

「製錬副産物からのレアメタル回収技術開発」 研究開発プロジェクトの概要

平成30年2月28日

資源エネルギー庁資源・燃料部

鉱物資源課

目次

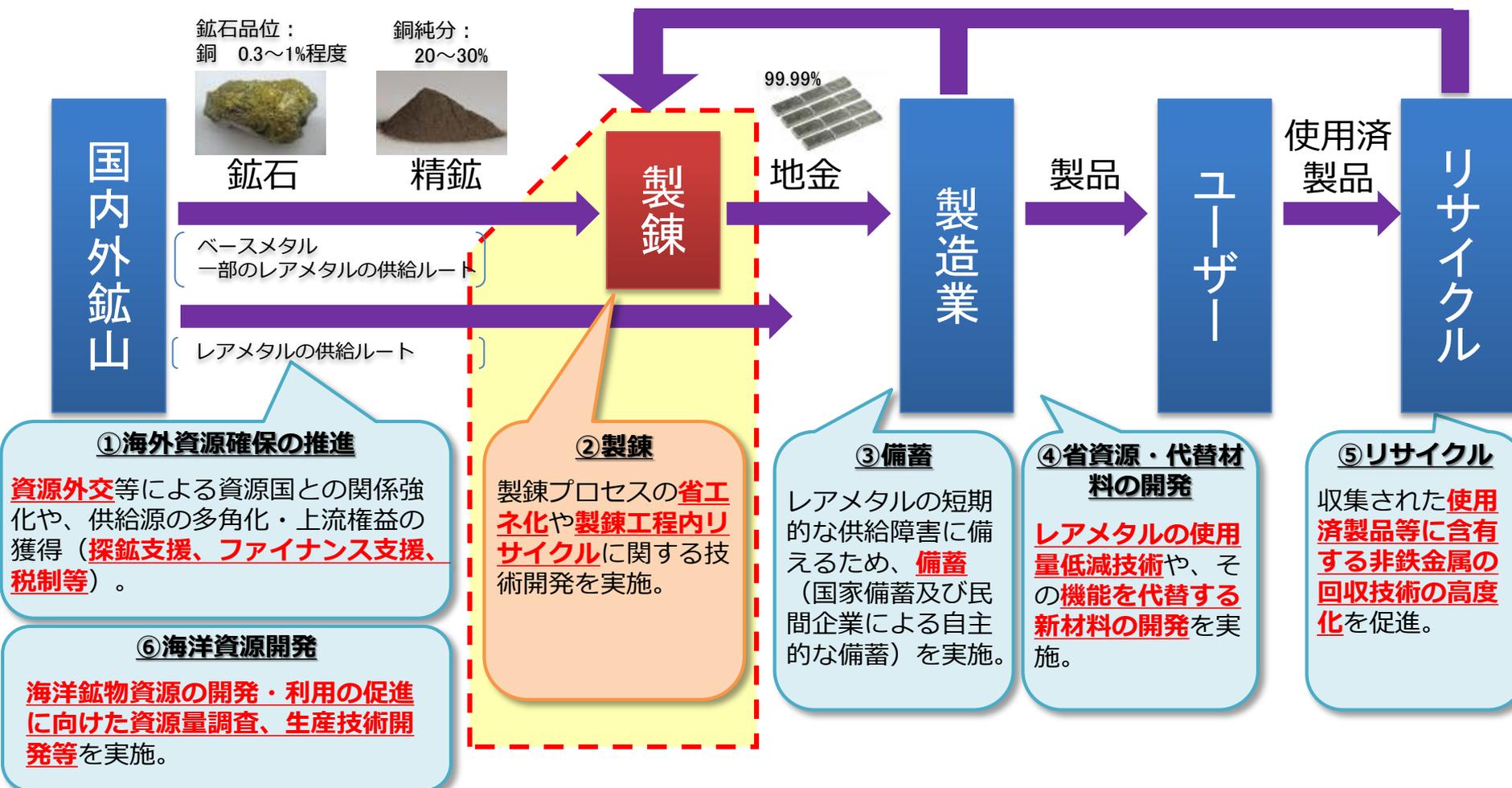
1. 事業の概要
2. 事業アウトカム
3. 事業アウトプット
4. 当省(国)が実施することの必要性
5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
6. 研究開発の実施・マネジメント体制等
7. 費用対効果
8. 外部有識者の評価等
9. 提言及び対処方針

1. 事業の概要

概 要	非鉄製錬所における製錬副産物の中には多くのレアメタル元素が含まれており、当該元素としてアンチモン、セレン、テルル等が挙げられる。特に、アンチモンはほぼ全量を中国からの供給に依存している。他方、アンチモンは国内の銅・鉛製錬から発生するスラグや煙灰等の副産物に含有されるものの、その回収技術が未確立である。このため、プロジェクトの目的としては、製錬副産物からのアンチモン回収技術を開発し、その回収率(量)を向上させることによって、特定産出国からの供給依存(リスク)を低減するとともに、国内市場へのアンチモンの安定供給を図る。
実施期間	平成25年度～平成28年度 (4年間)
実施形態	国からの直執行 (独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構への委託事業)
予算総額	3.12億円 (平成25年度:0.80億円 平成26年度:0.80億円 平成27年度:0.80億円 平成28年度補正:0.72億円)
実施者	独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
プロジェクトリーダー	神谷 太郎 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 金属資源技術部 生産技術課課長

鉱物資源政策の全体像

- 鉱物資源の安定供給を確保するため、鉱種ごとの実態を踏まえ、関係機関と連携し、①海外資源確保の推進、②製錬、③備蓄、④省資源・代替材料の開発、⑤リサイクル、⑥海洋資源開発を総合的に実施。



鉱物資源政策関連予算等の全体像

地質構造調査・解析・提供

地質調査・基礎探鉱

- 希少金属資源開発推進基盤整備事業
【一般】 3.8億円（4.0億円）
- 鉱物資源開発の推進のための探査等事業委託費
【特会】 20.0億円（20.0億円）

探 鉱

JOGMEC

出資・融資・債務保証
（財政投融资計画（産業投資））

平成30年度：313.0億円
（自己資金158.0億円を含む）

（平成29年度：268.0億円
（自己資金128.0億円を含む））

- ・探鉱段階における企業への出資・融資
- ・開発段階における企業への出資・債務保証

JBIC融資
NEXI保険

開 発・生 産

製 錬

利 用

リサイクル

レアメタル備蓄

- 希少金属備蓄対策事業
【一般】 3.8億円（4.3億円）

リサイクル・製錬技術等

- 銅原料からの不純物低減技術開発
【一般】 1.4億円（1.0億円）
- 高効率な資源循環システムを構築するためのリサイクル技術の研究開発事業
【特会】 6.0億円（5.0億円）

資源国との関係強化等

- 国際非鉄金属研究会分担金 【一般】 0.1億円（0.1億円）
- （独）石油天然ガス・金属鉱物資源機構運営費交付金 【一般】 36.9億円（36.8億円）

海洋鉱物資源開発

- 海底熱水鉱床探鉱技術開発等調査事業 【一般】 5.6億円（5.0億円）
- 洋鉱物資源開発に向けた資源量評価・生産技術等調査事業委託費
【特会】 87.0億円（108.0億円）

<凡例>

- 【一般】・・・一般会計
- 【特会】・・・エネルギー対策特別会計

<予算額の表示>

30年度予算案額（29年度当初予算額）

税制（減耗控除制度、海外投資等損失準備制度、軽油引取税）

本事業の目的及び目標値

非鉄製錬所における製錬副産物の中には多くのレアメタル元素が含まれており、当該元素としてアンチモン、セレン、テルル等が挙げられる。特に、アンチモンはほぼ全量を中国からの供給に依存している。他方、アンチモンは国内の銅・鉛製錬から発生するスラグや煙灰等の副産物に含有されるものの、その回収技術が未確立である。このため、プロジェクトの目的としては、製錬副産物からのアンチモン回収技術を開発し、その回収率(量)を向上させることによって、特定産出国からの供給依存(リスク)を低減するとともに、国内市場へのアンチモンの安定供給を図る。

また、国内非鉄製錬所における製錬副産物から回収されるレアメタルは、回収対象のベースメタル(銅・鉛・亜鉛等)の生産量に左右される上に、多くのレアメタルは副産物として製錬工程内を循環するなど、十分に回収出来ていないのが現状である。とりわけ、アンチモンを大量に回収するためには既存技術では回収率が低く、未だ多くの基礎的課題も存在することから、プロジェクトの概要としては、実用化に向けたアンチモンの製錬副産物からの回収技術を確立し、その回収率向上を図る。

以上の様に、本事業ではこれまで対象としていなかった製錬副産物からSbを回収するプロセスの技術開発を行う。目標としては、非鉄製錬プロセスにおける製錬副産物からのアンチモン生産量を、現状から30%増産する技術及びフローを確立する。

