

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 17 日現在

機関番号：17301

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K18231

研究課題名(和文) 持続可能なパーム油生産と消費に向けた健康志向型消費パターンの評価に関する研究

研究課題名(英文) Study of achieving the healthier lifestyles along with sustainable production and consumption of palm oil

研究代表者

重富 陽介 (SHIGETOMI, Yosuke)

長崎大学・水産・環境科学総合研究科(環境)・准教授

研究者番号：30780358

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：世界中で多用されるパームオイルの生産が引き起こしている環境問題に注目し、2000年から2018年までの国際パームオイルフローを同定した。また、そのパームオイルフローを多地域間産業連関モデルに組み込み、国際サプライチェーンを経由して間接的に消費される量も含めたパームオイル消費量(パームオイルフットプリント)を分析するための手法を開発した。本研究により、2000年以降の世界各国のパームオイルフットプリントの時系列変化を同定し、とりわけ日本の家計最終消費による誘発構造を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、従来から指摘されていたパームオイルの生産を取り巻く諸問題の解決にそのサプライチェーンの透明化の必要性を、「パームオイルフットプリント」という形で可視化した点に意義がある。本研究の結果から、我々の消費がどの程度中間加工も含めてパームオイルに依存しているかが見える化されたことで、優先的にパームオイルの依存を下げる必要のある産業やライフスタイルの検討をより具体的に行うことができる。特に、昨今の少子高齢化に伴う変化を確認したことで、今後の人口動態を見据えた対策に繋がることを期待される。

研究成果の概要(英文)：Regarding the environmental problems caused by the production of palm oil, which is widely used around the world, this study identified international palm oil flows from 2000 to 2018. By incorporating the international flow into a multi-regional input-output model, the time-series direct and indirect palm oil consumptions (i.e., palm oil footprint) through the international supply chain were quantified. This study determined the palm oil footprint by nation since 2000, and clarified the structure of the palm oil footprint induced by household final demand in Japan in particular.

研究分野：環境システム学

キーワード：パームオイル マテリアルフロー分析 持続可能な消費と生産 産業連関分析

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

今日パームオイルは全世界の植物油種生産量の 36% を占めており、安いコストと食用・工業用・バイオ燃料への広い用途から最も重要な植物油種である。一方でインドネシアを中心とするパームオイル生産国では、プランテーションに伴う深刻な森林減少やそれを発端とする生物多様性の損失、二酸化炭素の増加といった国際的な環境問題に進展している。また、米労働省は児童労働または強制労働に関与する商品としてパームオイルを登録している。それにも関わらず、今後パームオイル需要は人口増や温暖化対策を機にさらに加速化することが予想されており、世界のパームオイル需要の緩和はこれらの問題解決に向けた必須事項である。こうしたパームオイルを必要とする商品の最終需要先は先進国が中心となっており、日本も例外ではない。しかしながら、パームオイルの用途は加工食品や菓子類、外食産業への一次利用と、化粧品や医薬品、洗剤等の化学工業製品への二次利用が存在し、単にパームオイルの輸入量を追うだけではその国の真のパームオイル依存度を把握できない問題が生じている。

一方で、パームオイルに含まれる飽和脂肪酸は冠動脈性心疾患のリスクを引き上げることが指摘されている。日本の農林水産省は、通常の食生活における成人がすでに過剰摂取の傾向にあることに警鐘を鳴らしている。しかし日本の加工食品におけるパームオイルの成分表示は「植物油脂」と記載されて具体的な量が明示されておらず、外食由来のものとともにパームオイルの消費量を窺い知ることができない。したがって、パーム生産に伴う環境社会問題の解決だけでなく国内の健康志向の推進にとっても、現時点で未解明な国際サプライチェーンの下で中間財としての利用も含めた日本の真のパームオイル依存構造を可視化し、その依存度の低減を進めていくことが急務である。

2. 研究の目的

本研究課題では、パームオイルの国際マテリアルフローを明らかにし、その結果をもとにサプライチェーンを遡及して環境負荷を定量する環境産業連関分析モデルに結び付けることで、日本の家計がどこの国のパームオイルにどれほど直接・間接的に依存するのか (パームオイルフットプリント) について、世帯属性別 (世帯主年齢や収入階級) に明らかにすることを目的とした。さらに、その結果を踏まえ、パームオイル消費に伴う諸問題を緩和するために優先的に対策を講じるべき財・サービス (商品) 部門の同定や、飽和脂肪酸の抑制を念頭に置いたライフスタイルの変革に伴うパームオイルフットプリントの影響を考察することを狙いとした。

