

B-14 地球温暖化防止対策技術の総合評価に関する研究

(1) 技術評価のためのライフサイクル温室効果ガス排出量の分析に関する研究

①技術評価のためのライフサイクルCO₂排出量の分析に関する研究

研究代表者 国立環境研究所地域環境研究グループ 清水 浩

環境庁国立環境研究所

地域環境研究グループ	交通公害防止研究チーム	清水 浩・近藤美則
	水改善手法研究チーム	森口祐一
社会環境システム部	資源管理研究室	乙間末広・森 保文
(委託先)	早稲田大学理工学部	永田勝也
	文教大学国際学部	藤井美文
	埼玉大学経済学部	外岡 豊

平成6-8年度合計予算額	41,554	千円
(平成8年度予算額)	13,667	千円)

〔要旨〕 地球温暖化対策技術の評価に際しては、技術の運用時における温室効果ガス排出量の削減効果だけでなく、技術導入の際の初期投入エネルギーに伴う排出など、技術のライフサイクル全般における排出に着目することが重要である。本サブサブテーマは、こうしたライフサイクルでの技術評価を行うための共通の課題として、さまざまな原材料や製品の生産に伴う二酸化炭素排出量の推計法を開発し、排出原単位を整備するとともに、これを用いたライフサイクル評価のケーススタディを行うことを目的とするものである。

このためまず、産業連関表を用いて、部門別に生産額あたりの直接排出強度および原材料生産にまで遡及した総排出強度を求めた。結果はデータベースとしてとりまとめ、LCA研究者などの利用を想定して一般に公開した。データベースには、過去4時点の値が含まれ、輸入品の扱い、価格基準について各2種類の排出強度を示すとともに、排出強度に占める電力消費相当分および石灰石起源分の内訳も示している。このほか、排出原単位に関しては、直接・間接エネルギー消費を、産業連関表によって素材生産関連とそれ以外とに分離し、素材構成に基づく積み上げ法による排出量を補正する方法（素材組立比法）を提案した。また、海外に転嫁されている排出量より詳細な分析のため、アルミニウム新地金をとりあげ、世界各地で精練に用いられている電力の電源構成を考慮した排出係数を算定した。

こうした求めた排出原単位を適用したライフサイクル評価のケーススタディとして、電気自動車とガソリン自動車のライフサイクルCO₂排出量の比較分析を行い、電源構成の違いによって電気自動車の優位性がどのように変化するかを示すとともに、大量導入過程における排出低減効果の現れ方のシミュレーションを行った。第2のケーススタディでは地域冷暖房システムをとりあげ、ライフサイクルCO₂排出量の観点から、望ましい熱需要密度や熱源機器構成について分析した。

〔キーワード〕 二酸化炭素、対策技術、ライフサイクル分析、産業連関分析、排出強度

1. 序

日本政府は1990年10月、地球温暖化防止行動計画を策定し、2000年以降の二酸化炭素排出量を1990年レベルで安定化させるという具体的目標を立てた。国際的にも、1992年6月の地球サミットにおいて気候変動に関する国際連合枠組条約が締結され、温室効果ガス排出目録や対策見通しの報告など、条約に沿った手続きが開始されている。さらに、安定化にとどまらずにより厳しい削減目標の議論が本格化しており、温暖化防止に向けて温室効果ガス排出削減のための具体的対策に着手すべき時期に来ている。地球環境研究総合推進費では、平成2年度から「地球温暖化対策技術の評価および評価手法に関する研究」が実施されてきたが、その過程で、技術導入のための資材やエネルギーの投入を加味した総合的な対策効果の評価が重要な研究課題であるとの認識に至った。こうしたライフサイクルでの環境負荷の低減の必要性は、1994年に策定されたわが国の環境基本計画の目標である「総体として環境負荷の少ない社会」にもうたわれており、また、いわゆるライフサイクルアセスメント手法が国際標準化機構（ISO）等で検討されるなど、ライフサイクルからみた温暖化対策技術の評価は極めて重要な課題となっている。

2. 研究目的

地球温暖化対策技術の評価に際しては、技術の運用時における温室効果ガス排出量の削減効果だけでなく、技術導入の際の初期投入エネルギーに伴う排出など、技術のライフサイクル全般における排出に着目することが重要である。とりわけCO₂の排出は、エネルギーの消費と密接不可分であるため、あらゆる技術的対策について、導入段階の排出増加と運用段階の排出低減とのトレードオフが懸念される。こうしたことから本サブテーマでは、本研究課題で取り組む分野別の重点対策技術の評価に際して、ライフサイクルでの技術評価を行うための共通の課題として、さまざまな原材料や製品の生産に伴う二酸化炭素排出量の推計法を開発し、排出原単位を整備するとともに、これを用いたライフサイクル評価のケーススタディを行うことを目的とするものである。

3. 研究方法

対策技術のライフサイクルCO₂排出量の算定に用いる手法は、①産業連関分析法と②積み上げ法の2つに大別される。産業連関分析法は、各産業部門間の金額の流れをもとに、また、積み上げ法は製品やシステムを構成する要素の物理的組成をもとに、いずれも原材料や中間製品の生産に伴う分を含めた排出量を算定するものである。これら両者には、一長一短があり、2つの方法を併用することで、精度の高い分析が可能となる。

本研究ではまず、産業連関表取引基本表、接続表、物量表、および産業連関表以外のエネルギー関連統計や業種別統計を用いて、産業部門ごとに、生産金額あたりの二酸化炭素直接排出原単位を求めた後、原材料生産への波及を含めた総排出原単位を算出した。この際、輸入される原材料や製品の生産に伴い、海外で排出される二酸化炭素の評価についても検討を行い、輸入品が国産品と同じ条件で生産されたと仮定して計算した値と、輸入品による排出を無視した場合の値の両方を求めた。また、排出原単位は工場出荷時の価格である生産者価格基準のほか、家計消費統計等と組み合わせた解析に用いるため、購入者価格基準の値も併せて求めた。さらに、連関表の係数を辿ることにより、排出係数のうち、電力消費に関する排出および石灰石起源の排出の内訳

