方整備局と共有した。

技術的課題の 1 つである破堤を考慮しないことによる影響に関する検討結果について以下例示する。選定した 7 河川の流下型氾濫を呈すると考えられる河川区間における感度分析の結果、手引きに基づく浸水想定結果 (①) は、洪水浸水想定区域図作成マニュアルに基づく浸水想定結果 (②) よりも浸水範囲、浸水深ともに大きくなっていることが確認された（図-2）。なお、流下型以外の氾濫形態を呈すると考えられる河川区間においては、①は、②よりも浸水範囲等が小さくなる場合が認められたので注意が必要である。

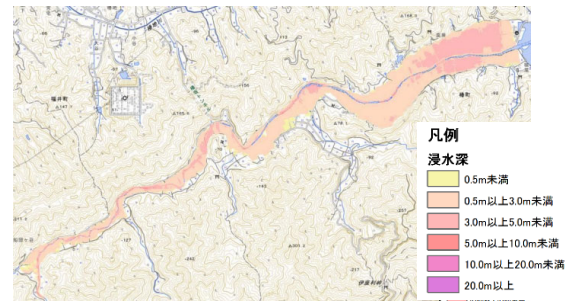


図-1 浸水深分布の試行計算結果例

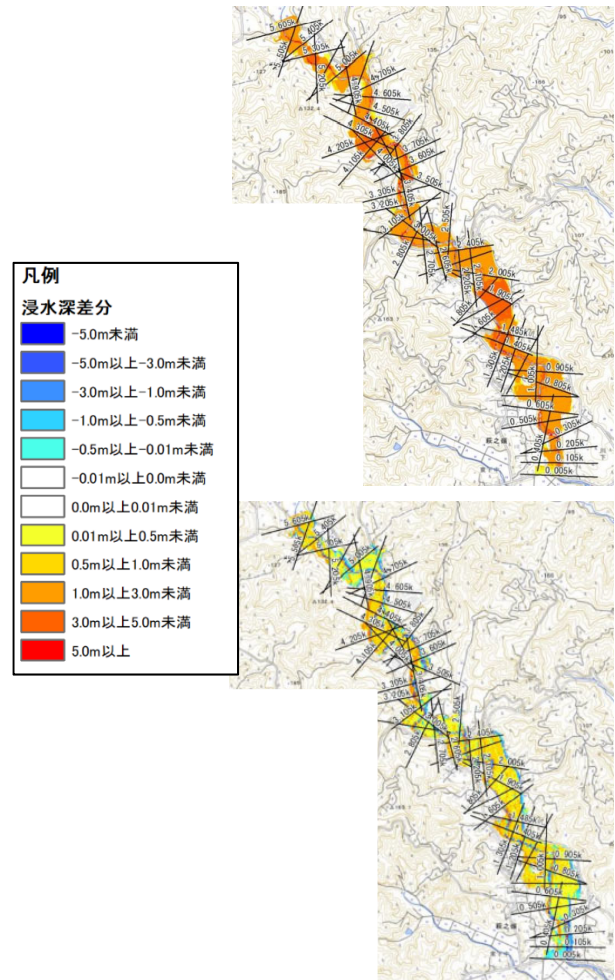


図-2 3手法による想定浸水深の比較例

（上：①浸水深－②浸水深、下：①浸水深－③浸水深）

※①～③については本文【研究内容】(3)参照

【成果の活用】

試行計算の結果は各河川管理者に提供され、各河川管理者による必要に応じた現地確認、修正等の後、各河川管理者の判断に基づき図化・公表が行われる計画である。

技術的課題に関する検討結果は、手引きのとりまとめを行った「中小河川の水害リスク評価に関する技術検討会」（座長：池内幸司東京大学大学院教授）等に提供され、手引きの改訂等に活用される予定である。

洪水氾濫に伴う地域の迅速な復旧のための残留土砂の低減方策に関する基礎的研究

Preliminary study on measures to reduce sedimentation in flooded areas for rapid restoration of local communities

(研究期間 令和3年度～令和4年度)

河川研究部 水害研究室

研究官 岡安 光太郎
室長 板垣 修

[研究目的及び経緯]

近年、治水施設設計規模を超過する洪水が頻発しており、特に洪水氾濫においては、流体力による家屋等の損壊に加えて、氾濫水に混入し堆積した土砂（残留土砂）の除去及び清掃に多大な費用と時間を要し、被災後の迅速な復旧・復興の妨げとなっている。本研究では、洪水氾濫における氾濫区域内の残留土砂の低減方策の提案及びその効果の評価手法を確立することを最終目標とし、これらの検討に必要な基礎的知見を得ることを目的とする。

