

レアメタルの概要と今後の重要研究の方向

採掘製錬, 再資源新技術で環境破壊ない脱炭素実現

生産研のレアメタル博士・岡部教授が未来社会を語る

東京大学生産技術研究所の岡部 徹・教授（研究所長、所属持続型材料エネルギーインテグレーション研究センター）は、研究者の誰にもレアメタルが注目されていない中で、チタン、タンタル・ニオブ、タングステン、白金族金属のプラチナ、パラジウム、ロジウムといったレアメタルのほか、レアアースなどの製錬やリサイクルの研究に携

わり、冶金学の知見をもとに資源や地球環境などの世界的課題の提言をおこなってきた。現在のレアメタル研究は、カーボンニュートラル（二酸化炭素排出の排出・吸収が均衡）に向けた材料開発が中心となっているが、一部の鉱物資源は消費量拡大にとまない、採掘・製錬がかえって地球環境を破壊する事態を招いている。岡部氏はかねてから採掘・製錬・リサイクルの観点に立ったカーボンニュートラルのあるべき姿について提言してきたが、同氏にレアメタルの概要と、未来社会を実現する上で社会意義の高まる研究について寄稿してもらった。

レアメタルが一般化する中、多くの誤解、混乱も生じる



東京大学生産技術研究所
岡部 徹教授

レアメタルとは、希少金属とも呼ばれ、実社会での需要が少なく、社会的に希少な非鉄金属を指す。実社会で一般的な鉄、アルミニウム、銅、鉛、亜鉛など汎用金属はベースメタル、あるいはコモンメタルとよばれ、汎用金属以外をレアメタルと総称する場合もある。

定義は様々であるものの、最近レアメタルという言葉が一般社会でも広く使われるようになってきたため、誤解や混乱も生じている。

一例をあげると、一般のメディアがレアメタルの中の1つの元素グループである希土類金属を「レアアース」と呼ぶようになった。高性能磁石に使われるネオジムやサマリウムがレアアースの代表的な元素である。この「レアアース」という俗称が一般に広く知られるワードとなったため、一部の人は、レアアース＝レアメタルと勘違いしてしまっている。しかし、あくまでレアアースは、レアメタルという元素群の中の17元素からなるサブグループという位置づけでしかない。

最近では、ウクライナ危機による対ロシア禁輸の影響により、白金族金属の1つであるパラジウムの価格高騰が一般のメディアでも話題となった。上記のようなレアメタルを取り巻くニュースを報じるメディアでは、希土類金属や白金族金属といった「複数の元素からなるレアメタルの集

合体」を、あたかも1つの金属元素のように認識して議論をする場合が間々見受けられる。これも困惑させられることである。

経済成長は金属資源の消費を増やし環境破壊も深刻化

一方で、かつては材料の専門家の間でもあまり知られていなかった、ネオジムやパラジウムなどのレアメタルが、広く社会的に認知されるようになったのは喜ばしい。近年は、カーボンニュートラルの推進にも後押しされて、自動車の電動化や、太陽光や風力などの自然エネルギーの活用が大きく進展している。電動自動車や太陽光発電、風力発電機などには、多量のレアメタルが使用されている。現在の社会生活はレアメタルなしには成り立たない、といっても過言ではない。

現在の技術レベルを前提として、このような高度な経済成長による豊かな生活の実現をめざすと、レアメタルの資源消費は必ず増大する。レアメタルに限らず、銅などの非鉄金属資源の消費量も合わせて増大する。これら鉱物資源の採掘・製錬で必ず引き起こされる自然環境の破壊は、近年ますます深刻な問題となっている。このように、現在の社会システムの下で経済成長を実現するには、カーボンニュートラルのような新技術の開発とともに、鉱物資源の消費増大や大規模な環境破壊が同時に連動して進行することを回避できない。

脱炭素化が環境破壊を誘発する本末転倒な取組みが頻発政府や産業界が目下推進しているカーボンニュートラルへの取組みには、上記のような「経済成長、資源消費、環境破壊が同時に連動している」という視点が欠けている場合が多い。化石燃料の消費を抑えるために、化石燃料よりさらに貴重なレアメタルなどの鉱物資源の消費を増大させ、

レアメタル研究会 11月4日（金）14時からWeb配信

東京大学生産技術研究所のレアメタル研究会（主催は岡部徹教授・生産技術研究所長）は11月4日（金）の午後2～6時に開催される。今回は「チタンシンポジウム（第6回）」と題し、日本のスポンジチタン2社や岡部教授が金属チタンの研究や市場環境などを講演する。ロシアによるウクライナ侵攻を受け、日本のスポンジチタンはアメリカ・ヨーロッパの供給拠点としての役割が増しているが、今回の研究会は総合討論「チタンのサプライチェーンの未来について」を開催し進むべき指針を模索する。Zoom WebinarやYouTubeで配信を行い、総合討論・意見交換も行われる（講演後の研究交流会・

