

段階的治水計画に関する研究 *

On Staged Improvement of the Level of Flood Prevention

室田 明 **・ 江藤 剛治 ***

1. はじめに

ある水系の治水計画を策定し、これを具現化するには、非常に長い年月を必要とする。よって最終的な治水の姿をえがくのみならず、これにいたる道筋を明らかにすること、すなわち段階的な治水計画を策定することも非常に重要な課題である。段階的な河川改修のあり方については従来より、各水系の改修計画を実現する過程で、常に最重要検討課題の一つとして議論され続けてきた。その成果は、河川計画の諸フェーズに個々に反映されてはいるものの、現在にいたるまで、段階的な治水計画手法全般を統一的にまとめたものは示されていない。

著者らは1976年以来、段階的治水計画について種々の観点から検討を続けてきた。^{1)~6)} 本論文は現時点までに得られた著者らの研究成果をまとめたものである。

段階的治水計画は非常に広範な内容を含む。基本的な治水計画を策定すれば、これを実施に移すための計画は全て段階的治水計画である。基本計画を、そのときどきの社会情勢に応じて改訂するという上位の問題も段階的治水計画である。さらに個々の工事の工程管理にいたるまで、多くの種類の段階計画が考えられる。

また段階計画は、段階的に計画を実施に移す理由・メリットの相違により分類することもできる。むしろなぜ段階的に実施するのか、という理由が明確になっておれば、特別に段階計画策定のための確立した計画手法を用いずとも、その動機を、段階計画に十分反映させることは困難ではない。その過程で個々の段階的治水計画手法が開発されることになる。

よって現段階では、ある特定の段階的治水計画問題を取り上げ、それに対する計画手法の開発を行うことも重要ではあるが、段階的治水計画が注目されるようになってきた経緯・背景、段階的治水計画の分類などを通じて、その効用、段階的治水計画手法を確立するために必要な検討課題等を明らかにすることも、劣らず重要な研究課題である。

本論文の前半はこのようなマクロな分析に当てられている。後半では指摘された検討課題のいくつかに対して著者らが開発した計画技法を紹介する。もとより1研究グループで、段階的治水計画全般に対する技術的解答を与えられようはずはないから、紹介する手法・分析は、いくつかの限定された問題に対する試論の段階にある。

2. 枠組と検討課題

(1) 経 緯

段階的河川改修計画については、古くから検討が続けられてきた。最近になってこの検討課題がトピック

* 段階施工, 治水

** Akira MUROTA, 正会員 工博 大阪大学教授 工学部土木工学科

*** Takeharu ETOH, 正会員 工博 近畿大学教授 理工学部土木工学科

スとして取り上げられるようになってきた。その経緯について簡単に考察する。

古来、治水水準は段階的に引き上げられてきた。地先水防的な治水事業に始まり、国力の充実・技術の進歩と、洪水から守られるべき流域人口・資産の集積にともなって主要な河川の改修が行われてきた。明治29年の旧河川法では、河川改修の最終目標値を明確にしておく規定は無かった。改修を行う区間については、目標とする高水流量を定めていたが、既往最大流量の更新のたびごとに、この目標治水水準の改訂が行われた。昭和39年の新河川法では、各河川の治水の最終目標として、「工事実施基本計画」を示すことが制度化された。

一方、ドル・ショック（1971年）、オイル・ショック（1973年）を契機として、わが国の経済が、高度成長経済の時代から、安定（低）成長経済の時代に入り、工事実施基本計画を早急に実現することが困難になった。このことが、段階的治水計画の意義を強めたと考えられる。理論的にも、過剰需要下で、強い予算、原材料制約などがあれば、段階的規模拡大には、十分な経済的意義があることが証明されている。^{1) 5)} 建設省の報告書⁷⁾でも、この点が強調されている。

