2017 年度（第 53 回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 17-A-2

河川災害と維持管理

国土交通省近畿地方整備局　企画部長

井上智夫

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2017 年 8 月

河川災害と維持管理

Flood Disaster and Maintenance of Rivers in Japan

井　上　智　夫
Tomoo INOUE

１．近年の河川災害

近年の河川災害の特徴と課題を被害の観点から整理する.

平成23年8月の紀伊半島豪雨（台風12号）災害，平成24年7月の九州北部豪雨災害，平成25年9月の台風18号による近畿地方の水害，平成26年8月の広島土砂災害等，近年全国で発生している水害等による被災者からは「今まで経験したことがない」という言葉が頻繁に聞かれるようになった．確かに時間100㎜を超える降雨の発生頻度が年々増加する等，自然災害をもたらす外力に変化が認められる．しかし，一方で，都市化の進展，高齢化の進行や被災経験の減少による意識の変化等，自然災害を受け止める社会の耐力が脆弱化していることも見過ごせない.

このような状況を踏まえ，国土交通省は，平成27年1月20日「新たなステージに対応した防災・減災のあり方」[1]をとりまとめた.そのとりまとめにおいては，

○ 最大クラスの大雨等に対して施設で守りきるのは，財政的にも，社会環境・自然環境の面からも現実的ではない.

○「比較的発生頻度の高い降雨等」に対しては，施設によって防御することを基本とするが，それを超える降雨等に対しては，ある程度の被害が発生しても，「少なくとも命を守り，社会経済に対して壊滅的な被害が発生しない」ことを目標とし，危機感を共有して社会全体で対応することが必要である.

という基本的な考え方が示された．この考え方は，東日本大震災による津波災害から得られた教訓とも軌を一にしており，その後の水関連災害（水害，土砂災害，津波災害）対策の共通の考え方となっている.

写真―１　平成25年9月の淀川水系桂川の災害

その後，平成27年9月の関東・東北豪雨災害では，鬼怒川において堤防の決壊を伴う甚大な被害が生じた.鬼怒川における水害から得られた課題と教訓は，以下に掲げるとおりである（「大規模氾濫に対する減災のための治水対策のあり方について」，社会資本整備審議会，平成27年12月）[2].

・ 堤防決壊に伴う氾濫流により家屋が倒壊・流失したことや多数の孤立者が発生したことを踏まえると，住民等に対し，堤防の決壊に伴う氾濫流により家屋の倒壊等のおそれがある区域（家屋倒壊危険区域），浸水深が大きい区域，長期間浸水が継続する区域からの立ち退き避難を強力に促す必要がある．しかしながら，この度の水害を踏まえ

ると，河川管理者等から提供される防災情報の分かりにくさや説明不足等もあり，市町村，住民等ともに，水害リスクについての知識や心構えが十分ではなく，各主体がいざというときに適切に判断し行動することができないことが懸念される.

- この度の水害では，市境を越えた広域避難が実施されたが，これは常総市内の避難場所への避難が困難になったことを受けて，緊急的に調整し実施されたものである．このような広域避難について事前に十分な準備がなされなければ，より大規模な氾濫やより多数の避難者が発生した場合には，避難が間に合わなくなることも想定される.
- 水防団員や消防団員の減少・高齢化・サラリーマン化が進行している中で，洪水時において水防活動に従事する人員の今後より一層の減少が見込まれている．また，様々な災害に対応しなくてはならない消防団が水防活動を担っている場合が多く，水防活動に関する専門的な知見の習得が必ずしも十分ではない場合もある．一方で，きめ細かな避難誘導等，近年，期待される水防活動は量的にも質的にも増加しており，多岐にわたる水防活動を的確に実施できなくなることが予想される.
- 家屋の倒壊・流失，長期間の浸水という水害リスクが住民等に十分に伝わっていないため，前述の避難行動だけでなく，住まい方や土地利用等にも活かされていない.
- この度の水害では堤防整備に至っていない箇所で決壊した．一方，河川整備を進めるためには上下流バランスの確保等を図る必要があり，また財政等の制約もあることから，氾濫の危険性が高い区間であっても早急に解消することは困難な場合がある．このような区間においては，相当の期間，そのままの状態が継続することとならざるを得ない．このことに加え，今後の気候変動も踏まえると，整備途上はもちろんのこと，整備が完了した区間であっても堤防の決壊による甚大な被害が発生する危険性が高まることが予想される．これらのことを踏まえると，大規模な洪水に対して被害の軽減を図るためには，従来の「洪水を河川内で安全に流す」施策だけで対応することには限界がある.

