

非鉄金属(製錬)企業のSDGs取り組みと課題 —プロセス面からの—考察—

1. 非鉄金属製錬企業におけるSDGsの位置づけ
2. 非鉄金属製錬企業の取り組み
3. 資源リサイクル
4. プロセス革新
 - 4-1 乾式製錬と湿式精錬
 - 4-2 ニッケル精錬
 - 4-3 貴金属精錬
 - 4-4 銅製錬
5. 提言(妄言)

東京大学生産技術研究所特任教授
住友金属鉱山(株)顧問
黒川晴正

1. 非鉄金属製錬企業におけるSDGsの位置づけ

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

世界を変えるための17の目標



非鉄金属製錬企業にできること

7 エネルギーをみんなに
そしてクリーンに



9 産業と技術革新の
基盤をつくらう



12 つくる責任
つかう責任



13 気候変動に
具体的な対策を



- 7.2 再生可能エネルギーの割合を増大
- 7.3 エネルギー効率の改善率を増大
- 7.A エネルギー関連インフラとクリーンエネルギー技術への投資

- 9.1 インフラ開発
- 9.4 資源利用効率の向上、クリーン技術ならびに環境に配慮した技術・産業プロセス導入拡大を通じたインフラ改良や産業改善
- 9.B 開発途上国の国内における技術開発、研究およびイノベーション支援

- 12.2 天然資源の持続可能な管理および効率的な利用
- 12.4 廃棄物の大気、水、土壌への排出を大幅に削減

13.2 気候変動対策を国別の政策、戦略および計画に盛り込む



- 1. **温室効果ガスの削減**
使用エネルギー削減(エネルギー効率、省エネ、廃熱利用・・・)
再生可能エネルギー割合増大
- 2. インフラのための基礎素材提供
- 3. 省エネ・創エネ、蓄エネのための機能性材料提供
- 4. 天然資源の効率的運用(難処理原料・リサイクル)
- 5. 廃棄物の削減
- 6. 発展途上国の技術開発支援

本報告の切り口

プロセスの革新

2. 非鉄金属製錬企業の取り組み

非鉄金属製錬企業の取り組み概要

取り組み	内 容
BAT(Best Available Technology) ベストプラクティス	酸素プラント更新、 硫酸工場更新 、自家発電機更新 運転条件の改善、製造ラインの合理化 リサイクル燃料使用 高効率機器への更新(ポンプ、圧縮機、変圧器)、電動機インバーター化 廃熱回収強化、保温対策・蒸気漏れ対策の強化 LED照明化
他部門での貢献	再エネ発電の建設と利用拡大(水力発電、太陽光発電、地熱発電)
海外での削減貢献	再エネ発電、省エネ
革新的な技術開発	製錬プロセスの革新 、電子機能性材料の開発
その他	環境・リサイクル事業 他

非鉄金属製錬事業における地球温暖化対策の取り組み
低炭素社会実行計画 2016年度実績報告 平成29年12月 日本鉱業協会



ブレイクスルーが難しい
インクリメント インプリューブメント(小改善の積み重ね)で乾いたタオルを絞る

国内非鉄金属業界低炭素社会実行計画と実績

	基準年度 (1990年度)	2017年度実績	2020年度目標 CO ₂ 原単位 Δ 15%	2030年度見直目標 CO ₂ 原単位 Δ 26%
生産活動量* (万t)	213.2 (100)**	241.6 (113)	256.0 (120)	256.0 (120)
エネルギー消費量 (原油換算万KI)	169.7 (100)	144.0 (85)	163.8 (97)	143.9 (85)
エネルギー原単位 (原油換算KI/t)	0.796 (100)	0.596 (75)	0.640 (80)	0.562 (71)
CO ₂ 排出量 (万t-CO ₂)	410.9 (100)	359.5 (87)	419.6 (102)	365.1 (89)
CO ₂ 原単位 (t-CO ₂ /t)	1.927 (100)	1.488 (77; Δ 23%)	1.639 (85; Δ 15%)	1.427 (74; Δ 26%)

生産活動量* 銅、亜鉛、鉛、ニッケル、フェロニッケル地金生産量にそれぞれの平均建値を乗じて計算

非鉄金属製錬事業における地球温暖化対策の取り組み
2018年9月18日 日本鉱業協会

()** 基準年度(1990年度)を100とする

地金構成差(フェロニッケル減産)による好転、原子力発電所停止による電力排出係数上昇等の影響はあるが、**非鉄金属各社の継続的改善により、足元でもCO₂原単位は、2020年度目標達成、2030年度見直し目標もほぼ達成。**大きな増産も計画されていないため、CO₂排出量絶対値も達成可能

銅製錬の温室効果ガス(エネルギー)削減例

銅製造プロセスフロー



Mineralstreet.jp HPより

鉱石採掘



銅鉱石(0.5~1.0%)



浮遊選鉱



銅精鉱(20~40%)



製錬



アノード(99%)



電解精製



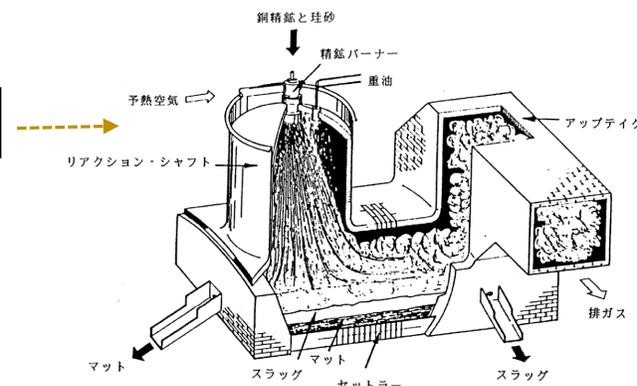
電気銅(99.99%)



セロベルデ (ペルー) 鉱山 (住友金属鉱山HPより)



mric.jogmec.co.jpより



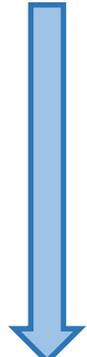
MESCO HPより



硫酸プラント
住友ケミカルエンジニアリング HPより

硫酸製造

SO₂ガス



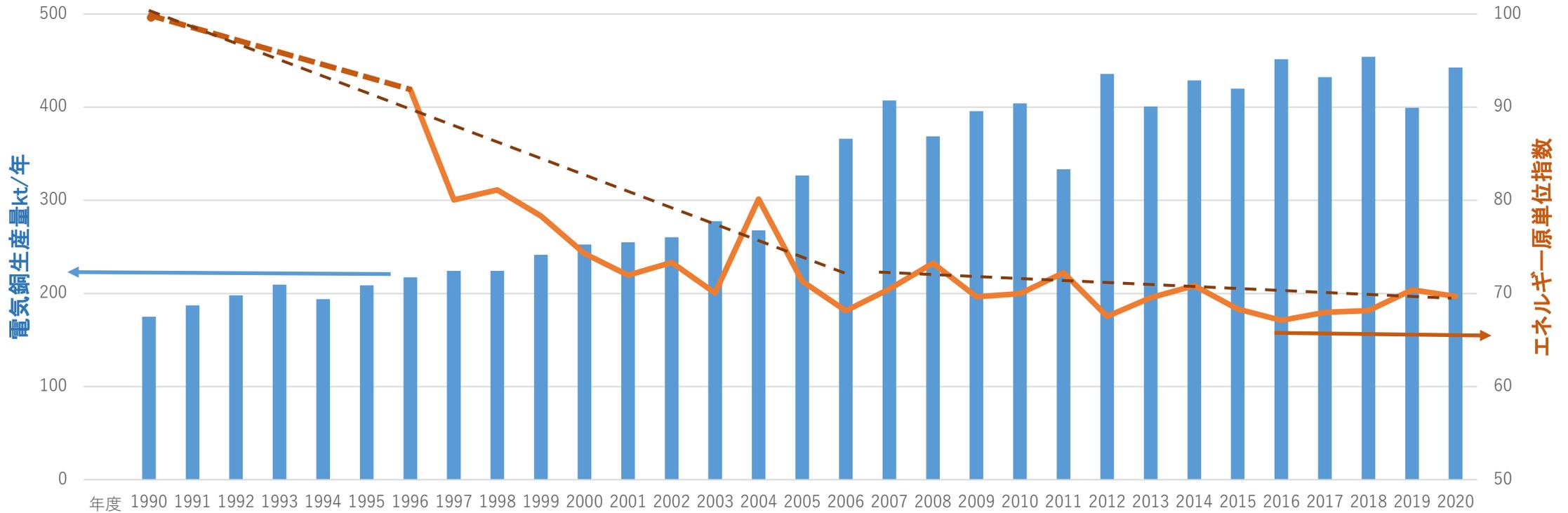
硫酸



MESCO HPより

()内: Cu%

東予製錬所エネルギー原単位指数推移

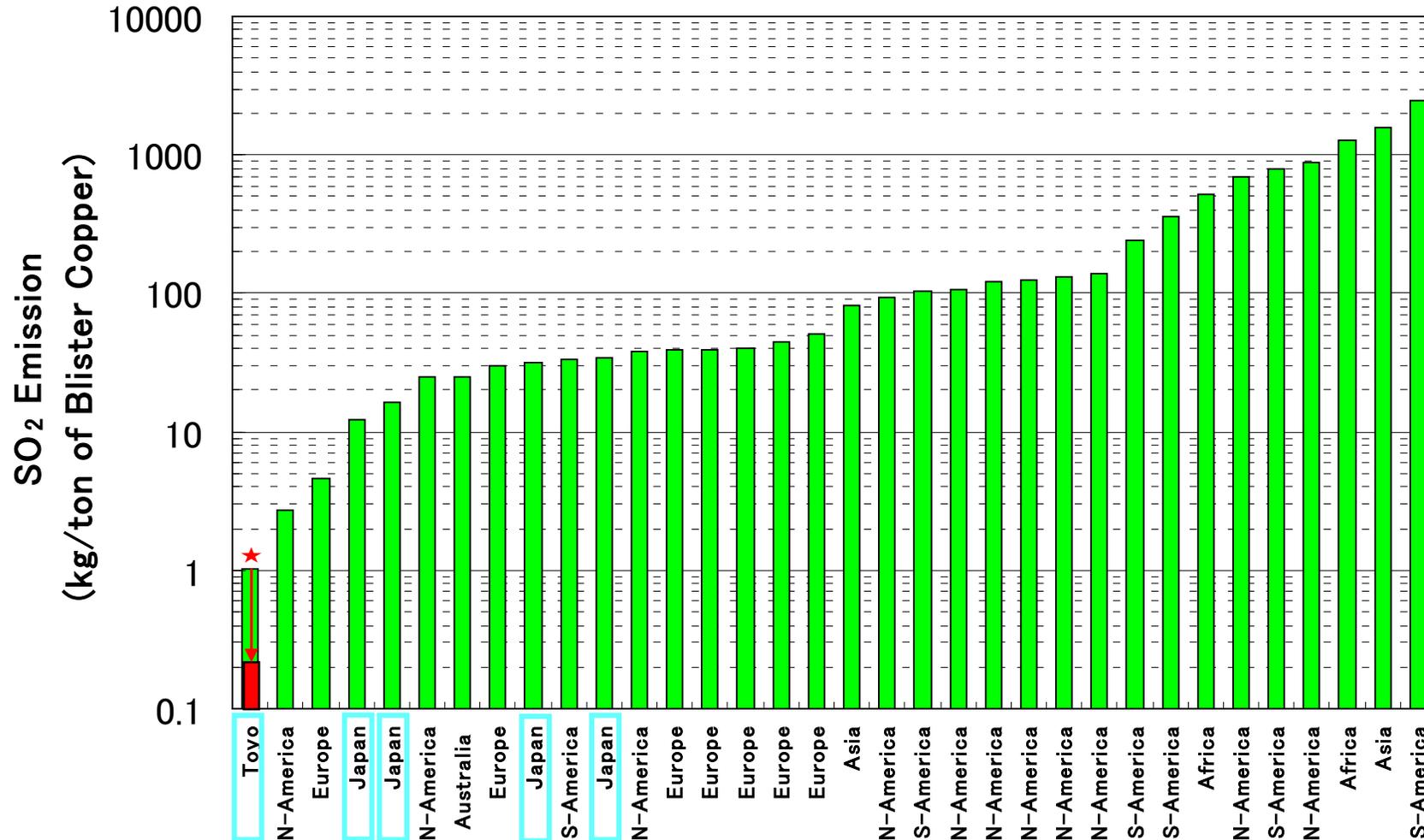


- ・銅精鉱処理量増加(増産)による酸化反応熱増加と固定エネルギー比低減
- ・鉱品位増による熔錬工程酸化反応熱増加
- ・反应用空気の酸素富化による排ガス量(持ち去り顕熱)削減
- ・同上による排ガス処理(硫酸工場)量減
- ・製錬系でのスラグ、排ガスからの廃熱回収
- ・硫酸工場でのSO₂転化反応熱やSO₃吸収熱の回収
- ・高効率設備(インバーター、適正な電力容量)導入

