

鉱物から金属を分離する技術を追究し ものづくりを根底から支える

秋田大 国際資源学部 柴山^{あつし}敦研究室

銅や鉄といった、ものづくりに欠かせない天然金属資源は、実は近年、品質が下がっている。それは、古くから優先して採掘されてきた高品質な鉱物が尽きようとしているためだ。不純物が多く含まれる鉱物から金属を分離させようとしても、従来の技術では有害物質によって環境が汚染される危険性があるなど、困難が多い。そこで、資源工学では、安全で安定的に金属を得るための新技術を開発している。その第一人者である秋田大国際資源学部の柴山敦教授に、研究の最前線と成果を聞いた。

フローチャートで分かる柴山敦研究室

大学院生の 主な出身分野

工学

理学

など

◎鉱物から効率的に金属を精錬する技術を開発するためには、化学や物理の知識が必要となる。そのため、学部時代に工学や理学を学んだ学生が多い。留学生を積極的に受け入れ、現在は、中国、ボツワナ、パキスタン、モンゴルなどのアジア・アフリカ諸国から7人が在籍している。

研究にかかわる 学問分野と研究内容

地球システム
工学

資源工学

金属生産工学

リサイクル
工学

◎地球上のあらゆる資源を対象とする学問であるため、地球環境や金属、リサイクルなどに関係する学問とかがわりが深い。

研究成果と 社会のかかわり

良質な金属を
安定的に
社会に供給し
ものづくりを支援

金属の効率的な
再利用を促し
環境保全に貢献

など

◎ヒ素を多く含む銅鉱物から純度を高めた銅を分離できるようにした。また、廃棄された電子機器の基板などから金属を分離させ、それを再利用することで過剰な採掘を抑え、環境保全に貢献することも期待される。

失敗の要因を分析し、改善を重ねる根気が不可欠

資源工学が求める学生像

自然に対する関心

異文化を理解する気持ち

粘り強く取り組む姿勢

資源工学では、天然鉱物から金や銀、銅などを効率よく分離させる仕組みについて研究します。そのため、なぜ鉱物が地球上に出来るのかという、自然に対する関心を持つことが何よりも大切です。また、ただ不思議に思うだけでなく、その理由を理解する必要がありますので、化学や物理の知識も求められます。

海外の企業や研究機関との共同研究などのために、世界各国を飛び回ることもしばしばです。私の場合、銅ならチリ、鉄ならブラジルやオーストラリアと、研究対象の金属の主要な産出国には特によく足を運びます。海外での共同研究では、自分と文化的背景が異なる多様な技術者と力を合わせる必要があるため、異文化を理解しようとする気持ちも欠かせません。

研究では、今までにない金属の分離技術の開発に取り組むため、結果は誰にも分かりませんし、うまくいかないことが大半です。それでも諦めずに失敗の要因を分析し、改善を重ねていく根気がなければ、研究を続けることは出来ません。忍耐強く取り組んで、より良い技術を追求できる方に学んでほしいと願っています。

高校生へのメッセージ

勉強や部活動、何でも構いませんから、好きなことにとことん打ち込んでほしいと思います。うまくいかなかったとしても、好きなことであればくじけずに再挑戦できますから、目標達成のために何をすべきかを考える訓練になるはず。失敗に学ぶという姿勢は、大学での学びにも社会に出てからも、きっと役立つと思います。



柴山 敦 教授

しばやま、あつし 秋田大国際資源学部教授、副学部長。同大ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー長。同大大学院博士課程教育リーダーインテグレーション「レアメタル等資源ニューフロンティア」養成プログラム「コアリーダー」。九州大大学院工学研究科博士課程修了。秋田大助教などを経て、現職。資源・素材学会奨励賞などを受賞。著書に「レアメタルの最新動向」（分担執筆・シーエムシー出版）など。

研究を志したきっかけ 高品質な金属を 自分の手で 作り出したい

私は、1980年代後半のいわゆるバブル経済の時期に高校生活を送りました。大量生産と大量消費が当たり前だった頃です。そこから、

それを担う機械系・電気系のエンジニアを夢見る友人が周りに大勢いました。私もものづくりに憧れていました。製品開発よりもエネルギー開発に漠然と関心がありました。そこで、石炭や石油といったエネルギー資源を採取し、応用する技術について研究する学問、資源工学を専門的に学びたいと考えるようになったのです。私は大学入学前、資源工学とは日の当たらない学問だと思っていました。映像や写真で見た鉱山や石炭山の坑道の薄暗い印象が強く残っていましたし、福岡県内で生まれ育った私は、斜陽化した筑豊炭田の話をよく耳にしていたからです。しかし、大学で学ぶうちに、イメージが少しずつ変わっていきました。例えば、採掘や精錬、加工と、金属が精製され商品として流通するまでの経

