

—2014 年度業務実施結果に対する評価・提言— (2) 技術開発

Ⅲ 地層処分に関する技術開発等

1. 地層処分の技術的信頼性の向上

	事業計画	業務実施結果	評価委員会による評価
Ⅲ-1	<p>地層処分の技術的信頼性の向上（包括的技術報告書）</p> <p>1) 上記目的に適う包括的技術報告書の記述方針と構造を明確にし、骨格となる主要な検討成果を1次ドラフトとして、2014年度末までに取りまとめる。</p> <p>2) 個別の技術開発成果などを国民や地域のみなさまに説明する分かりやすい資料を作成し、対話活動に活用する。</p>	<p>地層処分の技術的信頼性の向上（包括的技術報告書）</p> <p>1) 以下のとおり、1次ドラフトを取りまとめた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○安全な地層処分の実現性を体系的に示すため、国際機関が提示するセーフティケースの概念を参照して報告書の構造を明確にするとともに、次のような記述方針を定めた。 <ul style="list-style-type: none"> ・わが国の地質環境に対する最新の理解を踏まえて、サイト選定において想定される地質環境のモデルを提示し、これらに対して最新の技術を反映した処分場の設計から安全性の評価までの一連の検討を実施する。 ・これにより、わが国の多様な地質環境に対して、地層処分を実現するための準備が整っていることを示すとともに、処分場の閉鎖前、ならびに閉鎖後の長期の両方において、安全性を確保できる見通しがあることを示す。 ○この方針に従って、本資料のⅢ-2以降で後述する個別の技術開発成果（適切な地質環境の設定、人工バリア・地下施設の設計手法の整備、回収可能性に関する技術的検討、安全評価の技術等）を反映し、報告書の骨格をなす主要な一連の検討ケースを1次ドラフトとして取りまとめた。 ○この際、報告書の品質確保のため、記述方針や骨子の作成段階から国内外の有識者や専門家にご意見を伺い、これらを反映した。 ○以上により、2015年度末の包括的技術報告書完成に向けて、目標とした業務を完了した。 <p>2) 有識者の指摘を反映して、国民や地域のみなさまに説明する分かりやすい資料群の構成や作成方針等を検討した。具体的な資料の作成や対話活動への反映に向け、包括的技術報告書の作成とあわせて、2015年度も検討を継続する。</p>	<p>地層処分の技術的信頼性の向上（包括的技術報告書）</p> <p>NUMO は作成中の包括的技術報告書(以下では包括報告書と略称)の1代前の「地層処分事業の安全確保(2010年度版)」の反省点として、体系的でなかったことを挙げている。その原因は、NUMO 内部でのツメが不十分であったため外部識者の多様な意見を捌き切れなかった、ということらしい。地質と工学の絡み合いが少なそうなことは、資料からもヒアリングのやりとりからも窺われたが、日常の内部での議論は十分でないようだ。内部での議論が足りないこと自体はどこにもあることではあるが、対応は考えて貰いたい。</p> <p>もう一つの問題は、これを「体系化」という言葉で括っていることである。体系化という語は非常にジェネリック(汎用的。以下によく出てくる)で多義的な言葉であり、このように言ってしまうと問題のポイントを見えなくしてしまう。このような語法は NUMO の報告書や説明資料に非常に多く見られるものである。(3)で触れることにする。</p> <p>(1) 第2次取りまとめとの関係について</p> <p>包括報告書はわが国の地層処分研究の蓄積を踏まえており、特に安全戦略に関する議論は充実してきている。しかし、書きぶりは第2次取りまとめ(2000年)に似ている。ジェネリックな調査である点では共通だが、違いも大きい。第2次取りまとめは、新しい事業を提起して調査し、事業化の可能性を論じて次のステップ(事業化の立法とNUMOの新設)まで進む道を切り開いた。</p> <p>その審査の場では、多くの委員から「地質環境を特定しない安全性の議論には限界がある」との指摘が出された。確かに第2次取りまとめは、わが国における地層処分の技術的可能性を幅広い地質環境を対象として一般的に論じたものであり、特定のサイトを対象として詳細な検討を行った安全性の評価ではない。第2次取りまとめは、「その時点で使える知見と手段に基づいて、事業を次のステップまでは進めてよい」ことだけを認定できればよかったのである。(より厳密で詳細な安全の検討にはスペシフィックな議論が不可欠。しかしその「スペシフィックな調査に進んでいいか」はとりえず使えるジェネリックな情報を使って判断をするしかない。) 第2次取りまとめの場合、「見通しがある」などの緩い言い回しは、その使命から考えてやむをえないものである。</p> <p>(2) セーフティケースとの関係について</p> <p>包括報告書はセーフティケースをめざしている。そもそもセーフティケースの定義は今なお定まっていないが、それは自然なことのように思われる。民主主義社会では、セーフティケースはリスクコミュニケーションの手立てであって、受け手は複雑な社会状況の中で、自分のリスク観(risk perception)に照らして受け取る。このため社会状況や自然環境(地殻変動が活発であるなど)に応じてセーフティケースは違ってくる。risk perception は宗教や文化を反映し、地域により国により大きく異なるものである(Ⅲ-4.2も参照)。</p> <p>欧米は地層処分の先進地であるが、だからといって、そこのセーフティケースに倣っておけば何とかなるというものではない。また地層処分(ひいては原発)の是非についてはどこにも国論の不一致があるから、セ</p>

事業計画	業務実施結果	評価委員会による評価
		<p>一フティケースは論証の書であり、論争の中に置かれるものである。</p> <p>技術関連の説明は、安全の主張の記述とそれの立証を核にするので、以下では、この観点だけを考察する。主張内容の確度に応じて主張の表現の強度は変わる。当然それに応じて付される証拠の証明力が異なる。不確実性が大きい場合は、論理だけでは決着がつかず、説得力が鍵になる。そして説得力の大きな鍵は信用である。立証の精度の向上に努めるとともにフェアに徹し、そのことを事実で見せていく。例えば引用。類推拡大適用を避けるとともに、引用には連鎖が生じているので、下流(つまり孫引き)を避け、できるだけ遡上し、直接的なエビデンスを示す。</p> <p>情報収集の範囲を明確にするとともに、その範囲では悉皆調査を保証する。「都合の良い情報を拾い出した」との疑いを避けるためである。同じ理由で自分の主張に不都合な研究やデータを明示しそれをフェアに扱う必要がある。(もちろん反論、反証を付すことが多いだろう。)</p> <p>このアプローチは、哲学者ポパーの「反証可能性を科学の核と見る」考え方に近い。NUMO 設立とほぼ同時に設置された特定放射性廃棄物処分安全調査会(以下では調査会と略称)では、地層処分関連の基盤研究機関からたくさんの報告を受け、シンポジウムも何回か開催したが、常に、地層処分にとって不利な話題を漏らすことのないようしつこく求めてきた。(このスタイルがとれたのは第 2 次取りまとめに負うところが大きい。「見通しがある」ところまで枠組みを作ってくれていたからである。)</p> <p>原発の場合でも「基準地震動」は、モデル計算によっても検討されるが、大抵はそれを上回って設定される「経験的地震動」で決まる。その基礎となる地震動記録は、国の内外に亘って、全国の地震学者や大勢の耐震技術者が常に睨んでいて、地震動の増幅やその他の特異な現象は、ほぼ完全に捉えられ議論が尽くされる。つまり不都合なデータはまず漏らさない仕組みができています。(しかし福島第一原発では、大惨事の数年前から、貞観地震の解明の進展や福島沖の地殻ひずみ蓄積の GPS 測地情報の充実で、不利な情報が明確に顔を見せていたのに、適切に扱われなかった。)</p> <p>(3)「わかりやすい」資料について</p> <p>地層処分推進機関が“わかりやすいこと”を目指した資料はこれまでも多くある。しかしそれらは概して成功していないように見える。包括報告書も、国民の理解が進んでいない事実を認め、その原因を説明の不足に求めている。ここで NUMO が言う“わかりやすい”とは「地層処分が科学的・制度的に良く考えられた方策であることを理解してもらえ」説明なのである。しかし、地層処分事業の安全性については、関連機関の知見を結集してもなお確実でないことが多し、このことは新聞報道などで国民は先刻承知なのであるから、こういう言い回しはそろそろお終いにしてはどうか。</p> <p>つまり、これまでの資料が分りにくいのは、議論を絞り込むべき段でジェネリックな語へ立ち戻ること、過去の地層処分関係者による言い回しの踏襲、「国民の理解」を掲げるなどのデリカシイの不足、「最新の知見」を決まり文句のように繰り返すこと、などなどが大きいのではないかと。わかりやすい書き方とは、何も砕いた言い回しではなく、もっと本質的な課題がありそうに見える。これについてはリテラシー研修の課題としてⅢ-3で述べる。</p> <p>「最新の知見」は、伊方原発訴訟の最高裁判決(1992)が、専門家の裁量が設置許可処分を違法にしない要件の一つとして判示して以来、原発関係資料でおまじないのように繰り返されてきているもので、十分に手垢が付いている。「最新」は事実で示すべきである。</p>

