



レアメタルリサイクル ビジネスの現状 + @ メタルジャーナリズムの将来



2010年7月9日 廃棄物資源循環学会
IRRSG(国際レアメタル&リサイクル研究会)
事務局長

棚町裕次 yuji tanamachi

IRRSG Hp: www.irrsg.com

E-Mail: cbm15494@nifty.com

私の活動略歴

- 1999年末～(株)日刊市況通信社入社(*大阪)→主に銅、アルミ、ステンレススクラップのリサイクル市場動向を取材
- 2001年～急速に増え始めた各非鉄系スクラップ輸出市場を重点的に取材→韓国、中国、インド、タイの海外出張～韓国、インド、中国のSUSメーカーも取材
- 2005年～取材活動の幅を広げ、レアメタルの扉を開き、のめりこむ。今までのベーシックな仕事も同時並行で。
- 2006年～はじめてロンドンのLME市場、上海の上海先物取引所(SHFE)を見学し、トレーダーの素顔に触れる→国際レアメタル&リサイクル研究会(IRRSRG)を立ち上げる。
- 2007年～仕事の50%以上がレアメタル系に。各種合金鉄からレアアースへと拡大→秋田大学の柴山先生らと中国・湖南省のレアアース鉱山に立ち入る→資源・素材学会誌に発表。他に環境ビジネス誌での月一回の連載も始まる(*現在も継続中)。特備協のレアメタルリサイクル流通状況調査のメンバーに加わる。
- 2008年～IRRSRGの活動もより活発になり、定例講演会は年4回に。レアメタル、レアアースの取材範囲がさらに拡大。特に磁石市場を重点的に。
- 2009年～HEV、EV市場を分析し、電池の世界に本格参入。中国・青海省のリチウム企業を訪問
- 2010年～Back to Japan Recycleをメインテーマに国内リサイクルのポテンシャルを検証

中国における レアアース（希土類元素） 開発状況の調査報告

柴山 敦¹
棚町 裕次²
中村 創一郎³



写真1 中国最大級のレアアース生産企業前にて（著者3名）

素材・製法技術の開發に力を入れたらとオス狙いがうかがえる。

～本日の講演内容～

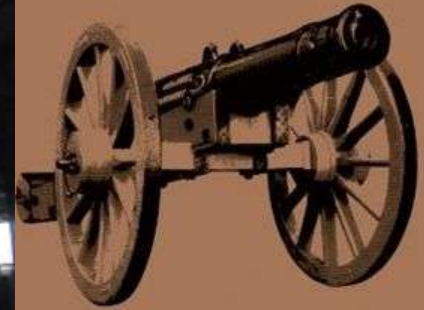
- ① 私の（メタル）履歴書
- ② ベースメタル、レアメタルの相場決定プロセス
- ③ 携帯電話および小型家電のリサイクル
- ④ 非鉄製錬のリサイクルの実際
- ⑤ 基板スクラップ市場について
- ⑥ レアメタル、レアアースリサイクルの課題
- ⑦ ステンレス、スーパーアロイのリサイクル
- ⑧ 国内の主要なレアメタルリサイクルプロセッサー

AC/DC

BACK IN BLACK



AC/DC



FOR THOSE ABOUT TO ROCK

私の今年の
テーマは.....

BACK
TO
JAPAN
RECYCLE

BACK TO JAPAN RECYCLE ①

- リサイクルは地産地消がベスト(合理的かつ安全処理できる設備があれば)
- 価値の低いものほど国内処理が良い(国内で需給不均衡しているものを除く→鉄、古紙など)
- 中国向け雑品輸出のリスクが高まっている今
- 国内で小型家電リサイクルが盛り上がっている今こそリサイクルの原点に戻るとき
- 基板スクラップリサイクルは特に日本に優位性がある
- 手解体でも採算が合う数少ないスクラップが基板
- 金属回収率は世界一レベル
- 基板の価値は貴金属の価値(微量のレアメタルではない)
- 既存の非鉄製錬所をさらに活用する
- スクラップ業界、流通の構造改革も必要

BACK TO JAPAN RECYCLE ②

- リサイクル技術の開発にお金(補助金)をかけるよりも、製錬所のほうにお金をかけるべきではないか？
- レアメタルリサイクルの象徴となっている携帯電話は手間をかければかけるほど有価金属を落としてしまう→解体せずにそのまま製錬所処理がベスト
- 前処理では雇用機会の場を広げることができる。
- レアメタル含有スクラップ輸入の促進→バーゼル法とのからみは経産省、環境省以上に外務省の対応が必要
- 非鉄製錬所のリサイクルポテンシャルは高く、基板も今の倍以上(高品位もので4000トン/月以上)は処理できる。
- 携帯を徹底分解選別するよりも、産廃埋め立てに多い汚泥からのレアメタル回収のほうが合理的？(三重県のほうでは検討中)
- 民活でレアメタルリサイクルをすすめるには廃掃法の見直しが必要だが厳しい。法律じたいが複雑化しすぎているため。
- レアメタル含有スクラップのコスト計算は工程ごとで回収メタルをしぼって算出するべき→採算性の有無が見えてくる

ベースメタル、レアメタルの価格構造

- 鉱石原料価格は鉱山側と製錬側の交渉で決定
- 鉱石原料価格はLMEベース
- 製錬は契約加工費(T/C、R/C)と実習率差(国際競争)が取り分、利益の大半は鉱山側が享受
- ベースメタルはLMEベース(\$建て)一物一価、レアメタルもほぼ同様、レアメタルは相対もあり
- 価格は需要と供給、在庫で変動、生産も
- 鉱山は価格が下がると閉山、製錬も減産、レアメタルは停止が一般的
- 中国は鉱石高値買い、国内地金高価格傾向

非鉄ベースメタルとレアメタルの価格指標



↑上海先物取引所 (SHFE)

←LondonMetalExchange
(ロンドン金属取引所)

LME≒ベースメタル(銅、アルミ、鉛、亜鉛、錫、ニッケル)の世界標準公式価格を日々決定づけている取引所。130年の歴史と伝統、格式をもつ。公明正大な価格決定メカニズムにより世界の金属関係者から絶対的な信用を得ている市場。ベースメタルの市場には他にNYコメックス(NYCX)、上海先物取引市場(SHFE)が存在するが、LMEで決まった価格が指標になっている。

一方、レアメタルは基本的に相対取引で国際市場はない。主に専門雑誌や専門のインターネットでの相場が指標になっている。

レアメタルの取引分類と投機との関係

	元素名	特徴	市場規模	偏在性	市場の影響	参考
(A) 電子材料 元素	In, Ga, Ge, Ta, Nb, Li, Sr, Mo, RE, W, Pt	IT分野である為、 資源問題よりも川 下産業の影響を受けやすい。	数百トン から数千 t	偏在性が高いが副産でも できる元素もある。	相対取引が中心。 投機 や 操作 が入りやすい。	新備蓄鉱種 となるように 検討中。
(B) 機能性材 料元素	Ti, RE, Zr, Sb, Mo, W	機能性材料である 為市場の動きは複雑 である。	数千トン から数万 t	偏在性は高い。	人為的な貿易 政策 に乗りやすい。	中規模の市場 であり複雑 取引も有。
(C) 構造材用 合金	Ni, Cr, Mn, Mo, W, V	ステンレス市場、 特殊鋼市場の景況 の兵今日を受けやすい。	数万から 数万トン	偏在性が高い割には賦 存量は充分	ステンレス 分野は 需給 の変化 が激 しい。	国家備蓄7 鉱種であり 鉄鋼業界に 関連。
(D) ベースメ タル	Cu, Zn, Pb, Al, Sn, Au, Ag, Ni	LME商品であり相互 に影響を受けやすい がヘッジファンドも 入りやすい特徴がある。	100万トン 以上の市場 が対象	比較的偏在性は低い。 大企業が中心の市場	LME商品 である事から 金融現象 の影響 強い。	市場が大きく ヘッジファンドが 入りやすい。



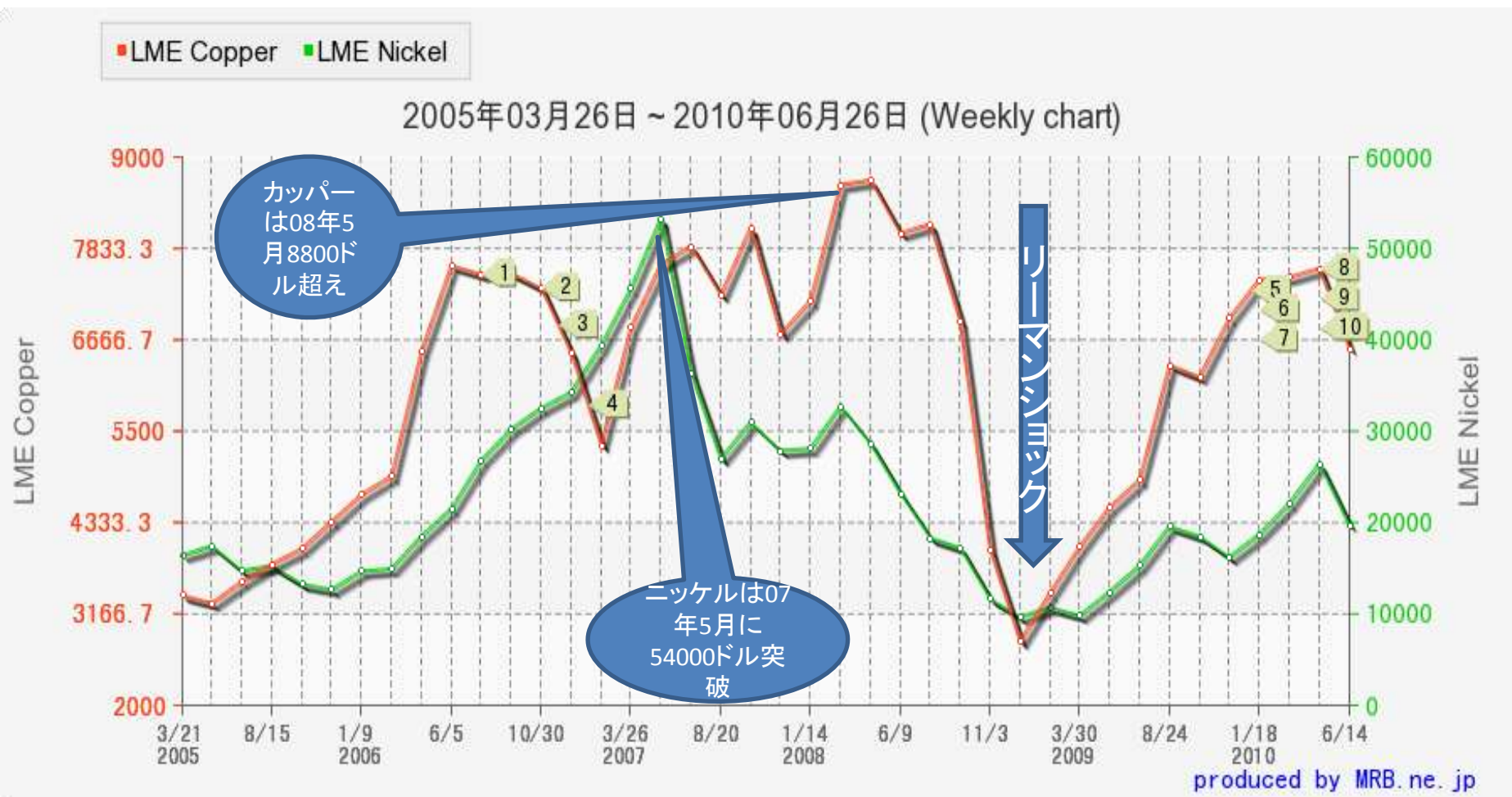
2005年～2009年までの為替およびLME平均価格と 2010年予想

(為替は円/ドルTTS、LME価格はトシ当りドル)

暦年/LME	為替/円 (TTS)	銅	アルミ新 塊	ニッケル	鉛	亜鉛
2005年	111.21	3,678	1,898	14,744	976	1,382
2006年	117.38	6,722	2,568	24,254	1,289	3,275
2007年	118.84	7,118	2,638	37,230	2,580	3,242
2008年	104.46	6,955	2,572	21,108	2,090	1,874
2009年	94.57	5,149	1,664	14,654	1,719	1,655
2010年平均 予想	90～97	7500～ 8500	2000～ 2300	19000～ 23000	1800～ 2300	1800～ 2400