1970年代は都市河川の治水の遅れ、治水システム間の不整合性が露呈してきた時期でもある。図-1に前川・高橋・安藤が神田川の中小洪水災害について検討した結果の例を示す。⁸⁾ 経年的に見て洪水被害の生起地点が下流側（○で囲んだ部分）に移動・集中してきたこと、下水の整備により、台地上の凹地等で起こっていた洪水は少なくなっていることなどがよくわかる。その原因としては、旧水田地帯の市街化・住宅地化の他に、河川改修・下水道

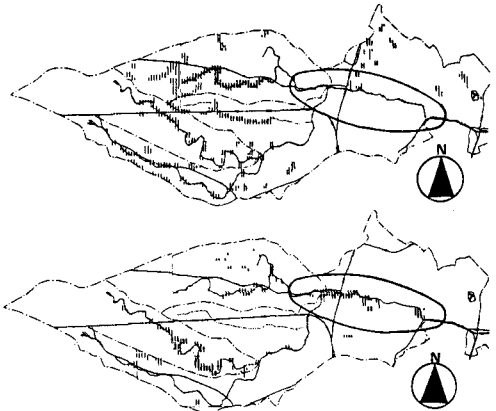


図1 神田川における中小水害の変遷
（前川・高橋・安藤⁸⁾より引用）
上：昭和36～49，下：昭和50～53

の普及の影響力が大きかったことが指摘されている。

大阪の都市河川においても、治水工事が一部の地域の人工洪水の原因になったのではないかという批判が生じた。これらが契機となって、治水施設間の整備水準の整合性（とくに下水と河川の関係）、ある地点の治水工事が他地点の治水安全度に与える悪影響を事前に綿密に検討することの必要性が認識されるようになった。

河川計画の実務における電子計算機の利用が本格化したことにより、不定流・氾濫流の数値解析手法が進歩し、治水工事の水利学的な影響を詳細に検討することができるようになった。

同時期、吉田⁹⁾、長尾ら¹⁰⁾により、交通計画の分野で段階計画に関するいくつかのすぐれた研究成果が示された。その過程で得られた知見を河川計画に援用しようとする試みもあったのではないかと考えられる。

以上まとめると、1970年代後半から段階的治水計画が注目されるようになってきた背景として次のようなものをあげることができる。

- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|-------------------------------------|--|
| { | ニ | ー | ズ | { | ① 工事実施基本計画の制度化と、安定成長経済への移行にともなう予算制約 | |
| | | | | | ② 治水工事による副次的な悪影響に対する認識のたかまり | |
| | | | | | ③ 水文・水理解析、とくに不定流・氾濫流解析技術の進歩 | |
| | | | | | ④ 交通計画における段階計画理論・解析技術の進歩 | |
| { | 道 | 具 | の | 開 | 発 | |

新たなよそおいを持って登場する段階的治水計画は、上記①～④の背景を十分反映したものでなければならぬ。

昭和52年改訂の建設省河川砂防技術規準(案)には段階計画と関連の深い記述がある。「計画編 第2章 洪水防御計画の基本 2.9 暫定計画」がそれである。解説の内容は段階改修計画であるとみなせる（分析は十分とは言えないが）。一方、昭和33年発行の初版には暫定計画の項は見られない。

(2) 段階計画の意義と分類

a) 決定変数

施設計画の決定変数は次の4種である。

- ① 種類 ② 容量 ③ 位置 ④ 時期

段階計画以外の施設計画では、通常、前3者のいずれか、あるいは全てが決定変数となる。段階計画ではさらに時期が含まれる。ただし時期には順序等も含まれているものとする。

b) 段階計画の意義

段階計画問題ではその意義、すなわちなぜ段階的な計画の実施が有利になるかという理由を明確にすることがもっとも重要である。それが明らかにできれば、最適もしくは選好解を模索するための手法の開発はさほど困難ではない。段階計画には少なくとも次の4種の利点がある。

- ① 効率の追求 ② 将来の不確実性への対応 ③ 目的の多様性・階層性への対応
④ 何らかの理由で実施順序が定まっている複数の工事あるいは施策を含む計画への対応
①, ②, ④については自明であろう。③について例を上げる。

