

渡 辺 隆 二\*  
長 茂 昭\*\*

### 1. 河川と経済

わが国における経済活動と河川との結びつきは、長い歴史の過程を通じてわが国の主要生産物が米であったこと、貢租の対象が主として米であったことなどから、水田の開発、水稻の栽培に対しては古来より多くの努力が払われてきており、わが国の気象的地形的条件等とあいまって、治水利水に対してはたえざる努力が傾注されてきた。すなわち、水田の開発は河川のはんらんによって形成された沖積平野、特に低湿地に指向されたので、耕地化のためにはまず水を治めることが前提条件となり、封建時代における領主の積極的な治水事業の推進と新耕地の造成等に見られるごとく、時代ごとの技術水準、経済社会構造等に応じてさまざまな治水事業が各地で行なわれてきた。

明治になって資本主義体制の確立にともない、河川をめぐる条件も大きく変わり、水利用面では水力発電の発生、近代的水道の開設、工業への水利用の発展等従来農業用水が主体であった河川水の利用が産業構造の変化とともに新しい需要を生みだした。治水について西欧の近代技術が導入され、洪水防御のためのいわゆる高水工事が主要河川で行なわれるようになった。その後二つの世界大戦をはさんで幾多の曲折はあったが、主要河川は下流から上流へ、あるいは支川へと改修工事が進められ改修工事の進捗にともなって増大する洪水流量を調節するためのダムの建設が第二次世界大戦後特にさかんとなっている。

このように、治水と利水をめぐる歴史的な展開をみてみると、河川という自然の公物を、経済社会の進展に同じ、技術水準を背景として、人間の生産活動や生活に最も適合するよう制御し利用しようとするたたかひの歴史

\* 正会員 建設省河川局河川計画課長

\*\* 建設省河川局河川計画課課長補佐

であったということができよう。

このような歴史的展開のなかで、明治中期頃までは治水と利水はむしろ一体的なものと考えられ、かんがいも舟運も一般的に治水の範ちゅうに属していたが、資本主義の発展にともなう工業の急速な進展、農業の拡大、都市人口の増大は、治水と利水を分化させついに治水と利水ないし利水相互間でいろいろな競合が顕在化した。このうち、利水は水そのものを利用するという立場であるから、きわめて経済的なものであり、むしろ経済活動そのものの一側面とさえいえるであろう。したがって、これらの間の競合や衝突は産業構造の変化にともなう産業間の競合であり、利害の錯綜である。

一方、治水は土地利用の進展高度化にともなう水害被害の増大に対処して、すでに述べたように支川や中小河川まで改修が進められてきたが、経済社会構造の進展にともなう人間活動の広域化、行政の広域化は、治水を水系一貫して対処するのみならず、多目的ダム、多目的導水路にみられるごとく、治水と利水を一体化し統合して考慮しなければ、時代の要請に答えられなくなるばかりでなく、単独の目的すらも追求できないようになってきた。このような歴史的背景のもとに、新河川法等の制定が行なわれ、自然条件、制度、経済、技術を総合した観点から、新しい河川行政が進められているが、ますます進展していく経済社会の激しい変化の中で、今後の河川行政は現実を直視するとともに、将来への課題を正しく認識し、適切な開発利用と保全が調和をもって進められなければならない。

### 2. 治水事業の経済効果

治水事業と経済部門の結びつきは以上のようにきわめて密接なものであるため、治水事業計画策定に当たっても常に経済的な検討が加えられているのは当然であるが、本文では、個別河川の総体計画に対する経済的検証として、現在直轄河川について調査中である治水経済調査の手法を紹介することにした。

一般に治水事業のみならず、公共事業については、その経済的分析は理論的にも実証的にも不十分な面が多い。その理由としては、公共事業の効果が長期、広範囲、不特定におよび、その把握がむずかしいこと、事業主体が国や地方公共団体であるため、投資の決定が政策的ないし政治的要請に基づく場合が多いこと、また、投資の財源が租税であるため、民間部門におけるコストの概念が導入されにくいこと等にあると考えられる。

しかしながら、最近における国民経済のいちじるしい発展は公共投資の相対的立遅れをもたらし、経済活動のあい路となるといった事態が生じ、さらには公共投資の

拡大にともない、国民経済に占める地位もきわめて大きくなり、資金をどの公共事業にどのように配分するかが重要な問題となってきた。このため、それぞれの公共事業の分野で、投資の妥当性、効率性について研究が進められ、方法論やデータの整理も徐々に充実してきており、それぞれの公共事業部門の計画策定、事業採択に利用されるばかりでなく、経済計画においても重要な分野を占めるようになってきた。

