

わが国の都市鉱山は世界有数の資源国に匹敵

—わが国に蓄積された都市鉱山の規模を計算—

平成20年1月11日

独立行政法人物質・材料研究機構

概要

1. 独立行政法人物質・材料研究機構（理事長：岸 輝雄）、元素戦略クラスター一長
の原田幸明材料ラボ長は、危惧されている将来の金属資源の利用に対して、「都市
鉱山」と呼ばれるこれまでわが国内に蓄積されリサイクルの対象となる金属の量
を算定し、わが国の都市鉱山は世界有数の資源国に匹敵する規模になっているこ
とを明らかにした。
2. 計算によると、金は、約6,800トンと世界の現有埋蔵量42,000トンの約16%、
銀は、60,000トンと22%におよび、他にもインジウム61%、錫11%、タンタル10%
と世界埋蔵量の一割を超える金属が多数あることが分かった。また、他の金属で
も、国別埋蔵量保有量と比較すると白金などベスト5に入る金属も多数ある。
3. 計算には、海外との輸出入のデータである貿易統計が用いられるが、素材の場
合は、部品や製品として輸出入されるケースも多い、特に製品輸出の多いわが国
では、製品のかたちで輸出される素材量を見積もっておかないと過大な見積もり
となってしまう。
そこで、この計算では、産業連関表を用いて、部品や製品を通じて輸出される
素材の割合を推定し、その割合を、工業統計から得られる部品などへの部材需要
に掛け合わせることで、製品としての海外流出量を差し引いて計算した。
4. 現状ではこのような国内の都市鉱山資源が、使用済製品としての随伴物の「廃
棄物処理」との”あわせわざ”で本来得られる価値よりも安価に放出されている
状況も見られている。それに対し、天然の鉱山の場合に粗鉱から品位の高い精鉱
として輸出・利用しているように、都市鉱山資源を都市鉱石としてより積極的に
有効活用していくことが必要である。
5. 本件は、1月15日に科学技術振興機構社会技術研究開発センターの主催で行わ
れる、『『循環型社会』領域シンポジウム』においてポスター発表され、3月の鉄鋼
協会および資源素材学会の春季講演大会においても発表される。

研究の背景

BRICs 諸国など世界的な資源需要の増大や、イノベーションを支える高機能物質への期待など、資源需要はかつてない高まりを見せている。特に、レアメタルやレアアースなど多様な機能を発揮する金属元素は枯渇性資源と呼ばれ地球上の利用可能な資源は有限であり、その限界に向かって急速につき進んでいるのが現状であり、昨年2月の記者発表でも示したように、資源リスクは著しく増大している。

そのような資源リスクの増大に対して、資源の探索などの取組みと共に、材料技術的にも、使用量を必要不可欠な部分に限定しつつ性能をアップさせる「減量」、希少性や枯渇性の高い金属元素からより普遍的に存在する元素への「代替」の重要性が指摘され、長期的視点から文科省、経産省の連携で「希少資源・元素戦略」の研究プロジェクトが2007年から動き出した。また、そのような希少元素代替の目標数値として、資源端重量で現在の1/8にしていくファクター8が現状維持のために必要であることは2007年7月の記者発表でも明らかにした。

今回は、資源リスクを軽減させる、もうひとつの有力候補であるリサイクルの可能性を定量的に表した。

これまでも、国内のリサイクル資源に関しては「都市鉱山（アーバン・マイニング）」と呼ばれるなど、その資源としての可能性は以前より指摘されており、すでに、鉄、銅、アルミニウム、鉛などでは、それらのスクラップは重要な原材料供給源となっている。

しかし、この都市鉱山の規模に相当する国内蓄積量に関しては、鉄に関して鉄源協会などの系統的な取り組みがあるものの、特に枯渇性を危惧されるレアメタル類に対しては定量的な見積もりは系統的には行われておらず、国としての能力を認識せずにリサイクルを進めてきたのが実情であった。

しかし、近年のBRICs 諸国の台頭で、使用済み金属スクラップも重要な資源として国際流通される時代に入り、かつ、それが使用済み製品の他の利用不能要素とともに「廃棄物処理とのあわせわざ」として資源が顕在化しない形で海外に流出している場合も多く指摘されるようになっており、国内の資源としての見積もりと、その国際的な位置の明確な把握とそれを用いた政策化が求められるようになってきている。

