

エネルギー土木における地球環境問題への取り組み

APPROACHES TO GLOBAL ENVIRONMENTAL PROBLEMS AT ENERGY CIVIL ENGINEERING

杉 正 *

TADASHI SUGI*

ABSTRACT; Global environmental problems are the critical issues that are closely connected with the energy field. Our Energy & Civil Engineering Committee has since fiscal 1990 been working on a study of these problems from the perspective of energy and civil engineering at its Subcommittee on Environmental Technologies, to bring it to completion by the end of fiscal 1993. Activities of this committee are to look into the current status of global environmental problems, focusing on global warming, as well as to survey and analyze information about studies conducted by interested organizations both at home and abroad, relations between a long-term outlook for energy supply & demand and carbon dioxide emissions, and the technical knowledge of global warming. The committee is also identifying a number of tasks related to the energy and civil engineering field and examining key tasks.

KEYWORDS; global environmental problems, global warming, energy, carbon dioxide emissions, Energy & Civil Engineering Committee

1. エネルギーと地球環境問題

エネルギーは、国民の生活、社会活動に不可欠なものであり、その使用量は人口の増加、生活水準の向上や経済・社会の発展とともに増大している。今後増加するエネルギー需要に対応し、エネルギー供給の長期安定確保を図っていくためには、地球環境の保全に配慮しつつ、限りあるエネルギー資源を有効かつ経済的に開発・利用していく必要がある。

近年、国内外における地球環境問題への関心の高まりの中で、特に地球温暖化問題については、温室効果ガス（炭酸ガス、メタン、フロン等）濃度の上昇による気候変動に伴う気象・海象の変化が自然環境、社会環境、各種産業活動に与える影響について懸念されており、1992年6月にブラジルで環境サミット（UNCED）が開催されるなど、世界的に地球環境問題への取り組みが行われている。

わが国では、「地球温暖化防止行動計画（平成2年10月関係閣僚会議決定）」を中心とした具体策が展開されつつあるが、行動計画の目標と講ずべき対策は表-1のとおりであり、エネルギー関係では、CO₂

（炭酸ガス）排出抑制対策として、“CO₂排出量の少ないエネルギー供給構造の形成”が基本命題となっている。

*; 土木学会エネルギー土木委員会環境技術小委員会委員長

東京電力株式会社 環境部 部長

Chairman, The Energy & Civil Engineering Committee, Japan Society of Civil Engineers

Manager, Environmental Protection Department, Tokyo Electric Power Company

2. エネルギー部門の現状

化石燃料の燃焼による世界のCO₂排出量は、約59.6億トン-C/年(1989年)で、日本は約3.2億トン-C/年(1990年)と約5%にあたり、このうちほぼ1/4は電気事業からの排出であり、世界の約1%を占めている。このようにエネルギー部門は温暖化問題と極めて深い係わりをもっている。

電気事業の場合を例にとると、これまでも供給の安定性、経済性、環境面を考慮し、原子力やLNG火力の積極的な導入を図るとともに、発電所の熱効率の向上や送配電設備ロスの低減に努めてきた。この結果、電気事業のCO₂排出量の経年変化をみると、図-1に示すとおり、過去10年間の電力需用増に対応する発電電力量の増加約1.35倍に対し、CO₂排出量の増加は約1.1倍にとどまっており、これは原子力発電量の増加、LNG火力の比率の増加が大きく寄与している。また、日本の発電電力量当たりのCO₂排出量は、表-2に示すとおり、OECD主要国と比較すると、火力計では0.16kg-C/kWhと最も低く、全電力計でも0.11kg-C/kWhと原子力の多いフランス、水力の多いカナダを除き低い値となっている。

