

1. 建設事業におけるエネルギー消費量と CO₂排出量

ENERGY CONSUMPTION AND CO2 EMISSIONS IN CONSTRUCTION INDUSTRY

泉 満明*
Mitsuaki IZUMI*

ABSTRACT: The construction industry builds and rebuilds various infrastructure facilities. During the lifecycle of infrastructures, many materials and much energy are consumed, and the main factor of environmental impact, CO₂ is released in the process, from the point of construction, usage, maintenance, all the way up to demolition. Some estimates indicate that the environmental impact from the construction industry, including manufacturing sectors that produce the materials being used, accounts for about a third of the entire industry. The flow of energy consumption and CO₂ emissions in the construction is illustrated with a figure, and it shows that the energy consumption is deeply related with CO₂ emissions. In order to measure their environmental impact, estimations of CO₂ emissions in bridge construction have been based on methods that are similar to energy analysis.

KEYWORDS ; construction industry, energy consumption, CO₂ emissions.

1. はじめに

建設事業は、各種の社会基盤の施設や横造物等を構築し、更新する産業であり、ダムや橋等の構造物の建設、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。こうした建設現場で直接に消費されるエネルギーあるいは排出される炭酸ガスなどの環境負荷は僅かの量である。しかし、使用する材料の製造関連分野、それらの輸送、その他を含めると建設業の環境に与える負荷は産業分野全体の約 1/3 という試算もあり、どこまでを建設の範囲とするかの議論もある。さらに、構造物の建設段階の採用工法、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のくらいになるのかの情報は、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、および炭酸ガス発生の概略の流れ¹⁾を示す。図-1 よりエネルギー消費と炭酸ガス発生は関連が深く、これらによる環境負荷を算定するために、エネルギー・アナリシスと類似²⁾の手法を用いて炭酸ガスについての試算

* 名城大学 建設システム工学科 Department of Civil Engineering Meijo University、
Shogamaguch, Tenpaku-ku, NAGOYA 468-8602, JAPAN

を橋梁建設について行った。これらの結果から橋梁の建設について環境負荷の低減方策の概要を示す。

2. 建設事業のエネルギー消費と炭酸ガスの排出

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約 20% となっており、炭酸ガスの排出も多く、経済的、社会的、さらに環境に対する影響も大きと推定される。

一般に従来からこれらに関する対策は、ランニング部分を中心に検討されることが多かった。イニシャルとランニング、場合によっては廃棄処分まで併せたすべてのエネルギー消費および炭酸ガス排出量の最小化を図ることが必要である。図-1 は建設事業におけるエネルギーの消費、炭酸ガス排出の流れを示したものである。この図より上述のことを理解するのに役立つものとなる。

図-1 に示す各サブシステムは、

第 1 サブシステム；建設時の資材、運搬、作業および建設機械の製作、設備などに関するエネルギー消費、炭酸ガス排出。

第 2 サブシステム；第 1 に加えて、供用、維持管理（ランニング）のエネルギー消費、炭酸ガス排出。

第 3 サブシステム；建造物の取壊し、改築を加えて一生涯におけるエネルギー消費、炭酸ガス排出である。さらに、最後の段階として廃材の再生と再利用についてのエネルギー消費、炭酸ガス排出がある。これは、それぞれの消費、排出量を結果的に減少させることにつながる。

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では、性質の異なるものを共通の尺度で計算しておくことが必要である。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様々な形態があり、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。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りにあまり大きなエネルギー消費は伴っていないこともあり、価格と消費エネルギーの間に単純な比例関係は存在しないし、この事は炭酸ガスにも言えることである。

製品の価格と関連して、それに消費された全エネルギー消費量を推定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た。これらを参考としてエネルギー算定³⁾を行い、炭酸ガスの発生量については、LCA の手法⁴⁾により、以下にしめすケース・スタディについて試算を行う。

