

特集

金属素材供給ボトルネック解決のための新技術

レアメタルの供給や需要に関する今後の展望

岡部 徹, 野瀬 勝弘

レアメタルの供給障害は資源的な側面ばかりに目が向けられている。しかし、実際には、レアメタル供給のボトルネックは、資源供給制限、技術制限、環境制限が複雑に関連している。レアメタルの供給については、資源供給が制約となっている事例よりも、むしろ技術や環境が制約となっている場合が多い。レアアースの場合、環境制限が主たる要因である他、溶媒抽出や熔融塩電解のプラントが中国に一極集中している点も大きな問題となっている。資源供給だけでなく技術や環境の制約を正確に理解し、資源から最終製品、さらには廃棄物の処理までも念頭に入れた長く複雑なサプライチェーンを念頭に置いて議論する必要がある。

はじめに

数年前までは、レアメタル→希少金属→枯渇、という短絡的な理解に基づき、メディアで多くの報道がなされていた。最近は逆に、「日本近海の海底には、レアアース資源が沢山あるので、日本の海底資源を利用すれば、日本のレアアースの供給問題が解決する」という実に不可解な報道も見受けられる。さらに、「海底のレアメタル資源の採掘・製錬を短期間で商業化する可能性」についてまで、まことしやかに報道が行われている。一連の報道は、とても“夢のある話”ではあるが、海底のレアアース資源の商業利用については専門家からみれば、ずっと遠い将来のことであり、現時点ですぐに実現することは、ほぼ不可能な内容である。これらの一連の報道は、大きな誤解を含んでおり、また、ともすると生産性の低い非効率な政策に利用されるので注意を要する。

一般社会では、資源量のみ注目した海底資源の将来性や有用性が報道されることが多い。しかし、実際にはレアアースをはじめとする多くのレアメタルの製造や供給については、その資源量そのものはあまり問題ではなく、その製造コストや環境問題が重要となる。残念なことに現在の技術

では、低いコストで海底の資源を利用してレアメタルを生産することができない。また、採掘・製錬に伴って発生する廃棄物の処理についても解決しなければならない課題は多い。

特に、レアアースの資源は、陸上だけでもほぼ無尽蔵であり、現在の産業規模では海底資源を利用する必要性は少ない。今日のレアアースの問題は、採掘に伴う環境破壊やレアアースの製錬に伴って発生する有害物・廃棄物の処理費用が問題であって、資源量そのものは大した問題でない。このような基本的なことが、報道関係者をはじめ一般には理解されていないのが問題である。

陸上の資源は、海底資源に比べて低いコストで採掘できるため、今後も利用されつづけるであろう。しかし、廃棄物の処理や環境破壊等の問題が顕在化しているため、採掘・製錬を行う条件が年々厳しくなっている。また、鉱石中のレアメタル濃度（品位）も低下する傾向にあるため、廃棄物の発生量の増大と生産コストの増加は避けられない。

遠い将来には、海底資源を利用しなければならない時代が来るかもしれないので、学術的な意味での探査や海底での採掘技術に関する基礎的な研究開発は重要であろう。仮に採掘や製錬に伴って発生する廃棄物や有害物を海洋投棄してよいということになれば、海底資源の利用は早まる可能性

はある。しかし、今の技術の延長上で物事を考える場合、海底資源の商業利用の可能性については、何十年も先を見越して進めるべきである。

レアメタルの供給や需要に関する中長期的な展望を考えるにあたり、何がボトルネックになっているのかを正確に理解せずに、資源量やその資源の偏在性のみを基本情報として議論しても、意義のある議論にならない点を理解するべきである。

レアメタルの供給問題のボトルネック

レアメタルの生産と供給に関するボトルネックについて考えるにあたって、考慮しなければならない主な項目は以下の3点である(表1参照)。

- ① 資源供給制限 (Resource Supply Restriction)
- ② 技術制限 (Technology Restriction)
- ③ 環境制限 (Environmental Restriction)

