

河道の応答を環境保全と治水の両面に きちんと織り込む技術の体系化に向けて

～多自然川づくりに求められる基本技術として～

Toward Building a Technological Framework for Incorporating Channel Responses to Impacts of River Works into
Balancing River Environment Conservation and Flood Disaster Mitigation
- As a Key to Enhancing Nature-oriented River Works -



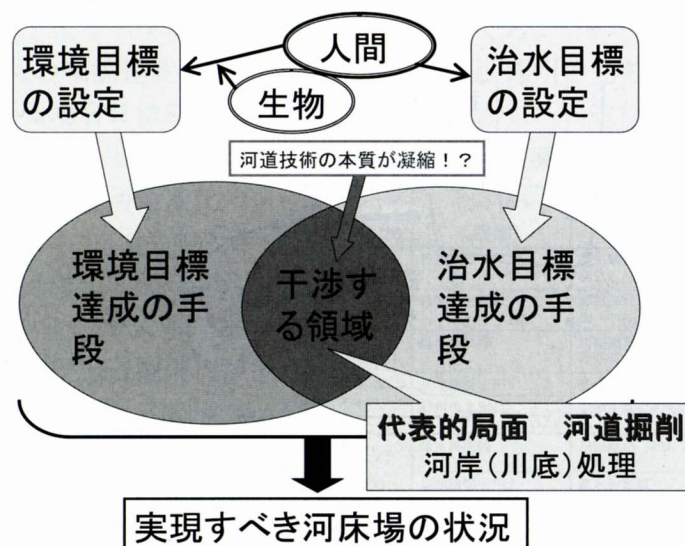
ふじ た こういち
藤田光一*
Koh-ichi Fujita

環境保全と治水に関わる河川技術を 統合的技術として本格的に進化させる ことが重要

近年、豪雨による河川災害が頻発する中で、治水の重要性が改めて認識され、ソフト・ハード両面から減災・防災をより一層推進する方策が活発に議論され、提言されている。このことを、しかし、環境軽視の言い訳にしてはならないのは当然であり、こうした状況を契機として、従来治水と環境に分けて考えがちであった河川技術を、両方

の達成を支える統合的技術として本格的に進化させていくことが、多自然川づくりの本道である。

河川整備における治水と環境保全・再生の追求といっても、両者が常に相反する関係にあるとは限らず、それぞれの目標追求を並行して進め、それぞれに必要な川づくりを“足し算する”というアプローチが適用可能な場合も少なくない。一方、いつもではないにせよ、両者の目標追求が干渉し合う場合も確実に存在し(図-1)、そのような場合にこそ、両方の目標達成に適う川づくりの統合的技術が必要となり、多自然川づくりを支える技術としての真価が試される。



〈図-1〉治水、環境保全を統合的に進めるやり方を見出していく流れのイメージ

* 国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部河川環境研究室室長
Head, Dr. Eng. River Environment Division, Environment Department National Institute for Land and Infrastructure
Management, Ministry of Land, Infrastructure and Transport

「河道掘削」は多自然川づくりの技術が試され、磨かれる重要な局面の一つ

河川整備の対象を河道に絞った場合、治水と環境保全の干渉が最も顕著に起こりうるのは、つまるところ掘削と河岸処理の2つと考えられる。河道改修の大部分は流過能力の増大を必須事項としており、計画高水位を上げるという手段は一般的になり得ず、また引堤が難しいこともやはり一般的な現状においては、流過能力を増大させる最も有力な手段は河道掘削になる。また、河岸処理は、水域と陸域の境界が河川の自然環境を考える上で重要な場所であるだけに、そのやり方によっては環境の質を大きく低下させることになる。

