

超電力使用削減低品位銅電解精製プロセス技術開発
事前評価報告書

平成24年6月

産業構造審議会産業技術分科会

評 価 小 委 員 会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」(平成20年10月31日、内閣総理大臣決定)等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」(平成21年3月31日改正)を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

今回の評価は、超電力使用削減低品位銅電解精製プロセス技術開発の事前評価であり、評価に際しては、当該研究開発事業の新たな創設に当たっての妥当性について、省外の有識者から意見を収集した。

今般、当該研究開発事業に係る検討結果が事前評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会(小委員長:平澤 冷 東京大学名誉教授)に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成24年6月

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会
委員名簿

委員長	平澤 冷	東京大学 名誉教授
	池村 淑道	長浜バイオ大学 バイオサイエンス研究科研究科長・学部学部長 コンピュータバイオサイエンス学科 教授
	大島 まり	東京大学大学院情報学環 教授 東京大学生産技術研究所 教授
	太田 健一郎	横浜国立大学 特任教授
	菊池 純一	青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長
	小林 直人	早稲田大学研究戦略センター 教授
	鈴木 潤	政策研究大学院大学 教授
	中小路 久美代	株式会社SRA先端技術研究所 所長
	森 俊介	東京理科大学理工学部経営工学科 教授
	吉本 陽子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 経済・社会政策部 主席研究員

(委員敬称略、五十音順)

事務局:経済産業省産業技術環境局技術評価室

超電力使用削減低品位銅電解精製プロセス技術開発の評価に当たり
意見をいただいた外部有識者

織山 純 社団法人新金属協会 専務理事

星 幸弘 日本鋳業協会 技術部長兼環境保安部長

村上 進亮 東京大学大学院 工学系研究科 准教授

(敬称略、五十音順)

事務局: 経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部 鋳物資源課

超電力使用削減低品位銅電解精製プロセス技術開発の評価に係る省内関係者

【事前評価時】

資源エネルギー庁 資源・燃料部 鉱物資源課長 安永 裕幸

産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 岡本 繁樹

超電力使用削減低品位銅電解精製プロセス技術開発事前評価
審 議 経 過

○新規研究開発事業の創設の妥当性に対する意見の収集(平成24年5月)

○産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会(平成24年6月8日)

・事前評価報告書(案)について

目 次

はじめに

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会 委員名簿

超電力使用削減低品位銅電解精製プロセス技術開発事前評価に当たり意見をいただいた外部有識者

超電力使用削減低品位銅電解精製プロセス技術開発の評価に係る省内関係者

超電力使用削減低品位銅電解精製プロセス技術開発事前評価 審議経過

ページ

第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1. 技術に関する施策の概要 | 1 |
| 2. 新規研究開発事業の創設における妥当性等について | 2 |
| 3. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等 | 3 |

第2章 評価コメント

参考資料 超電力使用削減低品位銅電解精製プロセス技術開発の概要(PR資料)

