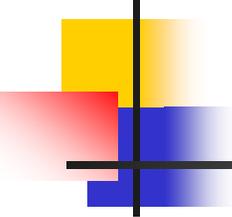




# JX日鉱日石金属における レアメタルのリサイクル

**2010年7月8日**

**JX日鉱日石金属株式会社**



# 講演項目

---

1. はじめに
2. JX日鉱日石金属の概要
3. 都市鉱山からのリサイクル
4. 銅・貴金属のリサイクル
5. HMC工場の概要
6. リチウムイオン電池のリサイクル
7. 課題と今後の展開



## JXホールディング

JX日鉱日石金属はJXホールディングの事業会社で、鉱山開発を含む非鉄金属の上流から下流に渡る幅広い事業活動に携わっています。

銅製品を中心として貴金属、レアメタルの製造、リサイクル、銅合金、特殊鋼の加工、電子部品の製造、電子材料の製造等の事業に取り組んでいます。

# JX日鉱日石金属株式会社

銅製錬

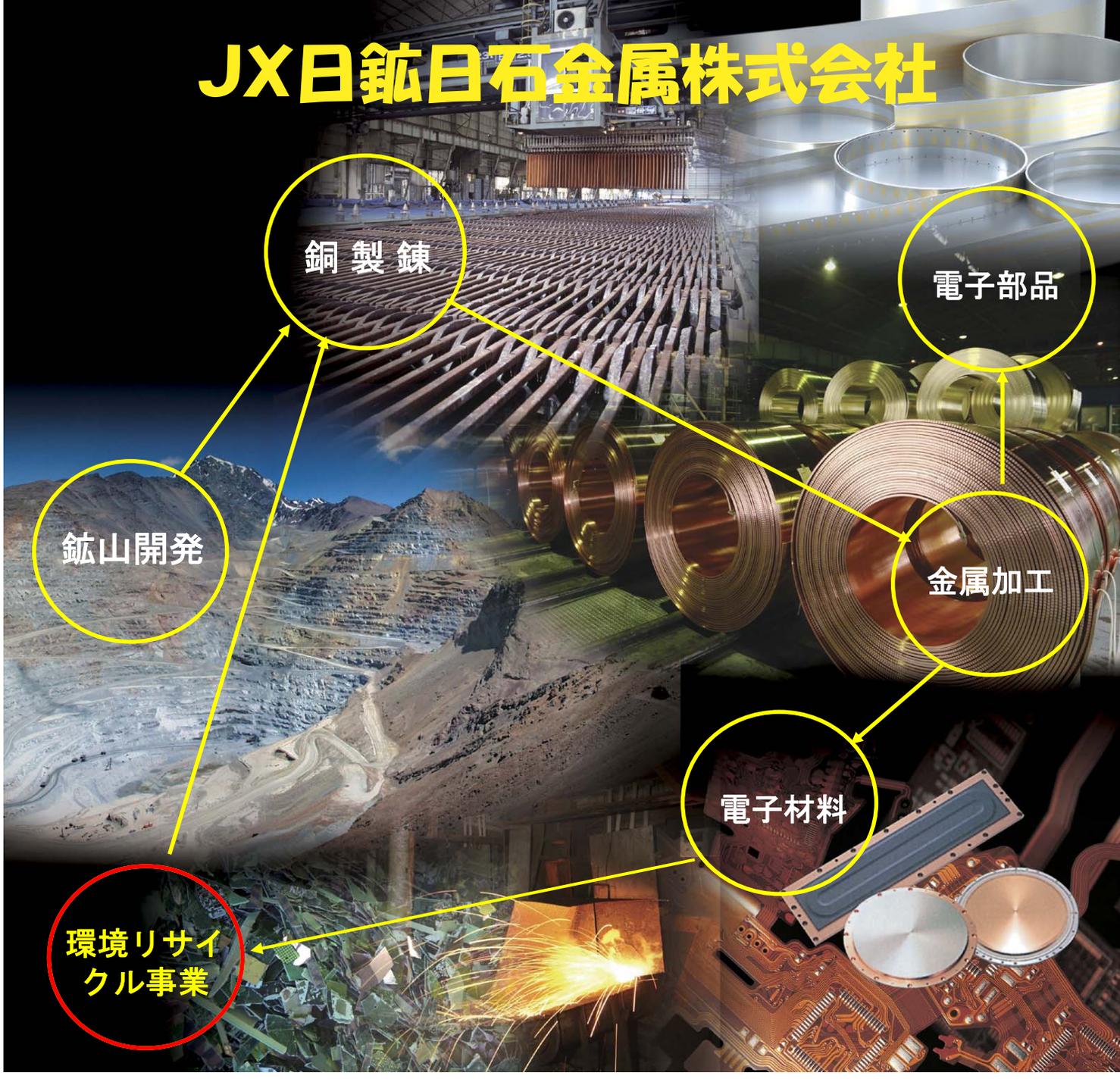
電子部品

鉱山開発

金属加工

電子材料

環境リサイクル事業



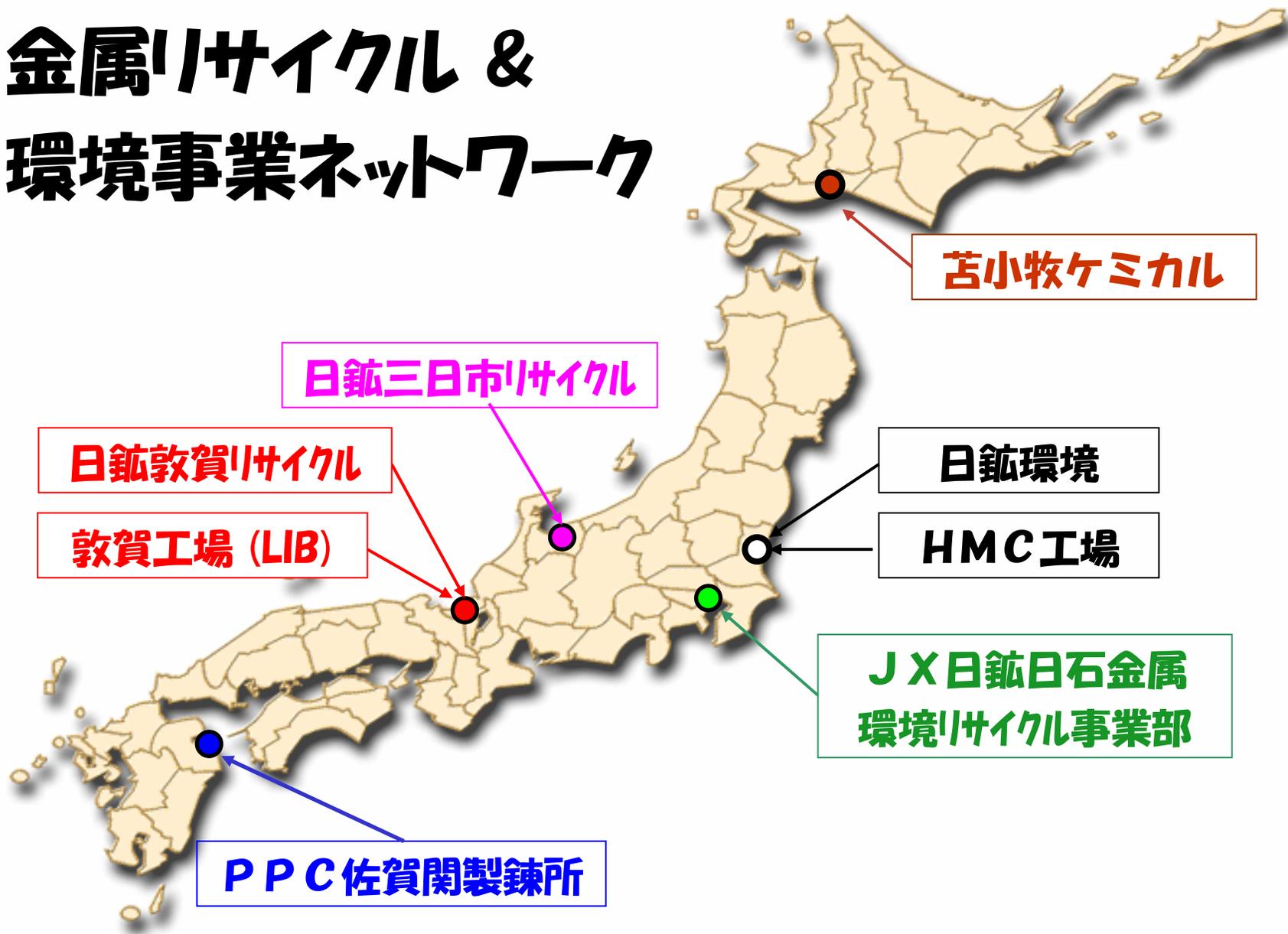
# 世界の銅製造企業ランキング

銅製錬企業	千トン/年
CODELCO	1,740
JX Nippon Mining & Metals Group	1,050
Phelps Dodge	890
Grupo Mexico	610
KGHM Polska Miedz	560

日鉱金属グループの銅製錬所：

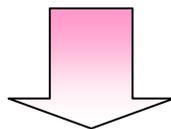
佐賀関製錬所，玉野製錬所，温山製錬所（韓国）

# 金属リサイクル & 環境事業ネットワーク



# 環境リサイクル事業のコンセプト

1. 基本コンセプト：**埋立なし**（100% リサイクル）  
二次廃棄物の発生しない操業



- ① 銅・貴金属スクラップの集荷及びリサイクルの実施  
東アジア最大の集荷処理(年間100,000トン)
- ② レアメタルのリサイクル工場(HMC工場)
- ③ リチウムイオン電池のリサイクル事業開発  
(敦賀工場:実証化試験の実施)

# 都市鉍山蓄積量

金 属	可採埋藏量	都市鉍山蓄積量	比率
	A (t)	B (t)	A/B (%)
Co	7,000,000	130,000	1.9
Ni	64,000,000	1,700,000	2.7
Li	4,100,000	150,000	3.8
In	2,800	1,700	61
Pt	71,000	2,500	3.6
Mo	8,600,000	230,000	2.7
Ta	43,000	4,400	10
W	2,900,000	57,000	2.0

# 小型家電中のレアメタル

## 携帯電話の分析例

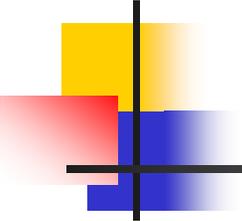


金属	含有量	金属	含有量
Cu	19%	Mn	1,160ppm
Al	9%	Pd	1,110ppm
Fe	8%	Mg	520ppm
Ni	1%	Ba	390ppm
Sn	1%	Au	340ppm
Cr	0.89%	Bi	150ppm
Pb	0.69%	Li	120ppm
Nd	0.39%	Co	80ppm
Ta	0.26%	Ru	50ppm
W	0.22%	Zr	50ppm
Ag	0.14%	Be	40ppm
Ti	0.14%	Sr	40ppm

# 電子機器用基板の分析結果例



金属	含有量	金属	含有量
有機物	53%	Cr	0.24%
Si	14%	Tl	0.20%
Cu	12%	Sb	0.14%
Fe	6.1%	Mg	0.11%
Ca	5.3%	Ag	0.068%
Al	2.6%	Zr	0.062%
Sn	2.2%	Sr	0.043%
Pb	1.1%	K	0.039%
Zn	1.0%	Mn	0.035%
Ni	0.64%	Sm	0.034%
Ba	0.60%	As	0.034%
W	0.46%	Na	0.027%



