

平成 28 年 1 月 29 日

総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会
原子力小委員会地層処分技術 WG 委員長
朽山 修様

経済産業省資源エネルギー庁
電力・ガス事業部放射性廃棄物対策課長
小林大和様

一般社団法人日本地質学会
会長 井龍康文

「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」への質問と意見

前略

総合資源エネルギー調査会地層処分技術 WG が取りまとめられました「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」の公開，ならびに平成 28 年 1 月 23 日に同 WG による本学会への説明会が実施されました。これを踏まえて，本学会では関連する専門部会と理事会，ならびに一般会員より，中間整理の学術的知見及び利用する文献・データの妥当性についての専門家意見を聴取いたしましたのでお送りいたします。

今回の説明会での質問に対して，現段階では考慮に入れないが今後の調査段階で考慮に入れていくという趣旨の答えがいくつかありました。今後の調査の進捗に合わせて，今回と同様な説明会を開いていただき，各専門家と情報共有のできる機会を確保していただくように希望いたします。

質問と意見についてのご回答・ご確認等は，それぞれの専門部会，理事会が対応させていただきますので，学会事務局へご連絡下さい。個人会員の意見については，署名の質問会員へ直接ご連絡いただければ幸いです。

なお，お送りした本意見書ならびに貴方よりいただく署名のあるご回答等は，学会公式サイトに掲載させていただく予定でございますので，ご了承下さい。

草々

<地域地質部会>

意見：

(1) 現在行われている検討は、既存の文献・データに基づいてなされているとの説明であったが、利用可能な文献・データの例の中に地質図が明記されていなかった。ただ火山の分布に関する検討の部分で「20万分の1日本シームレス地質図」があげられているのみである。

この件に関する会場での質問に対して、「現在は地下の地質環境が重要であり、岩相／岩種は重要視していないため、地質図を中心的な資料としていない」という回答であった。加えて、検討に当たって地質図をまったく無視している訳ではなく、参考にはしているとの補足説明があった。

地域地質を専門とする研究者の立場からは、地層処分の適地選定に当たって地質図は単に岩相や岩種を見るためのものでは無いと考える。地質図はその地域の地質の特性を全体的に表しているもっとも基本となる資料であり、検討の開始時にまず参考にされるべき資料である。欲を言えば、全国一律に5万分の1地質図がそろっておりそれに基づいた検討がなされることが理想ではあるが、それらがそろっていない現時点においては、少なくとも全国一律に手に入る20万分の1地質図を検討の出発点とすべきと考える。なお、5万分の1地質図が発行されている地域については、それを参考にすることも望まれる。

説明では、検討が進んだ時点において地質図を利用する方向であるとの回答があったが、手順としては逆であろう。まずは全体的な地質特性を地質図から読み取るべきではなかろうか？地質図の持っている情報について再度ご検討願いたい。

将来、検討が進んでいった時点では地域の地質特性についてはその地域にもっとも詳しい研究者（地方大学教員、博物館員など）との連携による調査研究が必要と考える。地域地質に詳しい専門家は、医療でいうところの「ホームドクター」に当たり、中央の研究所や大学の研究者は総合病院の「専門医」に当たるものにとらえたらどうだろうか。両者の緊密な連携を組むことにより、より合理的な地層処分適地の検討が可能になるものとする。

(2) 断層が回避条件になる場合については、活断層の動きによって構造体を破壊する可能性や透水性に変化が生じる可能性についてのみ論じられている。

しかし活断層以外の断層でも、例えば破碎帯を伴う場合や、断層が地表に達している場合は、マクロでみた場合の透水性を通常と比べて著しく高めているはずである。

説明会では、動きのない場合は全て工学的に対処可能であるとの前提で話を進めていたが、もともと透水性が高い所は、最初から回避した方がよいのではないか？その場合は、活断層ではないが地質図でマッピング可能な断層近傍についても回避条件とすべきである。

(天野一男・岡田 誠)