さらに，平成28年8月の台風10号による北海道・東北地方における水害では，一級水系の支川の国管理区間の他，都道府県管理の一級河川の支川や二級河川などにおいて越水や侵食等による堤防決壊や溢水などが発生し，これにより家屋流出や橋梁被害が至る所で発生した．小本川等における水害から得られた課題と教訓は，以下に掲げるとおりである（「中小河川等における水防災意識社会の再構築のあり方について」，社会資本整備審議会，平成29年1月）[3].

- 中小河川等は，一般に流域面積が小さく河川延長が短く，河床勾配も急である.河道の形状は掘り込み河道となっている場合が多く，有堤区間であっても単断面である場合が多い.
- 中小河川等の流出特性は，流域面積が小さいため降雨のピークから流出までの時間が短く，かつ川幅も狭いことから，局所的に発生する集中豪雨等により急激な水位上昇を引き起こす場合が多い.
- 中小河川等の上流部では狭隘な中山間地域を流下することが多く，大規模な洪水が発生した場合には，河川沿いの狭隘な土地のほとんどが浸水し，全面河道の様相を呈することがある．また，山腹崩壊等により多量の土砂や流木が発生し，河道埋塞による水位上昇等を引き起こす場合がある.
- 河川の整備は，一般に，大河川の下流部など人口・資産が集中し，洪水氾濫により甚大な被害が発生するおそれのある地域を優先的に進められてきた．このため，沿川の人口や資産が分散あるいは点在している中小河川等は，河川整備計画が作成されている河川も少なく，河川整備も比較的遅れていることが多い.
- 都道府県が管理する河川の延長は，約113,000km（一級河川は約77,500km，二級河川は約35,900km）と国管理河川の約10,600kmに対して格段に長く，水位観測や河川測量などが十分に行われていない場合が多い.

これらの教訓も踏まえ，平成29年5月，水防法が改正された．今回の法改正のポイントの１つは，大規模氾濫減災協議会の設置である．協議会は，地域防災・水防を行う市町村と堤防・ダム等の整備・管理を行う河川管理者（国，都道府県）だけでなく，気象台，警察，消防，自衛隊，公共交通事業者等にも加わってもらい，多様な防災関係者が連携できるように構成される．協議会は，市町村長が洪水の危険性を踏まえて避難勧告等を発令する際に必要な事項等について協議される等，「地域防災」と「水防」と「河川管理」をつなぐ重要な役割を担うことになる.

２．河川管理の特徴

１．で示された河川災害の現状や課題に対処するために，さまざまな対策がとられつつあるが，ここでは適切な河川管理を実施する上での河川管理の特徴を明確にする．

河川管理の最も重要な責務は，洪水時において被害を生じさせない，また仮に被害が生じたとしても人命だけは守り，かつ，社会経済的被害を最小化すること，すなわち，洪水時の危機管理を強化・徹底することである．この責務を全うするため，国土交通省や都道府県は河川管理者として，河川を日常から「公物」として管理している．公物は河川に限らず，道路や港湾も公物であるが，河川は「自然公物」であって，他の公物とは異なる特殊性を有している．自然公物としての河川の特殊性は，以下のとおりである．

