専門家からの御意見と回答

平成28年1月20日（水）から平成28年4月19日（火）まで、中間整理に対する専門家からの意見募集を実施しました。その結果、3名の方から御意見をいただきました（別添参照）。第17回地層処分技術WG（平成28年4月22日（金）開催）においては精査中でしたが、その後委員と調整し、以下の通り概要と回答を整理しました。今後のとりまとめに向けて参考にさせていただきます。

Ⅰ. 基本的な考え方等について

① 第2章「技術WGでの検討における前提の整理」について

（Ⅰ－①－1）日本と世界との地球科学的な比較・検討を行い、日本列島での地層処分の適正性について国際的にみた相対評価を行うべきである。

（Ⅰ－①－2）海外事例も含めた適地選定の物差しを定量的に又は半定量的に示す必要があるのではないか。例えば同じ花崗岩岩盤であれば、岩層の亀裂の多寡はどの程度であるか、坑道の湧水量はどの程度見込まれるのか、断層や地震の状況はどうであるのか。その上で世界的には変動帯とされている日本の地質環境で「好ましい範囲」、「事業の実現性の観点から好ましい範囲」が抽出可能であるのかを示す必要がある。世界的に見ても日本の地質環境が地層処分に適切であることを示す必要がある。その上で「科学的有望地」を抽出するべきである。

各国で発生した放射性廃棄物は、発生した国内において処分することが原則とされています。今回の科学的有望地の検討では、日本国内での処分を前提としています。

地層処分システムは、適切に選定された地質環境が本来有している機能を活かしながら、システム全体が安全性を確保できるように人工バリアを柔軟に設計することによって、多様な形態を取ることが可能であり、各国において、異なる地質環境や廃棄物の特性に応じた地層処分システムの開発が進められています。したがって、わが国の地質環境と廃棄物特性に照らして地層処分システムの評価を行うことが重要と考えます。

（Ⅰ－①－3）日本列島における地層処分の適正性は、地球科学的に見た諸外国との相対的な比較の上に立って初めて判断されるべきものであり、今回のWGの議論の前提のように、いきなり国内に限って比較を行っても、科学的な意味は無い。

地層処分の処分地選定の考え方は元来、一定の安全上の基準がクリアされた場所において、地層処分システムが成立する場所を選ぶものであって、最適地を選びそこで実施するものではないものであり、これは世界共通の考え方です。日本においても、中間とりまとめで示したように、段階的なサイト調査を適切に行うことにより、おのおのの好ましい地質環境特性とその地質環境の長期安定性を確保できる場所を選定できる見通しがあると考えられます。このような前提に基づき、国内の相対的な比較を行っています。

（Ⅰ－①－4）ドイツ、スウェーデン、スイス、アメリカ合衆国など、フィンランドのオルキルオトを除くすべての地層処分計画が中断されているのが現状である。

フィンランド以外の国においても、スウェーデンでは処分場建設予定地としてフォルスマルクを選定し、2011 年 3 月に立地・建設許可申請し、現在安全審査が進められています。スイスでは 2015 年 1 月実施主体が提案した候補エリア2つについて現在連邦政府が審査中です。ドイツについては、処分地選定調査の見直しが現在行われています。アメリカについては、エネルギー省が 2048 年に処分開始とするなどの戦略を提示しています。

（Ⅰ－①－5）世界で最も厳しい安全基準を設定する事は当然のことと言えるが、現在の安全基準はいまだ不十分である。地層処分の安全基準だけが、諸外国での厳しい基準と無関係に決められてよいわけはない。

日本において、地層処分に関する規制基準は、今後、原子力規制委員会において検討されます。その際、世界的な基準が参照されるものと考えます。実施主体である原子力発電環境整備機構や日本原子力開発機構等の基盤研究開発機関における安全評価に係る検討では、諸外国の安全基準を参考にしています。

② 第3章「地層処分の基本的考え方」について

（Ⅰ－②－1）第 15 回会合での発言に見られる、地下水および海水による“希釈”を考慮する（前提とする）地層処分は、認められない。

IAEA の安全基準文書等に述べられているように、人間の生活環境に許容できない悪影響を及ぼさないように、多重バリアシステム全体として放射性核種を隔離、閉じ込めを行い、安全を確保することが重要です。こうした考えに基づき、中間とりまとめ 2.1 でも、「処分場周辺に閉じ込められている間に放射能の大部分が減衰する」、「ガラス固化体が溶け出した放射性物質が、緩衝材を通過後、岩盤中の地下水の流れに沿って移動し、最終的に地表に至ることを想定した評価（地下水シナリオ）を行う」としています。御指摘の発言については、上記の国際的な共通認識を述べたものです。

（Ⅰ－②－2）第 3 章 3.1 の第 3 段落の内容は、第 2 段落の繰り返しでしかない。また、中間とりまとめの「2.1 地層処分の概念」に記述された「地下水シナリオ」が、今回の「中間整理」に記述されていないため、（中間とりまとめ，2.1 に一部加筆）ではなく大幅改定である。

分かりやすさや中間とりまとめとの関係の正確さを意識して、修正を検討します。

（Ⅰ－②－3）「図 3.3.1 サイト選定段階における実施事項（NUMO，2015）」や、「3.1 段階的な処分地選定と調査スケールについて」において、中間とりまとめで言及があった「合意形成のもとで事業を進め、必要であれば後戻りできるようにする」について記載されていないのは問題である。

図 3.3.1 や 3.1 節は技術的な検討の流れを示したものです。御指摘のとおり、事業として「合意形成のもとに進め、必要であれば後戻りできるようにするために、段階的にサイトを選定する」方針に変わりはありません。

（Ⅰ－②－4）「広域スケール」での地質環境特性の変遷は、プレートテクトニクスのみで推論できるものではない。

該当箇所は、「広域スケールでは、（略）プレートの一部として動いている地質環境特性が、どの様な幅で変遷する可能性があるかを考える」という考え方を述べたものです。「プレート

テクトニクスのみで推論できるものではない」という点は御指摘の通りだと考えます。

（Ⅰ－②－5）「広域スケール」の広さとしては、まず、～数 10km を想定すべきである。 次いで、その広さが～数 100km であろう「より長期で広域の空間の枠内でプレートの一部として動いている地質環境」の変遷を評価すべきである。「処分場とその近傍の岩盤を含む空間」と定義された「処分場スケール」は、従来の「地下水シナリオ」での評価領域であった処分場から地表までを矮小化しており、問題である。

「広域スケール」は数十 km 以上を想定しています（図 3.4.2）。「処分場スケール」は対比される「広域スケール」と組みにして、空間スケールを議論する際の概念として設定したものです。御指摘のように地下水シナリオに基づく安全評価では地表までを視野に入れます。この中で安全機能の観点で特に重要となる、処分場とその近傍の岩盤を含む空間を、「処分場スケール」としたものです。

（Ⅰ－②－6）中間とりまとめにおいて「時間スケール」として記述された時間項（時間概念）が欠落したことは（削除されたことは）、問題である。

科学的有望地としての地理的範囲を記述するため、関連する「空間スケール」部分のみを再掲しましたが、分かりやすさや中間とりまとめとの関係の正確さを意識して、修正を検討します。

③ 第4章「科学的有望地選定における要件・基準の検討」について

（Ⅰ－③－1）「段階が進むごとに、（中略）地質環境に関する情報は（中略）、詳細度と信頼度が増していく。これに伴い、処分場の設計や安全評価といった総合的評価は精緻化され、それらの信頼度も向上していく。」とされているが、 “後戻り”を想定しない調査であり、問題である。（調査データの信頼度は増すであろうが、処分場適地としての信頼度は必ずしも増さない。処分場不適地となることありうる。）

調査・評価の結果、処分施設建設地としての適性の見込みが立たず、次の段階へ進まない可能性は十分に認識いたしております。

（Ⅰ－③－2）全国規模で利用可能な文献・データもしくはその類として例示された11文献いずれもが、日本全国の均等調査に基づくものではない。調査地点の密度に濃淡がある。調査されていない地域に表示される値（データ）は、作者の編集思想（内挿や外挿、作図法など）に基づくものでしかない。したがって、「地域間の公平性確保の観点」は担保されていない。

科学的有望地選定は法定調査の前段階であり、国民理解の契機・材料の提供が目的です。これらを踏まえて、全国規模で「体系的に整備された」文献・データを利用することとしています。

こうした考えに立って、使用する文献が適切なものであるかどうかについては、関連する分野の専門家に幅広くご意見を伺い、その結果は WG の審議に資するため、第15回会合で紹介されております。現在のところ、使用する文献データは合理的なものと判断しています。

（Ⅰ－③－3）「地層処分を行う上で好ましい地質環境特性」が、「地温が低いこと」・「岩盤の変形が小さいこと」・「地下水の水素イオン指数（pH）が高 pH あるいは低 pH でないこと」「地

下水の炭酸化学種濃度が高くないこと」・「地下水流動が緩慢であること」・「地下水が酸化性雰囲気でないこと」と、定性的にしか記述されておらず、はなはだ不十分である。数値を使って定量的に記述すべきである。