# 電子機器中のレアメタル

- **電子機器中のレアメタル**

電子機器類は多種類のレアメタルを含有

- **レアメタルは低含有量**

数ppm～1%の含有濃度

- **レアメタルのリサイクル**

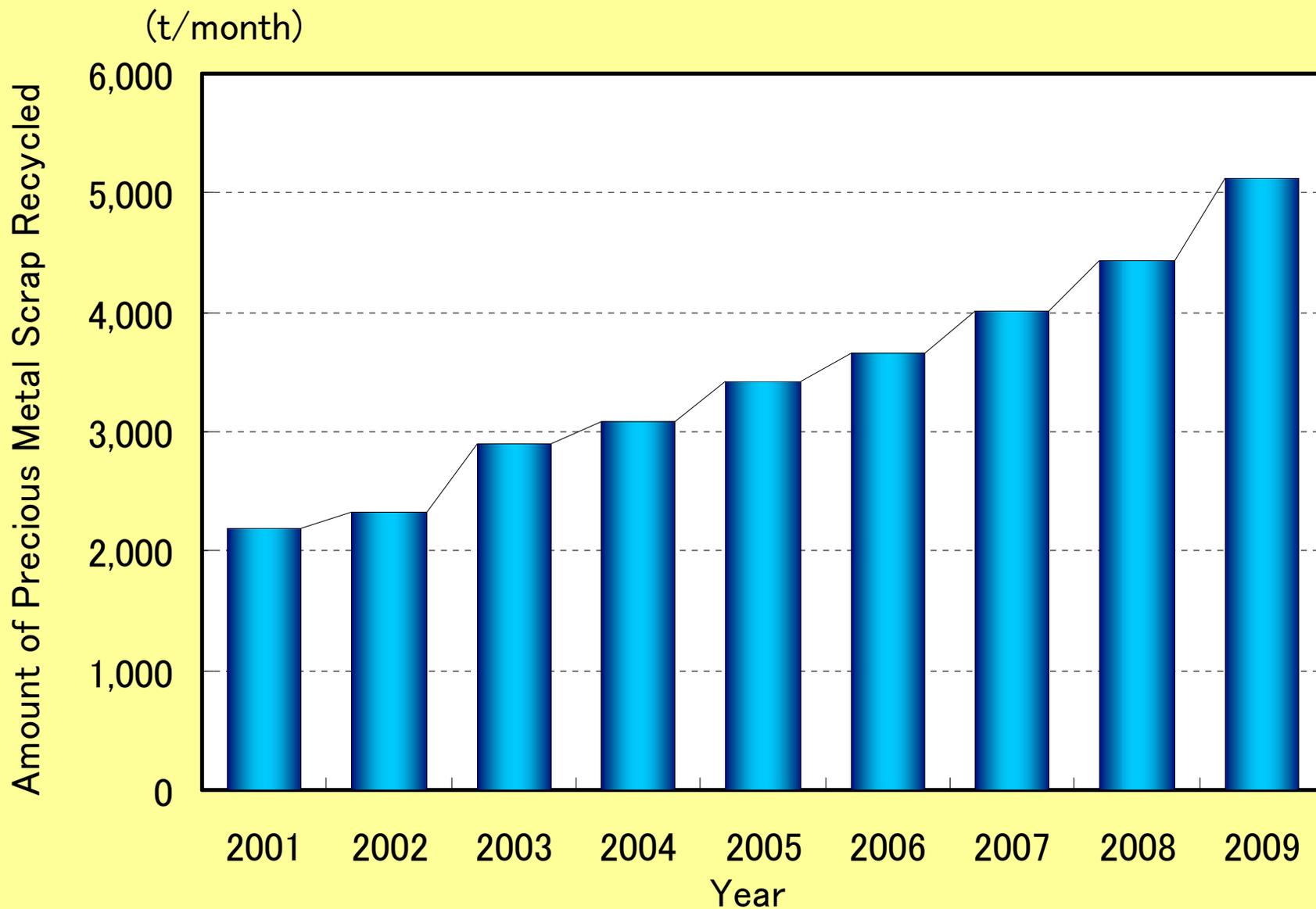
微量に含有した貴金属(白金族元素)以外のレアメタルの経済的な回収は困難。

→ レアメタルの効率的な濃縮が不可欠



# 銅製錬設備を活用した 銅・貴金属のリサイクル

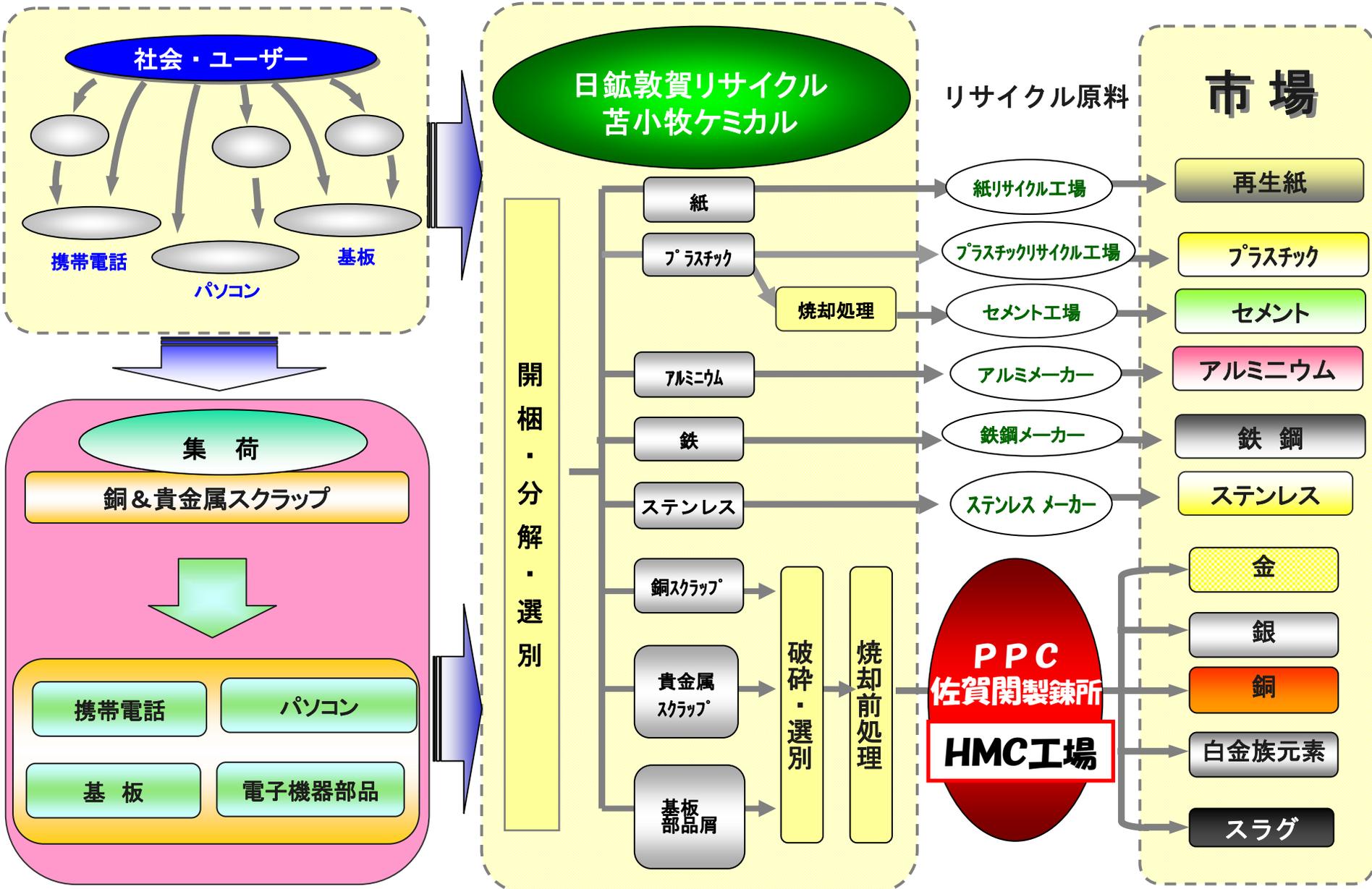
- 廃電子機器, 部品, 基板等のリサイクル
- 1980年代からリサイクル開始
- 集荷システムの構築(世界中から集荷)  
スクラップ評価, 価格体系, 集荷体制



