



# 二酸化炭素の排出構造の分析と排出抑制対策の評価に関する研究

近藤, 美則

---

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

1996-09-18

(Date of Publication)

2015-03-03

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙2078

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.11501/3129841>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2002078>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・(本籍)	近藤美則 (茨城県)
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	博ろ第150号
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位授与の日付	平成8年9月18日
学位論文題目	二酸化炭素の排出構造の分析と排出抑制対策の評価に関する研究

審査委員	主査 教授 北村新三
	教授 田中克己 教授 片岡邦夫

### 論文内容の要旨

地球の温暖化を防ぐための対策を取るためには、まず温暖化の原因物質である温室効果ガスの排出構造が明らかにされる必要がある。それが明らかになることによって、温暖化防止対策を取るべき分野の特定および、対策の有効性の評価を行うことができる。そのため、本研究では温室効果への寄与が現在もっとも大きく、かつ人々のあらゆる活動に伴って排出される二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)をとりあげ、総合エネルギー統計と産業連関表の二つの統計を利用して、マクロな視点からCO<sub>2</sub>の排出構造の解明を試みた。つぎに、地球温暖化問題の解決が世界的に求められていること、現在の大気中のCO<sub>2</sub>濃度の上昇は産業革命以後の先進諸国の化石燃料の大量消費をもととした経済発展によるものであることから、そのCO<sub>2</sub>排出の責任として負うべきCO<sub>2</sub>排出量として帰属排出量の概念を提案し、その定義と公平性、有効性について検討を行った。また、CO<sub>2</sub>は人々のあらゆる活動に付随して排出されることから、家庭部門を対象とした詳細なCO<sub>2</sub>排出構造の分析を経時的に行い、人々のライフスタイルとCO<sub>2</sub>排出の関係についても検討を行った。さらに、製品やシステムの環境負荷の総合的評価手法として現在注目を集めているライフサイクルアセスメントの手法の利用により、日本のGNPや関連する従業員数および輸出品目への寄与が大きく、かつ家庭における最大の耐久消費財である自動車を対象としてそのライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量を求め、地球温暖化問題に対する有効な対策とその評価について示し、この手法の温暖化問題への適用可能性と有効性の検討を行った。以下に、本研究により明らかになったことを示す。

第2章では、研究に先立ち、これまでに行われてきた地球温暖化問題の原因である温室効果ガスの中の特にCO<sub>2</sub>にかかわる研究の動向を、排出量分析、排出削減対策、排出処理対策ごとに整理した。また、本研究で用いる産業連関表を用いた環境分野に関する研究ならびに、ライフサイクルアセスメント手法を用いた研究についても簡単に整理した。さらに、各種発行されている公式統計について、そのCO<sub>2</sub>排出量分析への利用可能性および、本研究で主に用いている産業連関表を用いたCO<sub>2</sub>排出構造の分析方法について述べた。

第3章では、現実に消費されている化石燃料の分類とその燃料の供給あるいは消費量データを反映

させた日本のCO<sub>2</sub>排出量を総合エネルギー統計を用いて部門別・起源別に簡便に推計する方法を示すとともに、1965年から1990年までの過去26年間について実際に推計を行った。また、CO<sub>2</sub>の直接排出源を明らかにしただけでなく、電力などエネルギー転換部門の排出を最終消費者に間接排出として転嫁する考え方を示した。その結果、国内で実際に消費されている燃料種や燃料代替等による排出量への寄与が、この排出量推計手法によると正確に反映できることを示し、手法の有効性を明らかにした。さらに、この間のCO<sub>2</sub>排出量の推移について要因分析を行い、CO<sub>2</sub>排出とエネルギー供給構造やCO<sub>2</sub>排出と経済指標との関係についての検討を行った。