これらの特性に関しては、人工バリアの機能も含めて、地層処分システムの機能という観点から、処分地選定調調査の中で地質環境特性全体で総合的に評価すべきであるため、定量的な数値の設定は難しいと考えました。このことは、4.2.2.1 のまとめの部分(p.27)に述べてあるとおりです。

(Ⅰ－③－４)「わが国は、諸外国と比較すると、一般的に天然現象の発生頻度が高く」(4.5.1)とあるが、「天然現象」とは、国や地域の違いに限らず、すべてのところで起きることであり、「わが国だけで発生頻度が高い」は誤りである。ここで WG が問題としている「天然現象」とは、地層処分に影響を与える「天然現象」の意味であろうから、当然この文章は、本 WG が具体的に検討している「地震や火山、津波などの天然(自然)現象の頻度が我が国では、諸外国と比較すると高く」と修正すべきである。

御指摘の部分は、処分地選定の調査・評価の実現可能性の検討における説明です。したがって、この部分での「天然現象」は地層処分に影響を与える火山や活断層といった現象を指します。御指摘を参考に、修正を検討します。

(Ⅰ－③－５)日本地質学会「地質環境の長期安定性研究委員会」が「変動帯である日本列島においても地層処分の安全性を担保できるような安定な地域が存在すること，また一方で，日本には地層処分に適さない地域があることも確認してきました．」とした“要件・基準”、高橋・吉田(2012)が「変動帯である日本列島の中でも地層処分候補地としての適地として」「北上山地」・「阿武隈高原の中北部地域」加えて「根釧海岸地域」を選出した際に用いた“要件・基準”との一致点・不一致点を確認すべきである。

当ＷＧでは、御指摘の研究成果のみならず、それ以外の研究成果を考慮した上で、科学的有望地の要件・基準を検討しています。御指摘の日本地質学会の報告は、今まで行われてきた地質学的な研究の成果について客観的にとりまとめ、「変動帯である日本列島においても地層処分の安全性を担保できるような安定な地域が存在する」ことを示したものであり、具体的な地域を特定するためのものではないと承知しています。

Ⅱ. 個別検討項目について

① 火山

(Ⅱ―①－１)カルデラ火山の範囲は「日本の火山(第3版)」で「カルデラ火山」の範囲として塗色されている、現在堆積物として残っている火砕流の流下範囲を指すと理解される。

「日本の火山(第3版)」では、カルデラリム(カルデラを取り囲む地形的頂部)が示されています。これをカルデラ火山の範囲としています。

(Ⅱ－①－２)たとえ現地調査を行ったとしても、噴出時の火砕流の流下範囲を残存する堆積部だけから判断することは、その範囲を過小に評価するおそれがある。

個別地点における処分地選定調査では、堆積物の調査だけではなくボーリング調査、物理探査等に基づいて、過去の活動の痕跡、高温異常域、熱水の分布範囲等、地下深くの情

報を把握し、著しい影響が想定され回避すべきカルデラ火山の範囲を評価することとなります。

（Ⅱ－①－3）厚さ数十センチメートルもの火山灰の堆積は、地上施設にとっては無視できない。

操業時の地上施設の安全性については、地上施設に類似する施設の規制、具体的には原子力発電所の火山影響評価ガイドを参照しています。上記のガイドでは、降下火山灰による影響を評価し、必要な設計対応を検討することとされています。処分地選定調査段階では、御指摘の内容も検討することが重要と考えます。なお、同じ火山事象による影響でも地層処分施設の地上施設は、原子炉が稼動している原子力発電所より小さいと考えられます。

（Ⅱ－①－4）厚さ数十センチメートルにも堆積した火砕流や火山灰堆積物は、その浸透能などの特性から新たな帯水層を生み出し、地域の地下水環境にも大きな影響を与える可能性がある。

地下深部の地下水環境に対しては、これまでの数百メートルの水圧が数十センチメートル分増加する程度で、大きな影響はないと考えられます。

（Ⅱ－①－5）巨大カルデラの範囲として、現在残っている火砕流の分布範囲だけを避ければ安全という基準は、今後10万年間を考えるとあまりに甘いと言わざるをえない。

科学的有望地の要件・基準は、法令に基づく処分地選定調査の前段階としての評価であり、国民理解の契機・材料の提供が目的であることを踏まえて、明確な基準が設定でき、全国規模で体系的に整備された文献・データが使用可能なものを抽出しています。「現在残っている火砕流の分布範囲だけを避ければ安全」という考え方には立っていません。最終処分施設建設地としての適性は、御指摘の点も含め、法令に基づく個別地点の処分地選定調査で段階的に確認されます。

（Ⅱ－①－6）処分地の適正性の評価にあたり、諸外国の事例では、大規模火砕流・テフラをもたらす巨大カルデラが地層処分候補地の近傍にあるか否かを、まず検討すべきである。

御指摘の通り、カルデラ火山の影響については、科学的有望地の検討段階から考慮する予定です。なお、個別地点での処分地選定調査において、地表調査、ボーリング調査及び物理探査等に基づいて、過去の活動の痕跡、高温異常域、熱水の分布範囲等を把握し、著しい影響が想定され回避すべきカルデラ火山の範囲をより詳細に評価できると考えます。

② 断層

（Ⅱ－②－1）日本列島すべての活断層がとらえられているわけではない。

法令に基づく処分地選定調査の前段階である科学的有望地の要件・基準としては、全国規模で体系的に整備された文献・データに示された既知の活断層を対象としました。個別地点の処分地選定調査においては、地表調査、ボーリング調査及び物理探査等の現地調査に基づいて処分施設に影響を与える活断層を確認することとなります。

このような前提を踏まえ、活断層については、個別地点での処分地選定調査において、文献調査、地表調査、ボーリング調査及び物理探査等に基づいて、分布やその活動性を把握し、

破砕帯等の影響範囲を回避するとともに、将来の断層活動の範囲として断層の伸展や分岐が発生する可能性がある領域等を回避することができると考えます。

（Ⅱ－②－2）これまで石橋ら（石橋 2000 年、2013 年など多数）が主張してきている「日本列島のどこでも地震は起こりうる」や「10 万年たってみたら地震の影響を免れたという場所が皆無ではないかもしれないがいま特定することは不可能である」などの意見に対して明確な説明をしたうえで「科学的有望地」を検討するべきである。

将来のプレート運動の継続性については、最新の知見に基づいて検討しており、現時点では将来十万年程度であれば、地殻変動の傾向が継続する可能性が高いと考えています。したがって、処分場への著しい影響を避けるために、既存の繰り返し活動し、変位の規模が大きい活断層の影響範囲を、個別地点の文献情報及びボーリング調査、物理探査等の詳細な現地調査により回避することが重要です。その上で、将来の変動を予測して地層処分システム全体としての安全性を示すことになるものと考えます。

（Ⅱ―②－3）鳥取県西部地震（2000 年）や岩手宮城内陸地震（2008 年）などの、活断層がないとされていた場所で発生した大地震のような地震を予測し、避けることができなければ「科学的有望地」の絞込みは不可能である。

鳥取県西部地震（2000 年）や岩手宮城内陸地震（2008 年）も含め活断層の存在が後に指摘された主な事例について検討しており、御指摘の様な事象については、処分地選定調査の個別地点に係る文献や現地調査結果を用いて評価できるものと考えます。科学的有望地選定は、処分地選定調査の前段階として実施するものであり、地域の相対的な適性の高低を示し、地層処分についての国民理解を促すこと等が目的です。

（Ⅱ―②―4）断層に関する記述では「回避すべき範囲」、「回避が好ましい範囲」が明記されているが、「好ましい範囲」、「事業の実現性の観点から好ましい範囲」を分類しようとする記述が見あたらない。

「回避すべき範囲」及び「回避が好ましい範囲」を除外した上で、さらに「安全裕度が大きく向上する」と定義した「好ましい範囲」を特定するには、他の要因も含めた総合的評価が必要なことから、断層活動を考慮した「好ましい範囲」の基準の設定は難しいと考えました。

③ 地下水

（Ⅱ－③－1）地層処分に対して、地下水流動の速さだけでなく、地下水の量の影響も評価したほうがいいのではないか。

放射性物質を長期に閉じ込めておく機能を評価するために、地下水を介して放射性物質が移行することが基本的なシナリオとして想定されています。ここでは、わが国においては地下水が豊富である状況が前提とされています。具体的には、地下水流動の速さに加えて埋設した廃棄物周辺を通過する地下水の量が評価されます。地下水流動の速さは場所の特性ですが、廃棄物周辺を通過する地下水の量は地下施設の大きさにより変化しますので、設計時には十分に検討されるものと考えます。

④ 力学場、地下施設の建設・操業時の安全性

（Ⅱ－④－１）圧密途上にある堆積軟岩岩盤は、長期的時間スケールでは自立せずオーバーパックに岩圧が作用するおそれがあり、避けるべきではないか。

処分場の設計にあたって、堆積軟岩の岩圧は考慮すべき重要な要素の 1 つです。将来の個別地点で処分地選定調査を行う段階では、岩盤の長期挙動の影響等も考慮して岩圧を評価するものと考えます。