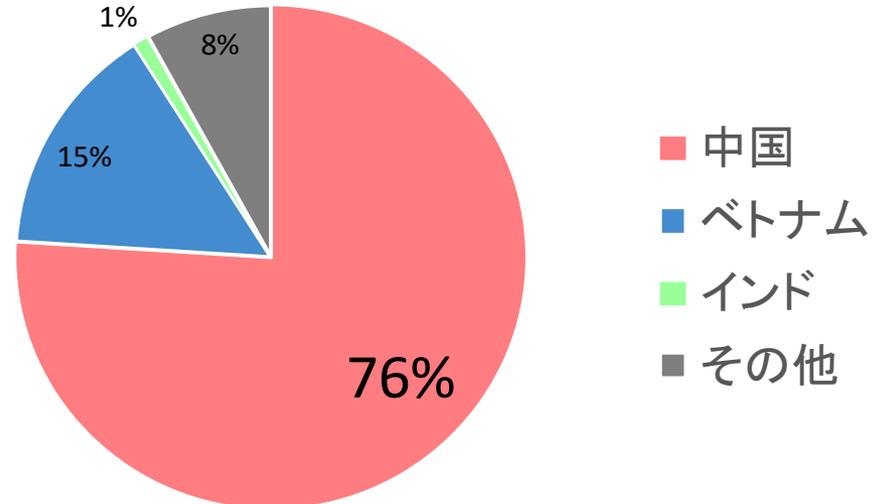
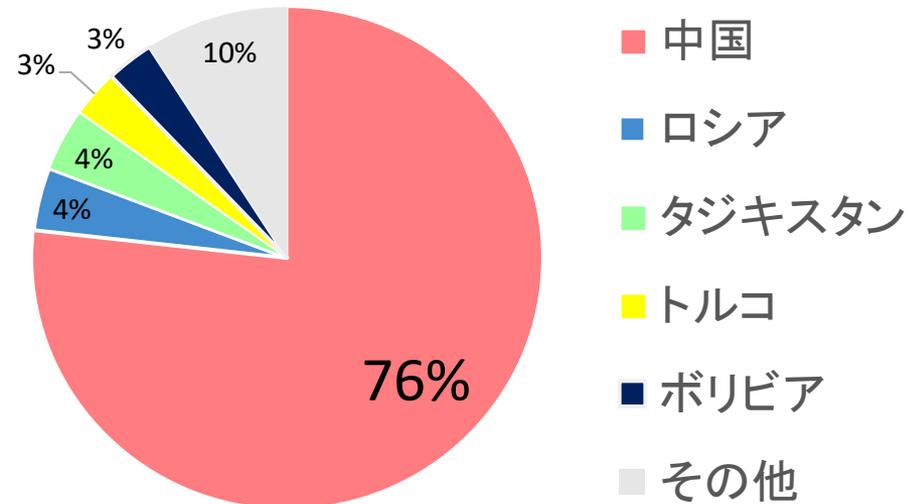


アンチモン地金

アンチモンの鉱石生産量と輸入相手国について(2015)

鉱石生産量 147,121トン

塊・粉の輸入相手国 5,138トン



用途

主要用途は難燃助剤(三酸化アンチモン)。特殊鋼向け、バッテリー電極(アンチモン金属)

製錬副産物からSb回収技術を確立することで、アンチモンの輸入依存量を低減し、国内産業への資源の安定供給確保を図る。

2. 事業アウトカム

事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)
<p>【アウトカム指標】 非鉄製錬プロセスにおける製錬副産物からのアンチモン生産量を、現状から30%増産する技術及びフローを確立する。</p>	<p>(事業開始時) アンチモン需要量に対する製錬副産物からのアンチモンの供給割合</p>	<p>—</p>
<p>【アウトカム指標設定の根拠】 ほぼ全量中国からの供給に依存しているアンチモンは、国内の非鉄製錬所から発生するスラグや煙灰等の副産物に含有され、一部は回収されているものの、国内需要に対応するための回収技術は未だ確立していない。 このため、非鉄製錬プロセスにおける製錬副産物からのアンチモン生産量を、現状から30%増産する技術及びフローを確立することを指標として設定した。</p>	<p>(事業終了時) 非鉄製錬プロセスにおける製錬副産物からのアンチモン生産量を、現状から30%増産する技術及びフローの確立</p>	<p>達成 非鉄製錬プロセスにおける製錬副産物からのアンチモン生産量を、現状から30%増産する技術及びフローを確立した。</p>
	<p>(事業目的達成時) 非鉄製錬プロセスにおける製錬副産物からのアンチモン生産量を、現状から30%増</p>	<p>—</p>

3. 事業アウトプット

事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)
<p>実施する研究テーマ数として5テーマをアウトプット指標として設定した。研究テーマの設定に当たっては、乾式法のより一層の効率化を行うとともに、湿式法と組み合わせることで目標であるアンチモン回収量30%向上を達成できるプロセスを構築、代替法によるアンチモン濃縮技術の開発を検討したうえで、必要な個別技術開発要素を抽出した。</p> <p>(1) 湿式法によるアンチモン濃縮技術開発</p> <p>① 難溶性アンチモン浸出技術開発(湿式法でのレアメタル浸出・分離法についての調査・試験)</p> <p>② 難溶性アンチモン浸出技術開発(レアメタルの溶解に関する基礎的な研究)</p> <p>(2) 乾式法によるアンチモン濃縮技術開発</p> <p>(3) 経済性評価の実施及び全体プロセスの確立</p> <p>(4) アンチモン濃縮物又はアンチモン金属を得るための基礎研究・調査</p> <p>① アルカリ焙焼による製錬副産物からのレアメタル・ヒ素の分離回収に関する基礎研究</p> <p>② アンチモン濃縮物を得るための新規抽出剤・吸着材の開発及びその応用に関する基礎研究</p>	(事業開始時) 5テーマ	—
	(事業終了時) 6テーマを実施し、非鉄製錬プロセスにおける製錬副産物からのアンチモン生産量を、現状から30%増産する技術及びフローを確立する。	達成 6テーマを実施し、非鉄製錬プロセスにおける製錬副産物からのアンチモン生産量を、現状から30%増産する技術及びフローを確立した。

< 共通指標実績 >

特許数2件、学会発表件数7件。

< 国民との科学・技術対話の実施などコミュニケーション活動 >

- ・平成29年8月29日 平成29年度第4回JOGMEC金属資源セミナー
- ・平成29年11月8日 JOGMEC/MMIJ合同シンポジウム「資源分離技術の新たな展開」
- ・平成29年11月10日 非鉄製錬におけるマイナーメタルに関するシンポジウム など

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

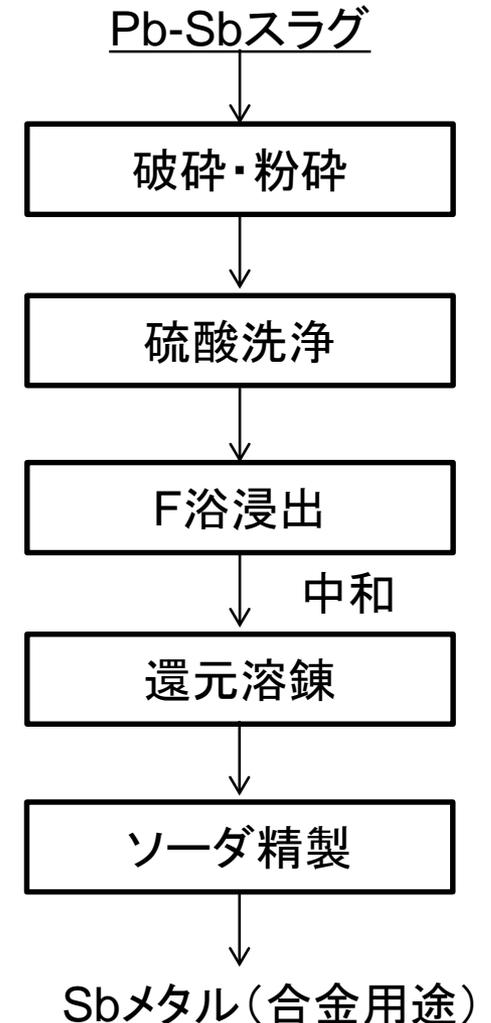
個別要素技術	アウトプット指標・目標値	達成状況(実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>(1)湿式法によるアンチモン濃縮技術開発</p> <p>①難溶性アンチモン浸出技術開発(湿式法でのレアメタル浸出・分離法についての調査・試験)</p> <p>②難溶性アンチモン浸出技術開発(レアメタルの溶解に関する基礎的な研究)</p>	<p>銅・鉛製錬から発生するスラグや煙灰等の副産物から、難溶性アンチモンの浸出を可能にする溶媒を選択し、浸出技術を開発する。</p>	<p>湿式法については、フッ素浴(以下、「F浴」)浸出、KOH浸出、酒石酸系浸出を検討した。</p> <p><F浴浸出法> 合金用途の品質規格を満足するSbメタルの製造が可能であることを実証した。</p> <p><KOH浸出> Sb₂O₃用途の品質規格を満足する高純度Sbメタルが得られた。</p> <p><酒石酸系浸出> Sb₂O₃用途の品質規格を満足する高純度Sbメタルの製造が可能であることを実証した。</p>	<p>達成</p>

