

課題名 1E-1106 アジア地域を含む低炭素型サプライチェーンの構築と制度化に関する研究

課題代表者名 國部 克彦(国立大学法人 神戸大学大学院経営学研究科 教授)

研究実施期間 平成23～25年度

累計予算額 87,631千円(うち25年度27,882千円)
予算額は、間接経費を含む。

本研究のキーワード 低炭素化、アジア、サプライチェーン、インベントリデータベース、産業連関表、製品設計、マテリアルフローコスト会計(MFCA)、環境マネジメント

研究体制

- (1) アジア諸国のインベントリデータベースと環境負荷測定手法の開発(東京都市大学、電気通信大学)
- (2) 低炭素型サプライチェーン評価システムの開発(関西大学)
- (3) 低炭素型サプライチェーンの制度化とアジア地域を含めた普及方策の研究(神戸大学)

研究概要

1. はじめに(研究背景等)

これまでの低炭素社会を実現するための企業活動に関する研究や政策の対象は、個別企業や製品・サービス及び技術が中心で、複数の企業間にわたる製造プロセスのサプライチェーンを対象とする低炭素化のための研究や政策は、十分に展開されなかった。しかし、一企業で低炭素化を実現しても、サプライチェーンの上流もしくは下流でCO₂排出量を増加させていればその効果は相殺されるため、サプライチェーン全体で低炭素化を目指す必要がある。これは世界的に見ても共有された見方である。サプライチェーン単位の環境マネジメント手法の開発と導入のためには、低炭素化への影響を評価するとともに、低炭素化を促進するためのマネジメント技術を企業に導入しなければならない。特に、日本企業は中国をはじめとするアジア企業との貿易が大きいので、アジアに注目する必要がある。したがって、アジア地域での低炭素化の実現と日本企業の競争力強化のために、アジア地域に導入可能な低炭素化経営モデルを開発し、それを促進する政策的課題を図1の構成で検討する。

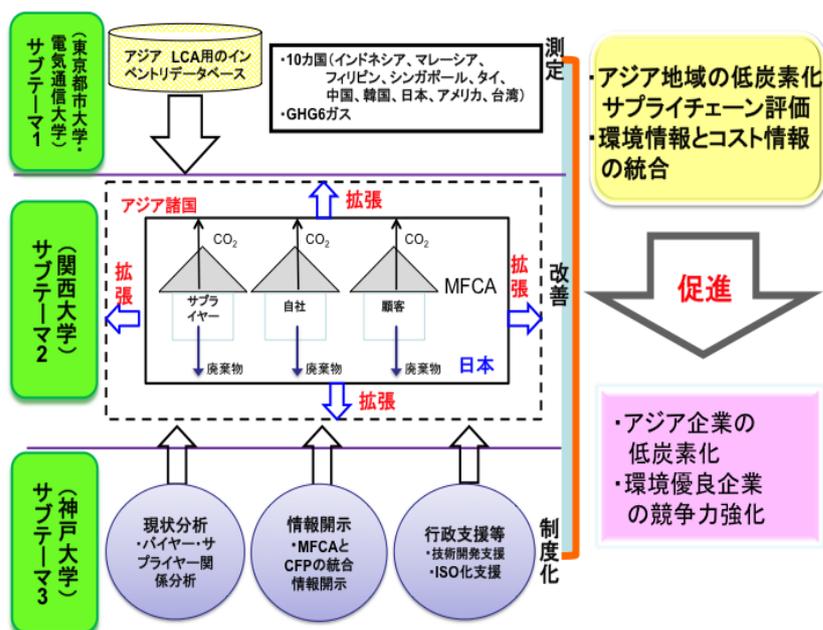


図1 研究概要及びサブテーマの構成

2. 研究開発目的

本研究では、アジア地域でのサプライチェーンで低炭素化を促進するために、（１）アジア地域における地球温暖化への環境影響を測定するためのデータベースの開発、（２）サプライチェーンにおける低炭素化を評価し改善するマネジメント技術の導入、（３）アジア地域における低炭素化を促進するための制度化の3つの研究開発目的を設定し、それぞれを独立したサブテーマとして研究を推進した。（１）については、サプライチェーンの低炭素化を評価するためのアジア諸国のLCA用インベントリデータベースを開発し、各国比較を可能にすることを目的とした。さらに、これを用いてCO₂排出量と会計情報を考慮したサプライチェーン設計手法を開発することを目的とした。（２）については、マテリアルフローコスト会計（MFCA）のサプライチェーンへの展開を中心に、質問票調査・ケース研究によって現状を把握し、（１）で開発したデータベースを活用したMFCAとLCAの統合モデルの開発を目的とした。（３）については、サプライチェーンの管理システムの現状分析と情報共有・開示手法の技術開発を行うことによって、サプライチェーンの低炭素化の制度化を目指すとともに、このような動向をアジア地域で支援する行政や消費者の役割を研究し、政策的課題を明らかにすることを目的とした。

3. 研究開発の方法

（１）アジア諸国のインベントリデータベースと環境負荷測定手法の開発

アジア各国の産業連関表によるデータベースの作成のためには、各国の産業連関表と各国の統計表を用いて作成する方法（手法１）と、国際産業連関表と国際統計表を用いて作成する方法（手法２）がある。両手法は、それぞれ長所・短所があるため、本研究では手法１と手法２の両者を取り上げ比較する。さらに、企業及びサプライチェーンへ適用するためには、分類がやや粗いという手法２の短所を補うため、手法３として各国の一国産業連関表を用いた詳細版アジア国際産業連関表を開発することとし、まず日本のみを詳細化する日本分割詳細版アジア国際産業連関表を開発し、これによりGHGデータベースを作成してその有効性を評価する。そして、詳細な部門分類を有しかつ国家間の貿易が評価できるという長所を生かし、各種製品の国際間の相互依存分析を行う。また、物量単位を基本とする製品設計及びMFCA用の基礎データからインベントリ分析を実施するために、日本について物量表を用いて金額単位のGHG原単位から物量単位のGHG原単位を作成する計算ツールのプロトタイプを開発する。さらに、アジア諸国のLCA用のインベントリデータベースを適用して、会計データと関連付けて、各製品のCO₂排出量と経済性を考慮した設計手法を開発する。最後に、構築した部品表を利用して、部品調達段階のサプライヤー選択やリユース・リサイクル段階の分解部品選択において、各製品のCO₂量と経済的な情報の両者を用いた意思決定を行う。

（２）低炭素型サプライチェーン評価システムの開発

サプライチェーンでのマテリアル及びエネルギー情報の共有をもとに、企業が低炭素型サプライチェーンをマネジメントするために、以下の４つについて研究開発を行った。１）企業がMFCAを恒常的な経営情報として活用可能となるマネジメントシステムを構築するために、MFCAとSBSC(Sustainability Balanced Scorecard)及びMCS(Management Control Systems)との連携による環境経営実現の可能性の理論的研究を行った。さらに企業でのヒアリング調査に基づき、そのマネジメントシステムの実行可能性について調査をした。２）アジア地域への展開を分析するために、日本及びマレーシアの上場製造企業を対象にバイヤー・サプライヤー間でのコミュニケーションの実態をアンケートで調査した。東アジア諸国での環境管理会計に関するヒアリング調査を実施した結果、マレーシアにおいてMFCAの事例が比較的多いことが判明したため、さらに上場製造企業を対象にアンケート調査を行った。３）サプライチェーンでの低炭素化経営モデルを構築するために、バイヤーとサプライヤーによる省資源化検討会を組織し、サプライチェーンでの低炭素化に向けた協働実施の可能性に関する調査研究を行った。４）上記の研究成果を踏まえたうえで、低炭素型サプライチェーン評価システムとして、サブテーマ１で開発されたインベントリデータベースとMFCAの統合モデルを開発し、その実行可能性を検証した。

（３）低炭素型サプライチェーンの制度化とアジア地域を含めた普及方策の研究

低炭素型サプライチェーンをアジア地域で制度化するための分析課題と政策展開の方向を明らかにするために、１）日本における低炭素型サプライチェーン管理システムの現状分析、２）低炭素型サプライチェーンのための情報共有・開示手法の研究、３）低炭素型サプライチェーンを支援する行政及び消費者の役割に関する研究を実施した。１）については、日本の上場企業に対してサプライチェ

の管理システムに関する質問票調査を実施し、同様の調査を中国においても実施した。さらに、日本及び中国においてケース研究も行い、先進的なモデルの探求と阻害要因と促進要因を分析した。2)については、サプライチェーン間の新しい情報開示・共有モデルとしてMFCAとCFP(Carbon Footprint of Products)を取り上げて、両者の統合モデルの開発を行った。さらに、この統合モデルのフィジビリティを調査するために、具体的な企業への導入実験を行って、その有効性を検証した。3)については、低炭素型サプライチェーンを日本及びアジア地域で普及させるために、必要な行政的施策の方向性の研究、低炭素型サプライチェーンを支援する消費者の役割の研究を行った。そのために必要な行政的施策の方向性の研究に関しては、上述の質問票調査の結果をベースに産業ごとの特徴を分析することで実施すべき政策の可能性を検討した。消費者の役割に関しては、日本及び中国で消費者とのラウンドテーブルを実施し、アジア地域における消費者の役割と可能性を検討した。

4. 結果及び考察

(1) アジア諸国のインベントリデータベースと環境負荷測定手法の開発

前述の手法1に基づき、1) 各国産業連関表と各国統計表を利用したインベントリデータベースの作成を行い、日本の水のインベントリデータの作成と中国のCO₂排出原単位の算定を行った。日本の水インベントリデータについては、消費水原単位と希釈水原単位を算出した。なお、水の評価は、CO₂削減策による水資源の利用を評価するために重要である。中国については、中国投入産出表と中国エネルギー統計表に基づき、CO₂排出原単位を作成した。原単位の傾向として第一次産業では石炭採掘、鉄鋳業などが高く、第二次産業ではコークス製造、化学原料製造、製鉄・製鋼業などが高い。第三次産業では電気・熱の生産供給を除いては低い傾向にあることが明らかとなった。中国のCO₂原単位(t-CO₂/百万円)はほとんどが日本のCO₂原単位より大きく、日本の2倍から20倍の範囲にあるものが多いことも判明した。

次に、手法2に基づき、2) 国際産業連関表と国際統計表を利用したインベントリデータベースの作成を行った。JETROアジア経済研究所のアジア国際産業連関表(AIIO)、OECD/IEAのエネルギー統計及びEDGAR統計により、GHG6ガス(エネルギー由来CO₂、非エネルギー由来CO₂、CH₄、N₂O、HFC_s、PFC_s、SF₆)のデータベースを作成した。AIIOはアジア経済研究所がアジア各国の政府機関と共同研究を行って作成しているアジア10カ国(インドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、中国、台湾、韓国、日本、アメリカ)を対象とした国際産業連関表である。手法1と手法2を比較検討し、同一の手法で10カ国のデータベースを作成可能な後者の方法により、アジア諸国のGHGデータベースを作成した。ただし、1国76分類と分類がやや粗いため詳細なアジアのサプライチェーンにおける環境負荷の分析にはさらに改善が必要なが分かった。

このため手法3に基づき、3) 詳細版AIIOの開発とそれによるアジア各国家間の製品・サービスの流れの間接影響の分析を行った。貿易統計を指標として国家間の取引を分配することにより、AIIOに各国表の部分を取り込んだ約2500部分からなる詳細版AIIOを開発するための基礎として、まず、日本のみを詳細版にしてその有効性を検証した。詳細版AIIOによる日本の405部門の排出原単位を調べ、各ガスの大きい部門につき、日本国温室効果ガスインベントリ報告書などに一致する結果を得た。また、日本分割詳細版AIIOによるGHG排出原単位とその間接分により、素材・製品・サービスの国家間の相互依存分析を行う方法を検討し、半導体・集積回路についてGHG原単位の間接分の内訳により、上流の製品・部品・素材・エネルギーが各国に跨り、国家間の相互依存関係が分析可能となることが示された。以上から、日本分割詳細版AIIOの作成手法は有効であり、これよりアジア10カ国の各国表を取り込んだ詳細版AIIOはデータベース作成法として有効な手法であることが示された。また、詳細な分析が可能であること、国家間貿易の相互依存関係の分析が可能であること、さらに同一手法で多数の国、多種の環境負荷のデータベースが開発可能であることという3つの大きな長所を有することが明らかになった。

最後に、サプライチェーン設計への適用と会計データとの関連性分析として、物量単位を基本とする製品設計及びMFCA用の基礎データからインベントリ分析を実施するため、日本について物量表を用いて物量単位のGHG原単位から金額単位のGHG原単位を作成する計算ツールを開発した。これを展開して、物量表を用いて各詳細品目の物量単位ごとの単価を求め、単価表から換算係数として、金額/物量単位を作成し、物量単位によるGHG原単位を求める計算ツールのプロトタイプを作成した。またアジア諸国のインベントリデータベースを適用して、会計データと関連付けて、各部品のCO₂排出量と経済性を考慮した設計手法を開発した。掃除機を事例として構築した部品表の環境情報と製品情報を利用する設計手法は、部品調達段階のサプライヤー選択やリユース・リサイクル段階の分解部品の選択において意思決定に有用であることを明らかにした。

(2) 低炭素型サプライチェーン評価システムの開発

1) 企業がMFCAを恒常的な経営情報として活用するためのマネジメントシステム研究

MFCA情報をサプライチェーンマネジメントでのマテリアルロス削減のために活用するには、全社的にMFCAを導入し、見える化したマテリアルロスの削減を自社の努力やサプライチェーンでの協働によって実現することが必要である。そのためのマネジメントシステムを開発することを目的として研究した結果、BSC(Balanced Scorecard)をサステナビリティ経営に応用したSBSCを用いて、MFCA情報を活用することが重要であることを明らかにした。それによって、MFCA情報はマネジメント・コントロールにおける重要なパフォーマンス指標となり、省資源化及び低炭素化のマネジメント指標を提供するマネジメント情報として全社的かつ日常的なマネジメントで活用することができる。

2) 日本及びマレーシアでの上場製造企業を対象に実施したアンケート調査

本調査では、特に、MFCAの認知度、業績評価指標としての環境指標・環境視点の導入の有無、サプライヤーとの情報共有の程度の3点を取材調査項目とし、購買担当者を調査対象にした。調査はまず日本の上場企業のうち製造業(1561社)に対して行い(回収率は約22.8%)、主な結果としては、a.購買部門におけるMFCAの認知度は低いため、MFCAの有用性を購買部門に周知することが必要なこと、b.購買部門に業績指標評価として環境保全に関する指標を設定すること、c.バイヤー・サプライヤー間という組織間の情報共有を促進することが重要であることが示された。マレーシアの上場製造企業にも同様の調査を一部修正して行い、最終的に31社の回答が調査対象となった。回答の半数近くが購買部の業績評価指標として価格を最重要としていた一方、環境にも強い関心を有している可能性があり、サプライヤーのCO₂排出量を把握している企業が30%近くあった。さらに環境負荷の低い部材であれば5%以上価格が高くても購入すると答えた企業が35.5%であった。マレーシア企業の購買部門はCO₂削減に関して強い関心を持っておりその削減を価格と同様、あるいはそれ以上に重視する可能性がある。

3) バイヤー・サプライヤーと省資源化検討会を活用したサプライチェーンでの低炭素化に向けた共同実施の可能性に関する調査研究

事業会社(バイヤー)と同一加工業種4社(サプライヤー)とのMFCAを媒介にした省資源化・コスト削減の取り組みに直接参画し、研究調査した。本研究を通して、サプライヤー間での協働は、同一のバイヤーに対して実施する場合は利害が対立する可能性が高く難しいが、マテリアルロスの削減というテーマは、バイヤー・サプライヤー間での技術的な容易性と困難性の理解を促進する可能性が高く、バイヤーとサプライヤー1社同士のマテリアルロス削減にむけた協働は実施可能であることが分かった。このような協働を促進するためには、バイヤー・サプライヤー間での協働の成功結果の帰属や成功利得の配分など制度的に解決すべき点と商慣習的に解決すべき点がある。

4) MFCAとLCAの統合モデルの開発研究

サブテーマ1で開発されたインベントリデータベースの一部データをMFCAに応用した統合モデルの開発を行った。本モデルによって、MFCAデータ情報に基づき、本サブテーマで定義した核となるマテリアルフローに関して、金額及びCO₂換算量を算定することが可能であることを示した。本モデルでは、日本と近いレベルのデータ精度があると予想される韓国との比較を事例として示し、投入マテリアルごとのCO₂換算量の原単位が提供されれば、MFCAデータに基づいて、国別・企業別の比較が可能であることを明らかにした。このモデルでは、CO₂換算量がMFCA情報とともに、数値で提供できるという点が大きな進歩である。ただし、実務での活用という点では、MFCA情報が投入材料という細かな単位(細目)であるにもかかわらず、インベントリデータは具体的に投入原材料(商品)レベルのデータではなく、また、日本以外の東アジアでのデータはさらに大きな項目でのデータとなるといった問題の克服が将来的には重要となる。しかし、現時点では、本研究で開発したMFCAとLCAの統合モデルは、アジア地域における唯一の環境負荷とコスト情報を国別、企業別に比較することを可能にしたものであり、今後企業への導入が期待される。

(3) 低炭素型サプライチェーンの制度化とアジア地域を含めた普及方策の研究

1) 日本における低炭素型サプライチェーン管理の現状分析

東証一部上場企業に対して質問票調査を行い、日本企業の低炭素型サプライチェーン管理の現状を明らかにした。その結果、日本企業において、サプライチェーンにおける低炭素化は他の環境目標に比べて優先順位が低いこと、阻害要因としてはコストが高くなることや価格に転嫁できないこと、政策的支援の方向としては補助金や技術開発支援に要望が大きいことが示された。さらに、低炭素型サプライチェーンマネジメントを設計するためには、バイヤーとサプライヤー間の取引関係の特徴を十分に考慮する必要があることも明らかにされた。同様の調査を中国でも実施した結果、概ね日本と同様の結果が示されたため、低炭素化のための行政支援については、日中共同で進めることの有効性も

示された。環境に配慮したサプライチェーンマネジメントのケース研究では、パナソニックが展開する環境配慮型のサプライチェーン管理活動であるECO-VC活動を取り上げて検討し、バイヤー企業のリーダーシップが、サプライチェーン全体の低炭素化に有効に機能することを明らかにした。

2) 低炭素型サプライチェーンのための情報共有・開示手法の研究

低炭素型サプライチェーンにおける情報共有・開示手法として、MFCAとCFPの統合モデルを開発した。最初に、テープを生産する企業を仮想モデルとして設定して、CFPのMFCA展開を行い、これまでは最終製品のCO₂量としてのみ把握されていたCFP情報とMFCA情報を統合することで、CO₂データが正の製品情報と負の製品情報に区別されることの効果を示した。次に、このMFCAとCFP統合モデルの企業への導入可能性を検証するために、D社のインモールドラベルカップを適用事例として、超軽量カップ及び軽量カップの2つの製品の製造工程に、MFCAとCFPの統合モデルを実験的に導入した。その結果、本モデルによってGHG及びコスト情報の傾向に関する詳細分析と類似製品との比較分析が可能になること、MFCA-CFP統合モデルを低炭素化活動のための指標として設定することで有効な環境マネジメントが実施できることが明らかとなった。また、本研究においては、GHG情報とコスト情報を結びつけることは製品の設計開発の意思決定にとって有用性があり、そのためのデータベースとしてMFCAとCFPの統合モデルは有効であることが示された。

3) 低炭素型サプライチェーンを支援する行政及び消費者の役割に関する研究

低炭素型サプライチェーンを支援する行政の役割に関しては、低炭素型サプライチェーンマネジメントがそれに取り組んでいる企業自身のCO₂排出パフォーマンスに与える影響を分析したうえで、産業の特徴やサプライチェーンにおける企業の位置がそのような取り組みとどのような関係になっているのかを分析した。これらの分析により、低炭素型サプライチェーンマネジメントの取り組みが進んでいるサプライチェーンの下流に位置する企業ではCO₂パフォーマンスが良いため、そうした企業がCO₂排出量の削減を主要な取引条件として、エネルギー集約型産業でサプライチェーンの上流に位置する企業により一層の努力を要求していくことは低炭素化に向けた効果が大きいと結論付けられた。この結果は、今後の行政による産業別の政策展開に応用することができる。

低炭素型サプライチェーンを支援する消費者の役割の研究では、日本企業の環境担当者とのラウンドテーブル及び中国の消費者とのラウンドテーブルを実施した。結果としては、日中両国において、消費者主導でサプライチェーンの低炭素化を促進するほど、消費者の意識は高くないため、まずは消費者に対する情報開示や教育が重要であることが明らかとなった。そのためには、サプライチェーンの低炭素度を測定する指標の開発などが有効であることが示された。

5. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

1) 水については、ISOCD14046に基づく日本における水の消費及び汚染に関するデータベースはなかったが、本研究により、これを満たす原単位が得られた。取水については総量、雨水、河川水、地下水、回収水に区分し、消費については総量、雨水、河川水、地下水に区分した。また水の汚染については、一次産業、二次産業、三次産業の各々に対し、N、Pの排出、流出に対する環境基準に対する希釈水を求めた。これより得られた産業分類ごとの水消費原単位 (m³/百万円)、水汚染原単位 (m³/百万円) はLCA用のインベントリデータとして活用でき、低炭素化活動による水資源への影響も含めて、水資源の環境影響評価手法の開発へ展開できる。本研究を利用することにより今まで算定が難しかった日本における製品やサービスのウォーターフットプリント (WF) を簡便に算定評価することができる。

2) AIIOにIEA-OECD統計を用いることにより、アジア各国のCO₂排出量の原単位データベースを作成した。国際産業連関表とIEA-OECD統計を用いる方式は、全体の状況を短期間に把握することができる優れた方法であることが分かった。さらに、中国の負荷寄与率表、原燃料産出配分表を用いることにより、中国135部門の産業連関表に対応した原単位を作成したため、製品サービスの環境負荷の詳細な分析を可能とした。本手法はCO₂のみならず、N₂O、NO_xなどの他の環境負荷物質にも適用できる。

3) AIIOをEDGAR等のGHG統計データとリンクさせることによりアジア国家間の製品・サービスの流れと間接影響を把握する手法を開発した。これによりMFCAにアジア産業連関モデルを連動させ製品サービスのマテリアルフローコスト解析を行う基盤を形成できた。さらに、アジア各国家間の製品・サービスの流れと間接影響を把握する手法を開発した。これを国別に詳細化することで120分類から498分類の各国表により詳細な分類を用いてGHG原単位を作成する手法を開発し、さらに物量表・単価表が存在する場合は物量金額変換により物量単位のGHG原単位データベースとGHG排出量を求めることができた。これらの要素開発によりMFCAにアジア産業連関モデルを連動させ、製品サービスの環境負

荷を含むマテリアルフローコスト解析を行うための基盤を形成できた。

4) 本研究で開発したインベントリデータベースを利用し、CO₂排出量と会計データを設計者・管理者に同時に定量的に示すことで、製品・サプライチェーン設計に活用されることを示した。また環境負荷の低減と経済性の向上という2つの目標を同時に支援する設計方法を開発した。

5) これまで、アジア地域で利用可能なMFCAとLCAの統合モデルは開発されていなかったが、本研究で初めて、統合モデルを開発することができた。このモデルは、環境経営情報として東アジアを範囲とした製造業の環境保全に貢献できる可能性を示している。

6) 日本企業における低炭素型サプライチェーンの現状について、サプライチェーン単位の環境配慮は進んでいるものの、低炭素化をめぐる活動はまだ発展途上であり、特に、CO₂に関する情報共有は十分進んでいないこと等の特徴を初めて明らかにすることができた。さらに、これまで不明確であった低炭素型サプライチェーンマネジメントのモデルを設定し、その規定要因を明らかにするとともに、中国の現状と比較できたことは国際的に重要な貢献である。

7) サプライチェーンでの情報共有・開示の方法として、MFCAとCFPの統合モデルを開発した。これまで、CFPとMFCAの統合の有効性は主張されてきたが、この両者を初めて統合したモデルを開発し、サプライチェーンの低炭素化に役立つ可能性を理論的かつ実践的に示すことができた。

8) 消費者による環境経営及び低炭素型サプライチェーンの支援の可能性について、日本及び中国で意見交換を行った結果、消費者の意識を向上させるためには、消費者に対するわかりやすい情報開示と、消費者に対するメリットを明確にすることが必要であることが示された。

(2)環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

1) 水のインベントリデータベースは現在規格化作業中であるISO14046に沿った分析を可能にし、この点に関して、ISO/TC207/SC5/WG5ウォーターフットプリント対応国内委員会にて、専門家として意見を述べた。

2) ISO/TC207及びJISCに対して、本研究成果に基づき、MFCAのサプライチェーンへの導入の有効性を提言し、新規格「マテリアルフローコスト会計—サプライチェーンにおける実践的導入に関するガイダンス」(ISO14052)の日本からの提案及び可決に貢献した。

3) ISO14051の国内JIS化委員会において、本研究プロジェクトの成果も踏まえて、ISO14051(MFCA)の日本語訳及び解説文の内容について意見を述べて、解説を含む翻訳文書の作成に貢献した。

4) 環境省の環境報告関係の諸委員会(環境報告ガイドライン検討委員会、環境配慮促進活動委員会等)において、本研究プロジェクトの成果も踏まえて、低炭素型サプライチェーンの現状と情報開示の重要性について発言した。

5) 内閣府が実施しているカーボンマネジャー・キャリア段位制度について、本研究の成果も踏まえて、アドバイスをを行った。

<行政が活用することが見込まれる成果>

1) アジアのLCA用インベントリデータベースの作成により、アジア全体の環境負荷の見える化が可能となり、自国のみでの削減努力だけでなく、アジア全体での削減量が顕在化できるようになる。これは、GHGプロトコル・スコープ3や環境省・経済産業省「サプライチェーンを通じた温室効果ガス排出量算定に関する基本ガイドライン」を普及させるための基本データベースとして活用することもできる。さらにこの成果により、カーボンリンケージ問題を回避し、実質的にCO₂排出量を削減する環境政策に生かすことができる。

2) アジアでのインベントリデータベースとMFCAの統合モデルを開発することによって、企業によるアジア地域での低炭素化及び低環境負荷活動を支援する政策的な枠組みを検討することが可能となった。

3) 本研究で開発したMFCAとCFPの統合モデルは、CFPの普及を目指す行政機関にとって有効であり、活用されれば、CFPの普及にさらに貢献すると予測される。

4) 低炭素化の状況がサプライチェーンの上流と下流及び産業間等で異なるという研究結果は、今後サプライチェーン全体での低炭素化を進めるうえでの、行政施策を検討する際に有効である。

5) 低炭素化を進めるうえでの消費者の役割についての日本と中国の調査は、今後、日本及びアジア地域で消費者の意識啓発を考えるうえで、有効な示唆を提供できる。

6. 研究成果の主な発表状況

(1) 主な誌上発表

<査読付き論文>

- 1) 野田昭宏：社会関連会計研究, 23, 51-69 (2011)
「環境会計情報の環境コスト分担に及ぼす効果—インセンティブ設計からの基礎的考察—」
- 2) T. YAMADA and K. SUNANAGA: Proceedings of the 9th Global Conference on Sustainable Manufacturing, Sustainable Product Development and Life Cycle Engineering, Sponsored by the International Academy for Production Engineering (CIRP), St. Petersburg, Russia, 264-269 (2011)
“Information Sharing and Utilization for Environmental Loads in Disassembly System with PLM”
- 3) 野田昭宏：社会関連会計研究, 24, 95-111 (2012)
「環境負債の自発的開示：企業の環境情報開示に対する規制の影響」
- 4) T. YAMADA, K. IGARASHI, N. ITSUBO and M. INOUE: Proceedings of Northeast Decision Sciences Institute 2013 Annual Conference, Brooklyn, NY, U.S., 873-878 (2013)
“Optimal Design of Disassembly System with Environmental and Economic Parts Selection using Life Cycle Inventory Database by Input-Output Tables”
- 5) Y. YOSHIZAKI, T. YAMADA, N. ITSUBO and M. INOUE: Proceedings of International Symposium on Scheduling 2013 (ISS2013), Tokyo, Japan, 184-189 (2013)
“Low-Carbon Supplier Selection Using Life Cycle Inventory Database in China and Japan”
- 6) T. URATA, T. YAMADA, N. ITSUBO and M. INOUE: Proceedings of International Symposium on Scheduling 2013 (ISS2013), Tokyo, Japan, 190-195 (2013)
“An Optimal Design for Global Supply Chain Network Considering CO₂ Emissions of Part Production”
- 7) 野田昭宏：社会関連会計研究, 25,45-61(2013)
「環境負債認識におけるコミットメントの機能—推定的債務認識の分析—」
- 8) K. IGARASHI, T. YAMADA, S.M. GUPTA, M. INOUE and N. ITSUBO: Proceedings of Northeast Decision Sciences Institute, 2014 Annual Conference (NEDSI2014), Philadelphia, Pennsylvania, U.S. (2014)
“Use of Multi Criteria Decision Making to Simultaneously Address Disassembly Cost, Recycling and CO₂ Saving Rates” (in press)
- 9) M. NAKAJIMA and A. KIMURA：Proceedings of the 2nd EMAN Africa Conference (2011)
“Material Flow Cost Accounting Integrated with Budget Control”
- 10) 中島道靖・木村麻子：原価計算研究, 36, 2, 15-24 (2012)
「MFCAによる改善活動と予算管理」
- 11) 飛田甲次郎、中島道靖、木村麻子：原価計算研究, 37, 1, 64-75(2013)
「全体最適化に資するMFCAの拡張：MFCAとTOCの総合補完性」
- 12) T. OSHIKA, S. OKA and C. SAKA: The Journal of Management Accounting, Japan Supplement2, 81-97(2013)
“Connecting the Environmental Activities of Firms with the Return on Carbon (ROC): Mapping and Empirically Testing the Sustainability Balanced Scorecard (SBSC)”
- 13) M. SCHMIDT and M. NAKAJIMA: Resources, 2, 3, 358-369 (2013)
“Material Flow Cost Accounting as an Approach to Improve Resource Efficiency in Manufacturing Companies”
- 14) 木村麻子、中島道靖：社会関連会計研究, 25, 13-28 (2013)
「低炭素型サプライチェーン構築に向けたMFCA導入の課題：バイヤー・サプライヤー間の情報共有度・資源生産性情報に関するアンケート調査をもとに」
- 15) 中島道靖、木村麻子：原価計算研究, 38, 1 (2014) (初稿済、近刊)
「サプライチェーンへのMFCA活用の課題：バイヤー企業とサプライヤー企業とのヒアリング調査を通じて」
- 16) K. KOKUBU and H. KITADA: Proceedings of the 10th Northeast Asia Management and Economics Joint Conference, 47-55 (2011)
“Introducing MFCA into the Supply Chain: A New Possibility”
- 17) 北田皓嗣、天王寺谷達将、岡田斎、國部克彦：原価計算研究, 36, 2, 1-14(2012)
「会計計算を通じた知識形成に関する研究—日本電気化学におけるMFCA導入事例を通じて—」

- 18) T. HATAKEDA, K. KOKUBU, T. KAJIWARA and K. NISHITANI: Environmental and Resource Economics, 53, 4, 455-481(2012)
“Factors Influencing Corporate Environmental Protection Activities For Greenhouse Gas Emission Reductions: The Relationship Between Environmental and Financial Performance”
- 19) K. NISHITANI and K. KOKUBU: Business Strategy and Environment, 21, 8, 517-529 (2012)
“Why Does the Reduction of Greenhouse Gas Emissions Enhance Firm Value? The Case of Japanese Manufacturing Firms”
- 20) K. KOKUBU and H. KITADA: Proceedings of the 10th Interdisciplinary Perspectives on Accounting Conference, Cardiff, UK (2012)
“Material Flow Cost Accounting and Conventional Management Thinking: Introducing a New Environmental Management Accounting Tool into Companies”
- 21) K. KOKUBU: The Proceedings of EcoBalance 2012, Keio University, Japan (2012)
“Development of an Integrated MFCA and CFP model: Introducing Cost Information into CFP Calculation”
- 22) K. KOKUBU and H. TACHIKAWA: Handbook of Sustainable Engineering, Springer, 1, 3, 351-369 (2013)
“Material Flow Cost Accounting: Significance and Practical Approach”
- 23) 東田明、國部克彦、篠原阿紀：日本情報経営学会誌, 33, 4, 65-77(2013)
「環境管理会計による可視性の創造と変容：A社におけるマテリアルフローコスト会計実践時系列分析を通じて」
- 24) K. KOKUBU, H. KITADA and M. B. HAIDER: Corporate Sustainability in International Comparison: State of Practice, Opportunities and Challenges, Springer (2014)
“Corporate Sustainability Barometer in Japan” (in press)
- 25) M. B. HAIDER, and K. KOKUBU: International Journal of Environment and Sustainable Development (2014) (in press)
“Assurance and Third-Party Comment on Sustainability Reporting in Japan: A Descriptive Study”
- 26) H. KITADA, Y. NAKAZAWA and K. KOKUBU: Proceedings of Environmental and Sustainability Management Accounting Network 2014, Rotterdam, Netherlands (2014)
“Integrating sustainability into business practices and indicators”

<査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) T. YAMADA, Y. SUZUKI, M. MASUI, N. ITSUBO and M. INOUE: Proceedings of the 10th Global Conference on Sustainable Manufacturing, CIRP, Istanbul, Turkey, 321-326 (2012)
“Disassembly System Design with Environmental and Economic Parts Selection Using Life Cycle Inventory Database By Input-Output Tables”
- 2) 山田哲男：日本情報経営学会誌, 33, 1, 94-100 (2012)
「持続可能なモノづくりに向けた循環型・低炭素型サプライチェーンの設計と課題」
- 3) 國部克彦、伊坪徳宏、中嶋道靖、山田哲男：會計, 182, 1, 82-97 (2012)
「アジア地域を含む低炭素型サプライチェーンの構築と会計の役割」
- 4) M. NAKAJIMA and A. KUMURA: Proceedings of the 15th EMAN Conference, Helsinki, Finland (2012)
“Material Flow Cost Accounting (MFCA) Management to Establish Green Supply Chain: Based on a Questionnaire Research in Japan”
- 5) M. NAKAJIMA, A. KIMURA and B. WAGNER: Proceedings of the 16th EMAN Conference Dresden, Germany (2013)
“Controlling Resource Flows to Improve Low-carbon Supply Chains with The Help of Material Flow Cost Accounting (MFCA)”
- 6) M. NAKAJIMA and S. OKA: Proceedings of the 16th EMAN Conference, Dresden, Germany (2013)
“Sustainable Management Established by MFCA and SBSC”
- 7) 國部克彦、伊坪徳宏、中嶋道靖、山田哲男：會計, 182, 7, 82-97 (2012)
「アジア地域を含む低炭素型サプライチェーンの構築と会計の役割」
- 8) 國部克彦：日本情報経営学会誌, 31, 4, 75-82 (2011)
「サプライチェーンへのマテリアルフローコスト会計導入の意義と課題」

- 9) 國部克彦、瀧上智子、山田明寿：環境管理, 48, 2, 66-76 (2012)
「MFCAとCFPの統合モデルの開発」
- 10) 國部克彦、篠原阿紀：国民経済雑誌, 205, 5, 17-38 (2012)
「環境配慮型サプライチェーンの先端ケース研究－パナソニックのECO-VC活動－」
- 11) 國部克彦、伊坪徳宏、中嶋道靖、山田哲男：會計, 182, 7, 82-97 (2012)
「アジア地域を含む低炭素型サプライチェーンの構築と会計の役割」
- 12) 天王寺谷達将、北田皓嗣、岡田斎、國部克彦：環境管理, 48, 8, 110-114 (2012)
「マテリアルフローコスト会計情報の利用可能性：日本電気化学株式会社における静電塗装工程の事例」
- 13) 梶原武久、國部克彦：国民経済雑誌, 206, 4, 95-113 (2012)
「低炭素型サプライチェーンマネジメントの規定要因：パイヤー・サプライヤー関係を中心にして」
- 14) 國部克彦、北田皓嗣、瀧上智子、田中大介：環境管理, 49, 1, 73-77 (2013)
「MFCA-CFP統合モデルの実践への適用可能性」
- 15) Schaltegger, S., Harms, D., Hörisch, J., Windolph, S. E., Burritt, R., Carter, A., Truran, S., Crutzen, N., Ben Rhouma, A., Csutora, M., Tabi, A., Kokubu, K., Kitada, H., Haider, B. M., Kim, J-D., Lee, K-H., Moneva, J. M., Ortas, E., Álvarez-Etxeberria, I., Daub, C-H., Schmidt, J., Herzig, C., & Morelli, J. (2013)
“International Corporate Sustainability Barometer: a Comparative Study of 11 Countries”
Lüneburg: Centre for Sustainability Management.
- 16) 金幸弘、國部克彦：環境管理, 49, 8, 71-77 (2013)
「韓国におけるマテリアルフローコスト会計の展開」
- 17) 賀振華、國部克彦：環境管理, 49, 9, 79-83 (2013)
「中国における資源フローコスト会計の展開」
- 18) 中澤優介、天王寺谷達将、國部克彦：環境管理, 49, 10, 70-74 (2013)
「MFCAの国際的研究動向：EMAN2013報告論文の分析」
- 19) 岡田華奈、國部克彦：環境管理, 49, 12, 44-49 (2013)
「マテリアルフローコスト会計の導入効果：企業単独とサプライチェーンの比較検討」
- 20) 國部克彦：環境管理, 50, 2, 92-98 (2014)
「実践マテリアルフローコスト会計シリーズの貢献」
- 21) 中尾悠利子、西谷公孝、國部克彦：會計, 185, 6 (2014) (近刊)
「社会・環境パフォーマンスと記述的表現の関係性：社会環境報告書の分析を通して」

(2) 主な口頭発表(学会等)

- 1) N. ITSUBO and H. YAMAGUCHI: International Symposium on Environmental Accounting and LCA for Greening the Supply Chain in Asia, Kobe University (2011)
“Life Cycle Inventory Database for Asian Countries”
- 2) 堀口健、辻本真弥、山口博司、伊坪徳宏：第7回日本LCA学会研究発表会(2012)
「アジア国際産業連関表を用いた東アジア各国における温室効果ガス排出原単位データベースの開発」
- 3) T. YAMADA: JSPS ASIAN CORE PROGRAM Conference, Sustainable Manufacturing and Environmental Management, Hanoi, Vietnam, 2012
“Design of Closed-Loop and Low-Carbon Supply Chains - a Perspective from Sustainable Manufacturing”
- 4) Y. ONO, Y. KIM, H. HORIGUCHI and N. ITSUBO: 10th International Conference on EcoBalance, Yokohama, Japan (2012)
“Water Inventory Database Considering Water Consumption”
- 5) H. YAMAGUCHI, K. HORIGUCHI and N. ITSUBO: 10th International Conference on EcoBalance, Yokohama, Japan (2012)
“Development of Input-Output Inventory Data Base for GHG in China”
- 6) K. IGARASHI, T. YAMADA, M. INOUE, N. ITSUBO and S.M. GUPTA: The Decision Sciences Institute (DSI), The 44th Annual Meeting, Baltimore, U.S. (2013)
“Multi Criteria Optimization Model for Disassembly Cost, Recycling Rate and Carbon Emissions”

- 7) 山口博司、井伊亮太、伊坪徳宏：環太平洋産業連関分析学会第24回大会（2013）
「詳細版アジア国際産業連関表の作成とこれを用いたGHG原単位の間接分による国際間相互依存分析」
- 8) 吉崎裕太、山田哲男、伊坪徳宏、井上全人：日本機械学会生産システム部門研究発表講演会2014（2014）
「アジア国際産業連関表によるインベントリデータベースを用いたサプライヤー選択の低炭素化」
- 9) M. NAKAJIMA, A. KIMURA and S. OKA: APIRA2013, Kobe, Japan (2013)
“MFCA Management as Sustainable Management”
- 10) 中嶋道靖、木村麻子：日本原価計算研究学会第39回全国大会(2013)
「サプライチェーンへのMFCA活用の課題：バイヤー企業とサプライヤー企業とのヒアリング調査を通じて」
- 11) 中嶋道靖、岡照二：日本管理会計学会2013年度年次全国大会(2013)
「環境経営におけるマネジメント・コントロールへのMFCA情報の有用性について」
- 12) A. KIMURA and M. NAKAJIMA: 17th EMAN Conference, Rotterdam, Netherlands (2014)
“New Function of Sustainability Management Control: From Case Study between Buyer and Suppliers”
- 13) S. OKA and M. NAKAJIMA: 17th EMAN Conference, Rotterdam, Netherlands (2014)
“Toward Establishment of Sustainability Management Control Systems: Integrated Management Control with SBSC, MFCA and ISO14001”
- 14) K. KOKUBU and H. KITADA: The 10th Northeast Asia Management and Economics Joint Conference, Chungnam National University, Daejeon, Korea (2011)
“Introducing MFCA into the Supply Chain: A New Possibility”
- 15) K. KOKUBU, T. SHIMADA and A. SHINOHARA: The 42nd Annual Meeting of the Decision Sciences Institute, Boston, U.S. (2011)
“The Effects of Material Flow Cost Accounting Implementation on the Supply Chains in the Japanese Manufacturers: a Comparison of Three Cases”
- 16) 國部克彦、梶原武久、藏本一也：環境経済・政策学会2012大会(2012)
「日本における低炭素型サプライチェーンの現状と課題」
- 17) K. NISHITANI, K. KOKUBU and T. KAJIWARA: The Seventh Asia Pacific Interdisciplinary Research in Accounting Conference, Kobe, Japan (2013)
“Green Supply Chain Management and CO₂ Emissions Performance in Japanese Manufacturing Firms”
- 18) K. KOKUBU: Asian Conference of Management Science and Applications, Kunming, China (2013)
“Production and Environment Management through Material Flow Cost Accounting”

7. 研究者略歴

課題代表者：國部 克彦

1962年生まれ、大阪市立大学大学院経営学研究科後期博士課程修了
博士（経営学）、現在、神戸大学大学院経営学研究科教授

研究分担者：

(1) 1): 伊坪 徳宏

1972年生まれ、東京大学工学系研究科材料学専攻博士課程修了
博士（工学）、現在、東京都市大学環境学部環境マネジメント学科教授

2): 山田 哲男

1973年生まれ、電気通信大学大学院電気通信学研究科電子情報学専攻博士後期課程修了
博士（工学）、現在、電気通信大学大学院情報理工学研究科総合情報学専攻准教授

(2): 中嶋 道靖

1963年生まれ、大阪市立大学大学院経営学研究科後期博士課程中退
修士（経営学）、現在、関西大学商学部商学科教授

(3): 國部 克彦（同上）

1E-1106 アジア地域を含む低炭素型サプライチェーンの構築と制度化に関する研究
(1) アジア諸国のインベントリデータベースと環境負荷測定手法の開発

東京都市大学 環境学部

伊坪徳宏・野田昭宏

電気通信大学 情報理工学部

山田哲男

平成23～25年度累計予算額：21,701千円

(うち、平成25年度予算額：7,541千円)

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

アジア地域を含む低炭素型サプライチェーンの構築と制度化に関する研究の基礎的データベースとして、アジアの産業連関分析に基づいたLCA用のインベントリデータベースの開発を行った。

手法1として各国産業連関表と各国の統計表を用いて作成する方法を取り上げ、日本の産業連関表と作物統計・畜産統計・工業統計を用いて日本の水のインベントリデータベースを開発し、また、中国の投入産出表とエネルギー統計によりCO₂排出データベースを開発した。手法2として国際産業連関表と国際統計表を用いて作成する方法を取り上げ、アジア国際産業連関表とOECD/IEAのエネルギー統計及びEDGAR統計により、GHG6ガスの東アジア9国とアメリカの10国のGHG排出データベースを作成し、各国の個別事情には対応しにくいものの、多数の国、多種の環境負荷のデータベースが短時間に開発できること、国家間の貿易に伴う環境負荷の分析が可能なることから後者の優位性を確認した。ただし、1国76分類とやや粗いため、詳細なアジアのサプライチェーンの環境負荷の分析にはさらに改善が必要なることを見出した。このため、手法3として各国の1国表とアジア国際産業連関表(AIIO)を組み合わせた詳細版AIIOの開発を目指し、貿易統計を指標として国家間の取引を分配することにより日本のみを詳細化する日本分割AIIOを開発し、これを用いたGHGデータベースを開発した。これにより日本について405分類と詳細な分析が可能となり、貿易を通じた間接分の分析により国家間の相互依存関係が詳細に分析できることを示し、①詳細な分析が可能、②国家間の貿易を通じた相互依存関係が分析可能、③同一手法で多数の国、多種の環境負荷のデータベースが開発可能という特徴を持つ手法3の有効性を確認した。

さらに、本データベースを活用するために、企業及びサプライチェーンへ適用することで、その有用性を検証した。また、製品設計及びマテリアルフローコスト会計(MFCA)用の基礎データからインベントリ分析を実施できる計算ツールの開発を行った。

[キーワード]

インベントリデータベース、産業連関表、アジア、サプライチェーン設計

1. はじめに

アジア地域を含む低炭素型サプライチェーンの構築と制度化に関する研究について、本研究の基礎的データベースとして、アジアへの展開を念頭に、日本を対象にした産業連関分析に基づいたインベントリデータベースの開発を行う。基本分類400部門の温室効果ガス、大気汚染物質、水を中心としたデータベースの開発が必要となり、環境会計データと環境負荷データの関連性について基礎調査を行う。

また、アジア地域を含むサプライチェーン全体の低炭素化を背景としてデータベースの開発もアジアの範囲まで拡張していく必要がある。特に、温室効果ガスを対象としたデータベースの開発において、新興国や発展途上国が関心を持っている環境負荷算定の実施可能性について検討する。さらに、データベースの活用の視点から、企業及びサプライチェーンへ適用するために、環境負荷を推定する方法と製品設計及びMFCA用の基礎データからインベントリ分析実施できる計算ツール方法の開発を目指すことで、データベースの有用性を検証する。

2. 研究開発目的

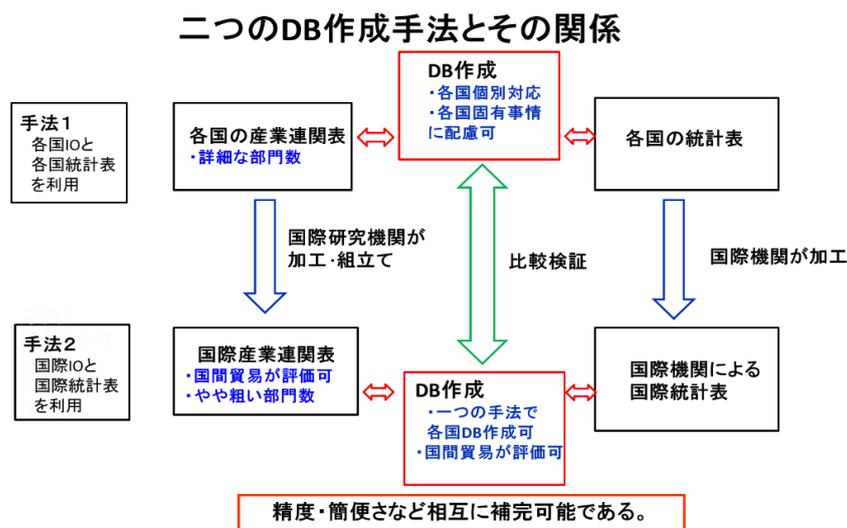
サプライチェーンの低炭素化を評価するためのアジア諸国のLCA用インベントリデータベースを開発し、各国比較を可能にすることを目的とする。さらに、これを企業及びそのサプライチェーンへ適用するために、詳細版のアジア国際産業連関表を開発して、国家間の貿易が評価できるという長所を生かすことによって、各種の製品の国際間の間接影響を把握する手法へ展開し、その有用性を検証する。対象国は、日本、韓国、中国及びASEAN諸国とする。

また、物量単位を基本とする製品設計及びMFCA用の基礎データからインベントリ分析を実施するために、日本について物量表を用いて金額単位のGHG原単位から物量単位のGHG原単位を作成する計算ツールのプロトタイプを作成する。さらに、データベースの開発成果を企業及びサプライチェーンへ適用するため、部品表を利用してCO₂排出量と経済性の情報を考慮したサプライチェーン設計手法を開発することを目的とする。

3. 研究開発方法

サプライチェーンの低炭素化を評価するため、アジア諸国のLCA用インベントリデータベースを開発し、これを企業及びそのサプライチェーンへ適用することで、その有用性を検証する。対象国として日本、韓国、中国及びASEAN諸国とする。

アジア各国の産業連関法によるデータベースの作成のためには図(1)-1に示す2種類の手法が考えられる。図(1)-1はGHGのデータベースの作成手法を示しているが、水、大気汚染物質、化学物質などの他の環境負荷についても同様である。



