

坑廃水水質改善技術開発事業 事前評価報告書

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

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、坑廃水水質改善技術開発事業の事前評価であり、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5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S R A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

坑廃水水質改善技術開発事業の評価に当たり意見をいただいた外部有識者

五十嵐 敏文	北海道大学工学研究院教授
駒井 武	独立行政法人産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門長
福井 勝則	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：原子力安全・保安院鉱山保安課

坑廃水水質改善技術開発事業の評価に係る省内関係者

【事前評価時】

原子力安全・保安院 鉱山保安課長 岡部 忠久(事業担当課長)

産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 岡本 繁樹

坑廃水水質改善技術開発事業事前評価
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5月23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

坑廃水水質改善技術開発事業事前評価に当たり意見をいただいた外部有識者

坑廃水水質改善技術開発事業の評価に係る省内関係者

坑廃水水質改善技術開発事業事前評価 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 | 1 |
| 3. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等 | 5 |

第2章 評価コメント	6
------------------	---

参考資料 坑廃水水質改善技術開発事業の概要(PR資料、8月末現在)

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

原子力安全・保安院では、鉱山の危害及び鉱害の防止に関する施策を実施している。

金属鉱業等の鉱山では、事業活動終了（閉山）後もカドミウム、鉛、ヒ素等の重金属を含む排水（坑廃水）が坑口や集積場から永続的に流出し続けるという、一般の工場等とは異なった特殊性があり、これを放置すると、河川流域の住民の健康被害や農作物被害等の深刻な鉱害を引き起こすおそれがある。

このため、国は休廃止鉱山における鉱害防止事業の確実かつ永続的な実施を図るため、昭和48年に金属鉱業等鉱害対策特別措置法（以下「特措法」）を制定し、必要な制度の創設や長期計画である基本方針の策定、このほか補助金等による財政支援等の鉱害防止支援策を行っている。

上記の国の鉱害防止支援策の一つとして、鉱害防止に関する技術の開発を行っており、坑廃水の流出を抑制するための発生源対策に関する技術や、坑廃水処理費用削減のための坑廃水処理対策等に関する技術の開発を行っている。

なお、特措法に基づく現行の基本方針（特定施設に係る鉱害防止事業の実施に関する基本方針（平成15年3月28日経済産業省告示第90号））では、「坑水又は廃水の処理の永続性に鑑み、その管理及び処理費の低減のため、コスト削減に資する技術開発を更に推進すること」が謳われている。

○金属鉱業等鉱害対策特別措置法に基づく「特定施設に係る鉱害防止事業の実施に関する基本方針（平成15年3月28日経済産業省告示第90号）」

三 特定施設に係る鉱害防止事業の計画的な実施を図るため必要な事項

（二）鉱害防止技術開発の推進

坑水又は廃水の処理の永続性に鑑み、その管理及び処理費の低減のため、コスト削減に資する技術開発を更に推進すること。

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）

イ)事業の必要性

上記のとおり金属鉱業等の鉱山では、閉山後も永続的に重金属を含んだ坑廃水が流出し続けるため、発生源対策の実施により坑廃水の流出を防止できない場合は、坑廃水処理を永続的に実施しなければならない。これらの実施者は通常、当該鉱山の操業を行っていた鉱

には至っていない。

本事業で実施する坑内空洞充填技術は、採掘跡、坑道等の坑内空洞中に中和殿物を含む充填剤を埋め戻すことにより、地下に浸透した雨水と鉱石等の接触を減らし、流出する坑内水の水量を減少させるとともに水質を良化させることができ、併せて坑内空洞の安定化（崩壊防止）、中和殿物処分費用の低減化を図るものである。

しかしながら、技術開発には、中和殿物を含む低コストで効率的な充填剤の開発・確保、充填する坑内空洞の調査手法の確立等の課題が挙げられることから、これらの課題を克服するためのブレークスルーが必要となる。