金融商品化したLMEメタルは需給要因以上に外部環境(為替、株価、金利など)に左右される傾向が強くなっているため、ドル安、低金利指向が続くかぎりには高値水準を推移する。金融市場面での規制強化はメタルへの影響大きい。

2005年～2010年6月末LME銅＆ニッケル相場推移



基本的な事実

- レアメタル回収には相応のコストがかかる
- 前濃縮があれば、それぞれの金属製錬が最も製造コストが安いはず、例えば環境対策の無い国の製錬
- 原料価格は鉱石と同等評価で購入
- レアメタルスクラップが特に高い訳ではない
- 銅製錬は銅、貴金属以外は無評価
- 何でも回収は原理的に出来ない
- スラグ等の分配率から100%実収率はありません
- ベースメタルと比較するとさほど市場規模は大きくない
- 鉱種によるが天然資源はまだある、探せていない

レアメタルと貴金属価格(円/Kg)

- 炭酸Li ~700
- 金属In 30,000~50,000
- 金属Ga ~45,000
- 金属W ~20,000
- 酸化Ge ~60,000
- 酸化Nd ~1,400 金属 2,000
- 酸化Dy ~11,000 金属 15,000
- 酸化Eu ~45,000
- 金属Ta ~8,000
- 金属Bi 1,500
- 金属Sb 550
- 金属Co ~4,000
- Pt 4,960,000
- Ag 55,000
- Au 3,500,000

Wの場合

- W粉価格は7500円/Kg
- Wスクラップは1500円/kgと安い
- この価格で携帯からの選別コストの負担は？メタルまでの精製コスト少量では？
- 携帯では販売するほど量が纏まらない、世界中で～200t/年程度の使用量
- 携帯の振動モーターのWは元々中国で製造、質も良くない、モーターも中国の日本メーカーが生産
- 大量に集めるには国内は超硬チップ、このルートは既に存在している

Taコンデンサの場合

- Ta精鉱価格は30%純分当り1万1000円/Kg
- Taコンデンサ工程スクラップ価格は2000~2500円/Kg (Ta純分20%前後)といわれる。基板についてない場合もある。
- この価格でWEEEからの選別コストの負担は？
- 販売するほど量が纏まらない
- 金は1%で36,000円/Kg、銀は550円/kg。
- Cu製錬では金、銀のみ評価。Taはスラグに行くだけで回収出来ない
- 実験室レベルでは両方回収は簡単だがコストは無視



携帯電話のリサイクルについて



基板中の金属 携帯電話の例



スピーカー: フェライト、Nd、Zr、Pb

振動モーター: Nd、W

チップセラミックコンデンサ: Ag、Pd、Ti、Ba、Pb、Ni、Zr

チップ抵抗: Fe、Ag、Ni、Cu、Pb、Zn

チップコイル: Cu

液晶: In、Sn、As、Sb

カメラ: Cu、Ni、Au

ガラスエポキシ基板: Cu、SiO₂、(Br)、Au

はんだ: Pb、Sn、Bi、Ag

水晶振動子: Si、Cu、Ni、Au

チップタンタルコンデンサ: Ta、Ag、Mn

IC: Au、Ag、Cu、Si、Ga、As

プラスチック: Sb

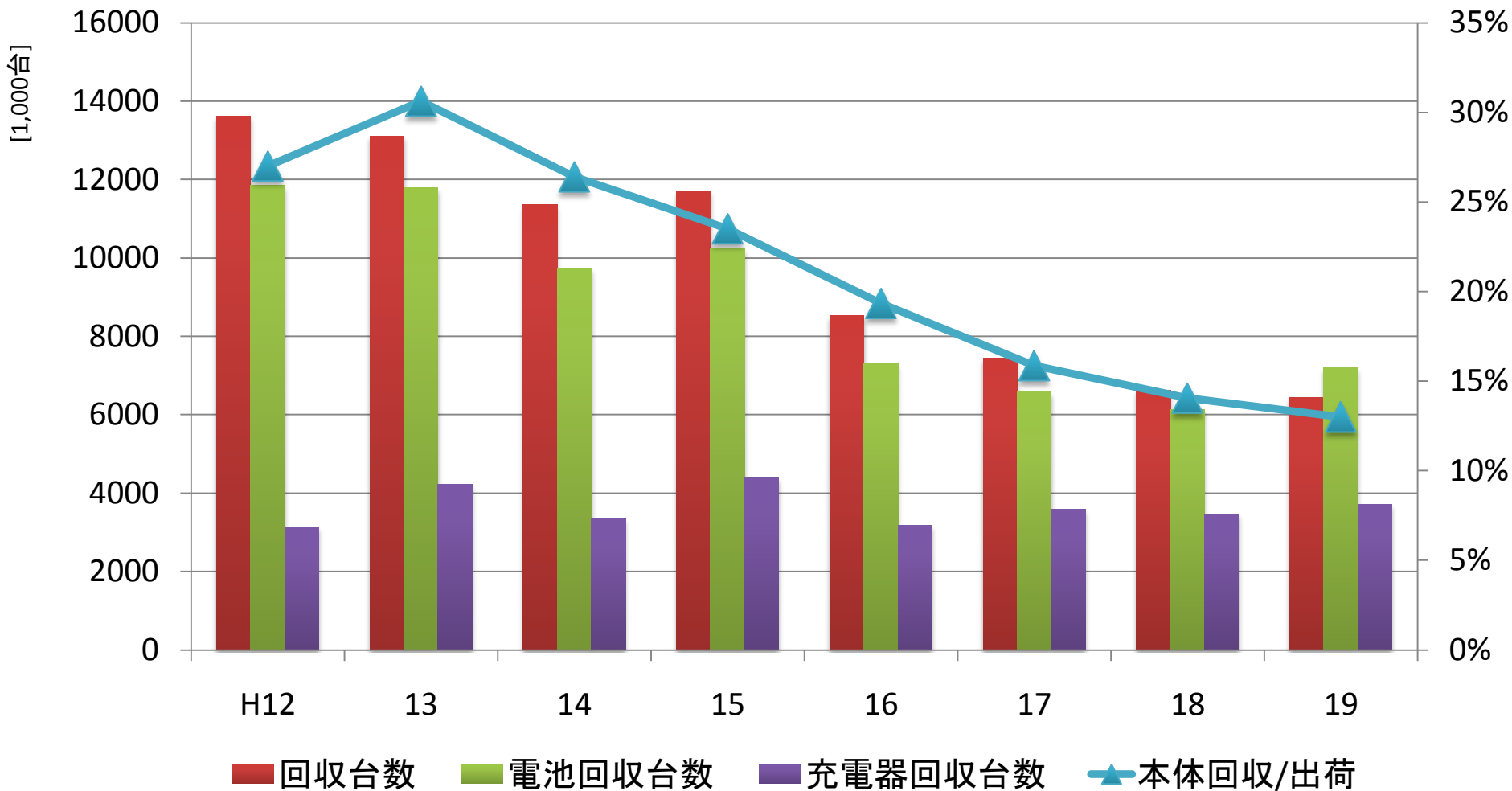
ボタン電池: Li、Ag、Zn

イヤフォンジャック、ACジャック: Au、Cu

ボタン接点: Fe、Ni、Cr、Ag、Cu

携帯電話回収台数の推移

(モバイルリサイクルネットワーク調べ)



携帯電話はリサイクルかリユースか？

- 今年4月12日に内閣府と経済産業省が発表した「未来開拓戦略」のなかに、3年間で携帯電話を1億台回収すると明文している。
- 平成19年度の調べでは5000万台の販売台数で回収量は620万台
- 経済産業省は2つの回収実験事業を展開。ひとつは7月～10月まで7000万円の予算、10月から新たに始まるものは5億円で全国規模。来年3月末までで1000万台の回収目指す
- しかし、本当に携帯はリサイクルが全てなのか？
- 電池を除いた携帯の金属価値は100円/台程度→非鉄製錬所で回収できる有価金属が金、銀、銅、パラジウムに限られる。
- エコロジカルリユース的には、携帯はリユースが最適では？
- すでに携帯のリユース市場は存在する。関西の家電量販店もリユース販売を始める。
- パソコンのリユース市場が拡大、定着しているのと同様に携帯もリユース市場が伸びると予想。

金属リサイクルの重要性

● 鉱山開発インパクトの回避

- ・ 採掘に伴う大規模な環境破壊
- ・ 採掘～選鉱～鉱石運搬に要する莫大なエネルギーと残渣等の発生
- ・ 採掘終了後の環境修復コスト

● 天然(バージン)資源枯渇の回避

- ・ 地中の存在量(埋蔵量) ≠ 無限
- ・ BRICS諸国の急成長 → 旺盛な資源需要
→ 天然資源の乱掘
→ 枯渇の懸念

<参考:埋蔵量(可採年数)50年未満の稀少金属>

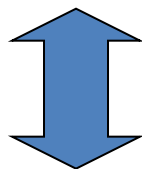
元素	金	銀	インジウム	ニッケル
可採年数	16.8	14.4	7.5	46.2



都市鉱物分析：電子機器の組成分析

携帯電話	Cu	Al	Fe	Si	Ni	Sn	Cr	Pb	Zn	Nd	Ta	W	Ag	Ti
(%)	19	9	8	4	1	1	0.9	0.7	0.7	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2

Mn	Pd	Mg	Ba	Au	Sb	Bi	Ca	Li	Co	etc.
0.12	0.11	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	



部品 (XRF分析)

タンタルコンデンサ	Si	Ta	Mn	Sb	Br	Ag	Ti	Sn	Pb
(%)	34	33	24	2	2	2	1	1	1

セラミックコンデンサ	Ba	Ti	Ni	Ag	Sn	Nb	Pb	Pd	Ca	Zr
(%)	61	26	3	3	1	1	0.6	0.5	0.2	0.1

液晶パネル	Si	Sr	Ca	Ba	As	Fe	Zn	Sb	In	Ni
(%)	46	24	11	10	2	2	2	0.5	0.1	0.1



基板全体としてみると、レアメタル品位は低い 部品単位でみると、レアメタル品位は高い

都市鉱物分析：基板中の金属 ハードディスクの例



ガラスエポキシ基板 : Cu, SiO₂, (Br)、Au

IC : Au, Ag, Cu, Si

チップタンタルコンデンサ : Ta, Ag, Mn

チップセラミックコンデンサ : Ag, Pd, Ti, Ba, Pb, Ni

チップ抵抗 : Fe, Ag, Ni, Cu, Pb, Zn

コネクタ : Au、Cu



アルミニウム(もしくはガラス)基板
: Al(or SiO₂), Ni, P, Fe, Mn, Co, Ru、Pt等

磁石(ボイスコイルモーター) : Nd、Dy、Ni、B

コイル(ボイスコイルモーター) : Cu

小型家電リサイクルについて

小型家電リサイクル①

- 天然資源のない日本で独自にできる資源確保～都市鉱山(WEEE)からの回収
 - 天然資源獲得競争には日本は完全に力負け～資源獲得は戦争にも似ている。中国ほどの完璧な資源戦略が日本にはない。民主党のマニフェストには「レアメタル資源の安定供給」という一文が記されているが
- 46. エネルギーの安定供給体制を確立する【政策目的】○国民生活の安定、経済の安定成長のため、エネルギー安定供給体制を確立する。【具体策】○エネルギーの安定確保、新エネルギーの開発・普及、省エネルギー推進等に一元的に取り組む。
- レアメタル(希少金属)などの安定確保に向けた体制を確立し、再利用システムの構築や資源国との外交を進める。○安全を第一として、国民の理解と信頼を得ながら、原子力利用について着実に取り組む。
- 都市鉱物を蓄積することによっていつかは使える有用資源にする
 - 大きくいえば中国に対する牽制であり国防そのもの。資源セキュリティ

小型家電リサイクル②

- 人工鉱床 (Reserve to Stock) 構想を提唱した東北大の中村教授らとDOWAが平成18年秋より秋田県大館市で回収実験始める(こでんリサイクル)～平成20年からは秋田県全域～一般廃棄物スキームで回収。
- 他に茨城県日立市、福岡県(北九州、大牟田)でも回収実験事業は行われているが秋田県ほどはうまくいっていない。
- 新たに平成21年度のリサイクルモデル地域として①東京都(江東区と八王子市)、②愛知県(名古屋市と津島市)、③京都府(京都市)、④水俣市(熊本県)の4地域が追加された。
- 地方のリサイクル企業はやる気があるが、自治体は意外に消極的(インセンティブがないから?)

