

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H00794

研究課題名（和文）未利用資源有効活用に向けた窒素・リン・カリウムの社会・環境技術選択システム設計

研究課題名（英文）Social and Technological System Design for Advancing Secondary NPK Resource Use

研究代表者

松八重 一代（Matsubae, Kazuyo）

東北大学・環境科学研究科・教授

研究者番号：50374997

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 26,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題は、窒素・リンに着目して、そのリサイクルを含む国内外のサプライチェーン全体を対象として、未利用資源の有効活用技術を導入した際に、上流では一次資源の需要量にどのような変化があり、下流では環境負荷排出がどの程度軽減されるのかを定量的に解析した。具体的に以下の研究をすすめた。

(1) 我が国のリン・窒素のマテリアルフロー解析 (2) 栄養塩類フロー解析用産業連関モデル(Nutrient extended Input Output model: NutriIO)の整備、ならびにNutriIOに基づく我が国経済の窒素・リンフットプリント解析 (3) 国別窒素・リンフットプリントの推計。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本申請課題で解析を進めた農業のみならず非農業部門での栄養塩フロー解析ならびに、提案した栄養塩フロー解析用産業連関分析によって、我が国の産業活動・家計活動が直接間接に引き起こす栄養塩類の流れを定量評価できるようになった。資源であり環境負荷物質でもある窒素・リンについて包括的な管理をすすめる上で重要な知見を提供した。また各国の食料選択の差異、肥料効率の違いを考慮した上で、国別の窒素・リンフットプリントを解析したことにより、将来的な人口動態変化、消費構造変化によって、栄養塩類フローにどのような影響をもたらすかについても定量的な知見をもたらした。

研究成果の概要（英文）：This research project focused on nitrogen and phosphorus and identified the flows of nutrients through the supply chains in Japan. We did the following research items during the research period.

(1) Material flow analysis of phosphorus and nitrogen in Japan (2) Development of an input-output model (NutriIO) for nutrient flow analysis, and Nitrogen/phosphorus footprint analysis of the Japanese economy based on NutriIO (3) Nitrogen/phosphorus footprint by country.

研究分野：環境・資源経済学

キーワード：窒素 リン マテリアルフロー 産業連関分析 フットプリント解析

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

2050年には90億人を超えると予想される世界人口を支える食糧生産とバイオエタノール等生産に向けたエネルギー作物栽培量の急増を背景として、中長期的に農作物需要の増大が予想されている。これらを支える農業栄養塩類の需要も同時に急増することが見込まれ、その資源供給に目を向けると地政学的リスクや鉱石の品質低下等の問題があることが指摘されている¹⁻³⁾。さらに Planetary boundary⁴⁾を超える窒素、リンの排出は資源効率を下げるだけでなく、土壌、水圏への富栄養化を引き起こし、人類の生活環境のみならず生態系にも大きな影響をもたらす。農業用栄養塩類のうち、リンの需要は半導体部門における高純度赤リンから肥料用途のリン酸までその形態、純度によって幅広い。しかしながらその資源供給においてリン鉱石の供給国の偏在、放射性物質を随伴する鉱石が今後増大することを踏まえて、さらなる資源効率上昇が求められている^{3,5)}。窒素については主にアンモニア由来の製品が社会経済で用いられているが、ハーバーボッシュ法によるアンモニア生産は高温高压化で行われ、エネルギー負荷の大きいプロセスであると同時に事故リスクが大きいことが知られている。肥料用途のみならず多様な窒素を含む製品利用によって生み出される環境負荷排出が水・土・大気圏のいずれにおいても富栄養化、大気汚染、生物多様性影響を引き起こす可能性を持つことから、その適正な利用と管理が強く求められている⁴⁾。これらを踏まえ経済活動によって引き起こされるサプライチェーンを通じた直接・間接の栄養塩類の流れを網羅的鳥瞰的に解析可能にする統合モデルの開発が必要不可欠である。このような社会的・学術的背景を踏まえ本研究は有効かつ実効性をもった分析ツールの開発と政策提言を行うことを目指す。

