

核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合

第317回

令和元年11月27日（水）

原子力規制委員会

核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合

第317回 議事録

1. 日時

令和元年11月27日(水) 14:00～16:28

2. 場所

原子力規制委員会 13階 会議室D、E

3. 出席者

担当委員

田中 知 原子力規制委員会委員

原子力規制庁

山形 浩史 緊急事態対策監

小野 祐二 原子力規制部 新基準適合性審査チーム チーム長補佐

大塚 伊知郎 原子力規制部 新基準適合性審査チーム チーム員

金岡 正 原子力規制部 新基準適合性審査チーム チーム員

菅生 智 原子力規制部 新基準適合性審査チーム チーム員

長井 宏樹 原子力規制部 新基準適合性審査チーム チーム員

村岡 進 原子力規制部 新基準適合性審査チーム チーム員

山田 憲和 長官官房 技術基盤グループ 核燃料廃棄物研究部門 首席技術研究調査官

入江 正明 長官官房 技術基盤グループ 核燃料廃棄物研究部門 主任技術研究調査官

青木 広臣 長官官房 技術基盤グループ 核燃料廃棄物研究部門 技術研究調査官

日本原燃株式会社

佐々木 泰 埋設事業部 開発設計部長 兼 設備設計グループリーダー

矢込 吉則 埋設事業部 開発設計部 開発設計部副部長

南 将行 埋設事業部 開発設計部 開発設計部副部長

小澤 孝 埋設事業部 開発設計部 安全評価グループリーダー

太田 征志	埋設事業部	開発設計部	安全評価グループ主任
田村 直之	埋設事業部	開発設計部	安全評価グループ主任
平井 哲	埋設事業部	開発設計部	土木技術グループ主任
熊谷 守	埋設事業部	開発設計部	埋設技術グループリーダー
長谷川 優介	埋設事業部	開発設計部	埋設技術グループ担当
澤木 優太郎	埋設事業部	開発設計部	埋設技術グループ担当
小瀬村 隆	埋設事業部	開発設計部	安全評価グループ担当
福住 晃	埋設事業部	開発設計部	土木技術グループリーダー

4. 議題

(1) 日本原燃株式会社廃棄物埋設施設の事業変更許可申請について

5. 配付資料

- 資料 1 - 1 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について
1号廃棄物埋設地の覆土工事を踏まえた廃棄体の埋設条件の変更
- 資料 1 - 2 - 1 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について
第九条第二号 異常時の放射線障害の防止等（廃止措置開始以後の評価）
- 資料 1 - 2 - 2 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について
第九条第二号 異常時の放射線障害の防止等（廃止措置開始以後の評価）補足説明資料集
- 資料 1 - 3 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について
第十三条 地下水の水位等の監視設備
- 参考資料 1 - 1 廃棄物埋設施設 前回までの審査会合における主な論点と対応について
- 参考資料 1 - 2 廃棄物埋設施設 事業変更許可申請 審査会合説明スケジュール

6. 議事録

○田中委員 それでは、定刻になりましたので、ただいまから核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合第317回を開催いたします。

本日の議題は、日本原燃株式会社の廃棄物埋設施設の新規制基準に対する適合性についてであります。日本原燃株式会社には、これまでの審査会合におけるコメントの回答などについて説明いただくこととなっております。

それでは、まず、資料1-1、1-2-1、1-2-2について説明をお願いいたします。

○日本原燃（小澤グループリーダー） 日本原燃の小澤でございます。

それでは、資料1-1と1-2-1、1-2-2を御説明いたします。

まず、資料1-1でございますけれども、こちら1ページをお願いいたします。こちらは、1号埋設地の覆土工程について、前回の審議会合におきまして許可の時期までに1～6群の覆土を行うという御説明をさせていただきました。お示しした工程の成立のためには、計画どおり廃棄体を埋設していく必要があるということで、現状の廃棄体種類の発生状況を踏まえまして、廃棄体の埋設条件を変更するものでございます。

変更の内容は2点ございます。1点目といたしましては、これまで1号埋設施設については、均質・均一固化体のうち、セメント固化体の割合を1群ごとに80%以上となるように埋設しておりました。しかしながら、現在のセメント固化体の発生状況を踏まえまして、今後、埋設を行います6群の2基につきましては、全ての種類の廃棄体、すなわち、セメント固化体以外のアスファルト固化体とプラスチック固化体を埋設できるように制限をなくして6群全体でセメント固化体の割合を60%以上になるように変更をしたいと考えてございます。

2点目としましては、7群の埋設設備5基のうち一つの埋設設備に均質・均一固化体を埋設するという計画としていたしましたが、6群の覆土施工に際しまして、7群の覆いが完了しているという必要がございますので、充填固化体の埋設を優先して、均質・均一固化体は7群から8群に埋設するという変更を行います。あわせて、8群に埋設する均質・均一固化体については、全ての種類の均質・均一固化体を埋設できるように変更したいというふうに考えてございます。

このような変更に伴いまして、一部はやはり線量評価の条件の見直しが必要となります。2ページの第1表にその変更する線量評価パラメータということで記載してございますが、セメント固化体、いわゆる収着を期待してございますセメント固化体の割合が変更になりますので、主には分配係数の設定と、あとは、セメントの体積割合を変更して再評価をしてございます。

変更したパラメータと線量の結果については、資料1-2-1と資料1-2-2で御説明いたしま

す。

資料が変わりまして、資料1-2-2の補足説明資料8の23ページをお願いいたします。第14表に均一・均質固化体の分配係数の設定値を記載してございます。6群のセメント割合が60%に変更になりますので、表の右から2列目の欄でございますけれども、セメント固化体の割合を0.8から0.6に変更して分配係数を再設定してございます。60%となりますのは6群だけでございますけれども、評価では1～6群全体を0.6ということで評価してございます。

また、その表の下に記載がございますけれども、8群に埋設する均一・均質固化体については、セメント固化体以外が埋設されるということを想定いたしまして分配係数を設定しないという変更をしてございます。主な変更というところは、今、御説明したところになります。

このような変更を行った後の線量の結果でございますけれども、こちらは、また資料が変わりますけれども、資料1-2-1の72ページをお願いいたします。こちらに廃止措置開始後の評価の結果ということで、それぞれ三つのシナリオの線量の結果を記載してございます。いずれのシナリオ、基本シナリオ、変動シナリオ、その他のシナリオにつきましても、今回の変更によって線量は大きく変わるということではなく、基準を下回るということを確認してございます。

資料1-1に関連する線量評価の変更に関する説明は以上になります。

引き続き、前回の審査会合でいただいたコメントに対する対応結果について御説明いたします。

資料1-2-1の最初の9ページをお願いいたします。ixページ目です。こちら、コメントNo. 149～151が前回の審査会合でいただいたコメントになります。それぞれ、コメントNo. 149はガス発生影響に関するコメント。

○田中委員 ちょっとすみません。今、どのページ。

○日本原燃（小澤グループリーダー） ixページ。最初のコメント欄のところのixページ目です。資料1-2-1です。

コメントNo. 149がガス発生影響に関するコメント、コメントNo. 150が地球化学解析に関するコメント、コメントNo. 151が地下水解析に係るコメントとして3件いただいております。それぞれについては、それぞれ補説説明資料のほうに反映してございますので、こちらについてはちょっと個別に説明させていただきます。

○日本原燃（太田グループ主任） 日本原燃の太田でございます。

コメントリストのうち、コメントNo. 149への回答をメインに資料1-2-2、補説説明資料集のうち、補足説明資料3を用いまして説明をさせていただきます。

補足説明資料3のうち、添付資料の1ページをお願いいたします。まず、資料の構成といたしまして、まず初めに「1.1 廃棄物埋設地において想定されるガス発生及びガス移行のメカニズム」として現地におけるガスの発生状況について整理いたしまして、続く添付資料3ページの「1.2 ベントナイト系材料中のガス移行メカニズム」といたしまして、難透水性覆土へのガス発生影響について、破過メカニズムの整理を行い、ガス透気試験結果による考察をまとめております。

それでは、添付資料の1ページに戻りまして、1.1の(1)ガスの発生源及び発生量に関する説明をさせていただきます。

a)に記載のとおり、覆土完了までの期間におきましては、埋設設備内に浸入する水の量は極めて少ないということから、この期間における廃棄物層からのガスの発生は無視できるものとしております。

続きまして、b)に記載のとおり、排水監視設備による排水の終了後の期間におきましては、周辺の地下水が埋設設備の内部に浸入することから、ガスの発生を想定し検討する必要がありますとしております。

添付資料の2ページをお願いいたします。ガスの発生に際しまして、アルミニウムの腐食及び鉄の腐食、これらによりまして、それぞれ記載の量の水素ガスが発生すると考えられます。既往の検討から、2号廃棄物埋設地を対象としたガス発生量に関しましては、標準状態において埋設設備一基当たり最大 $500\text{Nm}^3/\text{y}$ であると算定されております。同じく3号廃棄物埋設地、こちらに関しましては、埋設可能な廃棄体本数の違いから、最大で $1,000\text{Nm}^3/\text{y}$ と算定できますが、埋設設備当たりのガスの発生量に関しましては、2号とほぼ同等であると考えております。

添付資料の3ページをお願いいたします。飽和ベントナイト系材料中のガス移行メカニズムといたしまして、第1図に示す概念図、こちらがでございます。①に関しましては、間隙水中の溶存ガス拡散による移行。②は低密度部などにおける選択的経路を形成する可能性が高い移行。③は卓越経路の形成を伴うガス移行。最後に④といたしまして、今ほど御説明した①～③の共存として整理がされております。

廃棄物埋設地におきましては、想定されるガス影響として、ガスの発生時期や埋設設備

からの距離等に応じまして全てのパターンが考えられることから、一つに限定することは難しいと考えられますが、覆土への影響度を考慮しながらこれ以降でガス影響について検討をさせていただきます。

添付資料の4ページをお願いいたします。今ほど整理いたしましたガス移行メカニズムを踏まえまして、難透水性覆土の透水係数への影響について検討を行います。

添付資料の5ページ以降で詳細はお示ししておりますが、ベントナイト配合率20%～30%のCa型ベントナイト混合土を用いた透気・透水試験結果によりますと、先ほど整理いたしました①～③ないしは④のガス移行メカニズムのうち、②の気液2相流、あるいは③のハイドロリックフラクチャリングであると想定しております。

こちらに関しましては、添付資料の7ページに飛びますが、こちらの第3図を用いて詳しく御説明をさせていただきます。

第3図の左側のグラフに関しましては、横軸が経過日数、縦軸がそれぞれの圧力あるいは応力を示しております。試験日数の経過、すなわちガスが昇圧していく段階に従いまして、黒い実線で示されておりますガス圧が、赤い実線の軸方向全応力と途中で同等となり、交わるという形になります。その後、ともに圧力上昇をしているということが見てとれることから、ガスが抜けずに内圧が高まっているというさまが確認できるかと思えます。

また、第3図の右側のグラフに関しましては、同じく横軸は経過日数でございますが、縦軸は排気量となっております。この排気量が急激に増大しているということも確認できますので、ガスが抜けるための卓越経路の形成を伴う、先ほどの③に示すガス移行が発生しているというように判断ができます。

ここでベントナイト配合量20%の場合におきましては、同じく第3図の左側のグラフのうち、先ほど交わっている黒い実線と赤い実線に関しまして、お示ししているようにグラフのように交わずに一定の差を保ったまま試験を終了しているという状況となっております。その一定の差、交わらなかったことに関しましては、増分のガスが内部にたまらずに、混合土内へ間隙水圧の消散を伴う透気が起きているということを示しており、低密度部などにおける選択的経路を形成している可能性があると考えられますので、20%配合に関しましては、③のような明確な卓越経路を突発的に形成するようなガス圧に至らず、②の気液2相流の可能性もあるということが想定されます。

続きまして、添付資料の9ページをお願いいたします。まとめですが、以上のことから、ベントナイト混合率によってガス移行メカニズムに違いは見られますが、両者においてガ

ス透気前後の透水係数に大きな変化は見られず、ガス透気によってベントナイトが流出しやすいハイドロリックフラクチャリング、モードとして③のケースが発生していることを確認し、その場合においても低透水性に対する自己修復性を確認しているため、ガス発生による覆土の低透水性への影響はないと判断しております。