- ・銅精鉱のCu品位低下・S品位増加
- 電気銅生産量あたりの処理物量増加
- 硫酸生産量増加による硫酸工場電力使用量増大
- 必要な酸素量増加による酸素プラントの電力使用量増大
- ・電流密度増加による増産で、電解工程槽電圧上昇・電力原単位悪化

継続的改善するも原単位指数の下げ止まり

世界の銅製錬所SO₂ 排出量ランキング



(Reference : 9th International Flash Smelting Congress,1999)

★ 東予工場2020年度実績

2016年～2021年日本鋳業協会製錬現場担当者会議より銅製錬に関する改善例抜粋

製錬所	改善内容	報告年
佐賀関	硫酸工場ガス予冷塔・洗浄等更新の圧損低減と、導入(希釈)ファンインバータ制御により電力削減160kW	2018
日立	-	
玉野	-	
直島	アノード形状改善による電解工場電流効率回復	2018
	硫酸工場メインブロワ更新による効率改善と、吸収塔出口煙道更新で流入空気低減(復旧)により電力減(30MWH/M)	2019
	MI炉ランスコンプレッサー運転台数1台減で電力量削減(322MWH/M)	2020
	硫酸工場メインブロアの大型・インバーター化で電力量削減(85MWH/M)	2020
小名浜	硫酸工場吸収塔集約更新による圧損低減と、循環ポンプ減数により電力量減(160KW)	2016
	石膏工場(反射炉排ガス処理)冷却塔更新による圧損低減と、循環ポンプ台数減により電力低減(49MWH/M)	2018
	硫酸工場乾燥塔更新によりガス圧力損失低減	2018
東予	ISAプロセス電解工場のカソード歪低減とアノード不働態化抑制による電流効率向上	2017

日本鋳業協会製錬現場担当者会議原稿集より

小名浜製錬所 シュレッダーダスト・廃タイヤの燃料転換
 転炉への銅精鋳吹き込み、S炉を反射炉に新併設
 玉野製錬所 自電炉セトラ電極廃止とコークス転換
 硫酸工場転化器にプレコンバーター設置
 佐賀関製錬所 自熔炉1系列化と転炉系集約
 硫酸工場集約 等

最近

プロセス効率化のブレークスルーがない
 硫酸プラント老朽化による設備単体の維持(増強)更新
 で電力消費量低減(復旧)が主流

インクリメントインプルーブメント(改善)による原単位削減も限界に
 増産は原単位低減には有効だが、排出量自体が純増するするジレンマ

既存プロセスの改善では限界

3. 資源リサイクリング

*生産量は鉱石産+リサイクル原料、総生産量とは必ずしも一致しない

		生産量(年間)*	リサイクル量	リサイクル率(%)	算定年度
銅(kt/年)	国内	1,375	209	15 <small>(日本鉱業協会2019年度会員会社:22%)</small>	2017
	世界	24,050	3,520	15	推定
金(t/年)	国内	161	52	32	2019
	世界	4,501	1,178	26	2018
ニッケル	世界	使用済みニッケルのリサイクル率68% ただし過去生産の57%は使用中(Nickel Instituteより)			2010基準

リサイクルだけで需要を満足するためには
ライフサイクル年数 \times 遡上年の需給量が、“現在の需給量 \times 1/回収率”と等価になることが必要

需要増加、回収率100%以下、(製品の長いライフサイクル)より、原料のリサイクル率100%は当面不可

廃熱回収
温室効果ガス抑制
限られた資源の有効利用
廃棄物削減
鉱山開発抑制



経済合理性が成立するか?
巨視的には一次原料(鉱山~地金)とリサイクル原料の製造コスト差
製錬メーカーの立場では、原料加工差益の比較



経済合理性だけを論じてよいのか?

4. プロセス革新(SMMプロセス開発事例より)

4-1 乾式製錬と湿式精錬

乾式製錬

原料である鉱石や精鉱を**高温に昇温**し、酸化反応や還元反応を利用することで目的金属を回収する。反応に必要な温度を得るために**大量のエネルギー投入**が必要であることが多い

湿式製錬

金属の精錬を、酸、アルカリ、水などの水溶液中で行う。乾式プロセスと比較すると、**低温で反応が進行する**。酸、アルカリ、水などに金属を浸出させて、塩の生成や中和酸化還元等を利用して目的金属を回収することが多い。電気分解法、溶媒抽出法、イオン交換樹脂法も含まれる

ニッケル製錬の例

乾式製錬



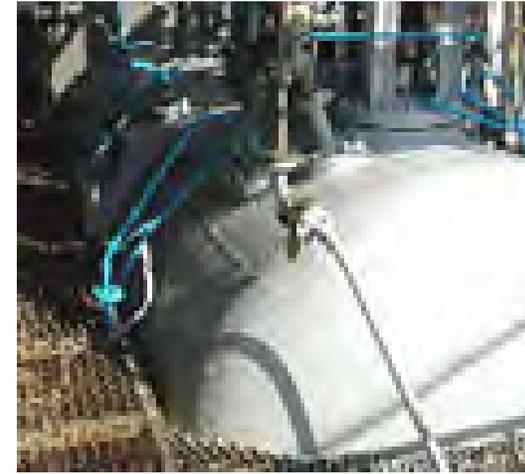
ロータリーキルン

石炭による還元反応を利用
電気による高温熔融



電気炉

湿式製錬



オートクレーブ

酸/アルカリによる浸出・中和,
溶媒抽出等の分離技術を利用



溶媒抽出設備

乾式製錬プロセス増産の限界(ニッケル製錬の例)

【酸化鉱の還元製錬の限界】

- ・エネルギーコスト増加(特に電力)
- ・CO₂排出量増加
- ・大量スラグの処理・処分
- ・Ni品位低下によるコスト増加・生産量減
- ・反応設備(炉・キルン)当りの製錬能力増強困難
炉体の短寿命化(熱負荷増)

【硫化鉱の酸化製錬(マット製錬)の限界】

- ・反応設備(炉)当りの製錬能力増強困難
ヒートバランス保持困難(反応熱過剰)
炉体の短寿命化
- ・増大かつ高SO₂濃度化する排ガス処理
既存硫酸製造工場の能力の制限
硫酸の用途・販売拡大
将来の環境規制への対応
- ・大量スラグの処理・処分
- ・CO₂排出量増加

【湿式精錬プロセスの強みと可能性】

- ・低エネルギーコスト、低CO₂排出量
- ・環境負荷が小さい
- ・高効率な金属分離／回収が可能
浸出、分離工程のバリエーションによる複雑鉱への対応可能
多元素の高純度回収可能
- ・小規模、小投資のプラント建設可能
設備メンテナンスが比較的容易
鉱石、製品形態の応じたオーダーメイドのプロセス
- ・資源量が豊富

