

水工学シリーズ 00-A-7

河道計画技術の歴史と展望

河川環境管理財団技術参与

山 本 晃 一

土 木 学 会
水 理 委 員 会 ・ 海 岸 工 学 委 員 会
2000 年 8 月

河道計画技術の歴史と展望

History of Planning Technology on River Channel Regulation

山本 晃一

Koiti Yamamoto

1. はじめに

平成に時代に入ってから、河道計画に対する技術批判の声が大きくなりました。公共事業批判、自然環境保護運動の動きの中で、河川事業を行う根拠となる工事実施基本計画とそのサブシステムである河道計画が技術的批判にさらされたのです。この批判は単に技術論のレベルにとどまらず、技術行為の目的、計画の策定体制への批判を含むものでした。

ところで河道計画は、技術の対象とする空間スケールが大きいため、近世、近代を通じて一種の統制技術として社会的枠組みに強く規制されながら発展してきました。技術の実質的な担い手は、官庁技術者であったといえますが、これも大きく変わりつつあります。

今まで続いた制度のきしみが大きくなった現在、河道計画の考え方も変わらざるを得ないところがあります。これまでの河道計画とそれを支える制度・技術はどのようなものであったか眺め、今後の方向を探る必要があるといえます。

河川技術の歴史は人類史から始まりますが、本講演会の目的から、また紙数の関係もあり、平成以降の技術状況と今後の方向について詳しく記し、それ以前は簡単に触れたいと思います。興味のある方は、拙著「河道計画の技術史」¹⁾を参照してください。

2. 河道計画技術の変化を促す要因

河川のあり様・姿は、自然的環境要因に加え、社会・文化的環境要因と密接な関係があり、河道計画は両者の関係の一つの現れである。この意味で河道計画技術の変化は自然・文化・社会経済との相互連関史として記していくのが本筋であるが、工学の視点からは、技術の質に直接に影響を及ぼす要因を抽出して、技術の向かう方向や技術の制度化のあり方を考えた方が有効であり効率的であろう。

ところで、河道計画案の策定者(組織)は、河川に関する種々の利害者(集団)が期待する河川の各種機能の効用の増進・維持という目的のため、計画対象河川に関する自然的・社会的条件を蓄積された情報や新たに計画目的に合わせて調査した情報より把握し、河川に関する知見・理論に基づいて、河川を制御する手段の編成方針および行動方針を必要な資金・労働力と計画の実行による効用の増大を勘案しながら立案し、それを計画策定者(組織)に委ねる。この計画策定という行為の様式・仕方を河道計画技術といおう。

この計画策定行為を構成する各要素は、河道計画の質を直接規定するものである。すなわち各要素は河道計画技術の変化を促す要因となり得る。もちろん各要素は河道計画に対して常に外因として働くのではなく、河道計画技術を変えようとする意識的な活動が計画策定行為の構成要素の質・内容を変えることもあり、河道計画技術と構成要素は有機的・相互連関性の関係にあるといえる。また各要素も互いに独立自存しているものとはいえない。以下に河道計画技術の質的变化をうながす要因となりうるものを示そう。

- ① 計画策定者(組織)
- ② 計画の目的
- ③ 計画のための情報ストックと調査技術
- ④ 河川・流水に関する知見・理論
- ⑤ 河道・流水の制御技術と施工技術

⑥ 河川管理体制

以上、河道計画技術の質および変化を促す要因となりうるものを6点あげた。このうち①、②、⑥は技術を規定する外的要因であり、③、④、⑤は内的要因といえる。河道計画技術は社会経済という大きな枠組みの変化の中で上記外的要因と内的要因が相互干渉し影響を及ぼし合いながら変化してきたものである。

以上の要因を河道計画技術の変化の分析道具とし、その変化と各要因の関係について、以下に記そう。

3. 河道計画の技術史から見た技術変化の主要因

3. 1 戦国末期から近世の河道計画技術

河川に対する人間の働きかけは、古代より、その時代の社会体制、生産力水準、技術水準と密接な関連を持ちながら連綿と行われてきた。その歴史の示すところによれば社会・経済の変革期及びその直後は、河川と流域に住む人々との付き合い方の変わり目であり、河川を制御する技術が高度化し、河川の姿が変貌していく時期でもあった。近代以前の農耕社会では、土地（河川）開発が進んだ時は、農業生産量の増大、人口の増大期であった。

この時代の河道計画技術の高度化要因は、技術を規定する外的要因（2章の①、②、⑥）の影響が大きく、内的要因は、⑤河道・流水の制御技術と施工技術が主なもので、④の河川・流水に関する知見・理論は大きなものではない。この時代、自然現象に係る諸要因間の量的関係性を法則化しうる（する）という世界観は一般的なものではなく、それを担う組織も無かったのである。以下に戦国期及び幕藩体制化の河道計画技術の特徴を要約しておこう。

（1）戦国末期から幕藩体制確立期¹⁾

・河川改修工事の目的

戦国末期から幕藩体制確立期の領主にとって、河川改修工事の第一の目的は、既存水田を水害から守り、かつ新しい田畑を開発し、支配地の農業生産力を増大させることであった。農業生産力の安定のためには水が必要であり、治水と利水は同時並行的に計画され、目的論としては未分化の状態といえる。

戦国時代末期になると有力戦国大名は、検地を通じて在地小領主層への支配力を強め家臣団とし、在地の農民と分離させていく。戦国も終わると豊臣秀吉は刀狩を通じてより分離を強めていく。このような領国支配体制の変化と鉄砲という戦闘様式の変化は、領国の中心に天守閣を伴う城郭を中心とした家臣団、職人、商人の住む城下町の形成をもたらした。この城郭と城下町の整備に当たっては、城および城下を守る水壕として既存の河川の付け替えなどが行われた（加藤清正による白川、毛利輝元による大田川など）。戦国期、河川を防御ラインとすることは戦略上当然のことであったが、河川を積極的の攻撃用の手段とすることも行われた（豊臣秀吉による備中高松城水攻めなど）。

また戦国期が終わり、領国支配の安定性が増すと、舟運路改良のための工事が行われるようになる。

・河川改修計画の基本方針

大名の領国支配力が増し領国の一円支配が可能になると、領国を単位とした一定の構想の下に統制された河川改修工事が行われるようになる。武田信玄による釜無川、加藤清正による菊池川・白川などの河川工事は、領国の支配権の強化なしにはありえないものであった。

堤防の高さは、流量という概念が確立していないので、既往の洪水時の水位を参考に定めたと思われる。ただし、投入しえる資金や労働力の制約より、特殊軍略上のものを除けば高いものではそれほどなかったと考える。せいぜい10年洪水規模であろう。

加藤清正は、ある一定以上の洪水流量に対して意図的に洪水を穏やかに導く堤防や片側だけに堤防を作り、全体としての洪水被害の軽減化、すなわち左右岸での洪水被害の差異化を行っている。これも領主権力の強大さがなければ出来ない計画である。

・河岸防御工法

河川に積極的に働きかければ、その領国内の河川の特性に合った河川工法が発達する。急流河川の多い甲州では種々の牛類の発達を見る。加藤清正は切石を用いた石積み水制や石積み堤防を築造している。城普請の技術の応用であろう。

・資金と労働力

大規模な河川工事に領民を動員する場合、飯米あるいは賃金の支給が必要であった。これを行うには兵糧を含めた資本蓄積なければならなかった。領主支配権の強化による収入増がこれをなし得たものであるが、金・銀山開発や海外貿易による収入などもこれらの原資の一部となったであろう。

(2) 幕藩体制化の河道計画の性格

この時代、近代の計画洪水流量のような計画対象空間を貫く具体的量的指標や技術概念が無く、当然意識化された河道計画という枠組みもなかった。計画対象空間としては、舟運路の開削や利根川の東遷事業のように水系スケールを超えるものがあったが、計画の技術としては構想に関わるものであり、その構想を計画空間スケールで捉える具体的技術指標は無かったのである。したがって成文化された法令、地方書（地方役人の一種の行政事務マニュアル）の川除技術にかかわる記述は、空間的には大きくても河川の蛇行スケール以上にはなり得なかった。ここでは河道計画技術と関わる局所の技術の特徴と性格について記し、それとの関連の中で広域的技術の特徴を示そう。

① 局所を対象とした技術の特徴と性格

・川除技術の統制化

川除普請は農業生産力の増大・再生産の維持のための条件であり、支配層はこれに重きを置かざるを得なかった。治水・利水施設の小破は村方の負担で修繕し得ても、広域的な災害や重要治水利水施設の補修・再築については村方で負担し得るものでなく、支配層は制度的に川除普請を統制・実施していかざるを得なかった。