このように、わが国は先進諸国に比べ、CO₂の排出は低い水準にあるが、さらに一層のCO₂の排出抑制を進めていく必要がある。

3. エネルギー土木との係わり

わが国のエネルギー供給システムは、海外から輸入する化石燃料(石油、石炭、LNG等)並びに原子燃料の受入れ(港湾、バース、敷地造成等)、貯蔵(地上式、地下式タンク等)、転換(火力・原子力発電、石油精製、ガス化、再処理等)、輸送(道路、鉄道、パイプライン、送配電線等)の各施設、さらには国内資源の水力、地熱発電施設等で構成されており、エネルギー土木部門は、これらの施設に係わる土木分野の調査・研究、計画、設計・施工、保守・管理を担務している。

CO₂排出量の少ないエネルギー供給構造の形成については、

- ①CO₂排出の抑制のための化石燃料の選択、熱効率の向上等
- ②CO₂排出のない原子力、水力、地熱発電の開発、風力、太陽光等の新エネルギー技術の開発
- ③未利用エネルギーの活用等
- ④CO₂の回収・固定、処理・処分のための技術開発

を進めていく必要があり、これらの中で土木部門の果たす役割は大きい。

また、気候変動により降雨の変化や海水面の上昇が生じるとした場合、エネルギー土木施設への影響について、長期的観点から様々な検討を進める必要がある。

4. エネルギー土木委員会の活動

地球規模の環境問題は重要な課題であり、エネルギー分野と強い係わりをもつことから、エネルギー土木委員会では、平成2年度から下部の環境技術小委員会において、エネルギー土木の立場から地球規模環境問題について取り組んでいくこととし、平成5年度末を目途に調査・検討を進めている。

活動の概要は、地球規模環境問題の現況を調査のうえ、主として地球温暖化問題を中心に、国内外関係機関における検討状況、長期エネルギー需給の見通しとCO₂排出量等の関係、温暖化に関する技術的な知見等を調査・分析し、エネルギー土木分野に関連する課題を抽出するとともに、主要な課題について調査・検討を行い、報告書として取りまとめる予定である。

[主要な検討課題]

- ①地球温暖化メカニズム
- ②CO₂排出抑制対策
- ③CO₂の回収・固定、処理・処分技術
- ④気候変動に伴うエネルギー土木施設への影響

5. 調査・検討の概要

まず、温暖化、酸性雨、オゾン層の破壊など地球環境問題全般について、国内外の概況を調査すると共に、長期エネルギー需給の見通しを取りまとめた。次に地球環境問題とエネルギー部門との関連を検討し、係わりの深い温暖化問題を中心に、上記主要な課題について調査・検討を行うこととした。その概要は以下のとおりである。

5.1 地球温暖化メカニズム

- ・温暖化メカニズムの現況 CO_2 排出量、GHG濃度上昇と気温変化等
- ・各種予測モデル 気候変動予測モデル、炭素循環モデル（大気～海洋）
- ・気候変動の予測 気温上昇予測、海水位上昇予測等

地球温暖化の現象解明については、電力中央研究所が CO_2 排出実態の把握と地球環境の観測データの解析による温暖化の実態解明、国際協力をベースとした温暖化による気候変動予測の研究を進めている。本委員会においても国内外の研究・開発状況をもとに、炭素循環モデル等の調査を行っている。

5.2 CO_2 排出抑制対策

- ・エネルギー供給の低 CO_2 化 LNG火力、水力、原子力発電、新エネルギー発電他
- ・エネルギー転換効率の向上 発電効率の向上、ロスの低減、エネルギー貯蔵技術
- ・未利用エネルギーの利用拡大 ヒートポンプ、コージェネレーション、省エネルギー技術
- ・交通システムの合理化 交通システムの効率化、電気自動車、低公害車等

わが国は、省エネルギーの進展やエネルギー寡消費産業への転換が進む一方、高度・情報化社会の進展による民生用需要の伸びの進展等が予想されるため、今後とも増大するエネルギー需要に対して、安定供給を図り、かつ CO_2 排出量を極力抑制するエネルギー供給構造を形成していくために、 CO_2 を排出しない原子力、水力発電の開発、新エネルギー発電（太陽光、風力、燃料電池等）の技術開発、 CO_2 発生の少ないLNGの導入拡大等を推進する必要がある。