上記の①②③は、独立している場合は少なく、お互いに強く関連している。レアメタルの生産を商業化するには、上記①②③のすべてを解決することが不可欠である。しかし、最近の海底のレアアース泥の報道の事例からもわかるように、①のみで議論する事例が多いのが問題である。ポリビ

アのウユニ湖からのリチウムの採取・製錬についても、②や③を無視して、①のみが報道されている典型的な事例の一つである。

技術が進歩すれば、深深度の地底や海底の資源を利用できるようになり、また、品位が低い鉱物の利用も可能となる。また、レアメタルの分離精製などについては、環境規制等により実施できる国や地域が制限されている場合が多いが、技術の進歩によりこれらの制約がなくなる場合もある。

レアメタルの供給については、資源供給が制約となっている事例よりも、技術や環境が制約(ボトルネック)になっている事例の方がむしろ多いということを認識するべきかもしれない。

環境制限のレアメタルについて

レアアースの中でも、ネオジム等の軽希土元素については、資源供給は大した問題ではなく、環境制限が問題となる。ネオジムを含む鉱石は、世界中に豊富に存在し、現在の需要からすると地上の資源だけでも優に数百年分はあるので事実上、無尽蔵と言ってよい。しかし、このネオジムの鉱石を採掘して製錬すると環境に大きな負担を与えてしまうことが問題となっている。

表1 レアメタルの供給や需要に関する各種ボトルネックの代表的な事例

		資源供給制限 (Resource Supply Restriction)	技術制限 (Technology Restriction)	環境制限 (Environmental Restriction)
		探査・探鉱が進めば資源は増える 品位が低下し製錬コストが増大 する傾向がある	低コストかつ高効率の採掘・ 製錬・リサイクル技術の開発 が課題	国や地域によって、大きな差が ある
レアアース (REM, 希土類元素)	軽希土	資源的な問題は少ない (現状では、中国一極依存)	環境技術の開発が重要	U, Thなどの有害物の処理問題 採掘や製錬に伴う環境問題
	重希土	資源的な問題・環境的な問題が大 きい(中国一極依存)	低コストで高効率なリサイク ル技術の開発が不可欠	採掘に伴う土壌流出や田畑の 富栄養化等の環境問題
タングステン (W)		現状では中国一極依存	低コストの採掘技術の開発が 必要	湿式製錬により大量の廃液が 排出
白金族金属 (PGM)		南アフリカとロシアに偏在して いる	低コストの採掘・製錬・リサ イクル技術の開発が不可欠	生産物に対して膨大な量の廃 棄物が発生し、また、多量のエ ネルギーを消費する
チタン (Ti)		なし	低コストの製錬技術の開発が 不可欠	高エネルギー消費に伴う問題、 塩化物、NORM等を含む廃棄物 処理の問題

環境負荷を度外視して、採掘にともなう環境破壊を考えず、製錬に伴って発生する処理困難な廃棄物を適正に処理せずにゼロコストで生産すれば、ネオジム等の軽希土元素は極めて低いコストで生産が可能である。日本のような環境規制が厳しい国には、難処理有害物を含むレアアースの鉱石を持ち込んで製錬すること自体が、環境コストを考慮した時点で商業的に不可能である。したがって、ネオジムの供給については、環境制限が主たる要因であり、地域・国における環境コストの違いにより、生産や物流が大きく変化する。

中国がレアアースの生産シェアを97%近くまで増大させた最大の理由は、極めて低い環境コストでレアアースを生産して全世界に供給したため、他国の鉱山からの生産がコスト的に競争できなくなったためである(表紙の写真参照)。日本は、長年、レアアースの鉱石を輸入していないが、中国から中間原料を購入することによって環境コストの負担を経済的に回避し、環境問題となる要因を国内に持ち込まないよう中国のレアアース生産システムを都合よく利用してきたとも考えることができる。これはNIMBY(Not in my backyard)という行動であるが、詳細は筆者らの解説を参照されたい¹⁾。

