



展 望

REVIEW

展望 地球環境問題と土木

GLOBAL ENVIRONMENT PROBLEMS AND CIVIL ENGINEERING

加藤三郎*・藤倉まなみ**

Saburo KATO and Manami FUJIKURA

* 正会員 工修 環境庁地球環境部長
(〒100 千代田区霞が関 1-2-2)

** 工修 環境庁海洋汚染・廃棄物対策室 廃棄物係長

Keywords: global environment problems, civil engineering, sustainable development, climate change

1. はじめに

環境問題への関心が、再び世界中で高まっている。環境庁発足の翌年の 1972 年の国連人間環境会議で表明された「宇宙船地球号」の思想に基づく人類共通の環境保全への必要性は、この 20 年の間に顕在化・拡大した地球環境問題による人類への脅威として、今や現実の課題となりつつあるのである。そして、1992 年 6 月には、ブラジルのリオ・デ・ジャネイロで「環境と開発に関する国連会議」(UNCED: 地球サミット)が開催される。この会議に向けて、科学、政治、行政、産業などあらゆる分野の人々が協力して、「環境と開発」に関する討議を深め、地球規模での環境問題の解決のための方策を取りまとめることが期待されている。このような動きの中で、本稿では、地球環境問題と土木の関係について、地球環境問題の原因と影響、認識の変化を整理しつつ検討したい。

2. 地球環境問題とはなにか

(1) 地球環境問題とは

地球環境問題とは、その被害・影響が一国内にとどまらず、国境を越え、ひいては地球規模に及ぶものであり、またその解決は、個々の国による対応だけでは不可能であり、先進国、ソ連・東欧諸国、開発途上国すべての国々の国際協力が必要な問題であると認識されている。

地球環境問題の原因は、大きくは、① 先進国における豊かさを求めた「経済成長」、② 開発途上国における人口重圧下の貧困である。これは、共に「人々に環境を過度に利用させる可能性がある」(1982 年ナイロビ会議)¹⁾。地球環境問題のそれぞれについて、主たる経緯、直接的な原因および影響を表-1 に示す²⁾。特に、地球温暖化(気候変動)については、IPCC(気候変動に関

する政府間パネル)のまとめた科学的知見、環境的・社会経済的影響、対応戦略を表-2 に示す³⁾。

(2) 地球環境問題の認識の経過¹⁾

a) 環境問題の認識

冒頭に触れた 1972 年の国連人間環境会議は、当時スカンジナビア半島の湖や森が、国境を越える大気汚染物質の移動、すなわち今日でいう酸性雨によって被害を被ったことから、スウェーデンが地球規模での国際協力の必要性を訴え、国連総会が開催を決定したものである。その背景では、先進工業国においては 1950、60 年代の飛躍的な経済成長とそれに伴う排ガス、排水、廃棄物の増大が環境を破壊し、環境の受容能力が限界に近づいているという認識、開発途上国においては人口増加、低栄養等貧困からの脱出が環境問題であるという認識があった。さらには、人口、天然資源、環境資源など地球上のあらゆる要素は複雑微妙に相互依存しており、有限かつ一体のものとして、この地球を一つの宇宙船にたとえ、皆が協力してこれを守っていかねばならないという「宇宙船地球号」の認識が現れた。そして、この 72 年の会議では、「かけがえのない地球 (ONLY ONE EARTH)」のために、「人間環境宣言」や「行動計画」が採択された。しかし、「宇宙船地球号」の認識は定着するにはいなかった。

b) 地球環境問題の認識

では、今日の環境問題、特に地球環境問題への関心の高まり、そして地球サミットへの世界の動きはどのような背景によるものか。この 20 年の間に、次のような状況の変化がある。

