

座談会

安定・潤沢な国産レアアースの利用に、
日本の産業界は飛躍の未来を感じている

<参加者>

東京大学 大学院工学系研究科 エネルギー・資源フロンティアセンター 教授

加藤泰浩 氏

三井金属資源開発 取締役 技師長

藤井昇 氏

日鉄住金総研 参与 調査研究事業部 産業技術部長 研究主幹

宮前収 氏

2013年の東京大学 大学院工学系研究科 エネルギー・資源フロンティアセンターの加藤泰浩教授らのグループによる、南鳥島周辺での極めて高濃度のレアアース泥の発見を機に、その開発と利用を目指して2014年11月に発足した「レアアース泥開発推進コンソーシアム」。産学官のメンバーが連携して、レアアース泥の探査、採泥・揚泥、選鉱・精錬、泥処理にかかわる技術開発と



仕組みの整備に取り組んでおり、この10月で2期目を終えようとしている。その間、参加企業が増えるなど、同コンソーシアムに対する産業界の期待は、ますます高まっている。これまでの取り組みについて、座長である東京大学の加藤教授に聞いた。併せて、参加メンバーの企業の代表として、レアアースに長年かかわってきた、資源開発企業の三井金属資源開発 取締役 技師長 藤井 昇氏、ユーザー企業である日鉄住金総研 参与 調査研究事業部 産業技術部長 研究主幹 宮前 収氏を招き、日本の排他的経済水域（EEZ）内でのレアアース開発を進めることについて、産業界から見た意義を議論した。

——レアアース泥開発推進コンソーシアムの取り組みの現状をお聞かせください。

加藤 これまでの活動では、レアアース泥を引き揚げ、利用し、日本の産業を活性化させていく上での課題抽出に注力しました。4つの部会それぞれで、レアアース泥活用の実現に近づき、新たな知見と成果が得られました。

より採泥しやすいエリアを探索

加藤 まず、探索を担当する部会1では、南鳥島海域では底層海流の動きが強く、海底の状況が予想よりも変化に富んでいることが分かりました。これまで、この海域では、100km以上にわたって、レアアース泥が連続的に分布していると考えていました。同じくレアアース泥が堆積しているハワイやタヒチ近海と同じ状態を想定していたのです。しかし、実際には、この海域には、海底の上層部が削り取られている部分や、堆積物が溜まらない部分があったのです。

こうした探索結果を聞いて、レアアースが採れないエリアや、採泥しにくいエリアがあるのでは、とがっかりする人もいるかもしれません。しかし実際には、逆に資源として、ますます利用しやすい状況であることが明らかになったと言えます。通常、レアアース泥の上には、資源として利用できない余分な泥の層が被さっています。ところが、南鳥島の海域では、その余分な泥の層が剥ぎ取られ、レアアース泥が海底近くに位置し、採泥しやすいエリアがあるのです。また、海底の状況が変化に富んでいるとはいっても、10kmといった単位では、レアアース泥が連続的に分布しています。このため、採泥しやすいエリアを見つけさえすれば、より効率的な採泥が可能になります。



東京大学大学院工学系研究科

加藤泰浩 教授

藤井 鉱山会社は、地上の鉱山で、数 m 先の鉱石の品質が変わってしまうような状況の中で採掘しています。10 km という連続性は、どこまでも連続分布していると言える状況ですね。極めて安定した高品質のレアアース泥が、連続的に分布していることに何ら変わりありません。むしろ、レアアース泥は、地上の鉱山のように穴を掘ることなく資源が得られるメリットの方が余程重要です。砂の鉱床は、石の鉱床よりも、資源を取り出すコストが約 2 ケタ低いのです。

加藤 探査結果を鑑みて、現在はピストンコアの採取間隔を、従来の 30km 間隔から 10km 間隔に狭くして、より詳細な分布を探っています。さらに、超高濃度レアアース泥の分布状況を把握し、より開発しやすいエリアを見つけるため、深海サブボトムプロファイラを展開してレアアース泥の分布を 3 次元マッピングする検討を始めました。

一刻も早く揚泥したい

——採泥・揚泥の技術開発に関しては、いかがですか。

加藤 採泥・揚泥の技術開発は、部会 2 で進めています。部会 2 は私たちのコンソーシアムの中核となる部分です。いままでは、採泥や揚泥に欠かせない、レアアース泥の物性についての詳細な情報を取得しました。その結果、ベースマシンとして「水中バックホウ」を使い、ロータリーカッターやウォータージェットを組み合わせれば、効率的な採泥・集泥が可能であることが分かりました。

