

対話型水域環境整備技術について

Interactive Technique on Public Work for Water Environment

小 松 利 光

Toshimitsu KOMATSU

1. はじめに

ローカルな水質汚濁や大気汚染・土壌汚染等の公害問題として始まった環境問題は、地球上のあらゆる地域での無秩序な開発、資源の大量採取、エネルギーや物質の大量消費と大量廃棄、農薬・殺虫剤・合成洗剤等ありとあらゆる化学薬品の使用により、もはや一地域にとどまらず、地球規模にまで連鎖し、深刻な社会問題となっている。大量の化石燃料の使用は二酸化炭素の排出による地球温暖化を、また魔法の物質と言われたフロンはオゾン層を破壊し、これらの影響は生命体としての地球そのものの存続を脅かしている。我々の今後取るべき選択や新たな対策技術の開発が、誤った方向であったり時期を逸したりすれば、取り返しがつかなくなるといった重大な局面に現在さしかかっている。

もとより地球環境問題には、南北間の格差の問題や世代間の問題等さまざまな要因が縦横に複雑に絡まり合っており、それらの相互連関を解きほぐすだけでも容易な作業ではない。ただ地球環境問題は全て人間の側の問題である。したがって未来の世代に対する全ての責任は我々が担わなければならない。土木の分野で自然と接する我々は、この問題をどう解決していけば良いのだろうか？。

2. 人と環境

2.1 人口問題と少欲知足

地球環境問題の解決は量的には人口問題、質的には”少欲知足”をいかに実現するかにかかっていると思われる。人口は開発途上国を中心に増加の一途をたどっているが、地球の自然や資源・エネルギー等が全て有限であるため、人口問題の解決なくして地球環境問題の解決はあり得ない。食料危機に対する食料増産のための人為的な働きかけだけでなく、膨大な人間の存在そのものが地球環境にとっては大きな負荷となりマイナス要因となってくるからである。極論すれば地球上の人口が 5,000 年前と同じであれば、エネルギー・資源を多少濫費しようが有害物質を垂れ流そうが、それ程深刻な問題とはなり得ないであろう。アメリカの西部を旅行すると、日本とは違って森や湖や溪谷に豊かな大自然を見ることができる。これは自然保護に対する日米の人々の意識や行政の姿勢の違いもあるであろうが、人口密度の違いが決定的に大きいものと思われる。アメリカの大自然も日本の観光地並に人で溢れていたら、その維持は容易ではないであろう。

ところで、日本社会では少子化、すなわち女性 1 人当たりの子供の出生数の低下が今大きな社会問題となっている。近い将来の老齢化社会、日本の経済や産業を誰が支えるのかといった観点からは、確かに深刻な問題といえる。しかしながら日本の人口の減少は、世界の人口の爆発的な増加に対してはわずかにしか貢献しなくても、エネルギー・資源の大消費国である我国の人口が減少すれば、地球環境回復へ果たす役割は決して小さくはないはずである。したがって、我国のことだけでなく、地球環境の将来を考えるなら、必ずしも困ったこととは言えないのである。しかしながら、こういう意味での日本の人口の減少に対する肯定的な意見はほとんど聞かれない。

一方、思想や価値観に関連して、仏教用語でいう”少欲知足”の概念が今注目されている。”欲少なくして、

足るを知る”という意味であるが、物質的欲望（快楽価値や所有価値）をほどほどに抑え、代わりに精神的・倫理的な欲求を膨らませて行こうというものである。今日の資源大量消費型文明のもとでの”モノ”の追求はもうこれ位にして、自己の内的・知的な面に目を向け、心を豊かに広げようとするものである。このためにはライフスタイルや価値観の根本的な変換が必要であるが、これは言うは易しで実行は至難と思われる。しかしながら、地球という一つの運命共同体の上で、むざむざと破局に向かって進むよりは、足るを知って断じて人間の欲望を抑制する戦いを、自己の中に挑むのが人間の英知であると信じたい。

前に述べたように人口問題と”少欲知足”が地球環境問題の本質で、その他の環境技術やリサイクルなどの施策・エネルギー対策等は、2つの主要因をどのレベルまで実行しなければならないか、その程度を決定する2次的要因と思われる。ただ、地球環境問題の本質が偏りに人口の抑制と少欲知足の実現にかかっていると看做しても、我々のようにインフラストラクチャの建設・整備に関わり、自然と直接向かい合うことの多い職業の者としては、仕事を通じて何かできることがあるはずである。人間は環境や自然に対して意味を付与し、解釈し、意図をもって、目的をもった行動を起こし得る存在である。我々の仕事を通しての自然との関わり方次第で、人口の抑制や少欲知足において実現しなければならないレベルを、ある程度緩めることも可能になってくると思われる。