- ① 疎通能増強(効率追求)型から安全度増強型へ ② 新規事業型から維持管理型へ
③ エッセンシャル・ニーズ(シビル・ミニマム)の確保からデザイラブル・ニーズの追求へ
④ 効率追求から公平の確保へ ⑤ 治水・利水機能から環境機能の導入へ

たとえばまずカミソリ堤を完成させ、後に補強する、場合によってはスーパー堤防とするという考え方は①の例である。

現在、ある目的のために緊急な施設建設あるいは施策の実施が必要であったとしても、上記のような諸点を考慮して、当面の計画目標が達成された後の計画の質的变化に対応できるように、計画に余裕、あるいは柔軟性を持たせることが重要である。

c) 一施設の段階的規模拡張の意義と問題の分類

分析を進めるために問題を単純化する。

著者らは1施設の規模拡張問題を表-1のごとく分類した。

表中の各問題は、1施設の規模拡張問題が意味を持つための最小限の条件を備えている。その意味で表中の各問題は素な問題を構成しているといえる。Manne¹¹⁾、長尾・森杉¹⁰⁾らが取り扱ったのは、主として過剰容量問題(図2・a)、およびこれに不確実性を考慮した問題である。一方、著者らは、公共事業については、過剰需要問題としての側面が強い場合が多いことを指摘した。

過剰需要問題は、施設規模が需要を満たしていないにもかかわらず、資金・原材料などの制約で、段階的な規模拡張を行わざるを得ないという種類の問題である(図2・b)。需要の増大、割引率などが存在しなくても

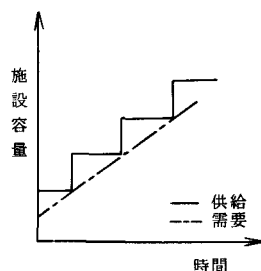


図2.a 過剰容量問題

表1 段階建設問題の分類(1施設規模拡張問題)

タイプ	A-1: 過剰容量問題	A-2: 過剰需要問題	B: 不確実性への対応
成立条件	規模の経済性の存在		
	① 需要の増大 ② 割引率の存在	① 単位期間当りの資金・原材料供給の上限 ② 施設容量不足	考察不十分
オフレンド関係	過剰(遊休)容量小 (割引率で有利になる) ↓ 規模の経済性	施設の部分供用大 ↓ 施設の一括供用を急ぐ 規模の経済性	

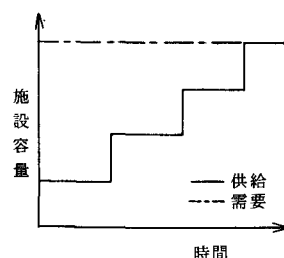


図2.b 過剰需要問題

最適拡張規模が存在する。この点で Manne , 長尾らの取り扱った例とも土木計画学委員会の出版物¹²⁾における段階計画の定義とも異なる。

他の段階計画の意義についても、段階計画が意義を持つための必要条件について十分吟味しておくことにより、段階計画の無意味な使い方を避け、その効果を最大限に発揮させるための基礎的知見を得ることが出来る。そのためにはここで示したように、問題をできる限り単純化して考察することが有効な手段となる。

d) 逐次最適化とマクロな最適化

計画評価の基準が与えられたとき、将来のことは考えず、各時点での都度評価基準を最大(小)化するような政策を選択して行くものとする。これを逐次最適化と呼ぶことにする。一方全期間を通じての評価の基準を最大化することをマクロな最適化と呼ぶことにする。逐次最適化による最適解とマクロな最適解が一致するならば段階計画は意義を持たない。なぜなら逐次最適化の場合は、段階的に政策(工事も含めて)が実施されるが、これは将来何段階か先までの計画に乗取って実施されるわけではない。段階施策ではあるが段階計画にもとづく施策ではない。平たく言えば、何段階かであることをやっても、行きあたりばったりにやったのでは計画性がないとそしられるのと同様である。よって逐次最適化による最適解とマクロな最適解が一致するかどうか、しないとすればどのような条件によるのかを明らかにすることが、段階計画の意義を見極めるための重要な論点の一つになる。