幕府・藩の資金を適切に無駄なく効率的に投資するため、地方役人用の行政指針、川除普請の共通仕様書が要求され、幕府においては勘定方から地方役人に対する川除普請に関する指示・法令が發布され、またそれらを集約し必要情報を加えた地方書が生まれたのである。17世紀前半は地域性を持った川除技術が中央に集約される時期であった。18世紀、八代将軍吉宗の時代、川除に関する制度面の確立がなされると、川除技術は勘定奉行のもとに統制され制度と一体となっていく。技術が制度化されると、沖積地の開発余地もなくなったことと合わせ、その変化が見られなくなる。

・財政と川除技術

普請費用が被害を受ける地域のものでなく公域的資金となると、地方の要望を受けた地方役人の見積もりは過大となり勝ちであった。ここに勘定方と地方役人との矛盾が生じる。これに対しては、吟味を厳格にし、普請箇所を減らすこと、不正役人を罰することで対処した。18世紀中頃よりの幕府財政の窮迫に対しては、普請の格を下げ、費用のかからない工法を採用することで対処している。矛盾を技術的改良で突破するという行動は見られない。

幕府中央の普請役は、土木普請の見積もりチェックや監督者、完工検査者であって、制度化された技術を忠実に実施させる立場にあり、技術改良の担い手という意識は少なかったといえる。

航路開発・維持の中には、商人資本で実施されたものがあった。これも許可等を通して武士層に統制されていたこと、数が少ないこともあり、民間技術として独自の発展とはなり得なかった。

・工事の施工者と技術

川除普請は、小工事は自普請で、領主普請などは村請で行うことが多かった。名主などの村役人は、見積書、出来高帳などを提出した。局所川除技術の実質的な担い手は村の有力農民であり、技術の蓄積と改良の担い手もこの層にあったといえる。この層の中には地方巧者として地方役人として取り立てられるものもあった。

技術の開発を担う制度的な仕組み、医学・算学のように技術情報の交換や相互批判を行う学的集団が形成

され無かったことより、身分の引き上げによる人材の登用という制度に乗らない限り、技術改良は制度の中に取り入れられなかったといえる。ほとんどの技術的試みは、単発、局所に終わり広域化されなかったといえよう。

・川除工法選択基準

近世の川除技術は、特定の河川を対象として発達した各種工法を河道分類によって適用工種を示すという技術体系となっている。河道分類としては、泥川、砂川、石川に分け、さらに川幅の広狭、川瀬の急緩、河道の平直と屈曲が使われている。すなわち、河道特性を河床材料、川幅、河床勾配、河道の平面形を指標として捉えている。ただし定量化されていない。この分類指標は現在にも通じる優れたものである。

・外国技術との関係

川除技術については、中国の影響が見られるものがある。近世における武士層の理論、知識、教養は中国の学問にあったことより技術の伝来があったと考えるのが自然である。ただし、地方書に見えるほとんどの水制工種はわが国独自のものである。西洋の影響は測量術を除けばほとんど見られない。

・施工技術と材料

天然素材を材料とし、人力、畜力などの動力減とする土木施工技術の姿は江戸期においてほとんど変化がなかった。鉄製道具の普及、農具・建築用鉄製道具類の多様化など土木用工具類の技術進歩はあったが、土工の生産性は、地方書の積算仕様を見る限り余りなかった。施工法、材料が変わらない以上、これが川除工法を変える大きな要因となり得なかった。

・河川・流水に関する知見と川除技術

近世において、河川・流水に関する認識上の進歩は、ないとは言えないが大きなものではなかった。したがって認識上の進歩が川除技術を変えたと明示できる事例を見ない。

② 広域的計画技術

計画対象空間が大きくなると、計画の実施によって影響を受ける利害関係者が増加し、また工事費用も増大する、局所を対象とした技術と異なった性格をもつようになる。

・地域間の利害の調整

近世初期の大河川開発時代、河川工事は幕府、藩の権力上層部の発意と意図のもと、強力な力と権威の下で実施された。ここでは左右岸、上下流間の公平性の原理よりも、当時の技術力、財政力、歴史化された地域間の力関係、社会関係を踏まえながら、開発主体者（幕府および領主）が考える便益の最大化を求める計画がなされた。17世紀後半になると大河川工事は少なくなり、災害復旧的工事が主なものとなる。この工事の発議は村方と成ってしまい、広域的な河道計画の技術が必要とされる局面は少なくなってしまう。ここでは治水秩序の維持が前提とされ、基本は古来の仕切り（旧慣、取り決め）に復旧するというものである。

・技術の変化

広域的な河道計画を立案するという局面が少なくなり、技術の適用場が無くなれば、技術を体現する人材はいなくなる。文献や伝言に頼るしかなくなるのである。18世紀以降、局所技術の革新もなくなり、これが広域的技術を変化させることもなくなった。技術は18世紀中頃から停滞してしまったのである。

・河道計画を技術化する手段の概念

広域を対象とする河道計画が技術化されるには、対象空間を貫き得る手段概念が必要である。空間の構造・特徴に関する乏しい経験的知見を基に、目的に応えるように計画し実践せざるを得ず、きわめて投企的な行為であったといえる。行為の結果と目的が対応しないことも多く、手直しや計画の放棄を強いられた。水と土砂に関する知見が少なく、計画の実施による河道・洪水変化の予測制度が低かったのである。

河道計画に関する経験を積み上げ、それらをなんらかのカテゴリーで分類分けし、分類ごとに対応方針を記述していくという方向が局所技術と同様にあり得たが、事例が少なく、それを統合化し分類するという概念化操作を行うまでには至らなかった。

3. 2 明治から昭和の河道計画技術の変化とその要因¹⁾

明治の初め、オランダ人は欧州の最新河川技術をわが国に持ち込んだ。この技術に対する日本人の反発は少なく、積極的に取り入れたといえよう。オランダ人のもたらした技術のうち、大きなものは次の2つであった。

- ・ 計画洪水流量という技術概念を持ち込んだ。これにより計画対象空間を量的指標で結び付け、河道の縦横断形を定量的に設定するという技術体系が導入された。この計画洪水流量という量的指標の背景には、流量を評価するための流速公式という水理学・力学、水位および流量を測定する技術という近代的科学技術があった。
- ・ 河岸侵食防止や航路水深確保のための護岸・水制工法として、粗朶沈床、柴工水制（ケレップ水制）を持ち込んだ。

ヨーロッパの技術を積極的に受け入れたのは、欧米の進んだ科学技術を学び、欧米に追いつこうとする時代風潮にあるが、政治体制の変革を通して中央集権的統治体系が確立し、河川という公物を国と県という単位で管理また計画しえる主体が形成されたことも原因しよう。また欧米においても河川技術は経験に頼ることが多く、水理学的知見もそれほど高度なものではなく、なじみやすかったこと、導入された技術が宗教色の少ないこと、受け手であった武士階級の教養・社会観・倫理観が宗教色の少ない儒教であったことも原因しよう。明治も後期になると日本の気象、地形、社会特性に合った技術改良が行なわれるようになる。以下に2章で示した技術の変化要因ごと簡単にその変化を記そう。

① 計画策定組織

明治初期の治水組織はめまぐるしく変わったが、1896年（明治29）の河川法の制定により、河川を国の公物とし、地方行政長は国の機関としてこれを管理するものとした。計画策定方針および技術は内務省土木局に統制されることになったのである。1964年（昭和39）の河川法の大改定において二級河川は都道府県知事が管理するものとなったが、補助金等の財政面から技術は中央政府に多くを委ねざるを得ず、状況は余り変わらなかった。技術の担い手は、内務省、建設省、都道府県の官庁技術者が担ったのである。

大正頃までは、計画担当技術者の技術能力・学習経験に応じて河道計画技術に多少の色合いの違いが見えるが、昭和の時代に入ると治水工学に関する教科書また技術マニュアルなども書かれ、治水技術の標準化が進む。戦後は、昭和30年代から河川砂防技術指針（1958）、同改定（1976）、河川管理施設構造令（1978）などが制定され、技術がより精緻化、標準化された。

「技術は、それぞれの時代の社会からの要請に応えようとして進歩発展する。技術基準は、従ってその策定当時の技術水準を示し、その時代の社会の要請を反映したものとなる。我々がここに新しく定めようとする技術基準は、いわば現在という瞬間におけるスタンダードである。これに対するアンチ・テーゼは必ず出現するであろう。できる限り頻繁に、この基準（1976年河川砂防技術基準（案））²⁾の見直しが行なわれるように切望する次第である。」という梅野康行の「はしがき」における切望にもかかわらず、その後基準類は法令的役割を演じ、弊害も見られるようになった。河川事業量の増大、新たな河川に関わる課題の出現にもかかわらず、これに見合う官庁職員の増大がなされず、河川に関わる業務の多くを民間コンサルタントが担うようになり、官民含めて河川技術者のよりどころが構造令、基準類となっていったのである。

