

地球環境問題のなかの緑化技術

小 泉 賢吉郎

Revegetation Technology in the Context of Global Environmental Problems

Kenkichiro Koizumi

Abstract

Historically, science and technology have tended to be viewed in two ways: 1) as something that controls the direction that society takes, as in the case of nuclear energy, space exploration, electronics, and computerization, and 2) as something that is society directed, where society controls it and uses it so as to solve specific problems, as for example, the case of pollution. This paper discusses the second type in the context of revegetation technology, which has come into prominence recently in response to rapidly encroaching man-made environments and the disappearing of natural environments.

This paper examines aspects of and reveals interesting parallels between pollution-prevention technology and revegetation technology, both of which have been employed by society to address specific environmental problems—the former to solve problems of harmful industrial waste and automobile emission pollution, and the latter to solve barren land instability caused by the cutting of highway networks through vast areas of the environment. Despite the fact that the two technologies have no direct relationship to each other, both pollution-prevention technology and revegetation technology, over time, can be demonstrated to have gone through almost the same stages of evolution, which strongly implies that despite their differences society has come to view them in a similar fashion.

As society becomes increasingly complex in its nature and functioning, it would be wise, therefore, to regard these two technologies not merely as independent useable tools to be applied to isolated problems, but rather as inherent social factors integrated into the very life functioning of society. They must be understood as inter-linking, as in the case of zero-waste integration of industry, that is possible only when both the problem and the technology are viewed as being part of an interwoven fabric.

科学技術の二つの姿

とくに第二次大戦後のことであるが、顕著に見られるようになったのは、文明の牽引車として科学技術の姿である。原子力をはじめ、宇宙開発、エレクトロニクス、なかでもコンピュータの目を見はるばかりの発展は、社会を急激に変化させる原動力となってきたし、またそういう目でも見られている。しかし、こうした牽引車としての科学技術と対照的に、科学技術のもう一つの姿ともいえる、事後的な、対処療法的な姿も観察される。事後的とは、何か問題が生じ、どうしようもないほど深刻化して行くなかで社会からの圧力がかかり、はじめて科学技術が動員されることを意味する。対処療法的な面は、とくに1960年代から70年代に日本全国で深刻な問題となった公害において顕著に現れた。

一方は社会を引っ張って行く科学技術、他方は社会に引っ張られて行く科学技術。いったい、どちらが本来の科学技術の姿なのか。おそらく、どちらがどうというより、どちらも科学技術の姿なのだろうと思われるが、興味ある点は、いったい、社会に引っ張られて行く科学技術は、社会を引っ張ることはあるのだろうか。もしあるとすれば、どういう状況でそうしたことが起こるのだろうか。本稿では、はじめに公害が深刻化したとき、科学技術は社会的圧力を受けてどう対処したのかを調べ、次に、地球環境問題の解決策の一つとして近年注目を浴びつつある緑化技術に焦点を当て、最近の動向を見ながら、この点について考えてみたい。

公 害

近年、公害という言葉はあまり聞かれなくなった。現在では裁判等で公害訴訟というかたちで使われるくらいになったが、かつてはこの言葉がマスコミにあふれていた。とくに1960年代末から70年代はじめにかけては新聞紙上でお目にかからない日はなかったくらいである。1970年頃が一番ひどかったが、この年は、多くの公害規制法案が承認された、いわゆる公害国会の年であったし、日本の河川が一番汚れていた年でもあった。⁽¹⁾

公害に代わって、近年では環境問題、環境破壊など、環境という言葉がポピュラーになってしまった。では、いったいつ頃からこの「環境」という言葉が使われ始めたのだろうか。ある説によると、1970年代はじめ頃から徐々に使われ始めたようである。一般市民が産業活動から排出される有害物質によって被害を被るという構図だけではなく、自分たちも加害者であるという構図が徐々に明らかになっていったからであった。つまり、ゴミや生活排水の問題に見られるごとく、われわれ自身も環境を汚染する要素の一つであることに気づいていったからであった。⁽²⁾

また別の説では、1960年代後半から1970年代にかけてを公害の時代、1970年代後半から1980年代を環境の時代、そして1990年以降を地球環境の時代とした時代区分もある。これによると、「環境」は、70年代の初めではなく、むしろ後半からとなるが、この辺りはかなり微妙であり、時期を正確に決めることは無理であろう。ただ、どちらの説も環境が出てきた70年代には加害者と被害者がオーバーラップするようになったという点では一致しており⁽³⁾それ以前のように企業が一方的に加害者となる単純な構図ではなく、状況は複雑化の様相を呈するようになった。

ただし、公害の被害者と加害者がオーバーラップするようになったといっても、この両者を分離し、加害者に適切な措置を講ずるように説得する努力も同時に行われていた。たとえば、世界一厳しい自動車の排ガス規制を可能にした過程を見ても、公害の移動発生源である自動車に

については、受苦圏と受益圏の区別がむずかしく、そのため一口に排気ガス規制といってもその実現は容易ではなかった。しかし、地方自治体によってつくられた「七大都市自動車排出ガス規制問題調査団」が両者の分離に力を注ぎ、厳しい排ガス規制を可能とするうえで大きな影響を及ぼしたのである。⁽⁴⁾

こうしたなか、とくに60年代の終わり頃からであるが、悪いのは、科学技術であり、これが公害の元凶であるという考え方が現れてきた。なかでも、いわゆる理工系の学問である物理学や化学等が悪者の筆頭とされ、逆に生物学関連、とくに生態学は救世主的な存在と考えられた。この傾向は、とくにアメリカにおいて著しく、ベトナム戦争で使われた生物化学兵器に対する非難と相俟って科学技術は苦しい立場に立たされた。⁽⁵⁾

しかし、その後の歴史を見ると、公害は目に見えるかたちで改善され、その過程で科学技術は、相当に重要な役割を演じた。国も民間も公害防止技術の開発に力を入れ、現在では技術水準からだけいうと、世界のトップレベルにあるといわれている。⁽⁶⁾しかも、単に公害防止だけに成功したのではなく、たとえば、自動車に見られるごとく、厳しい排ガス規制をクリアするだけの技術開発を成功させたために、その後、とくにアメリカで貿易摩擦の原因の一つとなったほど自動車はよく売れた。