本年度は、過去に発生した著名水害を対象に、インターネットに公開されている資料に基づき、家屋等に土砂堆積が発生した状況が確認できる写真を調査し、洪水発生日月、写真が撮影された地方自治体名及び出典を整理した。また、洪水氾濫時の家屋周辺における残留土砂の水理実験に必要な家屋模型を作製するとともに、既存無料公開計算プログラムを用いた氾濫解析において細粒土砂の堆積計算が可能となるよう、流入した浮遊砂が計算領域内で堆積する現象を考慮する機能を試験的に作成した。

氾濫シナリオ別ハザード情報図に基づく減災対策検討手法の研究

Study on flood damage reduction measures with using scenario based hazard maps.

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

河川研究部 水害研究室

研究官 岡安 光太郎
室長 板垣 修

[研究目的及び経緯]

従来、堤防・ダム等の治水施設整備による洪水氾濫防止対策（レベル1対策）と、想定される最大規模の洪水に対して避難等により命だけは守ろうとする対策（レベル2対策）とが主に実施されてきたが、これらに加え、両対策の間隙を埋める「命だけでなく資産・生業（なりわい）を含む被害防止・軽減対策」（レベル1.5対策）の重要性が一層高まっている。本研究は、現在未確立であるレベル1.5対策の具体的な検討手法及び対策による効果の評価手法の開発を目指している。

本年度は、水害対策に対する地元自治体の関心度等を踏まえモデル地区を選定し、関係機関から収集したデータを基に、内水氾濫（市街地等の排水能力の不足により雨が湛水する氾濫）と外水氾濫（河川上流の山地等に降った雨により河川流量が増大し河川から溢れる氾濫）の両者を計算できる氾濫解析モデルを作成し、被害が相対的により大きくなると想定される氾濫シナリオに対する具体的な洪水氾濫被害軽減対策を検討するとともに、氾濫シナリオ別のハザード情報図を試作した。

近年の水害実態を踏まえた水害リスク評価手法の改善検討業務

Study for improving flood risk evaluation method based on recent flood disaster cases.

河川研究部 水害研究室

(研究期間 令和元年度～令和4年度)
研究官 岡安 光太郎
室長 板垣 修

[研究目的及び経緯]

治水経済調査マニュアル(案)等を用いて、堤防やダム等の治水施設の整備によってもたらされる経済的な便益や必要な費用の評価を行い、費用便益比の算定、事業の優先順位付け検討等が行われている。国総研は、近年の水害実態を踏まえた同マニュアルの更新に必要なデータの収集と分析を行っている。

本年度は昨年度に引き続き、新型コロナウイルス感染対策強化の中、現地訪問調査が難しかったことから、リモートデータ等に基づく調査・分析を行った。浸水深別の建物全壊割合の検証等のため、平成30年以降に著名水害が発生した地域の中の1地区を対象として、既存再現計算結果に基づき最大浸水深等のハザードの大きさを抽出、整理し、人的被害・家屋被害発生位置と突き合わせを行い、リモートデータに基づく被害発生条件について検討した。さらに、家屋浸水の発生後、時間的に継続する被害について考慮する手法の開発の一環として、対象地区に開設された避難所ごとの時系列の避難者数の資料に基づき、避難者が居住していたと推定される家屋の概略の浸水深と避難の継続日数との関係について分析し、浸水深に応じた避難の継続日数の推定手法の提案を試みた。

地域の人的被害・住宅全半壊防止によるレジリエンス強化検討手法の開発

Development of study method for strengthening local resiliency against flood disasters through preventing human damage and severe housing damage.

河川研究部 水害研究室

(研究期間 令和元年度～令和3年度)
研究官 岡安 光太郎
室長 板垣 修

[研究目的及び経緯]

地域の社会経済の持続性を確保するためには、洪水時の人的被害や住宅全半壊等の被害を防止することが重要であり、河川整備等による氾濫防止・軽減対策に加え、氾濫した際に被害が想定される場所についてまちづくり等と連携した暴露・脆弱性低減対策を進めていくことが重要である。このような対策の具体的推進には、地域の浸水ハザード(リスク)情報の共有が重要である。現在公表されている浸水ハザード情報には洪水浸水想定区域や家屋倒壊等氾濫想定区域があるが、原則として外力規模が想定最大規模(再現期間1,000年程度等)であることから、地域のほぼすべてが想定浸水域となっている場合などではまちづくり等での活用が限定的とならざるを得ず、活用しやすい浸水ハザード情報の提供が求められている。

本年度は、まちづくりや住まい方の工夫等の参考となるよう浸水範囲と頻度の関係をわかりやすく示した水害リスクマップ等の作成を技術的に支援するため、国管理河川の浸水想定区域内を対象とした多段階の浸水想定図及び水害リスクマップの作成手法の技術開発を実施した。

既存水防工法の改良・水防資機材備蓄数量の見直し等に関する検討

Research on improvement of flood damage reduction activities in communities.

