

日本における安全な地層処分の実施
NUMO のアプローチおよび事業の準備状況
に関する国際レビュー2010

(日本語訳)

2011 年 2 月

ニール チャップマン (スイス)
ジュンホン アン (アメリカ)
アラン フーパー (イギリス)
ユハニ ビラ (フィンランド)
ピート ツイデマ (スイス)

目 次

1.背景	1
2.レビューの手順.....	1
3.全般的なコメント	2
4.NUMO の安全確保構想.....	4
5.NUMO の事業計画.....	7
6.NUMO の今後の計画への提案.....	9
7.結び	12
8.国際レビューアー	12

1. 背景

- 1.1 NUMO は、高レベル放射性廃棄物（以下 HLW）（およびその後追加された地層処分対象の TRU 廃棄物）に関する処分法の成立により 2000 年に設立された。NUMO は、過去 10 年間にわたり、日本の他の機関により実施された研究開発成果を取り込みながら、地層処分場の立地、設計および安全評価に対する戦略的アプローチを開発してきた。原子力委員会により作成・公表された報告書には、NUMO は 2000 年以降の技術開発における進捗レポート（2010 年技術レポート）を作成するように提言がなされた。この技術の進展を集約することに加えて、NUMO は、自らの地層処分事業の実施戦略も公表することも決定した。これは、日本の地層処分事業にとって重要なステップであり、さらに NUMO にとって重要な評価項目でもある。国は、NUMO に対して社外の専門家による 2010 年技術レポートのレビューを実施するよう求めた。そこで、NUMO は、日本原子力学会を代表とする社外専門家によるピア・レビューと並行して、2010 年技術レポートの国際レビューを実施することを決定した。
- 1.2 第三者機関としての国際レビューは、地層処分に関わる欧州と合衆国の専門家による小規模な国際レビューチームにより実施した。国際レビューチームは、諸外国における事業の経験を生かし、事業の初期段階における NUMO の準備状況（戦略の面と適切な技術の利用の面から）を評価するという使命が与えられた。初期段階で必要な準備には、対象となるサイトの評価として、サイト調査の実施、適切な処分場設計、安全概念の確認、長期および操業安全の観点からの評価、HLW と TRU 廃棄物処分に対する法的要件と NUMO の要件を満足するサイトの選定が含まれる。
- 1.3 NUMO は国際レビューの実施に当たり、国際レビューアーに対して、多くの個別の事項に対するアドバイスに加えて、事業をより効率的に実施することを指向したアドバイスも要求した。

2. レビューの手順

- 2.1 2010 年技術レポートの本冊は 700 ページを超える詳細なもので、国際レビューを実施する時点では本冊は日本語版のみが作成されていた。そのため国際レビューチームは、本レポート中の戦略的な内容をまとめた英文のサマリー版（以下サマリー版）をベースにレビューを実施した。サマリー版により、国際レビューアーは本レポートの対象とする記述範囲と内容を理解することができ、本冊に記載されている NUMO の成果物のレベルを理解することができた。国際レビューは、2010 年 11 月にスイスの Nagra の事務所で開催した 2 日間の情報交換会議によりスタートした。その場では、NUMO の技術職員が国際レビューアーに対して本レポート中の主要な内容について紹介し、それに対して国際レビューアーが疑問に思う点を

質問すると同時に、NUMOの事業への取り組みに対してコメントを提供した。

- 2.2 サマリー版は、2011年1月に国際レビューチームに提供された。国際レビューチームは、このサマリー版に記載された内容を各々レビューし、2011年2月にイギリスのインペリアル・カレッジ・ロンドンに集まって、各々の見解を紹介した上で議論し、国際レビュー報告書を完成させた。NUMOのメンバーもこの会議に参加したが、NUMOはレビューアーが誤解している点の訂正に限って議論に参加した。

