

## 廃棄物処理等科学研究費補助金 総合研究報告書概要版

研究課題名＝物質ストック勘定体系の構築とその適用による廃棄物・資源管理戦略研究  
研究番号＝K1810、K1930、K2031

国庫補助金精算所要額（円）＝40,342,000円

研究期間＝2006-2008

代表研究者名＝橋本征二（独立行政法人国立環境研究所）

共同研究者名＝田崎智宏・中島謙一・小口正弘（独立行政法人国立環境研究所）、梅澤修（国立大学法人横浜国立大学）、谷川寛樹（国立大学法人和歌山大学）、村上進亮・醍醐市朗（国立大学法人東京大学）、横山一代（国立大学法人東北大学）、布施正暁（独立行政法人産業技術総合研究所）、山末英嗣（国立大学法人京都大学）

研究目的＝大量生産・消費・廃棄に象徴されるフロー型社会に対するものとしてストック型社会が提示されているが、既存の物質ストックを有効に活用するためには、具体的にどのような物質がどの程度社会に蓄積され、活用され、将来にわたって廃棄物として発生し、また、資源としての再活用が可能で、もしくは有害性を有するのかを明らかにすることが必要である。このようなことから、本研究では第一に、物質フローの勘定体系と整合した物質ストックの勘定体系を考案することを目的とする。併せて、フローとストックを総合した物質管理のための指標、及び物質ストックの定量化手法を開発する。第二に、建設物や産業機械、自動車、家電、電気・電子機器などの製品、建設鉱物、鉄、アルミ、その他の金属などの素材を事例として物質ストック勘定を適用するとともに、近未来のシナリオ分析を行うことで、ストックに関わる廃棄物・資源管理戦略について検討することを目的とする。

研究方法＝本研究は、物質フローの勘定体系と整合した物質ストックの勘定体系の構築（1つ目の目的に対応、下記①②③）、及び物質ストック勘定の適用と近未来のシナリオ分析（2つ目の目的に対応、下記④⑤）で構成される。

### ①物質ストック勘定体系の枠組みの構築

ストック勘定の用途、システム境界（人工環境と自然環境の境界）、ストックの種類（物質の種類、活用の状況、所有の形態、廃棄物としての発生形態、再活用の可能性、有害性の発現可能性など）、フロー勘定との整合性などの観点から勘定体系の枠組みを検討する。

### ②フローとストックを総合した物質管理のための指標の開発

現在の資源生産性指標は、物質投入量に対する生産量で定義されているが、実際には生産設備などの物質ストックも生産に貢献している。このような観点からの指標開発を行うとともに、リユース、リデュース、長期利用、資源性等に関わる指標を検討する。

### ③物質ストックの定量化手法の開発と体系化

建設物や産業機械、自動車、家電、電気・電子機器などの製品、建設鉱物、鉄、アルミ、その他の金属などの素材を事例としつつ、複数の物質ストック定量化手法を開発・体系化する。これには原単位を用いる手法や製品寿命を用いる手法などが含まれ、相互の整合性に配慮する。また、原単位を用いる手法については産業連関分析を援用するなど原単位を推計す

る手法についても検討する。

#### ④物質ストック勘定の適用

上記の製品や素材を事例として物質ストック勘定を適用する。戦略的に対応すべき金属類の選定を行うとともに、いくつかの製品については構成素材の実測を行うほか、製品や素材の散逸量等についても調査する。

#### ⑤近未来のシナリオ分析に基づく廃棄物・資源管理戦略の検討

③で開発する物質ストック定量化手法のうち、製品寿命を利用した手法などを将来推計手法に発展させた上で、近未来のシナリオの分析を行い、資源性、有害性の観点からの廃棄物・資源管理戦略について分析する。

結果と考察＝

#### ①物質ストック勘定体系の枠組みの構築

既存の体系や研究をもとに物質ストックの種類について包括的に検討するとともに、資源採取以降の物質ストック（「在庫、備蓄、使用中の最終製品、冬眠中の使用済み製品などの製品」「管理された埋立地の廃棄物」「散逸した物質」）を統合的に把握する意義と目的について検討し、これに照らして、廃棄物管理のための物質ストックの分類表、資源再活用のための分類表を提示した。後者は図1に示すように、天然鉱物資源の分類表と統合的なものとなるように構築しており、様々な物質ストックを資源として包括的に見ることに役立つものと考えられる。

