



電力業界に於ける環境問題の課題

細谷泰雄
Yasuo Hosoya

東京電力(株) 理事
立地環境本部 副本部長

Environmental Issues of Electric Utilities

1 はじめに

近年、酸性雨、地球温暖化、オゾン層破壊など地球規模の環境問題が21世紀へ向けた大きな課題となっている。特に地球温暖化は、経済活動や日常生活におけるエネルギー利用に密接に関係し、長期にわたり人類全てに関わる複雑で困難な問題である。主要な温室効果ガスである二酸化炭素(CO₂)は、化石燃料の使用に伴って不可避免的に発生するため、温暖化問題即ちエネルギー問題との観点から、長期的かつ広範な対策が必要とされている。

電気事業は、エネルギー転換産業として、長期にわたり持続可能な経済発展(Economy)、エネルギーの安定供給(Energy)、環境保全(Environment)という3つのEの同時達成を目指して事業運営を行っているが、特に地球温暖化問題については、エネルギー問題と不可分であることから、電気事業にとって極めて重要な課題と受け止めている。ここでは、電気事業の温暖化対策を中心に紹介する。

2 京都議定書とわが国の対応

2.1 COP3と京都議定書の合意

1997年12月に、京都で開催された第3回気候変動枠組条約締約国会議(COP3)で「京都議定書」¹⁾が採択された。先進国は温暖化ガス削減について法的拘束力のある約束をし、

- ・目標年：2008～2012年
- ・基準年：1990年、但しHFC、PFC、SF₆は1995年も採用可
- ・削減目標：先進国全体(Annex B)で温室効果ガスを1990年比5.2%削減、(日本▲6%、米国▲7%、EU▲8%など)
- ・対象ガス：CO₂、メタン、N₂O、HFC、PFC、SF₆の6種などが定められた。

また、国際的な協力・コスト効果的な対策として排出権

取引、共同実施、クリーン開発メカニズム(CDM)などCO₂削減のための新たな仕組みいわゆる「京都メカニズム」(柔軟性措置)やEU諸国が共同して目標を達成するEUバブルなども定められた。また、森林による吸収も考慮することとされた。

わが国の削減約束は、1990年のCO₂総排出量3.07億炭素トン(1990年比20%程度増加)と比較すると、1990年比約26%の削減という大変厳しいものである。

石油危機以来の省エネ努力により、わが国のGDP当たりエネルギー消費実績はGDP100万ドル当たり154石油換算トン(toe)で、米国の338toeやOECD平均の260toeに比べ極めて良好な世界トップクラスの水準にあり、更なる省エネは極めて困難な状況と言える²⁾。

2.2 政府の施策

政府は、削減約束の達成のため、地球温暖化対策推進本部を設置し、具体的施策を定めるとともに、省エネ法改正や温暖化対策推進法の制定など法整備を進めている。

1998年6月に決定された「地球温暖化対策推進大綱」では、具体的温暖化対策として、原子力、新エネ、省エネなどエネルギー需給両面の施策や植林などのCO₂吸収源、産業界の自主的取り組み、ライフスタイルの見直し(サマータイムの導入など)、国際協力の推進(柔軟性措置)などが盛り込まれた。

1999年4月施行の「地球温暖化対策推進法」では、わが国の温暖化対策の「基本方針」が制定され、国、自治体、事業者、国民各々の責務や温室効果ガス排出抑制計画の策定・公表、実施状況の公表などが定められた。

なお「基本方針」には、当初原子力利用の記載がなかったが、パブリックコメントや公開ヒアリングなどの結果、

安全確保や国民の理解を前提とした原子力発電の推進が最終的に記されたところである。

同じく1999年4月施行の「改正省エネ法」では第1種エネルギー管理指定工場に対する定期報告提出義務などエネルギー使用合理化の徹底と、新たに規模のより小さい第2種エネルギー管理工場の指定が加えられた。また、トップランナー方式(現在商品化されている製品のうちエネルギー消費効率が最も優れている機器の性能以上の水準が目標)の採用など自動車、家電製品などに係わる省エネ基準の強化などが定められた。