**貴金属スクラップの集荷・処理量推移**



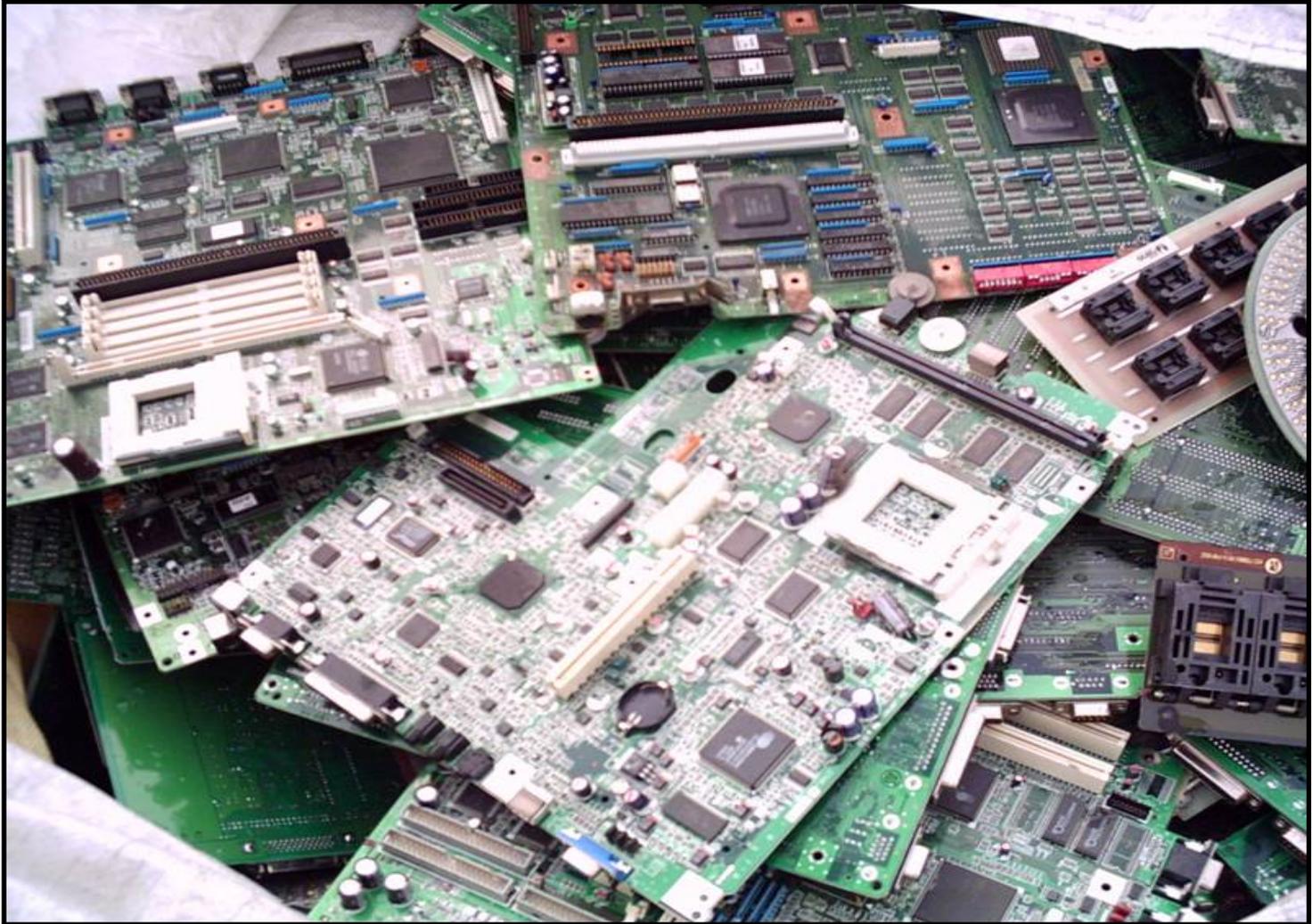
# 廃電子機器のリサイクルシステム



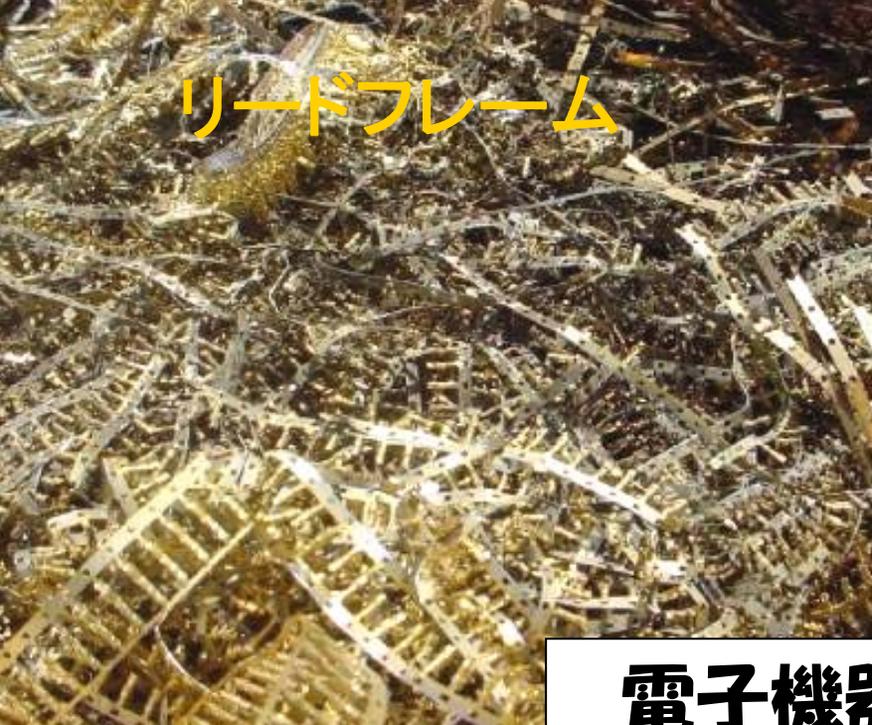
# 廃電子機器類の解体・分別



# 電子機器類から回収された貴金属スクラップ



リードフレーム



IC チップ



**電子機器の製造工程  
発生 of 貴金属スクラップ**

コネクター



基板層



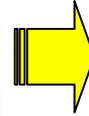


# 貴金属スクラップの焼却前処理

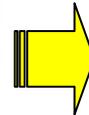
焼却前

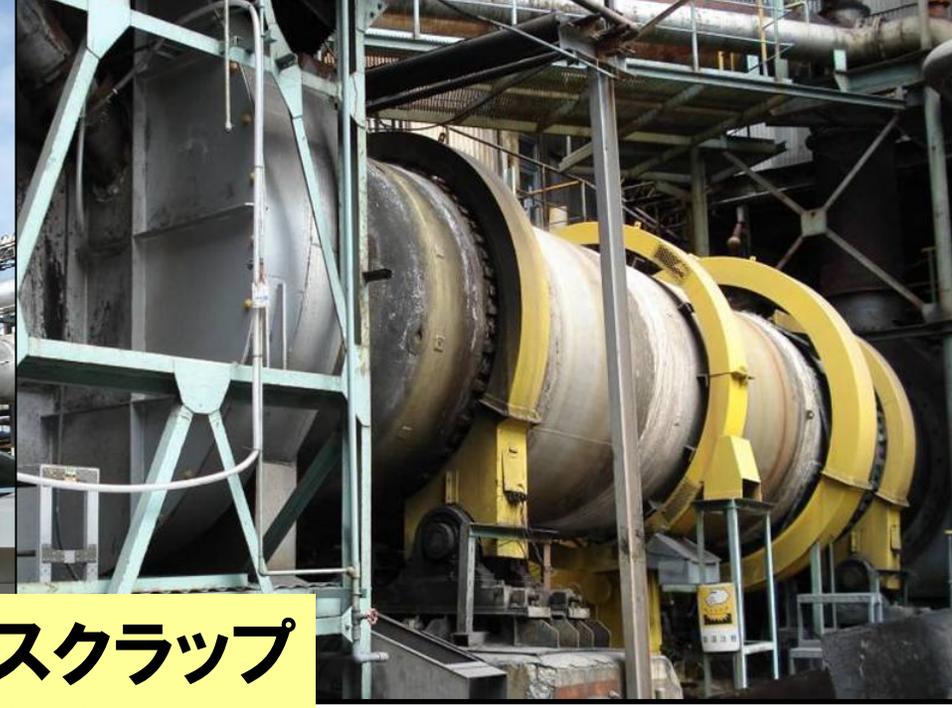
焼却前処理後

基板



携帯電話





**貴金属スクラップ  
の焼却前処理炉**

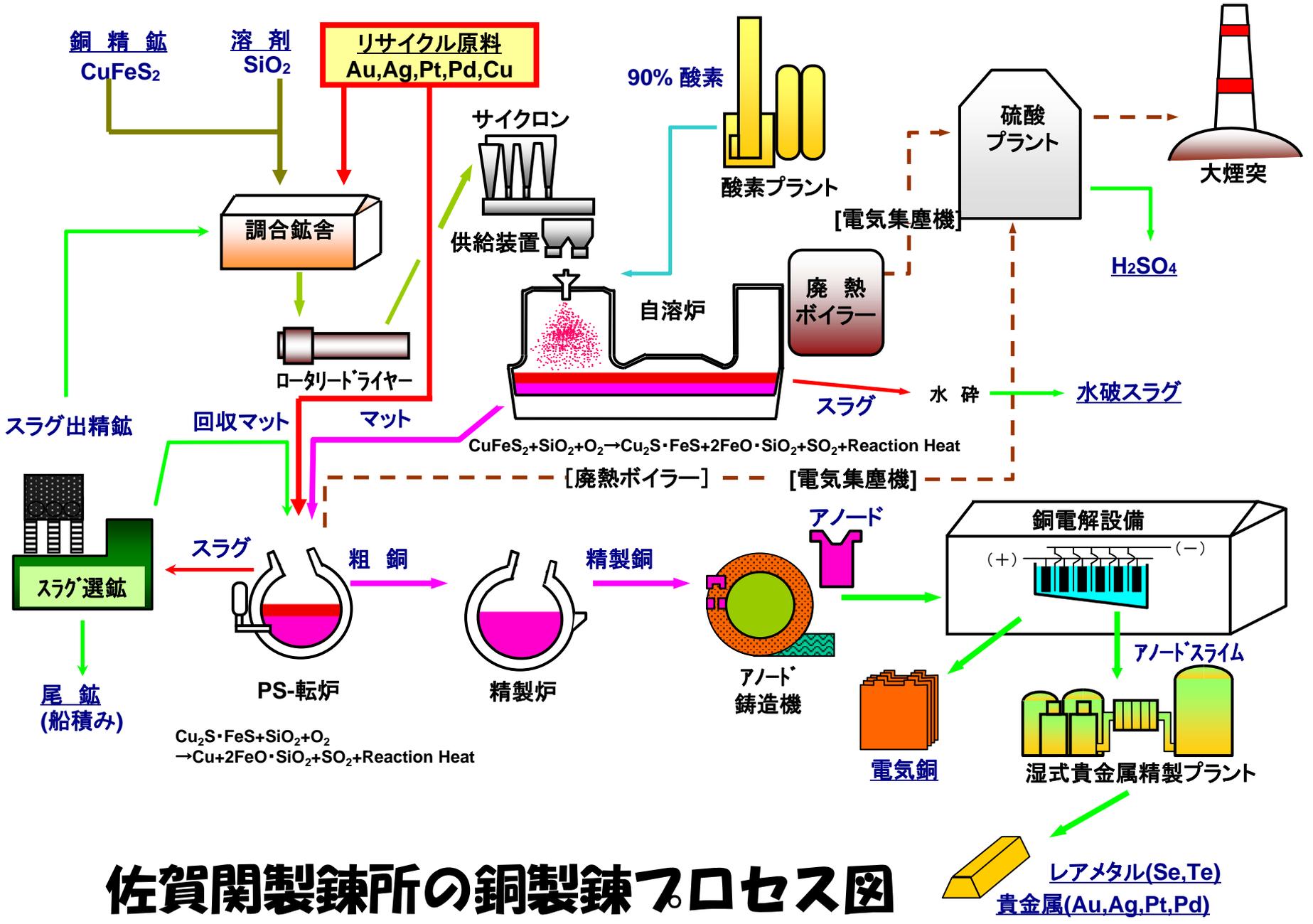




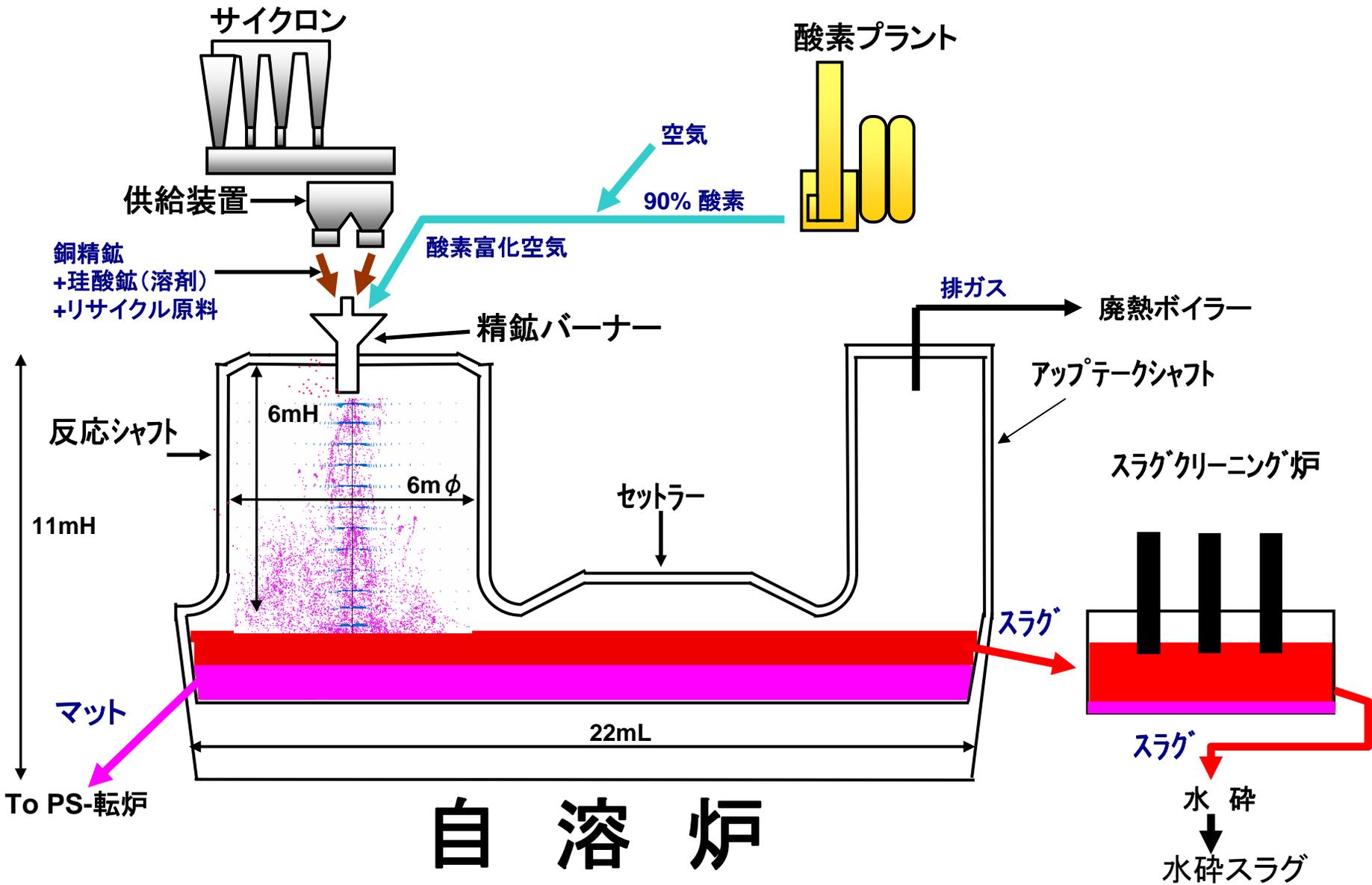
# PPC株式会社 銅製錬所



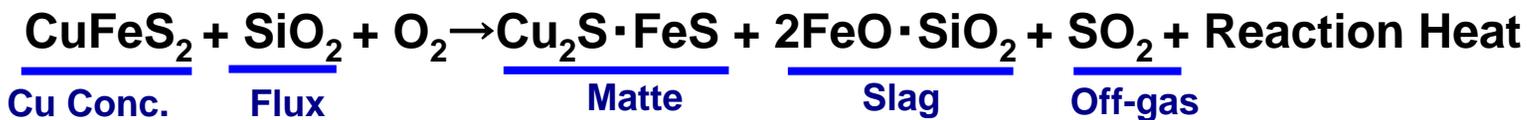
佐賀関製錬所



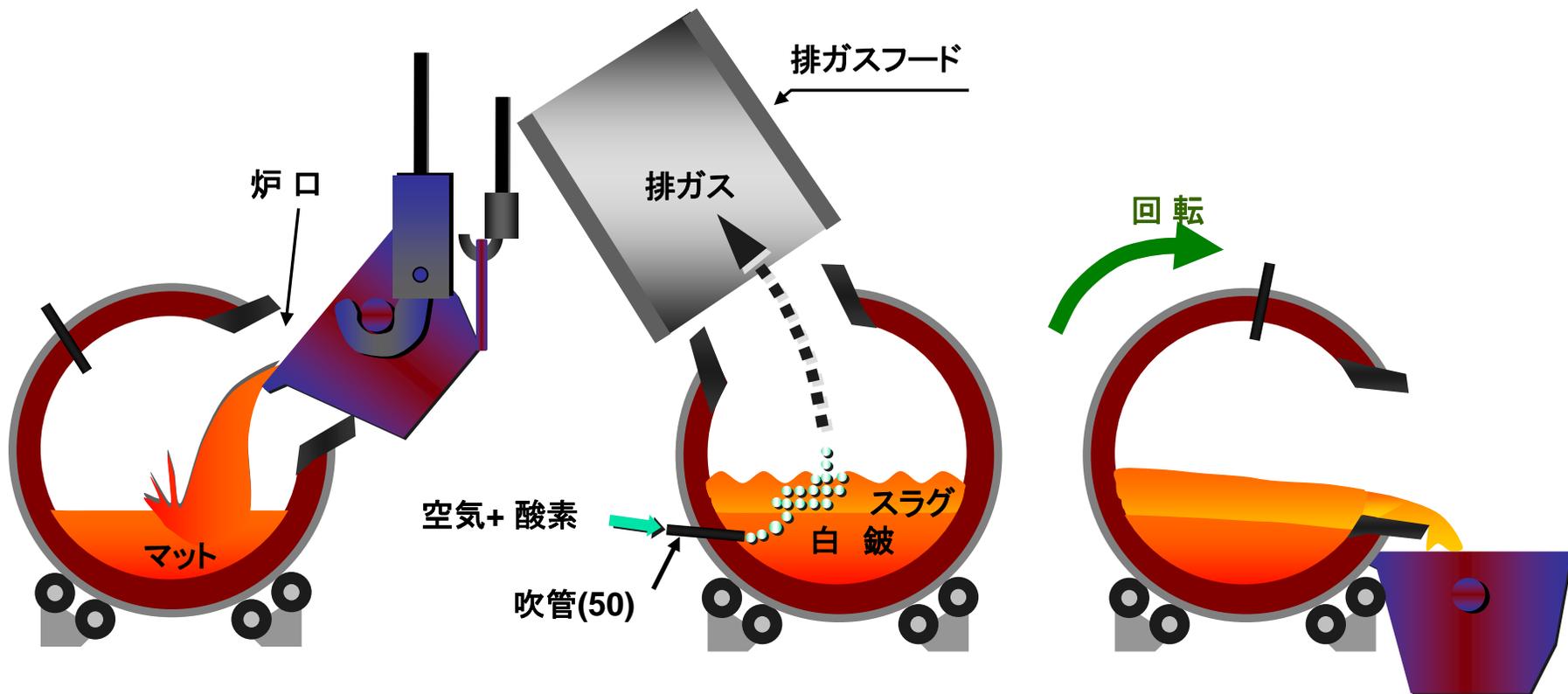
**佐賀関製錬所の銅製錬プロセス図**



自溶炉の反応:







