

廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム

第7回会合

平成27年7月2日(木)

原子力規制委員会

(注：この議事録の発言内容については、発言者のチェックを受けたものではありません。)

廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム

第7回会合

1. 日時

平成27年7月2日（木）14:00～16:41

2. 場所

原子力規制委員会 13階 会議室C

3. 出席者

原子力規制委員会

田中 知 原子力規制委員会委員

外部専門家（五十音順）

井口 哲夫 国立大学法人名古屋大学大学院工学研究科教授

大江 俊昭 学校法人東海大学工学部原子力工学科教授

山元 孝広 国立研究開発法人産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門総括研究
主幹

原子力規制庁

平野 雅司 長官官房 技術総括審議官

大村 哲臣 長官官房 審議官

内田 雅大 安全技術管理官（核燃料廃棄物担当）

澁谷 朝紀 技術基盤課企画調整官

山田 憲和 安全技術管理官（核燃料廃棄物担当）付首席技術研究調査官（廃棄物処
分・廃棄・廃止措置担当）

入江 正明 安全技術管理官（核燃料廃棄物担当）付主任技術研究調査官

前田 敏克 安全規制管理官（廃棄物・貯蔵・輸送担当）付安全審査官

加藤 正美 技術参与

阿部 清治 技術参与

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 安全研究・防災支援部門 安全研究センター

田中 忠夫 環境安全研究ディビジョン長

武田 聖司 環境安全研究ディビジョン環境影響評価研究グループ長

説明者

谷口 直樹 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

本田 明 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

4. 議題

- (1) 廃炉等に伴う放射性廃棄物の処分における規制基準当の整備に係る基本的な考え方について。
- (2) その他

5. 配付資料

資料7-1 物理的抵抗としての金属の評価について情報提供

【日本原子力研究開発機構】

資料7-2 物理的抵抗性について

資料7-3 制度的管理について

6. 議事録

○田中知委員 それでは、定刻になりましたので、廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム第7回会合を開催いたします。

本日は、お忙しい中、ありがとうございます。

お手元に、座席表とともに議事次第、本日の資料が配付されております。資料については、7-1、7-2、7-3の三つですが、もし不足している場合がありますら申し出てください。

なお、本日、外部専門家の東京大学の飯本先生と明治大学の勝田先生、そして放医研の川口研究員の3名は所用で御欠席でございます。

本日は、その資料にございますとおり、物理的抵抗性ということと、それから制度的管理についていろいろと御議論いただければと思います。

まず、物理的抵抗性のほうから始めたいと思いますが、まず、物理的抵抗性としての金属の腐食評価等について、日本原子力研究開発機構に情報提供をお願いしております。資

料7-1につきまして、JAEAの田中ディビジョン長のほうから御説明をお願いいたします。

○田中ディビジョン長 田中でございます。

JAEAでは、原子炉圧力容器の腐食であるとか、硝酸溶解槽の腐食とか、様々な腐食の研究をこれまで実施してきたところでございますが、本日は、地中などの比較的穏やかな条件での長期という観点からの腐食の研究の専門家であります谷口と本田のほうに金属腐食に関する研究といいますか調査について情報を提示させていただきます。本日の物理的抵抗性についての検討に参考になれば幸いです。

○説明者 御紹介いただきました原子力機構の谷口と申します。

我々、高レベル放射性廃棄物の人工バリアに関する研究開発を行っておりまして、特にオーバーパックの腐食といったところを研究しておりまして、今回、その研究開発の中で得た知見というものを、そういったものに基づいて、それから我々なりに簡単な調査を行いまして、この度の人間進入に対する物理抵抗としての金属の評価の検討に役に立てばと思ひまして情報提供をさせていただきます。

まず、お手元の資料7-1を1枚めくっていただきまして、本日、御説明させていただく内容ですけれども、まず、ボーリングに対する金属材料の抵抗性に関わる因子と、それからボーリングに対抗する金属材料の可利用性に関わる因子、この大きな二つの項目について整理いたしました。

最初の金属材料の抵抗性に関わる因子としましては、材料物性、引張強さ、硬さ、伸びといった物理的な性質や熱物性といったものであります。

形状につきましては、板材、線材、索、索というのはワイヤー状の材料です。それから棒、それから形成されたような材料、型材(H鋼、I鋼、矢板、こういったもの、それから、管状の材料、そういったものが挙げられるかと思ひます。それから寸法です。この三つの因子があるのではないかと考えております。

それからもう一つの金属材料の可利用性に関わる因子としましては、機能維持期間に見合うだけの耐久性ということで、具体的には耐食性、場の変遷による機能喪失、不確実性といったところ、それから、合理的に許容されるようなコスト、施工性、こういったところが挙げられるのではないかと考えております。

では、次のスライドから内容の説明をいたします。

まず、ボーリングに対する金属材料の抵抗性に関わる因子ですけれども、こちらのスライドにまとめております。まず、材料物性であります。金属の切削加工、機械加工の分野

ですけれども、加工のしにくさというのは、硬さや強度といったもののほかに、伸び、それから熱物性で決まるとされております。

右の図を御覧いただきますと、こちらに概念図が書いておりますけれども、こちら、論文からコピーしたもので恐縮ですけれども、一番左側のほうにKpC、これが熱的な性質に関わるもので熱伝導率、密度、比熱と、こういったパラメーターの数値、それから、Hardness硬さ、Tensile strength引張強さ、Elongation伸びと、こういった四つの因子で決まるとされております。上の熱的因子、これは加工時の温度に関係すると。それからHardnessとTensile strength、この辺は加工時の力といいますか、この辺に関係してくるパラメーター、それからElongation、あと引張強さもそうですけれども、こちらの切りくずが工具から速やかに離れるかどうか、そういったような観点からのパラメーターということになりまして、こういった温度や加工するときの強さ、それから切りくずの離れやすさ、こういったものが加工のしにくさにつながってくるというようなことで、これに関わる因子としては、熱的な特性、硬さ、引張強さ、伸び、こういったもので決まるとされております。

削りにくさの指標としましては、難削指数、あるいは、被削性指数というものが提案されておまして、難削指数というのは、この値が大きいほど加工ににくい、逆に、被削性指数というのは、この値が大きいほど加工しやすいというような逆数的な関係にあるというものです。

下の図は、先ほどの四つのパラメーターをレーダーチャートのような形にして、このポイントを結んだ面積で、加工のしにくさというようなものの指標にすると、そういった評価の仕方が提案されているといった図でございます。

それから、被削性指数というパラメータ、これは、難削指数の逆数のような値ですけれども、これは小さいほど削りにくいということですが、炭素鋼は比較的大きな70程度の値、それから、オーステナイト系ステンレス鋼ですと、35~60ということで炭素鋼よりは削りにくいと。チタン合金になりますと、さらに削りにくいと、そういったような材料であるということです。それから、黒鉛、これは鋳鉄なんかに含まれるような物質ですが、これも、固体潤滑剤としての効果がありますので、鉄と黒鉛の複合組織であります鋳鉄、これは、ボーリングのビットを滑らせて掘削に対して抵抗するような、そういったことが期待できる可能性があるということです。

次に、削りにくさに関わる因子としまして形状寸法ですけれども、通常の金属板ある

いは金属製の容器といったような場合、板厚によっては掘削機械、ボーリングで容易に穴が開くような、そういった可能性があると思われます。それから、板材なり、そういう分厚い板で防ぐという考え方のほかに、ワイヤー状の材料、あるいは拘束されていないような比較的柔軟な部材で掘削機への噛み込みによって掘削に対する抵抗を向上させるような方法というのも考えられるのではないかと考えられます。

ただし、こういった場合、ワイヤー状ですと非常に表面積としては大きくなったりしますので、例えば、腐食がより進行しやすいというようなこともございますので、適切な寿命評価や場の変遷に伴う埋設状況の予測といったものもあわせて必要になるかと思ひます。

それから、掘削工事において掘削を妨げる地中構造物、例えば鉄筋コンクリートの構造物、それから鉄筋コンクリートの杭・鋼管・鋼矢板等、こういったものの事例とか、掘削障害、掘削機への噛み込み、こういったような事例は、土木や建築の分野であるかと思ひますので、こういったのも参考になるかと思ひます。

続きまして、掘削抵抗として、その材料が使えるかどうか、可利用性に関わる因子について御説明いたします。

機能維持期間、これに見合う耐久性が必要になると考えられますけれども、耐久性というのは、具体的には一つは耐食性であろうと考えております。それから場の変遷による機能喪失、それから場の不確実性、こういったようなところも関与していると考えております。

本日は、物理的抵抗としての形状と強度維持を目的とした金属材料として、構造部材や耐食部材として比較的幅広く用いられております炭素鋼とステンレス鋼、これにつきまして、天然水環境での腐食挙動について整理いたしました。

次のスライドから御説明いたします。

まず、天然水環境におけます炭素鋼とステンレス鋼の主な腐食形態と腐食速度をこちらの表にまとめております。こちらの各材料につきまして、酸化性、酸素のあるような環境と、それから低酸素下あるいは還元性、こういった環境に大きく分けて整理しております。

まず、炭素鋼、酸化性環境では、腐食形態としては、多くの環境で全面腐食と申しまして、金属表面が全面的に侵食されているような形態、特に均一的に侵食されるような場合は均一腐食というような呼び方もされますけれども、多くの環境で炭素鋼は全面腐食を

生じるとされております。ただ、アルカリ性の環境とか、炭酸塩の濃度の非常に高いような環境ですと、不動態化ということが起こりまして、これは、比較的耐食性にすぐれたような酸化物の皮膜が表面に形成されまして、見かけ上、腐食がそれ以上進展しないような、そういったような状態、アルカリ性とか、そういった炭酸塩の環境では、炭素鋼の場合でもこういった不動態ということが起こります。その不動態が健全なうちはほとんど腐食は進展しないんですけれども、それが局所的に破壊されるような場合があります。これは塩化物イオンに代表されるような不動態を攻撃するような化学種が存在する場合がありますけれども、その場合は、不動態の局所的な破壊によって孔食、すきま腐食、SCC（応力腐食割れ）、こういった現象が起こる場合もあります。

腐食速度としましては、主に全面腐食の場合は、これは海水・淡水・土壌中、多くのデータがありますけれども、酸素があるところでは、概ね10～100 $\mu\text{m}/\text{y}$ 程度と言われております。

酸素がなくなってしまうと、炭素鋼の腐食形態は主に全面腐食ということになります。これは局部腐食の駆動力に水以外の酸化剤が必要になりますので、酸素がなくなってしまうと、腐食形態としては全面腐食になると。水を酸化剤とした腐食になりますので、それに伴って水素が発生します。これは、この水素が金属中に吸収されますと、水素脆化といった現象を起こす場合もあります。

低酸素下での腐食速度としては、こちらは、最近、地層処分のオーバーパックや処分容器の分野でデータが蓄積されつつありまして、国際的な共通認識としては0.1～1 $\mu\text{m}/\text{y}$ 程度とされております。

次にステンレス鋼の場合ですけれども、酸化性、還元性の両方ですけれども、主に不動態と、ほとんどの天然水環境では不動態状態にあると言えるかと思えます。したがって、腐食形態としては局部腐食（孔食、すきま腐食、応力腐食割れ）といった現象であります。

腐食速度としましては、不動態が維持されているような場合ですと、非常に腐食速度は小さいんですけれども、こういった局部腐食が生じるような場合ですと、後で説明いたしますけれども、腐食のフロントのところ、そこが侵食の速度として数 mm/y の場合があるとされております。

それから、低酸素下でも不動態と考えられますけれども、より還元性の強い条件では、良好な酸化皮膜が形成されず、活性体というような状態での腐食が生じる場合もあろうか

と思います。その場合、ステンレス鋼の場合でも酸素がないところでは水を酸化剤とした腐食ということになりますので、発生した水素による水素脆化といった形態も考えられます。

腐食速度としましては、こちらは後でデータを紹介しますけれども、弱アルカリ～中性環境では炭素鋼よりも1～2桁程度小さいと考えられます。

天然水環境での炭素鋼とステンレス鋼の腐食量なり腐食速度のデータの例としまして、次のスライドから紹介しますけれども、各種金属材料の代表的な腐食速度、これは教科書的に挙げられているものです。それから土壤中でのステンレス鋼と炭素鋼の腐食速度の比較、それからアルカリ性環境、これはTRU廃棄物の処分の分野でデータが蓄積されつつありまして、低酸素下での炭素鋼とステンレス鋼の腐食速度に関するデータがあります。あとは土壤中、水溶液中での炭素鋼の腐食量の経時変化といったものも地層処分に限らず、数多くのデータがありますので紹介いたします。

