

地層処分研究開発に関する全体計画
(令和5年度～令和9年度)
(第1章及び第2章)
(案)

令和 年 月

地層処分研究開発調整会議

目次

1.	はじめに	1
1.1	地層処分事業を取り巻く情勢の変化を反映した全体計画（令和5年度～令和9年度）の策定	2
1.2	研究開発計画策定の経緯	3
1.3	全体計画（平成30年度～令和4年度）に基づく研究開発の現状	7
	(1) 地層処分に適した地質環境の選定及びモデル化	8
	(2) 処分場の設計と工学技術	8
	(3) 閉鎖後長期の安全性の評価	9
	(4) 技術マネジメント	10
	(5) 代替処分オプション	11
2.	研究開発の基本的な考え方と進め方	12
2.1	技術的信頼性をさらに向上させるための研究開発の考え方	12
2.2	技術マネジメントの一層の強化	14
	(1) 要件のマネジメント	15
	(2) 知識のマネジメント	15
	(3) 品質のマネジメント	16
	(4) 人的資源のマネジメント	16
2.3	分野間・機関間連携の推進	17
	(1) 各機関の役割と連携	17
	(2) 分野間の連携	17
	(3) 産学官を通じた様々な分野の専門家との連携	18
	(4) 国際協力・国際連携	18

(3章以下文案作成中。目次のみ)

3.	研究開発項目と内容	
3.1	地質環境の調査と評価に関する技術	
3.1.1	自然現象の影響	
	(1) 火山・火成活動の発生及び影響の調査・評価技術の高度化	
	(2) 深部流体の移動・流入に係る現象理解及び影響の評価技術の整備	
	(3) 地震・断層活動の活動性及び影響の調査・評価技術の高度化	
	(4) 隆起・侵食の調査・評価技術の高度化	
	(5) 長期的な自然現象の発生可能性とその地質環境への影響の評価技術の高度化	
3.1.2	地質環境の特性	
	(1) 沿岸海底下の地質環境特性の調査・評価技術の整備	

(2)	地質環境特性の長期変遷のモデル化技術の高度化	.....
(3)	地質環境に関わる個別調査技術の最適化	.....
(4)	サイト調査のための技術基盤の強化	.....
3.2	処分場の設計と工学技術	.....
3.2.1	設計体系の整備	.....
(1)	設計の信頼性向上	.....
(2)	設計の最適化	.....
3.2.2	工学技術の実証的研究	.....
(1)	人工バリアの定置及び坑道レイアウトに関わる調査・設計・対策技術の体系化	.....
(2)	人工バリアの製作・施工技術の高度化	.....
(3)	地下施設の建設・操業技術の高度化	.....
(4)	処分場閉鎖技術の開発	.....
(5)	廃棄体回収技術の開発	.....
3.2.3	閉鎖前の安全性の評価	.....
(1)	閉鎖前の安全性の評価シナリオの構築	.....
(2)	閉鎖前の安全性評価技術の高度化	.....
(3)	事故対応技術の開発及び具体化	.....
3.3	閉鎖後長期の安全性の評価技術	.....
3.3.1	シナリオ構築	.....
(1)	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	.....
(2)	リスク論的考え方に則したシナリオの構築手法の高度化	.....
3.3.2	核種移行解析モデル開発	.....
(1)	地層処分システムの状態変遷等を反映した核種移行解析モデルの高度化	.....
(2)	施設設計等を反映した核種移行解析モデルの高度化	.....
3.3.3	核種移行解析に用いるパラメータ等に関するデータの整備	.....
(1)	核種移行等に関するデータの取得及びデータベース整備	.....
3.4	中長期的に研究開発を進める上でのツール・基盤の整備	.....
(1)	知識マネジメントに係るツールの整備	.....
(2)	モニタリングシステムを支える基盤の整備	.....
3.5	代替処分オプションに関する研究開発	.....
(1)	使用済燃料直接処分	.....
(2)	その他の代替処分オプション	.....
4.	おわりに	.....

1. はじめに

わが国では、原子力の利用に伴い高レベル放射性廃棄物と低レベル放射性廃棄物が発生する（表1）。高レベル放射性廃棄物については、核燃料サイクル開発機構（現国立研究開発法人日本原子力研究開発機構；以下、JAEAという）による「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ—」により、日本において地層処分は技術的に適用可能であることを確認した。

これを受けて平成12年に制定（平成19年に改正¹）された「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律（以下、最終処分法という）」に沿って、特定放射性廃棄物（高レベル放射性廃棄物と、再処理施設等から発生する一部の超ウラン核種を含む放射性廃棄物（以下、TRU等廃棄物という））を、地下300m以上深い地層に処分（以下、地層処分という）することとした（図1）。

「地層処分研究開発に関する全体計画（以下、全体計画という）」は、特定放射性廃棄物の最終処分事業に必要な研究開発を、国及び関係研究機関と実施主体が適切な役割分担の下で全体を俯瞰しつつ総合的、計画的かつ効率的に推進するために策定されている。

令和5年度～令和9年度の全体計画策定の背景を1.1節に、最終処分法制定から現在までの研究開発の経緯を1.2節及び1.3節に記す。

表1. 原子力発電の運転に伴い発生する放射性廃棄物の種類²

廃棄物の種類		廃棄物の例	発生源
高レベル放射性廃棄物		ガラス固化体	再処理施設
低レベル放射性廃棄物	発電所廃棄物 高↑放射能レベル 放射能レベルの比較的高い廃棄物 放射能レベルの比較的低い廃棄物 放射能レベルの極めて低い廃棄物	制御棒、炉内構造物	原子力発電所
		廃液、フィルター、廃器材、消耗品等を固化	
		コンクリート、金属等	
	超ウラン核種を含む放射性廃棄物（TRU等廃棄物）	燃料棒の部品、廃液、フィルター	再処理施設 MOX燃料加工施設
	ウラン廃棄物	消耗品、スラッジ、廃器材	ウラン濃縮・燃料加工施設
クリアランスレベル以下の廃棄物		原子力発電所解体廃棄物の大部分	上に示した全ての発生源

¹ 平成17年にJAEA及び電気事業連合会が公表した「TRU廃棄物処分技術検討書—第2次TRU廃棄物処分研究開発取りまとめ—」によりその技術的信頼性が示されたことにより、平成19年に最終処分法が改正された。

² 資源エネルギー庁ホームページを一部編集：

https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/gaiyo/gaiyo01.html#h01

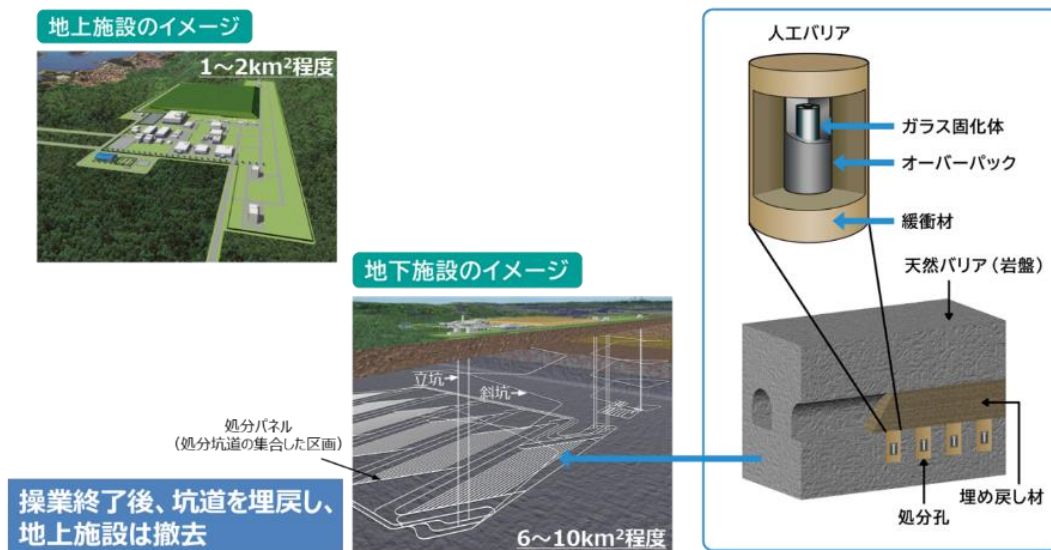


図1. 地層処分の施設と多重バリアシステム（人工バリア・天然バリア）のイメージ³

1.1 地層処分事業を取り巻く情勢の変化を反映した全体計画（令和5年度～令和9年度）の策定

平成30年度から令和4年度までの研究開発の進展及び以下のような地層処分事業をめぐる情勢の主な変化を考慮し、地層処分研究開発調整会議（以下、調整会議という）は令和5年度～令和9年度の5年間の全体計画を策定した。