2. 研究の目的

本研究課題は、窒素・リンに着目して、そのリサイクルを含む国内外のサプライチェーン全体を対象として、未利用資源の有効活用技術を導入した際に、上流では一次資源の需要量にどのような変化があり、下流では環境負荷排出がどの程度軽減されるのかを定量的に解析することを目指す。そのために以下のステップで解析をすすめた。

(1) 貿易統計・経済統計に基づく、我が国のリン・窒素のマテリアルフロー解析^{6,7)} (2) 日本の栄養塩類フロー解析用産業連関モデル(Nutrient extended Input Output model: Nutri10)の整備⁸⁻¹¹⁾ (3) 肥料用栄養塩類の効率に基づく国別窒素・リンフットプリントの推計を行った^{12, 13, 14)}。(1)～(3)のステップに基づき、我が国ならびに諸外国での栄養塩類利用効率を踏まえたフットプリントの可視化と、サプライチェーンを通じた我が国経済活動が牽引する窒素・リン資源の国際フローに与える影響を解析した。

3. 研究の方法

(1) 貿易統計・経済統計に基づく、我が国のリン・窒素のマテリアルフロー解析
産業活動を大きく三分野に分類し、食料、農業、工業、家計消費、環境排出(廃棄物処理)にそれぞれ着目して分析を行った。各フロー量に栄養塩類の含有率を乗じて元素別重量を推計し、フロー図の作成を行った。

(2) 栄養塩拡張産業連関モデル(Nutrient extended Input Output model: Nutri10)

Nutri10は、産業連関分析をベースに、サプライチェーンに基づく栄養塩(窒素、リンなど)のフローを定量化するものであり、日本における工業産業や食品産業の最終重要がけん引する反応性窒素に着目した分析を行った。分析対象を2011年の日本とし、5種の非エネルギー窒素資源(化学肥料、有機肥料、作物窒素固定、天然魚介類、工業窒素の利用量について解析を行った。このうち有機肥料は、前年以前の再生資源利用として考慮した。化石燃料も6種類目の窒素源と

して付随的に考慮した。各経済部門の生産に利用される各窒素資源量について物質フロー分析（MFA）を行い、窒素フローと産業連関表を接続した NutriIO モデルを構築した。

国内産業で利用される窒素資源量について、まず、耕種農業全体、漁業部門、化学工業全体として推計し、化石燃料利用に関しては全経済部門とした。これらの窒素資源は、産業活動またはその後の人間の消費を経て廃棄物処理（排ガス・排水処理を含む）に向かい、その一部が再生資源となると設定した。推計には、日本国温室効果ガスインベントリ報告書等の政府統計、FAOSTAT、文献値等を用いた。次に、耕種農業の化学肥料については、施肥基準データベースの面積当たり窒素施肥量と作物統計の栽培面積を乗じて作物別都道府県別の施肥量を求め、作物ごとに合計した。これらの値を用いて全作物合計に対する各作物合計の比を求め、耕種農業全体の窒素利用量を各作物に按分した。有機肥料と作物窒素固定については、作物別に全国共通の面積当たり窒素施肥量とし、化学肥料と同様に耕種農業全体の値を各作物に按分した。農業関係の窒素利用を詳しくみるため、2011年産業連関表統合中分類（108部門）の耕種農業、畜産、飼料・有機質肥料の3部門を、基本分類表を用いてそれぞれ13、6、2部門に分割した126部門表を作成した。MFAと補完的資料を基に、作成した126部門表と窒素利用量データを接続し、NutriIOモデルを構築した。