河道掘削の方法を検討する際には、まずは、現有の河川環境に関する情報と掘削箇所（案）とを重ね合わせて環境への影響を把握し、それを最小化する方策を見出していくことが行われる。この段階での治水と環境保全の干渉は、改変箇所にもどのような環境的資源があるか？ という“表に見える”構図で捉えられるので、環境保全の意識さえあれば、少なくとも川づくりにおける治水と環境保全との折り合いについての“悩み”を持つことができる。一方、掘削に対する河道の応答がもたらす影響は、その時点では見えていないので、

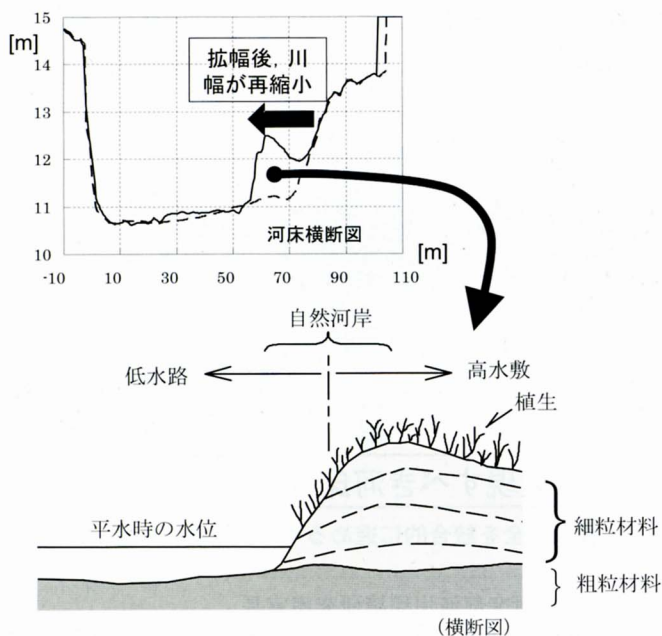
ともすると看過されがちである。しかし、河川の本質が自律的に変動するシステムにあるとするなら、そこにこそ河川技術が精力的に注入されるべきとも言える。

ここでは、議論を河道改修による治水に絞り、掘削後に起こりうる河道の応答に着目して、多自然川づくりに求められる技術の方向性を考えていく（**図—1**参照）。

掘削に応答した河道変化はよく観察される現象

たとえば、河道セグメント2（自然堤防帯の河川）においては、低水路川幅を拡幅した後、早くも数年、遅くとも10年程度で、**図—2**のように川幅が元に戻ろうとする現象が見られる場合がある。川幅縮小部分には、河床材料よりも細かい土砂が堆積し、また、密生した植物が生育する。このような川幅縮小は、疎通能力の観点からは、掘削の効果が低減することを意味する。一方、自然環境という観点からは、この現象をうまく利用することで、人工河岸の前に自然河岸の形成を促すことができる。このように、川幅縮小は、疎通能力、ハビタットの両面で変化をもたらすので、その可能性を適切に織り込んでおく必要がある。

高水敷のうち、低水路寄りを一部掘削して低く



〈図—2〉低水路拡幅後、川幅が再縮小する様子

し、中水敷をつくる場合がある。この場合も、細粒土砂による堆積が中水敷上に生じ、河岸寄りの部分を中心に徐々に元の高さに近づいていくことがある。特に、中水敷といえども、平水位ぎりぎりまで掘削してつくる場合には、川幅拡大後の縮小と同じような状況になる。中水敷掘削が湿地的環境やごく浅い水域の確保を目的に行われる場合、敷高を平水位の高さに設定すると、細粒土砂の堆積が起こって、陸地化が早く進み、目的としていた環境が維持できないことも起こりうる。高水敷を低水路に向けて緩く斜めに切る場合も、起こりうる変化の構図は上記と本質的には同じである。

掘削後の河道変化を読み込むことは河川技術者の重要な仕事

河道変化は治水機能に影響する場合があります、また河道変化は生物が生息・生育する場の変化に他ならないから、当然、生物や生態系にも有意な影響を与えうる。したがって、掘削後に起こる河道変化を想定し、それを治水と環境保全の両面から一体的に評価することは、川づくりに求められる根幹技術の1つとなる。