その下も土壤中での鋼材の腐食データの例ということで、今、表に挙げたこの辺の腐食速度の根拠となるところを代表的なものを説明いたします。

次のスライドに行きまして、まず、各種金属材料の代表的腐食速度というのが、腐食防食協会、これは、今は腐食防食学会という法人になっておりますけれども、こちらの教科書的なものとして出版されている書籍に載っているものです。炭素鋼と、あと銅、亜鉛めっき、それからアルミニウム、それから一番下がステンレス鋼のSUS304鋼と最も一般的に使われているようなステンレス鋼が載せられております。

炭素鋼の場合ですと、例えば土壤中の場合ですと、均一腐食の場合と最大侵食の場合ということで、均一の場合は、これは全面腐食の速度と読みかえてもいいかと思えますけれども、先ほどの表に示したような腐食速度、それから脱気した、これは低酸素下での腐食速度とみなしていただいてもいいと思いますけれども、教科書的には 10^{-2} mm/yですけれども、最近のデータでは、より小さな値になっているというようなことです。

それから、一番下のほうにステンレス鋼を書いてありますけれども、不動態が維持されているような場合ですと、(C)にあるような非常に小さな 10^{-3} mm/yとか、それよりも小さい腐食速度ですけれども、すきま腐食、孔食、応力腐食割れといったものがあると、mm/yかそれよりも大きな腐食速度になると、そういったようなデータとしてまとめられた図であります。

次のページに行きまして、土壤中でいろんな配管の材料の腐食を調べるといったよう

な目的で行われた例がありまして、こちらは我が国で土壌中で埋設されたステンレス鋼管の腐食損傷に関するデータの代表例であります。

この図の中で見ていただきたいのが、九つ棒グラフがありますけれども、一番左上の軟鋼、これは普通の炭素鋼のことです。これの腐食データを見ますと、腐食深さが一番大きいようなところが85%ぐらいの発生率、それに比較しまして、一番下のほうにあります(g)と(h)、この辺が、割と幅広く使われているTP304、TP316とありますけれども、TP304のほうがSUS304、TP316のほうがSUS316の材料ですけれども、304のほうは、やや腐食が進展したものと、ほとんど進展しないものがほとんどです。316のほうは、さらに耐食性がよくて、ほとんど腐食の進展がないようなところが100%となっております。こういったデータから、一般的に天然水環境ではステンレス鋼は不動態化しておりまして、全面腐食化の炭素鋼よりも減肉速度としては十分小さいと言えるかと思えます。

したがって、形状と強度維持に対しては、耐食性の観点ではステンレス鋼が適している可能性があると考えられます。ステンレス鋼も非常に多種多様ありますけれども、比較的よく使われております304と316を比べますと、316鋼のほうがより耐食性が良好といったところが、こういったデータからもわかるかと思えます。

次のページが、今のデータは土壌中ということで、酸素の存在するような環境のデータですけれども、低酸素下での炭素鋼とステンレス鋼の腐食速度のデータの代表例がこちらに示してあります。この腐食速度は、発生する水素ガスを分析して、それを定量して腐食速度に換算したものでございます。

炭素鋼の場合ですと、pH10～pH13.5までのデータがとられておりますけれども、pHが高い条件のほうがより小さな腐食速度になっています。右側も同様に、水素ガスの発生量を腐食速度に換算したデータですけれども、こちらも10～13.5で、あまりpHに対する依存性というのは長期的にはないような、そういった結果になっております。

炭素鋼とステンレス鋼を比べますと、初期には大きいんですけれども、12.5や13.5の場合ですと、ステンレス鋼とほぼ同等か、わずかに大きい程度というようなことで、こういった非常にアルカリの強い環境ですと、長期的にはステンレス鋼とそれほど大きな差はないのではないかと考えられます。

ただ、より中性に近い条件、この10の場合ですと、それよりも1桁大きな腐食速度になっておりまして、現状、中性付近での炭素鋼の腐食速度で $10^{-2} \mu \text{m/y}$ というデータが、小さい値としてはある場合もありますけれども、そこまで腐食速度が下がるというのは、現

状としては一般的なデータではないので、中性に近い環境では、炭素鋼よりもステンレス鋼のほうがより小さいのではないかと考えております。

次のスライドが、高レベルの放射性廃棄物の処分容器やオーバーパックについてカナダのKingさんという方が低酸素下での酸化性も含めていろいろな腐食速度をレビューしたレポートがあります。こちらのほうでは、Aerobicこれは酸化性と、Anaerobic還元性で分けてデータを整理しておりまして、このAnaerobicのこちらのデータを見ていただければ、低酸素下での腐食のデータがまとめられております。これは、我々の機構のほうで取得された長期のデータも含まれておりますけれども、こちらのレビューによりまして、土壤中、これは高レベル廃棄物のベントナイト環境も含めてですけれども、 $1\mu/y$ 程度であろうと結論しております。

一方で、水溶液中、この図上では2点しかないように見えますけれども、水溶液中のデータは比較的ありまして、水素ガスを連続的に測定したようなデータとか、そういったものも含めて腐食速度としては $0.1\mu/y$ 程度というようなことで結論しております。ですから、炭素鋼の場合も非常に酸素濃度が低下してくれば、こういったような非常に小さな腐食速度になるということでございます。

それから、次のページが、これは米国のNBSというNational Bureau of Standards、その略ですけれども、NBSによる米国各地の土壤中での12年間にわたるいろんな材料をいろんな土壤中に埋設した試験結果のデータを、これは代表的なものをまとめたものですが、この表の全面腐食度Aという、ここが全面腐食の平均的な速度ということになります。その右側が最大孔食度ということですが、これは、腐食の不均一化の結果として一番侵食の深いところがどれぐらいの速度で進展しているのかという値です。平均的な減肉の大きさとしては、このAの値を見ていただければいいんですけども、平均値としては $65\mu m/y$ というようなことで、先ほどの表でお示した値に入っております、この土質、いろんな土壌でも $10\mu\sim 100\mu$ 、概ねその値に入っているというようなデータでございます。

次のページが、局部腐食をどう扱うのかと、この物理的な抵抗として金属材料の健全性を考える上で、必ずしも貫通を避けるということではなくて、たとえ貫通しても部材として形状や強度が維持されていればいいという、そういった使い方をされる例というのは、あまり一般的ではないかなと思いますけれども、そうすると、この局部腐食をどう扱うかというのは、検討が必要だろうと思います。

局部腐食でも腐食する領域は文字どおり局所的でありまして、ある程度、局所的に侵食はされても、全体的な形状なり全体的な強度というのは維持されるんであろうと考えられます。ただ、局部腐食といっても塩化物イオン濃度や温度といった環境条件によっては長期的に広い領域にわたって腐食とか割れが生じる、全面孔食とか、そういった言い方をする場合もありますけれども、こういった腐食が起こりますと、減肉も全面的に起こるといようなこととなりますので、その場合ですと、形状や強度維持が困難になるような可能性も考えられます。

天然水環境での局部腐食としましては、基本的にすきま腐食が最も起こりやすく、これを避けることができれば、ほかの局部腐食も起こらない可能性が高いと言われております。

すきま腐食の概念、こちらの図に書いてありますけれども、すきまというのは、物質移動が極度に制限された部分ということです。この部分に金属イオンが溶け出しますと、加水分解をしましてプロトンができて、酸性のような条件になります。この電氣的な中性を保つために、外部のバルクの領域からは塩化物イオンが含まれておりますと、これが浸入してきて、結果的にすきまの内部が酸性かつ塩化物イオン濃度が高いというような非常に活性的な条件になると。一方で、すきまの外では、金属イオンが溶けたときに生じた電子を消費するカソード反応が起こるといことで、こういったすきまの中と外で金属が溶けるというアノード反応と、酸化剤が還元されるというカソード反応、こういった場所的な分離が起こることによって進展する腐食であります。

このすきま腐食につきまして、各種金属材料で起こりやすさを整理したものが次のスライドになりまして、これの塩化物濃度と温度に対して、各材料のいろいろな材料のすきま腐食の発生領域を整理したものです。

ここでAISI-304とかAISI316と書いてありますが、この辺がステンレス鋼になります。このラインが右上に行くということは、すきま腐食の領域が狭まってくると、より耐食性のいい材料になってくるということを意味しております。HastelloyとかInconel、この辺ニッケル系の合金になりまして、あとはTitanium Gr 2とありますけれども、グレード2のチタン、これは工業用の純チタンです。それからTi-Code12、これはニッケルとモリブデンが入ったような低合金チタンになりまして、こういったチタン合金になりますと、よりすきま腐食が起こりにくくなるいことで、大まかにはステンレス鋼、高ニッケル合金、ニッケル合金、チタン、低合金チタン、こういったような序列ですきま腐食に対する耐食

性があると言えます。

次のページが、では厳密にすきま腐食が起こるかどうかなどというのは、どのように評価されているのかということですが、これは再不動態化法という方法が提案されています。これはステンレス鋼の場合ですと、その測定方法がGISでも、最近、規格化されております。

再不動態化法による評価というのはどういうものかといいますと、自然浸漬電位、これは不動態が健全な状態での電位ですが、これが腐食すきま再不動態化電位 ($E_{R, crev}$) と言っておりますけれども、これがすきま腐食の起こる、起こらないの臨界の電位ですが、これを下回っていけば、すきま腐食は発生しないとみなされると。

この $E_{R, crev}$ というのは何かといいますと、これは、測定する場合は発生するときの電位ではなくて、一旦、強制的に発生させて、それを進展させます。それを徐々に条件を緩める、ここで言いますと、電位を下げていくと。そうすると、ある条件ですきま腐食が停止するところが出てくるんですけれども、この進展が停止する電位ということで決定される値です。これは、測定上は進展停止電位ですが、これは発生の電位と一致すると言われておまして、発生する電位というのは非常に長期間、その条件に置いておいて、いつ発生するんだというようなことで、この時間による測定結果の妥当性というのを検証するのは難しいんですけれども、そういった難しさがあつたのですけれども、一旦、発生・進展させたものを停止するときの電位として比較的短時間で求まるということで、これをもって発生の電位とみなされるということで、これをすきま腐食の評価なり、耐食性のパラメーターとして使われているようなことが行われております。

具体的には、こちらの図にありますように、 $E_{R, crev}$ と E_{sp} の比較の例がここにあります。これは低合金チタン、あるいはニッケル合金の例ですが、こういった $E_{R, crev}$ を Ti-Gr. 1、これも純チタンの一つですが、Gr-12、低合金チタンのデータ。これ、塩化物イオン濃度に対して、 $E_{R, crev}$ を測ったような図ですが、これと、あと自然電位 E_{sp} 、これはあまり合金種によらず、類似した値を示すとされておまして、例えば pH8 の場合ですと、こういったような値になるんですけれども、これと $E_{R, crev}$ のプロットが交わるところ、ここがすきま腐食が発生する臨界の塩化物イオン濃度とみなすことができます。

これをいろんな温度に対して測定しますと、右の図にありますように、塩化物イオン濃度と温度に対してプロットすることができまして、こういった塩化物濃度と温度に対するすきま腐食のマップというのをつくることができます。あとは、こういった方法でマッ

プをつくる場合もあれば、再不動態化温度とか、再不動態化塩化物濃度といったような、そういった応用例もありまして、そういった方法でもこういったようなマップがつけられる場合もありますけれども、こちらの右のほうの図は、高レベルの処分での各種耐食材料の検討例の事例です。

SUS304ですと、HLW Environment、この領域に入っておりますので、塩化物濃度とか温度によってはすきま腐食を発生する可能性があるということを示しております、純チタンやGr-12の場合でも、条件が厳しければすきま腐食が発生する。ただ、チタンGr-17とかGr-7、この辺はパラジウム入りの非常に耐食性のいい低合金チタンでありまして、その場合ですと、想定されるような高レベルの廃棄物処分の環境ではすきま腐食を起さないと、そういったような評価例であります。

次のスライドで、こちらは、今、前提条件をどのように設定するのか、我々、理解不足なところもありますけれども、こういった金属材料の寿命評価で酸化還元性の環境というのが、当然、情報として必要になるんですけれども、こういった環境があれば、こういった評価ができるのかといったところでまとめたものです。

余裕深度処分の酸化還元性はこういったものかというような、我々は十分知識があるわけではありませんけれども、外部から多量の地下水の流入がなければ、有機物が豊富で微生物活動が活発な黒色土のあるような層がある場所であれば、微生物による溶存酸素の消費もありますので、余裕深度処分相当の深度の地下であれば、ある程度還元性の環境ではないかと考えられます。当然、実際に溶存酸素濃度とか酸化還元電位の計測といったことが行われれば、それはきちんと確認できるであろうと考えられます。

その環境条件と経時的な変遷が推定できて、材料と環境の組み合わせに対してデータなり、あるいは経験的な知見というものがあれば、ある程度、腐食形態や腐食速度の推定は可能と考えられます。

