

これからの川づくりに向けて —中小河川の減災・環境を中心に—

FOR THE FUTURE PROSPECT OF RIVER MANAGEMENT WITH MUTUAL CONSENT OF INVOLVED PEOPLES —MITIGATION OF FLOOD DISASTERS AND RESTORATION OF RIVER ENVIRONMENT ON THE SMALL RIVERS —

土屋十圀¹・末次忠司²

Mitsukuni TSUCHIYA and Tadashi SUETSUGI

¹正会員 工博 前橋工科大学工学部教授 (〒371-0816 群馬県前橋市上佐島町460-1)

²正会員 工博 国土交通省 国土技術政策総合研究所河川研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1)

Recently, small rivers frequently suffer from floods. Since typhoon hit Japan 10 times in 2004, severe flooding damages occurred in small river basins such as Ikarashi River, Asuwa River, Maruyama River etc. Regarding to the characteristics of small river basins, run-off and flood are very fast and many flood disasters occur due to overtopping of flood. On the other hand, small rivers have a popular environment at the rural and urban area. Therefore, the coexistence with flood control and river environment is required for the river environment restoration works, improvement and management at present. In this paper, we described subjects and next steps on small rivers from a viewpoint of future prospect of river planning and management toward the mitigation of flood disasters and the restoration of river environment.

Key Words : *Mitigation of flood disaster, Restoration of river environment, Small river management, Mutual consent*

1. 結論

近年, 中小河川において越水や破堤に伴う水害が多発している。例えば, 昭和60年から平成11年までの補助河川における破堤回数 (300回) は直轄河川 (25回) の12倍に及んだ。平成16年においても刈谷田川 (新潟県), 足羽川 (福井県), 円山川 (兵庫県) において破堤災害が発生するなど, 死者・行方不明者は227名 (約6割が65才以上の高齢者) におよび, 24万棟以上の家屋が被災した。中小河川は洪水流出が速く, 短時間で破堤災害が発生することが多いので, 災害弱者等是对応することが難しかったと思われる。

中小河川の河川整備に対しては, 昭和34年より小規模河川改修事業, 昭和40年代には都市小河川改修事業、都市河川治水緑地事業が行われた。昭和50年代には都市河川総合整備事業、都市河川改修事業が行われた他, 流域の視点を踏まえた総合治水対策特定河川事業が行われた。また, 平成に入ると内水対策や洪水の地下貯留や地下河川に関する事業が開始された。平成15年には総合治水以上に踏み込んだ流域対応を規

定した都市河川浸水被害対策法が成立した。しかし, 平成16年, 各地の水害を受けて, 都市化の進展に対応した改修が進んでおらず, 洪水時の避難誘導等のソフト対応も十分ではないことが課題となった¹⁾。

一方, 河川の環境に関わる動向を見ると, 昭和30年代は公害問題を機に水質汚濁改善が取り組まれた。例えば, 昭和39年には東京オリンピックを前に荒川から隅田川への導水事業などがあげられる。更に, 昭和40~50年代に親水機能が提起され, その後, 全国的に親水性向上に向けた河川整備が図られた²⁾。昭和55年からは河川環境管理基本計画の策定が開始され, 初めて多摩川で水環境・空間環境の目標が設定された。愛媛県小田川の河川改修をきっかけにスイスの近自然工法が日本に紹介され, 平成2年生態系重視の観点から建設省は「多自然型川づくり」の通達を出すに至った。更に「河川水辺の国勢調査」などが行われ, 平成5年にはわが国も生物多様性条約を受諾し, 生物多様性国家戦略が閣議決定された。これを受けて, 環境基本法も成立した。平成9年には河川法が改正され治水・利水・環境

が一体的に重視されるべきであることが明記され、住民参加が川づくりに付け加えられた。その後、平成14年には自然再生法が成立し、河川・湖沼・湿地などを対象に実効性ある事業が求められるようになった。

本セッションでは以上のような経過を踏まえて中小河川をテーマとしてこれからの川づくりに向けて治水(減災)、環境の観点から課題を明らかにし、今後の問題解決に向けた方策を検討し、中小河川の計画・管理のあり方に生かすことを目的とする。

