

携帯電話の環境背後霊

京都大学大学院 エネルギー科学研究科 やますえ えいじ 山末 英嗣

はじめに

不思議なタイトルに驚かれたかもしれませんが、「環境背後霊」という言葉は(独)物質材料研究機構の原田幸明博士が提案された言葉です。学術的には受け入れられにくい言葉と思っているのですが、私自身は非常に気に入っている言葉です。詳細は後述しますが、環境背後霊とは皆さんが普段使っている素材・材料・製品の背後に隠れている、とある環境影響について、やや感覚的ではありますが分かりやすく表現した言葉です。この記事では「携帯電話」の環境背後霊について書いていこうと思います。

携帯電話と金属

さて、皆さんの多くが携帯電話を所有されていると思いますが、その重さはどのくらいでしょうか。昔は100gを切るような携帯電話がありました。最近ではスマホの普及もあって少し重くなり、100~200gのものが多いようです。余談になりますが、携帯電話の歴史は意外と長く、ポータブルタイプで約30年ほどになります。1985年ごろに発売されたある携帯電話の重量はなんと約3kgもありました(その大部分がバッテリーの重量でした)。それでも待受時間はわずか8時間、そして連続通話時間は40分という短さだったそうです。現在の携帯電話は公称値ですが待受時

間500時間、連続通話時間300分という長さです。

携帯電話の軽量化、長い駆動時間、そして高機能化はあらゆる技術によって実現されているのですが、同時に種々の材料も投入されています。金属でいえば、約40種類もの金属元素が携帯電話には使用されています。周期表に載っている百十数個の元素のうち、金属元素は80種類前後ですが、その半分もの元素が携帯電話に使用されている事実は驚きではないでしょうか？

金属は枯渇するのか？

ここで皆さんはもしかしたら「レアメタル」という言葉を思い浮かべられたのではないのでしょうか？携帯電話にも多くレアメタルが使用されていることをご存じの方も多いと思います。

レアメタルの「レア」には「稀少・まれ」という意味があります。「メタル」は「金属」ですから、レアメタルは「稀少金属」という意味です。ところで多くのマスメディアがレアメタルを報じるとき、この稀少という言葉が一人歩きする場合があります。レアメタルについての話題が出るとすぐにその枯渇問題がクローズアップされることが多いように思います。もちろん枯渇を心配しなければならないレアメタルもあります。しかし、例えば白金の世界埋蔵量は48,000tonほどなのです。

が、その年間需要量が約200tonであることを考えると、単純計算で240年は枯渇の心配がないことになります。また、バッテリーに使用されているリチウムについては、近年、ボリビアのウユニ塩湖が注目されており、ここには世界の半分のリチウムがあるそうです。むしろ、レアメタルではない「銅」や「亜鉛」の方が早く枯渇するという問題があるくらいなのです。

◆ 枯渇以外の問題

では、私たちは好きなようにレアメタル(や金属)を使って良いのでしょうか？ 答えはNOです。確かに全ての金属で枯渇問題はすぐには生じないかもしれませんが、別の問題があるのです。その代表が供給の不安定性と環境影響です。

供給の不安定性には種々の要因があるのですが、資源が偏って存在することも要因の一つです。例えばレアアース(希土類元素)と呼ばれる元素について考えてみましょう。ハイブリッド車のプリウスにも希土類元素が使用されており、わが国のものづくり産業にとって欠かすことのできない元素となっています。実はこの希土類元素は中国が圧倒的なシェアを持っています(2009年の生産量でなんと97%!)。逆にいえば、中国が希土類元素の流通・価格をコントロールできるのです。事実、2010年の秋に中国が外交カードとして輸出規制を打ち出して、わが国を騒然とさせた事件を覚えている方も多いと思います。希土類元素の世界埋蔵量は9,900万tonと豊富で、白金と同様の計算により800年程度は枯渇の心配が

ないのですが、経済的に使いやすい鉱石は中国に偏って存在しているのです。中国からすれば大変有利な状況です。希土類以外の元素についても埋蔵量の偏りは存在します。例を挙げると、携帯電話のコンデンサにも使われているタンタルの63%はオーストラリア、白金の75%は南アフリカに存在しています。リチウム電池の電極にも使われるコバルトの場合、政情不安の絶えないコンゴ民主共和国(旧ザイール)がシェアの約半分を握っており、紛争や鉱山のストライキにより1977年以降十数回、長いものでは7カ月間もの供給障害が起きているのです。日本は重要なレアメタル7種類については2カ月間分を備蓄していますが、深刻な供給制限が起きた場合、これで十分という保証はありません。

◆ 環境背後霊

もう一つの大きな問題は環境影響で、これが本題です。環境影響を評価する指標として代表的なものにCO₂排出量があります。しかし、それだけでは見えない環境影響もあります。ここでは自然環境をどのくらい手を加え開発しているのか?という問題について考えてみましょう。例えば金鉱石に含まれる金の量は約0.0001%です。逆に言えば1gの金を得るためには1tonの鉱石を採掘、つまり環境を開発しなければならぬことを意味しています。