第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

1. 技術に関する施策の概要

(1) 銅を巡る背景

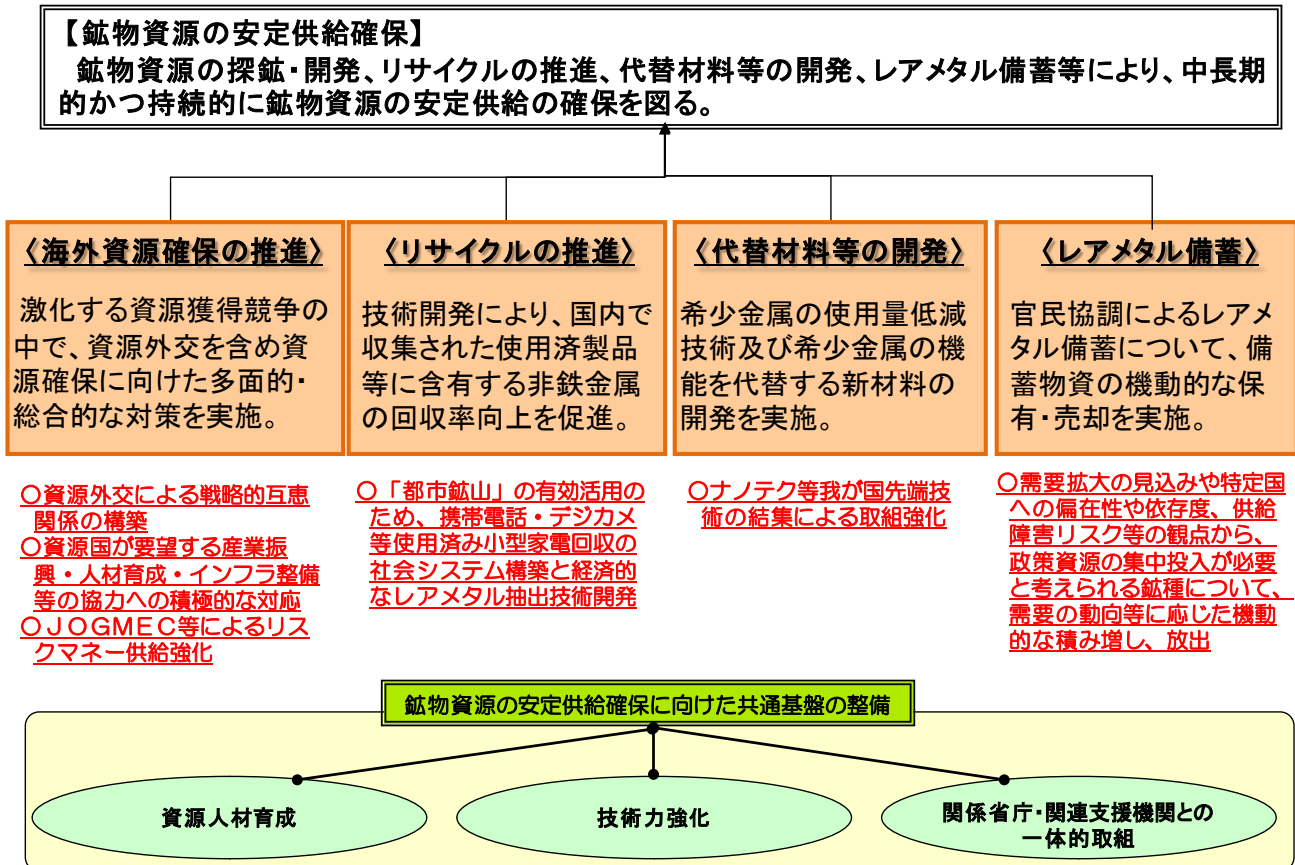
銅は、その電気伝導性の高さから電線やコネクタ等の接続部品として各種電気・電子機器に用いられる等、わが国の素材産業、製造業等に必要な基礎資源であり、鉄・アルミについて使用量の多い基礎的な元素である。

しかし、資源メジャーによる寡占化、近年のアジア等新興国の経済成長による原材料消費の急速な伸びに伴う金属価格の国際的な上昇、資源国における資源ナショナリズムの台頭等により、需給の逼迫がこれまで以上に懸念されている。

銅が産出されない我が国においては、2010年のエネルギー基本計画にて示された「2030年にベースメタル80%」を目指す観点から銅等のベースメタルの安定供給確保に向けた取組を加速化している。

(2) 施策の概要・位置付け

当省としては、平成21年7月に「海外資源確保の推進」、「リサイクルの推進」、「代替材料開発」、「レアメタル備蓄」を施策の4本柱としたレアメタル等の鉱物資源の安定供給確保に取り組む指針」を策定し、鉱物資源の安定供給確保に向けた施策を講じている。