2. 中小河川の特徴

(1) 河道・洪水・環境の特性

中小河川は表-1に示すように、流域が小規模で河川延長が短いため、雨水・洪水流出が速い。しかも、本川水位や排水（下水道、ポンプ）の影響を受けて、その変動が大きく、越水危険性が高い。これに対して徳永らは中小河川・下水道を考慮した統合型流域モデルを用いて洪水時の流速・水深から都市中小河川の危険度マップの試案を提起した³⁾。また、急流区間では流木・土砂の影響により越水したり、高流速の洪水や氾濫水の落込み流により侵食被害を受けやすい。一方、中小河川は生活に密着した地域の川や水路であり、アユ釣り、舟運観光などに利用

され親水機能を身近に感じることができる。このような問題に対して、矢野らは三隈川の水質浄化を念頭に堰による湛水域の藻類増殖に関する評価をしている⁴⁾。周辺の土地利用と深く結びつき農村地域では灌漑期と非灌漑期で水量・水質の変化を受け、生きものの多様性も異なる。また、都市域では規模にもよるが市街化と下水道の影響を強く受け、河川の水質・水量を規定すると言ってもよい。更に、いきもの存在はこれらの要因と関係するとともに河川改修の手法にも大きく依存し、保全・修復・再生の技術とコンセプトを大切にすることが望まれる。従って、中小河川は大河川に比べて住民に身近で地域に密着した川であるといえる。

(2) 河川管理

中小河川は主に、都道府県知事が管理主体となっている。都道府県が管理する河川管理延長は一級河川約77,000km、二級河川約36,000kmであり、都道府県および市町村管理の準用河川、普通河川を加えると約243,000kmと延長が極めて長い。現在、河川改修の必要区間は約70,000kmと言われている。

河川管理も農山村地域と都市域で異なり施設の維持、河道内の草刈、浚渫、水防対策、舟運確保など地域に身近な課題が多い。従って、漁協、水利組合などの利用者、市民団体との協議・調整

表-1 中小河川の特徴

形態的な特徴	特徴がおよぼす特性とその影響
河積が狭い	単断面→河道内利用ができない、侵食被害を受けやすい 流下能力が低い→越水被害（又は超過洪水）を受けやすい *流木・土砂の影響を受ける 改修工事の影響 例）床掘りによる洗掘助長、生態系への影響
流域面積が小さい	洪水流出が速い→洪水位上昇速度が速い、洪水時の対応が困難 *排水（下水道、ポンプ）の影響を受ける *土地利用変化の影響を受ける 地下水滋養範囲が狭い→平常時水量を確保できない →河道内に植生が繁茂しやすい *取水の影響を受ける
支川、山地・丘陵区間を含む	本川・河口水位の影響→越水被害（又は超過洪水）を受けやすい *本支川の計画調整が必要 河床勾配が大きく変化→越水・侵食被害を受けやすい →護岸整備により流路が固定されている
総河川延長が長い	改修に長期間、多大なコスト→水害発生危険性 洪水時の対応延長が長い→水防活動が困難 地域に密着→住民との合意形成や自治体間の調整が必要

が行われる。都市域の中小河川は既成市街地を流れているため用地取得が難しく、自治体の県境を流れる河川では自治体間の調整が課題となっている。このように諸団体や自治体間の調整、財政状況の違いなどがあり整合性が図られた河川改修は難しい。また、財政的制約から、水害による災害復旧、激甚災害関連の予算によって河川改修が進むことが多いのが実態である。

(3) 河川計画

多くの中小河川計画では合理式が採用されている。モデルハイエトグラフの作成方法は降雨強度曲線をもとに中央集中型降雨波形を用いて流出解析を行っている場合が多い。モデルハイドログラフの作成は洪水到達時間に対応した降雨強度ごとに合理式によって単波形を合成し、計画ハイドログラフを作成しているが、湧川らの指摘⁵⁾のように、豪雨発生に支配的な時間スケールが採用されているかどうかの検証が必要である。また、大河川に比較して長期間の水文データが少ないのが現状であり、必ずしも統計的に有意なデータによって作成されているとは限らない。なお、中小河川の計画論に関しては、平成11年に中小河川計画の手引き⁶⁾が発行され、現在見直しが行われている。