	Identified resources		Undiscovered resources		Products		Wastes in managed landfill sites	Dissipated materials
	Demonstrated	Inferred	Probability range (or)		Emerging in a year	Not emerging in a year		
	Measured	Indicated	Hypothetical	Speculative				
Economic	Reserves	Inferred reserves			Secondary reserves in a year	Secondary reserves in future		
Marginally economic	Marginal reserves	Inferred marginal reserves			Marginal secondary reserves in a year	Marginal secondary reserves in future		
Subeconomic	Demonstrated subeconomic resources	Inferred subeconomic resources			Subeconomic secondary resources in a year	Subeconomic secondary resources in future	Subeconomic secondary resources	Subeconomic secondary resources
Other occurrences	Includes nonconventional and low-grade materials				Other (technologically infeasible)	Unrecoverable materials	Unrecoverable materials	Unrecoverable materials

図1 天然鉱物資源の分類表（左）と資源採取以降の物質ストックの分類表（右）

#### ②フローとストックを総合した物質管理のための指標の開発

ストック指標としての製品寿命の定義と推計手法、都市鉱山の資源性指標や品位評価指標について検討を行った。

製品寿命はその値そのものが物質管理指標として機能しうると考えられる。製品寿命の研究は様々な分野においてなされているが、その目的によって寿命の定義そのものが異なり、直接の比較が困難になっているため、その整理を行った（図2）。例えば、物質ストック勘定においては滞留時間のような指標が重要である一方、長期使用の指標としては個々の消費者による使用年数、すなわち製品保有期間や製品サービス期間と言った指標が重要になることなどを示した。このような概念整理に加えて、具体的な使用年数分布の種類や推定方法の整理を行った。使用年数分布は、分布の母集団（出荷年または使用済み年基準）と分布の縦軸（台数または割合ベース）の2つの視点から5種類に分類できた。また、使用年数分布の推定方法を大きく4つの方法に分類し、それぞれの特徴や使用年数等の定義との対応関係を

整理した。既存文献から得られる使用年数分布データを用い、実際に推定される平均使用年数の値について、分布の種類や推定方法による違いを比較考察した結果、過去において2~3年のごく短期間で出荷に大きな変動がなければ、実用上は台数ベースと割合ベースの分布の平均値を区別する必要がないこと、代表性のあるデータが得られる場合にはデータ入手性に応じて任意の推定方法を選択できることなどが示唆された。

