

第2回 JAIMA 環境規制関連セミナー

固相分離技術において分析技術に求められるもの

～戦略プロポーザル「分離工学イノベーション」を踏まえて～

環境委員会 委員長 河合英治

(日本電子株式会社)

JST-CRDS (研究開発戦略センター) は戦略プロポーザル「分離工学イノベーション」をまとめ、政府関係機関に提言しました。この提言ではこれまでの分離技術を超えた新しい研究開発の必要性が述べられ、この中の特に固相分離に関する分析技術の課題について、主導的に検討を進められた CRDS フェロー 佐藤勝昭様より、ご講演いただきました。

- 日 時：平成28年9月26日(月)
- 場 所：日本分析機器工業会 会議室
- 講演テーマ：固相分離技術において分析技術に求められるもの
- 講演者：佐藤勝昭 氏
科学技術振興機構 (JST)
研究開発戦略センター (CRDS) フェロー

例えば、水に代表される液体成分の分離は世界スケールの課題である。現在淡水化のために用いられている逆浸透膜は、高い圧力を掛けるためエネルギー多消費の技術である。さらに、高度な技術であるため、むしろ飲用可能な水資源が不足している途上国で使用しづらい技術であるという問題点もある。

1. はじめに

● CRDS の活動の紹介

CRDS は国内外の科学技術政策及び研究開発の動向、社会的・経済的ニーズ等の調査・分析を行い、我が国が進めるべき研究開発対象を特定し、科学技術システムの改善に向けた質の高い提案を行う、いわば「公的シンクタンク」であり、All Japan に向けたプロポーザルを行っている。公開された成果はオープンに取扱われ、すべてホームページからダウンロードできる。

CRDS の戦略立案のプロセスは、常設の分野別ユニットがその技術分野の俯瞰・国際比較を行い、ここから重点研究課題が抽出され、2年程度掛けて時限的なチーム業務としてこれを深掘りし、戦略プロポーザルとしてアウトプットするというものである。

●戦略プロポーザル「分離工学イノベーション」

持続性社会を目指す上で、特に環境・エネルギー、健康医療分野で混合物分離がキーとなり、分離技術の革新には多くの社会的期待がある。



ご講演中の佐藤先生

分離工学イノベーションとは、複数物質の混合状態にある混合物から、目的とする物質だけを取り出す／または不要物を除く等の分離操作を、従来に比して格段に低エネルギー且つ高精度におこなうことを目指すものである。

分離の基本的な原理は、機械的分離、平衡分離、速度差分離に大別され、本日のテーマである固相分離では機械的分離が重要である。そして、目的物質の選択的分離や不要物の除去等の「選ぶ」過程で分析技術が活用される。

2. 「鉱物・固相分離」の現状と課題

●鉱物資源分離技術

現代社会は、鉱物資源から分離抽出された多種多様な元素の機能を活用した材料によって支えられている。例えばエレクトロニクス産業においては、この半世紀の間に周期表上の3分の2に相当する元素が使用されるまでに至った。近年は鉱石そのものの品位（鉱石中の金属含有量）の低下や枯渇の懸念が問題になっている。



講演風景

製錬技術の歴史は長く、成熟した技術分野と見られがちだが、依然として分離が困難で重要な元素ペアが多い。近年のナノ加工・評価技術、計算科学・モデリング、データ科学の進展を取り入れることにより、この分野は大きく変貌する可能性を秘めている。

●リサイクルにおける分離技術

製品廃棄物から有用元素を分離するためには、機械的な分離（粉碎等による物理選別）を行った後、最終的には何らかの形で溶かして、液相で分離する製錬技術を用いる。

複雑な混合物である廃棄物を、物理選別を経ずに溶解製錬プロセスにかけると、大量のスラグを生みだし、分離効率・エネルギー効率が悪い。従って、液相プロセスの前に、如何に固相のまま、エネルギーをあまりかけずに高精度の分離をするかが重要となる。