国は特措法に基づく基本方針に則り、休廃止鉱山における鉱害防止事業の確実な実施を図るため、地方公共団体等に坑廃水処理費用として約17億円／年の補助金を交付している（休廃止鉱山鉱害防止等工事費補助金のうち坑廃水処理事業分）。現行基本方針（対象期間：平成15～24年度）策定時に坑廃水処理に係る年間事業量は32億円と見込まれたが、これまでのコスト節減努力により既に28億円の水準まで削減されており、処理施設の維持管理も限界の状態となっている。

一方、休廃止鉱山鉱害防止対策研究会における中間報告（平成22年6月）では、「次期基本方針は、期間をこれまでと同様に設定すると、終期（平成34年度）に事業開始後半世紀を迎えることを踏まえ、「総仕上げの10年間」と位置付け、鉱害防止事業に取り組むことが必要である。」としており、精力的な取り組みが必要であることを指摘している。

このため、坑廃水のさらなる水量低減や水質改善、坑廃水処理に伴う中和殿物の有効利用、処理設備の一層の省エネ・省力化、効率的な処理システムの開発・導入等によるコストの削減が可能となる研究開発事業が強く求められているところである。

ロ)アウトカム(目指している社会の姿)の具体的内容とその時期

本提案事業は、前項目で記述した次期基本方針の終期（平成34年度）までの社会的課題の解決に向けて、具体的に、モデル鉱山の坑内採掘跡等のうち、水で満たされていない空洞部分に、中和殿物、建設残土、セメント等を混和した充填剤をボーリング孔から流送・充填することにより、坑内水の水量減少・水質良化等が図られ、大幅なコスト削減効果を目指すものである。本事業の終了後の研究成果は、実証試験を行うモデル鉱山以外にも約20鉱山に適用できる可能性があり、その波及効果は大きい。

ハ)アウトカムが実現した場合の経済や競争力、問題解決に与える効果の程度

次期基本方針の終期までに、実証試験を行うモデル鉱山だけでなく、坑廃

めに、「充填施工に適合する流動性等の物性値」、「透水係数等の遮水性に係る物性値」、「充填後の物理的安定性を確保するための強さ」等に関して検討し、平成 25 年度末までに『充填材の性能(仕様:目標となる数値)』を決める。また、充填材が中和殿物の坑内処理を目的としているため、中和殿物が含有する重金属等有害物質の溶出量について充填材硬化体が重金属等有害物質の土壌溶出量基準値を満足することを目標とする。

ii)坑内空洞の調査方法の確立については、地表からの物理探査では検知不可能な深度に存在する既知の坑道(空洞)に対して、その位置を物理探査により検出する方法を研究する。具体的には、図面等の既知情報を元に地表より坑道近傍にボーリングを実施し、ボーリング孔を利用した物理探査を実施し、その結果を検討することにより、深さ 30～50m、大きさが 2m×2m 以上の空洞位置を探査可能にすることを目標とする。

iii)実証試験実施鉱山の選定・概要調査・坑内状況調査については、実証試験を行う鉱山を複数候補選定し、鉱山資料調査(坑内図、地質図、地形図、水文資料、坑内水資料等)や、現地調査(坑口・陥没地、河川・沢、道路状況、坑内水、発生殿物等)を実施し、実証試験の適用可能性やその効果の検討により実施鉱山の選定を行う。また、選定した鉱山について、概要調査として、鉱山資料の詳細調査、地表調査・測量を実施し、それらの図面化等を行ない、坑内充填や、製造・運搬等システムの概念設計を行う。更に坑内状況調査として、人が立ち入れない坑道・採掘跡などの坑内空間において、内部の形状、空間量、状況を調査するための技術(レーザースキャナ、カメラ等)について検討・整理し、選定した鉱山においてそれら技術を用いた空洞調査を実施し、充填する空間について空間量、形状、状況について詳細に把握する。

iv)実証試験鉱山の充填試験設計については、iii)で調査した結果より実証試験設備、坑内充填位置、充填方法、充填孔・監視孔の配置等の詳細設計を行う。

最終的な目標としては、平成 27 年度末までに、中間段階までに開発した充填材料を用い、実証試験実施鉱山において、v)坑内空洞を充填する実証試験を実施し、平成 28 年度末までの vi)モニタリング(坑内水、地表水、地下水等の変化の確認や充填材料の性状(強度等)の経年変化確認等)により、vii)水量の削減・水質の改善状況を確認、評価する。