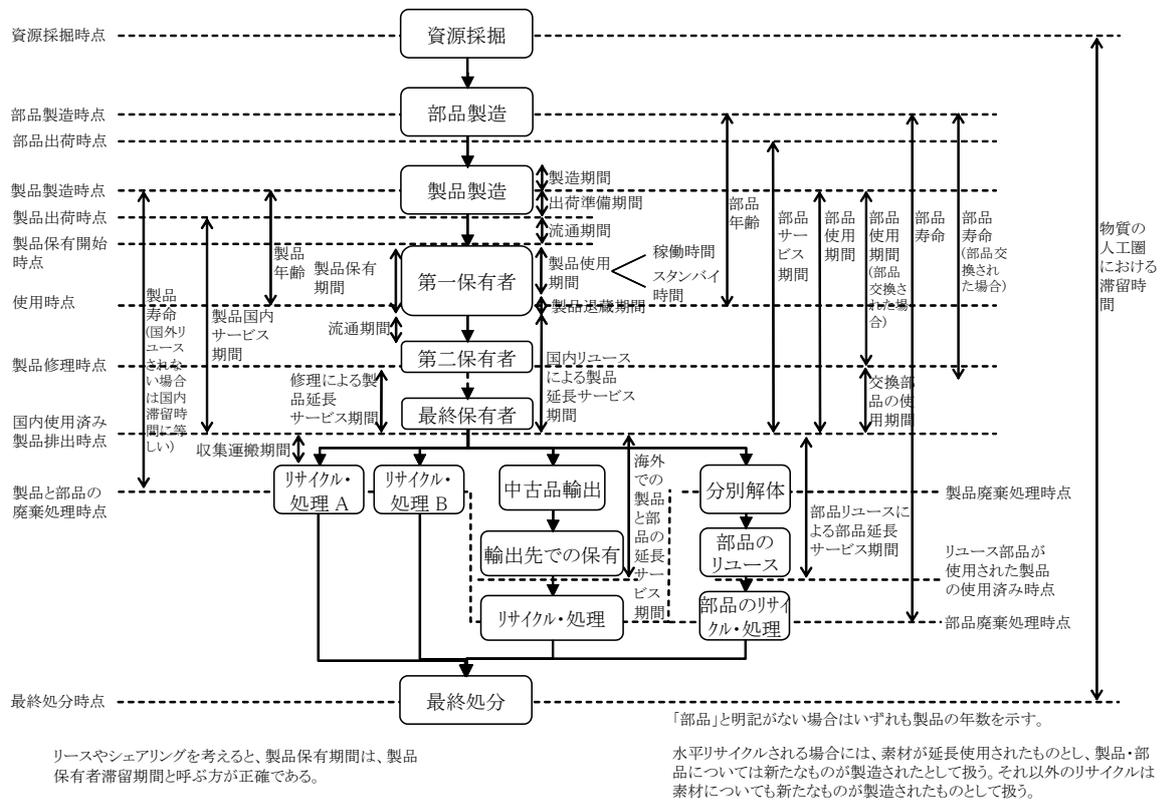


図2 寿命に関わる言葉の定義の整理（耐久消費財とその使用部品の場合）

都市鉱山の資源性指標については、循環資源を天然資源の代替物であると捉え、天然資源の供給がより困難であるものを代替できる循環資源はより価値が高いとする考え方に基づき指標開発に取り組んだ。具体的には天然資源の生産量や埋蔵量、さらにはその供給リスクなどが指標として機能することが明らかになった。また、循環資源のストックの資源性の評価に際して、収集運搬における費用を考えればその存在密度が重要な指標になることも明らかにした。これに加え、都市鉱石を自然鉱石と比較してリサイクル性を評価するための指標の構築を行った。このため、まず家電製品を例として、自然鉱石でも用いられている元素の含有濃度を用いた評価を行い、そこで生じる問題点について整理を行った。次に、都市鉱石のリサイクル性を自然鉱石と比較して評価するためには、都市鉱石から元素をリサイクルする際の TMR（都市鉱石 TMR）を知ることが必要不可欠な課題であることを明らかにした。本研究で提案した都市鉱石 TMR のフレームワークを用いることで、原田らの推算した自然鉱石 TMR との比較が可能となる。

### ③物質ストックの定量化手法の開発と体系化

物質ストックの定量化手法の整理、製品の物質使用原単位データの整備、製品寿命データベースの構築、金属資源の回収可能性の評価を行った。

近年の研究では、物質ストック量を様々な異なる方法で推計してきた。そこで、今まで用いられてきた方法を4つに分類し、それぞれ直接観測法、蓄積増分法、使用年数モデル法、浸出しモデル法と名づけた。観測データは、直接観測法だけが投入量を必要とせず、蓄積増分法だけが排出量を必要とし、蓄積増分法と浸出モデル法はともに初期ストックを必要とした。適用可能な空間範囲は、直接観測法以外では入手可能なフロー量や初期値により制約された。評価可能な時間は、使用年数モデル法と浸出モデル法が過去から近い将来まで推計可能であった。これらの検討から、対象とする物質ストックの種類、データの入手可能性、評価対象の空間的範囲、時間的範囲に応じて選択すべき方法が異なることが分かった。

次に、物質ストックの定量化に必要不可欠である製品の構成物質原単位を、廃棄物産業連関に基づく物質フロー分析モデル(WIO-MFA モデル)を利用して推計しデータとして整備した(図3)。銅製錬プロセスにおける副産物である銅電解スライムからの金および銀の抽出技術などの非鉄金属製錬・精製プロセスの反映、および、PVCを含めたプラスチック部門の拡張により、Fe、Al、Cu、Pb、Zn、Sn、Au、Ag、Ferro-alloy、Plasticsの推計が可能となった。本手法により、約400品目の素材・製品・サービスに関して、素材系では1tあたり、製品・サービス系では100万円あたりの製品の構成物質原単位を得た。また、このうち建築物と土木構造物については、別途設計図面などをベースに物質使用原単位のデータ整備を行った。特に、ストック量の大きい道路と建築物については、その構造を規定する法規等の改訂による原単位の変遷を推計した。さらに、物質使用原単位を地上部分と地下部分に分け、都市鉱山としてのリサイクル性の検討に繋がるよう原単位を分類した。