また、上記の目的に加え、日本の家計消費由来の環境影響を詳細に同定する手法を、他の共同研究を通じて検討することも行った。

3. 研究の方法

パームオイルの国際マテリアルフローを同定するために、国連食糧農業機関統計データベース (FAOSTAT) における「Food Balance Table」と「Detailed Trade Matrix」を利用した。Food Balance Table には、「生産」「加工」「食品用途」「非食品用途」「家畜用途」「損失」「在庫」「輸出入」「国内利用」ごとに、世界各国における食品利用 (損失) 量が記録されている。本研究では、この中でパームオイル (原油と核油) のデータを用いた。しかしながら、これらのデータは各国の記録に基づく FAOSTAT の推計値であり、世界全体の投入と産出のバランスが整合していない問題が存在する。したがって、本研究ではまず、世界全体のパームオイルにおけるマテリアルバランスを調整した。一方で、Detailed Trade Matrix には、世界 236 か国・地域のパームオイルの二国間貿易量 (輸出入量) が記録されている。これにより、Food Balance Table には記録されていない、パームオイルをどの国からどれだけ輸入したか (どの国へどれだけ輸出したか) という情報を補完することが可能となる。ただし、Detailed Trade Matrix には、何の用途でパームオイルが輸出入されたかは把握できない。したがって、これらを組み合わせることで、2000 年以降のパームオイルの用途別産出・需給構造を把握した。

次に、家計消費由来のパームオイルフットプリントを同定するために実施した手法について概説する。国際パームオイルフローとの接続のしやすさと国際勘定体系に整合したデータであること、時系列データの整備状況が良いことに鑑みて、当初予定していた国内産業連関表の拡張方法の代わりに、多地域間産業連関モデルの一つである World Input-Output Database (WIOD) を利用した。このモデルを利用するメリットとして、他時点のパームオイルフットプリントの比較が容易となることがある。本研究では、WIOD の家計最終消費支出部門を世帯属性別支出額に分割するためのコンコーダンス行列を新たに作成した。また、世帯属性別支出額のデータは、全国消費実態調査と国内産業連関表を利用し、購入者価格から生産者価格に変換するための行列も作成することで、より精緻に WIOD の部門解像度における世帯属性別支出額を算定可能とした。パームオ

イルフットプリントの算定に必要な内包型パームオイルフットプリント原単位（単位需要あたり直接・間接パームオイルフットプリント消費量）については、国際パームオイルフローを WIOD に組み込んだハイブリッド産業連関分析の手法をもとに算定した。

4．研究成果

初めに、パームオイルの国際マテリアルフローを同定した結果について述べる。2000年以降、世界のパームオイル消費量は、2018年まで増加の一途を続け、 23.4×10^6 トン（百万トン）から 82.5×10^6 トンに成長した。国別に国内パームオイル消費量をみると、2000年の時点で最も多かったのはインド（ 3.6×10^6 トン）で、その後インドネシア

（ 2.4×10^6 トン）、中国（ 2.0×10^6 トン）、ナイジェリア（ 1.2×10^6 トン）、マレーシア（ 1.1×10^6 トン）と続いた。このとき、パームオイルの生産量はマレーシアとインドネシアがそれぞれ 12.2×10^6 トンと 7.7×10^6 トンであり、前者のほうが多かった。したがって、インドネシアと比較して、マレーシアはこの当時からパームオイルを輸出品向けとしていたと考えられる。

しかし 2018 年では、インドネシアが最大の消費国となり（ 15.6×10^6 トン）、2位のインドとは 600 万トン以上の差がついた。この間、日本の国内消費量は 4.2×10^5 トンから 8.3×10^5 トンと 2 倍近く増加していたが、これらは 2000 年と 2018 年において 236 か国中 14 位と 18 位に相当する。貿易相手国の推移を見ると、2000 年から 2008 年までは、ほぼ 100% 近くをマレーシアから輸入していたが、それ以降はインドネシアからの輸入量が徐々に増加していき、2018 年でほぼマレーシアからの輸入量と同程度となった（図 1）。インドネシアは 2006 年以降、世界一のパームオイル生産国になっており、それに伴って環境破壊が深刻化している。ここ数年で日本のインドネシアに対する依存度が非常に高まっていることから、貿易統計上もインドネシアで生じている多様な環境問題に直接大きく関与していることが改めて確認された。