(1) 湿式法によるアンチモン濃縮技術開発 F浴浸出法



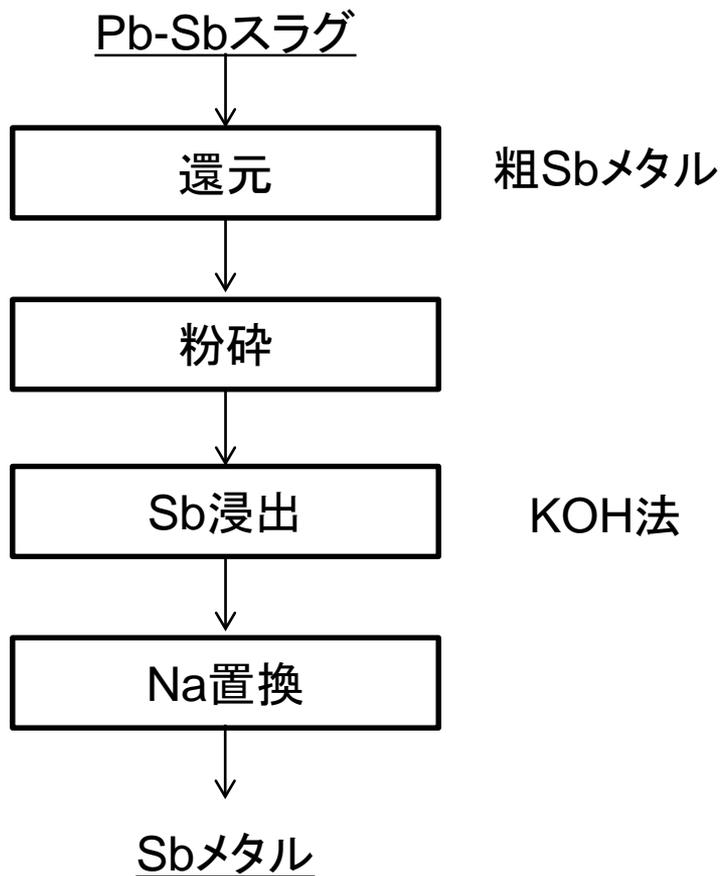
	Sb %	Cu ppm	Pb ppm	Fe ppm	S ppm	As ppm	Bi ppm	Cd ppm	Ni ppm	Sn ppm	Tl ppm
合金用Sbメタル規格	99.5	500	2000	500	1000	1000	100		500		
Sbメタル	99.8	46	492	8	59	344	24	66	105	84	50

F浴浸出法により合金用途の品質規格を満足する。
Sbメタルの製造が可能であることを実証することができた。



(1) 湿式法によるアンチモン濃縮技術開発

KOH法

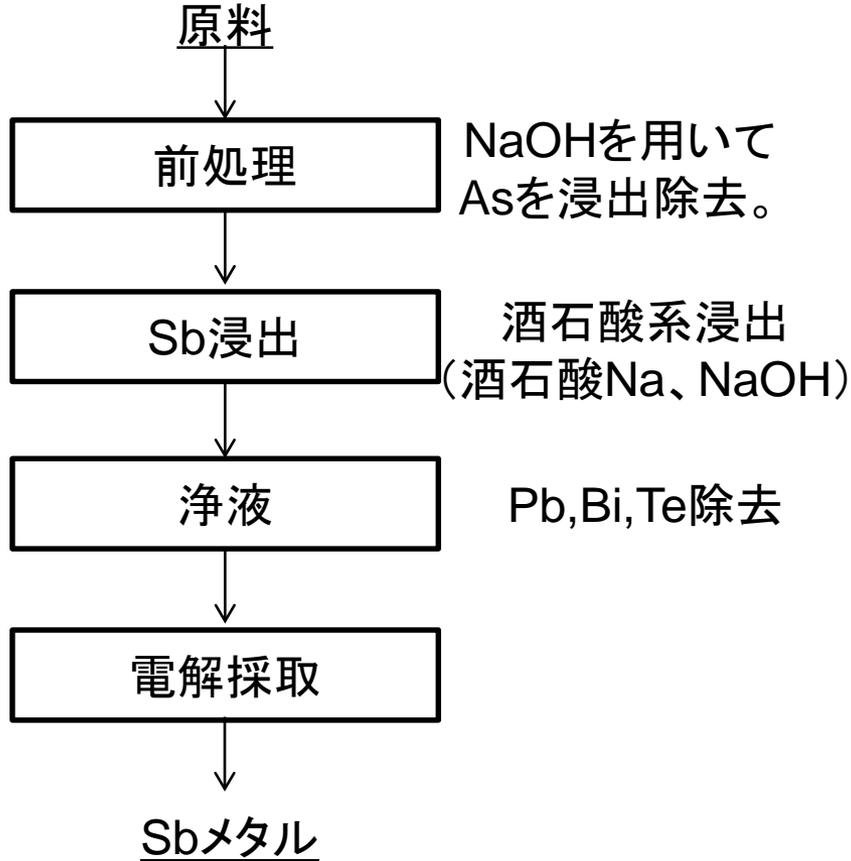


	Sb %	Cu ppm	Pb ppm	Fe ppm	S ppm	As ppm	Bi ppm	Cd ppm	Ni ppm	Sn ppm	Tl ppm
合金用Sbメタル規格	99.50	500	2000	500	1000	1000	100		500		
Sb ₂ O ₃ 用Sbメタル規格	99.65	100	1500	400	20	1000	100	30	100	100	100
Sbメタル(F浴浸出)	99.80	46	492	8	59	344	24	66	105	84	50
Sbメタル(KOH浴浸出)	99.82	<100	<100	<100	<50	<100	<100	<50	<100	<100	-

F浴浸出により回収したSbメタルでは、合金用の規格は満足するが、Sbの需要の大半を占めるSb₂O₃向けの規格に対応できないため、KOHを用いた新規プロセスによりSbの高純度化を行うことができた。

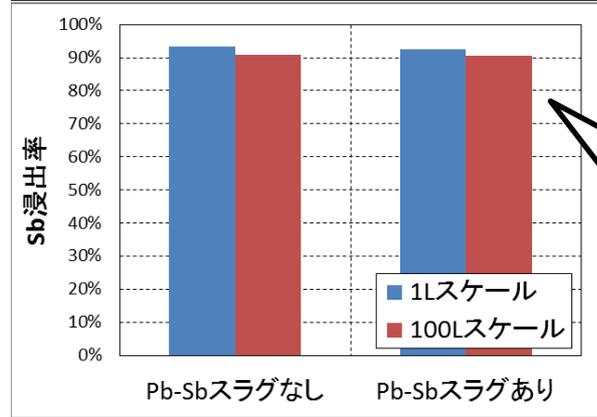
(1) 湿式法によるアンチモン濃縮技術開発 酒石酸浸出法

含Sb製錬副産物の一括処理を目的に、混合原料による酒石酸浸出を検討



混合原料の組成

	Pb %	S %	As %	Bi %	Sb %	Sn %	Se ppm	Te ppm	F ppm	Na ppm	混合割合
高Sb含有スラグ	17.3	0.18	1.1	0.20	58.6	0.3	100	110	25,200	4,160	35%
As含有高Sb煙灰	17.5	0.15	6.0	0.13	57.1	0.2	690	860	500	750	3%
高As含有Sb煙灰	10.1	0.83	36.4	0.26	21.1	4.2	1740	1680	<100	260	16%
Pb-Sbスラグ	45.3	0.05	3.1	<0.1	37.5	0.8	70	160	<100	<50	35%
高Sb含有煙灰	0.9	<0.005	2.0	0.28	78.4	<0.1	980	1120	47500	120	11%
混合原料	24.3	0.17	7.1	0.18	47.5	1.1	548	678	12,846	1,567	100%



Pb-Sbスラグの有無、スケールに関わらず90%程度の浸出率を達成

混合原料の酒石酸浸出法によるSb浸出率の試験結果
左 混合原料にPb-Sbスラグを含まない場合
右 混合原料にPb-Sbスラグありの場合

酒石酸系浸出では、電解採取により電着Sbを溶解→徐冷またはソーダ精製することにより、Sb₂O₃用途の品質規格を満足するSbメタルの製造が可能であることを実証できた。
また、処理が難しいPb-Sbスラグも浸出可能であることが分かった。

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

個別要素技術	アウトプット指標・目標値	達成状況(実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
(2)乾式法によるアンチモン濃縮技術開発	鉛製錬において、電解精製前の粗鉛から乾式法により、アンチモン濃縮物を得るためのプロセスを検討する。粗鉛からアンチモンを抜き出し、濃縮する方法としてハリス法およびガス酸化精製法(柔鉛法)が公知技術として知られており、適用の可能性を調査する。	粗鉛からの乾式法によるアンチモン濃縮の技術としては、コスト、処理速度等の面からガス酸化精製法が優位であると判断し、実証試験を実施した上で、ガス酸化精製法を最適な手法として選定した。	達成

