

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 1 日現在

機関番号：82101

研究種目：基盤研究(B) (特設分野研究)

研究期間：2018～2020

課題番号：18KT0010

研究課題名(和文) 資源消費が誘発する地球改変量：影響の原因者である消費国が果たすべき役割

研究課題名(英文) Global change caused by resource consumption: The role influential consumer countries should play

研究代表者

中島 謙一 (Nakajima, Kenichi)

国立研究開発法人国立環境研究所・資源循環・廃棄物研究センター・主任研究員

研究者番号：90400457

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、資源消費に伴う『影響の原因者(消費国)と影響を被る主体(産出国)との空間的乖離』の解明・視覚化を解析に取り組んだ。具体的には、世界全体および日本の経済活動が、国際サプライチェーンを通じて、世界の国・地域にどの程度の資源採掘を誘発しているかを同定した上で、関与物質総量(TMR)および土地改変面積を指標として、採掘に伴う地球改変量の定量化を達成した。加えて、採掘活動や資源採掘に伴う地球改変が誘発している社会的問題や環境問題を定量・定性的に可視化した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

世界全体の経済活動に伴う採掘活動を同定した上で、日本の経済活動が各国のどの程度の影響を与えているかを同定する手法の開発、そして、採掘活動等による土地改変量の定量化やその環境影響の可視化は、持続可能な資源管理、SDGs目標12(持続可能な消費と生産のパターンの確保)の達成、そして、責任ある資源利用の推進を支援する。

研究成果の概要(英文)：In this study, the “spatial separation of those causing the effects that accompany resource consumption (consumer countries) and those affected by them (producer countries)” was clarified and visualized. We estimated the global distribution amounts of mining activities (TMR: used and unused mineral extractions, Land-use change) in global economy, and demonstrated linkages between national economies and global impacts based on a global link input–output (GLIO) model. Additionally, the global change caused by mining activities and resource extraction and its influence upon social and environmental issues were quantitatively and qualitatively visualized.

研究分野：産業エコロジー

キーワード：資源 採掘 フットプリント 関与物質総量 土地改変 衛星画像解析 物質フロー分析 産業関連分析

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

現代社会は、世界規模での経済成長に伴う急速な資源利用の拡大と地球環境の劣化に直面し、社会の持続可能性を高める為の転換を強く求められている。一方、世界各国の経済活動は、膨大な資源採掘に伴う金属資源の需要を加速させており、現代社会が直面する課題の深刻度は増大し続けている。加えて、グローバル経済が抱える『影響の原因者と影響を被る主体との空間的乖離』は、影響の認識と責任の明確化を妨げている。

2. 研究の目的

そこで、本研究では、資源消費に伴う『影響の原因者(消費国)と影響を被る主体(産出国)との空間的乖離』の解明・視覚化を解析の柱として、世界全体および日本の経済活動が、国際サプライチェーンを通じて、世界の国・地域にどの程度の資源採掘と採掘に伴う地球改変を誘発しているかを定量化する。加えて、採掘活動や資源採掘に伴う地球改変が誘発している社会的問題や環境問題を定量・定性的に可視化する。これにより、組織(国や企業)が、注視すべき国・地域や経済活動を明らかにし、社会の持続可能性を高めるための管理方を議論する。事例研究としては、突出した採掘量の鉄、銅に加えて、これらと関係性の高い物質(例えば、ニッケルなど)を取り上げる。本研究が達成されることにより、経済活動を通じた資源利用が誘因する影響や社会像の実現ための障壁となり得る要因を把握し、事前に対策を講じることが可能となる。これらは、政策のための科学として、経済産業政策(構造的な課題の抽出)、科学技術政策(浮揚あるいは強化すべき技術の抽出)、環境政策(海外への環境・リサイクル技術の展開)に関する提言への貢献が期待できる。

3. 研究の方法

影響の原因者と影響を受ける主体の空間的乖離の解明の為に、本研究では、多地域産業連関分析の手法である GLIO(Global Link Input-Output Model)を解析手法の主軸として適用する。GLIOは、日本の産業構造(約 500 部門)と 230 カ国を包含する国際貿易構造の接続を可能とする解析手法である。また、地球改変量の定量化は、経済活動が与える直接的な改変量である土地改変面積(Land-use change)と共に、経済活動の隠れたフロー(Hidden flow)を把握する為に関与物質総量(Total material requirement, TMR)を指標として用いる。解析に際しては、衛星画像解析や鉱山設計ツールを応用することで実態的な把握を支援する。

