

地層処分技術 WG での審議結果について

私たちは、第2回の地層処分技術WGに参考人出席し、2023年10月に発表された声明「世界最大級の変動帯の日本に、地層処分の適地はない」について説明し、合わせて寿都町と神恵内村で行われている文献調査について意見を述べました。その後の第3回・第4回技術WGでの審議は、私たちが提起した根本的な疑義についてほとんど議論が深められないまま審議終了となりました。

これを受けて、第4回技術WGで提案された審議報告(案)に対し、「地層処分技術WGの審議報告(案)に対する見解」^{注1)}を特定放射性廃棄物小委員会に提出しました。6月17日開催の同小委員会では、この見解も報告されましたが、第4回技術WGが提案したのと同趣旨の審議報告^{注2)}が了承されました。

今後は、私たちの見解に対し、技術WGにおいて議論が継続される可能性も残されていますが、上記小委員会での文献調査報告書(案)の審議も含め注視していく必要があります。

(2024年6月30日現在；文責 岡村)

地層処分技術 WG の審議報告（案）に対する見解

2024年6月10日

「声明」呼びかけ人 岡村聡（北海道教育大学名誉教授）

小野有五（北海道大学名誉教授）

赤井純治（新潟大学名誉教授）

第2回～第4回地層処分技術ワーキンググループ（以下、技術WG）で、2023年10月に発表された声明「世界最大級の変動帯の日本に、地層処分の適地はない」の内容が審議された。しかし技術WGの審議では政府やNUMOに対する反論や各委員との意見交換の機会が十分に与えられず、私たちが提起した根本的な疑義についてほとんど議論が深められなかったことは、まことに遺憾である。以下、政府が提示した「地層処分に関する声明を踏まえた技術的・専門的観点の審議報告（案）」（以下、報告案）に対する見解を述べる。

見解1：10万年間の断層活動に耐えうる地層処分の多重バリアの安全性に関する科学的な検証が確立されていない現段階では、暫定的な地上保管をすべきである。

報告案は「変動帯に属する日本において、高レベル放射性廃棄物を長期間地上で保管し続けることは適切ではない」と述べているが、私たちは現時点では変動帯の日本で超長期にわたる地層処分の安全性に対処する科学的知見に限界があり、暫定的な地上保管をすべきと主張する。これは、2012年の日本学術会議の見解を踏襲するものである。

岡村は補足意見書で「地層処分場が地震・断層の直撃を受け、断層のずれにともなう岩盤隆起が起これば、廃棄体は破壊されることは免れず、しかも、10万年間の変動に備えた耐震設計は全くの未知数と言わざるを得ない」と主張した。これについて第3回技術WGで、耐震設計という用語は地震動に対して使用されるものであり、廃棄体が破壊されたとしても多重バリアで保護するというのは地層処分の考え方であり、10万年の耐震設計は必要としないとの意見があった。私たちは、その用語が原子力発電所の耐震基準として、今後数十年の耐震設計を定めていることはもちろん承知している。「10万年の耐震設計が未知数」という表現は、地層処分施設において、今後10万年間にわたる活断層の運動性によるズレの発生と、それにともなって生じる可能性のある廃棄体の破壊による多重バリアの安全性に対する科学的な検証は、全くできていないという意味である。この問題提起に対する適切な議論が行われないうまま、審議が終了したことは非常に残念である。

見解2：プレート運動による変動が終息した北欧とプレート衝突による地震活動等の変動が発生する日本は地質構造が質的に異なる。北欧の事例は参考にすべきではない。

報告案は「日本よりも隆起が速い地域を抱える北欧においても、処分地を選定してきた点は参考とすべきである」と説明している。しかし、スカンジナビア半島で生じた急速な隆起やそれにともなう断層運動は、氷床の後退にともなうリバウンドによるものであり、それが生じたのは、晩氷期から完新世にかけての比較的短い期間に過ぎない。北欧は10億年以上前にプレート運動による火山や地震活動が終息した地域であり、だからこそ安定陸塊と呼ばれる。プレート衝突による地震活動等の変動が活発に生じている変動帯の日本列島とは地盤の強度・安定性が全く異なる。報告案では、北欧と日本列島のそのような地質構造上の

決定的な違いを考慮せず、同列に扱っていることに私たちは強い懸念を表明する。

見解 3：現在の文献調査は、概要調査へ進むための基準が恣意的で偏った解釈になっている。概要調査の不適地を外すスクリーニングが行われていない。

そもそも文献調査は、既存の文献を精査することにより「リスクの高い部分や処分地として適さない地点を積極的に調査し排除していく」ための調査であるはずである。最終処分法に定められた概要調査へ進む要件を具体化した「文献調査段階の評価の考え方」では、地層の著しい変動等を避けることの「記録がある」や、「おそれが多い」ことが「明らか」又は「可能性が高い」と考えられる地域は概要調査地区としないと規定された。

しかし文献調査報告書（案）は、その要件を意図的に狭めている。例えば、変動地形が明らかな活断層が、地質調査や地球物理学的調査の情報がないとして除外された。沿岸域の海底活断層は、精度の悪い音波探査記録を基に否定された。低周波地震はメルトの可能性を判断できないとして十分考慮されなかった。これらすべてが著しい変動の可能性がないものと判断された。これらの地下深部情報は、たとえ現地調査を行ったとしても現在の科学的知見では十分解明されえないものが多い。さらには能登半島地震での活断層の連動性や深部流体に起因した群発地震の最新知見を考慮し、より安全性の立場に立つならば、これらはすべて著しい変動の可能性のあるものとして、積極的に排除するのが最終処分法の要件であると私たちは考える。文献調査は既存の文献によるスクリーニングであり、地層処分に不適とする文献が数多くある寿都・神恵内両地域は、この段階で候補地から落とすべきである。

見解 4：今後、十分な議論が行われるよう補完的措置が必要であり、地層処分技術 WG の審議は改善が求められる。

今回の技術 WG では、私たちが提起した問題が十分議論されないまま一方的に終了しており納得できない。今後、技術 WG 主催による公開シンポジウムの開催などを行い、さらに検討されるべきである。報告案では「個別の地域の地質については地域の地質に詳しい専門家の知見を参考にすることが重要である」と指摘されており、それに基づいて今後の技術 WG の委員構成や議事運営の改善が図られるべきである。私たちが指摘した現在の科学的限界性に関わる問題点を曖昧にしたまま結論を出すならば、技術 WG が国民からの信頼を得られなくなることが懸念される。

注2) 6月17日特定放射性廃棄物小委員会資料

地層処分に関する声明を踏まえた 技術的・専門的観点の審議報告

本資料は、特定放射性廃棄物小委員会から地層処分技術WGにタスクアウトされた、「地学の専門家ら300名余による地層処分に関する声明文」に関する技術的・専門的観点の審議をまとめたものである。

2024年6月17日
地層処分技術WG

1. 声明に関する審議等の経緯

1.1 声明の発表

2023年10月30日、地学の専門家ら有志300人余りが、日本における高レベル放射性廃棄物の地層処分の抜本的見直しを求める声明文を発表

1.2 特定放射性廃棄物小委員会からのタスクアウト

第2回特定放射性廃棄物小委員会（2023年12月11日）において、声明に関する技術的・専門的観点からの審議の実施を、地層処分技術WGにタスクアウト

1.3 地層処分技術WGにおける審議経緯

- 第1回地層処分技術WG （2024年2月13日）
 - 声明に関する審議事項の確認 「『文献調査段階の評価の考え方』に技術的な観点から反映すべき事項があるか等も含め、最新知見に照らした御意見をいただきたい」
- 地層処分技術WG への提言 （2024年2月22日）
- 第2回地層処分技術WG （2024年3月29日）
 - 声明・提言の内容について参考人から説明
 - 声明・提言に関する国としての考え方、およびNUMOからの関連情報を説明
 - 地層処分技術WG委員による審議
 - WG開催後、委員にメールにて追加意見を募集
- 参考人からの追加意見書提出 （2024年4月23日）
- 第3回地層処分技術WG （2024年5月2日）
 - 委員や参考人からの追加意見等を踏まえた追加意見を募集
 - 特定放射性廃棄物小委員会への報告の構成案について審議
- 第4回地層処分技術WG （2024年5月24日）
 - 特定放射性廃棄物小委員会への報告案について審議