3. 中小河川の治水・環境上の課題

(1) 共通方策

中小河川では予算上の制約、総延長が長いなどの理由で、河道・洪水・環境に関する基礎データが少ない。すなわち、河道の縦横断面データが整備されておらず、雨量計・水位計もあまり設置されていないのが実態である。従って、中小河川における河道管理や洪水予測を行うには十分なデータの蓄積と検証が必要である。更に、環境に関する水質、植生など生態系に関するデータも少なく、地方自治体によって方策への取り組みに大きな差がある。しかし、一部の自治体では下水道事業、環境行政との連携で事業や調査が行われている場合もある。たとえば、清

表-2 川づくりにおける環境条件

	中小河川	大河川
洪水発生確率	1/3~1/50	1/100~1/150
生態系	不安定	比較的安定
住民と地域性	身近な存在	シンボリック的存在

流復活事業、神田川アユののぼり易い川づくり（東京都）などがあげられる⁷⁾。今後は、鬼束らが五ヶ瀬川の研究で示したアユの産卵環境評価法⁸⁾のように漁協と協力しながら魚類の生息環境評価手法の確立が課題である。

(2) 治水方策

中小河川の治水安全度が大河川に比して低く設定（序列化）されているのは流域全体の安全性を考えてやむを得ない面もある。しかし、シビルミニマムに達していない著しい序列化は水害を頻発させる危険性があるので、安全度のアンバランスを是正する必要がある⁹⁾。また、相対的に堤防高が低い区間があり、洪水発生に伴って越水深（外力）の大きな越水となり、破堤に至る場合があるので、堤防高調査や段階的嵩上げなどの堤防高管理を行う必要がある。のり面の植生は、川表は侵食、川裏は越水に対して有効となるので、芝刈り等の植生管理を十分行うことが望まれる。この点で武藤らの研究では曲線部の河道における水制群による砂州わんど・たまりの形成に関する実験は環境と治水を共生する技術的検討と言える¹⁰⁾。

中小河川は大河川に比べて洪水位の上昇が速く、かつ越水するまでの時間が短いので、迅速な水位予測を行う必要がある。洪水予測を行う、又は予測が行われない地点では過去の洪水ハイドロを用いて水位予測を行うこととなる。一方、都市内中小河川では内水氾濫による洪水被害が多く、下水道の整備との整合性が求められる。河川改修の進捗が遅延する傾向にあり、治水対策として下水道による管内貯留、雨水整備クイックプラン（東京都）などが行われている。

(3) 環境方策

中小河川は平常時の水量が少ないため、河道内に植生が繁茂しやすく、洪水流下の妨げとなる。また、護岸が整備されている区間ではみお筋固定により流路変動が少ないので、自然に富んだ流れとはなり難い。都市近郊の中小河川は都市化の進展とともに水質汚濁が顕在化し、下水道の整備が求められる。しかし、合流式下水道では整備後の河川は水量の低下が激しく、かつ雨天時汚濁が顕在化しており、合流改善の方策の推進が望まれる。また、川づくりにおける環境条件を大河川と中小河川を比較すると表-2のよう

な現状にある。すなわち、中小河川は大河川と異なり、洪水発生頻度が高く、常に生態系は不安定な環境にさらされている。従って、本来極めて限定された自然度、多様度であり農山村、都市近郊、および大都市などの特性の違いに応じて中小河川の川づくりの目標を明確にすることが望ましいと考えられる。

4. 課題解決のための方策

中小河川が抱える河川整備の課題に対する方策は下記のように整理することができる。

(1) 共通方策

- ・観測機器の設置と基礎データの収集・活用
- ・貯留関数法による流出解析、不等流計算による水位計算
- ・瀬・淵などの地形を考慮した検討を行う
- ・農山村、都市近郊、および大都市の各河川は地域の状況を踏まえたまちづくりと川づくりの連携、土地利用、下水道との調整を行う
- ・維持管理に配慮した施設の計画・設計・運用を行う

