

## 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

教授 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"

### 未利用リン資源の有効利用に向けたリン資源循環モデル開発

リンは窒素やカリウムと並んで植物の三大栄養素の1つであるため肥料として農業分野で多く使用されるなど、人間生活に必要不可欠な元素である。しかしリンの原料であるリン鉱石の産出の内訳は中国、アメリカ、モロッコの上位3カ国で7割近くを占め(2010年)、さらに高品位のリン鉱石の枯渇と産出国による資源の囲い込み等を背景に世界全体のリンの需給が逼迫している。更に今後は、BRICsを始めとした後進国の人口増加やバイオ燃料の普及によるリン酸肥料の需要増加が見込まれ、リンの戦略資源化が懸念されている。リン資源を海外からの輸入に頼らずに国内での安定供給を図るためには、国内のリンの二次資源ポテンシャルや、回収や再利用による経済・環境への影響について定量的な考察が必要不可欠である。

図1は本研究で推定した日本における2005年のリンのマテリアルフロー(MFA)である。単位は純リン分(P-t)である。食糧分野において、年に28.4万tのリンが肥料として農地や牧草地に施されている。しかしその全てが作物等の生長に消費されることはなく、多くが土壤中に拡散してしまう(27.8万t)。そのため、農業や畜産における施肥量の調整が必要だと言える。工業分野で利用されるリンの主な用途は肥料原料であるが(19.8万t)、化学工業の各用途にも多くのリンが使用されている(7.0万t)。その用途によっては、金属表面処理のめっき浴に使用されるリンの様に、製品にのらずに副産物として歩留まり落ちするもの(1.3万t)も存在し、それらが高純度のリンの二次資源として考えられる。また鉄鋼業の副産物であるスラグ中のリン量(11.2万t)はリン鉱石の輸入量に匹敵し、磁気分離等による回収の技術開発が進められている。国内で利用されたリンは最終的に土壌蓄積や、製品としての社会への拡散や、廃棄物としての埋立となる。これらの部門の中で特に、人間活動による排水やそれを処理した汚泥からは比較的容易にリンを回収でき、様々な回収技術が考案されている。

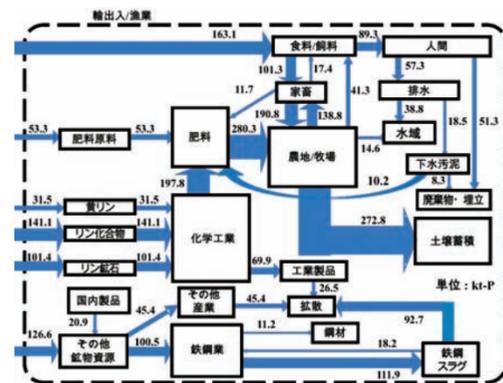


図1 2005年の我が国のリンのマテリアルフロー

これまでにを行った詳細なリンのMFAをベースに産業連関分析(IOA)の手法を応用して、最適で新しいリンの循環利用を考えるための総合的なリン資源循環モデル(Integrated Phosphorus Cycle Input-Output model: IPCIO)の開発を行った。IPCIOは、産業連関表の行列をベースとし、国内のリンのマテリアルフロー分析の結果を利用し、リン関連財に関して産業連関表の部門の拡張と物量化を行って作成した。IPCIOモデルは国内のリンの二次資源ポテンシャルを抽出すると共に、リンの循環利用によるリン関連財の需給への影響を定量的に考察を行うことができる。さらにIPCIOを用いてリンの循環利用のシナリオを想定し、産業連関分析により循環利用による波及効果を調査することで、国内での有効なリンの循環利用の方法を提言した(図2)。