これらを踏まえ、今回は、金、銀、銅、鉄、錫、亜鉛、鉛、アルミ、ニッケル、アンチモン、コバルト、インジウム、リチウム、モリブデン、白金、レアアース、タンタル、タングステン、バナジウムに対して蓄積量としての都市鉱山の規模の推定を行った。

成果の内容

1. 蓄積量としてのわが国の都市鉱山規模の推定計算結果

計算結果を表として示す。

左から二列目、三列目の世界の年間消費量と埋蔵量は、現時点で最も権威あるとされている米国鉱山局の2006年のデータによる。

左から4列目の「わが国の都市鉱山蓄積(t)」が、今回得られた計算結果であり、鉄で12億トン、アルミ6千万トン、銅3800万トンのようになっている。この中で鉄の蓄積量は、鉄源協会がマテリアルフローを仔細に追って算定した鉄の2003年の蓄積量12億7千万トンとほぼ一致しており、産業連関表を用いた方法でも十分に推算できることを裏付けている。

金属	世界の年間消費 (t)	世界の埋蔵量 (t)	わが国の都市鉱山蓄積 (t)	世界の埋蔵量に 対するわが国の 都市鉱山の比率 (%)	世界の年間消費量 との比	埋蔵量 国別順 位
Al	177,000,000	25,000,000,000	60,000,000	0.24	0.3	12
Sb	112,000	1,800,000	340,000	19.13	3.1	3
Cr	20,000,000	810,000,000	16,000,000	2.08	0.8	4
Co	57,500	7,000,000	130,000	1.87	2.3	6
Cu	15,300,000	480,000,000	38,000,000	8.06	2.5	2
Au	2,500	42,000	6,800	16.36	2.7	①
In	450	2,800	1,700	61.05	3.8	①
Fe	858,000,000	79,000,000,000	1,200,000,000	1.62	1.5	11
Pb	3,300,000	57,000,000	5,600,000	9.85	1.7	①
Li	21,100	4,100,000	150,000	3.83	7.4	6
Mo	179,000	8,600,000	230,000	2.69	1.3	6
Ni	1,550,000	64,000,000	1,700,000	2.70	1.1	9
Pt	445	71,000	2,500	3.59	5.7	3
RE	123,000	88,000,000	300,000	0.35	2.5	6
Ag	19,500	270,000	60,000	22.42	3.1	①
Ta	1,290	43,000	4,400	10.41	3.5	3
Sn	273,000	6,100,000	660,000	10.85	2.4	5
W	73,300	2,900,000	57,000	1.97	0.8	5
V	62,400	13,000,000	140,000	1.08	2.2	4
Zn	10,000,000	220,000,000	13,000,000	6.36	1.4	6

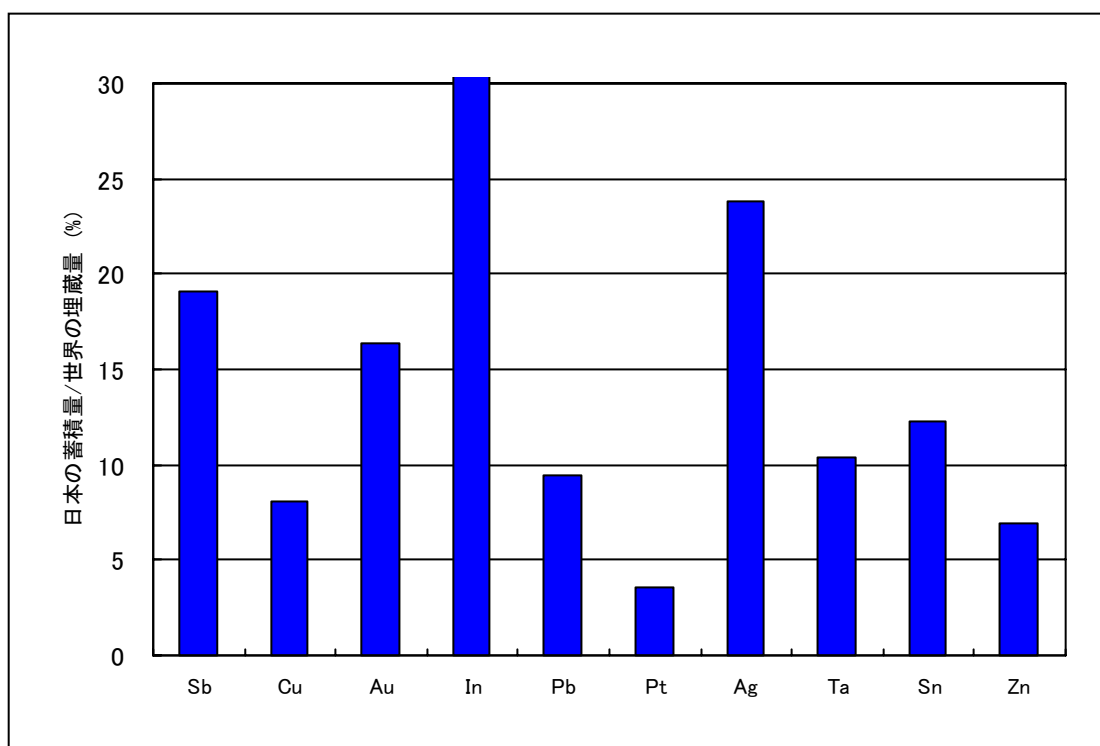
注) 米国鉱山局のデータ更新に合わせて、一部数値が更新されています。更新済みデータはこちら(http://www.nims.go.jp/jpn/news/press/pdf/press215_2.pdf)