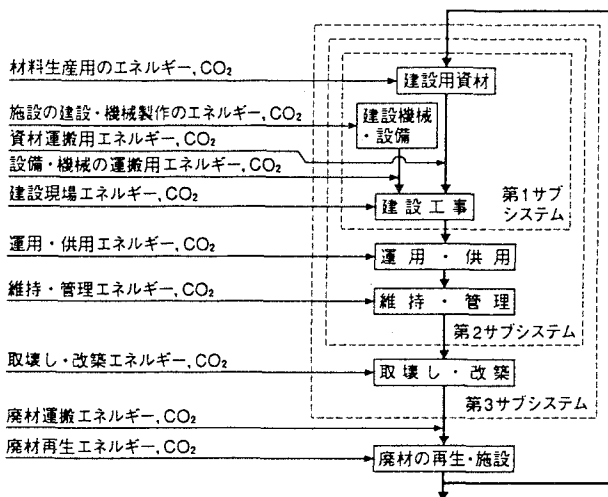


図-1 建設事業におけるエネルギー消費、炭酸ガス排出

3. 橋梁建設におけるエネルギー消費と炭酸ガス排出

エネルギー消費量の算出は、積上げ方式と産業連関分析の拡張方式の組合せで行った。炭酸ガスの排出量は、エネルギー算定の後者と類似の LCA に基づいたものによるものである。

上記の方法によつて、図-1 に示す全システムについての算定は、現時点では基本的資料の不足のため不可能であるが、第 1 サブシステムの範囲では一応算定可能である。事例として橋梁の建設⁵⁾について試算したもの以下に示す。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道路橋の建設について橋梁の支間 10m から 2000m の範囲について橋面積当たりのエネルギー消費量と炭酸ガス排出量との算定結果を示したものである。算定数は 200 橋弱であり、算定結果はあくまで推定の域を越えないものである。図-4、5 には支間 10m から 300m の範囲での鋼およびコンクリート橋のエネルギー消費量および炭酸ガス排出量をそれぞれの点から誘導した回帰式の線を示している。これらの図より明らかなように、支間 300m 以下の範囲では、コンクリート橋はエネルギー消費および炭酸ガス排出の両面で鋼橋より有利と推定される。図-4、5 を検討すると、鋼橋とコンクリート橋の消費エネ