以上で御説明を終わります。

○日本原燃（田村グループ主任） 日本原燃の田村と申します。

続きまして、コメントNo. 150、地下解析の妥当性、保守性の追加説明のコメント対応について、資料1-2-2、補足説明資料5、状態変化の評価（化学的影響）のうち、添付資料3を用いまして説明させていただきます。補足説明資料5の添付資料3「覆土が長期的にわたり低透水性を維持することができる要因」の資料を御覧ください。

まず、本資料の全体の趣旨ですけれども、補足説明資料5の添付より前の本文でお示した地下解析結果、代表的な地下解析結果の妥当性、保守性、合理性を説明するため、種々の感度解析もしくは極端な劣化が生じた場合の影響度評価というものを補足するためにつけている添付資料でございます。

まず、「2. 難透水性覆土の透水係数に影響を与える因子分析」というものを行ってございます。図としては、補5添3-2の第1図にまとめてございますけれども、透水係数に影響を与え得る因子として、大きく四つのものを挙げてございます。一つが、モンモリロナイトの交換性ナトリウム割合、空隙水の当量イオン濃度、モンモリロナイトの体積割合、そして空隙率です。

このうち、本解析で初期値として与えているのをオレンジの縦線で、本解析においてイオン化結果から逆算した場合にどの程度、パラメータが振れたかというのをオレンジのハッチングの範囲でお示ししてございます。青い線が、横軸をそのパラメータを振った場合に、透水係数としてどの程度の影響があるかを表したものでございます。御覧のとおり、一番青色の線が上向き、透水係数を大きく劣化させるほうですね。縦軸の数値が大きくなるほうに振れているのは左下のモンモリロナイトの体積割合でございますので、四つの因子のうち、特に一番モンモリロナイトの体積割合というものが難透水性覆土の透水性を支配する意味で重要な因子になるということがおわかりいただけるかと思えます。

したがって、次の3. では、透水係数を支配する左下のモンモリロナイトの体積割合、これにいろんな種々の感度解析を行いまして、どの程度、モンモリロナイトの体積割合が変化を受けるかということの評価してございます。

具体的には、補5添3-4以降に3.1、3.2、3.3、3.4と四つの感度解析の係数をお示しして
ございます。

まずは、「3.1 モンモリロナイトの溶解速度の影響」について御説明させていただきます。

モンモリロナイトの溶解速度は、本文の中では溶解実験から得られた溶解の速度を使っ
ていますけれども、ここでは極端な現実的にはあり得ない仮想的なケースとして、瞬時に
モンモリロナイトがアルカリに接触した場合、平衡になる、要は、瞬時に溶けるというよ
うな極端な解析の空想上の設定を行いまして、その影響度を見たのが3.1でございます。

結果は、第5図というのが補5添3-6に載っておりますけれども、左側が等価透水係数
の変遷、右側が1,000年後の鉱物分布でございます。健全なモンモリロナイトが緑色で表
してございますが、右側からアルカリがタップされた場合に、変質したのが赤いところで
ございます。御覧のとおり、赤いところが半分辺りまで変質はしてございますけれども、
逆に言えば、緑の健全なモンモリロナイトが半分以上、左側に残っておりますので、仮
に瞬時に溶けるといような空想のような設定をしたとしても、ベントナイトが十分、モ
ンモリロナイト体積割合は十分残ることがお示しできているというふうに考えてご
ざいます。

同様に、極端な感度解析を3.2に載せてございまして、これは、難透水性覆土の拡散係
数というものを、実際は固相がある実効拡散係数というものを使ってございますけれども、
仮に固相がなく、液相に赤インクを垂らしたような流水の拡散係数と呼ばれるもので、全
く固相の抵抗を受けずに広がる極端なケースで感度解析を行ったものでございます。

3.2の結果は、第6図、第7図にお示ししてございますけれども、若干赤いところが広く
広がりますが、やはり緑のモンモリロナイトというものは十分に残存してございますので、
左側にお示しした等価透水係数の変遷も大きく影響を受けることなく推移している結果と
なっております。

続きまして、「3.3 ベントナイト中の随伴鉱物の反応の影響」についてコメントをいた
だきましたので、それについて同じく極端なケースで感度解析の比較を行ってございま

すけれども、仮にアルカリが来ても全く反応しないという極端な設定を行ったのが3.3
でございます。

これについて、結果は第8図、第9図に載せてございますけれども、同様に赤い変質が右

側から生じてございますが、緑色のモンモリロナイトが健全な部分が大部分で残ってございまして、左側の等価透水係数を見ましても 10^{-10} から大きく振れることはなく、健全な状態を維持してございます。

3.4が最後ですけれども、弊社の施設に使われているセメント材料は、フライアッシュやスラグ等が添加されたセメントですけれども、ここでは空想の現実的には使っていないOPCというものの、一番アルカリが強烈なセメントですけれども、これを仮想的に与えまして感度解析の影響を見たのが3.4でございます。

3.4の結果は、第10図、第11図にお示ししてございますが、今までの感度解析と同様に、緑色の部分が半分以上を占めてございますので、全体を総括いたしまして、かなり極端な感度解析を行いましたけれども、緑色のモンモリロナイトが十分に残っており、今までお示した評価の保守性が、もしくは妥当性、関係性が十分あるものだというふうに考えてございます。以上を4.にまとめて記載させていただいてございます。

コメントNo.150に対する回答は以上のとおりでございます。

○日本原燃（平井グループ主任） 日本原燃の平井と申します。

コメントNo.151について説明させていただきます。

補足説明資料7の添付資料2を用いて説明したいと思っておりますので、お願いいたします。

補7添2-1を御覧願います。敷地内で取得した間隙水圧測定から求めた全水頭と、取得時の地盤状況をモデル化して2次元地下水浸透流解析により求めた全水頭を比較することによって、3号廃棄物埋設地の2次元地下水浸透流解析モデルの現況再現性を確認した結果を説明します。

解析モデルにおいては、埋設設備からの流出水量を求めることから廃棄物埋設地付近の地下水の流れが再現できていることが重要だと考えます。そのため、廃棄物埋設地周辺地盤の透水係数と現在の状況をモデル化して、現況再現解析を行いまして、埋設設備付近の透水勾配等を再現できているかを確認しています。

具体的には、埋設設備設置地盤付近の実測と解析結果から求めた地下水の流向、動水勾配、全水頭深度分布の三つについて実測と解析結果を比較することで現況再現性を確認しています。

解析条件について、補7添2-3から2-5に示しています。細かい説明は省略させていただきますので、御確認願います。

解析結果を補7添2-6以降に整理しています。まず、地下水の流向についてですが、補7

添2-7の第4図(b)の全水頭等高線図を御覧ください。埋設設備設置地盤付近の流れは、鉛直下方成分を含む水平流れとなっております。現況を再現できていると考えています。

次に、動水勾配になりますけれども、補7添2-8を御覧願います。補7添2-8の第5図(c)のところの動水勾配分布になりますけれども、埋設設備設置地盤付近の動水勾配は、1%～6%で、仮置土の影響を受けているものと考えられます。そのため、仮置土がない場合についてもモデル化をしまして解析しました。その結果が、第5図(d)になります。埋設設備設置地盤付近の動水勾配は、2～5%程度と鷹架層表面の急な箇所での勾配5%よりも概ね小さい値となっております。

補7添2-9の第6図を御覧ください。現況再現解析結果と実測値の全水頭等高線と動水勾配を比較しています。動水勾配については、実測値2.7～7.5%に対しまして、現況再現解析では1～6%と若干小さい値を示しますが、概ね再現できていると考えています。

最後に、全水頭標高分布ですが、補7添2-9の第7図の全水頭標高分布を御覧ください。全水頭標高分布の実測値と現況再現解析結果の差は最大2m程度になりますけれども、それと全水頭標高分布の勾配については概ね同じ程度となっておりますので、現況を再現できていると考えています。

以上の結果をもちまして、現況再現性を確認しました。廃棄物埋設地周辺地盤の透水係数を適用した2次元地下水浸透流解析モデルを埋設設備からの流量の算出に適用できると判断いたします。

コメントNo. 151については以上です。

○日本原燃（小澤グループリーダー） 日本原燃の小澤でございます。

資料1-1と1-2-1、1-2-2の御説明は以上でございます。

○田中委員 ありがとうございます。

それでは、ただいまの説明に対しまして、規制庁のほうから質問、確認等をお願いいたします。いかがですか。

○山田首席技術研究調査官 原子力規制庁の山田でございます。

まず、ガス発生の影響について質問をさせていただきたいと思います。

本件につきまして、前回の資料のところからいろんな試験の結果を示されて、その結果、大破過という言葉で以前に遣われていましたが、それが起きた後においても透水係数があまり変わらないということをもって安定性が示されるんだという説明をされてきたと思います。

それに対しまして、試験条件と実条件がうまく合っていないのではないかということをご指摘いたしました。そのことは、試験所の破過の圧力が現地の難透水性覆土の上に載っている上載荷重よりも大分大きな圧力で初めて起きている現象であると。したがって、実際に、であるとすると、大破過が起きる前に覆土が盛り上がるような、そういったことが起きてしまうのではないかということをご申し上げました。いろいろ文献とかを示されて、その結果、文献の情報によると、初期応力、これを越えたところで大破過が起こるんだということ。

今、実験条件よりも上載荷重、大分、初期応力が小さいので、そこはもう少し小さい圧力で抜けるということがあり得るか。ただし、初期応力というのが、結局どの圧力かということ、上載荷重に当たるのだということですので、依然として、抜けるときに全体が変形するようなモードがあるかどうかということについては、懸念が残っていると思っております。

特に、試験におきましては、これ、試験装置が補足説明資料3の添付資料の6ページのところ載っておりますけれども、こういった変形を拘束する条件での試験になっておりますので、ハイドロリックフラクチャリングという言い方をされておりますけれども、そのときの変形の量というのは、恐らくmmか、mm以下ぐらいの変形のことを言っていて、それより大きな変形は、拘束しているような条件、そういったことが起きるのか、起きないかということについては、依然としてそのお答えをいただいていないと思っておりますが、そこについては、これ以上情報がないということをございましょうか。

○日本原燃（太田グループ主任） 日本原燃の太田でございます。

今ほど補3添-6の第1表を説明していただきまして、特に懸念といたしましては、現地で有効上載圧以上の大破過、中のガスがたまりまして、破過圧が高まった後に、上の覆土が盛り上がるようなことが起きてしまうのではないかという懸念でございます。その懸念の原因といいますのが、有効破過圧が0.15に対して1.26ですとか、0.85、特に30%配合の場合に起きているというところから、そのような懸念を持たれていると認識しております。

本件に関しましては、実際にはやはり上載圧と等圧になった、ほぼ同程度になった際に覆土に破過が生じるものと考えられますが、本試験装置に関しましては、これはおっしゃるとおりで、試験装置のサイズですとか、そういった例えば上板のところに鋼製の部材が平面的に押さえてあるですとか、そういったところから現地以上に、この供試体がガス圧に対して耐えているという可能性というのは否定できないと考えております。

しかしながら、やはり現地では力のつり合いを考えますと、上載圧と同程度でガス破過が発生すると思います。ただ、それで、本件に関しまして、大破過時の圧力というものがどのようなものに依存するかということを考えますと、供試体の配合による透気性、30%配合か20%配合かというところの透気性ですとか、あとはガスの発生速度による消散をする、しない、追いつく、追いつかないといったところの議論、あるいは、供試体の厚さ、周辺の外力、こういったところに依存しまして大破過の圧力というものがそれぞれ変わってくるのではないかと考えております。

そのため、例えば混合率が高い、透気性の低い場合に関しましては、破過圧が高くなってしまいます。逆に、ベントナイト配合が低い場合には、大破過が小さくなる、あるいは、破過にとどまるというようなことが考えられます。

ですので、仮に現地で発生する応力以上の拘束圧が、試験装置内で発生した場合におきましても、その分、大破過に必要なガス圧が増えるということは、大破過による損傷影響というものが大きくなります。そういったことも考えられますので、そこに保守性が生まれてくるのではないかと考えております。