3. 全般的なコメント

- 3.1 2010年技術レポートには、NUMOと研究開発機関がこの10年間に実施した成果が包括的に記述されている。NUMOが国際レビューチームに提示した情報はすばらしいものであり、またNUMOの能力および現在の戦略の策定における検討内容をよく反映したものであった。
- 3.2 日本では公募制というサイト選定方法により、国内のほとんどどんな場所でも処分場サイトとなる可能性があるため(ただし除外要件により除外されなければならない)、NUMOは、幅広い施設設計と多様なサイトを対象とした評価方法を準備しておかなければならない。このような状況においては、広範な不確実性を考慮する必要があるが、これはNUMOだけが直面している課題ではない。地層処分事業においてイギリスは日本と類似した状況にあるが、現在は確実な進捗をみせている。地層処分事業が確実に進捗しているのは、地層処分施設の安全性を担保するための国際的に理解が得られているアプローチが汎用性に富むものであり、サイト環境に依存せずHLWとTRU廃棄物の地層処分の枠組みとして利用することができるからである。このような枠組みによって、サイトに依存しない十分にジェネリックな第2次取りまとめをベースとしてNUMOは日本の地層処分事業を進展させることができた。つまり、NUMOは、法的、規制的な面での枠組みと最新の技術を総括することにより、日本における最初の地層処分の包括的かつ段階的な計画を構築してきたといえる。
- 3.3 日本の処分場開発に関わるプログラムは現状以下に基づいている。
- ・ 30年以上にわたる検討によって国際的に確立された(かつ今は広く受け入れられている¹⁾)地層処分のジェネリックな科学的実現性。これは、日本でも1999年の第2次取りまとめにおいて明確に立証されている。
 - ・ 原子力安全委員会、原子力委員会および経済産業省により、この10年間に構築されてきた法的な枠組みと徐々に準備されつつある規制の枠組み

¹ 2010年11月、使用済み燃料と放射性廃棄物の管理に関するEU理事会指示(European Union (EU) Council Directive)(案)では以下のように述べられている。「30年間の研究の結果、地層処分は、高レベル放射性廃棄物と使用済み燃料管理の終着点として最も安全で最も持続可能なオプションであることが広く技術的に受け入れられている。よって、処分の実施に向けて進んでいくべきである。」

- ・ 公募制と国による市町村への申し入れ制
- ・ 国と電力会社による事業費の分担の枠組み
- ・ 幌延や瑞浪における地下研究所などの科学技術分野における基盤研究

NUMO は、これらの基盤を詳細計画に統合化することで事業を進めてきた。計画の主要な概念や構成要素は、他国における経験および国際的にジェネリックな開発を取り入れたものである。諸外国の事業の成功事例に基づき、日本固有の条件に応じて計画や準備を適宜見直すことで、NUMO が順調に事業を進めることができると考えられる。

- 3.4 NUMO から提供された情報から、NUMO は今後取り組むべき課題と、安全な処分の実現のために取り組む必要のある詳細な活動内容をよく認識しているとの印象を受ける。この 10 年間、NUMO は研究開発機関とともに取り組むべき課題を検討し、さらに国際的に実施される技術開発を把握し、貢献もしてきた。サマリー版には NUMO の成果の詳細の全てが記述されているわけではないので、準備が完全に整っているかどうかの判断は難しいが、その全般的な記述内容から、このレポートが膨大な実施内容に基づいて作成されていることが分かる。また、事業の実施に関する記述は明確であり、ロードマップに示されたように実施すべき一連の活動やステップが理解できる。
- 3.5 NUMO は第 2 次取りまとめで示された処分場概念を踏まえた技術開発を行っており、すでにその実現に向けて様々な設計例を提示することが可能となっている。技術開発成果のいくつかは国際的なプロジェクトに基づいているが、多くの重要な技術的検討も日本で実施されている。国際レビューチームは、第 2 次取りまとめの概念がサイト調査段階の初期段階における計画にとって合理的な基礎となり、また将来的にも最適な選択肢となりえると考ええる。しかし、第 2 次取りまとめの処分概念は、母岩の水理条件や地化学条件に対して一定の制約条件を有する。NUMO はこのような制約条件をよく理解しており、最終的には処分場概念や設計を候補サイトの固有の条件に適合させる必要があると考えている。国際レビューチームもこの点には同意するが、日本における処分場の立地条件を考慮すると、NUMO には第 2 次取りまとめの概念と異なる処分場概念にも着目することを勧めたい。立地環境によっては、母岩の条件が良好であり第 2 次取りまとめの概念を大幅に単純化することも可能である。要件管理システムを使用することにより、適切な処分概念への絞り込みが実施できる可能性も見込まれる（5.6 においてさらに議論する）。
- 3.6 NUMO は、事業期間中の安全確保策と、閉鎖後長期の安全確保策が両立しなければならないとしている。しかしこの問題はより広範なものである。建設と操業の作業（回収可能性の維持に対する特別な必要性を含む）に関わる全てが、長期安全性に影響する可能性があり、適用に当たっては評価が必要となると考える。
- 3.7 地層処分事業にとって非常に重要なことは、信頼できる科学技術的な基盤が存在し