<堆積地質部会>

質問：

- (1) 法律で定められた地層処分の深度「300m 以深」の科学的根拠は何か？
- (2) 「内陸については、隆起があった場合は隆起した分だけ侵食する」(事前資料 p15) は、河床勾配が平衡に達している場合に成り立つが、そうでない場合もある。内陸で局所的に障壁(侵食に強い部分など)があり湖面や盆地面が基準面となっている場合などは、侵食によって障壁が取り除かれれば新たに海面が基準面となり平衡河床勾配に向かって侵食が始まる。したがって「隆起と海面低下に伴う侵食量が今後十万年以内に 300m を超えると考えられる地域」(事前資料 p15) は、侵食されるポテンシャル=隆起+海面低下+平衡河床勾配からの比高、として考えるべきではないか。そうすると深さ 300m に妥当性があるかどうか疑問である。現在および氷期・間氷期の河床勾配、過去～現在の土砂供給量(海岸の前進速度、海底地形など)から河川が平衡状態かどうか検討してはどうか。
- (3) 地質図はどのように取り扱われているか？特に 1/5 万地質図が全ての基本になる。

意見：

- (1) 当日資料 p12 で、気候・海水準変動の扱いが「侵食の原因として評価」のみであるが、これは不十分。処分地として海底を含む沿岸域が重要な候補であり、安全評価の期間も数万年と長いことから、海水準変動は地下水流動やその化学的性質に影響を及ぼす可能性が十分にある。海水準変動にともなう沿岸部での堆積・侵食と関連して、陸と海の境界が大きく変化することになり(たとえば、九十九里海岸は過去 7000 年間に約 10 km も海側へ広がった)、これは地下水流動システムにも境界条件(海・陸境界あるいは塩淡水境界)の移動として影響が大きいのではないかと考えられる。また、降水量の変化は地下水の涵養量や流出量、その化学的性質に影響があると考えられる。
- (2) 当日資料 p15 で、「好ましい範囲の設定は現状では困難」というが、いつ頃にはそれが分かってくるのか目途が示されないと、この先の展望が見えない。
- (3) 沿岸海底下は処分場設置場所の候補に含まれるが、その多くは地質や断層に関する情報の空白域である。陸と沖合の海底地質情報は比較的豊富だが、沿岸域の情報は少ない。地質や断層の連続性を考えれば、陸域と海底のシームレス化した地質の情報が不可欠であるが、それへの取り組みとかは考えられているのか。

(保柳康一・北沢俊幸・藤原 治)

<海洋地質部会>

意見：

(1) 報告書（中間整理）4.2の「地質環境特性及びその長期安定性の確保に関する検討」の⑤断層活動（P20-21）では、海域の活断層については徳山ほか（2001）をベースとしている。15年以上前のデータコンパイルであり沿岸部のデータが乏しい。活断層が描かれていない場所にも活断層が存在する可能性がある。使用の際には対象海域において元となったデータ（探査測線）の有無の確認をお願いしたい。日本周辺海域の活断層を同一基準でマッピングしたものの最新のものは徳山ほか（2001）となるが、現在、地震調査研究推進本部関連事業（海洋研究開発機構受託研究）で「海域における断層情報総合評価プロジェクト」が行われており、そちらを参考とされるようお願いしたい。

（芦寿一郎）

<構造地質部会>

意見：

(1) p. 19-21

断層活動の影響範囲は、目安となる破碎帯の幅として、断層長さの 100 分の 1 程度としています。本文中に明記されてはいませんが、図 4.2.1.1 などから、ほぼ鉛直な断層面を想定していると判断されます。仮に断層面の傾斜角が 45° である場合、地下施設下底を通過する断層の地表における出現は、施設下底深度（300m 以深）と等距離だけ水平方向にずれた位置となります。 45° より緩傾斜の断層も十分に想定されるため（低角逆断層など）、それを考慮しない基準が適切でないことは明らかです。しかしながら、活断層の総括資料を文献として利用する以上、断層面の傾斜が不明な場合が多いことも事実です。現実的な修正として、個々の処分地選定においては、近隣にある断層面の傾斜方向や角度を調査する必要がある、などと記述されることを提案します。

また、断層活動の影響範囲の目安として、破碎帯の幅を考えています。破碎帯とは小断層などが集中する範囲のことであり、通常はその外側に向かって変形が漸減するため、破碎帯の外側にずれなどが生じないわけではありません。断層長さの 100 分の 1 程度、という基準だけが一人歩きする恐れもあります。このことに関しても、個々の処分地選定においては、破碎帯の両外側の充分広い範囲について、断層活動の影響の有無を調査する必要がある、などと記述されることを提案します。