治水事業も例外でなく、種々の検討が進められてきたが、① 他の公共事業にくらべ、その対象が地形、気象等の自然条件にいちじるしく制約されるものであること、② 対象ないし需要量が日常の経済活動ないし社会活動の諸量としてとらえにくいこと、③ 間接的な損失ないし無形の損失の評価が困難で、かつそれらの防止が主要目的の一つであること、④ 効果の分析等に当ってはきわめて技術的な理論が必要であり（たとえばはらん水理）かつ不明確な点が多いこと、⑤ 物的被害にしても対象となる資産はきわめて種類が多く、客観的な評価が困難であること、⑥ 国土の条件等の差異から国際比較が他の公共資本にくらべてむずかしく、一部を除いて参考にならないことなどの理由により、他の公共資本部門に比しておくれがちであり、資料の整備も不十分な点が少なくなかった。

このため、河川局では広く河川行政の基礎資料として利用するため、直轄河川事業の経済効果の測定と治水事業の経済的妥当性の検討をはかるため、昭和 36 年度から、「治水経済調査」を実施しており、昭和 42 年度までに調査を実施した河川（継続中を含む）は 65 河川で、このうち 59 河川については一応調査を完了している。調査結果は、経済計画等における各公共事業間の投資配分、治水事業の長期計画、各河川の事業計画作成などに使用されるとともに、さらに最近では、多目的ダムの費用割振における治水部門の妥当投資額算定にも利用されることとなった。

### 3. 治水経済調査

#### (1) 調査の内容

この調査の内容を簡単にいうと、洪水が発生した場合における河川流域の想定被害を計測して、洪水を防御することによる被害の防止軽減効果を推計し、つぎにこの効果と洪水を防御するために要する費用とを対比させて、費用便益比率方式等の方法によって治水投資の経済効果の測定、経済的妥当投資規模の検討を行なうものである。

治水事業の効果としては、物的被害の防止軽減のみな

らず、人命の損傷防止、交通通信機能のマヒによる広域的な損害、土地生産性の向上、地域開発の促進、水資源の開発利用等多種多様な効果をもたらすものであるが、この治水経済調査では、資料の関係および金額表示が比較的容易な物的被害を調査の対象としている。

つぎに、調査の方法について順を追って説明しよう。

#### (2) 想定はらん区域

調査の最初は想定はらん区域の決定である。洪水のはらん形態は流域の地形や構造物の状況等により一様ではなく、その推計はきわめて困難であるが、一応つぎの二種に区分して考えている。一つは、はらんが下流の狭さく部によって上流の平野部に貯留される型で、他の一つは山地から流出した水が平野部にはらんし、再び河道に入ることなくそれぞれの流向で流れ出る拡散型である。はらん区域の想定は、当該河川の地形によってまずこの型を決定し、つぎに無堤の場合と現時点においてははらんと想定して、洪水の流入量と流出量の差からはらん区域への流入量を時間を考慮してたん水量を計算し、浸水区域を想定することにしている。これを洪水の流量規模ごとに描いて、各流量ごとの想定はらん区域とした。貯溜型にあっては、地区別浸水深が、拡散型においては浸水深と流速が重要な要素として検討されている。

以上により想定されたはらん区域は、既往の洪水痕跡や記録、過去の事業の経緯等によって検証され決定されるのである。

つぎに、想定はらん区域内の資産および被害の把握である。この調査では、比較的計量的に把握しやすく、かつ金額として評価しやすい有形資産の被害および農作物の被害、ならびに事業所の水害による営業停止損失を調査している。有形資産は、大きく一般資産（建物、事業所および農漁家の償却資産、在庫品、家計財産）、公共土木施設（河川海岸等の防災施設、道路、鉄道、都市施設等）、農業用施設（用排水施設、農道等）に区分し、実態調査や既存の資料の利用等によって推計している。このようにして調査したはらん区域内の資産は、はらん区域を 50 cm 間隔の等高線、および市区町村の大字または町の境界によって細分された単位区ごとに配分されるのである。

#### (3) 流量規模別想定被害額の算定

各流量別洪水における想定被害額は、単位区ごとに資産種類別数量に単価および被害率を乗じて算定する。これを式に示すとつぎのとおりである。

$$\text{洪水規模別被害} = \sum_{i=1}^n A_{ij} \cdot P_j \cdot D_{ij}$$

ここに

- A: 各資産の数量
- P: 各資産の単価
- D: 各資産の被害率
- i: 単位区の番号
- j: 資産の種類

ここで用いられている被害率は、いろいろな問題を含む係数であるが、水中の物体が受ける圧力は流速と水深に関係づけられ、また流速は水深、水面勾配、粗度係数の関数で表わされているので、被害率はこれらの諸要素のうち、水深および水面勾配（実際は地盤勾配をとっている）の相関関係において把握することとした。