2. 長期にわたる事業展開を見据えた技術開発

	事業計画	業務実施結果	評価委員会による評価
Ⅲ-2.1	<p>1. 地質環境の調査・評価</p> <p>①精密調査地区選定上の考慮事項の検討</p> <p>1)地層処分技術 WG などの国の審議会での検討を反映して、地層の著しい変動および活断層等による地質環境への影響について、記載内容を修正・変更し、結果を精密調査地区選定上の考慮事項および背景と技術的根拠のドラフト版に取りまとめる。</p>	<p>1. 地質環境の調査・評価</p> <p>①精密調査地区選定上の考慮事項の検討</p> <p>1)地層処分技術 WG で示された地層処分の安全機能に著しい影響を与える自然現象およびそれら事象の段階的なサイト選定における回避の考え方に関する提言を受けて、次のように考慮事項の内容を修正し、精密調査地区選定上の考慮事項の考え方をドラフト版に集約した。これにより、目標とした業務を完了した。</p> <p>○好ましい地質環境に対して、活断層・破砕帯・地下水の水流等による影響を再整理し、地上からの現実的な調査・評価手法を踏まえ、考慮事項の調査・評価対象項目や判断指標などを見直した。</p> <p>○好ましい地質環境特性に関する提言を反映し、付加的に評価する事項のうち、非火山性の深部流体などの地化学特性および断層の摩擦熱や火砕流の影響などの熱特性の記載内容を修正した。</p>	<p>1. 地質環境の調査・評価</p> <p>① 精密調査地区選定上の考慮事項の検討</p> <p>地層処分技術 WG 提言を遵守することは当然。しかし記述が大きさに過ぎる。この提言の内容は第2次取りまとめ以来、趣旨は変わることなく一貫しており、これの反映に大きな作業を要したとは思えない。それよりも気になるのは、NUMO からの説明に、この種の上位判断を必要以上に拘束的に受け止める、過度の受身の傾向が見られることである。そこで実施主体(NUMO のことであるが、地層処分関係ではほぼ固有名詞化しているのでこれを使う)の立ち位置について考えてみよう。</p> <p>(1)実施主体に求められるもの</p> <p>国の判断は最上位にあるとして、その判断は何を根拠にしているのだろうか。例えば候補地選定時の回避要件の議論では、国土の現実の状況を見る必要がある。過度に要件を強めれば適地の選定が困難になるし、施設設計へ悪影響を与える可能性も考えられる。したがって判断者は多くの要因を睨みながら、適切な判断をめざして厄介なトレードオフ問題を考えることになる。その作業に資する情報の収集・整備を職務として与えられているのは実施主体である(他の関連研究機関も事実上は抱えているであろうが、それは義務としてではない)。さらに実施主体は、その膨大なデータの中の何を、どのような表示でどのタイミングで提供すべきかを判断できて、開催者に助言できなければならない。そもそも適切なデータの選出ができるためには、問題を理解しておかなければならない。選定が後々で如何なる影響をもつか、その見通しも必要であるから、候補地選定に続く諸調査、さらに設計・施工、操業から閉鎖までの大まかなイメージももっておく必要が本当はある。これはできない相談だろうか。</p> <p>事実、欧米のどこの国でも、安全規制の原型は事業者の自主ルールとして生まれている。その効用を見極めて(つまり参照して)、国の規制機関がルールを作る。規制対象になるであろう新しい技術をたえず研究・開発するリソースは事業者に配されているのだから、これが正常な流れである。NUMO は自主ルールの作成に努めてきているが、それは国にとって重要な意義をもつミッションなのである。</p> <p>これまで WG のために NUMO がしたサポートについてはⅣ-(1)で述べる。</p> <p>(2)地質環境の設定における水理解析手法</p> <p>NUMO の解析課題で最も重要なのは地下水問題のようである。ところが、複数のチームが委託業者毎に異なる解析プログラムを使っている。プログラムの一本化は必ずしも求めないが、その代わりクロスチェックを求める。</p> <p>主眼は品質の確保である。計算結果を外に出すのであれば必ず NUMO が検証してからにしなければならない。“実績のある市販品”とか“国際的に認知されている”で話がすむことはない。基盤研究機関のそれと違って、NUMO の計算結果は事業に直接反映されるものであり、したがって強い説明責任を負う。(この責任はいずれ形をとるだろう。安全審査の席で、あるいは公開の集会で、計算の妥当性につき厳しく質問されることが予想される。)計算に高い信頼性を持たせる必要があるだけでなく、外に説明できるようにもしておかなければならない所以である。</p>

事業計画	業務実施結果	評価委員会による評価
<p>②概要調査計画の検討</p> <p>1)精密調査地区選定上の考慮事項の記載内容変更を反映した概要調査計画策定の実務手</p>	<p>②概要調査計画の検討</p> <p>1)精密調査地区選定上の考慮事項の記載内容の更新に伴い、活断層・破碎帯・地下水の水流の調査・評価手法や岩盤の透水性の調査評価</p>	<p>自己作成のプログラムの場合、テストの段階で否応なしにバグと取り組むことから、この問題は少ないが、そうでない場合は、少なくとも自己作成の場合と同程度のテストを課す必要がある。しかし今回は計算プログラムの信頼性につき納得のいく説明を貰えなかった。</p> <p>NUMO は日本を広域、中域、処分場スケールの三階層で水理解析をする(呼び名はばらばらである)。処分場スケールの水理解析はⅢ-2.3③で論じるとし、ここでは広域の解析を扱う。この手法は強い単純化をしており、その計算結果は「めやす」に留まるものである。このことはヒアリングで注意喚起した。</p> <p>この手法の基本は19世紀半ばには使われ始めたDarcy 公式である:「地中を浸透する水は、その位置の水頭の勾配に比例する速度をもつ」とする。多くの場合、水頭値が時間変化しないと仮定して使う。こうすると簡便に計算できる。しかしそれにもかかわらず、もたらされる「めやす」には価値があり、建設工事などでは今も活用されている。この「めやす」は精度が高くないから、大きな安全余裕が与えられる。</p> <p>Darcy 公式の適用例にダム建設がある。ダムができて、相当量の水は、ダム下を浸透して抜けていくだろう。そこでそれを抑制するために、ダム下に、浸透流れを十分に抑える深さまで遮蔽壁を作る。適切な遮蔽壁の深さを見出すために、壁の深さをいろいろ変えながら透過する水量を計算する。技術者はこれが「めやす」であることを弁えており、余裕を加えて建設する。設計にとって「めやす」は貴重な拠り所なのである。</p> <p>この場合、設計のノウハウの真の所在は浸透流れの計算ではなくて、付加する安全余裕の方にある。事実、ここには、既往の知見とともに技術者の蘊蓄や勘など知の総力が動員される。(先に述べた伊方原発訴訟の最高裁判決が条件付ながら適法と認めた「専門家の裁量」の実像は、具体的にはこんな感じであろう。余談だが、原発裁判でしばしば争われた大崎スペクトルも「めやす」である。原資料に当たれば、大まかにエイヤと線を引いていることが分る。それでよいのである。半世紀前で、コンピュータも小さく、地震の知見も限られていた時代である。重要なことは大きな安全余裕で裏打ちしていることである。現在の基準地震動はこれの後継であり、やはり大きな安全余裕とワンセットになっている。近年、大崎スペクトルや基準地震動を超過する観測事例が議論になっているが、それはあって当たり前で、何の問題もないのである。)</p> <p>しかし、地層処分の地質環境の議論に使う上では注意が必要である。このモデルを、広域の地下水流動のシミュレーションに使う場合には、その妥当性が説明されなければならない。そのためには、相当数の試算が必要だろう。試算は業者任せであってはならず、その内容は“NUMO 自身が”十分に把握しておかなければならない。</p> <p>(3)地質調査と工学技術</p> <p>ヒアリングでは工学の体系化と地質の体系化が繋がっていない感じがあったが、言うまでもなく地質の問題と工学の問題は強く関連している。NUMO の地質調査は基盤研究のものとは異なる。地質担当者は施設や操業の全体像を理解する必要があるし、設計担当者は地質環境の全体像をもつ必要がある。現場の修羅場に入ったら全体像なしでは方向感覚がもてず、異変やトラブルにも即応できないだろう。今から用意しておくのがよい。</p> <p>②概要調査計画の検討</p> <p>実務手引書の調査項目リストは充実している。しかしこれで動けるわけではない。限られたリソースの制約からも効率の観点からも、項目リストの全部を一斉に実施することはありえず、重要と考えられる項目の観測</p>