SMM湿式精錬への展開

キーテクノロジーの開発と応用

塩素浸出

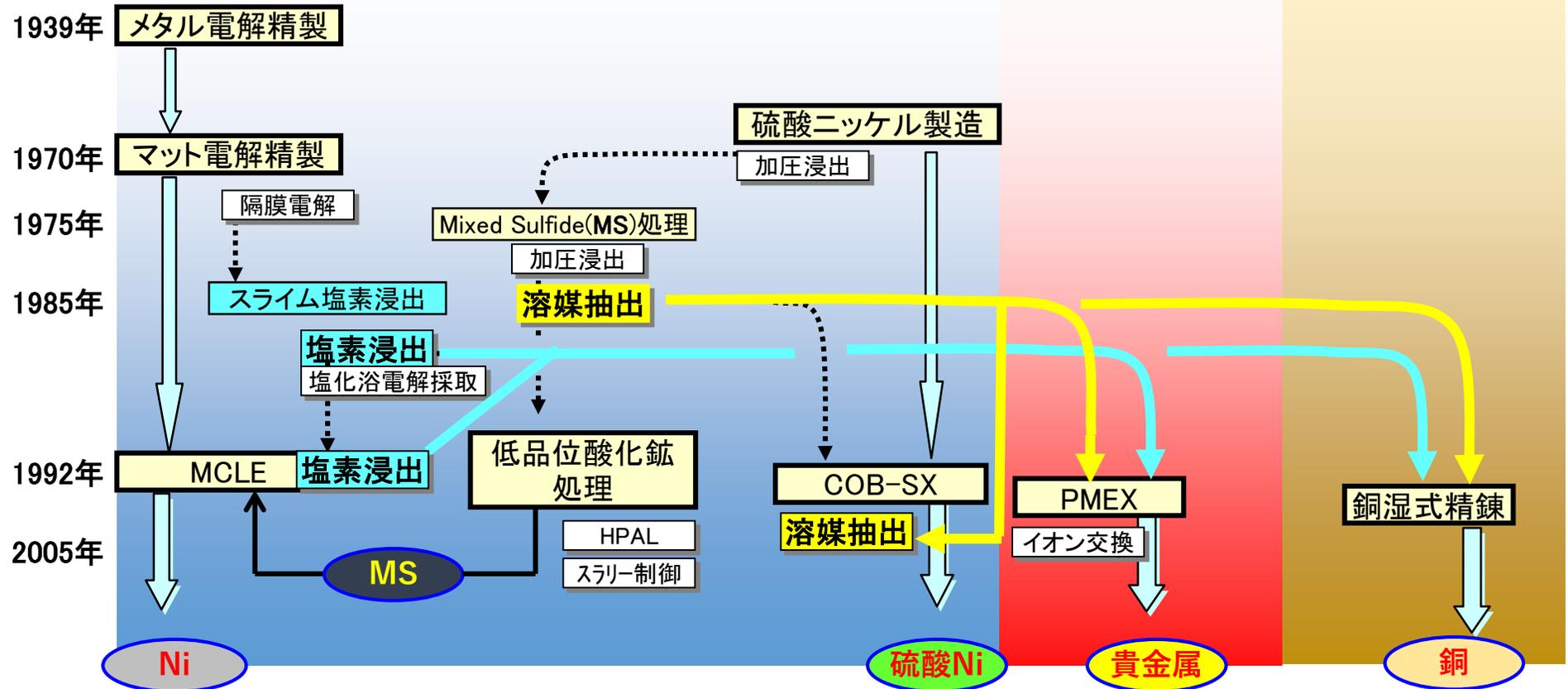
溶媒抽出

ニッケル製錬

貴金属製錬

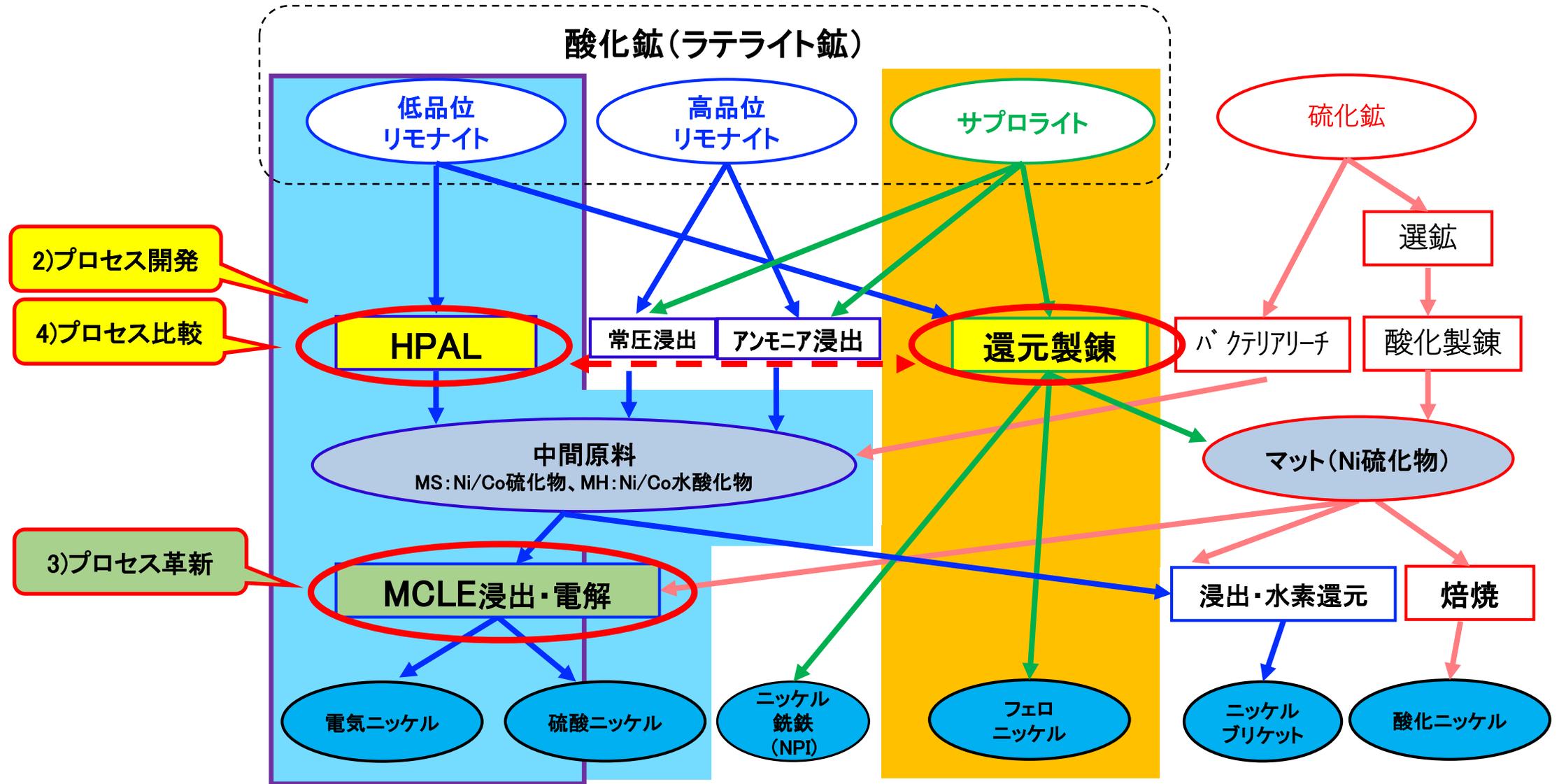
銅製錬

<電気ニッケル> <混合硫化物> <硫酸ニッケル>

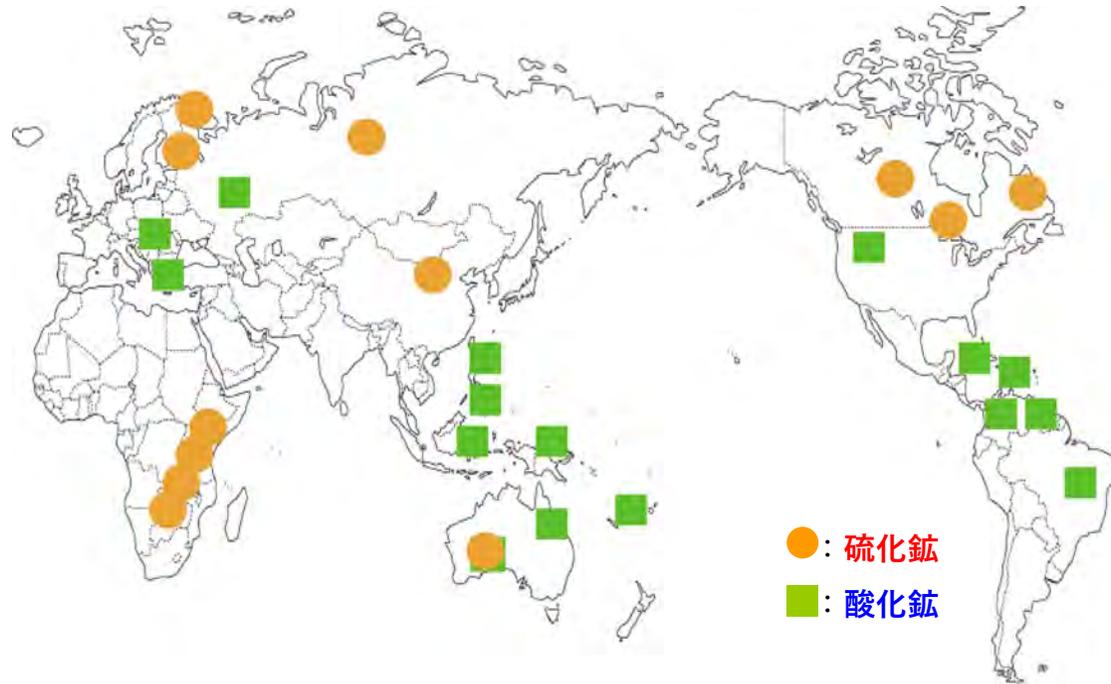


4-2 ニッケル精錬

ニッケル製錬のバリエーション



1) ニッケル資源について

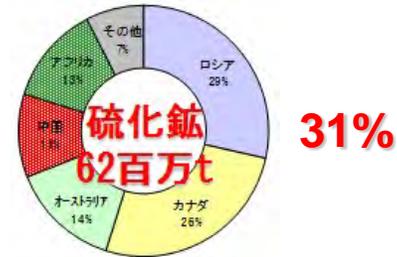


JOGMEC 2009.3金属資源レポートより

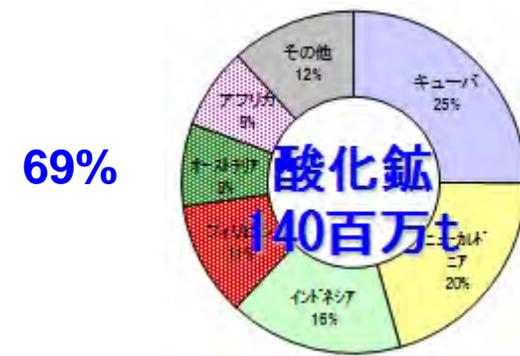
- ・資源量: 約200百万Ni-t
 硫化鉱 : ロシア、カナダ、
 酸化鉱 : 熱帯、亜熱帯地方
- ・現状生産されているニッケルの64%は硫化鉱から製造
- ・酸化鉱

サフロイト: Ni品位 2%程度(約40百万Ni-t) → フェロニッケル原料

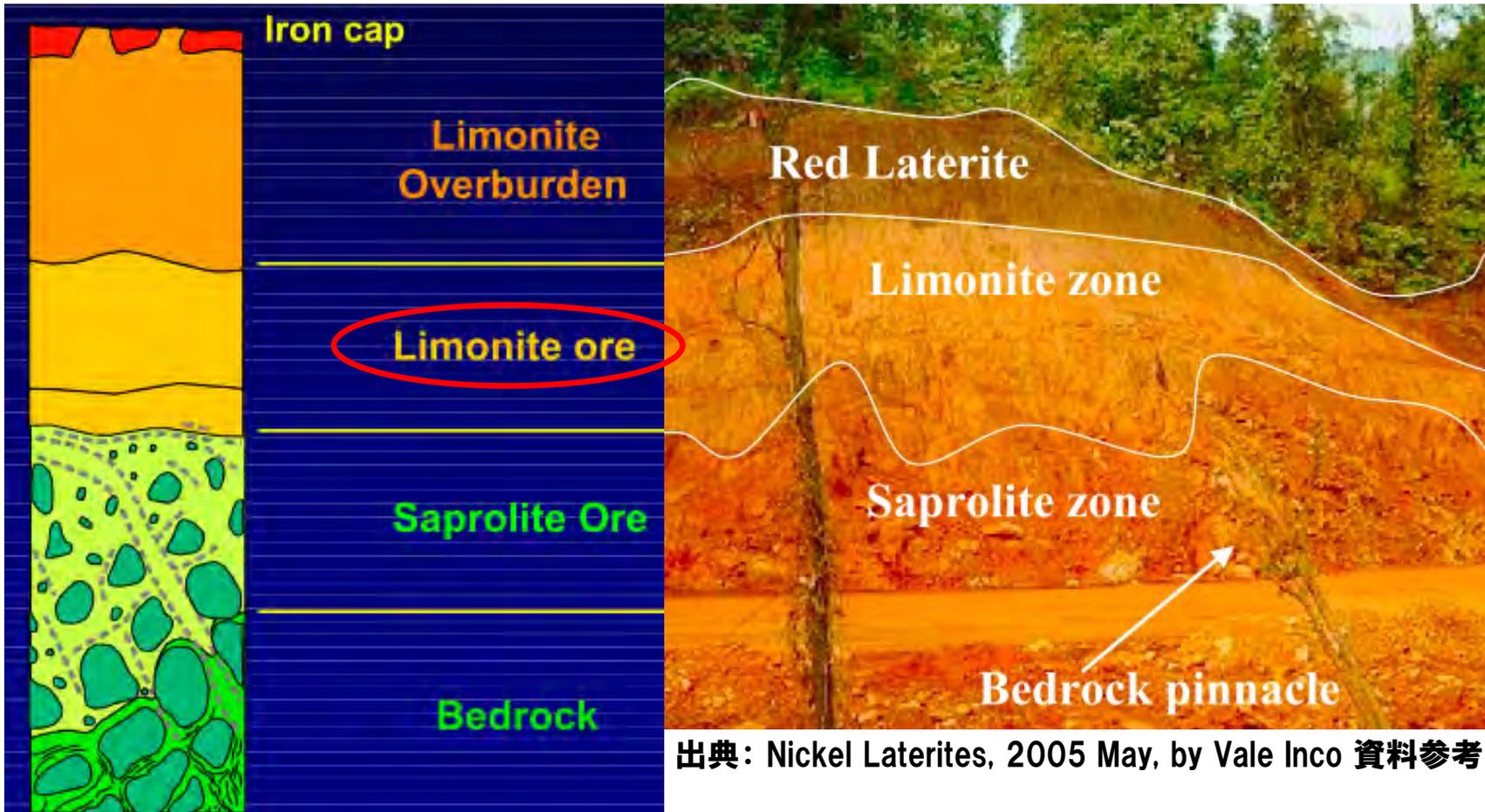
リモナイト : Ni品位 1%程度(約100百万Ni-t) → 処理されていなかった



硫化鉱 : 酸化鉱 = 3 : 7



Saprolite (サプロライト) 鉱とLimonite (リモナイト) 鉱



- 超苦鉄質岩の風化の度合により、深度方向に品位が変化
- 鉱山によって品位による鉱石の定義は異なるが、概ねLimoniteは低品位(0.8~1.5%)、Saproliteは高品位(1~3%)

2) HPAL(High Pressure Acid Leaching)プロセス

Coral Bay Nickel プロジェクト経緯



➤ フィリピン(パラワン島) リオツバ
気候：地震・台風は稀
乾期(12月-5月)
雨期(6月-11月)
年平均降雨量 1800mm

約20年間にわたり、表層部の
低品位酸化ニッケルをストックパイル



1969年	Rio Tuba Nickel Mining Corporation
1977年	<u>サブライトニッケルの日本への輸出開始</u>
2000年	SMM経済評価実施
2002年4月	Coral Bay Nickel Corporation (CBNC)創立
2004年8月	工場の完工
2005年4月	商業生産開始
2005年11月	設計月間生産量達成
2007年	設計年間生産量(10,000Ni-t/年) 達成
2009年3月	2系列操業開始

Coral Bay Nickel Project 外觀



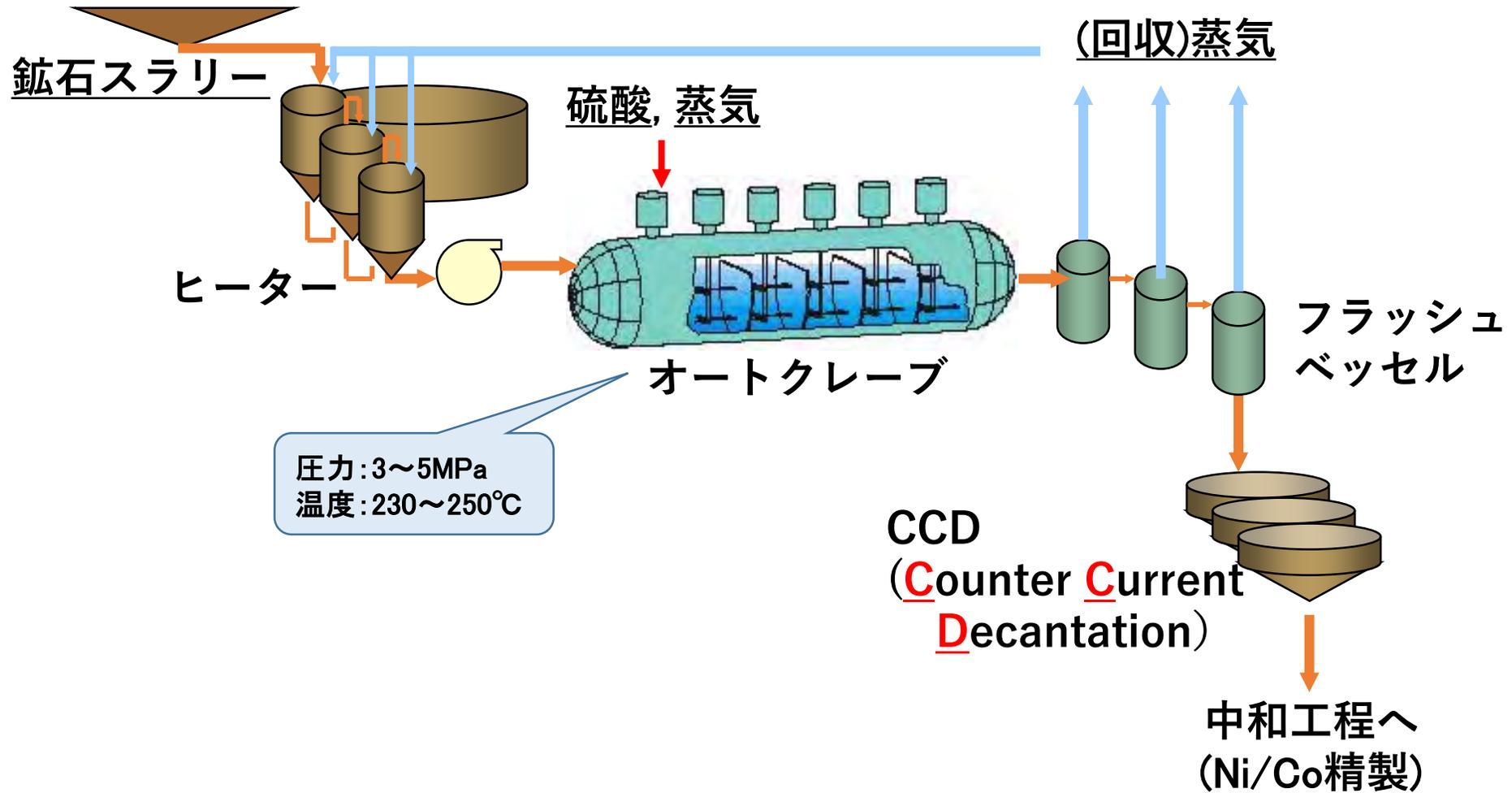
・出資比率: **SMM54%**、三井物産18%
双日18%、NAC10%
※NAC: Nickel Asia Corporation