ただ、環境条件に関する情報が限定的であっても閉鎖系とか、あるいは拡散場とみなし得るような場合は、腐食量の評価が可能な場合もありまして、例えば高レベルの廃棄物のオーバーパックの場合ですと、閉鎖系とみなし得るような場合ですと、例えば炭素鋼オーバーパックの酸素による腐食量評価なんかは、地上からも持ち込まれた酸素、これの物質収支に基づいて腐食量の上限を評価するというようなことが行われておりますし、あとはオーバーパックの場合ですと、ベントナイトという透水性の低い小さい材料で覆われておりますので、酸化性物質の拡散に基づく評価が可能な場合もあります。

例えば銅の腐食に關与する代表的なものには硫化物があるんですけども、これの拡散による評価といったような場合によって、環境条件に関する情報が限定的であっても、こういった評価は可能な場合もありますということです。

次のスライドが、天然水環境での腐食挙動のまとめということで、一旦ここにまとめております。

要点だけ言いますと、天然水環境ではステンレス鋼のほうが減肉速度としては小さくて、形状と強度維持に関しては適している可能性があるというようなこと。

それから、次は腐食速度に関するまとめです。

あと中性～弱アルカリ性の低酸素下でもステンレス鋼のほうが小さいのではないかとということ。

それから、あとは局部腐食の問題です。局所的であれば、形状と強度維持は可能でしょうけれども、長期的に広い領域にわたって発生するような場合は困難な可能性もあると。

それから、局部腐食で最も起こりやすいものはすきま腐食でありまして、これを避けることができれば、ほかも起こらないということで、その可能性というのは再不動態化法で評価されるというようなことでまとめております。

次が、あとは合理的に許容されるコスト、施工性といったことも考慮する必要があるということ、技術的には強度、耐食性、難削性にすぐれた材料の使用、例えば非常に硬いタングステンカーバイドのような、そういったような材料を使うと、掘削抵抗としては非常に高いだろうと思うんですけども、あとは形状、構造寸法で高い掘削抵抗の実現は技術的には可能だと思いますけれども、経済的な合理性ということにも十分配慮が必要であらうと。

こういった難削性の材料というのは、機械加工も同時に難しいと考えられますので、形状、構造への適用には制限が生じたり、高コスト化を招く可能性があると。

あと地下で使うということで、ハンドリング性とか地下で組み立てるような場合ですと、地下での施工性も考慮した構造や形状といった検討も必要ということです。

それから、物理的抵抗性を確保するための最低評価厚さ、これはどう設定するのかということですけども、一概に、今、何mmあればということは難しいと思いますので、一般論的な記述ではありますけれども、掘削に対する抵抗として構造物を設計したり、材料を検討するといったことは一般的にはあまり行われていないのではないかと、産業界での事例も少ないのではないかと考えられます。

こういった物理的抵抗性を確保する要件といったものを整理した上で、候補となるような材料を用いて実際の掘削を模擬した試験といったことも行って、どれぐらいの厚さなり大きさがあれば抵抗になるのかという、実際にやってみないとわからないのではないかと考えております。

次に、最低評価厚さが決まったとして、減肉がそれまでに達する期間というのはどう評価するのかといったところをまとめたものですけれども、こちら、腐食ということに対してどう評価するのかということでもあります。

こちらの図は、均一腐食の場合と局部腐食の場合で腐食進展の模式図を書いてありますけれども、一般的には耐食材料なり構造材料で寿命評価で行われているところは、均一腐食の場合、寿命を決める値というのは、こちらの下表にありますように、平均腐食速度で平均値が問題になると。確率的な分布としては、正規分布のような基本分布に従った分布になりますけれども、基本分布の平均値なり、あとは標準偏差といったものも考慮する必要があるかと思っておりますけれども、平均的な値が問題になると。

一方で、局部腐食の場合は、最大の侵食深さなり最小の発生時間、割れのように非常に速い場合なんかは、最小の発生時間というのが寿命を決める値になりまして、この場合は平均値ではなくて極値が寿命を決める値になります。これは、極値分布という二重指数の関数、そういったような分布の関数が用いられることが多いです。

ですから、均一腐食の場合は、ある実験データがあれば、そのデータの範囲の中での平均値ということになるんですけれども、局部腐食の場合は、あるサンプルなり、試験で得られた値、これの分布をとって実機ではどうなるのかという、そういう実測値から外れた領域での値と、推定値というものが寿命を決める値ということになります。

こういった寿命を決める値と時間的な変化が求められれば、直線則に従うのか、あるいは一般的には、べき乗則に従う場合が多いですけれども、こういった進展の経験式なり、こういったものが求められれば、これが許容する腐食深さに達するまでの期間が寿命ということになります。

均一腐食については、データブックあるいは室内実地試験データに基づく平均腐食速度、平均腐食量の時間依存性から評価されますし、局部腐食では、極値分布を用いた統計的な解析から推定される実機最大値なり、最小値というのは発生寿命とかそういうものですが、そういったものから評価される。ただ、これはあくまで一般論的なものでして、非常に、これ、ある直線則なり、べき乗則なりの経験式が得られたとしても、その外挿す

る期間が非常に長くなるということであれば、その妥当性ということも同時に検討しなければなりませんので、あくまでこれは一般的な金属材料での寿命評価の手法ということで御理解いただければと思います。

以上、まとめが最後のページになりまして、こちらも要点だけ読んでいきますと、ボーリングに対する抵抗性に関わる因子には、材料物性、形状、寸法が考えられまして、材料物性については、強さや硬さだけではなくて伸びや熱物性といったものが関わっておりまして、難削性や被削性といった指標で評価されると。

形状については、板状のほか、ワイヤー状とか、こういった噛み込みによる抵抗を向上させるような方法も考えられまして、掘削工事での地中構造物や掘削障害の事例も参考になるのではないかと。

ボーリングに対するか可利用率に関わる因子としては、耐久性、コスト、施工性といったところが考えられまして、このうちの耐食性につきましては、先ほど一旦まとめましたような形で腐食挙動を整理しました。

あとはコスト、施工性につきましては、技術的には何らかの掘削抵抗の高いものは可能と思われましても、経済的な合理性やハンドリング性といった施工性も考慮する必要があると。抵抗性を確保するための最低厚さに達するまでの期間の評価方法については、均一腐食の場合と局部腐食の場合で扱いが違うといったようなことでまとめております。

以上でございます。

○田中知委員 どうもありがとうございました。

それでは、ただいまの説明に対しまして、御意見、質問等がございましたらお願いします。

○井口教授 1点お伺いしたいのですが、最初のほうの5ページのところで、還元性の環境だと、さっきの鉄、水の化学反応で水素が出てきて、水素脆化という用語があると思うのですが、この水素脆化というのは、後のほうの腐食に関しては相乗効果ではないんですか。脆化が起こると、ボーリングに対しての抵抗性、割れやすくなるということなので、割れやすいということは、抵抗性が弱まると。そうすると、今回、腐食のお話については、いろいろデータを示していただいてよかったのですが、脆化の話はどこにも出てこないのかという、そういうことでお伺いしました。

○説明者 炭素鋼の場合ですと、水素脆化の強度、硬い材料ほど起こりやすいと言われておりまして、水素脆化に関与するのは金属中を比較的自由に動ける、あまり強くトラップ

されていないような拡散性水素と言われております。その拡散性水素の濃度が水素脆化を決めるわけですが、これは長期的にどンドンたまっていくというよりは、拡散性でするので逃げていく分もありますので、あるところでそれがバランスするようなところで濃度が決まってしまうと。

ですから、ある環境での水素吸収量というものをそれなりの時間で評価して、これ以上、変化がないというようなところの濃度が求めれば、そこから先は長期的に脆化が起こるといようなことはないと考えていいかと思えます。

強度のそれほどない炭素鋼の場合ですと、ほとんど通常の天然水環境、中性なりの環境で問題になるということは少ないとされております。

○説明者 補足いたします。原子力機構の本田でございます。

ですので、がちがちに加工硬化したような炭素鋼が、例えば掘削抵抗性が高いから、それを使ってしまうと、逆に言うと脆化の可能性があるので、そういう場合は、先生がおっしゃる御指摘の事項も考慮しなきゃいけないということになります。

○田中知委員 ありがとうございます。

あといかがでしょうか。はい、どうぞ。

○大江教授 東海大学の大江ですけれども、先ほどお話があったんですけれども、基本的に掘削に対して抵抗性があるというのは、例えば少しぐらいピittingで穴が開いたとしても、掘るといふことに対しては抵抗性を持つという御説明はよくわかるんですが、例えば18ページに絵が描いてありますが、今、これ、縦断面の絵になっていますね、図3-2というのが。一方、掘削に対して強いのか、弱いのかというのは、確かに縦断面もそうなんですけど、水平方向というのはどのくらいの密度で穴がぼちぼち開いているのかというと、結構な密度で開いていけば、弱くなってしまうと思うんです。今、私、いろいろ腐食を話を伺うと、いつも縦断面の話を伺うのですが、横のピittingの密度みたいなものは、長期的な評価というのは可能かどうかについて、現状をお話してください。

○説明者 可能かどうかということであれば、そういった縦断面ではなくて、今おっしゃったように、例えば腐食の面積率のような形で評価はできるんだろうと思います。

ただ、そのときに面積だけじゃなくて、その三次元的な評価というのが必要になるのかと思いますけれども、現状、金属の構造物が一番深いところを問題にしていますので、なかなか評価した例というのは、あるかどうかわかりませんが、あったとしても限られたものではないかなと思います。

ですから、局部腐食の扱い、通常は最大だけ扱ってればいいものを、もっと面積なり、そういったものも扱わなきゃならないということで、その辺の難しさはあるのかなと思います。

○田中知委員 あといかがでしょうか。どうぞ。

○阿部技術参与 技術的な説明はお二人の方にしていただいたわけですが、田中ディビジョン長にお聞きしたんですけれども、そもそもこういう評価をしているというのは、どういう時期の、なぜボーリングシナリオを考えているのかというようなことについては、どうお考えなんですか。

○田中ディビジョン長 今日、御紹介させていただいたのは、あくまで材料の物理的抵抗性の観点から腐食に着目しまして、腐食というものがボーリングの抵抗性として有効なものかどうか、そういったものの判断といたしますか、検討の材料として役立てていただければという観点で御紹介したものです。

ボーリングシナリオをどう考えるかというのは、これは制度的管理だとか、あとは天然資源であるとか、あとは離隔であるとかとあわせて、物理的抵抗性というものも含めて、多分、考えていく必要があるんだろうなど、そう考えております。

あくまでも本日のこの御紹介した内容は、物理的抵抗性というものが、ある期間、維持できるものかどうか、そういった技術的な検討の材料にさせていただければと考えております。

○田中知委員 その辺の関連しての説明は、後でまた資料で出てくるんですけれども、現時点において何か説明があればお願いします。

○前田安全審査官 資料7-2のほうで物理的抵抗性を確保する期間と、そのときのシナリオの考え方みたいなことは御説明させていただきますので、そこでまたコメントをいただければと思います。

○田中知委員 いかがでしょうか。

○阿部技術参与 私は、7-2で説明されるだろうと思いつつ聞いていたんですが、こういうところで説明する側、要するに研究する側が、どういう状況を考えながら研究をしている、説明をするというようなことをきちんと説明してほしいと思ったんです。

○田中知委員 いかがでしょうか。どうぞ。

○澁谷企画調整官 原子力規制庁の澁谷でございます。

先ほどの最低評価厚さについて教えていただきたいのがあるんですけれども、もちろん

最低評価厚さ、何mmというのはすぐ決まるというものではないと思うんですけども、こういうものというのは、例えば物理的な強度のようなもので決まると考えてよろしいでしょうか。物理的な強度というのは、難削性とかという意味ではなくて、例えばある程度薄くなってしまうと、ある程度の力でぺきっと折れてしまうようなこともあると思いますので、逆に言うと、そういうことが確保されていなければ、先ほどの難削指数のようなものというのは確保されるというように考えてよろしいかどうかという点について御説明いただきたいと思います。

○説明者 ボーリングを考えましたときに、結局、ダイヤモンドのビットとかで金属を削っているんだと思うんですね。ですので、だからこそ、金属を削る、要するに切削加工性、難削性や、そういうことがそれに一番関連するんだらうということで御紹介させていただきました。

したがって、単純に引張強度とか、そういうことではなくて、熱伝導性や、あるいは伸び、そういった切削加工に関わる金属の物性が影響するものと考えています。

○田中知委員 よろしいですか。

あといかがでしょうか。

二つ教えていただけたらと思うんですが、このすきま腐食に対して塩素イオンが、結構悪さをすると。悪さをするものとしては、塩素イオン以外に何かあるんでしょうかというのが一つ目と、それから、二つの金属があったようなときのガルバニ効果的なものは考えなくていいのか、教えていただきたい。

○説明者 不動態に対して攻撃型の化学種としては、天然水環境では塩化物イオンが代表的なんですけど、ハロゲンイオンといいますか、そういったものが攻撃的な化学種になるかと思えます。