事業計画	業務実施結果	評価委員会による評価
<p>引書のドラフト版を取りまとめる。</p> <p>③調査・評価技術の体系化・実証</p> <p>1)2014 年度前半までにボーリング調査および孔間調査を終了し、精密調査の前半段階における調査・評価技術の実証の成果を取りまとめる。</p> <p>2)2006 年度から継続実施した調査・評価技術の実証の成果を総括し、報告書のドラフト版として取りまとめる。</p>	<p>に関連する実務手引書の記述内容を修正し、実務手引書のドラフト版を取りまとめた。これにより、目標とした業務を完了した。</p> <p>③調査・評価技術の体系化・実証</p> <p>1)以下の取り組みにより、2014 年度に計画した調査・評価技術の体系化・実証の目標を達成し、成果を取りまとめた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○国の研究が進められている結晶質岩、堆積岩を補完するように、わが国に広く分布する付加体を対象にして、三浦半島の沿岸に位置する電力中央研究所（横須賀）の敷地内でボーリング調査および孔間調査を実施し、精密調査段階における地質環境の長期安定性、地質環境特性の調査技術・評価手法の現場適用性を実証・確認した。 ○2012 年度から掘削に着手したボーリング孔と既存のボーリング孔を活用して、地下水の水圧モニタリング、孔間水理試験、孔間弾性波トモグラフィ試験を実施し、ボーリング孔周辺の地質構造モデルの構築や水理学的な特性を把握した。 ○物理探査や過去のボーリング調査では得ることができなかった地質構造に関する情報を把握できることを確認したが、その一方で、崩壊性の地質性状に伴い、ボーリング調査で遅延が生じたため、目標の 2014 年度前半までに現地調査を終了できなかった。しかし、地質環境モデルの構築・更新に必要な地質環境データ（地質構造、水理特性、岩盤力学特性、水質など）を取得したうえで、10 月にボーリング調査を終了した。 ○取得した新たな情報に基づいて、地質環境モデルの更新を行い、モデル作成における要素技術の適用性を評価することができた。 <p>2)以下の取り組みにより、2006 年度から継続実施した調査・評価技術の実証の目標を達成し、報告書のドラフト版として取りまとめた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○2006 年度からの実証成果の総合評価と全体作業成果を取りまとめて、総括報告書のドラフト版を作成した。総括報告書は下記の構成とした。 <ul style="list-style-type: none"> ・文献・概要・精密の各段階のフェーズをイメージした地質環境モデルを作成し、調査・評価を通じて取得されるデータ・情報に基づいたモデルの更新により、不確実性の低減にかかる個別調査・評価手法適用性と技術的課題を確認・評価 ・実証試験で得られた知識・経験を概要調査、精密調査実施に向けて、現場管理技術および地質環境の調査・評価にかかるマネジメント力の強化、個別調査・評価手法や現場管理技術の高度 	<p>から初め、徐々に、先行した調査の結果を睨みながら新たな項目が選択されるだろう。このプロセスを“チームで”思考実験し、理解を共有しておくことを薦める。</p> <p>③調査・評価技術の体系化・実証</p> <p>ボーリングは重要な技術であるが、使いこなすためには経験がモノを言う世界である。基盤研究機関や企業の経験者の支援が得られるよう人脈を準備しておく必要がある。他機関との連携と言うとすぐ、「それでは調整会議の新設を」という反応が返ってくる。しかし、この種のノウハウは会議体で出てくるものではない。（一見すると些細に見えて、その実、重大な意味をもつ個人的経験は多い。また失敗経験は貴重な教訓をもっていることが多い。）</p>

事業計画	業務実施結果	評価委員会による評価
	<p>化、人材の教育と技術継承</p> <p>○2014年度までの実証成果は、包括的技術報告書の1次ドラフトに反映するとともに、上記①考慮事項の地下水の水流の評価基準および②実務手引書の調査仕様や技術の適用判断に反映する検討を開始した。さらに、基盤研究機関で実施されている成果も含めて、地上からの調査技術・評価手法として体系化するための検討を開始した。</p>	<p>【Ⅲ-2.1 への補論】</p> <p>さて最近数回の評議員会では「NUMO よ、前へ出よ」との意見が繰り返された。当委員会もそれを踏まえて、単年度評価を基調としつつも、“Is NUMO ready to go?”との視点で検討を進めてきた。NUMO がこれまで重ねて来た準備は、サイトを特定しない範囲での業務であるが、それであってもサイトに出る準備はできる。それは NUMO がこれまで蓄積してきたツールや情報を総合する効果もあるだろう。</p> <p>ここで NUMO 技術陣がすぐにも実行可能な具体的なメニューを挙げておこう。</p> <p>(1)フィールドへの展開</p> <p>ボーリング調査については既にも実施している。事例の収集・研究にいつそう努める。委員会は、リニア新幹線建設(長くて大断面の山岳トンネルが多い)が重要な参考になるとの指摘をした。</p> <p>(2)既往の地下研究施設についての事例研究</p> <p>計画、設計、建設、維持管理の実務を重点的に学習する。</p> <p>(3)想定研究</p> <p>具体的な条件を設定して作業のシミュレーションを行う。概要調査については既に調査計画策定の机上検討(実務手引書の.exe 化と言える)案が出されているし、設計チームも試設計のアイデアをもっているように見受けられる。やれたなら効果は大きいと思われる。このような想定研究の意義と狙い目はⅢ-2.2③で説明しよう。</p> <p>(4)GIS などの IT システムや解析プログラムなどのツールの実用前点検</p> <p>NUMO は初期から IT システムを精力的に開発してきている。IT システムは技術革新が速いため、せっかく開発しておいても市場に追い越される虞が大きく、手持ちのシステムが陳腐化することも多い。また使い込んでいくことがシステム自身の成長のために必要であるし、使わないままだといざという時に動かないこともある。今年度の評価では時間的にムリであったが、システムの稼働性(availability)も併せて評価する必要がある。</p> <p>外注が多い解析プログラムも同様である。モデルやアルゴリズムの信頼性と NUMO の説明能力の点検とともに、事業の長丁場を見込んで、プログラムの拡張性やバージョンアップのやりやすさも確認する必要がある。</p>

