

サプライチェーンを通じた資源利用と 関連するリスクの可視化

Resource logistic approach to visualize supply chain risks behind resource use



教授 松八重 一代
Professor
Kazuyo Matsubae



助教 張 政陽
Assistant Professor
Zhengyang Zhang

新興国の人工増大ならびに経済成長に伴う鉱物資源需要、先進国におけるグリーンエコノミーを実現するための革新技術を支える希少資源需要はそれぞれ増大傾向にある。世界有数のレアメタル消費国である我が国は、消費・生産活動を支える多くの一次資源の調達を海外に依存している。資源供給の上流における様々な地政学的リスクは経済活動に対してしばしば大きな影響をもたらすことは知られているものの、サプライチェーンを通じた資源の流れの定量化、関連するリスクの可視化はリスク情報の抽出方法が未確立であること、マテリアルフロー情報が不足していること等々、課題が多いのが現状である。本研究分野では、これらの課題を解決し、資源利用に関わるサプライチェーンリスク情報を集約的・戦略的に管理する基盤構築を目指す。

With the increased global concerns about resources and environmental constraints in recent years, the role of mining, as a constituent of social responsibility associated with resource extraction and usage, is becoming increasingly important in science, technology, and innovation policy. Under increasing public and shareholders' concerns of social and environmental sustainability, the fabrication industries require careful attention owing to their own risks related to the resources and materials that are used in their products and services. The material flow analysis (MFA) tool and input-output technique provide useful perspectives and valuable evidence for avoiding or minimizing the social and environmental risks related to the demand of resources.

We analyzed the risk-weighted flow by combining the resource logistics database and Input Output model. The estimated results shed light on how resource logistics prepare policy makers and research and development (R&D) engineers to confront the risks behind resource usage and how the information should be shared among stakeholders.

製品ベースのアプローチに基づく鉱物利用に誘発された 多地域間土地攪乱分析 – 日本の自動車生産を例に –

最終需要国の資源利用は、資源開発を通じて他の遠い国や地域に様々な環境影響を及ぼす。関与物質総量を用いて、ある国における特定の製品の製造により誘発された遠隔結合の土地攪乱を評価する方法が提案される。この製品に着目する方法は、特定の製品の在庫データと国際貿易統計の統合に基づくハイブリッドアプローチである。日本の自動車生産の事例研究を通して、日本の自動車技術の変遷は、遠隔結合された土地攪乱に最も曝される国や地域の変化を生じることを明らかにした。例えば、日本で電気自動車を生産する場合に遠隔地の土地攪乱にチリ (6%) からオーストラリア (14%)、インドネシア (11%) が貢献される。開発されたアルゴリズムは簡易化されており、他の遠い国や地域との鉱物取引において持続可能な相互作用を実現するために、どの国のどの製品に関連する遠隔結合された土地攪乱の確定に直ちに適用可能である (Fig.1-2)。

Multiregional land disturbances induced by mineral use in a product-based approach: A case study of vehicle production in Japan

Resource use in the country of final demand has severe environmental impacts in other distant countries and regions through resource exploitation. Using the total material requirement (TMR), we proposed a methodology for evaluating telecoupled land disturbances induced by manufacturing a given product in a given country. This product-focused method is a hybrid approach based on the integration of inventory data of a given product and the international trade statistics. Through a case study of vehicle production in Japan, we found that the transition to next-generation vehicles in Japan results in changes in the countries and regions most exposed to the telecoupled land disturbances: i.e., from Chile (27%) to Australia (14%) and Indonesia (11%) for battery electric vehicles. The algorithm we developed is relatively simplified so that it can be readily implemented to determine the telecoupled land disturbances associated with any product in any country for a sustainable interaction in their mineral trades with other distant countries and regions (Fig.1-2).



Fig.1 Multi-regional land disturbances (kg-TMR/kg) induced by vehicles production in Japan. Derived from Kosai et al. (2020). <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106093>

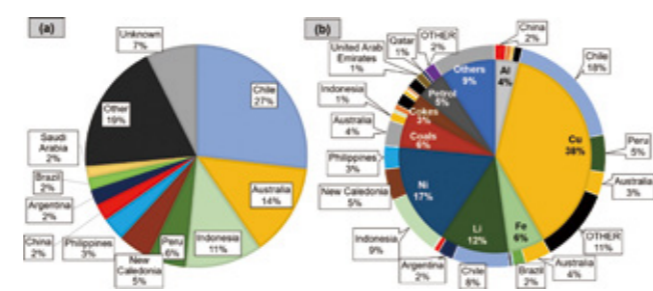


Fig.2 Multi-regional land disturbances induced by gasoline cars production in Japan, by country per vehicle (in percentage). Adapted from Kosai et al. (2020). <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106093>

