

特集報文：社会資本の整備・管理における課題解決に向けて ～土木研究所第5期中長期計画で取り組む研究開発～

気候変動下における持続可能な 水資源・水環境管理技術の開発

服部 敦

1. 背景と目標

気候変動による影響として、渇水の頻発化・深刻化、さらに水温や栄養塩類など水質の変化の可能性が指摘されており、それらが水利用をはじめ、水環境、自然生態系に及ぼす影響が懸念されている。

これらに対する実用性の高い諸対策（適応策）を検討するにあたっては、将来を見据えつつ今日的な課題、例えば化学物質、病原微生物などについて複眼的に考慮することが必要とされよう。

そのため、水量や水質の将来予測データから水資源や水環境に現れる変化や顕在化するリスクの評価を行うことで将来の「影響」を詳らかにし、併せて現地をしっかりと観測・監視することによって「今日的課題」に関わる科学的な知見を集積し、これらを統合して合理的な対策・対応手法を開発、先手を打って実装していくことが肝要である。

こうした背景のもと、表題の研究開発プログラム（以下「本プログラム」という。）を次の(1)～(3)の目標に取り組むものとして設定した。

- (1) 気候変動下における河川流況・水温の予測技術の開発
- (2) 河川流況・水温の変化が水環境および自然生態系に及ぼす影響評価・リスク評価、監視技術の開発
- (3) 水資源・水環境を対象とした有効な適応策の開発