2.2 共生のためのパートナーシップ

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。環境が生命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生命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（図・1）。

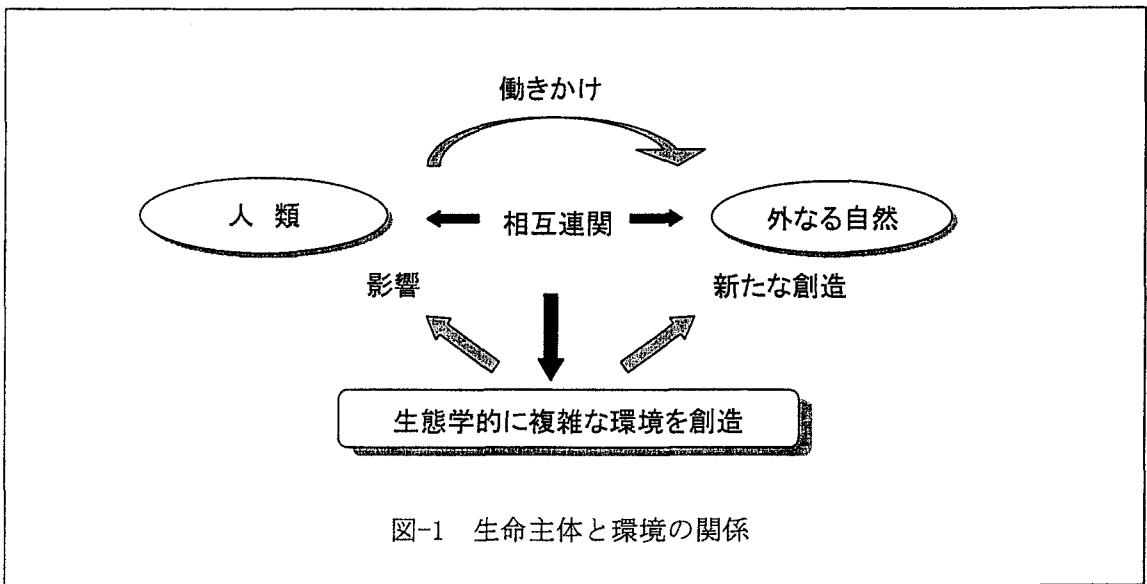


図-1 生命主体と環境の関係

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、自然の働きの中での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＜パートナーシップ＞の関係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、支配者としての意識を変革して、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と思われる。

日頃から自然と接し、自然に働きかけることの多い分野に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だろうか？

3. 自然に働きかける技術はどうあるべきか？

3.1 エンジニアリング思考からマネジメント思考へ

ソフトシステムズ方法論 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、そのニーズを充たすものを提供するということである。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等）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ないものがある、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分野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、まだ明確ではなくても”何か”を前もって敏感に感じ取り、そしてその”何か”に向って俊敏に行動していくことが現在真剣に求められている。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。

3.2 環境共生型技術の開発のために

これからの技術は健全で、かつ自然と調和していける環境共生型であることが、まず第一に要求されるが、そのためには次に挙げる諸条件を満たすことが必要である。

- 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、調整や後戻りの可能なものでなければならない。
- 5) これから開発される技術は、地域住民に受け入れられ易いものでなくてはならない。そのためには、懐

は深いがシンプルで分かり易い技術であることが望まれる。

6) 新しく開発された技術が広く普及するためには、経済性に叶い、産業界も無理なく受け入れられるものであることが必要である。

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ということは、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、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。

なお、自然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・非一様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、一定の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。

3.3 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＞―＜現地観測・モニタリング：経験・学習＞―＜調整：創造＞というサイクルを繰り返すことにより、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-2）。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。