を計算した。なお、こうした産業連関表を基準とした部門別CO₂排出量と、他のエネルギー関連統計にもとづく推計との比較も併せて行った。

また、技術評価で共通して用いる基礎素材の製造段階でのCO₂排出原単位の精度の向上を目的として、素材生産に関する基礎資料を収集し、積み上げ法による計算を試みた。とくに、精錬段階で大量の電力を消費するアルミニウムについて、海外の生産地における発電源構成を反映させた排出原単位の算出を行った。

手法面では、産業連関分析法と積み上げ法の2つの手法の利点を組み合わせた分析手法として、素材組立比法を新たに開発した。この方法は、製品の生産による直接・間接エネルギー消費を、産業連関表等を用いて素材生産関連とそれ以外とに分離し、素材構成に基づく積み上げ法による推計値を補正する方法である。

産業連関分析法、積み上げ法に基づくケーススタディとしては、電源構成を考慮した電気自動車とガソリン自動車のライフサイクルCO₂排出量の比較分析、および供給地域の熱需要の密度や総量、熱源機器構成を変化させた場合の地域冷暖房システムのライフサイクルCO₂排出量の分析を行った。なお、電気自動車の生産および地域冷暖房システムの熱源機器の生産に関して、ここで開発した素材組立比法を適用した。

さらに、対策技術の大量普及による排出量の真の削減効果を定量化するために、電気自動車の大量導入シナリオを想定し、車輛生産に伴う排出量の初期増加分や、保有車輛が置換されるまでの時間遅れを考慮した導入過渡期の削減効果の試算を行った。

4. 研究成果および考察

(1) 産業連関表に基づく部門別排出量と排出原単位の算出

産業連関表に基づく部門別の生産額あたりの二酸化炭素排出原単位（排出強度）については、平成5年度までの第Ⅰ期の研究では、1985年表を用いた分析を中心に行ってきた。

本研究では、経年的な排出強度の比較が可能となるよう、1975～1985年の接続表および1990年の延長表を用いたこれまでの分析結果を整理し、1985年価格基準、統合中分類別の排出強度データをまとめた。また、研究期間中に新たに1990年の産業連関表の確定値が公表されたことから、このデータを用いて部門別排出強度の計算を行った。1990年は地球温暖化防止行動計画に定められたCO₂排出量安定化目標の基準年となっている年であり、この時点での部門別の二酸化炭素排出構造を詳細に解析しておくことは、本研究のみならず、温暖化対策の検討全般に資する情報を提供しうるものである。

さらに、1975～1990年の各年の基本表をもとに、部門別の排出原単位を計算してとりまとめ、データベースとして公開した。公開したデータの概要を表1、表2に示す。

産業連関表に基づく部門別排出強度の計算は以下の手順で行った。

- ①産業連関表取引基本表の部門分類ごとに、化石燃料および石灰石の消費量を求める。
- ②求めた消費量のうち、非エネルギー用途分など、二酸化炭素に変化しない分を控除する等の補正を行う。
- ③補正後の部門別の化石燃料、石灰石消費量に排出原単位を乗じて部門別排出量を求める。
- ④部門別排出量を当該部門の国内生産金額で除して、直接排出強度を求める。
- ⑤直接排出強度に $[I - (I - M)A]^{-1}$ 型の逆行列の転置行列を乗じ、各部門の最終需要1単

位あたりに国内で直接・間接に排出されるCO₂量（総排出強度）を求める。但し、Iは単位行列、Aは投入係数行列、Mは輸入依存率を表す対角行列である。

⑥同様に $(I - A)^{-1}$ 型の逆行列を適用することにより、各部門の最終需要1単位あたりに国内および国外で直接・間接に排出されるCO₂量を求める。

①において、化石燃料や石灰石の部門別消費量は、主として産業連関表物量表から求めたが、新たに入手した1990年の物量表は1985年のものと比べて総合エネルギー統計や業種別統計等の値との乖離が大きい場合が多かったため、一部の部門については、これらの統計値を用いて補正した。また、気候変動枠組条約に基づく国別排出量の算定方法にならって、石灰石起源の排出量の捕捉範囲を一部変更した。

表1 生産者価格でのCO₂排出原単位表の構成

		生産者価格ベース排出強度		
		電力寄与分	石灰石寄与分	化石燃料寄与分
$(I - A)^{-1}$ 型分析による値	部門名 (日本語)			
	部門名 (英語)			
$[I - (I - M)A]^{-1}$ 型分析による値				
1975年, 1980年, 1985年, 1990年の 4時点を対象				

表2 購入者価格でのCO₂排出原単位表の構成

		生産時の 排出寄与分	流通時寄与分		購入者価格 での 排出強度
			商業マージン		
			商業小計	貨物運賃計	
$(I - A)^{-1}$ 型分析による値	部門名 (日本語)		卸売 小売		
	部門名 (英語)				
$[I - (I - M)A]^{-1}$ 型分析による値					
1975年, 1980年, 1985年, 1990年の 4時点を対象					
		電力 寄与分	石灰石 寄与分	化石燃料 寄与分	電力 寄与分
					その他寄与分 (化石燃料や 石灰石等)

