

誰かに教えたくなる 科学技術の話 15

日本を資源大国にする 都市鉱山



東京大学名誉教授 月尾 嘉男

豊富な生物資源と貧弱な鉱物資源

日本の陸地面積は世界の六十番目程度という小国であるが、多数の島嶼が存在するため海岸から二百海里（三百七十キロメートル）までの海域である排他的経済水域（EEZ）の面積は世界八位という大国である。さらに日本列島が北東から南西に弓形になっているため、東西の最大距離は三千百五十キロメートル、南北は二千七百九十キロメートルという広大な範囲に国土が展開している。

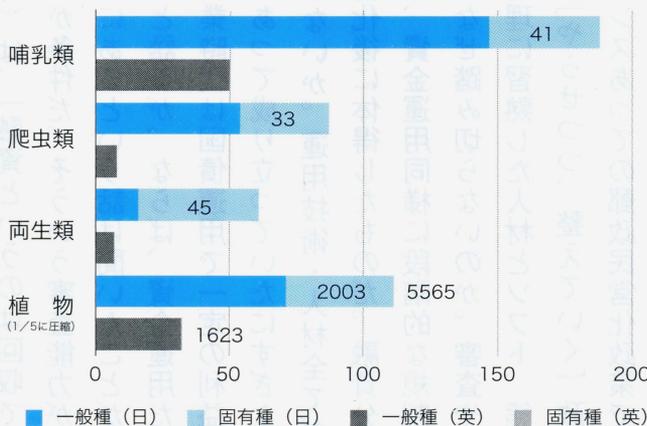
日本が大国であることは北米大陸と比較すると理解できる。日本の北端は択捉島の北緯四五度三三分であり、これは北米大陸ではカナダのモントリオールの位置に相当する。南端は沖ノ鳥島の北緯二〇度二五分であり、これはアメリカのマイアミの位置である。東西では北米大陸の東西距離の約七五％に相当するニューヨークからソルトレイクシティまでの距離である。

その結果、日本には多種多様な生物が存在する。数例を紹介すると、哺乳類は国内に百八十八種が生息し、そのうち二二％に相当する四十一種はイリオモテヤマネコ、ニホンアシカなど日本固有の動

物である。爬虫類は八十七種が生息し、三八％の三十三種、両生類は六十一種が生息し、七四％の四十五種が日本固有である。植物は五千五百六十五種が生育しており、三六％の二千三種が日本固有である。

これらの数字の素晴らしさは日本と同様の島国のイギリスと比較すると明確になる。イギリスに生息する哺乳類は五十種で固有はゼロ、爬虫類は八種で固有はゼロ、両生類は七種で固有はゼロ、植物は千六百二十三種で固有は一％の十六種でしかない(図1)。イギリスの国土面積

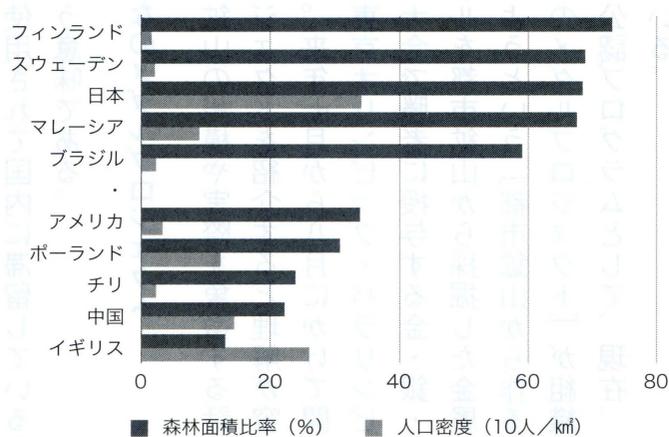
図1 生物の種類比較



は日本の六四％という影響もあるが、人口密度も日本の七五％であるから、生物資源の大差の理由は面積の規模ではない。

最大の理由は国土の森林面積比率である。世界各国の森林面積比率で日本は六八％で十七番目であるが、日本より上位はミクロネシア、パラオなど島国の小国が大半で、一定規模以上ではフィンランドとスウェーデンのみである。一方、イギリスは一三％で百三十五位である。産業革命初期に燃料として森林を大量に伐採した影響であるが、それが生物の棲息に影響しているのである(図2)。

図2 森林面積比率と人口密度 (2015)