計画主体、計画制度が大きく変わらず、計画組織そのものが河道計画技術を変えることはなかった。

② 計画の目的

河川法の制定までは治水工事を予防の工（治山と低水工事）は国が、防除の工（治水のための堤防・護岸などの工事）は地方庁が行うものであった。舟運に重点があったため水路水深確保が目的となり、現況河道状況を見ながら水制を設置していくというものであったが、河川法制定以降の国の治水工事への重点投資への転換は、低水工事への配慮を少なくし、河川の蛇行度はなるべく小さくするような計画や蛇行部のカットオフ・放水路が計画されるようになる。より意思的・計画的なもの変わってきている。経済成長による原資

の増大もこの方向に拍車をかけた。戦後になると航路維持への配慮はなくなってしまふ。その後、治水第一主義は原則にまで昇華されてしまった。

利水はその量が洪水流量に比べて2オーダーほど小さいので、河道計画技術には直接的に影響を与えないが、昭和10年代以降の河水統制に始まる多目的ダムは、計画洪水流量を通して河道計画技術に影響を与え、また昭和40年代以降の河口堰の出現は、河道の縦横断計画に考慮しなければならない項となった。

計画の目的は河道計画技術を変える主要因なのである。

③ 計画のための情報ストックと調査技術

計画策定のために意識的に水理・水文調査を実施したのはオランダ人たちであった。計画洪水流量設定のため、洪水時の水位を縦断方向に何点か測定し、これと河道横断測量結果、流速公式から洪水流量を推定したのである。明治中期になると流速公式と実際の流速に差異があることに気づくようになり、淀川では修正を行なっている。大正期には洪水観測が実施されるようになり、逆算粗度を求め、それを基に粗度設定するというも行なわれるようになる。直轄河川で逆算粗度を用いて粗度設定するのが一般となったのは昭和30年代であった。

降雨量と洪水流量の関係、流出解析により洪水流量を推算するには、洪水観測所が流域に密に配置されなければならない。大正期の終わり頃からこれを実施しえる観測網が整備され、昭和期には降雨量から洪水流量を推定する方法が取り入れられている（観測所洪水観測流量、痕跡水位による推定流量、付近河川の比流量から推定、雨量観測から推算流量の4方法があった）。降雨観測および洪水観測のデータの蓄積は、水文量の統計解析を可能にする。一級河川において統計解析を基にした計画洪水流量の決定が一般化したのは、漸く昭和の40年代であった。

河川の縦横断測量結果の蓄積は、河道の変化の状況を把握し得るようにする。河床変化速度の定量的分析・土砂収支の検討が行える基盤ができたのである。常願寺川では計画論の中に土砂収支の観点が取り入れられたが（1949年の改定計画、鷲尾豊龍が担う³⁾）、土砂収支を勘案した計画はその後実施されなかった。常願寺川のように河床変化の大きい河川は少ないこと、昭和30年代以降は砂利取りが盛んになり、むしろ河床低下対策が技術課題となってしまったことによる。

④ 河川・流水に関する知見・理論

技術について現場の河川技術者の創意・工夫を通じた日本化が行なわれたが、河川・流水に関する知見・理論は、大正期まで専ら欧米からの輸入学問であった。漸く1926年（大正15）内務省土木試験所に水理実験所が建設され、調査研究を専務とする組織が生まれた。また大学からも学術的研究が論文の形で発表されるようになる。学と技の分化の始まりである。1960年後半になると、経済成長に伴う土木工事に対応する技術者の増大の要求に応えるため、土木系の大学講座が急増し、大学から論文が大量に生産されるようになる。新しい知見の増大となるのであるが、実際の河道計画技術に取り入れられたものはそれほど多くなかった。

水文統計解析手法、流出解析手法、水位計算手法（計算手段の高度化と一体となり、等流計算から不等流計算へ、さらには不定流計算へ、一次元計算から二次元計算へ）など水理・水文にかかわる成果が取り入れられたが、土砂に関わる問題は、多くの研究がなされたにもかかわらず余り技術化されなかった。河道縦断計画にかかわる静的あるいは動的安定理論は放棄され、また流砂量公式を利用した1次元河床変動計算も、流砂量の評価式の精度が悪すぎ参考程度にしか使われなかった。また移動床の粗度に関する研究成果は、逆算粗度による粗度設定が主流であったため、1980年代においても局所河道設計や河川構造物の設計検討に使われたに過ぎなかった。砂州については、木下良作の研究（1957）⁴⁾をきっかけに多くの研究がなされ、漸く1970年代後半頃から河道平面計画に取り入れられるようになった。

⑤ 河道・流水の制御技術と施工技術

明治後半の淀川、利根川などの高水工事においては、堤防築造・浚渫に、機関車、土運搬船、掘削機、浚渫船が使われた。これらの大部分は輸入品であった。またレンガ、コンクリート、鋼材などが使われるように

なった。土工の生産性の向上と洪水に耐える構造物の出現が、人間の意思を実体化する基盤なり、スケールの大きい計画がなされたのである。しかしながら工事の機械化は順調に進んだのではなく、むしろ失業対策という観点から、人力量の多い工事を意識的に行なうということも行なわれた。本格的な機械化が進んだのは、日本経済の成長により労働力不足が見られるようになり、さらに建設省の河川工事の民間への完全請負化（1959）が始まってからであった。このころから護岸・水制にコンクリート異型ブロックが多用されるようになり、構造物は耐久性があり、かつ長年間腐朽しないということが暗黙の前提として計画が立案されるようになった。維持という観点が弱くなるのである。災害復旧制度の充実もこの傾向を助長した。

⑥ その他

旧河川法における国の河川管理は工事主体のものであり、プロジェクトとして計画年内に完成されるべきものであり、予算もプロジェクトに対して付けられるものであった。戦後、予算は単年度主義に変わりプロジェクトとして弱いものなり、さらに新河川法では計画の基本である工事実施計画は完成年の示されない計画となり、実行計画とはいえないものとなってしまった。地域計画と連動できないものとなってしまったのである。

4. 環境と構造改革時代の河道計画技術

4. 1 バブル景気と平成不況下の治水事業

昭和58年（1983）以来、拡大していた景気は、予定していた円の対ドル価格上昇率（G5ではドルに対して12%程度を予定）を超えて急昇し、輸出の不振により昭和61年（1986）に入って悪化した。これに対しては、公定歩合を引き下げるとともに、翌62年には「緊急経済対策」として事業規模5兆円の財政出動を行い、年度内1兆円の所得税減税を先行実施させるという大型の補正予算が組まれた。

第7次治水事業5箇年計画（昭和62～66年度）は、ちょうど、このような時期に総額12兆5000億円（調整費2兆3600億円を含む）の計画であった。この計画では、長期構想（およそ10年後の目標）に基づき、①安全で活力のある国土基盤の形成、②社会・経済の発展に向けての水資源開発、③うるおいとふれあいのある水辺環境の形成、図ることを基本方針とした。この計画では、従来、河川・ダム・砂防等の事業の種別（縦割）ごとに事業費を定めていたが、施策の総合化を図り、状況の推移に応じて機動的・弾力的に事業を推進するという観点から、上述の3施策ごとに事業実施の目標および事業費を定めた。

ここで注目することは、「うるおいとふれあいの水辺環境の形成」が謳われ、治水、利水とともに環境が三本柱として位置付けられたことである。これを実体化するために、昭和62年に河川整備基金の創設、ふるさとの川モデル事業、マイタウン・マイリバー整備事業、昭和63年に桜づつみモデル事業、ラブリバー制度、平成2年（1990）に多自然型川づくり事業、河川水辺の国勢調査、平成3年には魚が登りやすい川づくり推進モデル事業などの新規事業、制度を設けている。

「安全で活力ある国土基盤の形成」では、大河川の氾濫による壊滅的被害の防止、都市の慢性的浸水被害の解消および土砂災害による被害の防止、農山村の活力を促すための治水対策の推進、の3点がかかげられた。ここで河道計画に新たな視点を取り入れなければならないものとして、「大都市の関わる河川を中心に超過洪水に対しても破壊氾濫を防止するための堤防の質的強化を図る。」が提示され、スーパー堤防整備事業が昭和62年度に創設された。翌年一部改定された河川法によって法的に位置付けされた高規格堤防特別区域として、利根川、江戸川、荒川、多摩川、淀川、大和川の計798kmが指定された。

この第7次5箇年計画の始まった年は、景気の底を離れ、経済成長の拡大期に入った時期であった。その後平成3年（1991）5月まで続く平成景気となり、株価や地価の暴騰という「バブル」が発生したのである。この間経常収支の黒字が続き、米国からは内需拡大が求められ、平成2年より10年間に430兆円を公共事業に投資することが閣議決定され、また排他的取引慣行、系列関係などの競争制限的な日本市場の自由化が求められ、日本政府もこれに応えようとした。