研究概要

ベースメタルの 純度向上を目指し 新技術の開発を続ける

路を知ること、資源工学は機械産業の根幹を支える重要な学問だと感じるようになりました。また、金属素材メーカーを訪問する授業で、鉱物が金属に精錬される現場を見学した時は、まるで魔法を見たような感動がありました。ただの石と変わらぬように見える鉱物が、社会的に価値が高い金や銀、銅などに変わっていく過程を目の当たりにしたからです。「自分の手で技術を更に向上させ、高品質な金属によるものづくりに貢献したい」という気持ちに胸が高鳴ったことをよく覚えています。私は、社会でよく用いられる銅や鉛などの、ベースメタルと呼ばれる金属を安定して供給する、技術の開発に力を入れていきます。ベースメタルを生み出す高品質な鉱物は、古くから世界各地で大量に採掘されてきたため、今では入手しにくくなっています。残された低品質の鉱物には不純物が多く混入し、従来の技術では、処理工程を増やさなければ、商



写真 秋田県中東部、大仙市にかつてあった荒川鉱山から採掘された銅鉱物。柴山研究室では、各地の鉱物の収集・保存も行っている

品に使える純度の金属が得られませんが、処理の過程で出る有害物質への対策も、厳重に行う必要があります。その分、コストが掛かり、金属の価格が高騰してしまうのです。

鉱物から金属を分離させる主な技術には、いくつかの薬剤を使い、特定の粒子を気泡に付着させて分離させる手法や、目当ての金属を鉱物から選択的に溶かす方法の2つがあり、鉱物の種類や組成などに応じて、単独で、もしくは組み合わせで用いられます。私は、2つの方法の組み合わせを変えたり、それぞれの方法を改良したりして、低品質の鉱物から効率よく、確実にベースメタルを分離させようとしています。

研究では基本的に産出国から取り寄せた鉱物を用いますが、産出国に足を運び、採掘されたばかりの鉱物に触れることも重視しています。鉱物は、採掘されて時間が経つほど表面の酸化が進みます。分離技術の開発には、鉱物がどの程度酸化しているのかを考慮しなければなりませんから、採掘直後の鉱物の状態をしっかり把握する必要があります。

実験は、薬剤の種類や溶液条件などを換え、高純度のベースメタルが出来るまで繰り返し行います。正直、失敗の連続ですが、新しい技術が簡単に生み出せるはずがありません。それだけに、うまくいった時の喜びはひとしおです。「不可能を可能に出来た」という達成感が得られます。

研究の成果と展望

リサイクル技術へ応用し 世界的な 環境保全に期待

私が資源工学の研究に取り組み始めて25年程の間に、以前は不可能だった鉱物からレアメタルの分離が成功するようになるなど、金属の分離技術は大きく進歩しました。私も、不純物であるヒ素

を奇麗に取り除き、高純度の銅を得る技術などを開発しています。ヒ素が含まれているために従来は手をつけられていなかった銅鉱山から、良質の銅を採掘することにつながると期待しています。

金属の分離技術は、リサイクルにも応用できます。廃棄された電子機器の基板などに用いられている、金や銀、銅といった様々な金属は、鉱物から金属を得る技術と原理的に同じ技術によって、基板を構成する樹脂などの不純物から目的成分を分離できるのです。社会的な課題でもある廃棄物の大量回収が実現すれば、廃棄物から安定して金属を再利用できるようになります。そうすれば、新たに採掘する鉱物の量を減らせるので、世界的な環境保全につながるでしょう。資源が少なく、輸入に頼らざるを得ない日本では、経済へのインパクトも大きいはずですが、限りある資源を有効に活用するために、資源工学の知見は大きな武器となります。ものづくりにも環境問題の解決にも貢献できるということに、この学問を研究する大きな醍醐味があると感じています。

用語解説

1 筑豊炭田
福岡県北部に位置する炭田。明治以後本格的に開発され、日本最大の炭田として産業の発展を担ったが、1950年代に衰退が始まり、80年代前半までにはほぼ全ての炭坑が稼働を停止した。

