

放射性廃棄物処分関連分野 複数課題プログラム・研究開発課題 (プロジェクト)の概要

令和元年11月7日(木)
資源エネルギー庁 電力・ガス事業部
放射性廃棄物対策課

目次

1. 複数課題プログラムの概要

- 1. 1 放射性廃棄物関連分野複数課題プログラムの概要
- 1. 2 事業アウトカム
- 1. 3 事業アウトプット
- 1. 4 当省(国)が実施することの必要性
- 1. 5 各事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
- 1. 6 複数課題プログラムの実施・マネジメント体制等
- 1. 7 費用対効果
- 1. 8 中間評価結果

2. 研究開発課題(プロジェクト)の概要

- 2. 1 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発(旧:地層処分技術開発)
- 2. 2 低レベル放射性廃棄物の処分に関する技術開発(旧:管理型処分技術調査)
- 2. 3 放射性廃棄物共通技術調査

【2章節内の共通項目】

- (1) 事業の概要
- (2) 事業アウトカム
- (3) 事業アウトプット
- (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

* (4) 当省(国)が実施することの必要性及び(7)費用対効果は、1. 4節及び1. 7節で説明しているため省略

1. 複数課題プログラムの概要

1. 1 放射性廃棄物処分関連分野(複数課題プログラム)の概要

プログラムの概要

放射性廃棄物の着実な処分の実施、処分候補地選定の推進や安全性の向上を通じた国民の地層処分に対する納得感や安心感の向上・醸成を目的として、処分事業の推進に必要な基盤技術(調査技術や評価技術)の整備及び高度化を実施する。

実施期間

平成10年度～令和4年度(高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発)
 昭和62年度～令和6年度(低レベル放射性廃棄物の処分に関する技術開発)
 平成12年度～平成29年度(放射性廃棄物共通技術調査)

評価期間

平成28年度～平成30年度(3年間)

各プロジェクトの 予算執行額 ／ 実施主体等

複数課題プログラム総執行額(3年間合計): **112. 8億円**

(1) 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発(委託)

105. 2億円(平成28年度: 28. 8億円、平成29年度: 41. 0億円、平成30年度: 35. 4億円)

・実施主体

日本原子力研究開発機構、産業技術総合研究所、電力中央研究所、原子力環境整備促進・資金管理センター

(2) 低レベル放射性廃棄物の処分に関する技術開発

6. 0億円(平成28年度: 2. 2億円、平成29年度: 2. 1億円、平成30年度: 1. 7億円)

・実施主体

原子力環境整備促進・資金管理センター、神戸製鋼所、日本製鋼所

(3) 放射性廃棄物共通技術調査

7. 6億円(うち、平成28年度: 2. 8億円、平成29年度: 2. 6億円、平成30年度: 2. 2億円)

(うち、評価対象事業は、平成28年度: 0. 8億円、平成29年度: 0. 8億円)

・実施主体

量子科学技術研究開発機構

1. 2. 事業アウトカム(1/2)

- 本プログラムのアウトカムは、下記の各研究開発課題のアウトカムを統合し、放射性廃棄物の処分に関する国民理解の獲得・促進と処分事業の円滑化を進めることである。

技術要素	アウトカム
高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発	
① 岩盤中地下水移行評価確証技術開発	コントロールボーリング調査技術及び割れ目の多い岩盤にも適用可能なトレーサー試験技術を開発し、岩盤中の地下水移行の状況を提示可能にすることで、地層処分の技術的信頼性の向上及び国民の地層処分に対する納得感や安心感の醸成に資する。
② 岩盤中地下水流動評価技術高度化開発	地質環境中の地下水の流れについて、複数の指標(原位置のモデル・解析や地下水年代など)で総合的に評価可能な手法を提示することで、地層処分の技術的信頼性の向上及び国民の地層処分に対する納得感や安心感の醸成に資する。
③ 地質環境長期安定性評価確証技術開発	将来の自然現象に伴う地質環境の変動スケールを把握する技術等を開発することにより、地層処分の技術的信頼性の向上及び国民の地層処分に対する納得感や安心感の醸成に資する。
④ 地質環境長期安定性評価技術高度化開発	火山や地震・断層活動などの天然現象に起因する地下環境の閉じ込め機能に対する懸念を解消するため、現在から将来に至る地下環境の長期安定性を予測する技術等を開発することにより、地層処分の技術的信頼性の向上及び国民の地層処分に対する納得感や安心感の醸成に資する。
⑤ 処分システム評価確証技術開発	地層処分事業における処分場設計や性能評価技術に科学的技術基盤を与え、安全性と説明性を強固にするとともに、安全規制策定に対しても科学技術的基盤を提供することで、地層処分技術の社会的受容性及び信頼性向上に貢献する。
⑥ ニアフィールドシステム評価確証技術開発	地下研究施設等を利用した試験を通じて人工バリア及びその周辺岩盤の領域(ニアフィールド)で生じる複雑な現象を考慮できる評価モデルの構築やその確証に必要なデータの取得等を行い地層処分技術の社会的受容性及び信頼性向上に貢献する。
⑦ 処分システム工学確証技術開発	適切なモニタリング方策の提示や自然災害対策の提示により、技術的信頼性の向上、処分施設の安全性や操業期間中の一般労働安全や放射性安全に対する説明性の向上等に資する。
⑧ 地層処分施設閉鎖技術確証試験	深地層の研究施設を活用し、坑道閉鎖時に坑道が核種の移行経路とならない埋戻し方法の開発並びにその確証を得ることで、地層処分技術の社会的受容性及び信頼性向上に貢献する。

1. 2. 事業アウトカム(2/2)

技術要素	アウトカム
⑨ 沿岸部処分システム高度化開発	沿岸部の特性に関連する課題の解決に向けた取組を着実に進め、処分地選定時の国民の安心感や・納得感、技術に対する信頼感の醸成に資する。
⑩ TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発	TRU廃棄物の処理・処分技術に係る課題を解決することにより、安全評価の信頼性を向上させ、処分事業への国民の信頼感の向上に資する。
⑪ TRU廃棄物処理・処分に 関する技術開発	TRU廃棄物における処分容器の耐久性評価手法、地下水に溶けやすく動きやすい核種を閉じ込める設計手法の高度化、廃棄物中の有機物の分解や金属の腐食などにより発生するガス影響評価手法等の開発を通じて、TRU廃棄物の処分の安全性に対する懸念を解消し、地層処分の技術的信頼性の向上及び国民への信頼感の向上に資する。
⑫ 可逆性・回収可能性調査・ 技術高度化開発	定置した廃棄体の回収技術の実現性や信頼性を示し、国民の地層処分事業に関する信頼感を醸成する。
⑬ 直接処分等代替処分技術 開発	我が国における使用済燃料の直接処分を含む代替処分オプションの実現可能性を検討可能とすることにより、原子力利用における柔軟性を確保し、今後のバックエンド対策の着実な推進と処分事業への国民の安心感や納得感の醸成に資する。
⑭ 直接処分等代替処分技術 高度化開発	使用済核燃料の直接処分における特有の現象に着目したデータ取得や影響評価手法の高度化、超深孔処分の日本への適用性を評価する手法の開発等を実施することで、今後のバックエンド対策の着実な推進と処分事業への国民の安心感や納得感の醸成に資する。
低レベル放射性廃棄物の処分に関する技術開発	
① 地下空洞型処分施設機能 確認試験	中深度処分施設の技術的信頼性の向上に資する。また、施設の閉鎖後の長期的な管理に資する技術を提示し、廃棄物処分に対する国民の納得感や安心感の醸成に資する。
② 原子力発電所等金属廃棄物 利用技術開発	クリアランス金属廃棄物の再利用の実現可能性を示すことで、今後の原子力発電所の円滑な廃止措置および金属資源の有効利用に資するとともに、クリアランス金属廃棄物の一般市場への流通に関する技術的信頼性や安心感の醸成に資する。
放射性廃棄物共通技術調査等事業	
① 放射性核種生物圏移行評価 高度化開発	生物圏における核種移行特性の拡充と、それに伴う人間への影響評価の精緻化により、放射性廃棄物処分技術の信頼性向上に資するとともに、安全評価結果に対する国民の信頼感の醸成に資する。

1. 3. 複数課題プログラムの内容及び事業アウトプット(1/2)

- 本プログラムでは、以下の個別要素技術の開発を進めることで、処分事業の推進に必要な基盤技術(調査技術や評価技術)の整備及び高度化を行う。

技術要素	アウトプット
高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発	
① 岩盤中地下水移行評価 確証技術開発	➤ 堆積軟岩を対象とした深層コントロールボーリング調査技術 ➤ 地下岩盤中の物質移行特性を評価するための技術
② 岩盤中地下水流動評価 技術高度化開発	➤ 内陸部の広域的な地下水流動を評価する技術 ➤ 内陸部の長期的に安定な水理場の広がりなどを評価する技術 ➤ 割れ目(帯)中の物質移動の特性を評価する技術
③ 地質環境長期安定性評価 確証技術開発	➤ 地質環境の長期変遷評価モデルの構築手法 ➤ 地質環境に関する長期変遷モデルの作成・改良・検証に必要なデータを取得するための要素技術
④ 地質環境長期安定性評価 技術高度化開発	➤ 超長期における火山・火成活動や深部流体を評価する技術 ➤ 地震・断層活動を評価する技術 ➤ 隆起・侵食量を詳細に見積もる技術
⑤ 処分システム評価確証技術 開発	➤ 核種移行を評価するための先端的技術の開発 ➤ 過酷事象の地層処分システムへの影響に関する評価確証技術の開発
⑥ ニアフィールドシステム評価 確証技術開発	➤ ニアフィールドの状態変化を評価する技術 ➤ ニアフィールドの個別要素(例えば緩衝材など)の状態変化を考慮した核種移行評価技術
⑦ 処分システム工学確証技術 開発	➤ オーバーパック・人工バリアの品質/健全性及び周辺岩盤の長期挙動の評価手法 ➤ 無線等を活用したモニタリング関連技術 ➤ 自然災害に起因する火災に対する操業期間中の安全確保対策に関する基盤技術
⑧ 地層処分施設閉鎖技術 確証試験	➤ 坑道閉鎖に係る品質保証方法の概念 ➤ 坑道を埋め戻し前後の性能確認技術 ➤ 坑道埋め戻し技術

1. 3. 複数課題プログラムの内容及び事業アウトプット(2/2)

技術要素	アウトプット
⑨ 沿岸部処分システム高度化開発	- 沿岸部に特化した高度化された地質環境の現地調査技術や沿岸部に係る地質環境データベース - 沿岸部で想定される環境に適用可能な工学技術 - 沿岸部における高度化された安全評価技術
⑩ TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発	- ヨウ素129対策技術 - 炭素14の長期放出挙動の評価技術 - 人工バリア材料長期挙動評価手法
⑪ TRU廃棄物処理・処分に關する技術開発	- 核種の閉じ込め機能が向上された廃棄体パッケージの製作手法 - 閉鎖前の安全性評価技術 - 廃棄体由来のガスを含めた処分場の状態設定のための移行評価技術
⑫ 可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発	- 地上での廃棄体の回収技術と緩衝材除去技術 - 地下環境で実証された廃棄体を搬送・定置・回収する技術
⑬ 直接処分等代替処分技術開発	- 直接処分システムの閉じ込め性能を向上させる先進的な材料 - 閉じ込め性能評価手法 - 直接処分施設の設計手法 - その他の代替処分オプションに関する最新の調査結果
⑭ 直接処分等代替処分技術高度化開発	- 処分容器・使用済燃料・緩衝材の長期的な挙動評価技術 - 直接処分システムの成立性評価技術 - その他の代替処分オプションに関する最新の調査結果
低レベル放射性廃棄物の処分に關する技術開発	
① 地下空洞型処分施設機能確認試験	- 上部緩衝材及び上部埋め戻し材が初期性能を満たすことの確認手法 - 施設・周辺岩盤の挙動の計測及び地震時の力学挙動データの蓄積 - 機能確認技術
② 原子力発電所等金属廃棄物利用技術開発	クリアランス金属廃棄物の再利用プロセスとその評価手法
放射性廃棄物共通技術調査等事業	
① 放射性核種生物圏移行評価高度化開発	- 気候変動を考慮した環境移行パラメータデータベース - 放射性炭素の移行パラメータに対する微生物活動の影響度 - 重要核種(Pu、Am、Th及びCl等)の超高精度分析による環境移行パラメータの取得、整備

1. 4. 当省(国)が実施することの必要性

- 原子力発電に伴い必然的に生じる放射性廃棄物の処分は、公益性が極めて高く、国民全体の利益から見ても重要な課題である。
- 地層処分や中深度処分で求められる安全確保や処分事業の長期間を踏まえれば、国としても先導性と継続性をもって技術的な信頼性向上に向けた基盤的な研究開発を着実に進め、国民の理解獲得と処分計画の着実な進展につなげていくことが重要。

参考：国の施策での位置づけ

(1) エネルギー基本計画（平成30年7月3日閣議決定）

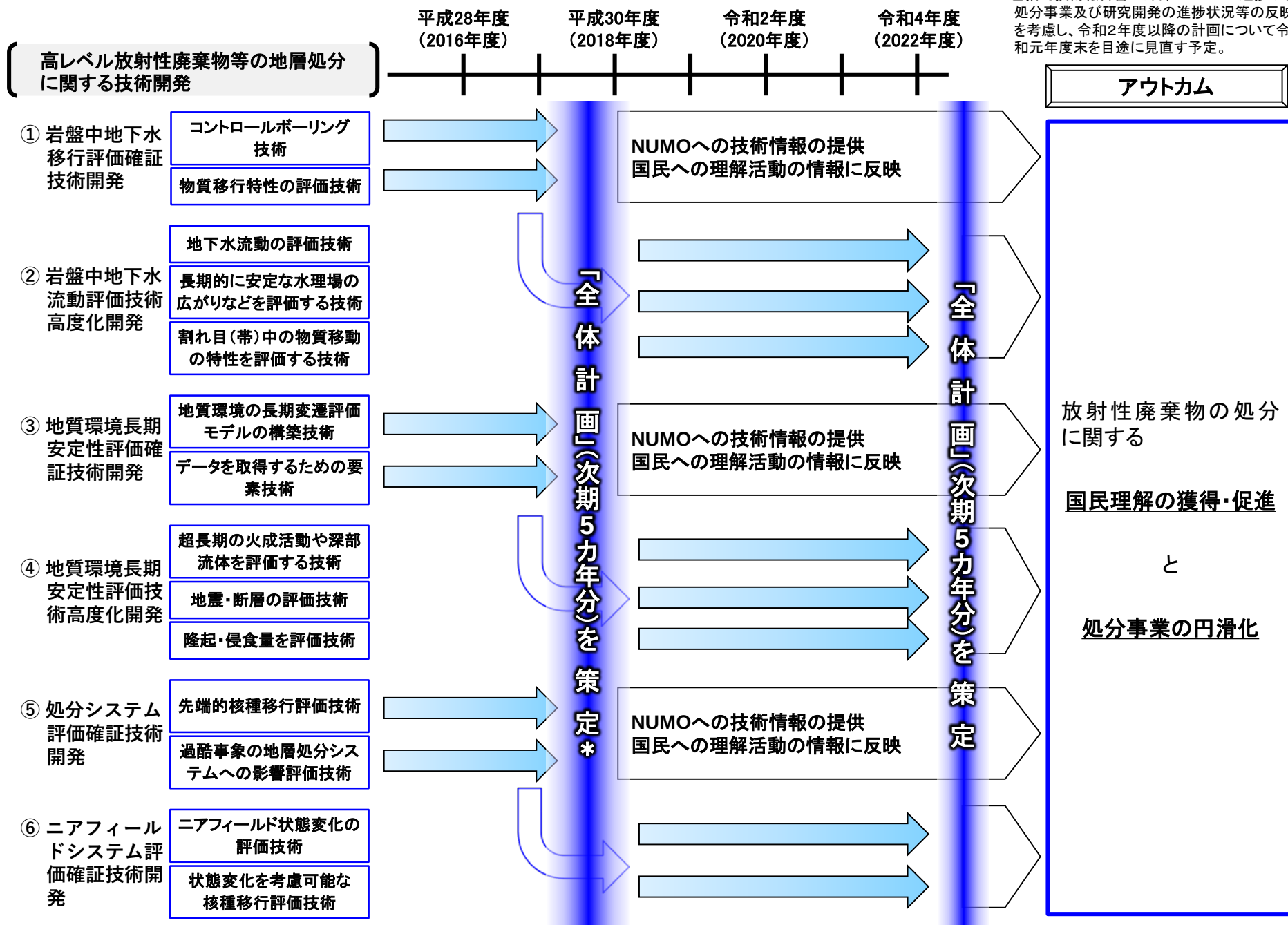
- ・ 地層処分の技術的信頼性について最新の科学的知見を定期的かつ継続的に評価・反映するとともに、将来に向けて幅広い選択肢を確保し、柔軟な対応を可能とする観点から、使用済燃料の直接処分など代替処分オプションに関する調査・研究を着実に推進する。あわせて、処分場を閉鎖せずに回収可能性を維持した場合の影響等について調査・研究を進め、処分場閉鎖までの間の高レベル放射性廃棄物の管理の在り方を具体化する。
- ・ 廃炉等に伴って生じる放射性廃棄物の処理・処分については、低レベル放射性廃棄物も含め、（中略）処分の円滑な実現に向け、国として、規制環境を整えるとともに、必要な研究開発を推進するなど、安全確保のための取組を促進する。

(2) 特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針（平成27年5月22日閣議決定）

- ・ 国、原子力発電環境整備機構及び関係研究機関は、連携及び協力を行いつつ、最終処分の技術的信頼性等の定期的な評価を行うことを通じ、全体を俯瞰して総合的、計画的かつ効率的に当該技術開発等を進めるものとする。

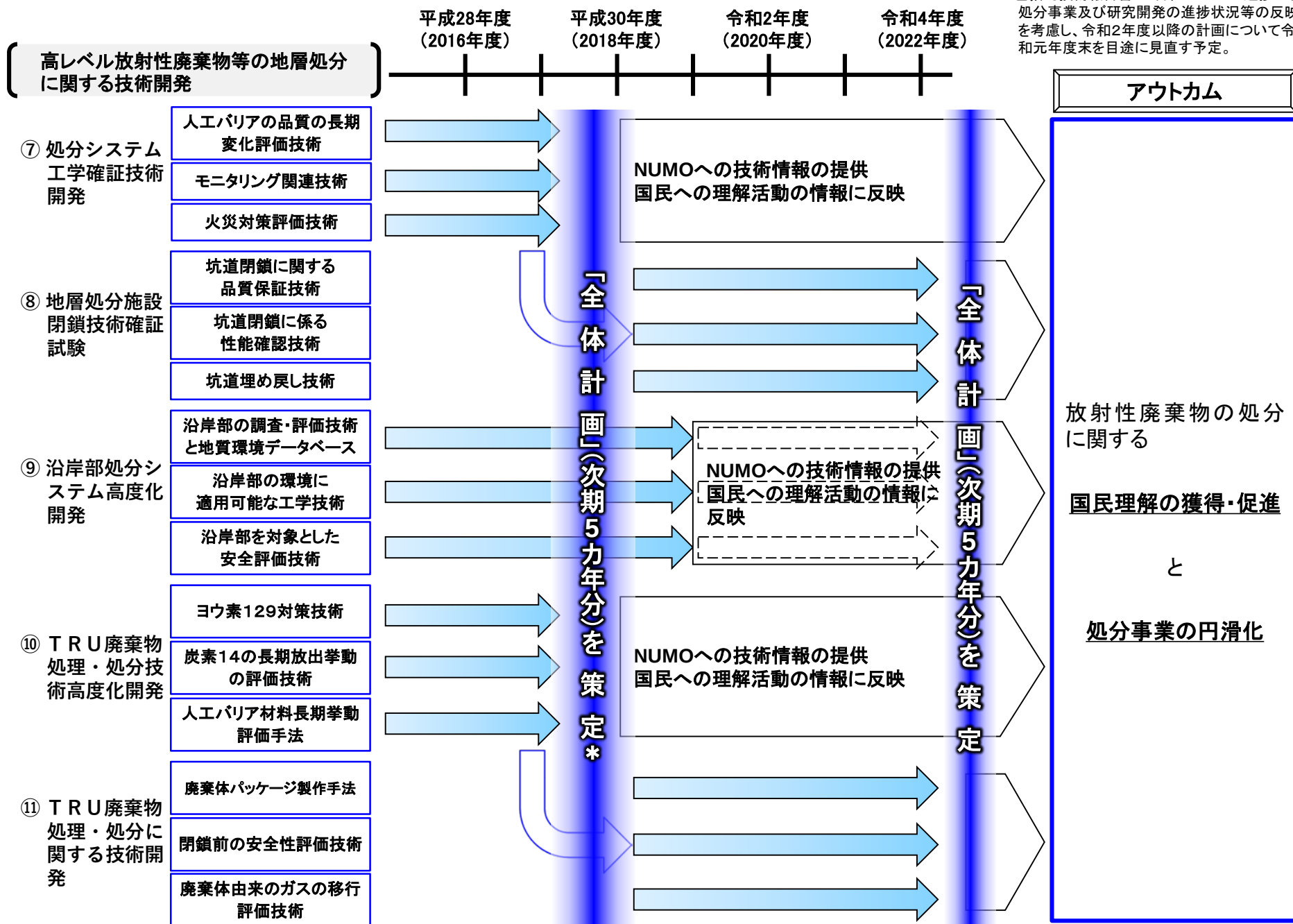
1. 5. 各事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ(1/4)

* : 包括的技術報告書の外部レビューの進捗や、処分事業及び研究開発の進捗状況等の反映を考慮し、令和2年度以降の計画について令和元年度末を目途に見直す予定。



1. 5. 各事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ(2/4)

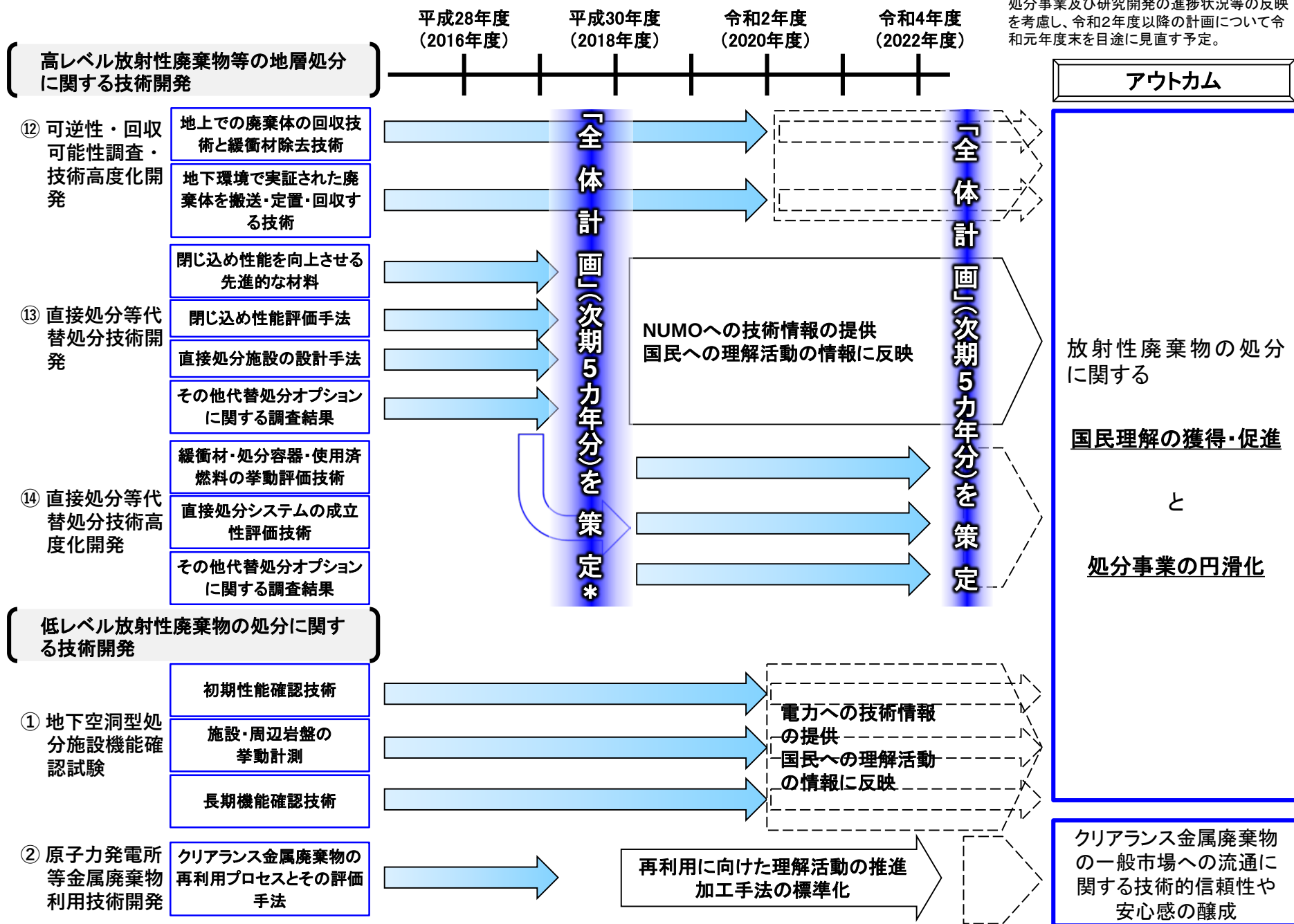
* : 包括的技術報告書の外部レビューの進捗や、処分事業及び研究開発の進捗状況等の反映を考慮し、令和2年度以降の計画について令和元年度末を目途に見直す予定。



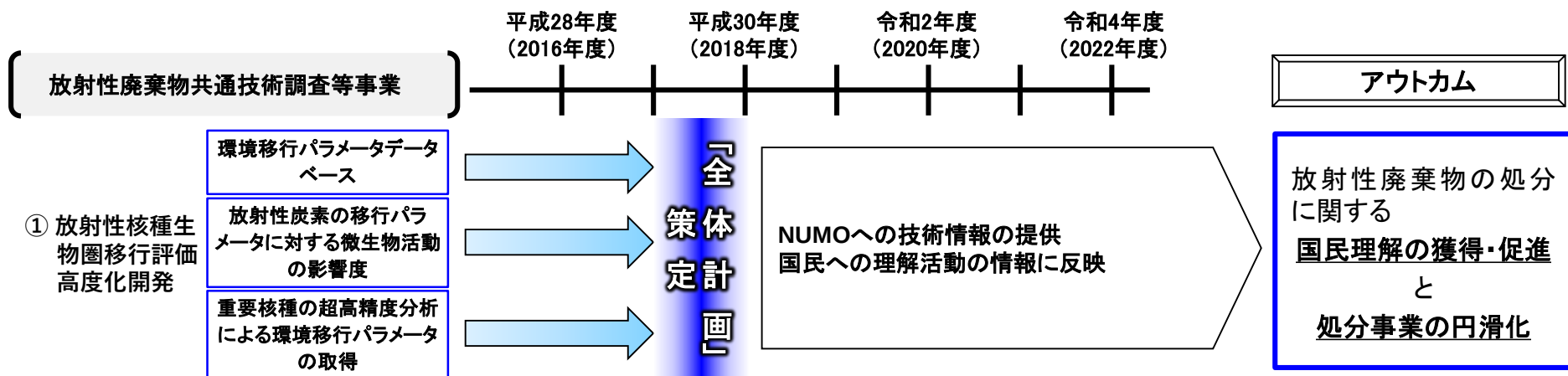
1. 5. 各事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ(3/4)

12

*: 包括的技術報告書の外部レビューの進捗や、処分事業及び研究開発の進捗状況等の反映を考慮し、令和2年度以降の計画について令和元年度末を目途に見直す予定。



1. 5. 各事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ(4/4)



【参考】地層処分研究開発調整会議と全体計画の概要

- 2005年の原子力政策大綱と受け、資源エネルギー庁主催の下「地層処分基盤研究開発調整会議」（以下、基盤調整会議）を開始（「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」を策定）。
- 最終処分法における基本方針に基づき設置された原子力委員会放射性廃棄物専門部会が2016年秋に取りまとめた評価報告書において、「**研究開発等における関係行政機関等の間の一層の連携強化**」、「**NUMOは一層のリーダーシップを発揮し**」、「**実施主体・基盤研究開発機関一体で『真の全体計画』を策定すること**」等が必要とされた。

⇒新たに「地層処分研究開発調整会議」を設置し以下の審議・調整を実施

- | | | |
|---|--------------------------|-------------------------|
| { | ➤ 研究開発全体計画 の作成 | ➤ 成果の体系化 に向けた調整 |
| | ➤ 研究開発の 連携 に関する調整 | ➤ 研究開発の 重複削除 の調整 |

【参加機関】

経済産業省
文部科学省
原子力発電環境整備機構
日本原子力研究開発機構
産業技術総合研究所
電力中央研究所
量子科学技術研究開発機構
原子力環境整備促進・資金管理センター
電気事業連合会
日本原燃

【外部有識者】

出光一哉（九州大学）
大西有三（京都大学）
長田昌彦（埼玉大学）
小峯秀雄（早稲田大学）
田中和広（山口大学）
朽山修（原子力安全研究協会）
新堀雄一（東北大学）
松島潤（東京大学）
山崎晴雄（首都大学東京）

【開催日時】

第1回	2017年 5月
第2回	2017年 9月
第3回	2017年12月
第4回	2018年 3月
全体計画	2018年 3月

1. 6. 複数課題プログラムの実施・マネジメント体制等

○各事業では、外部専門家等（５～９名）により構成される外部委員会を設置。事業期間が５年の場合、以下を実施。（体制図は次ページに記載）

●初年度：研究開発計画についてのレビュー

●３年目：事業の中間評価としてのレビュー

●最終年度：研究開発成果のレビュー

○この他、同外部委員会を毎年度２～３回程度開催し、以下を実施。

●研究開発計画や実施内容についてのレビュー・助言

●成果のレビュー、課題の指摘 等

○同外部委員会からの指摘事項を研究開発計画や実施内容などに反映し、マネジメント体制を確保している。

経済産業省 資源エネルギー庁
電力・ガス事業部 放射性廃棄物対策課

地層処分研究開発調整会議

委託 ↓ 事業の変更・中止の判断

全体戦略の策定

高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発

- 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構
- 公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター
- 一般財団法人 電力中央研究所
- 国立研究開発法人 産業技術総合研究所

低レベル放射性廃棄物の処分に関する技術開発

- 公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター
- 株式会社 神戸製鋼所
- 株式会社 日本製鋼所

放射性廃棄物共通技術調査等事業

- 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

事業の実施

外部評価委員会

- 岩盤中地下水流動評価技術高度化開発委員会
- 地質環境長期安定性評価確証技術開発委員会
- 地質環境長期安定性評価技術高度化開発委員会
- 処分システム評価確証技術開発委員会
- ニアフィールドシステム評価確証技術開発委員会
- 処分システム工学確証技術開発委員会
- 地層処分施設閉鎖技術確証試験委員会
- 沿岸部処分システム高度化開発委員会
- TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発委員会
- TRU廃棄物処理・処分に関する技術開発委員会
- 可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発委員会
- 直接処分等代替処分技術開発委員会
- 直接処分等代替処分技術高度化開発委員会

- 地下空洞型処分施設機能確認試験委員会
- 原子力発電所等金属廃棄物利用技術開発委員会

- 放射性核種生物圏移行評価高度化開発

評価・助言

- 調査・研究開発に対する助言
- 報告書等に対する助言
- 成果のレビュー

1. 7. 費用対効果

○本プログラムでは、「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発」で105.3億円、「低レベル放射性廃棄物の処分に関する技術開発」で5.9億円、「放射性廃棄物共通技術調査等事業」で1.6億円の国費を投資した。
費用対効果は以下のとおり。

	予算額(億円) (平成28年度 ～30年度)	論文	学会発表	特許等 (出願含む)	その他※
高レベル放射性廃棄物等の地層処分 に関する技術開発	105.3	63	290	6	36
2.1.1 岩盤中地下水移行評価確証技術開発	7.4	6	13	1	0
2.1.2 岩盤中地下水流動評価技術高度化開発	5.4	2	7	1	1
2.1.3 地質環境長期安定性評価確証技術開発	4.4	9	67	0	2
2.1.4 地質環境長期安定性評価技術高度化開発	3.3	0	1	0	4
2.1.5 処分システム評価確証技術開発	9.1	10	36	0	0
2.1.6 ニアフィールドシステム評価確証技術開発	3.5	10	23	0	2
2.1.7 処分システム工学確証技術開発	10.6	3	21	0	3
2.1.8 地層処分施設閉鎖技術確証試験	5.2	0	0	0	0
2.1.9 沿岸部処分システム高度化開発	20.5	5	48	4	9
2.1.10 TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発	8.4	12	39	0	9
2.1.11 TRU廃棄物処理・処分に関する技術開発	5.3	0	0	0	0
2.1.12 可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発	15.7	0	17	0	6
2.1.13 直接処分等代替処分技術開発	4.9	4	13	0	0
2.1.14 直接処分等代替処分技術高度化開発	1.6	2	5	0	0
低レベル放射性廃棄物の処分に関する技術開発	5.9	0	16	1	7
2.2.1 地下空洞型処分施設機能確認試験	4.2	0	16	0	1
2.2.2 原子力発電所等金属廃棄物利用技術開発	1.7	0	0	1	6
放射性廃棄物共通技術調査等事業	1.6	26	22	0	15
2.3.1 放射性核種生物圏移行評価高度化開発	1.6	26	22	0	15

※科学イベントでの理解促進活動、著書、各種データベース、報告書等について計上

1. 8. 中間評価の結果

今後の研究開発の方向等 に関する提言	提言に対する 対処方針	対応結果
〈プログラムの内容及びアウトプットの妥当性〉 ○このプログラムは極めて重要かつ必要であるため、着実に進めていくこと。 〈費用対効果の妥当性〉 ○アウトプットとアウトカムの間には距離があるので、費用対効果の提示方法を工夫すること。その際、目標に対しての達成度やリスク軽減への貢献度なども指標として検討すること。 〈実施・マネジメント体制等の妥当性〉 ○国民の理解を促進し、安全と安心を結びつけるため、技術開発だけでなく他の手法も含めて対応を検討すること。	○本プログラムは国が責任を持って進めることが重要であり、今後も資金を効果的に活用して研究開発を着実に進めていく。 ○費用対効果の提示方法については、従来の論文数や特許数などのアウトプット指標に加え、研究開発における目標に対しての達成度を指標化するなど、アウトプットとアウトカムの距離感を縮める工夫を検討する。 ○近い将来に予定している地層処分に関する地域の科学的な特性を示したマップの提示に伴う国民理解活動等の場を通じ、放射性廃棄物の処分に関する研究開発を国が実施することの意義や、これまで研究開発された技術と今後の課題などを国民に分かりやすく継続的に情報発信する。また、広報の効果をより高める観点から、セグメントごとに広報素材を使い分けるなど、よりきめ細かい広報を実施していく。	➤ <u>技術開発に必要な検討項目数を指標とした達成度を可視化した。</u> ➤ アウトカム(放射性廃棄物の処分に関する国民理解の獲得・促進)に向けた取組みとして、<u>一般の方々へ報告する場(技術開発結果の報告会等)の開催回数をアウトプット指標に取り込むこととした。</u>