① 堤防は，長大な連続した土構造物であり，一カ所でも決壊すれば広域に被害が生じる．

② 堤防は，歴史的に内部・基盤構造が複雑であり，河道は，流水の作用により常時変化する．

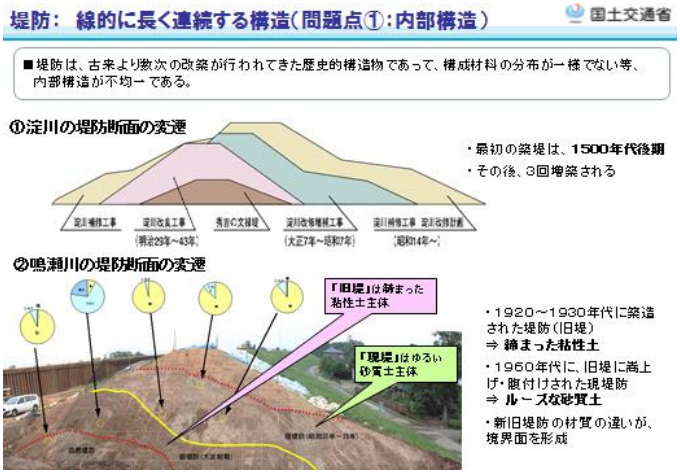
③ 河川は他の社会資本と異なり，出水時に危険な区間の一時閉鎖のような臨機的な危機回避手段を採用できない．

自然公物としての河川の特徴・特殊性は，他の公物の代表格である道路と比較してみると明確になる．また，河川管理施設の中には，堤防・河道といった最も自然公物としての特徴を有している施設，水門・樋門等といった自然公物と一体となって管理を行うための人工的な施設があることから，それらも区分して公物管理の特徴を明確化する．

表―１　公物管理の特徴

	河川		道路
	堤防・河道	施設（水門・樋門等）	
想定事態	堤防決壊	倒壊，陥没	落橋，陥没
内部原因	複雑な堤防内部・基盤構造	老朽化	老朽化
外部原因	流水の作用（越水等），地震	地震	地震
異状確認方法	巡視，点検	巡視，点検	巡視，点検
異状確認項目	亀裂，漏水，洗掘等	亀裂・沈下・錆等	亀裂・沈下・錆等
危機回避措置	不可　（水防）	応急対応	通行規制・応急対応

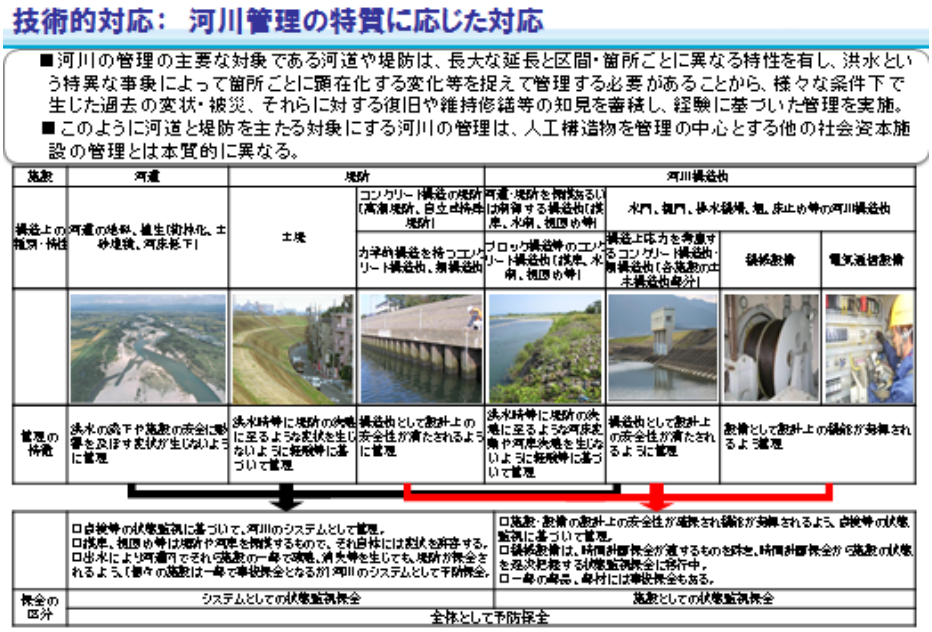
特に，堤防は，近年になって築堤した堤防を除き，長い治水の歴史の中で徐々に築き上げられてきているものが多く，構成材料が層毎に異なること，締固めの程度が層毎に異なること等から，内部構造が不均一となっている（一様ではない）ことがある．さらに，改修の過程で，旧河道の上に築堤されていることもあり，その際に基礎処理をしていなければ，粒度の大きい構成材料が堤防基盤に存置されたまま，高水位時にパイピングがもたらすことがある．



