

資源開発と国内製錬事業 の現状と課題

一般社団法人資源・素材学会会長
住友金属鉱山株式会社代表取締役会長 家守 伸正

目次

1. 資源開発の現状と課題

(1) 世界における我が国企業の鉱山開発の現状

(2) 鉱山開発における課題

2. 国内製錬事業の現状と課題

(1) 国内製錬所が果たす今日の役割

(2) 製錬業が直面する課題

3. まとめ

(1) 世界における我が国企業の鉱山開発の現状

日本の非鉄金属製錬企業による銅鉱山への投資(1987-1999)

鉱山	開発国	生産開始年	出資会社	参画比率
モレンシー	米国	1987	住友金属鉱山 住友商事	15%
エスコンディーダ	チリ	1990	三菱商事、JX日鉱 三菱マテリアル	12.5%
カンデラリア	チリ	1995	住友金属鉱山 住友商事	20%
ノースパークス	オーストラリア	1996	住友金属鉱山 住友商事	20%
ハックルベリー	カナダ	1997	三菱マテリアル、DOWA 古河機械金属、丸紅	50%
コジャワシ	チリ	1999	パンパシフィック銅業 三井物産	12%
バツヒジャウ	インドネシア	1999	住友商事、住友金属鉱山 三菱マテリアル、古河機械金属	24.5%

- ・我が国が権益を有する鉱山開発について、主として銅鉱山を例に説明する。
- ・日本の非鉄金属製錬企業は原料確保のため海外鉱山に投資してきた。
- ・2000年までは20%前後の参画比率のものが多かった。

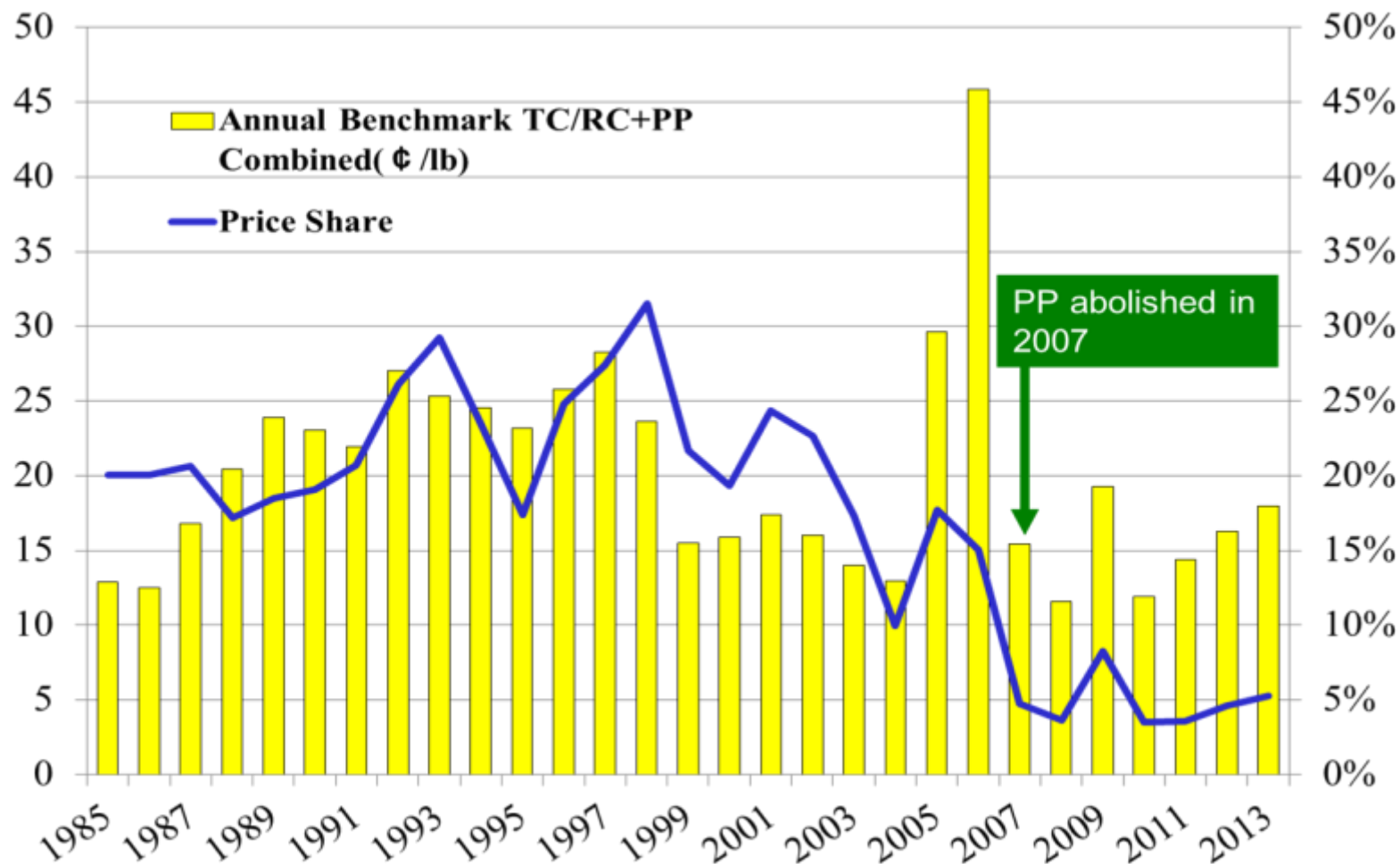
(1) 世界における我が国企業の鉱山開発の現状

日本の非鉄金属製錬企業による銅鉱山への投資(2000-2014)

鉱山	開発国	生産開始年	出資会社	参画比率
ロスペランブレス	チリ	2000	パンパシフィック銅業 三菱マテリアル、丸紅、三菱商事	40%
アタカマコーザン	チリ	2003	日鉄鉱業	60%
セロベルデ	ペルー	2006	住友金属鉱山、住友商事	21%
オホス	チリ	2006	住友金属鉱山、住友商事	20%
銅マウンテン	カナダ	2011	三菱マテリアル	25%
ジブラルタル	カナダ	2013	DOWA、古河機械金属	12.5%
カセロネス	チリ	2013	パンパシフィック銅業 三井物産	100%
シエラゴルダ	チリ	2014	住友金属鉱山、住友商事	45%
ポゴ(金鉱山)	米国	2006	住友金属鉱山、住友商事	100%

- ・近年、収益および安定供給確保のため日本企業が持つ権益率は高くなってきている。
- ・日本がオペレーターシップを持って開発する鉱山もある。

(1) 世界における我が国企業の鉱山開発の現状 RCの推移



- ・メジャーによる寡占化や中国の台頭により買鉱条件は悪化。
長期契約でもリスクあり。→契約更新の保証なし。
- ・経済安全保障上の国内製錬所の役割。原料安定供給のためには鉱山権益の確保が必要。

(2) 鉱山開発における課題

資源ナショナリズムの台頭

- 第一次資源ナショナリズム【1960～70年代】
 - ✓ 先進国による資源支配からの脱却
 - ✓ 南北格差是正のための国家主権の確立
 - ⇒ 資源の国有化、カルテル(資源輸出連合)の結成、資源の戦略物資化
 - ⇒ 資源価格の低迷とともに沈静化へ
- 第二次資源ナショナリズム【2000年代半～】
 - ✓ 中国資源需要の急激な増大 ～ 爆食と国外資源獲得
 - ✓ 資源の枯渇化、低品位化 ～ 生産コスト増大と優良プロジェクト減少
 - ⇒ 資源価格の高騰
 - ⇒ 資源ナショナリズムの再興

