

資源がめぐる真ん中に。

**DOWA**

日本学術会議主催学術フォーラム  
「サーキュラーエコノミーの実践のための社会課題と学術課題」

# マルチメタルスメルティングの 実践と課題

2026年9月18日

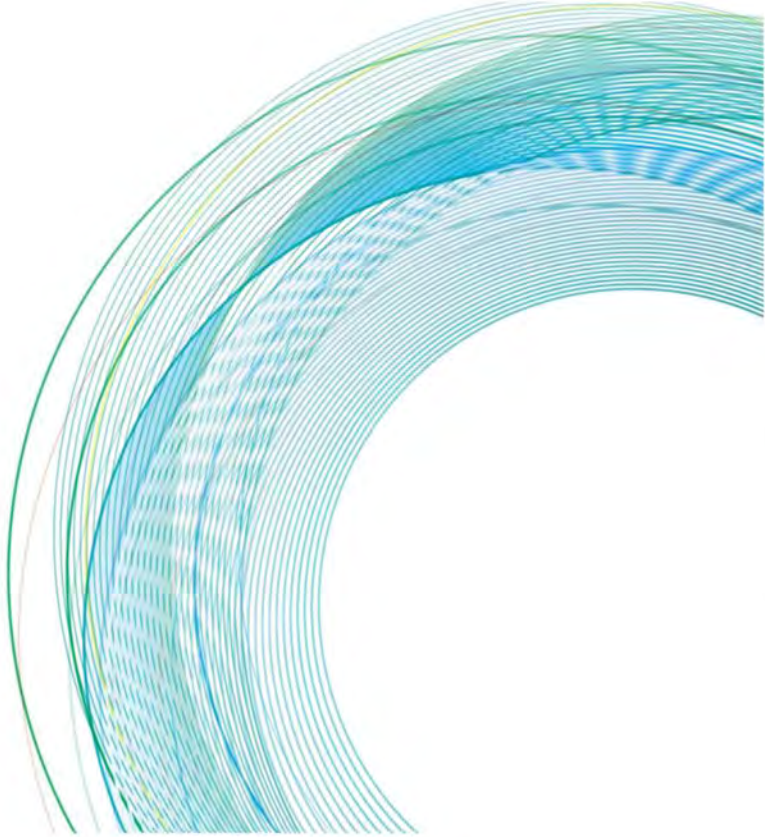
DOWAメタルマイン株式会社  
代表取締役社長 佐藤 重樹

# 目次

■資源循環について

■DOWAの処理プロセス

■実施に際しての課題



# 資源循環について

---

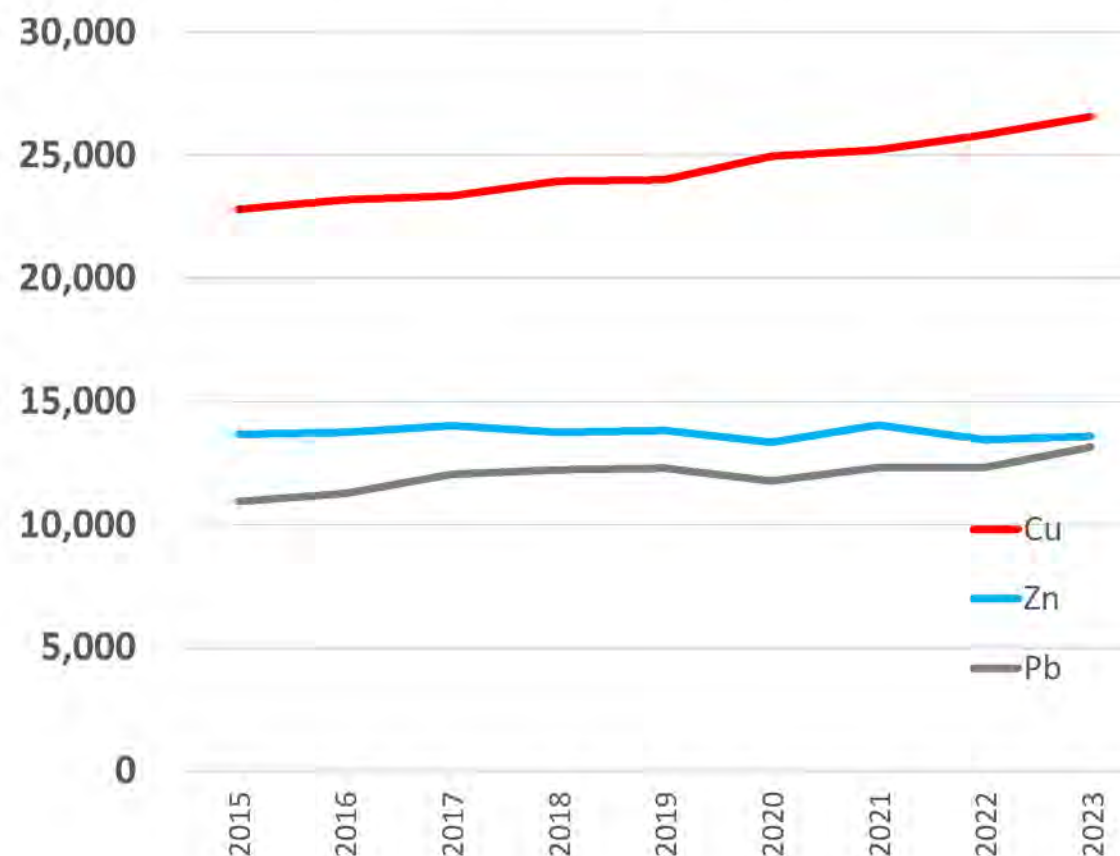
循環のクオリティを  
追求する。

## ○ 増えゆく非鉄金属の需要

世界の非鉄金属需要は中長期的に増加すると見込まれています。特に大きな要因となるのが、**脱炭素化、電動化、再生可能エネルギー、送配電網の拡充、AI・データセンター**の普及です。国際エネルギー機関の2026年見通しでも、2040年まで重要鉱物の需要は強い伸びが続き、特に銅は電力網や次世代技術を背景に約700万トンの需要増加が見込まれています。

需要が増える一方、鉱山開発には長い時間がかかります。  
内閣府によれば、鉱物資源の供給開始までには、開発プロジェクト開始から**平均約17年**を要するとされています。

世界の地金消費量（千トン）



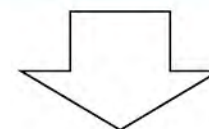
# ○ 非鉄金属の可採年数( 経済的に掘り出すことが可能な資源の量/1年間の生産量 )



特に資源の少ない日本において、循環型経済に移行しないと持続可能な成長はない。

## 線形経済 (リニアエコノミー)

大量生産・大量消費・大量廃棄の  
一方通行の経済



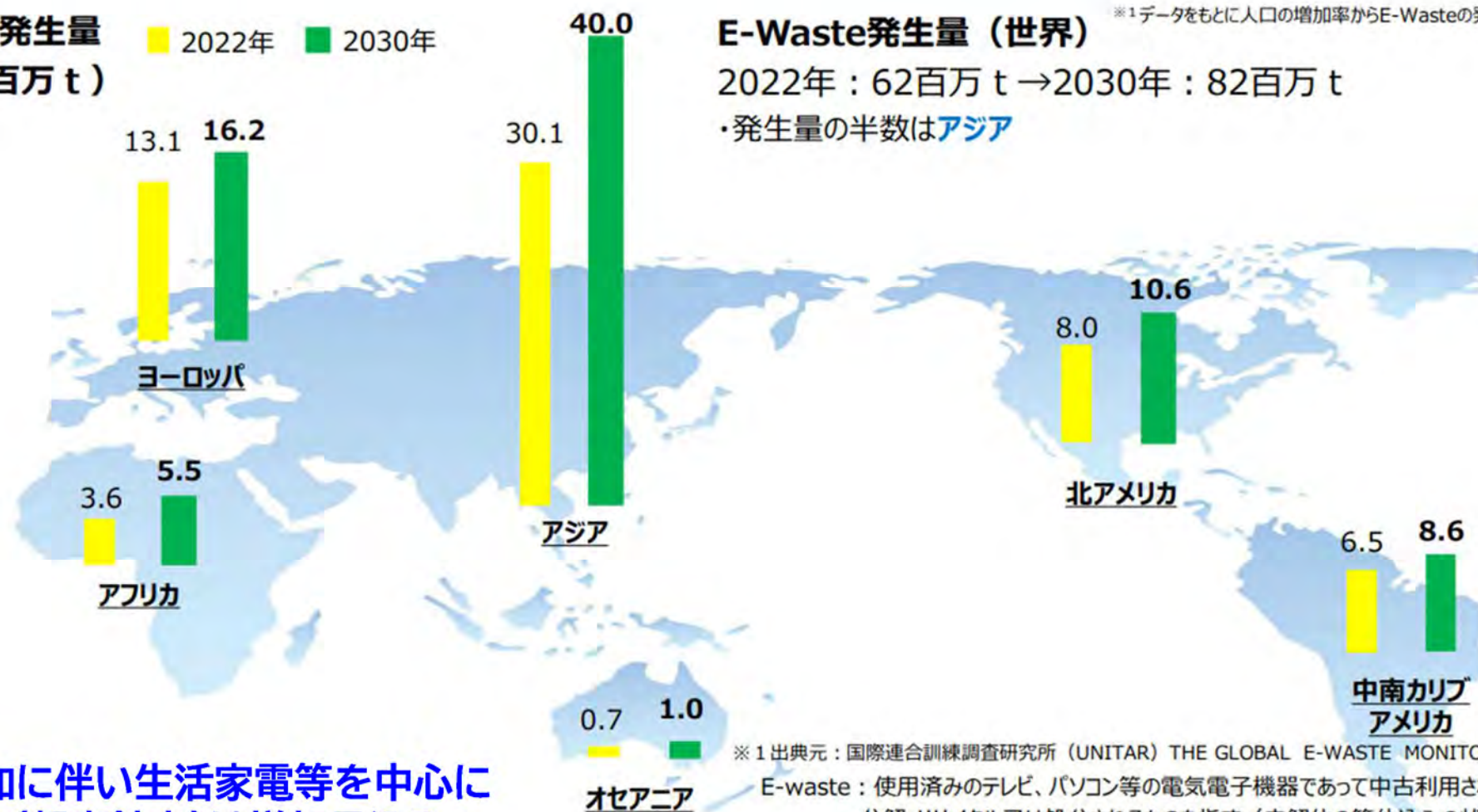
## 循環経済 (サーキュラーエコノミー)

あらゆる段階で資源の効率的・循環的な利用を図りつつ  
ストックを有効活用しながら、サービス化等を通じ、  
付加価値の最大化を図る経済

## ○ E-waste発生量

E-Waste発生量  
(単位：百万 t)

■ 2022年 ■ 2030年



E-Waste発生量 (世界)

2022年：62百万 t → 2030年：82百万 t

・発生量の半数はアジア

※1 データをもとに人口の増加率からE-Wasteの発生量を算出

※人口増加に伴い生活家電等を中心に  
E-waste(都市鉱山)は増加見込み

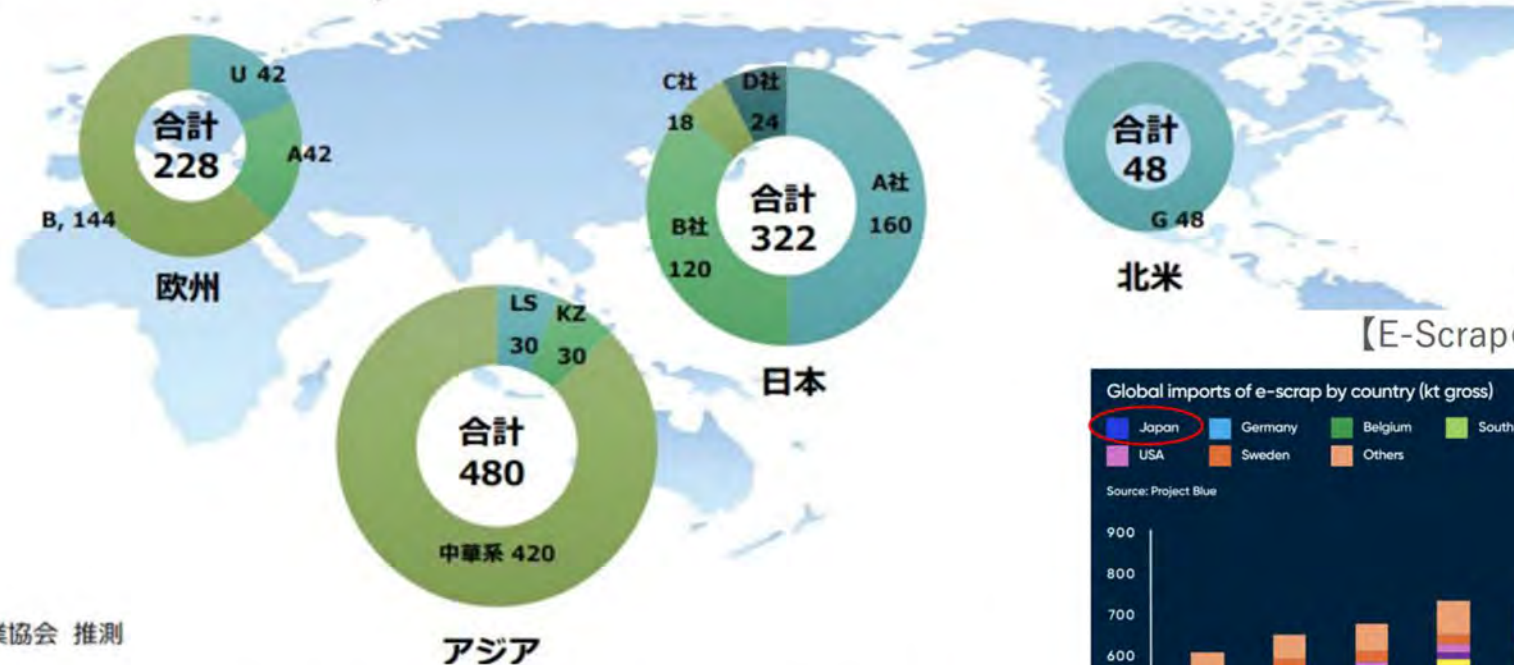
※1 出典元：国際連合訓練調査研究所 (UNITAR) THE GLOBAL E-WASTE MONITOR 2024)