事業計画	業務実施結果	評価委員会による評価
<p>Ⅲ-2.2 2. 工学的対策</p> <p>①バリア材の長期挙動評価を踏まえた人工バリアの設計手法の整備</p> <p>1)人工バリアの設計要件を明確にする。</p> <p>2)最新の科学的知見を集約し、人工バリアの設計の安全に関する説明性を高める。</p> <p>3)安全性を十分に確保した上で、経済的合理性を指向したオプションを提示する。</p> <p>4)以上を、包括的技術報告書に反映する。</p> <p>②操業期間中の回収可能性に関する技術的検討</p> <p>1)基盤研究開発機関で縦置き方式の回収技術の実証に取り組んでいることから、横置き・PEM方式の回収技術の工学的実現性の見通しを得る。</p> <p>2)処分場を閉鎖せずに回収可能性を維持した場合の影響について、研究を開始した基盤研究開発機関と意見交換を行い、重要な課題を特定する。</p> <p>3)以上を、包括的技術報告書に反映する。</p>	<p>2. 工学的対策</p> <p>①バリア材の長期挙動評価を踏まえた人工バリアの設計手法の整備</p> <p>1)人工バリアの要求機能を満足させるための設計要件を機能確保と機能維持の観点から抽出・整理を行うとともに、設計手順を明確にした。</p> <p>2)オーバーパックと緩衝材について、上記設計要件に対して設計で考慮する事象を設定し、関連する最新の科学的知見を整理した。その結果、これまでレファレンスとしていた仕様が保守的であることを再確認した。</p> <p>○オーバーパックの設計に関する検討</p> <p>耐食性に対する機能維持の観点から、放射線分解による酸化性化学種影響の評価を、遮蔽解析を実施して改めて遮蔽代を求めた結果、従来のオーバーパックの放射線遮蔽代が保守的な設定であることを確認した。この際、遮蔽代の設定に必要なパラメータの一つである緩衝材の吸収係数について、従来使用されていた値の設定根拠が追跡できなかったため、新たに吸収係数の設定方法を見直した。</p> <p>○緩衝材の設計に関する検討</p> <p>物理的緩衝性に対する地震動の影響確認のために、東北地方太平洋沖地震の観測波等を用いて人工バリアの耐震性を評価した。その結果、巨大地震に対しても人工バリアの構造健全性は十分に確保され、緩衝材の要求機能を損なう可能性が低いことを確認した。</p> <p>3)オーバーパックの厚さを、科学的根拠を持って薄くできる見通しを得た。</p> <p>4)以上の成果や知見の一部を、包括的技術報告書の1次ドラフトに先行的に反映した。</p> <p>②操業期間中の回収可能性に関する技術的検討</p> <p>1)人工バリア施工技術の一つである横置き・PEM方式を対象として、平常時及び異常時の回収手順、回収技術について検討を行い、工学的実現性に関する見通しを得た。</p> <p>2) 基盤研究開発機関との意見交換等を通じて回収可能性を維持した場合の影響を、坑道の維持管理、人工バリアの温度、緩衝材の流出、オーバーパックの腐食等の観点から把握した。処分坑道および連絡坑道を埋め戻した状態と処分坑道を埋め戻さない状態のそれぞれのケースについて、回収可能性を維持することに伴う地層処分に対する影響を検討し、その低減対策として、処分坑道の端部のプラグまでを施した状態で回収可能性を維持する方法が効果的であることを</p>	<p>2. 工学的対策</p> <p>①バリア材の長期挙動評価を踏まえた人工バリアの設計手法の整備</p> <p>オーバーパック、緩衝材の設計に関する検討をしてコスト削減の可能性を探った。これは有意義である。関連する要検討事項が完全にクリアされたかどうかについてはヒアリングでの議論は完了していないので、検討の深化を望む。人工バリアの耐震性の検討結果は、通説に合致しており、妥当である。ただし結論を過度に一般化してはならない。</p> <p>②操業期間中の回収可能性に関する技術的検討</p> <p>回収可能性は政策の大きな転換である。技術的に大きなチャレンジであるが、事業に画期的な自由度をもたらす可能性があり、最大限に活用すべきである。NUMO が提案している取り出し方式は適切であると考ええる。地層処分に関係する基盤研究機関の調整会議(以下では調整会議と略称)で、回収技術は別に基盤研究機関が担当することになっているが、NUMOも実施主体の視点で必要と見られるオプションの検討を進めて貰いたい。</p> <p>回収の応用問題として、廃棄体からの放射性物質の漏洩事態への対処がある。この問題との取り組みに設計チームは難色を示す。しかしくら廃棄体製作の品質を上げても、漏洩なしを保証することは困難であり、国民の了解を得るのはもっと困難であるから、過酷事態の追究は続けなければならないと考える。</p> <p>一方、設計チームの姿勢にも理がある。漏洩対策はすべて設計に含ませる(つまり高品質化による事前予防)べきとは限らず、想定外事態もしくは過酷事態への備えとして、発生後に即応する方が合理的な場合</p>

事業計画	業務実施結果	評価委員会による評価
<p>③地層処分システムの地下施設の設計に関する検討</p> <p>1)多様な地質環境への適合性、工学的実現性等を考慮した地下施設レイアウトの設計方法を提示する。</p> <p>2)これまでに検討が不十分であった坑道シーリングシステム（埋戻し材、プラグ）について、設定した地質環境や地下施設レイアウトに適合させる設計方法を提示する。</p> <p>3)以上を、包括的技術報告書に反映する。</p>	<p>明らかにした。また、回収可能性を維持する場合には、坑道を開放することに伴う処分場内の動水勾配の増大に対する緩衝材の流出抑制が重要な課題であると特定した。</p> <p>3)以上の成果や知見の一部を、包括的技術報告書の1次ドラフトに先行的に反映した。</p> <p>③地層処分システムの地下施設の設計に関する検討</p> <p>1)断層を含む地質構造を対象として、地下施設のレイアウト設計のための設計要件を設定し、それに基づいたレイアウト設計の考え方を提示した。</p> <p>2)埋め戻し材の要求機能の設定に関する検討を実施した結果、支保の劣化と掘削影響領域の透水性の上昇を見込むと、埋戻し材には坑道に沿った物質移行を低減する機能を期待できないことを明らかにした。また、止水プラグの設置に関する検討を実施し、埋め戻した坑道の透水係数を母岩相当にまで低減するためには、複数の止水プラグを数十m間隔よりも短い間隔で設置する必要があることを示した。このことから、止水プラグは局所的に透水性を改良する必要がある箇所に集中して設置することが合理的であることを示した。</p> <p>3)以上の成果や知見を、包括的技術報告書に反映する。</p>	<p>もあるからである。これらの研究が進むなら、過酷事態への対処能力が大きく進み、国民の不安も軽減されるだろう。</p> <p>③地層処分システムの地下施設の設計に関する検討</p> <p>概念設計手引書が作られ、内容も充実している。次はこれを実戦化するべきである。そのためには試設計が効果がある。以下では、この狙いとポイントについて述べよう。</p> <p>試設計は一種のシミュレーションであるが、その成功の鍵は、状況設定を徹底してリアルにすることである。地質チームにも業務として参加して貰う。サイト未定段階であるから、地質環境などは架空の設定であるが、具体的に設定して貰う。広域的には地域を指示し、地形図や地質図など既往の資料を与える。設計者は実行可能な調査を照会でき、それに対して地質チームは、然るべき回答を作って与える。これを受けて設計も本番と同様に詳細に決定していく。</p> <p>これは警察、消防、自衛隊といった危機対応組織が日常励んでいる訓練の要諦でもある。彼らプロ達はなぜそのようなやり方をするのだろうか。条件設定を詳細にする分、実際に発生する危機とは違いが多いだろう。ところがそれでいいのである。なぜなら、将来を当てるのが目的ではないからである。何が来てうまく対処できる能力を養うのが目的だからである。</p> <p>ポイントは、発現するハザードが大きく変わっても、これに対処する人間集団の思考・処理の根本は似たものになるという事実の存在である。東日本大震災時の内閣危機管理監であった伊藤哲朗氏は言っている：「危機の態様は変化しても危機管理のパターンは類似しているといえることができる。言葉を変えれば、危機管理における心構えや哲学は常に変わらないということでもある。」(国家の危機管理、183 ページ)この考え方は、DMAT など日本の災害救急医療のエキスパート達が開拓してきた研修マニュアルでも同じである。つまり対処準備を徹底的に状況スペシフィックにする。この狙い目は、取り組むハザードの態様がどんなに変わっても変わらない通底のもの、すなわち対応する側の人間行動の基本法則の究明にあったのである。これを繰り返すことで彼らは、どんなハザードも創意工夫を繰り返して乗り切れるコツを身体で掴めるのである。</p> <p>もちろん危機管理と設計は違う。しかしそれは時間スケールの違いであって、NUMO の活動も、時間の流れの中で演じられるプロセスであるから、上述の知恵は有効なのである。もし試設計がされるなら、そこで踏まれた手順は、本番でも殆ど通用し、恐らく担当者は「何か見覚えがあるな」と感じることだろう。</p> <p>特に有望地の提案から始まり概要調査が安定するまでの立ち上がり期は、状況は流動的で不安定であるだろう。NUMO は機敏に動いて、不安をもつ関係者や批判者に正確な情報を提供せねばならない。時間との競争であり、危機管理とあまり違わない。事業の今後の姿についての説明も求められるだろう。施設の試設計や地質調査計画策定のリハーサルが済んでいるならば、見通しの説明もよほど地に足がついたものになるだろう。</p>