小型電気・電子機器廃棄状況(秋田)

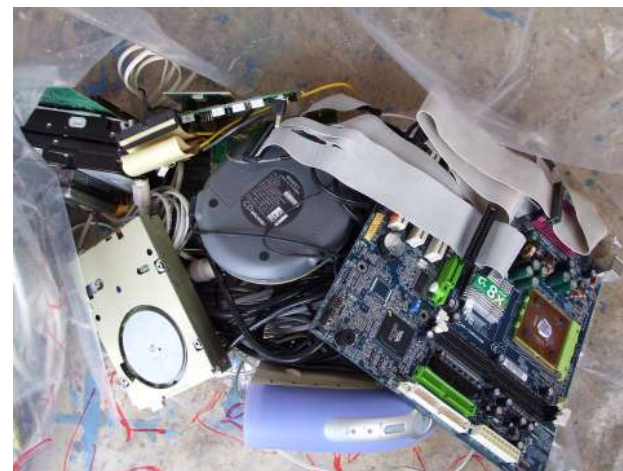


収集ポスト

収集ポストに集まった
小型家電



不燃ゴミからの分別



日本の廃電気・電子機器の推定発生量

(表1) 日本の廃電気・電子機器の推定発生量		
	重量(t)	一人当たりの重量(kg)
家電4品目 (テレビ、エアコン、冷蔵庫、洗濯機)	671,410	5.3
台所・食卓向け (電子レンジ、炊飯器、洗浄機など)	216,637	1.7
清掃、浴室関連機器 (掃除機、電気カーペット、ドライヤー、アイロン、健康器具など)	114,288	0.9
家庭用機器 (ファックス、監視カメラ、電話、リモコンなど)	95,876	0.8
LCD、PDP、AV機器 (薄型テレビディスプレイ、DVD、VTR、ビデオカメラなど)	211,830	1.7
個人用電子機器 (携帯電話、電子ゲーム、辞書、ポータブルオーディオプレーヤー、楽器など)	120,559	0.9
IT機器 (パソコン及び周辺機器)	155,879	1.2
自動車用電子機器 (カーナビ、オーディオなど)	19,095	0.1
電動工具 (ドリル、ドライバー、芝刈り機など)	11,788	0.1
照明器具	570,160	4.5
医療器具	104,147	0.8
その他	187,680	1.5
合 計	2,479,349	19.4

廃電気・電子機器中のレアメタル (t/y)

金属種	廃電気電子製品含有量 ¹		国内消費 ⁴	世界消費 ⁴
	推計1 ²	推計2 ³		
Pt	1.4	1.5	43	205
Pd	5.3	3.6	49	205
Ga	39	23	144	175
In	41	18	211	351
Ta	172	123	472	1511
Co	6,288	2,300	12,600	44,600
Bi	241	108	850	
レア・ア	1,930	1,281		84,000

¹白鳥、中村 Journal of MMIJ vol.123 171-178 ²JOGMECマテリアルフロー2005から推計

³白鳥、中村独自推計

⁴JOGMECメタルマイニングデータブック2005

主な非鉄金属・レアメタルの含有量 ①

(表2)	主な非鉄金属、レアメタルの電気・電子機器での使用量及び廃電気・電子機器中の含有量				
		国内消費量 (t)	電気・電子機器 での使用量(%)	使用量 (t)	廃電気・電子機器 中の含有量 (t)
金	電気通信機・機械部品用	134	60%	80.4	41
銀	接点	260	75%		
	硝酸銀～電気通信機器用	307	75%	504	710
	銀ろう～電气管部品	105	75%		
プラチナ	電気接点、抵抗体など	2	75%	1.4	2
パラジウム	電気接点材、導電材など	7	75%	5.3	4
銅	電線	160,000	50%	143,500	110,900
	伸銅	254,000	25%		
鉛	はんだ	13,000	60%	13,000	10,300
	ガラス、塩ビ安定剤、塗料	26,000	20%		
錫	はんだ	10,000	60%		
	電子部品	2,400	40%	6,986	5,300
	ITO＝透明電極	20	10%		
	電線のめっき	490	5%		
ニッケル	電池	4,900	60%		
	磁性合金、非鉄合金	6,740	75%	11,055	5,400
	メッキ	5,600	10%		
	フェライト	5,000	50%		
コバルト	二次電池	9,000	60%		
	磁石	210	25%	6,287.5	2,300
	磁気記録媒体、電子材料	1,670	50%		

主な非鉄金属・レアメタルの含有量 ②

インジウム	In入りはんだ・ヒューズ	8	60%	41.3	18
	蛍光体	8	50%		
	ITO(透明電極)	470	5%		
	半導体素子・電池材料	12	75%		
バリウム	コンデンサ/フェライト	2,500	75%	3,975	4,600
	管球用光学ガラス添加剤	2,800	75%		
タンタル	タンタルコンデンサ、Ta線、その他	205	75%	171.8	123
	ターゲット材	90	20%		
ストロンチウム	カラーブラウン管	23,400	75%	20,102	4,200
	フェライト磁性材料	4,970	50%		
	TFT、コンデンサ、PDP	90	75%		
ビスマス	低融点合金	104	70%	241	108
	フェライト	337	50%		
リチウム	Liイオン電池正極材	3,000	30%	1,690	276
	金属リチウム(一次電池の箔)	984	60%		
	弾性表面波フィルター	4,000	5%		
レアアース	永久磁石・フェライト磁石	4,300	30%	1,930	1,281
	蛍光体	500	50%		
	光学レンズ	1,300	30%		
アンチモン	はんだ、ターゲット材	58	60%	1,735	920
	難燃助剤	6,800	25%		

日欧の電気・電子製品リサイクル法令

	日本		EU(ベルギー、ドイツ)
対象品目	大型家電4品目	パソコン、小型二次電池	電気・電子機器を網羅
法律	特定家庭用機器再商品化法	資源の有効な利用の促進に関する法律(指定再資源化製品)	WEEE指令に応じて各国で制定
施行年度	2001	2001	2005
統括主体	AとBの2つのグループ別に 管理会社(製造事業者設立)	パソコン:製造事業者個別の対応 電池:JBRC(製造事業者等設立)	レジスター (地域別だが全製造事業者分を統括)
収集方法	AB別に製造事業者が指定引取場所を設置 指定引取場所までは販売店が収集運搬(買い替え時)	パソコン:郵便小包(家庭系) 収集業者個別収集(事業系) 電池:販売店等収集箱(家庭系) 収集業者個別収集(事業系)	自治体設置の収集施設 (買い替え時は販売店が収集) 地域により、自治体から委託を受けた業者が個別収集
処理実施	A:既存廃棄物処理事業者と製造事業者等設立の専業会社 B:製造事業者等設立専業会社	パソコン:既存廃棄物処理事業者と製造事業者(の子会社) 電池:処理業者(非鉄製錬等)	既存廃棄物処理事業者
料金	排出時支払い (指定引取場所までの収集も含めて)	パソコン:前払い(家庭系法施行後販売分)、後払い(事業系) 電池:前払い	前払い。排出時消費者負担なし
目的・動機	自治体にとっての難処理物対応	3R、EPRに基づく自主的取組み	有害物管理
処理の特徴	徹底した手分解による高いリサイクル率、製造事業者の関与大	廃棄物処理法の広域再生利用認定を取得	有害物のみ事前選別 製造事業者は費用負担のみ?
リサイクルの定義	再商品化:無償以上で譲渡できる状態にすること (熱回収を含まない)	再資源化:再生資源/部品等に利用できる状態にすること (熱回収を含まない)	リユース、リサイクル/リカバリー(廃棄物全般に係るEU指令を準用)

平成20年度 非鉄製錬所の廃棄物・ リサイクル処理実績

平成20年度リサイクル原料処理量(10社合計)				(単位:トン)	
故銅	160,552	亜鉛滓	40,078	廃電子部材/部品	15,787
銅滓	53,552	貴金属滓	113,947	使用済石油精製脱硫触媒	7,800
廃蓄電池	107,696	廃感光剤	987	その他	11,890
鉛滓	26,438	廃液	2,751		
				合 計	541,448
平成20年度廃棄物処理量(10社合計)				(単位:トン)	
燃え殻	1,571	廃プラスチック	334,991	ばいじん	299,011
汚泥	127,043	(内シュレッダーダスト)	290,423	(内電炉ダスト)	214,410
廃油	128,773	金属くず	21,774	(内溶融飛灰)	65,710
廃酸	90,169	(内電池類)	20,935	灰石綿等	3,122
廃アルカリ	164,016	汚染土壌	306,753	感染性廃棄物	11,604
鋳滓・がれき類	4,419	ガラス・陶磁器くず	16,851	その他	66,483
紙・木くず・動植物性残渣等	773	(内廃蛍光灯)	9,800		
				合 計	1,577,353
平成20年度再資源化量				(単位:トン)	
銅	219,691	ニッケル	214	ガラスカレット	6,080
鉛	109,102	錫	886	セメント原料	2,400
亜鉛	96,242	カドミウム	214	金属原料	11,415
金	42	水銀・化合物	130	亜鉛原料・肥料原料	6,180
銀	785				
				合 計	453,381

事業場名	処理品目	リサイクル対象	処理実績(t)	処理能力(t)
住友金属鉱山(株) 播磨事業所	a) スラッジ類	a) 亜鉛・鉛	a) 400	a) 52,500
住友金属鉱山(株) 別子事業所	a) 銅系スクラップ b) 電炉ダスト	a) 銅 b) 亜鉛・鉛・鉄	a) 30,000 b) 100,600	a) 30,000 b) 120,000
日本キャタリストサイクル(株)	a) 使用済み触媒	a) モリブデン	a) 7,800	a) 12,000
中外鉱業(株) 持越工場	a) 貴金属滓	a) 金・銀・白金・パラジウム・銅	a) 0	a) 0
中外鉱業(株) 東京工場	a) 貴金属滓 b) 貴金属滓	a) 金 b) 白金	a) 9 b) 0.1	a) 24 b) 0.5
東邦亜鉛(株) 小名浜製錬所	a) 廃ニカド電池	a) カドミウム・ニッケル	a) 1,159	a) 3,000
	b) 廃硫酸	b) 硫酸	b) 9,332	b) 20,000
	c) 電炉ダスト	c) 亜鉛	c) 57,960	c) 80,000
	d) 亜鉛滓	d) 亜鉛	d) 13,228	d) 80,000
	e) 汚泥	e) 汚泥	e) 0	e) 0
	f) 廃アルカリ	f) 廃アルカリ	f) 0	f) 0
	g) 廃油	g) 廃油	g) 0	g) 0
東邦亜鉛(株) 安中製錬所	a) 廃硫酸	a) 硫酸	a) 6	a) 2,000
	b) 使用済電池	b) 亜鉛	b) 4,300	b) 9,000
東邦亜鉛(株) 契島製錬所	a) バッテリースクラップ	a) 鉛	a) 31,400	a) 80,000
	b) 鉛滓類	b) 鉛	b) 9,625	b) 80,000
	c) 廃硫酸	c) 硫酸	c) 2,366	c) 163,000
	d) 汚泥	d) 鉛	d) 406	d) 157,000
	e) 廃プラスチック	e) 鉛	e) 19	e) 157,000
	f) ガラス屑	f) 鉛	f) 31	f) 250,000
	g) 廃石棉等	g) 鉛	g) 2,356	g) 250,000
	h) 鉱滓	h) 鉛	h) 589	h) 10,950
	i) 鉛	i) 鉛	i) 460	i) 250,000
エコシステム 秋田(株)	a) 廃基板	a) 銅、金、銀	a) 1,190	・焼却施設 4824t/d ・中和施設 100ml/d ・薬剤混練 150t/d ・破砕 266t/d
	b) その他廃棄物	b)	b) 143,758	
小坂製錬(株)	a) 故銅	a) 銅	a) 7,328	a) 15,000
	b) 銅滓	b) 銅、他	b)	b) 15,000
	c) 廃バッテリー	c) 鉛	c) 3,179	c) 15,000
	d) 鉛滓	d) 鉛	d)	d) 15,000
	e) 廃基板類、他	e) 金、銀、銅、他	e) 12,716	e) 19,000
エコシステム 小坂(株)	a) 産業廃棄物	a) 銅、他(熱回収)	a) 47,239	a) 60,000
	b) 自動車ASR	b) 鉄、アルミ、他(熱回収)	b)	b) 60,000