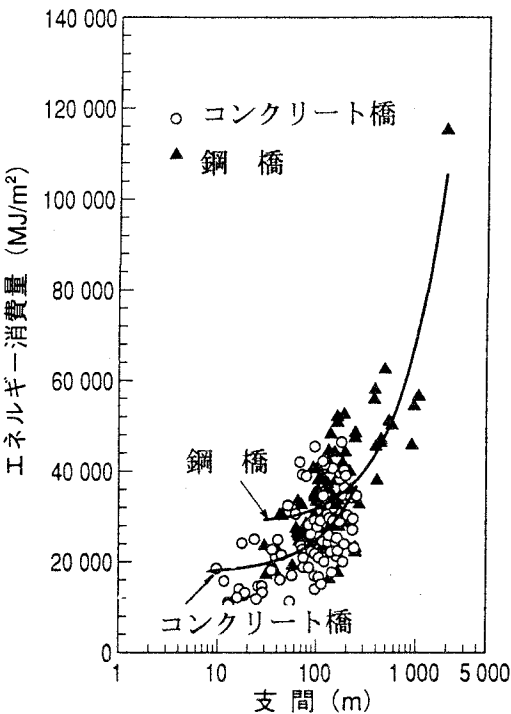


図-2 橋面積当たりのエネルギー消費と支間の関係

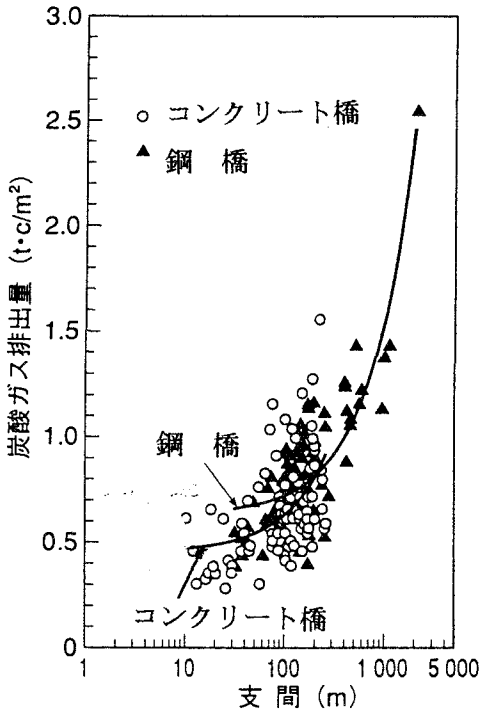


図-3 橋面積当たりの炭酸ガス排出量と支間の関係

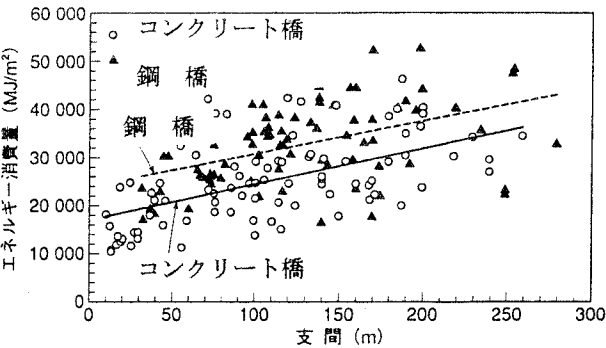


図-4 支間 300m以下の橋面積当たりのエネルギー消費量と支間の関係

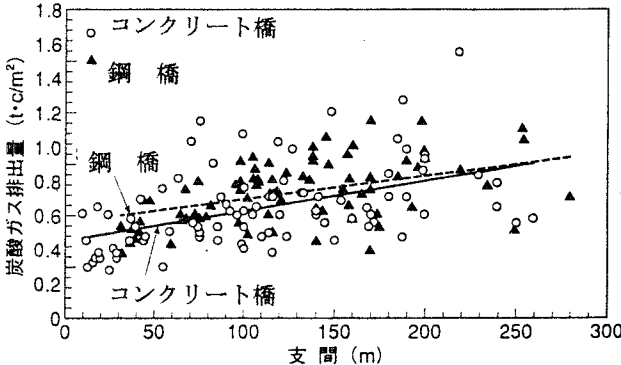
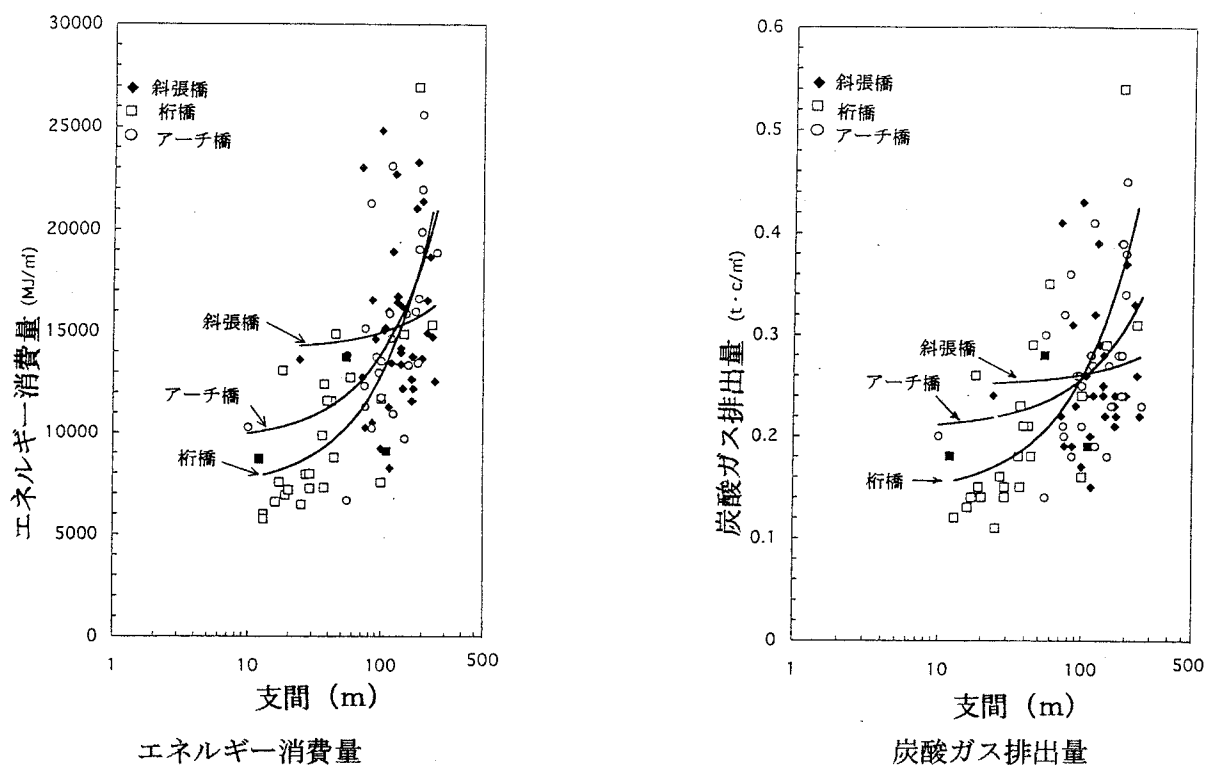
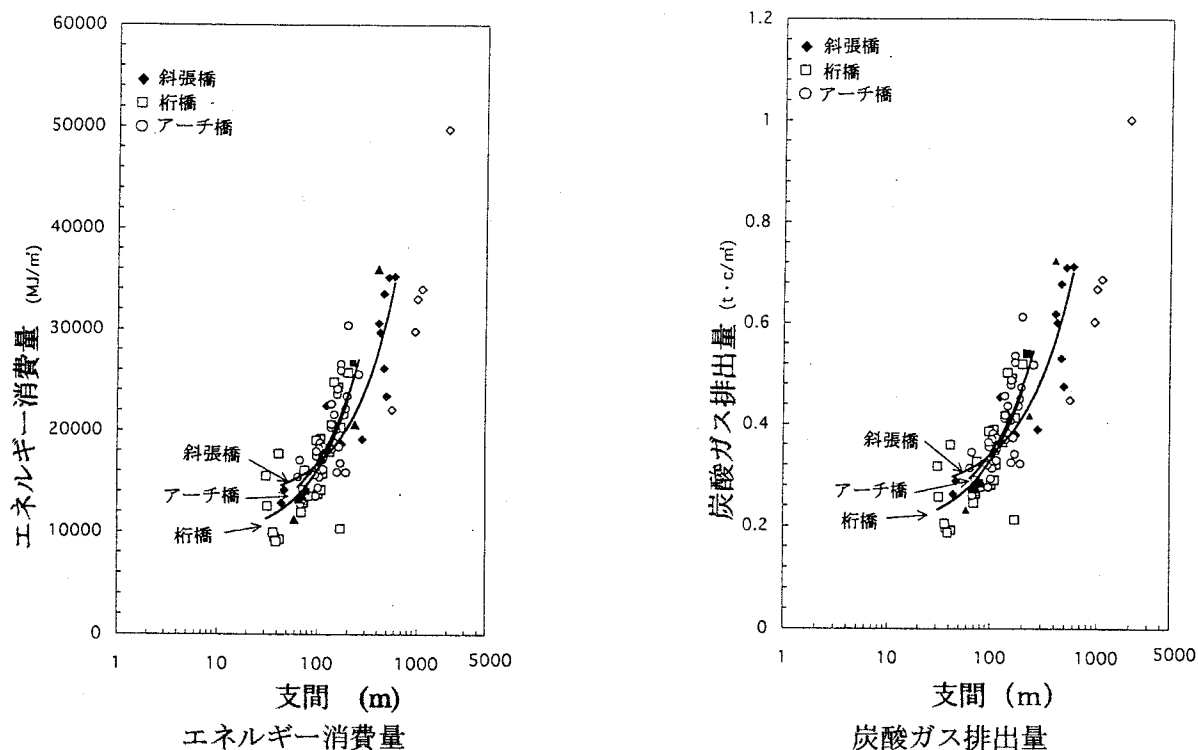