	事業計画	業務実施結果	評価委員会による評価
Ⅲ-2.3	<p>3. 閉鎖後長期の安全評価</p> <p>①安全評価の技術</p> <p>1)安全評価の実施に向けた評価のための枠組みと評価の目安値の検討を行う。</p> <p>2)安全評価のためのシナリオ区分に応じたシナリオを抽出する。</p> <p>3)環境条件を踏まえた安全評価のためのモデル構築と安全評価を実施する。</p> <p>4)以上を、包括的技術報告書に反映する。</p> <p>②安全性の論拠の拡充</p> <p>1)地層処分の安全評価のための基盤情報の収集を行い包括的技術報告書で行う安全評価の論拠とする。</p> <p>2)地層処分システムの安全機能の時間的変遷を、透明性・追跡性、さらに客観性をもって説明するための討論モデルの検討を行う。</p> <p>3)閉鎖後長期の安全性を確認するための目安とする線量や評価期間に関する情報収集を行う。また、感度解析を通じて、安全評価結果に影響の大きな事象の抽出を行う。</p>	<p>3. 閉鎖後長期の安全評価</p> <p>①安全評価の技術</p> <p>1) 安全評価実施のための評価の枠組みと目安値を定めた。</p> <p>○リスク論的な安全評価の実施を目的として、包括的技術報告書において記載する基本や変動シナリオ、および稀頻度シナリオ、人為シナリオに関する定義を明確にすることにより、シナリオの抽出に資することができた。</p> <p>○これらの区分毎に想定される線量めやす値の検討を行い、安全評価の枠組みを構築した。</p> <p>2)③で述べる地質環境モデルと 3-2 で示した処分場仕様に対し、シナリオ構築の方法論を実践し安全評価に用いるシナリオを決定した。</p> <p>○JAEA との共同研究で構築されてきたシナリオ構築手法を適用かつ修正し、地質環境及び設計条件を踏まえたシナリオの構築に着手し、基本及び変動シナリオの一部のシナリオを抽出した。</p> <p>○稀頻度シナリオや人為シナリオに対して、評価対象とすべき事象の抽出と様式化を行い、包括的技術報告書への記載方針を決定した。</p> <p>3)核種移行解析のためのモデルの作成とこれを用いた解析を行った。</p> <p>○深成岩類を対象として、わが国で見受けられる断層や亀裂の頻度等の具体的な地質環境条件やそれに対応する設計条件を踏まえ、抽出したシナリオに応じて安全評価モデルを作成し、解析を実施した。</p> <p>4)以上の成果を、包括的技術報告書の1次ドラフトに反映した。</p> <p>②安全性の論拠の拡充</p> <p>1)以下の情報を収集・整理して、包括的技術報告書の1次ドラフトに反映した。</p> <p>○シナリオ構築に資する FEP (Features、 Events and Processes) リストの作成：国際的に開発が進められている FEP リストや国内で開発されてきた FEP リストを統合し、NUMO で用いる FEP リストを作成した。</p> <p>○基本シナリオ及び変動シナリオで重要と考えられる FEP の辞書の記述：FEP リストを基に、各 FEP に関する科学的知見の調査により得られた情報を FEP シートに整理し、FEP 辞書としての取りまとめを進め、シナリオ開発に反映させた。</p> <p>○地下水化学条件等の安全評価で用いるデータセットの準備：わが</p>	<p>3. 閉鎖後長期の安全評価</p> <p>①安全評価の技術</p> <p>研究の進んでいる JAEA と共同して、安全評価に使うシナリオを開発し、線量めやす値を定めた。これは安全評価の基本ツールになる。ただし第 2 次取りまとめの審査時でも調査会でも議論になったことだが、シナリオアプローチでは見つけられない想定外の事象の可能性は必ず残るものである。ここではこの議論はしないが、要は、「これですべて尽くした」と考えたり言ったりしないことである。</p> <p>安全評価モデルの重要な要素として核種移行を解析するプログラム計算を委託している。地下水の流れに乗って移動する核種のふるまいは、この物質に連続の方程式を適用して計算する。さらに核種の微視的振る舞いをモデル化する。複数の核種が流れて化学変化する場合や岩石表面での吸着がある場合、その法則が与えられれば、数学的にはそれを組み込んで前進計算するまでのことであるが、化学現象の検討が十分かどうかは問題として残っている。委員会から出された論点を深める時間的余裕がなかったので、今後の業務評価で取り上げる必要がある。</p> <p>②安全性の論拠の拡充</p> <p>地層処分では国際的に Feature, Events and Processes を FEP と呼んでいる。FEP 関連研究は、先行している JAEA と共同になっている。地層処分事業に関連する用語を系統立てて集大成したものが FEP リストである。国際的に流通しているものを基本に、わが国独特の語を加えたものとして作成した。それぞれの語に、一定のフォーマットで説明を加えたものを FEP シートと呼び、これは辞書をめざすものとされる。一種のデータベースと言え、特に外国との情報交換の機能も期待できるものである。</p> <p>FEP 辞書は NUMO 内部で活用するだけでなく、公開をめざしている。これを辞書と呼ぶところに志が感じられるが、そうなる問題は、公定力であり通用力である。通用力のない辞書は役に立たない。</p> <p>国内だけでも通用するだろうか？ 難しいと思う。辞書の通用力の基礎には作成者の信用と権威が求められる。このため、理工学の辞書では、学界で影響力ある大物が編集し、優秀な研究者を動員して、掲載項目の選定から執筆まで行う。項目毎に執筆者名が表示されることも多い。このため、必要なら引用者は執筆者にアクセスできる。学者はいつも思考し続けている人種なので、自分の理解も常に吟味し更新し続けている</p>

事業計画	業務実施結果	評価委員会による評価
<p>③適切な地質環境特性の設定にかかわる情報整理と解析</p> <p>1) 地層処分の観点から、わが国の岩種を分類し、代表的な候補母岩のデータセットを整備し、モデル化・解析を実施する。</p> <p>④将来の地質環境特性が自然現象により将来的に影響を受ける変動幅の検討</p> <p>1) 著しい自然現象を回避した場所における隆起・侵食、新規火山の発生確率、新規火山発生および断層の分岐に関する時間変遷に</p>	<p>国の地下水データに関して最新の情報を含めて多変量解析を実施し、データ群の特徴を分析して、包括的技術報告書の解析で用いるモデル地下水組成を設定した。また、この結果を基に、解析で用いる核種溶解度の設定も行った。</p> <p>○安全評価に用いるデータセットの整備として、最新の知見に基づき、一部の岩種について Kd (分配係数) など核種移行データの更新を行った。</p> <p>2) 地層処分システムの安全機能の時間変遷の評価において考慮すべき事象を、透明性・追記性、また客観性をもって科学的論拠と繋げて示す手法として、討論モデルを検討した。討論モデルの構造に関しては、地層処分の専門家、および地層処分と関係の深い分野の専門家を集めてワーキンググループなどを開催し、議論の結果を反映させた。</p> <p>3) 国内外の規制基準や評価期間に関する設定の考え方や設定値を調査した。また、地質環境の変遷に依存する性能評価のパラメータで感度分析を行い感度の高い事象を把握した。これらは、1次ドラフト等で用いる評価の枠組みの設定やシナリオ構築の参考とした。</p> <p>③適切な地質環境特性の設定にかかわる情報整理と解析</p> <p>1) 適切な地質環境特性の設定について以下を実施し、目標を達成した。</p> <p>○地層処分の観点からわが国の岩種を分類し、候補母岩をモデル化するために、主要な岩種として、深成岩類(花崗岩)、新第三紀堆積岩および先新第三紀堆積岩の分布状況を調査し、モデル化の方針を決定した。</p> <p>○深成岩類(花崗岩)について、データセットを整備し、地質環境特性のモデル化と地下水流動解析を実施した。</p> <p>○深成岩類(花崗岩)については、モデル化・解析結果を包括的技術報告書の1次ドラフトに反映した。</p> <p>④将来の地質環境特性が自然現象により将来的に影響を受ける変動幅の検討</p> <p>1) 以下の検討結果を包括的技術報告書の1次ドラフトの作成に反映した。これにより、当初の目標を達成した。</p> <p>○隆起・侵食については、山地形成の考え方に則して隆起速度の検</p>	<p>る。一を尋ねたら、十の説明が戻ってくるだろう。こうであればこそ、この辞書は通用力をもつ。引用したら通るのである。</p> <p>しかしNUMOの辞書計画には、通用力を窺わせるものが見えない。実際、FEPシートの作成例を見ても、通用力を具えているとは見えない。「専門家のチェック」を安易に根拠にしてはいけない。ひとたび記事の問題点を攻められた時、どのようなコミットメントを期待できるのだろうか。</p> <p>それでは最低限、NUMO 内部で通用力を持たすのはどうか?これも困難である。繰り返すが、NUMO はこれから候補地選定、建設計画などで外部への説明機会が多くなる。厳しい批判を受けて自説を擁護しなければならない時、FEP 辞書は支えてくれるだろうか?</p> <p>使えないものなら、FEP 辞書の利用をルールにすることは社員に余分の負担を増やすだけである。どのみち彼らは、通用力ある参考文献は必ず勉強しなければならないのだから。NUMO の技術陣をサポートする知識プラットフォームの必要性は高いので、よく研究して貰いたい。例えば、世に通用している有力な辞書群を基礎として、それらを組み合わせた参照システムなら軽便に作れ、実効性もあると思われる。</p> <p>この問題は実施主体だけが担う特別の負荷である。この点、基盤研究機関は、科学技術の研究一般がもつ柔軟性が許されているし、扱う研究テーマは絞り込まれ、蓄積も多いので、FEP シートの効用はあるのだろう。</p> <p>討論モデルが例示されている。この方法の実益の評価は、モデルが動き出し信頼性のテストができるようになってからであり、もう少し見守りたい。</p> <p>性能評価パラメータの感度分析は、透水係数の大きな感度など、常識に合う結論を得ている。しかし1次元の移流-拡散方程式を使った近似であり、これを具体的問題にどう使うかを見る必要がある。</p> <p>③適切な地質環境特性の設定にかかわる情報整理と解析</p> <p>岩盤中のクラックなどの微視的扱い機能をもつ近傍場(NUMOは処分場スケールと呼んでいる)の水利モデルについては、モデルの物理的根拠や簡略化の手法などの情報が示されなかったため、検証できなかった。解析プログラムは、信用性の検証を十分にしない限り実用に供してはならない。計算を外注した場合には、結果を受理する前に十分なテストをし、信頼性に自信をもてなければならない。</p> <p>④将来の地質環境特性が自然現象により将来的に影響を受ける変動幅の検討</p> <p>新規火山の発生確率の試算について</p> <p>国際的に編成した専門家チームとの共同になるもので、手法には見るべきものがある。ただし地図表示は見やすい分、一人歩きしてしまつて誤用される懸念がある。扱い方に注意して貰いたい。ここに限らず、地層処分では、超長期で不確実性の高い問題や過酷事態の考察で、架空に近い厳しい条件下で計算するこ</p>