その辺りの現象の考察等はございますが、補3添-7の第3図に示しております、先ほど私が御説明させていただいた黒いガス圧と赤線の軸方向応力の増加傾向と、あと排気量の急激な増大と、こういったところから確実に③のモードである経路を形成するようなハイドロリックフラクチャリングによる大破過というものは、確実に再現できていると、確実に発生しており、その破過が起きた後の損傷程度が大きい破過が起きた後の透水係数を確認しますと、透気前後で有意な増大はしていないということをお本試験より確認できておりますので、その結果でもってガス透気の現象で最も損傷影響の厳しいという状態を再現できていて確認ができていますものと考えております。

○日本原燃（佐々木開発計画部長） 日本原燃の佐々木でございます。

ちょっと補足をさせていただきます。今、変形についての御質問というか、御心配をいただいておりますけれども、ここのガスの御説明の中では、ガスが透過することによって、この大事なベントナイト混合土、難透水性覆土。こちらの性能が変わるかどうか、低下するかどうかということに着目して、この部分では御説明をさせていただきます。

変形については、ガスによって、仮に難透水性覆土が変形したとしたらということについては、確かに御説明はしていないんですけれども、変形に関しては、別途、金属の膨張のところはかなり大きな変形のモードに関して、あまり難透水性覆土への影響がないとい

うようなことを御説明しますので、変形については、逆にそちらのほうに包含されているというふうに考えております。

繰り返しますが、ここで着目して御説明しますのは、ガスが破過したことによってベントナイトの性能が変わるかどうかと。その破過に関しては、先ほど破過のモードが②と③と二つの概念図で御説明してはいますが、②のモードですと、それこそ大きな変形もなく、ベントナイト混合土の砂の部分の骨格もそんなに変形しないでガスが抜けていくので、イメージ的には、気体が抜けるときにベントナイトの粒子を押し出すよう、あまり押し出しにくようなモードに②は見えますので、試験が②のモードだけでやっていると、本当にガスの透気によってベントナイトが押し出されて、性能が落ちるといったことが確認できていないんじゃないかということは懸念されるんですが、ここで御説明していますのは、③のモード、つまり、大破過に至るような単に骨格構造が多少変形するようなモードにおいても試験をして、それで透水係数が前後で変わらなかったということで、難透水性覆土への影響、透気による影響は、あまりというか、確認できていないということはこの部分では御説明をしたという、そういう趣旨でございます。ちょっと補足させていただきました。

○山田首席技術研究調査官 原子力規制庁の山田でございます。

ちょっとまだ質問の趣旨が伝わっていないのかなと思います。確認いたしますが、今、おっしゃられたように、モードの②と書いていますか、気液2相流のモードで、さらには、②のモードであっても、これが上載荷重を上回らないぐらいの状態が起これるのであれば、これで透気が終わるのであれば、それによる影響があまりないだろうということについては御説明されていると思っております。

ずっとお聞きしておりますのは、上載荷重を上回るような圧力がたまったときに、もっとこれを上回るような影響モードがありませんかということをお聞きをしております。何しろ、そこに至ることがあるのですか、ないのですかということをお聞きしていません。

少し数字を当たってみますと、ガスの発生量が一基当たり年間1,000m³と、決して少ない量ではないと思います。1基当たりの上板の表面積が40m×60mぐらいですので、約2,400m²で、気層の厚さはあまり決めようがありませんけれども、仮に1cm、0.01mあるとすると24m³になります。したがって、1,000m³発生して、これが24m³のところにもしたまるとすると、40気圧になると。もちろん40気圧になる前に上載荷重相当の圧力、上載

荷重は約2気圧相当ぐらいだと思いますが、それともとの大気圧1気圧を足して3気圧分だとしても、年間十数回、この大破過が起きるといふふうに言われているのかなと思います。

その破過ごとにどのくらい気体が抜けるかというところ、百数十、もっとですかね、約200m³ぐらい、標準状態において、ぐらいのガスが抜けるということ、この日本原燃の想定ですとそうなるということになります。

これが、今、試験で示されているような大破過が起きました、その後、水を戻したら透水係数が戻りましたという条件に合っているんですかということをお聞きをしているところです。

○日本原燃（太田グループ主任） 日本原燃の太田でございます。

今ほど御説明いただきました最後のほうの200m³ほど抜けると、年間でしたか、抜けるというふうなお話に関しまして、すみません、ちょっと今、計算が手元で追いついておりませんので確認はとれないんですが、要するに大量のガスが抜けるということに関しましては、今回の試験内容で大破過をどのように定義しているかというところを文献で確認しますと、排気量が急激に増大したタイミングというふうな定義をしております。

もう少し具体的に言いますと、排気量の急増により短時間、およそ30分以内に一本当たりのガスボンベ、7m³ですが、ヘリウムガスが全て透気し、その透気した後のガスボンベ内の圧力も低下した状態と、そこまで相当量のガスをかけているという室内試験となっております。年間、埋設地では相当数のm³のガスが出るかとは思いますが、基本的にガスの発生に関しましては、やはり緩慢であるということと、たまり切った状態で、緩慢であるので、今ほどの試験結果のような長い時間いくということはないということがまず一つは考えられます。

あとは、ただ回数に関しまして、確かに何度か、ガス破過が起きますと、その亀裂表面といいますか、破過の内面に関しましてはベントナイトの流出ですとか、そういったことは起こるかもしれませんが、その幅というものは、極めて狭い領域によるものだと考えておりますので、それこそ全体の透水係数、全体系としての覆土の透水性に対して、今の評価結果に影響が出るようなものではないと考えております。

○山田首席技術研究調査官 原子力規制庁の山田でございます。

影響のある、なしにつきまして、今、お聞きした範囲では、根拠をあまり示されずに、言葉で言われただけのように聞こえます。したがって、そこには根拠が必要かと思えます。

さらに、今の御説明の中で、ガスの発生が1,000m³/yよりも一基当たりずっと少ないも

のであるかのような御説明をされて、それを前提にお話をされたように聞こえました。

この発生量につきまして、相当いろんな保守性があるということ自体は認識しております。ただ、ロジックとして、これだけ発生して、それでも抜けても元に戻るんだという、そういう組み立てをされているので、その組み立てについては、証明できる情報が十分示されていないのではないかとということをおし上げております。

むしろ、この発生量につきまして、本当にこれだけ発生をするのか、もしこれだけ発生をするとすると、そもそも施設の中に水が入ってきて抜けていきますという、そっちの想定と相当違った状態にもなってくると思うんですね、中が気体で満たされているような状態になりますので。ですので、一体どこが本当のありそうな姿だと思われているのかということをしっかり整理されて、説明をされて、ありそうな姿の中ではどうなんだと。もし万が一、極端な場合、触れたとしてもどうなんだということをしっかり整理をされて、説明をしていただきたいと思います。

○日本原燃（佐々木開発計画部長） 日本原燃の佐々木でございます。

実際に起こるであろう状態を設定、当然、試みはするんですけども、なかなか、容易ではございません。中に気体が発生し始めれば、当然、金属と水の接触は、その付近でしくくなってガスの発生が弱まると、そういったようなもの、それで気体が動き始めて水と気体がどういうふうに置換していくかとか、そこをリアルに起こり得そうな状態というのをきちっと想定をするというのは、そう簡単ではないというふうに考えてございます。

したがいまして、私どもは、どういう状態になるかということについては、御説明は全然していないのはそのとおりなんですけれども、本当にどういう状態になるかということを追求するという方法ではなくて、さっきも申し上げましたけど、ガスが抜けたときにベントナイトへの影響があるのか、ないのかということに着目をして、どういうふうに抜けるかとかということに関しては、ここではそれがわからなくてもベントナイトへの影響については説明ができるだろうというスタンスでとりあえず御説明をしております。そういう意味では、この試験の条件は、実際には、1回ガスがパスして抜けて、その後、再冠水させて透水係数が大きくならなかったという、その1回分の試験しかしていないのは、そのとおりではありますけれども、それが複数回起こったときにも変わらないのかということに関しては、試験のデータとしては不足かもしれませんが、ガスが透気することによって、一番懸念するのは、気体と一緒にベントナイトの粒子が流出してしまうということになれば、性能が下がると。ただ、実際には気道がすごくたくさんできれば、そうい

うこともありますでしょうけれども、気道の数がそんなに多くなければ、一部の気道からベントナイト粒子が抜けても、全体の性能に対する影響はあまりないと思っておりますが、そういうことも含めて、比較的ガスの透気によってベントナイトを押し出す可能性のある条件としては、厳し目の条件でやった試験結果も含めて、透気後の透水係数が大きく変わらないということをお示しをしたということで、先ほど言われた本当にどういう状態が起こるのかということをしかり推定するということは、かなりハードルとしては高いというふうに考えていまして、それが必ずしもわからなくても安全性についての説明、判断ができるのではないかと考えておりますが、そこはいかがでございましょうか。

○山田首席技術研究調査官 原子力規制庁の山田でございます。

ロジックにつきましては理解をしているつもりです。すなわち、極端な設定をしても、その結果起きる、割と極端な事象を想定しても性能に影響がないということで説明ができるのであれば、そういう道もあると思います。そういうスタンスで説明されているんだろうと理解をしております。

しかしながら、繰り返し申し上げておりますように、あくまでもこれは大きな、ばかっとな開くような、そういった変形は起きないような条件の試験しかやっていないということ、それから、抜けるガス量につきまして、年間十数回、毎回200m³ぐらいが放出されるような、そういったことを想定したようなときの戻り方ということを見ていることになっているんですかということにつきましては、口頭でそういうふうに思うということはおっしゃられましたけれども、根拠を示されていないと思います。それがもっと情報が出されて、示されるのであれば、それでそれで成立すると思いますけれども。そちらの道がもし難しいとしたら、発生のほうをより現実的なことを考えるということも手ではないですかということをおし上げたということでございます。

○日本原燃（佐々木開発計画部長） 日本原燃の佐々木でございます。

そのばかっとな開くという、おっしゃっておるんですけれども、それが、今回お示ししている条件よりも厳しいような状態が、つまりベントナイトの流出という視点に立ったときに、もっと厳しい状態があるのかという、そこところがちょっと、ばかっとな開くというところのイメージがちょっとよくわからないんですけれども、要は、実際には上から上載圧も受けていて、拘束も受けていて、そんなに大きく破壊する手前、要は、ここの条件で示したようなガス圧と拘束圧の関係になれば、その状態でガスは抜け始めて、そんなに大きく破

壊す前に、手前でガスは抜けていくというふうに考えます。

ですから、この条件は、実際に気液2相流のケースもやっていますけれども、気液2相流でなくてガスが抜けるような状態も模擬していて、それは、この状態というのは、そういうハイドロリックフラクチャリングのようなメカニズムで抜けるときの透気の現象としては、これよりももっと厳しい条件があるというふうにはちょっと考えていないんですけれども、それは、これより厳しい条件があるというふうにお考えなのでしょうか。そこを確認させていただきます。

○山田首席技術研究調査官 原子力規制庁の山田でございます。

今おっしゃられたように、上載圧ぎりぎりに達したところで、ほとんどこれを超えないところで直ちにこちらから破過をするということであれば、あまり大きな影響はないかもしれないでしょう。

一方、例えば、空きシールドからガスが漏れて大量の土砂を噴出するというようなことがたまに起きますけれども、ああいったことはじゃあどうやって起きるんですか。多分、計算上抜ける圧力よりももう少しだけもってしまっ、それから抜け始める。その後、抜け出した穴から大量の土砂とかが噴出されると、そういったことじゃないかと思うんですが、そういったことが起きないということが保証されているというふうにお考えだということでしょうか。

○日本原燃（佐々木開発計画部長） 日本原燃の佐々木でございます。

ちょっと山田様がイメージされている現象が、よくこちらが理解できていないのかもしれませんが、要は、この試験、ガス圧がたまって、それが物すごく大きい圧力でたまり続けて、あるとき一気に抜けると、もっと違う現象が起こるのではないかというふうに御質問をされているのかなというふうにはちょっと捉えたんですが、要は、ここでハイドロリックフラクチャリングと言っているのは、そこでできるフラクチャーというのは、ばかでないフラクチャーができる、亀裂ができるというのではなくて、ばかっと開いたようなものができるのではなくて、もっと、狭いけれども連続した水とか気体が通れるような、そういうフラクチャー、通り道ができると。物すごく大きな亀裂ができて、そこに水とかベントナイト粒子が流出したりというものがたまってどろどろになったようなものがフラクチャー間にたまって、それが少しずつ進展してどこかですぼっと抜けるというようなことをイメージされているのかなとちょっと捉えて、伺っていて思ったんですが、そういう現象は、少なくともこの試験では確認できていなくて、ここでハイドロリックフラクチャリン