i) 地球環境問題を初めとした環境問題の深刻化と拡大

特に地球環境問題に関しては、後述する科学・通信等の進展と共にその現状が明らかになった。表-1 に地球

表-1 地球環境問題の主な経緯、直接原因、直接影響²⁾

	主 な 経 緯	直 接 原 因	直 接 影 響
オゾン層の破壊	'74 ローランド論文発表 '85 ウィーン条約*	フロンガスの使用	オゾン層の破壊－紫外線の増加 健康被害、植物被害、気候変動
地球温暖化	'85 フィアハ会議 '88 IPCC 設置 '89 ノールトヴェイク宣言	温室効果ガスの放出 二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素、 フロン等	気温の上昇－気候帯の移動 降水量の変化 海面上昇 (表-2 参照)
酸 性 雨	'72 スウェーデン政府報告 '79 ECE 条約 '84 30 % クラブ発足	燃焼等に伴う窒素酸化物、硫黄酸化物 の放出	酸性雨・酸性降下物 土壌の酸性化－樹木の衰退 湖沼・河川、建造物への影響
海 洋 汚 染	'72 ロンドン・ダンピング条約 '78 MARPOL 73/78 条約 '88 北海アザラン死亡 '89 バルディーズ号事件 '90 OPRC 条約 '91 湾岸戦争勃発	陸上起因(河川・大気経由): 栄養塩 類、有害物質の流入プラスチック等 の散乱ゴミの流入 海洋起因: タンカー事故、戦争、船舶 の航行、油田開発、廃棄物の海洋投 棄等	赤潮の大規模化・長期化・海域拡大、油膜 の拡大、有害物質の拡散、浮遊性プラス チック等の散在・流出油による海洋生物被 害や船舶障害
有害廃棄物の越境移動	'82 セベソ汚染土壌搬出事件 '88 南米・アフリカ投棄事件多発 '89 バーゼル条約	発生国における要因: 処分費の高騰、 処分容量の減少、環境規制の強化等 受入国に関する要因: 有価取引市場の 存在、対外債務との交換、法の未整 備	有害廃棄物の越境移動 不適正な処分に伴う環境汚染
森林、特に 熱帯林の減 少	'83 国際熱帯林木材協定 (ITTO) '85 熱帯林行動計画(TFAP) 策定 '90 国際合意へ作業	過度な焼畑耕作、農地への転用、過放 牧、薪炭材の過剰採取、商業材の不 適切な伐採等 (途上国の貧困、急激な人口増加など が背景)	森林の減少－燃料の不足、洪水の発生、森 林文化の喪失 野生生物種の絶滅、気候緩和機能・温暖化 抑制機能の減少 (地球の生態系の破壊)
野生生物種 の減少	'71 ラムサール条約 '72 世界遺産条約 '73 ワシントン条約 '87 条約策定を決議	生息環境の破壊や悪化(熱帯林の減 少)、乱獲、侵入種の影響、食物不 足、作物等の加害者としての殺害	野生生物種の人為的絶滅 遺伝子資源としての有用性をも減少
砂 漠 化	'68 サヘル地帯干ばつ '77 国連砂漠化防止会議 '85 カイロ計画	気候的要因－地球規模大気循環の変動 による乾燥地の移動 人為的要因－過放牧、過耕作、灌漑農 地の塩類集積等	砂漠化－食料不足 薪炭材に依存したエネルギーの不足 水資源等の体系の崩壊
開発途上国 の公害問題	'80 CIDIE 宣言 '86 世銀、環境局設置	人口の増大と都市化の進展 環境資源の濫用 環境関係法規の整備の遅れ インフラ整備の遅れ	環境資源の濫用－熱帯林の減少、砂漠化、 野生生物の種の減少 発展に伴う環境汚染 産業型公害、生活型公害