家屋の被害率は、地盤勾配を 1/500 以上、1/500~1/1000、1/1000 未満の 3 グループに分類し、そのグループ別に浸水深規模別（0.5 m 未満、0.5~1.0 m 等 5 段階）に算定している。事業所、農漁家の償却資産、在庫品および家計財産の被害率は、建物によって流速の要素がしゃ断されるものと考えて、もっぱら浸水深規模との相関関係において把握している。農作物の被害率は、浸水深のほかに浸水日数および水害時の農作物の生育段階により大きく異なるので、これらの要素を考慮して決定している。公共土木施設および農地・農業用施設の被害率は、はならん区域内当該資産額と、既往出水による被害の実績から流量規模別の被害率を推計している。

以上の被害率は、農地・農業用施設、公共土木施設のぞきいづれも浸水深規模別に算定されているので、各単位区ごとの平均浸水深がわかればそれに応じた被害率を用いて単位区ごとの流量規模別被害が想定できるわけである。なお、この被害率は、過去に発生した水害を実地に調査した結果（たとえば、河川局で毎年実施している水害統計調査）に基づいて算定している。

#### (4) 流量規模別年平均被害額および年平均被害軽減額の算定

治水事業のように建設された施設は、数十年もその効用を果たし、かつ何年間に一度という洪水を対象に計画されたものを、年平均効果として把握することは非常に困難であるが、本調査では、過去における水文資料から、表一1 のような確率処理方法により年平均効果を算定している。

洪水の流量規模に応ずる超過確率（洪水の各流量の年

表一1 年平均被害額算定表

洪水流量規模	年平均超過回数	$Q_n \sim Q_{n+1}$ の年平均発生回数	洪水の被害額	$Q_n \sim Q_{n+1}$ の年平均被害額	年平均被害額
$Q_1$	$n_1$	$n_1 - n_2$	$L_1$	$\frac{L_1 + L_2}{2}$	$(n_1 - n_2) \frac{L_1 + L_2}{2}$
$Q_2$	$n_2$	$n_2 - n_3$	$L_2$	$\frac{L_2 + L_3}{2}$	$(n_2 - n_3) \frac{L_2 + L_3}{2}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$Q_{max}$	$n_m = 0.00$	$n_{m-1} - n_m$	$L_m$	$\frac{L_{m-1} + L_m}{2}$	$(n_{m-1} - n_m) \frac{L_{m-1} + L_m}{2}$

平均超過回数）は流量一超過確率曲線から求められ、生起確率（流量の各単位区間の年平均発生回数）は超過確率の差によって求められる。この生起確率に被害額を乗ずることにより、各流量ごとの年平均被害額を算定し、つぎにこれを累計することによって、流量規模別の年平均被害額の総額（表一1 の記号によれば、 $\sum_{i=1}^{m-1} (n_i - n_{i+1}) \frac{L_i + L_{i+1}}{2}$ ）を算定する。この額が各流量規模に応ずる治水事業を実施したときの年平均便益となり、これを年平均被害軽減額と呼んでいる。

流量一被害額曲線は、流域の資産の分布状態により必ずしも一定の形をとるわけではないが、一般的に流量増に対し漸増し、流量一年平均被害額曲線は、流量の発生頻度関数が対数分布型とすれば流量の増加とともに生起確率は減少していくので、流量増に対して減っていく。また流量一年平均被害軽減曲線は、年平均被害額の累計値であり、流量の区間をさらに細かく細分すれば、年平均被害額の各流量までの積分値で表わされ、この曲線は流量が大きくなるにつれて減し原点に対して凸となる。

#### (5) 流量規模別事業費、年平均費用の算定

事業の経済的妥当性を検討するためには、各流量規模の洪水を防御するに要する事業費を積算しなければならない。この調査では、現行の治水総体計画における事業費をもとにして必要事業費を算定した。事業費を投じて治水施設を建設すれば、その施設は耐用年数の期間効果を年々生んでいくのであるが、この年平均効果に対応した事業費、すなわち、年平均費用を算定しなければならない。現在、本調査で採用している年平均費用の算定方法は、治水施設の耐用年数を 50 年とした場合の定額法による年間償却額と、治水施設の維持管理費の合計額を年平均費用とみなすものである。

$$\begin{aligned} \text{年平均費用} &= \text{年間償却額} + \text{年間維持管理費} \\ &= \text{総事業費} \times 0.025 \end{aligned}$$

ここでは年平均費用について利子を考慮しておらず、今後検討を要する問題と考えている。

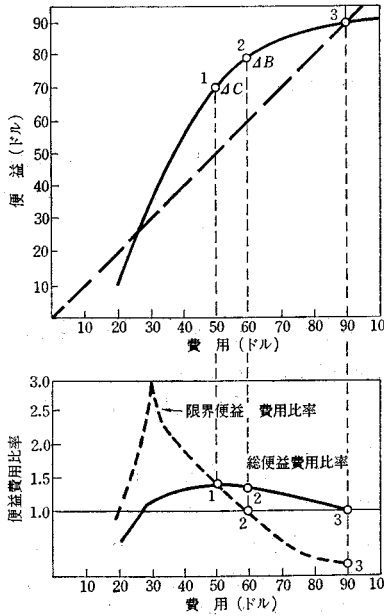
#### (6) 経済的妥当投資規模の検討

治水事業の投資計画が経済的に妥当しているかを検討する方法として、いろいろな手法が考えられるが、ここではアメリカの T.V.A 事業の妥当性を検討するために用いられた費用・便益比率法を紹介しよう。