揚泥手法には、深海底からの石油生産に多くの実績のある加圧式エアリフトを使うことを前提に、1 万 8000m³/日の揚泥ができることを石油生産で標準的な解析ツールとして使われている「OLGA」というシミュレーターで確認しました。一方、石油とレアアース泥は、流体としての物性が違うので、「OLGA による解析だけに頼るのではなく、レアアース泥の物性に合わせたシミュレーション手法を開発することがより精密な揚泥技術につながる」という考えで進めることとし、OLGA のシミュレーション結果をクロスチェックできるソフトウェアを、部会 2 を主導している高木 周教授（東京大学）を中心に開発することになっています。今後は、まず 200m の揚泥実験を行い、その実験データとシミュレーション結果を突き合わせてシミュレーションによる設計技術を高度化させ、更に、段階を踏んで実験規模を拡大していきたいと考えています。

——採泥・揚泥の実験を一刻も早く進めたいところですね。

加藤 その通りです。選鉱・製錬技術を開発する部会3や泥処理技術を開発する部会4は、揚泥が本格的な取り組みの起点になりますから。

部会3では、選鉱・製錬に必要な粒度分布測定、密度分布測定、含水率、粘度などの物理特性の情報を取得しました。さらに、南鳥島から回収されたレアアース泥の実試料を使って、レアアースの浸出・回収実験を行い、既存の技術で、特段大きな課題を抱えていないことを確認できました。後は、泥を引き揚げさえすれば、先に進める状況までできています。また、強アニオン系凝集剤を用いることで、速やかに凝集沈殿できることを示すなど、よりコストが掛からない方法、高度化する方法も探っています。

部会4では、リーチング後の残泥処理法として、地盤材料として再利用、もしくは焼成などの高度な処理を加えて建築資材として再資源化できることを確認しました。また、既存の機械脱水を用いた減容化もできることを実証しています。さらに、揚泥前のスラリーをハイドロサイクロンによって減容化処理することで、大幅な減容化と資源としての品位向上を同時に実現できる可能性も示すことができました。

高まる産業界の期待と戦略的価値

——2期目から、メンバーとして参加するレアアースのユーザー企業が増えたと聞いています。

加藤 はい、トヨタ自動車など、ユーザー企業を含め新たに9法人に参加していただきました。3期目からはレアアースを利用した大手電子部品メーカーや電線メーカーが新たに参加する予定です。単に資源を確保し、それを輸出するのでは、日本の産業としての旨味は大きくありません。日本のEEZ内で安定・潤沢に調達できるレアアースを使って、価値の高い材料、そしてそれを使った数々の製品を作ってこそ存在意義が高まります。ひいては、日本経済の復活につながる起爆剤になるとも考えています。ユーザーとなる企業の期待感の高まりは、コンソーシアムの活動を強力に後押ししています。

最近、米国はレアアース泥の開発を進める構えを見せています。海底にはレアアース泥以外に、熱水鉱床、マンガンノジュール、コバルトリッチクラストといったさまざまな資源がありますが、今まで米国はマンガンノジュール以外の開発には興味を示してきませんでした。しかし、レアアース泥の開発には本気で取り組もうとしていることから、その戦略的な存在価値の高さが伺えます。うかうかしていると、米国が先に利用し始める可能性すらあります。

中国がコバルトリッチクラストの利権を得ている海域にも、レアアース泥が分布する可能性があります。その開発が進められれば、現在のレアアース市場で中国の握っている主導権が、海底資源を活用する時代にも継続するかもしれません。日本がハイテク製品を生産する時の生命線を、握られ続けるということです。これには焦りを感じます。

国内鉱山は、非常時の備えとして不可欠

——産業界では、国産レアアースの存在意義を、どのように考えているのでしょうか。

藤井 資源の利用を考えるうえで、コストは最も重要な要素であると言えます。採算の取れない資源の開発は、企業としてはできません。ただし、ことレアアースに関しては、損得で考えてはいけない資源であると考えています。「海外から安く買えるのならば、わざわざ高いコストを掛けて日本で調達する必要はない」と考える人がいます。しかしこれは、通常は損得を何より重視する企業の目から見ても誤りです。

2010年のレアアース危機で明らかになったように、レアアース市場は規模が小さいため寡占化しやすく、ユーザー企業の安定調達を脅かす要因が数多くあります。そして、いかに使用量がわずかであっても、レアアースがないと作れない高付加価値製品が多く、安定調達でき



三井金属資源開発
取締役 技師長
藤井昇 氏

なくなれば、日本の産業が停滞してしまうのです。さらに、今は、中国が安価にレアアースを輸出していますが、環境に配慮した採掘を始め、同時に人件費が上がっていけば、価格が高騰していくことは自明です。

レアアース危機が起きた基本的な構造は、現時点でもまったく改善されていません。中国のコントロール下にあります。レアアースは、日本が作る金属やそれを利用する数々の工業製品の価値を高める、素晴らしい“調味料”です。損得を測るとすれば、レアアース事業単独ではなく、日本の工業製品のサプライチェーン全体での損得を考えるべき資源なのです。