総投資額: 約4.9億米ドル

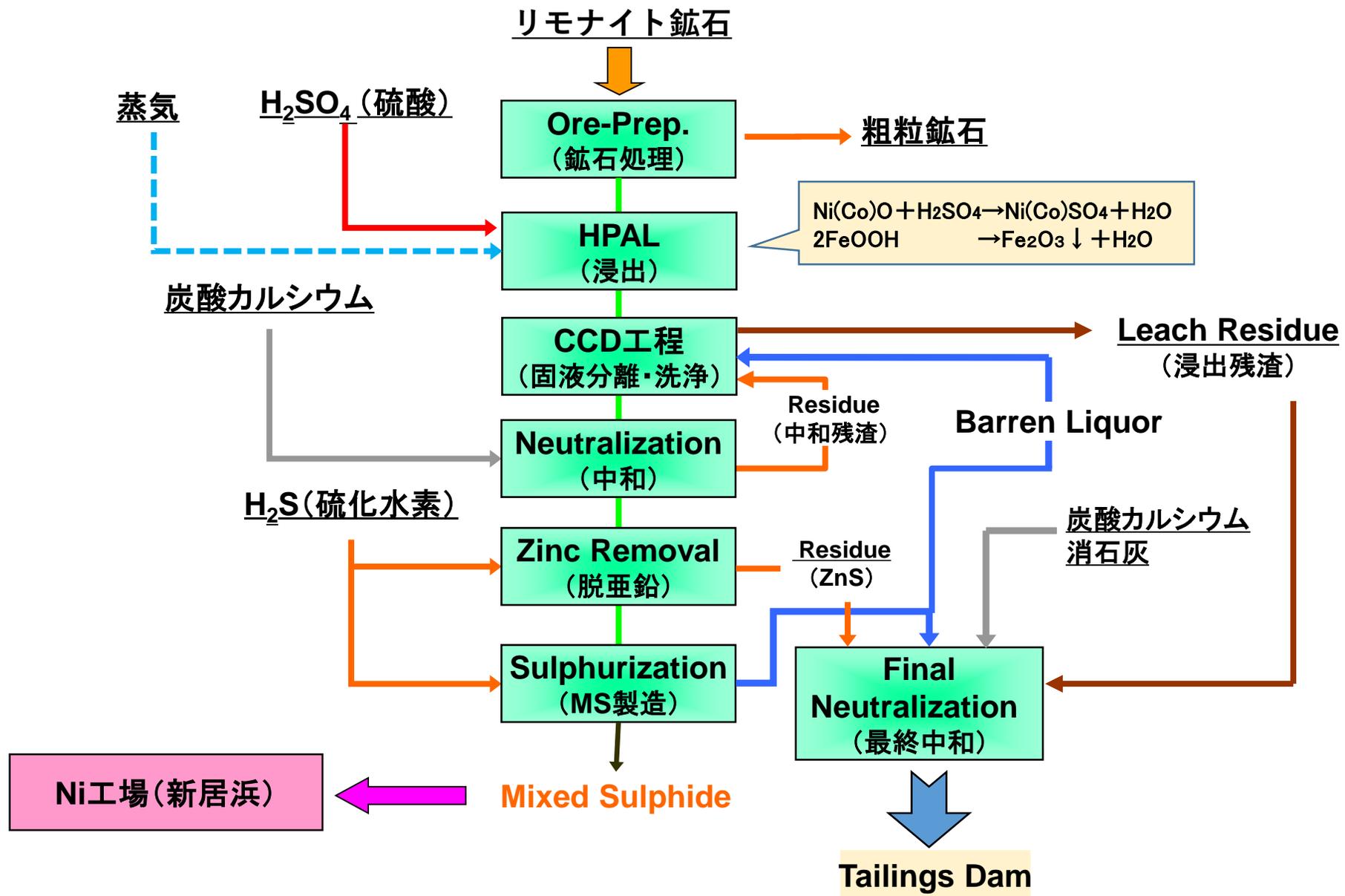
- 生産能力: 2.4万トン/年
- 生産開始: 2005年

 **SUMITOMO METAL MINING CO., LTD.**

HPAL (High Pressure Acid Leaching) プロセス概略図



CBNC HPALプロセスフロー



CBNCと地域貢献

SDMP (Social Development Management Program)

学校、病院、道路、水道 など



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

世界を変えるための17の目標

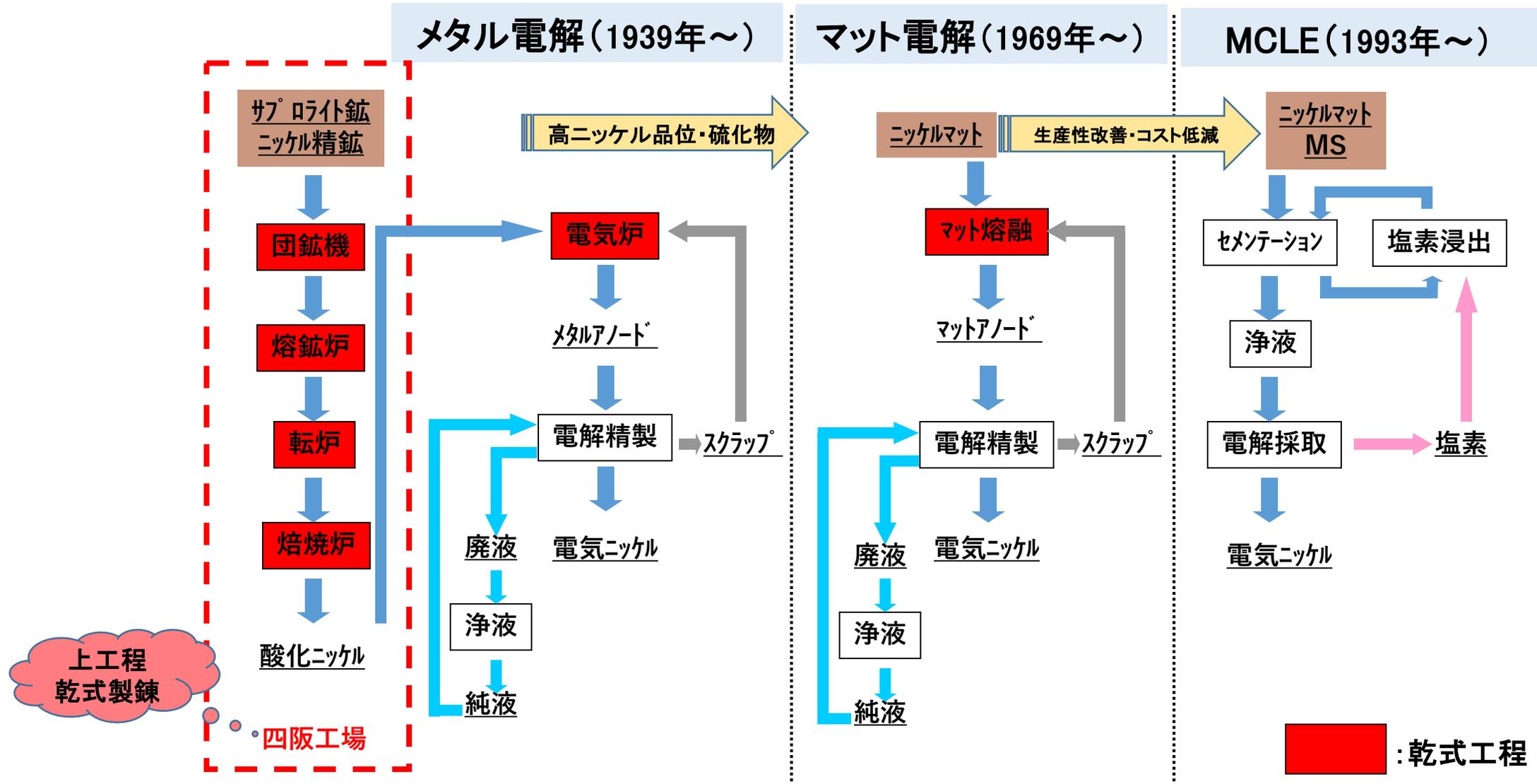
1 貧困をなくそう 	2 飢餓をゼロに 	3 すべての人に健康と福祉を 	4 質の高い教育をみんなに 	5 ジェンダー平等を実現しよう 	6 安全な水とトイレを世界中に 
7 エネルギーをみんなにそしてクリーンに 	8 働きがいも経済成長も 	9 産業と技術革新の基盤をつくろう 	10 人や国の不平等をなくそう 	11 住み続けられるまちづくりを 	12 つくる責任つかう責任 
13 気候変動に具体的な対策を 	14 海の豊かさを守ろう 	15 陸の豊かさを守ろう 	16 平和と公正をすべての人に 	17 パートナーシップで目標を達成しよう 	SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS 2030年に向けて 世界が合意した 「持続可能な開発目標」です

todaishibun.orgより

鉱山開発の陰と陽

3) SMMのニッケル製造プロセスの変遷(原料変化への対応、生産性の改善)

(プロセスライフ≒30年)



ニッケル工場

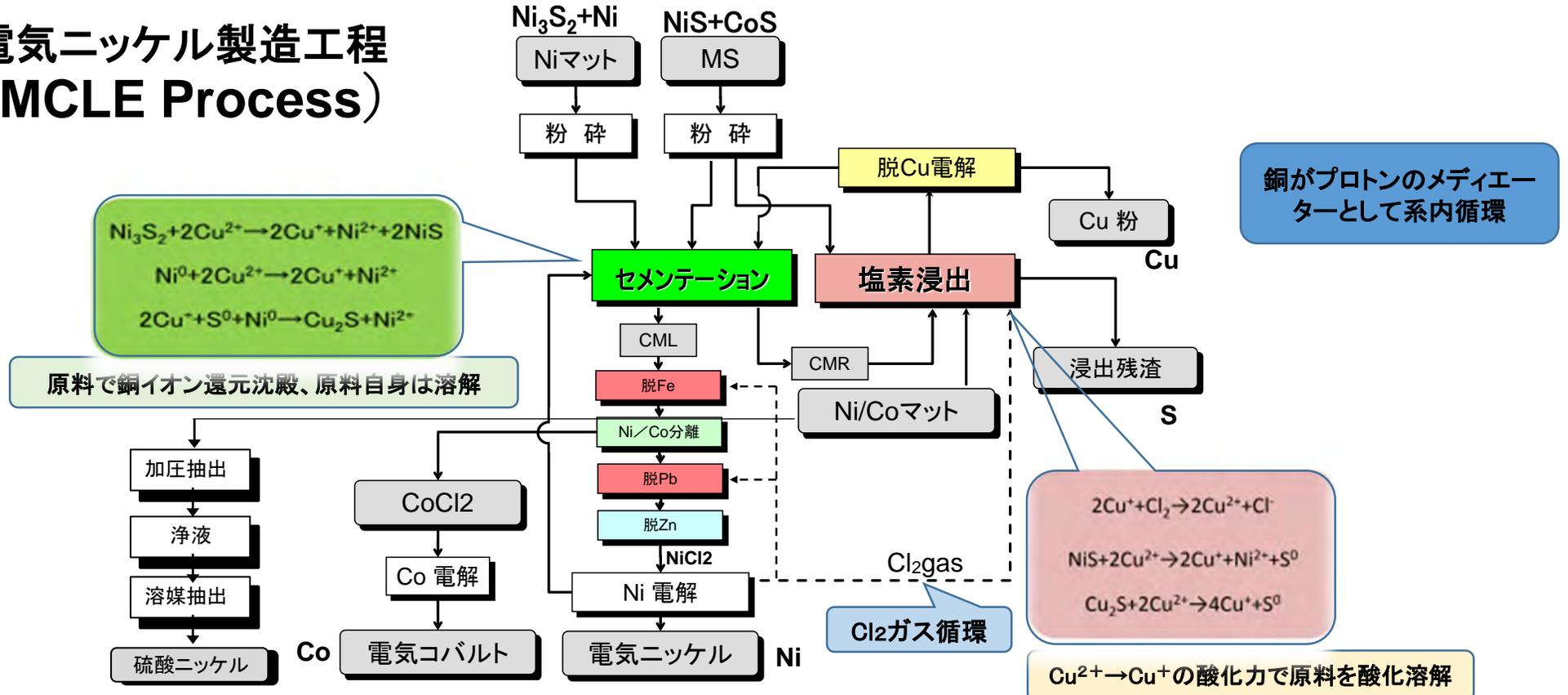
日本で唯一の電気ニッケル/電気コバルト生産拠点

SMMが開発したMCLE(Matte Chlorine Leaching Electrowinning)法は、優れた工業生産技術として高い評価を受けており、世界的にも有数の生産効率を実現



