

# 洪水と水辺形成のインタラクティブな関係

北海道開発局開発土木研究所 馬場 仁志

## 「近自然」から「動自然」へ

河川法の改正により、河川空間を自然環境の保全と形成の場として管理するバックボーンが整いつつある。近自然河川工法や多自然型川づくりと呼ばれる河川・砂防の事業展開は既に一般的になってきた。これまで我が国や西欧で取り組まれてきた河川水辺の自然性確保・回復の作業は、部分自然の修景的側面が強かったが、これに天然事象のダイナミズムを可能な限り受け入れようとする新たな思想が加わろうとしている。

河川管理のあり方を近自然思考から動自然思考へと展開するには、樹木が生育し、生態系が変化していく過程をどう管理するか、河床河岸変動をいかにして制御するか、水・土砂・物質の輸送循環を許容する水系メカニズムをいかにして解明し保全するか、等々、動的な自然を管理する新しい手法が必要となっている。

本文は、河道内の自然環境変化、特に樹木の消長が流水特性に及ぼす影響を考えるために必要な事項と現在の技術的レベルを概観し、次に、主として洪水を営力とする河道内の多様な自然環境変化、特に水辺形成に及ぼすメカニズムに注目して具体例を示し、前者と合わせて洪水と水辺形成のインタラクティブな関係について考察する。

## 水辺植生が流れに与える水理的影響

河道内に樹木が存在および消長することにより、洪水時を中心として流水に対する次のような事象が発生する。

- ◇ 樹木群の成長は、洪水の疎通能力を次第に低下させる
- ◇ 樹木群の倒伏は、洪水の疎通能力を増大させる
- ◇ 流木化した樹木は、洪水の疎通能力を阻害する要因となる可能性がある
- ◇ 樹木群の成長および倒伏は、河床・河岸の洗掘に対する抵抗を変化させる

まず、樹木群の成長による洪水疎通能力の低下については、1次元または2次元のモデルにより計算可能である。ただし、流水中の樹木の抵抗を規定する樹木の形状や密度、樹木群境界の乱流粘性を与える混合係数、枝葉量などに強く影響されるために、これらパラメータの同定方法の確立が必要である。実際の洪水痕跡水位が得られた場合には、単純な河道断面形状であれば水位に与える影響を数10cmの精度でモデル化可能である(図-1)。

次に、樹木の倒伏については、樹木群として一定の空間が倒伏～流出した場合には、洪水疎通能力が増大すると考えられる。しかし、現在の研究レベルでは、水位、流速、樹木の直径、樹種(根茎の抵抗力の違い)によって、ある程度の精度で倒伏限界を単木的に推定することが可能ではあるが、樹木群全体として流下断面の回復を見込むことができる段階ではない。

樹木の流木化は、橋脚など構造物への衝突、閉塞による洪水疎通障害、貯水池や取水施設における塵芥化などの原因となる。流木の発生は、山腹斜面と河道内において生じ、洪水による倒壊、河岸の洗掘による倒れ込みのほか、樹木群内に蓄積されていた枯損枝葉も洪水に伴って流木化する。水辺域の樹木を保全する際には、流木の発生を増大させる傾向にあるため、下流河川の状況、流木が発生した場合の問題点を検討しておく必要がある。特に、長期にわたって洪水の発生がない河川や、自然状態で水辺林の保全を行う河川では、流木発生のポテンシャルが次第に増大していくと考えられる。近年は流木が水辺生態系の中で重要な機能を有していることがわかってきたため、人工的に流木の配置を計画するケースも増えるであろう。こうした場合には上記の現象のモデル化が必要となろう。

樹木群と河床河岸の洗掘抵抗との関係については、一般的には植生の成長とともに抵抗力が高まると理解されている。植生を利用した様々な河岸侵食対策の実験結果や実例も、こうした理解から生まれている。また、樹木群を利用した水制作用の研究も行われている。しかし、河岸の縦侵食による倒れ込み型の洗掘に関しては、樹木を含む植生はほとんど効力を発揮しない。また、水辺部の高木、老齢木の倒壊および流水によるエディー(組織渦)発生は、洗掘拡大の原因になることもある。したがって樹木群が洪水特性に与える影響に関しては、マイナス要因にもなることに、十分な注意が必要である。

