

流域治水の推進のための技術開発

伊藤弘之・藤兼雅和・大沼克弘

1. はじめに

第5次社会資本整備重点計画においては、我が国の社会や国土が直面する課題を踏まえ、5年後を目途に6つ重点目標が設定され、重点目標「防災・減災が主流となる社会の実現」における政策パッケージとして「気候変動の影響等を踏まえた流域治水等の推進」が位置づけられた。

流域治水は、気候変動により激甚化する水災害に対応するための新たな治水方式である。気候変動により変化する将来の降雨条件を予測し、計画降雨を設定するとともに、洪水対策において、「河川、下水道、砂防、海岸等の管理者が行う対策に加え、流域の全員が協働して、①氾濫をできるだけ防ぐ・減らす対策、②被害対象を減少させるための対策、③被害の軽減、早期復旧・復興のための対策までを多層的に取り組む」こととしたものである¹⁾ (図-1参照)。

流域治水の推進のためには、流域の住民、地方自治体、民間企業等様々な主体による治水対策への参画や連携、浸水リスクに応じた土地利用の誘導、および自助能力や市町村等を中心とした危機管理能力の強化を促す必要があり、そのための新たな情報や仕組みが重要と考えている。本報文では、上記の観点から流域治水の推進のために特に重要と考えられる課題と、課題解決のために土木研究所が取り組んでいる研究・技術開発について記述する。

2. 流域治水推進における課題と取り組み

2.1 流域対策の効果の評価・見える化

流域治水においては、緑地の保全や宅地・民間施設等における雨水貯留浸透施設等、河川管理施設に比べれば小規模ではあるが多様かつ多数の土地利用や施設の貯留浸透機能を積み重ね、治水安全度の向上を図っていく必要がある。このため、

■「流域治水」の推進



図-1 流域治水の概要

これら施設や対策の効果を評価し、地域の治水安全度の変化を「見える化」することが重要である。個々の対策の積み重ねによる効果や地域への貢献を共有することによって、民間企業や住民等各主体による都市防災や街づくりへの参画の意識や動機の形成が期待される。

土木研究所ではこれまでに、陸面における浸透・流出・氾濫・蒸発散等の様々な形態による水の移動や、熱や放射によるエネルギーの移動、植生の光合成まで表現したWEB-RRIモデルを構築している²⁾。WEB-RRIモデルは分布型モデルで

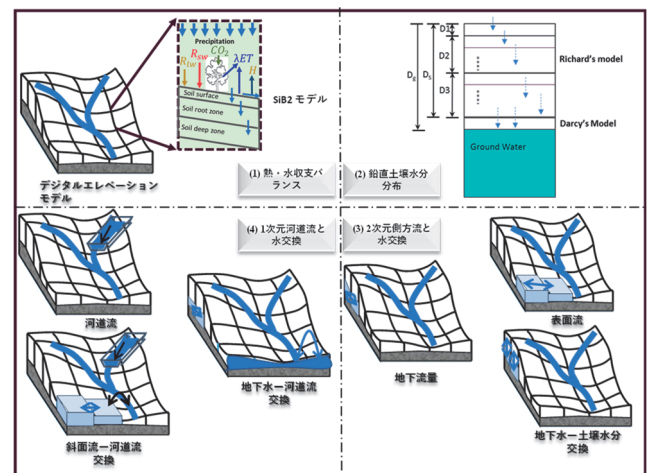


図-2 WEB-RRIモデルによる流域治水対策の評価

あり、降雨や地表条件の空間分布や、地表面の湿潤度の時間変化に応じた流出や氾濫の解析が可能である(図-2参照)。このWEB-RRIモデルに水田モデルや都市排水モデル、貯留施設モデル等を開発・結合することにより、田んぼダム、都市貯留施設等による流域全体の流出抑制効果等の評価技術を開発することとしている。

2.2 既存ダム等による治水機能の発現・強化

利水事業者の協力を得て、既存の利水ダムやため池等を治水目的に活用できれば比較的速やかな治水安全度の向上が期待できる。利水施設による治水機能の発現や強化を図るためには、洪水が到達するまでに事前放流を完了し、洪水を貯留できる容量を準備するとともに、洪水調節後には利水容量が回復していることが重要である。事前放流にあたっては、放流に要する時間をリードタイムとした洪水予測により放流量を判断する必要がある。このため、利水事業者への協力要請に当たっては、洪水予測に基づくダム等施設の操作方法や予測誤差による利水へのリスク等を示したうえで、利水事業者への協力要請等を行う必要がある。

土木研究所では発電ダムを対象として、降雨・洪水予測手法の開発と予測に基づくダム操作方法の検討を行っている。発電ダムでは洪水時に流量のほとんどが無効放流として流下する。一方で、事前放流を発電機に送水することができれば、洪水調節と発電量の増加が両立するため、治水と利水の間で所謂win-winの協力関係が可能である。