(2) p. 13, 14, 17, 19

「マントル物質の熱対流モデル等により評価する必要がある」とありますが、具体的にどのようなモデルをさしているのでしょうか。今回の目的（数 10km スケールの地域の評価）に使えるようなモデルは私の知る限りありません。（作業仮説である）熱対流モデルよりも地殻熱流量、地震波トモグラフィ、ヘリウム同位体比などのデータの方が、より具体的、客観的資料だと思います。また、科学的理解のためというのであれば、（活断層や隆起浸食など）他の項目についても同様の記述があるべきだと思います。マントルの熱対流についてだけこのような記述があるのは奇異に感じます。

(3) p. 16, 17, 25, 29, 32, 40, 43, 44

温度 100°C 以下の基準に対する評価方法として地温勾配を挙げていますが、地温と流体（熱水）の温度は一般的には一致しないので別に評価する必要があると思います。流体（熱水）の pH や化学組成については言及しているのに温度に関して記述がないということは、その評価が必要ないと判断しているように受け取れます。

(4) p. 9, 20, 21, 29, 39, 46-51, 53-58

輸送や動水勾配等の観点から、海に近い平野部が重要な条件になる可能性が高いように思いますが、そのような地域は活断層の存在を確認するという点では、被覆層に覆われ難しくなります。「活断層の存在を確認している地域を除外する」という方針が、他の基準と組み合わせた結果、実際には（存在を確認していない、ではなく）「活断層の存在が確認できない地域を選択する」ことになってしまうのではないかと危惧します。「活断層の存在を確認している、していない」の二分法ではな

く、活断層の存在を確認していない地域をさらに確認可能な地域と不可能な地域に分ける三分法（活断層がある、ない、分からない）の基準が必要ではないでしょうか。

（ページ数は「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」のページです。）

（石井和彦）

<岩石部会>

質問：

- (1) 科学的有望地選定における要件・基準について、基準の数値の定量的な根拠は何か。

意見：

(1) 火山地帯と活断層を避けていくと深成岩や変成岩の基盤岩が候補に残っていくことが予想されるが、これらの基盤岩は平野部ではなく山岳地帯に多い。しかし、中間報告に示されている地上・地下施設の模式図は平野部を前提としたものだけである。中間報告とはいえ、もう少し地上および地下施設の模式図に工夫があって良いのではないか。

(2) 今後は、地球科学だけではなく、情報科学やリスク評価などデータを専門的に扱う分野の科学者も参画させて、学融合型研究として科学的調査を進めてほしい。

(道林克禎・桑谷 立)

<火山専門部会>

質問：

(1) 地下・地上施設の建設・創業時の安全性の確保に関する検討のところで、火山の影響の要件のところで、「創業時に火砕物密度流等による影響が発生することにより」とあるが、降下火山灰は考慮しないのか、また、「完新世」の火砕流堆積物・火山岩・火山岩屑の分布範囲となっているのはどう いう理由か。

意見：

(1) 設置基準ではなく、安全性確保の基準という意味では、降灰も考慮すべきと考えます。3mmほどの降灰でも電線が切れるなどが起こることが報告されていますので、停電などが起こった場合の対応等も想定する必要があると考えます。

(上澤真平)

<応用地質部会>

質問：

(1) 活断層

地上・地下施設完成後に活断層が新たに発生する場合のリスクおよび発生した場合の対処方法はどのようにお考えでしょうか？

(2) 残土処理

地点選定後、地下施設施工時の掘削残土の処理方針についてはどのようにお考えでしょうか？重金属類等の溶出問題などが想定されます。

(3) 施設建設あたりのコスト

今回の中間整理は、施設に致命的な問題となる地質を排除して科学的な有望地を 広く選定しようとの趣旨は理解できます。対象地質の地質工学的な問題に対しては 施工自体は致命的な問題は少ないと思われませんが、対象地質の特性によって建設時や施設維持においてコストが大きく異なる可能性があります。建設におけるコスト面（コスト意識）についてはどのようにお考えでしょうか？

(応用地質部会世話人 須藤宏)