河川研究部 水害研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

主任研究官	山本 陽子
研究員	海老原 友基
室長	板垣 修

[研究目的及び経緯]

毎年のように河川氾濫による人的被害を伴う激甚な水災害が発生しており、水防活動による減災対策がますます重要になっている。水防団員数の減少やサラリーマン団員の増加等が進行している水防活動の現状を踏まえ、本研究では最新の ICT 技術等を活用し、水防活動を効果的に支援する技術の社会実装を推進するため、水防活動支援情報共有システムや水防活動の安全確保技術等について研究するものである。

本年度は、過年度に構築したプロトタイプ版「水防活動支援情報共有システム」のモデル2地域における試験運用を行った。試験運用後にヒアリングを行い、改良意見の洗い出しをするとともに累加雨量の表示や写真の拡大機能、線・面による変状情報登録機能等について改良を行った。また、水防活動の退避タイミング等の判断を支援する技術の確立に向け、複数河川が合流するモデル地区において雨量規模別の浸水域・浸水深をあらかじめ試算しておき、予測雨量に基づいて水防団員等の退避の判断を支援する計算プログラムを試作した。

水害リスクを踏まえた持続的地域社会の確保方策に関する研究

Study on flood damage mitigation measures for securing sustainability of local society.

河川研究部 水害研究室

(研究期間 令和元年度～令和3年度)

研究員	岡安 光太郎
室長	板垣 修

[研究目的及び経緯]

激甚な水害被害が全国各地で発生するなかで、直接的な人的・経済的被害の防止・軽減対策に加えて、時間的な遅れを伴う被災地域の社会経済への中長期的影響の回避・軽減対策も重要である。このような対策の具体的な検討に当たっては、地域特性を踏まえた、想定される水害被害による中長期的影響の評価が必要であるが、当該評価手法は未確立である。治水経済調査マニュアル(案)においては、直接的な資産被害は瞬時に回復し、事業所の営業停止被害等の間接被害も、最低限必要な日数で通常の社会経済活動が行えると仮定し、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。最低限の被害額を算定する観点ではこのような評価手法は適しているが、加えて地域特性に応じた中長期的影響を考慮した被害想定が重要であるため、中長期的影響の評価手法について研究を行っている。

本年度は、発生から10年が経過した東日本大震災における浸水市町村から選定した60市町村を対象として、過年度未分析であった統計資料に基づき、被災影響がなかったと仮定した場合の時系列の社会経済指標値を市町村ごとに推定し、被災後の実測の社会経済指標値と比較することにより、浸水による中長期的影響を試算・整理した。さらに、対象市町村を大都市圏内外に分類したうえで中長期的影響を同様に試算・整理し、大都市圏内外における中長期的影響の大きさの比較を行った。

被災事例に基づく水害リスク意識の向上と避難促進手法に関する研究

Research on raising awareness of flood risk and evacuation promotion method based on flood disaster cases.

(研究期間 令和元年度～令和3年度)

河川研究部 水害研究室

主任研究官	山本 陽子
研究員	海老原 友基
室長	板垣 修

[研究目的及び経緯]

平成30年7月豪雨、令和元年東日本台風、令和2年7月豪雨など、多くの人的被害を伴う水害が各地で頻発している。このような実態を踏まえ、過去の人的被害発生事例から導き出される被害発生特性と、避難行動上の留意事項の社会での共有を通じた人的被害防止手法を開発することを目的とする。

本年度は、住民の過去の浸水経験の有無及びその浸水深と近年の浸水発生時の人的被害の発生状況との関係について3つのモデル地区（面積約30km²）を対象に約250mメッシュで分析した。分析に当たっては、居住区域内の場所ごとの浸水深を既存の浸水実績図から効率的に推定する手法について検討した。近年人的被害が発生した洪水氾濫における居住区域の浸水深を整理したところ、人的被害が発生したメッシュ格子では、過去約40年間の主要洪水時に浸水がほとんど発生していなかった。ただし、40年以上前には大きな浸水深が発生しており、記憶の風化による影響が推察された。