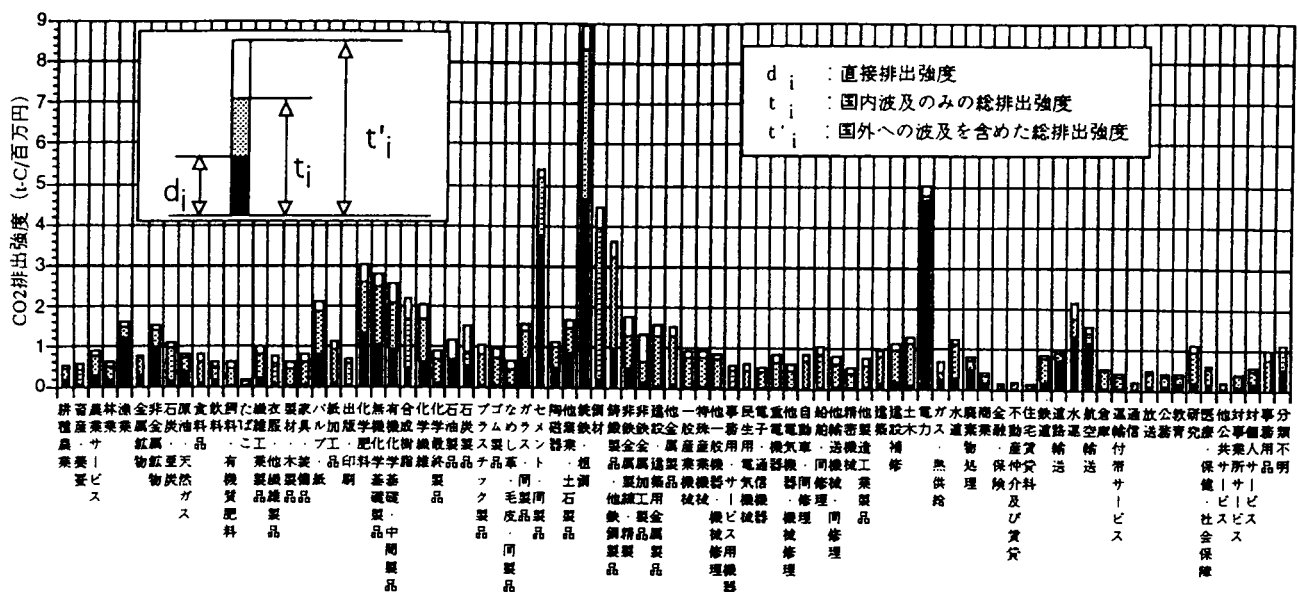


図1 部門別排出原単位の計算結果 (1990年、83部門)

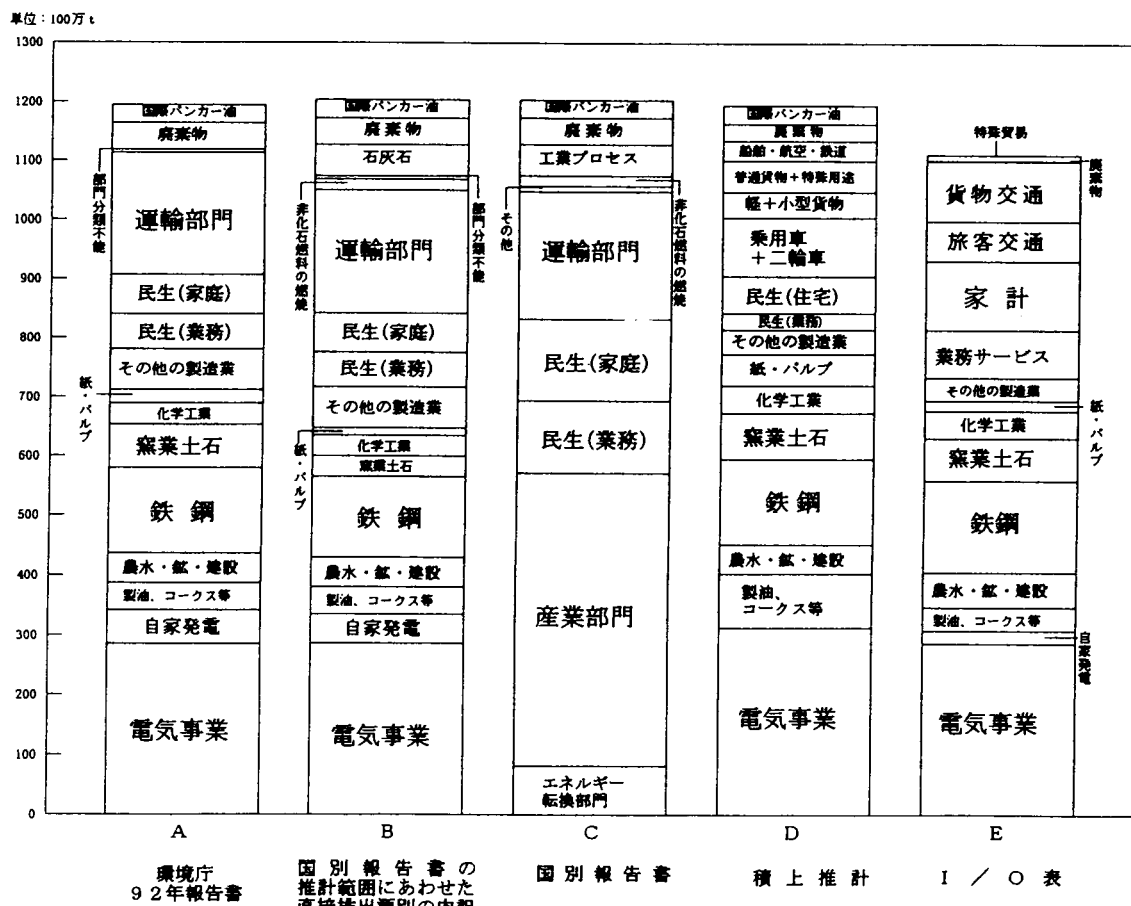


図-2 CO2排出量推計値比較 1990年および年度

データ出典及び注

- A: 環境庁地球環境部(1992.5)二酸化炭素排出量調査報告書
- B, C: 日本政府(1994.8)「気候変動に関する国際連合枠組条約」に基づく国別報告書。B、Cとも総合エネルギー統計簡約表より推計。Cでは発電所排出は電力需要家に按分、エネルギー転換部門に含まず。BはAの部門分類にあわせて、この電力分を発電所排出に戻した。工業プロセスとは鉄鋼、セメント、非金属鉱業の石灰石起源の排出。B、C以外では各産業に含む。
- D: 外閣 量(1997.3)本研究試算。燃焼系固定発生源は大気汚染物質排出量総合調査、民生はガス事業統計など、自動車は自動車輸送統計、船舶はエネルギー生産供給統計、航空は航空輸送統計、航空統計より推計。自家発電は各産業に含む。建設機械、農業機械、産業機械排出を鉱業建設農水に含む。
- E: 近藤、森口(1997.3)産業連関表による二酸化炭素排出原単位、地球環境研究センター。1990年基本表より推計。紙パルプ、自家発電に黒液含まず。家計に自家用車ガソリン含む。廃棄物焼却起源排出含まず。Eのみ暦年値。