また、当省では、産業技術開発の将来的な羅針盤として「技術戦略マップ」を策定しており、「金属資源の3R技術開発」を今後の対応分野としても位置付けている。

これらの背景から、現在、「鉱物資源の安定供給」と「二酸化炭素排出量削減(省エネルギー化)」の2つの入口などから、様々な技術開発事業を実施している。

2. 新規研究開発事業の創設における妥当性等について

①事業の必要性及びアウトカムについて(研究開発の定量的目標、社会的課題への解決や国際競争力強化への対応等)

(事業の必要性)

(a)銅の重要性及び電力消費

銅は、伸銅品などを中心に使用される基礎資材であるとともに、自動車や電気・電子産業における高機能部材であることから、海外への輸出競争力が高い素材である。

他方、銅などの非鉄製錬業は、電解工程において高い電力量を必要とするエネルギー多消費型産業であり、事業所単位で電力各社との電力契約においても、上位10位に入る状況にある。

このため、今後、エネルギー源のシフトにより電力価格が引き上げられた場合は、操業の維持が困難となり得ることが想定され、結果として、我が国銅製錬業の空洞化が大きく懸念されることから、電解工程における電力使用量の低減を図ることが喫緊の課題となっている。

(b)リサイクルの重要性

資源の有効利用の観点、自給率の向上の観点から、リサイクルによる銅の生産が重要な課題となっている(自給率は自主開発比率とリサイクル供給の合計値として計算している。)

ところが、リサイクルプロセスについては、次の(c)で述べるように、不純物が多種多様であり、かつ、比率が高くなることから、電力消費が極めて大きくなる傾向にあるため、今後、電力料金が上昇することにより、リサイクルによる銅製錬の生産が困難となるおそれがある。

(c)本事業の内容

現在、銅のリサイクル電解製錬として「電解採取法」(金属廃棄物から銅を選別し、不純物を除去・清浄した上で電解し、高純度銅を析出させる方法。)により電気銅として回収しているが、電解採取法での電力使用量は極めて大きい(2, 200KWH/t)。

他方、電解採取法に比べ使用電力量の少ない「電解精製法」(粗金属を陽極にして電解し陰極に高純度金属を析出させる方法。主金属以外の金属は溶出せずにスライムや電解液中に残るので、主金属は高純度となる。)は、不純物の影響により、使用することができていない。

具体的には、本来は、陽極に設置した銅アノード(銅の中間生産物)が電離し、負極にカソードとして蓄積し精製されることになるが、リサイクルプロセスにおいては、アノード中の銅の品位が低く(80~90%)、不純物が高いため、アノード表面に不純物(ニッケル、鉄、亜鉛等)による膜ができ、銅溶出が止まってしまうため(これを不働体化という。)、カソードへ銅の供給ができないため、電解精製法を採用することができていない(同時に、品位の低い銅アノード(casting)が電解精製法の使用に耐えうる強度等を持つか確認することが必要となる。)

このため、アノードの不働体化を抑える電解技術を開発(具体的には、電解液組成、液温、電流密度、通電方向等の電解条件の見極め)し、製錬プロセスを電解精製へ転換し、これにより消費電力を約80%削減(2, 200KWH/t→300KWH/t)する。

(アウトカム)

本事業にて、低品位アノード銅(品位80~90%程度のリサイクル材)においても電解精

製を可能とする銅回収プロセスを開発することによって、現在の電解工程(電解採取法)に要する電力量(2, 200KWH/t程度)を約80%削減(300KWH/t程度)することを目指す。また、本事業終了後1年程度を目処に実用化(事業化)を図る。

また、開発成果が主な国内銅製錬事業所に波及させることにより、現在、同事業所が取り扱うリサイクル原料(故銅、銅滓)処理量は約23万 t/年であることから、最大4.4億KWH/年程度の電力使用量低減が期待できる。本低減量は、同事業所が銅製錬に要する年間電力使用量の約20%に相当する。

②アウトカムに至るまでの戦略について

本事業に直接参画する事業者から、研究開発の成果の事業化(設備の買い取り等)について、予めコミットメントを受けた上で、事業を実施するほか、実施主体となる民間団体等による技術移転を促進する。