次に、日本の家計パームオイルフットプリント構造について記述する。本研究では、利用できるデータの制約から、2005 年と 2014 年におけるパームオイルフットプリントを推計した。両年のパームオイルフットプリントは、それぞれ 2.15×10^6 トンと 2.34×10^6 トンと推計され、20 万トン近く増加していた。これらはともに、両年の国内消費量を大きく上回っており、間接的に消費されるパームオイルの重要性が見受けられる。両年の部門別パームオイルフットプリントを比較すると、最も大きく増加したのは Crop and animal production, hunting and related service activities（農業）で、Accommodation and food service activities（外食・宿泊業）、Manufacture of food products, beverages and tobacco products（食品製造業）と続いた。食用油としてのパームオイルの重要性が増してきているのが伺える。また、医療福祉由来のパームオイル消費量も 1.5×10^4 トン増加しており、高齢化の需要増に伴う影響が示唆される。

一人あたりパームオイルフットプリントについては、図 2 が示すように、12 の世帯主年齢階級別と 19 の世帯収入階級別に推計した。また、可視性を考慮し、部門を国際標準分類の目的別個別消費分類（Classification of Individual Consumption Accounting to Purpose: COICOP）にもとづく 11 項目で分類し直した。世帯主年齢階級別の一人あたりパームオイルフットプリントの特徴として、20 代と 50・60 代で大きいことが挙げられる。2005 年も 2014 年も、最も若い 24 歳未満の世帯から 30-34 歳の世帯まで減少を続け、その後 50 代まで徐々に増加する傾向が見られた。24 歳未満と 75 歳以上を除くすべての世帯で 2014 年のほうがパームオイルフットプリントを増加させていたが、特に 45 歳から 59 歳までの世帯で顕著である。最も増加した 55-59 歳の世帯は平均 3 kg 以上の増加が見られる。世帯収入階級別のパームオイルフットプリントを比較すると、興味深いことに、二番目に収入が低い層（200-249 万円）から六番目に収入が高い層（800-899 万円）まで大差ないと見積もられた。900 万円以上の世帯における一人あたりパームオイルフットプリントは増加の一途を辿るが、最も高い収入の世帯と低い収入の世帯を比較すると、2005 年では 2.3 倍、2014 年では 1.7 倍に縮小していた。また、0~899 万円の各世帯において、2005 年から一人あたりパームオイルフットプリントが増加しており、とりわけ低～中所得層の増加が目立った。これらの世帯では特に Food and drink