(2) 治水方策

- ・氾濫原特性を考慮した適切な治水安全度バランス（本支川等）の設定
- ・洪水到達時間に対応した時間スケールの計画対象降雨の検討
- ・現状の治水安全度、背後地の重要度から見た河道改修のプライオリティ設定
- ・越水した時に大きな外力が作用しないように堤防高管理を行う
- ・侵食被害を発生させないように、護岸整備や床止め下流の侵食対策を行う
- ・洪水時対応のための洪水予測、避難・水防システムの確立

(3) 環境方策

- ・水量の確保・下水処理水の導入等による平常時の河川水量の増加、雨水浸透・貯留施設の普及
- ・水質・下水の高度処理水の活用、流況調整河川などの導水事業、直接浄化対策
- ・生態系の保全、修復、再生・多自然型川づくり推進、河川伝統工法の活用、自然再生事業

- ・魚類など生息場の評価手法の確立
- ・樹林帯の適正管理手法
- ・河道特性に相応しい多自然化、自然再生
- ・住民との合意形成、NPOとの連携

5. 中小河川の川づくりに向けて

(1) 中小河川の共通方策

川づくりにあたって、基本となる地形・水理・施設データを収集し、データベース化を図ると同時に、地形変化を考慮した計算（不等流計算他）を行う。計算結果はパソコン上で表現できるなど、分かりやすい表示に心がける。更に、川づくりは河川サイドだけの視点ではなく、氾濫原特性毎に流域の都市化、まちづくり計画および環境ポテンシャルとの関係を考えて、一体的な構想として捉えることが重要である。

一方、河川管理施設数の増加、今後の財政投資の減少などを考えると、維持管理に要する人員・コストを軽減できる施設の設計、運用を行っていく必要がある。松下らは樋門を対象に劣化予測モデルを作成して、施設更新の前倒し・平準化により維持管理費を1割削減できることを試算した¹¹⁾。

(2) 中小河川の治水方策

治水安全度は河川規模、流域面積、背後地の状況等に基づいて設定されている。設定にあたっては、想定される水害被害額だけではなく、防災・都市機能、災害弱者に基づく水害ポテンシャルを評価する必要がある。

また、大河川と中小河川では治水安全度が異なり本支川合流部、支川などで安全度の低いところで被害が発生する。本川の整備率が低い河

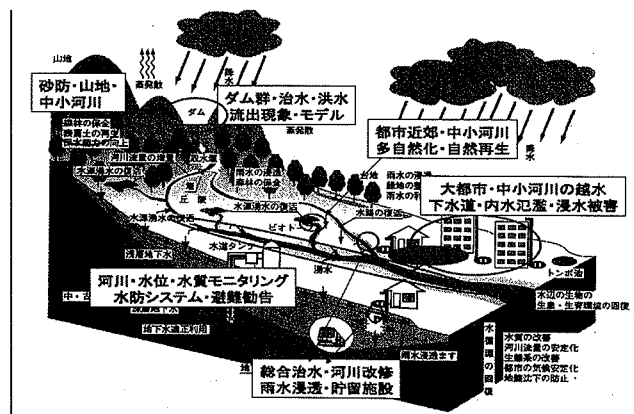


図-1 中小河川の川づくりの課題

川では序列化した治水計画が採用される必要がある。都市域では河川と下水道の安全度のバランスが問題となり、下水道の流下能力が低いために氾濫することが多い。しかし、下水道等が整備されても河川改修が遅延している場合は河川への排水は制限されることとなる。このような都市特有の中小河川は都市型水害対策としてきめ細かい検討が重要となる。

2001年6月には東海豪雨の経験を踏まえて、水防法も改正され都道府県知事が「洪水により相当な損害が生ずる恐れのある河川」と判断した河川は洪水予報河川の指定を行い気象庁長官と共同で洪水予警報の発令を行うとともに浸水想定区域、浸水深の指定およびその公表が義務付けられた。

このように行政的な対応も進展しているが、何よりも水害被害を軽減するためには洪水発生時の防災機関の対応がカギを握ると言ってもよい。そのためには水文流出現象の時間的特性とその要因を把握し、降雨予測、水位情報の伝達がいかに的確にされるかが課題となる。中小河川は急激な水位上昇がその特徴であり、10分が勝負である。そのための水位情報のテレメータシステム、水防体制、迅速な情報伝達システムの構築が期待される。藤田らは下水道・ポンプ・農業用排水路を考慮した内外水氾濫解析モデルを用いて、10分雨量・水位・浸水深を出力するリアルタイム浸水情報提供システムを構築した¹²⁾。