本研究では、4つの課題(図1)を設置し、各課題には、研究を主体的に実施する代表者の他に、異なる専門性を有する分担者らを配置し、更に、外部有識者との意見交換の場を設ける事で、効率的な推進体制を組織して研究を実施する。

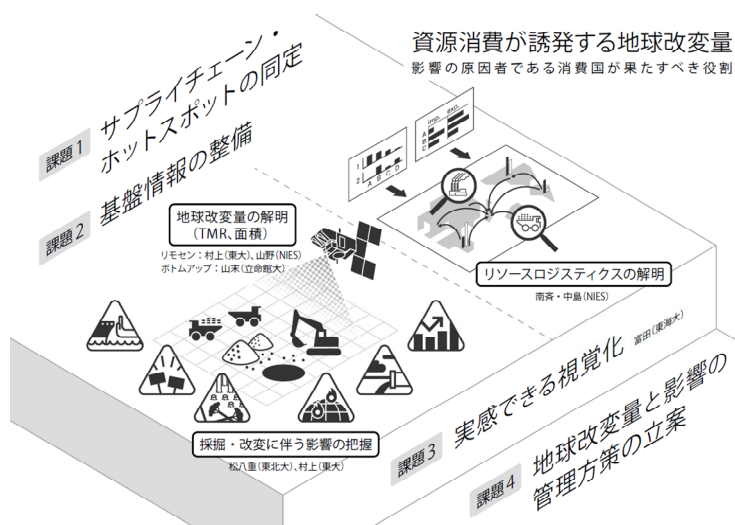


図1. 研究体制図

4. 研究成果

4.1 資源需給の長期展望の可視化

資源需給の長期展望の可視化と脱物質化目標の設定を支援する成果としては、長期将来予測に関する 150 本を超える既存論文の体系的レビューを実施し、鉄・銅・ニッケルおよび希少金属を含む 26 鉱種の将来需要データベースを構築した(Watari et al. 2020a, Watari et al. 2021)。これにより、金属需要量の長期将来展望が可視化され、2100 年に向けた急激な需要増大傾向を確認した。同論文では、脱物質化目標の設定の重要性を指摘すると共に、加えて、設定を支える将来推計モデルに求められる要件(金属生産プロセスと地球環境容量の接続、および廃棄マネジメントの視点から脱却したライフサイクル思考に基づくシナリオ設計)を示した。また、6種の汎用金属(鉄・アルミニウム・銅・亜鉛・鉛・ニッケル)を対象に、世界 231 の国・地域における過去 110 年間の物質フロー・ストックの変遷を定量化することで、金属利用の国際的不均衡性を解明した。それと共に、中・低所得国における物質ストック形成の進展による持続可能性の損失への懸念を示した。(Watari et al. 2020b)。

4.2 資源利用に伴う改変量

4.2.1 関与物質総量(Total material requirement, TMR)データベースの開発

鉄、銅、ニッケル、リン、エネルギー(電力)に関してボトムアップ方式で関与物質総量(Total Material Requirement, TMR)に関するデータベースを構築した。鉄に関してはリサイクル(電炉粗鋼)、ステンレス鋼を含む種々の鋼材に関するデータベースを構築した。また、銅についてはTMRを他の指標であるEcological Footprintとの比較し、その指標としての有効性を評価した。電力に関しては、再生可能エネルギーについても評価を行い、さらにその国別の依存性まで評価を行った。これらの素材を用いたりチウムイオン電池、次世代自動車等の輸送機関、照明といった製品についても関与物質総量を推算した。作成した一連のデータベースは、論文化したものから関与物質総量データベース(<http://www.ritsumeai.ac.jp/~yamasue/tmr/index.html>)に公開している。これまで多くの環境影響評価はエネルギーや二酸化炭素排出量、あるいは地球温暖化について着目した物が多かったが、本研究を通し、それらの削減の背後で過剰に資源利用が増加する場合があること(資源パラドックス問題)を明らかにし、学術的および社会的の両側面から「採掘活動量」を評価することの重要性を明確にしたと言える。