2. 声明等の内容と参考人招致等でいただいた意見

2.1 声明の内容（2023年10月30日発表）

世界最大級の変動帯の日本に、地層処分の適地はない —現在の地層処分計画を中止し、開かれた検討機関の設置を—（抜粋）

- 北欧の地質条件は、楕状地である原生代の変成岩・深成岩であり、地震活動がほとんど起こらない安定陸塊であるのに対し、日本列島は複数のプレートが収束する火山・地震の活発な変動帯です。そのような地質条件の違いを無視して、北欧の地層処分と同列に扱い、人工バリア技術で安全性が保障されるとみなすのは論外と言わなければなりません。
- 核のゴミを地下300m以深に埋設する最終処分法は、プレート境界域である活発な変動帯の地質条件を無視し、人工バリア技術を過信した法律であり、抜本的な見直しが必要です。
- ガラス固化体は、製造当初は人が1m離れた場所に数10秒いるだけで死にいたる強い放射線を出します。最終的には、合計4万本を地下300m以深の処分地に置く計画です。しかし、人工バリアの安全性は実験段階であり、安定状態での仮説でしかありません。
- 科学的根拠に乏しい最終処分法は廃止し、地上での暫定保管を含む原発政策の見直しを視野に、地層処分ありきの従来の政策を再検討すべきです。再検討にあたっては、地球科学にたずさわる科学者、技術者、専門家の意見表明の機会を、日本学術会議などと協力しながら十分に保障することが必要です。さらに、中立で開かれた第三者機関を設置し、広く国民の声を集約して結論を導いていくことが重要だと考えます。

2.2 提言の内容（2024年2月22日発表）

地層処分技術WG への提言（抜粋）

- 活断層の定義にスケールを入れ、熊本地震、能登半島地震での新知見に基づきダメージゾーンの幅を評価せよ。
- 胆振東部地震、能登半島地震で明らかになった新知見に基づき、「科学的特性マップ」の誤りを評価せよ。
- 能登半島地震の群発地震の新知見に基づき、深部流体に関与する低周波地震が確認される地域は候補地から除外せよ。
- 能登半島地震で明らかになったように、変動地形学的研究により特定された海底活断層の存在を認定し、活断層の連動を十分考慮せよ。
- 熊本地震、能登半島地震で明らかになった活断層の連動を前提とし、地震本部が出している黒松内低地断層帯の評価を尊重せよ。
- 不均質で脆弱な岩盤である水冷破碎岩(ハイアロクラスタイト)は候補地から除外せよ。
- 第四紀火山とされる資料を無視した恣意的な文献の選定を改めよ。
- 地層処分技術WG に「声明」の呼びかけ人を参加させ、声明の内容を議論せよ。

- 変動帯の日本における地層処分の適地について
- 最新知見に基づく検討について
- 個別地点の評価について
- その他の観点について

2. 声明等の内容と参考人招致等でいただいた意見

2.3 参考人招致等でいただいた意見の概要（2024年3月29日 第2回地層処分技術WGに招致）

- 安定陸塊である北欧では地層処分は可能でも、変動帯である日本では不可能である。
- 2016年の熊本地震や、2018年の北海道胆振東部地震、2024年の能登半島地震などから得られている最新知見を、文献調査報告書や文献調査段階の評価の考え方に反映すべきである。
- 寿都町や神恵内村では、文献調査段階で候補地から除外されるべき事象が観測されている。
- 目に見えない地下300mに処分するのは無責任であり、地上保管を暫定的に行って、科学技術の進歩を見ていくべき。例えば、六ヶ所村の乾式保管や原発内で保管・管理すべき。
- 疑問や批判の提出に対して開かれた討論の場が必要である。

- 変動帯の日本における地層処分の適地について
- 最新知見に基づく検討について
- 個別地点の評価について
- その他の観点について

2.4 追加意見書の概要（2024年4月23日受領）

第2回地層処分技術WGの国およびNUMOの考え方への意見

- 能登半島地震の深部流体に起因した群発地震は、地表で見られる活断層の有無に関わらず生じているのであり、地層処分場の立地を妨げる変動現象としてこれを評価基準に加える必要がある。
- 局所的にせよ強度が低く高透水性を示す水冷破碎岩は、断層活動や地震動によって容易に地下水の水みちの役割を果たすことから、最終処分を行う候補からは除くべき。
- 海底活断層については、より安全性重視の立場から、変動地形学の見解を取り入れた総合的評価に重点を置くべき。
- 黒松内低地断層帯を長期評価した地震調査推進本部の見解を手掛かりに、地下情報のない個別断層を含め、断層帯全体が連動する可能性があることを前提に、地層処分場の適否を評価すべき。
- 北海道胆振東部地震は想定外の地震であり、断層のずれにともなう岩盤隆起が起これば、廃棄体は破壊されることは免れず、しかも、10万年間の変動に備えた耐震設計は全くの未知数。

(参考2-1) 参考人招致でいただいた御意見① (第2回技術WG資料)

参考人プレゼン資料(抜粋) (2024年3月29日 岡村聡参考人「地学専門家による地層処分の声明について」p.2)

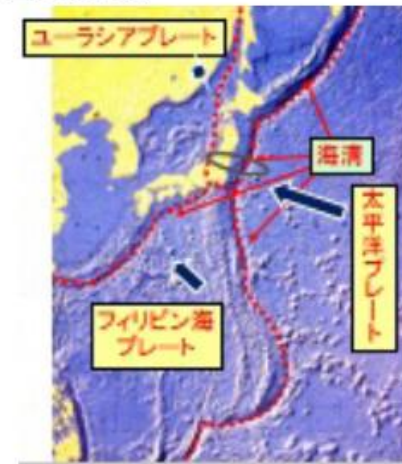
日本列島とフィンランドの地質特性の違い

10億年以上、地殻変動のないスカンジナビアのような安定陸塊と、地殻運動の激しい、世界でも有数の変動帯にある日本列島では、地質条件が全く異なる。

地層処分は、安定陸塊で考えられた方法であり、変動帯には不適當である。



10億年以上、火山も地震も起きていない、堅固な岩盤からなる安定陸塊



数億年にわたり安定した岩盤のある安定大陸(盾状地)

vs

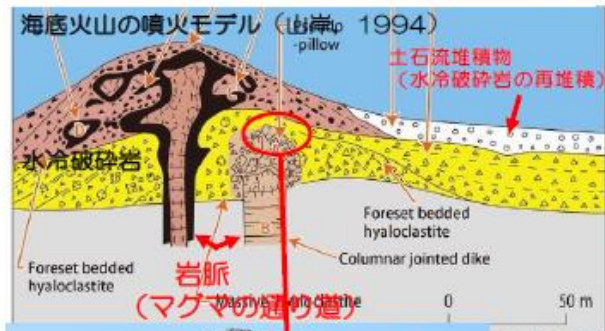
4つのプレートがぶつかる世界でも活動的な変動帯の日本

(参考2-2) 参考人招致でいただいた御意見② (第2回技術WG資料)