事業場名	処理品目	リサイクル対象	処理実績(t)	処理能力(t)
日鉱敦賀リサイクル(株)	a) 廃液	a) 燃え殻	a) 33,485	a) 48,000
	b) 汚泥・廃プラスチック・ガラス細管くず	b) 燃え殻・熱エネルギー	b) 1,842	b) 48,000
	c) 貴金属屑等	c) 銅・金・銀等	c) 7,641	c) 10,800
野村興産(株) イトム力鉱業所 関西工場	a) 廃乾電池	a) 亜鉛原料・肥料原料	a) 14,500	a) 30,000
	b) 廃蛍光灯・廃ランプ	b) 水銀・ガラスカレット	b) 9,800	b) 10,000
	c) 汚泥類	c) 水銀	c) 1,530	c) 15,000
	d) 汚染土壌	d) 水銀	d) 0	d) 15,000
	e) 廃油・廃酸・廃アルカリ	e) 水銀	e) 480	e) 15,000
	f) 廃プラスチック	f)	f) 210	f) 15,000
	g) 感染性廃棄物	g)	g) 240	g) 1,500
足尾製錬(株) 足尾製錬所	a) 廃酸・廃アルカリ	a) 銅	a) 1,812	a) 240t/d
群馬環境リサイクルセンター(株)	a) 感染症廃棄物	a) -	a) 9,534	a) 35t/d
神岡鉱業(株)	a) 廃鉛バッテリー	a) 鉛・プラスチック	a) 34,050	a) 30,600 (鉛地金)
	b) 金属屑	b) 鉛・鉄	b) 149	b) 30,600 (鉛地金)
	c) 無機泥汚	c) 鉛	c)	c) 30,600 (鉛地金)
	d) 鉛滓類	d) 鉛	d)	d) 30,600 (鉛地金)
	e) 金銀含有スクラップ	e) 金・銀・パラジウム	e)	e) 5,000
	f) 廃情報機器類	f) 金・銀	f) 3,886	f) 5,000
	g) ガラス屑類	g)	g)	g) 5,000
三井金属鉱業(株) 竹原製錬所	a) バッテリー屑	a) 鉛・プラスチック	a) 3,985	a) 15,000
	b) 鉛滓類	b) 鉛	b) 7,085	b) 15,000
	c) 貴金属滓	c) 金・銀	c) 256	c) 15,000
	d) 廃感光剤	d) 銀	d) 987	d) 15,000
	e) 廃プリント基板類	e) 金・銀・銅・パラジウム	e) 2,212	e) 15,000
	f) 廃硫酸	f) 硫酸	f) 901	f) 15,000
	g) 汚泥	g) 鉛	g) 95	g) 15,000
彦島製錬(株)	a) 亜鉛滓	a) 亜鉛	a) 225	a) 1,000
	b) 含銅亜鉛滓	b) 亜鉛	b) 1,825	b) 3,000

グリーンフィル 小坂㈱	a)一般・産業廃 棄物	a)埋立処分	a)	101,206	・埋立容量 270万㎡		
㈱日本ピージー エム	a)廃触媒他	a)プラチナ・ パラジウム・ ロジウム	a)	5,984	a)	8,400	
エコシステム 花岡㈱	a)土壌(洗浄) b)一般・産業廃 棄物	a)鉛 b)埋立処分	a) b)	306,753 56,995	・土壌洗浄設備 50,000t/月		
エコシステム 千葉㈱	a)廃棄物	a)鉄・スラグ(一部) 熱エネルギー(一部)	a)	78,499	・焼却 282t/d ・油水分離 93.2t/d		
エコシステム 山陽㈱	a)廃棄物	a)鉄・スラグ(一部) 熱エネルギー(一部)	a)	185,172	・焼却 475.2t/d ・破碎 3.42t/d ・油水分離 332ml/d		
エコシステム 岡山㈱	a)産業廃棄物 b)自動車ASR	a)鉄 他 (一部熱回収) b)鉄・アルミ 他(熱回収)	a) b)	40,704	a) b)	42,000	
秋田製錬㈱	a)ばいじん (キューボラ ダスト)	a)亜鉛	a)	458	a)	36,155	
日鉱製錬㈱ 佐賀製錬所	a)滓類 b)故銅	a)銅・金・銀 b)銅	a) b)	62,965 51,018	a) b)	120,000	
日比共同製錬㈱ 玉野製錬所	a)鉛滓類 b)銅滓類 c)故銅	a)銅 b)銅 c)銅	a) b) c)	15,230 45,272	a) b) c)	80,000	
日鉱環境㈱	a)廃油 b)廃液 c)プリント基板等 d)汚泥 e)故銅・銅滓類 f)燃え殻・金属くず・ガラ ス類(鉛くず・ばいじん 等) g)廃石棉等	a)熱エネルギー b) c)銅・金・銀 d)銅・金・銀・スラグ e)銅 f)亜鉛・銅・鉛 g)	a) b) c) d) e) f) g)	3,727 19,456 21,313 16,699 6,269 10,291 2,533	a) b) c) d) e) f) g)	109,800	
苫小牧ケミカル ㈱	a)廃鉛バッテリー b)貴金属屑等 c)産業廃棄物	a)粗鉛・石膏 b)銅・金・銀等 c)熱エネルギー /燃え殻	a) b) c)	337 634 32,329	a) b) c)	42,000	
日鉱三日市 リサイクル㈱	a)可燃物 b)廃液 c)汚泥 d)銅滓類	a)熱エネルギー b)銅 c)銅 d)銅	a) b) c) d)	15,675 5,175 51 502	a) b) c) d)	31,800	

三池製錬㈱	a)亜鉛滓類 b)電炉ダスト c)溶融飛灰 d)鉛滓 e)燃え殻 f)汚泥 g)鉛滓 h)ガラス屑等 i)金属屑 j)廃プラスチック等 k)廃酸 l)廃アルカリ	a)亜鉛 b)亜鉛 c)亜鉛・鉛 d)鉛 e) f) g) h) i)亜鉛 j)貴金属等 k) l)	a) b) c) d) e) f) g) h) i) j) k) l)	22,400 55,850 37,200 530 70 18,710 2,900 1,310 940 13 2,970 950	a) b) c) d) e) f) g) h) i) j) k) l)	138,000	
三井串木野鉛山 ㈱	a)金銀含有スク ラップ b)ハンダ・銅メッ キ42スクラッ プ	a)金・銀・ パラジウム b)42材	a) b)	4,697 109	a) b)	6,000	
八戸製錬㈱	a)亜鉛ドロス・ 亜鉛・銅滓 b)写真廃液等 c)汚泥・ばいじん d)廃酸 e)廃アルカリ f)廃油	a)亜鉛・銅 b)銀 c) d) e) f)	a) b) c) d) e) f)	3,902 2,751 7,294 5,028 3,657 1,136	a) b) c) d) e) f)	4,000 15,000	
㈱MTR	a)溶融飛灰	a)亜鉛・銅・鉛	a)	10,767	a)	41,700	
三菱マテリアル ㈱ 直島製錬所	a)故銅・銅滓・ 金銀滓 b)シュレッダー ダスト c)溶融飛灰 d)その他	a)銅・金・銀・白 金・パラジウム b)熱エネルギー ・銅 c)亜鉛・銅・鉛 d)	a) b) c) d)	61,800 43,250 13,007 52,380	a) b) c) d)	64,000 73,000 25,550 1,292,000	
三菱マテリアル㈱ 生野事業所	a)銅滓	a)銅	a)	1,104	a)	1,300	
細倉金属鉛業㈱	a)廃鉛バッテリー b)鉛滓	a)鉛・プラスチッ ク b)鉛・銅・金・銀	a) b)	37,900 6,000	a) b)	50,000 12,000	
小名浜製錬㈱ 小名浜製錬所	a)廃タイヤ b)シュレッダー ダスト c)溶融飛灰 d)故銅・銅滓	a)熱エネルギー b)熱エネルギー ・銅 c)亜鉛・銅・鉛 d)銅	a) b) c) d)	0 138,524 4,736 33,800	a) b) c) d)	6,000 177,600 18,200 42,000	

よりよき基板リサイクルのために いくつかの提言

- 環境基準が厳しい日本のなかでも世界一の回収技術を持ち、採算的にも合う国内で処理すべき
- 入ってきて即シュレッダーではなく、基板だけ外してシュレッダーでも採算的には合う～マシンとマンパワーのバランスが大事
- 発展途上で環境リサイクル技術が未熟な国から基板を輸入し日本で処理することは合理的だが→輸出に甘く輸入に厳しい日本の通関体制が障害→そのために→輸入業者がリサイクルフロー図(マニフェスト)を提出できるところだけに輸入許可を与えるなどのルールを作るべき
- 基板はあくまで貴金属の価値。金を捨てて他のレアメタルを回収するような施策をやめたほうがいい→経済合理性なきものは継続しない。
- リサイクルフローごとでコスト計算する→工程ごとでターゲットとするメタルの価値から採算性を割り出すべき

基板スクラップの種類 ①



セラミックCPU(金が3000~4000g/t 基板最高峰 1万円/kg)



樹脂CPU グリーン 400~500g



メモリー基板(500~600g)



IC基板(上) 250~300g 800円/kg

基板スクラップの価値は金品位です。

基板スクラップの種類 ②



IC基板(中) 150~200g



ノートPCマザーボード 350~500g 900~1000円/kg



デスクトップPCマザーボード グリーン 180~230g



デスクトップPCマザーボード カラー 130~180g

基板スクラップの種類 ③



携帯電話本体 350~500g 900~1100円/kg



電源基板 50g前後 30円前後



家電基板 30g前後 0~20円/kg

E-WASTE (廃電子電気機器) の市場規模

- 現在、国内非鉄製錬所で処理されている基板スクラップは約6万トン
- 金含有量が300g/t以上の高品位基板は三井、DOWAの処理が多い。電源、家電基板の低品位ものは日鉱金属、三菱マテ。
- 日鉱金属、三菱で4万トン、三井、DOWAで2万トン
- 高品位基板600～800円/kg × 2万トン = 120億円、低品位基板35円/kg × 4万トン = 140億円で合計260億円。
- 小型家電50万トン、ALL家電で270万トン。

