

環境水理学の行方

神戸大学工学部 道奥康治

1. はじめに

「環境水理学」という言葉は水理委員会に三部会ができる数年前頃から定着し始めていたように思う。現行の環境水理学は自然現象が主たる研究対象であるが、社会情勢や人々の価値観が急展開し、どういった自然環境がよいのかという目標値すらゆらいでいる今日においては、環境水理学の意味と役割を時々刻々再考しながら研究の視点を今まで以上に頻繁に update しなければならない。今後おそらく、エンジニアや研究者が好むと好まざるとに関わらず、環境水理学は自然と社会のダイナミクスの双方を守備範囲とする必要があろう。ここでは、私見・偏見も含めて環境水理学の役割について考えてみたい。

2. 公害水理学と環境水理学

本論のタイトルは、2000年3月に行われた村岡浩爾阪大教授の「水理学の行方」と題する最終講義に準拠する。その中で、先生ご自身の研究キャリアが図-1のように変遷してきたことを示された。もちろん、災害水理学は依然として主流であり、時間軸上の一次元的表現で水理学の発展をあらわすことはできないが、環境水理学に至るまでの経緯がうまく表現されている。こうした水理学の流れにおいて研究対象との対応関係を乱暴に列挙すれば、表-1のようになるだろう。あらゆる科学分野で共通に言えることであるが、時代とともに対象量は多様化・複雑化している。なお、環境水理学における「環境」とは地球環境ではなく、地域環境であると理解している。

公害の主役は水域の重金属、大気中のNO_x・SO_xなど化学汚染であり、「無機化学」の生産物が主因と言えよう。その後、公害から環境へと問題が推移したが、その転機は「有機化学」の発展にあった。例えば、自然代謝を保ってきた「地圏-水圏-気圏」の窒素循環は、気圏からの窒素固定技術によって大きくバランスを崩した。気圏から人工的・大量に抽出された窒素肥料は水圏の営力を上回るほどの窒素負荷を自然環境に与え、有機汚濁を深刻化させた。無機化学とは比較にならないほど無限の組み合わせを生成する有機化学は、環境ホルモンという絶望的なほど多くの種類の汚染源を生み出した。このように公害から環境問題への推移は、科学の発展に起因する本質的な変化をとまなっている。中西準子氏は、公害と環境問題の根本的な違いを図-2のように説明している¹⁾。すなわち、環境リスクとして生命の危機や致命度を考えると、公害は環境問題よりもかなり大きなリスクをもたらすが、リスクの影響範囲は後者の方がはるかに大きい。環境問題では広範囲にわたるが「軽い汚染」を対象としている。また、公害よりも環境問題の方が汚染源の特定が難しく、事象発現後の影響時間も後者の方がより長期であるため予測しにくい。

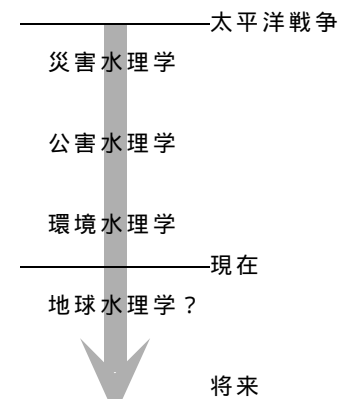


図-1 「水理学の行方」
(村岡教授最終講義)より

表-1 水理学の推移と対象量				
対象量 \ 水理学	災害	公害	環境	地球
水量				
土砂				
水質・熱	-			
生態	-	-		
(国際)社会	-	-	-	

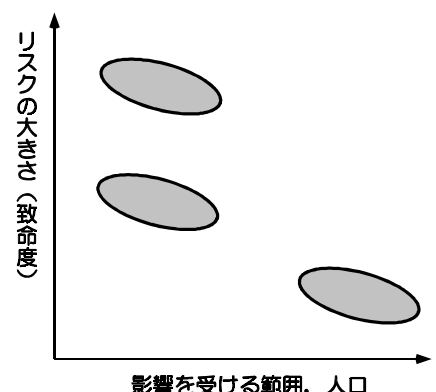


図-2 公害と環境問題¹⁾

公害をもたらす汚染現象は発現から終結まで短時間で推移する事象であるが、環境問題の事象は時間スケールが長い。例えば、公害水理学では水質予測の対象期間が高々数日～数ヶ月程度であるのに対し、環境水理学において生態系生活史を考慮した場合などでは何十年にも及ぶ。

