

微調整可能な河川技術を目指そう！

LET US AIM TO DEVELOP ADJUSTABLE AND REVERSIBLE RIVER ENGINEERING

小松利光¹・安達貴浩²・末松吉生³

Toshimitsu KOMATSU, Takahiro ADACHI and Yoshio SUEMATSU

¹フェロー 工博 九州大学大学院教授 工学研究科海洋システム工学専攻 (〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1)

²正会員 博士(工学) 日本学術振興会特別研究員 九州大学大学院工学研究科 (同上)

³正会員 東栄商興株式会社 (〒819-1132 福岡県前原市大字有田750)

When human being works on an ecological system, it is necessary to give prudent consideration to the effect of artificial process on the environment. However, traditional engineering has not been flexible but stiff. Once environmental change is artificially generated, its recovery is not easy with the current technology. This paper proposes the development of adjustable and reversible river engineering. Such kind of flexible technology makes it possible to establish a spiral developing process of ecological system with artificial works.

Key Words : *Adjustable and reversible engineering, ecological environment, spiral developing process*

1. はじめに

人類は自己を取り巻く“外なる自然”との相互連関を通して、生態学的にも複雑な環境をこれまで創り上げてきた。環境が人間主体に影響を及ぼすとともに、今度は生命主体が積極的に自らの周囲の環境に働きかけて新たな環境を創造し、更に変革された環境が再び新たな作用を主体の側に及ぼしていく。従って、生命主体が変われば、自ずと環境ならびに環境との関係性も変わってくることになる。

一方、生物間でみれば多様なかたちの競争関係と協力関係が成り立っている。従来は、自然の働きの中で生物間の競争部分や支配・被支配の関係のみが取り上げられていたが、今はあるゆる競争は数え切れないかたちのパートナーシップを伴う協力関係の中で起きていることが知られるようになってきた。交わり、リンクし、共生し、協力するという独特の機能であるパートナーシップは、生命体にとって欠かすことのできない属性となっている。支配・被支配の関係からくパートナーシップへの全般的なシフトが、生きたシステムをより正しく把握するための欠かせない要素となっている。

環境問題は一方的に人間の側の問題である。数多くの地球上の生物の1つに過ぎない人類が、襟を正して身を慎み、支配者としての意識を変革して、パートナーシップの関係を新たに構築していくことが絶対不可欠となっている。ある意味では対等で、時には競争関係を内包しながらも互いを必要とし、協力し、共生するパートナーシップは、人類と自然や他の生物との間だけでなく、我々人間同士、例えば職場や家庭（夫婦間・親子間）、地域社会等での人間関係を構築する上でも新しいkeywordとなり得るのではないかと筆者らは考えている。

日頃から自然と接し、自然に働きかけることの多い職業についている我々の責任はとりわけ重いものがある。自然や環境との間にパートナーシップを新たに構築して行くためには、どのようなアプローチや技術が必要なのであろうか？

2. 自然に働きかける技術はどうあるべきか？

(1) エンジニアリング思考からマネジメント思考へ¹⁾
ソフトシステムズ方法論²⁾によると、「エンジニアリング」とは「何かニーズがはっきりしている時点か

ら始まる。そして、エンジニアの課題というものは物理的なモノであれ、手順であれ、あるいはその両方であれ、そのニーズを満たすものを提供するというものである。最高のエンジニアとは、最小の資源で機能し、かつ洗練された心地よい解決策を与えることの出来る人なのだ。」と位置付けられている。エンジニアが考えることは、「何をするか (what to do)」がすでに明確にされているときに、それを「どのように行うか (how to do it)」ということになる。しかしながらこのエンジニアリング思考を、「明確に定義されていない問題状況」(例えば地球環境問題)に適用するとなかなか機能してくれないことになる。一方、「マネージャーにとって、問題状況とは、普通単に、不安な感覚といったものでしかない。やるべきことは何か、それをどのように行うか、この2つのどちらの観点からいってもとにかく何か検討しなければならぬものがある、という感覚なのである。」すなわち、マネージャーが問題状況を検討するには「何を (what)」と「いかに (how)」の両方のレベルにおける具体的な行動の決定に導くための幅広いアプローチが必要ということになる。