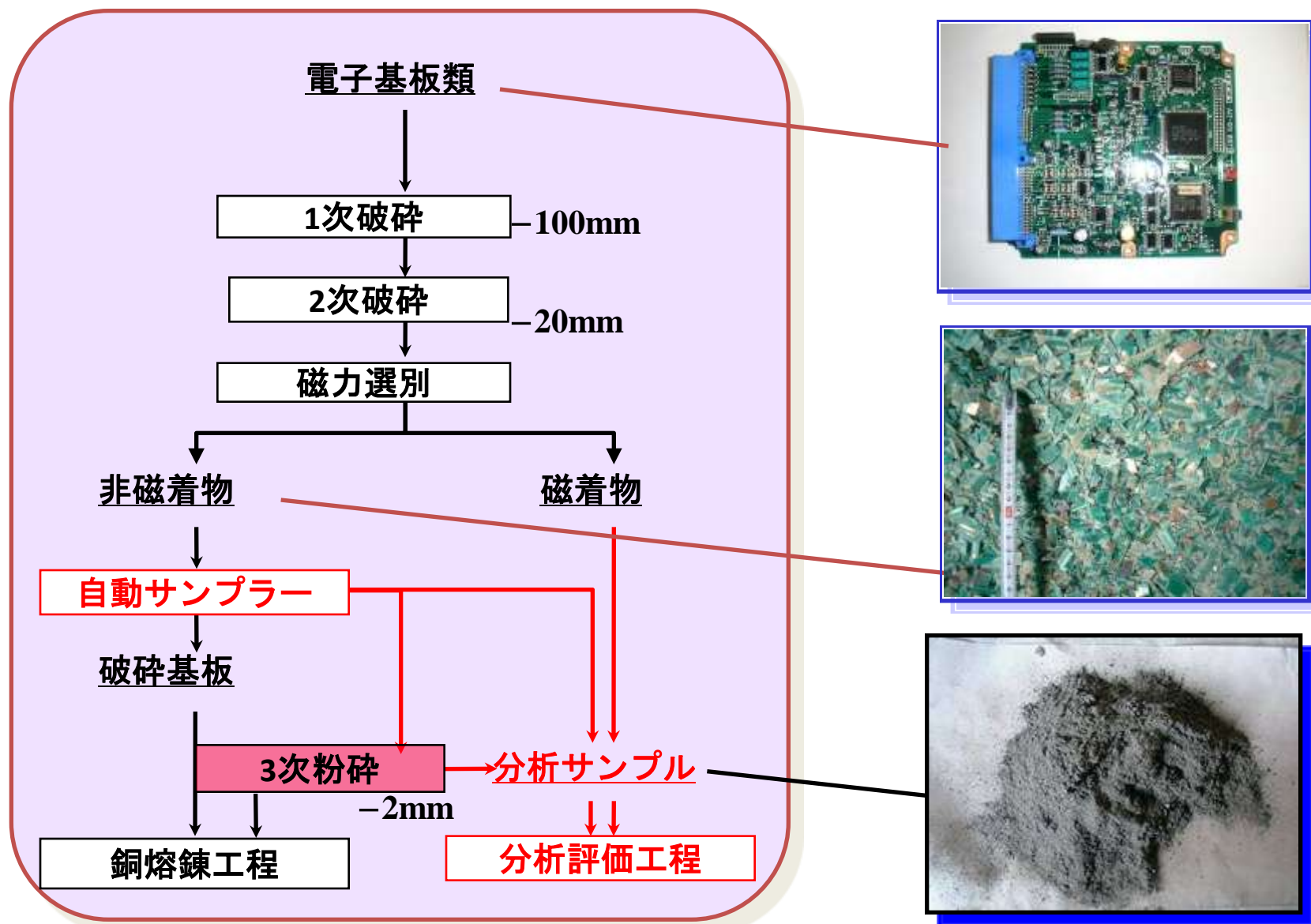
基板の現場処理の様子 ③



基板スクラップはヤマへ・・・



小型電気・電子機器のサンプリングのプロセス(基板の例)

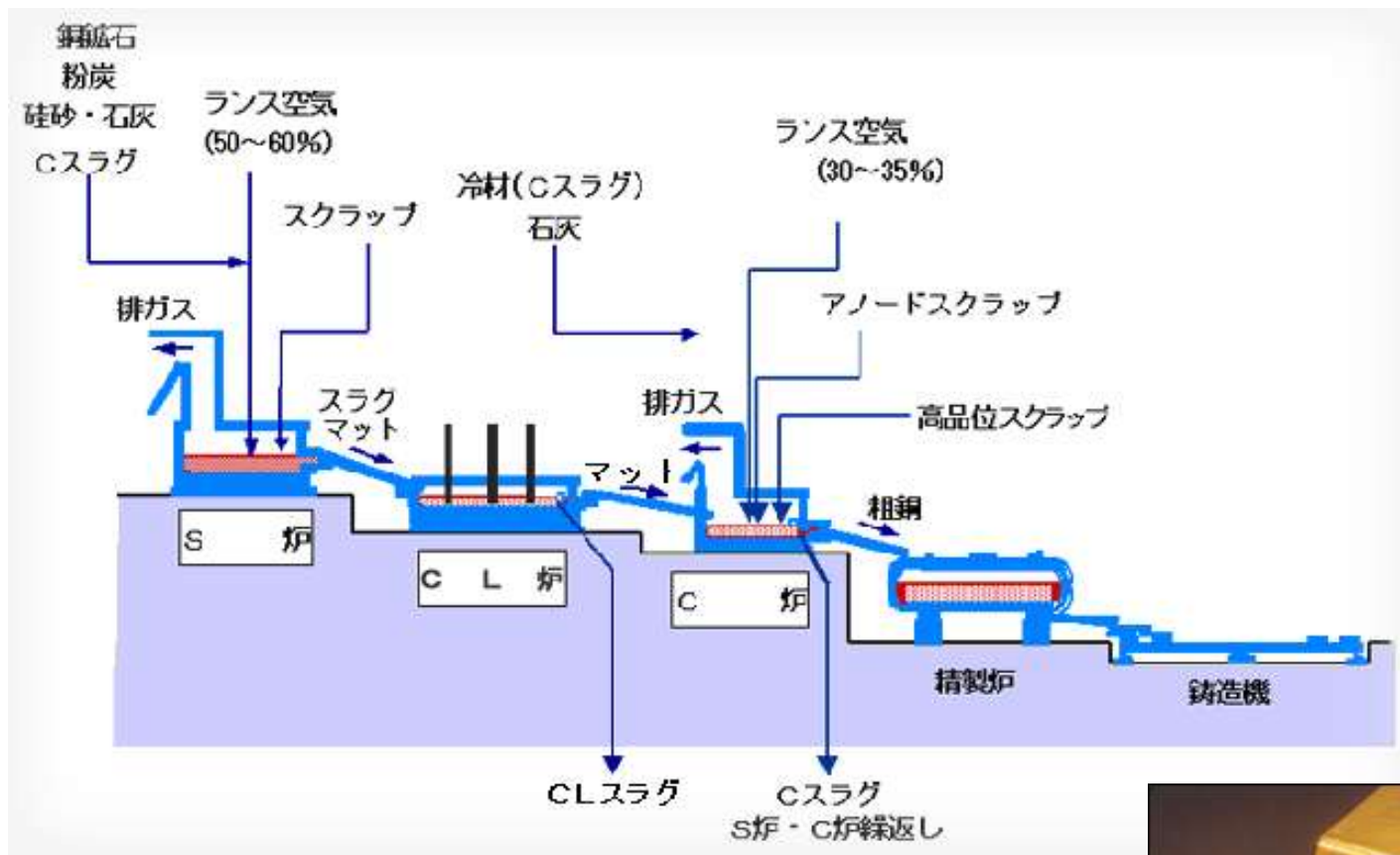


銅製錬の基本 I

- 銅精鉱処理が基本、世界の殆どが自溶炉、転炉方式
- 銅生産性優先、ついでに金、銀(金銀鉱石、スクラップ)
- 極力不純物の少ない銅精鉱(クリーンコンク)処理が基本
- 実収率から極力濃度の高い物を入れるのが有利
- 熱バランスからカロリーゼロ不燃物の投入比率限界あり
- 基板のハロゲンは装置腐食から混入を嫌う、リンも同様、直接投入は量的限界あり、通常は事前焼却が普通
- スクラップは前処理工程の違いから各社で受入れスペック異なる、Niは転炉操業に支障があり大量に入れない
- 硫酸製造から煤の出る付着成分(油、プラ)投入を嫌う
- 廃棄物処理は極力やらない、例外は小名浜製錬の反射炉(ASRは石炭代替のコストダウン)

銅製錬の基本Ⅱ

- 基本的には酸化しやすい元素を酸化し、スラグとして分離・除去→多くのレアメタルはスラグに移行する
- あるいは、蒸気圧の高い元素を煙灰として分離・回収
- その他電気化学的性質の差を利用して分離・精製
- 結果、貴金属や一部のレアメタルを含む多種類の金属の回収が他製錬との組合せで可能(複雑鉱処理)
- 一方で、卑な金属(タンタルや希土類、鉄、アルミなど)はスラグへ
 - 既存の製錬施設で分離回収できない元素で重要なものは予め物理的に取りおくことで解決する
 - 家電リサイクル工場はまさにその手法(プラ、鉄、アルミなど)
 - さらに、レアメタル回収への拡大についても先駆的に研究

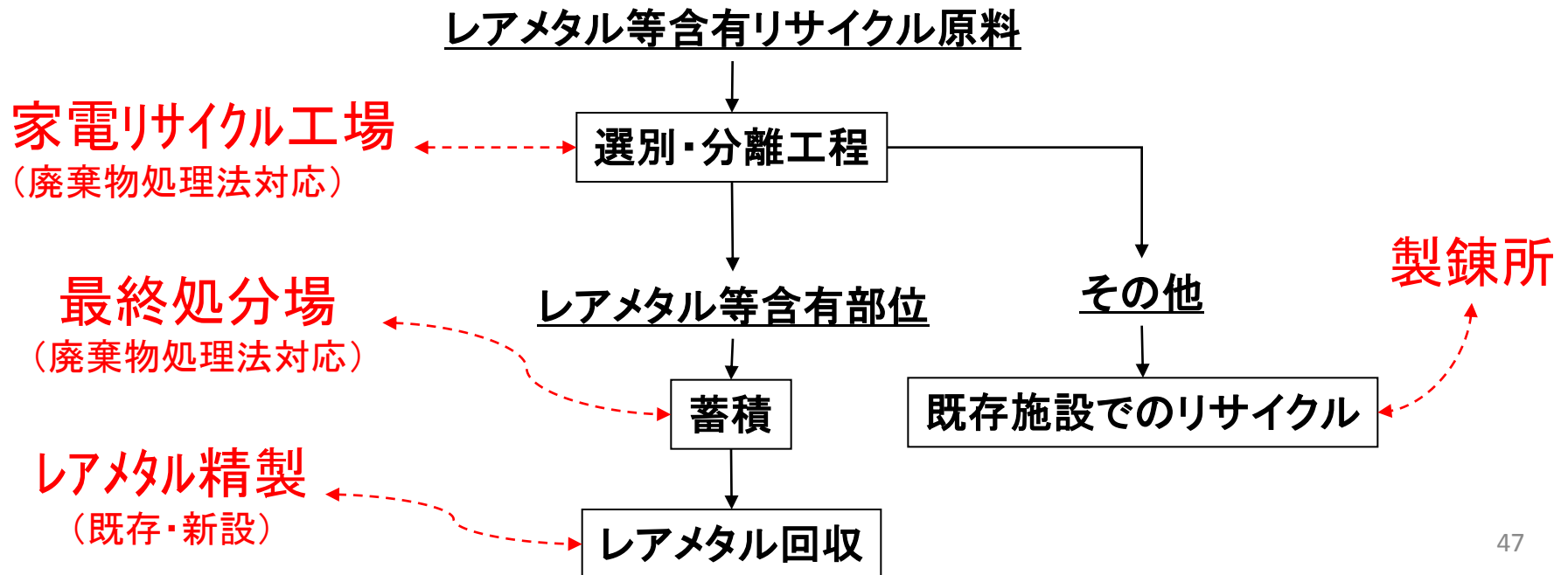


三菱マテリアル直島製錬所の連続プロセス



非鉄製錬所で回収できるレアメタルは限られる

- 非鉄製錬所では、電気・電子スクラップ等からの金属回収を行っているものの、回収は一部の金属に限定される
- そこで、あらかじめ分離・選別処理により、レアメタル原料となりえる部位と、既存技術・施設で処理できる部位に分ける
- レアメタルの原料となりえる部位は蓄積、将来の回収に備える



各国および中国の資源政策

資源国における資源政策の変化

1960年代末～70年代

- 南米等一部の資源国が社会主義政権の成立。
- 外国企業の締め出し、鉱山の国有化等。
 - 1968年CIPEC(銅輸出国政府間協議会;チリ・ペルー・ザンビア・ザイール)の設立

1980年代

- 第2次石油危機後の金属価格、鉱業投資の低迷
- 南米諸国において、累積債務問題・超インフレ等の発生
- 外資法、鉱業法の見直しの動き始まる:1983年チリ鉱業法等の改正

1990年代以降

- 1990年代には、中南米(メキシコ、ペルー、ボリビア、アルゼンチン等)、アジア、アフリカで、外国投資の受け入れ・拡大を目指した鉱業セクター改革が進展。
 - 国営鉱山会社の民営化
 - 外国資本による鉱山開発が、中南米を中心として拡大。

最近の動向

- 中国、ロシア、ベネズエラなど資源国での強力な価格支配、中国の圧倒的な資源外交
- チリ、ペルー、ボリビア、モンゴル等で、ロイヤルティ制度や超過利潤税の導入が進展する等、資源国に新たな動きあり。ボリビアは世界有数のリチウム資源をもっていることで世界中から注目されている。

