



小型電気電子機器からの有用金属 リサイクルを検討する必要性について

検討の流れ

1. 目指すべき方向性

我が国として循環型社会形成を推進することが目指すべき方向性であることを確認。

2. 現状認識・課題整理

資源制約、環境制約の各観点から、現状認識及び我が国の抱える課題を整理。

3. 検討の方向性

目指すべき方向性と現状における課題を踏まえて、検討の方向性(リサイクル制度を検討することの必要性と方法)を明確化。

4. 検討対象とする製品分野

検討目的への適合性の観点から、リサイクルシステム構築に向けた検討対象とするべき製品分野を設定。設定にあたっては、製品分野における対象金属の含有状況、リサイクル実態等の製品特性に配慮。

5. リサイクルの是非の検討

→リサイクルを実施すべきかどうか？

費用対効果を踏まえて、リサイクルをするべきかどうかを検討。

6. リサイクルシステムの検討

→どのようにリサイクルするのか(制度が必要かどうか)？

検討対象とする製品分野を対象に、製品分野を構成する各品目の特性、関係者のニーズ・スタンス等を踏まえ、リサイクルシステム構築の優先度が高いと考えられる品目を絞り込み。該当品目のリサイクルシステムのあり方について、採算性、効果・影響、政策措置の必要性等の観点から検討するとともに、関係主体の連携や役割分担等の考え方を整理。

いわゆる“そもそも論”
→本資料に基づき認識の共有を図る

→どうして小型電気電子機器でリサイクルの検討をする必要があるのか？

循環型社会形成の推進

●循環型社会形成の推進は我が国の目指すべき方向性。

➤「循環型社会形成推進基本法」では、循環型社会とは「製品等が廃棄物等となることが抑制され、並びに製品等が循環資源となった場合においてはこれについて適正に循環的な利用が行われることが促進され、及び循環的な利用が行われない循環資源については適正な処分が確保され、もって天然資源の消費を抑制し、環境への負荷ができる限り低減される社会」と定義されている。

●循環資源である使用済製品に含まれる有用金属(資源として利用価値のあるベースメタル、貴金属、レアメタル)をリサイクルすることは、循環型社会形成の推進のためには重要。

目指すべき資源循環

【循環型社会形成推進基本計画(抜粋)】

国際的な循環型社会の構築に当たっては、循環資源の環境負荷を考慮し、まず発生国内で適正に処理することを原則とし、各国内で環境汚染を防止するための法令の整備や法執行能力などの適正処理能力を向上させていくことを最優先します。これとあわせて、廃棄物の不法な輸出入を防止する取組を充実させることが必要です。その上で、循環資源の持つそれぞれの性質に応じて、環境負荷の低減や資源の有効利用に資する場合には、各国内での循環利用を補完するものとして、循環資源の国際的な移動の円滑化を図ることも重要です。こうした国際的な資源循環に関する基本的な考え方を他国とも共有し、地域内、さらには国際的に一体となった取組を進めていくことが必要です。



循環型社会形成推進基本計画の理念を踏まえれば、環境保全上問題がなく、経済的に優位性を持つ場合には、国際資源循環を否定するものではない。特に、有用金属の場合はその特性から国際循環も視野に入れるべきだが、以下の観点から、国際循環を補完的なものと位置付ける。

- ・アジア地域で大気汚染、海洋汚染、温暖化など越境する環境問題が顕在化しており、さらに食品や日用品などをアジアより輸入している現状を踏まえれば、現地の汚染防止が我が国の利益になることから、アジアスケールでの汚染防止が重要。日本は高い技術力をもって、アジア全体のリサイクル技術の底上げをしていく必要がある。まずは、現時点で高い技術を持つ日系静脈産業が、アジアで中心的役割を果たすべく、国内でノウハウを蓄積することが重要。
- ・資源価格の変動等により使用済製品の海外での需要が減少した場合に、国内静脈産業が十分に機能していなければ、廃棄物が国内に溢れることになる。

なお、小型電気電子機器からの有用金属のリサイクルにおいては、製造業における国際水平分業が進展した状況(P.24参照)に鑑みれば、必ず回収した金属を国内で製品に再生利用すべきというものではない。

循環型社会形成における課題

●金属系廃棄物の循環利用量の推計結果によれば、一般廃棄物については488千t/年（発生量の約30%）、産業廃棄物については265千t/年（同約3%）が最終処分されており、循環型社会形成の観点から金属系廃棄物の更なる循環利用の進展が求められる。

【金属系廃棄物の循環利用量の推計結果（平成20年度）】

単位：千t/年

	一般廃棄物	産業廃棄物
発生	1,549	8,766
循環利用量	1,059	8,501
直接	177	4,066
処理後	883	4,435
減量化量（自家処理）	1	0
最終処分量	<u>488</u>	<u>265</u>
直接最終処分	<u>106</u>	<u>61</u>
処理後最終処分	<u>382</u>	<u>205</u>