（Ⅱ－④－２）「平面的広がりとして 10km^2 程度」となる地下施設は、地下岩盤に水平平面を掘り抜くようなものであり、類似事例としては１次元的な構造の地下トンネルではなく、炭鉱掘削が類似する。

御指摘の様に坑道間の相互影響を考える必要がありますが、地下施設の設計にあたっては坑道間の影響が無いように十分な離間距離を取ります。したがって、直線構造の地下トンネルは類似事例として十分参照できると思います。また、御指摘の炭鉱掘削についてもあわせて参考にすることができると考えます。

（Ⅱ－④－３）第 4 章 4.3.1.1②、第 4 章 4.3.2.13 において、合理的な工学的対応ができない場合を想定すべきである。

合理的な工学的な対応ができない場合があることは御指摘の通りと考えます。その評価については、処分地選定調査の中で個別地点において検討を行うことになると考えます。

（Ⅱ－④－４）軟岩サイトでのバリアは、人工バリア・セメントコンクリート・天然バリアから構成されると考えるべきである。コンクリートセメントのアルカリが天然バリアや人工バリアに及ぼす悪影響から、“低アルカリ性セメント”の開発・試用・適正評価が行われている途上である。技術課題は解決されていない。

セメントの影響については、その使用量が相対的に多い地層処分低レベル放射性廃棄物処分において多くの検討が実施されています。そこでは、人工バリアの長期的性能に必ずしも悪影響を及ぼさない、周辺岩盤への影響は施設近傍であり核種移行経路全体への顕著な影響はない、と考えられるが信頼性向上のための検討が必要とされています（第2次TRUレポート, 4.4.2, 4.4.3）。また、御指摘のように、影響を与えるアルカリ成分の溶出を抑制した低アルカリセメントの開発が進められています（同, 7.1.2.1）。信頼性向上のための検討は今後も必要ですが、全体としてセメントを用いた場合でも処分は成立すると考えます。

⑤ 輸送時の安全性

（Ⅱ－⑤－１）複数の処分場の事例も検討すべきである。

処分場は 1 ヶ所を想定しています。なお、仮に複数の処分場であっても長距離輸送の前提は有効だと考えられます。

⑥ その他の事象

（Ⅱ－⑥－１）沿岸海底下の地質調査データはないので「科学的有望地の要件・基準」になりえない。

中間整理では、廃棄物の輸送時の安全性確保の観点からは、海上輸送を前提とした上で、港湾からの陸上輸送の距離ができるだけ短い方が好ましいという議論がなされています。そうした中で、地上施設を陸域に設置した上で、坑道を海側に伸ばし、地下の処分施設は海底

の下の安定した岩盤に設置するというオプションもあるとの議論がなされてきています。

なお、専門家による研究会において、沿岸部における調査・評価等も含めた検討が行われ、その中で沿岸部におけるデータや空白域の問題についても検討されています。現時点においても、一部シームレス化したデータが存在することから、そのようなデータを入手するための基本的な調査技術は整備されており、個別地点においてはそれらの技術を組み合わせて調査・研究を行うことが望ましいと考えられます。

（Ⅱ－⑥－２）坑道掘削により地下水の動水勾配は自然の動水勾配の掘削がない自然地層の動水勾配の数万倍から数千倍に及ぶ状態は操業期間の数十年から場合によっては 100 年以上続くと考えられる。長期にわたる大量の揚水により、地表に近い水を引き込むこととなり酸化還元電位など化学場環境の変化による影響が考えられる。「日本では「好ましい範囲」がない。」とすべきである。

地下施設の建設に関する検討では、安全確保上の懸念事項の一つとして「湧水」を取り上げています。「安全裕度が大きく向上する可能性が高い」と定義した「好ましい範囲」の基準の設定可能性を検討しましたが、個別地点毎に工学的対応を行うことが適当であることから、明確な基準を設定することは難しいと考えました。

なお、湧水自体に対してはグラウト等による工学的対策の実績があり対応可能と考えられます。坑道掘削による酸化還元電位の変化については、地表に近い水より坑道内の大気による影響が大きく、廃棄物の周辺は一時的に酸化性環境になることが考えられますが、埋設後数年内には還元性の環境となると考えられています。さらにこうした状況を踏まえた上で、安全評価が行われるものと考えます。

（参考）

「科学的有望地の要件・基準に関する地層処分技術 WG における中間整理」の専門家への意見募集に寄せられた御意見

※一部の個人情報を除き原文を掲載しております。

※一部の個人情報については意見者の了承の下掲載しております。

「科学的有望地の要件・基準に関する地層処分技術 WG における中間整理」
（資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 放射性廃棄物対策課 2015 年 12 月 28 日公開）
への専門家意見（2016 年 1 月 22 日）

長 秋雄（日本地質学会会員）
国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門

第 1 章　はじめに

第 2 章　技術 WG での検討における前提の整理

第 3 章　地層処分の基本的考え方

3.1　地層処分の概念（中間とりまとめ，2.1 に一部加筆）

1. 第 1 段落にある「地層処分では地下深部に放射性廃棄物を埋設することで、放射性物質が、生活環境から隔離され、さらに長期にわたってその放出や分散が抑制され処分場周辺に閉じ込められるようにする。」が、厳守されなければならない。
   第 15 回会合での下記発言に見られる、地下水および海水による“希釈”を考慮する（前提とする）地層処分は、認められない。

   地層処分技術ワーキンググループ（第 15 回，平成 27 年 9 月 17 日）
   （1）議事要旨より
   梅木原子力発電環境整備機構理事
   「海域が排出域となると、ご指摘のような観点で希釈水量が多くなり有利ではあるが海域以外でも十分な希釈水量を有することは可能である。海域の希釈水量は圧倒的に大きいので技術的には国際的な問題にはならないと考える。」
   事務局（小林放射性廃棄物対策課長）
   「沿岸部・内陸部を問わず、人間の生活圏への放射性影響が基準値以下となるところで処分を実施する。」
   （2）議事録 p20 より
   小林放射性廃棄物対策課長
   「希釈云々の前に、それは内陸陸域だろうと、沿岸域であろうと、その点についてはきちんとした法体系のもとで、人間生活圏環境への悪影響が及ばないということがきちんと確認されるということが大前提だということでございます。安全評価のさまざまなファクターの中に希釈といったようなものも入ってくるとは思いますけれども、それはあらかじめ何かこの議論の中で先取りするようなものではないというふうに理解をしております。」

2. 第 3 段落の内容は、第 2 段落の繰り返しでしかない。

3. 平成 26 年 5 月「中間とりまとめ」＞「第 2 章　地層処分の基本的考え方」＞「2.1　地層処分の概念」（p3）に記述された「地下水シナリオ」（「具体的には、オーバーパックが破損し、ガラスの溶解速度と放射性物質に固有の溶解度に制限されてガラス固化体から溶け出

した放射性物質が、緩衝材を通過後、岩盤中の地下水の流れに沿って移動し、最終的に地表に至ることを想定した評価を行う（以下、地下水シナリオという)。」）が、今回の「中間整理」に記述されていない（削除された)。

そのため、この節は「中間とりまとめ，2.1 に一部加筆」ではなく「中間とりまとめ，2.1」の大幅改定である。記述「中間とりまとめ，2.1 に一部加筆」は、正しくない。

3.2 空間スケールについて（中間とりまとめ，2.2.1 に一部加筆）

4. 第 3 段落に、「『広域スケール』では、より長期で広域の空間の枠内で運動しているプレートの一部として動いている地質環境特性が、どの様な幅で変遷する可能性があるかを考える。」とあるが、

4.1 「広域スケール」での地質環境特性の変遷は、プレートテクトニクスのみで推論できるものではない。

例１：力学場の一つである初期地圧の方位は、地殻水平歪の方位と必ずしも一致しない（長ほか，2009)。

引用文献

長ほか（2009） 我が国における地下岩盤内の初期地圧状態－応力解放法による実測データに基づく－，地質調査研究報告，第 60 巻，第 7/8 号，413-447.