【資源ナショナリズムの分類】

- ① 国有化および外資規制
- ② 高付加価値化義務
- ③ 輸出数量制限の設定
- ④ 資源国資本(政府あるいは現地企業)の参加
- ⑤ 国営企業設置や国営企業による探鉱活動
- ⑥ 鉱業関連税制あるいはロイヤルティの増加

出典: JOGMEC「資源ナショナリズムの現状と資源開発」2012.3.26

(2) 鉱山開発における課題

資源ナショナリズムの台頭

● インドネシア

2009年1月 鉱物石炭鉱業法改正

- ✓ 鉱業事業契約(COW)、鉱業権付与(KP) ⇒ 鉱業許可制(IUP)
- ✓ 鉱物高付加価値化 国内精錬義務化 ⇒ 未加工鉱石輸出禁止
- ✓ 鉱石輸出規制(20%課税、許可制)
- ✓ 内資化義務(鉱山生産開始後10年 外資規制: 80% ⇒ 49%)

2014年1月 未加工鉱物の輸出禁止

● フィリピン

2012年9月 鉱業ロイヤルティ 5%導入の動き
インドネシア新鉱業法の動向を注視

● ニューカレドニア

2011年仏政府主導による産業戦略委員会設置

- ✓ ニッケル資源の将来への有効活用(ニッケル基金の導入)
- ✓ ロイヤルティ導入の動き

⇒ 資源枯渇、品位低下の進行から 基盤産業導入の加速化
資源価格が変動すればするほど資源ナショナリズムの動きは今後も継続

(2) 鉱山開発における課題

鉱山開発コストの増大

- ・ 鉱山の奥地化、高地化、深部化
- ・ 粗鉱品位の低下
- ・ 環境対策
- ・ 難処理鉱化（不純物の増加）

⇒ 従来のプロセスや投資規模では対応できない
プロジェクトの増加

(2) 鉱山開発における課題

鉱山稼働年数と鉱石中銅品位の低下

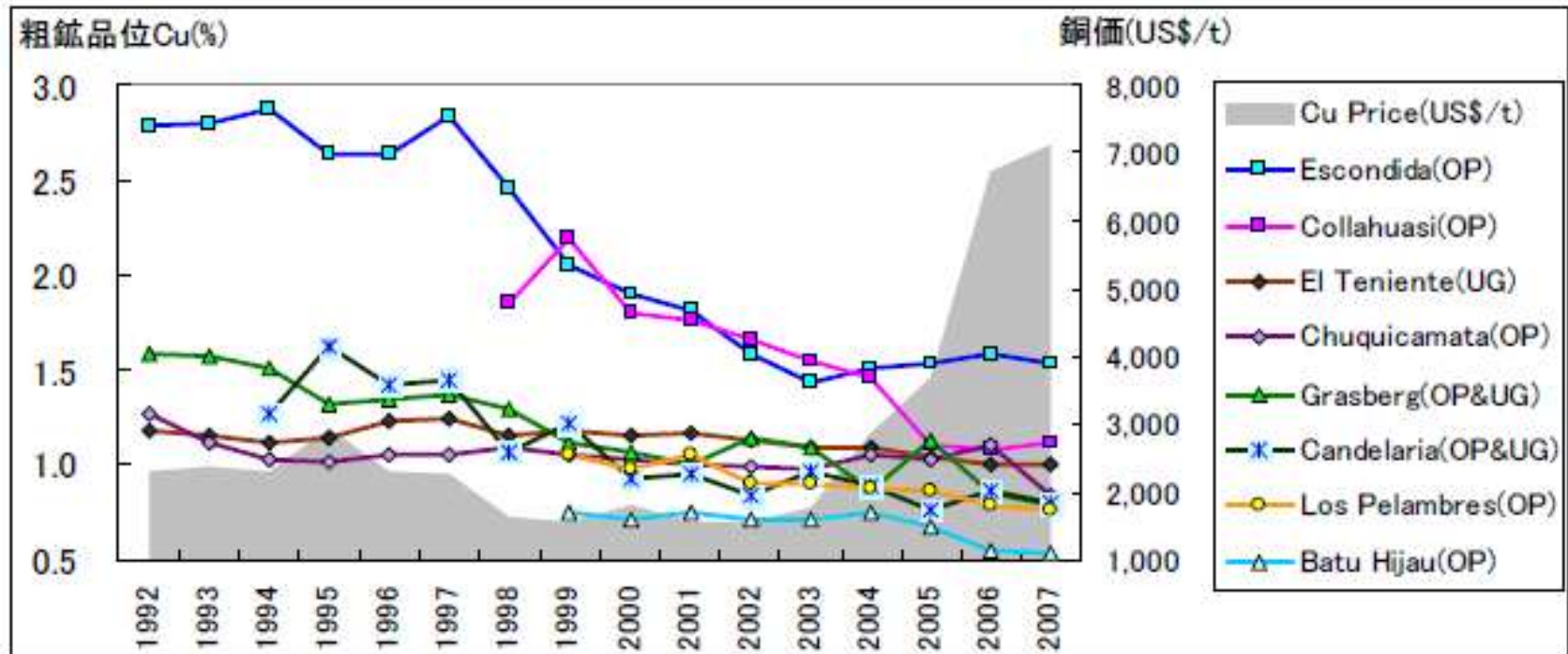


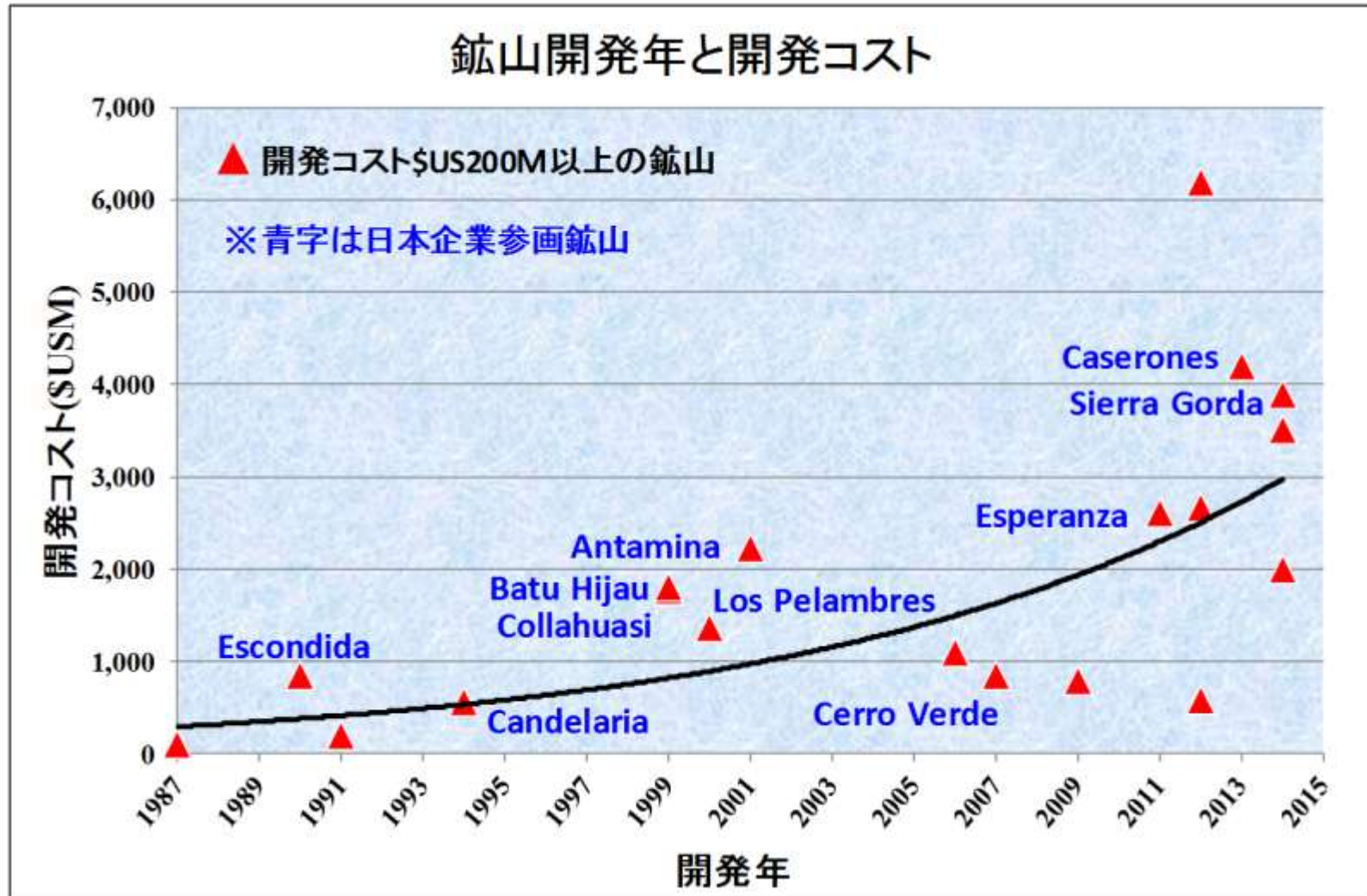
図 3. 主要銅山の粗鉱品位 (出典: 各社アニュアルレポート、WMS 等)