実際のところ、日本の社会が自動車メーカーに課した排ガス基準（53年規制）は、世界一厳しいものであった。こうした厳しい基準を設定するようになるまでには、それなりの理由があったわけで、社会のなかのいろいろの要因が複雑に相互作用した結果であった。光化学スモッグや71年成立の马斯キー法（大気清浄法改正法案）を背景に、社会運動家、メディア、国（環境庁）、地方自治体、メーカーなどが深刻化する排気ガスの問題と取り組み、互いに影響を及ぼしながら、解決策を見出そうとするなかから出てきたものであった。⁽⁷⁾特筆すべきは、メーカーの技術者たちがこの基準の達成のために奮闘したことであった。従来までのように欧米からの技術導入でこれを達成したのではなく、彼らは独自に技術革新を行い、この基準をクリアした。エンジン本体の改良、新しい触媒の開発、両者の組み合わせ等によって解決していったのであるが、世界一厳しい基準をクリアするのは、容易なことではなかった。とくにNOxの排出量を減らすことに関して技術的に大きな問題があり、メーカー側は、この厳しい基準を緩和するよういろいろな方面に働きかけるなどしたほどであった。⁽⁸⁾

現在でもディーゼル車の排ガスが大きな問題となっており、さらにハイブリッド車や電気自動車の開発が急ピッチで進んでいるように、公害発生源としての自動車の問題は、解決したわけではない。とはいうものの、53年規制をクリアできたことは、科学技術の大きな貢献であったといわなければならないだろう。科学技術は、このように確かに強力な武器となりうるが、問題は排ガスの問題を予見し、深刻化するまで未然に防げなかったことである。自動車メーカーは排ガス問題を研究対象として研究はしていたが、社会から解決へ向けての圧力が高まるまで真剣に取り上げず、大問題となるまで具体的には何もしなかった。明らかに科学技術は、この問題を予見的に解決しようとしたのではなく、対処療法的に解決しようとしたのである。

公害防止技術——EOP技術

実際のところ、日本の産業公害防止技術は、ほとんどが事後処理的な性格をもつといわれてきた。産業活動をする際に、いかにしたら有害廃棄物を最小限にできるかを考えないでモノをつく

り、その結果、出てきた廃棄物を一番最後のところで処理するというやり方である。すなわち、産業活動の過程から排出される気体、液体、固体の有害廃棄物を効果的に処理するために発達してきた技術であり、生産工程の最終段階で行われるので、エンド・オブ・パイプ (EOP)、あるいは終末処理技術とかわれてきた。⁽⁹⁾たとえば、鉄工業でも公害予防技術としてはエンド・オブ・パイプ技術が主流であったが、生産コストに追加されるコストとなるため、積極的に実施されなかった。しかし、公害反対の社会的圧力や公害規制が厳しくなるにつれてどんどん使われて行くようになった。⁽¹⁰⁾

一般的にいうと、日本の環境政策それ自体が対処療法的であった。何か問題が発生したのちに事後的に個別的にその問題の解決に取り組んできた。⁽¹¹⁾端的にいうと、生産工程からどんな有害物質が排出されるのかについて何も考えずに生産し、公害という問題が発生し社会から非難の声が高まってはじめて解決策を講じたというのが日本の公害対策だった。しかもその際、生産方法にまったく手を付けず、そのままにして、生産工程の最終部分において有害物質を除去する方法を用いたのである。これがEOPである。

クリーナープロダクション (CP) 技術

ところが、こうしたやり方に変化が現れるようになった。そのきっかけは、1970年代における二度にわたるエネルギー危機で、とくに73年のそれは厳しいものであった。日本は、省エネルギー・省資源の努力を強いられるようになり、もしこれに失敗したら、将来はないだろうといわれたほどであった。こうして、省エネ・省資源の観点からの生産工程の徹底的な見直しが始まったのであった。そして、一連の騒ぎが終わってみると、公害防止の観点からも優れたシステムが誕生していたが、これがのちに国連環境計画 (UNEP) によって体系化されたクリーナープロダクション (CP) であった。CPとは、1989年にUNEPのよって唱えられた基本コンセプトによると、予防的環境対策であるが、日本は、CPを確立する意識なしに、その初歩的な段階を完成したのである。⁽¹²⁾

公害防止の観点からいうと、生産工程を根本から見直し、できるだけ無駄のないシステムを作り上げたのであるから、EOP技術よりCP技術のほうがはるかに効率的であるはずである。実際のところ、企業の排水問題に目途が付いたのは、このCPの技術に各企業が熱心に取り組んだからである。⁽¹³⁾現在、各産業においてCPのために研究開発が行われており、生産の全工程について見直しが行われると同時に、できるだけ環境に優しい新しい生産技術が誕生しつつある。⁽¹³⁾

地球サミット

公害から環境の時代への移行に関しては、内容的にも時期的にも正確に決められなかったが、環境の時代から地球環境の時代への移行については、1992年にブラジルのリオデジャネイロで開催された国連環境開発会議 (地球サミット) の影響が大きい。この辺りから環境というと、単にわれわれの周りの環境ではなく、地球環境を指すようになった。そして、とくに重要なのは、この地球サミットを契機として国際的にも国内的にも具体的な行動が取られるようになったことである。

まず、第一にあげたいのは、国際標準化機構が中心となって、96年9月から10月にかけて環境

マネジメントシステム規格と環境監査規格（ISO14000シリーズ）をまとめたことである。この国際的規格は企業のグリーンパスポートと呼ばれているが、その理由は、これを入手した企業が環境を重視する企業として社会的に認められることになるからである。逆に、この規格を取得しなかった企業の製品は、市場から閉め出される可能性があることになり、とくに環境意識の強いヨーロッパでは致命的なことになりかねない。日本も早速、1994年11月に十社が集まって日本環境認証機構をつくり、これへの対応に乗り出した。⁽¹⁵⁾ この結果、環境に配慮しないで企業活動を続けていくことが不可能になりつつある。