参考人プレゼン資料(抜粋) (2024年3月29日 岡村聡参考人「地学専門家による地層処分の声明について」p.3)

日本列島の脆弱な岩盤特性 (寿都町・神恵内村の場合)

文献調査対象の寿都～神恵内地域は、新第三紀(約1千万年前)の海底噴火による水冷破碎岩(ハイアロクラスタイト)からなり、土石流の頻度が高い不均質岩盤。マグマの通り道(岩脈)は割れ目が顕著で透水性が高い。地下300m以深、数×数km²の地層処分場は、岩脈を含む無数の海底火山の断面を掘削することになり、水平・垂直方向に変化の激しい不均質な岩盤が対象となる。この岩盤は、強度が低く、第四紀未固結堆積物に匹敵する地山強度比(2以下)を示す(文献調査報告書(案);右下図)。



報告書(案)の概要調査以降の実施にあたっての留意事項として、「岩相変化が著しく、高い不均質性を有する」ことから「各岩相の分布と特性の把握」が必要とされている。しかし、概要調査でボーリング調査などをして、不均質な岩盤の空間的な広がりの把握は困難であり、強度の低い高透水性の岩盤を避けることは不可能である。



情報の収集・整理の例：空洞安定性(地山強度比)

説明書 第4章地層処分場特性に関する情報の収集・整理より

- 主な検討対象となる岩種のうち、新第三紀中新世の堆積岩類およびハイアロクラスタイトは、300 m以深で地山強度比が2を下回る(下表中の赤字)
- 主な検討対象の上部の岩種のうち、第四紀および新第三紀鮮新世の堆積岩類、新第三紀中新世のハイアロクラスタイトが、深さ300 mで地山強度比2を下回る(下表中の赤字)
- 地山強度比が2を下回ることが想定される岩種については、そうではない岩種と比較して、より十分な力学特性の把握や支保工を含めた空洞安定性の検討が必要

<300 m以深に広く分布し、主な検討対象となる岩種>

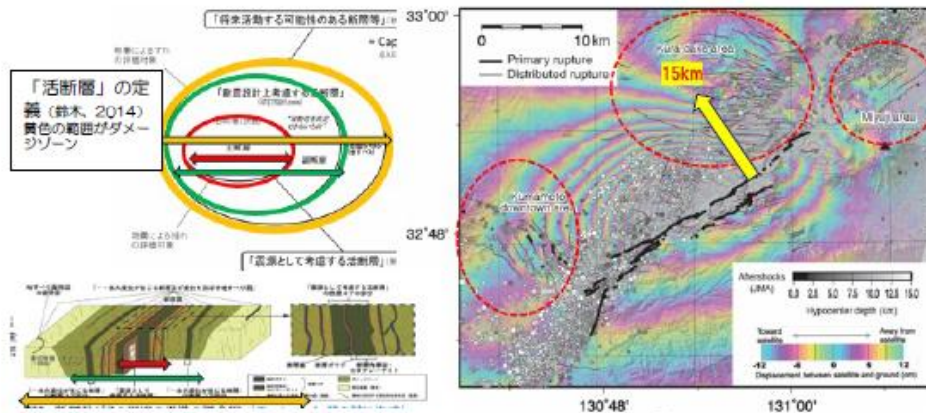
岩種の分布の有無	寿都町		神恵内村				他地域		
	○	○	○	×	○	○	○	×	
岩種	堆積岩類	ハイアロクラスタイト	火山岩類	深成岩類	先新第三系基盤岩類	新第三紀中新世堆積岩類	火山岩類	先新第三系基盤岩類	
一軸圧縮強度 (MPa)	6.8	10.0	67.5	-	-	6.8	67.5	-	
地山強度比 ¹⁾ 深さ300 m	1.03	1.52	8.65	-	-	1.03	8.65	-	
深さ500 m	0.62	0.91	5.19	-	-	0.62	5.19	-	

(参考2-3) 参考人招致でいただいた御意見③ (第2回技術WG資料)

参考人プレゼン資料(抜粋) (2024年3月29日 岡村聡参考人「地学専門家による地層処分の声明について」p.4)

活断層について

世界で最も活発な変動帯である日本列島では、活断層が確認されていないところでも、しばしば大きな地震が発生している。例えば、2018年の北海道胆振東部地震(M6.7)は、活断層である石狩低地東縁断層帯の東側約15km、しかも20~40kmの上部マントルに達する深度で発生した。



内陸地震は、活断層が認定された場所だけで起きるとは限らず、そうでない場所でも起きており、将来も起きる可能性があることを遠田・石村(2019)も、遠田(2013)も指摘している。
熊本地震でも、全長30kmの主断層に対し、15kmも離れた場所にまで、変位が及んでいることが明らかになった。

「評価の考え方」の「活断層」の定義では、そもそもスケールが入っておらず、主断層からごく狭い範囲だけに限られるような図になっているのが不相当。



(参考2-4) 参考人招致でいただいた御意見④ (第2回技術WG資料)

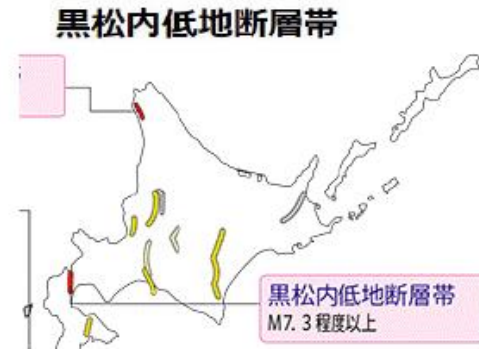
参考人プレゼン資料(抜粋) (2024年3月29日 岡村聡参考人「地学専門家による地層処分の声明について」p.5)

活断層について 変動帯では、内陸活断層の危険が常にある。活断層は連動する。

報告書(案)では、「黒松内低地断層帯」を、単に、その中の「白炭断層」1つだけをとりにあげて、寿都地域の安全性を評価しているが、国の地震本部は、あくまでも、「黒松内低地断層帯」全体の長期安全性評価を行い、そこから、M7.3の地震が発生するとしているのであって、個別の断層評価ではなく、断層帯全体の活動性が評価されている。それを無視した本報告書(案)は無効である。個別断層が連動して大地震を起こすことは、熊本地震や、今回の能登半島地震でも証明されている。



