

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04345

研究課題名(和文)世界の持続可能な食料生産と消費の実現に向けた政策を支援する環境ホットスポット分析

研究課題名(英文) Environmental hotspot analysis supporting policy and action towards global sustainability of food production and consumption

研究代表者

本下 晶晴 (Motoshita, Masaharu)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・エネルギー・環境領域・研究グループ長

研究者番号：50371084

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：食料は我々の生活を支える重要な存在であるが、その生産活動では様々な環境問題への影響が懸念されている。特に、様々な国との食料の貿易を通じて成立している我々の生活は、海外における食料生産活動とそれに関わる環境影響への責任がある。本研究ではこうした世界の貿易を通じた食料生産と消費を持続可能なものとするために、食料生産と消費に関わる環境への影響を幅広く捉えて、その影響を低減するために鍵となるポイントを分析した。日本の消費活動によるストレス度の高い特定の国への依存や責任の大きさが明らかになり、改善に向けては相手先や品目の選択といった基本的な対策だけでなく、食品ロス回避など資源利用効率の向上も鍵となる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

複雑な世界貿易の中で食料生産に関わる環境影響だけでなく、その消費活動との関わりを国際産業連関分析モデルを用いて定量的に示すことで、生産と消費の両面からどのように持続可能性を実現するのかを検討することができる。食料生産に関わる環境容量を包括的に捉えた新たな評価指標を開発し、消費活動との関係性を含めたモデルを構築したことで持続可能な食料生産と消費の実現に向けた改善策の立案を科学的に支援することができる。

研究成果の概要(英文)：Food is an important part of our lives, while the impact of its production on various environmental issues is of concern. In particular, we are responsible for food production activities overseas and their associated environmental impacts, as our lives depend on trade of foods in the global supply chains. In order to ensure the sustainability of food production and consumption through global trade, this study has taken a broad view of the environmental impacts of food production and consumption and scientifically analyzed the key points for reducing these impacts. As a result, it became clear that Japan is dependent on and responsible for certain countries that are also highly stressed by its consumption activities, and that not only basic measures such as selection of partners and commodities, while also improvement of resource use efficiency such as food loss are important to improve the situation.

研究分野：環境工学

キーワード：環境ホットスポット分析 食料生産 グローバルサプライチェーン プラネタリー・バウンダリ 環境容量 構造経路分解

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。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

世界的に持続可能な食料生産・消費の実現への関心が高まっており、食料貿易を通じて他国に依存している日本の責任は小さくない。持続可能な食料生産・消費に向けた対策をより効率的に進めるためには、マクロな視点から日本全体の活動に関わる重要なポイント(ホットスポット)を明らかにすることが重要であるが、現在その分析手法はまだ確立されていない。

こうしたホットスポット分析の実現のためには、1) 食料生産の持続可能性に関わるリスクが複雑な世界のサプライチェーンの連鎖を通じて食料消費活動とどのように繋がっているのかを分析する手法、2) 食料生産の持続可能性に関わる異なる環境要素を同時に比較できる指標、この2つの開発が不可欠である。

2. 研究の目的

日本の食料消費活動に起因する世界の様々な地域における食料生産の環境面での持続可能性に関するリスクを分析・特定する手法を構築する。食料生産に関わる重要な環境問題に関する環境容量を同一次元で比較可能な環境容量評価指標を開発し、持続可能な食料生産と消費の実現に向けて鍵となるホットスポット(セクター、国、環境要素)を可視化する。これにより、世界の持続可能な食料生産と消費にとって大きなリスクとなるポイントをマクロな視点から把握し、効率的な改善策の立案に貢献できる手法を開発することを目指す。

3. 研究の方法

本研究では、食料生産に関わる重要な環境問題に関するプラネタリー・バウンダリ指標を開発し、日本の消費活動に起因する世界各国における食料生産に関わる環境容量超過リスクを定量化し、その原因を可視化するために以下の3課題に取り組む。

(1) 食料生産に関連した環境負荷量の算定

食料生産に起因する環境負荷を各種モデルや統計情報を基に世界規模を対象に調査・算定し、各国の各セクターへの割り当てを行うことでサプライチェーンにおける連鎖構造の解明につなげるための基盤データベースを構築する。