4.2.2 グローバルな経済活動が誘発する総採掘活動量の定量化

資源利用に伴う改変量に着目し、TMRを指標として、採掘によって誘発された総採掘活動量の世界的な分布量を推計した上で、多地域産業連関分析モデルの1つであるGLIO(Global link input-output)モデルに基づいて、我が国の国民経済とグローバルな影響との関連を示した(Nakajima et al. 2019)。事例としては、社会インフラおよび低炭素技術とも密接に関わりのある鉄・銅・ニッケルを取り上げた。鉄、銅、ニッケルの採掘によって誘発された総採掘活動量は、1990年から2013年にかけて2倍以上となった。また、世界の総採掘活動量が、急激な増大を示す2005年から2011年について、同じ期間の日本の最終需要によって誘発された抽出量は、同程度(鉄)またはわずかに減少(銅とニッケル)したと得られた。採掘活動、起因する鉱山廃棄物は、地球環境に深刻な被害をもたらす可能性があり、鉱滓ダムの決壊などの災害を引き起こす可能性もある。これらの問題を解決・緩和し、持続可能な資源利用を確立するための計画策定が重要であるといえる。

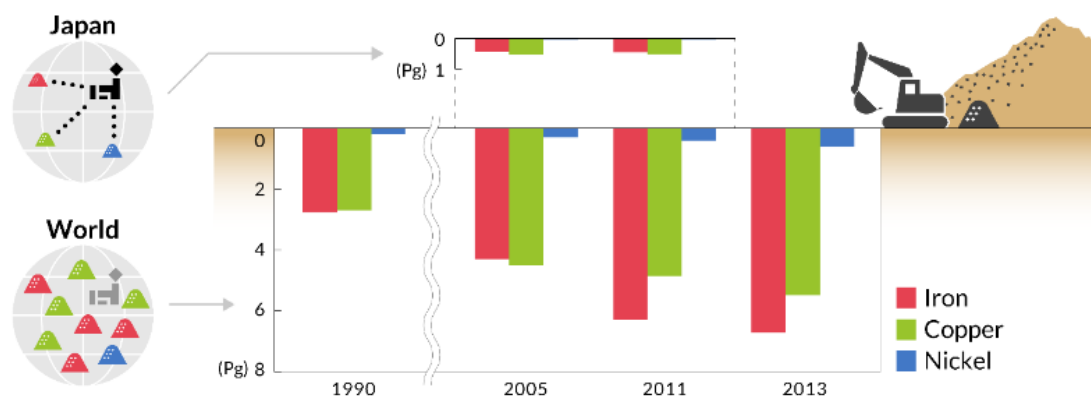


図 2. 世界全体および日本の経済活動が誘発する鉄・銅・ニッケルの総採掘活動量の概略 (Nakajima et al. 2019)

4.2.3 衛星画像解析による土地改変面積の算定

鉄鉱石、銅鉱石、ニッケル鉱石、石炭を産出する主要な約90の鉱山を対象として、衛星画像解析による土地改変面積の定量化、および、解析用アルゴリズムの開発と解析用の衛星画像データの整備に取り組んだ。解析は、Landsat/TM・ETM+・OLIとTerra/ASTERの衛星画像を用いて、各鉱山の2時期における裸地面積の推計、および、得られた鉱山別の土地改変量を鉱山別の鉱石生産量で除すことで、鉱山ごとの採掘強度(単位採掘量当たりの改変面積)の試算に取り組んだ。解析の結果、3条件(①画像状態が良好、②鉱区周辺が森林域、③鉱区(解析対象範囲)の適切な設定)が満たされている場合には的確に裸地の検出が可能であることが分かった。一方、開発を進めたアルゴリズムでは、森林と裸地を大津の二値化の手法により区別しているため、鉱山が裸地帯にある場合や、鉱区に鉱山と関係の無い裸地が広く含まれている場合には、解析結果が本来の目的である鉱山活動との因果関係を持たない数値となる可能性があることが明らかとなった。

また、上述の状況を踏まえて、全球における長期アーカイブを有するLandsat衛星画像を用いて、AMNC法と適応型閾値選定法の組み合わせに基づいて、全球におけるニッケル鉱山の採掘領域推定手法の開発にも取り組んだ。具体的には、鉱区ポリゴンを設定した領域において、1985年