2. 研究開発課題(プロジェクト)の概要

- 2. 1 高レベル放射性廃棄物等の地層処分
に関する技術開発
- 2. 2 低レベル放射性廃棄物の処分に関する
技術開発
- 2. 3 放射性廃棄物共通技術調査等事業

2. 1 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に 関する技術開発 (中間評価)

- 2. 1. 1 岩盤中地下水移行評価確証技術開発
- 2. 1. 2 岩盤中地下水流動評価技術高度化開発
- 2. 1. 3 地質環境長期安定性評価確証技術開発
- 2. 1. 4 地質環境長期安定性評価技術高度化開発
- 2. 1. 5 処分システム評価確証技術開発
- 2. 1. 6 ニアフィールドシステム評価確証技術開発
- 2. 1. 7 処分システム工学確証技術開発
- 2. 1. 8 地層処分施設閉鎖技術確証試験
- 2. 1. 9 沿岸部処分システム高度化開発
- 2. 1. 10 TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発
- 2. 1. 11 TRU廃棄物処理・処分に関する技術開発
- 2. 1. 12 可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発
- 2. 1. 13 直接処分等代替処分技術開発
- 2. 1. 14 直接処分等代替処分技術高度化開発
- 2. 1. 15 中間評価の結果

2. 1. 1 岩盤中地下水移行評価確証技術開発 (平成28年度～平成29年度)

(1)事業の概要

概 要	少数のボーリングで地質環境特性を精度良く調査することができる コントロールボーリング技術の開発を行う。 また、深地層の研究施設の坑道を活用し、地下水年代測定及び岩 盤中の地下水や物質の移動等を調査・評価する技術を構築する。
実施期間	平成25年度～平成29年度（5年間）
実施形態	国からの直執行（委託事業）
予算総額	7.4億円 （平成28年度:3.7億円 平成29年度:3.7億円）
実 施 者	一般財団法人 電力中央研究所
プロジェクト リーダー	宮川 公雄 一般財団法人電力中央研究所 （バックエンド研究センター センター長）

(1)事業の概要

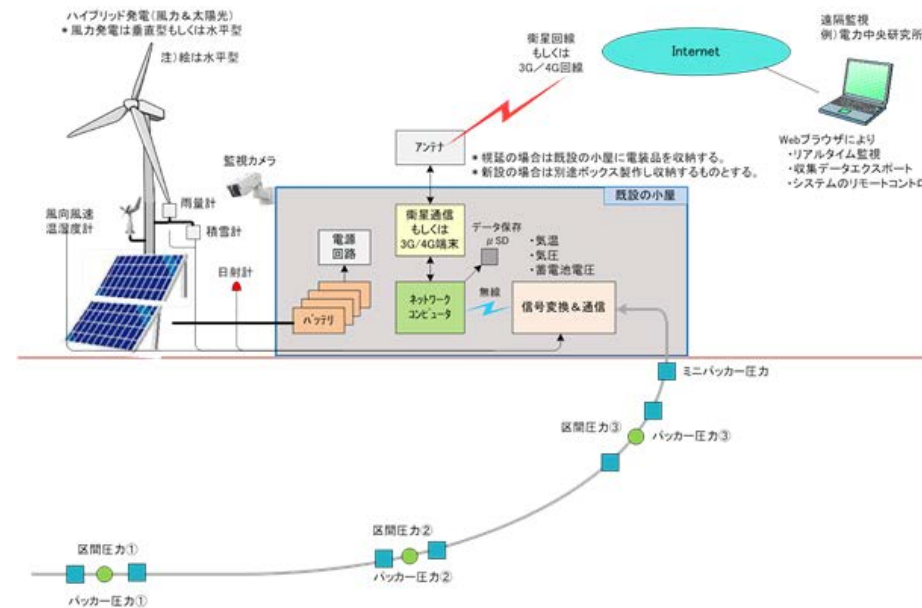
□主な成果

- 国内の堆積軟岩を対象として、コントロールボーリングを掘削し、コントロール掘削孔用に開発した**マルチパッカーシステム**や**無人計測システム**(右上図)により、長期の水質・水圧モニタリングが可能であることを実証した。
- 国内の結晶質岩を対象とし、開発・検討した装置・手法を活用することで、**詳細な割れ目の特性(開口幅、流動性等)を取得できること**、**地下環境中の物質移動特性を取得できること(トレーサ試験;右下図)を実証し**、開発した技術の有効性を確認した。

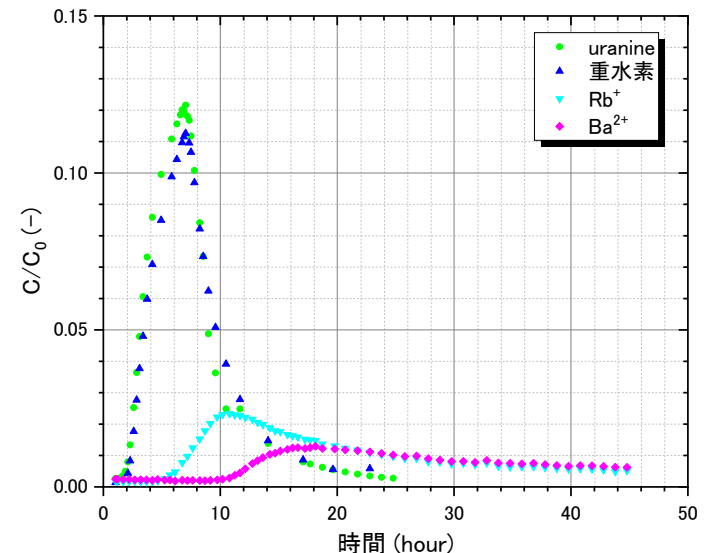
他の成果については成果報告書(本文1、本文2、付録)をご参照下さい。

□全体スケジュール

実施項目	H25	H26	H27	H28	H29
ボーリング調査技術の確証	掘削技術 改良				
			調査技術		
		モニタリング技術開発	現地適用・体系化		
岩盤中物質移行特性評価 技術の確証			上幌延		マニュアル整備
		技術開発			
		トレーサ試験技術等高度化			
			現地適用		
			瑞浪		



無人計測システム構成図
堆積軟岩でのコントロール掘削孔を事例に実証



地下坑道内で実施したトレーサ試験の結果
開発した装置で適切に物質移行データが取得できることを実証

(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)
【指標】 コントロールボーリング調査技術及び割れ目の多い岩盤にも適用可能なトレーサー試験技術を開発する上で必要な検討項目数。 【設定理由・根拠等】 各種技術は、開発過程において、種々の検討項目を達成する必要がある。着実に各検討項目を実施することで、信頼性のある技術が開発され、これが地層処分に対する納得感・安心感の醸成に資すると考えられる。	(事業開始時) 事業終了時まで 77項目	—	—
	(中間評価時) 同上	64項目 上記技術等について、国内の現場を活用し実証試験を実施した。	—
	(事業終了時) 同上	77項目 上記技術について、実証試験の結果を受けて、国内の岩盤への適用の妥当性を確認した。	—
	(事業目的達成時) 同上	77項目 技術移転や安心感等に資するよう、妥当性が得られた技術を報告書等で公開した。	—

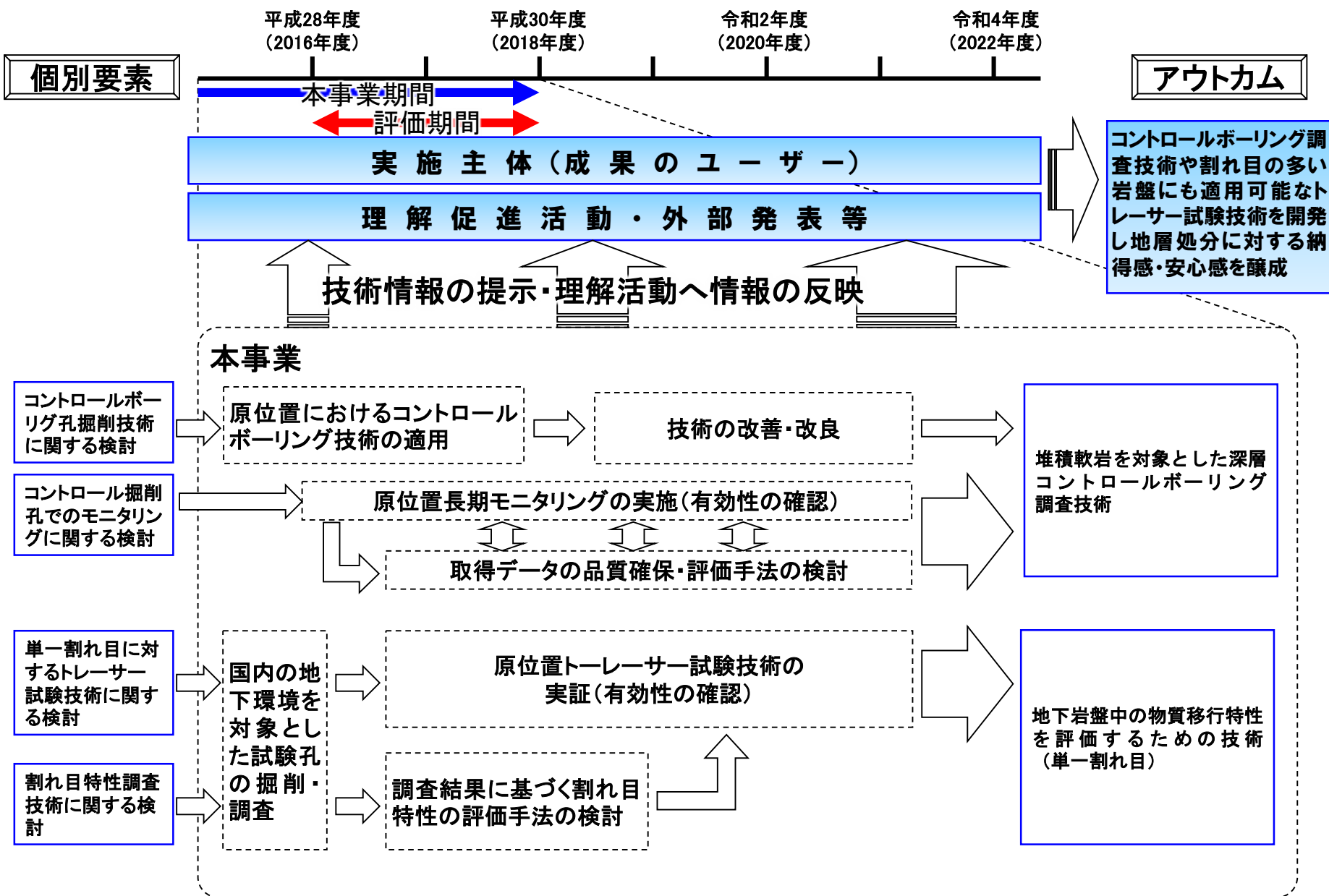
(3)事業アウトプット

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)
【指標】 事業実施によって得られた技術や知見に関する外部発表件数 【設定理由・根拠等】 各種アウトプットの過程においては、種々の要素技術など外部発表が可能な知見が得られる。そこでアウトプットの指標として外部発表件数とする。	(事業開始時) 事業終了時までに複数件の外部発表	—	—
	(中間評価時) 同上	45件 コントロール掘削孔の長期モニタリングの状況や高度化したトレーサー試験技術等の適用例等を開示	—
	(事業終了時) 同上	20 件 長期モニタリング、トレーサー試験の結果の評価方法を開示	—
	(事業目的達成時) 同上	合計:65 件	—

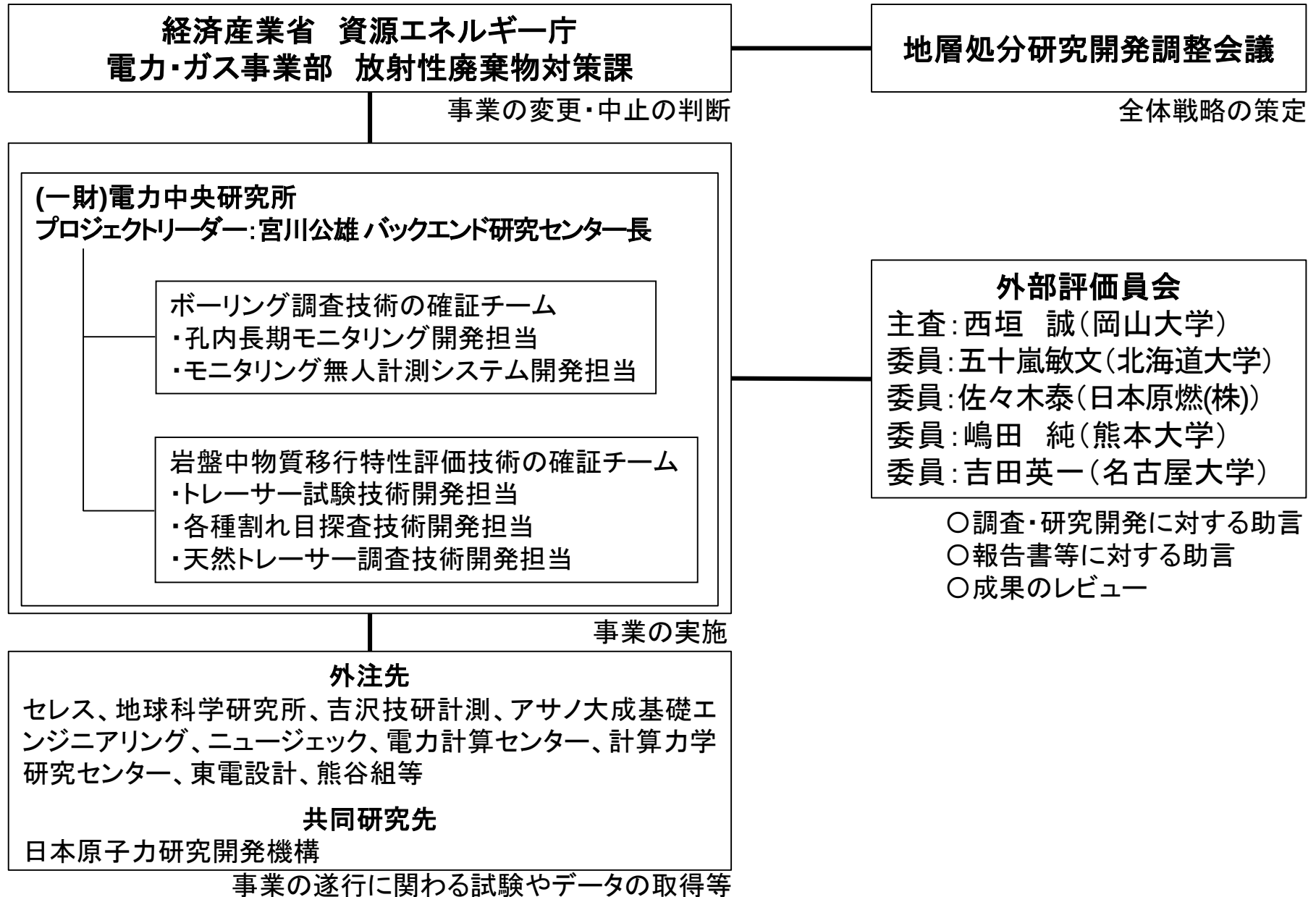
< 共通指標実績 >

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	国際標準への 寄与	プロトタイプの 作成
6	11	1	—	—	—	—

(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



2. 1. 2 岩盤中地下水流動評価技術高度化開発 (平成30年度)

(1)事業の概要

概 要	概要調査において重要となる涵養域から流出域までの広域的な地下水流動や地下水が長期にわたり滞留する領域の三次元分布に係る調査・評価の方法論を整備する。
実施期間	平成30年度～令和4年度（予定）（5年間）
実施形態	国からの直執行（委託事業）
予算総額	5.4億円 （平成30年度：5.4億円）
実 施 者	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 一般財団法人 電力中央研究所
プロジェクト リーダー	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 核燃料・バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター 地層科学研究部 研究計画調整グループリーダー

(1)事業の概要

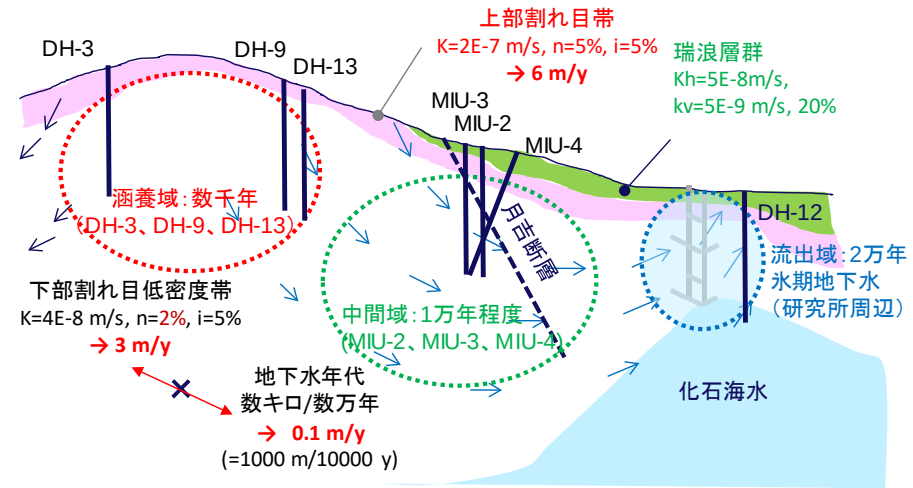
□主な成果

- 広域的な物質移行解析の妥当性検証に向けて、現状の課題を整理し(上図)、地下水年代の分布を指標として、物質移行解析の入力条件を校正する手法を方法を検討中。
- 広域的な地下水流動を評価するために必要な水理学的情報の取得方法の再検討として、同一孔で長期の水理試験を実施し、長期的な水理試験の有効性を再確認した(右下図)。

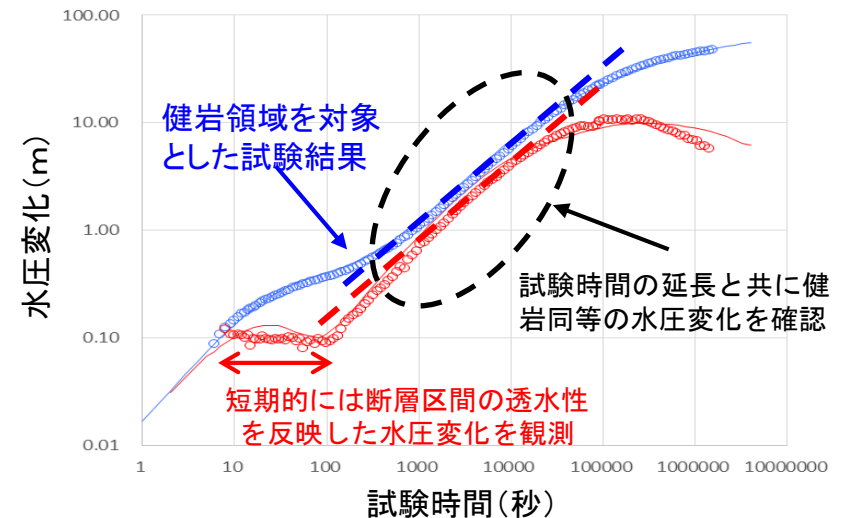
他の成果については成果報告書(本文、付録)をご参照下さい。

□全体スケジュール

対象施設	研究項目	2018年度	2019年度
瑞浪	内陸部の広域的な地下水流動を評価するための技術の高度化	地下水流動解析・評価の校正手法検討	
		年代測定手法整備	
		地下水調査	
	水みちの水理特性や物質移動特性を調査・評価するための技術の高度化	ボーリング掘削・検層・物理探査	亀裂・透水性調査 トレーサー試験
幌延	内陸部の地下深部に存在する長期的に安定な水理場・化学環境を評価するための技術の高度化	室内試験	
		水みちのモデル化手法の開発(微視～広域スケール横断的な反映手法)	
		長期注水試験	
		^{81}Kr を用いた地下水年代測定	
		天水浸透影響解析(感度解析等)	



広域的な物質移行と地下水年代の分布に関する概念図
地下水流動解析までを実施し、その後、地下水の滞留時間(地下水年代)を指標としてモデルの校正を実施する方法を検討中



断層区間を対象とした長期水理試験と健岩部の水理試験の比較
短期的には断層区間の高い透水性のみが取得されているが、時間がたつと健岩部と同様の透水性が取得できることが確認できた。

(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)
【指標】 地質環境中の地下水の流れについて、複数の指標(原位置のモデル・解析や地下水年代など)で統合的に評価可能な手法を開発する上で必要な検討項目数。 【設定理由・根拠等】 各種技術は、開発過程において、種々の検討項目を達成する必要がある。着実に各検討項目を実施することで、信頼性のある技術が開発され、これが地層処分に対する納得感・安心感の醸成に資すると考えられる。	(事業開始時) 事業終了時までに 25項目	—	—
	(中間評価時) 同上	5項目 ・地下水年代を加味した地下水流動の評価方法(案)を提示 ・天水浸透影響の小さい領域の分布を推定するための予察解析を行い、評価上の重要な要因を抽出・整理	—
	(事業終了時) 同上	—	—
	(事業目的達成時) 同上	—	—

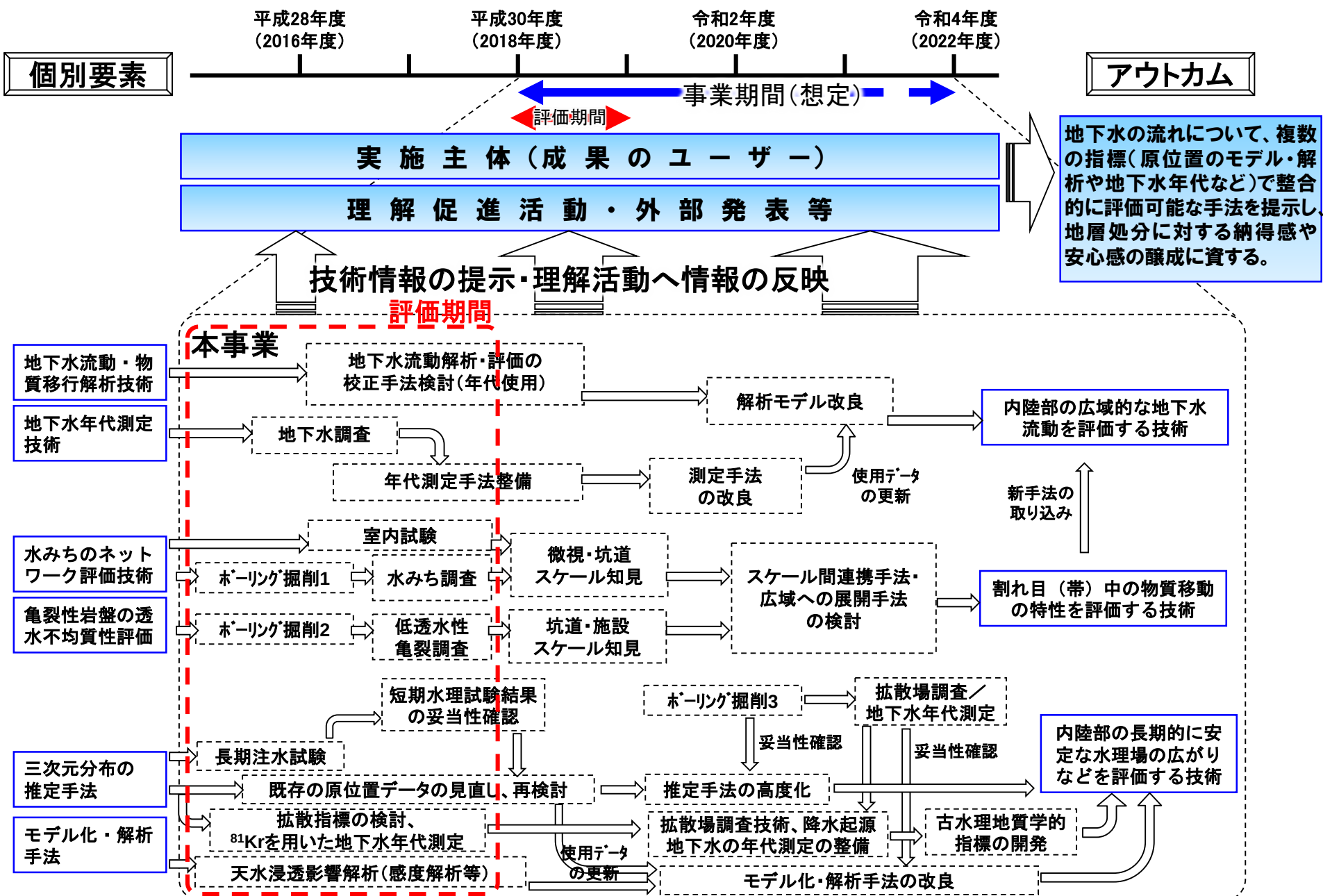
(3)事業アウトプット

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)
【指標】 事業実施によって得られた技術や知見に関する外部発表件数 【設定理由・根拠等】 各種アウトプットの過程においては、種々の要素技術など外部発表が可能な知見が得られる。そこでアウトプットの指標として外部発表件数とする。	(事業開始時) 事業終了時までに複数件の外部発表	一件	—
	(中間評価時) 同上	2件 ・CI同位体の拡散による拡散場の評価手法を提案 ・岩石コアの間隙水採取方法を比較し、間隙の影響を検討	—
	(事業終了時) 同上	—	—
	(事業目的達成時) 同上	—	—

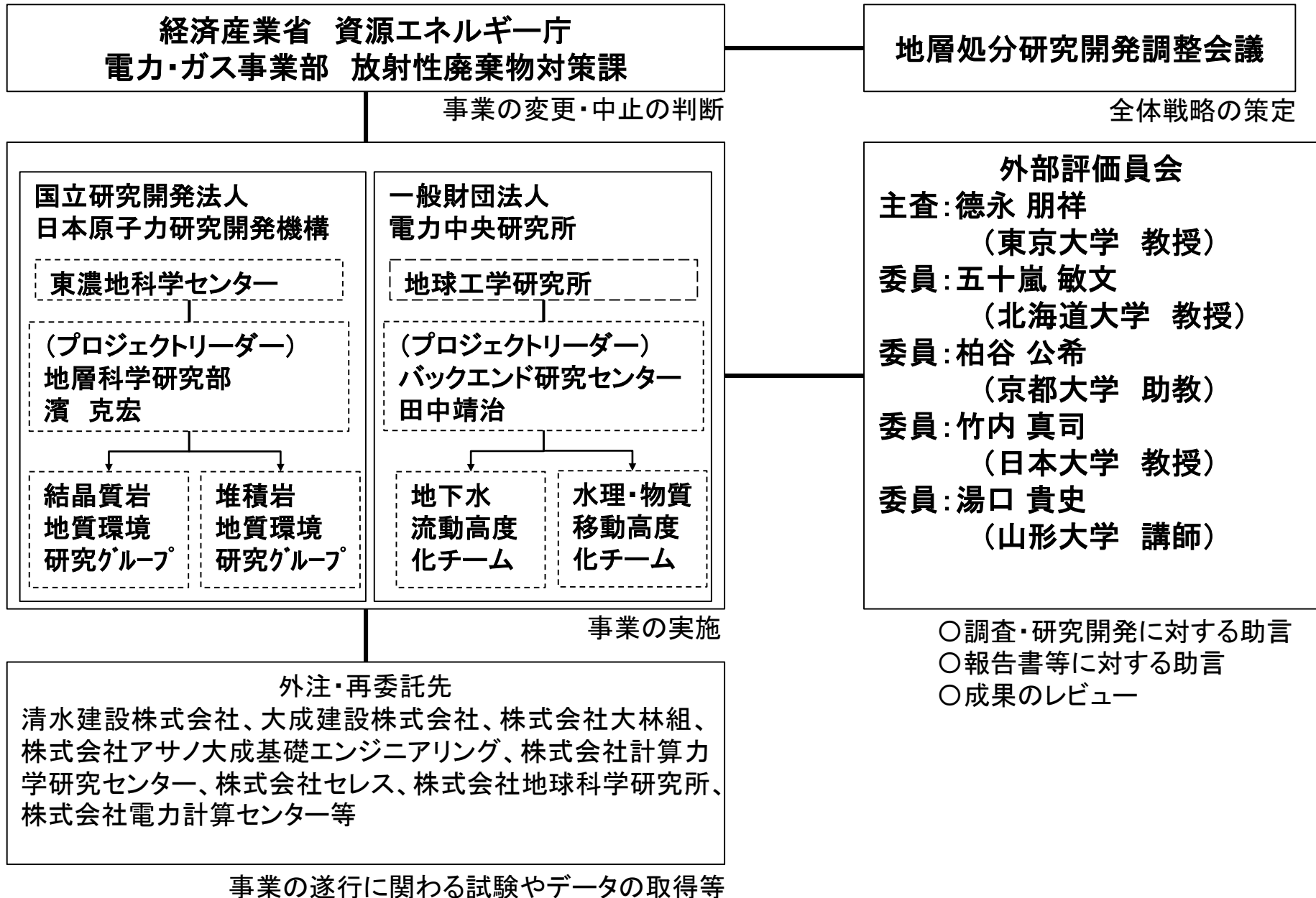
< 共通指標実績 >

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	国際標準への 寄与	プロトタイプの 作成
2	1	—	1	—	—	—

(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



2. 1. 3 地質環境長期安定性評価確証技術開発 (平成28年度～平成29年度)

(1)事業の概要

概 要	天然現象(例えば隆起・沈降など)により地質環境に生じる長期的な変化を三次元的にモデル化・解析評価する技術や、岩石の年代を精度良く評価する技術等の開発を進める。
実施期間	平成25年度～平成29年度 (5年間)
実施形態	国からの直執行(委託)
予算総額	4.4億円 (平成28年度:2.4億円 平成29年度:2.0億円)
実 施 者	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
プロジェクト リーダー	石丸 恒存 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 (東濃地科学センター 地層科学研究部 グループリーダー)

(1)事業の概要

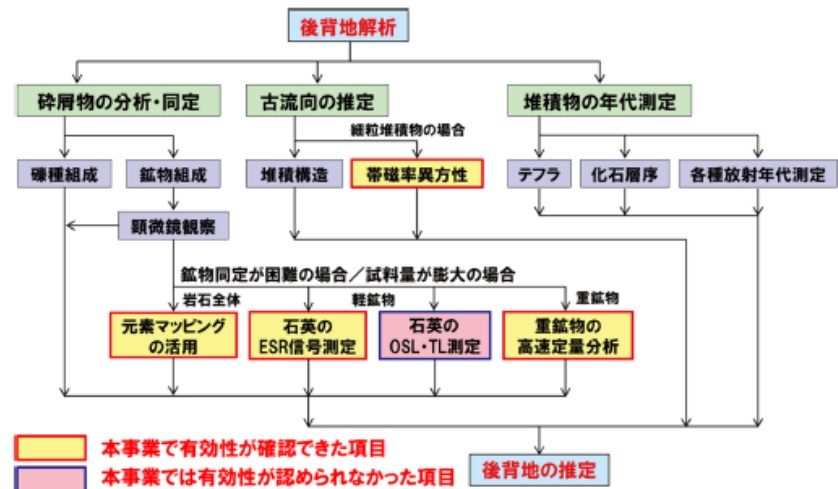
□主な成果

- 山地や丘陵の隆起開始時期や形成過程を推定する技術(後背地解析技術、右上図)などの要素技術を整備すると共に、取得した長期的な変化に関わる情報をモデル化する方法論を提示した。
- 長期的な時間変化の理解促進に向けて、モデル化した長期的な変化を可視化する技術を例示する(右下図)と共に、モデル個々の不確実性の幅を評価する手法を提示した。

他の成果については成果報告書(本文)をご参照下さい。

□全体スケジュール

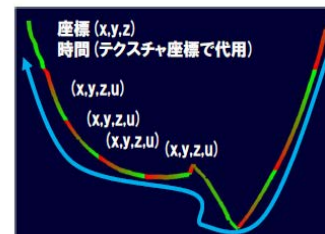
事業項目	25年度	26年度	27年度	28年度	29年度
(1)地質環境長期変動モデルの開発 ①統合数値モデル化、モデル検証及び不確実性の評価 ②地形・地質モデル ③地表環境モデル ④水理モデル ⑤地球化学モデル	事前検討、FEPによる整理	長期変遷シナリオの整備、条件設定、統計処理法の提示等	作業フローの提示	統合数値モデル&可視化技術の提示、モデルの検証&不確実性の評価	
(2)革新的要素技術の開発 ①後背地推定技術 ②炭酸塩鉱物測定技術 ③地殻変動予測技術 ④地下水涵養量推定技術	装置整備		技術開発	モデルへの反映	科学的知見の蓄積



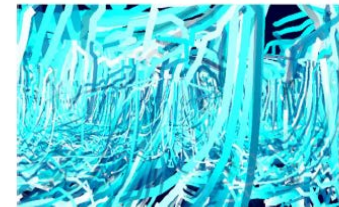
整備した後背地解析技術の流れ
(東農地域及び幌延地域を例として技術の適用性を確認し、その適用範囲を明らかにした)

- ✓ 三次元の複雑な形状や動きを、視覚的にわかりやすく表示するための手法を検討

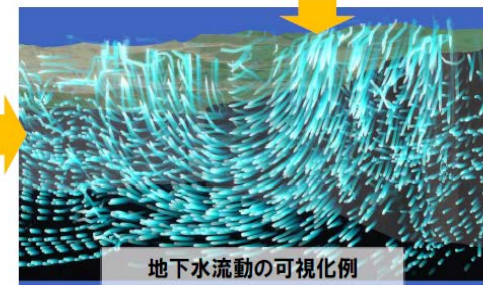
地下水の全体的な流れの傾向を直感的に把握させることに着目し、大量の流線を表示させつつ、その線に沿って流れの速さをバターンの動きで表現する手法を採用