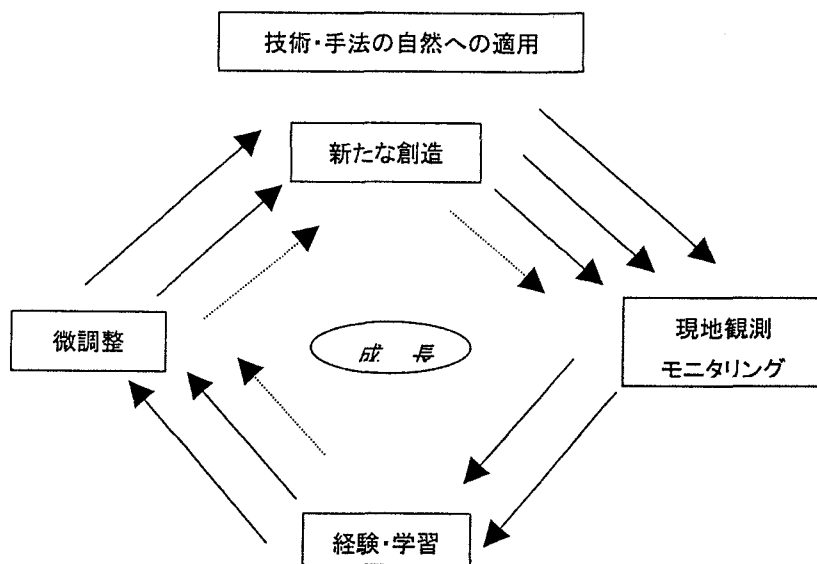


図-2 スパイラル状に学習・成長する技術システム

本項では、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感じ取り、見定めるため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、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。調整可能な技術といっても決して難しいものばかりではなく、身近にまだ創意・工夫の余地が多く残されていると思われる。例えば写真・1 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、施工後は見込みより水位が低くなってしまって、片方は水が流れず全く機能していない。階段部のコンクリート製の固定堰を例えばコンクリート平板を切り欠き溝の間に落とし込むような構造にしておけば、後で板の高さを変えるだけで調整が可能となり、水理条件の変化にも柔軟に対応できるようになる。我々のちょっとした配慮や細やかな心配りが大きな柔軟性をもつことになる。

また調整可能な技術として次のような例があげられる。詳細は講演時に述べることにする。

- 1)潮汐エネルギーを用いた内湾の水質改善技術
- 2)波のエネルギーを用いた沿岸域の底質移動の制御技術
- 3)表層水の底層供給によるダム湖・貯水池の水質改善技術
- 4)One-way pipe を用いた物質輸送の促進技術

・
・
・

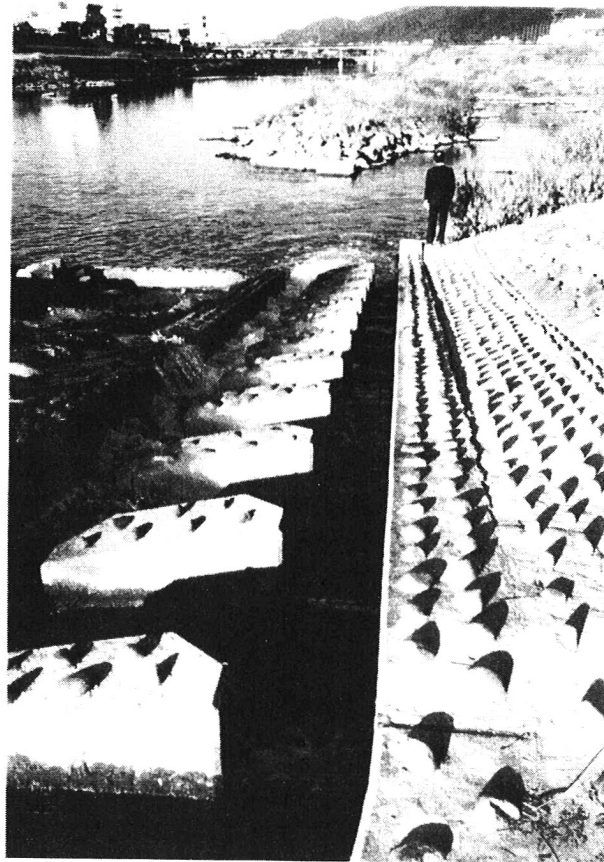


写真-1 水の流れていない魚道

4. 対話型整備手法について

前章で、調整・後戻りできる技術が学習・成長する技術システムの構築に欠かせないものであることを述

べたが、この概念は技術だけに留まるものではなく、我々が自然界に働きかけるときの手法にも適用・展開できるものと思われる。

現在、かなり工事が進みながらも事業の推進が厳しい状況となっている諫早湾干拓事業を例にとって、この事例から教訓として我々は何を学ぶべきなのか？ 自然環境の大きな改変を伴う事業を進めるときは、どのような手法を取るべきなのか？ について考える（図・3）。

