

# 橋梁建設における環境問題

泉 満明\*

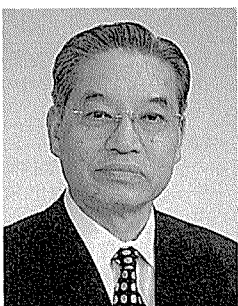
## 1. はじめに

わが国の環境破壊の歴史を辿ると、19世紀後半からの近代工業化の進展とともに大規模な環境破壊が引き起こされてきたことを知ることができる。工業化の進展は経済成長とエネルギー消費の増大と深い関連があるので、これはエネルギー消費の増大が環境破壊と深いつながりがあることを示唆していると言えよう。事実、エネルギーを得るための化石燃料などの燃焼によって発生する炭酸ガスを含む汚染物質は、燃料の消費量に比例して増加している。

エネルギー問題については、1970年代の2度にわたる石油危機はわれわれに「現代文明は石油に浮いている」ことの強烈な警告を与えた。その後、先進国において各方面で急速に省エネルギーが進むと並行して公害防止技術の進歩により従来から問題となってきた汚染物質の排出が減少の傾向を示している。地球規模での環境問題は、先進国、開発途上国の経済発展とともに最近の環境改善傾向も再び反転する可能性があると思われる。現在大気中の炭酸ガス濃度は360ppm程度であるが、これが21世紀の末には倍になると推定されており、これにより平均の地表温度は1℃～3℃<sup>注1)</sup>上昇するとみられ、気象異常および海水面の上昇<sup>注2)</sup>がさらに進むことが想定されている。このことは、人間が生産活動を拡大する限り、自分達の自ずからの存在をおびやかす、しかも自らの手で解決しえない事態を招くことを予想していると言えよう。今までわれわれは、人間の生産活動の拡大、物質的な生活水準を上げることに努力してきたが、今や環境保全は、われわれが生産活動・経済活動を行う際、最優先に位置づけるべき条件であることを認識すべきであると言えよう。このような情勢からこの問題に関する国際会議が開催されており、国内では平成4年に「環境基

注1)：平均1℃温度の上下は一見人間生活にあまり影響がないと思われるが、-1℃では冷害、凶作、+1℃では酷暑、旱魃となることが過去の経験から推定される。

注2)：炭酸ガス濃度が280ppmの産業革命前から現在まで平均海水位は約20cm上昇していることが世界各地で観測されている。



\* Mitsuki IZUMI

名城大学  
理工学部 土木工学科 教授

本法」が制定され環境保全上の法的基本が示された。

今日の環境問題の特性として、個々の活動の環境への負荷量は小さいものの、その集積が大きな環境への支障を招いていること、問題が社会経済活動に深く起因していること、などが挙げられる。こうした環境負荷を総合的に評価する手法としては、ライフサイクルアセスメント<sup>1)</sup>(LCA)が有力と考えられている。LCAは、主に消費材としての製品を対象として、製品の製造・流通・消費・廃棄などの全サイクルにわたって発生する環境負荷を定量・評価しようとする手法であり、その確立は環境管理における重要な課題である。

一方、LCAについては、国際標準化機構(ISO)でも標準化が行われ規格(14001)となっている。

## 2. 土木建設業とLCA

土木建設業は、各種の社会基盤的な施設や構造物・システム等を構築し、更新する産業であり、ダムや橋等の土木構造物の建設・供用・更新・廃棄等にわたるライフサイクルの中で、多くの資材・エネルギーを消費し、その過程で環境への負荷の主な炭酸ガスを発生している。こうした土木建設現場において直接排出される炭酸ガスや消費されるエネルギーなどの環境負荷は、わが国の産業分野全体で見ると小さいものの、使用する材料の製造関連分野まで含めると、土木建設業の環境に与える負荷は全体の約1/3という試算もあり、どこまでを土木の範囲とするかについての議論もある。また、土木構造物が建設段階だけでなく供用時、解体時も含めたライフサイクル全体において環境に与える負荷はどれくらいになるのか、採用工法による負荷の変化等についての情報は、十分に把握・整理されているとは言えない現状である。図-1に建設事業におけるエネルギー消費<sup>2)</sup>および炭酸ガス発生<sup>3)</sup>の概略の流れを示す。図-1よりエネルギー消費と炭酸ガスの発生は関連が深く、これらによる環境負荷を計測するために、エネルギーアナリシス<sup>3)</sup>と同様な手法を用いて炭酸ガス発生について試算が行われている。

