

坑廃水水質改善技術開発事業

評価用資料

平成27年12月7日

経済産業省商務流通保安グループ鉱山・火薬類監理官付

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

プロジェクト名	坑廃水水質改善技術開発事業																							
上位施策名	6. 保安・安全 6-1. 産業保安																							
事業担当課	鉱山・火薬類監理官付																							
<u>プロジェクトの目的・概要</u> 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。 実施形態：独立行政法人石油天然ガス鉱物資源機構、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）																								
予算額等（委託） （単位：千円） <table border="1"> <tr> <th>開始年度</th><th>終了年度</th><th>中間評価時期</th><th>事後評価時期</th><th>事業実施主体</th></tr> <tr> <td>平成24年度</td><td>平成26年度</td><td>一年度</td><td>平成27年度</td><td>独立行政法人石油天然ガス鉱物資源機構等</td></tr> <tr> <td>H24FY 執行額</td><td>H25FY 執行額</td><td>H26FY 執行額</td><td>総執行額</td><td>総予算額</td></tr> <tr> <td>63,371</td><td>77,998</td><td>62,349</td><td>203,718</td><td>209,436</td></tr> </table> * 執行額の欄には、直近3年間の執行額を記載すること。					開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体	平成24年度	平成26年度	一年度	平成27年度	独立行政法人石油天然ガス鉱物資源機構等	H24FY 執行額	H25FY 執行額	H26FY 執行額	総執行額	総予算額	63,371	77,998	62,349	203,718	209,436
開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体																				
平成24年度	平成26年度	一年度	平成27年度	独立行政法人石油天然ガス鉱物資源機構等																				
H24FY 執行額	H25FY 執行額	H26FY 執行額	総執行額	総予算額																				
63,371	77,998	62,349	203,718	209,436																				

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

事業アウトカム指標及び事業アウトプット指標、それぞれの計画値、実績値及び達成度について記載する

事業アウトカム指標	計画	実績	達成度
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削減効果がなされること。	(中間評価時) —	—	—
	(事業目的達成時) ・ 国内に存在する複数の休廃止鉱山において、本事業で開発した充填施工が実施され、坑廃水削減効果がなされる。 ・ 本事業終了後の研究成果は、本事業におけるモデル鉱山以外の約 20 鉱山への適用可能性がある。	・ 中和殿物等を利用した充填材の開発、坑内空洞の探査手法といった、充填施工に必要な要素技術の開発は行われている。 ・ また、国内に存在する複数の休廃止鉱山に対し、本事業における技術の適用可能性調査を行っている。	達成見込み ・ 充填施工にあたっては、必要な事前調査に基づく実証試験が必要であるが、これら調査・試験には数年を要するため、事業者による現場適用を図っていくこととした。

事業アウトプット指標	計画	実績	達成度
指標： 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	(中間評価時) —	—	—
	(事業終了時) ○次の 1)～4)の要素技術 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	○要素技術段階の次の目標値(計画)は、達成 1) 充填材料開発 充填材の性能と、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	達成見込み ○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における成果で水量削減効果の目処がついたため、平成 27 年度以

	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 ○次の5)の実証試験 5) シミュレーション 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	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、よし正確に形状を把握すると共に、空洞体積が約1,200m³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 ○実証段階の次の目標値(計画)は、達成 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	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。 ○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。 ○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。	
--	---	--	--	--

		特性を数値化したもの)を組み込んだモデルの構築等 ○なお、事業開始時の実証試験は、シミュレーションを実施	
--	--	---	--

(2) 目標及び計画の変更の有無

<共通指標>

論文数	論文の被引用度数	特許等件数 (出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス 供与数	取得ライセンス料	国際標準への寄与
(12)	—	3	—	—	—	—

() は学会発表数

研究開発課題（プロジェクト）

1. 事業アウトカム

指標①
① i 事業アウトカム指標
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。
① ii 指標目標値(計画及び実績)
事業開始時(24年度)
計画：1) 充填材料の開発 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) 坑内空洞の調査方法の確立 地表下30～40m、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 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
実績： —

中間評価時(一年度)	
計画: —	実績: —
事業終了時(26年度)	
計画: 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30～40m、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実証試験鉱山の充填試験設計 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 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、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実施 実績: 1) 充填材料開発 充填材の性能と、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 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	
事業目的達成時(36年度予定)	
計画: 国内に存在する複数の休廃止鉱山において、本事業で開発した充填施工が実施され、坑廃水処理コストの削減がなされる。本事業終了後の研究成果は、本事業におけるモデル鉱山以外の約 20 鉱山への適用可能性がある。	
2. 研究開発内容及び事業アウトプット	
(1) 研究開発内容	

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	
(2) 事業アウトプット	
指標①	
1 i 事業アウトプット指標	
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	
①－ii 指標目標値(計画及び実績)	
事業開始時(24年度)	
計画:○次の 1)～4)の要素技術 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 ○次の 5)～7)の実証試験 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 実績:－	
中間評価時(一年度)	
計画:－	実績:－
事業終了時(26年度)	

計画:

○次の1)～4)の要素技術

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30～540m、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計

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○次の5)の実証試験

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、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実施

実績:

○要素技術段階の次の目標値(計画)は、達成

1)充填材料の開発

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)坑内空洞の調査方法の確立

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)実証試験実施鉱山の選定・概要調査・坑内調査

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)実証試験鉱山の充填試験設計

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

○実証段階の次の目標値(計画)は、達成

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

○なお、事業開始時の実証試験が未実施。

3. 当省(国)が実施することの必要性

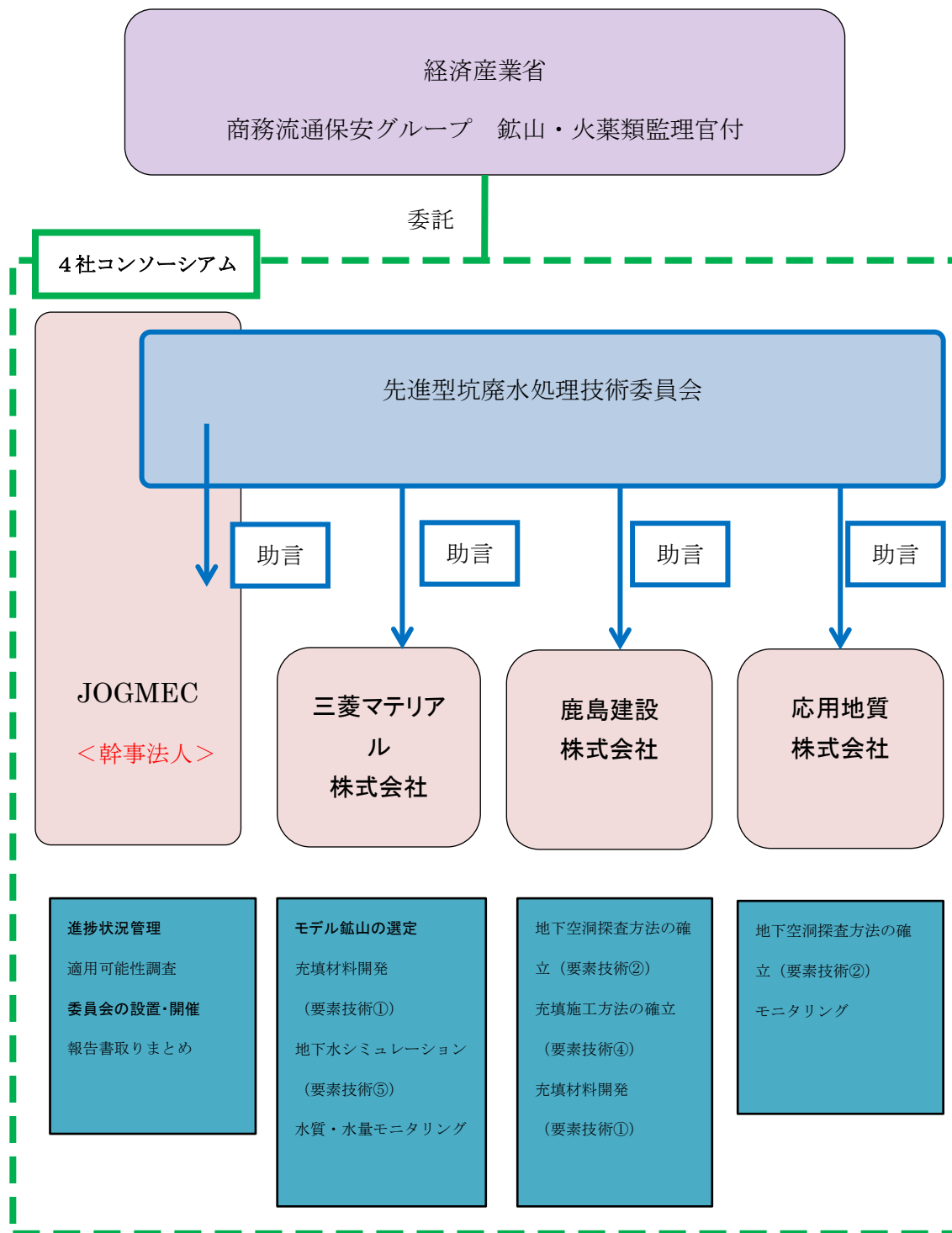
・坑廃水処理事業は非収益性の事業であるため、事業主体にとって現行の処理方式や処理設備の改良・改善と いった狭い範囲での努力は可能であっても、自らがリスクを負って新技術を開発導入し抜本的な省エネルギー・省コスト化を図るというのはほぼ困難な状況にあるのが現実である。

- ・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。

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

- ・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における成果で削減の目処がついたため、平成27年度以降は、成果の普及や現場適用を図ることとした。
- ・事業者の現場適用の一助として、要素技術を組み合わせて、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。
- ・なお、削減効果の検証には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。
- ・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る。

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等



6. 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道空間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、モデル鉱山での坑道空間充填を想定した地下水シミュレーションにより、疏水坑道から流出する坑内水量は 0.91 m³/分から 0.53 m³/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持続性があることから、本事業で開発した坑道空間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。

【参考資料】

＜坑廃水水質改善技術開発事業 事業成果（詳細版）＞