- ・ 令和2年11月に北海道の2地点で公募開始後初めて文献調査を受け入れていただき、調査が進められている。
- ・ 第6次エネルギー基本計画において「国、NUMO、JAEA等の関係機関が、全体を俯瞰して、総合的、計画的かつ効率的に技術開発を着実に進める」とされた（令和3年10月）。
- ・ 幌延深地層研究センター地下研究施設を活用した国際共同プロジェクトの準備会合が開始された（令和4年2月）。
- ・ GX⁴実行会議において、再処理・廃炉・最終処分のプロセス加速化が提示された（令和4年7月）。
- ・ 原子力規制委員会より「特定放射性廃棄物の最終処分における概要調査地区等の選定時に安全確保上少なくとも考慮されるべき事項」が決定された（令和4年8月）。

計画策定にあたり、図2に示すような長期の事業を俯瞰した上で、今後5年間で取り組む

³ 「高レベル放射性廃棄物の最終処分に関する対話型全国説明会 説明資料（資源エネルギー庁 NUMO）」より。

⁴ GX（グリーントランスフォーメーション）：「我が国がカーボンニュートラルを実現し、さらに世界全体のカーボンニュートラル実現にも貢献しながら、そのための対応を成長の機会として捉え、産業競争力を高めていくためには、カーボンニュートラルにいち早く移行するための挑戦を行い、国際ビジネスで勝てるような『企業群』が、自ら以外のステークホルダーも含めた経済社会システム全体の変革（GX）を牽引していくことが重要である。」（経済産業省「GXリーグ基本構想」より）

べき研究開発に関する基本的な考え方を、2章「研究開発の基本的な考え方と進め方」に示した。第3章「研究開発項目と内容」では、2章で示した考え方と進め方に沿った地質環境の調査と評価に関する技術、処分場の設計と工学技術、閉鎖後長期の安全性の評価技術という主要な分野等における研究開発項目とその内容を記述している。計画の実施状況は適宜調整会議において確認し、必要に応じて全体計画を見直すこととするのは従来と同じである。

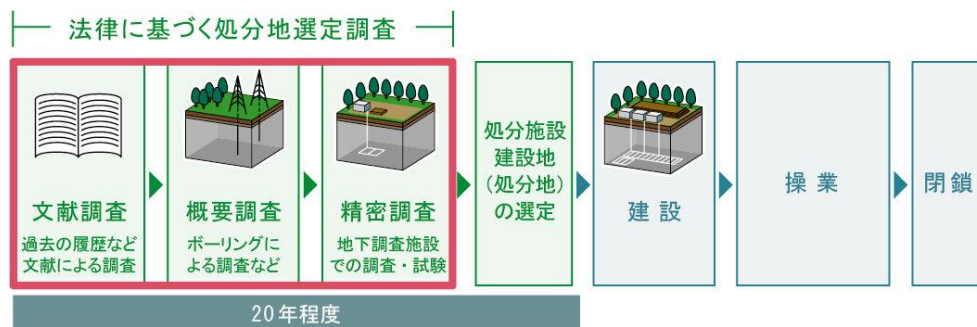


図2. 100年以上にわたる地層処分事業

1.2 研究開発計画策定の経緯

<地層処分基盤研究開発調整会議の開始>

平成17年10月閣議決定された原子力政策大綱で、地層処分に係る研究開発について「国及び研究開発機関等は、全体を俯瞰して総合的、計画的かつ効率的に進められるよう連携・協力するべきである」とされたこと等を受け、同年、JAEAをはじめとする関係研究機関が参画する「地層処分基盤研究開発調整会議」（以下、基盤調整会議という）が開始された。基盤調整会議は以下の4点を目的としている。

- ・ 研究開発全体計画の策定
- ・ 研究開発の連携に関する調整
- ・ 成果の体系化に向けた調整
- ・ 研究開発の重複排除の調整

その後、「原子力政策大綱に示している放射性廃棄物の処理・処分に係る取組の基本的考え方に関する評価について（平成20年8月 原子力委員会 政策評価部会）」において、原子力発電環境整備機構（以下、NUMOという）に関して「NUMOとしても、処分事業に必要な技術に係る研究開発が計画的、効率的に実施されるよう、関係研究機関の技術開発の実施内容に反映されるべき技術的要求事項等をより一層明確に提示するべき」との指摘を受けた。当初オブザーバー参加であったNUMOは同年より基盤調整会議のメンバーとなった。以降NUMOが示したニーズを取り込みつつ、基盤研究開発が進められた。

NUMOは原子力政策大綱で提示された役割分担のもと、技術開発に取り組んでいる。平成25年より基盤研究開発の成果も踏まえた中期的な技術開発計画「地層処分事業の技術開発計画（以下、NUMO中期技術開発計画という）」を策定し、以後5ヵ年ごとに計画の見直しを行っている。

<地層処分研究開発調整会議への改組と全体計画（平成30年度～平成34年度）の策定>

「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 閣議決定）」（以下、「基本方針」という）に基づき平成28年5月に放射性廃棄物専門部会が設置された。同部会は原子力委員会の下に専門的かつ総合的観点から関係行政機関等の活動状況に係る評価等を行い、地層処分に関する研究開発への提言として表2のように評価した。

表2 地層処分の研究開発に関する原子力委員会の評価（平成28年9月 最終処分関係行政機関等の活動状況に関する報告書 原子力委員会決定）

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">・研究開発等において、関係行政機関等の中の一層の連携強化が望まれる。・地層処分基盤研究開発調整会議の運営の透明性の確保が望まれる。・地層処分基盤研究開発に関する全体計画は、NUMOの実施する技術開発計画と一体化し、いわゆる「真の全体計画」となることが望まれる。またNUMOは、包括的技術報告書を有効に活用し、いわゆる「真の全体計画」の策定に向け、一層のリーダーシップを発揮することが望まれる。・過去の知識を整理・伝承し、今後活躍できる人材を継続的に確保・育成していくための方策の検討・充実に、産学官協働で取り組むことが望まれる。 |
|---|

表2の背景を踏まえ、平成30年度以降の5年間（平成30年度～平成34年度）の全体計画の策定については新たに「地層処分研究開発調整会議」へと改組した上で研究開発計画を検討した。

平成30年度～平成34年度の全体計画の策定にあたり、調整会議では表2の評価を踏まえ、NUMOのリーダーシップのもと、NUMOがセーフティケース⁵として取りまとめた包括的技術報告書（レビュー版）（平成30年11月公表）の作成過程で明らかとなった課題を全体計画に網羅することとした。これまでの研究開発過程で抽出された課題、国の審議会等⁶で抽出された課題、科学的特性マップの作成及び提示に際して寄せられた技術的信頼性に関する国民からの声等も含めて網羅的に課題を抽出した上で研究課題を整理した。