ているということである。このことは第2次取りまとめで強調されているが、NUMOは、いかにこの重要な側面に取り組むかについては限定された情報しか提示していない。以下に述べる通り、安全評価は、科学的あるいは技術的な不確実性が及ぼす影響を評価し、かつ今後どのような研究開発が必要となるかを特定するための手段である。適切な研究開発課題を特定し、国の研究開発の優先順位を提示する能力が、NUMOにとって重要課題である。

- 3.8 NUMOが事業を行う上での中心的な課題は、諸外国で精力的に進められている地層処分に関する情報を把握し、それを最大限に活用することである。NUMOは、諸外国で地層処分事業に携わっている科学者や責任者をアドバイザーとしたり、あるいは研究開発に参加させ、またNUMO自らも国際的なプログラムに積極的に参加してきた。国際レビューアーは、ヨーロッパにおいて2025年までに地層処分の実施が期待されている先行した事業で行われている大規模な実証や試験にNUMOが参入し、これらを活用することが、NUMOの能力を維持するために重要だと考える。そのような取り組みを通して、NUMOが諸外国と異なるアプローチを採用している点や、あるいは先行している点（例えば、NUMOのようなスケールでテクニクス活動を取り扱わなければならない国はほとんど無く、NUMOが先駆者となって方法論を開発している）を特定できれば有益だと考える。また、情報交換を容易にし、効果的な協力関係を構築するためには、NUMOがより多くの報告書を英語で作成することが望まれる。

4. NUMOの安全確保構想（safety strategy）

- 4.1 NUMOは、安全性への階層的なアプローチによって放射性廃棄物の安全な処分を確立するという、国際的に受け入れられた方法を採用している。地層処分を支える安全概念は、原則的に、多重バリアシステム、つまり人工バリアと天然バリアの組み合わせによって、地上環境から廃棄物を隔離し、廃棄物中の放射性核種を閉じ込めることを基本としている。閉鎖後長期に関わるセーフティケースは、設定した処分概念あるいは検討中の処分概念に対して構築されるものであり、事業の段階的な実施における意思決定に重要なインプットを提供するものである。セーフティケースは広範な要素から構成される。

- ・ 安全機能：適用された安全概念において、多重バリアシステムを構成する様々な要素の安全機能およびそれらの機能の充足
- ・ 安全評価：処分システム全体の性能の評価や、処分システムの変遷を考慮した放射線量あるいはリスクの定量化を行い、何が重要かというフィードバックを提供
- ・ 多面的な論拠、例えばナチュラルアナログ
- ・ 論拠の信頼性、データおよび解析、不確実性の取扱い、信頼性の評価

セーフティケースの詳細度は、事業の段階や、ステークホルダーから寄せられるセーフティケースに対する様々な要求によって異なったものとなる。

安全確保構想は、サイト調査、工学的対策および研究開発から得られた情報、追加情報の必要性、候補サイトの条件に合わせた処分場概念構築や設計といったもの全てを統合する役割を有する。

この安全性への総合的なアプローチについては、以下において詳細に考察する。

- 4.2 NUMO が提示した安全確保構想は、基本的には、諸外国の事業における考え方に準じた最新のアプローチであり、4.1 で述べたように国際的に認められた方法論（IAEA や NEA による²⁾）に基づいており、今後整備されていく規制システムの要件にも適応したものである。報告書中で用いられている表現には若干疑問があるものの、国際レビューチームの結論として、基本的な枠組みは適切であり、事業の現段階において十分適用できるものだと考えており、近い将来にこのアプローチを試験的に適用してみるべきと考える。（6.7 参照）
- 4.3 安全に関わる保証（safety assurance）を高めていくための取り組みが、NUMO の段階的アプローチにおける推進力となり、次の段階に進む前に安全性の確保に向けての評価事項は多く存在する。NUMO の報告書では、処分場開発プログラムとして、処分場の閉鎖までを対象に検討されている。詳細なロードマップで提示されているように、NUMO は将来必要となる活動をよく理解している。ロードマップについては 5.1 でさらにコメントする。
- 4.4 日本では長期の安全性を「確認すること（confirm）」が方針として示されている。これは翻訳における言語間のニュアンスの違いに起因するものかもしれないが、国際レビューチームは「確認（confirmation）」が意味することに誤解の余地があると感じている。本来は、信頼性の高い科学技術的知見に基づいて、サイト選定過程の中の制約条件下で良いサイトを選ぶことと、サイト環境に適合する処分場設計を行うことが強調されるべきである。事業の初期段階における主たる目的は、サイト条件の適切な理解とシステム変遷の分析に基づいて、安全確保の見通しのある処分システムを提案する技術力を NUMO が有していることを示すことである。つまり公衆や他のステークホルダーとの議論において、NUMO は、地層処分に適したサイトを選定することと、対象とする廃棄物やサイトに適合する処分場の設計を実施することにより、安全性を向上させようとしていることを明示するべきである。
- 4.5 NUMO の安全確保へのアプローチの基盤は、安全な処分の実現という目標に到達するために策定された 3 つの方針である。国際レビューチームは、これらは安全確保構想において、事業に必要な情報を取得、管理、公表するための NUMO のアプ