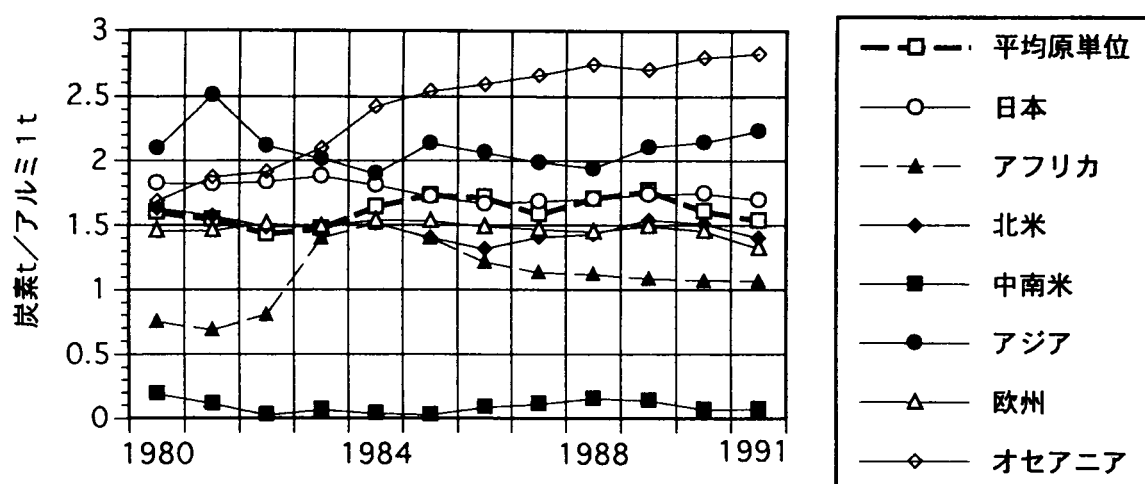
図1は分析結果の一例であり、統合中分類ごとの排出強度（1985年価格基準）を示したものである。ここでは、各部門で直接排出されるCO₂(d_i)、国内の産業への波及による排出($t_i - d_i$)、国外の産業への波及による排出($t'_i - t_i$)の3種に区分して、単位金額あたりの排出量（排出強度）を表示している。 t_i は各部門の最終需要あたりの国内の直接・間接排出量を、 t'_i は各部門の最終需要あたりの国内・国外の直接・間接排出量を意味する。国外の産業への波及による排出の寄与が大きい部門としては、石油製品、石炭製品、非鉄金属等があげられる。これは、これらの部門の原材料の輸入依存度が高いことの現れである。但し、波及先である鉱業などの部門の生産規模が国内では小さく、代表性に欠けるため、波及先部門の直接排出強度として国内の強度を輸入分にそのまま適用することの是非については、より詳細な検討が必要である。

一方、産業連関表で用いられている部門分類は、他のエネルギー関連統計の分類とはいくつかの点で大きな相違がある。そこで、産業連関表による本推計のほか、エネルギーバランス表に基づく推計、環境庁の大気汚染物質排出量総合調査等に基づく積み上げ計算による推計について、部門別排出量の相互比較を行った。その結果を図2に示す。運輸（交通）関係についての相違が大きい。これは産業連関表では、自動車によるエネルギー消費を家計（マイカー）と産業（輸送業）に分離していることと、航空機や船舶によるエネルギー消費の「国内」の範囲の取り方に帰す部分が多い。

(2) アルミニウム生産に伴うCO₂排出量の推計

産業連関表を用いた分析では、国外への生産波及による排出についても、国内産業と同一の排出強度、産業構成を仮定して計算を行っているが、こうした仮定は輸入依存度の高いものについては不正確となりやすく、輸入相手国における二酸化炭素排出をより詳細に評価することが必要である。そこで、現在の輸入依存度が99%以上と極めて高く、エネルギー多消費型の典型例でもある1次アルミニウムを取り上げ、生産地において実際に使われた一次エネルギーの構成比を考慮した排出原単位の計算を1980年から1991年までについて行った。

1次アルミニウム生産においては、電解のために大量の電力を消費するため、その電力の発電源構成により二酸化炭素排出量が大きく異なる。まず、業界資料に基づき、日本を除く世界6地域について、アルミ生産に用いられた電力の電源構成を石炭火力、石油火力、天然ガス火力、水力、原子力の5区分で整理した。日本については電気事業用の電源構成を適用した。水力および原子力については二酸化炭素排出量をゼロとし、火力については、燃料種別の二酸化炭素排出原単位と発電効率から単位電力量あたりの排出係数を燃料種ごとに求めた上で、各地域の電源構成をもとに加重平均し、電力量あたりの排出係数を求めた。これと、アルミニウム単位生産量あたりの電力消費原単位から、各地域におけるアルミ単位生産あたりの二酸化炭素排出係数を求めた。さらに、これらを各地域から日本への輸入量で加重平均して、日本へ供給されるアルミニウムの平均排出係数を求めた。図3は、地域ごとの排出係数および平均排出係数の経年変化を示したものである。排出係数は地域によって大きく異なり、電源のほとんどが水力である中南米の排出係数が最も低く、大部分を石炭火力に依存する豪州の排出係数が最も大きい。他の地域は火力と水力を併用しており、これらの中間に位置する。地域別の供給シェアには多少の変動がみられるが、日本への供給全体について平均した排出係数はアルミニウム1tあたり1.4~1.8tCの範囲である。結果的にこの値は、日本国内の電源構成によってアルミニウム生産を行った場合の原単位にほぼ