*条約については採択された年を示す。以下同じ。

環境問題として整理される9つの問題毎に示すように、地球環境問題の多くはこの20年に問題が顕在化し、あるいは現状が明らかになっている。

ii) 東西冷戦の終結

超大国による核戦争の脅威は減少し、国際政治の重要課題として、地球環境問題が人類共通の脅威として浮上した。また、中長期的には軍備のために用いられていた資源が環境対策を含む生活向上のために用いられる可能性が生まれた(「平和の配当」)。さらに、情報公開により、ソ連・東欧諸国での環境問題の状況が広く知られた。

iii) 世界的な経済社会活動の大幅な拡大傾向

拡大傾向が続く中、1984年発足した環境と開発に関する世界委員会の報告書「我ら共有の未来(OUR COMMON FUTURE)」では、環境と開発に関する新たなアプローチとして、「持続可能な開発(Sustainable

Development)」を打ち出した。すなわち、「将来の世代の欲求を満たしつつ、現代の世代の欲求も満足させるような開発をいう。持続可能な開発は、鍵となる二つの概念を含んでいる。一つは、何にもまして優先されるべき世界の貧しい人々にとって不可欠な必要物の概念であり、もう一つは、技術・社会組織のあり方によって規定される、現在および将来の世代の欲求を満たせるだけの環境の能力の限界についての概念である。現在では、「持続可能な開発」の概念は世界的な共通認識となっており、その具体化のための施策が課題となっている。

このような社会情勢の大きな変化に加え、宇宙からの地球の客観視や南極観測によるオゾンホールが発見などの宇宙と地球に関する科学の発達、情報通信手段の発達による世界の人々の情報の共有化、交通手段の発達による行動範囲の拡大は、人々の心に病める「地球」という

表—2 気候変動に関する最近の知見
——IPCC レポート (1990 年 8 月 30 日) より——

科学的知見

- 二酸化炭素, メタン, フロン, 亜酸化窒素等の温室効果ガスの大気中濃度は人間活動により著しく増加しており (産業化以前と比べ, 現在二酸化炭素換算で 50 % 増加), このため温室効果が増大している。
- 長寿命の温室効果ガスについては, 排出量を削減しても大気中の濃度変化への効果が徐々にしかあらわれない。
- 特段の対策が取られない場合, 二酸化炭素等の排出量が大幅に増加し, 全地球の平均として来世紀中の温度上昇は 10 年間で約 0.3°C (0.2~0.5°C), 2025 年までに現在より約 1°C, 来世紀末までに 3°C の上昇があり得る。
- 長寿命の温室効果ガスの濃度を現在の濃度に安定化するためには, 人為的な排出の 60 % 以上を直ちに削減する必要がある。
- 温暖化による温度上昇は一律ではなく, 陸地表面は海洋より暖かく, 北半球の高緯度では全球平均より暖くなる。
- 過去 100 年間に全球平均地表温度は 0.3~0.6°C 上昇した。全球平均気温の高温の上位 5 位は 1980 年代に出現している。
- 海水の膨張, 氷の融解等により, 特段の対策が取られない場合, 来世紀中, 地球全体で平均して 10 年間に約 6 cm (3~10 cm) の海面の上昇が起こるだろう。2030 年までに約 20 cm, 来世紀末までに 65 cm (最大 1 m) の海面の上昇が予測される。

