

気候変動下における継続的な流域及び河道の 監視・管理技術の開発

伊藤弘之

1. はじめに

河川は自然公物として、洪水に対する安全の確保、利水の供給、良好な自然環境の保全等の機能が期待されている。河川は土砂の流出や植生の変化等により長期的に変化する一方で、洪水時には急激に状態が変化することがある。このため河川管理では、平常時においては主に河川環境の保全等を、また出水時には治水上の安全性を確保する必要がある。工事等管理行為に対する河川の応答メカニズムは複雑であり、河川管理は現地での変状等に対応し、長年にわたって経験を積み重ねながら実施されてきた側面が大きい。

しかし、近年においては、気候変動による豪雨の激甚化等新たな問題が顕在化しており、これらへの的確な対応が求められている。このため、第5期中長期計画において、研究開発プログラム「気候変動下における持続可能な流域及び河道の監視・管理技術の開発」（以下「本プログラム」とする。）が設けられた。

2. 流域・河道管理を取り巻く状況

流域・河道等の維持管理を取り巻く主要な課題としては、(a)気候変動に対する治水機能の強化、(b)老朽化が進む河川管理施設等の機能維持、(c)気温の上昇や流況の変化に対する良好な河川環境・流域環境の保全、(d)河川管理に精通した技術者の確保等が挙げられる。(a)については、気候変動による降雨の極端化が進んでおり、近年毎年のように激甚な水災害に見舞われている。国土交通省は計画降雨量を見直すとともに、流域治水による洪水防御を打ち出しており、河道においても流下能力の増強が求められる。河道の応答を踏まえた持続可能な河道掘削の設計方法等が必要である。(b)については、多数の河川構造物が老朽

化する中で、これら施設の保全に迫られている。施設機能の維持とトータルコストの縮減・平滑化を両立させるため、河道や構造物の状態監視から状態変化を予測し、予防保全に繋げる技術が必要である。(c)については、気候変動による気温・水温の上昇や(a)に関わる河道改修等の影響を総合的に考慮しながら、河川環境を良好に保全することが求められる。特に河川と流域における生態系の連続性や流域治水を図るための技術が必要である。(d)については、技術者の高齢化や減少が進む中で、維持管理の効率化、省人化やこれまでに得られた知見の伝承も課題となっている。AIやDX等の活用により、シミュレーション技術の整備や知見の集積・共有等を図る必要がある。

以上のような課題を踏まえ、本プログラムでは、①新技術を活用した流域・河道等の監視・評価技術の開発、②外力増大と多様な流況に対応できる河道・河川構造物の計画・設計技術の開発、③河道・河川構造物の予防保全型維持管理技術の開発を達成目標として掲げている。達成目標と各個別課題の関係は図-1の通りである。