（3）肥料用栄養塩類の効率に基づく国別窒素・リンフットプリントの推計

食品として摂取した窒素（消費窒素 CN）に対して、何倍の反応性窒素が食料生産の過程で環境中に排出されたかを示す各国・食品分類別の係数を仮想窒素係数（VNF）という。各国の一人当たりの食料窒素フットプリントは、タンパク質重量あたりの窒素量を16%として、国際連合食糧農業機関（FAO）の一人当たり年間食料タンパク質供給量（SP）、水産物・日本・中国の窒素フットプリントに関する既往文献に記載された29の食品分類別の食品ロス率・VNFおよび下水処理による窒素除去率を用いて算出した。

4．研究成果

（1）貿易統計・経済統計に基づく、我が国のリン・窒素のマテリアルフロー解析

食糧分野において、年におよそ28万tのリンが肥料として農地や牧草地に施されている。しかしその全てがその生長のために消費されることはなく、多くが土壌中に拡散してしまう。そのため、農業や畜産における施肥量の調整が必要だと言える。工業分野で利用されるリンはリン鉱石や黄リン、各種リン化合物の他に、石炭や鉄鉱石といった鉱物資源等、多種多様な形態で国内に流入する。その主な用途は化学工業部門で生産されるリン酸質肥料であるが、化学工業の各用途にも多くのリンが使用されている（7万t程度）。

2005年と2015年で食料・飼料部門から家計部門へのNrフロー量は898kt-Nならびに775kt-N、化学産業分野から肥料への投入は632kt-Nならびに500kt-N、そして下水汚泥から肥料として回収されるのが28.6kt-Nならびに68.3kt-Nであった。2005年から2015年にかけて食料・飼料分野、化学産業分野、肥料分野それぞれで、流入するNr・NH₃-N量の減少が見られた（食料分野：13%；化学産業分野：26%；肥料分野：7%）。国内化学産業分野において需要されるNH₃-Nは減少傾向にあるが、工業用途や環境保全用途のNH₃-N量は884kt-N（2005年）、623kt-N（2015年）であり（図1,2）それらの化学産業全体におけるシェアは期間を通じて50%以上であったことが明らかとなった。

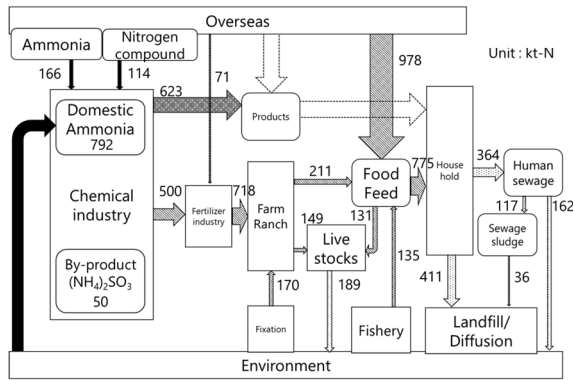


Fig.7 Reactive nitrogen flow in Japan (2015)

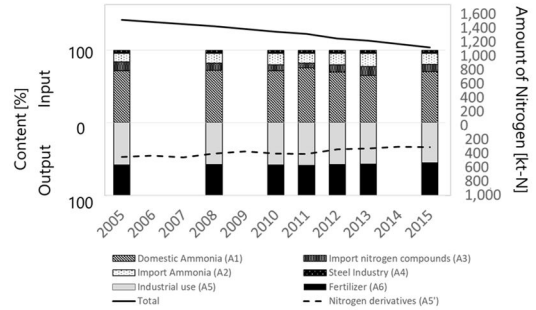


図 2. 化学工業部門における窒素のフロー
7)

図 1. 日本の窒素のマテリアルフロー⁷⁾

(2) 日本の栄養塩類フロー解析用産業連関マテリアルフローモデル(Nutrient extended Input Output model: NutriIO)の整備。

NutriIO の枠組みで 100 万円あたりの経済活動が需要する窒素強度 (Nr intensity) と我が国経済が牽引するフットプリントの推計を行った。Nr intensity に着目すると化学繊維が 234 kg-N/ 100 万円と最も大きく、それに合成樹脂 (52.0 kg-N/ 100 万円)、繊維工業製品 (38.5 kg-N/ 100 万円)が次いでいた。これはそれらの産業が最終需要に敏感であることを示唆しており、最終需要の増加が見込まれる場合、反応性窒素の需要も大きく増加する。