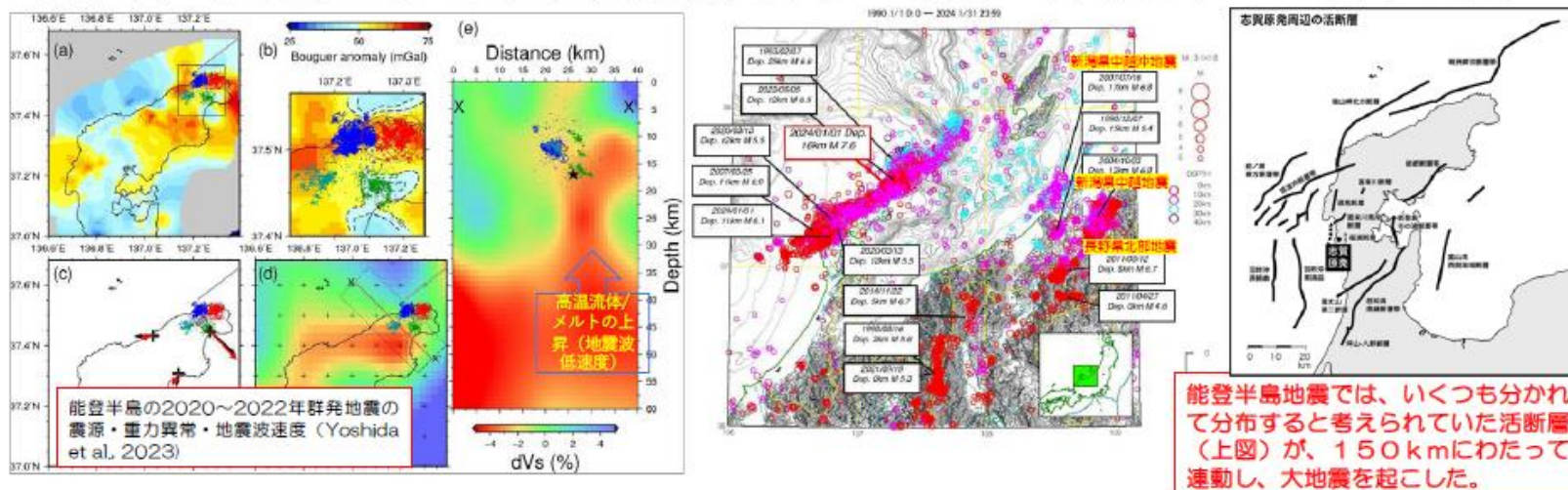
図3 黒松内低地断層帯の評価において考慮した断層



(参考2-5) 参考人招致でいただいた御意見⑤ (第2回技術WG資料)

参考人プレゼン資料(抜粋) (2024年3月29日 岡村聡参考人「地学専門家による地層処分の声明について」p.6)

能登半島地震の新知見 (深部流体起源の地震と活断層帯への連動地震)



- 能登半島の群発地震(2020~2023)は、マントルから上昇したメルト(land/or)流体が地震を引き起こし(左上図)、2024年元日の地震は、群発地震の震源から半島北部沿岸域の150kmの活断層帯に連動した。能登半島は1993年以来、M6を超える地震が起り、2007年新潟県中越沖地震など新潟~長野周辺でも地震が活発化していた(前兆現象)。

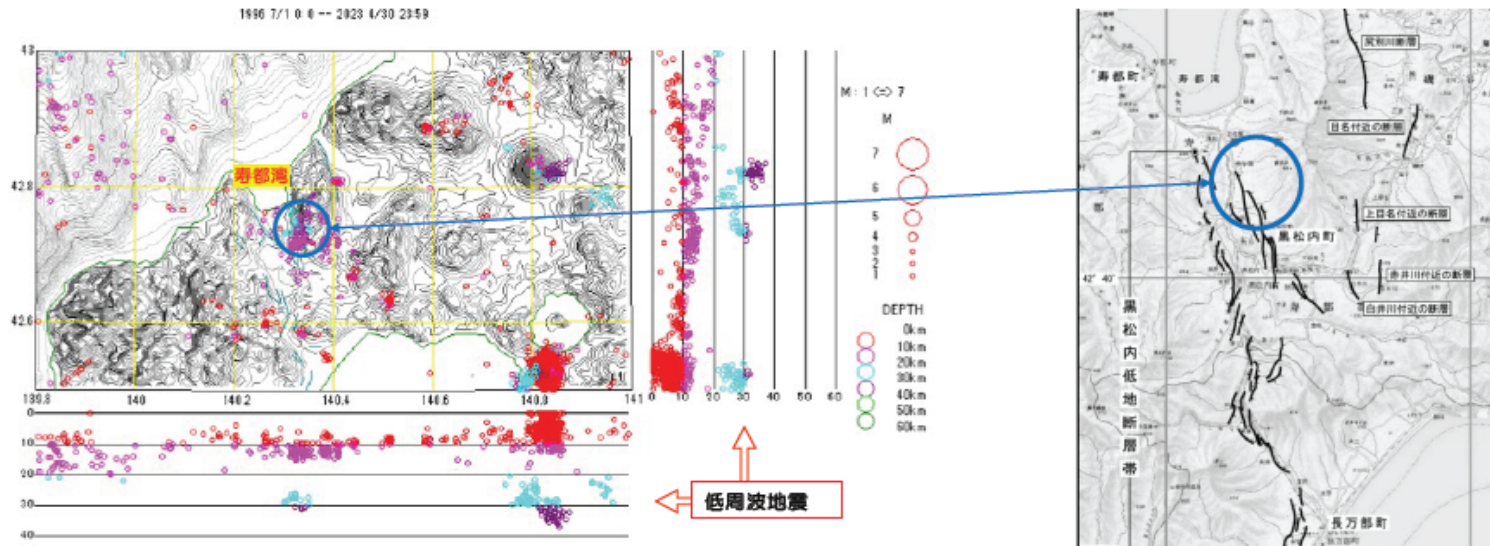
「評価の考え方」・「報告書(案)」の問題点

海底活断層の認定; 音波探査だけでは不十分で、変動地形学的手法によらなければわからないことが、積丹半島沖や能登半島北部沿岸で明らかになった。原子力規制委員会も、地球物理学的手法と、変動地形学的手法を独立に評価すべきことを規定しており、音波探査だけを評価している報告書(案)は、不十分である。

(参考2-6) 参考人招致でいただいた御意見⑥ (第2回技術WG資料)

参考人プレゼン資料(抜粋) (2024年3月29日 岡村聡参考人「地学専門家による地層処分の声明について」p.7)

能登半島地震の新知見 (寿都の深部流体起源の地震と黒松内低地断層帯への連動地震)



- 寿都湾付近は、地下10kmと30kmを震源とする地震が頻発し(左図)、地下30kmの低周波地震は深部流体(メルトand/or熱水)に関与し、10kmの地震の原因となっている (Shiina et al., 2018)。
- 寿都町から黒松内町には、黒松内低地断層帯が走り、寿都の低周波地震が活発化すれば、黒松内低地断層帯に連動し、大地震を起こす可能性は否定できない。

「評価の考え方」・「報告書(案)」の問題点

低周波地震の評価; 「新たな火山の可能性」に限定した一面的な評価しかしていない。

(参考2-7) 参考人から頂いた追加御意見 (転記) ①

「第2回地層処分技術WGの国およびNUMOの考え方への意見」(2024年4月23日 岡村聡参考人)

寿都町・神恵内村の脆弱な岩盤特性について

水冷破碎岩からなる岩盤は、地下300m以深のデータは得られていないが、周辺の岩盤からは、新第三紀堆積岩に匹敵する低い強度であること、さらに岩相が不均質であることが文献調査報告書(案)には示されている。この不均質性とは、破碎岩にともなう土石流堆積物や割れ目の顕著な岩脈が頻発することを指しており、300m以深であってもそのような岩盤が存在しうることを意味している。文献調査報告書(案)では、概要調査へ進む際の留意事項として、各岩相の分布と特性の把握を上げているが、仮に300m以深の岩盤の強度や透水性の値が得られたとしても、具体的な評価基準が示されていないため、処分場としての適否は最後まで判断できないことを意味する。きわめて不均質な岩相を示し、局所的にせよ強度が低く高透水性を示す岩盤は、断層活動や地震動によって容易に地下水の水みちの役割を果たすことから、最終処分を行う候補からは除くべきである。

北海道胆振東部地震に代表される内陸型地震について

「国としての考え方」では、断層活動は特定の地域に偏り、数10万年にわたり同じ場所で繰り返し発生していること、未確認の活断層についてはボーリング調査など現地調査で確認する、と回答している。しかし、北海道胆振東部地震は、その後の調査研究が進められてはいるが、想定外の地震であり現地調査では予測は不可能であった。このような内陸型地震の頻度は低いとしても、現在の知見では予測不可能であることを認識すべきである。