	事業計画	業務実施結果	評価委員会による評価
	<p>ついて文献調査を実施し、処分施設への影響評価に活用する。</p>	<p>討を行い、それをもとに侵食量が隆起量よりも小さくなる可能性を示した。</p> <p>○新規火山の発生確率については、確率論的手法開発のための東北地方を対象としたケーススタディにおいて、将来 100 万年間の新規火山の年間発生確率を推定した。</p> <p>○新規火山発生および断層の分岐に関する時間変遷については、東北日本弧を対象に、火山フロントの前弧側および背弧側での火山の新生の可能性、断層の分岐に関する文献調査を実施し、これらの事象が将来地層処分に影響を与える時期について検討した。</p>	<p>とがあるので、誤解を与えないよう、結果の表示には注意が必要である。</p> <p>【Ⅲ-2.3 への補論】</p> <p>地層処分では、超長期の問題や、表層地殻の微細な不均質場での核種の移行などの難問があり、これにアプローチするには強い仮定と強い近似が必要になる。いきおい解析も問題が多く、いわゆる“科学的”論理や規範からは叩かれる。(荒唐無稽な論考も多いので、それを淘汰するために苛酷なスクリーニングもやむを得ないが...)</p> <p>しかし在来型の科学のロジックに拘る限り、解が出ない問題が多くあることは事実である。その場合、やむなく科学の規範を一部緩和して推論を進め、行ける所まで行ってみるのは一つの手である。何か意味ある内容—それは在来科学が与える解とは異質だろうが—を見出せるかも知れない。例えば、上記の火山の未来論では、専門家の経験と勘 (speculation) などの主観要素を、方法的に取り入れようとする試みがなされている。</p> <p>マイクロな不均質場の物質移動では、物理化学の枠を方法的にマスクして、再構成する努力がなされている。これは、ローマクラブが 1972 年に発表してセンセーションを巻き起こした「成長の限界」の未来予測を与えたシステムダイナミクスの流れをくんでいるものと言える。複雑な現実のシステムを比較的少数の項目に大胆に束ね、項目相互には概して大まかな関係式を与えて、システムの時間変化を観察するのである。</p> <p>一つ一つが乱暴に見える処理であるが、曰くありげな結果を打ち出してくる場合がある。危ういことは確かだが、そもそも危うくない道では何も見えないのだから仕方がない。「成長の限界」にも科学の名の下に多くの非難(批判ではない)が投げつけられたし、今日から見れば、当たってないという感じが強いが、思考に新奇な素材と誘惑を与えたのは大きな成果であったと言える。地層処分問題でも、この種の試みは思いがけない効用、例えば論理的でないのに不思議に腑に落ちる話の立て方などが見つかるかも知れないのである。NUMO のミッションの性格上、省けないテーマであると言える。</p>
Ⅲ-2.4	<p>4. 事業期間中の安全確保</p> <p>1) 地上施設について、類似施設である廃棄物管理事業の新規制基準が施行されたことを踏まえ、操業安全に関する施設の設計要件を明確にし、設計の考え方を提示する。</p> <p>2) 地下施設について、操業期間中に想定される異常事象による安全性への影響を評価す</p>	<p>4. 事業期間中の安全確保</p> <p>1) 地上施設の設計要件を明確にし、それを具体化させるための設計の考え方を示す過程で、平常時の評価方法と事故の評価方法の考え方を提示した。</p> <p>2) 地下施設における異常事象として火災を設定し、火災時の廃棄体の状態を定量的に評価した。その結果、火災発生直後は、一時的に温度は上昇するものの、短時間に燃料が燃え尽き、火災によるオーバ</p>	<p>4. 事業期間中の安全確保</p> <p>地下施設の安全問題として火災を検討して妥当な結果を得ている。なお当委員会がヒアリングで打診した、廃棄体からの放射性物質の漏洩事態についてはⅢ-2.2②で述べた。</p>

事業計画		業務実施結果	評価委員会による評価
	る。	ーパックの温度の上昇は操業安全上問題がない程度であることを確認した。	
Ⅲ-2.5	5. 廃棄体とインベントリ 1)安全審査等において要求される重要核種の候補やその選定方法を、2013年度に引き続き関係機関と協力して以下を実施する。 ・核種インベントリ設定 ・重要核種候補の抽出	5. 廃棄体とインベントリ 1)関係機関との情報交換等を含む検討を進めて、以下を実施した。 ○ハル・エンドピースなどの主な廃棄体のインベントリの設定 ○閉鎖後長期及び操業時に考慮すべき線量、発熱率等の観点から、重要核種候補の抽出	5. 廃棄体とインベントリ 関係機関と十分な議論をして重要核種を選定している。処分対象である廃棄体の仕様について、関係機関と正確な意見調整をつめておく必要がある。担当者は、関係機関と続けてきている情報交換と調整に自信を示しているが、廃棄体製造が先行した場合、処分施設設計の段になって坑道断面の設定などでムリが生じる可能性はないのか心配である。他機関とのコンビネーションとなる業務では、自分の宿題(NUMOなら施設設計や工程の「めやす」作りなど)を早くすませておかないと、割を食うものである。
Ⅲ-2.6	6. モニタリング 1)2014年度は、地下水圧ベースライン把握手法の適用性の確認を行い、地下水モニタリングの実証試験を終了する。	6. モニタリング 1)以下の取り組みの結果から、当初目的であったベースラインモニタリングの実証を達成した。 ○電力中央研究所(横須賀)の敷地内での調査・評価技術の実証のうち、2010年度から既存のボーリング孔内の深度400mまでの12区間に設置した多連式のパッカーシステムによる地下水圧モニタリング技術の実証試験を実施した。 ○観測したデータから、気圧変動や地球潮汐の影響を除去し、沿岸域に分布する付加体の地下水圧変動をモニタリングした。その結果、降水の影響が地層の透水性に依存して、測定区間で異なる変動を示すことを確認し、約4年間の連続計測により長期間の地下水圧をモニタリングできることを確認した。 ○2011年3月から連続計測を実施し、地下水圧ベースライン把握手法の適用性の確認について所期の目的を達成したため、2015年3月でデータ取得作業を終了した。	6. モニタリング Ⅲ-2.1③のボーリング調査チームは、2010年から4年間にわたり、ボーリングによる地下400mまでを12分割する標準的な地下水圧観測を実施し、地下水圧の長期モニタリング技術を習得できたことを報告している。これは重要な成果である。 モニタリングは地質調査チームの担当となっているので、ここでは地質環境のモニタリングに限ることとし、施設内部のモニタリングには言及しない。サイトの地質環境に攪乱を与えたくないため、モニタリング計画は早目に立てておく必要がある。 調整会議の結果、広域モニタリングは基盤研究機関の担当となっている。しかしNUMOも独自の全体像を描いておくべきである。サイトでは多種多様な観測がなされるだろう。それらの結果を総合したら何が言えるだろうかとか、発生した問題を解決するためにどんな観測をしたらよいのか、といった問いに直面することが多いだろう。 多数の観測データを合理的に総合するためには、周辺の地質・水理場の全体像を睨みつつ、間接計測を逐次近似的に進めることになるだろう。すなわち modelling & simulation を基礎におき、計測システムを設計・稼働させ、計測結果とシミュレーション結果を突き合わせてモデルを改善する。このサイクルを繰り返す。研究コンテンツのPDCAサイクルと言ってもよい。 不均質な地下の水理現象は難問であるけれども、センサー・データ通信・計算機が急速に発達している現在、研究が大きく進展する可能性がある。それをキャッチアップできれば、サイトの長期のケアを任務とするNUMOにとって役に立つ。その態勢を作るためには、まずは地下水の解析プログラムを、骨格だけの基本モデルでよいから、in house で装備する必要があるだろう。 間接計測に基づいた研究は、基盤研究機関で相当に蓄積があると思われる。そこから学び取る必要がある。

