

# 鉱物資源マテリアルフロー分析調査

## 金属資源開発調査企画グループ

IT社会の進展、環境適応型社会の構築に向けての意識改革や各種規制の強化等をはじめとする21世紀の社会経済構造改革による鉱物資源に対する新規需要の増大、リサイクルの重要性等、資源を巡る環境は大きく変化している。これら鉱物資源を安定的に供給するためには、その需給の状況・動向等を的確に把握し、マテリアル・フローとして資源の包括的なマテリアル・バランスを分析することが不可欠である。

このような状況を踏まえ、銅、鉛、亜鉛、金、レアメタル等以下に示す40鉱種を対象に、我が国に鉱物資源がどのような形態で供給され、加工・製品化され、リサイクルされているかを調査分析し、鉱種毎のマテリアルフローを作成しとりまとめた。

ここでは、マテリアルフロー分析の結果、世界の生産量の状況、我が国の原料調達の状況、国内消費の状況、リサイクルの現状等について、鉱種毎に整理した結果と、ベースメタルである銅、鉛、亜鉛のマテリアルフロー結果について紹介する。なお、40鉱種のマテリアルフロー最終報告書は別途、「鉱物資源マテリアルフロー2004」として発行する予定である。

### 1. 調査結果の概要

今回、調査対象とした鉱種はベースメタル、貴金属、レアメタル等以下に示す40鉱種である。

銅、鉛、亜鉛、金、銀、アルミニウム、鉄、マグネシウム、錫、ニッケル、クロム、マンガ、コバルト、タングステン、モリブデン、バナジウム、ニオブ、タンタル、ゲルマニウム、ストロンチウム、アンチモン、プラチナ、

パラジウム、チタン、ベリリウム、ジルコニウム、レニウム、リチウム、ホウ素、ガリウム、バリウム、セレン、テルル、ビスマス、インジウム、セシウム、ルビジウム、タリウム、ハフニウム、レア・アース

表1に各鉱種毎のマテリアルフローの現状、リサイクルの現状等を取りまとめた鉱物資源マテリアルフロー分析調査の総括表を示す(表1)。

表1 鉱物資源マテリアルフロー分析調査(総括表)

No	鉱種	中間・最終製品	主要応用製品	マテリアルフローの現状等	リサイクルの現状等
1	銅(Cu)	電気銅	電気・機械	<ul style="list-style-type: none"> <li>供給:国内銅地金生産量1,430千tの原料の9割が海外輸出。</li> <li>中国を中心とする銅需要の拡大で銅精鉱が国際市場で逼迫。(2004年後半以降緩和)</li> <li>需要:電気銅(1,158千t)の6割が電線用、4割が伸銅用。</li> <li>総需要(電気銅+銅屑+銅合金屑:約2,300千t)では、電線用857千t、伸銅品用1,185千t、その他260千t。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>銅屑、銅合金屑(約115万t):約8割が再製錬、再溶融等によりリサイクルされ、残り2割が輸出。</li> <li>電線:通信・電力等からの廃電線・ケーブルはほぼ100%回収</li> <li>電子・電気機器:家電リサイクル法施行後リサイクル率上昇。</li> <li>家電リサイクル法指定品目以外の機器での回収が問題。</li> <li>建築・産業用機器:解体時の回収により回収率は高い(70~80%)。</li> </ul>
		電線	自動車・船舶		
		伸銅	通信・電力		
			金属製品・鉄鋼		
2	鉛(Pb)	鉛地金(再生含む)	自動車・産業用蓄電池	<ul style="list-style-type: none"> <li>供給:鉛地金国内生産量は226千tで対前年ほぼ横ばい。</li> <li>一次製錬用原料として、蓄電池のリサイクル化義務づけにより廃蓄電池の使用が増。</li> <li>需要:蓄電池向けが約70%(電気鉛では80%)。</li> <li>鉛スレ化の進展による代替の困難性により蓄電池需要に変化なし</li> <li>はんだ:鉛フリー化の進展により使用量が減少傾向。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉛蓄電池の回収率は95%以上。</li> <li>無機薬品:家電リサイクル法によりブラウン管はほぼ100%回収</li> <li>電線被覆用:ほぼ100%リサイクル。(但し、使用量激減)</li> <li>はんだ:家電リサイクル法対応で基盤からの回収が進展。</li> </ul>
		鉛蓄電池	ブラウン管等ガラス製品		
		無機薬品	はんだ		
3	亜鉛(Zn)	亜鉛地金(再生含む)	自動車部品	<ul style="list-style-type: none"> <li>供給:亜鉛地金国内生産量は651千tで対前年ほぼ横ばい。</li> <li>リサイクルの進展により原料としてのスクラップ出が増加傾向。</li> <li>需要:メッキ等防蝕向けが53%、銅合金用が23%。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>メッキ:メッキ工程から発生するドross等から約30%リサイクル。</li> <li>ダイカスト:自動車部品のシュレッダー経由で約15%リサイクル。</li> <li>伸銅品:銅の回収中で一部リサイクル。</li> </ul>
		亜鉛メッキ	建材・構築物		
		銅合金	電気機器		
		ダイカスト			
4	金(Au)	新産金	電気通信・機械部品	<ul style="list-style-type: none"> <li>新産金:銅、鉛、亜鉛等の製錬副産物が主流。スクラップ原料、銅宝飾用品</li> <li>輸入金(43t)は半減。</li> <li>需要:電気通信機・機械部品用が48%、宝飾用が12%。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>金、金合金、その製品等の製造工程で発生する歩留まり材は、ほぼ100%リサイクル。</li> <li>パソコン、携帯電話等からの回収、再生が増加傾向(現状:約40%)。</li> </ul>
		再生金	宝飾用品		
			歯科・医療用		