- テクスタ座標を時間として適用
- その座標を変えることで、時間に従って動くカラーカーブアニメーションとして流速を表現



- 膨大な数の流線を、線状かつ半透明のオブジェクトとして表現



地下水流動解析結果の可視化の例

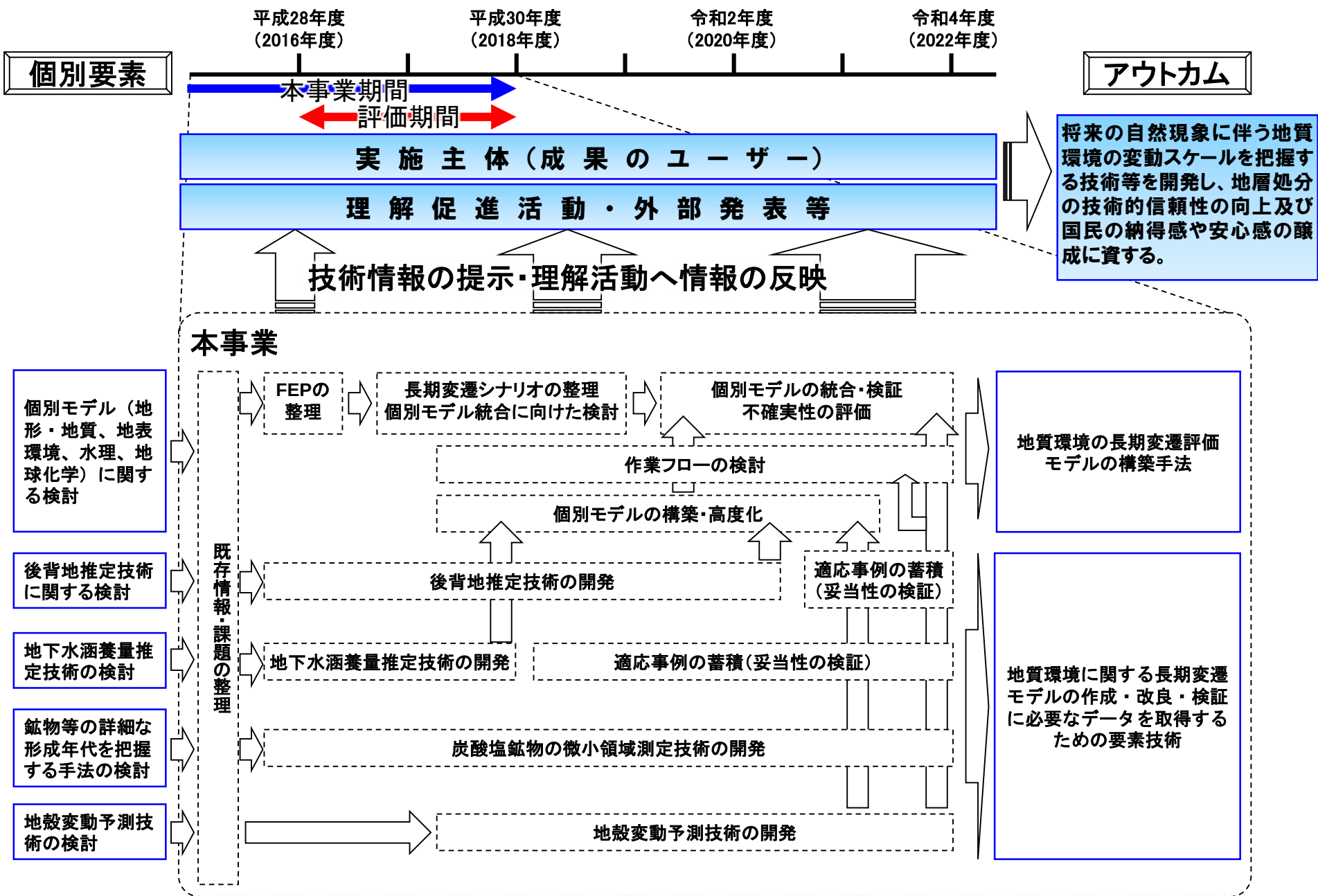
(2)事業アウトカム

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)
【指標】 将来の自然現象に伴う地質環境の変動スケールを把握する技術等を開発する上で必要な検討項目数。	(事業開始時) 事業終了時まで 46項目	—	—
	(中間評価時) 同上	37項目 ・個別の自然現象の相互関係を考慮した、将来の地質環境の変動スケールを明瞭に把握するための統合モデルを構築するフローについて検討	—
	(事業終了時) 同上	46項目 ・統合モデルを分かりやすく可視化する手法、及び不確実性を評価する手法について検討 ・また、各モデルの高度化に貢献する要素技術(化学分析・年代測定等)について検討した。	—
	(事業目的達成時) 同上	46項目	—

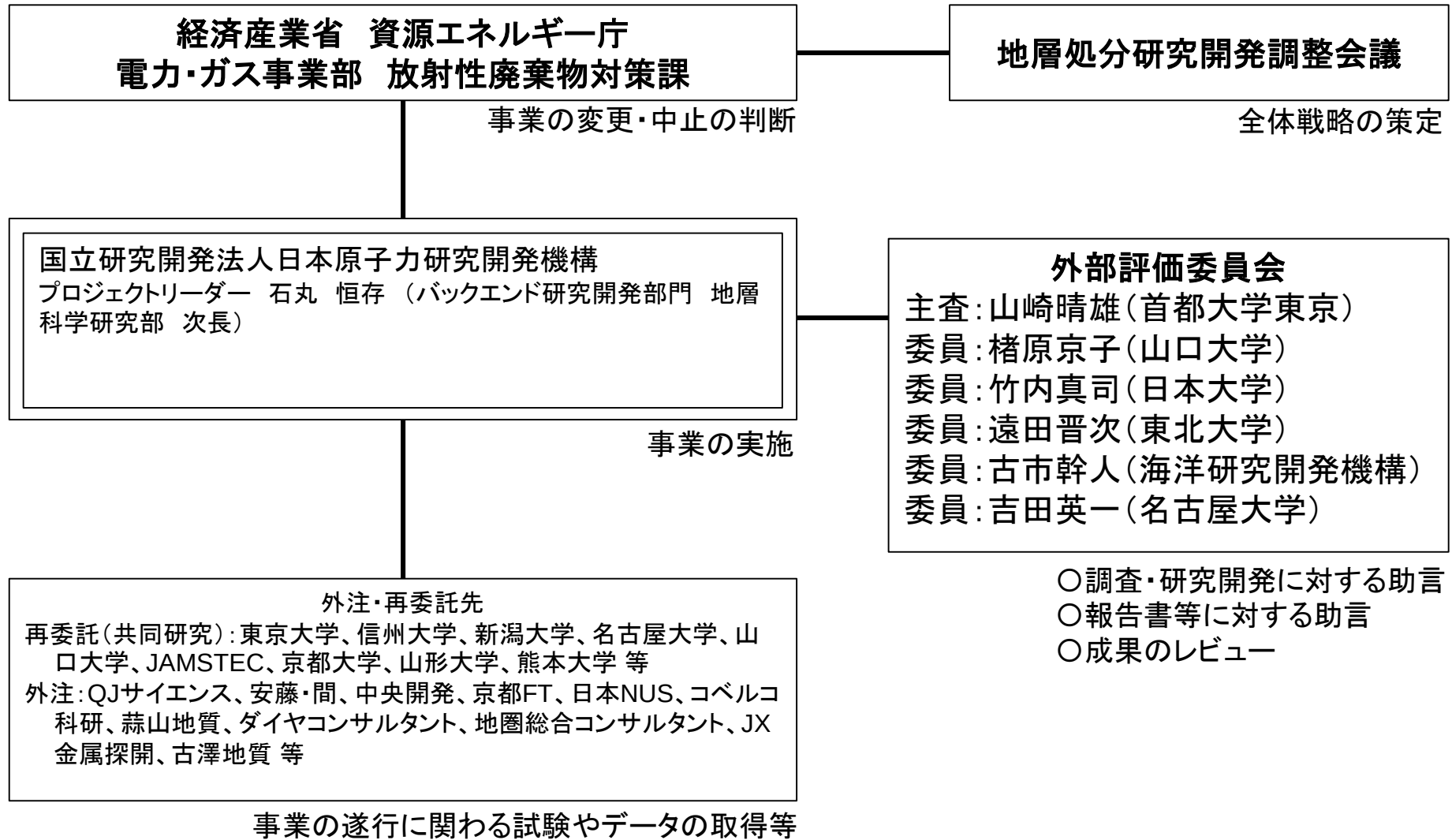
(3)事業アウトプット

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)
【指標】 事業実施によって得られた技術や知見に関する外部発表件数 【設定理由・根拠等】 各種アウトプットの過程においては、種々の要素技術など外部発表が可能な知見が得られる。そこでアウトプットの指標として外部発表件数とする。			(事業開始時) 事業終了時までに複数件の外部発表	—	—
			(中間評価時) 同上	19件 ・個別の分野のモデルを始めるから終わりまで通貫した統合モデルを構築するフローを提示	—
			(事業終了時) 同上	41件 ・統合モデルの不確実性の幅を評価するための数値解析手法を提示	—
			(事業目的達成時) 同上	78件 ・統合モデルを分かりやすく可視化する手法を提示 ・モデルの高度化のため個別要素技術として、山地の形成過程を復元するための新しい分析技術等を提示	—
論文	技術報告書	学会発表			
9	2	67			

(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



2. 1. 4地質環境長期安定性評価技術高度化開発 (平成30年度)

(1)事業の概要

概 要	火山や地震・断層活動などの天然現象が地下環境の閉じ込め機能を喪失させるのではないかと懸念を解消するため、現在から将来に至る地下環境の長期安定性を予測する技術等を高度化することにより、地層処分の技術的信頼性の向上及び国民の地層処分に対する納得感や安心感の醸成に資する。
実施期間	平成30年度～令和4年度 （5年間）
実施形態	国からの直執行
予算総額	3.3億円 (平成30年度:3.3億円)
実 施 者	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 一般財団法人電力中央研究所
プロジェクト リーダー	石丸 恒存 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 (東濃地科学センター 地層科学研究部 次長) 近藤 浩文 一般財団法人電力中央研究所 (地球工学研究所 バックエンド研究センター 上席研究員)

(1)事業の概要

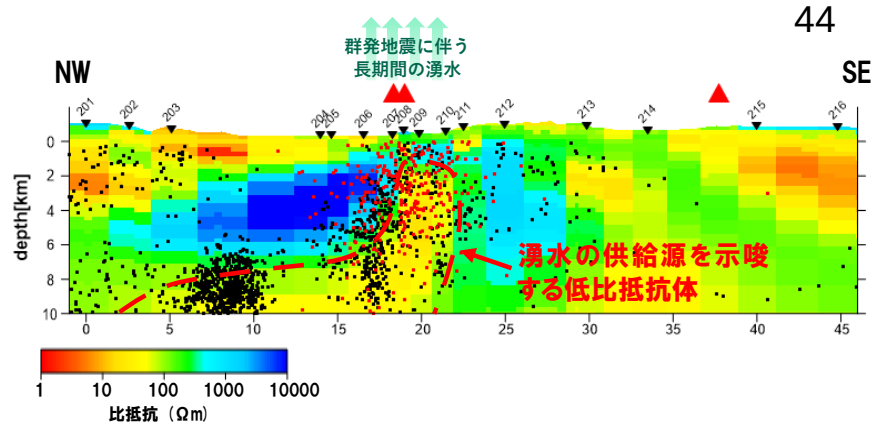
□主な成果

- 火山・火成活動における溶融部(マグマ)や深部流体の範囲等の把握に向けて、従来の地質学的手法に加え、電磁探査(MT法;右上図)、地震波トモグラフィ、GNSS観測などの地球物理学的な手法を適用することにより、従来よりも深い深度かつ詳細な時間の精度で地殻変動の変化速度を示せるようになった。
- 幅広い時空間スケールでの隆起・侵食速度の評価手法として、熱年代測定手法や宇宙線生成核種年代測定手法等の個別要素技術の適用性を検討し、特に、ボーリングコア資料に熱年代測定を適用することでの侵食量を定量的に評価できる見通しを得た(右下図)。

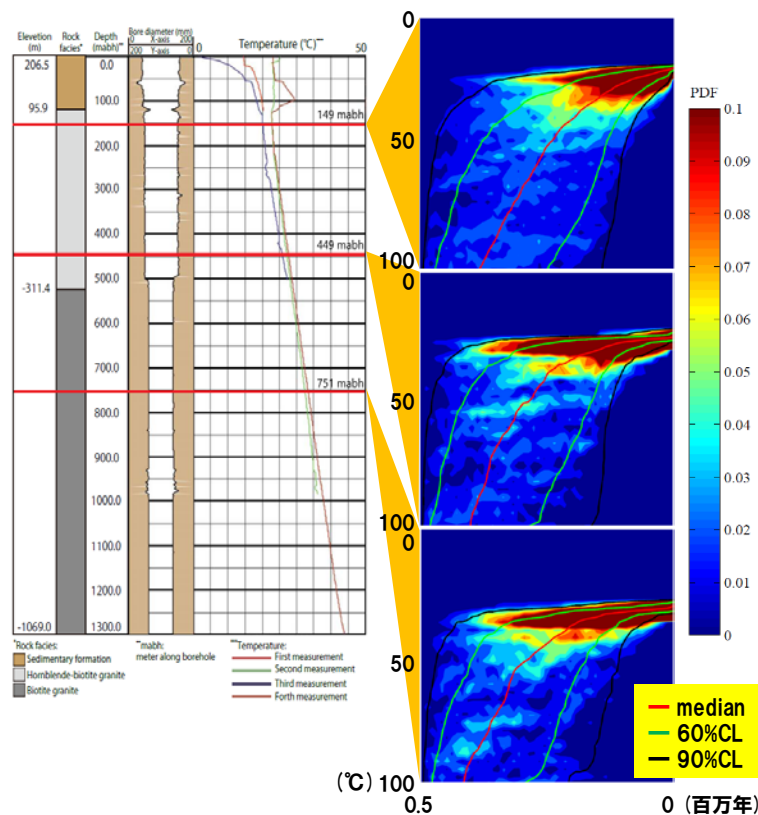
他の成果については成果報告書(本文、付録)をご参照下さい。

□全体スケジュール

事業項目	平成30年度	平成31年度
① 火山・火成活動に関する調査・評価技術	マンテル内の流体分布・移行、マグマの影響範囲に関する知見の蓄積	
② 深部流体に関する調査・評価技術	深部流体の移動・流入に関する科学的知見の蓄積	
③ 地震活動・断層運動に関する調査・評価技術	断層の活動性評価等に係る個別要素技術の適用性評価・事例の蓄積 水理学的影響に関する事例の整理・事例研究	
④ 隆起・侵食に関する調査・評価技術	隆起量・侵食量推定に係る個別要素技術の高度化	隆起・侵食データマップの整備



群発地震の活動域における二次元比抵抗構造



熱年代測定法を大深度ボーリングコア試料に適用した例

(2) 事業アウトカム

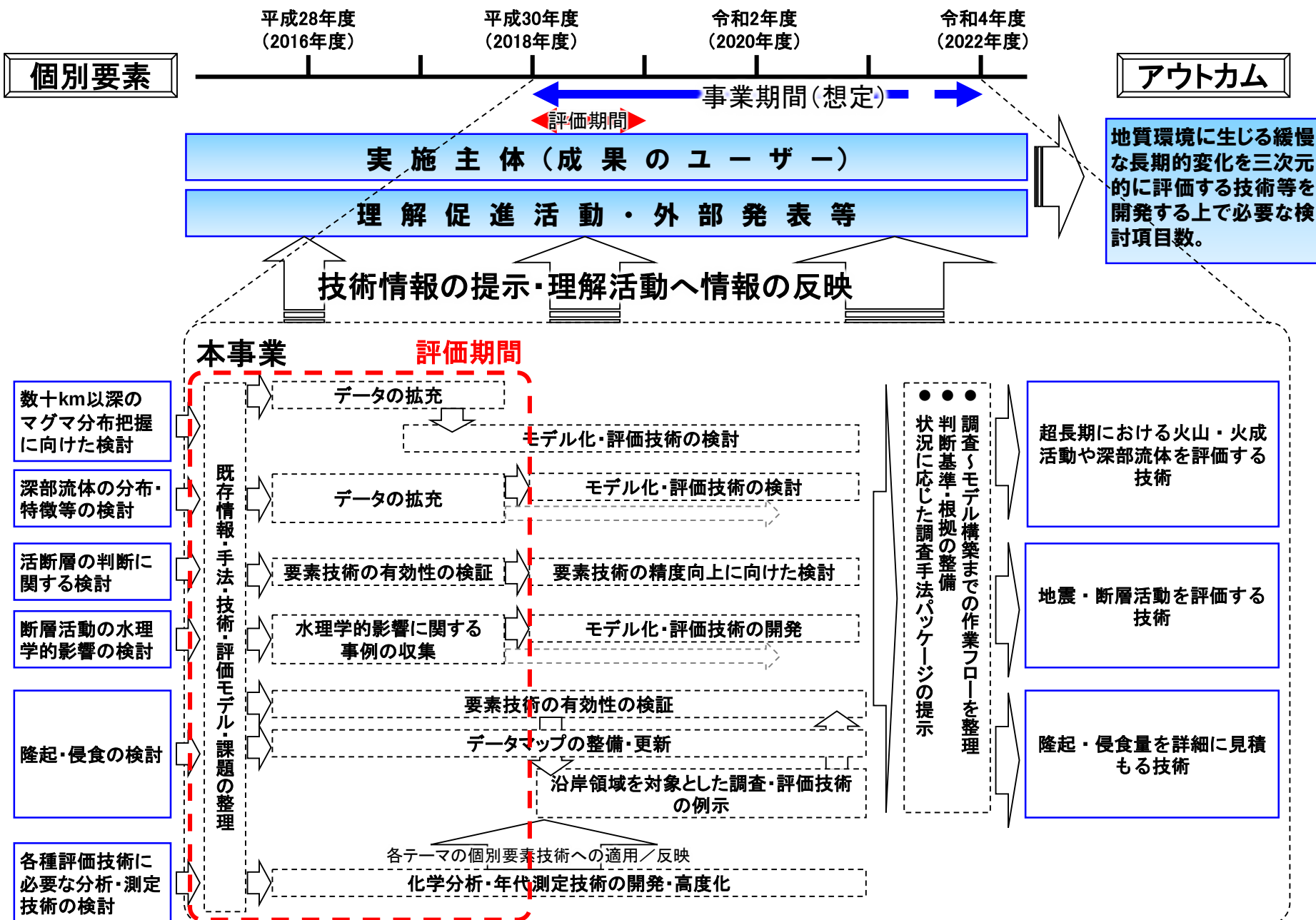
事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
【指標】 地質環境に生じる緩慢な長期的変化を三次元的に評価する技術等を開発する上で必要な検討項目数。 【設定理由・根拠等】 各種技術は、開発過程において、種々の検討項目を達成する必要がある。着実に各検討項目を実施することで、信頼性のある技術が開発され、これが地層処分に対する納得感・安心感の醸成に資すると考えられる。	(事業開始時) 事業終了時までに 50項目	—	—
	(中間評価時) 同上	5項目 火山・火成活動や地震・断層活動等の長期的変化を三次元的に評価するための、各学術分野における最新の研究の適用性を検討した。また、幅広い時空間スケールで隆起・侵食速度を評価するための個別要素技術の適用性を検討した。	—
	(事業終了時) 同上	—	—
	(事業目的達成時) 同上	—	—

(3)事業アウトプット

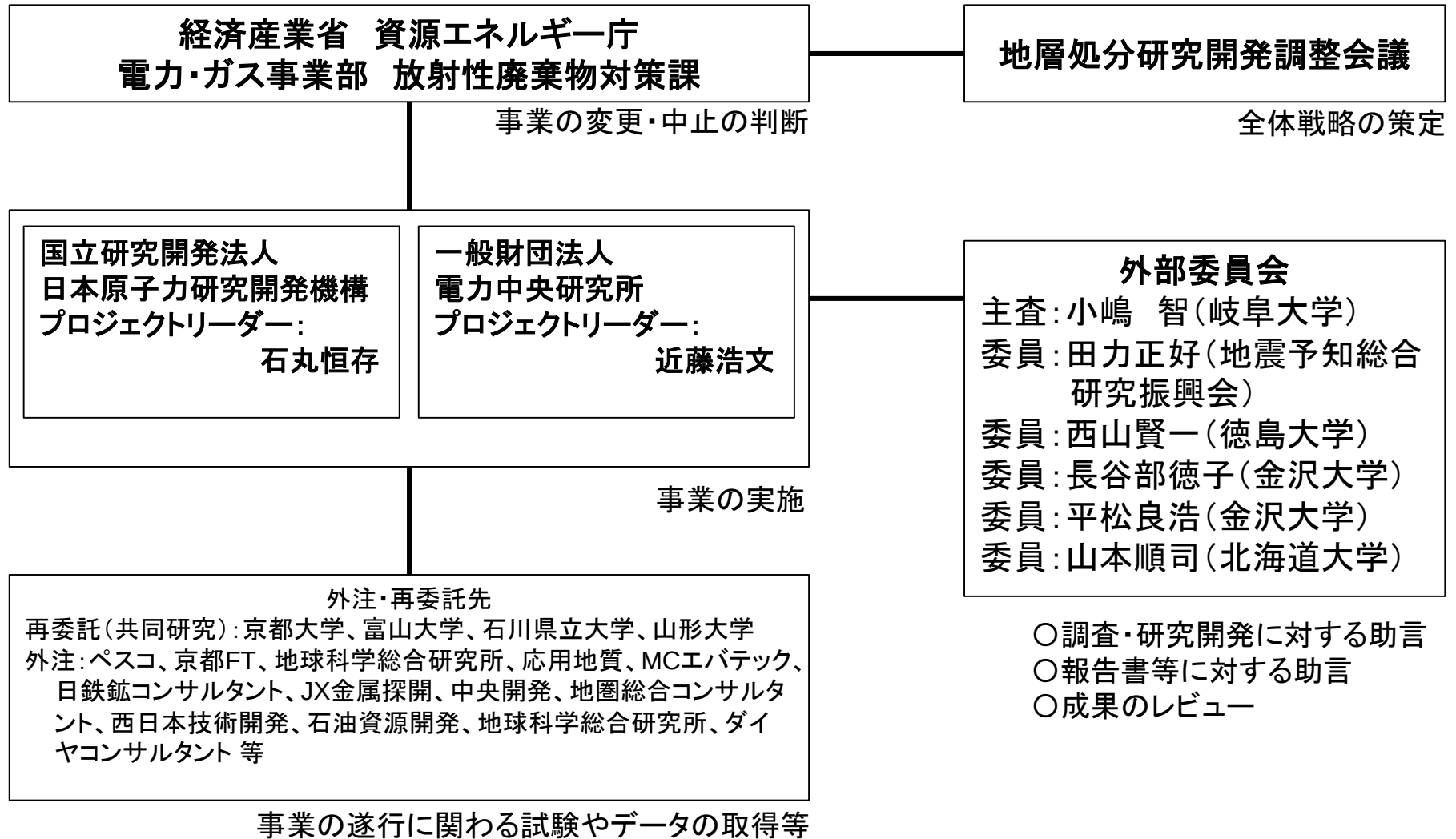
事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
【指標】 事業実施によって得られた技術や知見に関する外部発表件数 【設定理由・根拠等】 各種アウトプットの過程においては、種々の要素技術など外部発表が可能な知見が得られる。そこでアウトプットの指標として外部発表件数とする。	(事業開始時) 事業終了時までに複数件の外部発表	—	—
	(中間評価時) 同上	5件 成功した熱年代学的手法による隆起・侵食の緩慢な地域を対象とした侵食量を定量的に評価する技術などに関する外部発表。	—
	(事業終了時) 同上	—	—
	(事業目的達成時) 同上	—	—

論文	技術報告書	学会発表	講演
0	0	1	4

(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



2. 1. 5 処分システム評価確証技術開発 (平成28年度～平成29年度)

(1)事業の概要

概 要	安全評価の信頼性を向上させるため、地下研究施設等を利用した試験を通じて人工バリア及びその周辺岩盤(ニアフィールド)で生じる複雑な現象を考慮できる評価モデルの確証等を行う。
実施期間	平成25年度～平成29年度 (5年間)
実施形態	国からの直執行(国立研究開発法人日本原子力研究開発機構への委託事業)
予算総額	10.3億円 (平成28年度:5.4億円 平成29年度:4.9億円)
実 施 者	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
プロジェクト リーダー	本田 明 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(核燃料サイクル工学研究所 基盤技術研究開発部 次長 (平成25年度～平成28年度)) 三原 守弘 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(核燃料サイクル工学研究所 基盤技術研究開発部 研究副主幹 (平成29年度))

(1)事業の概要

□主な成果

ニアフィールドにおいて発生する様々な現象が核種移行に与える複合的な影響(図1)に対して、以下の成果を得た。

- 実際の地下環境で実施された実規模の人工バリア性能確認試験で得られた、人工バリア内の温度・水分・応力の変化について、構築した熱-水-応力連成解析コードにより再現できることなどを提示した(図2)。
- 過酷事象の影響評価技術として、人工バリアの40分の1スケールでの断層模型実験を行い、断層が処分施設に直撃した際の健全性を評価する解析手法の開発等を開発した(図3)。

他の成果については成果報告書(本文)をご参照下さい。

□全体スケジュール

	H25	H26	H27	H28	H29
ニアフィールドのシステム変遷と核種移行を評価するための先進的技術の開発	現象理解を反映したより精密なモデル開発		中間評価 ワークショップ	原位置等での評価確認/複合現象・核種移行の体系的評価技術開発	
過酷事業の地層処分システムの影響に関する評価確認技術開発	概念・シナリオ構築			改良・高度化	

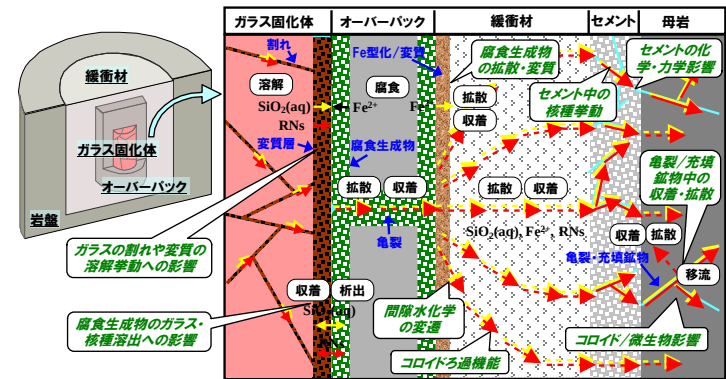


図1 ニアフィールドにおいて時間的変遷に伴い発生する現象(図中吹き出し)と核種の移行経路(図中矢印)の概念図

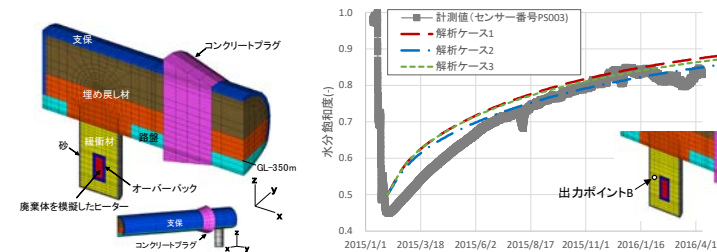
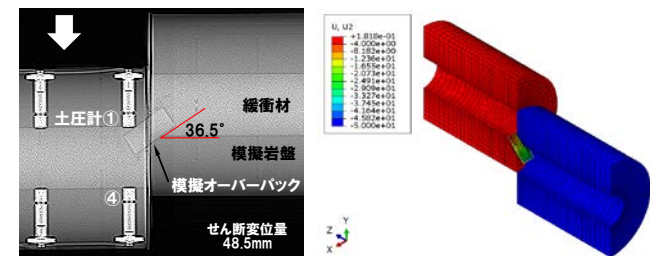


図2 人工バリア性能確認試験に対する熱-水-連成解析のモデル体系(左図)と測定結果と解析結果の比較例(右図)



断層模擬せん断衝突実験(X線画像を用いた挙動確認)

断層模擬せん断衝突実験の再現解析の例

図3 断層模擬先端衝突実験の結果と再現解析の例

(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)
【指標】 地層処分事業における処分場設計や性能評価技術の確証を得る上で必要な検討項目数。	(事業開始時) 事業終了時まで 70項目	—	—
	(中間評価時) 同上	59項目 現象理解を反映したより精緻なモデルの開発及び過酷事象の概念構築・シナリオ構築を実施。	—
	(事業終了時) 同上	70項目 原位置等の評価確証や複合現象・核種移行の体系的評価を実施することで、核種移行を評価するための先端技術を構築。 評価モデルの改良・高度化を実施することで過酷事業の地層処分システムへの影響に関する評価確証技術を構築。	—
	(事業目的達成時) 同上	70項目 同上	—

(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)
【指標】 事業実施によって得られた技術や知見に関する外部発表件数 【設定理由・根拠等】 各種アウトプットの過程においては、種々の要素技術など外部発表が可能な知見が得られる。そこでアウトプットの指標として外部発表件数とする。	(事業開始時) 事業終了時までに複数件の外部発表	—	—
	(中間評価時) 同上	8件 核種の堆積岩中の拡散挙動や収着挙動に関する成果等	—
	(事業終了時) 同上	54件(合計) 核種の人エバリア材料に対する収着挙動や人エバリアの長期挙動評価モデルの開発成果等	—
	(事業目的達成時) 同上	同上	—

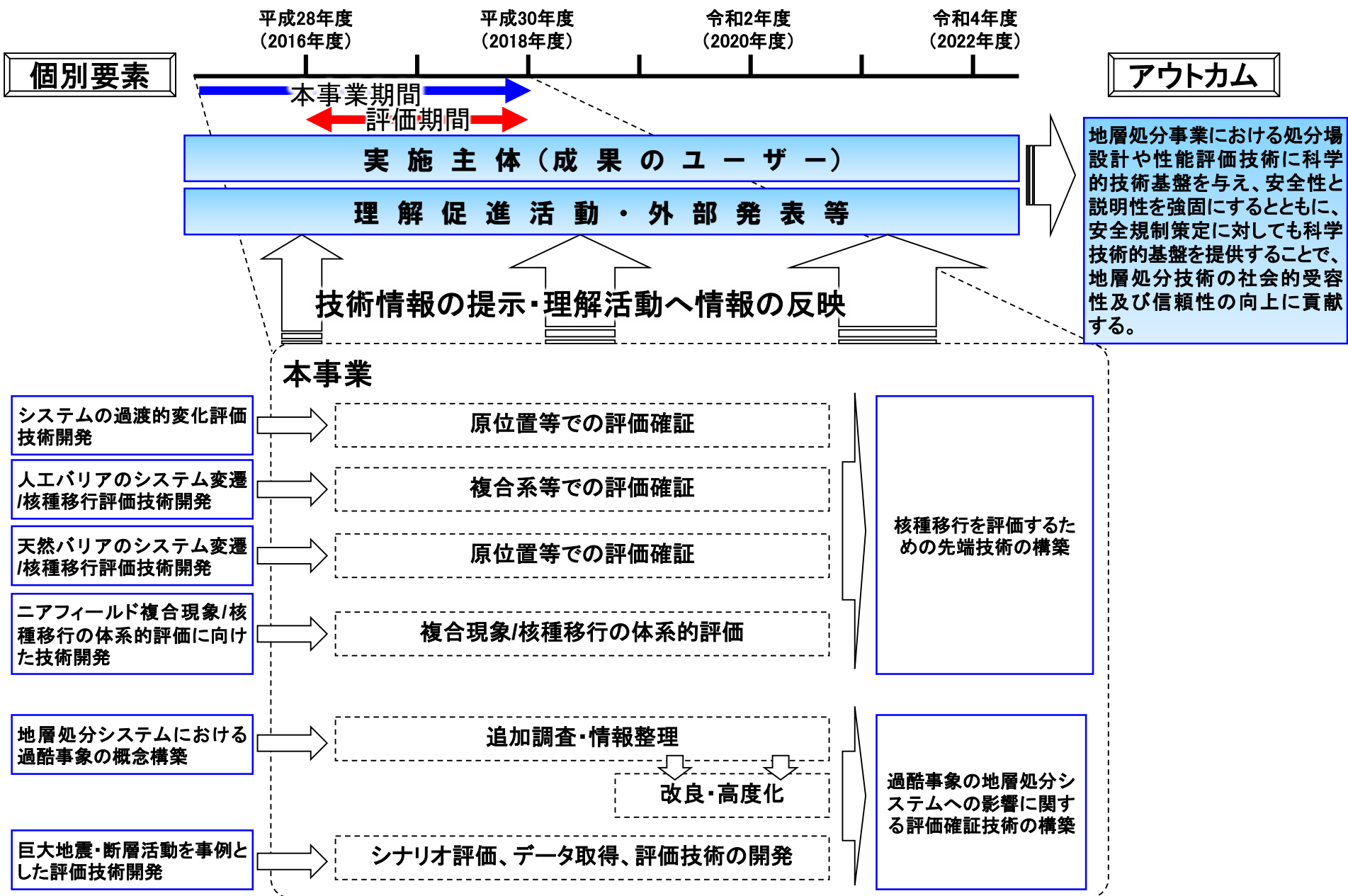
<共通指標実績>

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	国際標準への 寄与	プロトタイプの 作成
10	1※	—	—	—	—	2※※

