

# 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

新興国の人口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質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 concern regarding resource and environmental constraints during 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 shareholder concern about social and environmental sustainability, the fabrication industries require careful attention owing to their own risks related to the resources and materials used in their products and services. The material flow analysis 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 global link input-output model. The estimated results shed light on how resource logistics prepares policy makers and research and development engineers to confront the risks behind resource usage, and how the information should be shared among the stakeholders.

## 滋賀県琵琶湖流域経済圏におけるリンのマテリアルフロー解析

リンは窒素やカリウムと並ぶ植物の必須栄養元素のひとつであり、農業分野では土壌の栄養成分を補うため肥料として大量に投入されている。しかし一次リン資源の供給は基本的に鉱山から採掘されるリン鉱石に限られており、またこのリン鉱石は世界的に所在が偏在しているため、戦略資源化のリスクがある資源である。日本は現在リンの一次供給を輸入に全量依存しており、安定供給を確保する為に国内での循環利用の向上が求められている。自然条件に左右されやすい第一次産業分野において、地理的条件や風土、人口の違いなどの細かい地域差を考慮に入れることが難しい。そこで、農業分野をはじめとする第一次産業においてより地域の特徴を反映した解析を行うために、都道府県を対象とした分析を行うこととし、滋賀県に着目したリンマテリアルフロー解析を行った(図1)。

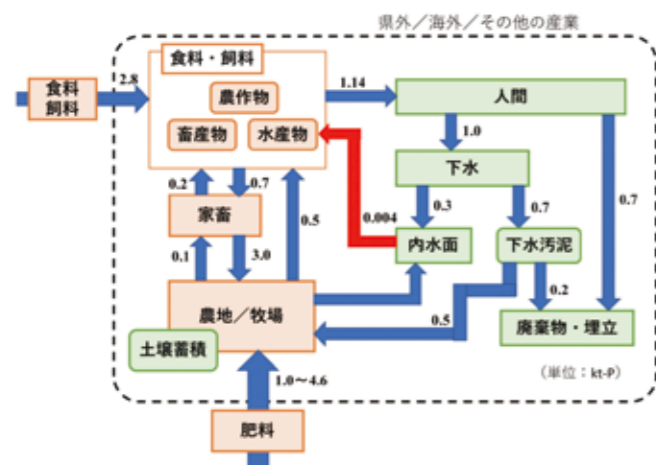


Fig.1 Estimated Phosphorus flows in Shiga Prefecture

## Phosphorus flow analysis in Shiga Prefecture

Agricultural nutrients, including phosphorus, potassium, and nitrogen, are essential elements for food production. The global population is predicted to exceed nine billion by 2050, and furthermore, bioethanol production has increased by about three times over the past 10 years. As a result, the resources used for agricultural production, including water, land, and fertilizer, will be of increasing importance in the next few decades. We evaluated phosphorus flows, focusing on Shiga Prefecture, which has the largest lake in Japan for advancing phosphorus resource efficiency (Fig.1).

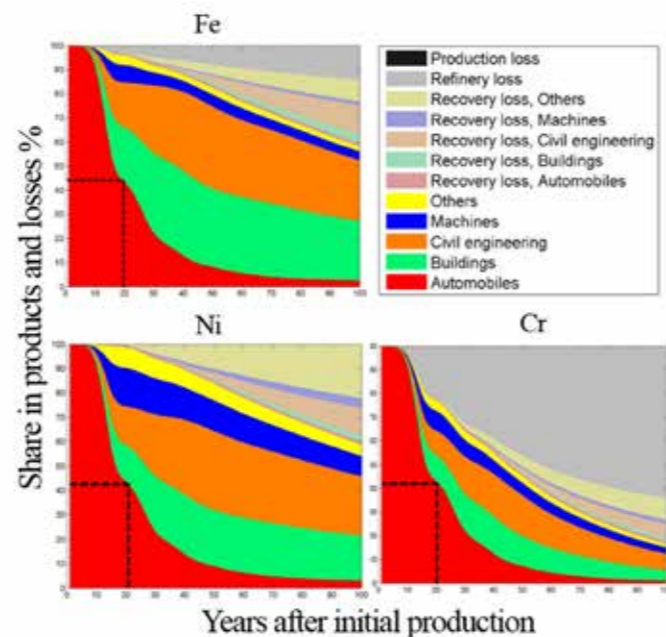


Fig.2 Transitions in the composition of stock of steel, Ni and Cr originally used for automobile engine