図-5 支間 300m以下の橋面積当たりの炭酸ガス排出量と支間の関係

ルギーの差が相当に存在する事が明らかである。上部構造に関する他の研究例では 30—40%程度、コンクリート橋の方が省エネルギー構造であることが明らかとされている。一方、炭酸ガス排出量につ



いては、図-5 から分かるように統計的処理による検討結果から一応コンクリート橋が有利と推定できるが、その差は僅かと推定できる。この理由は使用材料中のコンクリートによるものでセメントの製造時に多量の炭酸ガスの排出があるので、コンクリートを主材料とする構造物はコンクリート使用量の少ない鋼橋との差異がエネルギーの場合ほど生じないものと推定できる。他の検討例の図-6、7 には鋼橋およびコンクリート橋上部の構造形式によってエネルギー消費量と炭酸ガス排出量と支間の関係が示されている。算定数は少ないが、鋼橋およびコンクリート橋は構造形式で支間により他の形式と比較してエネルギー消費量と炭酸ガス排出量が異なることが示されている。例えば、桁構造を基準とすると、鋼橋およびコンクリート橋の何れにおいても支間 90m－140m 以下の範囲で有利であり、この支間以上では、アーチ橋、斜張橋あるいはラーメン橋、トラス、吊り橋が有利と推定できる。