注)原単位は各地域全体の電源構成から求めたものであり、ごく少数の工場のみで生産されている近年の日本のようなケースについては、実際に生産に用いられた電源構成は異なる場合がある。

図3 発電源構成を考慮したアルミニウムの地域別CO₂排出原単位

等しいが、輸入依存度の高い原材料や製品について、こうした産地別のエネルギー供給構造の差異を反映させた分析が必要であることが、アルミニウムについての試算結果からも裏付けられる。

(3) 素材組立比法の開発

製品や技術システムの生産時のエネルギー消費量やCO₂排出量分析に用いられる2つの代表的な手法のうち、産業連関分析法は、一度の計算で、全部門についてあらゆる部門への波及を漏れなく把握できるという利点がある反面、約400の部門分類ごとにしか分析できず、製品や技術システムの細かな特性が反映できないこと、金額あたりの原単位であるため、大量生産されていない割高な生産物について過大評価してしまうこと等の問題点がある。一方、積み上げ法は、個々の製品や技術システムの特性を反映できる反面、全ての生産プロセスを遡って調査することは困難であり、現実には分析対象の物的構成比に基づく推定にとどまることが多いため、素材生産以降の加工・組立・流通等に伴う分を過小評価する傾向がある。

ここで提案する素材組立比法では、まず、分析対象の素材構成を積み上げ法と同様に把握し、素材生産分のエネルギー消費やCO₂排出は積み上げ法ないし産業連関分析法で分析する。一方、分析対象と類似の製品や技術システムについて、素材生産までの量と、それ以降の加工・組立・流通等に伴う量の比率（素材組立比）を求める。この比率を先に素材構成に基づいて求めた素材生産分のエネルギー消費量・CO₂排出量に乗じて、分析対象の生産に伴う総量を求めようとするものである。ここでは、産業連関表を用いた部門ごとの総排出強度（単位生産額あたりの直接排出と間接排出の和）を求める計算過程を分解し、素材生産までの排出とそれ以外のものを分離することによって素材組立比を求めた。1990年産業連関表32部門統合分類表に基づくエネルギー消費量についての素材組立比の計算結果を表3に示す。素材に近い部門に比べ、加工度の高い部門では、素材組立比が大きい。

なお、素材組立比は、産業連関表を用いた方法のほか、大量生産された類似の製品に関する業種別統計や、実際の生産プロセスの調査に基づく推定が可能であり、後者については本研究課題B-14のサブテーマ(2)-③で分析が行われている。

表3 エネルギー消費量の素材組立比（1990年産業連関表32部門表による）

部門名	金属製品	一般機械	電気機械	輸送機械	精密機械	その他の製造工業	建設
(TOE/¥100万)							
素材分	0.992	0.564	0.289	0.467	0.234	0.288	0.466
その他分	0.294	0.246	0.258	0.310	0.224	0.302	0.269
素材組立比	0.296	0.436	0.894	0.664	0.956	1.046	0.578

(4) 地域冷暖房システムのライフサイクルCO₂排出量の分析

地域冷暖房システムは、一ヶ所または数ヶ所の熱製造プラントで集中的に冷水、温水、蒸気などの熱媒を製造し、地域導管を通して一定地域内の多数の熱需要家建物へ供給し、冷房、暖房、給湯などを行うシステムである。都市におけるエネルギーの高効率での利用が期待できる技術であるが、導入時の初期コストが従来の設備に比べて高いことから、熱源機器や地域導管などの設備建設に伴う初期のエネルギー消費・CO₂を含めた分析を行っておく必要性が高いと考えた。

システム建設時のうち、地域導管建設については、資材、施設工事、運搬等に関わる排出を、工事標準歩掛や積算基準マニュアルに基づく積み上げ計算により推定した。熱源設備については、機器の総重量と素材構成から素材分の排出を求め、前述の素材組立比法により総排出を推定した。他のプラント機器や建屋関係は、既往の研究や産業連関表をもとに推定した。また、運用段階については、機器自身の成績係数（COP）だけでなく、地域配管からの熱損失や、熱媒循環のためのポンプ動力などを考慮したシステム全体でのCOPが反映されるようにした。熱源方式としては、①吸収式冷凍機と蒸気ボイラから成る従来型のシステムのほか、②河川水熱源のヒートポンプを付加した場合、③コジェネレーションを付加した場合、④ヒートポンプとコジェネレーションの両方を付加した場合の計4ケースを設定した。

