

(7) メッシュ法による汚濁分析と水質物質の流出率に関する検討

——京都市内河川を例として——

(8) 下水道整備計画に関するシステム論的研究(I)

——とくに河川汚濁制御と面整備について——

(9) 下水道整備計画に関するシステム論的研究(II)

——とくに線整備について——

(討 議)

京都大学 末石昭太郎

“ 和田 安彦

「最小または所要の投資額で、目標年次以降の環境基準を満足させ、かつ汚濁量の増大に対応する整備プロセスをとりながら、最終年次における最終累加効果を最大にする年次整備計画手法」は、現在、国レベルで要望されている下水道計画研究に対する課題である。下水道事業は、ごく最近まで単純な出力(たとえば普及率)の最大化方式にもとづいて計画されてきたが、事業費の画期的な増大が一つの転機となり、各種の効率に注目する必要性を高めてきたといえる。

上記の課題を前提として今回の報告(7)、(8)、(9)を総合的にみると、過去約10年の下水道計画、計画数学と電子計算機利用の発展の蓄積が、ちょうど社会的要請に応じたといえるだろう。すなわち、(7)によってメッシュデータを解析し、汚濁負荷量の分布の把握、メッシュのブロック化、水質流出率の算定を行ない、(8)によって、汚濁負荷(またはそのカット分)の地域配分が行われ、水質基準の達成や費用の最小化を目標として、各地域の計画操作としての年次ごとの下水道整備水準が求められる。ついで(9)は、政策的投資効果率 α をさえておけば、各地点の投資効果指数に比例して各地域内の幹線整備手順を決定できることを示している。

しかし、ここでは、下水道計画研究の次のステップのための討議が必要であるから、(7)、(8)、(9)がすべて、それぞれ各自に下水道計画研究にアプローチしているものとみなし、かつ(7)をも含めてわれわれが行ってきた研究全体と(8)、(9)を対比するという立場をとることにする。

下水道計画研究の一つの典型は、計画対象区域の拡大を指標として、管きょ費の適増と処理費の規模経済の調和と費用の最小化として取扱うことである。このように単純な目的のもとにおいても、管きょ路線が複雑で処理場候補地点が多い場合について相当の研究努力が掛けられてきたこと(注、内藤らの成果をみても明らかである。河川汚濁制御と地域負荷配分を意図した(8)では、自然的カットの導入が従来の研究に比しての前進であるが、現在の下水道建設政策をそのまま認容した一元的下水道整備レベル U_0 (注)を操作変数としたので、目標としてとった[Benefit/Cost]的意味をもつ式(2.14)の記述が若干短絡的であったようである。

最初に述べたように、[B/C]を採用するのは下水道の将来の目標とすべきなのであるが、下水道計画自身のシステム構成をほぼ従来のままにして、評価関数だけを書きかえればよいというものではない。次に、[B/C]を一応認めたとしても、式(2.14)のように[B/C]をある年次にわたって積分することの意味が不明瞭になる。式(2.14)は式(3.6)のようにしてD.P.的演算を実行することに反映され

るが、事例ではさらに、河川の水質状態の評価 $Xi(t)$ が式(3.7)のように導入された。 $[B/C]$ のみの最大化がどのような X のトラジェクトリーをもたすかの考察が必要であるし、また、 X_i が水質基準を満たさない場合 X_i の変更が必要とされているが、必ずしも思わしい結果が得られていない。このように最適化の計算においては、数学的妥当性は認められても物理的意味の不十分な指標を逐次添意的に加えていかねばならないことが多い。これらのことは結局、自然カットというシステム要素を導入したことの特徴が十分活かされていないことによっている。ブロックの[3]、[4]、[5]、[7]など比較的的自然カット率の小さいところでは、 $\theta=0$ を含め X_i が相対悪い状態では集中的に $U_i^c(t)$ のレベルが高まり、このときだけかなり明瞭に X_i が改善されるという特性が図から読みとられる。したがって、この傾向を延長すれば、水質基準の存在を感じなくても基準を満たす可能性はあるはずである。すなわち、この傾向は、評価関数のどのような構成と対応しているかを明らかにしておかねばならない。実際問題に対する解答はともかくとして、発生水量の抑制とか三次処理の導入を適応的に考えることにこそ、このような考察が重要になる。

結論的には、 $[B/C]$ は(または $[B-C]$ も)予算の制約のあるときに追加投資をどのブロックにすべきかを選択するための指標であり、予算はシステムの最適化に追随すべきとした立場とは矛盾したことになる。したがって、できれば自然カット率と関連させて問題を二段階に分け、目標年次に環境基準を達成するための最低コストと、これをさらに加速するための $[B/C]$ による追加的 $U_i^c(t)$ の配分を求めるといった考え方が必要だろう。

