

坑廃水水質改善技術開発事業 プロジェクト終了時評価 補足資料

平成28年3月1日

商務流通保安グループ 鉦山・火薬類監理官付

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. 提言及び提言に対する対処方針

1. 事業の概要

(1) 事業の目的・内容

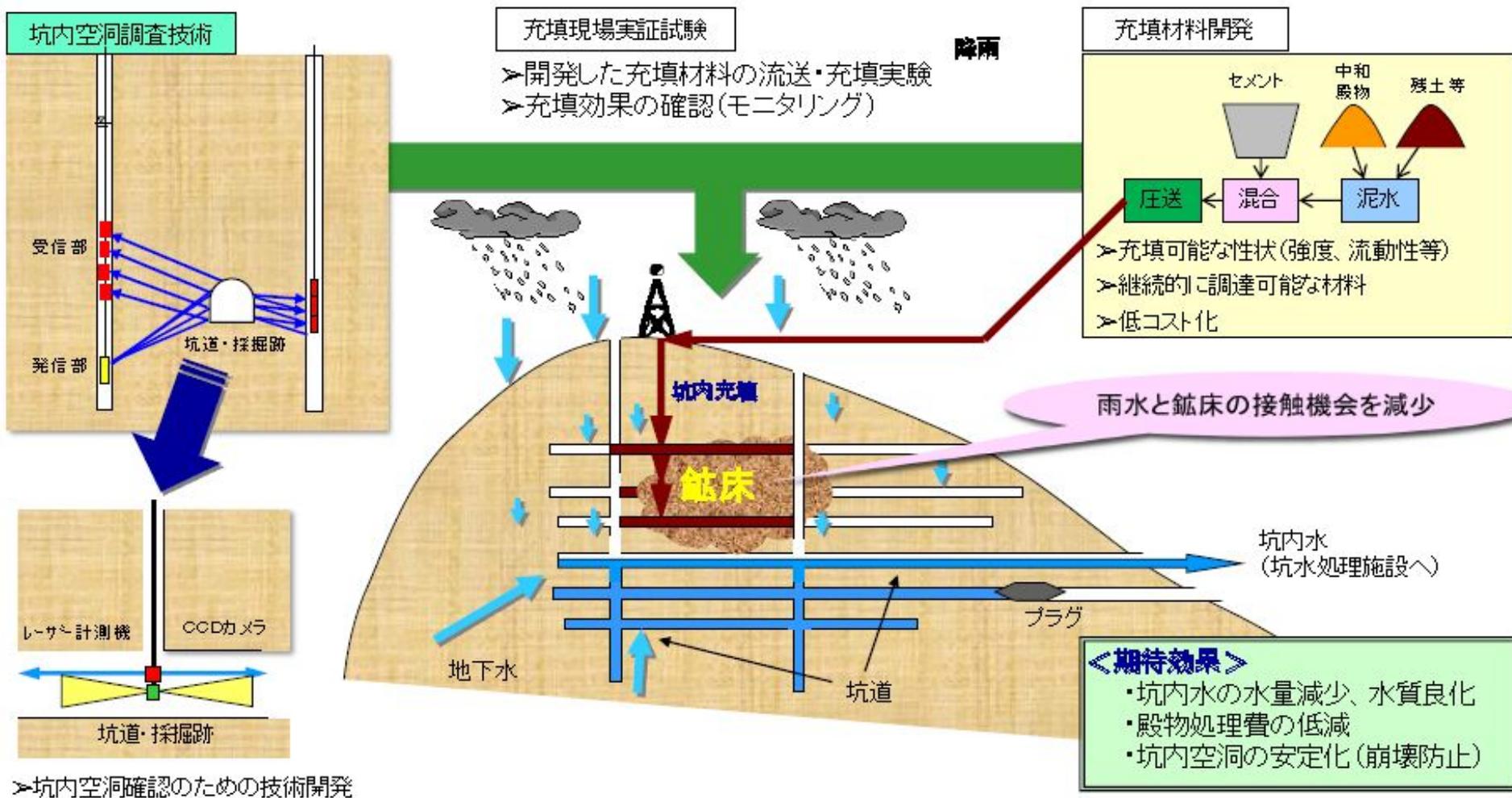
- 金属鉱業等の鉱山では、閉山後も永続的に重金属を含んだ坑廃水が流出し続けるため、発生源対策の実施により坑廃水の流出を防止できない場合は、坑廃水処理を永続的に実施しなければならない。このため、坑廃水処理費用の抜本的な削減を実施するための技術の開発が求められている。
- 本事業で実施する坑内空洞充填技術は、採掘跡、坑道等の坑内空洞中に中和殿物を含む充填材を埋め戻すことにより、地下に浸透した雨水と鉱石等の接触を減らし、流出する坑内水の水量を減少させるとともに水質を良化させることができ、併せて坑内空洞の安定化（崩落防止）、中和殿物処分費用の低減を図るものである。

(2) 実施形態等

- 実施形態：独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構、三菱マテリアル株式会社、鹿島建設株式会社、応用地質株式会社（以上、4社によるコンソーシアム）
- 実施期間：平成24年度～平成26年度（※）
 - （※）当初は本事業の実施期間は平成24年度から平成28年度までの5ヶ年計画であったが、平成26年度までに、坑内空洞充填のための要素技術の開発が完了し、またシミュレーションにより水量削減効果を確認するなど、当該技術導入によるコスト削減の目途が立った。
そのため、平成27年度以降は、これまでの成果を学協会等で紹介するなど、本事業の成果普及・活用を図っていくこととしたため、実施期間を平成26年度までの3ヶ年計画に短縮した。
- 総事業費：2.1億円

1. 事業の概要

坑廃水水質改善技術開発の概念



1. 事業の概要

<p>概 要</p>	<p>健全な水循環と持続可能な水利用環境を維持するため、坑内空洞を充填することで坑内水の水量減少・水質良化及び殿物処理費低減を図るための技術開発を行う。</p>
<p>実施期間</p>	<p>平成24年度～平成26年度（※） （※）平成26年度までに要素技術開発が行われ、当該技術導入によって水量削減効果の目途が立ち、平成27年度以降は技術成果の普及を図ることとしたため、当初予定の5ヶ年計画を3ヵ年計画に短縮した。</p>
<p>予算総額</p>	<p>2.1億円 （平成24年度：0.7億円 平成25年度：0.8億円 平成26年度：0.6億円）</p>
<p>実施者</p>	<p>独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC） 三菱マテリアル株式会社 鹿島建設株式会社 応用地質株式会社</p>
<p>プロジェクト リーダー</p>	<p>JOGMEC（幹事法人）に「先進型坑廃水処理技術委員会」を設置し、4社コンソーシアムに対し助言。なお、4社には、次の研究開発責任者を置いた。 迫田 昌敏 JOGMEC 調査技術課長 富山 眞吾 三菱マテリアル(株) 総務部 環境管理室 リスク管理グループ長補佐 岩野 圭太 鹿島建設(株) 技術研究所 岩盤・地下水グループ 主任研究員 江波戸 昌徳 応用地質(株) エネルギー事業部 計測探査部 部長</p>

1. 事業の概要

事業の達成状況

技術開発の項目	達成状況	達成度
○ 充填材料の開発	充填材料に求められる流動性や硬化後の強度等の性能を決定し、それを満たすために必要な中和殿物、セメント等の配合設計方法を確立した。	達成
○ 坑内空洞調査方法の確立	ボーリング孔を利用した複数の物理探査手法によって、人が立ち入れない、深さ30m～50mに存在する坑内空洞を捕捉する調査方法を確立した。	達成
○ 坑内状況詳細調査の開発	モデル鉱山の坑内空洞を地表からのボーリングで捕捉し、ボーリング孔から挿入した機器により、充填対象の坑内空洞の状況を詳細に把握することが出来た。	達成
○ 充填施工方法の開発	流動性がある充填材を坑内空洞に効率的・効果的に充填するために必要な隔壁(仕切り)を、障害物や酸性坑内水が存在する模擬坑道で形成させる技術を開発した。	達成
○ シミュレーション	モデル鉱山を含むエリアの地質・地形情報を組み込んだ地下水流動モデルを構築し、シミュレーションにより充填施工効果を予測し、坑内水発生量の減少効果を評価することが出来た。	達成