何について研究するかは一応本人の自主的な判断に任されている大学の研究者にも、また自然と直接向い合う土木の最前線の技術者にも、従来の”どのように”やるかだけでなく、”何を”すべきなのかが現在真剣に問われている。そういう意味で、研究者も技術者も、エンジニアリング思考からマネジメント思考への転換を迫られていると言えよう。

(2) 微調整の可能な技術の開発

筆者の内の2人が所属する大学の研究室では、以下のコンセプトに基づいて技術開発を行っている。

- 1) 人類の生産・社会活動のために傷ついた地球環境、自然環境を少しでも蘇らせるためには、人工のエネルギーは極力用いず、自然に内在する成長力・蘇生力や身近な自然エネルギーの利用が必要である。
- 2) 自然のエネルギーバランスを大きく崩さないためにも、エネルギーの利用は小さなサイクルで閉じさせることが望ましい。
- 3) 環境に関わる技術開発は普遍性を追求するだけでなく、個別性も尊重したきめ細やかな技術の開発が必要である。
- 4) 自然の生態系にはまだ多くの未知の分野が残されているため、人間が自然に働きかける際には、モニタリングを行いながら技術を慎重に適用していく必要がある。そのためにもこれから開発される技術は微調整や後戻りの可能なものでなければならない。

人工エネルギーを極力使わず、自然に内在するエネルギーを取り出して効率良く利用することは、今後自然環境を回復していく上で望ましい方向を示していると言える。また、微調整の効く技術の開発については、

まだまだ未知なる自然に対して働きかける時、何時でも何処でも方向修正したり、引き返したりすることが必要ということである。すなわち、自然に対しては慎重かつ謙虚な姿勢と心が、技術開発においても必要とされることを意味している。

(3) 学習・成長する技術システムの構築

従来、土木の分野で自然に働きかけるときは、大型でその機能が固定的な人工構造物を建設することが多く、また一旦作ってしまうと後はそれ程細かい注意は払われないという、その機能面において”柔軟さ”や”微妙さ”と無縁な場合が多かったように思われる。しかしながら、上述の微調整の可能な技術が開発されると、適用後不測の事態が発生しても、調節したり、後戻りしたりすることが可能となる。このため、<技術・手法の自然への適用：行為>—<現地観測・モニタリング：経験・学習>—<微調整：創造>というサイクルを繰返すことにより、自然との適合を図りながらスパイラル的に、より良いシステムへ改善・成長させていくことができるようになる(図-1)。これにより、固定化された機能をもつ従来の手法とは全く異なった、新しい柔軟な技術システムの構築が可能となる。

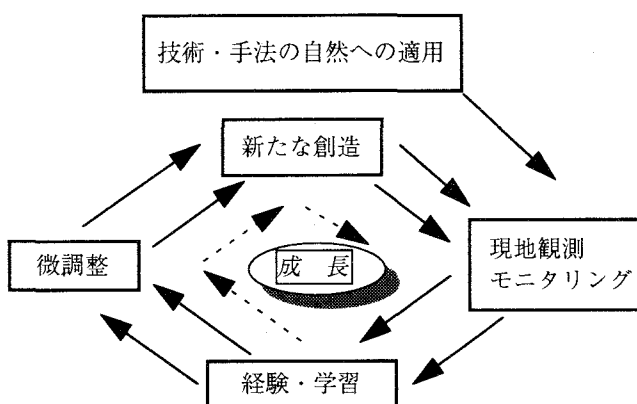


図-1 スパイラル状に学習・成長する技術システム

3. たとえばどんな技術が考えられるか？

自然のエネルギーの有効利用といっても、一般的には自然のエネルギーは密度が低く、また広く非定常に分布しているため、コンスタントな出力が要求される電力利用等には不向きで、採算も取れないことが多い。しかしながら、コンスタントな出力が要求されない使い方であれば、種々の自然エネルギーが十分利用可能であると思われる。衆知を集めて創意工夫し、少しでも環境の回復を図れるような技術の確立が期待される。前章で述べたコンセプトに沿う技術の開発例と思われるものをいくつか述べる。