平成29年7月に開催された最終処分関係閣僚会議において、科学的特性マップ提示後の取組みとして「研究開発の推進と体制強化」、「各国共通課題の解決に向けた国際的な連携、貢献」をすべきであると示されたことを踏まえ、事業実施に必要な技術マネジメント能力の向上や人材育成、国際連携・貢献に関する内容については、中長期的に研究開発を進める上での重要事項として全体計画に含めることとした。また、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・研究については、基本方針及び当時のエネルギー基本計画（平成26年4月 閣議決定）に基づき、幅広い選択肢を確保する観点から調査・研究を推進することとされている。この代替処分オプションに関する調査・研究は、中長期的に研究

⁵ セーフティケース：国際原子力機関（IAEA）では「ある施設または活動の安全を裏付ける論拠及び証拠を収集したもの」、経済協力開発機構／原子力機関（OECD/NEA）では「ある特定の（放射性廃棄物）処分場の開発段階において、処分場の長期の安全を裏付ける論拠を収集したもの」と定義され、事業主体が自主的に作成、更新する。

⁶ 国の審議会等：「地層処分技術ワーキンググループ」、「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」、「可逆性・回収可能性の確保に向けた論点整理に係る検討会」

開発を進める上での重要事項であり、国の基盤研究開発として実施してきていることから、地層処分研究開発と同様に整理することとした。

研究開発の成果をセーフティケースの作成・更新に資するという基本的視点に立って、各研究項目の相互関係を明確にしつつ検討を進めるとともに、調整会議参加機関以外の外部有識者からもご意見を伺った。

研究開発のPDCAサイクルを回しながら進めていくことが重要であるとの基盤調整会議の設置以来の認識を踏まえ、また、NUMOは平成30年度から平成31年度にかけて国内外の機関による包括的技術報告書の外部レビューを実施する計画であったことから、平成30年3月に取りまとめた全体計画は、包括的技術報告書（以下、NUMO-SCという）（レビュー版）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、平成32年度以降の計画について平成31年度末を目途に見直すこととしていた。

<全体計画（平成30年度～令和4年度）の改訂>

令和元年12月に日本原子力学会により取りまとめられ公表された包括的技術報告書レビュー報告書では、平成30年3月に作成した全体計画の作成過程で抽出された今後取り組むべき課題を大きく変更するような指摘はなかった。資源エネルギー庁とNUMOが共催して進めている対話型全国説明会やNUMO-SCの専門家説明会で示された処分技術や研究開発に関するご意見も、改訂前の全体計画に盛り込まれている研究開発課題で網羅されるものであった。

以上のような状況を踏まえ、令和2年3月に全体計画の改訂版が取りまとめられた。改訂版の策定にあたり、調整会議では全体計画に沿って平成30年度から2年度にわたって実施したNUMO及び関係研究機関の研究開発実績も考慮し、外部有識者を交えて全体計画の見直しに関する議論を行った。その結果、全体計画の基本構成については当初のままとするが、課題間の関係性を樹形図として示すこととした。さらにNUMOの事業にどのように寄与するかという観点で各研究開発課題の5年間の進め方を工程表として導入すること、新たなJAEAの深地層の研究開発計画との関連性は個別課題の取組みの中で示すこと、及び研究開発を取り巻く環境への配慮については「中長期的に研究開発を進める上での重要事項」において記載することとした。令和2年3月の全体計画改訂版に連動して、NUMOは自ら実施する中期技術開発計画を改訂した。

<包括的技術報告書（NUMO-SC）の公表（令和3年2月）>

地層処分の安全確保においては事業期間の観点でも、閉鎖後の安全の確保という観点でも、考慮すべき時間スケールが長く、かつ処分場の要素として不均質な特性を有する地質環境を対象とするため、不確実性⁷が伴う。地層処分の安全確保に向けて、これら時間スケールや

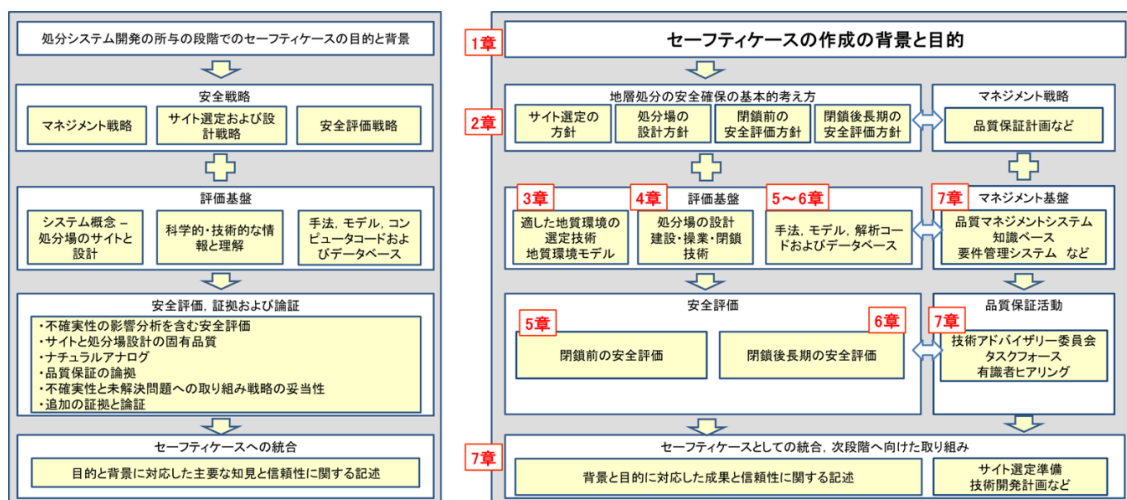
⁷ 一般に、不確実性は、対象となるシステムや集団に関して観測される数値（観測値）に本来的に存在している差異や変動に起因する偶発的不確実性（Aleatory uncertainty）、及び対象となるシステム、集団、現象などに関する知識または情報の不足に起因する認識論的不確実性（Epistemic uncertainty）に分けられる。不確実性をゼロにすることは出来ない。地層処分における不確実性への基本的な対応方針として、不確実性の「特定」「回避」「低減」「評価」という4つが挙げられる。詳細はNUMO-SC本編第2章を参照。

空間的な不均質性等の不確実性の取り扱いが極めて重要である。

地質環境の調査・評価、処分場の設計及び安全評価に関わる不確実性についての研究開発成果をセーフティケースに統合し、安全性に影響する重要な不確実性の因子を特定して次の調査計画や技術開発計画などに反映する。このようにセーフティケースとは処分場の安全性の裏付けとなる可能な限りの技術的な証拠、論拠や論述などを不確実性とともにより体系化し、様々な側面から安全性に関わる議論を積み上げた総合的な文書である。セーフティケースの考え方は国際的に構築されており⁸、NUMO が令和3年2月に公表した NUMO-SC も国際的な考え方に基づき構成されている（図3）。

全体計画（平成30年度～令和4年度）に沿って進められた国、関係研究機関及びNUMO による研究開発の成果は、令和3年2月に公表したNUMO-SCに反映されている。この NUMO-SCは英語化され、経済協力開発機構／原子力機関（以下、OECD/NEAという）による国際レビューが実施された。

NUMO は NUMO-SC の中で「文献調査の段階以降に進むための技術的な準備が整えられており、今後、特定のサイトを対象としてセーフティケースを作成する場合に包括的技術報告書が基本形として活用できる」と結論付けるとともに、技術的信頼性や実用性のさらなる向上等に向けた技術課題もあわせて整理した。



セーフティケースの一般的構造
 OECD/NEA (2013) The nature and purpose of the post-closure safety cases for geological repositories, NEA/RWM/R(2013)1. より引用し NUMO が和訳

包括的技術報告書 (NUMO-SC) の構成
 NUMO (2021) 包括的技術報告：わが国における安全な地層処分の実現 - 適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築 -、NUMO-TR-20-03 より引用

図3. セーフティケースの一般的構造と包括的技術報告書の構成

わが国のセーフティケースが作成されたことで、NUMO-SC におけるセーフティケースの中で、さらなる信頼性の向上が図られるべき技術的課題を特定して、優先度を考慮しながら取り組むことが可能となった。すなわち、セーフティケースを研究開発の管理する手段とし

⁸ 例えば、OECD/NEA (2004) : Post-closure safety case for geological repositories, NEA No. 3679.

