【特集：マテリアルフロー・アカウンティング】

リサイクル物のトレードフロー

原 田 幸 明*

【要 旨】 各金属のトレードフローを示した。データは国連貿易統計 (Comtrade) より得、輸入国側のデータを基に2国間のフローを把握し、その大きなものから国示した。また、輸出、輸入量の大きい国々とその量を示した。ほとんどの金属の国際的なトレードフローの中で日本が重要な位置にあることが示された。また中国の位置の増大や東欧北欧南欧へのフローの拡大など、20世紀後半の米日独の3局構造からの変化が起きてきていることが明らかとなった。

キーワード: トレードフロー, 物質フロー, 国際競争力, 工業材料, 工業製品

1. は じ め に

世界の金属消費は著しく増加しており、2050年には埋蔵量の数倍の消費が予想される金属も数多く存在するような段階になっている¹⁾。他方で、このような消費の結果、一旦人間経済圏に引き入れられた既採掘の金属蓄積量も日々増大しており、今や金、銀、銅などでは、このような二次ストックの量が地中の確認埋蔵量である一次ストックに匹敵する量になってきている²⁾。

このような中で、既に鉄、アルミ、銅などのリサイクルスクラップは、いまや通常の商品として、グローバルに流通している。また、レアメタル類においては、使用済製品の中の微量のレアメタルを回収するために、他の副素材を伴った形でレアメタルスクラップ資源の国際移動にも注目しておく必要がある。本稿では、これら金属スクラップのトレードフローを概括的に把握し、それら金属フローから明らかになる現状と問題点について考察した。

2. トレードフロー分析方法

金属スクラップのマクロ・トレードフローを定量化す

るために、国連貿易統計のComtradeのデータベースを用いた。データベースの搭載データをもとに、2006年の代表的な数種のWaste and Scrapとしてあげられているcommodityのトレードフローを整理、分析し、これを図示した。なお、筆者はスクラップ以外の各種新金属に対してそのトレードフローを示しており³⁾、それと参照しながらご一読いただければ、金属1次資源と2次資源トレードフローの相互関係を知ることができると思われる。

図1は、HS2002コード7204に分類されているIron waste and scrapのトレードフローの分析結果である。本図では、約100万ton以下のマイナーフロー線は省略している。図中の丸印は国を表し、アルファベット2文字のコードで国名を示している。グレー表示の国は輸出入の差し引きが輸出超過である国、黒表示の国は輸入超過の国を意味しており、数値はその輸出入差の量(単位100万ton)を示している。また矢印は2国間の取引量(単位1,000ton)であり、取引量の値は輸入国側の輸入量で記載している。なお、ドイツ(DE)とオランダ(ND)の輸出入のように、双方向からの流れがあるものも相殺せずそのまま記載した。以下同様の手法で、アルミニウムスクラップ、銅、金、白金、鉛、タングステン、コバルト、ニッケル、マグネシウムのトレードフローを作成した。これらを図2~11に示す。なお、鉛フローにおける参考情報として、廃バッテリーのトレードフローも図7に示した。

原稿受付 2009.7.31

* 廃物質・材料研究機構 材料ラボ

連絡先: 〒305-0047 茨城県つくば市千現1-2-1

E-mail: halada@mcn.ne.jp

3. 分析結果

図1～11において、たとえば鉄スクラップの流れだけ見ても、わが国の中で一般的に認識されている流れとは大きく異なる傾向が見てとれると思われる。わが国では中国に大量の鉄スクラップが流出していることから、中国が世界中の鉄を自国の建築や産業などのために集めているように感じている人も多いと思われる。しかしながら、図1よりわかるように、中国(CN)をしのぐ鉄スクラップの輸入国はトルコ(TK)であり、その他、スペイン(ES)やイタリア(IT)の鉄スクラップ輸入量も中国をしのいでいる。トルコに流れ込んでいる鉄スクラップはロシア(RU)からが最も多く、それにアメリカ(US)からが次いでいる。全体として見れば、アメリカが鉄スクラップの最大の輸出国である。バージンの鉄の貿易動向と比較すると、ほとんどの国で両者がほぼ同じ輸出入の傾向になっている。これは鉄スクラップが既に鉄源として確固たる地位を築いており、既に重要な貿易要素となっていることを意味している。この中でイタリアは、他の先進国とは異なり、バージン鉄およびスクラップともに輸入超過となっており、鉄を用いた加工産業に力を注いでいることが伺える。バージンとスクラップの傾向が一致していないのはベルギー(BE)と中国である。この両国は、ともにスクラップは輸入しながらも、鉄全体としては輸出している。特に注目すべきは中国である。中国の国内内需の増大に目を奪われがちだが、既に鉄は輸出超になっており、スクラップの輸入もその

