

地層処分技術 WG のこれまでの議論の整理
について専門家からの御意見
(平成27年6月26日～平成27年7月25日)

※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。

1. 氏名 : 塩崎 功

2. 所属 : (株)安藤・間 技術本部 技術研究所

3. 専門 : 水理地質, 土木

4. 所属学会 : 一般社団法人日本応用地質学会, 公益社団法人日本地下水学会, 公益社団法人土木学会

5. 意見

(3)要件・基準の検討状況(P18)

表内の表現が不適切です。断層活動による「閉じ込め機能の喪失」>「化学場」の項目に、「断層のずれに伴う透水性の増加(条件による)」とありますが、透水性の増加は直接的な化学場の変化ではありません。「断層のずれに伴い水理場が変化することによる水質の変化」のような表現に修正されてはいかがでしょうか。

(3)要件・基準の検討状況(P20)

回避が好ましい範囲の基準の中に、「適当な処分深度」という表現があります。「適当」は、本来「適切かつ妥当」という意味ですが、近年は「いいかげん」という意味でも多用されています。誤解を避けるために「適切な処分深度」にされてはいかがでしょうか。下記の報告書でも「適切な処分深度」という表現が使われています。

(3)要件・基準の検討状況(P20)(参考資料を含めて他にも該当箇所多数)

回避が好ましい範囲の基準の中に、「mol/dm³」という単位があります。「dm³」(立方デシメートル)よりは、一般の方に分かりやすいように、L(リットル)に修正されてはいかがでしょうか。

(3)要件・基準の検討状況(P21)

表の記述に疑問があります。人工バリア設置環境として好ましい主な地質環境特性の水理場が、「一」となっています。この表は、地層処分技術WGの中間とりまとめ(平成26年5月)からの引用ですが、従来から言われていた緩衝材の流亡を防止するための「緩衝材に接触する地下水の流速が小さいこと」が、好ましい条件として記述されなくなった理由がわかりません。グラウチングで止水することを前提にしているのであれば別ですが、大量の湧水が発生している処分孔に緩衝材を設置することは想定できませんので、追記されてはいかがでしょうか。

(3)要件・基準の検討状況((別添)参考資料 P24~P29)

「なぜ「○○○○こと」が必要か」の記述が分かりにくい。「なぜ~必要か」を説明する文章だけで

なく、「～を設定することは難しい」とか「広く存在していると考えられる」のような補足説明が同じ枠内に記載されている。補足説明は枠外に出した方が良い。

(3) 要件・基準の検討状況((別添)参考資料 P26)

他の部分も修正する必要があると思いますが、「なぜ「地下水の流れが緩慢であること」が必要か」の部分だけについて修正案を示します。

「・地下水流動が非常に緩慢で拡散が支配的な場は、具体的には透水性が非常に小さい場所、動水勾配が非常に小さい場所、ならびに古い地下水が滞留している場所がこのような場になる。」
⇒「なぜ～必要か」を説明する文章ではなく分かりにくいので削除するか外出しにする。外出しにする場合は「・地下水流動が非常に緩慢で拡散が支配的な場は、具体的には透水性が非常に小さい場所、動水勾配が非常に小さい場所、ならびに古い地下水が滞留している場所である。」のように修正する。

「動水勾配については地形による影響を殆ど受けないほどの地下深部や海底下などが考えられる。」⇒「なぜ～必要か」を説明する文章ではなく分かりにくいので削除するか外出しにする。外出しにする場合は「動水勾配は地形による影響を殆ど受けないほどの地下深部や海底下などで非常に小さくなる。」のように修正する。

「・また、海水準が下がった場合でも、地下水流動速度が緩慢である場所なども考えられる。」⇒「なぜ～必要か」を説明する文章ではなく分かりにくいので削除するか外出しにする。外出しにする場合は「また、海水準が下がった場合でも、地下水流動速度が緩慢である場所であることが望ましい。」のように修正する。

