

持続可能な物質循環を目指した環境経済工学研究

教授 長坂 徹也

Professor Tetsuya Nagasaka



Ecomaterial design and process engineering toward sustainable material cycle



准教授 松八重 一代
Associate Professor Kazuyo Matsubae

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".

ニッケルの持続可能な資源利用に向けた国際サプライチェーン分析

ニッケルはステンレス鋼、耐熱・耐食性合金、電気めっき、二次電池等多岐にわたって使用される重要な金属であり、需要は毎年およそ5%の増加傾向にあるため、今後も増加していくことが予想される。ニッケル利用の持続可能性を考えた場合、経済資源としてのニッケル埋蔵量はおよそ219,500ktであり、資源枯渇の可能性は低いとされているが、リサイクルに伴う資源の散逸を含めてサプライチェーンを通じたニッケル資源の散逸の問題はこれまでも指摘されている。また、ニッケル鉱石は、ニューカレドニアやインドネシア、フィリピンなどの熱帯地域に多く分布していることから、生物多様性への影響を含めて環境影響の側面からも関心が高まっている資源の1つである。他方、ニッケルはニッケル鉱石、フェロニッケル、ニッケルマット、地金、その他中間生成物(酸化物、水酸化物など)やステンレス鋼、合金鋼、各種製品中に含有して取り込まれており、そのサプライチェーン構造は非常に複雑である。これらを

背景に、本研究では資源利用の高度化・高効率化を目指して、ニッケルの国際サプライチェーンを解析し世界のニッケルの取引形態、利用状況を把握した。(図1)

ELVスクラップに伴伴する合金元素フロー解析

鉄スクラップは我が国の鉄源の約30%を担う欠かすことのできない資源である。一方で鉄スクラップの約半数を占める老廃スクラップはその性質上、他元素の混入が常に懸念され、即鉄源とは成り得ない。特に廃自動車(End of Life Vehicle: ELV)由来のスクラップは量こそ老廃スクラップの10%程度に留まるものの、自動車の加工度の高さ、用いられる素材の種類の多様さによって、鉄源化には追加的な処理プロセスが必要となる。ELV処理の段階で特に混入が問題視される銅については、追加鉄源の投入による銅濃度の希釈に伴う環境負荷に関して評価が行われ、事前除去の必要性が示されている。本研究では、外因的に混入する銅だけではなく、自動車部品に多く利用されている特殊鋼に含まれる鉄鋼合金元素(Mn、Cr、Ni、Mo)に

着目した。各合金元素はそれぞれ再溶解時に溶鋼中に留まるもの、酸化しスラグへ移行するものに熱力学的に分類され、スクラップを鉄源として再資源化する際には、前者は溶鋼の汚染、後者は合金元素の散逸といった資源ロスを引き起こす原因となる。本研究ではこれらの問題を低減することを目的としたELV解体選別の導入の検討と随伴合金元素の二次資源としての有効利用可能性について評価を行った。