図―１　堤防の管理上の課題①：内部構造

図―２　堤防の管理上の課題②：基礎地盤

こうした不確実な要素が多い公物の管理を行う際に重要なことは，その性状の把握とそのデータの記録・保存である．堤防を構成する土は，コンクリートとは異なり経年的に劣化するものではない．したがって，材料の劣化曲線を分析し，機能の劣化が生じるまでの期間内に更新するという手法は馴染まない．どうしても巡視・点検による日常管理に依存せざるをえない．堤防の管理にあたっては，形状から捉える安全性の評価はある程度可能であるが，内部の質的性状を全体に把握して行うことは難しい．200m毎に計測したボーリングデータがあったとしても，その地点周辺の地質性状を把握できるものの，計測点間の地質性状を代表できるものとはならない．したがって，堤防の管理にあたっては，中小の出水時の堤防の挙動の把握（漏水はないか，漏水に土砂は混じっているか等）や，日常時の巡視（降雨による侵食はないか，車両の通行による沈下はないか，動物による穴はないか，法面の吸出しはないか，流水による洗掘はないか等）や定期的な点検を繰り返し，それをカルテとして記録し，出水時の重点的監視が必要な危険箇所を抽出しておくこと，特にその異状の程度が大きい場合には補修を行うことが重要である．



図―3　河川管理の特徴に応じた対応

一方で，こうした課題に対して技術的な解決をめざす動きもある．１つは，不確実性をできるだけ小さくするための計測手法に関する技術開発である．新たな電気探査等によって離散的なボーリングによる地質データを補完する手法についての研究が進められている．もう１つは，不確実性があることを前提としたリスク管理に関する技術開発である．堤防が一カ所でも決壊すれば広域に被害が生じることを踏まえ，仮に決壊したとしても被害が拡大しない土地利用のあり方，越水してもできるだけ壊れにくいようにする堤防の構造上の工夫についての研究も進められている．

また，水門・樋門等については，それを構成するコンクリート躯体や機械設備に関する定期的な点検と更新も重要ではあるが，特に注意しなくてはならないのは，これらの施設が堤防としての機能を発揮・維持する必要があるということである．躯体本体が杭基礎等により強固な地盤で支持される一方で，堤防本体が地震や荷重によって変形・沈下する際に，挙動の異なる躯体と堤防の間に隙間が生じ，それが水みちとなってパイピングに至ることが懸念される．そのため，日常の巡視や点検を通じて，そうした異状が発生する前に表層に現れるクラックや抜け上がりを早期の発見し，補修を行うことが重要である．