ような国際貿易による競争力の確保の観点から見ておく必要がある。

図2に示すアルミニウムスクラップの動向も、鉄と同様に、ほぼバージン材の輸出入傾向と一致している。スクラップの最大の輸入国は中国であり、最大の輸出国はアメリカである。イギリス (GB)、ドイツ (DE)、フランス (FR)、オランダ (ND) 等、西欧諸国が輸出国となっている。アルミニウムの場合においても、中国はスクラップを大量輸入している反面、アルミ全体ではオーストラリア (AU)、ロシア (RU) に次ぐ輸出国であり、鉄と同様にスクラップを資源として国際的な素材供給の役割を担いつつあるといえる。ヨーロッパはほぼ北と南に別れて異なった傾向になっており、イタリア、スペイン (ES)、スロベニア (SI)、オーストリア (AT) 等が受け入れ国となっている。なお、アルミ全体ではノルウェー (NO) 以外は輸入超過もしくはわずかな輸出超というのがヨーロッパのアルミ貿易の状況である。

銅のスクラップについては、図3よりわかるように、世界中から中国に流れ込んでいる構造になっている。この場合、鉄やアルミと異なることは、バージンを含む銅全体でも中国が最大輸入国となっていることである。中国への最大の輸出国は日本であり、この日中の流れが銅スクラップにおける最大のマテリアルフローになっている。なお、スクラップ収支をとれば、日本は中国に次ぐ2番目の輸入国である。加えて、バージンを含む銅全体では、日本はむしろ世界最大の輸出国でもあり、スクラップや鉱石を輸入して銅製品を供給するポンプのよう

図2 アルミスクラップ (HS2002 コード: 7602) の世界トレードフロー (単位: 1,000 ton)

図3 銅スクラップ (HS2002 コード: 7400400) の世界トレードフロー (単位: 1,000 ton)

な働きをしている。ヨーロッパではフランス、イギリス、オランダなどのスクラップがドイツに集まる傾向がある。なお銅全体では、ドイツとポーランド(PL)、スウェーデン(SE)が輸出国である。

これらのコモンメタルについて概観をまとめると、ドイツを軸とするヨーロッパ、合衆国を軸とする南北アメ

リカ、それに中国を軸とするアジア・オセアニアという3つの領域でのトレードフローが主体である。これに対して、図4～6に示す貴金属スクラップにおいては、それらの領域を越えたグローバルな展開が顕著である。また貴金属では中国の位置はまだ小さく、代わりに日本の位置が大きくなっている。日本に集まっている金スク

図4 金含有物スクラップ (HS2002 コード: 711291) の世界トレードフロー (単位: ton)

図5 白金含有物スクラップ (HS2002 コード: 711292) の世界トレードフロー (単位: ton)

ラップは他国と比べて桁違いに多い。流入元はマレーシア (MY), シンガポール (SG), 韓国 (KR), フィリピン (PH) など、ハイテク産業端材を日本に輸出しているものと思われる。なお、フィリピンを除く3ヶ国も貿易収支バランスとしては輸入超過になっており、近隣の国々から金スクラップを集め、それをさらに日本に送る

構造になっている。バージンを含む金全体での日本の貿易量は、もっぱらバージンの金を世界に提供しているアメリカ、オーストラリアとともに世界的に大きなシェアを占めている。すなわちわが国は、スクラップを原料とした金の再生・製錬能力に長けており、グローバルな展開としては金の都市鉱山開発の世界の最先端にあると

図6 鉛スクラップ (HS2002 コード: 780200) の世界トレードフロー (単位: 1,000 ton)

いってよい。もう1つの大きな受け入れ口はドイツ、ベルギーとスイス(CH)である。ただこれらの国々は、日本と異なり、金全体でも輸入超過になっており、スクラップを再生して再供給するまでには至っていない。むしろ産金国である南アフリカ(ZA)、カナダ(CA)がその製錬能力を活かして再生・再供給を行っている。

図5に示した白金では、ドイツが最大の輸入国であり、日本がその半分となっている。ドイツは、日本、アメリカ、さらには南アフリカからも白金スクラップを集めている。南アを除く日独米の3ヶ国とカナダは、スクラップだけでなく白金全体でも輸入国であり、これらの国々は、国際的な素材の再提供ではなく、自国内での製品化にスクラップを用いているとみなされる。また輸出が多いのはイギリス、韓国、スイスなどであり、加工品屑の発生によるものと考えられる。