なお、水量の削減・水質の改善状況の確認、評価に当たっては、以下の点を考慮する。

水量削減については、対象鉱山における表層

イ)アウトカムに至るまでの戦略

本事業は、坑内空洞を充填することによる坑内水の水量減少・水質良化、坑内空洞の安定化(崩壊防止)及び中和廃物処理費用の低減を図るための技術開発を目的としており、実施者としては、鉱山や坑廃水処理に関する技術、知識、設備、充填施工技術等を有していることが必要となる。

これらの条件を満たす単独の事業主体は想定されないことから、複数の事業主体が共同して研究を行うことで、より高度な技術的知見を集積できる体制が必要である。

このため、本事業については、コンソーシアム形式で行うことを想定している。

また、本事業において一定以上の成果が得られたときは、想定されるユーザーに対し、積極的に周知することが重要である。想定されるユーザーとしては、民間企業と地方公共団体であり、民間企業に対しては、坑廃水処理事業を実施している民間企業の多くが会員となっている団体等に、地方公共団体に対しては、鉱業に関連のある地方公共団体が組織する協議会等において関係者に、本事業の成果に関する広報活動を行う。また、資金面において、地方公共団体にあつては休廃止鉱山鉱害防止等工事費補助金、民間企業にあつては独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構の鉱害防止資金融資制度を活用することが可能であり、技術面と資金面を併せて広報活動を行うことにより相乗効果が見込まれる。

ロ)成果のユーザーの段階的イメージ・仮設

本事業の成果の直接的受け手としては、坑廃水処理を実施している地方公共団体や鉱業権者等である。本事業の技術開発の実施に当たっては、具体的には、有効かつ効率的な実施体制とするために、鉱害防止技術を有する団体、鉱山及び坑廃水処理に関する設備等を有する鉱山会社、空洞調査のノウハウを有する建設コンサルタント並びに充填施工技術を有するゼネコンといった企業が参画し、コンソーシアムにより研究に取り組む体制を想定している。

③次年度に予算要求する緊急性について

これまで、国は金属鉱業等鉱害対策特別措置法に基づく基本方針に則って事業の確実な実施を図るため、地方公共団体等に財政的な支援(休廃止鉱山鉱害防止等工事費補助金)を実施してきているが、財政合理化・効率化の流れの中で、ランニングコストの低減はもはや喫緊の課題となっている。

④国が実施する必要性について

イ)科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性

本事業の施策分野である鉱害防止技術については、資源保有国に対し、鉱害防止セミナーの開催、専門家の派遣又は研修生の受入等により、情報提供・技術支援の活動を通じた関係の深化のために貢献する等、世界において強みを有している分野の一つである。

し抜本的な省エネルギー・省コスト化を図るというのはほぼ困難な状況にあるのが現実である。

また、国は金属鉱業等鉱害対策特別措置法に基づく基本方針に則って事業の確実な実施を図るため、地方公共団体等に財政的な支援（休廃止鉱山鉱害防止等工事費補助金）を実施しているものであり、その削減につながるよう国が積極的に取り組むべき課題である。

したがって、国が自ら委託事業として実施し技術の確実性とその効果について実証し、導入普及に向けた端緒を付けることが緊要である。

⑤省内又は他省庁の事業との重複について

現時点では省内又は他省庁との事業の重複はなく、鉱害防止特有の技術として、鉱山保安課が取り組むべき事業である。

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

従来、休廃止鉱山の廃水処理では多額の経費を投入して対処してきたが、国および自治体の財政の状況を考えると、坑廃水処理の継続の可否を議論するまさに重要な時期と考えられ、発生源を抑制してコスト削減をはかることは重要。また、本研究開発ではモデル鉱山を対象とした技術開発を実施するが、同様の形態の鉱山にも適用可能で、水量低減や水質改善の効果が見込まれることから、研究成果の普及が期待できる。河川流域の水質問題は飲料水や農業、生態系に影響がある可能性があるため、その水質改善は安全・安心の観点から喫緊の課題であるが、坑廃水処理事業は非収益性の事業であるため、本事業を民間で対処することは困難であり、実施事業の確実性の確保や安全性の担保の点でも、国が実施主体となるべき重要な事業である。