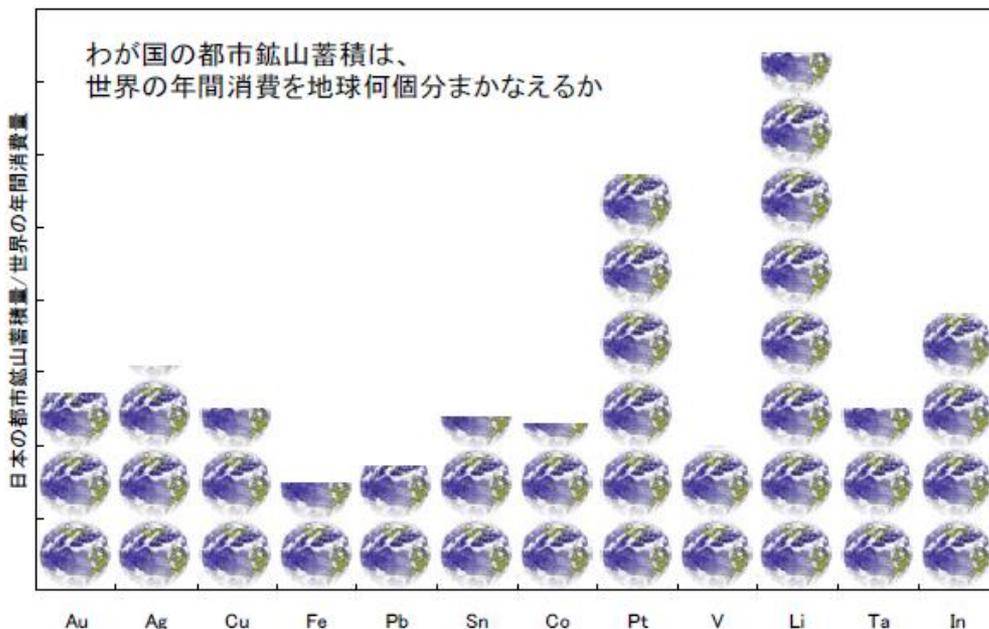
※直接最終処分：処理施設を経由せずに、直接埋立処分されるもの

処理後最終処分：処理施設の中間処理により排出された処理残渣物のうち、埋立処分されるもの

都市鉱山、使用済製品の海外での不適正処理

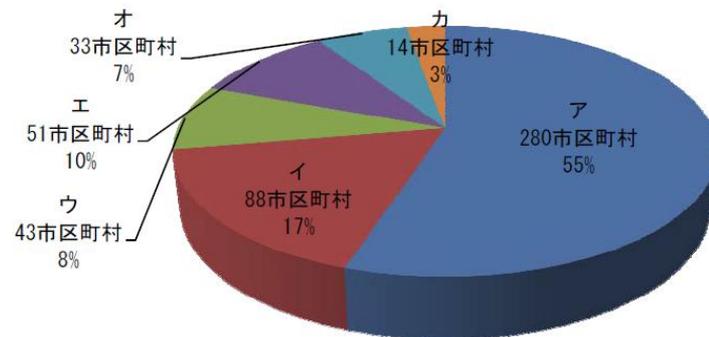
- 日本国内に蓄積されリサイクル対象となる金属の量(いわゆる都市鉱山と呼ばれる使用済製品中に含まれる有用金属を鉱石に見立てたもの。現状、リサイクルされずに最終処分されているものも含んだ推計結果である。)は世界有数の資源国に匹敵する規模との推定計算結果が存在。
- 一方、そのような有用資源が不用品回収業者等を経由して海外に流出している可能性も指摘されている。海外において不適正に処理されている事例も報告されており、天然資源の消費の抑制と環境負荷の低減の観点から課題。

【世界の年間消費量とわが国の都市鉱山との比較】



出典：(独)物質・材料研究機構：平成20年1月11日プレスリリース資料
(わが国の都市鉱山は世界有数の資源国に匹敵)

【不用品回収業者における不用品の販路等の捕捉状況】



- ア 不明
- イ リサイクル業者に現況のまま売却している
- ウ 解体後、モーター、金属類の一部部品を売却している
- エ 現況のまま輸出している
- オ 解体・分別の上、輸出している
- カ その他

出典：環境省：不用品回収業者に関する調査結果について
(お知らせ)：平成23年5月23日(月)

有用金属の主な用途

- 有用金属（資源として利用価値のあるベースメタル、貴金属、レアメタル）は、自動車、IT製品等の製造に不可欠な素材であり、我が国の産業競争力の要として必須な資源。
- 有用金属は、幅広い製品の電子部品への用途も多い。