E-waste：使用済みのテレビ、パソコン等の電気電子機器であって中古利用されずに  
分解・リサイクル又は処分されるものを指す（未解体の筐体込みの状態）

# E-scrap処理量

製錬所のE-scrap処理量※1：（世界）

2024年：1,078 k t /年→2035年：1,473 k t /年（+384kt/年：+36%）



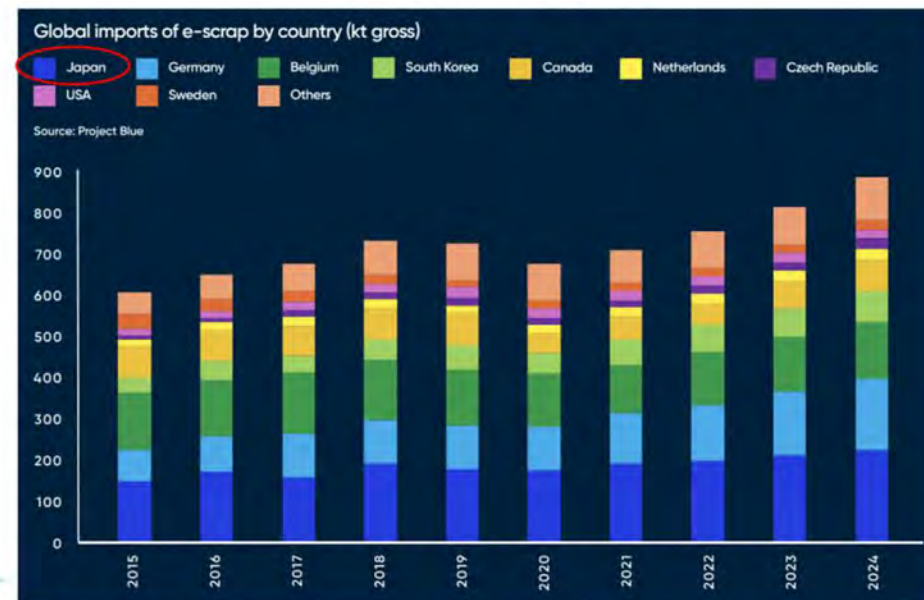
※ 1 日本鉱業協会 推測

出所：「資源循環と非鉄製錬」 令和7年2月14日 日本鉱業協会

※日本はE-scrap処理の先進国



【E-Scrapの国別輸入量】



出所：Project Blue "Copper e-scrap trends: From supplementary feed to strategic resource"

## 企業理念(Mission)

地球を舞台とした事業活動を通じて、豊かな社会の創造と**資源循環**型社会の構築に貢献する

## ビジョン(Vision)

本業とする**資源循環**と優れた素材・技術の提供を進化させ、安心な未来づくりに貢献し続ける

可能な限り多くの素材を  
循環する複合的な循環を  
構築



限りある資源を永く使う  
長期的な循環を構築



# DOWAのプロセス

---

リサイクル複合コンビナート

秋田製錬(亜鉛製錬)

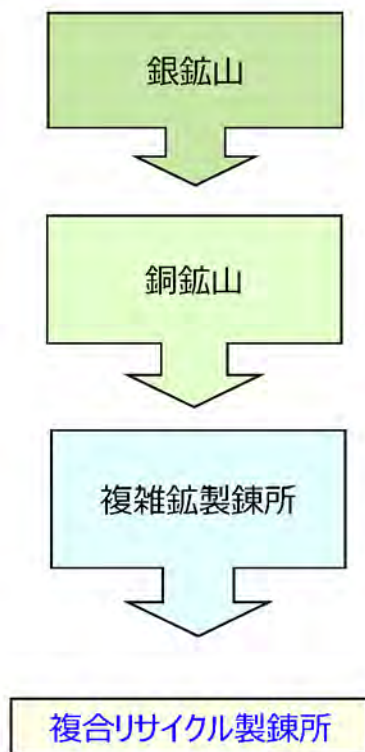


小坂製錬(銅製錬/鉛製錬)



日本ピージーエム(白金族製錬)

## ○ DOWA製錬事業の変遷



1861年 小坂で銀鉱石(土鉱)発見。南部藩営→明治政府官営

**1884年 藤田組が小坂鉱山の払下げを受ける(142年前)**

1902年 自熔製錬技術の開発。黒鉱 露天掘り採鉱

1962年 小坂鉱山 内の岱鉱床の採掘開始(黒鉱)

1967年 自熔炉導入(国内2番目)

**1971年 亜鉛事業を秋田製錬に移転**

**1980年 廃電子基板処理開始**

1990年 内の岱鉱山閉山

**1991年 日本PGMスタート**

**2008年 新製錬設備(TSL炉)本格稼動**

**2010年 亜鉛二次原料処理開始**



**“黒鉱”=複雑硫化鉱**

| 元素名 | 含黒鉱銅精鉱 | 一般的銅精鉱    |
|-----|--------|-----------|
| Au  | 50 g/t | 20        |
| Ag  | 1500   | 150       |
| Cu  | 20 %   | 28~30     |
| Pb  | 4      | 0.1~0.3   |
| Zn  | 5      | 0.1~0.4   |
| As  | 0.5    | 0.01~0.04 |
| Sb  | 0.5    | 0.01~0.03 |
| Bi  | 0.04   | <0.01     |