図 3 は Nr intensity と反応性窒素需要量に基づいてそれぞれのサービス産業をプロットしたものである。反応性窒素需要量に着目すると、医療サービス (132 Gg-N)が最も大きく、それに建築 (19.9 Gg-N)、商業(17.1 Gg-N)、飲食サービス (14.6 Gg-N)、公共事業 (13.2 Gg-N)と次いだ。サービス産業の特徴として、医療サービスが突出しており、日本の反応性窒素需要を議論するうえで医療サービスは重要であることが示唆された。

上記 5 部門の反応性窒素需要における各アンモニア派生物の割合は医療サービス部門では尿素と硝酸でおよそ 90%を占めていた。そのほかの部門ではアクリロニトリルが 50%近くを占め、残りの大半をカプロラクタム、尿素、硝酸が占めていた。高齢社会といわれる日本社会において、今後も医療サービス部門における最終需要は増加が見込まれており、本結果は今後の日本における反応性窒素需要やその先の反応性窒素の環境排出量増加を示唆するものであった^{10, 11)}。また一人当たりの NutriIO 窒素フットプリントは 21.8 kg/人/年であり、既往研究では考慮していない工業窒素が 23%、有機肥料窒素が 32%を占めることが明らかとなった (図 4)。

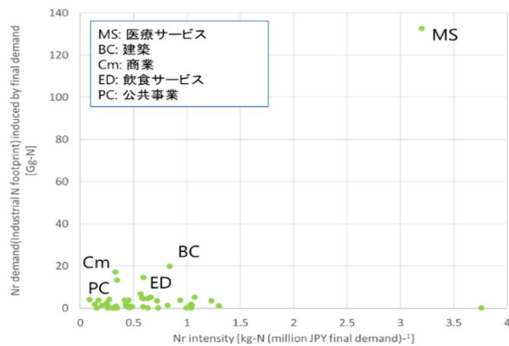


図 3. 各工業産業部門における Nr intensity と反応性窒素需要の関係性¹⁰⁾

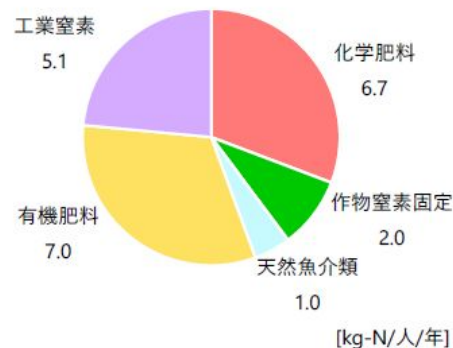


図 4. 日本の一人あたりの NutriIO 窒素フットプリント (2011 年)⁸⁾

部門別にみると、食料の多くは、精米や調理等の加工を経て食料品となるため、食料品が 9.3 kg/人/年と突出し、飲食サービス 3.2 kg/人/年、医療 1.5 kg/人/年、野菜 1.3 kg/人/年、飲料 1.0 kg/人/年と続いた。食料関連部門の多くで、Nutri10 窒素フットプリントの 2~4%を工業窒素が占め、農業・食料システムへの工業窒素の寄与が示された^{8, 10)}。