これら目標に対して、図-1に示す7つの課題を設けて、それぞれ関連分野の既往成果を取り入れつつ、6年間の研究を実施する。

次章以降に目標ごとに各課題について概説する。なお、各課題と目標との関係については図-1を参照されたい。

2. 予測技術の開発

2.1 河川流量の時空間変動と渇水現象の現況把握

既往の水文データを活用し、洪水や渇水の強度・頻度などに注目して、全国の水系を対象とした水文学的地理区分を提案する（図-2）。

また、河川の三次元地形データを用いて、流路

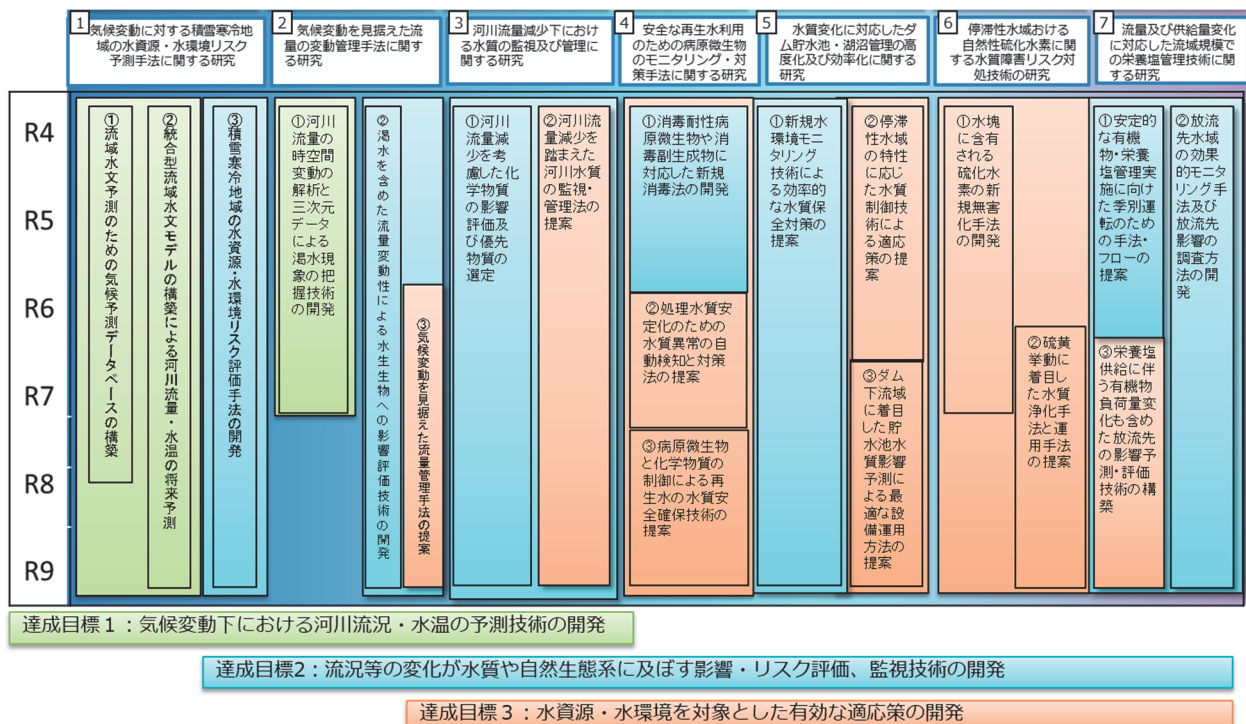


図-1 「気候変動下における持続可能な水資源・水環境管理技術の開発」の実施計画

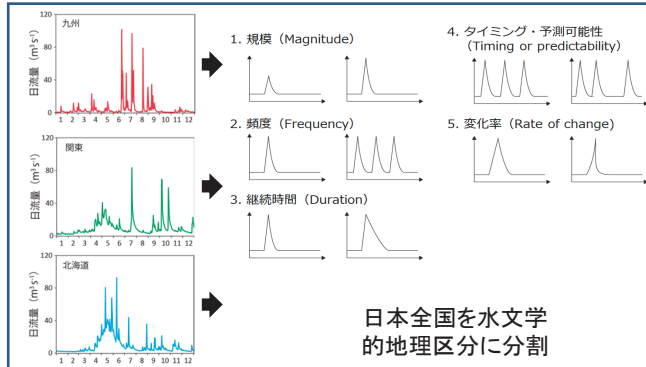


図-2 水文学的地理区分の実施イメージ

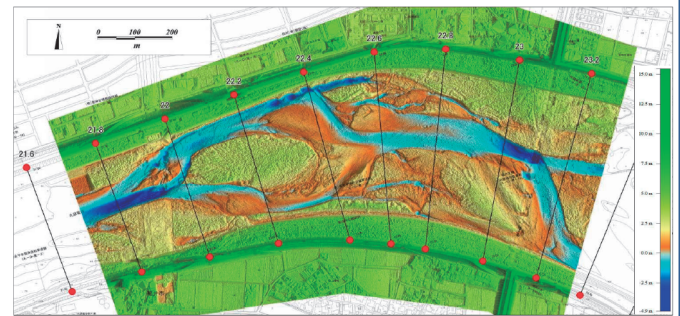


図-3 三次元地形データによる流路縮小・分断予測

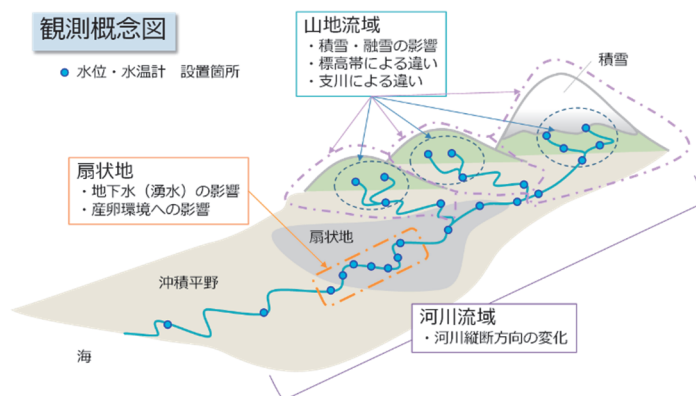


図-4 水文モデルによる予測と現地観測の比較

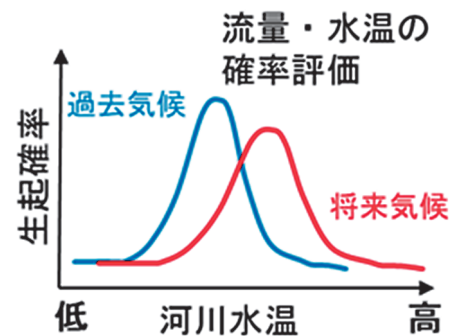


図-5 水温の生起確率評価イメージ



写真-1 冷水性魚類（サケ科）



写真-2 温水性魚類（コイ科）

の縮小、分断の評価手法を開発する（図-3）。これらから、渇水に伴う流況変化の大きさを水文学的地理区分ごとに評価する。

2.2 気候予測データを用いた河川流量・水温の将来予測の分析

降雪・融雪の影響が大きい北海道を対象に、流域スケールの現在及び将来気候の気候予測データを作成・整備する。また、分布型流出モデル、積雪融雪モデル、河川水温モデルを統合した流域水文モデルを構築し、流況及び水温の観測データと比較することにより、モデルの再現性を向上させる（図-4）。このモデルに将来気候予測データを与えて低水流量や水温の将来予測（図-5）を行うこと等により、気候変動後における水資源・水環境のリスク評価手法を開発する。