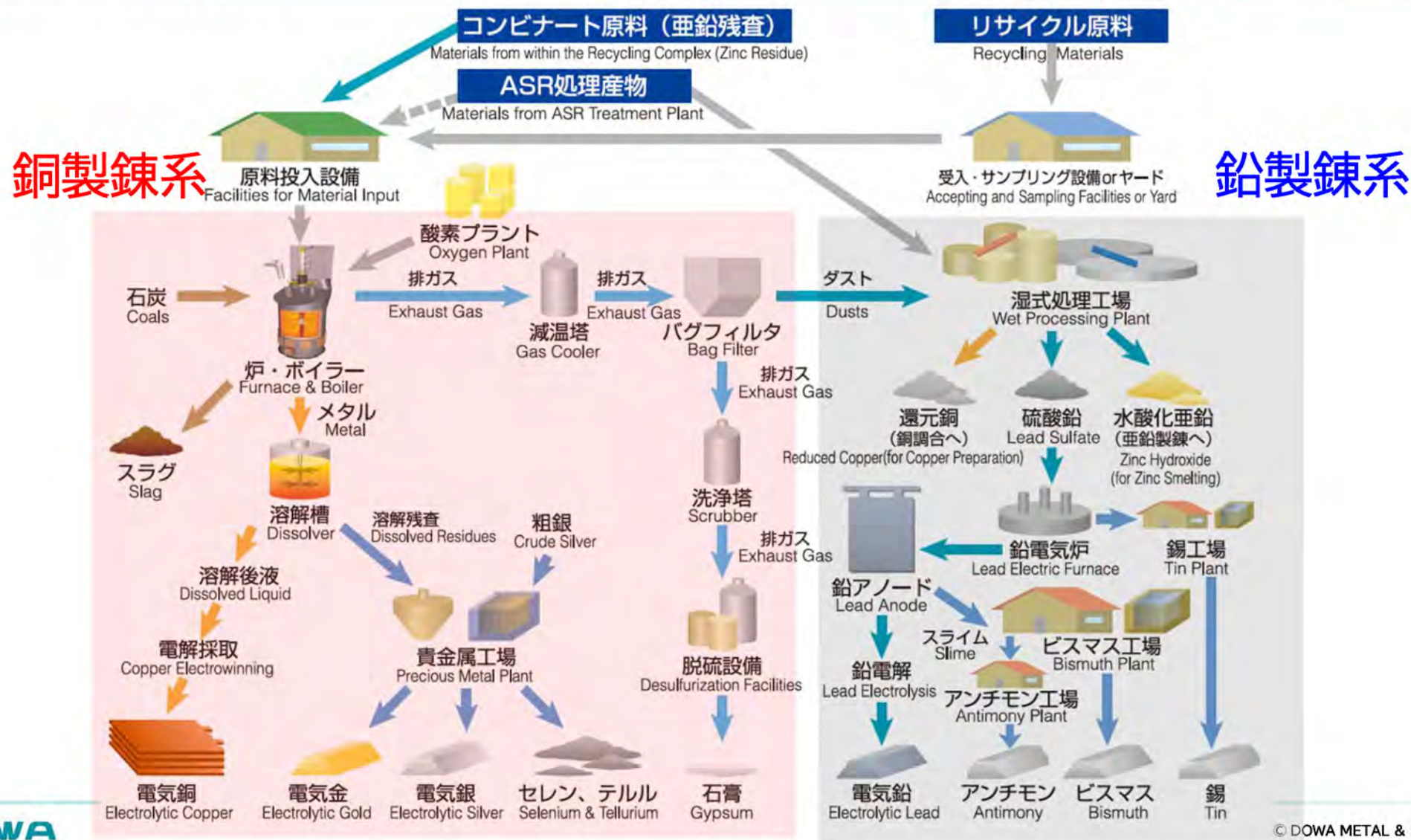
黒鉱処理の技術을背景として二次原料に注力した製錬事業を展開

※日本地質学会によって2016年に  
秋田県の「県の鉱物」に選定

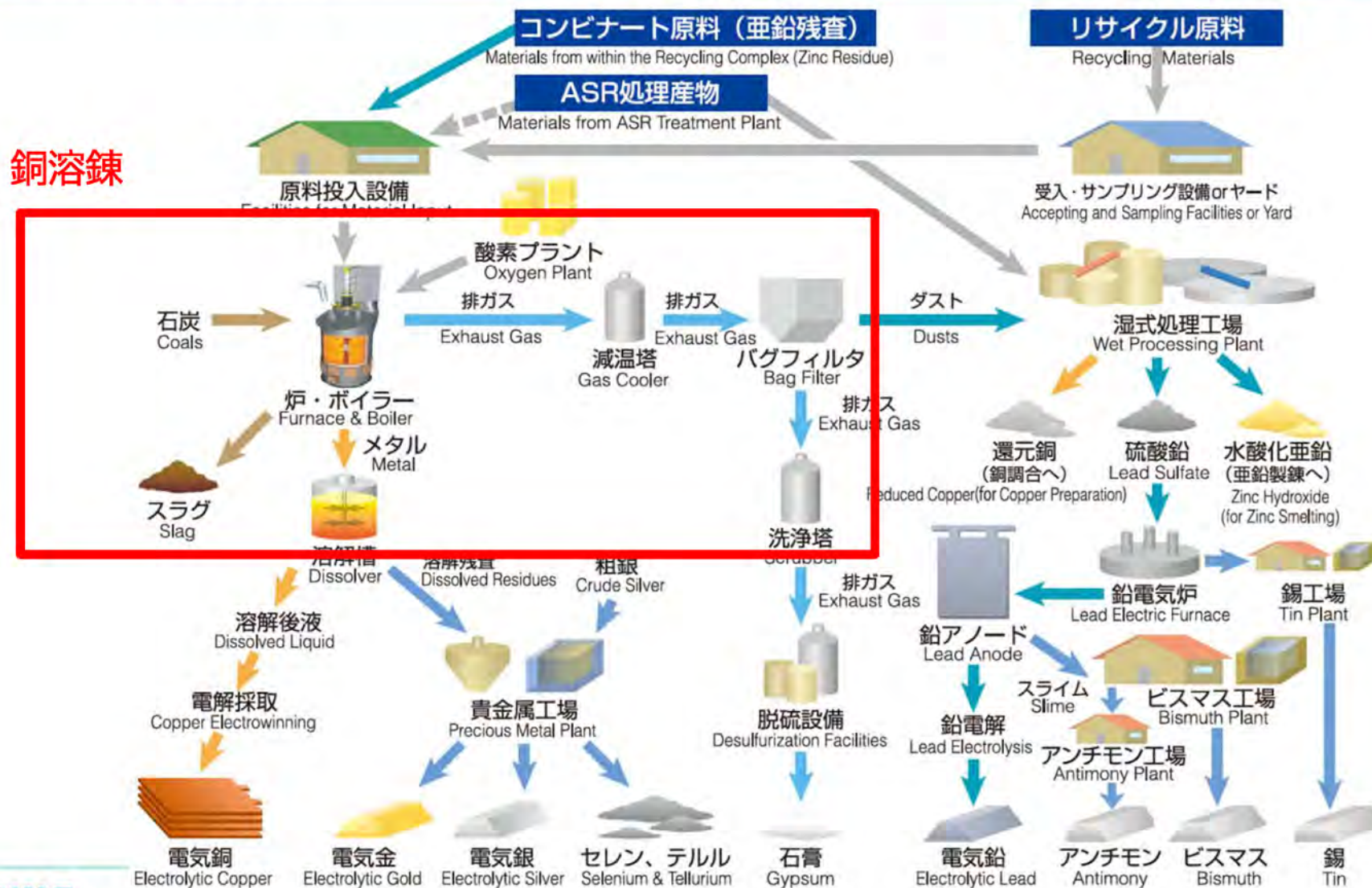
# 小坂製錬



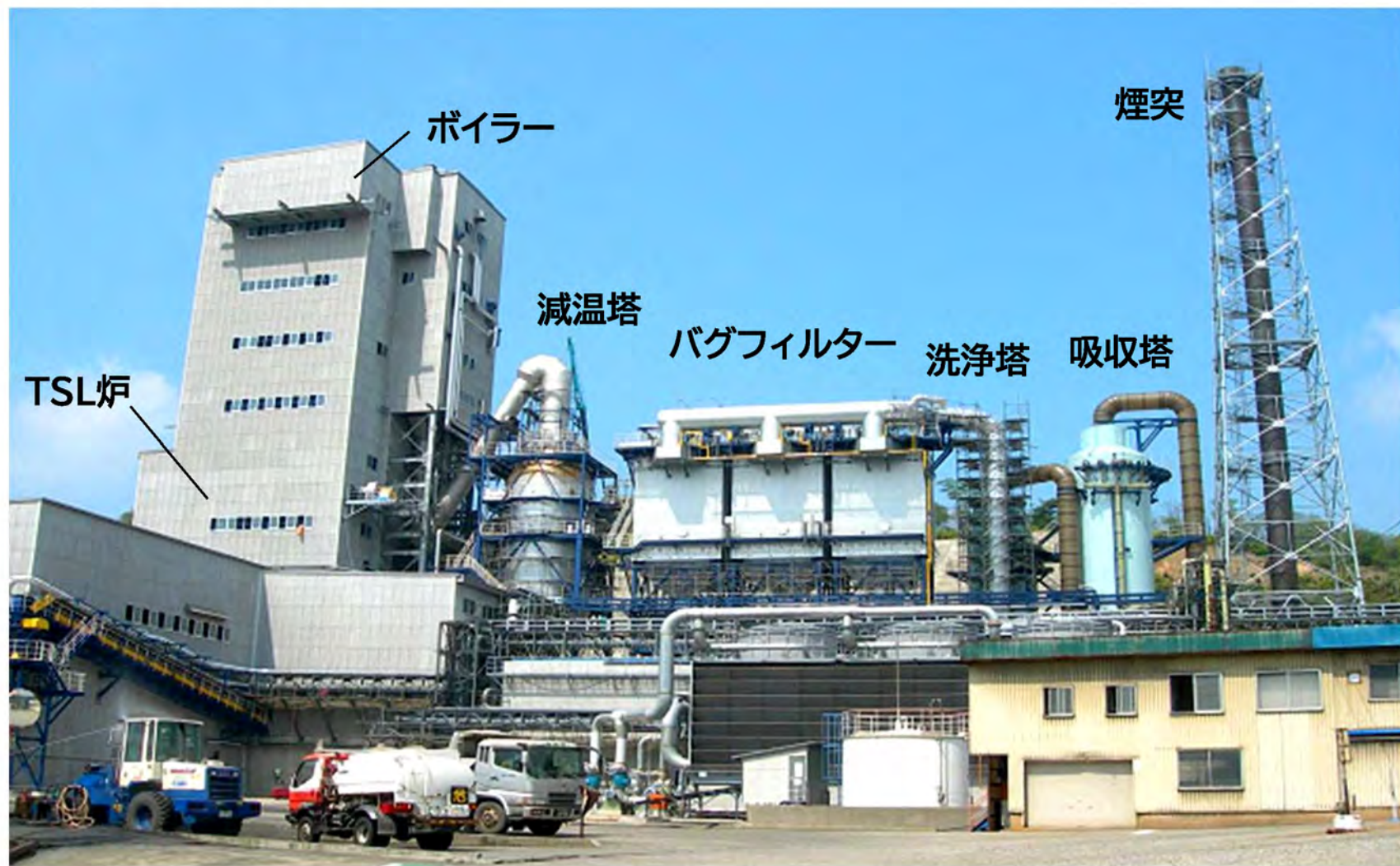
# 小坂製錬フロー



# 小坂製錬フロー



## ○ 銅溶錬 設備全景



## 銅溶錬の原料構成

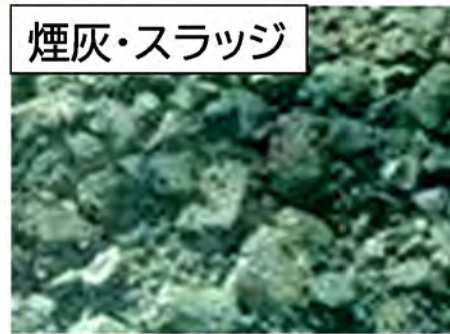
精鉱



製錬残渣



煙灰・スラッジ



パソコン・通信系基板



携帯電話



電子基板



酸化銀電池



溶融炉メタル



リードフレーム

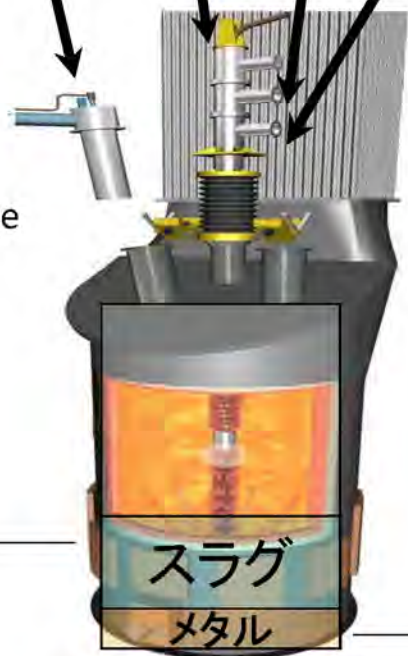


## 銅溶錬～銅電解プロセス

原料・石炭 微粉炭 酸素 空気

TSL炉

※ Top Submerged Lance



水砕スラグ

Fe, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>...

ダスト → 湿式製錬 → 鉛製錬

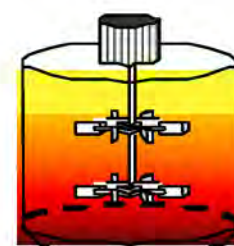
Pb, Zn, Sn, Sb...

メタル

Cu, Au, Ag, Pt, Pd...

浸出液

Cu, Ni



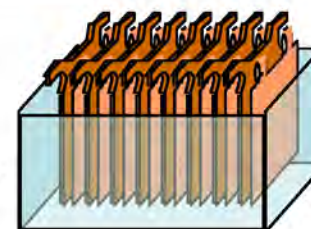
硫酸浸出

溶解槽

溶解残渣 → 貴金属工場

Au, Ag, Pt, Pd...