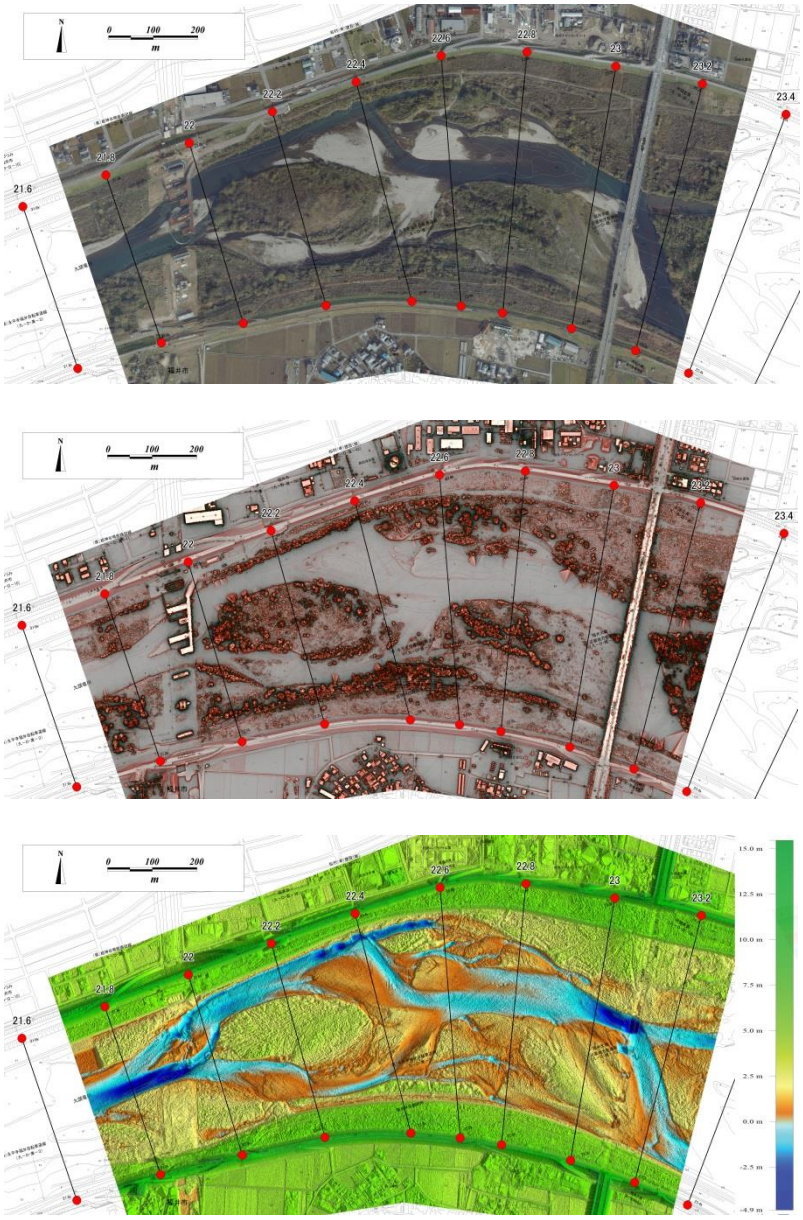
３．河川システムとしての管理

河川は，堤防・水門等の河川管理施設だけでなく河道と一体となって機能を発揮している．河川の治水に係る能力は，河道と河川管理施設に囲まれた河積の流下能力として評価することができる．河道は，流水の作用により常時変化しており，流水が澪筋を形成し，蛇行し，また，土砂の移動により瀬や淵が形成され，堆積した土砂の冠水頻度が低下している間に生長速度の速い植生が繁茂し，さらには，増水した際には流水とともに移送された土砂がその植生にトラップされさらなる土砂堆積が進み，流下能力が低下する等，ダイナミックに変化する．また，こうしたダイナミズムが生物の多様性を促進している．一方，土砂堆積による砂州の形成と冠水頻度の低減による砂州の固定化は，砂州の位置する箇所の対岸の堤防・護岸における水当たり部の固定化につながり，洗掘の発達，護岸裏込め部からの吸出し等による施設被害，さらにはそれを起因とする堤防決壊等につながる場合がある．したがって，河川の状態を的確に把握するためには，

河川を河道・堤防・施設等による１つのシステムとして捉える必要がある.

