

“河川の実力”を読む技術の展望

— 河川維持管理のステージをさらに上げていくために —

公益財団法人 河川財団 河川総合研究所所長

藤 田 光 一

1. 「河川の実力」とは？ それを「読む」とは？

ここで言う「河川の実力」とは、洪水時に河川、特に堤防がどこまで頑張れるか？を指し、「実力を読む」とは、堤防が機能を失い始める洪水外力規模を、平常時の当該河川および堤防等の状態から定量的に評価することを指す。

この技術が発展して、現場に着々と根付いてきた「変状の経時の変化を把握し、その度合いを判断しながら必要に応じて機能を維持する方策を講じる」こと（後述）と合わされば、河川維持管理がさらに充実していく。

何より、洪水時に河川の状況がどうなり、その下で発揮される堤防等の機能がどうであるかを知らうとすることは、河川を扱う技術の根幹を成す。なぜなら河川は、自然形成を原型とし、その形成・変化を司る圧倒的なインパクト・影響が洪水（低頻度で非定期的）から与えられるからである。

くしくも令和元年台風19号による洪水によって各所で堤防が被災した。長い区間にわたり計画高水位を上回り、堤防

越水にまで至る箇所が多発するという大規模洪水がこの台風の豪雨によりもたらされた。それによる堤防被災を河川維持管理によって防止・軽減できる、またはすべきとは軽々に整理できないものの、洪水、とりわけ大規模なそれが、河道状況を大きく変え、そのことと相まって堤防破壊を引き起こす最も有力なインパクトとなるという基本的構図を改めて我々に認識させた。

2. 技術基準から見る「河川の実力を読む技術」の2つの要所

国土交通省河川砂防技術基準維持管理編（河川編）の「第3章 河川維持管理目標／第1節 一般」には

洪水、高潮、津波等による災害の防止については、具体の対象として河道流下断面の確保と、施設の機能維持に分けて設定することを基本とする。

とある（抜粋）（下線は筆者付与、以下同様）。そして、「第2節 河道流下断面に係る目標設定」において、

維持管理すべき一連区間の河道流下

断面の目標は、これまでの河川改修等により確保された流下能力を維持することを基本とする。なお、大河川においては、流下能力を算定するにあたり、定期的な縦横断面測量や河床材料調査等の結果から水理計算を行うことを基本とする。

と記されている。一方、施設の機能維持に関しては、「第3節 施設の機能維持に係る目標設定／3.1 基本」において、

河川管理にあたっては、施設の維持すべき機能に支障を及ぼす変状の度合いについては、現状では一部を除けば定量的に定めることは困難であり、変状の経時の変化を把握し、変状の度合いを判断しながら機能を維持することが基本である。このため、施設毎に目視を中心とした点検を適切な時期に行い、平常時の河川巡視とも相まって施設の状態を把握し、その評価等を踏まえて必要な対策を実施することになる。