(2) 環境容量評価指標の開発

地域固有の環境条件を反映した環境容量評価指標を開発するため、水循環モデルや植生モデルなどを援用しつつ、流域スケールを基本解像度として世界全体をカバーする環境容量評価指標を開発する。異なる環境容量とその超過の影響を並列に比較評価することができるよう、エコロジカル・フットプリントの概念を援用して土地面積を評価の単位とした指標を開発する。

(3) サプライチェーンにおける環境ホットスポットの分析

食料生産による環境影響だけでなく消費活動との関連性を踏まえたホットスポットの分析を実現するため、課題(1)で得られる環境負荷データを基に国際産業連関分析モデル GLIO との接合を行い、消費活動に起因する食料生産活動の持続可能性を定量化することで、環境負荷の発生源だけでなくその要因となる活動との連関を考慮したホットスポットとその原因を特定するフレームを構築する。

4. 研究成果

世界 231 カ国を対象としてそれらの国間の取引を含めて約 7000 セクターの間の連関を記述しつつ、消費活動が誘発する食料生産における環境負荷とその環境容量超過リスクを評価することのできるモデルを開発した。開発したモデルをベースに日本の消費活動が誘発する環境容量超過やその影響に関する分析を行い、食料生産・消費の持続可能性を追求する上で重要となる要因を明らかにするとともに、鍵となるセクターやその活動を特定することができた。具体的な成果は以下の通りである。

(1) 日本の消費活動が誘発する環境容量超過

日本の最終需要によって世界のサプライチェーンで誘発された環境容量超過とその影響について分析した結果、水資源の場合には日本の誘発する環境容量の超過は約 10% であり、世界平均の約 24% と比べて比較的低いことが明らかとなった。一方で、アメリカ合衆国、中国、オーストラリアなど特定の国において多くの環境容量超過が発生していることも分かった。

(2) 世界のサプライチェーンにおける環境容量超過への責任

日本の最終需要が誘発する環境容量は世界平均と比べると相対的に低い割合であることは明らかとなったが、一方で環境容量超過量の絶対値は小さくとも非常にストレス度の高いチリ、エジプト、パキスタンといった国での環境容量超過への責任の重大さが分かるとともに、相手国における環境容量超過量の中で占める割合の高いタイ、コロンビア、カナダといった相手国に対する環境容量超過への責任も重要であることが示された。

(3) 環境容量超過の原因とその改善に向けた鍵

日本が誘発する環境容量超過としては、食料関連のセクターとして、穀物類ではアジアが最も影響が大きく、続いて北米、オセアニア、南米も影響が大きい。畜産品に関連しては北米、ア

ジアでの環境容量超過の影響が大きく、続いてオセアニアでの影響も重要であることが示唆された。生産地として大きく依存しているオーストラリアやタイなどでは比較的ストレス度も高く、こうした国々での生産への依存を解消するためには、消費する品目やその輸入元の選択が重要であるだけでなく、食品廃棄ロスなどの資源効率の向上が重要である。これらの食料品関連の需要は飲食店などのサービス業を通じた消費活動でも大きな影響を及ぼしており、持続可能な食料生産に向けては産地、品目の選択だけでなく、消費効率の向上などの複数の対策との組み合わせが不可欠であり、本研究の成果がこうした対策立案やその効果の予測に役立つものとして期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 6件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Arendt Rosalie, Bachmann Till M., Motoshita Masaharu, Bach Vanessa, Finkbeiner Matthias	4. 巻 12
2. 論文標題 Comparison of Different Monetization Methods in LCA: A Review	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 10493 ~ 10493
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/su122410493	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 該当する
1. 著者名 Motoshita Masaharu, Pfister Stephan, Finkbeiner Matthias	4. 巻 54
2. 論文標題 Regional Carrying Capacities of Freshwater Consumption - Current Pressure and Its Sources	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environmental Science & Technology	6. 最初と最後の頁 9083 ~ 9094
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.est.0c01544	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 該当する
1. 著者名 Ridoutt Bradley, Motoshita Masaharu, Pfister Stephan	4. 巻 24
2. 論文標題 An LCA impact assessment model linking land occupation and malnutrition-related DALYs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The International Journal of Life Cycle Assessment	6. 最初と最後の頁 1620 ~ 1630
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11367-019-01590-1	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 該当する
1. 著者名 Pradinaud Charlotte, Northey Stephen, Amor Ben, Bare Jane, Benini Lorenzo, Berger Markus, Boulay Anne-Marie, Junqua Guillaume, Lathuilliere Michael J., Margni Manuele, Motoshita Masaharu, Niblick Briana, Payen Sandra, Pfister Stephan, Quinteiro Paula, Sonderegger Thomas, Rosenbaum Ralph K.	4. 巻 24
2. 論文標題 Defining freshwater as a natural resource: a framework linking water use to the area of protection natural resources	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The International Journal of Life Cycle Assessment	6. 最初と最後の頁 960 ~ 974
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11367-018-1543-8	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 該当する