意見交換会は午後6時からウェブで開催予定）。

○「私の人生～Mining & Metals～」 山尾康二氏（東邦チタニウム 社長）
○「大阪チタニウムテクノロジーズの生産力の変遷と今後への期待」 荒池忠男氏（大阪チタニウムテクノロジーズ 執行役員・チタン製造部長）
○「東西分断後のチタンの商流と日本のポジションについて」 岡部徹氏（主催者）

参加登録・問合せ：岡部研究室 宮寄智子氏

e-mail (okabelab@iis.u-tokyo.ac.jp)

研究会のアーカイブズ：企業会員の関係者は閲覧無料。

非会員は資料代などの支払いが必要

採掘や製錬にともなう環境破壊を進めているという本末転倒の取組みも実に多い。

本気で地球環境のことを考えて、カーボンニュートラルを推進しようとするのであれば、金属鉱物資源の消費増大と、それにとまなう環境破壊についても、併せて総合的に考えるべきである。持続型社会を構築するためには、資源消費や環境破壊を抑えながら経済成長をもたらす必要があるが、残念なことに、現時点では、そのような社会を実現可能な技術は存在しない。

環境調和型の採掘・製錬やリサイクル技術が重要に

そこで、今後重要となるのは、環境調和型の採掘法、新製錬法の開発と、リサイクル技術の開発である。環境を破壊せずに、鉱物資源を採掘・製錬することは、極めて困難な技術課題であるが、人類が取り組むべき重要課題である。また、工業製品のスクラップに含まれる貴金属やレアメタルを、低いコストで効率良く分離・抽出して長期的に循環利用する新しいリサイクル技術の開発も重要な課題である。

このような背景下で、筆者自身が長年にわたって最も情熱を傾けてきた研究は、チタンの新製錬法にもつながる、チタンスクラップのアップグレードリサイクル技術の開発である⁽¹⁾⁽²⁾。さらには、電子基板や排ガス浄化触媒のスクラップから貴金属やレアメタルを環境にやさしい方法でリサイクルする研究開発にも鋭意取り組んでいる⁽³⁾⁽⁴⁾。ここで

(P.1より続く)

い、歩留まりを考慮すると、含有率が1ケタ後半と高品位の鉱石を使用したと推測できる。

当時はトリウムだけが実用化され、放射性を加えると波長の短いγ（ガンマ）線を発するため、数10kgの軽量さと安価さに強みをもつポータブルX線装置の「トリウムカメラ」として利用されていた。トリウムの相互分離には2ヵ月がかかったが、価格は200ドル/g（200,000ドル/kg、当時のレートで7,200万円）と当初の1,000ドルから5分の1に下落し、量産化でさらなる下落すると予測されていた。

フェロコロンビウムの注目高まり英植民地から鉱石を輸入

ニューカレドニアは、現在もフランスから独立していない数少ない海外領土だが、当時の採掘状況も報じられている。ニッケル鉱石では、西ドイツやアメリカ向けの輸出が停滞したほか、日本の買付けが低調になり、中小鉱山のほとんどが一時的か、永久的な休山に追い込まれ、相当の減産が予測されるという。コバルト鉱石では、1953年に日本に10t輸出されたが、以降は開発が進展していないという。現在は、ニッケルの21年の鉱山生産（アメリカ地質調査所USGS）が190,000tと世界シェアで7%を占め、インドネシアやフィリピン、ロシアに次ぐ地位にある。一方、コバルトの19年の鉱山生産が1,600tと世界シェアで1%ほどだったが、ブラジル・ヴァーレなどがGoroプロジェクトを停止したことで、20年以降は鉱山生産が激減し、主要産地ではなくなった。

コロンビウムは高融点金属・ニオブのアメリカやイギリス呼称で、ガスタービンやジェットエンジンなどの用途拡大が進むなか、当時はフェロコロンビウム（フェロニオ

は詳しくは紹介しないが、長年取り組んできたレアメタルの環境調和型の新製錬法の開発、リサイクルの研究の意義や将来性は一般にも認められつつある。これは、筆者にとっては望外の喜びである。