例２：2011 年 3 月 11 日東日本太平洋沖地震（M9.0）以降での、東日本各地での地震活動活発化域の発生はプレートテクトニクスで解明できていない。

4.2 「処分場スケール」の広さは、その定義「処分場とその近傍の岩盤を含む空間」から考えて、「処分場」（～数 km）と類似の広さである。「広域スケール」（定義：「処分場スケールの外側にあって、地質環境特性である熱環境、力学場、水理場、化学場に対して、影響を与える事象が分布する領域」）の広さとしては、まず、～数 10km を想定すべきである。

4.3 次いで、その広さが～数 100km であろう「より長期で広域の空間の枠内でプレートの一部として動いている地質環境」の変遷を評価すべきである。

5. 第 4 段落にある「一方、『処分場スケール』では、将来、地下水を介して放射性物質が移行することを想定したシナリオに基づき、主に人工バリアと、地質環境である天然バリアの各種構成要素それぞれの閉じ込め機能が時間とともにどのように変遷するかを考える。」は、従来の「地下水シナリオ」での評価領域であった処分場から地表までを「処分場スケール」（定義は「処分場とその近傍の岩盤を含む空間」）に矮小化しており、問題である。

6. 平成 26 年 5 月「中間とりまとめ」の「2.2.2　閉じ込め機能をもたらす地質環境特性に関する時間・空間スケール」に記述された時間項（時間概念）が欠落したことは（削除されたことは)、問題である。このため、「科学的有望地の要件・基準に関する中間整理」としては、極めて不適切である。

平成 26 年 5 月「中間とりまとめ」の「2.2.2　閉じ込め機能をもたらす地質環境特性に関する時間・空間スケール」より（全文）（下線は意見者による。以下同じ。）

－引用ここから－

放射性廃棄物が、地表の生活環境から物理的に隔離された処分場とその近傍に、放射能が減衰するまでの十分な長期にわたって閉じ込められるかどうかを考えるには、将来、地下水を介して放射性物質が移行することを想定したシナリオに基づいて、人工バリアと天然バリアの各構成要素それぞれの閉じ込め機能が時間とともにどのように変遷するかを考える。

廃棄物埋設後、数百年程度の期間は、主に初期の放射能の大部分を占めるセシウム-137（半減期 30 年）とストロンチウム-90（半減期 29 年）の崩壊に伴うガラス固化体の発熱が著しい。このため、廃棄物の周囲では、地下水の熱対流や放射線分解等が起こりやすい条件が想定される。

オーバーパックは、このような条件下において、放射性物質の移行が起こらないよう、少なくとも千年程度の期間、ガラス固化体と地下水との接触を防止することにより、放射性物質の地下水への浸出を抑制する。また、オーバーパックが徐々に腐食され、その機能を失うと、廃棄物であるガラス固化体と地下水が接触するが、ガラス固化体は水に溶けにくいため、放射性物質の浸出が抑制される。ただし、非常にゆっくりとではあるが、ガラスが溶解する可能性があり、保守的な見積もりによれば 7 万年程度経過するとガラス固化体の全量が溶解すると考えられている。このため、この徐々に進行するガラス固化体の溶解にしたがって、溶解度の高い放射性物質は地下水中に浸出すると考えられる。初期の放射能の大部分を占めるセシウム-137 とストロンチウム-90 は地下水への溶解度が高いので、これらが減衰するまでの初期の数百年から千年の期間は、オーバーパックおよびガラス固化体の健全性の維持が望ましい。

オーバーパックの機能が失われて以降、ガラス固化体から浸出した、より長半減期の放射性物質は、放射性物質に固有の溶解度に制限され大部分が固体としてその場に閉じ込められたままとなるが、溶解度に従い地下水中に溶出した部分が地下水の流れによって移行する。廃棄物を取り囲む地質環境には、放射性物質の難溶解性を保証するための間隙水条件（低 pH、高 pH でないこと、酸化性雰囲気でないこと等）の成立が求められる。またその後の移行を遅延させるために、緩衝材には、移行抑制の機能として、低透水性、収着性等の機能が期待されている。この間、これらの緩衝材の機能が長期間維持されるよう、緩衝材の化学的な変質（変質、密度低下）が起こりにくいことが要求される。

処分場スケールの地質環境には、以上に示した人工バリアの機能が所定の期間維持されるのに適した設置環境としての特性を有し、さらに、天然バリアとして放射性物質の溶解、移行を抑制するのに適した特性を有することが求められる。さらに、その特性は、数万年以上の長期間にわたり変遷する中で、その変動範囲が、機能維持の観点から許容できる範囲であることが求められる。このような要求が満たされる場合、地質環境特性は長期的に安定であるとみなす。

3.3　安全性に関する総合的な評価について

7.　第 1 段落に、「NUMO は、図 3.3.1 に示すような形で地質環境の調査・評価を行うとともに、

人工バリアや処分施設の設計を踏まえた総合的な安全性の評価（安全評価）を行うこととしている。」とある。

「図 3.3.1　サイト選定段階における実施事項（NUMO，2015)」での矢印は、最終目的である「処分施設建設地の選定」へと一方向のみである。“後戻り”を想定しないフローチャートであり、問題である。

平成 26 年 5 月「中間とりまとめ」p6 より抜粋
「地層処分事業では、サイト選定の過程の透明性・公平性を確保し、かつ、地層処分場受入地域の住民を含む多様な立場の人々の参加する形での合意形成のもとで事業を進め、必要であれば後戻りできるようにするために、段階的にサイトを選定することとしている。」

8. 「図 3.3.1　サイト選定段階における実施事項（NUMO，2015)」では、精密調査段階で（その地質環境特性に合わせた)「人工バリアの基本設計」がなされる。すなわち、人工バリアの仕様が未定である。

人工バリアの仕様・性能を決定した上で、「科学的有望地の要件・基準」を選定すべきである。

3.4　段階的な処分地選定と調査スケールについて

9. 平成 26 年 5 月「中間とりまとめ」の「2.3　段階的な処分地選定と調査スケールについて」にあった次の記述がなくなったことは（削除されたことは)、問題である。

「地層処分事業では、サイト選定の過程の透明性・公平性を確保し、かつ、地層処分場受入地域の住民を含む多様な立場の人々の参加する形での合意形成のもとで事業を進め、必要であれば後戻りできるようにするために、段階的にサイトを選定することとしている。」

「最終処分法によれば、特に著しい影響を与える天然事象の起こる可能性を概要調査の段階までに調査し、将来予測等も検討した上で、そのような影響を受ける可能性のある地域を処分地から回避することが求められている。」

10. 平成 26 年 5 月「中間とりまとめ」での検討項目（過去の地震等の履歴、活断層・火山の状態、地層の状態及び鉱物資源の有無等）に加えて、「実施主体の取組として、事業の実現可能性の観点からの検討も同様になされることになる。」が、新規に加わった。

「事業の実現可能性の観点」が優先されたのであろう、平成 26 年 5 月「中間とりまとめ」p6 にある記述「文献調査、概要調査、精密調査と段階が進むごとに、調査対象となる範囲を段階的に絞り込み、それに従い処分システムの置かれる地質環境に関する情報は詳細度を増してゆく。最終処分法によれば、特に著しい影響を与える天然事象の起こる可能性を概要調査の段階までに調査し、将来予測等も検討した上で、そのような影響を受ける可能性のある地域を処分地から回避することが求められている。」が、「文献調査、概要調査、精密調査と段階が進むごとに、調査対象となる範囲を段階的に絞り込み、それに従い処分システムの置かれる地質環境に関する情報は、文献や地表面付近で得られる情報に加え地

下深部までのデータが付加されていくことから、詳細度と信頼度が増していく。これに伴い、処分場の設計や安全評価といった総合的評価は精緻化され、それらの信頼度も向上していく。」に改定された（下線は意見者による）。

常に「信頼度が増していく」・「信頼度も向上していく」。これまた“後戻り”を想定しない調査であり、問題である。調査データの信頼度は増すであろうが、適地としての信頼度は必ずしも増さない。不適地となることがありうる。

第 4 章　科学的有望地選定における要件・基準の検討

11. 【背景】

日本地質学会は、2012 年に次のプレス発表を行っている。

一般社団法人日本地質学会は，日本学術会議 9 月 11 日付け報告書「高レベル放射性廃棄物について」に対して，地球科学界を代表する日本地質学会として積極的に関与し，地質学関連学界が社会に対して果たすべき責務として以下のコメントを公開します.「高レベル放射性廃棄物の地層処分について」－地質環境の長期的安定性の観点から（学術会議の報告を受けて）－」

★当該コメントに、次の記述がある。「長期的な地質現象を対象とする日本地質学会では，高レベル放射性廃棄物の地層処分を見据えて 2002 年に「地質環境の長期安定性研究委員会」を設置し，毎年検討を重ねてきました．その結果，変動帯である日本列島においても地層処分の安全性を担保できるような安定な地域が存在すること，また一方で，日本には地層処分に適さない地域があることも確認してきました（リーフレット「日本列島と地質環境の長期安定性」，地質環境長期安定性研究委員会, 2011）.」

【意見】

(1)地層処分技術 WG 中間整理での「科学的有望地の要件・基準」と、(2)日本地質学会「地質環境の長期安定性研究委員会」が「変動帯である日本列島においても地層処分の安全性を担保できるような安定な地域が存在すること，また一方で，日本には地層処分に適さない地域があることも確認してきました.」としたその“要件・基準”との、一致点・不一致点を確認すべきである。

12. 【背景】

日本地質学会「地質環境の長期安定性研究委員会」の委員である高橋正樹会員（日本大学）・吉田英一会員（名古屋大学）は、2012 年 9 月 15 日～17 日開催の日本地質学会第 119 回学術大会での発表（T3-O-8）「地質環境長期安定性と第四紀後期日本列島の超長期地殻安定区の提案」で、「超長期安定性の高い地域 D，とりわけ北上山地および阿武隈高原の中北部地域等は，変動帯である日本列島の中でも地層処分候補地としての適地と考えられる.」と述べている。WEB サイトで見つけた東京新聞 2012 年 9 月 18 日記事では、「根釧海岸地域」も適地と報告されている。

【意見】

(1)地層処分技術 WG の中間整理での「科学的有望地の要件・基準」と、(2)上記の高橋・吉田（2012）が「変動帯である日本列島の中でも地層処分候補地としての適地として」「北上山地」・「阿武隈高原の中北部地域」加えて「根釧海岸地域」を選出した際に用いた“要件・