環境的, 社会経済的影響

- 気候変動は世界の社会, 経済及び自然のシステムに多大な影響をもたらす。人類が本格的な予防対策及び適応対策を講じない限り, 地球の環境には重大かつ潜在的には破壊的ともいえる変化が生じるだろう。
- 気候変動は農業林業に重要な影響をもたらすだろう。農業生産の減少など深刻な影響をうける可能性のある地域は, ブラジル, アフリカのサヘル地域, 東南アジア, ソ連のアジア地方, 中国など変化に対応するのが特に困難な, 傷つきやすい地域である。
- 気候変動は降水量を変化させ水資源利用に重大な影響を及ぼすだろう。特に, 水需要や汚染により水不足が生じている乾燥地帯, 半乾燥地帯等で深刻な問題を生じるだろう。
- 陸上自然生態系においては, 来る 50 年間に気候帯が数百キロ極方向へ移動するため, 種の分布や構造が変化することになる。また, 気候変動の速度が生物の対応速度より早くなる可能性があり, いくつかの種はストレスの増大により失われるだろう。
- 気候変動が陸上自然生態系に及ぼす影響は, 特に地域の社会経済がこのような生態系に依存しているところで顕著になるだろう。
- 30~50 cm の海面上昇は低い島しょや沿岸地域を脅威にさらすだろう。1 m の海面上昇はいくつかの島しょを居住不可能にし, 都市の低地, 氾濫原を脅かすなどし, 何千万人もの人々が移住を余儀なくさせられるだろう。
- 沿岸や洪水等の自然災害, 渇水, 地滑り, 暴風雨等にさらされる地域では気候変動により人間の居住環境に最も深刻な影響を受けるだろう。また, 温暖化は開発途上国におけるエネルギー源としての水資源やバイオマスの利用可能性にも影響を及ぼすだろう。

対応戦略

- 気候変動がもたらす可能性のある深刻な影響に鑑み, 科学的に不確実な問題の多くが完全に解明されるより前に対応戦略を開始する必要がある。
- 先進工業国と開発途上国は, 問題に立ち向かう共通の責任を持つが, その内容は異なる。温室効果ガスの排出に大きな責任を持つ先進工業国は次の二つの事項を率先して実施すべきである。
 - 経済を適合させることにより気候変動を抑制する対策をとること
 - 開発途上国の発展を阻害しないような方法で, 開発途上国が対策をとれるよう協力すること

- 途上国では、生活水準の向上、人口増加等によって二酸化炭素等の排出量の著しい増加が予想される。可能な範囲でこれらの国でも適切な対策をとるべきである。
- 排出抑制対策によって地球温暖化を10年間に0.3℃という速度から10年間に0.1℃という速度まで緩めることが可能だろう。
- 温室効果ガス排出を抑制するのに単一手っ取り早い技術的対策はなく、問題のあらゆる側面を勘案した包括的な戦略が必要である。
- 短期的には気候変動の抑制とともに他の便益もある対策が有効である。
 - －フロン排出の段階的削減、フロン代替物質の温室効果能力の注意深い評価
 - －エネルギーの利用効率の改善
 - －森林管理の改善及び森林化の推進
 - －温室効果ガス排出がないかより少ない、よりクリーンで、より効率の高いエネルギー源と技術の利用
 - －農業における対策の検討
- それぞれの状況に応じ個別の国家、あるいは国家グループが排出量を安定化し、さらに削減するための行動を開始し、もって国際的合意にむけて温室効果ガスの大気中濃度の加速度的な増加の防止を先導することが可能であろう。ひとつの選択肢としては、二酸化炭素とその他の温室効果ガスの目標を設定することがある。
- 長期的には気候変動による影響と対策のコストとを十分考慮した判断基準が必要になる。



写真1 「有害廃棄物の越境移動」 (提供：JICA)
(ナイジェリアに投棄された有害廃棄物を調査する日本の調査団)

概念を定着させ、様々な分野で「地球規模で考える」ことを現実のものとしているのである。

c) 「議論の段階」から「行動の段階」へ

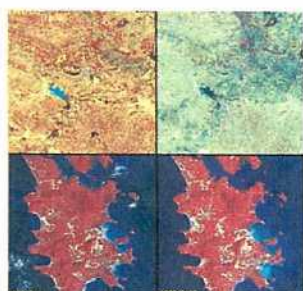
地球環境問題は、「議論の段階」から「行動の段階」に入ったとよく言われるようになった。世界の国々や人々は、地球環境に関する調査研究を継続しながら、今できることを実行し始めた。国際協調への議論は条約交渉へと歩みを進めている。地球環境問題への対応をすべく、「地球温暖化防止行動計画」の策定(90年10月)など、国内の取組みも始まった。地球環境問題と国内の環境問題への同時的取組みや環境政策と経済政策の連携強化の認識も深まるとともに、環境にやさしいライフスタイルへの転換が国民に浸透しつつあるのである。