²⁾ *Geological Disposal of Radioactive Waste Safety Requirements*. Jointly Sponsored by the IAEA and the NEA: Safety Standards Series No. WS-R-4 International Atomic Energy Agency Vienna.
Post-closure Safety Case for Geological Repositories: Nature and Purpose. NEA Report Number 3679. OECD/NEA Nuclear Energy Agency 2004 Paris France.

ローチの構成要素として適切であると考え。安全確保構想を提示する際には、これらの方針を策定するに至った過程、すなわち、それらが選ばれた理由と、これらによって最終的な目標（安全な処分）がどのように達成されるのかを説明するべきと考える。

- 4.6 大部分の諸外国の事業（例えば、ベルギー、フィンランド、フランス、スイス、イギリス）において、セーフティケースとそれを支える安全評価は、サイト選定プロセスを含めた事業の初期の段階から意思決定において中心的な役割を果たす。事業の初期段階では予備的（provisional）に検討するケースや評価が意思決定へのインプットであり、影響の大きい未解決の課題を特定するのに役立つ。定期的に更新されていくセーフティケースは、技術開発の方向性を決めるのにも用いられる。セーフティケースのこのような中心的な役割が、国際レビューチームに提供されたサマリー版においてはあまり強調されていない。また安全機能が技術開発の方向性を提示する役割についても示されていない。安全機能はサイト条件に合わせた処分概念の評価を実施した後によりよく定義されるように見受けられる。安全機能が当初から定義されていれば、安全性を確保するために何が必要であり、そのうちの何を試験しなければならないかを NUMO や研究開発機関や他のステークホルダーが理解できることとなり、大きく信頼性が増すであろう。
- 4.7 安全評価に情報を集約するという事は安全確保ロードマップの様々な段階に示されているが、セーフティケースの反復的な構築結果や安全評価の結果が、意思決定やアプローチの選択を推進することはないように見える。国際レビューチームはこれを重要な事項だと考えており、NUMOがこの分野を強化する方法について6.7で提案する。
- 4.8 国際レビューチームは安全評価には次の2つの目標があると考え。1つは、安全性のレベルの評価（残された不確実性の検討も含む）、もう1つは処分システムの開発へのフィードバックの提供（例えば、サイトに適合した処分場設計を行うため）である。つまり、安全評価とは、その時点においてサイト調査や工学的対策、技術開発から得られている情報を統合化するツールであり、さらに取得すべき情報の優先順位を検討するために不確実性の影響を評価するツールであることを強調すべきである。現状では、処分場概念、安全概念、安全機能の相互依存関係が十分に示されていない。安全評価を、適応型の段階的推進（adaptive staging）の戦略の中で活用することで、サイト選定へのフィードバックや示唆、技術開発の方向付けなどの重要性がより明確となることを述べておくべきだと考える。適応型の段階的推進によって、NUMOは事業の推進において柔軟なアプローチをとることができる。諸外国における事業の経験から、事業の進め方が「方向転換」したという（地層処分事業に悪影響をもたらさうような）誤解を避けるためには、事業の初期段階において柔軟性を持たせた事業推進が必要であることをよく説明しておくことが重