と記されている（抜粋）。

以上から、河川維持管理における技術面での要所が

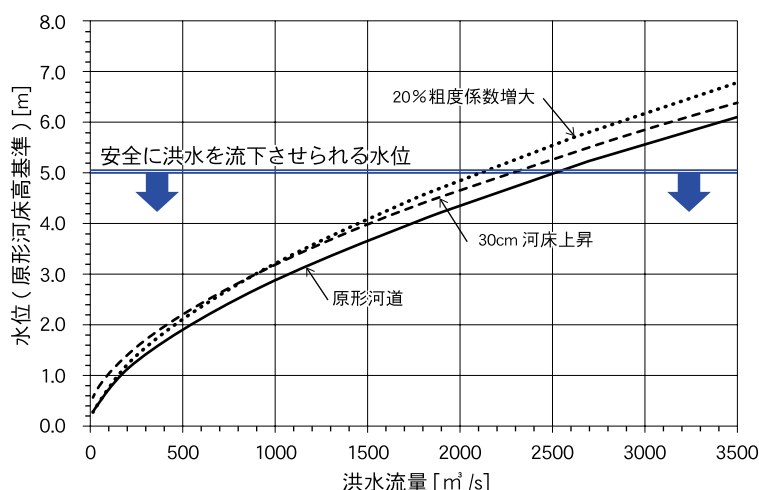
●洪水位の上がり方の事前把握（河道流下断面の確保に対応）

●変状が機能に支障を及ぼすものの判断（施設の機能維持に対応）

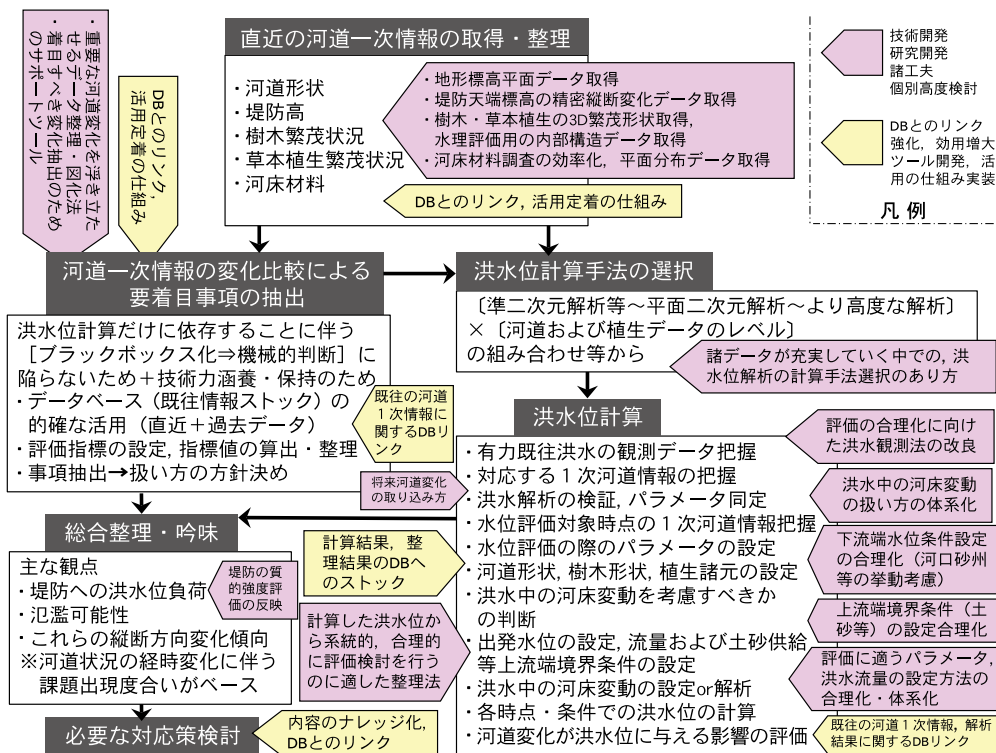
であることが理解できる。以下、それぞれについて、今後の技術展開の方向性を見ていく。

3. 洪水位の上がり方という観点からの点検・評価における技術展開

この観点からの点検・評価のエッセンスを、図－1を用いて説明する（図中の関係は例示）。「原形」河道が、確保すべき流下能力に対応する河道流下断面であるとする。仮に、土砂堆積で河床が上昇したり、樹木繁茂などにより粗度係数が



図－1 「原形」からの河道状況変化がもたらす「洪水位の上がり方」の変化（例示）



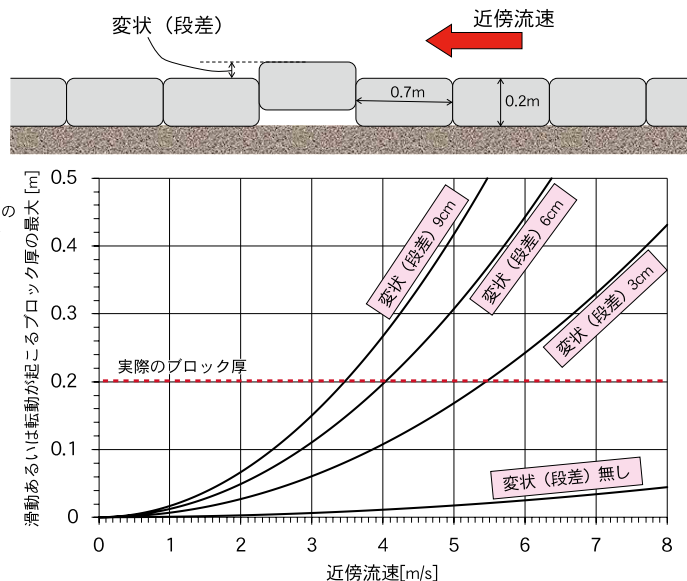
図－２ 河道状況変化が洪水位の上がり方を与える影響という観点からの評価技術フレームの例示