筆者は、カーボンニュートラルと同時に、「メタルニュートラル」、あるいは「金属のリサイクル」についても考慮した持続型社会の構築に取り組むべきであると考えている。しかし、現状ではほとんどの人が化石燃料の消費削減しか念頭に置いていないのは、嘆かわしい限りである。鉱物資源が地球環境を破壊せずに採掘・製錬され、また一度採掘された鉱物資源が廃棄されることなく、循環利用され続ける。こうした未来社会が近い将来に構築されることを願ってやまない。

参考文献

- (1) 岡部 徹, 竹田 修, 大内隆成: 'チタンのアップグレードリサイクル', 金属, vol. 90, no. 3 (2020) pp. 166-172.
- (2) 岡部 徹: 'チタンの製錬・精錬・リサイクル', あたりあ (日本金属学会会報), vol.58, no. 4 (2019) pp.176-180.
- (3) 岡部 徹: 'レアメタルの環境・リサイクル技術の課題と展望', あたりあ (日本金属学会会報), vol. 56, no. 3 (2017) pp. 157-160.
- (4) 谷ノ内勇樹, 岡部 徹: '白金族金属リサイクル技術の開発動向: 易溶化プロセスと物理濃縮プロセス', 日本金属学会誌, vol. 85, no. 8 (2021) pp. 294-304.

ブ)が耐熱鋼材料としてニッケル、クロム、モリブデン、コバルト、ジルコニウムとともに注目が高まっていた。ニオブ・タンタルを70%含む鉱石がイギリスの植民地から輸入されていた。

国際取引は英ポンドから基軸通貨の米ドルに移行始まる

市況(CIF日本)は、国際基軸通貨がイギリス・ポンドからアメリカ・ドルに替わり、国際取引もドルへの移行が始まった。当時は生産量・消費量とも非常に少ないため、ほとんどの品目は非常に高価で取引されていた。タンタルは、鉱石が1ポンド7シリング6ペンス/kg(約1.74ドル/lb。1ポンド=20シリング=240ペンス、当時のレートは1ドル0.3575ポンド)、酸化物が16ポンド5シリング9ペンス/g(約20,666ドル/lb)。鉱石が原文にあるkg単位だと異常に安いので、gが正しい単位なら、1,745ドル/lbとなる。ニオブは、鉱石が2ポンド12シリング1ペンス/10g(約728ドル/kg)、酸化物が11ポンド5シリング1ペンス/10g(約3,148ドル/kg)。アンチモンが23ポンド/kg(約64,336ドル/t)。ヒ素は7シリング6ペンス/g(約1,049ドル)。ポロン(97.5%)は120ドル/100g(1,200ドル/kg)。ジルコニウムは3ポンド18シリング3ペンス/lb(約24ドル/kg)。ベリリウムは20ポンド15シリング/100g(約580ドル/kg)。ガリウムは1ポンド13シリング/g(約4,615ドル/kg)。

一方、酸化ゲルマニウムは、3N品(99.9%, アメリカ)が0.37ドル/g(370ドル/kg)、5N品(99.999%, ドイツ)が0.78ドル(780ドル)。金属ゲルマニウムは、3N品が0.7ドル(700ドル)、5N品が1.1ドル(1,100ドル)と現在からわずかに安いだけで、物価上昇を考えると非常に安価だった。

レアメタルニュース

●アルム出版社

東京都千代田区岩本町 3-8-8
〒101-0032 ☎(03)5825-7665
FAX(03)6478-8204
e-mail info@raremetalnews.co.jp
購読料年間 88,000円
(消費税 8,000円)

No.3000 2022年(令和4年)10月16日(毎月1, 8, 16, 24日発行)

・THE RARE METAL NEWS(昭和35年8月3日 第三種郵便物認可)

レアメタルニュースの戦後史 3000号の到達記念

1954年9月15日発刊のNo.1を振り返る

レアメタルニュースは1954(昭29)年9月15日に発刊を始めてから、68年あまりレアメタルの報道を続けてきましたが、このたび3000号に到達しました。今回は3000号の大台を記念し、創刊の1号を振り返るほか、**東京大学・生産技術研究所の岡部 徹教授**に現在の研究状況の解説をいただきました。本紙では、今後も①黎明期～高度成長期(1954年～1973年)、②オイルショック～バブル期(1974年～1991年)、③バブル崩壊後～BRICsの成長(1992年～2008年)、④リーマンショック～現在(2009年～2022年)と4つに分けて、レアメタルの歴史を振り返ってまいります。