計測しながら分離するセンサー援用ソーティング（SBS）では、センサーによる非接触物性測定で、対象物を識別し、圧縮空気を用いて個別に仕

分ける手法が研究されている。

透過 X 線（XRT）を利用したソーターでは、SBS によりアルミ合金を組成に応じて選別できる。従来の処理フローで回収されたアルミ合金は casting 品（自動車エンジンなど）に用いられているが、SBS を導入すれば、アルミサッシなどの原料である 6063 アルミ合金を選別・回収でき、回収物を溶解して得た再生塊の組成は 6063 アルミ合金の JIS 規格を十分クリアできる。

●晶析イノベーションによる高度な選択分離

晶析は「結晶化を利用して物を分離する」ということで、気体・液体と固体の中間にあたる。物質の 99.99% の高純度化に貢献するプロセスイノベーションに使い、さらに、新規物質をつくるプロダクトイノベーションにも有効という点が、他の分離工学と異なる。

現状の晶析・結晶成長研究は、対象とする結晶化現象が、何を推進力にしているかを議論する平衡論、どの程度の速さで起きているのかという速度論に関しては進んでいる。

しかし、混合物の溶液の中から純物質が析出する結晶の核発生がいつどこで始まるかという核発生の理論と、結晶化が進んでいく際の溶液の状態がどこにあるのかという操作ポイントの軌跡についてはまだよくわかっていない。

核発生理論と測定技術がボトルネックになっていて、この解明がブレークスルーに通じる。また、操作ポイントの軌跡が、今どこにあるのかということが把握できれば、品質制御は可能である。

3. 分析・計測技術に求められるもの

●鉱物資源分離における分析・計測技術の課題

高温での固体物質分離プロセスを、放射光によってその場観察する技術が確立すれば、低品位粗鉱の処理・不純物成分制御のみならず、他の高温プロセス分野への応用が期待され、その波及効果が期待される。

●資源リサイクルにおける分析計測技術の課題

SBS においては、分離したいものの比重、磁性、硬度などの物性値、色、形状などの画像情報、

NIR（近赤外）、EC（渦電流：金属伝導率の非接触測定）、XRT（X線透過率による同定）、XRF（蛍光X線）、LIBS（レーザー誘起破壊分光）などの計測技術が使われる。

例えば、XRFソーターは7～8年前に開発された。空気中で検出器を20cm試料から離して、およそ3m/s程度の速さで動いている状態で、XRFを検知する技術であり、センサー感度の向上と、バックグラウンドを消去するソフトウェアの高度化によって実現した。

XRFは軽元素に弱くSBSでのアルミ合金等の検出には不向きで、その改善のためにLIBSが使える。これはICPの登場によって日本ではほとんど廃れた技術である。レーザーを固体に当てることによってプラズマを立たせて、そして、プラズマを発光分光することによって元素分析を行う。

これは固相分離には非常に役に立つ。空気中でレーザーを当て、そこからプラズマを発光分光で分析すればよい。

●晶析における分析・計測技術の課題

国際会議で議論されたトピックの統計を見ると、結晶多形に関する議論が右肩上がりになっている。

FBRM（Focused Beam Reflectance Measurement、数ミクロンから数ミリメートルの粒子群をそのままインラインで分析する）を使った研究が伸びている。

FTIRによって過飽和度、溶液の状態をそのまま観察する研究や、ラマン分光によって析出した結晶多形の分析に関する研究が伸びてきている。

「測定技術」では、晶析の分野だとPAT（Process Analytical Technology）と呼ばれる技術に代表されるその場観察技術が必須となっている。

結晶多形のような複数の固相系がある場合でも、核化と操作ポイントの軌跡を設計することで対応は可能であるし、夾雑系から複数成分がある組成で析出させるといったニーズにも対応が可能である。

研究領域としては、どこで相変化を起こさせるのかという核発生の理論、そしてその後、どのよ

うな状態で結晶化が進んでいくかという操作ポイントの軌跡の把握などが、今後ますます重要になると考えられる。

以上、固相分離技術における課題および、分析・計測技術に求められる課題を紹介した。

気相・液相・固相・生体を問わず分離は分析・計測技術と表裏の関係にある。JAIMA関係各位の貢献に期待する。

【アンケート結果】

講演後のアンケート結果は以下の通りでした。

I. 講演会の内容について