(3) 段階的治水計画の階層的分類

以下では主として効率追求を目的とした段階計画を考える。著者らは階層的な見地から次のような枠組を提示した。³⁾

① 長期計画レベル(治水水準改訂問題):水系全体の治水水準・質をいかに向上させるかを検討する。

段階計画の見地からは特に、何段階(期)程度で治水水準を向上させるかを検討する。

② 中期計画レベル(治水投資配分問題):バランスのとれた整備を行うためには、各期(第n期とする)

の目標治水水準が達成された時点で、治水施設それぞれの整備水準がどのようになっているべきかを検討する。これは各治水施設への投資配分問題として定式化される。

③ 短期計画レベル(着工順位付問題):第n期工事の範囲で、各治水施設の着工優先順位を決定する。

第6次治水事業五箇年計画(昭和57~61年)では、目標年次を昭和70年として、大河川では戦後最大洪水、中小河川、特に都市河川では時間雨量50mmに対処しうるように治水事業を進めることになっている(NM計画と呼ぶらしい)。名称から判断するかぎり、NM計画はまずエッセンシャル・ニーズの確保を目的とした治水水準改訂問題の例と考えることができる。

治水投資配分問題・着工順位付問題の例として、次のようなものをあげることができる。

A. 治水施設・方式間

① 本川と支川 ② 河川と下水 ③ 河道と貯水池・遊水池 ④ さらに種々の新治水方式*)も含めた、治水施設・方策間の段階的治水計画(とくに総合治水関連)

B. 河川改修に限った場合

① 河道区間と他の河道区間 ② 工種間(各河道区間について、河床掘削、築堤、高水敷整備、護岸・根固めなど) ③ 左右岸 ④ 狭窄部の開削・堰の取り払い等と、下流改修工事 ⑤ 治水を目的とする工事と、橋梁・樋門・堰などの工事との関係 ⑥ 用地その他の制約により、着工を遅らせるを得ない区間の工事と、その他の区間の工事との関係他

施工管理は段階的治水計画という呼称の示す枠内からはずれていると考えられる。入れるとすれば当然上記3種の階層化された問題の下位に位置する。

*) 構造的な治水:排水ポンプ, トンネル河川, 地下貯留, 地下浸透, 各戸貯留など。

非構造的な治水: 水害危険地域の公表, 避難, 土地利用規制, 水害保険, 建築指導など。

(4) 目的と制約

著者らは治水の直接的な目的と制約を、次の3つの原則の形で述べた³⁾

- ① 効率最大の原則 (the principle of maximum efficiency)
- ② 公平の原則 (the principle of equity)
- ③ 現状維持の原則 (the principle of reservation of status quo)

効率最大の原則は、流域全体としての総(年平均)被害低減額をできるだけ大きくすること、および、あるいは、総投資額をできるだけ少なくすることを意味する。公平の原則は流域内各地点の洪水危険度を均一化することを意味する。現状維持の原則は、いかなる治水工事によっても、一時的にせよ洪水危険度が増大する地点があってはならないという条件である。通常、効率最大の原則は目的関数、公平の原則は目的関数あるいは制約条件、現状維持の原則は制約条件として定式化することができる。

以上の他に、実際の治水計画においては種々の関連する制約、間接的な目的などが存在する²⁾

段階的治水計画では、工事実施基本計画等に比べ、効率最大の原則により強く重点を置くことになる。たとえば「改修期間を通じて、流域全体としての洪水被害額を最小化すること」、「重点投資」等はいずれも効率最大の原則を強く打ち出すことになる。一方、工事実施基本計画では現状維持の原則は問題にならないが、着工順位を決めるときは、他地点への悪影響が懸念されるような工事については前もって慎重な検討を行う必要がある。このように段階的治水計画では、上記3原則のトレード・オフ関係が強く表に出ることになる。このようなトレード・オフ関係を調整するためには、それらの原則の内容について、より明確な記述が必要になる。