要であるということが分かっている。

- 4.9 安全確保構想を策定するに当たって、NUMO は遠い将来まで考慮している。精密調査段階までの時間でさえ長く、建設や操業までということになると1世代あるいは2世代が交代するほど長い。よって安全確保構想の詳細は、サイト選定の進展に応じて変化すると考えられる。NUMO にとって重要なのは、実行可能な計画を有することを提示することであるが、この点については今回のレポートにおいて十分に成し遂げられていると考える。事業計画の中で重要なのは今後 5~10 年間である。この点については 5.1 でコメントする。
- 4.10 諸外国の中には、設計と安全性を調和させるために BAT (Best Available Technology : 利用可能な最善の技術) のアプローチを採用することが求められている国もある。しかし、国際レビューチームは、BAT は主観的に解釈されやすく、NUMO にふさわしい考え方ではないと考える。ただし、BATNEEC (BAT not entailing excessive cost : 過度なコストを伴わない BAT) として適用されれば、多くの資源をつぎ込んでも十分な便益が得られないという問題を避けられるかもしれない。
- 4.11 NUMO が近い将来 (すなわちこれから約 5 年間) において実施、またはその実施においてリーダーシップを発揮すべきと考えるものには、以下のような分野がある。
- ・ 発生確率の低いシナリオの起こりやすさを評価するためのシナリオの開発と、確率論的方法論の適用。例えば発生確率の低い事象についてリスクを予察的に解析することによって、規制基準の整備に向けて貴重な情報を提供することができると思う。
 - ・ これに関連し、NUMO は最終的な「処分場の最終的な結末 (fate)」に関する疑問に答えるため、超長期 (10 万年を超えた) について考察すべきである。いくつかの国では、隆起・侵食による処分場の最終的な露出は、たとえそれが非常に遠い将来 (何百万年後) に発生するものであっても、取り扱わなければならないとされている。
 - ・ (a)異なる地質/地形環境、(b)貯蔵または再取り出しといった廃棄物管理上の異なったアプローチ、(c) 様々な廃棄物インベントリや日本の原子力事業の多様な進展シナリオ、に対応する代替設計案について、セーフティケースという観点から予察的に何が分かるかを分析する。

5. NUMO の事業計画

- 5.1 NUMO の事業計画を示したロードマップは、NUMO がその計画に関する検討の深さを示している。その計画には、考慮すべき主要な観点が網羅されていると考える。国際レビューチームの意見では、NUMO に求められるのは、ロードマップで提示した要件を実際の作業プログラムに繋げていくことである。事業計画では、事

業期間全体を通して重要な段階を数多く提示しているが、それらの多くは遠い将来に関する事項である。NUMO の計画において明確に表現すべきは、自治体が公募プロセスを経て候補地として応募してきた際に、速やかに着手することが求められる当面の段階である。NUMO は、例えば1年目には文献調査に入るが、これがNUMO の戦略が最初に試される部分であるため、それをどのように開始し、実行するのかといったことを段階毎に正確に述べるべきである。

- 5.2 国際レビューチームの印象としては、NUMO は取り組むべき課題をよく特定・理解しており、詳細なロードマップで表現されている通り構造化された事業計画を有している。ただし、NUMO は課題を解決するための活動（技術開発や他の業務）をロードマップ上に示すよう努めるべきである。現状では、サイトの選定または除外、サイト調査計画の作成、処分概念の選定ならびに設計の合理化といった重要な事項について意思決定を行う際の枠組みがあまり明確に表現されておらず、これらの意思決定におけるステークホルダーや研究開発機関がどのように関わるのかがあまり明確ではない。
- 5.3 国際レビューチームは、NUMO はサイト内において母岩を選定することと、母岩内において処分場の位置を選定することを区別することを提案する。その上で、応募区域で調査を開始した場合、複数の岩種の中から母岩を選択する際に、NUMO が直面すると考えられる課題が示されていると良い。
- 5.4 NUMO は研究開発や安全確保構想の中においてモニタリングから得られる情報の重要性を過大評価しているように感じられる。モニタリングは事業戦略を策定したり、公衆と議論する上では重要なトピックであるが、安全性や実現性に本当に影響を及ぼす設計や操業などの他の問題と混同させるべきではない。
- 5.5 NUMO のレポートは、人工バリアやパネルレイアウトによる閉じ込めよりもむしろ天然バリアによる遅延効果（核種移行性）をより詳しく述べているが、国際レビューチームは、NUMO が処分概念を説明する際においては人工バリアにより焦点を当てるべきと考えている。現状、安全評価は主として核種移行計算を実施するためのツールとして取り上げられている。特に、サイト選定の初期段階において安全評価は、想定されるサイト条件における多重バリアシステムの全ての構成要素による閉じ込め性や、それらが各バリアに割り当てられた安全機能にどの程度適合するかについての理解を促進する役割の方がはるかに重要である。
- 5.6 NUMO が強調すべき事業課題として以下の事項が挙げられる。
 - ・ 第2次取りまとめで提示された定置方法に代わる処分概念のさらなる検討。国際レビューチームは、異なるサイト環境および廃棄物管理シナリオについて、様々な設計が有する利点や欠点について、簡易な予察評価を実施することが有益であると考え。これによって、ある処分概念をさらに検討することが有益かどうか（またどんな状況において有益か）が明確に理解できるか

