

持続可能な物質循環を目指した環境経済工学研究

Ecomaterial design and process engineering toward sustainable material cycle



准教授
松八重 一代
Associate Professor
Kazuyo Matsubae



教授(協力教員)
長坂 徹也
Professor
Tetsuya Nagasaka

The objectives of our research subjects are the design of eco-material processing for base-metal production, waste treatment and artificial resource development with the minimum energy consumption, resource input and environmental load. Some research projects include the design of eco-material, material/substance flow analysis and its management, development of new index of sustainability. We are now trying to establish new academic area by combining "Material Process Engineering" and "Environmental Economics" to solve environmental problems based on the concept of "Industrial Ecology".

ニッケルサプライチェーン伴う資源散逸問題に資するニッケル、コバルト及びクロムのフロー解析

ニッケルは耐食性、耐熱性、特殊な磁気・電気特性からステンレス鋼を始めとし、Ni-Cd電池など多岐にわたり使用される重要な金属である。また、ニッケル鉱石にはコバルトやクロムの随伴が確認されており、金属資源の有効利用、適切な資源管理が重要である。しかしながら、採掘活動による土地改変や製錬工程における温室効果ガス排出、多エネルギー消費等、ニッケルのライフサイクルを通じた環境問題が指摘されている。加えて、ニッケルの製錬ロス、リサイクルロスや鉱山排水、製錬廃棄物に伴うクロムやコバルトの散逸等、ニッケルサプライチェーンを通じた資源散逸が危惧されている。本研究では、(1)貿易統計(BACI 3)を用いた世界規模でのニッケルのフローの分析(2)日本の最終需要が他国のニッケルフローに及ぼす影響の分析(GLIOモデル4))の適用)、(3)ニッケル含有製品製造に伴うニッケル、コバルト、クロムのフロー解析、の三段階で資源散逸問題の回避に資する国際サプライチェーンの俯瞰的かつより詳細な定量的評価を行った。

Fig. 1は(1)の分析から得られた、国際貿易に伴い移動するニッケルの概観を示しており、色別に5つの加工度ごとに分類した商品に随伴して移動するニッケル量を示している。世界全体における国際貿易商品に随伴して移動するニッケルはおよそ 2.7×10^6 t-Niであり、西ヨーロッパ、アジア、北アメリカを中心に取引されている。また、ニッケルのフローを商品分類別に見てみると、フェロニッケル、ニッケル地金を含む中間生成物(Raw Material)や鋼材を含む中間製品

(Material)、電化製品、自動車を含む最終製品(Products)に随伴して移動するニッケルがおよそ54%、16%、15%と高い割合を占めている。以上のことから加工度の高い形態でニッケルが取引されていることが分かる。

また、Fig. 2は(3)の分析から得られた、フェロニッケル製造プロセスに伴い移動するニッケル、コバルト及びクロムのマテリアルフローを示している。結果より、およそ60%のニッケル、70%の

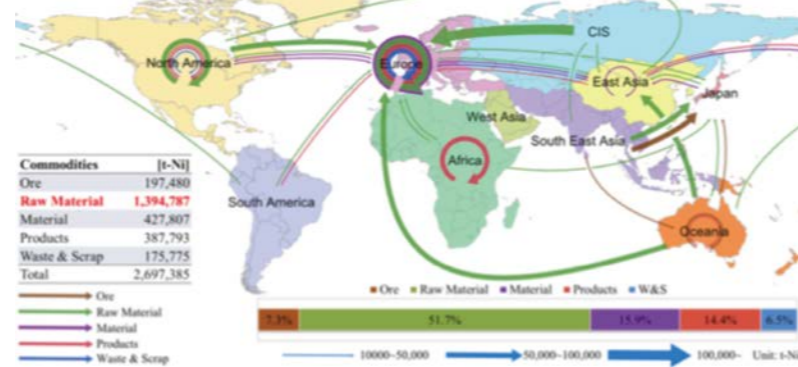


Fig. 1 国際貿易に伴うニッケルの移動量

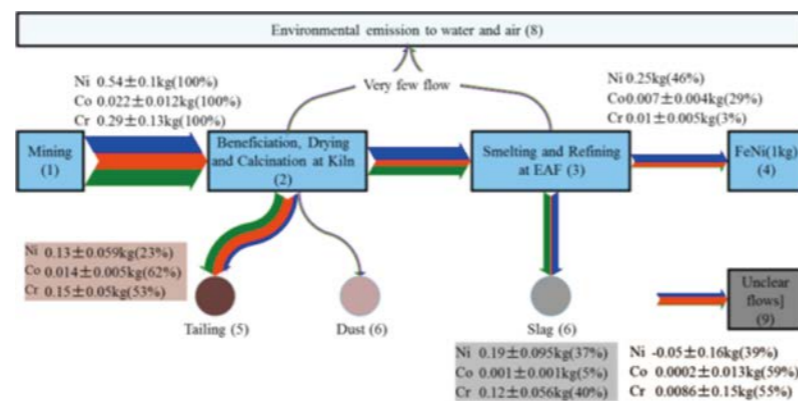


Fig. 2 Material flow of nickel, cobalt and chromium accompanied with Ferronickel production