(1) 波浪エネルギーを用いたダム湖・貯水池等における水質改善策³⁾

図-2に示すように、ダム湖・貯水池等の水表面で風によって生じた波を越波させてポテンシャルエネルギーを獲得し、そのエネルギーを使って溶存酸素(DO)の豊富な表層水を貧酸素底層に送り込もうというものである。貧酸素底層にDOを効率的に供給することにより貧酸素状態を改善し、底泥からの窒素・リン等の栄養塩の溶出を抑えて水質の改善を図るものである。現地での隔離水界実験で大幅な水質改善効果があることが既に確認されており、またダム湖や河口堰上流貯水池等に起こるさざ波程度の小さな風波でも、十分有効な

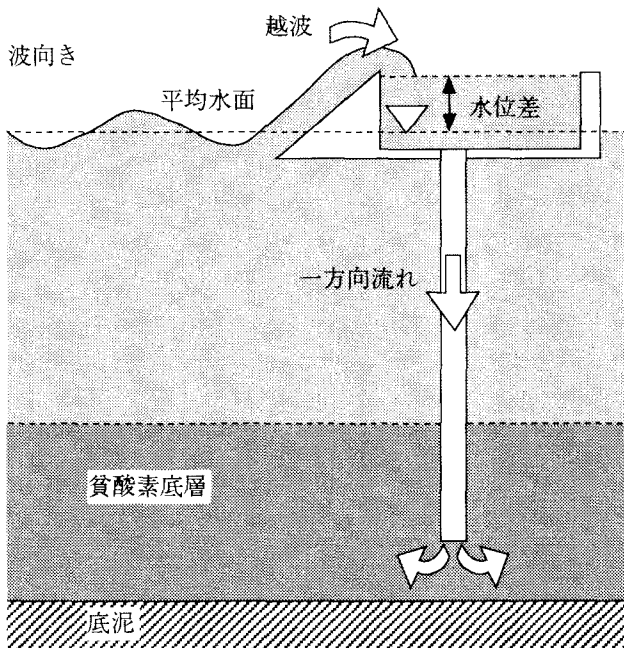


図-2 波浪エネルギーを用いた表層水の底層部への導入の概念図

量の表層水を送り込めることが確かめられている。本手法は勿論微調整可能であり、送水量の増減や装置の増設・撤去なども容易である。

(2) 方向抵抗特性をもつ海底粗度ブロックを用いた潮汐残差流の創造・制御⁴⁾

潮流場の海底に方向抵抗特性をもつ小規模ブロックを複数個沈設することにより、閉鎖性海域と外海の水交換を促進する潮汐残差流パターンを創造・制御しようというものである(図-3)。本手法では、粗度ブロックを一度設置すれば、人工エネルギーを一切用いていないため、半永久的に効果を持続することができる。また粗度の配置や個数を変えることにより、対象海域に応じて最も有効な残差流パターンを自由にデザインでき、かつ微調整も可能となるなど柔軟な手法となっている。

(3) 河口部における塩水侵入の制御法⁵⁾

最近の河川流量の減少、河積獲得のための河床の浚渫等による河口部からの海水の侵入の増加が、取水上また河川環境上大きな社会問題となりつつある。また近い将来予想される地球温暖化による海面上昇も、河口からの塩水侵入を更に促進することになるため、早急な対策が望まれている。この手法では多少、人工エネルギーを使うことになるが、必要最小限に抑えるべく以下の研究が精力的に行われている。

- 1) 弱混合形態で、気泡噴流による強制的な塩水と淡水の鉛直混合により塩水の侵入力を弱める(写真-1)。
- 2) 強混合形態で、上流からの河川流量を上流側の堰やダムでコントロールする。トータルな河川流量は同じでも、上げ潮時に大流量を、下げ潮時に小流量を流すことにより、最大塩水侵入を軽減することができる(図-4)。