最近、オーストラリアで採掘したレアアースの鉱石を、マレーシア国内で製錬し、製錬によって生じたウランやトリウムなどの処理が困難な廃棄物等をマレーシアで処分してから、純度の上昇したレアアースの化合物のみを日本国内に持ち込んで高付加価値の工業製品を製造する動きがある。これは、中国による資源供給制限リスクを回避し、さらに、マレーシアを利用することでオーストラリアや日本における厳しい環境制限を回避するというビジネスモデルである。環境コストの地域差を上手く利用し、さらに、鉱石の供給リスクも同時に回避して、比較的、低いコストでレアアースを生産するこのビジネスモデルは、レアアースの価格が高い場合は、商業的には成り立つであろう。しかし、廃棄物処理の迂回策やロンダリング手法とも考えられるので、今後社会がどう受け入れるか注

目される。

また、中国が以前のように全世界に向けて安値でレアアースを供給しつづければ、中国からの生産に比してコスト競争力がない上記のビジネスモデルは破綻する可能性がある。レアアース製品を必要とする需要家は、高値であっても、環境コストを適正に負担している企業からレアアースを購入するということにすれば、中国一極依存の状況を回避できる可能性がある。しかし、経済原理を優先するビジネスとしての視点からは、中国から安いレアアースを購入するのが得策となる。

ジスプロシウム等の重希土元素については、中国にイオン吸着鉱と呼ばれる、極めて低いコストで重希土元素を生産できる希少性の高い鉱体が存在するため、現状では、資源供給が制限しているとも考えられる²⁾。しかし、ジスプロシウム等を多量に含む鉱石は、中国外にも多く存在するため、仮に、中国以外の鉱山の鉱石からジスプロシウムを低いコストで効率良く分離回収する新技術が開発され、さらに、製錬に伴って発生するウランやトリウム等の廃棄物の処理等の環境問題が解決されれば、中国のイオン吸着鉱に頼らなくても、ジスプロシウムを生産することが可能となる。

イオン吸着鉱は、希少元素であるジスプロシウムを含む鉱石が何百万年という歳月をかけて風化され、これが粘土質の鉱体に特異的に吸着、濃縮した、奇跡の鉱物と言われている。表土をはがし、地中に穴を掘って、鉱体に硫酸アンモニウムなどの溶離剤を直接打ち込むだけで、イオン吸着鉱からジスプロシウムが溶け出してくる。したがって、この特殊な鉱体を利用すれば、極めて低いコストでジスプロシウムの採掘と分離回収が可能である。このため、10年前までは、希少金属のジスプロシウムは50ドル/kgで売られていた(現在は700ドル/kg前後)。環境コストや希少な鉱物に対する価値をゼロカウントとすると、とても低い価格で製造できるのであろうが、環境的な視点、さらには鉱体の希少性を考慮に入れると適正な価格でないことは明らかである。

なお、レアアースについては、酸化物の原料を製

造するために溶媒抽出(SX)法という分離精製技術を使い、また、金属や合金を製造する場合には、溶融塩電解法という技術を使う(表紙の写真参照)。これらの技術は確立された技術であり、日本をはじめ世界各地で行うことは可能である。しかし、溶媒抽出法を利用すると重金属を多量に含む酸や有機溶媒の排液が発生し、また、溶融塩電解法を利用するとフッ化物を含む排ガスが発生する。日本の厳しい環境規制を満たすためには、環境対策のためのコストが莫大となり、結果的に海外で製錬を行うほうが安くなるのが現状である。現状では、レアアースの溶媒抽出や溶融塩電解のプラントは中国に一極集中しているが、これも環境制限の地域差によって生じたものと考えられる。

レアアースについては、資源的な側面ばかりに目が向けられているが、溶媒抽出や溶融塩電解のプラントが中国に一極集中していることのほうが筆者からみれば大きな問題である。今後、これらの製錬プラントの偏在が、レアアース供給のボトルネックとして問題となる可能性が高い。