生産能力（年産）電気ニッケル:65,000トン 電気コバルト：4,500トン 硫酸ニッケル：27,000トン

電気ニッケル製造工程 (MCLE Process)



MCLE法導入(1993年当時)により得られた成果

環境負荷
の低減

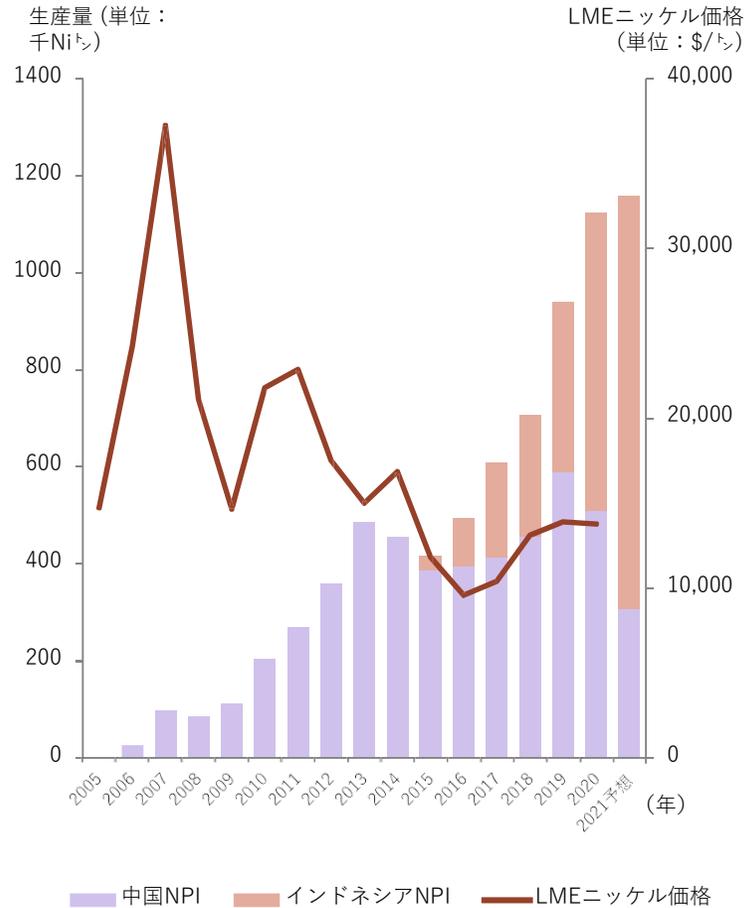
1. **低エネルギー消費のプロセス**
乾式工程の廃止、発熱反応を利用した加熱用蒸気・燃料等の削減
2. 燃焼排ガス、SO₂ガスの発生を伴わない湿式プロセス
原料中の硫黄を単体の硫黄として回収
3. 排水量の少ないプロセス
水蒸気の放出による工程排水の系内処理

	マツト電解法	MCLE法
エネルギー原単位(原油換算kl/t-Ni)	100	73
CO ₂ 発生量原単位(t/t-Ni)	100	70
排ガス量(m ³ /t-Ni)	100	11
発生SO ₂ ガス量(m ³ /t-Ni)	100	18(ボイラー由来)
排水量(m ³ /t-Ni)	100	32

注) マツト電解法での原単位・発生量を100としての比較

4) Ni銑鉄(NPI)

ニッケル銑鉄(NPI)生産量の推移



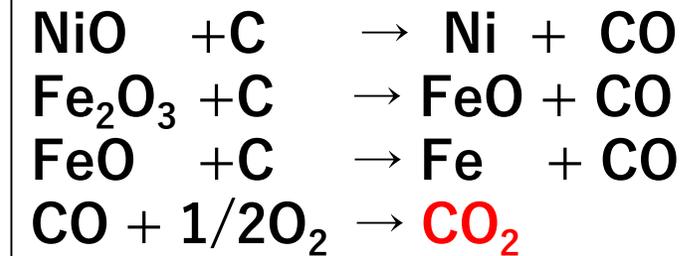
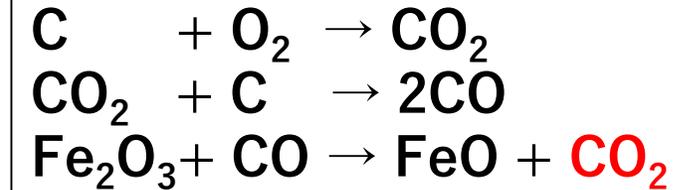
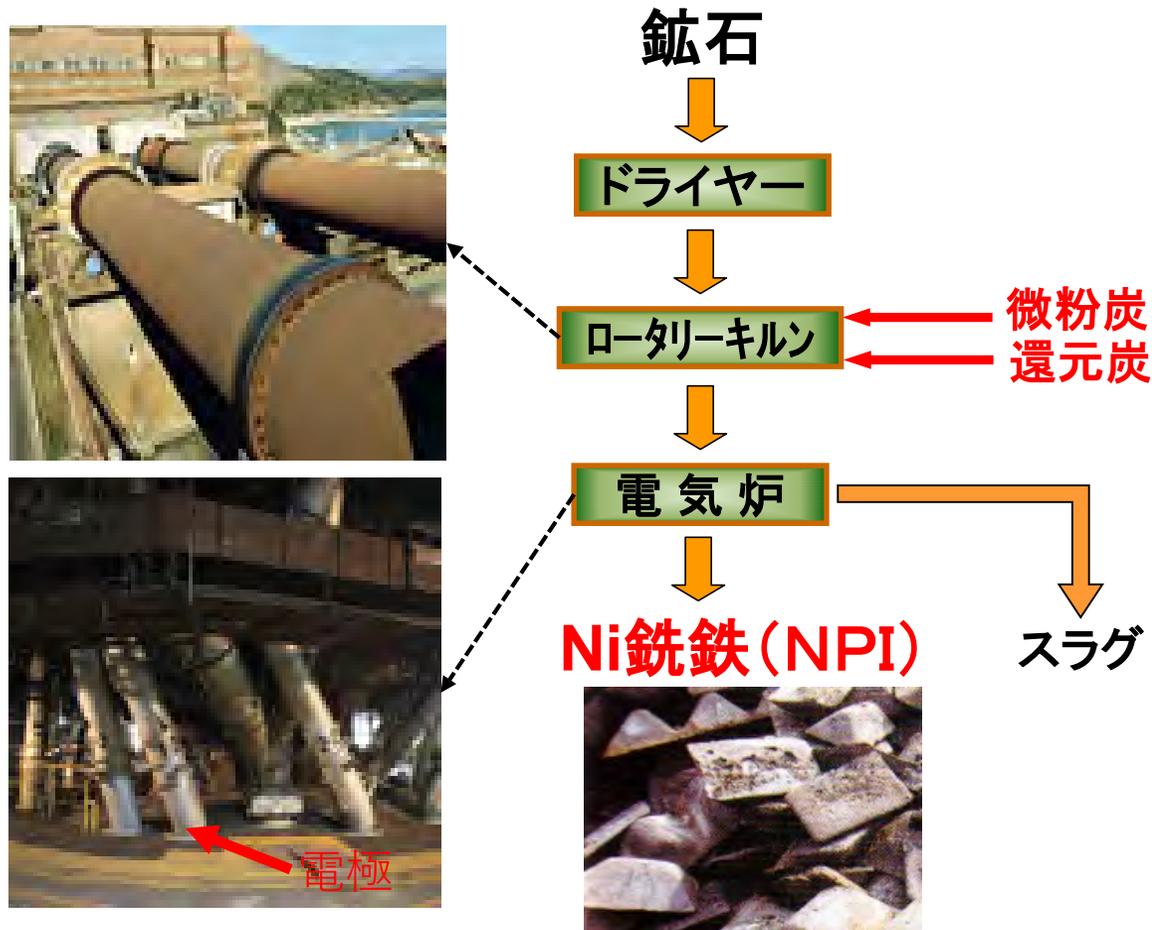
大太平洋金属株式会社2021年3月期期末決算説明会資料P8より

NPI(Nickel Pig Ion)



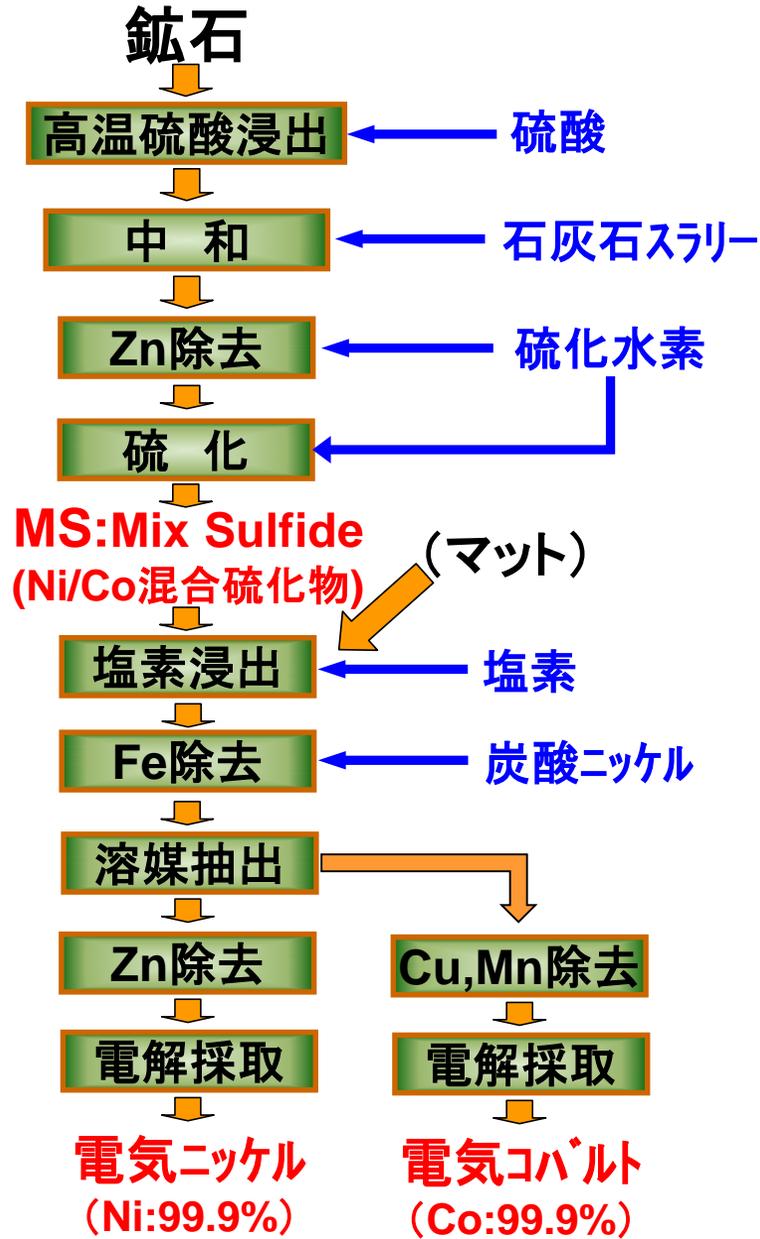
MIRU(News & Report)

- ・中国NPI生産の主流は、“熔鋳炉法”から“キルン+電気炉(RKEF: Rotary Kiln & Electric Furnace)”法に変更、フェロニッケル製錬とほぼ同じプロセスに進化
- ・従来の乾式プロセスでは経済合理性のなかったリモナイト鋳石を処理
- ・ニッケル価格、中国製設備、立地条件(石炭産出国、水力発電)で実現、技術ならびに製品品質向上