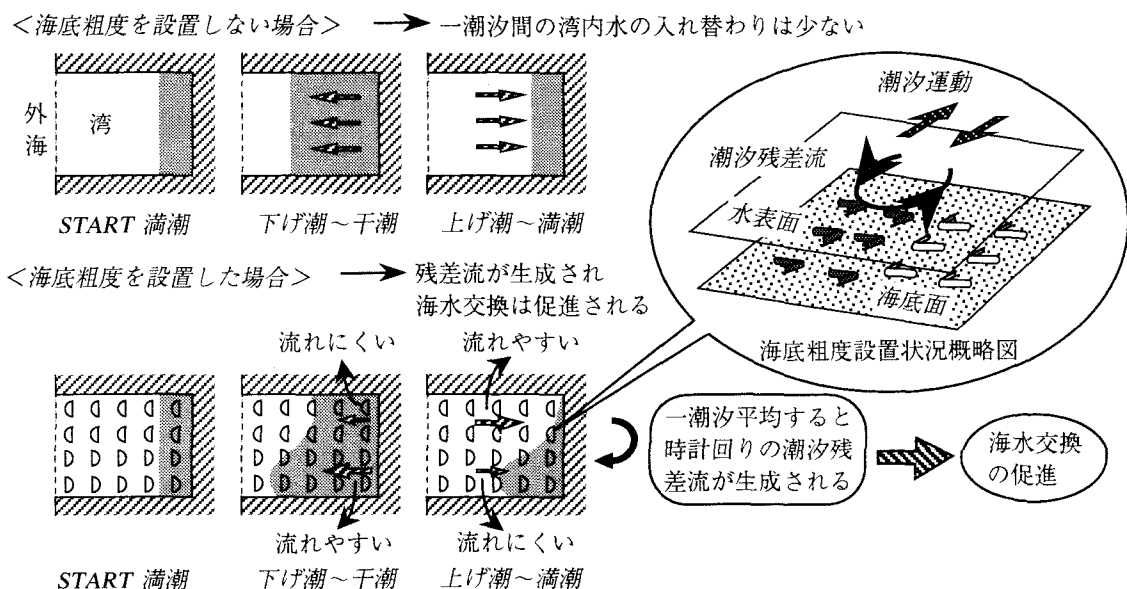


図-3 海水交換の仕組みの概略図

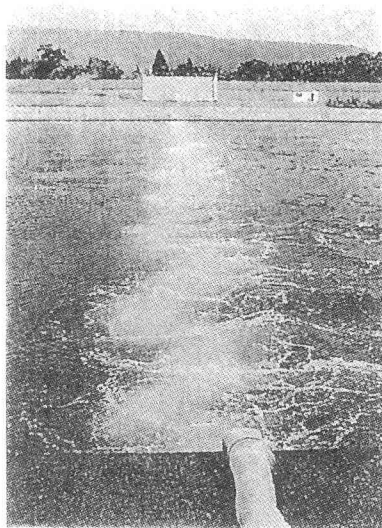


写真-1 気泡噴流発生状況

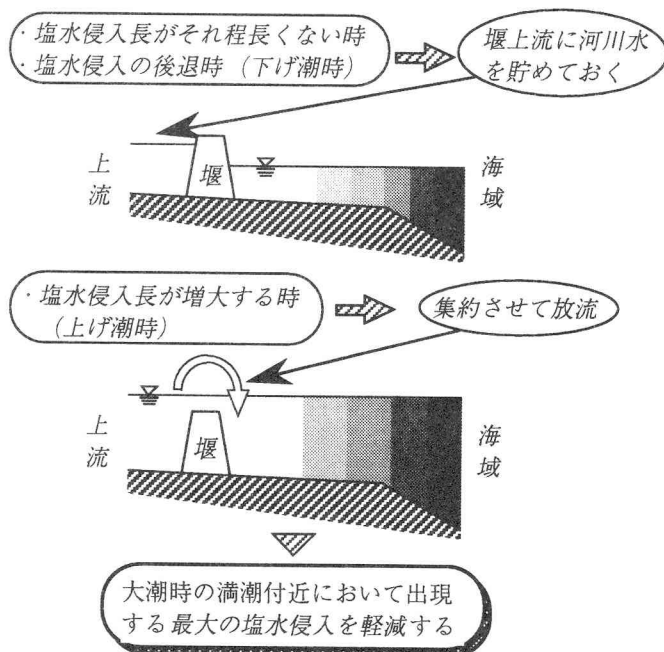


図-4 間断放流の模式図

3) 弱混合形態で、下層の塩水中に下水処理水や産業排水等の淡水を注入して成層を破壊する。

これらの方法はいずれも微調整可能な手法となっている。

4. むすび

本論では、従来の”どのように”やるかだけでなく、”何を”今なすべきなのかを見定める為のマネジメント思考の必要性、ならびに学習・成長する技術システム構築のためには微調整が可能な技術の開発が必要であることを述べてきた。3章で紹介した技術以外にも身近に創意・工夫の余地がまだ多く残されていると思われる。例えば写真-2は実際に施工されている階段式魚道である。両側に水を流す予定であったのが、見込

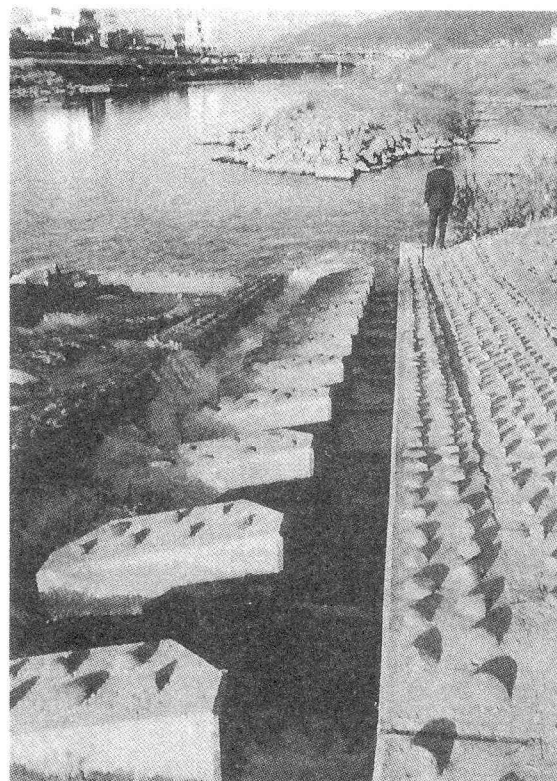


写真-2 越流していない階段式魚道