一般に便益曲線は事業規模の増大に対し、始めは増加し、ある規模をこえると減の傾向を示しながら増加していくものと考えられる。一方、費用曲線は事業の規模に比例して増大する。図一1 でいえば、便益から費用を差しひいた超過便益は点 2 において最大となり、こ

図一 便益・費用曲線

(アメリカにおける水資源開発の投資基準, 水資源政府機関連絡委員会/河域開発計画の経済分析のための提案による)



の点における限界費用便益比率は1となっている。点1は費用に対する便益の比率が最高となる点, すなわち, 平均費用便益比率が最大となる点であり, この点において限界費用便益比率と平均費用便益比率が一致する。また点3は平均費用便益比率が1となる点, すなわち, 超過便益が存在する最大限の点となっている。

経済効果の最も高い点は, 図一1 から点2であるといえるが, 最適投資規模決定は単に個々のプロジェクトに関し, 費用便益比率図を作成するだけでは不十分であり, むしろ他のプロジェクトとの比較において, 事業の採択順位なり事業規模を検討する場で利用されることがよいと考える。

#### 4. 調査結果の概要

昭和42年度末までに調査を完了した河川は47水系54河川で, いずれも直轄河川の直轄区間に限られている。これらの河川について, 以上に述べてきた方法で経済効果の測定, 経済的妥当投資規模の検討を行なった結果, 現在河川改修計画の目標となっている高水量, すなわち, 各河川の計画高水流量における年平均便益と年平均

均費用の比率は, ほとんどの河川が1を越えており, このことは現行治水総体計画はその投資に経済的適正があることを示している。すでにふれたように, この調査は物的被害のみを対象としており, たとえば人命損傷とか交通通信の杜絶による広域的な損失等は見こまれておらず, またはらん区域内資産や被害額はあくまで調査時点の数値であって, 将来における資産の増加等は考慮されていない。このような点を考慮せずとも, 妥当投資規模を経済的にのみ検討するならば, 現在の改修計画の目標をさらにひきあげて, 計画高水流量を改訂すべきであるとの結論もでてこよう。

概括的にいって, 想定はらん区域内に人口資産が集中した大都市を持つ河川, たとえば木曾川, 長良川, 信濃川, 天竜川, 大田川, 筑後川等(淀川, 利根川, 荒川などは現在調査中である)はダメージポテンシャルが大きいために, 経済効果が非常に高くなっていることはいうまでもない。平均費用便益比率は調査河川平均で4.3となっており, これらの河川における治水事業の効果はかなり高いものであることがわかる。

最後に, 治水経済調査の問題点について若干ふれることにする。まずはらん水理であるが, 本調査では, はらん区域の決定, 流量規模ごとの資産の被害率等を過去における実績を参考にしながら想定により導びきだしている。はらん水理の解析は理論的にも実際的にも不明な点が多く, 調査に当たってはいくつかの仮定を行なった。また, 水害被害の統計的把握も系統的に行なわれ始めたのは昭和36年からであり, 被害も実態も不明な点が多い。つぎに, はらん区域内の資産を調査時点のみでとらえていることである。治水施設は長期にわたってその効用をはたすものであり, 今後の流域の状況がどのように変化するかは今後の治水事業の進め方にも大きな影響をもたらす。

別に調査したところによれば, 河川のはらん区域における資産の伸びは目ざましいものがあり, 流域人口が減少しているような河川についても資産は増加している例が多く, 最近のように激しい人口の集中傾向と全国的な資産の急増は, 流域の状況を急激に変化させている。個別河川ごとに流域の人口資産の変動を将来にわたって推計することは問題も多いが, 検討すべき点だと考えている。

以上治水事業の経済的分析について, その一手法として現在河川局で実施している治水経済調査を紹介した。

#### 図 書 案 内

コンクリート標準示方書  
 コンクリート標準示方書解説  
 人工軽量骨材コンクリート設計施工指針(案)  
 プレパックドコンクリート施工指針(案)  
 夏期講習会資料

B 6判 438 ページ 定価: 1000 円  
 A 5判 356 ページ 定価: 1300 円  
 B 6判 53 ページ 定価: 300 円  
 B 6判 38 ページ 定価: 220 円  
 B 5判 120 ページ 定価: 900 円