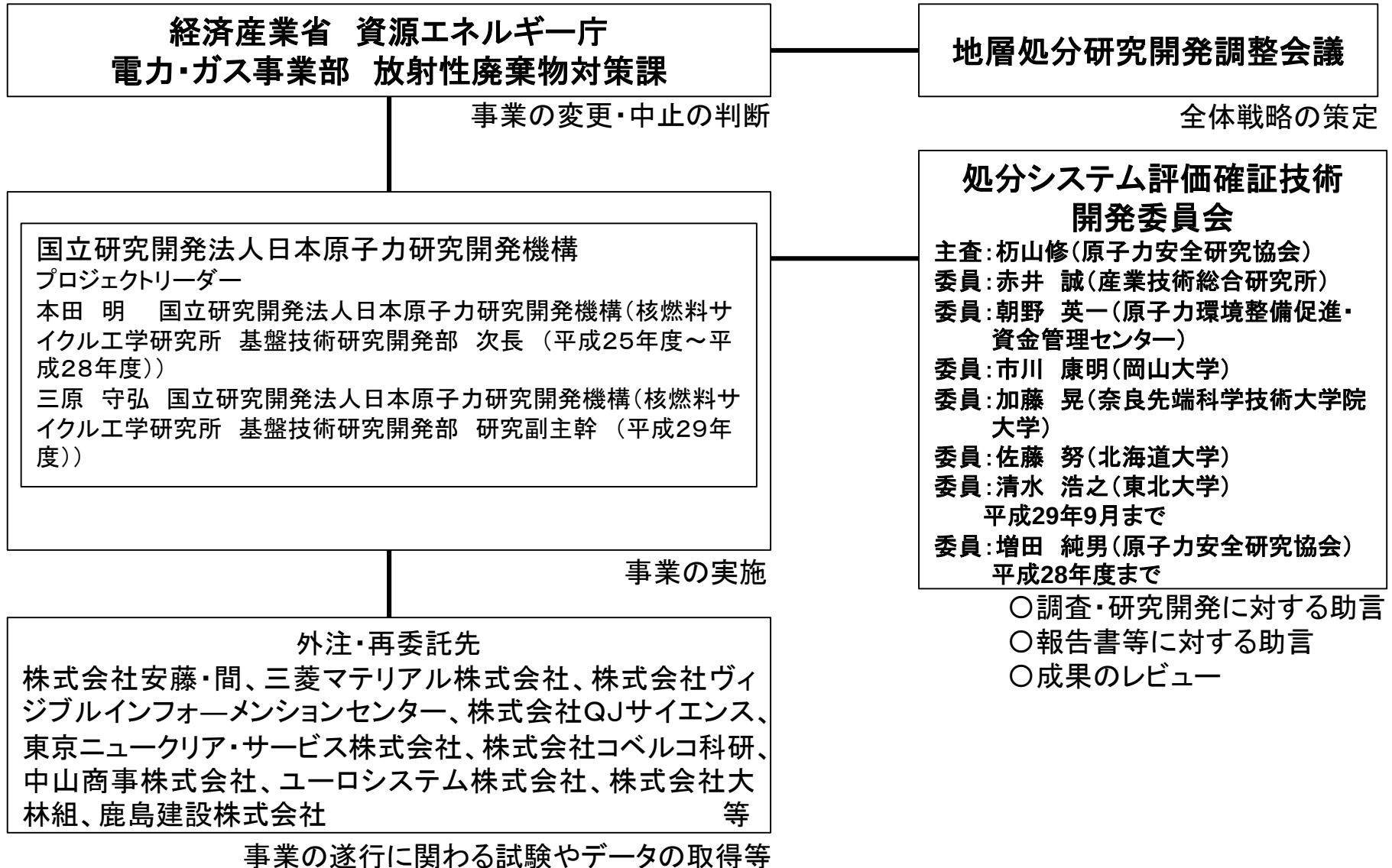
※:NUMO包括的技術報告書(レビュー版)において、本事業の報告書が引用されている。

※※:核種移行を評価するための先端技術及び過酷事象の地層処分システムへの影響に関する評価確証技術2件のプロトタイプを作成。

(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



2. 1. 6 ニアフィールドシステム 評価確証技術開発 (平成30年度)

(1)事業の概要

概 要	廃棄体定置後の過渡的な時期から閉鎖後長期にわたる期間を対象に、ニアフィールド(人工バリアとその近傍の岩盤)環境の長期変遷をより現実的に評価する技術を開発する。
実施期間	平成30年度～平成31年度 (2年間)
実施形態	国からの直執行(委託事業)
予算総額	3.5億円(平成30年度:3.5億円)
実 施 者	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター
プロジェクト リーダー	澤田 淳 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(核燃料サイクル工学研究所 基盤技術研究開発部 ニアフィールド研究グループリーダー) 江守 稔 公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター(処分工学調査研究プロジェクト チーフプロジェクトマネージャー)

(1)事業の概要

□主な成果

- 幅広い実際の地下環境に応じた核種移行評価に向けて、高炭酸条件での岩石中の核種移行データ取得手法を整備した上で、Am及びThのイライトへの収着データ等を取得するとともに(図1)、収着分配係数が低下する傾向とその収着モデルによる再現性を明らかにした。

- 実際の地下環境を活用した実証研究の準備として試験環境の整備、試験孔の湧水量測定を行い、図2の原位置試験イメージに沿って試験装置を設計した。

他の成果については成果報告書(本文)をご参照下さい。

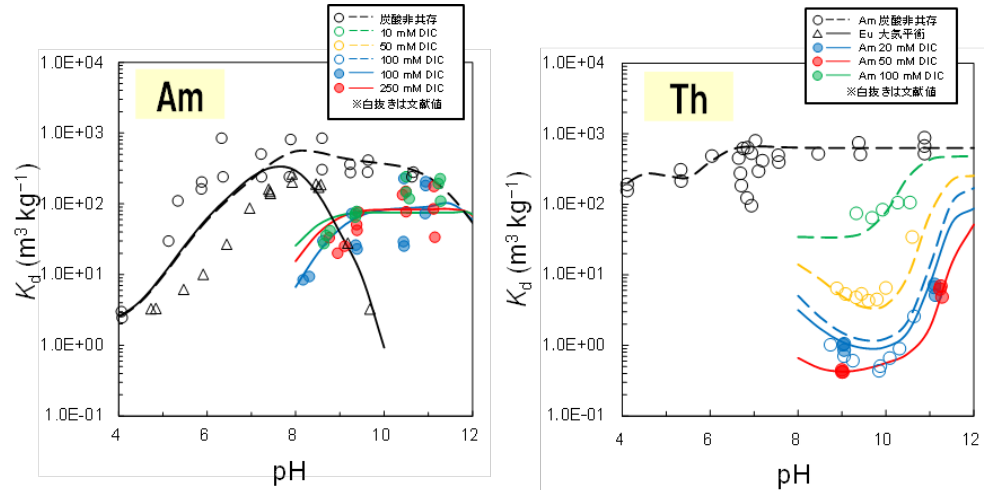


図1 炭酸条件でのイライトへの収着データ(点)とモデル評価(線)

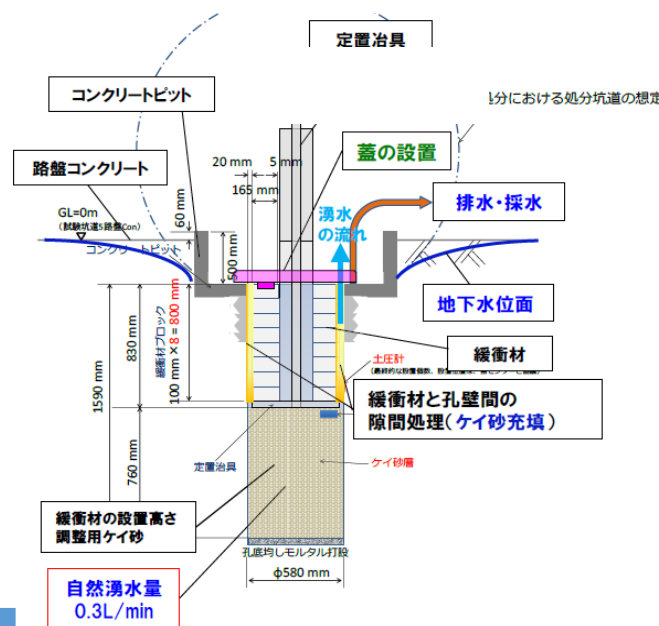


図2 試験装置のイメージ(約1/5スケール)

□全体スケジュール

	H30	H31/R1
ニアフィールド環境変遷に係る個別評価技術の開発	人工バリアの個別現象データ取得・モデル高度化	人工バリアの個別現象データ拡充・モデル検証
ニアフィールド環境変遷を考慮した核種移行評価技術の開発	核種移行データ取得・モデル開発	原位置等データの取得・モデルの適用性評価
ニアフィールド性能の総合評価技術開発	開発アプローチ・プロトタイプ化	試験解析・システム開発課題の抽出

(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)
【指標】 人工バリア及びその周辺岩盤の領域(ニアフィールド)で生じる複雑な現象を考慮できる評価モデルの構築やその確証に必要なデータの取得等を実施する上で必要な検討項目数。	(事業開始時) 事業終了時までに 40項目	—	—
	(中間評価時) 同上	8項目 地下研究施設等の地質環境の特徴や、ニアフィールド環境の長期変遷を考慮した評価に必要なデータ取得・モデル開発等実施	—
	(事業終了時) 同上	—	—
	(事業目的達成時) 同上	—	—
【設定理由・根拠等】 各種技術は、開発過程において、種々の検討項目を達成する必要がある。着実に各検討項目を実施することで、信頼性のある技術が開発され、これが地層処分に対する納得感・安心感の醸成に資すると考えられる。			

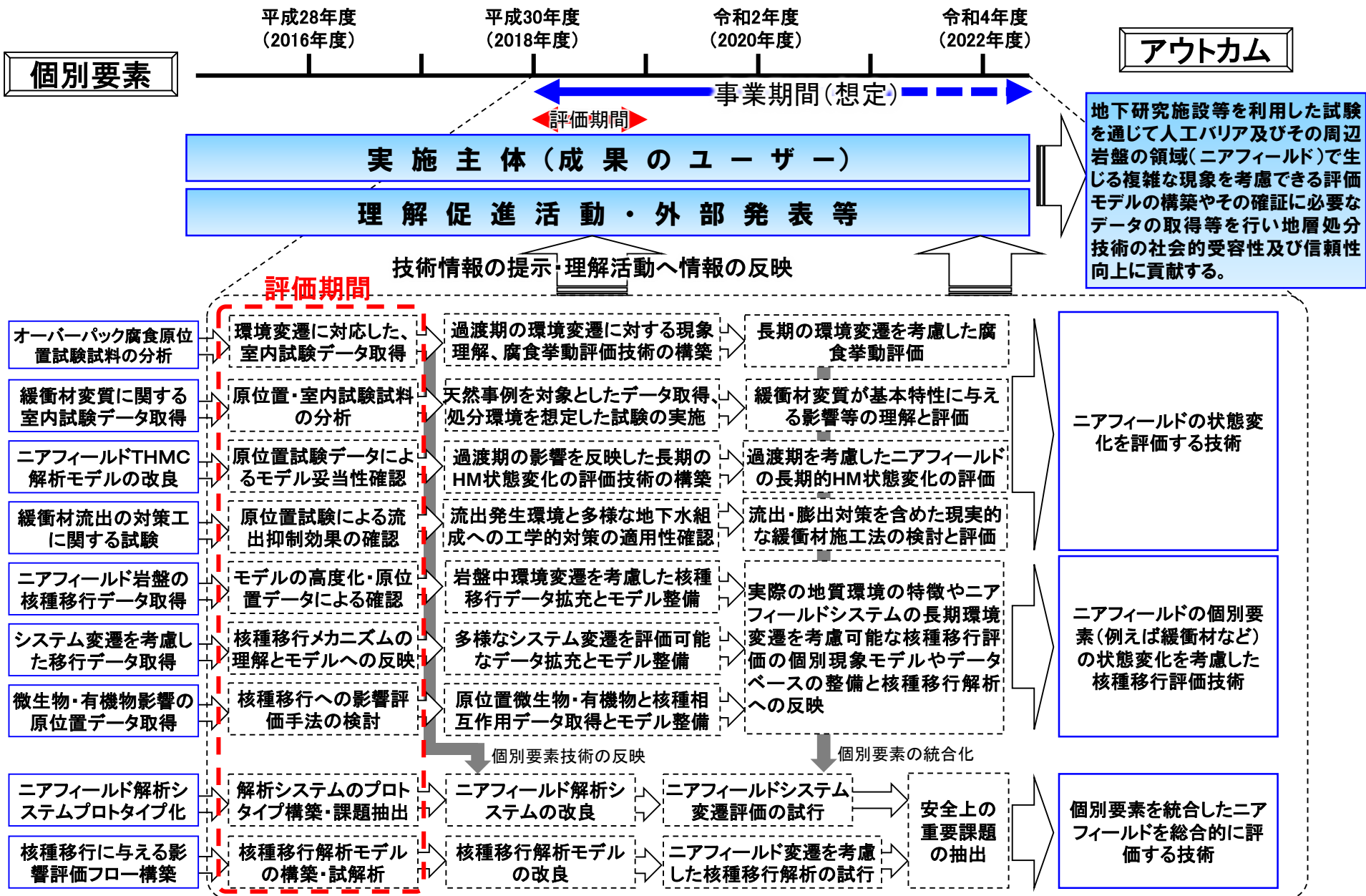
(3)事業アウトプット

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)
【指標】 事業実施によって得られた技術や知見に関する外部発表件数 【設定理由・根拠等】 各種アウトプットの過程においては、種々の要素技術など外部発表が可能な知見が得られる。そこでアウトプットの指標として外部発表件数とする。	(事業開始時) 事業終了時までに複数件の外部発表	一件	—
	(中間評価時) 同上	35 件 亀裂表面の変質が物質移行の遅延効果に与える影響の評価やニアフィールドの長期力学挙動モデルの開発など	—
	(事業終了時) 同上	—	—
	(事業目的達成時) 同上	—	—

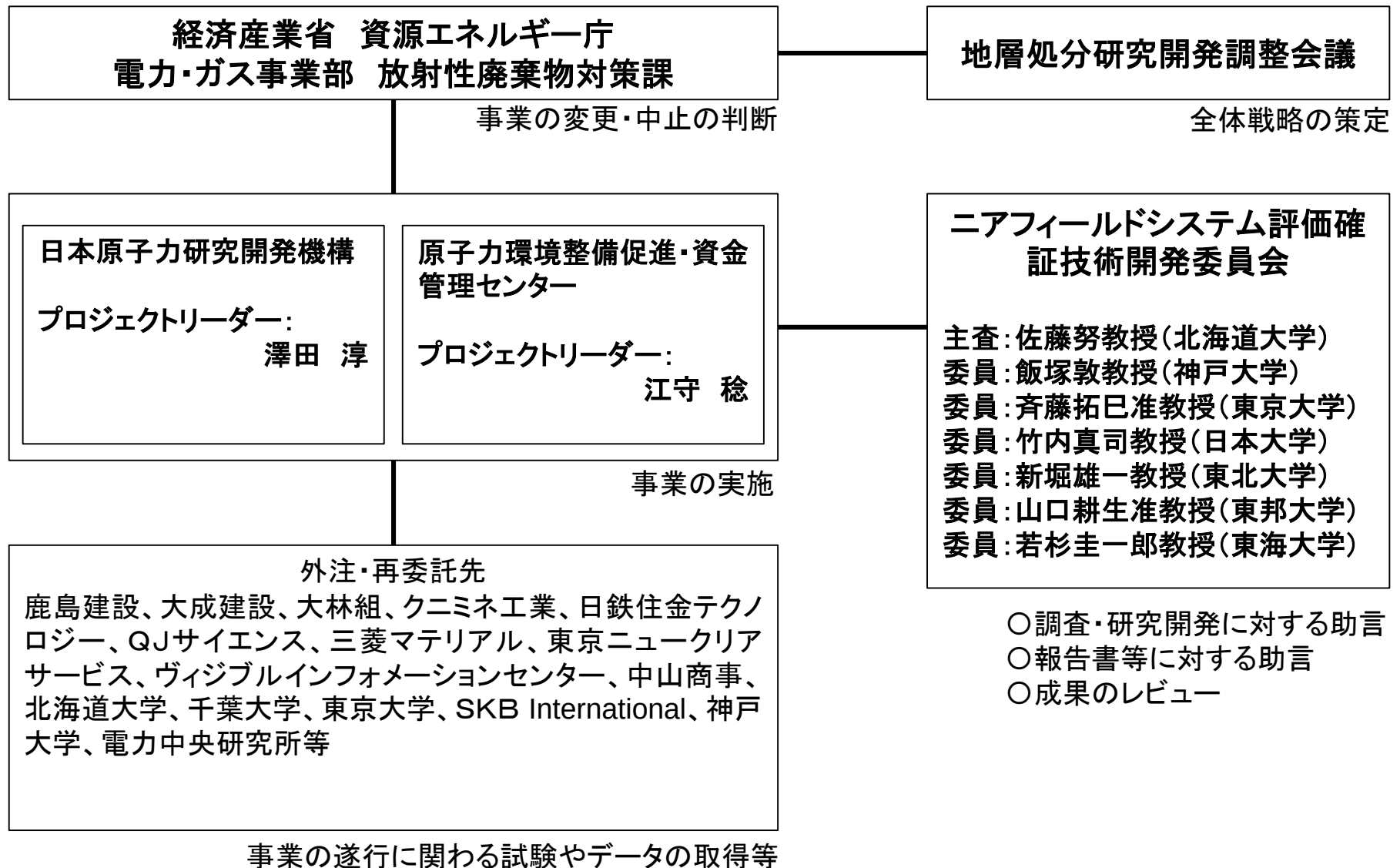
< 共通指標実績 >

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	国際標準への 寄与	プロトタイプの 作成
10	—	—	—	—	—	—

(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



2. 1. 7 処分システム工学確証技術開発 (平成28年度～平成29年度)

(1)事業の概要

概 要	地層処分場の操業期間中における人工バリアの製作・施工技術及びモニタリング技術等の工学技術を、地下研究施設を活用して確認していくとともに、自然災害に対する操業期間中の工学的対策に関する基盤技術の整備を行う。
実施期間	平成28年度～平成29年度（2年間）
実施形態	国からの直執行（委託事業）
予算総額	10.56億円 （平成28年度：5.22億円 平成29年度：5.34億円）
実 施 者	（公財）原子力環境整備促進・資金管理センター (RWMC)
プロジェクト リーダー	江守 稔（RWMC チーフ・プロジェクト・マネジャー）

(1)事業の概要

□ 主な成果

- 人工バリア等の長期的な変化を推定できる手法として、遠心模型試験を実施し、人工バリアと周辺岩盤の変遷挙動に関する100年間相当のデータ等を取得する(図1)と共に長期挙動に影響するパラメータを整理した。
- 諸外国のモニタリングプログラムについて調査を行った。また、モニタリング装置からのデータ転送の無線化に向けて、無線給電に関する室内試験等を実施し(図2)、給電効率等の試験結果を提示した。
- 自然災害に起因する火災に着目し、地下及び地上施設を対象とした解析などを実施し、厳しい火災条件でも放射性物質の放出が生じない(オーバーパックが破損しない; 図3)ことを提示した。

他の成果については成果報告書(本文)をご参照下さい。

□ 全体スケジュール

事業項目	25年度	26年度	27年度	28年度	29年度
1.人工バリア品質/健全性評価 手法の構築－オーバーバック	試験孔掘削、試験装置製作	地下研での溶接部腐食試験の実施	強度評価および欠陥評価		
2.人工バリア品質/健全性評価 手法の構築－緩衝材	試験孔掘削	地下研での緩衝材流出試験の実施	再冠水時を対象としたデータ取得		
3.人工バリアと周辺岩盤の長期 挙動評価手法の構築			遠心模型試験による長期挙動データ取得 要素試験および長期挙動予測解析の実施		
4.モニタリング関連技術の整備		モニタリングプログラムの全体枠組みの構築に資する情報収集	無線通信技術の実証および実用化の見通し確認		
5.自然災害に対する操業期間中の 安全対策に関する基盤技術の開発		作業員の安全確保対策の提示 人工バリアへの火災影響の評価			

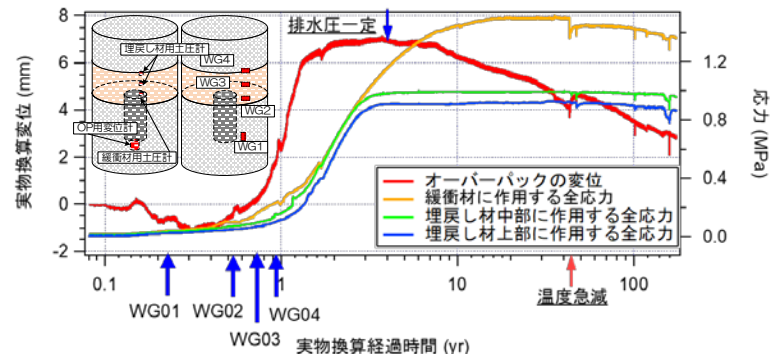


図1 遠心模型試験により100年相当のデータを取得

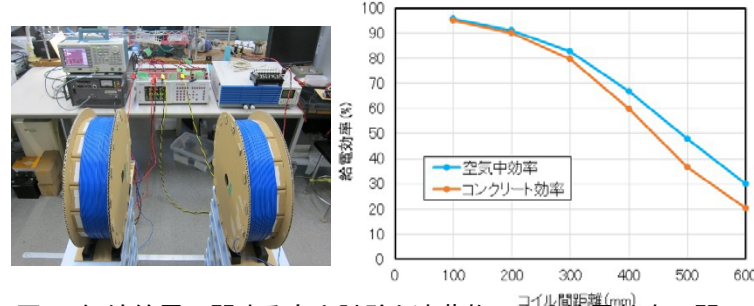


図2 無線給電に関する室内試験と遮蔽物による給電効率に関する試験結果

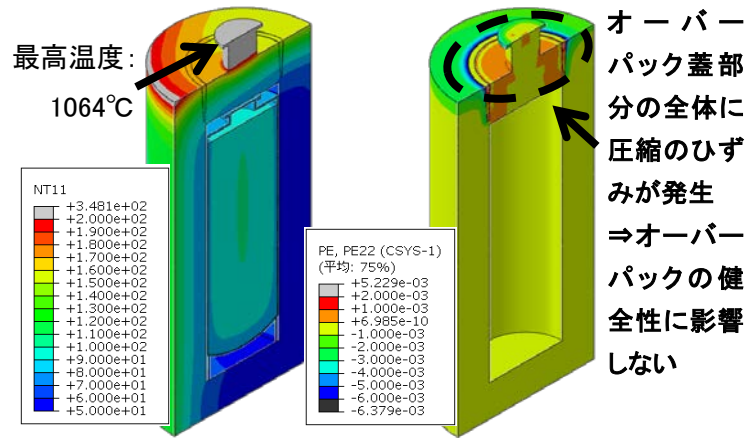


図3 火災を想定した温度状況でのオーバーパック状況解析結果

(2)事業アウトカム

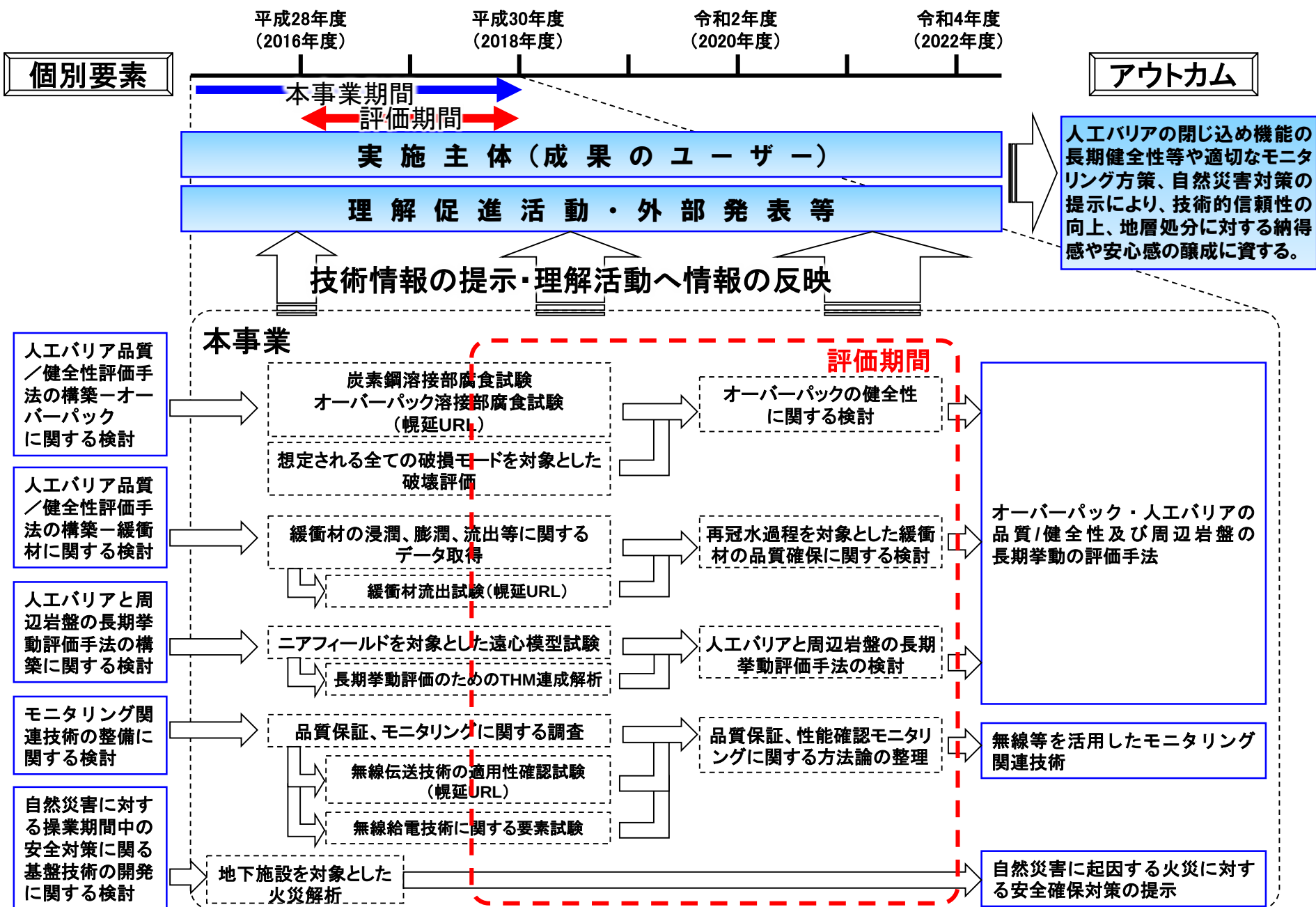
事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
【指標】 人工バリアの閉じ込め機能の長期健全性、適切なモニタリング方策や処分施設の操業中の安全性向上等に向けた検討を実施する上で必要な検討項目数。	(事業開始時) 事業終了時まで 31項目	—	—
	(中間評価時) 同上	24項目 各種試験を実施し必要なデータの取得・解析技術の妥当性の検証を実施した。	—
	(事業終了時) 同上	31項目 - 人工バリアの品質確保や健全性評価に関する民間規格等の策定に資する試験や解析のデータを取得 - モニタリング計画の策定に資する技術情報の整備 - 無線技術の高度化を実施 - 自然災害に起因する火災事象を対象として、処分場の安全性に関する対策等を提示	—
	(事業目的達成時) 同上	同上	—

(3)事業アウトプット

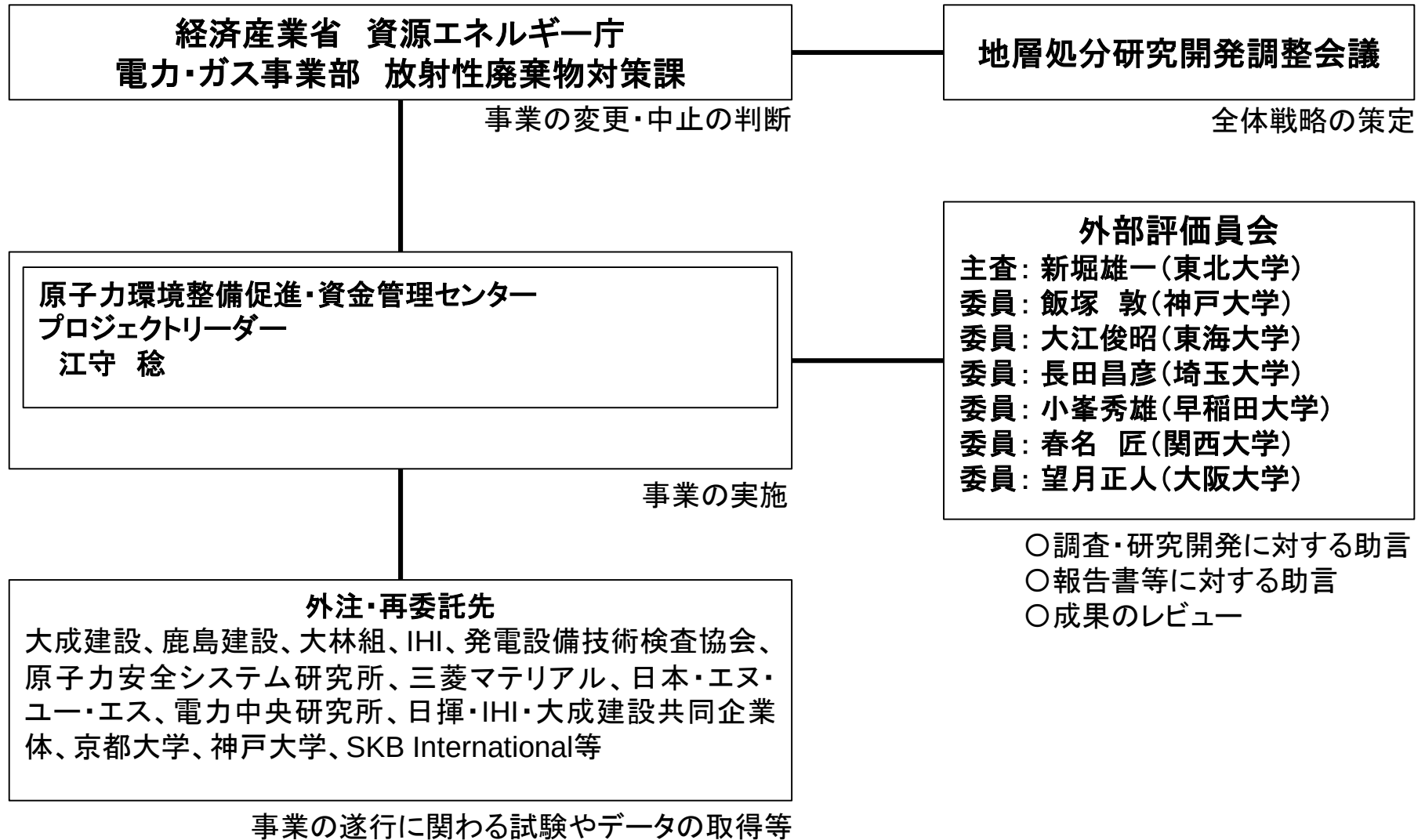
事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
【指標】 事業実施によって得られた技術や知見に関する外部発表件数 【設定理由・根拠等】 各種アウトプットの過程においては、種々の要素技術など外部発表が可能な知見が得られる。そこでアウトプットの指標として外部発表件数とする。	(事業開始時) 事業終了時までに複数件の外部発表	—	—
	(中間評価時) 同上	27件	—
	(事業終了時) 同上	25件 ・オーバーパック溶接部の腐食及び破壊評価について報告 ・緩衝材の流出抑制効果等について報告 ・人工バリアと周辺岩盤の長期挙動評価について報告 ・電磁波を用いた長距離無線伝送及び無線給電装置のコイル設計のためのスケール則等について報告 ・自然災害に対する操業期間中の地層処分施設の安全対策について報告	—
	(事業目的達成時) 同上	52件(合計)	—

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	国際標準への 寄与	プロトタイプの 作成
3	0	0	0	0	0	0

(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



2. 1. 8 地層処分施設閉鎖技術確証試験 (平成30年度)

(1)事業の概要

概 要	処分場の閉鎖後に坑道や掘削影響領域が水みちとなることを防止するためのプラグや埋め戻しなどの坑道シーリングに関する設計・性能評価技術の構築、施工オプションの整備や品質管理手法の高度化に資する基盤情報を整備する。
実施期間	平成30年度～平成31年度 （2年間）
実施形態	国からの直執行（委託事業）
予算総額	5.7億円 （平成30年度：5.7億円）
実 施 者	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター
プロジェクト リーダー	棚井 憲治 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（幌延深地層研究センター 堆積岩処分技術開発GL） 江守 稔 公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター（チーフ・プロジェクト・マネージャー）

(1)事業の概要

□ 主な成果

- 文献調査等により、諸外国で検討されているシーリングシステムに求める安全機能やそれに影響を及ぼす因子を整理した(右上図)。
- 地下500mの坑道を対象として、坑道全断面の吹付け工法による埋め戻し施工試験を実施し(右下図)、吹付け工法による埋め戻しの実現性やその品質管理手法等を実証的に示した。また、多様な地質環境への対応に向けて、岩種の異なる掘削ズリ等を混合した場合の埋戻し材料(ベントナイト)の特性データの取得を開始した。

他の成果については成果報告書(本文、付録1、付録2)をご参照下さい。

□ 全体スケジュール

	2018	2019
製作・施工技術に係る品質保証体系及びモニタリング技術の整備	諸外国の動向調査等	性能確認プログラム案の構築
坑道シーリングの設計・評価技術の整備	文献調査、要件等の整理	物質移行解析評価、設計フローの高度化
シーリング技術の性能確認	室内予備試験、原位置試験準備	力学的相互作用評価手法の構築、止水プラグ機能検証
坑道シーリングに関わる施工技術の整備	吹付け施工試験、埋め戻し材料特性データ整備	埋め戻し材料特性データ整備、施工オプションの整理

諸外国におけるシーリングシステムに求める安全機能

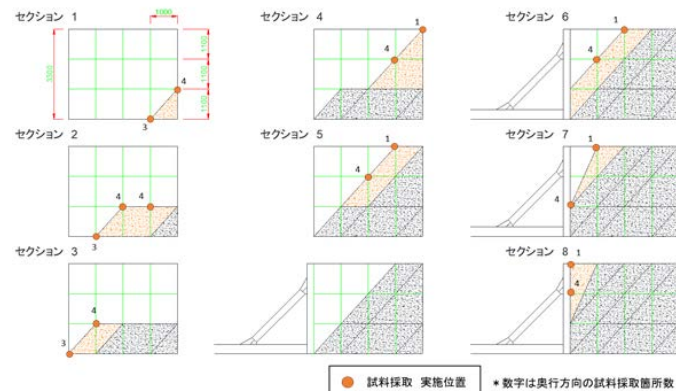
本事業で設定する安全機能	諸外国が設定する安全機能			
	スウェーデン	フィンランド	スイス	フランス*
シーリング部において移流を抑制すること	移流の抑制 ・Limit advective transport ¹⁾	放射性核種の放出制限 ・Limit and retard radionuclide release in the possible event of canister failure ²⁾	シーリングシステムの構成要素に具体的な安全機能は設定されていない。	移流の抑制 ・Preventing water circulation ³⁾
シーリング部において遅延性能を有すること	遅延 ・Retard radionuclide ¹⁾			放射性核種の放出制限 ・Limit release of radionuclides and immobilize them in the repository ³⁾
		遅延 ・Limit and retard radionuclide release in the possible event of canister failure ²⁾		遅延 ・Delay and attenuate migration of radionuclides ³⁾