No	鉱種	中間・最終製品	主要応用製品	マテリアルフローの現状等	リサイクルの現状等
5	銀(Ag)	新産銀	写真感光材	・供給:銀、鉛、亜鉛等からの製錬副産物の新産銀が前年比1割増。	・写真用途:銀回収業者により90%以上回収。
		再生銀	通信機器・電気部品	・スクラップ出からの原料は写真感光用需要減少により減少。	・その他:リサイクルされた部品等が再製錬され約30%回収。
			展伸材	・需要:50%以上が写真感光用需要であるが、近年デジタルカメラ普及により減少傾向。	
6	アルミニウム(Al)	アルミ地金(再生含む)	輸送機器(主として車両)	・供給:製錬の電力コスト高により原料(地金、屑等)は全量輸入依存。	・国内アルミニウム需要量の2割以上が使用済みアルミニウム製品のリサイクルにより再生地金として使用。
		板	土木建築材料	・アルミ原料輸入2,885千t、再生地金958千tに対し国内需要3,693千t。	
		押出	金属製品	・需要:輸送機器向けが約37%、土木建築材料向けが約20%。	・飲料用アルミ缶等のリサイクル率は、容器包装リサイクル法施行により82%と高率。
		ダイカスト	食品・容器(缶、箔等)	・輸送機器向けは軽量化ニーズにより需要増加傾向。	
7	鉄(Fe)	粗鋼	土木建築機材	・供給:粗鋼生産量(110百万t)の約7割が輸入。鉱石を転炉に、残り3割が市中屑(スクラップ)を電気炉に投入して生産。	・鉄鋼スクラップの発生量は、年間5,000万t超。
		鋳物用鉄鉄	自動車用鋼板・部品	・中国の粗鋼生産急増により鉄鉱石が国際市場で逼迫。原料供給問題	・スクラップ中の不純物(特に銅)除去技術対策が問題。
		普通鋼	家電用鋼板・部品		・廃自動車からの鉄スクラップ(市中屑)の90%以上がリサイクル。
		特殊鋼	造船・産業機械		・工程内で発生したリサイクル材は、転炉に使用。
8	マグネシウム(Mg)	マグネシウム合金地金	アルミ合金材料	・供給:製錬コスト高の問題で、原料(地金、合金等)は全量輸入。	・アルミ合金添加剤はアルミ屑としてのみリサイクル。
		マグネシウム粒・粉	自動車用部品	・原料の90%以上を中国に依存。	・ダイカスト、射出成型品の工程屑は、工程内でリサイクル。
		Alに合金添加剤	建材・家電製品	・需要:アルミ合金添加剤向けが45%、ダイカスト向けが23%。	
		ダイカスト		・ダイカスト、射出成型品の需要増。ただしこれら使用製品の生産拠点の中国等への移転により今後需要減少に転換?	
		射出成型品			
9	錫(Sn)	錫地金	青銅鋳物	・供給:ほぼ100%を輸入に依存。	・経済性に乏しく錫としてのリサイクルなし。
			はんだ	・需要:鉛フリーはんだによりはんだの需要は増加傾向。	
			電子部品・伸銅品	・鏡メッキは亜鉛メッキに代われ需要減少傾向。	
10	ニッケル(Ni)	ニッケル地金	産業機器・建設材料	・供給:ニッケル需要の増大(3.5%増)に対応して生産も増(4.5%)。	・石油精製用直接脱硫触媒は100%リサイクル。フェロNi原料として使用。
		フェロニッケル	自動車用メッキ等	・需要:中国を中心とする世界的なステンレス需要拡大とともに、国内での特殊鋼、電子材料用需要が拡大。	・アルニコ磁石等の磁性材料は約70%が回収され特殊鋼原料として使用。
		酸化ニッケル	石油精製触媒		・特殊鋼スクラップは母材としてリサイクル(リサイクル率:約40%)。
		ステンレス鋼	電気用品	・ニッケル価格の高騰により、ステンレス分野でのNi系からCr系へのシフト化が進展(Ni系の現状:65%)。	
		メッキ			
		電池			
		磁性材料			
11	クロム(Cr)	フェロクロム	産業機器・建設材料	・供給:フェロクロムの国内生産は、生産者の事業撤退等により、高炭素FeCrで需要量に対し2%以下にまで下落(2002年13%・2003年1.6%)。	・特殊鋼スクラップは母材としてリサイクル(リサイクル率:約26%)。
		金属クロム	航空機・原子力機器		・その他:クロムとしてのリサイクルはほとんどなし。
		クロム鉱石(耐火物用)	皮革、顔料	・世界的なフェロクロム生産者の寡占化(南ア)の進展。	
		ステンレス鋼	メッキ	・需要:クロム需要の95%が特殊鋼(ステンレス鋼)向け。	
		スーパーアロイ	窯炉	・ステンレス需要増大により、クロム需要も約6%増。	