【有用金属の主な用途】

金属種	主な用途
銅	電線（信号線、電力線）、銅合金（コネクターなど）、銅铸件（バルブなど）
鉛	バッテリー、無機薬品、ハンダ、鉛管、電線
亜鉛	亜鉛メッキ鋼板、真鍮铸件、ダイカスト
金	電気接点・電子部材接合材（メッキ含む）、歯科材料、宝飾品
銀	写真感光材料、電気接点・電子部材接合材、銀ペースト配線材（PDP、太陽電池）
<u>白金</u> 、 <u>パラジウム</u> 、ロジウム	自動車触媒、電気接点、歯科材料、宝飾品
<u>セレン</u>	光電池（複写機）、整流器、ガラス着色剤、合金添加剤
<u>テルル</u>	合金添加剤（精密機械部品）、DVD記録膜、ペルチェ素子（電子冷蔵庫）
<u>ビスマス</u>	鉛フリーハンダ、フェライト添加剤、ペルチェ素子
<u>アンチモン</u>	難燃助剤
<u>インジウム</u>	透明電極膜（ITO：液晶ディスプレイ、太陽電池）、化合物半導体（InP）
<u>ガリウム</u>	化合物半導体（GaAs：携帯電話、コンピュータ、赤色LED； GaN：青色LED）、
カドミウム	ニカド電池、耐熱エンジン部品
<u>ゲルマニウム</u>	PET樹脂用触媒、光ファイバー添加剤、蛍光体
<u>ニッケル</u>	ステンレス、ニカド電池、メッキ材料、磁性材料
錫	ハンダ、青銅铸件、メッキ材料

出典：産業構造審議会 廃棄物リサイクル小委員会 第2回基本政策ワーキンググループ資料より作成
 ※赤字下線はレアメタルを示す。

資源供給の偏在性と寡占性への対応の必要性

- 有用金属（資源として利用価値のあるベースメタル、貴金属、レアメタル）は産出国の偏在性が高い鉱種も多く、中国のレアアースの輸出枠制限の例にみられるように、主要生産国の輸出政策の変更の影響を大きく受ける状況にある（下表参照）。
- 近年、非鉄メジャー各社による大型のM&Aが進められ、生産者の寡占化が進展（次ページ参照）。一方、中国国内では、レアアースにおいて環境対応や生産調整を目的とした事業者の再編が政府主導で実施。

【非鉄金属資源の産出国の偏在性】

【非鉄金属資源の埋蔵と我が国の輸入に関する偏在性】

	資源の上位産出国（2009年）				上位三カ国の合計シェア
レアアース	①中国 97%	②インド 2%	③ブラジル 0.5%		【99%】
リチウム	①チリ 41%	②豪州 24%	③中国 13%		【78%】
バナジウム	①中国 37%	②南アフリカ 35%	③ロシア 26%		【98%】
タングステン	①中国 81%	②ロシア 4%	③カナダ 3%		【88%】
白金	①南アフリカ 79%	②ロシア 11%	③ジンバブエ 3%		【93%】
インジウム※	①中国 50%	②韓国 14%	③日本 10%		【74%】
モリブデン	①中国 39%	②米国 25%	③チリ 16%		【80%】
コバルト	①コゴ民 40%	②豪州 10%	③中国 10%		【60%】
マンガン	①中国 25%	②豪州 17%	③南アフリカ 14%		【56%】
ニッケル	①ロシア 19%	②カナダ 13%	③インドネシア 13%		【45%】
銅	①チリ 34%	②米国 8%	③ペルー 8%		【50%】
亜鉛	①中国 25%	②ペルー 13%	③豪州 12%		【50%】
鉛	①中国 43%	②豪州 13%	③米国 10%		【66%】