○田中知委員 異なった金属があったような場合には。

○説明者 そこは、当然、異種金属接触腐食という腐食形態がございまして、違う金属が接した状態ですと、そこで電池を形成して、どちらか、電位の低いほうが溶解していくというような、腐食していくというような、そういった現象があります。炭素鋼とステンレスが接していれば、炭素鋼が選択的に腐食していくような状況があらうかと思えます。

○田中知委員 あと、よろしいでしょうか。

はい、どうぞ。

○大江教授 10ページの表を見て、これ、なかなかどう理解していいかいつも悩むところ

なのですが、腐食に対して環境因子というのはどう関わっているのかは、なかなか見えにくいところがありますよね。例えば、B/A比というのですか、AとBの比をとったやつが39、13.7、21と2桁のものを見比べると、土質はほぼ似ているかもしれないんだけど、低効率、pH、通気性もばらばらになっていると。一方、いろんな塩素の話とかというのは、どちらかという水溶液系で、意外とやりやすい状態、中をどういう環境条件が把握しやすい状態でとったデータを集積して、このくらいの範囲だろうという、そういう話と、この結果がなかなか結びつかないところがあるんです。

例えば、物理的抵抗性を確保しなさいと言われたときに、それは材料だけで決まるものなのか、あるいは、その土地というのか、その地面というのか、土壤というのか、そういう因子まで考えて評価しないと難しいものなのか、あるいは、そんなことを考えずに、えいやあとこの範囲だとしてやるしかないのか、その辺の感触を教えていただけると助かるんですが。

○説明者 非常に難しい御質問ですけれども、基本的には、環境条件というのは腐食速度、あるいは腐食量には関係するといえます。先ほどの例外として、例えばがちがちに加工硬化した硬い鋼を使ったような場合は、環境条件によって水素の吸収量が違いますので、脆化する、しないといった材料特性側の影響もその場合は受ける場合もあるということだと思います。

したがって、材料物性に影響なければ、対ボーリングに対する物理抵抗性の厚さというのは、あまり環境の影響は、先ほど述べた例外以外は影響はないと。他方、それを何年物理抵抗性を期待するかということで、炭素鋼のような腐食する材料を用いた場合は、その腐食量というのは環境の影響を強く受けるということで、物理的抵抗性を期待する期間に設ける腐食試料の厚さは、環境条件の影響を強く受けるので、できれば、見ていただいとわかるとおり、この土でこの水だったら、この腐食量と決まるような性質のものではないので、その実環境で例えば腐食試験を実際にやって、そのデータを使っていくというのも一つの方法かと思います。

○田中知委員 よろしいですか。

どうもありがとうございました。

関連しての次の資料の7-2、物理的抵抗性についてどう考えればいいのかというふうな資料でございますけれども、これについては、規制庁の入江さんのほうから説明をお願いします。

○入江主任技術研究調査官 資料7-2、物理的抵抗性について御説明をさせていただきたいと思います。

まず、1枚めくりまして、本書の目次でございますが、まず、検討の内容を示し、その後、物理的抵抗性に関する要求について、三つ目に物理的抵抗性の確保と人間侵入シナリオ評価との関係について御説明させていただきたいと思います。

まず、検討内容でございますが、3ページ目を御覧いただきたいと思います。

人間侵入シナリオを低減するための対策として、以下の①～④までの四つから構成されているということでございます。①天然資源等を避けた立地、これは資料3-3、廃棄物埋設施設に関する設計要求というのを以前御紹介をさせていただいていると思います。

②廃棄物埋設地を生活圏から離隔するための十分な深度に設置するというもの、これは、前回資料6-1、埋設地の深度についてというところでお示しさせていただいていると思います。

3番目の③掘削に対する物理的抵抗性の確保、これは本資料7-2で議論をさせていただく項目でございます。

④閉鎖後及び事業廃止後の制度的管理、これは、この後、資料7-3の制度的管理という資料において議論させていただくものでございます。

以上四つをもって低減するための対策としています。

今日お示しします三つ目の物理的抵抗性の確保についてということでございますが、下にご覧いただけますように、十分な深度が確保されている期間において、仮に廃棄物埋設地の方向にボーリング掘削が行われた場合であっても、廃棄物埋設地又はその周辺に金属材料などの掘削に対する物理的な抵抗となる人工構造物があれば、掘削による人工バリアの損傷や廃棄物の擾乱の可能性を低減することができると。

また、物理的な抵抗性があれば、掘削による貫通を防ぐことができなかつたとしても掘削者に異常を伝えたり、人工構造物が存在することを認知させる可能性が高まると考えてございます。

一般的に想定される人間侵入のうち、ボーリング掘削への対策として、人工バリア等に、今示したような物理的抵抗性を確保することを要求することが必要だと考えてございます。

今日の検討内容でございますが、この物理的抵抗性として求められる効果を検討するとともに、物理的抵抗性の確保と人間侵入シナリオ評価との関係についての考え方を検討

するものでございます。

ちなみに、今、物理的抵抗性というふうな呼び方を、これ、資料3-1ぐらいからずっとやっていますが、3ページ目の一番下にございますように、海外では人間侵入を防止することを目的としたものとしては、耐久性のある物理的バリアシステム（a system of durable physical barriers）、これはIAEAのSSG-23とかSSG-29なんかでこういう呼び方をしております。また、アメリカの10 CFR Part61等では、侵入障壁（intruder barrier）なんていう呼び方もしてございますし、同じDOEの中では、防護バリアシステム（protective barrier system）というような用語を用いたりされているものでございます。

2番目、物理的抵抗性に関する要求についてでございます。5ページ目を御覧いただきたいと思えます。

物理的抵抗性の効果といたしましては、廃棄物埋設地において、例えば廃棄物や人工バリアを覆う鉄筋や鋼板など、周辺岩盤と材料物性の異なる構造物が存在すれば、ボーリング掘削が直撃したとしても掘削速度の低下や異常振動等により人工構造物の存在を認知させる効果を有すると考えております。

そこで、物理的抵抗性としての要求の要点ですが、ボーリング掘削による人間侵入のリスクを低減するための物理的抵抗性として、人工バリア等が以下の効果を有すること及びその効果が合理的に達成可能な限り長期間確保されることについて、事業者が設計・評価を行うことを求めるというもので、人工構造物の存在を認知させる可能性を高めるため、掘削速度の低下、異常振動、掘削ビットの損傷、機械の稼働停止、排土機能の異常など掘削時に障害事象等を引き起こしやすいものであること。また、物理的抵抗性を確保する際には、用いる材料が高価な材料や希少な材料など、廃棄物埋設地への侵入の可能性を高めることにつながるものとならないことをあわせて求めることといたします。

なお、人工バリア等にも金属材などが使用されることが想定され、結果的にこれらが上記の物理的抵抗性を兼ね備える場合もあると考えてございます。

次に、海外の事例につきまして三つほど紹介をさせていただきたいと思えます。6ページ目でございますが、これは米国のユッカマウンテンに計画された高レベル放射性廃棄物の埋設処分施設における廃棄物パッケージの定置の概念の絵でございます。

この絵の中の奥側といいますか、青色のカバーがされているものがドリップシールドと呼ばれているものでございまして、このドリップシールドはチタン合金製で形成をされて

いるということで、廃棄物パッケージの上部に設置され、処分坑道からの液滴・岩石の落下等の防御、掘削事象から廃棄物パッケージを守り、損傷を防止するというようなことで設置をされております。この性能は20万年を想定しているというものでございます。

次の7ページ目でございますが、この防御・損傷防止の考え方について少し御説明させていただきます。

人間侵入を低減させるための対策として、このような掘削条件の変化による掘削者への認知、掘削が困難な材料を用いることによる物理的な抵抗性の確保等を挙げているということでございますが、三つの場合を想定してございます。

一つ目が、掘削のドリルビット、これが処分坑道に侵入した場合、処分坑道内は空洞であると、右側の絵を見ていただくとパッケージの周りに白いところがございますが、これは処分空洞として空洞になってございます。この空洞があれば、岩盤掘削時から掘削条件が急激に変化をするため、掘削者が運転状況の変化に対応する処置を促す可能性がある、感知するだろうということです。

2番目、ドリルビットが先ほど示しましたドリップシールドの傾斜面と申しますか、そういうところに当たった場合でございますが、ビットにかかる側方へ変位する力が增大するため、掘削軌道にずれが生じてしまう、滑ってしまうのというのですか、そういうことです。

三つ目、これはドリルビットが、ドリップシールドの頂部に直撃をした場合ということでございますが、地下水の止水を行うために使用される岩盤掘削用のドリルビットで通常、掘削をしますので、金属であるドリップシールドを掘削することに対しては、材料特性が大きく異なるため、非常に困難であるというようなことを想定をしているということでございます。

次、8ページ目でございますが、二つ目の事例でございますが、米国のDOE管轄にありますサインディア国立研究所の検討でございますが、調査ボーリングに対する理想的な防護バリアシステムとして以下のように示されてございます。和文のほうで御紹介いたしますが、一つ目のポツ、ドリルビットを不能にすること、貫通できないこと、もしくは少なくとも安全に処分施設から逸らせること。二つ目、複数回のドリルビットの直撃があっても防護バリアとしての機能を損なわずに耐える能力があること。三つ目のポツ、経済的な価値が少ないもの、もしくはない材料で構成され、閉鎖後1万年は劣化しないこと。四つ目のポツ、処分施設への不必要な興味をひいたり、調査活動を誘因したりしないこと。こ

のような検討をしてございます。

次、9ページ目でございますが、三つ目の事例の紹介でございますが、米国の10 CFR61で示されているものでございますが、米国の浅地中処分に関する規制基準での人工バリアの性能要求ということで、対象とする廃棄物はクラスC廃棄物でございますが、500年間の侵入バリアを要求していると、こういうものもございます。

続きまして10ページ目でございますが、関連するIAEA等の国際基準について御紹介したいと思います。国際的にも侵入の可能性を低減するための対策の一つとして位置づけられてございます。

廃棄物を接近可能な生物圏から隔離し、偶発的な廃棄物への人間侵入の可能性と全ての可能性のある影響を実質的に減らすこと、これは、IAEA SSR-5に示されてございます。

二つ目、隔離は、処分システムの多数の物理的バリアにより備えられなければならない。これもIAEA SSR-5要件7に示されているものでございます。

三つ目、人間侵入の可能性を低減し影響を緩和させるための措置に、耐久性のある物理的バリアシステムが含まれる。これもIAEA SSG-23に示されています。

四つ目、人間侵入に伴う被ばくの可能性を小さくするための取組の一つとして、侵入を少しでも難しくする頑強な構造特性を採り入れること。これはICRP Publ. 122で示されているものでございます。

次は、その資料を添付させていただいておりますので割愛させていただきまして、14ページ目の3、物理的抵抗性の確保と人間侵入シナリオ評価との関係について御説明をさせていただきますと思います。

資料の15ページ目でございますが、3-1として偶発的な人間侵入の状況についてということで、余裕深度処分で想定される深度では、前回の資料6-1でお示しましたように、一般的な地下利用として、温泉用ボーリングや農業用水用ボーリングが想定されていますが、物理的抵抗性が確保されている期間においてこうした侵入が偶発的に行われ、何らの措置も採られない状況としては以下のようなケースが考えられるとします。

保存された記録やマーカー・標識の存在にもかかわらず、そこが廃棄物埋設地であることを知らされる、もしくは知ることなく、廃棄物埋設地の方向にボーリング掘削が計画・実施される。

物理的な抵抗があるにもかかわらず人工構造物の存在を認知せず、あるいは認知しても調査・対策等を行わず、掘削が継続され、人工バリアの損傷や廃棄物の擾乱を生じ、気

づくことのないまま、あるいは気づいたとしても対策等を行わず、侵入者や周辺公衆が被ばくするケース等が考えられます。

そこで、人間侵入シナリオ評価の考え方としましては、16ページに示してございますが、多重の人間侵入低減対策がとられている状況では、偶発的な侵入が発生し、さらに何らの対策もなく侵入者や周辺公衆の被ばくが生じる可能性は極めて低いと考えられることから、離隔や物理的抵抗性が確保されている期間においては、基本的にこのような人間侵入を考慮する必要性は小さいと。

一方、万一これらの対策をバイパスして人間侵入が発生したとしても、十分な深度の確保や廃棄体のレイアウト等の最適化といった施設設計により、さらに影響を低減することが可能であると。このため、人間侵入シナリオは、閉じ込め機能を喪失し廃棄物と地表を短絡する移行経路が形成されたとしても、設計によってその影響が緩和され、周辺公衆に過度の放射線影響を及ぼさないことを評価するために用いることが適当であるということです。