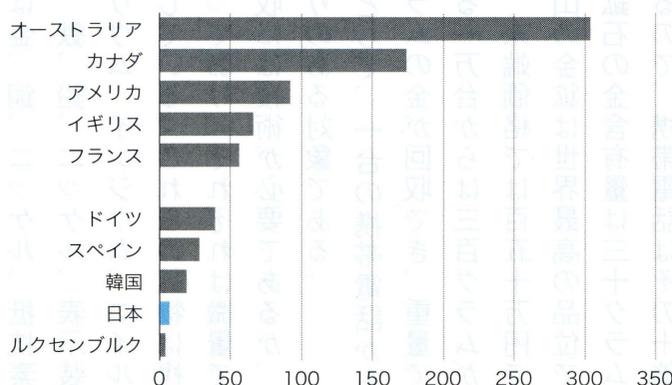


世界有数の都市鉱山がある日本

生物資源では大国の日本であるが、残念なことに日本の弱点は鉱物資源では小国ということである。エネルギー資源では新潟などに油田が存在するものの、それらによる自給比率は〇・四％。石炭は釧路で掘削されているが実質はゼロであり、水力発電と風力、太陽、木材などの再生可能エネルギーで八％を自給しているだけで、自給比率はOECD加盟三十六カ国の三十五位である(図3)。

金属資源について、日本は江戸時代ま

図3 エネルギー自給比率 (OECD)



で世界有数の金・銀・銅の生産国であった。金では佐渡の相川金山、銀では世界文化遺産に登録されている石見銀山、銅では足尾銅山などが代表で、相川金山は江戸前期には金を年間四百キログラム、銀を四十トンも採掘しており世界有数の鉱山であった。当時の日本は全体で年間二百トンの銀を産出しており、これは世界全体の三〇％以上であった。

しかし現在では鉄鉱も銀もアルミニウムの原料であるボーキサイトもほぼ一〇〇％輸入に依存している。金鉱は鹿児島にある菱刈鉱山が世界有数の品位の金鉱を産出し、それ以外にも生産されているが、日本の年間の総生産量は八トン程度であり、世界の三千二百トンの〇・二五％という規模である。日本は工業大国であるが、その原料については完全に海外に依存している状態である。

ところが日本国内には世界有数の都市鉱山が存在する金属資源大国であるという意見を一九八八年に東北大学の南條道夫教授が発表され、さらに二〇〇八年に物質・材料研究機構が様々な金属について都市鉱山の規模を発表して世間で話題になった。都市鉱山とは元来は外国から輸入した金属であるが、それが工業製品

などに使用されて国内に滞留している金属という意味である。

みんなのメダルプロジェクト

都市鉱山の規模や実際を象徴する話題のプロジェクトを紹介すると理解が容易である。来年七月から八月にかけて開催される**東京オリンピック・パラリンピック競技大会**で勝者に授与する**金・銀・銅のメダル**を都市鉱山から採掘した金属で製造しようという「**都市鉱山から作る！みんなのメダルプロジェクト**」が組織委員会の公認プログラムとして、現在、進行している。

オリンピックとパラリンピックでは約五千個のメダルが授与されるが、国民から不要になった携帯電話やパーソナル・コンピュータなど情報端末機器を供出してもらい、そこから回収した金属でメダルを製造するという趣旨である。これは日本が都市鉱山の大国であることを内外に周知するだけでなく、国民が大会に参加する意識を涵養することにもなる秀逸な企画である。

携帯電話の内部に組込まれた部品には様々な鉱物が使用されている。集積回路は金、銀、銅、錫、電池はニッケル、接

続端子は金、銅、ニッケル、抵抗素子は銀、銅、鉄、鉛、ニッケル、表示装置は錫、バリウム、インジウム、コイルは銅を含有している。これらの鉱物は複合物質になっており、それぞれは微量であるから回収には技術が必要であるが、十分に見返りのある対象である。

一例として、一台の携帯電話から○三グラムの金が回収でき、重量で一トンになる一万台からは三百グラムが回収できる。末端価格では百五十万円である。

菱刈鉱山の金鉱は世界最高の品位で、一トンの鉱石の金含有量は三十グラム程度とされるので、携帯電話はその十倍の品位の鉱石に相当する。そこで携帯電話を何台回収すれば三種のメダルを製造できるかを簡単に計算してみる。

金メダルと銀メダルはそれぞれ千六百個、銅メダルは千八百個が必要である。大会の規定ではメダルの寸法は直径六十ミリメートル以上、厚さ三ミリメートル以上となっているので、その最小寸法で計算する。金メダルは全部が金塊ではなく、三百六十グラムの銀で土台を製造し、その表面を六グラムの金で被覆することになっている。銀メダルと銅メダルは全体が銀もしくは銅である。