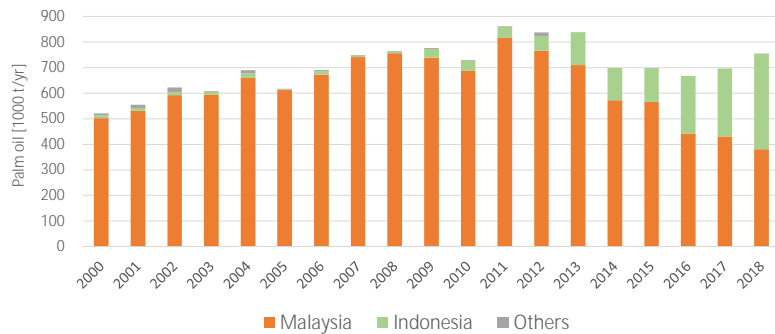


図 1. 2000 年から 2018 年における日本のパームオイルの輸入量と輸入相手国の推移。

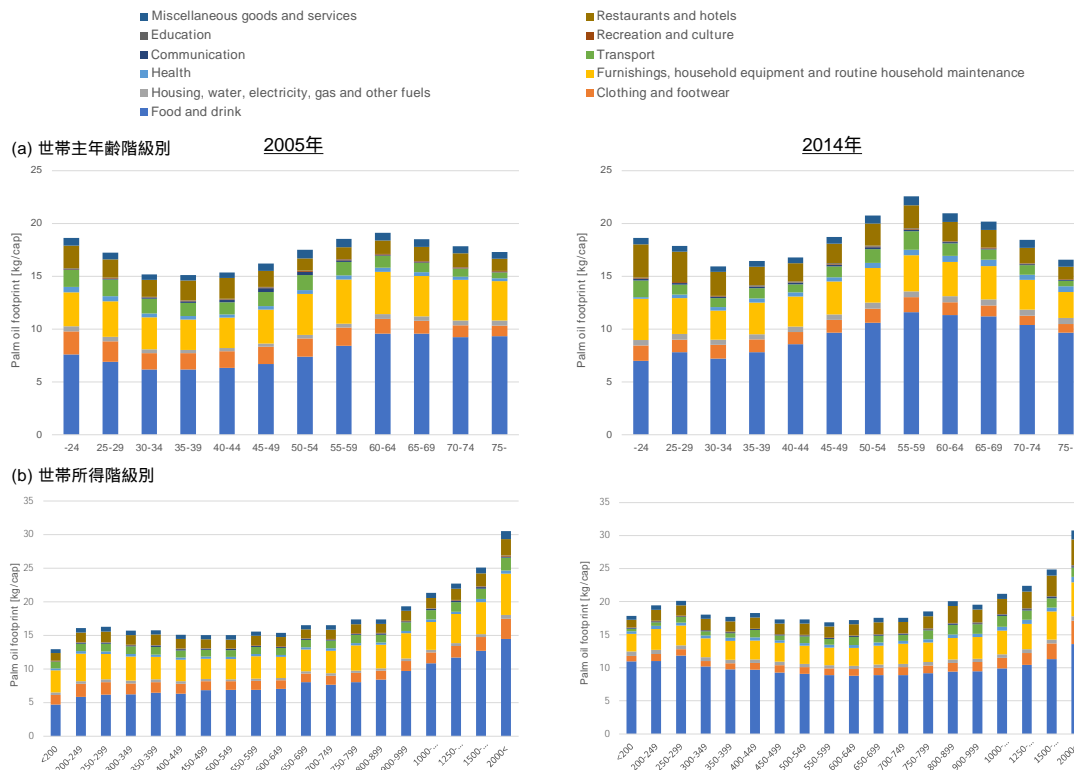


図 2. 2005 年と 2014 年における日本の家計パームオイルフットプリントの 11 項目別内訳。(a) 12 世帯主年齢階級別 (b) 19 世帯所得階級別

(食品) 由来のフットプリントが大幅に伸びており、脂肪の摂取量も増加していると思われる。例えば、200 万円未満の世帯における同項目のパームオイルフットプリントは、4.7 kg から 11.0 kg に増加している。今回の分析では、この量がそのまま経口摂取されたパームオイルを意味するわけではないが、仮に歩留まりを考慮して 11.0 kg の 80% が直接摂取されたとすると、約 4.1 kg (= 11.0 (kg) × 0.8 × 470 (g/kg)) の飽和脂肪酸を一年間に摂取したことになり、一日あたり平均 11.2 g の摂取量と推計される。厚生省は「日本人の食事摂取基準 (2020 年版)」の中で、一日あたりの成人の飽和脂肪酸摂取基準をおおよそ男性 13 ~ 17 g、女性 11 ~ 14 g と定めており、11.2 g という数値は最も基準値の高い 20 代男性であっても半分以上を満たす。このことから、この約 10 年で低所得層を中心に、食生活がパームオイルを利用した製品、すなわち加工食品や菓子類を中心に偏りつつあり、心疾患などの健康リスクを高めている可能性が示唆される。一方で、高所得層ほど Clothing and footwear (被服・履物類) のように非食品由来のパームオイルフットプリントの寄与が大きくなっていった。したがって、世帯属性ごとに異なるライフスタイルに注目して、パームオイルフットプリントの寄与の大きい消費を下げる取組みを実施していくことが重要であろう。

