

「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

評価用資料

平成29年12月25日

経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部鉱物資源課
独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
(JOGMEC)

プロジェクト名	製錬副産物からのレアメタル回収技術開発			
行政事業レビューとの関係	平成29年度行政事業レビューシート 0039			
上位施策名	・「資源確保戦略」(平成 24 年 6 月 27 日公表) ・「エネルギー基本計画」(平成 26 年 4 月 11 日閣議決定)			
担当課室	資源エネルギー庁資源・燃料部鉱物資源課			
<u>プロジェクトの目的・概要</u> 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アンチモンを回収するプロセスの技術開発を行う。				
予算額等(委託) (単位:百万円)				
開始年度	終了年度	中間評価時期	終了時評価時期	事業実施主体
平成25年度	平成28年度	—	平成29年度	JOGMEC
H26FY 執行額	H27FY 執行額	H28FY 執行額	総執行額	総予算額
79 百万円	80 百万円	72 百万円	311 百万円	312 百万円

I. 研究開発課題(プロジェクト)概要

1. 事業アウトカム

事業アウトカム指標		
【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。 【アウトカム指標設定の根拠】 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し、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るため、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。		
指標目標値		
事業開始時(25年度)	計画: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	実績:なし
終了時評価時(28年度)	計画: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	実績: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。
事業目標達成時	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	

2. 研究開発内容及び事業アウトプット

(1) 研究開発内容

アンチモンは、リサイクル原料である電子廃基板の難燃助剤として使用されていたり、銅・亜鉛・鉛精鉱などに自然に含まれており、国内の銅・亜鉛・鉛製錬所等における生産過程で発生するスラグや煙灰等の副産物にアンチモンは分配されることが多い。

製錬副産物からアンチモンを回収する現状の一般的方法としては、例えば湿式法(浸出・中和等)にて得られるアンチモン濃縮物を、乾式法(熔融還元等)にてアンチモンメタルとして得る方法がある。

しかし、現状の湿式法によるアンチモンの濃縮分離では回収出来るアンチモン形態が限定される(三価のアンチモンのみ)ので、汎用性のある湿式回収法技術の開発を行った。不純物については、副産物が少量であれば、既存乾式工程をもってヒ素とアンチモンの分離は可能であるが将来的に事業化を目指したアンチモンの大量回収を想定すると、従来の乾式工程では技術レベルや経済性等の観点からこの課題を克服

できない可能性が高いことから、湿式工程での分離技術の開発を行った。加えて、湿式工程では浸出が困難なアンチモンを含む副産物を対象として、乾式法による濃縮も検討した。

一方、プロセス面では既存の製錬プロセスからは様々な製錬副産物が産出されるため、それら処理に対応するプロセスを組合せて効率的なシステムを構築する必要がある。現状では、前述した課題以外にも、前処理プロセスが無い事が理由で、製錬副産物を原料として利用ができておらず、現状のアンチモン回収工程は汎用性が高いシステムとは言えない。既存技術や設備の最適な活用による全体プロセスの確立を行った。