昭和 64 年 (1989) 1 月 7 日、昭和天皇は崩御し、元号が平成に変わった。この年は世界的に激変の年であった。11 月にベルリンの壁が崩壊し、東ヨーロッパ社会主義体制の解体の始まりとなった。アジアでも 6 月、中国で天安門事件が発生し、翌年には湾岸戦争が勃発している。バブル景気に沸き、大国意識の芽生えるなか、世界は大きく変わりつつあったのである。

河川を取り巻く環境も、また変わり始めていた。昭和 63 年 3 月 30 日、長良川河口堰本体建設工事 (河口より 6 km 地点に河床掘削による塩水進入の防止、また水資源開発施設として河口堰を設置するものである) が着手された。折から 6 月、カナダのトロントで開催された先進 7 カ国サミットにおいて地球環境問題が取り上げられ、その 1 週間後にカナダ政府主催の「地球環境問題に関する国際会議」が開催され、地球温暖化、海面上昇など刺激的な地球環境の予測結果が報告された。わが国でもマスコミの話題となり、環境問題は国民的また政治的課題となり、河口堰工事反対運動は自然保護運動のシンボルの存在となった。

翌年、わが国はゼネコン汚職で沸き立った。金丸・前自民党副総裁が 3 月に、6 月には石井・仙台市長が、7 月には竹内・茨城県知事が、9 月には本間・宮城県知事が、それぞれ収賄容疑で逮捕され、マスコミに、政・官・業の鉄のトライアングル、談合、天の声、ヤミ献金などの言葉が踊り、公共工事の必要性に対する国民の疑念が広がり、河口堰はその批判対象のシンボルともなった。反対運動は衰えることなく、その後の政治課題となると同時に、河川に関わる情報公開問題など、河川行政の方向に大きな影響を与えた。なお平成 5 年には自民党単独政権が終わり、細川連立内閣が発足している。戦後の政治構造も急速に変化し始めていた。

平成 4 年 (1992) から始まる第 8 次 5 箇年計画は、総額 17 兆 5000 億円の事業費が計画された。この計画の目標としては、① 安全な社会基盤の整備、② 水と緑豊かな生活環境の創造、③ 超過洪水、異常渇水等に備える危機管理施策の展開、とされた。新たに危機管理施策が大きく取り上げられた。

建設省は、平成 5 年より国道 16 号線の地下空間 (地表面下約 50m) を利用して、首都圏外郭放水路の建設に着手した。当面は古利根川、中川、倉松川から 200m³/s を江戸川に排水するもので、概ね 10 ヶ年で完成させる予定である。この計画は、首都圏東部の水害常習地域の排水を行い、良好な住宅・宅地の供給を図るという、土地利用の転換を目指す先行投資事業というユニークなものであり、また大深度地下トンネルと排水ポンプによる治水対策という新しい治水手段を持ち込むものであった。なお東京都、大阪府では、都市河川対策として、すでに道路地下に調節池を建設しており、それらを結び地下河川とする構想が立てられている。

平成不況は回復の兆しが見えず、平成 4 年度から毎年のように補正予算を組み、公共投資を実施し景気刺激策を取った。平成 7 年 1 月 17 日には神戸を直下型の地震が襲い 6000 人を超える死者をだしている。公共投資の増大にもかかわらず景気が回復せず、公共投資の経済波及効果の低下が言われ、無駄の多い公共投資が多いという批判がなされ、一方で国債発行残高の急増 (平成 7 年度末で 230 兆円、国と地方政府の合計長期政府債務は 442 兆円で対 GNP 比 89%) により国家財政の危機となり、「財政危機宣言」が平成 7 年に issued され、公共投資縮減、事業の効率的実施、コスト縮減が強調された。

この間、平成 4 年には絶滅の恐れのある野生生物の種の保存に関する法律が制定され、同年、ブラジルでの地球サミットの合意 (アジェンダ 21) は、ますます自然生態系の保全・改善という課題を国民的なものとしていった。翌 5 年には「環境基本法」が制定され、これを受けて建設省は環境政策大綱を制定し、そこでは、「健全で恵み豊かな環境を保全しながら、人と自然との触れ合いが保たれ、ゆとりとうるおいのある美しい環境を創造するとともに、地球環境問題の解決に貢献することが建設行政の本来の使命であること、すなわち「環境」を建設行政の内部目的化するものとする。」と宣言した。

このようななか、平成 9 年度を初年度とする第 9 次 5 箇年計画は「健全で豊かな生活環境と美しい自然環境と調和した、安全で活力ある社会」を実現するため投資額 25.3 兆円が建設省によって策定された。しかし政府は 6 月 3 日、財政改革の方針を閣議決定し、公共事業については、10 年度の予算を前年度比 7% 減とした。また 10 年間で 630 兆円を予定していた公共投資基本計画 (1995-2004) は、期間を 3 年延長し、5 箇年計画

も7箇年計画となり総投資額24兆円で閣議決定された。この7箇年計画では、阪神・淡路大震災等の教訓を生かした安全な社会基盤の形成が第一に謳われた。

計画推進上の課題として、① 河川管理の計画の客観性、透明性を高めるため計画策定過程を公開し、地域住民等の意見を反映する手続きを導入する ② 事業効率の向上と事業執行の機動性をより高めるため、事業執行・採択方式の改善を図り、事業効果の早期発現を目指す ③ 今後の河川・溪流の整備は、生物の良好な生育環境と美しい自然景観の保全と創出を図るため「自然を生かした川」を目指す(約7600kmの整備) ④ コスト縮減を目指した技術開発を推進することにより、予算の効率的執行を目指す、が上げられた。平成に時代に入って問題となった公共事業批判、計画策定プロセスに対する批判に答えるよう、事業の透明性と客観性の確保を図ろうとした。資本の自由化・世界化・流動化、一方で地球環境という資源制約下のなかで、産業構造・金融・行政・財政の改革が求められ、治水事業も同様見直しと改革がもとめられたといえよう。

回復の兆しの見えていた日本経済は、平成9年からの消費税アップ、所得税減税の廃止による消費の落ち込み、金融不安、アジアの経済危機などにより再び不況に見舞われた。公共事業のコスト削減が強く叫ばれ、既計画公共事業の再評価や新規事業の費用・効果分析の必要性が強調され、その制度化に拍車がかかった。

河川に関わる技術課題の増加とその解決、計画論の再編成が求められているのである。

4. 2 河道計画要素技術の進展とその担い手

昭和50年代、60年代に進行した河川技術を担う官庁技術者、国公立の土木系研究所の研究者、大学等の土木系高等教育機関の学者、河川系財団および建設コンサルタントの技術者の相対的位置関係、役割の変化は、平成の時代により加速し、おのおのの抱えている問題点が深刻化すると同時に、その解消を図る動きも始まる。

官庁技術者についていえば、発注業務の増大や河川に関わる新しい多様な機能に応える企画・調整業務の急増の一方で、行政効率化の流れの中で職員数が徐々に減少し、従来内部で行ってきた調査、設計業務が大幅に建設コンサルタント等の民間部門の仕事となり、業務の中で習熟していった河川技術に関する経験不足、理解度不足などが生じてきた。

河川に期待される機能の変化や新しい施策に対応するための従来技術の再編・高度化業務を建設省土木研究所、財団・民間建設コンサルタントの技術者が担う局面が増大したのである。建設省土木研究所では、このような事態に対応するため、個別対応型の調査・研究を整理し、全国的、一般的問題への予算・人材の集中化を行うと同時に、新しい課題にこたえるための組織の改変を実施している。この時代、新しい機能(河川環境、河川利用、超過洪水など)を取り入れた河川構造物の設計論、新しい行政需要の応える調査研究シナリオの作成などの技術行政的業務が増大し、技術行政を担う技術官僚と研究者の意見交換、プロジェクト調整が必要とされる局面が多くなり、また行政課題と調査研究が同時進行的に進むという状況となった。ある意味で研究内容がより社会的に統制され、効率的・重点的となったのであるが、研究者が技術行政に深く巻き込まれるようになったのである。このような状況は、時代の変わり目の過度的なものと思われるが、技術行政的な業務と調査研究的な業務が未分化の状態となり、行政と研究が持つ規範意識の差異そのものの持つ重要性、創造的研究者の育成という点からの問題も多く、プロジェクト的課題の実行体制の整備・確立(プロジェクトリーダーの専任制など)が模索されだす。