*フランスはC廃棄物セルにおけるシーリングシステムに求める安全機能を記載

1) SKB (2011), TR-11-01.
2) POSIVA (2012), 2012-09.
3) Andra Dossier 2005 Argile



坑道全断面吹付け工法による埋め戻し施工試験の状況



吹付け施工後の品質確認試料の採取箇所と試験の状況

(2)事業アウトカム

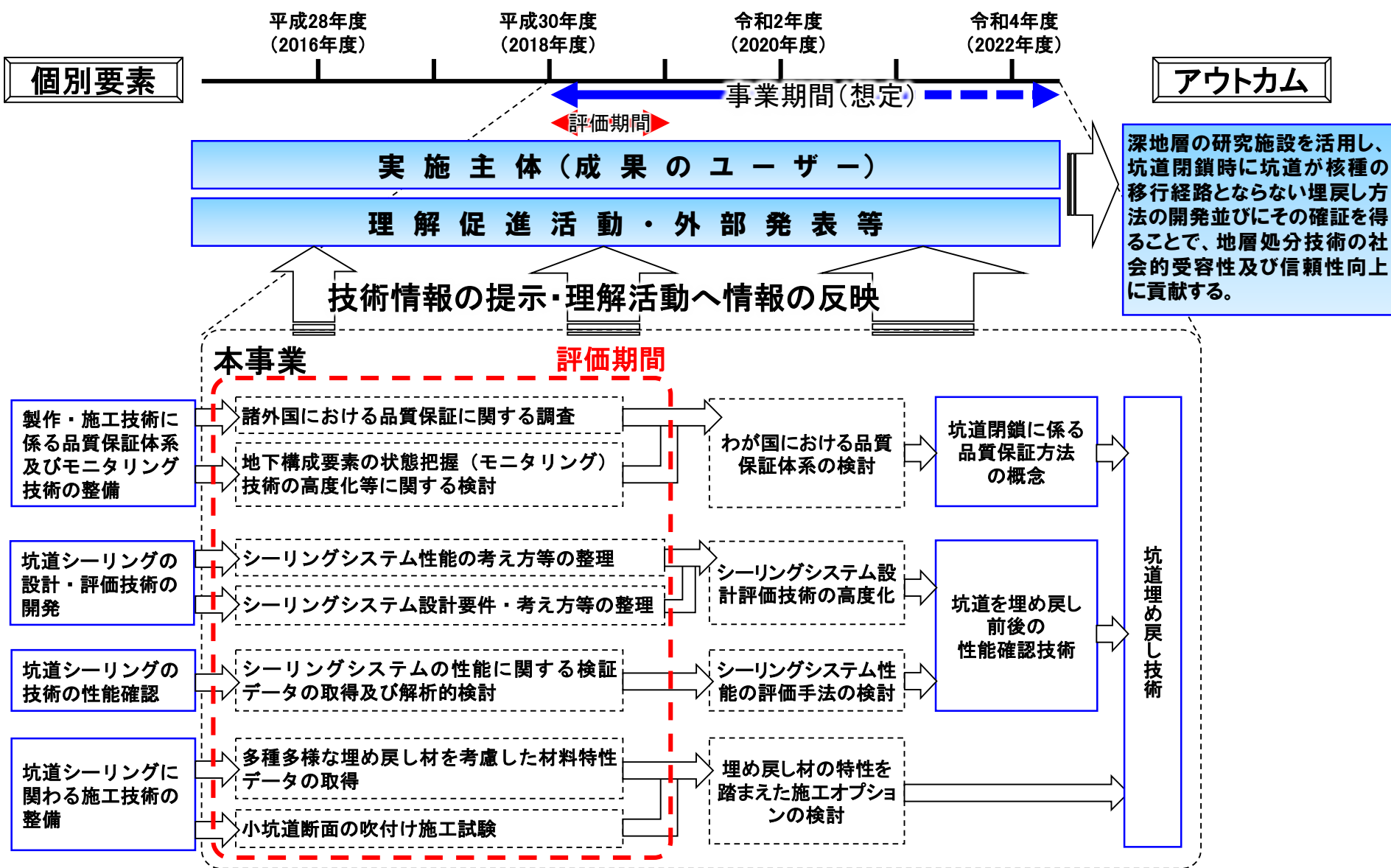
事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
【指標】 実際の地下坑道等を活用し、坑道閉鎖時に坑道が核種の移行経路とならない埋戻し方法の開発並びにその確証を得る上で必要な検討項目数。 【設定理由・根拠等】 各種技術は、開発過程において、種々の検討項目を達成する必要がある。着実に各検討項目を実施することで、信頼性のある技術が開発され、これが地層処分に対する納得感・安心感の醸成に資すると思われる。	(事業開始時) 事業終了時までに 30項目	—	—
	(中間評価時) 同上	6項目 実際の地下坑道を対象に 試行的に吹付け工法による埋戻しを実施した。掘削土(岩種)が埋戻し材としてのベントナイトに与える影響評価に向けた検討を開始した。	—
	(事業終了時) 同上	—	—
	(事業目的達成時) 同上	—	—

(3)事業アウトプット

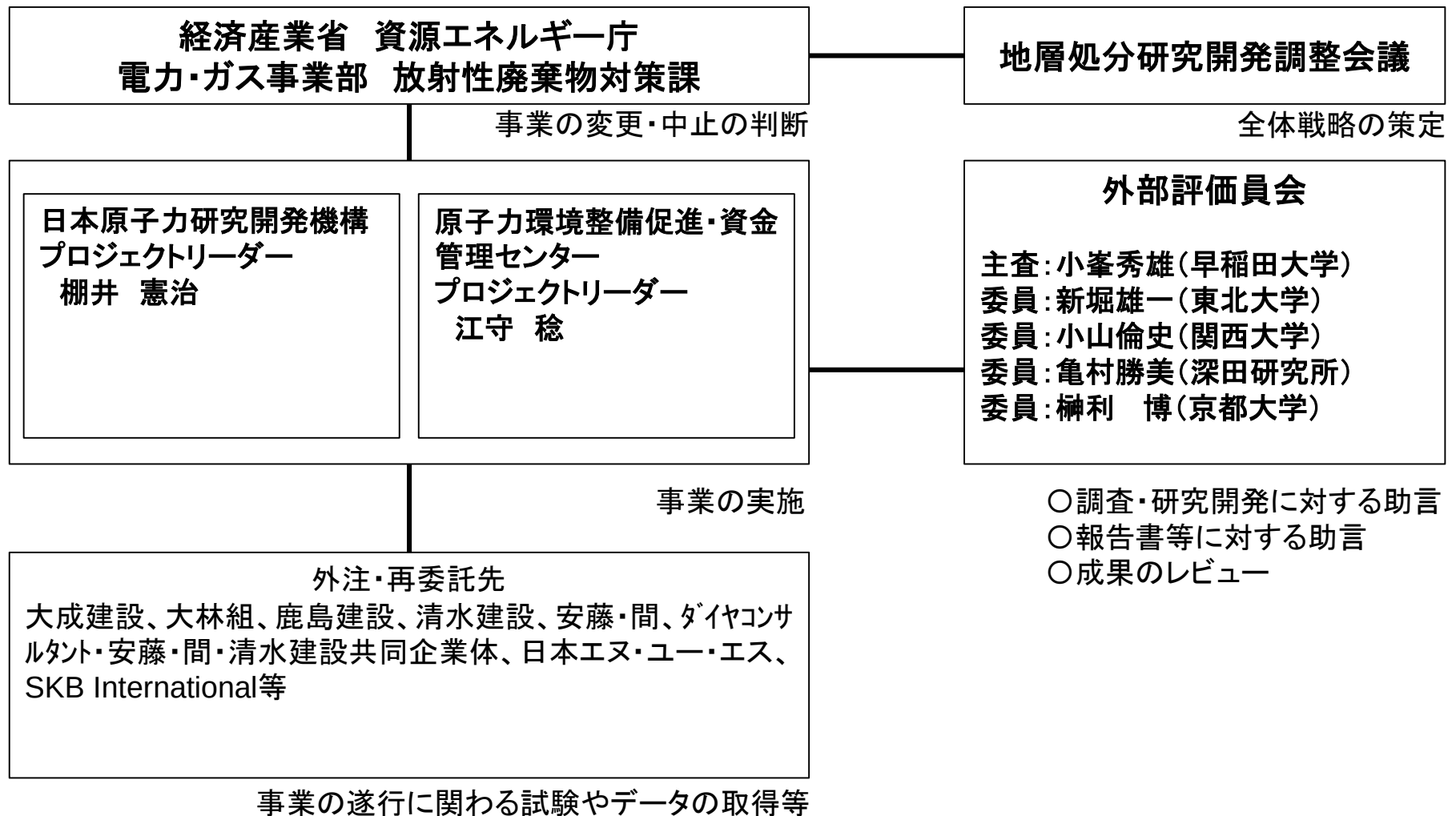
事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
【指標】 事業実施によって得られた技術や知見に関する外部発表件数 【設定理由・根拠等】 各種アウトプットの過程においては、種々の要素技術など外部発表が可能な知見が得られる。そこでアウトプットの指標として外部発表件数とする。	(事業開始時) 事業終了時までに複数件の外部発表	－ 件	—
	(中間評価時) 同上	0 件 特になし。	事業開始1年目であり、試行的な現場試験や既存情報の整理・課題の抽出に注力したため、外部発表はなし。
	(事業終了時) 同上	一件	—
	(事業目的達成時) 同上	一件	—

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	国際標準への 寄与	プロトタイプの 作成
—	—	—	—	—	—	—

(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



2. 1. 9 沿岸部処分システム高度化開発 (平成28年度～平成30年度)

(3)事業の概要

概 要	沿岸部においては、塩水の影響などの沿岸部固有の環境を考慮した地質環境調査技術・工学設計技術・安全評価技術を開発する。
実施期間	平成27年度～平成30年度 （4年間）
実施形態	国からの直執行（下記4者への委託事業）
予算総額	20.6億円 （平成28年度:7.3億円 平成29年度:7.0億円 平成30年度:6.3億円）
実 施 者	産業技術総合研究所、日本原子力研究開発機構、 原子力環境整備促進・資金管理センター、電力中央研究所
プロジェクト リーダー	丸井 敦尚 産業技術総合研究所（総括研究主幹）

(1)事業の概要

□ 主な成果

- 沿岸部に特化した隆起・侵食、断層、火山の調査・評価手法を提示した。加えて、国内113カ所の深部地下水の採取・分析・流動解析の結果、沿岸の地下環境は地下水の水質が層状に分布し570m以深の地下水は安定性が高いことを示した(図1)。
- 沿岸部の地下水の水質を考慮して、オーバーパックの腐食試験を行った結果、水質と腐食形態の定量的な関係を把握できたと共に、品質を改良した材料(品質改良材料)を用いることで溶接部が局所的に腐食しない見通しが得られ、品質改良材料の有効性を確認した(図2)。

他の成果については成果報告書([本文](#))をご参照下さい。

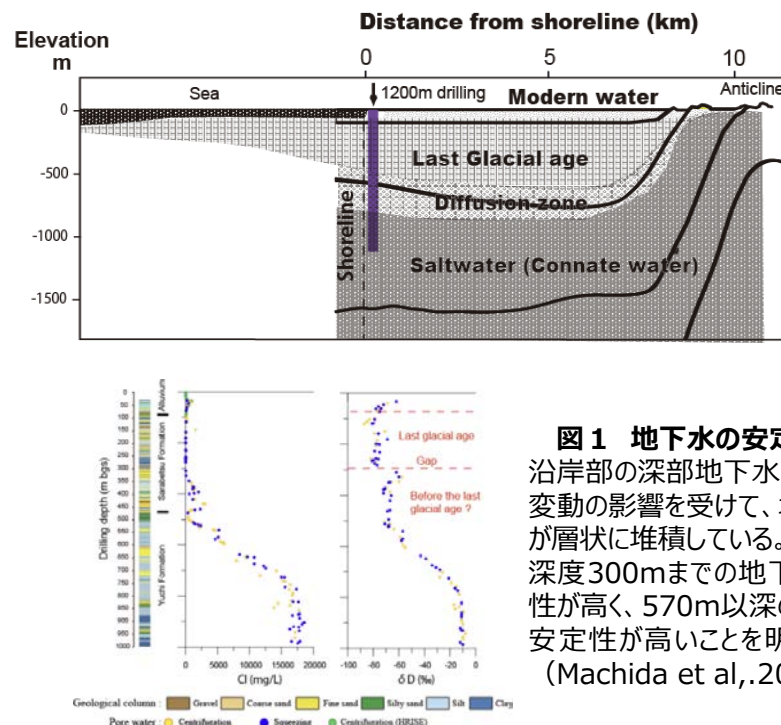


図1 地下水の安定性評価

沿岸部の深部地下水は、海水準変動の影響を受けて、塩水と淡水が層状に堆積している。深度300mまでの地下水は流動性が高く、570m以深の地下水は安定性が高いことを明らかにした(Machida et al., 2019)。

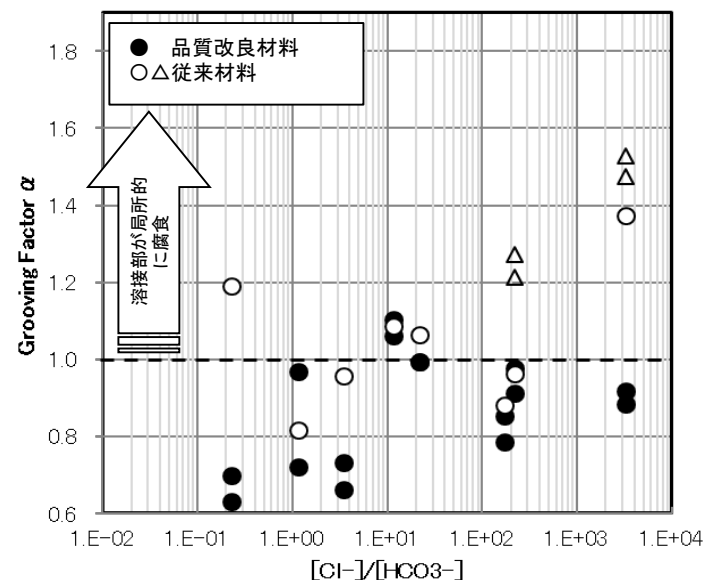


図2 工学技術の高度化開発における成果の例

□ 全体スケジュール

沿岸部処分システム高度化開発	平成27年度 (12/25～)	平成28年度	平成29年度	平成30年度
沿岸海底下等における地層処分の技術的課題に関する研究会	第1回研究会 第2回研究会 ▼ 1/26 ▼ 3/22			
(1) 沿岸部における地質環境の調査技術の高度化開発	既存文献調査 & 課題整理	沿岸部における隆起浸食、火成活動、断層活動の調査・評価手法の開発、 既存技術の最適化、適用事例の蓄積		
① 沿岸部の地質環境調査・評価技術に関する検討		地下水年代測定手法の体系化と採水技術の高精度化 地化学特性を考慮した深部地下水環境測定		
② 沿岸部地下水調査技術に関する検討		地下水年代や地化学特性をふまえた地下水流動解析ならびに既存情報の集積・DB化 実データによる深部地下水統合化解析・評価(システムティック区分の整理)		
③ 沿岸部の地下水調査システムの研究に資する基盤情報の整備				
(2) 沿岸部における工学技術の高度化開発	既存文献調査 & 課題整理	個別材料に関する腐食、劣化・変質等の影響把握の試験(現象把握、データ取得、モデル構築等)		
① 沿岸部における地層処分のための工学技術の検討及び関連情報の整理		グラウト設計・影響評価技術の高度化、システム成立性と品質確保方法の開発		
② 人工バリア材料等を対象とする劣化や変質に関する現象の把握		・既存の知見 ・課題の整理 ・特性データ(基本)取得 ・特性データ(長期安定性)取得	・特性データ(基本)取得 ・特性データ(長期安定性)取得 ・長期挙動の現象理解 ・モデル化・数値解析への適用検討	・長期挙動の現象理解 ・モデル化・数値解析への適用検討 ・グラウトガイドライン・DB更新 ・統合技術としての有効性確認
③ グラウト設計及び影響評価技術の開発				
④ ニアフィールド領域での処分システム構成材料の成立性と品質確保の方法の提示				
(3) 安全評価技術	既存文献調査 & 課題整理	データ拡充方針、現象論モデル・核種移行評価モデルの更新、パラメータ設定手法の検討・整備、影響評価・不確実性評価への着手	評価の手法構築: ・具体的な評価方法の既存情報に基づく分析・整備	
① 評価の枠組みの整備			モデル・パラメータ整備	
② 核種移行モデル・パラメータ整備及び影響評価			・沿岸部固有の場の特徴やその変遷の評価手法の調査・評価試行 ・沿岸部固有の場の特徴やその変遷の影響を定量的に評価するための基盤情報としてのデータ拡充	
③ 生活圏評価モデル・パラメータ整備及び影響評価		生活圏評価モデルの更新、パラメータ設定手法の検討・整備、影響評価・不確実性評価への着手		
		委員会の設置・運営 第1回 第2回 第3回 ▼ ▼ ▼	委員会の設置・運営 第1回 第2回 第3回 ▼ ▼ ▼	委員会の設置・運営 第1回 第2回 第3回 ▼ ▼ ▼
				取りまとめ

(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)
【指標】 沿岸部の特性に関連する課題の解決に向けた取組を着実に進める上で必要な検討項目数。	(事業開始時) 事業終了時まで 45項目	— 項目	—
	(中間評価時) 同上	18項目 沿岸海底下等における地層処分の技術的課題に関する研究会の取りまとめを受け、既存資料や既往の研究実績をまとめて、事業計画を策定した。	他事業に比べてスタートが実質的に2年遅れたため、初年度(3か月間のみ)の成果で中間評価を受けた。
	(事業終了時) 同上	45項目 地質環境分野においては、沿岸域特有の調査技術を取りまとめ、工学技術分野では塩水環境下の実験データを蓄積し、沿岸部における安全評価モデルの構築も実施した。	—
	(事業目的達成時) 同上	45項目	—

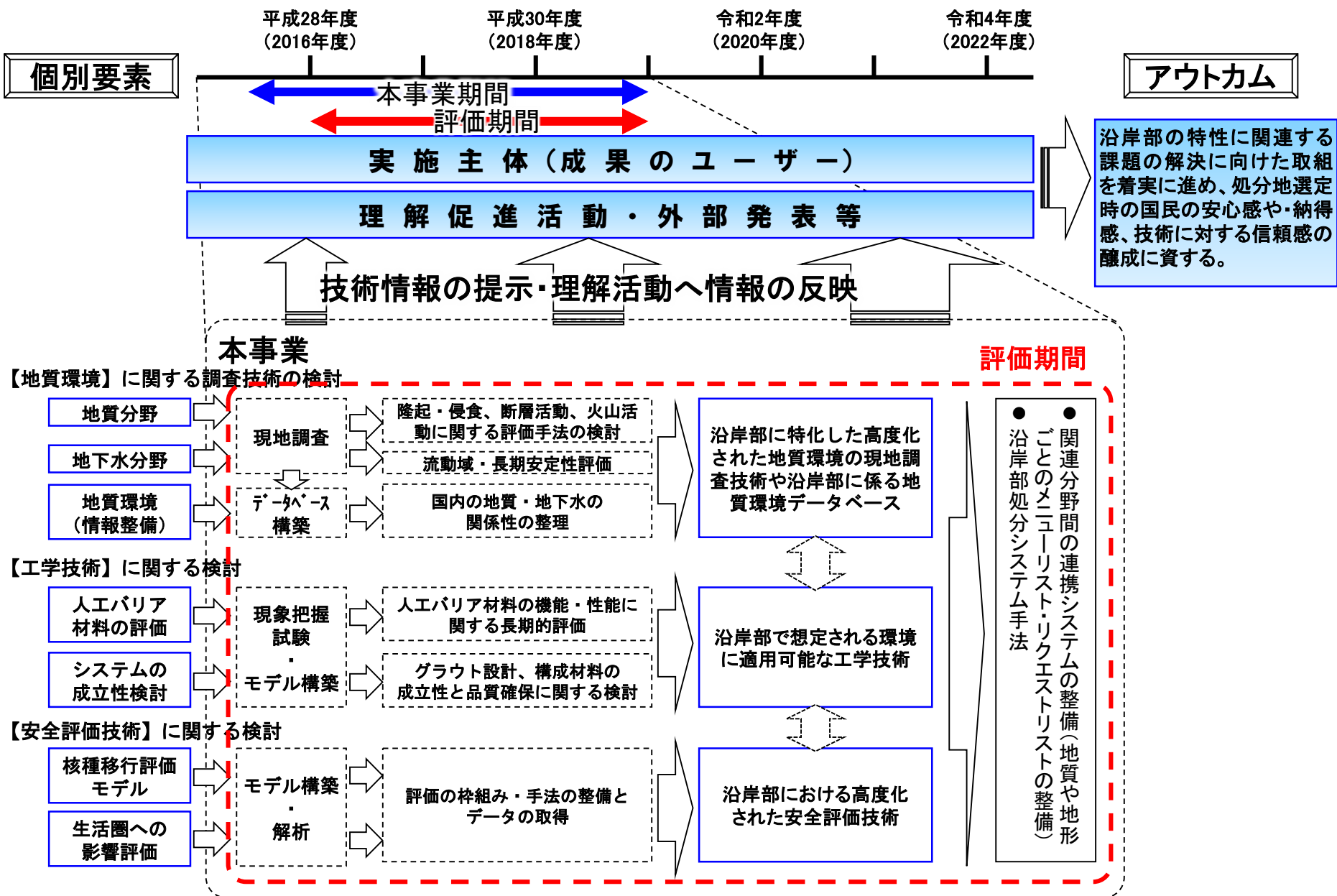
(3)事業アウトプット

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)
【指標】 事業実施によって得られた技術や知見に関する外部発表件数 【設定理由・根拠等】 各種アウトプットの過程においては、種々の要素技術など外部発表が可能な知見が得られる。そこでアウトプットの指標として外部発表件数とする。	(事業開始時) 事業終了時までに複数件の外部発表	—	—
	(中間評価時) 同上	0 件	初年度(3か月間)で中間評価を受けたため。
	(事業終了時) 同上	66件(論文 5件、特許 4件、データベース 2件を含む) 国内の沿岸陸域に関するデータ(約80万件)の整理・解釈や当該領域の調査・評価手法を例示	—
	(事業目的達成時) 同上	66 件	—

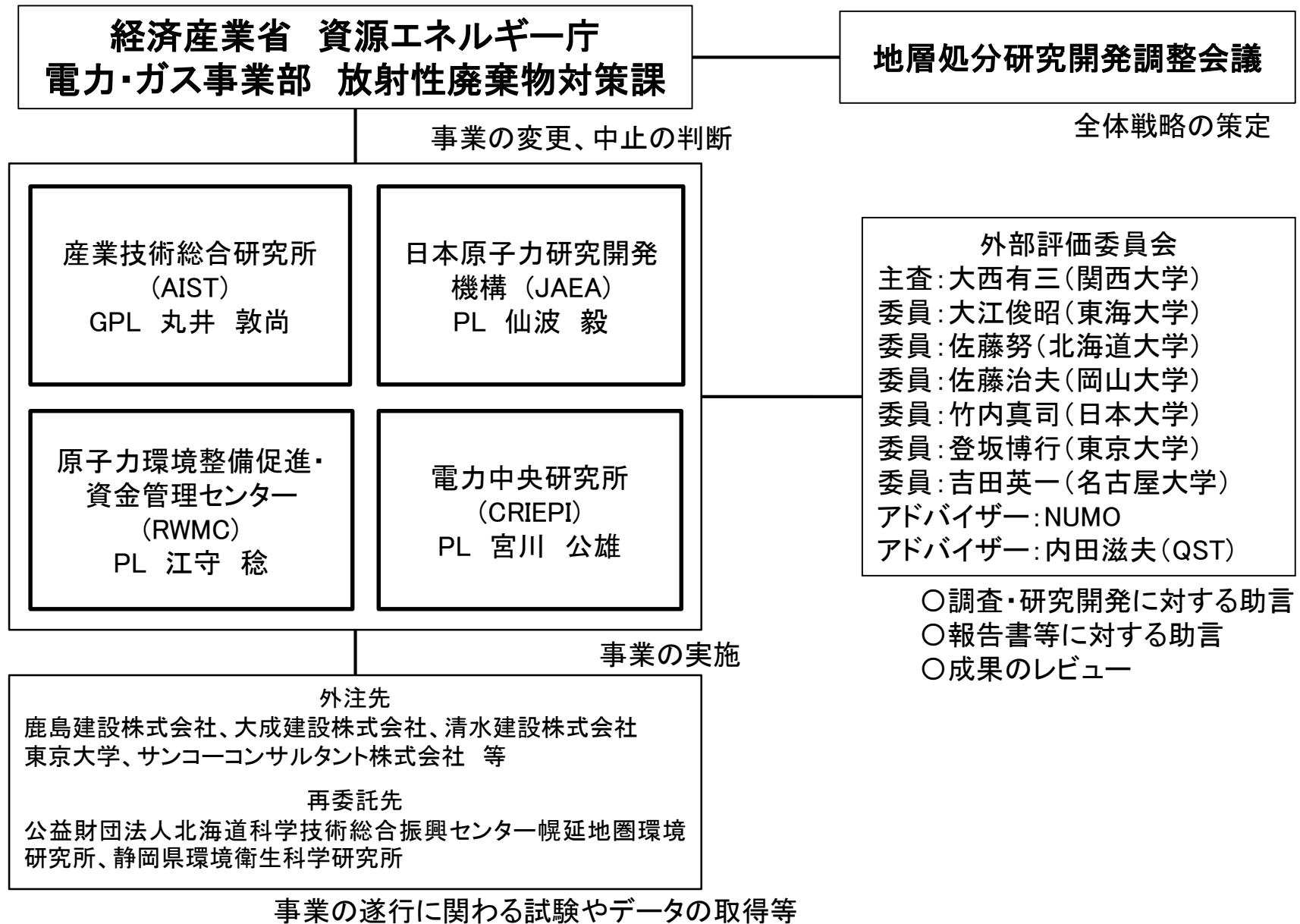
<共通指標実績>

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	国際標準への 寄与	プロトタイプの 作成
5	—	4	—	—	—	—

(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



2. 1. 10 TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発 (平成28年度～平成29年度)

(1)事業の概要

概 要	TRU廃棄物処分における新しい固化技術や固化体からの放射性ヨウ素や炭素の長期溶出挙動評価のための技術の開発、人工バリア材の長期挙動、ガス移行挙動の評価に関する技術開発等を行う。
実施期間	平成28年度～平成29年度（2年間）
実施形態	国からの直執行（委託事業）
予算総額	8.4億円 （平成28年度：4.2億円 平成29年度：4.2億円）
実 施 者	公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター
プロジェクト リーダー	大和田 仁 公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター （処分材料調査研究プロジェクト チーフ・プロジェクト・マネジャー）

(1)事業の概要

□ 主な成果

- ヨウ素129閉じ込め能力の向上に向けて、様々な環境における溶出データを蓄積し、各代替固化技術の環境適応性を明らかにした(図1)。
- 実際の廃棄物(照射済み燃料被覆管)の浸漬試験を実施し、 ^{14}C の溶出挙動に関わるデータを取得した。廃棄物からの溶出・移行に関するより現実的な評価の入力条件として、 ^{14}C の長期的な放出形態を定量的に分析し、溶存有機形態、無機成分及びガス成分の割合の経時変化を明らかにした(図2)。また、ベントナイトのアルカリ変質に関するナチュラルアナログ研究、セメント系材料ーベントナイト相互作用に関するデータを拡充し、評価手法を高度化した。

他の成果については成果報告書(本文)をご参照下さい。

□ 全体スケジュール

	H25	H26	H27	H28	H29
(1) ヨウ素129対策技術の信頼性向上				ヨウ素代替固化体の性能評価	
				長期浸出試験/ヨウ素溶出挙動の解明	
(2) 炭素14長期放出挙動評価		照射済み燃料被覆管(ジルコイ)の浸漬試験/腐食挙動の解明/炭素14放出速度の評価		炭素14の化学形態の調査	
(3) ナチュラルアナログ調査		NAサイトの調査		アルカリ環境下のベントナイトの長期変質プロセスとその時間スケールの評価	
(4) 人工バリア材料長期挙動評価・人工バリア評価の初期条件の設定				化学・力学連成挙動に係る試験	
				連成挙動評価モデルの構築/人工バリア長期挙動評価	
				熱影響等の初期値への影響に関する検討/初期条件の設定の検討	
(5) ガス移行連成挙動評価手法の開発				ガス移行評価シナリオの拡充	
				ガス移行連成挙動に係る試験	
				ガス移行連成評価モデルの構築/人工バリアシステムの影響評価	

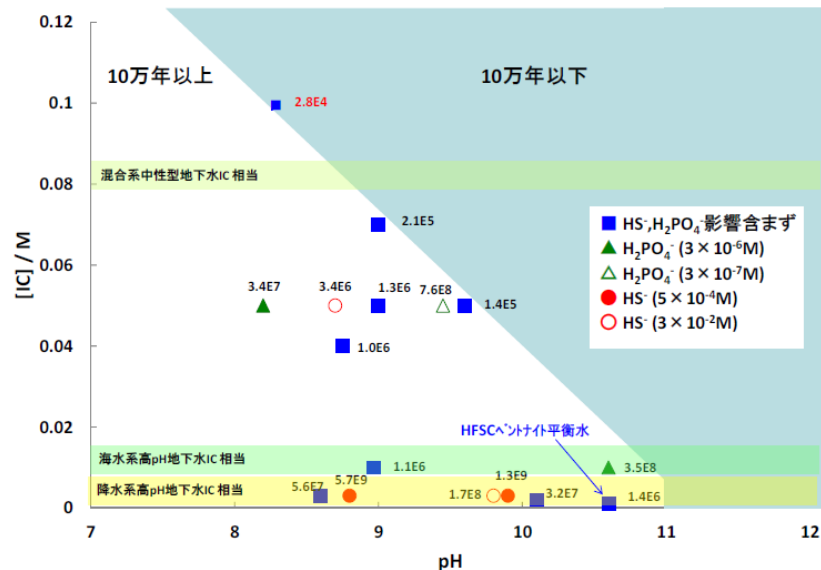


図1 BPIガラス固化体の寿命評価
(pH11以下であり、かつ、無機炭素(IC)濃度が0.1M以下の環境であれば、目標性能である10万年閉じ込めを達成できる見通しが得られた)

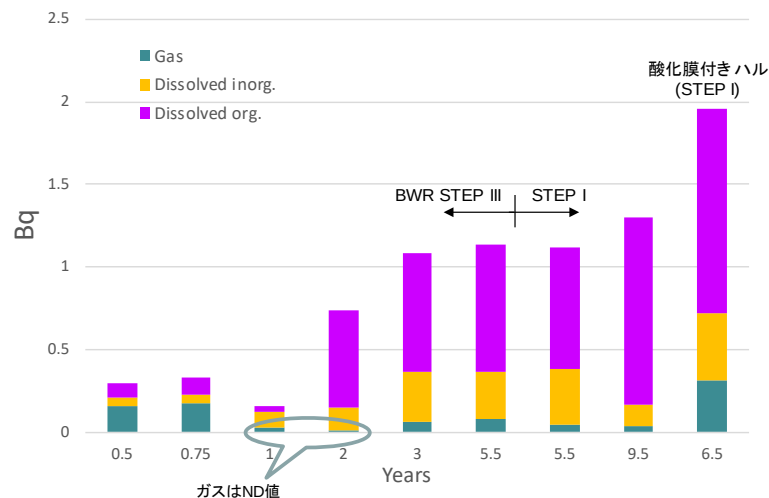


図2 照射済み燃料被覆管(BWR)から放出されたC14の化学種割合の経時変化

(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)
【指標】 TRU廃棄物の処理・処分技術に係る課題を解決する上で必要な検討項目数。 【設定理由・根拠等】 課題解決の過程においては、種々の検討項目を達成する必要がある。着実に各検討項目を実施することで、信頼性のある技術が開発され、これが地層処分に対する納得感・安心感の醸成に資すると考えられる。	(事業開始時) 事業終了時まで 94項目	—	—
	(中間評価時) 同上	74項目 TRU廃棄物固有の課題解決に向けた材料の試作や各種試験に着手した。	—
	(事業終了時) 同上	94項目 TRU廃棄物固有の課題として、人工バリアの長寿命化の検討、ガス移行挙動の評価に関する検討を実施した。	—
	(事業目的達成時) 同上	94項目	—