従来、河道計画の検討に際して、改修後の縦断的な河床変動の計算が必要に応じて行われ、また、過度な低水路拡幅案をチェックするという観点から、平均年最大流量時の摩擦速度 u^* の改修による変化が一定以上になる場合には精査を行うなどの考慮がなされている。しかし、環境保全と治水の両面で、知るべき河道変化の内容がきめ細かくなってきており、従前の変化予測手法やその適用の考え方に安住せず、それを絶えず見直していくことが大事である。たとえば、河道にかかる圧力（掘削）が増す一方、その総合的評価技術は意外に不十分ではないか？ 掘削後の川の動きを予測した技術判断ができていないか？ などの視点からの検討である。河道変化が生物・生態系に与える影響に関しても、より有効な検討手法が求められている。

こうした中で、河川工学を専門にする者は、その存在意義からも、とりわけ、河道変

化がどのように起こるかを読み込む技術力の確保・確立に大きな責任を負うと考えるべきであろう。

川づくり技術が扱うことのできる河道変化パターン（“引出し”）を着実に増やしていくことが大事

掘削後の河道変化には、いま取り上げた例にとどまらず、〈表—1〉に示すように様々なものがある。

河道セグメント1（扇状地礫床河川）では、その多くで、横断面内で河床の一部が低下して複断面形状を呈し、低水路状の河床部分と高水敷状の河床部分との段差が拡大する状況となっている。このような段差の拡大は、低水路状の部分が堤防法線に寄っている所では侵食・洗掘による堤防破壊につながると懸念され、また、高水敷状の部分ではいわゆる樹林化をもたらすと考えられている。このような状況に対して、河道掘削により高水敷状になった河床部分を切り下げ、段差を小さくすることで、健全な植生消長システムを復活させ、あわせて、流過能力の増大や洪水流の低水路状部分への集中の緩和を図ろうとする発想が生まれるのは自然なことであり、その際には、効果や掘削後の管理の方法を検討することが当然必要になってくる。

また、礫州のうち、平水時に水面上に出ている

〈表—1〉インパクト（掘削）にตอบสนองした河道変化のパターンの代表例

河道セグメント	インパクト（掘削）	可能性のある河道レスポンス	治水機能への影響の可能性	環境変化にかかわる含意
セグメント1	段差縮小	植生消長サイクルの変化	・流過能力変動 ・水位の縦断変化	・礫河原の消長 ・植物群落の消長
	砂州の上刎ね	砂州形状の回復or変化	深掘れ深、水衝部位置の変化	瀬・淵パターンの変化、表層材料変化
セグメント2-1	低水路拡幅	川幅縮小、河岸・高水敷形成	流過能力減少	自然河岸形成、湿地の消長
	高水敷切り下げ	高水敷堆積		
	砂州の上刎ね	砂州形状の回復or変化	深掘れ深、水衝部位置の変化	瀬・淵パターンの変化、表層材料変化
セグメント2-2	低水路拡幅	川幅縮小、河岸・高水敷形成	流過能力減少	自然河岸形成、湿地の消長
	高水敷切り下げ	高水敷堆積		
セグメント3	河床掘り下げ	河床上昇	流過能力減少	表層材料の変化、干潟の減少
	河岸・高水敷存置	侵食による縮小	堤防洗掘	
セグメントM／中上流部の中小河川	河床掘り下げ	改修区間上流端からの河床低下と下流端付近の河床上昇	上流端からの洗掘による護岸損傷／下流端付近での流過能力減少	岩盤露出とその拡大、河床礫の流失／河道安定化のための落差工あるいは三面強化