3. 環境水理学を取り巻く情勢

現在の環境水理研究は、水循環の自然原理に基づく環境評価・環境保全のための技術開発と言えよう。しかし、情勢が急変する世の中であって、社会現象に無頓着で自然現象だけを相手にするだけでは社会の要請に十分応えることができない。気がつく範囲で環境水理学周辺の情勢を考えると、以下のような Keywords が列挙される。

(1) 少子・高齢化

特にわが国では、少子・高齢化が急速に進行している。河川は都会で残された最後の水面・自然空間であり、高齢者が余暇を過ごす貴重な場を提供する。若年層の利用ばかりではなく河川施設のバリアフリー化・福祉施設と水辺との一体化など高齢者の高度利用を想定した環境整備が必要である。一方、少子化は社会の現役構成員の量的・質的減少をもたらす。円周率を3とする算数教育を受けた世代の多くが将来、水域の危機管理や環境管理に携わることを想定すると、河川情報解析の管理作業などをルーチン化しなければならない。

(2) 情報化

情報技術の発展は環境管理の質的向上と省力化を促進する。今後、水環境管理においても情報技術の比重が増加するので、災害などシステムが突発的に破綻した場合、情報化以前の社会では考えられないくらい深刻な環境二次災害を引き起こす可能性がある。例えば、阪神大震災による下水処理施設の被災と同等の被害がもし高度情報化社会に発生したら、などである。風水害時の電話回線パニックは、携帯電話の急速な普及による利便性の裏側に隠された肥大化しゆく災害ポテンシャルを予感させる。情報技術は両刃の剣と言えるだろう。

(3) 価値観の多様化

昭和40年代の高度成長期においては、臨海工業地帯の煙突から力強く昇る煙が日本の国力増強のシンボルとして子供心にたくましく見えることさえあった。現在、そんなことを考える人はいない。ダム建設・干潟・干拓事業などの問題で浮き彫りにされるように、思想と利害を異にする人々の価値観は多種多様であり、徹底的な経済主義に徹する人から、人間活動を犠牲にしても自然回帰を唱える人まで、便益のものさしが様々である。河川へ期待する機能が上下流間で異なり、利害が衝突することはいにしえより頻繁に起こっている。いくら改正河川法の三本柱であるからと多自然型河川整備を押し進めても、水害常習地帯の人々にとっては三面張りの強固な人工河川の方が頼もしい存在であるに違いない。水質指標一つをとっても、従来のように絶対的数値で判定されるべきではなく、社会の多様な価値基準に照らして水質の善し悪しを相対的に判定する必要があるだろう。水質基準が設けられている化学物質の多くは、重金属や塩素化合物など公害時代に社会問題としてとりあげられた項目に限定されている。それ以外の化学物質については、利害が表面化しなかったために水質基準項目としてはあげられていない。この場合、「社会的問題化の程度」という一つのものさしだけが価値判断の指標として使われているにすぎない。便益・損益の判定基準がいろいろある社会では、価値観の多様性を考慮してはじめて自然科学の研究成果が売り物になるのではないだろうか。

(4) 水系一貫

流域・河道・海域のルートで輸送される物質や生態系は水系一貫で循環する自然原理にしたがっている。国土交通省が進める土砂の総合管理に限らず、水環境全体が水系一貫で管理されるべきである。水系内の生態循環を無視して多自然型川作りを盲目的に進めると、ピオトープとは名ばかりの高価な「箱庭」作りに終結する。もちろん、水系一貫の環境管理を達成するためには行政的・技術的に多くの克服すべき課題がある。しかし、その準備のためにも研究レベルにおいて流域と河川、河川と海域など水系内の要素どうしをリンクさ

せ、徐々に水系一貫にまでスケールアップするためのアプローチが環境水理学に必要と考える。

(5) 総合的な対策・管理

多自然型河川改修の諸工法や工作物、水質改善諸施設の構築などハード対策は自然環境要素の保全・向上に反映される。しかし、将来の河川整備において社会環境要素の比重が増加すると環境教育、水環境情報の整備、流域市民を交えた啓蒙活動などソフトな対応も不可欠となる。災害対策においても「防災」から「減災」へと根本思想が移行する中で、構造物によるハード面と各種ソフト手段を組み合わせた総合的な対策が推進されている。今後、水環境管理でも対策の総合化が進められると思われるので、ハード・ソフトの両面から環境水理研究が展開されなければならない。