現状維持の原則については、悪影響(洪水危険度の増大)の有無の判定基準、あるいは許容範囲を早急に明確にする必要がある。

公平の原則の適用範囲は、国民全てがあまねく制限されることなく享受することのできる、治水で保護されるべき権利、に限るのも一つの考え方であろう。

これらの点について解答が準備されなければ、段階的な治水計画手法が開発されたとしてもその運用は難かしい。

(5) モデル

現象分析用モデルは時間と金の許す限り厳密なモデルを用いることが望ましい。その結果を加工して計画用モデルを作成する。計画用モデルの具備すべき条件は計画の方法により異なる。たとえば数理計画手法を用いる場合は操作性の高いモデルが望ましい。机上の議論による計画では、わかりやすい図表等が有用な資料になる。

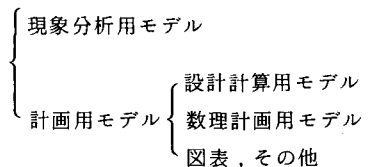


図3 現象分析用モデルと計画モデル

被害(低減額は便益)を評価するには、水文・水理解析(図4)と、流域の資産・人口等に関する分析が必要である。

水文・水理解析では河道の水理解析の精度が高く、流出解析、氾濫解析の精度がこれに続くと考えられる。このような直列システムでは、トータル・システムの精度は著しく精度の劣るサブ・システムの解析精度に支配される。よって降雨、特にその時空間分布に関するモデル、破堤の解析モデルの改善(むしろ開発)に努力を集中する必要がある。逆に計画用モデルにおいては、流出解析、水理解析、溢流・氾濫解析に対して十分簡略化したモデルを作成し、モデルの操作性を高めることができる。

本川・支川、河川・下水の間の治水投資配分問題、着工順位付問題を考えるには、各流域における洪水被害形態の違いを十分分析して、それを計画に持ち込む必要が

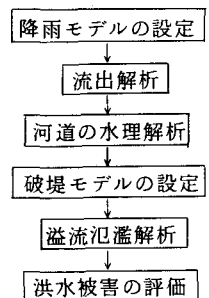


図4 水文・水理解析システム

ある。

大きな貯留施設（ダム・遊水池等）を有する治水システムの投資配分問題を解くことにも大きな問題がある。当面、計画規模よりずっと小さい雨に対しても溢水あるいは内水が生じる。このとき、貯留施設の容量何 m^3 が排水施設（ポンプ・河道等）の容量何 m^3/s に対応するのか明らかでない。すなわち両者の治水機能の換算が困難であるから、治水効率の比較ができない。

流域の人口・資産・土地利用等の分析で、段階的治水計画で無視できないのは、高度化便益に代表される治水と土地利用形態の相互干渉である。すなわち治水により土地利用が刺激あるいは促進されるという効果である。無視する場合は、治水需要は治水投資に対して非弾性的であるという。

（６） 検討課題

段階的治水計画手法を体系化・実用化するには、これまであげた多くの課題に対して逐一解答を与える必要がある。これらのうち主要なものを表2にまとめておく。表2中 表2 検討事項（補充再整理の必要あり）
2重丸を付した部分については次章で解例、もしくは検討例を示す。
ただし、治水計画の意義の明確化、分類に関する検討の例は一部本章中で紹介した。これらについては次章では触れない。

3. 理論的枠組についての検討例

（１） 予算制約下の段階的規模拡張に関する理論的検討^{1) 4)}

表1の過剰需要問題についての検討例である。

需要の伸び・および割引率の無視、等規模拡張などもっとも単純な条件下では、純便益を最大とする1回当りの拡張規模 X_* は、

$$X_* = \begin{cases} \bar{X} \quad (0 \leq \bar{X} < 1 \text{ のとき}), \\ 1 \quad (\bar{X} \geq 1 \text{ のとき}), \end{cases} \quad \text{ここに } \bar{X} = \frac{1-a}{a} \left(1 + \frac{2}{b}\right) \quad (1)$$