増大したりすると、この図の破線や点線で表わされるように、同じ洪水流量でも洪水位が上がりやすくなり、安全に流せる洪水流量が減じる。このような河道変化を的確に把握して評価し、必要な措置に関する判断を下せるようにしておくための技術が求められる。

このための技術フレームの一例を示すと図－２のようになる（骨格のみ表示）。「洪水位の上がり方」については、水工学（特に河川水理）に基づく技術体系が積み上げられ、実用的なガイドラインも出されており、図－２においては、それらを点検・評価においてきちんと用いることが基軸になっている。河川維持管理においても、「洪水位の上がり方」という観点から検討する際には、河川整備計画や河道設計の検討と全く同様に、洪水位がどうなるかを定量的・客観的に検討する洪水解析の技術体系が投入されなければならない、河川維持管理を別の技術体系に置くことに合理性はない。

その上で、近年、河道地形や構造物形状、さらには河道内植生を測量する技術が急速に進化し、また、これらを通じて産み出される大量のデータを格納・処理するシステムの進展も著しい。これらに呼応して、積み上げられてきた洪水解析技術の適用の拡張も大いに考えられる状況になっている。図－２では、これらのことを、二種類の矢印帯（ピンクと黄

※概念の説明のため、ブロック上面の粗度要素は省略



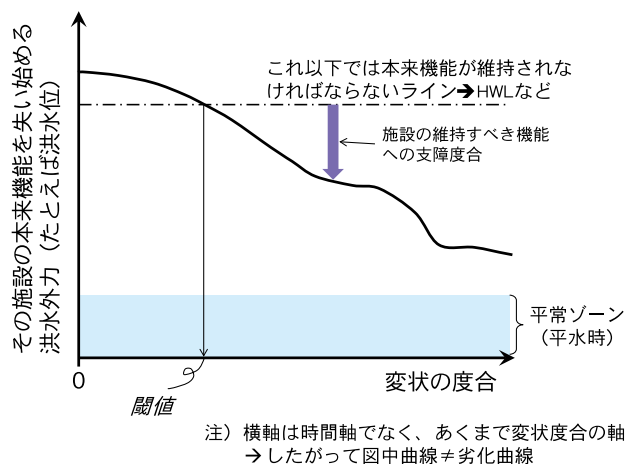
図－３ 機能に支障を及ぼす変状の意味を説明するための単純な例示

色：図中の右上の凡例参照）を、基軸の検討ラインに“突き刺す形”で表現している。すなわち、従来からのオーソドックスな技術体系と最近の河道情報把握・分析に関わる技術の新展開とを融合させること、これと並行してDB（データベース）を真に不可欠なものとなるよう持っていくこと（構築が目標でなく）、その上で、図左下のパートにある「総合整理・吟味」「対応策検討」を、維持管理の本義に照らして実践的に磨き、それを技術フレーム改良にフィードバックしていくと

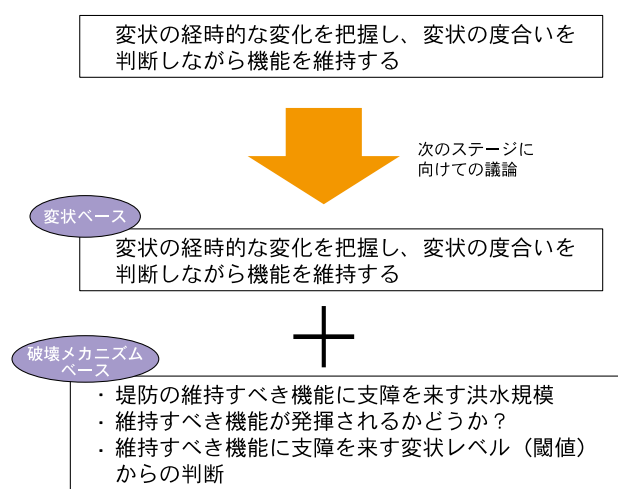
いう循環の構築が求められる。

４．変状が機能に支障を及ぼすものの判断を基盤とする点検・評価のエッセンス

まず、図－３を用いて、「機能に支障を及ぼす変状」の意味を最も簡素な例で説明する。これは、平面形状が一辺70cmの正方形で、厚さが20cmのコンクリートブロックが水平面に敷き詰められた状態を想定し、ここに流れが作用した時に、プ