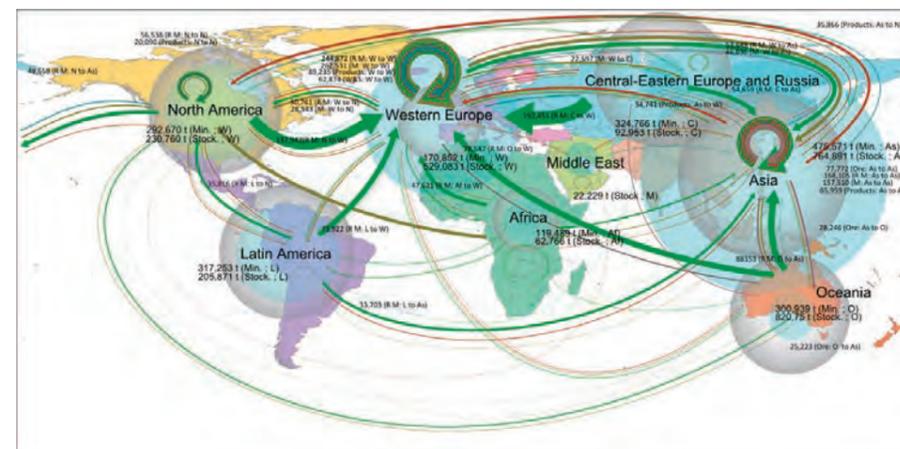


図1. 国際貿易に伴うニッケルの移動量

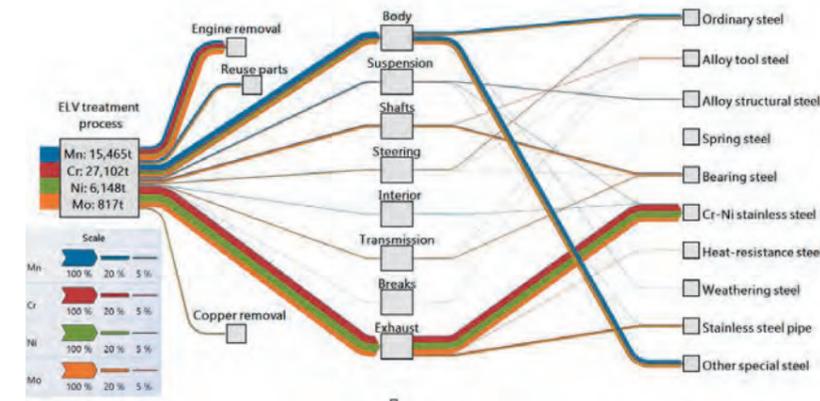


図2. ELVスクラップの合金有効利用の観点から見た最適配分先ならびに合金フロー

部品別スクラップが選別回収されると仮定し、WIO-MFA LPによって電気炉で生産される鋼材とのマッチング最適化を行った結果を図2に示す。合金元素含有量が比較的小さいボディ部品、ステアリング部品、ブレーキなどは普通鋼生産に投入されるのに対し、サスペンション部品、トランスミッション、排気系部品といった合金元素随伴量が多い部品は、特殊鋼の中でも合金元素濃度の高い構造用合金鋼や軸受け鋼、ステンレス鋼へとマッチングされた。このようなマッチングでスクラップを用いることで、ELV由来鉄スクラップに伴伴する合金元素の内88%がリサイクル鋼材中の合金元素成分として再び有効利用されることが示された。

窒素・リンに着目した農業用栄養塩類のサプライチェーン分析

農業用栄養塩類に分類される窒素やリンは、私たちの生活に必要な不可欠な元素であり、両元素を含む肥料は、土壌の生産力を高め、高い収穫効率を維持するために必須である。世界人口の増大やエネルギー作物の生産量増加から、農業用栄養塩類の需給はさらに切迫することが想定される。このような背景から本研究では、国内の窒素やリンの需給構造を把握するとともに、海外のサプライチェーンを考慮した上で

日本の産業連関分析を行うGLIOモデルを用いて、世界規模の消費状況と日本経済が与える他国の消費への影響について論ずる。日本国内における窒素のマテリアルフローに関しては、食料・飼料に含まれるものや、アンモニアなどの製品由来のものを対象とし、分析結果を図3に示す。アンモニアより無機あるいは有機化合物が生成されるとし、アンモニアを除く窒素化合物の輸入品は、各種工業製品の製造に直接使用されるとした。海外より多くの窒素(2065kt-N)が流入する一方、肥料として農地や牧場に施肥されたものの土壌へ流出(374kt-N)するなど多くの窒素が排出されていることが推計された。

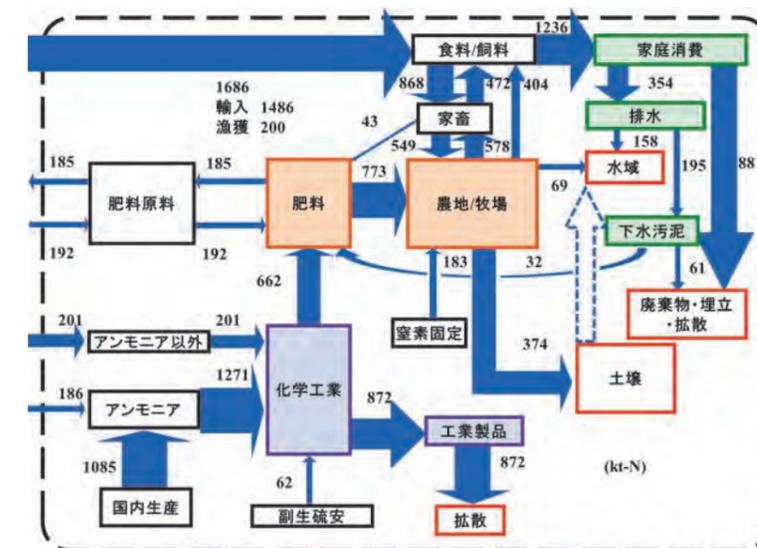


図3. 日本国内における製品由来の窒素のマテリアルフロー (2005年)