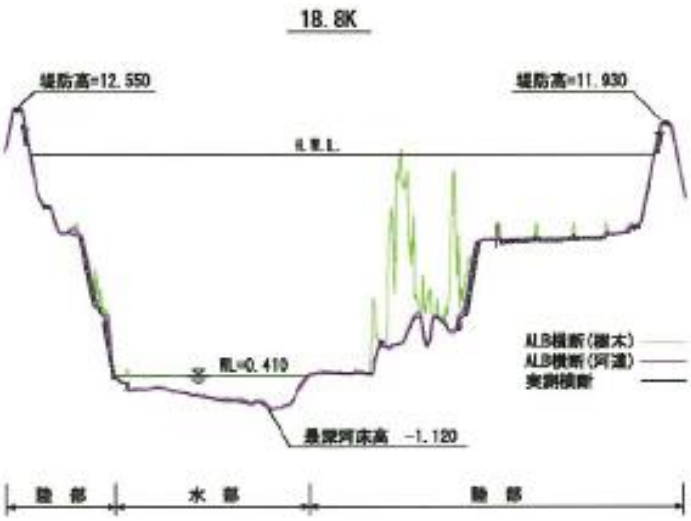
こうした河道特性を有する河川の維持管理には，河川のダイナミズムを理解した上での技術体系の構築と河川の状態を把握するための観測データの充実が必要となる．技術体系の構築としては，河川システム技術の現場への適用のための河川砂防技術基準への位置づけが行われ，総合土砂管理，砂利採取規制と連携した河川維持管理計画の策定も各河川で取り組まれている．計画の策定にあたっては，各河川の河道特性だけでなく，その地域の生態系についても配慮する必要がある．河道の土砂堆積や砂州等における樹木は河積阻害や洪水の流木発生となるため治水の観点からは早期の掘削・伐採による除去が求められるが，当該地区において貴重種を含む生態系が構築されその保全を求める声が上がる場合もある．そのような場合，流下能力に比較的余裕がある地先では，貴重種の生息環境を維持するために近隣の砂州の樹木伐採を順番に行なう輪伐や１つの砂州の中でも皆伐をしない部分伐採を組合せるとともに，樹木の生長速度を調査し，洪水によって倒伏する可能性が高くなるまでの期間を見込んだ管理サイクルに基づく年次計画することで，治水・環境の調和と経済性に配慮した維持管理計画を策定する等の工夫をしているところもある．また，維持管理に負担のかかりにくい（自然の営力に逆らわない）河道形状を勾配・河床材料等から探究する研究も行われている.

一方，観測データの充実においても新たな技術開発が進められている．従来の河川改修計画の策定に必要な測量データは 200m 毎の縦横断測量データである．そのデータを基に，樹木が繁茂している場合には死水域等の評価をしつつ平面２次元解析を行うことが多いが，測量地点間の局所的な洗掘や瀬・淵を適切に評価することは難しく，移動床の水理実験に頼らざるを得なかった．一方，近年の数値解析技術の進展にはめざましく，面的に細かいデータがあれば３次元解析ができるようになってきたものの，その解析技術に入力する面的なデータを簡便かつ安価に入手する方法，特に水面下にある河床形状を精度よく測量する手法が開発されていなかった．しかし，従来のＬＰ（Laser Profiler）を改良し水中を透過するグリーンレーザも活用したＡＬＢ（Airborne LiDAR Bathymetry）の開発によって河床を含む河道の詳細な状況をデータとして容易に得られる可能性がでてきた．図―４は，福井河川国道事務所が平成 28 年に九頭竜川で実施したグリーンレーザを活用した測量事例である[4]．右の上から航空写真，地表面（植生がある場合はその樹冠）・水面の高さを示したＤＳＭ（Digital Surface Model）の赤色立体地図，地表面から植生や橋梁に加えて河川の水を除いたＤＥＭ（Digital Elevation Model）から作成した比高図である．従来の航空写真や赤色立体地図ではわからなかった水中の河床形状，特に深掘れ箇所や瀬・淵がよくわかるようになっている.



図―４　九頭竜川における測量結果

また，従来の深浅測量による横断図に重ね合わせてみてわかるように，河床高や樹冠の高さ等の河川管理に必要なデータが十分な精度で得られている．このような測量データが面的に連続に得られることにより，従来の離散的な測量データでは解析が難しかった局所洗掘における水理現象の再現等が行えるようになる．今回の測量はヘリコプターに約 80kg のグリーンレーザの機器を搭載して実施したものであり，従来 14 日程度要していた測量が約 2 時間の飛行で終了するとともに，水深を測量する際の安全管理も不要となる等の効果が得られた．



図―５　深浅測量とＡＬＢ測量の比較

さらに，陸上・水中の掘削工事の監督・検査の資料としてＩＣＴ技術で整理されたデータを活用することにより，受注者の出来形管理，発注者の監督・検査が容易になると考えられる．このため，国土交通省では，平成 28 年より，「革新的河川管理プロジェクト」と題して，グリーンレーザ機器の軽量化と全天候型のＵＡＶ（Unmanned Aerial Vehicle：無人航空機（通称ドローン））を組合せる民間技術開発を促進している．この手法を活用した河川管理・河川工事を推進することで，機器の調達コストの縮減，技術の普及に寄与すると期待されている．