レアメタルではないが、銅や鉛、亜鉛などの非鉄金属についても、金属生産において今後は環境制限が厳しくなるとされる。採掘に伴って発生する粉塵や膨大な量の廃棄物、製錬に伴って発生する排液や排ガス、さらには、ヒ素やカドミウム、水銀などの有害元素を含む廃棄物処理等のコストは、環境制限が厳しくなるとともに増大する。レアメタルについては生産規模が上述の非鉄金属に比べて桁違いに小さいため、現時点では大きな問題とはなっていない。しかし今後は、レアメタルの生産についても同様の問題が顕在化して、ボトルネックの一つの要因となる可能性は高い。

技術制限のレアメタル

先に述べたように、深深度の地底や海底の資源を低いコストで探査・採取する技術が確立され、さらに低いコストで有害物の無害化が行える技術が開発されれば、人類にとってレアメタルの資源供給制限というボトルネックは解消されるであろう。

しかし、このような技術開発は50年以上先のことと思われる。このため、当面は、特異的に濃縮した品位の高い鉱石のうち、地表近くに存在するものを、環境規制が緩慢な地域で採掘・製錬して利用することが行われるであろう。

今後、ロボット技術やIT技術の進歩によって、これまで人が立ち入ることが困難であった場所での遠隔操作型のロボットによる無人の資源探査・採掘技術の発展が望まれる。技術の進歩がレアメタルの可採埋蔵量を飛躍的に増大させることは間違いない。

資源的な制約がなく、技術制限によって普及が進んでいないレアメタルの代表格は、チタンである。数多くの元素の中で、技術的な制約がその生産や普及を制限しているものは少なく、チタンやスカンジウムがその範疇に入る。将来、チタンの製造技術にイノベーションがおり、ステンレス鋼と同程度のコストでチタン合金が製造できるようになれば、資源的に無尽蔵なチタンは爆発的に普及する可能性が高い³⁾。

資源供給制限のレアメタル

白金やパラジウム、ロジウムなどの白金族金属は資源供給制限のレアメタルの代表格である⁴⁾。白金族金属は、鉱石の品位が数ppmと低く、また、現状ではこれらの鉱石も大半が南アフリカとロシアの特殊な鉱山から生産されている。深深度の鉱石を低いコストで採掘する技術が開発されれば、生産量は増大する可能性はあるが、当面は、年間数百トン規模の資源供給が上限であると思われる。

白金族金属に代表される本質的に資源供給量が少ない資源供給制限のレアメタルは、新材料の発明などによる急な需要の発生により、一時的な供給不足に陥りやすい。これらのレアメタルは年間生産量が限られるため、需要に応じた生産量の調整ができない。さらに、一旦供給不足が生じると、投機マネーの流入も相まって急激な価格の高騰が助長される場合が多く、レアメタルを国外から調達して高付加価値製品として加工・生産する日本

では、一時的なレアメタルの供給不足が経済活動に大きな影響を与える。

リサイクル原料からの供給のみで成長過程にあるレアメタルの需要の全てを賄うことは原理的に不可能であるが、リサイクルによるレアメタルの循環利用は、一次的な供給不足を緩和する供給バッファとして機能する。例えば、白金族金属の一つであるルテニウムは、2007年以前はほとんど需要がなく、300円/gと白金族金属の中では最も安価であった。しかし、2007年に急に3000円/gへと価格が10倍に高騰する事態が生じた。これは、ハードディスク用の磁気記録膜の下地層としてのルテニウムの新規用途が発明され、ルテニウムのスパッタターゲット材の需要が急増したためである。ルテニウムは白金の副産物として年間数十トンしか産出しない。このため、需要に応じて生産量を増やすことができない。結果的に、一時的な供給不足が生じ、価格が一時的に高騰した。磁気記録膜用のルテニウムの実需要は、総供給量に比して小さいため、現在では、使用済みルテニウムターゲット材のリサイクルフローが確立し、価格は以前のように落ち着いている。このように、資源供給制限のレアメタルは、一時的な供給不足が発生する危険性を有している。なお、一時的なレアメタルの供給不足の事例として、近年の中国によるレアアースの輸出停止の例が広く知られているが、これは資源供給制限の問題ではなく、環境問題を表面的な理由にした政策や思惑に起因して起こった現象であると考えられる。