鉱滓ダム決壊に着目した鉱物資源の サプライチェーンリスク解析

世界における鉱物資源の需要は、脱炭素社会への転換などを背景に増え続けている。一方、鉱物資源のサプライチェーンには、鉱山周辺の土地変化や生物多様性の喪失など様々なリスクが潜んでいる。その中でも、採掘工程で生じるスラグを堆積する鉱滓ダムの決壊による供給寸断は甚大な影響を及ぼす。本研究では、鉱物資源のサプライチェーンリスクを定量的に評価し、災害弾力性の高いサプライチェーンの構築および持続可能な資源消費に向けた新たな物差しを提示する。分析に際して、サプライチェーンを寸断するリスク情報を包括的に分類・整理されるデータベースを構築したうえで、一国の生産活動が他地域の経済・環境に与える影響が推計できる多地域間産業連関モデルに接続することにより行う (Fig.3)。

Supply chain risk analysis for mineral resources focusing on tailing dam failures

The worldwide demand for mineral resources continues to increase alongside the transition to a carbon-neutral society. However, various risks such as land changes and biodiversity losses at mining sites are present in the mineral supply chain. Among them, supply chain disruptions due to the collapse of tailing dams that accumulate as byproducts of the mining process has a significant effect. We evaluated the mineral supply chain risks and proposed a new benchmark for constructing a high-risk resilient supply chain along with sustainable resource consumption. To achieve this, we created a database that classifies supply chain disruption risks comprehensively, and then connected it to a multiregional input-output model that can estimate the economic and environmental influence of production activities across the supply chain (Fig.3).

湾岸協力理事会加盟国における屋内・垂直農業による 食料自給率向上の可能性探求 – クウェート国の事例を通じた課題と機会 –

湾岸協力会議 (GCC) 諸国は、人口の食料需要を満たすために十分な食料を輸入する能力を持っている。一方、輸入食品への過度依存は、GCC 諸国に国際的な生産出荷の混乱に伴う食糧不足に対する脆弱性をもたらす。屋内・垂直農業技術は、農業生産効率を最適化し、土地利用を最小化に抑えつつ、野菜類の収穫量を高めることによって食料自給率を向上させる可能性を有している。本研究から約 15km² の屋内農場または 0.1km² 未満の垂直農場が、クウェート国における 6 種の野菜の輸入需要をいかに減らせるかが示唆された。また、地域および世界的な脅威による食料供給の脆弱性を踏まえて食糧自給率向上の必要性が述べられたとともに、GCC 諸国が屋内・垂直農業技術を採用する際に直面する特有の課題、ならびに現在の法的・政策的枠組みに内在する機会も明示された (Fig.4)。

Potential for food self-sufficiency improvements through indoor and vertical farming in the Gulf Cooperation Council: Challenges and opportunities in the case of Kuwait

The Gulf Cooperation Council (GCC) countries have the ability to import sufficient food to meet their populations' demand. However, overreliance on imported food leaves GCC countries vulnerable to food shortages during crises that disrupt international production and shipping. Indoor and vertical farming technologies have the potential to improve food self-sufficiency by multiplying vegetable crop yields while optimizing the efficiency of agricultural inputs and minimizing land requirements. Our study demonstrated how approximately 15 km² of indoor farms or less than 0.1 km² of vertical farms could reduce the need to import six vegetable crops in Kuwait (Fig.4). We also contextualized the need for improved food self-sufficiency in light of vulnerabilities resulting from regional and global threats, illuminated unique challenges faced by GCC countries that are considering adopting such technologies, and summarized opportunities inherent in the current legal and policy framework.



Fig.3 Diagram of supply chain risks analysis

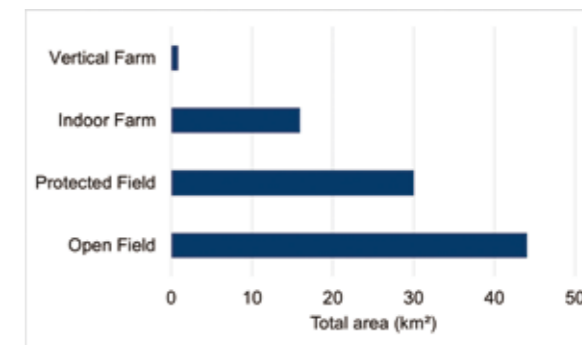


Fig.4 Comparison of total land area required to achieve 100% self-sufficiency using different cultivation scenarios. Adapted from Meshal et al. (2021). <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/22/12553>