グとって、そのフラクチャー、そんな目に見えてばかっと開いているようなものではなくて、非常に亀裂の幅としては、そんなに広くなくても、こういうふうに抜けていくと、そういう現象が起こっているということで、逆に、そういう大きな亀裂でなくても、そういうハイドロリックフラクチャリングの亀裂が進展していくということが、この試験で確認ができていているということだと私どもは考えております。

ですので、この試験は、ガスが物すごく蓄圧して非常に抜けにくい状態の中でガスが抜けていく現象を、そういう意味では安全側の条件でやっているのではないかというふうに考えておるのですが、御説明になっているでしょうか。

○山田首席技術研究調査官 規制庁の山田でございます。

この試験の内容につきましては承知しているつもりです。あくまでこの試験は、もう一回、目的からしますと、中深度処分のトンネル型施設を念頭に置いた試験かと思えます。すなわち、実際の場面でも変形は拘束されているし、この試験の中でも変形が拘束をされた条件で試験をやっている。その場合は、トンネルのドアが自圧に対抗するという話ですので、上載圧ではなくて、その圧力で抜ければいいですよということを試験されているというふうに認識をしております。

今、ずっとお聞きしていますのは、上が上載圧しかありませんと。それを超えたときには持ち上がりとか、そういうことが起きるのではないかという、そういった経緯においてどういうことが起きますかということをやっとお聞きをしております。それについてはまだお答えをいただいていないと思えます。

○日本原燃（佐々木開発計画部長） 日本原燃の佐々木でございます。

実際の浅いところの施設で土被りがそんなにない状態では、もしガスの発生速度が多くてガスがたくさん難透水性覆土の内側にたまれば、ベントナイト混合土を少し外側へ押し上げるような変形は当然起こると思えます。上載圧が少ないですから、変形が起これば、その変形量もそれに応じて大きな変形になると思えます。

変形すれば、逆にガスが、ここの試験でやっているような、比較的弱い条件でガスが抜けるような、そういう状態になりますから、実際にガスが抜け出すときは、ここで示したような状態になった部分が抜けるというふうに考えますので、変形すると何か違うことが起こるというのではなくて、変形自体は起こりますけれども、変形すると、ガスが抜けるという現象が、これとは全く違う現象が起こるというふうには考えていなくて、メカニズムとしては気液2相流とか、ハイドロリックフラクチャリングとかという、この先ほど概

念で三つで示したような、そのいずれか、あるいは、その複合で起こるだろうというふうに考えていますので、変形の大小に関わらず、こういうメカニズムで抜けて、その中で比較的厳しい条件でも透水係数が再現というか、自己修復したという、そういうふうに考えているのですが。

○山田首席技術研究調査官 規制庁の山田でございます。

今、変形と、それによる抜け方を口頭で御説明されましたが、その根拠はどこにありますでしょうか。

また、この試験でいろんな条件を網羅されているとおっしゃっていますが、端的に、例えば下側から圧力、ガス圧をかけているとしたときに、上の方向への供試体の移動を拘束しなかったらどうなりますでしょうか。恐らく、供試体は上のほうにどんどん移動するんだと思うんです。それを実条件にもし合わせたとしたら、ある部分の難透水性覆土が上に移動するであるとか、それでもって周りも変形をすとかといったことが起きるのではないのでしょうか。

それが全体としてどういう影響になるかということは、また検討する必要があるんだと思いますけれども、それであっても、全体としては性能が保たれるんだということが何か別の方法で示されるかもしれませんが、今のこの試験の条件の中で、そういったことまで包含されているとは思えないんですけれども、いかがでしょうか。

○日本原燃（佐々木開発計画部長） 日本原燃の佐々木でございます。

最初のほうで申し上げたように、変形については、ここではとりあえず議論していなくて、変形は金属膨張のところで御説明しているように、変形のモードは、あそこにあるように大きく変形してもあまり透水係数が変わらないということを別途確認しておりますので、もしガスのガス圧によって変形が起こったとしても、それは金属膨張のところで御説明した変形よりは変形量が小さいと考えていますので、そこで説明は包含されているというふうには考えてございます。

○山田首席技術研究調査官 原子力規制庁の山田でございます。

そこで変形とおっしゃっているところは、力学のところも後で出てくるとは思いますが、全体が均質にマイルドに変形される話をされているのであって、今、ガス圧に伴う変形が起きたときに、そういった変形にとどまるのか、どこか弱部でガスが抜けたときに、そこにどういうひび割れなどが生じるのかどうかわかりませんが、ここで想定しているようなハイドロリックフラクチャリングというのですか、そういった先ほど申し上げたよ

うに、ほとんど変形を伴わないような、変形というか、破壊的なものを伴わないようなモードじゃないことが起きないということが示されていますかということ聞いています。

それに対して、今、ずっと日本原燃は、そういったことを想定していないということをおっしゃっているんですが、起きないということは御説明されていないように思います。

○日本原燃（佐々木開発計画部長） 日本原燃の佐々木です。

変形は別のところで、また、議論になるかもしれませんが、ベントナイトと砂の粒子が移動するような、そういうモードですね。今、金属腐食膨張のところで御説明しているのは、骨格そのものが移動するような、そういうモードを想定して、その場合でも透水係数は、当然、上から上部覆土、下部覆土が載っていて、上からの拘束があるというのはもちろん一つの条件ではありますけれども、そのように拘束されている条件下では、骨格が動いても透水係数が大きく変わらないということをそこで御説明をしていますので、もしガスのメカニズムによって、砂の骨格等が動くような、そういう変形が生じたとしても、そこは同じメカニズムだと思います。

一方で、ガス透気は、今御質問があったように、実際にガスであろうか、膨張であろうかわかりませんが、何らかの骨格が動くような変形をした後の供試体を使って、この透気試験はしておりませんので、その状態を確認しているかと言われれば、それはしていません。

ただし、変形のところでベントナイト混合土の骨格が移動するような状態が生じてても透水係数が変わらないという事実と、それから、透気のメカニズムが、先ほど申し上げたような②とか③だとか、そういったメカニズムで抜けていくという、その二つを組み合わせれば、仮に変形して、そこにまた透気をするという現象を生じてても、変形をしても変わらないということは、変形前と変形後で特に砂とベントナイトの関係と申しますか、そこは大きく変わっていないということだと思いますので、透気も変形後も今やっているのと同じようなメカニズムで透気が起こるんじゃないかというふうに。これは推定ですけども、そういうふうに考えて、透気について透気前後で問題がないというこの試験結果で判断ができるのではないかと考えたということでございます。

○山形緊急事態対策監 すみません、規制庁の山形ですけど、ちょっと議論を聞いていて、議論がかみ合っているのか、かみ合っていないのかよくわからないんですけども。まず、このイメージが沸いていないんですけど、補足説明資料3の補3添-3にある③のハイドロリックフラクチャリングですか、概念的にはわかるんですけど、これは、ミリ単位のものな

のか、それともメートル単位のものなんですか、どちらなんですか。

○日本原燃（佐々木開発計画部長） 日本原燃の佐々木でございます。

少なくとも私どもの試験で確認できているのは、当然、ミリよりも小さいもの、非常に狭いものでございます。そういう狭い空隙のところ、気体と液体が連続して通れるような道として形成されることをハイドロリックフラクチャリングととりあえず考えていまして、そのように非常に狭いところでも連続したものができると、そこを伝って気体が、ガスが抜けていくということで、非常に狭い幅の空隙で気体が抜けていくというふうに考えてございます。

○山形緊急事態対策監 まず、そういうことですよ。ミリ単位のもの、ミリか、ミリ以下ということで、これが起こるといのは、この補3添-6の図のような装置の実験結果なんですか。

○日本原燃（佐々木開発計画部長） 日本原燃の佐々木でございます。

そうでございます。

○山形緊急事態対策監 それで、それが、上が拘束されているというのが、実際は上は拘束されていないといたら変なんですけれども、実験において、上が拘束されているほうが、よくわかりません。ひびは起こりにくいといたら変な、イメージとしては、上が拘束されているほうがひびが起こりにくいと思うので、そうすると、もし上がない開放の実際の埋設地であれば、早く割れるといたら変なんですけど、割れるので、多分、ミリメートルがメートルになるとはとても思えないんですけれども、そういう、せいぜい上に拘束されているか、拘束されていないということがあったとしても、別にミリのものがメートルになって、そのベントナイトがなくなるという、さっき何か、マイクを入れずに何か議論をされていた時に、拘束しているほうが保守的だみたいな議論が聞こえてきたんですけど、それはそういう意味なんですか。

○日本原燃（矢込開発設計部副部長） 日本原燃の矢込です。

図3のところで示してありますように、ガスを上げているところに横方向の応力をはかっていますけれども、それとつり合ったときに壊れているということから考えますと、つまり、横方向の拘束圧とつり合ったところで破壊していると考えてるというふうにとれます。そうすると、有効上載圧がいわゆる有効拘束圧相当になりますので、そこを超えたときに破過するというふうに考えます。

実際の試験状態じゃなく、施設の状態は、有効上載圧相当ですので、この試験のように

拘束はされていないので、これよりも低い圧力で壊れるだろうと。より小さい、さっき言ったミリ以下の単位で抜けていくだろうということは想定されるんですけども、この場合は、それよりもひどい拘束をすることによって、穴が、損傷が集中的にはないですけども、というかどうかというのはちょっと微妙ですが、より強い圧力で壊れた場合を評価しているということを考えているところです。

実際上の施設は、その上載圧ということを超えるようなことは起こらないと。そういう場合があるんじゃないかというお話でしたけれども、その場合は変形が拘束されているからこそ、圧力が上がるのであって、それがこの状態を示しているのではないのでしょうかという意味です。

○山形緊急事態対策監 そのこのところが、山田のほうはまだ納得がないということですか。

○山田首席技術研究調査官 はい。

○山形緊急事態対策監 じゃあわかりました。まずそのこのところ。感覚的には、横から押して行って、これ、実験装置は上からも押していますですね。そういうところのひびの入り方というのが、あるときとないときの、その説明をちょっともう一回、日本原燃に整理をしていただいて、その次に、もし隙間が起こるのがミリ単位ということであれば、これは別にミリ単位のものであればすぐ閉まると思うんですけども、そこは常識的にはそういうものと考えていいんですか、山田さん。

○山田首席技術研究調査官 原子力規制庁の山田でございます。

この試験、ほかの試験で繰り返し圧力をかけた、破過させたというような試験もあると思いますし、そういった中でも透水係数が戻るといような知見は、幾つかはあると思います。

そういった意味で、毎年10回も抜けた場合、どうなるかというのはわかりませんが、そういう小規模なミリ単位以下のような変形モードで抜けた場合については、性能が維持できそうだという見通しは、それはそれなりにあると思います。

○山形緊急事態対策監 多分、直感的にそうだろうなと思うんです。また同じ場所から全部抜けるんじゃないなくて、多分、広い埋設地なので、あちこちから抜けているような気がしますので、そういうことなので、今のことを聞いていますと、そのこの試験、一番のあれは、上がポーラスメタルですか、ポーラスメタルで覆われているというときのひびの入り方、フラクチャリングの入り方というのと、これがない場合のフラクチャリングの起こり方と

というのが、どういうものなのか、違うのか。

あと、仮にそれが、すみません、1mmが10mmになってもあまり結果には差があるの、ないのかというところの考察を入れていただければ、議論がかみ合うんじゃないかと思うんですけど、どうですか。

○山田首席技術研究調査官 原子力規制庁の山田でございます。

そのように整理していただければ結構かと思います。

ちょっと一つだけつけ加えさせていただければ、私がずっと申し上げておりますのは、上載荷重を大きく超えたところで初めて破過するような現象のことを言っているわけではありません。上載荷重付近、恐らくほんのわずかに超えたところで抜けるんだろうとっていて、そのモードが、このマイクロフラクチャリングで言えるのか、それとも、上が拘束されていない場合はもっと、まあ言えば、わかりやすくひびが入るようなモードになって、その後のどう戻るかというのがここでは証明されていないようなモードがあるのかどうか、そういったことを、むしろないということをどう証明されていますかということをお聞きしているということでございますので、そういった条件の中で御整理いただければと思います。