③次年度に予算要求する緊急性について

銅は鉄、アルミニウムに次いで使用量の多い基礎材料であり、国内産業への安定供給は極めて重要な課題である。現在、銅鉱石はチリ・インドネシア、ペルーの3カ国で約80%の輸入依存度であり、インドネシアにおける資源ナショナリズムに端を発し、今後の安定供給への懸念があることから、リサイクルを進めることで自給率の向上を図る観点から、供給リスクを低減させていく必要がある。

昨年3月の東日本大震災による東京電力福島第一原子力発電事故を受け、本年5月に国内全ての原子炉が停止し、今後の電力供給が全国的に不安定化している状況にあり、エネルギー源のシフトにより、電力料金の上昇が見込まれており、事業の継続についても影響を与え得る状況にある。

このため、エネルギー多消費型産業である銅製錬業においては、原料輸入依存の低減の観点も踏まえ、使用電力を大幅に削減した金属廃材(リサイクル材)からの銅回収プロセス基盤技術を早期に開発・確立する必要がある。

④国が実施する必要性について

銅は我が国産業における基幹素材であり、その安定供給確保は国の命題である。

このため、銅産出がなされない我が国においては、2010年のエネルギー基本計画にて示された「2030年にベースメタルの自給率80%」を目指す観点からも、金属廃材からの資源確保は重要である。

また、本事業によって、特定産出国からの輸入依存を低減させ供給の多様化を図るとともに、我が国の電力供給状況に対応した使用電力を大幅に削減した銅回収プロセス基盤技術の確立には、国が積極的に取り組む必要がある。

⑤省内又は他省庁の事業との重複について

現在の電解採取法に比べ使用電力量の少ない「電解精製法」により金属廃棄物(銅を含むリサイクル材)から電気銅を回収する技術開発について、省内・他省庁事業との重複はない。

3. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等 別紙参照

第2章 評価コメント

新規研究開発事業の創設の妥当性に対するコメント

①政策的位置付けの妥当性について

鉱物の安定供給確保及び使用電力の削減、また、それらに基づく省エネタイプのリサイクルプロセスの開発は、国の資源エネルギー政策的位置付けに十分合致する。

- ・ 本事業が資源政策の中での一つの喫緊の課題であることは疑いの余地もない。
- ・ 省エネタイプのリサイクルプロセスの開発は政策と合致している。
- ・ 鉱物の安定供給確保及び使用電力の削減は、国の資源エネルギー政策的位置付けに十分合致するもの。

事業の目的及び実施によるアウトプット、アウトカムの妥当性に対するコメント

②事業の目的及び実施によるアウトプット、アウトカムの妥当性について

アノード銅品位が80～90%（銅の低品位材（リサイクル材））での電解精製は例がなく、技術的課題が多いと考えられるが、目標が達成されれば低コスト、省エネ型のリサイクルプロセスとなり意義がある。

本事業では、銅の低品位材（リサイクル材）からの銅回収を電解精製で行うことによって使用電力の大幅な削減を目指しており、今後の電力事情が不安定な状況の中で、ものづくり産業の技術開発の方向性（製造業への素材の安定供給、競争力強化等）として極めて妥当なもの。

- ・ アノード銅品位80～90%での電解精製は例がなく、技術的課題が多いと考えられるが、目標が達成されれば低コスト、省エネ型のリサイクルプロセスとなり意義がある。
- ・ 低品位アノードを使用した電解精製プロセスの開発では、使用電力の大幅な削減を目指しており、今後の電力事情の中で、ものづくり産業の技術開発の方向性として極めて妥当なもの。

事業の優先性に対するコメント

③事業の優先性について

天然資源を有しない我が国において、製造業全体の競争力確保・強化には、素材産業における競争力（素材の安定供給、高品質・低価格化等）を維持することが不可欠である。他方で、資源産出国における経済情勢・政策等から、その原料確保に不安定さが懸念されることから、素材産業の技術力による競争力向上が必要不可欠である。