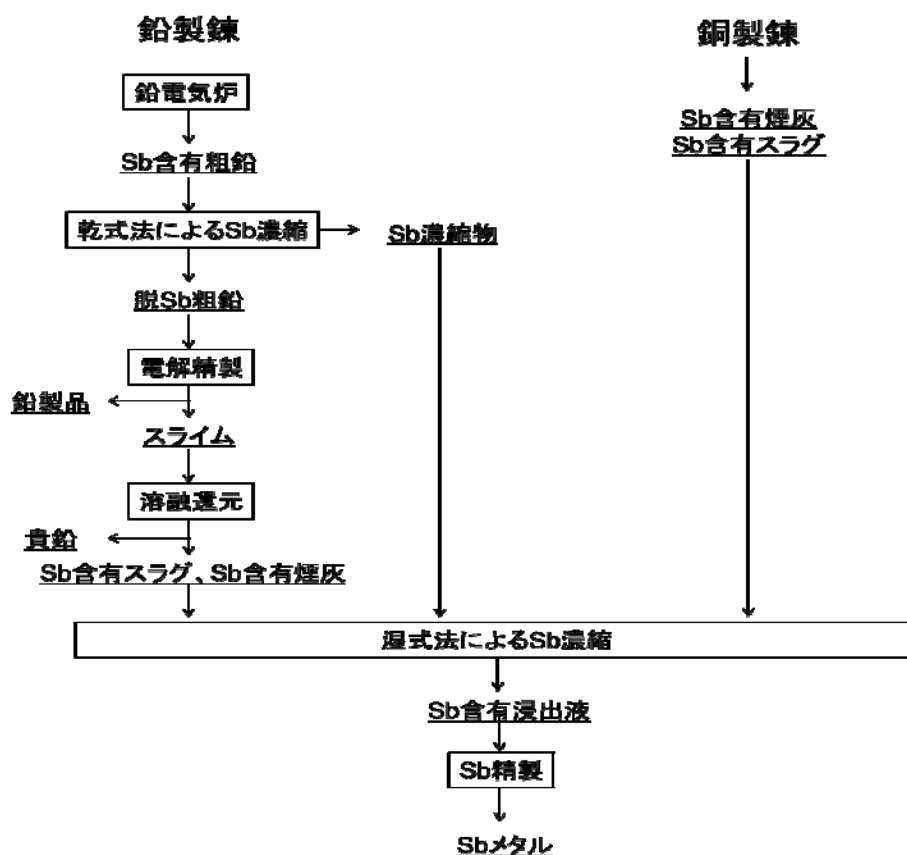


図1 技術開発の概要

(1)－1 湿式法によるアンチモン濃縮技術開発

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、浸出技術を開発した。また、浸出後の浄液等のアンチモン金属(以下、「Sbメタル」)回収プロセスの最適条件を検討した。

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。

F浴浸出法では、浸出液を中和して、アンチモン酸化物を得たのち、還元・生成してアンチモン金属を得るプロセスを検討した。この手法では、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。

しかし、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、アンチモンの需要の大半を占める Sb_2O_3 向けの規格に対応できないため、KOHを用いたプロセスによりSbの高純度化を行った。KOH

浸出液は、Na 置換してアンチモン酸ソーダを沈殿させ、これを還元し、Sb メタルを得る。この方法により Sb_2O_3 用途の品質規格を満足する Sb メタルが得られた。

さらに、酒石酸系浸出においては、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、 Sb_2O_3 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。

(1)－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した。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した。

ハリス法の特徴をあげると、工程が多く設備が大きくなるが、高い品位のアンチモン濃縮物を得ることができる。またテルルの濃縮物を回収することも可能である。一方、ガス酸化精製法とは、酸素ガスを炊込み Pb-Sb-O スラグとしてアンチモン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、アンチモン品位はハリス法より低く、不純物は多くなる。ガス酸化精製法の技術開発結果としては、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%、 Sb^{3+} 比率 87%→97%)にも成功した。

以上のことも含めてハリス法とガス酸化精製法を比較すると、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。

(1)－3 経済性評価の実施及び全体プロセスの確立

以上の湿式法によるアンチモン濃縮と乾式法によるアンチモン濃縮の検討を組み合わせ、モデルケースにより製錬副産物からのアンチモン回収の全体プロセスを検討するとともに経済性の評価を行った。

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つのパターンの湿式法によるアンチモン濃縮の手法を組み合わせ、プロセスを確立した。

パターン①としては F 浴浸出、パターン②-1 としては F 浴浸出と酒石酸系浸出の組み合わせ、パターン②-2 としては酒石酸系浸出、パターン③としては KOH 法を用いた手法とした。

モデルケースでは、現状の Sb メタル生産量 480 t/年に対して、パターン①では Sb メタルを 624 t/年(回収率 87%)、パターン②-1、②-2、③では Sb メタルを 638 t/年(回収率 89%)を生産することができる。

経済性評価においては、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、投資回収が可能である。また、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することとなる。現時点での優先順位は、①>②-2>②-1=③とした。

表1 経済性評価

	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	624		638		638		638	
Sb生産量(t/年)	857,000		857,000		857,000		857,000	
Sb価格(円/リ)	535,000		547,000		547,000		547,000	
金額(千円/年)	228,000		231,000		242,000		234,000	
変動費(千円/年)	204,000		248,000		225,000		247,000	
固定費(千円/年)	432,000		479,000		467,000		481,000	
売上原価 合計(千円/年)	103,000		68,000		80,000		66,000	
売上利益(千円/年)	0		-25,000		-39,000		-1,000	
初期薬剤費(千円)	-543,000		-748,000		-697,000		-860,000	
投資金額(千円)	177,000		170,000		175,000		183,000	
CF(キャッシュフロー)(千円/年)	3.1		4.5		4.2		4.7	
回収期間(年)								