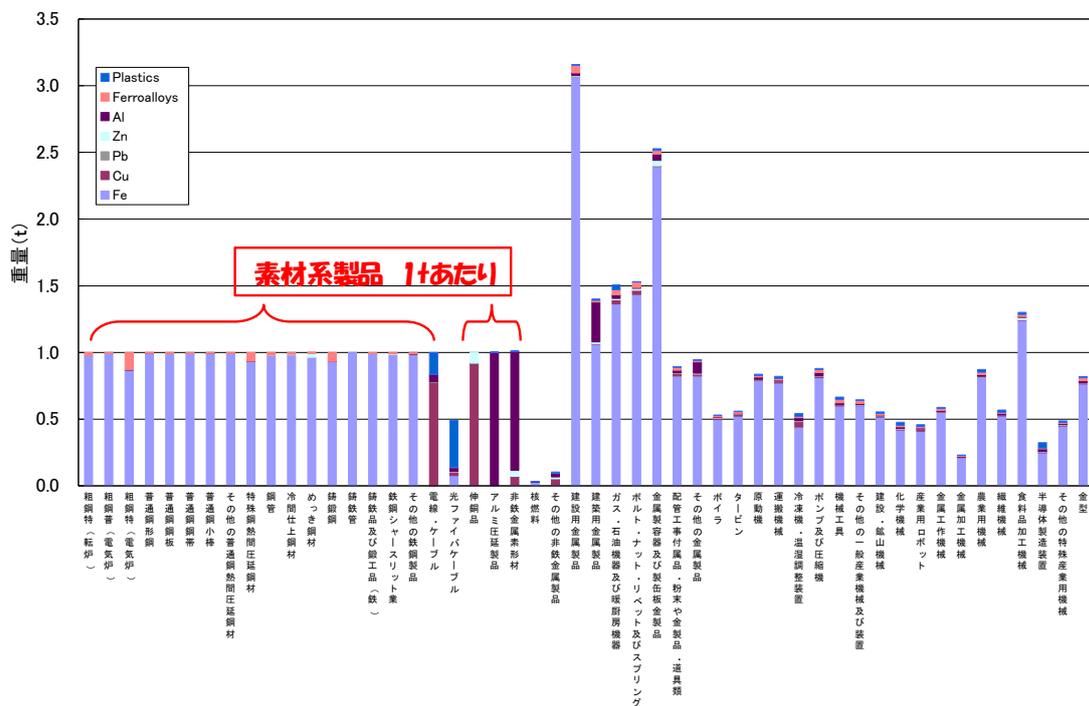


図3 WIO-MFA モデルによる素材・製品の構成物質の推計結果  
(素材系 1tあたり、製品系 100万円あたり)

さらに、物質ストック量の推計・将来予測に欠かせない重要な情報である、製品の使用年数等のデータベースを作成した。各種使用年数等の定義や推定方法の整理ならびに情報収集の結果をふまえて、製品名、製品分類、使用年数等の定義、推定方法、使用年数等の代表値、

値の対象国・地域、値の調査年、文献名などの約 20 項目をデータベースのフィールドとして、原著論文、政府や業界団体の統計資料、調査報告などの文献を幅広く調査整理し、16 力国について 65 の文献から延べ数で 1300 を超えるデータを収録した。収録データの約 85% は日本のデータであり、他国に比して日本では製品の使用年数情報が充実していることがわかった。

最後に、副産物および廃棄物からの金属資源の回収可能性について定量的な議論をするために熱力学解析を用いて製錬プロセスにおける元素の分配傾向を明らかにした。具体的には、既存の乾式製錬プロセス（転炉あるいは溶鉱炉）を利用した資源回収を想定して、Cu、Pb、そして、Fe を溶媒とした時の各元素の金属相、スラグ相、ガス相への十数種の元素の分配傾向を熱力学的に明らかにした。

#### ④物質ストック勘定の適用

素材として建設鉱物、金属全般、鉄、銅、アルミニウム、ニッケル、マンガン、インジウム、リン、製品として建設物、自動車、電気電子製品を事例に、物質ストックの定量化や廃棄物・資源としての回収可能性の検討、もしくはその前段階としての物質フローの把握を行った。

建設鉱物については、使用済みとなったあとにいわゆる廃棄物として発生する可能性のある潜在廃棄物の推計を試みた。その結果、建設鉱物の需要量に占める潜在廃棄物の比率は、過去においては 40%程度、近年では 30%程度と推計された。また、2000 年の時点で社会にストックされていると推計された建設鉱物約 320 億 t のうち、約 90 億 t が潜在廃棄物、半分の約 160 億 t が散逸的利用物（使用形態が散逸的であるが、EW-MFA で dissipative use of products and dissipative losses に含まれないもの）と推計された。潜在廃棄物の概念を導入することによって、将来発生する廃棄物の見積りをより適正なものにできると考えられる。