2. 世界の埋蔵量との比較

表中の、世界の埋蔵量に対するわが国の都市鉱山の比率（％）は、それぞれの金属に対するわが国の都市鉱山の規模を、世界のその金属の現有埋蔵量に対する比率として表したものである。

金 16%、銀 22%と、電子部品などに多用され今後世界的な需要増と供給リスクが予想される金属で、世界の現有埋蔵量に比べても大きな影響を与える規模の都市鉱山が国内に存在していることがわかる。おなじく電子部品などに用いられる Ta や Sn も世界の現有埋蔵量の一割を超える蓄積量となっている。なお、同じく比率の高い Sb はプラスチックの難燃助剤として用いられる元素である。また透明電極としてディスプレイや太陽光発電に用いられるインジウム In の比率が極めて大きいのも特徴的である。

これらの代表的なものを、下にグラフで示した。



注) 米国鉱山局のデータ更新に合わせて、こちらの一部数値が更新されています。
更新済みデータはこちら (http://www.nims.go.jp/jpn/news/press/pdf/press215_3.pdf)



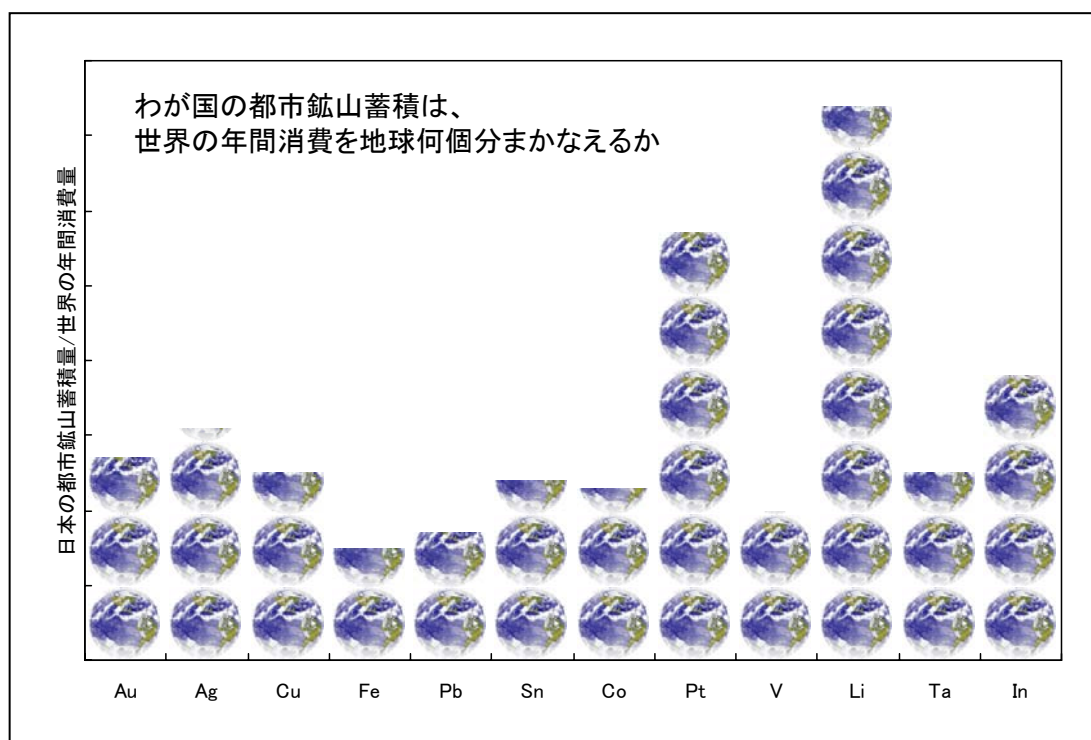
3. 世界の年間消費量とわが国の都市鉱山との比較

日本の都市鉱山の規模を理解する上で、現実にはありえないが、世界の他の国の資源供給がストップし日本の都市鉱山だけで現在の世界需要をまかなったら何年持つかという仮定の計算になる。