		酸化物			
12	マンガン(Mn)	フェロマンガン	鋼板、鋼管等	・供給:フェロマンガンの国内生産は、粗鋼生産の増大に対応して増加傾向(前年比4%増)。	・鉄鋼スクラップは電炉鋼・転炉鋼用原料としてリサイクル。
		シリコマンガン	工具鋼		・マンガン系電池のリサイクルは、経済的合理性なく進んでいない。
		金属マンガン	構造用鋼	・世界的なマンガン系合金鉄生産増によりマンガン鉱石確保競争が激化。	
		普通鋼	二次電池等	・需要:粗鋼生産の増大(対前年比3%増)によりマンガン系合金鉄需要も7%増加。	
		特殊鋼			
13	コバルト(Co)	コバルト地金	携帯電話、パソコン等	・供給:需要量のほぼ全量(97%)を輸入に依存。	・二次電池からは一部回収(回収技術は実用化レベル)。
		コバルト化成品	航空機、切削工具	かつての最大供給国(中国)からの輸入が大きく減(4%)	・特殊鋼スクラップは製鋼用原料として一部リサイクル。
		二次電池	石油化学	・需要:需要の6割強が二次電池(内リチウムイオン電池が95%)向け。	・石油精製時の脱硫触媒から一部回収。
		特殊鋼		・携帯電話、パソコンの生産増大によりリチウムイオン電池需要が急増。(対前年比34%増)	
		冶金粉末			
		磁石			
14	タングステン(W)	タングステン鉱石	切削工具	・供給:原料(APT等)全量を輸入(特に中国にほぼ100%)に依存。	・使用済み切削工具・超硬合金等からのリサイクルあり。
		APT他	プレス型	原料安定供給上の問題。	
		フェロタングステン	ダイス	・需要:需要の約7割が超硬合金用。	
		タングステンカーバイド	照明器具、電子機器	自動車、工作機械向け需要拡大傾向	
		超硬合金	自動車部品		
		特殊鋼			
15	モリブデン(Mo)	モリブデン焙焼鉱	自動車・産業機器	・供給:MoO <sub>3</sub> の全量(内中国:40%)、フェロモリの70%(内中国:92%)を輸入に依存。	・石油精製のMo触媒は、リサイクルされ再利用実施。
		フェロモリブデン	石油生成・石油化学		・線、板、棒、箔で照明用は、リサイクルされ特殊鋼用に利用。
		ブリケット	電子・通信機器	・フェロモリは、環境問題等で海外、国内ともに生産者減少。中国へ集中。	
		金属モリブデン	潤滑剤	・需要:ステンレス鋼等特殊鋼用が総消費量の約9割。	
		特殊鋼		・ステンレス需要増大により国際市場でのMo逼迫。	
		触媒、無機薬品			
16	バナジウム(V)	五酸化バナジウム	船舶、橋梁、建造物	・供給:五酸化Vの全量を輸入に依存(南ア:51%、中国:45%)。	・高張力鋼のスクラップは電気炉で溶解されリサイクル。
		フェロバナジウム	自動車	・五酸化Vを輸入しフェロVを生産。生産撤退等により国内生産減少傾向。	・スラグ中のバナジウムは微量のため技術的、経済的に困難。
		含V鉄鋼	航空機	・エクストラータ社の生産中止により世界的な供給確保問題へ。	・使用済み触媒、重油燃料灰からのバナジウムは回収され、V原料として使用。
		触媒	硫酸製造設備		
		V-Al合金		・需要:ラインパイプの需要継続、鋼材の高抗張力化により需要好調。	
17	ニオブ(Nb)	フェロニオブ	建造物	・供給:原料はフェロニオブ、金属ニオブの形で全量輸入。	・特殊鋼スクラップは、含ニオブ鉄鋼材料屑としてリサイクル。
		金属ニオブ	航空機エンジン	・フェロニオブの95%以上をブラジル(CBMM)に依存。	・フェロニオブ以外の用途でのリサイクルなし。
		特殊鋼	電子機器	・需要:ニオブ需要の90%が鉄鋼用(高張力鋼、ステンレス鋼)。	
		耐熱超合金	光学機器等	・鉄鋼、自動車用薄板等の需要増により前年比17%の需要増。	
		ターゲット材			
18	タンタル(Ta)	フッ化タンタル酸カリ	コンデンサー	・供給:主としてフッ化合物の形で主としてドイツ、米国から全量輸入。	・タンタル製品製造工程でのスクラップは、95%以上をリサイクル。
		タンタル塊・粉	携帯電話、パソコン等	・需要:需要量に大きな変化はないが、近年携帯電話、自動車電装品用途の需要が増大。	・製品としてのコンデンサー等のリサイクルなし。
		コンデンサー	電子機器		
		タンタル線	光学レンズ等		
		ターゲット材			