金属全般については、既存文献における 19 鉱種の物質フロー勘定体系を修正、拡大することで金属ストックの一次近似的な推計を実施し、その精度を確認した。ここで用いた物質フロー勘定体系は投入産出型であり、ストック推計の精度はその部門分割の精度に依存することが明らかになった一方、ベースメタルについてはある程度の精度を持つことが明らかになった。

鉄鋼材については、図 1 の分類表の区分に応じて物質ストック量を推計した。図 1 の分類表のもとになる区分では、廃棄物管理および資源再活用に関する興味から、1)存在形態、2)発生可能性、3)発生時期、4)再活用可能性の 4 つの分類軸によって分けられる各項目の物質ストックが定量化されることが望ましい。そこで、鉄鋼材を 11 用途に区分し、各用途における 2) 3) 4) を同定した。2006 年末時点での鉄鋼材の製品としての使用中ストックは 1,194 百万 t と推計され、その時点まで既に埋め立てられた 81 百万 t、散逸した 86 百万 t と合わせ、表 1 を得た。

銅については、銅と銅合金を区別し、動的 MFA を実施することにより、使用中のストック量ならびに使用済み製品に含まれる銅素材のフローおよびストックについて分析した。2005 年末時点での日本における銅および銅合金の使用中のストック量は、1,870 万 t (14.6 kg/cap) と推計された (図 4)。同様に、累積散逸量は、990 万 t (7.7 kg/cap) と推計され、電気・電子機械が主要な未回収物となっていることが分かった。また、銅スクラップと銅合金スクラップそれぞれの回収量を推計した結果から、銅として製品に使用されたもののうち、毎年約 30 万 t が銅合金スクラップとして回収されていることが分かった。

表 1 資源採取以降の物質ストック分類表の鉄鋼材への適用（2006年、百万 t）

	Products		Wastes in managed landfill sites	Dissipated materials
	Emerging in a year	Not emerging in a year		
Economic	31	1041		
Marginally economic				
Subeconomic	123		81	86
Other				

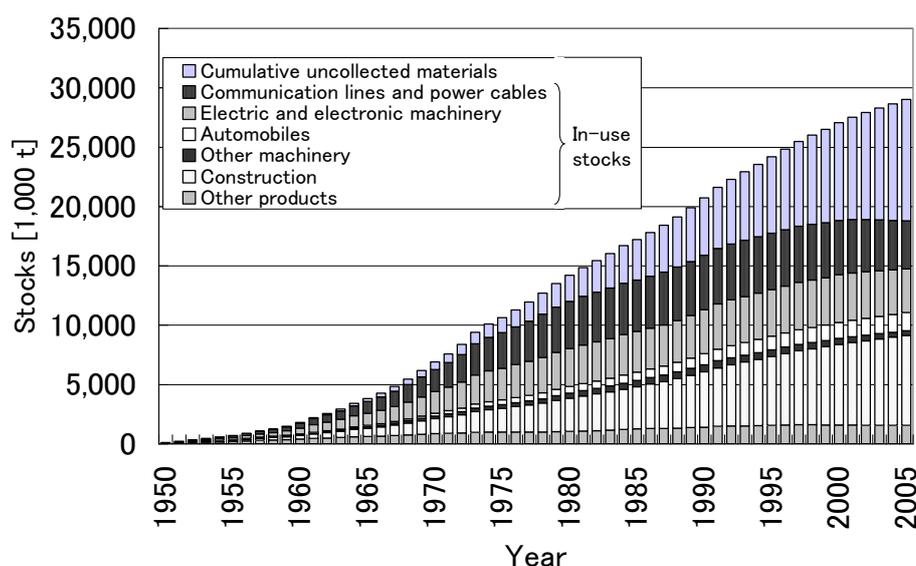


図 4 銅および銅合金の用途区分別使用中ストック量と累積散逸量の経年変化

アルミニウムについては、そのリサイクルの現状と問題点について検討した。アルミニウムの場合、新地金生産に必要な電気量が多大なためリサイクル効果が高い。しかし、老廃スクラップの展伸材へのリサイクルは、アルミニウム缶を除いて困難な状況である。合金別に分離回収されないアルミニウムスクラップから再生される二次合金は Al-Si 系鑄造材であり、加工性に乏しい。アルミニウムに限らずリサイクル材には不純物の混入により材料特性の低下が避けられない。最近になって、使用済アルミニウムサッシの破碎・分離の技術の進歩により使用済アルミニウムサッシの輸出に歯止めのかかる状況が生まれつつある。