## 3. 建設事業全体のエネルギー消費と炭酸ガスの発生

建設事業はわが国のGDPの20%弱を占める巨大大業分野であり、エネルギー消費量もわが国の20%弱となっており、炭酸ガスの発生も多く、経済的、社会的な影響も大きいと推定される。

一般に従来からこれらに関する対策では、ランニング部分を中心に検討されることが多かった。イニシアルとランニング、場合によっては施設の廃棄や製品の処分まで併せ

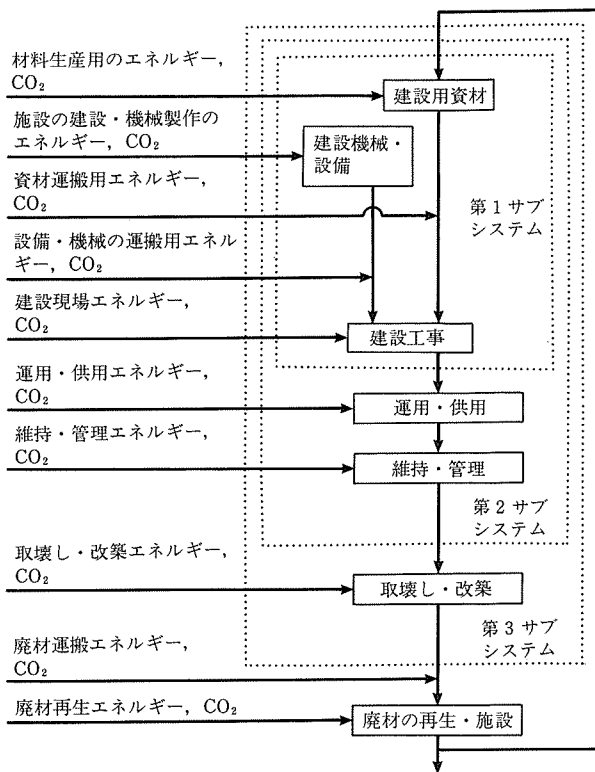


図-1 建設事業におけるエネルギー消費<sup>2)</sup>、炭酸ガス(CO<sub>2</sub>)発生のプロロー

たすべてのエネルギー消費および炭酸ガス発生量，すなわち建造物に必要な直接と間接のすべてのエネルギー消費量をライフサイクルエネルギーと呼び，炭酸ガス発生量をライフサイクル炭酸ガスとする。したがって，その最小化を図ることが必要である。図-1は上述のことを理解するのに役に立つものとなる。

図-1に示すそれぞれのシステムについて説明を行う。

- 第1サブシステムは建設時の資材，作業および建設機械等に関するエネルギー消費および炭酸ガス排出
- 第2サブシステムは第1に加えてランニングエネルギー消費，炭酸ガス排出
- 第3サブシステムは建造物の一生涯におけるエネルギー消費および炭酸ガス排出