	上位埋蔵国*	上位三カ国シェア	上位輸入先国***	上位三カ国シェア	
レアアース	①中国 36%、②旧ソ連圏 19%、③アメリカ 13%	【68%】	①中国 89%、②フランス 5%、③旧ソ連圏 4%	【98%】	
リチウム	①チリ 76%、②アルゼンチン 8%、③オーストラリア 6%	【90%】	①チリ 72%、②アメリカ 21%、③中国 5%	【98%】	
バナジウム	①中国 38%、①ロシア 38%、③南アフリカ 23%	【99%】	①南アフリカ 34%、②中国 33%、③韓国 15%	【82%】	
タングステン	①中国 64%、②カナダ 9%、③ロシア 8%	【81%】	①中国 86%、②アメリカ 4%、③韓国 4%	【94%】	
白金	①南アフリカ 89%、②ロシア 9%、③1%	【99%】	①南アフリカ 72%、②スイス 10%、③ドイツ 5%	【87%】	
インジウム	①中国 73%、②ペルー 3%、③アメリカ 2%	【78%】	①韓国 62%、②中国 18%、③台湾 8%	【78%】	
モリブデン	①中国 38%、①アメリカ 31%、③チリ 13%	【82%】	①チリ 45%、②アメリカ 16%、③メキシコ 10%	【71%】	
コバルト	①コゴ民主共和国 52%、②オーストラリア 23%、③キューバ 8%	【83%】	①フィンランド 32%、②カナダ 17%、③オーストラリア 16%	【65%】	
マンガン	①ウクライナ 26%、②南アフリカ 24%、③オーストラリア 16%	【66%】	①南アフリカ 36%、②中国 28%、③オーストラリア 26%	【90%】	
ニッケル	①オーストラリア 37%、②ニューカレドニア 10%、③ロシア 9%	【56%】	①インドネシア 47%、②フィリピン 16%、③ニューカレドニア 10%	【73%】	
銅	①チリ 30%、②ペルー 12%、③メキシコ 7%	【49%】	(銅鉱石)	①チリ 36%、②インドネシア 21%、ペルー 16%	【73%】
			(銅地金)	①チリ 69%、②ペルー 17%、③インドネシア 3%	【89%】
亜鉛	①中国 17%、②オーストラリア 11%、③ペルー 10%	【38%】	(亜鉛鉱石)	①オーストラリア 34%、②ボリビア 23%、③ペルー 22%	【38%】
			(亜鉛地金)	①ナミビア 49%、②ペルー 35%、③カナダ 7%	【91%】
鉛	①オーストラリア 30%、②中国 15%、③アメリカ 10%	【55%】	(鉛鉱石)	①オーストラリア 45%、②アメリカ 37%、③ボリビア 20%	【55%】
			(鉛地金)	①ペルー 19%、中国 2%	【21%】

出典：Mineral Commodity Summaries 2010

※インジウムは地金ベース

※ 出典U. S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries,2010

※※ 出典：日本貿易月表2008年12月号）

※※※ 貿易統計

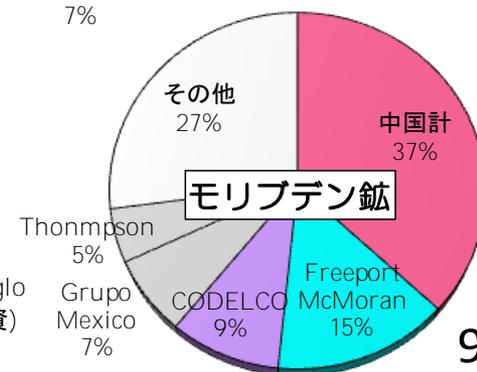
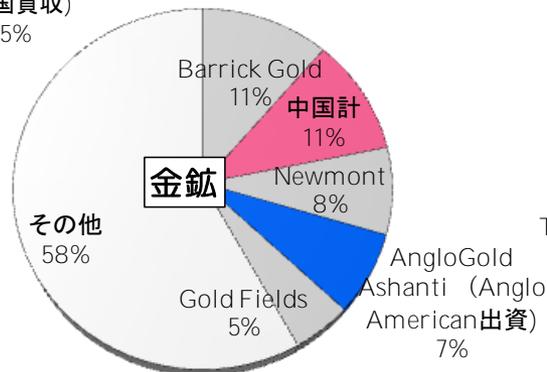
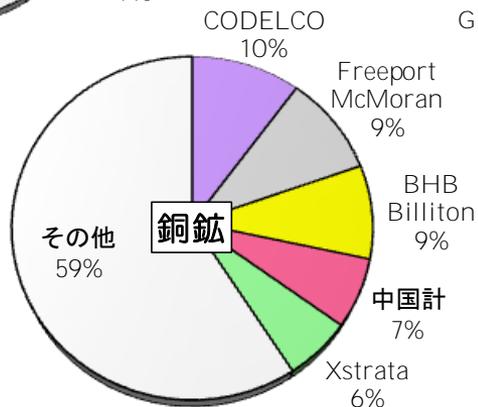
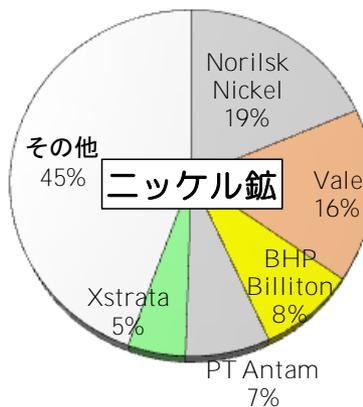
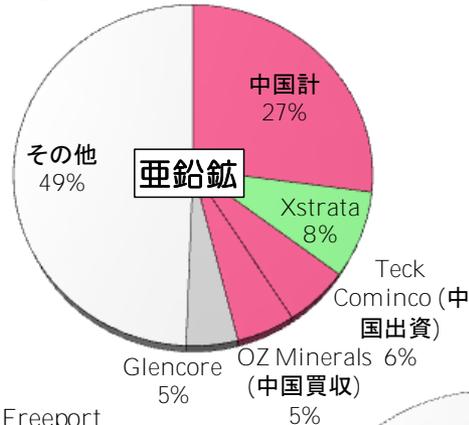
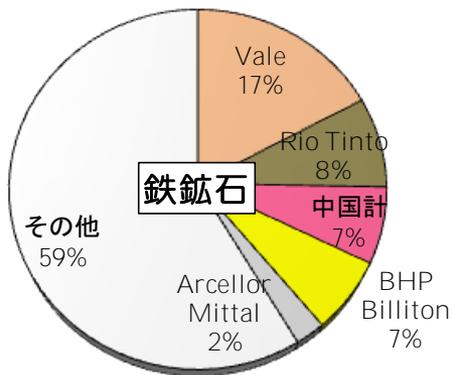
主要金属資源供給に占める資源メジャーの位置付け