４．維持管理の体制強化

日本の河川の堤防の総延長は約73,000km（国の直轄管理区間はこのうち約13,000km），水門・樋門等は約26,000施設（国の直轄管理区間にはこのうち約9,400施設）であり，これから10年以内にこれらの施設の約半分が整備から50年を越えることになる．このため，今後の維持管理にあたっては，計画的かつ効率的な維持管理体制の強化が求められている．河川の維持管理の重要性に関する理解は，ここ数年，公共施設全体の老朽化とそのメンテナンスの必要とともに向上しつつあるが，現場において維持管理に携わる者の育成と維持管理に係る予算の確保が急務になり，以下の具体的方策が提起された（「安全を持続的に確保するための今後の河川管理のあり方について」，社会資本整備審議会，平成25年4月）[5]．

① データベースの構築

・河川の管理におけるあらゆる検討の基本となる河川台帳・施設台帳等のデータベース化を急ぐべきである．また，長年にわたり実施されてきた河川改修等の履歴も整理していくべきである．

・河道や堤防等の変状，被災情報を含む河川カルテ等のデータベース化を進めるべきである．河川カルテの作成等に当たっては，現場でのデータ入力，利活用をより容易にしていくためＩＣＴを活用していくべきである．

・また，都道府県等との連携の下で全国的なデータベースとしていくべきである．この際，ＩＳＯの国際規定との整合にも留意しつつ，将来にわたって利用可能なデータベースとしていくべきである．

・データベースや施設の操作等のシステムを構成するソフトウェアについては，使用に伴って発生した問題点や改善点の事例を全国的に集積するとともにフォローアップ調査を行うべきである．

② 管理の技術継承，人材育成

・管理経験者を活用する客観性あるルールを定め，管理経験者を活用して技術継承し，管理水準を持続する仕組みを整備するべきである．

・管理職員の技術レベルを確保するための研修制度等を整備するべきである．

・管理経験者にも判断の難しいような個別の事案について組織的に判断し，またその質を高めるため，学識者等の第三者の助言を必要に応じて求める体制を整えるべきである．

・現地において経験のない技術や構造を適用する場合等において，全国的な経験を蓄積したナレッジデータベースや管理経験者の助言等を活用することにより，適切な対応が図れる体制等を整えるべきである．

③　地域の安全を支えてきた体制の維持・充実

・公共工事の品質を確保しつつ，堤防や護岸等の適切な修繕，災害時の応急復旧等の経験を積んだ地域の建設業者を確保していくために，発注の手法や入札契約方式等の更なる改善に努めるべきである．また，持続的な維持管理を可能とするような発注手法の工夫等についても検討に努めるべきである．

・河川環境の整備・保全，生活環境の維持，広報・啓発活動等，河川の管理における役割を期待されている地域の市民団体等について，担い手としての位置付けを明確にする制度整備を行うべきである．