JOGMECカレント・トピックス08-56号

・鉱山は操業年数を経るにつれて粗鉱品位が低下。

(2) 鉱山開発における課題

鉱山開発コストの増大



- ・ 鉱山開発コストは、2000年代後半から飛躍的に増大している。

(2) 鉱山開発における課題

鉱山開発そのもののリスク

近年、鉱山開発は、鉱床の低品位化や奥地化、深部化等による開発費の高騰、資源ナショナリズムの高揚、地域住民の反対運動などにより、開発リスクが高まっている

【主なリスクと対策】

項目	リスク要因	対策
カントリーリスク	・政情の不安定 ・治安の悪化（ゲリラ・テロ含む） ・地域住民の反対運動 ・資源ナショナリズムの高揚	・政情不安定の国は避ける ・現地情報の入手・分析、警察、政府への対応要請 ・地域社会とのコミュニケーションの強化、情報公開 ・資源国政府との対話努力 ・JVパートナーとの協力 ・資源外交による問題解決
開発費高騰のリスク	・鉱床の低品位化 ・鉱床の奥地化、高地化、深部化 ・海水の利用	・技術開発、実収率向上によるコストダウン ・効率化等による一層のコストダウン努力

(2) 鉱山開発における課題

鉱山開発そのもののリスク

【主なリスクと対策】

項目	リスク要因	対策
環境リスク	・環境許認可の取得遅延 ・粉塵、地下水汚染等による地域住民の反対、訴訟提起等	・法令順守の徹底 ・環境当局との良好な関係の維持 ・環境規制の順守、環境対策の徹底、モニタリングの実施等 ・地域住民との対話努力
プロジェクト実行上のリスク	・資源国の政策変更、税制改正等による負担増 ・許認可のリスク(手続きの複雑化、長期化、不当要求等) ・コストオーバーラン(人件費、資材費の高騰、工期の遅延) ・インフラ関係のリスク(電力、水の不足)	・当局との良好な関係の維持 ・法的な対応措置 ・資源外交による支援 ・迅速な対応と追加資金手当 ・取引先との価格交渉 ・代替手段の確保(自家発電、海水淡水化設備の設置)

(2) 鉱山開発における課題

鉱山開発そのもののリスク

探鉱による鉱床発見の確率が極めて低い。

フロンティア地域を含めた鉱山開発への取組みが必要。

【参考事例】非鉄メジャーA社の探鉱プロセス

	地域選定	ターゲットの識別	ターゲットの調査	資源の推定／評価
段階	適正ある鉱床を有する可能性	鉱床の徴候	鉱物の性質と存在量	鉱床の規模、冶金的品質、品位、経済性
作業	地質情報、鉱業史、論点整理、現地訪問	地質図作成、物理探査、地化学探査	少数のトレンチ・ボーリング	多数のボーリング
所要時間	数週間	数ヶ月	数週間～数ヶ月	数か月～2・3年
費用	数万\$	数万\$～数十万\$	数十～百万\$	数百万\$
件数推移例 (割合)	10,000件として (100%)	1,000件 (10%)	30件 (0.3%)	3件 (0.03%)