●“資源メジャー”の明確な定義はないが、次のような事項に該当する鉱物資源開発企業。

- (1) グローバル・多国籍に事業展開している。
- (2) 鉱山開発をコアビジネスとし、下流分野（製錬、金属加工・製造）よりも上流分野を志向する。
- (3) 特定の金属鉱種、あるいは燃料鉱物も含め複数鉱種の上位生産者である。
- (4) オペレーションシップを有して大規模な鉱山開発・操業を行っている。
- (5) 強力な経営資源（技術・人材・設備資産）を有する。
- (6) M&Aにより事業拡大と多国籍化・多鉱種化・寡占化を進め、バーゲニングパワーを強化している。

【参考：資源メジャー20社】

- ①BHP Billiton、②Anglo American、③Rio Tinto、④Vale、⑤Xstrata、⑥CODELCO、⑦Freeport McMoranCopper&Gold、⑧Phelps Dodge、⑨MMC Norilsk Nickel、⑩Teck Cominco、⑪Newmont、⑫Barrick Gold、⑬Grupo Mexico、⑭KGHM Polska Miedz、⑮Boliden、⑯Antofagasta、⑰Gold Fields、⑱Zinifex、⑲Peñoles、⑳Harmony Gold Mining



欧米における金属資源調達リスクへの対応

- 米国（全米科学アカデミー）では、戦略的に重要な鉱物資源として、銅・マンガン・ガリウム・インジウム・ニオブ・タンタル・リチウム・チタン・バナジウム・レアアース・白金族をクリティカルミネラルと定義している。
- EUでは、2011年2月に欧州委員会が公表した「Tackling the challenges in Commodity markets and on Raw materials」において、アンチモン・ベリリウム・コバルト・蛍石・ガリウム・ゲルマニウム・グラファイト・インジウム・マグネシウム・ニオブ・白金族・レアアース・タンタル・タングステンの14の鉱物がCritical Raw Materialsと位置づけられている。これらの鉱物確保のための方策として、資源外交や探鉱開発、使用済電気電子機器のリサイクル等が提案されている。

【欧米において政策上重要と位置づけられている鉱物資源】

	米国：クリティカルミネラル	EU：Critical Raw Materials
銅	●	
マンガン	●	
ガリウム	●	●
インジウム	●	●
ニオブ	●	●
タンタル	●	●
リチウム	●	
チタン	●	
バナジウム	●	
レアアース	●	●

	米国：クリティカルミネラル	EU：Critical Raw Materials
白金族	●	●
アンチモン		●
ベリリウム		●
コバルト		●
蛍石		●
ゲルマニウム		●
グラファイト		●
マグネシウム		●
タングステン		●

持続可能な資源管理に関する国際パネル（UNEP）

●国連環境計画（UNEP）では2007年11月に「持続可能な資源管理に関する国際パネル」を設置。パネルの作業部会の1つとして、「Global Metals Flow」を設置。同作業部会では、以下の順にレポートを作成。現在、レポート1、2は公表。残りのレポートは2012年頃までに作成予定。

レポート1 金属の社会蓄積量 レポート2 金属のリサイクル率
 レポート3 金属が環境に及ぼす影響 レポート4 地質学的な金属の蓄積量
 レポート5 金属の将来需要シナリオ レポート6 重要金属と金属政策オプション

●各金属について、どの程度の時間軸にて供給が危機的状況になるか、今日の金属使用は持続可能であるか、持続可能でない場合は、どのような政策オプションが示唆されるか等についてはレポート6で報告される予定。