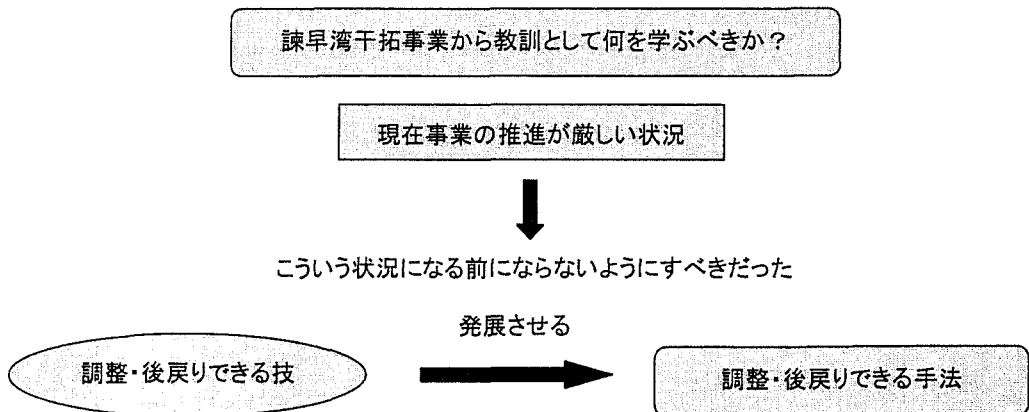


図-3 技術から手法へのコンセプトの展開

4.1 調整・後戻りできる道

我々が自然界に働きかけるとき、自然へのインパクトが大きければ大きい程、慎重な上にも慎重に調査を重ね、どのような結果を引き起こすのかをできるだけ正確に推定・評価しなければならない。しかしながら、自然界の仕組みや生態系は極めて複雑かつ精緻であるのに対し、我々のもつ知見は極めて限られているため、最大限の努力をしても確信のある予測が出来ないことも多い。我々人類がこの地球上で生活していく以上、最低限の開発や人工改変は避けられないことから、見切り発車的に事業に着手することは今後も十分あり得るものと思われる。そういう時こそ「調整・後戻りできる道」を用意し、それを横目で睨みながら事業を推進していく手法が必要となってくる。

ここでいう「調整・後戻りできる道」というのは、事業のインパクトに対する自然界の反応が当初の予測とは異なり、事業の完遂が自然界に大きなダメージを与えることが途中で判明したとき、容易かつ低いコストで事業の収拾・撤退を図れる道のことを言い、常にこの道を確保しておこうというものである。また、その場合も「単に中止するだけでなく、例えば既に造ってしまった構造物が残ってもそれはそれなりに機能し、かつ実質的にはそれがほとんど存在しないと見なせる程度にまで原状復帰させ得る道」のことである。

4.2 調整・後戻りできる対話型手法

自然界への大きなインパクトや人工改変を伴う大型事業を推進するとき、人間からの働きかけに対する自然界の反応・変化をモニタリングしながら自然界の声なき声を聞いて、ステップ的に事業を進めていく必要がある。

この考え方を諫早湾干拓事業に適用した場合について見てみよう（図・4）。

- (1) 淡水調整池の締め切り堤の水門を常時の開放に耐え得るもの、また開放時には調整池内の水位の変化が堤外の干満変動にかなり追従できる程度の広さをもった水門にする。
- (2) 締め切り堤完成後は締め切って、堤内調整池の淡水化を図る。その際、すぐに干拓地造成には手をつけず、2～3年自然界の様子・反応を見る（対話）。