<環境地質専門部会>

意見：

(1) 全体的コメント

- ・地層処分を推進することが地質学者としての責任である。地質学会として積極的に協力していくことが必要である。
- ・この観点では、地層処分に関して、今後多くの地質学者・技術者を取り込んで意見を聞くべきである。
- ・この問題は、国民の理解や信頼を得るための対話、情報共有が重要であるが、配布された資料は、一般国民が容易に理解できる内容ではないと思われる。別途、国民に説明するための資料を準備しておく必要があると思われる。

(2) 個別コメント

- 1) 最初に対象となる廃棄物の種類やインベントリーを説明するべきでないか（「高レベル放射性廃棄物」がどのようなものかを理解できている参加者ばかりではないという観点で）。
- 2) 説明資料「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」について
 - ・ p5. 品質が確保された文献・データを使用とあるが、どのような観点・基準で品質が確保されているのかを確認したのか？
 - ・ p6. 変化がある範囲内にとどまることが求められる、とあるが具体的には何の変化か？また、ある範囲とはどの程度の範囲か？さらにそれをどのように確認するのか？
 - ・ p11. 利用可能な文献・データについて、今後の精度向上や調査・解析技術の進展により、有望地の見直しは行われるのか？その際、一度除外された地域が復活することは許容するのか？
 - ・ p14. 地層処分を行う上で好ましい地質環境特性の表について、人工バリア設置環境として求められる主な地質環境特性のうち、水理場の覧には、「地下水流動が緩慢であること」が入れられるべきではないか？例えば、緩衝材の流出やパイピングなどが発生するような地下水流動が緩慢でない設置環境は避けるべきではないか。また、地下水の地史的流動系の概念とその解析を行うことも重要である。欧米には Paleohydrogeology の教科書・授業もあり、日本でもその概念からの解析が重要である。また、岩塩層を Geological Disposal of Radioactive Waste（地質処分：誤解のない正しい専門語用語を使用しましょう）対象層としている国もあるが、これには理がある。つまり、岩塩が溶けないで数百万年間存在しているという地質学的担保があるからである。日本列島では数百万年間を岩塩には期待できない。化石海水の存在と地史的流動系を検討すれば、地質処分は不可能ではない。米国のユカ Mt. では、このような検討はなく、あまり傾聴すべきではないかも知れません。

（環境地質部会世話人 田村嘉之）

<第四紀地質専門部会>

質問：

(1) 放射性廃棄物を地層の安定的に保存する期間を数万年としているが、報告書の別床とでは10万年間という記述もある。数万年間とは2, 3万年間なのか, 7, 8万年なのか。

1) 委員の回答は2, 3万年間ということであったが、第四紀の環境変動に耐えて長期の安定性を確保するためには氷期—間氷期サイクルの1周期分(13万年間程度)の安定性の保証が必要であると考えられる。その間には海水準の最高から最低の1周期があり、気候も最温暖期から最寒冷期まで一巡するので、十分な影響評価ができると考えられる。

2) 別の視点からの意見であるが、16年前に地層処分の検討を始めたころでは10万年程度を目安にしていたと記憶している。たまたま今日(2016年1月26日)見たNHKのクローズアップ現代で、国谷アナウンサーも地層処分の安定期間を10万年と言っていた。それが数万年(実は2, 3万年程度)と言うことでは、不信感を増すのではないかと。天然ウラン鉱石程度の放射能強度に低減するとは言っても、そんな場所に住んでいる人はいないので、その程度の放射性濃度は必ずしも安全性の保証にはならない。その計算には放射性廃棄物にどの放射性核種が、どの程度の濃度ではいるという前提なのか、計算の過程の検証もひとつようなのではないかと。一方、「核燃料の再処理が自前でできておらず、見通しも立っていない現状」で、そのような理想的な「ガラス固化体」という前提が妥当かどうか、も疑問である。また、放射壊変でできるプルトニウムのような毒性の高い物質は放射能がなくても危険である。半永久的な隔離が必要なのではないだろうか。

意見：

(1) 「人工バリア」という概念で使われる被服物の目指す有効期間は1000年程度であり、長期安定性を目指す期間が数万年間(仮に3万年間)であっても、その期間の30分の1にすぎない。29/30の期間では地盤だけがバリアであり、二重の保護機能は働かない。地層のみが基本的なバリア機能を担うのが実態であるので、地質条件については厳しい課題が求められていると考えるべきである。