## 動的 MFA を用いた鉄鋼資源循環に伴う合金フロー解析

ニッケルやクロムといったレアメタルを含有する特殊鋼はエンジン、駆動系、足回り、懸架などの各ユニットの主要構成部品に使用されている。自動車を構成する部品のうち、エンジン本体及び補機類がボディに次いで二番目の重量を占めており、中古部品として高い需要があるほか、スクラップとしての資源販売価格も高いため、回収率は非常に高い。しかしながら部品として販売できなかったエンジンは、破碎・選別処理、溶解・鋳造といったプロセスを経てアルミニウムと鉄が再資源化されるが、その際に、一部の合金元素は製錬・再溶解の際に散逸し有効活用がされていない。本研究では、部品リユースの影響を考えながら、自動車エンジンに含まれる合金元素のニッケル (Ni) 及びクロム (Cr) に着目し、動的 MFA (Material Flow Analysis) モデルである MaTrace モデルを用いて、時間を通じた散逸量の推計を行った(図2)。

## 自動車の技術変化と素材に着目した関与物質総量の分析

EV(電気自動車)やHV(ハイブリッド車)、FCV(燃料電池自動車)といった各種の次世代型自動車は一般的に走行時のCO<sub>2</sub>排出量がGV(ガソリン車)よりも少ないとされている。しかしながら、次世代型自動車にはCuやLi、Pt等の希少資源が多く必要とされる問題点もある。これらの資源は鉱石中に微量しか含まれていないことに起因する土地改変量の大きさ等の採掘・精錬段階における環境負荷が大きい。製造段階における自動車の環境負荷を環境に対する改変量の観点から検討する為に本研究では各種自動車の製造時におけるTMR (Total Materials Requirement) を評価すると同時に、世界全体及び地域別の自動車販売台数から算出した自動車製造に伴うTMRの総量を推計した(図3)。

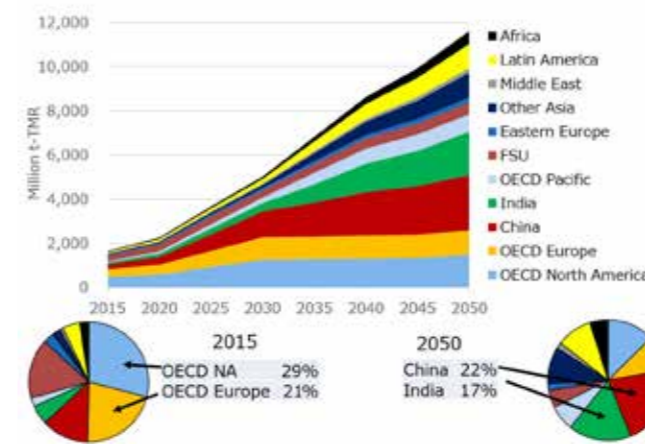


Fig.3 TMR of global automobile production

## IO-based dynamic material flow analysis on steel alloy elements

The MaTrace model is an input-output analysis-based model for dynamic material flow analysis (MFA) that can trace the fate of materials contained in end-of-life products over successive rounds of open-loop recycling, considering the scrap quality and losses incurred during conversion processes (Nakamura et al.2014). The timespan of evolution was calculated at 100 years, and the exported engines were assumed to be completely reused. The data used in the model were retrieved from the waste input-output MFA database, which was developed based on the Japanese Input-Output Table for 2005 (Ohno et al.2014). The individual curves in Fig. 2 provide the share (percentage %) of the locations of steel, Cr, and Ni, and their distribution among various components, as well as their losses over a period of 100 years. If about 40% of the IC engines were reused, after 20 years, the portion of these three elements in cars was found to drop to about 43%. The final distribution indicates that 41.8% of steel, 83.4% of Cr, and 41.2% of Ni were dissipated in total. The reason for this is that Cr is normally lost in the refinery process, whereas Ni is normally lost in the recovery process.

## Analysis of total materials requirement for technological change in automobiles

The total materials requirements (TMRs) of various cars and the total TMR amount by regional automobile production are calculated through scenario analysis. TMR represents the quantity of substances taken out of domestic and foreign environments during economic activities. TMR includes not only the flow of substances directly consumed but also indirectly consumed substances. In considering the TMR of an automobile, attention must be paid to elements such as copper, nickel, lithium, and other critical metals. These elements are not used much in gasoline-powered vehicles, but they are used often in next-generation cars. These elements are present in only very small amounts in an ore, so it is expected that very large values will be obtained when converted into a TMR (Fig.3).



Fig.4 Labo Imoni party