図(1)-1 GHGデータベースの作成手法

手法1は各国産業連関表と各国の統計表を用いて作成する方法であり、手法2は国際産業連関表と国際統計表を用いて作成する方法である。手法1はある国について、その国の発行する産業連関表、統計表を用いて算出する。その国の部門分類、その国の統計に基づいて算出するため詳細な分析が可能であるが、言語の問題、その国の独自の事情の理解が必要なこと、統計値の不足・不整合などの困難がある。手法2は国際研究機関などの発行する国際産業連関表、国際統計表を用いて推計する。この場合、国際産業連関表は各国の産業連関表に基づき、国際研究機関が加工・組立を行うものであり、各国とも同一の部門で表されるが、このため部門数がやや粗くなる。また、国家間の貿易が評価できるという特徴がある。国際統計表は、国際機関が各国の統計表を加工して提供しているものであり、統一された様式で提供される。これらから作成されるデータベースは、1つの手法で各国のデータベースが作成できること、国家間の貿易の影響が評価できることなど大きな特徴を有する。この研究では手法1と手法2の両者を取り上げ比較することとする。

具体的には手法1として、中国の投入産出表¹⁾とエネルギー統計表²⁾から中国のCO₂データベースを作成し、また日本の産業連関表³⁾と日本の作物統計⁴⁾、畜産統計⁵⁾、工業統計⁶⁾などから日本の水のデータベースを作成する。手法2として、JETROアジア経済研究所のアジア国際産業連関表⁷⁾により、OECD/IEAのエネルギー統計⁸⁾及びEDGAR統計⁹⁾により、GHG6ガス（エネルギー由来CO₂、非エネルギー由来CO₂、CH₄、N₂O、HFCs、PFCs、SF₆）のデータベースを作成する。アジア国際産業連関表（Asian International Input Output Table : AIIO）はアジア研究所がアジア各国の政府機関と共同研究を行って作成しているアジア10ヵ国（インドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、中国、台湾、韓国、日本、アメリカ）を対象とした国際産業連関表である。アメリカはアジアの国ではないが経済的・その他の面で関係が深いため含まれている。また台湾は中国の1地域とみなされる場合が多いが、中国とは独立した経済発展を示しており、AIIOでは中国とは別の国（地域）として扱われている。

この過程で両者を比較検討し、時間・費用が限られていることから、同一の手法で10ヵ国のデータベースを作成可能な手法2によりアジア諸国のGHGデータベースを作成した。さらに、企業及

びサプライチェーンへ適用するためには、分類がやや粗い手法2の短所を補うため、手法3として各国の一国産業連関表を用いた詳細版アジア国際産業連関表を開発することとし、まず日本のみを詳細化する日本分割詳細版アジア国際産業連関表を作成し、これによるGHGデータベースを作成してその有効性を確認した^{10) 11)}。そして、詳細な部門分類を有しかつ国家間の貿易が評価できるという長所を生かし、各種の製品の国際間の相互依存分析を行った。

また、物量単位を基本とする製品設計及びMFCA用の基礎データからインベントリ分析を実施するために、日本につき物量表を用いて金額単位のGHG原単位から物量単位のGHG原単位を作成する計算ツールプロトタイプを開発する。これを展開して、物量表を用いて各詳細品目の物量単位(kg、kl、m²、m³、個など)ごとの単価を求め単価表から換算係数として金額/物量単位(円/kg、円/m³など)を作成し、これよりkg、kl、m²、m³、個などの物量単位によるGHG原単位を求める計算ツールのプロトタイプを作成する。最後に、アジア諸国のライフサイクルアセスメント(LCA)インベントリデータベースを適用して、会計データと関連付けて、各部品のCO₂排出量と経済性を考慮した設計手法を開発する。具体的には、構築した部品表を利用して、部品調達段階のサプライヤー選択やリユース・リサイクル段階の分解部品選択において、各部品のCO₂量と経済的な情報の両者を用いた意思決定を行う。

4. 結果及び考察

(1) 各国IOと各国統計表を利用したインベントリデータベースの作成(手法1)

1) 日本の水インベントリデータの作成

日本の水インベントリデータについて、消費水原単位と希釈水原単位を算出した。消費水の原単位は以下のように算出した¹²⁾。

<一次産業の消費水>

・作物や育林：消費水 = 蒸発散量

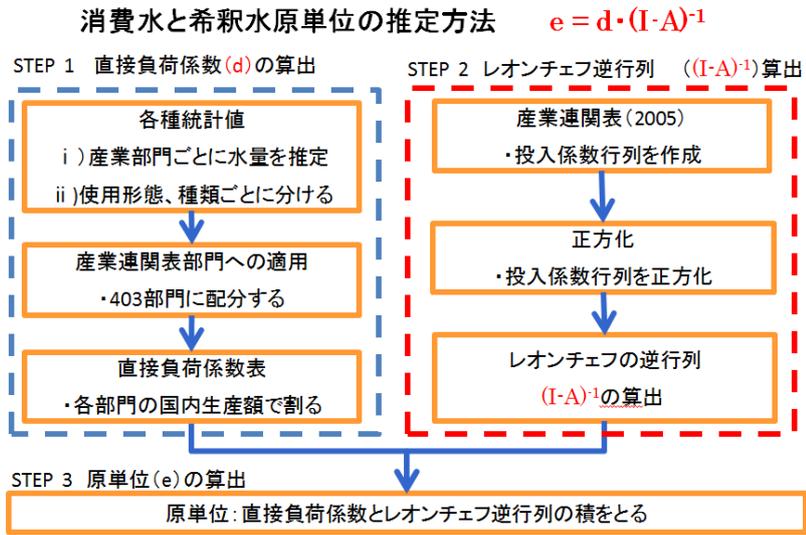
蒸発散量(ETc) = Kc × ET₀ × 栽培面積 × 栽培期間 (Kc は植物ごとの係数、ET₀は基準蒸発散量)

・畜産：消費水 = 飲料水 = 畜産頭数 × 一日当たりの飲料水 × 飼育期間

<二次産業の消費水> = (ボイラー用水 + 原料用水) × 稼働日数

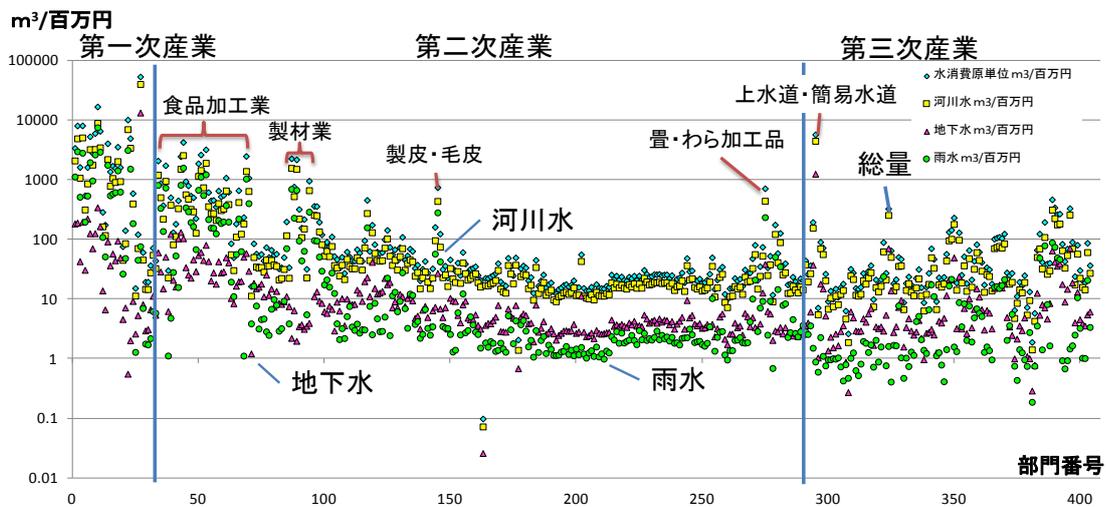
<三次産業の消費水> 統計値や企業・組織のCSR報告書をもとに算出する。

図(1)-2に示すようにこれらの消費水量を各部門の国内生産額で割って、直接負荷係数ベクトルdを得た。また産業連関表の各部門間の取引額を部門の生産額で割って、投入係数行列Aを得、これよりレオンチェフ逆行列 $(I - A)^{-1}$ (ただしIは単位行列)を得た。直接負荷係数dとレオンチェフ逆行列の積より原単位ベクトル(インベントリデータベース)を得た。



図(1)-2 消費水・希釈水の原単位の算定方法

図(1)-3に作成した消費水の原単位を示す。



図(1)-3 消費水の原単位

これにより以下のことが分かった。

- ・ 第一次産業は、百万円当たりの水量がどの産業よりも多いものの、内訳として雨水と河川が大きな割合を占める。
- ・ 第二次産業の食品製造業や木材加工業などは、一次産業からの波及効果で雨水と河川の割合が大きく、それ以外の部門は河川水の割合が大きい。
- ・ 第三次産業では、上水道・簡易水道からの波及効果を受けている。その中でも水運施設管理や一般飲食店、宿泊業などの水を大量に用いる部門の負荷が大きい。

希釈水の原単位は以下のように算出する。

<一次産業の希釈水>

・作物や木材：

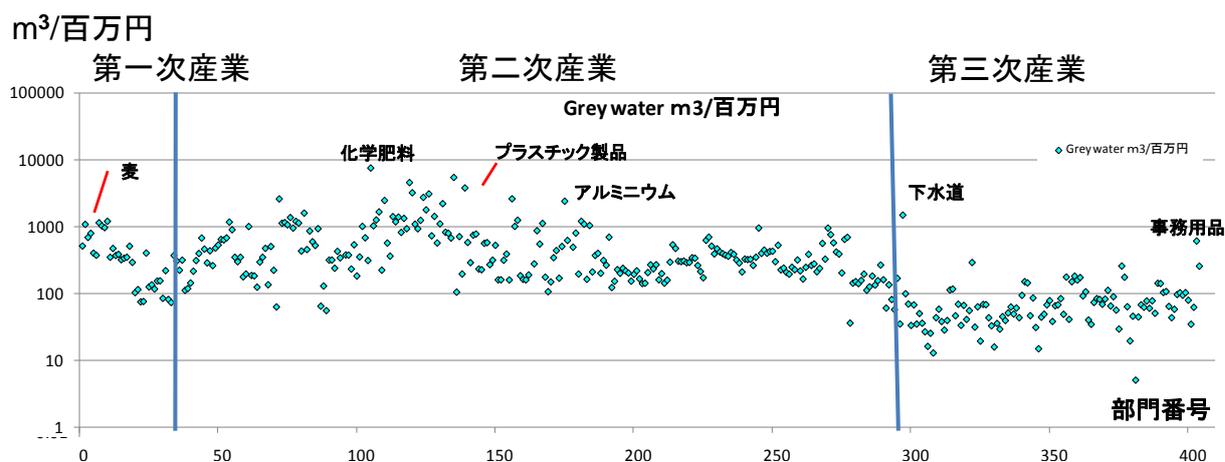
作物面積(ha)×施肥量(kg/ha)×肥料中のN,P割合×環境への排出割合/環境への排水基準(mg/L)

・畜産：頭数×飼育期間(日)×N,P排出量(g/頭・日)×環境への排出割合/環境への排水基準(mg/L)

<二次産業の希釈水>= 排水量(m³/日)×排水水質(mg/L) /環境基準(mg/L)×稼働日数

<三次産業の希釈水>= 排水量(m³/日)×排水水質(mg/L) /環境基準(mg/L)×365日

図(1)-4に作成した希釈水原単位を示す。



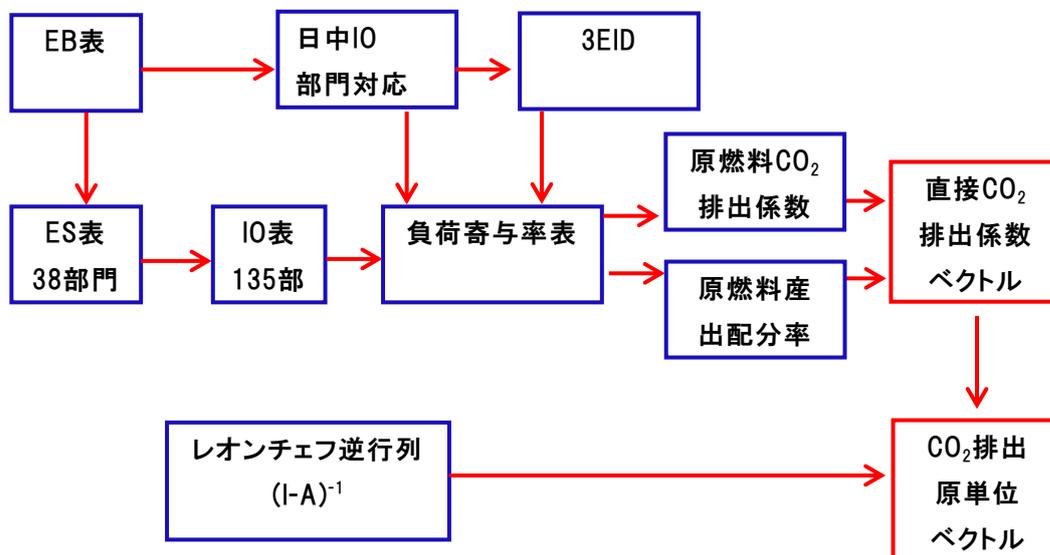
図(1)-4 希釈水の原単位

これにより以下のことが分かった。

- ・ 一次産業の希釈水は消費と比べ、1/10倍という関係にある。例外として、消費の値が極端に少ない獣医学や工業部門からも負荷を受けるその他の食用耕種作物が挙げられる。
- ・ 二次産業における希釈水は消費水と比べ、10倍以上大きい部門が多いことが分かった。これは消費水がもともと小さいことが要因である。
- ・ 三次産業でも同様の比較を行ったところ、希釈水は消費水に比べ最大で16倍大きいという結果となった。例外として、一般飲食店や浴場業、教育関係部門などの水を多く使った部門が挙げられる。

2) 中国のCO₂排出原単位の算定

中国投入産出表¹⁾と中国エネルギー統計表²⁾に基づき、図(1)-4に示す手順により、CO₂排出原単位を作成する（図(1)-5）。



図(1)-5 中国CO₂原単位作成手順

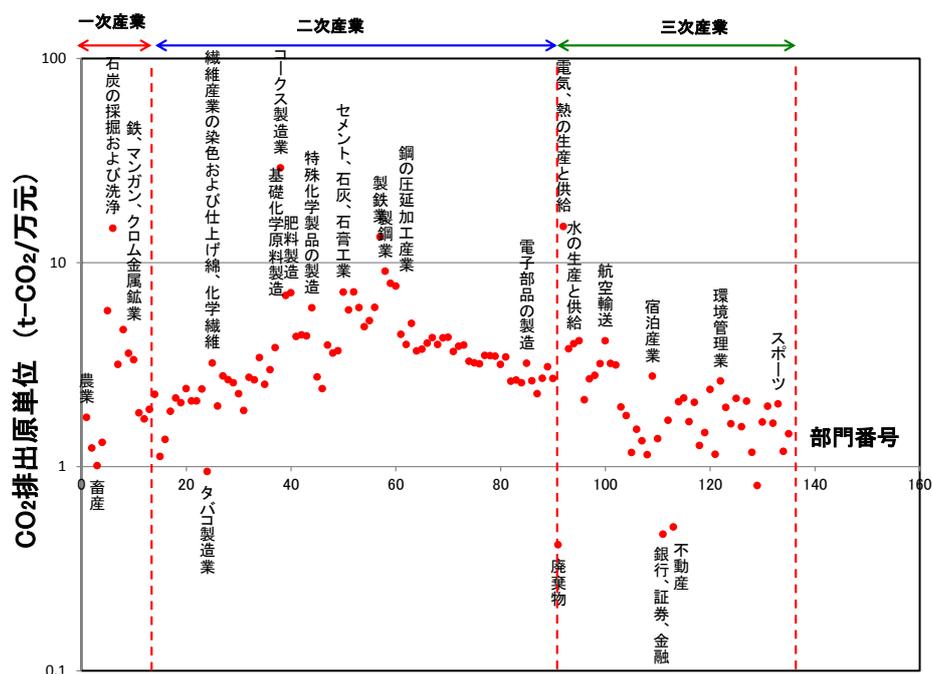
CO₂原単位作成手順は以下のとおりである。

- ①中国エネルギー統計年鑑²⁾からエネルギー統計表（ES表）を抽出し、項目を整備し、エネルギー換算値（tce: tons of coal equivalent, 標準炭換算値）に統一して、行列の大項目の小計、行列の合計が一致するよう整理する。
- ②日中産業連関表(IO)部門対応表の作成：中国IO表¹⁾の部門分類解釈（内容説明書）により、中国IO表各部門の詳細な内容を把握し、日本IO表の分類項目の内容を参照し対応表を作成する。
- ③エネルギー転換項目の移動：エネルギーバランス表（EB表）のエネルギー転換項目のエネルギー投入量：符号(-)を部門別各種エネルギー消費量表の対応する部門に符号(+)として加える。
- ④負荷寄与率表の作成：3EID¹³⁾では原燃料の負荷寄与率は原料用途の場合0、燃料用の場合1としている。中国の負荷寄与率は日中IO部門対応表により、日本の分類に対応する中国のIO分類項目の同一燃料種につき、3EIDの負荷寄与率と同じ値となるように中国の負荷寄与率表を作成する。
- ⑤原燃料CO₂排出係数表の作成：2006 IPCCガイドラインのエネルギー資源別発熱量当りCO₂排出係数表と中国エネルギー統計年鑑の中国資源発熱量表より中国エネルギー資源のCO₂排出係数を求める。
- ⑥原燃料種産出配分率表の作成：cで作成した部門対応表はエネルギー統計表の産業分類38部門とIO表135部門の対応表であるため、エネルギー統計表の同一部門に対して、複数のIO表部門が割当てられる。原燃料種の対応するIO表の部門の各部門への産出額を用い、これら複数部門の産出額の合計値で各部門の産出額を除して、原燃料の産出配分率を求める。
- ⑦直接CO₂排出係数ベクトル（t-CO₂/万元）の算出：各部門の各原燃料からのCO₂排出量を直接CO₂

排出量、IO表の各部門の各原燃料の使用量をエネルギー統計表から転記し、fの原燃料種産出配分率表を乗じて各部門の各燃料種の使用量を求める。これに負荷寄与率と燃料種のCO₂排出係数を乗じて、各部門の各原燃料からのCO₂排出量を求める。これを部門ごとに合計して部門直接CO₂排出量を求め各部門の生産金額で除して、直接CO₂排出係数ベクトル (t-CO₂/万元) を求める。

- ⑧CO₂排出原単位 (t-CO₂/万元) ベクトルの算出：中国IO表からレオンチェフ逆行列を作成し、直接CO₂排出係数ベクトル (t-CO₂/万元) を乗じることにより、CO₂排出原単位 (t-CO₂/万元) を求める。

作成した中国のIO CO₂排出原単位を図(1)-6に示す。



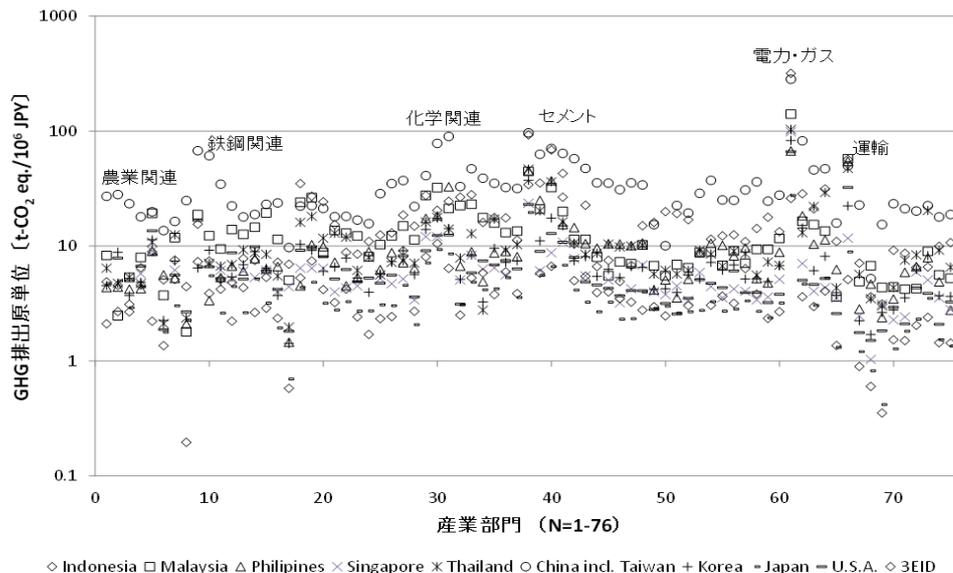
図(1)-6 中国のCO₂排出原単位

原単位の傾向として一次産業では石炭採掘、鉄鉱業などが高く、二次産業ではコークス製造、化学原料製造、製鉄・製鋼業などが高い。三次産業では電気・熱の生産供給を除いては低い傾向にある。

(2) 国際IOと国際統計表を利用したインベントリデータベースの作成

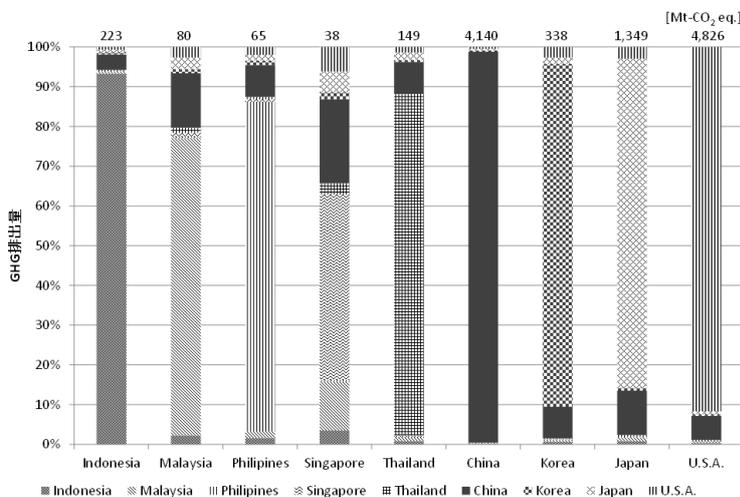
AHIOは、本研究の時点において最新の2000年表を用い、対象のアジア10ヵ国（内生国）以外の国や地域からの輸入は考慮せず、内生部門のみを用いてレオンチェフ逆行列を算出した。

IEA/OECDエネルギー統計のエネルギー需要先のうち、TRANSFORMATION（エネルギー変換）、ENERGY SECTOR（エネルギー部門）、FINAL CONSUMPTION（最終需要）にある需要先を産業連関表の各部門に対応付けた。



図(1)-7 アジア国際産業連関表及びIEA-OECD統計を用いたアジア各国のCO₂原単位

ただし最終需要で非エネルギー利用の用途は除く。燃料を産出する部門の産出額の比を用いて燃料種別産業部門別に燃料消費量を配分し、これに戒能（2006）¹⁴⁾による燃料種別の熱量係数とCO₂排出係数を乗じ、各部門における燃料消費由来の直接CO₂排出量を求め、各部門の生産額で割って直接CO₂排出係数を求めた¹⁷⁾。これをAIIOから作成したレオンチェフ逆行列に乘じ、CO₂排出原単位を求めた。ここではAIIO対象10カ国のうち中国と台湾を統合し9カ国76部門についての結果を図(1)-7に示す。日本の値は3EIDと良い一致を示す。また中国、インドネシア、マレーシアが高いCO₂原単位値を示す。さらに、各国各部門のCO₂排出原単位に最終需要額を乗じ、年間の直接間接排出量を求めた上で、実質的にCO₂を排出している国ごとの内訳を図(1)-8に示した。特に輸入に依存しているシンガポールを除いて国内の産業が排出したものが大部分を占めるが、少なからず中国からの輸入による中国の産業に対するCO₂の誘発排出が見られることが分かった。国際産業連関表とIEA-OECD統計を用いるこの方式は全体の傾向を把握するのに優れている。また国際産業連関表を用いるため国家間の貿易を扱うことができる。

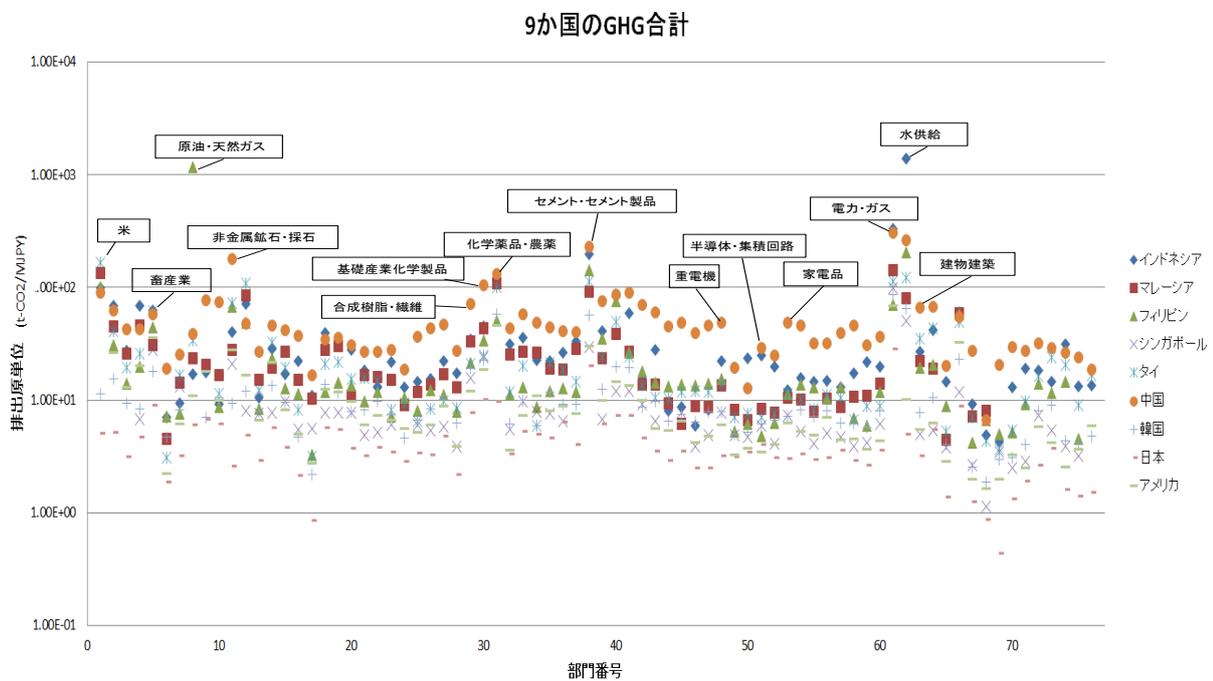


図(1)-8 各国の年間CO₂排出の実質排出国別内訳

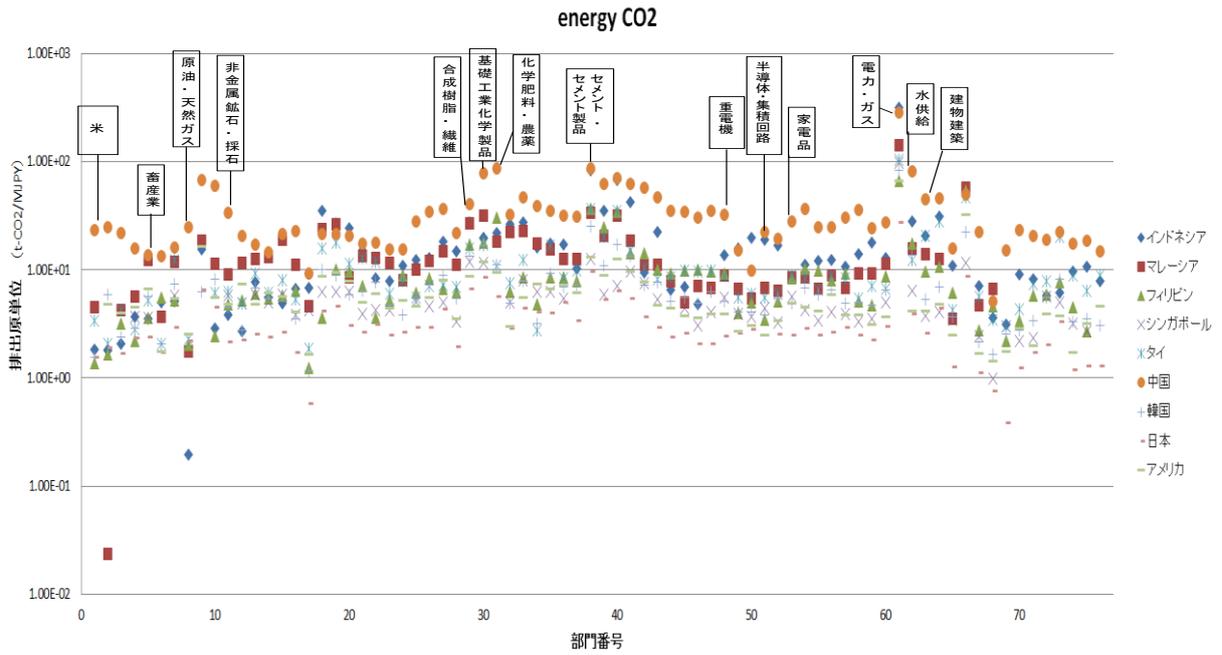
エネルギー由来のCO₂排出量以外のGHGについてはECのEDGARのGHG統計⁹⁾から非エネルギーCO₂、CH₄、N₂O、HFC_s、PFC_s、SF₆を抽出し以下のように作成した。

- 1) GHG 6ガスのEDGARと3EID¹³⁾の排出区分の対応づけ、日本と各国のIOの対応づけを行う。
- 2) 3EIDの部門別排出区分別の直接排出量を、各国IO表部門別・EDGAR対応の排出区分別の直接排出原単位へと組み替える。
- 3) 各国IO表部門別に組み替えた排出区分別直接排出原単位と各国IO表の部門別生産額の積を按分指標として、区分ごとにEDGARによる各国のGHG排出量を分配する。
- 4) これより各国の直接GHG排出量ベクトルを作成し、レオンチェフ逆行列を乗じてGHG原単位ベクトル（インベントリデータベース）を作成する。

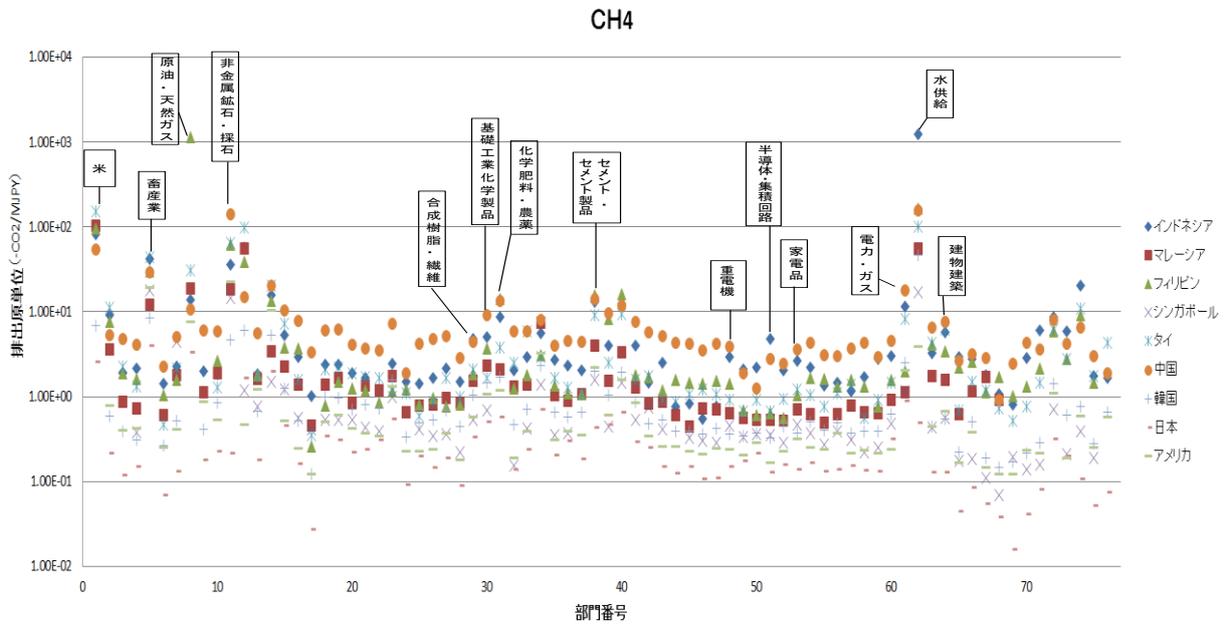
以下、アジア国産業連関表を用いたGHG排出量原単位の算出結果についてまとめる。上記のように中国と台湾を統合して、9カ国76部門についてのGHG排出量原単位を得た。物質ごとに各国各商品の国内生産額百万円あたりの原単位を図(1)-9から図(1)-12に示す。



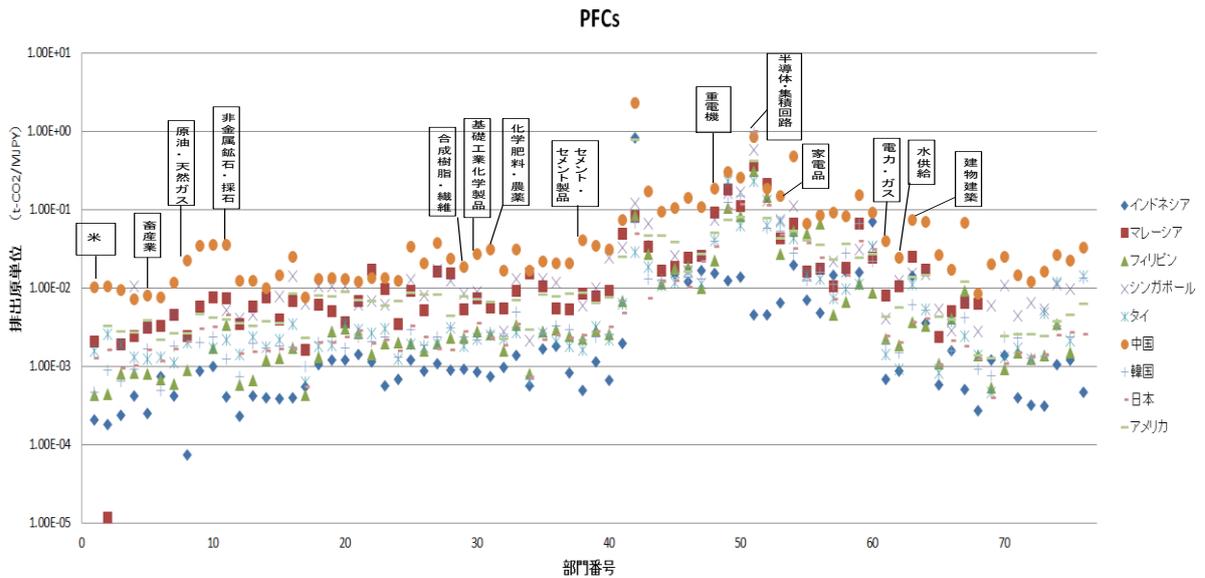
図(1)-9 9カ国・76部門のGHG排出原単位



図(1)-10 9カ国・76部門のエネルギー由来のCO₂排出原単位



図(1)-11 9カ国・76部門のCH₄排出原単位



図(1)-12 9カ国・76部門のPFCs排出原単位

GHG排出原単位の大きい項目として一次産業で（部門番号1-11）では1.米5畜産業、8原油天然ガス、11非金属鉱石・採石があげられる。また二次産業（12-60）では29合成樹脂、30基礎工業化学製品、31化学肥料・殺虫剤、38セメント・セメント製品、41鉄鋼、48重電機、51半導体・集積回路、53家電品、三次産業(61-76)では61電力・ガス、62水供給、63建物建築などがあげられる。GHGは各温室効果ガスの合計であるため、どのガス種が効いているかも重要であり、以下製品・サービス別、ガス別に直接排出・間接排出の項目を分析する。さらにエネルギー由来CO₂、CH₄、PFCsなどのアジア9カ国の76分類の原単位のグラフ図(1)-10から図(1)-12に示す。非エネルギー由来CO₂では米、原油・天然ガス、畜産、鉱石採掘、化学肥料・農薬、セメント、その他の非金属鉱物製品、製粉、鉄鋼、建築、その他のサービスで高い。CH₄は農業、畜産、鉱石採掘などの一次産業で大きく、二次産業では化学肥料・農薬、基礎化学工業製品、セメントなどの化学製品のほかは低い傾向にある。三次産業では水供給、建物建築、食堂、その他のサービスで高い。PFCsは鉄鉱石・その他の金属鉱石、非金属鉱石・採石などの鉱業関係の部門が高い。木製家具、パルプ・紙、基礎工業化学製品、化学肥料・農薬、その他の化学製品、セメント、鉄鋼、非鉄金属、金属製品が高い。一般機械、重電機器で高く、音響機器、コンピュータ、半導体・集積回路が高い。精密機械、建物建築も高い値を示す。

以上のように、AIIO及びOECD/IEAエネルギー統計、EDGAR統計を用いて東アジア8カ国（ただし中国と台湾を合わせて中国とした）及びアメリカの9カ国につき7種の温室効果ガスのアジア表76分類による直接排出量と排出原単位を求めた。さらにGHG合計、エネルギーCO₂、CH₄、PFCsのグラフを示し、産業分野、部門ごとの傾向を分析した。

(3) 詳細版アジア国際産業連関表の開発（手法3）とそれによるアジア各国間の製品・サービスの流れの間接影響の分析

以上により開発したAIOによるデータベースは76部門と分類が粗いため詳細な分析には使えない。たとえばパーソナルコンピューターの部品からその環境負荷を算出する場合、部品ごとの調達国別の環境負荷分析を行うことは困難である。このため各国の一国産業連関表(部門数は表(1)-1)を用いた詳細版AIOを開発しこれにより詳細なデータベースを開発することとした(手法3)¹⁰⁾¹¹⁾。図(1)-13に詳細版AIOの構成を示す。

この詳細版AIOの作成においてはまず日本部分のみを日本の403部門とした日本分割詳細版AIOを作成しこれより日本以外の国につき詳細化する場合の課題を明確化することとした。日本分割詳細化の方法として、日本のIO³⁾及び輸出統計¹⁸⁾による部門分割を行った。

表(1)-1 対象各国のIO表の部門数（合計2482部門）

国名	部門数	国名	部門数
アメリカ	498	インドネシア	175
日本	403	シンガポール	173
韓国	402	台湾	166
フィリピン	230	中国	135
タイ	180	マレーシア	120

詳細版国際産業連関表の構成 (10国)

部門数		403	180	.....	135						
部門数		I国 内生部門	J国 内生部門	.....	K国 内生部門	I国 最終需要	J国 最終需要	K国 最終需要	外生国への輸出	統計誤差	産出計
		A.....AA I.....II 0.....n 9 0.....n 0 1.....n 0	A.....AA J.....JJ 0.....n 9 0.....n 0 1.....n 0	.....	A.....AA K.....KK 0.....n 9 0.....n 0 1.....n 0	F.....FF I.....II 0.....n 9 0.....n 0 1.....n 0	F.....FF J.....JJ 0.....n 9 0.....n 0 1.....n 0	F.....FF K.....KK 0.....n 9 0.....n 0 1.....n 0	LL HH 00.... 00 11	Q X 0 0 1	X X 0 0 0
403	I国 内生部門 AI 001 - AI nnn AI 900	A ^I	A ^{I,J}		A ^K	F ^I	F ^J	F ^K	L ^I	Q ^I	X ^I
180	J国 内生部門 AJ 001 - AJ nnn AJ 900	A ^J	A ^{J,J}		A ^K	F ^J	F ^J	F ^K	L ^J	Q ^J	X ^J
...	-										
135	K国 内生部門 AK 001 - AK nnn AK 900	A ^K	A ^{K,J}		A ^{K,K}	F ^K	F ^{K,J}	F ^{K,K}	L ^K	Q ^K	X ^K
	運賃・保険料 BF 001	BA ^I	BA ^J		BA ^K	HF ^I	HF ^J	HF ^K			
	香港からの輸入 CH 001 - CH nnn CH 900	HA ^I	HA ^J		HA ^K	HF ^{K,I}	HF ^{K,J}	HF ^{K,K}			
	その他世界からの輸入 CW 001 - CW nnn CW 900	WA ^I	WA ^J		WA ^K	WF ^{K,I}	WF ^{K,J}	WF ^{K,K}			
	関税 DT 001	DA ^I	DA ^J		DA ^K	DF ^{K,I}	DF ^{K,J}	DF ^{K,K}			
	付加価値 VV 004 VV 900	V ^I	V ^J		V ^K						
	投入計 XX 600	X ^I	X ^J		X ^K						

図(1)-13 詳細版AIOの構成

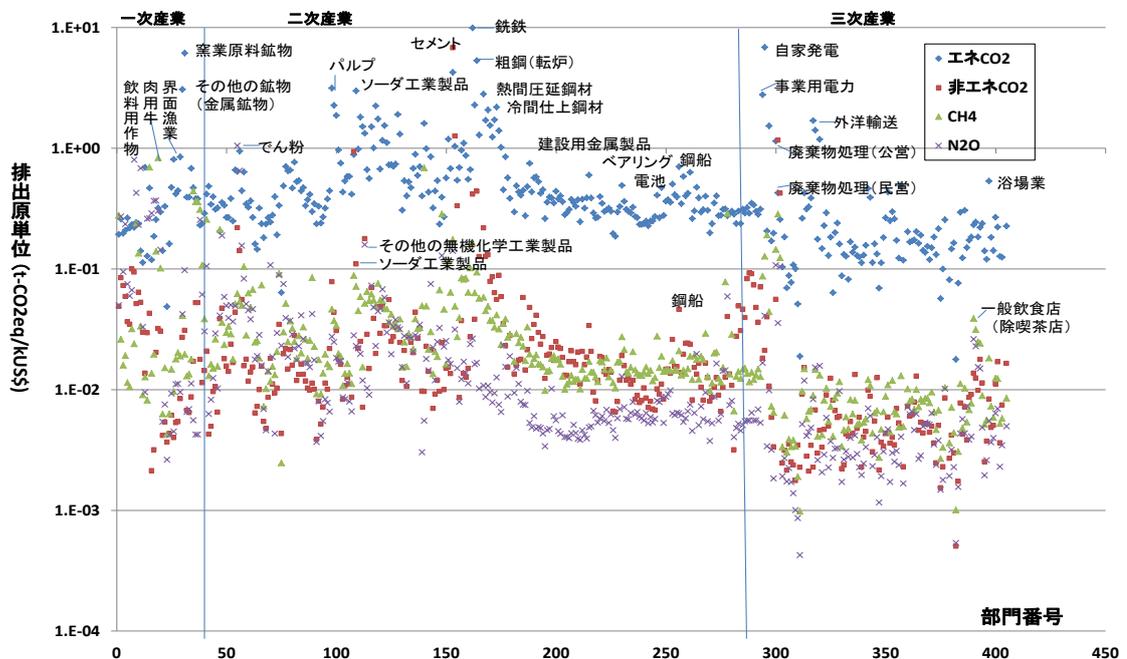
さらに直接排出係数 e を3EID¹³⁾及びEDGAR⁹⁾を用いて算出し、原単位 $e(I-A)^{-1}$ (ただし A :投入係数行列、 I :単位行列)を作成した。これより A をIO表だけで詳細化した場合及び、 A をIO表と貿易統計を用いて詳細化した場合につき比較評価した。

1) 詳細版AIIOによる日本の排出原単位

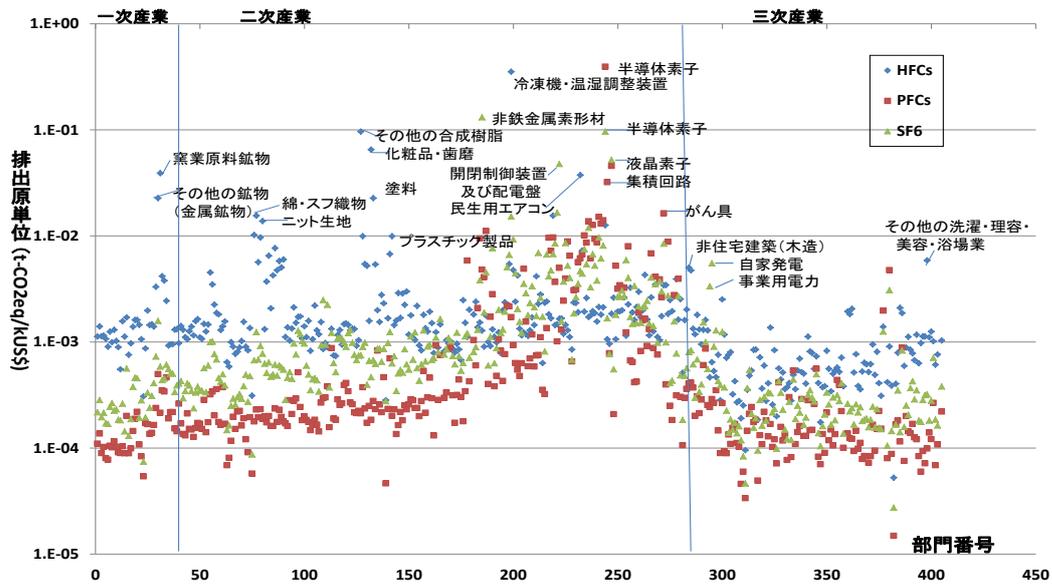
比較評価の結果からIO表と貿易統計を用いて分割した場合が、最も詳細化した状態であり、原単位の変化率等でも問題がないため、これを採用することとし、これによる日本(405部門)のGHGの排出原単位を作成した(図(1)-14、図(1)-15)。

ここで、日本IO 2005年表では403部門であるが、詳細版AIIOの日本部分では日本IOとAIIOの部門対応をとるため、部門統合・分割を行っており、405部門となった。横軸は部門番号、縦軸は排出原単位(t-CO₂eq/kUS\$)であり、各ガスが見えるよう対数軸で示す。為替レートは2005年の110.218JP¥/US\$を採用した。特徴のある部門につき、GHG合計とその内訳から以下が分かる(図(1)-16、図(1)-17)。6 t-CO₂eq/kUS\$以上の大きなGHG合計を示す部門ではエネルギーCO₂、セメントでは非エネルギーCO₂が大きいことが分かる。またCH₄の割合の大きいものとして、米、肉用牛、石炭、と畜(含鶏肉処理)、畳・わら加工品があり、N₂Oの大きいものとして麦類、製粉、ぶどう糖・水あめ・異性化糖があること、PFCsは半導体素子、液晶素子で大きいこと、HFCsは冷凍機・温湿調整装置で大きいこと、SF₆は非鉄金属素形材、開閉制御装置及び配線盤、半導体素子、液晶素子で大きいこと、非エネルギーCO₂はセメントのほか廃棄物処理(公営)でも大きいことが分かった。

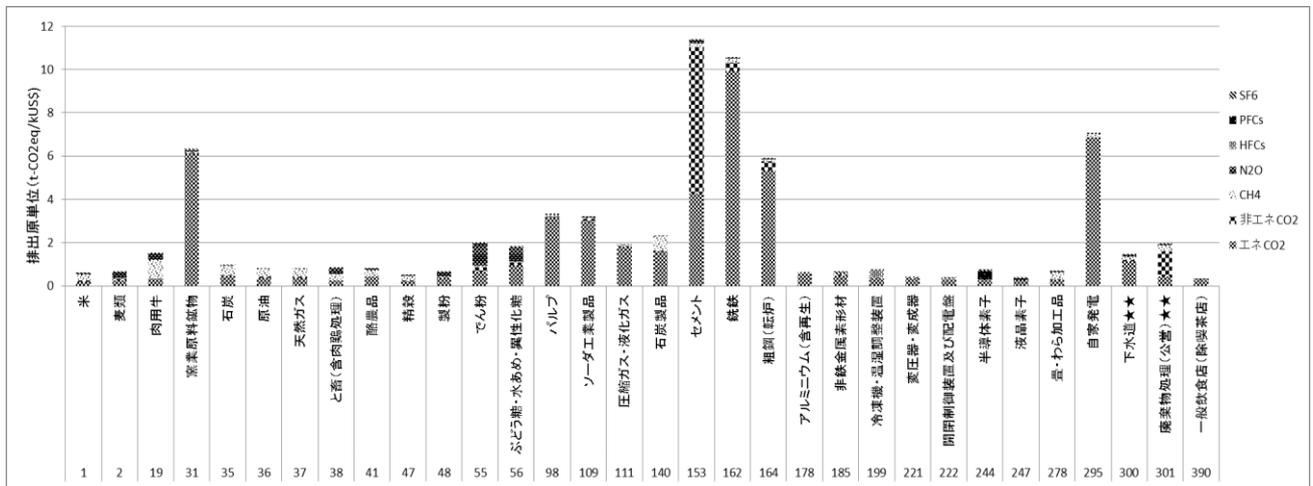
これらの傾向は日本国温室効果ガスインベントリ報告書¹⁹⁾、環境省資料²⁰⁾などと整合している。