図1は筆者がニューカレドニアを調査したときに撮影した写真です。写真から分かるようにニューカレドニアは自然に恵まれた島であり、同時に固有



図1 ニューカレドニアの自然

種が非常に多い島としても有名です。ニューカレドニアの約4,000種の陸上植物のうち、8割がニューカレドニアだけの固有種といわれています。図2はカゲーと呼ばれる大変かわいらしい鳥（でも飛べない）ですが、これもこの島にしか存在しておらず、ニューカレドニアの国鳥となっています。

一方、ニューカレドニアは世界有数のニッケル産出国でもあります。図3はニューカレドニアのニッケル鉱石の採掘現場ですが、表層25m以上を削り取っています。

このような開発をして、固有種に影響がないわけではありません。

日本は資源に乏しい国です。したがって、私たちが種々の材料を使うとき、諸外国の鉱山や油田を利用せざるを得ません。金の場合、幸い日本には菱刈鉱山という世界でも有数の金品位を有する鉱山が稼働しているため、ある程度は自国の資源を使っていることになりませんが、それでも消費者は自然環境を開発していることに気づきにくいのです。それがニッケルといった諸外国の資源となると、さらに意識しにくくなってしまいます。私たちが手元

で使っている資源の量は少量かもしれませんが、実はその何倍、何十倍、ときには何十万倍もの環境の開発が背後に隠れているのです。そのような隠れた環境の攪乱量を端的に表す言葉として提案されたのが「環境背後霊」なのです。専門的には関与物質総量（Total Material Requirement, TMR）や Material Intensityと呼ばれており、その考え方の下、1kgの鉄の環境背後霊は8kg前後と推算されます。これは1kgの鉄を作るためには8kgに相当する重さの土砂や森林を開発していることを意味しています。ニッケル1kgの環境背後霊は200~350kgと推算されます。

このように考えていくと携帯電話の環境背後霊はどのくらいになるのでしょうか。携帯電話の重さを100gとするとその約70%はプラスチックです。そして銅（10%）、ガラス（7~8%）、鉄（5%）と



図2 ニューカレドニアの固有種カゲー。国鳥でもある



図3 ニューカレドニアのニッケル鉱石採掘現場

続きます。この携帯電話の環境背後霊を計算すると20~30kgと計算されます。皆さんが「もしもし」と電話をする際に持っているわずか100gの携帯電話の背後には小学中低学年の子供くらいの重さの「環境背後霊」が隠れているのです。恐ろしや~ですね。そして、その内訳は金が40%、パラジウムと銅がそれぞれ20%、白金が7~8%となります。環境背後霊の視点で携帯電話をみると、ほとんどが金属ということになります。

◆ 環境背後霊を小さくするには

環境背後霊を小さくするためにはどうしたらよいのでしょうか？ 鉱石の品位（金属の含有量）は年々低下しています。したがって、何も対策を講じないと環境背後霊は増加の一途を辿ってしまいます。解決策の一つはリサイクルでしょう。携帯電話をリサイクルしても、もちろん諸外国のエネルギーは必要ですし、リサイクルできない部分は埋め立てや焼却処理をするしかなく、それは環境背後霊の増加の一因となります。しかし、新しく携帯電話を作る場合に、仮にすべて携帯電話からリサイクルした金属を使うことができるとすると、環境背後霊の大きさは8kg程度に抑えられることが筆者の推算で分かりました。つまり携帯電話を1台リサイクルする度に12~22kgの環境背後霊を削減できるのです。さらに話を進めて、仮に日本全体の規模に拡大すると年間に約10万tonの環境背後霊を削減できるのです。これは50mプール20杯分の量に相当します。そしてもう

一つ重要な点は、リサイクルをすることにより資源の諸外国依存性を大きく削減できることにつながる点です。前述のコバルトは携帯電話にも使われる重要な金属元素ですが、その採掘のために幼い子ども達が不当に労働を強いられたり、民族や国家間の争いに発展したりすることもあり、このような資源は紛争鉱物とも呼ばれています。私たちがリサイクルを進めることでこのような問題を防ぐことも可能なのです。

◆ さいごに

少し長くなってしまいましたが、環境背後霊という概念について説明してきました。資源問題には多くの要因が関わってきます。したがって多角的な視点から評価を進めることが重要です。環境背後霊という概念では、CO₂排出量で見えない影響について評価することが可能ですが、どちらが良いと優劣をつける類のものではないことを申し添えておきます。

読者の皆さんに環境背後霊という概念を知ってもらい、それを通じて今まで見えてこなかった問題を眺めてもらうことができれば望外の喜びです。

最後にもう少し興味のある方向けの書籍、文献を紹介しておきます。

山末英嗣ら：特集「都市鉱山の有効利用のための方法論」金属、2012年7月号
原田幸明、醍醐市朗：函解 よくわかる「都市鉱山」開発—レアメタルリサイクルが拓く資源大国への道（B&Tボックス）、2011年