No	鉱種	中間・最終製品	主要応用製品	マテリアルフローの現状等	リサイクルの現状等
19	ゲルマニウム (Ge)	二酸化ゲルマニウム	PETボトル	・供給:主として二酸化Geの形で全量輸入(中国依存:60%)に依存。	・ゲルマニウムのリサイクルなし。
		金属ゲルマニウム	光通信機器	・需要:光ファイバー向け需要の落ち込みにより前年比14%減。但し、	
		PET触媒	蛍光灯、ブラウン管	・主用途のPET樹脂用Ge触媒需要は増加傾向。	
		光ファイバー			
20	ストロンチウム (Sr)	炭酸ストロンチウム	カラーテレビ	・供給:主として炭酸ストロンチウムの形で全量輸入(メキシコ、中国依存:88%)に依存。	・ブラウン管からのSrのリサイクル、分離はなく、ブラウン管として再使用。
		硝酸ストロンチウム	自動車・音響機器		
		ブラウン管	花火・着火剤	・需要:主要用途のブラウン管の前年比11%減等、需要減少傾向。	
		フェライト磁石			
21	アンチモン (Sb)	アンチモン地金	樹脂・繊維等	・供給:地金、三酸化Sbの形で全量輸入(中国依存:ほぼ100%)に依存。	・蓄電池については、専門の回収業者により回収されリサイクル実施。 ・難燃助剤として使用されたアンチモンを分離しリサイクルすることは技術的にも経済的にも困難なため、回収原料の再利用としてリサイクル。
		三酸化アンチモン	自動車	・地金は、主として三酸化Sb及びアンチモン合金製造用に使用。	
		アンチモン合金	黄色顔料・各種塗料	・需要:三酸化Sbの95%が難燃助剤用、アンチモン合金の50%が蓄電池用。	
		難燃助剤	高級ガラス		
22	プラチナ (Pt)	プラチナ地金	自動車触媒	・供給:リサイクル品以外全量輸入(南ア依存:71%)。	・自動車用触媒のリサイクル率は現在60~70%程度で、今後の廃自動車のリサイクル法制定により増加する見込。 ・石油精製用等触媒については、90%以上をリサイクル。 ・携帯電話等の基盤については、銅製錬工程に供給され回収。
		塩化白金酸	石油精製用触媒	・需要:主たる需要は、自動車用触媒及び宝飾品。	
		白金-パラジウム合金等	硝酸、シリコン製造用触媒	・近年宝飾用の需要が減少、自動車、電子工業等産業向けが増。	
		触媒	電気接点、導電材料等	・特に自動車触媒需要がパラジウム価格高騰による代替需要として、またEU排ガス規制等により急激に増加。	
23	パラジウム (Pd)	パラジウム地金	自動車触媒	・供給:少量のニッケル・銅精錬副産物としての回収及びリサイクル品以外ほぼ全量を輸入に依存(南ア、ロシア依存:約70%)。	・自動車用触媒:プラチナと共に回収。 ・使用済み石油精製はほぼ100%を回収。 ・歯科用材料:金、銀、プラチナと共に回収(リサイクル率:約80%)。
		塩化パラジウム	石油化学用触媒	・ロシアの在庫・売却状況により日本を含む世界への供給を左右。	
		白金-パラジウム合金等	電気接点、導電材料等	・需要:主たる需要は、自動車用触媒及び歯科用材料。	
		触媒	歯科用	・排ガス規制により自動車触媒用の需要は増加傾向。価格によりプラチナとの代替の可能性あり。	
24	チタン (Ti)	高純度イリマイド (UGI)	高張力鋼等	・供給:UGIを輸入し、スポンジチタン、酸化チタンに精製。	・酸化チタン:塗料、顔料等に使用されリサイクル困難。 ・金属チタン:市場規模が小さくリサイクルは極めて小規模。
		スポンジチタン	塗料、インキ、合成樹脂等	・UGIは主として豪州(約65%)及び南ア(約30%)に依存。	
		チタン展伸材	火力・原子力発電部品	・需要:主たる需要は、酸化チタンの形で使われる塗料、顔料で、金属チタンは展伸材の形で火力・原子力発電他多方面に使用。	
		フェロチタン	熱交換器		
25	ベリリウム (Be)	純チタン	航空機材		
		チタン合金	自動車部品等		
		鉄鋼添加剤	X線管、原子炉材等		
		電子機器用パネ材			
26	ジルコニウム (Zr)	金属ベリリウム	電子機器用パネ材	・供給:主として水酸化ベリリウムの形で、ほぼ100%米国に依存。	・電子機器用部品加工工程でのスクラップからの回収は40%程度と推定。 ・その他のスクラップからのリサイクルなし。
		水酸化ベリリウム	溶接用電極等	・需要:主用途である電子機器用パネ材がIT需要低迷により低迷。	
		ベリリウム銅母合金	展伸材		
		展伸材			
27	ジルコニウム (Zr)	ジルコニウム酸アンモニウム	電子部品材料	・供給:全量海外からの輸入に依存(鉱石:豪州、南ア100%)。	・耐火物用ジルコニウムは原料単価が低くリサイクルの経済性低い。 ・金属ジルコニウムは、その用途が原子炉用のため、リサイクルの対象外。
		ジルコニウム金属	自動車用触媒等	・需要:ジルコニウムの大部分が鉄鋼向け耐火物原料。粗鋼生産増大により耐火物用需要が堅調に推移。	
		ジルコニア	原子力用加工材	・ジルコニアについても耐火物用、自動車排ガス用触媒需要で増。	
		粗製塩類			
28	リチウム (Li)	耐火物			
		電子材料			
		研磨研削材	石油精製装置		
		電子部品材料			
29	レニウム (Re)	過レニウム酸アンモニウム	電子部品材料	・供給:過レニウム酸アンモニウムを輸入し精製(年間生産量:500kg程度)。	・使用済み石油精製用触媒のほぼ100%がリサイクル実施。 ・スーパーアロイのリサイクル状況不明。
		レニウム粉末	化学プラント部品等	・需要:主要用途であった触媒需要が大きく減少し、スーパーアロイ、電子部品用途中心に需要が変化。	
		レニウム合金			
		触媒	リチウムイオン電池		
30	リチウム (Li)	炭酸リチウム	冷凍機	・供給:全量海外からの輸入に依存(炭酸Li:チリ75%、米国15%)。	・合成ゴム製造用使用済み触媒から塩化Liを回収(回収率:80%以上)。 ・リチウムイオン電池からはコバルトが回収されるがリチウムの回収なし。
		水酸化リチウム	耐熱ガラス、ブラウン管等	・チリからの輸入が大きく増加(前年比49%増)。	
		金属リチウム	TV、携帯電話等	・需要:リチウムイオン電池需要の増大により炭酸Liの需要が伸長(前年比35%増)。	
		電池	合成ゴム製造触媒		
31	ホウ素 (B)	冷媒吸収材			
		ガラス	電気絶縁材、耐火材		
		ガラス繊維	建築物、船等		
		フェロボロン	プリント基板等	・供給:鉱石(主としてトルコ)・中間製品(主として米国)とも全量海外からの輸入に依存。 ・FRP廃棄物は、他の材質との複合体や不純物での汚染のため再資源化困難。 ・フェロボロンは鋼に添加されスクラップとして回収。	
30	ガリウム (Ga)	金属ガリウム	オーディオ、レーザープリンター	・供給:スクラップからの回収約60%、輸入40%。	・ガリウム系製品からの回収は3~5%と極めて低いが、生産工程で発生するスクラップからの回収は60%以上の状態。
		GaAs系エビウエハ	発光素子	・需要:携帯電話他IT関連需要の増大によりガリウム需要も増加(前年比約10%増)。	
		GaP系エビウエハ			
		半導体チップ			
31	バリウム (Ba)	LEDチップ	ブラウン管、光学ガラス		
		炭酸バリウム	電子機器	・供給:鉱石(重晶石)・中間製品ともほぼ100%を中国に依存。	・ブラウン管ガラスは、廃棄テレビから分離され、再度ブラウン管として再利用。 ・バリウムは添加剤としての用途が多く、上記再利用の他は、経済的回収、リサイクル技術・手段がなくリサイクルされていない。
		硫酸バリウム	自動車用塗料	・需要:主たる用途のブラウン管光学ガラス用を含め需要減少傾向(前年比約20%減)。	
		塩化バリウム	顔料		
硝酸バリウム					
31	バリウム (Ba)	光学ガラス添加剤			
		コンデンサー			
		塗料用増量剤	乾式複写機		