従いまして、周辺公衆を対象とした人間侵入シナリオによる評価については、物理的抵抗性の確保の有無にかかわらず要求するというようにしてございます。

これらをまとめたのが18ページ目の表でございます。物理的抵抗性の確保と人間侵入シナリオ評価で考慮する対象者との関係を表にしたものでございます。

対象者として三つ挙げてございます。まず、意図的な侵入者の被ばくでございますが、これは管理期間中は能動的な管理が行われているため、考慮しない。物理的抵抗性が確保される期間においては、当該侵入の当事者への影響は計画被ばくとみなされるため、考慮しないということで、これは確保されない期間も同様だということです。

一方、偶発的な侵入者の被ばくに関しましては、管理期間は同様に管理が行われているため考慮しないとしています。物理的抵抗性が確保される期間でございますが、被ばくが生じる可能性は非常に低いと。物理的抵抗性にかかわらず行われることから、考慮しないとしています。

一方、物理的抵抗性が確保されない期間に関しましては、考慮をずるとしてございます。

また、人間侵入による周辺公衆の被ばくでございますが、管理期間は同様でございます。物理的抵抗性が確保される期間におきましては、人間侵入に関する処分システムの影響緩和の評価をするための対象者として、これは考慮をずると。同様に、確保されない期間も同様の形をとるとしてございます。

20ページ目以降に参考資料として、現状の地下掘削技術について少しまとめさせていただきますが、御説明は割愛させていただきたいと思います。

以上でございます。

○田中知委員 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、質問、御意見等がございましたらお願いします。

○山元総括研究主幹 産総研の山元です。

一つ、ユッカマウンテンの例なんかですけれども、確かにこれは有効な話だと思います。そもそもボーリングというのは真っすぐ掘るのがほとんど、非常に困難な作業ですので、基本的には、放っておけば曲がるものだというのは、そういうところでこういうふうな構造物をうまく配置したら、簡単に本当はそれていくので、そういう意味で、こういうようなドリップシールドというのは非常に有効な、それを考えての構造かどうかはわかりませんが、確かにこれはもっともらしいことだと思います。

私の質問は、確認したいことがあるんですけども、15ページ目です。想定しているのは一般的な地下水利用としての温泉用ボーリング、農業用水路のボーリングです。その中で下のほう、下段のほうの話なんですけれども、「物理的な抵抗があるにもかかわらず人工構造物の存在を認識せず、掘削が継続され、人工バリアの損傷や廃棄物の擾乱を生じ、気づくことのないまま、あるいは気づいたとしても対策を行わず」という、ここの部分が気になるんですけども、これはどういうことを想定しているんですか。

○前田安全審査官 規制庁の前田です。

これは、深度がまず確保されている、そこでまず廃棄物埋設地に向かって掘削が行われるという行為が必ず必要で、それでもし当たったとしても、例えば先ほど御説明があったように、金属に対してはかなりこういう金属用のボーリングビットではないので、かなりの抵抗があって、まずそこで何か気づく、処分場だということかどうかはわかりませんが、何かあるということに気づく。さらに、それを掘ってビットが壊れるのもいとわず掘るといって、そういう可能性は非常に低いということの後段の文章で、くどいんですけども、説明させていただいているということです。かなりそういう確率は低いんじゃないかということを書いております。

○山元総括研究主幹 そういうことが言いたい文章なんですか。

○前田安全審査官 わかりにくくて申し訳ありません。

○山元総括研究主幹 意味がわからなかった、当然、そうなるものだと思います。ただ、私がこれを読んでいて思ったのは、万が一きれいに抜いちゃって、そのまま掘っていくという意味ではないんですね。

○前田安全審査官 そういう意味ではございません。

○山元総括研究主幹 わかりました。実際、そうだと思うんですよ、実際、本当にきれいに掘り抜いたとしても、それで貫通して目的の温泉水とか地下水に行ったとしても、必ずそれを利用していこうとしたら、ケーシングを入れるわけですよ。ターゲットの温泉水、地下水も。もし本当に予定どおり貫通したんなら、何らかのその防御があることに気づこうが気づくまいが、ケーシングとかでシールドしないと利用できないので、本当にきれいに掘り抜いたまま放っておくというのは、本当はあり得ないことだと思うので、念のため、確認で質問しました。

○田中知委員 あといかがでしょうか。どうぞ、

○大江教授 18ページの表のところですよ。これ、次の制度的管理をどうするかという話と密着している話なんで、ここで議論しても、次で議論すべきことだと思うんですが、前々回ですか、私が申し上げたのは、今回ボーリングをする当事者自身も公衆の一員であるということはず大事なことなんです。ここで考慮しないという書き方をしてしまうと、当然、その裏側に物すごく物理的手を、いろんな手を打ちながら、なおかつ、そこをある意味でバイオレーションする、意図しないとしてもそれを破っていく人に対してどうするかということは、当然、どれだけ充実した制度的管理が裏側に控えているかということがないといけないんで、この後の議論と一緒に議論しないと、ここの文章だけ取り上げるのは私はどうも納得できないということです。これ、前回も申し上げました。

○田中知委員 今の点で何かありますか。はい、どうぞ。

○澁谷企画調整官 規制庁の澁谷でございます。

ですので、侵入者に対しては、いろいろ評価も非常に難しいところもありますので、まず、対策によってできる限り侵入をなくすということをやるといってございませぬ。制度的管理とのセットということもありますけれども、当然、法律的に制度的管理をやれば、法律的には恐らく永遠に続くということもあろうかと思っておりますけれども、制度的管理だけに頼るわけにはいきませんので、例えば、物理的抵抗性であれば、例えば1万年、1,000年持つのであれば、物によっては、制度的管理より長く効果を維持できるということもありますので、必ずしも次の制度的管理とのセットということを考えているわけではなく、今

のところ物理的抵抗性の見方だけで、今、こちらは整理しているということでございます。

○大江教授 私は、その見方はあまり賛成じゃなくて、物理的抵抗性をどれだけ長く見積もれるか、私はこれ、一つの自分の課題でもあるので、これは非常に難しい話です。ですから、そののところだけを持ち出してきて切ってしまうというのは、私はどうも、私は工学者としては、まだそこまでの自信が持てないということで、必ず制度的管理というのをおあわせてというのを前から申し上げているので、そこは強調したいと思います。

○田中知委員 その辺の話は、また後ほどいいですか、後のところで。

いかがでしょう。どうぞ。

○井口教授 名大の井口です。

今の大江先生の話と逆になってしまうんですけど、18ページのこの表の中で、人間侵入による周辺公衆の被ばくの中で、物理的抵抗性が確保される期間と確保されない期間で同じになっているところが、どうしても何となく納得いかないというのは、基本的には物理的抵抗性を入れることによって、侵入確率というのが減るわけですね。減るということは、例えば、前のところの参考で、線量基準 1mSv/y というのが出ているので、多分ここはそういう線量基準を想定されていると思うんですけども、当然、物理的抵抗性がある場合には、減った確率を考えるようなリスク論的な評価をしないといけないんじゃないかなと。

今回、海外事例を示されていると思うんですけども、海外事例では、たしかこれまでの資料の中にそういうリスク論的な考え方で線量を決めているようなところがあったと思うんですけども、ここもそういうのを入れないと、何のために頑張っ物理的抵抗性を入れるかという、そういうモチベーションに響くんじゃないかと個人的には思うんですけども、その辺はどのようにお考えなんでしょうか。

○前田安全審査官 規制庁の前田です。

おっしゃるとおり、そのクレジットというのは、この真ん中の偶発的な侵入者の被ばくを考える、考えない、ここでとっていると理解しております。

先ほど御説明しましたように、こういう多重の防護があって、現状時点での技術に限るんですけど、掘削ドリルがどうしても掘削できないようなものがあって、それをさらに掘削するというのは、ある意味非現実的なことですので、そういった防護が、物理的抵抗性を確保される期間につきましては、こういった偶発的な侵入ということ自体は考えなくてもいいんじゃないかということをおまず言った上で、それで一番下の人間侵入による周辺公衆

の被ばく、これは起きる、起きないというものではなくて、例えば閉じ込め機能が失われたと仮に仮定して、それでも処分システムの耐久力というか、ロバストネスというか、そういうものを評価するという、その指標として周辺公衆の線量というのを使う、そういう考え方で、2段目と3段目は、意味づけが違っているんですけども、いかがでしょうか。○井口教授 それは、一応理解しているつもりではいるんですけども、いわば、侵入者に対しては、もっと極端というか、海外よりも厳しく20mSv/yで決めてしまおうという発想ですよ。それについては、大江先生は御反対と認識しているんですけども、私自身は、周辺公衆被ばくのところでも、物理的抵抗性がある、ないということで差があつてしかるべきではないかと思うんですけども。

例えば、当然、右側の抵抗性が確保されない期間というのは、年間1mSvというのは理解できるんですけども、抵抗性があるのであれば、それが例えば5分の1ぐらいになるというような、そういう確率計算ができると思うんですよ。そうすると、その間というのは、年間5mSvでもいいというような発想になるのではないかと考えるんですけども、そうはならないということですか。

○澁谷企画調整官 規制庁の澁谷でございます。

考え方としては、そういう発想もあるかと思うんですけども、定量的に確率がどの程度下がるかということがなかなか議論できないものですから、そういうことで今の段階では物理的抵抗性がある、なしにかかわらず、特に被ばく線量のほうを何か変えるということとはしていないということでございます。

○井口教授 多分、この後でPSRという話が出てくると思うんですけども、当然、今例えば仮にそういう確率的なことがわからないといっても、300年といいますか、どんどん時間がたっていくと、そういう情報が増えて、リスク論の精度が上がっていくということを期待されているわけですよ。そうすると、例えばPSRで見直しをしていくときに、途中でこういう被ばくの基準線量を合理的に変えていくというような発想があってもいいんじゃないですか。つまり、一番最初に決めてしまうと、それがずっと未来永劫生きてしまうわけですよ。なので、仮に、今、そういう確率論の計算というのが、リスクで評価するというのが難しいのであれば、それは、多分、これから規制の中に取り込むと思っておりますけど、その精度が上がるに従って、そういう線量基準の考え方を直すという、PSRの中にはそれが入っていないんですよ、見直しする内容の中に。ぜひそういうことも入れるべきではないかなと思うんですけども、その辺りはあまり考えていらっしやらないと

いうことでしょうか。

○大村審議官 審議官の大村です。

この辺りは、これまでもいろいろ議論があったところで、当初、人間侵入による周辺公衆の被ばくも、たしか私の記憶によると、人為的な、意図的なもの、例えばテロみたいなものを含めてそういうものとか、そうでない場合、偶発的なもの、たしか、そういう整理をして分けたような資料も一番最初に出したような気がするんです。

ところが、考えてみると、例えばテロであるとか意図的なものであっても、偶発的なものであっても、施設に損傷を与えれば、影響というのは、恐らく効果としては一緒になるであろう。特に意図的なものについて、意図的なので、どうしても考えざるを得ないということであれば、それはまとめて周辺公衆については考えるという整理のほうがいいんじゃないかというのは、たしか前回か前々回か、お示したことだったと思います。

したがって、このところは、先生がおっしゃるように、確かに物理的抵抗性があると、それは確率は減るでしょうから、そこで評価を変えるという考え方もないことはないんですけど、ここは意図的なものを考えて、物理的抵抗性がある、ないにかかわらず、一律の評価をしようという形をとったと、こういう考え方であります。

○井口教授 納得はしませんけど、わかりました。

○田中知委員 あといかがですか。はい、どうぞ。

○武田グループ長 物理的抵抗性の期間の話が最終的な18ページのところで一つのクライテリアみたいな形になっているんですけども、それで少しユッカマウンテンの評価の話で、6ページの中で20万年というのがドリップシールドでの物理的抵抗性の期間の評価という形で出ています。これは、結局、20万年の腐食に対して、材料劣化をどこまで考えた上で判断としての20万年になったかというような情報があるんでしょうか。

それは、8ページのほうで、サンディアのほうの記述の中で1万年という記述があって、劣化しないことという記述もあるんですけども、こことの関係ですね。その辺、どの程度の腐食の進展も含めて20万年という判断がされたかという、もしも情報があるのであれば、教えていただきたいなと思います。

○澁谷企画調整官 規制庁の澁谷でございます。

米国の場合は、まず、事実関係から申しますと、規制で要求しているのは、こういう掘削抵抗性のあるものを設置した場合に、人間侵入が生じる一番短い期間を評価しなさいと。その時点から人間侵入が発生するとして評価しなさいというのが法律側の要求です。それ

で設置許可の申請のときにDOEが金属の腐食量を計算した結果、20万年後までは掘削抵抗を有するという結論に出て、それから人間侵入が発生するという評価を行ったということでございます。

ユッカマウンテンは、その後、審査が止まっていますので、それが妥当であるかどうかという結論はまだ出ていませんけれども、一応、これは事業者が行ったという評価でございます。