大学においても研究者教育の制度化(大学院教育の充実と拡大)に伴う学部編成が進み、折からの土木界の不祥事と環境ブームの中で土木工学科から環境あるいは情報という名の付く科、部への改名が進んだのもこの時期であった。大学人を中心とする学的集団の研究手法、価値規範(パラダイム)の下で研究者が努力・競争し研究論分の増大となったが、一方で大学人を中心とする学的集団と実践的課題に取り組む技術集団との問題意識のずれや成果の評価軸のずれが大きくなり、これに対する危惧もあり、学と技を取り持つ場作りの動きも始まる。

昭和 59 年 (1984)、土木学会水理委員会の下に「河川懇談会」が発足している。この懇談会は大学の水理水文研究者と建設省河川局の技官との懇談を通して、大学の研究者に現実の工学的課題を伝え、かつ研究成果を実務に反映させる一助とするという視点で運営された。平成 8 年 (1996) からは、活動内容の一層の活性化を図るため、大学の若手研究者が中心となり現場の技術課題のうち、一般的、共通的なものを取り上げて調査研究を実施することになった。研究課題は河川懇談会で設定し、公募により研究参加者を募集し選考するものである。公募課題は、平成 8 年度 6 課題、9 年度 3 課題であった。ここに建設省が持つ現地データ、フィールドを対象とする研究が、オープンに行える場ができると同時に、大学人がより社会的・技術的課題に関わるようになった。

民間コンサルタントについていえば、受注する内容の高度化、ソフト化が進み、これに応じる中で技術的蓄積が進み、優れた技術開発力、情報編集能力を持つ技術者も見られるようになり、学会等に論文を発表するようになった。技術開発を担う部隊として目に見えるようになったのである。

平成の時代は、自然との共生という言葉がキーワードとなった時代であった。河川生態環境に関する情報の需要が急増し、従来河川に関わる技術課題に批判的にコミットしていた生態学徒が前向きに技術問題に参入する機会が増えてきた。このような中で河川工学者と協働で生態研究を行う試みが始まる。

昭和 63 年度 (1988) から始まった河川整備基金事業の一環として、河川環境管理財団の事務のもと、大学の水理学徒、生態学徒が「河川と植生」というような課題の調査研究を行い、学的集団間の情報の融合が試みられた。またリバーフロント整備センターを仲立ちとして、建設省土木研究所の河川研究者、大学の河川工学者、生態学徒が生態学的な観点より、河川を理解し、川のあるべき姿を探る目的で、特定の河川フィールドを協同して調査するプロジェクトが、平成 8 年より始まった。このプロジェクトは平成 6 年から準備が始まり、河川生態学術研究会とその中核となる委員会 (委員長、大島康行自然環境研究センター理事長) が組織化された。研究参加者はおおのこの専門分野の調査を行い、かつ研究成果をお互いに交換することによって生態系を支配する要素の相互関連性に関する理解の促進を図ることが期待された。現在 4 地区で活動がなされている。

また各地で自然愛好家や自然保護団体が、河川工事のあり方を批判する一方、平成 2~3 年頃からの多自然型川作りに積極的に参画し、技術的意見や要望を出し、それを取り入れた河川工事が行われるようになった。ここに河川技術の批判集団が生まれると同時に、技術提案を行う組織形態が生じつつあるのである。官・学・民における河川に関わる技術者、研究者の役割、組織形態は、大きく変わりだしたといえよう。

この時代に進展した河道計画要素技術としては、以下のようなものが特筆される。

(1) 河川水理模型実験の高度化とその担い手

1980 年代に入ると民間コンサルタント会社は、建設省土木研究所の筑波移転後、筑波周辺に水理実験所を持つ研究所を設置し、独自に国、都道府県の河道計画に関わる水理模型実験を担うようになった。従来、直轄河川の河道計画に関わる水理模型実験は土木研究所が主に実施してきたが、この技術は民間の技術に移りつつあったのである。土木研究所では意識的にこの流れを進め、民間の行う実験のアドバイスという形で質の確保を図った。また「河川水理実験の手引き」(1989)⁵⁾を作成し、官庁河川技術者が河川模型実験を発注したり、実験結果を利用する場合のガイドとした。1990 年には、須賀堯三 (元土木研究所河川研究室長) が編著者となり、民間コンサルタントの技術者がその多くを執筆した「水理模型実験」⁶⁾が出版された。河川水理模型実験が民間業務となりつつある象徴的は出版であった。

模型実験の高度化としては、軽量骨材を用いた模型実験の可能性の検討が、80 年代後半から 90 年代の初めにかけて、土木研究所で行われている。河川移動床模型実験に期待される内容は徐々に高度化され、またその期待に応える検討がなされたが、模型実験の精度向上の観点からは、実験に必要なコストの制約から、その限界に近づいている。今は模型実験によって得られる情報をどのように解釈するのか、また相似性の低い現象についていかに他の手段を用いて補完していくのかが問われている。課題に答えていく知の総合化を図る

組織論が必要なのである。

(2) 数値シミュレーション手法の高度化とその担い手

河道計画に当たって、種々の流量時の水位、流速、河床高の二次元あるいは三次元パターンが適確に評価できれば、その計画はより適切なものになる。水理模型実験はその手段の一つであるが、これを数値シミュレーションで代用する動きが、電子計算機のダウンサイズ化と計算の高速化によって、急速に進んだのは80年代であった。河川では検討の対象とする空間スケールが大きいこと、自由水面を持つことなどにより航空工学、機械工学の分野より遅れたのである。

流れの二次元計算は、80年代、総合治水対策の一環として氾濫解析が行われ、広く民間コンサルタントが実用技術として取り入れていった。昭和の終わり頃には河口付近の埋め立てによる水位変化の検討の中で、有限要素法を用いた計算や準三次元計算も実施された。これらは川原陸人⁷⁾や富所五郎⁸⁾などの大学人が開発したアルゴリズムを、民間コンサルタントが指導を受けながら、すばやく技術化したものである。昭和の終わり頃からは、北海道開発土木研究所の清水康行⁹⁾が、開水路における流れと河床変化の三次元変化を求める計算法(いわゆる準三次元計算法)を開発し、この領域の研究を促し、大学人を中心に多くの研究が成されるようになり、また民間においても技術開発が行われた。数値計算という技術を課題とする研究者集団が形成され、互いに競争するようになり、かつコンサルタントワークとして商品化されたのである。

しかしながら河道計画の応用となると、流れや河床変動を規定する種々のパラメータ、すなわち、粗度、流砂量、渦動粘性係数などに関する認識レベルの高度化なしには精度が向上しないこと、また検討対象空間スケールが大きいこともあって、三次元解析に対する需要が、すぐさま生じる段階とはなっていない。この技術の実用化には少し時間がかかろう。

(3) 河道特性調査法と河道特性研究

河道特性調査法を用いた河道特性の研究は、調査法の提唱者であった山本晃一¹⁰⁾の職場の移動(1981)ということもあって、この手法を用いた研究はしばらく停滞してしまった。平成の時代に入って、山本の土木研究所河川研究室復帰により研究が再開した。わが国の河川の河道特性のみならず、海外の河川の河道特性を調査し、河道特性に関する共通認識の拡大を図ると同時に、建設省技術研究会でこの手法を用いた「河道特性に関する研究」¹¹⁾が、1989～1992年まで行われた。これらの研究成果は「河道変化を織り込んだ河道計画」という方向への計画論の転換を進める契機となった。

(4) 河川生態研究

平成の時代に入ると「自然との共生」という言葉が時代のキーワードとなり、河川生態に関する研究が脚光を浴び、多くの研究が行われるようになった。河道計画技術と関連する研究課題としては、

① 植生を持つ河道内の流れ

植生を持つ河道内流れの評価手法のうち、1次元の数値計算手法に必要な植生の粗度の考え方や流れの計算手法については、土木研究所の福岡捷二、藤田光一¹²⁾によって、昭和の終わりから平成のはじめにおいて、技術として利用し得る段階に達していた。平成の時代になると数値計算手法の高度化、すなわち、2次元、準3次元の数値計算がおこなわれるようになる。一方、水理学徒の研究は、より基礎的な植生帯を通過する流れの構造解析に集中するようになった。すなわち、流速分布形と乱流構造の流体力学・乱流理論のよる現象解釈が行われた。水理学徒が、植生水理という研究対象を見つけ、この領域の問題に参入したのである。

② 植生の流れによる倒伏限界

高水敷の樹木の流水による倒伏限界の実証的研究は、平成の始め、建設省による樹木の引き倒し試験によってはじまった。この研究成果と①による流体力評価手法を結びつけることにより、樹木の倒伏に判定が可能となった。

また洪水時の草本類の倒伏限界と倒伏時の粗度が計画洪水時の粗度推定のため必要とされ、土木研究所で検討評価された。しかしながら、実証的データが少なく信頼性の向上のため研究の進展が期待されている。