○田中委員 いいですか、私もずっと聞いていてよくわからなかったんですけども、日本原燃は、最後に言いたかったのは、ガス発生による覆土の低透水性への影響はなしというふうなこと、結論を書いていますね。山田は、ちょっと上の拘束条件等によったら、そうじゃない場合もあるんじゃないだろうか等々気になるので、この実験が、あるいは考察がどういう条件でやっているのか、考察条件はどうなのかということをも明解にしたほうがいいだろうと。それがわかれば、彼らが言っていることは正しいのか、そうじゃないのかということがもうちょっと明解になってくるということですね。

○山田首席技術研究調査官 はい。

○田中委員 金属の腐食によって変形がどうのこうのと、それは別の話のほうに持っていていいんですか。

低透水性への影響はないというのが、これがどういう条件のときであったからこれであって、これが全ての場合において満たされるのかどうか等についてもちょっと明解にしてほしいと、あるいは、実験条件とか、過程のところも明らかにしてくれないと、これが一般論として結論的に言えるのかどうかわからないということみたいなんです。それでいいんですね。

○日本原燃（熊谷グループリーダー） 日本原燃の熊谷と申します。

何点か補足をしたいですけれども、まず、ガス発生量についてですが、ここでは年1,000m³というふうに書いています。その内訳としては、廃棄物が9割、それから容器と鉄筋あわせてせいぜい1割程度で、大半が廃棄物起源です。その廃棄物については、アルミニウムと鉄がガスの発生源になるんですけれども、その9割のうちの大半についてはアルミニウムで、それは廃棄物をつくる時、大半を除去することになっておいて、ごく一部が残りますよと。その残った物については、薄い物もあるし、多少、ミリ程度の厚みのある物もありますが、それを保守的に考慮した上で設定しています。ガスの発生量を。それについては、消費されれば、それ以上出なくなるということもわかっていますし、アルミニウムを浸漬したら被膜ができて腐食速度が落ちるということもわかっていますので、年間1,000m³で延々とガスが発生し続けるということは決してございません。まずこれが1点と。

それから、その試験の拘束条件がありますけれども、2点考慮してまして、上の試験装置の部分ですが、変位を固定している場合と、拘束圧を上載圧相当で押さえているものがあります。両方の条件で、特段、挙動に違いが見られているというふうには思っておりません。ガスの破過は内側からも外側からも出ていますし、抜けた後も透水係数に変化があるということは確認できておりません。両方ありません。

それからもう一点ですが、実際の埋設施設でガスはどこから抜けますかというふうにご検討の場合に、コンクリートピットの継ぎ目の部分だったり、ひび割れが生じた部分だと思っております。ガスが入り始める場所は、そのひび割れの1点の場所で、それ以外のマスの部分といいますか、大半の難透水性覆土については、直接ガスが当たるものではないというふうに思っております。1カ所から入って、それが外側に抜けて進展していくというふうに思っております。

そのフロント部については、分岐したりすることもあります。より内側の部分では、先ほどのモード③といった挙動が起きるというふうに考えていますが、外側に行くにつれて、モード③からモード②の割合が増えるというふうに思っておりますし、その難透水性覆土の上には、さらに下部覆土でしたり、通常の覆土も押さえていますので、それらが載っていることでガスの穴からベントナイトが流出するということは到底思えないというふうには思っております。

以上、補足させていただきます。

○田中委員 これについては、さらに何を確認、説明していただくということになるんですか。

○山田首席技術研究調査官 規制庁の山田でございます。

今、いろんな方がいろんな御説明をされたんですが、それはここに載っていないお話をずっとされていますので、ちゃんと整理をされて、どこが仮定で、どこが証明された話なのか、どこに根拠があるのかということをしつかり述べていただくのが重要かと思います。

○山形緊急事態対策監 規制庁の山形ですけど、それと、こちら側も要求をはっきりさせるために、こういうステップでこういうデータを出してほしいというのをちゃんと、この後、ラップアップで。こういうステップでこういうデータ、こういう論拠とはっきりと言ってくださいね。でないと、こっちで何を要求したのかわからないと、答えようがないので、我々が要求しているのは、こういうステップを踏んで、こういうことを求めているんだから、こういうデータを出してほしいというふうにはっきりと言ってください。

○田中委員 ですね。明解に要求事項を整理して示したいと思いますので、よろしく対応をお願いします。

あと。はい。

○入江主任技術研究調査官 先ほどからの議論にあります、変形に包含されているというようなお話があったかと思いますが、それに関連しまして、力学的な影響の部分を評価されていると思います。補足説明資料4でページ数としては補4-57辺りかだと思います。

ピット構造のいわゆる大規模な変形、先ほどから言われているようなことだと思うんですが、難透水性覆土が変形をして隙間が生じると。地下水が廃棄物埋設地に浸入をして、放射性物質が上覆土側へ放出される経路となり得るということが、先ほどからの議論の中にもありますので、そこを明確に示す必要があるというふうに我々、考えているところでございますが、日本原燃の資料の中では、厳しいシナリオということで、埋設地内の金属が全て腐食した条件までを想定して、全膨張量を設定すると。そして、これが覆土を変形させた場合を想定して、ここではDEM法というある手法を用いて解析をし、評価をされていると。

これによって、先ほどから言われていますような変形に関しては、全部包含をしているんだと、これを示すことによって先ほどの包含されているという示し方をされているというふうに認識をしています。

具体的には、下部覆土に透水係数は小さいが、力学的影響として砂を与えるんだと。変

形をして難透水性覆土の隙間を埋めるように上覆土が入り込むというか、変形をして、全体の性能が低下しない、透水性が変化しないというロジックの展開をされていると思います。

砂といいますと、よくわかりませんが、砂を締固めも容易に、例えば 10^{-8} m/SECの透水係数を達成するには、砂の粒度部分とか、締固め度とか、さまざまな材料特性を限定する必要はあるのではないかというふうに考えております。

また、先ほどから山田からもありましたが、均質な変形挙動というか、均質に考えるのか、そういう前提条件があるのではないかというふうに考えていますので、こういう実態を考えた場合に、それが保守的かどうかの判断がちょっとつきにくいというのが、今、考えているところでございます。

一方、透水性を確保するという意味で、粘土等を使えば、当然、透水性は比較的確保しやすいんですが、ここで示されているDEM法というのが、そもそも粘性土みたいなところに適用できるかどうかというものがまた重要な点になるかと思えます。ここでは、資料の14行目には「再現できることから」というふうに書いてございますが、実は再現できることを実は示していただかないと、我々としての判断ができないということですので、まずもって、今回使用する材料といいますか、それと、それに対するDEM法が適用できるんだという、適用条件というか、境界条件とか、そういうもの、それと先ほどの均質とかの仮定、どういう仮定を置いているんだというようなものを、条件を提示して保守的であるというエビデンスを示していただく、で評価をする必要があるというふうに考えるのですが、その辺の提示等が少ないというか、ないというふうに考えていますので、その辺、お考えをお示ししていただきたいというふうに思います。

○日本原燃（小瀬村グループ担当） 日本原燃の小瀬村でございます。

3点ほど御質問があったかと思えますけれども、まず初めに1点目の材料のところから回答させていただきます。

材料は第十条のところにも記載させていただいたんですけれども、砂といっても現地で発生する第四紀層とかを掘削した、結構岩に近いような性能のいい岩、土を使うこと。もしくは、それで足りないようであれば、購入砂などを使って覆土材料をつくる予定でございます。

もちろん性能が低透水性というものを与えておりますので、その性能を担保できないようであれば、強度を高めるといった意味で碎石であったりとか、ベントナイトを混合する

といったことになりますので、解析に使っている材料は、現地で出てきている現地発生土というものを使っているんですけども、これで評価することによって、少なくとも保守的な評価になっていると考えております。

二つ目の粘性土に使えるかというところの回答になるんですけども、資料中ですけども、補4-62、こちらは第18図ございますけれども、こちらは難透水性覆土に対して、一般的に土質系試験の三軸圧縮シミュレーションと室内試験の三軸圧縮試験を再現解析しているものでして、このDEMの87kPaですとか、170kPa、大体、土圧相当100kPaぐらいですけども、そちら側の挙動に対しては解析でも室内試験の結果においても、大方整合している結果であるといったことから、粘性土に対しても挙動としては再現できていると当社は考えております。

三つ目のDEMで、どういう仮定で置いているのかというところになりますと、やはり解析になってしまいますので、どうしてもこの中では不均一といったものを再現して解析は行っておりません。そのため、回答としては均質なものを想定してやっている形になっております。

また、DEM解析自体なんですけれども、もちろん不連続体を対象としているもので、バネの与え方、スライダの与え方によっては、粘性をもちろん再現できていると考えております。

また、一般的にも地すべりですとか、落石の評価にも用いられて実績のある解析ですので、今回、覆土に生じる変形量が金属の腐食膨張によってメートルオーダーであること、また、材料が土質系材料であるということを踏まえましても、解析ツールとしてはDEM解析は適していると判断してございます。

一方で、DEM解析自体に用いる物性とかモデルというところには、内在する不確実性はもちろんございます。前段で示しております金属腐食の膨張量の算出においても、その不確実性は多くて、それらを非安全側にならぬように、確からしい設定と厳しい設定という形で振り分けて、安全性を示している形になります。

そこでも包含できないことも考えられますので、状態変化の評価といたしましては、補4-66を見ていただきますと、第22図、三つほど並べてございまして、左から初期の状態、真ん中が数十cm～数mの変形、三つ目が大変形の5mほどの変形を示してございますけれども、隅角部にこのような形で難透水性覆土が、薄層部ができるといった形になってございます。

一方で、補足説明資料6のほうにお示ししているんですけども、解析結果、あくまで影響評価になりますので、これがさらに安全側になるようにとといった形で、覆土の形状はさらにもう少し厳しい状態で設定をした上で、等価透水係数を算出しているといった形になっておりますので、決してこの解析で、もちろん解析自体の適応性、解析に使っている物性値、それぞれに対する不確実性に関しましては、こういった総合的な評価において安全側になるように設定しておりますので、ここでは問題はないと判断してございます。

○入江主任技術研究調査官 原子力規制庁の入江でございます。

今、幾つか御説明をしていただいたところでございますけれども、やはりこの章立てというか、節の中でそういう条件等、境界条件等も含めて、材料条件は第十条のほうだということですが、ここの中できっちり説明をしていただいたほうが理解しやすいということと、あと、今、パラメータを振った形で適応性とか、そういうものを示したというふうに口頭では御説明していただいたんですが、そういうものを含めて、ここでは表現できることからという一言ではなくて、そういうシミュレーションといいますか、そういうものをした上でできると判断をしているとか、そういうようなことで示していただかないとなかなか、できるからと言われても、我々としての判断がしようがないということがございますので、そこは整理をしていただいて、明記していただく必要があるかなというふうに考えてございます。

○日本原燃（小瀬村グループ担当） 日本原燃の小瀬村でございます。

本件、承知いたしました。第十条のところで説明させていただいている材料仕様であったりとか、そういった性能に関してもこの資料に反映させることと、資料中にはフィッティングしているということは図表では書いてあるんですけども、少し説明が足りなかった部分があると認識しましたので、そちら側の部分は補填させていただいて、修正する形にいたします。

○入江主任技術研究調査官 原子力規制庁の入江でございます。

よろしく申し上げます。

特に、先ほどから材料は非常にさまざまあると。透水が低い場合は購入土をするとか、いろいろやられていると思いますが、ここで重要なのは均質性として扱えるとか、そういうところも非常に重要な点だと考えてございますので、その点も記載していただければというふうに思っています。

以上です。

○田中委員 あと、ありますか。

○山田首席技術研究調査官 原子力規制庁の山田でございます。

地下水流況の検討のところを、補足説明資料7の添付資料2につきまして、御質問をさせていただきたいと思います。

例えば、補足説明資料7の補7添2-9を御覧にいただきたいと思うんですが、この前のほうの施設浸入水量を計算するときには、そのモデルの境界条件として動水勾配3.0%を与えていらっしゃいます。それは地形の勾配等々と調和的であるという説明をされてきました。