図－４ 施設の維持すべき機能を失い始める洪水外力と平常時変状度合いとの関係図を用いた説明



図－５ 河川維持管理をさらに充実させていく方向

ロックが安定を保つ（滑動も転動も起こらない）ために必要なブロック厚さを近傍流速との関係で示したものである。まず、ブロック群が施工直後の状態を保っていれば段差は0であり、これに対応する線によれば、流速が8 m/sになっても、安定を失う最大ブロック厚は0.2 mよりはるかに小さく、十分なマージンをもって非破壊と判断できる。図中には、この段差が3 cm、6 cm、9 cmの場合も示されている。これら3つの線から、段差量（洪水襲来前の平常時変状）が増大するにしたがって不安定化する流速値が急減し、段差が9 cmになると、流速3.5 m/sでも破壊の可能性が出てくることがわかる。これを一般的に表現すると、平時において構造物の変状を確認し（この場合は段差）、それが洪水時に大きな問題につながるレベルになっているか（閾値を超え

ているか）を判断し、その結果次第で事前対処を行うという手順、ということになる。

以上を、当該施設の維持すべき機能を失い始める洪水外力と変状との関係で説明すると図－４のようになる。施設が堤防であるとして説明すると、堤防が危なくなる洪水規模（洪水位が指標の代表）を、平常時の河川の姿と当該施設の変状から定量的に評価する技術（この図の中の線を引く技術）がポイントになる。これができれば、所定の規模（HWL など）の洪水が生じた時、堤防の維持すべき機能に支障が出ないか、支障の度合いはいかほどか、が評価できるようになる。なお、外見上変状が無くても破壊に至ることもあるので、この技術の対象から変状0を機械的に除外しない方がよい（元構造も把握する）。

５．施設の壊れ方のプロセス理解の重要性

以上の技術検討を可能にするためには、対象とする施設が洪水外力を受けて機能を失い、さらには破壊されるプロセスを理解することが不可欠となる。

一般に河川の施設が洪水外力を受けて機能喪失・破壊に至る過程においては、経年的変化過程（当該施設だけでなく河道も含む）の下で潜在的な機能低下が進行するステージと、その状況で洪水が生起し、洪水中に破壊過程に突入するステージの2つがあり¹⁾、前者のステージではまだ破壊過程に入っていないので、それだけから洪水時に何が起ころうかを個別・具体に見立てるのは容易でない。なぜなら個々の構造物破壊現象は、設計法を組み立てるのと違って、局面を予め能動的に設定することができず、壊れ方に関わる要因に、さらにはそのプロセス自体にも様々なものが出現する可能性があり、それを事前に合理的に絞り込むことが難しいからである。

このため、考えられるありとあらゆる壊れ方のシナリオを系統立てて整理し、それに基づいて、どのシナリオの蓋然性が高いかを悉皆的に検討するという解析手順¹⁾を取らざるを得ない。平常時の変状把握の上に、このような解析手順を通じて図－3や図－4で例示した評価がなされるようになれば、図－5に示す形となって、冒頭に述べた「河川維持管理のさらなる充実」が期待される。

６．壊れ方に関する知見を使える形に整える道筋

では、壊れ方のシナリオはどのようにすれば充実させられるか？ その原点は、実際に生じた破壊事象を分析し、破壊過程とその定量表現法を的確に見出すことにある。

堤防が破壊されるような事例は、1つの河川に着目すれば決して多くはない。であるからこそ、1つの事例の中に潜んでいる普遍的な側面を抽出し、その事例から得られた知見を合理的な範囲で水平展開できるようにし、使える技術知見としてストックすることが、一見遠回りのようであるが、破壊事象が生じる可能性を読む力を着実に向上させることになる。構造物の破壊は、ある意味で、“現象の行き着く先”とも表現できる。そうした“答え”を先に得て、そこから逆算して