③高水敷の侵食と草本類

わが国における河川植生の流水に対する耐力の検討は、1977年頃から始まった芝堤の耐越水実験から始まったが、水理学的な検討は十分でなかった。その後、福岡捷二、藤田光一¹³⁾による芝の耐侵食実験による芝堤の耐侵食強度推定法の研究がなされ、引き続き土木研究所で芝の耐侵食性と根毛量の関係など実験的研究がなされている。

これらの研究は、実験装置が大掛かりなこともあり、建設省土木研究所という技術開発組織がもつぱら担った。

④高水敷上の土砂の堆積と草本類

高水敷上の土砂の堆積現象は、今まで河道計画上の考慮事項とされてこなかったが、自然堤防帯を流下する河川では、洪水時浮遊砂が堆積し、その速度は年数mmから数cmに達する。この堆積には植生が大きく関係する。また河岸形成機構における浮遊砂と植生の相互作用の理解が、河道平面計画論の観点から必要とされた。

この研究は70年代後半に伊勢屋ふじこ¹⁴⁾などによってフィールド研究が始まり、その後平成に入って土木研究所による現地調査に基づく研究が進められた。また大学の研究者によって研究室レベルの現象観察とその流体力学的解釈が盛んになされた。

4. 3 河川法の改定と河道計画

1997年6月4日、33年ぶりの抜本的改正となる河川法改正案が国会での審議、可決を経て公布された。

主な改正点は、

- ① 河川法の目的に「河川環境の整備・保全」が位置付けられたこと、
- ② 工実施基本計画を「河川整備基本方針」と「河川整備計画」の2つに分け、前者の策定に際しては河川審議会の、後者の策定においては必要な場合に住民の意見を聞く仕組みとしたこと、
- ③ 渇水時における水利用の調整において「渇水の恐れのある段階」で調整にかかれる法的根拠がなされ、また河川管理者は当該協議が円滑に行われるようにするため、必要な情報の提供に努めなければならないと

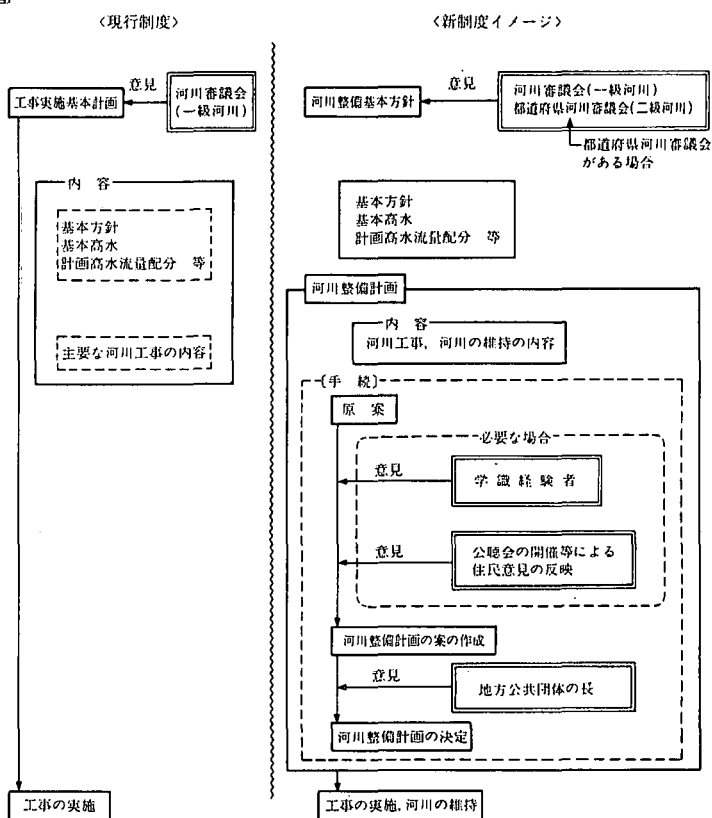


図1 新しい河川整備の計画制度

したこと、

④ 河畔林・湖畔林を河川管理施設と位置付け、樹林帯区域と指定し、公布することとしたこと、である。

この改正は、1996年6月の河川審議会基本政策小委員会答申「21世紀の社会を展望した今後の河川整備の基本方針」および12月の同審議会河川制度小委員会答申「社会経済の変化を踏まえた今後の河川制度のあり方について」を具体化するものであった。

河道計画に関わる「河川整備基本方針」は、長期的な河川整備の方針として、「水害の発生状況、水資源の利用の現状及び開発並びに河川環境の状況を考慮し、かつ国土開発計画との調整を図って、政令で定めるところにより、水系ごとに、その水系に係る河川の総合的管理が確保できるように定められなければならない」とされた。さらに河川管理者は、「河川整備基本計画方針に沿って計画的に河川工事等の河川の整備を進める区間について、具体的な河川整備の計画を定めておかなければならない」とされた。この河川整備計画は、計画を定める区間の全体についての段階的、計画的な整備を定めるものであり、個別工事の詳細な計画を決めるものではない。河川整備計画に定める事項としては、河川法施行令第十条の三に以下のように示された。

一 河川整備計画の目標に関する事項

二 河川整備の実施に関する事項

イ 河川工事の目的、種類及び施工の場所並びに当該河川工事の施行により設置される河川管理施設の機能の概要

ロ 河川に維持の目的、種類及び施行の場所

河川整備計画の目標達成年は概ね20～30年とされている。

この改正によって、計画の中に河川の保全・維持が加えられ、また「河川整備計画」という計画概念を導入し、河川の近い将来の姿を具体的に示せるようし、流域との各種調整を行いやすくしたこと、さらに計画の策定に流域の意見を反映させる手続きを制度的に確立したことは、時代の要請とはいえ、大きな改革であった。現在、鋭意計画の検討が進み、計画の策定が行われつつある。

5. これからの河道計画

5.1 技術の変化を促す要因から見た方向

ここでは、前章までに述べたことの時間軸の外延として想定される近い将来、せいぜい10年以内での河道計画とそれを支える技術の方向を技術の変化を促す要因別に述べる。

(1) 計画案策定者（組織）

多くの、また最新の技術情報を持ち、国土開発、日本の近代化の前衛ににいるという、計画の実質的な策定者であった官庁河川技術者の意識は、80年代に入ると産業の高度化、情報化の進行に伴い急速に解体し、平成の時代に入ると新しい型の河川技術者像を生み出し始める。

これからの河川管理の内容は、期待されている河川の機能のモニタリングを通して河川の維持・保全を図ると同時に流域整備計画に則ってその改良・改善のための工事を実施し、さらに河川機能の実態と計画のずれを絶えず監視し、近い将来のアクションプログラム（流域整備計画）の改定を行うということになる。プログラムの策定に当たっては、流域住民の要望や利害の調整を含む合意形成プロセスが重要となり、官庁技術者を技術の翻訳者、コーディネーターとして押し出すことになろう。河道計画の質をより合理的・論理的で、かつ専門外の人々に分かり易い体系とすることが求められるということである。一方で技術の質は高度化、複雑化の方向にある。この矛盾は次のような技術方策を生み出す。

現在の技術の動向から見ると、河道計画の個々の要素技術はブラックボックス化され、そこから取り出した情報を編集し、それを計画の根拠として流域に示さざるを得ない。そこではブラックボックス化された技

術に対して信頼されているという前提が成立する必要がある。今後個々の要素技術、たとえば降雨情報から洪水流量を求める計算や水位・河床の将来予測などは、シュミレーション技術としてパッケージ化され市場で流通することになるので、ブラックボックス化される技術の品質について社会的に信頼される組織による認証・認定が必要とされよう。また河川計画の技術として要求される質について社会的コンセンサスの水準として技術基準類も今後も必要とされよう。河道計画として表出される情報は、地域への説明のためビジュアル化、動画化、立体化が進むことになる。

個別要素技術はパッケージ化され、情報システムの中にセットされるが、これは技術の画一化でもある。情報システムの高度化が情報機器の高度化の圧力によって進む一方、河道計画の技術の質は、それを変える圧力が余り働かないので停滞してしまう恐れもある。翻訳者としての河川技術者は説明の一貫性を保持しようとするため保守的になり易い。投資配分の衡平性、効率性、安全性・環境の質の確保のため河道計画の内容・質を社会的に統制し、それを制度化していくのは国・都道府県の役割であるが、これを行政組織が自らすべてを担うことは難しくなった。国の研究機関として河川に関する知見の増大・技術の開発を行う公的研究所、大学等の研究機関の有用な研究成果や民間からの提案を汲み上げるルートの整備と技術の編成を意識的・主体的に行う社会的な組織の明示化が必要とされよう。

個々の河道計画の策定作業は、より民間コンサルタントの仕事となろう。流域整備計画の実行状況をモニタリングし、5～10年で評価見直すということになると、計画・モニタリングに必要な情報コードの統一、情報のデータベース化を進めざるを得なくなる。この点からも河川管理組織の情報システムの高度化が急がれよう。また、これなくして流域との連携は難しいのである。