(2) 再評価書と通じてみられる楽観的な記述の姿勢には違和感がある。これでは、これまでの16年間の停滞を説明できない。

(3) 人工バリアは1) ガラス固化体, 2) それを覆うステンレス鋼, 3) コンテナを覆うベントナイト被膜 となっているが、強い放射線のもとで、それらがいつまで機能するのか、という点での検証が不十分である。たとえ、望ましいとされる中性的で、還元的な地下環境であっても、期待されている1000年間程度の封じ込めは可能であろうか。再評価書に詳しく議論しているベントナイトの安定性に関していえば、地温勾配だけの影響が説明されているが、それに加えてガラス固化体自体の放射性物質が壊変することによる温度上昇の見積もりが入っていない。閉鎖的な環境では特別な冷却機能は期待できないので、地熱に加えて、その熱がベントナイトの変質を促進し、所期の機能(可塑性とイオンの吸着性)が速やかに失われることを危惧する。

(4) 個別の事象ごとの評価となっていて、複合することの効果への検討が不十分ではないか。例えば、海水準の低下と、海岸段丘の隆起（隆起する応力場にあるから海岸段丘ができるし、活断層とも関係する）とが組み合わさると大きな比高を生み、高い侵食の場になりえる。

(5) 処分場は、核廃棄物の運搬条件を考慮すると、海岸から 20 km 以内の沿岸が想定されている。この条件を加味すると、地層処分地に求められている条件をクリアできる「適地」の可能性は大きく低下・減少するのではないか。例えば、海水準の低下だけでも大局的に傾斜のある地形の形成が想定される。そこでの地下水流動（動水勾配）は、瑞浪のような盆地の底で測られた動水勾配もかなり大きいはず。処理施設が立地できる平坦面の必要性を考えると、比較的新規の地層が想定される。空隙の大きな地層で、かつ酸化的な地下環境に変化する可能性が高い。事例研究のご都合主義的な援用となっていないのか、と危惧する。

（公文富士夫）

<執行理事会>

意見：『中間整理』には間隙水圧について、異常間隙水圧は地下施設建設で注意すべきこととしてしか触れられていません。しかし、断層の形成あるいは断層活動を誘発する条件または原因として言及くらいはすべきだと思います。万年スケールでは、間隙水圧の時間的変動でいままで動かなかった断層が動くことも考えられます。ご検討くだされば幸いです。

(山路 敦)

意見1：構造地質分野として、学場において活断層はもちろん考慮すべき項目ですが、変形構造と現応力評価も重要です。既存のクラック分布に対して、どのような力が働いているのかを知ることは、地下構造物の長期的な変形とクラックの伸長による流体移動を予測する上で欠かせない情報です。従来の構造地質学的解析と合わせて、現応力解析も評価対象に入れていただきたい。最近では、ボーリング掘削による現応力測定評価技術が発達してきておりますが、

- ・ボアホールブレイクアウト法
- ・非弾性回復（ASR）法
- ・水圧破碎法

などの新しい手法のためデータの蓄積が多くありません。複数の候補サイトの現応力を比較する必要があると考えられますので、選定の早い段階から取り入れていただきたい。

意見2：現在の都市部から多くの遺跡が発掘されることから、利用しやすい土地は、将来の人間も利用する可能性が高いと推測されます。人間による擾乱を避けるためにも、利用しやすい土地は避けて、山間部などを検討した方が良いと考えます。廃棄物の搬入など、現時点において克服可能な課題よりも、将来の安定を優先して考慮すべきと思いますので、人間による擾乱を防ぐための地形によるバリアという考え方は取り入れられませんか。

(坂口有人)

意見1：「3.3 安全性に関する総合的な評価について」の第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。」とあり、「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。

意見2：記述「中間とりまとめ，2.1 に一部加筆」は，加筆だけでなく以下の重要な記述が削除されているので，少なくとも加筆のみと言う表現は訂正が必要であるし，削減された記述がなぜ不要であるかの説明を求める。

- 「2.1 地層 処分の概念」(p3) に記述された「地下水シナリオ」が削除された。
- 「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）が削除された。
- 「2.3 段階的な処分地選定と調査スケールについて」の後戻り記述等が削除された。

（長 秋雄会員から学会が受領した質問から，執行理事会としてとりあげた項目。全文は別途送付しました。）

■以上