●「ボーリングを実施した350の鉱区のうちわずかに1鉱区のみが鉱山となった。」

⇒ 鉱山開発につながる可能性 $0.3\% \times 1/350 = 0.00086\%$

(2) 鉱山開発における課題

鉱山開発そのもののリスク

有望な鉱山を発見できる確率は依然低い

これまで手が付けられていない地域の探鉱も必要

⇒ 将来的なフロンティア地域も含めた鉱山開発への取り組みが必要

目次

1. 資源開発の現状と課題

- (1) 世界における我が国企業の鉱山開発の現状
- (2) 鉱山開発における課題

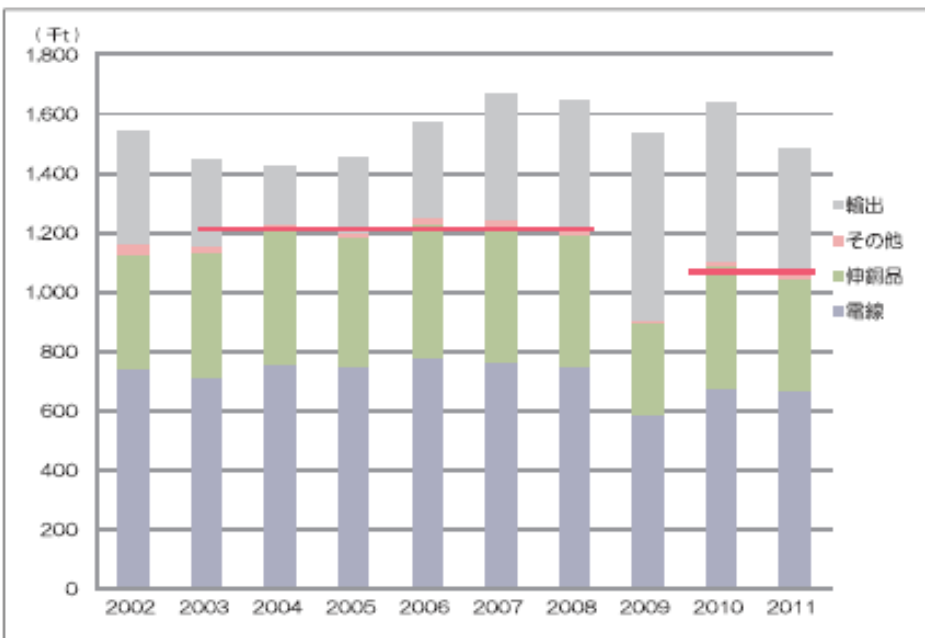
2. 国内製錬事業の現状と課題

- (1) 国内製錬所が果たす今日の役割
- (2) 製錬業が直面する課題

3. まとめ

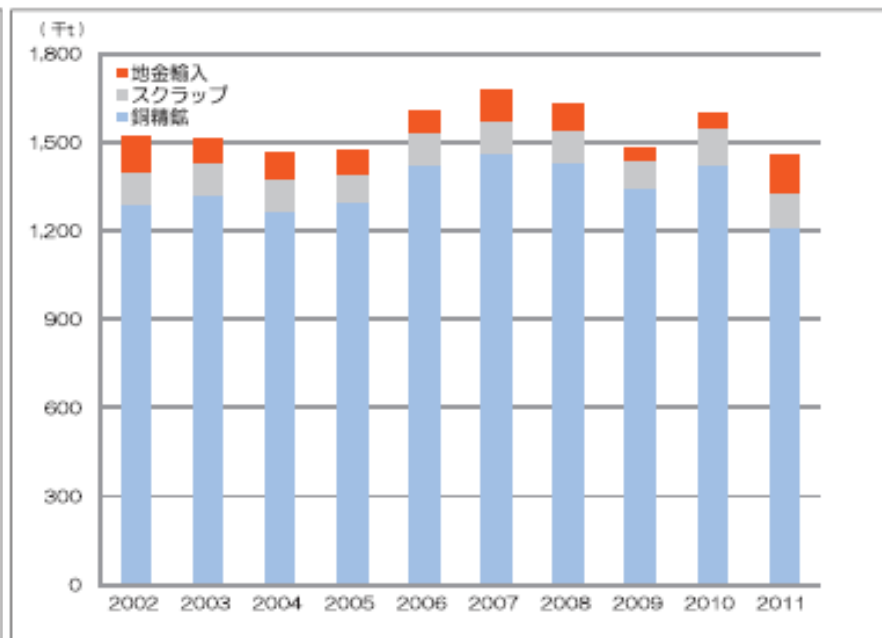
(1) 国内製錬所が果たす今日の役割 経済安全保障上の役割

国内銅地金需要と輸出の推移



(出典：JOGMEC「鉱物資源マテリアルフロー2012」)

国内銅地金供給の推移



(出典：JOGMEC「鉱物資源マテリアルフロー2012」)

JOGMEC 2013.3 金属資源レポート

- ・国内の銅地金需要量は1,100～1,200千t/年程度であり、国内銅製錬所はそれに対応する十分な供給能力を有している。
- ・しかし、国内銅製錬所から産出する銅の約9割は海外から輸入される銅精鉱を原料とするものであり、国内安定供給は海外からの銅精鉱の安定供給を前提としたものである。
- ・製錬所が無ければ地金供給を海外からの輸入に頼らざるを得なくなる。

(1) 国内製錬所が果たす今日の役割

経済安全保障上の役割

1 H 1.008	国内非鉄金属製錬所で生産している元素 																2 He 4.003
3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.96	43 Tc [99]	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3		72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po [210]	85 At [210]	86 Rn [222]
87 Fr [223]	88 Ra [226]		104 Rf [267]	105 Db [268]	106 Sg [271]	107 Bh [272]	108 Hs [277]	109 Mt [276]	110 Ds [281]	111 Rg [280]	112 Cn [285]	113 Uut [284]	114 Fl [289]	115 Uup [288]	116 Lv [293]		118 Uuo [294]
			57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm [145]	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.1	71 Lu 175.0
			89 Ac [227]	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np [237]	94 Pu [239]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [252]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [262]