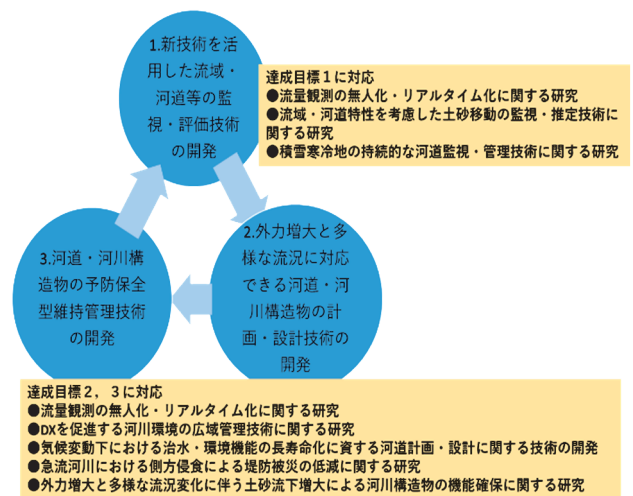


図-1 達成目標と個別研究課題の関係

3. 個別研究課題の概要

本プログラムにおいて実施される個別研究課題について、達成目標と関連付けて紹介する。

3.1 【達成目標①】新技術を活用した流域・河道等の監視・評価技術の開発

3.1.1 流量観測の無人化・リアルタイム化に関する研究

流量観測においては浮子による観測が行われているが、洪水時の安全や観測員の確保が困難になる等の問題が顕在化してきており、流量観測の省人化や自動化が求められている。これまでに土木研究所ではADCP（Acoustic Doppler Current Profiler：超音波流速計）による河川の流速計測技術の開発や電波式流速水位計の開発等を行ってきたが、本研究では、こうした機器を活用して河川横断方向の流速および分布をリアルタイムで計測し、データを集約して洪水予測等への反映を可能とするシステムの開発を行う。また、システムの開発にあたり、流速と水位のみでなく洪水時の河床高の変化を計測し、水深をリアルタイムで把握することによって流量をより高い精度で算出する手法を開発する（図・2）。

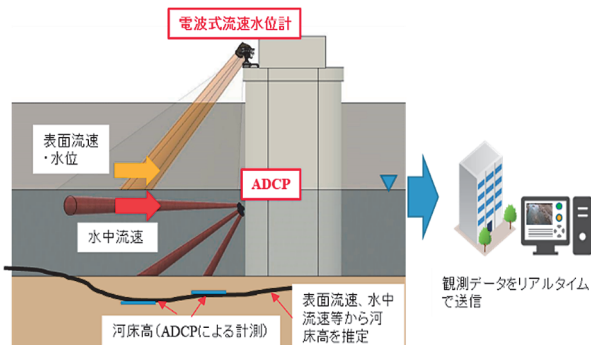


図-2 流量観測の自動化・リアルタイム化

3.1.2 流域・河道特性を考慮した土砂移動の監視・推定技術に関する研究

河川の流下能力や構造物等を適切に維持管理するためには、河道の状態を監視・予測することが重要である。しかし、洪水時の河床高や土砂移動量等を監視、把握することは容易ではない。

本研究では、電波や画像等を用いた河道及び河川水中の土砂量のモニタリング技術及び中長期的な土砂の堆積・洗堀を予測するための技術開発を行う。

3.1.3 積雪寒冷地の持続的な河道監視・管理技術に関する研究

積雪寒冷地である北海道の大河川は管理面積が広大であり、冬季にアクセスが困難な場所も多いことから、通年で堤防や河岸の監視が容易とする技術開発を行い、河川管理の効率化を図る必要がある。また、堤防植生や河畔林は治水・環境保全の観点から重要であり、効率的に状態を把握する技術開発のほか、堤防植生劣化に対する予防保全的対策も必要である。

このため本研究では、ドローン等を活用した広域河川空間監視手法の開発、画像解析を活用した植生把握手法と堤防植生の劣化に関する予測・対策方法の提案及び積雪下の堤防変状検知手法の開発を行う（図・3）。

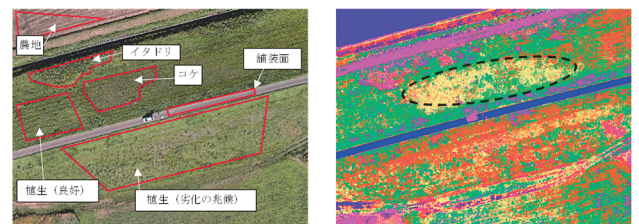


図-3 河川堤防のUAV空撮画像（左）と画像解析により地被分類した画像（右）（黒破線はコケ化領域と推定）

3.2 【達成目標②】外力増大と多様な流況に対応できる河道・河川構造物の計画・設計技術の開発及び【達成目標③】河道・河川構造物の予防保全型維持管理技術の開発

3.2.1 DXを促進する河川環境の広域管理技術に関する研究

河川の自然環境に関する管理目標（環境目標）は、治水や利水に比べて定性的な表現に留められ、事業や管理行為による効果を評価できないといった問題がある。一方で、1990年に開始され、概ね5年毎に行われてきた「河川水辺の国勢調査」が各水系で5～6回実施されており、河川環境の経年的変化だけでなく、水系間での差異についての比較が行えるデータが蓄積されている（図・4）。

本研究では、時間的な変化と空間的な差異から、各水系での河川環境の良否について評価を行うとともに、流量や河川地形だけでなく、河道内樹林の拡大状況など衛星から得られる情報を加えた解析（機械学習）を行うことで、河川環境の良否を左右する要因の抽出と関係性について検討を行う。