なお、削減効果のコスト試算や成果目標の数値については、シミュレーションの条件に多少の不確実性がみられ、削減効果については、どのような鉱山に適用可能なのか、どのような試算をすればこの金額の削減になるかの根拠が不明確。また、具体的に、充填材料配合試験はどのような事項を想定しているのか、坑内空洞調査に関して、ボーリング坑から物理探査を行うとのことであるが、3次元的にどのようにして空洞の把握を行うのか、具体的な方法案を追記すべき。本技術が普及に至るためには、開発した要素技術を組み合わせて総合的なシステムとして完成させる必要があるが、現時点ではその技術体系が明示されていないが、中間段階での詳細設計に期待する。

○肯定的意見

(事業の必要性及びアウトカムについて)

- ・ 恒久的に発生する坑廃水に対して、水量、水質の面からより積極的に改善しようという方策であり、かつ、処理にともない発生する中和殿物を主に利用するということは非常に有益であると思われる。
- ・ 成果に関してもこれまでの結果を踏まえると、ある程度期待できると考えられる。
- ・ 実施する目的は指摘されている通りだと思います。また坑内空洞充填技術に関するニーズも高いと思う。
- ・ 鉱害防止事業の中でも休廃止鉱山における坑廃水処理については、流域の水質に直接的に影響を及ぼす可能性があることから、国が主体的に取り組むべき重要な課題である。
- ・ 従来、休廃止鉱山の廃水処理では多額の経費を投入して対処してきたが、対策コストなどの制約もあるため、発生源を抑制してコスト削減をはかることが重要である。

- ・ 本研究開発で実施する坑内水の低減技術、地下空洞対策および水質改善の技術は国として実施すべき最重要課題と考えられる。
- ・ 削減効果のコスト試算や成果目標の数値については、シミュレーションの条件に多少の不確実性がみられるが、一定の削減効果は見込まれる。

(アウトカムに至るまでの戦略について)

- ・ 既存資料の整理、室内試験、現地調査という一連の実施項目を踏まえ、現地試験、モニタリングに移っていくことは合理的な流れと思われる。
- ・ 本研究開発ではモデル鉱山を対象とした技術開発を実施するが、同様の形態の約20鉱山にも適用可能であるため、国内の休廃止鉱山のうち代表的な鉱山において水量低減や水質改善の効果が見込まれることから、研究成果の普及が期待できる。
- ・ 最終的なアウトカムは、対策費用の削減と環境リスクの低減の両者を達成することであり、それに至る技術的なプロセスは妥当である。

(次年度に予算要求する緊急性について)

- ・ 次期基本方針期間中にある程度の成果が見込めることから、その後半において本技術を活用できる可能性があり、緊急性はあると考えられる。
- ・ 指摘されているように喫緊の課題だと思う。
- ・ 国および自治体の財政の状況を考えると、坑廃水処理の継続の可否を議論するまさに重要な時期と考えられる。
- ・ 河川流域の水質問題は飲料水や農業、生態系に影響がある可能性があるため、その水質改善は安全・安心の観点から喫緊の課題でもある。
- ・ 開発する技術の動向では、地質や地層を非破壊で調べる物理探査技術の発展が著しい。このような社会的な状況を踏まえ、最新の技術を導入して空洞の探査や水量の低減に向けた地下構造の調査を実施することは、時期的に当を得ていると考えられる。

(国が実施する必要性について)

- ・ 従来の鉱害防止対策は義務者不存在の場合は、地方公共団体があたることになっているが、財政難などから積極的な技術開発は見込めない状況の中、国がより積極的にかかわり対応することは有意義であると思われる。
- ・ 坑廃水処理事業は非収益性の事業であるため、民間で対処することは困難である。また、実施事業の確実性の確保や安全性の担保の点でも、国が実施主体となるべき重要な事業である。
- ・ 災害時や緊急時にも対処できる設備を構築するためには、民間のみでは対処が不可能であると考えられる。

(省内又は他省庁の事業との重複について)