2.3 産業界の自主的取り組み

経団連は、自主的取り組みが規制的手法に比べ有効かつコスト効果的であるとして、1997年6月、37業種、138団体(1998年、41業種、142団体)の参画を得て「経団連自主行動計画」³⁾を策定し、「2010年に産業部門およびエネルギー転換部門からのCO₂排出量を1990年レベルに抑えるよう努力する」という目標を設定し公表している。この自主行動計画は、政府の「地球温暖化対策推進大綱」でも、産業部門による中心的施策の一つとして位置付けられている。

透明性の確保と自主目標達成をより確実にするため、計画の進捗状況などを毎年レビューし結果を公表することとしている。

第1回のレビュー⁴⁾では、産業部門+エネルギー転換部門の28業種の1997年度のCO₂排出量は1億3,300万炭素トンで、1990年度のCO₂排出量(1億2,900万炭素トン)を3%上回った。これは、個別企業の省エネやエネルギー転換努力にもかかわらず、製品需要増による生産量の増加が主因と考えられる。しかし、行動計画策定時の見通しと比較すると約400万炭素トンの削減となった。

1999年10月の第2回レビュー(産業・エネルギー転換部門31業種)⁵⁾では、1998年度のCO₂排出量は、素材産業等で生産量が減少したことや各業界企業の努力により90年度比2.4%、約300万炭素トン減少し、1億2,600万炭素トンとなっている。

経団連は、産業界の自主的な対策推進のためのフォローアップの継続、産業界と政府・国民各層との協力、原子力発電の推進、国際的な柔軟性措置の活用などを重点に、引き続き積極的に自主行動の実施を計画している。

なお、政府の規制・強制や市場経済に歪みを生じさせるような税の導入などにはあくまで反対をしている。

3

電気事業の地球温暖化問題への取り組み

3.1 わが国のエネルギー需給の現状と見通し

わが国は、一次エネルギー供給の80%(ウランの海外調達含みで90%以上)を輸入に依存しており、エネルギー供給の長期安定および経済性確保の観点から、原子力、石炭、石油、LNGなどのエネルギー源をバランスよく組み合わせたエネルギーのベストミックスの構築やエネルギーの有効利用に努めている。

1970年代の2回の石油危機の後、産業部門を中心にエネルギー利用の効率化が進み、エネルギー消費は1980年代半ばまではわずかな伸びで推移した。

しかし、1980年代後半から、好景気、エネルギー価格の低位安定を背景に需要は増勢に転じ、現在に至るまで平均3%程度で増加している。

今後、エネルギー需要は過去の増加基調に比べ伸びは鈍化するものの、追加的な省エネ努力がなされないと、1996-2010年度で平均1%程度で増加すると予想されている⁶⁾(2010年のエネルギー供給は6.93億kl(1990年の約1.3倍))。一方、産業、民生、運輸全部門で総合的なエネルギー需要抑制対策を強力に講じ、2010年度の最終エネルギー消費を6.16億kl(1996-2010年平均0.1%の伸び)に抑制すべきとする試算も示されている。

3.2 電力需要と見通し

わが国の電力需要は、社会構造の高度情報化や、アメニティー指向などライフスタイルの変化からエネルギー全体の伸びよりも高い伸びを示している。過去の伸び率の推移を見ても、1987年から1990年度の景気拡大期には年率6%強で増加した後、1992年から1993年度にかけて鈍化したものの、1994年度以降は年率2%程度の安定した伸びとなっている。

一次エネルギー供給量に占める電力の割合(電力化率)は、1985年度の36.6%から1996年度には39.6%へ11年間で約3%上昇しており、今後も着実に増加すると想定されている。

電気事業審議会の電力需要見通し⁷⁾によれば、1996-2010年度の電力需要の伸びは、エネルギー全体に対して概ね2倍程度高い、平均約2%程度と予想されている。部門別では、産業用(1996-2010年度平均1.5%増)に比して、快適さや利便性の追求により民生部門が平均2.7%伸びると見込まれている。

3.3 「電気事業の環境行動計画」

3.3.1 電気事業の温暖化対策の基本的考え方

電気事業は、電力供給という公益的使命を担い3Eの同時達成を目指して努力を続けている。電気事業にかかわるCO₂の発生は、産業、民生、運輸など全ての部門の電力消費に伴うもので、わが国総排出量の約25%を占める状況となっており、需給両面の長期的CO₂対策が必要である。

3.3.2 CO₂削減目標

電気事業は、1996年11月「電気事業における環境行動計画」⁹⁾を策定し、「2010年度における電気事業のCO₂排出原単位(発電電力量単位当たりのCO₂排出量)を1990年度の実績から20%低減するよう努めていく」との目標を公表した(表1)。