(4) 使用する文献・データ((別添)参考資料 P68)

タイトルに「地下水賦存量の試算に用いた」とあり、同じページの(使い方)では「軟らかい表層として Q2 以降(約 78 万年前以降)の層厚が 25m 以上の範囲を抽出」と記述しています。「軟らかい表層」=「地下水が賦存している層」ではありませんので、整合がとれていません。

「軟らかい表層として Q2 以降(約 78 万年前以降)の層厚が 25m 以上の範囲を抽出」を「例えば、Q2 以降(約 78 万年前以降)の層厚が 25m 以上の範囲を地下水が賦存している領域として抽出」のように修正されてはいかがでしょうか。地下水学会誌に掲載されている越谷ほか(2011)でも、Q2, Q1, N3, N2, N1 のそれぞれの層厚に面積と間隙率を掛けて地下水賦存量を算出しているだけです。「軟らかい」うんぬんは地下水賦存量算出の際には言及していません。

6. 引用文献

富永卓男・小泉尚嗣・北川有一・吉岡龍馬・佐野有司・五十嵐丈二(1995): 山崎断層の塩田温泉における近年の水質・水温変化, 京都大学防災研究所年報, 第38号, B-1.

<http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/nenpo/no38/38b1/a38b1p22.pdf>

原子力発電環境整備機構(2010): 安全確保構想 2009～安全な地層処分の実現のために～,

NUMO-TR-09-05, p.12.

・原子力発電環境整備機構(2013)地質環境特性に関する検討(その1)―安全機能等と好ましい地質環境特性―, 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 地層処分技術ワーキンググループ(第3回)配布資料, p.8 および p.17.

http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denryoku_gas/genshiryoku/chisou_shobun_wg/pdf/003_01_00.pdf

・JNC(2005): 放射性廃棄物の地層処分技術に関する知識基盤の構築, 一平成17年取りまとめ

―
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

(2014): 最新の科学的知見に基づく地層処分技術の再評価―地質環境特性および地質環境の長期安定性について―, 平成26年5月.

越谷賢・丸井敦尚・伊藤成輝・吉澤拓也(2011): 日本列島における三次元水文地質モデルの構築と地下水賦存量の試算, 地下水学会誌, Vol.53, No.4, pp.357-377.

1. 氏名 : 清水 和彦

2. 所属 : 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 幌延深地層研究センター

3. 専門 : 地質学

4. 所属学会 :

5. 意見

意見1:分類(1)

①資料 P13 に時間スケールとして、「数万年以上の長期間を想定」とありますが、これが「数万年～10 万年程度」なのか「100 万年程度」なのか、あるいは「更に長期～無制限」なのか曖昧です。

②一方、参考資料 P17 には、文献調査で回避すべき範囲として「隆起が顕著な沿岸部(目安として、隆起と海面低下に伴う侵食量が、今後十萬年内に 300m を超えると考えられる地域)」との記述があり、これをもとに参考資料 P63「最近約10万年間の隆起速度の分布」における「0.9m 以上/1000 年(90m 以上/10 万年)」を回避が好ましい範囲の基準としています。このことから、10 万年程度を時間スケールの目安していると解釈できます。

③上記②の次第であれば、その作業の前提として、資料 P13 の時間スケールを 10 万年程度と明確にしておくべきかと思えます(換言すれば、時間スケールが 10 万年程度であるからこそ、上記②が有効なのだと思います)。危惧するのは、上記①の時間スケールを曖昧にしたまま、上記②の手法が固定されてしまうことです。例えば、仮に想定すべき時間スケールを 100 万年とした場合、上記②に従って(10万年を100万年に置き換えて)参考資料 P63 を参照すると、回避が好ましい範囲は大幅に拡大します。

④いずれにしても、「時間スケール」と「評価の考え方(不確実性の取り扱いや定量化の限界など)」と「評価の方法論」は総合的にとらえる必要があると思えます。また、その意味で安全規制側も巻き込んだ議論と認識合わせが重要だと思います。

