INTERVIEW

未来の早稲田を担う研究者

NO. 03

早稲田大学　理工学術院／ナノ・ライフ創新研究機構

所千晴 教授

2009年に創造理工学部環境資源工学科准教授、2014年に教授に就任。最若手の教授として高等教育、研究に意欲的に取り組んでいる。「都市鉱山」に寄与する固体分離技術を研究の主軸に据え、現状の環境浄化技術に一石を投じるだけでなく、ミクロレベルの界面現象の解明を通じて、その工学への応用を思案している。専門分野は環境学、リサイクル工学、粉体工学。

固体分離技術の高精度化が循環型社会の発展に寄与する

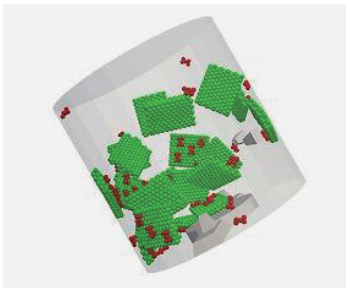
廃棄物を適正に再生し、処理する「循環型社会」の構築に貢献したい。その思いから、「ミネラルプロセッシング（選鉱）」の研究を行っています。ミネラルプロセッシングとは、鉱石から有用な金属を分離濃縮させる技術のことですが、そのなかでも私が特に力を入れているのが、「固体分離技術」の研究です。この分離技術は、世界最古の鉱山技術書『デ・レ・メタリカ』にも紹介されているほど古いものですが、近年、再び注目を集めています。いったいなぜでしょうか。

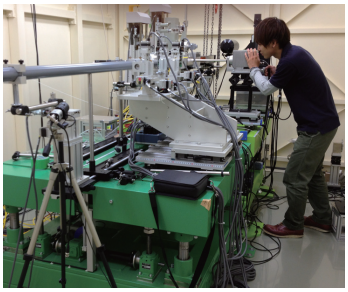
現在のリサイクル技術開発では、有用な金属を取り出すのに、いったん加温や薬剤添加により溶解させるのが主流となっています。このプロセスでは比較的理論通りに現象が進みやすいというメリットがありますが、その分、多大なコストとエネルギーを必要とします。しかも、環境への負荷も高い。つまり、研究のデザイン設計はしやすく、高い精度で有用な金属を抽出できますが、環境への配慮を少し犠牲にしているのです。

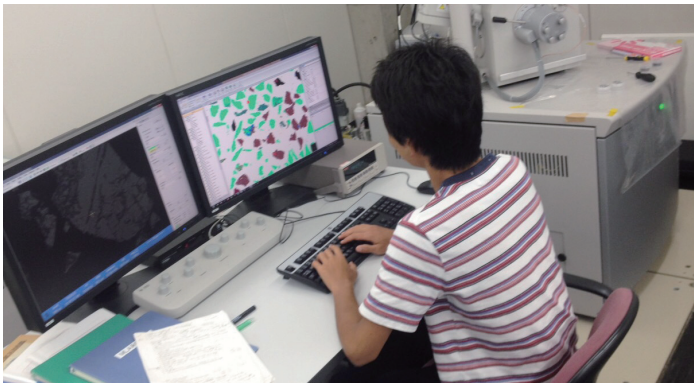
しかし、鉱石から必要な金属を固体のまま取り出せる固体分離技術なら話は変わってきます。余剰なプロセスを省きつつ、エネルギーコストや環境負荷をおさえ、地球環境との調和を高い次元で保つことができるようになるのです。ただ、同一のスケールで研究することができず、濃度ひとつ計るにも難しいのが現状です。だからこそ、他の研究者は敬遠するのですが……、チャレンジする価値があるのです。私の研究室では、固体と液体や固体同士の界面特性を解析、活用しながら、この分離技術の精度を高める努力をしています。

正直に言うと課題は多く、現在のリサイクル技術が、固体分離技術に代替できるようになるには、もう少し時間がかかるでしょう。それでもプロセスの一部を固体分離技術に置き換えられるものはたくさんありますし、実際、廃水処理などに携わる多くの企業が導入し始めています。ただ、これからは、自身の専門分野の技術ばかりに目を向けるのではなく、もっと環境問題全体に気を配りながら、現状の技術を少しずつカスタマイズしていくことも必要かなと考えています。そうすれば、システム全体のコストダウンやエネルギーダウン、二酸化炭素の削減にもつながり、環境問題をあらゆる視点からサポートできるようになるはずです。