電力の場合、電源開発計画は表-3のとおりであり、当面電力需要の増加分を原子力、石炭やLNG等の火力、水力発電、新エネルギー発電などを組み合わせて開発する計画となっているが、 CO_2 排出量の増加を抑制することは難しい情勢にある。

このため、火力発電ではガスタービンと蒸気タービンを組み合わせたコンバインドサイクル発電方式等の採用による発電効率の向上（熱効率約40%→43～48%）、送変配電ロスの一層の低減、エネルギー貯蔵技術等の開発によるエネルギー転換効率の向上、さらにはヒートポンプによるビル、工場、焼却炉等からの排熱及び下水や河川水の熱など未利用エネルギーの活用、発電と熱供給を組み合わせたコージェネレーションシステムの導入、需要側機器の省エネルギー技術の開発等を含め総合的な CO_2 排出抑制対策が行われている。

また、わが国の CO_2 排出の約1/6を占める運輸部門においても、エンジン効率の向上のほか、電気自動車、ハイブリッド車、メタノールや天然ガス車の開発等が行われている。

5.3 CO_2 の回収・固定、処理・処分技術

- ・ CO_2 の分離・回収技術 化学的、物理的な分離・回収
- ・ CO_2 の処理・処分技術 海中処分（深海底貯留、海洋中層希釈）、地中処分
- ・植物による炭素固定 植生、海藻、植物プランクトン等による炭素固定

発生する CO_2 を除去・固定する技術については、国関係の研究機関である地球環境産業技術研究機構（RITE）や電力各社、電力中央研究所等において、 CO_2 を除去・分離して回収する技術、さらには貯留・固定に関する技術の研究開発、植物やプランクトンへの吸収・固定について研究が進められている。

CO_2 の回収技術については、実際の発電所から排煙を導き、化学吸収法、物理吸着法等についてパイロットプラントによる研究開発等が行われている。また回収した大量の CO_2 の処理方法については、深海底に CO_2 をクラスレート化（シャーベット状）して貯留する方法について研究中である。このほか、植物や

海洋性プランクトン等によるCO₂の固定化や回収したCO₂の飼料・燃料・化学原料への転換利用方法についても電力中央研究所、RITE、電力各社等において研究が進められている。

5.4 気候変動に伴うエネルギー土木施設への影響

- ・気象の変化 気温、降水、台風、日照等の予想される変化
- ・海象の変化 潮位、波高、水温等の予想される変化
- ・エネルギー需要の変化 エネルギー需要、電力需要の予想される変化
- ・エネルギー土木施設への影響 電力、ガス、石油施設の計画、設計、運用への影響検討

温暖化により気象や海象に変化が生じるとした場合、エネルギー需要の変化並びにエネルギー施設への影響については、例えば、電力中央研究所の研究(図-2参照)等によれば、電気事業への影響として以下のことが想定される。

①電力需要の変化

温暖化により発電の最大設備容量(kW)と最大電力量(kWh)の両面で、夏季需要、特にピーク需要が増加するのに対し、冬季需要が減少する。このため、気候変動の影響による季節型産業や地域加工業の盛衰により、地域ごとの電力需要に影響を及ぼす。

②水力発電への影響

降水パターンの変化により、地域ごとの水力資源が変動する。例えば、降水量が増大すると発電量の増加が見込まれるのに対し、早期の融雪や出水等により発電量は減少する。

また、異常出水、集中豪雨があれば洪水量、流砂・堆砂量が増大し、ダム の設計や運用条件の見直しが生ずる。

③火力・原子力発電設備等への影響

気温上昇に伴い海水温度が上昇することにより、発電所の復水器冷却水の温度が上がり、発電効率が低下する。また、復水器の冷却水系に付着する生物量が増加する。さらに、気象・海象の変化により、温排水の拡散範囲が変化する。