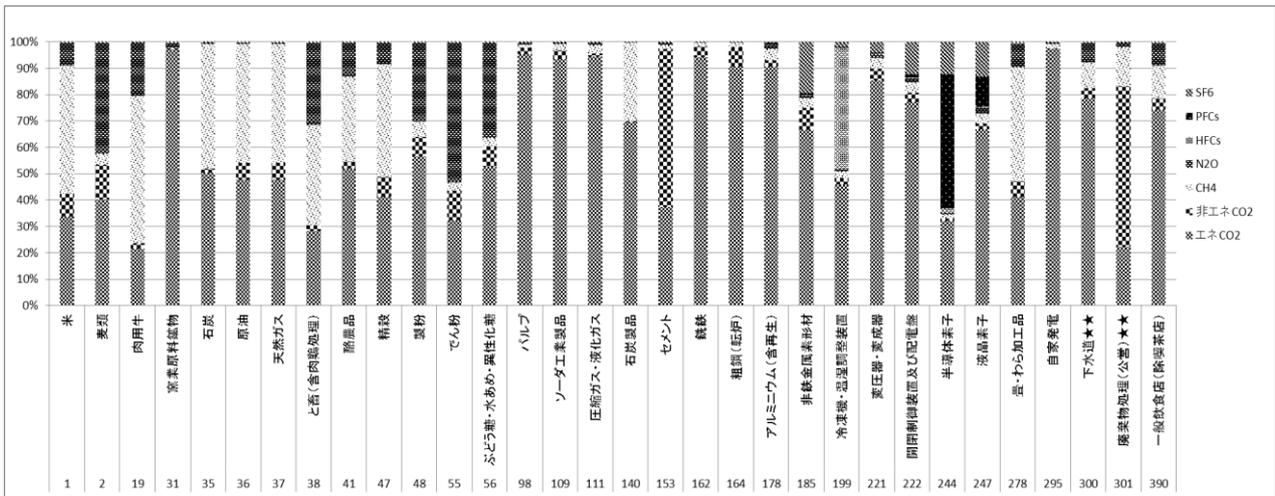
図(1)-14 詳細版AIIOによる日本のGHG排出原単位
(エネルギー由来CO₂、非エネルギー由来CO₂、CH₄、N₂O)



図(1)-15 詳細版AIIOによる日本のGHG排出原単位 (HFCs、PFCs、SF₆)



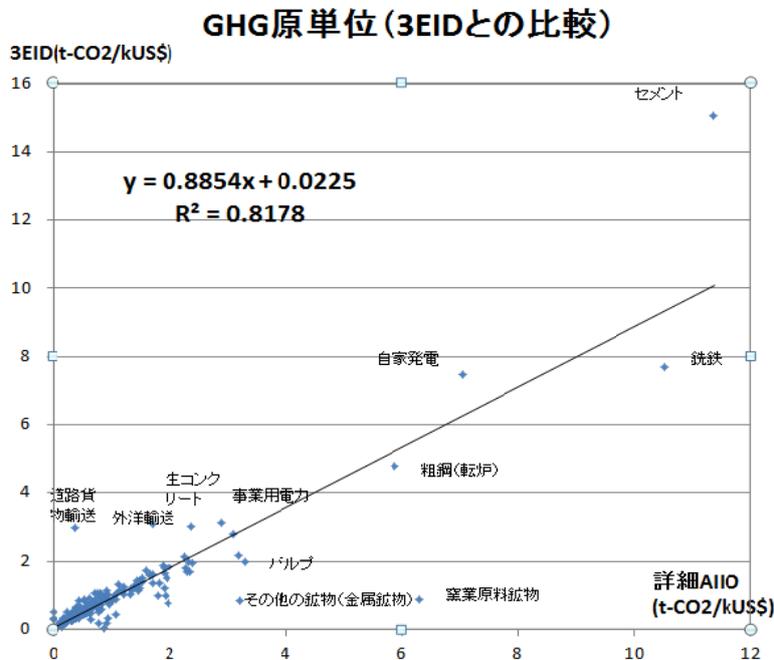
図(1)-16 特徴のある部門のGHG排出原単位



図(1)-17 特徴のある部門のGHGガス別内訳（%表示）

2) 既存研究との比較

GHG合計の原単位につき、3EID2005年版¹³⁾の(I-A)⁻¹型原単位と詳細AIIOによるGHG合計の原単位の比較を行った(図(1)-18)。詳細AIIOによる原単位は、海外の生産を国産技術仮定とする3EIDよりも値が大きく、アジア各国の環境負荷を反映しているものと推定される。ただし、詳細AIIOでは、ROW (Rest of the World:その他世界)については外生国として扱っており、その生産はAIIO10カ国の平均的な負荷を有する技術仮定に基づいて評価されていることに注意する必要がある。



図(1)-18 詳細AIIOと3EIDのGHG原単位の比較

3) 原単位の間接分内訳による分析

a. 原単位の間接分分析による相互依存関係の分析

日本分割詳細版AIIOによるGHG排出原単位とその間接分により、素材・製品・サービスの国家間の相互依存分析を行った。特徴のある素材・製品・サービス部門を取り上げて、GHG原単位の内訳の分析から各国の産業構造が区別でき、これらの国々の相互依存関係が分析できる可能性を示す。産業連関分析による原単位ベクトル ε の算出式は、 e は直接投入係数ベクトル、 e^T はそれを横ベクトルとしたもの、 I は単位行列、 A は投入係数行列ですべての列和が1より小さいというソローの条件（この条件は投入係数行列では一般に満たされる）を満たす場合、

$$\varepsilon = e^T \cdot (I - A)^{-1} \quad (1)$$

$$= e^T \cdot (I + A + A^2 + A^3 + \dots) \quad (2)$$

第1項が直接環境負荷排出係数、第2項が1次の間接環境負荷排出係数、第3項が2次の間接環境負荷排出係数、第4項が3次の間接環境負荷排出係数、 \dots である。1次、2次、3次と個別に調べていくと、製品から加工段階の低い部品、素材、原材料へと、生産とそれに伴う環境負荷が波及していく様子が分かる²¹⁾。

ここで詳細AIIOの1089部門に対する間接排出係数をもとめる方法を示す。

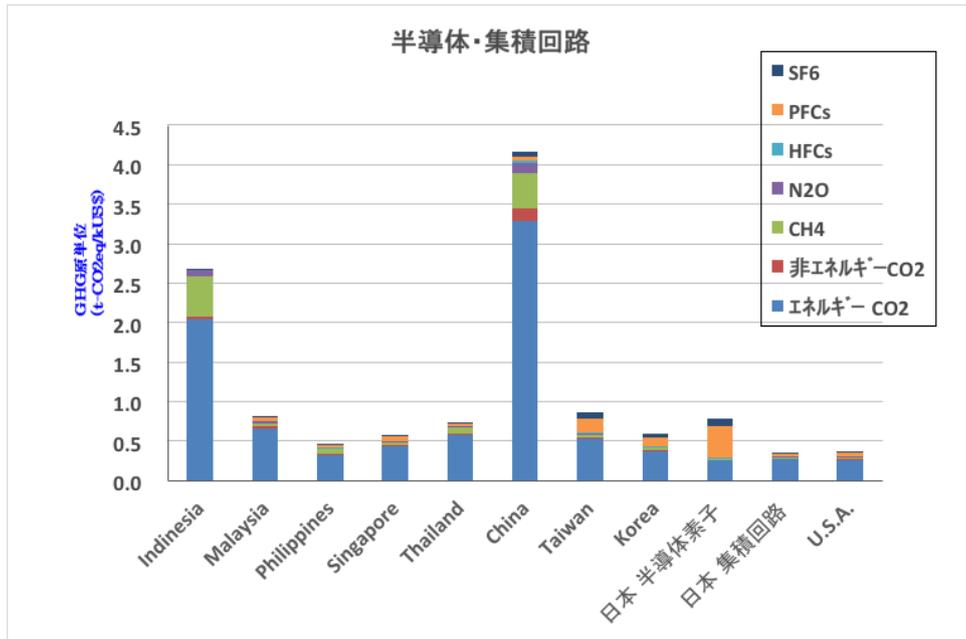
原単位ベクトルを投入係数行列に左からかけると以下のようになることが分かる。

$$\begin{aligned} \varepsilon \cdot A &= e^T \cdot (I - A)^{-1} \cdot A \\ &= e^T \cdot (I + A + A^2 + A^3 + \dots) \cdot A \\ &= e^T \cdot (A + A^2 + A^3 + \dots) \\ &= e^T \cdot (I + A + A^2 + A^3 + \dots) - e^T \cdot I \\ &= e^T \cdot (I - A)^{-1} - e^T \cdot I \\ &= \varepsilon - e^T \cdot I \\ &= \text{原単位} - \text{直接排出係数} \\ &= \text{間接排出係数} \end{aligned} \quad (3)$$

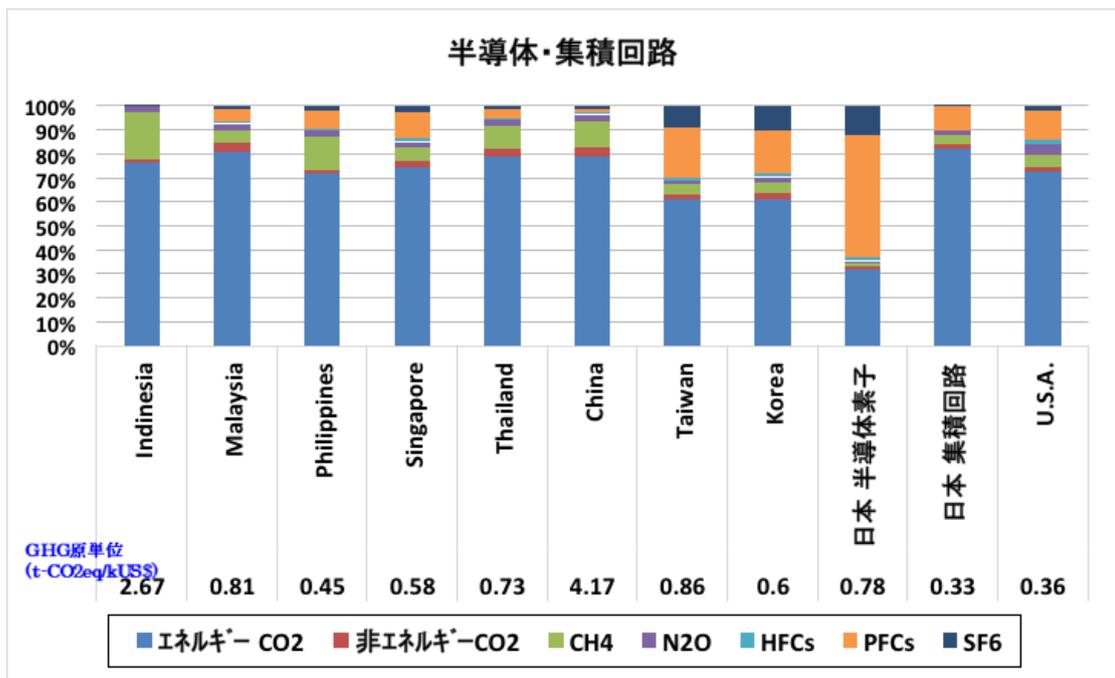
この方法を用いて各GHGの直接排出原単位を投入係数行列にかけることにより間接負荷の内訳を算出し、部門別に間接排出係数の高い項目から降順に表示した。また間接負荷の内訳を国別に集計して表示した。

b. 半導体・集積回路部門の間接分分析

日本分割詳細版AIIOによるアジア各国の半導体・集積回路部門からのGHG排出原単位を図(1)-19に示す。日本は半導体素子と集積回路が別の部門となっている。図(1)-19より中国とインドネシアのGHG排出原単位がそれぞれ4.17t-CO₂/kUS\$, 2.67 t-CO₂/kUS\$と大きく、ついで台湾、マレーシアが続くがすべて1t-CO₂/kUS\$以下となっている。図(1)-20にガス別の内訳を示す。このように日本・韓国・台湾・アメリカ・シンガポールはPFC_s、SF₆が多い。PFC_s、SF₆は前工程（シリコンウェハーにエッチング、不純物打ち込み、成膜などにより素子を形成する工程）における洗浄や成膜に用いられるためこれらが多いことは前工程が盛んにおこなわれていることを示す。フィリピン、マレーシア、タイではPFC_s、SF₆が少なくなると前工程が少ないことがうかがえる。しかしインドネシアでは全くなく前工程が行われていないことが分かる。



図(1)-19 詳細版AIIOによるアジア各国の半導体・集積回路のGHG原単位とその内訳



図(1)-20 詳細版AIIOによるアジア各国の半導体・集積回路のGHG原単位の内訳 (%)

次にインドネシアの半導体・集積回路と日本の半導体素子のPFCsの間接内訳を比較・考察する。

<インドネシアのPFCs>

原単位は0.000465 t-CO₂eq/kUS\$と非常に小さく間接比率も1.000であり (表(1)-2)、国別でもインドネシア65.7%、中国13.5%、日本4.9%、シンガポール、アメリカ、韓国とつづく (表(1)-3、図

(1)-21)。項目別では1位インドネシアの非鉄金属が33.56%、中国の照明器具・電池・配線その他5.69%、金属製品が6.26%、その他のサービス、テレビ・ラジオ・音響・通信機器、精密機械、中国の非鉄金属、電子計算機、中国のテレビ・ラジオ・音響・通信機器、次いでシンガポールの半導体・集積回路が続く(表(1)-4、図(1)-22)。

表(1)-2 インドネシアの半導体・集積回路の
間接排出係数・原単位・間接比率(PFCs)

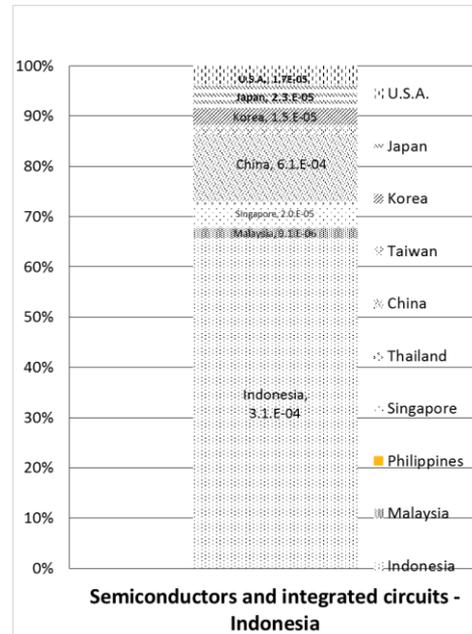
AI051	Semiconductors and integrated circuits - Indonesia	間接計	原単位	間接比率
t-CO2eq/kUS\$		4.65E-04	4.65E-04	1.000

表(1)-3 インドネシアの半導体・集積回路の
国別間接排出係数とその割合(%) (PFCs)

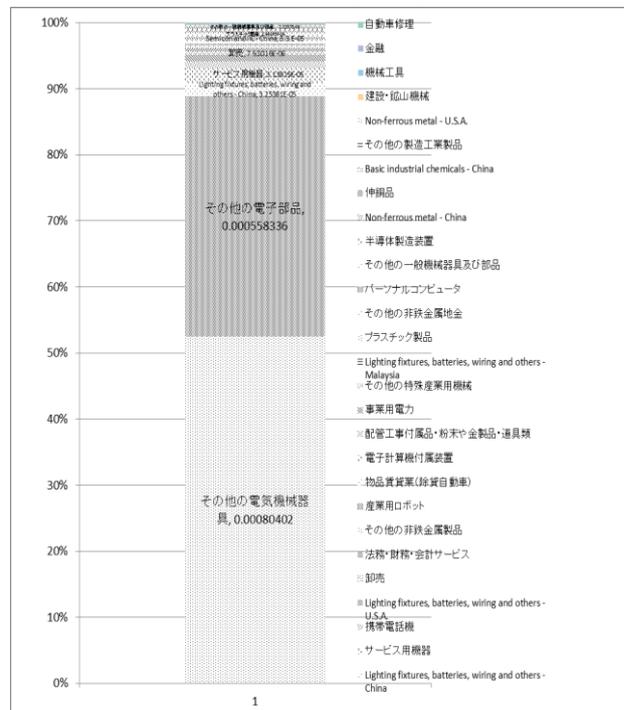
PFCs		
詳細AIO番号	AI051	
国(地域)	Semiconductors and integrated circuits - Indonesia	
U.S.A.	3.70	1.72E-05
Japan	4.89	2.27E-05
Korea	3.14	1.46E-05
Taiwan	1.62	7.54E-06
China	13.49	6.27E-05
Thailand	1.04	4.85E-06
Singapore	4.40	2.05E-05
Philippines	0.05	2.45E-07
Malaysia	1.96	9.09E-06
Indonesia	65.71	3.05E-04
合計	100	4.65E-04
単位	%	t-CO2eq/kUS\$

表(1)-4 インドネシアの半導体・集積回路の
上位30部門の間接排出係数とその割合(%) (PFCs)

AIOコード	部門名	間接排出係数	%
AI042	Non-ferrous metal - Indonesia	1.56E-04	33.56
AI054	Lighting fixtures, batteries, wiring and others-Indonesia	3.50E-05	7.52
AI043	Metal products - Indonesia	2.91E-05	6.26
AC054	Lighting fixtures, batteries, wiring and others - China	2.64E-05	5.69
AI074	Other services - Indonesia	1.88E-05	4.04
AI049	Television sets, radios, audios and communication equipment - Indonesia	1.29E-05	2.79
AI059	Precision machines - Indonesia	1.27E-05	2.73
AC042	Non-ferrous metal - China	1.09E-05	2.35
AI050	Electronic computing equipment - Indonesia	8.91E-06	1.92
AC049	Television sets, radios, audios and communication equipment - China	7.89E-06	1.70
AS051	Semiconductors and integrated circuits - Singapore	7.01E-06	1.51
AC050	Electronic computing equipment - China	6.58E-06	1.42
3E+05	電子計算機付属装置	5.45E-06	1.17
AK050	Electronic computing equipment - Korea	5.25E-06	1.13
AI048	Heavy Electrical equipment - Indonesia	4.59E-06	0.99
AI066	Transportation - Indonesia	4.29E-06	0.92
AK049	Television sets, radios, audios and communication equipment - Korea	4.29E-06	0.92
AI055	Motor vehicles - Indonesia	4.16E-06	0.90
AC048	Heavy Electrical equipment - China	3.99E-06	0.86
AI065	Wholesale and retail trade - Indonesia	3.88E-06	0.83
AU052	Other electronics and electronic products - U.S.A.	3.13E-06	0.67
AS043	Metal products - Singapore	3.12E-06	0.67
3E+05	閉閉制御装置及び配電盤	3.01E-06	0.65
AU049	Television sets, radios, audios and communication equipment - U.S.A.	3.00E-06	0.65
3E+05	半導体素子	2.75E-06	0.59
AI035	Plastic products - Indonesia	2.72E-06	0.59
AS049	Television sets, radios, audios and communication equipment - Singapore	2.64E-06	0.57
AU042	Non-ferrous metal - U.S.A.	2.55E-06	0.55
AN051	Semiconductors and integrated circuits - Taiwan	2.50E-06	0.54
AM050	Electronic computing equipment - Malaysia	2.45E-06	0.53



図(1)-21 インドネシアの半導体・集積回路の
国別間接排出係数(PFCs)



図(1)-22 インドネシアの半導体・集積回路
上位30位部門の間接排出係数(CH4)

以上から金属関係はインドネシアの非鉄金属が33.6%で1位、インドネシアの金属製品が6.26%で3位、中国の非鉄金属2.35%、シンガポールの金属製品、アメリカの非鉄金属が30位以内である。照明器具・電池・配線その他ではインドネシア7.52%が2位、中国5.69%が4位である。テレビ・ラジオ・音響・通信機器ではインドネシア2.79%が6位、中国1.70%、韓国、0.92%、アメリカ、シンガポールが30位以内である。照明器具・電池・配線その他は主に半導体後工程に用いられる配線、リード線金属部品と考えられる。電子計算機ではインドネシアが1.92%で9位、中国1.42%、日本の電子計算機付属装置、韓国、マレーシアがあげられる。重電機関係ではインドネシア、中国、日本の開閉制御装置がある。そして半導体・集積回路ではシンガポール、日本の半導体素子、台湾がある。

これより半導体でPFCsを直接排出する前工程はインドネシアにはないものと考えられる。金属製造や重電機・開閉器にかかわるPFCsの誘発が見られる。

<日本の半導体素子のPFCs>

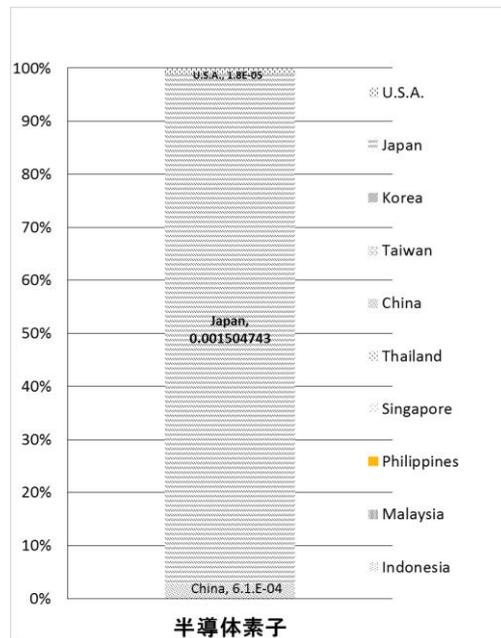
原単位は0.3945 t-CO₂eq/kUS\$と大きく、間接排出係数は0.0016 t-CO₂eq/kUS\$と小さく、間接比率は0.004と小さい(表(1)-5)。国別にみると日本が96.03%、中国が2.40%、アメリカが1.15%を占め、他は0.2%以下である。間接比率がこのように小さく原単位のほとんどが日本の半導体素子部門で直接排出されている(表(1)-6、図(1)-23)。間接の内訳を部門別にみると表(1)-7のようであり、その他の電気機械器具51.36%、その他の電子部品35.63%、ついでサービス機器、携帯電話機、などが並ぶ。国外からは中国、アメリカ、マレーシアの照明器具・電池・配線その他、中国、アメリカの非鉄金属、中国の基礎工業化学品が上位30位以内にある(表(1)-7、図(1)-24)。

表(1)-5 日本の半導体素子の間接排出係数・原単位・間接比率(PFCs)

341101	半導体素子	間接計	原単位	間接比率
PFCs	t-CO ₂ eq/kUS\$	0.0016	0.3945	0.004

表(1)-6 日本の半導体素子の国別間接排出係数とその割合(%) (PFCs)

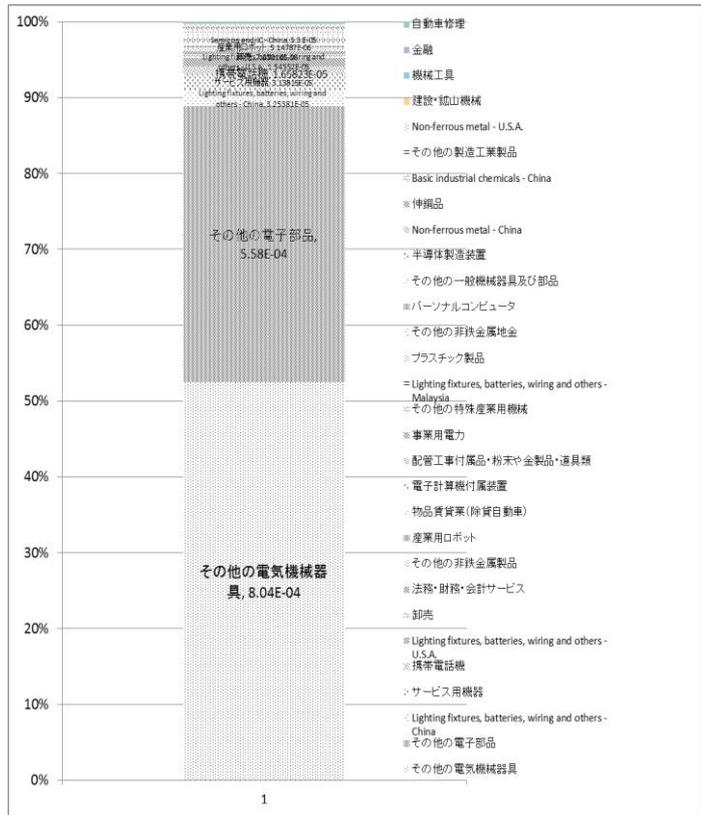
PFCs		
詳細AIIO番号	341101	
国(地域)	半導体素子	
U.S.A.	1.15	1.8E-05
Japan	96.03	1.5E-03
Korea	0.03	4.4E-07
Taiwan	0.09	1.4E-06
China	2.40	3.8E-05
Thailand	0.04	6.5E-07
Singapore	0.02	2.7E-07
Philippines	0.011	1.8E-07
Malaysia	0.20	3.2E-06
Indonesia	0.03	5.0E-07
合計	1.57E-03	1.57E-03
単位	%	t-CO ₂ eq/kUS\$



図(1)-23 日本の半導体素子の国別間接排出係数(PFCs)

表(1)-7 日本の半導体素子の上位30部門の間接排出係数とその割合(%) (PFCs)

AIIOコード	部門名	間接排出係数	%
324109	その他の電気機械器具	8.0.E-04	51.31
342109	その他の電子部品	5.6.E-04	35.63
AC054	Lighting fixtures, batteries, wiring and others - China	3.3.E-05	2.08
311201	サービス用機器	3.1.E-05	2.00
332102	携帯電話機	1.7.E-05	1.06
AU054	Lighting fixtures, batteries, wiring and others - U.S.A.	1.5.E-05	0.99
611101	卸売	7.6.E-06	0.49
851902	法務・財務・会計サービス	7.1.E-06	0.46
272209	その他の非鉄金属製品	6.4.E-06	0.41
302301	産業用ロボット	5.1.E-06	0.33
851201	物品賃貸業(除貸自動車)	3.6.E-06	0.23
333103	電子計算機付属装置	3.5.E-06	0.22
289903	配管工事付属品・粉末や金製品・道具類	3.4.E-06	0.22
511101	事業用電力	3.3.E-06	0.21
302909	その他の特殊産業用機械	3.2.E-06	0.20
AM054	Lighting fixtures, batteries, wiring and others - Malaysia	3.0.E-06	0.19
221101	プラスチック製品	3.0.E-06	0.19
271109	その他の非鉄金属地金	2.6.E-06	0.16
333101	パーソナルコンピュータ	2.4.E-06	0.16
303109	その他の一般機械器具及び部品	2.3.E-06	0.15
302904	半導体製造装置	2.3.E-06	0.15
AC042	Non-ferrous metal - China	2.2.E-06	0.14
272201	伸銅品	2.1.E-06	0.13
AC030	Basic industrial chemicals - China	1.8.E-06	0.12
391909	その他の製造工業製品	1.7.E-06	0.11
AU042	Non-ferrous metal - U.S.A.	1.7.E-06	0.11
302101	建設・鉱山機械	1.6.E-06	0.10
301902	機械工具	1.5.E-06	0.10
621101	金融	1.5.E-06	0.10
851410	自動車修理	1.4.E-06	0.09



図(1)-24 日本の半導体素子の間接排出係数(PFCs)

以上から日本の半導体素子は日本の材料・サービスと中国、アメリカ、マレーシアなどの素材・部品を用いて生産されており、これらの国にPFCsの排出を誘発していることが分かる。

表(1)-8に各国の半導体・集積回路からのGHG各ガスの間接比率を示す。

エネルギーCO₂、非エネルギーCO₂、CH₄、N₂Oほどの国も1に近いが、HFCs、PFCs、SF₆は国によって大きく異なる。HFCs、PFCs、SF₆は半導体・集積回路の製造工程の中でクリーンルーム内でウェハーにCVDによる膜形成、ドライエッチングなどにより素子を形成する工程(前工程)における洗浄用、クリーニング用に多く用いられており、この数字が1に近いほど直接排出係数が0に近い前工程が少ないと考えられる。これらの国では完成されたウェハーをチップに切断し、端子との配線形成や樹脂モールドなどの組み立てを行う後工程が中心になっていると考えられる。

表(1)-8 各国の半導体・集積回路からのGHG各ガスの間接比率

	エネルギーCO ₂	非エネルギーCO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	GHG合計
Indonesia	0.819	1.000	0.999	0.994	1.000	1.000	1.000	0.861
Malaysia	0.878	1.000	0.996	0.980	0.771	0.641	0.879	0.878
Philippines	1.000	1.000	0.996	0.967	1.000	1.000	1.000	0.999
Singapore	0.999	1.000	0.999	0.998	0.638	0.372	0.657	0.917
Thailand	0.940	1.000	0.994	0.958	1.000	1.000	1.000	0.951
China	0.954	1.000	1.000	0.996	0.799	0.472	0.431	0.946
Taiwan	0.994	1.000	0.998	0.984	0.486	0.118	0.102	0.724
Korea	0.942	1.000	0.997	0.987	0.501	0.245	0.185	0.738
日本 半導体素子	0.855	1.000	0.997	0.938	0.074	0.004	0.011	0.310
日本 集積回路	0.909	1.000	0.998	0.960	0.955	0.119	1.000	0.839
U.S.A.	0.856	1.000	0.996	0.979	0.450	0.072	0.251	0.755

以上より日本分割詳細版AIIOを用いてアジアの半導体・集積回路の生産の相互依存関係をGHGガス別に詳細に論ずることができることが示された。

4) 総括

- ①アジア各国の詳細なIOインベントリデータベースの作成を目的として、AIIOに各国表の部分を取り込んだ約2500部門からなる詳細版AIIOを開発することとし、日本のみを詳細版にしてその有効性を検証した（手法3）。
- ②詳細版AIIOによる日本の405部門の排出原単位を調べ各ガスの大きい部門につき、日本国温室効果ガスインベントリ報告書などに一致する結果を得た。
- ③日本分割詳細版AIIOによるGHG排出原単位とその間接分により素材・製品・サービスの国家間の相互依存分析を行う方法を検討し、半導体・集積回路についてGHG原単位の間接分の内訳により上流の製品・部品・素材・エネルギーが各国にまたがり、国家間の相互依存関係が分析可能となることが示された。
- ④以上から日本分割詳細版AIIOの作成手法（手法3）は有効であり、これによりアジア10カ国の各国表を取り込んだ詳細版AIIOはデータベース作成法として有効な手法となると考えられる。

（4）サプライチェーン設計への適用と会計データとの関連性分析

1) MFCA及び製品設計用の基礎データからインベントリ分析を実施できる計算ツールのプロトタイプの作成

物量表を用いて各詳細品目の物量単位（kg、kl、m²、m³、個など）ごとの単価を求め、単価表から換算係数として金額/物量単位（円/kg、円/m³など）を作成し、これよりkg、kl、m²、m³、個などの物量単位によるGHG原単位を求める計算ツールのプロトタイプを作成する。

表(1)-9にMFCA及び製品設計データからインベントリ分析を行う計算ツールの作成結果を示す。冷蔵庫の例をとりあげている²²⁾。

2005年日本IOの部門別品目別国内生産額表³⁾を用いて各詳細品目の物量単位ごとの単価を求め、これよりGHG物量原単位を求める。この場合、まず物量原単位を作成する。物量表²³⁾には6桁の列部門コードとここには表示しないが、列部門名を詳細に分けた8桁の統合品目コード及び統合品目名、さらにこれを詳細化した10桁の品目コード及び品目名により3572品目のそれぞれに対しkg、kl、m²、m³、個などの物量単位が与えられている。そして、部門別品目別国内生産額表から換算係数（金額/物量単位：円/kg、円/m³など）を作成し、これを用いてGHG各ガス及びGHG合計の金額ベースの原単位から物量ベースの原単位を作成したものを表(1)-9に示す。このシートを用いて冷蔵庫の使用素材、組立エネルギーごとの各物量原単位を求める。以下にマテリアルと物量からGHG排出量を求めるための手順を示す。

マテリアルの列には使用素材、組立ユーティリティが示されており、それぞれのマテリアル、物量が単位とともに示されている。マテリアルはまずAIIOのどの部門に属するかを選び、次にAIIO分類－各国分類対応表から最適の日本分類を選択する。次に表(1)-9では省略されているが、統合分類を選び、さらに詳細な品目名を選ぶ。対応する品目コードを入力すれば、単価表から各種単位ごとの単価が示される。これをマテリアルに用いている物量単位に直して、部門別品目別国内生産額表から単価（¥/物量単位）を求め、単価と物量との積から金額が求められる。

表(1)-9 部門別品目別国内生産額表を用いた物量ベースのGHG原単位とGHG排出量の算出表

番号	マテリアル	物量		AIO76分類		日本IO405分類		日本IO品目分類		単価表		単価および金額		物量ベース原単位		金額ベース原単位			
		単位	数値	部門番号	部門名	列部門コード	部門名	品目コード	品目名	単位	単価(円)	単価(¥/物量単位)	金額(¥)	GHG合計(t-CO2eq/物量単位)	GHG排出量(kg-CO2eq)	GHG原単位(t-CO2eq/百万円)	GHG原単位(t-CO2eq/円)	GHG排出量(kg-CO2eq)	
使用素材																			
1	塗装銅板	kg	19.33	41	鉄鋼	262302	めっき鋼材	2623021105	その他の金属めっき鋼板	t	106137	106.137	2051.6	1.648E-03	31.847	15.523	1.552E-06	31.847	
2	溶融めっき銅板	kg	3.25	41	鉄鋼	262302	めっき鋼材	2623021103	亜鉛めっき鋼板(溶融めっき)	t	85510	85.510	277.9	1.327E-03	4.314	15.523	1.552E-06	4.314	
3	電気めっき銅板	kg	3.22	41	鉄鋼	262302	めっき鋼材	2623021104	亜鉛めっき鋼板(電気めっき)	t	85510	85.510	275.3	1.327E-03	4.274	15.523	1.552E-06	4.274	
4	電磁銅板	kg	0.54	41	鉄鋼	262101	熱間圧延鋼材	2623021105	その他の金属めっき鋼板	t	106137	106.137	57.3	1.648E-03	0.890	28.794	2.879E-05	1.650	
5	冷間圧延銅板	kg	5.75	41	鉄鋼	262301	冷間仕上圧延鋼材	2623011103	冷延鋼板	t	71837	71.837	413.1	1.514E-03	8.705	21.075	2.107E-05	8.705	
6	銅	kg	1.25	42	非鉄金属	271101	銅	2711011102	電気銅	t	439500	439.500	549.4	2.245E-03	2.807	5.109	5.109E-06	2.807	
7	アルミニウム	kg	1.11	42	非鉄金属	271103	アルミニウム(含再生)	2711031401	アルミニウム再生合金、アルミニウム合金	t	221491	221.491	245.9	1.290E-03	1.432	5.826	5.826E-06	1.432	
8	ABS	kg	6.87	35	プラスチック製品	204102	熱可塑性樹脂	2041023104	ABS樹脂	t	258001	258.001	1772.5	1.960E-03	13.463	7.595	7.595E-06	13.463	
9	PS	kg	7.46	35	プラスチック製品	204102	熱可塑性樹脂	2041023101	成形材料(GP、HI)	t	125931	125.931	939.4	9.565E-04	7.135	7.595	7.595E-06	7.135	
10	PP	kg	10.48	35	プラスチック製品	204102	熱可塑性樹脂	2041024101	ポリプロピレン	t	135554	135.554	1420.6	1.030E-03	10.790	7.595	7.595E-06	10.790	
11	PVC	kg	1.22	35	プラスチック製品	204102	熱可塑性樹脂	2041025101	ポリマー	t	108243	108.243	132.1	8.222E-04	1.003	7.595	7.595E-06	1.003	
12	PUR	kg	7.48	35	プラスチック製品	204109	その他の合成樹脂	2033011108	その他	t	353101	353.101	2641.2	7.662E-03	57.312	8.751E-06	23.113		
13	冷媒アンモニア	kg	0.18	31	化学肥料・農薬	201101	化学肥料	2011011101	アンモニア	t	43360	43.360	7.8	7.815E-04	0.141	18.024	1.802E-05	0.141	
14	シクロヘキサン	kg	0.8	30	基礎工業化学製品	203202	環式中間物	2032029105	シクロヘキサン	t	84904	84.904	67.9	9.063E-04	0.725	10.675	1.067E-05	0.725	
15	紙	kg	1.08	27	パルプ・紙	181201	洋紙・和紙	1812011406	その他ざらし包装紙	t	170140	170.140	183.8	3.746E-03	4.046	22.018	2.202E-05	4.046	
16	段ボール	kg	4.41	28	パルプ・紙	181301	段ボール	1813011101	両面	千平方メートル	44868	44.868	21.9	4.265E-04	3.053	9.505	9.505E-06	3.053	
17	圧縮機	kg	7.97	45	一般機械	301901	ポンプ及び圧縮機	3019011201	往復圧縮機	台	20400.0	20400.000	20400.0	1.143E+00	95.279	4.671	4.671E-06	95.279	
18	電線	kg	0.89	54	照明器具・電池・配線他	272101	電線・ケーブル	2721011103	被覆線	導体t	2561312	2561.312	2278.6	8.096E+00	7.206	3.161	3.161E-06	7.206	
19	SBR	kg	0.14	37	その他のゴム製品	203301	合成ゴム	2033011101	スチレンブタジエンラバー(SBR)クラム(油入りを除く)	t	278345	278.345	39.0	6.040E-03	0.846	21.699	2.170E-05	0.846	
20	プリント基板	kg	0.49	52	その他の電子機器・電子工芸製品	342109	その他の電子部品	3411021701	混成集積回路	千個	197559	197.559	790.2	6.081E-04	2.433	2.908	2.908E-06	2.298	
21	その他	kg	0.8	76	分類不能	900000	分類不能												
素材合計		kg	84.72				素材合計					34566.4			257.700			221.282	
組立ユーティリティ																			
22	電力	kWh	29.9	61	電力・ガス	511101	事業用電力	5111020101	事業用火力発電	百万kWh	16198386	16.198	484.3	4.359E-04	13.033	26.910	2.691E-05	13.033	
23	都市ガス13A	m3	1.5	61	電力・ガス	512101	都市ガス	5121011101	暖房用	千立方メートル	89875	89.875	134.8	3.689E-04	0.553	4.104	4.104E-06	0.553	
24	LPG燃焼	kg	0.0055	61	電力・ガス	211101	石油製品	2111018102	化石油ガス(自動車用を除く)	t	45806	45.806	0.3	1.976E-04	0.001	4.313	4.313E-06	0.001	
25	重油燃焼	kg	0.97	34	精製石油とその製品	211101	石油製品	2111016101	B重油・C重油	M	33450	33.450	32.4	1.443E-04	0.140	4.313	4.313E-06	0.140	
エネルギー合計							エネルギー合計					691.8			13.728			13.728	
													35218.2		271.428			kg-CO2eq	235.010

物量ベースの原単位の項目では、金額ベースの(百万円あたりの)GHG原単位に、単価表から算出された換算係数をかけることにより、GHG合計値の物量あたりの原単位(t-CO₂eq/物量単位)を求めておき、これとマテリアルの物量の積からGHG排出量を求めている。金額ベースの原単位の項目では金額ベースの(百万円あたりの)GHG原単位と、単価と物量との積から求めた金額をかけることによりGHG排出量を求めている。上記の導出法から分かるように、これらの2つのGHG排出量の値はいくつかの例外項目を除き、基本的には一致する。

アジア各国では物量表・単価表が整備されておらず、物量単位でGHG原単位を求めることは困難であるが、限定された範囲で単価、重量などが入手できる場合この方法により物量ベースのGHG排出量を求めることが可能となると想定される。

2) 開発したデータベースを利用した低炭素型サプライチェーン設計手法

a. 部品調達段階の場合

図(1)-25は、AIIOによるライフサイクルインベントリデータベースを用いた部品表の構築方法である。部品表とは、各部品を生産するのに必要な子部品の種類と数量を示すリストのことである²⁴⁾。組立製品の3次元CAD(CAD: Computer Aided Design)では、各部品の寸法を得て、さらに部品ごとに代表的な素材名を与えると、各部品の重量が算出される。素材名から、産業連関表で対応する部門名を選択し、部品単価を与えることで、ライフサイクルインベントリデータベースから各部品1個あたりの環境負荷が求まる。こうして得られた環境情報を部品表に追記することで、サプライチェーン設計時に利用できることが分かった。今回の製品例での試算では、各部品の平均CO₂量は大きい順から中国、マレーシア、日本となることが分かった。

次に、作成された部品表の環境情報と製品情報を利用して、部品の環境負荷を考慮する低炭素型サプライチェーンの設計を行った。先の掃除機のCADモデルを例に、各部品サプライヤーの工場が中国及び日本の両方にあるとし、環境負荷削減目標率のもとでコストを最小化するように各部品のサプライヤーを整数計画法により決定した。サプライヤー選択では、全23部品を中国から

調達するコスト最小のシナリオと比較した。その結果、本実験の仮定のもとでは、環境負荷削減率6%の場合、ある4種類の部品のみ中国から日本のサプライヤーへ切り換えることで達成できるケースがあり、これに伴う調達コストの増加が9.7%であることを定量的に示した。最後に、開発されたアジア産業連関表によるライフサイクルデータベースを用いることによって、同様な試算がアジア各国のサプライヤー選択で可能なことを示した。

環境負荷を持つ部品表

部品番号	部品名	素材名称	個数(個)	質量(g)	調達費用(円)	AIO番号	アジア国際産業連関表(2000)	環境負荷値(g-CO2)
1	吸込み口車輪	ポリプロピレン	2	7.07	2.0	29	合成樹脂・繊維	15.03
2	車輪止め	ポリプロピレン	2	1.71	0.5	29	合成樹脂・繊維	3.63
3	吸込み口上部	ポリプロピレン	1	50.35	7.0	29	合成樹脂・繊維	53.51
4	吸込み口下部	ポリプロピレン	1	41.25	5.7	29	合成樹脂・繊維	43.84
5	掃除機ノズル	ポリプロピレン	1	34.5	4.8	29	合成樹脂・繊維	36.67
6	ハンドル右	ポリプロピレン	1	48.93	6.8	29	合成樹脂・繊維	52.00
7	スイッチ	塩化ビニル樹脂	1	4.65	0.6	29	合成樹脂・繊維	4.46
8	ハンドル左	ポリプロピレン	1	51.7	7.2	29	合成樹脂・繊維	54.95
9	本体左	ポリプロピレン	1	187.27	26.0	29	合成樹脂・繊維	199.02
10	本体右	ポリプロピレン	1	179.88	24.9	29	合成樹脂・繊維	191.17
11	ダストケースふた	メタクリル樹脂	1	36.57	9.6	29	合成樹脂・繊維	73.95
12	メッシュフィルター	炭素繊維	1	18.45	59.9	40	その他の非金属鉱物製品	438.22
13	連結パイプ	アルミニウム合金	1	47.17	10.1	42	非鉄金属	47.03
14	ダストケース	メタクリル樹脂	1	175.69	46.3	29	合成樹脂・繊維	355.25
15	排気チューブ	塩化ビニル樹脂	1	32.04	4.0	29	合成樹脂・繊維	30.76
16	フィルター上部	炭素繊維	1	17.74	57.6	40	その他の非金属鉱物製品	421.36
17	フィルター下部	ポリプロピレン	1	29.33	4.1	29	合成樹脂・繊維	31.17
18	保護キャップ	ポリスチレン(ABS)	1	22.29	4.4	29	合成樹脂・繊維	33.51
19	モータ	直流電動機	1	279.27	11,208.9	48	重電機	35546.69
20	ファン外枠ゴム	合成ゴム	1	22.85	5.6	30	基礎工業化学製品	55.96
21	ファン外枠	アルミニウム合金	1	55.11	11.8	42	非鉄金属	54.94
22	ファン下部	ポリプロピレン	1	15.08	2.1	29	合成樹脂・繊維	16.03
23	ファン	アルミニウム合金	1	62.1	13.3	42	非鉄金属	61.91

組立製品の
3次元CADモデル

開発したアジア産業連関表
インベントリデータベース

図(1)-25 開発されたインベントリデータベースを用いた部品表の構築方法

b. リユース・リサイクル段階の場合

サプライチェーンのリユース・リサイクル段階では、回収された使用済み製品を手作業で各部品に分解する。環境配慮の上では全部品を分解してリユース・リサイクルを行うことが望ましいが、作業時間が増加し人件費がかさんでしまう。そのため手分解だけでなく破砕処理も併用し、取り外し部品の取捨選択が行われる。また、部品が有する素材の種類によっては再生素材の売却益を得る部品もあり、各部品の分解作業には部品重量や取り付け方などから作業時間の長短がある。そのため、リユース・リサイクル段階における分解生産システムの設計においては、再生素材価値（再生素材価格）の向上及び分解コスト（分解時間）の削減による経済性と、ライフサイクルインベントリデータベースから各部品のCO₂量による環境負荷を同時に考慮した設計法を提案した。

はじめに、部品調達段階の場合と同様に、3次元CADを利用した部品表の作成によって、CO₂量の環境負荷情報と利益・コストの経済性の情報が同時に見える化された。次に、作成した部品表をもとに、CO₂量の環境負荷情報と再生素材価値を持つ分解作業先行順位図の作成を行った。先行順位図²⁵⁾とは、作業の実施順序に課せられた技術的制約を各作業要素の先行関係として表現した図のことであり、矢印の始点側にある作業が終点側にある作業より先に行われなければならないことを示す。サプライチェーンにおける工場の生産システム設計においては、この先行順位図を用いて作業の順序及び作業者の分担を決定するため、工場の製品から得られる経済性や環境負荷量を決定づけるものとなっている。本来の利用法は、コストや生産計画量に関わる作業時間情報

を提供するものだが、利益や環境負荷は同時に考慮されていなかった。

本設計法により、環境負荷が高い部品、再生素材価格が高い部品や作業時間が短い部品を持つ作業を把握することが可能となり、経済性と環境負荷を同時に考慮して生産システムが設計されることを示した。また、インベントリデータベースとして利用した日本の産業連関法について、積み上げ法（3次元CAD、Solid Works Sustainability）のデータと比較した結果、経済性と環境負荷による使用済み製品の分解・破砕の意思決定において、74%の部品が同じグループ分けとなる例を示し、産業連関表による方法の有用性を示した。

5. 本研究開発により得られた成果

（1）科学的意義

1) 水については、ISOCD14046に基づく日本における水の消費及び汚染に関するデータベースはなかったが、本研究により、これを満たす原単位が得られた。取水については総量、雨水、河川水、地下水、回収水に区分し、消費については総量、雨水、河川水、地下水に区分した。また水の汚染については、一次産業、二次産業、三次産業の各々に対し、N、Pの排出、流出に対する環境基準に対する希釈水を求めた。これより得られた産業分類ごとの水消費原単位（ $\text{m}^3/\text{百万円}$ ）、水汚染原単位（ $\text{m}^3/\text{百万円}$ ）はLCA用のインベントリデータとして活用でき、低炭素化活動による水資源への影響も含めて、水資源の環境影響評価手法の開発へ展開できる。本研究を利用することにより今まで算定が難しかった日本における製品やサービスのウォーターフットプリント

（WF）を簡便に算定評価することができる。またそれらの評価を増やし知見を蓄積することにより、日本全体の水への保全意識と節水技術の向上に少なからず役立つと考えられる。

2) 従来、アジア国際産業連関表はアジア諸国間の経済分析に用いられていたが、環境データベース作成に用いられたことはなかった。本研究ではアジア国際産業連関表にIEA-OECD統計を用いることにより、アジア各国の CO_2 排出量の原単位データベースを作成した。国際産業連関表とIEA-OECD統計を用いる方式は、全体の状況を短期間に把握することができる優れた方法であることが分かった。また、これによりアジア各国の CO_2 以外の環境負荷物質の原単位も推計できる見通しを得た。

3) 中国の CO_2 原単位データベースについては、従来の研究²⁶⁾では部門数が28部門と粗く、実際の製品・サービスの評価に用いることが困難であった。本研究では中国の負荷寄与率表、原燃料産出配分表を用いることにより、中国135部門の産業連関表に対応した原単位を作成したため、製品サービスの環境負荷の詳細な分析を可能とした。本手法は CO_2 のみならず、 N_2O 、 NO_x などの他の環境負荷物質にも適用できる。また、同様の手法を韓国、タイなどアジア諸国へ展開できる見通しを得た。