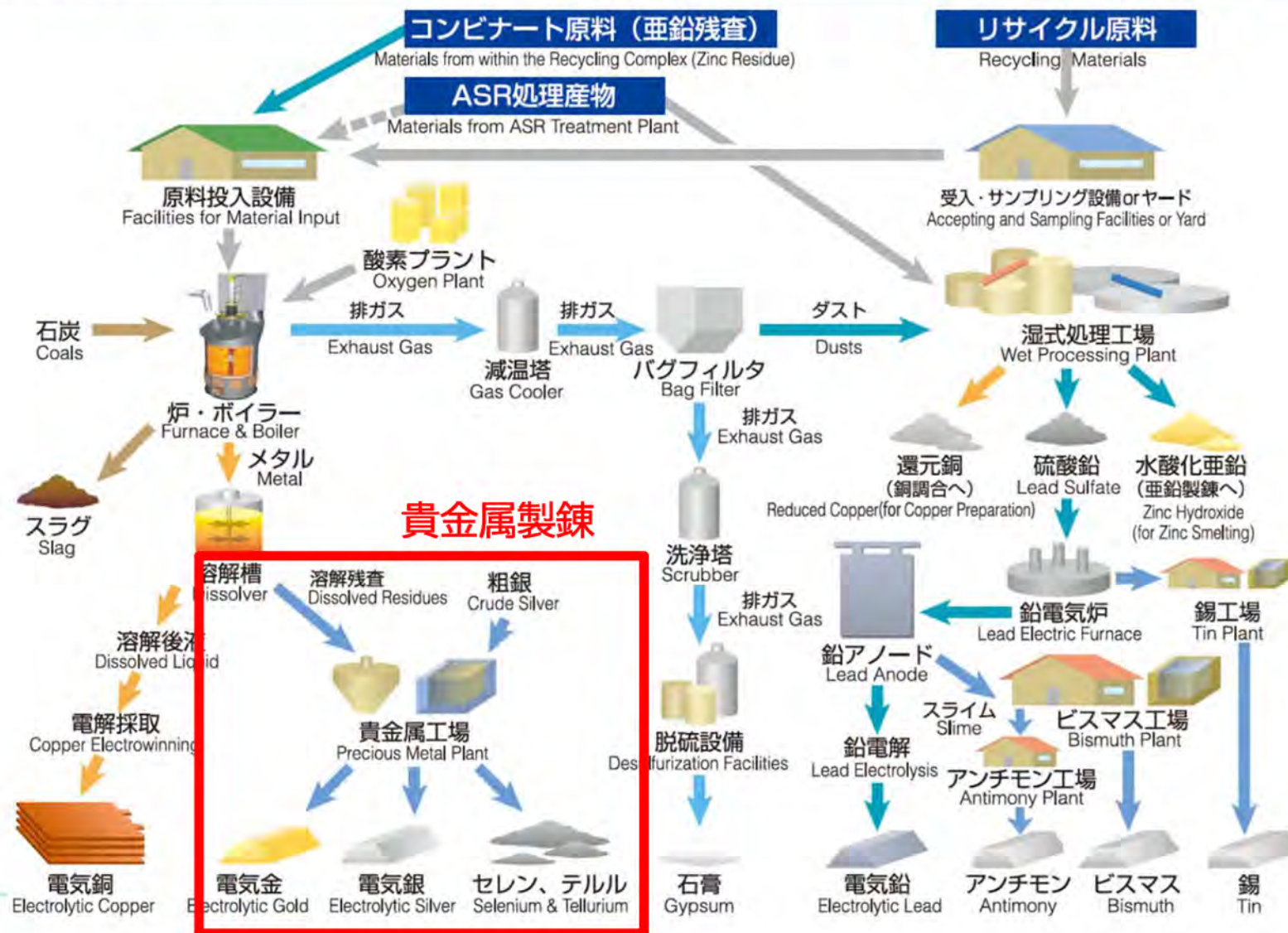
銅電解槽



## ○ 小坂製錬のTSL炉

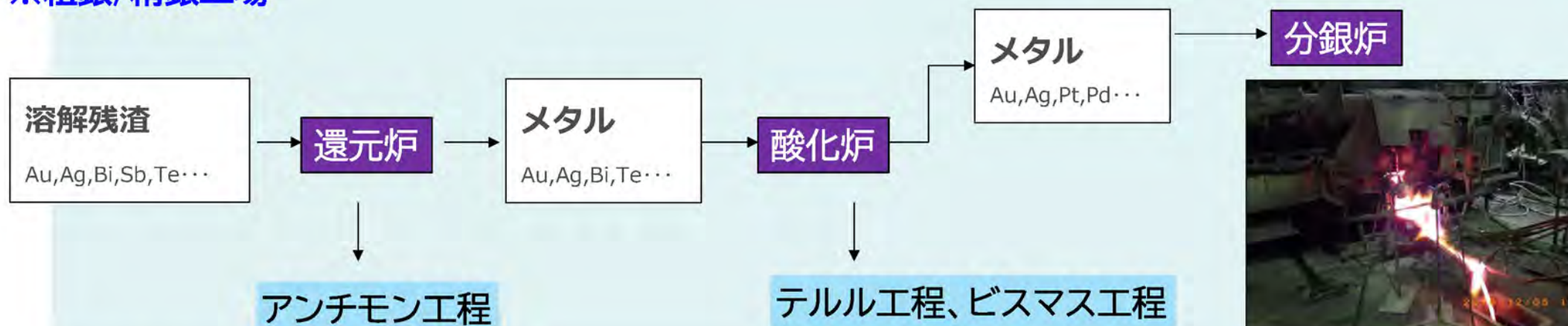


# ○ 小坂製錬フロー

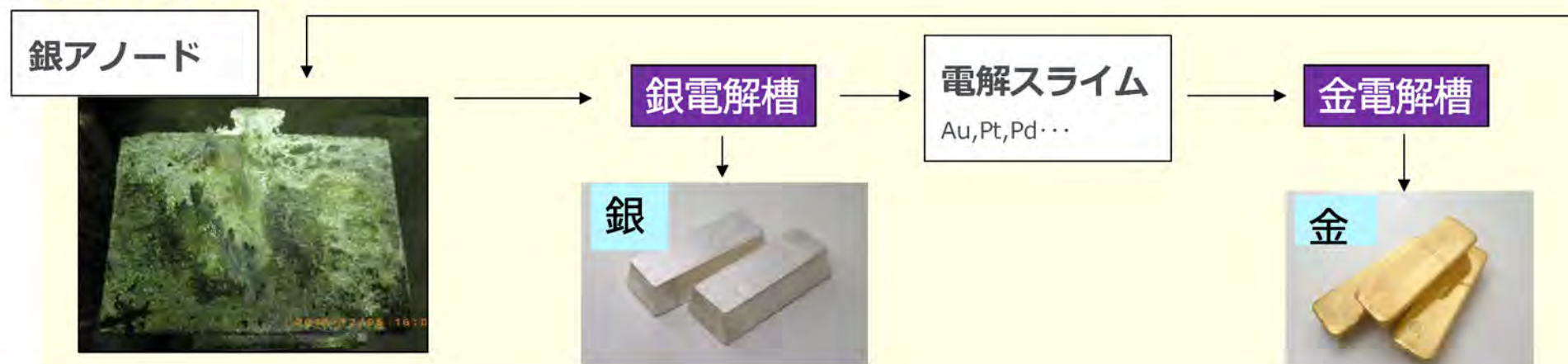


## ○ 小坂製錬での貴金属製錬

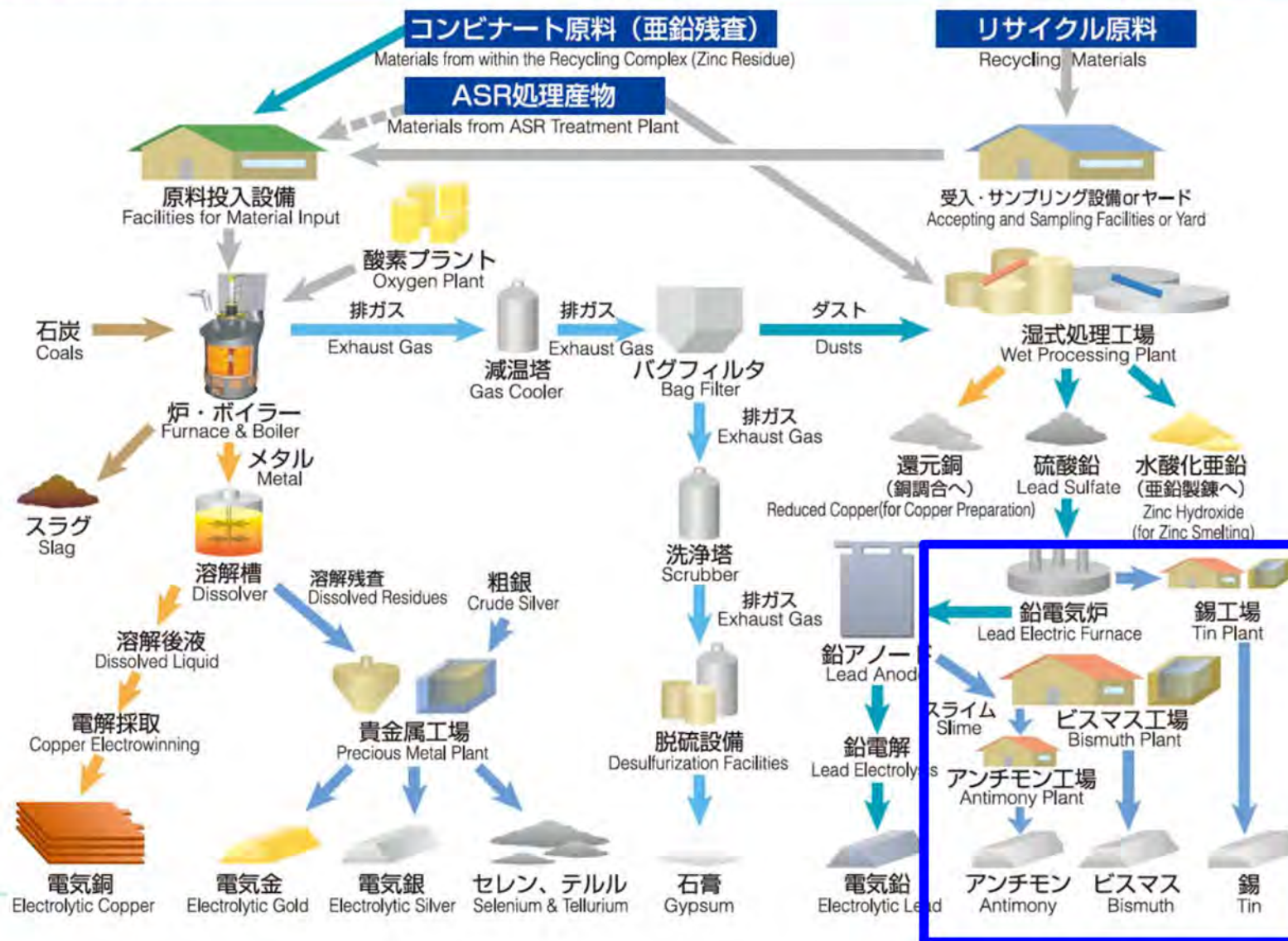
### ※粗銀/精銀工場



### ※金銀電解工場



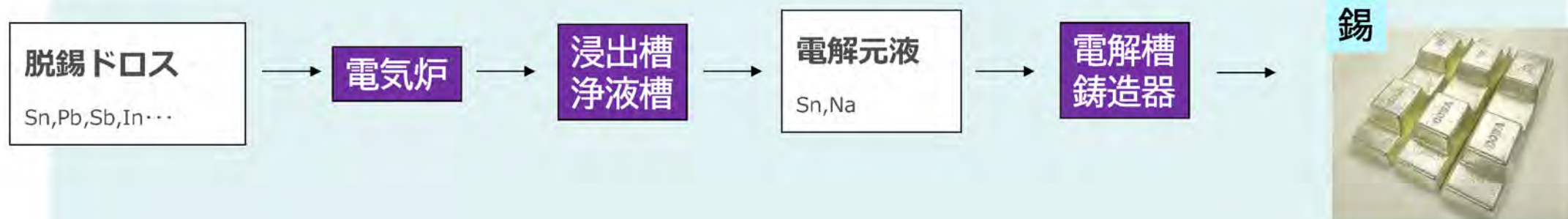
# ○ 小坂製錬フロー



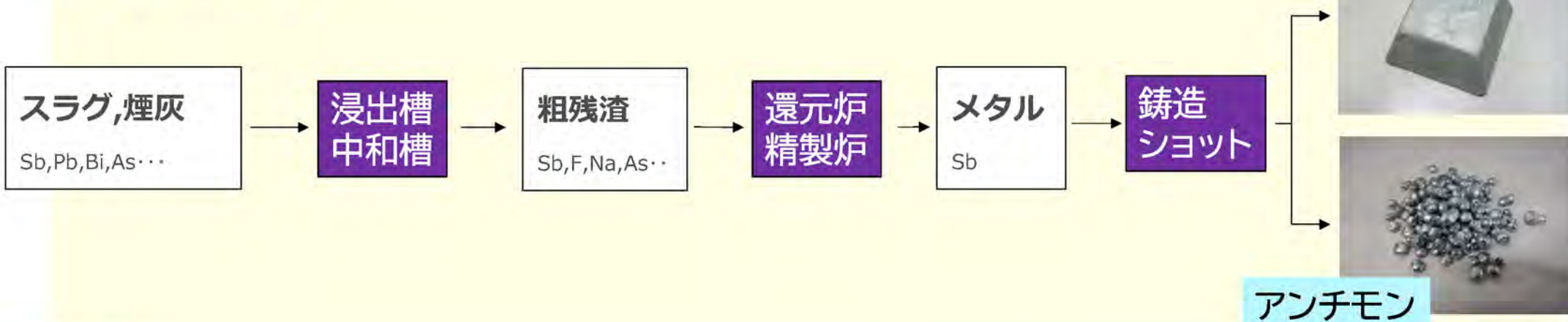
錫製錬  
アンチモン製錬

## ○ 小坂製錬での錫、アンチモン製錬

### ※錫工場



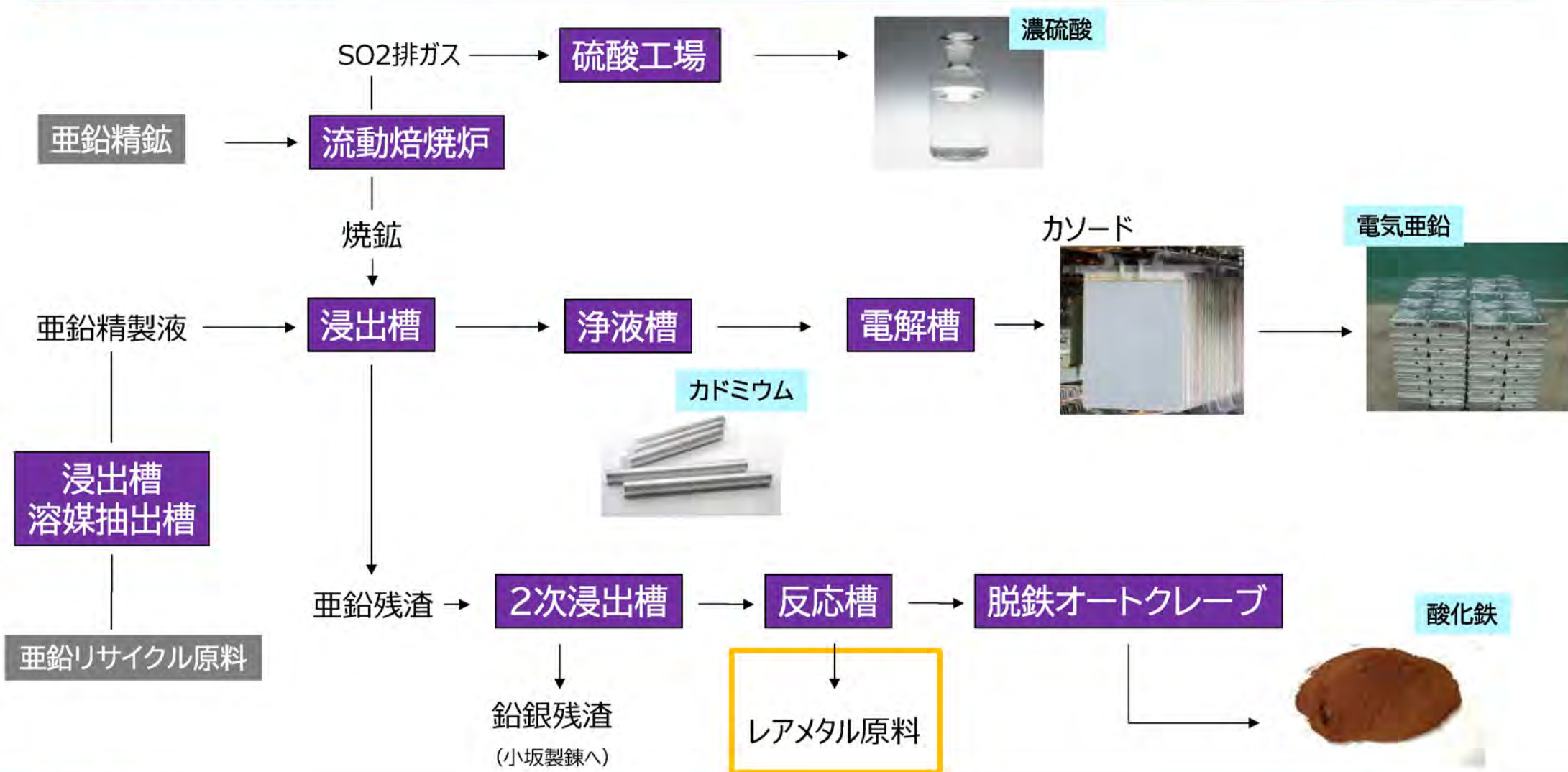
### ※アンチモン錫工場



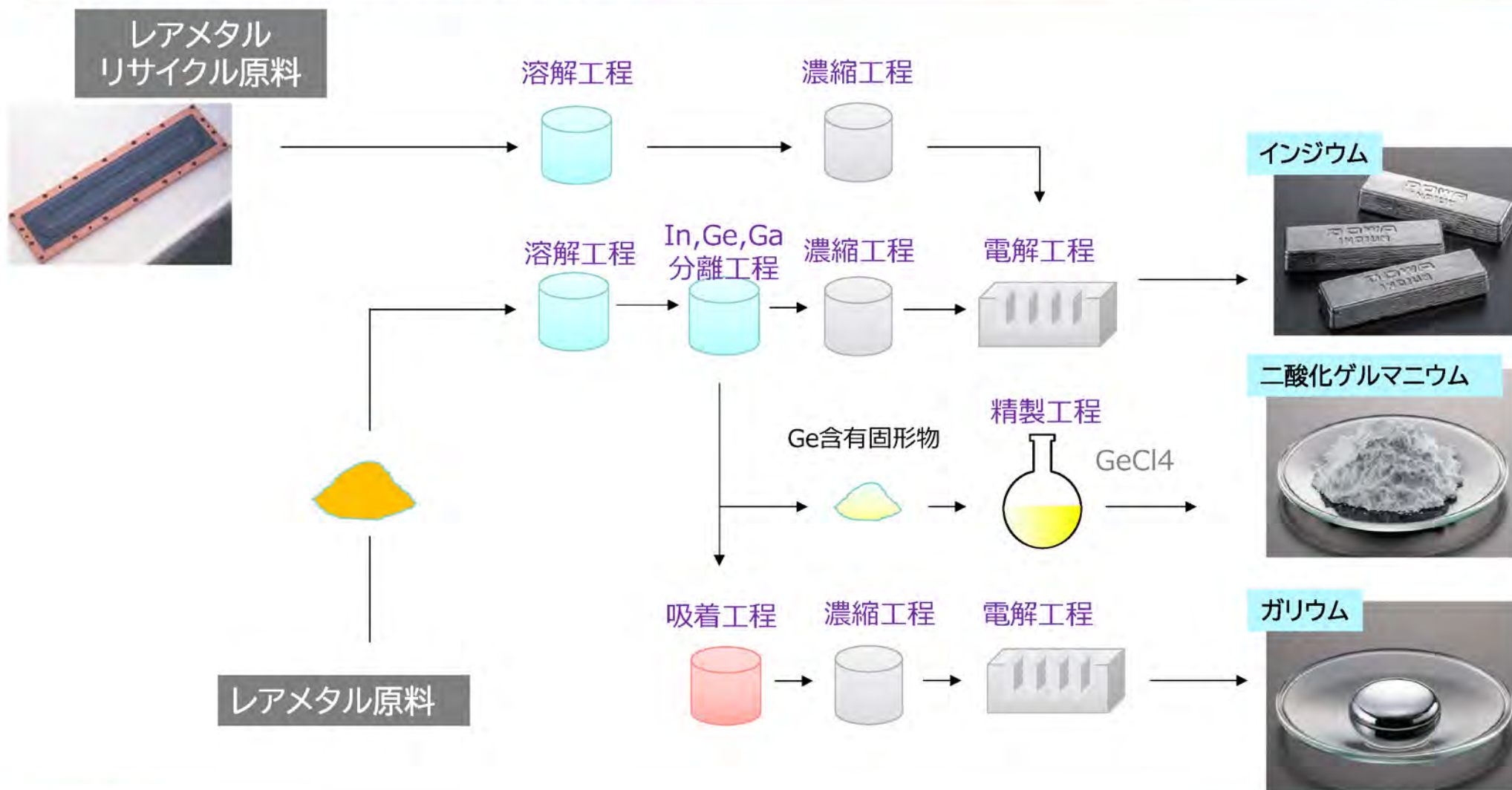