また気象変化に伴う波浪の増大や海面の上昇等により、発電所の冷却水系施設や港湾・防波堤施設の設計条件の見直しや、これら施設のかさ上げ等の改修が生ずる。

④送配電施設への影響

気温の上昇によって、積乱雲等の雲が形成されやすくなるため、雷の発生頻度が増え、雷害が増加する。一方、降雪や積雪地帯の変化に伴い、雪害の発生地域やその範囲が変化する。台風の発生頻度やその大きさの変化等に伴い、風害や塩害が増加し場合によっては送電鉄塔等の設計条件の見直しが生ずる。

このほか、異常高温の出現に伴い、送配電設備・機器の最高許容温度幅が縮小する。

以上のとおり、温暖化により気象や海象に変化が生ずるとした場合、エネルギー土木施設等への影響について種々のことが想定されるが、いずれも定性的な評価が主体である。気候変動の大きさやテンポは極めて緩慢であると予測されるが、エネルギー土木施設は、計画・設計や保守・運用が自然条件に支配されやすいため、気象や海象の変化、さらにはそれに伴う土木施設等への影響や適応策について定量的に評価するには、今後種々のデータの蓄積や予測手法の確立など長期的観点に立った研究・検討が必要である。

以 上

表－１．地球温暖化防止行動計画の目標と達成のための主な対策

1. 行動計画の目標
①一人あたりのCO ₂ 排出量について2000年以降概ね1990年レベルでの安定化を図る。
②さらに、革新的技術開発等が早期に大幅に進展することにより、CO ₂ 排出総量が2000年以降概ね1990年レベルで安定化するよう努める。
2. 講ずべき対策
(1)CO ₂ 排出抑制対策
・CO ₂ の排出の少ないエネルギー供給構造の形成
・その他、CO ₂ の排出の少ない都市・地域構造、交通体系等、生産構造の形成、CO ₂ の排出の少ないライフスタイルの実現
(2)CO ₂ の吸収源（森林等の緑）対策
(3)技術開発及びその普及

表－２．発電電力量当たりCO₂ 排出量の各国比較（1989年度：試算）
(単位：kg-C/kWh)

国 名	日 本	旧 西 独	米 国	英 国	イタリア	フランス (原子力推進国)	カナダ (水力資源国)
火 力 計	0.16	0.24	0.23	0.24	0.18	0.24	0.23
合 計*	0.11	0.15	0.17	0.18	0.15	0.03	0.06