2 精錬
金属の純度を上げること。

3 レアメタル
産出量が少ない金属。プラチナ、タングステンなど。

4 ヒ素
元素の1つ。化合物は毒性が強い。元素記号As。

5 粗銅
粗く精錬した銅。純度は98〜99.0%程度で、このままでは商品化できない。

6 純銅
限りなく100%に近い純度の銅。ここでは、99.999%程度の銅を指す。

7 イオン
電気を帯びた原子または分子。

銅のリサイクルの効率化を目指して

鈴木 誉也さん

すずき・よしや 秋田大大学院工学資源学研究所博士課程前期1年。秋田県立秋田中央高校卒業。



Q なぜこの研究分野に進んだのですか

A 高校時代に化学や物理が好きで、環境問題にも興味があつた私は、将来は省エネ製品を開発したいと考えるようになりまし

た。エンジニアを目指し、大学は工学部を選びましたが、入学直前に発生した福島第一原子力発電所の事故から、環境に優しいエネルギー開発に興味を湧き、資源の再利用にも強い関心を持つようになりました。

大学で学ぶうちに、廃棄物から効

率よく金属を分離させる技術が研究されていることを知り、その研究に自分も携わりたいと、柴山教授の研究室の門をたたいたのです。

Q 柴山教授の研究室での研究内容を教えてください

A 廃棄された電子機器の基板などのリサイクル原料から、低コストで銅を分離させる技術の開発に取り組んでいます。事前に

リサイクル原料に熱処理を施して純度98%ほどの粗銅を作り、これを電気分解によって純銅にしようとしているのです。具体的には、硫酸銅水溶液を満たした水槽に電極を入れて電気を流します。すると、プラス極に付けた粗銅から銅イオンが離れてマイナス極に集まり、純銅が出来ます。しかし、電気分解を進める過程で、粗銅の表面に不純物が付着して銅イオンの動きを阻害し、十分な量の純銅が作られる前に、銅イオンの移動を完全に止めてしまうのです。

熱処理後に急激ではなく徐々に冷却させた粗銅を用いれば、電気分解時に不純物が間隔を空けて付着し、銅イオンが移動できることが、私の研究で分かっています。ただ、

電気分解が終わる前に不純物が密着し、銅イオンが動かなくなってしまうから、電極に振動を与えて付着物をふるい落とすなど、別の方法も加えることを模索しています。

電気分解による分離技術が実用化されれば、従来の技術に比べて7分の1以下の電力で、同じ量の純銅が作れるようになります。更に、付着したり沈殿したりした不純物からは、銀などの金属も簡単に得られるので、一石二鳥です。1日も早く完成させ、ベースメタルの安定供給に寄与したいと考えています。

Q 高校生へのメッセージをお願いします

A 大学では、まだ答えがない問題に取り組みます。私の研

究も、何をすればうまくいくのか、誰にも分かりません。そのため、私は研究を少しでも前進させたいと、実験に失敗しても、その理由を徹底的に分析するようにしています。

「なぜ」を考えることによって、意外な発見があります。例えば、私は数学の公式が成り立つ理由が分かるようになり、公式をただ暗記していた時よりもずっと数学が好きになりました。皆さんも、周囲に少し目を向ければ、木製バットより金属バットの方が打ったボールがよく飛ぶのはなぜかなど、不思議があふれていることに気付くはずですよ。その謎を解くヒントを得たいという意欲を持って取り組めば、目の前の学習が何倍も楽しくなるでしょう。

私の高校時代

生徒会活動で身に付けたコミュニケーション能力

● 高校1年生から3年間、生徒会活動に取り組みました。最も印象的だったのは、毎年6月の学校祭での活動です。生徒会では、各クラスが立てた企画を見て、クラスごとに予算を割り当てました。予算を超えそうなクラスには、予算内で実現する方法を、生徒会長がそのクラスに行って提案しました。私も、生徒会長だった3年生の学校祭では、同じ学年のクラスに足を運んだことがあります。模擬店を出すための機材を、学内の機材で代用してほしいと伝えたところ、当初は反対する者もいました。しかし、根気よく説得を続けた結果、学校祭準備期間内に全員が賛成してくれました。他者の気持ちを気遣いながら、自分の意見を伝えられたからこそだと思います。

生徒会活動でコミュニケーション能力を伸ばせたことは、多くの人と連携して進める必要がある大学での研究に、とても役立っています。