No	鉱種	中間・最終製品	主要応用製品	マテリアルフローの現状等	リサイクルの現状等
32	セレン( Se )	金属セレン	ガラス着色剤	<ul style="list-style-type: none"> <li>供給:主として銅電解スライムから回収(日本は世界の25%を生産)。</li> <li>需要:乾式複写機用ドラムは、環境負荷低減のための代替により、需要減少傾向。一方、鉛シス化の動向の中で鉛シス黄銅棒の需要が増加傾向。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>乾式複写機用ドラムはリサイクルされているが、回収量は少量。</li> <li>その他は、回収コストに見合わず回収はされていない。</li> </ul>
		高純度セレン	鉛シス黄銅棒添加剤		
		整流器・ドラム着色剤・顔料	自動車部品		
33	テルル( Te )	金属テルル	精密機械部品	<ul style="list-style-type: none"> <li>供給:主として銅電解スライムから回収。</li> <li>需要:主たる需要先が自動車部品向け快削鋼のため、自動車生産状況により左右。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>快削鋼での添加量が微量であること及び国内生産が供給過剰状態のためリサイクルなし。</li> </ul>
		快削鋼	触媒、ゴム、ガラス着色剤		
		化学工業添加剤	光ディスクメモリ		
		ターゲット材	電子冷蔵庫他		
		金属間化合物	アルミ・銅合金快削材		
34	ビスマス( Bi )	金属ビスマス	自動車、家電用磁石	<ul style="list-style-type: none"> <li>供給:中国を中心とする輸入の他、国内では主として鉛製錬の副産物として電解スライムから生産(国内生産比率:約40%)。</li> <li>国内生産については、鉛製錬原料が精鉱から廃バッテリーに切り替わっているため、今後の増産は見込めず。</li> <li>需要:鉛代替用途向け需要の増、フェライト磁石向け需要の堅調な推移により前年比20%増。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ビスマスの使用形態のほとんどが添加剤としての利用であるため、リサイクルされていない。</li> </ul>
		酸化ビスマス	スプリンクラー、はんだ		
		冶金添加剤			
		フェライト			
		触媒			
35	インジウム( In )	金属インジウム	液晶・プラズマテレビ	<ul style="list-style-type: none"> <li>供給:輸入(53%)、スクラップ再生産(33%)、国内生産(14%)。</li> <li>輸入は、中国が総輸入量の約60%を占める。</li> <li>需要:日本のIn需要は世界最大。総需要の80%以上を占める透明電極用ITO向け需要が前年比20%増。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用済みITOターゲット材は、ターゲット製造メーカーに戻され再生品として使用。</li> <li>最終製品である液晶ディスプレイからのInの回収は採算に合わずリサイクルなし。</li> </ul>
		ITO(透明電極)	ボンディング		
		ボンディング	半導体素子		
		化合物半導体	モノクロブラウン管他		
36	セシウム( Cs )	硝酸セシウム	メタクリル樹脂製造装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>供給:輸入鉱石からの化合物生産(約25%)及び化合物の形で輸入(約75%)。</li> <li>需要:自動車用バンパー、内装品に使用されるポリウレタン製造用触媒向けの水酸化セシウムの需要が増加傾向。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>リサイクルの動き・回収技術はあるが実施には至っていない。</li> </ul>
		水酸化セシウム	光ファイバー		
		触媒	自動車用バンパー他		
		光学ガラス材料			
37	ルビウム( Rb )	炭酸ルビウム	レンズ	<ul style="list-style-type: none"> <li>需要、供給:セシウム精製の副産物等として回収されているが、需要、供給とも少量で数量的な把握困難。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>リサイクルなし。</li> </ul>
		光学ガラス	石油化学用触媒		
		石油化学触媒			
38	タリウム( Tl )	金属タリウム	低融点ガラス等	<ul style="list-style-type: none"> <li>需要・供給:銅等の硫化物鉱の製錬副産物として回収されるが、需要量も小さく国内での生産、輸入も少量。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>リサイクルなし。</li> </ul>
		硝酸タリウム	光ファイバー等光学機器		
		硫酸タリウム	殺鼠剤		
		各種合金			
		ガラス			
39	ハフニウム( Hf )	金属ハフニウム	原子炉制御棒	<ul style="list-style-type: none"> <li>供給:ジルコニウムの副産物として生産。我が国は、金属Hfを輸入しているが、世界的に供給過剰の状態。</li> <li>需要:主要用途は、耐熱合金等特殊合金、原子炉用、X線管等の機器用であるが需要量は極めて少量。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>添加剤として利用されるものは含有量が小さく回収されていない。</li> <li>原子炉用のものは放射性廃棄物として処理。</li> </ul>
		精製ハフニウム	電子・光学機器		
		超合金	ジェットエンジン等		
		カーバイド	工作機器		
40	レアアース( RE )	ランタン	研磨剤	<ul style="list-style-type: none"> <li>供給:レアアース原料、中間製品は全量輸入(中国が90~100%)に依存。</li> <li>需要:ITバブル崩壊による需要激減後、自動車排ガス触媒用セリウム、磁石及びコンデンサー用ネオジム等の需要は堅調だが、その他需要は漸減傾向。ハイブリッドカー用途を除き、水素電池用ミッシュメタルモリチウムイオン電池に押され需要減。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>製造工程で発生するスクラップ以外、コスト的に合わないためリサイクルはほとんど行われていない。</li> </ul>
		セリウム	光学・紫外線吸収ガラス等		
		ネオジム	光学機器		
		希土類金属	永久磁石		
		イットリウム	蛍光灯、CRT等		
		ミッシュメタル	二次電池		