それに対して、前回からお聞きしていましたのは、実測値、添2-9の真ん中辺りにある図ですね。ボーリング孔から得られた埋設施設震度における動水勾配、こちらを見ますと2.7%~7.5%と、こういった3.0%程度から、これを倍以上、上回るような、こういった動水勾配があります。これを、なぜ解析のところでは3.0%の動水勾配、境界条件を与えているのですかということをお聞きしたということでございます。

今日の説明で、これは現状の仮置土ですか。地形上、上のほうに少し土を盛っておりますけれども、こういったことの影響だということを示されたとおっしゃったと思います。これがある条件では、7.5%までいっていませんが、6.0%ぐらいまでの数字がありますと。

一方で、これが工事全体が終了した時点においては、これは除去されるという、多分御予定だと思いますので、その状況においては計算上3.0%ぐらいになるので、施設浸入水量で3.0%を設定するのは適切であるという御説明だったかと思います。こういった情報がそろいましたので、ロジックとしてはつながったのではないかと思います。

そうしますと、解析をされましたというこの条件が、条件というか条件ないしはその結果の見方が適切であるかどうか、ここを確認するべきということになると思いますので、そういった視点から質問をさせていただきたいと思います。

端的に申しますと、仮置土の影響によって、この動水勾配が今少し大きくなっているのではないかということに対して、本当にそういう解釈でいいのですかということをお聞きしたいと思っております。

一つは、添付資料2の補7添2-9の真ん中の図と、それから計算はその上からのコンターで示してある図かと思いますが、これを比較してみますと、実測で7.5%出ておりますのは、右から二つ目、地形からいくと北側から二つ目の施設の割と上流側、ここで7.5%が出ています。仮置土との関係では、仮置土の広がりの中の真下ぐらいです。

一方で、計算で出ているのは、仮置土の一番下流側、施設でいうと、この図で右から3番目の左端、北側から三つ目の施設の一番南側の端ですので、数字の範囲の大小で御説明されていますが、場所が違うので原因がこれだということでもよろしいですかということ。

それから、この上側の計算ですね。こちらで、こういった動水勾配になっている原因として確認をしたいんですが、地下水面が高過ぎませんか。高浸透水量が多過ぎて、仮置土のところでも下流端のところ、ここで湧き出しているようなそういった条件になっている。現在、実測でもそういったところで湧水が見られるということであれば、それは合っているのかもしれませんが、その状況であるとか、現況の地下水の測定と、これは合っている条件になっているのかどうか。むしろ、私はそれが合っていないくて、計算上、こういったところに動水勾配が出ているのが見えているのであって、そこをもし修正をしたとすると、依然として施設設置深度の動水勾配は実測の7.5%とか、こういった数字が出てこないような状況になりはしませんか、というふうに思っておりますので、今お答えいただければ、御説明願いたいと思います。

○日本原燃（平井グループ主任） 日本原燃の平井でございます。

ちょっと結論から言いますと、まずは地下水面の状況が現況と合っていないんじゃないかということにつきましては、確かに合っていないという結果になっています。

地下水面の状況ですけども、この第6図の(a)の上のほうの解析結果の絵を見ますと、青い部分ですが、動水勾配が低くなっている範囲なんですけども、その辺りは地下水面が張りついているという結果になっています。ですけども、実際はそういう状況にはなっていません。まずは、それは実測と解析結果の乖離というのは認識しております。

その上で、そうしますと実際に実測値の動水勾配にするにはどうすればいいのかということで、ちょっと資料には載せていないんですけども、感度解析とかをいろいろやっております。その結果、この7.5%と書いてある辺りの動水勾配を大きくするには、鷹架層の透水係数を下げると、ここら辺の動水勾配は大きくなっていくんですけども、ちょっと限界がありまして、今、鷹架層の透水係数を 5×10^{-8} にしているんですけども、 1×10^{-8} とか、 -9 乗とか小さくしていても、この絵とほとんど変わらない状況になりまして、感度的にもこれ以上大きい表現ができないという状況になっています。

ですので、一番、感度がこれ以上、透水係数を小さくしても変わらないということと、使っている透水係数自体は埋設地付近の透水係数を平均して求めているものなので、そちらのほうが代表性があるのかなということと、とりあえずこの結果を載せています。もし、

説明のためにほかの感度解析の結果とか必要があれば、取りまとめのときとかに載せることも考えます。

○山田首席技術研究調査官 原子力規制庁の山田でございます。

ここの動水勾配の境界条件を気にしておりますのは、これに従って施設浸入水量が大きくなる。それに従って放射性物質の漏出量が大きくなる、そういう直結するパラメータであるので、どうかということをお聞きしているわけです。

したがって、今3.0%と設定しているのよりも大きくなるというふうに思われるのであれば、それに従ったその後の評価とかもされるべきだと思いますし、そうでないということを説明されるのであれば、今おっしゃられたように、まだ説明が不十分なんだというふうに思います。

○日本原燃（平井グループ主任） 日本原燃の平井です。

すみません。ちょっと説明が足りなかったです。私がさっきまで説明していましたのは現況再現解析で、この実測の動水勾配を大体表現できる透水係数をまず確認しますと。その透水係数を、流量を求めるモデルのほうに適用しますと。

そのとき、流出水量を求めるモデルのほうでは、3.0%の動水勾配を入れていますがけれども、埋設地自体は1回掘って埋め直しますので、そのときに地表面の勾配とか、あとは下部覆土と上部覆土の間の勾配とか、そういうところは大体2~3%ぐらいで設定されまして、動水勾配もそのときに与える条件として計算しますので、ここの現況再現解析で端的に、簡単に確認しなくちゃいけないパラメータは何かというと、鷹架層の透水係数というのが一番重要なところかなと。

境界条件として与える動水勾配自体は、流出水量を求めるモデルでは与える条件のほうになりますので、ここの現況再現解析と埋設設備近くの動水勾配と、必ずしも一緒になるとは考えていないということになると思います。

○山田首席技術研究調査官 規制庁の山田でございます。

こちらが申し上げておりますのは、透水係数のデータであるとか、地表地形、水面水圧の測定データ、こういったいろいろなデータを示されているんですけども、いろいろな測定データは極めて離散的な測定データですし、一方で解析のほうというのは連続的な結果が出ますけれども、いろんな過程を含むものでありますので、こういったものが全てぴったり合うということは恐らくないんだろうと思いますけれども、基本的に全部のデータをちゃんと使うべきだと思うんです。説明の時々に応じて、都合のいいデータだけを使って、

あとのデータは説明なしに捨ててしまう。それについての整合性が説明されていないというのは、データの扱い方として適切ではないと思っています。

今の御説明の中で、結局、施設浸入水量の境界条件として3.0%を与えるんだというふうにおっしゃったと思うんですが、これが今の説明ですと、それは地形の勾配だったり、施設掘削部分の仮面の勾配から来ましたとおっしゃっていて、現況のここでの動水勾配とは無関係なような御説明をされたと思います。それはそうなんですか。

例えば、現況がどうであっても、こういった施設の掘削をしたとしたらば、その境界条件として3.0%ぐらいに落ちつくんだというような説明があるのであれば、それはそれで成り立つのかもしれませんが、現況の動水勾配が大きい、すなわちたくさん水が入って来得るような条件というのを、無視していいという説明にはなっていないんじゃないかと思います。

○日本原燃（佐々木開発計画部長） 日本原燃の佐々木でございます。

少し補足をさせていただきます。私どもの今の状態設定においては、地形の勾配に基づいて、地下水面の勾配は大体地形の勾配に一致するので、概ね調和的だという観測結果に基づいて、最終的には施設をつくった後の地形の勾配、あるいはその上を覆っている覆土の勾配、こういったものが大体3.0%であるので、それに基づいて流量の設定の条件にしたという御説明がベースにまずございます。

一方で、透過流量を出すに当たっての解析、地下水解析で求めています、その解析のモデルの検証という点で、この補足説明資料で御説明をしておるんですけども、先ほど御説明したように、現況が完全に再現できるモデルにはなっていないと。完全に再現できるモデルになっていないモデルで計算される動水勾配と、実際に予測で使っているもの。現況が完全に再現できていないんだけど、一応将来の施設ができた後、つまり今、現状は仮置き盛土があったりして、そういう影響なんかも受けてはいるんですけども、将来の状態を予測するときにおいては、この現況の再現が完全にできていなくても、動水勾配は地形の勾配にほぼ等しくなるだろうというふうに推定をして設定をしたということで、この現況の再現解析は必ずしもぴったり合うモデルに基づいて長期の状態設定をするというふうには、今はなっていないのはそのとおりでございます。

なぜそうしているかということなんですけれども、もともと長期の予測、ICRPやIAEAでも言っていますが、予測をするということとはできなくて、線量の推定をすることができるだけで、その線量の推定に当たっては不可欠性がいろいろ伴う長期の話ですのでね、よ

り不可欠性が伴うということに配慮しながら推定しなさいというのが基本でありまして、そういう中では、例えばこの動水勾配のようなものは長期の動水勾配というのをどう考えるかという視点に立ったときに、やはり地形は非常に長い間をかけてできてきているものですので、地形というのは1000年という単位であれば普遍的なものであろうと。その普遍的なものによって決まる動水勾配でパラメータの推定をするという、そういう考えに立っているというのが私どもの今の説明のスタンスです。そこがベースです。

ですので、現況の一時的な表面の地形の影響とかをいろいろ受ける、それが正しく再現されるような解析モデル、そこを軸に、それに極力合うような予測をするという考えもあるとは思いますが、私どもは現況の解析に合うモデルを究極つくって行って、それに基づいて長期の予測をするという考え方ではなく、今申し上げたような考え方で設定をしたということなんですけれども、そういう考えがいかげんなものかというところを、ちょっと御意見を伺いたいということです。

○山形緊急事態対策監 すみません、規制庁の山形です。

また議論がかみ合わなくなっているんで早目に介入しますけど、多分、山田が言いたいのは、解析モデルをつくった以上は検証してくださいと言っているだけなんです。これだったら、実測値と計算値と合っていないですよ。じゃあ、こんなモデルを使う意味があるんですかと、それだけです。それでいいですよ。

だから、モデルを使う以上は検証してくださいというふうに言っているだけです。それが前提。

逆に、動水勾配なんて1000年後どうなるかわかりませんということであれば、多分3.0%でも7.0%でも線量評価にほとんど効いてこないと思うんですね、直感ですけど。先ほど既に見せていただいたら、基準の桁落ちぐらいの感じだったので、動水勾配が上がって水の量が増えたって、たくさん出てきますけど水の量は多いので結局一緒じゃないかなという直感的な勘があるので、そんなんだったらシミュレーションどうこうとやるよりは、3.0%と7.0%、両方やって大丈夫ですと言ったほうが早いんじゃないですかと言っているんですね。

○日本原燃（佐々木開発計画部長） 日本原燃の佐々木でございます。

おっしゃられますように、私どもは長期の不確実性を考えて、まず3.0%、ベースとしては普遍的なものと考えられる地形に基づいて3.0%と出したと。

先ほど申し上げたように、長期の予測の不確実性を考慮して状態設定をしなきゃいけな

いということで、当然これが倍ぐらいに仮になっても、今おっしゃっていただいたように、線量は仮にリニアに効くとしても線量が倍になるだけで、十分にここでの措置を必要としない判断が変わるようなことでは全くない、そういうことも踏まえて普遍的な条件である3.0%から私どもは設定したという、一応そういう御説明です。

ですから、検証は検証としてやりましたけれども、この程度しか合っていない、あるいはこの程度合っているということは踏まえた上で、パラメータの設定はどちらかというところ、このモデル解析にぴったり合うというのではなく、もう少し普遍的な状態設定として、地形のほうからの3.0%を採用したというそういうことでございます。もし、解析に合わせると、動水勾配が少し大きくなって、そのときの流量がどうなるかというのをパラメータスタディとして示すのは、もちろん可能でありますので、そういう情報をお示しすることはできます。ということでよろしいですか。