(1)－4 アンチモン以外のレアメタル元素の回収技術の開発

アンチモン以外のレアメタル元素としてセレン回収の検討を行った。セレン濃度が高く、処理が進んでいなかった銅製錬系統で発生する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原料とすることを目的として、プロセスを検討し、実用化した。

(1)－5 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

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・調査を行った。

具体的には、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。

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は、製錬副産物からアンチモン及び錫等の有価な金属とヒ素を分離回収することを目的として行った。アルカリ焙焼を行った後、温水浸出によりヒ素を分離し、さらに高温塩酸浸出することでアンチモンと錫の回収が可能なプロセスを確立した。

また、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。新規抽出剤としては、Sb回収に優れたDDCMPを2ステップの合成により開発した。吸着材としては、海老や蟹の殻から得られるキトサンを原料として、キトサン誘導体(CAC)を合成した。CACによりSb³⁺を高選択的に吸着することが可能である。

(2) 事業アウトプット

事業アウトプット指標
実施する研究テーマ数として6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。 (1) 湿式法によるアンチモン濃縮技術開発 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)

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) (2)乾式法によるアンチモン濃縮技術開発 (3)経済性評価の実施及び全体プロセスの確立 (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 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		
指標目標値(計画及び実績)		
事業開始時(25年度)	計画:5テーマ	実績:5テーマ
終了時評価時(28年度)	計画: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。	実績: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 >

特許等件数 (出願を含む)	学会発表件数
2	7

< 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 >

JOGMECが実施している成果報告会などにおいて、技術開発の成果を報告した。

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」

また、各研究機関による学会などでの研究内容の発表、各事業者による論文発表やシンポジウム等での本研究成果を含む学術講演などを行っている。

・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

3. 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がある。

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

本事業においては、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の 30%増加をアウトカムとして設定し、技術開発を行った。最終年度の平成28年度において、実施した要素技術を統合したアンチモン回収プロセスを構築し、効果を検証したところ、アンチモン回収量は目標の 30%を上回る成果を上げ、新たなアンチモン回収手法の要素技術を確立することが出来た。

一方、日本国内には複数の銅・鉛製錬所が存在し、これらの原料となる銅や鉛・亜鉛精鉱には微量のアンチモンが含まれている。また、近年、廃電子基板がこれら製錬所にリサイクル原料として投入される量が増加しつつある。廃電子基板には難燃助剤としてアンチモンが使用されており、本技術開発の成果の適用により、精鉱やリサイクル原料由来のアンチモンの回収率の向上が見込まれる。これら製錬所に対して、技術開発で得られた要素技術などが導入されることが期待される。