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)	原因分析(未達成の場合)
<p>指標： 本事業で開発された技術を用いて充填施工がなされ、その効果により坑廃水処理費用の削減がなされること。</p> <p>設定理由等： 金属鉱業等鉱害対策特別措置法第4条に規定する「特定施設に係る鉱害防止事業の実施に関する基本方針」の課題対応のため。</p>	<p>(事業開始時)</p> <p>○要素技術の段階</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 充填材料開発 2) 坑内空洞調査方法の確立 3) 坑内状況詳細調査の技術開発 4) 充填施工方法の確立 <p>○実証試験の段階</p> <ol style="list-style-type: none"> 5) 坑内空洞充填の実証試験 6) モニタリング 7) 水量の削減・水質の改善状況の確認・評価 	<p>○要素技術段階の目標値(計画)は、達成</p> <p>○実証段階の目標値(計画)は、達成</p> <p>○なお、事業開始時の実証試験は、シミュレーションで実施</p>	<p>○坑廃水処理が事業者の事業負担となっている。そこで、平成26年度までの要素技術段階の成果で水量削減効果の目処がついたため、平成27年度以降の実証段階の試験等は、事業者の現場適用を図ることとした。</p> <p>○このため、今までの成果を学協会等での紹介等を通じて広く展開し、本事業の成果の活用を図っている。</p> <p>○また、事業者の現場適用のため、要素技術を組み合わせ、充填による水量削減効果の予測・評価に資するためのシミュレーションモデルを構築した。</p> <p>○なお、今後、工事施工効果の発現に一定の期間を要することからアウトカムの達成には時間を要する。</p>
	<p>(中間評価時)</p>		
	<p>(事業終了時)</p> <p>○要素技術の段階</p> <ol style="list-style-type: none"> 1)～4) 事業開始時と同じ <p>○実証試験の段階</p> <ol style="list-style-type: none"> 5) シミュレーション 		
	<p>(事業目的達成時)</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)	原因分析(未達成の場合)
<p>指標:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 充填材料開発 2) 坑内空洞調査方法の確立 3) 坑内状況詳細調査の技術開発 4) 充填施工方法の確立 <p>設計定理由等:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 低コストで効率的な充填材を開発する必要があるため 2) 低コストで最適な坑内空洞の各種物理探査手法による調査手法を確立する必要があるため 3) 適切な鉱山で実証試験を実施し、効果の確認をする必要があるため 4) 実証試験鉱山で得られた各種情報に基づき、施工方法・工期やコスト等の検討が必要であるため 	<p>(事業開始時)</p> <p>○次の1)~4)の要素技術</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 充填材料開発 坑内水の流出抑制及び空洞の安定化のために必要な充填材の性能等の決定等 2) 坑内空洞調査方法の確立 地表下30~50m、断面積2m×2m以上の坑内空洞の位置が把握できる調査方法の確立 3) 坑内状況詳細調査の技術開発 モデルサイト(地表下30~50m)の坑内について、形状や湛水状況といった詳細な状況を把握する技術の確立等 4) 充填施工方法の確立 酸性水が湛水している坑内環境に適用可能な隔壁構築の技術開発 <p>○次の5)~7)の実証試験</p> <ol style="list-style-type: none"> 5) 坑内空洞充填の実証試験 6) モニタリング 7) 水量の削減・水質の改善状況の確認・評価 	<p>○要素技術段階の次の目標値(計画)は、達成</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 充填材料開発 充填材料の性能と、中和殿物等の材料配合割合の関係を調査し、材料によらない配合設計方法の確立等 2) 坑内空洞調査方法の確立 現地情報を活用しつつ、一定の手順で物理探査を進めることで、深さ30~50m、大きさ2m×2m以上の空洞位置の探査が可能 3) 坑内状況詳細調査の技術開発 3Dレーザースキャナの測定結果より、空洞(坑道)を3Dモデル化し、より正確に形状を把握すると共に、空洞体積が約1,200 m³であることを算出等 4) 充填施工方法の確立 坑木等の障害物が存在し、湛水(酸性水)状態の坑内環境においても適用可能な隔壁構築技術を開発 <p>○実証段階の次の目標値(計画)は、達成</p> <ol style="list-style-type: none"> 5) シミュレーション 空洞充填箇所周辺の広域におけるシミュレーションモデルを作成し、ここに地形特徴量(地表形状、地質特性を数値化したもの)を組み込んだモデルの構築等 <p>○なお、事業開始時の実証試験は、シミュレーションで実施</p>	<p>○坑廃水処理が事業者の負担となっている。そこで、平成26年度までの要素技術段階で成果で水量削減効果の目処がついたため、平成27年度以降の実証段階の試験等は、事業者の現場適用を図ることとした。</p> <p>○このため、今まで成果を学協会等での紹介等を通じて広く展開し、本事業の成果の活用を図っている。</p> <p>○また、事業者の現場適用のため、要素技術を組み合わせ、充填による水量削減効果の予測・評価に資するためのシミュレーションモデルを構築した。</p>
	<p>(中間評価時)</p> <p>(事業終了時)</p> <p>○要素技術の段階</p> <ol style="list-style-type: none"> 1)~4) 事業開始時と同じ <p>○実証試験の段階</p> <ol style="list-style-type: none"> 5) シミュレーション 地質的特性を組み込んだシミュレーションモデルを構築し、7km×6kmの領域における地下水シミュレーションを実施し、充填施工の効果予測を実施 		

目標・指標及び成果・達成度(1/5)

個別要素技術	目標・指標	成果	達成度
充填材料 開発	坑内水の流出抑制 および空洞の安定化 のために必要な充填 材料の性能等を決 定する。	空洞安定化を目的とした中和殿物等を使用した充填材料に必要な性能として、強度や溶出性のスペックを以下のとおり定めた。 強度：一軸圧縮強さ 50 kN/m ² 流動性：90分後JHフロー 250~300 mm 分離抵抗性：ブリーディング率 3 %未満 溶出性；土壤環境基準を満足 遮水性：1.0×10 ⁻⁵ cm/s未満	達成
	上記性能規定を満たす、充填材料の配合設計を確立する。	充填材料の性能と、中和殿物等の材料配合割合の関係を調査し、材料によらない配合設計方法を確立した。	達成
	既存技術の充填材料と比べ、材料費が1/3(約2,500円/m ³)以下となるような充填材料を開発する	材料費が約1,000円/m ³ となる充填材料を開発した。	達成

目標・指標及び成果・達成度(1/5)

充填材料性能規定

確認項目	試験項目	評価基準
流動性	JHフロー	狭小な充填部分: 250 ~ 300 mm
材料分離抵抗性	ブリーディング率	3 %未満(充填材料の均質性の確保)
強度性状	一軸圧縮強さ	現場目標値 50 kN/m ² 、室内目標値 100 kN/m ² (現場/室内強さ比=0.5と仮定)
遮水性	透水係数	1.0 × 10 ⁻⁵ cm/s未満
非溶出性	溶出試験	土壌環境基準を満足



JHフロー試験



ブリーディング試験



一軸圧縮試験

目標・指標及び成果・達成度(1/5)

充填材料設計プロセス

① 事前調査

- ・使用する中和殿物の乾燥単位質量設定
- ・中和殿物や建設残土の物性値(含水比、湿潤密度、液性限界、粒度組成)を測定

② 配合設計を元にした、性能規定を満たす配合の暫定的な決定

- ・配合における各材料の単位量を、以下の式から暫定的に決定する
 - ①により求めた、強度とセメント水比の関係式
 - 本事業で得た、流動性と配合割合の関係式
 - 配合時の容量に関する関係式
 - 本事業で得た材料分離抵抗性と単位水量・材料の粒度組成の関係式
 - 本事業で得た遮水性と材料組成の関係式

これらの関係式により、
充填材料の性能を満足する
各材料の配合量を算出
することが可能
(=配合設計の確立)

③ フロー試験・配合試験による充填材料の性能確認

充填材料配合の最終決定

中和殿物や建設残土等を増量材として
用いることで、既存の充填材料と比べ、
材料費が1~2割(約1,000円/m³)となる
充填材料を開発

目標・指標及び成果・達成度(2/5)