3. 影響評価・リスク評価、監視技術の開発

3.1 河川水生生物への影響評価技術の開発

積雪寒冷地における冷水性魚類等の水生生物（写真-1、2）の流況・水温変化に対する脆弱性の評価を実施する。また、2.2において実施した流量・水温の将来予測（生起確率）と併せることで、水温上昇、流況による水生生物への影響評価を行う。

また、自然共生センターの実験河川¹⁾を用いて、流量の変化に伴う水生生物の応答を調査し、河川流量の減少などによる水生生物への影響を段階的に評価する（写真-3）。

この評価方法に、水文学的地理区分ごとの渇水に伴う流況変化の大きさを与える（2.1において実施）ことで、渇水等による水生生物への影響について全国的な評価を行う。



写真-3 水生生物の挙動把握に用いる実験河川

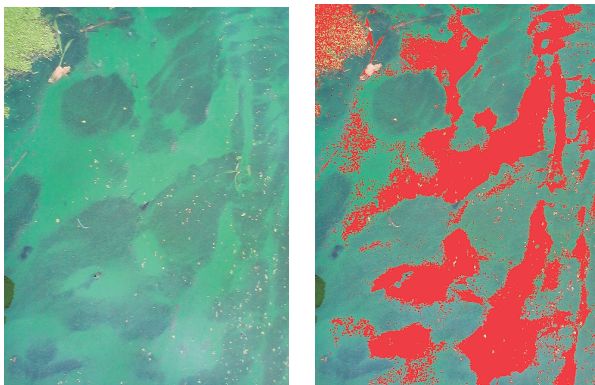


図-6 画像によるアオコ発生判定技術の開発



写真-4 下水水質監視システムの開発

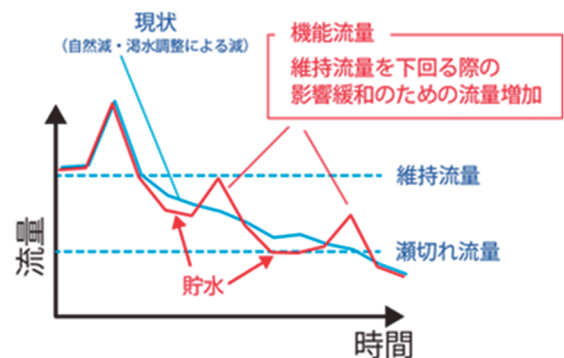


図-7 流量減少時における水供給検討案の一例

3.2 ダム貯水池・湖沼のモニタリング技術の開発

停滞性水域の水質変化、とくに藻類の異常発生については、ドローンや定点カメラによる湖面監視（画像判定）技術を導入し、平常時、緊急時の適切な対応を支援する（図-6）。また各現場での個別の水質変化への予防的措置について技術指導を行う。

3.3 下水・公共用水域のモニタリング技術の開発

下水処理水について、処理水質安定化のために、有害物質等による水質異常の自動検知技術を開発し、下水道管理の省力化と迅速対応を支援する（写真-4）。また放流先水域の効果的モニタリング手法及び放流先影響の調査方法を開発し、処理場の運転管理の目標値の設定等に活用する。

さらに、河川流量減少を考慮した化学物質の濃度予測と影響評価に取り組み、多種多様な化学物質の中から優先的にモニタリングすべき物質を提示することにより、効果的な河川水質監視と対策技術開発を支援する。

4. 有効な適応策の開発

4.1 河川流量減少を見据えた流量管理手法の提案

気候変動に備えた予防的技術開発として、河川流量の減少が生じた場合、水生生物の生息環境の確保や生残割合の向上を目的とした流量供給方法を考案し、効果の有無に重点を置いた先行的な検討を実施する（図-7）。