でも活用できる環境が整備されたといえる。

NUMO-SC は、サイトが特定される前段階のセーフティケースの基本型として作成されたものであるが、サイト調査が進んだ段階では、候補サイトのデータを用いることやその時点までに蓄積された知見や高度化された評価技術をセーフティケースに統合することで、事業環境に応じたステークホルダーとのコミュニケーションにも活用していくことになる（図4）。

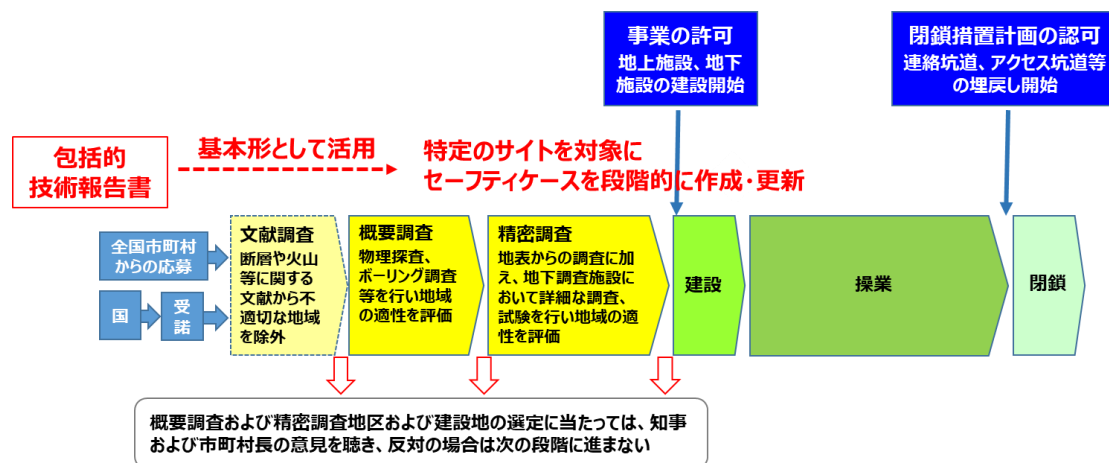


図4. 事業の段階に応じたセーフティケース作成の概念

<代替処分オプションの研究開発>

使用済燃料の直接処分に関する研究開発は、「今後の原子力研究開発の在り方について（見解）」（平成24年12月 原子力委員会）等に基づいて、平成25年度から実施されている。平成27年度には、直接処分に関する現状の技術レベルと、直接処分に関する技術的検討をとおして抽出された今後の課題を提示した「わが国における使用済燃料の地層処分システムに関する概括的評価—直接処分第1次取りまとめ—」（以下、直接処分第1次取りまとめという）が JAEA によって取りまとめられた。その後は、直接処分第1次取りまとめにおいて抽出された課題への対応を進めてきた。また、使用済燃料の直接処分以外の代替処分オプションについての調査研究は、基本方針を受けて平成27年度から開始された。その際、国内外で検討されてきている様々な代替処分方法を整理し、比較検討を行った上で、諸外国で調査研究が進められており、人間環境からのさらなる離隔等の利点を有する超深孔処分を、使用済燃料直接処分以外の代替処分オプションとして着目し、調査研究を進めることとした。平成30年度～令和4年度は、直接処分に特有な課題である処分容器の長寿命化、臨界安全評価、使用済燃料からの核種溶出挙動評価等を中心に、個別の研究開発を実施した。

1.3 全体計画（平成30年度～令和4年度）に基づく研究開発の現状

関係研究機関及びNUMOは全体計画に基づき、個別の研究開発課題に取組み、地層処分事業を適切に進めるために現段階で必要となる技術の整備を着実に進めている。これまでの研

究開発の成果と今後取り組むべき課題は以下のとおりである。

(1) 地層処分に適した地質環境の選定及びモデル化

① 自然現象の影響

サイト調査において、地質環境に期待される安全機能を損なう可能性のある火山・火成活動、地震・断層活動、隆起・侵食などの自然現象の著しい影響を回避するために必要な調査・評価技術の整備に向けた事例を蓄積し、有用な技術を抽出した。さらに調査によって自然現象の著しい影響を回避するように選定したサイトに対し、将来において自然現象が発生する可能性とその地質環境への影響を評価するための手法の適用性などを提示した。

今後も沿岸部海域と陸域との区別なく統合的に抽出した技術の適用性確認に関する事例の蓄積を継続し、体系的な調査・評価技術を整備し、自然現象の影響を評価する技術的信頼性を向上させる必要がある。

② 地質環境の特性

沿岸域の陸域から海域を含む多様な地質環境条件を対象として、地層処分の観点から好ましい特性が長期にわたって安定的に維持される地質環境を選定するための調査・評価技術及びそれらを踏まえた体系的な調査・評価技術の蓄積と並行してサイト調査の技術的信頼性向上に資する地質環境及びその調査・評価技術に関する最新の科学的知見の集約及び品質マネジメントシステムの整備を実施した。

今後もこれらの調査・評価技術の検討、知見の集約、品質マネジメントシステムの整備を継続することでサイト調査に必要な技術のさらなる信頼性向上に取り組む必要がある。

(2) 処分場の設計と工学技術

① 人工バリア

人工バリアの安全機能について様々な地質環境条件でのデータの蓄積と知見の拡充を実施することで、レファレンスとしてきた人工バリア材料の安全機能に係る特性データを多数取得した。取得したデータを評価し、安全機能が確保される条件などを明確にすることで、柔軟性と多様性を確保できる設計オプション及び代替材料の適用性を見通しを得た。これらの成果は、サイト調査で得られる情報によって詳細化される地質環境特性に応じた設計の具体化、最適化に資するものである。また、人工バリア設計の工学的成立性の観点から、人工バリアの製作・施工技術の改良や効率化の検討及び要素技術の試験に着手した。

今後もこれらの取り組みを継続し、安全性を説明する論拠及び人工バリア設計の工学的成立性についてさらに信頼性を向上させる必要がある。

② 地上・地下施設

処分施設の安全機能を確保するための判断指標や設計基準を整備し、処分場の建設及

び閉鎖に係る掘削損傷領域の評価技術、湧水対策技術、坑道を埋め戻す施工技術について、実証的な検討を通じた要素技術の実現可能性を確認した。特にNUMO-SCで提示した坑道が水みちとなることを防止する技術については、坑道シーリングによる閉じ込め性能を評価するための手法を提示し、室内試験から工学規模の試験を実施して様々なシーリング方法の性能の確認を進めている。

今後は、坑道スケールからピットスケールの原位置での実証試験などを通じて坑道や処分ピットの掘削前から閉鎖段階までの調査・設計・評価技術の検証と体系化を行う。さらに、複数の要素技術を実用化のレベルに引き上げるために、対象とする試験スケールを上げるなどして、将来の大規模な実証に向けた部分的な実証試験などに取組む必要がある。