らである。

- ・ 地質環境モデルが事業の他の部分に及ぼす影響の明確化。NUMO は報告書の中で、適用される調査方法に応じて、サイト選定プロセスの各段階の終了までにどの程度の情報が集まると期待できるかについて明確にしていない。処分場設計へ提供される情報として、初期の段階で得られるサイト調査情報の詳細度に関しては注意する必要がある。継続的に更新されていく地質環境モデルで示されるサイト特性について、もっと明確に情報伝達がなされるべきである。それによって、安全確保に必要な情報を入手することが可能であるという技術的信頼感を構築する（あるいは検討する）ことができる。
- ・ 処分場サイトへの廃棄物輸送における安全性の側面。たとえ輸送が世界的に確立された操業方法に基づいて実施されており、また世界的に受け入れられている厳格な IAEA の基準に従っていたとしても、放射線学的そして自然環境の側面から、いつも公衆にとっては関心や懸念の対象となるトピックである（後者は処分場エリア周辺における輸送活動にも影響する）。
- ・ セーフティケースにおいて岩盤のどの特性が重要であるか、それらが安全性にどの程度貢献するか、候補母岩にとって好ましい熱・水理・力学・化学的な条件は何か、といった疑問に対応する準備。現状では、まだ公募段階にあるため、ある程度慎重に表現していることは理解できるが、ある特性が安全性に対してどの程度貢献するかといった定性的あるいは半定量的な議論を行うことは、一般国民から出ることが予想される「いったい何の情報を得ようとしているのか？」という疑問に対応するために有効である。

6. NUMO の今後の計画への提案

- 6.1 本節では NUMO が今後、計画を提示したり実施したりする際の助けとなる追加的な提案を行う。ただし、我々の提案の中には現時点における NUMO の直接的な責任範囲を超え、他の組織が検討すべきことも含まれていることを指摘しておく。これらの事項について、NUMO が関係する行政機関や他機関と協議することが、日本の処分プログラムにとって価値があると考ええる。
- 6.2 公募プロセスの結果、HLW と TRU 廃棄物の併置処分が選択された場合、NUMO の技術検討プログラムに大きな影響を与えるであろう。現時点では、NUMO が技術開発やサイト評価プログラムを具体化することは困難であるが、国際レビューチームは、NUMO は計画や活動の全てにおいて、併置か否かの両方の場合を想定することを提案する。これは、人員確保という観点で NUMO にとって重要な課題である。
- 6.3 同様な課題として、立地プロセスにおいてサイトを放棄しなければならない場合やその可能性が挙げられる。諸外国における事業経験に基づくと、サイト選定過程で

は、技術的な、あらかじめ予期できなかった問題がほぼ確実に生じると考えられ、処分概念での適応が必要となり、サイトをあきらめざるを得ない可能性もある。よって NUMO は、予見できない問題の可能性、処分概念を変更せざるを得なくなる可能性という点において柔軟に対応する必要があるということを応募してきた市町村と認識を共有しておくことが有益である(特に初期の概要調査段階では重要)。さらに言えば、NUMO が処分場として適した2つのサイトからどのように1つを選定し、事業のどの時期までであれば市町村が選定プロセスから撤退できるのかを市町村に説明することが有効である。