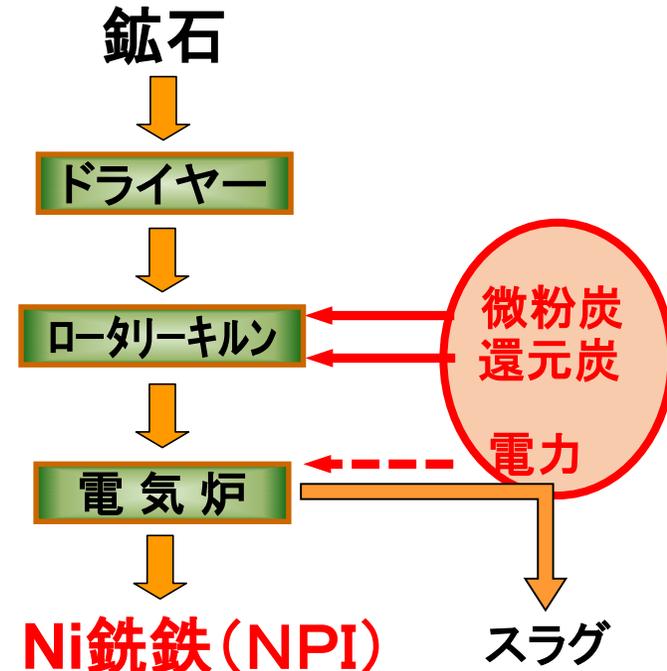


“HPAL+MCLE”と“RKEF(NPI)”の比較

HPAL+MCLE



RKEF(NPI)



成分	品位(%)
Ni	8~15
Fe	Balance

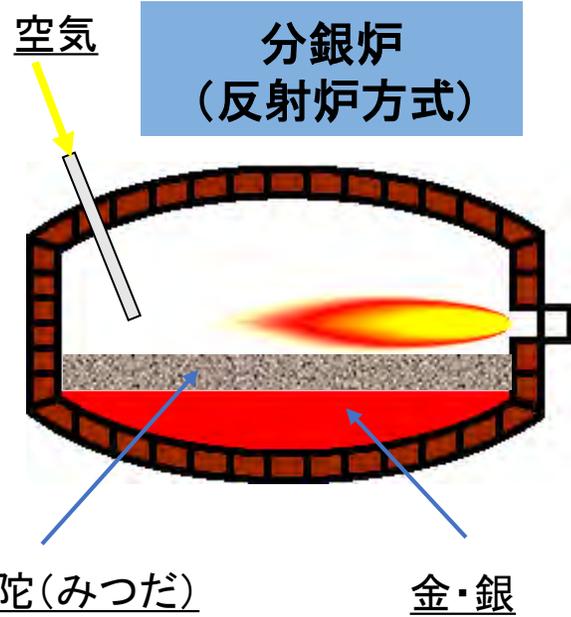
“HPAL+MCLE”プロセスと“RKEF(NPI)”プロセスの比較

	HPAL+MCLE			RKEF(NPI)
	HPAL	MCLE	合計	中国企業(推定)
エネルギー原単位 (原油換算kℓ/t-Ni)	30~40 石炭焼きボイラー発電・蒸気用でほぼ100%	10 買電90% 重油焼きボイラー蒸気用10%	40~50	100 買電55% 燃料・還元用石炭45%
CO ₂ 発生量原単位 (t-CO ₂ /t-Ni)	30~40 石炭焼きボイラー発電 蒸気用でほぼ100%	10 買電90% 重油焼きボイラー蒸気用10%	40~50	100 買電50% 燃料・還元用石炭50%
労働生産性 (kt-Ni/人・年)	—	—	E-Ni 180~240	NPI 100

注) RKEF法での原単位を100として比較

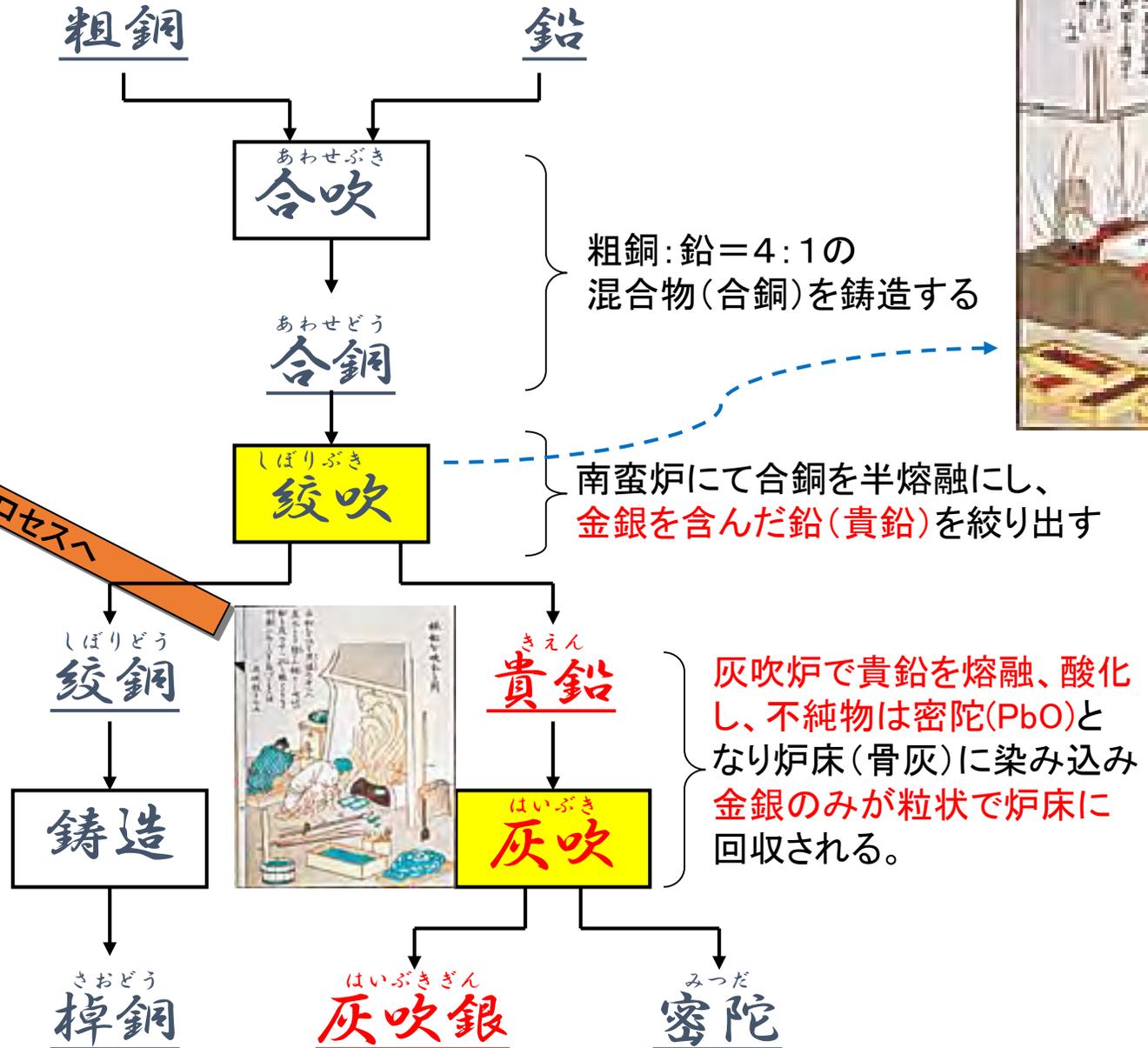
4-3 貴金属精錬

南蛮吹きのプロセスフロー

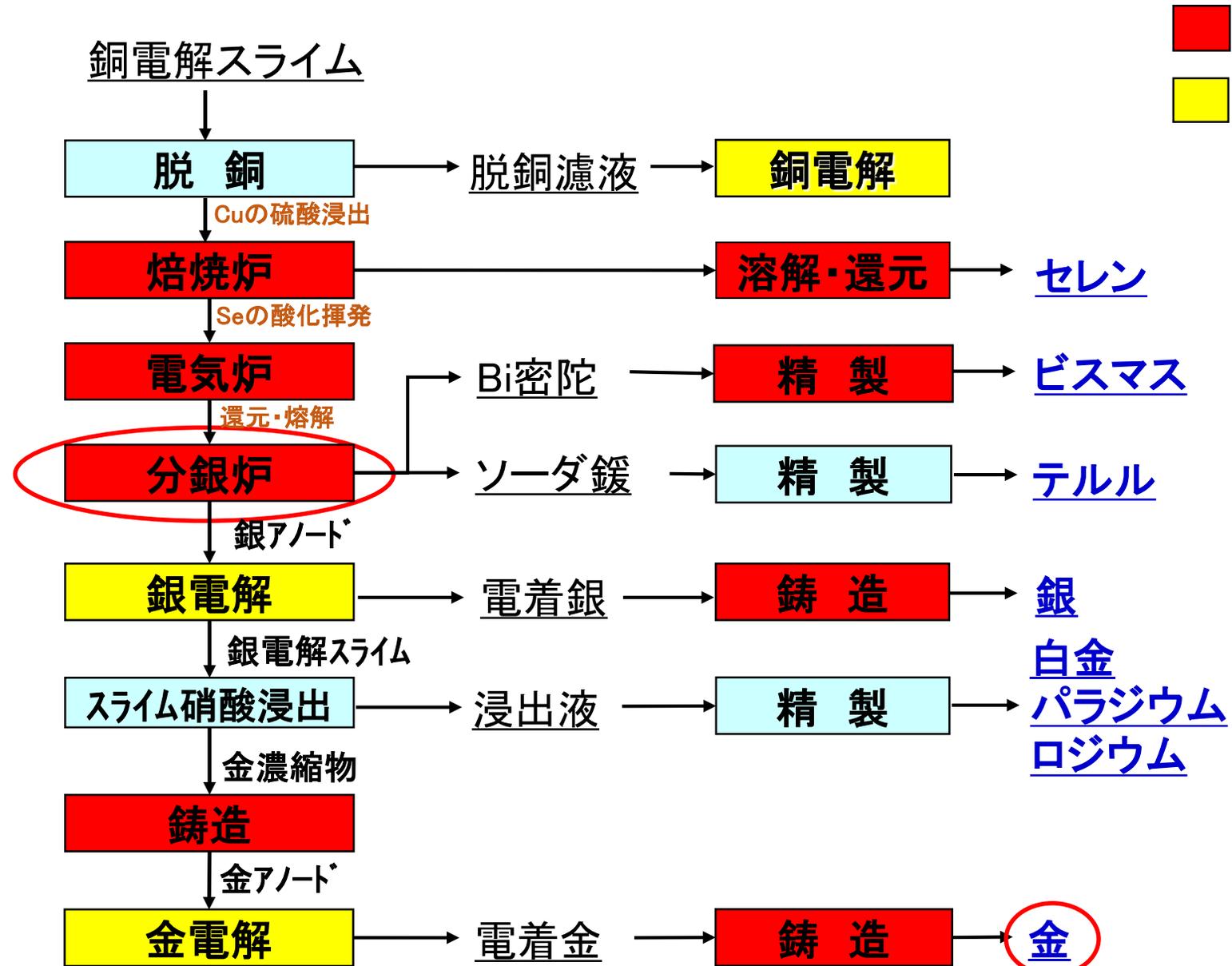


PbをPbO(密陀; 熔体)に酸化し、不純物を吸収除去

南蛮炉に残った絞銅を棹の形に鑄込んで出荷する



従来の貴金属回収プロセス（分銀法）



2)新貴金属精製プロセスのコンセプト

分銀プロセスにおける課題まとめ

金回収期間

- ・金は他の元素を回収し終えた最終工程で回収されるため
仕掛け期間が長い(約1.5か月)
- ・スラグ等中間物が多量に発生

環境対策

- ・粉塵、亜硫酸ガス除害設備など環境**設備維持費用の負担が大きい**
- ・**安全・作業環境**に課題

希少白金族 元素の回収

- ・原料に含まれる**希少白金族(イリジウム、ルテニウム、ロジウム)**
はスラグ化 (白金、パラジウムとロジウムの一部のみ回収)