# Peirce-Smith 転炉操業





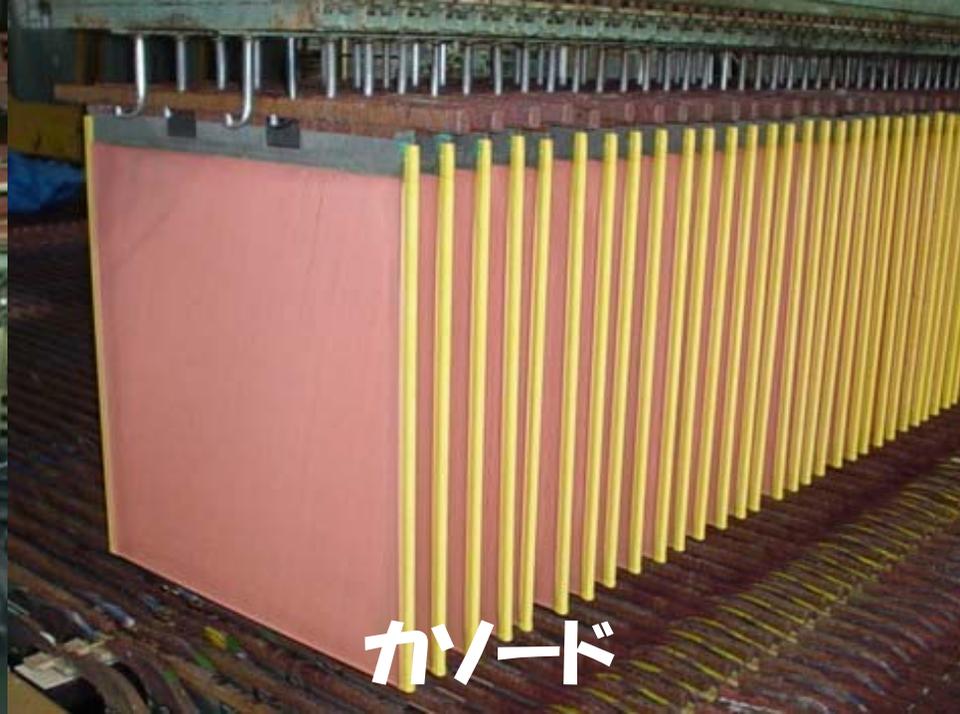
**精製炉&アノード鑄造**



電解精製ブレン



アノード



カソード

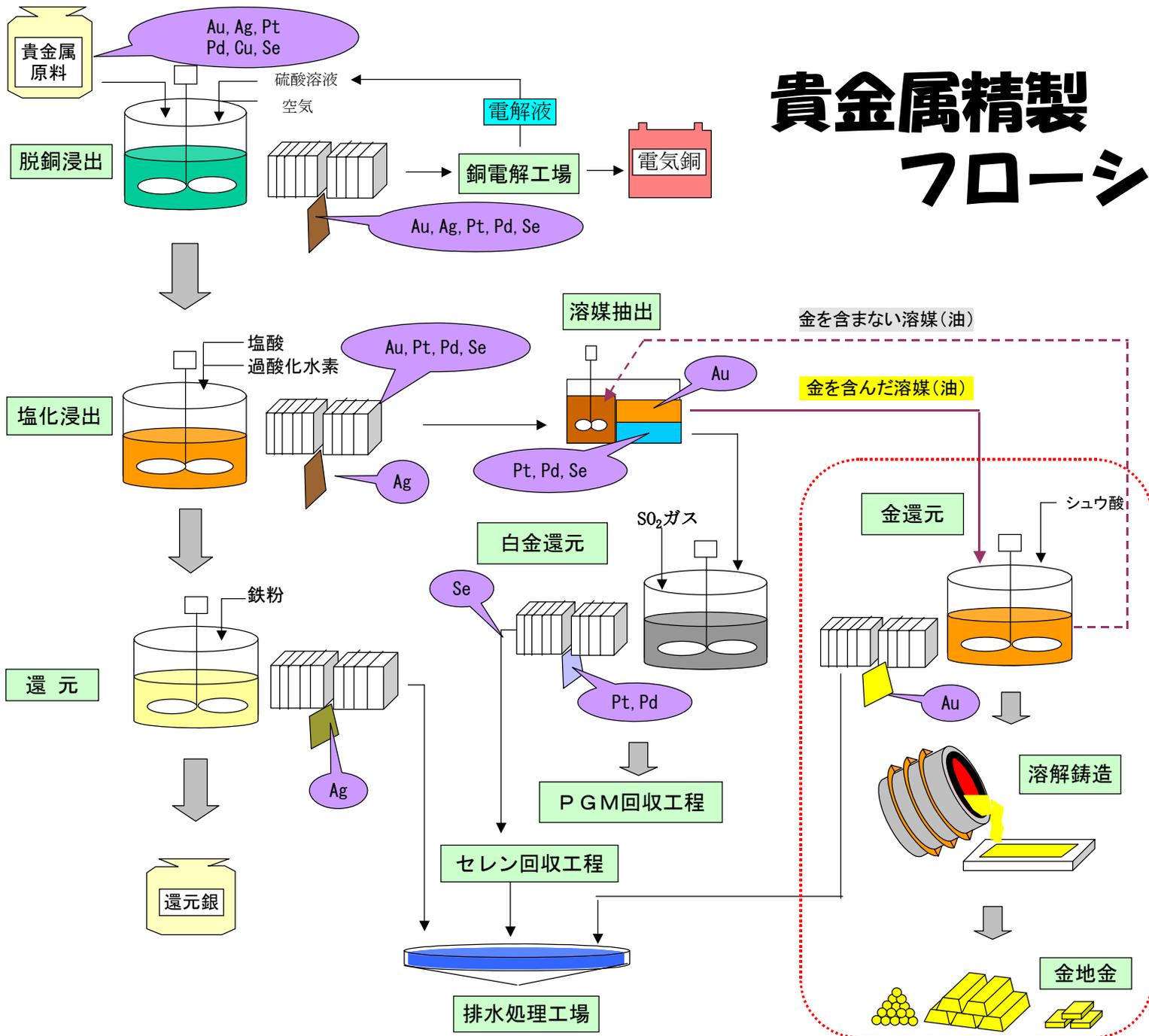


カソード



アノードスライム

# 貴金属精製 フローシート



# 貴金属の湿式精製プラント



# 貴金属製品



鑄造



金インゴット



銀インゴット&銀粒



スポンジ白金



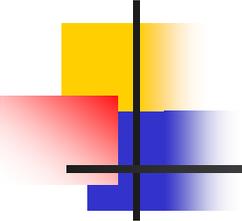
スポンジパラジウム



粉状セレン



テルル



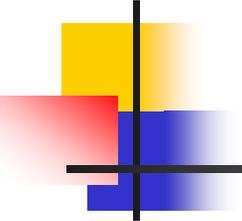
# 銅・貴金属リサイクルの課題

---

- 銅・貴金属スクラップ（廃電子機器類）に含有するレアメタル量の増加
- 銅製錬工程，廃棄物処理工程におけるレアメタルの濃縮
- スラグの品質悪化→スラグの再資源化の制限



- レアメタルのリサイクル（地金の製造）



# レアメタルの濃縮と回収

- **溶融炉のダストへの揮発元素の濃縮**

種類：銅製錬工程転炉ダスト，廃棄物溶融炉ダスト

揮発元素：鉛，亜鉛，錫，アンチモン，ビスマス，  
インジウム，カドミウム他

- **電解精製工程にレアメタル元素の濃縮**

ニッケル，アンチモン，ビスマス，セレン，テルル他



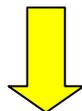
**レアメタル元素の分離・回収**



# **HMC** 工場の操業

(**H**itachi **M**etal **R**ecycling **C**omplex)