上述した成果は現在も学術論文掲載に向けて精査中である。また、貿易フロー構造の推計としてグラビティモデルに基づく分析も実施中であるが、当初の想定と異なる結果が見られ、さらなる分析の改善を要する。一方で、本研究で構築したパームオイルの国際貿易フローから、世界最大の生産国であるインドネシアに焦点をあてて、各国のパームオイルフットプリントの時系列変化を分析した研究成果が、国際学術誌 Scientific Reports に掲載された。また、これに関連して、インドネシアのプランテーション等による森林破壊が現地農家の厚生に悪影響を与えていることを見出した研究成果が、国際学術誌 World Development に掲載された。そのほか、対象としている日本の家計消費の環境影響を明らかにする関連研究として、国際学術誌 Applied Energy に 2 編、Energies 誌に 1 編、Environmental Science & Technology 誌に 1 編、Environmental Research Letters 誌に 1 編が掲載された。今後も引き続き、日本の家計消費が誘引する資源利用や環境影響を可視化する研究を実施していくことで、SDGs でも目標 12 の中で掲げられている持続可能な生産と消費に貢献していきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Shigetomi Yosuke, Kanemoto Keiichiro, Yamamoto Yuki, Kondo Yasushi	4. 巻 16
2. 論文標題 Quantifying the carbon footprint reduction potential of lifestyle choices in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental Research Letters	6. 最初と最後の頁 064022 ~ 064022
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-9326/abfc07	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Shigetomi Yosuke, Ishimura Yuichi, Yamamoto Yuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Trends in global dependency on the Indonesian palm oil and resultant environmental impacts	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 20624 ~ 20624
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-77458-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Shigetomi Yosuke, Chapman Andrew, Nansai Keisuke, Matsumoto Ken'ichi, Tohno Susumu	4. 巻 15
2. 論文標題 Quantifying lifestyle based social equity implications for national sustainable development policy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environmental Research Letters	6. 最初と最後の頁 084044 ~ 084044
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-9326/ab9142	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Shiraki Hiroto, Matsumoto Ken'ichi, Shigetomi Yosuke, Ehara Tomoki, Ochi Yuki, Ogawa Yuki	4. 巻 259
2. 論文標題 Factors affecting CO2 emissions from private automobiles in Japan: The impact of vehicle occupancy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Energy	6. 最初と最後の頁 114196 ~ 114196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apenergy.2019.114196	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shigetomi Yosuke, Ohno Hajime, Chapman Andrew, Fujii Hidemichi, Nansai Keisuke, Fukushima Yasuhiro	4. 巻 53
2. 論文標題 Clarifying Demographic Impacts on Embodied and Materially Retained Carbon toward Climate Change Mitigation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environmental Science & Technology	6. 最初と最後の頁 14123 ~ 14133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.est.9b02603	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Huang Yuzhuo, Shigetomi Yosuke, Chapman Andrew, Matsumoto Ken'ichi	4. 巻 12
2. 論文標題 Uncovering Household Carbon Footprint Drivers in an Aging, Shrinking Society	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Energies	6. 最初と最後の頁 3745 ~ 3745
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/en12193745	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shigetomi Yosuke, Matsumoto Ken'ichi, Ogawa Yuki, Shiraki Hiroto, Yamamoto Yuki, Ochi Yuki, Ehara Tomoki	4. 巻 228
2. 論文標題 Driving forces underlying sub-national carbon dioxide emissions within the household sector and implications for the Paris Agreement targets in Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Energy	6. 最初と最後の頁 2321 ~ 2332
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apenergy.2018.07.057	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamamoto Yuki, Shigetomi Yosuke, Ishimura Yuichi, Hattori Mitsuru	4. 巻 114
2. 論文標題 Forest change and agricultural productivity: Evidence from Indonesia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 World Development	6. 最初と最後の頁 196 ~ 207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.worlddev.2018.10.001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 重富陽介
2. 発表標題 Hidden Resource Consumption in Lifestyle and Its Consequential Environmental Impacts
3. 学会等名 NIES/NU/RIHN Kick-off Symposium on Planetary Health
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 重富陽介, 石村雄一, 山本裕基, 服部充
2. 発表標題 国際パームオイル需要によるサプライチェーン環境影響の可視化の検討
3. 学会等名 第15回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 重富陽介, 石村雄一, 服部充, 山本裕基
2. 発表標題 サプライチェーンを経由したパームオイル消費とその環境影響の時系列分析
3. 学会等名 第36回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 重富陽介, Andrew Chapman
2. 発表標題 所得の差異に由来する社会的公平性分析：産業連関分析を利用したアプローチ
3. 学会等名 第30回環太平洋産業連関分析学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shigetomi, Y., Andrew, C., Nansai, K., Matsumoto, K., Tohno, S
2. 発表標題 Visualizing Subjectively Weighted Lifestyle-Based Social Equity
3. 学会等名 The 27th International Input-Output Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 重富陽介, Andrew Chapman, 南齋規介, 東野達
2. 発表標題 価値観とライフスタイルを考慮した社会的公平性の可視化
3. 学会等名 第14回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shigetomi, Y., Ohno, H., Fukushima, Y.
2. 発表標題 The role of households in avoiding carbon release in end-of-life products: the case of Japan
3. 学会等名 The 13th EcoBalance International Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Chapman, A., Shigetomi, Y.
2. 発表標題 A Generational Household Level Analysis of Public Bads and Environmental Injustice in an Aging, Shrinking Population
3. 学会等名 The 13th EcoBalance International Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ohno, H., Shigetomi, Y., Fukushima, Y.
2. 発表標題 Evaluation of carbon intensity of goods consumed by households by integrating footprint and flow of carbon: the case of Japan
3. 学会等名 The 13th EcoBalance International Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shigetomi, Y., Matsumoto, K., Yamamoto, Y., Ehara, T., Ochi, Y., Ogawa, Y., Shiraki, H.
2. 発表標題 Influence of regional socio-economic drivers on residential CO2 emissions in Japan
3. 学会等名 The 41st IAEE International Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 重富陽介, 山本裕基	4. 発行年 2018年
2. 出版社 北隆館	5. 総ページ数 100
3. 書名 月刊アグリバイオ9月号	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関