第4章では、第3章で示した最終消費者にエネルギー転換部門のCO<sub>2</sub>排出の責任を転嫁する間接排出の考えが、一国の一年の経済活動を金額を単位として表す産業連関表を使うことによってあらゆる財やサービスに対してまで拡張することができることに着目し、産業連関表を利用したCO<sub>2</sub>排出量の分析を行い、食料品の購入やサービスの利用などによる間接的な排出が化石燃料や電力などエネルギーの直接利用による排出より多いことを明らかにした。また、本章で得られた結果を前章の結果と比較し、両方法による結果は細部で異なる点があるものの、推計範囲の統一と部門分類の対応に留意すれば、整合性のある結果が得られることを示した。つぎに、産業連関表を用いてこのようなCO<sub>2</sub>排出構造分析を行う際、許容誤差内の結果を得るために必要な部門数の情報を得るため、部門統合による誤差の解析を行い、84分類以上の部門数を用いればほぼ正確な排出構造分析が可能であることを示した。また、誤差解析結果に基づいた部門数設定による国内のCO<sub>2</sub>排出構造の分析を1975年から90年までの5年おき4時点に対して行い、温暖化抑制のためには、民間消費支出でのエネルギーの直接消費や対個人サービス、商業の利用の抑制、民間資本形成における建築に係わる排出を抑える必要があることを指摘した。

第5章では、第4章で明らかにした国内のみの生産活動に伴うCO<sub>2</sub>排出構造の分析を拡張し、日本の輸入にかかわる国外のCO<sub>2</sub>量をも含めた排出構造の経時的分析を行った。そして、1975年から85年の間は、輸入品に伴い国外で排出されるCO<sub>2</sub>量より輸出品の生産に伴い国内で排出されるCO<sub>2</sub>量の方が多く、85年から90年にかけては逆転したことを示した。また、日本がそのCO<sub>2</sub>排出に対して責任を負うべき量として、いわゆる国内排出量では考慮されない国内需要を満たすための国外におけるCO<sub>2</sub>排出量に対しても、受益者負担の見地から責任を負うべき排出量として帰属排出量の概念を提案し、それが国内排出量や国内最終需要を満たすためのCO<sub>2</sub>量よりも、より公平な指標となりうることを示した。一方、同種の手法を多国間貿易に対して適用することにより、国際貿易におけるCO<sub>2</sub>収支についても検討を行い、世界全体の貿易に伴うCO<sub>2</sub>排出量に大きく関係しているのは西欧、北アメリカ等であることを明らかにした。

第6章では、温暖化対策をとる部門として家計を取り上げ、輸入品の生産に伴う国外におけるCO<sub>2</sub>排出をも考慮し、かつ具体的な対策が提示できるよう可能な限り詳細な部門分類による購入者価格での分析、さらに、ライフスタイルの変化による排出構造の推移について検討するために経時的分析を行った。そして、家計の消費支出に伴って排出されたCO<sub>2</sub>量は全体量としてもまた一人当たりの量としても1975年から85年まではほぼ一定であったが、85年から90年にかけて急増し、それが電力やガソリンの消費量の増加、遊戯場や航空機の利用、乗用車の購入等によることを示した。さらに、この家計の消費支出に伴うCO<sub>2</sub>排出量のうち、輸入品に伴うCO<sub>2</sub>量は10数%を占め、近年それによるCO<sub>2</sub>排出が増加していること、そのためこれを無視するならば温暖化対策に関して誤った結論を導く可能性があること等を明らかにした。つぎに、産業連関表の作成における不備事項を分析の過程で指摘する一方、1990年の分析においてはCO<sub>2</sub>排出源の追加を行い、産業連関表を用いたCO<sub>2</sub>排出構造

分析の精度を高めた。そしてこの章の分析から、家計での消費行動によって直接間接に誘発されるCO<sub>2</sub>の排出を抑えるためには、ライフスタイルの変更が必要であること、そのためには個人の行動により直接間接にどれだけのCO<sub>2</sub>排出を誘発しているかを認識することがまず第一であり、今後、そのための情報の提示や環境に対する認識を高める教育が必要であること等を指摘した。