意見2:分類(3)

①資料 P21 に「人工バリア設置環境として好ましい主な地質環境特性」として「岩盤の変形が小さいこと」が挙げられており、資料 P22 に「想定されるリスク」として「岩盤の変形が大きいことにより、処分場が破壊される。」といった記述があります。

②ここで、「処分場が破壊される」という表現は、処分場の操業中に岩盤の押し出し等によって地下坑道が崩壊するような現象をイメージしてしまいます。処分場の閉鎖後における、岩盤からの圧力によるオーバーパックの破損等を想定しているのであれば、「人工バリアが破壊される」とした方が良いのではないのでしょうか。

③なお、「変形」とは、力などが加わった結果として生じる形の変化ですので、地質環境特性としては「変形性」や「変形のしやすさ」、あるいは(逆に)「強度」といった表現を使うべきではないでしょうか。

6. 引用文献

1. 氏名 : 長 秋雄

2. 所属 : 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地圏環境研究部門

3. 専門 : 初期地圧評価, 岩盤物性, 文化地質学, 地震学

4. 所属学会 : 日本地質学会, 土木学会

5. 意見

(1)議論の前提(p5~p9, p12~p13)と(2)科学的有望地の要件・基準の検討手順(p10~p11)に対して

平成 24 年(2012 年)12 月 2 日の日本学術会議学術フォーラム「高レベル放射性廃棄物の処分を巡って」での配布資料に, 下記連名による文書「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)-

吉田英一(名古屋大学, 日本地質学会「地質環境長期安定性研究委員会」委員長)

高橋正樹(日本大学, 日本地質学会理事・「地質環境長期安定性研究委員会」委員)

渡部芳夫(産業技術総合研究所, 日本地質学会副会長・「地質環境長期安定性研究委員会」委員)

井龍康文(東北大学, 日本地質学会理事・学術研究部会長)

千木良雅弘(京都大学, 日本応用地質学会会長・学術会議連携会員)

石渡 明(東北大学, 日本地質学会会長)

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).」

この文書に名を連ねた吉田英一-地層処分技術 WG 委員・渡部芳夫-地層処分技術 WG 委員は, 既に 2012 年に「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「確認してきました.」と述べている

両 WG 委員および日本地質学会は, 「確認してきました」とする「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」について, 具体的な地域名とその判断根拠(これは, 地層処分技術 WG が議論してきた「科学的有望地の要件・基準」に相当する)を公表すべきである。(これまでの地層処分 WG の議論は, 不毛・不要であった.)

(3)要件・基準の検討状況(p15~p33)に対して

A. 評価期間「数万年以上」(p17)について

p17に、「高レベル放射性廃棄物の最終処分においては、数万年以上の長期間にわたり人間とその生活環境に放射性廃棄物の影響が及ばないようにすることが求められる。」とあり、評価期間は「数万年」を想定している。

一方、産業技術総合研究所地質調査総合センターは、HLW 地層処分に係る長期的地質変動予測の評価期間を「数十万年単位」・「百万年」としている(下記参照)。

評価期間「数万年以上」の意味が明確でない。「2～3 万年」や「5 万年程度」なのか、それとも産業技術総合研究所地質調査総合センターが考える「10 万年単位」～「100 万年」なのか？

産業技術総合研究所地質調査総合センターの評価期間

(1)「数十万年スケールでの地質変動の将来活動評価・予測は、原子力発電所の安全審査(活断層評価)や放射性廃棄物の安全規制(処分場の長期安定性評価)等において、社会的にも何らかの対応が必要な課題の一つとなっている。」

(2015 年 1 月 16 日 第 23 回地質調査総合センターシンポジウム「日本列島の長期的変動の予測に向けた取り組みと今後の課題」, 地質調査総合センター研究資料集, no.610.)