【現存の金属の使用蓄積量の推計結果】

金属	推計の数	全推計に占める割合	1人当たり蓄積量 (世界全体)	1人当たり蓄積量 (先進国) ^b	1人当たり蓄積量 (開発途上国) ^c
アルミニウム	9	7.4	80	350-500	35
銅	34	27.0	35-55	140-300	30-40
鉄	13	10.7	2200	7000-14000	2000
鉛	20	16.4	8	20-150	1-4
鉄鋼	1	0.8		7085	
ステンレス鋼	5	4.1		80-180	15
亜鉛	14	11.5		80-200	20-40

金属	推計の数	全推計に占める割合	1人当たり蓄積量 (世界全体)	1人当たり蓄積量 (先進国) ^b	1人当たり蓄積量 (開発途上国) ^c
金	2	1.6		35-90	
パラジウム	2	1.6		1-4	
白金	2	1.6		1-3	
ロジウム	1	0.8		0.2	
銀	2	1.6	110	13	

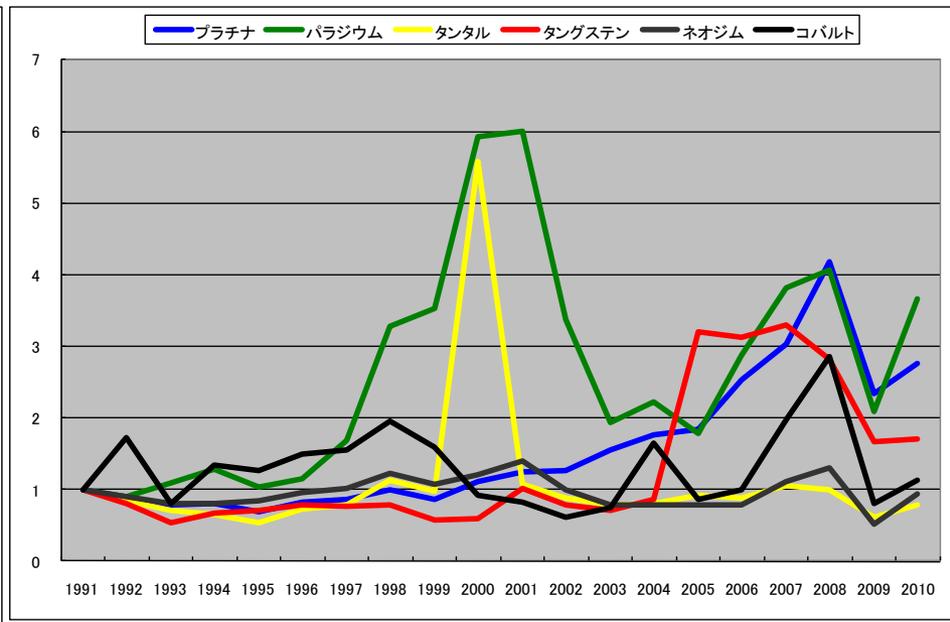
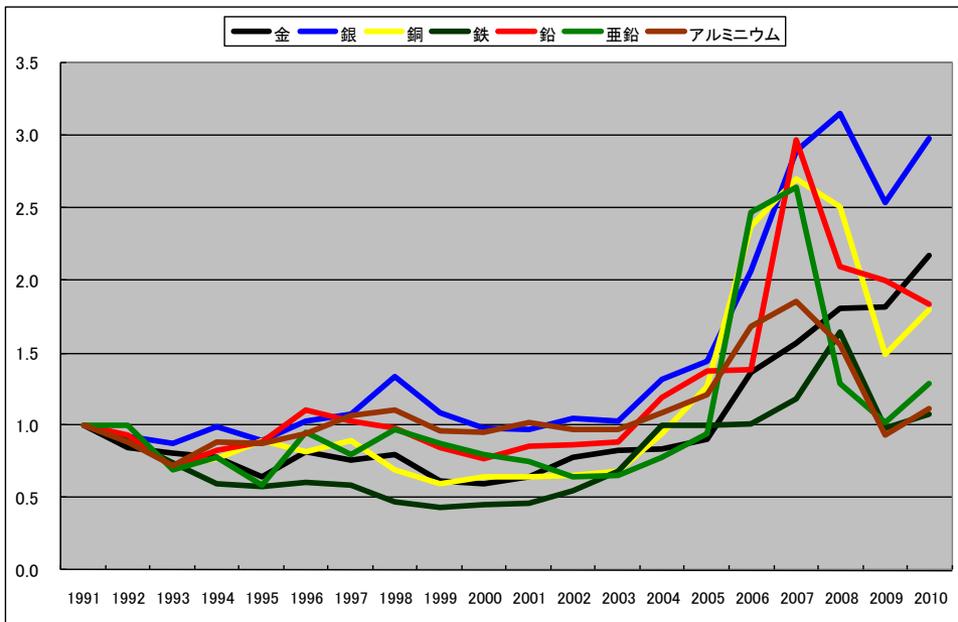
金属	推計の数	全推計に占める割合	1人当たり蓄積量 (世界全体)	1人当たり蓄積量 (先進国) ^b	1人当たり蓄積量 (開発途上国) ^c
アンチモン	1	0.8		1	
カドミウム	3	2.5	40	80	
クロム	3	2.5		7-50	
コバルト	1	0.8		1	
マグネシウム	1	0.8		5	
マンガン	1	0.8		100	
水銀	1	0.8		10	
モリブデン	1	0.8		3	
ニッケル	3	2.5		2-4	
スズ	2	1.6		3	
チタン	1	0.8		13	
タングステン	1	0.8		1	