第7章では、ライフサイクルアセスメントの考えを利用して、自動車を対象としたライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量を積み上げ法と産業連関分析法の二つの方法を利用して求めた。そして、ガソリンエンジンの走行時のCO<sub>2</sub>排出は製造時のCO<sub>2</sub>排出の約6倍であり、走行段階におけるCO<sub>2</sub>排出を抑制することが自動車からのCO<sub>2</sub>排出を抑制するためには有効であることを示した。また、積み上げ法と産業連関分析法の結果を比較し、両手法の結果は良く一致し、補完的に用いることで推計の精度が上がることも示した。つぎに、自動車自体にかかわるライフステージを増やし、かつ自動車を利用する際に必要である道路や道路関連施設などのインフラをも含めたライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量の分析を行い、車両自体の製造と維持・廃棄、燃料の生産と消費、インフラ建設と維持でのCO<sub>2</sub>排出量の比がおおよそ2対6対1であることを、産業連関分析を用いて明らかにした。さらに、地球温暖化対策としてはCO<sub>2</sub>を含めた温室効果ガスの排出削減が重要であることから、メタン、亜酸化窒素、フロン等の温室効果ガスを含めたライフサイクル温室効果ガス排出量の分析を行った。そして、メタン、亜酸化窒素の温室効果への寄与はかなり少ないのに対して、カーエアコン用フロンの漏れからの温室効果への寄与は非常に大きく、自動車からのライフサイクル温室効果ガス排出量を約1.5倍に増加させることを示し、カーエアコン用フロンの漏れを少なくすることは自動車の燃費向上と同じくらい大きな効果を持つ対策であることを明らかにした。また、温暖化対策として現在のガソリンや軽油などを燃料とするエンジン自動車から、走行時にCO<sub>2</sub>を排出せず、かつエネルギー効率がエンジン自動車よりも高い電気自動車への代替という対策をとった場合のCO<sub>2</sub>排出削減量を、それぞれの自動車のライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量を比較することで推算した。その結果、電気自動車のエンジン自動車に対するCO<sub>2</sub>排出削減量は、車体製造時および走行時の消費電力を供給する発電施設により大きく変化すること、現状レベルの発電構成では約2/3、さらに駆動系に最新技術を採用することにより約4割にまで削減可能なこと等を示した。

## 論文審査の結果の要旨

現在、地球環境の悪化が大問題となっており、その一つとして地球の温暖化が指摘されている。この解決のためにはいろいろの分野からの問題分析と対策が必要である。とくにシステム工学的な立場より、二酸化炭素（以下CO<sub>2</sub>と略する）の排出構造を明らかにし、それをもとに排出抑制の対策を立てることが重要である。本論文はこの立場より地球温暖化の問題に接近している。

第1章は研究の背景と目的を述べ、さらに研究の概要を紹介している。とくに地球温暖化に対するCO<sub>2</sub>の排出構造の解析に関する研究の概要と国際的組織としての対策について述べ、これに関する研究の重要性が明確にされている。

第2章では、地球温暖化問題の原因である温室効果ガスの中、CO<sub>2</sub>にかかわる研究の動向を、排出量分析、排出削減対策、排出処理対策ごとに整理している。また、本研究で用いる産業連関表を用いた環境分野に関する研究ならびに、ライフサイクルアセスメント手法を用いた研究についても簡単に整理している。さらに、各種発行されている公式統計について、そのCO<sub>2</sub>排出量分析への利用可能性および、本研究で主に用いている産業連関表を用いたCO<sub>2</sub>排出構造の分析方法について述べて

いる。

第3章では、現実に消費されている化石燃料の分類とその燃料の供給あるいは消費量データを反映させた日本のCO<sub>2</sub>排出量を総合エネルギー統計を用いて部門別・起源別に簡便に推計する方法を示すとともに、1965年から1990年までの過去26年間について実際に推計を行っている。また、CO<sub>2</sub>の直接排出源を明らかにしただけでなく、電力などエネルギー転換部門の排出を最終消費者に間接排出として転嫁する考え方を示している。その結果、国内で実際に消費されている燃料種や燃料代替等による排出量への寄与が、この排出量推計手法によると正確に反映できることを示し、手法の有効性を明らかにしている。さらに、この間のCO<sub>2</sub>排出量の推移について要因分析を行い、CO<sub>2</sub>排出とエネルギー供給構造やCO<sub>2</sub>排出と経済指標との関係についての検討を行っている。

第4章では、第3章で示した最終消費者にエネルギー転換部門のCO<sub>2</sub>排出の責任を転嫁する間接排出の考えが、一国の一年の経済活動を金額を単位として表す産業連関表を使うことによって、あらゆる財やサービスに対してまで拡張することができることに着目し、産業連関表を利用したCO<sub>2</sub>排出量の分析を行い、食料品の購入やサービスの利用などによる間接的な排出が化石燃料や電力などエネルギーの直接利用による排出より多いことを明らかにしている。また、本章で得られた結果を前章の結果と比較し、両方法による結果は細部で異なる点があるものの、推計範囲の統一と部門分類の対応に留意すれば、整合性のある結果が得られることを示している。また、国内のCO<sub>2</sub>排出構造の分析を1975年から90年までの5年おき4時点に対して行い、温暖化抑制のためには、民間消費支出でのエネルギーの直接消費や対個人サービス、商業の利用の抑制、民間資本形成における建築に係わる排出を抑える必要があることを指摘している。

