

ライフサイクル評価学分野 Life Cycle Assessment

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



准教授
松八重(横山) 一代
Associate Professor
Kazuyo Matsubae-Yokoyama



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" (we are calling this area as "Econo-Engineering") to solve environmental problems.

当分野では環境親和型素材製造・資源再生プロセス (EcoMaterial Processing: EMP)、マテリアルフロー分析 (Material Flow Analysis: MFA)、ライフサイクルアセスメント (Life Cycle Assessment: LCA) の3本柱を中心とした物質循環のための環境経済工学の研究を進めている。

MFA

「持続可能社会」を実現するためには「物質循環」を効果的に果たすことが重要である。それでは循環させるべき物質は、どのような形態で、どれくらいの量が社会を動いているのだろうか。国、地域、産業部門などを単位として物質収支を定量化し、環境負荷や資源消費を体系的に把握することで環境・資源効率を改善しようという調査研究は、マテリアルフロー・アカウントティング (Material Flow Accounting: MFA) と呼ばれており、90年代後半から欧州を中心に盛んに行われるようになってきている。本研究室ではマテリアルフロー分析の手法を用いてリンレアメタルのフローについての調査・整備を行った。

リンはクラーク数で13番目にランクされ、地殻中の平均濃度は0.08%とされている原子番号15の元素である。自然界では呈する色彩によって白リン、黒リン、紫リン、赤リン、黄リンと呼ばれる同素体の存在が知られているが、リンは極めて酸化しやすいために元素単体としての存在は希であり、大部分は無機、有機リン酸化合物の形態をとっているの

が一般的である。有機リン酸は、生体内における重要な構成要素であり、体内のエネルギー源であるATPや遺伝情報の要である、DNAやRNAにとって重要な役割を演じている。また、無機リン酸は骨の主成分であり、有機、無機化合物のいずれにおいても、リンは動植物の成長、生命維持に必須の栄養元素である。一方、工業的なリンの利用は多岐にわたり、触媒、化粧品、発火材、半導体材料、食品添加剤、消泡剤など、多数の用途があるが、動植物の必須栄養元素であることから、肥料としての用途が圧倒的に大きい。

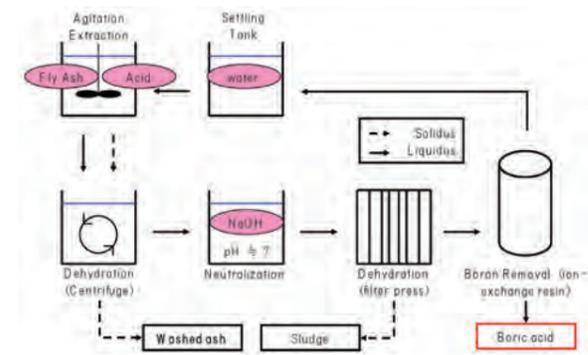
リンは自然界、人間経済活動圏の両者において重要な役割を担っているが、工業的には主要用途が食料生産を支える肥料成分であったり、最終製品を形作るポリリン酸等の素材成分であったり、従来は概して地味な存在であった。しかしながら、直近ではリンは戦略物質のひとつとして脚光を浴びており、リン資源を海外に全面依存している我が国においては、リンの安定確保は急務であるとされている。

現在工業的に利用されている高品質のリン鉱石は、現在のペースで消費が進むと100年以内に枯渇することが懸念されており、新たなリン資源の開発が強く望まれている。本研究室では、詳細なリンの国内マテリアルフロー分析を通じて、製鋼スラグと下水汚泥に濃縮されるリンは、質および量において輸入リン鉱石とほぼ同等であり、人工リン資源として極めて高いポテンシャルを有することを示した。