一方、「国としての考え方」では、地震による地下深部での揺れは小さく、しかも岩盤と廃棄体は一体であり、廃棄体の破壊の可能性は低いと回答している。しかし、地層処分場が地震・断層の直撃を受け、断層のずれにともなう岩盤隆起が起これば、廃棄体は破壊されることは免れず、しかも、10万年間の変動に備えた耐震設計は全くの未知数と言わざるを得ない。

海底活断層の評価について

文献調査報告書(案)は、変動地形学的調査・地質調査・地球物理学的調査に関する知見を総合的に評価していると述べている。しかし、積丹半島沖の海底活断層については、北海道電力(2015)による音波探査結果をもとに、活断層であることが否定されている。一方で、海底地形の判読と神恵内村周辺の沿岸域の段丘面高度の不連続を指摘した渡辺・鈴木(2015)など、変動地形学的手法による研究は十分考慮されておらず、総合的に評価しているとは言い難い。海底活断層については、陸上とは異なり直接観察が困難であり、十分なデータ入手が困難なケースでは、より安全性重視の立場から、これらの見解を取り入れた総合的評価に重点を置くべきである。

(参考2-8) 参考人から頂いた追加御意見 (転記) ②

「第2回地層処分技術WGの国およびNUMOの考え方への意見」(2024年4月23日 岡村聡参考人)

黒松内低地断層帯と連動地震

文献調査報告書(案)では、黒松内低地断層帯の活動性評価において、「白炭断層」だけが避けるべき個別断層として取り上げられており、それ以外は、地質調査・地球物理学的調査の情報がないとの理由で対象外とされている。我々はこのことについて、熊本地震や能登半島地震の経験から、個別断層が連動して大地震を起こすことから、黒松内低地断層帯全体の活動性を評価すべきと指摘した。これに対し、「いただいているご指摘への考え方」(NUMO)は、地震動の大きさなどに影響する活断層の連動については、概要調査以降に検討するとしている。しかし、個別断層がどの程度連動するかは、発生する地震動や断層運動の規模によって様々であり、たとえ概要調査によって地下情報が得られたとしても、今後発生する地震の連動性の有無や規模は評価できない。したがって、黒松内低地断層帯を長期評価した地震調査推進本部の見解を手掛かりに、地下情報のない個別断層を含め、断層帯全体が連動する可能性があることを前提に、地層処分場の適否を評価すべきである。

「国としての考え方」は、内陸型地震が発生する断層活動は特定の地域に偏り、数10万年にわたり同じ場所で繰り返し発生していると回答しているが、その場所の一つは、黒松内低地断層帯そのものであり、地震の連動性を考慮するならば、寿都町周辺は、地層処分場の候補地として最もふさわしくない場所と言わざるを得ない。

寿都の深部流体起源の低周波地震

この問題は、文献調査報告書(案)において「新たな火山が生じる可能性」に限定して評価しているが、この度の国及びNUMOの考え方では、低周波地震の発生メカニズムおよび深部流体などと断層活動の関連性については今後も情報収集、検討を進めていく、必要に応じて評価の考え方への反映も検討していくとされており、一定程度広い視点にたっており評価したい。

一方で、断層のずれによる人工バリア損傷防止の観点から、低周波地震・深部流体の有無に関わらず、断層面や断層コアを避けるとの見方が強調されている。この見解は、「評価の考え方」において、深部流体を起源とする地震と断層運動との関連が定かではないことによると推測される。しかし、能登半島地震の深部流体に起因した群発地震は、地表で見られる活断層の有無に関わらず生じているのであり、地層処分場の立地を妨げる変動現象としてこれを評価基準に加える必要がある。

したがって、国およびNUMOが留意事項として、今後も情報収集と検討を進める(NUMO)、知見の蓄積状況を踏まえながら検討していく(国)との回答は、地層処分場の適否の評価基準としては極めて不十分であると言わざるを得ない。

3. 国・NUMOの考え方

● 変動帯の日本における地層処分の適地について
● 最新知見に基づく検討について

● 個別地点の評価について
● その他の観点について

3.1 国の考え方の概要（2024年3月29日 第2回地層処分技術WGにて説明）

- 変動帯の日本列島においても、地質環境が大きく変化しない場所を探すことは可能である。北欧でも氷河の消長に伴う断層活動や地盤の隆起・沈降が生じており、それらを踏まえて適切な場所が科学的に選定されるものと理解している。
- 隠れた活断層は、概要調査以降の現地調査等を通じて確認する。また、このような場所を避けて立地することで断層活動のリスクに対応する。
- 処分地を選定するまでには、法令に基づき段階的な調査・評価を進める。
- 評価の考え方は2023年6月時点の知見を基に作成されたものである。能登半島地震など、それ以降に得られた知見は、その蓄積状況を踏まえ、必要に応じて評価の考え方への反映も検討していく。

3.2 NUMOが提示した文献調査報告書（案）の関連情報 （2024年3月29日 第2回地層処分技術WGにて説明）

- 能登半島地震などから得られる最新知見については、今後も情報収集、検討を進めていく。
- 岩盤の強度などは、最終処分を行おうとする深度300m以深のデータがなく、現時点で明らかに不適とは判断出来ない。関連情報として現在得られているデータ、知見は留意事項として整理しつつ、次段階以降に詳しく調査していく方針である。
- 変動地形学的調査によって示されている、渡辺・鈴木（2015）らの海底活断、神威海脚西側の断層、積丹半島西方断層を示している文献を確認したが、これらの文献に、各断層の活動性に関する情報は確認されなかった。
- 文献調査報告書（案）では、地震の観点ではなく、ずれによる人工バリア損傷防止の観点から、個別の断層それぞれの断層面および断層コアを避けることとしている。地震動の大きさなどに影響する活断層の連動の影響については、概要調査以降に検討していく。

(参考3-1) 国の考え方① (第2回技術WG資料)

国プレゼン資料(抜粋) (2024年3月29日 資源エネルギー庁「地層処分の安全確保に向けた国としての考え方」p.1)

日本列島と北欧の地質特性の違いについての御指摘

- 10億年以上、地殻変動のないスカンジナビアのような安定陸塊と、地殻変動の激しい、世界でも有数の変動帯にある日本列島では、地質条件が全く異なる。
- 地層処分は、安定陸塊で考えられた方法であり、変動帯には不適當である。

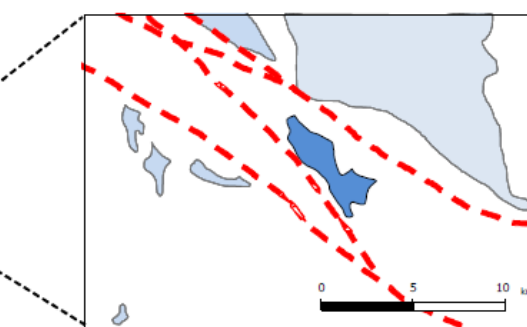
国としての考え方

- 変動帯である日本でも、断層活動や火山活動が起こる地域はほとんど変化しておらず、繰り返し同じ地域で起こっているため、そういった地域を避けることで、地質環境が大きく変化しない場所を探すことは可能であると考えている。
- 北欧でも、氷河期に形成される氷床の成長・後退に伴い荷重が変化し、断層活動や地盤の隆起・沈降が生じているため、日本と同様、段階的な調査を経て処分地を選定している。