第5章では、第4章で明らかにした国内のみの生産活動に伴うCO<sub>2</sub>排出構造の分析を拡張し、日本の輸入にかかわる国外のCO<sub>2</sub>量をも含めた排出構造の経時的分析を行っている。そして、1975年から85年の間は、輸入品に伴い国外で排出されるCO<sub>2</sub>量より輸出品の生産に伴い国内で排出されるCO<sub>2</sub>量の方が多く、85年から90年にかけては逆転したことを示している。また、日本がそのCO<sub>2</sub>排出に対して責任を負うべき量として、帰属排出量の概念を提案し、それが国内排出量や国内最終需要を満たすためのCO<sub>2</sub>量よりも、より公平な指標となりうることを示している。一方、国際貿易におけるCO<sub>2</sub>収支についても検討を行い、世界全体の貿易に伴うCO<sub>2</sub>排出量に大きく関係しているのは西欧、北アメリカ等であることを明らかにしている。

第6章では、温暖化対策をとる部門として家計を取り上げ、輸入品の生産に伴う国外におけるCO<sub>2</sub>排出をも考慮し、かつ具体的な対策が提示できるよう可能な限り詳細な部門分類による購入者価格での分析、さらに、ライフスタイルの変化による排出構造の推移について検討するために経時的分析を行っている。そして、家計の消費支出に伴って排出されたCO<sub>2</sub>量は全体量としてもまた一人当たりの量としても1975年から85年まではほぼ一定であったが、85年から90年にかけて急増し、それが電力やガソリンの消費量の増加、遊戯場や航空機の利用、乗用車の購入等によることを示している。さらに、この家計の消費支出に伴うCO<sub>2</sub>排出量のうち、輸入品に伴うCO<sub>2</sub>量は10数%を占め、近年それによるCO<sub>2</sub>排出が増加していることを明らかにしている。この章の分析から、家計での消費行動によって直接間接に誘発されるCO<sub>2</sub>の排出を抑えるためには、ライフスタイルの変更が必要であること、そのための情報の提示や環境に対する認識を高める教育が必要であること等を指摘している。

第7章では、自動車を対象としたライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量を積み上げ法と産業連関分析法の二つの方法を利用して求めている。そして、ガソリンエンジン車の走行時のCO<sub>2</sub>排出は製造時のCO<sub>2</sub>排出の約6倍であり、走行段階におけるCO<sub>2</sub>排出を抑制することが自動車からのCO<sub>2</sub>排出を抑制す

るためには有効であることを示している。つぎに、自動車自体にかかわるライフステージを増やし、かつ自動車を利用する際に必要である道路や道路関連施設などのインフラをも含めたライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量の分析を行い、車両自体の製造と維持・廃棄、燃料の生産と消費、インフラ建設と維持でのCO<sub>2</sub>排出量の比がおおよそ2対6対1であることを明らかにしている。さらに、メタン、亜酸化窒素の温室効果への寄与はかなり少ないのに対して、カーエアコン用フロンの漏れからの温室効果への寄与は非常に大きく、カーエアコン用フロンの漏れを少なくすることは自動車の燃費向上と同じくらい大きな効果を持つ対策であることを明らかにしている。また、温暖化対策として、走行時にCO<sub>2</sub>を排出せず、かつエネルギー効率がエンジン自動車よりも高い電気自動車への代替という対策をとった場合、電気自動車のエンジン自動車に対するCO<sub>2</sub>排出削減量は、車体製造時および走行時の消費電力を供給する発電施設により大きく変化すること、現状レベルでの発電構成では約2/3、さらに駆動系に最新技術を採用することにより約4割にまで削減可能なこと等を示している。

第8章は得られた成果をまとめたものである。

本研究は地球温暖化への対策のために二酸化炭素の排出構造の分析とその抑制対策の評価について研究したものであり、地球環境問題の解析と改善法について重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。

よって学位申請者 近藤美則は、博士（工学）の学位を得る資格があると認める。