(3) 肥料用栄養塩類の効率に基づく国別窒素・リンフットプリントの推計。

一人当たりの食料フットプリントの総量においては、中国・インドの窒素・リンともに増加傾向であったが、日本は近年微減傾向であった(図5、図6)。中国と日本では肉類と野菜類が大きく寄与していたのに対し、肉食主義者の多いインドでは牛乳・乳製品と野菜類の寄与が大きかった。また、中国の1980年代以降の野菜類の窒素フットプリントの増加が著しかった。これは、消費量の伸びに加え、野菜・果物・穀物の VNF が増加し、窒素肥料効率が下がったことに起因する。食品分類別に2000年代以降の VNF と VPF を比べると、豆類では、根粒菌などの窒素固定を生かした栽培段階での高い窒素利用効率により、VNF は 0.9-1.3 で、VPF の 3.1 より低い。肉類では、リンは骨に蓄積されるため、VNF の 5.2-12.4 に対し、VPF は 17.9 と高い。各食品分類が全体のフットプリントに占める割合の経年変化をみると、日本と中国では窒素・リンともに肉類が最も増加していたが、インドでは、窒素は牛乳・乳製品、リンは野菜類の増加が最も著しかった¹²⁾。

13)。

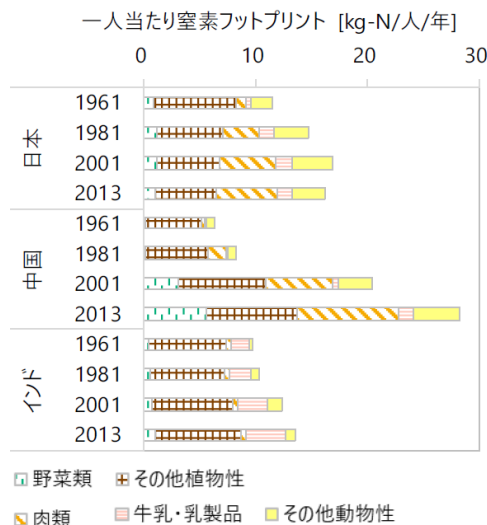


図5. 対象3カ国の食料窒素フットプリントの経年変化¹²⁾ 図6. 対象3カ国の食料リンフットプリントの経年変化¹²⁾

本研究では、マテルあるフロー分析と産業関連分析に基づく Nutri10 法を用いて、サプライチェーンを通じた栄養塩類の定量化・可視化を行った。また国別のフットプリント解析手法の提案もあわせて行ったことで、消費者に向けた環境指標としてだけでなく、政策立案や食品加工・販売等のプロセスにおける栄養塩類利用効率の向上に知見を示した。