コバルト、90%のクロムが選鉱・乾燥工程で生じるテーリングや、製錬工程で生じるスラグへ散逸していることが示された。

リン資源利用に関連するサプライチェーンリスクを加味したライフサイクル分析

リンは、食物・飼料作物の成長に必須である肥料や、自動車製造に用いられるリン酸メッキなど、種々の産業において必要不可欠な元素である。しかし、世界人口増加やバイオエタノール需要増大の観点から、資源需要が増加している。また、リンには高い偏在性や枯渇問題が指摘されており、戦略資源化している背景から、国内外の多くのコミュニティで持続的なリン資源利用に向けた取り組みが行われている。

リン含有製品は一般的にリン鉱石を原料として生産されるが、リン鉱石の採掘には天然放射性物質や、重金属元素などの有害物質による現地での環境汚染、採掘活動による土地改変など種々の環境リスクが潜在している。また、リン鉱石の高い偏在性や、黄リンの生産拠点が限られていることなどから、輸入におけるカントリーリスクが存在する。我が国では、リン資源の多くを輸入に頼っているため、これらのリスクを無視して持続的なリン資源利用について議論することは出来ない。リン資源の需要が引き起こすサプライチェーンリスクを明らかにし、ライフサイクル全体でのリン資源管理の促進に貢献するために、本年度はマテリアルフロー解析ならびに、サプライチェーンリスクの可視化手法の開発に取り組んだ。

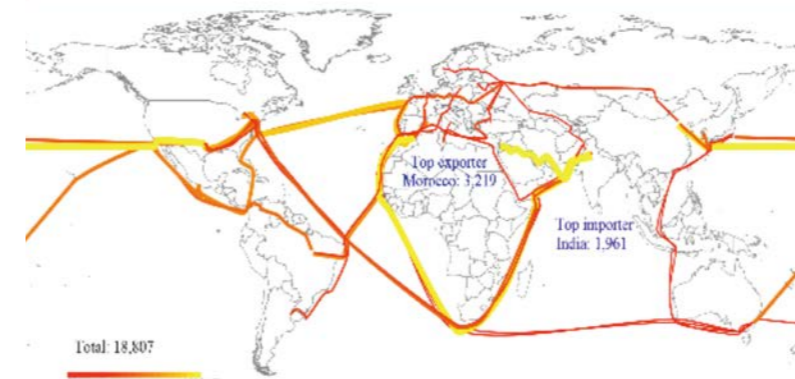


Fig. 3 国際貿易を通じたリンフロー

リンのマテリアルフロー解析においては、国際貿易統計に準拠した231ヶ国において貿易統計の整備を行い、対象商品についてはHSコードの分類からリン281商品を抽出し、貿易に随伴するリンの移動量をFig.3のように推計した。これによって貿易に随伴するリンの移動は鉱石の輸出が上位を占めていることが明らかとなった。

マテリアルフロー分析によって明らかにした日本の最終需要によって引き起こされるリンの移動に関連するサプライチェーンリスクのうち、重金属、NORM、カントリーリスクに着目して可視化を試みた。それぞれのリスクファクターを足しあわせたものと、その国へのリン商品、リン鉱石への依存度との関係をFig.4に示した。リン鉱石供給という観点で、モロッコ、ヨルダンがリスクが高いことが読み取れる。これらのリスクは重金属やNORMといった、現地での環境影響を引き起こすが、我が国のリン資源管理を行う上で直接目に見えるものではない。しかしながらサプライチェーンをさかのぼって直接、間接に引き起こすリスクとしてその管理責任の一端を担うべきものであろう。本研究において、これらのリスクファクターについて定量評価、可視化を行うことで、資源利用に関わるサプライチェーンリスクの責任(Responsibility of Resource Use)を明らかにした。

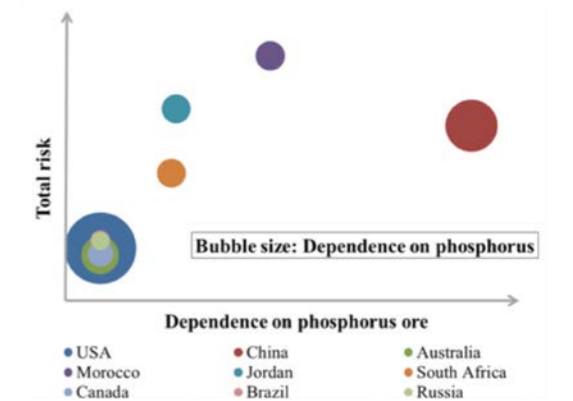


Fig. 4 日本におけるリン依存度とリスクの関係