2. ベースメタルのマテリアルフロー分析結果

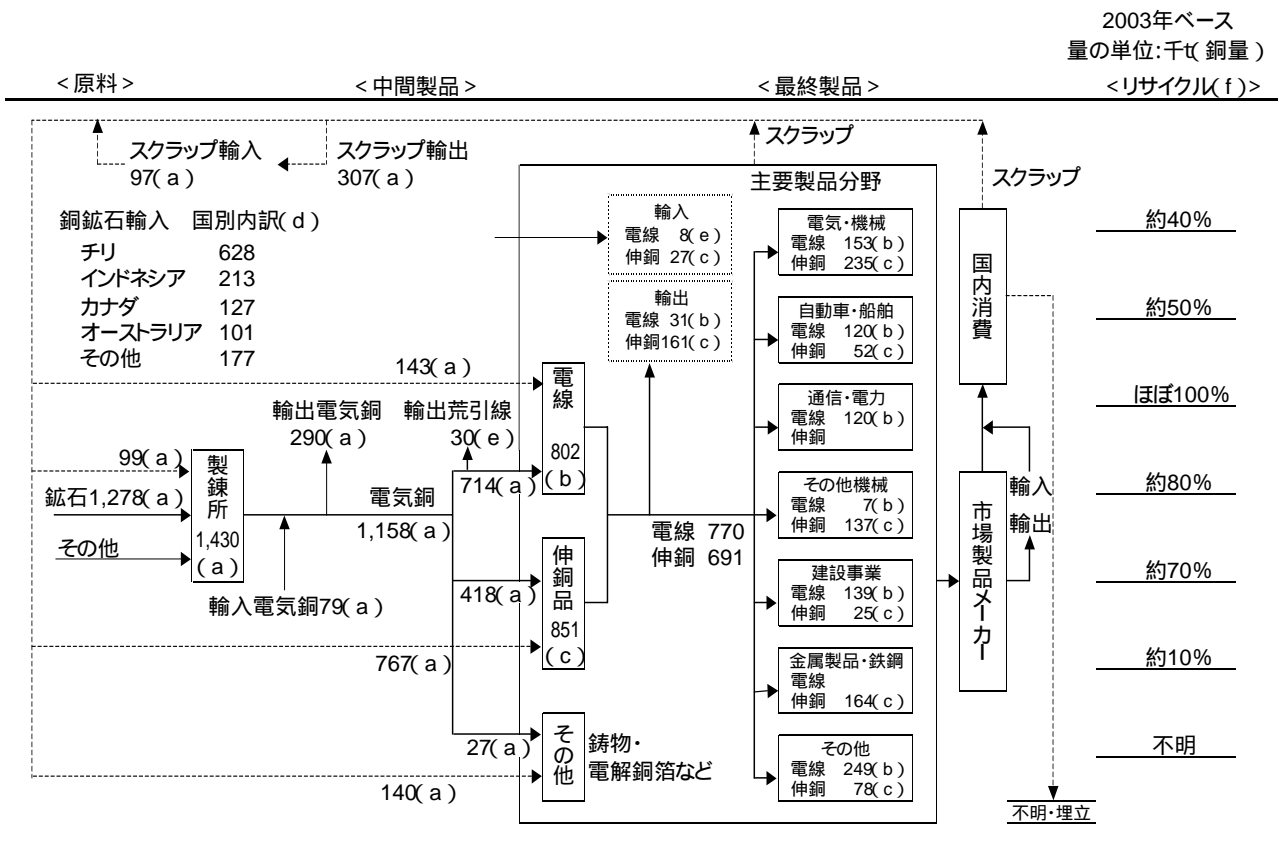
(1) 銅

マテリアルフロー分析

わが国の銅地金（電気銅）の供給は、国内の銅製錬所で生産されるものが大部分であり、2003年の電気銅生産量は1,430千tであった。電気銅の国内生産能力が内需を上回っているため、輸入品は一部に留まっており、2003年の電気銅輸入は79千tであった。電気銅の国内生産に関して主要原料となる鉱石のほとんどは、チリをはじめとする海外に頼っている。海外からの輸入銅鉱石は、銅鉱山において選鉱された銅

品位30%ほどの精鉱である。

鉱石以外には、銅屑、銅合金屑などのスクラップや製錬工程での副産物などが原料として使われる。欧州や米国、中国などでは銅屑を主な原料とする二次地金製造も行われているが、日本ではこのような銅二次地金の生産は行われていない。回収された銅屑、銅合金屑は、種別や品位、形態によって製錬所あるいは電線や伸銅品の工場に戻り、再溶解されて原料として用いられる。銅合金については、鋳物原料として再溶解された二次合金インゴットが製造されているが量は少ない（図1）。



上流側と下流側(最終製品)の数字は、出典の違いや流通を含む各工程の「在庫」や「歩留」などがあるため必ずしも一致しない。

- 出典 (a)経済産業省「鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計」
- (b)日本電線工業会
- (c)日本伸銅協会
- (d)経済産業省「主要非鉄金属の国別・形態別輸入状況」
- (e)日本貿易月表
- (f)日本メタル経済研究所(推定)

図1 銅 (Cu)

銅の用途としては電線と伸銅品が主で、他には少量だが銅铸件等がある。銅加工メーカーは、銅の原料として電気銅と銅屑（銅合金屑も含む）を利用している。我が国において、電気銅のほぼ6割は電線用で、残りが伸銅品に消費される。電気銅に銅屑および銅合金屑の銅分を合算した銅の中間原料全体では、伸銅品向けが電線向けをやや上回る。

2003年の国内消費実績を原料及び用途別に見た場合、経済産業省の鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計によれば、電気銅1,158千tが電線用714千t、伸銅品用418千t等に消費され、銅屑（銅故屑も含む）631千tは電線用143千t、伸銅品用426千t等に向けられた。銅合金屑（銅合金故屑を含む）516千tは伸銅品用341千t、製錬所96千t等に消費された（銅量ベース、銅合金屑の銅品位は想定による）。また、これら銅、銅屑、銅合金屑を合算すると、電線用に857千t、伸銅品用に1,185千t、製錬所・その他用に263千tが消費された。また電気銅290千t、銅屑307千tが輸出されている。

電線・ケーブルで銅消費の多い主要品種は、裸線、巻線、電力・通信用ケーブル、被覆線などである。2003年における需要部門別の銅電線・ケーブルの出荷内訳は、輸出が31千t、国内向けが770千tであり、国内向け出荷のうち電気・機械153千t（20%）、建設139千t（18%）、自動車・船舶120千t（16%）、通信・電力・鉄道102千t（13%）などとなっている。

伸銅品は、銅製品の他に、亜鉛やニッケル、錫、アルミニウム等を添加した銅合金（黄銅製品や青銅製品など）を含み、その形態は展伸材（板条管棒線など）が主体である。2003年の伸銅品出荷（消費と外販）は851千tで、うち国内消費は691千t、輸出は161千tであった（銅合金の銅品位は想定による）。国内消費部門別では、電気機械235千t（国内出荷の34%）、金属製品163千t（24%）、一般機械137千t（20%）などとなっている。品種別では銅製品52%に対して黄銅などの銅合金製品が48%を占め、形態別では圧延加工による板条45%、押出・抽伸加工による管材21%、残り34%が同加工による棒線となっている（比率は銅量ベース）。

#### リサイクルの現状と評価

2003年における市場や加工工程からの排出銅

屑の量は、鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計によれば、銅屑及び銅故屑470千t、銅合金屑及び銅合金故屑404千t（銅量、品位は想定）である。一部分は輸出される一方で、少量ながら輸入屑もある。これらの屑は、製錬所に廻って再び地金の原料として利用されたり、伸銅品や電線の工場で直接再溶解されたりしてリサイクルが行われている。ただし上記の統計値には低品位の銅屑などは集計されておらず、実際には製錬所では統計に含まれていない低品位銅屑も処理している。

#### ・電線

廃電線は一般に、回収した非鉄問屋などが皮剥き（被覆材除去）やナゲット化処理（粉粒状にチップ化）を行って、電線メーカーや伸銅メーカーに戻される。鉄道・電力・通信や公共工事などで排出される廃電線・ケーブルは、ほぼ100%回収される。その他の用途の廃電線は処理ルートが多岐にわたり、回収されるものと埋め立てられるものがある。機器用や自動車用の電線（ハーネスなど）は、解体工程の中で回収されるものや、シュレッター工程で細かく裁断された後、選別回収されるものがある。船舶用についても、廃電線は廃船処理時にほぼ全て回収される。建築物の屋内配線等の廃電線は、ビルや建物の撤去工事で分別回収される。