このため、低コスト、省エネ型のリサイクルプロセスの開発は、長期的な資源循環型社会形成に対する寄与する観点からも優先されるべきである。

また、電力多消費型産業が国内立地を維持していく観点からも、省電力を迅速に進める必要があり、本事業を優先的に進めるべき。

- ・ 天然資源を国内に持たない我が国において、製造業全体の競争力を確保するために素材産業の競争力を維持することは必要不可欠である。他方で、資源産出国の政策等を見れば、その原料確保はますます厳しくなっており、素材産業の技術力による競争力の向上は必要不可欠であり全てにおいて優先されるべきである。また、リサイクルに関する技術については、長期的な資源循環型社会形成に対する寄与と言う意味においても優先されるべきである。
- ・ 低コスト、省エネ型のリサイクルプロセスの開発は二次資源のリサイクルを推進すると考えられ優先性は高い。
- ・ 電力多消費型産業が国内立地を維持していくためには、省電力を迅速に進める必要があり、本事業は一類型として優先的に進めるべきもの。

国が実施することの必要性に対するコメント

④国が実施することの必要性について

元来、我が国の素材産業の技術レベルは高く、過去に我が国における天然資源の産出量が低下した後も、その技術レベルをもって素材産業を維持してきた。素材産業の技術力は、下流の製造業の製品開発等にも直結する技術であり、その波及効果、影響度も高い。

他方で、昨今の海外からの安価な原材料の流入などによる厳しい経済・事業環境の中、本事業を民間が独自に実施することが企業体力的に厳しいこと、さらには産学連携のプロジェクトであれば、製錬技術に関する人材育成にも繋がることなどを考えれば、国が実施・支援する必要性は高いと考えられる。

また、アノード銅品位が80～90%（銅の低品位材（リサイクル材））での電解精製は例がなく、短期間で成果を上げるために国の助成（支援）は必要である。

- ・ 元来、我が国の素材産業の技術レベルの高さは良く知られるものである。天然資源の産出量が低下した後も、我が国はその技術レベルをもってこの産業を維持してきた。素材産業の技術力は、下流の製造業の製品開発等にも直結する技術のものでありその波及効果も高い。他方で、昨今かなり厳しい経済環境の中、この種の事業を民間が独自に実施することがやや厳しいこと、さらには産学連携のプロジェクトとなれば人材育成にもつながることなどを考えれば、国が実施する必要性は高いと考えられる。
- ・ アノード銅品位80～90%での電解精製は例がなく、技術的に高い目標と考えられ、短期間で成果をあげるために国の助成は必要である。

省内又は他省庁の事業との重複に対するコメント

⑤省内又は他省庁の事業との重複について

基礎研究でなく産業界の直近の課題に対応する意味で、本事業は素材産業を所管する

省(経済産業省)において、かつ資源の安定供給への寄与を考えれば、これを担当する部署(資源エネルギー庁鉱物資源課)が行うことが望ましい。

- ・ 純粋な基礎研究ではなく、あくまで産業界の直近の課題に対応するという意味で、本事業は対象となる素材産業を所管する省において、かつ資源の安定供給への寄与を考えればこれを担当する部署が行うことが望ましい。

第3章 評価小委員会のコメント及びコメントに対する対処方針

本研究開発事業に対する評価小委員会のコメント及びコメントに対する推進課の対処方針は、以下のとおり。

【製錬副産物からのレアメタル回収技術開発】

【超電力使用削減低品位銅電解精製プロセス技術開発】

コメント

①技術内容について

- ・ 金属製錬自体は昔からやっているものであり、多少の研究開発で飛躍するようなものではない。何が新しいアイデア、何が革新的な技術なのか明確にすべき。
- ・ 不純物の除去と副産物の回収という内容でレアメタル、亜鉛、銅と三つのプロジェクトで予算を立てているが、それらは連動しているようにも思われるが、どうなのか。回収率をあげるとか、エネルギー効率をあげるとかの課題毎に整理した場合、もっと適切な予算配分があり得るのではないか。