ニッケルについては、その総ストック量を推計するとともに、使用済みとして発生するニッケル量で、再利用された老廃くず起源のニッケル量を除いた形のリサイクル率を推計することで、総ストック量中の再活用可能なニッケル量を簡易的に推計した。この定義によるリサイクル率は 30%弱にとどまることが明らかになり、総ストック量と再活用可能なストック量の差が少ないことが明らかにされた。

マンガンについては、その需要の 96.1%を占める鉄鋼フローに随伴するマンガンの物質フロー分析を行った。2005 年における日本のマンガンを分析した結果、製鉄プロセスでは、鉄鉱石およびその他の鉄原料として 266.2 千 t-Mn のマンガンを投入され、そのうち銑鉄として 208.9 千 t-Mn が、高炉スラグとして 55.4 千 t-Mn が排出される事が明らかとな

った。製鋼プロセスでは、製鋼スラグとして、530.7千t-Mnが排出されると共に、合金成分を添加するために、二次精錬工程において、フェロマンガ、シリコンマンガおよび金属マンガとして、577.6千t-Mnのマンガが投入している事が明らかとなった。

インジウムについては、その需要の86.9%を占める透明電極用ITOに利用されるインジウムの物質フロー分析を行った。2004年における日本のインジウムフローを分析した結果、日本において、ITO膜用途に利用されている470t-Inのインジウムのうちで、220t-Inが拡散もしくは潜在的に拡散している事が明らかとなった。220t-Inのインジウムの拡散は、エネルギー消費量で11.4TJの損失、CO<sub>2</sub>排出量で0.5千t-CO<sub>2</sub>の損失、そして、TMRで1.0百万t-TMRの損失に相当する。2004年に製造されたFPD製品に含まれるインジウム量は、ITO膜用途のインジウムの約3%であり、僅かに14t-Inであると得られた。

リンについては、そのフローの把握を中心としながら、ストック先への流入量を把握した。リン資源の大半は肥料の原料として用いられており、畜産糞尿経由で流入する145.20kt-Pとあわせて545kt-Pが農地・牧草地に流入するが、リンの一部は土壌蓄積し、大半は環境中に拡散している。鉄鋼業におけるリンフローはおよそ93.81kt-Pであり、これらのほとんどは脱リン工程を経た後に製鋼スラグに濃縮される(93.07kt-P)。環境中への拡散、ならびに廃物中のリンフローは土壌、河川、汚泥、製鋼スラグ、その他廃棄物といった部門に向かっている。スラグ中のリンは現状ではその大半が土木資材、アスファルト原料として用いられており、リン資源としての役割は果たさずに存在している。その流入量はリン鉱石輸入量とほぼ同程度である。

建設物については、和歌山市中心部において経年的な4d-GISデータベースを作成し、建設資材ストックの推移を明らかにした。建物件数やコンクリート構造物の増加により、ストック密度は1947年から2004年までの57年間で5.8倍に増加をしていることが明らかになった。また、地下部分にストックされている建設資材は、2004年時点で全体の47%に上ることが分かった。都市部では地上構造物の増加に伴い地下構造物も増加しているが、将来未回収となる可能性も高いだけに、地下部分に投入された建設資材の処理について十分考慮しなければならない。

自動車については、自動車に用いられる鋼材中の随伴レアメタルの推計を行った。自動車には多様な素材の部品が組み込まれており、多様な元素が自動車部品に随伴して存在している。廃自動車(End of Life Vehicle: ELV)スクラップの電炉リサイクルでは、ステンレスに含まれるCrやNi、その他特殊鋼に含まれるMn、W等のレアメタルは回収されることなくスラグに移行・拡散したり、あるいは鋼材に含まれる不純物質として蓄積したりしている。現状、電炉等で冷鉄源として再資源化されているカープレス、シュレッダー屑は約250万トンであり(部品再利用、抜き取り分除く)、この中にMnがおよそ7,000t、Niがおよそ30,000t、Crがおよそ30,000t、Moがおよそ6,600t含まれていると推計された。

また、自動車については、中古車、中古部品、二次資源としての輸出に伴う金属資源流出量を推計した。レアメタルは、統計的な制約より、ELV中のエンジンに付随するものを対象とした。推計に際しては、貿易統計と自動車・部品の金属組成情報を活用した。2005年において、ELV輸出を通じて、鉄190万t、Alが25万t、Cuが24千t、Pbが27千t、Znが8千t、またエンジン輸出により、Crが3.2千t、Mnが2.0千t、Niが390t、Moが110t流出している結果が得られた。つまり、自動車廃棄に伴い発生した各金属の3割から7割が海外に流出していることが分かった。また、Al、Pb、Zn、Cr、Mnの流出量は、対応する金属の二次資源輸出量の2.1倍から6.5倍となり、無視できない量であることが確認できた。