銅製錬原料, 廃棄物及びスクラップに含まれている**銅・貴金属**, **レアメタル**を金属地金製品に効率的に回収する複合リサイクル工場



都市鉱山からのレアメタルリサイクル工場

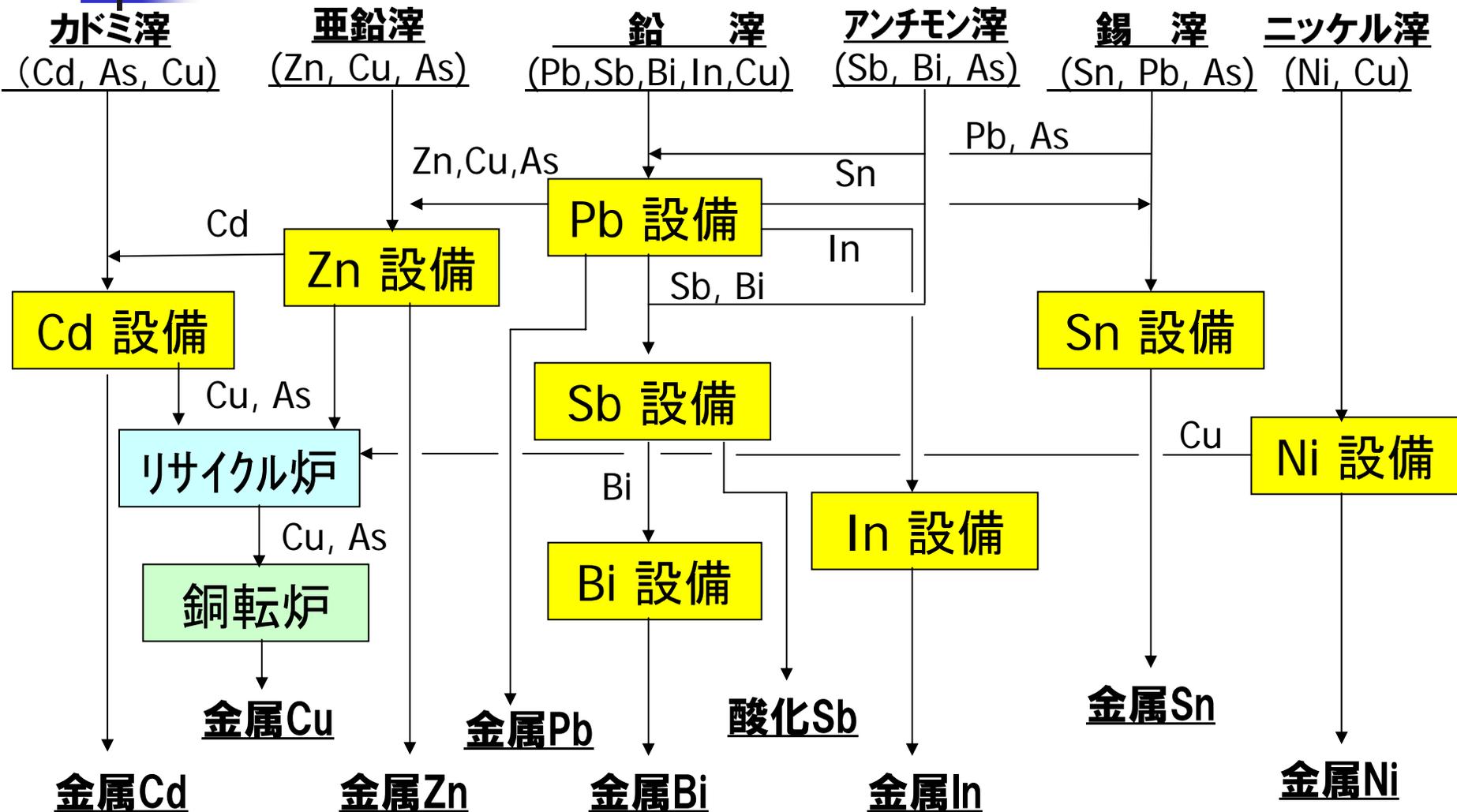


# **HMC** 工場設置の目的 (**H**itachi **M**etal Recycling **C**omplex)

1. 銅製錬原料，廃棄物及びスクラップに含まれているレアメタルを金属地金に回収。
2. 貴金属リサイクルによる収益拡大

# HMC 工場の操業

## - レアメタルのリサイクル -





**大煙突**

**HMC II 期工場**

**HMC I 期工場**

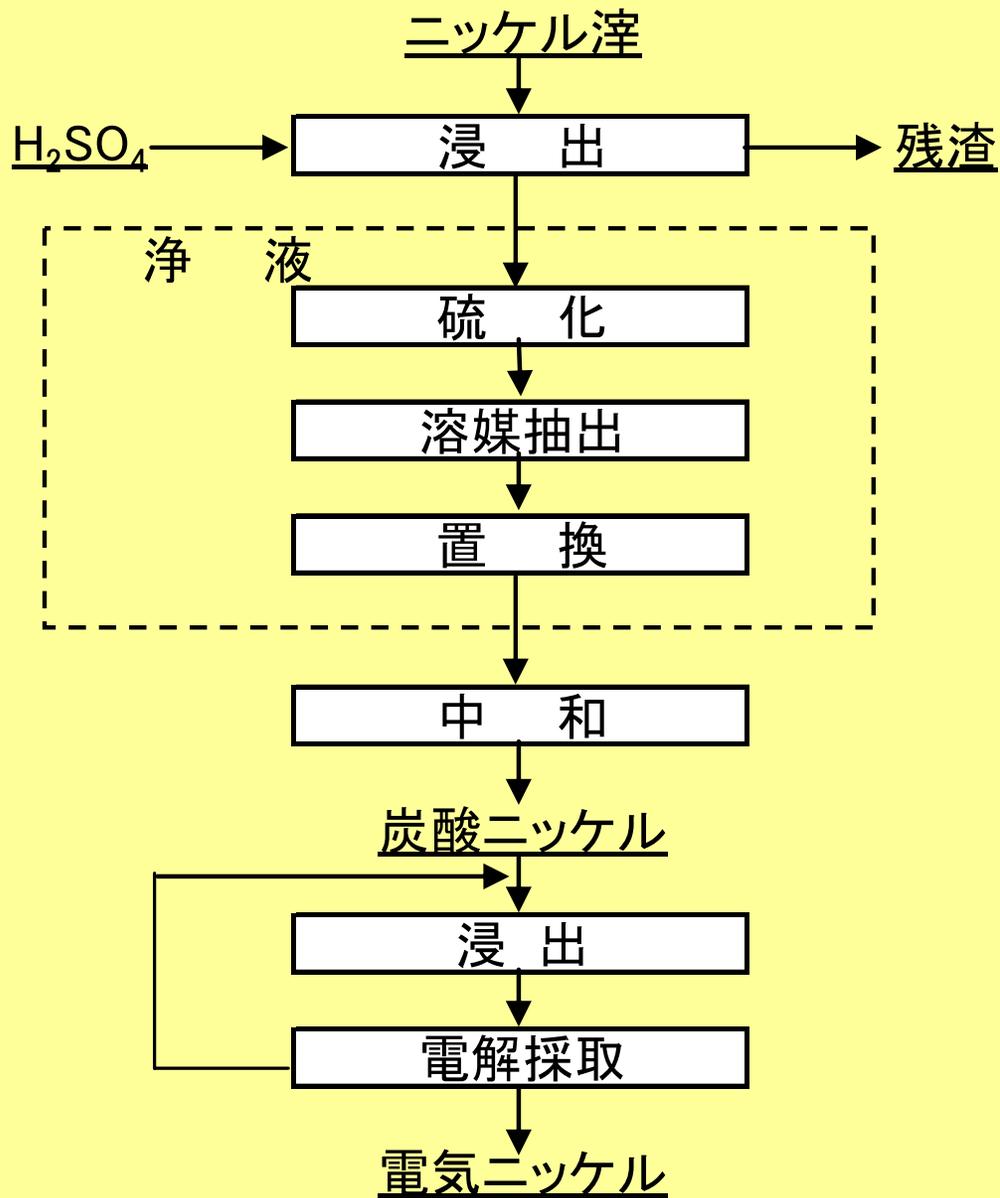
**排水処理**

**製品倉庫**

**シメタルいサイクル工場全景 ( HMC I , II 期工場 )**



**湿式処理フラント（HMC I 期工場）**



## ニッケルの湿式リサイクルプロセス



**ニッケルの湿式リサイクル設備**



ニッケル滓

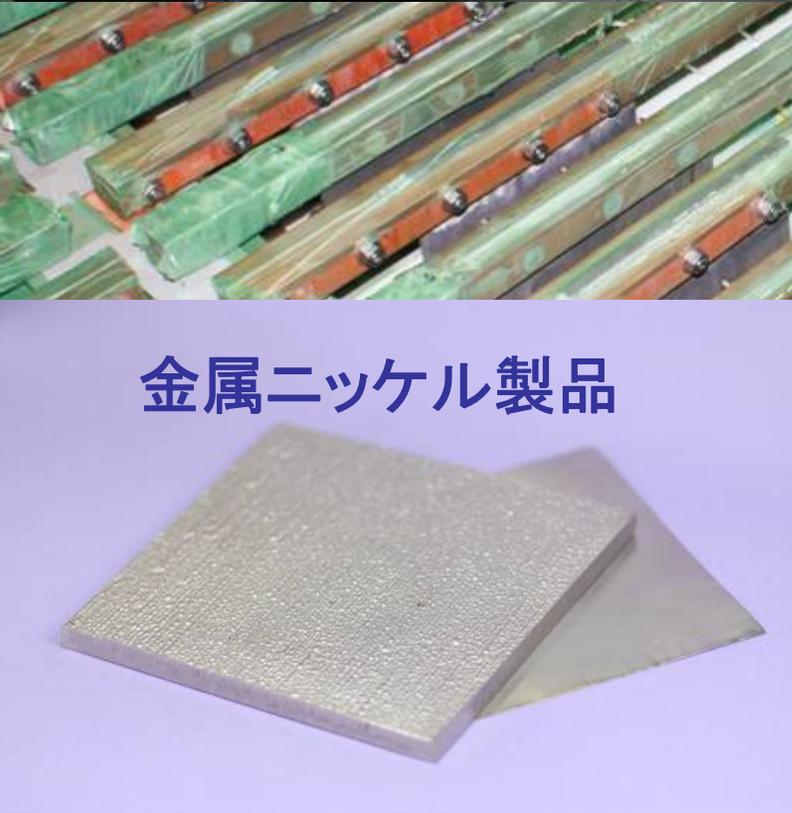
# ニッケルの湿式 リサイクル設備



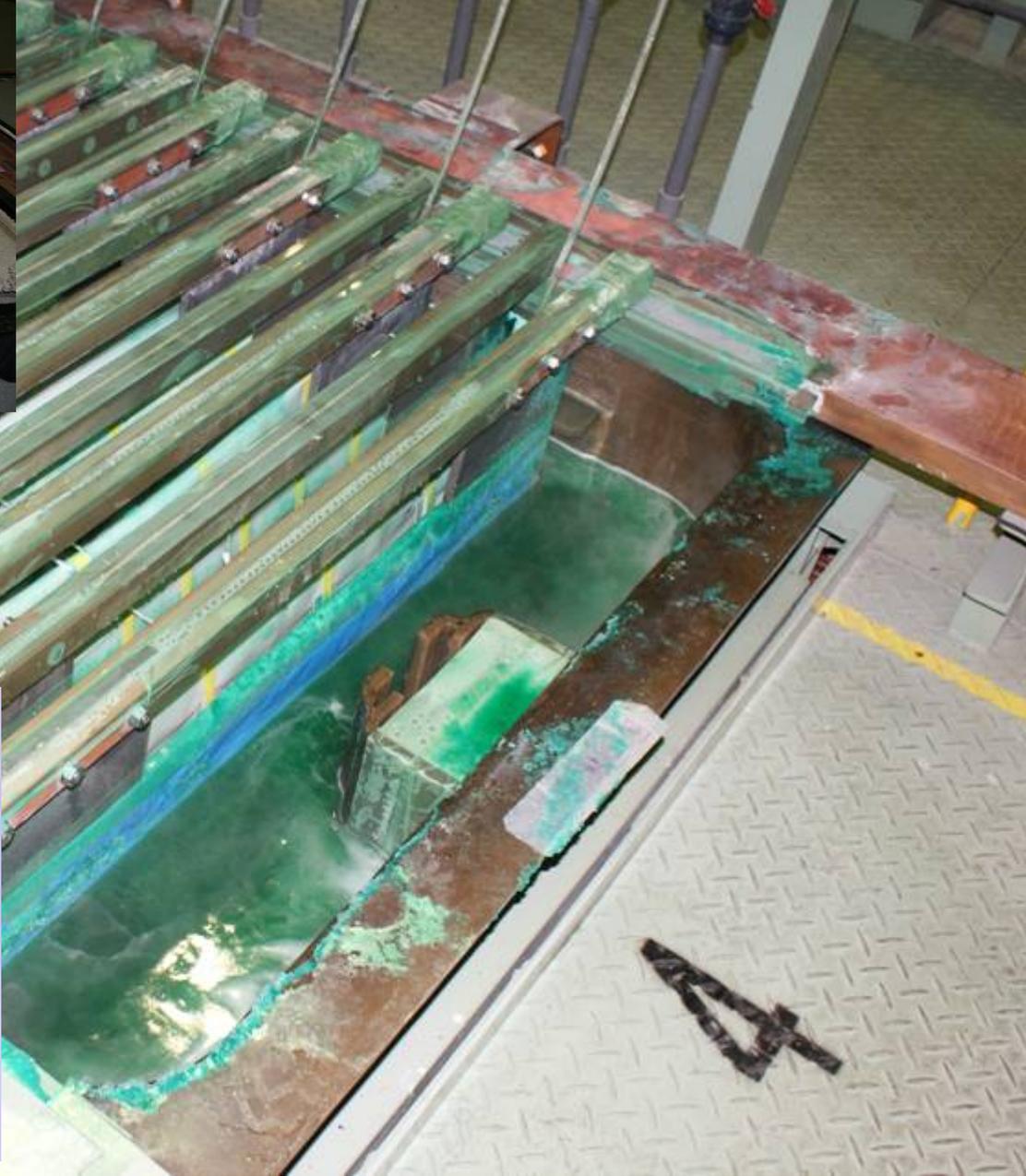
溶媒抽出設備



ニッケルカソード



金属ニッケル製品



ニッケルの電解採取設備

# 新貴金属リサイクルプラント - HMC 工場 -

新しい銅及び貴金属のリサイクルプロセス

# 貴金属を含有する スクラップ原料



# キルン&ストーカ型焼却炉



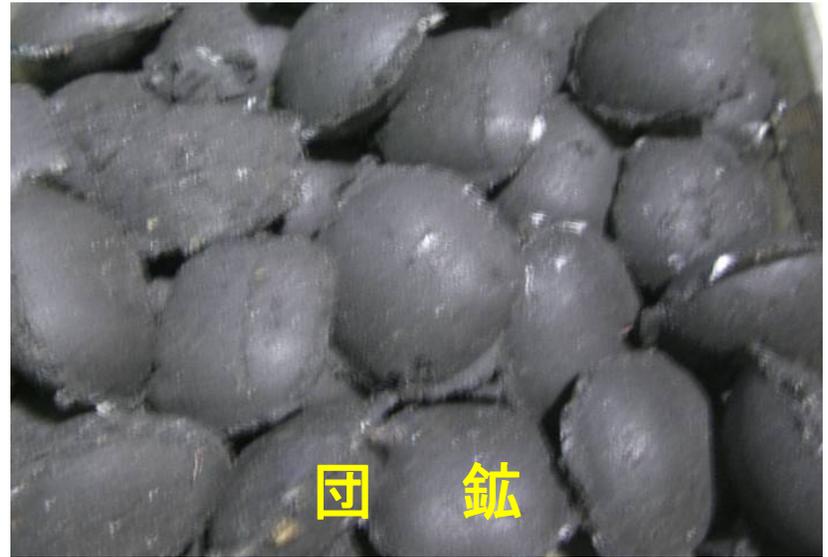
ロータリーキルン: 3.2 mφ × 6 mL



**銅回収炉用の団鉱製造設備**



**キュポラタイプの銅回収炉**



## キューポラタイプの銅回収炉



**銅リサイクルの酸化精製炉**



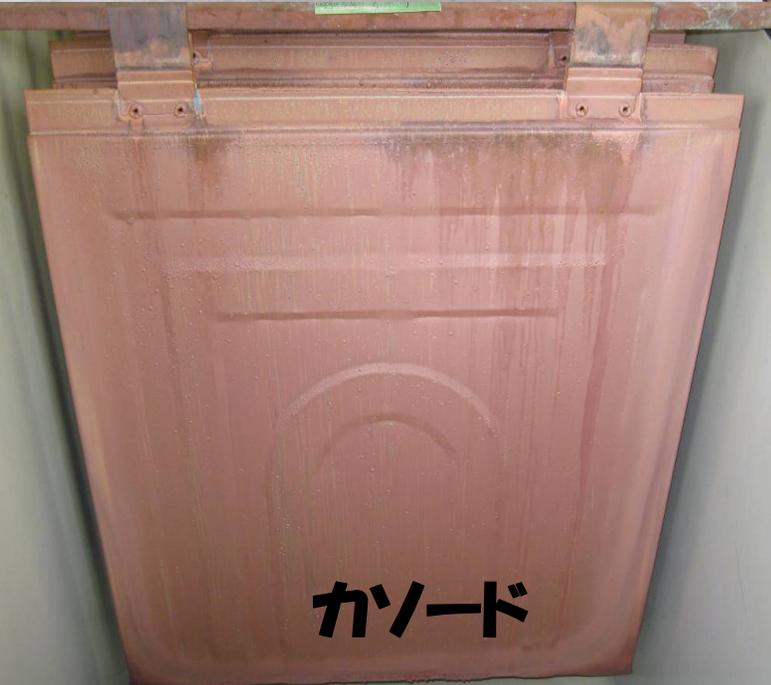
**銅リサイクルのアノード鑄造機**



## HMC III期フロント(銅電解設備)



**アノード**



**カソード**

**HMC III期フロント(銅電解設備)**



**HMC III期フラント  
(銅電解浄液設備)**



**HMC III期フロント(貴金属精製設備)**

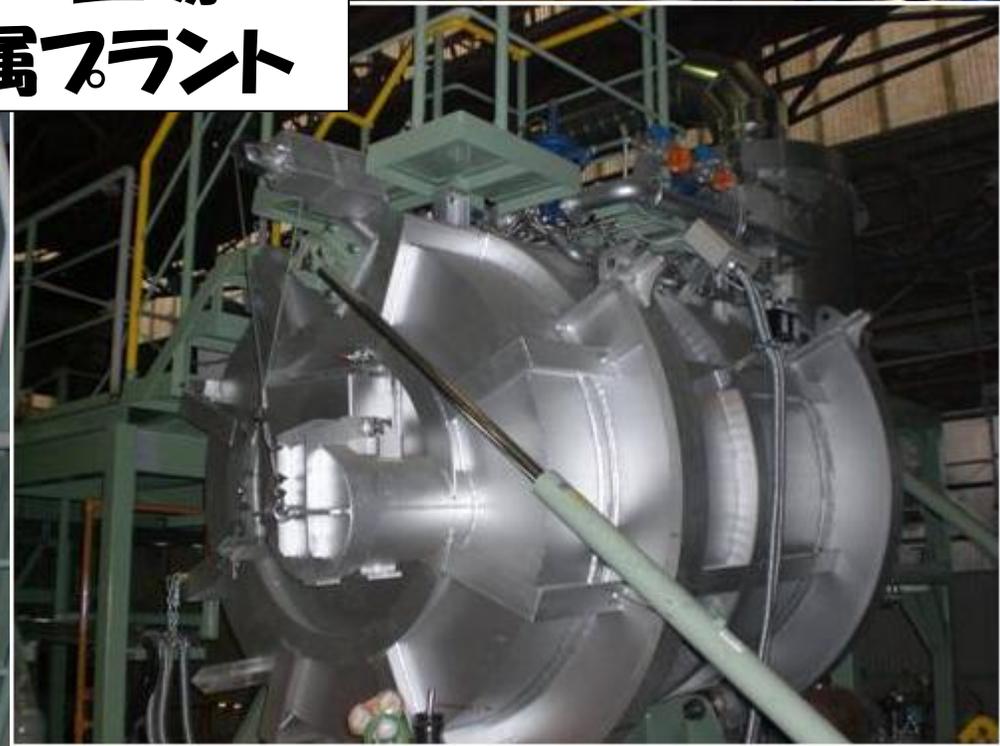


HMCⅢ期プラント  
(貴金属精製設備)





**HMC工場  
貴金属フラント**



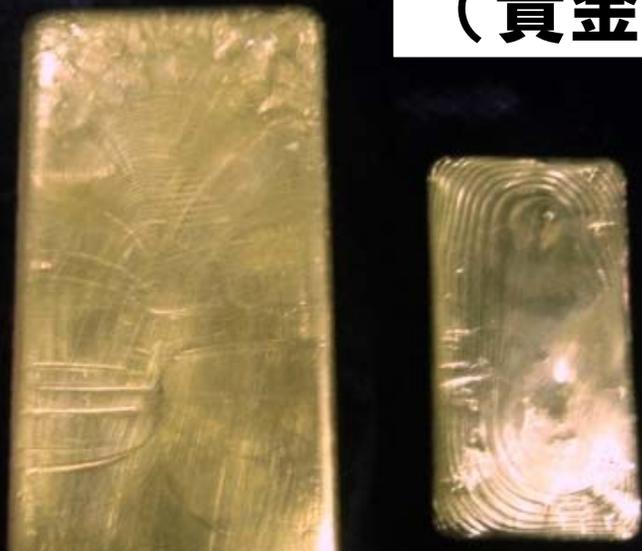
**電解銀（カソード）**



**還元パラジウム**



**HMCIII期プラント  
（貴金属精製設備）**



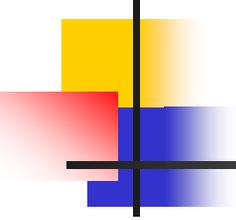
**型 金（10kg, 1kg）**



**金 粒（ショット）**

# リチウムイオン電池の リサイクル技術開発

**電動自動車用リチウムイオン電池**  
(Co-Ni-Mn系複合金属リチウムイオン電池)



# これからの社会

- キーワード -

## 1. 低炭素化社会

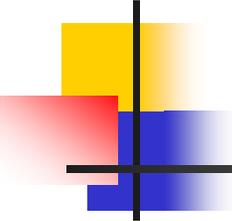
電気自動車, 燃料電池, 太陽電池

→ 電池需要・排出量の増大

## 2. 資源循環型社会

金属資源(レアメタル)の不足