CO₂の排出量は、CO₂原単位と発電電力量の積で表わされるが、発電電力量は基本にお客様の需要によって決まる。電気事業は、お客様の省エネ支援なども積極的に進めているが、消費電力量自体の直接管理や制限は困難である。このため電気事業は、自ら管理できる供給面の対策を主に表すCO₂原単位を目標に設定している。

目標のCO₂原単位20%低減をもとに、2010年度のCO₂排出量を見通すと、発電電力量が1990年度比約1.5倍と想定されているのに対し、CO₂排出量は1990年度比約1.2倍の

表1 電気事業におけるCO₂抑制目標

	発電電力量 (億kWh)	CO ₂ 排出原単位 (kg-C/kWh)	CO ₂ 排出量 (万t-C)	原子力設備 (万kW)
1990年実績	7,241	0.102	7,536	3,148
2010年見通し	11,400 (1.5倍程度)	0.080 (20%程度削減)	9,100 (1.2倍程度)	7,000

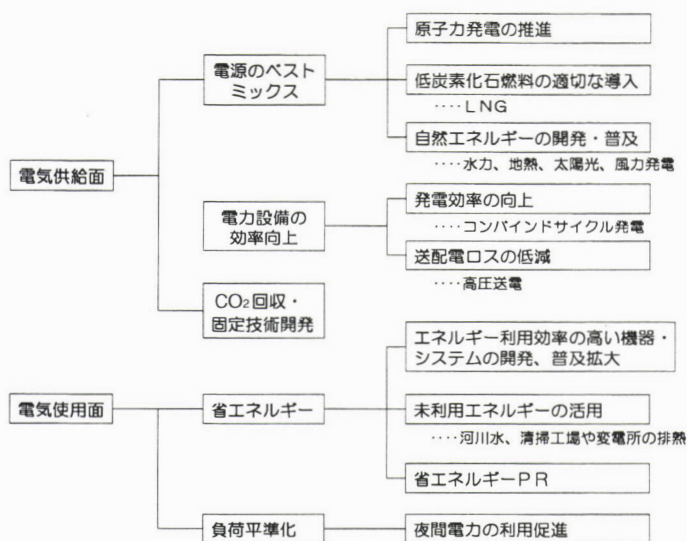


図1 電気事業の温暖化対策

9,100万炭素トン程度に止まる見通しである。

3.3.3 レビューの実施

「電気事業における環境行動計画」では、透明性確保と計画達成を確実にするため、毎年チェック&レビューの実施と結果の公表を決めており、1998年9月、第1回目のレビュー結果^{9,10)}を公表した。

1997年度の電気事業のCO₂原単位は、原子力発電の新規運転開始と高水準の設備利用率(全国ベース1996年度80.8%から1997年度81.3%へ上昇)などにより、約4炭素グラム/kWh減少した。この結果、1996年度と比較し、発電電力量が220億kWh(約2.5%)増加したにもかかわらず、CO₂排出量が約100万炭素トン(約1.2%)減少した。

1999年9月に実施・公表された第2回レビューの結果では、1998年度は、原子力設備利用率の上昇(81.3%から84.2%へ)、LNG比率の増加などの理由で原単位が2炭素グラム/kWh減少したことにより、1997年度に比較し発電電力量が70億kWh(約0.8%)増加したにもかかわらずCO₂排出が200万炭素トン(約2.3%)減少した¹¹⁾。

3.4 CO₂削減の具体的方策

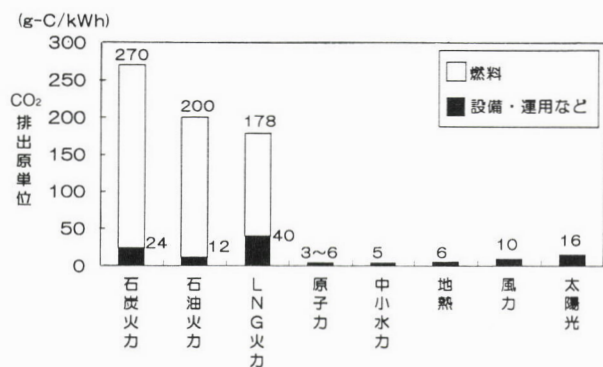
電気事業の地球温暖化対策には、供給面の対策として原子力発電を中心とする電源のベストミックスの構築、新エネルギーの開発・普及、電力設備の効率向上、また、需要面の対策として省エネルギーの推進がある。さらに、発生したCO₂の回収・固定化技術の開発にも取り組んでいる(図1)。