③ 回収可能性

高レベル放射性廃棄物の定置概念に対して、地下施設での実証試験を通じて、回収技術の実現性の見通しを得た。TRU等廃棄物の定置概念に対して、PEM⁹方式を採用した場合の回収技術の概念検討により、回収の容易性向上の見通しと、高レベル放射性廃棄物を対象として開発した回収のための要素技術の適用性を確認した。回収可能性の維持に伴う影響評価技術について、様々な地質環境条件や地下施設レイアウトを対象とした試行や国内外の地下研究施設の実測例との比較を繰り返すことで、評価技術の適用性を向上させることができた。

今後も、回収技術の実用性の向上を目的とした技術の改良と効率化及びシステムとしての成立性の検討及び、回収可能性の維持に伴う影響評価技術の信頼性向上を目的とした解析技術の検証と様々な地質環境条件への展開などの技術開発を継続する必要がある。

④ 閉鎖前の安全性の評価

閉鎖前の安全性の評価シナリオ、評価技術、事故対応技術について、国内外の原子力関連施設での評価事例、諸外国の検討事例などを参考に整備した。

今後も最新動向の調査、設計の詳細化に伴う閉鎖前の安全性の評価の試行などを通じて、評価シナリオ、評価技術の具体化を継続する必要がある。

(3) 閉鎖後長期の安全性の評価

① シナリオ構築

シナリオ構築の前提となる処分場の状態設定に対する技術的信頼性のさらなる向上を図るため、ニアフィールドの構成要素において生起する現象や核種移行挙動に影響を与える可能性のある現象について、室内・原位置試験により現象の理解を深めた。試験により取得したデータと現象解析モデルの解析結果について比較・評価を行うことで、現象解析モデルを簡略化する妥当性の根拠を拡充した。安全評価シナリオの網羅性を明示

⁹ Prefabricated Engineered Barrier System Module の略称。

できるよう、NUMO-SCで作成した閉鎖後長期の安全評価に関するシナリオ作成時の根拠情報を体系的に管理可能なツールの開発を目指し、情報管理ツールのプロトタイプを作成した。

今後もこれらの取組みを継続し、現象理解、現象解析モデルの簡略化に対する妥当性評価と、現象解析モデルの改良及び不確実性定量化手法の開発を行うことで、今後も現象解析に基づく状態設定の信頼性を向上する。情報管理ツールのプロトタイプについては、プロトタイプを使用しつつの改良点を明確化しツールの高度化を推進する。

② 核種移行解析モデル開発

核種移行解析モデルに対する技術的信頼性をさらに向上させるために、変質した人工バリアと母岩中の核種移行挙動に関する室内又は原位置試験による現象理解を進めるとともに、取得したデータと数理モデル解析結果の比較により簡略化した核種移行解析モデルの妥当性を評価することで、現象理解を深化し、解析モデルに反映した。処分場の幾何学情報を忠実に反映した核種移行解析モデル作成の方法論と、サイトの地下から地表までを含む地質構造と処分場の仕様を明示的に反映した広域スケールの核種移行解析モデル及び生活圏評価モデル作成の方法論の整備を進めた。

今後もこれらの取組みを継続し、広域スケールの核種移行解析モデルと生活圏評価モデルを統合し、廃棄体から生活圏における核種移行までを統一的に取り扱うことが可能なモデル作成の方法論構築を推進する必要がある。また、核種移行解析モデルやパラメータに付随する不確実性の影響を定量的に把握するための不確実性定量化手法も開発する必要がある。

③ 核種移行解析に用いるパラメータ等に関するデータの整備

核種移行パラメータ設定の信頼性をさらに向上させるために、地質環境及び生活圏の時間変遷を含めて想定される様々な条件に対応した核種移行パラメータについてデータを拡充させた。地質環境条件への依存性が高い核種移行現象（拡散・収着）に関して、条件に柔軟に対応した核種移行パラメータ設定が可能となるよう、核種移行パラメータ値を推定するための数理モデルを作成した。

今後も、安全評価からのニーズに基づく優先順位に沿ってデータ拡充を継続するとともに、作成した核種移行パラメータ値推定のための数理モデルのさらなる信頼性向上のために、先端分析技術や計算科学手法を用いた現象理解の深化を推進する必要がある。さらに、モデル解析における不確実性の定量化に必要となる、核種移行パラメータなどが取り得る幅の設定に資するための実測データを拡充する必要がある。

(4) 技術マネジメント

NUMO及び関係研究機関は、地層処分事業及びそれを支える研究開発に必要な人材を継続的に確保するために、大学、電力会社等との連携・協力、地層処分に係る技術移転を含む共同研究、実証試験における若手技術者の技能向上と若手技術者の確保に向けた大学・

高校への出前授業などに取り組んでいる。また、地層処分に関する萌芽的・基礎的研究テーマを大学・研究機関の若手研究者へ委託する取組みを通じて、若手研究者の育成支援と地層処分分野の研究者の裾野拡大に貢献した。

NUMOは、技術マネジメントを支える仕組みの一つである知識マネジメントを強化するために、NUMO-SCで用いた地質環境特性データや線量評価解析入出力データを格納するデータベースの構築、セーフティケースにおける要件－主張－論拠－根拠情報の相互関連を体系的に表現・保存する討論モデルの検討、国際機関（OECD/NEA、国際原子力機関（以下、IAEAという）等）における知識マネジメント検討グループへの参加、閉鎖後長期の安全評価に係るシナリオ構築からモデル・データ設定までの一連の情報について相互の関連性を電子的に確保した上で安全評価に関する知識・情報を的確かつ効率的に管理できるツールのプロトタイプ開発、及び処分場の設計や安全評価に用いる廃棄体の放射能インベントリ設定のための使用済燃料の燃焼履歴等を反映した廃棄体の放射能インベントリの分布を推定する方法論の検討、等を推進した。

NUMOは国際学会などにおける積極的な情報発信を行うとともに、国際機関（OECD/NEA、IAEA等）が実施する委員会やプロジェクト等にWeb会合も活用しつつ参加し、国際動向の把握と国際貢献を実施している。さらに海外実施主体との共同研究（スイス放射性廃棄物管理共同組合（Nagra）、スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社（SKB）、カナダ核燃料廃棄物管理機関（NWMO）、英国放射性廃棄物管理会社（RWM）、米国エネルギー省（DOE）及びローレンス・バークレー国立研究所（LBNL）、情報交換会議（ドイツ連邦放射性廃棄物機関（BGE）、韓国原子力環境公団（KORAD）及び台湾電力）、及び国際共同研究プロジェクト（グリムゼル試験場における各種国際共同研究プロジェクト、鉄－ベントナイト相互作用の理解に関するキルナ・ナチュラル・アナログ・プロジェクト及び生活圈評価に関するBIOPROTAプロジェクト）等に参画した。

今後もこれらの取組みを通じて安定した人材確保、知識マネジメントの強化及び国際連携・貢献を、国、関係研究機関と連携・協力して行う。

(5) 代替処分オプション

使用済燃料の溶解挙動など直接処分に特有な現象を理解・評価するための技術基盤の整備と、その他の代替処分オプションに関する最新の知見の拡充等を実施した。諸外国における直接処分の処分容器である銅に着目し、わが国の処分環境で想定しうる硫化物の濃度に応じた処分容器としての寿命評価の見通しを提示した。また、わが国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。さらに各研究テーマで、試験データの拡充や評価モデルの構築、わが国における代替処分の実現に向けた課題の提示等一定の成果を上げた。