二番目に重要なのは、地球サミットで採択された「アジェンダ21」である。各国政府はこれに基づいて「アジェンダ21行動計画」を策定することとなり、各省庁はこれを具体的施策に翻訳し政策に反映させたのである。これについては、緑化技術のところでもう少しくわしく見たい。

三番目に、国連大学のゼロエミッション研究構想をあげたい。これが国連大学独自のものだったのか、それともベルギーの起業家のグンター・パウリが国連大学に働きかけたものか、その辺ははっきりしないが、各種の産業を組み合わせる廃棄物をゼロにしようとする構想である。⁽¹⁶⁾

その基本的な考え方は、生態システムからきている。すなわち、自然をよく観察すると、ある生物種の排出物が別の生物種の食料となるというふうに無駄のものは何もなく、基本的に循環型であるが、それに対して、産業システムは線形型であり、ある産業が吐き出したものは捨てるというシステムを作ってしまった。したがって、持続可能性のある産業システムをつくるためには、自然のなかの循環パターンを真似ることであり、ある産業の廃棄物が別の産業の資源となるようなシステムを構築しなければならないことになる。⁽¹⁷⁾

第一回の世界会議は1995年4月に開催された。会議の席上、国連大学はビール醸造と魚の養殖を組み合わせる事例を紹介した。ビールをつくる工程から排出される麦芽と大量の水を利用して魚を養殖すれば、無駄の少ないシステムが作れるというわけである。一方、民間企業からは、とくに荏原と秩父小野田が興味を示した。荏原は、神奈川県藤沢市に住宅、工場、農園などを含めたモデル地区を建設し、廃棄物ゼロの、このゼロエミッション構想がどこまで可能かを確かめる。⁽¹⁸⁾ また秩父小野田は「エコ・セメント」の開発に成功した。このセメントは、ごみ焼却炉からの灰と下水汚泥、添加物、石こうを加えて作られる。この成果は5月に国連大学がアメリカのテネシー州で開いた第二回「ゼロエミッション国際会議」で発表され注目された。⁽¹⁹⁾ 上記以外にも、日本各地でゼロエミッション構想の実証的研究が行われている。⁽²⁰⁾

公害防止としての科学技術

要するに、はじめに公害があり、その後に科学技術が要請されたというのが最初に確立されたパターンであった。科学技術は、問題を事後的に解決するために動員されたのである。このパターンでは科学技術は、工場等の廃棄物から毒性をできるだけ除去するだけに用いられ、完全に受身的な役割を演じただけであった。公害に主導権を握られた状態にあったといえるが、それなりに強力な武器として力を発揮し、公害防止の効果は確かにあった。次に、環境の時代になると、主導権を握ったのは公害ではなく、省エネ・省資源であった。科学技術は、この目的のために動員され、この意味では公害の時代と同じパターンであったが、相当に異なった結果をもたらした。科学技術は公害の時代のように生産工程の終末部をいじくり回したのではなく、生産工程それ自身を修正したからであり、これがのちのCP技術の確立へとつながったからであった。公害の時

代と比較すると、科学技術は産業の本質部分で活躍するようになり、その意味で役割は増加したともみなせるが、省エネ・省資源が主であり、科学技術はあくまで従であった。しかし、公害防止には大きな役割を果たした。

地球環境の時代になると、CPのための科学技術およびゼロエミッション構想が登場し、事態はかなり変化したように見える。しかし、公害・環境のために科学技術が動員されるというパターンは基本的には従来と変わっていない。ただ、従来と比べると、短期的な、眼前の深刻な問題を解決するという、従来型の社会的圧力ではなく、もっと中・長期をにらんだ圧力がかかってきたという印象が強い。こうした状況下では科学技術も表面的な傷を直すのではなく、根本を直すように期待されており、それだけに科学技術の与える影響は大きくなっているといわなければならない。とくにゼロエミッション構想は、いろいろな産業の組み合わせを求めてくるので、なかにはわれわれの住宅も含まれるような新しい産業クラスターが形成されるかもしれない。つまり、廃棄物ゼロを目的とした、いろいろな新しい産業クラスターを形成される一方で、一般住宅を含んだ産業クラスターも形成される可能性があり、社会システムにかなりの影響を与えそうである。科学技術は、ゼロエミッションに至ってはじめて、小手先の変革ではなく、社会を根本的な意味において変革する段階まで来たようである。

緑化技術

緑化技術は、公害防止技術として認識されたことはないが、近年、地球環境問題が論じられる際には一つの強力な武器として語られることが多くなった。とくに、砂漠緑化がそうであるが、これ以外にも環境庁のエコポリス、建設省のエコシティ、運輸省のエコポート等の快適空間づくりにおいて緑化は重要な位置を占めるようになった。⁽²¹⁾しかし、一口に緑化技術といっても、その内容は多岐にわたっており、とてもこのような小論ではその全貌をカバーしきれないので、ここでは道路建設と法面（のりめん）保護の緑化技術に焦点を当てて考えてみたい。

法面緑化

住宅団地、高速道路、新幹線など、大規模な土木工事が行われると、そのあとには必ず人工傾斜地が出現する。この傾斜地が法面で、法面の緑化とはこの人工的につくられた傾斜地を緑化して保護することをいう。第二次大戦後、復興が進むにつれて国土の開発が始まったが、とくに1955年以降、高度経済成長とともに開発のスピードは速まり、それに伴って法面スペースも急速に増加していった。何もせずに放置しておくとも浸食が起り、崩落の危険性があるので、緑化する必要が生じた。大量の法面が出現するので、手っ取り早く行わなければならないが、そのために機械を使って成長のはやい外国産の牧草の種子を散布する工法が開発された。当時の緑化とは、防災の観点からはやく安価に法面保護ができれば、目的は達成されたわけで、自然への配慮などはほとんどなかったといってよい。換言すると、緑化は、これを緑化してほしい、という土木工事側の、緑化のことを一切考慮しないかたちで始まったわけで、まずはじめに法面ありきの状態であった。⁽²²⁾