4.2 停滞性水域の水質改善技術の開発

土木研究所では、ダム貯水池の底層に高濃度酸素水を直接供給する底層環境改善技術（WEPシステム²⁾）を開発し実装してきた（写真-5）。本プログラムにおいては、選択取水設備と連動したより効果的な底層の水質管理手法を提案する。またダム下流の河川の水質に着目したダム運用手法を提案する。

4.3 硫化水素の無害化技術の開発

停滞性水域においては、低層水の貧酸素化によって硫化水素が生成されることが知られている。低層



写真-5 底層環境改善技術（WEPシステム）

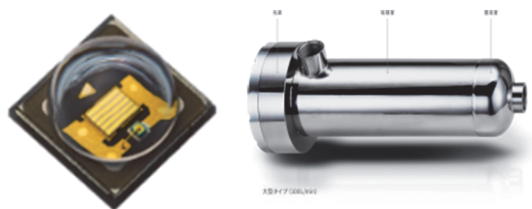


写真-6 UV-LEDによる効率的な消毒技術の開発

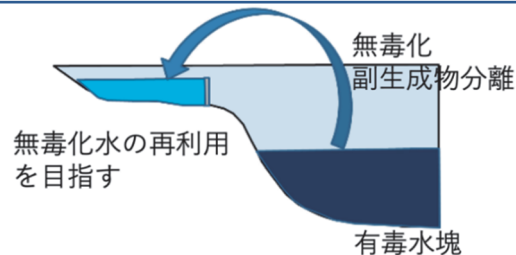


図-8 湖沼の有毒成分の除去と資源化

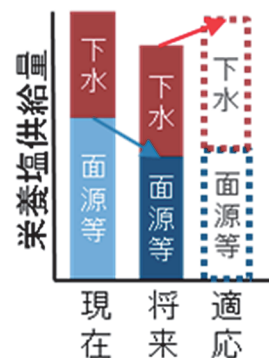


図-9 安定的な栄養塩管理の技術開発

水に含有される硫化水素の除去のため、酸素供給プラント実験を実施し、硫黄の挙動に着目した水質浄化手法と運用手法を提案する。有毒成分の無毒化および副生成物の回収により水質障害を抑制させて河川管理に貢献し、また無毒化水の再利用について検討する（図-8）。

4.4 病原微生物や副生成物に対応した消毒法開発

既往の消毒手法に耐性のある病原微生物や発生する消毒副生成物に対応するため、民間との共同研究等により実装可能なUV-LED消毒技術を開発し、新たな消毒方法を提案する（写真-6）。UV-LEDの普及拡大によるライフサイクルコストの低減、安全性の向上を目指す。

また、病原微生物や化学物質の効率的な制御による、再生水の水質安全確保技術を提案する。再生水の活用における水質リスク低減と維持管理の省力化を目指す。

4.5 栄養塩管理のための下水道の季別運転の提案

陸域からの栄養塩の供給の変化を考慮した下水処理場の運転手法を提案する（図-9）。沿岸域の利用や水質の状況も踏まえ、季別運転の放流先影響を予測・評価し、栄養塩供給量低下に対する適応策を提案、豊かな水環境に資する水質管理に活用する。

5. おわりに

本プログラムの成果については、国が実施する関連行政施策の立案や技術基準の策定等への反映や、

河川、ダム、下水処理場の管理改善に活用されるように取りまとめる予定である。また、研究の途上においても、各課題に関連の深い実務に対して技術支援を積極的に行い、実務への早期の成果反映と、実務での試行や現場の意見を受けて研究・技術開発のさらなる向上を図っていくこととしたい。

最後になりますが、本プログラムは特に実務との関りが大事と考えているので、関係諸氏のご理解とご協力を賜れますようお願い申し上げます。

参考文献

- 1) 土木研究所自然共生センター：
ARRCNEWS20周年特別記念号、pp20-21、2018。
https://www.pwri.go.jp/team/kyousei/jpn/downloads/arrcnews/20th_extra/20th_P20_21.pdf
- 2) 土木研究所Webサイト：WEPシステム（気液溶解装置）・藻類増殖抑制手法、
https://www.pwri.go.jp/jpn/results/tec-info/kiykiyoukai_r/

服部 敦



土木研究所 流域水環境研究
グループ長、博士(工学)
Dr. HATTORI Atsushi