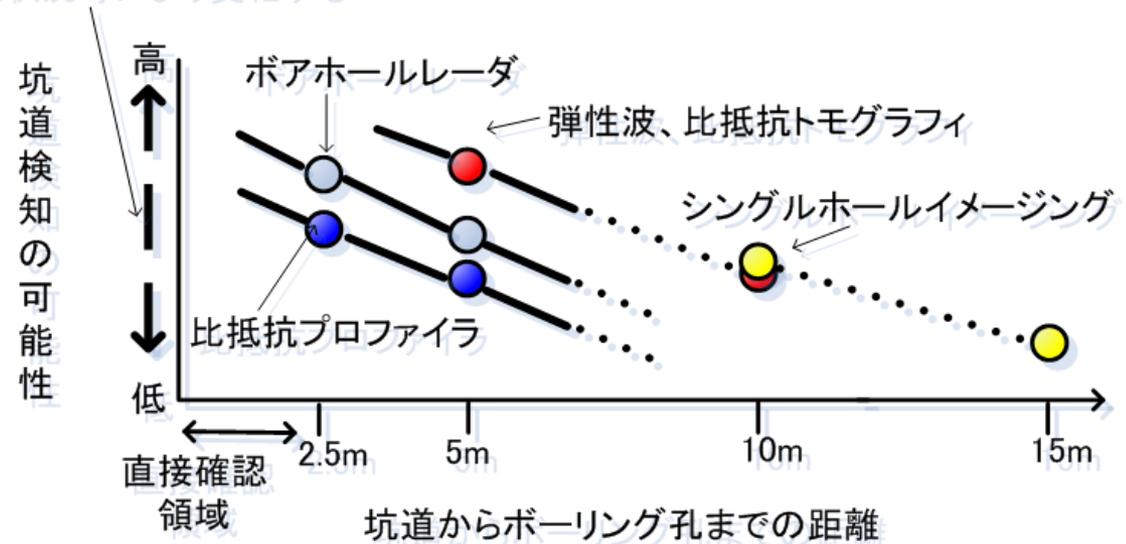
個別要素技術	目標・指標	成果	達成度
<p>坑内空洞 調査方法の 確立</p>	<p>地表下30～50m、断面が2m×2m以上の坑内空洞の位置が把握できる調査方法を確立する。</p>	<p>現地情報を活用しつつ、以下の手順で物理探査を進めることで、深さ30～50m、大きさ2m×2m以上の空洞位置が探査可能となった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① ボーリング施工 ② ボアホールレーダ ③ シングルホール・イメージング(SHI) ④ 比抵抗構造がシンプルであると予想された場合は比抵抗プロファイラ ⑤ ボーリング孔から互いに反対方向に5～10m離れた位置に2・3本目のボーリング ⑥ 弾性波トモグラフィ (必要に応じ比抵抗トモグラフィ) 	<p>達成</p>

目標・指標及び成果・達成度(2/5)

坑道探査方法



地質状況(岩盤状況)および
水位状況等により変化する



	地質状況	地下水位状況	ボアホール ・レーダ	比抵抗 プロファイラ	SHI	比抵抗 トモグラフィ	弾性波 トモグラフィ
評価	単純、亀裂あり	坑道よりも下位	2.5m:○, 5m:×	2.5m:○, 5m:△	△	◎	◎

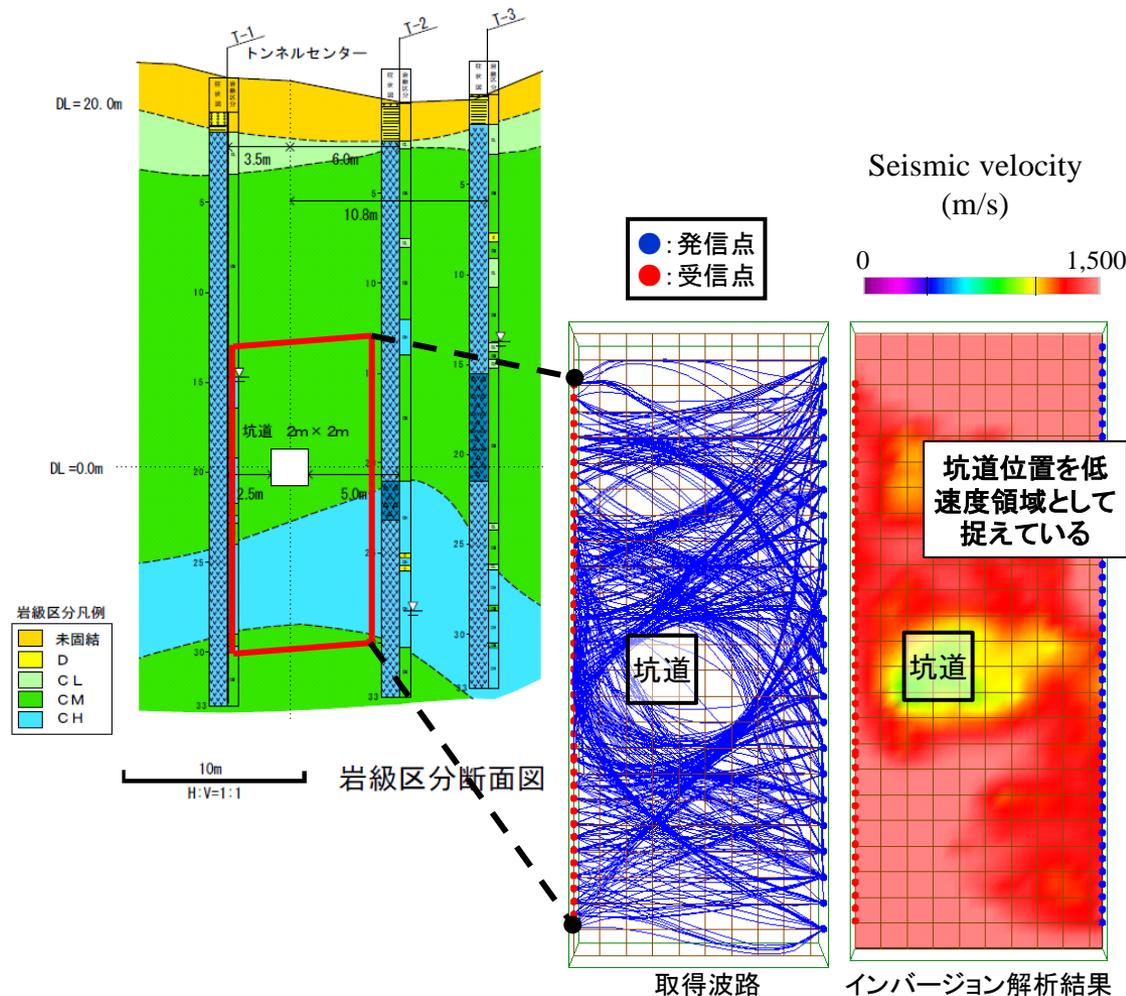
目標・指標及び成果・達成度(2/5)

空洞探査プロセス

- 各探査手法における
 - 有効距離
 - 検知可能性
 - 位置・大きさの正確性
 から最適な探査プロセスを設計



- ① ボーリング施工
- ② ボアホールレーダ
- ③ シングルホール・イメージング
- ④ 比抵抗構造がシンプルであると予想された場合は比抵抗プロファイラ
- ⑤ ボーリング孔から互いに反対方向に5~10m離れた位置に2・3本目のボーリング
- ⑥ 弾性波トモグラフィ
(必要に応じ比抵抗トモグラフィ)



解析例: 弾性波トモグラフィ

目標・指標及び成果・達成度(3/5)