最後の段階は，廃材に関するエネルギー消費と炭酸ガス排出を示すものである。これは，資材の再利用による省エネルギー，炭酸ガス排出を抑えるものとなる。

図-1に示す流れにおいて，エネルギー消費および炭酸ガス排出の全体量の最小化を図る作業においては，性質の異なるものを共通の尺度で計量しておくことが必要である。しかし，建設事業に関連する直接，間接のエネルギー消費および炭酸ガス排出にはさまざまな形態があり，直接的な量で表された資料は少ない。しかし，価格という尺度でなら社会のあらゆるものが計量されているので，これを基本として間接的にこれらの量を示すことができる。しかし，石油ショックの例で分かるようにエネルギー価格は相当に激しく変動する。また，重厚長大の製品に占めるエネルギーの割合は多く，逆に高度な電子機器等は価格の割にあまり大きなエネルギー消費量は伴っていないこともあり，価格

と消費エネルギー間に単純な比例関係はないし，このことは炭酸ガス排出についても言えることである。

製品の価格について，投入された全エネルギーで評価しようとする作業については，エネルギーアナリシスの名で，原子力発電や農業の分野で1970年からすでに行われている。これらを参考としてエネルギー算定を行い，炭酸ガスの発生量については，LCAの手法によることにする。

エネルギー消費量を算出する方法には，積上げ方式と産業連関分析の拡張方式<sup>3)</sup>の2つの方法がある。後者はエネルギー消費量と価格の間の平均的な換算係数(原単位)をあらかじめ求めておき，価格から一挙に換算してしまうものである。LCAによる炭酸ガス排出量の算定は，エネルギー算定の後者と類似の方式である。

上記の方法によって図-1に示す全システムについての算定は現状では基本的な資料の不足のため不可能である。しかし，第1サブシステムの範囲では不完全ではあるが一応可能である。図-2，3は第1サブシステムの範囲で，鋼およびコンクリート橋上部工の建設について橋梁の支間と橋面積あたりのエネルギー消費量と炭酸ガス排出量の算定結果を示したものである。算定数は多くないので，推定の範囲を超えないものであるが，鋼橋およびコンクリート橋のそれぞれの点から誘導した回帰式の線からエネルギー消費量と炭酸ガスの排出量との間に深い関連のあることが推定できる。さらに，支間が比較的小さい橋の場合はエネルギー消費，炭酸ガス排出の両面でコンクリート橋が有利であり，長支間に対して鋼橋が有利と言える。

#### 4. 橋梁建設における省エネルギー，炭酸ガス排出の減少の対策

同一の機能を果たす構造物でも構造形式，使用材料の種類，施工方法，工場における熱管理等にエネルギー消費，炭酸ガス発生量の差異が存在するものと思われる。橋梁の建設において環境問題を検討するには，表-1に示す計画段階から維持管理段階の橋のライフサイクル全体について，表-1に示す対策を効果的に組み合わせることが不可欠である。この各段階でとくに最初の計画段階が重要で，続く各段階に大きな影響を与え環境対策の良否に関連が深

表-1 橋梁建設における環境対策(省エネルギー，炭酸ガス排出減少)

項目	対 策	事 例
各段階		
計画段階	路線，線形，構造形式，メンテナンスの検討	支間長，支間割り，静定，不静定構造の選択，環境対策に有利で耐久性の高い材料および施工容易なものの使用を計画
設計段階	構造形式および支間に適合した使用材料の選択，省材料設計	環境対策に有利な材料の選択，設計，設計技術の高度化による使用材料の量を少なくする省材料設計
施工段階	使用材料に適合した施工法，工場における省エネルギー，熱管理	施工方法・機械の選択，高炉セメント，再生骨材等の活用，工場製品製作時の省エネルギー，熱管理の合理化，廃材の有効利用
維持管理段階	維持管理の合理化	構造形式，使用材料の特性を考慮したメンテナンス，管理作業の省エネルギー化，廃材の活用