わが国の鋼、コンクリート道路橋の建設におけるエネルギー消費量と炭酸ガスの排出量に関して、約 200 橋の算定結果より、図-8 の回帰式を示す事ができる。この式によると注目する橋梁のエネルギー消費量の算定結果から、直ちに、図-8 の回帰式により炭酸ガス排出量が算定できることになる。図から分かるように、コンクリート橋と鋼橋に関するそれぞれの回帰式の間には大きな差異はないが、コンクリート橋に関する式は鋼橋の式と比較するとエネルギーの増加による炭酸ガスの排出量の増加率が高いことが分かる。

4. 建設事業における環境対策

すでに述べたように、同一の機能を果たす構造物でも構造形式、使用材料の種類と量、施工方法等により、エネルギー消費、炭酸ガス排出の要因の差異が存在するものと思われる。さらに、工場製品における製作工程、熱管理等によっても上記と同様な事が生じる。建設事業において環境問題を検討するには、計画段階から維持管理段階の各段階における構造物のライフサイクル全体について対策を組み合わせる効果的に処理することが不可欠である。この各段階で最も重要なものは最初の計画段階であり、続く段階に大きな影響を与え環境対策の良否に関連が深い。

表-1 に建設事業における省エネルギー、炭酸ガス排出の減少に関する計画、設計条件、使用材料の種類、構造形式の選択は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事が期待出来る。

表-1 には、各段階における対策が事例を含め

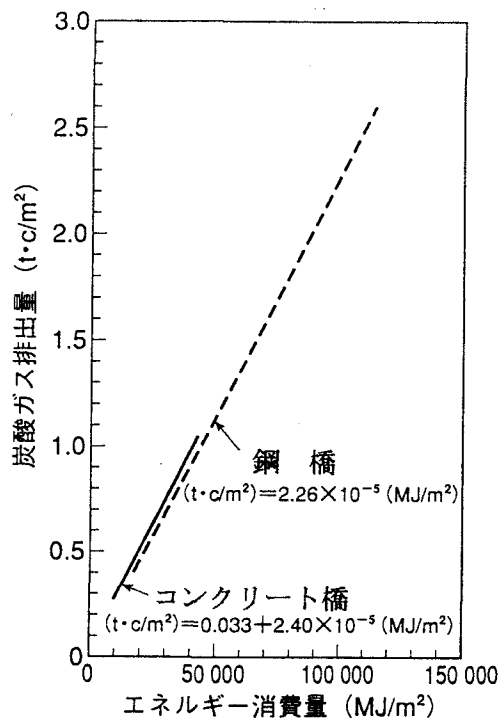


図-8 橋梁建設に関する炭酸ガス排出量とエネルギー消費量の関係

て示されている。結論的にはケース・スタディの場合には省材料設計が基本にあり、さらに省エネルギー、炭酸ガス排出の少ない材料を選定し、さらに、機械施工を最小限にとどめることに尽きると推定される。

5. 建設業における環境問題における対策

図-1 に示すエネルギー消費と炭酸ガスの排出の流れは、建設業の全てに適用できるものであり、表-1 に示す対策も同様と推定できる。この問題についての対策に関連する事項は広くかつ深く、例えば構造物の設計、施工の基準類の改訂にまで及ぶものである。すなわち、現在の規定・基準類の中には人件費の低減を進める方向で省力化をはかり、その結果として使用材料の量が増加する傾向のものもある。

これはすでに述べて来たように環境負荷に関しては良い方向とは思えない。どのような建設事業においても、構造設計、使用材料の選定、施工方法、維持管理のすべてにおいて省材料、省エネルギーおよび炭酸ガス排出の低下を図らなければならない。さらに、企業の経理面から環境会計を導入し、この面からも環境対策を進めることが必要とおもわれる。

参考文献

- 1) 泉 満明：建設事業における省エネルギー、土木学会誌、1984、10
- 2) 茅 陽一：エネルギー・アナリシス、電力新報社、1980、2.
- 3) 資源協会：家庭生活のライフサイクルエネルギー、1998、9.
- 4) 土木建設業における環境負荷評価、土木学会、1997、3.
- 5) 道路橋年報（平成 5、6、年版）、日本道路協会.
- 6) 泉 満明：建設事業における環境問題、土木学会誌 2000、5

表-1 建設事業における環境対策⁶⁾（省エネルギー、炭酸ガス排出減少）

項目 各段階	対 策	事 例
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、メンテナンス・フリー
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