(2) 乾式法によるアンチモン濃縮技術開発 ハリス法

ハリス法とは、NaOHを添加し、粗鉛中の不純物を除去する方法で、Sb濃縮物の回収が可能

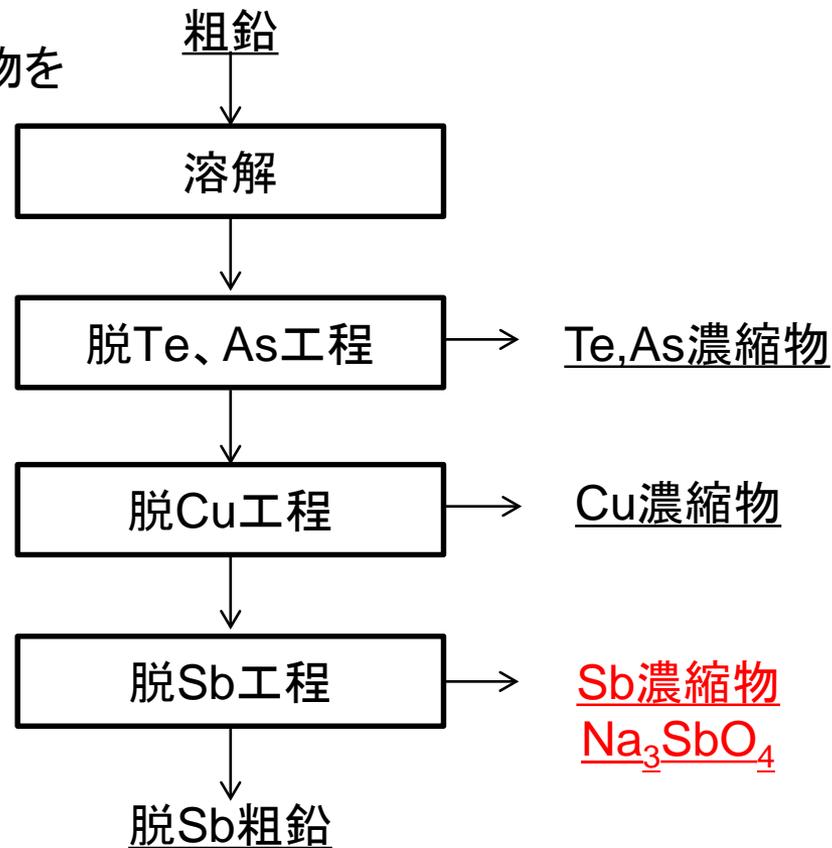
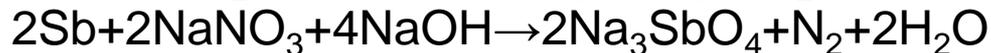
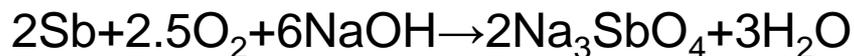


ハリス法の試験設備

450°C、NaOH
Te、As ≤ 0.01%

340°C、降温
Cu ≤ 0.05%

基本反応式(420°C)



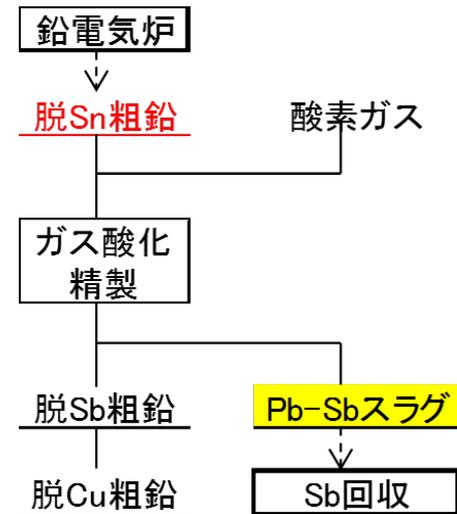
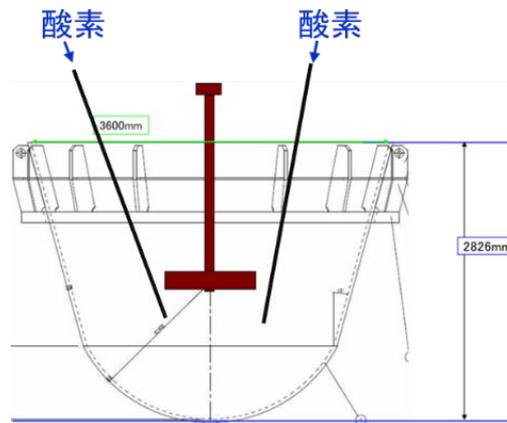
ハリス法は工程が多く設備が大きくなるが、高い品位のSb濃縮物を得ることができる。またTeの濃縮物を回収することも可能である。

(2) 乾式法によるアンチモン濃縮技術開発 ガス酸化精製法

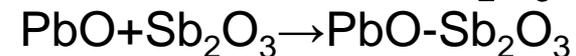
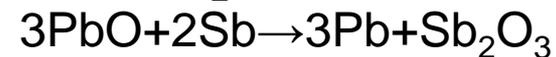
ガス酸化精製法とは、酸素ガスを吹込みPb-Sb-OスラグとしてSbを分離する方法である。

(本方法はハリス法に比べて単純な設備で実施できるが、Sb品位はハリス法より低い濃縮物で不純物は多くなる。)

実証試験設備(粗鉛180t)



基本反応式



酸素流量の向上(酸素2点吹き、先端絞りランス)により、
酸素効率96%、脱Sb速度0.13%-Sb/hを達成した。

またSb濃縮物の品質向上(品位29%→44%、Sb³⁺比率87%→97%)にも成功した。

(2) 乾式法によるアンチモン濃縮技術開発

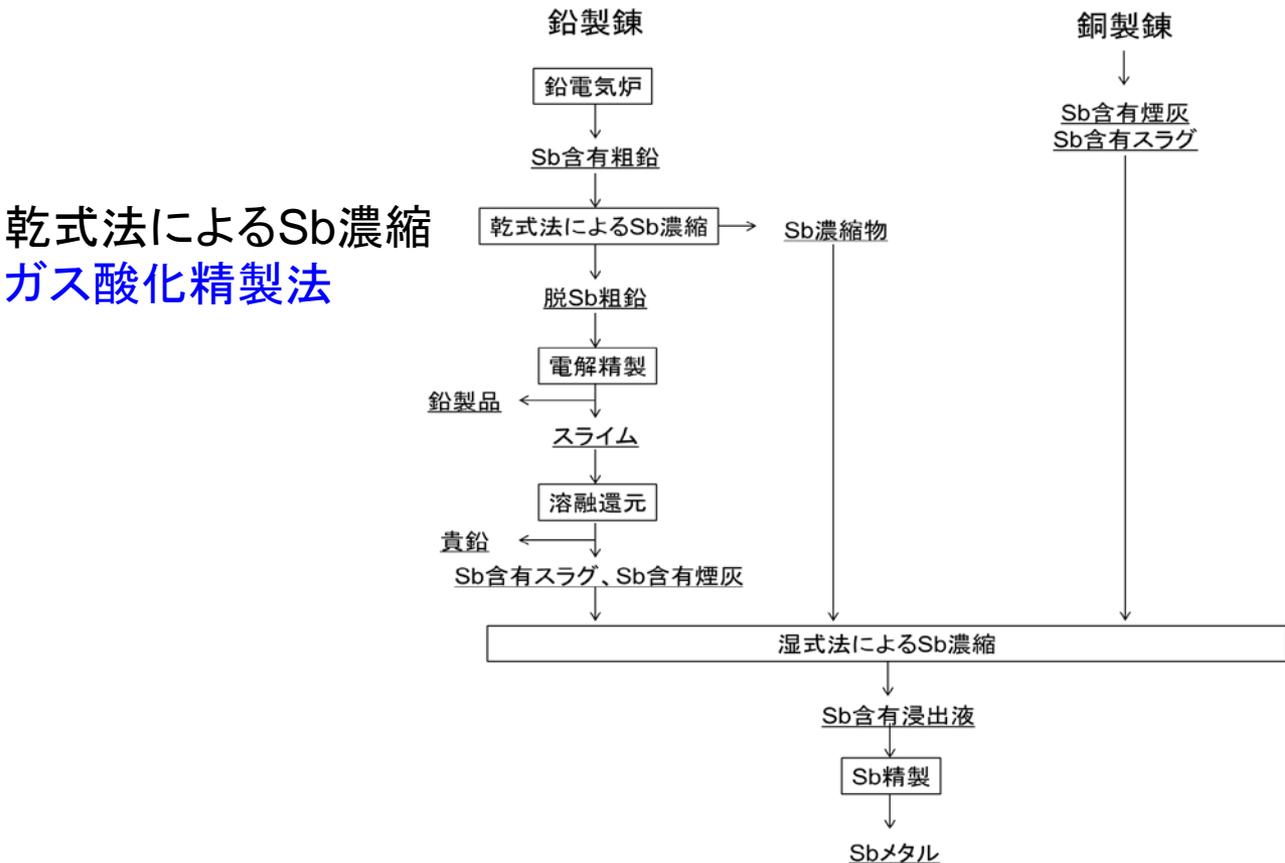
		ハリス法	ガス酸化精製法
Q	Sb濃縮物品位	<ul style="list-style-type: none"> Sb品位、50%近い 低不純物品位だが、Sb酸ソーダ製品規格の水準まで満たすものではなく、精製は必要 	<ul style="list-style-type: none"> Sb品位、30%前後 高不純物品位のため、Sb回収には精製が必要
	副産物	<ul style="list-style-type: none"> Teが濃縮した脱Teハリス滓を回収できる 	<ul style="list-style-type: none"> 特になし
		○	△
C	イニシャルコスト	<ul style="list-style-type: none"> 設備投資 大 精製銅 ハリスシリンダー メタルポンプ 水砕設備 分級機 リバルブタンク ろ過設備 NaOH濃縮銅 など 	<ul style="list-style-type: none"> 設備投資 小 精製銅 ガス吹込み管 攪拌機 スラグ回収装置 など
	ランニングコスト	372千円/t-Sb	73千円/t-Sb
D	脱Sb速度	0.1%-Sb/h	0.2%-Sb/h
		△	○
E	操業	<ul style="list-style-type: none"> 工程が多く、NaOHやNaNO₃等の劇薬を使用する 	<ul style="list-style-type: none"> 工程が単純で管理が容易
	産物	<ul style="list-style-type: none"> 脱Sbハリスケーキ、wet状なので粉塵飛散のリスクは低い、潮解性を有している 	<ul style="list-style-type: none"> Pb-Sbスラグ、冷却によって容易に固形状となり取り扱い易いが、dry状のため粉塵飛散のリスク有
		×	△
F	Sb回収プロセス	<ul style="list-style-type: none"> Sb濃縮物の不純物は少ないがSb回収プロセスの選択肢も多くはない 	<ul style="list-style-type: none"> Sb濃縮物の不純物が多いがSb回収プロセスの選択肢も多い
		×	△
乾式法評価		×	○
		<ul style="list-style-type: none"> ハリス法では回収できる産物の品位などで有利ではあるが、掛かる設備投資やランニングコスト、脱Sb速度など他の面においてはガス酸化精製法に比べて不利。 各検討要素を総合的に考慮すると、ガス酸化精製法が有利と判断 	