また、気候変動や事業による自然環境の将来変化予測と、予測に基づいた管理手法についてまとめる。さらに、河川周辺の湿地や池沼、水路などの配置や連続性から、水環境としての良否を判断する指標の開発を行い、流域全体での評価を行う。

さらに、得られた成果は、地理院地図（電子国土Web）等で閲覧できるようにすることで、既存の洪水浸水想定区域図や陸域の環境評価などの情報と重ね、流域の状況を総合的に判断できるようにする。流域内の関係主体がわかりやすい形で情報を得ることは重要であり、住民が流域環境に果たす河川の多様な側面に関して理解を深めることは、流域と河川の両方において、治水と環境の両立を図る取組みにつながると考えている。

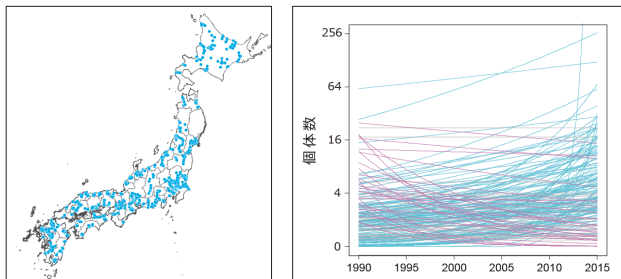


図-4 河川水辺の国勢調査が行われた調査地点（左）と25年間に行われた調査データから推定される各魚種の個体数変化（右）

3.2.2 気候変動下における治水・環境機能の長寿命化に資する河道計画・設計に関する技術の開発

気候変動による洪水の頻度と流量の増加は、土砂堆積と植物繁茂を主因とした経年変化を加速させ、環境機能の劣化や維持管理コストの増大を招く恐れがある(図-5)。このため、本研究では治水、環境の調和のとれた河道の計画・設計、維持管理の手法を構築する。

河川は、開放水面、自然裸地、草地といった景観要素から構成されるが、景観要素と生物種との関係を分析し、保全すべき景観要素を定量化する。そして、この保全すべき景観要素を確保した上で流下能力を最大化できる河道の計画・設計手法を構築する。維持管理手法については、河道形状に応じて土砂堆積や植物繁茂がどのように進行するかを推定できる土砂・植物動態モデルを構築するとともに、土砂堆積や植物繁茂を抑制する技術を開発する。さらに、維持管理コストを考慮することで、合理的な維持掘削のタイミングを明確化し、

治水機能、環境機能が長期間持続する予防保全型の維持管理手法を導出する。

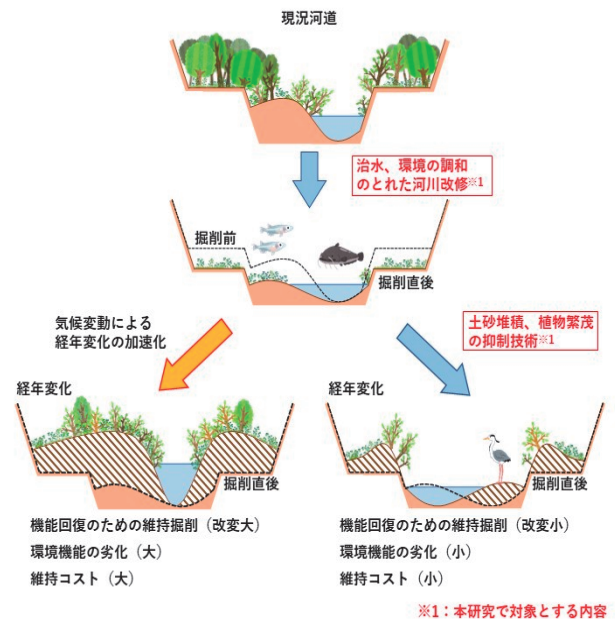


図-5 治水・環境の調和のとれた河川改修、維持管理

3.2.3 急流河川における側方侵食による堤防被災の低減に関する研究

急流河川では、側方侵食による所謂「越流」による堤防決壊等も問題となっている(写真-1)。出水中に激しい河道変化が生じることが主な要因であり、対策としては出水時の被災箇所を予測し、予め整備・改修を実施することが必要となる。しかし、河道の変化メカニズムは複雑であり、その予測は未だ難しい。

