

プリアスと希土類元素

最近、新聞紙上で希土類元素に関する記事をしばしば目にするようになった。中国が希土類元素の輸出量を大幅に削減することを決めたからだ。この「ひとこと」を書いている9月19日(日)の日経朝刊のレビュー&プレビュー面にも「希土類元素、製造業に影、中国の輸出規制で急騰」という大きな記事が出ていた。それによると、希土類元素を含む製品の値上げに踏みきった日本企業が多く、値上げ幅は2割から4割ぐらいだそうだが、4倍になったものもある。

日本は世界最大の希土類元素の輸入国だという。大量の希土類元素を輸入して、何に使っているのだろうか？ 私は化学が専門のはずなのに、何も知らないので、少し恥ずかしく思っていた。ところが、この疑問に対する答えが数日前に偶然見つかった。答えは意外なところ、つまり、アメリカ物理学協会の雑誌 Physics Today に出ていた。何故私がこの雑誌を見たかということの説明は後回しにして、先に答えを言おう。希土類元素のおそらく最大の用途はトヨタのプリアスなのだ。

希土類元素は、周期表の第3族(かつての呼び方では第3A族)の21番元素スカンジウム(Sc)と39番元素イットリウム(Y)およびランタノイド元素(57番から71番までの15種の元素)を合わせた17種の元素の総称だ。このうち、ランタノイド元素の幾つかがとくに問題になっているのだが、なかでも60番元素のネオジム(Nd)と57番元素のランタン(La)が最も重要なものだ。

ネオジムは「ネオジム磁石」を作るために使われている。「ネオジム磁石」は現在知られている最強の永久磁石だ。永久磁石といえば、誰でも鉄を思い浮かべるが、ネオジム磁石の材料も鉄が主成分の合金だ。その組成は、ネオジム(Nd) 2, 鉄(Fe) 14, ホウ素(B) 1の割合で、元素記号で書くとNd2Fe14Bになる。

Nd2Fe14Bが化合物を意味しているのか、それとも混合物の組成だけを示すものなのかは、私はよくわかっていない。Wikipediaの英語版にはcompoundという言葉が使われている。それならば化合物だということになるが、その言葉を厳密な意味で使ったのかどうかはわからない。固溶体と呼ばれる一種の混合物なのかもしれないのだが、正方晶系の結晶(tetragonal crystal)になるとも書いてあることが気になるところだ。

気になる点はともかくとして、鉄はもちろん金属で、ネオジムも金属だが、ホウ素(B)は金属ではない。しかし、ネオジム磁石の大部分は金属元素が占めているので、そのなかに僅かに非金属元素が混じっていても、全体として合金と呼んでいるわけだ。僅かだがホウ素が混じっていることが重要なのだろう。

実は、ネオジム磁石の開発には日本人が関わっていた。ウィキペディア日本語版によると、開発したのは住友特殊金属にいた佐川真人で、1982年のことだったそうだ。

この会社は2004年に日立金属に統合されている。Wikipedia 英語版の記述は少し異なっており、1982年に General Motors と住友特殊金属が Nd₂Fe₁₄B を独立に開発して、別々の方法でネオジム磁石を作ったことになっている。

さて、ネオジム磁石はどこにどれだけ使われているのだろうか？Physics Today によると、一番の用途はプリウスのモーターなのだ。プリウスはハイブリッドカーで、ガソリンエンジンに加えて、電気自動車として走るため電池で動くモーターを搭載している。エンジンは電池を充電するための発電用モーターと連動している。ネオジム磁石はこれら2種類のモーターに使われており、これらに含まれているネオジムの量は1キログラムにのぼる。また、59番元素プラセオジム(Pr)、65番元素テルビウム(Tb)、66番元素ジスプロシウム(Dy)も少量ながら使われている。これらのモーターは走行用の動力源だが、これら以外にも、多数のモーターがいろいろな目的のために装備されており、それらにもネオジム磁石が使われている。

もっと驚くことは、プリウス用のニッケル水素電池には、何と約10キログラムもの57番元素ランタン(La)と58番元素セリウム(Ce)が含まれている。これらはニッケル水素電池の負極に使われていることは確かなのだが、実際にプリウスに使われているものがどういうものかはわからない。おそらく最高の企業秘密なのではなかろうか。ニッケル水素電池という言い方は不正確で、本当はニッケル-水素化金属電池というべきなのだ。この水素化金属の金属にランタンやセリウムが使われているのだ。

Wikipedia 英文版によると、ニッケル水素電池の正極に使われているオキシ水酸化ニッケル(NiOOH、Wikipedia 英文版には nickel oxyhydroxide と書かかれているので、ここではオキシ水酸化ニッケルと呼ぶが、正式名ではないかもしれない。)を開発したのは、湯浅電池(現ジーエス・ユア

サ)の Dr. Masahiko Oshitani で、1980年代の終わりのことだったようだ。ネオジム磁石の開発もそうだが、この世界では日本人が活躍していたことがわかる。

プリウスには、他にも希土類元素が使われている。窓ガラスや排気系にはセリウム、運転席の前にある液晶スクリーンには、63番元素ユウロピウム(Eu)、39番元素イットリウム(Y)、セリウムが含まれている。プリウスだけで、これだけ多数の箇所にいろいろな希土類元素が使われているのだから、日本の輸入量が多いのは理解できる。

最先端の自動車だけでなく、ノートパソコンなど身近なものにも希土類元素は使われている。ネオジム磁石を使わないと、ノートパソコンのサイズは今のものの2倍から3倍になるという話もある。

では、希土類元素の供給が止まると世の中はどうなるのだろうか？それを心配している人たちは大勢いるようで、いろいろな方策が模索されている。現在、中国は希土類元素の95%を供給しているが、埋蔵量では全世界の30~40%だと言われている。既に、アメリカ、カナダ、カザフスタンなどで希土類鉱山の再開発や開発に向けての動きが始まっている。リサイクルのための研究も始まっている。また、代替品の開発を目指す動きもある。しかし、これらにはある程度の時間がかかるので、当面問題が出る可能性はないわけではない。これから状況がどう展開するかには注意することが必要だろう。

希土類元素(英語は rare earth elements)という名前は、誤解を招くものだと思う。この名前は、これらの元素が発見された今から200年ほど前には、存在量の少ない希なものと考えられたことに基づいている。しかし、それは間違っていたのだ。61番元素プロメチウム(Pm)だけは、地球上には現存していないと見ておそらく間違いではないが、プロメチウム以外の希土類元素の存在量はとくに少なくはない。セ

リウムの存在量は全元素のなかで 25 番目とされている。

最後に、元に戻って、何故私が雑誌 Physics Today の記事を見たかについて述べておこう。私はアメリカ光学会 (Optical Society of America) の終身会員なので、この学会を傘下に持つ米国物理学協会 (American Institute of Physics) が毎月発行している雑誌 Physics Today が送られてくる。ただし、船便で来るので、何箇月もかかるときがある。この記事が出ていたのは今年の 5 月号なのだが、それが届いたのは数日前だったというわけだ。航空便で送ってもらえば、発行から数日以内で届くのだが、そうしていないのは、今ではインターネットで見たいものを全部見ることができるからだ。私は 5 月号の大きな記事の見出しはネットでチェックしたのだが、この記事には本物の雑誌をめくるまで気付かなかった。本物の雑誌を手にとって見ることに意味があることを再確認した。(おわり)