から 2017 年の Landsat 衛星画像を入手し、年間 NDVI 最大合成画像を作成した。一般的な NDVI 値の解釈法を事前情報として、ヒストグラム形状に基づく適応型閾値選定法により鉱山毎に各年の採掘領域を推定した。推定された採掘領域は時系列の連続性を考慮して洗練化した。解析の結果、年間最大 NDVI 合成 (AMNC) 法と適応型閾値選定法を組み合わせた鉱山採掘領域推定アルゴリズムは、全球の 86 のニッケル鉱山で検証したところ、70 鉱山において適切に機能し、良好な分類精度が得られた (全体精度=0.94, Kappa 係数=0.77)。特に森林帯とともに農地帯においては完全に機能した。さらには、草地帯や低木林帯の推定においても一定の成功を示した一方で、低密度植生帯 (裸地帯および一部の草地帯) の鉱山については、開発した手法の適用は困難であることが示された (佐久間ら 2020)。

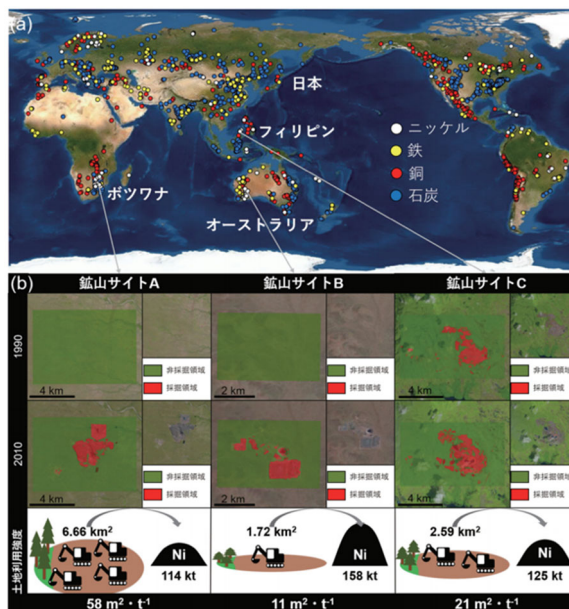


図 3. 解析結果の一例

4.2.4 土地改変面積データを用いた環境影響指標の試算

衛星画像解析により鉱山開発の土地改変面積を定量化した後、そのデータを関連する環境影響評価に活用することを試みた。具体的には Water Footprint, Ecological Footprint, CO₂ 排出量計算に際して鉱山地域での緑地の裸地化のもたらす影響の 3 点に取り組んだ。土地改変面積の定量化については複数実施したが、ここでは、ラオスの銅鉱山である Phu Kahn 鉱山の事例を示す。2007-2018 の間に 3.98 km² の土地改変が置き、銅精鉱の生産量で除すことで原単位化すると 5.25 m²/ton-Cu Conc. となった。さらに、緑地の裸地化による CO₂ 排出量への影響が極めて小さいことを確認した。この鉱山は水力発電による電力の利用により CO₂ 排出量が小さい一方、そのために Water Footprint は大きくなることも確認した (Islam et al. 2020a, Islam et al. 2020b)。

次に 3 つの銅鉱山を用いて、土地改変、CO₂ 排出量、TMR、Ecological Footprint (生産能力阻害地分のみ) を比較したところ (図 4)、EF の利用により現地の元々の植生の違いを反映した環境影響評価が可能になること、また TMR の併用により、坑内掘鉱山に関して正しい環境影響の一次近似的な評価を与える可能性が示唆された (Murakami et al. 2020)。

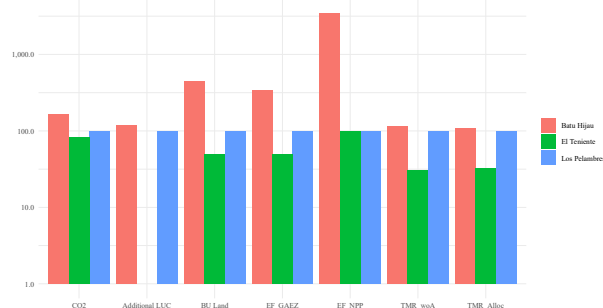


図 4. 指標比較の一例 (Murakami et al. (2020))