(2) 計画の目的

1997年、河川法は改正され河川環境の保全と整備が河川管理の目的に付け加えられた。河川に期待する機能とそこから引き出される効用として環境が法的に位置付けられたのである。

河川法第16条により河川整備基本方針（レベル1計画）と河川整備計画（レベル2計画）の策定が河川管理者に義務づけられた。レベル1計画で示される基本方針に沿って、20～30年を計画期間とするレベル2計画を策定することとなった。河道計画も2つのレベルに対応したものが求められることになる。

河道計画としてクリアしなければならない目標は次の2つである。

- ① 河道は設定された計画規模の洪水流量（レベル1計画では計画洪水流量、レベル2では設定された治水安全度に対応する流量）以下の流量を安全に流下させるように計画する。
- ② 河道は設定された環境の質（水量、水質、生態系、河川利用、人々と川の触れ合い、景観など）が満足されるように計画する。

従来、②は水量を除けば①をクリアする際の配慮事項とされてきたのであるが、②が独自の目標となることにより、河道計画の技術は①、②に対応できるように変えざるを得ない（具体的内容については（4）に示す）。

①の計画規模水準は次のようになろう。レベル1計画では、1976年発刊の「河川砂防技術基準(案)計画編」に示された基準が踏襲されよう。レベル2計画では、当該河川の現状の治水安全度、重要度、他河川との治水安全度のバランス、計画期間内における投資可能量、計画の実行可能性などを判断材料として、流域の意向を踏まえながら決められよう。

②の計画水準については、その考え方が十分に整理されているとはいえない。当該河川が現在有している種々の環境機能と置かれた自然および社会条件によって、またそれをどのように価値付けるかによって変わるものであり、そこに個々の河川の個性が現れるものである。具体的には地域の意見を反映させるプロセスの中で確定されていこう。この場合、整備水準と効用、必要投資量、利害関係者との合意可能性、①の目標への移行プロセスプランなどの情報が計画策定のための判断材料となろう。②の整備水準は①に比べ社会経済状況の変化によって変動し易いものであり、また環境の質の予測制度は高くないので状況に応じて目標水

準、計画期間を訂正する柔軟な計画論となろう。

(3) 計画のための情報ストックと調査技術

河道計画の策定に当たっては、計画に必要とされる情報を収集し、それを計画のための入力条件、境界条件、判断材料とするため、編集、数値化、図表化する。情報の大部分は過去に観測・調査されたもの、経験されたもの、すなわち蓄積された情報であるが、必要であれば新たな情報の生産を行う。

河道計画の質は、河道計画に使用しえる情報の量と質に規定される。永々と行われてきた国土に関する情報のストック量の増大は、そこから読み取れる情報の質的転換をもたらす。戦後に行われるようになった確率降雨による計画洪水流量の設定は、長年に亘る降雨観測と時間雨量を測れる観測機器と観測網の整備なしにはあり得なかったといえる。

情報ストック量の増大、調査技術の高度化が、河道計画の技術の変化を与えそうなものについて記そう。

① 降雨観測データの蓄積と観測点の増大

近代的降雨の観測は 1875 年東京赤坂葵町においてイギリス人ジョイネルによる 1 日 3 回の定時観測から始まった。以来 120 年の記録があり、また現在、気象庁のアメダス観測網は約 17km に 1 箇所の自動観測 (1321 箇所) がなされ、建設省では 1995 年において 2885 箇所、地方自治体では約 2200 箇所の観測がおこなわれている。

長年に亘る観測は、長周期成分の降雨量の変動を実証的に評価する材料を提供している。降雨の長周期成分の実証的解明、地球気候・気象モデルの高度化により、確率降雨による計画値の設定という方法に対する信頼度が低下し、洪水防御計画・河道計画は、よりフェイルセーフ的な視点、すなわち河川・流域のモニタリング情報と蓄積された情報との比較・分析を通して計画の修正を行うという動的な視点が重視されるようになる。

観測点の増大および全国を網羅した建設省の 24 基のレーダ雨量計システムは、降雨の時間変化・空間分布特性を精度良く把握し得るものとしている。中小河川では降雨の時間・降雨量・面積に関する解析を全国レベルで実施しえる段階にある。計画流量の設定に当たってはこの解析結果を利用することになる。大河川においては、流域の小空間ごとの降雨特性と相互の相関関係を解析できることより、多重確率密度関数を用いた計画値の設定という手法が構造物の信頼性解析と結びついて検討が進むと考えられるが、これを計画の技術として取り入れるかは、一方で計画の分かり易さの要請もあり、決着のつくのは少し先となる。

② 河川地形測量

直轄河川では定期横断測量と言われる河道の縦横断測量が長年実施されてきた。これによって河道の変化を量的に把握し得るようになり、河道の変化に影響を及ぼす要因との関係の分析に基づいて、近い将来の河床変化の方向、速度をある程度予測評価し得るようになった。

河川整備計画における河道計画は、河道変化の実態把握を基に計画期間内および計画洪水規模の洪水時の河床変化を予測評価し、また洪水流下能力を算定し、それを計画策定の中の情報として繰り込むものとなる。河道縦横断測量はモニタリング情報として国土管理の根幹情報として位置付けられることになるのである。

河道計画は河道変化のモニタリング情報とリンクした動的計画とならざるを得ないのである。

③ 土質・地質調査

河川構造物や橋梁の設置、河川周辺での土木・建築工事、また最近では堤防の耐震性検討のための土質調査・ボーリング調査によって、河川周辺での地表下の土質・地質が把握できるようになった。従来、沖積河川の河道計画に当たっては、河岸や河床下の土質・地質に対する配慮が余りなされず、河床の深いところの物質は河床表層近くの非粘着性の物質からなると言うことを暗黙の前提としていたところがある。ところが河床材料とは質の異なる物質が河床近くに存在することが多々あり、これが河道特性を規定してい

ることが明らかにされている。

河道縦断方向の土質・地質の層序構造の把握、および必要に応じた横断方向の把握は、河道計画にとって必須のものであり、この情報を河道計画の技術として取り込むことが当然となろう。

④ 河川生態調査

1994 年から始まった「河川水辺の国勢調査」は、河川生態環境調査を河川管理行為の一環として位置付けたもので、5 年ごとに各環境項目（底生動物、魚介類、陸上昆虫等、両生類・爬虫類・哺乳類、鳥類、植物、河川空間利用）を調査することとされている。これは河川生態環境のモニタリングであり、環境の質の変化を実証的に評価し得ることになる。流域整備計画の実施が与える攪乱が、河川生態系にどのような変化をもたらすかを評価する技術は高度化し、河道計画の技術として取り入れられよう。治水安全度の管理にあたっては河川区域内の植生状況とその管理方針が必須の情報なのである。

(4) 流水に関する知見・理論

1997 年の河川法の改正は、河川に期待する機能の重点を変えるものであり、新しい知見、技術を取り入れるきっかけとなる。以下に河道計画に取り入れられそうなものについて記す。

① 河道変化の認知と計画論

従来、河道計画においては、計画洪水流量を計画高水位以下となるように流下断面を定め、この断面となるように河道の整正を行い、また維持管理においても定められた断面を維持するように管理するとされていた。しかしこれからは生態系にとって好ましく、かつ河川利用、景観などの観点から河道内の瀬・淵の存置・造成、高水敷上の微地形の保全が整備の目標となることがあることにより、河道は絶えず変化する動的存在であるという観点の受容となり、河道の形状管理の視点から流下能力を直接管理するものになるであろう。

自然および人為的作用に対する河道の応答変化を予測する技術は高度化したとはいえ、自然を相手にしているため不確定性が必ず残り、予測精度に技術的・本質的限界があることにより、河川・流域で生じていることを絶えずモニタリングして、治水安全度、環境の質を評価し、次のアクションプログラムへ反映していくことになろう。

① 粗度係数の設定

従来、河道の流下能力評価に必要な粗度係数は、洪水痕跡水位と流量観測より求めた洪水痕跡水位と流量観測より求めたピーク流量をもとに逆算された粗度係数を基本としてきた。しかし今後は高水敷の植生状況・土地利用を計画の条件として設定せざるを得ず、この条件に対応する計画洪水時の粗度係数を設定することが必要となる。粗度係数は、高水敷の地被状況、河道の縦横断形状、河床材料を規定因子とする従属量として扱わざるを得ないのである。