その結果、材料、工法の均一化、施工の容易性等が求められ、この分野の技術は植物に関する知識がゼロでも施工が可能となるような方向へと進んでいった。⁽²³⁾日本全国、どこへいって

も同じような法面風景が見られるようになり、付け焼き刃的な見てくれだけのよい緑が大量に誕生した。しかし、その後、公害が全国的に大きな問題となりはじめると、無制限の開発に対する非難の声が高まり、緑化技術は開発によって破壊された自然修復のための技術としての役割を求められ始めた。⁽²⁴⁾ こうした目的のために新しい工法が模索された。従来のように軟質土の緑化だけでなく、硬質土壌や岩盤などの無土壌法面等に対しても緑化が要求されるようになり、いろいろな資材を組み合わせて植物生育基盤をつくり、これを硬質土に吹き付ける岩盤緑化工法が開発された。この工法は、比較的厚い植物生育基盤を吹き付けるため、厚層客土吹付工法とも呼ばれている。⁽²⁵⁾ こうして、どんな場所でもどんな季節でも緑化できる技術が発展していったわけであるが、日本の法面緑化技術は、この意味で世界的レベルにある。⁽²⁶⁾

70年代になると、道路法面の緑化は草本群落ではなく、木本群落を中心としたものにすべきであるという動きが現れた。草本群落は、根系の発達が不十分で、滑落しやすく、また衰退もしやすく、再び裸地となってしまうからというのがその理由であった。木本群落を中心に緑化を図るといふ、新しい動きは、その後、主流となって行くが、アプローチに二つの違いが出てきた。一つは、種子による緑化、もう一つは、苗木による緑化であり、この違いは現在も解消されていない。たとえば、種子による樹林化を主張する説によると、苗木による方法は根系の発達が種子によるものと比較すると、不十分であり、防災的に問題があるという。さらに、はじめからいきなり潜在自然植生を植栽するために厚い客土がなされてきたが、これも経済的に問題がある等の批判もある。⁽²⁷⁾ これに対して、防災の問題については緑化の前すでに土木的な処理が施してあるので、問題ないとし、逆に、種子による樹林化の場合、いろいろな種類の種子を入手することの困難さが指摘され、こちらの問題のほうが大きいとの批判もある。⁽²⁸⁾

自然保護技術

緑化を行う際に、うえのようなアプローチの違いが出てきたこと自体、緑化することの意味が変わってきたと解釈すべきであろう。もはや50年代末から60年代のように大量に発生した法面を急いで緑化することに意味があった時代ではなくなり、なんのために緑化するのかをはっきりさせる必要があったからにちがいない。70年代といえば、エネルギー危機の時代であり、公害に対する意識も変化しており、たとえば、自然保護運動などを見ても、微妙に変化している。住民の関心も、公害から身近な周辺環境へと移っていった時代であり、80年代になると、この辺りの性格がはっきりしてくる。かつて自然保護運動は公害反対運動と区別できたが、この境界がぼけ始め、さらに専門家主導でなくなり、一般市民も参加できるようになった。こうした変化に付随して、自然保護運動はそれまでの主要関心事であった貴重な絶滅種を保護するということから、自分たちの周辺の緑、自然を守るという方向転換をしていった。このなかには自然を守るだけでなく、失われた自然環境を自分たちで復活しようという運動もあり、その代表的な例がホテルの里復活運動であった。復活されようとしている自然は、かつてどこでも見られ、いつの間にか消滅してしまった市街地周辺の平凡な自然であった。⁽²⁹⁾

一般市民のこうした環境に対する意識の変化は、科学技術にも影響を及ぼしている。公害が激しかった時に社会が科学技術に働きかけた圧力ほどでないが、たとえば、河川工事のやり方に影響を与えた。ホテルの里復活運動に続いて、オオムラサキやモリアオガエルなどの復活運動も起こったが、この結果、水辺の復権が唱えられ始め、これを通して河川修復技術が変化し始めたの

である。一般的にいうと、自然の河川というものは蛇行している。流れが緩やかだったり、速かったりしているので、いろいろな生物がそこに棲息できるのである。しかし、問題は、このような河川はこのままにしておくと、洪水を起こす可能性があることで、河川の周辺に住む人たちを悩ませてきた。明治以降、政府は、こうした災いをなくすために、主として防災の観点から水がスムーズに流れるように河川をできるだけ真っ直ぐにし、かつコンクリートでかためてしまったのである。河川をコンクリート化することの利点は、こうすればその後の管理費がほぼゼロに抑えられることだった。つまり、ひとたび工事してしまえば、半永久的に何もしなくてもよかった。⁽³⁰⁾

しかし、身近な自然の復活ということが話題になり始めると、河川は単なる水の通路以上の存在となり、われわれが生物と接触することのできる身近な自然の一部となった。当然のことながら、従来型の河川工事は見直しが行われ、親水護岸、近自然工法、多自然工法等と呼ばれる技術の開発が主要関心事となった。これは、自然環境をできるだけ保存しながらの治水技術であり、従来の路線とは明らかに異なっている。とくに、難しいのは、洪水との関係である。生物が棲息しやすいようにすると、治水上の問題が起こる。したがって、まず安全性を確認することが重要であり、そのうえで自然型への改修工事がはじめて可能となるのである。すでにスイスやドイツでこの方面の技術が発達しており、80年代後半以降、日本はこれを輸入している。⁽³¹⁾

