

# レアメタルに関する大きな誤解： 工場のゴミゼロ化は本当に環境に優しいのか？

東京大学 生産技術研究所 持続型エネルギー・材料統合研究センター 教授、センター長 岡部 徹

以前、日本の大手自動車会社の幹部が私の講演を聴いた後にやって来て「先生の講演を聞いて目から鱗が落ちました。金属資源の採掘や製錬に伴って、これほどまでに激しく自然環境が破壊されているとは知りませんでした」と驚いて、「私たちの会社は10年掛けて工場のゴミゼロ化を達成しました。金属を多量に使用する自動車を作る以上、環境保護の取り組みは今後も続けていきます」と言っていたことがある。

日本で暮らしている多くの人が、「ゴミゼロ化運動」＝「環境に優しい取り組み」と勘違いしている。しかし、行き過ぎたゴミゼロ化運動は、見えないところで環境負荷やエネルギー消費が大きくなり、状況によっては環境に優しくない場合もあることはあまり知られていない。

ここでは、自動車などの工業製品の製造に不可欠な非鉄金属の生産に関する事例を中心に、日本における行き過ぎたゴミゼロ化運動は、ともすると「ナンセンスなアクション」になりかねないことを紹介する。

## ゴミの出ない家は、環境に優しい住まいか？

まずは、分かりやすい例え話をしてみよう。

ゴミゼロ化運動が環境に優しい取り組みだと信じているAさんは、会社だけでなく、自宅でもゴミが出ない生活を追求することにした。そのため自宅のゴミ箱を廃棄し、同時に排水も極力減らすことにした。

ゴミゼロ化運動を徹底しているAさんに対し、「食事や洗濯はどうしているのか」と尋ねると、「基本、食事は外食で、自宅で食べる場合は出前やケータリングで済ませ、ゴミは出さないようにしている」と答えた。さらに、「洗濯も排水が多くなるので、衣服はすべてクリーニングに出している」と自慢げに話していた。確かにAさんが徹底的に取り組むことによって、自宅からほとんどゴミや排水は発生しなくなる。

しかし、ゴミの発生源が自宅から外に移っただけで、Aさん宅のゴミゼロ化運動は、社会全体で見ると、ゴミの発生あるいはエネルギー

消費は減ることがなく、むしろ増大している場合もあるのである。自宅でのゴミゼロ化の取り組みは、一見、環境に優しいアクションであるかに思える。しかし、つきつめて考えてみると、多くの場合、逆に環境負荷を増し、エネルギー消費が大きくなるのが分かる。

このような例を考えてみれば、自宅から出るゴミや排水を徹底的に減らす取り組みは、状況によってはナンセンスであることが、専門的な知識がなくても容易に理解できよう。

## 環境に優しい製品製造の実態

では、本題である自動車などの工業製品を製造する組立工場から出るゴミや排水を徹底的に減らす試みは、本当に環境に優しい取り組みなのだろうか。

各社が環境に優しいと謳っているハイブリッド車は、高出力モータなどの大きな電流を流す機器を多く搭載しているため、1台当たり約50kgの銅(Cu)を使用する。

また、排ガスを浄化する触媒のために白金族金属(PGM)が数g程度必要となる。さらに、高性能モータの製造には、数kgの希土類(レアアース、REM)の合金磁石が必要である。電気自動車やハイブリッド車の場合は、大容量の高性能蓄電池(バッテリー)が必要となるため、これにもリチウム(Li)やコバルト(Co)などが多量に使われている。これらの金属は、資源の希少性や生産コストの観点からレアメタルと呼ばれている(図1)。