中国のレアメタル政策の変遷

2006年1月	レアメタルの委託加工を禁止 輸出還付税を17%から暫時5%に低減
2月	輸出許可制度について、国家発展改革委員会は希土類、タングステン、アンチモンの輸出は規制強化の対象となり、毎年10%の削減を行うことを決めた。
9月	レアメタル輸出還付税の完全撤廃
10月	輸出関税を暫定的に5%賦課していくことを決定
12月27日	商品別に輸出関税を10%から15%に増税することを発表
12月30日	レアメタル全てに輸出許可制度を拡大
2008年1月～	希土類の輸出関税を25%に引き上げ、Mg、Si、合金鉄の輸出関税を20%に引き上げ
2008年12月～	3770品目で関税の調整を行う。輸出関税、特別輸出関税の撤廃を発表する。しかし金属関係ではほとんど変更はない。

中国・レアアース資源の管理強化

2009年8月12日「第一回中国包頭希土産業発展フォーラム」より

①開発・採掘の管理強化

- ・ レアアース資源を南・北・西の3資源区に分類し、生産を集約する
- ・ 厳格な生産計画の下、2009～2015年間の生産量を、精鉱量13～15万トン、分離・製錬量12～15万トンとする
- ・ 管理監督を確実にを行うため、専門審査制度を定める
- ・

②輸出規制強化と中国国内のレアアース応用分野の発展奨励

- ・ 2009～2015年間の毎年の輸出規総量を3.5万トン/年とする(世界のレアアース需要量は約9万トン)
- ・ レアアース金属は輸出厳禁(ジスプロシウム、テルビウム、ツリウム、ルテチウム、イットリウムなど)
- ・ レアアースの応用分野の発展を奨励し、2015年までにレアアース応用材料の生産量を13.8万トンまで増加させる
- ・ その目標を実現し、さらに応用技術水準を向上させるため、レアアース加工企業に対して毎年、売上高の最低1%を技術開発に支出させる
- ・ レアアース加工応用分野の特許取得件数を50%増加させ、発光材料、水素貯蔵合金材及び永久磁石材の生産量を全世界の70%を占めることを目標とする
- ・

③産業再編

- ・ 参入のハードルを高めるため、2009～2015年の間新たなレアアース採鉱権の承認は行わない
- ・ 製錬・分離企業の新規設立について、従来は省単位で審査されていたものを工業情報化部での審査認可に移行する
- ・ 同時に、投資額1億元以上のレアアース加工・応用プロジェクトについては工業情報化部による審査・認可のため報告を義務ける
- ・ 現存のレアアース企業については、技術・設備基準の水準の向上、環境保護状況と管理水準の向上など三方向から淘汰を実施する
- ・ **今後、具体的な淘汰目標の詳細を定めるが、まずは100企業を20企業とする。**規模の判断基準は軽希土の場合年産の下限値は8,000トン(酸化物ベース)。環境基準を遵守しない企業に対しては強制的な淘汰を実施する

レアメタルの 国内備蓄

備蓄鉱種	備蓄日数
ニッケル	21.8 (平成21年3月末現在、以下同)
フェロクロム	29.2
タングステン	20.1
コバルト	22.2
モリブデン	17.1
フェロマンガ	26.2
フェロバナジウム	18.9
* インジウム	?
* ガリウム	?

・これまでは主として鉄鋼添加用のレアメタルを備蓄の対象としてきたが、今年から新たに「要注意鉱種」のなかからインジウムとガリウムを追加。

・しかし本当に備蓄すべきは他の鉱種と専門家から言われている。PGM、RE（希土類）が重要。

- ・日本の備蓄は国内消費の42日分がめど。
- ・アメリカなどは300日分を備蓄している。
- ・中国は国家備蓄と各省で備蓄
- ・韓国も備蓄を始めた。

非鉄・レアメタルのリサイクルは国防である

- ① 現実的に商業ベースで採算が合うレアメタルのリサイクルはあるが、圧倒的に合わない場合(* 国内市場の問題、品質要求の高さn問題などゆえいに)
- ② 国内流通で採算的に合わないレアメタル含有スクラップは海外に流出していく
- ③ レアメタル供給は輸入依存構造変わらず 脱中国を図っているが。
- ③ レアメタルの備蓄量が他国に比べて少ない日本でレアメタルスクラップの備蓄は有効→RM調達先に対しての牽制にもなりうる。
- ④ リサイクルが進むことで相場は安定し、供給不安の問題も後退する
- ⑤ 商業ベースを超えたところでのレアメタルスクラップ備蓄的な発想(=小型家電リサイクル)
- ⑥ 実際にはリサイクルに関係する業者側の意識改革、構造改革も必要



レアメタル、レアアースリサイクルの理想と現実



金属リサイクルが安定的に循環する5条件

- ①スクラップがまとまって、継続的に、多量に発生すること→(鉄、銅、アルミ、ステンレス、鉛などコモンメタル系)
- ②成分組成が安定しており、主成分の含有率が高く、他の成分との分離が容易なこと(=リサイクルの自由度が高いこと、不純物の許容値が広いこと)
- ③有害成分が含まれていないか、あったとしても完全に分離できること
- ④水分や油分の付着が少なく、汚れの少ないこと
- ⑤リサイクル成分の価格が高く安定しており、採算がとれること→最重要

比較的安定しているレアメタル含有スクラップ

レアメタル含有スクラップで先の5条件をすべて満たしているものはない。特に①と⑤は重要なのが、レアメタル含有スクラップはここが最も安定していない。リサイクル価値があがればこぞって「にわか業者」が市場参入するが、相場が下がれば一斉に引き潮になる傾向があり、まず分別意欲が低下し、鉄やアルミといったメインストリームの金属リサイクルルートに混入して霧散する結果になる。民間事業でリサイクルを行うにはやはり採算性、経済合理性の有無が重要である。

現在、比較的リサイクルが順調に回っているレアメタル含有スクラップは

- 触媒(白金、貴金属系、ニッケル、モリブデン、バナジウム)
- 超硬工具(タングステン)
- 二次電池(ニッケル、コバルト、カドミウム)
- ステンレス特殊鋼スクラップ+一部のスーパーアロイ(ニッケル、モリブデン、コバルト、タングステン~カスケードリサイクルという格好。普通鋼に含まれるレアメタルもカスケードが主)
- 一部の磁石スクラップ(レアアース)
- 最終製品に含まれたレアメタル含有スクラップを①効率よく回収し、②適切な前処理でメタル品位を高め、③低コストで分離精製し、④採算が合えば、そのリサイクルは問題なく回ることになるのだが、レアメタル含有スクラップの場合は少量多品種であることから、すべからくりサイクルコストは高くなる。レアメタルのリサイクル事業を長期的に育成するには、不採算時のコスト補填など何らかのルールを設ける必要もあるだろう。

国内の主要なレアメタル リサイクルプロセッサー

- PGM触媒系・・・日本PGM、田中貴金属、ジョンソンマッセイ、アサヒプリテック
- 石油精製触媒系・・・太陽鋳工、メタルテクノロジー、日本キャタリスト(来年3月まで)
- タングステン・・・日本新金属(秋田)、大阪鉛錫精錬所(住電ハードメタル)、光生(北九州)、矢野金属(大阪)
- レアメタル二次電池系・・・TM C、日本リサイクルセンター、三井金属鋳業(神岡)
- タンタル、ニオブ・・・三井金属鋳業(三池)
- 磁石(レアアース)・・・三徳、信越化学工業
- 金属チタン・・・東邦チタニウム、大阪チタニウムテクノロジー、神戸製鋼、大同特殊鋼、昭和メタル、大阪特殊合金(フェロチタン)
- ベリリウム・・・日本ガイシ
- ガリウム・・・DOWA(秋田レアメタル)、ラサ工業
- インジウム・・・DOWA(秋田レアメタル)、アサヒプリテック、アジア物性材料研究所
- めっき廃液、スラッジ・・・ミヤマ、みすず工業、鶴見曹達

価格、市場性の問題から海外に出ているものが多い。

	リサイクル状況
ニッケル (19.1万t=Ni純分)	ニッケル水素電池及びニッカド電池の7割、ステンレス鋼は輸出を含めて9割以上がリサイクルされている。
クロム (99万t=FeCrベース)	ステンレス鋼のリサイクル率は3割程度(他、普通鋼への混入あり)。スーパーアロイ、無水クロム酸のリサイクルが若干量
マンガン (111万t=鉱石グロス)	普通鋼、特殊鋼のリサイクルは行われているが、他の電池、フェライト化学品などはほとんどリサイクルされていない。
コバルト (1.3万t=Co純分)	全ての用途でリサイクル量は定量化されておらず、不明瞭だが、電池関係は若干リサイクルされている。輸出が多く、国内での技術力向上が課題
タングステン (7150t=W純分)	超硬工具スクラップのほとんどが中国か欧州のリサイクラーに売却されており、国内では現状難しい。リサイクルの技術開発と国際的な分析評価システムが課題
モリブデン (2.6万t=Mo純分)	需要の9割を占めるステンレス、特殊鋼のリサイクルはかなり進んでおりそのほとんどが回収されている。触媒リサイクルも同様。潤滑油からは無い。
バナジウム (9080t=五酸化V)	航空機のチタン合金、硫酸用触媒、脱硫触媒、重油燃焼灰からのリサイクルは8割近くまで進んでいる。ステンレス鋼、ハイテン鋼からもリサイクルされている。
ニオブ (7200t=FeNb)	国内需要の9割強を占めるフェロニオブはハイテン鋼、ステンレス鋼に使用され、そのほとんどは含ニオブスクラップとしてリサイクルされている。ニオブ単体は無い
タンタル (763t=Ta純分)	コンデンサメーカーの製造工程で発生するスクラップはほぼ100%リサイクルがなされている。一部輸出有り。SAWフィルターも工程スクラップのほとんどがリサイクル
ゲルマニウム (34t=Ge純分)	需要の8割強を占めるゲルマニウム触媒からのGeリサイクルは行われていない。他、蛍光灯、光ファイバーからも経済性の面でリサイクルは行われていない。
ストロンチウム (31t=Sr純分)	需要の9割近くを占めるブラウン管からはSrを分離せず、ブラウン管カレットとしてリサイクル。

プラチナ (62t)	全体的にリサイクル率は高く、回収体制は確立されている。自動車向け触媒は白金族を分離回収。石油精製、硝酸製造触媒からのリサイクル率は90%以上。
パラジウム (63t)	全体的にリサイクル率は高い。自動車触媒からは60%以上、石油精製触媒から90%以上、歯科材料からは80%以上のリサイクル率。
チタン (25.8万t)	需要の93%が酸化チタン、7%が金属に使用される。塗料、顔料に使用される酸化チタンはほとんどリサイクルされていない。金属チタンのリサイクルは進んでいるが合金は大部分が輸出
ベリリウム (80t=Be純分)	ベリリウム銅合金として電子機器部材に使用される割合が95%。そのうち約40%がBe銅合金或いは銅スクラップとして回収されている。
ジルコニウム (1万t=ジルコニア)	ジルコニウムは原料のジルコサンドの単価が低いためリサイクルの対象になりにくい。金属ジルコニウムは原子力の高濃度廃棄物にあたるためリサイクルの対象にならず。
リチウム (1.2万t=炭酸Li)	Li単独でのリサイクルはほとんど無い。リチウムイオン電池からはコバルトのみ回収。合成ゴム重合触媒からのノルマルプチルリチウムは塩化リチウムとして溶接用フラックスに再利用。
ホウ素(ボロン) (4.5万t=中間製品)	ホウ素(ボロン)単独でのリサイクルは無い。鉄鋼スクラップは添加剤としてリサイクルされる。需要の太宗を占めるガラス繊維のリサイクルは遅れている。
ガリウム (144t)	国内ガリウム生産メーカー5社でのスクラップ回収率は60%。ガリウム-ヒ素系の結晶ウェハースクラップは70%近いリサイクル率になっている。
バリウム (5.1万t=重晶石)	添加剤としての用途が多いため、経済的、技術的にリサイクルが困難。ブラウン管はカレットとしてブラウン管に再利用。セラミックコンデンサからのリサイクルは無い。
セレン (150t)	非鉄製錬の電解スライムから生産され、日本の生産量は世界一(614t)。コピー機の感光体ドラムに使用されている高純度セレンはほぼ100%リサイクルされている。最近のコピー機は有機系。
インジウム (541t)	透明電極用ITO材の70%はリサイクルされており、In需要の30%をリサイクル材で賄っている。また、パネルからのリサイクルも始まっている。
レアアース(希土類) (2.6万t=化合物)	レアアースを使用している電池、磁石の回収ルートが確立しておらず、製造工程で発生するスクラップ以外はリサイクルされていない。現在、USED磁石のリサイクル開発は行われている。