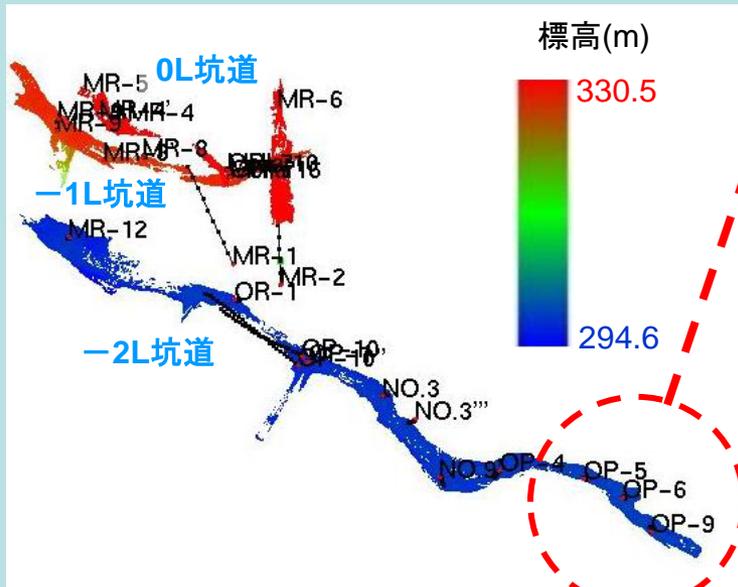
個別要素技術	目標・指標	成果	達成度
坑内状況 詳細調査の 技術開発	モデルサイト（地表下30～50 m）の坑内について、形状や湛水状況といった詳細な状況を把握する技術を確立する。	地表下30～50 mの採掘跡及び坑道において調査を実施し、ボアホールカメラおよび3Dレーザースキャナ等を用いる調査方法を確立し、坑内の詳細な情報（壁面状態、坑木、湛水など）を得た。	達成
	上記技術による詳細な調査結果を基に、空洞体積を算出する。	3Dレーザースキャナの測定結果より、空洞（坑道）を3Dモデル化し、より正確に形状を把握すると共に、空洞体積が約1,200 m ³ であることを算出した。	達成

目標・指標及び成果・達成度(3/5)

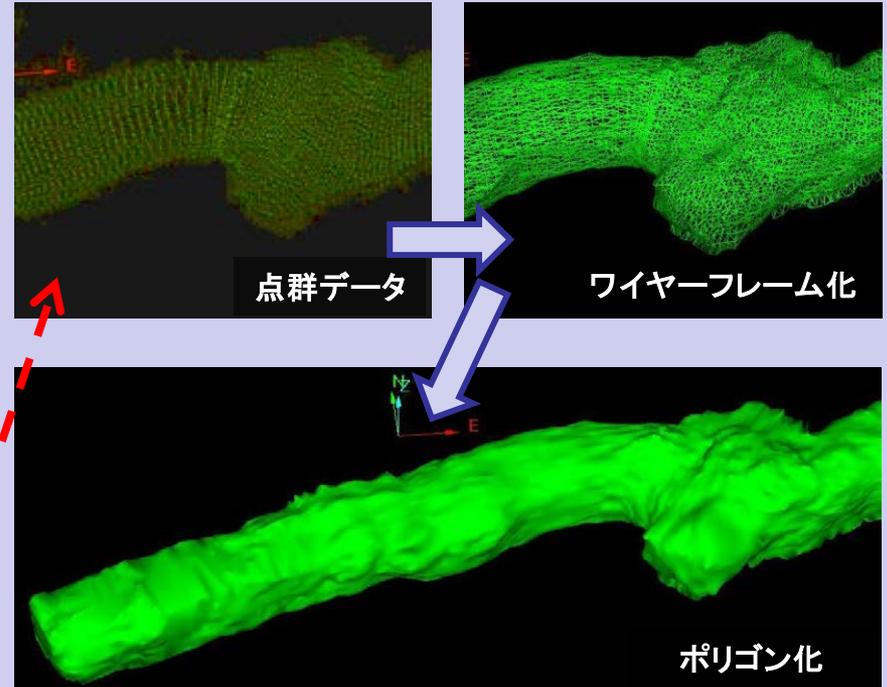
3Dスキャナによる測定



ボーリング孔を通し、
地下30~50mの空洞
を調査



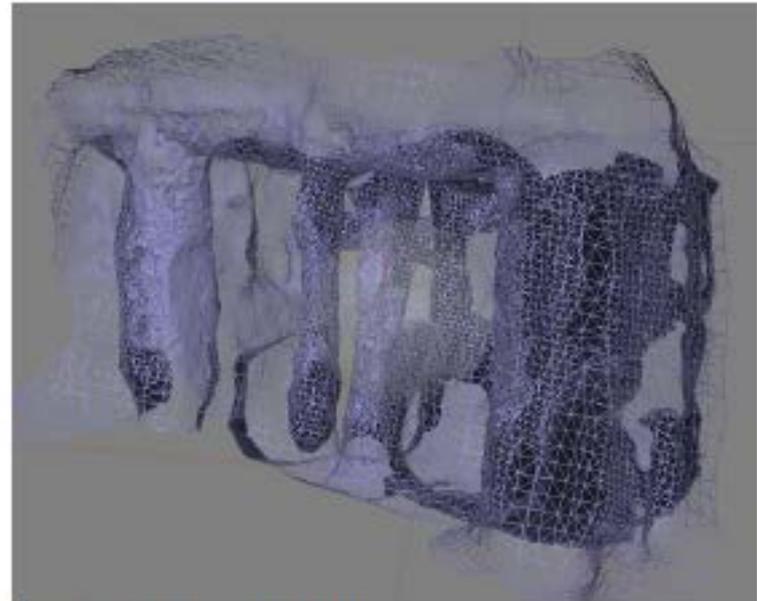
データ処理(モデル化)



- ポリゴン化(3Dモデル化)により、坑道の詳細形状の把握
- さらに空洞体積の算出が可能
⇒ 施工設計・コスト試算などが可能に

目標・指標及び成果・達成度(3/5)

デジカメ画像を3次元データ化するソフトウェアと新型ボアホールカメラのパッケージ技術を開発中



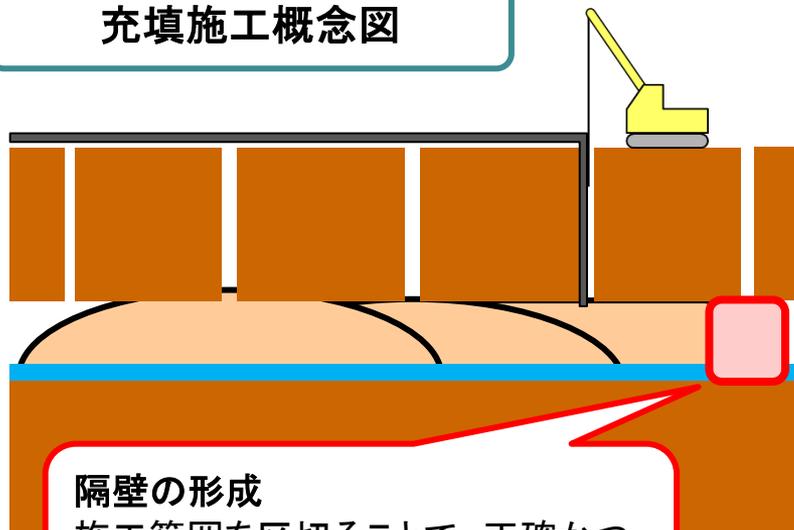
坑道形状の3次元測定の実例(立坑)

目標・指標及び成果・達成度(4/5)

個別要素技術	目標・指標	成果	達成度
充填施工方法の確立	酸性水が湛水している坑内環境に適用可能な隔壁構築の技術開発を行う。	坑木等の障害物が存在し、湛水(酸性水)状態の坑内環境においても適用可能な隔壁構築技術を開発した。	達成

目標・指標及び成果・達成度(4/5)

充填施工概念図



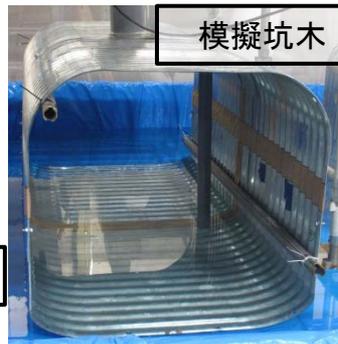
隔壁の形成

施工範囲を区切ること、正確かつ効率的な施工が可能となる

模擬坑道試験 (1/2スケール)