文献リスト：[1]United Nations, World Population Prospects, 2014 [2]F.O.Licht: World Ethanol Markets The Outlook to 2015, 2006 [3]Cordell et al. Global Environmental Change, 19(2009)292-305 [4] Rockström et al. Nature, 461(2009)472-475 [5]USGS: Phosphate Rock Statistics and Information [6]松八重(2018)日本鉄鋼協会 革新 LCA 研究会シンポジウム「鉄鋼材料の負荷の評価から価値の評価へ」 [7]片桐ら(2018)日本 LCA 学会, 14, 4, 319-331, <https://doi.org/10.3370/lca.14.319> [8]種田ら(2020)第16回日本 LCA 学会研究発表会概要, 1-C2-01 [9] Oita et al. Under review [10]片桐ら(2020)第16回日本 LCA 学会研究発表会概要, 1-C2-02 [11]Katagiri et al. Under review [12]種田ら(2019)第14回日本 LCA 学会研究発表会概要, A2 -03 [13]Oita, A., et al. (2020) Resources, Conservation and Recycling, 157, 104752 [14] Dhar, Aurup R. et al. (2021), Nutrients 13, 6: 1926.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Dhar Aurup Ratan, Oita Azusa, Matsubae Kazuyo	4. 巻 13
2. 論文標題 The Effect of Religious Dietary Cultures on Food Nitrogen and Phosphorus Footprints: A Case Study of India	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nutrients	6. 最初と最後の頁 1926 ~ 1926
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nu13061926	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 Oita Azusa, Wirasenjaya Farah, Liu Jiarui, Webeck Elizabeth, Matsubae Kazuyo	4. 巻 157
2. 論文標題 Trends in the food nitrogen and phosphorus footprints for Asia's giants: China, India, and Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Resources, Conservation and Recycling	6. 最初と最後の頁 104752 ~ 104752
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.resconrec.2020.104752	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 YAMASUE Eiji, KOSAI Shoki, MCLELLAN Benjamin, MATSUBAE Kazuyo	4. 巻 14
2. 論文標題 Framework and Evaluation of Total Material Requirement for Food Material: Specific TMR for Food Material in Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Life Cycle Assessment, Japan	6. 最初と最後の頁 146 ~ 157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3370/lca.14.146	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 KATAGIRI Kiwamu, MIZOGUCHI Masafumi, MATSUBAE Kazuyo, NAGASAKA Tetsuya	4. 巻 14
2. 論文標題 Material Flow Analysis of Nitrogen Around Industries in Japan from 2005 to 2015	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Life Cycle Assessment, Japan	6. 最初と最後の頁 319 ~ 331
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3370/lca.14.319	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 Clifford Martin J., Ali Saleem H., Matsubae Kazuyo	4. 巻 48
2. 論文標題 Mining, land restoration and sustainable development in isolated islands: An industrial ecology perspective on extractive transitions on Nauru	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ambio	6. 最初と最後の頁 397 ~ 408
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13280-018-1075-2	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 OITA Azusa, SHIBATA Hideaki, SHINDO Junko	4. 巻 14
2. 論文標題 Nitrogen Footprint: A Novel Indicator to Quantify Nitrogen Loss to the Environment	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Life Cycle Assessment, Japan	6. 最初と最後の頁 120 ~ 133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3370/lca.14.120	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 MATSUBAE Kazuyo, OHTAKE Hisao	4. 巻 14
2. 論文標題 International Trends in Sustainable Phosphorus Management	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Life Cycle Assessment, Japan	6. 最初と最後の頁 134 ~ 140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3370/lca.14.134	査読の有無 無
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 YAMASUE Eiji, KOSAI Shoki, MCLELLAN Benjamin, MATSUBAE Kazuyo	4. 巻 14
2. 論文標題 Framework and Evaluation of Total Material Requirement for Food Material: Specific TMR for Food Material in Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Life Cycle Assessment, Japan	6. 最初と最後の頁 146 ~ 157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3370/lca.14.146	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 松八重一代・長坂徹也	4. 巻 65
2. 論文標題 責任ある資源利用を目指した社会における未利用資源の活用	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 化学と教育	6. 最初と最後の頁 4-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 松八重一代、長坂徹也	4. 巻 38
2. 論文標題 リンの資源と持続可能性	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 エネルギー・資源	6. 最初と最後の頁 43-45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

〔学会発表〕 計43件 (うち招待講演 14件 / うち国際学会 24件)