——国産レアアースは、産業界にとっても、戦略的な価値が高いのですね。しかし、企業をまたがるサプライチェーン全体で損得を考えると、企業が単独で対策を考えるのは難しそうです。

藤井 だからこそ、コンソーシアムの枠組みの中で、企業を超えて取り組むべきテーマなのだと思います。例え、コスト面で普段使いできなくても、いざというときにいつでも利用できる、切り札となる利用技術を確立しておく必要があるでしょう。

米国は2010年以降のレアアース危機において、中国とのコスト競争に敗れて閉山したカリフォルニア州マウンテンパスのレアアース鉱山を復活させました。この鉱山は、硬い石の中からレアアースを取り出さなければならないので、赤字だったと思われまます。そして、マウンテンパス鉱山を動かしている間に、普段使いの調達先の確保を進め、中国からの輸入量を半減させました。ひと通り体制が整った2015年、同鉱山は役目を終えて、また閉山しました。こうした、危機に陥った時に利用できる切り札の存在が、ハイテク産業を守る基盤として重要なのだと思います。

現時点で、レアアースの調達に関して、日本は中国に頼るしかありません。中国が輸出を絞って高騰した分は、全て日本からのキャッシュアウトになります。米国のマウンテンパス鉱山は、確かに赤字だったかもしれませんが、国内で閉じたお金の流れなのですから、政策的な意義は高かったと思います。これこそが自国の鉱山の強さです。鉱山単独での採算を考えるのではなく、国内の工業製品のサプライチェーン全体の利益を考えた開発とは、こうしたものだとつくづく感じます。

——南鳥島の海域のレアアース泥は、事業化する資源として、どう評価しているのでしょうか。

藤井 レアアースで重要なのは、採掘時に含まれる各元素のバランスです。もちろん含有量が高く、品位が高いことも収益性を高める上で重要ですが、資源を事業化する上ではバランスの方がよほど大切です。

レアアース泥には、特に希少な重レアアースを中心に、15 元素全部含まれています。資源屋が事業化する上で気にするのは、時代によって移ろう各元素の需要にどのように対応していくかという点です。かつてはガラス研磨剤としてセリウム (Ce) がとても重要だった時代もありましたが、パワーウインドウやカメラのオートフォーカス用磁石の素材としてサマリウム (Sm) の重要性が高まり、超伝導ブームに際してはイットリウム (Y) が、ハイブリッド車の実用化でニッケル水素 2 次電池の需要が高まるとその材料であるミッシュメタルに使われるセリウム (Ce)、ランタン (La)、イットリウム (Y) などが、さらにハイブリッド車や電気自動車の性能を向上させるため、ネオジム (Nd) や耐熱性を上げるためのジスプロシウム (Dy) が必要とされました。

使い手側は欲しい元素だけを求めますが、資源屋は採掘した元素を全て売らなければなりません。いらない元素を取り除くには、コストがかかるため、需要に応じた量の元素が含まれていて欲しいのです。そうした目で見ると、レアアース泥はバランスがとてもよく、日本の需要に合ったバランスなのです。何よりこの点が魅力です。しかも、扱いがやっかいな放射性物質が含まれていない。さらに資源を取り出しやすい“泥”です。もしも地上にあれば、今のレアアース鉱山が全てつぶれてしまうほどの高いポテンシャルを持っています。

まだ見ぬ新材料を開発する前提

——鉄鋼材料を扱う企業グループである日鉄住金総研にとって、国産のレアアースには、どのような価値があるのでしょうか。

宮前 鉄鋼は、ほんのわずかな添加物を加えるだけで、特性がガラリと変わるおもしろい材料です。例えば、超伝導材料に利用される元素として有名なニオブ (Nb) は、レアアース

スではありませんが、ある鋼種では、たかだか 0.02% だけ添加することで強度を約 3 割向上できます。添加の比率は極めて微小ですが、鉄鋼材料自体の生産量が莫大なため、需要量の上ではニオブの最大の利用先になっています。実は日本で消費する 4800 トンのニオブのうち 96% は、鉄鋼材料に使われているのです。また、ホウ素 (B) も、やはりレアアースではありませんが、たった 3ppm 程度添加するだけで、焼き入れ性能が高まります。

鉄鋼材料にレアアースを添加する研究は古くから行われています。特にランタン (La)、セリウム (Ce) などがステンレス鋼の耐酸化性を改善することはよく知られており、実用化されています。しかし、複数のレアアースを含むミッシュメタルの添加であって、重レアアース中心の場合の特性などは研究例があまり見当たりません。やってみたら、劇的な効果が得られるということがあるかもしれません。鉄鋼材料を生産するプロセスの中でレアアースを活用する開発は、幾分なされているのですが、新材料の探求に積極的にレアアースを使う研究は、これからと思います。価格が極めて高いので、使うことを考える人がいなかったためと考えられますが、安定かつ潤沢に調達できる材料であれば、状況が変わる可能性があると思います。