# 秋田製錬



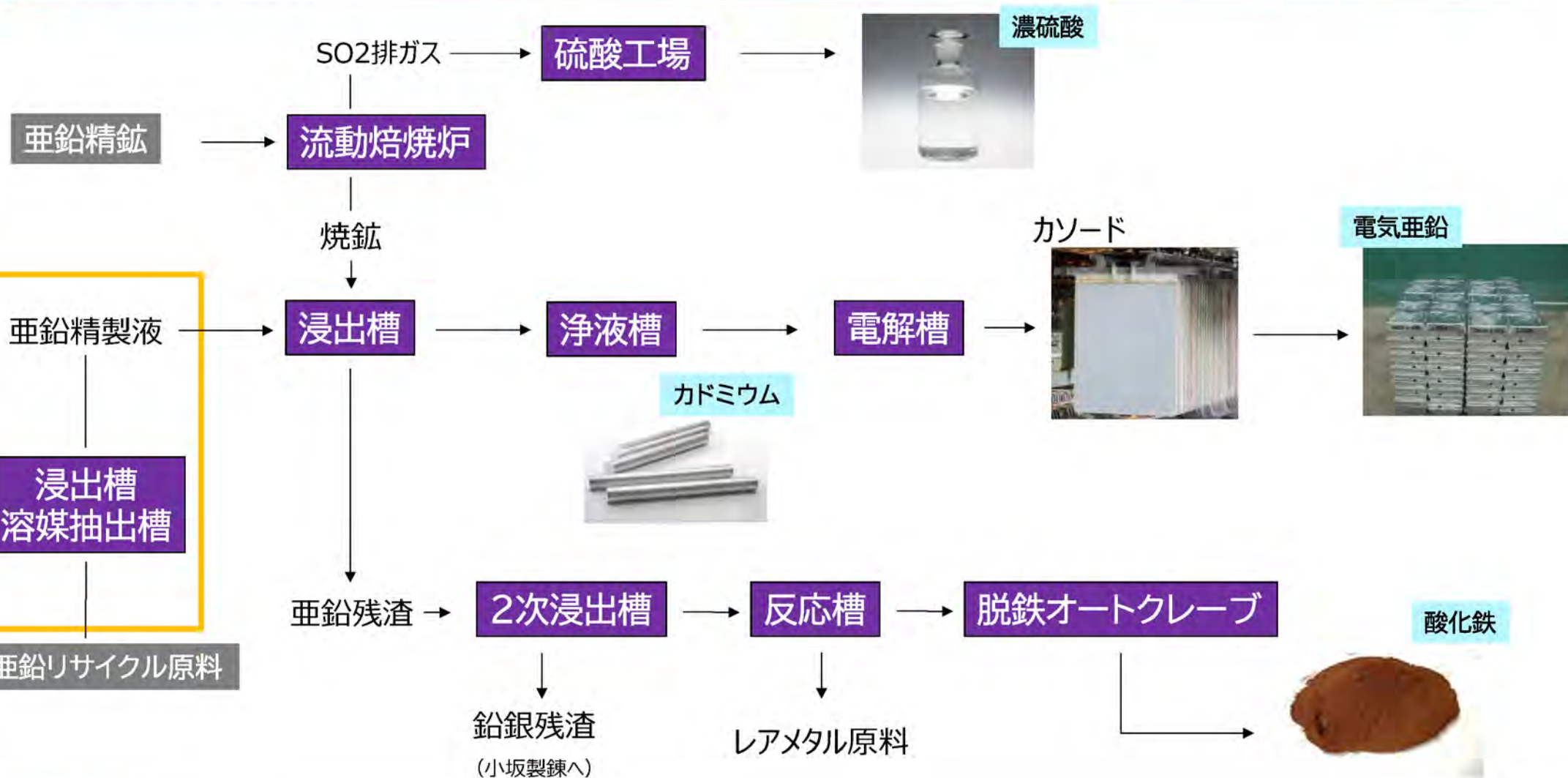
## ○ 秋田製錬フロー



## ○ 秋田製錬レアメタル処理フロー



## ○ 秋田製錬フロー



## ○ 秋田製錬リサイクル処理フロー

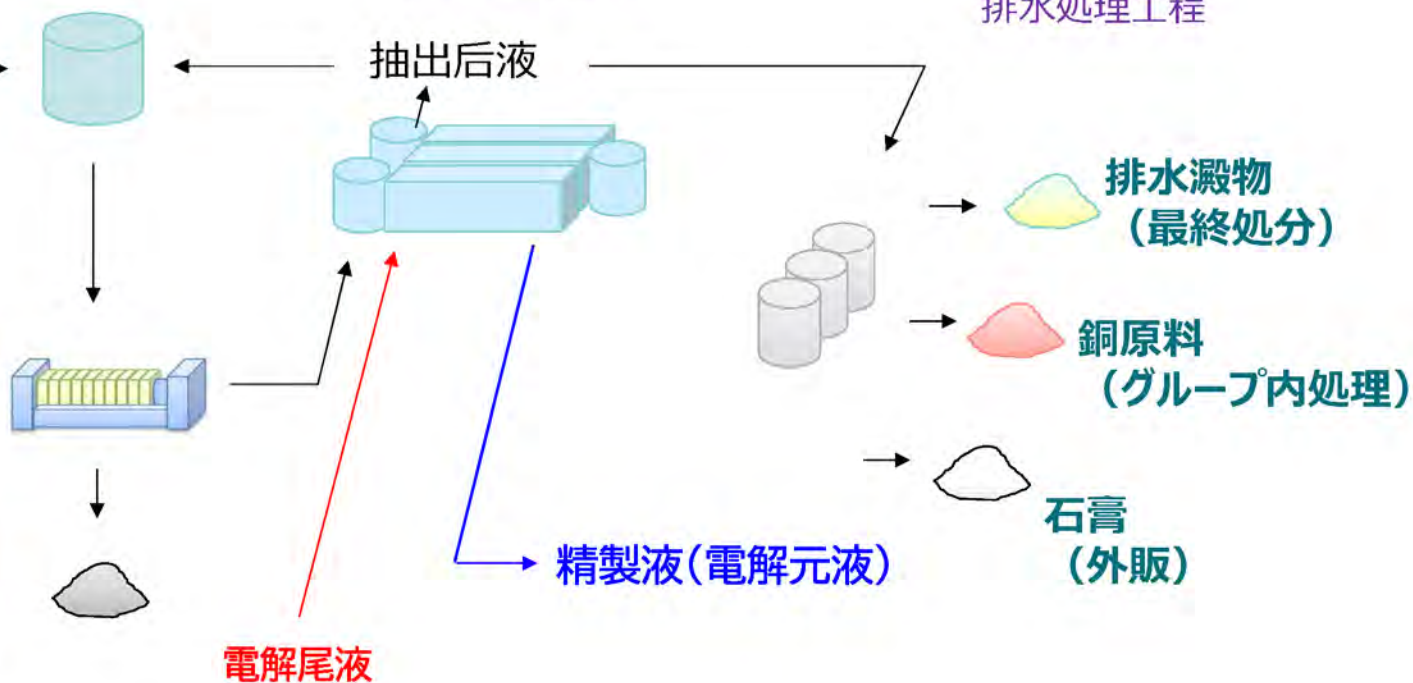
亜鉛リサイクル原料



浸出工程

溶媒抽出工程

排水処理工程



| Zn品位<br>% | Fe品位<br>% | Pb品位<br>% | SiO <sub>2</sub> 品位<br>% |
|-----------|-----------|-----------|--------------------------|
| 45～70     | 1～15      | 1～10      | 0.2～2.5                  |

| Na品位<br>% | K品位<br>% | Cl品位<br>% | F品位<br>% |
|-----------|----------|-----------|----------|
| 1～4       | 1～8      | 2～10      | 0.1～1    |