- 6.4 国民や地元関係者の受け入れが事業では不可欠であるということは国際的にも広く認められている。NUMO は国民や地元関係者への積極的な広報活動を展開しているが、国際レビューチームは、国民や地元関係者が必ずしも能動的かつ対等に関わっていないのではないかという印象を持った(能動的で対等な関与は諸外国の経験では不可欠とされている)。「相手の意見を聞き、それに適応する」ことで事業を推進することは、ほとんどの国で成功するための必要不可欠な条件であり、単に事業内容を説明するだけでは不十分である。従って、国際レビューチームは、NUMO が科学やリスクに関わるテーマについて、様々な聴衆とコミュニケーションし、関わりを持っている専門家の意見を聞くことも有益であると提案する。自然科学で得られる情報だけでは対応しきれない長い期間を対象とした安全性の議論には、倫理的・社会的考え方が求められる。社会的、倫理的な考え方や姿勢を持つことが必要であるということは NUMO も認識しているようであるが、専門家の協力を得ることでさらに進歩させることができ、また立地可能性のある市町村とのコミュニケーションを著しく向上させることができると考える。
- 6.5 核燃料サイクルをどう進めるかといったより広い国家的議論の中で、地層処分される様々な廃棄物の位置づけを検討することが、日本の原子力事業全体にとって有益であると考えられる。地層処分の合理化が核燃料サイクルの合理化に影響するような事も多く、また逆の場合もありえる。NUMO が放射性廃棄物に関わる総合的な管理戦略の中で代替的な方策とオプションについて説明するべきであり、これらがどのように原子力発電に関わる国家的な意思決定に良い影響を及ぼすかについて説明するべきである。一部はすでに述べたが、代替案としては以下のものが挙げられる。HLW の貯蔵期間、TRU 廃棄物あるいはその他の廃棄物との併置処分、より期間を延長された厳重な警備下での地下貯蔵と最終的な処分の組み合わせ、いくつかの種類の燃料は将来再処理されず直接処分が必要となるかもしれないなど。
- 6.6 日本では複数の研究開発機関が長期安全性の問題に関する基礎的研究を実施している。現状では、これらの研究の中には NUMO の管轄外で実施されているものもある。しかし、NUMO のレポートで示された安全戦略を実施するためには、NUMO は現在実施中および将来実施される研究プログラムを、事業ニーズに合う方向に導

く手段を有することが求められる。例えば、フィンランドでは、事業に必要な情報を集めるために実施する研究開発プログラム全体の責任はエンドユーザとしての POSIVA にある。スウェーデンやスイスでも同じような状況である。イギリスでは、NDA が技術開発戦略を文書化しており、例えば大学の研究開発のスポンサーになったり、国家レベルの研究評議会と密接に情報交換するなどして、研究開発を自らの戦略的要求に合うように努めている。日本の地層処分プログラムが成功するためには、情報のエンドユーザである NUMO が方向性を提示し、実施を指示する役割を担うような仕組みが重要である。

- 6.7 第2次取りまとめから12年経過している。設立当初、NUMO はまだ TRU 処分の事業者ではなかったことから TRU 廃棄物を対象とした検討にはあまり関わっていなかった。NUMO にとっての大きな課題の1つは、安全評価、設計、サイト評価などの幅広い課題に対する研究開発が実施された後、得られた成果を統合化することである。サイト評価技術や安全評価技術が集約的ではない方法で開発されてきたため、それらが統合化された安全評価となるように組み合わせることが難しい課題であるということは、国際レビューチームには明白である。サイト固有の情報が得られ、NUMO が本格的な安全評価を実施するまでにはまだ時間があるので、情報の統合化に向けた取り組みを行う時間はまだある。よって、国際レビューチームとしては、NUMO のスタッフが事業の指揮官として模擬的な評価演習を実施し、試行サイトでの総合的な評価を実施するために、地質環境モデル、処分場概念、シナリオ開発の作業や、テクトニクスของハザード評価および安全評価の方法論を行うことを提案する。定量的な最終結果自体は重要ではなく、目的はむしろ組織の意思疎通を管理し、それを成功に導く仕組みを確認することである。このアプローチは他の国の事業で、チーム形成、理解形成ツールとして非常に有益であることが確認されている（例えばスウェーデンの Site-94 プロジェクト）。NUMO は、ここ1、2年以内に開始されることが期待されている文献調査と並行して、そのような演習を実施することが現実的かどうかをよく検討する必要がある。
- 6.8 線量やリスクなどの地層処分の規制の基本的考え方や、実施主体としての NUMO の要件はまだ検討途中であり、検討が終了するにはまだ数年かかることは理解している。基準の作成は、科学的知見および社会的な要請を考慮して行う必要がある。NUMO は国の基準作成に関連する課題に取り組んできているので、NUMO はそのような議論の場においてしっかりと発言していくべきである。国際レビューチームは、NUMO 自らが適切なアプローチを構築し、他の政府機関や国民との開かれた議論を促進することを勧める。
- 6.9 国際レビューチームは日本の地層処分事業において回収可能性が要件の1つであることを理解している。回収可能性を処分事業に取り込む場合、閉鎖後長期の安全性や操業中の安全性に影響を及ぼす可能性がある。他の国の事業と同様に、回収可能