3. 技術開発のマネジメント

事業計画		業務実施結果	評価委員会による評価
Ⅲ-3	<p>技術開発のマネジメント</p> <p>1) 技術開発成果の取りまとめ等において品質や信頼性を確保する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 第三者による評価などにより品質や信頼性を確保 技術年報、年度計画書の公表（6月）と技術開発成果報告会の開催（6月） 技術開発成果の積極的公表 <p>2) 技術開発成果等の国民との共有を図る。</p> <ul style="list-style-type: none"> NUMOシンポジウムへの参画 ジオ・ミライ号を使った理解活動への参画 エネ庁シンポジウムへの参画 全国での報道機関との地層処分勉強会への対応 	<p>技術開発のマネジメント</p> <p>1) 以下を実施して所定の成果を得た。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○技術開発成果については、技術開発評価会議、技術アドバイザー委員への諮問などを通して、品質や信頼性の向上を図った。 ・技術開発評価会議を年度内に2回開催 ・包括的技術報告書に関連して、技術アドバイザー委員への意見聴取などを適宜行い、内容の妥当性を確認 ○技術年報、年度計画書の公表と技術開発成果報告会の開催を計画通り実施するとともに、技術報告書（TR-14-02～05）の発行や学会などに29件投稿・発表することで、成果を広く発信した。 <p>2) 以下を実施し、所定の成果を得た。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○NUMOシンポジウム（年度内29回）に技術系職員も登壇者などとして参画し、国民との直接的な対話を通じて、地層処分技術について国民理解に貢献した。 ○シンポジウム以外の広報活動では、ジオ・ミライ号を使った理解活動、エネ庁シンポジウムへの参画、全国での報道機関との地層処分勉強会の対応など、技術的な対応を適切に行った。 	<p>技術開発のマネジメント</p> <p>NUMOはこれまで、発信する情報の品質維持に大きな努力を払ってきている。技術報告や学協会の発表は、すべてルールに従ってチェックを受けている。今後は、候補地選定が進むに伴って、技術陣が広報あるいは対外説明などに出向く機会が多くなる。取材を受ける機会も出てくるだろう。口頭のやりとりの品質も考えなくてはならない。シンポジウムで登壇するNUMO技術陣と司会者の意思疎通が十分でない事例の報告もある。前向きに改善を重ねて貰いたい。</p> <p>(1) 教育を受ける権利について</p> <p>社員教育、と言うと、押し付けがましい感じを受ける。しかし、例えば欧米で民間から兵を集める時、訓練を課すことは、給養や装備と同じように、兵の基本的権利とされている。生き残りの機会が大きくなるからである。外と向き合う場で揉まれることになる若い社員の負担を和らげるためには、Ⅲ-1で述べたリテラシーの研修機会を用意することが必要であり、これは彼らの権利である。研修のやり方については、NUMO評議員会はせっかくジャーナリストの参加を得ているのだから、その助言を受けられないだろうか。</p> <p>(2) 「最新の知見」について</p> <p>この言い回しを決まり文句に使うのはよくないが、「最新」は言い換えれば現に存在する技術ということでもある。すなわちNUMOの事業は未踏技術を当てにせず、現存し実証された技術だけで実現できるものである。この保守的スタンスは安全性向上に適したものであり、きちんと説明する必要がある。</p> <p>一方、新技術の取り込みと創出も必要である。委員会には「技術を開発する文化」を求める声もある。これまでの開発成果を考慮に入れつつも、新基軸の可能性は常に検討して貰いたい。例えば建設の工法や素材は検討の余地が大きい。また地質・水理の情報は慢性的に不足していることから、観測技術を開発する余地が大きい。例えば東濃の地震研究所では、ボアホール型高感度応力計のアレイ計測結果と地下水水頭値データを、時刻歴で突合せをしているが、このような複数項目を総合する研究は大きな効果が期待される。サイトに責任をもつ立場を全うするべく挑戦して貰いたい。</p>

4. 地層処分に関する技術協力

事業計画		業務実施結果	評価委員会による評価
Ⅲ-4.1	<p>1. 国内関係機関との技術連携の強化</p> <p>1) 関係機関との適切な分担と綿密な連携を促進する。</p>	<p>1. 国内関係機関との技術連携の強化</p> <p>1) 以下を実施し、所定の成果を得た。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○技術開発二ーズの提示など、効率的・効果的な技術開発をリ 	<p>1. 国内関係機関との技術連携の強化</p> <p>基盤研究機関との連携はよく進んでいる。既に見た通り、ボーリング調査やFEP関連手法など、これら機関が先行して開発してきた技術はNUMOにとって価値の高いものが多く、潜在的リソースである。刊行され</p>

	事業計画	業務実施結果	評価委員会による評価
	<ul style="list-style-type: none"> • 基盤研究機関へのニーズの提供 • 共同研究の実施 • 包括的技術報告書の体制の整備 <p>2) 技術開発成果の着実な保有と移転の促進を図る。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 基盤研究機関との共同研究、包括的技術報告書作成を通じた技術や知見等の移転 • JAEA 東海施設を NUMO 職員が利用することを通じた人材育成・技術移転の検討 <p>3) 人材の計画的な確保・育成を図る。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 計画的に大学などからの新卒者や地層処分関連業務の経験者を採用 • 若手技術者の育成 	<p>ドして日本全体として進めた。</p> <ul style="list-style-type: none"> • JAEA の国際 WS や地層処分基盤研究開発調整会議で、NUMO の地下研での技術開発ニーズを提示した（JAEA 中期計画に反映）。 • 国の委託事業による研究開発の委員会に出席し、各事業の実施内容に関して NUMO のニーズが反映されるように調整した。 • JAEA と電中研とは運営会議を開催し、各機関の取り組み状況やニーズを共有することで技術連携の強化を図った。 <p>○安全評価技術分野に関する JAEA との共同研究、地質環境の調査・評価技術に関する電中研との共同研究の継続実施にあたり、各機関との会議体を設け、進捗状況を定期的にレビューすることで、目標とする成果を得た。</p> <p>○基盤調整会議において、包括的報告書作成に向けた協力体制を構築した（1次ドラフト整備への協力を得た）。</p> <p>2) 以下を実施し、所定の成果を得た。</p> <p>○上記 1) の取り組みを通して、地質環境調査、安全評価に関する技術の共有、移転を図った。</p> <p>○JAEA の東海施設を NUMO 職員が利用することを通じた人材育成、技術移転について、JAEA と調整することで、2015 年度に実施できる見通しを得た。</p> <p>3) 以下を実施し、所定の成果を得た。</p> <p>○新卒者の採用計画に沿って、2015 年度は、技術系新入社員 2 名を採用した。また、2016 年度の技術系職員の採用に向けて原産セミナーへの出展など、3月から採用活動を開始した。</p> <p>○若手技術者の育成について、技術セミナー、関連施設の見学や地質巡検などを実施するとともに、機構外での関連実施のセミナー（放射性廃棄物最終処分の安全評価の基礎に関するセミナー、バックエンド週末基礎講座など）に参加させるなど、基礎的な知識を習得させた。</p>	<p>た資料だけでなく、ノウハウなど無形の知財も多い。今回は時間的余裕がなかったが、NUMO の評価ではこれら隠れたリソースも参照し、NUMO が十分活用できていることを確認する必要がある。加えて民間業者にも重要なリソースがたくさんある。その動員についても工夫する必要がある。</p>
Ⅲ-4.2	<p>2. 海外関係機関との技術協力</p> <p>1) 協力協定に基づく活動: 協定に基づいた情報交換</p> <p>2) エスポ国際共同プロジェクト: 運営会議への参加、ワークショップなどで情報交換</p>	<p>2. 海外関係機関との技術協力</p> <p>1) 協力協定に基づく活動として、海外実施主体やその支援研究機関との会合を実施し、それぞれの国における地層処分計画の現状に関する情報交換や、今後協力の可能性のある課題に関する協議を行った。</p> <p>2) エスポ地下研究所における国際共同プロジェクトに引き続き参加し、プロジェクト運営会議や個別課題に関するワークショップ</p>	<p>2. 海外関係機関との技術協力</p> <p>日本の地層処分は、先行した欧米諸国の成果の取り込みとともに進んできたこともあって、協力はこれまでよくやられている。今後も維持されるだろう。</p> <p>海外からの情報では、何と言ってもその実績に重みがある。技術関連情報だけでなく、社会的合意に向けた営み、その成功と失敗の消息が重要である。NUMO はこれの分析を進めているが、今回はその議論をする時間的余裕がなかった。</p> <p>2005 年国連世界防災会議(神戸)では risk perception の多様ぶりが浮き彫りにされた。つまり欧州の先</p>