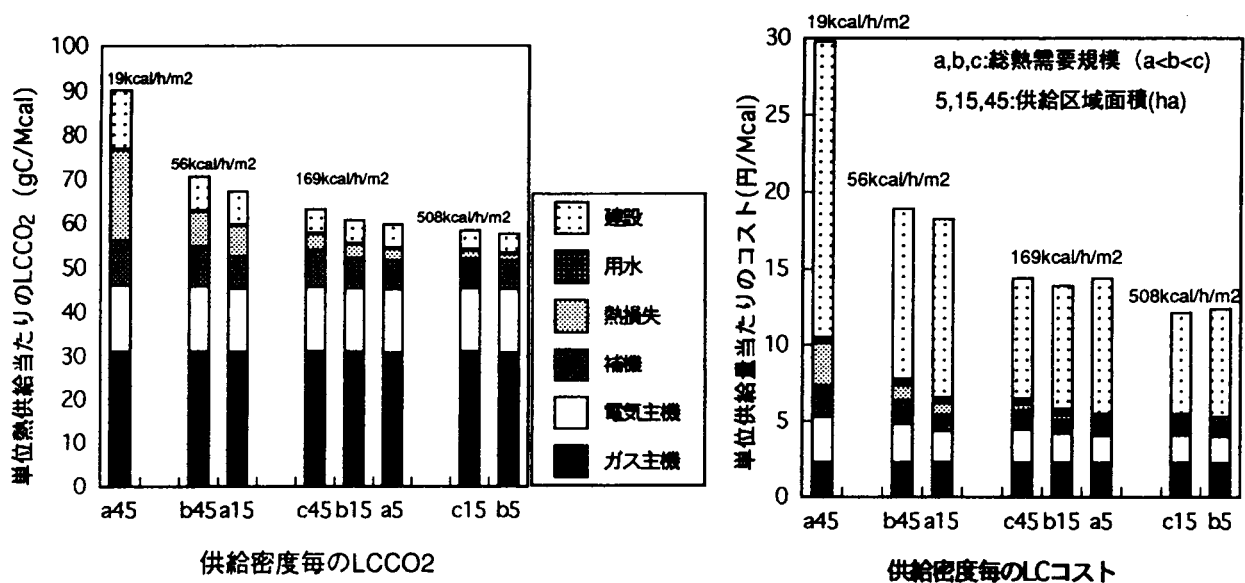


図4 モデル地区の熱供給密度からみたライフサイクルCO₂排出量とコスト

供給面積15ha、グロス容積率300%の標準設定の地区の場合、システム建設段階では、熱源設備と地域導管に係る排出が約1/4ずつを占める。建設段階の排出は、個別熱源方式に比べて多いが、運転段階での排出の1年分以下であり、システムの耐用年数からみて、ライフサイクルにおける建設段階の寄与は数%である。これに対して、建設段階のコストは、運転段階でのコスト（人件費を除く）の10～15年分に相当する。このため、ライフサイクル全体では、単位熱供給量あたりのCO₂排出量は個別熱源方式の2/3程度と推定されるのに対し、コストでは大差がみられない。

熱源機器構成をケース4として、供給密度の変化によるライフサイクルCO₂排出量とライフサイクルコストを比較した結果を図4に示す。供給密度が低くなると、ライフサイクルでのコスト、CO₂排出ともに増加し、ある密度以下では、個別熱源方式よりも劣る場合がある。これには、コスト面では地域導管等の建設段階の増加が、CO₂面では、運用時の配管からの熱損失による効率低下が、大きく寄与している。こうした条件下では、コジェネやヒートポンプ等の技術を導入しても、コスト面、CO₂面ともに改善がみられない。

(5) ガソリン自動車と電気自動車のライフサイクルCO₂排出量の比較

交通分野に関連した温暖化対策として現行エンジン自動車から代替燃料自動車への転換が挙げられる。そこで、現行ガソリンエンジン自動車と代替燃料自動車の一つである電気自動車とを対象として、LCA的見地からライフサイクルCO₂排出量を求め、その代替対策の有効性について検討した。なお、ここで取り上げる電気自動車は、エンジン自動車を改造した改造型電気自動車ではなく、1991年に東京電力が電気自動車として専用に設計・製造した電気自動車IZAである。

ライフサイクル評価の対象としたライフステージは、素材の生産、車輛の製造、走行、維持・管理の4段階である。各ライフステージにおけるCO₂排出量の推計には積み上げ法を用い、車輛の素材としては、鉄、アルミ、樹脂をはじめとする10数種に分類し、それぞれの生産段階におけるCO₂排出量より単位重量当たりのCO₂排出原単位を求め、車輛の素材別重量にそれらの原単位を乗じることで、素材起源のCO₂排出量を求めた。

車輛の製造時の排出はガソリン車については素材構成比および業種別統計より求めた。一方、電気自動車については一台のみ専用設計された電気自動車の製造時の排出を求めるのは困難なことおよび、そのまま当てはめるのはデータの有効性として問題があるため、ガソリン車において求めた前述の素材組立比法による値により推算した。また、電気自動車は走行用エネルギーとして電力を必要とするため、走行段階におけるCO₂排出量はその電力の発電源により大きく変動する。そこで、電源の違いによるライフサイクルCO₂量への影響についても検討した。すなわち、各ライフステージにおける電力消費をCO₂換算する際には、その電力が石炭火力発電、石油火力発電、LNG火力発電、太陽光発電、原子力発電および現状の電源構成により生産されたと想定し、CO₂量への換算を行っている。一方、化石燃料の消費に伴うCO₂排出においては、化石燃料の燃焼に伴うCO₂排出のみならず採掘・輸送・精製におけるCO₂排出量をも含めた計算を行っている。さらに、電気自動車では全車重の約1/3を占める電池の性能もライフサイクルCO₂量に大きく影響を与えることが予想される。よって、ライフサイクルの間に1度電池を交換する場合およびその電池が複数分使用できる場合を考え、電池寿命によるライフサイクルCO₂量への寄与についてもあわせて検討を行った。