鉛についてのスクラップフロー(図6)では、まだアジアは大きな流通ルートとなっていない。むしろ北欧からアフリカに至る大陸西側での流れが大きく、ナイジェリア(NG)等もフローの中に現れている。ナイジェリアをはじめ、ポルトガル(PT)などからスペイン(ES)へのフローが大きい。量的にはドイツへのフローが圧倒的に大きく、それにはリトアニア(LT)からのルートも含まれる。参考のために廃バッテリーのトレードフローも図7に示した。鉛スクラップとの何らかの関係が見出されるかと予想したが、単純な関係を見出すことは困難であった。他方、ヨーロッパ内での鉛スクラップの

輸入国であるドイツ、スペイン、オランダは、廃バッテリーでは輸出国であり、廃バッテリーを輸出して銅スクラップを輸入する構造になっている。また、廃バッテリーのフローで特徴的なことは、その多くが近隣国との間で輸出入の関係が成立していることである。たとえば北欧では、フィンランド(FI)とリトアニアの廃バッテリーがエストニア(EE)に、ハンガリーの廃バッテリーがチェコ(CZ)、オーストリア、スロベニア(SI)にそれぞれ輸出され、そのスロベニアにはヘルツゴビナ(HR)やボスニア(BA)、イタリアなどから廃バッテリーが流入している。他の地域を見ても、ロシア(RU)とカザフスタン(KZ)の関係、オーストラリアとニュージーランド(NZ)の関係、アメリカとメキシコ(MX)の関係、ドミニカ(DM)、ガテマラ(GT)とエルサルバドル(SV)の関係などが見られる。一方、アジアにおいては韓国(KR)が比較的広域から廃バッテリーを集めており、クエート(KW)もその輸入元の1つとなっている。このような関係の中で、経済規模がさほど大きくない国々がトレードフローに関与していることは興味深い。今後それぞれの国々の役割と産業構造をよく検討していく必要があるであろう。

いわゆるレアメタルのスクラップの例として、タングステン、ニッケル、マグネシウム、コバルトのトレードフローをそれぞれ図8~11に示した。タングステンについては、図8を概観すると、ドイツを中心に動いているように見える。しかしながら、北欧、南欧を含む欧州内

図7 使用済バッテリー (HS2002 コード: 854810) の世界トレードフロー (単位: 1,000 ton)

図8 タングステンスクラップ (HS2002 コード: 810197) の世界トレードフロー (単位: 1,000 ton)

での双方向の取り引きが多く、ドイツの収支は若干の輸出超過になる程度である。量的には輸出の中心は日本、輸入の中心は中国であり、タングステンスクラップのトレードフローはアジアにシフトしている。また中国の輸入元としてイスラエル (IL) の比重が増しているのが注目される。イスラエルは、タングステン輸出入バランス

ではむしろ輸入超過となっており、南アフリカから受け入れたスクラップをドイツと中国に転送している構造になっている。なお、中国、日本、イスラエルともに、バーズを含むタングステン全体としては輸出超過であり、特に中国は世界最大のタングステン供給国である。

図9に示したように、ニッケルスクラップの主な流入

図9 ニッケルスクラップ (HS2002 コード : 750300) の世界トレードフロー (単位 : 1,000 ton)

図10 マグネシウムスクラップ (HS2002 コード : 810420) の世界トレードフロー (単位 : 1,000 ton)

先は、カナダ、日本、ドイツ、オランダであり、最大の流出元はアメリカである。ヨーロッパではイギリスとともに、チェコ、オーストリア、スイス、フランスといった国々が流出元になっており、製品への加工端材を輸出しているものと考えられる。アジアでもマレーシア、シンガポール、韓国等がそれに相当する。一方、オランダ、

フィンランド、スウェーデン、エストニア等の北欧諸国はスクラップ輸入国になっており、ステンレスの生産にあてられているものと考えられる。なおカナダは全ニッケルの最大の供給国であり、オランダもカナダからニッケル製品を輸出している。一方で、日本は全ニッケルでは中国に次ぐ輸入国であり、ステンレスの生産のために

スクラップを輸入している構造になっている。

マグネシウム（図 10）は、現状では流通量が多いわけではないが、軽量材料として今後利用価値が益々高まる材料である。他方、製造時における環境負荷が大きい反面、リサイクル性が高いとはいえない材料である。マグネシウムの今後のスクラップフローの動きは注視しておく必要がある。

コバルト（図 11）は、日本からのスクラップフローが大きく、カナダおよびイギリスを経てベルギーへと流れている。ベルギーはコバルトの産出国であるコンゴの旧宗主国であり、バーズンを含む全コバルトの有力な輸出国でもある。カナダも全コバルトの輸出主要国であり、これらの国々はコバルトの世界的な供給源の 1 つとしてスクラップを再生利用しているとみなされる。