※鉄鋼や電炉メーカーにおいて、  
製鋼ダストからFeをリサイクルする  
過程でZn濃縮物が回収される

# 日本ピージーエム



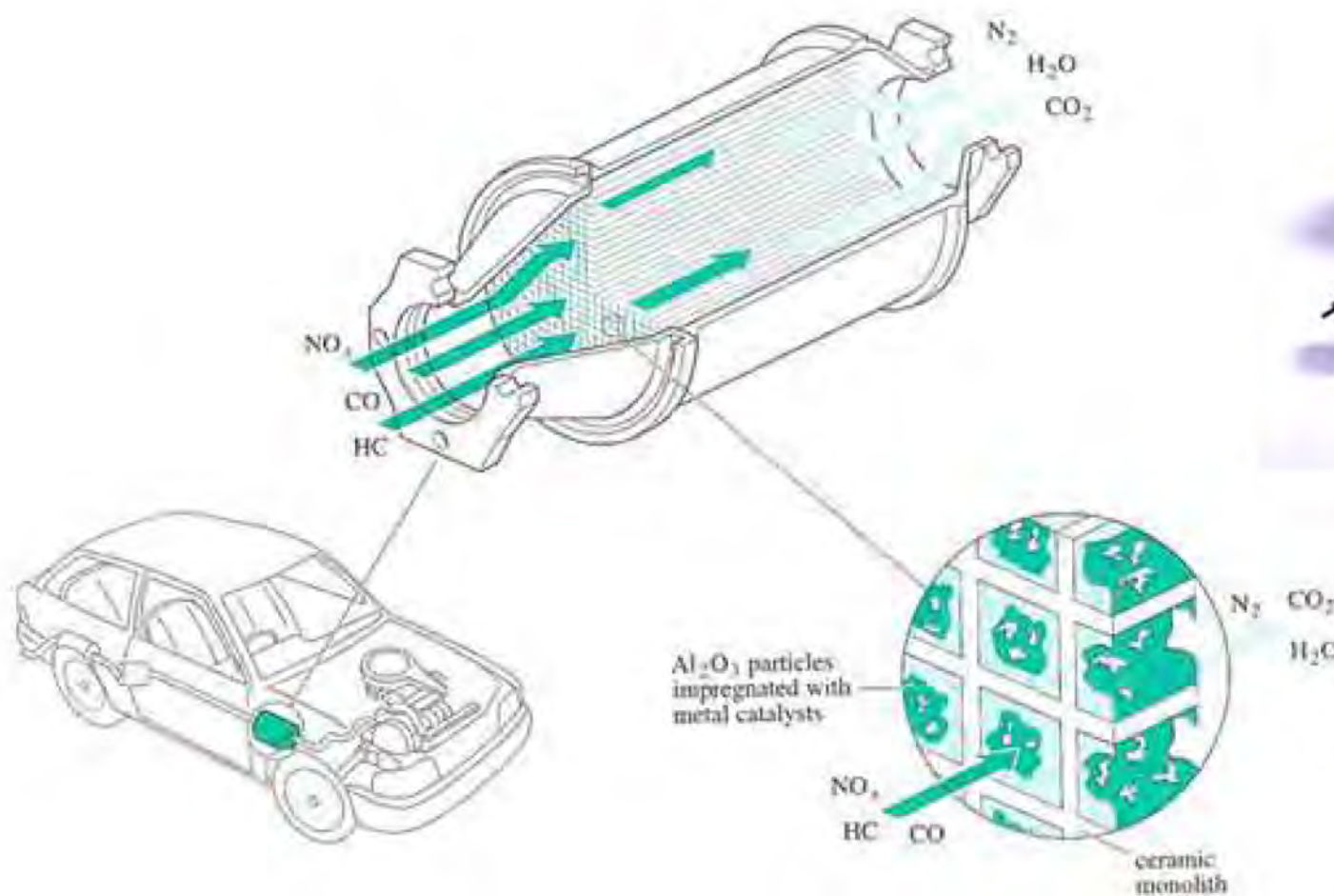
|    |   |               |     |
|----|---|---------------|-----|
| 株主 | : | DOWAメタルイン株式会社 | 40% |
|    |   | 小坂製錬株式会社      | 20% |
|    |   | 田中貴金属工業株式会社   | 40% |

**DOWA**

**TANAKA**  
The Future is Precious.

※田中貴金属工業とDOWAグループの共同出資

## ○ 自動車触媒について



### 三元触媒の役割:

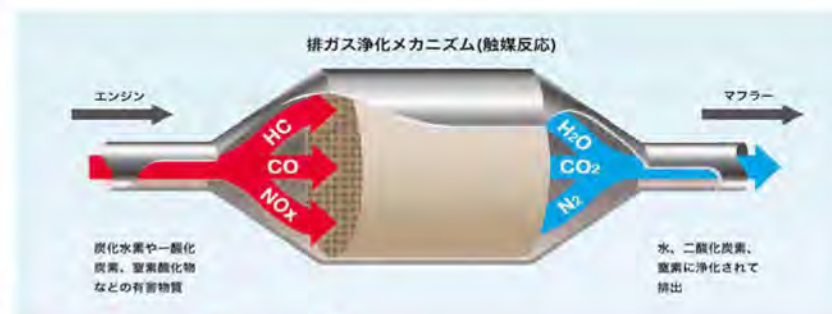
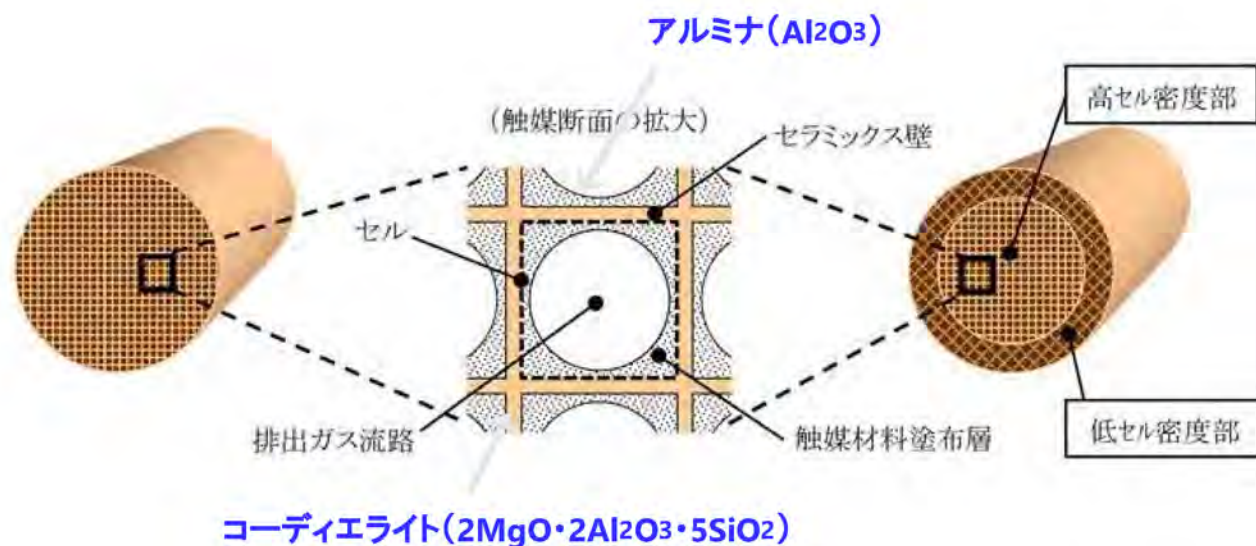
排ガス中の有害物質:

炭化水素(HC), 一酸化炭素(CO), 窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )を**Pt, Pd, Rh**を触媒として浄化し、無害な水( $\text{H}_2\text{O}$ ), 二酸化炭素( $\text{CO}_2$ ), 窒素( $\text{N}_2$ )に変換する。

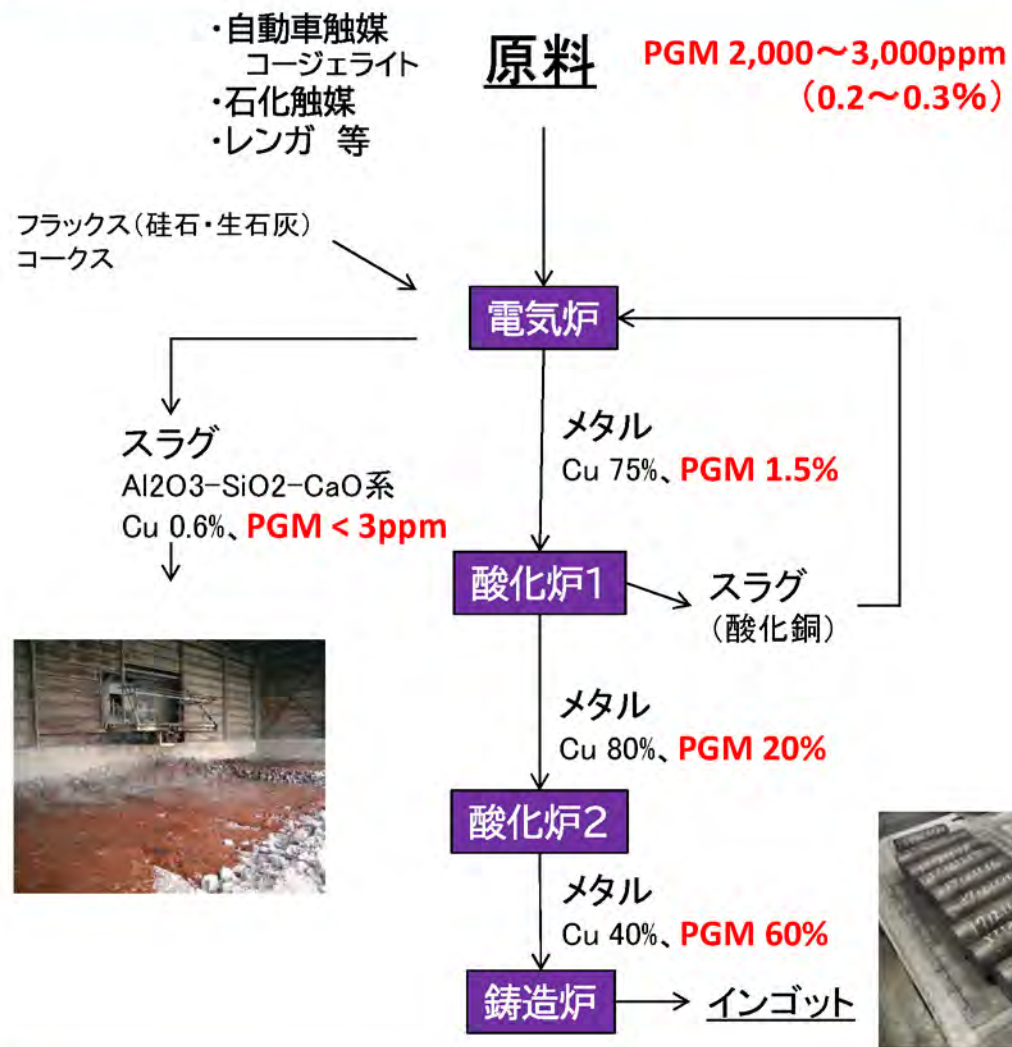
## ○ 自動車触媒について

セラミックスの表面に触媒金属を担持し、浄化すべき排ガスとの接触を保ちます。

高温と急激な温度変化に耐えるようコーディエライトをセラミックスの構造体を使用し、あわせて排ガスとの接触面積を大きくするようハニカム構造をしています。



# 日本ピージーエムのフロー

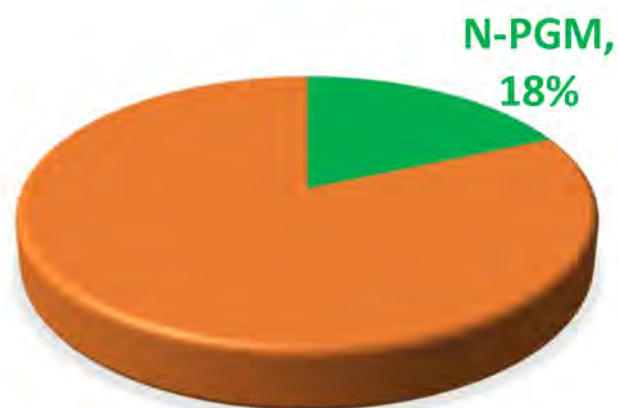


→ TTK(田中貴金属工業)にて精製分離

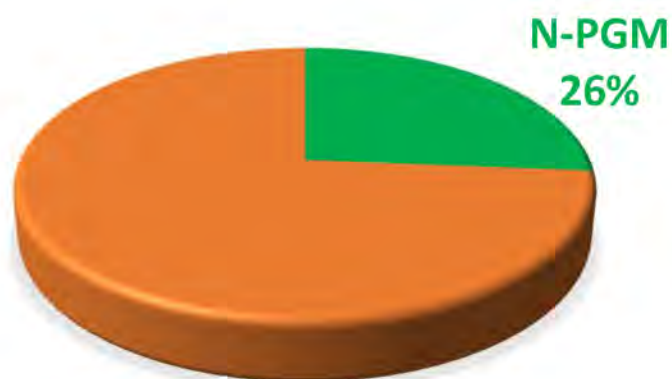
## ○ 日本ピージーエムのリサイクルシェア

|       | プラチナ Pt        | パラジウム Pd       | ロジウム Rh       | トン/年 |
|-------|----------------|----------------|---------------|------|
| 採鉱製錬  | 190            | 217            | 24            |      |
| リサイクル | 65 <b>12.0</b> | 97 <b>25.5</b> | 10 <b>3.3</b> |      |