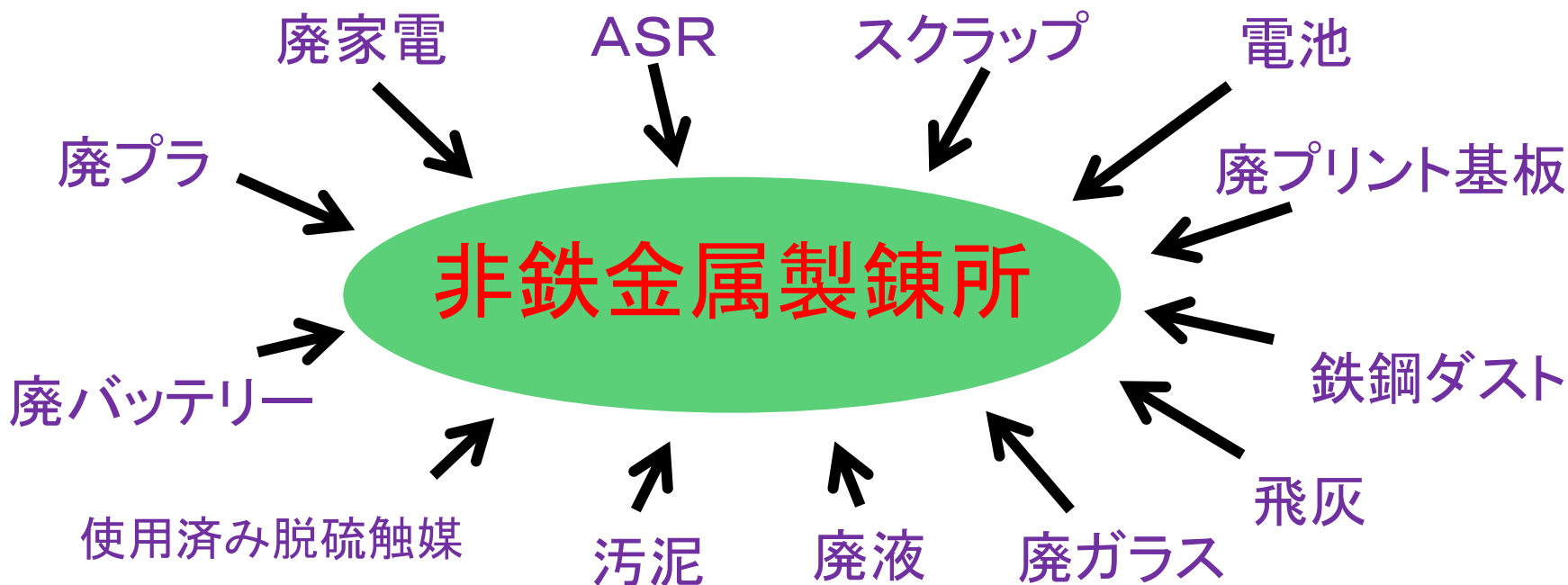
Journal of MMIJ Vol.123(2007)No.12等より作成

・非鉄金属製錬所は、ベースメタルだけでなくレアメタル等の国内安定供給の一翼も担っている。

(1) 国内製錬所が果たす今日の役割

環境対策上の役割

非鉄金属製錬所でのリサイクル処理

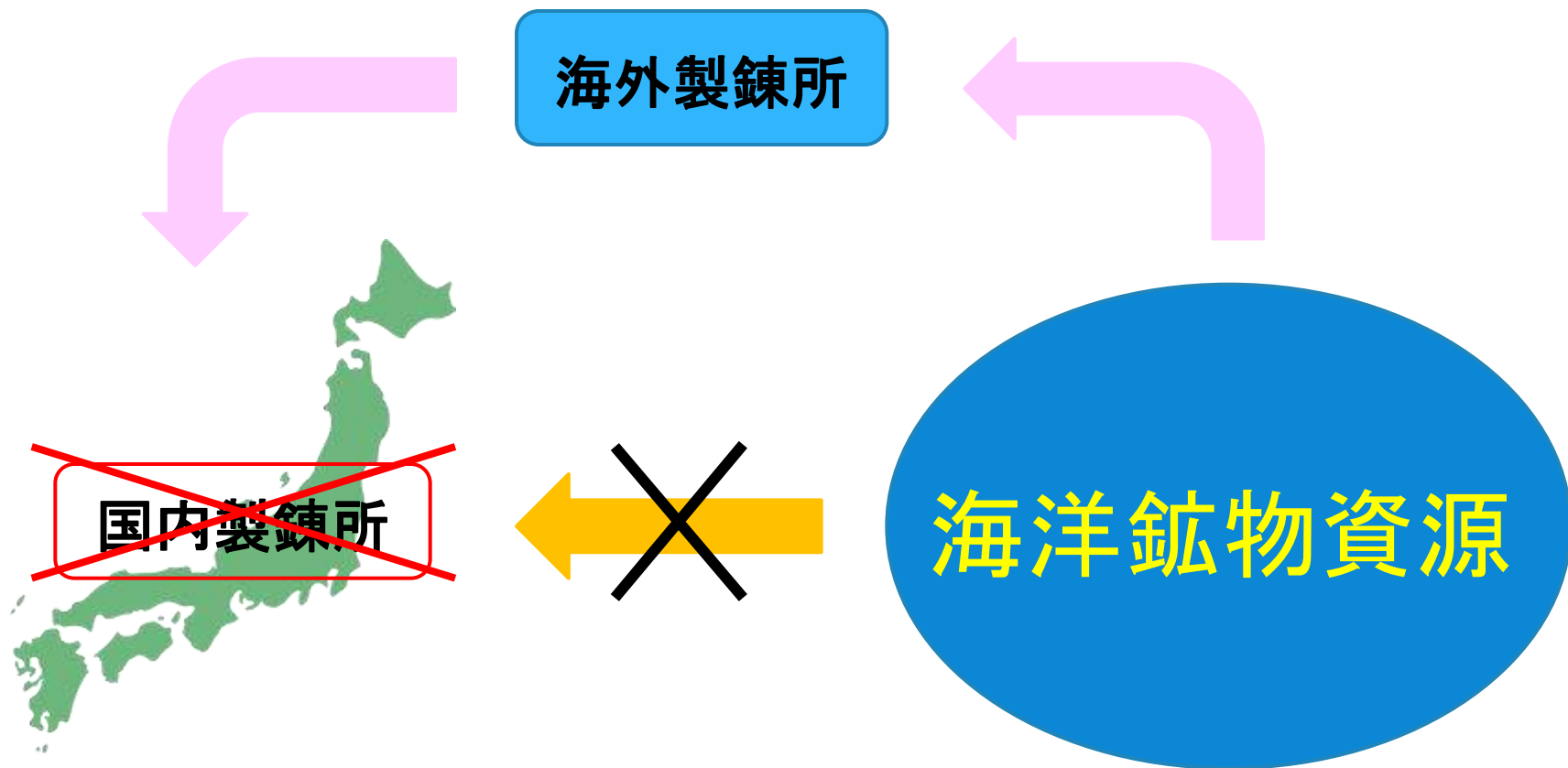


Journal of MMIJ Vol.123(2007)No.12より作成

- ・非鉄金属製錬所では様々な物がリサイクル処理され、再び資源として活用されている。
- ・レアメタルの生産拠点。

(1) 国内製錬所が果たす今日の役割

将来の国内資源開発における役割