4) アジア国際産業連関表をEDGAR等のGHG統計データとリンクさせることによりアジア各国間の製品・サービスの流れと間接影響を把握する手法を開発した。これによりMFCAにアジア産業連関モデルを連動させ製品サービスのマテリアルフローコスト解析を行う基盤を形成できた。

5) 上記のアジア各国間の製品・サービスの流れと間接影響を把握する手法を国別に詳細化することで120分類から498分類の各国表により詳細な分類を用いてGHG原単位を作成する手法を開発し、さらに物量表・単価表が存在する場合は物量金額変換により物量単位のGHG原単位データベースとGHG排出量を求めることができた。これらの要素開発によりMFCAにアジア産業連関モデル

を連動させ、製品サービスの環境負荷を含むマテリアルフローコスト解析を行うための基盤を形成できた。

6) 開発したインベントリデータベースを利用し、CO₂排出量と会計データを設計者・マネージャに定量的に同時に示すことで、製品・サプライチェーン設計に活用されることを示した。また環境負荷の低減と経済性の向上という2つの目標を同時に支援する設計方法を開発した。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

水のインベントリデータベースは現在規格化作業中であるISO14046に沿った分析を可能にし、企業における環境パフォーマンスの実施、国全体のウォーターフットプリント実施の促進が期待される。この点に関して、ISO/TC207/SC5/WG5ウォーターフットプリント対応国内委員会にて、専門家として意見を述べた。

<行政が活用することが見込まれる成果>

アジアのLCAデータベースの作成により、アジア全体の環境負荷の見える化が可能となり、自国のみでの削減努力だけでなく、アジア全体での削減量が顕在化できるようになる。また、GHGプロトコルスコープ3や環境省・経済産業省「サプライチェーンを通じた温室効果ガス排出量算定に関する基本ガイドライン」を普及させるための基本データベースとして活用することができる。さらにこの成果により、カーボンリンケージ問題を回避し、実質的にCO₂排出量を削減する環境政策に生かすことができる。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- 1) 野田昭宏：社会関連会計研究, 23, 51-69 (2011)
「環境会計情報の環境コスト分担に及ぼす効果－インセンティブ設計からの基礎的考察－」
- 2) T. YAMADA and K. SUNANAGA: Proceedings of the 9th Global Conference on Sustainable Manufacturing, Sustainable Product Development and Life Cycle Engineering, Sponsored by the International Academy for Production Engineering (CIRP), St. Petersburg, Russia, 264-269(2011)
“Information Sharing and Utilization for Environmental Loads in Disassembly System with PLM”
- 3) 野田昭宏：社会関連会計研究, 24, 95-111(2012)
「環境負債の自発的開示：企業の環境情報開示に対する規制の影響」
- 4) T. YAMADA, K. IGARASHI, N. ITSUBO and M. INOUE: Proceedings of Northeast Decision Sciences Institute 2013 Annual Conference, Brooklyn, NY, U.S., 873-878 (2013)
“Optimal Design of Disassembly System with Environmental and Economic Parts Selection Using Life Cycle Inventory Database by Input-Output Tables”

- 5) Y. YOSHIZAKI, T. YAMADA, N. ITSUBO and M. INOUE: Proceedings of International Symposium on Scheduling 2013 (ISS2013), Tokyo, Japan, 184-189 (2013)
“Low-Carbon Supplier Selection Using Life Cycle Inventory Database in China and Japan”
- 6) T. URATA, T. YAMADA, N. ITSUBO and M. INOUE: Proceedings of International Symposium on Scheduling 2013 (ISS2013), Tokyo, Japan, 190-195 (2013)
“An Optimal Design for Global Supply Chain Network Considering CO₂ Emissions of Part Production”
- 7) 野田昭宏：社会関連会計研究, 25, 45-61 (2013)
「環境負債認識におけるコミットメントの機能-推定的債務認識の分析-」
- 8) K. IGARASHI, T. YAMADA, S.M. GUPTA, M. INOUE and N. ITSUBO: Proceedings of Northeast Decision Sciences Institute, 2014 Annual Conference (NEDSI2014), Philadelphia, Pennsylvania, U.S. (2014)
“Use of Multi Criteria Decision Making to Simultaneously Address Disassembly Cost, Recycling and CO₂ Saving Rates” (in press)

<査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) T.YAMADA, Y.SUZUKI, M.MASUI, N.ITSUBO and M.INOUE: Proceedings of the 10th Global Conference on Sustainable Manufacturing, CIRP, Istanbul, Turkey, 321-326 (2012)
“Disassembly System Design with Environmental and Economic Parts Selection Using Life Cycle Inventory Database By Input-Output Tables”
- 2) 山田哲男：日本情報経営学会誌, 33, 1, 94-100 (2012)
「持続可能なモノづくりに向けた循環型・低炭素型サプライチェーンの設計と課題」
- 3) 國部克彦、伊坪徳宏、中寫道靖、山田哲男：會計, 182, 1, 82-97 (2012)
「アジア地域を含む低炭素型サプライチェーンの構築と会計の役割」

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) G. SELIGER(Editor): Sustainable Manufacturing - Shaping Global Value Creation, Proceedings of the 8th Global Conference on Sustainable Manufacturing, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 263-268(2012)
“6.5 Information Sharing and Utilization for Environmental Loads in Disassembly System Design with PLM (T.YAMADA and K.SUNANAGA)”
- 2) 山田哲男：経営システム, 22, 3, 135-140 (2012)
「持続可能なモノづくりのための循環型・低炭素型サプライチェーンの統合へ向けて」
- 3) S.TAKAKUWA, N.H.SON and N.D.MINH (Editors): Manufacturing and Environmental Management, National Political Publishing House, 211-221 (2012)
“6.2 Design of Closed-loop and Low-carbon Supply Chains for Sustainability (T.YAMADA)”

(2) 口頭発表(学会等)

- 1) 伊坪徳宏：東京都市大学総合研究所セミナー(2011)
「環境情報の見える化ーカーボンフットプリントとウォーターフットプリントー」
- 2) T. YAMADA: Seminar on Low Carbon Supply Chains, Tianjin, China, 2011
“An Overview and Challenges in Supply Chains for Sustainability”
- 3) 野田昭宏：環境経済・政策学会2011年大会(2011)
「階層的契約過程における環境コスト分担」
- 4) 田口純也、山田哲男、伊坪徳宏：日本経営工学会平成23年度秋季研究大会(2011)
「環境負荷と経済性の部品表による低炭素型サプライチェーンの設計について」
- 5) T. YAMADA: International Symposium on Environmental Accounting and LCA for Greening the Supply Chain in Asia, Kobe, Japan, 2011
“An Overview and Challenges in Designing Supply Chains for Sustainability”
- 6) N. ITSUBO and H. YAMAGUCHI: International Symposium on Environmental Accounting and LCA for Greening the Supply Chain in Asia, Kobe, Japan, 2011
“Life Cycle Inventory Database for Asian Countries”
- 7) T. YAMADA: Manufacturing and Environmental Management under Low-Carbon Economy, Conducted under JSPS Asian CORE Program, Tokyo, Japan, 2012
“Designs and Challenges in Closed-Loop and Low Carbon Supply Chains for Sustainability”
- 8) 山田哲男：日本経営工学会、循環型サプライチェーン研究部会シンポジウム(2012)
「循環型・低炭素型のサプライチェーン設計と課題」
- 9) 山口博司、堀口健、伊坪徳宏：第7回日本LCA学会研究発表会(2012)
「中国の環境評価用IOインベントリデータベースの開発」
- 10) 堀口健、辻本真弥、山口博司、伊坪徳宏：第7回日本LCA学会研究発表会(2012)
「アジア国際産業連関表を用いた東アジア各国における温室効果ガス排出原単位データベースの開発」
- 11) 小野雄也、堀口健、伊坪徳宏：第7回日本LCA学会研究発表会(2012)
「水の消費と汚染に着目したウォーターフットプリント用データベースの開発」
- 12) S.H.YOO, J.Y.CHOI, S.H.LEE and Y.D.KIM: 2012 KSAE Annual conference, Seoul, Korea, 2012
“Estimating Green and Blue Water of Primary Crop in Korea”
- 13) Y.D.KIM and D.K.YUN: Symposium on Sustainable water resources management: Water footprint 2012
“Development of Water Footprint Database using IO table in Korea”
- 14) Y.D.KIM, N.ITSUBO and Y.ONO: Footprint concept and Input-Output table in Korea, Korean Society on Water Environment, Korean Society of Water and Wastewater City, 2012
“Water Use Intensity Development using Water”
- 15) 伊坪徳宏、野田昭宏、山田哲男：環境経済・政策学会2012年大会(2012)
「アジア諸国へのインベントリデータベースと環境負荷測定手法の開発」
- 16) T.YAMADA: JSPS ASIAN CORE PROGRAM Conference, Sustainable Manufacturing and Environmental Management, Hanoi, Vietnam, 2012

- “Design of Closed-Loop and Low-Carbon Supply Chains - A Perspective from Sustainable Manufacturing”
- 17) Y. ONO, Y.KIM, H. Horiguchi and N.ITSUBO: 10th International Conference on EcoBalance, Yokohama, Japan, 2012
 “Water Inventory Database Considering Water Consumption”
- 18) H. YAMAGUCHI, K. Horiguchi and N. ITSUBO: 10th International Conference on EcoBalance, Yokohama, Japan, 2012
 “Development of Input-Output Inventory Data Base for GHG in China”
- 19) 野田昭宏、阪智香：日本社会関連会計研究学会全国大会(2012)
 「資産除去債務会計基準適用初年度の影響分析」
- 20) 山田哲男：環境管理会計研究所 第10期サステナビリティ経営研究会第3回(2013)
 「サステナブルマネジメントのためのエコデザイン」
- 21) 山田哲男：日本経営工学会 生産物流部門第1回ワークショップ(2013)
 「サプライチェーンの低炭素化における課題とモデル化へ向けて」
- 22) 山口博司、堀口健、井伊亮太、相川瑠璃子、伊坪徳宏：第8回日本LCA学会研究発表会(2013)
 「中国のGHG 6ガスのIOデータベースの開発」
- 23) Y. ONO, M. MOTOSHITA and N. ITSUBO: SETAC Europe 23rd Annual Meeting, Glasgow, UK, 2013
 “Development of Social Impact Assessment for Water Consumption Considering Educational Opportunity and Employment”
- 24) 小野雄也、伊坪徳宏：環境経営学会(2013)
 「汚染に着目したウォーターフットプリント原単位データベースの開発」
- 25) 飯田惣也、伊坪徳宏：環境経営学会(2013)
 「自然栽培による夏野菜のウォーターフットプリント」
- 26) T. YAMADA and K. IGARASHI: 公益社団法人日本経営工学会生産物流研究部門「Lean supply chain management 構築要因に関する研究プロジェクト」国際ワークショップ, Tokyo, Japan, 2013
 “Disassembly System Design with Environmental and Economic Parts Selection toward Integration between Closed-loop and Low-carbon Supply Chain”
- 27) Y. ONO and N. ITSUBO: 6th International Conference on Life Cycle Management (LCM 2013) Gothenburg, Sweden, 2013
 “Development of Water Inventory Database and Applications to Product Life Cycle to Japanese Products”
- 28) S. IIDA and N. ITSUBO: IUMRS (International Union of Materials Research Societies), 2013
 “Water Footprint of Natural Farming for Vegetables”
- 29) T. YAMADA, N. ITSUBO, Y. OKUDERA and M. INOUE: 2013 INFORMS Annual Meeting, Minneapolis, U.S., 2013
 “Environmental and Economic Buffer Allocation Problem in Sorting Disassembly System”
- 30) K. IGARASHI, T. YAMADA, M. INOUE, N. ITSUBO and S.M. GUPTA: The Decision Sciences

- Institute (DSI), The 44th Annual Meeting, Baltimore, U.S., 2013
 “Multi Criteria Optimization Model for Disassembly Cost, Recycling Rate and Carbon Emissions”
- 31) T. KAWASAKI, T. YAMADA, N. ITSUBO and M. INOUE: The Decision Sciences Institute (DSI),
 The 44th Annual Meeting, Baltimore, U.S., 2013
 “Variation Effect of Lead Time in Designing Low Carbon Supply Chain Network including Asia”
- 32) T. URATA, T. YAMADA, N. ITSUBO and M. INOUE: The Decision Sciences Institute (DSI),
 The 44th Annual Meeting, Baltimore, U.S., 2013
 “Model and Design of Asian Supply Chain Network Considering CO₂ Emissions”
- 33) 山口博司、井伊亮太、伊坪徳宏：環太平洋産業連関分析学会第24回大会（2013）
 「詳細版アジア国際産業連関表の作成とこれを用いたGHG原単位の間接分による国際間相互依存分析」
- 34) 飯田惣也、小野雄也、伊坪徳宏：第9回日本LCA学会研究発表会(2014)
 「地域性を考慮した中国省別の水インベントリデータベースの開発」
- 35) 山口博司、井伊亮太、伊坪徳宏：第9回日本LCA学会研究発表会（2014）
 「詳細版アジア国際産業連関表を用いた国際間相互依存分析」
- 36) 小野雄也、本下晶晴、南齋規介、伊坪徳宏：第9回日本LCA学会研究発表会(2014)
 「実態を反映したウォーターフットプリントインベントリデータベースと影響評価手法の開発」
- 37) 山田哲男：公益社団法人日本経営工学会生産・物流研究部門第2回産学交流ワークショップ（2014）
 「アジア地域を含む低炭素型サプライチェーンのモデル化と設計」
- 38) 吉崎裕太、山田哲男、伊坪徳宏、井上全人：日本機械学会生産システム部門研究発表講演会2014（2014）
 「アジア国際産業連関表によるインベントリデータベースを用いたサプライヤー選択の低炭素化」
- 39) H. YAMAGUCHI and N. ITSUBO: 11th International Conference on EcoBalance, Tsukuba, Japan, 2014
 “International Interdependencies Analysis Using Detailed Asian International Input Output Table”
- 40) 吉崎裕太、山田哲男、伊坪徳宏、井上全人：公益社団法人日本経営工学会平成26年度春季大会（2014）
 「アジア・欧州のライフサイクルインベントリデータベースを利用した温室効果ガスと経済性の部品表構築」

（3）出願特許

特に記載すべき事項はない

（4）シンポジウム、セミナー等の開催（主催のもの）

- 1) シンポジウム「ウォーターフットプリントの現状と今後」（2012年11月20日、慶応大学日吉キャンパス、参加者75名）

- 2) 低炭素型サプライチェーン講演会（2013年1月23日、電気通信大学、参加者34名、共催国立大学法人電気通信大学 環境調和型ライフサイクル研究ステーション）
- 3) ウォーターフットプリント実践塾（2013年4月、7月、9月、10月、2014年1月 東京）

(5) マスコミ等への公表・報道等

- 1) 日経産業新聞（2011年11月10日、1頁）水のデータベースの開発について
- 2) 水のデータベースの公開（東京都市大学伊坪研究室HP:<http://www.yc.tcu.ac.jp/~itsubo-lab/>）
- 3) 化学工業日報 2012.12.14朝刊（10面）「東京都市大学とエコ商品研究会、三井化学が3種の農法で生産された野菜と包装材の水消費量・消費量を算出」
- 4) マイナビニュース 2012.12.14 「無農薬/無肥料の自然栽培農法が最節水 -都市大、野菜生産の水使用量を算出」（Yahoo newsとMSN newsにも同じ記事が掲載）
<http://news.mynavi.jp/news/2012/12/14/115/>
- 5) 農業協同組合新聞 2012.12.19 「自然栽培の節水率は最高 東京都市大学などが水資源保全で調査」
- 6) 環境新聞「環境フットプリント原単位データベースを公開」東京都市大学伊坪研究室（2013年6月27日）
- 7) 環境フットプリント原単位データベースの公開
化学物質、土地利用、水、鉱物資源、産業廃棄物、木材の原単位データベースを伊坪研究室ホームページに公開（2013年6月）
<http://www.yc.tcu.ac.jp/~itsubo-lab/research/EPfitiran.html>

(6) その他

<受賞歴>

- 1) 野田昭宏「環境負債の自発的開示：企業の環境情報開示に対する規制の影響」『社会関連会計研究』は、2012年度日本社会関連会計学会奨励賞を受賞した。
- 2) 小野雄也、伊坪徳宏：環境経営学会、横浜(2013)「汚染に着目したウォーターフットプリント原単位データベースの開発」によって、「口頭発表部門最優秀賞」を受賞した。
- 3) 飯田惣也、伊坪徳宏：環境経営学会、横浜(2013)「自然栽培による夏野菜のウォーターフットプリント」によって、「ポスター発表部門最優秀賞」を受賞した。
- 4) S. IIDA and N. ITSUBO: IUMRS (International Union of Materials Research Societies) (2013)
“Water Footprint of Natural Farming for Vegetables”により、“Excellent Poster Award”を受賞した。
- 5) 小野雄也、本下晶晴、南齋規介、伊坪徳宏：第9回日本LCA学会研究発表会(2014)「実態を反映したウォーターフットプリントインベントリデータベースと影響評価手法の開発」によって、「優秀口頭発表賞」を受賞した。

8. 引用文献

- 1) 中国国家统计局：中国投入産出表2007（2009）
- 2) 中国国家统计局：中国能源統計年鑑2009（2010）
- 3) 総務省統計局他：平成17年（2005年）産業連関表

- 4) 農林水産省大臣官房統計部生産流通作物統計課、日本作物統計、農林水産省ホームページ
<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/index.html> (2014.3閲覧)
- 5) 農林水産省、畜産統計調査、農林水産省ホームページ
<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tikusan/> (2014.3閲覧)
- 6) 経済産業省経済産業政策局調査統計部、平成17年確報 用地用水編、経済産業省ホームページ
<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyo/result-2/h17/kakuho/youti/index.html> (2014.3閲覧)
- 7) Institute of Developing Economics : Asian International Input-Output Table 2000
- 8) IEA/OECD (2007) ENERGY STATISTICS OF OECD COUNTRIES 2004-2005. International Energy Agency, Paris, France
- 9) European Commission Joint Research Center: Emission Database for Global Atmospheric Research,
<http://edgar.jrc.ec.europa.eu/index.php> (2014.3 閲覧)
- 10) 山口博司、井伊亮太、伊坪徳宏：環太平洋産業連関分析学会第24回大会「詳細版アジア国際産業連関表の作成とこれを用いたGHG原単位の間接分による国際間相互依存分析」(2013年10月、名古屋)
- 11) 山口博司、井伊亮太、伊坪徳宏：詳細版アジア国際産業連関表を用いた国際間相互依存分析、第9回日本LCA学会研究発表会、D3-07 (P2-082) (東京, 2014年3月)
- 12) 小野雄也、堀口健、伊坪徳宏：日本LCA学, 9, 2, 108-115 (2013)
産業連関分析を用いた日本におけるウォーターフットプリント原単位データベースの開発
<http://www.rieti.go.jp/users/kainou-kazunari/X0810GKA2.pdf>. (2014.3閲覧)
- 13) 南齋規・森口祐一、国立環境研究所：産業連関表による環境負荷原単位データブック (3EID)2005年版
http://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/jpn/page/what_is_3eid.htm (2014.3閲覧)
- 14) 戒能一成：「IEAエネルギーバランス表の概要とこれを応用した産業連関表形式エネルギー・CO₂ 物量表の作成手法について」(2006年9月)
- 15) Intergovernmental Panel on Climate Change: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/> (2014.3閲覧)
- 16) 山口博司、堀口健、伊坪徳宏：中国の環境評価用IOインベントリデータベースの開発、第7回日本LCA学会研究発表会、D2-02 (千葉, 2012)
- 17) 堀口健、辻本真弥、山口博司、伊坪徳宏：アジア国際産業連関表を用いた東アジア各国における温室効果ガス排出原単位データベースの開発、第7回日本LCA学会研究発表会、D2-03(千葉2012)
- 18) 財務省：貿易統計 (輸出統計)
- 19) 国立環境研究所GIO：日本国温室効果ガスインベントリ報告書 (2005.5)
- 20) 環境省中央環境審議会地球環境部会資料：HFC等3ガスに係る現行施策の評価と今後の削減ポテンシャル
<http://www.env.go.jp/council/06earth/y062-03/mat02.pdf> (2014.3 閲覧)
- 21) 吉岡完治ほか：環境の産業連関分析 (日本評論社、2003.6)
- 22) 伊坪徳宏ほか：LCA概論 (産業環境管理協会, 2007) 第8章の冷蔵庫のデータによる

- 23) 総務省統計局他：平成12年（2000年）産業連関表
- 24) （社）日本経営工学会編：生産管理用語、日本規格協会(2001)
- 25) 大場允晶、藤川裕晃（編著）：生産マネジメント概論 戦略編、文眞堂(2010)
- 26) 林他：日本LCA学会誌, 6, 4, 327-337(2010)

(2) 低炭素型サプライチェーン評価システムの開発

関西大学 商学部

中畠道靖・木村麻子・岡照二

平成23～25年度累計予算額：30,427千円

(うち、平成25年度予算額：9,066千円)

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

本研究は、環境管理会計手法としてプロセスでのマテリアル及びエネルギーのフローを見える化しコスト評価するマテリアルフローコスト会計（MFCA）を活用し、低炭素型サプライチェーンを管理するマネジメント手法を具体的に構築する試みである。環境管理会計に関する理論研究・事例研究、企業実態を明らかにするためのアンケート調査やヒアリング調査、さらに企業（バイヤー及びサプライヤー）との具体的な検討会などを通して、調査研究を進めた。このような調査研究をもとにマテリアルフローに付随する炭素排出量を測定するために、MFCAとサブテーマ1が開発したアジア諸国のインベントリデータベースを活用したモデルを開発した。

理論研究ならびにこれまでのMFCA導入事例の研究を通して、これからの企業にとって低炭素型環境マネジメントを構築するためのマネジメントシステムの研究ならびに理論的枠組みを提示した。また、日本の上場製造企業の購買部門を対象にアンケート調査を実施した。その結果として、MFCAをサプライチェーンに導入するための課題として、購買部門の役割の重要性が明らかにされた。また、マレーシアにおける上場製造企業を対象に日本と同様な内容のアンケート調査を実施し、調査の結果から、すでに環境保全に関する意識は一定程度有していると考えられるため、マレーシア企業のサプライチェーンへのMFCA導入に際しては、MFCAの環境負荷低減の側面を強調して周知することで、より効率的にMFCA導入が普及する可能性のあることが見出された。バイヤー・サプライヤーによる検討会では、MFCA情報のもつ経済的な動機付けに基づき、省資源化・低炭素化に向けた協働の可能性と課題が明らかとなった。

さらに、MFCA情報とアジア諸国のインベントリデータベースとの連携により、マテリアルフローに関するCO₂排出の換算量を評価するモデル化を行った。企業事例でのMFCA情報を活用して有用性を検証するとともに、MFCA情報をもとにした低炭素化に向けたマネジメント評価を試みた。

[キーワード]

マテリアルフローコスト会計（MFCA）、サプライチェーン、低炭素化、環境マネジメント

1. はじめに

本研究では最初に、MFCAをサプライチェーンへ適用するために克服しなければならない技術的課題を抽出し、アジアへの展開を念頭にその解決策を研究した。日本の生産拠点工場及び日本でMFCAを導入している企業それぞれに対して、質問票調査及びインタビュー調査を実施し、サプライチェーンへのMFCAの導入時の課題を抽出した。国内企業ならびにマレーシア・ベトナム・中国・韓国などのアジア諸国やドイツなど国内外のヒアリング調査を行った。次いで、サプライチェ

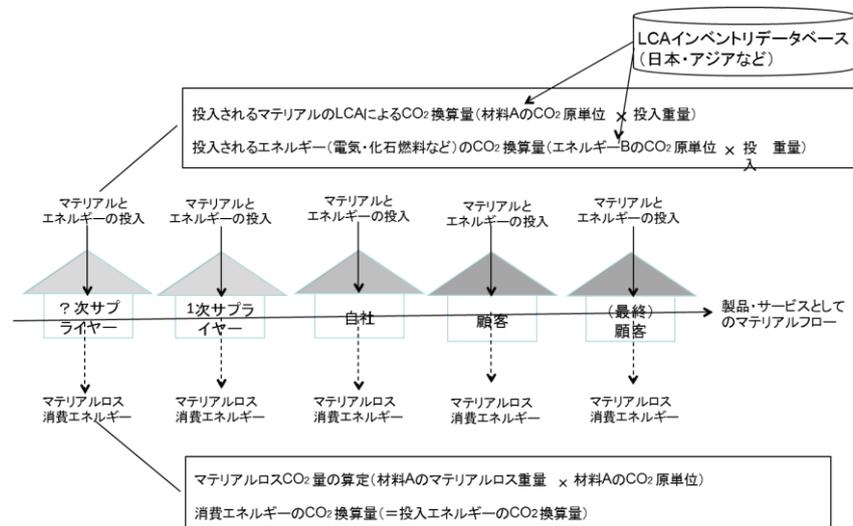
ーンに拡張されたMFCAの測定対象をマテリアルフローだけでなく、エネルギー消費にも拡張しCO₂排出情報を付加したMFCAシステムの開発を検討した。この研究開発にあたっては、すでにMFCAを導入している企業へのヒアリング調査ならびに試行実験によって、実務での実行可能性を検証しながら、具体的な手順と手法の開発を試みた。また、欧州の動向分析も継続し、アジア諸国への拡張可能性についても調査を行った。最後に、これまでの研究結果をもとにして、サブテーマ1で開発したアジア諸国のLCAインベントリデータベースとMFCAを統合することによって、より精緻なCO₂情報の評価システムの構築を目指した。さらに、低炭素型サプライチェーンを支援する経営意思決定情報を提供する環境管理会計手法を構築することで、より平易にサプライチェーンでの環境負荷を測定できる手法として、日本国内だけでなくアジアへの展開方法を研究した。

2. 研究開発目的

企業が低炭素型サプライチェーンを実現するために、企業プロセスならびに当該企業のサプライチェーンでの炭素排出状況を評価する必要がある。そのために、環境管理会計手法としてプロセスでのマテリアル及びエネルギーのフローを見える化しコスト評価するMFCAを活用し、低炭素型サプライチェーンを管理するマネジメント手法を具体的に構築する。なお、CO₂排出を測定するために、MFCAとサブテーマ1が開発したアジア諸国のインベントリデータベースを活用したモデルを開発する。

3. 研究開発方法

図(2)-1に示すようなサプライチェーンでのマテリアル及びエネルギー情報の共有を基礎とした低炭素型サプライチェーンを企業がマネジメントするために、必要とされる次の4点について研究開発を行った。



図(2)-1 MFCAとLCAとの情報統合による低炭素型サプライチェーン情報のイメージ図

まずは、①企業がMFCAを恒常的な経営情報として活用可能なマネジメントシステムを構築するために、国内外の学術文献・調査報告書などを調査研究し、さらに企業実態調査も実施した。企業経営のPDCAサイクル (Plan, Do, Check, Act) と連携したMFCAマネジメントシステムを構築す

る必要があり、具体的に、環境管理会計情報であるMFCA情報と、企業業績評価手法であるSBSC（Sustainability Balanced Scorecard）及びMCS（Management Control Systems）との連携による環境経営実現の可能性を理論的に研究した。また、企業でのヒアリング調査に基づき、そのようなマネジメントシステムの実行可能性についてもヒアリング調査した。

次に、②日本・マレーシアでの上場製造企業を対象に、サプライチェーンでの情報共有の最小単位であるバイヤー・サプライヤー間でのコミュニケーションの実態について、アンケート調査を実施した。本研究の重要な課題である東アジアでの低炭素型サプライチェーンの構築をするためには、日本を含む東アジアでのサプライチェーンでの情報共有の実態調査が重要である。まず、MFCAの導入先進国である日本企業（上場製造企業）へのアンケート調査を実施した。次いで、東アジア諸国での環境管理会計に関するヒアリング調査を実施し、結果として、東アジアの中でMFCAの事例が比較的多くあり、現地大学（IIUM：International Islamic University Malaysia）の協力が得られるマレーシアでの上場製造企業を対象にアンケート調査を実施した。

さらに、具体的なサプライチェーンでの実施可能性を検証するために、バイヤー1社とサプライヤー4社との既存の省資源化検討会を活用して、③MFCA情報の共有とマテリアルロス削減の協働実施の可能性を複数回の検討会を通して調査研究した。MFCAを当該5社でテスト分析を実施して共通理解を促進したうえで、MFCA情報の共有の可能性をヒアリング調査した。さらに、省資源化・低炭素化への取り組みへの展開、バイヤー・サプライヤー間での協働の可能性について、具体的な課題を設定しながら調査研究した。

このような研究活動を踏まえて、④サプライチェーンでの炭素排出を評価するために、図(2)-1のように、サプライチェーンでの情報共有が可能となる場合に、具体的にどのように数量化でき、企業経営上の意思決定と評価できるかをサブテーマ1で開発されたインベントリデータベースを使ってモデル化した。これまでのサプライチェーンでのMFCAの事例をもとに、マテリアル及びエネルギーに関するデータを単純化し、そのデータとインベントリデータベース情報とを連携させたモデルを作成した。そのモデル化されたデータをもとに、企業がどのようなサプライチェーンマネジメントが実施可能かを検討した。さらに、具体的に、そのような情報が企業経営においてどのように活用可能か明らかとするために、複数企業へのヒアリング調査も実施した。

4. 結果及び考察

（1）企業がMFCAを恒常的な経営情報として活用するためのマネジメントシステム研究

MFCA情報をサプライチェーンマネジメントにおいて、低炭素化を促進するマネジメント情報（マテリアルロスの削減目的）として活用するためには、まずはMFCAを自社のマネジメント情報として活用することを決定することが必須である。さらに、見える化したマテリアルロス、自社で発生するが、その削減には自社のサプライヤーやバイヤーとの協働が必要であるため、マテリアルロスを積極的に削減するサプライチェーンマネジメントの枠組みを構築することが必要となる。究極的には、自社を含むバリューチェーンにおいて、各社がMFCAを導入し、見える化したマテリアルロスの削減を自社の努力やサプライチェーンでの協働によって実現することで、高次の低炭素型サプライチェーンが構築できると考えられる。このように低炭素型サプライチェーンを積極的に構築しようとする企業をMFCAリーダーと呼ぶ。

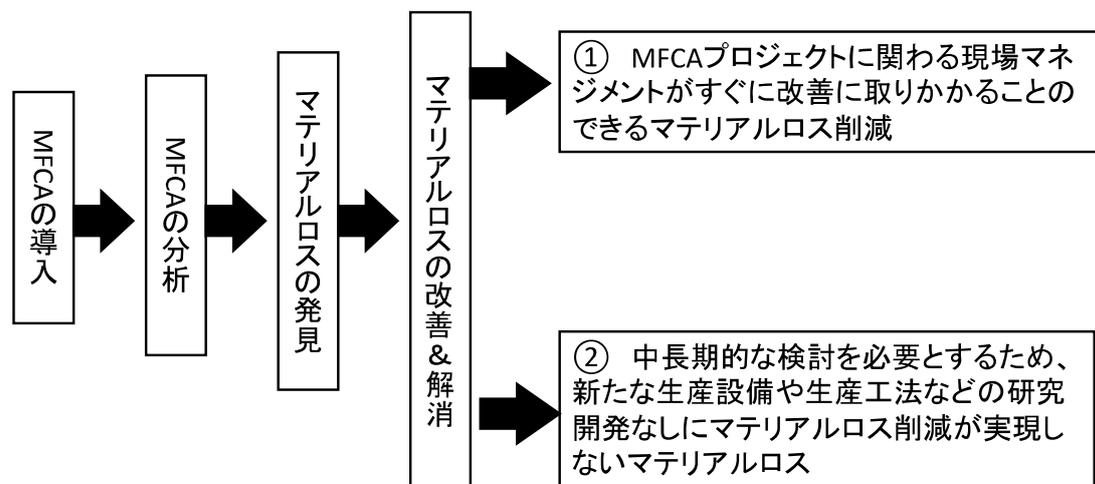
多くのMFCAリーダーを出現させるためには、MFCA情報に基づいたPDCAサイクルマネジメント

トを構築する必要があることから、1)「MFCAと既存のマネジメント手法（予算編成・改善・予算管理）との連携」について研究した。また、2)「MFCAと業績評価システムとの連携」について研究し、SBSCのなかで、MFCA情報を活用した戦略の策定とその戦略実施による効果の評価、そして、組織の業績評価の体系化が可能であることを理論的に研究した。

1) MFCAと既存のマネジメント手法（予算編成・改善・予算管理）との連携

MFCAは、製造プロセスのどこで材料ロスが発生しているかを明確にする。実務において、製造現場のオペレーター（ワーカー）は、どの工程で材料ロスが生じているかを一定程度まで認識していることもある。しかしながら、オペレーターは、各工程で生じている材料ロスの金額までは把握していない。MFCA情報は、物量のみならず金額によってもロスを明示することで、改善によって得られる収益も見える化するところに特徴のひとつがあるといえる。つまり、MFCAは、製造プロセスに潜む課題を物量と金額の両面から顕在化させ、取り組むべき課題の優先順位を与えるのである。

現実におけるMFCA導入の事例を考察するとき、企業は必ずしも見える化された個々の課題のすべてに取り組むとは限らない。その理由は、材料ロスごとに課題としての難易度及び取り組む主体となるべき部門が異なるところにある。図(2)-2は、材料ロスを2つに区分したものである。



出所：中畠・木村（2012）p.16

図(2)-2 MFCAにおける材料ロス削減に関する分類

図(2)-2に示すように、材料ロスは、削減に向けて、短期間で比較的簡単に製造プロセスの中で取り組むことができるものと、製造部門以外の協力も得ながら中長期にわたって検討の必要なものとに分けることができる。前者は、たとえば作業員ごとに異なる段取りの手順をマニュアル化することなどがあげられ、低コストであることが多い。製造部門の有する予算の範囲内で十分対応可能と言える。

それに対して後者は、製品の設計や生産工法に起因することが多く、新たな生産設備や生産工法を必要とするために、製造部門のみならず、研究開発部門や生産技術部門の協力、場合によっ

てはサプライヤーの協力を仰がなければならない。ゆえに、検討自体が長期化する傾向にあり、当該年度の製造部門の予算での対応が難しい。実際、本研究のヒアリング調査に基づけば、企業は後者のマテリアルロスの削減には取り組んでいないこともある。つまり、後者のマテリアルロスを削減するためには、以下の課題を解決しなければならない。下記のうち、②と③については組織内の課題であり、④については組織間の課題と言える。

- ①技術的な難しさ
- ②単年度予算を超える中長期的な検討の必要性
- ③複数職能にまたがる協力の必要性
- ④サプライヤーの協力の必要性

この組織内の予算としての課題に関しては、製品の開発段階や既存製品のモデルチェンジ段階でのプロジェクト化について議論されている。MFCA分析によって見える化したマテリアルロス、改善すべき課題として新たに顕在化したものであり、予算編成の基礎となる短期利益計画、あるいは長期利益計画とは整合しない可能性が高い¹⁾。また、たとえば製造部門が主体となってデータ収集を行い、分析を行った場合に、新たな生産設備や生産工法の開発が必要な改善課題が明確になったとき、その予算は研究開発予算に組み込まれるべきであり、製造部門の権限を逸脱する。つまり、予算管理の観点からマテリアルロスを課題として認識するためには、予算編成のタイミングのズレを解消すること、また当該課題を予算へ組み込むことを引き受ける部門があることの2点が重要となる。この問題について、新製品開発あるいは既存製品のモデルチェンジなどの量産前の段階で、マテリアルロスを製品設計部門、研究開発部門や生産技術部門等と共有し、その決定要因を各部門（たとえば、製造・製品設計・商品企画・研究開発など）に分類することを提案している。各マテリアルロスから発生する見積発生額（年間）・必要と予想される検討期間・予算金額・ロスを解消した場合の当該技術の波及効果などの基礎情報をもとに予算編成を行うことで、各部門にマテリアルロスへの責任を負わせようというのである²⁾。マテリアルロスを基礎とした予算編成が実現すれば、②及び③の課題が解決する可能性がある。

また、組織外の課題の解決に対して、企業はマテリアルロスの削減のためにサプライヤーの協力を求めることがある。なぜなら、サプライヤーから調達する部品がマテリアルロスの原因となることがあるからである。しかし、サプライヤーから協力を得ることは、組織内の他部門の協力を得ることよりも難しいものと思われる。一般に日本企業は、ケイレツ（系列）に代表されるように、組織間の関係が強固であるとされているものの、加工組立産業において原価等の会計情報は必ずしも共有されていないことが指摘されている³⁾。

反面、MFCA情報は物量及び金額という非財務情報と財務情報を2種の情報を提供するものである。MFCA情報の組織間の共有に関しては、物量情報のみでも有用であるとの指摘もある⁴⁾。マテリアルロスの削減に向けてサプライヤーの協力を得るためには、バイヤー・サプライヤー間の現状の関係を精査する必要があるだろう。

以上のようにマテリアルロスを削減するための課題について検討した。製造現場で発生するマテリアルロスを改善するためには、製造部門のみならず、他部門やサプライヤーの協力が不可欠である。しかしながら、現場発信型のボトムアップで他部門の予算管理や将来計画に影響を与えることは簡単ではない。従来、製造現場でデータを収集し、分析されてきたMFCA情報を全社的に周知し、協力を仰ぐためには、トップダウンによって取り組むことが望ましい。トップダウンで

MFCA情報を全社的に活用するためには、少なくともMFCAをもとにしたマネジメントシステム化が必要であろう。マネジメントシステム化を実現するためには、少なくともマネジメントシステムの理論モデルの提示、及びサプライチェーンの実態の把握が求められる。

2) MFCAと業績評価システムとの連携

企業がサステナビリティ経営を実施するにあたり、企業はサステナブル・ミッションを設定し、そのサステナブル・ミッションを達成するために、まずサステナブル・ビジョンとサステナブル戦略を策定する必要がある。そのサステナブル・ビジョンとサステナブル戦略に基づいて、より詳細に設定される目標値を達成するために、企業がそのサステナブル戦略を効果的かつ効率的に実行し、かつ、実施したサステナビリティ活動の業績を統合的に評価するためのMCSが必要になる。

本研究では、そのようなMCSをSMCS（Sustainability Management Control Systems）と呼ぶ。そして、企業内にSMCSを構築するための実践的手法として、SBSCがあげることができる。具体的にはMFCAの継続的導入におけるマネジメントシステム化について検討した。

SBSCとは、BSC(Balanced Scorecard)の4つの視点（財務の視点、顧客の視点、内部業務プロセスの視点、学習と成長の視点）に環境や社会的な側面を加えることにより、サステナビリティ活動に対して統合的に業績を評価するシステムである。また、戦略マップを同時併用することで、サステナビリティに対するビジョンと戦略を効果的かつ効率的な策定と実行を確保する戦略的マネジメントシステムとしても機能する。

次に、SBSCのフレームワークであるが、3つの類型（①サブサンクション型SBSC、②アディクション型SBSC、③インテグレーション型SBSC）に分けて検討をおこなった⁵⁾。①は従来までのBSCの4つの視点の中に環境や社会の側面を組み入れる手法である。②は従来までのBSCに5つ目の視点として環境や社会の視点を加える手法である。③は従来までのBSCにとらわれず、まったく新しい4つもしくは5つの視点をを用いてSBSCを作成する手法である。また、SBSCの導入効果であるが、従来までの企業の業績評価システムでは非財務的指標で構成される環境保全・社会貢献活動など、成果が現れるまで中長期的期間が必要な環境・社会に対する取り組みに対して適切に評価・管理することができない。一方、SBSCは上記課題を解決することができ、経営者に対して、短期的な経済的利益獲得のみに捉われず、環境保全・社会貢献に配慮した中長期的な視点を有する経営意思決定をするインセンティブを与えることができる⁶⁾。

SBSCに関する研究は理論研究のみならず、ケースリサーチやアクションリサーチがなされてきた。たとえば、欧州では、Novo Nordisk社⁷⁾、Shell⁸⁾、Flughafen Hamburg GmbH社⁹⁾、Volkswagen AG社¹⁰⁾など、日本では、リコー¹¹⁾、宝酒造¹²⁾などがあげられる（表(2)-1参照）。

表(2)-1 SBSCの3つの分類と研究機関／企業別比較表¹³⁾

[SBSC理論研究]

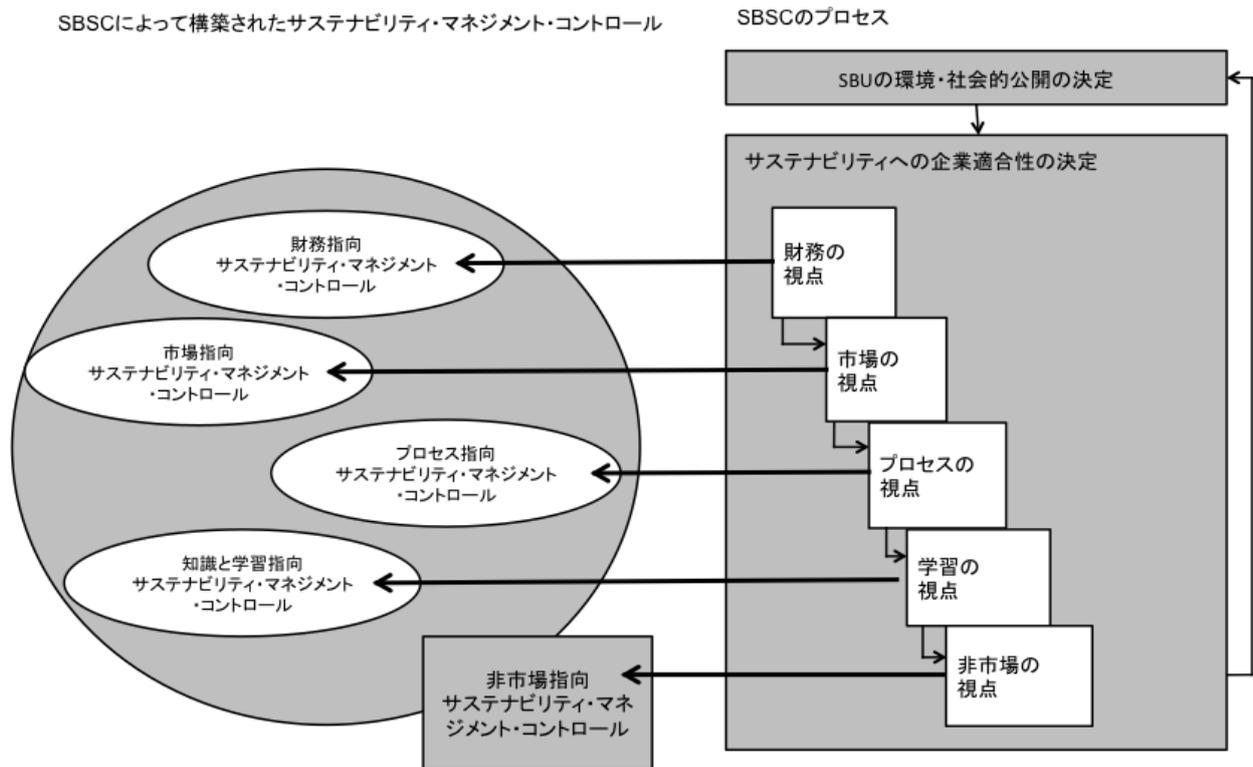
伝統的BSC	Kaplan and Norton (2001, 2004)	イギリス DTI (2003)	ドイツ BMU (2002)	EU EC
財務	財務	サステナビリティ	財務	資金提供者と所有者
顧客	顧客	外部利害関係者	顧客	顧客と供給者
内部プロセス	内部プロセス	内部	内部プロセス	内部プロセス
学習と成長	学習と成長	知識と技術	学習と成長	従業員と学習
			非市場	社会と地球
類型	サブサンクション型	インテグレーション型	アディクション型	インテグレーション型

[SBSC事例研究]

伝統的BSC	リコー	宝酒造	Novo Nordisk社	Shell社
財務	財務	財務	財務	財務結果
顧客	顧客	顧客・商品	顧客と社会	顧客
内部プロセス	内部プロセス	プロセス	業務プロセス	人間
学習と成長	学習と成長	風土・人財	人間と組織	持続的開発
	環境保全	社会・環境行動		
類型	アディクション型	アディクション型	サブサンクション型	サブサンクション型

BSCをSBSCに発展させることで、PDCAサイクルに基づくMCS、すなわち、サステナビリティ・マネジメント・コントロール (Sustainability Management Control: SMC) について議論されてきた。図(2)-3に示すように、SMCは、①財務指向SMC、②市場指向SMC、③プロセス指向SMC、④知識と学習指向SMC、⑤非市場指向SMCの5つに特徴づけることができ、それぞれSBSCの5つの視点(財務の視点、市場の視点、プロセスの視点、学習の視点、非市場の視点)と対応している。

そこで、SBSCを用いたSMCSにおいて、MFCA情報をコントロールすることが可能である。例えば、MFCAを実施して得られた金額、物量情報をSBSCの表(2)-2内部プロセスSMC指向における業績評価指標として利用することができる。つまり、MFCA導入成果である廃棄物削減量、エネルギー消費削減量などを物量単位の指標として、また、マテリアルコスト削減額、エネルギーコスト削減額などを金額単位の指標として利用すれば、経営意思決定を改善することが可能となる。このような理論研究の結果、MFCAをSBSCに導入することの有効性が示された。



図(2)-3 SBSCによって構築されたSMC¹⁴⁾

表(2)-2 SBSCの5つの視点における一般的な指標とパフォーマンス・ドライバー¹⁵⁾

タイプ	実行可能な一般的な指標	実行可能なパフォーマンス・ドライバー
1)財務指向	株主価値、RONA	最小汚染サイト、低排出コスト
2)市場指向	市場価値、取引高	引受市場、持続可能製品のための高価格
3)プロセス指向	イノベーション、プロセス効率	サプライチェーンにおけるサステナビリティ・リスク、マテリアルフローコスト
4)学習と成長指向	潜在的イノベーション	データベースサービスとサステナビリティ情報の使用
5)非市場指向	レピュテーション、法的コンプライアンス	メディアレスポンス、受賞

このようにMFCA情報が企業経営情報の中で重要性を増すと考えられることから、MFCAを省資源化及び低炭素化のマネジメント指標を提供するマネジメント情報として、全社的かつ日常的なマネジメント手法として活用すべきであろう。

(2) 日本及びマレーシアでの上場製造企業を対象に実施したアンケート調査

1) 日本における上場製造企業を対象に実施したアンケート調査

本研究の目的を達成するために、MFCAをサプライチェーンに導入するための要件や、解決すべき課題を抽出すべくアンケート調査を行った。本調査は、サプライチェーンと資源生産性の実態を把握することを目的に行った。本調査では、とくに、MFCAの認知度、業績評価指標としての環境指標・環境視点の導入の有無、サプライヤーとの情報共有の程度、の3点を主要な調査項目とした。調査の詳細は、本プロジェクトの研究結果¹⁶⁾において考察しているが、主要な成果は以下の通りである。

本調査の実施にあつては、将来MFCAをサプライチェーンへの導入することに主眼を置いているため、MFCAリーダーがバイヤーとしてサプライヤーと交渉する際の窓口となる購買担当者（購買部門・資材部門等）を調査対象とした。また、調査票は、上場企業のうち製造業（1561社）に対して、2012年2月4日（土）に発送し、2012年2月29日（水）を締切とした。調査の回収率は約22.8%（356通）であった。回答企業の業種の内訳は表(2)-3の通りである。

表(2)-3 送付・回答企業の業種内訳

業種	回答企業		送付企業	
	企業数	構成比	企業数	構成比
輸送用機器	26	7.3%	103	6.6%
非鉄金属	8	2.2%	38	2.4%
電気機器	73	20.5%	283	18.1%
電気・ガス業	3	0.8%	22	1.4%
鉄鋼	9	2.5%	54	3.5%
繊維製品	7	2.0%	58	3.7%
石油・石炭製品	2	0.6%	13	0.8%
精密機器	15	4.2%	50	3.2%
食料品	19	5.3%	131	8.4%
金属製品	24	6.7%	94	6.0%
機械	70	19.7%	236	15.1%
化学	54	15.2%	209	13.4%
医薬品	7	2.0%	56	3.6%
パルプ・紙	5	1.4%	24	1.5%
その他製品	19	5.3%	107	6.9%
ゴム製品	6	1.7%	19	1.2%
ガラス・土石製品	9	2.5%	64	4.1%
合計	356	100.0%	1561	100.0%

a. MFCAの認知度及び導入の実態

下記の表(2)-4に示すように、MFCAの認知度は24.7%と低い。また、本アンケート調査内で実施したMFCAの導入の有無に関する質問項目において、「わからない」との回答が18.0%に上っていた。MFCAの認知度の低さを考えれば当然ともいえるが、購買部がMFCAリーダーの折衝役としての役割を果たす可能性を考えれば、購買部はMFCAについて既知であることが望ましい。彼らにMFCAの概念や効果を周知する必要があるだろう。