大井川の発電ダムにおける検討事例を示す。気象モデルWRFにアンサンブルカルマンフィルタによるデータ同化機能を組み込んだWRF-LETKFを使用し、気象庁のGSM予測結果を境界条件とし、NCEP（アメリカ国立環境予測センター）が収集するリアルタイム気象観測データを同化することにより、概ね39時間先までのアンサンブル降雨予測を行う方法を構築している。アンサンブル予測は予測計算における初期条件に僅かな摂動を与えた複数の条件で計算を行うものであり、予測の不確実性をアンサンブルの幅で評価することができる。一般に、アンサンブルの幅が小さい場合、予測の信頼性が高いと言える。

令和元年台風第19号により大井川流域で発生した豪雨の再現計算では10日12時に豪雨の発生

を予測し、11日0時には一雨分の流域平均雨量を概ね定量的に再現することができた(図-3参照)。この予測結果に基づき10日午後から事前放流を行うことにより、洪水ピークの低減や発電量の増加および貯水位が回復することを確認している(図-4参照)³⁾。一方、本方式を他の目的や条件の施設に展開するためには、さらに予測リードタイムの延伸や予測精度の向上、予測の不確実性に伴う利水へのリスクが求められる。このため、特に雨雲の発生過程等に焦点を当て、計算解像度の高度化や新たなデータ同化方法による洪水予測精度の向上とアンサンブル結果によるリスク指標の作成について検討することとしている。

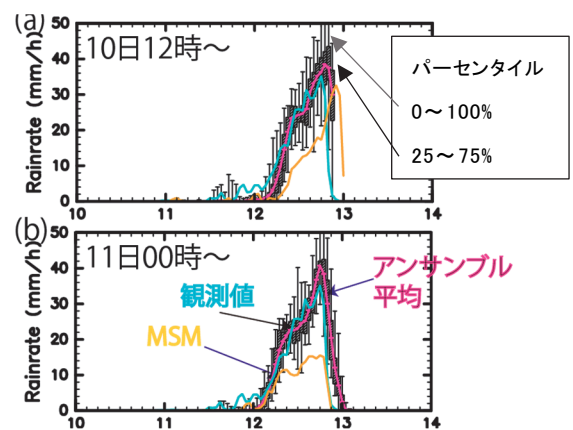


図-3 降雨予測の結果 (a)10日12時時点の予測、(b)11日00時時点の予測

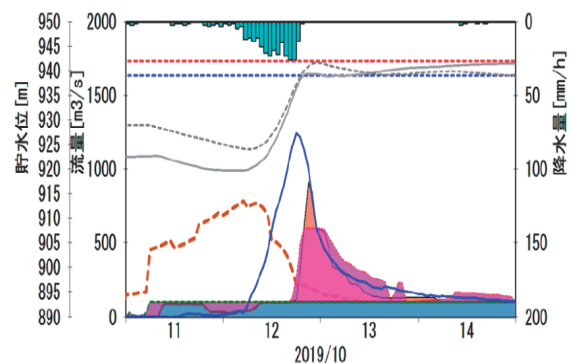


図-4 令和元年10月の豪雨における事前放流による治水機能等の評価結果

時間降水量（水色棒）・流入量（青実線）・貯水位（黒実線）・ゲート放流量（オレンジ範囲）・発電使用量（青色範囲）の観測値と、ダム操作支援システムによるアンサンブル流出予測値（赤破線、予測先行時間内平均）・ゲート放流量（ピンク色範囲）・追加発電使用量（紫色範囲）・ダム貯水位、赤点線は常時満水位、青点線は予備放流水位。

2.3 適切な土地利用の誘導

水災害リスクがより低い区域への土地利用の誘導や、リスクに応じた住まい方の工夫を促すことは、被害の回避・軽減において極めて有効である。このため水災害リスク情報を作成、公表することにより、民間等主体が土地利用において水災害リスクを考慮できる環境を整備することが重要である。また、治水・防災部局とまちづくり等関連部局が連携を強化して、水災害リスクを考慮したまちづくりを進める必要がある。

近年では豪雨の激甚化により、特に中山間地中小河川において大量の土砂や流木を伴った洪水氾濫が発生しており、多くの人的被害が発生している。これまでの浸水想定においては流水のみを考慮していたが、土木研究所では新たに掃流砂・浮遊砂による土砂移動や濃度で表現した流木及びそれらの堆積・侵食による河床変化等を組み込んだ土砂・流木・洪水氾濫モデルを構築した⁴⁾。今後現地調査結果等による検証を通じて、モデルの改良や信頼性の向上を図るとともに、家屋倒壊等の危険性を評価する手法を開発することとしている。



図-5 大量の土砂や流木を伴う洪水氾濫現象のシミュレーション（写真：国土地理院HPより）

2.4 社会の強靱化

想定される最大規模の水災害が発生した場合でも、人命の保護、国家・社会の重要機能の維持、財産等に係る被害の最小化及び迅速な復旧復興を可能とする社会の強靱化が必要である⁵⁾。