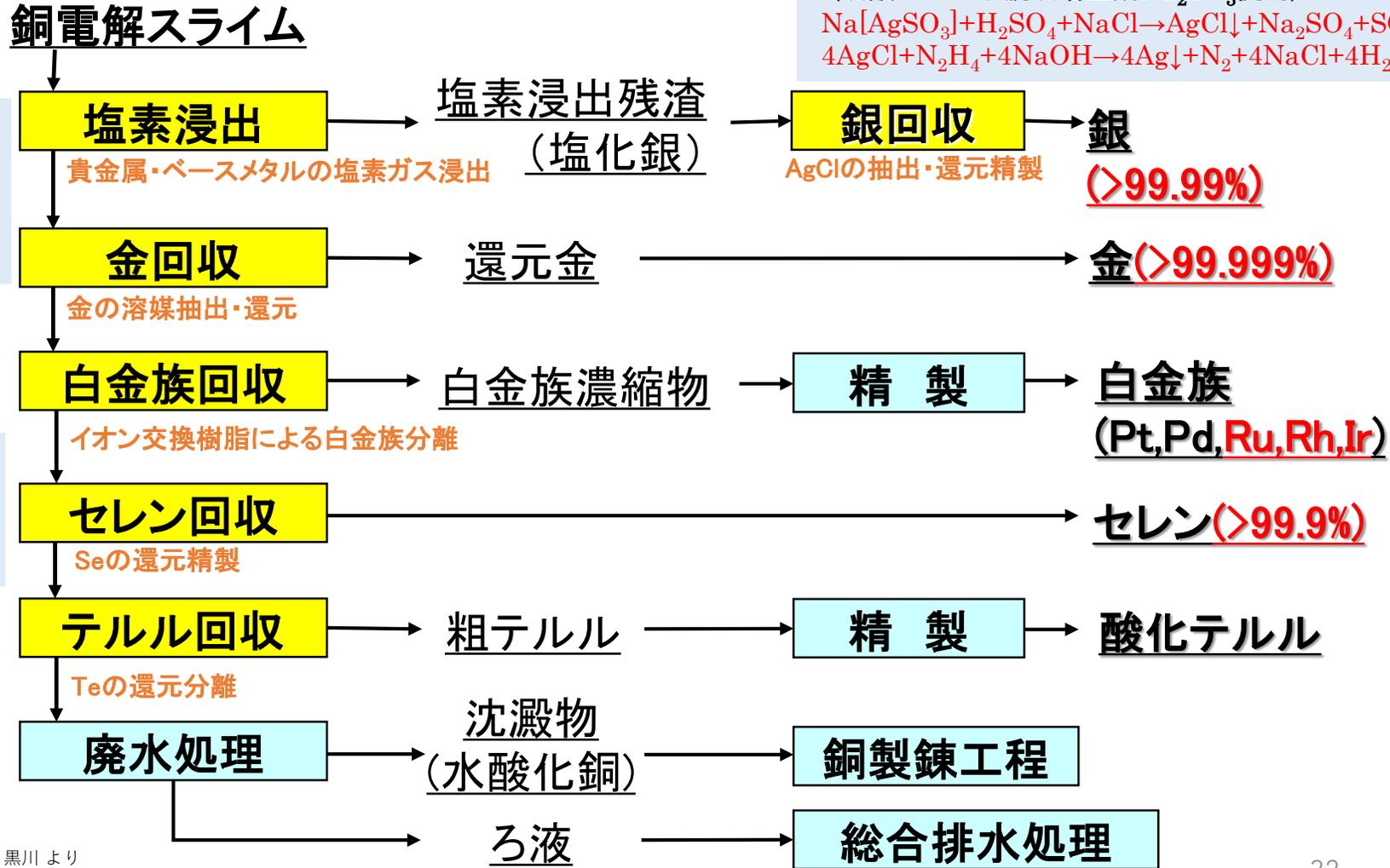
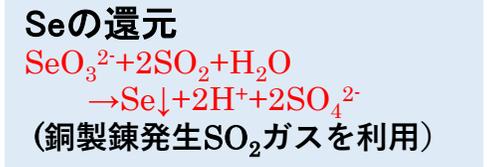
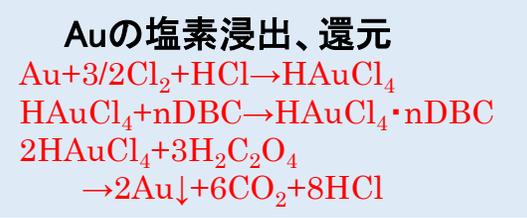
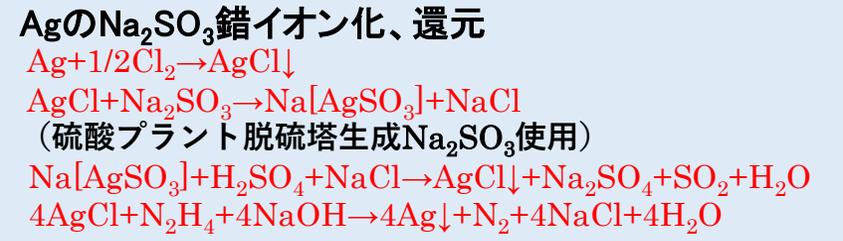
省力化

- ・多くの**乾式炉、湿式工程が混在**し、バッチ処理のため工数を要する(連続化が困難)
- ・**作業負荷**が大きい

↓

全湿式、連続化プロセスへの転換により改善

全湿式新貴金属回収プロセス (PMEX) 概略フローシート



新貴金属精製プロセスにより得られた成果

PMEX(住友プロセス)の特徴

- ①世界で唯一完全湿式法(自動化、省力化)
- ②安価な塩素浸出剤の採用
- ③電解不要の高純度金・銀精製
- ④連続溶媒抽出法の採用
- ⑤新規PGM回収

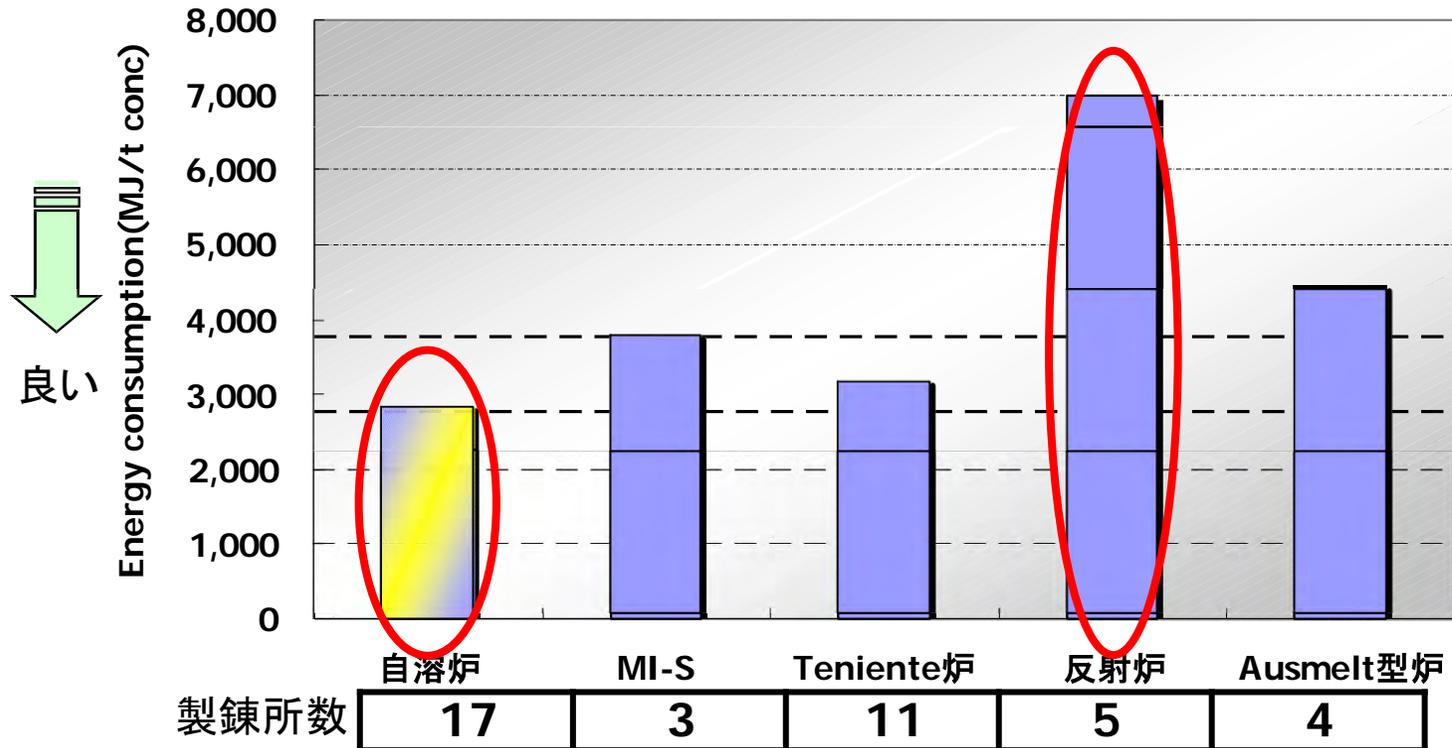
金回収期間	・塩素浸出直後に溶媒抽出法で金を回収 金仕掛け期間の短縮(約1.5か月間→約4日間)
環境対策	・粉塵、亜硫酸ガス等の発生量・除害設備の大幅な削減 ・セレン含め完全湿式化したため、有害煙灰の発生解消 ・作業環境改善
白金族回遊	・従来回収できなかったイリジウム、ルテニウムを生産
省力化	・全湿式法による連続化、省力化により従来の46名を 34名に圧縮(46スライム-t/人・年 → 74スライム-t/人・年) ・作業負荷軽減
エネルギー原単位 CO ₂ 排出 原単位	60 (従来の分銀法を100) (5~)15(従来の分銀法を100):化石燃料の使用なし

※薬剤については評価せず

資源素材学会第92回渡辺賞受賞記念講演 by 黒川 他

4-4 銅製錬

プロセスの違いによるエネルギー原単位比較

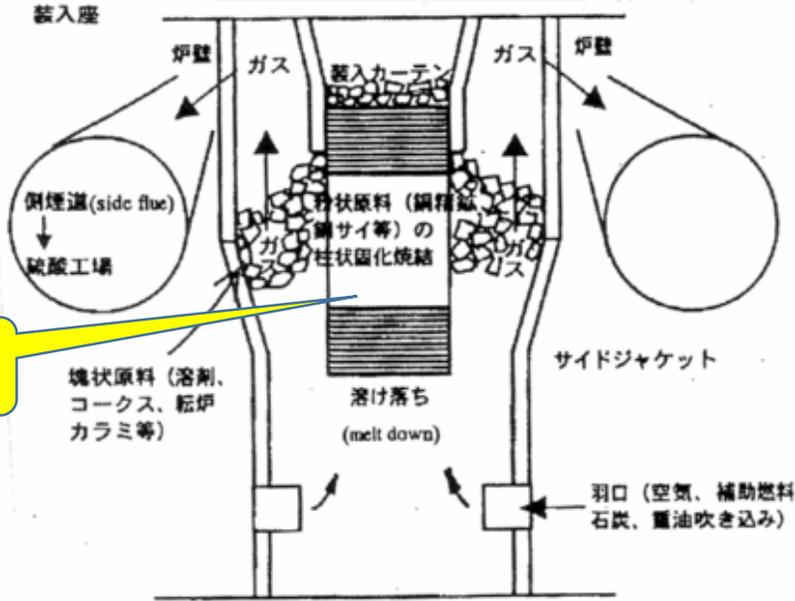


(国内銅) 製錬技術の現状と今後の動向 (PPC佐藤啓一) より

データ出典: Brook Hunt Copper smelter 2006 edition

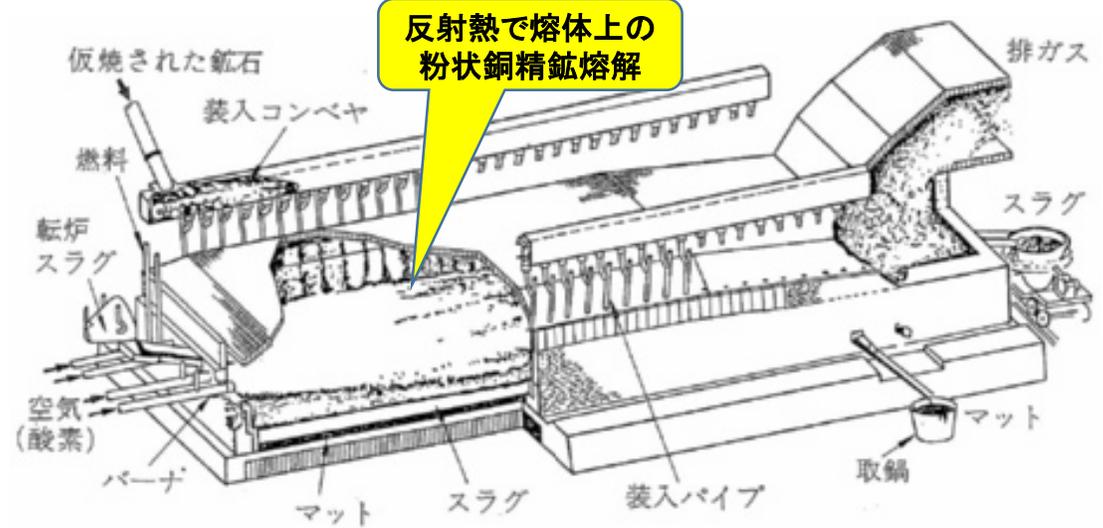
熔鉱炉・反射炉・自熔炉への進化

熔鉱炉 (断面図)



塊状銅原料装入と、溶け落ち

反射炉(小名浜製錬所)



反射熱で熔体上の粉状銅精鉱熔解

熔鉱炉

16世紀ドイツで商用化。わが国で初めて洋式の溶鉱炉が導入されたのは、1870年小坂製錬所。水冷化、羽口の増数により生産能力増加。粉状銅鉱石は焼結と団鉱化により塊状化。生鉱吹きや羽口からの微粉炭吹込み、電気炉による鍊鋅炉の開発。製鉄の高炉と形状は近似。