表(2)-4 MFCAの認知度

	回答数	割合(%)
MFCAを知っている	88	24.7
MFCAを知らない	262	73.6
その他(無効)	6	1.7
合計	356	100

b. 購買部門の業績評価指標

ここでは、サプライヤーを選択する際の判断基準に関して優先順位を考察する。判断基準には、従来から重視されている納期、価格、品質に環境を加えた¹⁷⁾。表(2)-5によれば、サプライヤー選択時の最優先判断基準は、品質であり、環境を選択する企業はわずかであった。

表(2)-5 サプライヤー選択時に最優先する判断基準

	回答数	割合(%)
環境	4	1.1
納期	13	3.7
価格	104	29.2
品質	225	63.2
無回答	4	1.1
合計	356	100

購買部門は、品質を最も優先してサプライヤーを選択していることが明らかとなったが、購買部門の業績評価指標においては、必ずしも品質が最優先されているとは限らない。表(2)-6を見ると、購買部門における最大の目標阻害要因は調達価格の上昇(64.6%)である。また、表(2)-7にあるように、同品質・同納期であり、かつ環境負荷(CO₂排出量)の低い部材であっても、価格が高ければ選択しないという企業が72.2%を占めている。つまり、購買部門の業績評価指標としては、調達価格が非常に重要であり、環境はサプライヤーの選択基準としてほとんど考慮されていないことが分かる。

表(2)-6 購買部門における最大の目標阻害要因

	回答数	割合(%)
納期の遅れ	45	12.6
調達価格の上昇	230	64.6
不安定な品質	65	18.3
環境への悪影響	3	0.8
その他	10	2.8
無回答	3	0.8
合計	356	100

表(2)-7 環境負荷に差異のある部材の選択

	回答数	割合 (%)
価格差があれば部材B (CO ₂ 排出量低) は選択しない	257	72.2
部材Bの方が5%高い	53	14.9
部材Bの方が6~10%高い	10	2.8
部材Bの方が11%以上高い	2	0.6
無回答	28	7.9
その他 (無効)	6	1.7
合計	356	100

低炭素型サプライチェーン構築のためには、現状のサプライヤーとの希薄な関係を解決すべきである¹⁸⁾。さらに、組織間原価管理研究において重視された要件は、原価管理手法としての一面をもつMFCAにおいても検討すべきであろう。先行研究によれば、日本のバイヤーはサプライヤーとの協働を通じて原価低減を実現していることが指摘されている¹⁹⁾。また、現実に組織間の情報共有が行われていることや、長期間取引を行う傾向にあることも指摘されている。ただし、先行研究がケース研究を主体としていることに加え、1970・80年代の日本企業を対象としていることから、それらの知見が現在の日本企業には当てはまらないとの指摘もある²⁰⁾。たとえば、バイヤーがサプライヤーと長期的関係を築いていることについて肯定的である一方で、将来の取引の継続的保証については慎重な姿勢を見せていることを明らかにしている²¹⁾。また、前節で述べたように、原価などの一部の情報については積極的には把握されていないとも指摘されている。

そこで、ここではサプライヤーとの長期的関係の有無についてまず考察する。表(2)-8にあるように、回答企業の77.3%がサプライヤーと10年以上の取引関係を継続している。これまでの研究²²⁾で示された割合(74.8%)と大きな差はなく、現在においても購買部門の多くがサプライヤーと長期間にわたる関係を築いていることを示している。

表(2)-8 サプライヤーとの平均取引年数

	回答数	割合 (%)
1年未満	0	0.0
1~3年未満	1	0.3
3~5年未満	11	3.1
5~10年未満	53	14.9
10~15年未満	275	77.3
無回答・その他(無効)	16	4.5
合計	356	100

c. サプライヤーとの情報共有と改善活動

組織間の情報共有と協働について考察する。本調査では、バイヤーがサプライヤーの材料歩留まりを知っているか否かで情報共有の有無を、材料歩留まりの改善をサプライヤーと協働して行っているか否かで協働の有無を考察する。

材料歩留まり情報は、当該企業の製造プロセスとしての技術力を知る上で重要である。材料歩留まりの低さは、製造プロセス上の失敗コストを示している可能性も高い。つまり、材料歩留ま

りの低い企業は、製造プロセスに課題を抱えていることを示唆しているとも考えられる。バイヤーは、材料歩留まりの低いサプライヤーを積極的に支援することで、調達価格を抑えることもできるのである。

表(2)-9 サプライヤーへの発注部材に関する材料歩留まりの把握の有無

	回答数	割合(%)
把握している	146	41.0
把握していない	198	55.6
無回答・その他(無効)	12	3.3
合計	356	100

表(2)-10 サプライヤーとの材料歩留まり改善活動の有無

	回答数	割合(%)
有る	134	37.6
無い	213	59.8
無回答・その他(無効)	9	2.6
合計	356	100

回答結果において、上記の表(2)-10に示すように、サプライヤーとの材料歩留まりの改善活動を共同で行っている企業が37.6%（134社）であり、表(2)-9からサプライヤーでの材料歩留まりを把握している企業が41.0%（146社）であることが分かる。

表(2)-11 材料歩留まり情報の把握と改善活動のクロス集計

		材料歩留まり情報の把握				合計
		把握している		把握していない		
		回答数	割合(%)	回答数	割合(%)	
材料歩留まりの改善活動	している	110	32.3	22	6.5	132
	していない	33	9.7	176	51.6	209
合計		143	41.9	198	58.1	341

また、表(2)-11に示すように、回答企業の内訳をクロス集計として整理すると、サプライヤーとの材料歩留まり改善活動を協働し、かつサプライヤーの材料歩留まりを把握している企業は全体の32.3%（110社）であった。さらに、材料歩留まりを把握している企業の76.9%（110社／143社）が改善活動を協働している。なお、全体で最も多いのは、材料歩留まりを把握せず、かつ改善活動を行わない企業の51.6%（176社）であり、材料歩留まりを把握していない企業に限定すれば、88.9%（176社／198社）となる。つまり、サプライヤーとの材料歩留まりを把握している企業は改善活動を行い、材料歩留まりを把握しない企業は改善活動を行わない傾向が見られる。

MFCAを実際に導入するにあたっては、バイヤー・サプライヤー間での情報共有と共同した改善活動を行っている方がより迅速に導入することができるだろう。本来、資源生産性に課題を抱える企業がMFCAを導入することが理想ではあるが、現実に導入を考えるのであれば、すでに一定の関係を構築している企業に導入することも考えられる。全体の3分の1を占める、すでに情報共有と共同した改善活動を実施している企業にMFCAを導入する場合、次に考えるべきはどのような業態・業種に導入することが効果的であるかである。

サプライチェーンにおいて資源生産性を最大化することを考えれば、アSEMBラーへの導入が、非アSEMBラーへの導入に比べてより効果的であると思われる。なぜなら、アSEMBラーの場合、非アSEMBラーに比べて扱う部品数が多く、彼らが中心となってサプライチェーンにMFCAを導入することで、単独で導入する以上のマテリアルロスを見える化する可能性があると思われるからである。このことを前提に、質問票への回答をアSEMBラーと非アSEMBラーとに分けて考察した。なお、ここでいうアSEMBラーは、上場に際して証券分類上、機械・電気機器・輸送用機器・精密機械に分類される企業からなるものとする。

表(2)-12 材料歩留まりの把握の有無

	アSEMBラー		非アSEMBラー	
	回答数	割合(%)	回答数	割合(%)
把握している	92	51.1	54	32.9
把握していない	88	48.9	110	67.1
合計	180	100.0	164	100.0

表(2)-12は、アSEMBラー及び非アSEMBラーによる材料歩留まりの把握の有無を示している。表(2)-12によれば、アSEMBラーは、非アSEMBラーに比べてサプライヤーの材料歩留まりを把握していることが多い。全体の半数以上のアSEMBラーが、材料歩留まりを知っている。また、下記表(2)-13は、バイヤーがサプライヤーの材料歩留まりを協働して改善しているかを問うたものである。アSEMBラーは、やはり半数以上が協働して改善を行っており、非アSEMBラーの2倍近い。アSEMBラーは、非アSEMBラーよりもサプライヤーと親密な関係を築いているといえる。つまり、アSEMBラーの方が、非アSEMBラーよりもMFCAを導入する土壌が整っているものと思われる。

表(2)-13 材料歩留まりの協働した改善活動の有無

	アSEMBラー		非アSEMBラー	
	回答数	割合(%)	回答数	割合(%)
実施している	91	50.3	43	25.9
実施していない	90	49.7	123	74.1
合計	181	100.0	166	100.0

ここで、さらにアSEMBラーを業種別に分類して示す。表(2)-14によれば、輸送用機器が材料歩留まりを把握している比率がもっとも多く、次いで電気機器が多い。両者はいずれも半数以上の企業、とくに輸送用機器においては全体の76%もの企業がサプライヤーの材料歩留まりを把握していると回答している。

表(2)-14 業種別歩留まり情報把握の有無

	機械		電気機器		輸送用機器		精密機器	
	回答数	割合(%)	回答数	割合(%)	回答数	割合(%)	回答数	割合(%)
把握している	31	44.3	38	52.8	19	76.0	4	30.8
把握していない	39	55.7	34	47.2	6	24.0	9	69.2
合計	70	100.0	72	100.0	25	100.0	13	100.0

また、表(2)-15によれば、同じく輸送用機器と電気機器が歩留まり情報の改善を協働して行っている。特筆すべきは、両者がいずれも、歩留まり情報の把握以上に改善活動を協働して行っていることである。その一方、機械・精密機器は、いずれの数値も低いほか、材料歩留まりを把握している企業よりも、協働して改善活動を行っている企業の方が少ない。

表(2)-15 業種別協働した改善活動の有無

	機械		電気機器		輸送用機器		精密機器	
	回答数	割合(%)	回答数	割合(%)	回答数	割合(%)	回答数	割合(%)
実施している	27	38.6	41	56.2	21	87.5	2	14.3
実施していない	43	61.4	32	43.8	3	12.5	12	85.7
合計	70	100.0	73	100.0	24	100.0	14	100.0

表(2)-16は、歩留まり情報と協働についてのクロス集計である。表(2)-16は、歩留まり情報を把握している企業はサプライヤーとの協働を実施しており、歩留まり情報を把握していない企業はサプライヤーとの協働も行っていない可能性の高いことを示している。とくに、輸送用機器と電気機器は、歩留まり情報把握・協働実施の企業と歩留まり情報把握せず・協働実施せずの企業との合計が85%を超えており、概ねいずれかのグループに属していることが分かる。輸送用機器は、一般に原価企画導入企業が多いとされることから予想できるように、歩留まり情報を把握し、かつ協働を実施している企業が75.0%に上り、情報共有・協働を実施済みであることが分かった。本調査を見る限り、輸送用機器がMFCAを導入する土壌が最も整っていると言える。また、電気機器も輸送用機器に比べればその割合は小さいものの、半数近くの企業が情報共有・共同を実施しており、MFCAをサプライチェーンにおいて円滑に導入できる可能性は高いと言えよう。

残る機械・精密機器に関しては、情報共有・共同を実施済みの企業の割合（機械：30.3%、精密機器、15.4%）が、全企業を対象とした割合（32.3%）よりも小さい。むしろ、両業種に関しては、情報共有も共同も行っていない企業が相当数存在している。情報共有はするものの共同は実施しない企業や、情報共有はしないが協働は実施する企業が4業種とも共通して少ないことを考えると、歩留まり情報を把握する仕組みを作ることで、バイヤー・サプライヤー間の協働を促すことができるかもしれない。

表(2)-16 業種別・情報共有及び協働した改善活動の有無

	機械		電気機器		輸送用機器		精密機器	
	回答数	割合(%)	回答数	割合(%)	回答数	割合(%)	回答数	割合(%)
歩留まり把握・実施している	21	30.0	34	47.2	18	75.0	2	15.4
歩留まり把握・実施していない	10	14.3	4	5.6	0	0.0	2	15.4
把握していない・実施していない	33	47.1	28	38.9	3	12.5	9	69.2
把握していない・実施している	6	8.6	6	8.3	3	12.5	0	0.0
合計	70	100.0	72	100.0	24	100.0	13	100.0

以上、日本企業を対象にしたアンケート調査の結果、MFCAをサプライチェーンに導入するためには、①購買部門におけるMFCAの認知度は低く、MFCAの有用性を購買部門に周知すること、②購買部門に業績評価指標として環境保全に関する指標を設定すること、③バイヤー・サプライヤー間という組織間の情報共有を促進することが重要であることが示された。また、現状においてMFCAをサプライチェーンに導入するケースを蓄積することを考えれば、アSEMBラーの中でも輸送用機器及び電気機器に属する企業に導入することが望ましい。

2) マレーシアにおける上場製造企業を対象に実施したアンケート調査

本調査については、一部修正は加えたものの、原則として日本企業を対象としたものと同じの調査票を用いて、マレーシア企業を対象に行った。調査の実施にあたっては、IIUM (International Islamic University Malaysia) に調査票の郵送、回収及びデータ入力を委託した。IIUMは、日本での調査と同様に製造業に属するすべての上場企業(567社)に調査票を郵送することを意図した。しかしながら、IIUMによれば、すべての上場企業の住所を収集することができなかったため、実際には358社への郵送となった。また、調査票は2013年10月27日に郵送し、2014年1月31日まで回収作業を行った。IIUMは1度目の調査票郵送の後、一定期間を置いて2度目の郵送を行うことを予定していた。しかし、2013年12月7日の時点でわずか8社からの回答しか得ることができなかった。そこで、12月8日以降、郵送ではなく、実際に未回収の企業への電話及び訪問を通じて、趣旨を説明して調査への協力をお願いした上で、調査票を渡す形式を取ることにした。結果として、36社から調査票を回収することができた。しかしながら、回収した企業のうち、非上場企業から回収した2社、購買部門以外から回収した2社、同一企業から2通回収された1社をサンプルから除いた。最終的な調査票の回収数は31通(約8.7%)であった。送付先企業及び回答企業の業種内訳は表(2)-17の通りである。

表(2)-17 送付・回答企業の業種内訳（マレーシアの産業区分に基づく）

	回答数	割合(%)
建設業	7	22.6
最終消費財	5	16.1
産業用製品	2	6.5
公共財 (IPC)	0	0.0
炭鉱業	0	0.0
プランテーション	2	6.5
不動産	0	0.0
特定目的事業 (SPAC)	0	0.0
テクノロジー	1	3.2
その他	11	35.5
非回答	3	9.7
合計	31	100.0

サンプル数が少ないため、日本企業との単純な比較を行うことは難しいが、以下では調査結果の概要を述べる。

表(2)-18によれば、マレーシア企業の購買部門におけるMFCAの認知度は低いことが分かる。ただし、日本のようなMFCA導入に関する公的な支援実績がないこと²³⁾を考えれば、複数の企業がMFCAを認知しているということは、サプライチェーンへの導入の可能性を考えれば、一定の土壌があるものと考えられるかもしれない。また、MFCAの認知度を高めるためには、MFCAの認知がISO化によるものかどうかなど、MFCAを認知している企業に対してさらなる調査を行う必要があると思われる。

表(2)-18 MFCAの認知度

	回答数	割合(%)
MFCAを知っている	6	19.4
MFCAを知らない	20	64.5
その他(無効)	5	16.1
合計	31	100.0

次に、購買部門の業績評価指標について調査結果をもとに考察する。表(2)-19と表(2)-20を見ると、マレーシア企業は日本企業以上に価格に敏感に反応するかもしれない。日本企業はサプライヤーの選択に際して品質を重視したのに対し、マレーシア企業の半数近くが価格を最も重要視している。購買部門の最大の目標阻害要因が調達価格の上昇であることから、価格が業績評価指標として用いられている可能性がある。

表(2)-19 サプライヤー選択時に最優先する判断基準

	回答数	割合(%)
環境	1	3.2
納期	0	0.0
価格	15	48.4
品質	9	29.0
非回答	6	19.4
合計	31	100.0

表(2)-20 購買部門における最大の目標阻害要因

	回答数	割合(%)
納期の遅れ	4	12.9
調達価格の上昇	14	45.2
不安定な品質	5	16.1
環境への悪影響	1	3.2
その他	2	6.5
無回答	5	16.1
合計	31	100.0

マレーシア企業の購買部門は、価格に非常に敏感である一方で、矛盾するようでもあるが、環境に強い関心を有している可能性がある。表(2)-21によれば、サプライヤーのCO₂排出量を把握している企業が30%近く存在することが分かる。これは、日本企業が8.7%²⁴⁾しか把握していなかったことに比べると相対的に高い。また、表(2)-22からは、回答企業の22.6%が、実際にサプライヤーのCO₂削減活動を共同で実施している。同質問に対する日本企業の回答結果は6.5%であった。マレーシア企業は、CO₂削減活動をすでに日本企業以上にバイヤー・サプライヤー間で協力して行っている可能性がある。

表(2)-21 サプライヤーのCO₂排出量把握の有無

	回答数	割合(%)
把握している	9	29.0
把握していない	16	51.6
非回答	6	19.4
合計	31	100.0

表(2)-22 サプライヤーのCO₂排出量削減のための共同活動の有無

	回答数	割合(%)
実施している	7	22.6
実施していない	19	61.3
非回答	5	16.1
合計	31	100.0

さらに、表(2)-23によれば、マレーシア企業の購買部門は、環境負荷の低い部材であれば、高くても購入する可能性のあることが分かる。環境負荷の高い部材よりも、5%以上価格が高いとして

も購入すると回答した企業が、合計して35.5%である。日本企業への同質問の回答（2012年度実施）が18.3%であることを考えれば、2倍近い差がある。これらの差異は、マレーシア企業のサンプル数が小さいため、インタビュー調査によって確認する必要があるものの、マレーシア企業の購買部門はCO₂削減に関して強い関心を持っており、その削減に関しては価格と同様、あるいはそれ以上に重視する可能性がある。

表(2)-23 環境負荷に差異のある部材の選択

	回答数	割合(%)
価格差があれば部材 B (CO ₂ 排出量低)は選択しない	10	32.3
部材 B の方が 5%高い	6	19.4
部材 B の方が 5-10 %高い	4	12.9
部材 B の方が 10-15 %高い	1	3.2
部材 B の方が 15%以上高い	0	0.0
その他	2	6.5
非回答	8	25.8
合計	31	100.0

このようなアンケート結果から、マレーシアにおいて、バイヤーは、サプライヤーに対して環境負荷低減の側面を強調したMFCAの導入を推奨する方が良いかもしれないということが言える。すでにバイヤーがサプライヤーのCO₂排出量を把握しており、その削減活動も共同で実施している、あるいは、少なくともCO₂排出量に興味を持っていることをサプライヤーも知っているのであれば、環境負荷の低減は両者にとって重要な課題とも考えられる。環境負荷低減を目的として、サプライヤーにMFCA導入を促進すれば、サプライヤーにとっても受け入れやすい提案であるかもしれない。

あるいは、もし環境負荷の低減がマレーシアの企業社会において重要な課題として認識されているのであれば、サプライヤーが自発的にMFCAを導入し、環境負荷低減の成果をバイヤーに積極的にアピールすることも考えられる。MFCA分析をもとに資源生産性を高め、環境負荷と経済合理性の両側面から得られる便益をバイヤー・サプライヤー間で按分することを考えれば、サプライヤーから提案する方が健全であるかもしれない。

(3) バイヤーとサプライヤーと省資源化検討会を活用したサプライチェーンでの低炭素化に向けた協働実施の可能性に関する調査研究

1) バイヤー・サプライヤー間の検討会を通じた研究

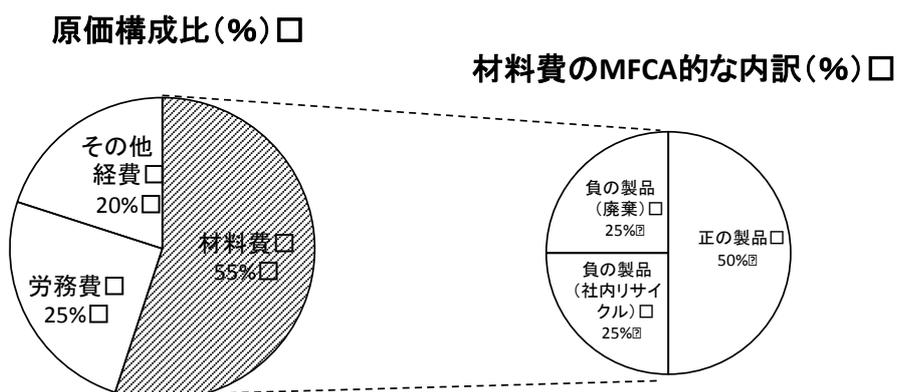
2企業間（バイヤー・サプライヤー間）での協働が必要なマテリアルロスの削減が実施可能かという研究目的で検討会を実施した。すでに他の研究費で実施していたバイヤー・サプライヤー間でのMFCA検討会において、本研究目的での低炭素型サプライチェーンに向けた協働可能性が見出せるかを検討した。

本調査・研究に関して、本サブテマリーダーはある事業会社が2008年に導入開始したMFCAプロジェクトに参画し、その後も今日までマテリアルロス削減に関する継続的調査研究を実施し

ている。その継続的な調査研究において、2011年末より始まった当該事業会社（バイヤー：X社）と同一加工業種4社（サプライヤー）とのMFCAを媒介とした省資源化・コスト削減の取り組み（以下、「MFCA-SC検討会」と本報告書では呼称する）に直接に参画し、研究調査した。

MFCA-SC検討会の目的は、バイヤー・サプライヤー間の協働による省資源化・コスト削減の実現である。まず、このMFCA-SC検討会が開始される背景を説明する。

MFCAではマテリアルロスを見える化するが、たとえば、次の図(2)-4に示すような大きな割合と内容であったとしよう。



図(2)-4 ある加工品でのMFCAによるコスト構成比（仮定の近似例として）

このような例は、プラスチック成形品の加工ではよくある状況で、製品製造コストに対して、材料費が大きな割合を占め、また、投入されたマテリアルであるプラスチック材のうち、半分は成形部品となるが、あとの半分はスプールやランナーといったプラスチック成形という加工工程ではどうしても発生してしまうマテリアルロスとして排出される。ただし、プラスチック材によっては、社内リサイクル材として使用している場合もあり、図(2)-4の事例のように、たとえば、投入したマテリアルの75%は無駄なく消費していると企業が一般的に理解（納得）していることが多い。また、廃棄されている25%も外部業者に有価で引き取られていることも多く、仕方なく排出されたマテリアルロス（投入したマテリアルの50%）も経済的に有意義に活用されていることが多い²⁵⁾。

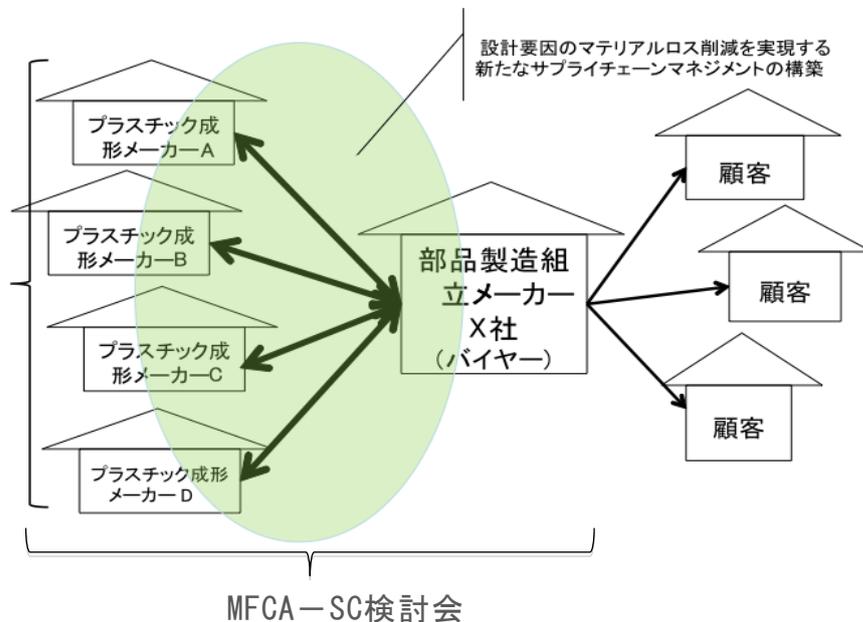
したがって、最重要課題とは、コストとしても大きく、かつ、プラスチック成形では仕方なく排出される「スプールやランナー」（マテリアルロス）の削減である。この技術的な要因によるマテリアルロスを削減（極少化）することが当該事業会社において検討された。そして、さらに、同様なプラスチック成形による外注加工先であるサプライヤーにも共通する経営課題として、X社を呼び掛け人としてMFCA-SC検討会が開始されたのである。

MFCA-SC検討会において、まず、MFCAに関する共通理解を形成するために、サプライヤー4社それぞれに対して、MFCA簡易手法（MFCAキット）を活用して、たとえば、1製品の1生産ロットを対象に、簡単なMFCA分析を実施した²⁶⁾。MFCAの特徴であるマテリアルロスの定義と、自社の工程での具体的なマテリアルロスの特定、測定方法、そして、コスト評価を理解し、MFCAから見た自社の経営課題を見える化した。さらに、バイヤーならびにサプライヤーともに、MFCAでみた

場合の問題点（たとえば、プラスチック成形での材料ロスの発生状況）を共有した。

次いで、材料ロス削減に向けて、その材料ロスの発生原因と改善方法について議論する場を設定することを目的に、各社の工場見学という形で定期的にMFCA-SC検討会を実施した。本会は、2011年末から2013年8月現在までに7回程度開催している。また、それ以外に、MFCA-SC検討会を通じて見出された課題や問題点に関して、本研究者がバイヤー及びサプライヤーに対して個別に調査・研究を進め、バイヤー・サプライヤー間の調整も行っている。

MFCA-SC検討会での最も重要な論点は、バイヤー・サプライヤー間もしくは個別企業において、材料ロス削減に向けた研究開発なり投資を伴う新たな試みをどのように実施するかである。ただし、材料ロス削減に関して、唯一無二な技術的な解（たとえば、設備）があるわけではない。しかしながら、MFCA-SC検討会には、同一加工業種のサプライヤーが集い、製品品質ならびに生産技術的にも評価が高い企業で構成された。そのため、本研究の観点からは、当初、次の図(2)-5に示すようなバイヤー・サプライヤー間の包括的な協働が生まれることを期待した。



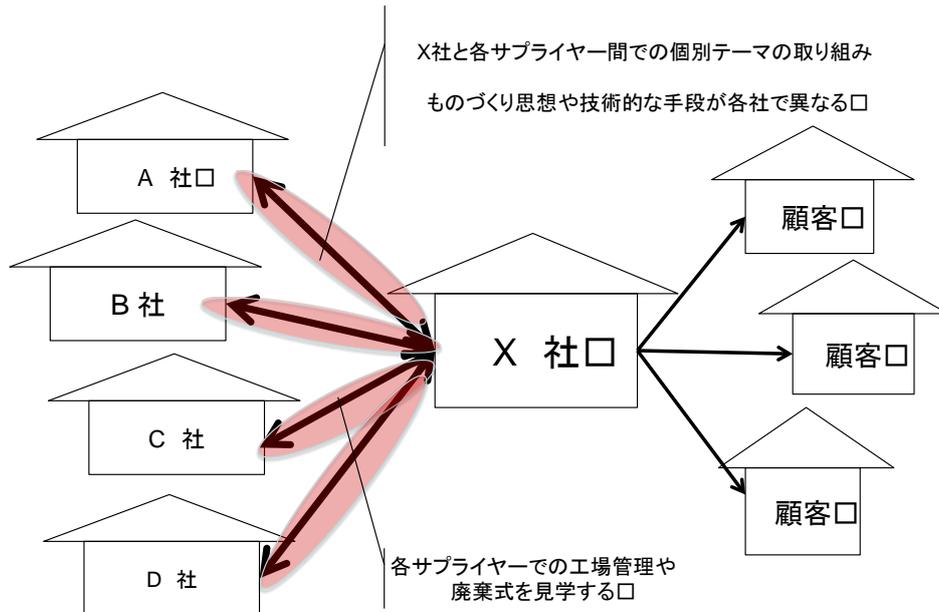
図(2)-5 本研究で期待したMFCA-SC検討会の協働

図(2)-5で網掛けをしているように、サプライヤー4社は同一業種であることから、対象となる材料ロスは共通であり、また、その解は未だ見出されておらず、さらに自社だけでは解決できないのであれば、サプライヤー4社同士とバイヤーであるX社との協働の検討によって、新たなサプライチェーンでの省資源化・低炭素化に寄与する協働が生み出されることを研究した。

本会は継続中であるが、本研究に関する成果は次節で述べる2つである。

2) MFCA-SC検討会での2つの協働

1つ目は、バイヤー・サプライヤー間でのより綿密なコミュニケーションの実現に基づく協働である。次の図(2)-6に示すように、個別のサプライヤーとバイヤーであるX社とのコミュニケーションはMFCAを通して情報の内容・質ともに向上した。向上した理由として、特定の目的を持ったMFCA-SC検討会に参加することで互いの考え方の理解が進んだこと、工場見学と並行して技術的事項を中心に検討したため、バイヤー側が価格だけでなく技術的背景を理解しながら取引できるようになったことなどが挙げられる。

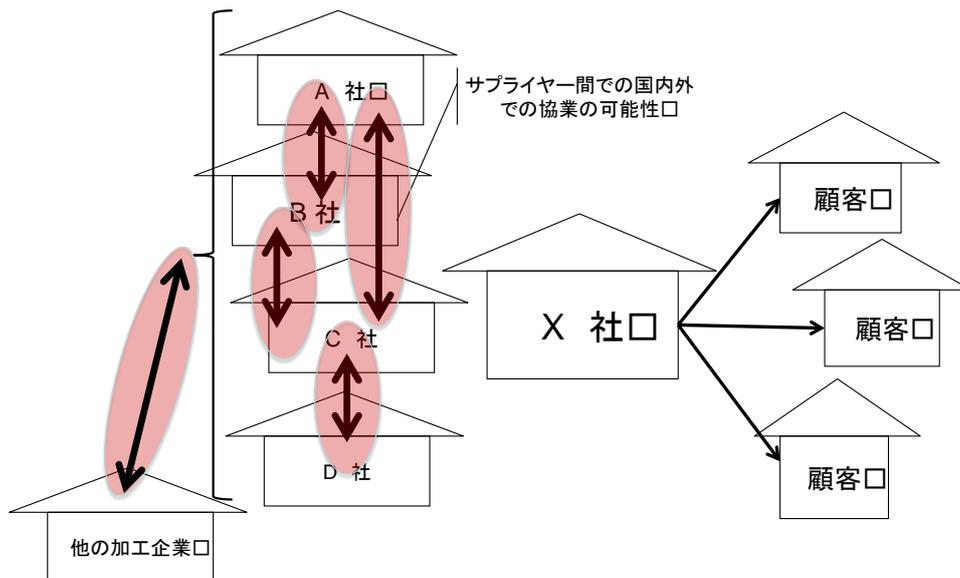


図(2)-6 MFCA-SC検討会での協働 (現状1)

また、図(2)-6に示したように、サプライヤーにとっても、MFCA-SC検討会を通して、その業界において評価の高い同業他社の工場現場や廃棄式を見たり、工場管理の考え方を聞いたりすることは自社の従業員教育ならびに経営能力を向上させる上でも有益な効果を上げている。

ただし、このようにMFCA-SC検討会が効果を上げる反面、複数の企業によるマテリアルロス削減の解を導き出し実行するという段階には至っていない。このような背景として、同一加工業種であるにもかかわらず、同じ技術課題に対して、サプライヤーそれぞれのものづくり思想が異なり、得意とする技術がそれぞれに異なることから、統一的な技術共有を目的とした活動は難しいということがある。

2つ目のMFCA-SC検討会での成果 (現状) として、サプライヤー間での協働を挙げることができる。先の説明は、バイヤー・サプライヤー間での協働は1対1の個別テーマなどを設定して、解決に向かって進捗するが、バイヤーを含めたサプライヤー間での協働は難しいというものであった。しかしながら、実際には、次の図(2)-7に示すようなサプライヤー間の協働が始まっている。



図(2)-7 MFCA-SC検討会での協働（現状2）

前節で述べたように、MFCA-SC検討会は、各企業の工場で開催され、また、海外での製造拠点での交流も実施している。この結果、たとえば、各社間での製造設備や生産状況などの理解が進み、自社とのプロダクトミックスを最適化するという観点からの協業が発想されたりもしている。また、MFCA-SC検討会は、ひとつの加工業種でのサプライヤー企業の集まりであるが、バイヤー（X社）にとっては同次元サプライヤーで、他業種の加工企業も存在する。図(2)-7にあるように、複数業種間でのコラボレーションの可能性も検討され始めている。

しかしながら、ここで問題となるのは、図(2)-7において、サプライヤーからX社への矢印（→）が無いように、ここでの協働においてバイヤーであるX社が不在であるということである。ただし、他方で、サプライヤーが図(2)-6などに示す顧客ニーズを自らよりも直接的に受け取ることが可能なバイヤーX社とのコミュニケーションを非常に重要視していることは注意すべきである。

これらのことから、本研究目的を達成するための重要な課題が明確になった。

まず、MFCAをサプライチェーンに導入普及する上で、MFCAリーダーと命名するような強力な推進企業が必要である²⁷⁾。また、MFCAを紹介し、MFCA分析によって、気づきをサプライヤーと共有し、部分的なマテリアルロス削減することはこれまでも可能であった²⁸⁾（。しかしながら、MFCA-SC検討会でのマテリアルロス削減に向けた技術的な検討には、バイヤーであるX社は、複数のサプライヤーを取り込んでマテリアルロス削減するというレベルまで、この事例ではまだ有効に機能していない。バイヤーであるX社にとっては、図(2)-5で示したような、個別のサプライヤーとの取引において、QCD（Q：品質、C：コスト、D：納期）を最適化することで十分だからである。図(2)-5に示したような本研究の期待する解があれば、その解をMFCA-SC検討会を通して、サプライヤーに共有することは可能であるが、技術開発という点では、サプライヤーのものづくり思想や技術力などに制約される。したがって、バイヤーはコストコントロールに収斂されてしまう。

このような状況を打開する方法としては、同様な技術力を持つ、ここではバイヤーであるX社が新たな技術開発をすることが重要であると思われる。これまでのヒアリング調査では、バイヤー

は当然のことながらQCDの評価の高いサプライヤーと長期的に取引する傾向にある²⁹⁾。しかしながら、そのようなQCDの評価の高い企業は、その技術力の高さゆえに基幹となる製造方法や既存の製造設備を大きく変更することはほとんどない。また、バイヤー企業も好んでサプライヤー独自の製造方法の変更という不確定要因を受け入れようとはしない。このような状況を打開するためには、サプライヤーである自社の製造方法を、たとえば、自らの発案でバイヤーの了解のもと、変更した事例を数多く積み重ねることが重要である。

たとえば、キヤノンでのレンズの製造工程でのMFCAの事例は参考になると考えられる。この事例は、キヤノンにとってサプライヤーである硝材メーカーと、「お互いにロス情報を共有し、協力して解決に取り組むことで、環境面、コスト面、技術面で成果を上げ、市場での優位性においてWin-Winの関係を実現することができた」と報告している³⁰⁾。この硝材メーカーとキヤノンの取引関係は長く、比較的スムーズなコミュニケーションによって、このような成功例を生み出したと考えられる。この場合には、双方向的な既存の基盤に対する破壊と創造的なイノベーションが生じたと言えよう。今後、このような成功を促進するMFCAマネジメントの開発が重要である。

本研究を通して、サプライヤー間での協働は、同一のバイヤーに対して実施することにおいて、利害が対立する可能性が高く、難しいことが改めて分かった。しかしながら、マテリアルロスの削減というテーマは、バイヤー・サプライヤー間での技術的な容易性と困難性の理解を促進する可能性が高く、サプライヤー（1社）とバイヤー（1社）とのマテリアルロス削減に向けた協働は実施可能であることも分かった。また、同業種のサプライヤー間での協働も、マテリアルロスの発生という視点では共通性が見出せることから、全てのサプライヤー同士とは行かないが、マテリアルロス情報の共有がサプライヤー間での新たな協働を生み出す可能性があることが明らかとなった。このように新たな発見を見出す一方で、何よりも大きく公表される成功例がないことが課題として挙げられる。とくに、バイヤー・サプライヤー間での協働によって導き出される成功結果の帰属や成功利得の配分など、法制度的に解決すべき点と商習慣的に解決すべき点があるように思われる。ただ、これまでの日本の中堅・中小企業は大企業との系列の中で、バイヤー・サプライヤー間での取引経験が長くあると思われる。そのような経験が、たとえば、MFCAを活用した低炭素型サプライチェーンの構築の基盤として活かすことが可能であると思われる。このようなものづくり基盤を活かすことが今後重要である。

（４）MFCAとLCAの統合モデルの開発研究

MFCAをサプライチェーンでの企業間で導入し、データを共有することができれば、本研究プロジェクトのサブテーマ1で開発したインベントリデータベースの温暖化ガスを基礎とした環境負荷情報（CO₂換算量）との連携は単純な算定で実施可能である。本研究では、以下に示す①から④のデータを対象に、それぞれのCO₂換算量とコストを算定することとした。なお、それぞれの計算データにおいて、物量はMFCAより、購入単価は既存の原価データより、CO₂換算量の原単位はインベントリデータベースより入手される。

データの範囲とコストとCO₂換算量の算定式

①マテリアル（投入：良品・マテリアルロス）

$$\text{CO}_2\text{換算量} = \text{物量} \times \text{原単位}$$

コスト＝物量×購入単価

②エネルギー（投入：電気）

CO₂換算量＝物量×原単位

コスト＝物量×購入単価

③水（投入：井戸水・購入水）

CO₂換算量＝物量×原単位

コスト＝物量×購入単価

④運送（トラック輸送：軽油またはガソリン）

CO₂換算量＝物量×原単位

コスト＝物量×購入単価

このような考え方をもとに計算した事例として、次の表(2)-24を作成した。

表(2)-24 4社からなるサプライチェーンでの算定事例

区分	No.	マテリアル	単位	原単位 [t/円]および単 価/kg	サプライチェーン全体(サプライヤーA・B・C・A・バイヤーX) 日本国内				
					総投入量 t	製品	率	マテリアルロス	率
主材料	1	鉄材	t-CO ₂ eq/円	2.87936E-05	2.879	1.296	45.0%	1.584	55.0%
			円	¥200	¥100,000	¥45,000	45.0%	¥55,000	55.0%
	2	硫酸ニッケル	t-CO ₂ eq/円	1.59511E-05	0.011	0.009	80.0%	0.002	20.0%
			円	¥500	¥710	¥568	80.0%	¥142	20.0%
	3	塩化ニッケル	t-CO ₂ eq/円	1.59511E-05	0.003	0.003	80.0%	0.001	20.0%
			円	¥600	¥213	¥170	80.0%	¥43	20.0%
	4	ニッケル	t-CO ₂ eq/円	4.29881E-06	0.012	0.010	80.0%	0.002	20.0%
			円	¥2,000	¥2,840	¥2,272	80.0%	¥568	20.0%
主材料 合計			t-CO ₂ eq		2.906	1.317	45.3%	1.589	55%
			円		¥103,763	¥48,010	46.3%	¥55,753	54%

本事例では、サプライヤー（A社・B社・C社）及びバイヤー（X社）の日本企業4社からなるサプライチェーンにおいて、MFCA分析を実施し、そのマテリアルフロー及びエネルギー消費・水消費を物量単位で測定・把握し、その物量データに基づいて、上記の算定式に基づき計算したものである。上記の表(2)-24では主材料だけしか例示していないが、補助材料・包装材・エネルギー・水など、一般的なMFCA分析で対象とするマテリアルデータに基づいて分析している。

ここで示しているように、MFCAデータ（コスト）情報に基づき、本サブテーマで定義した各マテリアルフローに関して、それぞれCO₂換算量を算定することは可能であることが判明した。この場合には、主材料が分析対象となるが、この製造プロセスでは、投入されたマテリアルが背負ってきたCO₂の約55%が製品として、次のプロセスに引き渡せないことを表している。この数値の大きさを評価するためには比較対象が必要であるが、まずは、プロセスの低炭素化評価の尺度を数量化できたと言える。当該プロセスとしては、この見える化した低炭素化のレベルをさらに向上させるために、MFCAに基づくプロセス改善を実施することができると考えられる。

続いて、東アジアでの低炭素型サプライチェーンの構築に向けた評価システムとしては、各国の企業が同じくMFCAを導入したとして、CO₂換算量を算定する際には、その算定結果の精度と有用性はサブテーマ1が提供するLCI情報に依存する。

次に示す表(2)-25は、日本により近いレベルのデータ精度があると予想される韓国のインベントリデータである。先ほど示したように、表(2)-25のように投入マテリアルごとのCO₂換算量の原単

位が提供されれば、MFCAデータに基づき、国別・企業別の表(2)-24を作成することが可能である。

表(2)-25 MFCAとLCA用インベントリデータベースの統合モデルのデータ例

US\$/JPY	マテリアル	材質等	原データの単位	日本IO405分類		AIO78分類		日本GHG原単位		韓国IO404分類		韓国GHG原単位		韓国/日本
				部門番号	部門名	部門番号	部門名	GHG原単位(t-CO2eq/百)	GHG原単位(t-CO2eq/円)	部門番号	部門名	GHG原単位(t-CO2eq/百)	GHG原単位(t-CO2eq/円)	
107.77	番号													
	1	鉄材	¥	262101	熱間圧延鋼材	41	鉄鋼	28.793567	2.87936E-05	200	熱間圧延鋼材	20.74475512	2.0745E-05	72%
	2	材料パレット	kg	161909	その他の木製品	26	その他の木製品	2.7657462	2.76575E-06	123	その他の木製品	7.518981822	7.519E-06	272%
	3	鉄バンド	kg	264909	その他の鉄鋼製品	41	鉄鋼	10.296734	1.02967E-05	206	その他の鉄鋼一次製品	8.033211033	8.0332E-06	78%
	4	加工油	¥	211101	石油製品	34	精製石油とその製品	4.3129957	4.313E-06	147	その他の石油精製品	5.755750274	5.7558E-06	133%
	5	ウエス	¥	151201	綿・スフ繊維	19	その他の布製品	7.754159	7.75416E-06	96	綿織物	9.915103638	9.9151E-06	128%
	6	製品箱	kg	221101	プラスチック製品	35	プラスチック製品	4.5828894	4.58289E-06	173	産業用プラスチック製品	12.36968176	1.237E-05	270%
	7	エネルギー	¥	511101	事業用電力	61	電力・ガス	26.910237	2.69102E-05	306	火力発電	91.02721243	9.1027E-05	338%
	8	洗浄液	¥	207101	石けん・合成洗剤・界面活性剤	33	その他の化学製品	5.696171	5.69617E-06	163	石鹸と洗剤	12.29961462	1.23E-05	216%
	9	洗浄フィルター	¥	271103	アルミニウム(含再生)	42	非鉄金属	5.8260963	5.8261E-06	213	一次アルミニウム製品	16.64944992	1.6649E-05	286%
	10	トレー	kg	264909	その他の鉄鋼製品	41	鉄鋼	10.296734	1.02967E-05	206	その他の鉄鋼一次製品	8.033211033	8.0332E-06	78%
	11	井水	kg(L)	521101	上水道・簡易水道	62	水供給	1.7457034	1.7457E-06	311	給水	65.13614487	6.5136E-05	3731%
	12	鉄材	¥	262302	めっき鋼材	41	鉄鋼	15.52275	1.55227E-05	205	表面処理鋼材	17.67568365	1.7676E-05	114%
	13	硫酸ニッケル	¥	202909	その他の無機化学工業製品	30	基礎工業化学製品	15.951103	1.59511E-05	153	基礎無機化合物	23.24914612	2.3249E-05	146%
	14	塩化ニッケル	¥	202909	その他の無機化学工業製品	30	基礎工業化学製品	15.951103	1.59511E-05	153	基礎無機化合物	23.24914612	2.3249E-05	146%
	15	ニッケル	¥	271109	その他の非鉄金属地金	42	非鉄金属	4.2988123	4.29881E-06	211	その他の非鉄金属地金	15.09888109	1.5099E-05	351%
	16	洗浄剤	重曹	202101	ソーダ工業製品	30	基礎工業化学製品	29.647144	2.96471E-05	153	基礎無機化合物	23.24914612	2.3249E-05	78%
	17	井水	¥	521101	上水道・簡易水道	62	水供給	1.7457034	1.7457E-06	311	給水	65.13614487	6.5136E-05	3731%
	18	純水	¥	521101	上水道・簡易水道	62	水供給	1.7457034	1.7457E-06	311	給水	65.13614487	6.5136E-05	3731%
	19	苛性ソーダ	¥	202101	ソーダ工業製品	30	基礎工業化学製品	29.647144	2.96471E-05	153	基礎無機化合物	23.24914612	2.3249E-05	78%
	20	塩酸	¥	202909	その他の無機化学工業製品	30	基礎工業化学製品	15.951103	1.59511E-05	153	基礎無機化合物	23.24914612	2.3249E-05	146%
	21													
	22	洗浄剤1	?	207101	石けん・合成洗剤・界面活性剤	33	その他の化学製品	5.696171	5.69617E-06	163	石鹸と洗剤	12.29961462	1.23E-05	216%
	23	洗浄剤2	?	207101	石けん・合成洗剤・界面活性剤	33	その他の化学製品	5.696171	5.69617E-06	163	石鹸と洗剤	12.29961462	1.23E-05	216%
	24	硫酸	¥	202909	その他の無機化学工業製品	30	基礎工業化学製品	15.951103	1.59511E-05	153	基礎無機化合物	23.24914612	2.3249E-05	146%
	25	光沢剤1	?	203101	石油化学基礎製品	30	基礎工業化学製品	7.1451626	7.14516E-06	148	石油化学基礎製品	14.04379504	1.4044E-05	197%
	26	光沢剤2	?	203101	石油化学基礎製品	30	基礎工業化学製品	7.1451626	7.14516E-06	148	石油化学基礎製品	14.04379504	1.4044E-05	197%
	27	希硫酸	kg(L)	202909	その他の無機化学工業製品	30	基礎工業化学製品	15.951103	1.59511E-05	153	基礎無機化合物	23.24914612	2.3249E-05	146%
	28	軽油	L	211101	石油製品	34	精製石油とその製品	4.3129957	4.313E-06	143	軽油	3.549562965	3.5496E-06	82%
	29	ガソリン	L	211101	石油製品	34	精製石油とその製品	4.3129957	4.313E-06	140	ガソリン	3.059984847	3.06E-06	71%

CO₂換算量がMFCA情報とともに、数値で提供できるということは大きな進歩ではあるが、実務での活用という点では、課題もある。例えば、MFCA情報が投入材料という細かな単位(細目)であるにもかかわらず、インベントリデータは具体的に投入原材料(商品)レベルのデータではなく、また、日本以外の東アジアでのデータはさらに大きな項目でのデータとなることから、企業意思決定上での情報の質が異なる。MFCAでの経営意思決定とインベントリデータベース情報に基づく経営意思決定とを統合することには工夫が必要と思われる。そのためには、低炭素型サプライチェーンを構築するうえで、企業はコスト削減効果とCO₂削減効果という2つの異なる次元の目標を、うまく組み合わせることが求められる。本研究で開発したMFCAとLCAの統合モデルはそのための経営支援ツールとして活用できる。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

これまで、理論的には、MFCAとLCAとの情報統合は環境保全上重要であり、環境経営を具体的に推進するためには必要な経営情報を提供すると言われてきた。しかしながら、具体的にMFCAとLCAを統合した経営情報とは何かという提示はされていなかったが、本研究の成果によって、より具体的なMFCA・LCA統合情報の一例を提供でき、今後の発展に向けた課題をさらに見出すに至った。さらには、環境経営情報として東アジアを範囲とした製造業という広域エリアを対象と