粗鉛からの乾式法によるSb濃縮の技術は、コスト、処理速度等の面からガス酸化精製法を選定し、実証試験を実施。

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

個別要素技術	アウトプット指標・目標値	達成状況(実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
(3)経済性評価の実施及び全体プロセスの確立	非鉄製錬プロセスにおける製錬副産物からのアンチモン生産量を、現状から30%増産する技術及びフローを確立する。	<p>乾式法によるアンチモン濃縮についてはガス酸化精製法を選定した上で、次の4つのパターン^①の湿式法によるアンチモン濃縮の手法を組み合わせてプロセスを確立した。</p> <p>パターン^①:F浴浸出 パターン^②-1:F浴浸出と酒石酸系浸出の組み合わせ パターン^②-2:酒石酸系浸出 パターン^③:KOH法</p> <p>増産量 パターン^①: 480t→624tに、30%増 (アンチモン回収率87%)</p> <p>パターン^②-1、^②-2、^③: 480t→638tに、33%増 (アンチモン回収率89%)</p>	達成

(3) 経済性評価の実施及び全体プロセスの確立



湿式法によるSb濃縮

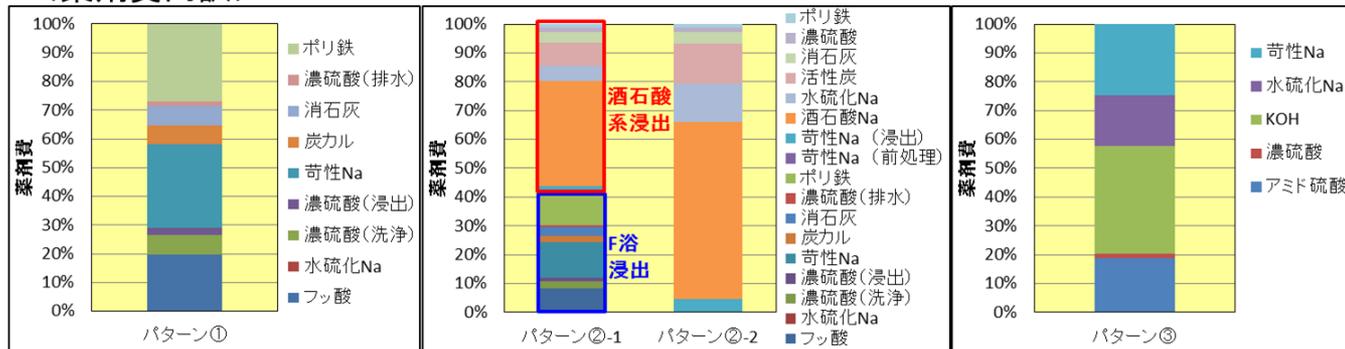
- ・パターン①
F浴浸出
- ・パターン②-1
F浴浸出: Sb濃縮物
酒石酸系浸出: Sb含有スラグ、Sb含有煙灰
- ・パターン②-2
酒石酸系浸出
- ・パターン③
KOH法

パターン①ではSbメタルを624t/年(回収率87%)、パターン②-1、②-2、③ではいずれもSbメタルを638t/年(回収率89%)を生産することができる。

(3) 経済性評価の実施及び全体プロセスの確立

		パターン①		パターン②-1		パターン②-2		パターン③	
Sb回収方法		F浴浸出		F浴浸出・酒石酸系浸出併用		酒石酸系浸出		KOH法	
		償却完了前	償却完了後	償却完了前	償却完了後	償却完了前	償却完了後	償却完了前	償却完了後
売上高	Sb生産量(t/年)	624		638		638		638	
	Sb価格(円/t)	857,000		857,000		857,000		857,000	
	金額(千円/年)	535,000		547,000		547,000		547,000	
変動費(千円/年)		228,000	228,000	231,000	231,000	242,000	242,000	234,000	234,000
固定費(千円/年)		204,000	130,000	248,000	146,000	225,000	130,000	247,000	130,000
売上原価 合計(千円/年)		432,000	358,000	479,000	377,000	467,000	372,000	481,000	364,000
売上利益(千円/年)		103,000	177,000	68,000	170,000	80,000	175,000	66,000	183,000
初期薬剤費(千円)		0		-25,000		-39,000		-1,000	
投資金額(千円)		-543,000		-748,000		-697,000		-860,000	
CF(キャッシュフロー)(千円/年)		177,000		170,000		175,000		183,000	
回収期間(年)		3.1		4.5		4.2		4.7	

< 薬剤費内訳 >



変動費の大半を薬剤費が占めるが、いずれのパターンでも売上高>売上原価となり、投資回収が可能。

(3) 経済性評価の実施及び全体プロセスの確立

	パターン①		パターン②-1		パターン②-2		パターン③	
Sb回収方法	F浴浸出		F浴浸出・酒石酸系浸出併用		酒石酸系浸出		KOH法	
Q: 品質								
Sbメタル品位	合金用Sbメタル規格は満足	△	合金用とSb ₂ O ₃ 用で約半々	○	全量Sb ₂ O ₃ 用Sbメタル規格を満足	◎	全量Sb ₂ O ₃ 用Sbメタル規格を満足	◎
C: コスト								
イニシャル	約543百万円	◎	約773百万円	△	約736百万円	○	約861百万円	▲
ランニング	変動費: 約228百万円/年	○	変動費: 約231百万円/年	○	変動費: 約242百万円/年	△	変動費: 約234百万円/年	△
売上利益	約177百万円/年(償却完了後)	○	約170百万円/年(償却完了後)	○	約175百万円/年(償却完了後)	○	約183百万円/年(償却完了後)	○
D: 処理能力								
Sb生産量	624t/年(目標: 624t/年)	○	638t/年(目標: 624t/年)	○	638t/年(目標: 624t/年)	○	638t/年(目標: 624t/年)	○
Sb繰り返し量	現行プロセスと同程度	○	炉への繰り返しが大幅↓	◎	炉への繰り返しが大幅↓	◎	現行プロセスと同程度	○
E: 環境対応								
排ガス	現行プロセスと同程度	△	現行プロセスと同程度	△	還元炉分の排ガス負荷低減	○	現行プロセスと同程度	△
排水	現行プロセスと同程度	○	As浸出液の排水負荷大	△	As浸出液の排水負荷大	△	現行プロセスより排水量が大幅減	◎
作業環境	フッ酸・溶体の取り扱いあり	△	強アルカリ・溶体の取扱いあり	△	強アルカリ・溶体の取扱いあり	△	強アルカリ・溶体の取扱いあり	△
F: 将来性・柔軟性								
拡張性	Sb生産量↑への対応が容易	○	設備数多く、スペースの確保困難	△	Sb生産量↑への対応が容易	○	設備数多く、スペースの確保困難	△
原料対応力	5価のSbは対応不可	△	多種のSb原料が処理可能	○	多種のSb原料が処理可能	○	Sbはメタルの形態にする必要あり	△
製品対応力	Sbメタルでの出荷のみ	△	Sbメタルでの出荷のみ	△	Sbメタルでの出荷のみ	△	Sb酸Naでも出荷の可能性あり	○
総合判定	◎		○		○+		○	
評価	イニシャルコストが低く抑えられるので、Sb価格の下落リスク最小		管理する設備が大幅に増えるため、操業のリスクが増加		Sbの高純度化では投資回収期間の面でKOH法より有利		売上利益は最も良いが、投資回収期間が長く、Sb価格の下落リスク大	