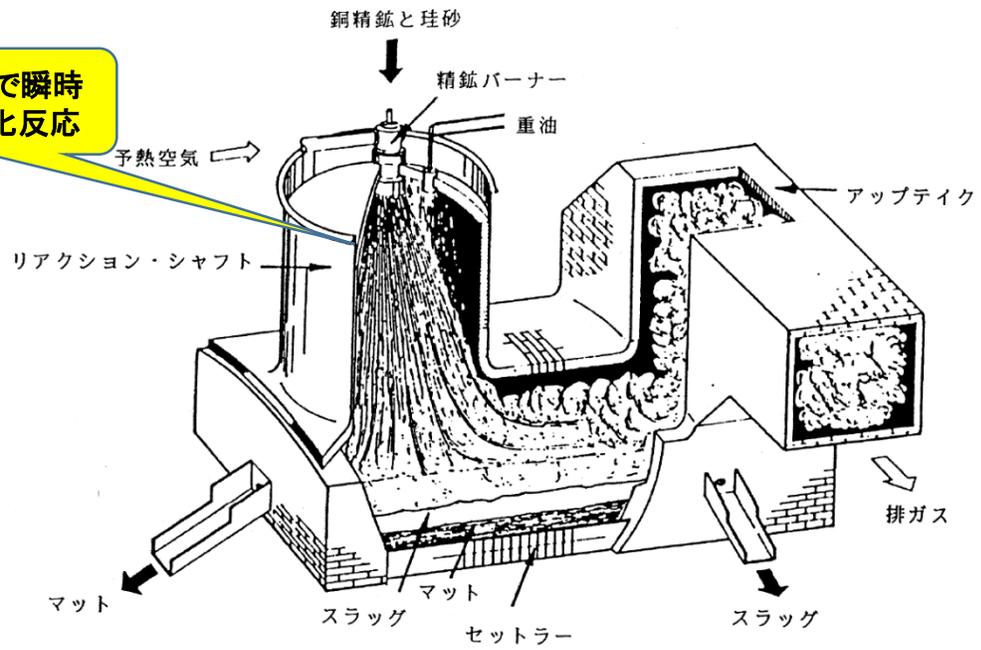
反射炉

18世紀頃イギリスで開発。浮遊選鉱の普及による粉状銅精鉱の増加に対応するため考案。日本では1910年に小坂製錬所に建設。炉体天井耐火物の反射・輻射熱で銅精鉱を加熱熔解。大型化と連続操業が容易になった。燃料の多様化、自動化、熟練が不要であることに加えて、廃熱回収メリットが大きい。処理困難なリサイクル品も処理できるが、排ガスのSO₂濃度が低く硫酸製造には不向き。

図出典: 国立科学博物館 銅製錬技術の系統化調査報告 第6集 (2006) 参考

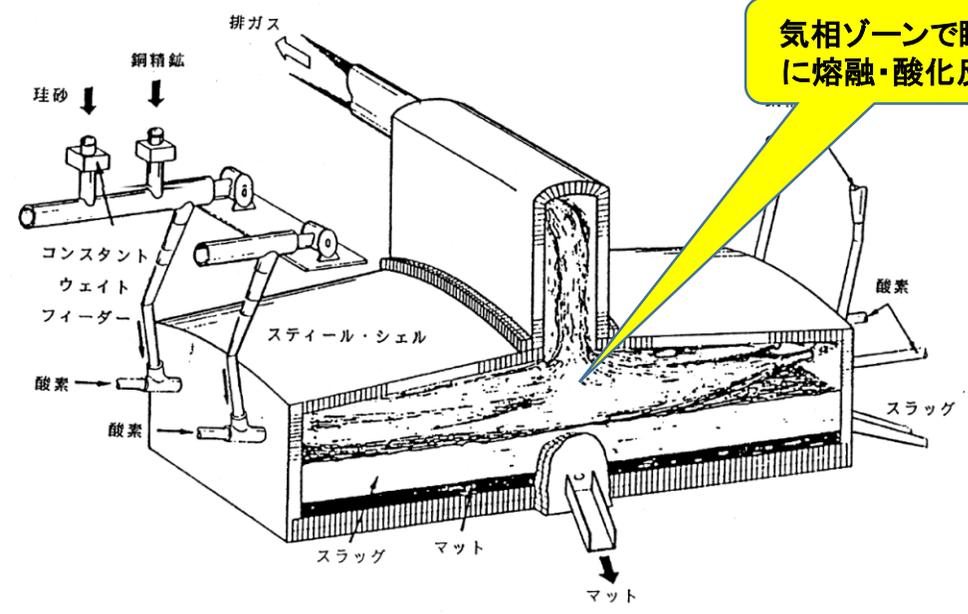
Flash Smelting Furnace(自溶炉)

気相ゾーンで瞬時に熔融・酸化反応



オートクンプ型自溶炉

気相ゾーンで瞬時に熔融・酸化反応



インコ型自溶炉

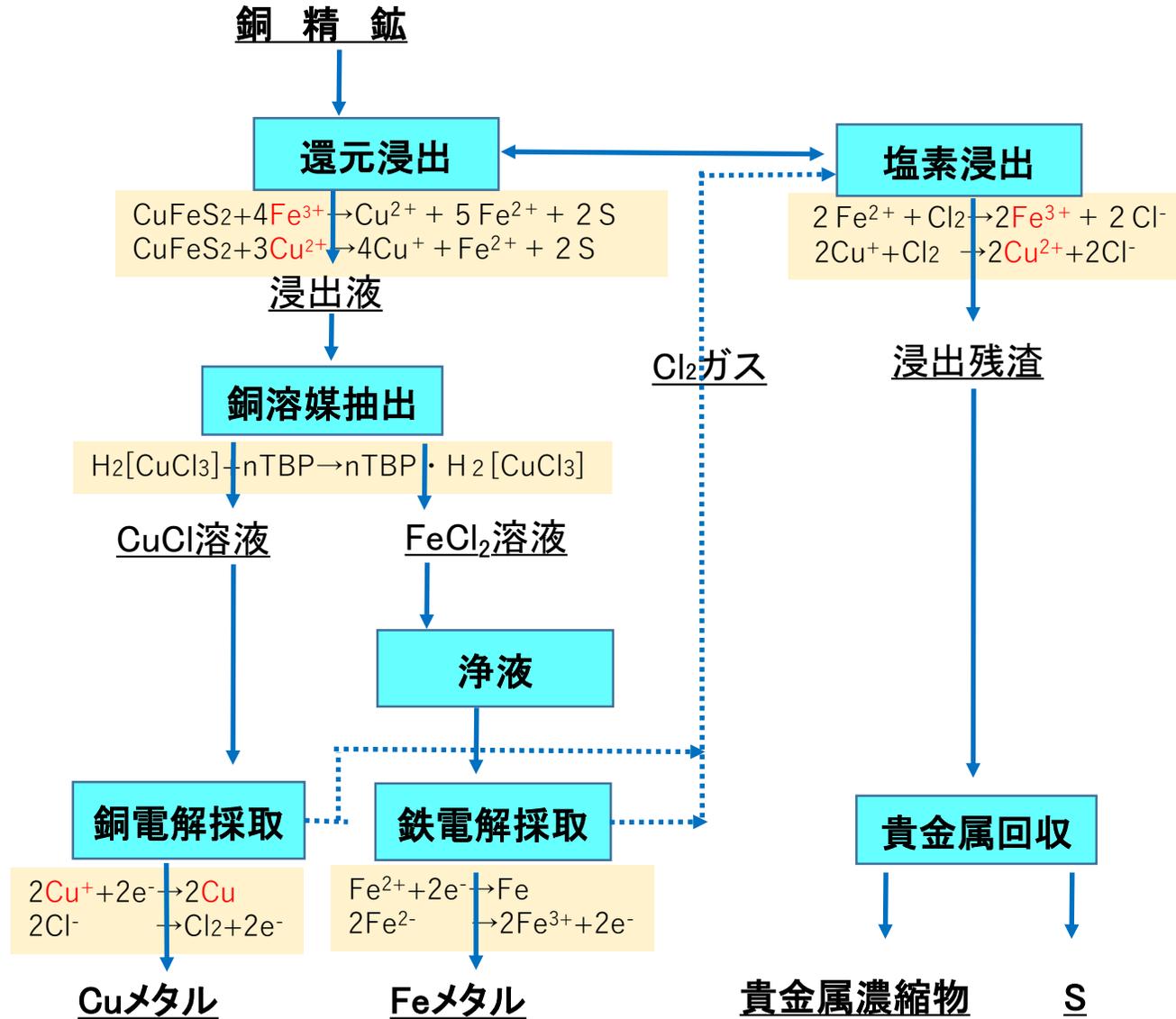
図出典: JOGMEC 日本の金属鉱業技術【8】自溶炉銅製錬法

自溶炉

1949年にフィンランドのオートクンプ社で工業化に成功。鉱石中の硫化鉄の酸化反応熱を利用でき(酸化度を自由に制御可能)、排ガス中の高濃度SO₂ガスから硫酸製造も容易。日本では古河が1954年にライセンス1号として技術導入、1956年に完成。安定操業のため数多くの課題に遭遇したが、関係者の努力で解決していき、**実質世界に先駆けて商用炉の成功に至り、現在も世界の熔錬炉の主流プロセス。**

図出典: 国立科学博物館 銅製錬技術の系統化調査報告 第6集 (2006)参考

住友式湿式銅製錬プロセスの開発



新湿式銅製錬パイロットプラント



住友金属鉱山株式会社HPより

住友式新湿式銅製錬プロセスの特長

新湿式銅製錬

- ・コンパクトで低設備投資額期待
- ・銅鉱物種に応じたオーダーメイドの山元製錬
- ・低環境負荷／低作業負荷
- ・低エネルギー消費、温室効果ガス排出量減少期待
- ・塩素ガスによる常圧浸出
- ・塩化浴での銅1価イオンを電解採取
- ・鉄をメタル回収・資源化

既存乾式銅製錬

- ・大型スマルター(スケールメリット享受)
- ・数種の硫化銅精鉱を適正組成・鉱物種となるようブレンド
- ・カスタムスマルター多い
- ・比較的高環境負荷、労働集約型
- ・非自燃鉱石は高エネルギー消費、温室効果ガス排出量大
- ・硫酸浴での銅2価イオンを電解精製
- ・鉄はスラグに固定

商用化に至らなかった理由

- ・硫化鉱石(精鉱)は、鉱石自体(CuFeS_2)が酸化反応の燃料であり、かつ含有する硫黄が銅の還元エネルギーを供給できるため、乾式製錬の優位性が大きい
- ・比較的小規模プラントになるため、生産量当たりの設備投資額も不利
- ・特殊な組成(高不純物)、鉱物種(非自燃鉱石)であれば成立可能

まとめ

- ・既存の乾式銅製錬プロセスは技術的に成熟しており、効率化もなされ、スケールメリットを享受できている
- ・プロセスライフ30年といわれているが、自熔炉+PS転炉プロセスは既に75年間主流
- ・クリーンなプロセスであっても、コスト優位性と両立できないと商用化はできない ↔ (SDGs)持続可能な開発?
- ・償却を終えた既存製錬所のスクラップ&ビルトは合理的ではない
- ・特殊な鉱石対象にグリーンフィールドに新規建設の可能性

5. 提言(妄言)

温室効果ガス低減のために

- ・既存プロセスの改善・改良だけでは、排出原単位の継続的低減は困難に
- ・増産すれば原単位は低減するが、温室効果ガス排出量は増加する

さらに、スコープ3(操業
資材、原料: 鉱山)まで
考慮すると・・・

革新的新プロセス開発・商用化に期待

- ・新プロセス商用化まで10年オーダー
- ・非鉄金属精錬技術は成熟しており、革新的新プロセスの開発・実用化のハードルは上がっている

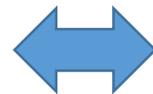
- ・償却を終了したプラントのスクラップ&ビルトの場合、CAPEXを回収できるメリット享受は難しい
- ・コスト、原料対応力、製品品質・・・でどこまでリカバリーできるか

- ・グリーンフィールドでのプラント新設(純然たる増産)による温室効果ガス純増の意味付け
- ・増加する需要に対して、必要なメタルは誰かが生産、誰かのプラントとの比較(Ex.HPALとNPI)で良いのか？

発想の転換

- ・温室効果ガス低減はコスト(投下エネルギー)低減のバイプロ、ではなく、温室効果ガス削減が主語に
- ・新プロセス採用の判断基準を変えて、コスト面で片目はつぶっても、両目をつぶることができるか？

- ・カーボンニュートラルへの道のりはさらに遠い
- ・再生可能エネルギーの可能性



(SDGs)持続可能な開発

最後になりますが、本講演資料作成に当たり情報の提供をいただいた住友金属鉱山(株)浅野様ならびに高野様に感謝の意を表します。