事業計画		業務実施結果	評価委員会による評価
		においてわが国の技術開発の状況を発信するとともに、今後検討すべき技術情報を得た。	進事例がそのまま日本社会さらにはアジアに適合することは期待できないのである。この研究は社会や文化などを視野に入れた裾野の広いものになるだろうが、NUMO にとって重要な課題になるだろう。先行する基盤研究機関とも連携して進めて貰いたい。
Ⅲ-4.3	3. 国際機関等との協力 1)EDRAM に関する活動：各国実施主体との緊密なネットワークを構築する。 2) OECD/NEA に関する活動：セーフティフェイケースをめぐる重点課題に関わる情報を収集する。 3) IAEA に関する活動：地層処分計画推進のための課題に関わる情報を収集する。	3. 国際機関等との協力 1)横浜会合（春季）を実施、ハンブルグ会合（冬季）に出席するとともに、個別課題に関する調査に参加した。 2)IGSC 等の会議体や関係プロジェクトの下で、国際間の重要課題（極端な地質事象の取り扱い、操業安全性、国際 FEP データベースの開発等）を検討する具体的な活動に参加するとともに、得られた情報を性能評価技術開発等に反映した。 3)サイト選定プロセスやステークホルダーに関わる技術会議においてわが国の地層処分事業の従来経緯や最新動向について情報提供するとともに、各国の実績を踏まえた論点整理の結果を国内の関連する議論に反映した。	3. 国際機関等との協力 概ねⅢ-4.2 と同じで、必要な活動を行えている。

Ⅳ 概要調査地区等の選定

事業計画		業務実施結果	評価委員会による評価
Ⅳ	文献調査の準備 (1) 科学的有望地選定への対応 1)放射性廃棄物WGや地層処分技術WGへの適切な資料提示と説明および必要とされる技術的検討を実施する。	文献調査の準備 (1) 科学的有望地選定への対応 1)以下を適時に実施した。 ○地層処分技術WG中間とりまとめ（2014年5月）で取りまとめられた著しい影響を与える天然現象を回避するための段階的調査の考え方などを参考に、年度当初より選定基準の設定に必要な全国規模の文献・データなどの情報の収集・整理を進めた。 ○上記の成果をもとに地層処分技術WGに、埋設後長期、地下施設建設時及び地上施設操業時の安全性確保に係る選定要件・基準の候補を提示した。	文献調査の準備 (1) 科学的有望地選定への対応 Ⅲ-2.1①で NUMO の立ち位置について見解を述べた。国の WG で NUMO は資料提供（説明を含む）を十分にやれていると認められる。 WG では問題意識が出され合う。それはブレインストーミングの性格もあり（それは自然であり、必要でもある）、取捨選択や順位付けができたものではない。また研究が未成熟で学説の集約ができていない事項も提言に含まれている。これらは交通整理する必要がある。NUMO はそれらの事項をきちんと研究したうえで、事業実施の観点からのスクリーニングやプライオリティ付けの提案もする必要があると考える。
	(2) データベースの整備 1)以下の準備を着実に進める。 ・全国文献情報と地理情報システム（GIS）の定期的な整備 ・調査・解析情報の管理支援システムの完成 ・これまで情報が乏しかった広域地下水流動に関して、全国を対象とした情報の拡充	(2) データベースの整備 1) 以下の実施結果や成果を得た。 ○全国規模の文献・データの更新と地理情報システム（GIS）の定期的整備を予定どおり実施するとともに、正確なGIS作業に必要な座標系の整備を実施した。 ○調査・解析情報の登録・管理と地質環境モデル作成等を支援するシステム構築を予定どおり終えた。 ○太平洋側を対象に、地質・地質構造モデルの構築、およびそれに基	(2) データベースの整備 GIS は長い期間に亘り充実と改良が進められている。これまで全国一律情報で、公刊され定評あるものの取り込みが中心であるが、今後は多様な情報の取り込みに進む見込みである。視覚情報のアピール力は大きいので、行政対応だけでなく、ステークホルダー向け（候補地域さらには全国向け）に活用することが見込める。さらに情報の提供では、タイミングが重要である。議論の場で、的を射たデータを即座に示せることは、理解に資する効果が大きいことから、技術的検討を希望する。 Ⅲ-2.1①で見た広域地下水理場データは公表に向け準備中であるが、そこで指摘したとおり、計算モデルに要検討な理論問題が残っているので、確認をして貰いたい。

事業計画		業務実施結果	評価委員会による評価
		づく広域的地下水流動解析を実施し、水理場に関するデータベースを整備した。	
IV-1	1. 文献調査の実施	1. 文献調査の実施 応募および申し入れがなく、文献調査の実施には至らなかった。	
IV-2	2. 応募区域に対応した処分場概念等の検討	2. 応募区域に対応した処分場概念等の検討 応募および申し入れがなく、文献調査の実施には至らなかった。	

評議員会による評価・提言

-事業の進め方について

- NUMO 事業の進め方として、「受け身の姿勢ではいけないこと」、「後手に回るようなことがあってはならないこと」、「リスク材料も提供して社会からの信頼を得ること」が重要である。これらは技術開発評価委員会のみならず対話活動評価委員会においても指摘されているので、NUMO はこれらを今後進むべき方向性と受け止めてもらいたい。

-安全性や技術的信頼性について

- NUMO の技術開発は、安全確保の構想といつまでに何を行うという計画があるが、その計画に沿って、着々と進められていると評価できる。
- 安全性に関しては、現在、司法の場も含めてさまざまな議論がなされている。科学的有望地の公表を契機として大変に厳しい議論がなされる可能性がある。思想的・哲学的な論点に関する整理も重要である。
- NUMO の技術力の信頼性向上への対応は、職員の説明能力の向上やシミュレーションによる備えだけではない。NUMO の技術者が、原子力系の学会のみならず、地質、地盤、水理といった分野の学会で積極的に発表し、そうした異分野の専門家と対話をして信頼性を高めていくという努力も必要である。異分野の専門家にも納得できる結果を纏めれば、客観的な評価を得られる。
- 原子力安全の世界では、ツールやコードの適切性を確認することから出発する。このことは技術開発における数値計算の場合でも同様である。一例として、解析コードを利用するにあたっては、そのコードに対してもしっかりと検証するなど、品質管理の観点からシステム化することが重要である。

-技術の実践能力の向上について

- 科学的有望地が公表された瞬間から、地域から様々な問い合わせが想定されるので、迅速に対応する必要がある。危機意識をもって取り組むべきである。
- 調査の実施に向けた準備として、手引書も整備されている。しかし、有望地が公表されて自治体から問い合わせがあった時に、手引書を見ながら対応という訳にはいかない。あらかじめシミュレーションすべきである。
- 科学的有望地の公表は国により行われるが、公表に際しては、誰もが自分事として考えていけるよう、公表・説明の仕方をよく検討することが重要と考えられる。このため、NUMO としても、これへどのように対応すべきか、これまでの知見をもとに国とよく相談し、社会が話し合っていけるような方法で情報提供されるよう協力すべきである。
- そのためには科学的有望地の公表前に調査から設計・建設、操業から閉鎖まで事業全体のシミュレーションをして、「めやす」となる大まかなイメージを持つておくことが重要である。
- NUMO の業務実施状況に、地下環境の評価と操業中の安全確保についての言及はあるが、環境影響評価の項目がない。環境面への影響に関しても強い関心もたれると思われるので、これらの関心に応えられるよう準備が必要である。

-技術開発成果の社会への発信について

- NUMO の技術研究の進捗がなかなか外部に伝わってこない。パンフレットのような形で広報するだけでなく、メディアとの勉強会を開催するなど、情報提供の仕方に工夫が必要である。技術開発成果についてメディアの関心が高いことに留意すべきである。
- 日本の技術に対する信頼性について知らせていただきたい。