いずれのパターンでも、現状のSb価格であれば収益が見込めるため、状況に応じてプロセスを選定。

現時点での優先順位は、

① > ②-2 > ②-1 = ③

Sb以外のレアメタル回収(Se回収)

<原料組成>

	水分 %	Sb %	Pb %	Se %	As %	Ag g/t
Se含有Sb残渣	30	30~60	10	1~15	5	5,000

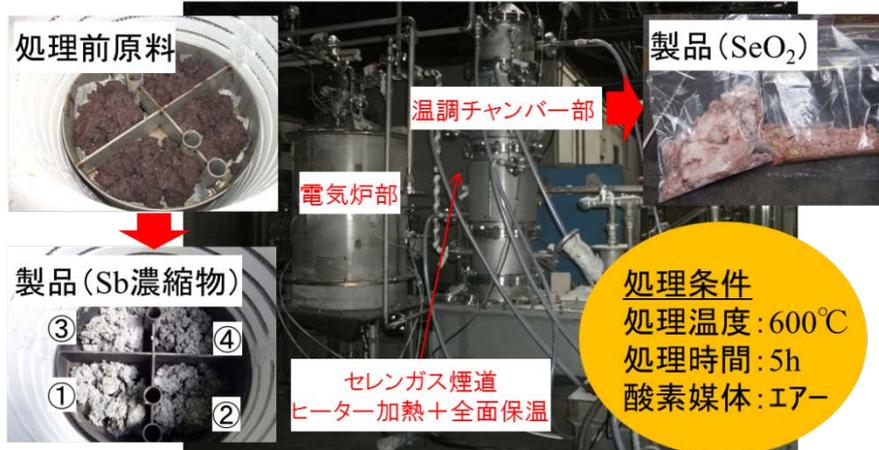


Seが高くて処理が進んでいなかったSe含有Sb残渣からSeを分離・回収し、残ったSb濃縮物については、Sb原料とする。

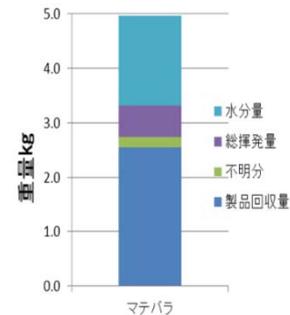
<各方式の評価比較>

評価項目	静置式加熱炉	ロータリーキルン	特殊ロータリーキルン
Q 製品品質	良好 ○	良好 ○	良好 ○
D 収率	ほぼ100% ○	10%キャリアオーバー △	70%キャリアオーバー ×
C 原料乾燥	不要 ○	必要 ×	不要 ○
加熱コスト	電気+バッチ △	電気+連続 ○	電気+連続 △
総合	○	△	×

<静置式加熱炉>



<重量分布率>



<原料と製品(Sb濃縮物)の品位>

	Sb(%)	Se(%)
原料	42.4	14.2
製品①	54.1	<0.1
製品②	54.6	<0.1
製品③	53.9	<0.1
製品④	54.9	<0.1

原料は処理後もそのままの形を維持しており、機械的な飛散はほとんどなし。できた製品(Sb濃縮物)は検出下限以下までSeが低下し、Sb原料として処理可能になった。

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

個別要素技術	アウトプット指標・目標値	達成状況(実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>(4) アンチモン濃縮物又はアンチモン金属を得るための基礎研究・調査</p> <p>① アルカリ焙焼による製錬副産物からのレアメタル・ヒ素の分離回収に関する基礎研究</p> <p>② アンチモン濃縮物を得るための新規抽出剤・吸着材の開発及びその応用に関する基礎研究</p>	<p>アンチモン含有の半製品または濃縮物を元原料として、不純物の除去とアンチモン回収の新たな手法について基礎研究・調査を行う。</p>	<p>アルカリ焙焼による製錬副産物からのレアメタル・ヒ素の分離回収に関する基礎研究とアンチモン濃縮物を得るための新規抽出剤・吸着材の開発及びその応用に関する基礎研究を行った。</p> <p>結果: アンチモンと錫の回収が可能なプロセスを確立した。</p> <p>アンチモン濃縮物を得るための新規抽出剤・吸着材の開発及びその応用に関する基礎研究は、有機相と水相において、Au、Sb/As、Seなどの金属イオンを選択的に回収することを目的として行った。</p> <p>結果: 新規抽出剤 DDCMP 吸着材 キトサン誘導体(CAC)</p>	<p>達成</p>

(4) アンチモン濃縮物又はアンチモン金属を得るための基礎研究・調査

① アルカリ焙焼による製錬副産物からのレアメタル・ヒ素の分離回収に関する基礎研究

Sbスラグ ↓ アルカリ焙焼 (シリケートガラス構造の破壊)

900°C、1時間、
Na₂CO₃はSn+As+Sb+SiO₂の1.2倍当量添加。
Sn、As、Sbを効率的にアルカリ化できた。

浸出実験フロー



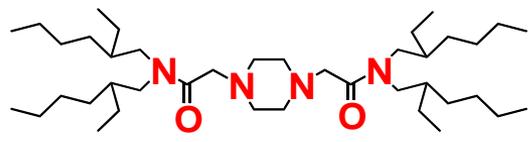
Sb含有シリケート (ガラス素地) スラグからのAs分離とSb, Sn回収フローの確立

第一浸出液: As69.9%回収。第二浸出液: Sb72.3%、Sn77.0%回収。
第二浸出液から硫化+中和処理によりSbとSnの分離も可能である。

(4) アンチモン濃縮物又はアンチモン金属を得るための基礎研究・調査

② アンチモン濃縮物を得るための新規抽出剤・吸着材の開発及びその応用に関する基礎研究、抽出剤によるSb(Ⅲ, V)の回収

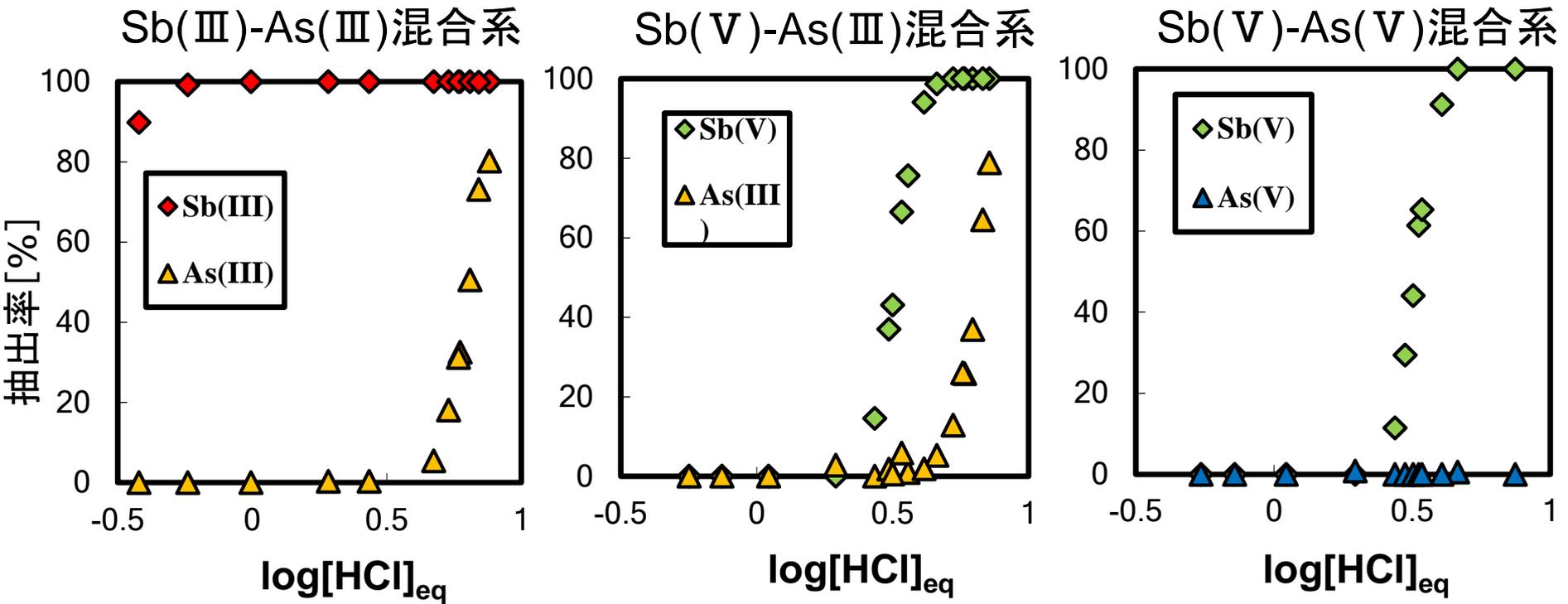
DDCMP (ピペラジナルキル誘導体)