(3) 中小河川における環境方策

中小河川における生態系の修復、自然再生の川づくりは河道だけで実現することはできない。河川の背後地、周辺環境をよく調査する必要がある。用地取得など社会的条件、河川の適正な利用が検討されなければならない。潜在的自然度、多様度を考慮し農山村、都市近郊、および大都市によって中小河川の川づくりの目標を明確にすることが重要となる。

第1の問題は、都市における中小河川は人間活動が主体となり極めて限られたスペースしか期待できない。従って、河川敷や周辺空間の土地利用と連携させた川づくりが考えられる。河川を含むビオトープづくりでは公園と一体的にゾーニングし、点から線に、線から面に連続性ある空間が自然修復には必要である。元々中小河川が持っている自然のポテンシャルはそれほど

大きいものではないと考えられる。水野によれば川の大きさ(流程)と魚類の種類数はほぼ比例関係にあり、流程の短い河川には魚の種類数も少ない¹³⁾。従って、都市域にある中小河川では目標とする課題をあまり自然度の高いレベルに置くと乖離が大きくなることは明らかであろう。他の地域からの移入によらずせめて地域特有の潜在的な自然度となる指標を選ぶ必要がある¹⁴⁾。

第2には洪水頻度の問題である。より自然度の高い河川では洪水による増水や水位変動が生物生産力を高める。洪水が流域の土砂や栄養塩類を運び、かつ堆砂を促進させるからである。高水敷にはハリエンジュなどの樹林化が進み河道の流水部が益々洗掘され深くなり、洪水被害を拡大させる要因にもなる。河畔林は防災的機能も考慮しながら流水の阻害要因とならない植生管理が適切に行われることが望まれる¹⁵⁾。特に、農山村、都市近郊の中小河川では樹林帯の管理を適切にする必要がある。この課題では伊木らが豊平川の河道内樹林の柳を対象に30年間の河川横断変化、冠水頻度の関係を示している¹⁶⁾。

中小河川の計画規模は概ね 1/10~1/50 程度のものが多く超過洪水の生起する確率が高い。近年、都市部の中小河川は局所的な集中豪雨など豪雨発生確率は極めて高く、東京都の場合は50mm/hr規模の降雨は3年に1回の頻度で発生する。従って、都市部の中小河川は大河川に比べ洪水の発生する頻度が極めて高く、河川生態系が絶えず不安定な状態に置かれていることを考慮した生態系の保全、修復を目指した川づくりが大切となる。

第3には、自然修復の川づくりでは河川敷の樹林化やヨシなどの植生が繁茂し、実粗度の増大をもたらす。植生の繁茂は洪水時の流水阻害となり河川計画上の流量を確保することは困難となる。中小河川をモデルにヨシの繁茂した河道の水理実験では粗度係数が計画値の2倍以上になり計画流量の70%程度しか流れないことが検証されている¹⁷⁾。今後、河川の自然修復を行う上で、流下能力を如何に確保するかという課題は規模の小さい河川ほどシビアな問題になる。

(4) 治水と環境が共存した川づくり

最後に、今後の中小河川の川づくりでは住民・NP0との合意形成を図りながら、治水・利水・環境というすべての機能を追求する総合的

な川づくりが求められる。従って、中小河川は山地・砂防河川、農村・都市近郊河川、および大都市の河川においても本川との調整を図りながら総合的な流域管理を目指し、地域の特性と個性を大切にしたい川づくりを行わなければならない(2005, 須賀)。そのためには安全度バランスを考えたきめ細かな治水技術の向上、住民参加による365日の川づくりが必要となる。治水と環境が共存する手法としては、治水対策のハード面では洪水時又は長期的な河川地形の変化を許容した河道計画を策定するとともに、遊水地、流出抑制のための防災調節池や平常時水量の増加に繋がる貯留浸透施設の整備を進める。特に、遊水地は洪水調節機能を有するとともに、河道との連続性を確保できれば、氾濫原としての環境機能も有する施設となりうる。