模擬坑木



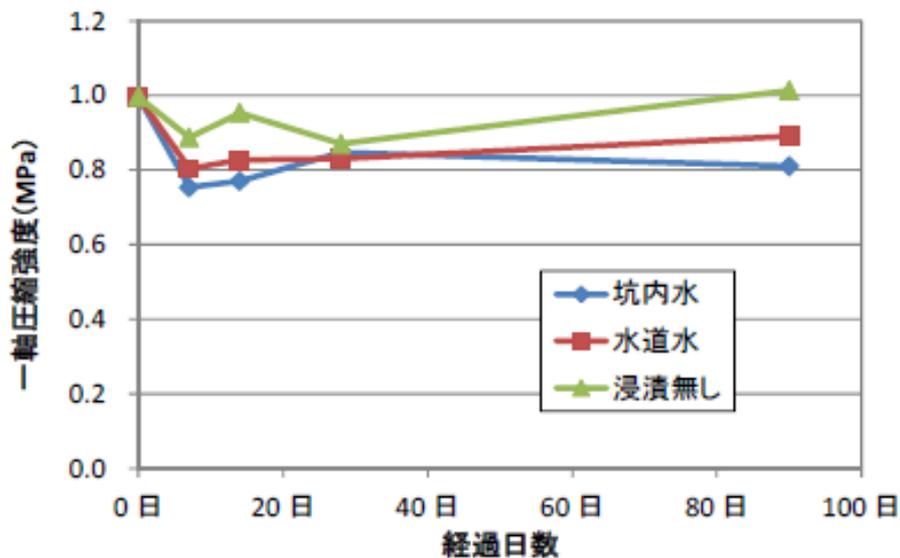
模擬坑道



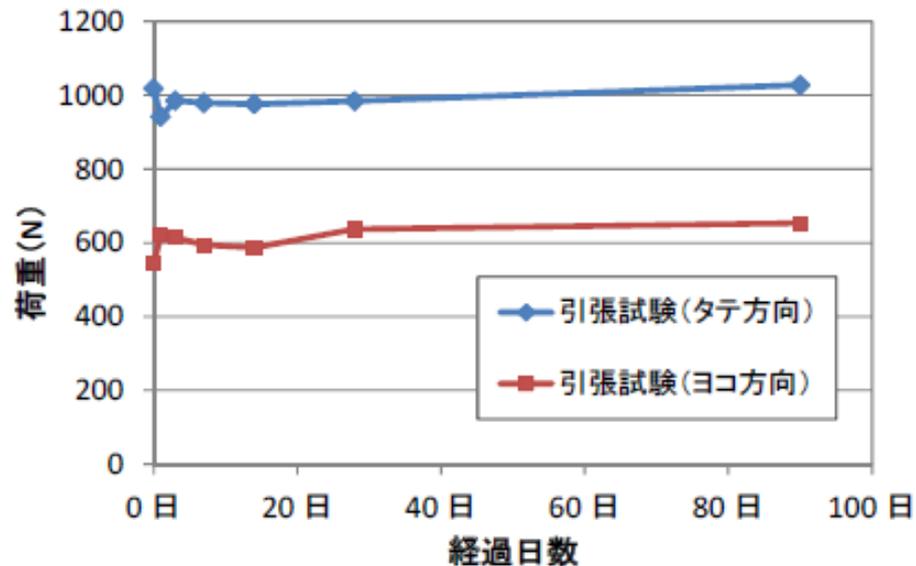
- 要素技術③で確認した坑内空洞の詳細状況をもとに、湛水や障害物などを再現した条件で試験を実施。隔壁が構築されることを確認。

目標・指標及び成果・達成度(4/5)

圧縮強度(ウレタン)



引張強度(布パッカー)



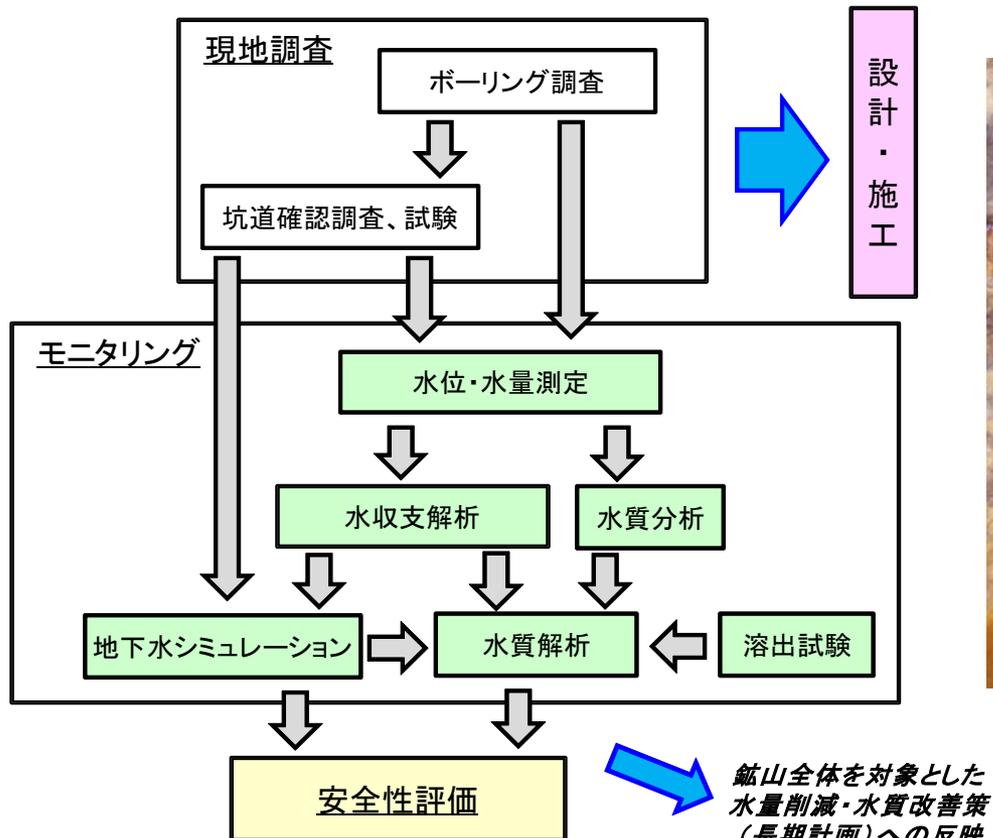
- 隔壁は、一定の期間（充填施工期間）中、酸性水に浸漬しても変質しないことが求められる
- 試験結果から、pH3程度の酸性水に80日以上浸漬しても、隔壁として問題がないと判断できる

目標・指標及び成果・達成度(5/5)

個別要素技術	目標・指標	成果	達成度
<p>シミュレーション</p>	<p>地質的特性を組み込んだシミュレーションモデルを構築し、7 km×6 kmの領域における地下水シミュレーションを実施し、充填施工の効果予測を行う。</p>	<p>空洞充填箇所周辺の広域におけるシミュレーションモデルを作成し、ここに地形特徴量(地表形状、地質特性を数値化したもの)を組み込んだモデルを構築した。</p> <p>また同モデルによるシミュレーションにより、以下の結果を得た。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 坑内水量の計算値は、モデル鉱山全体の流量値に近似し、エリアごとの水量値のバランスについても概ね整合する結果を得た。 ② c-1サイトの坑道充填を反映した解析では、c-1サイト下流部の-5L坑道における坑内水量の削減率42%(0.91m³/分 → 0.53 m³/分)の予測値を得た。 	<p>達成</p>

目標・指標及び成果・達成度(5/5)