レアメタルのリサイクルは供給バッファとしての機能以外にも、環境保全という観点からも重要である。リサイクル原料からの製錬では、鉱石の採掘・製錬に伴って発生する放射性廃棄物などの難処理廃棄物が発生しない。これは、リサイクルによる資源の循環利用の大きな利点のひとつである。鉱石の採掘・製錬は多くの場合、環境破壊を伴い、鉱山開発や製錬活動による環境資源の損失は甚大である。経済合理性を追求する現代の社会システムにおいては、利益率の高い優良な鉱石から優先的に採掘することが重要となるため、損失する環

境資源の価値は無視される場合がほとんどである。長期的な環境資源の持続的利用を考慮した場合には、二次資源であるスクラップからのリサイクルによるレアメタルの循環利用が、人類の持続的な発展において不可欠であろう。

しかし、現状では環境コストの低い地域が存在するため、現行のレアメタルのリサイクル技術が経済的に見合わないものがほとんどであり、現段階でのレアメタルのリサイクルの経済合理性は低い。将来的には、世界的な環境コストの上昇、及び優良鉱石の減少による鉱石原料からのレアメタルの生産コストの上昇により、リサイクル利用の経済的境界条件の変化も予想されるため、環境調和型のリサイクル技術の開発は一層重要となるであろう。

レアメタルの供給や需要に関する短期的な展望

これまでは、レアメタルの供給について長期的な視点で様々な制約について考えてきたが、ここでは10年以内の短期的な需給関係について考えてみたい。本件については、各所で述べているので、詳細は解説を参照されたいが⁵⁾⁶⁾、レアメタルの需要については、下記の各種産業分野の発展によって需要は大きく異なる。

- ① 電子材料レアメタル
 - 半導体 (Si, Ge, GaAs)
 - 各種電子材料 (In, Ta, Li, Ba, Sr, …)
- ② 合金用レアメタル
 - 工具用特殊合金 (W, Co, Ta, …)
 - 鉄鋼添加用 (V, Cr, Mo, Nb, …)
- ③ 航空・宇宙材料用レアメタル
 - (空飛ぶレアメタル)
 - 航空機材料 (Ti, Ni 基超合金, Al-Sc 合金, …)
- ④ 自動車用レアメタル
 - (走るレアメタル)
 - 合金添加元素 (Mo, V, Nb, Ti …)

- 磁石材料 (Nd, Dy, Sm, Co),
電池材料 (Li, Co, Pt, Ni, …)
- 触媒 (Pt, Pd, Rh, …)

⑤ エネルギー関連レアメタル

- (新エネルギー・レアメタル)
- 太陽光発電用材料 (Si, Ru, Ga, In …)
- 発電・変換・送電・蓄電・制御用の材料

⑥ 原子力レアメタル

- 核燃料 (U, Pr, …)
- 原子炉用材料 (Zr, Hf, 特殊合金 …)
- 復水器・熱交換器 (Ti, …)

⑦ 医療・生体用レアメタル

- 生体材料 (Ti, Nb, Ta, …)
- 医薬品・健康食品

短期的なレアメタルの需要は世界の経済動向に大きく影響するため、正確に予測することは困難である。一般に、世界経済が順調に回復する場合には、レアメタルの消費量は底上げされるため、多くの産業においてレアメタルの需要は増大する。現在のペースで自動車産業が発展し、さらに自動車が電子機器の塊になるとレアメタルの需要は爆発的に増大するであろう。この場合、ジスプロシウムやタングステン、アンチモンなど、中国が鉱物生産および製錬の大半を支配している鉱種の供給がボトルネックになる可能性が高い。また、中国などの新興国における大気汚染に対する環境基準の引き上げが、自動車用排ガス浄化触媒として欠かせない白金、パラジウム、ロジウムの価格上昇を引き起こすことも予想される。航空機産業では、新規航空機需要の増大と新型航空機における1機当たりのチタン使用量の増大によって、チタンの需要が増大すると予想されている。