②知財管理・技術流出について

- ・ これらの技術を転用すると、製錬技術・基盤がない国でも製錬が出来る等、応用ができてしまうのではないか。知財の流出には留意すべき。

③結論

- ・ 製錬業界の持続的な発展に寄与する事業であり、支援のスキームとしては妥当だが、対象となる技術開発の内容が有効なものとなるよう関係業界と議論の上、有効な技術開発になり、支援になるよう進められることを期待。

対処方針

①技術内容について

＜金属製錬自体は昔からやっているものであり、多少の研究開発で飛躍するようなものではない。何が新しいアイデア、何が革新的な技術なのか明確にすべき。＞

- ・ 製錬分野では、焙焼・溶解・電解といった個々のプロセスに係る製錬技術は確立されているが、製錬は、鉱石を構成する元素や元素の集合体のパターンにより、製錬する環境条件が異なるため、プロセス技術だけでなく、システムとしてプロセスの組み合わせそのものを研究の対象とする必要がある。具体的には、

- a)「製錬副産物からのレアメタル回収技術」については、ベースメタルの鉱石に含まれるアンチモンの回収を行う技術開発であるが、アンチモンはともに含まれる砒素と性質が

類似しているため、従来の乾式製錬法では、歩留まりが悪く、湿式製錬法を採用することにより分離・回収が可能となりうるため、その手順や環境条件や最適化するための研究開発を実施する。

- b)「超電力使用削減低品位銅電解精製プロセス技術開発」では、リサイクル原料からの銅回収では銅鉱石に比べ銅品位が低く、電解製精法では不態化等の影響により電気銅回収が難しいことから、現在、電力使用量の高い電解採取法により電気銅を回収している。このため、「不態化」を起こさないようにするために、不純物を除去する手順や環境条件を最適化する研究を実施することにより、リサイクル原料によるアノード銅品位が低い場合でも電解精製法による電気銅回収を可能とする。
- 等の新たな製錬プロセスを確立する。

<不純物の除去と副産物の回収という内容でレアメタル、亜鉛、銅と三つのプロジェクトで予算を立てているが、それらは連動しているようにも思われるが、どうなのか。回収率をあげるとか、エネルギー効率をあげるとかの課題毎に整理した場合、もっと適切な予算配分があり得るのではないかと。>

- ・ 銅・亜鉛・レアメタルといった鉱種毎に特性・性質が異なるため、個別の製錬技術・プロセスも鉱種毎に異なる。このため、仮に異なる鉱種に共通の回収率・エネルギー効率向上といった目標を掲げたとしても、実際の研究開発は、鉱種毎の研究開発とならざるを得ず、今回の予算配分は妥当と考える。

②知財管理・技術流出について

<これらの技術を転用すると、製錬技術・基盤がない国でも製錬が出来る等、応用ができてしまうのではないかと。知財の流出には留意すべき。>

- ・ 本研究開発事業は「委託」により実施を想定しているが、国が知的財産権を取得することになるため、委託者との委託契約等において開発成果の移転に当たっての制約を設けることや、開発成果に係る特許戦略等について検討を行う。

③結論

<製錬業界の持続的な発展に寄与する事業であり、支援のスキームとしては妥当だが、対象となる技術開発の内容が有効なものとなるよう関係業界と議論の上、有効な技術開発になり、支援になるよう進められることを期待。>

- ・ レアメタルは価格の変動や需給の変動が大きいことから、レアメタル鉱山の開発は、短期的には進みにくい場合がある。このような場合、ベースメタルの鉱石に含まれるレアメタルを回収することにより、自給率の改善を図ることが選択肢の一つとなる。