- ・ 鉱害防止対策技術に関しては他省庁との重複はないと思われる。
- ・ 鉱山事業に関わる鉱害防止対策技術の開発であるため、鉱山保安課が取り組むべき事業で

あり、環境省や国土交通省との事業の重複はない。

○問題点・改善すべき点

(事業の必要性及びアウトカムについて)

- ・ 削減効果のコスト試算や成果目標の数値については、シミュレーションの条件に多少の不確実性がみられるが、一定の削減効果は見込まれる。
- ・ 約 20 鉱山に適用でき、約 1.4 億円／年の削減効果があると記載されているが、どのような鉱山に適用可能なのか、どのような試算をすればこの金額の削減になるかの根拠が明確には示されていない。そのため、上記の 2 点の簡単な補足説明の記載が望まれる。
- ・ 実施内容に関して下記の点が不明であり、詳細な説明が必要であると思う。
 - ： 具体的に、充填材料配合試験はどのような事項を想定しているのか不明。
 - ・ どの程度の水分量、粒度分布、強度、流動状態を想定しているのか。
 - ・ 技術的問題点に関する記述もなく、どのような研究を行うか明確化する必要がある。

15年前に5年間、JOGMEC がエンジニアリング振興協会に委託し、「エネルギー使用合理化鉱山システム等開発システム技術開発(選鉱廃さい処理技術開発(ペースト充填技術))に関する研究」が豊羽鉱山を利用して行われている。

その際、固体の強度を上げようとすれば、水分量を減らす必要があるが、逆に流体輸送が難しくなる。そのため、最適な水分量(粒度分布にかなり依存する)があるが、その範囲がさほど広くなかったため、技術的に水分調整が難しいとの結果であった(ただし、かなり長距離・大量輸送を想定していて、今回とは事情が異なっている点がある)。

： 坑内空洞調査に関して、ボーリング坑から物理探査を行うとのことであるが、2次元的な構造を把握するのは既存の技術で可能だと思うが、3次元的にどのようにして空洞の把握を行うのかが示されておらず、研究期間内に成果が得られるかどうか不明。この点の詳細を示していただきたい。

(アウトカムに至るまでの戦略について)