基準”との、一致点・不一致点を確認すべきである。

4.2.1　「回避すべき範囲、「回避が好ましい範囲」の要件・基準

①火山・火成活動（マグマの処分場への貫入と地表への噴出）

②隆起・浸食（著しい隆起・浸食に伴う処分場の地表への著しい接近）

③地熱活動（非火山性を含む）

④火山性熱水・深部流体の移動・流入

⑤断層運動（処分深度に達する断層のずれ、断層のずれに伴う透水性の増加）

⑥鉱物資源

13. 「第 2 章　技術 WG での検討における前提の整理」の第 3 段落に、「今回の科学的有望地の検討にあたって用いる文献・データについては、・・・、品質が確保され（信頼性の観点）、全国規模で体系的に整備された（地域間の公平性確保の観点）、・・・文献・データに基づいて判断することが適当であるとの整理が廃棄物 WG で行われ、技術 WG でもこの考え方を採用することにした。」とある。

しかし、表 4.2.3.1.1 にある「利用可能な文献・データの例」に示された 11 文献いずれもが、日本全域の均等調査に基づくものではない。調査地点の密度に濃淡がある。調査されていない地域に表示される値（データ）は、作者の編集思想（内挿や外挿、作図法など）に基づくものでしかない。したがって、「地域間の公平性確保の観点」は担保されていない。

例１：

平成 26 年 5 月「中間とりまとめ」p37 に「2000 年以降、全国規模で抽出された既知の活断層以外で、規模の大きな地震が発生し、活断層の存在が後に指摘された主な事例として次のものがあげられる。2000 年鳥取県西部地震、2004 年新潟県中越地震、2005 年福岡県西方沖地震、2007 年能登半島地震、2007 年新潟県中越沖地震、2008 年岩手・宮城内陸地震」とあり、活断層の存在が事前に知られていなかった。

例２：

「日本列島と地質環境の長期安定性　付図 5　最近 10 万年間の隆起速度の分布」（日本地質学会地質環境の長期安定性研究委員会編，2011）では、中国地方・四国北部・九州地方の広い範囲で隆起速度が評価されていない。

14. 隆起・浸食に関する全国規模で「利用可能な文献・データ」とした「日本列島の地質環境の長期安定性　付図 5　最近 10 万年間の隆起速度の分布」（日本地質学会地質環境の長期安定性研究委員会編，2011）について

【主旨】

下記理由により、適切な文献・データではない。

この図ではなく、小池一之・池田洋編（2001）「日本の海成段丘アトラス」の「図 6.1　ステージ 5e 旧汀線高度の分布」を使うべきである。

【理由】

この付図 5 については、「この図は、（中略）藤原ほか（2004）に示したものに、中国・四国地方以西のデータを追加したものです。」と説明されている（日本地質学会地質環境の長期安定性研究委員会編，2011）。原著の藤原ほか（2004）は、藤原治・柳田誠・三箇智二

（2004）「日本列島の最近 10 万年間の隆起速度の分布」（月刊地球，26，442-447.）である。

藤原ほか（2004）の「図 2　隆起量データの例（東北～関東）．1/5 万地形図で表示」に使用データが示されているが、沿岸部および平野部にデータ（小池・町田編（2001）を使用）があるものの、山地部では「データなし」が多く、過半を占める。

藤原ほか（2004）は、「段丘のデータがない山地部においては、周辺でわかっている隆起速度，第四紀地殻変動研究グループ（1969）の図面，山地高度などを参考に推定している。また、独自に調査した段丘の比高分布に基づく隆起速度も使用した。」と述べている。この第 1 文にある“推定”の方法は、「図 1　隆起量の推定法」に概念が図示されているが、説明は概念的なものに留まり、引用文献もない。第 2 文にある“独自に調査”に関する説明や引用文献がない。図 2 の山地部で該当するものは、1 ないし 2 データのみである。

藤原ほか（2004）は、「5.　まとめと残された課題」において、「ここに示したデータは完全なものではなく、将来の研究で改められる場合もあろう。したがって、ここで示した隆起速度分布図は、今後時間をかけて改められるべき一種のたたき台であり、小論がそうした新しい研究の契機になれば幸いである。」とも述べている。

加えて、意見 13 に述べたとおり、中国地方・四国北部・九州地方の広い範囲で隆起速度が評価されていない。

引用文献

小池一之・池田洋編（2001）日本の海成段丘アトラス，東京大学出版会

4.2.2　「好ましい範囲」の要件・基準

4.2.2.1　最終処分施設に求められる地質環境特性に関する検討

15. 「地層処分を行う上で好ましい地質環境特性」が、「地温が低いこと」・「岩盤の変形が小さいこと」・「地下水の水素イオン指数（pH）が高 pH あるいは低 pH でないこと」「地下水の炭酸化学種濃度が高くないこと」・「地下水流動が緩慢であること」・「地下水が酸化性雰囲気でないこと」と、定性的にしか記述されておらず、はなはだ不十分である。数値を使って定量的に記述すべきである。

16. ②力学場について

埋設から数100年から1000年までの期間はオーバーパックおよびガラス固化体の健全性の維持が望まれていることから（平成 26 年 5 月「中間とりまとめ」p5）、処分孔は 1000 年間自立できていなければならない。自立できなかった場合、オーバーパックでの想定圧（「作用する外力の中で最も大きい地下水の大きさ」，「中間整理」p25 より）の 2 倍以上の岩圧がオーバーパックに作用する。

平成 27 年 6 月「地層処分技術 WG のこれまでの議論の整理」への専門家意見に述べたように、（圧密途上にある）堆積軟岩岩盤は、長期的時間スケールでは応力に対して降伏しており（塚原・池田，1989；長，2000）、地山強度比 1 の膨張性地山と考えるべきである。

この提出意見に対する WG 考え方「地下施設建設時の安全性確保に関する要件・基準の検討において、未固結堆積物（自立しない地層）を想定リスクと設定しており、処分深度に第四紀未固結堆積物が分布する範囲を回避すべきとし、深度 300m までに中期更新世以

降の地層が分布する範囲の回避が好ましいとしています。」（第 15 回会合資料 1-1 より）は、意見で指摘した堆積軟岩岩盤の年代の多くが第三紀（中新世 5 地点、鮮新世 2 地点、暁新世 1 地点）であり、密度検層値が 2.0～2.5g/cm3 であること（Tsukahara and Ikeda, 1987）を、理解していない。

引用文献

塚原弘昭・池田隆司（1989）地殻応力測定値から推定された堆積岩岩盤中の応力状態，地質学雑誌，95，571-578.

長秋雄（2000）国内の深地層初期応力状態，日本応用地質学会平成 12 年度研究発表会講演論文集，129-132.

Tsukahara, H. and R.Ikeda (1987) Hydraulic fracturing stress measurements and in-situ stress field in the Kanto-Tokai area, Japan, Tectonophysics, 135, 281-290.

4.2.2.2　天然事象の影響に関する検討

4.2.3　検討結果のまとめ

4.2.3.1　「回避すべき範囲」の設定可能性について

4.2.3.2　「好ましい範囲」の設定可能性について

4.3　地下施設・地上施設の建設・操業時の安全性の確保に関する検討

4.3.1　「回避すべき範囲」、回避が好ましい範囲」の要件・基準

4.3.1.1　地下施設の建設に関する検討

17. 「工学的対応」に頼りすぎている。「表 4.3.1.1.1　地下施設の建設に関する検討対象として抽出した事象」で、「工学的対応の可否：程度による（十分な実例あり）」とあるが、合理的な「工学的対応」なのか？

膨張性地山：

多量の支保材は、地質環境を変化させる。1000 年支保続けられるか？

多量のグラウトは、地質環境を変化させる。

山はね：

EDZ（掘削影響領域）が広がる。地下施設レイアウトの変更もありうる。

泥火山・湧水：

多量のグラウトは、地質環境を変化させる。

18. 「平面的広がりとして 10km2 程度」となる地下施設の類似事例として、直線構造でしかない地下トンネルは不適切である。

地下施設の構造は、地下岩盤に水平平面を掘り抜くようなもので、炭鉱掘削が類似する。残柱部での応力集中は、著しいであろう。

①未固結堆積物

②その他事象（地熱・温泉、膨張性地山、山はね、泥火山、湧水、有毒ガス）

19. 「工学的対応の可否は程度によるが、実績は十分ある事を踏まえ、『回避すべき範囲』は設

定しないことが適当である。」との記述は、楽観的すぎる。
「工学的対応の可否」での「否」。すなわち、合理的な工学的対応ができない場合を想定すべきである。

4.3.1.2　地上施設の建設・操業に関する検討
①外部からの衝撃による損傷の防止
②その他事象（施設を支持する地盤、地震、津波）

4.3.2　「好ましい範囲」の要件・基準
4.3.2.1　地下施設の建設に関する検討
①未固結堆積物
②地熱・温泉
③その他の事象（膨張性地山、山はね、泥火山、湧水、有毒ガス）