○山形緊急事態対策監 規制庁の山形です。説明の仕方は、事業者がいろいろ考えられたらいいと思うんですけど、それならそれで地下の勾配が3.0%だから3.0%ですと言い切っていたら結構なんですけど。それで将来どうなるかわからないから、パラメータを振って、とりあえず倍ぐらい振ってみますというのであれば、それはそれでいいと思いますし、逆に完全にシミュレーションしてみますというのであれば、シミュレーションのそれなりの検証をやっていただいて、計算をするということだと思いますので、どちらを選ぶかは事業者が決めていただければいいと思います。

○日本原燃（佐々木開発計画部長） 日本原燃の佐々木でございます。

承知いたしました。

○田中委員 ということでよろしいですか。

もちろん最終結果に物すごく基準との関係でぎりぎりの数字だとすれば、そこはどうしてそうしたのかとか、どういう保守性を考えたのか、それはしっかり見ることになります。

あと、ありますか。

○大塚チーム員 原子力規制庁の大塚でございます。

私からは質問というよりは簡単なコメントですけれども、補足説明資料3、4、あと8、他にも関係しているところがあるかもしれないんですが、ベントナイトの物性の説明のところ、これまで廃止措置開始以降の線量評価に関する低透水性覆土の物性については、基本的にカルシウム型ベントナイトの試験データ等に基づいて御説明をされて、我々としてもそれに基づいて確認をしてきたと理解しています。

もちろん今回、補足説明資料3のところにナトリウム型を少し追加されているのもありますけれども、基本的にカルシウム型で説明されていると理解しています。

一方で、これまで日本原燃においては、実際に覆土を行う際にどちらを使うのかというのはまだ正式には決めていないと。一応現時点では両にらみということだと思えるんですけども。そうしたときに、将来、じゃあナトリウム型にしますといったときに、今回の審査の中で確認してきた安全性、カルシウム型をベースに確認してきた安全性に影響があるのか、ないのか。

例えば、ナトリウム型とカルシウム型ですと、もちろんいろいろ物性が違います。膨潤性はナトリウム型のほうが高いというような文献もありますので、そういった意味ではカルシウム型で議論するのは安全側という言い方もあるかもしれないんですけども、同時に例えばカルシウム型のほうが陽イオン交換容量が大体7割ぐらい、ナトリウム型の7割ぐらいしかないので、分配係数をどちらにとっていいのかというのは明示的には書いていないんですけども、もしナトリウム型でやっているんだとすると、それは非安全側の評価になっているということになりますので、最終的な覆土をまだ決めていないということであれば、もしナトリウム型を使うというふうに決めたときに、今御説明されている全体の施設の安全性にどういう影響があるのかというのは、後々しっかりと整理していただければと思いますので、よろしく願いいたします。

以上、コメントです。

○日本原燃（佐々木開発計画部長） 日本原燃の佐々木でございます。

承知いたしました。今おっしゃたように、私どもはどちらかというふうに明確に決めているわけではないというのと。ナトリウム型も、カルシウム型も特徴がございます、ナトリウム型にもいろんなものがあり、カルシウム型もいろんなものがございます。

私どもはどちらでも成立するというふうに考えてございますので、その点も含めて、もし将来どちらも使うということであれば、そのどちらも使えるというようなことをきちんと御説明ができるようにさせていただきたいと思っております。

○田中委員 よろしいですか。

かなり時間をかけていろいろと意見交換や議論をしましたが、線量評価結果に影響するパラメータ等の設定につきましては、そのパラメータの流用性等も十分に検討いただいて、それに応じた形で今日の議論を踏まえてどういうふうに考えるのか、どういうふうにそ根拠等を示すとか、整理して説明いただければと思います。よろしく願いします。

では、次に、資料1-3について説明をお願いします。

○日本原燃（小澤グループリーダー） 日本原燃の小澤でございます。

それでは、資料1-3について御説明いたします。本件につきましても、前回の審査会合でいただいたコメントを踏まえて、修正してございますので、その点を中心に御説明いたします。

3ページをお願いいたします。まず、監視の目的ということで整理してございますが、監視測定の対象といたしましては、設計、評価で期待しております人工バリア及び天然バリアの安全機能である閉じ込め機能と移行抑制機能を監視・測定するということを基本としてございます。

監視・測定によって得られたデータにつきましては、定期的な評価に反映いたしまして、安全機能が維持されているかどうか、あるいは保全の措置を必要としない状態に移行する見通しあるかどうかというのを確認することを目的としてございます。

監視・測定の概要につきましては、次の4ページから6ページの第1表のほうで整理してございますが、許可基準規則第十一条に係る監視も含めて、全体としてどういう監視をするかというのを整理してございます。

特にポイントになると考えております移行抑制に関しましては、6ページに記載してございますけれども、覆土完了後に監視・測定を行うこととなりますので、監視・測定項目は線量評価への感度、あるいは測定の実現性等を踏まえて設定しますけれども、具体的な項目、期間、頻度については、覆土完了時点で決定して、定期的な評価の経過等により適宜見直すということを考えているものでございます。

8ページをお願いいたします。ここでは移行抑制機能に関する監視について、少し細かく整理してございます。今回、申請を行っております1～3号の廃棄物埋施設につきましては、先ほどの資料ですけれども、さまざまなシナリオの線量評価を行っております。その結果を踏まえましても、十分に安全性は確保できるものというふうに考えてございます。

また、一例ということで、機能喪失を仮定した場合の評価を、次の9ページの第2表に示してございます。こちらは基本シナリオの結果に対して、それぞれ人工バリアの収着性ですとか、あとは低透水性が喪失したケースということで線量を評価してございますけれども、いずれも単一のバリアの機能であれば、喪失したとしても線量は十分小さい結果になってございます。

こういった結果を踏まえますと、1～3号の施設につきましては、廃止措置開始後に保全

の措置を必要としない状況に移行できる見通しについては、改めて監視で確認するというような必要性は十分低い設計になっているというふうに考えてございます。

しかしながらということで、廃止措置開始後、埋設事業自体がやはり長期の事業ということ踏まえまして、このような設計評価の状況ではございますけれども、評価における長期の不確実性を低減するということも考慮して、廃棄物埋設の様々な状態変化を監視・測定するということとしてございます。

11ページをお願いいたします。ここでは監視の方法ということで、少し具体的な方法について整理してございます。監視の方法といたしましては、直接的に監視するものと、あとは類似環境下における原位置試験又は室内試験による要素試験に大別されるというふうに考えてございます。しかしながら、各バリアを直接測定するということは、やはり覆土完了ですとバリアの損傷につながるということになりますので、監視・測定方法といたしましては、類似環境下における原位置試験又は室内試験、それと廃棄物埋設地周辺の環境、特に地下水ですけれども、環境の監視を行うということの方針としてございます。

4.3ということで「各バリアの移行抑制機能と状態設定の関係」ということで整理してありますが、具体的にどういった項目を監視するかということにつきましては、当然その設計で期待している機能と、あとはそれに影響するものということで、先ほどの線量評価の際に状態設定の評価を行っておりますが、その機能に影響するもの、例えば地下水による反応ですとか、ベントナイトなどということだと力学的な影響というのが考えられますので、こういったものも対象に監視をするということで考えてございます。

一例ということで、先ほどの資料にも関係しますけれども、次の13ページのところに、化学的な影響の結果ということで整理してございますが、こちらは難透水性覆土の地下水との反応、あるいはその廃棄体起源の成分との反応によって変質した結果のグラフでございまして、この結果からは、数百年、300年後ですと、あまり顕著なバリアの変化は見られないという可能性はございますけれども、化学的な、力学的な影響によるバリアの変化を見るという観点では、一応、監視項目の対象と、そういった影響因子も監視項目の対象とするということを考えてございます。

15ページをお願いいたします。こちらが今御説明したものを、まとめて表に整理したものでございます。あくまで監視・測定項目の例ということで整理してございますが、灰色で塗り潰した部分が監視・測定を行う項目ということで整理してございます。漏えい監視、あるいは事業所の線量等は第十一条での要求の監視になりますが、これは監視を行います。

続きまして、次の16ページですけれども、こちらは地下水の状況の監視ということで、地下水の流れに影響するものでございますので、線量評価の前提であるということになりますので、覆土完了後に地下水面の位置、あるいは流動方向を監視によって確認するというようにしてございます。

続きまして、17ページですけれども、廃棄体に関するものとしましては、金属の膨張量ということで、こちらは難透水性覆土の低透水性に影響するものでございますので、一応これを監視項目ということにしてございます。

また、分配係数につきましても、収着を期待しているものですので、あと線量への感度も大きいということで、監視・測定の対象というふうに考えてございます。

続きまして、20ページですが、こちらは難透水性覆土になりますけれども、こちら透水系数はバリアの機能でございますし、線量への感度も大きいということで監視・測定の対象というふうに考えてございます。

今御説明したように、監視対象としておりますものは、先ほどの状態設定ですとか、線量評価への感度等を考慮して選定しておりますし、あとは観測の実現性を踏まえて選定したものでございます。

逆に監視・測定を行わないとしたものにつきましては、こちらはもともと線量評価で裕度を持った設定をしているものですとか、または線量評価への感度が小さいものでということで、基本的にはバリア機能に関係するもの、かつ線量への感度が大きいものを監視、あとは、それに影響するものを監視対象として、今考えているところでございます。

続きまして、参考資料を付けてございますが、参考資料1には「線量評価パラメータと種々の影響因子と前提条件との関係」ということで、従来もお付けしていた資料を、改めて参考資料という形で整理してございます。基本的にはバリア機能とそれに関係する線量評価パラメータの関係、あるいはそのパラメータにどういった影響があるかというのを改めて整理してございます。

また、参考1-7には線量への感度ということで、どういったパラメータが線量に感度があるかといったものをお付けしてございます。

参考資料2でございますが、こちらは「監視の具体的な方法の例」ということで、先ほど表で整理しました、例ということで表の中で御説明しましたが、それを絵でわかるようにということで、参2-2ですとか、参2-6のところに、具体的にどういった監視を行うかというのをイメージ図で付けてございます。

監視としましては、今御説明したように、周辺環境の変化は埋設近傍の地下水採取孔、あるいは地下水の測定孔で監視を行いますし、バリア機能であります分配係数、透水係数といったものは類似環境下に設置した供試体を用いて監視・測定するというのを、今考えているところでございます。

資料1-3の説明は以上でございます。

○田中委員 ありがとうございます。

○長井チーム員 原子力規制庁の長井です。

資料1-3の15ページから、第4表において監視・測定項目の選定がなされているんですが、この項目選定の考え方につきましては、この資料にも書いておられますとおり、線量評価結果への影響の大きさ、要するに線量評価への感度が大きい、小さいということを一つの観点としてスクリーニングをしているかと認識しております。この影響の大きさ、感度の大きい、小さいということの考え方については、この資料を見る限り、参考1-7ですかね。これが感度解析の例ですということを示していただいているんですが、この考え方等については一切記載がされていないんですが、次の参考1-8見ますと、参考文献として日本原子力学会標準の「浅地中ピット処分の安全性評価手法：2012」というのが出てくるんですが、この学会標準を確認しておりますと、この参考1-7と同じような表が、この学会標準の附属書EEの「地下水移行経路における主要パラメータの感度解析」というものが出てくるんですが、これを用いて感度の大きい、小さいということを判断したということなんでしょうか。

○日本原燃（小澤グループリーダー） 日本原燃の小澤でございます。

参考としたものは学会標準の結果を参考としておりますが、評価の内容を見ますと、うちの施設と非常に近い条件での評価を行っているということで、感度構造自体は類似のものというふうに理解してございます。

基本的には第2表ということで、また別の評価もしてございますけれども、やはり感度があるものは当然設計で考慮しております収着性ですとか、難透水性覆土ですと低透水性に関係するパラメータが当然感度があるパラメータになってございまして、それは学会標準の例を参考にしておりますが、それは当然設計で期待している、その機能によって放射性物質の移行を抑制している機能ですので、それが感度があるというのは変わらないというふうに考えてございます。

第2表を見ていただくとわかるんですけれども、仮に喪失をした場合でもということで、

線量の結果が出ていますが。

○長井チーム員 すみません。第2表は何ページですか。

○日本原燃（小澤グループリーダー） すみません。9ページの第2表、これは具体的に実際にうちの施設での評価になりますけれども、これで感度がどうかというのはなかなか難しいかもしれませんけれども、例えば人工バリアの収着性を喪失したケースですと、基本シナリオの結果に比べまして数倍から10倍ぐらいの結果になると、数倍ですか、数倍の結果になるということで、これぐらいの感度を持っているパラメータだということで、感度としましては大きいといいますが、数倍、場合によっては10倍、それぐらいの感度のものを対象にして、監視対象にしているということでございます。