#### ・伸銅品

機能材として電子・電気部品に使用される多種多様な、1つ1つは小さいが多大な数量の銅及び銅合金の銅分回収が課題である。半導体、端子・コネクタや銅箔等としてあらゆる電子・電気機器に使用されている。2001年に施行された家電リサイクル法への対応により、家電メーカーなどが銅を含めた有価金属の回収、リサイクル化を進めている。しかし同法の対象は4品目（電気洗濯機、テレビ、エアコン、電気冷蔵庫）であり、その他の多くの電子・電気機器への対応も進める必要がある。建築関係では、銅屋根板などが主であるが、建物解体時にまとめて回収される。産業用エアコンをはじめとする熱交換器類に使用される銅（銅管等）は比較的まとまっているので、廃機器の解体業者や非鉄問屋などで解体、回収されている。日用品などの銅の金属製品は、生産・出荷の状況は多岐にわたっており、排出の実態についても不明な点が多い。

## (2) 亜鉛

### マテリアルフロー分析

亜鉛の生産業者としては、主に亜鉛精鉱から生産する製錬（一次）業者と再生（二次）業者がある。一次製錬業者は亜鉛精鉱を焙焼した後、硫酸に溶解して電解採取で生産するか、鉛と同

時製錬可能な溶鋳炉（ISP）により生産する。二次製錬業者はめっき工場から発生するドロス、滓類を蒸留還元して地金にするのが出発点であり、現在は蒸留では行わず、ドロス、滓類や亜鉛屑等から溶融分離にて再生地金を生産している（図2）。

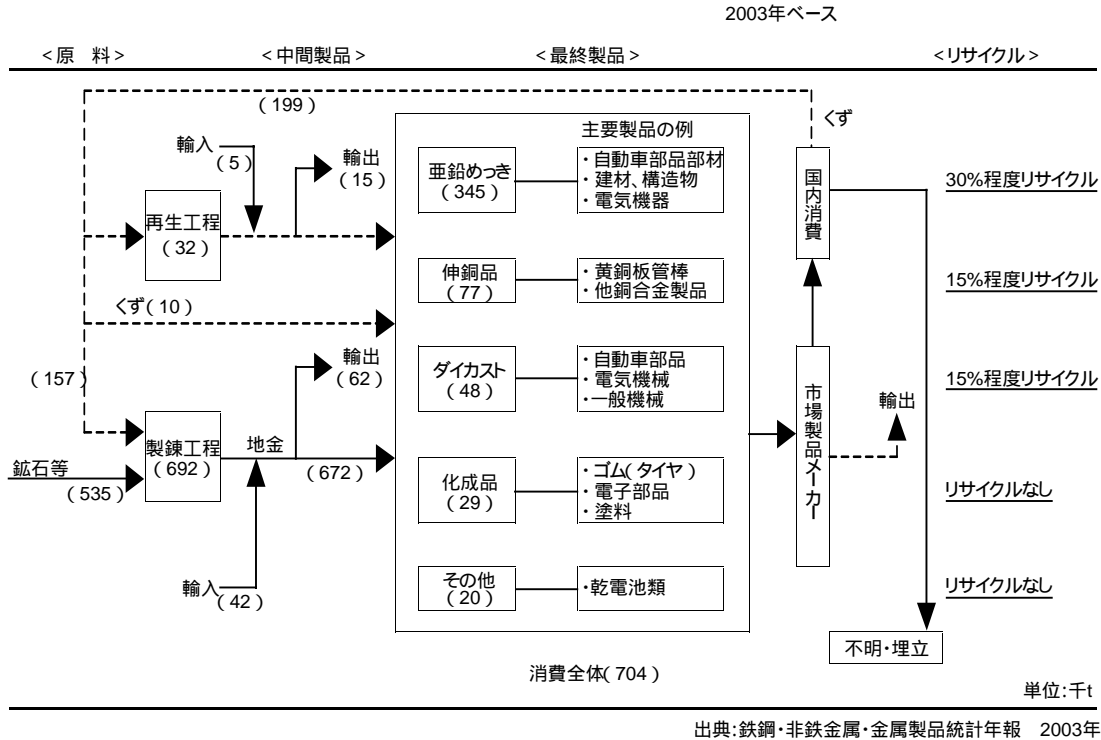


図2 亜鉛 (Zn)

亜鉛の用途はめっき等鉄の防蝕向けが53%を占める。ついで真鍮・青銅等の銅合金用（伸銅品）が23%、ダイカスト用が10%、酸化亜鉛等の化成品が9%、乾電池向けの亜鉛板が1%である。亜鉛めっき鋼板は自動車、家電、建材に使用される。溶融亜鉛めっきは構造物等に向けられる。比率は3:1である。酸化亜鉛はタイヤの加硫剤がほとんどである。

表2に2003年の用途別消費量を示す。

表2 亜鉛（2003年）の用途別消費量  
(単位:t)

区分	電気亜鉛又は蒸留亜鉛	再生亜鉛	亜鉛屑・故屑
亜鉛めっき鋼板	247,202	5,740	308
その他めっき	83,342	8,259	661
伸銅品	64,641	12,652	2,561
ダイカスト品	46,216	2,097	1,062
化成品	23,892	4,507	16,491
亜鉛板	2,640	13	1,182
製錬	-	-	390
その他	17,099	1,180	37,320
計	485,032	34,448	59,975

出典:鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計年報 2003年

### リサイクルの現状と評価

亜鉛めっき鋼板の国内消費（2003年）は、自動車用と建材用が各々約25%、家電用が約10%となっている。溶融亜鉛めっきは建材（鋼管、仮設機材、建築物等）で約50%、土木（ガードレール、グレーチング等）で約20%、鉄塔等構造物用鋼材や鉄道・通信等で約20%となっている。

伸銅品はその大半が真鍮用（六四黄銅といわれる銅：亜鉛 = 60：40が一般的）であり、電子機器の板材やプラント用管材、各種部品に使用される。

ダイカストは自動車部品が50%を占め、その他模型やおもちゃ等に使用される。軽量化指向の中で、アルミニウム含有量の大きいものやプラスチックに代替されつつある。

化成品は酸化亜鉛が主体で、ゴム製品（タイヤの加硫剤）が50%を占め、その他では電子部品用フェライトバリスター（ソフトフェライトコア原料）、塗料（塗膜強化剤）、陶磁器（上薬）

等に使用される。

2003年の市場や加工工程からの排出亜鉛屑等の亜鉛量は、資源統計月報によると72千tである。マテリアルフロー図によると、これらは製錬所や再生工場に供給されるものと、最終製品にリサイクルされるものがある。