(参考) スウェーデンの処分場の建設予定地であるフォルスマルクの例

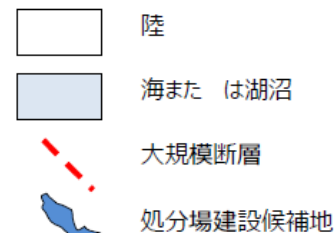


諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について (SITE INVESTIGATION Forsmark2002



2019 年版) (資源エネルギー庁発行) P.9,14
-2007 (http://skb.se/upload/publications/pdf/Site_investigation_Forsmark_2002

スウェーデンの建設予定地でも、断層を考慮した立地になっています。



-2007.pdf)の p.6 より作成

(参考3-2) 国の考え方② (第2回技術WG資料)

国プレゼン資料(抜粋) (2024年3月29日 資源エネルギー庁「地層処分の安全確保に向けた国としての考え方」p.2)

内陸型地震に関する御指摘

- ▶ 世界で最も活発な変動帯である日本列島では、活断層が確認されていないところでも、しばしば大きな地震が発生している。例えば、2018年の北海道胆振東部地震(M6.7)は、活断層である石狩低地東縁断層帯の東側約15 km、しかも20~40 kmの上部マントルに達する深度で発生した。

国としての考え方

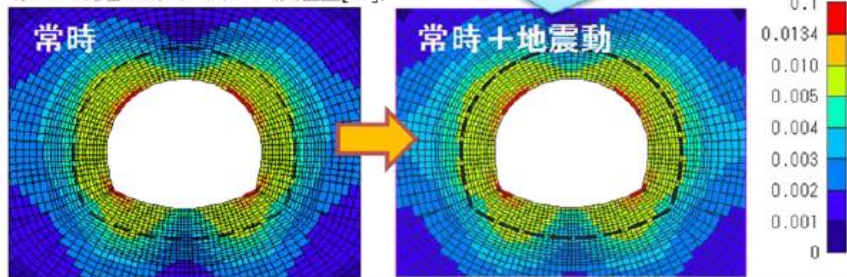
- 数万年以上を見据えた長期的なリスクとして、地震のゆれによる影響は限定的と考える。
- 地震時には廃棄体は周囲の岩盤と一体となってゆれるため、**地震のゆれによって埋設した廃棄体が破壊される可能性は低い**と考えられる。また、一般的に地下深くのゆれは地表より小さい。
- 地層処分施設の建設・操業中は、**地震のゆれによって施設が損傷することを防ぐため、最大級の地震を想定した耐震設計を行う。**

東日本大震災時の揺れを再現した坑道のひずみの数値解析結果

坑道にかかる圧力、地震力によるひずみを示した断面図

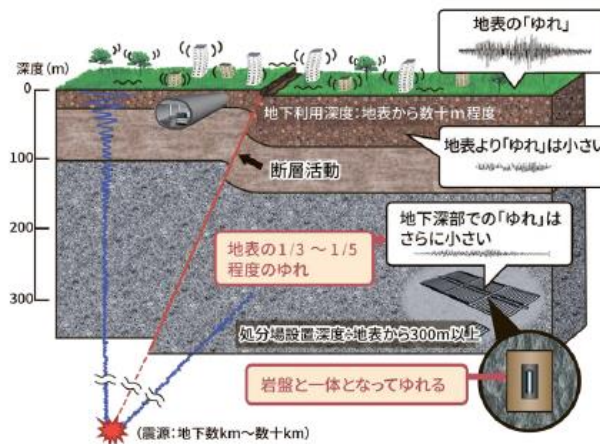
計算の結果、**地震の揺れによる坑道のひずみはほとんどない**
(最大でも0.06%程度)

赤いほど坑道のひずみが大きい(変位量[%])



https://www.numo.or.jp/technology/technical_report/tr14_02pdf/TR-14-02.pdf

地震によるゆれ/地質環境への影響



(参考3-3) 国の考え方③ (第2回技術WG資料)

国プレゼン資料(抜粋) (2024年3月29日 資源エネルギー庁「地層処分の安全確保に向けた国としての考え方」p.7)

深部流体起源の低周波地震についての御指摘

- 「評価の考え方」・「文献調査報告書(案)」の問題点として、深部流体起源の低周波地震について、「新たな火山の可能性」に限定した一面的な評価しかしていない。

国としての考え方

- 評価の考え方では、文献調査対象地区下の地殻及びマントル最上部にメルトが存在する可能性を地球物理学的、地球化学的な観測データ※を用いて評価することとしている。
※地球物理学的、地球化学的な観測データには低周波地震の観測データも含まれる。
- 一方、近年指摘されている、低周波地震と深部流体、断層活動との関連については、今後、深部流体やそのメカニズムに関する知見の蓄積状況を踏まえながら、必要に応じて評価の考え方への反映も検討していく。
- 深部流体の有無に関わらず断層のずれによる人工バリア損傷防止の観点等から、断層面や断層コアを避けて立地することが重要である。

(参考3-4) 国の考え方④ (第2回技術WG資料)

国プレゼン資料(抜粋) (2024年3月29日 資源エネルギー庁「地層処分の安全確保に向けた国としての考え方」p.8)

声明で指摘いただいた地層処分に関する技術的な御懸念の概要

- 激しい変動帯の下におかれている日本列島において、今後10万年間にわたる地殻の変動による岩盤の脆弱性や、深部地下水の状況を予測し、地震の影響を受けない安定した場所を具体的に選定することは、現状では不可能と言える。

国としての考え方

- 断層活動や火山活動が起こる地域はほとんど変化しておらず、繰り返し同じ地域で起こっているため、そうした地域を避けることで、地質環境が大きく変化しない場所を探すことは可能であると考えている。
- 未確認の活断層等による影響等については、概要調査以降に実施する現地調査※等を適切に行うことで避けていく。 ※ボーリング調査、地表踏査、物理探査等
- 地震時には廃棄体は周囲の岩盤と一体となってゆれるため、地震のゆれによって埋設した廃棄体が破壊される可能性は低いと考えられる。
- 地層処分施設の建設・操業中は、地震のゆれによって施設が損傷することを防ぐため、最大級の地震を想定した耐震設計を行う。
- 適切な評価を行うためには、その時々最新の知見を取り込んで行くことが重要である。

(参考3-5) NUMOが提示した文献調査報告書(案)の関連情報①(第2回技術WG資料)

NUMOプレゼン資料(抜粋)(2024年3月29日 原子力発電環境整備機構「いただいている御指摘への考え方」p.1)

御指摘「日本列島の脆弱な岩盤特性(寿都町・神恵内村の場合)」について

- 文献調査対象の寿都～神恵内地域は、新第三紀(約1千万年前)の海底噴火による水冷破碎岩(ハイアロクラスタイト)からなり、土石流の頻度が高い**不均質岩盤**。マグマの通り道(岩脈)は割れ目が顕著で**透水性が高い**。地下300m以深、数×数km²の地層処分場は、岩脈を含む無数の海底火山の断面を掘削することになり、水平・垂直方向に変化の激しい不均質な岩盤が対象となる。この岩盤は、**強度が低く**、第四紀未固結堆積物に匹敵する地山強度比(2以下)を示す。
- 報告書(案)の概要調査以降の実施にあたっての留意事項として、「岩相変化が著しく、高い不均質性を有する」ことから「各岩相の分布と特性の把握」が必要とされている。しかし、概要調査でボーリング調査などをして、不均質な岩盤の空間的な広がり**の把握は困難**であり、**強度の低い高透水性の岩盤を避けることは不可能**である。