○長井チーム員 原子力規制庁の長井です。

9ページの第2表につきましては、この後、別の者から質問させていただきますが、参考1-7の学会標準の引用につきましては、引用するのであれば補足説明等を加えていただいて、記載内容の充実をしていただきたいと思います。

その上で、この表にも、例えば偏順位相関係数という言葉が出てきますが、こういった言葉も学会標準にはどういったものか、またこの表自体の考え方というものも記載していると思いますので、そこもわかるようにしていただければと思います。

○日本原燃（小澤グループリーダー） 日本原燃の小澤でございます。

承知いたしました。

○田中委員 あと。

○青木技術研究調査官 規制庁の青木です。

今の質問に関連して、第2表と先ほどの感度解析の結果との関係についてちょっと教えていただきたいんですけども、学会標準を引用しているんですが、感度解析をやるときにモデルが違ったり、パラメータの分布が変わると、感度解析の結果も当然変わってくるということがありますので、先ほど長井のほうからも指摘したとおり、もし同じなのであれば同じだという説明をしていただきたいと思いますし、違うのであれば違うなりの説明をきちんとしていただきたいと思います。

この結果を見て、9ページの第2表のほうを見ると、一つのバリアの喪失を仮定して計算するというのも、これもまた一つの感度解析のやり方だと思うのですが、じゃあこの結果と、この学会標準の感度解析のやり方、整合するのかどうか。第2表を見ると、人工バリアのKdが一番効くように見えるんですが、学会標準は核種を見ると必ずしもそうは

なっていないとかありますので、その辺整合した記載の仕方、もしくは今回の申請でのモデルとか、パラメータをきちんと使った上での結果というものを、きちんと出していただきたいと思います。以上です。

○日本原燃（小澤グループリーダー） 日本原燃の小澤でございます。

御指摘は理解いたしました。第2表の結果も、一応その感度構造を示すような結果になってございますので、こちらは実際に当社の施設を想定して、当然モデルも先ほど御説明した第九条の第二号で説明したモデルを使って評価したものですので、この結果をベースにどういった感度を有しているかというのは、改めて、あくまで原子力学会の標準は参考にしたということで、実際の感度構造は第2表の結果プラス何かほかのケースも加えることで、どういった感度を有しているかというのは整理をしたいというふうに思います。

○青木技術研究調査官 規制庁の青木です。

よろしく申し上げます。この感度解析の結果ですね、バリアを機能喪失した結果とか、感度解析のやり方はいろいろあると思いますけども、結局出てきた感度の大小によってモニタリングの項目が変わるということになると、後々この第十二条の審査において、モニタリング項目をきちんと出してもらわなきゃいけないところですので、ここはモニタリング項目を設定する上で一番大事なところだと思いますので、是非よろしく申し上げます。

○日本原燃（佐々木開発計画部長） ちょっと補足させていただきます。先ほどの御説明の中でも申し上げたんですが、第2表の感度解析、これは現在の申請書のモデルパラメータベースでやるとこの答えになるということで、ほかのパラメータの感度がないかどうかというのは、この第2表だけではわからないのですが、今お示ししているのは今の申請書ベースと。

一方で、実際には全ての廃棄物を埋設し終わった時点で、まず実績の放射エネルギーが確定をいたします。当然、申請放射エネルギーは廃棄確認の観点から、かなり保守側に設定をしておりますので、監視の項目を決めるという意味では、実際に実績の放射エネルギーを確定して、なおかつ覆土が完了しますと、初期の性能もそこで確定をいたします。

したがって、感度構造は改めてその段階で確認する必要があるというふうに考えておりました。考え方は申請書に記載はできると思うのですがけれども、どの項目を、あるいはどの核種を測るといったところまでのレベルになりますと、これは現段階での一つの例としては示せるんですけども、実際には種々の条件が確定した段階で、もう一度感度解析等をして決めていくというような考え方というトーンでこの資料は書かせていただいているん

ですけれども、そのところがズレておるかどうか、ちょっと確認させていただきたいと思います。

○田中委員 本件重要なポイントかと思いますが、いかがですか。

○青木技術研究調査官 規制庁の青木です。

先月、原子力規制委員会で決定した新しい規制基準、許可基準規則の中で、今回第十三条というタイトルがついていますが、新しくは第十二条になって、それは、事業所には次に掲げる事項を監視及び測定し並びに必要な情報を適切な場所に表示できる設備を設けなければならないということで、埋設地から漏れいする放射性物質の濃度及び線量とかです、地下水の水位その他の設置及びその周囲の状況をモニタリングできるような設備を設けてくださいと書いてありますので、これは事業許可の段階できちんと示してもらおうことになると思います。以上です。

○日本原燃（佐々木開発計画部長） 日本原燃の佐々木でございます。

その点については承知をいたしております。もう一つ確認をしたかったのは、定期安全レビューのための監視というのが、要求がございまして、それが今申し上げたところにつながってくるところなんでございしますが、そこに関して、先ほど申し上げたように考え方、どうやってその項目を選び、あるいは項目ですとか、頻度ですとかを選んでいくのかという考え方は事業化の段階で示せると思うのですが、その詳細はやはり実績の放射エネルギー等が固まった段階、また、その後の測定の結果に基づいて、適切なレビュー等でそれを見直していくということかと思いますが、そういったような考え方を書かせていただくということまでしか、ちょっと難しいのかなというふうに考えてございます。

○青木技術研究調査官 規制庁の青木です。

その点、解釈にも書いてありますけれども、測定項目をまず選定するとかです、実際に測るものなのか、それとも類似環境下の原位置試験で測るものか、そういったものを書いてくださいとありますので、その辺りは本文に記載する事項なのか、添付に記載する事項なのかと、そういったことを今後検討していただければと思います。以上です。

○日本原燃（佐々木開発計画部長） 日本原燃の佐々木です。

承知いたしました。

○田中委員 あと、ありますか。

○山田首席技術研究調査官 原子力規制庁の山田でございます。

21ページ、第4表の7/7のところ、下部覆土というのがございます。この中の長期透水

係数というのがあるんですけども、こちらにつきまして、線量評価への感度につきましては、難透水性覆土の透水係数が大きくなった場合、下部覆土の透水係数も大きくなると、線量への感度が大きいというふうに書かれている。感度について書かれているんですが、一方で長期透水係数につきましては、監視・測定を行わないというふうに書かれています。こういうふうに落としている理由は何でしょうか。

○日本原燃（小澤グループリーダー） 日本原燃の小澤でございます。

下部覆土につきましては、先ほど資料、化学解析の結果をお示しした図があると思いますが、そこで難透水性覆土の化学的な変化の結果を載せてございますが、化学的な変質の影響は、やはり難透水性覆土、いわゆるセメント側の難透水性覆土の領域で生じるということで、下部覆土のほうまではそういった化学的な影響というのは、いわゆる監視を行う期間の間にはそういった変化は起こらないのではないかということで、ここでは下部覆土は監視の対象、難透水性覆土は監視の対象にしますが、下部覆土は監視の対象にしないということでございます。

○山田首席技術研究調査官 規制庁の山田でございます。

この下部覆土という概念自体は、難透水性覆土ほどの性能ではないにしろ、厚さをかせぐことによってシステム全体としては冗長性を増すというか、そういった働きをしているというものだと思います。

その上で、結構重要な役割を果たしているのではないかとというのが、落としていいのかということなんですが、先ほど来お話がありましたガスの問題、それから今お話があった化学的な影響、それと力学的な変形で、この難透水性覆土に隙間があいたような状態。こういった難透水性覆土が周り等の影響を受けたような場合において、下部覆土が性能を維持しているので、システム全体として性能はそれほど抵抗しませんという説明が随所に出てまいります。

そういった意味で、下部覆土は、難透水性覆土は性能がそれぞれ高くないとはいえ、バックアップとして極めて重要な役割を果たしているのではないかと思います。そういった意味で、ここの性能が長期的に維持されているということを監視・測定する必要はないのでしょうかということがお聞きしたいことでございます。

○日本原燃（佐々木開発計画部長） 日本原燃の佐々木でございます。

下部覆土の力学的影響ですとか、化学的影響、先ほどの資料はどちらかというと難透水性覆土に少し偏った説明になっているかもしれませんが、下部覆土についても同じように

それぞれ影響がないということの状態評価をしてございます。

そこが、まずは私どもの判断・評価、それがいいかどうかというところは、是非見ていただきたいかと思いますが、私どもはその視点に立つと、監視は不要というふうに考えたということでございます。

もう少し補足いたしますと、難透水性覆土については、例えばこの資料でいきますと、13ページの第3図ですね。ここに難透水性覆土の化学的変質の300年後の状態の予測が載せてございますが、これを見ますと、この右側の図で見ますと、右側のほうが施設側、ペントナイト混合土が2mの厚さで図示してありますが、300年後に施設からの近傍、例えば50cmぐらいのところですね、ここの範囲はモンモリロナイトが減って、二次鉱物が増えているというような解析結果になっているというのが、この第3図でございます。

下部覆土はこの解析の左の境界よりも外側でございますけれども、化学的な変質という意味では、下部覆土には影響は及びそうもないという、例えばこういう判断に立てば、監視までは必要がないんじゃないかと、そういうことをきちんと確認をした上で、必要かどうかというのを見ていくということでございます。

補足しますと、この難透水性覆土については、300年でこういう状態変化になるならば、表面から50cmぐらいのところをちゃんととって分析すれば、今のこの状態設定が正しいかどうか確認ができるんじゃないかというふうに思うんですけれども、この評価の前提は、覆土の直後から埋設設備は砂程度に非常に劣化した状態で、設備側から難透水性覆土に影響する物質が供給、非常にされやすい状態という保守的な状態で仮定をして、300年後の状態がこうなっているということでありまして、実際は覆土直後に埋設設備が砂程度の状態にまで劣化するというのは考えにくいので、これは実際にこうなるという意味ではなくて、実際には更にこれよりも緩慢な、300年後の状態は緩慢な状態になると思っておりますので、これを確認したから、あるいは、こうなるかどうかを確認するということで監視が成立するという、そういう単純なものではないという、そういう中で判断をしてまいりますので、下部覆土については更により影響は受けにくいだろうという、そういうふうに判断をしたということでございます。

ひび割れについては、ちょっと具体的に説明がここには載っておりませんが、同様のことかと考えて、必要かどうかを判断したと、そういうことでございます。

○山田首席技術研究調査官 規制庁の山田でございます。

この監視項目の関係の確認をさせていただきたいんですが、効かないものはやる必要は

ほとんどないと思いますが、結果に影響を与えるような重要なものを選定するんだというときに、評価によって既に十分性能が維持されるということが証明されていると思われるものについては、監視の対象にしませんというお考えだという御説明だということによろしいでしょうか。

○日本原燃（佐々木開発計画部長） 日本原燃の佐々木でございます。

基本的にはそのように考えております。

○山田首席技術研究調査官 原子力規制庁の山田でございます。

お考えは承知いたしました。

○田中委員 あと、よろしいですか。

前回、このモニタリングについてかなり議論して、目的とかどういうふうに項目をやるとか、かなり時間をとって議論をして、なかなかかみ合わなかったところもあったかと思うんですけども、今日の事業者の説明、若干指摘、コメントありましたけども、大体この方向でいいと考えていいのか、もちろん、学会標準との関係とか、どうしてこの項目が入って、入っていないのかとかあるにしても、その辺いかがですか。大きな方向は大体こんなところでいいのか。

○長井チーム員 原子力規制庁の長井です。

監視項目について、感度等を踏まえて、考え方は確認させていただきました。

方向性としましては理解しましたので、この資料をもう少し補充していただく部分があると思いますので、そこは追記等をお願いできればと思います。

○田中委員 補充していただいて、事務局等でしっかりと整理させていただいて、また必要があれば審査会合で議論したいと思いますが、それでよろしいですか。

じゃあ、そういうふうにさせていただきます。

他、ありますか。

ないようでしたら、これで本日の審査会合を閉会いたします。どうもありがとうございました。