3. 地球環境問題と土木

(1) 地球環境問題が土木にもたらす影響

まず、被害・制約を受ける立場で地球環境問題との関係を見る。表1に示した直接影響はそれぞれ土木との関わりが深いものであるが、そのなかでも地球温暖化による気候変動は土木の全分野にわたる影響をもたらす。なぜなら、土木技術は元来、エクメネ(ecumene:住みうる世界)の拡大と充実をめざす技術であり、エクメネの限界は主に気候によって決定され、食料の生産限界の地理的範囲とほぼ一致するからである¹⁾。土木技術は、エクメネを生産や生活の場として改造し、道路、鉄道、港湾、空港などの土木施設、あるいは橋梁、トンネル、ダムなどの土木構造物を社会・経済活動のインフラとして整備してきた。この、土木が対象とする場としてのエクメネ自体が気候変動等により大きく変化しようとしているのである。さらに、土木構造物の特徴は動けないことから、土木技術は、天災に対する安全率を持つ地域性の強い技術であり、工学の中では特徴的であることが指摘されている¹⁾。このことは、現在の土木構造物が、温暖化による生態系への影響と同様、気候の変化の激しさに対応できないことによりダメージを受けることを示すと同時に、今後のインフラストラクチャーの計画段階において天災に対する安全率などの重要エレメントについての考え方の変化が求められることを示している。例えば、島しょ部や海岸低地では海面上昇により水資源、海岸保全等が大きく影響を受けるし、逆に永久凍土層がある地域では、道路、鉄道、建築物などのインフラストラクチャーが破壊されるおそれがあるのである。

温暖化の他、オゾン層の破壊や森林の減少、砂漠化もまた気候変動の原因となるものであるし、さらに、オゾン層の破壊や酸性雨による植物影響により、治山・治水



写真—2 衛星画像を用いた環境モニタリングの例 (提供：国立環境研究所)

上：タイ コンケン地方 (左：1985年2月, 右：1987年2月)
下：タイ プーケット島 (左：1986年7月, 右：1987年7月)
赤色の強さは植物の活性度 (植物量) を示す。
上は少雨のために植物が減少, 下は熱帯林が伐採され, 白い部分が広がっている。



写真—3 マングローブ林の破壊 (提供：国土地理院)
(タイ プーケット島)

は間接的に影響を受ける。

このような影響については、例えば、地球環境問題に関する河川行政上の課題が既にまとめられている⁵⁾。

(2) 土木活動の地球環境問題への寄与

逆に、土木の諸活動が地球環境に直接・間接に寄与しかねない部分もある。エネルギー消費の大きい基礎 (basic)、計画、施工は温暖化に寄与するものであるし、無秩序な森林の開発やそれを誘発するような土木技術 (例えば、熱帯林を多用するような構造物) は地球の生態系の破壊につながる。さらに、発生する廃棄物の処分を考慮しない土木構造物の建築は国内の廃棄物問題だけでなく、埋立地の消費を加速することによって、有害廃棄物の越境移動に直接・間接に寄与する。

(3) 地球環境問題を考慮した今後の土木

以上のように、土木は地球環境問題により影響も受け、またそれ自身が場合によっては地球環境問題の悪化に寄与する。したがって、今後の土木は、地球環境問題に対する寄与を最小にするよう、少なくとも次の3つの側面からのアプローチが求められると考えられる。

① 地球環境問題の直接原因や間接的影響を極力抑制



写真—4 海洋汚染 (提供：加藤三郎氏)
(湾岸戦争の環境破壊に関する調査団派遣時のもの)