(2)「将来の数万～数十万年にわたり、その場所で新たな火山が生じる可能性についても、十分評価する必要がある。」(宮城磯治, 同シンポジウム予稿)

(3)「評価期間が百万年にまで至る放射性廃棄物の地層処分などに対する安全規制の技術支援研究を実施しています。」(同シンポジウム配布資料:活断層・火山研究部門>長期地質変動の研究)

(4)「放射性廃棄物の地層処分等の安全規制において必要とされる数十万年単位の長期的な地質変動の研究について、」(地質調査総合センター>活断層・火山研究部門 HP>部門長挨拶)

(5)「数万から数十万年という視野で、」(地質調査総合センター>深部地質環境研究コア HP>ようこそ深部環境研究コアへ)

(6)「この処分が安全であるためには将来数十万年を超える長期にわたって地下の地質環境が安定であることが求められる。」(山元孝広(2001 年 4 月深部地質環境研究センター 長期変動チーム長, 2007 年 4 月原子力安全基盤機構 規格基準部 放射性廃棄物評価室 調査役, 2009 年 4 月地質情報研究部門主幹研究員), 2011, 地質学から見た高レベル放射性廃棄物処分の安全評価—事象のシナリオに基づく長期予測の方法論—, シンセソロジー, vol.4, no.4, 200-208.)

B. 力学場の要件「岩盤の変形が小さいこと」(p21, p22, 参考資料 p25)について

(1)初期応力場の設定(側圧係数 1)は楽観的すぎる。

(2)日本での高レベル放射性廃棄物地層処分事業開始の裏付けとなった(通称)「2000 年レポート」, 1999 年の核燃料サイクル開発機構による「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」での初期地圧状態の評価(水平面内平均応力と鉛直応力の比(0.5～2)を用いて、「地圧も均等に近いような深部岩盤が、わが国に広く存在し得る」)は間違っている。このこと

は当時パブリックコメントした。

「我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術的 信頼性の評価(案)」(平成12年7月13日 原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会)に対する意見(寄せられた意見をそのままタイプしたもの)から再掲する。

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/senmon/old/backend/siryo/back34/siryo2.htm> より

長秋雄 42歳 No.7

我が国の地下の初期応力状態は、「均質」(報告書(案)15ページ)ではなく、3つの主応力の大きさがそれぞれ異なる「不均質」な状態にある。「第2次とりまとめ」では、図 3.3-18(初期応力データ)の結果より、我が国の地下での初期応力状態は「鉛直応力と水平面内応力の比が深度の増加とともに1前後(0.5~2.0)に近づく傾向を示すことが確認されている」と述べ(総論レポートⅢ-71)、「地圧も均等に近いような深部岩盤がわが国にも広く存在し得る」と述べている(総論レポートⅢ-75)。バックエンド対策専門部会の報告書(案)でも、「第2次取りまとめ」の内容を追認し、「その要件(「応力状態が均質に近い」こと:意見者但し書き)を満たす地層が我が国に存在し得ることは示されていると判断できる(15ページ下から6行目から)」と述べられている。

しかし、これまでの初期応力測定結果(例えば、斎藤ほか(1988)(これは、「第2次取りまとめ」で使われているデータ)、TANAKA(1986))では、鉛直応力と水平面内最小応力と水平面内最大応力の大きさは、いずれの成分も深度の増加とともに増加する傾向がある。斎藤ほか(1988)とTANAKA(1986)では、応力の深度分布はそれぞれ以下のように一次近似されている。

鉛直応力 = $\text{Depth} \times 0.023\text{MPa/m}$, $\text{Depth} \times 0.022\text{MPa/m}$

水平最小応力 = $\text{Depth} \times 0.006\text{MPa/m} + 3.25\text{MPa}$, $\text{Depth} \times 0.020\text{MPa/m} + 1.0\text{MPa}$

水平最大応力 = $\text{Depth} \times 0.024\text{MPa/m} + 3.88\text{MPa}$, $\text{Depth} \times 0.029\text{MPa/m} + 2.5\text{MPa}$