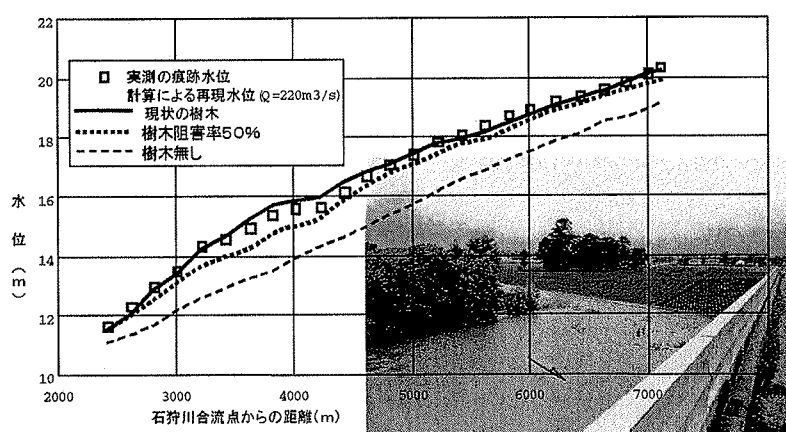


図-1 美唄川における出水時の実測水位と、樹木の影響を考慮した水位計算の例。写真は平成9年8月10日5時の高水敷・左岸堤

### 流況変化が水辺生態系を変えるメカニズム

洪水防御対策としてのダム、遊水池などの整備が進むと、整備以前の流況とは異なる新しい流況が生まれる。利水の増大によっても、低水時の流況変化はもとより、中小洪水や融雪期の出水規模にも影響することがある。

一般的には、洪水のピークがカットされ、平坦なハイドログラフとなることにより、従前の水辺域における洪水氾濫の頻度が減少するとともに、氾濫面積や水位も減少する。洪水ピーク流量の減少は、計画洪水規模時のみならず、中小洪水においてももたらされる。

また、利水による平水流量の減少や、維持流量の確保は、渇水・豊水の変動幅が少ない、長期的な流量の平滑化をもたらしている。

河岸保護工による流路の固定や砂防ダム、床止工による土砂の移動抑制は、強固な河道の安定をもたらす。

以上のような長期的流量の安定や河道の固定・土砂移動の抑制は、治水・利水

面では我々の目標としてきたところである。しかし、こうした流況の変化が河道特性の変化となって現れ、長期的な水辺環境へのインパクトを与える。主な水辺環境の変化は、例えば次のような事象として出現する。

- ◇ 氾濫堆積地、砂州、段丘などの形成および河道変化の規模縮小、頻度低下、→河道地形の固定化
- ◇ 洪水流量の減少にともなう、新規形成砂州の小規模化、→流路の固定化促進
- ◇ 植生侵入可能な裸地の減少による、水辺林の樹齢構成変化（若年齢林分の減少と高齢林分の拡大）
- ◇ 流水による河原の攪乱機会の減少による、植生の構成変化（ケシヨウヤナギ、ツタヨシなどの減少）
- ◇ 昆虫、両生類、は虫類の生活環境変化（特に湿地性の河原に生息する種）
- ◇ 鳥類の生活環境変化（特に河原を好む水鳥系の渡り鳥）

### 積雪寒冷地の河川では融雪出水が水辺形成を支配する

積雪寒冷地では、年間流出の約 6 割を占める融雪出水特性の変化が水辺形成に与えるインパクトが強く、春季河道攪乱の主たる営力を与えている。図-4 の例は、近年の利水開発および流域の土地利用高度化にともなう融雪特性の変化が、出水の規模を縮小し、融雪期最大水位の平坦化をもたらした例である。