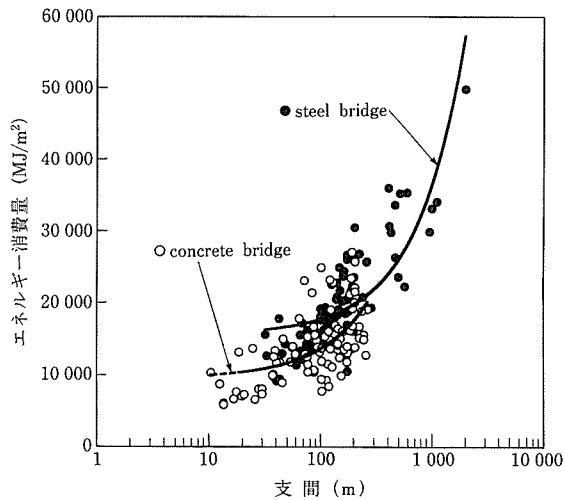


図-2 橋面積あたりエネルギー消費量と支間<sup>4)</sup>

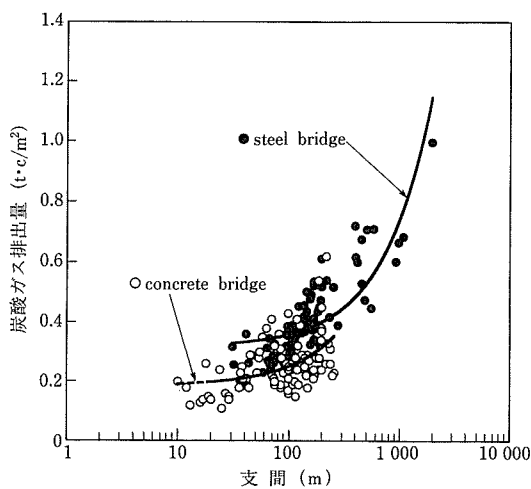


図-3 橋面積あたり炭酸ガス排出量と支間<sup>4)</sup>

い。図-2, 3に示すように支間により使用材料の選択が環境問題と密接に関連していることが想定される。各段階における対策の効果は小さいであろうが、これらを積み重ねることにより、大きな環境対策につながることを期待できよう。表-1に示す対策は多少の変更により一般の建設事業に

もそのまま適用できるものであろう。

## 5. むすび

世界的にも大きなGDPを有するわが国は、一方ではエネルギー小国でもあり、省エネルギーは継続的に必要であり、同時に先進国の責任として炭酸ガスの排出を含む環境対策に責任を自覚して進むことが世界から要求されている。今後、これらに対するわが国独自の対策の確立が必要となる。

しかし、炭酸ガス排出量の推定式<sup>注3)</sup>によるとエネルギー消費量、GNPおよび人口が関連しており、各項目が小さい値となることが結果として炭酸ガスの排出量を少なくすることになっている。上述の3つの関連項は、火を使う動物である人類が人類として生きていくために欠くことのできないエネルギーと、人間社会の基盤である経済、そして人類が動物として有する種の保存本能の具体的な現れである人口の3要素を含む式である。

以上のように人類生存の基本に深く関わる問題なので、より良い生活を目指して努力し活動している個人による炭酸ガス排出量は技術革新があるとしても、増加の一途を辿ることになる。とくに開発途上国においてはこの傾向は今後強まるものとなり、相当の努力を人類が続けるとしても、21世紀の末には炭酸ガスの濃度は現在の2倍になると推定されている。この時点では、専門家によるとかなりの気候変動が予想されている。しかし、地球全体の系は非常に複雑であり、ネガティブ・フィードバックにより温暖化が抑えられるか、あるいは、金星のような高温の星への道を辿るのかは現在では不明である。

注3)：茅 陽一 東京大学名誉教授の提案式

## 参考文献

- 1) 土木学会：土木建設業における環境負荷評価，1997.3
- 2) 泉：建設事業における省エネルギー，土木学会誌，Vol.69, No.10, 1984.10
- 3) 茅：エネルギー・アナリシス，電力新報社，1981.1
- 4) 泉：建設事業のエネルギー消費とCO<sub>2</sub>排出量についての一考察，平成11年度土木学会全国大会

【1999年8月11日受付】