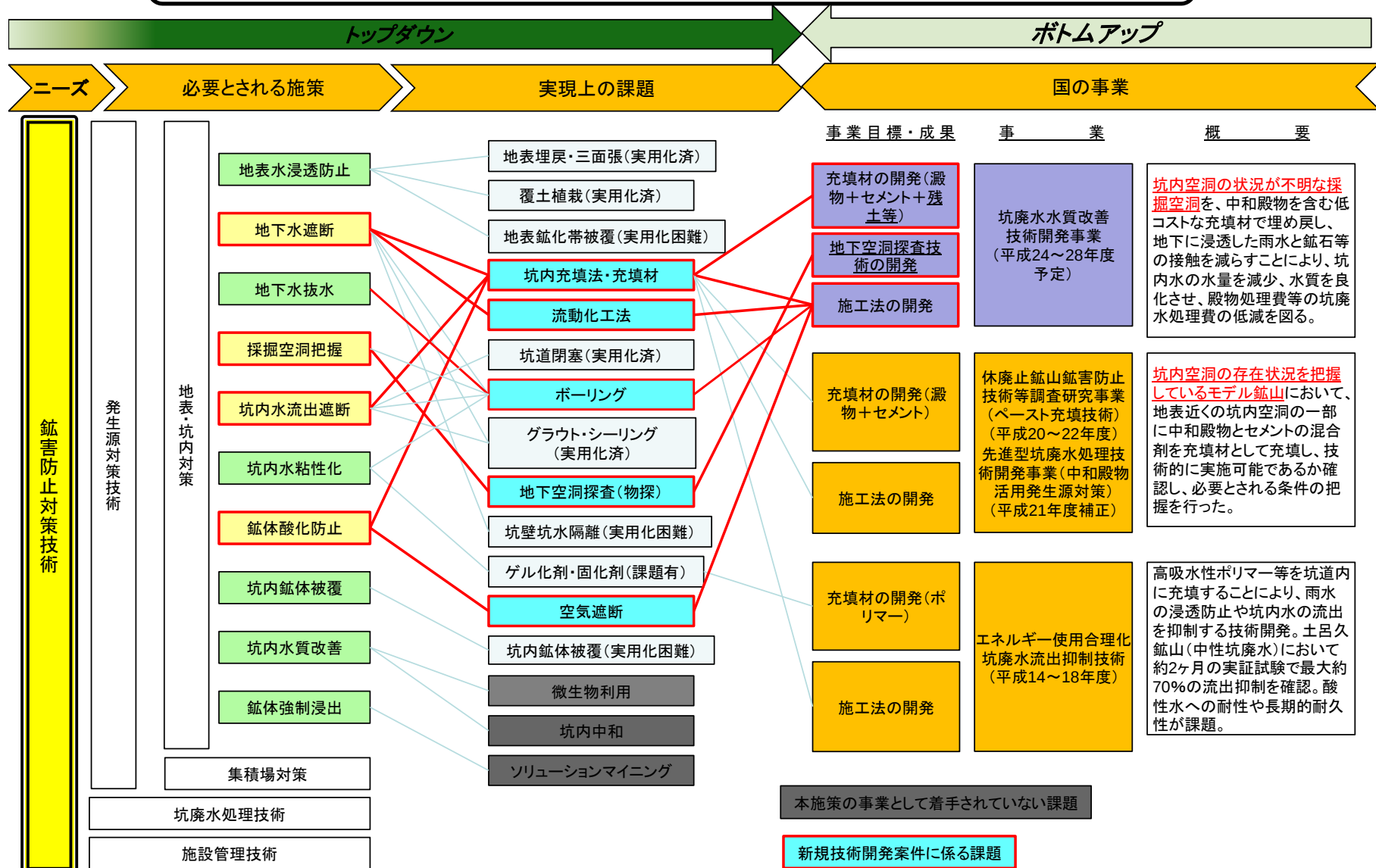
- ・ 各項目の中でも、とりわけ物理探査においては坑内空間を探索する技術があるとされているが、より具体的にどのような方法を使用するのかなどの方法案を少し追加して記述してほしい。
- ・ 中間段階の目標のうち、充填材料の開発、空洞調査方法および充填試験設備の検討を行うとしているが、定量的な試算に基づいた設計や現場条件をよく反映した評価を実施することが重要である。その上で、実証試験の対象鉱山の選定を行い、対策技術の開発や実証を進めていただきたい。
- ・ 普及に至るためには、開発した要素技術を組み合わせて総合的なシステムとして完成させる必要がある。その技術体系が明示されていないため、中間段階での詳細設計に期待する。

(省内又は他省庁の事業との重複

- ・ 鉱害防止対策技術に関しては他省庁との重複はないと思われるが、中和殿物を産業廃棄物とみなすのではなく、坑内充填材として有効利用するという内容を強調することが重要であると思われる。

鉍害防止対策に関する技術－施策体系図（地表・坑内での発生源対策技術に限る）

別紙



坑廃水水質改善技術開発事業

平成25年度概算要求額 0.8億円（0.7億円）

原子力安全・保安院 鉱山保安課
03-3501-1870

事業の内容

事業の概要・目的

○鉱害防止事業の国民経済的負担を軽減し、健全な水循環と持続可能な水利用環境を維持するため、低コストな坑内空洞充填技術を開発します。

○具体的には、採掘跡、坑道等の坑内空洞を中和殿物を含む充填材で埋め戻し、地下に浸透した雨水と鉱石等との接触を減らすことにより、坑内水の水量を減少、水質を良好させ、併せて坑内空洞の安定化（崩壊防止）、殿物処理費の低減を図ります。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



鉱害防止技術の知見を有する民間団体等に技術開発事業を委託します。

事業イメージ

<事業内容>

鉱山の坑内採掘跡等のうち、水で満たされていない空洞部分※に、中和殿物、建設残土、セメント等を混和した充填材をボーリング孔を使い流送し、充填する。

<効果>

- ・坑内水の水量減少、水質良好
- ・坑内空洞の安定化（崩壊防止）
- ・殿物処理費の低減

※図の通洞坑（排水箇所）より、上の部分