めっき工程から発生するドロス・滓類から30%程度リサイクルされている。また、製鋼用電気炉ダスト中に含まれる亜鉛の60%が製錬所で回収されている。

伸銅品は銅の回収（直接溶融といわれる再溶解のみで製品化する方法）の中でリサイクルされている。

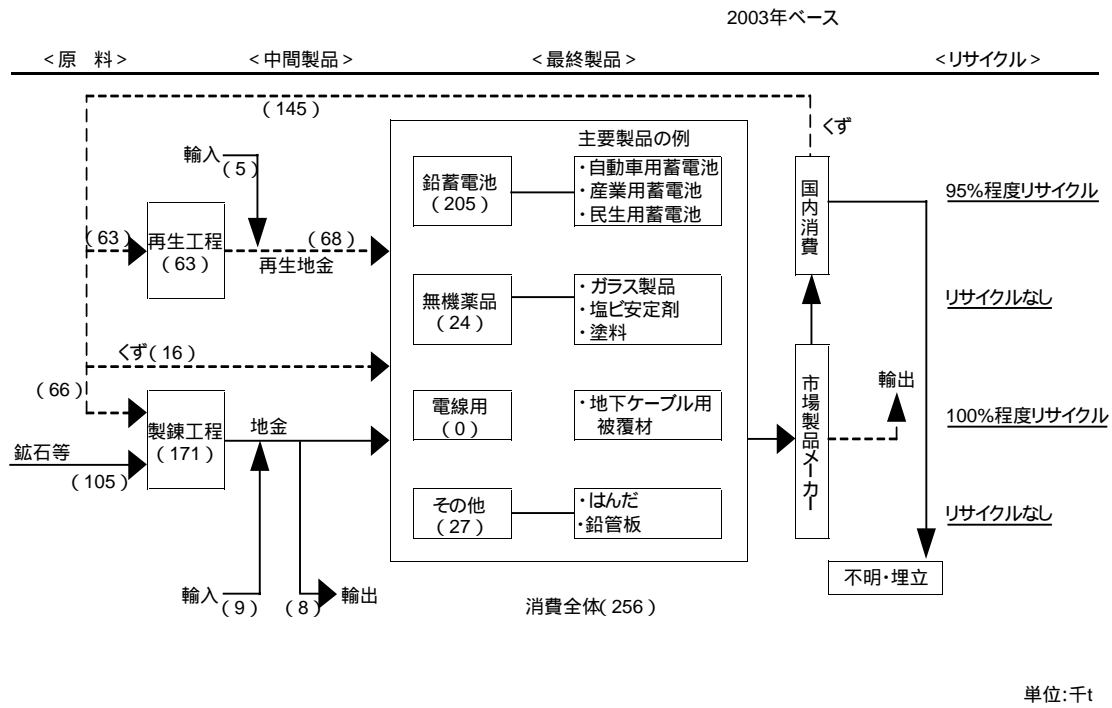
ダイカストは自動車部品の一部がシュレッダー経由で15%程度リサイクルされている。

化成品はその用途からリサイクルされていない。

### (3) 鉛

#### マテリアルフロー分析

鉛の製造業者としては、主に鉛精鉱から生産する製錬（一次）業者と再生（二次）業者がある。一次製錬業者は従来、鉛精鉱から乾式法で粗鉛を製造し、電解法により高純度電気鉛を製造してきた。最近は、蓄電池のリサイクルが義務づけられたため、廃蓄電池を原料に電気鉛を製造する割合が増加している。再生鉛は各種鉛屑や廃蓄電池から反射炉、小型溶解炉、電気炉等の簡易製錬設備により生産される。最近は、蓄電池のメンテナンスフリー化が指向され電極材料が鉛-カルシウム系のものが増加し、再生処理が困難となっている（図3）。



出典:鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計年報 2003年

図3 鉛 (Pb)



鉛の用途は蓄電池向けが70%を占める。ついで無機薬品、はんだ等である。無機薬品は大半がブラウン管等管球ガラス製品用で酸化鉛（リサージ）の形態で使用される。はんだは錫との合金であり、用途により比率を変えて使用されるが、平均的には鉛比率は30～40%である。その他に主にシートの形態で放射線遮蔽材や防音材に使用される。

表3に2003年の用途別消費量を原料別に示す。リサイクルの進展がうかがえる状況となっている。

表3 鉛（2003年）の用途別消費量 (単位:t)

区 分	電気鉛	再生鉛	鉛屑・故屑
鉛蓄電池	166,028	28,685	10,426
無機薬品	20,588		2,980
製錬			174,189
再生	218		75,874
その他	20,874	12,036	2,411
計	207,708	40,721	265,880

出典：鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計年報2003年

#### リサイクルの現状と評価

鉛蓄電池は自動車用バッテリーが中心でリサイクルシステムが確立されており、回収率も95%以上となっている。リサイクルシステムの課題は、鉛地金の相場が再生鉛価格より低くなること（鉛相場に関係なく、適正価格で回収鉛を購入する制度のため）による日本の電池メーカーの負担増と、輸入蓄電池の回収も日本の電池メーカーがコスト負担をしていること等である。

無機薬品は管球ガラス用が大半で、テレビのブラウン管やパソコンのCRT等に使われている。特にブラウン管のファンネル部は放射線遮蔽のため約25%の鉛が含まれる。家電リサイクル法の施行によりブラウン管はほぼ完全回収され再使用されている。その他の無機薬品はリサイクルされていない。

はんだは現在リサイクルされていない。ただし、家電リサイクル法対応の中で基板のはんだを回収する動きもある。今後は鉛フリーはんだの実用化が進み使用量自体が減少する見込みである。

電線被覆用は地下ケーブルの被覆として使用されてきたが、現在は使用量が激減している。地下ケーブル更新工事の際に廃ケーブルは発生し、ほぼ100%回収されている。

その他の鉛の排出源としては、一般廃棄物の焼却灰や二次飛灰に含まれるものや、製鋼用電気炉ダストから亜鉛と共に回収されるものがある。

が、排出、回収量ともわずかである。

2003年の市場からの排出鉛屑の鉛量は、金属・非鉄金属・金属製品統計によると84千tである。これらは、マテリアルフロー図に示すように、製錬所や再生工場に供給されるものと、最終製品にリサイクルされるものがある。

(2005.6.16)