なお、アジア域についてコバルト金属、コバルトスクラップ、コバルト化成物の動きをそれらの価格とともにより詳細に分析した。結果を図 12 に示す。図ではトレードフローの線の太さが貿易量を示し、線の濃さがその取引価格を表している。矢印上に 2 つの記述があるのは種類の違う形態での輸出入に対応している。まず、注目されることは、日本からマレーシアへの大量の低価格コバルトフローが存在していることである。このフローは、日本の輸出統計からは直接的に知ることではできず、マレーシア側の輸入統計によって初めて明らかにできたものである。これがいかなる形態のものかは今後の調査を要するが、産業段階での含コバルトの不要中間物であ

図 12 コバルトのアジア域におけるトレードおよび
キャッシュフロー

る可能性がある。マレーシアからは、ワンレベル価格の上昇した含コバルト物が日本や他のアジア諸国に輸出されており、マレーシアが極めて低品位の含コバルト物を受け取って、若干のグレードアップを行い、比較的低価格のコバルト源として他国に供給している構造になっている。さらにそれを受け入れたアジア諸国からは、\$20/kg 台の酸化物としてコバルトが中国や日本に輸出され、そこで付加価値をつけるプロセスが成立しているようである。この中で製錬された金属の加工端材となったスクラップは、\$30/kg～\$40/kg の高価格となり、日

中米で取引されている。このように、極めて低品位ソースから始まり、国際移動の中でその付加価値が上がっていくというリサイクルのマテリアルチェーンが形成され、そのチェーンに関わる国々は、それぞれの特徴を生かして経済的メリットを確保していく状態が形成されつつあるのではないかと考えられる。ただし、低品位の含コバルト物からグレードアップを行うというプロセスは、同時にそれに伴う廃棄物の発生も意味しており、これらが適切に処理されているか等、チェックすべき事項はまだまだ残されている。

4. ま と め

本稿ではスクラップのフローを整理、分析してきた。まず鉄、アルミ、銅などのコモディティ金属に関しては、スクラップが原料の有力な構成部分となっており、米、亜、欧の3領域を軸として国際的なフローが形成されていることが定量的に示された。なお、アジアの軸はもはや日本ではなく中国にシフトしつつあり、その中国は自国の需要というよりは国際的な素材供給の方向に向っていると傾向が見てとれる。またヨーロッパもドイツが中心ではあるものの、スクラップトレードフローは北欧、東欧、南欧と広がりを見せており、それぞれの国の特徴に合った地域的役割分担が形成されつつあるように思える。

貴金属やレアメタル類については、それぞれの独特の動きがあるが、多くの金属でスクラップの流通についてもグローバル化が起きていることは認識して

おくべきである。特に日本の場合は、近隣に急速に経済を拡大しつつある国があるため、その内需にしか目に行かない傾向があるが、グローバルなスクラップおよびそこから再生される金属の流通フローをしっかりと捉えておくことがこれから益々重要になってくるであろう。

その中でもコバルトについてより詳しく分析したが、物を循環させながら価値を上げていくという、いわゆるグローバルリサイクルチェーンの典型例を見ることができた。国内のリサイクルの場合にはこのようなリサイクルチェーンの形成は容易ではなく、都市鉱山の開発の1つのネックとなっている。それに比べると、むしろ国際的なスクラップ流通は国内チェーンより先行しているといってもよい。ただし、その背景にはレーバークロス差や低品位スクラップの処理に伴う廃棄物の発生の問題が内包されている可能性もあり、よい部分を学びつつ問題を克服していくことも課題となる。

参 考 文 献

- 1) 原田幸明, 島田正典, 井島 清: 2050年の金属使用量予測, 日本金属学会誌, 第71巻, 第10号, pp. 831-839 (2007)
- 2) 原田幸明, 井島 清, 島田正典, 片桐 望: 都市鉱山蓄積ポテンシャルの推定, 日本金属学会誌, 第73巻, 第3号, pp. 151-160 (2009)
- 3) 原田幸明, 井島 清, 片桐 望: トレードフローで見る日本素材産業の位置, 日本金属学会誌, 第73巻, 第3号, pp. 161-170 (2009)

Trade Flow of Recycled Materials

Kohmei Halada

Innovative Materials Engineering Laboratory, National Institute for Materials Science
(1-2-1 Sengen, Tsukuba, Ibaraki 305-0047 Japan)

Abstract

In this paper, the trade flows for typical metals are shown. Data was obtained from the United Nations COMTRADE statistics. Inter-country flow lines are shown with arrows, based on data from the importing countries. Countries that are importing or exporting in large quantities are also plotted with their values. With regard to the trade flow of metals, Japan is seen as one of the most important sites. The paper also reveals how the intensified position of China and its expanded flow of goods into eastern, northern and southern Europe, etc. has caused changes to the three-country framework comprised of the US, Japan and Germany in the late 20th century.

Key words: trade flow, material flow, international competitive power, engineering material, commodity