出典：国連環境計画：金属の社会蓄積量（科学的総合報告書）

新興国の需要増大に伴う資源価格高騰

- 下図は1991年の価格を1として各鉱種の価格の変動を示したもの。
- ベースメタル、貴金属はここ20年で見ると価格が上昇傾向にあり、リーマンショック（2008年9月）後の下落はあるものの、特に近年の上昇は著しい。
- レアメタルも上昇傾向にあるが、ベースメタル、貴金属と比較すると乱高下する鉱種もある。例えばタンタルは2000年にIT需要を背景に価格が暴騰。パソコン、携帯電話の普及によりコンデンサ向けのタンタルの需要が急増したこと等が原因。

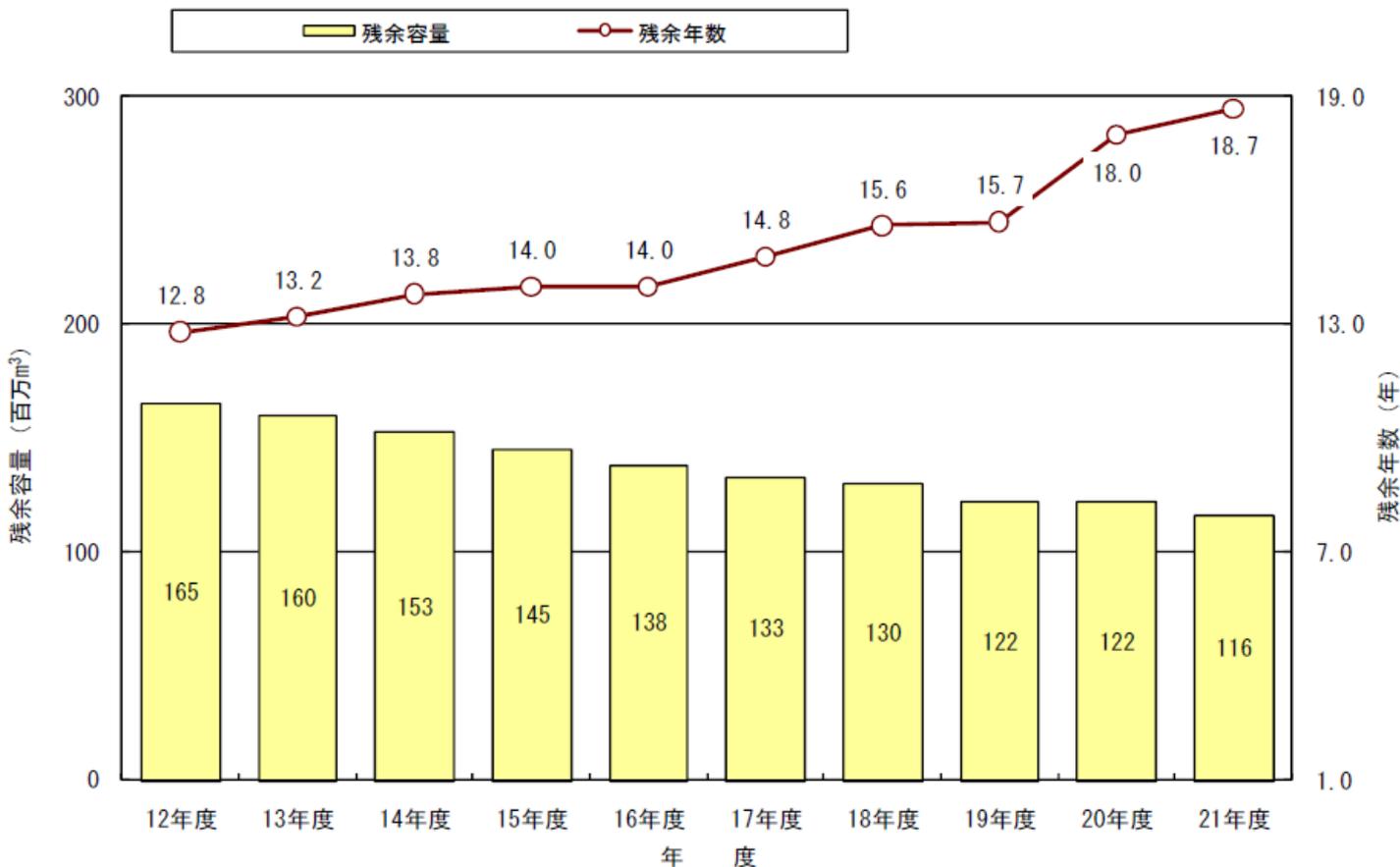
【主な有用金属の価格動向】



最終処分場の逼迫

●最終処分場の残余年数は近年増加しているものの、残余容量は減少が続いており、依然として逼迫しており、廃棄物のさらなる排出削減が求められている。

【最終処分場の残余容量及び残余年数の推移（一般廃棄物）】



出典：環境省：日本の廃棄物処理（平成21年度版）

適正な環境管理

- 使用済製品中には鉛等の有害物質が含有されているものもあり、これらの使用済製品の廃棄物処理に伴う環境リスク管理が不可欠。
- 資源採掘時には、岩石、土砂を含めた廃棄物の発生やエネルギー消費等、多数の物質・資源が関与しており、資源採取時の環境影響にも配慮が必要。資源採取時の潜在的な環境負荷を表すものとして物質1tを入手するために採掘した鉱石、岩石、土砂等の総量を示す関与物質総量(TMR)の研究等が行われている。

【使用済製品中への含有が考えられる鉱種】

品目	鉱種
小型家電	Be, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Mo, Ru, Ag, Cd, Sb, Te, Cs, Ba, Ta, Tl, Pb, Bi, Hg※ ¹
家電4品目	Hg, As, Sb Pb※ ² Zn, Sn, Cd, Cr, Sb※ ³
自動車	Li, Ni, Co, Nd, Dy, Pt, Pd, Rh, Cr, Mn, Ni, V, Co, W, Mo, Ga, Ta, Ti, Zr, Nb, In※ ⁴

出典:

- ※¹ 「使用済小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会」環境管理ワーキンググループ資料