② 河道横断計画

今後の河川管理は流下能力の観点から成されると考えられるので、治水上問題が無ければ流水の作用で形成される横断形状の受け入れ、すなわち低水路の川幅は自然の形成される川幅が尊重され、もし河積が不足であれば低水路の切り下げ、あるいは複数断面化とする計画となろう。河床の切り下げに支障があり、低水路幅を広げなければならない場合は維持管理とリンクされよう。河道の動的安定性という概念と河道の変化予測が技術として取り入れられざるを得ないのである。

③ 平面計画

平面計画は流下能力を確保しつつ川らしさの演出、瀬・淵の形成などを目的としたものになろう。ここでは、河道の平面形状と砂州の配置形態に関する経験則、流れおよび河床の二次元あるいは三次元数値シミュレーション手法などが治水安全度、環境の質の評価手段として用いられよう。

低水路の法線形については、低水路の移動を治水安全度が確保しうる範囲で許容し、具体的な法線を設定しない河川区間も生じよう。また河岸はその機能からランク分類が行われ、そのランクに応じた河岸の性

能規定化が行われ多様な河岸処理がおこなわれよう。河岸の評価技術や河岸処理の設計技術が必要とされ、最新の知見が導入されよう。

④ 計画高水位

一級河川の指定区間外（直轄河川区間）においては、既存の河道計画において計画高水位が設定されており、その水位を設計条件とした河川構造物、橋などの許可工作物が設置され、また堤内地の道路や構造物、土地利用もこの水位に応じたものとなっている。既存の計画高水位は、これからの河道計画の前提条件とならざるを得ないのである。

計画高水位の信頼度（計画高水位を超える洪水の発生確率の評価精度）は、流下能力の算定に必要な粗度係数の評価精度に大きく支配される。この精度がどの程度であるか量的に評価し得るようになることは計画論として重要な技術課題であるが、粗度係数を水位の条件付き確率変数として、その確率密度関数を基に評価水位の信頼度を求めるという段階にはない。計画高水位の評価精度に関わる他の要素、例えば河床変動などを含めて計画高水位時の水位評価の信頼性を治水安全度の確保の観点から、どのように計画論として意味解釈していくかは技術論として議論が続こう。

不確実性を定量的に評価することが難しいことを考えると、粗度係数はそれを設定する時の技術水準にもとづいて最も確からしい値を設定し、そこに不確実性の概念を持ち込まないほうが良いと考える。計画水位評価の不確実性は、堤防の余裕高、超過洪水対策としての堤防強化、水防活動で対処するのが現実的であろう。

粗度に関する知見の増大、調査データの増加によって設定された粗度係数の値が適切でないと判断された場合は、河川整備計画の見直し時に修正していくことになるだろう。

⑤ 河床変動の評価

長期的河床変化は流域土砂管理計画と連動されて検討され、この結果は河床縦断計画、河床維持管理計画に反映されよう。また計画ハイドロ流下時の河床変動がもたらす流下能力への影響（例えば河口部の砂州フラッシュ）は、計画高水位設定時に取り込まれることになるだろう。

（5）土砂・流水の制御技術と施工技術

人間の持つ土砂を動かす能力は強大なものであり、河道維持のための掘削・浚渫量は河道計画の制約条件とはならなくなった。建設資材として使用し得ないシルト・粘土・微細砂は埋め立て場所の確保の観点から制約となるが、砂・砂利は有用資源であり問題とはなりえない。河床上昇防止の観点からの河道計画の立案の意義は少なくなったといえるが、河床低下は既設構造物の被害、取水障害、地下水位低下、海岸侵食の問題を生じさせる要因であり、河道計画の制約条件として今後も残ろう。

山地部での土砂制御構造物の排砂技術は高度化し、その効果は河道計画の中に取り込まれよう。

河岸侵食防止構造物については、洪水に対処しうるものがすでに開発されており、今後はいかに少ない構造物で河岸が守れるか、生態系にやさしいものとなるかの検討が進もう。

（6）河川管理組織

行政改革の動きは、河川管理をより地域と密着した流域管理の方向に向かいつつある。流域管理的色彩の増す河川管理においては、国、県、市町村の役割分担、河川管理組織、事務費の負担割合について議論されるのは必然であり、近い将来、河川管理の目的と質、すなわち河道計画の内容と質が再度問われよう。

5. 2 今後の技術課題

河川に関する知見の増大、流水・土砂を制御する技術の高度化にもかかわらず、河川に生じる現象を精度良く予測することは難しい。評価したこと・予測したことと現実に生じることとの差異を小さくし、未来に対する不確実性を小さくすること、この不確実性をフェイルセーフの観点から計画論・設計論・管理論に取り込んでいくことは河川技術者、研究者の責務といえよう。

また計画規模を超える洪水に対してリスクマネジメントの観点から洪水防御計画論、構造物の設計・操作論、土地利用論、公共財の配置・構造論として取り込み、制度化していくことは、河川に関わる者の大きな仕事である。

今後、調査・研究されるべき技術課題のうち、重要なものを挙げておこう。

(1) 河川・河道で生じる現象に関わるもの

- ・ 粒径集団別土砂移動量の評価法
- ・ 土砂生産域での粒径集団別生産量の把握・評価法
- ・ 土砂制御構造物が土砂移動・分級作用に及ぼす影響の評価法
- ・ 低水路平面形状と砂州の関係の分類と法則化
- ・ 植生が土砂の堆積・侵食に及ぼす影響の評価法
- ・ 河岸侵食機構の類型化とモデリング技術
- ・ 植生が流れの粗度に及ぼす影響評価法
- ・ 水面変動成分の量的評価法
- ・ 植生の成長・破壊機構の解明と予測手法
- ・ 河川生態系の調査技術と遷移予測技術
- ・ 流れの三次元構造把握技術
- ・ 難侵食層の強度と侵食形態・速度評価技術

(2) 計画論に関わるもの

- ・ 計画高水および計画洪水流量の設定法の合理化
- ・ 水位評価の不確実性に対する対応法
- ・ 既設計画高水位と評価水位の差が大きい場合の対応法（プラスとマイナス）
- ・ 超過洪水に対する対応法
- ・ プロジェクトの効果評価法
- ・ 維持・補修・災害復旧と計画論の関係の整理と理論化
- ・ 情報の編集方式と情報の縮約化

(3) 河道計画の枠組みに関わるもの

- ・ 河川管理組織論
- ・ 費用負担論
- ・ 河川に関わる技術情報の生産・編集・管理の組織論

6. おわりに

平成の時代に入ってから河川が持つ各種機能に関する価値の相対的位置関係の変化はすさまじいものがあった。ここ 10 年の河川技術界の動きはこれに追いつこうとするものであったといえる。近い将来、これらは制度化され解説書がかかれることになるだろう。

より先の時代には河川管理を取り巻く枠組みが大きく変わり、再度技術の編成替えがあろう。その時には、河川管理の視点は流域管理的・有機体的なものとなり、ある一定水準を越えた環境の質については、土地の自然的・社会的条件に応じて空間的に差異をつける、すなわち土地利用計画とリンクさせるという思想が強くなろう。土地の持つ歴史的、自然地理的条件の認知なしには方向性が見えないようにおもう。

参考文献

注) ここでは著書、人名が本論に記載されたものだけを挙げた。詳しくは文献 1) を参照されたい。

- 1) 山本晃一、1999：河道計画の技術史、山海堂、pp.1-658

- 2) 日本河川協会編、1976：河川砂防技術基準（案） 調査編、計画編、山海堂
- 3) 鷺尾鰐龍、1951：荒廃河川処理の一例として常願寺川改修計画、新砂防6. 1-50
- 4) 木下良作、1957：河床における砂礫堆の形成について、土木学会論文集第42号、pp.1-20
- 5) 山本晃一、高橋晃、1989：河川模型実験の手引き、土木研究所資料第2803号
- 6) 須賀堯三編著、1990：水理模型実験、山海堂
- 7) 川原陸人、1985：有限要素法、流体解析、日科技連
- 8) 富所五郎、荒木民夫、吉田宏司、1985：開水路流れの三次元数値解析法、第29回水理講演会論文集、pp.727-732
- 9) 清水康行、板倉忠興、1986：蛇行河川における3次元流れと掃流砂、浮遊砂を考慮した河床変動の計算、開発土木試験所報告第85号
- 10) 山本晃一、安田毅彦、1981：河道特性論ノート〔2〕、土木研究所資料第1745号
- 11) 建設省河川局治水課、土木研究所、1989～1992：河道特性に関する研究、第43～46回建設省技術研究会報告
- 12) 福岡捷二、藤田光一、1990：洪水流に及ぼす河道内樹林群の水理的影響、土木研究所報告第180号
- 13) 福岡捷二、藤田光一、加藤善明、森田完史、1987：堤防法面の芝の耐侵食実験、土木技術資料 Vol.29-12, pp.44-49
- 14) 伊勢屋ふじこ、1980：砂床河川における自然堤防の形成、1980年日本地理学会春期大会前刷り