→ 都市鉱山からの金属リサイクル



# リチウムイオン二次電池の特性

二次電池の種類	容量 Ah	電圧 V	エネルギー密度	
			Wh/l	Wh/kg
<b>リチウムイオン電池</b>	<b>2.4</b>	<b>3.7</b>	<b>520</b>	<b>200</b>
ニッケル・カドミウム電池	5	1.2	110	40
ニッケル水素電池	9	1.2	200	60
鉛蓄電池	32	12	80	40

# リチウムイオン二次電池のリサイクル事業

## <リチウムイオン二次電池の特徴>

### 1. リチウムイオン二次電池の需要増加

① 小型電子機器用の需要増加

② 電動自動車用の需要増加

### 2. 高価格のレアメタルを使用

Co: 4,000円/kg, Ni: 1,700円/kg

Mn: 260円/kg,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ : 600円/kg

レアメタル価格の上昇傾向



コバルト、ニッケル等は有望なリサイクル対象 → 事業化

# リチウムイオン二次電池の種類

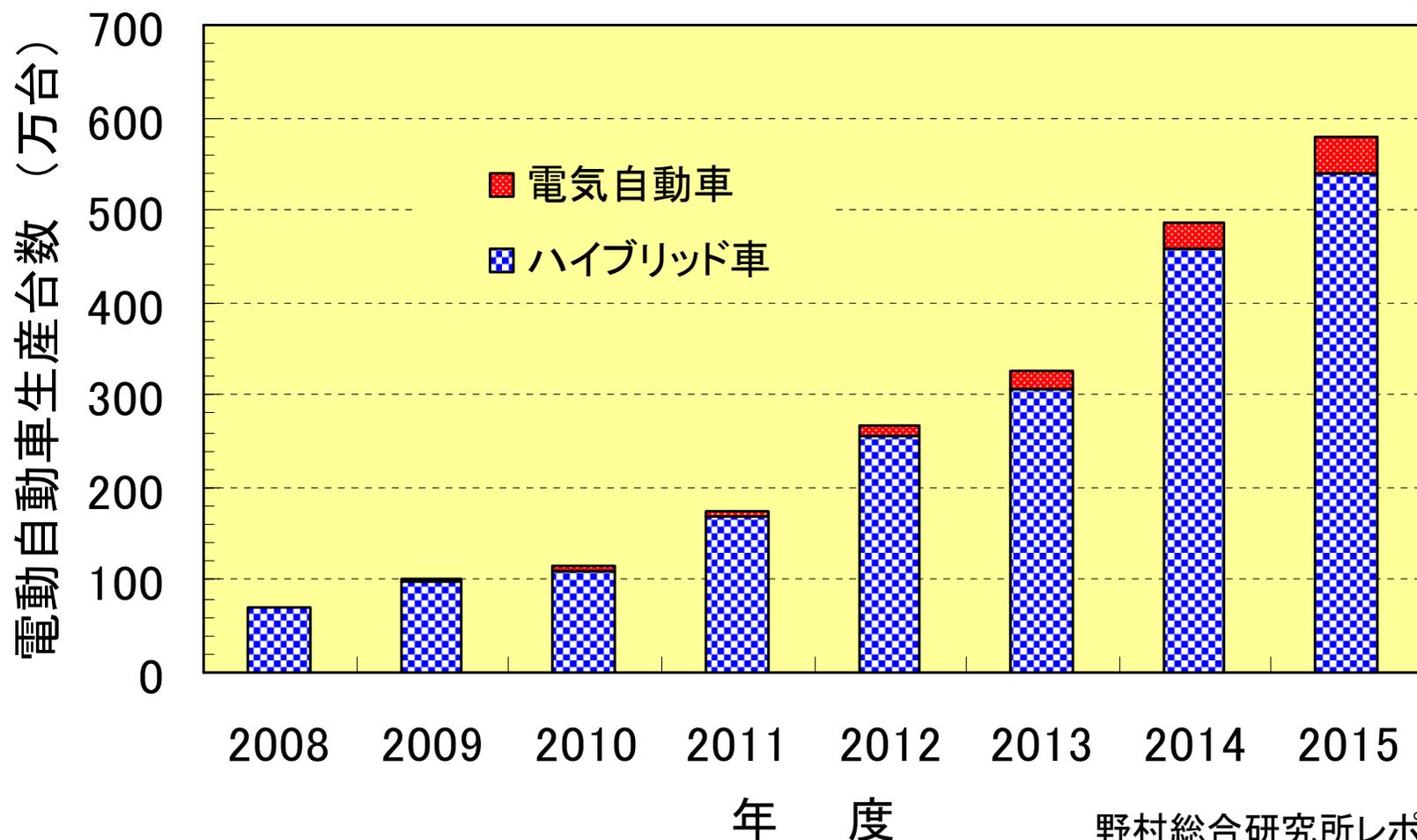
リチウムイオン電池（正極材）の種類			生産比率
コバルト系	LCO	$\text{LiCoO}_2$	70 %
三元系	NMC	$\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$	16 %
ニッケル系	LNO	$\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$	6 %
マンガン系	LMO	$\text{LiMnO}_2$	5 %
磷酸鉄系	LFP	$\text{LiFePO}_4$	3 %

2007年度生産比率実績



# 電気自動車・ハイブリッド車の生産予測

正極材使用量：電気自動車50kg/車，ハイブリッド車5kg/車



# 電池リサイクルの現状

---

## 1. 電池の無害化处理

→ 日鉱環境(銅回収), 日鉱敦賀リサイクル

## 2. リチウムイオン電池(Co系電池)

携帯電話, パソコン等の小型電池

→ 焼却・破碎・選別によりCo製錬原料化

## 3. ニッケル水素電池

ハイブリッド車用電池(Ni-MH)

→ 焼却・破碎によりステンレス原料化

# 反射炉型溶融炉 (廃電池の溶融処理)



# 廃電池から銅マットの回収





# 現在の二次電池のリサイクル





# 現在の二次電池のリサイクル



パソコン用リチウム電池



携帯電話用リチウム電池

# Co系リチウムイオン電池のリサイクル

廃電池

焼却

破碎



磁選

(非磁性)

(磁性物)

篩別

(網上)

(網下)



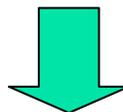
# リチウムイオン電池リサイクルの現状

- 1. コバルト系リチウムイオン電池の需要拡大**  
パソコン，携帯電話などの移動用電子機器の需要増加。
- 2. コバルトのリサイクルニーズ増大**  
正極材の原料であるコバルト価格の上昇によって，リサイクルが加速。
- 3. コバルト精錬設備の設置**
  - ・ 湿式コバルト精錬会社(中国，韓国他)
  - ・ コバルト系正極材のリサイクルの事業化  
Umicore, Akkuser (OMG Kokkola) etc.
  - ・ 既存ニッケル製錬所によるリサイクル処理  
Norilsk, Xstrata (Falconbridge) etc.