1. 発表者名 Kiwamu Katagiri, Azusa Oita, Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Input-output analysis of reactive nitrogen flows in industry and industrial nitrogen footprint: the case of Japan
3. 学会等名 INI2021 8th Global Nitrogen Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Azusa Oita, Kiwamu Katagiri, Tetsuya Eguchi, Ryoko Morioka, Kentaro Hayashi and Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Nutrient-extended input output analysis for food nitrogen footprint
3. 学会等名 INI2021 8th Global Nitrogen Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Farah Wirasenjaya, Azusa Oita, Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Indonesian Nitrogen Footprint Assessment of Food Sector
3. 学会等名 INI2021 8th Global Nitrogen Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Aurup Ratan Dhar, Azusa Oita, Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Indian food nitrogen footprint towards 2050: Religious dietary perspective
3. 学会等名 INI2021 8th Global Nitrogen Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松八重一代
2. 発表標題 経済活動と栄養塩類(窒素・リン)のフロー
3. 学会等名 第2回 沖縄・富山リサイクルフォーラム(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Farah Wirasenjaya, Azusa Oita, Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Nitrogen and Phosphorus Footprint Analysis on Food Production in Indonesia
3. 学会等名 International Conference on EcoBalance 2020 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Aurup Ratan Dhar, Azusa Oita, Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Time Series Analysis on Food Nitrogen Footprint in the Indian Subcontinent Associated with Religious Food Taboos
3. 学会等名 International Conference on EcoBalance 2020 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Azusa Oita, Kiwamu Katagiri, Tetsuya Eguchi, Ryoko Morioka, Kentaro Hayashi and Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Food nitrogen footprint based on the Nutrient-extended Input-Output (NutrIO) table
3. 学会等名 International Conference on EcoBalance 2020 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Aurup Ratan Dhar, Azusa Oita, Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 A Time Series Analysis on Food Nitrogen Footprint of Indian Subcontinent Associated with Religious Food Taboos
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 劉嘉睿、種田あずさ、松八重一代
2. 発表標題 Nitrogen and phosphorus footprint analysis on the agri-food consumption in Miyagi prefecture
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 Yan Lu, Zhengyang Zhang, Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Material Flow Analysis of Elemental Phosphorus in China
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 Farah Wirasenjaya, Azusa Oita, Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Nitrogen and Phosphorus Footprints of Food in Indonesia
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 種田あずさ、片桐究、江口哲也、森岡涼子、林健太郎、松八重一代
2. 発表標題 産業連関分析に基づく日本の食料窒素フットプリント
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 片桐究、種田あずさ、松八重一代
2. 発表標題 産業連関分析を用いた化学製品を通じた反応性窒素需要解析
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 種田あずさ
2. 発表標題 窒素フットプリントモデルによる影響塩管理に関する研究
3. 学会等名 第16回日本LCA学会研究発表会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松八重一代
2. 発表標題 栄養塩管理の重要性とSDGsへの貢献
3. 学会等名 L F P I 環境・エネルギー委員会主催 講演会 水環境とSDGsの視点 企業が目指すこと （招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Azusa Oita
2. 発表標題 Nitrogen footprint assessment towards sustainable food systems
3. 学会等名 International Society for Industrial Ecology Socioeconomic Metabolism Section perpetual online conference（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 劉嘉睿・張政陽・松八重一代
2. 発表標題 農業用副産物の回収と再資源化に関する環境影響評価：籾殻シリカの事例
3. 学会等名 環境経済・政策学会 2020 年学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松八重一代
2. 発表標題 リンのマテリアルフローから読み解く サプライチェーンリスク
3. 学会等名 第3回持続的リン利用シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Forward sustainable and responsible sourcing
3. 学会等名 10th International Conference of the International Society for Industrial Ecology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Azusa Oita, Elizabeth Webeck, Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Trends and international trade 's impact on food Nitrogen and Phosphorus footprints
3. 学会等名 10th International Conference of the International Society for Industrial Ecology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kiwamu Katagiri, Azusa Oita, Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Industrial reactive nitrogen flow analysis focusing on Japanese economy
3. 学会等名 10th International Conference of the International Society for Industrial Ecology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Visualization of Supply Chain Risks behind Phosphorus Resource Consumption