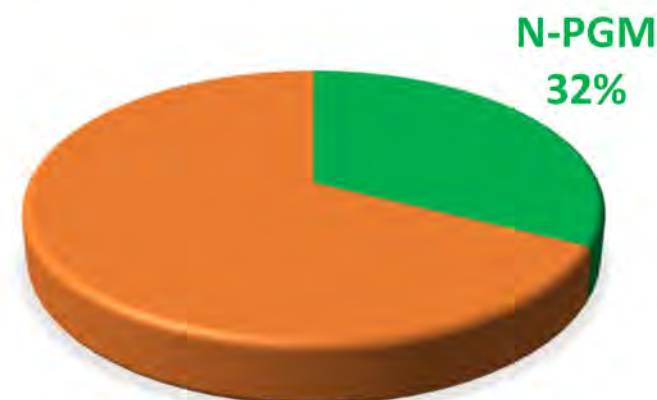
※PGMの凡そ1/4がリサイクル由来、リサイクルの1/4が日本ピージーエム由来



Pt

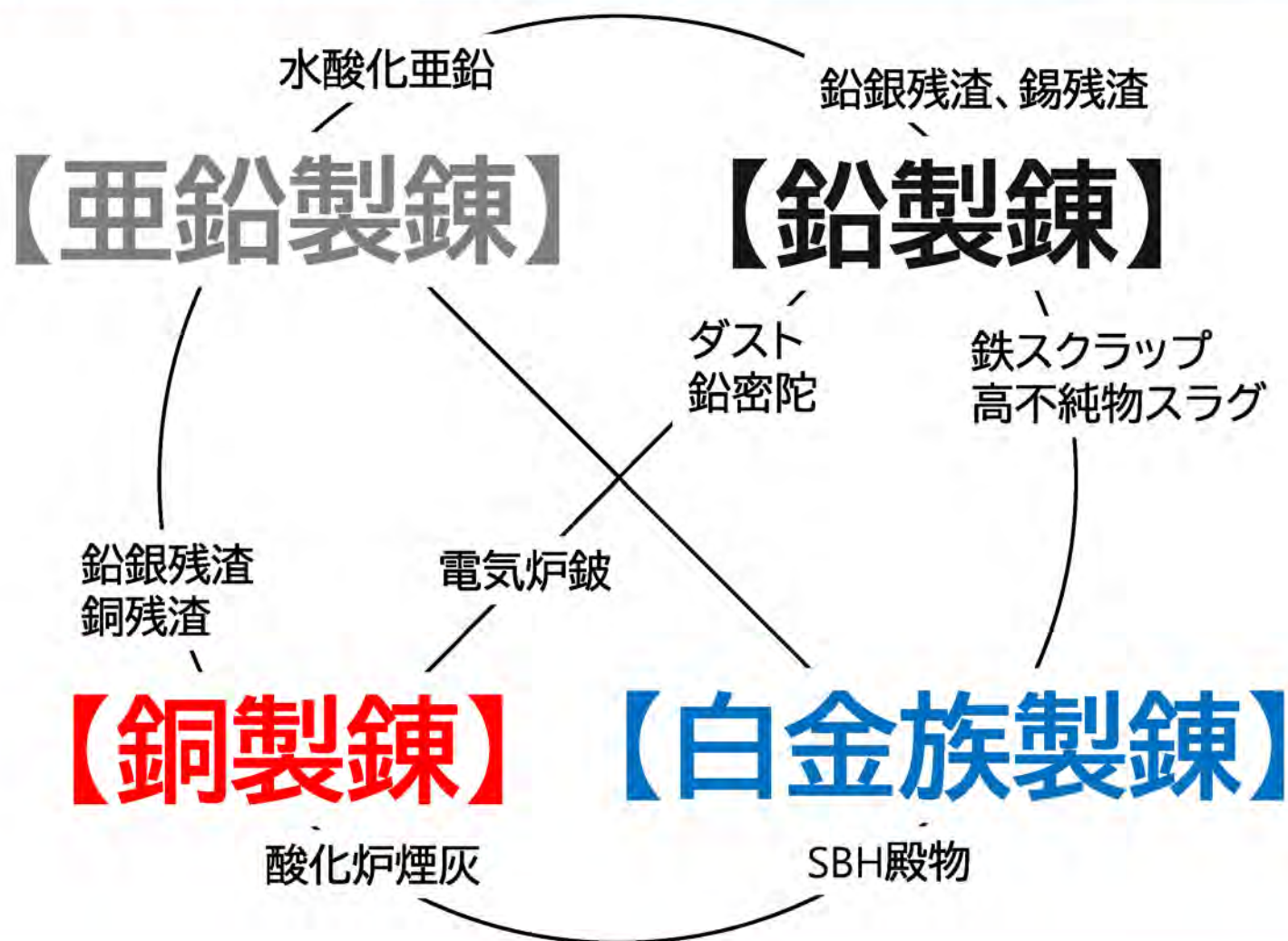


Pd

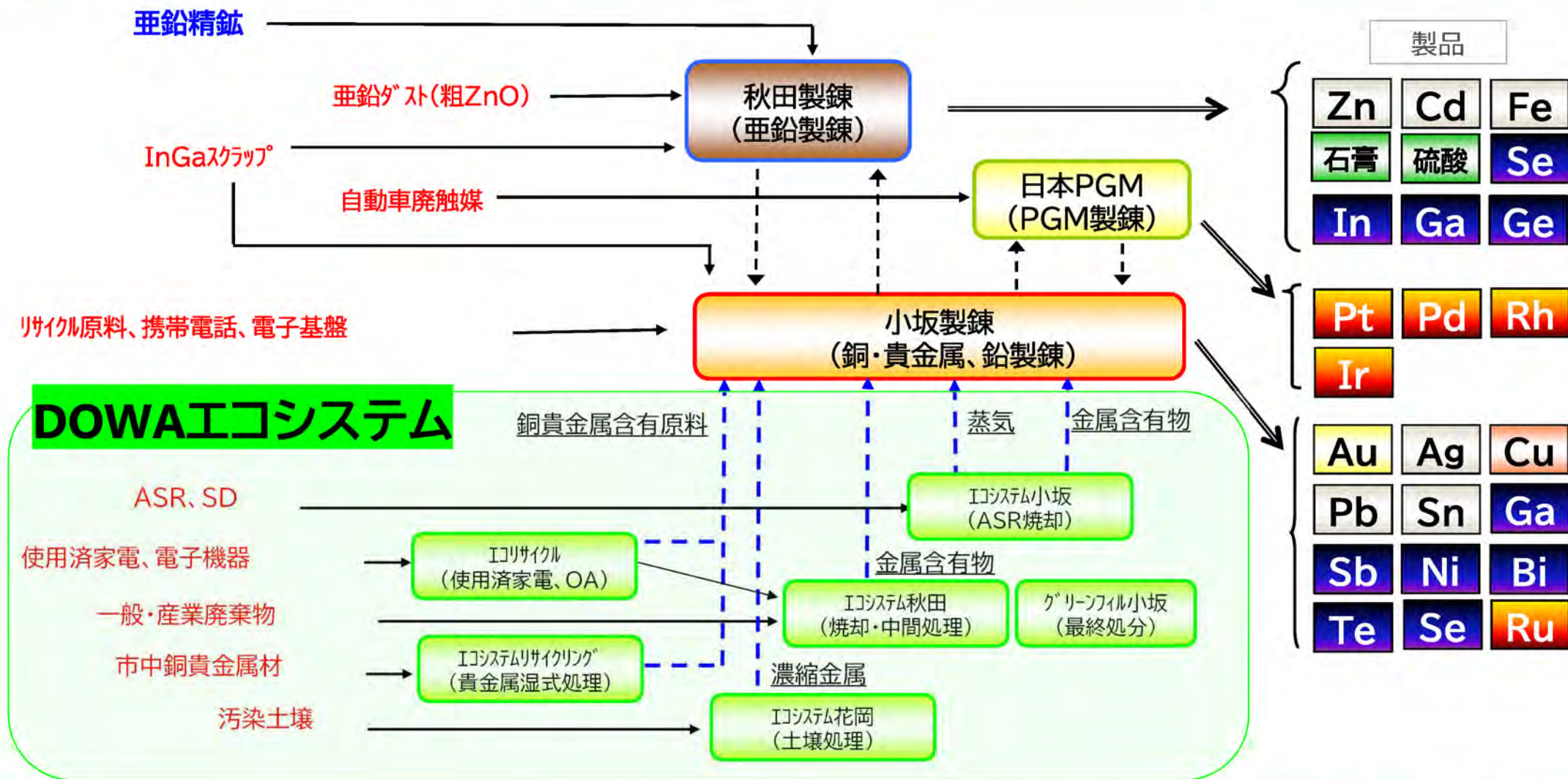


Rh

## ○ DOWAのクワッド処理(リサイクル複合コンビナート)



# DOWAのリサイクルネットワーク



## ○ 最終製品



## 背景

### 外部

- ・ 経済安全保障における重要鉱物資源の国内での安定的な確保
- ・ 製錬原料の獲得競争の激化
- ・ 労働人口の急激な減少
- ・ 資源循環と脱炭素の両立

### 内部

- ・ 100年以上前から使用する敷地や設備レイアウトであり、設備やインフラの老朽化も顕著
- ・ 労働生産性の大幅な向上による、労働人口減少への抜本対策が必要

## 実施に際しての課題

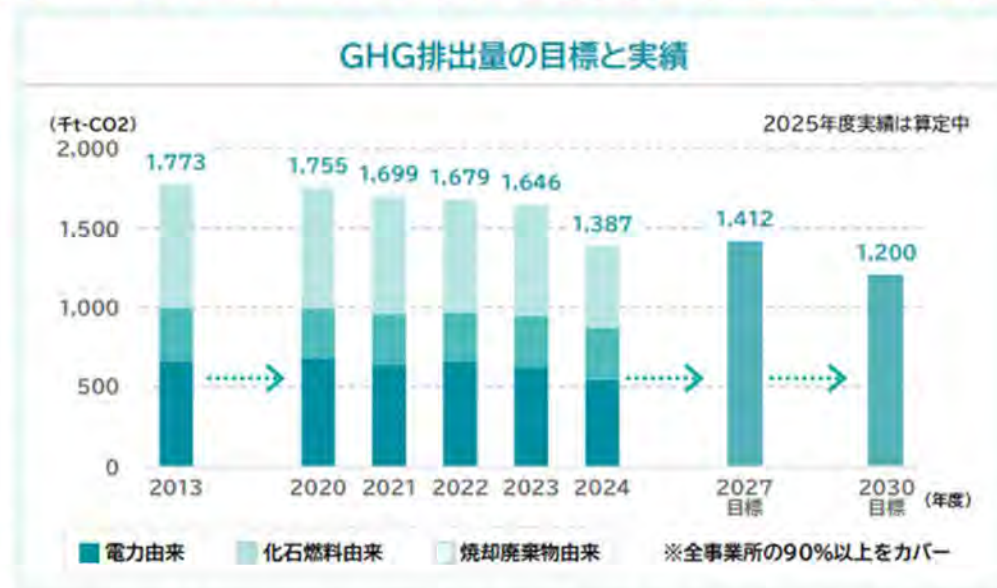
持続的な資源循環のために

## 顕在化している課題

### ①二次原料特有の不純物による設備腐食

|                      | Au | Ag  | Cu | S  | Pb   | Zn  | As   | Sb   | Bi   | Sn    | ハロゲン |
|----------------------|----|-----|----|----|------|-----|------|------|------|-------|------|
| 亜鉛製錬残渣               | ◎  | ◎   | ▼  | ▼  | ◎    | ◎   | ≡    | ◎    | ◎    | ◎     | ▼    |
| スラッジ                 | ○  | ○   | ≡  | ▼  | ◎    | ▼   | ◎    | ◎    | ◎    | ◎     | ◎    |
| パソコン基板               | ◎  | ◎   | ▼  | ▼  | ◎    | ○   | ≡    | ◎    | ≡    | ◎     | ◎    |
| 携帯電話                 | ◎  | ◎   | ▼  | ▼  | ○    | ≡   | ▼    | ○    | ≡    | ◎     | ◎    |
| 銅条材等                 | ▼  | ▼   | ◎  | ▼  | ▼    | ▼   | ▼    | ▼    | ▼    | ◎     | ▼    |
| 熔融炉メタル               | ○  | ▼   | ▼  | ▼  | ≡    | ▼   | ▼    | ○    | ≡    | ○     | ▼    |
| 銅精鉱(平均)<br>単位(ppm,%) | 10 | 100 | 28 | 30 | 0.08 | 0.8 | 0.08 | 0.01 | 0.01 | 0.005 | 0.02 |