これまでの研究で、過去の被災事例を対象に、侵食現象・被災要因を検証するとともに数値解析による予測モデルの開発を行った。その成果として、侵食規模が増大する要因を明らかにするとともにシミュレーションによる再現性を向上させた。しかし、長大な河川延長を有する実河川にこの予測技術を適用するためには、水理学的シミュレーションだけでなく、他のアプローチを併用することにより、予測結果の信頼性を向上させることが求められる。そこで本研究では、数値解析による予測だけでなく、現地の河道の状況に応じた経験則に基づいた予測手法の開発を目指す。具体的には、AI等の画像判別技術を活用し、河道状況を効率的にデータ化する技術開発を行う。堤防被災の低減に向けて、物理的知見と現地のデータ化した情報に基づいた効率的な要対策箇所の評価手法を提案する。

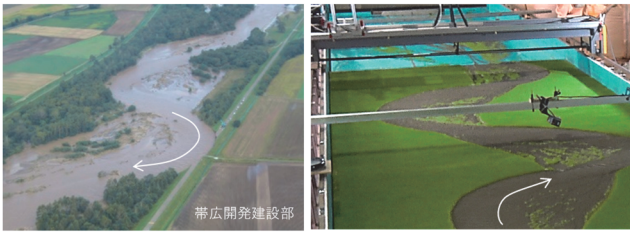


写真-1 音更川における堤防侵食被災状況（左）と河岸侵食に関する水理実験（右）

3.2.4 外力増大と多様な流況変化に伴う土砂流下増大による河川構造物の機能確保に関する研究

気候変動による外力の増大への対応として、ダム再生事業（写真-2）により事前放流や土砂を積極的に流下させるための施設の改良や運用が期待されているが、これが河川構造物の土砂による損傷等を加速・増大させ、河道や施設の機能が安定しなくなる恐れがある。

そこで、本研究では河川構造物全般を対象に、主要なパラメータである土砂の質（粒径）と量についての土砂収支の把握や構造物周辺の土砂動態の解析結果を基に、流れ・土砂・構造物間の相互作用による局所的損傷の進展過程等を考慮した土砂の流下による損傷予測モデルの構築を行う。またグリーンレーザ等を用いて損傷を迅速に計測する手法を開発するとともに、運用期間とその損傷に対しての補修期間・コストなどを考慮した損傷に強く低廉な対策手法を開発する。

以上を基に、損傷を抑制できる河川構造物の配置、縦断・横断形状等の設計手法（図-6）や補修実施の判断基準を提案することで、運用期間における機能発揮を確保しつつ、建設から維持管理までのトータルコストを低減できる設計・運用・維持管理手法を提案する。



写真-2 ダム再生事例（鶴田ダム）

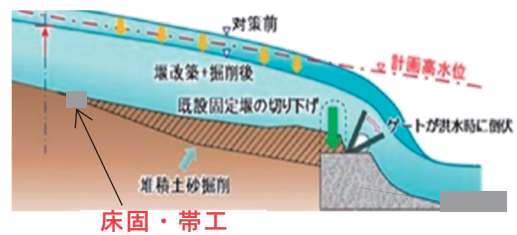


図-6 土砂による損傷を抑制できる設計手法イメージ

4. おわりに

河道及び河道内の構造物、河川環境等は一連のシステムとして相互に影響しており、個々の事象や機能への対応・強化等が他の機能に深刻な影響を及ぼすことがあり得る。このため、持続可能な河道管理にあたっては、特に水防災に関わる機能の確保を前提として、河川の機能を総合的に評価し、維持・強化することが重要と考えている。

本プログラムでは監視、評価、予測、対策に関わる技術開発を相互に関連付けながら進めていく。

参考文献

- 1) 国土交通省：河川砂防技術基準 維持管理編（河川編）、2021.10
- 2) 社会資本整備審議会：気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について～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～答申、2020.7.
- 3) 国土交通省：第4次社会資本整備重点計画、2015.9.
- 4) 土交通省：第4期国土交通省技術基本計画、2017.3.

伊藤弘之



土木研究所 河川総括研究監
ITO Hiroyuki