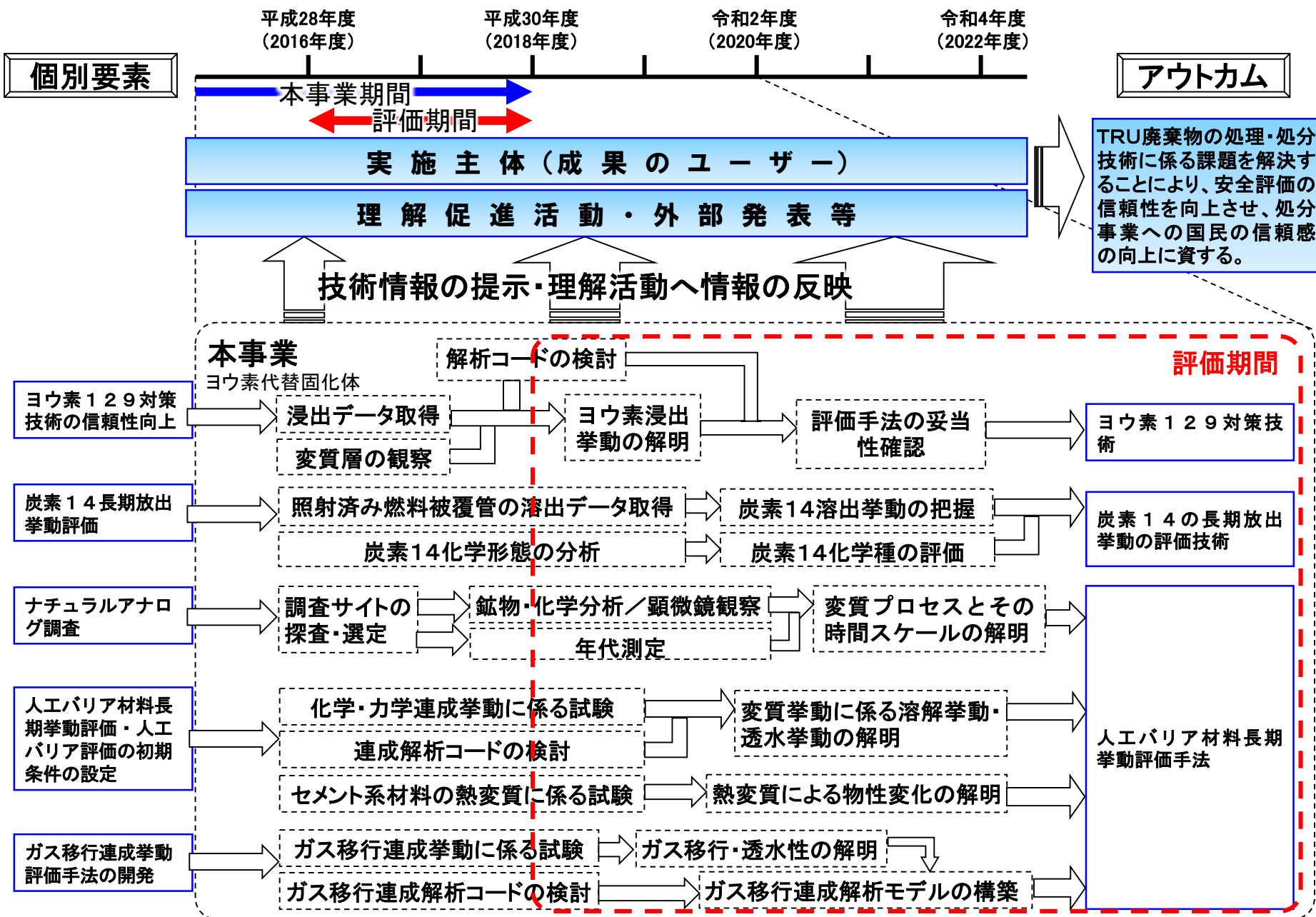
(3)事業アウトプット

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)
【指標】 事業実施によって得られた技術や知見に関する外部発表件数 【設定理由・根拠等】 各種アウトプットの過程においては、種々の要素技術など外部発表が可能な知見が得られる。そこでアウトプットの指標として外部発表件数とする。	(事業開始時) 事業終了時までに複数件の外部発表	—	—
	(中間評価時) 同上	65件 BIPガラスによるヨウ素固定の可能性を得ると共に各種試験に着手し着実にデータを取得した。	—
	(事業終了時) 同上	125件(合計) BPIガラスのI浸出機構やナチュラルアナログを活用してベントナイトのアルカリ変質プロセスの時間スケール等の解明を実施。また、ベントナイト中のガス移行特性、照射済み燃料被覆管の ¹⁴ Cの溶出挙動について評価した。	—
	(事業目的達成時) 同上	125件	—

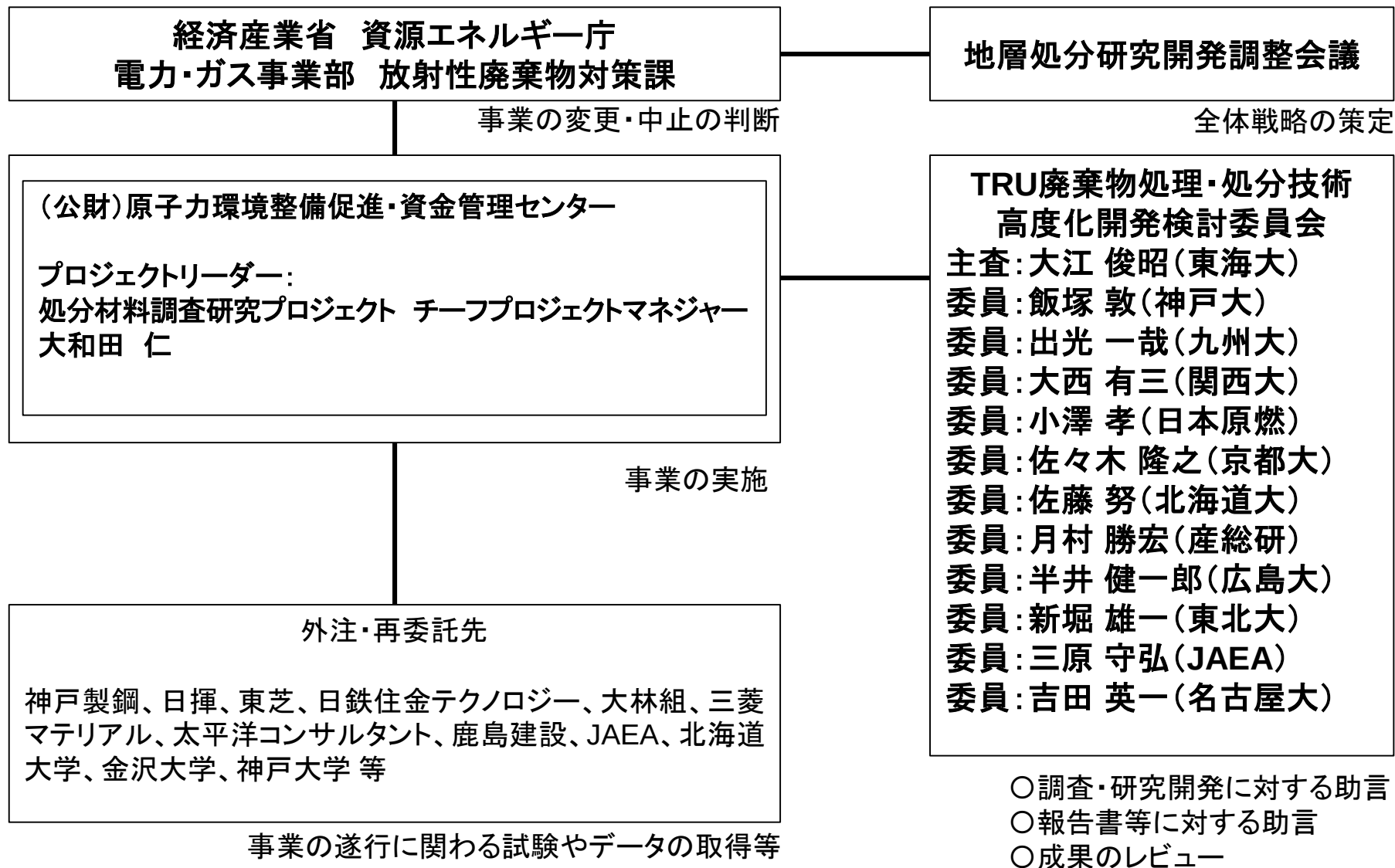
<共通指標実績>

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	国際標準への 寄与	プロトタイプの 作成
12	—	0	0	0	0	0

(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



2. 1. 11 TRU廃棄物処理・処分に関する技術開発 (平成30年度)

(1)事業の概要

概 要	TRU廃棄物処分固有の課題を踏まえた、人工バリアの閉じ込め機能の向上や坑道閉鎖前の安全性の評価に向けた技術開発を行う。
実施期間	平成30年度～令和元年度 （2年間）
実施形態	国からの直執行
予算総額	5.6億円 (平成30年度:5.6億円)
実 施 者	公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
プロジェクト リーダー	大和田 仁 公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター(処分材料調査研究プロジェクト チーフ・プロジェクト・マネジャー) 三原 守弘 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(核燃料サイクル工学研究所 基盤技術研究開発部 研究副主幹)

(1)事業の概要

□ 主な成果

- TRU廃棄物の廃棄体パッケージの製作手順を検討し、内部充填剤(セメントペースト)の乾燥により放射線分解による水素ガス発生を抑制できる定量的な見通しを得た(図1)。
- 火災発生時のアスファルト固化体の延焼に伴う硝酸塩と有機物の化学反応の促進の可能性を評価するために、模擬アスファルト固化体の熱量測定を開始した。
- 廃棄体からのガス発生の影響評価に向けて、予察解析を実施してモックアップ(図2)によるガス移行試験計画を策定した。

他の成果については成果報告書(本文、付録)をご参照下さい。

□ 全体スケジュール

	H30	R1
(1) TRU廃棄物に対する人工バリアの閉じ込め機能の向上	廃棄体パッケージの製作技術・長期性能評価の課題の抽出 ヨウ素代替固化体(アルミナ固化体、BPIガラス固化体)の溶出試験	蓋接合(溶接)・内部充填材に係る要素試験
(2) 閉鎖前安全性の評価技術の整備	模擬固化体の熱量測定(昇温速度依存性)	模擬固化体の熱量測定(塩濃度変化等) 発熱速度モデル改良・モデル妥当性確認
(3) 地層処分システムの状態設定のための現象解析モデルの高度化	加工・分析方法の検討(エンドピース) セメント(HFSC)の反応に係る試験準備・予備試験 ナチュラアナログ(NA)データ取得 モックアップ試験の試験準備・予備解析 ガス移行場の変遷・ガス発生挙動の検討 有機物(ISA)の影響に係る試験準備・予備試験	浸漬試験(ハル) 核種分布の評価(エンドピース) モデル解析・試料分析・試験データ取得 試料分析・NAデータ取得 モックアップによる注水浸漬試験 ガス移行場の変遷・ガス発生挙動の評価 収着試験・溶解度試験

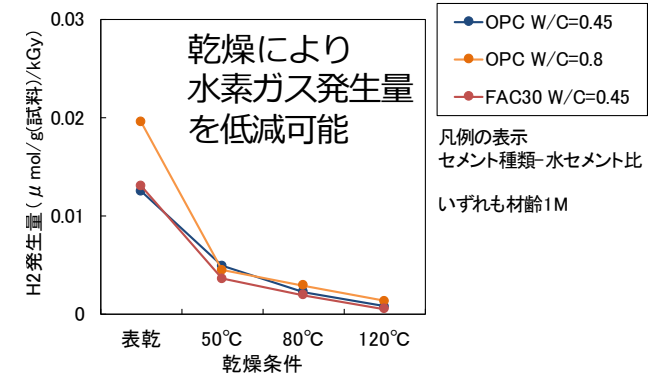


図1 セメントペーストと水素ガス発生量の評価

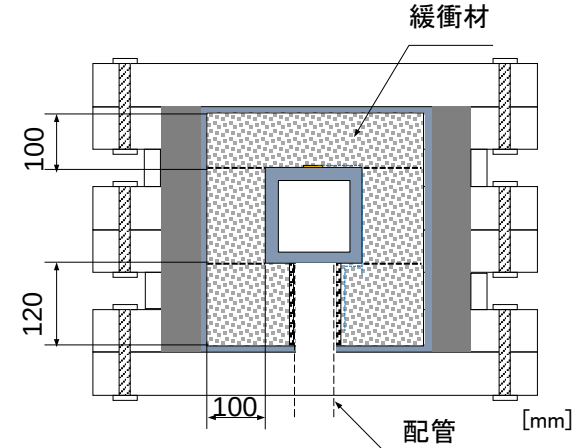


図2 ガス移行試験用のモックアップ試験装置

(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)
【指標】 TRU廃棄物処分の係る新しい 固化技術、固化体からの放射性 ヨウ素、炭素の長期溶出挙動評 価のための技術の開発や、人工 バリア材の長期挙動等に関する 研究開発等を実施する上で必要 な検討項目数。 【設定理由・根拠等】 課題解決の過程においては、 種々の検討項目を達成する必 要がある。着実に各検討項目を 実施することで、信頼性のある 技術が開発され、これが地層処 分に対する納得感・安心感の醸 成に資すると考えられる。	(事業開始時) 事業終了時まで 45項目	—	—
	(中間評価時) 同上	9項目 既存の知見に基づき課題 の整理、事業の計画の策 定、試験やモデル開発の準 備を実施	—
	(事業終了時) 同上	—	—
	(事業目的達成時) 同上	—	—

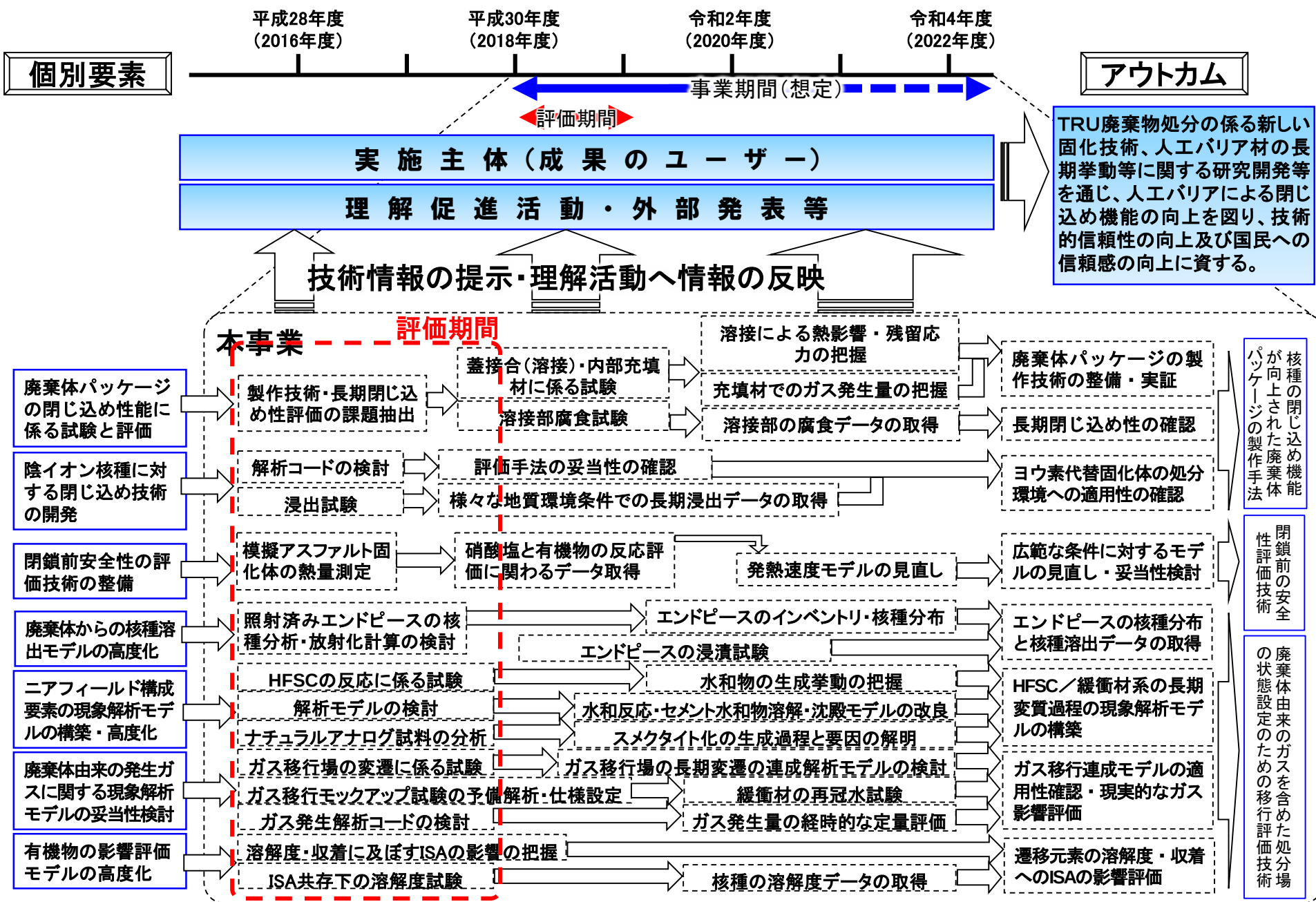
(3)事業アウトプット

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)
【指標】 事業実施によって得られた技術や知見に関する外部発表件数 【設定理由・根拠等】 各種アウトプットの過程においては、種々の要素技術など外部発表が可能な知見が得られる。そこでアウトプットの指標として外部発表件数とする。	(事業開始時) 事業終了時までに複数件の外部発表	—	—
	(中間評価時) 同上	0 件	既存の知見に基づき課題の整理、事業の計画の策定、試験やモデル開発の準備を実施したため。
	(事業終了時) 同上	—	—
	(事業目的達成時) 同上	—	—

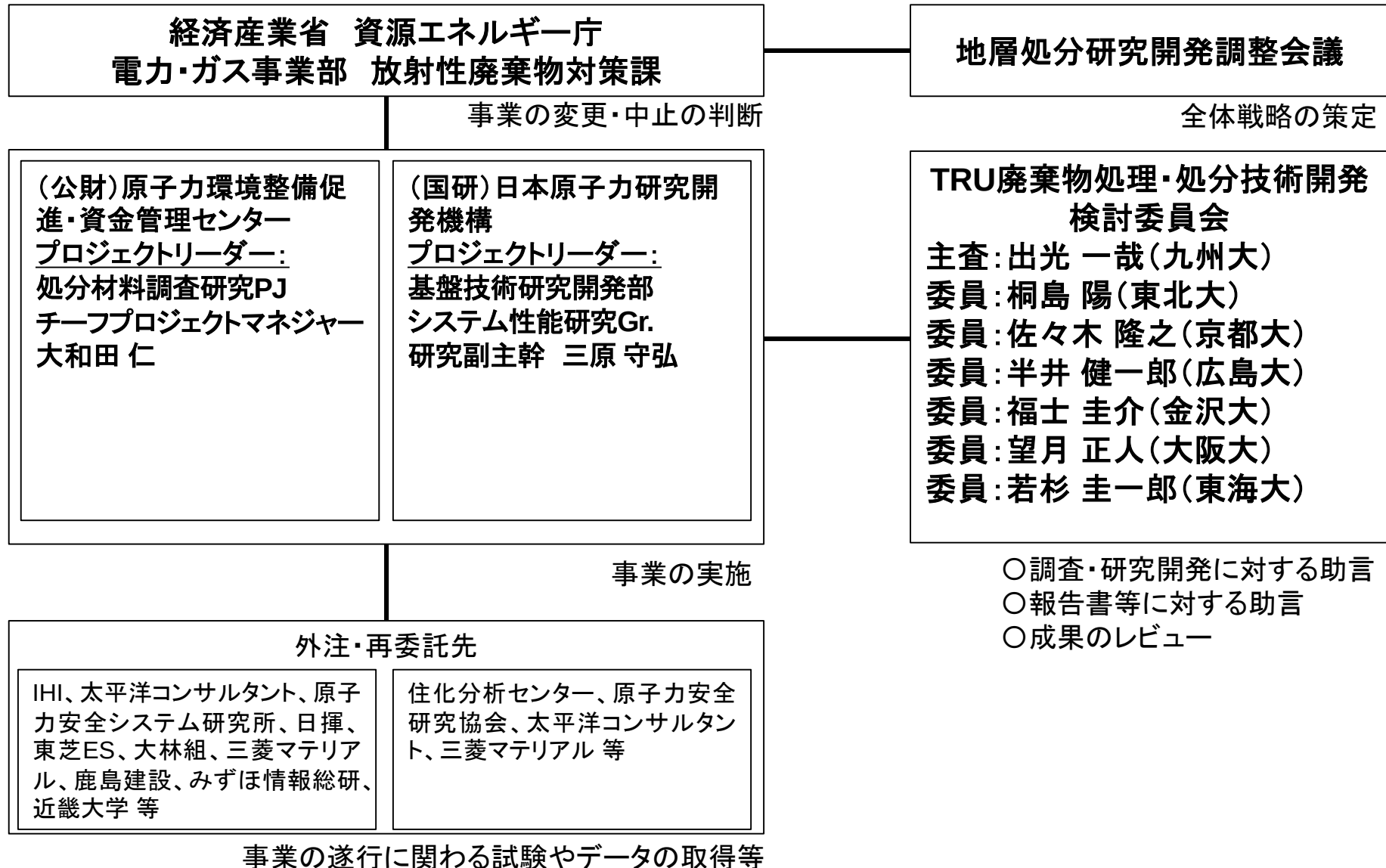
< 共通指標実績 >

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	国際標準への 寄与	プロトタイプの 作成
0						

(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



2. 1. 12 可逆性・回収可能性
調査・技術高度化開発
(平成28年度～平成30年度)

(1)事業の概要

概 要	高レベル放射性廃棄物処分の可逆性・回収可能性について、これまでに開発してきた搬送定置や緩衝材除去技術を地上・地下環境で実証し、地下での適用性を確認する
実施期間	平成27年度～平成31年度（5年間）
実施形態	国からの直執行（委託事業）
予算総額	15.85億円 （平成28年度：5.0億円 平成29年度：5.85億円 平成30年度：5.0億円）
実 施 者	公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター
プロジェクト リーダー	江守 稔 公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター （チーフ・プロジェクト・マネジャー）

(1)事業の概要

□ 主な成果

- 廃棄体の回収技術の実証の準備として、幌延深地層研究センターの深度350mを活用して、横置きPEM方式を対象として、搬送装置、定置装置、除去装置の試験と制作を行い、装置や方法を示した(上図)。
- 坑道を解放した状態にした場合の影響を定量化する手法を整備した(下図)。

他の成果については成果報告書([本文1](#)、[本文2](#)、[本文3](#)、[付属1](#)、[付属2](#)、[付属3](#))をご参照下さい。

□ 全体スケジュール

項目	H27	H28	H29	H30	H31
全体計画 とりまとめ					とりまとめ
試験設備の整備	設計・製作・地上での試験				
地下での実証試験		坑道の整備		地下での試験	
地層処分実規模試験施設の運営	試験の公開	施設の維持管理			
R&Rの確保に向けた論点整理	R&R検討会		とりまとめ		
回収可能性の維持の定量化					
回収の容易性					

PEM運搬装置の要素試験と製作

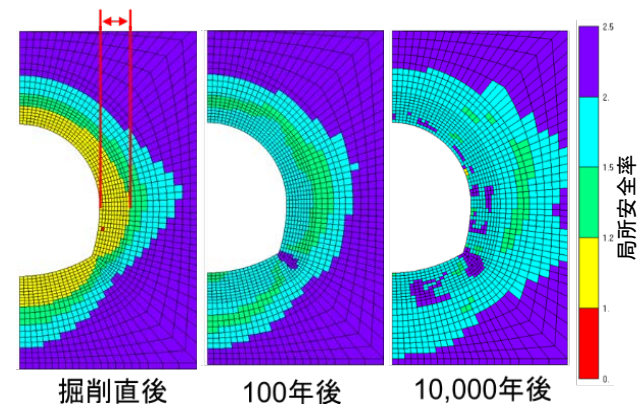


模擬PEMの定置



横置きPEM方式で定置された模擬廃棄体の回収技術に係る検討状況

掘削内径の20%の領域



解放状態を維持した場合の坑道安全性の評価の例
(試行的に局所安全率の長期変化を定量化したもの)

(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)
【指標】 定置した廃棄体の回収技術の実現性や信頼性を示す上で必要な検討項目数。	(事業開始時) 事業終了時までに 41項目	—	—
	(中間評価時) 同上	18項目 縦置き方式を対象として、検討・開発した廃棄体の回収技術の妥当性について提示した。	—
	(中間評価時) 同上	35項目 地下坑道における廃棄体の横置きPEM方式を対象として、廃棄体の回収技術の構築に向け埋戻し材の除去装置や廃棄体の回収装置を試作すると共に、坑道開放状態を継続した場合の、坑道健全性の評価に向けた方法論を検している。	—
	(事業終了時) 同上	—	—
	(事業目的達成時) 同上	—	—

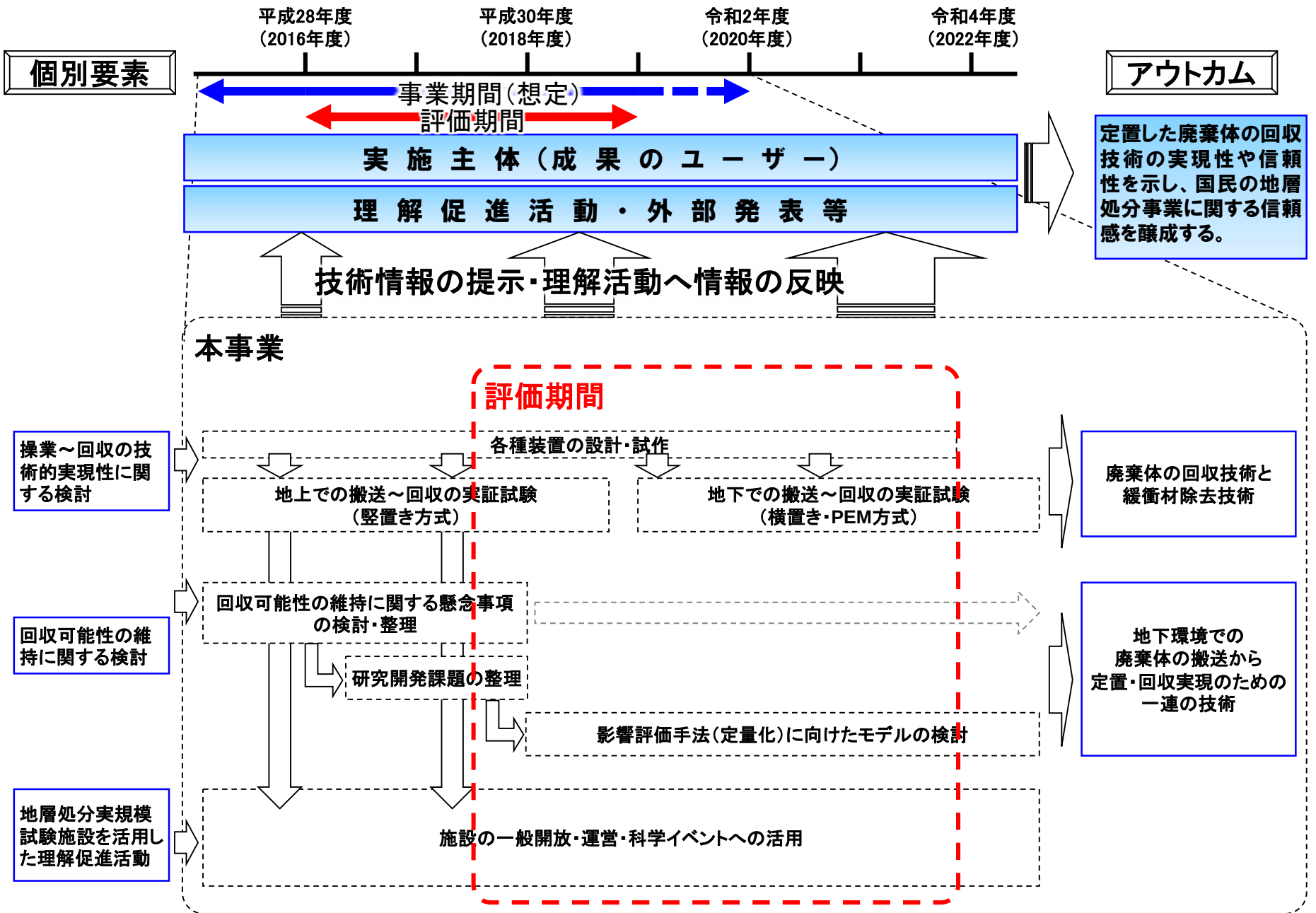
(3)事業アウトプット

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)
【指標】 事業実施によって得られた技術や知見に関する外部発表件数 【設定理由・根拠等】 各種アウトプットの過程においては、種々の要素技術など外部発表が可能な知見が得られる。そこでアウトプットの指標として外部発表件数とする。	(事業開始時) 事業終了時までに複数件の外部発表	—	—
	中間評価時 (平成28年度) 同上	4件 縦置き方式を対象に緩衝材除去装置を開発し実規模代の除去実証試験により技術的実現性等を確認した。	—
	中間評価時 (令和元年度) 同上	23件 横置きPEM方式を対象として、回収前の廃棄体の設置技術(模擬廃棄体の埋戻しや埋戻した材料の品質検証方法)を検討し、それに必要が技術を開発した。	—
	(事業終了時) 同上	—	—
	(事業目的達成時) 同上	—	—

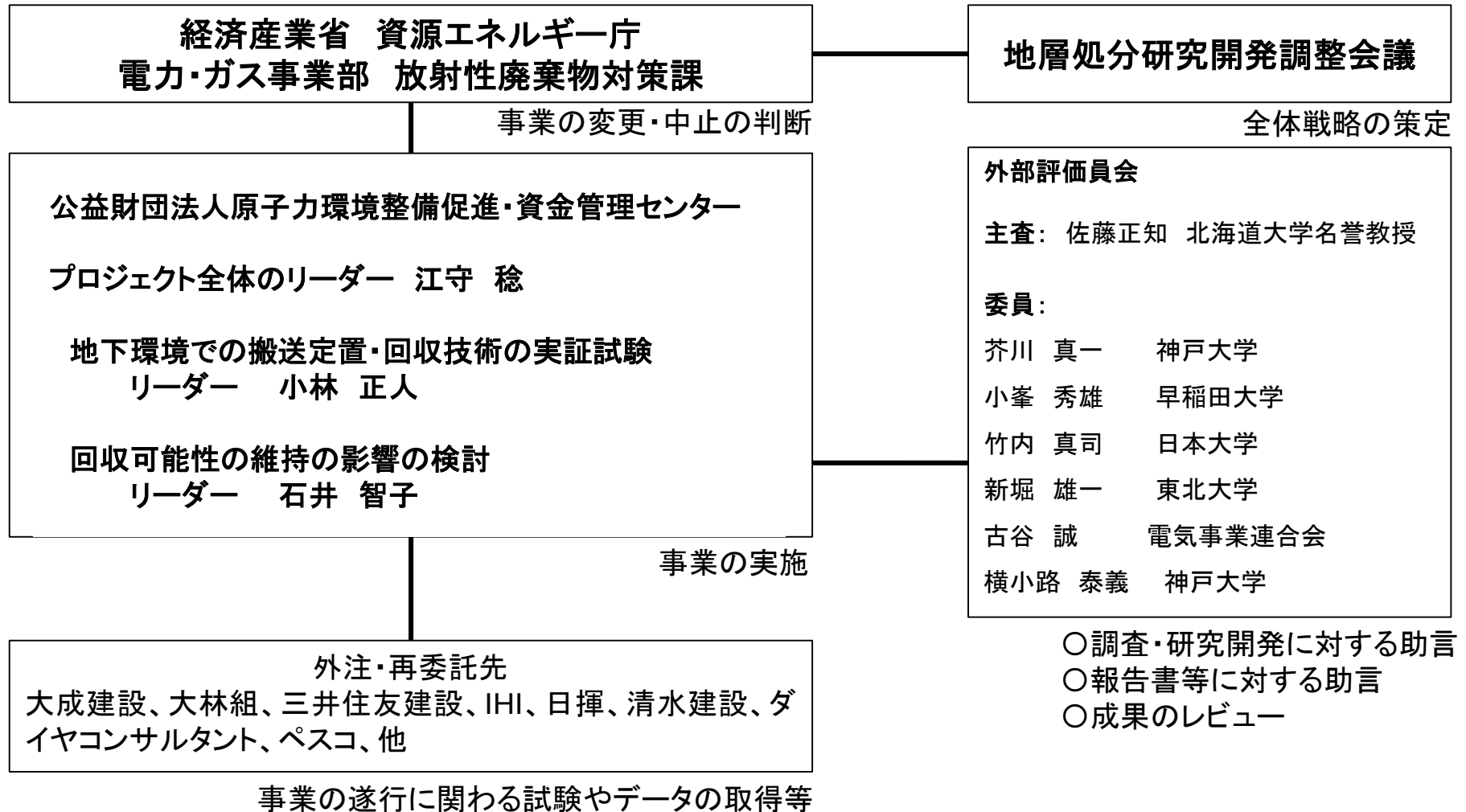
< 共通指標実績 >

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	国際標準への 寄与	プロトタイプの 作成
0	0	0	0	0	0	0

(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



2. 1. 13 直接処分等代替処分技術開発 (平成28年度～平成29年度)

(1)事業の概要

概 要	将来的な政策の柔軟性を確保する観点から、使用済燃料の直接処分の実現可能性についての検討及びそれを実現するために必要な技術開発を行うとともに、超深孔処分等の代替処分オプションの実現可能性についての検討を行う。
実施期間	平成25年度～平成29年度 （5年間） （平成27年度より「直接処分等代替処分技術開発に名称変更」）
実施形態	国からの直執行（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構への委託事業）
予算総額	4.9億円 （平成28年度：2.7億円 平成29年度：2.2億円）
実 施 者	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
プロジェクト リーダー	牧野 仁史 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 （核燃料サイクル工学研究所 基盤技術研究開発部 グループリーダー）

※「使用済燃料直接処分技術開発」に平成27年度よりタスクを追加し、「直接処分等代替処分技術開発」に名称を変更した。

(1)事業の概要

□ 主な成果

- 閉じ込め性能の向上を目的として、新材料候補を検討しNi基合金が最も有望であるとの見通しを得た。
- 日本の使用済燃料や地下環境を考慮して、処分容器、緩衝材、地下施設等の設計仕様を例示した(図1)
- 代替処分オプションとして超深孔処分の海外事例調査を行い(図2)、日本へ適用する場合の課題として、超深部の状況把握、地形条件、地温の条件などを明らかにした。

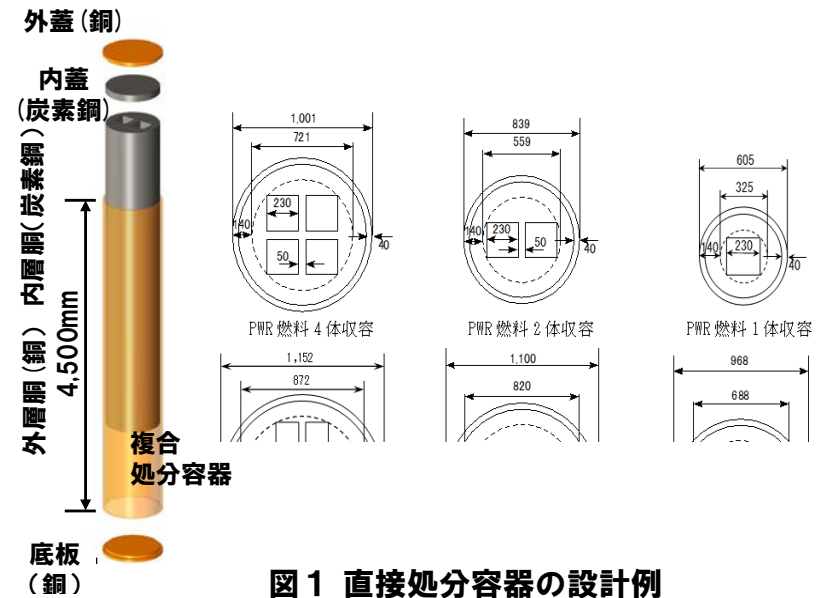


図1 直接処分容器の設計例

他の成果については成果報告書(本文)をご参照下さい。

□ 全体スケジュール

直接処分等 代替技術開発 事業項目	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度
(1) 直接処分システムの閉じ込め性能を向上させる先進的な材料の開発 および閉じ込め性能評価手法の高度化		処分容器新材料に関する候補材料の提示・適用性の概略評価	選定した新材料の基本特性分析・評価、適用性の詳細検討		事業成果の取りまとめ
		緩衝材、埋め戻し材の新材料に関する調査と適用性の概略評価			
		多重バリア構成材料の閉じ込め性能向上の可能性検討			
		燃料集合体ソースターム評価のための調査・解析・データベース整備			
		閉じ込め性能評価手法の高度化と試行			
(2) 直接処分施設の設計検討					事業成果の取りまとめ
		直接処分方策(保障措置、核セキュリティ対策、回収可能性、モニタリング等)に関する調査・検討			
		わが国の環境条件に対応した直接処分方策の検討・整理			
		処分容器の設計(代表的PWR BWR燃料、炭素鋼・複合容器)		処分容器の設計(燃料の多様性考慮)	
		境界安全性の検討と反映			
		緩衝材設計(代表的配置方式)/設計のための基礎データの測定・取得データに基づく緩衝材設計			
		地下施設・地上施設の概念設計(代表的な地質条件、配置方式)		地下施設の概念設計(地質・環境、施工方法等の多様な条件設定)	
		搬送・定置設備の概念設計(代表的配置方式)		搬送・定置設備の概念設計(オプション配置方式)	
(3) 直接処分施設の設計支援システムの構築		設計支援システムの設計	設計支援システムのプロトタイプ構築		事業成果の取りまとめ
			設計支援システムを用いた初期設計モデルの試作		
			搬送・定置設備と地下空間の整合性検証		
(4) その他の代替処分オプションについての調査・検討			調査研究計画の検討	海外事例の調査	事業成果の取りまとめ
				わが国に対する適用性の評価	