(6) 国際化

ヨーロッパにおいては国境が隣接し、スモッグの越境汚染などの国際公害化や酸性雨など地球環境問題が早くから顕在化していた。また、列強先進国はアフリカ・東南アジア諸国に展開された植民地政策により、熱帯雨林消失など地球環境問題の元凶を多くまき散らしてきた。欧米で環境問題の国際化が早くから認識され、環境先進国となった所以はこうした点にあらう。一方、日本では国境に対する日常意識が希薄なため、政治はもとより環境問題に関しても欧米よりも国際認識が遅れてきた。しかし、国内の森林を守りながら熱帯雨林に多量の木材を求め、各種工業製品・農水産物の生産拠点を国内からアジア諸国に移すなど、わが国は「環境問題の輸出」という大きな負の貢献をなしている。たとえ、日本の地球環境問題は軽微であったとしても、地球環境問題への関わりがないようなふりはできない。少なくともわが国と「環境問題の貿易取引」を持つ開発途上国に対しては、経済援助に加えて技術・学術移入など非経済的援助を積極的に進める責務がある。まさに、地球環境水理学小委員会や東南アジア河川研究小委員会などの活動はこの方向にある。

4. 環境水理学に求められること

環境水理学が果たすべき今後の役割を回答できるほど研鑽を積んでいないため、主観的雑感か自明の回答しか示すことはできないが、環境水理学が進むべき方向として以下のようなことがあげられるのではなかろうか。

(1) 学際化

ここで、改めて示す必要がないほど自明の理であ

るが、近年の急速な情勢変化に対応するためにはいずれの学問分野においても分野を横断した学際的展開が求められる。水理学における学際化の進行は図-3 のようにあらわすことができるだろう。「古典水理学」は力学を基幹とするが、海域・貯水池の水温障害に端を発して熱力学を包含する「熱水理学」が進展した。さらに、水質化学を取り入れた「水質水理学」や水環境と生態系の関わりを記述する必要から生物代謝を含む「生態水理学」へと水理学の体系は広がっている。現在の環境水理学の研究活動は、自然科学系で閉じるここまでの範囲に限定されると言ってよいだろう。環境水理学が社会情勢の変化についていける応用的学術・技術であるためには、人文・社会科学の分野にまたがる学際化がいずれ早々に求められるであろう。人文・社会科学の部分は行政の守備範囲であるという方便は、もはや成り立たない。

(2) 環境価値の客観的指標

治水安全度を市民に対して説明する場合、確率年だけでは不十分であるという議論がよく聞かれる。これと同様に水環境の良し悪しを水質環境基準や貴重種・絶滅危惧種の数だけで判定することは片手落ちである。ましてや自然環境に対する価値基準がこのように多様化してくると、環境価値を客観的に判定できる指標が求められ、その判定に対して大部分が納得できるような倫理的規範を構築する必要があるだろう。もちろん、その客観

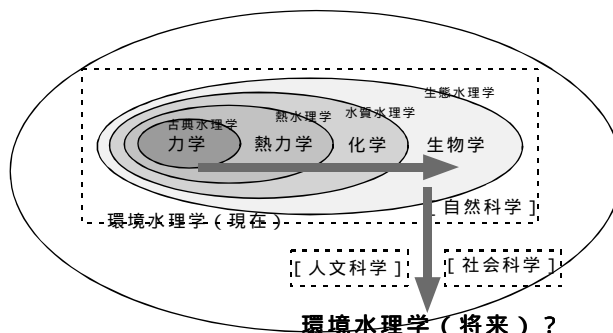


図-3 環境水理学における学際化の方向

的指標は複数であろうし、市民の環境倫理を徹底的に醸成することは限りなく不可能に近く、もし行えば全体主義にまで発展しかねない。しかし、「環境×開発」の議論を、てんで勝手に、永劫に続けることはできないし、事業主体が説明責任を果たすためにも環境価値に関する客観的な判定指標は必要である。