また、河川改修に伴う河畔林の課題は萱場らによれば水際の人為的改変は魚類など生物への応答が大きい。ため水際タイプと生物量の関係を検討し、保全手法を確立する必要がある¹⁸⁾。

一方、減災に向けたソフト面では水防システム、情報伝達、避難誘導、洪水ハザードマップの作成・公表などが益々重要となる。ただし、廣部らの福井水害後の調査で明らかにされた「広報車や防災行政無線を通じた住民の情報収集は全体の半数以下であったし、避難勧告情報は避難行動を促すまでには至らなかった」ことには注意する必要がある¹⁹⁾。水害の頻発する氾濫原では家屋移転など土地利用の政策的指導・誘導が検討される必要もある。都市内中小河川は洪水の流出が極めて早い。ため10分単位の降雨・洪水予測、氾濫予測、避難警戒のためのソフト技術も必要である。

また、水質・水量の環境面では都市域と農山村地域で方策も異なる。前者では下水道の合流改善対策、雨天時の水質汚濁対策、窒素削減や浸透貯留施設の増設、維持流量の回復、下水処理水の還元などを図ることが中心的な課題である。後者では農業・畜産系由来の発生源対策、農業集落排水処理など河川・地下水の汚濁対策を進めることが研究課題である。更に、中小河川は身近な河川であり、地域住民の関心が高い利水機能の調整、親水機能の向上、および生態系の保全などの課題はNPOとの連携による河川管理とその拠点づくりが政策的には大切である。

なお、本文は土屋、末次が共同で分担執筆した。

参考文献

- 1) 国土交通省: 豪雨災害対策総合政策委員会が高齢者の避難支援、中小河川対策などを「緊急提言」、PORTAL No.040 Current Topics, 2005.1.31
- 2) 土屋十圀: 都市河川の総合親水計画, 信山社サイテック, 1999.8
- 3) 徳永智宏・戸田圭一・川池健司・間島真嗣: 短時間豪雨による都市域河川の危険度解析
- 4) 矢野信一郎・齋藤正徳ら: 堰上流湛水域における滞留特性が浮遊性藻類の増殖に与える影響の評価
- 5) 湧川勝己・末次忠司: 中小河川における計画論及び実効的な減災対策
- 6) 国土技術研究センター: 中小河川計画の手引き(案), 1999
- 7) 東京都環境保全局: 東京都水環境保全計画「人と水環境との関わりの再構築を目指して」, 1998.6
- 8) 鬼束幸樹・永矢貴之・東野誠ら: アユの産卵に適した水深および流速の選好曲線に関する検討
- 9) 末次忠司, 藤堂正樹: 減災・危機回避への方策・技術の応用, 河川技術論文集, 第8巻, 2002, pp.1-6
- 10) 武藤裕則・北村耕一・中川一: 水制群による砂州わんど・たまりの形成に関する実験的検討
- 11) 松下俊樹・上村俊英: 樋門の維持管理におけるアセットマネジメント支援システムの検討
- 12) 藤田士郎・宮崎誠・谷岡康・飯田進史他: リアルタイム浸水情報提供システムの構築と運用
- 13) 水野信彦・御勢久右衛門: 河川の生態学, 築地書館, 1992
- 14) 玉井信行: 河川の自然特性と潜在自然型河川改修の基礎体系について, 河川の自然復元に関する国際シンポジウム論文集, 同実行委員会編集, 1998.5
- 15) 水辺環境林造成に関する研究会編: 水と生命をはぐくむ緑の創造ー水辺環境林造成ガイドラインー, 1994.12
- 16) 伊木千絵美・矢部浩規・中津川誠: 河川水理による河道内樹木の稚樹定着抑制
- 17) 土屋十圀, 池田駿介: ヨシの植生帯のある複断面河道における水理, 水工学論文集, 第42巻, 1998, Vol.11, 2005
- 18) 萱場祐一, 吉田桂治, 田村秀夫, 剣持浩高他: 水際における生息場所タイプと魚類の生息分布
- 19) 廣部英一・田安正茂・宇治橋康行・玉井信行: 福井豪雨災害における被害状況と避難行動に関するアンケート調査

* 斜文字の文献は本論文集に掲載された論文である。

(2005.4.7 受付)