「アンチモン」は、難燃助剤として使用されており、樹脂類に一般的に添加され、自動車、電気電子機器、家具類等に添加される重要な鉱物であるが、資源開発プロジェクトが

非常に少ない状況にある。こうしたことから、銅鉱石中のアンチモンを回収することが必要である。

技術開発の内容については、これまでも関係事業者と議論を積み重ねて決定しており、有効な技術開発となるものと考えられる。

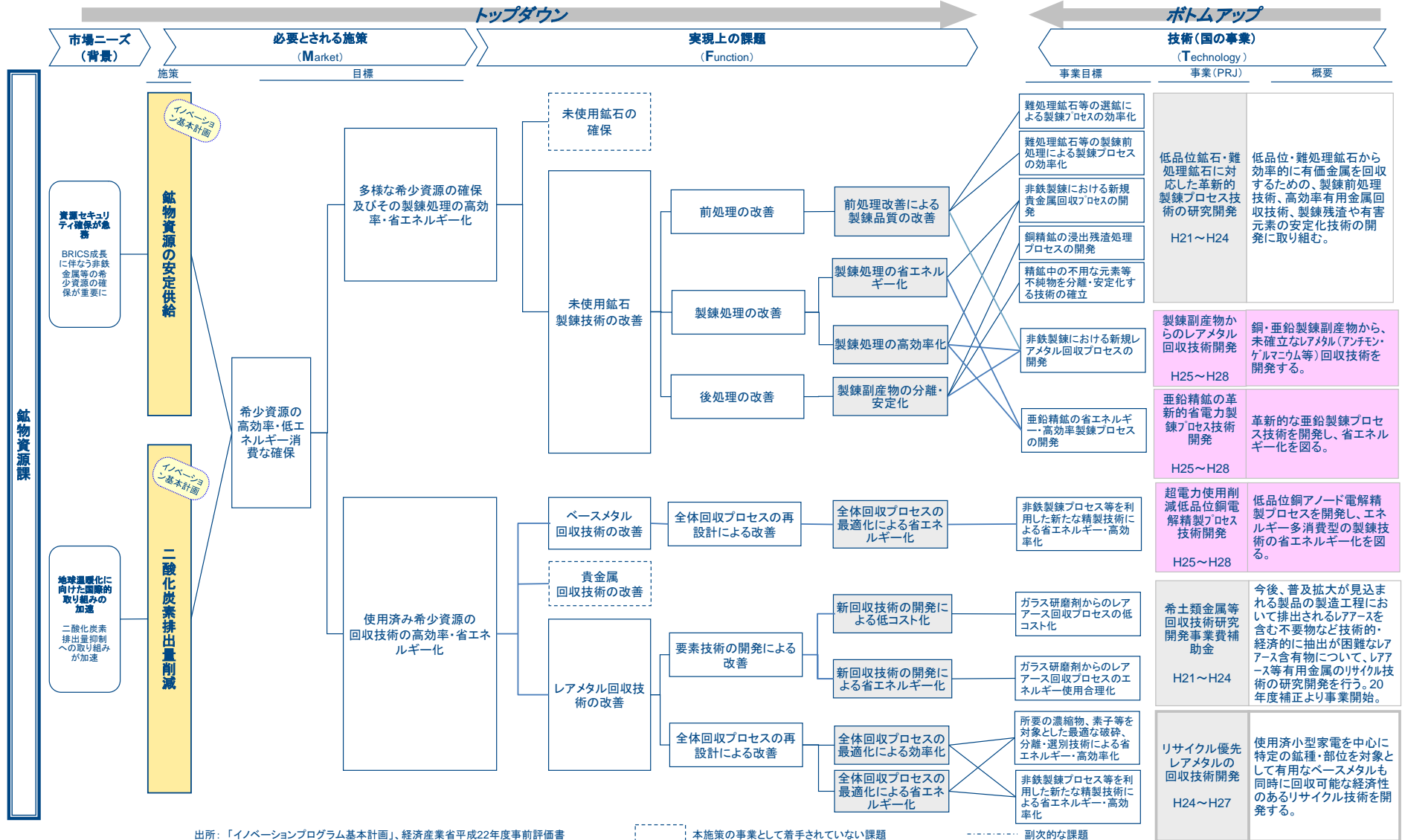
- ・ 製錬産業は、海外資源開発への投資を行い、引き取った鉱石を製錬する機能を持つほか、リサイクルによって、スクラップ原料を製錬する機能を持ち、我が国の資源の安定供給のための4つの柱(海外資源開発・リサイクル・使用削減・備蓄)のうち、2つを担い、資源政策上の究極目標である資源自給率の改善に直接影響を及ぼすことから、我が国の資源政策上極めて重要なプレイヤーである。