私の研究は金属の分離濃縮というプロセスを対象としているため、消費者の目に見える形で直接的に”商品化”されることはまずありま







左上　固体同士を単離させるための粉砕シミュレーション

右上　XAFS（X-ray adsorption fine structure）と呼ばれる高度固体分析装置

下　MLA（Mineral liberation analysis）と呼ばれる高度固体分析装置

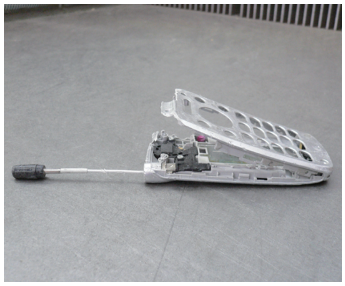
せん。ですが、このプロセスは、私たちの日々の生活を支える高度材料に必要不可欠な存在ですし、社会に役立っているという実感が得られやすいという特長を持っています。だからこそ挑戦する価値があると思っています。

リサイクル分野に新たな風を吹き込む!?

このような研究を生かせるフィールドの1つが、使用済みの電子機器、いわゆる「都市鉱山」と呼ばれる分野です。金属リサイクルの分野では、都市鉱山に潜在する資源を真に有価なものにする技術開発が、とても重要です。大量に廃棄される家電製品や電子機器のなかには、ベースメタルやレアメタルなどの有用な資源が眠っているからです。

特に「タンタル」や「コバルト」のリサイクル技術は、実用化も視野に入ってきています。人体の体液と反応しない性質をもつタンタルは、携帯電話などの電子機器だけでなく、インプラント技術などにも使われています。一方のコバルトは、溶鉱炉や石油コンビナート、航空機の表面コーティングなどに幅広く利用され、どちらもリサイクルプロセスの早急な確立が求められている金属です。事実、これらの金属は、2012年に経済産業省が定めた「主要5鉱種（ネオジム、ジスプロシウム、コバルト、タンタル、タングステン）に含まれていますし、私たちが開発した分離濃縮プロセスも高い評価を受けています。

あとは、いかに「都市鉱山資源」を集められるかでしょう。これに関しては自治体や各企業とコラボレーションをしながら推し進めていかなければなりません。廃材の種類によって適する収集運搬方法も変わってきます。そこに私たちの技術――従来のように、火で溶かし原子や分子レベルでの分離を行うのではなく、ガラスはガラス、プラスチックはプラスチックというように素材を素材のまま分離できる技術――を提供し、実用化させます。このサイクルが機能し、用途に適した資源を高精度で回収できれば、リサイクル分野も“新時代の幕開け”を迎えるかもしれません。



左上下 リサイクルのために躯体と基板に分離された廃携帯電話
右 資源価値の高い都市鉱山として注目される廃携帯電話

「対話」の時代へ

選鉱、リサイクル、廃水処理といった現場では現象がなかなか理論通りに進まず、頭を悩ませる機会に日々遭遇します。こうした経験知の蓄積は財産になりますが、それらをさらに体系化できれば、少しずつ不測の事態や事故を軽減させることにつながっていきます。私たち研究者は、こうした現象の論理化をサポートする役割も担わなければなりません。企業と大学が親密に連携すれば経験知と理論とが結びつき、将来の新しい循環・環境技術の創造につながるはずです。

ただ私は、分離技術に限らず、さまざまな技術が真に社会に実装されるには、さらにもう一歩踏み込んだ活動が必要であると感じています。それは研究者と市民との対話です。工学の分野では、技術は世間から認められてはじめて価値のあるものになります。先に述べた「都市鉱山」の分離技術にしても、なぜ再利用が必要な金属なのか、それをいかに集めるのか、そしてどう社会に還元されるべきかを、市民と深く考えていく必要があるのではないでしょうか。これまでの産学連携のコミュニケーションに、世論や市民といった軸を加え、新たな環境や社会を創造していく。こうした積み重ねが技術開発研究の大きな付加価値につながると思っています。

代表論文

1.論文:C.Tokoro, Y.Yatsugi, H.Koga, S.Owada, “Sorption Mechanisms of Arsenate during Coprecipitation with Ferrihydrite in Aqueous Solution”, Environmental Science and Technology, 44(2010), 638-643.

2.論文:C.Tokoro, T.Sakakibara, S.Suzuki, "Mechanism investigation and surface complexation modeling of zinc sorption on aluminum hydroxide in adsorption/coprecipitation processes", Chemical Engineering Journal, 279(2015), 86-92.

3.論文:C.Tokoro, Y.Yamaoka, Y.Shiozawa, S.Owada, "Quantitative Evaluation of the Abrasion Rate in Attrition Washing on Lead Contaminated Soil from Shooting Ranges", Materials Transactions, 53(2012), 1997-2009.

4.総説:所千晴, 大和田秀二, 希少金属回収のための粉砕シミュレーション, 粉砕技術, 2014, Vol.6, 607-61.

5.著書:所千晴, “初心者のためのPHREEQCによる反応解析入門”, R&D支援センター, 2016.