抽出剤: 0.01 mol dm^{-3}

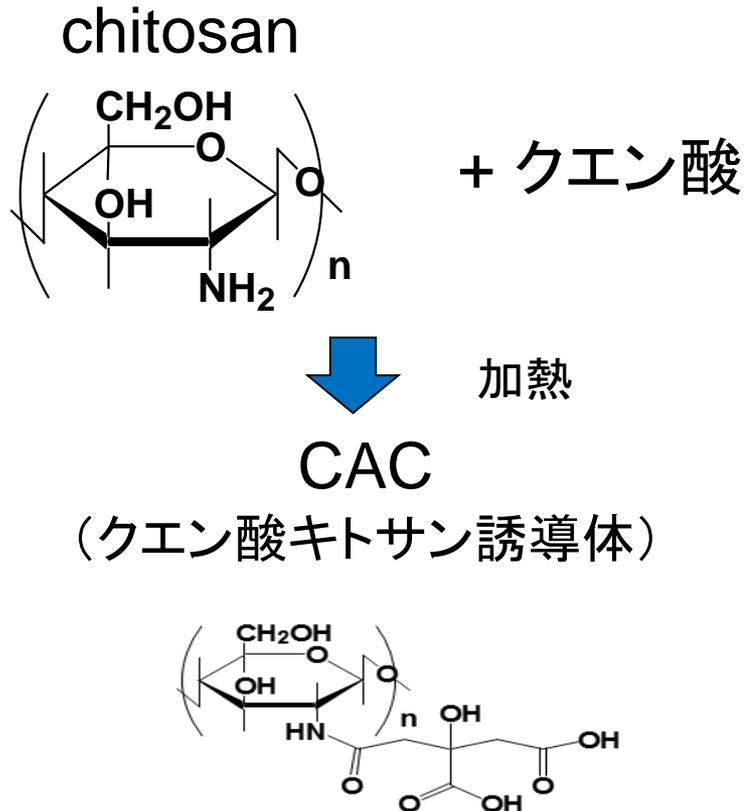
溶媒: toluene

溶媒のみによるSb(Ⅲ), As(Ⅲ)の抽出を含む。

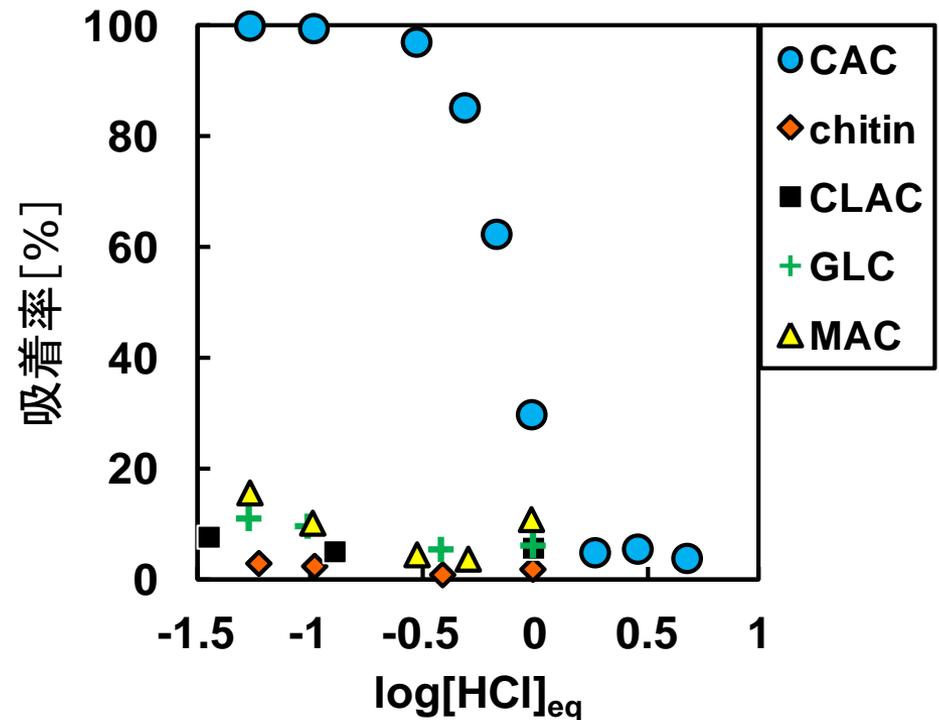


今回の基礎研究で開発した抽出剤の中で、DDCMPはアンチモンの価数に関わらずヒ素などとの分離が可能であり、最適なアンチモン抽出剤として選定した(特許出願)。

(4) アンチモン濃縮物又はアンチモン金属を得るための基礎研究・調査
 ② アンチモン濃縮物を得るための新規抽出剤・吸着材の開発及びその
 応用に関する基礎研究、吸着材の開発



HCl系、金属濃度:Sb(Ⅲ)0.1mol dm⁻³



今回の基礎研究で開発した吸着剤の中で、アンチモンの回収において、最適な吸着剤としてCAC (クエン酸キトサン誘導体)を選定した。

海老や蟹の殻から得られるchitosan(キトサン)を原料として、キトサン誘導体を合成した。CACによりSb(Ⅲ)を高選択的に吸着できる。

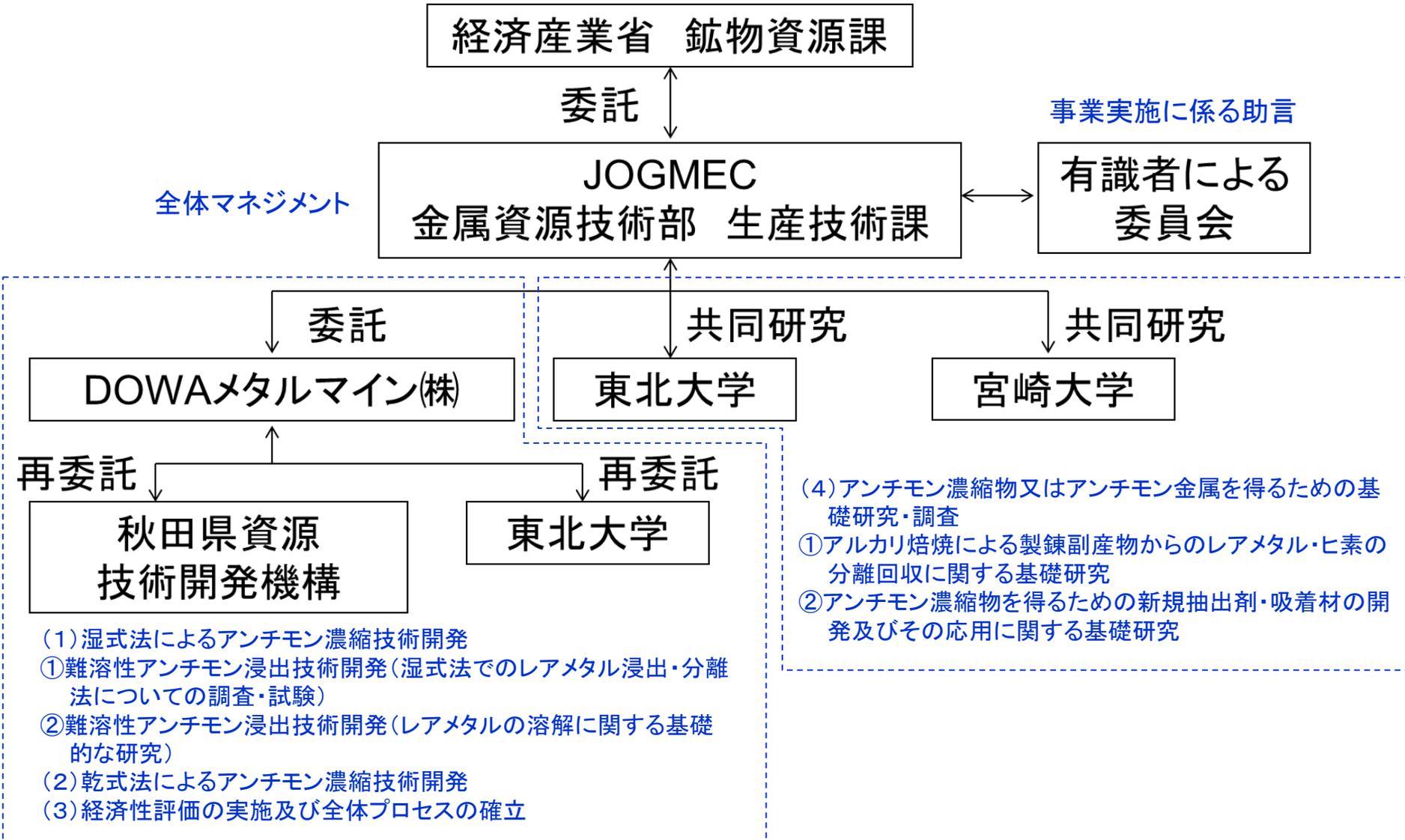
4. 当省(国)が実施することの必要性

非鉄製錬副産物中にはアンチモン、セレン等レアメタル元素が含まれ、特にほぼ全量中国からの供給(本邦需要量約6,000t/年の約90%)に依存しているアンチモンは、国内の非鉄製錬所から発生するスラグや煙灰等の副産物に含有され、一部は回収されているものの、国内需要に対応するための回収技術は未だ確立していない。