今後は代替処分システム全体を俯瞰した上で代替処分特有の課題を見直し、システムの成立性の確認を目指すことが必要となる。

2. 研究開発の基本的な考え方と進め方

調整会議では各研究項目の相互関係を明確にしつつ検討を進めるという観点に立ち、今後5年間の研究開発の基本的な考え方と進め方を検討した。

地層処分を取り巻く情勢の変化と研究開発の現状を踏まえ、長期にわたる地層処分事業を俯瞰した上で技術的信頼性のさらなる向上、すなわち技術的信頼性の向上を常に目指したセーフティケース作成のための研究開発の基本的な考え方と進め方を2.1節に示した。次に研究開発を進める上で重要な要件として、技術マネジメントの一層の強化(2.2節)、分野間・機関間連携等の推進(2.3節)を示した。

2.1 技術的信頼性をさらに向上させるための研究開発の考え方

国、研究開発機関及びNUMOは以下の2つの観点に基づき、今後5年間の研究開発に取り組む。

- ① NUMO-SCで示されたセーフティケースの中でさらに信頼性の向上が図られるべき技術的課題
- ② 国民・地域住民等との対話活動や国内外の専門家によるレビューを通じて抽出された課題

これら2つの観点に基づき研究開発に取り組む理由は以下のとおりである。

- ① NUMO-SCで示されたセーフティケースの中でさらに信頼性の向上が図られるべき技術的課題

NUMO-SCは、現段階での地層処分の長期の安全性を裏付ける論拠を体系的に整理したものであり、その中でさらに信頼性の向上が図られるべきとされた課題に取り組むことで、時間やリソースを集中して研究開発を効率的かつ効果的に進めることが可能となる。

- ② 国民・地域住民等との対話活動や国内外の専門家によるレビューを通じて抽出された課題

国民・地域住民等との対話活動や国内外の専門家によるレビューを通じて抽出された課題は、社会からの信頼を得ながら地層処分事業を推進する上で考慮すべきである。

本計画に沿った研究開発の実施において、NUMO-SCを構成している個別技術(例えば、図3の「評価基盤」等)における不確実性(NUMO-SC概要版の7.3.2を参照)に対処するとともに、技術オプションを追加し様々な地質環境条件への柔軟な適応を可能にすること等で、セーフティケースの中で、技術的信頼性がどのように変化するかを確認しながら研究開発計画に反映することが重要となる。

研究開発の現状及び地層処分事業の進展を踏まえて長期の事業を俯瞰すると、取り組むべき研究開発については、「安全かつ着実に事業を推進するために各段階で必要な研究開発」と、「地層処分技術に係る不確実性を回避、低減させることで技術的信頼性を向上させ

るための研究開発」の2つの側面を含んでいる。

前者については、現時点において NUMO-SC 等によって基本的な実現性が示されたと言える。例えば、地質環境の調査・評価技術、処分場の設計、工学技術、安全評価に関する技術基盤等がその中核にあげられる。今後は具体的な候補サイトにおいてデータが収集・整理されるとともに、サイトの環境に適合した応用技術が適用されることになる。そのため、具体的な候補サイトのない現在の段階では、応用技術が適用可能であることまでを確立することや技術オプションの整備が研究開発の目標となる。

後者の不確実性を回避、低減させることによる技術的信頼性の向上には、例えば自然現象の把握、核種挙動の解明、解析モデルの開発等があげられ、今後の世界的な科学技術の進展も踏まえてさらに知見の蓄積や評価技術の高度化を図る継続的な研究開発が必要となる。

このような観点から、①適切なサイト選定を行うための地質環境の調査・評価、②地質環境特性に応じた適切な処分場の設計とこれを実現する工学技術、③処分場の特徴を反映した閉鎖後長期の安全評価という地層処分技術を構成する主要な分野について、今後5年間は以下の方針で研究開発に取り組む。

① 地質環境の調査・評価に係る取組み

サイト調査において、地質環境に期待される安全機能を損なう可能性のある自然現象の著しい影響を回避するとともに、地層処分の観点から好ましい特性が長期にわたって安定的に維持される地質環境を選定するための体系的な調査・評価技術を整備することに重点を置く。この際、沿岸域の陸域から海域を含む多様な地質環境条件を対象とするとともに、処分場の設計及び安全評価での検討結果も踏まえることとする。これらの技術が今後の事業の進展に合わせて適時整備されることにより、地層処分に適した地質環境の選定と、処分場の設計及び安全評価の基盤となる地質環境モデルの構築が可能となる。

② 処分場の設計と工学技術に係る取組み

これまで取り組んできた人工バリアや地上・地下施設等の処分場を構成する個別要素を対象とした技術開発や技術オプションの整備で得られた技術開発成果を統合し、システムとして組み合わせた場合の成立性を確認していく。さらに、これまで検討している様々な技術オプションの安全性や実現性の向上に向けた検討を継続的に進めることで、設計の最適化及び詳細化への準備を整える。このように実現性を高めた技術オプションを継続的に更新しながら検討することで、今後のサイト調査で明らかとなる様々な地質環境条件に対して柔軟に適応した処分場設計を可能にする必要がある。

また、段階的な技術の実証を通じて、処分場の建設・操業・閉鎖に係る技術、及び基本方針において示された廃棄体の回収技術に関する工学的成立性を確認していく必要がある。廃棄体の回収可能性については、ステークホルダーとの対話活動の中で取り上げられることも多く、検討を継続することにより、技術的信頼性を高めることが期待される。特に精密調査の段階に構築する地下調査施設においては、地質環境等サイト固有の

条件に対するこれらの技術の適合性や施工性・品質管理手法の妥当性の確認等を行う。従って、今後5年間では、これらの実証試験において検証すべき課題とその確認方法について明確にすることに重点を置く。

個別要素を対象とした技術開発から、それらをシステムとして成立させるための技術開発を目指すことに転換することを明確にするため、処分場の設計と工学技術に係る目次構成を全体計画（平成30年度～令和4年度）から変更する。

③ 閉鎖後長期の安全性の評価に係る取組み

①及び②で検討する様々な技術オプションの比較評価や、サイト固有の地質環境条件及びそれに応じて設計した処分場の特徴を反映した評価を可能とする技術を準備しておくことが必要である。このため、処分場において生起することが想定され、安全機能へ影響を及ぼす可能性がある現象に関する解析モデルの高度化や、技術オプションにおける不確実性の影響を考慮した比較を可能とする評価技術の高度化に重点を置く。

地質環境の調査・評価、処分場の設計と工学技術、閉鎖前及び閉鎖後長期の安全評価という中核技術の他に、中核技術をサポートする周辺技術（長期のアナログを傍証として活用するナチュラルアナログ、地層処分システムの状態変遷を把握しつつ設計で期待する機能を有するかを確認・評価するモニタリング技術の検討、対象廃棄物の特性情報の整備により放射能インベントリの変動幅を広げた感度解析等による安全性への影響の大きさの評価、特定大深度地下構造物に対する耐震設計手法の整備、及び技術マネジメントを支える体制や仕組みの整備等）は、国内外の専門家によるレビューや国民・地域住民との対話活動においても必要な取組みの要素である。また、地層処分の考え方や管理方法などに共通する部分もあることから、地層処分以外の放射性廃棄物処理・処分との情報交換も効果的である。

なお、代替処分オプションに関する研究開発については、使用済燃料（集合体）とガラス固化体との違いや、使用済燃料の多様性（炉型、燃料の種類、燃焼度等）を踏まえた上で、引き続き国の基盤研究として実施する。具体的には、使用済燃料の多様性を考慮した臨界安全評価手法や、使用済燃料（集合体）に特徴的な核種放出挙動評価手法等を開発する。さらに、ガラス固化体の地層処分と共通する手法が適用可能な部分の活用を図りつつ、直接処分等代替処分システムの成立性に関する基盤情報を整備拡充する。得られた成果は適時取りまとめる。