3.4.1 原子力発電を中心とする電源のベストミックス

電気事業は、質・量・コストともに優れたエネルギー源である原子力を中心とした電源のベストミックスの構築に取り組んできた。

現在、全国で51基、約4,500万kWが稼働しており、発電設備構成では20%となっている(発電電力量構成で約37%)。燃料の生産・輸送から発電所の建設・運転・廃棄に至るライフサイクルの比較では、原子力発電は、風力・太陽光などの自然エネルギーよりもCO₂原単位は小さい¹²⁾(図2)。

東京電力の例¹³⁾では、1998年度のCO₂排出量は約2,290万炭素トンであるが、仮に火力発電だけで発電した場合に比べ、CO₂排出が約3,640万炭素トン抑制されたと推定されている。このうち、原子力による抑制分は約2,600万炭素トンである。その他では、水力発電で約300万炭素トン、LNGで約720万炭素トンの抑制効果を生みだしている。なお、電気事業全体としての原子力による抑制効果は約7,000万炭素トンで、わが国のCO₂総排出量の約2割に相当する(図3)。



*原料の採掘から建設・輸送・精製・運用（実源の発電）・保守など（原子力発電の使用済燃料の再処理・放射性廃棄物の処分などをきむ）のために消費されるすべてのエネルギーを対象としてCO₂排出量を算定。

出典：電力中央研究所報告より

図2 発電プラントの温暖化影響の分析結果

内山洋司：電力中央研究所報告「発電システムのライフサイクル分析」（1995）

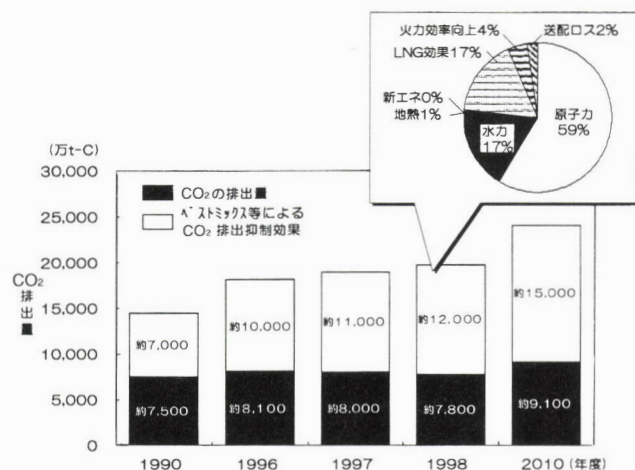


図3 電気事業からのCO₂排出量とCO₂排出抑制効果（電気事業連合会試算）

電気事業にとっては国内の全事業者、ご家庭がお客様なので、供給面の対策でCO₂排出原単位の小さい電気を送電できれば、わが国全体のCO₂排出量のベースが引き下げられる。いわば電気の「製品効果」で、わが国のCO₂総排出量が1998年で約1,400万炭素トン削減されたと推算される。

3.4.2 新エネルギーの開発・普及

太陽光や風力などの新エネルギーの導入支援も行っている。具体的には、太陽光や風力発電からの購入単価を、電気の販売単価と同じ額（東京電力の場合 24-17円/kWh）に設定したり、初期投資の大きい事業用の風力発電に対して減価償却を考慮した購入単価（14-9円/kWh）を含む長期間の購入契約を導入している。

しかし、天候の影響を受けやすく発電が不安定で、面積当たりのエネルギー発生量（エネルギー密度）が低く、発電電力量当たりコストが高いなど物理的、経済的課題がある。

エネルギー密度の試算では、100万kWの原子力発電所の1年間の発電電力量を太陽光発電で賄うには、山手線内側の2倍の面積にパネルを敷き詰めなければならないという試算もある。

3.4.3 電力設備の効率

コンバインドサイクル発電の導入や送配電ロス率の低減など電力設備の効率向上に努めている。コンバインドサイクル発電は、タービン発電とボイラで発生させた蒸気を用いる汽力発電の2つの方式を組み合わせたもので、1980年代以降この方式により、大幅な発電効率の向上が達成されている。最新モデルの熱効率率は52%以上になる。