このため、非鉄製錬プロセスから発生する副産物から効率的にアンチモンを回収するための技術を確立することによって、アンチモンの中国からの輸入依存量を低減し、国内産業の資源安定供給の確保を図った。

アンチモンは、国内の非鉄製錬所から発生する製錬副産物に含まれている分を回収することで、日本国内でアンチモン地金を生産することができるため、中国からの供給依存を脱却できることが見込めるため、当省が先導的に技術開発を実施し日本へのアンチモンの安定供給を図るためのアンチモン等の回収プロセスを確立する必要性がある。

6. 研究開発の実施・マネジメント体制等



7. 費用対効果

1) 製錬副産物中のアンチモンの由来

- ・銅・鉛・亜鉛精鉱中：概ね0.05 %以下
- ・リサイクル原料(特に廃電子基板)：0.01～2 %程度

2) 事業開始時における製錬副産物からのアンチモン回収量

- ・モデル製錬所を設定して、製錬副産物からのアンチモン回収を検討
- ・モデル製錬所では、廃電子基板などのリサイクル原料と、亜鉛採取後の亜鉛製錬残渣及び鉛原料を処理
- ・本事業開始時のアンチモン回収量：年間480 t

3) 本事業による製錬副産物からのアンチモン回収量

- ・モデル製錬所においてパターン①：F浴浸出、②-1：F浴浸出と酒石酸系浸出の組み合わせ、②-2：酒石酸系浸出、③：KOH法、の4パターンについてアンチモン回収量を計算
- ・回収量はパターン①で624 t/年、パターン②-1、②-2、③のそれぞれで638 t/年
- ・アンチモンの新規投入量に対する回収率は、パターン①で87 %、②-1、②-2、③でそれぞれ89 %

8. 外部有識者の評価等

8-1. 評価検討会

<p>評価検討会名称</p>	<p>製錬副産物からのレアメタル回収技術開発事業終了時評価検討会</p>	
<p>評価検討会委員</p>	<p>座長</p>	<p>中村 崇 東京大学特任教授</p>
	<p>委員</p>	<p>高島 由布子 株式会社三菱総合研究所主席研究員 深谷 忠廣 一般財団法人メタル経済研究所主任研究員 邑瀬 邦明 京都大学大学院工学研究科材料工学専攻教授</p>

8. 外部有識者の評価等

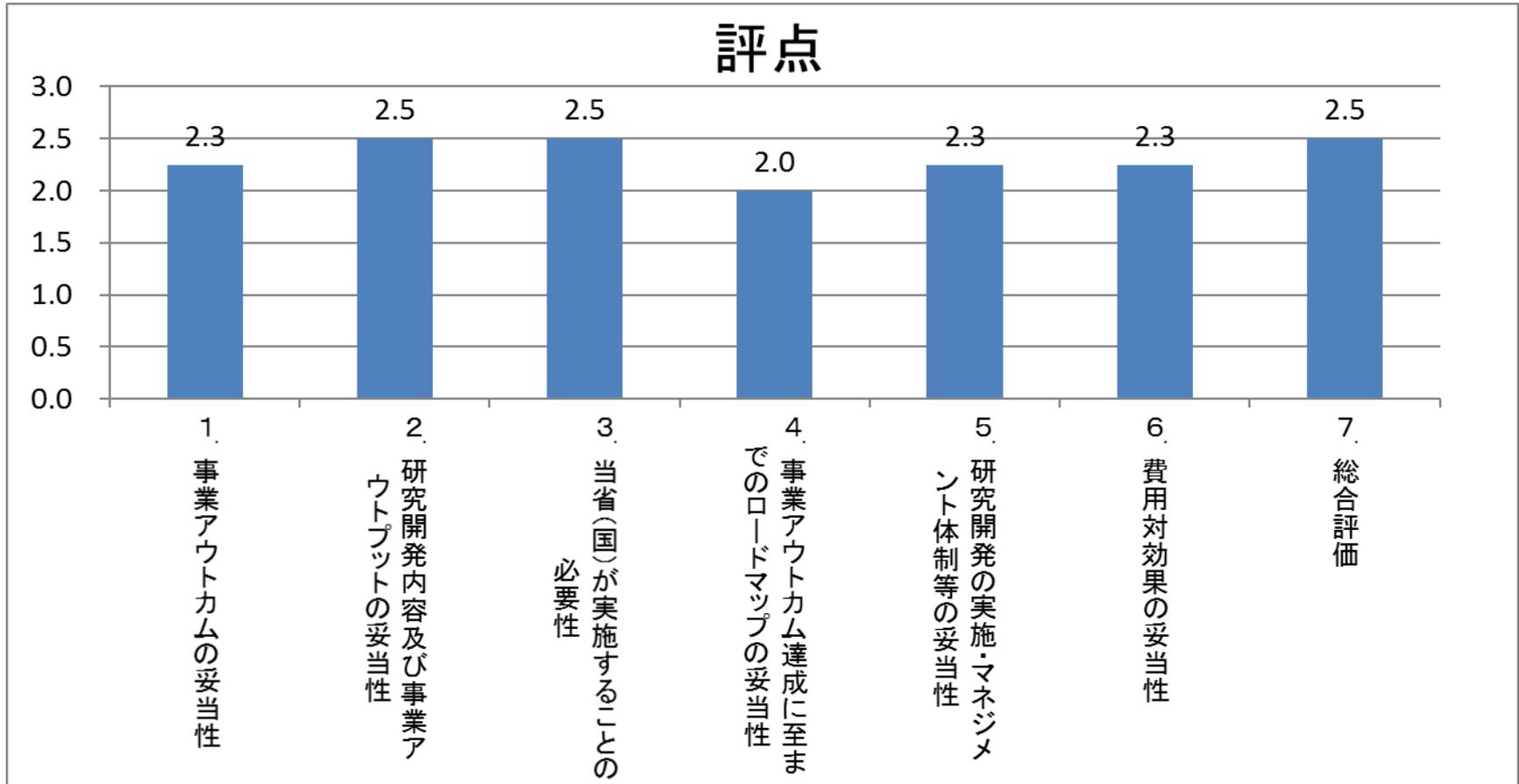
8-2. 総合評価

事業アウトカムに対して適切な研究開発体制のもと、実用化を目標として技術的・経済的に適切な要素技術開発を行い、アウトカム達成可能な要素技術の確立に結び付けており、総合的に優れたプロジェクト研究であったといえる。また、この分野の技術開発は地味であるが、将来の循環型社会構築に大きな貢献をするものである。

一方で、特許戦略を含めて国内の非鉄製錬事業者において適切なタイミングで本事業の成果が導入されるように、開発技術を維持していく工夫が必要である。また、循環型社会の構築に向けて、社会をどう変えていくかを強調すべき。

8. 外部有識者の評価等

8-3. 評価点による評点



【評価項目の判定基準】

<評価項目1.~6.>

- 3点: 極めて妥当
- 2点: 妥当
- 1点: 概ね妥当
- 0点: 妥当でない

<評価項目7. 総合評価>

- 3点: 実施された事業は、優れていた。
- 2点: 実施された事業は、良かった。
- 1点: 実施された事業は、不十分なところがあった。
- 0点: 実施された事業は、極めて不十分なところがあった。

9. 提言及び対処方針

今後の研究開発の方向等に関する提言	提言に対する対処方針
<p>天然鉱物資源の乏しい我が国において、長期的な視野にたった金属資源確保は重要な課題であるが、それを民間のみに期待することは、技術開発や設備投資などの経済的理由から困難であり、国による積極的な関与は不可欠であり、刻々と変動する多様な金属資源形態とその需要に対応できる社会を保ち続けるため、今回のような技術開発を継続していただきたい。非鉄金属製錬分野は、これから世界が目指す循環型社会を経済合理性のもと進めていくことが重要であり、常に環境評価と実質的な資源セキュリティの両方の効果があることを忘れずに技術開発を進めるべきである。また、本事業は将来の資源リスクに備えたものであり、リスクが顕在化した際に向けて研究成果を適切に維持・管理しておく必要がある。さらに、今回はセレンの回収も行っているが、そのほかの元素についても検討を行うべきである。</p>	<p>本技術開発の成果について、学会発表や講演会等を通じて大学や産業界での認知度を広めていくことで、研究成果を適切に維持・管理するよう努めてまいりたい。また、本技術の成果も踏まえながら、引き続きリサイクル関連の技術開発を推進してまいりたい。その際、鉱物資源の供給安定性の議論なども踏まえながら、幅広い鉱種を対象とした議論を行い、経済性だけでなく環境面や資源セキュリティの観点からも事業を進めてまいりたい。</p>