諫早湾干拓事業の場合の調整・後戻りできる手法とは？

最初から水門を常時の開放に耐えられるもの。また開放時干満による堤内の水位の変化が堤外にかなり追従できる位の入退潮量を確保できる広さのものとしておく。

締め切り堤完成後締め切って、堤内の淡水化を図る。干拓には手をつけず2～3年自然界の様子・反応を見る

問題がない

干拓着工

問題が発生

締め切りが原因かどうか調査

締め切り堤が原因でないと明らかになった場合

締め切り堤が原因と分かった場合
or 怪しい場合

干拓を断念、水門を常時開放し、高潮・津波・洪水などの非常時の防災用に特化して用いる

調整・後戻りできる道

常にこれを横目でみながら、前に進めて行く

これは通常は締め切り堤が無いのと同じような状態まで戻れることを意味する。干潟も再生する。

図-4 調整・後戻りできる道

- (3) 特に問題がなければ、干拓地の造成に着手する。しかしもし問題が発生すれば、締め切りが原因かどうかを徹底的に調査する。そして締め切りが原因でなく他の原因に因るものであることが判明し、その問題が解決できた場合は干拓地の造成に着手する。
- (4) 一方、問題の原因が締め切りにあることが明らかになった場合、もしくはその可能性が疑われる場合は干拓を断念する。干拓工事はまだ始まっていないので容易に後戻りが可能である。その後、水門は常時開放し、海水の出入りを促す。堤内の水位も干満により変動するので干潟も蘇る。締め切り堤ならびに水門は高潮・津波・洪水などの非常時の防災用に特化して用いる。
- (5) 広さを十分にとった水門の常時開放は海水の干満による出入をそれ程阻害しないので、通常は締め切り堤が無いのと同様で同じような状態にまで戻れることになる（ほとんど原状復帰）。

したがってこのケースの場合は（a）さまざまな先の可能性を見越して、締め切り堤ならびに水門が常時開放に耐えられ、かつ干満による入退潮量を十分に確保できる大きさのものとする。（b）締め切りによる環境への影響がないことを確認するまでは干拓地の造成に着手しない、の2点が重要なキーポイントで、この2点が「調整・後戻りできる道」を用意することになる。

このように、自然界と対話して、自然の声を聞きながら調和していけるように、働きかける技術にも調整を加えて行く。もし、自然界が途中で異変を起こしたりして最終的に人工改変を拒否した場合は、容易にかつ低コストで収拾・撤退して、ほとんど原状にまで戻せるように、後戻りできる道を常に確保しておき、これを横目で見ながら慎重に事業を進めて行くこととなる。

なお現在計画されている大型ダム建設等についても、建設後予測し得なかった結果が自然界に生じた場合は、やはり普段は水を貯めずそのまま水を流してしまう治水専用ダムなどに、低コストで容易に移行できる道を最初から頭に入れて計画・設計することも必要であろう。水を貯めずそのまま流すと環境に与えるインパクトは比較的小さく、出水時のみダムの機能を発揮させることになる。普段はダムがあってもない場合とあまり変わらない程度にまで回復できることになる。

5. おわりに

今や、戦争より水によって家を追われる人が多いという。国連環境計画（UNEP）や世界銀行などで組織する「21世紀の水に関する世界委員会」はこんなレポートを発表している。それによれば、世界の主要河川の半分以上で枯渇や汚染が深刻化、農業や工業用水、飲用水などを川に頼る流域住民の健康や生活が脅かされている。世界の水需要は21世紀初頭の現在、20世紀半ばと比べて3倍になっており、世界各地で既に供給が需要に追いつかなくなっている。「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」は、2025年には50億人が慢性的な水不足に襲われると予測している。

また地球の温暖化に伴う海面上昇による洪水の増加、マングローブ林の減少、砂浜の侵食など、水や食糧の確保だけでなく、安全や国土の保全までもが危機に瀕している。オランダは既に河川の氾濫に備え、国土の3%に相当する1100平方キロメートルに人工湖などの水吸収地帯を建設することを計画している。一方、我国の対応は遅れていると言わざるをえない。政府関係者だけでなく研究者・技術者もまだ対岸の火事としてしか捉えていないように思われる。今後直面することになる環境問題のどれ1つ取ってみても容易に解決できる問題ではない。手を拱いている時間はないのである。今こそ、社会基盤・生活基盤の整備を職務とする我々土木関係者は、マネジメント思考に熟達し、今何をなすべきかを鋭敏に感じ取り、産・官・学が市民と力を合わせて、調整・後戻りできる技術・手法等を駆使して立ち向かわなければならない。

21世紀は環境の世紀・水の世紀といわれる。環境・水はともに21世紀に危機に直面する重要な課題という意味で使われているが、そうではなくて真に地球環境や水の恩恵に感謝し、その素晴らしさ・美しさを称えて、“環境と水の21世紀”と言われるようにしたいものである。今、我々土木分野の研究者・技術者の力

量と真価が切に問われている。

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・安達貴浩・末松吉生：微調整可能な河川技術を目指そう！,
河川技術に関する論文集, 第5巻, PP. 19-22, 1999.