EMP

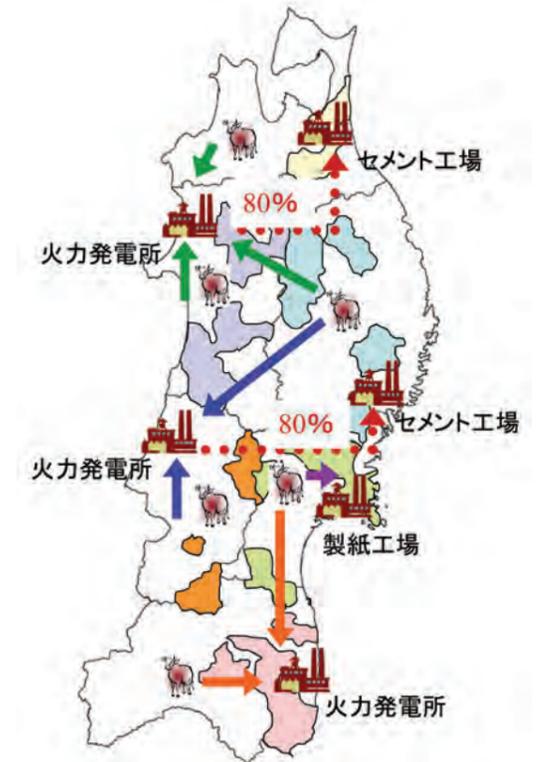
石炭火力発電所より年間1,000万t程度排出される石炭フライアッシュは、現状では大部分がフライアッシュセメントの原材料としてリサイクルされている。石炭フライアッシュはその生成過程で種々の環境規制物質を濃化させる。中でもホウ素・ヒ素・セレンの3元素は環境基準を超えて溶出することが多いため、石炭フライアッシュを安全な状態でリサイクルするためには、石炭フライアッシュからのホウ素・ヒ素・セレンを含む環境規制物質の除去技術の開発が望まれている。本研究で提案している「酸洗浄プロセス」を図に示した。石炭フライアッシュと希酸とを適切な固液比で混合・攪拌の後遠心分離による脱水を施し、石炭フライアッシュ中のホウ素・ヒ素・セレンの3元素を含む環境規制物質を除去するものである。酸洗浄プロセスの核となる新規な技術的ポイントは、以下の3点に集約される。

1. 希酸との混合・攪拌による、極めて短時間でホウ素・ヒ素・セレンの除去
2. NaOHを用いた中和によるホウ素以外の環境規制物質の液相からの分離
3. イオン交換膜を用いた液中のホウ素の選択的除去と再資源化



LCA

ライフサイクルアセスメント (LCA) の中で、産業連関表を基礎としたハイブリッドLCAの手法の一つとして、廃棄物産業連関表 (WIO) を用いた分析がある。WIOは廃棄物処理を介して動脈部門と静脈部門の間に存在する相互依存関係を描写したものである。本年度は東北6県 (青森県、岩手県、秋田県、宮城県、山形県、福島県) の東北地方廃棄物産業連関表 (Tohoku Region Waste Input-Output Table: TR-WIO) の整備をすすめ、これを基に東北地域内で発生する牛糞をはじめとするバイオマスの石炭代替を進めた場合の効果について、環境影響評価を行った。



現在進行中のその他の課題

- トランプ元素の混入を考慮した鉄資源循環分析用産業連関モデルの構築
- 東北地域における木質資源量の推定とGISデータベース化
- 新エネルギーとしての家畜系バイオマスの利用
- 電気炉ダストからの亜鉛回収技術の開発
- 石炭灰からの環境規制物質溶出防止技術の開発
- 製鋼スラグの再生及び発生量極小化プロセスの開発

特筆すべき業績

- 柏倉俊介君 (D2)、小野恭平君 (M2) が (社) 日本鉄鋼協会秋季講演大会学生ポスター賞奨励賞を受賞いたしました。(2008年9月)
- 長坂徹也教授らが発起人としてリン資源リサイクル推進協議会を発足いたしました。(2008年11月)
- 松八重一代准教授、長坂徹也教授らが International Conference on EcoBalance 2008 で Best Poster Award を受賞いたしました。(2008年12月)

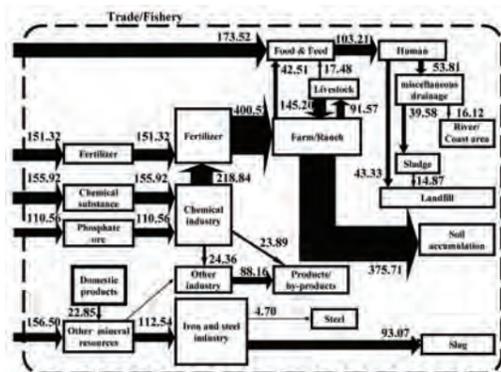


Fig.1 Domestic material flow of phosphorus in Japan (2002)

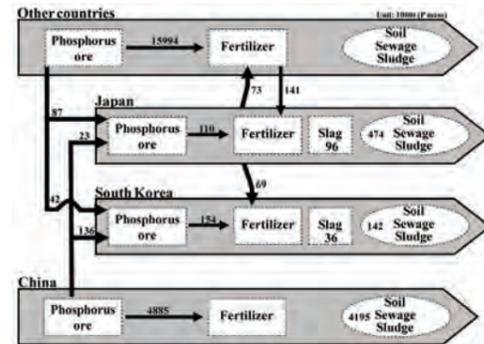


Fig.2 Phosphorus flow among South Korea, Japan, China and other phosphate ore exporting countries