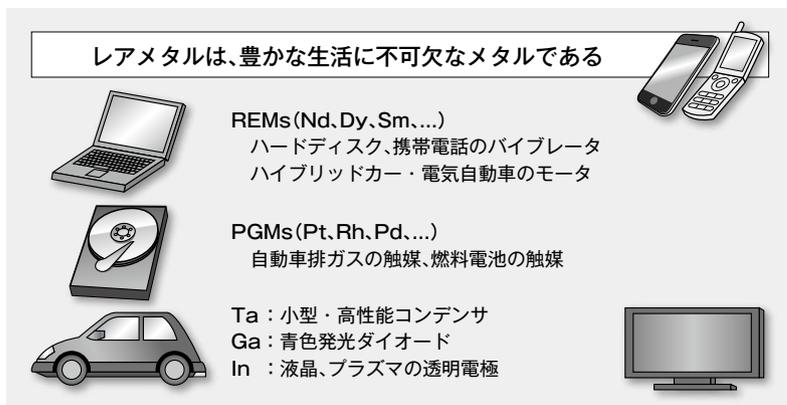


図1 ●省エネ高性能製品に必要なレアメタル

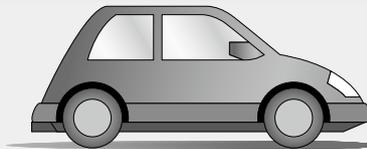
鉄鋼部材(特殊鋼・ハイテンなど) →合金添加元素(Cr、Mn、Mo、V、Nb、Ti、…)	排気ガス浄化触媒 →白金族金属(Pt、Pd、Rh、…)
モータ類 →磁石材料(Nd、Dy、Sm、Co、Tb…) 現在、100個以上のモータが1台の車に使われている ハイブリッド車や電気自動車には、多量のNdやDyが必要	電池 →ニッケル水素電池(Ni、Co、…) →リチウムイオン電池(Li、Co、…) →燃料電池の触媒や電極(Pt、…)
	照明 →LEDライト(Ga、In、…) →ハロゲンランプ(Sc、…)
	液晶ディスプレイ →透明電極(In、…)
自動車の製造時にも多くのレアメタルが使われる →工具用特殊合金(W、Co、Ta、…) →工作ロボット用のモータ(Nd、Dy、Sm、…)	電子基板・センサ等 →トランジスタ(Si、Ge、Ga、In、…) →コンデンサ(Ta、Ag、Pd、…) →抵抗(Ru、Pd、…) →電極(Au、Ag、Pt、Pd、…) →はんだ(In、Ga、Bi、…)
未来の車には、さらに多くのレアメタルが使われる →超長寿命・軽量材料(Ti、Sc…)	

図2 ●自動車に使われるレアメタル(走るレアメタル)の一例

自動車の製造に必要な金属素材の原単位の詳細については、筆者らによる解説<sup>(1)</sup>を参照していただきたい。今やモータやバッテリー、センサを多量に搭載している自動車は、レアメタルを多量に消費する工業製品となっている。自動車は、まさに「走るレアメタル」なのである(図2)。

自動車が走るレアメタルになったことによって燃費は大幅に向上し、走行時に排出するCO<sub>2</sub>の量は劇的に低下した。しかし、一般の人は、石油の消費量を減らし、CO<sub>2</sub>の発生量が抑えられている裏には、石油よりもはるかに貴重なレアメタルなどの金属資源が大量消費されているという現実があることを知らない。「ガソリンの消費量 = CO<sub>2</sub>の発生量」という偏った尺度でしか、環境負荷について考えない人が多くなっているのは由々しき事態である。

また、一般の人が天然鉱物から原材料がどのように生産されるのか知らないことにつけ込んで、原材料の生産過程における環境破壊の実態に頬かむりをし、CO<sub>2</sub>の発生量の削減効果のみを宣伝して「環境に優しい」と強弁する企業の在り方にも問題がある。企業も今後は原材料生産過程に関わる環境負荷の実態を開示するように改める必要があると筆者は考えている。

## 🏭 自動車1台を製造するための環境負荷

人類は何億年、何万年の年月を費やして地表近くに濃縮した金属資源を上手く利用して文明を築いてきた。しかし、鉱物資源の消費速度は年々増大しているため、銅などの非鉄金属資源は、年々鉱石の品位(=鉱石中の有

価金属の濃度)が低下している。鉱石の品位の低下に伴って、採掘や製錬に関わる環境負荷は、年を追うごとに増大している。

近年、銅鉱石の品位は銅の含有比率0.5%程度にまで低下している。したがって、銅鉱石から銅を抽出するためには、99.5%が確実にゴミとなり、そのほとんどが鉱山の周辺で処分されている。そのゴミの中には、ヒ素(As)やカドミウム(Cd)、水銀(Hg)などの有害な元素が含まれていることは一般に知られていない。銅だけに注目しても、最終製品の金属銅の少なくとも200倍の量の有害物を含むゴミが発生するという現実を理解すべきである。

ハイテク自動車を一台製造するためには、約50kgの銅が必要であるが、このためには、最低でも10tの銅鉱石を処理する必要がある。すなわち、銅だけでも、有害物を含む10tの廃棄物が発生する。自動車の重量を約1tとすると、その10倍以上の廃棄物が、その1台の自動車を製造するためだけに発生しているのである。

高性能モータの製造には、銅以外にも、希土類金属(レアアース)が不可欠である。高性能モータに使われる希土類合金磁石の主原料は、ネオジム(Nd)という希土類金属であり、これを鉱石から抽出して生産する際にも、放射性物質(NORM)を含んだ廃棄物が多量に発生する<sup>(2)、(3)</sup>。希土類鉱石の採掘や製錬の過程でも、環境を大きく破壊し、多量の有害な廃棄物が発生する。