これらの精査にとどまらず、起こりうる代表的パターンについての技術的引き出し（現象理解、予測、対応法）を着実に増やしていくことが大事

部分を掘削する（表では“上刎ね”と表現）ことは、礫床河道であるセグメント1や2-1における流過能力増大の手法として、しばしば検討される。

この場合、礫州の形成機構から考えて、掘削が水面上に限られるからと言って水域の河床に変化が無いとは言えず、河道形成を司る規模の洪水を何回か受けた後に、深掘れ部の状況や瀬・淵パターンなどに変化が生じる可能性の検討が必要になることも考えられる。

中上流部の中小河川では、用地上の制約などから、河床を掘り下げることで大幅な流過能力の確保を図ろうとすることがある。この場合、洪水時の流速が有意に増大するため、改修区間とそれ以外の区間で流砂量のアンバランスが生じ、河床低下や土砂堆積が生じ、前者への対処を重ねることによって、落差工が連続したり、三面張となる河道が最終的にできあがる場合がある。このような河道変化は、環境保全にとって不利な体質を持つ川への変化を意味する。

このように、河道変化の予測のポイント、治水・環境機能への影響の出方は、対象となる河道変化パターンによって違ってくる。表に掲げたものにとどまらず、重要な河道変化パターンを認識し、治水・環境保全の両面からの知見を蓄積・整理して、実務に耐える川づくり技術を確立していくこと、そのようなことが可能となるパターン（“引出し”）を増やしていくことが大事である。

無理をせざるを得ない川づくりほど些細な検討を行うような技術体系も大事

たとえば、求められている流過能力増大の程度がさほど大きくない場合や、用地等の制約が小さく、川に比較的スペースを与えられる場合には、環境保全と治水との折り合いをつけるための様々な工夫を施す潜在的チャンスは大きい。一方、逆の状況においては、川づくりにおいて種々の“無理”をせざるをえず、折り合いの付け方も相当に窮屈になる。後者に属する川づくりについては、環境への影響、掘削後の河道変化の両面で、より詳細な検討を要する。こうした基本条件の違いを抜きにして川づくりの良否を結果だけで議論することは、課題の本質をかえって隠してしまうこと

にもなりかねない。厳しい条件の中でも少しでも良い川づくりを行う工夫が発揮される状況を目指すことが肝要である。

川づくりの検討に投入できる資源には一定の制約があるという現実を考慮すれば、対象についてスクリーニングを行い、相当突っ込んだ検討を行う必要のあるものを絞り込む作業が重要になってくる。先進的な好事例を造るための詳細検討も大事であるが、課題の残る川づくりの解消には、より厳しい条件で行われる川づくりに合理的にエネルギーを注ぐ仕組みも必要になる。

このために、掘削後の河道応答について言えば、どのような応答が起こりうるかを簡易に計算あるいは判別し、上記のスクリーニングに資するチェック法として活用することが考えられる。〈表—1〉のような代表的河道変化パターンについて、その起こり方と治水、環境保全上の影響度を概略判断できるツールがあり、そこで要詳細検討と判断された場合には、本格的な検討を行うというような流れである。

河道変化がもたらす治水・環境機能の経時変化を見越して掘削法を検討するという考え方

前述した河道セグメント2における低水路拡幅後の川幅再縮小を例に説明する。必要な流過能力増大のために河道を掘削する状況において、必要掘削量が多いので、また掘削に関わる種々の制約から、安定川幅（現況川幅）を拡幅せざるを得ないとする。掘削後の川幅縮小は、治水機能上は河積の再縮小という意味をもたらすが、その一方、再縮小は自然河岸の形成過程でもあり、これは、ある面での環境機能向上でもある。さらには、自然河岸・高水敷形成の過程で生じる多様な物理環境自身が環境上重要との認識から、川幅縮小過程そのものも当該河道が持つべき大事なプロセスと位置づける（〈図—3〉参照）。

このように環境という視点を入れることによって、掘削後の河道変化がマイナス面だけでなく様々な意味を持つようになり、それを治水・環境の両面から統合的に管理するという発想が出てくる。それは、たとえば以下のようなものである。