製錬産業は、高い電力量を要するエネルギー多消費型産業であり、将来、エネルギー源の変更から、電力料金の上昇が予想され、電解工程等での省電力化を進める必要がある。この分野での研究開発を遂行する必要がある。

技術開発の内容については、これまでも関係事業者と議論を積み重ねて決定しており、有効な技術開発となるものと考えられる。

鉱物資源課 ロジックツリー

別紙



出所: 「イノベーションプログラム基本計画」、経済産業省平成22年度事前評価書

----- 本施策の事業として着手されていない課題

----- 副次的な課題

超電力使用削減低品位銅電解精製プロセス技術開発

平成25年度概算要求額 2.0億円（新規）

資源エネルギー庁 鉱物資源課
03-3501-9918

事業の内容

事業の概要・目的

銅は、電線や伸銅などに使用される基礎資材である他、自動車や電気電子産業において高度な部材として使用されており、海外への輸出競争力があります。

他方、銅などの非鉄製錬は、電解工程において高い電力量を必要とするエネルギー多消費型産業であり、事業所単位で電力各社との電力契約においてトップ10に入る状況にあるとともに、銅製錬の原料事情は、開発途上国での需要拡大による鉱石の低品位化の進展とリサイクル材の処理量増加等により、不純物の供用量が増加傾向にあります。

このため、エネルギー源のシフトにより、電力価格が引き上げられた場合、操業を維持することが困難となり得ることから、将来的には国内非鉄製錬業の空洞化が懸念されており、鉱石の低品位化に対応しつつ、電力を中心とする生産コストの低減が喫緊の課題となっています。

こうしたことから、低品位（85～95%程度）銅アノードにおいても電解精製が可能なプロセスの開発を通じ、約80%の電力消費量の削減を確保（2,200KWH/t-銅 → 300KWH/t-銅）するために、研究開発を実施します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）

国

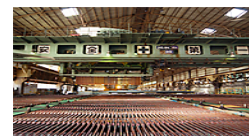
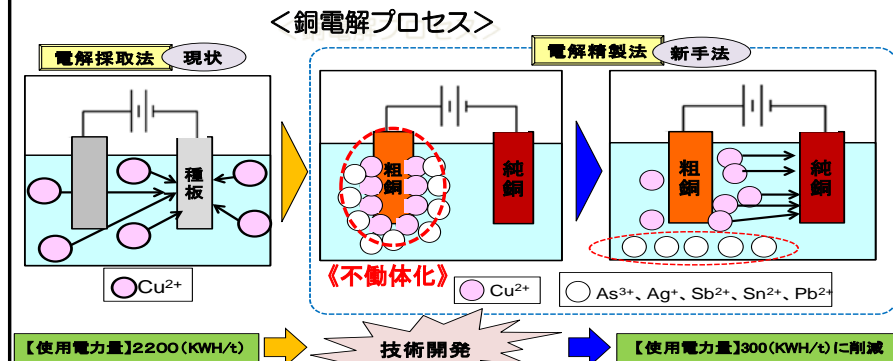
委託

民間企業等

事業イメージ

【開発内容】

電解精製工程において、低品位銅アノードからの銅回収を可能とする電解技術（電解液強制還流、電解液組成、電流密度、液温、通電条件等）の確立を図ります。



銅電解



銅電解(極板)

【開発目標】

銅のリサイクル製錬における電解プロセスを電解採取法から電解精製法に転換し、電力原単位的大幅削減を目指します。
（現状）2,200KWH/t-銅

300KWH/t-銅（約80%削減）