して環境保全に貢献できる事業活動の可能性を示している。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

ISO/TC207及びJISCに対して、本研究成果に基づき、組織間マテリアルフローコスト会計の有効性を提言し、新規格の提案及び可決に貢献した。

<行政が活用することが見込まれる成果>

アジアでのライフサイクルインベントリデータベースと MFCA の統合モデルを開発することによって、企業によるアジア地域での低炭素及び低環境負荷活動を支援する政策的な枠組みを検討することを可能にした。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- 1) M. NAKAJIMA and A. KIMURA: Proceedings of the 2nd EMAN Africa Conference (2011)
“Material Flow Cost Accounting Integrated with Budget Control”
- 2) 中畠道靖、木村麻子：原価計算研究, 36, 15-24 (2012)
「MFCAによる改善活動と予算管理」
- 3) 飛田甲次郎、中畠道靖、木村麻子：原価計算研究, 37, 64-75 (2013)
「全体最適化に資するMFCAの拡張：MFCAとTOCの総合補完性」
- 4) T. OSHIKA, S. OKA and C. SAKA : The Journal of Management Accounting, Japan Supplement2, 81-97 (2013)
“Connecting the Environmental Activities of Firms with the Return on Carbon (ROC): Mapping and Empirically Testing the Sustainability Balanced Scorecard (SBSC)”
- 5) M. SCHMIDT and M. NAKAJIMA: Resources, 2, 3, 358-369 (2013)
“Material Flow Cost Accounting as an Approach to Improve Resource Efficiency in Manufacturing Companies”
- 6) 木村麻子、中畠道靖：社会関連会計研究, 25, 13-28 (2013)
「低炭素型サプライチェーン構築に向けたMFCA導入の課題：バイヤー・サプライヤー間の情報共有度・資源生産性情報に関するアンケート調査をもとに」
- 7) 中畠道靖、木村麻子：原価計算研究, 38, 1 (2014) (初稿済、近刊)
「サプライチェーンへのMFCA活用の課題：バイヤー企業とサプライヤー企業とのヒアリング調査を通じて」

<査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) M.NAKAJIMA and A.KUMURA: Proceedings of the 15th EMAN Conference, Helsinki, Finland (2012)
 “Material Flow Cost Accounting (MFCA) Management to Establish Green Supply Chain: Based on a Questionnaire Research in Japan”
- 2) M. NAKAJIMA, A. KIMURA and B. WAGNER: Proceedings of the 16th EMAN Conference Dresden, Germany (2013)
 “Controlling Resource Flows to Improve Low-carbon Supply Chains with the Help of Material Flow Cost Accounting (MFCA)”
- 3) M. NAKAJIMA and S. OKA: Proceedings of the 16th EMAN Conference, Dresden, Germany (2013)
 “Sustainable Management Established by MFCA and SBSC”
- 4) 國部克彦、伊坪徳宏、中寫道靖、山田哲男：會計, 182, 7, 82-97 (2012)
 「アジア地域を含む低炭素型サプライチェーンの構築と会計の役割」

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) 中寫道靖、木村麻子：環境管理, 48, 7, 621-627 (2012)
 「実践マテリアルフローコスト会計(82)MFCAのISO化によるアジアへの展開：マレーシア・ベトナムを例として」
- 2) 中寫道靖、木村麻子：関西大学商学会 Working Paper Series, 31, 1-31 (2013)
 「サプライチェーン及び資源生産性に関するアンケート調査概要」
- 3) 中寫道靖、岡照二：関西大学商学論集, 57, 4, 81-95 (2013)
 「低炭素型社会に資する環境管理会計研究の国際比較ードイツ・日本・中国を中心にー」
- 4) 中寫道靖、國部克彦：環境管理、49, 4, 68-72 (2013)
 「MFCAとLCAとの交流とその可能性：エコバランス国際会議2012から」
- 5) 中寫道靖、岡照二、呉綺：関西大学商学論集, 58, 2, 37-48 (2013)
 「中国における環境管理会計の構築に向けてー中国の持続的経済発展に寄与するMFCAー」
- 6) A. KIMURA and M. NAKAJIMA: Kansai University Review of Business and Commerce, 16, 1-21 (2014)
 “The Potential for MFCA Popularization Revealed Through Information Sharing in Supply Chains”

(2) 口頭発表（学会等）

- 1) 中寫道靖、木村麻子：第37回日本原価計算学会(2011)
 「MFCAによる改善活動と予算管理」
- 2) 中寫道靖、木村麻子、岡照二：第70回日本会計研究学会(2011)
 「低炭素型サプライチェーンを支援する環境管理会計の可能性」
- 3) 岡照二：第70回日本会計研究学会(2011)
 「サステナブル経営におけるMFCA情報とSBSCの統合」
- 4) M. NAKAJIMA and A. KIMURA: The 2nd EMAN Africa Conference, Limpopo, South Africa, 2011

- “Material Flow Cost Accounting Integrated with Budget Control”
- 5) 中嶋道靖、岡照二：日本管理会計学会2011年次全国大会(2011)
「MFCAとBSCの連携による環境マネジメントの可能性について」
 - 6) M. NAKAJIMA: MFCA Seminar, Organized by Federation of Malaysian Manufacturers (FMM),
Kuala Lumpur, Malaysia, 2011
“Shifting Focus to Waste: How Japanese Companies Uses MFCA to Increase Profit”
 - 7) M. NAKAJIMA: Seminar on MFCA, Supported by Vietnam Productivity Organization, Ho Chi Ming
City, Vietnam, 2011
“The Development of MFCA and Its Future Possibilities”
 - 8) M. NAKAJIMA: International Symposium, Environmental Accounting and LCA for Green the
Supply Chain in Asia, at Kobe University, Japan, 2011
“Material Flow Cost Accounting (MFCA) for Greening the Supply Chain”
 - 9) 飛田甲次郎、中嶋道靖、木村麻子：日本原価計算研究学会2011年度関西西部会(2012)
「全体最適化に資するMFCAへの拡張-TOCの観点から-」
 - 10) 中嶋道靖：日本管理会計学会2012年度第1回関西・中部部会(2012)
「統一論題 MFCAのサプライチェーンの展開」
 - 11) T. OSHIKA, C. SAKA and S. OKA: American Accounting Association Annual Meeting, Washington
D.C., U.S., 2012
“Why It Pays to Be Green? An Empirical Investigation of Carbon SBSC”
 - 12) 中嶋道靖、岡照二：日本会計研究学会第71回大会(2012)
「低炭素型社会に資する環境管理会計研究の国際比較-ドイツ・日本・中国を中心に-」
 - 13) 中嶋道靖、木村麻子：日本原価計算研究学会第38回大会(2012)
「サプライチェーンにおけるMFCAの展開：アンケート調査をもとに」
 - 14) 中嶋道靖、木村麻子、岡照二：環境経済・政策学会2012大会(2012)
「アジアを含む低炭素型サプライチェーン構築のためのLCAとMFCAの意義と課題」
 - 15) M. NAKAJIMA and A. KIMURA: 15th EMAN Conference, Helsinki, Finland, 2012
“Material Flow Cost Accounting (MFCA) Management to Establish Green Supply Chain: Based on a
Questionnaire Research in Japan”
 - 16) 木村麻子、中嶋道靖：日本社会関連会計学会第25回全国大会(2012)
「サプライチェーンにおけるMFCA導入のためのアンケート調査：日本製造企業の実態分析」
 - 17) 岡照二：日本社会関連会計学会第25回全国大会(2012)
「ドイツ・日本・中国におけるSBSC研究の比較-文献レビューを中心として-」
 - 18) M. NAKAJIMA, A. KIMURA and S. OKA: EcoBalance 2012, Keio University, Japan, 2012
“Material Flow Cost Accounting in Supply Chain for Green Manufacturing”
 - 19) 中嶋道靖、木村麻子：日本管理会計学会2012年度第3回フォーラム(2012)
「日本のものづくりを強化するMFCAの有用性とは」
 - 20) 中嶋道靖：第4回 MFCA大会(2012)
「特別報告 日本企業のMFCAに関する実態調査から見える化する将来への可能性」
 - 21) M. NAKAJIMA and A. KIMURA: Shifting Focus to Waste: ADM Suppliers Club Seminar, Jakarta,

- Indonesia, 2013
 “How Japanese Companies Use MFCA to Increase Profit”
- 22) M. NAKAJIMA, A. KIMURA and B. WAGNER: 16th EMAN Conference, Dresden, Germany, 2013
 “Controlling Resource Flows to Improve Low-carbon Supply Chains with the Help of Material Flow Cost Accounting (MFCA)”
- 23) M. NAKAJIMA and S. OKA: 16th EMAN Conference, Dresden, Germany, 2013
 “Sustainable Management Established by MFCA and SBSC”
- 24) M. NAKAJIMA: Minister Delegation visit to Japan headed by Mr. Winfried Kretschmann President of Baden-Württemberg and President of the Federal Council of Germany, Canon HQ, Tokyo, Japan, 2013
 “MFCA Management to Improve Material Efficiency in Manufacturing Industry”
- 25) M. NAKAJIMA, A. KIMURA and S. OKA: JOMSA2013, 2013
 “MFCA Management to Establish Sustainable Corporate Management”
- 26) M. NAKAJIMA: The First International Conference of Environmental Assessment, Eco-efficiency and Society, 2013 México, D.F. UNAM / SEA,” June 24 al 28, México, D.F. (on the 27th of June, Video presentation)
 “Development of Material Flow Cost Accounting (MFCA) after Publication of ISO14051”
- 27) M. NAKAJIMA, A. KIMURA and S. OKA: APIRA2013, Kobe, Japan, 2013
 “MFCA Management as Sustainable Management”
- 28) 中畷道靖、木村麻子：日本原価計算研究学会第39回全国大会(2013)
 「サプライチェーンへのMFCA活用の課題：バイヤー企業とサプライヤー企業とのヒアリング調査を通じて」
- 29) 木村麻子、中畷道靖：日本会計研究学会第72回大会(2013)
 「Supply Chainにおける情報共有の程度に見るMFCAの普及の可能性」
- 30) 中畷道靖、岡照二：日本管理会計学会2013年度年次全国大会(2013)
 「環境経営におけるマネジメント・コントロールへのMFCA情報の有用性について」
- 31) 岡照二：日本社会関連会計学会第26回全国大会(2013)
 「Sustainability MCS構築におけるSBSC導入の効用」
- 32) 中畷道靖：平成25年度第3回LCA日本フォーラムセミナー(2013)
 「マテリアルフローコスト会計とLCA」
- 33) 中畷道靖：日本MFCAフォーラム主催第5回MFCA大会(2013)
 「最新のMFCA研究 サプライチェーンにおけるMFCA」
- 34) M. NAKAJIMA: the Workshop at University of Exeter, Exeter, UK, 2014
 “Introduction to Environmental Management Accounting in Japan: Especially Focusing on Material Flow Cost Accounting (MFCA)”
- 35) M. NAKAJIMA: the Workshop at Augsburg University, Augsburg, Germany, 2014
 “Introduction to Environmental Management Accounting in Japan: Especially Focusing on Material Flow Cost Accounting (MFCA)”
- 36) A. KIMURA and M. NAKAJIMA: the Workshop at Canon Europe, 2014

“Introduction and Development Material Flow Cost Accounting (MFCA) to Supply Chain”

37) M. NAKAJIMA and A. KIMURA: the Workshop at Manchester Business School, UK, 2014

“MFCA Spread for Supply Chain: From a View Point of Open Innovation”

38) A. KIMURA and M. NAKAJIMA: 17th EMAN Conference, Rotterdam, Netherlands, 2014

“New Function of Sustainability Management Control: From Case Study between Buyer and Suppliers”

39) S. OKA and M. NAKAJIMA: 17th EMAN Conference, Rotterdam, Netherlands, 2014

“Toward Establishment of Sustainability Management Control Systems: Integrated Management Control with SBSC, MFCA and ISO14001”

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナー等の開催（主催のもの）

1) “Seminar on MFCA” Supported by Vietnam Productivity Organization (VPC)（2011年11月4日、Ho Chi Minh City, Vietnam, 参加者20名）

2) 国民との対話「環境管理会計情報による低炭素型サプライチェーンの構築に向けて（環境会計論）」（2012年11月27日、関西大学千里山キャンパス、聴講者50人程度）

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

<受賞歴>

特に記載すべき事項はない

8. 引用文献

- 1) 中畷道靖・木村麻子：「サプライチェーンへの MFCA 活用の課題：バイヤー企業とサプライヤー企業とのヒアリング調査を通じて」原価計算研究, 38(1), (2014)。
- 2) 中畷道靖・木村麻子：「MFCA による改善活動と予算管理」原価計算研究, 36(2), 15-24 (2012)
- 3) 坂口順也：「日本企業のバイヤー・サプライヤー関係とサプライチェーンマネジメント-加工組立型産業全体の動向」関東学園大学経済学紀要, 31(1), 91-109 (2003), 坂口順也：「日本企業におけるバイヤー・サプライヤー間の協働」原価計算研究, 28(2), 47-56 (2004)
- 4) 東田明：「グリーン・サプライチェーン・マネジメントを支援する環境管理会計-マテリアルフローコスト会計の適用可能性」『環境経営意思決定を支援する会計システム』中央経済社 (2011)
- 5) 岡照二：「SBSC の意義とフレームワークに関する類型-ヨーロッパにおける SBSC 研究を中心として-」千里山商学, 65, 1-24 (2008)
- 6) 岡照二：「持続可能な社会における東アジア企業のコスト・マネジメント手法の展開」セミ

- ナ一年報 2011 (関西大学経済・政治研究所), 79-89 (2012)
- 7) F. Zingales and K. Hockerts: “Balanced Scorecard and Sustainability: Examples from Literature and Practice”, INSEAD CMER Working Paper (2003)
 - 8) F. Zingales, A. O’Rourke and K. Hockerts: “Balanced Scorecard and Sustainability: State of the Art review”, INSEAD CMER Working Paper (2002)
 - 9) A. D. Guerrero, D. Möller and M. Wagner : “Sustainability Balanced Scorecard in der Flughafen Hamburg GmbH”, Nachhaltig managen mit der Balanced Scorecard: Konzept und Fallstudien (in S. Schaltegger and T. Dyllick (eds.))Gabler, 229-257 (2002)
 - 10)T. Bieker, S. Herbst and H. Minte: “Nachhaltigkeitskonzept für die konzernforschung der Volkswagen AG”, Nachhaltig managen mit der Balanced Scorecard: Konzept und Fallstudien (in S. Schaltegger and T. Dyllick (eds.))Gabler, 315-341 (2002)
 - 11) 伊藤嘉博・清水孝・長谷川恵一: 『バランスト・スコアカード: 理論と導入』ダイヤモンド社(2001)
 - 12) 11)と同じ
 - 13) 岡照二: 「環境コストマネジメントにおける環境パフォーマンス指標の役割－SBSC 構築に向けて－」原価計算研究, 34(1), 91-101 (2010)
 - 14) S. Schaltegger: “Sustainability as a Driver for Corporate Economic Success: Consequences for the Development of Sustainability Management Control”, and “Feasibility of a Responsive Business Scorecard: A Pilot Study”, Society and Economy, 33(1), 15-28 (2011)
 - 15) 14)と同じ
 - 16) 中畷道靖・木村麻子: 「サプライチェーン及び資源生産性に関するアンケート調査概要」ワーキングペーパー(関西大学商学会), 31, 1-27 (2013), 木村麻子・中畷道靖: 「低炭素型サプライチェーン構築に向けた MFCA 導入の課題: 資源生産性に関するアンケート調査をもとに」社会関連会計研究, 25, 13-28 (2013), A. Kimura and M. Nakajima: “The Potential for MFCA Spread in Supply Chain through Information Sharing”, Kansai University Review of Business and Commerce, 15, 1-21 (2014)
 - 17) 安城康雄: 「キヤノン: 職場拠点型環境保証活動〈EQCD 一体型〉実現のツール」國部克彦編『実践マテリアルフローコスト会計』所収, 産業環境管理協会, 105-114 (2008)
 - 18) 國部克彦: 「サプライチェーンへのマテリアルフローコスト会計導入の意義と課題」日本情報経営学会誌, 31(4), 75-82 (2011)
 - 19) 浅沼萬里: 『日本の企業組織 革新的適応のメカニズム』東洋経済新報社(1997)
R. Cooper and R. Slagmulder: Supply Chain Development for the Lean Enterprise-Interorganizational Cost Management, Productivity, Inc. (1999) (清水孝・長谷川恵一監訳『企業連携のコスト戦略-コストダウンを実現する全体最適マネジメント』ダイヤモンド社(2000)
 - 20) 加登豊: 「サプライチェーン: 組織間関係マネジメントの視点」 Business Insight, 8(3), 30-39 (2000), 坂口順也: 「日本企業のバイヤー・サプライヤー関係とサプライチェーンマネジメント-加工組立型産業全体の動向」 関東学園大学経済学紀要, 31(1), 91-109 (2003), 坂口順也「日本企業におけるバイヤー・サプライヤー間の協働」 原価計算研究, 28(2), 47-56 (2004)

- 21) 坂口順也:「日本企業のバイヤー・サプライヤー関係とサプライチェーンマネジメント-加工組立型産業全体の動向」 関東学園大学経済学紀要, 31(1), 91-109 (2003)
- 22) 21)と同じ
- 23) 経済産業省: (『平成 20 年度経済産業省委託 サプライチェーン省資源化連携促進事業報告書』 (社) 産業環境管理協会 (2009))
- 24) 木村麻子・中寫道靖:「低炭素型サプライチェーン構築に向けた MFCA 導入の課題: 資源生産性に関するアンケート調査をもとに」社会関連会計研究, 25, 13-28 (2013)
- 25) 安城泰雄・下垣彰:『図説 MFCA (マテリアルフローコスト会計)』JIPM ソリューション (2011)
- 26) 経済産業省:『MFCA 簡易手法ガイド (2009 年度版)』(平成 21 年度経済産業省委託事業「MFCA 導入実証・国内対策等事業」(中小企業、小規模事業者向け「簡易型 MFCA (仮称) 計算ツール開発」)(2010b) (http://www.jmac.co.jp/mfca/thinking/data/mfca_guide.pdf#search='簡易版 MFCA' (2013 年 9 月 22 日参照), 中寫道靖:「MFCA キットによるマテリアルフローコスト会計のポイント」工場管理, 57(11), 8-11 (2011))
- 27) 中寫道靖・木村麻子:「MFCA による改善活動と予算管理」原価計算研究, 36(2), 15-24 (2012)
木村麻子・中寫道靖:「低炭素型サプライチェーン構築に向けた MFCA 導入の課題: 資源生産性に関するアンケート調査をもとに」社会関連会計研究, 25, 13-28 (2013)
- 28) 経済産業省: (『平成 20 年度経済産業省委託 サプライチェーン省資源化連携促進事業報告書』 (社) 産業環境管理協会 (2009), 経済産業省:『平成 21 年度経済産業省委託 サプライチェーン省資源化連携促進事業報告書』 (社) 産業環境管理協会 (2010a), 経済産業省:『MFCA 簡易手法ガイド (2009 年度版)』(平成 21 年度経済産業省委託事業「MFCA 導入実証・国内対策等事業」(中小企業、小規模事業者向け「簡易型 MFCA (仮称) 計算ツール開発」)(2010b) (http://www.jmac.co.jp/mfca/thinking/data/mfca_guide.pdf#search='簡易版 MFCA' (2013 年 9 月 22 日参照))
- 29) 木村麻子・中寫道靖:「低炭素型サプライチェーン構築に向けた MFCA 導入の課題: 資源生産性に関するアンケート調査をもとに」社会関連会計研究, 25, 13-28 (2013), A. Kimura and M. Nakajima: "The Potential for MFCA Spread in Supply Chain through Information Sharing", *Kansai University Review of Business and Commerce*, 15, 1-21 (2014)
- 30) 経済産業省:『MFCA簡易手法ガイド(2009年度版)』(平成21年度経済産業省委託事業「MFCA 導入実証・国内対策等事業」(中小企業、小規模事業者向け「簡易型MFCA (仮称) 計算ツール開発」)(2010b) (http://www.jmac.co.jp/mfca/thinking/data/mfca_guide.pdf#search='簡易版 MFCA' (2013年9月22日参照))

(3) 低炭素型サプライチェーンの制度化とアジア地域を含めた普及方策の研究

神戸大学 経営学研究科

國部克彦・梶原武久・島田智明・西谷公孝

平成23～25年度累計予算額：35,503千円

(うち、平成25年度予算額：11,275千円)

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

本研究では、企業がアジア地域を含むサプライチェーンの低炭素化を促進するために、日本と中国の現状を分析し、サプライチェーンでの低炭素化を目的とした情報共有・開示のための技術開発を行い、さらにそのために必要な政策的支援の方法について検討した。

日本と中国における低炭素化サプライチェーンの現状については、質問票調査を行った結果、日本におけるサプライチェーンの低炭素化は十分進んでいないことと、バイヤー・サプライヤー間の関係を意識した政策的支援が重要なことが示された。中国についても概ね日本と同様の傾向が示され、日中共同の政策展開の有効性が示唆された。サプライチェーンでの低炭素化のための情報共有・開示の技術としては、カーボンフットプリント(CFP)とマテリアルフローコスト会計(MFCA)の統合モデルを開発し、実際の企業で導入実験を行い、その有効性を検証した。この技術を活用すれば、企業にとって経済メリットのある形でサプライチェーンでの低炭素化を推進できることが示された。

アジア地域で低炭素型サプライチェーンを推進するための政策的な支援については、産業の特徴やサプライチェーンにおける企業の位置を識別したうえで、政策展開を行うことの有効性が示された。具体的には、エネルギー集約型産業でサプライチェーン上流に位置する企業に対して、サプライチェーン下流企業が積極的に働きかけることのできる制度設計が求められる。消費者の啓発も重要で低炭素型サプライチェーンの評価指標の開発などが重要で、このような取り組みは国際的な貿易交渉の枠組みの中でも議論されるべきことが示唆された。

[キーワード]

低炭素、サプライチェーン、アジア、MFCA

1. はじめに

これまでの低炭素社会を実現するための研究や政策の対象は、単一企業や製品及び技術が中心で、複数の企業間にわたる製造プロセスのサプライチェーンを対象とする低炭素化のための活動や政策は、物流関係の部分的な取り組み等を除いて、十分に展開されてこなかった。単一企業では低炭素化を実現しても、それが原因でサプライチェーンの上流もしくは下流でCO₂排出量を増加させている事例は多数あり、温室効果ガスを削減して、低炭素化社会を実現するためには、企業単位だけでなく、サプライチェーン全体で効果を上げるような活動・政策への転換がきわめて重要である。

また、日本企業のサプライチェーンは中国を中心とするアジア諸国と密接に結びついており、アジア地域を含むサプライチェーン全体の低炭素化は、世界的な温室効果ガス削減のために不可避の課題である。世界的なカーボンマネジメントの動向を見ても、カーボンフットプリントやGHGプロトコルスコープ3のように、サプライチェーン単位のマネジメント手法の構築・整備が急ピッチで進められており、この方面での対策が必要である。しかし、これらのカーボンマネジメントの手法はCO₂排出量の測定を中心にしており、企業現場での改善活動を支援するものではないので、それを企業へ導入するためには、経営活動を支援する手法として再構築する必要がある。

本研究プロジェクトは、上記を研究背景として、アジア地域を含むサプライチェーンを低炭素型にするための現状を分析して、必要な技術を開発することで、それを活用した低炭素型サプライチェーンの制度化とそのための政策を研究するものである。

2. 研究開発目的

本研究は、低炭素型サプライチェーンをアジア地域で制度化するための諸方策の研究を総合的に行うことを目的とした。まず、日本における低炭素型サプライチェーンの現状分析、低炭素型サプライチェーンのための情報共有・開示手法の開発、低炭素型サプライチェーンを支援する消費者の役割研究、低炭素型サプライチェーンのケース研究を行った。次に、低炭素型サプライチェーンを促進する管理システムの要件と方向性を分析し、情報開示のためMFCAとカーボンマネジメントの統合モデルの実践への展開、中国での環境配慮型サプライチェーンの動向調査を行った。最後に、それまでの研究成果を前提として、低炭素型サプライチェーンを促進するための諸手法が、日本及びアジア地域で普及するために必要な行政的施策の方向性について検討することを目的とした。

3. 研究開発方法

本サブテーマでは、日本における低炭素型サプライチェーンの現状分析、低炭素型サプライチェーンのための情報共有・開示手法の研究、低炭素型サプライチェーンを支援する行政及び消費者の役割に関する3つの研究を中心に実施したので、これらの内容についてそれぞれ説明する。

(1) 日本における低炭素型サプライチェーンの現状分析

1) サプライチェーンの管理システム面の研究

東証一部に上場している全製造業を対象とし、サプライチェーンの低炭素化について質問票調査を実施した。同調査は、環境担当部門と購買担当部門の双方を対象として、別個に実施した。調査により収集されたサーベイデータに基づき、サプライチェーンのCO₂排出量削減を目指す低炭素型サプライチェーンマネジメント（SCM）の規定要因と低炭素型サプライチェーンのモデルに関する分析を行った。

2) 中国での環境配慮型サプライチェーンの動向調査

日本で行った低炭素型サプライチェーンに関する質問票調査と同様の調査を北京理工大学珠海学院、北京師範大学珠海分校の協力を得て、中国の有限会社、株式会社及び国有会社を調査対象として実施した。

3) 環境に配慮したサプライチェーンマネジメントのケース研究

日本企業、中国企業による環境配慮型サプライチェーンマネジメント及び低炭素型サプライチェーンマネジメントについて、企業が発行している環境報告書の分析及び現地訪問によるインタビュー調査によって、現状の把握を行った。その結果、パナソニックのECO-VC活動が、環境配慮型サプライチェーンとして先端的な事例であることが判明したため、このケースについて集中的に研究を行った。

(2) 低炭素型サプライチェーンのための情報共有・開示手法の研究

1) MFCAとCFP統合モデルの開発

サプライチェーンにおける企業連携及び情報共有の手法として、MFCA情報及びCO₂情報を中心に、企業間で情報を共有して、低炭素化を実現する手法の研究を行った。MFCA導入企業を中心に企業事例を調査し、MFCA情報とCO₂情報の統合が有効であるという結果を得たため、MFCAとCFP (Carbon Footprint of Products)の統合モデルを開発した。

2) MFCAとCFP統合モデルの企業への導入

MFCAとCFPを統合的に利用することにおいて、その理論的モデルは構築できたが、実践への適用が課題として残されていた。そこで、MFCAとCFPの統合モデルを実際に企業に適用することで、このMFCAとCFPの統合モデルの実践における活用可能性についての検討を行った。

(3) 低炭素型サプライチェーンを支援する行政及び消費者の役割に関する研究

1) 日本及びアジア地域で普及するために必要な行政的施策の方向性の研究

2011年の本研究で実施した質問票調査のサーベイデータとBloombergデータベースから入手した2011年のCO₂排出量データ、日本規格協会、日本適合性認定協会、各企業のウェブから入手したISO14001取得データ、日経NEEDS Financial Questからの財務データを結合して、低炭素型SCMがそれに取り組んでいる企業のCO₂排出パフォーマンスに与える影響を分析したうえで、産業やサプライチェーンにおける企業の位置関係がどのような関係になっているかについて同時に分析した。この分析によって企業による低炭素型SCMがCO₂排出量削減に一定の効果があることを示したうえで、どのような属性をもった企業が積極的に低炭素型SCMを推進している（もしくは推進していない）のかを明らかにすることによって、より有効な行政的施策を検討した。

2) 低炭素型サプライチェーンを支援する消費者の役割の研究

低炭素型サプライチェーンを支援する消費者の役割について、消費者が環境配慮型製品や環境配慮型のサプライチェーンを支援するためには何が必要か、消費者関係の有識者及び環境意識の高い消費者と討議することで研究した。具体的には、日本及び中国において、消費者とのラウンドテーブルを開催し、消費者の意識を向上させるための政策的課題を分析した。

4. 結果及び考察

(1) 日本における低炭素型サプライチェーンの現状分析

1) サプライチェーンの管理システム面の研究

2011年11月に東証一部上場の製造業821社の購買（資材・調達）部門及び環境部門に対して、サプライヤーと環境配慮面、特に温室効果ガスの削減である低炭素化に焦点をあてて、どのような

活動を行っているのかについて、包括的な調査を行った。郵送質問紙調査は2011年11月11日に発送し12月2日を締切とし、調査対象企業は東京証券取引所一部上場の全製造企業822社である。回答者としては、自社の購買業務及びサプライチェーンマネジメントに精通していると考えられる購買担当役員、購買担当部門長、生産担当役員、生産担当部門長などを指定した。質問調査紙を送付した822社のうち1社は廃業のため返送されてきたが、有効回答数は197通を得た（回収率23.9%）。表(3)-1は、回答企業の業種分類を示したものである。購買部門への調査項目と環境部門への調査項目は基本的に同一であるので、以下では購買部門からの回答結果を中心に、その主な発見事項を説明する。

表(3)-1 回答企業の業種分類

業種	企業数	割合(%)
食料品	10	5.1
繊維製品	9	4.6
パルプ・紙	3	1.5
化学	28	14.2
医薬品	9	4.6
石油・石炭製品	1	0.5
ゴム製品	8	4.1
ガラス・土石製品	8	4.1
鉄鋼	11	5.6
非鉄金属	3	1.5
金属製品	6	3.0
機械	29	14.7
電気機器	39	19.8
輸送用機器	16	8.1
精密機器	6	3.0
その他製品	10	5.1
不明	1	0.5
全業種	197	100

表(3)-2 購買部門の部門目標

5:極めて重要, 1:全く重要でない (有効回答社数197社)

	5	4	3	2	1	平均値	標準偏差
①原材料・部品の調達コストの低減	176社 (89.3%)	20社 (10.2%)	1社 (0.5%)	0社 (0.0%)	0社 (0.0%)	4.89	0.33
②原材料部品の安定供給	146社 (74.1%)	49社 (24.9%)	2社 (1.0%)	0社 (0.0%)	0社 (0.0%)	4.73	0.47
③納期通りの原材料・部品の調達	127社 (64.5%)	60社 (30.5%)	8社 (4.1%)	1社 (0.5%)	0社 (0.0%)	4.60	0.60
④高品質の原材料・部品の調達	117社 (59.4%)	56社 (28.4%)	21社 (10.7%)	3社 (1.5%)	0社 (0.0%)	4.46	0.75
⑤環境性能の高い原材料・部品の調達	39社 (19.8%)	80社 (40.6%)	60社 (30.5%)	12社 (6.1%)	4社 (2.0%)	3.71	0.93
⑥原材料・部品の低炭素化 (CO ₂ 排出量の削減)	15社 (7.6%)	53社 (26.9%)	94社 (47.7%)	26社 (13.2%)	9社 (4.6%)	3.20	0.92
⑦サプライヤーのCO ₂ 排出量の削減	10社 (5.1%)	42社 (21.3%)	98社 (49.7%)	34社 (17.3%)	13社 (6.6%)	3.01	0.93

購買部門の部門目標について、表(3)-2に示している。質問は原則として、5段階のリッカートスケールで実施した。購買部門の部門目標として、①コスト、②安定供給、③納期、④品質（いわ

ゆる、Quality, Cost, DeliveryのQCD)が重要なことは、それぞれ平均値が4.5以上であることから歴然としており、それに加えて⑤の環境性能を重視する企業も多く(平均値3.71)、QCDからEnvironmentのEを付けたEQCDへの展開がみられる。一方、⑥原材料・部品の低炭素化や⑦サプライヤーのCO₂排出量の削減が「重要である」(4以上)と回答した企業はどちらも過半数に満たず、購買部門の目標としてかなりの落差があることが分かる(平均値はそれぞれ3.20と3.01)。

表(3)-3は、サプライチェーンでの低炭素化を目指す活動について質問した結果である。①の環境マネジメントシステムの認証を重視している企業、②の調達方針において環境重視を打ち出している企業として、4以上と回答した企業は過半数を超えており、平均値もそれぞれ3.55及び3.54と高くなっている。一方、環境の中でも③のCO₂削減量を明確に打ち出している企業はそれよりもかなり少ない(平均値2.57)。さらに、④のCO₂の削減をサプライヤー選択の基準にしている企業については、4以上と回答した企業が10%程度(平均値2.35)で、まだまだ少数であることが分かる。特に、⑤のサプライヤーとのCO₂に関する情報共有はまだほとんど進んでおらず、4以上と回答した企業は5社(2.5%)しかない状況である。

表(3)-3 サプライチェーンでの低炭素化を目指す活動について

5:全くその通り, 1:全く異なる(有効回答社数197社)

	5	4	3	2	1	平均値	標準偏差
①サプライヤー選択においてISO14001などの環境マネジメントシステム認証を重視している	43社 (21.8%)	65社 (33.0%)	56社 (28.4%)	024社 (12.2%)	9社 (4.6%)	3.55	1.10
②調達方針において環境重視を非常に明確に示している	52社 (26.4%)	54社 (27.4%)	52社 (26.4%)	27社 (13.7%)	12社 (6.1%)	3.54	1.19
③サプライチェーンにおけるCO ₂ 削減量に関する目標は極めて明確である	4社 (2.0%)	31社 (15.7%)	70社 (35.5%)	59社 (29.9%)	32社 (16.2%)	2.57	1.01
④CO ₂ 削減への取り組み度合いを重視しながら、サプライヤー選択を行っている	1社 (0.5%)	20社 (10.2%)	63社 (32.0%)	74社 (37.6%)	37社 (18.8%)	2.35	0.92
⑤主要なサプライヤーとはCO ₂ 削減に関する詳細な情報を共有している	1社 (0.5%)	4社 (2.0%)	45社 (22.8%)	81社 (41.1%)	64社 (32.5%)	1.96	0.83

表(3)-4 CO₂削減へ向けたサプライヤーと連携して実施している取り組み

5:頻繁に行っている, 1:全く行っていない(有効回答社数197社)

	5	4	3	2	1	平均値	標準偏差
①ジャストイン物流システムの採用	20社 (10.20%)	39社 (19.80%)	63社 (32.00%)	43社 (21.80%)	28社 (14.20%)	2.90	1.19
②包装資材の削減に関する連携	11社 (5.60%)	55社 (27.90%)	52社 (26.40%)	47社 (23.90%)	29社 (14.70%)	2.86	1.16
③CO ₂ 削減のためのエコデザインに関する連携	0社 (0.00%)	15社 (7.60%)	48社 (24.40%)	59社 (29.90%)	71社 (36.00%)	2.04	0.96
④CO ₂ 削減に関する定期的な情報・意見交換	0社 (0.00%)	12社 (6.10%)	24社 (12.20%)	67社 (34.00%)	90社 (45.70%)	1.78	0.89
⑤CO ₂ 削減の共通目標の設定	0社 (0.00%)	9社 (4.60%)	27社 (13.70%)	53社 (26.90%)	105社 (53.30%)	1.69	0.88

表(3)-4は、CO₂削減へ向けてサプライヤーと連携して実施している活動について質問した結果である。①のジャストイン物流システムの構築(平均値2.90)や②の包装材の削減(平均値2.86)に

については、相対的に多くの企業が取り組んでいるものの（それでも4以上と回答した企業は過半数には満たない）、③、④、⑤のCO₂削減のためのエコデザイン（平均値2.04）、情報交換（平均値1.78）、共通目標の設定（平均値1.69）を行っている企業は大変少ないことが理解できる。

表(3)-5 サプライチェーンで低炭素化を目指す上での障害について

5:大きな障害である, 1:全く障害でない(有効回答社数197社)

	5	4	3	2	1	平均値	標準偏差
①原材料や部品のCO ₂ 削減を価格に反映させることが難しい	63社 (32.00%)	67社 (34.00%)	46社 (23.40%)	14社 (7.10%)	1社 (0.50%)	3.93	0.95
②自社にとってのコストが高くなる	43社 (21.80%)	91社 (46.20%)	49社 (24.90%)	10社 (5.10%)	2社 (1.00%)	3.84	0.86
③複数サプライヤー間の原材料・部品のCO ₂ 排出量が把握できない	34社 (17.30%)	75社 (38.10%)	60社 (30.50%)	17社 (8.60%)	4社 (2.00%)	3.62	0.95
④自社にとって必要な原材料・部品の量が確保できない	35社 (17.80%)	46社 (23.40%)	66社 (33.50%)	36社 (18.30%)	10社 (5.10%)	3.31	1.13
⑤サプライヤーに環境投資を行う体力が無い	8社 (4.10%)	23社 (11.70%)	90社 (45.70%)	55社 (27.90%)	15社 (7.60%)	3.24	0.91
⑥サプライヤーの低炭素化に対する意識が低い	9社 (4.60%)	48社 (24.40%)	93社 (47.20%)	31社 (15.70%)	10社 (5.10%)	3.08	0.9
⑦自社にとっての品質が維持できない	30社 (15.20%)	32社 (16.20%)	69社 (35.00%)	46社 (23.40%)	17社 (8.60%)	3.06	1.17

表(3)-5は、サプライチェーンでの低炭素化を目指す上での障害について質問した結果である。①のCO₂の削減を価格に反映できないことを重視した企業と②のサプライヤーに低炭素化を要求することは、自社にとってのコスト高になることが障害であると回答した企業が多く、平均値は、それぞれ3.93と3.84であった。これは、低炭素化の要求がコストアップ要因になるが、それを市場は十分に吸収できないことが最も大きな問題であることを示している。また、⑥サプライヤーの意識の低さ、⑤サプライヤーの環境投資への体力のなさ、③の複数サプライヤー間のCO₂情報が比較できないことを問題として重視している企業も比較的多く、平均値はそれぞれ3.08、3.24、3.62であった。この結果は、サプライヤーの支援や啓発が重要なことを示唆している。さらに、⑦品質、④必要な原材料・部品の確保、を重要な障害要因として挙げた企業の平均値はそれぞれ、3.06、3.31で、低炭素化の要求が品質や部材の確保にも影響すると考えられていることが示された。

表(3)-6 低炭素型サプライチェーンを推進する上での有効な施策について

5:極めて有効, 1:全く有効でない (有効回答社数197社)

	5	4	3	2	1	平均値	標準偏差
①低炭素型サプライチェーンで製造された商品への補助金	53社 (26.90%)	88社 (44.70%)	37社 (18.80%)	10社 (5.10%)	3社 (1.50%)	3.93	0.91
②低炭素型サプライチェーンの企業に対する低炭素化技術支援のための財政支援	51社 (25.90%)	72社 (36.50%)	52社 (26.40%)	15社 (7.60%)	1社 (0.50%)	3.82	0.93
③行政機関による低炭素型サプライチェーン支援	38社 (19.30%)	79社 (40.10%)	55社 (27.90%)	16社 (8.10%)	3社 (1.50%)	3.70	0.94
④顧客企業によるサプライヤーの低炭素化への努力の評価	35社 (17.80%)	90社 (45.70%)	42社 (21.30%)	22社 (11.20%)	4社 (2.00%)	3.67	0.97
⑤最終消費者によるサプライチェーン全体の低炭素化への努力の評価	32社 (16.20%)	72社 (36.50%)	57社 (28.90%)	24社 (12.20%)	7社 (3.60%)	3.51	1.03
⑥低炭素型サプライチェーンの構築に対するコンサルティング費用などの行政による支援	26社 (13.20%)	70社 (35.50%)	61社 (31.00%)	28社 (14.20%)	4社 (2.00%)	3.46	0.98
⑦株主・投資家によるサプライチェーン全体の低炭素化への努力の評価	20社 (10.20%)	72社 (36.50%)	65社 (33.00%)	29社 (14.70%)	7社 (3.60%)	3.36	0.98
⑧第三者機関による低炭素型サプライチェーンの認証とそれに基づく最終消費者等への啓発	12社 (6.10%)	69社 (35.00%)	72社 (36.50%)	28社 (14.20%)	6社 (3.00%)	3.28	0.91

表(3)-6は、低炭素型サプライチェーンを推進する上での有効な施策について質問した結果である。③行政機関による低炭素型サプライチェーン支援、①商品への補助金、②低炭素型技術支援のための財政支援のように、行政機関による何らかの具体的な支援が有効とする回答が多く、平均値はそれぞれ、3.70、3.93、3.82であった。さらに、企業を取り巻くステイクホルダーの中では、④の顧客企業の評価が重要と答えた企業が多く(平均値3.67)、以下、⑤の最終消費者(平均値3.51)、⑦の株主・投資家(平均値3.36)、⑧第三者機関による認証(平均値3.28)による評価や啓発がそれに続いている。行政による財政支援策を重視する声の方が、ステイクホルダーの支援よりも高い数字となっていることは、環境面でステイクホルダーを巻き込むことの困難さを示唆していると言えよう。

以上は、実施した質問票調査の中で、本稿の分析に合致する項目を抜き出したものであるが、これらの結果から、購買部門として、環境を重視した活動はかなり普及しつつあるものの、CO₂の削減はまだこれからの課題であることが明らかとなった。サプライヤーに低炭素化の要望をすることはあっても、共同で何らかの活動をする企業は非常に限られており、CO₂に関する情報共有も進んでいない実態が示された。このような状況になっている主な理由は、サプライヤーに低炭素化を要求することがコストアップにつながるという懸念が大きいことが示されており、環境と経済の対立がサプライチェーンでの環境配慮や低炭素化にも大きな影響を与えていることが明らかとなった。

次に、この質問票調査結果をもとにして、低炭素型SCMでも、特にバイヤーが上流のサプライヤーに対して行う低炭素型SCMに注目し、バイヤーによるサプライヤーに対する低炭素型SCMの

取り組みを、①公式的要望、②モニタリング、③間接支援、④直接連携に分類して、それらの規定要因を重回帰分析によって検討する。公式的要望とは、バイヤーが主要なサプライヤーに対して環境パフォーマンスの向上やCO₂排出量削減に関する要望を行う程度である。モニタリングとは、バイヤーが主要なサプライヤーのCO₂排出量削減の取り組み状況をモニタリングする程度である。間接支援とは、バイヤーがサプライヤーのCO₂排出量削減の取り組みを促すために実施する情報提供等の間接的な支援の程度である。また直接連携とは、バイヤーがサプライヤーと一体となってCO₂排出量の削減に取り組む活動を実施する程度である。

この4つの活動から構成される低炭素型SCMの規定要因に関して、以下の4つの仮説を構築した。

[仮説1] CO₂測定・評価の困難性と低炭素型SCMの間には負の関係がある

[仮説2] 関係特殊的投資の程度と低炭素型SCMの間には正の関係がある

[仮説3] サプライヤーの集中度が低炭素型SCMに影響を及ぼす

[仮説4] バイヤー企業の購買担当部門目標として環境パフォーマンスが重視される程度と低炭素型SCMの間には正の関係がある

低炭素型SCMの上述の4つの活動を従属変数、バイヤーとサプライヤーの取引関係に関する、CO₂排出量測定・評価の困難性、関係特殊的投資、サプライヤー集中度という3変数及び環境重視部門目標、そして企業規模及び環境保全に関わる規制の厳格度という2つのコントロール変数を独立変数とする重回帰分析を通じて、仮説の検証を行った（欠損値のない168社が対象）。なお独立変数のうち、説明変数であるCO₂排出量測定・評価の困難性とはCO₂排出量測定・評価が困難である程度であり、関係特殊的投資とは特定の相手に対してのみ価値をもち、一度投資をするとその費用を回収するには同じ企業との関係を継続する方が有利な投資であり、サプライヤー集中度とは原材料や部品の調達において特定のサプライヤーから集中的に購入している程度、そして環境重視部門目標とは、購買担当部門の部門目標において環境パフォーマンスが重視される程度である。重回帰分析の結果は、表(3)-7に示すとおりである。

表(3)-7 重回帰分析の結果

	(1)		(2)		(3)		(4)						
	公式的要望		モニタリング		間接支援		直接連携						
仮説	係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値					
(定数)	-2.68	-1.43	0.31	0.48	0.38	0.64	0.66	1.07	***				
CO ₂ 測定・ 評価困難性	-	0.18	0.96	-0.14	-2.15	**	-0.31	-2.14	**	-0.15	-2.36	***	
関係特殊的投資	+	0.05	0.26	0.15	2.48	**	0.01	0.19		0.07	1.26		
サプライヤー 集中度	?	-0.13	-2.58	**	0.00	0.10		-0.01	-0.62	-0.02	-0.89	***	
環境重視 部門目標	+	1.18	5.90	***	0.48	7.12	***	0.28	4.46	***	0.42	6.35	***
規模	+	0.26	2.38	**	0.02	0.55		0.10	2.76	***	0.07	1.79	
規制厳格度	+	-0.20	-0.96		0.06	0.88		-0.08	-1.26		-0.09	-1.36	
F 値		9.41	***		15.01	***		7.32	***		11.82	***	
R ²		0.26			0.36			0.21			0.31		
調整済 R ²		0.23			0.34			0.19			0.28		
N		168			168			168			168		

*p<0.10; **p<0.05; ***p<0.01

この分析を通じて、バイヤーとサプライヤー間の取引関係の特質が、低炭素型SCMの実践の形成に対して一定の影響を及ぼすことが明らかになった。

まずCO₂排出量の測定・評価の困難性について、仮説どおり、モニタリング、間接支援、直接支援との間で統計的に有意な負の関係が検出された。分析結果はCO₂排出量の測定・評価の困難性が高いほど、モニタリング、間接支援、直接支援の程度が低いことを示している。したがって、サプライヤーの低炭素化の努力を評価するための業績指標となるCO₂排出量の測定を改善すれば、低炭素型SCMの実践が促進されると予測されるので、本研究プロジェクトの目的の妥当性が示された。

次に関係特殊的投資について、モニタリングとの間に正の関係が検出された。分析結果から、関係特殊的投資が積極的に行われているほど、サプライヤーに対するモニタリングの程度が高まることが明らかになった。一方、関係特殊的投資と公式的要望、間接支援、直接連携の間に統計的に有意な関係は検出されなかった。公式的要望について、その実施において必ずしも関係特殊的投資の存在が必要ないということであろう。関係特殊的投資と間接支援や直接連携の間に統計的に有意な関係は検出できなかったが、この点については関係特殊的投資の存在が、バイヤーとサプライヤーの間の様々な協働を促進するとしても、それがあからといって必ずしも低炭素型SCMが直接的に促進されるわけではないことが一因であると解釈できる。

サプライヤー集中度について、公式的要望との間に負の関係性が検出されたが、モニタリング、間接支援、直接連携との間には統計的に有意な関係性は検出されなかった。分析結果によれば、サプライヤーの集中度が高まる（低まる）とともに、公式的要望の程度が低まる（高まる）。すなわち、サプライヤー集中度が低い状況とは、バイヤーが多数のサプライヤーと取引を行っており、そのため個々のサプライヤーとの取引関係も市場取引に近い状況であると推察される。このような状況でサプライヤーとの密接な取引関係を前提とするモニタリング、間接支援、直接連携などの活動を行うことは難しく、他方、多数のサプライヤーに対して、自社の要求を公式的な方法で明確に伝達することが重視されるものと考えられる。一方、サプライヤー集中度が高い状況とは、特定の企業と密接な取引関係が構築されており、多様なコミュニケーションチャンネルを有するため公式的な方法で自社の要望を明示する必要性は小さいものと考えられる。この分析結果から、低炭素型SCMがそれ自体独立した活動として行われるのではなく、バイヤーとサプライヤーの取引関係を前提として実施されることが理解できる。つまり、低炭素型SCMの設計において、バイヤーとサプライヤーの取引関係の特徴を十分に考慮する必要があることを示している。

また、部門目標において環境パフォーマンスが重視されるほど、公式的要望、モニタリング、間接支援、直接連携の程度が高まることが明らかとなった。すなわち、低炭素型SCMの推進において購買担当部門における部門目標が重要な役割を果たすことを示唆している。購買担当部門の部門目標として環境パフォーマンスを重視することは、購買担当者にサプライチェーンの低炭素化が重要な組織目標であることを伝達し、CO₂排出量に関する具体的な目標として、低炭素化の推進に向けて動機づけを行う。加えて、部門目標において環境パフォーマンスに対して一定の重点が置かれることにより、購買担当者を役割葛藤から解放し、低炭素型SCMの実現に向けて動機づけを行うことが可能となるのである。

本分析は実務に対して、以下のインプリケーションをもたらす。まずバイヤーによる低炭素型SCMの推進において、サプライヤーとの取引関係を十分考慮する必要がある。低炭素型SCMと

して公式的要望を超えて、モニタリング、間接支援、直接連携などの活動に取り組もうとしても、サプライヤーとの取引関係が市場取引に近い状況であれば、それらの活動を効果的に推進することは難しい。そのような状況で低炭素型SCMを推進するのであれば、サプライヤーとの取引関係そのものを見直す必要がある。また本研究は、CO₂排出量の測定・評価の困難性が低炭素型SCMの活動を阻害することを明らかにした。したがって、低炭素型SCMを推進するためには、早急にCO₂排出量に関する標準的な算定方法の開発と普及を図る必要があると考えられる。加えて本研究は、購買担当部門の部門目標が低炭素型SCMの推進に重要な役割を果たすことを明らかにしている。従来、購買担当部門の部門目標としては、コスト、品質、納期、安定確保などが重視されてきたが、低炭素型SCMを推進するためには、部門目標に環境パフォーマンスを明示的に組み込む必要がある。

2) 中国における環境配慮型サプライチェーンの動向調査

中国における環境配慮型サプライチェーンの動向調査のために、質問票調査及びインタビュー調査を実施した。質問票の構成及び内容に関しては、前述の2011年11月に本研究プロジェクトで実施した郵送質問票をベースに翻訳し、中国の考え方・慣習を踏まえて、修正を行った。この調査を実施するに当たり、北京理工大学珠海学院、北京師範大学珠海分校の協力を得た。調査方法について、中国企業の各関係部署責任者に対し、質問票をメール及び郵送方式で送付した。調査期間は、2011年12月末から2013年2月にかけて、中国大陸地区の有限会社、上場会社及び国有企業を調査対象とした。