NUMOの考え方

- 文献調査対象地区内でハイアロクラスタイトを含む最終処分を行おうとする地層(地下300m以深の場所)の**透水性や強度の値は得られていません**。現時点では、**最終処分を行おうとする地層としての透水性や強度について、判断できない**と考えています。
- 現地調査における地質環境特性データ取得の観点から「岩相変化が著しく、高い不均質性を有することが想定されるハイアロクラスタイトを含む海底火山噴出物など(各岩相の分布と特性の把握)」を留意事項としています。概要調査へ進んだ場合には、最終処分法に定められた要件に照らして、**最終処分を行おうとする地層としての特性を評価**することとなります。

(参照文献) 原子力発電環境整備機構(2024a,b)の技術的観点からの検討のうち地質環境特性に関する説明書 など

(参考3-6) NUMOが提示した文献調査報告書(案)の関連情報②(第2回技術WG資料)

NUMOプレゼン資料(抜粋)(2024年3月29日 原子力発電環境整備機構「いただいている御指摘への考え方」p.2)



御指摘「活断層について

変動帯では、内陸活断層の危険が常にある。活断層は連動する」について

- 報告書(案)では、「黒松内低地断層帯」を、単に、その中の「白炭断層」1つだけをとりあげて、寿都地域の安全性を評価しているが、国の地震本部は、あくまでも、「黒松内低地断層帯」全体の長期安全性評価を行い、そこから、M7.3の地震が発生するとしているのであって、**個別の断層評価ではなく、断層帯全体の活動性が評価**されている。それを無視した本報告書(案)は無効である。個別断層が**連動して大地震**を起こすことは、**熊本地震**や、今回の**能登半島地震**でも証明されている。

NUMOの考え方

- 文献調査報告書(案)では、**地震の観点ではなく、ずれによる人工バリア損傷防止の観点から、個別の断層それぞれの断層面および断層コアを避ける**こととしています。
- 地震動の大きさなどに影響する活断層の連動の影響については、概要調査以降に検討していきます。

(参照文献) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2005), 経済産業省資源エネルギー庁(2023), 原子力発電環境整備機構(2024a)の地震・活断層に関する説明書 など

(参考3-7) NUMOが提示した文献調査報告書(案)の関連情報③(第2回技術WG資料)

NUMOプレゼン資料(抜粋)(2024年3月29日 原子力発電環境整備機構「いただいている御指摘への考え方」p.3)



御指摘「能登半島地震の新知見(深部流体起源の地震と活断層帯への連動地震)」について

- 能登半島の群発地震(2020~2023)は、マントルから上昇したメルト(and/or)流体が地震を引き起こし、2024年元日の地震は、群発地震の震源から半島北部沿岸域の150 kmの活断層帯に連動した。能登半島は1993年以来、M6を超える地震が起こり、2007年新潟県中越沖地震など新潟~長野周辺でも地震が活発化していた(前兆現象)。
- 「評価の考え方」・「報告書(案)」の問題点
海底活断層の認定; 音波探査だけでは不十分で、**変動地形学的手法によらなければわからないことが**、積丹半島沖や能登半島北部沿岸で明らかになった。**原子力規制委員会**も、地球物理学的手法と、変動地形学的手法を**独立に評価すべきこと**を規定しており、音波探査だけを評価している報告書(案)は、不十分である。

NUMOの考え方

- 2024年能登半島地震を引き起こしたと考えられる海底活断層は、地震前の音波探査により、その存在が知られていたと考えられています。
- 文献調査報告書(案)では、**地震の観点ではなく、ずれによる人工バリア損傷防止の観点から、断層の断層面および断層コアを避けること**としており、**変動地形学的調査結果、地質調査結果、地球物理学調査結果に関する知見を、総合的に評価**しています。
- 御指摘の**原子力規制委員会の規制基準は、変動地形学的調査、地質調査、地球物理学調査により総合的に評価することを求めている**と考えられます。

(参照文献) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2024), 経済産業省資源エネルギー庁(2023), 原子力発電環境整備機構(2024a,b)の地震・活断層に関する説明書, 原子力規制委員会(2013)など

(参考3-8) NUMOが提示した文献調査報告書(案)の関連情報④(第2回技術WG資料)

NUMOプレゼン資料(抜粋)(2024年3月29日 原子力発電環境整備機構「いただいている御指摘への考え方」p.4)



御指摘「能登半島地震の新知見

(寿都の深部流体起源の地震と黒松内低地活断層帯への連動地震)」について

- 寿都湾付近は、地下10 kmと30 kmを震源とする地震が頻発し、地下30 kmの低周波地震は深部流体(メルトand/or熱水)に関与し、10 kmの地震の原因となっている (Shiina et al., 2018)。
- 寿都町から黒松内町には、黒松内低地断層帯が走り、寿都の低周波地震が活発化すれば、黒松内低地断層帯に連動し、大地震を起こす可能性は否定できない。
- 「評価の考え方」・「報告書(案)」の問題点
低周波地震の評価 ; 「新たな火山の可能性」に限定した一面的な評価しかしていない。

NUMOの考え方

- 文献調査報告書(案)では、**低周波地震や深部流体の有無に関わらず、断層のずれによる人工バリア損傷防止の観点から、断層面や断層コアを避けること**としています。
- 低周波地震の発生メカニズムおよび深部流体などと断層活動の関連性については**今後も情報収集、検討を進めていきます。**

(参照文献) 経済産業省資源エネルギー庁(2023), 原子力発電環境整備機構(2024a,b)の地震・活断層に関する説明書、噴火に関する説明書 など

4-1. 技術WG委員の審議内容：変動帯の日本における地層処分の適地関連 1/2

審議まとめ 1/2

- 変動帯に属する日本において、高レベル放射性廃棄物を長期間地上で保管し続けることは適切ではない。地層というシステム中で、多重バリアで保護するという地層処分システムの考え方やそのメリットなどを、国・NUMOは情報提供することが重要である。深部地下環境については、積極的に研究を進めるとともに、その成果を情報提供することが必要である。

まとめに至る審議経緯

第2回技術WG（2024年3月29日）

【参考人への質問】

- 日本が変動帯であるが故に、地表も本当に危ないところであると思っている。放射能の取扱い原則は隔離や防護であり、地表では水害等もあるかもしれない現状を考えると、地表でどのような考え方であれば、安全にストレージが可能であるかについてアイデアがあれば参考にさせていただきたい。

【参考人からの回答】

- 科学技術の進歩を見つつ、暫定的に乾式保管する、あるいは原発内で保管・管理するべき。

第2回技術WG（2024年3月29日）後にいただいたメール

【委員からの意見】

- 無責任に後世に問題を先送りにすることを避けるためにも、地層処分技術をより安全な形で実施していく必要がある。

第3回技術WG（2024年5月2日）

【委員からの意見】

- 参考人からの追加意見にある、寿都町、神恵内村に対する地質学的な懸念事項は非常に参考になる。ただ、自己矛盾していると思われるところはきちんと指摘しておくべき。10万年間の変動に耐える耐震設計が全くの未知数と指摘しているが、であるならば、地表管理は無理ということになる。一方で、地層処分は10万年の耐震設計は必要とせず、破壊されたとしても、地層というシステム中で、多重バリアで保護するという考え方であり、そのメリットはこのWGで表明しておいた方がよい。
- 参考人の御意見のうち、北海道の地質については参考にできるとよいが、高レベル放射性廃棄物を地上で管理し後世に残すというのは受け入れがたいと思う。深部地下環境については、積極的に研究を進めるとともに、その成果を積極的にアピールすることを考えていただきたい。