性が要件として求められたとしても、処分施設の閉鎖前および閉鎖後の安全性に過度に影響を及ぼさないよう配慮する必要がある。

7. 結び

- 7.1 NUMO が 2010 年技術レポート作成において設定した主要な目的は、応募サイトが得られた後速やかに文献調査と概要調査というサイト選定段階を実施するために必要な知見、ツール、戦略が整備されていることを示すことである。
- 7.2 NUMO が事業計画を提示するために作成した一連のロードマップは、NUMO の計画の検討の深さを示している。一連のロードマップには、NUMO が検討すべき全ての主要なポイントが含まれている。NUMO は取り組むべき課題をよく特定し、理解しており、詳細なロードマップで示されている通り構造化された事業計画を有している。ただ、具体的な取り組みをロードマップ上で示す努力をするべきである。
- 7.3 NUMO が提示した安全確保策は、諸外国で活用されている考え方を反映した最新のアプローチであり、国際的に受け入れられた確実な方法論の基礎を有し、今後進展が予想される日本独自の規制制度にも適応できるものである。
- 7.4 国際レビューチームは、異なるサイト環境や廃棄物管理シナリオについて、様々な設計が有する利点や欠点について、簡易な予察評価を実施することが有益であると考える。これによって、ある処分概念をさらに検討することが有益かどうか、またどんな状況において有益かが明確に理解できるからである。
- 7.5 国際レビューチームは、事業の初期段階における NUMO の最も重要な目的は、多様なサイト環境に対して、サイト条件を適切に理解することによって、安全性を確保できる見込みを得た上で処分システムを提案するための知見と能力を有していることを示すことであると考え。NUMO はまた、どのような場合にサイトを除外しなければならないかを把握する必要がある。国際レビューチームは、NUMO から提供された情報や NUMO との議論をベースに考えると、NUMO の報告書は、事業の初期段階においてサイトを評価し、安全性を確保できる見込みを得た上で処分システムを提案する能力を有していることを示すという目的を果たしていると考え。また NUMO が事業をどのように継続し、将来何が課題となるかについて理解していると考え。しかしながら、さらに説得力を高めるために、文献調査段階や概要調査段階で実施する取り組みについて、より明確に各実施事項をステップ・バイ・ステップに示すことが有効であると考え。国際レビューチームは、これは単に報告書の構成や内容の提示方法を工夫すれば良いと考える。

8. 国際レビューアー

ニール チャップマン（座長）はイギリスのシェフィールド大学の環境地質学および工学材料学（非常勤）の教授であり、また ITC（スイスの国際教育研修機関）の校長

でもあり、放射性廃棄物処分の分野で 30 年以上にわたって国際的なコンサルタントとして活動してきた。8 冊の著作を発行し、放射性廃棄物処分の分野で 150 を超える論文を発表し、2010 年にはこの分野における功績が認められ、土木協会からジェームス・ワット賞を授与された。

ジョンホン アンはアメリカのカリフォルニア大学バークレー校の教授であり、地層処分システムの多重バリアの性能評価や安全評価を専門として研究を行っている。また、アメリカ・ナショナル・アカデミーの原子力および放射線研究委員会のメンバーである。

アラン フーパーはイギリスのインペリアルカレッジ・ロンドンの教授（非常勤）であり、イギリス原子力廃止措置機関（NDA）の主席科学アドバイザーでもある。イギリスの電力会社や放射性廃棄物管理機関において原子力施設の解体や放射性廃棄物管理に関わる分野で 30 年以上の経験を有する。

ユハニ ビラはフィンランドの Posiva 社の副社長として、オルキオトに建設する使用済み燃料処分場のためのサイト調査や閉鎖後長期安全性に関わる広範なマネジメントを担当している。1975 年以来、核燃料サイクルや廃棄物管理の分野で、研究者、研究管理者として仕事をしてきている。現在は計画中の処分場の許認可申請に取り組んでいる。

ピート ツイデマはスイス放射性廃棄物管理組合（Nagra）の経営メンバーの一人であり、科学技術分野の総合的な管理を担当している。この分野で 25 年以上の経験を有しており、これまでにスイスの地層処分プログラムや研究開発業務を担当してきた。また、OECD/NEA などの国際機関の委員会メンバーでもあり、他国の放射性廃棄物処分事業における専門家委員会のメンバーでもある。