1. 著者名 Pfister Stephan, Scherer Laura, Boulay Anne-Marie, Motoshita Masaharu, Nunez Montserrat, Damiani Mattia, Manzardo Alessandro, Huang Jing, Link Andreas, Bunsen Jonas, Berger Markus	4. 巻 825
2. 論文標題 Letter to the editor re: "The scarcity-weighted water footprint provides unreliable water sustainability scoring" by	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 154108 ~ 154108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2022.154108	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 該当する

1. 著者名 Boulay Anne-Marie, Drastig Katrin, Amanullah, Chapagain Ashok, Charlton Veronica, Civit Barbara, DeCamillis Camillo, De Souza Marlos, Hess Tim, Hoekstra Arjen Y., Ibidhi Ridha, Lathuilliere Michael J., Manzardo Alessandro, McAllister Tim, Morales Ricardo A., Motoshita Masaharu, et al.	4. 巻 124
2. 論文標題 Building consensus on water use assessment of livestock production systems and supply chains: Outcome and recommendations from the FAO LEAP Partnership	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ecological Indicators	6. 最初と最後の頁 107391 ~ 107391
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecolind.2021.107391	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 該当する

1. 著者名 Islam Kamrul, Yokoi Ryosuke, Motoshita Masaharu, Murakami Shinsuke	4. 巻 183
2. 論文標題 Ecological footprint accounting of mining areas and metal production of the world	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Resources, Conservation and Recycling	6. 最初と最後の頁 106384 ~ 106384
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.resconrec.2022.106384	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 Kadoya Taku, Takeuchi Yayoi, Shinoda Yushin, Nansai Keisuke	4. 巻 3
2. 論文標題 Shifting agriculture is the dominant driver of forest disturbance in threatened forest species' ranges	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Communications Earth & Environment	6. 最初と最後の頁 108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s43247-022-00434-5	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20件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 本下晶晴、Stephan Pfister, Matthias Finkbeiner
2. 発表標題 世界の流域における水資源消費の環境容量とその超過要因
3. 学会等名 第48回環境システム研究論文発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masaharu Motoshita
2. 発表標題 Responsibility of Japan for sustainable water use in the global supply chains
3. 学会等名 The 5th European Resources Forum (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 本下晶晴、Stephan Pfister, Matthias Finkbeiner
2. 発表標題 世界の流域における水資源利用の持続可能性とvirtual water tradeの影響
3. 学会等名 第16回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaharu Motoshita, Stephan Pfister, Matthias Finkbeiner
2. 発表標題 Global scale analysis on the regional carrying capacity of freshwater consumption and its exceedance
3. 学会等名 The 14th Biennial International Conference on EcoBalance (EcoBalance 2020) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本下晶晴
2. 発表標題 世界におけるライフサイクル影響評価モデルの開発動向
3. 学会等名 令和2年度 LCA日本フォーラム LIME3活用検討研究会 成果報告会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaharu Motoshita, Keisuke Nansai, Seiji Hashimoto, Takahiro Sasaki, Stephan Pfister, Matthias Finkbeiner
2. 発表標題 Key aspects in hotspots analysis of national environmental footprint - from application to the case of Japan -
3. 学会等名 LCM2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaharu Motoshita, Keisuke Nansai, Seiji Hashimoto, Takahiro Sasaki, Stephan Pfister, Matthias Finkbeiner