4-1. 技術WG委員の審議内容：変動帯の日本における地層処分の適地関連 2/2

審議まとめ 2/2

- 日本よりも隆起が速い地域を抱える北欧においても、地層処分の大前提である深度確保等の留意事項がある中で、処分地を選定してきた点は参考とすべきである。

まとめに至る審議経緯

第2回技術WG（2024年3月29日）

【委員からの意見】

- 日本のような変動帯の中で地層処分を実施するには、いかに良い場所を選ぶかが非常に大事。
- 北欧でも日本より隆起が速い地域もあり、地層処分の大前提である深度確保に困難がある中で、地層処分の場所を見つけようとしていることは適切に伝えていくべき。
- スウェーデンでもマグニチュード8くらいの地震が起こることを想定されており、それによって引き起こされる廃棄体の破壊等についても考慮して安全性の議論をしている。地層処分では、その場に応じた地質環境の理解と、その理解に基づいた適切な人工バリアの設計等を考えて行くことが重要。

4-2. 技術WG委員の審議内容：処分地選定プロセス関連 1/2

審議まとめ

- 地層処分について、法律に基づくプロセスや地質環境の変化が少ない場所を探すといった方針を国・NUMOは国民に対して丁寧に説明する必要がある。また、NUMOが現地で調査を実施する際には、リスクの高い部分や処分地として適さない地点を積極的に調査し排除していくスタンスを示すことも必要であり、そのための調査の必要性や意義についても説明を通して理解を得ることが重要である。
- 処分地を選定するための段階的な調査プロセスにおいては、情報を繰り返し確認し、場合によっては立ち止まる・リセットすることも含めて議論するという認識を、国・NUMOは国民と共有することが重要である。

まとめに至る審議経緯 1/2

第2回技術WG（2024年3月29日）

【委員からの意見】

- 段階的な調査のプロセスを進める中で、情報を繰り返し確認し、場合によっては立ち止まる・リセットすることも含めて議論するという認識を共有することが重要。
- 地層処分について、法律に基づくプロセスや地質環境の変化が少ない場所を探すといった方針を丁寧に説明する必要がある。

4-2. 技術WG委員の審議内容：処分地選定プロセス関連 2/2

審議まとめ

- 地層処分について、法律に基づくプロセスや地質環境の変化が少ない場所を探すといった方針を国・NUMOは国民に対して丁寧に説明する必要がある。また、NUMOが現地で調査を実施する際には、リスクの高い部分や処分地として適さない地点を積極的に調査し排除していくスタンスを示すことも必要であり、そのための調査の必要性や意義についても説明を通して理解を得ることが重要である。
- 処分地を選定するための段階的な調査プロセスにおいては、情報を繰り返し確認し、場合によっては立ち止まる・リセットすることも含めて議論するという認識を、国・NUMOは国民と共有することが重要である。

まとめに至る審議経緯 2/2

第3回技術WG（2024年5月2日）

【委員からの意見】

- 現地調査を行う場合には、リスクの高い地域を積極的に排除していくというスタンスを示せないか。今のままでは全ての地域が概要調査の対象になって、どんどん次のステップに進むというイメージを多くの人が持つのではないか。

第4回技術WG（2024年5月24日）

【委員からの意見】

- 段階的な調査プロセスについて、場合によっては立ち止まる・リセットすることも含めて議論するという認識を踏まえると、あまり年数にこだわらず、しっかりやっていくというスタンスを示すことも大事である。
- 国民への情報提供の観点から、わかりやすさを念頭に置くべきである。

4-3. 技術WG委員の審議内容：個別地点の評価関連

審議まとめ

- 個別の地域の地質については地域の地質に詳しい専門家の知見を参考にすることが重要である。

まとめに至る審議経緯

第2回技術WG（2024年3月29日）

【委員からの意見】

- 神恵内、寿都に関しては、非常にピンポイントで重要なお指摘をいただいた。

第2回技術WG（2024年3月29日）後にいただいたメール

【委員からの意見】

- 概要調査に進むとなった場合には、地質の安定性等に関する多様な知見を、地域の方々や地域の地質に詳しい専門家等と確認していくことが大事。

第3回技術WG（2024年5月2日）

【委員からの意見】

- 参考人の御意見のうち、北海道の地質については参考にできると良い。
- 地元の地質に詳しい専門家の知見は尊重されると良い。

4-4. 技術WG委員の審議内容：最新知見に基づく検討関連

審議まとめ

- 処分地選定を進めていく中で、最新の知見や議論の結果、考慮すべきことをどのように導入していくか、国・NUMOとして考え方を整理することが必要である。

まとめに至る審議経緯

第2回技術WG（2024年3月29日）

【国への質問】

- 国として、必要に応じて最新知見を反映することだが、どの段階で反映することを考えているのか。

【国からの回答】

- 段階的な調査プロセスの段階ごとに、その時点での最新の知見を反映していくべきものと考えている。

【委員からの意見】

- 事業を進めていく中で、最新の知見や議論の結果、考慮すべきことをどのように導入していくかは、柔軟い対応が必要である。どのような考え方で進めていくか整理が必要。
- 地質学の知見を踏まえてどのように土木設計をするかは、地層処分施設だけではなく、土木施設全般に関わる大きな問題。安全安心が得られる施設設計が出来るか、しっかり審議していただきたい。

第3回技術WG（2024年5月2日）

【NUMOへの質問】

- 学説に関しては様々な意見があり、白黒ははっきりつかずグレーな部分が非常に多い。特に深部流体の話が取り上げられているが、それに加え、海底活断層の話もジャッジ出来ない部分がある。どのくらいのグレースケールなら次に進めるかという判断基準がはっきりしない。

【NUMOからの回答】

- 地層の著しい変動について、最終処分法では概要調査でも取り扱うこととされており、部分的には例外があるかもしれないが、大方のものは概要調査まででリスクを考えながら片を付けていく方向を考えている。

5. まとめ

「地学の専門家ら300名余による地層処分に関する声明文」（2023年10月公表）に加え、参考人からの説明（提言（2024年2月）、第2回会合におけるご発言（2024年3月）、追加意見書（2024年4月））、国としての考え方、およびNUMOからの説明を踏まえ、技術的・専門的観点から審議を行った。地層処分技術WG委員による審議結果は、以下のようにまとめられる。

- 変動帯に属する日本において、高レベル放射性廃棄物を長期間地上で保管し続けることは適切ではない。地層というシステム中で、多重バリアで保護するという地層処分システムの考え方やそのメリットなどを、国・NUMOは情報提供することが重要である。深部地下環境については、積極的に研究を進めるとともに、その成果を情報提供することが必要である。
- 日本よりも隆起が速い地域を抱える北欧においても、地層処分の大前提である深度確保等の留意事項がある中で、処分地を選定してきた点は参考とすべきである。
- 地層処分について、法律に基づくプロセスや地質環境の変化が少ない場所を探すといった方針を国・NUMOは国民に対して丁寧に説明する必要がある。また、NUMOが現地で調査を実施する際には、リスクの高い部分や処分地として適さない地点を積極的に調査し排除していくスタンスを示すことも必要であり、そのための調査の必要性や意義についても説明を通して理解を得ることが重要である。
- 処分地を選定するための段階的な調査プロセスにおいては、情報を繰り返し確認し、場合によっては立ち止まる・リセットすることも含めて議論するという認識を、国・NUMOは国民と共有することが重要である。
- 個別の地域の地質については地域の地質に詳しい専門家の知見を参考にすることが重要である。
- 処分地選定を進めていく中で、最新の知見や議論の結果、考慮すべきことをどのように導入していくか、国・NUMOとして考え方を整理することが必要である。