ただし X_* は総拡張規模で無次元化されている。 $n_* = 1/X_*$ とすると、 n_* が最適拡張段階数。すなわち、 $X_* = 1$ のとき一括拡張、 $X_* = 0$ なら無限多段階拡張。 a は規模の経済性指数。 $\tilde{b} (= b/u)$ は、年投資額 u に対する全施設拡張時に期待される年平均便益 b の比。

これらの解析を通じて次のような点が明らかになった。

- ① 規模の経済性指数 a が0.5より小さいとき、あるいは手戻り率が50%以上では常に一括拡張が有利。
- ② 段階拡張が有利になる場合でも1～3段階拡張については経済性はあまり変わらない。5段階以上の多段階拡張は経済的に見て不利である。
- ③ 規模の経済性が小さいとき（ a が1に近いとき）、拡張で期待される年平均便益 b が大きく年予算 u が小さいとき（ $\tilde{b} = b/u$ が大）、多段階拡張が有利になる。
- ④ 割引率の存在は最適拡張規模にあまり影響しない。これは過剰容量問題の解と著しく異なる点である。

「拡張」を「治水水準の改訂」と読みかえれば、上記の結果を治水水準改訂問題の検討等に利用することができるかもしれない。このような見地から、治水水準改訂問題をDPを用いて定式化し、パラメトリックな分析を行った結果さらに次のような結論が得られた。この場合、疎通能を規模の指標とした。⁶⁾

- ⑤ 流域内の現況治水水準に大きなバラツキがあるときは、多段階の治水水準改訂が有利になる。
- ⑥ 改修初期は小規模多段階、後期は大規模小段階の治水水準の改訂が望ましい。

上記②より次のようなことが予想される。河川改修が進んで流域の安全度がおおむね一様となっている主要な河川では、かりに50年かけて下流から上流に向かって一気に最終拡張規模の施設を作っても、20年程度を単位として3段階程度で治水水準を上げて、経済性には大きな差はないのではないか。ただ

原則論	◎ 段階計画の意義の分析 ・逐時最適化とマクロな最適化の関係 ・不確実性を考慮した場合（未検討） ○ 基本3原則（効率最大・公平・現状維持）の内容の明確化 ◎ 理論・方法論上の枠組の明確化
現象分析	○ 段階治水の実例（実施例、検討例）の収集・整理 ○ 治水投資と土地利用変化の関係 ○ 本川・支川・下水（流域面積スケール）に対する洪水被害形態の相連の分析 ○ 降雨の時空間分布 ○ 破壊現象 ○ 費用（手戻り、規模の経済性含む）に関する実態分析
計画モデル・手法	◎ DP, LP, SUMT他による最適化問題としての定式化 ○ 洪水追跡、溢流・氾濫解析の単純化 ◎ （悪）影響伝達構造の表示法 ◎ 貯留・排水容量間の変換関係の定式化

し経済性以外の要因、たとえば将来の不確実性、民意の安定等を考慮すれば、通常はより多段階側、すなわち3段階程度が有利になるのではないかと予想される。⑤、⑥より、改修が遅れ、流域内の現況治水水準に大きなバラツキがあるような河川では、小規模多段階の暫定的な治水計画の積み重ねが有利となる。