日本のレアメタルリサイクルの課題と 中国のレアメタルリサイクルの比較

(日本のレアメタルリサイクルの課題)

- ① デジタル家電の回収システムがない。本当の意味でのリサイクル意識が低い。
- ② 個々の原単位使用量が少なく、リサイクル事業として成立するだけの回収量が確保できない
- ③ 回収量(あるいは含有量)が少ない故にリサイクルコストがかかる
- ④ 技術的な問題、環境規制の問題などの理由によって国内でリサイクル処理できていないものも数多い。
- ⑤ 電力コストがかかるもの、環境対策が必要なものは日本で処理されにくい現実

(中国でレアメタルスクラップがリサイクルされる理由)

- ① 中国市場でレアメタルの需要が多い(生産工場が多い)
- ② スクラップの前処理～精錬までのトータルのリサイクルコストが安価
- ③ リサイクル材の品質要求が日本ほど高くない(コスト的にもリーズナブルなものが求められる)
- ④ 日常生活のなかにリサイクル意識が根付いている。資源化品の価値をわかっている人が多い。

ステンレス、スーパーアロイ のリサイクルについて

SUS特殊鋼メーカーのNi原料消費構成

単位：Ni純分トン

フェロニッケル	ニッケル地金	酸化ニッケル	SUSスクラップ	合計
56,873	43,578	24,260	115,112	239,822

(2005年)日本鉄鋼連盟統計



S U S 特殊鋼 主要添加合金消費量推移

(純分トン)

		2001年	2002年	2003年	2004年	2005年
ニ ッ ケ ル	Ni地金	39,912	51,870	51,324	49,425	43,578
	フェロニッケル	68,251	67,273	70,216	72,615	56,873
	酸化ニッケル	23,705	24,529	24,874	24,493	24,260
	Ni系スクラップ	98,641	108,500	118,000	124,578	115,112
	合計	230,509	252,172	264,414	271,111	239,823
モ リ ブ デ ン	フェロモリブデン	2,732	2,819	3,010	3,351	3,127
	酸化モリブデン	15,644	16,221	17,892	19,298	20,185
	モリブデンスクラップ	2,201	2,891	2,886	4,053	4,522
	合計	20,577	21,931	23,788	26,702	27,834
タ ン グ ス テ ン	フェロタングステン	456	479	530	793	807
	W-Caクリンカー	318	289	292	303	337
	タングステンスクラップ	836	984	961	1,008	1,087
	合計	1,610	1,752	1,783	2,104	2,231
バ ナ ジ ウ ム	フェロバナジウム	3,729	3,941	4,511	4,511	4,647
	バナジウムスクラップ	480	475	439	459	441
	合計	4,209	4,416	4,950	4,970	5,088
コ バ ルト	コバルト地金	668	811	770	901	824
	コバルトスクラップ	163	182	362	367	436
	合計	831	993	1,132	1,268	1,260
ク ロ ム	フェロクロム	436,994	490,968	509,868	540,033	539,189
	シリコクロム	195	554	29	23	0
	クロム鉱石	46,742	42,937	29,315	44,140	40,319
	クロムスクラップ	172,328	169,496	195,045	200,282	167,060
	合計	656,259	703,955	734,257	784,478	746,568

(日本鉄鋼連盟)

SUSスクラップのリサイクルについて ①

- SUS鋼は主に産業設備、輸送機器、船舶などに使われライフサイクルは15～20年と比較的長い。
- 国内のSUS特殊鋼メーカーのNi原料のうち約50%を占めるNi系スクラップ。2000年から顕著に増加してきた輸出も含めればそのリサイクル率は100%に近い。
- 国内でのSUSスクラップ流通量はNi系で約100万トン、Cr系で20万トン(いずれも輸出入含む)
- SUS特殊鋼メーカーにおけるスクラップの投入比率はNi系で36%、Cr系で13%。

(2007年3月JOGMECLレアメタルのリサイクル流通状況調査)

SUSスクラップのリサイクルについて ②

SUS粗鋼生産とNi系スクラップ投入比率 (1000トン)

SUS粗鋼	Ni系(304、316など)	スクラップ使用比率	リターンスクラップ	外部購入
4113	2504	36%	290	608

外部購入スクラップの内訳

NEW	OLD
134	473

(2003年)

Cr系原料 (1000トン)			Cr添加鋼種 (1000トン)			
フェロクロム	クロム鉱石	スクラップ	SUS	耐熱鋼	軸受け	ハイテン鋼
539	40	167	534	3.7	1.3	5

(2005年)

SUS粗鋼生産とCr系スクラップ投入比率 (1000トン)

SUS粗鋼	Cr系(430、440など)	スクラップ使用比率	リターンスクラップ	外部購入
4113	1609	13%	106	118

(2003年)

SUSスクラップのリサイクルについて ③

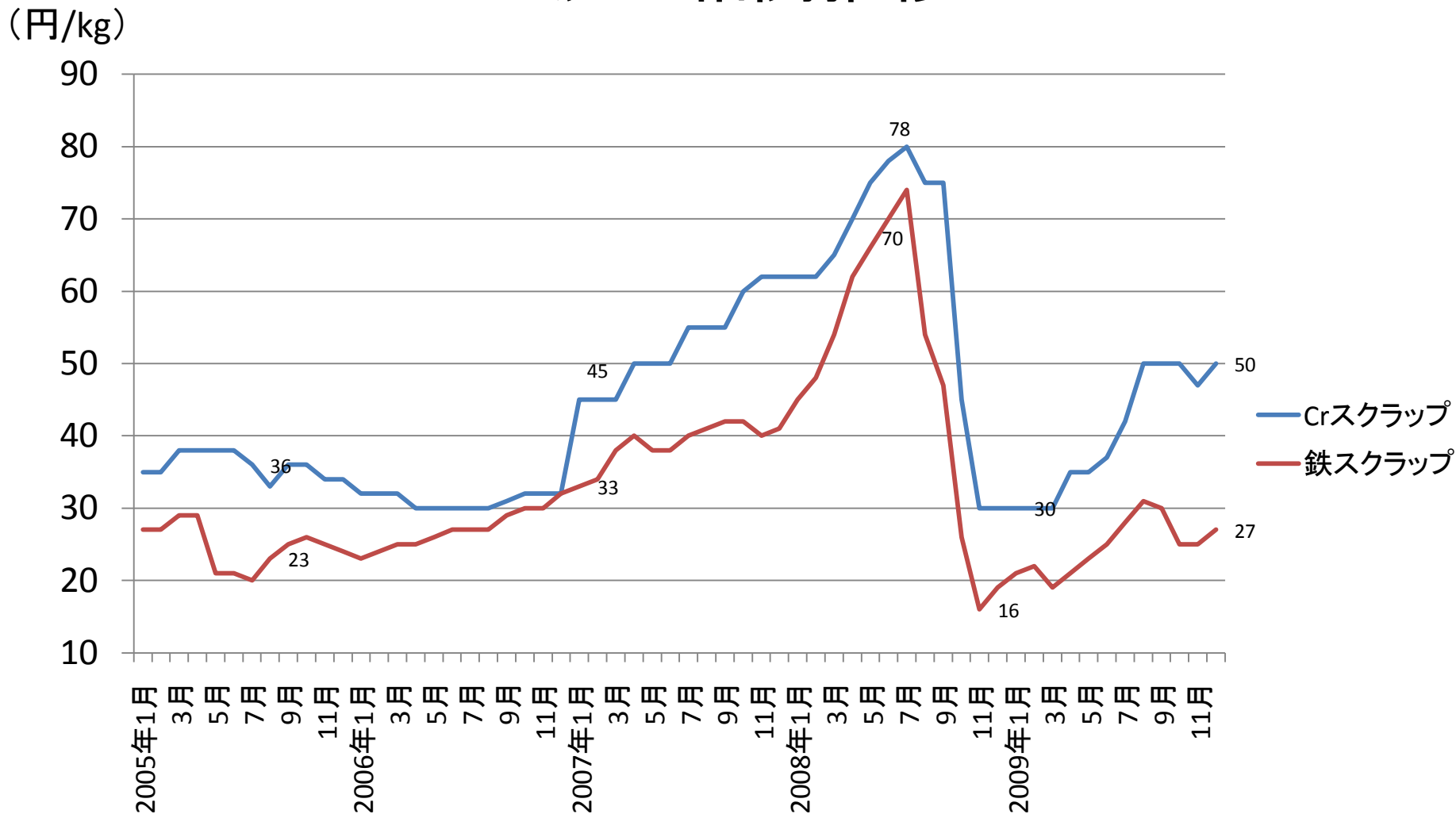
SUSメーカーがスクラップを使うメリット

- 製造コストダウン→バージン原料との対比、原料の溶け落ちが早いことで操業コストを低減できる。
- 炉壁、炉床の損傷も少ない
- カーボンメリット→スクラップのC(カーボン)は0.08%以下であるため、スクラップの使用によって装入原料の平均C率を下げる可以降低。他の合金鉄でハイカーボンのもの(ローカーボンより安い)を使うことができる。
- しかしCr系スクラップはバージン原料との価格対比でそれほど価格メリットがある訳ではない(*最近ではフェロクロム価格の上昇で一概には言えないが)。
- マグネットに付着するため、鉄スクラップとの値差が最低^キ10円以上なければ鉄スクラップに混入する→電炉鉄鋼製品に悪影響を及ぼす。

デメリット

- SUS特殊鋼に必要な成分以外の不純物が一定しない。特にリン、硫黄などの混入は製品の加工性、耐食性に著しく悪影響を及ぼす。

Cr系スクラップと鉄スクラップ(新断バラ炉前)市況の相関推移



高ニッケル合金（スーパーアロイ）

- 主に電子材料、高耐熱性、高耐食性を求められるプラント、航空機、ガスタービン、熱交換機、超臨界水酸化設備などに用いられる。
- 世界全体で約25万トン、国内では約4万トンの生産（2005年ベース）
- スクラップは経済価値が高いことでほぼ100%回収→SUS特殊鋼メーカーのニッケル源として。
- しかし電子材料などはコストの安い東南アジアなどへシフトしているため、国内での発生量は少ない。
- 36ニッケルはブラウン管テレビの生産減で需要も減少している。
- 他、電池類のリサイクル率も高い。今後はハイブリッド車のNi水素電池のリサイクル量が増えてくる。

高ニッケル合金(スーパーアロイ)の鋼種別生産量

(2005年)

タイプ	鋼種	生産量	化学成分規格			元素別使用量		
			Ni	Cr	Mo	Ni	Cr	Mo
純Ni	Nickel200	11,683	99.6			11,636	0	0
Ni-Cu	Monel400	0	67			0	0	0
Ni-Cr	Inconel600	4,260	76	16		3,238	682	0
	Inconel625	4,262	60	22	9	2,557	938	384
	Inconel718	2,500	53	19	3	1,325	475	75
	Inconel X-750	0	72	16		0	0	0
	HastelloyC-276	2,000	58	16	16	1,160	320	320
	NIMONIC 80A	0	75	20		0	0	0
	ニクロム(NCH)	377	78	20		294	75	0
	Incoloy800HT	0	33	21		0	0	0
Fe-Ni-Cr	Incoloy825	1,292	42	22	3	543	284	39
Fe-Ni	42Ni	1,500	42			630	0	0
	ハーマロイ(PB, PC)	4,000	80			3,200	0	0
	インバー他	8,126	36			2,925	0	0
合計		40,000				27,508	2,774	817

リチウムイオン電池～ティーエムシー(株)