<引用文献>

- Watari T., Nansai K., Nakajima K. (2020a) Review of critical metal dynamics to 2050 for 48 elements, Resources, Conservation and Recycling, 155, 104669
- Watari T., Nansai K., Nakajima K. (2021) Major metals demand, supply, and environmental impacts to 2100: A critical review. Resource Conservation and Recycling, 164 (105107)
- Watari T., Nansai K., Giurco D., Nakajima K., McLellan B., Helbig C. (2020b) Global Metal Use Targets in Line with Climate Goals. Environmental Science & Technology, 54 (19), 12476-12483
- Nakajima K., Noda S., Nansai K., Matsubae K., Takayanagi W., Tomita M. (2019) Global Distribution of Used and Unused Extracted Materials Induced by Consumption of Iron, Copper, and Nickel. Environmental Science & Technology, 53, 1555-1563
- 佐久間東陽, 山野博哉, 中島謙一 (2020) 鉱山採掘活動による陸域生態系の劣化. 日本リモートセンシング学会誌, 40 (5), 271-274
- Islam, K., Vilaysouk, X., Murakami, S., 2020. Integrating remote sensing and life cycle

assessment to quantify the environmental impacts of copper-silver-gold mining: A case study from Laos. *Resour. Conserv. Recycl.* 154, 104630.

Islam, K., Murakami, S., 2020. Accounting for Water Footprint of an Open-Pit Copper Mine. *Sustainability* 12, 9660.

Murakami, S., Takasu, T., Islam, K., Yamasue, E., Adachi, T., 2020. Ecological footprint and total material requirement as environmental indicators of mining activities: Case studies of copper mines. *Environ. Sustain. Indic.* 8, 100082.

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 3件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Islam Kamrul, Vilaysouk Xaysackda, Murakami Shinsuke	4. 巻 154
2. 論文標題 Integrating remote sensing and life cycle assessment to quantify the environmental impacts of copper-silver-gold mining: A case study from Laos	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Resources, Conservation and Recycling	6. 最初と最後の頁 104630 ~ 104630
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.resconrec.2019.104630	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 中島謙一	4. 巻 65
2. 論文標題 都市鉱山の利用と資源の“重さ”	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 生活と環境	6. 最初と最後の頁 13-18
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 Watari Takuma, Nansai Keisuke, Nakajima Kenichi	4. 巻 155
2. 論文標題 Review of critical metal dynamics to 2050 for 48 elements	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Resources, Conservation and Recycling	6. 最初と最後の頁 104669 ~ 104669
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.resconrec.2019.104669	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 Watari Takuma, Nansai Keisuke, Nakajima Kenichi, McLellan Benjamin C., Dominish Elsa, Giurco Damien	4. 巻 53
2. 論文標題 Integrating Circular Economy Strategies with Low-Carbon Scenarios: Lithium Use in Electric Vehicles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environmental Science & Technology	6. 最初と最後の頁 11657 ~ 11665
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.est.9b02872	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 Clifford, M.J., Ali, S.H. & Matsubae, K.	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 2019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, 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 富田 誠	4. 巻 24
2. 論文標題 共創の場における視覚的対話手法の比較	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 芸術学研究	6. 最初と最後の頁 31-39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15068/00159514	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 Nakajima Kenichi, Noda Shoichiro, Nansai Keisuke, Matsubae Kazuyo, Takayanagi Wataru, Tomita Makoto	4. 巻 53
2. 論文標題 Global Distribution of Used and Unused Extracted Materials Induced by Consumption of Iron, Copper, and Nickel	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environmental Science & Technology	6. 最初と最後の頁 1555 ~ 1563
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.est.8b04575	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 -