3. 学会等名 RIHN 14th International Symposium Fair Use of Multiple Resources in Cross-Scale Context (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuyo Matsubae, Elizabeth Webeck, Tetsuya Nagasaka, Hisao Ohtake
2. 発表標題 Industrial use of Phosphorus and its international trade dependency
3. 学会等名 Sustainable Phosphorus Summit, SPS2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuyo Matsubae, Elizabeth Webeck, Tetsuya Nagasaka, Hisao Ohtake
2. 発表標題 Regional opportunities and vulnerabilities
3. 学会等名 Sustainable Phosphorus Summit, SPS2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Azusa Oita, Kiwamu Katagiri, Yuko Mano, Elizabeth Webeck, Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Food nitrogen and phosphorus footprints trends and prospects associated with food consumption patterns
3. 学会等名 International Conference on EcoBalance 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kiwamu KATAGIRI, Kazuyo MATSUBAE, Tetsuya NAGASAKA
2. 発表標題 Nitrogen flow analysis focused on industrial application in Japan
3. 学会等名 International Conference on EcoBalance 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuko Mano, Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Material Flow Analysis on Phosphorus in Shiga Prefecture
3. 学会等名 International Conference on EcoBalance 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Azusa Oita, Tapan K Adhya, Elizabeth Webeck, Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Food Nitrogen Footprints Trends and Food Nitrogen Trading in China, India, and Japan
3. 学会等名 NARO-MARCO International Symposium "Nitrogen Cycling and Its Environmental Impacts in East Asia" (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kiwamu Katagiri, Azusa Oita, Kazuyo Matsubae, Tetsuya Nagasaka
2. 発表標題 Material flow analysis of anthropogenic reactive nitrogen in Japan
3. 学会等名 NARO-MARCO International Symposium "Nitrogen Cycling and Its Environmental Impacts in East Asia" (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Matsubae, E. Webeck, A. Oita, T. Nagasaka
2. 発表標題 P for food and P in waste streams
3. 学会等名 8th International Conference on Sustainable Waste Management (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Industrial use of Phosphorus and its international trade dependency
3. 学会等名 International Symposium on Resource Depletion (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 片桐究、種田あずさ、松八重一代、長坂徹也
2. 発表標題 低炭素社会を支える技術に関する反応性窒素についての考察
3. 学会等名 第14回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 種田あずさ、Webeck Elizabeth、松八重一代
2. 発表標題 アジアの食料消費構造の変化に伴う窒素・リンフットプリントの経年変化
3. 学会等名 第14回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 舞良 俊紀、平木 岳人、三木 貴博、松八重 一代、長坂 徹也
2. 発表標題 P-イノベーションプロセスによる黄リン製造のLCA
3. 学会等名 第14回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松八重一代
2. 発表標題 リンの未利用二次資源
3. 学会等名 日本技術士会平成28年度第139回CPD中央講座（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松八重一代
2. 発表標題 リンのリサイクル（社会的視点から）
3. 学会等名 第3回持続的リン利用シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Matsubae
2. 発表標題 Fertilizers, yields and resource depletion: phosphates and the need for productive agriculture in Europe
3. 学会等名 Strategic Materials for a Low-Carbon Future: From Resource Scarcity to Availability, Oxford Martin School, United Kingdom （招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松八重一代
2. 発表標題 産業連関分析の工学系研究への応用
3. 学会等名 PAPAIOS 2017年度 第2回 産業連関分析セミナー（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Katagiri, K. Matsubae, T. Nagasaka
2. 発表標題 Nitrogen flow analysis in semiconductor industry
3. 学会等名 The 9th biennial conference of the International Society for Industrial Ecology（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Katagiri, K. Matsubae, T. Nagasaka
2. 発表標題 Nitrogen flow analysis focused on by-product ammonia from steel industry
3. 学会等名 1st International Conference on Energy and Material Efficiency and CO2 Reduction in the Steel Industry（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 間野由布子、松八重一代
2. 発表標題 滋賀県におけるリンのマテリアルフロー分析
3. 学会等名 第13回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 片桐究、松八重一代、長坂徹也
2. 発表標題 日本国内窒素フローの経時変化
3. 学会等名 第13回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 大竹久夫編著	4. 発行年 2017年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 330
3. 書名 リンの事典	

〔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	金本 圭一郎 (Kanemoto Keiichiro) (20736350)	総合地球環境学研究所・研究部・准教授 (64303)	
研究分担者	大野 肇 (Ohno Hajime) (20769749)	東北大学・工学研究科・助教 (11301)	
研究分担者	長坂 徹也 (Nagasaka Tetsuya) (30180467)	東北大学・工学研究科・教授 (11301)	

6. 研究組織（つづき）

	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	福島 康裕 (Fukushima Yasuhiro) (40345096)	東北大学・工学研究科・准教授 (11301)	
研究分担者	鈴木 あずさ(種田あずさ) (Oita Azusa) (70585314)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業環境変動研究センター・主任研究員 (82111)	

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