融雪期の河道攪乱は、河道に侵入するヤナギを主体とした植生の種子拡散・発芽時期に重なる。この時期の出水は、前年に形成された砂州・氾濫原を、そこに成育している 1 年生植生とともに攪乱し、新たな砂州形成を生じる。また、新規の種子定着・発芽を抑制する。しかし、融雪出水が小規模化すると、こうした攪乱作用が働かなくなり、放置すると河道内は樹林化する（図-3,4）。樹林化の速度は、河川によっては人間による河道改変や管理の速度を上回り、樹木群の成長が河道の固定化をさらに促進する。水辺形成は、流出特性の変化に対応して進行し、また洪水の流下特性にも逆影響するインタラクティブな関係にある。

### 望ましい水辺形成と流水管理のバランスを考えるために

水辺形成のメカニズムは未解明である。さらに、地域、河川によって固有のメカニズムが存在する。したがって河川の管理技術が動的な水辺形成をも考慮して洪水管理・流水管理とバランスを保つようになるためには、ローカルで多様な研究と技術開発が必要である。米国では人工洪水による河川のダイナミズム復元が実際の河川で試験されている。我が国でも、ダムからの土砂排出など、河道変化の水系的機能を活性化させようとする試みが始まった。短期～長期のそれぞれの時間スケールでの影響予測技術、植生管理手法（水辺生態系の変動と、植生の水理的影響を考慮した長期的管理）などが発展することにより、こうした河道・河床の管理が可能となるであろう。

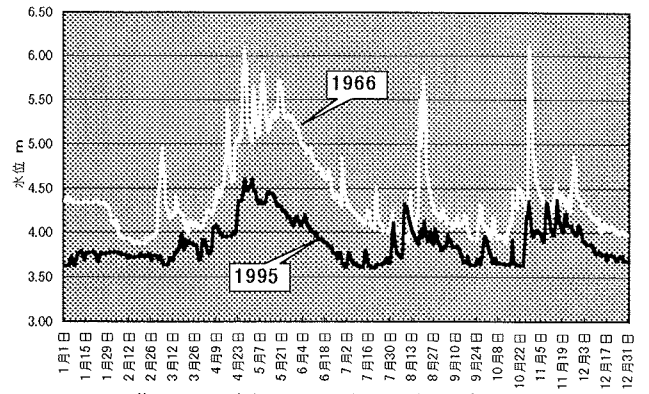


図-2 豊平川雁来観測所における年間流況の変化

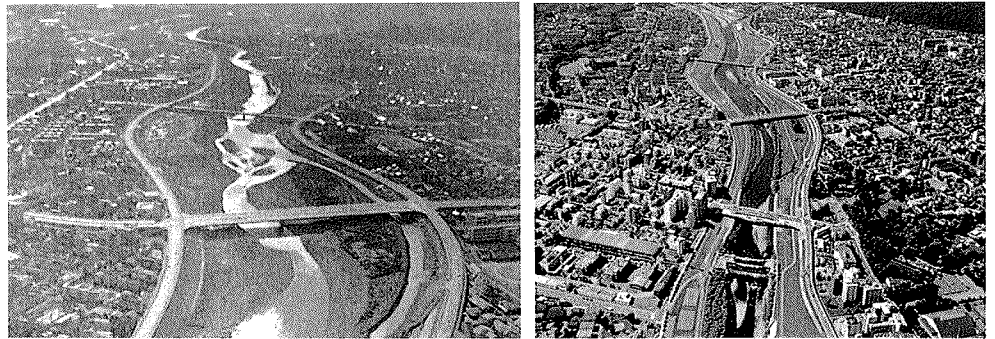


図-3 豊平川における 1971 年(左)と 1996 年(右)の河道と植生

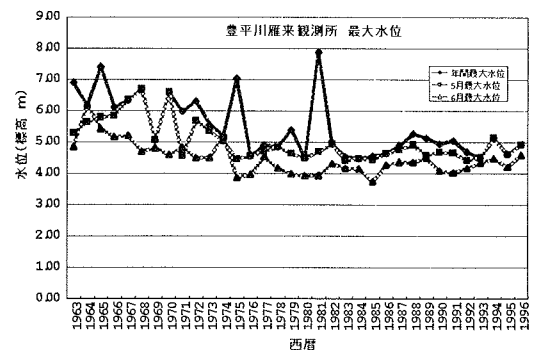


図-4 融雪期の経年的水位低下・安定の例