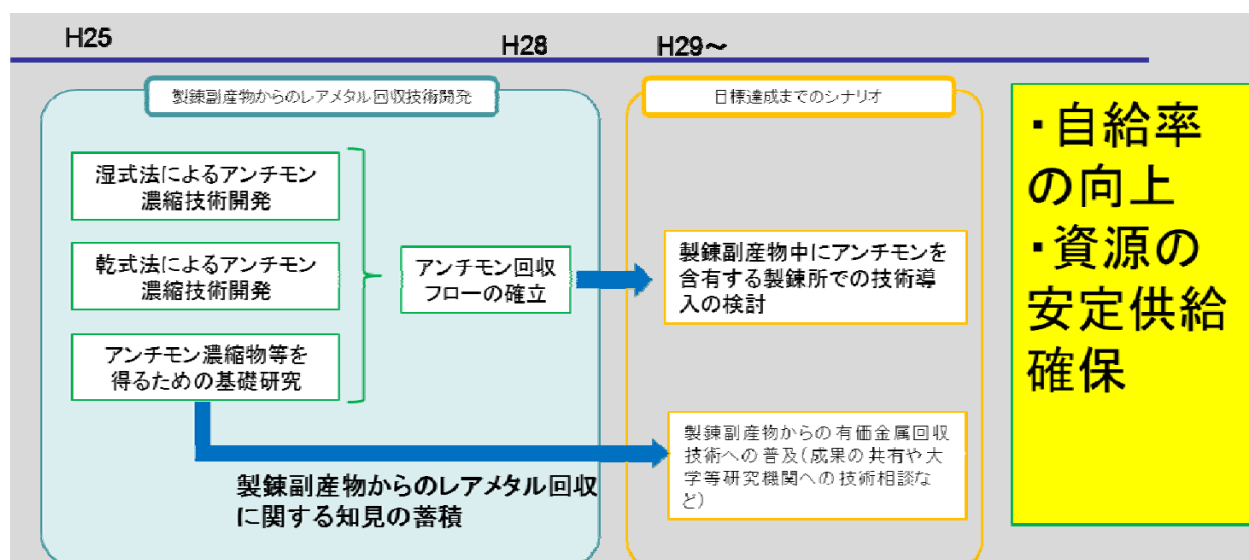


図2 ロードマップ

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等

1) 研究開発計画

研究開発計画の策定にあたっては、2. 研究開発内容及び事業アウトプット(1) 研究開発内容で示したとおり、アウトカム達成のために全体の回収フローを乾式法、湿式法等に分けて、要素技術の開発を行うこととし、最終的に個別要素技術を組み合わせてプロセスの評価を行った。

2) 研究開発実施者の実施体制

本技術開発は、平成25年に経済産業省が公募を実施し、厳正かつ公平な審査を経て、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)が採択され、経済産業省は同機構と委託契約を締結した。

JOGMECは以下に示すような類似事業の実施実績があり、研究開発実施者として適格であると判断され

た。

<事業実績1>

事業名:エネルギー使用合理化希少金属等高効率回収システム開発

事業概要:廃小型電子・電気機器からエネルギー負荷を抑えた効率的な破碎・物理選別によりレアメタル濃集物を得ると共に、レアメタル濃集物から化学的手法により効率的にレアメタルを回収する技術を開発する。また、廃超硬工具については、現状のタングステンリサイクルフローよりコストや環境負荷の低減が図れる効率的な化学的リサイクルフローを確立する。

実施年度:平成19～22年度

発注者:経済産業省資源エネルギー庁鉱物資源課

<事業実績2>

事業名:希土類金属等回収技術研究開発事業

事業概要:産業廃棄物として処分されている廃研磨材より不純物を効率的に除去し、低コストで研磨材を再生することによりレアアースをリサイクルする技術を開発する。また、再生蛍光体としてリサイクルされている廃蛍光体をあらゆる用途へのリサイクルが可能となる様、廃蛍光体から各レアアース元素を分離・抽出する技術を開発する。

実施年度:平成21年度～平成24年度

発注者:経済産業省資源エネルギー庁鉱物資源課

<事業実績3>

事業名:エネルギー使用合理化低品位鉱石・難処理鉱石に対応した革新的製錬プロセス技術開発

事業概要:近年、銅製錬や亜鉛製錬に供給される精鉱が、低品位化・微細化してきており、それらを使用することにより製錬所でトラブルが発生している。そのため銅製錬プロセス系内の煙灰から不純物(砒素)を分離し、安定なスコロダイトを生成する技術を開発すると共に、微細化した亜鉛精鉱を100%供用しても酸化焙焼が均質に進み安定操業が可能となる技術を開発する。

実施年度:平成21年度～平成24年度

発注者:経済産業省資源エネルギー庁鉱物資源課

<事業実績4>

事業名:リサイクル優先レアメタル回収技術開発

事業概要:経済産業省・環境省の合同会合にて選定された使用済小型家電製品等からのリサイクル優先 5 鉱種のうち、タンタル及びコバルトについて、製錬事業者等 が市中の使用済小型家電製品等から当該鉱種を回収するための技術開発及び効率的経済的に再資源化するための実証事業を行い、持続的な循環型社会の形成を目指すとともに我が国のレアメタル資源確保に資することを目的として本事業を実施した。分離・回収した部位・部品から有価金属に戻す技術が未確立であったため、本事業による技術開発において、レアメタルを含む部品を細かく破碎することなく分離・剥離・回収する技術や、回収後にレアメタル濃縮物を得るための酸化焙焼・乾留、物理選

別等による元素濃集技術など、レアメタル原料として回収する経済性のあるリサイクル技術の開発を実施した。具体的には、廃小型家電等からのタンタル回収またはコバルト回収技術の開発を実施し、プロセスを確立した。