■ 第1回（7月29日）■■■ 「堤防点検の実態と課題」 公益財団法人 河川財団 河川総合研究所 上席研究員 山本 嘉昭 「水位情報から読み解く河道の状態」 国土技術政策総合研究所 河川研究部河川研究室 室長 福島 雅紀 氏 「新しい洪水予測手法：水害リスクライン」 国土技術政策総合研究所 河川研究部水循環研究室 主任研究官 土屋 修一 氏
■ 第2回（8月27日）■■■ 「構造物の変状・被災はどのように起こったのか」 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川構造物管理研究官 諏訪 義雄 氏
■ 第3回（9月27日）■■■ 「平常時に河川の実力を読む技術、それを生かす方策」 ※ディスカッション形式 福島 雅紀 氏 国土技術政策総合研究所 河川研究部河川研究室 室長 土屋 修一 氏 国土技術政策総合研究所 河川研究部水循環研究室 主任研究官 諏訪 義雄 氏 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川構造物管理研究官 佐々木 哲也 氏 国立研究開発法人 土木研究所 地質・地盤研究グループ 土質・振動チーム 上席研究員 藤田 光一 公益財団法人 河川財団 河川総合研究所 所長

図－6 令和元年度河川研究セミナー（公財）河川財団主催）の概要

を世の中に積極的に提示・提供して、インフラ維持管理の技術全般のさらなる展開を促す刺激を与える役割をも期待したい。

【参考文献】

- 1) 安原達、関克己、河崎和明、山本晃一、鈴木克尚、昆敏之：河川の機能低下と維持管理の基本的な特性についての考察、河川技術論文集、第21巻、pp. 283-288、2015.

危ない変状を読む道筋を見出す機会を得ることは貴重である。

筆者が所属する（公財）河川財団では、以上の考えをバックボーンに、「河川の実力を読む技術」を統一テーマとした河川研究セミナーを、国土交通省国土技術政策総合研究所および独立土木研究所から4名の講師をお招きし、令和元年度、三回にわたり開催した。そこでは（概要は図－6）、洪水による河道の変化と構造物の変状・被災に関する丁寧な分析内容が主題となっている（詳細は、令和2年3月頃、（公財）河川財団公式 Web サイト上で講演録として公開の予定）。一般論や大ざっぱなタイプ分けでなく、ここで講師から提示いただいたような具体的かつ詳細で、極力定量的なメカニズム解釈に裏打ちされた分析を積み重ね、それを河川維持管理における実質的判断や対応方策案出に使える形に整えていく取り組み¹⁾が、図－5の世界を実現することにつながっていくと筆者は考える。

そして、そこにおいては、図－2に示したのと同様に、様々な技術の進展を取り込む「受け口」ができていく。たとえば、破壊は“細部が足を引っ張って起こる”ことが多いので、局所の把握が重要になる。あるいは、外見のわかりやすさ、捉えやすさは別の次元で、把握すべき重要な事項が明瞭になる。そのようにして、調べるべきこととその意味が明確になれば、技術投入がより積極的に、より

はっきりした目的意識を持って検討されるようになるであろう。これもまた、河川維持管理を進化させる土俵の出現と言える。

7. おわりに ～自然形成が原型の河川 を扱うことを難点でなく 利点と捉える意識を！

大部分が新たに人工的に建造されるインフラは、常時作用する外力が構造上の重要な規定事項となっていて（地震など低頻度の外力作用を別途考慮するにしても）、また、変状を生じさせるその他の環境・作用が常時あるいは比較的短期のサイクルで生じ、ゆえにメンテナンス上、時間経過が重要なファクターとなる。ここに定期点検を基軸にすることの根拠が存在する。河川のメンテナンスにおいても定期点検という基本動作は重きをなすが、その上で、（頻繁には起こらない大規模洪水の）洪水流を受けてどうなるか？という「河川の実力を読む技術」がさらに求められるのである。

河川技術者には、そのことをもって、「他のインフラに比べて河川は難しい」と後ろ向きに捉えるのではなく、あるいは、他のインフラの維持管理のやり方との間に壁を設ける理屈にするのではなく、河川を扱うことで磨かれる維持管理技術やその実装の仕組みを貴重なものと捉える意識をもってほしい。さらには、それ