掘削およびその後の河道変化に伴う治水および環境上の機能変化に関する予測あるいは想定結果に基づき、掘削法と掘削後の維持管理法を別々でなく一体的に決める。掘削後は、治水、環境機能をモニタリングしながら、予測あるいは想定と実際とのズレを監視して、適切な維持管理を行う。この河道維持作業は、単なる疎通能力回復だけでなく、河川の自律的な自然水際再生機能の回復を図るという積極的意義も併せ持つ。そして、一連河道区間における環境機能の空間分布状況を適切に保つという視点から、一度に行うのではなく、場所を少しずつ変えながら段階的に行う方式とする(図-3)。

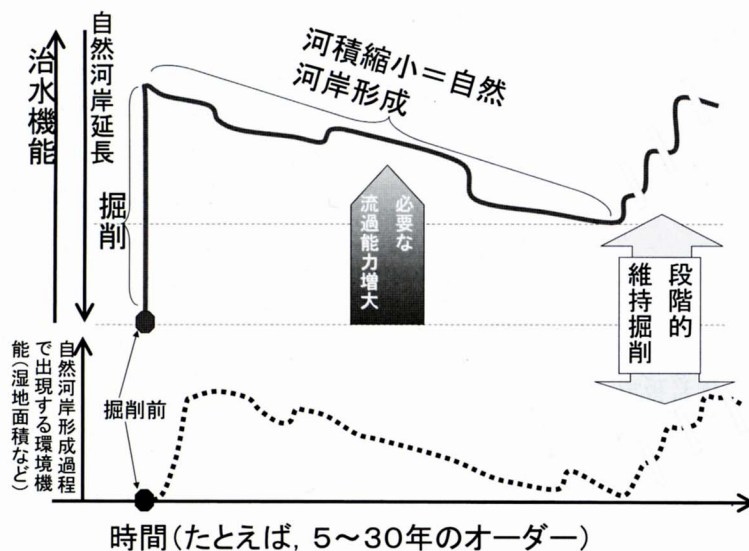
治水と環境保全との垣根、河道計画・設計・改修と河道管理との垣根を無くした技術体系の構築へ

以上のような川づくりの方式においては、治水のための河道掘削を行った後の河道管理が重要な役割を果たすことになる。すなわち河道管理行為は、治水機能回復だけでなく、環境保全にとって重要な、河道が本来持つ自律的な動きを回復させる役割を併せ持つことになる。この意味で、掘削などの河道計画を立てる段階で、その後の河道管理をあわせて検討し、その具体的な方針を策定しておくことが必要になる。この際には、掘削後の

河道変化の予測を行うことや、洪水発生状況や土砂供給状況などを想定した河道変化のシナリオを持っておくことが重要になる。

さらに、河道変化を許容し、河道の中に様々な特徴を持つ物理環境を共存させることになるため、当然のことながら、河道計画上の想定と実際の河道の状態との間でずれが起りやすくなる。このことが、治水機能の時空間的なばらつき増大させることにつながる可能性があるため、河道について適切なモニタリングを行い、治水機能の現状を把握した上で、必要な管理を迅速に行えるような状況を作ることあわせて考えなければならない。モニタリングは、環境機能の現状を知るためにも必須であり、河道管理が治水機能の回復だけでなく、環境機能の回復も同じ重みで兼ねることになるわけであるから、環境機能の評価につながるモニタリングを行うことの重要性は論を待たない。その上で、モニタリング結果を治水、環境に関わる評価軸に表す手法、その結果から必要な管理内容を判断する道筋を明確にしておくことが大切になる。

以上のように、河道変化を治水、環境の接点においた川づくりにおいては、河道計画、設計、改修と河道管理とを一体的に行う必要が従前以上に高くなると考えられ、管理を適切に行っていくための技術体系の構築が、治水、環境の両面で急がれる。



〈図-3〉川幅縮小過程が環境・治水機能に与える影響を統合的に織り込んだ河道掘削法の決定と“積極的な”河道維持管理のイメージ