- ※² 中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会特定家庭用機器の再商品化・適正処理に関する専門委員会(第7回)「特定家庭用機器廃棄物の適正処理について(取りまとめ案)」
- ※³ 環境省「リサイクル制度の体系化・高度化推進検討調査」(平成20年)
- ※⁴ 環境省「使用済自動車再資源化の効率化及び合理化推進調査」(平成22年)

【金属の関与物質総量(TMR)】

鉱種名	TMR(t/t)	鉱種名	TMR(t/t)
Fe	8	Li	1,500
Al	48	Co	600
Zn	36	Pt	520,000
Pb	28	Pd	810,000
Cu	360	In	4,500
Ag	4,800	Nd	3,000
Au	1,100,000	Dy	9,000
		Ta	6,800
		W	190

TMR: 物質1tを入手するために採掘した鉱石、岩石、土砂等の総量

出典: NIMS-EMC材料情報環境データNo.18 概説 資源端重量(片桐 望、中島謙一、原田幸明: 2009年3月)

検討の方向性

- 資源制約の課題、環境制約の課題に対応し、循環型社会の形成を推進するため、有用金属を含む使用済製品のリサイクルが必要。その際、特に、以下への対応について検討する。
 - 使用済製品に含まれる有用金属がリサイクルされずに最終処分場に埋め立てられること
 - 環境上の問題を惹起する不適正なリサイクルに繋がる海外流出が行われること
- さらに、リサイクルによって以下のような効果も考えられる。
 - 資源制約が進むなか、リサイクルにより有用金属の安定供給が可能となり、またリサイクルシステムを有することが資源生産国の貿易政策や供給調整に対する牽制となる。
 - 最終処分量が減少し、最終処分場が延命化される。
 - リサイクル工程の中で有害物質が適切に処理されることになり、環境影響の改善効果（大気・水域・土壌等を通じた生態系への有害物質の曝露量の減少等）や健康影響の改善効果（人体への有害物質の曝露量の減少等）が期待される。
 - 天然資源使用量を削減することで、地球に与える環境負荷を削減できる。
- 全ての使用済製品のうち、既存法制度の枠内でリサイクルが進んでいるもの、自主的な取組によりリサイクルが進んでいるものを把握し、どの範囲でリサイクルを検討する必要があるのかを整理（どうして小型電気電子機器が検討対象になるのかを整理）
- ただし、検討にあたっては、製品に使用する有用金属の経年変化や金属価格の変動等が想定されることから、短期的な視点だけでなく、中長期的な視点にも配慮する。