20. 「工学的対策の実績が十分にあることからも踏まえ、基本的には個別地点毎に工学的対応を行うことが適当であることから、『好ましい範囲』を設定することは困難である。」との記述は、楽観的すぎる。
合理的な工学的対応ができない場合を想定すべきである。

4.3.2.2　地上施設の建設・操業に関する検討
①施設を支持する地盤
②津波
③その他事象（地震・外部からの衝撃による損傷の防止）

4.3.3　検討成果のまとめ
4.3.3.1　「回避すべき範囲」の設定可能性について
①地下施設について
②地上施設について

4.3.3.2　「好ましい範囲」の設定可能性について

4.4　輸送時の安全性に関する検討
4.4.1　輸送時の安全性に関する検討項目の抽出・整理
4.4.2　「好ましい範囲」の要件・基準
①長距離輸送
②海上輸送を前提とした場合の港湾から最終処分施設までの輸送
4.4.3　検討結果のまとめ
4.4.3.1　「好ましい範囲」の設定可能性について

21. 「日本の国土は南北で 1,000km を超えることから、原則として長距離輸送が必要との前提で検討を行うことが適当である。」とあるが、この「前提」は処分場の数が 1 つであることを前提としている。2 つ以上の処分場の事例も検討すべきである。

4.5　事業の実現可能性に関する検討

4.5.1　事業の実現可能性に係る検討項目の抽出・整理

4.5.2　「好ましい範囲」の要件・基準

①概要調査段階以降の調査の容易性

②地質環境評価の容易性

4.5.3　検討結果のまとめ

4.5.3.1　「好ましい範囲」の設定可能性について

22. 「例えば平野部等（沿岸海底下や島嶼部等を含む）の比較的なだらかな地形の部分が該当すると考えられる。」とあるが、沿岸海底下地質に関する全国規模で利用可能な文献・データはない。よって、現時点での「科学的有望地」に沿岸海底下を含むべきではない。

第 15 回会合資料 3（NUMO 作成）の p21 に、「海洋地質図は 20 万分の 1 が全国的に整備されている。」とあるが、「20 万分の 1 海洋地質図」では海岸線から数 km までは探査されていない。

第 5 章　「適性の低い地域、高い地域」の考え方

5.1　基本的考え方

5.2　「適性の低い地域」の考え方

5.3　「適性のある地域」及び「より適正の高い地域」の考え方

第 6 章　その他の検討事項

6.1　沿岸部に関連する軸

①地質環境特性及びその長期安定性の観点

23. 「沿岸部のなだらかな地形部分（平野等）」・「沿岸部海底地下」での地層処分の可能性が示唆されている。

当該地域の多くは、新第三紀以降の堆積層（軟岩～土砂）の分布域であると思われる（20 万分の 1 海洋地質図と陸域 20 万分の 1 地質図から推定）。地下施設建造では、幌延深地層研究センター（新第三紀中新世～鮮新世の稚内層と声問層）での地下施設建造と同様に、コンクリートを主体とした多大の支保が必要となる。

軟岩サイトでのバリアは、人工バリア・セメントコンクリート・天然バリアから構成されると考えるべきである。コンクリートセメントのアルカリが天然バリアや人工バリアに及ぼす悪影響から、“低アルカリ性セメント”の開発・試用・適正評価が行われている途上である。技術課題は解決されていない。

「科学的有望地の要件・基準」では、（地下水の pH・酸性化雰囲気・炭酸化学種濃度の他に、）地質構成鉱物等がセメントに及ぼす化学環境も検討すべきである。

24. （2016 年 1 月 15 日時点での）NUMO＞技術開発への取り組み＞技術報告書＞「公募関係資料」の技術的な説明資料＞高レベル放射性廃棄物地層処分の技術と安全性－「処分場の概要」の説明資料－，NUMO-TR-04-01 での「表 4.5.2-3　各坑道における支保工」では、

処分孔で「予想される支保工」は、硬岩系岩盤で「無支保」・軟岩系岩盤で「原則的に無支保」となっている。

しかし、軟岩系岩盤では、無支保の処分孔は自立しない。このことは、(1)同表で諸坑道に大きな支保が予想されていること、(2)圧密途上にある軟岩岩盤は地圧に対して降伏していること（塚原・池田，1989；長，2000）からも推察できる。処分孔縦置き・横置きいずれでも、処分孔周辺軟岩は処分孔内に押し出し、最弱部である処分孔口からせり出す。それに伴いオーバーパックがむき出しで処分坑道の埋戻し材中に押し出される（是非、数値計算してください。）。よって、現在の処分孔と処分坑道の設計概念では、軟岩岩盤は不適である。

ちなみに、幌延深地層研究センターの 350m 試験坑道で行われている“オーバーパック腐食試験”では、模擬処分孔はコンクリート支保されている。孔口は厳重に補強されているようである（JAEA-Review 2015-017，p42 の記載と図 39）。

引用文献：

塚原弘昭・池田隆司（1989）地殻応力測定値から推定された堆積岩岩盤中の応力状態，地質学雑誌，95，571-578.

長秋雄（2000）国内の深地層初期応力状態，日本応用地質学会平成 12 年度研究発表会講演論文集，129-132.

Tsukahara, H. and R.Ikeda (1987) Hydraulic fracturing stress measurements and in-situ stress field in the Kanto-Tokai area, Japan, Tectonophysics, 135, 281-290.

②地下施設・地上施設の建設・操業時の安全性の確保の観点

③事業の実現可能性の観点

6.2　社会科学的観点からの検討について

6.3　留意事項

１．　氏名：糸永眞吾（いとながしんご）
２．　所属：株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング
３．　専門：環境科学
４．　所属学会：社団法人日本原子力学会

５．　意見①
該当箇所：中間整理の p3 第 2 章 技術 WG 検討における前提の整理
及び p10 第 4 章 科学的有望地選定における要件・基準の整理
意見：ｐ３では国内の範囲について少しでもましな場所を「科学的有望地」として選定する立場で記述されている。また p10 では「回避すべき範囲」、「回避が好ましい範囲」、「好ましい範囲」、「事業の実現性の観点から好ましい範囲」を分類しようとしている。しかし本書は、最終的結論として前 2 者は特定したものの後 2 者の範囲は特定できなかったというのが結論（p56 に記載）であり本書の骨子と考える。
科学的有望地選定にはそれなりの物差しが必要であり、海外事例も含めた適地選定の物差しを定量的に又は半定量的に示す必要があるのではないか。例えば同じ花崗岩岩盤であれば、岩層の亀裂の多寡はどの程度であるか、坑道の湧水量はどの程度見込まれるのか、断層や地震の状況はどうであるのか。その上で世界的には変動帯とされている日本の地質環境で「好ましい範囲」、「事業の実現性の観点から好ましい範囲」が抽出可能であるのかを示す必要がある。世界的に見ても日本の地質環境が地層処分に適切であることを示す必要がある。その上で「科学的有望地」を抽出するべきである。
なお、海外事例については引用文献に示すとおり資源エネルギー庁で十分な調査を毎年行っておりまとめようと思えば、とりまとめ方を変更すれば十分な資料が作成可能であると考える。
６．　引用文献
「諸外国における高レベル廃棄物の処分について」2015 年版，経済産業省資源エネルギー庁発行

５．　意見②
該当箇所：中間整理の p19～21 ⑤断層活動
意見：断層に関する記述では「回避すべき範囲」、「回避が好ましい範囲」が明記されているが「好ましい範囲」、「事業の実現性の観点から好ましい範囲」を分類しようとする記述が見あたらない。もし、中間整理をとりまとめるにあたって、日本では「好ましい範囲」、「事業の実現性の観点から好ましい範囲」など抽出できないという意見があるのであればそのことを明記するべきであろう。
2000 年レポートほかの記載でこれまで述べられてきたように、地層 WG においても「地震・断層」活動の評価において、地震の頻発する場所や活断層付近を避けさえすれば、科学的有望地が特定

できるとの立場をとるのであれば、これまで石橋ら（石橋 2000 年、2013 年など多数）が主張してきている「日本列島のどこでも地震は起こりうる」や「10 万年たってみたら地震の影響を免れたという場所が皆無ではないかもしれないがいま特定することは不可能である」などの意見に対して明確な説明をしたうえで「科学的有望地」を検討するべきである。
石橋らの批判に対する見解は、例えば核燃料サイクル開発機構（2000 年）においても反論がなされているが、「何らかの活断層の痕跡は対象地域を限定して現地での調査を注意深く行なえば確認できます。」などの記述（p10）程度であり具体的説明に乏しい。特に、活断層がないとされていた場所で発生した大地震、例えば鳥取県西部地震（2000 年）や岩手宮城内陸地震（2008 年）などの発生があり、このような地震を予測し、避けることができなければ「科学的有望地」の絞込みは不可能である。地層処分に関してこの類の地震を 10 万年間発生しない場所を選定できるとする具体的な説明はこれまでのところない。説明できないのであれば、日本では「好ましい範囲」、「事業の実現性の観点から好ましい範囲」など抽出できないという記述をするべきである。
６．　引用文献
石橋（2000）「高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性」批判、p39～55
石橋（2013）「変動帯の日本列島で高レベル放射性廃棄物地層処分の適地を選定できるか？」学術の動向，2013 年 Vol６，p27～33
核燃料サイクル開発機構（2000 年），「「高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性」批判に対する見解」ｐ７～16