かつての法面緑化技術が全国どこへいっても同じような法面風景を生み出したように、従来の河川技術は、全国の河川をどこへいっても画一的な姿にしてしまった。ところが、河川修復のための新しい技術は、それぞれの河川の状態に応じていろいろな生物が棲める河川に作り替えようとしており、そのため、もっと多様な対応が可能になりつつある。まだささやかなレベルで行われているにすぎないが、市民の自然を求める要求がこうして変化をもたらしたと見ても間違いはない。一般的に技術は、同じようなものをまるで判を押したようにして作ることに最も得意であり、一つ一つ手作りのようなものを作ることは得意でなかった。しかし、いま求められている技術とは、多様な対応を可能にするものである。今後、科学技術がどうかたちでこれに代えて行くのか、結論でもう一度考えてみたい。

地球環境問題

90年代に入ると、地球環境問題が大きくクローズアップされるが、いま見たように、これ以前にすでにわれわれの自然へのアプローチの仕方は、変わっていたのである。ということは、各国において状況は異なるが、こういう変化があったからこそ、ブラジルの地球サミットでの話し合いがうまくいったと見るべきだろう。そして、地球サミット以降、地球環境問題は世界的な規模で一挙にクローズアップされ、具体的な政策に反映していった。国内的にも、93年11月に環境基本法が制定されたのをはじめ、その後、環境政策大綱、緑の政策大綱、グリーンプラン2000の策定、生物多様性国家戦略、リサイクル関連法の制定、環境影響評価法（アセス法）等々というふうに、いろいろな政策が具体化されていった。さらに審議会レベルにおいても、たとえば、97年6月の建設省道路審議会環境部会の答申にもあるように、道路建設において環境への一層の配慮が強調された。⁽³²⁾次に、地球環境問題への配慮が、道路建設において具体的にどういうふうに行われていったのかについて見てみたい。

環境に配慮した道路建設

道路に植えられる樹木にしても二酸化酸素の固定という観点からの検討が行われるようになり、従来までのように景観の創造、走行の安全性・快適性だけが課題となるのではなく、地球環境の保全、省エネ、リサイクル、生態系への配慮などが中心的課題となった。道路建設においてもゼロエミッション、エコロード、ビオトープなどが検討の対象となり、実際の現場で実施に移されていった。たとえば、道路建設におけるゼロエミッションでは、国連大学のプロジェクトからも想像できるように、できるだけ廃棄物を出さないようなシステム作りが模索されている。道路機能を維持するためには定期的な草刈りなどが行われるが、刈り取った草は廃棄処分にするのではなく、堆肥化してリサイクルするなどの試みが行われている。現在、堆肥化手法には、約1カ月で堆肥化する屋内方式と3-4カ月で堆肥化する屋外方式があり、出来上がったものは、植物生育基盤等に使われている。⁽³³⁾

一方、生態系に配慮しての道路建設、すなわちエコロードの試みであるが、従来までのように利便性や快適性だけを追求した道路建設ではなく、自然にも優しい道路建設を目指している。代表的な試みとしては、宮城県と秋田県を結ぶ一般国道108号の、鬼首峠を越える部分に建設された13.7キロの鬼首道路（1979年に着工され96年に開通）があげられる。

建設された部分は、いろいろな動植物が棲息する栗駒国定公園を通過するので、この環境を壊さない配慮をした道路作りが行われたのである。1992～3年と二年にわたって鬼首道路エコロード検討委員会が設置され、生態系への影響を最小限にするために方策がいろいろ検討された。その結果、いろいろな工夫が提案された。トンネル、橋梁などを作って、できるだけ盛土や切土を少なくするが、やむなくできた法面に対しては、周囲と同じ樹種を植えるなどである。また、そのための試験植栽が行われた。さらに、小動物のために側溝からの脱出実験や動物横断道路（けもの道）の確保なども行われた。完成後、検討委員会は、鬼首道路追跡調査委員会となり、エコロードとしての有効性を調査し、将来のために資料収集にあたっている。全国各地でエコロード建設の動きが見られるが、鬼首道路のように生態系全体を保全するという本格的な取り組みは少ない。⁽³⁴⁾

エコロードの取り組みの多くはまだ部分的とはいっても、道路建設に際して、生態系へのいろいろな配慮がされるようになったことは否めない。法面緑化が行われる際にも、植物の種類や法面の勾配、さらに表土の保存などに対して、新しい取り組みがなされている。たとえば、従来、現地に自生している植物を用いることは、少なかったが、別の地域からの植物を持ち込んだ場合、現地の生態系に影響を与えるかもしれないので、できるだけ現地の植物を用いて緑化を図ることが試みられている。また、法面の勾配についても、用いる植物によって勾配を緩やかにするなど、一方的に土木工事側の都合だけで工事が行われるということがなくなりつつある。さらに、現地の表土は土壌生物、植物種子、動物の卵などを多く含んでいるので、これを保存して、工事後の緑化に用いるなどし、工事前の自然環境保全に努めることも行われるようになった。⁽³⁵⁾

以上は、現在、最先端の緑化技術がどういう方向に進みつつあるかについての概略であり、法面緑化工事の実態の説明ではない。残念ながら、実態は、上述のような高度な新技術が開発されているにもかかわらず、いまだに30年前同様に主に外来草を使った緑化が多くのある場所で行われているような次第である。その理由として、業者の環境・景観に対する認識不足、技術の普及不足、土木技術者の、植物に対する認識不足、コンサルタントの、緑化技術に対する認識不足などがあ

げられている。⁽³⁶⁾

確かに、一方でこのような旧態依然としたことが行われているが、他方で新しい状況に対応しようとした動きもあることはきちんと認識しておくべきであろう。たとえば注目すべきは、1995年10月の第21回日本道路会議において行われたパネルディスカッションである。このなかで、そもそも土工の計画、設計の段階から法面を少なくする技術や景観を創造する方策が必要なことが話し合われた。⁽³⁷⁾