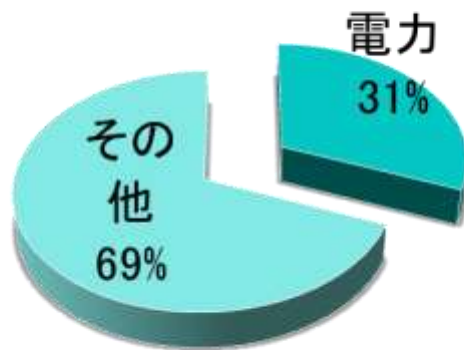


・もし日本に製錬所がなくなれば、国産資源である海洋鉱物資源の開発が可能になった場合に、地金生産を海外に頼らざるを得なくなる。

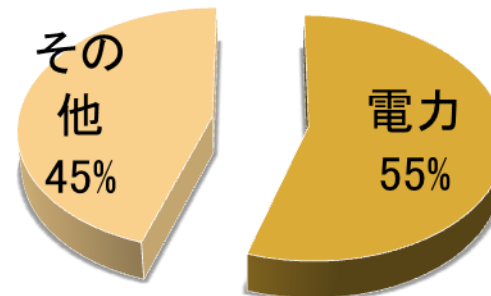
(2) 製造業が直面する課題

高騰する電気代

各メタルの製造比例費に占める電力コストの比率例



電気銅



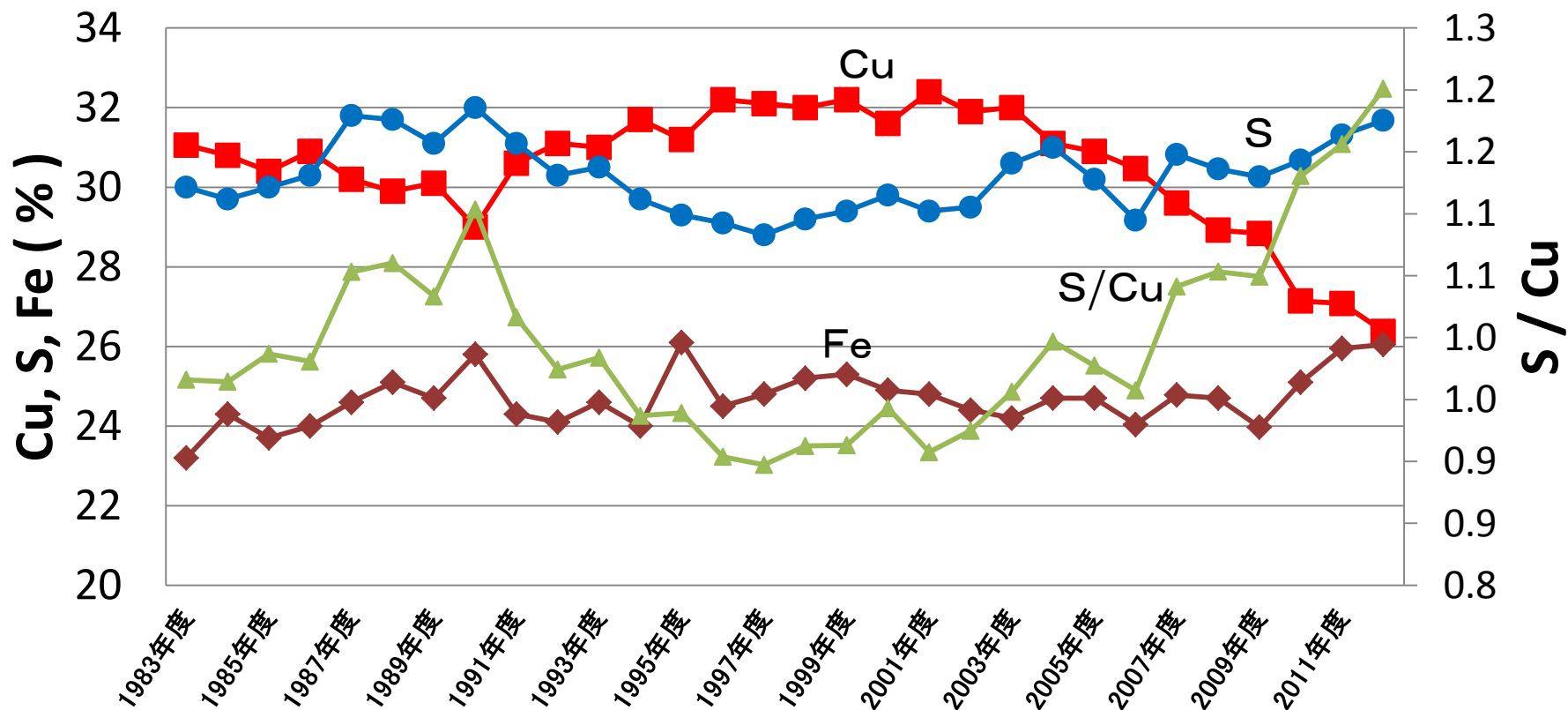
フェロニッケル

- ・業界（鉱山・製錬部門）の購入電力量は年間約50億kWh。
- ・電力単価の高騰は業界に大きなコスト負担増を強いる。

(2) 製造業が直面する課題

製錬所で処理されている銅精鉱組成の変化

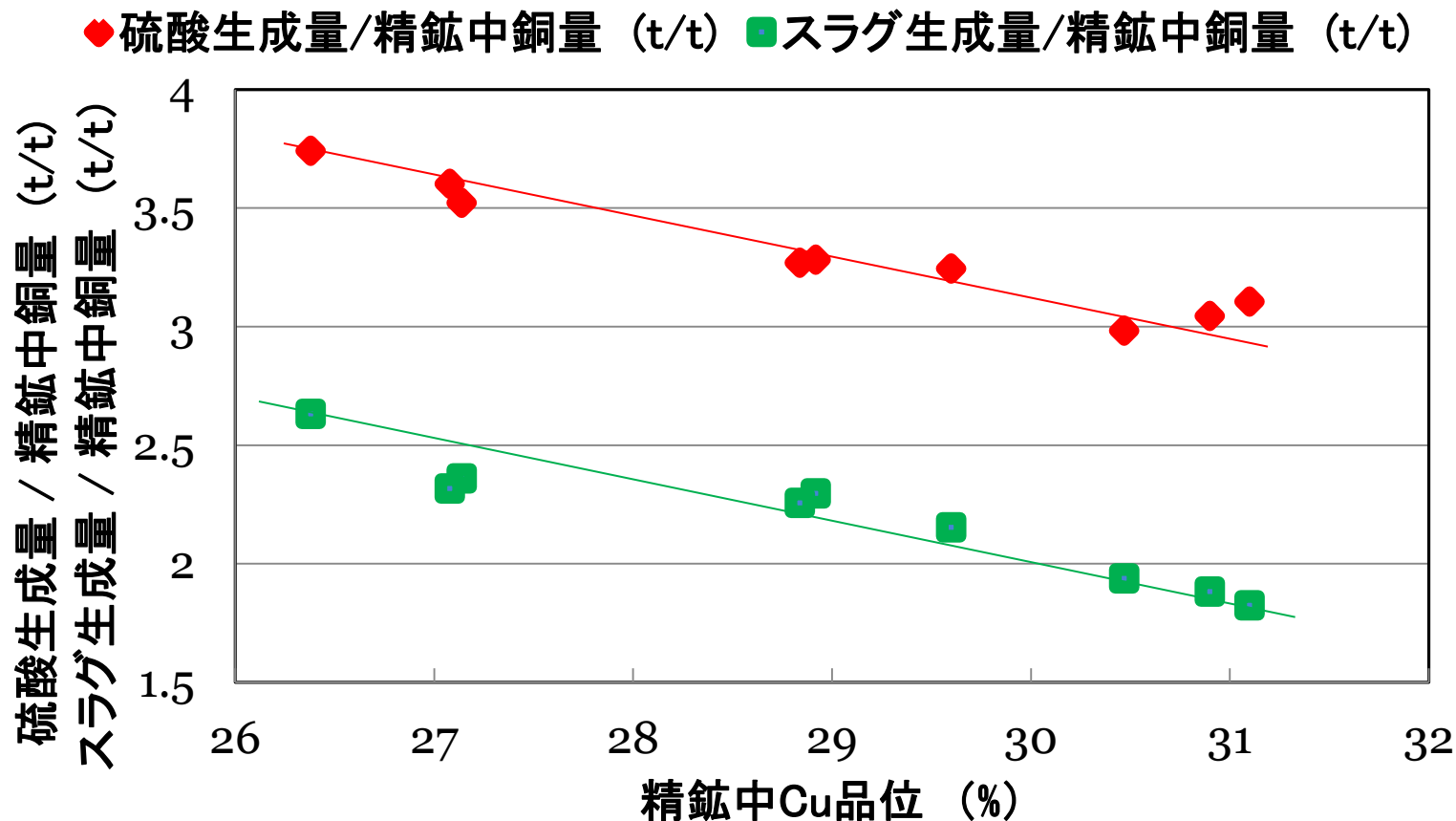