①～④は、予最制約下（ただし継続的な予算が認められるとする）で、段階的な規模拡張が可能な施設の段階的規模拡張計画において、定性的ではあるが有益な情報となる。

（２）治水投資配分問題の各期最適投資配分問題への分解³⁾

逐次最適化とマクロな最適化の関係に関する検討の例である。

治水投資配分問題は、各期に投入できる総投資額を与件として、どの期間にどの施設にどれだけの治水投資を行うのが望ましいかを決定する問題である。これを以後「原問題」と呼ぶ。各期間内について、どの施設にどれだけの治水投資を行うのが望ましいかを決定する問題を「各期最適投資配分問題」と呼ぶことにする。すなわち、原問題では時空間的な最適投資配分問題を扱う。各期最適投資配分問題では期間は指定して空間的な最適投資配分問題を扱う。

原問題をいくつかの各期最適投資配分問題に分解することができれば、極めて短時間で問題を解くことができる。逆に同一の計算時間に対しては、現実性の高いシステム・モデルの最適化を行うことができる。また10年程度を単位として、その期その期で最適な投資配分を行うという、現実の行政に対して理論的な裏付けを与える。逆に分解の条件を吟味することにより、期にわたって段階的な計画を考えることの意義が明らかになる。理論的な検討の結果次のような結論が得られた。

「次の2条件が満たされるならば、各期最適投資配分問題の解は、原問題の解に一致する。①施設拡張費用に規模の経済性が働かない。②第*i*期の便益は、第*i*-1期末の施設規模のみに依存して定まる。」すなわち、各期ごとに最適な投資配分を行えば、それが全期間を通じての最適な投資配分となっている。

上記の理論展開の前提条件が実際の治水計画で成立しているかどうかについては議論があろう。大局的には上記の結論は大きな誤りになるとは考えられない。これにより治水水準改訂問題と、投資配分問題の階層化に対して、理論的根拠が与えられた。ただし不確実性の問題等を中心に据えた解析では、全く別の結論が出る可能性はある。

（３）着工順位付問題のDPによる定式化⁶⁾

着工順位付問題をDPにより定式化した。ただしこの場合、DPを用いることにより目的関数の評価回数がとくに減じるわけではない。施設数（河道区間数も含めて）を*N*とすると、 2^N 回オーダーの目的関数の評価が必要である。現在、DPによる正解と、その都度効率最大の施設を選択するというもっとも単純な規則によって順位付けを行った場合の解の比較検討を行っている。まだ明言できるような研究成果は得られていないが、現在までに行った簡単な数値計算例では、現状維持の原則を付した場合については、DPの解と効率最大の施設を選択した場合とで、順位に差異が見られる例はなかった。

（４）ま と め

式（１）を導くための前提条件は現実の治水計画における条件とはかなり異なる。よって治水水準改訂のあり方については、今後種々の見地から総合的な検討を行う必要がある。

治水投資配分問題の各期最適投資配分問題への分解については理論の前提と現実の条件には大きな乖離はないものと考えられる。ただし将来の不確実性、将来に向けての土地利用の制限（用地も含めて）等は考慮されていない。そうすると、適当な期間長を1期とし、各期においてその都度最適な投資配分を目差すという現実の治水計画のあり方に理論的根拠が与えられたことになる。あとは空間的な投資配分に利用可能な計画技法を充実させる必要がある。

着工順位付問題については、現段階では、現状維持の原則付きで逐次効率最大の施設を選択して大略間違いないものと予想される。この場合着工順位付問題は単に、効率と、各工事の悪影響を評価する問題に帰着する。

4. 計画技法の例

(1) 疎通能定理の効用³⁾

堤防からの越流を考慮すると、施設規模あるいは投資額を変数とする被害額曲線(面)に折れ曲がりが生ずる。越流による破堤を考慮すれば、この折れ曲がりジャンプとなる。このような問題に対しては数理計画法の適用は困難である。次の一見逆説的な命題を「疎通能定理」と名付ける。「単一河道においては下流に向かって疎通能が増大してはならない。」著者らは、疎通能定理の導入により、先述の折れ曲がりの問題を回避することができることを指摘した。これにより SUMT などの最適化技法を導入することができる。