その結果、本質問票調査に対して、64社からの回答を得た。そのうち、有限会社及び株式会社は48社で、国営会社及び国有機構は16社である。調達責任部門からの回答数は46社あり、そのうち、有限会社や上場会社は33社、国有企業は13社である。また、環境責任部門からの回答数は49社あり、有限会社や上場企業は38社、国有企業は11社である。表(3)-8は回答企業の業種分類を示したものである。質問票の回答をもとに、日本企業を対象とした分析とほぼ同様の分析枠組みで分析を行った。その分析結果は表(3)-9の通りである。

表(3)-8 質問票回答企業の業種分類

調達部門による回答を得た企業の業種分類			環境部門による回答を得た企業の業種分類		
業種	企業数	割合(%)	業種	企業数	割合(%)
繊維製品	1	2.2	繊維製品	1	2.04
化学	3	6.5	パルプ・紙	1	2.04
石油・石炭製品	4	8.7	化学	4	8.16
鉄鋼	2	4.3	石油・石炭製品	1	2.04
非鉄金属	1	2.2	鉄鋼	5	10.2
機械	2	4.3	非鉄金属	2	4.08
電気機器	5	10.9	機械	2	4.08
輸送用機器	2	4.3	一般機器	2	4.08
精密機器	8	17.4	電気機器	5	10.2
発電・供熱	4	8.7	輸送用機器	2	4.08
建築	2	4.3	精密機器	3	6.12
物流	2	4.3	発電・供熱	3	6.12
金融	3	6.5	建築	3	6.12
非営利機構	2	4.3	物流	2	4.08
その他	5	10.9	金融	3	6.12
全業種	46	100	非営利機構	8	16.33
			その他	2	4.08
			全業種	49	100

表(3)-9 重回帰分析結果

	(1)		(2)		(3)		(4)	
	公式的要望		モニタリング		間接支援		直接連携	
	係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値
(定数)	3.792	1.732 *	2.563	4.054 ***	3.836	4.010 ***	3.366	3.864 ***
CO ₂ 測定・評価 困難性	-0.183	-0.569	-0.330	-3.548 ***	-0.339	-2.530 **	-0.387	-3.028 ***
関係特殊的投資	-0.747	-2.126 **	-0.087	-0.854	-0.351	-2.409 **	-0.187	-1.342
サプライヤー集中度	-0.016	-0.959	-0.008	-1.617	-0.021	-2.615 **	-0.019	-2.794 ***
環境重視部門目標	0.857	2.634 **	0.453	4.810 ***	-0.390	2.828 ***	0.382	2.953 ***
F 値	4.057 **		15.357 ***		11.172 ***		10.762 ***	
R ²	0.330		0.651		0.590		0.566	
調整済 R ²	0.248		0.608		0.538		0.513	
N	46		46		43		45	

*p<0.10; **p<0.05; ***p<0.01

上記の表に示すモデル(1)-(4)はそれぞれ、公式的要望、モニタリング、間接支援、直接連携を被説明変数とする回帰モデルである。

モデル(1)の推定結果によれば、環境重視部門目標の係数が正で統計的に有意であり、前節で示した仮説を支持している。これは日本企業の結果とも整合的である。しかし、関係特殊的投資の係数は負で統計的に有意であり、仮説とは逆の符号になっている。また、CO₂測定・評価困難性、サプライヤー集中度に関しては、公式的要望との間で統計的に有意な関係性が検出されなかった。

モデル(2)の推定結果によれば、CO₂測定・評価困難性の係数が負、環境重視部門目標の係数が正である関係は正で、統計的有意性を伴っており、それぞれ仮説1と仮説4を支持している。一方で、関係特殊的投資とサプライヤー集中度については、統計的に有意な影響は見られなかった。なお、日本の場合は、環境重視部門目標のかわりに、関係特殊的投資の係数についても統計的に正で有意であった。

モデル(3)の推定結果によれば、CO₂排出量測定・評価困難性の係数が負、サプライヤー集中度の係数が負、環境重視部門目標の係数が正でそれぞれ統計的に有意であり、仮説を支持している。しかし、関係特殊的投資の係数は負で統計的に有意であり、公式的要望同様に仮説とは逆の符号になっている。サプライヤー集中度については、日本企業では統計的に有意な関係性が検出されなかったが、中国企業の結果において負の関係性が検出されたことは興味深い。

モデル(4)の推定結果によれば、CO₂排出量測定・評価困難性の係数が負、サプライヤー集中度の係数が負、環境重視部門目標の係数が正でそれぞれ統計的に有意であり、いずれも仮説を支持している。一方、日本企業の結果と同様、中国企業の結果においても関係特殊的投資には有意な影響が見い出されなかった。

以上の分析結果を通じて、バイヤーとサプライヤー間の取引関係の特徴が、低炭素型SCMの実践の形成に対して影響を生じることが明らかになった。まず、CO₂排出量の測定・評価困難性について、モニタリング、間接支援、直接連携との間で、統計的に有意な負の関係が検出された。分析結果は、日本企業の調査結果と同じくCO₂排出量の測定・評価の困難性が高いほど、モニタリング、間接支援、直接支援の程度が低いことを示している。

関係特殊的投資については、公式的要望と間接支援の間に負の関係性が検出された。これは日本企業の分析結果ではモニタリングとの間のみ正の関係性が見られたことと同様に、関係特殊的投資の存在が、バイヤーとサプライヤーの間の様々な協働を促進するとしても、それがあからといって必ずしも低炭素型SCMが直接的に促進されるわけではないことが一因であると解釈できる。

サプライヤー集中度については、間接支援、直接連携との間に負の関係性が検出された。日本企業の分析結果によれば、公式的要望のみに対して負の影響が見出されたが、中国企業でこのようなより強固な結果が得られたのは、サプライヤー集中度と低炭素型SCMの関係性について背反する力が日本企業と比較して強いからなのかもしれない。

部門重視環境目標については、公式的要望、モニタリング、間接支援、直接連携の全てとの間に正の関係性が検出された。このことから低炭素型SCMを推進する際には、購買部門の目標が重要な役割を果たしていると言える。現状としては、購買担当部門の部門目標として、環境業績を重視する程度は多くの企業にとって比較的低いと考えられるために、これからの低炭素型SCMを推進するには、購買部門の目標設定における環境業績目標を加えることが不可欠である。前述のように、日本の現状でも、購買担当部門の部門目標として、環境パフォーマンスが重視される程度は高いと言えず、また、経営トップがサプライチェーンの低炭素化を推進しながらも、購買担当部門の部門目標として環境パフォーマンスが重視されないのであれば、低炭素型SCMの取り組みが制約される危険性があるが、このことは中国企業に対しても当てはまるであろう。

以上の質問票調査の結果によって、日本企業との違いは若干あるものの、中国企業の結果は多くの点で日本企業の結果と類似していることが明らかとなった。従って、中国における低炭素型SCMに対するインプリケーションも日本を対象にしたものの多くが応用できる可能性がある。さらには、追加的に広東省及び江蘇省の中国企業に対しインタビュー調査を行った結果、中国企業の環境配慮型サプライチェーンの構築は、日本企業よりも遅れているものの、業種によっては関心が高く、制度的な支援があれば、大いに改善する可能性があることも明らかとなった。

3) 環境に配慮したサプライチェーンマネジメントのケース研究

環境配慮型サプライチェーンマネジメントのケース研究の事前調査として、日本の製造業売上高100社の2010年版の環境報告書（CSR報告書等の他の名称の類似報告書を含む）を分析し、サプライチェーンに関係する記述の分析を行った。その結果、パナソニックのECO-VC活動が、他社の取り組みに比べてサプライヤーと深く連携した具体的な活動であると判断し、調査対象として選定することとした。

ECO-VC活動のECO-VCとは、ECO Value Creationの略であり、環境を通じた価値創造という想いが名称に込められている。パナソニックの「エコアイデア・レポート2011」によると、ECO-VC活動は、「当社の調達部材で、省エネルギー、省資源、リサイクル材の使用などの環境配慮を行いながら、同時にコスト合理化をめざす取り組み」（32頁）と定義されている。このように、ECO-VC活動は調達本部が実施するサプライヤーに対する環境面での取り組みであるが、環境だけでなく、コスト面での効果ももたらすように設計されている。

ECO-VC活動は、パナソニックのサプライヤーが、パナソニックが提示する「着眼点」にすぐれた製品を提案する公募形式の活動で、サプライヤーがパナソニックに対して応募する形で進めら

れる。ECO-VC活動で提案される製品は、実績応募と提案応募の両方があり、当該製品がパナソニックの基準に照らしていかにより優れているかを、サプライヤーが実証して応募するものである。パナソニックは、主力サプライヤーから構成されるエクセレントパートナーズミーティングや中小規模の企業から構成されるパナソニック協栄会を通じて趣旨を説明し、初年度の2009年には512件の応募があった。その後も2010年度には668件、2011年度は901件、2012年度は866件というように順調に提案件数を伸ばし、2011年度と比べ、2012年度は提案件数が減ったものの、提案によるCO₂削減、提案による再生資源活用量及び提案による投入資源削減量は増加した。応募企業の中から、金賞、銀賞、銅賞が選ばれ、エクセレントパートナーズミーティングで表彰されることになる。ちなみに、2010年度は金賞4社、2011年度は金賞1社、2013年度は金賞5社であった。ECO-VC活動の応募対象企業は海外サプライヤーも含まれるが、その数はまだ多くなく、2010年度は21社、2011年度は36社からの応募がある程度で、今後の底上げが期待されている。

ECO-VC活動の提案は、パナソニックが作成した基準から審査される。2009年度の開始初年度は「コスト合理化」と「CO₂削減」の2つの基準が中心であったが、2010年度からは「再生資源の活用」と「投入資源の削減」の2つが追加され、4つの基準を中心に審査されることになった。この基準は、パナソニックが目指す「循環型モノづくりの推進」と「CO₂削減貢献」の二大目標を反映するものである。これらの4つの基準の計算方法は公募時に示されており、応募企業はそれに応じて計算して各基準の指数を算出する。CO₂削減、コスト合理化、投入資源削減は、いずれも取組前後の、CO₂排出量、製品単価、投入資源総重量の比率であり、再生資源の活用は投入資源の中に占める再生資源の比率である。最終的に、CO₂削減率とコスト合理化比率の和としてECO-VC指数が算出される。

各基準の計算方法については、パナソニックから一定の指針が示されており、CO₂に関しては、CO₂排出係数が応募企業に開示されている。CO₂は製品ライフサイクル全体の排出量を対象として計算することが可能であるが、各製品によってバウンダリには幅があるのが現状である。また、取組前の時点をどこに設定するかで、改善率は大きく異なることになるが、このあたりも申請企業の判断に依存するところが多い。ECO-VC活動は、比較可能な数字から応募提案を厳密に審査するものではなく、そのような結果をもたらした活動そのものの意義を各社のプレゼン資料を評価して審査するものなので、数字は活動の改善度合いを示す1つの目安として機能するものである。

パナソニックでは、ECO-VC活動の環境面での成果を同社のサステナビリティレポートで公開しており、2013年の報告書では、表(3)-10に示す成果が開示されている。

表(3)-10 ECO-VC活動による環境側面の成果

提案	2011年度	2012年度
提案件数	901件	866件
提案によるCO ₂ 削減	32万3,000トン	41万2,000トン
提案再生資源活用量	1万6,521トン	1万7,011トン
提案による投入資源削減量	1万6,231トン	1万8,431トン

出所：パナソニック「サステナビリティレポート2013」p.86

パナソニックのECO-VC活動の概要は以上のとおりであるが、その重要な特徴は、ECO-VC活動は単なる環境負荷削減の活動ではなく、コスト合理化と連携した環境活動という点にある。先の質問票調査でも明らかのように、調達部門が環境を主導するとき、コスト増との相反関係が重大な問題となっている。パナソニックのECO-VC活動はこの点について、環境負荷の削減とコスト合理化を両立させるスキームを組むことで、この問題の克服を試みている。実際、ECO-VC活動は、それまでパナソニックが取り組んできたサプライヤーのコスト合理化活動の延長線上の活動でもあり、コスト合理化活動の環境面への拡張とみることもできる。しかも、審査基準の中の投入資源の削減は、コスト合理化とCO₂削減の重要な要因であり、ECO-VC活動の審査基準が、他の審査指標を改善する効果を持つように設計されていることも、サプライヤーの活動を促進するには有効に機能していると考えられる。

それでは、このようなパナソニックのECO-VC活動は、サプライヤーからみれば、どのような効果があるのだろうか。われわれはパナソニックから紹介されたECO-VC活動に参加し、優秀な成績を収めている4社（以下、A社、B社、C社、D社と表記）のサプライヤーに対して、インタビュー調査を実施した。サプライヤーサイドからECO-VC活動を分析する場合、パナソニックのイニシアチブがどのようにサプライヤーに影響しているかが重要である。この点を中心に上記サプライヤー企業にインタビューを行った。

主な調査事項は以下の3つである。

- a 環境配慮活動とコスト合理化活動を推進するにあたって、ECO-VC活動は有効であったか？
- b ECO-VC活動に参加することで、自社のサプライヤーに対する行動に変化はあったか？
- c ECO-VC活動をさらに推進するための課題と支援策は何か？

これらの質問は、ECO-VC活動のサプライヤーに対する有効性の分析a、bとECO-VC活動を推進するための企業サイドの対応と行政の支援の可能性cに分けることができる。

- a 環境配慮活動とコスト合理化活動を推進するにあたって、ECO-VC活動は有効であったか。

この質問に対しては、4社すべてが、ECO-VC活動で提案した製品は、パナソニックからの依頼がなくても、自社の努力で推進したと回答した。たとえば、A社は、「ECO-VC活動は実績に対する結果発表だから、ECO-VC活動がなくてもわれわれの活動としてやっている。他社との競争で、コスト効果のあるものを提案しないといけない」と回答しており、これは製品の種類は異なるものの4社すべてで共通する見解であった。

しかし、その活動をパナソニックがECO-VC活動とすることで、より一層促進されたことがあったかどうかを尋ねたところ、これについては、パナソニックのイニシアチブを認める回答が多かった。たとえば、B社は、パナソニックに対してCO₂の削減目標があるため、これが環境配慮の推進力になっていると回答している。また、C社はECO-VC活動の製品自体がパナソニックからの要望と合致したことを挙げて、その影響力を指摘した。さらに、制度的に評価基準があってシステムティックに運営されて表彰されるのは、サプライヤーの努力を引き出すにはうまいやり方であると評価した。

また、D社もECO-VC提案事例についてECO-VC活動という枠組みがなくても取り組んだであろうとしたうえで、今までは計算によって数値化されていなかったものが、数値化されることによるメリットを指摘した。指標化の効果については、A社も同様で、ECO-VC活動の提案事例を、最

初は環境切り口では見ていなかったが、指標が設定されたので、環境という側面からみることができるようになった効果を主張した。

このように、ECO-VC活動提案は、パナソニックがECO-VC活動のような形で取り上げなくても、コスト削減のために各社が取り組んだ課題であったが、ECO-VC活動という枠組みを与えられることで、特に環境面について活動が促進されたという認識が示された。これは、この種の活動がこれまではコスト合理化の側面からのみ推進されていたことに起因している。ECO-VC活動は、コスト合理化活動の環境への効果を見える化し、その側面を推進する効果があると判断することができる。

b ECO-VC活動に参加することで、自社のサプライヤーに対する行動に変化はあったか？

この質問に対しては、4社とも明確な変化があったとは考えておらず、これまでもECO-VC活動とは関係なくサプライヤーに環境対応を求めており、今後もその活動を継続していくと回答した。ただし、D社は「パナソニックからECO-VC活動やCO₂情報の開示要望が来ると、これから自社のサプライヤーにもお願いしていかないといけないと感じる」と述べていた。

これはECO-VC活動が、化学物質管理のような一定の基準を持った活動ではなく、新製品提案の形式をとっているため、2次サプライヤーへの新たな要求事項に落とし込むことになじまないためであろう。ただし、ECO-VC活動の提案が、サプライヤー企業にとってそのサプライヤーも巻き込んだ提案になるのであれば、当然、2次サプライヤーもこの活動と関与することになるが、今回の調査ではそこまで明示的な事例は認められなかった。

c ECO-VC活動をさらに推進するための課題と支援策は何か？

この点については、4社ともECO-VC活動での表彰と実際の発注が関係することを望んでいた。表彰が単なる名誉賞なのか、来期以降の売上にリンクするのかは、個別企業ごとに事情が異なるが、サプライヤーサイドとしては、ECO-VC活動の受賞が売上につながる道筋を強く望んでいることは事実であった。これに対して、パナソニックとしても、何らかの方策が必要であることは認めているようであったが、経済状況が激変する家電業界において、ECO-VC活動と実際の発注をリンクさせることの困難さが大きいように感じられた。これも、環境と経済の対立関係をどのように克服するのかという問題に帰着する。

ECO-VC活動の促進が一企業だけで限界があるのであれば、行政機関から何らかの有効な支援策はないのか。このような問いかけに対して、A社、C社、D社の3社は、環境配慮型製品の開発コストの支援の必要性を主張した。低炭素化、省資源化を進めるためには、開発コストが必要となるが、この開発コストが最終的に販売で回収できないと、企業は環境配慮活動に積極的に取り組むことはできない。環境配慮型サプライチェーンもしくは環境ベンダーのような認定を受ければ、環境関係の開発コストの補助が受けられるというスキームは、サプライチェーン単位の環境負荷を削減するために有効ではないかという意見があった。

環境経営の動向が企業単位からサプライチェーン単位に変化する動向を受けて、パナソニックが展開する環境配慮型のサプライチェーン管理活動であるECO-VC活動を取り上げて検討してきた。サプライチェーンにおける環境対応は、ある意味で個別企業の場合以上に、環境と経済の連

携が困難であり、それは前述の質問票調査からも明らかにされた。また、環境配慮型サプライチェーン管理については、化学物質管理や環境マネジメントシステムの構築要請が中心で、CO₂削減などの地球環境問題への対応はまだ十分進んでいないという現状も示された。特に、CO₂に関しては、サプライヤーとの情報共有も十分に進んでおらず、情報が十分でない以上、管理も進展していない状況が明確になった。

このような現状を踏まえたうえで、パナソニックのECO-VC活動の意義を、環境配慮型サプライチェーンマネジメントとして環境と経済をどのように連携しているのかという点と、地球環境問題の対策としてどのような有効性があるのか、という2つの点から、総括的に考察することにしよう。

まず、環境と経済の連携に関してであるが、すでに指摘したように、ECO-VC活動は、環境配慮とコスト合理化の2つの目標を達成することを目的とした活動であり、最初から環境と経済の連携が仕組みの中に組み込まれていた。ECO-VC活動を総括するECO-VC指数が、コスト合理化指数とCO₂削減率の和で示されることも、数式の合理性は別にしても、環境と経済の連携を象徴的に示していると指摘することができる。

このことはサプライヤーにとってもECO-VC活動へ積極的に取り組む要因となっている。各社ともコスト合理化による売上増加を目指しており、ECO-VC活動はその面でサプライヤーと目的を共有している。したがって、サプライヤーサイドからみれば、コスト合理化活動が環境へもプラスの影響をもたらすことが指標として理解できるようになったことが、ECO-VC活動の効果として指摘することができ、このことによって環境対応が促進されたと推察できる。

ただし、それでも環境と経済の連携が完全に果たされているわけではない。ECO-VC活動のスキームでは、ECO-VC指数の算出において、コスト合理化率とCO₂削減率が同格で理解されているが、この両者が相反するときの解決策までは組み込まれていない。同じECO-VC指数が100であっても、たとえば、コスト合理化率70、CO₂削減率30の提案と、コスト合理化率マイナス50、CO₂削減率プラス150の提案を同等に扱うことができるのかという問題がある。この問題は、ECO-VC活動の評価が実際の売上とある程度リンクすれば、サプライヤーサイドとしてはある程度は解決するであろうが、市場環境が激変する経済環境において、そこまでをバイヤー企業に求めることは難しいであろう。それを補完するためには、行政による支援の重要性、特に開発コスト支援の有効性が指摘された。ただし、そのためには、ECO-VC活動のような取り組みが社会全体にとって望ましい活動である必要があり、それは、ECO-VC活動の地球環境問題対策としての有効性にかかっている。

ECO-VC活動の地球環境問題対策としての有効性は、いくつかの側面から評価できるが、そのひとつは上述のサプライヤーへの動機づけの側面にある。われわれのアンケート調査でも、前述のようにサプライヤーの意識の低さは、大きな障害要因と考えられていた。これまでの、環境への意識は、最終消費者と直面しているB to C (Business to Consumer)企業の方が、B to B (Business to Business)企業よりも敏感な傾向が強かったが、ECO-VC活動を通して、B to B企業であるサプライヤーに環境意識を浸透させることに成功したことは、環境政策上も非常に有効と考えられる。特に、中小企業の環境対策の促進は、政府の重点目標の一つであるが、これまで有効な方策が十分打ち出せていないため、このような顧客企業を通じたスキームを支援する方法は今後考慮されてよいであろう。

また、ECO-VC活動は、現在多くの企業で未達成のサプライヤーのCO₂情報の把握と低炭素化を

促進する手法として有効なことも示された。サプライヤーのCO₂情報が十分に共有されておらず、それが低炭素型サプライチェーンの障害要因と認識されていることは、前述の質問票調査から明らかにされたことだが、ECO-VC活動はこの面でも大きな効果を持つと考えられる。ECO-VC活動におけるCO₂測定は、原則的には原材料の調達から使用段階を含むスコープ3の範囲が対象となる。もちろん、スコープ3が規定するような厳密な測定は要求されていないが、製品開発の観点から必要なCO₂の削減については考慮するように要請されており、これによって環境配慮型製品の開発が促進されると考えられる。低炭素化だけでなく、再生資源の利用と投入資源の削減も組み込まれているので、資源保護に関しても同様に取り組みを進めることができる。これらの問題は、当然サプライヤーにおいても日々検討していたと考えられるが、ECO-VC活動として具体的に指標化されたことで、環境数値が操作可能な情報として設計・開発面に組み込むことが可能になったことは重要であり、その効果は実際に現れるであろう。

スコープ3やCFPのようなサプライチェーンもしくはライフサイクル全体のCO₂排出量の測定手段は、情報の比較可能性を追求するため、どうしても算定方法が厳密になって、企業側からは敬遠される傾向にあった。しかし、重要なことは、比較可能性ではなく、具体的な削減活動であるとなれば、実際の活動を推進するための指標化を行う方がより重要であろう。ECO-VC活動では、環境目標を指標化することで各社のターゲットが明確になり、その削減を動機付ける効果を持っている。そして、それを合計した数値は他社と比較可能性はないとしても、パナソニックとしては、全体として改善を追求できる数値であり、環境保全活動を推進する機能を持つ。CO₂情報管理は、比較可能性を重視して対策を逡巡するよりも、可能な形式から活動を始めて、実績を上げる方が有効なことをECO-VC活動は示している。

(2) 低炭素型サプライチェーンのための情報共有・開示手法の研究

1) MFCAとCFPの統合モデルの開発

サプライチェーンにおける企業連携及び情報共有の手法として、MFCAとCFPの統合モデルの開発を行った。CFPとMFCAは、組織間のマテリアル及びエネルギーのフローを対象とする点で親近性があり、両者を統合することの有効性はこれまでしばしば主張されてきたが、具体的なモデルとしては提示されてこなかった。また、CFPは製品単位のサプライチェーン（ライフサイクル）におけるCO₂の測定評価には優れた手法であるが、企業からみた場合、CO₂を削減するための改善ツールの要素を持っていないため、この点をMFCAによって補完することによって、より有効な手法へと発展する可能性がある。

CFPとMFCAを統合する場合には、CFPを導入している事例にMFCAを統合する「CFPのMFCA展開」と、MFCAを導入している事例にCFPを統合する「MFCAのCFP展開」の2つのパターンがあるが、CFPの方がMFCAよりも測定精度が高いため、統合面での技術的な問題を考慮すれば「CFPのMFCA展開」の方が、有効性が高いことが示された。

MFCAとCFPの統合モデルとして、テープを生産するある会社を仮想モデルとして設定して、実際にCFPのMFCAへの展開を行った。このモデルとなっている製造プロセスはある程度実際の活動を参考に作成しているが、MFCAとCFPの統合の成果を分かりやすく示すために、投入材料や製造方法は仮想的に作成したものである。

このモデル製品では、フィルム、布テープ、紙管の3種類の原材料を調達し、それに電力、重油

によるエネルギーを加えて、テープを製造し、それを段ボールで梱包して輸送すると想定している。使用段階はCO₂をほとんど出さないのので、CFPの対象からは除外されている。

CFPのMFCAへの展開において、CFPで測定した材料の投入数量に単価をかけてコスト計算することと、正の製品（良品）と負の製品（廃棄物）に区分することが重要である。CFPでは最終製品にすべてのCO₂量を加算しているが、MFCAでは、正の製品（良品）と負の製品（廃棄物）を分けて計算するため、この区分情報をCFP計算に加えることで、CFPのMFCA展開を実行することができる。表(3)-11と表(3)-12は、テープ1単位あたりの正の製品と負の製品のCFPとMFCAを計算したもので、これがMFCAとCFPの統合モデルの基本図表になる。

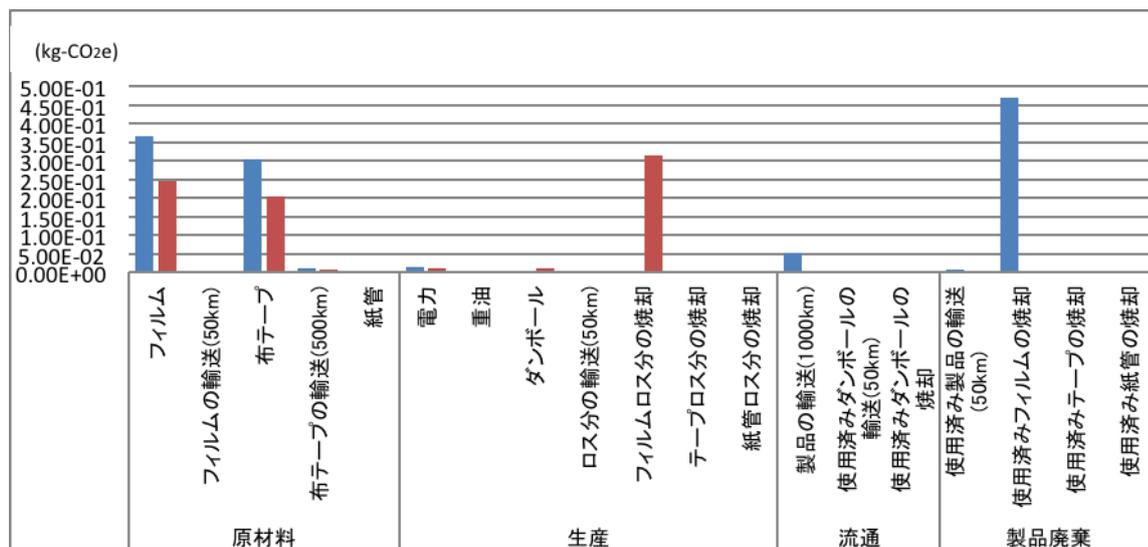
表(3)-11 テープ1単位当たりの正の製品のCFPとMFCAの統合表

段階	項目	活動量		原単位	CFP	MFCA	
		単位	月間投入量	単位あたりGHG排出量 (kg-CO ₂ e単位)	製品あたりGHG排出量 (t-CO ₂ e)	単位コスト (円/単位)	コスト小計 (千円)
原材料	フィルム	kg	1.12E+04	2.50E+00	2.81E+01	260	2,924
原材料	フィルムの輸送	tkm	5.62E+02	1.80E-01	1.01E-01	—	—
原材料	布テープ	kg	9.34E+03	2.50E+00	2.34E+01	353	3,298
原材料	布テープの輸送	tkm	4.67E+03	1.80E-01	8.41E-01	—	—
原材料	紙管	kg	2.36E+02	7.00E-01	1.65E-01	589	139
生産	電力	kWh	2.28E+03	4.80E-01	1.10E+00	14	32
生産	重油	L	1.50E+02	2.90E+00	4.35E-01	95	14
生産	ダンボール	kg	—	1.00E+00	—	—	—
生産	ロス分の輸送	tkm	—	5.00E-01	—	—	—
生産	フィルムロス分の焼却	kg	—	3.20E+00	—	—	—
生産	テープロス分の焼却	kg	—	3.00E-02	—	—	—
生産	紙管ロス分の焼却	kg	—	3.00E-02	—	—	—
流通	製品の輸送	tkm	2.17E+04	1.80E-01	3.91E+00	—	—
流通	使用済みダンボールの輸送	tkm	—	5.00E-01	—	—	—
流通	使用済みダンボールの焼却	kg	—	3.00E-02	—	—	—
製品廃棄	使用済み製品の輸送	tkm	1.04E+03	5.00E-01	5.21E-01	—	—
製品廃棄	使用済みフィルムの焼却	kg	1.12E+04	3.20E+00	3.60E+01	—	—
製品廃棄	使用済みテープの焼却	kg	9.34E+03	3.00E-02	2.80E-01	—	—
製品廃棄	使用済み紙管の焼却	kg	2.36E+02	3.00E-02	7.09E-03	—	—
合計					94.8	—	6,407

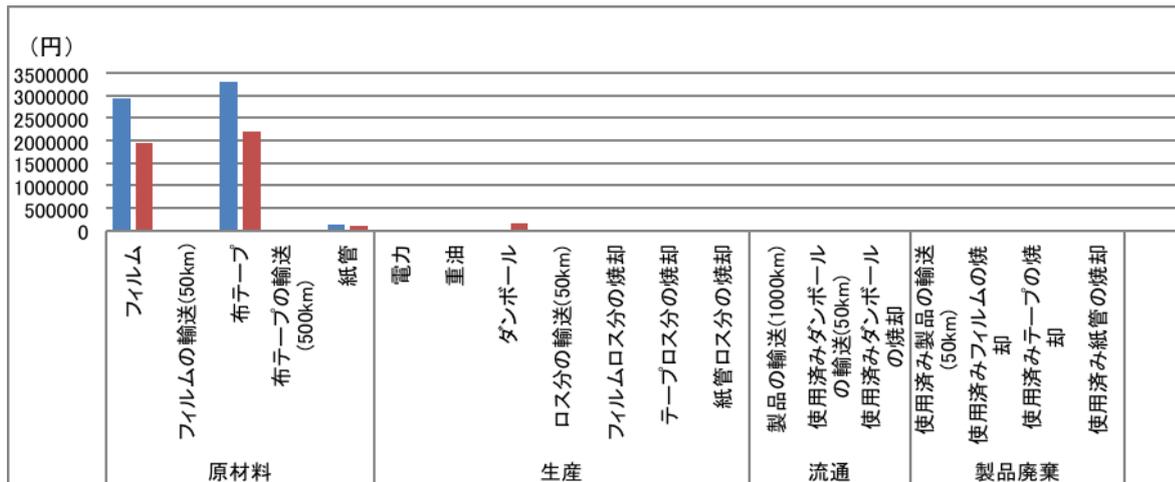
表(3)-12 テープ1単位当たりの負の製品のCFPとMFCAの統合表

段階	項目	活動量		原単位	CFP	MFCA	
		単位	月間投入量	単位あたりGHG排出量 (kg-CO ₂ e/単位)	製品あたりGHG排出量 (t-CO ₂ e)	単位コスト (円/単位)	コスト小計 (千円)
原材料	フィルム	kg	7.50E+03	2.50E+00	1.87E+01	260	1,949
原材料	フィルムの輸送	tkm	3.75E+02	1.80E-01	6.75E-02	—	—
原材料	布テープ	kg	6.23E+03	2.50E+00	1.56E+01	353	2,199
原材料	布テープの輸送	tkm	3.11E+03	1.80E-01	5.61E-01	—	—
原材料	紙管	kg	1.57E+02	7.00E-01	1.10E-01	589	93
生産	電力	kWh	1.52E+03	4.80E-01	7.31E-01	14	21
生産	重油	L	1.00E+02	2.90E+00	2.90E-01	95	10
生産	ダンボール	kg	9.11E+02	1.00E+00	9.11E-01	168	153
生産	ロス分の輸送	tkm	6.94E+02	5.00E-01	3.47E-01	—	—
生産	フィルムロス分の焼却	kg	7.50E+03	3.20E+00	2.40E+01	3	19
生産	テープロス分の焼却	kg	6.23E+03	3.00E-02	1.87E-01	4	22
生産	紙管ロス分の焼却	kg	1.57E+02	3.00E-02	4.72E-03	6	1
流通	製品の輸送	tkm	—	1.80E-01	—	—	—
流通	使用済みダンボールの輸送	tkm	4.56E+01	5.00E-01	2.28E-02	2	2
流通	使用済みダンボールの焼却	kg	9.11E+02	3.00E-02	2.73E-02	—	—
製品廃棄	使用済み製品の輸送	tkm	—	5.00E-01	—	—	—
製品廃棄	使用済みフィルムの焼却	kg	—	3.20E+00	—	—	—
製品廃棄	使用済みテープの焼却	kg	—	3.00E-02	—	—	—
製品廃棄	使用済み紙管の焼却	kg	—	3.00E-02	—	—	—
合計					61.6	—	4,469

この結果をグラフ化すると図(3)-1と図(3)-2のようになる。これらは、正の製品と負の製品別のCO₂排出量とコストを評価したものである。これらの図によって、これまでは最終製品のCO₂量として把握されていたCFP情報が、コスト情報とともに正の製品と負の製品に区別されることによって、どの部分から改善に着手すればよいか、そして、そこからどの程度の経済効果が期待できるかなどの情報が明らかになる。このことにより、MFCAとCFPの統合モデルによって有効なカーボンマネジメントが展開されると想定される。



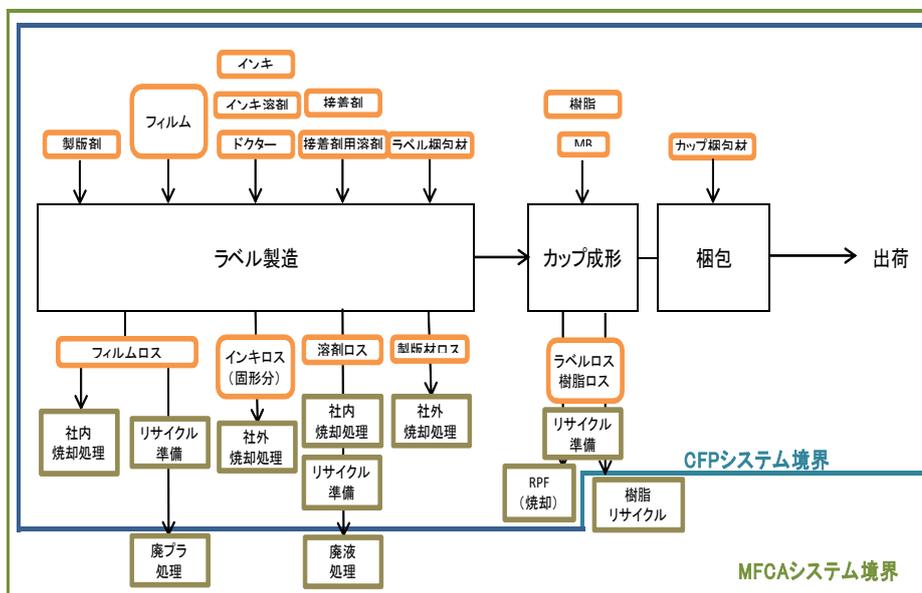
図(3)-1 正の製品と負の製品に区分したCFP



図(3)-2 正の製品と負の製品に区分したコスト (MFCA計算)

2) MFCAとCFP統合モデルの企業への導入

前述のモデルを実際の企業に適用してその可能性を検証した。具体的には、大日本印刷株式会社(以下、DNP)のインモールドラベルカップを適用事例とし、超軽量カップ及び軽量カップの2つの製品の製造工程にMFCAとCFPの統合モデルの導入を試みた。まず超軽量カップのデータを用いてMFCAとの統合を試み、次にその比較対象として軽量カップについてもMFCAとCFPの統合モデルに合わせて計算を行った。超軽量カップ及び計量カップについてDNPではすでにCFPの測定、計算を行っており、ここではその情報をもとにMFCAの計算を行っている。

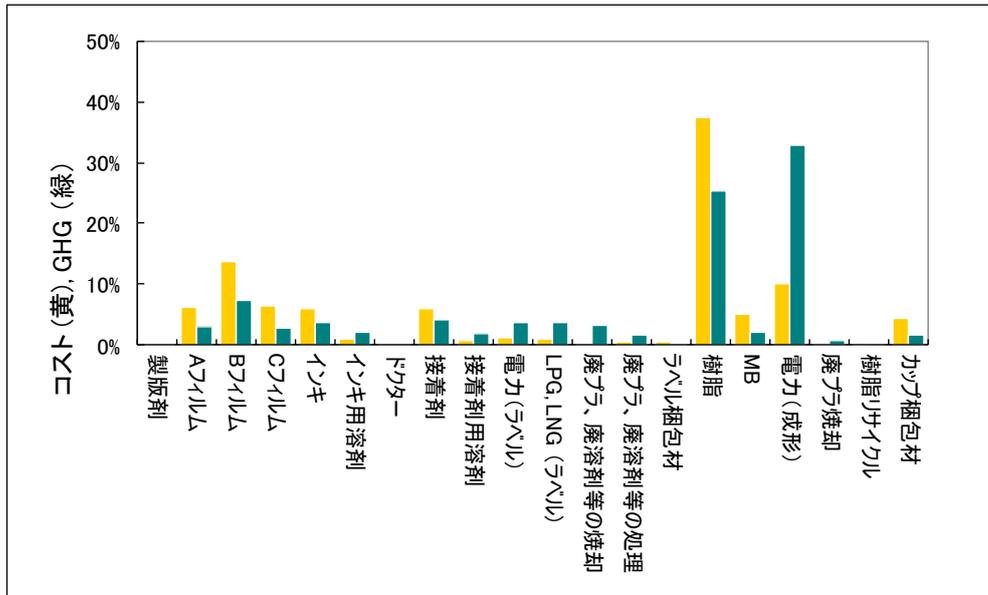


図(3)-3 MFCA-CFP統合モデルにおけるシステム境界

CFP情報をもとにMFCAへと拡張するためには、異なる計算のバウンダリを調整する必要がある。図(3)-3で示されているように、CFPのシステム境界に含まれていない費用を統合モデル作成のために新たに計算の対象に含

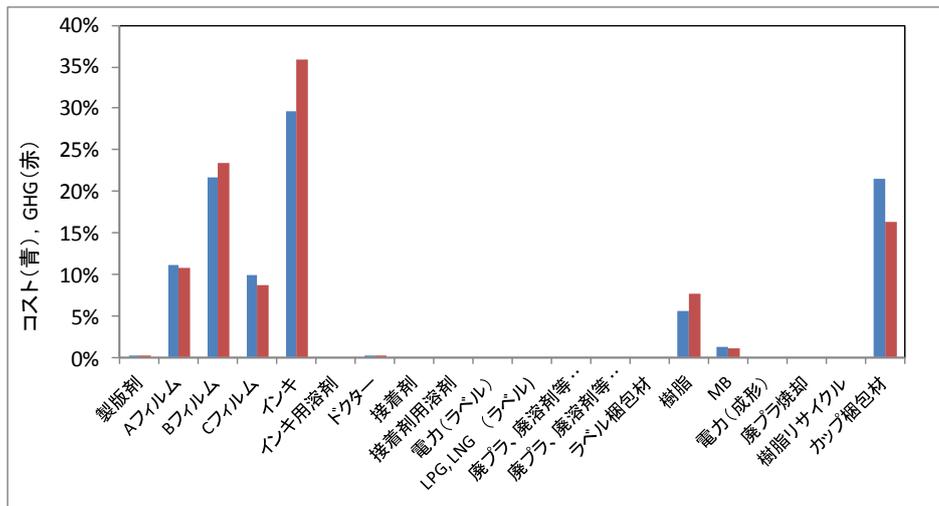
めている。

MFCAとCFP統合モデルの効果は、GHG排出量とコスト情報の統合と、正・負の製品に区分した情報において現れることが論理的に示されているので、この2つの側面から分析を行った。その結果を示したものが図(3)-4及び図(3)-5である。なお、コスト情報等は開示できないため、すべてパーセントで表示する。



図(3)-4 軽量カップにおけるコストとGHG排出量

図(3)-4より、コストについては容器主原料の樹脂が大きなウェイトを占めていること、またGHG排出量については樹脂とカップ形成時にかかる電力が大部分を占めていたことが明らかになった。そしてコストは、フィルムや樹脂などの材料に多くかかる傾向があり、反対にGHG排出量は樹脂を除くと相対的にエネルギーに多く起因する傾向が示された。また、製造のロス処理にかかるコストは小さいことも明らかになった。



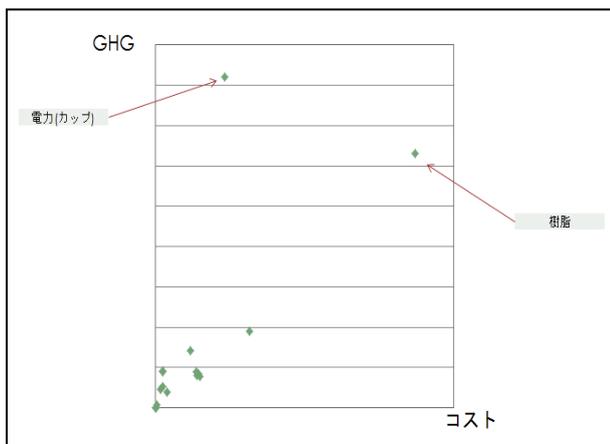
図(3)-5 超軽量カップにおける負の製品のコストとGHG排出量

工程へのインプットを示す図(3)-4と負の製品を示す図(3)-5を比較すると、工程全体のインプットとしては樹脂や電力の比率が多かったが、負の製品としてはラベル用のフィルムとインキ、カップ梱包材の部分がコスト、電力ともに大きなウェイトを占めていることが分かった。

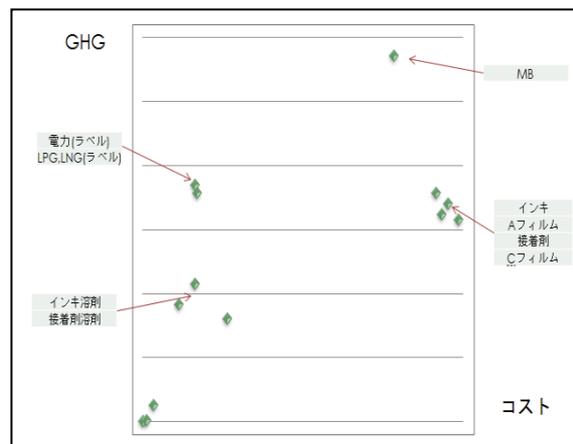
以上のようなプロセスを通じて、DNPでは材料のフローに基づいてインプット及び負の製品としてのGHG排出量とコストについてそれぞれ分析可能となることが示された。

本研究ではさらにMFCAとCFP統合モデルの活用可能性として、①GHG排出量及びコスト情報の傾向のに関する詳細分析、②類似製品との比較分析、の二つのポイントについて検討を行った。

①に関して、まず超軽量カップにおけるそれぞれの材料のコストとGHG排出量の傾向の分布について分析することで、材料ごとの効率性の関係について検討する。GHG排出量及びコストの値をプロットすることで作成した散布図が、図(3)-6と図(3)-7である。



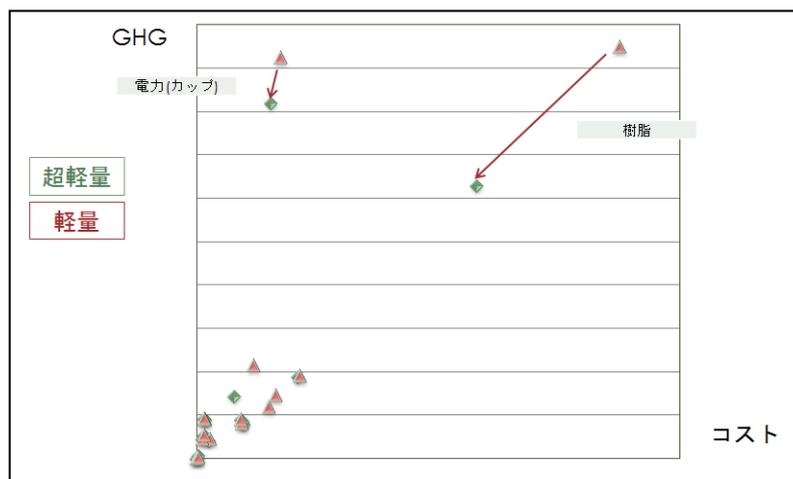
図(3)-6 GHG排出量とコストに関する散布図(全体)



図(3)-7 GHG排出量とコストに関する散布図
(図(3)-6の左下の拡大)

これらの図から得られた情報をその利用や意思決定主体との関係で考えてみると、同水準のGHG排出量に対するコストの分布情報は改善活動や追加的な設備投資意思決定における優先順位をつけるために利用できると考えられる。特に複数の工程間や複数の工場にわたって全社的に情報を分析することでコスト効率性の高い環境経営における戦略的な意思決定を行うことができる。さらに同水準のコストに対するGHG排出量の分布状況はグリーン調達や環境配慮型の製品設計における管理指標や目標として従来の経営活動のなかに環境効率性を付加することができると考えられる。

次に②に関して、図(3)-8で、先にプロットした超軽量カップのGHG排出量/コストの分布を重ね合わせることで比較を行っている。



図(3)-8 軽量及び超軽量カップのGHG排出量・コスト比較

この図が示すように、コストやGHG排出量を通じて経済効率性や環境効率性の傾向は複数の製品間でその分布を比較することでより明確になる。

①と②の分析より、MFCAとCFP統合モデルをGHGマネジメントのための指標として設定することで、継続的な経営管理指標のなかに環境情報を組み込むことが可能になることが明らかにされた。

以上のように本研究においては、GHG情報とコスト情報を結びつけることは製品の設計開発の意思決定にとって有用性があり、そのためのデータベースとしてMFCAとCFPの統合モデルは有効であることが示された。ただし今回は、対象とした製品の性質から設計開発部門を中心とした検証であったので、今後は製造プロセスでの可能性について研究することが今後の課題となる。また、情報システムを実際の活動に結び付けるためにも、MFCAとCFP統合モデルによって企業活動を分析して、新しい目標となる指標を開発することも一つの重要な方向であると思われる。

(3) 低炭素型サプライチェーンを支援する行政及び消費者の役割に関する研究

1) 日本及びアジア地域で普及するために必要な行政的施策の方向性の研究

低炭素型サプライチェーンを促進するための行政的施策を検討するためには、企業による(1)で分析した低炭素型SCMがCO₂排出量削減に効果があるのかを把握する必要がある。そのうえで、実際に効果があるならば、どのような属性をもった企業が積極的に低炭素型SCMを推進している(もしくは推進していない)のかを明らかにすることがより有効な行政的施策を考えるために必要である。特に、属性で考慮すべきなのは、サプライチェーンにおける業種の特徴である。例えば、パルプ・紙、化学、石油・石炭製品、ゴム製品、ガラス・土石製品、鉄鋼、非鉄金属、金属製品といった産業はエネルギー集約型産業である一方で、食品、繊維製品、医薬品、機械、電気機器、輸送用機器、精密機器、その他製造業といった産業は非エネルギー集約型産業である。また、視点を変えるとサプライチェーンの上流には原材料を加工する企業が多く、下流には(機械)製品組み立てを行う企業が多い。つまり、その企業が属する産業やサプライチェーンにおける位置関係が異なれば、そのエネルギー使用量から低炭素型サプライチェーンに対する考え方や取り組み方も大きく異なることが予想されることを考慮しなければならない。

そこで、①低炭素型SCMがそれに取り組んでいる企業自身のCO₂排出パフォーマンスに与える影響を分析したうえで、②産業やサプライチェーンにおける企業の位置関係がそうした取り組み自体とどのような関係になっているのかを分析する。

まず、①の分析から見ていく。分析に使用するデータは、2011年に本研究で実施した質問票調査から入手したサーベイデータにBloombergデータベースから入手した2011年のCO₂排出量データ、日本規格協会、日本適合性認定協会、各企業のWEBから入手したISO14001取得データ、日経NEEDS Financial Questから入手した財務データを結合したものである。欠損値を除いた結果、116社のサンプルが使用可能となった。CO₂排出パフォーマンスの良い企業ほど低炭素型SCMに取り組むという逆の因果関係を捉えてしまう可能性を考慮して、内生性が観測された場合はトリートメント効果モデルによって、観測されない場合には最小二乗法（OLS: Ordinary Least Squares）によって推定した。推定式は式(1) (2) (3)によって表される。

$$CO_2 = \alpha_1 LCSCM + \alpha_2 CONTROL + \varepsilon \quad (1)$$

$$LCSCM^* = \beta_1 OTHER + \beta_2 CONTROL + u \quad (2)$$

$$LCSCM = 1 \text{ if } LCSCM^* > 0, \quad LCSCM = 0 \text{ otherwise} \quad (3)$$