戦後初のジェットエンジンJ0-Iが多くのレアメタルを含有

戦後初のジェットエンジン「J0-I」が1954年に開発されたことで、レアメタルニュースNo.1では「多くのレア・メタルの結晶!」と報じている。材料の大部分はクロムやニッケルのほか、コバルトやモリブデン、タングステン、ニオブなどを多く含む特殊鋼で、エンジンの外側はチタンを微量に含む特殊鋼が用いられた。航空機製造法が1952年に成立し、通商産業省(現・経済産業省)は53年から試作メーカーを公募するなど、国産ジェットエンジンの開発機運が高まっていた。中島飛行機の流れを汲む大宮富士工業は通産省の補助金を得て54年に「J0-I」を開発。「J0-I」は推力不足から地上の試運転にとどまったが、石川島播磨重工業(現・IHI)など4社が加わり、J3の開発に進んだ。石川島播磨重工業がJ3の改良を進め、国産シェアで6～7割を占めるジェットエンジンメーカーになる一方、残る4社は撤退した。

レアメタルの新用途は、当時花形のレアメタルとして扱われていたウランやチタン、ゲルマニウムに続く、注目の品目を紹介している。酸化ベリリウムや酸化ジルコニウム、酸化トリウムといった酸化物のほか、レアアースのツ

今週のニュース

	レアメタルの採掘・製錬、再資源化は新技術で環境破壊 ない脱炭素社会を実現—東大・生産研の岡部教授が語る	2～3
Mo	日本の1～8月輸入は焼成鉛3%増も合金鉄2%減	4
	レアメタルの1～8月輸出額は8,111億円で63%増	4
	レアメタルの22年1～8月の輸入通関実績②	5
	レアメタルの22年1～8月の輸出通関実績	6～7
Si	中国の金属相場は需給が若干過剰も生産費高で横ばい	8
	足元のレアメタルスクラップ市況は全品が横ばい気配に	8

リウム(Tm、詳細はレアアースの項目)が取り上げられている。酸化ベリリウムや酸化ジルコニウムは窯業用の高級るつば、耐火物の添加材にくわえ、光学ガラスの添加材に使用されるほか、金属ベリリウムや金属ジルコニウムは炭化しにくい性質から照明用の白熱灯などへの応用にも期待されていた。

スポンジTiは53年に対米輸出始め、欧向けの交渉も開始

チタンは、アメリカ向けの68tが1953年に輸出されて以降、代表的な輸出品の地位を占めてきたが、レアメタルニュースNo.1では東邦チタニウムがヨーロッパへのスポンジチタンの輸出交渉について報じている。イギリスの企業には400万円をやや下回る金額で月5t(800円/kg)の長期契約を結び、西ドイツ(現・ドイツ連邦のうち、西側にあった自由主義陣営の国)の企業には月15～20tの長期契約を交渉しているという。アメリカの企業には、当時の第一物産(現・三井物産。連合国総司令部GHQが1947年に財閥解体を命じたことで発足。三井物産は1959年に第一物産を中心に再結成)を通し、1954年7月に4.92ドル(1ドル360円の固定レートで1,771円)で長期契約を結んだが、アメリカ国内でスポンジチタンの増産が進む中、値下り傾向に入ったという。

米の原子力研究所が希土類の単離と金属の生産に成功

レアアースでは、アメリカ原子力委員会(1946～71年に原子力の推進・規制の両方を担った)の原子力研究所が元素の相互分離と、金属の生産に初めて成功したと報じている。レアアースはイオン交換膜で相互分離した後、冶金的处理で金属を生産する実験に成功し、工業化の過程に入ったという。通商産業省に属する東京工業試験所(産業技術総合研究所の母体のひとつ)の中井敏夫・理学博士は、アメリカの同研究に従事していたが、1954年8月の帰国後に「産業界に及ぼす響き(影響)は革命的なものとなるだろう」と語った。

アメリカ政府が第2次世界大戦中に原子爆弾の製造を進め、ウラン235とウラン238の同位体を分離する研究も進んだが、元素ごとの性質が極めて似たレアアースの相互分離にもつながった。鉛石2tから数10kgの金属を生産したとい

(P.3へ続く)

希少金属 専門通信	レアメタル・ニュース The Rare Metal News		発行所 レアメタル・ニュース社 東京都千代田区丸の内3-2 三塚21分館422号(東京949号) TEL(03)29029029
			毎号 購読料 6,000円(税別)
昭和29年9月15日第1号	「改訂」 原子力予算、材料資源の要求決る 三菱金属など6社が協力	「動き」 水銀逼迫はどうか 再設計の風土、北環岡塚山 日本ゼット第一号の 素材を分析する	「研究」 ひろがるレアメタルの新用途 複雑化するニッケル境界の動き 日本冶金、鶴川化工と提携
「海外情報」 アメリカ、 レアアースの分離に成功 トリウムをX線に活用	「解説」 フエロ・コロンビウムについて レアメタルとは何か	「市況」 内外市況	