(2) 排水施設と貯留施設の治水機能分担⁴⁾

空間的な治水投資配分問題における困難の一つに、貯留施設と排水施設の容量配分の問題がある。著者らは一定の安全度を確保するに要する、貯留施設容量と排水施設容量の関係を表わす曲線の方程式を導き出した。これを等危険度線の方程式と名付けた。これとコストに関する関係式を連立して解けば、当面確保すべき安全度に対する、貯留施設と排水施設間の最適な容量配分を行うことができる。実際には種々の安全度に対する等危険度線を同軸上に図示することによって、各種の外的な要因を勘案した望ましい容量配分を行うための議論に役立てることができる。

表3 着工順位付けに必要な図表

(3) 着工順位付問題の解法に関する1試案

他地点の治水安全度に悪影響をおよぼすことを避け、かつ投資効率最大の着工順位付を行うには、最低限表3に示す3種の図表が必要である。

表3中著者らが新たに提案するのは、(悪)影響伝達構造図である。²⁾ 伝達構造図が必要になるのは次のような理由による。AがB、BがCに悪影響をおよぼすなら、たとえAが非常に効率的な政策であっても、Cに対して悪影響をおよぼさないような手段を講じてからでなければAを実施することはできない。一方望ましい効果・便益等の評価においては、このような伝達構造は実際上あまり問題にならない。むしろ小さい効果については無いものとみなして、サブ・システム間の関連をできるだけ断ってモデルを簡略化の方が正しい判断を下せる可能性が高い。計画策定時には、当然悪影響、望ましい効果の具体的内容について詳細な検討が必要になる場合が生ずる。この場合に水文・水理解析総括表が再度必要になる。

名称	水文・水理解析総括表	効率(効果)分析表	(悪)影響伝達構造図
内容	・各工事と各地点の水理量の 変化の関係を表示	・各工事の効果・効率を表 (図)示	・影響の伝達構造を図示
用途	・原資料 ・詳細な検討	・悪影響伝達構造のシク、孤立点から効率最大の工事を 選択	
備考	・雨、整備水準、評価指標、 各数ケースの組み合わせ に対して作表	・左に同じ ・組合したものも作る ・小さい効果無視	・1枚の図に合成 ・影響の有無の閾値数ケース についても作図

〔参考文献〕

- 1) 江藤剛治・室田明・水野雅光：段階的治水計画について、第25回水理講演会論文集，PP.279-284，1981。
- 2) 室田明・江藤剛治・栗田秀明：治水施設の着工順位付問題に関する研究，第26回水理講演会論文集，PP.367-372，1982。
- 3) 室田明・江藤剛治：投資配分問題としての河川段階改修計画，第27回水理講演会論文集，PP.475-484，1983。
- 4) 江藤剛治・室田明・柳本速雄：貯留施設と排水施設を並用した高水計画の安全性，第28回水理講演会論文集，1984。
- 5) 江藤剛治・室田明・水野雅光：予算制約下の段階的施設規模拡張について，土木学会論文報告集投稿中。
- 6) 未発表(土木学会関西支部年講では口頭で発表，1977～1983)。
- 7) 建設省淀川工事事務所他：昭和55年度淀川の改修事業の段階的施工計画に関する調査業務報告書，1981。
- 8) 前川忠生・高橋裕・安藤義久：東京都の中小河川における浸水害特性(第2報)，昭56土木学会年講Ⅱ部，P.654，1981。
- 9) 吉田滋：高速道路の段階建設計画の規準(Ⅱ)，(Ⅲ)，高速道路と自動車道，Vol. XII，No.3，PP.30～36，No.4，PP.25～29，1969。
- 10) 長尾義三・森杉寿芳・吉田哲生：非弾力性需要のもとにおける段階建設について，土木学会論文報告集，第250号，PP.73-83，1976。
- 11) Manne, A.S.: Capacity Expansion and Probabilistic Growth, Econometrica, Vol. 29, No.4, PP.632-649, 1961。
- 12) 土木学会編：土木計画学シリーズ1，土木計画学の成立と背景，技報学，P.172，1978。