電気電子製品については、これらの製品に含まれるレアメタル(Au、Ag、Ba、Cr、In、Ni、

Pb、Sb、Sn、Sr、Zn、Zr)の潜在拡散量を推定した。推算に必要な組成データはヒアリング調査、文献調査、実測にて行い、また廃棄台数はポピュレーションバランスモデルにより推計した。その結果、家電製品についてはIn、Sn、Agの拡散量が増加傾向を示す一方、Pb、Sb、Zr、Ba、Srは減少傾向を示した(図5)。また、電子機器については、全ての元素で使用済みPC・携帯電話に含まれる量が増加傾向にあることが分かった。

また、家電については、その輸出に伴う金属資源流出量を推計した。資源性および有害性を併せ持つ家電(冷蔵庫、エアコン、洗濯機、CRTテレビ)を取り上げ、それらに付随する資源価値の高いCu、Au、Agの流出量を推計した。2000年から2005年にかけて1200t/年のCu、150t/年のAu、1000t/年のAgが国内で回収されずに、中古家電輸出を通じて海外に流出している現状を明らかにした。さらに、国外に流出したCu、Au、Agの多くは、資源回収技術が十分でない低所得国に蓄積しているため、それらの資源散逸リスクが高いことを確認できた。

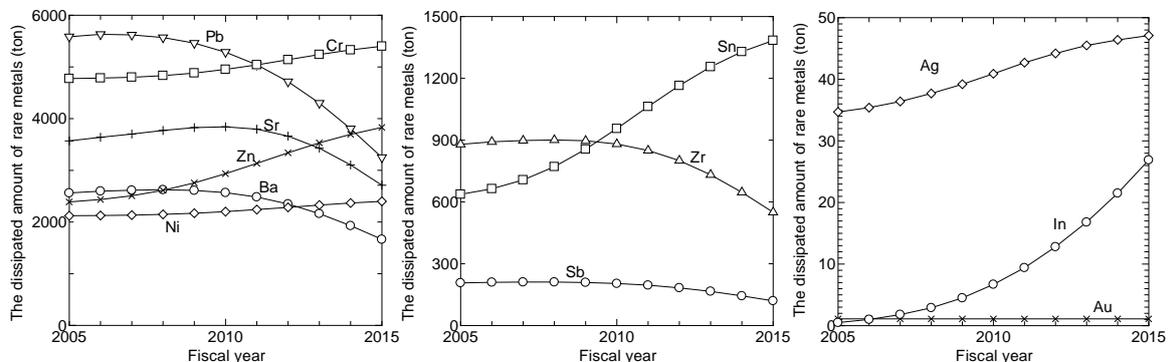


図5 家電製品に含まれるレアメタルの潜在拡散量

### ⑤ 近未来のシナリオ分析に基づく廃棄物・資源管理戦略の検討

通常の資源戦略のレビューとそこにおける循環資源の位置づけの検討、戦略的に対応すべき金属類の選定手法の検討、都市鉱山の品位評価を行うとともに、廃棄物・資源管理方策の類型化を行い今後の戦略の考察を行った。

まず、天然資源における資源戦略のレビューを実施した。天然資源については、供給源の多様化により安定供給の確保を目指してきており、輸入相手国の多様化によるリスク分散、購入方法の多様化と自主開発比率の上昇、よりリスクの低い鉱種への代替、循環資源の積極的な活用による供給源の多様化が行われてきている。循環資源の位置づけは、天然資源に対する代替物という意味での供給源の多様化であるが、その規模が拡大するにつれて、循環資源自体も単なるバッファーから主要な供給源の一つとなり、結果的に循環資源の安定的な供給が必要になる、つまり安定的な静脈システムが必要となることを明らかにした。

戦略的に対応すべき金属類の選定については、選定のための簡易な評価指標を提案するとともに、その結果をより詳細な評価指標の結果と比較検討した。評価軸は資源性と有害性とした。既存手法を適用してテレビに含まれる金属類の環境影響指標を算出して方法論間の比較を行った結果、RoHS指令の対象4金属(Pb、Hg、Cd、Cr<sup>+6</sup>)が懸念すべき金属類を網羅できていないこと、評価軸が同じでも適用する指標によって結果が大きく異なるため少数の戦略対応金属を選定する場合には複数の指標を用いるべきこと、指標が考慮している事象が多いほどより正確な結果が得られるわけではないことなどが示された。