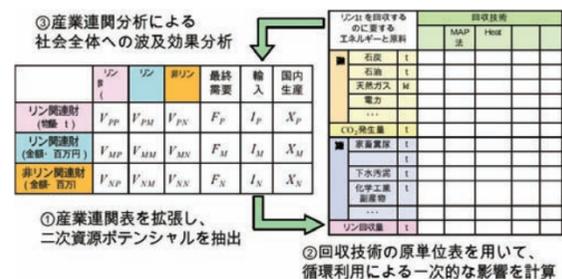


図2 IPCIOの概念図



准教授  
松八重 一代  
Associate Professor  
Kazuyo Matsubae



### 関連するプロジェクト

・平成23年度 環境省環境総合研究推進費「未利用リン資源の有効活用に向けたリン資源循環モデル開発」K2307 [2010年4月-現在] 代表者:松八重一代

### ELVスクラップ再資源化に着目した鉄鋼合金元素フロー解析

近年、鉄鋼材料やIT関連製品などの材料および製品の高機能・高品位化に伴い、レアメタルの安定供給が重要視されている。国家備蓄対象7鉱種の国内需要のうち、約95%が特殊鋼材の生産に用いられていることから、鉄鋼業におけるレアメタル戦略の位置づけは極めて大きい。また、加工の際に発生する切り屑や寿命を迎えた鋼材は、スクラップとして電炉に投入され、再び鋼材として社会に戻ることである。しかし、この鉄源としての鉄スクラップ利用から、スクラップに伴う合金元素の散逸、もしくは意図しない混入が懸念される。したがって、レアメタル資源の持続的な管理やコンタミソースの観点から、鉄鋼製品に随伴する合金元素の把握や適切な処理を行うことが重要となる。本研究では、特殊鋼材使用量の多い自動車に着目し、廃自動車(End of Life Vehicle; ELV)由来の鉄スクラップが電炉により再資源化される際に、どの合金元素がどのくらい希釈、拡散されるかを定量的に明らかにすることを目的とし、廃自動車の精緻解体と、各構成部品に含有される合金元素(Mn, Ni, Cr, Mo)についてハンドヘルド蛍光X線分析計を用いて実測による分析を行った。

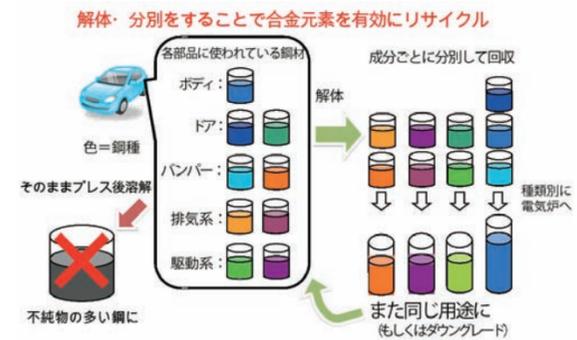


図3 スクラップソーティングシステムの概念図

今年度は廃自動車の精緻解体スクラップをサンプルとして調達し、自動車部品に用いられている各種素材量を実測する。さらにマテリアルリサイクルの際、もっとも大きな重量を占める鉄鋼材についてはその部品別鋼種別重量とその合金量を詳細に

組成調査分析し、電炉再資源化の際に、どの元素がどのようにメタル相、スラグ相に分配されるのか、その挙動も含めた基礎調査を行い、合金元素の循環に焦点を当てた最適スクラップソーティングシステム(図3)の提案に向けた検討を行った。

### 関連するプロジェクト

・(社)日本鉄鋼協会 環境・エネルギー・社会工学会、「素材産業から見た自動車リサイクル研究会」[2011年4月-現在] 主査:松八重一代  
・平成23年度文部科学省科学研究費若手研究A「随伴元素に着目した金属スクラップ循環分析」(23686131) [2011年4月-2014年3月] 代表者:松八重一代  
・平成23年度環境省 自動車リサイクル連携高度化等支援事業「廃自動車スクラップ随伴合金元素の高度有効利用に向けたマテリアルフロー解析ならびに元素分配傾向基礎調査」代表者:松八重一代