これらの結果から、地下の応力状態は、深い深度においても3つの応力成分の大きさは異なり、「均質」な応力状態とはならない。最も大きい応力と最も小さい応力の比は1.5~4となる。「第2次取りまとめ」での地下の応力状態の誤認は、水平面内応力は、本来、水平最小応力と水平最大応力で示されるべきであるのに、両者の平均である「水平面内平均応力」で代表させていることに起因する。

(再掲は、ここまで)

(3)長秋雄・国松直・金川忠・藤井真希・横山幸也・小川浩司・田仲正弘(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—」(Web 閲覧可:地質調査研究報告, 第60巻, 第7/8号, 413-447。)で、測定地点の被り深さが100m以深のものを対象として文献調査を行い、全62地点のデータを収集・整理して、初期地圧状態を考察した。ほとんどの地点で「地圧も均等に近い」とは言えない。被り深さ200m以深の火成岩岩盤では、平均側圧比でさえ2を超える地点が8地点あった(第5.13図)。

C. 山はねについて(p27, 参考資料 p35)について

- (1)前述したとおり, 初期応力場の評価(側圧係数 1)は楽観的すぎる.
- (2)HLW 地層処分地下施設のレイアウトは面的であり, これはトンネルや地下発電所などの直線構造とは異なることに留意すべきである.
- (3)「工学対策により対応できた例があるため, 回避に係る要件・基準は設定しないことが適当と判断」(p27)は楽観的すぎる. 多量の鉄骨やコンクリートの打設は, 地下環境を変化させる要因となる.
- (4)山はねが発生する箇所では, 掘削影響領域(EDZ)は大きくなる.
- (5)側圧係数 2 として, 坑道壁や残柱部での応力集中による崩壊が生じないように, 地下坑道などのレイアウトなどを再評価すべきである.

D. 「隔離機能」「閉じ込め機能」に著しい影響を与える天然事象(p18)について

2011 年東北地方太平洋沖地震(M9)の後に起きた各種の地変(湧水, 「誘発地震」など)について, 検討が必要である. 小職は花崗岩岩体がHLW 地層処分の候補地になると考えていたが, 2011 年東北地方太平洋沖地震(M9)により茨城・福島県境で自然地震が誘発されたこと・湧水が生じたことから, 地質環境の長期安定性の評価はできないと考えている.

地層処分技術 WG の 2014 年 5 月「中間とりまとめ」では, 「概要調査以降の調査・評価手法に関する研究課題」の一項目に「地震活動の評価に反映するための, 東北地方太平洋沖地震後に誘発された地震と湧水(たとえば, 2011 年 4 月 11 日の福島浜通り地震)に関する調査事例の蓄積」が挙げられているが, これは問題の先送りではない.

(3)要件・基準の検討状況

塚原・池田(1989)は, 堆積軟岩(密度 24kN/m³ 以下)で測定した応力値を検討し, 堆積軟岩岩盤では応力値が深さの増加とともに単調に増加することは, 岩盤内に存在する亀裂面での摩擦すべりによるとする「臨界降伏応力モデル」を提唱した.

長(2000)は, 文献調査により収集した日本国内 23 地点の水圧破碎法による測定データでは, 軟岩岩盤での応力値は岩盤密度と正相関することを示した. これらは, (圧密途上にある)堆積軟岩岩盤は応力に対して(長期的時間スケールでは)降伏していることを示しており, 堆積軟岩岩盤での(長期的時間スケールでの)地山強度比は1であることを示している.

堆積軟岩岩盤は, (長期的時間スケールでは)「膨張性地山」と考えるべきである.

6. 引用文献

吉田英一・高橋正樹・渡部芳夫・井龍康文・千木良雅弘・石渡明(2012)「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)-, 日本学術会議フォーラム「高レベル放射性廃棄物の処分を巡って:配布資料, 50-54.