電気自動車と現行ガソリン車とについて、各発電源別にまた、10モード走行および時速60kmの

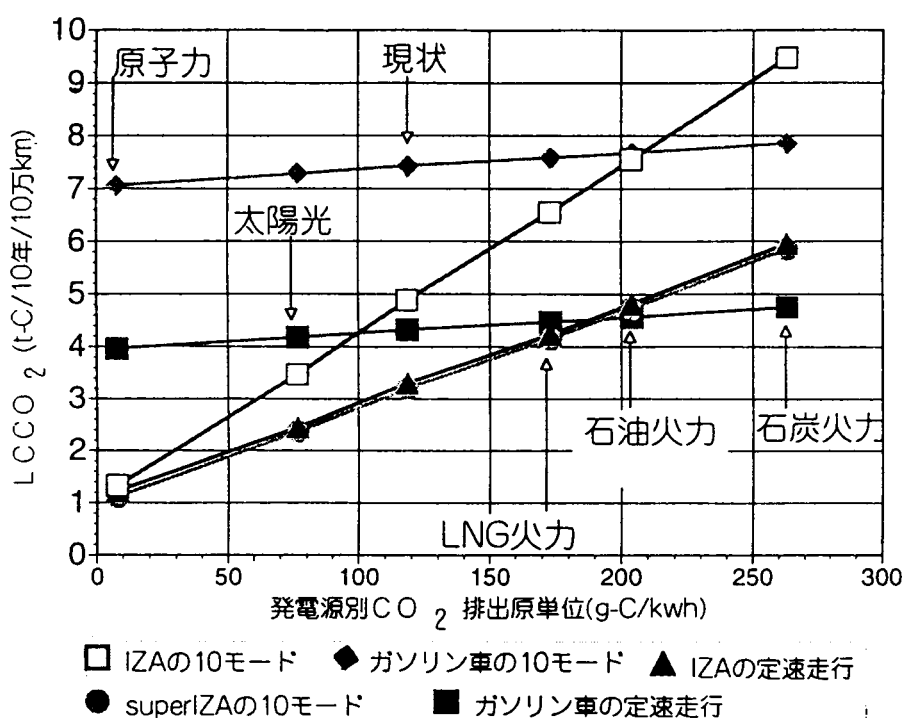


図5 I Z Aとガソリン車の発電源別走行モード別ライフサイクルCO₂量

定速走行をした場合を想定して求めたライフサイクルCO₂量を図5に示す。さらに、I Z Aのインホイールモータを、現在利用可能な高性能インホイールモータに交換した場合(super I Z Aと呼ぶ)の10モード走行でのライフサイクルCO₂量もあわせて示す。

図5より、現行ガソリン車の場合発電源によるライフサイクルCO₂量への寄与は小さいが、電気自動車の場合は最少の原子力発電から最大の石炭火力発電まで数倍の差が生じている。すなわち、電気自動車は発電源の種類によってそのライフサイクルCO₂量が大きく変動するため、ある場合には現行ガソリン車よりも温暖化対策としては不利になることがあることを示している。また、super I Z Aの10モード走行でのライフサイクルCO₂量はI Z Aの約2/3に減少しており、ここ数年の電気自動車技術の格段の進歩が明らかである。さらに、電気自動車に使用される電池の寿命によっても電気自動車のライフサイクルCO₂量は2割～3割変動する。よって、電気自動車が現行ガソリン車よりも常に低CO₂排出となるためには、高性能電池の開発、駆動系の改良による走行距離の増加、低CO₂排出型の発電施設による電力の利用等が必要である。

(6) 対策技術の大量導入の過渡期における排出削減効果

ライフサイクル分析では、建設・製造時のCO₂排出と運用時のCO₂排出とを単純に加算して評価したが、耐久消費財やインフラストラクチャに関わる対策技術の大量導入を考えた場合には、初期投資と運用の間の時間遅れが無視しえない。また、新たな技術による製品や設備を生産するための設備への投資の速度には限りがあるため、現在のストックを、新たな技術で代替するまでには、かなりの時間を要する。こうした状況を定量的に理解するため、電気自動車を例に、技術の大量導入の過渡期における排出量の変化のシミュレートを試みた。上記の電気自動車I Z Aについての評価結果をそのまま用いることとし、2000年以降、初年度は年産24万台、2年目、

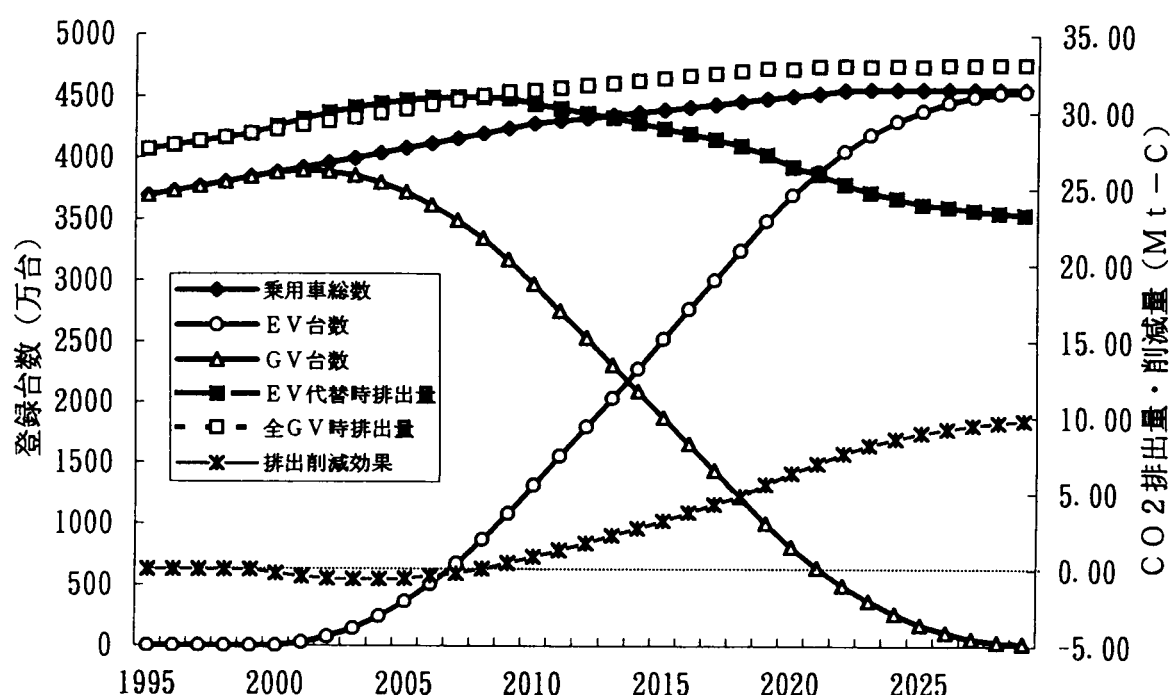


図6 EV大量導入の過渡期におけるCO₂排出削減効果の試算結果
(生産量24万台/年増加シナリオ)

