

(続紙 1)

京都大学	博士 (エネルギー科学)	氏名	重富 陽介
論文題目	Study of Mid-Term Impact of Japanese Households on Formation of Low-Carbon Society from Consumption-Based Approach (消費者基準アプローチによる低炭素社会実現に向けた日本の家計消費の 中期的なインパクトに関する研究)		
(論文内容の要旨)			
<p>持続可能な開発に向けた取り組みの中で、近年では消費される財・サービスの生産に由来するライフサイクル全体の環境負荷を定量化する「消費者基準勘定」に基づく環境管理の重要性が高まりつつある。消費が引き起こす直接・間接的な環境負荷は「環境フットプリント」として可視化され、特に喫緊の問題である気候変動に対応して温室効果ガス (カーボンフットプリント : CF) の解析が進んでいる。しかし、消費者基準勘定による今後のCFの見通しはほとんど示されておらず、特に寄与が大きい家計消費由来のフットプリント構造も明らかとなっていない。また、より広範な持続可能性を考慮する上では、今後の低炭素技術に要する希少金属資源とのトレードオフにも留意する必要がある。こうした背景を踏まえ、本論文では人口動態と貿易構造の視点から、日本の家計消費に起因するCFとネオジム、コバルト、プラチナのサプライチェーンを通じた資源消費 (マテリアルフットプリント : MF) の現状および将来シナリオ分析を行ない、両者の効果的な削減に向けた施策の提言を行っている。本論文は、全6章から構成されている。</p> <p>第1章は序論で、本論文の背景と目的を、近年開発が進む多地域間産業連関分析モデルを活用した環境フットプリント解析と家計消費由来の環境負荷分析に関する論文のレビューを行いながら解説している。</p> <p>第2章では、家計消費に伴うCFおよび3種のレアメタルのMFの世帯別解析を実施するにあたり、国際サプライチェーン全体をシステム境界とした多地域間産業連関モデルであるGlobal Link Input-Output (GLIO) モデルと接続する世帯年収別支出額を求めている。具体的には、国内の産業連関表の家計消費支出額と家計統計データの全国消費実態調査を利用して数理計画問題を解くことで、近年課題とされる社会会計表に整合する世帯属性別支出額を得る手法を提示している。また、各フットプリントの世帯間比較を世帯人数の違いを考慮して行なうために、世帯別支出額を一人あたり支出額に正規化する方法を導入している。解析の結果、各フットプリントに重大な寄与を示す家計需要の共通性は低く、それぞれに応じた対策をとる必要があることが定量的に示唆された。また、世帯収入の増加によって支出の増加先は自動車や娯楽用品に集中し、CF以上にMFの急激な増大が危惧されることが明らかとなった。そのため、CFの低減をねらいとする補助金や所得増のための経済政策を採る上では、このような資源とのリバウンド効果に留意することが重要である。</p> <p>第3章では、我が国で深刻化している少子高齢化に着目し、2035年までの家計消費由来のCFおよびその詳細な排出構造を定量的に推計するための手法と結果について述べている。解析手法には、第2章で行なった方法を利用して、世帯主年齢階級別の支出額を得た後、人口統計で予測されている各世帯数と世帯人数の変化を考慮したモデ</p>			

ルを組み立てることで将来支出額の推定を行なっている。その結果、2035年のCFは、人口動態の変化の影響を受けて、2005年と比較して4.2%減少すると推定された。世帯主年齢階級別フットプリントを観察すると、2035年には60代以上のCFが全体に占める割合が50%を超えると予想されるため、中高年の消費パターンと関連の強い需要領域に着目した対策をとることが重要であることを指摘している。さらに、今後のCFの削減ポテンシャルの大きい商品需要（ホットスポット）についても詳細に示している。

第4章では、第3章と同様に少子高齢化の観点から、2005年～2035年までの日本の家計消費が誘引するネオジム、コバルト、プラチナのMFを推計した結果について述べている。その結果、2035年のネオジム、コバルト、プラチナのMFは、2005年と比較してそれぞれ11%、6.6%、4.7%の減少が見積もられた。また、現在実施されている家電リサイクル法、小型家電リサイクル法、自動車リサイクル法を2035年も継続して推進した場合、対象品目の家計消費由来のネオジム、コバルト、プラチナのMFは、全MFのそれぞれ76%、43%、41%にも及ぶ。このことを消費者に認知させることは、間接的にリサイクルやリユースを支援することに貢献しうることが示唆されている。

第5章では、第3章と第4章で考慮されていなかった貿易構造の変化を反映するMFの将来推定の前段階として、二国間のネオジム、コバルト、プラチナフローの推定に重要な寄与を示す経済要素について検討している。解析には貿易の重力モデルを利用し、経済規模、貿易障壁、今後のクリティカルメタル消費に関連すると考えられる需要構造および供給構造の4つの観点から、推定する変数の選定を行なっている。その結果、1人あたりGDPと人口の係数が正に、二地域間の距離の係数が負に、それぞれ統計的に強い有意性を示し、世界全体の各クリティカルメタルフローはいずれも重力モデルに従うことが初めて明らかとなった。また、各フローによって差異はあるものの、自動車や携帯電話、インターネットの普及率といった需要側の要素や、再生可能エネルギーや二次産業の進展といった供給側の要素も重要であることが伺えた。

第6章はそれまでの章から帰結される本論文の政策的含意と今後の展望について述べている。

(論文審査の結果の要旨)

持続可能な社会の形成に向けて、財・サービスの生産に伴う環境負荷から、ライフサイクル全体について消費の視点より環境負荷を評価する消費者基準勘定の動きが国際的に高まり、環境フットプリントによる定量化・環境管理が望まれている。本論文は、我が国の家計消費が国際サプライチェーン全体に誘引する温室効果ガス排出構造（カーボンフットプリント、CF）と低炭素技術に重要なレアメタル依存構造（マテリアルフットプリント、MF）、両フットプリントの将来推計を世帯属性の観点から同時に明らかにし、得られた成果をまとめたものである。本研究で得られた主な結果は以下の通りである。

- 1) 世帯統計データと多地域間産業連関モデルである GLIO モデルとの連結・整合方法を開発し、2005 年の日本の家計消費が全世界に誘発する五分位年収階級世帯別の一人あたりCF 及びネオジウム、コバルト、プラチナのMF を同時に推計して、収入増に伴う増加率はMFのほうがCFよりも大きいことを示した。また、単位需要あたりのCF とMF では収入との関係は全く異なる傾向となり、両フットプリント間のリバウンド効果を明らかにした。
- 2) 2005 年～2035 年までの日本における少子高齢化に伴う人口変動、消費構造の変化に着目して、家計消費が誘引するCF 及びMF の推移を商品別世帯主年齢階級別に世界で初めて明らかにした。その結果、少子高齢化に伴って増加するCF 及びMF の商品需要が特定され、2035 年に向けた各家計のフットプリント削減に重要な約400 種類の財・サービス別需要とその削減に向けた方策を提示した。
- 3) 貿易の重力モデルを用いて、将来のレアメタル国際物量フローを推定する上で重要となる経済的要素の検出をネオジウム、コバルト、プラチナについて行ない、モデルの有用性を明らかにした。

本論文は、今後の日本のCFと、その低減に重要なレアメタルのMFの効果的削減のための基礎戦略を家計需要の視点から示しており、低炭素社会やエネルギー安全保障等の政策立案にあたって重要な知見を提供するものである。

よって、本論文は博士（エネルギー科学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成28年2月23日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。

論文内容の要旨及び審査の結果の要旨は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。特許申請、雑誌掲載等の関係により、学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日：平成 年 月 日以降