2.4.1 自助能力の強化支援

激甚化する水災害から、特にかけがえのない人命を守るためには、住民等の各主体が気候変動により極端化が進んでいる降雨条件や水災害に関わる危険性を正しく理解し、災害時に適切な行動ができる水防災意識社会への変革が必要と考えてい

る。このような変革を促すためには、仮想空間における洪水体験やマイ・ハザードマップの自主作成等の体験の機会を日頃から提供することにより、身近に発生し得る水災害リスクを意識し、いざという時のための心構えや準備が形成される環境を整備することが重要と考えている。例えば、地域の地物、建造物等をデジタルツイン内に再現し、氾濫シミュレーションを仮想空間上で組み合わせることにより、リアリティの高い洪水の仮想体験が可能となる（図-7参照）。このような体験を通じて、過去の水害体験に基づく固定観念を払拭し、現在の降雨条件により激甚化している浸水現象やその危険性を正しく認識するための方法や効果的なコンテンツ等について検討する予定である。



図-6 仮想空間における避難行動実験環境のイメージ

2.4.2 地方自治体の危機管理等の支援

洪水時に災害対応の最前線に立つ地方自治体の支援・強化も重要な課題である。自治体では職員の減少や高齢化等により水害対応の経験やノウハウ等が伝承されず、的確な対応ができない恐れがある。また気候変動により、これまで水害経験の無かった地域における水害発生危険性も高まっている。

このため土木研究所では、検証報告書等から地方自治体が過去の水害対応で「困る・焦る・戸惑う・悩む」等の経験を通じて得た教訓を抽出・整理し、「水害対応ヒヤリ・ハット事例集（地方自治体編）」として公表することにより、全国の自治体による教訓や知見の共有に努めてきた⁶⁾。今後さらに、水害対応事例を自動集約し教訓を抽出する機能、災害の各フェーズにおける関連業務の提示機能、リアリティのある実践的な災害対応訓練機能と訓練を通じた課題の抽出機能等をシステム化し、地方自治体等の危機管理支援を行う技術について研究を進める予定である。

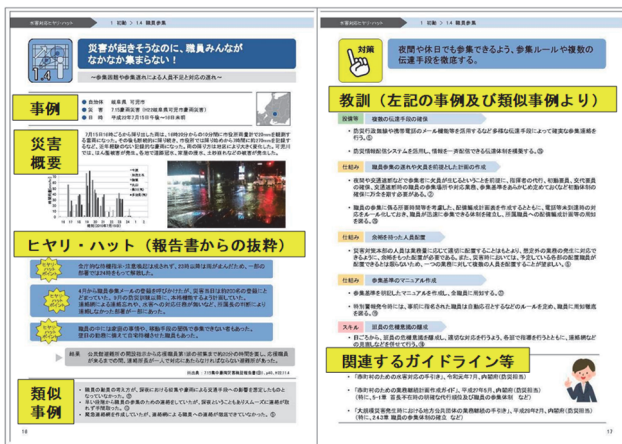


図-7 水害対応ヒヤリ・ハット事例集（地方自治体編）

3. おわりに

本稿では、重点計画において重点目標「防災・減災が主流となる社会の実現」の政策パッケージとして位置づけられた流域治水を推進するため、特に重要と考えられる技術開発とその検討状況について述べた。令和4年度より開始される土木研究所第5期中長期計画においても、流域治水推進のための技術開発が研究開発プログラムとして位置づけられる予定であり、さらに研究・開発に注力することとしている。

参考文献

- 1) 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、令和2年7月。
- 2) Mohamed Rasmy, Takahiro Sayama and Toshio Koike : Development of water and energy Budget-based Rainfall-Runoff-Inundation model (WEB-RRi) and its verification in the Kalu and Mundeni River Basins, Sri Lanka, Journal of Hydrology Volume 579, December 2019.
- 3) 小池俊雄等:発電ダムの洪水調節と発電操作支援システム、土木学会論文集B1（水工学）Vol.77、No.2、I_79～I_84、2021。
- 4) 原田大輔・江頭進治：流砂・流木を伴う洪水流の解析—2017年7月九州北部豪雨による赤谷川洪水を対象として—、土木学会論文集B1（水工学）Vol.74、No.4、I-937～942、2018。
- 5) 国土強靱化基本計画—強くて、しなやかなニッポンへ—、https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/kihon.html。
- 6) 大原 美保、栗林 大輔、藤兼 雅和：地方自治体職員が直面する水害対応ヒヤリ・ハット事例の分析、土木学会論文集F6（安全問題）Vol.76、No.2、I_81～I_88、2020。

伊藤弘之



土木研究所 水災害研究グループ長
ITO Hiroyuki

藤兼雅和



土木研究所水災害研究グループリスクマネジメント研究チーム 上席研究員
FUJIKANE Masakazu

大沼克弘



土木研究所水災害研究グループ水災害研究チーム 上席研究員
ONUMA Katsuhiro