５．　意見③
該当箇所：中間整理の p40 ③その他の事象
意見:操業時における坑道掘削により地下水の動水勾配は自然の動水勾配の掘削がない自然地層の動水勾配の数万倍から数千倍に及ぶ。このような状態は操業期間の数十年から場合によっては 100 年以上続くと考えられる。本文では 14 行目に「工学的対策の実績が十分にあることを踏まえ、･･･簡単な記述となっている。」が果たしてこのような安易な考え方ですむ問題であろうか。また、長期にわたる大量の揚水により、地表に近い水を引き込むこととなり酸化還元電位など化学場環境の変化による影響が考えられる。海外の地下研究施設の事例の湧水量などを考慮すると日本の地質構造は問題が大きいと言える。
本文 15 行目には「「好ましい範囲」を設定することは困難である。」と記述されているが、ここは「日本では「好ましい範囲」がない。」とすべきである。
６．　引用文献
吉田英一著「地層処分」2012 近未来社発行，p63～69 付近の記述

科学的有望地の要件・基準に関する地層処分技術 WG における中間整理に対する意見

１.氏名　小野有五*　・　土井和巳**　　（２所属・３専門・４所属学会）
*２.北海道大学名誉教授, 北星学園大学教授；理学博士；「行動する市民科学者の会・北海道」、３.地形学、第四紀学；４.日本地理学会、日本第四紀学会、東京地学協会、環境社会学会
**２.元・燃料公社、動力炉・核燃料開発事業団職員；工学博士；「行動する市民科学者の会・北海道」、３.地質学；４.元・原子力学会（現在は所属学会なし）

５．意見

平成 27 年 12 月にまとまられた「科学的有望地の要件・基準に関する地層処分技術 WG における中間整理」を拝見させていただいた。第１章にあるように、この中間まとめは、地層処分の「科学的有望地の要件・基準について地球科学的な観点から」（p.1）なされた議論の結果をまとめたものである。したがって筆者らも地球科学的な観点にたって批判を行う。

I.「技術 WG での検討における前提の整理」の問題点

「安全性確保の観点から相対的に適性の低い地域を予め調査対象から除外することによって安全を第一に処分地選定を進めることに資する」（第 2 章、p.3）とされているが、本当に国民の安全性確保を目的とするであれば、まず、日本列島全体を地球上の他地域と比較し、地層処分における日本列島の適正性が、相対的にどれほど高いか低いか、を議論するべきであろう。

なぜならば、第４章（4.5.1）においては、「わが国は、諸外国と比較すると、一般的に天然現象の発生頻度が高く地質構造が複雑であり将来の予測が比較的難しいことが多い場合があると考えられる」（p.52）との認識が示されているからである。ここで「一般に天然現象の発生頻度が高く」とは非科学的な文章である。およそ「天然現象」とは、国や地域のちがいに限らず、すべてのところで起きることであり、「わが国だけで発生頻度が高い」というのは明らかに誤りである。

ここで WG が問題としている「天然現象」とは、地層処分に影響を与える「天然現象」の意味であろうから、当然この文章は、本 WG が具体的に検討している「地震や火山、津波などの天然（自然）現象の頻度が我が国では、諸外国と比較すると高く」と修正すべきであろう。そうであるならば、WG も「我が国は地層処分に影響を与える自然現象の起きる頻度が、諸外国と比較して高く、また地質構造もより複雑であり、したがって将来の予測が比較的難しい」（下線は筆者らが加筆）と認識したうえで諸外国との比較を行っている

ことになる。問題は、WG がそのように述べつつ、地球科学的な比較を何一つ行っていないことである。地層処分においては、周知のように、諸外国でもその計画が進められ、さまざまな検討がなされている。1992 年までのドイツ、スウェーデン、スイス、アメリカ合衆国での状況については、土井（1993､pp.70~96）もまとめているとおりである。しかし、その後、フィンランドのオルキルオトを除くすべての地層処分候補地では、地球科学的・社会科学的な検討・議論により、すべての地層処分計画が中断されているのが現状である（土井、2014、pp.51~60)。

WG はまず、このような「我が国よりも相対的に地層処分に問題となる自然現象の頻度が小さく、地質構造もより単純であり、したがって将来の予測も比較的容易である」はずの諸外国の地層処分候補地の自然条件を地球科学的に把握し、地震、断層、火山、津波、地下水など、地層処分への脅威となる地球科学的条件を我が国と比較すべきであろう。日本列島における地層処分の適正性は、地球科学的に見たこのような諸外国との相対的な比較のうえに立って初めて判断されるべきものであり、今回の WG の議論の前提のように、いきなり国内に限って比較を行っても、科学的な意味はない。

原子力発電所の安全性については、安倍首相も、日本のような地震国においては「世界で最高水準の安全基準が必要」と強調しているとおりである。日本列島が地球上でもっとも活発な変動帯にあることを考慮すれば、世界でもっとも厳しい安全基準を設定することは当然のことといえよう。しかし、現在の安全基準はいまだ不十分である。国内だけで A 地より B 地が適当、という議論は、A 地なら諸外国の適正基準をクリアしているが、B 地では不合格、という国際的な比較と科学的裏付けがない限り、科学的には無意味であろう。科学的に、あるいは国際的に、60 点以上が合格という認識があるところで、20 点の場所より 40 点の場所が適している、といっても意味がないことは自明である。

小野(2001；2006；2013)は、地理学者として、核燃料サイクル開発機構(1999)によるいわゆる『第二次とりまとめ』に対する批判を行った際、「日本列島のような世界でも最も活動的な変動帯での原発の建設や高レベル廃棄物の地層処分を、楯状地のまわりにある安定大陸での原発建設や地層処分と同じ程度に安全と言っていいか」と述べた。結局のところ、今回の WG でも、こうした比較がまったく行われていないことが、最大の問題である。食品の安全性、医薬品の安全性など、すべて国民の生命や健康に重大な問題となるものの安全性は、諸外国での安全基準を比較しつつ議論されており、検討されて当然である。原発においても、3.11 以後は、まだまだ不十分ながら、3.11 以前に比べれば海外での安全基準が重視されるようになってきた。地層処分の安全基準だけが、諸外国での厳しい基準と無関係に決められてよいわけはない。これでは、国民の安全は守れない。

II. 各論

以上のように、WG による「中間まとめ」は、地球科学的に見た国際的比較を行っていない点で本質的な欠陥をもっており、まずそこを根本的に改めるべきであるが、国内だけ

の検討においても、以下のような問題点が見られるので、それらについても批判したい。

（1）火山、とくに巨大カルデラの問題

回避すべき範囲として、「第四紀火山中心から 15km、および第四紀火山活動範囲が 15km を超える巨大カルデラの範囲」とされている（第 4 章、p.14、および表 4.2.3.1.1）。ここでいう「巨大カルデラの範囲」は、産総研によってまとめられた『日本の火山（第三版）』で、「カルデラ火山」の範囲として地図上に塗色されている範囲を指すと理解される。しかしながら『日本の火山（第三版）』で「カルデラ火山」の範囲として地図上に塗色されているのは、現在、堆積物として残っている火砕流の流下範囲にすぎない。確かに巨大カルデラについては、「上記の範囲を超えることもあるから、現地調査の結果にもとづいて評価する」（p.13）とされているが、現実には、未固結の火砕流は容易に侵食されて堆積後に消失するから、たとえ現地調査を行ったとしても、噴出時の火砕流の流下範囲を残存する堆積部だけから判断することは、その範囲を過小に評価する惧れがあるといえよう。

さらに問題なのは、第四紀の後期更新世に活動した「巨大カルデラ」だけを見ても、大規模火砕流はプリニアン式の巨大噴火を伴い、火砕流と同時的に噴出し、灰神楽状に巻き上げられた後、降下・堆積した厚い co-ignimbrite ash を広域に分布させている事実である。これらは、「広域火山灰（テフラ）」（町田、1987）と呼ばれており、九州南部の姶良カルデラから噴出した姶良・丹沢火山灰（AT）、阿蘇カルデラから噴出した阿蘇 4 火山灰（Aso-4）は、いずれも給源である九州から北海道にまで広く分布している（日本第四紀学会、1987）。また北海道内の支笏カルデラから噴出した支笏降下軽石 1（Spfa1）や洞爺カルデラから噴出した洞爺火山灰（Toya）も、北海道を広く覆うだけでなく、後者は東北地方北部にまで及んでいる。いずれの広域火山灰も,給源から遠くなるにつれてその厚さを減じていくが、たとえば洞爺火山灰では、風下側では給源から 200km 以上離れてもなお 30cm 以上の厚さがあり、20cm の等層厚線はカルデラから 230km、10cm の等層厚線は 300km 以上にも達している（町田ほか、1987）。地層処分は地下だから火山灰は関係ないと思われがちであるが、厚さ数十センチメートルもの火山灰の堆積は、地上施設にとっては無視できない。またこれらの厚く堆積した火砕流や火山灰堆積物は、その浸透能などの特性から新たな帯水層を生み出し、地域の地下水環境にも大きな影響を与える可能性がある。