3年目は各48万台、72万台のように、毎年24万台ずつ生産が増加するというシナリオを想定した。乗用車の総数の伸びや、電源構成の将来変化を考慮した上で、大量普及の過渡期における排出量の推移を計算した結果を図6に示す。導入開始直後の5年余りの期間は、EVの生産のための排出量の増加が、導入されたEVの運用による排出量の低減を上回り、僅かながら排出量はむしろ増加する。その後は、全保有台数に占めるEVの比率の上昇とともに排出削減効果が現れる。このシナリオの場合、全保有台数の半数が置換されるまでに15年弱、全数が置換されるまでに約30年を要するため、削減効果が顕著に現れるまでにはかなりの時間を要することがわかる。運用時のエネルギーの低減のための技術が、初期投入段階でエネルギー消費を増大させるケースは少なくない。ライフサイクル評価を単独で行うのみでなく、具体的な時間軸を設定した評価を行うことが、対策効果の発現時期の正しい理解に必要である。

5. まとめ

地球温暖化対策技術をライフサイクル的視点から評価するための基礎データとして、産業連関表を用いた分析を中心に行い、LCAの実施に利用に供するためのデータベースとしてとりまとめて公開した。また、日本への輸入品の海外での生産に伴う二酸化炭素排出量をより詳細に評価するため、1次アルミニウム生産についての排出係数を産地別の電源構成を考慮して求め、排出係数が地域のエネルギー供給構造により大きく異なることを示した。また、産業連関分析法と積み上げ法をもとにしたライフサイクルCO₂排出量の分析事例として、電気自動車とガソリン自動車の比較、および地域冷暖房システムを対象としたケーススタディの結果を示した。ここで提案した素材組立比法を含め、ライフサイクルCO₂の分析では、産業連関分析法と積み上げ法を併用し、各々の長所を生かすことが有効である。

国際共同研究等の状況 該当なし

研究発表の状況

論文

- ・清水浩：地球環境時代の対策技術の展望，季刊環境研究，(95)，93-101(1994).
- ・近藤美則・森口祐一・清水浩：わが国の輸出入に伴うCO₂排出量の経時的分析とその国際間CO₂収支分析への応用，エネルギー経済，20(4)，39-48(1994).
- ・Kondo, Y., Y. Moriguchi & H. Shimizu: Analysis of carbon dioxide emission by material production and its application to automotive production, Proc. Symp. K, 3rd IUMRS-ICAM, 747-750(1994)
- 近藤美則・森口祐一・清水浩：日本の輸出入に伴うCO₂量の経時的分析，エネルギー・資源，16(2)，68-75(1995).
- ・森口祐一：地球温暖化対策技術の評価，資源環境対策，31(3)，13-18(1995).
- ・近藤美則・森口祐一・清水浩：家計消費支出によるCO₂排出構造の経時的分析，エネルギー経済，21(4)，27-35(1995).
- ・近藤美則・森口祐一・清水浩：電気自動車IZAとガソリン車のライフサイクルCO₂量の分析，エネルギー経済，22(4)，20-29(1996).
- ・森口祐一：地球温暖化の対策，環境技術，25(5)，275-280，(1996).
- 近藤美則・森口祐一・清水浩：家計の消費支出からみたCO₂排出構造の経時的分析，環境科学会誌，9(2)，(1996)
- Kondo, Y., Y. Moriguchi and H. Shimizu: Creating an Inventory of Carbon Dioxide Emissions for Japan: Comparison of Two Methods, AMBIO, Vol. 25, No. 4, 304-308, (1996)
- 近藤美則・森口祐一・清水浩：電気自動車 I Z A とガソリン車とのライフサイクルCO₂量の比較，エネルギー・資源，17(5)，76-82(1996)
- 汐崎剛・森口祐一：地域特性を考慮した地域冷暖房システムのライフサイクル分析，環境システム研究，24，260-271(1996)
- ・近藤美則・森口祐一（編著）：産業連関表による二酸化炭素排出原単位，地球環境研究センター，CGER-D016-'97，(1997)

学会等での発表

- ・Moriguchi, Y., Y. Kondo, H. Shimizu: Input-output analysis of CO₂ emission structure and balance of CO₂ embodied in international trade, Jpn-U. S. 3rd Workshop on Global Change(1994).
- ・近藤美則・森口祐一・清水浩：家計消費支出に伴うCO₂排出量の経時分析，環境科学会1994年会(1994).
- ・近藤美則・森口祐一・清水浩：家計消費支出によるCO₂排出構造の経時的分析，第11回エネルギーシステム・経済コンファレンス(1995).

- ・ 森口祐一・近藤美則・清水浩：自動車による温室効果ガス排出のライフサイクル分析，京都大学環境衛生工学研究会第17回シンポジウム，京都，(1995)。
- ・ 森口祐一：自動車を例としたLCA研究の実例～LCCO₂分析と今後の展開～，第36回大気環境学会，東京，(1995)。
- ・ Moriguchi, Y., Y. Kondo & H. Shimizu:Recent Activities on Japanese GHG Emission Inventory and Mitigation Assessment, Regional Workshop on Greenhouse Gas Emission Inventory and Mitigation for Asian and Pacific Countries, Seoul, (1995)。
- ・ Kondo, Y., Y. Moriguchi & H. Shimizu:Japanese CO₂ Emission Inventory and Analysis of Emission Structure using Input-Output Table, Regional Workshop on Greenhouse Gas Emission Inventory and Mitigation for Asian and Pacific Countries, Seoul, (1995)。
- ・ 近藤美則・森口祐一・清水浩：電気自動車IZAとガソリン車のライフサイクルCO₂量の分析，第12回エネルギーシステム・経済コンファレンス，東京，529-534, (1996)。
- ・ Moriguchi, Y., Y. Kondo & H. Shimizu:Life Cycle Assessment of Transportaion Systems -Its Concept and a Case Study on GHG Emissions from Motor Vehicles, OECD Conference towards Sustainable Transport, Vancouver(1996)
- ・ Kondo, Y., Y. Moriguchi & H. Shimizu:Comparison of the Life Cycle CO₂ between Electric Vehicle and Gasoline Vehicle, 2nd Int'l Conf. on Ecobalance, 345-350, Tsukuba, (1996)