同様に、サンディアの研究も、こちらも法律で要求しているものではなく、研究者として報告書としてこういうことが書かれているということでございます。

○田中知委員 よろしいですか。あといかがでしょう。どうぞ。

○加藤技術参与 規制庁の加藤です。

期間の話が出てきたんで、5ページのところを御質問したいんですが、そこで物理的抵抗性の要求の要点のところの最初のポツの2行目のところに「達成可能な限り長期間確保されること」ということで、見方によっては青天井の要求のようにも見えるんですが、もともとこの処分の全体の議論をしたときには、恐らく10万年後に隆起してきたことを想定しても、被ばくを起こさないと濃度制限をかけるというようなことをやっていますから、あまり無制限に物理的抵抗性の要求をかける必要はないと思うんですけども、極めて曖昧な、青天井ぽく書いてあるんですが、どういうふうな意図でこの文章は書かれているのでしょうか。

○前田安全審査官 規制庁の前田です。

「合理的に」とついていますように、青天井と言っているわけではございません。それで、下のほうに書いてありますように、例えば遮蔽とか閉じ込めとかで金属材料というのを使う場合がありますので、そういうものをちゃんと評価して物理的抵抗性が、例えば何千年か何万年かわかりませんが、そういった評価をきちんとしてくれば、それでいいと、そういった意味です。

○加藤技術参与 では、それは、極端な話、1,000年とか、それぐらいでも合理的であると判断すればいいと、そういう理解でよろしいんですか。

○前田安全審査官 具体的に何年間というのは非常に書きにくいこともございまして、そういったことで、基本的には事業者さんの評価してくる、それを我々が妥当性を判断すると、そういうことになります。

○田中知委員 あといかがでしょう。はい、どうぞ。

○阿部技術参与 私、2点気になっているんですが、その2点とも今まで出ていたところと同じです。まず簡単なほうから行きますと、18ページのほうの話です。

これは、要するに、この表、事業者による管理期間というものと、それから物理的抵抗性が確保される期間、それから物理的抵抗性が確保されない期間と三つに分けてあって、その中にいろんな考え方を書き込んだわけですね。しかし、この三つの期間に分けるといふこと自体が、これ、大きな問題ですよ。そういうことについて議論しないままに、中に書き込むということだけをやるのは、随分大変なことだと感じがするのです。ですから、こういう問題を扱うときには、まず期間を三つに分けた根拠、そういうものについて議論した結果としてこうなるんならいいんですが、こんなふうにアプリアリに表をつくって、そこに書き込むというのは、これ、決していいことじゃないと思っています。これは、多分、後でもう一回議論することになるだろうと思っています。

それからもう一点、これは、今の5ページのところなんですが、これは、今までこの会合で出てきた了解と全く矛盾していると思っています。この会合で、ずっと了解してきたのは、要するに、将来の掘削技術については評価のしようがないと。ですから、要するにPSRの枠組みを使って、その掘削の技術が進歩すれば、それに合わせて防護を考えますと、こうやってきたわけですね。PSRが続いているというのは、これは管理が続いているということと同義ですよ。そうすると、管理の続いている期間については、例えば現時点だったらボーリングというような形で技術が同定できると。しかし、管理がなくなったところでは、ボーリングというものじゃないですね、多分。全然違う掘削技術が出てくるわけですよ。そうすると、そういうものについて、人間の接近シナリオを評価するというのは、これは初めから全然無理な話ですよ。

ですから、まずは、こういう議論をするときには、要するに管理が続いている期間でPSRが生きている期間でどういうことが起きるかということを想定して、その場合だったら、さっきの技術的にはこんなことがあるから、そういうものをやりましょうということなんだけれども、じゃあなぜ管理しているときにそういうことが起きるんですかということとちゃんと説明しないといけないんですよ。それから、管理が失われていけば、これは、いつのことかわからない、どういう技術があるかわからないわけですから、全然違ったことで考えなくてはなりませんよ。

これを読んでいると、何か管理が切れている時間で、管理が続いている時間の技術で評価しますと、こうしか読めないわけです。ですから、これは、私、根本的に間違っている

と思っています。

○前田安全審査官 規制庁の前田です。

資料7-3で説明することになりますけれども、遵守すべき合同条約とかを踏まえたと、民間の事業者かどうかはわかりませんが、事業者がいなくなった後も、国等による最低限の管理というのは続くんだと考えております。そういった意味で、阿部さんがおっしゃるような評価というのは、そういう緩い管理も含めてということで理解なんですけれども、いかがでしょうか。

○阿部技術参与 ですから、それは、管理が続いているという意味ですよね。管理が続いている限りにおいては、別にボーリングシナリオに限らず、何らかのそのことを仮定して、そういうことがやれますということであって、しかし、そういうことになればなるほど、じゃあどう管理をするから、こういうことが防げますという、その説明から入っていただかないと、これは議論にならないと思っているんです。

○前田安全審査官 ただ、事業廃止後の管理につきましては、炉規法の対象ではないことになるかもしれませんので、この検討チームの検討対象外かもしれないということで、後で説明させていただきますけれども、そういった事情もございます。

○阿部技術参与 今出てきた話をもっと重要な問題で、要するに、さっき三つの期間に分けてどうか問題という話をしましたが、その中で一番気になっているのは、事業廃止というような概念を本当に入れていいかどうかだと思っておりますよね。だから、その辺から含めて、きちんと議論しないとならないと思っています。

○田中知委員 7-3のほうに、そこでまたいろいろと議論があるかと思っておりますので、そっちに移って、またその中で議論したいと思っておりますけれども、それでよろしいでしょうか。

では、7-3について、これ、前田さんのほうからお願いします。

○前田安全審査官 規制庁の前田です。

資料7-3について説明させていただきます。制度的管理についてです。

めぐっていただきまして3ページです。まず、検討内容から説明します。

制度的管理といいますのは、埋設段階や保全段階など、事業者によって行われる制度的管理、それから事業廃止後に行われる制度的管理に分けられます。浅地中処分（トレンチやピット処分）これを念頭に置いた現行の二種廃棄物埋設の事業規則では、事業者によって行われる操業中、操業中というのは埋設段階と保全段階とがありますが、これの管理のみが規定されております。

一方、余裕深度処分では、浅地中処分と比べまして、事業者による管理期間終了以降の長期間にわたって廃棄物中に比較的高い放射能が残存しますので、十分な深度への埋設地の設置など、人間侵入への対策、それから、処分システムの性能の定期的な評価というのが重要になってきます。これらは事業者によって実施されるものでありますが、将来における人間侵入の発生可能性のさらなる低減等を図るため、事業廃止後における措置についても検討が必要と考えられます。

このような余裕深度処分の特徴を踏まえまして、操業中の管理の見直しを行いますとともに、事業廃止後の制度的管理について検討することとします。なお、事業廃止後の制度的管理につきましては、先ほど申しましたが、原子炉等規制法において規定すべき事項かどうかについても留意して議論するということしております。

めくっていただきまして5ページです。2-1というところですが、これは既存の管理要求それから新たに検討する内容、これについて説明させていただきます。

まず、設計基準に関する規則及び解釈というのがございまして、ここにおいて、余裕深度処分の廃棄物埋設地というのは、浅地中処分に比べて深い深度に設置され、それから、廃止措置段階までの閉じ込めに係る設計要求というのを課すこととなります。また、地下水移行などの自然過程に関しまして、より長期の線量評価が求められます。

こうした特徴を踏まえまして、設計で要求した機能を確認するために、事業規則というのがありますが、ここにおける事業者に対する管理要求として追加すべきものとして、この下の表に整理しております。この下の表は、設計要求から整理したものを示しております。

表の説明をいたします。一番左の列が、対応する設計要求として閉じ込め機能、移行抑制機能、遮蔽機能、隔離機能、それから一番下、定期的な評価というのがあります。

これに対する管理項目というのは、その右側の列にありまして、その左から3番目のところはトレンチ、ピットの既存の管理要求が書いてあります。これに対しまして、一番右の列が、余裕深度処分で新たに追加すべき、検討すべき管理要求というのを書いております。

まず、閉じ込め機能につきましては、管理項目として放射能濃度と、あとそれから地下環境というのがございます。余裕深度処分での管理要求としては、点々で囲ってあるところですが、まず、放射能濃度につきましては、廃止措置段階まで閉じ込め機能が維持されていることを評価するための放射性物質の放射能濃度等の監視、これを要求するという

ことになります。

それから地下環境につきましては、より長期の地下水移行評価に必要な地下環境の状態監視、具体的には地下水位とか地下水水質、それから地下水流動特性等、こういったものを管理要求ということになります。

移行抑制機能と遮蔽機能につきましては、これは放射能濃度とか放射線量なんですが、これは基本的に要求内容はピット処分、トレンチ処分と同様と考えております。

それからその下の離隔機能についての管理項目ですが、これは特定行為の禁止と書いてありますが、例えば掘削をしてはいけないとか、居住してはいけないとか、こういった行為の禁止です。これにつきましては、ピット処分、トレンチ処分で廃止措置段階までの埋設保全区域に係る特定行為の禁止等というのが管理要求されておまして、余裕深度処分におきましても、基本的にこれは同じです。加えて、一般的な土地利用、それから埋設深度に係る監視、管理期間終了後以降の特定行為を防止するための措置、こういったものを事業者を求めることになります。

一番下の定期的な評価、PSRですが、これにつきましては、ピット処分、トレンチ処分でも既に管理要求されておまして、最新の技術的知見を踏まえた被ばく管理に関する評価、それからこの結果を踏まえ保全のために必要な措置を講ずるとなっておりまして、余裕深度処分につきましても、要求は同じ。ただし、その評価項目について明確化するというようにしております。

次の6ページに移ります。前述の表に書きました、閉じ込め機能に関する「廃止措置段階まで閉じ込め機能が維持されていることの評価」、それから「より長期の地下水移行評価に必要な地下環境の状態監視」、これらに必要な地下環境、放射能濃度、放射線量に係るモニタリングに対して必要と考えられる事項を埋設段階毎に整理しましたら、以下のようになります。ここで、これらに必要な設備等につきましては、事業規則ではなくて、設計要求として規定することになります。

まず(1)ですが、ベースラインモニタリング、これは建設前段階のモニタリングでして、内容としましては、サイト評価プロセス、それから基準適合性評価、例えば地下水移行の線量評価、こういったものですが、これのための重要な特質、事象及びプロセスの特定・確認を支援するために有効なものであることというのが求められます。

(2)の操業中（埋設段階）のモニタリングですが、人工バリアから漏出する放射性物質等の濃度を監視・測定できる設計であることや、それから上に書きました、ベースライン

モニタリングを補強するためのモニタリングができる設計であること、こういったことが求められます。

(3)の埋設終了後（保全段階）と呼んでおりますが、保全段階から廃止措置段階まで、これまでのモニタリングとしましては、人工バリアの閉じ込め機能が維持されていることを評価できるものであることや、廃棄物埋設地の外への放射性物質の濃度を監視・測定できるものであることが求められます。

また、埋設終了後や坑道の埋め戻し後における環境の回復、機能維持、これは例えば地下水とか酸化還元条件、それから遮水機能とか、そういったものに係る情報をモニタリングできるものであること、こういったことが求められます。

それから、重要なポイントとして、その下に書いてありますように、モニタリングが埋設施設の安全性に影響を与えないものであること、これが非常に重要なポイントとして求められます。

なお、ピット処分に係る現行規則では(3)の一部のモニタリング期間として最大300～400年程度を想定しています。

次の7ページです。ここから9ページまでは、このモニタリングに関する国際要求等について紹介いたします。

まず、IAEAの安全要件、SSR-5では、受動的安全特質のサーベイランスと管理というのを要求しております。サーベイランスとモニタリングの意図として、安全機能の継続的な達成を確保することを要求しています。この安全機能というのは、人工バリアによる閉じ込め機能とか、あと天然バリアの移行抑制機能、こういったものかと考えております。

ここで、一番下の※1のところを御覧いただきたいのですが、サーベイランスという用語が出てきております。サーベイランスというのは、安全バリアの健全性を検証するために行う、廃棄物処分施設の物理的検査ということで(IAEA SSG-31)で定義されておりますが、本検討では、すみません、本検討の字が間違っております。訂正をお願いします。こうした検査も含めて、モニタリングという用語を用いることといたします。

8ページです。SSR-5におきましては、処分施設でのモニタリング計画というのを要求しています。

モニタリング計画の実施期間について、それから防護と安全のために必要な情報の収集、更新をすること。それから情報は、操業中の作業員、公衆、環境の防護に必要な条件を確認するために取得すること。閉鎖後の安全に影響するような状態となる可能性がない

ことを確認すること。こういったことが求められております。

9ページに移ります。一方、IAEAの安全指針、SSG-31というのがございますが、ここではモニタリングとサーベイランスの目的として以下が挙げられております。ここで詳細な原文と和訳につきましては量が多いので、33ページ以降の参考資料に添付しております。