日鉄住金総研

参与 調査研究事業部 産業技術部長
宮前収 氏

藤井 私の専門は非鉄金属畑ですが、鉄はかなり研究し尽くされている材料だと思っていました。まだ、新材料開発の余地があるのには驚きました。しかし、考えてみれば、鉄鋼材料の開発と利用が進んでいたのも、鉄が入手しやすい元素だったからという理由があったからです。レアアースは、微量でも安定調達できれば、新材料の開発に与えるインパクトは極めて大きいのかも知れませんね。

宮前 その通りです。材料の入手し易さは、材料開発の方向性を左右します。事業化できないことが分かり切っている材料は、利用価値が低くなります。かつて鉄鋼材料の添加物として、モリブデン (Mo) がよく使われていました。しかし、価格が高騰して簡単に使えなくなるとモリブデンを使わずに同等の特性が得られる材料の開発が進みました。材料開

発において、利用できる素材の選択肢が広いというのは、替え難い魅力と新たな可能性があります。レアアースの安定調達には、思ってもみなかった特性を持つ材料の開発に道を拓くかもしれません。

例えば、自動車は軽量化の要請が大きく、欧州や米国では、樹脂やアルミの利用が進んでいます。日本のメーカーは、高強度の鋼材をよく利用してくれますが、軽量化の大波を前にして厳しい状況に置かれています。鉄は、硬くすればするほど、加工性が悪くなります。例えば、レアアースを利用することで、硬くても加工しやすい材料が生まれれば、世界が変わると思います。



レアアースをレアでなくした先の世界

加藤 新日鐵住金グループとして、レアアースを使った新材料の開発を、多少入手性に難があっても戦略的に進めるということはないのでしょうか。

宮前 もちろんメリットが明確に見えていれば、単独で開発を進めると思います。しかし、手に入れるのが困難な素材を使って、メリットが不明確な材料開発に取り組む気力を持った企業は、ほとんどないと思います。国家プロジェクトなどの機会を生かして、共通基盤的な研究が進めば、個別の企業も独自の開発を進めたいと思うのではないのでしょうか。

——アジア諸国が、ものづくりで台頭していますが、素材開発から取り組まなければならない分野では、依然として日本が圧倒的な強みを持っています。そこに、レアアースのようなこれまで自由に使えなかった素材が利用できるようになれば、その強みをさらに増強できそうです。

加藤 「鉄は国家なり」という言葉があるように、製鉄は重要な産業です。鉄鋼材料に何らかの元素を加えることで、大幅に特性を改善できるとなると、そこで求められる量は大

量になります。レアアースを潤沢に使った新材料の開発は、レアアース開発の動機付けにもなります。

レアアースには、鉄鋼材料の添加物としてだけでなく、未知の可能性がまだまだ秘められているのではないのでしょうか。レアアースはレアだから、その使用を避けて同等の特性の材料を開発するといった発想ではなく、他では実現不可能な特性を持つ新材料を、レアアースをフル活用して開発するといった発想の方がよほど建設的に思えます。レアアースを少量添加するだけでなく、大量投入すると何が起きるのか、と言った部分も含めて技術開発すると、見えていない可能性が広がるかもしれません。レアアース泥は、こうした未来の新材料を生み出す起点となるでしょう。

継続的な産業の強みを支える

——コンソーシアムでは、今後、どのようなことに取り組んでいくのでしょうか。

加藤 これまでの検討結果を踏まえて、それぞれの部会の活動をさらにブラッシュアップしていきます。同時に、現在までに得られた知見に基づいて、最新の開発システムの概念設計を行い、その経済性を評価します。そして何より、一刻も早く揚泥実証実験を進めるべきであることを、国や企業に積極的に提言していきます。陸上レアアース資源が抱える環境問題などを考えると、いずれ資源としてレアアース泥の利用が定着すると、自信を持って言えます。またそれ以前にも、備蓄資源として、いつでも利用できるような状態にしておくことが、とても重要になると考えています。そうすれば少なくともレアアース危機のようなことは起きなくなるでしょう。

——多くの企業が、目先の損得だけではなく、企業の継続性を考えた経営をするようになってきました。特に、東日本大震災によって、突発的な出来事によって、操業がままならなくなることを実体験した日本の企業は、なおさらです。そういった意味では、レアアース泥の価値を目先の損得だけではなく、危機管理の観点や将来を拓く新材料の開発の観点から再認識できる感性を持った企業は増えてきているように思えます。これからのコンソーシアムの活動から目が離せません。

(企画：テクノアソシエーツ、聞き手・まとめ：伊藤元昭／エンライト)