計画の段階から法面を少なくするという事は、従来のやり方と比較すると、画期的ともいえる。いままでは、まず土木工事が行われた結果としての法面がはじめにあり、これを緑化しなければならなかった。設計の段階でも実際の工事の段階でも、その後に出現する法面をどうするかについては何も考えられなかった。以前、公害とその対策について見たが、この状況は、そのときわめてよく似ている。つまり、日本の公害対策とは、まずはじめに「公害ありき」であった。生産工程からどんな有害物質が排出されるのかについて何も考えずに生産し、公害という問題が発生し社会から非難の声が高まってはじめて解決策を講じたのである。しかもその際の解決方法は、エンド・オブ・パイプ (EOP) であった。生産方法にまったく手を付けず、そのままにして、生産工程の最終部分において有害物質を除去する方法を用いたのである。ところが、その後、生産工程それ自体から有害物質を最小限におさえるという、クリーナープロダクション (CP) の考え方が現れた。

設計の段階から法面を最小にする、あるいは環境へのインパクトを最小にするというのは、まさしくCPの考え方と同じである。緑化技術においても、公害防止技術と同様の発展のパターンをたどっているのは、きわめて興味深い。

エコサイクル緑化

一般的にエコサイクル緑化工法と呼ばれている、新しい試みも、ブラジルの地球サミットの広範囲にわたる影響がなかったら、誕生しなかっただろう。この新しい試みとは、廃棄物のリサイクルと自然林の回復とによって従来の厚層基材吹付工法の経済的・技術的欠点を補うものである。この厚層基材吹付工法は、70年代中頃に開発されて以来、どんな場所でもきわめて敏速に緑化し、しかも持続性もあったので、当時の緑化目的に合致し、重宝されてきた。しかし、その後、時間の経過とともに、次のような二つの新しい対応が求められるようになった。

一つは、この工法に用いられる植物生育基材の原料となるパーク (木皮) やピートモスの問題である。量が安定的に確保できなかつたり、品質にばらつきがあつたりした。また養分過多になりやすく、導入した植物が衰退することなく、10年以上も保つことである。ということは、植生が自然界のように次々に遷移して行かず、かといって自然林構成樹種を導入すると、逆に養分過多でうまく育たなくなつたしまい、地球サミット以降の緑化の目的である自然林の回復がむずかしくなる。そして、二つ目は、コストの問題であった。厚層基材吹付工法の施工費は決して安価でなく、そのため他の施工費の安い工法へとシフトする傾向があり、この工法が競争力を失う可能性が出てきた。また土木工事の国際標準への対応が求められるようになり、市場単価制が導入された結果、コストダウンの必要性が生じ、より安価な資材が求められるようになったことである。⁽³⁸⁾

つまり、単純に言えば、パーク堆肥等に代わる、新しい原料の開発が必要であるということで、

全面的な見直しをはじめられたわけである。その結果、明らかになったことは、パーク堆肥やピートモスの代わりとなるものは安価には手に入らないことで、コスト面からだけすれば、廃棄物の利用を考えるしか他に有効な方法がないことであった。さらに、地球サミット以降、リサイクル社会が強調されるようになったので、廃棄物の再利用が可能となると、いろいろの利点が生じてくる。第一、社会を味方につけることができる。

だが、はたして廃棄物は、植物生育基材の原料となり得るのだろうか。実はこれは、品質や養分過多の問題と結びついており、その元となるいろいろな研究開発はすでに行われていた。たとえば、養分過多にならないためには、砂質土の多い材料を使う必要があることもわかり、廃棄物利用のための技術的研究は、こうした経験をもとにして行われていった。現在までの研究の結果、再利用できる廃棄物は、無機物系資材として廃コンクリート・アスファルト、現場発生土、浚渫・無機・浄水等の各種汚泥など、また有機系資材として、刈草残滓、伐根・間伐材・解体材等の廃木材、下水などの各種有機汚泥など、多岐にわたることがわかっているが、これらの技術的問題とは別にもう一つ解決されなければならない問題があった。それは、原料となる廃棄物がパーク堆肥等にとって代わるためには、安定的に大量に供給される必要があることである。

97年1月にはエコサイクル緑化の材料提供を行うために日本エコサイクル土壌協会がまず創設され、さらに、現地における施工の実施部門としてエコサイクル緑化工協会が各府県に設置されることとなった。同年11月には熊本県に最初のエコサイクル緑化工協会が設けられ、その後、次々誕生していつている。いままでにいくつかの場所で実際に廃棄物を用いたエコサイクル緑化工法が使われており、一応、初期の目的を達したと判断されている。もちろん、最終的な判断を下すまでには、まだかなりの時間を要するものと思われる。⁽³⁹⁾

法面緑化の分野は、いままではほぼ完全に閉じた世界を形成していた。しかし、法面緑化技術が自らの分野と従来まであまり関係のなかった廃棄物利用まで手を広げて行く様子を見ると、かつての「はじめに法面ありき」の時代は過ぎ去った感が強い。

結 論

すでに示唆したことであるが、公害防止技術と緑化技術、とくに法面緑化技術との間には、ある種の平行現象が観察された。すなわち、公害分野では、まずはじめに公害があり、これが社会的圧力として働き、公害被害を防ぐために防止技術が発展していった。同じように、法面分野でも、はじめに法面があった。この場合、確かに公害のように直ぐに社会に大きな被害をもたらすものではなかったが、放置しておく、崩落を起こしたり、また景観的にもマイナスであるし、できるだけもとの状態に戻さなければならないという圧力が働いた。その結果、緑化技術の登場となったわけで、構図的には、公害と防止技術と同じ関係にあると解釈できる。

二つのまったく無関係な分野において、奇しくも同じパターンが観察されるということは、両者の、社会のなかに置かれている状況が似ていることによるものと考えられるほうが自然である。科学技術は両分野において伝統的に社会を引っ張って行く立場にあったわけでない。だから、初期の反応において同じようなパターンが観測されたわけであるが、その後の反応においても似たパターンが見られるのは、さらに興味深い。①根本から公害の根を絶とうとするクリーナープロダクション（CP）の考え方に対して、法面それ自体を減らそうとすることが設計の段階から考慮されはじめたこと、②産業クラスターを組み替えて廃棄物それ自体をなくそうとするゼロエミッ