- 処分領域および閉塞領域の対象母岩は、均質な結晶質岩(花崗岩)であること
- 結晶質岩の上限面分布深度が2 km未満であること
- 地熱流速が75 mW m⁻²未満であること
- 地下深部の応力状態に異方性が認められないこと
- 深部の地下水循環を避けるため、地形の傾斜が1°以上の地点まで約100 km以上離れており、処分領域の基盤岩と地表面の間に帯水層が存在しないこと
- 形成年代が古く、高塩分濃度で還元性の地下水が地下深部に分布すること
- 規模が大きい鉛直のせん断帯や高透水性を示す構造などが存在しないこと
- 岩体中に第四紀に形成された著しい変質が生じていないこと
- 対象岩体中に歴史地震の記録がないこと
- 第四紀の断層や火山活動から10 km以上離れていること
- 利用可能な天然資源が分布しておらず、石油備蓄基地や市街地から離れていること

図2 超深孔処分におけるサイト選定条件(米国の例)

(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)
【指標】 使用済燃料の直接処分を含む代替処分オプションの実現可能性を検討可能とする上で必要な検討項目数。	(事業開始時) 事業終了時まで80項目	—	—
	(中間評価時)	63項目 直接処分システムの閉じ込め機能向上や閉じ込め性能評価手法の高度化に資する知見整備、レファレンスケースに対する処分施設設計を実施するとともに、超深孔処分を含む代替処分方式に関する調査を実施した。	—
	(事業終了時)	80項目 直接処分システムの閉じ込め性能向上や閉じ込め性能評価手法の高度化のための代替材料の見通しや評価手法等の提示、我が国の使用済み燃料特性等に対応した処分施設仕様の例示、超深孔処分に関する海外の検討状況や掘削技術動向等の調査・整理と課題抽出を実施した。	—
	(事業目的達成時)	80項目 同上	—

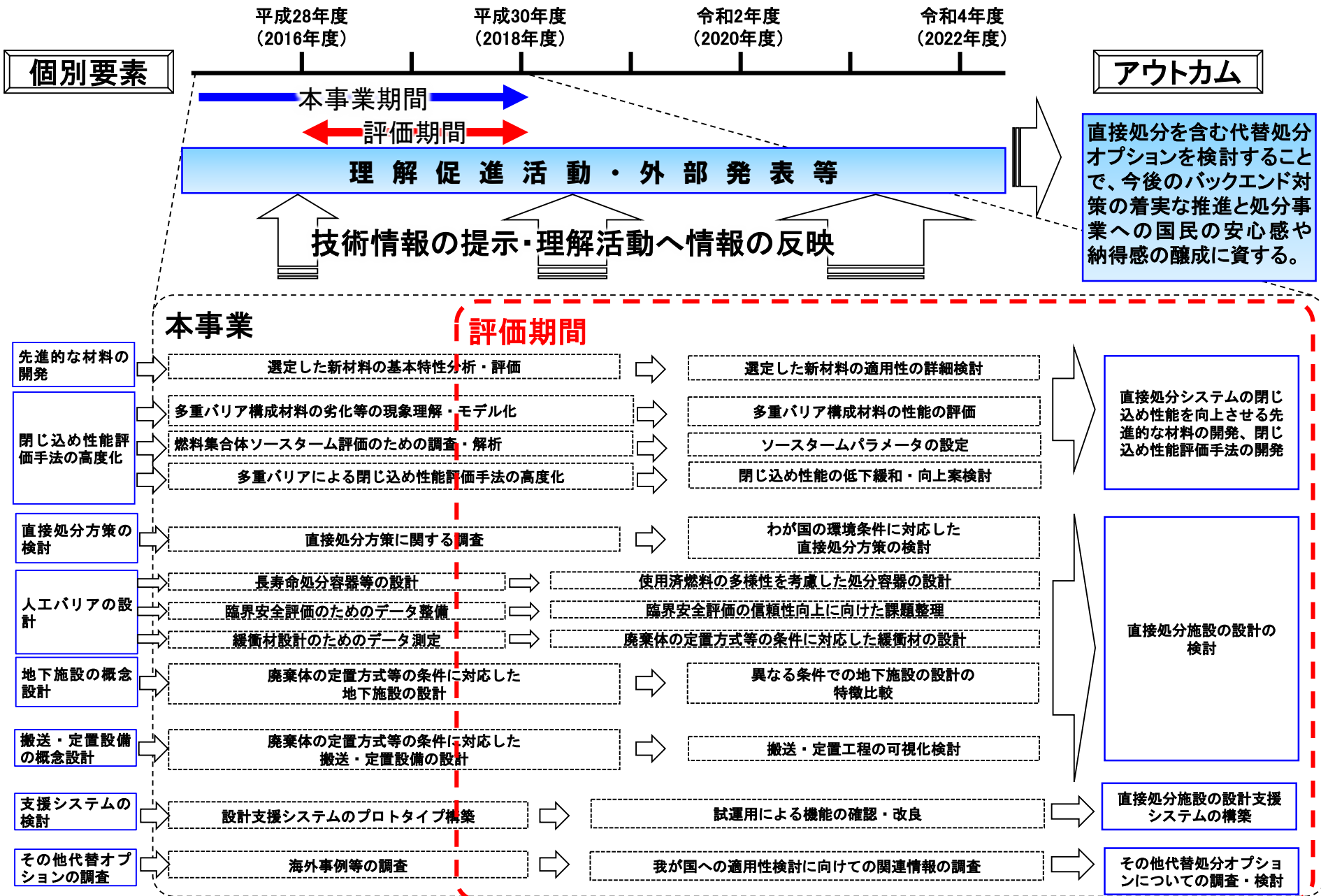
(3)事業アウトプット

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)
【指標】 事業実施によって得られた技術や知見に関する外部発表件数 【設定理由・根拠等】 各種アウトプットの過程においては、種々の要素技術など外部発表が可能な知見が得られる。そこでアウトプットの指標として外部発表件数とする。	(事業開始時) 事業終了時までには複数件の外部発表	—	—
	(中間評価時) 同上	16件 炭素鋼腐食のメカニズムの解析(土壌微生物群集の影響)	—
	(事業終了時) 同上	33件(合計) 使用済燃料からの核種溶出挙動についての既存事例の調査・集約等	—
	(事業目的達成時) 同上	同上	—

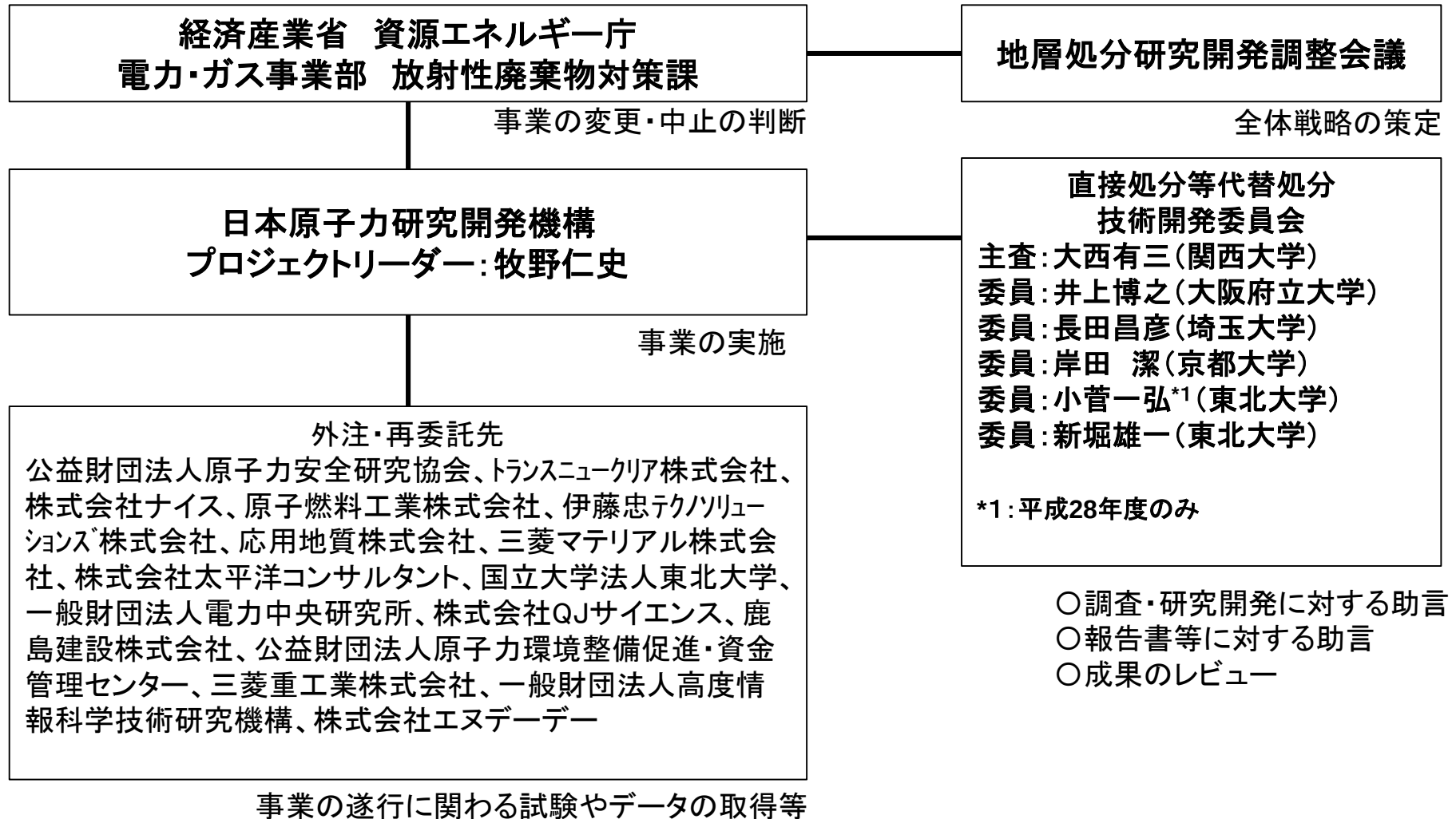
< 共通指標実績 >

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	国際標準への 寄与	プロトタイプの 作成
4	-	0	0	0	0	1

(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



2. 1. 14 直接処分等代替処分技術高度化 開発 (平成30年度)

(1)事業の概要

概 要	使用済燃料の直接処分における特有の現象に着目したデータ取得や影響評価手法の高度化、超深孔処分の日本への適用性を評価する手法の開発等を実施する。
実施期間	平成30年度～平成31年度 （2年間）
実施形態	国からの直執行（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構への委託事業）
予算総額	1.6億円 （平成30年度：1.6億円）
実 施 者	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
プロジェクト リーダー	牧野 仁史 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 （核燃料サイクル工学研究所 基盤技術研究開発部 グループリーダー）

(2)事業の概要

□ 主な成果

- 諸外国における直接処分の処分容器の材料である銅、及び場所によっては日本の地下水に多く含まれる硫化物に着目し、硫化物濃度と純銅の反応速度の関係を定量化した(図1)。
- 日本の地下水における炭酸濃度に着目し、炭酸濃度とウラン酸化物の溶解速度の関係を定量化した(図2)
- 核セキュリティ・保障措置等に関する諸外国の情報を整理した。

他の成果については成果報告書(本文)をご参照下さい。

□ 全体スケジュール

直接処分等代替処分技術高度化開発	平成30年度	平成31年度
(1) 処分容器の挙動評価	国内外の関連情報の収集・分析 腐食試験実施データ解析 (予察試験・短期試験) 現実的な材料配置を想定した 臨界評価のモデル化で重要と なる知見等の収集・分析	(種々の因子影響確認試験等) 予察的解析等による 臨界評価事例の蓄積
(2) 使用済燃料、緩衝材の挙動評価	ウラン酸化物溶解速度測定試験 ウラン酸化物溶解度測定試験 瞬時放出挙動に関する調査検討	瞬時放出挙動実測データ取得のための 作業環境整備に関する検討等 銅-緩衝材相互作用試験・分析
(3) 直接処分システムの成立性の多角的な確認	国内外の最新情報の収集・分析 システム成立性の信頼性向上で重要となる課題の抽出	
(4) その他の代替処分オプションについての調査	国内外の最新情報の収集・分析 超深孔処分の安全性に影響する 因子の抽出、影響の定量的把握	

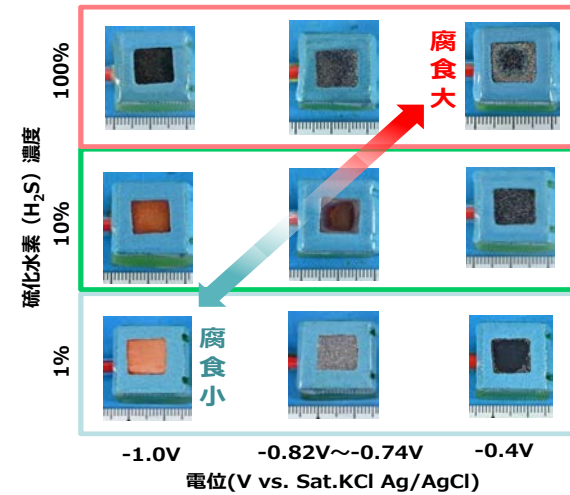


図1 銅の腐食挙動への硫化物濃度と酸化還元性*の影響
(硫化銅(Cu₂S)の皮膜形成の確認)
*: 電気化学試験の電位として設定

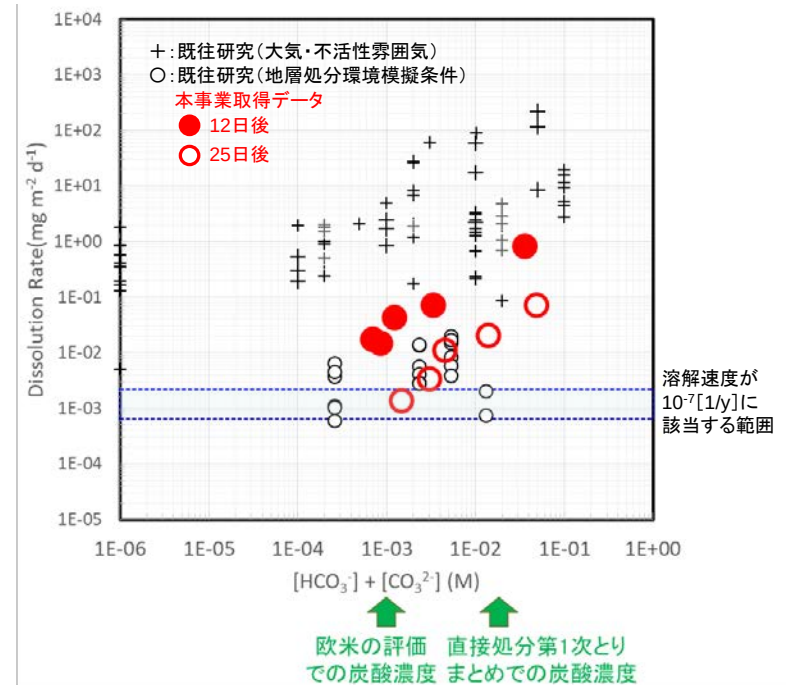


図2 ウラン酸化物の溶解速度への炭素濃度の影響

(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)
【指標】 使用済燃料の直接処分の実現可能性に関する技術開発を行うとともに、超深孔処分等の代替処分オプションの実現可能性についての検討を実施する上で必要な検討項目数。 【設定理由・根拠等】 着実に各検討項目を実施することで、信頼性のある技術開発・知見となり、これが地層処分に対する納得感・安心感の醸成に資すると考えられる。	(事業開始時) 事業終了時まで 30項目	—	—
	(中間評価時) 同上	6項目 直接処分容器の腐食、臨界安全性、使用済み燃料の溶解に影響を及ぼす重要な因子に重点を置いた詳細なデータ拡充等に着手した。また、保障措置・核セキュリティに関する最新情報を整理した。代替処分オプションのひとつである超深孔処分については、我が国への適用性の検討において重要となりうる因子を抽出した。	—
	(事業終了時) 同上	—	—
	(事業目的達成時) 同上	—	—

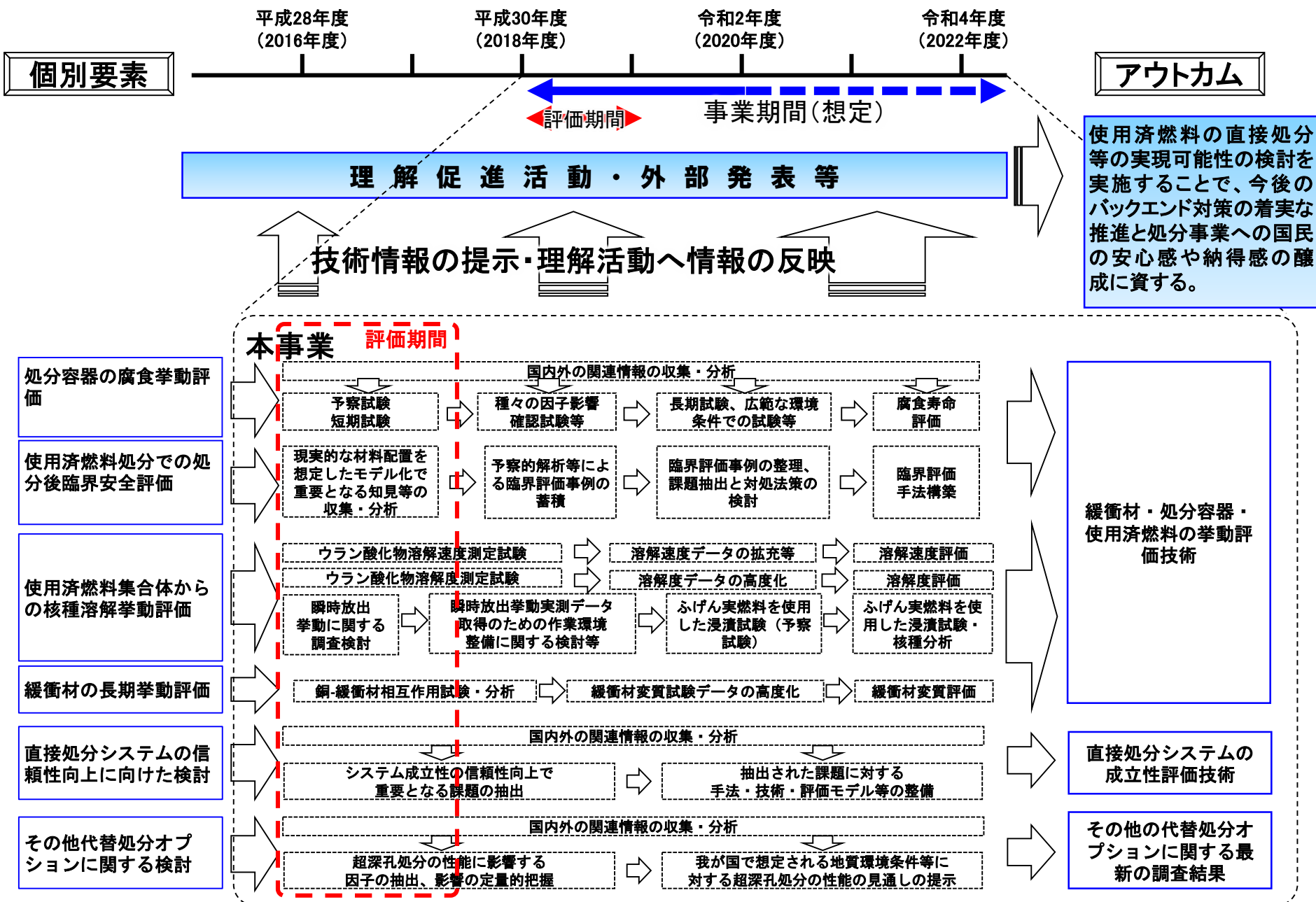
(3)事業アウトプット

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)
【指標】 事業実施によって得られた技術や知見に関する外部発表件数 【設定理由・根拠等】 各種アウトプットの過程においては、種々の要素技術など外部発表が可能な知見が得られる。そこでアウトプットの指標として外部発表件数とする。	(事業開始時) 事業終了時までに複数件の外部発表	—	—
	(中間評価時) 同上	7件 CIMの概念を取り入れた処分システムの設計支援システムのプロトタイプの開発結果等を公表	—
	(事業終了時) 同上	—	—
	(事業目的達成時) 同上	—	—

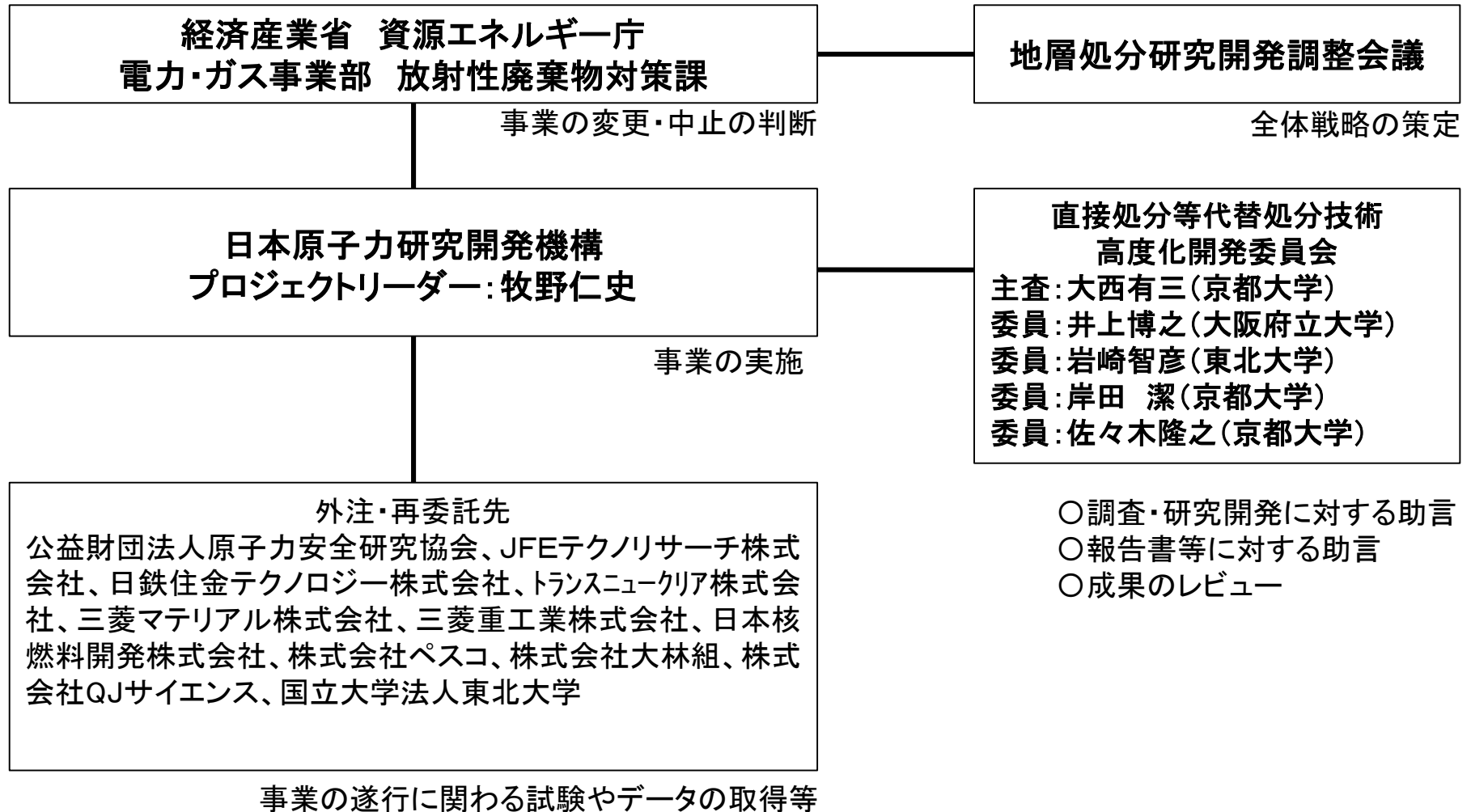
< 共通指標実績 >

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	国際標準への 寄与	プロトタイプの 作成
2	-	0	0	0	0	0

(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



2. 1. 15 中間評価の結果

今後の研究開発の方向等に関する提言

〈研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性〉

○全体としては極めて重要で、国として遂行すべきプロジェクトであるので、技術的内容を着実に進展させてその目標を達成すること。

〈実施・マネジメント体制等の妥当性〉

○目標の一つである安全性については、技術的に予測可能な将来についても、評価しておくこと。

○信頼性・安心を含めた国民の理解は、必ずしも技術開発だけで得られるものではないことに留意しつつ、対応を丁寧に行うこと。

〈アウトカム達成に至るロードマップの妥当性〉

○国内のみならず、国際的な波及効果を考えつつ、成果の有効活用を検討すること。

〈費用対効果の妥当性〉

○アウトプットとアウトカムは距離があるため、費用対効果の尺度、評価方法を再検討すること。

提言に対する対処方針

○本プログラムは国が責任を持って進めることが重要であり、今後も資金を効果的に活用して研究開発を着実に進めていく。

○将来についての安全評価に係る研究開発を引き続き実施していくとともに、その不確実性の幅を評価できるように研究開発を進めて行く。

○科学的な特性を示したマップの提示に伴う国民理解活動等の場を通じ、放射性廃棄物の処分に関する技術などを国民に分かりやすく継続的に情報発信する。

○地層処分に係る研究開発は各国共通の課題であるので、他国の成果について最大限取り込むとともに、国際学会での情報発信などを通じ、成果の有効活用を図っていく。

○従来の論文数や特許数などのアウトプット指標に加え、研究開発における目標に対しての達成度を指標化するなど検討する。

2. 2低レベル放射性廃棄物の処分に関する 技術開発 (中間評価)

- 2. 2. 1 地下空洞型処分施設機能確認試験
- 2. 2. 2 原子力発電所等金属廃棄物利用技術開発
- 2. 2. 3 中間評価の結果

2. 2. 1 地下空洞型処分施設機能確認試験 (平成28年度～平成30年度)

(1)事業の概要

概 要	平成26年度までに大断面の地下空洞内に構築した実規模施設も活用し、処分施設閉鎖後の長期的な管理に資するため、人工バリアや周辺岩盤の長期に亘る機能確認方法を確立する。
実施期間	平成27年度～平成31年度（5年間）
実施形態	国からの直執行（委託事業）
予算総額	4. 2億円 （平成28年度：0. 9億円 平成29年度：1. 7億円 平成30年度：1. 7億円）
実 施 者	公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター
プロジェクト リーダー	藤原 啓司 公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター （部長）

(1)事業の概要

□ 主な成果

- 実物大の地下空洞(図1)を活用し、人工バリアの長期挙動を地上で把握するため、光ファイバーセンサーやケーブルの開発、モニタリングシステムの構築を行い、その適用性を確認した(図2)。
- 100年以上の超長期間を対象とする長期挙動を予測するため、地震などの外部からのインパクトに対する変動が顕著な初期に着目し、人工バリアや周辺岩盤を対象としたひずみデータ、および地震波のデータ(図3)を4年程度取得した。特に、地震波については、地震応答解析を行い、地震時の挙動を評価することについて見通しを得た。

他の成果については成果報告書([本文](#))をご参照下さい。



図1 地下100m程度に建設された地下空洞

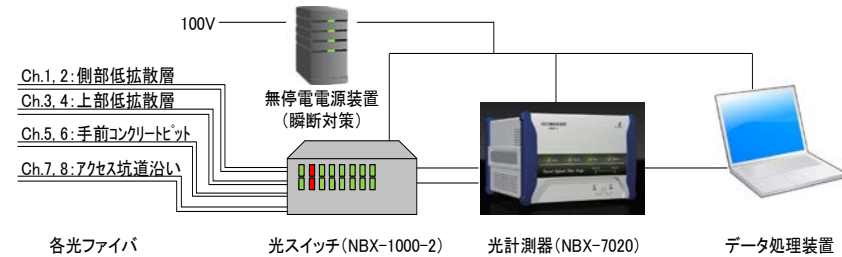


図2 光ファイバセンサーを用いた計測システムの構成

□ 全体スケジュール

事業項目	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	平成31年度
全体計画/具体的な機能確認試験計画の策定	← 試験計画策定 →				
機能確認の実現性確認		← 解析及びラボ試験 →			
			← 現位置試験 →		
			← モニタリング計画の具体化検討 →		
実規模施設・周辺岩盤挙動計測及び地震観測	← 挙動計測及び地震観測 →				

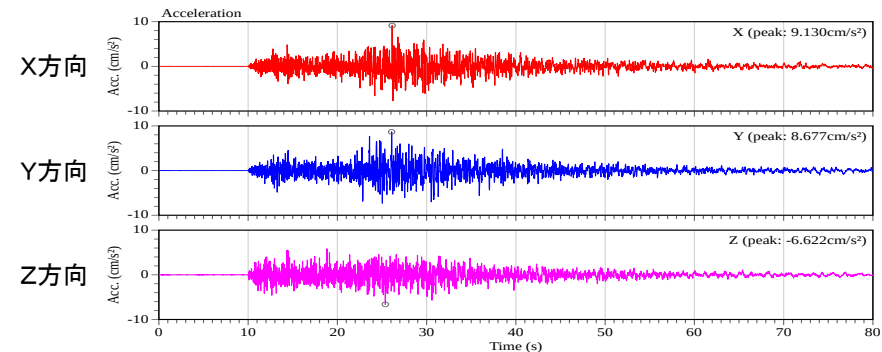


図4 地震観測データの例(施設上部、平成30年1月24日)

(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)
【指標】 中深度処分施設の閉鎖後の長期的な管理に資する技術を構築・提示する上で必要な検討項目数。 【設定理由・根拠等】 着実に各検討項目を実施することで、信頼性のある技術開発・知見となり、これが中深度処分に対する納得感・安心感の醸成に資すると考えられる。	(事業開始時) 事業終了時まで 24項目	—	—
	(中間評価時) 平成28年度 同上	10項目 ・転圧工法と吹付け工法の併用により、要求性能を満たす埋戻しを実施できることを確認した。 ・人工バリア内に設置した土圧計等で上部埋戻し施工が処分施設へ影響を与えないことを確認した。 ・実規模施設を使用した機能確認試験の設備設計に必要な試験項目を抽出した。	—
	(中間評価時) 同上	20項目 ・解析及び既往文献調査に基づき、処分場における熱、水、力学、化学に係る挙動を予測した上で、実施可能と考えられるモニタリング項目、内容及びその時期について検討した。 ・規制動向等を踏まえ、既存計測技術に基づくモニタリングと光ファイバセンサーを活用したモニタリングの案を例示した。	—
	(事業終了時) 同上	—	—
	(事業目的達成時) 同上	—	—