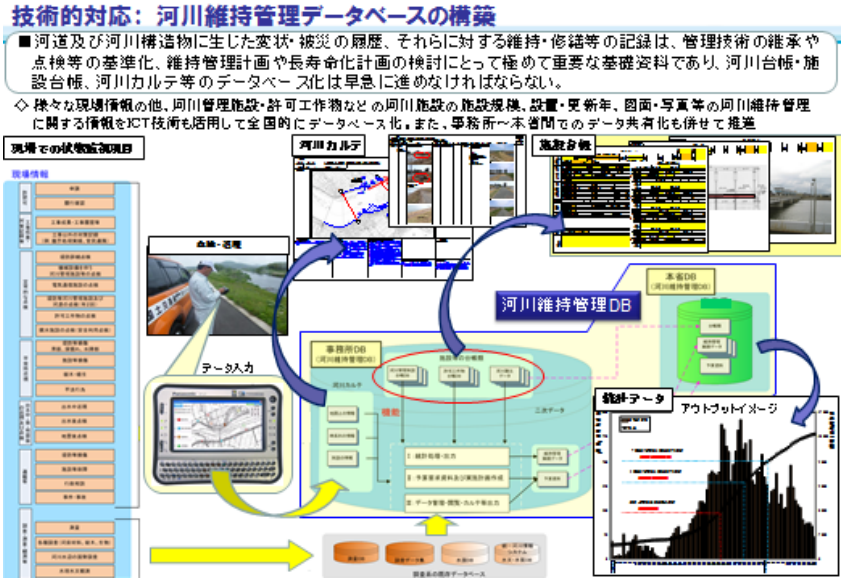
④　都道府県等の支援体制の整備

・都道府県等により計画的に維持管理・更新が実施されるよう支援を促進するべきである．なお，都道府県等への財政的な支援に当たっては，より適切な維持管理の実施のために活用しやすい制度となるよう配慮するべきである．

・都道府県等の河川の現場における課題等の相談を受け，助言等を機動的に行えるよう，管理経験者活用等の体制を含め，地方整備局等を窓口にした技術支援体制を整備するべきである．

・中小河川に適した調査・点検技術，樹木の管理技術等について国及び研究機関における技術開発を進め，都道府県等に技術供与していくべきである．

この提起を踏まえた対応を２つ例示する．１つは，河川維持管理データベースの構築である．維持管理を計画的かつ効率的に実施するためには河川管理の実態を正確に把握する必要がある．そのため，国土交通省が主導的にデータベースを構築している．河川管理者が行う定期的な点検で得られたデータを入力するだけではなく，日常的な巡視の際に得られたデータや外部機関に委託している除草や測量の際に得られる河川の状態に関するデータもデータベースに入力することとしている．また，異状を修繕・補修した場合もその記録をデータベースに残しておくこととしている．あわせて，河川管理の水準を決める技術基準や各種マニュアルも整備しつつある．今後は，これらのデータをわかりやすく「見える化」して公表するとともに，これらのビッグデータを活用した中長期的な維持管理戦略の検討，特に近い将来の維持・補修・修繕のタイミングの平準化や必要となる予算の確保に役立てることが期待されている．



図―６　河川維持管理データベースの構築

もう１つの対応は，河川維持管理に携わる人材の育成である．これまでの現場における点検や状態監視は，河川管理者である行政機関に勤務する公務員が主に担ってきたところであるが，近年の行政改革により維持管理に携わる公務員の数を維持するのが難しい状況にある．このため，国土交通省としては、巡視・点検に係る業務の一部を外注するとともに，河川維持管理に係る一定レベル以上の技術や法令に関する知識と現場経験があること明確にした資格の活用を試行し，巡視・点検業務を担う人材の育成を進めることとしている．

河川管理は，洪水時の危機管理のために「公物」としての河道や河川管理施設を平常時から良好な状態に保つことであるが，河川管理者だけで為しうるものではない．河川維持管理の技術は，河川管理者を中心とする「官」だけでなく，河川をシステムとして捉える技術を探求する「学」，巡視・点検、維持・補修に係る新たな役割を担うことが期待されている「産」「民」の連携の中で体系化されることが望まれる．

引用文献

1) 国土交通省，新たなステージに対応した防災・減災のあり方，2015
http://www.mlit.go.jp/common/001066501.pdf

2) 社会資本整備審議会，大規模氾濫に対する減災のための治水対策のあり方について，2015
http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouiinkai/daikibohanran/pdf/1512_02_toushinhonbun.pdf

3) 社会資本整備審議会，中小河川等における水防災意識社会の再構築のあり方について，2017
http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouiinkai/daikibohanran/pdf/1701_02_toushinhonbun.pdf

4) 中村，福岡，小川，山本，グリーンレーザ（ALB）による河川測量とその活用，RIVER FRONT，Vol.84，pp16-19，2017
http://www.rfc.or.jp/pdf/vol_84/p016.pdf

5) 社会資本整備審議会，安全を持続的に確保するための今後の河川管理のあり方について，2014
http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouiinkai/anzenkakuho/pdf/h2504/honbun.pdf?0401a