都市鉱山の品位評価については、都市鉱石TMRを試算し、自然鉱石TMRとの比較により、

ノート PC と携帯電話に含まれる金属元素のリサイクル性を評価した。その結果、Au、Ag、Cu、Fe、Al、Ta に関しては都市鉱石 TMR が自然鉱石 TMR を下回り、リサイクルが有効であると考えられた。さらに、唯一都市鉱石 TMR が自然鉱石 TMR を上回った In に関しては、リサイクルプロセスの改善を考察し、使用される酸や有機溶媒の繰返し利用、液晶パネルに付随したガラスの事前除去をするなどのプロセス改善により自然鉱石 TMR と同等の値にまで減少させることが出来ることを示した。

最後に、物質ストックに対してどのような管理方策があるかを理論的な側面から検討した。まず、使用中の製品等のストック管理方策と使用済み製品等に含まれる素材等の管理方策に分け、後者についてはさらに回収された使用済み製品等の管理方策と使用済み製品の回収利用を促進するための管理方策に分けて検討した。また、以上を支援する全般的な方策について検討した。最終的には、これらの方策を組み合わせ、今後のビジョンに合致するような戦略を策定する必要があると考えられる。

結論＝以上、本研究の成果をまとめると以下のとおりである。

- ・ 勘定体系の枠組みについては、廃棄物管理のための物質ストックの分類表、資源再活用のための分類表を提示した。後者は天然鉱物資源の分類表と統合的なものとなるように構築しており、様々な物質ストックを資源として包括的に見ることに役立つものと考えられる。
- ・ 物質管理指標については、物質ストック管理指標としての製品寿命の定義や推定手法の整理を行うとともに、都市鉱山の資源性指標の検討や都市鉱石 TMR による使用済み製品に含まれる金属の品位評価手法の提案を行った。
- ・ 定量化手法については、物質ストックの定量化手法の整理を行うとともに、物質ストックの定量化に不可欠な製品の物質使用原単位データの整備、製品寿命データベースの構築、金属資源の回収可能性の評価を行った。
- ・ 物質ストック勘定の適用については、素材として建設鉱物、金属全般、鉄、銅、アルミニウム、ニッケル、マンガン、インジウム、リン、製品として建設物、自動車、電気電子製品を事例に、物質ストックの定量化や廃棄物・資源としての回収可能性の検討、もしくはその前段階としての物質フローの把握を行い、その廃棄物・資源管理上の含意を提示した。
- ・ 廃棄物・資源管理戦略については、通常資源戦略のレビューを行って循環資源の位置づけを明らかにするとともに、戦略的に対応すべき金属類の選定手法の検討、都市鉱石の品位評価を行った。また、廃棄物・資源管理方策の類型化を行い今後の戦略の考察を行った。

## 英語概要

Project Title = Development of Material Stock Account Framework and Its Application: Strategies for Future Waste and Resource Management

Project Leader = Seiji Hashimoto (National Institute for Environmental Studies)

Project Members = Tomohiro Tasaki, Ken-ichi Nakajima, Masahiro Oguchi (National Institute for Environmental Studies), Osamu Umezawa (Yokohama National University), Hiroki Tanikawa (Wakayama University), Shinsuke Murakami, Ichiro Daigo (The University of Tokyo), Kazuyo Yokoyama (Tohoku University), Masaaki Fuse (National Institute for Advanced Industrial Science and Technology), and Eiji Yamasue (Kyoto University)

Abstract = Objectives of this project are to develop a material stock account (MSA) framework and to apply it to several materials and products for examining strategies for future waste and resource management. The points of this study can be summarized as the following. 1) MSA framework: Stocked materials classifications of two kinds were proposed. One, which is consistent with mineral resource classification, is useful to conceptualize various material stocks as resources comprehensively. 2) Stock-related indicators: Definitions of product lifetime were examined; estimation methods were classified. The value of urban mines was discussed and evaluation methods of recyclability of end-of-life products were proposed. 3) Stock quantification method: Various quantification methods were classified. A database of material use intensities of products and product lifetimes was developed. 4) Application of MSA: Case studies for several materials (construction minerals and several metals) and products (construction, automobile, and electrical and electronic equipment) were conducted, including those of stocked materials' quantification, stocked materials' recoverability assessment, material flow estimation, along with their respective implications. 5) Strategies for waste and resource management: Strategies for natural resources were reviewed and the position of recyclable resources was discussed. Measures for stock-related waste and resource management were classified. Future strategies were discussed.

Keywords = construction minerals; metals; building and infrastructure; industrial machinery; automobile; electrical and electronic equipment