まず内容としましては、規制上の要件及び許認可条件に対する適合性の確認。それから、処分システムが、基準適合性評価に述べられているように想定どおりに機能していることの検証。重要な想定及び用いられたモデルが実際の状態と一致することの検証。情報データベースの確立、公衆への情報提供。これらが目的として挙げられております。

次に10ページですが、ここからは定期的な評価(PSR)について説明いたします。

まず、現行の法令要求事項としまして、以下のようなことが規定されています。

廃棄物埋設施設に関し10年ごとの定期的な評価を求めるとともに、その内容として以下を要求すると。以下というのは、一、二とございまして、最新の技術的知見を踏まえて、核燃料物質等による放射線の被ばく管理に関する評価を行うこと。

前号の評価の結果を踏まえて、廃棄物埋設施設の保全のために必要な措置を講ずること。こういったことが要求されております。

トレンチ処分とピット処分に係る定期的な評価につきましては、既に運用ガイドというのを策定しております。この運用ガイドについては、次のページに示します。

11ページです。これが運用ガイドの要約でして、この上のほうに(1)(2)(3)とありますが、こういったことが書かれております。

最新の技術的知見とは、評価の実施までに施設に係る監視及び測定の結果、国内外の研究開発・技術開発成果等によって得られた最新の知見であって、以下に掲げる書類の記載事項を更新するために必要なもの。ここでいう書類というのは、この下の※印のところに書いておまして、書類の記載事項の要約をしたものが、一番下の①～⑤の内容でございます。

例えば①につきましては、施設を設置しようとする場所における気象、地盤、水理、地震、社会環境等の状況に関する説明書。③につきましては、施設の安全設計に関する説明書。それから④につきましては、放射線の被ばく管理等に関する説明書。こういったものが書類の記載事項として書いております。

上の(2)に戻りますが、核燃料物質等による放射線の被ばく管理に関する評価を行うというのは、先ほどの書類の記載事項に最新の技術的知見を反映して、施設の位置、構造及

び設備の基準に関する規則に基づき評価し、その内容の同規則への適合性を確認すること
ということが求められております。

それから、第二種廃棄物埋設は、放射能の減衰に応じて埋設についての保安のために
講ずべき措置を変更することになっておりますが、この措置を変更しようとするときは、
この評価の結果に照らして、当該変更の妥当性が認められる十分な根拠があること、こう
いったことが示されています。

すなわち、10年ごとプラスこの措置の変更をするときにも、こういった定期的な評価
が求められることになっております。

12ページが、余裕深度処分の特徴を踏まえた定期的な評価の主な評価項目として書いて
おります。

新たに要求される立地要件、それから深度、保全段階での閉じ込め、事業廃止後も含
めた人間侵入対策と線量基準への適合性確認、これらを踏まえた以下の評価項目を、前述
の運用ガイドに掲げます説明書の①③④に追加するということを考えております。

下の表は、①③④の説明書ですけれども、右側のほうに、定期的に評価すべき項目の
例として書いております。立地要件（火山・断層、隆起・侵食等）、それから人間侵入対
策（天然資源を避けた立地とか、あるいは深度の確保による離隔）。

それからその下は、廃止措置段階までの閉じ込め機能に関する事項。あと地質環境等
の監視、モニタリング方法に関する事項。あと、それからここでも（物理的抵抗性）、こ
れは人間侵入対策。

それから深度を踏まえた放射線等の監視、モニタリング方法に関する事項。想定する
シナリオ（基本、変動、人間侵入）がありますが、及び当該シナリオによる公衆への被ば
く。こういったものが新たな評価項目として考えられます。

次のページの13ページは、これまでのまとめといたしまして、建設前段階から操業期
間中の管理と規制の流れを説明したものです。

モニタリングに係る評価項目、それから評価手法につきましては、漏出確認の対象や
基準適合性評価、特に地下水移行シナリオにおける状態設定に基づきまして、事業者が提
示することになります。

基準適合性審査では、評価項目の妥当性を判断するとともに、評価手法が処分場の安
全性に影響を及ぼさないものであること、これを規制委員会が確認することになります。

また、具体的な測定項目、測定頻度、品質保証等に係る事項をモニタリングプログラ

ムとして保安規定に記載しまして、モニタリングが行われていることを保安検査で確認することになります。また、定期的な評価においてこれらの知見を反映することが求められます。

この下の図は、事業者による管理、これは下の段のほうです。それから、規制委員会による規制の流れ、これは上段に書いてあります。これについて各段階ごとに並べたものとなります。

次、14ページから事業廃止後の制度的管理について、説明いたします。

15ページです。まず、事業廃止後の制度的管理の位置づけについて、説明いたします。

将来の人間侵入につきましては、許可段階で、天然資源等を避けた立地、それから人と廃棄物を隔離するための十分な深度への埋設地の設置、それから先ほど出てきました、掘削に対する物理的抵抗性の確保、こういった対策によって、発生の可能性の低減を図ります。また、PSRによって、定期的に最新の技術的知見を踏まえた評価が行われ、評価結果を踏まえて保全のために必要な措置というのが講じられます。

しかしながら、事業廃止後は事業者による能動的な制度的管理がなくなりますので、人間侵入の発生可能性のさらなる低減を図るためには、国際条約や国際基準に示されております記録の保存、土地利用制限といった制度的管理の検討が必要です。

具体的には、二つ書いてありますが、まず廃棄物埋設地に係る記録を保存するための受動的な制度が考えられます。(これには、跡地の利用者が廃棄物の種類や量、施設の維持管理・監視の状況、それから適正な跡地利用に資する情報、こういったものを確実に入手できるようにすることによって、侵入者に対して廃棄物埋設地の存在を認知させる仕組みを含みます)、もう一つは、標識、マーカー等、廃棄物埋設地を認知させるための可能な限り永続的な受動的設備、こういったものを構築・設置することなどが考えられます。

ただし、事業廃止後の受動的な制度的管理というのは、将来の不測の事態等により効力を失う可能性がありますので、規制基準適合性の評価の前提として取り扱うことは適当でないと考えております。

次16ページです。16ページは、事業廃止後の制度的管理に関して書いております。

まず、制度整備で留意すべき点といたしましては、先ほど少し触れましたけれども、原子炉等規制法というのは、第二種廃棄物埋設等の事業に関しまして、必要な規制を行うための法律ですので、事業の廃止措置終了確認後に当該事業者に関し規制を課すということは想定していないということでございます。

そこで、炉規法下で要求すること、それから炉規法では要求しないけれども、こういった要求があるべきと考えられること、こういったことを分けて説明することにいたします。

その下で、まず炉規法の第二種廃棄物埋設に係る事業規則の中で規定することが考えられるものとして書いたのが、このページの下のほうです。

1番目として、保存する記録の内容、これは放射性廃棄物のインベントリ、埋設地に係る位置、構造・設備に係る記録、それから定期的な評価に係る記録、それから放射性物質の漏えい等の履歴、こういったものが考えられます。

それから、設備的なものといましては、2ポツに書いておりますが、標識・マーカ一等受動的な設備の設置、こういったものとして放射性廃棄物埋設施設に関する情報が認知できるものであること、それから標識・マーカ等の効力が期待される期間を評価すること、こういったものが事業者への要求として考えられます。

これらにつきましては、一番下の※に書いてありますが、浅地中処分への適用、それから法令上の具体的な規定の方法についても検討をいたします。

17ページに移ります。前述の保存すべき記録の内容の整備、それから受動的な設備の設置、こういったものは事業廃止に際しての条件ですけれども、事業廃止後も記録が保存されること等を規定するものではありません。

そこで、新たな法律上の措置として規定することが考えられるものとして、幾つか挙げております。

まず、人間侵入の可能性をさらに低減させるため、さらに強い事業廃止後の制度的管理として、例えば以下のような仕組みを構築することが考えられます。

一つ目は、記録の保存に係る制度的な措置及び記録を保存すべき者（国又は国の機関など）、それから、土地利用に関しまして、利用者が当該記録を調査するための仕組み、それから、掘削など特定行為の禁止措置のための国による土地利用制限や必要に応じた監視、こういったものが挙げられます。

これらに関しまして、原子力規制委員会の関与が考えられる事項といたしましては、廃止措置計画の認可あるいは廃止措置の終了確認の要件として、このような制度的な措置に移行するために必要な措置というのを第二種廃棄物埋設に係る事業規則の中で規定することということが考えられます。

18ページ～22ページまでは、事業廃止後の制度的管理に関連する国際条約、それから

国際基準についての説明です。

まず18ページ目ですが、合同条約が書いてあります。ここでは、閉鎖後の制度的な措置について、記録の保存、それから必要に応じた監視・立入制限等、介入措置、あと財源の確保、こういったものについて規定されております。

次のページは、19ページは、IAEAのSF-1とSSR-5が書いてありますが、SF-1では、将来世代に過度の負担を課さないことについて示されておりました、SSR-5では、閉鎖後の制度的な手配、土地利用制限、モニタリングについて示されております。

20ページにつきましても、これもSSR-5ですけれども、記録の保存、標識・マーカー、制度的管理の例について書いております。

21ページもSSR-5ですが、将来的な管理計画において考慮すべき事項、あと責任の移管、これは下のほうの5.14.に書いてありますが、何らかの形で政府に移管しなければならない、こういった責任の移管について示されております。

それから、22ページです。これはSSR-5ですけれども、ここでは制度的管理と長期の安全性との関係について示されておりました、例えば5.6.に書かれていますように、処分施設の長期安全性は、能動的制度的管理に依存してはならない、こういったことも示されております。

次、23ページです。次に諸外国の動向について説明いたします。これは資料3-4から抜粋・追記したものでございます。

真ん中のほうに表がございますが、これは諸外国の事業廃止後の制度的管理の一覧を示しております。このうち、点々で囲っております米国、フィンランド、スイスの部分について、次のページから詳しく説明をいたします。

24ページ、まず米国でございますが、ユッカマウンテン・サイトの地層処分場のことでございますけれども、最初の1ポツ目に書いてありますように、地層処分場の永久閉鎖後のモニタリング計画に関する記述、こういったものが許認可修正の申請書に書かれるということになっております。

それから2ポツ目につきましては、廃棄物の長期的な隔離を損なう可能性のある活動を規制または防止したり、将来の世代が利用できるように関連情報を確実に保管するために使用される様々な措置（土地利用の管理、標識の建設、記録の保管など）これに関する詳細な記述。それから、これらの措置には、最小限でも、次のものが含まなければならないとされておりました、具体的には、i、ii、iiiとありますが、まず標識による、サイト

及び地層処分場操業エリアの特定。

それから、現地、州及び連邦政府機関の記録保管所及び土地登記体系、さらには世界の別の地点にある記録保管所における記録の保管。

それから iii 番目といたしまして、地層処分場の人工バリアが破壊されるような過度のリスクをもたらすような行動等につきまして、それを防止するための継続的な監視計画、こういったものが規定されております。

次の25ページですが、フィンランドにおきましては、まず原子力廃棄物と、廃棄物のことを呼ばれていますが、これが承認された方法で永久的に処分されたことを (STUK) が確認した時点で、最終処分が実施されたと見なせるとしております。

この上記条件が満たされまして、かつ廃棄物管理義務者、これは事業者のようなものですが、これが将来の検査、それから監視に関する一括料金を国に納入したときに、廃棄物管理者の管理義務が終了したことを決定するとしています。その後の原子力廃棄物の所有権というのは国に移されまして、国は、原子力廃棄物に係る全ての責任を有し、必要となった場合には、廃棄物の管理及び処分場の安全確保に必要なあらゆる施策を処分場サイトで講じる権利を有するとしております。

廃棄物の所有権が国に移動した後の管理体制につきましては、例えばSTUKによる不動産に関する禁止令、それからこれに関連して不動産登記簿等へ登録できるよう処分サイトと措置の禁止報告をすること、こういったことが定められています。

最後にスイスですが、能動的な制度的管理の終了の判断といたしまして、2ポツ目に書いてあるのですが、連邦評議会は、モニタリングの終了後に閉鎖作業を命令し、また命令に従った閉鎖後、期限付きで追加的な監視を命じることができるとされています。

この命令に従った閉鎖後、または監視期間の終了後、連邦評議会は処分場がもはや原子力法の対象ではないことを確認すると規定されておりまして、国はこの時点以降、さらなる措置として、特に環境監視、これを実施することができるとしております。

処分終了に伴う管理体制の考え方といたしましては、下の1ポツ目ですけれども、連邦評議会在地層処分場の恒久的な標識を定めるとしてあります。

それから、連邦評議会在承認しました特別計画「地層処分場」というのがありますが、ここでは処分終了に伴う管理体制について、「閉鎖した施設に係る責任というのは、最終的に国に移管される」としてあります。