■ Cu ● S ◆ Fe ▲ S/Cu



- ・2000年頃から精鉱中Cu品位低下。一方、S品位やFe品位は上昇。
精鉱中S/Cu比は上昇。

(2) 製造業が直面する課題

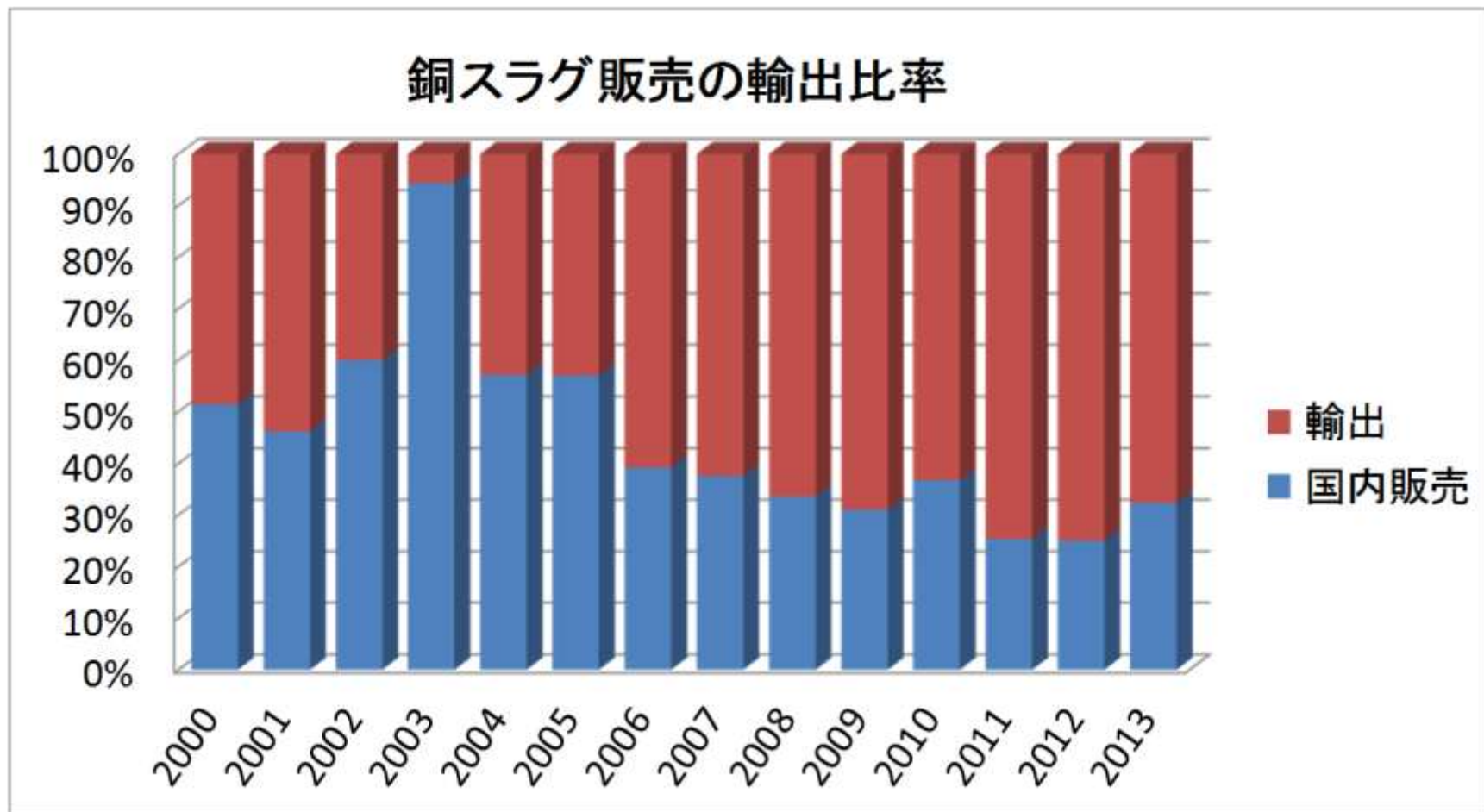
鉱石品位低下に伴う副産物の増加



- ・精鉱中銅品位低下により硫酸やスラグの生成量が増加。
- ・これらが販売できなければ、製錬所は操業困難。

(2) 製造業が直面する課題

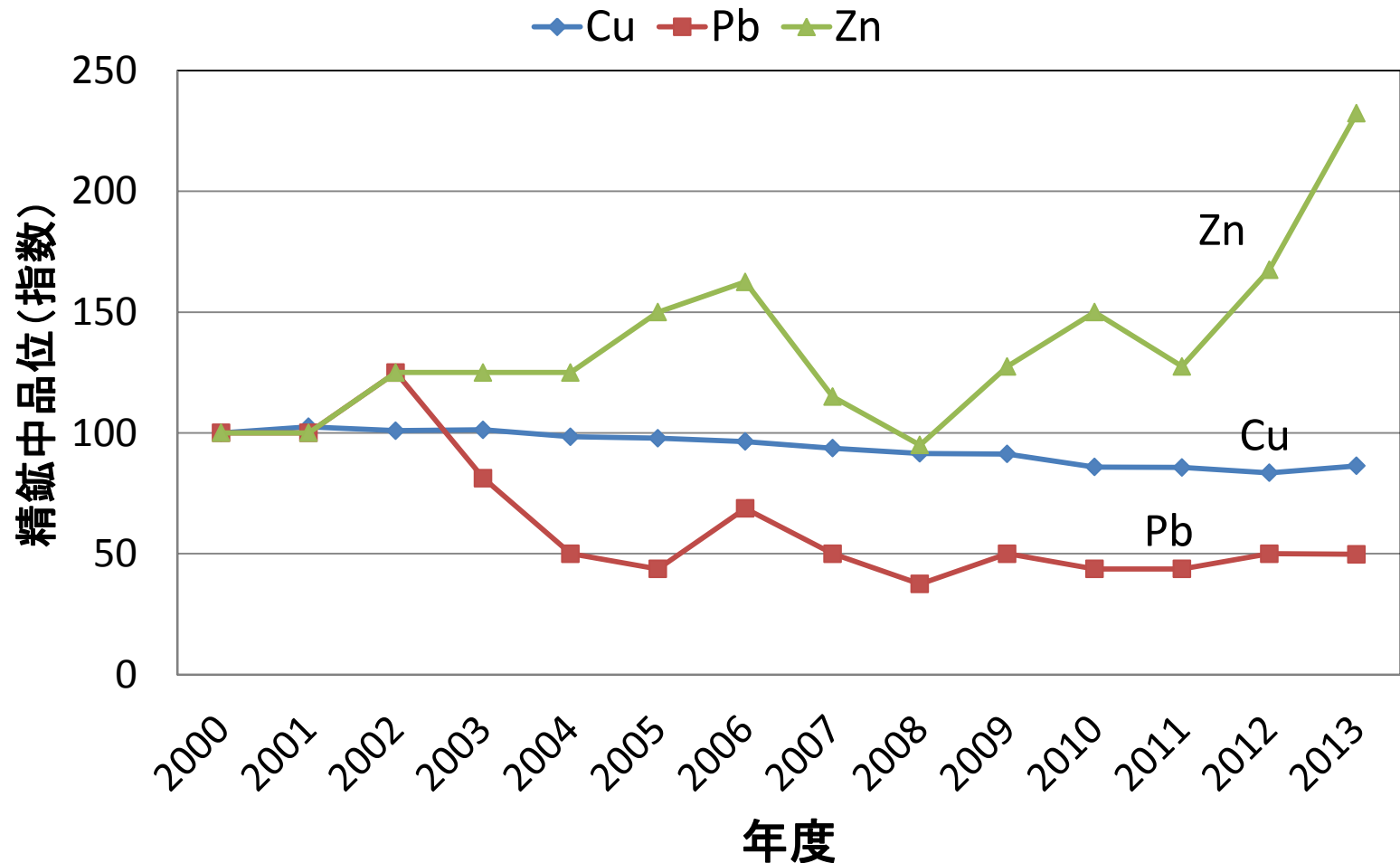
銅スラグの販売



- ・スラグは国内で販売しきれず輸出に頼っているのが現状。輸出フレイトで収益悪化。
- ・輸出比率は増加傾向。スラグ生産量が増加すれば、販売しきれなくなる可能性も・・・。