日本のダム事業のあり方に関してアメリカでのダム撤去の実績が引き合いに出される。アメリカではダムの過半数が民間所有であること、撤去ダムの多くは「ローダム」であること、民間企業がダム所有権を放棄することによりサケを遡上させると 1000 万人の釣り人口を抱えるアメリカにおいては一大マーケットを築けること²⁾、など両国間において自然資源の経済価値や社会環境が全く異なる。この事例からも明らかなように、アメリカの事例を盲目的に導入しながらダムの存廃を議論することは非常に危険である。

概念的で単純な例ではあるが、価値判断に用いる指標として河川の開発と環境という二つの関係を図-4 のように考えてみる。河川開発により向上する生活の利便性・安全性の程度を横軸にとり、縦軸には自然環境の良好度をとる。横軸を Economy、縦軸を Ecology ともじることできる。横軸と縦軸はトレードオフ関係にあり、一方を増せば一方が減り、図中の ~ の曲線であらわしたように両者は負の相関関係を持つ。今、曲線

上にある二点 A,B を考える。A は不便や危険を覚悟して川の自然環境を興^{きよう}ずる生活、B は自然環境を犠牲にして安全で便利な生活を過ごす立場である。先進国では川の整備が進み生活にゆとりがあるので、A を志向するであろう。開発途上国では、環境保全を考えるゆとりはないため、河川開発を優先して生活基盤の確立を優先する B の状態にある。ただし、いくら自然保護派であっても人間の尊厳を失うまで生活水準を下げることはできないため、最低の生活水準を維持するために必要な開発程度の許容限界(図中 C-C')がある。また、自然環境の回復が不可能なほどの開発は許されず、D-D'のような環境基準を設定する必要がある。人間生活は C-C'と D-D'にはさまれた曲線 上のどこかで営まなければならない。曲線 の関数形を決定するためには、科学的根拠に基づく河川環境の定量的評価と開発にともなう費用便益や治水安全度評価が必要である。また、河川整備計画を曲線 上のどの点に設定するかについては、水系の社会環境とニーズを反映して設定点の解を求める必要がある。こうした価値判断過程において環境水理学が何らかの貢献をなせるように思う。

なお、 の曲線は、自然営力(自浄作用など)が弱い川 - or 人為的圧力の大きな川 - に相当し、 の曲線は自然営力が強い - or 人為的圧力の小さな川と言える。地球環境でよく使われるスローガン「持続的発展」は、環境技術によって の状態の河川を の状態にまで引き上げることではないかと考える。

4. むすび

時代とともに「環境」の意義は自然環境の枠を越え、環境水理学の守備範囲は広がらざるを得ない状況にある。もちろん、環境水理部会だけがこの重責を担うわけではないが、たまたまこの名を冠した部会としてその行く末を考えることは必要である。環境水理学はまだ未分化の段階にあるだろう。自然環境水理学、人文河川工学、河川環境経済学などのように分化が進んで、システムツリー「環境水理学の樹」が構築されれば、研究の視点がよりクリアになると考える。

参考文献

- 1) 中西準子：水の環境戦略，岩波新書，226P., 1994.
- 2) 竹村陽一：なぜアメリカはダムを壊すのか？，JCCA, No.209, pp.19-21, 2001.

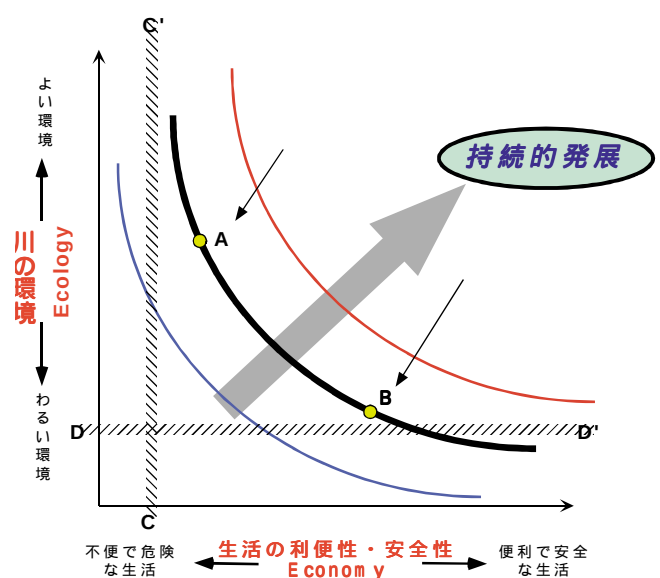


図-4 河川環境と生活の利便性・安全性