2. 発表標題 Environmental hotspots in global supply chains attributed to Japanese national activities
3. 学会等名 EcoDesign 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 馬場亮輔、脇山尚子、南斉規介、橋本征二
2. 発表標題 湖沼流域の市町村別窒素排出量の推計と評価 - 琵琶湖・霞ヶ浦・中海/宍道湖における窒素排出構造
3. 学会等名 第47回環境システム研究論文発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 馬場亮輔、脇山尚子、南育規介、橋本征二
2. 発表標題 日本の家計消費による窒素フットプリントの削減可能性
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 Jian Jin, Yasushi Kondo
2. 発表標題 Uncertainty analysis with consideration of correlation between the elements of input-output table
3. 学会等名 International Input-Output Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金健、近藤康之
2. 発表標題 Uncertainty analysis of input-output analysis: Consideration of the correlation between input coefficients
3. 学会等名 環太平洋産業連関分析学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Motoshita, M., Pfister, S., Finkbeiner, M.
2. 発表標題 Pressure on sustainability of freshwater consumption in global watersheds and the virtual water trade effects
3. 学会等名 icRS 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Motoshita, M., Pfister, S., Sasaki, T., Nansai, K., Hashimoto, S., Yokoi, R., Finkbeiner, M.
2. 発表標題 Responsibility for regional sustainability of water resources - Findings from the national water footprint analysis of Japan
3. 学会等名 The 10th International Conference on Life Cycle Management (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本下晶晴、Stephan Pfister、佐々木貴央、南斉規介、橋本征二、横井峻佑、Matthias Finkbeiner
2. 発表標題 世界の流域の持続可能性に対する日本のウォーターフットプリントの責任
3. 学会等名 第49回環境システム研究論文発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Motoshita, M., Pfister, S., Finkbeiner, M.
2. 発表標題 Sustainability of freshwater consumption in global watersheds Pressure in supply chains and the effects of virtual water trade
3. 学会等名 EcoDesign 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Motoshita, M., Pfister, S., Finkbeiner, M.
2. 発表標題 Sustainability of freshwater consumption in global watersheds Pressure in supply chains and the effects of virtual water trade
3. 学会等名 World Water Congress XVII (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本下晶晴、Stephan Pfister、佐々木貴央、南斉規介、橋本征二、横井峻佑、Matthias Finkbeiner
2. 発表標題 世界の水資源利用の持続可能性への責任 日本のウォーターフットプリント分析を事例として
3. 学会等名 第17回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Dente S.M.R. and S. Hashimoto
2. 発表標題 Tracking food loss across international supply chain
3. 学会等名 The 3R International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management (3RINCs) 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Dente, S. and S. Hashimoto
2. 発表標題 Building multi-regional physical input-output tables of food products
3. 学会等名 第17回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Jian Jin and Yasushi Kondo
2. 発表標題 Improving the uncertainty analysis of input-output models by considering the correlation between input coefficients
3. 学会等名 International Conference on Economic Structures 2022 (ICES 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔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
研究分担者	橋本 征二 (Hashimoto Seiji) (30353543)	立命館大学・理工学部・教授 (34315)	
研究分担者	近藤 康之 (Kondo Yasushi) (80313584)	早稲田大学・政治経済学術院・教授 (32689)	
研究分担者	南齋 規介 (Nansai Keisuke) (80391134)	国立研究開発法人国立環境研究所・資源循環領域・室長 (82101)	

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			
ドイツ	ベルリン工科大学	ライプニッツ研究所	ATB	他1機関
スイス	チューリッヒ連邦工科大学			
カナダ	CIRAIG	LIRIDE	ブリティッシュコロンビア大	他1機関
イタリア	FAO	EC Joint Research Center	パドバ大	
スウェーデン	ストックホルム環境研究所			
オランダ	トゥエンテ大学			
フランス	モンペリエ大学			
オーストラリア	モナシュ大学	CSIRO		

共同研究相手国	相手方研究機関			
				他11機関