多くの金属について、世界の2~3年相当の消費量に匹敵する蓄積がわが国の都市鉱山にはある。特に、電池材料として期待されているリチウム、触媒や燃料電池電極として不可欠とされるPtでの蓄積量が大きい。

また、鉄は資源が他の金属よりは豊富なため、現有埋蔵量との比較では他の金属ほど大きな数値にはならなかったが、この現在の世界需要との比較では1.5倍となりやはり国内の蓄積量は膨大なものである。

これらも、以下に当該金属の年間の遷移消費を地球一個として表したグラフを示す。



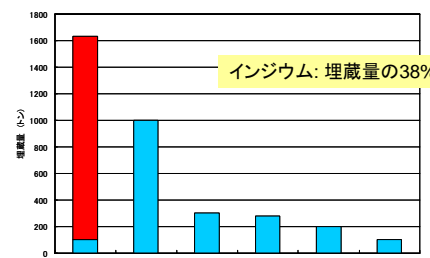
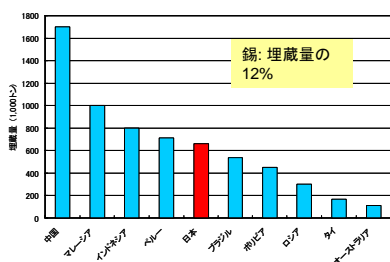
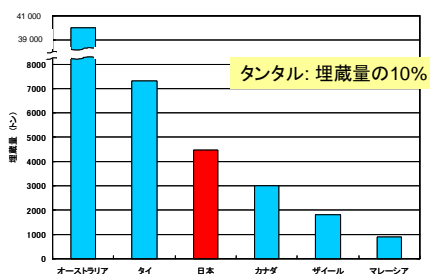
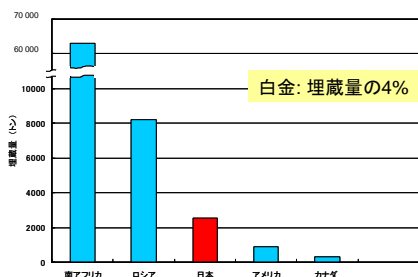
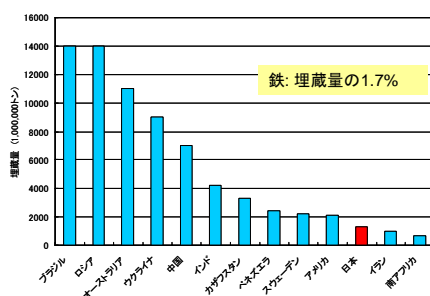
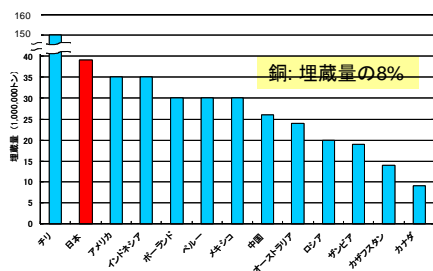
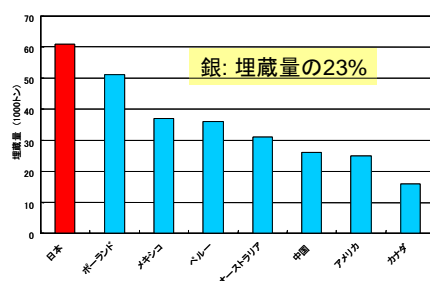
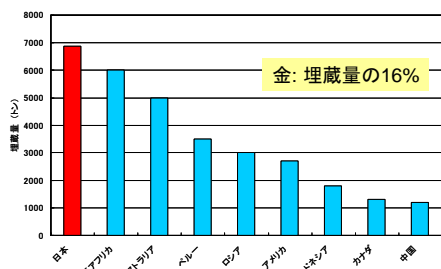
4. 各資源国との相対的位置