〔学会発表〕 計43件（うち招待講演 9件 / うち国際学会 22件）

1. 発表者名 Islam, K., and Murakami, S.
2. 発表標題 Environmental impact monitoring of (underground) mining: Case study from copper-uranium mine.
3. 学会等名 9th SETAC Young Environmental Scientists Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Islam, K., Vilaysouk, X., and Murakami, S.
2. 発表標題 Environmental impacts of copper mining in Laos: Application of remote sensing and life cycle assessment
3. 学会等名 第16回「資源・素材・環境」技術と研究の交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Islam, K., Vilaysouk, X., and Murakami, S.
2. 発表標題 Exploring the relationship between total in-use stock and satellite nighttime light data: A case study from Lao PDR
3. 学会等名 (一社)日本リモートセンシング学会, 第66回(令和元年度春季)学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Islam, K., Vilaysouk, X., and Murakami, S.
2. 発表標題 Integrating remote sensing and life cycle assessment to quantify the environmental impacts of mining: The case of Lao PDR
3. 学会等名 10th International Conference on Industrial Ecology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐久間東陽、山野博哉、中島謙一
2. 発表標題 Landsat画像を用いた様々な土地被覆タイプに対する鉱山の採掘面積推定法の開発
3. 学会等名 第67回日本リモートセンシング学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ukyo Takata, Shoki Kosai, Eiji Yamasue
2. 発表標題 Evaluation of Resource Intensity of Lithium-ion Battery for Vehicle in terms of Total Material Requirement
3. 学会等名 13th Conference of the International Society for Industrial Ecology (ISIE) - Socio-Economic Metabolism Section (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nanami Nakagawa, Shoki Kosai, Eiji Yamasue
2. 発表標題 Effect of electricity mix transition on resource intensity in terms of mining activities
3. 学会等名 13th Conference of the International Society for Industrial Ecology (ISIE) - Socio-Economic Metabolism Section (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Eiji Yamasue, Shoki Kosai, Benjamin C McLellan, Shinsuke Murakami and Seiji Hashimoto
2. 発表標題 Resource Paradox Problem revealed by Total Material Requirement
3. 学会等名 13th Society And Materials, International Conference (SAM13) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kosai Shoki and Yamasue Eiji
2. 発表標題 Economy-wide material flow analysis and its projection: DMI vs TMR in Japan
3. 学会等名 11th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing (EcoDesign2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Eiji Yamasue
2. 発表標題 Resources issues as a trade-off of clean energy
3. 学会等名 5th International Workshop on Clean Energy Development in Asian Cities (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小原成勝, 光斎翔貴, 山末英嗣
2. 発表標題 太陽電池の資源強度評価
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 鷹田祐京, 光斎翔貴, 山末英嗣
2. 発表標題 関与物質総量を通じた自動車用リチウムイオン電池の資源強度評価
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 大西祐輝, 光斎翔貴, 山末英嗣
2. 発表標題 水素製造の関与物質総量 ~ 燃料電池自動車の評価 ~
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 Nik Nurul Hasina Binti Nik Abdul Razak, 光斎翔貴, 山末英嗣
2. 発表標題 Mining Activity Evaluation for Beverages in Terms of TMR Beverages are some of indispensable elements for our daily lives
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 中川奈那美, 光斎翔貴, 山末英嗣
2. 発表標題 電源構成を考慮した電力の関与物質総量
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 Arnidah Badin, 光斎翔貴, Yang Qiu, Sangwon Suh, 山末英嗣
2. 発表標題 Mining Activities of Illuminations in terms of Total Material Requirement
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 Nakajima K., Nansai K., Takayanagi W.
2. 発表標題 Toward environmentally sustainable patterns of resource consumption and production
3. 学会等名 13th Society And Materials International Conference (SAM13) (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 ISIE2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Forward sustainable and responsible sourcing, Global Value Chain
3. 学会等名 ISIE2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019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4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 Azusa Oita, Kiwamu Katagiri, Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Resource Use, Recycle, and Energy Emissions in Japanese System from Nitrogen Perspective
3. 学会等名 FinalSink2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Aoi Oashi, Kazuyo Matsubae, Kenichi Nakajima, Tetsuya Nagasaka
2. 発表標題 Water Use for Copper Procurement
3. 学会等名 FinalSink2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakajima K., Nansai K., Takayanagi W.
2. 発表標題 Tracing the Ever-Changing Global Supply Chain of Natural Resources