### ②カーボンニュートラル(DOWA全体のGHG排出)



※製錬は金属を溶解・電解する為、エネルギー多消費の産業

### ③資源循環における収率向上への取組み

小坂製錬はAu,Ag回収に重点を置いたプロセスであり、その他元素の収率は必ずしも良くない。

## ①二次原料特有の不純物による設備腐食

### ハロゲンによる設備腐食



鉛溶錬の排ガスファンローターに応力腐食割れが発生。

※引張応力+腐食環境による内部への亀裂発生⇒破断

材質をSUS304⇒**SUS329J4L**

にアップグレード



鉛電気炉排ガス電気集塵機  
で放電極の断線、集塵極の開口  
放電極 SS400⇒**ハステロイ**  
集塵極 SS400⇒**SUS316L**  
にアップグレード



## ①二次原料特有の不純物による設備腐食

二次原料特有の不純物(ハロゲン)による設備腐食



湿式製錬の排ガスファンローターの腐食割れ

塗装コーティング実施



## ②製錬事業におけるカーボンニュートラル(再生可能エネルギー)

電力 ⇒ 再生可能エネルギーの活用

化石燃料(還元剤・燃料) ⇒ バイオマス等のカーボンニュートラルな資源の活用

水力発電 明治30年～  
大湯川水系の総落差218mを利用した  
流れ込み式の水力発電所が6か所

太陽光発電 2025.5月～発電開始

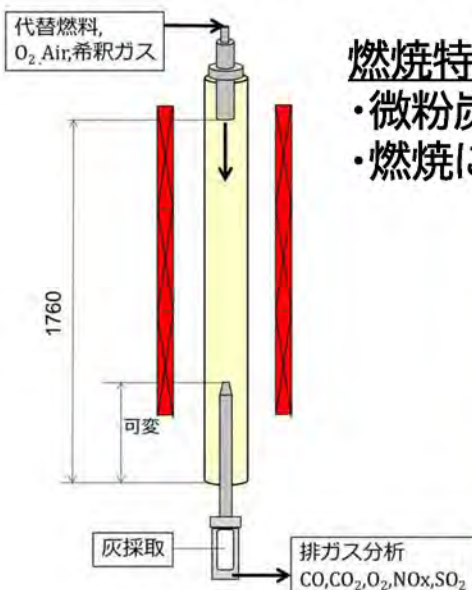


廃熱蒸気タービン 2025.12月発電開始



## ②製錬事業におけるカーボンニュートラル（代替燃料試験炉）

### <ドロップチューブ炉>



#### 燃焼特性の調査

- ・微粉炭との比較(燃焼速度, NOx)
- ・燃焼に影響を及ぼす因子の調査



### <TSLパイロットプラント>

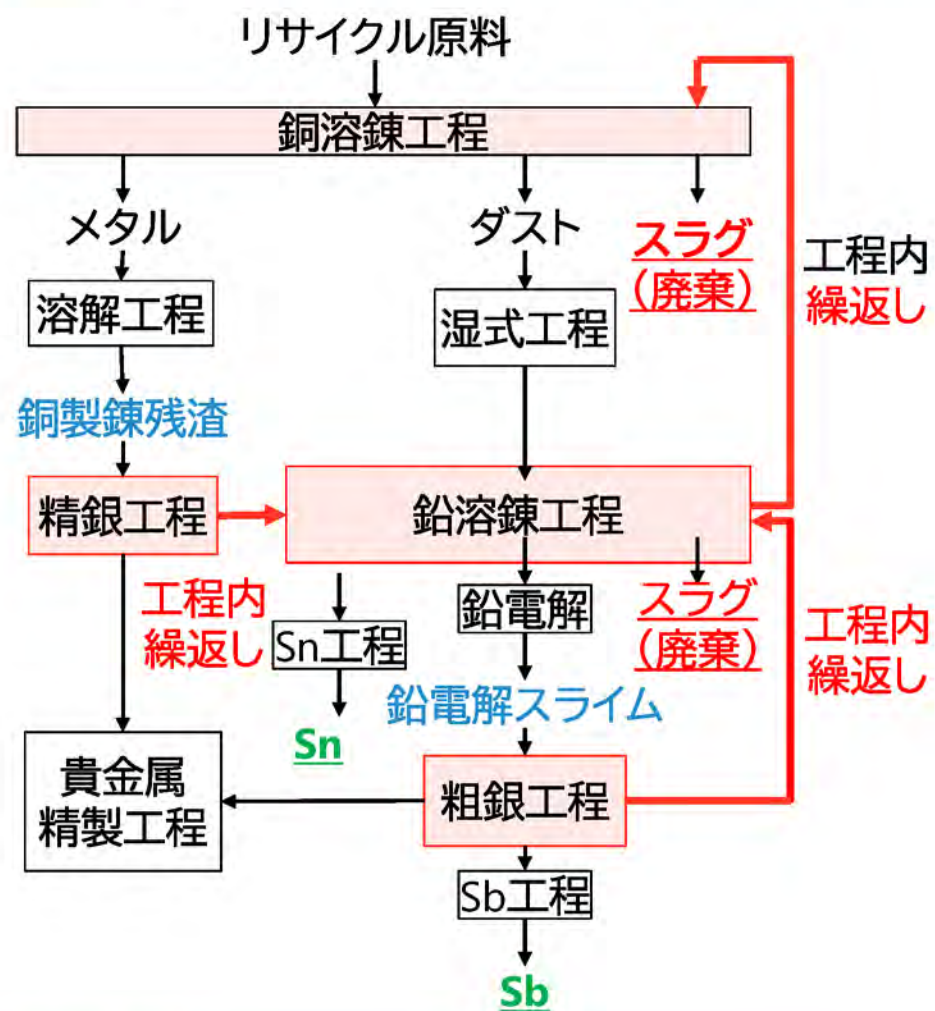


#### 実証試験

原料処理500kg/バッチ  
炉体 Φ500(内寸)×2200H

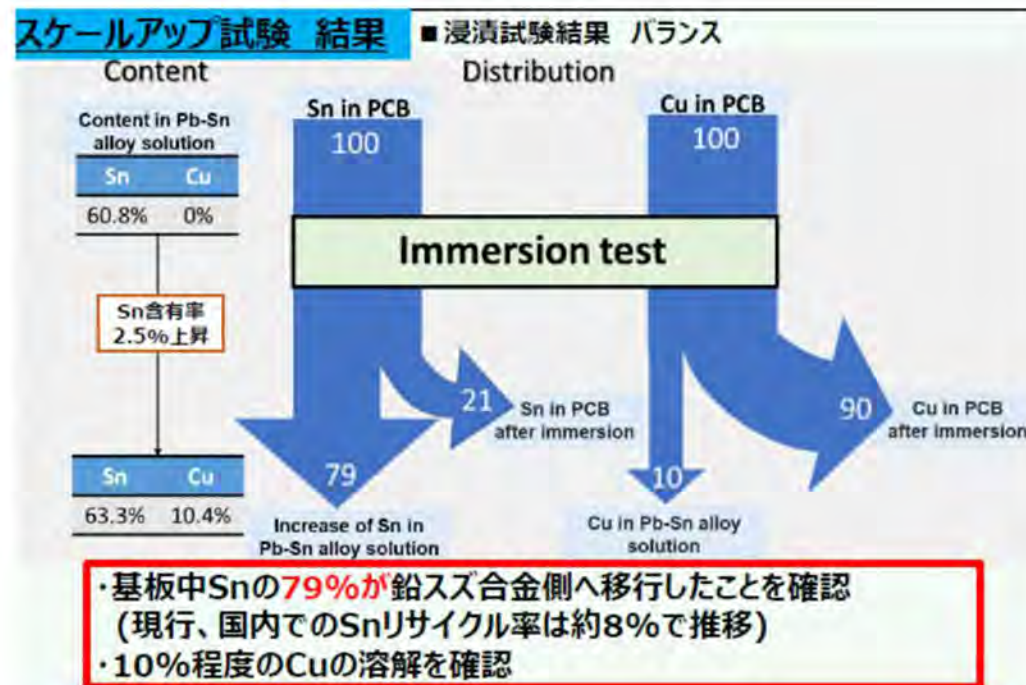
ヤシ殻等のバイオマス燃料の他、ホワイトペレット(木質系)、ブラックペレット(木質系半炭化)、産業廃棄物などを用いて燃焼試験を実施中。発熱量や燃焼性、ハンドリング性を確認。  
2030年に使用石炭の半分の代替を目指している。

### ③資源循環におけるSn,Sbの収率向上への取り組み



### 廃基板をPb-Sn共晶溶湯での浸漬

※秋田大学/DOWAで共同研究



## ○ 結言

---

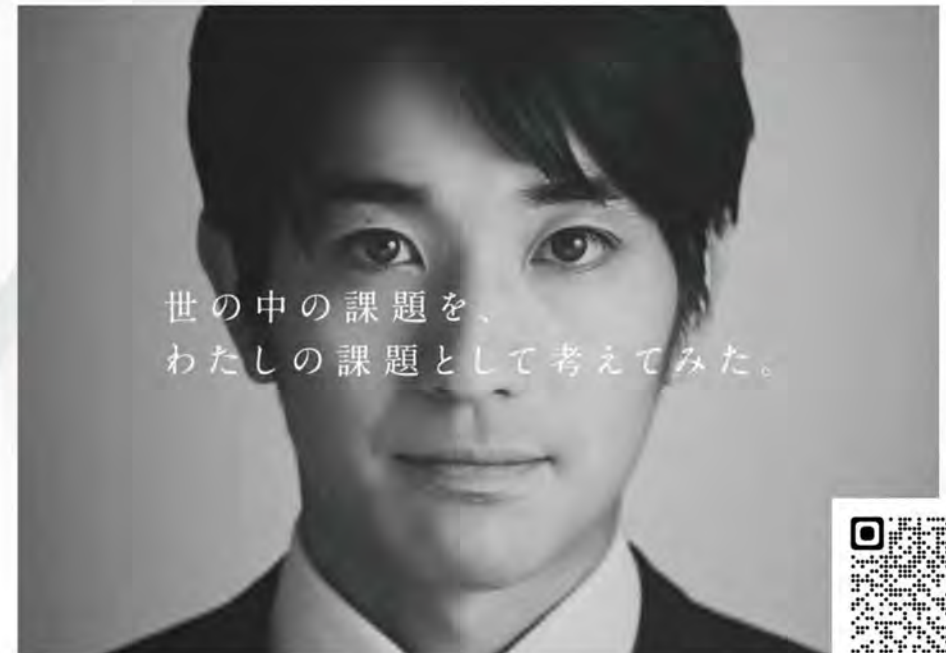
- 天然資源は有限であり、我々の生活を豊かにしてくれる製品の素材はますますリサイクルによって供給されることになると考えられる。
- DOWAグループは銅製錬、鉛製錬、亜鉛製錬、白金族製錬を上手に活用し、金、銀、銅や白金という高価な金属だけでなく20種類以上の元素のリサイクルを事業として実施している。
- これまでも多くの技術的課題や社会的課題を克服して現在に至っているが、まだまだ解決しなければならない問題も数多く存在し、解決に向け取り組んでいる。



限りあるものから金属を生み出し  
付加価値を与え、社会に還元する。

いま、世界が目指している「循環型社会」。  
そのなかで  
「資源がめぐる真ん中にはいつもDOWAがいる」と  
感じてもらえる存在を目指して。

ご清聴ありがとうございました。



世の中の課題を、  
わたしの課題として考えてみた。