モニタリング



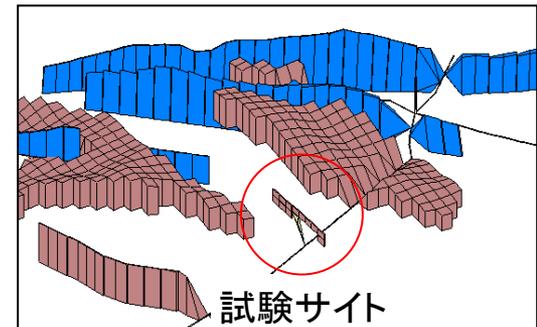
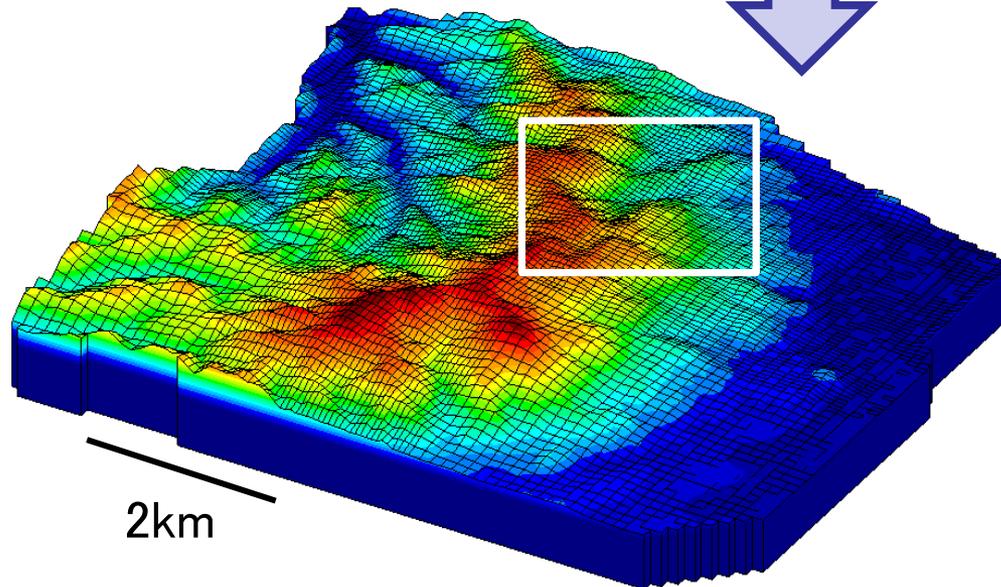
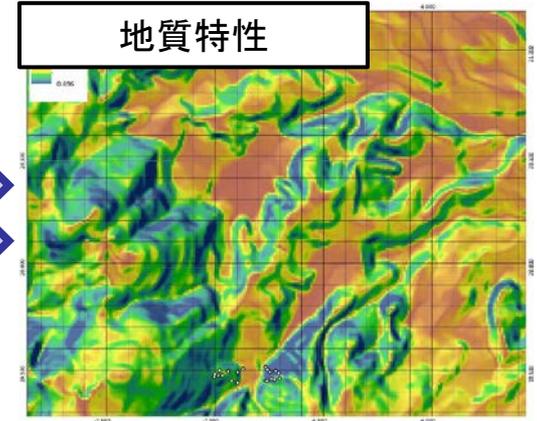
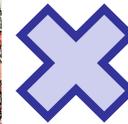
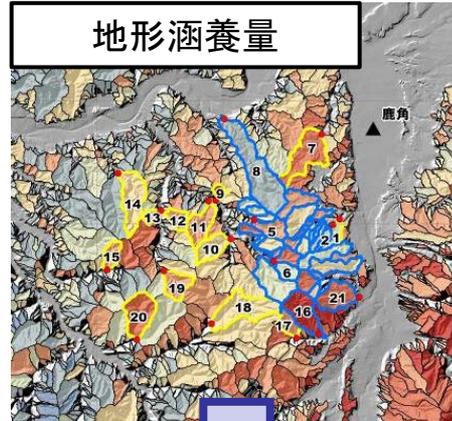
モニタリングの例
(坑内水量測定)

モニタリングの実施項目

■ 既存研究事例を参考に項目選定しモニタリングを実施

目標・指標及び成果・達成度(5/5)

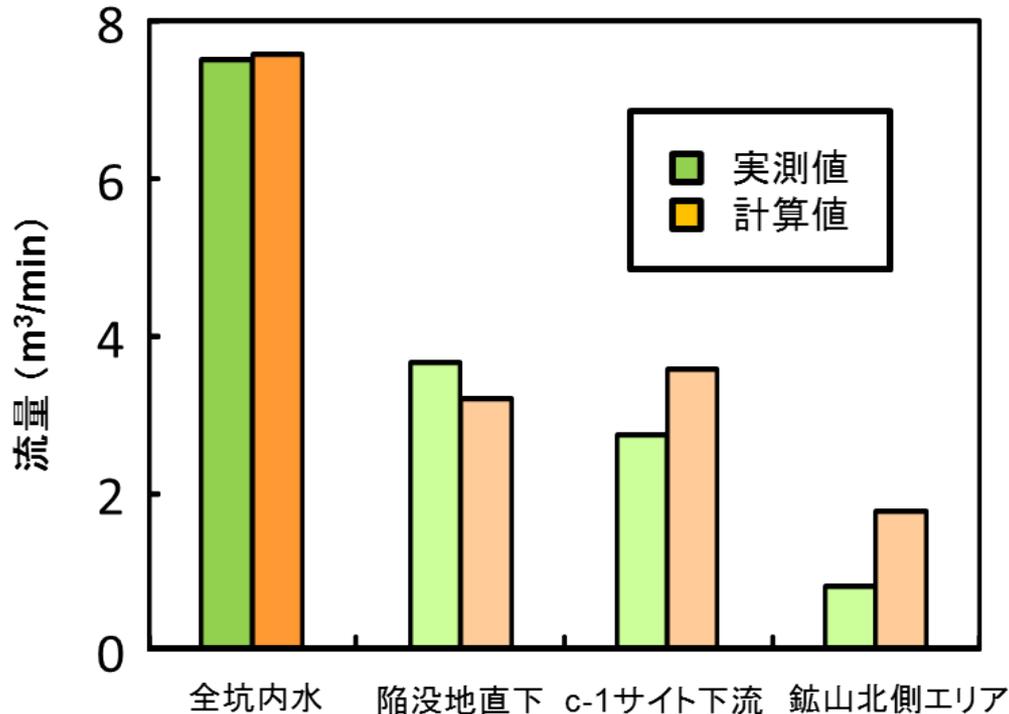
地下水シミュレーションモデル構築



目標・指標及び成果・達成度(5/5)

地下水シミュレーションモデル結果(実測値との比較、低減効果算出)

坑内水量の実測値と計算値の比較



地下水位の実測値と計算値の比較

観測井	実測値 (m)	計算値 (m)
No.1	約 287	283.9
No.2	約 310	308.7

充填施工時の予測結果(c-1サイト)

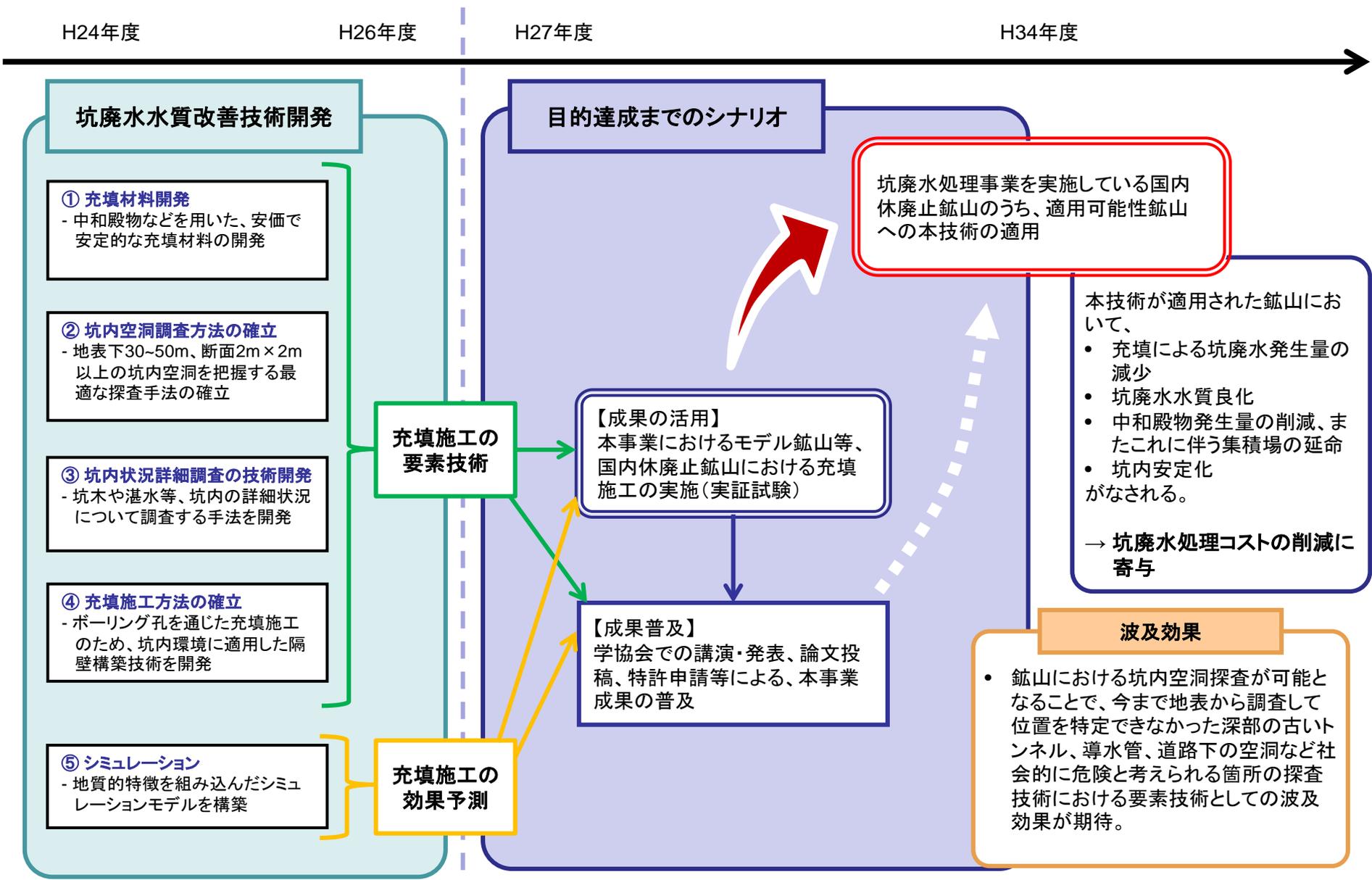
現状 (m³/分)	対策後 (m³/分)	低減率 (%)
0.91	0.53	42