3.4.4 省エネルギーの促進

電力使用面の対策には、機器開発（電気・エネルギー利用効率の高い機器・システム）、未利用エネルギーの活用（河川水、清掃工場や変電所の排熱）、省エネルギーPR、夜間電力の利用促進などがある。

蓄熱式ヒートポンプは、蓄熱槽を利用し空調設備機器の小容量化、空調機器熱源機の常時定格運転化をはかり、高い省エネルギー効果を得ることができる。加えて、運転時にCO₂を出さない原子力発電のウェイトが高い夜間電力を利用するため、CO₂排出量低減の観点から極めて良好なシステム（13%の省エネ、25%のCO₂削減効果）であり、その普及を積極的に進めている。

また、お客様の省電力に関しては、政府の省エネ基準強化に加えて、お客様のライフスタイルの変革、省エネ意識の高揚などによる効果が大変大きいことから、電気事業としてもさらにPRを強化していくこととしている。

3.5 原子力発電の重要性

資源小国のわが国では、長期的エネルギー確保ならびに地球温暖化対策の観点から、原子力発電の推進が今後も不可欠である。

原子力立地を巡る情勢は極めて厳しいものの、原子燃料サイクル、バックエンド対策などにも最大限の努力を払っている。試験用使用済み燃料の日本原燃（株）六ヶ所再処理施設への搬入が開始されたほか、プルサーマル計画について福島県の事前了解を得るとともに、新潟県への事前申し入れを行った。プルサーマル計画を着実に推進し、2000年を目途とした高レベル放射性廃棄物処分事業の制度化に関する詳細検討が行われている。

9月30日に発生したJCOの事故は、わが国初の臨界事故で、作業員と周辺の一般の方が被ばくされたこと、避難または屋内退避の防災措置が発令されたことなどから、わが

国の原子力安全の根幹にかかわる深刻な事故であると受けとめている。

事故後、安全最優先の原則を徹底し、さらなる安全確保を目指して電気事業連合会内に設置した「JCO東海事故関連特別委員会」で、安全文化・風土の共有化のためのセンターの設立を検討しており、広く国内の原子力産業に参加を呼び掛けていくこととしている。

電気事業は重大な危機感を持ちつつ、今後も原子力発電所の安全管理の徹底に努め、原子力産業界全体の安全文化の向上と共に、長期的に欠かせない原子力発電の推進を目指して引き続き、国民の理解を得るよう一層の努力を続けていく。

3.6 国際協力

国内措置に加え、国際協力も積極的に行っている。中国・台湾などアジア諸国や米、仏、独などの欧米諸国の電力会社と交流協定を締結し、専門家の派遣、管理者の研修および相互の情報交換、専門技術の交流活動を実施している。

1992年、E 7 (G 7 諸国の主要電力会社の会議体、わが国から東電・関電が参加)が発足し、地球環境問題などの諸課題に取り組んでいる。CO₂排出抑制のためインドネシアで共同で実施中の地方電化プロジェクト(小水力発電所などの建設)は、1996年6月にインドネシア、日本両国政府からAIJ(共同実施活動：気候変動枠組条約で定められた試験的な国際的取り組み)認定を取得している。

また、共同実施、クリーン開発メカニズム(CDM)、排出権取引などの京都メカニズムは、電気事業が保有している電力技術やノウハウを利用した地球規模のCO₂削減策として、また、国内対策を補完するコスト効果的な手段として重要であると考え、国際的枠組み構築に向けた提案や、将来のプロジェクト実施に向けた検討を進めている。

3.7 技術開発

電気事業は、火力発電所から排出されるCO₂の回収・固定化の実用化研究を2050年、2100年に向けた超長期的スケールで進めている。

CO₂の回収技術には、吸収液を使う化学吸収法と吸着材を使う物理吸着法がある。いずれも実験設備レベルでの分離・回収の可能性は確認されているが、発電した電力量の10%以上に及ぶエネルギー消費とコストの削減が実用化への課題である。

回収したCO₂については海洋処分などが考えられるが、処分後の環境影響など未解明の問題が多く、実用化の目途はまだ立っていない。

CO₂の有効利用には、微細藻類の光合成によるCO₂の有

機物固定化技術があり、増殖した藻類を燃料や紙などに加工する方法が考えられている。また、回収したCO₂と水を反応させてメタノール燃料とする方法もあるが、これら技術の実用化には更に時間を要する状況である。