自動車の排ガスを浄化するためには、白金(Pt)やパラジウム(Pd)などの白金族金属が不可欠だが、これらの白金族金属の鉱石品位はppmオーダーである。すなわ

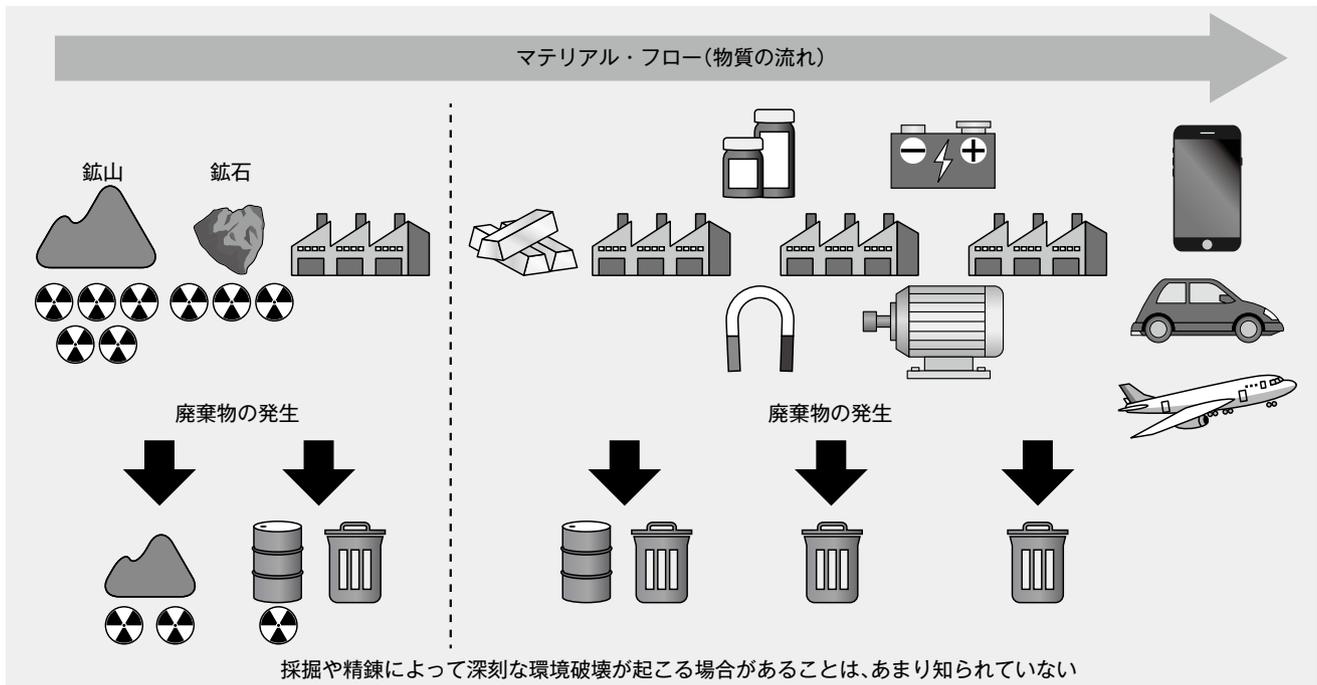


図3 ● 採掘・製錬により生じる環境負荷

ち、鉱石中に白金族金属は100万分の1程度の濃度しか含まれていないため、白金族金属を生産するためには、100万倍の廃棄物が発生し、その製錬には多量のエネルギーを消費する。自動車には数gの白金族金属しか使用しないが、その生産のためには、自動車の重量よりもはるかに大きな量の廃棄物が発生しているのである。

このように自動車を1台製造するためには、見えないところで、その何十倍の量のゴミが発生していることを認識する必要がある。また、そのゴミの中には多くの場合、有害物が含まれていることも理解するべきである。

先進国の自動車企業は、国外で有害物がロンドンリングされた(=ゴミが落とされた)高純度の素材を購入して製品を製造している。このため、先述の「ゴミが発生しない工場」をつくるのが可能となっている。しかし、天然鉱石を利用して自動車を製造する以上、自動車がハイテク化すればするほど、有害物を含むゴミの発生量が見えないところで増え続けることを認識する必要がある。

省エネ、低CO<sub>2</sub>排出の工業製品は環境に優しいと信じている人が多いが、天然鉱石を利用する以上、それを採掘・製錬することによって生じる環境負荷についても思考を巡らせ、環境について包括的に理解・認識する必要があると筆者は考えている(図3)。