- 地形涵養量を導入したモデルを構築することで、坑内水量・地下水位について実測値に近い値を得ることが可能となった。
- このモデルで計算した結果、充填施工時には水量低減率42%という予測値を得た。

4. 当省(国)が実施することの必要性

- 坑廃水処理事業は非収益性の事業であるため、事業主体にとって現行の処理方式や処理設備の改良・改善といった狭い範囲での努力は可能であっても、自らがリスクを負って新技術を開発導入し抜本的な省エネルギー・省コスト化を図るとするのはほぼ困難な状況にあるのが現実である。
- また、本研究の要素技術である坑内空洞の調査技術は、従来、地質や断層の調査に用いられている物理探査技術を応用する。鉱山における坑内空洞探査が可能となることで、今まで地表から調査して位置を特定できなかった深部の古いトンネル、導水管、道路下の空洞など社会的に危険と考えられる箇所への探査技術における要素技術としての波及効果が期待される。
- 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け入れなどにより、情報提供・技術支援の活動を通じた関係構築・深化のために貢献できる等、世界において強みを有している技術の1つである。
- 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. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ



【参考1】本事業の成果の活用状況

H24年度～H26年度

H27年度～

坑廃水水質
改善技術開
発事業
(2.1億円)

独立行政法人石油天然
ガス・金属鉱物資源機構

三菱マテリアル株式会社

鹿島建設株式会社

応用地質株式会社

【研究開発】

坑内充填施工に関する要素技術(左下)の開発
3カ年、2.1億円

充填材料開発

坑内空洞探査方法の確立

坑内状況詳細調査の技術開発

シミュレーション

モニタリング

充填施工方法の確立

三菱マテリアル株式会社

【成果の活用】

- 本事業でのモデル鉱山および同社保有の休廃止鉱山の内、陥没地に起因する鉱害発生リスクの高い箇所や涵養・浸透による坑水量増加への寄与が大きいと推定される箇所の地表部における、本事業で得られた要素技術を利用した鉱害対策の実施検討を計画。(施工実施は平成28年度以降の予定)

【成果普及】

- 学協会等における講演・発表による本事業成果の普及(資源素材学会における企画セッション開催など)

【参考2】当該技術開発の展開

論文(学会発表等)

土木学会、資源素材学会、応用地質学会などで充填材料開発、坑内空洞調査方法、坑内空洞内部の調査方法等について

合計発表数 : 16件 (事業成果(詳細版)表 3-8 をご参照)

特許数

充填材料の製造方法、充填箇所
の隔壁形成方法など

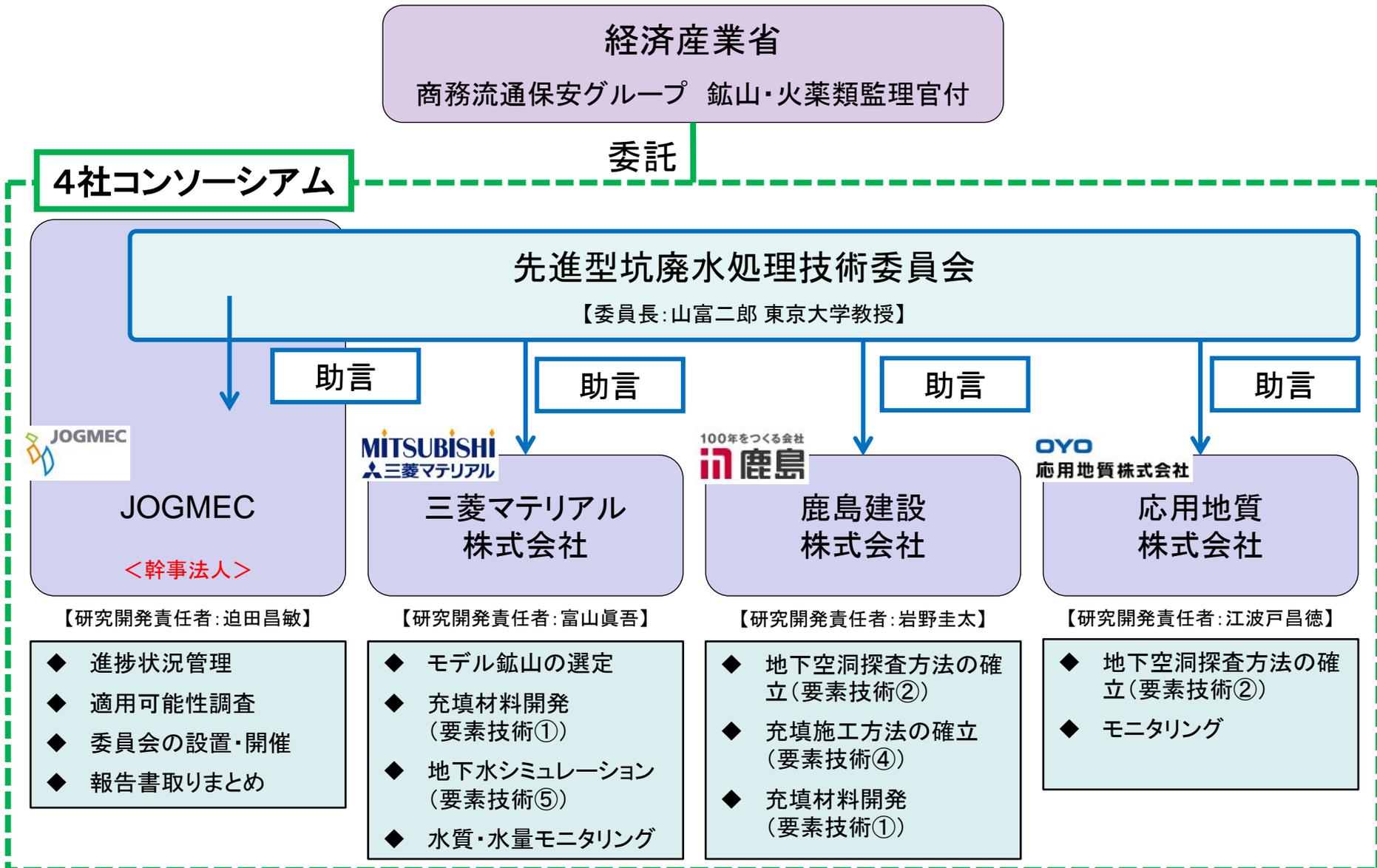
合計出願数 : 3件

地方自治体からの照会 : 1件



本技術開発についての企画セッションを開催(資源地質学会)

6. 研究開発の実施・マネジメント体制等



7. 費用対効果

- 本事業に係る費用対効果は、モデル鉱山において、本事業で開発した充填材を坑内空洞に充填する実証試験を実施し、モニタリングで取得した水量・水質データを元に試算する計画であった。しかしながら、要素技術段階の成果で水量削減効果の目途がついたため、事業者の現場適用を図ることとした。
- このため、実証試験に基づく費用対効果の試算は実施していないが、モデル鉱山での坑内空洞充填を想定した地下水シミュレーションにより、-5L坑道から流出する坑内水量は $0.91\text{m}^3/\text{分}$ から $0.53\text{m}^3/\text{分}$ に低減するという効果を得た。
- なお、坑廃水の湧出、およびその処理事業は永続性があることから、本事業で開発した坑内空洞充填技術が導入され、水量削減・水質改善がなされた場合の費用対効果は大きいと考えられる。