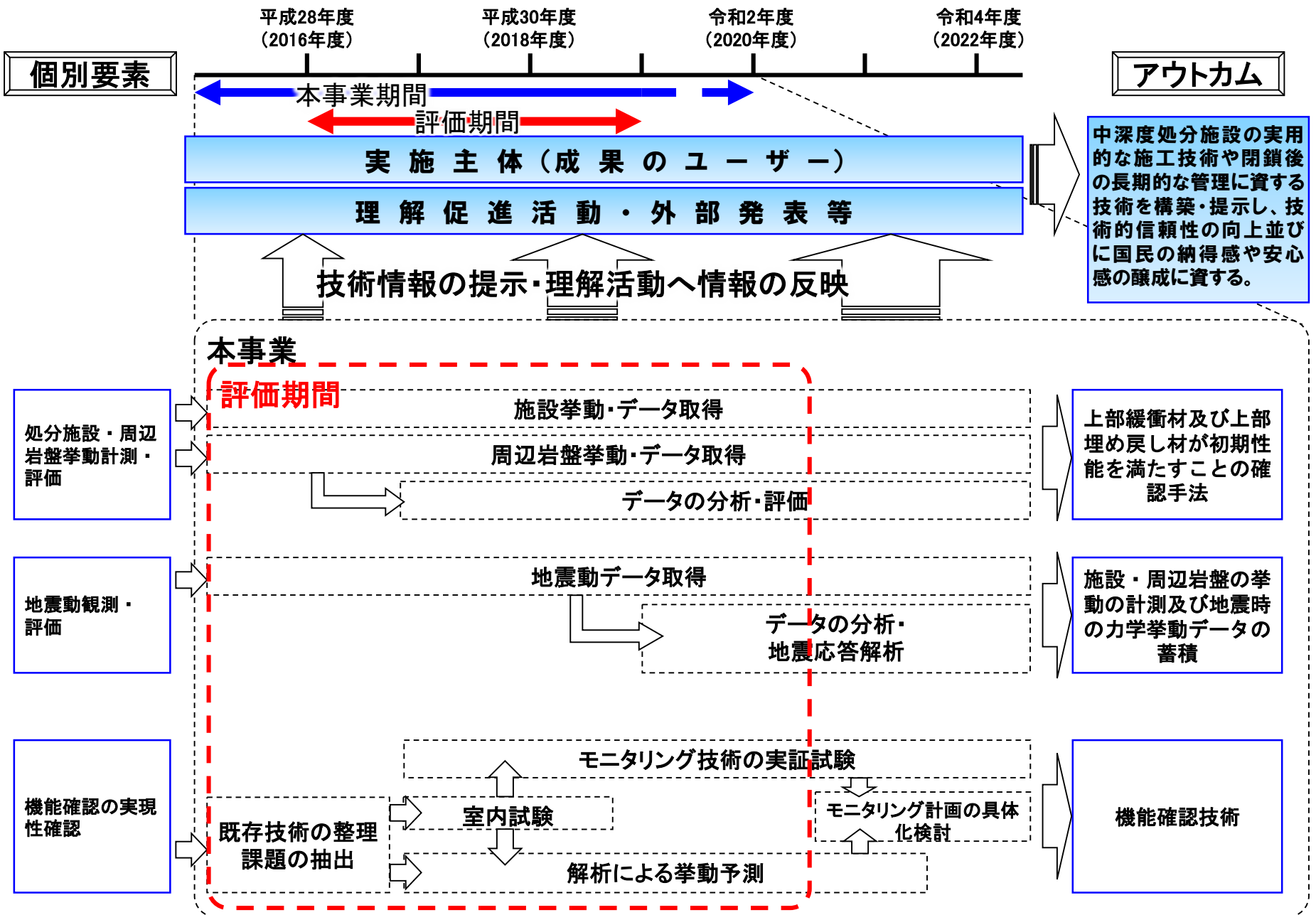
(3)事業アウトプット

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)
【指標】 事業実施によって得られた技術や知見に関する外部発表件数 【設定理由・根拠等】 各種アウトプットの過程においては、種々の要素技術など外部発表が可能な知見が得られる。そこでアウトプットの指標として外部発表件数とする。	(事業開始時) 事業終了時までに複数件の外部発表	—	—
	(中間評価時) 平成28年度 同上	23 件 低レベル放射性廃棄物処分における埋戻し材に関する材料特性評価試験、実施規模で施工した緩衝材(ベントナイト)の透水係数の評価などについて公表	—
	(中間評価時) 令和元年度 同上	16 件 研究の全体概要、シナリオ検討、挙動解析、バリア材の試験研究、光ファイバセンサーを始めとする計測技術、施設挙動・地震動挙動計測及び評価などを公表	—
	(事業終了時) 同上	— 件	—
	(事業目的達成時) 同上	— 件	—

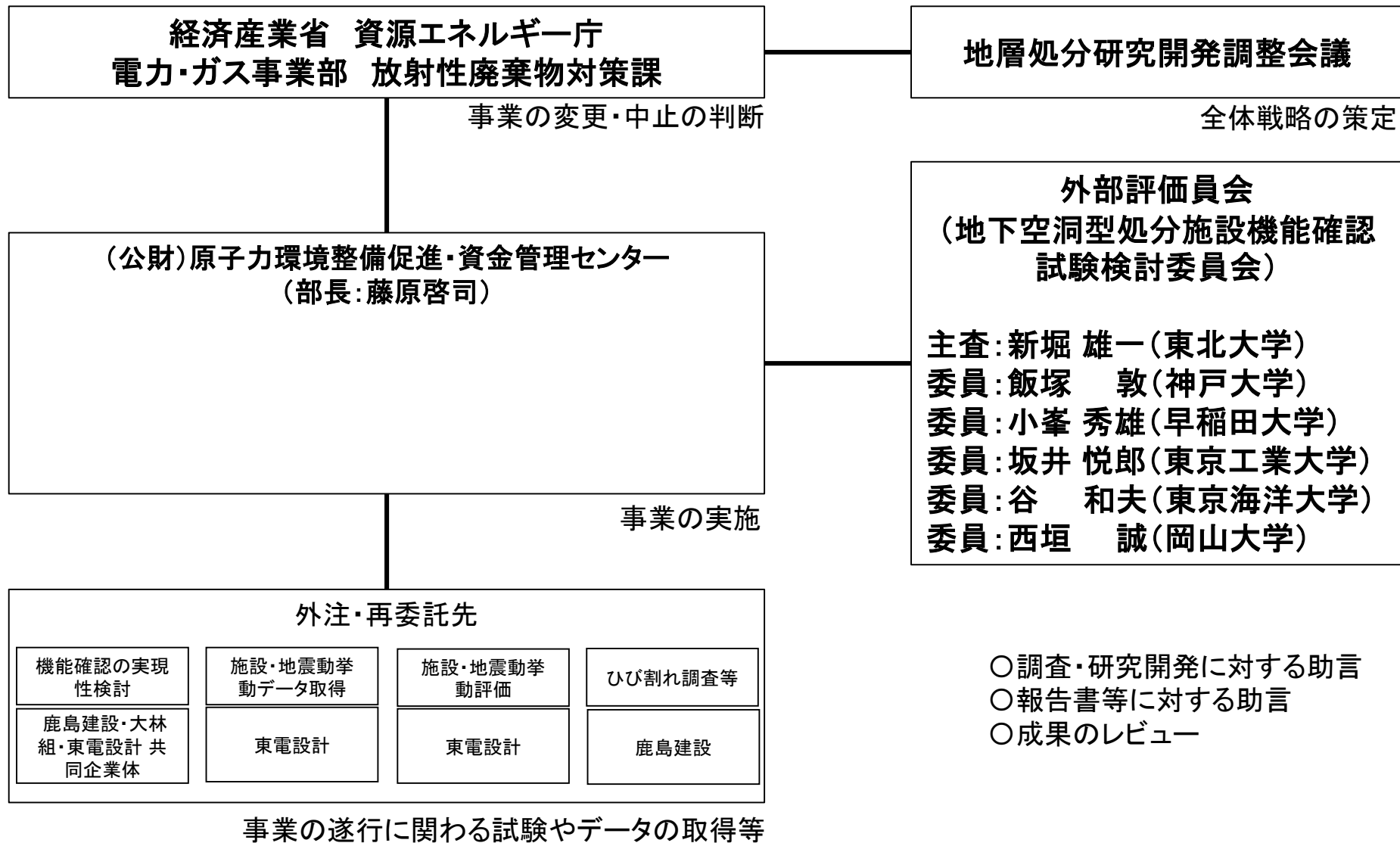
< 共通指標実績 >

論文数 (学会発表等を含む)	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	国際標準への 寄与	プロトタイプの 作成
16	—	—	—	—	—	—

(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



2. 2. 2 原子力発電所等金属廃棄物利用 技術開発 (終了時評価)

(1)事業の概要

概 要	原子力発電所などの解体で生じるクリアランスレベル以下の金属廃棄物を、中深度処分を想定した放射線遮へい能力・耐久性を有する金属容器に利用するプロセスの技術開発と、その実用化に向けた経済的合理性に関する検討を実施する。	
実施期間	平成27年度～平成29年度（3年間）	
実施形態	国からの直執行（民間団体等への委託事業）	
予算総額	1.7億円 （平成28年度:1.3億円 平成29年度:0.4億円）	
実 施 者	株式会社日本製鋼所 株式会社神戸製鋼所	
プロジェクト リーダー	石尾光太郎 加藤 修	株式会社日本製鋼所（担当課長） 株式会社神戸製鋼所（課長）

(1)事業の概要

□ 主な成果

- 金属の耐久性に関する基礎試験を通じて（図1）、中深度処分の容器への再利用を想定した放射線遮蔽能力・耐久性に求められる材料規格案を策定した。
- 実際のクリアランス金属を活用して、実物大の金属容器を試作し、クリアランス金属を加工しても作業・周辺環境等に有意な影響を及ぼさないことを実証した（図2）。
- クリアランス金属廃棄物の再利用プロセスに経済的合理性があることを確認した。

他の成果については成果報告書(本文)をご参照下さい。

□全体スケジュール

実施項目	27年度	28年度	29年度
1.再利用プロセスの開発 ①容器の技術要件等の整理 ②基礎試験の実施 ③材料規格案の策定	↔ ←	→ ↔	↔
2.再利用プロセスの評価 ①実証試験計画の策定 ②実証試験の実施 ③経済的合理性の評価	↔	↔	↔

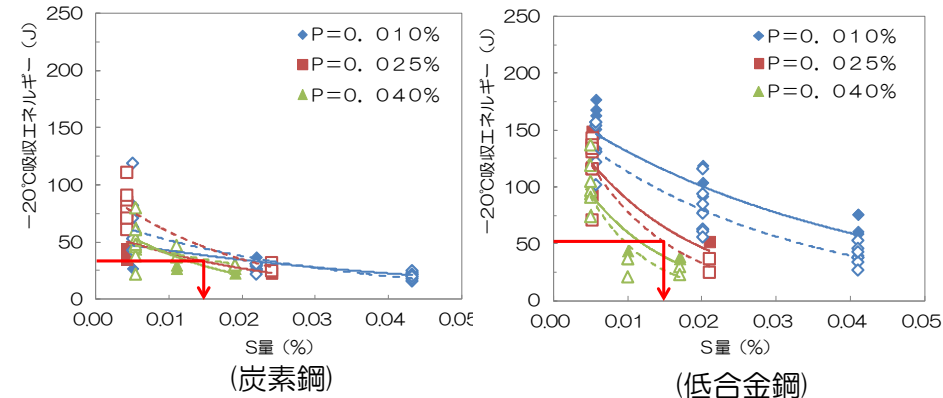


図1 基礎試験結果の例
(不純物含有量とシャルピー吸収エネルギー※)
※値が高いほど、靱性が高いことを示す。



図2 クリアランス金属を用いた金属容器の試作結果

(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)
【指標】 クリアランス金属廃棄物の再利用の実現可能性を示す上で必要な検討項目数。	(事業開始時) 事業終了時まで 16項目	—	—
	(中間評価時) 同上	7 項目 実証試験計画を策定	—
	(事業終了時) 同上	16項目 ・実証試験を通じて放射線影響の無いこと、経済的合理性があることを確認した。 ・材料規格案を策定した。 また、国民の理解促進や安心感を得るための取組方策について検討・整理した。	—
	(事業目的達成時) 同上	16項目 理解促進活動等に活用中	—

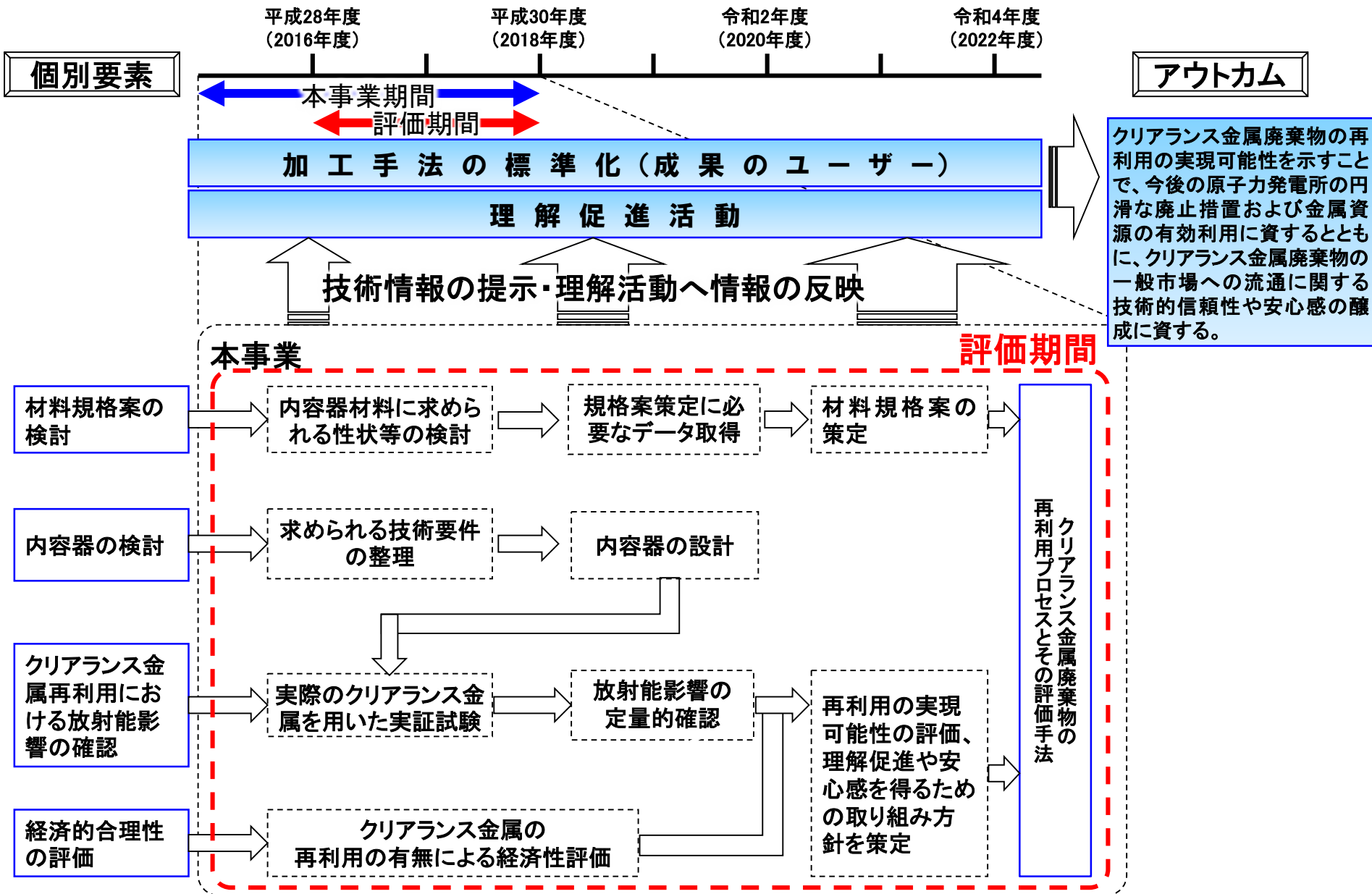
(3)事業アウトプット

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)
【指標】 事業実施によって得られた技術や知見に関する外部発表件数及び地元地域の方々への理解の獲得・促進に向けた説明会の回数。 【設定理由・根拠等】 各種アウトプットの過程においては、種々の要素技術など外部発表が可能な知見が得られる。そこでアウトプットの指標として外部発表件数を指標とする。また、アウトカムに向けた活動として地元地域の方々への説明会も指標とすることとした。	(事業開始時) 事業終了時までに複数件の外部発表	—	—
	(中間評価時) 同上	2件 実際のクリアランス金属廃棄物を使用した実証試験に関する成果報告会を実施。	—
	(事業終了時) 同上	4件 クリアランス金属廃棄物の工場への搬入、及び金属容器の試作結果について説明会を実施。 28年度及び29年度の成果報告会を実施。	—
	(事業目的達成時) 同上	0件	・材料規格案の規格化について実施中。 ・理解促進活動等実施中。

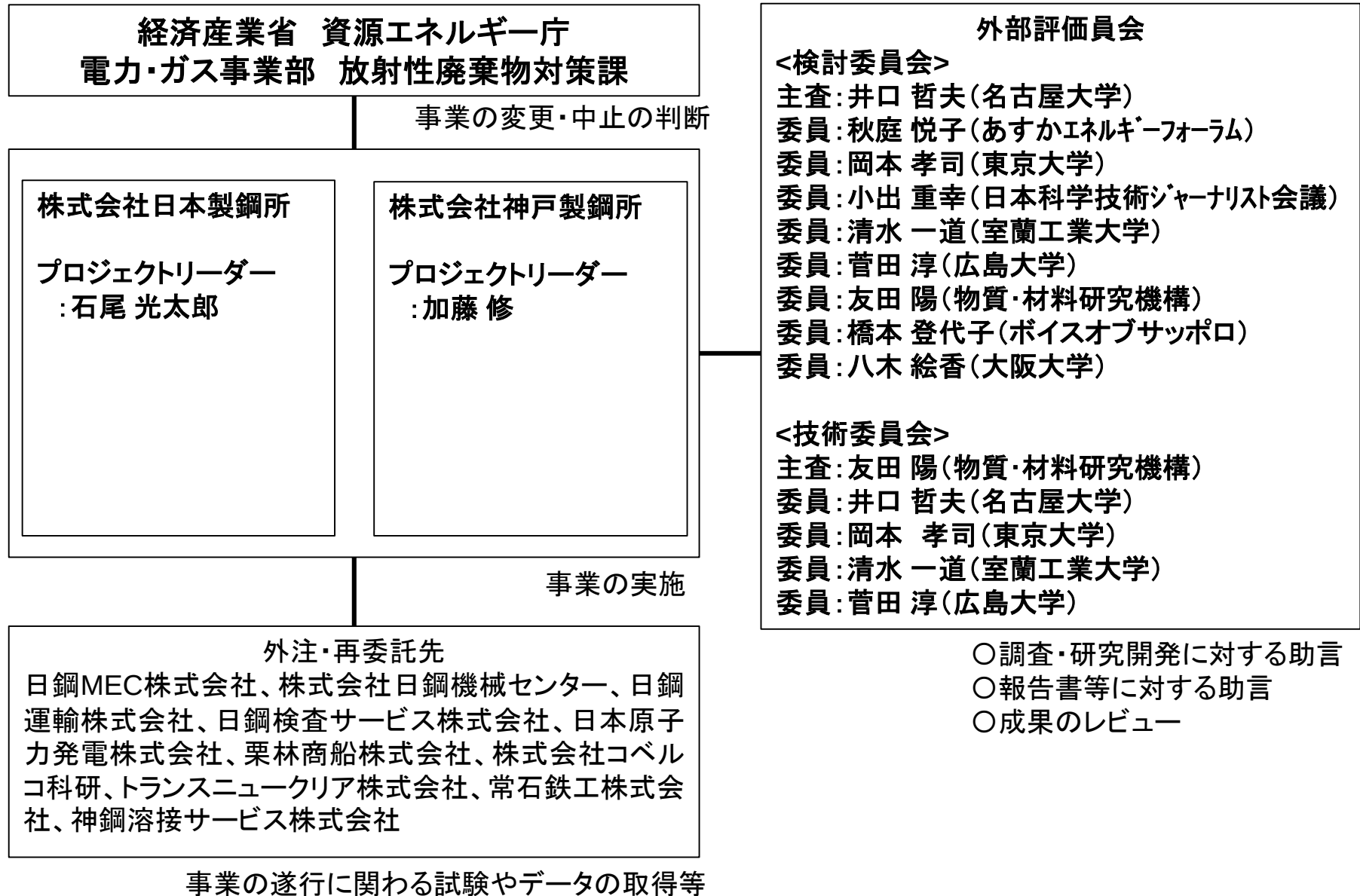
< 共通指標実績 >

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	国際標準への 寄与	プロトタイプの 作成
—	—	1	—	—	—	—

(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



2. 2. 3 中間評価の結果

今後の研究開発の方向等に関する提言

〈実施・マネジメント体制等の妥当性〉

○極めて重要な調査事業であり、定められた事業期間内に着実に目標を達成すること。

提言に対する対処方針

○事業化に向けた研究成果を積み重ねることにより、目標が達成できるように研究開発を着実に進めていく。

2. 3. 放射性廃棄物共通技術調査等事業 (終了時評価)

- 2. 3. 1 放射性核種生物圏移行評価高度化開発
- 2. 3. 2 中間評価の結果

2. 3. 1 放射性核種生物圏移行評価高度化開発 (終了時評価)

(1)事業の概要

概 要	放射性廃棄物の処分に係る共通的な技術に関連して、幅広い知見を要する処分技術における重要基礎的課題に係る研究開発を実施する。また、処分の安全評価において共通的に必要となる生物圏における放射性物質の移行パラメータの整備を実施する。
実施期間	平成25年度～平成29年度（5年間）
実施形態	国からの直執行（放射性廃棄物共通技術調査等事業）
予算総額	4.2億円 （平成25年度:0.62億円 平成26年度:0.98億円 平成27年度:0.95億円 平成28年度:0.89億円 平成29年度:0.75億円）
実 施 者	（国立研究開発法人）量子科学技術研究開発機構（QST）
プロジェクト リーダー	放射性核種生物圏移行評価高度化開発 内田 滋夫（QST チームリーダー）

(1)事業の概要

□ 主な成果

- 気候変動を考慮した環境移行(土壌-植物間移行)パラメータの取得として、気温が低い地域と高い地域のコメ・ジャガイモ・土壌を活用し、移行係数を取得しデータベースを拡充した(図2)。
- 放射性炭素の水稲移行モデルの精緻化・不確実性解析の結果、近傍大気中の C^{14} 濃度が水稲穂部の C^{14} 含量に強く影響しており、微生物活動による C^{14} 放出が重要なパラメータになることを提示した。
- 環境中のAmの挙動解明のために、グローバルフォールアウト由来の微量Amの高精度質量分析法の確立し、日本全域畑土中Amの濃度分布等からPu、Th、Clの移行係数(TF)データを取得・公表した(図3)。

他の成果については成果報告書(本文)をご参照下さい。

□全体スケジュール

事業項目	25年度	26年度	27年度	28年度	29年度
1.気候変動を考慮した環境移行パラメータ(TFおよびKd)データベースの構築	← 移行係数に対する気温の影響調査とデータ収集 →			← データベース →	
2.放射性炭素の移行パラメータに対する微生物活動の影響調査	← 微生物活動と環境移行パラメータ →			← 微生物活動を反映したモデルの構築 →	
3.重要核種(Pu, Am, ThおよびCl)の超高精度分析による環境移行パラメータ収集	← 超高精度分析法開発 →			← 土壌-農作物の移行パラメータの収集 →	

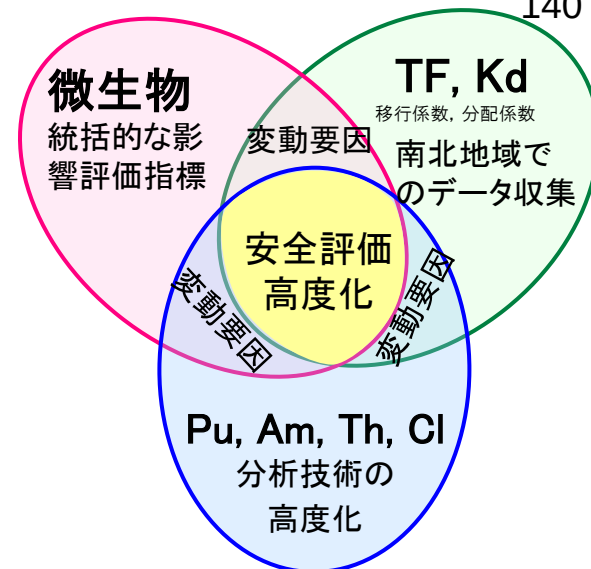


図1 本事業の全体概要

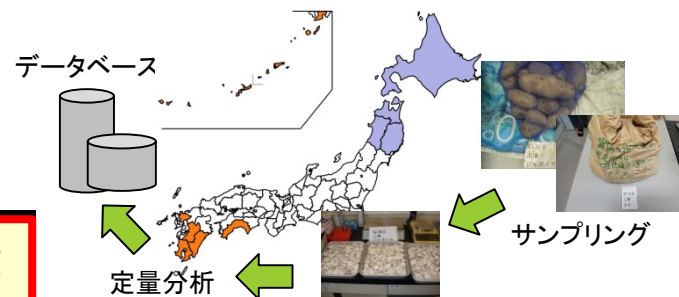


図2 気候変動を考慮した移行パラメータ取得方法のイメージ

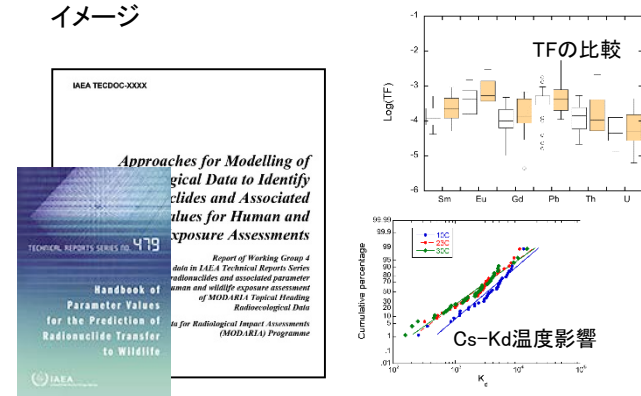


図3 各種データについて国際機関にも公表

(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)
【指標】 生物圏における核種移行特性の拡充と、それに伴う人間への影響評価の精緻化をする上で必要な検討項目数。	(事業開始時) 事業終了時まで 86項目	—	—
	(中間評価時) 同上	56項目 ・気温が異なる地域で土壌－植物間移行係数(TF)を収集・ ^{14}C の土壌から大気へのガス化率のデータ収集・PuおよびThの高精度質量分析法を確立	—
	(事業終了時) 同上	86項目 ・気温の異なる地域でのTFおよび異なる気温でのKdデータベースを拡充。 ・ ^{14}C の水稻移行は、微生物活動による土壌から大気への ^{14}C 放出がキー・パラメータになることを示した。 ・日本のPu、ThおよびClのTFデータを収集した。さらに、日本全域から採取した畑土壌中のAm濃度を測定し、Puとの比較を行った。(達成度:100%)	—
	(事業目的達成時) 同上	86項目 ・IAEA等の国際機関のデータベースに本事業で得られたデータを登録 ・ ^{14}C の土壌中挙動は土壌微生物によるガス化が重要であることをIAEAのTECDOCに記載 ・ ^{14}C の水稻移行モデル構築 ・実際の水田環境におけるPuのTFが既存値より、1-2桁低いことを示した。	—

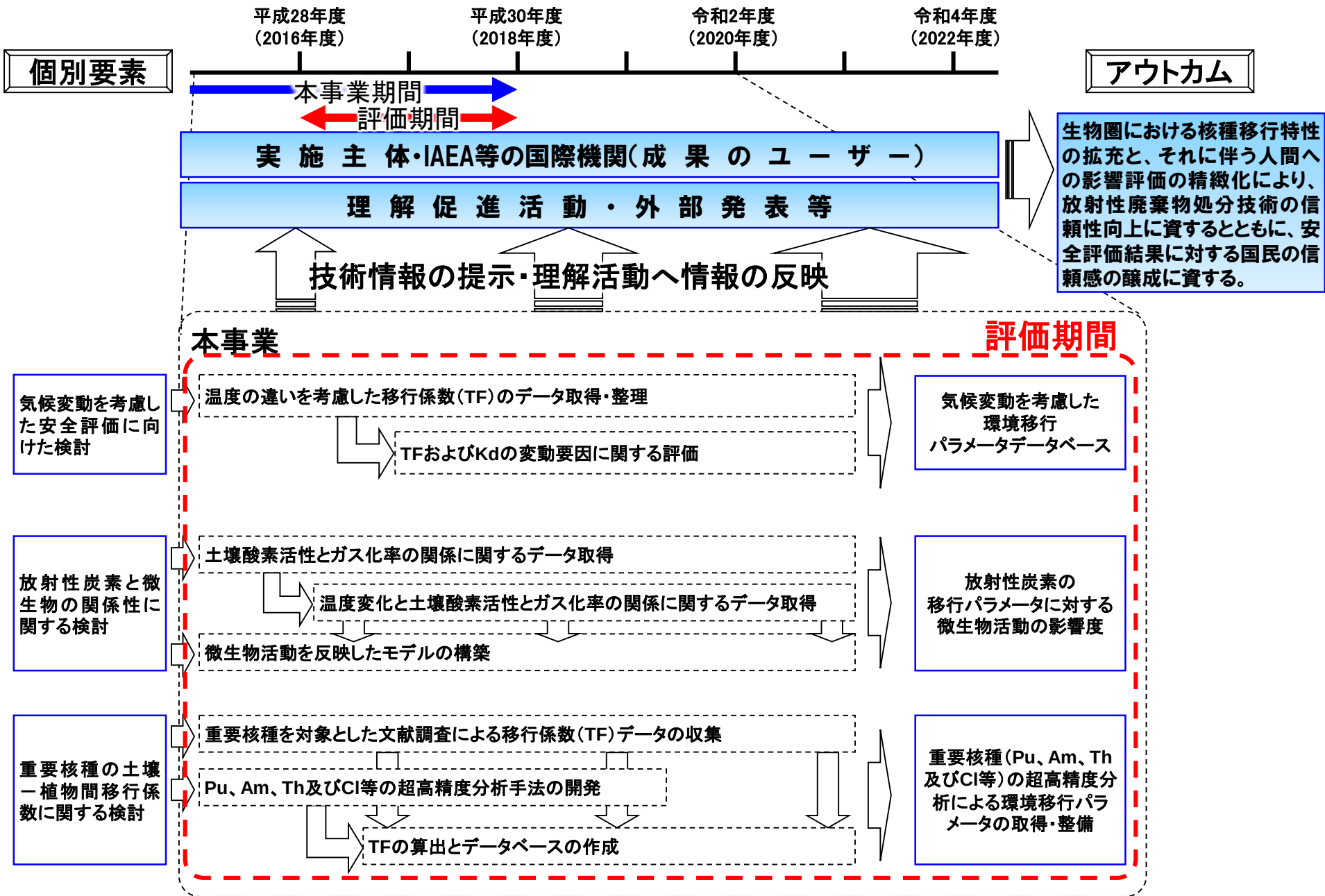
(3)事業アウトプット

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)
【指標】 事業実施によって得られた技術や知見に関する外部発表件数 【設定理由・根拠等】 各種アウトプットの過程においては、種々の要素技術など外部発表が可能な知見が得られる。そこでアウトプットの指標として外部発表件数とする。	(事業開始時) 事業終了時までに複数件の外部発表	9 件(論文数:0件、学会発表数:5件、その他(著書等):4件) C-14の分配係数の把握、Pu分析法開発等	
	(中間評価時) 同上	170 件(論文数:59件、学会発表数:98件、その他(著書等):13件) ・福島原子力発電所事故により環境中に放出された放射性物質の環境半減期の把握、IAEA TRS-479にデータを記載等	
	(事業終了時) 同上	63 件(論文数:26件、学会発表数:22件、その他(著書等):15件) 安定元素-Kdと放射性核種-Kdとの比較、家畜への放射性セシウムの移行データ取得等	
	(事業目的達成時) 同上	242 件(論文数:85件、学会発表数:125件、その他(著書等):32件) IAEAのTecDocにデータを記載(3報)、米へのTF-Pu取得等	

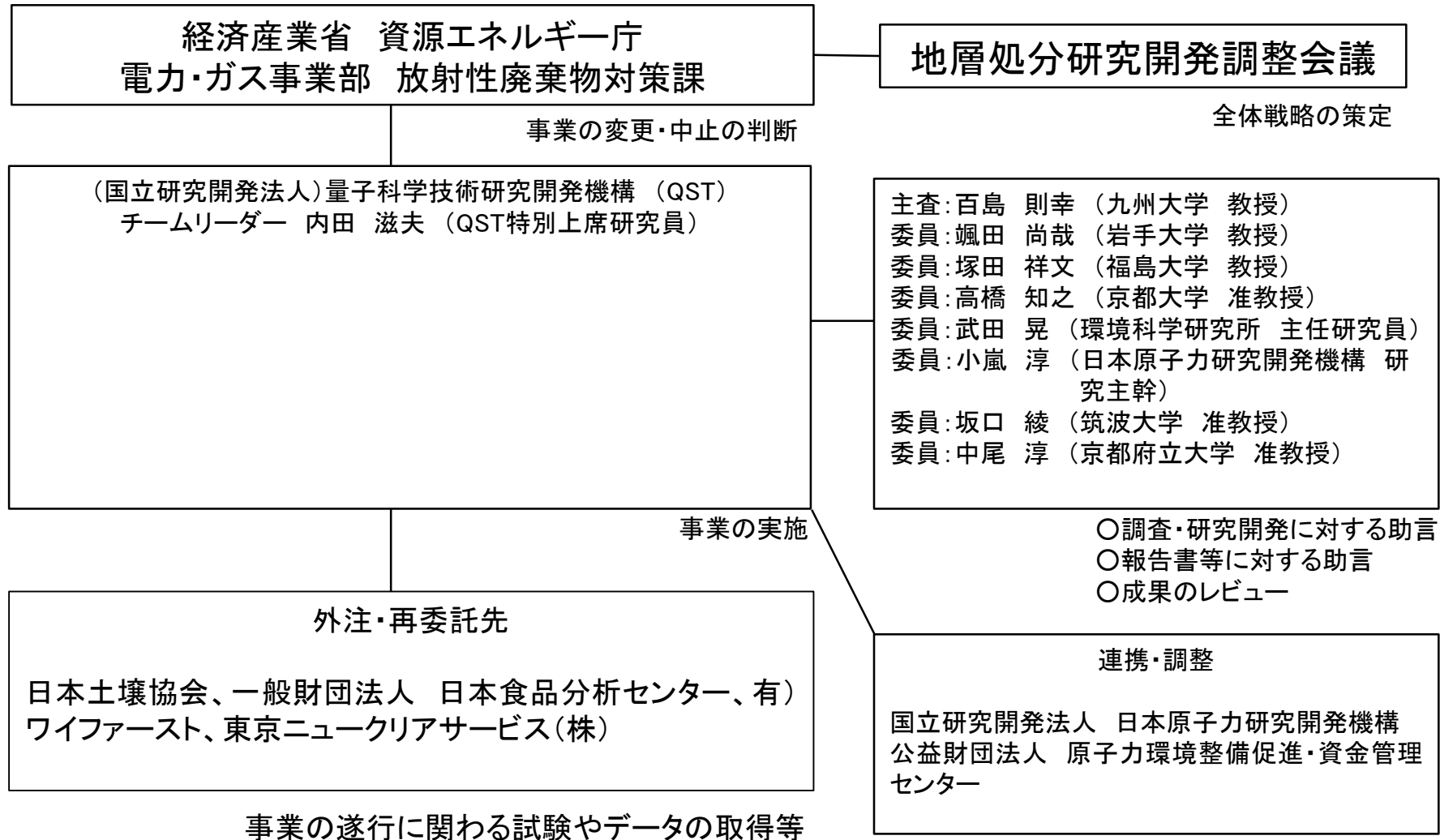
< 共通指標実績 >

論文数	論文の 被引用度数	特許等件数 (出願を含む)	国際標準への寄与
26	129	0	IAEAのTecDocに掲載

(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



2. 3. 2 中間評価の結果

今後の研究開発の方向等に関する提言

〈実施・マネジメント体制等の妥当性〉

○継続すべき事業である。これまでの成果を踏まえて研究開発を着実に進展させること。

提言に対する対処方針

○我が国の特性を踏まえた影響評価やデータ取得を積み重ね、国際的な機関等を通じて世界的に活用されるよう、これまでに得られた成果を踏まえて、研究開発を着実に進めていく。