# これからの廃電池リサイクル

## リチウムイオン電池の大能力化・需要の急増

携帯電話, パソコン用の二次電池  
(Co系リチウムイオン電池)



電気自動車, ハイブリッド車用二次電池  
(Co-Ni-Mn系リチウムイオン電池)  
(Ni-Co系リチウムイオン電池)

多元系電池リサイクル → 非鉄製錬技術の活用

# 将来のリチウムイオン電池のリサイクル

## 1. リチウムイオン電池の需要拡大

電気自動車、プラグインハイブリッド車の発売に伴い、リチウムイオン電池の需要急増が期待される。

## 2. リチウムイオン電池のリサイクルニーズ増大

正極材の原料であるニッケル、コバルト、マンガン、リチウムの需要の急増による供給不安、価格上昇に対応するためのリサイクルニーズが増大。

## 3. 多元系リチウムイオン電池のリサイクル

- ・コバルト系正極材のリサイクルは既に商業化
- ・多元系正極材(Ni-Co-Mn-Li)のリサイクル事業開発

# 廃電池リサイクルプロセス1

## <UMICORE社のプロセス>



場所 : Hoboken

投資額 : 2,500万ユーロ

設備能力 : 7,000トン/年

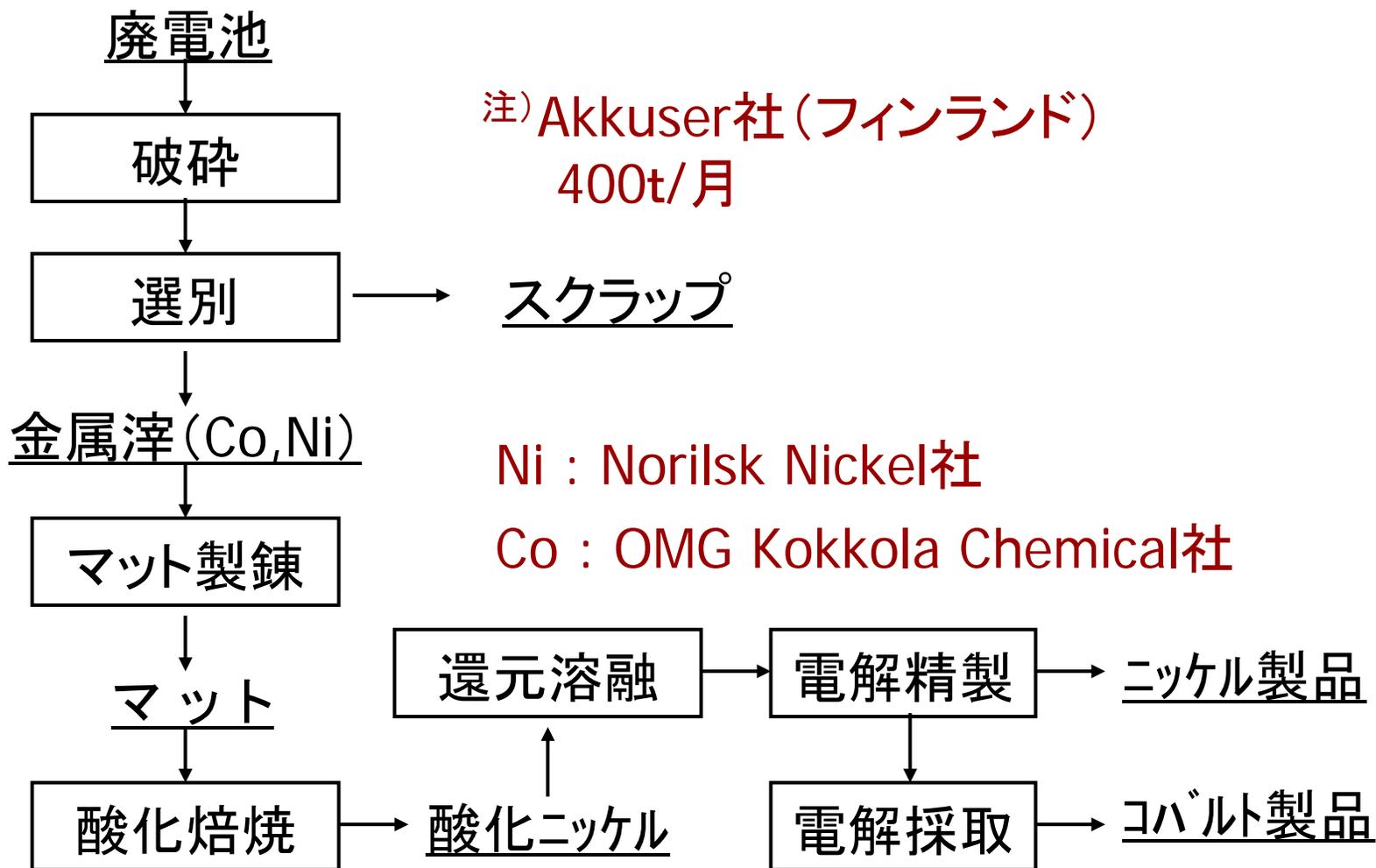
操業開始 : 2011年度前半

注) プラズマ炉  
(スウェーデン, Hofors)

注) 湿式製錬 (ベルギー, Olen)

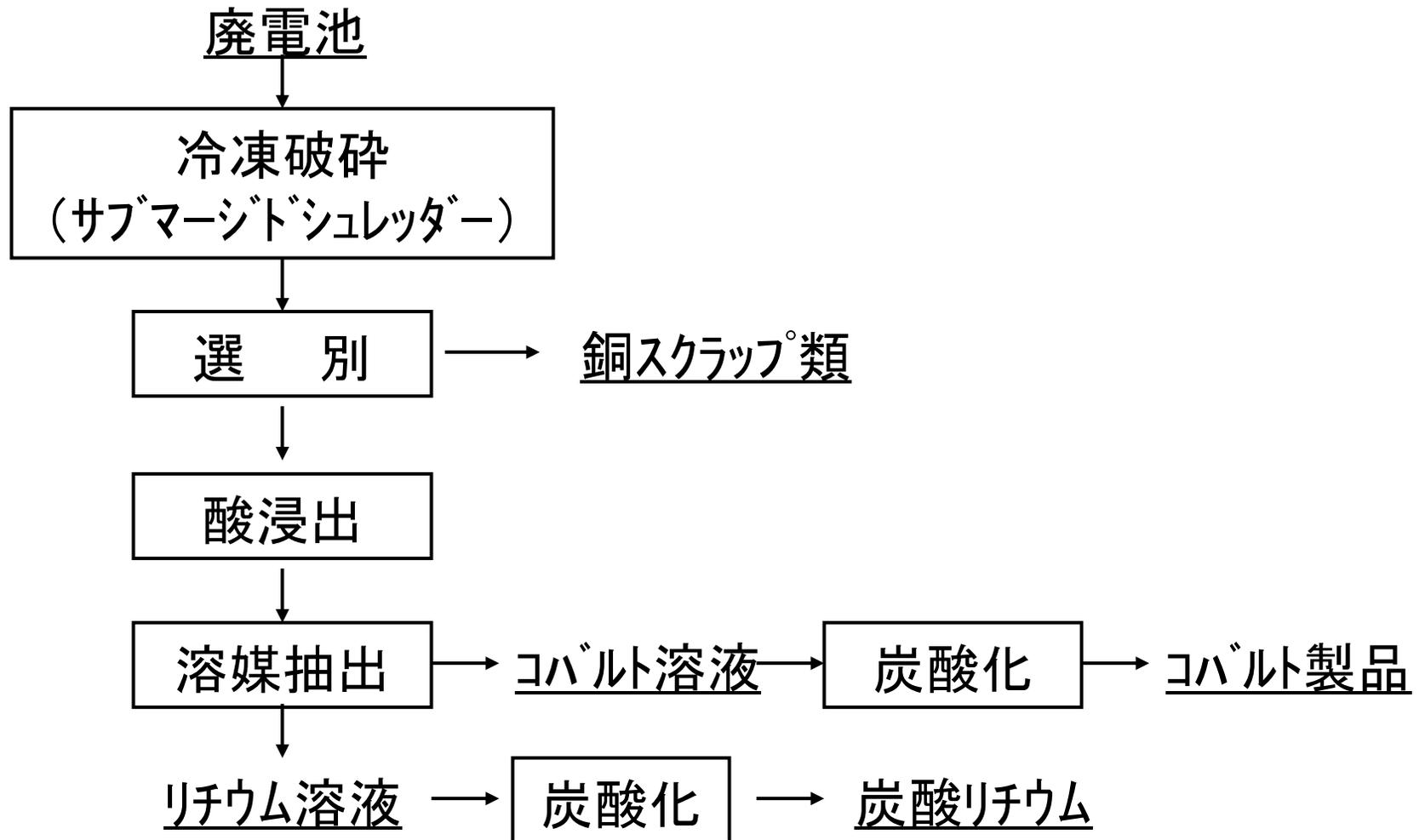
# 廃電池リサイクルプロセス2

## <Akkuserプロセス>



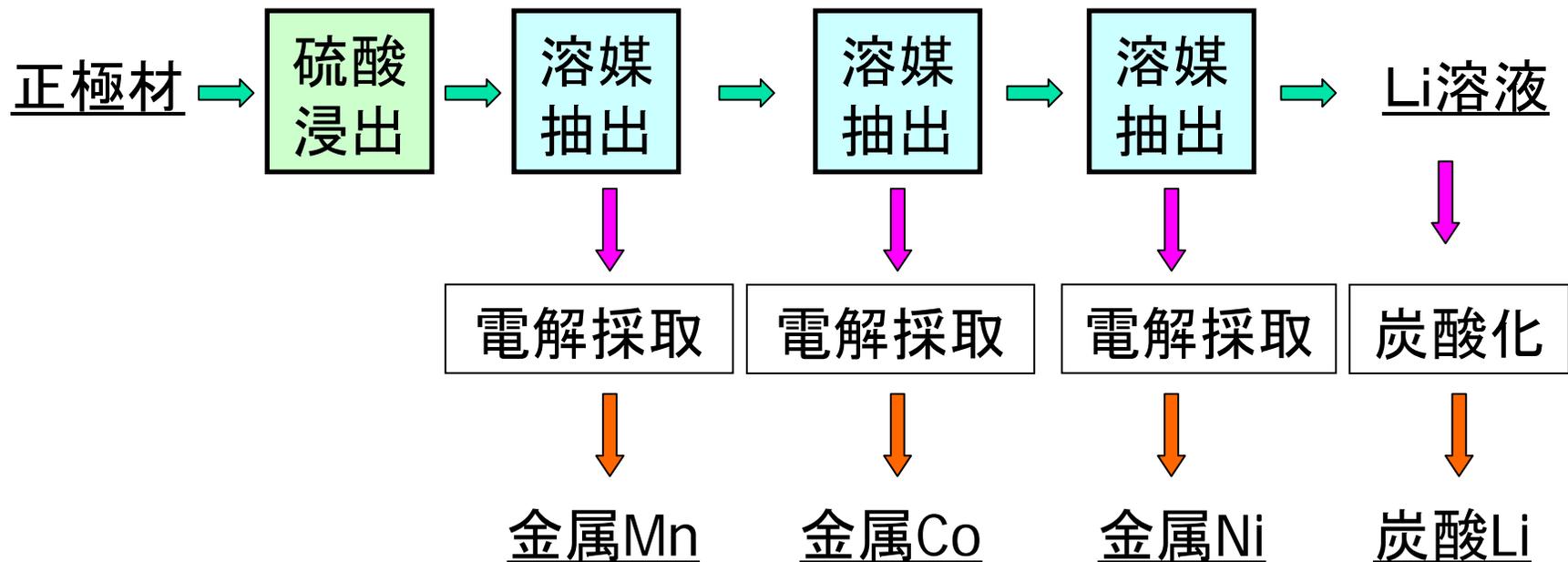
# 廃電池リサイクルプロセス3

<TOXCO社のプロセス(テストプラント)>



# 正極材のリサイクルフローシート

基本プロセス：日鋳ニッケルコバルト製錬のプロセスを改良  
(2007年3月特許出願済み)