8. 外部有識者の評価等

8-1. 評価検討会

評価検討会名称

坑廃水水質改善技術開発事業終了時評価検討会

座長

井上 千弘 東北大学大学院環境科学研究科教授

委員

皿田 滋 筑波大学システム情報系・知能機能工学域
研究員

高島 由布子 株式会社三菱総合研究所環境・エネルギー
研究本部主任研究員

張 銘 産業技術総合研究所地質調査総合セン
ター地圏資源環境研究部門地圏環境リス
ク研究グループ研究グループ長

山崎 義宏 日本鉱業協会休廃止鉱山専門委員会委員
長

評価検討会委員

8-2. 総合評価

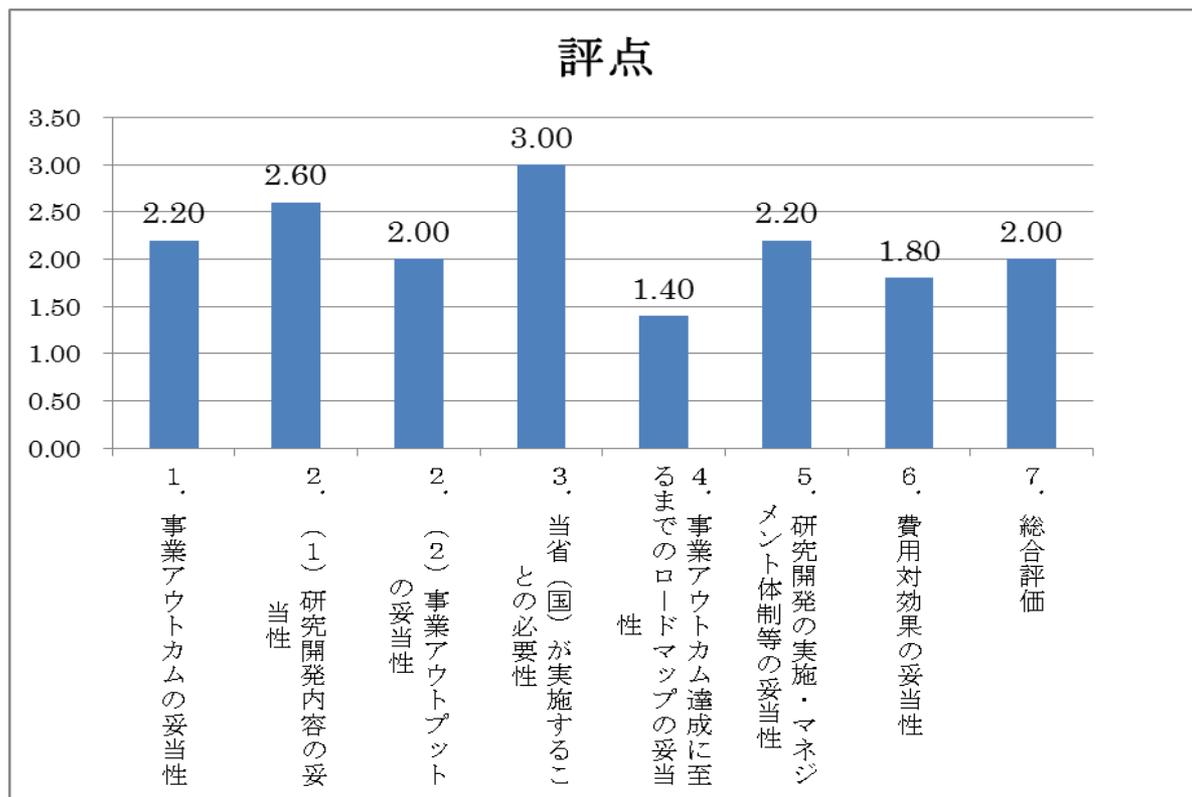
総合評価

坑廃水の発生源対策となる技術開発を行い、一定の成果を得たことは十分な評価に値する。休廃止鉱山における坑廃水処理に関する技術開発は、市場原理に基づくインセンティブが期待できないため、国の積極的関与が求められる。本事業では研究開発要素は5項目にまとめられ、各要素別に課題が明確に整理されており、すべての課題は目標を達成している。学会発表や特許出願も積極的に行われており、関心のある自治体からの引き合いも来るなど、実質3年の研究期間の中で大きな成果をあげている。予算的あるいは時間的な制約の中においても必要な要素技術の開発が行なわれ、事業アウトカム達成に至るロードマップが確立されている。本開発事業は坑廃水処理コストの低減を目的に、中和殿物や建設残土の利活用をも視野にいれており、アウトカムとしての設定は妥当である。また、研究の実施体制として、休廃止鉱山及び坑廃水処理技術の情報と動向の把握、材料の開発・評価、物理探査及び建設・施工などにおいて強みを持つ機関から構成されており、各機関の役割分担も明確である。研究開発期間の短縮により、実証試験までには至らなかったものの、要素研究及びシミュレーションの結果により、本開発技術の適用可能性が示された。今後、事業者の現場における実証及び適用・展開を期待する。また、本プロジェクトで開発された要素技術は、今後顕在化するインフラ老朽化や資源セキュリティ確保といった様々な社会的課題に対して有効な打ち手となる可能性もあり、その波及効果が期待される。

課題としては、アウトカムやアウトプット指標の数値化の工夫や実証試験の実施、費用対効果分析に必要なデータの取得、連携体制やリーダーシップの明確化等がある。

8-3. 評点結果

- 「経済産業省技術評価指針」に基づき、終了時評価において、評点法による評価を実施した。
- 評価項目のうち、4. 及び6. の評点が2点未満になっているのは、アウトカム達成(実用化)へのステップがまだ残されており、民間企業が市場原理に基づいて資金投入することが困難であるとの複数の委員から指摘があったため。



【評価項目の判定基準】

評価項目1～6.

3点: 非常に重要又は非常によい

2点: 重要又はよい

1点: 概ね妥当

0点: 妥当でない

7. 総合評価

(終了時評価の場合)

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、成果等が今一步のところがあった。

0点: 実施された事業は、成果等が極めて不十分であった。

9. 提言及び提言に対する対処方針

今後の研究開発の方向等に関する提言

- 休廃止鉱山における坑廃水処理に関する技術開発は、市場原理に基づくインセンティブが期待できないため、国の積極的関与が求められる。本事業のフォローアップとして実鉱山での実証試験の実施を望みたいと考える
- 閉山後の環境対策は我が国に限ったことでは無いので海外の事案をも対象にした方向性は検討の余地が大いにあると思われる。その検討に際して、閉山後の環境対策に対する研究開発は諸外国においても実施されていることに留意すべき。
- 今後民間企業のみでは、この先の着実に導入(アウトカム顕在化)に至るステップが遅延する懸念もあり、官の関与が必要と考える。また、実施者には、本課題設定以外の波及効果を期待し、インフラ老朽化、資源セキュリティ等含め新たな発想で幅広い分野での技術導入可能性を検討頂きたい。
- 坑廃水処理事業は単純に市場原理に基づく評価が極めて困難であり、環境保全や安全・安心社会の構築、循環型社会の形成、地域振興、雇用促進及び資源獲得における国際競争力の向上等多方面にわたる視点から、国策事業として推進すべきである。
- 鉱山という特殊性(研究する人材不足、坑廃水処理は永続的かつ非収益性で、民間が継続出来ない場合は国が補助し、地方公共団体が運営管理する事実)及び将来に対するリスク(坑内空洞化による崩落、集積場が許容量に達した場合の代替施設の検討等)に対する準備、基礎研究は、国が中心となり、官民一体で継続的に取り組むべき課題と思料する。

提言に対する対処方針

- 本事業成果の本格的な実用化のための実証試験を行えるよう方策を検討したい。
- 諸外国の動向も留意しつつ、坑水処理に関する先導的な技術開発の支援を検討したい。
- 本技術開発への国の関与について、実導入に向けたステップアップをしていけるように様々な方法を検討したい。
- 環境保全や安全・安心社会の構築、資源獲得における国際競争力の向上等多岐にわたる視点を取り入れた技術開発を戦略的に取り組むよう検討する。
- 鉱山を取り巻く現在の状況の中で、将来起こりうるリスクを念頭に国の技術開発を継続的に取り組む努力をする。