レアメタルの供給の短期的展望の一例としては、コバルトを副産物として回収可能な、ラテライト型ニッケル鉱床からの高圧硫酸浸出法 (HPAL) による新ニッケル製錬法の開発により、コバルトの安定供給が期待されている。本手法の生産拡大によって、コバルト合金だけでなく、コバルトを正極材として利用するリチウムイオン電池や各種電子

材料、合金などへの利用がさらに加速することも考えられる。

おわりに

社会が発展し、生活が豊かになれば、高性能な電子機器が数多く使われるようになる。日常生活では直接目にすることは少ないが、電子機器には多くのレアメタルが使われており、私たちは多種多様のレアメタルに囲まれて生活している。いまやレアメタル抜きには、私たちの生活は成り立たない。また、省エネ製品にもレアメタルは不可欠である。たとえば、ハイブリッド自動車の高性能モータや蓄電池、太陽光発電のパネルや制御器などは、レアメタルの塊と言っても過言ではない。グリーンイノベーション(省エネ技術革新)の推進においても、さらに多くのレアメタルが必要となる。

日々進歩するハイテク製品に使用されるレアメタルに関しては、用途や需要家によって合金の組成や形態、純度などの品質が大きく変化し、その仕様は多種多用である。このため、産業的に成熟した銅やニッケルのように、一定スペックの地金に基づいて、重量に応じた取り引きが成立しない。また、商品の流通規模も、ベースメタルに比べて格段に小さく、技術や社会情勢の変化により、需要家が求める品質や形状、量などのスペックが短期間で大きく変化する。ほとんどのレアメタルについて透明性が高いマーケットが存在しないのは、急激に変化する需要やスペック、及び小さな流通規模、さらには関連する社会構造によるところも大きい。

そこで今後は、製品開発に必要な先端技術に加え、採掘や製錬による地球の環境負荷をより低減させる環境技術、使用量の低減や代替材料の開発、さらには新たなリサイクル技術の開発などが必要であると考えられる。スクラップから有価なレアメタルを効率良く回収する技術の開発は特に重要であるが、用途や供給量がダイナミックに変化するため、一義的な解決策は存在しない。レアメタルのリサイクル技術は、今後は環境保全という視点からだけでなく、資源セキュリティという視点か

らも重要な戦略技術として開発するべきである。

今後もハイテク産業の基幹素材であるレアメタルやその化合物を長期的かつ安定的に、日本の産業に供給するためには、産官学が連携して以下の課題に多角的に取り組む必要があると考えられる。

- ・海外資源の確保 / 供給源の多様化
- ・備蓄 (資源バッファ [緩衝機能] の構築)
- ・リサイクル / 製品のリユース・長期利用
- ・代替材料の開発, 使用量の削減技術の開発
- ・上記活動を支える人的資源の育成

上記項目は、かねてより筆者らは主張しつづけていることではあるが、レアメタルについては、資源供給だけでなく技術や環境の制約を正確に理解し、資源から最終製品、さらには廃棄物の処理までも念頭に入れた、長く複雑なサプライチェーンを念頭に置いて議論するべきである。

採掘や製錬に伴い生じる環境問題を考えるとリサイクル技術・環境技術の開発の重要性は論を俟たないが、近視眼的あるいは狭い視野で経済性のみを優先して安い原料を海外から調達しつづけることは、リスクが高いことを認識するべきである。

短期的なレアメタルの需要動向は、新規需要の発生や世界経済の動向によって影響される部分も大きい。予想は困難であるが、世界経済が順調に回復する場合には、レアメタルの需要は確実に伸びるであろう。長期的には、工業製品の高機能化・省エネ化がさらに進行するとともに、中国をはじめとする新興国によるレアメタル消費人口が爆発的に増大するため、レアメタルの総需要量は増大する。

レアメタルの供給面では、短期的には、現在の偏った供給構造に起因して、ジスプロシウム、タン

グステン、アンチモン、白金族金属において、一時的な供給不足と価格高騰が生じる可能性が高い。長期的な動向としては、レアメタルの採掘・製錬における資源国での環境コストの上昇、鉱石品位の低下、資源国による政策等が要因となって、レアメタルの供給価格の上昇が予想される。