国、関係研究機関及び NUMO は、第3章で述べる研究開発項目を網羅的かつ効率的に取り組むために、技術マネジメントの一層の強化（2.2節）と分野間・機関間連携の推進（2.3節）に留意して研究開発に取り組む必要がある。

2.2 技術マネジメントの一層の強化

段階的な意思決定とともに進める地層処分事業においては、事業の各段階で求められる技術を適切に準備し、利用可能な状態を維持しなければならない。また、地層処分事業を進めることに対する社会の理解を得るためには、地質環境の調査・評価技術、工学設計技術、処

分場閉鎖後の長期安全性を確認するための安全評価等、多岐にわたる分野の変容していく科学技術を適切にセーフティケースへ統合し、技術が信頼に足るものであることについて説明することが必要である。

これらの要件を満たす上で必要な技術を計画的かつ着実に開発を整備していくためには、図5に示す地層処分に関する技術マネジメントが適切に行われることが必要である。そのためには、全体計画（平成30年度～令和4年度）でも示した要件・知識、品質、人材育成、国際協力・国際連携といった様々な観点から、マネジメントのあり方の検討やそれを円滑に推進するための仕組み・体制の強化が引き続き必要である。

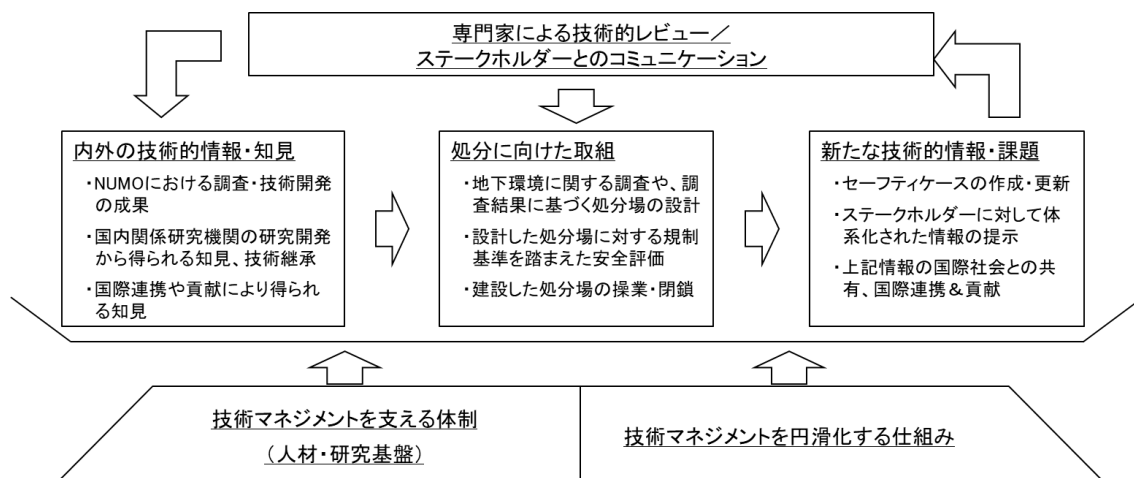


図5. 技術マネジメントの全体像

(1) 要件のマネジメント

地層処分事業は事業に係る上位要件（法令類、規制要件、社会経済的な制約条件、ステークホルダーからの要請等）を満たしながら的確に進めなければならない。NUMO及び関係研究機関は社会の変化や事業の進展に応じて更新されるこれらの上位要件に的確に対応して、地質環境調査や設計、安全評価等の下位要件を階層的に具体化し、相互の整合性を確保しながら変更管理していくことを可能とする要件マネジメントシステムの開発を継続する必要がある（図6）。

(2) 知識のマネジメント

要件マネジメントシステムを長期間にわたり維持することに加え、地層処分に係る膨大かつ多分野にわたる科学技術的な知識の取得、セーフティケースへの統合、組織内外及び世代間での共有と活用を効率的かつ効果的に実施するための知識マネジメントシステムの開発・強化が必要である。知識マネジメントシステムを実務の中で展開するために有効な知識マネジメントツールの活用は、幅広いステークホルダーへ

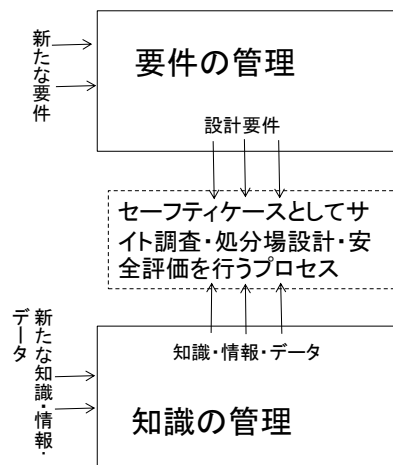


図6. 技術マネジメントを円滑化する仕組み

の情報提供とコミュニケーションの促進に資する。その他、長期にわたる事業を支えるための技術伝承や人材育成にも活用する。

長期にわたり膨大で多様な知識をマネジメントするために、NUMO 及び関係研究機関が連携して円滑に知識マネジメントを実施するための仕組みが必要となる。IT ツールの開発等による DX¹⁰の推進は要件と知識マネジメントシステム運用を支援する。

技術者の経験・ノウハウである暗黙知を可能な限り文書やデータベース等の形式知に表出化し、さらに形式知・暗黙知を要件の変化に応じて更新しその変更を追跡しながら有効に利用できる管理システムの構築は、国、関係研究機関及び NUMO 等によって開発された成果（例えば、解析コードやデータベース）並びに研究施設・設備等の資産・知的財産の相互利用取組みのための仕組みの構築に資するものである。

国際標準とも整合する知識マネジメントシステムを整備するために、国際機関である OECD/NEA、IAEA 等における知識マネジメント検討グループへの参加等により、諸外国における知識のマネジメントの取組み事例を収集・整理することが重要である。

(3) 品質のマネジメント

要件のマネジメント、知識のマネジメントに格納・蓄積される要件・知識・情報・データは、地層処分事業の特徴に適用しつつ、求められる品質レベルが確保されなければならない。そのためには、品質管理／品質保証に関する体系的な考え方を整備するとともに、品質が確保されたデータ等の取得のための要素技術、プロセス、作業者の技量等を継続的に改善していく必要がある。第三者の視点から品質確保の状況を確認するために、国内外の幅広い分野の専門家による科学的・技術的内容の妥当性に関するレビューを受けることが重要である。

(4) 人的資源のマネジメント

将来地層処分事業に携わる要員確保のために大学、高等専門学校との幅広い共同研究等の推進を通じて地層処分の認知度の向上と、様々な学術分野の知見が連関して成り立っている地層処分技術の特徴等の発信強化に取り組む。また、地層処分事業や研究機関に携わる要員のスキルアップによる専門分野における技術力の強化を目指す。これに加え、地層処分に関連する多岐にわたる分野全体を俯瞰できる技術力を有する人材を育成する。このためには事業全体を見通し、必要な最新技術・知見を見極めて関連する様々な機関から幅広く吸収することが重要であり、研究成果を連携・統合させて、事業や研究開発を推進するプロジェクトマネジメント力の養成が必要である。

一方、(1)要件のマネジメント及び(2)知識のマネジメントと連携し、IT ツールの活用等による人的資源によらない暗黙知等の技術継承のための知識マネジメントシステムを整備する必要がある。

¹⁰ DX (デジタルトランスフォーメーション)：経済産業省のデジタルガバナンス・コード 2.0 では「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること。」と定義される。