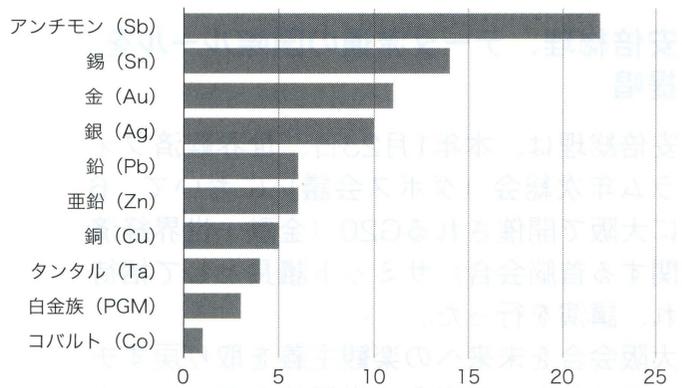
それを根拠にすると、金は九・六キログラム、銀は千百キログラム、銅は五百五十二キログラムが必要となる。これを携帯電話から回収しようとする、金は三十二万台、銀は五百八十万台、銅は四万台が必要であり、その最大の台数である五百八十万台が回収必要台数になる。最近では廃棄される携帯電話が減少傾向にあるが、それでも年間約六百万台は回収されているので、達成可能な目標である。

日本の都市鉱山の規模

金属資源の不足している日本は大量の資源を海外から輸入し、鉄道、鉄橋、電線など社会基盤や、車両、機械、装置など工業製品に加工して社会に蓄積してきた。それらに内蔵されている金属資源が都市鉱山であるが、その総量が世界に埋蔵されている資源の何割に相当するかを二〇一七年について調査したサステナビリティ技術設計機構の資料によって日本の都市鉱山の規模を紹介する。

最大比率はアンチモンの二二%で、以下、錫が一四%、金が一%、銀が一〇%、鉛が六%、亜鉛が六%、銅が五%などとなっている(図4)。これらは国内に鉱脈として存在するわけでもなく、資材

図4 日本の都市鉱山蓄積量／世界埋蔵量 (%)



として保管されているわけでもなく、社会基盤や工業製品に内蔵されているからそのまま資源として利用できるわけではないが、資源小国日本という評価を見直す契機にはなる。

日本の都市鉱山の規模を世界各国の埋蔵量と比較すると日本は意外な資源大国である。金の埋蔵量が世界最大のオーストラリアは九千五百トン、二位のロシアが八千トン、三位の日本は六千八百トン(図5)。銀は一位のペルーが十二万トン、二位がオーストラリアで九万トン、日本は六万トンで五位(図6)。銅は一位のチ

図5 金の埋蔵量と日本の蓄積量 (2016:t)

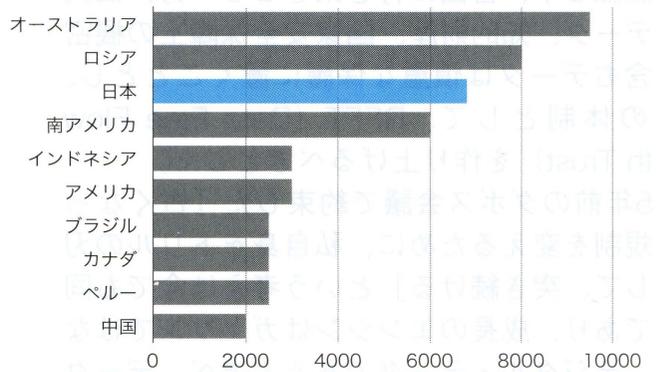
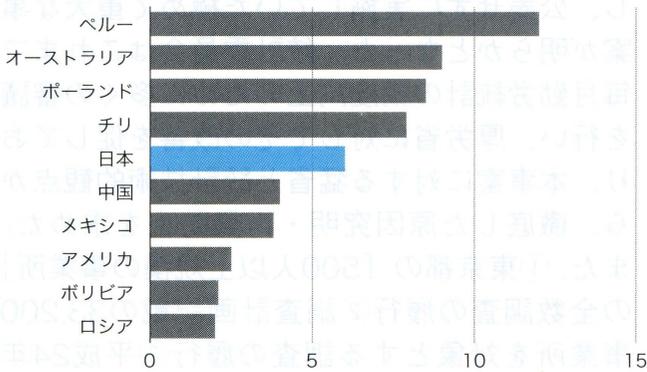


図6 銀の埋蔵量と日本の蓄積量 (2016:万t)



リが二億トン、二位のオーストラリアが九千五トン、日本は五位の四千万トンである。

今後の社会で意義のある都市鉱山

すでに一部の都市鉱山は採掘されはじめている。日本では二〇〇一年に家庭電化製品をリサイクルすることを義務とする法律が施行され、空調機、テレビジョン受像機、冷蔵庫、洗濯機を廃棄する場合は一定の手順でリサイクルすることが義務となり、最近では一年で金が百八十キログラム、銀が二千三百キログラム、銅が千五百トンという規模で回収されている。

これまでの工業社会では無限の天然資源を前提に次々と製品を大量生産し、旧型を廃棄してきたが、その構造は二種の限界に直面している、第一は地球の資源が有限であることが現実になってきたこと、第二は地球の環境が大量廃棄を許容しなくなったことである。そのような視点から都市鉱山には重要な意味があり、都市鉱山大国の日本には絶好の機会が到来したことになる。