ジョンに対して、植物生育基材の原料として廃棄物を再利用することによって閉ざされた世界から脱却し、新しい展開を模索しようとする動きを見せていることなど、その後においても両者の間でパラレルな現象が認識される。

この現象を、科学技術からの、社会への働きかけと見るか、それとも社会からの、科学技術への働きかけなのか、その判断はむずかしい。むしろ、どちらがどちらというより、社会を一つのシステムと見なして、それをうまく組み合わせて弊害を少しでも小さくして行こうとする、大きな流れのなかにあると考えたほうが自然なような思われる。したがって、公害防止技術にしても法面緑化技術にしても、社会のなかのいろいろな要素の一つに過ぎず、一方的に社会を引っ張ったり、また引っ張られたりするとはなくなったと解釈したほうがよさそうである。つまり、かつては一方的に科学技術が社会からの圧力を受けるかたちになっていたが、その後の変化によって、上述のようなかたちに変化したと考えるのである。

ということは、複雑な社会システムのなかで多様な状況に対応して行く必要があることを意味する。河川修復技術のところすでに述べたように、この技術は、かつてのように全国の河川を一律に同じようなかたちで改修するのではなく、それぞれの河川の多様な状況に対応するように変化しつつある。法面緑化にしてもすでにエコロードのところで紹介したように、現地の状況に応じて多様な対応を迫られている。個別的な対応を可能にするな技術の発展がますます求められるようになるにちがいないが、すでに指摘したように、一般的に技術とは、同じようなものをまるで判を押したようにして作ることに於いて最も得意であり、一つ一つ手作りのようなものを作ることは得意でなかった。実際のところ、厚層基材吹付工法が法面緑化技術として主流となった大きな理由の一つは、これが画一的な工法だったからである。植物のことにまったく無知でも施工の方法がマニュアル化されたので、機械やその他の資材を入手すれば、極端なことをいえば、誰でも法面緑化できたのである。その結果、全国の法面が同じような緑でおおわれた。

今後とも一方では個別的で個別的な対応を可能にする手作りの技術が求められてゆくだろうが、もう一方では画一的で均一化を求める技術も求められるにちがいない。たとえば、緑化コンクリートなどは、技術の均一化の一つの可能性と思われる。緑化コンクリートとは、コンクリートに直接植物を生育させるものであるが、従来、緑化がむずかしかった急勾配の法面や建築物の内外面、また濁流水の直撃を受ける箇所の緑化も可能となる。⁽⁴⁰⁾もちろん、生態系を回復させるのに、この技術がどれだけ役立つか不明だが、こういうコンクリートの緑化機能が改善されれば、理論上、全国至る箇所で使用が可能となる。

かつて公害産業が興隆することに対して、これはおかしいと文句が出た。公害対策が商売になることがおかしいし、国民の健康を害してもこれは国民所得の増大となるのもおかしいというわけである。⁽⁴¹⁾また、技術とは、本来、価値を追求するもので、高度経済成長期には生産性の向上が価値の一つとなり、技術者は、この価値の追求に一生懸命となってしまう、他のことを省みなかった。その結果、公害が深刻となったが、いまや公害を出さないことが価値となりつつある。技術者は、この新しい価値に向かって精力的に取り組むので、公害をなくなるだろう。⁽⁴²⁾

前者の見方によると、資本家が科学技術者の意見に十分に耳を傾けなかったから、公害問題が発生したのであり、今後、科学技術者のいう通りにすれば、公害は自然となくなるものであった。同様に、後者も公害はなくせるとみなした。しかし、その後の経過を見ると、公害は環境問題となり、さらに地球環境問題と変貌し、なくなるどころか、われわれの生活に影のごとくつきまとう存在となった。影は、われわれに悪影響を及ぼさないが、環境問題のほうはますます深刻度を

増している。

この問題は、われわれが想像する以上に複雑なのである。一方的な解決策など存在しないと考えたほうがよさそうである。確かに科学技術は、一方的に社会を変えることができるほど強力な面をもっており、社会から自律して、そして社会の都合を無視して科学技術的に都合の良い方法で問題解決を図ろうとしてきた。そして、確かに成功を取めた事例も多い。だが、もう一方では環境問題のように社会のなかには科学技術の力だけではどうしようもない問題も数多く存在し、そうした問題に対しては、科学技術単独ではほとんど無力であった。したがって、われわれが考えなければならないのは、社会とともに共同作業を行える科学技術である。社会の状況は無視して一方的に均一的な解決策を提案する科学技術ではなく、社会のなかのそれぞれの状況に合わせて、いわば一つ一つ手作りのかたちで解決を図って行く科学技術である。そういう科学技術を育てる必要がある。

最後に、社会のなかの問題を解決することの複雑さを示すために、次の例をあげておきたい。ある団地をつくった際のことである。法面緑化が行われ、オオバヤシャブシを大量に栽培した。しかし、20年後、予期しない問題によって悩まされることになった。この団地でオオバヤシャブシの花粉症の被害に悩まされることになった。ヤシャブシ・アレルギーはスギ・アレルギーより強いといわれるので、伐採したいのであるが、20年たつと、直径20センチ、樹高10メートルにもなり、伐採するには大変な費用がかかるのである。⁽⁴³⁾

ここで考えなければならない問題とは、法面安定のための緑化は成功したが、つまり技術としては成功したのであるが、そのために別の問題がのちに発生したことである。しかも新しい問題解決にはかなりのコストが必要となり、頭の痛い状況をつくり出したのである。この問題は、一見するところ、オオバヤシャブシについて無知だったことが原因のように見えるが、必ずしもそうとはいえないところにこの問題の複雑さがある。確かに、この問題に限っていえば、オオバヤシャブシを植えず、別の植物を用いていたら、問題は起こらなかったかもしれない。