する方策について、基礎 (basic)、計画、施工の各段階で考慮すること。

例えば、昨年策定された地球温暖化防止行動計画では、講ずべき施策のなかで、二酸化炭素排出の少ない都市・地域構造および交通体系の形成が定められている。すなわち、社会基盤施設 (生産の基盤、輸送の基盤、社会を維持する設備 (防災設備、環境設備等)) は、近年その設備の概念が変化するとともに、環境価値の付加 (アメニティ化等) など多機能の設備が求められるようになってきたが、今後は、地球環境を考慮した基盤設備へと概念をさらに変化することとなろう。また、環境アセスメント評価においても、地球環境へのインパクト (例えば CO_2 の寄与など) を視野に入れることが求められるようになるであろう。

② 被る影響を予め予測し、最小にするよう計画段階から最適化を図ること。

社会基盤システムは規模が大きくなればなるほど、簡単には変更できない。現在最適と思われるシステムも、何年か後には批判を受けることもあろう。批判の新たな要素として、地球環境問題への配慮が要求されるであろう。また、社会資本の評価についても、地球規模の環境と持続的な開発について考慮されることとなろう。例えば、GNP は単年度の金銭的な経済活動のフローを表す指標であり、次の世代の開発の可能性を考慮していないため、持続可能な開発の観点から経済政策を評価するには必ずしも十分でない。後の世代の人々が持続的な開発ができるように、地球にストックされている富を軽量していく方法について、OECD 等で検討が開始されている。

③ 測量、リモートセンシング、データ処理などの観

測技術や廃棄物処理技術を地球環境問題の解明・解決に役立てること。

前者については2.(1)に述べた通りである。また、後者については、越境大気汚染や海洋汚染などの地球環境問題を考慮した場合、特に大気圏、水圏といった拡散型の系への汚染物質の排出を厳に抑制することにより、ばいじんや排水処理汚いを通じた汚染物質の廃棄物への以降と汚染物質の地圏への固定化が進むため、今後ますます廃棄物、特に有害廃棄物の管理はその重要性を増すであろう⁶⁾。

4. おわりに

地球から大量に資源を採取し、気体・液体・固体の様々な形態で廃棄物を排出する現在の経済社会および人の生活様式を前提にしたままで、地球環境問題を技術と投資のみによって解決して行くことには限度がある。森林は、単に二酸化炭素を吸収し酸素を供給する工場や遺伝子の貯蔵倉庫としての働きを担うだけのものではなく、人類もその一構成要素である地球の生態系の重要な一部である。地球の生態系の維持と人の経済活動との両立を図り得るよう、人口の増大、都市化の進展、経済成長、エネルギーの消費などの経済社会活動の様々な要素に関する政策と環境政策の密接な連携の基に、経済社会

および人々の生活様式を環境の配慮したものに変革し、地球規模での「環境保全型社会」を形成して行かなければならない。

地球の環境は有限であり、これをむやみに開発することは厳に慎まなくてはならない。近い将来の土木技術は開発行為ではなく、地球環境問題を考慮した社会基盤の維持に重点をおかなくてはならない。自然環境の維持は、社会基盤の維持の一部と考えられる。土木は社会のためにあることを再度認識し、人類の生存基盤である地球環境を視野にいたした土木のあり方を各分野で目指す必要がある。

参 考 文 献

- 1) 環境庁：平成3年版環境白書，1991。
- 2) 環境庁長官官房総務課：地球環境キーワード辞典，1990。
- 3) 霞が関地球温暖化問題研究会：IPCC 地球温暖化レポート，1991。
- 4) 土木学会：第4版土木工学ハンドブック，1. 土木工学概論，pp.5～48，1991。
- 5) 建設省河川局地球環境問題検討委員会：地球環境問題に関する河川行政上の課題（中間報告），1989。
- 6) 環境庁有害廃棄物対策研究会（1990）：有害廃棄物管理の方策について，1990。

（1991.7.15 受付）