各ブロックの排出濃度がかなり高く、しかも自然カット率が二次処理オーダーに近いブロックが多い本事例のような場合、下水道は自然の能力を人工的に固定化して実現した上永久的維持管理が必要であり、しかも修正がきかないというの意味で、危険な面がうかがえる。特に三次処理導入の前段階としては、自然流出率と同精度で、発生負荷やチェックポイントの測定値を評価せねばならぬ。(7)の報告は、研究の手法レベルこそまだ低いが、上述のように下水道計画全般として重要性が高い。汚濁発生量の決定自身が、過去の汚濁観測値の原単位的割当てにもとづいているので、汚濁発生抑制の前に(7)のような方法によるマクロな構造解析が必要であり、これが下水道整備の一環としてシステム全体の弾力性を高めるのである。

なお、合流方式に関するシグナル変数の導入の意図について若干説明を追加された。

報告(9)においては、各地点の投資額を該地点の投資効果指数 r に比例させるという単純な目標がとられたので、財政投資、処理場拡張、枝線整備(または、より広域的に、水質基準またはその適合度の厳格化にたずる汚濁負荷配分年次計画)の相互影響をとらえやすくなるはずである。しかし、検討内容が r を構成する時間的投資効果率 α の影響に集中しすぎたので、 α をどのように決定すればよいかを指摘するには至らなかった。それは、 α が社会的割引率の考えにもとづいている以上、その特性はむしろ自明であるからである。各ブロックの人口密度 y の変化は明らかにされていないが、20年計画の範囲でこれが特別の挙動をしない限り、 α の影響が大きく現われないのは当然であろう。(9)の方式の投資配分法は、ある近似解からスタートして r を求めながら最終解に収束するという、電子計算機むきの手法の完成に重点がかかりすぎたのではないだろうか。後半で r の補正因子としてとりあげた建設費や負荷密度など、それぞれを独立して割引くことも考え、投資に伴う汚水と r に無関係

な指標として、これに比例して投資配分を考へる方が、システム全体として均等のとれた α を見出すことができるのではないだろうか。

図-6と7を比較すると、当然のことながら処理場数によって整備状況が全く異なることに着目できる。 α が大きいことは将来に発生する汚濁ほど低くみつもることであるが、排水を収集される地区としてはあくまで将来よりは現在を選択している。処理場を1ヶ所として図-6のようなパターンをとるか、4ヶ所として図-7のようにするか、あるいはさらに処理場は1ヶ所にするが上流側からの直送管を設けても図-7のパターンを指示させるか、これらをすべて総合する指標が必要であろう。建設費または負荷密度のうちある部分は、20年よりはるかに短い期間について $\alpha=0$ とし、それ以後の増分は種々の要因によって建設費や負荷を割引くといった、 α を一定としない方式も考へねばならない。

α を河海汚濁制御との関連から定めるといふ(9)の結論は、昭和41年に末石が提案した⁽¹²⁾ところであり、また、計算手法と自然カットを除けば、(8)、(9)とも本研究討論会の第2回³⁾、第4回¹⁾に末石らが発表した汚濁負荷配分その他の概念のレベルをあまり出していないと考へるがどうか。また、(8)、(9)を通じ、たとえ事例を対象としたものであっても、なるべく普遍性を見出すことのできるようなモデルなり入力による計算も示すべきではなかろうか。

現在われわれが意図している研究は、下水道関連のシステム構成と下水道の周辺に存在する都市要素(土地利用をはじめ財政計画に至るまで)を含めることにむけ、さらに下水道未整備区域の水質環境についても配慮しようとしている。この意味で、環境基準を満たしてコスト最小という既成の概念を足場とし、投資可能額を規定し、一方ではこれを次第に増やすことと一つの戦略として、各年度の汚濁を最小にするという地域自立の環境基準責任達成方式をも提唱している。次の段階としての[B/C]の検討は、たとえば土地利用区分に応じて異なった下水道整備を行なう⁴⁾などの新しい変数の導入と密接に関連づけられるべきことは、今後特に下水道計画規模の拡大に際して考へられる必要がある。

[参考文献]

- 1) 末石・南本：第4回衛生工学研究討論会講演論文集，昭和42年9月
- 2) 末石：水利科学12巻1号，昭和43年4月
- 3) 末石：第2回衛生工学研究討論会講演論文集，昭和40年11月
- 4) 末石，和田，松井：下水道協会誌8巻83号，昭和46年4月