しかし、それでは問題の本質を見誤ってしまう。ここで問題となっているのは、テクニカル・フィックスのトレードオフの問題である。つまり、頭痛がするのでアスピリンを飲んだところ、胃痛に悩まされる結果となったという問題である。科学技術的な解決は、時として大変に強力に効果的であるが、結果的にコストがかかりすぎることがある。一方的な科学技術的解決は、短期的にはプラスの効果を生み出すかもしれないが、長期的に見ると、必ずしもそうであるとは限らない。この30～40年の間に経験的にわれわれが学んだことは、複雑な社会システムのなかの一つであることを自覚する科学技術をうまく使って、時間をかけて、解決策を見つけ出して行くしか、われわれにはベターな方法はないことである。

つまり、われわれにかされた課題とは、科学技術を社会と別個の存在とみなし、それらを道具として使うのではなく、社会を構成する重要な要素とみなし、科学技術のいかなる組み合わせがわれわれの社会にとって一番効果的な選択肢を提供してくれるのかを見極めることである。

注

本研究は、平成10年度と11年度の文部省科学研究費の助成を受けた「基盤研究」(B) -2「リサイクル化社会に対する日本企業の対応と技術開発——環境保全型「企業」に関する調査研究」(代表 小坂勝昭教授)の研究成果の一部である。

本稿をまとめるにあたって、ライト工業の中野裕司氏にいろいろお世話になった。ここに記して感謝の意を表したい。

- 1 中西準子、『水の世界戦略』、岩波書店、1994、p49。
- 2 若松征男、「70年代公害環境報道」、『通史日本の科学技術1970-1979』（中山・後藤・吉岡編）、v4、1995、p108
- 3 永田勝也、「地球環境時代における技術の役割りと方向」、『地球を守る環境技術100選 '94』、公害対策技術同友会1994、p16
- 4 梶田孝道、「紛争の社会学：「受益圏」と「受苦圏」」、『リーディングス日本の社会学：社会運動』、10巻、東京大学出版会、1986、pp.256-275
- 5 中山茂、『科学と社会の現代史』、岩波書店、1981、p21
- 6 『地球を守る環境技術100選 '94』、公害対策技術同友会、1994、p6
- 7 今関隆志、「1970年代の排気ガス規制から見たわが国の自動車技術の開発過程」、『年報：科学・技術・社会』6巻、1997、pp59-83
- 8 出水力、「省公害技術の展開」、『通史日本の科学技術1970-1979』、前掲書、pp79-83
- 9 北九州クリーナープロダクション・テクノロジー編集委員会、『環境保全型生産技術』、日刊工業新聞社、1998、p1
- 10 Ibid.、p11
- 11 植田和弘等、『環境経済学』、有斐閣、1991、p185
- 12 北九州クリーナープロダクション・テクノロジー編集委員会、前掲書、p1
- 13 中西準子、『水の世界戦略』、岩波書店、1994、p58
- 14 北九州クリーナープロダクション・テクノロジー編集委員会、前掲書を参照
- 15 三橋規宏、『ゼロエミッションと日本経済』、岩波書店、1997、pp80-84
- 16 碓氷尊、G・パオレット編、『環境ジャパン1999』、ダイヤモンド社、1999、pp143-146、およびエコビジネスネットワーク編、『98環境ビジネス最新キーワード』、双葉社、1998、pp31-34
- 17 F・カブラ、G・パウリ、『ゼロ・エミッション』（赤池監訳）、ダイヤモンド社、1996、p10およびp183
- 18 『日本経済新聞 夕刊』、1996年5月27日
- 19 『日経産業新聞』、1996年8月22日
- 20 三橋規宏、前掲書を参照
- 21 エコビジネスネットワーク編、『地球環境ビジネス1998-1999』、二期出版、1997、p474
- 22 小橋澄治、「21世紀への緑化技術の展開を考えよう！」、『日本緑化工学会誌』、巻22第2、1996年、p126
- 23 小橋澄治、「のり面緑化の現状と展望」、『緑化工のあゆみ』、日本緑化技工協会、1995 p4
- 24 小橋・村井・亀山、『環境緑化学』、朝倉書店、1992、p2
- 25 中野裕司、「法面緑化における家畜糞尿の利用について」、『平成10年度堆きゅう肥新規需要開拓促進調査分析事業報告書』、畜産環境整備機構、1999年3月、p69
- 26 小橋澄治、「のり面緑化の現状と展望」、『緑化工のあゆみ』、前掲書、p2
- 27 山寺喜成、「法面緑化手法の基本を考える」、『緑の読本』、v44、1997年12月、pp1-5

- 28 ライト工業の中野裕司氏とのインタビューによる
- 29 杉山恵一・進士五十八編、『自然環境復元の技術』、朝倉書店、1992、pp1-3
- 30 Ibid.、p89
- 31 Ibid.、p88
- 32 宮下修一、「高速道路における環境保全と緑化」、『土木施工』、39巻2号、1998年、p 27
- 33 Ibid.、pp28-30
- 34 藤木修、小野寺声明、藤田公典、「鬼首道路でのエコロードの取り組み」、『交通工学』、v 32、1997、pp47-53
- 35 石田稔、西尾崇、「自然環境に調和した道路整備」、『土木技術資料』、v 35、1993、pp51-55
- 36 安保昭、「法面緑化のあり方と問題点」、『緑の読本』、v 44、1997年12月、p21
- 37 三木博史、「道路土工における法面緑化の最新事情」、『緑の読本』、v 44、1997年12月、pp 9-10
- 38 中野裕司、「法面緑化における家畜糞尿の利用について」、前掲書、pp72-94
- 39 中野裕司他、「建設副産物の緑化基盤材再利用システムの開発と自然林再生の試み」、『第28回日本緑化工学会研究発表会 研究発表要旨集』（日本緑化工学会）、1997年6月13~14日、pp217-220
- 40 佐久間護、「緑化コンクリートー開発内容と施工例」、『緑の読本』、1997年3月、pp 102-107
- 41 宮本憲一、『日本の環境問題』、有斐閣、1975、pp125-126
- 42 近藤次郎、『環境科学読本』、東洋経済新報社、1984、p160
- 43 小橋、「21世紀への緑化技術の展開を考えよう！」、前掲書、p127