実施年度：平成24～27年度

発注者：経済産業省資源エネルギー庁鉱物資源課

JOGMECは、「製錬副産物からのレアメタル回収技術開発」で1件及び「代替法によるアンチモン濃縮技術の開発」で2件の、計3つのテーマについて公募を実施し、同機構内での厳正かつ公平な審査を経て、前者はDOWAメタルマイン株式会社が、後者は東北大学、宮崎大学が採択された。同社においては非鉄製錬所を所有し、レアメタルをはじめとした非鉄金属の回収を積極的に行っている企業である。また同大学においては本基礎研究に必要な設備を有し、さらにレアメタルをはじめとした非鉄金属の回収（東北大学はアルカリ焙焼法、宮崎大学は抽出剤、吸着材を用いた回収方法）に関する知見を有している。

「製錬副産物からのレアメタル回収技術開発」については、DOWAメタルマイン株式会社が、「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）」、「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）」の2つの技術開発について、それぞれ秋田県資源技術開発機構、東北大学に再委託を行った。

以上のように、レアメタルをはじめとした非鉄金属の回収に実績を有するJOGMECのもと、レアメタル回収事業を実施している企業とリサイクル研究に実績を有する研究機関が事業に参画し、産官学が連携した事業実施体制を構築した。

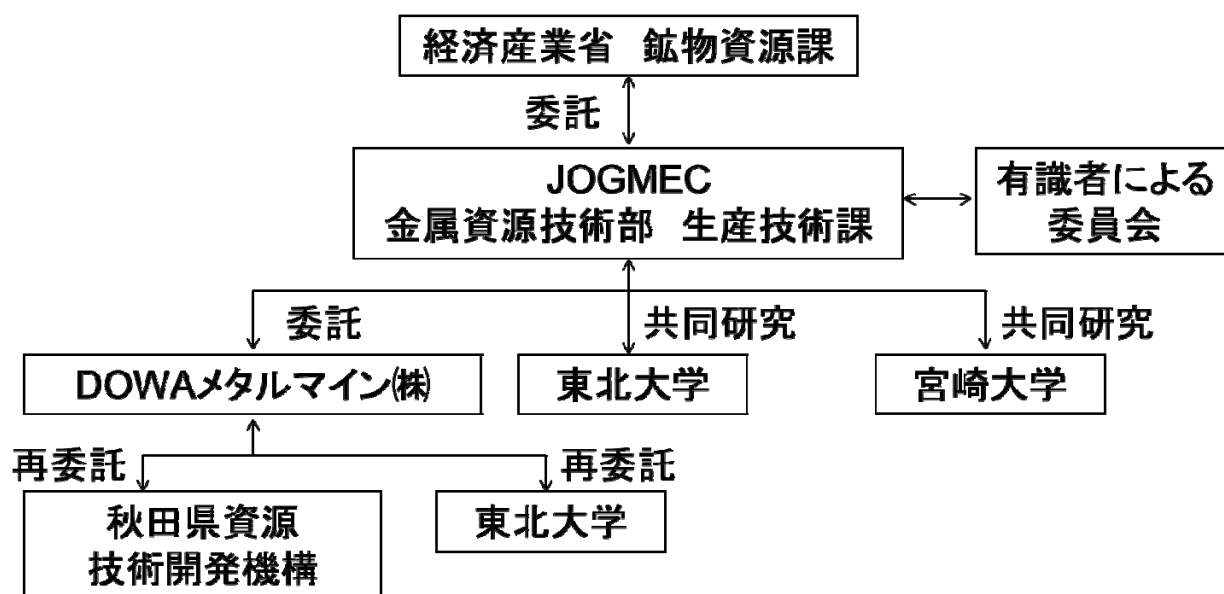


図3 事業実施体制

3) 資金配分

本事業における平成25年度から28年度の資金の流れの推移を下表に示す。各技術開発課題の進捗は順調であったことから、資金配分は適当であったと考えられる。

	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	合計
DOWAメタルマイン株式会社	70 百万円	70 百万円	71 百万円	63 百万円	274 百万円
うち秋田県資源技術開発機構	3 百万円	3 百万円	3 百万円	3 百万円	12 百万円
うち東北大学	2 百万円	4 百万円	5 百万円	3 百万円	14 百万円
東北大学	4 百万円	4 百万円	4 百万円	4 百万円	16 百万円
宮崎大学	4 百万円	4 百万円	4 百万円	4 百万円	16 百万円