* 原子力、水力を含む。

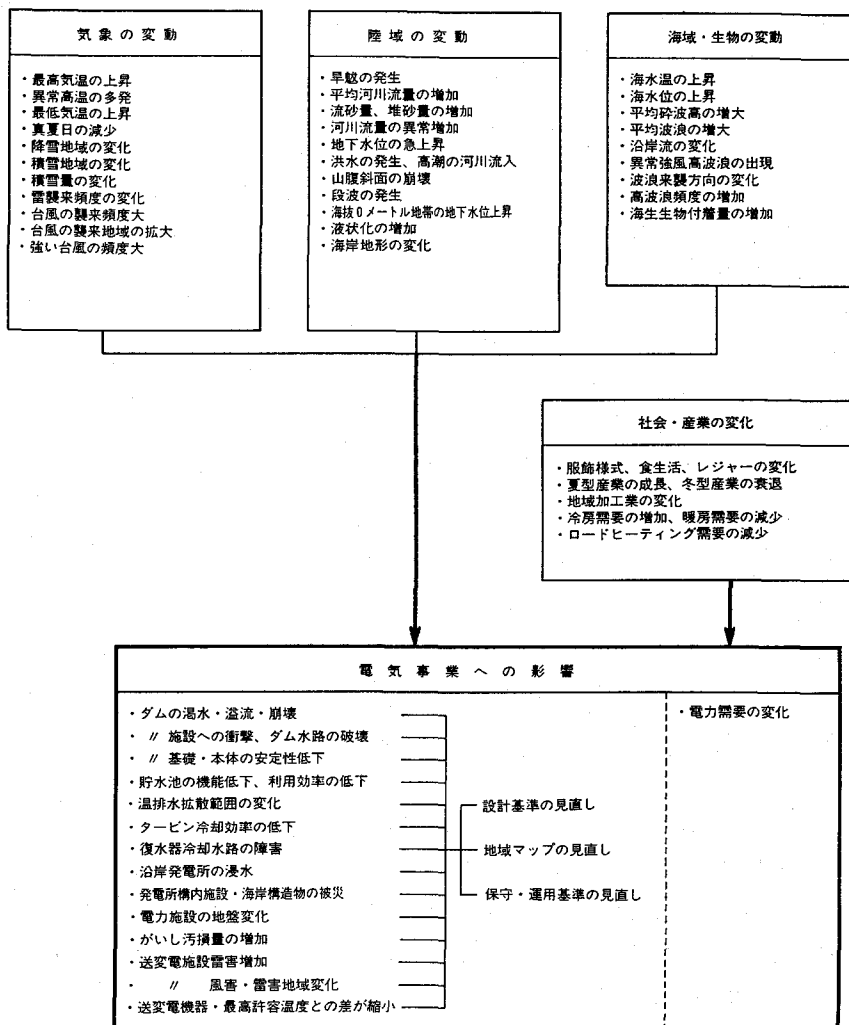
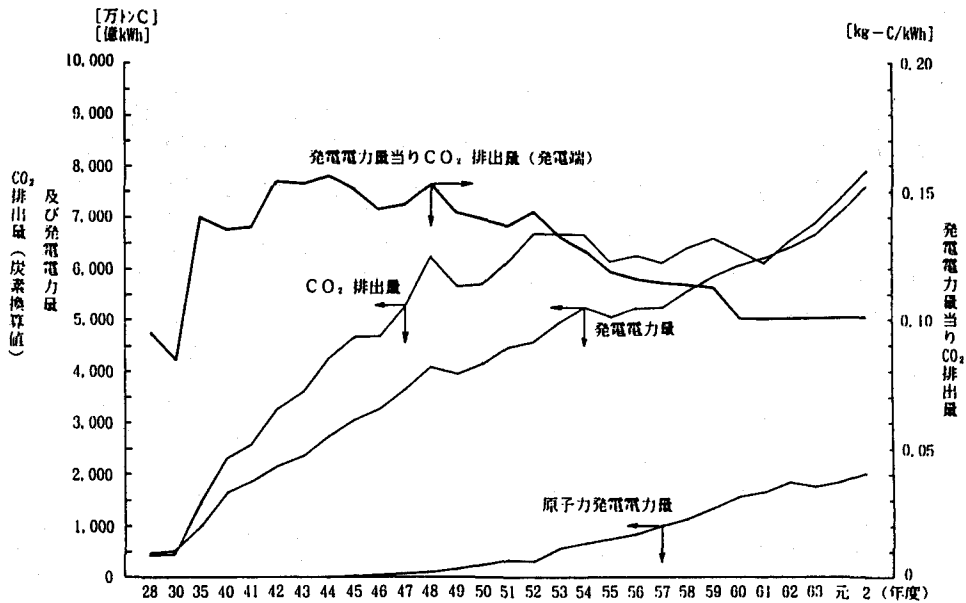
(出典：OECD ENERGY BALANCESより試算)

表－３．電 源 構 成

	1992年度末（実績）		2000年度		2010年度	
	万 kW	%	万 kW	%	万 kW	%
原 子 力	3,442	19	5,000	22	7,200	27
水 力	3,814	21	4,450	19	5,170	19
石 炭	1,467	8	2,960	13	4,000	15
L N G 等	4,195	23	5,030	22	5,300	20
石 油 等	5,442	29	5,120	22	4,020	15
地 熱	24	0	100	1	350	1
メタノール	—	—	—	—	100	1
分 散 型	—	—	110	1	570	2
合 計	18,384	100	22,770	100	26,700	100

注：・分散型電源は燃料電池、太陽光、風力

・2000年度、2010年度は電気事業審議会値（平成2年6月）



出典：電中研レビュー No.28 1992.4

図-2. 地球温暖化がわが国の電気事業に及ぼす主な影響