CO₂はCO₂排出パフォーマンス、LCSCMはダミー変数で表される低炭素型SCM、OTHERはLCSCMには影響を及ぼすがCO₂には直接影響を与えない変数、CONTROLはコントロール変数、 α 、 β は推定パラメーター、 ε 、 u は誤差項である。式(1)のLCSCMが内生変数である場合、式(2) (3)をプロビット推定し、LCSCM* > 0の時に1、それ以外には0をとる変数として扱う。

CO₂排出パフォーマンスを捉える変数（被説明変数）は、CO₂排出量（原単位）、CO₂排出増加量（原単位）、CO₂排出量（総量）、CO₂排出増加量（総量）の4つである。CO₂排出量は2011年度のCO₂排出量であり、CO₂排出パフォーマンスの現状を捉えている。また、CO₂排出増加量は2011年度のCO₂排出量から2010年度のそれを引いたものであり、CO₂排出パフォーマンスの改善を捉えている。したがって、低炭素型SCMがこれらの変数に対して負の効果を持つことが望ましい。なお、原単位のCO₂排出パフォーマンスだけでなく総量のそれをも考慮しているのは、原単位のCO₂排出パフォーマンスだけで評価すると、いくら環境効率を向上させてもCO₂排出量が生産量と比例して増加した場合には、厳密な意味ではCO₂排出量削減にはつながらないからである。

低炭素型SCMを捉える変数（説明変数）として、公式的要望ダミー、モニタリングダミー、間接支援ダミー、直接連携ダミーを採用する。これら4つのダミー変数は、先の分析で使用した低炭素型SCMの具体的な取り組みである公式的要望、モニタリング、間接支援、直接連携のスコアがサンプル全体の平均よりも高い場合に1をとるものである。また、低炭素型SCMには影響を及ぼすがCO₂排出パフォーマンスには直接影響を与えない変数として環境重視部門目標（購買部門の部門目標において環境パフォーマンスが重視される程度）を用いる。さらには、CO₂排出パフォーマンスに影響を及ぼしうる低炭素型SCMを捉える変数以外の変数として、従業員数の対数値、売上高広告宣伝費比率、総資産利益率（ROA）、ISO14001取得期間ダミー（認証取得後10年経っている場合に1を取る変数）、産業やサプライチェーンにおける位置関係ダミーをコントロール変数として採用する。

表(3)-13 低炭素型SCMがCO₂排出パフォーマンスに与える影響

		係数	標準誤差	LR検定 (p値)	Log pseudo-likelihood /R ²	観測数
被説明変数: CO ₂ 排出量(原単位)						
(1) TE	公式的要望	-1.378	0.568 **	0.034	-237.031	116
(2) TE	モニタリング	-1.210	0.420 ***	0.001	-233.588	116
(3) TE	間接支援	-1.459	0.380 ***	0.000	-238.863	116
(4) OLS	直接連携	-0.383	0.261	0.860	0.454	116
被説明変数: CO ₂ 排出削減量(原単位)						
(5) TE	公式的要望	-0.492	0.166 ***	0.001	-76.769	110
(6) TE	モニタリング	-0.389	0.103 ***	0.000	-62.650	110
(7) OLS	間接支援	-0.016	0.034	0.427	0.095	107
(8) OLS	直接連携	0.012	0.038	0.499	0.095	107
被説明変数: CO ₂ 排出量(総量)						
(9) OLS	公式的要望	-0.126	0.464	0.303	0.384	116
(10) OLS	モニタリング	0.002	0.381	0.124	0.273	116
(11) TE	間接支援	-1.097	0.888	0.042	-293.114	116
(12) OLS	直接連携	-0.372	0.371	0.338	0.374	113
被説明変数: CO ₂ 排出削減量(総量)						
(13) OLS	公式的要望	-0.021	0.415	0.540	0.408	110
(14) OLS	モニタリング	-0.138	0.330	0.138	0.409	110
(15) TE	間接支援	1.127	0.796	0.014	-268.669	110
(16) OLS	直接連携	0.266	0.335	0.336	0.398	107

注1: 横1行が一つのモデルである。

注2: TEはトリートメント効果モデルで、OLSは最小二乗法で推定したことを示している。

注3: *p<0.10; **p<0.05; ***p<0.01

注4: コントロール変数を推定式に含んでいるが、それらの係数や標準誤差は表には掲載していない。

低炭素型SCMがそれに取り組んでいる企業自身のCO₂排出パフォーマンスに与える影響を推定した結果を表(3)-13に示す。横1行が一つのモデルの推定結果を表している。すべてのモデルでコントロール変数を含んでいるが、それらの係数や標準誤差は表には掲載していない。被説明変数は、モデル(1)から(4)ではCO₂排出量(原単位)、モデル(5)から(8)ではCO₂排出増加量(原単位)、モデル(9)から(12)ではCO₂排出量(総量)、モデル(13)から(16)ではCO₂排出増加量(総量)である。トリートメント効果モデルとOLSで推定した結果のうち、LR検定によって信頼性の高いもののみを掲載している。実証分析の結果は以下のとおりである。

CO₂排出量(原単位)を代理変数とした場合、低炭素型SCMに取り組んでいる企業ほどCO₂排出パフォーマンスが良くなる(モデル(1)(2)(3))。また、CO₂排出増加量(原単位)を代理変数とした場合、どちらかと言えば低炭素型SCMに取り組んでいる企業ほどCO₂排出パフォーマンスが良くなる(モデル(5)(6))。しかし、CO₂排出量(総量)を代理変数とした場合やCO₂排出増加量(総量)を代理変数とした場合、低炭素型SCMとCO₂排出パフォーマンスには関係がない。つまり、低炭素型SCMに取り組んでいる企業ほど原単位ベースではCO₂排出量を低く抑えている、かつ、より削減している一方で、総量ベースではそうした効果がない。

これらの結果に対して、企業が低炭素型SCMに取り組んでいるのは、CO₂排出パフォーマンスの改善を通して、環境に貢献するだけではなく、CO₂排出量が増加するとエネルギー消費量も同時に増加することからビジネスの面でもコスト削減が可能になるからだと考えられる。特に、原単位の方が比較的そうなる可能性が高いために、企業にとっても取り組みやすいのだろう。しか

し、低炭素型SCMが与える効果が原単位ベースに対してのみ有効ならば、低炭素型SCMに取り組んでいる企業自身が生産量を拡大していれば、社会全体の排出総量は当然増加する。ただし、低炭素型企業のサプライチェーンが排出効率の悪いサプライチェーンに比べて市場シェアを増加させているのであれば、産業界全体としての排出量を改善している可能性がある。したがって、その相対的な影響についてはより大規模な調査が必要となるが、少なくとも原単位ベースで排出量や増加量（削減量）に望ましい効果を与えているという結果は、低炭素型SCMを行政的に支援する意義を説明する根拠となる。一方で、総量ベースの排出量や増加量に関しては、1年間のデータを用いた今回の分析では有意な影響を観測することはできなかったが、今後、より長期的な視点から、分析を行っていく必要がある。

なお、低炭素型SCMの支援策を検討するためには、業種やサプライチェーンのどこに位置するかなどの産業及び企業特有の状況を考慮する必要がある。企業のCO₂排出量と産業やサプライチェーンの位置関係との相関係数を示している表(3)-14がCO₂排出量とエネルギー集約型産業（かつ特にサプライチェーンの上流）とは正の相関関係が相対的に高いことを表していることから明らかのように、サプライチェーン全体のCO₂排出量を削減するには、エネルギー集約型産業に属しかつ特にサプライチェーンの上流に位置するCO₂を比較的多く排出している企業からの排出量を削減する必要があることから、それを達成していくことが低炭素型SCMの今後の課題である。それを解決するためには、行政的施策が一つの手段となるが、以上の分析で低炭素型SCMがCO₂排出パフォーマンスに与える影響が明らかとなったため、こういった属性の企業が積極的に低炭素型SCMに取り組んでいるのかを明らかにする必要がある。これは、エネルギー集約型産業に属している企業やそのなかでも特にサプライチェーンの上流に位置するCO₂を比較的多く排出している企業が低炭素型SCMに積極的に取り組んでいるか否かで取り得る施策の手段が異なってくるからである。

表(3)-14 企業のCO₂排出量とその産業やSC(Supply Chain)間との相関関係

	CO ₂ 排出量(原単位)	CO ₂ 排出量(総量)
エネルギー集約型産業かつSC上流	0.323	0.391
エネルギー集約型産業かつSC上中流	0.390	-0.035
エネルギー集約型産業かつSC中下流	0.082	-0.024
エネルギー集約型産業かつSC下流	0.053	0.184
非エネルギー集約型産業かつSC上流	-0.201	-0.087
非エネルギー集約型産業かつSC上中流	-0.144	-0.101
非エネルギー集約型産業かつSC中下流	-0.081	-0.037
非エネルギー集約型産業かつSC下流	-0.242	-0.117

注1：サンプルは、分析①で使用した116社である。

注2：エネルギー集約型産業には、パルプ・紙、化学、石油・石炭製品、ゴム製品、ガラス・土石製品、鉄鋼、非鉄金属、金属製品産業が含まれている。また、非エネルギー集約型産業には、食品、繊維製品、医薬品、機械、電気機器、輸送用機器、精密機器、その他製造業産業が含まれている。

注3：サプライチェーンにおける位置関係を、売上高広告宣伝費比率を参考に、上流、上中流、中下流、下流の4つに分類している。

そこで、②の分析を見ていく。分析に使用するデータは、①の分析で使用したデータと同じで

ある。プロビットによって推定しているが、①の分析のモデル(1)～(4)でトリートメント効果モデルの方が信頼性が高いモデルでは、トリートメント効果モデルの第一段階目から得られた結果を採用している。推定式は上記の式(2) (3)によって表される。

低炭素型SCMを捉える変数（被説明変数）として、①の分析で説明変数として用いた公式的要望ダミー、モニタリングダミー、間接支援ダミー、直接連携ダミーを採用する。

産業やサプライチェーンにおける位置関係を捉える変数（説明変数）として、(1) エネルギー集約型産業かつサプライチェーン上流ダミー、(2) エネルギー集約型産業かつサプライチェーン上中流ダミー、(3) エネルギー集約型産業かつサプライチェーン中下流ダミー、(4) エネルギー集約型産業かつサプライチェーン下流ダミー、(5) 非エネルギー集約型産業かつサプライチェーン上流ダミー、(6) 非エネルギー集約型産業かつサプライチェーン上中流ダミー、(7) 非エネルギー集約型産業かつサプライチェーン中下流ダミー、(8) 非エネルギー集約型産業かつサプライチェーン下流ダミーを採用する。なお、エネルギー集約型産業か非エネルギー集約型産業かの分類は先述したとおりであり、サプライチェーンにおける位置関係の分類は、売上高広告宣伝費比率を参考にして、上流、上中流、中下流、下流の4つに分けている。また、低炭素型SCMに影響を及ぼしうる産業やサプライチェーンにおける位置関係を捉える変数以外の要因として、①の分析同様、従業員数の対数値、ROA、ISO14001取得期間ダミー、環境重視部門目標をコントロール変数として採用する。

表(3)-15産業やサプライチェーンにおける位置関係が低炭素型SCMに与える影響

	(1) 公式的要望		(2) モニタリング		(3) 間接支援		(4) 直接連携	
	係数	標準誤差	係数	標準誤差	係数	標準誤差	係数	標準誤差
産業・SC位置関係ダミー(非エネルギー集約型産業かつSC下流基準)								
エネルギー集約型産業かつSC上流	-1.105	0.501 **	-1.182	0.458 ***	0.031	0.407	-0.853	0.589
エネルギー集約型産業かつSC上中流	-0.261	0.493	-0.637	0.491	-0.985	0.602	-1.318	0.638 **
エネルギー集約型産業かつSC中下流	-1.228	0.466 ***	-0.138	0.454	-0.648	0.434	-0.360	0.567
エネルギー集約型産業かつSC下流	-1.319	0.870	0.846	0.866	5.786	1.174 ***	-	-
非エネルギー集約型産業かつSC上流	-0.299	0.346	-0.702	0.362 *	0.186	0.369	-0.268	0.418
非エネルギー集約型産業かつSC上中流	-0.087	0.416	-0.590	0.439	0.257	0.397	0.241	0.540
非エネルギー集約型産業かつSC中下流	-0.460	0.411	-0.619	0.441	0.202	0.390	0.073	0.429
従業員数の対数値	0.313	0.113 ***	0.170	0.104	0.127	0.096	0.058	0.116
ROA	-9.298	2.809 ***	-3.807	2.935	2.194	2.879	-4.049	3.242
ISO14001取得期間ダミー	-0.371	0.411	-0.553	0.433	-0.213	0.389	0.255	0.450
環境重視部門目標	0.496	0.190 ***	0.973	0.245 ***	0.568	0.198 ***	1.061	0.212 ***
定数項	-4.444	1.431 ***	-5.125	1.399 ***	-3.574	1.183 ***	-3.122	1.234 **
Log pseudolikelihood / Pseudo R2	-237.031		-233.588		-238.863		0.310	
観測数	116		116		116		113	

注：*p<0.10；**p<0.05；***p<0.01

低炭素型SCMがCO₂排出パフォーマンスに与える影響を推定した結果を表(3)-15に示す。モデル(1)では公式的要望、モデル(2)ではモニタリング、モデル(3)では間接支援、モデル(4)では直接連携を被説明変数にしている。実証分析の結果は以下のとおりである。なお、非エネルギー集約型産業かつサプライチェーン下流ダミーを基準としている。

モデル(1)によると、非エネルギー集約型産業かつサプライチェーン下流に属する企業と比較して、エネルギー集約型産業かつサプライチェーン上流に属する企業やエネルギー集約型産業かつサプライチェーン中下流に属する企業では公式的要望の取り組みが進んでいない。また、それら以外の企業とは、公式的要望の取り組み度には違いがない。

モデル(2)によると、非エネルギー集約型産業かつサプライチェーン下流に属する企業と比較して、エネルギー集約型産業かつサプライチェーン上流に属する企業や非エネルギー集約型産業かつサプライチェーン上流に属する企業ではモニタリングの取り組みが進んでいない。また、それら以外の企業とは、モニタリングの取り組み度には違いがない。

モデル(3)によると、非エネルギー集約型産業かつサプライチェーン下流に属する企業と比較して、エネルギー集約型産業かつサプライチェーン下流に属する企業では間接支援の取り組みが進んでいる。また、それら以外の企業とは、間接支援の取り組み度には違いがない。

モデル(4)によると、非エネルギー集約型産業かつサプライチェーン下流に属する企業と比較して、エネルギー集約型産業かつサプライチェーン上中流に属する企業では直接連携の取り組みが進んでいない。また、それら以外の企業とは、直接連携の取り組み度には違いがない。

こうした分析結果より、非エネルギー集約型産業かつサプライチェーン下流に属する企業と比較して、エネルギー集約型産業に属する企業、なかでも特に上流に位置する企業では低炭素型SCMへの取り組みが進んでいないことが明らかとなった。つまり、エネルギー集約型産業に属しかつ特にサプライチェーンの上流に位置するCO₂を比較的多く排出している企業では低炭素型SCMへの取り組みがあまり進んでいないようである。もちろん、このような企業はサプライチェーン上流に位置するため、自らサプライチェーンに働きかけて低炭素化を促進するインセンティブが乏しい場合もあると考えられる。しかし、このような企業はCO₂排出量が相対的に大きいために、サプライチェーン全体に与える影響も大きく、低炭素型SCMを促進するための政策の重要な対象として考慮されるべきである。

それゆえに、①②の分析から、低炭素型SCMに取り組みが進んでいるサプライチェーンの下流に位置する企業ではCO₂排出パフォーマンスが良い（特にCO₂排出量をすでに低く抑えている）ために、そうした企業がCO₂排出量の削減を主要な取引条件として、エネルギー集約型産業に属しかつサプライチェーンの上流に位置する企業により一層の努力をするよう要求していくことは低炭素化に向けた効果が大きいと考えられる。その場合、上流企業が低炭素化に積極的に取り組めるように、環境技術開発支援のような財政的支援が有効となろう。また、サプライチェーン内で共有されるサプライヤーが開示するCO₂排出量情報の信頼性や比較可能性についてのルール作りも、上流企業に低炭素型の活動を促すために有効であると思われる。このように現時点では、低炭素型SCMを梃にして、エネルギー集約型産業に属しかつサプライチェーンの上流に位置する企業によるCO₂排出量やその削減に焦点を当てた新たな環境施策が有効と考えられる。

2) 低炭素型サプライチェーンを支援する消費者の役割の研究

低炭素型サプライチェーンを促進するため、過去3年間にわたって本研究プロジェクトの成果をもとにして、日中の学識経験者、日本企業及び中国企業、日系中国企業へのインタビュー調査及び中国企業、日系中国企業へのインタビュー調査及びワークショップ等を実施して、研究を行った。

日本では、行政や消費者による低炭素型サプライチェーン支援のあり方を検討するために、日用品メーカーのA社、スポーツ用品メーカーのB社、家電大手メーカーのC社、サービス産業のD社の環境担当者とのラウンドテーブルを実施して、企業の取り組みや、消費者の支援のあり方、行政施策の方向性を検討した。以下はその主な結果である。

まず、消費者に環境配慮型企業をアピールする方法として、企業からの情報発信が重要であり、特に企業の取り組みを消費者にわかりやすく紹介することが必要である。今日においては、どの企業も環境への取り組みを行っている。そのような中で、企業は差別化を図るための情報発信を重視し、様々な取り組みを展開している。

A社は、ホームページやエコミュージアムなどで広報活動を行い、エコが水光熱費の削減につながると同時に、そのような生活シーンが想像できるような情報発信活動を継続的に行っている。これは、一朝一夕でできることではなく、長期継続的な取り組みとして行っている。ただ、製品の性能訴求と同時にエコ活動を行うことが必要であり、性能とエコの関係は、二律背反的性格をもつことが多く、その点に苦慮している。またB社では、消費者にアピールするポイントに苦慮している。たとえば、製品耐久性の向上や製品リサイクルなどに取り組んでおり、企業独自のエコマークを製品に付けている。しかし、その活動が消費者に理解されていないことが今後の課題となっている。C社においては、白物・黒物（AV機器など）で消費者へのアピールポイントが違い、オーディオ製品などは、環境や経済的な効果よりも性能を求められることが多く、それが購買の第一動機となっている。さらにD社は社内で社員の意識高揚を図っているが、個人が個人の感覚で頑張っても、CO₂削減は困難であることに苦慮している。

こうした点から、企業は「消費者はエコ商品に関心がないのではないか？」との思いを抱き始めている。特に、C社は全製品エコに取り組み、他社に比べて環境対応がはるかに進んでいる企業である。エコバッジを全社員が身につけ、社員の意識改革を行い、業界に先駆けて取り組んでいる。しかしながら、販売につながらない。このことは、エコが商品差別化につながっていないことを意味している。B社は、来年度環境配慮型商品販売100%を目標に社内基準として取り組んでいるが消費者目線では斬新さに欠け、そのことがアピールできていない。他社も同様の問題点を抱えており、環境意識のある消費者にはメッセージが届くものの、環境意識の低い多数の消費者には届いていないのである。したがって、情報発信においては、家計への経済的なメリットをより一層強調することが必要であると考えられる。日本市場においては、重視されるのは機能・デザイン・価格であり、エコが購買動機の優先順位としては低いことを、各企業は痛切に感じ取っている。ただ、環境配慮への要請がないということではなく、まさに当然のこととして捉えられているのである。そのような中で、いかなる情報発信が適切であるのかが課題となっている。

そのうち、企業はサプライチェーンにおける環境対応に取り組まなければならないのが現状である。例えば、化粧品業界では、法律改正（容器リサイクル法など）により、環境対策に取り組む必要がでてきたが、社内的には、なかなか進んでいなかった。そのような時、店頭からの要求により、社内変革を通じて環境対策を実現することとなった。それは、競争が激しいグローバル市場において、流通企業（ウォールマートなど）に納品するための厳しい要求事項があったからである。そのような点で、流通との関係を維持するためにも、環境が重要となっているという側面がある。

サプライチェーンでの環境配慮を追求すると、サプライヤーへの要求事項が増加する。特に最近では、生物多様性・化学物質使用等の項目で要求事項が増加している。こうした中で、企業は、品質・CSR調達を通じて、サプライヤーへの教育を行い、サプライヤーを育成している。しかしながら、サプライチェーンでは、消費者にチェーンとしての取り組みが見えなければ、コストに反映させるしかなくなる。したがって、上述したような状況を踏まえたうえで、サプライチェーン

を通じた環境対応の取り組みを支援する何らかの方策が求められている。

特に政策的課題については、環境取り組み企業(業界)支援をさらに望む声が多く、企業努力が分かるような政策支援が重要で、「見える化」の重要性が強調された。そのために行政官庁は環境啓発をもっと積極的に行うことが求められ、消費者教育の充実も必要であるという意見が多かった。ただし、環境対策を企業任せにしないで、企業負担を軽減する努力を行うとともに、今後さらに強制力のある政策を実施していくことも必要である。

また、現在の厳しい経営状況のもと、長年熱心に環境対策を講じてきた企業がその努力が報われる政策が必要である。消費者の購買動機において、性能・デザインなど重視される項目は多数あるが、環境配慮型商品が上位に来るためには、消費者啓発や消費者教育が欠けているのが現状であり、企業が独自の取り組みや環境アピールに依存しているようでは、消費者からの支援も受けられない。企業任せの制度には限界がきているという意見が多く、政策として行政機関が環境配慮型サプライチェーンの評価指標を開発してその認定を行うなど、環境取り組み優良企業支援制度の創設等も考慮されるべきである。

中国での消費者とのラウンドテーブルについては、2011年11月17日に美津濃有限公司会議室(上海)にて、美津濃有限公司の顧客10名、美津濃社員10名とともに意見交換の機会を持った。そこでは、美津濃が製造販売している環境配慮型製品の説明と質疑応答の後、環境配慮型商品を中国消費者が購入するための必要条件や中国国内で普及させる方策について、幅広い意見交換が実施された。そこでの主な結果は下記のとおりである。

中国消費者の意見は、全体として環境配慮型商品について関心はあるが、店頭においてエコマークが商品選択の決め手としてはあまりならないとの意見が多数であった。その理由として、エコマークの意味がわからない、エコマークに気がつかない、店員の説明が不足している、などが挙げられた。また、中国では偽物が横行しているため、エコマークそのものに信頼性を担保するものが欲しいなどの意見も挙げられた。

価格の問題に関しては、中国人にも環境に対しての意識は高まってきつつあるので、そのような意識を持っている消費者は少し高くても購入意欲はあるように感じられた。その場合でも、企業のきちんとした宣伝や店頭における店員の説明が必須である。また、偽物に対する警戒心が大いにあるように見受けられた。しかし、学生などは自分に対してのメリットを追求するので、環境配慮型商品の購買意欲は薄い。購買のポイントは「デザイン」、「機能」が優先でそれらのあとが「環境」である。また、それぞれの環境配慮型商品に関しての関心度は、材料循環型商品や再生材料使用型商品に関心が高く、環境保全改良型商品や省エネ貢献型商品に関心が低いことが分かった。

中国国内において、消費者が関心を持っている環境問題は、大気汚染、自動車の排気ガス、工場などによる河川汚染、土壌汚染、光公害などであり、低炭素化についての関心は持たれているが、まだまだ低いようである。これには、京都議定書への政府声明が大きく作用しているのではないかと考えられる。環境マークを政府が認定するような仕組みが構築され、それが大きく広報されるようになると、消費者の意識も大きく変革するが、省エネ商品などの技術的な説明についてはとても難しいことがあるので、丁寧な説明が必要である。

環境配慮型商品として日本製品やEU製品が優れている印象があり、中国製は一番遅れているという認識が持たれている。中国企業は規制がないと自主的には環境改善活動は行わないので、政

府の規制が絶対に必要である。ただし、今後環境配慮型商品はますます普及することが予想され、それらの商品の売上も上がるだろう。消費者も意識を変革してそれらの企業を応援することが要求されてくる。

政府の役割として、低炭素化に貢献している企業に対して補助金を出す政策も必要である。中国社会で一番有効なのは、違反企業に罰金を課することである。しかし、低燃費自動車の購入促進政策を実施している一方、乱開発などでまだまだ環境破壊活動を行っており、政府の政策に矛盾が感じられる。今後は政府の役割として、環境保護意識の醸成など市民文化を変革するような教育が必要であろう。

以上より、一般の企業においては、サプライチェーン単位での低炭素化のプレッシャーは強くないので、低炭素化全般をめぐる意識の向上や環境規制の整備がその前提として必要となることが本研究成果の一つである。さらに、視点をアジア全体に拡張した場合については、本研究で示した企業へ向けた国際的な施策の導入が検討されるべきであることも議論された。例えば、貿易交渉において、低炭素型商品または低炭素型サプライヤーを何らかの形で優遇することができれば、アジア全体での低炭素化を行う意識も高められるし、企業の低炭素化も大いに進むと考えられる。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

1) 日本企業における低炭素型サプライチェーンの現状について、サプライチェーン単位の環境配慮は進んでいるものの、低炭素化をめぐる活動はまだ発展途上であり、特に、CO₂に関する情報共有は十分進んでいないこと等の特徴を初めて明らかにすることができた。さらに、これまで不明確であった低炭素型サプライチェーンのモデルを4つに設定し、それぞれの規定要因を明らかにするとともに、中国の現状と比較できたことは国際的に重要な貢献である。

2) サプライチェーンでの情報共有・開示の方法として、CFPのMFCA展開に基づく、MFCAとCFPの統合モデルを開発した。これまで、CFPとMFCAの統合の有効性は主張されてきたが、この両者を初めて統合したモデルを開発し、サプライチェーンの低炭素化に役立つ可能性を理論的に示すことができた。

3) 消費者による環境経営及び低炭素型サプライチェーンの支援の可能性について、日本及び中国で意見交換を行った結果、消費者の意識を向上させるためには、消費者に対するわかりやすい情報開示と、消費者に対するメリットを明確にすることが必要であることが示された。

4) 環境配慮型SCMの先端事例として、パナソニックのECO-VC活動を分析した結果、サプライチェーンの環境対応を促進するためには、環境とコスト合理化の両方の目的をもったマネジメント手法が有効であることが示された。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

1) 環境省環境報告ガイドライン検討委員会において、本研究プロジェクトの成果も踏まえて、サプライチェーン単位の情報開示の重要性を委員として主張した。

2) 環境省環境配慮促進活動委員会において、本研究プロジェクトの成果も踏まえて、低炭素型サプライチェーンの現状とその重要性について発言した。

3) 環境省「環境報告の利用促進及び信頼性に関する調査・検討業務」のヒアリングにおいて、本研究における成果に基づく助言を行った。

4) 内閣府が実施しているカーボンマネジャー・キャリア段位制度について、本研究の成果も踏まえて、アドバイスをを行った。

5) ISO14051の国内JIS化委員会において、本研究プロジェクトの成果も踏まえて、ISO14051 (MFCA) の日本語訳及び解説文の内容について意見を述べて、翻訳文書の作成に貢献した。

6) ISO/TC207及びJISCに対して、本研究成果に基づき、組織間マテリアルフローコスト会計の有効性を提言し、新規格の提案及び可決に貢献した。

<行政が活用することが見込まれる成果>

1) 本研究で開発したMFCAとCFPの統合モデルは、CFPの普及を目指す行政機関にとって、有効であり、活用されれば、CFPの普及にさらに貢献すると思われる。

2) 低炭素化の状況がサプライチェーンの上流と下流、産業間等で異なるという研究結果は、今後サプライチェーン全体での低炭素化を進めるうえでの、行政施策を検討する際に有効である。

3) 低炭素化を進めるうえでの消費者の役割についての日本と中国の調査は、今後、日本及びアジア地域で消費者の意識啓発を考えるうえで、有効な示唆を提供できる。

6. 国際共同研究等の状況

1) 環境配慮型サプライチェーンの日中比較に関する研究

王傑 北京理工大学珠海学院 中国

中国でのインタビュー調査、質問票調査を実施した。

2) MFCA導入・普及共同研究

銭志新 現代経営管理研究会 中国

薛恒新 南京理工大学 中国

日中で相互訪問し、中国でのMFCA導入支援方法を研究した。

3) 企業サステナビリティバロメーターに関する国際比較調査

Stefan Schaltegger, Leuphana University Lüneburg, Germany

11カ国の企業サステナビリティバロメーターに関して比較研究を行い、成果書籍をSpringerより刊行予定である。

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

1) K. KOKUBU and H. KITADA: Proceedings of the 10th Northeast Asia Management and Economics Joint Conference, 47-55 (2011)

“Introducing MFCA into the Supply Chain: A New Possibility”

- 2) 北田皓嗣、天王寺谷達将、岡田斎、國部克彦：原価計算研究, 36, 2, 1-14 (2012)
「会計計算を通じた知識形成に関する研究－日本電気化学におけるMFCA導入事例を通じて－」
- 3) T. HATAKEDA, K. KOKUBU, T. KAJIWARA and K. NISHITANI: Environmental and Resource Economics, 53, 4, 455-481(2012)
“Factors Influencing Corporate Environmental Protection Activities for Greenhouse Gas Emission Reductions: The Relationship between Environmental and Financial Performance”
- 4) K. KOKUBU and H. KITADA: Proceedings of the 10th Interdisciplinary Perspectives on Accounting Conference, Cardiff, UK (2012)
“Material Flow Cost Accounting and Conventional Management Thinking: Introducing a New Environmental Management Accounting Tool into Companies”
- 5) K. KOKUBU: The Proceedings of EcoBalance 2012, Keio University, Japan (2012)
“Development of an Integrated MFCA and CFP model: Introducing Cost Information into CFP Calculation”
- 6) K. KOKUBU and H. TACHIKAWA: Handbook of Sustainable Engineering, Springer, 1, 3, 351-369(2013)
“Material Flow Cost Accounting: Significance and Practical Approach”
- 7) 東田明、國部克彦、篠原阿紀：日本情報経営学会誌, 33, 4, 65-77 (2013)
「環境管理会計による可視性の創造と変容：A社におけるマテリアルフローコスト会計実践時系列分析を通じて」
- 8) K. KOKUBU, H. KITADA and M. B. HAIDER: Corporate Sustainability in International Comparison: State of Practice, Opportunities and Challenges, Springer (2014)
“Corporate Sustainability Barometer in Japan” (in press)
- 9) M. B. HAIDER and K. KOKUBU: International Journal of Environment and Sustainable Development (2014)
“Assurance and Third-Party Comment on Sustainability Reporting in Japan: A Descriptive Study” (in press)
- 10) H. KITADA, Y. NAKAZAWA and K. KOKUBU: Proceedings of Environmental and Sustainability Management Accounting Network 2014, Rotterdam, Netherlands (2014)
“Integrating Sustainability into Business Practices and Indicators”

<査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) 國部克彦：日本情報経営学会誌, 31, 4, 75-82 (2011)
「サプライチェーンへのマテリアルフローコスト会計導入の意義と課題」
- 2) 國部克彦、瀧上智子、山田明寿：環境管理, 48, 2, 66-76 (2012)
「MFCAとCFPの統合モデルの開発」
- 3) 國部克彦、篠原阿紀：国民経済雑誌, 205, 5, 17-38 (2012)
「環境配慮型サプライチェーンの先端ケース研究－パナソニックのECO-VC活動－」
- 4) 國部克彦、伊坪徳宏、中寫道靖、山田哲男：會計, 182, 7, 82-97 (2012)

- 「アジア地域を含む低炭素型サプライチェーンの構築と会計の役割」
- 5) 天王寺谷達将、北田皓嗣、岡田斎、國部克彦：環境管理, 48, 8, 110-114 (2012)
「マテリアルフローコスト会計情報の利用可能性：日本電気化学株式会社における静電塗装工程の事例」
 - 6) 梶原武久、國部克彦：国民経済雑誌, 206, 4, 95-113 (2012)
「低炭素型サプライチェーンマネジメントの規定要因：バイヤー・サプライヤー関係を中心に」
 - 7) 國部克彦、北田皓嗣、湊上智子、田中大介：環境管理, 49, 1, 73-77 (2013)
「MFCA-CFP統合モデルの実践への適用可能性」
 - 8) Schaltegger, S., Harms, D., Hörisch, J., Windolph, S. E., Burritt, R., Carter, A., Truran, S., Crutzen, N., Ben Rhouma, A., Csutora, M., Tabi, A., Kokubu, K., Kitada, H., Haider, B. M., Kim, J-D., Lee, K-H., Moneva, J. M., Ortas, E., Álvarez-Etxeberria, I., Daub, C-H., Schmidt, J., Herzig, C., & Morelli, J. (2013)
“International Corporate Sustainability Barometer: A Comparative Study of 11 Countries”
Lüneburg: Centre for Sustainability Management.
 - 9) 金幸弘、國部克彦：環境管理, 49, 8, 71-77 (2013)
「韓国におけるマテリアルフローコスト会計の展開」
 - 10) 賀振華、國部克彦：環境管理, 49, 9, 79-83 (2013)
「中国における資源フローコスト会計の展開」
 - 11) 中澤優介、天王寺谷達将、國部克彦：環境管理, 49, 10, 70-74 (2013)
「MFCAの国際的研究動向：EMAN2013報告論文の分析」
 - 12) 岡田華奈、國部克彦：環境管理, 49, 12, 44-49 (2013)
「マテリアルフローコスト会計の導入効果：企業単独とサプライチェーンの比較検討」
 - 13) 國部克彦：環境管理, 50, 2, 92-98 (2014)
「実践マテリアルフローコスト会計シリーズの貢献」
 - 14) 中尾悠利子、西谷公孝、國部克彦：會計, 185, 6 (2014) (近刊)
「社会・環境パフォーマンスと記述的表現の関係性：社会環境報告書の分析を通して」

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) K. KOKUBU: Kobe University Graduate School of Business Administration, Discussion Paper, 2012-03 (2012)
“The Significance for Introduction of MFCA into the Supply Chain”
- 2) K. KOKUBU, T. FUCHIGAMI and A. YAMADA: Kobe University Graduate School of Business Administration, Discussion Paper, 2012-04 (2012)
“Development of an Integrated MFCA and CFP Model”
- 3) K. KOKUBU and H. KITADA: Kobe University Graduate School of Business Administration Discussion Paper, 2012-05 (2012)
“Material Flow Cost Accounting and Conventional Management Thinking: Introducing a New Environmental Management Accounting Tool into Companies”

- 4) 蔵本一也・國部克彦:神戸大学大学院経営学研究科ディスカッションペーパー, 2012・09 (2012)
「低炭素化社会実現へ向けた消費者と企業の役割ー日本と中国の消費者調査をもとにしてー」
- 5) K. KOKUBU and A. SHINOHARA: Kobe University Graduate School of Business Administration, Discussion Paper, 2012-10 (2012)
“A Case Study of a Cutting-Edge Green Supply Chain: Panasonic’s ECO-VC Activities”
- 6) T. SHIMADA and L.N. VAN WASSENHOVE: Kobe University Graduate School of Business Administration, Discussion Paper, 2012・12 (2012)
“Closed-Loop Supply Chains in the Electrical and Electronics Industry of Japan”
- 7) 梶原武久・國部克彦:神戸大学大学院経営学研究科ディスカッションペーパー, 2012・14 (2012)
「日本企業の環境配慮型・低炭素型サプライチェーンの現状ー質問票調査の集計結果ー」
- 8) 國部克彦: 環境管理, 48, 4, 55-58 (2012)
「MFCAの国際動向ー国際シンポジウム「アジアにおけるサプライチェーンのグリーン化のための環境会計とLCA」より」
- 9) S. TAKAKUWA (Editor-in-Chief): Manufacturing and Environmental Management, National Political Publishing House, 277-282 (2012)
“Introduction of MFCA into the Supply Chain (Katsuhiko Kokubu)”
- 10) T. SHIMADA and Ang Soo Keng JAMES: Kobe University Graduate School of Business Administration Discussion Paper, 2013・02 (2013)
“Continuous Improvement for Employee Engagement in Sustainability: The Case of an Electronics Assembly Process (Revised Version)”
- 11) H. KITADA, K. KOKUBU and T. TENNOJIYA: Kobe University Graduate School of Business Administration, Discussion Paper, 2013・07 (2013)
“Technological Empowerment and Material Flow Cost Accounting: Creating Local Knowledge with Calculating Practice”
- 12) K. KOKUBU, H. KITADA and M. B. HAIDER: Kobe University Graduate School of Business Administration, Discussion Paper, 2013・08 (2013)
“Corporate Sustainability Barometer in Japan”
- 13) K. NISHITANI, K. KOKUBU and T. KAJIWARA: Kobe University Graduate School of Business Administration Discussion Paper, 2013・09 (2013)
“Green Supply Chain Management and CO₂ Emissions Performance in Japanese Manufacturing Firms”
- 14) 中尾悠利子、西谷公孝、國部克彦: 神戸大学大学院経営学研究科ディスカッション・ペーパー, 2013・10 (2013)
「日本企業のサステナビリティ報告書発行及び記述情報の規定要因」
- 15) 王傑、徐愛、呉綺、國部克彦: 神戸大学大学院経営学研究科ディスカッションペーパー, 2013・34 (2013)
「中国における低炭素型サプライチェーンの現状分析」
- 16) K. NISHITANI, M.B. HAIDER and K. KOKUBU: Kobe University Research Institute for Economics and Business Administration Discussion Paper, 2014-13 (2014)

“Corporate Environmental Initiatives and Shareholder Value: Focusing on the Role of Environmental Information and Its Credibility”

- 17) K. KOKUBU and H. KITADA: Kobe University Graduate School of Business Administration
Discussion Paper, 2014・02 (2014)

“Material Flow Cost Accounting and Existing Management Perspectives”

- 18) K. OKADA and K. KOKUBU: Kobe University Graduate School of Business Administration
Discussion Paper, 2014・03 (2014)

“Impact of Introducing Material Flow Cost Accounting: A Comparative Review of Supply Chains and Individual Companies”

(2) 口頭発表 (学会等)

- 1) K. KOKUBU, T. SHIMADA, A. SHINOHARA and H. KITADA: Japanese Operations Management and Strategy Association 3rd Meeting, Yokohama National University, Japan, 2011

“Development of Material Flow Cost Accounting in Japan”

- 2) 大浦啓輔、梶原武久、西健太郎：第3回オペレーションズ・マネジメント&ストラテジー学会 (2011)

「国際物流に関わるリスクマネジメントに関する研究」

- 3) 北田皓嗣、天王寺谷達将、岡田斎、國部克彦：第37回日本原価計算学会(2011)

「環境と会計と組織の社会的側面ー日本電気化学におけるMFCA導入事例を通じてー」

- 4) 國部克彦：天津大学国際セミナー(2011)

「MFCAの意義と課題」

- 5) 國部克彦：環境経済・政策学会2011年大会(2011)

「省資源・低炭素型サプライチェーン構築のためのマテリアルフローコスト会計(MFCA)の意義と課題」

- 6) 國部克彦、瀧上智子、山田明寿：第24回日本社会関連会計学会全国大会(2011)

「MFCAとCFPの統合モデル」

- 7) K. KOKUBU and H. KITADA: The 10th Northeast Asia Management and Economics Joint Conference, Chungnam National University, Daejeon, Korea, 2011

“Introducing MFCA into the Supply Chain: A New Possibility”

- 8) K. KOKUBU, T. SHIMADA and A. SHINOHARA: The 42nd Annual Meeting of the Decision Sciences Institute, Boston, U.S., 2011

“The Effects of Material Flow Cost Accounting Implementation on the Supply Chains in the Japanese Manufacturers: A Comparison of Three Cases”

- 9) T. SHIMADA: International Seminar at the University of Malaya University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia, 2011

“The Effects of Material Flow Cost Accounting Implementation on the Supply Chains in the Japanese Manufacturers”

- 10) K. KOKUBU and H. KITADA: 10th Interdisciplinary Perspectives on Accounting Conference, Cardiff, UK, 2012

- “Material Flow Cost Accounting and Conventional Management Thinking: Introducing A New Environmental Management Accounting Tool into Companies”
- 11) K. KOKUBU and H. KITADA: 15th EMAN Conference, Helsinki, Finland, 2012
 “Introducing MFCA into the Supply Chain: Japanese Evidences”
- 12) K. KOKUBU and H. KITADA: 2012 International Annual Conference of Environmental Accounting Committee in ASC & the 1st Chinese CSEAR, Jinan University, China, 2012
 “Material Flow Cost Accounting and Conventional Management Thinking”
- 13) K.KOKUBU: EcoBalance 2012, Keio University, Japan, 2012
 “Development of an Integrated MFCA and CFP model: Introducing Cost Information into CFP Calculation”
- 14) 梶原武久、國部克彦：日本会計研究学会第71回大会(2012)
 「低炭素型サプライチェーンマネジメントの規定要因に関する探索的分析」
- 15) 國部克彦、北田皓嗣、淵上智子、田中大介：日本原価計算研究学会第38回大会(2012)
 「MFCA-CFP統合モデルの実践への適用可能性」
- 16) 國部克彦、梶原武久、藏本一也：環境経済・政策学会2012大会(2012)
 「日本における低炭素型サプライチェーンの現状と課題」
- 17) K. KOKUBU: The 3rd International Symposium on Operations Management and Strategy, Osaka, Japan, 2013
 “Supply Chain Management through Material Flow Cost Accounting”
- 18) K. NISHITANI, K. KOKUBU and T. KAJIWARA: The Third International Symposium on Operations Management and Strategy (ISOMS), Osaka, Japan, 2013
 “Green Supply Chain Management and CO₂ Emissions Performance in Japanese Manufacturing Firms”
- 19) M. B. HAIDER, K. KOKUBU and K. NISHITANI: The Third International Symposium on Operations Management and Strategy (ISOMS), Osaka, Japan, 2013
 “Stakeholder Influence on the Adoption of Assurance and Third Party Comment on Sustainability Reporting: Evidence from Japan”
- 20) 西谷公孝、國部克彦、梶原武久：2013年度日本社会関連会計学会西日本部会(2013)
 「低炭素型サプライチェーンと環境パフォーマンスの実証研究」
- 21) K. NISHITANI, K. KOKUBU and T. KAJIWARA: The Seventh Asia Pacific Interdisciplinary Research in Accounting Conference, Kobe, Japan, 2013
 “Green supply chain management and CO₂ emissions performance in Japanese manufacturing firms”
- 22) A. HIGASHIDA, K. KOKUBU and A. SHINOHARA: The Seventh Asia Pacific Interdisciplinary Research in Accounting Conference, Kobe, Japan, 2013
 “Introducing Material Flow Cost Accounting and Creating Visibility -Analyzing MFCA in practice Based on a longitudinal case study-”
- 23) M. B. HAIDER and K. KOKUBU: The Seventh Asia Pacific Interdisciplinary Research in Accounting Conference, Kobe, Japan, 2013
 “Stakeholder Influence on the Adoption of Assurance in Sustainability Reporting: Evidence from

Japan”

- 24) Y. NAKAO, K. NISHITANI and K. KOKUBU: The Seventh Asia Pacific Interdisciplinary Research in Accounting Conference, Kobe, Japan, 2013
 “Determinants of Narrative Content of Sustainability Reporting by Japanese Companies”
- 25) H. KITADA, K. KOKUBU and T. TENNOJIYA: The Seventh Asia Pacific Interdisciplinary Research in Accounting Conference, Kobe, Japan, 2013
 “Technological empowerment: Creating local knowledge with calculating practice”
- 26) 國部克彦、中尾悠利子、西谷公孝：日本会計研究学会第72回大会(2013)
 「日本企業のサステナビリティ報告書発行及び記述情報の規定要因」
- 27) K. NISHITANI, K. KOKUBU and T. KAJIWARA: RIEB Conference on Economic Analysis and the Chinese Economy: In Celebration of the Agreement on Academic Exchange between the School of Economics, Peking University and the Research Institute for Economics and Business Administration, Kobe University, Kobe, Japan, 2013
 “Low-Carbon Supply Chain Management and Its Performance in Japanese Manufacturing Firms”
- 28) K. KOKUBU: Asian Conference of Management Science and Applications, Kunming, China, 2013
 “Production and Environment Management through Material Flow Cost Accounting”
- 29) K. NISHITANI, K. KOKUBU and T. KAJIWARA: Asian Conference of Management Science and Applications, Kunming, China, 2013
 “Low-Carbon Supply Chain Management and Its Performance in Japanese Manufacturing Firms”

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナー等の開催（主催のもの）

- 1) 環境とサプライチェーンマネジメント（2011年7月25日、神戸大学経営学研究科大会議室、参加者約50名）
- 2) アジアにおける環境会計・LCAの展開とサプライチェーンのグリーン化（2011年12月3日、神戸大学アカデミア館、参加者約70名）
- 3) 「アジア地域を含む低炭素型サプライチェーンの構築と制度化に関する研究」中間成果報告会（国民との対話（2012年3月26日、神戸大学大阪教室、参加者約60名）
- 4) 日中低炭素型経営ワークショップ（2012年11月30日、神戸大学、参加者約30名）
- 5) 日中グリーンサプライチェーンと環境経営ワークショップ（2013年2月4日、神戸大学、参加者約50名）
- 6) アジアを含む低炭素型サプライチェーンの構築と制度化に関する研究（2013年11月8日、関西大学東京センター、参加者約50名）
- 7) 日中グリーンサプライチェーンの展開（2014年1月22日、神戸大学経営学研究科本館208、参加者約30名）
- 8) アジアを含む低炭素型サプライチェーンの構築と制度化に関する研究最終成果報告（2014年2月24日、関西大学東京センター、参加者約70名）

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

<受賞歴>

- 1) K. Kokubu and H. Kitada : The 10th Northeast Asia Management and Economics Joint Conference, Chungnam National University, Daejeon, Korea, October 20-22 (2011)“Introducing MFCA into the Supply Chain: A New Possibility”が、同学会でのBest Paper Awardを受賞した。

8. 引用文献

特に記載すべき事項はない。

Study on Supply Chains for Low Carbon in the Area Including Asia

Principal Investigator: Katsuhiko KOKUBU

Institution: Kobe University, Graduate School of Business Administration

Rokko Dai 2-1, Nada, Kobe, JAPAN

Tel: +81-78-803-6925/ Fax: +81-78-803-6925

E-mail: kokubu@kobe-u.ac.jp

Cooperated by: Tokyo City University, The University of Electro-Communications,
Kansai University

[Abstract]

Key Words: Low Carbon, Asia, Supply Chain, Inventory Database, Input Output Table, Product Design, MFCA, Environmental Management

This research aims to develop a database and an evaluation method for measuring, evaluating, improving adoption of low-carbon approaches, and to provide policy-based support for facilitating low-carbon approaches in various regions, including Asia. This research conducted by three teams (Sub theme1-3). First, Sub theme 1 (Tokyo City University, The University of Electro-communications) developed a lifecycle assessment (LCA) inventory database for Asian countries and a method for measuring environmental burden. In addition, greenhouse gas emission basic units (76 sectors) of 10 Asian countries were calculated and a method for understanding the indirect impacts from the flow of products and services among the Asian countries through a detailed Asian International Input Output Table was developed. On the other hand, besides greenhouse gas emissions, this team developed databases of other environmental elements as well, for example, water etc. and investigated their application possibility for product design. Second, Sub theme 2 (Kansai University) conducted research on extending material flow cost accounting (MFCA) to supply chains. An integrated model of the above mentioned LCA inventory database for Asian countries and MFCA was developed, which made the comparison of cost and environmental burden in supply chains in Asia region possible. Case studies were conducted to investigate the possibility for applying MFCA into supply chains, and clarified the conditions for successful application. Third, Sub theme 3 (Kobe University) researched methods of providing the required policy-based support for companies to promote adoption of low-carbon approaches in supply chains. The current situation with respect to adoption of low-carbon approaches in Japan and China was analyzed through questionnaire, and considering the characteristics of different industries, specific ways to provide policy-based support were proposed. As a method of sharing information in supply chains, an integrated model

of CFP and MFCA was developed, and its efficacy was verified by testing it in the company. Standardizing the evaluation of resource productivity (carbon productivity) based on the integrated model of MFCA and the life cycle inventory database that was developed in this research, and sharing information in supply chains were showed to be effective in promoting low-carbon supply chains in the Asian region. Based on the research findings, implementing government policies including trade negotiations, which could support low-carbon supply chains from multiple aspects is expected.