3. 学会等名 FinalSink2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島謙一
2. 発表標題 資源の需給構造の同定と可視化を目指して
3. 学会等名 資源生産性に優れた豊かな循環社会研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田誠
2. 発表標題 研究内容の視覚化ワークショップ2 -Visualize Your Research-
3. 学会等名 若手研究者育成・支援プログラム「アーリーバード」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 富田誠
2. 発表標題 デザイン思考による視覚的対話「諏訪市の公共施設の利用」のワークショップ
3. 学会等名 諏訪市, JTB総合研究所(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田誠
2. 発表標題 Visualize Your Research 新たな研究連携の可能性を探る視覚的対話法
3. 学会等名 ダイバーシティセミナーIII, 筑波大学ダイバーシティ・アクセシビリティ・キャリアセンター(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大足葵, 松八重一代, 中島謙一, 長坂徹也
2. 発表標題 水資源に焦点を当てた銅鉱石採掘に伴うサプライチェーンリスク解析
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 Nakajima K., Noda S., Nansai K., Matsubae K., Takayanagi W., Tomita M.
2. 発表標題 Global Distribution of Hidden Flows Induced by Consumption of Metals: Iron, Copper, and Nickel
3. 学会等名 The 13th Biennial International Conference on EcoBalance (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nakamura S., Kondo Y., Nakajima K., Ohno H.
2. 発表標題 Metal dynamics of a circular economy: identifying barriers to sustainable recycling
3. 学会等名 The 13th Biennial International Conference on EcoBalance (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Oashi A., Yamazaki Y., Matsubae K., Nakajima K., Nagasaka T.
2. 発表標題 Analyzing international supply chain risk in copper mining: focus on water resources
3. 学会等名 The 13th Biennial International Conference on EcoBalance (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yamasue E., Kosai S., Daigo I., Nakajima K., McLellan B., Matsubae K., Murakami S.
2. 発表標題 Revisiting Total Material Requirement Estimation and Evaluation
3. 学会等名 The 13th Biennial International Conference on EcoBalance (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐久間東陽、山野博哉、中島謙一
2. 発表標題 ニッケル鉱山を対象としたスペクトル混合分解法に基づく採掘面積率推定の検証
3. 学会等名 日本リモートセンシング学会第66回(2019年度春季)学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Matsubae K.
2. 発表標題 Resources for next generation vehicles
3. 学会等名 Sino-Japan Symposium for Industrial Ecology, (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Eiji Yamasue, Shoki Kosai, Shinsuke Murakami and Benjamin C. McLellan
2. 発表標題 Decoupling Evaluation Using Total Material Requirement and Life-Cycle CO2 Emission
3. 学会等名 Social and Metal 12 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Eiji Yamasue, Shoki Kosai, Kenichi Nakajima, Kazuyo Matsubae, Shinsuke Murakami and Benjamin C. McLellan
2. 発表標題 Criticality Analysis of Rare Earth Elements based on Total Material Requirement
3. 学会等名 Resources for Future Generations 2018 (RFG2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoko Yamakata, Eiji Yamasue, Benjamin C. McLellan, Kiyoharu Aizawa
2. 発表標題 Resource Intensity for Menu Items: How Much Land is Required to provide for each Dish?
3. 学会等名 10th Workshop on Multimedia for Cooking and Eating Activities (CEA2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Eiji Yamasue, Shoki Kosai, Jordi Cravioto
2. 発表標題 Strategic Metal Substitute in terms of Total Material Requirement and Global Warming Potential
3. 学会等名 INTERNATIONAL FORUM ON GREEN TECHNOLOGY AND MANAGEMENT 2018 (IFGTM2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山末英嗣
2. 発表標題 TMRの新展開とその適用
3. 学会等名 マルチバリュー研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山末英嗣, 光斎翔貴, 村上進亮, 橋本征二, McLellan Benjamin
2. 発表標題 関与物質総量で可視化される資源問題
3. 学会等名 日本LCA学会第14回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鷹田 祐京、光斎 翔貴、山末 英嗣
2. 発表標題 関与物質総量を通じた自動車用リチウムイオン電池の資源強度評価
3. 学会等名 日本LCA学会第14回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中川 奈那美、光斎 翔貴、山末 英嗣
2. 発表標題 採掘活動から見た日本における将来電源構成の資源強度
3. 学会等名 日本LCA学会第14回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山末英嗣
2. 発表標題 ステンレス鋼の関与物質総量およびその組成との関係性
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第177会春季講演大会
4. 発表年 2019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	村上 進亮 (Shinsuke Murakami) (40414388)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・准教授 (12601)	

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	松八重 一代 (Kazuyo Matsubae) (50374997)	東北大学・環境科学研究科・教授 (11301)	
研究分担者	山野 博哉 (Hiroya Yamano) (60332243)	国立研究開発法人国立環境研究所・生物・生態系環境研究センター・研究センター長 (82101)	
研究分担者	南齋 規介 (Keisuke Nansai) (80391134)	国立研究開発法人国立環境研究所・資源循環・廃棄物研究センター・室長 (82101)	
研究分担者	山末 英嗣 (Eiji Yamasue) (90324673)	立命館大学・理工学部・教授 (34315)	
研究分担者	富田 誠 (Makoto Tomita) (50631826)	東海大学・教養学部・准教授 (32644)	

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