3.8 CO₂以外の温室効果ガス排出削減のための取り組み

CO₂に比べると排出量はわずかであるが、CO₂以外の温室効果ガスの排出削減についても取り組んでいる。

3.8.1 六フッ化硫黄(SF₆)

絶縁性能に優れたSF₆は、変電所用地の大幅な削減や変電所の地下化に資する遮断器・変圧器の軽量化・コンパクト化に不可欠な絶縁ガスで、これら機器に密封して使用されている。

具体的な大気への排出抑制策は、機器点検時の回収率向上(現状の60%を2005年には97%に向上)、廃棄機器からの回収率向上(2005年に99%程度)、再利用システムの確立などで、これらにより、電気事業からの排出は1995年の60t/年から2010年には40t/年に抑制される見込みである¹⁴⁾。

3.8.2 ハイドロフルオロカーボン(HFC)

HFCは、事業所の空調機器や地域熱供給事業で冷媒として使用されている。機器の設置・修理時の漏洩防止・回収・再利用により、大気中への漏洩を極力少なくするよう管理している。現状、10t/年程度の排出量を極力抑制するよう努める。

3.8.3 パーフルオロカーボン(PFC)

PFCは、極く一部の変圧器などで冷媒および絶縁媒体として使用されているが、外部への排出はない。

3.8.4 亜酸化窒素(N₂O)

N₂Oは、火力発電所で化石燃料の燃料に伴い、微量排出される。排出濃度は極めて低い。

3.8.5 メタン(CH₄)

火力発電所における燃料の燃焼に伴うメタンの実質的な排出はない。

4 結び

以上、地球温暖化対策を中心に電気事業の課題について述べた。冒頭に触れた通り、電気事業は、事業運営の基礎に、持続可能な経済発展、エネルギーの安定供給、環境保全の3つのEの同時達成を据えている。

地球温暖化問題に関しても、この考え方に基づき「環境自主行動計画」を策定、公表し、原子力を中心としたエネルギーのベストミックスの推進、電力設備の効率向上、省エネルギーの推進・支援などに自主的・積極的に取り組んでいる。このうち、規模、運転時にCO₂排出がないことなどから、取り組みの中軸をなすべき原子力に関して、様々な問題が発生していることは痛恨の極みである。初心に返って、関連する全ての事業範囲にわたる安全文化の再確立など格段の努力を続け、社会信頼の回復と併せて原子力の着実な導入に向けて懸命に努力していく所存であり、皆様の更なるご理解ご協力を賜りたいと願っております。(本論は、第137回春季講演大会 社会鉄鋼工学部会 シンポジウム(1999年3月31日)にて発表した報告¹⁵⁾に、最近の情報を加筆し整理した。)

以上

参考文献

- 1) 気候変動枠組条約京都議定書, 国際連合, (1997)
- 2) Energy Balances, OECD, (1997)
- 3) 経団連環境自主行動計画, 経済団体連合会, (1997)
- 4) 第一回経団連環境自主行動計画フォローアップ概要, 経済団体連合会, (1999)
- 5) 第2回経団連環境自主行動計画フォローアップ結果について, 経済団体連合会, (1999)
- 6) 総合エネルギー調査会需給部会中間報告, 総合エネルギー調査会, (1998)
- 7) 電気事業審議会需給部会中間報告, 電気事業連合会, (1998)
- 8) 電気事業における環境行動計画, 電気事業連合会, (1996)
- 9) 電気事業における環境行動計画, 電気事業連合会, (1998)
- 10) 電気事業の温暖化対策, 電気事業連合会, (1998)
- 11) 電気事業における環境行動計画, 電気事業連合会, (1999)
- 12) 内山洋司: 電力中央研究所報告, 発電システムのライフサイクル分析, (1995)
- 13) 環境行動レポート, 東京電力株式会社, (1999)
- 14) 電気事業におけるSF₆の排出抑制に関する自主行動計画, 電気事業連合会, (1998)
- 15) 社会鉄鋼工学部会1999年春季講演大会シンポジウム, 人間・社会環境との新しい調和を求めてIX, 日本鉄鋼協会社会鉄鋼工学部会, (1999)

(1999年10月26日受付)