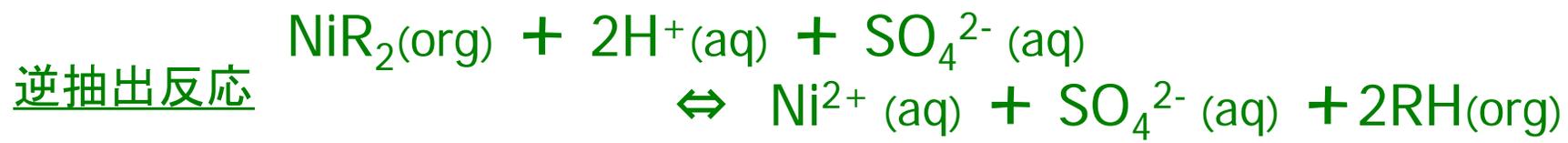
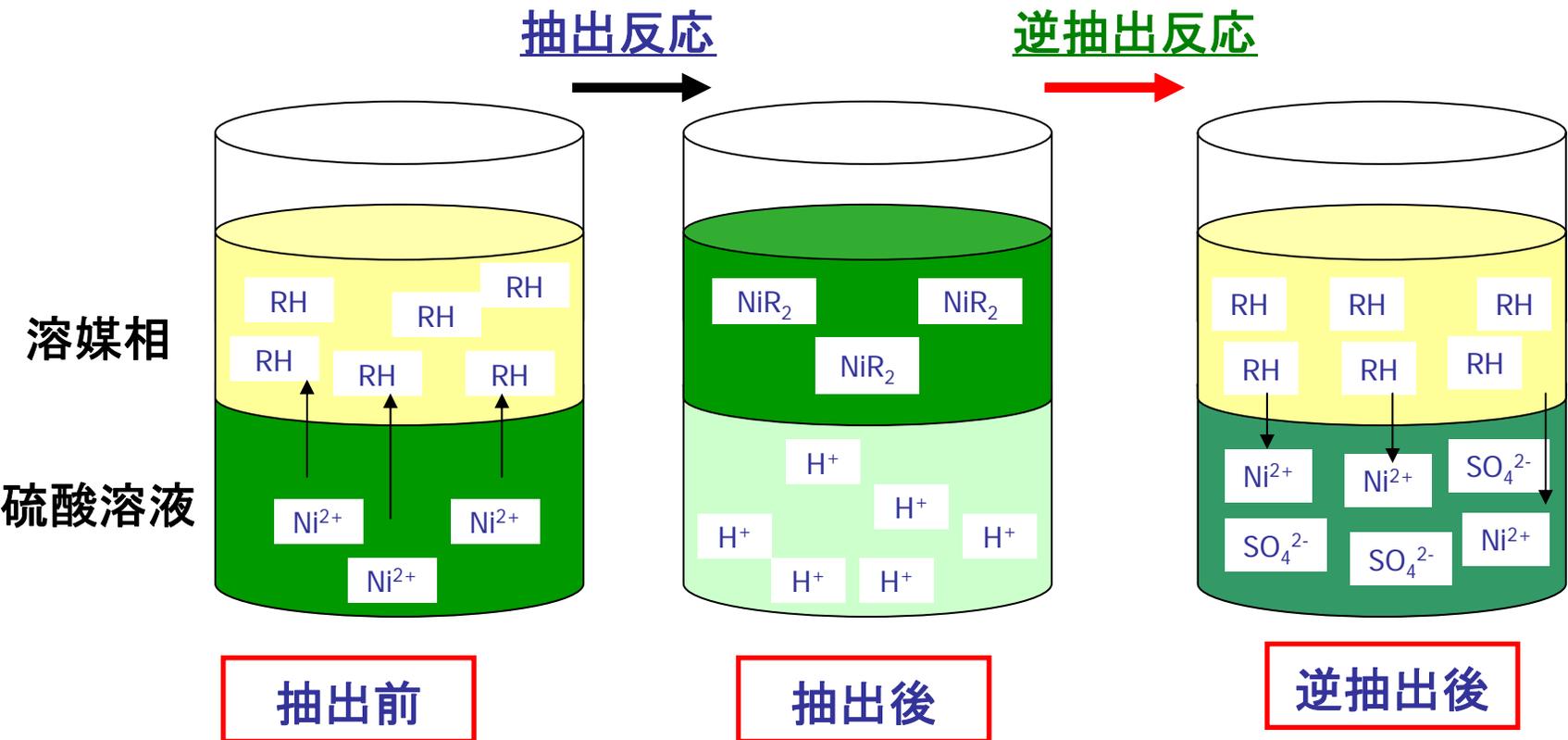
# 日鉱金属の技術開発の現状

- 三元系廃正極材からのCo, Ni, Mn, Liの回収技術開発の実施中(技術開発センター)



廃正極材の連続処理テスト設備

# 溶媒抽出の原理



**硫酸浸出設備**



**Coの溶媒抽出**

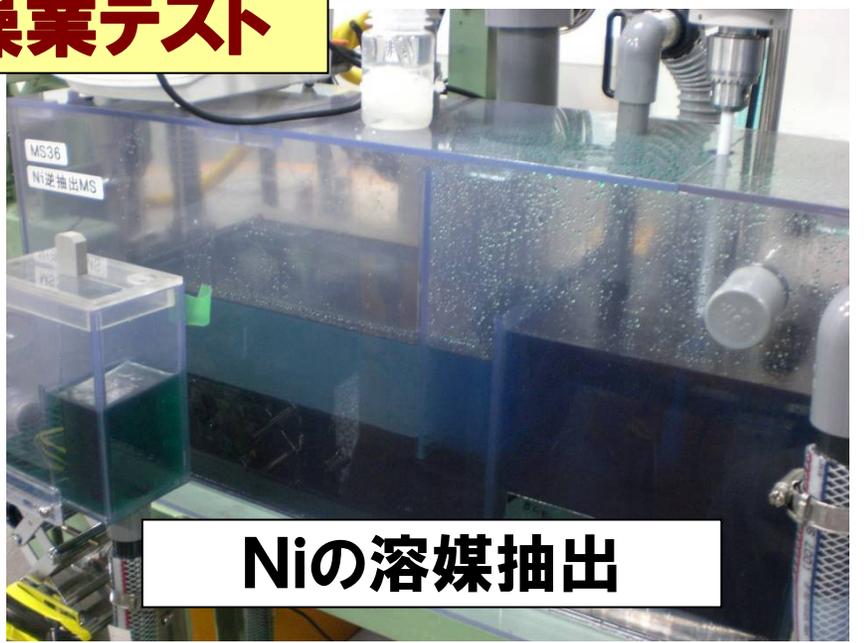


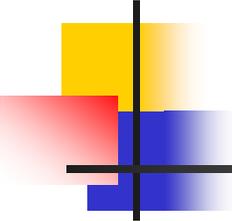
**廃正極材リサイクル  
の連続操業テスト**

**Mnの溶媒抽出**



**Niの溶媒抽出**





# 電池リサイクル工場の建設

## 1. 工場建設期間

2009年9月～2010年3月

## 2. 建設設備

①建屋 21m×60m×16mH

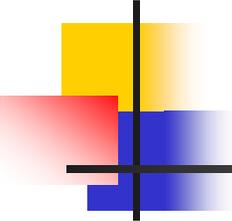
建築面積1,409m<sup>2</sup>, 延べ面積1,501m<sup>2</sup>

②リサイクルプラント

溶解設備, 溶媒抽出設備, 電解設備,  
炭酸化設備及び製品梱包設備等

## 3. 操業開始

2010年3月操業開始予定



# 実証化試験操業の概要

---

## 1. 実証化試験

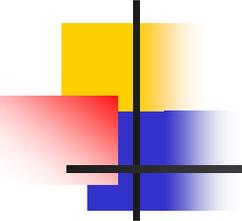
**リチウムイオン電池リサイクル技術開発事業  
( 経済産業省 2009年度補正予算 )**

**予算額: 12.4億円**

## 2. 操業体制

**3交替による24時間連続操業**

**操業人員: 17名程度**



# 電池リサイクル工場の概要

## 1. 実証化試験プラント

リチウムイオン電池のリサイクル技術開発

( 回収金属: Ni, Co, Mn 及び Li )

## 2. 工場のリサイクル能力

処理量: リチウムイオン電池(正極材) 50 t/月

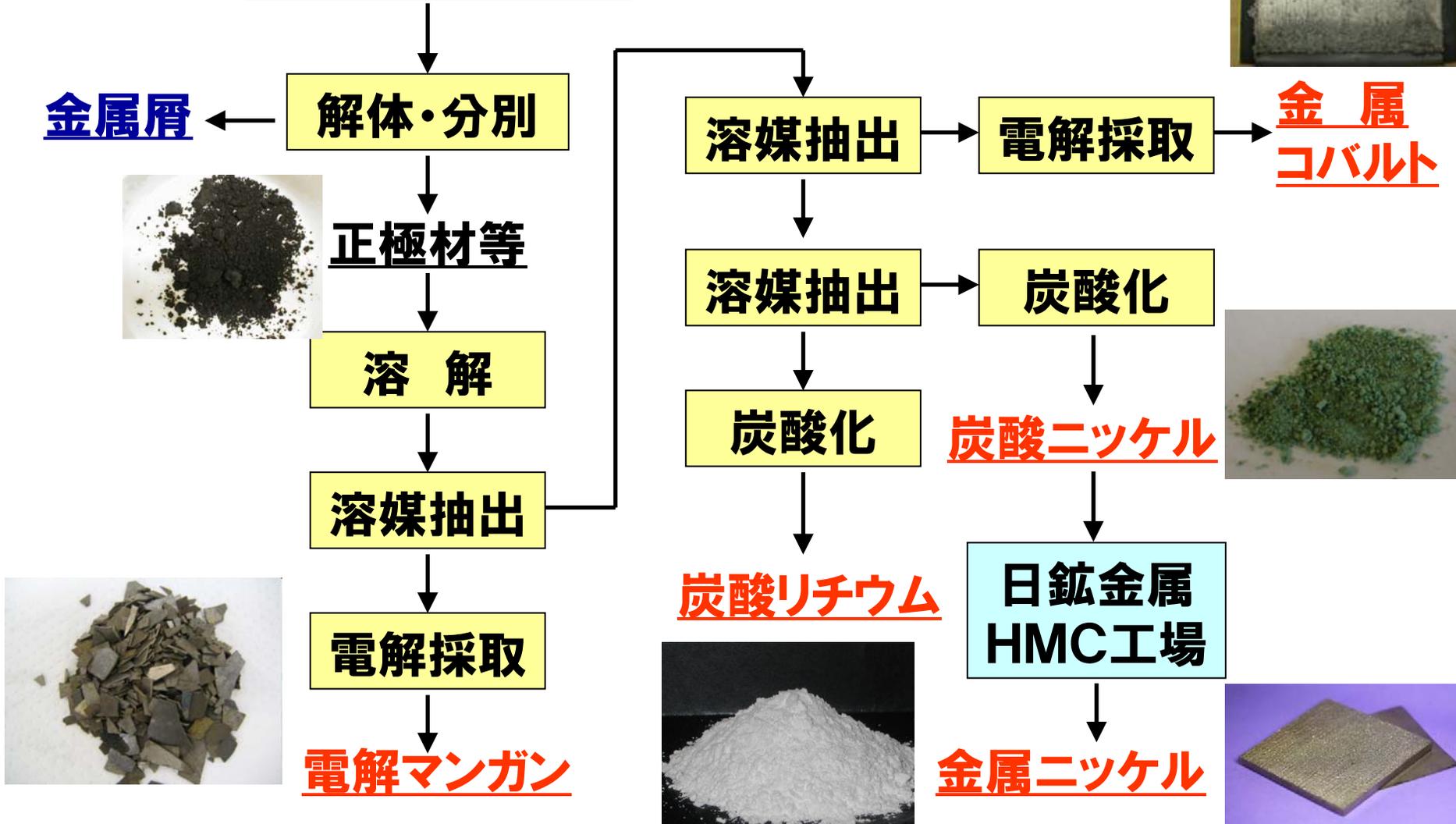
回収量: 金属コバルト, 炭酸リチウム 10 t/月

金属マンガン 6 t/月

金属ニッケル 6 t/月(炭酸ニッケル12 t/月)

# 電池のリサイクルプロセス

## リチウムイオン電池





## 電池リサイクル工場(パイロットテスト設備)



## 電池リサイクル工場(パイロットテスト設備)

JX NIPPON MINING & METALS CORPORATION



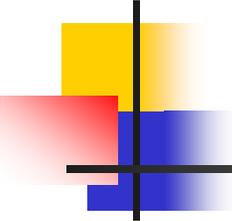
**電池リサイクル工場設備（浸出・精製設備）**



**電池リサイクル工場設備（溶媒抽出設備）**



**電池リサイクル工場設備（ろ過・電解設備）**



# 技術開発の課題

---

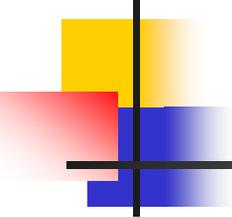
## 1. リサイクル回収物の品質向上

電池原料化のための製品化技術の確立

( 回収金属: Ni, Co, Mn及びLi )

## 2. 実証化試験による商業化技術の確立

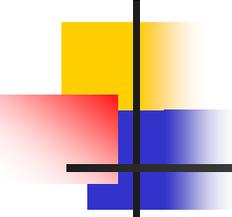
大型の実証化プラントの連続運転により, リチウムイオン電池リサイクルの商業化技術の確立



# 事業化課題と展開

---

- **高度なリサイクル技術の開発**
  - ① レアメタルの濃縮プロセスの開発
  - ② 回収物の高純度化精製プロセスの開発
  - ③ 回収物の用途開発
  
- **リサイクルシステムの構築**
  - ① 効率的な集荷・分別システム
  - ② リサイクル社会システムの構築
    - ・リサイクル回収物の利用体制
    - ・分別の容易な製品の製造
  - ③ 資源循環型社会システムの構築



# まとめ

---

## 1. 都市鉱山からのレアメタルリサイクル事業

- ・HMC工場, リチウムイオン電池のリサイクル工場
- 経済的なリサイクル事業の確立と事業の展開

## 2. 低炭素化・資源循環社会への貢献

- ・レアメタル資源の不足 → リサイクルによる原料化
- ・リサイクルの推進による低炭素化社会の実現



# JX日鉱日石金属における レアメタルのリサイクル事業

**END**

**ご清聴ありがとうございました！**