わが国の都市鉱山が他の資源国とどのようなレベルにあるかを、各国の資源埋蔵量とわが国の都市鉱山を比較することにより調べた。表中の最右の数値が、わが国の都市鉱山規模を各国の資源埋蔵量と並べてみた場合の順位である。

なお、本来は、米国など他国の都市鉱山も比較対象とすべきではあるが、マテリアルフロー調査などがあまり整っておらず、今回の比較では都市鉱山はわが国のものだけで天然資源国と比較した。

その結果、金、銀、鉛、インジウムは、世界最大の資源国となり、銅、白金、タンタルも3位までに入る資源国にランクされる。

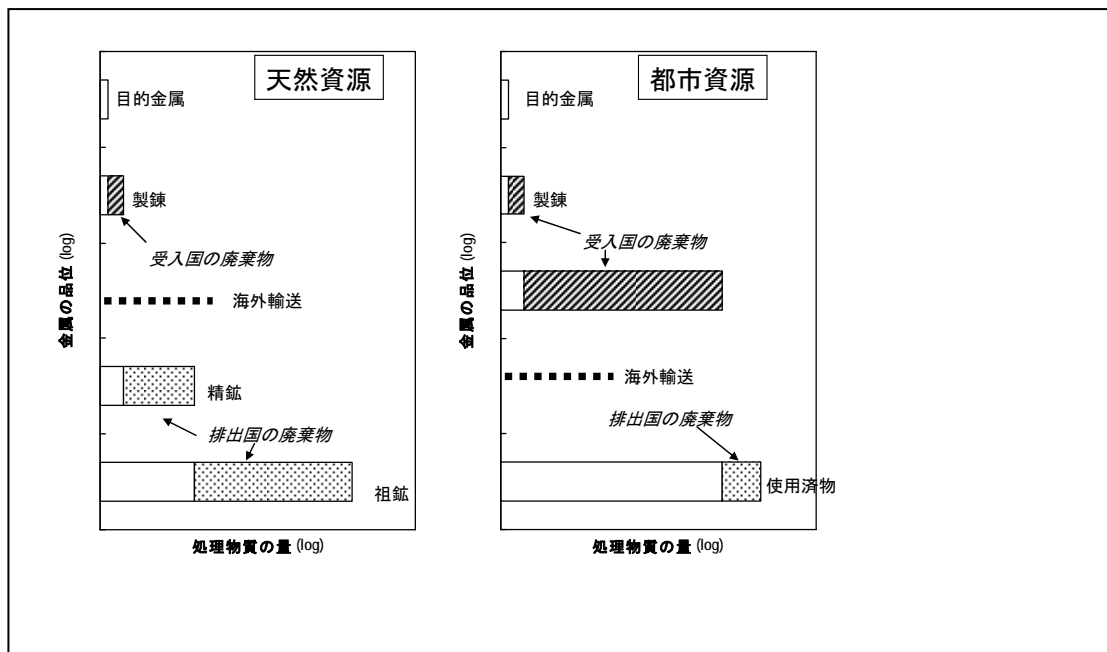
これらの、各国との比較のグラフを以下に示す。



- 問われる都市鉱山の開発と資源管理

各金属の国内蓄積として都市鉱山の規模を見積もり、わが国が世界有数の資源国になりうることを示した。しかし、これは蓄積量=資源としての計算であり、鉱山は開発されねば資源を供給することは出来ない。国内に眠るこれらの蓄積物をいかに資源として取り出していくかという研究開発へと発展させていく必要がある。

また、現状では、このような蓄積資源が、低品位の混在物として海外に流出していく状態が強まっている。これを天然資源の国際的やりとりと比較すると、使用済物に付随する廃棄物処理を「だきあわせ」にすることで、都市資源を受入国に流れやすくしている構造がみてとれ、本来よりも安い価値で貴重な資源が流出していくことが分かる。



