

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
伊藤 聡
Associate Professor
Satoshi Itoh



助教
横山 一代
Assistant Professor
Kazuyo Yokoyama



助教
中島 謙一
Assistant Professor
Ken-ichi Nakajima

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。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需要環境は大きく変化している。加えて、中国に代表されるBRICs諸国の著しい経済成長により、レアメタル、鋼材、各種素材原料の価格が

高騰している。このような背景から、レアメタルに関しては、3Rはもとより、備蓄促進や代替技術の開発が国家規模で志向されている。鉄鋼業は突出した生産規模の大きさから、鉄鉱石や石炭等の主要製鉄原料のみならず、重要な合金元素成分であるレアメタルの安定確保が必須である。国家備蓄対象7鉱種 (ニッケル、クロム、モリブデン、タングステン、コバルト、バナジウム、マンガン) の国内需要のうち、90%以上が鋼材製造に使用されていることから、我が国のレアメタル戦略において鉄鋼業の位置づけは極めて大きいといえる。本研究室では、鉄鋼業を介した物質フロー・ストックに関して、廃棄物産業連関分析モデル (Waste Input-Output Model: WIO) に基礎を置いた元素レベルでのサブスタンスフロー分析を行っている。鉄鋼業を介して社会に存在するマテリアルは、リサイクルされているもの、あるいは可能なものと、リサイクルされていないもの、あるいは不可能なものに大別できる。前者には、鉄鋼業が有効なリサイクルルートの受け皿として機能している場合がある。後者の大部分は、モリブデンやニオブのように、希薄濃度で鋼材中に合金元素として添加されているため、その元素そのものの回収は経済的に不可能であり、逆に鋼

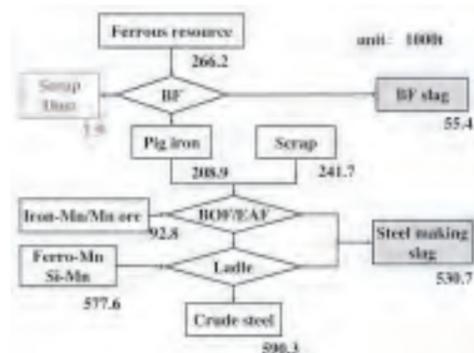


Fig.1 Substance flow of manganese associated with iron and steel flow in Japan (2005)

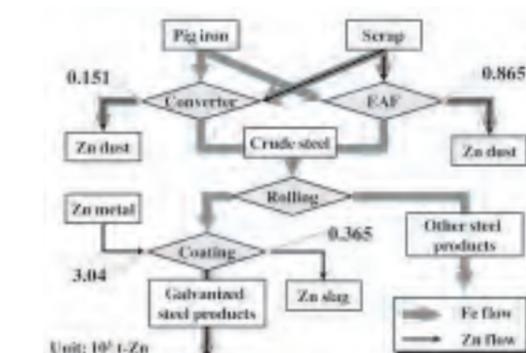


Fig.2 Substance flow of Zinc associated with iron and steel flow in Japan (2005)

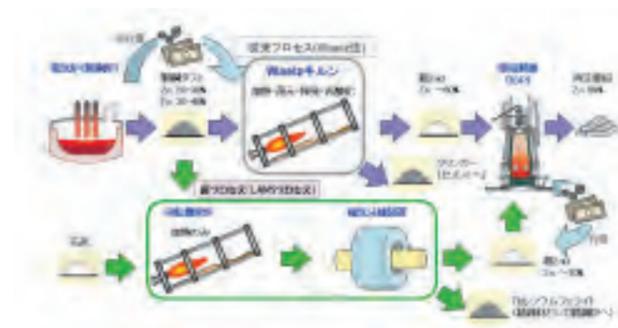
材スクラップのレアメタル汚染の原因にもなりえる。一方、現状では資源として捉えられておらず、みすみすロスしている希少資源も少なくないことが指摘されている。本研究室ではマテリアルフロー分析の手法を用いて鉄鋼生産に関わる各種レアメタルのフローについての調査・整備を行った。

EMP

既存の主流製鋼ダスト処理プロセスと、本研究で開発を目指しているLAMS (Lime-Addition and Magnetic Separation) プロセスの概略を比較して図に示す。主に電気炉メーカーで発生する製鋼ダストは、現状では逆有償で非鉄メーカー等処理業者に移送され、そこでダスト中の亜鉛を粗ZnOとして回収している。

Waelz法では、ロータリーキルン中でダスト中のZnFe₂O₄を炭材にて高温還元し、発生した亜鉛蒸気を空気中で再酸化して亜鉛品位約50~60%の粗ZnOとして回収している。これに対してLAMSプロセスは、1000℃程度の温度で製鋼ダストをCaOと空気中で反応させることにより、製鋼ダスト中のZnFe₂O₄をZnOとCa₂Fe₂O₅に相分離せしめた後、強磁場発生装置内で両者を磁氣的に分離し、ZnOを分離・回収するプロセスである。Waelz法をはじめとする既存プロセスとの決定的な違いと特徴は、LAMS法では大量の炭材を投入することなく、ダスト中の亜鉛を酸化物形態のまま亜鉛製鉄原料として十分な品位まで濃化させる点にある。LAMSプロセスにおける核となる新規な技術的ポイントは、次の2点に集約される。

- I.石灰添加と空気中加熱によって、高温強還元することなく、ダスト主成分であるZnFe₂O₄からZnOを生成させる技術
- II.生成したZnOとCa₂Fe₂O₅を強磁場によって分離回収する技術



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。現在は最終処分場の掘り起こしと再処理・資源回収活動について、そこに発生する環境負荷因子と抽出される資源を定量的に把握し、掘り起こし活動の経済全体への波及効果を考察するためにWIOを用いた枠組み整備を進めている。

本年度は宮城県廃棄物産業連関表の整備をすすめ、これを基に県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

塩化ビニルのWIO-MFA、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
新エネルギーとしての家畜系バイオマスの利用、排熱回収のための新しい無機系相変化蓄熱材 (PCM)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 (D1) が資源素材学会東北支部大会ポスターセッション銅賞を受賞いたしました。(2006年6月)
- 横山助教が日本鉄鋼協会研究奨励賞を受賞いたしました。(2007年3月)
- 横山助教が環境科学研究科奨励賞を受賞いたしました。(2007年9月)
- 柏倉俊介君 (D1) が日本鉄鋼協会秋季講演大会ポスターセッション努力賞を受賞いたしました。(2007年9月)
- 特許:長坂徹也、伊藤聡、横山一代、中島謙一:「電気炉ダストからの酸化亜鉛の回収方法」,(特願2007-195891)