先進国の多くの人々は、レアメタルを海外から輸入し、高性能・省エネのハイテク製品を作って環境保全に貢献

していると信じている。

天然鉱物から金属素材を製造する工程の実態を知らない消費者や株主に対して、企業のCSRとして、ゴミゼロ化運動=環境に優しい取り組み、と喧伝することは、環境意識を高めるという観点からは、ある程度は許されるかもかもしれない。しかし、行き過ぎたエコ宣伝やその取り組みは、かえって環境を破壊し、エネルギー消費が多くなる場合があることを認識するべきである。

「ゴミゼロ」というキーワードでネット検索を行うと、省エネ・ハイテク製品を製造する企業のHPが多数閲覧できるが、一連の取り組みは本当に環境に優しいのか、大元の天然鉱物資源の採掘・製錬の段階から総合的に考えてみる必要がある。

ここでは詳細は紹介できなかったが、ハイテク製品を生産する企業とそれを使用するユーザーは、NIMBY(not in my backyard)という概念にもとづく放射性元素を含む廃棄物(NORM)の処理などについても<sup>(2)</sup>、正確に実態を理解するべきである。

◆参考文献◆

- (1) 岡部徹, 野瀬勝弘: 第1章 自動車を取り巻く諸情勢, 1.6 自動車用のレアメタルとリサイクル, 自動車技術ハンドブック 第10分冊設計(EV・ハイブリッド)編, 自動車技術会, pp.38-59, 2015
- (2) 岡部徹: レアアースをはじめとするレアメタルの資源戦略と環境制約, 環境情報科学, Vol.43, No. 4, pp.1-6, 2015
- (3) 新エネルギー・産業技術総合開発機構編: 解説レアメタル, NEDO レポート, 日刊工業新聞社, 2016年2月23日発行

## 私見卓見

## OPINION

東京大学生産技術研究所教授  
(レアメタル製錬・リサイクル) 岡部徹

日本近海の海底で大量のレアアースが発見されたことが話題になっている。科学の研究として発見自体は素晴らしいことだと思う。ただ金属資源の開発や活用については一般的に誤解もある。枯渇の恐れがあると思われがちだが、資源量の不安はほとんどない。むしろ供給を制約する要因は、採掘や製錬の際に大変な環境問題を引き起こすところにある。

レアアースは中国に供給が偏っているが、実は世界中に優良な鉱山が多数存在する。陸上で発見されているだけで1億3000万ト以上と、世界需要の1000年分以上もある。にもかかわらず供給が中国に偏るのはなぜか。中国には資源を取り出す際に生じる大量のゴミを安く捨てる場

## 金属資源開発、環境コスト忘れるな

所があるのだ。

電気自動車(EV)やハイブリッドカーの高性能モーターに必要なスズ、プロシウムは、自動車1台分作るのに1〜4トの鉱石がいる。数百トのスズ、プロシウムを取りだしたあと、残りのゴミを捨てる場所が欠かせない。そのまま廃棄できればいいが、仮に鉱石が無料であっても、日本ではゴミを捨てる費用だけで採算がとれない。

銅は自動車1台に必要な50キログラムを取り出すのに10トの鉱石がいる。残った大量の鉱石にはヒ素や水銀などの有害な物質が含まれる。有用な金属を得るだけでなく、有害な物質を取り除き環境に出さないことも大切だ。

オーストラリアから輸出するレアアースの鉱石はマレーシアで中間処理したあと、日本に運ばれる。鉱石に含まれる放射性物質などを除くため

だ。マレーシアは放射性物質を処理する社会システムと技術を持っている。環境負荷を抑えるにはどのような規制と技術を持つべきか。日本も考えなければいけない問題だろう。

先進国の消費者は電気自動車(EV)などのハイテク製品を賢く使うことで環境問題に貢献していると考えられるが、これは偏った見方だ。EVで二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量が減っても、レアアースや銅などの使用が増えれば鉱石から大量のゴミが出る。こうしたバックヤードの環境コストをまったく見ていない。

金属資源は新技術に役立つ面と環境に負荷を与える面がある。ひとつの製品でどのように環境への負荷を減らすか。新たな資源開発だけでなく、コストはかかってもリサイクルを進めるべきではないだろうか。

当欄は投稿や寄稿を通じて読者の参考になる意見を紹介します。〒100-8066東京都千代田区大手町1-3-7日本経済新聞社東京本社「私見卓見」係またはkaisetsu@nex.nikkei.comまで。原則1000字程度。住所、氏名、年齢、職業、電話番号を明記。添付ファイルはご遠慮下さい。趣旨は変えずに手を加えることがあります。電子版にも掲載します。