4) 知財の取り扱い

JOGMECからDOWAメタルマイン株式会社に対する委託契約においてバイドール条項を盛り込み、技術開発の成果を、実際にレアメタル回収事業を行っている企業が活用できるようにした。

6. 費用対効果

1) 製錬副産物中のアンチモンの由来

アンチモンは、銅・亜鉛精鉱中に含まれている(概ね0.05 %以下)ほか、リサイクル原料、特に廃電子基板に難燃助剤として含まれている(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

各テーマでの成果を組み合わせ、アンチモン回収フローを検討するため、モデルケースとなる製錬所を設定し、製錬副産物からのアンチモン回収を検討した。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しており、それぞれにアンチモンが含まれており、銅や鉛といった主産物を採取後の副産物にアンチモンは分配される。

本事業開始時におけるモデル製錬所での製錬副産物からのアンチモン回収量は年間 480 t である。

3) 本技術による製錬副産物からのアンチモン回収量

回収フローにより、数値が異なるが、モデル製錬所において計算上、624 t/年または638 t/年のアンチモンを回収できる技術を確認した。なお、アンチモンの回収率はそれぞれ 87 %、89 %である。

4) 国内における製錬副産物からのアンチモン回収量の試算

モデル製錬所では、廃電子基板由来の銅を年間 5,000 t 程度生産している。一方、その他国内銅製錬では 63,000 t 程度の廃電子基板由来の銅を生産しているため、同製錬所のシェアは 8 %である。

また、亜鉛生産に関しては、モデル製錬所の鉛製錬の原料となる亜鉛精鉱からの亜鉛生産量 190 千トン、一方、国内の亜鉛生産量は 528 千トンであり、シェアは 36 %である。

モデル製錬所においては、廃電子基板由来のアンチモンが 80 t /年程度、亜鉛精鉱由来のアンチモンが

360 t/年程度、新たに工程内に投入される。したがって、モデル製錬所のシェアから日本国内における廃電子基板及び亜鉛精鉱中に含まれるアンチモン量は以下の通りと推定される。

廃電子基板から、 $80 \text{ t Sb/y} \div 0.08 = 1,000 \text{ t/年}$

亜鉛精鉱から、 $360 \text{ t Sb/y} \div 0.36 = 1,000 \text{ t/年}$

合計 2,000 t/年

一方、本技術開発で確立した回収方法ではアンチモンの回収率は 87 % である。したがって、日本国内製錬所すべてに本技術を適用した場合、

$2,000 \text{ t/年} \times \text{回収率 } 87 \% = 1,740 \text{ t/年}$ 。

のアンチモンが製錬副産物から回収可能となる。

アンチモンが含まれる製錬副産物には、上記廃電子基板や亜鉛精鉱以外にも銅精鉱由来、鉛精鉱由来などもあるが、2015 年における我が国のアンチモン需要量は 6,776 t であるので、本技術の適用により、廃電子基板や亜鉛精鉱由来のものだけでも、我が国のアンチモン供給量の 26 % に相当するアンチモンを製錬副産物から回収可能となる。

また、表 1 に示したとおり、アンチモン価格を 857 千円/t として、

$1,740 \text{ t} \times 857 \text{ 千円/t} = 1,491 \text{ 百万円}$

の資源価値が見込まれる。

また、本事業においてプロセスの経済性評価を行った。経済性評価では、設備償却が完了するまでを 7 年間とし、償却完了前と償却完了後に分けて評価した。アンチモン価格は 2017 年 1 月末時点の価格 (7,450 \$/t) と為替レート (115 円/\$) を用いて算出し、売上高とした。もっとも優先順位が高いと判断されたパターン① (フッ素浴での浸出) では、535 百万円/年の売上高となる。

一方、売上原価は 358 百万円で、その内訳は固定費が 130 百万円/年、変動費は 228 百万円/年である。変動費の大半を薬剤費 (浸出用フッ酸、中和用苛性ソーダおよび排水処理用ポリ鉄など) が占めている。

したがって、キャッシュフローは $535 \text{ 百万円/年} - 358 \text{ 百万円/年} = 177 \text{ 百万円/年}$ で、設備投資金額は 543 百万円であり、投資回収期間は、3.1 年となる。