(2) 製造業が直面する課題

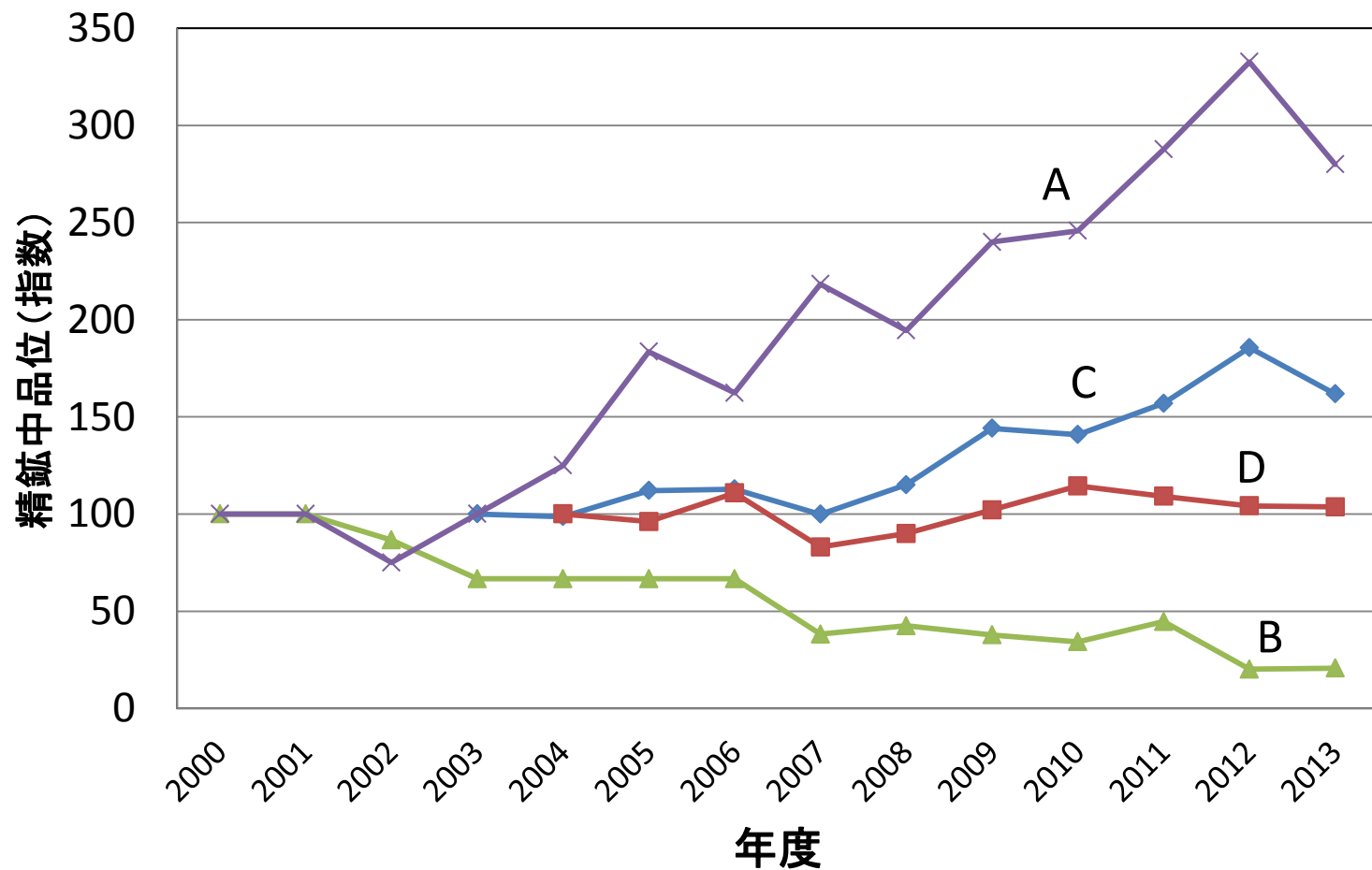
銅精鉱中の銅品位低下と不純物の増加



・銅品位は低下傾向にある。一方、亜鉛品位は上昇。鉛品位は横ばいだが、銅品位に対して相対的に上昇。

(2) 製造業が直面する課題

銅精鉱中微量不純物の増加



- ・銅精鉱中の不純物は増加傾向。
- ・負荷増加の中で排出量削減。

(2) 製造業が直面する課題

様々な環境規制への対応

バーゼル条約対応

- ・国際的に連携した資源の有効活用

化学物質排出把握管理促進法PRTR制度への対応

改正マルポール条約への対応

排水規制改正への対応

- ・排出量削減による環境負荷低減への取組み

目次

1. 資源開発の現状と課題

(1) 世界における我が国企業の鉱山開発の現状

(2) 鉱山開発における課題

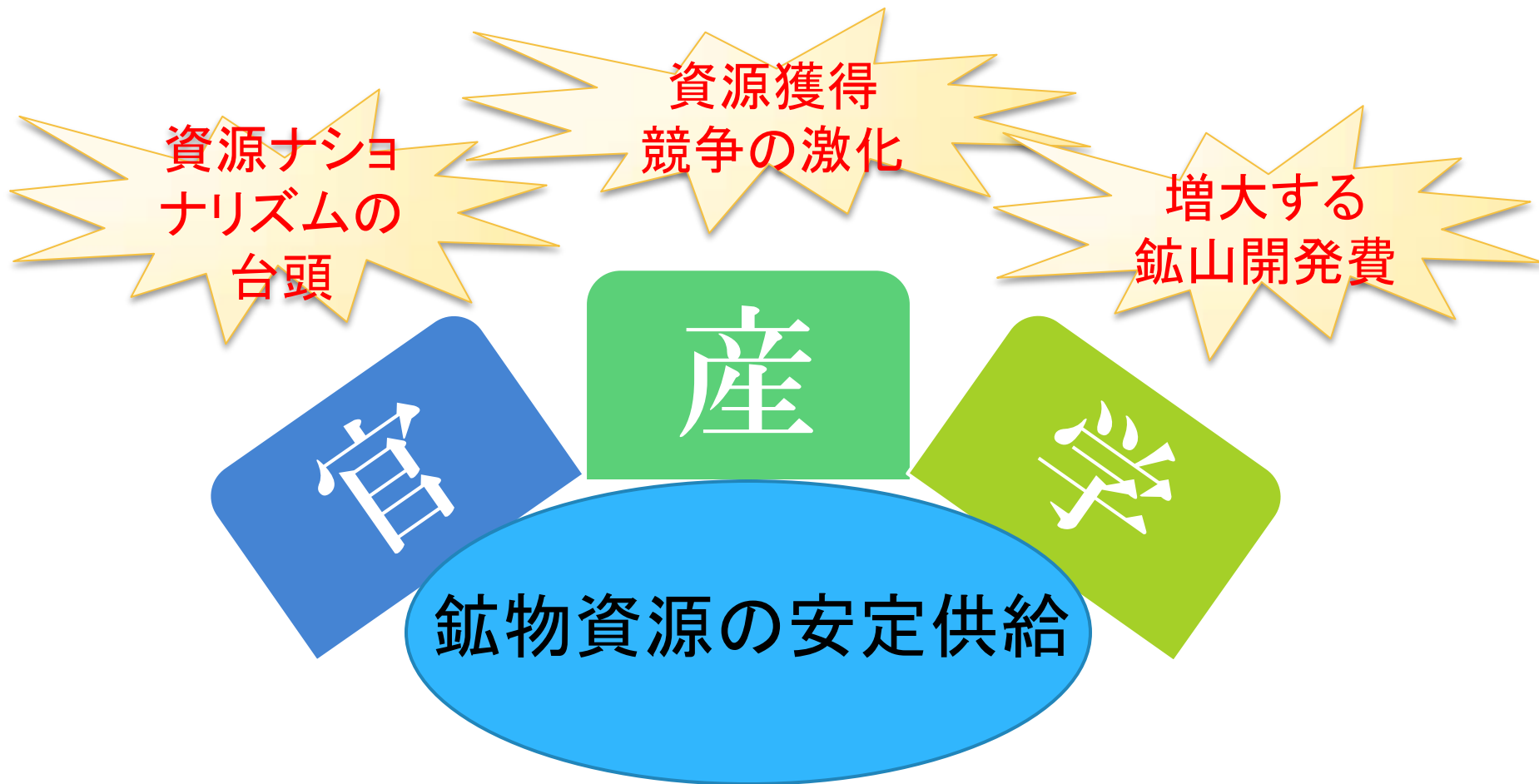
2. 国内製錬事業の現状と課題

(1) 国内製錬所が果たす今日の役割

(2) 製錬業が直面する課題

3. まとめ

オールジャパンの取組



・資源獲得競争の下、鉱物資源の安定供給を実現するためには、産官学による適切な役割分担の下、オールジャパンの取組が必要。

産から学への要望

大学の役割

教育

産業界への人材供給

研究

資源開発・製錬基礎
技術の開発・向上

資源・金属系学科の消滅 ⇒ 資源・金属系大学の活性化、再構築

・但し、以前のような各大学の資源・金属系学科の再活性化を図るのではなく、**必要規模を考慮し、特定の大学に人材と研究機能を集約**させるなどで資源開発・製錬学科の再構築を図ることを検討すべき。

産から官への要望

課題	政府への期待
資源ナショナリズムの高揚	➤ 資源外交の強化 ➤ 政府機関のリスク対応力の強化 ➤ 資源国の鉱業政策動向に関する精緻な分析・評価の実施
探鉱リスク	➤ 減耗控除制度等の税制の抜本的な強化 ➤ JOGMECの探鉱支援制度の拡充 ➤ J-SUMIT(国際資源ビジネスサミット)のような国際的なネットワーク強化による有望案件発掘
鉱山開発費の増大	➤ JBIC, NEXI, JOGMEC等の支援策の拡充
製錬コストの増大	➤ 電気代高騰への対策
フロンティアの開発	➤ ナショナルプロジェクトとして産官学を結集した技術開発への取組と実施体制の構築

産の役割

- ◆ 日本国内の産業（工業）において存在感を示せる収益の確保
- ◆ 資源メジャーとの対等化
（少なくとも特定の分野においてはメジャーに伍する規模の実現）

それらを通じて、

- ☆ 鉱物資源安定供給
- ☆ 国内資源リサイクルの促進
- ☆ 環境負荷低減
 - ・ 鉱山開発
 - ・ 製錬技術開発（HPALなど）



旧別子銅山(歓喜坑・歓東坑)