鉱山の探査技術や採掘技術の進歩、新製錬法による低品位鉱石処理技術の開発、レアメタルのリサイクル技術の開発などの技術革新が、成長する需要に対する長期的な安定したレアメタルの供給に欠かせない。

参考文献

- 1) 岡部 徹, 野瀬勝弘: 'レアメタル資源の物質フローに関する中長期展望', 廃棄物資源循環学会誌(「特集: 金属資源の物質フローとリサイクル・廃棄物管理」), **22** No.6 (2011), 403-411.
- 2) 岡部 徹: 'レアアースの現状と問題', トライボロジスト (特集: レアメタルおよびレアアースの動向と将来戦略), **56** No.8 (2011), 460-465.
- 3) 大井泰史, 岡部 徹: 'チタンの製錬法の歴史と将来', 金属, **78** No.2 (2008), 114-120.
- 4) 岡部 徹: '貴金属・レアメタルの現状と課題', 化学工学 (社) 化学工学会, **74** No.3 (2010), 102-108.
- 5) [監修] 岡部 徹, 野瀬勝弘: 'レアメタルの最新動向', (株)シーエムシー出版, 東京 (2012.10).
- 6) [監修] 足立 吟也: 'レアメタル便覧 第1版', 丸善 (株), 東京, (2011.1.19).

おかべ・とおる H. OKABE Toru

1988 京都大学工学部冶金学科卒業後、同大学院博士課程へと進み博士号を取得。その後、MIT、東北大、東大に異動、現在東京大学生産技術研究所教授。20年以上、一貫してレアメタルの研究に取り組んでいる。“プロセス技術がレアメタルをコモンメタルに変える”ことを夢見て、新製錬技術の開発を行っている。

のせ・かつひろ NOSE Katsuhiko

2009 大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻にて半導体ナノ結晶の合成と物性に関する研究で博士号取得。現在は東京大学生産技術研究所特任助教として白金族金属の製錬・リサイクルプロセスの研究に取り組む。

金属

11

KINZOKU MATERIALS SCIENCE & TECHNOLOGY

Vol.83 No.11 (2013)

特集

金属素材供給ボトルネック 解決のための新技術



左上：イオン吸着鉱の鉱山

右上：レアアースの溶媒抽出工場

左下：レアアースの溶融塩電解炉

右下：レアアース磁石合金の焼結体（中国 江西省）

（本文31ページ参照）

特集「金属素材供給ボトルネック解決のための新技術」

	特集にあたって	中村 崇	3(915)
	銅製錬を利用した銅、貴金属等のリサイクル	宮林良次	4(916)
	低品位ニッケル酸化鉱石の有効利用	黒川晴正, 近藤康裕	9(921)
	鉄鋼業における劣質資源対応技術	野村誠治	15(927)
	金属資源の供給リスクと資源確保戦略	平井浩二	25(937)
	レアメタルの供給や需要に関する今後の展望	岡部 徹, 野瀬勝弘	31(943)
	我が国における鉄鋼生産のボトルネックと将来課題	北村信也	38(950)
	金属素材の循環戦略とそのための技術	中村 崇	43(955)
レビュー	本多式熱天秤(第2回)熱天秤で奮闘した鉱山技師たちの物語	齋藤安俊	53(965)
鉄鋼概況	2013年7月～9月—高炉大手4～6月期決算、大きく改善—	左近司忠政	66(978)
経済 レビュー	日本における最近の鉄鋼需給動向(Ⅲ:最終回).....	左近司忠政	73(985)
連載	金属の特許こぼれ話(第6回)エルーと電気炉	鈴木雄一	83(995)
新連載	大学院の結晶構造解析(1)	梶谷 剛	91(1003)
	工業材料 NEWS—WEBパトロールから		2(914)
	今月の本棚		52(964)

催しものカレンダー 102(1014) / 講演会・研究会案内 103(1015)

次号予定 103(1015) / 編集後記 104(1016) / 広告索引 104(1016)

編集顧問: 井野博満, 田中良平, 永田和宏, 平林 眞, 増子 昇