みより水位が低くて片方は全く水が流れず機能していない。階段部のコンクリート製の固定堰を例えば落とし蓋のような構造にしておけば、後で板の高さを変えるだけで微調整が可能となり、水理条件の変化にも対応できるようになる。日頃から自然に接し、自然に働きかけることの多い土木という職業に就いている我々の、ちょっとした配慮や細やかな心配りが大きな意味をもつことになる。本論で提案した”微調整のできる技術”を駆使して、学習・経験しながらスパイラル的により良いシステムに成長させていく本手法が、身近な河川環境や地球環境の回復の一助になればこれに過ぎる喜びはない。

参考文献

- 1) 青木孝一：地球と共に歩くには，CONTEXT，Vol.4，pp.44-56，1997.
- 2) Peter Checkland & Jim Scholes：ソフト・システムズ方法論，有斐閣，1994.
- 3) 小松利光・岡田知也他：波浪エネルギーを利用したダム湖・貯水池における水質改善法に関する現地観測，水工学論文集，第42巻，pp.727-732，1998.
- 4) 小松利光・矢野真一郎・鞠承淇・小橋乃子：方向性を持つ底面粗度を用いた潮汐残差流の創造と制御，水工学論文集，第41巻，pp.323-328，1997.
- 5) 小松利光・安達貴浩他：気泡噴流を用いた河口部塩水侵入の人工制御，海岸工学論文集，第44巻，pp.446-450，1997.

(1999. 4. 26受付)