さらに、巨大カルデラは、10 万年という時間のなかでは再び形成される可能性がじゅうぶん高い。カルデラ形成がまったく同じ地点で起こるとは限らず、またその規模は、過去最大を上回る可能性も充分にある。この意味でも、現在残っている火砕流の分布範囲だけを避ければ安全という「中間まとめ」の基準は、今後 10 万年間を考えると、あまりに甘いと言わざるをえない。

I での批判との関わりでいえば、処分地の適正性の評価にあたり、諸外国の事例では、このような大規模火砕流・テフラをもたらす巨大カルデラが地層処分候補地の近傍にあるか否かを、その規模や噴火史、広域テフラとの関係とともにまず比較、検討すべきであろう。

（２）断層の問題

「中間まとめ」では、「回避すべき範囲」として「最近の地質時代において繰り返し活動し、変位の規模の大きい既知の断層がある場所について、破砕帯の幅として保守的に断層長さの 100 分の１程度の範囲」、また“「断層の長さ」のとらえ方には幾つか種類があることから、短い長さ（活動セグメント長さ）で影響範囲である幅が狭くなる場合を「回避すべき範囲」、長い長さ（起震断層長さ）で影響範囲である幅が広くなる場合を「回避が好ましい範囲」とすることが適当“としている（第 4 章、p.20）。

しかし、小野（2001、2006、2013）がすでに批判したように、全国的な活断層の調査が進んだとはいえ、空中写真判読や現地調査、トレンチ掘削などによっても、日本列島すべての活断層がとらえられているわけではない。活断層が知られていなかった場所で起きた鳥取県西部地震（石橋、2000）のような事例もあれば、中越沖地震の起震断層のように、海底音波探査で発見できない断層もある（鈴木、2013）。

「中間まとめ」では、調査スケールと空間スケールのイメージとして図 3.4.1 のような模式図が示されている（p.8）。ここに描かれているのは、火山は単生火山だけであり、断層はある場所に 1 つだけ存在するという、極めて単純化されたモデルである。ここには、火山と断層の位置さえ避ければ、わずか数キロメートルの範囲におさまる地層処分地の候補地は、日本列島には潜在的に極めて広く存在するという『第二次とりまとめ』の結論が、そのまま示されているといえよう。「中間まとめ」は、たんにそれを繰り返しているにすぎず、藤村ほか(2000)の批判にもまったく答えていないと言わざるを得ない。

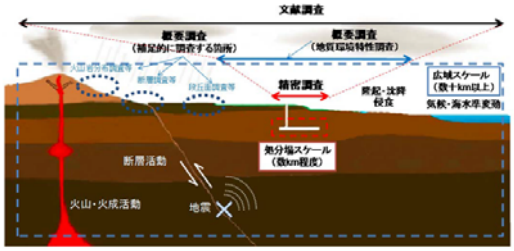
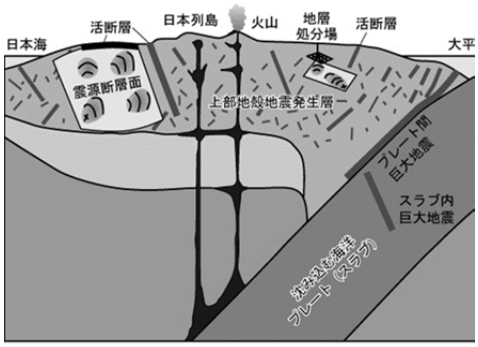


図 3.4.1　調査スケールと空間スケールのイメージ（中間とりまとめ，図 2）

藤村ほか（2000）が示したのは、下の図のような、太平洋プレートの沈み込み帯にあって、至る所に未知の活断層が存在しうるという、日本列島の現実に即したモデルであった。



日本列島のテクトニクス・地質構造の東西模式断面図と地層処分場の立地環境　（藤村ほか、2000）

図3.4.1と、藤村ほか（2000）の図と、どちらが地球科学的に見て日本列島の現実の地下構造をより現実的に表現しているかは、明らかであろう。筆者らが本意見のI.で述べたことは、こういうことである。すなわち、世界のすべての地層処分候補地について、まず藤村ほか（2000）が模式的に示したような全体的なテクトニクスのなかで地層処分候補地を位置づけ、それらを比較して、地層処分地としての適正性を検討してほしい、ということである。

「中間まとめ」では、「起震断層の認定に際して、世界の主要な主断層帯の幅や主断層帯を構成する地震断層線とそれに付随して動いた副断層の中点との間の距離などから、相互間隔の目安を5kmと設定した」（p.20 注）と書かれている。このように、「中間まとめ」においても、日本国内だけでなく、世界の断層の実体を考察したうえで検討がなされている部分も見られるのであるから、それをさらに徹底して、世界の地層処分候補地が、それぞれどのようなテクトニクスの場にあるかを明らかにし、そこでの活断層の密度や再来期間、地層処分候補地と活断層との距離などを日本列島の場合と比較することから、適正性の検討を始めるべきであろう。

（3）地下水の問題

「中間まとめ」は、水理場について、“閉じ込め機能から見た好ましい地質環境特性は「地下水流動が緩慢であること」であることから（表4.2.2.1.1.）、「好ましい範囲」の要件としては「処分深度で安全性が大きく向上する程度に地下水流動が緩慢であること」と設定できる”としている（第４章、p.25）。だが、地層処分に影響を与えるのは、たんに地下水流動の速さだけではない。地下水の量も極めて重要である。まったく地下水の存在しないような地域と地下水の豊富な地域とでは、同じような勾配をもったところでも、その影響はまったく異なる。この意味では、まず、世界の地層処分候補地と日本列島での地下水環境について地球科学的に比較し、地層処分に対する適正性を相対的に比較、検討することが必要である。土井（2014；pp.83¯88）は放射性廃棄物管理と降水量・地下水の関係について論じ、日本列島の降水量は、世界のすべての地層処分候補地に比べて著しく多いことを示し、地層処分には不適当であるとした。ここでは、降水量と地下水量との関連までは示されていないが、蒸発散量が極端に違わなければ、両者は相関すると考えてよいであろう。WGは、世界の地層処分候補地と我が国での地下水量の厳密な比較を行い、地層処分への影響を定量的に比較検討して、地層処分の適正性の評価を行うべきである。

III. 結語

以上、各論では、火山（巨大カルデラ）、断層、地下水の３つの問題にとどめたが、すでに本意見のI.で述べたように、これらのそれぞれについて世界の地層処分候補地のデータを明らかにし、それらとの比較をまず行って、日本列島での地層処分の適正性について国際的にみた相対評価を行うべきである。それが今後の日本における地層処分の可否を決めるうえでの喫緊の課題であることを、再度、強調しておきたい。地層処分における工学的な対応は、その上に立って検討されるべきである。地層処分のための自然的条件の悪いところでは、条件の良いところに比べてより高度な工学的・技術的対応が必要となるのは当然である（土井、1994）。どの程度まで高度

な対応が必要となるかは、自然条件のちがいを把握しない限り、検討できないはずである。海外の地層処分候補地で検討されている工学的・技術的対応を明らかにしたうえで、我が国の自然条件においては、それをどれだけ超える工学的・技術的対応が必要なのかを明らかにしなければ、国民の安全は確保することができない。WGは、ここに述べたように、まず世界の地層処分候補地の自然条件と我が国の自然条件との地球科学的な比較・検討を行い、我が国における地層処分の適正性を相対的に評価したうえで、次の段階に進むべきである。

６　引用文献

小野有五（2001）「高レベル放射性廃棄物の深地層処分をめぐる活断層研究の社会的責任。日本地理学会2001年春季大会予稿集、59、p.85

小野有五（2006）人間を幸福にしない地理学というシステム----環境ガバナンスの視点から見た日本の地理学と地理教育---E-Journal Geo,1,(2),pp.89-108

小野有五（2013）『Active　Geography　たたかう地理学』　古今書院、pp.155¯169 に再録。

土井和巳（1993）『そこが知りたい　放射性廃棄物　用語解説付き』日刊工業新聞社、222p.

土井和巳（1994）高レベル放射性廃棄物の『処分』は可能か　地球科学の現状と課題、原子力工業、　50、(5)、63～69.

土井和巳（2014）『日本列島では原発も「地層処分」も不可能という地質学的根拠』合同出版、150p.

藤村陽・石橋克彦・高木仁三郎（2000）高レベル放射性廃棄物の地層処分はできるか　I、　科学、70、1064¯1972

石橋克彦(2000)　鳥取地震は安全神話への警告、　朝日新聞2000年11.1朝刊.

核燃料サイクル機構(1999)　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次取りまとめ総論レポート、JNC　TN140099－020

町田洋(1987)　広域火山灰について（コメント）、第四紀研究、25、265-268.

町田洋・新井房夫・宮内崇裕・奥村晃史(1987)　北日本をおおう洞爺火山灰、第四紀研究、26、129-145.

日本第四紀学会（編）（1987）『日本第四紀地図』、東大出版会.

鈴木康弘（2013）『原発と活断層』岩波科学ライブラリー、110p.