地質調査総合センター(2015)日本列島の長期的変動の予測に向けた取り組みと今後の課題, 地

質調査総合センター研究資料集, no.610.

宮城磯治(2015)マグマ含水量分布からみたマグマ活動位置の評価, 日本列島の長期的変動の予測に向けた取り組みと今後の課題, 地質調査総合センター研究資料集, no.610, 6-9.

山元孝広(2011)地質学から見た高レベル放射性廃棄物処分の安全評価—事象のシナリオに基づく長期予測の方法論—, シンセソロジー, vol.4, no.4, 200-208.

長秋雄・国松直・金川忠・藤井真希・横山幸也・小川浩司・田仲正弘(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—, 地質調査研究報告, 第60巻, 第7/8号, 413-447.

塚原弘昭・池田隆司(1989)地殻応力測定結果から推定し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.

1. 氏名 : 内藤 一樹
2. 所属 : 産業技術総合研究所地質調査総合センター地質情報研究部門
3. 専門 : 情報地質学、岩石学
4. 所属学会 : 日本地質学会、資源地質学会、日本鉱物科学会

5. 意見

(4)使用する文献・データ

参考資料 P19 に記述されている「火山性熱水、深部流体に関連する現象 1」に関連した根拠となる情報として、産業技術総合研究所の深層地下水データベースの情報を基に作成された「スラブ起源水の上昇地域の分布図」が公表されています。

これは、引用文献 1 で提案された深層地下水に混入するスラブ起源水の指標に基づき、全国をグリッド区分したエリアごとにスラブ起源水の上昇の有無を判定し地図に表したものです(引用文献 2)。グリッド区分した地域ごとに、深部流体の上昇可能性の判定と、既存データが存在せず判定対象外である地域が示されていますので、回避が好ましい範囲を判断するための情報の一つとして、この分布図を利用すべきと考えます。

「スラブ起源水の上昇地域の分布図」はウェブ版のデータとして、以下の URL から一般にも公開されています。

https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php?ol=HYDB_LiCl

6. 引用文献

- 1) 風早康平・高橋正明・安原正也・西尾嘉朗・稲村明彦・森川徳敏・佐藤努・高橋浩・北岡豪一・大沢信二・尾山洋一・大和田道子・塚本齊・堀口桂香・戸崎裕貴・切田司(2014), 西南日本におけるスラブ起源深部流体の分布と特徴, 日本水文科学会誌, 44(1), 3-16.
- 2) 風早康平・高橋正明・切田司・内藤一樹・渡部芳夫(2015), 日本列島におけるスラブ起源水の上昇地域の分布図, 地質調査総合センター研究資料集,no.616

1. 氏名 : 幡谷 竜太

2. 所属 : 一般財団法人 電力中央研究所

3. 専門 : 応用地質学

4. 所属学会 : 日本応用地質学会, 日本地質学会, 日本第四紀学会, 日本原子力学会等

5. 意見

(1)議論の前提, および, (3)要件・基準の検討状況に対して

参考資料21ページ「断層活動に関連する現象①」の「設定の根拠」において、ここで言う活断層を「最近の地質時代(約200万年前～)において繰り返し活動し、変位規模の大きい既知の断層」としている。しかし、地層処分で考慮する断層については、十分な議論がなされていない状況にあり、中間取りまとめでも明言されていない。一方、将来数万年より長い時間スケールの地質現象を考えた時に、繰り返し活動する可能性がある断層として、この時点での最初のスクリーニングとして産総研活断層データベース等しかるべき文献・資料に記載された断層を取り上げることには合理性がある。したがって、明確な判断基準を設けるという観点から、ここでは本WGで採用した文献により判断することに徹し、地層処分で考慮する断層については今後議論するということとしてはどうか。

6. 引用文献

井上大栄・幡谷竜太, 2011, 応用地質, 第52巻, 1号, 14-18頁.

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjseg/52/1/52_14/_article/-char/ja/

(活断層の定義, 事業で考慮する活断層の定義の事例紹介)