- リチウムイオン電池スクラップなどからコバルトの抽出、分離から電解コバルトまで製造しているリサイクルプロセッサーはティーエムシー(株)(本社:大阪府東大阪市 TEL0729-66-0400)と三井金属の神岡鉱業の2社。神岡、ティーエムシーともに、湿式で高純度コバルトメタル(Co品位99.3%以上)を生産している。ティエムシーは高岡で電解精製。
- ティーエムシーの韓国法人であるTMC KOREAはLGサムスン、CDKなど韓国国内の電池メーカーからもリチウムイオン電池を引き取り、韓国現地でもコバルトリサイクルを行っている(=水酸化コバルトを生産)。
- 流通ディーラーの扱い量としては、メタルドゥ(本社:大阪府大阪市)が多い。
- 新規参入で日鉱金属もリチウムイオン電池リサイクルの実証実験を行う(経産省の補助金事業を得て)～マンガン、リチウムも回収

Ni-CO-Cd系電池～日本リサイクルセンター(株)

- 日本リサイクルセンター(本社:大阪市北区西天満TEL06-6311-9071)での充電式電池リサイクル処理量は月間300t(Ni系電池がメインで他にニカド電池も処理している)。リサイクルプロセスは、同社オリジナルの技術で、Ni-MH(ニッケル水素)電池、Ni-Cd電池などを真空加熱炉に投入し、800度で蒸し焼きする。Ni-cd電池の場合は気化したカドミウムをカドミメタルとして回収。残りは鉄とニッケルの合金なのでフェロニッケルとしてステンレスメーカーへ販売。99.99%のカドミメタルを月間30t前後製造されるが、カドミウムは国内に向け先がないため、海外へ輸出されている。
- ニカド電池は海外から輸入する機会が多い。この場合は相場に応じた価格で買い入れられる。
- コバルトはNi-CO合金として磁石鋼の材料、電子材料として販売し、輸出もある。Ni-cdのアルカリ系二次電池(大型の産業用)は月間70～80t処理。有限責任中間法人JBRCのルートから入ってくるがほぼ全量を、日本リサイクルセンターが扱っている。
- トヨタ系のニッケル水素電池の扱い多い。

石油精製触媒～太陽鋳工(株)

- 太陽鋳工(株)(本社:神戸市中央区磯辺通1-1-39 TEL078-231-3700)前身は大正時代の総合商社「鈴木商店」の子会社(太陽曹達)。
- 太陽鋳工グループ(太陽鋳工+泰和(株))は年間2700tのバナジウム鋳石(中国産)を購入し、使用済み触媒からは800t(V₂O₅換算)のバナジウムを回収している。日本で唯一のフェロバナジウムメーカーだが、最近では日本市場にロシア、中国勢が入ってきており、苦戦を強いられている。
- モリブデンは使用済み触媒から800t(三酸化モリブデンベース)、鋳石はチリ、アメリカ、カナダ産のものを3700t(同)購入している。2200tが鉄鋼用フェロモリブデン、2300tが化学用に加工し、販売している。高純度のモリブデンを製造できるところが世界的にも少ないため、太陽鋳工の仕事はきわめて重要視されている。
- 使用済み触媒の扱い量は年々減少。昨年は1万7千tにとどまる。新規参入の影響が少なくない。使用済み石油精製触媒のリサイクルは太陽鋳工と新興化学工業(大阪・堺市)が先達だが、2005年ころからJFE+三菱商事のメタルテクノロジー、住友金属鋳山系の日本キャタリストサイクル(株)が新規参入している。

スラッジ、めっき廃液～ミヤマ(株)

- 総合環境企業のミヤマ(株)(長野市丹波島1-1-12 TEL026-285-4166)特殊性状リサイクルのパイオニア的存在。
- あらゆる金属めっき廃液、スラッジ、スラグ、鉍さい、煙灰からの金属回収と中間処理を手がけ、最近では固形物のスクラップ、レアメタルの回収にも注力。中間処理リサイクル工場は長野の中野工場、新潟の上越工場、分水工場、燕工場の4箇所。
- 新潟の上越工場では主に廃酸、廃アルカリ、汚泥物の処理を行っており、廃液中の金属資源等の回収、再利用化に取り組んでいる。
- 無電解ニッケルめっき廃液の処理では、廃液中に含まれるニッケルとリン酸のリサイクルをそれぞれ実現。ニッケル原料及び肥料原料として有効活用している。
- 有機性ヨウ化亜鉛廃液からヨウ化ナトリウムと亜鉛(滓)を分離回収するリサイクル、廃液中に微量に含まれるレアメタルを、特殊樹脂を使って分離回収するリサイクルも行っている。
- 金属濃度が低く、一般的には採算が合わない、と思われるものもリサイクルの対象としている。工場では特殊化学物質に類する廃棄物の処理に対応するため、加水分解処理装置も導入している。化学反応処理によって有用金属の分離、回収、あるいは有害物質の無害化まで行っている

チタン～昭和金属加工(株)

- 国内唯一のチタン専門リサイクルプロセッサー、昭和金属加工(株)直江津事業所(新潟県上越市五貫野1706-1 TEL025-520-2133)
- 工場のリサイクル処理能力350t/月は国内はおろかアジア域内でもトップ。工場に入ってくるチタンリサイクル材は工場発生品のNEWが6割、解体物件などのOLDが4割。従業員40名(事務含む)体制で工場を運営
- 国内の金属チタンスクラップ発生量は年間約9000t。半数は海外(アメリカ、イギリスなど)に輸出されている
- 国内ではチタンスクラップのリサイクルに適した溶解設備が不足しているため
- チタンのリサイクルは一にも二にも品質管理。最初の検品(選別)が重要。昭和金属加工の場合は特に、チタンリサイクル材のなかでも最もグレードの高いインゴット用原料を中心に製造しているため、リサイクル材のアップグレードには手間ひまをかけている。また、フェロチタン向けを除いて、チタン溶解炉のプロセス上、酸化物、窒化物、材料表面の汚れは完璧に除去しておかなければならない。

手選別で基板解体～(有)飯塚商店

- 栃木県宇都宮市で手選別の基板リサイクルを行っている(有)飯塚商店（栃木県宇都宮市一番町2-16 TEL028-634-4602）。中国の人海戦術に負けない手選別リサイクルを実践
- 国内循環前提で適正処理、出来る限りのマテリアルリサイクルを考えている。貴金属、レアメタル含有の処理困難なスクラップが得意。
- PC基板、電源基板あるいは処理の難しいレアメタル含有スクラップの扱いが中心になっている。リサイクル資源の最大の売り先は非鉄製錬所。
- マテリアルリサイクルの追求とリサイクル困難物の新規リサイクルルート開拓がテーマ。
- 福祉施設の方々に基板の解体、選別を行ってもらっている。
- リサイクルフローが明確であり、中国輸出が事実上止まっている現在、同社と協力関係にある国際資源リサイクルセンターと共同で今まで中国に出ていた雑品系スクラップを丁寧に解体。プラスチックも徹底選別
- ハードディスクの解体も手がけ、磁石部分も取り除いてストックしている。
- (日刊市況通信、環境ビジネス誌で特集を掲載している)

ソーラーパネルシリコンのリサイクル

- ソーラーパネルのライフサイクルが20年と長い
ため、リサイクルの議論は、まだ先になる。
- ソーラーパネルの材料には、メインのポリシリ
コンの他、多元系(CIS(=カッパー・インジウム・
セレン)、CdTe(=カドミ・テルル)など)がある。こ
れらの基板スペックは、各用途において多種多
様なメーカースペックが存在しており、水平リサ
イクルは困難。規格の統一が課題。
- ゆえにソーラー向けシリコンスクラップの多くが
アルミ合金添加材(メタルシリコンとして)としてカ
スケードリサイクルされている。

2010年～2011年の騰落レアメタル一覧表 1

	主な用途	価格トレンド	騰落理由	補足
タンタル	電解コンデンサ、スパッタリングターゲット	→(横ばい) 2010年後半より本格回復か？	2010年前半は現状横ばいながら後半からは本格回復	電子材料需要の落ち込みから豪州の生産者は鉱山を閉鎖するも09年は回復せず。実需の回復が待たれるところ。
ジルコニウム	耐火レンガ、原子炉の被覆管、原子燃料の再処理施設	↑(中長期)	原子炉施設の増加で需要増	引き続き原子力関係、固体燃料電池(SOFC)向けで需要増と予想。
高純度シリコン	半導体、太陽電池	↑(1～2年)	世界的な太陽電池ブーム、半導体の需要回復	2009年は半導体メーカーが在庫を絞ったことで半導体ウェハの需要も鈍化した。09年秋ごろから前年比7割まで回復。世界景気の回復で半導体需要も本格的な伸びへ。ソーラーパネル向けは引き続き旺盛な需要続く。
ウラン	原子力発電	→(中長期)	原子力需要の増加	ウラン資源は地球上に広く分布存在しているため価格上昇は限定的
ハフニウム	原子炉制御棒、半導体集積回路	→(中長期)	原子力、電極材向け需要の増加	ジルコニウムの副産物として生産される。原子炉制御棒としての需要に加え、ゲート電極材向けの需要が伸びる見込み。

白金族金属 (Pt、Pd、Rh)	自動車触媒、宝飾品	→(1年)	2010年後半から再び需要増	2009年内は先進各国での自動車不振から需要は伸び悩んだが、2010年後半からのOECD諸国での本格的な経済回復に期待。新興諸国でも欧米並みの排ガス規制が批准されればPGM触媒需要は急増するが。
テルル	鉛フリー伸銅品、太陽電池	↑(1~2年)	太陽電池向け需要が増加中	カドテル系太陽電池(カドミウム、テルルの有機系太陽電池)がアメリカ中心で伸びている。シリコン系と同等のエネルギー出力もあり、人気上昇。カドテルソーラーの需要増でテルルの相場も上昇するとみる。
リチウム	電池、ガラスなど	→(中長期?)	リチウムイオン二次電池需要の増加で	読みにくい市場のひとつ。次世代のHEV、EV向けとして筆頭にあげられているリチウムイオン電池(LIB)だが、安全性の確保、コスト面で爆発的な需要増はまだ先、との見方も。炭酸リチウムサプライヤー最大手のSQM社(チリ)は09年10月にあえて値下げ。*500円に引き下げた。
金属チタン	航空機、非鉄合金添加材	↓(1年~2年)	航空機需要の減退、航空機メーカーの部品在庫潤沢	2009年は1年通して相場、需要量ともに低調に沈んだ。ボーイング社、エアバス社は09年秋時点で少なくとも向こう1年分の部品在庫を抱えており、金属チタン需要が回復するのは2011年あるいは2012年か?
コバルト	電池、磁性材料	→(中長期)	車載用のLIB次第	コバルトの実需(電池、磁性材料、合金)は2010年の世界景気次第だが、車載用LIBの材料からは外れる可能性
ニッケル	ステンレス、めっき、合金添加材	↑(1~2年)	2010年後半から世界的なステンレス需要回復を見込み	2009年は中国以外の国々でステンレス需要の不振が続いた。中国の供給過剰問題が底流にあるが、2010年後半からは世界的な需要回復を迎えるとみる。
高炭素フェロクロム	ステンレス、めっき、合金添加材	↑(1~2年)	南アの電力コスト高、寡占化	09年第3四半期からフェロクロム相場は上昇。フェロクロム供給の7~8割を占める南アフリカでは電力コスト、通貨ランド高が影響。大手2社の寡占化で価格支配強い
モリブデン	ステンレス、触媒向け	→(1年~2年)	ステンレス特殊鋼の需要、中国の輸出次第	モリブデンはSUSなどの実需面よりも、バイプロ勢の生産および中国の輸出次第。18ドル/ポンドのカベ厚い

• メタルジャーナリズムの将来

- ① 世界的に紙メディアからインターネットメディアに移行している。
- ② 金属価格は基本的に世界共通。スクラップも同じ価値で動く→情報は速く正確なほうが良い
- ③ 特定の業界、メーカーに偏らない中立的かつ客観的な事実報道が大事→広告収入に頼らない構造
- ④ 国内外のマーケット情報(特に中国、ロンドン)＋トレーダーの視点→金融工学が発達したなかでメタルの価格も決まっている。

あくまでも未来思考の……

Metal research Bureau→ www.mrb.ne.jp

メタルリサーチビューロー