2.3 分野間・機関間連携の推進

地層処分研究開発は、複数分野・複数機関が、地層処分事業に必要な技術の開発という一つの目的のために個別の研究開発項目に取り組むものである。効率的かつ効果的に研究開発を行うために、関係者は個別の研究開発の目標や成果の反映先について共通認識を持つこと、関連する研究開発の進捗状況、共通課題への取り組み方等について情報が共有されている必要がある。そのためには各機関の連携、分野間の連携、学会等を通じた幅広い学術分野における専門家の連携等、様々な形での連携が不可欠である。

以下に、研究開発の円滑な遂行のために必要となる主な連携の形、連携の方法を提示する。

(1) 各機関の役割と連携

全体計画に参加する各機関は、これまでも地層処分研究開発の実績を有しており、今後もそれぞれが役割を担っていく。

JAEAをはじめとする関係研究機関は、最先端の科学技術的知見を含む地層処分に有効な情報・データ・知識を集約、体系化するとともに、共同研究による事例研究や、地下及び地上の研究施設・設備を共同利用した研究協力によって、それらを最大限に活かしつつ研究開発を実施する。処分場の設計や安全性の評価に取り込むための現象論的なモデル開発や、そのための知識化の観点からより科学的な領域も含む技術基盤として研究成果を取りまとめることが重要である。そのため、取得した成果を地層処分事業に利用可能な状態とするために、NUMO と関係研究機関は、それぞれが整備・保有するデータベースの連携等をさらに進める必要がある。

NUMO は、関係研究機関の成果も踏まえ、調査機器や調査手法の最適化、必要なデータを最小限の調査で取得するための評価技術の高度化・合理化を目指した技術開発に取り組むとともに、セーフティケースのさらなる信頼性向上に必要な課題解決に向けて関係研究機関と連携を図る。例えば、放射能インベントリの不確実性と処分システムへの影響の把握に向けて、NUMO と廃棄物発生者（日本原燃株式会社（JNFL）及び JAEA）との連携を強化する必要がある。

(2) 分野間の連携

地層処分事業や研究開発の実施にあたっては、地質環境の調査・評価技術、工学設計技術、閉鎖後長期の安全性評価技術等の多岐にわたる分野間で研究開発成果（情報、データ）の受け渡しが行われる（図7）。情報・データを取得する分野と情報・データを利用する分野が相互の要件と分野間の課題を認識した上で技術開発に取り組まなければ、地層処分事業で利用可能な成果を得られない。そのため、分野間で緊密に連携を図りつつ、研究開発成果の移転・継承や人材育成等にも配慮しながら研究開発に取り組むことが重要である。

同一分野内においても、例えば長期的な自然現象のモデル同士がどのように連携していくのかセーフティケースへの統合のイメージについて認識を確認することは、重要な連携の形である。

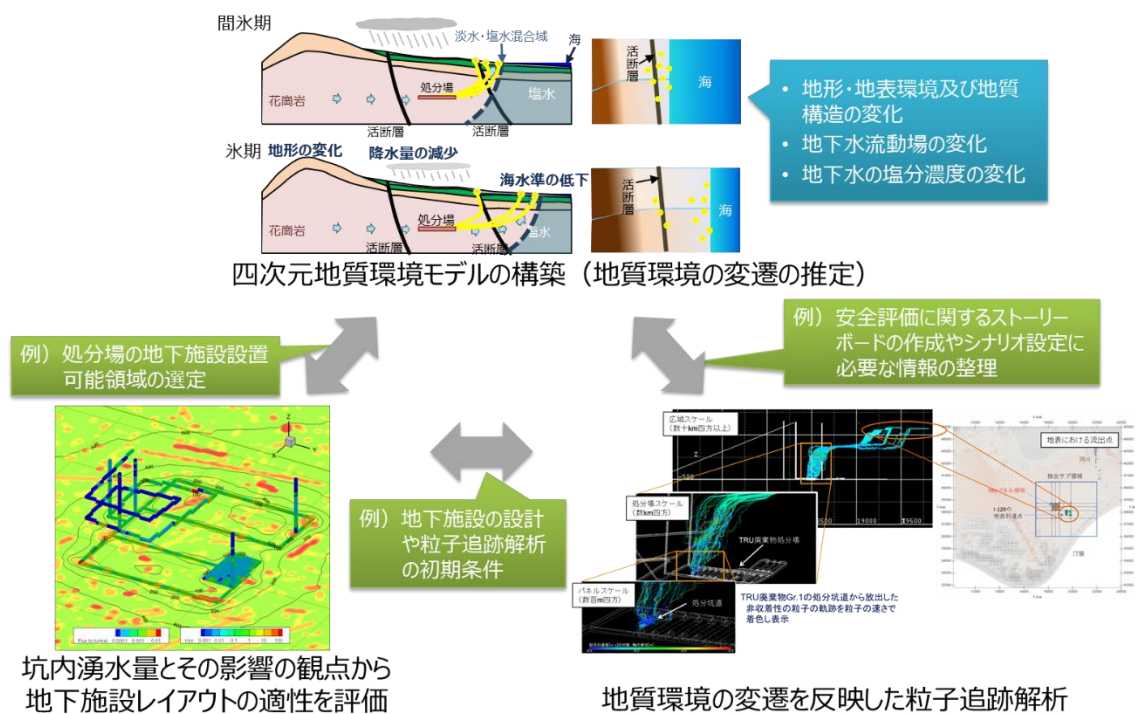


図 7. 分野間連携の例（データ授受のイメージ）

(3) 産学官を通じた様々な分野の専門家との連携

大学・高等専門学校等との共同研究を促進する。研究・教育機関との連携は、国内の大学・高等専門学校等が得意とする最先端の科学技術に関する地層処分分野の個別の研究テーマの課題解決に資するとともに、継続的な教育の機会を創出し将来を担う人材確保・育成の継続・発展に貢献することが期待できる。国内の学会・協会との連携・協力は、研究・教育機関との連携を活発化するだけでなく、科学技術の最新知見の反映及び地層処分の安全性等に対する社会の理解を促進することや、国民・地域住民等との対話活動を円滑に進める観点でも重要となる。わが国の産業界が持続可能な研究開発の推進と事業への貢献を果たす環境を維持するために、適切な情報交換を実施することが重要となる。

(4) 国際協力・国際連携

地層処分に必要な技術整備に対する国際連携の重要性は、国際ラウンドテーブル¹¹においても強調されたところであり、NUMO や関係研究機関は、OECD/NEA 等の国際機関が実施する技術検討委員会やワーキンググループ活動、プロジェクトに引き続き参加し、国際的な最新の技術動向を把握するとともに、わが国の研究開発成果の提供や人的支援等による国際貢献を行うことが肝要である。また、海外の地下研究所等を活用して最新の知見

¹¹ 国際ラウンドテーブル：原子力利用国の共通課題である最終処分に係る国際協力の強化を目的とし、2019年6月のG20軽井沢大臣会合で合意され立ち上げられた。令和元年10月と令和2年2月に会合を開催し、最終処分に関する政府間の国際連携強化に向けた基本戦略や、各国の対話活動の知見・経験・ベストプラクティス、各国が有する研究施設等を活用した研究開発協力の方向性等を盛り込んだ最終報告書を取りまとめた。

を取得するために、様々な共通的主题に対して各国の実施主体や研究開発機関等との共同研究を継続する。NUMOが参加する国際学会や国際機関が実施するプロジェクト、海外実施主体との共同研究や情報交換会はこれらに資する取組みであり、今後も継続、発展させていく必要がある。

なお、JAEAはOECD/NEAの協力を得て、幌延深地層研究センターの地下研究施設を活用した国際共同プロジェクトの準備会合を令和4年2月に設置した。幌延が新たな国際共同研究の場として活用されることとなり、海外の機関に加えてNUMOや国内の関係研究機関もこの準備会合に参加しているところである。

(3章以下作成中)