本来、使用済物からの付随物の除去は、設計し使用している都市資源国のほうがより効率的に処理しうる情報を持っているのであるから、それを生かして、都市資源をある程度金属を取り出しやすくした、天然資源で言う「精鉱」のようなかたちで付加価値をつけた取引にすべきであると考えられる。そのような「都市鉱山」からの「都市鉱石づくり」とでも呼べるようなシステムを今後提案していく予定である。

問い合わせ先：

〒305-0047 茨城県つくば市千現1-2-1

独立行政法人物質・材料研究機構

広報室 TEL:029-859-2026

研究内容に関すること：

独立行政法人物質・材料研究機構

材料ラボ長

原田 幸明 (はらだ こうめい)

T E L : 029-859-2602 F a x : 029-859-2601 E-mail halada@mcn.ne.jp

独立行政法人科学技術振興機構

社会技術研究開発センター 循環型社会領域シンポジウム

<http://www.ech.co.jp/jstsus/>

事務局

〒110-0016 東京都台東区台東 4-27-5 秀和御徒町ビル 8 階

株式会社イベント&コンベンションハウス内

TEL : 03-3831-2601 FAX : 03-5807-3019

E-MAIL : jst-sustainable-sympo@ech.co.jp

担当 : 笠原・橋本

用語解説

1) 都市鉱山(Urban Mining)

東北大選鉱製錬研究所の南條道夫教授らによって1980年代にわが国で提唱されたリサイクル概念。家電製品など都市で大量に排気される使用済廃棄物の中に有用な資源が存在しておりそれをひとつの大きな鉱山と考えて資源をそこから積極的に取り出すことを提唱。(たとえば、南條道夫「都市鉱山開発-包括的資源観による：リサイクルシステムの位置付け」東北大選鉱製錬研究所彙報 Vol. 43, No. 2(19880325) pp. 239-251)

その後、リサイクリング・マイン・パークなどとしてより広範囲に拡張して用いられてきたが、最近、携帯電話からの金の回収などで希少資源対策としての有効性が再度評価され、東北大多元研の中村崇教授らによって、都市鉱山開発のための人工鉱床計画などとして発展しつつある。

なお、1967年から68年にかけてサンケイ新聞に連載された手塚治虫氏の「鉄腕アトム」の続編である「アトム今昔物語」のなかで、タイムスリップをしてベトナム戦争に巻き込まれたアトムを助ける山中信吾という実業家が日本中のクズやゴミを集めて東京湾に大都会をつくる計画を20年かけて実現したという設定になっており、都市鉱山構想のさきがけの発想がすでにこの時点でわが国では生まれていたといえる。

(参考 サンコミックス版「鉄腕アトム」7、p12 朝日ソノラマ1975年発行)

2) 蓄積量

ストックとも称される。その時々消費される「フロー」と対立して用いられる概念。多くは「in-use ストック」として設備や、備品など「財」のかたちで保持されるものをさすが、使用済みで用途の無いまま保持されている「used ストック」や、投棄物のように管理さえも放棄されたがまだ人間圏のなかにとどまっている「散逸ストック」なども蓄積量として扱われる。それゆえ蓄積量がそのまま利用可能な資源を指すわけではないが、適正な取り組みを行えば資源として利用できる可能性を示す量である。

蓄積量の定義などに関する議論は、NIMS-EMC 材料環境情報データ No. 12「社会蓄積量の把握に関する専門家意見調査」を参考にされたい。

蓄積量は、正確にはある時点で対象領域を決めて、そこに存在している量を計量することで得られるわけだが、現実には困難なため、年間の蓄積増分の累積で推定する場合が多い。今回の計算でも、金属の場合は元素が他のものにならないため年間に国内に持ち込まれる量と持ち出される量の差を蓄積増分として計算している。

3) 産業連関表

計量経済学で用いられる各産業部門の産出と投入の経済的相互関係をマトリックスとして与えた表。わが国では5年おきに総務省から発行される。提唱者の名をとりレオンチェフ行列と呼ばれる手法を用いると、ある需要に対する個々の産業部門への波及を算出することができる。今回もその手法を用いて、輸出額に対する個々の部門への波及を得て、それぞれの部門に使用される素材が製品を通じて輸出される量の推定に用いた。