28ページと29ページが、4ポツで制度的管理、これまでのまとめていたものでございま

す。

まず28ページですが、操業中の制度的管理につきましては、(1)(2)にまとめておりますが、まず(1)のモニタリング・監視といたしましては、廃止措置段階までの閉じ込め機能が維持されていることを評価するための放射性物質の放射能濃度等や地下環境の状態監視として以下を新たに要求することが考えられます。以下二つ、これは繰り返しなので、特に説明はしません。

特に、この二つ目のポツのモニタリングが埋設施設の安全性に影響を与えないものであること、こういったことは非常に重要なポイントかと考えております。

それから(2)の定期的な評価につきましては、立地要件や深度及び廃止措置段階までの閉じ込め、事業廃止後も含めた人間侵入対策と線量基準への適合性確認といった余裕深度処分の特徴を踏まえまして、評価項目として以下の三つを新たに要求することが考えられます。

次のページの29ページですけれども、事業廃止後の制度的管理に関しましては、まず人間侵入の発生可能性のさらなる低減等を図るためとして、第二種廃棄物埋設に係る事業規則の中で規定することが考えられるものとして、保存すべき記録の内容の整備、それから標識・マーカ一等の受動的な設備が整備されていることを事業廃止に際しての条件とすることが考えられます。

また、さらに強い事業廃止後の制度的管理としては、例えば、新たな法律上の措置として以下の三つのような仕組みが構築されることが考えられます。

以上です。

○田中知委員 はい、ありがとうございました。

どうでしょうか、先ほどの資料の中で、大江先生、また井口先生、阿部さんが、質問があったことについて、ここの説明があった今の時点において、追加的な説明がもしあればお願いするということがいいのか、あるいは一般的な意見交換、議論した後でいいのか、どちらがいいですか。

○前田安全審査官 じゃあ、一般的な議論をした後に。

○田中知委員 というわけで

○大江教授 東海大学の大江ですが。

28ページ目のところの操業中の制度的管理のところ、モニタリングが記載されております。極論として、モニタリングが安全性に影響を与えないようにする。極論として、

モニタリングをしないほうが良いという、そういう人もいらっしゃいますよね。例えばセンサーのためにケーブルの穴を1本あけると、そこは水道になるのだから、やらないほうが良い。これはあくまでもトレードオフの関係にあると思うのですね。穴をあけても、データをとったほうが安全性を確保する上では、有効であれば穴をあけたほうが良いということなので、この文章、安全性に影響を与えないという表現は、私はきつ過ぎると思いますし。それが多分意図としては、ゼロということではないですね。それがわかるようにちゃんとしておいたほうが、私、よろしいのではないかと思います。

○前田安全審査官 規制庁の前田です。

最適化するという意味でありますので、おっしゃるとおりと思います。

○田中知委員 あとはいかがでしょう。はい、どうぞ。

○阿部技術参与 中身の議論に入る前に、デフィニッションの話を少ししたいと思っているのですが。

今、規制委員会、規制庁は、IRRSの準備をしているのですよね。加藤さんと私は、廃棄物のところのレビューをずっとやっているんです。そのところで随分いろんな用語が出てきていますので、その用語の整理もやってきたわけです。

それで、まず廃棄物の分野には、デコミッションングという概念がないんだというところを確認しているんです。これはどういうことかと言いますと、埋設施設以外のところでは、そこに使用前・使用済の燃料とか、あるいは廃棄物があった場合にそれを全部取り出して、どこか別のところに移してしまう。残ったものは全てクリアランスレベル以下のものしかない。こういうことになりますと、そこ全体が規制の対象にすべきものは何もなくなるんですね。そうなったら、それはデコミッションングできると、こうなっているわけですね。

ところが、廃棄物の埋設施設について言えば、そこにある廃棄物が十分減衰しない限り、持っていく場所がないんですね。ですから、そういうところには、まずデコミッションングという概念がないということなんです。

それからもう一つは、クロージャーという言葉は、これは決してデコミッションングと同じ意味ではない。要するに、日本の場合にはこれは覆土と訳しているんだと思っています。ですから、覆土した後に、ここの場合には、閉鎖という言葉を使っていますが、閉鎖あるいは覆土した後にどういう管理をしなくちゃならんかということは、議論になりますが、デコミッションングがないんですから、これを廃止措置というように、日本で法律で

翻訳するとき間違えたのかな、何か、ですからその辺の話は、少し整理してからスタートしなくちゃまずいだろうと思っています。

それから、もう1点申し上げたいのは、今日いろんな国際的な参考資料というのがありますが、ちゃんと区別してほしいのは、廃棄物条約というのは、日本は法律より上の概念ですから、遵守義務があるわけです。これはひたすら守らなくちゃならないわけですね。

それに対して、IAEAのスタンダードというのは、これは各国が合意した内容ですから、それはそれなりに尊重はしなくちゃなりませんけれども。これについては、議論によっては守らなくていいというようなものだと思います。

私はずっとCSS、基準をつくる委員会に長く属していましたが、私の見る限りでは、SSR-5ぐらいで悪いのはないと思っていますので、これは適当に参照しながらやっていただくといいだろうと思っています。

以上です。

○田中知委員 2点ありましたけれども、まず1点目いかがですか。

○前田安全審査官 規制庁の前田です。

IAEAの用語集によりますと、クロージャーというのは、かなり広い意味で、覆土プラスあらゆる活動の完了というところまで含めると書いてありますので、それは原子力施設でいうと、デコミッショニングも含むというように要望書には書いてありますので、私としては、広い意味だと考えております。

一方、日本の規則の中では、御存じのように、埋設の終了というのがあって、その後保全措置があって、その後デコミッショニングとかがあるので、全部含めたものが、IAEAでいうクロージャーに該当するのかなと思っています。

それから先ほど、デコミッショニングできないというような話があったんですが、国際条約とかに遵守しますと、記録の保存とか、そういった国による、より最低限の制度的管理というのが続くということを想定しますと、そういう管理に係っているということを踏まえて、その中のデコミッショニングというのは事業者としての事業の終了の条件、そういう理解ということでもいいんでしょうか。そこを誤解しているかもしれませんが。

○加藤技術参与 もう一つ、廃棄物合同条約にははっきりと、埋設施設に対しては廃止措置という語は使わないんだと、そう書かれていると思うんです。

ですけれども、言わせてもらえば、英語と日本語、話も1対1に対応をするわけではないので、廃棄物に使っている廃止措置を、英語に訳すときにデコミッショニングとして使っ

てしまうと、恐らく非常に混乱が生じるんじゃないか。そこは、埋設施設の廃止措置、廃止措置を使い続けるのであれば、埋設施設の廃止措置という概念と一般的な原子炉施設の廃止措置は違うんだというのを明確にするか、もしくは埋設施設の廃止措置という言葉は国際的な言葉に合わせて変えると、どちらかだと私は思います。

○阿部技術参与 私、今申しましたのは、そう言葉のところで乱れてしまうと、これから議論がかなり難しくなりますので、そういう問題があるんだということで、その言葉に注意しながら議論しましょうということです。

○田中知委員 ありがとうございます。

○平野技術総括審議官 IAEAの安全基準では、埋設施設については廃止措置すなわちデコミッションングという言葉を使っていないということは認識しています。

そのかわりにエンドオブオーソライゼーションという言葉が使われています。概念としては同じだと思いますので、大きな混乱はないかと考えています。

○田中知委員 大きな混乱はないと思いますけれども、先ほど阿部さんがおっしゃったように、定義のところもしっかりと見ながら議論をしたいと思います。

何か、いいですか。二つ目のところはいいですか、合同条約との関連は。あと、いかがでしょう。

○澁谷企画調整官 規制庁の澁谷でございます。

原子炉等規制法の中で、IRRSを訳したときに、デコミッションングと訳してしまったのではないかとすることがあるんですけども。一応、原子炉等規制法の中でも、恐らく同じことが書いてありまして、デコミッションングの対象となるものには、廃棄物埋設地は含まれていませんので、あくまで附属施設や地上施設を解体するという意味で使っております。

以上でございます。

○阿部技術参与 そうなりますと、一番最初に議論すべきは、まず廃止措置ということをここで考えるのかどうか。もし考えるとすれば、どういう状況が生じたら、これは廃止措置ということでもいいのかと。そこを決めないと、その後の廃止措置後のというような話が全く違うものになってしまうと思っている。

○田中知委員 言葉の定義と、それから言っていることの内容を明確にしてということだと思います。

あとはいかがですか。一般的な議論の場になりましたが。

○井口教授 16ページのところで、炉規法の中で、二種埋の事業規則の中で、今後規定することが考えられるものという例が挙がっていて、2番のところの標識・マーカのところで、二つ目のポチが、これは効力が期待される期間を評価することとしか書いてないんですけども、これは評価すれば、特に制約をしないと読めちゃうんですけども、そういう意味ですか。

○前田安全審査官 基本的には、すぐだめになってしまうようなものという意図ではないので、どれぐらいもちますという、何年間もたせないというのは現時点では直ちにわからないので、それは後続規制の中で定めていきますので、適切な期間というのを要求して、それで事業者さんにはそれを評価してもらって、そういった意図で書いております。

○井口教授 だから要するに、努力して、できるだけ長くもつようなものを提案しろということの趣旨ということですね。わかりました。

○田中ディビジョン長 15ページ目の一番最後のところに、ただし書きで、受動的制度的管理の有効性について書かれているんですけども。これを前提としないとしてしまうというと、非常に受動的な制度的管理を設定すること自体が、意味がなくなってしまうと考えられないでしょうか。

○前田安全審査官 人の手を借りない受動的な安全機能で安全を確保する。ただし、だからといって忘れていいわけではなくて、こういった制度的管理もダブルでかませる、そういった考えです。だから、なにぶん長期的な管理になりますので、長期的な将来に、その管理が失われたり失敗したりすることもございますので、そういったことがあっても、そのシステムは頑健で安全が確保されるように、そういった評価は、こういった管理をしているから、そういう評価をしなくていいと言っているわけではない、そういったことを示しております。

○田中ディビジョン長 関連しまして、この前の資料のところで、物理的抵抗性のあるなしで分けて評価するという話があったんですけども。ここも基本的には同じような意味合いなのかなと。制度的管理がある、継続している、継続していないかと。そういった細かな分け方をするのではなくて、これも人間侵入に対する制度的管理だと思うんですが。こういった制度的管理であるとか、物理的抵抗性であるとか、離隔の確保とか、そういうのはセットとして人間侵入を排除するというのが、多分それが規制の考え方になっているんだと思うんですね。

であれば、先ほどの物理的抵抗性のあるなしのところもそうだったんですが、一つの

規制要件がなくなったかといって、そこで評価が必要になる、必要じゃないというような考えを分けるとするのは、どうも理解しにくいなど。

セットで考えていて、それでも万が一人間侵襲的なことが起こった場合に、そのシステム全体としての評価をするというようなお話が前の資料でもあったと思うんですけども。そういう観点から、こういった様式がいいかどうかというのは、別の議論であるんですけども。こういった制度的管理も含めた複合的な措置によって、人間侵入は排除する。しかし、システム全体としてももしそういったことが起こったときに、何らかの影響があるということを様式的に評価するという、そういったことだと理解できるんですが。個別の制度的管理であるとか、物理的抵抗性があるなしで評価はどうかというのは、理解できないなというところがあるんですが。

○田中知委員 重要なポイントだと思いますので、丁寧に説明してください。

○前田安全審査官 規制庁、前田です。

前回の深度の確保のところでも議論をさせてもらったんですが、深度を決めるときに、まずは一般的な地下利用というのを考えて、そこでトンネル工事とか、あと基礎とか、あと大規模な施設とか、要するに大規模な地下空間を使うようなところは現時点で想定される範囲ですけども、避けたような深さにしましょうと。

ただし、ボーリングについては、深度の大小によらず行われるので、それは影響評価をしましょうということで、人間侵入に対しても、これは立地で、立地というか、設計で避けたものと、設計では避け切れないかもしれないので評価するものと分けておりますので、人間侵入もいろいろ、現状技術を踏まえての話なんですけれども、分類して、それぞれに対してその対策というのを求めるというような考え方と思います。

ただ、制度的管理というのは、ボーリングであろうが、地下の大規模な空間利用であろうが、全てに対してきくものなので、これは全体に対してきくということで、例えば先ほどの物理的抵抗性というのは、これはボーリングを特に、深度では避けられないようなものを避けるための措置ということで、それがあらないでは、評価するしないにきいてくるんじゃないかと考えております。

○大江教授 今の田中委員の質問と、それから先ほどの井口先生の御質問は、あるところに関連していると思うんですね。基本的に、ボーリングに対してはボーリングを打つ確率を減らしていきましようというので、一つはシステム設計とか、いろんなシステムで考えて、同時に、制度的な方法、要するにダブルの方法で確率を下げる努力をしますと。そう

は言っても、制度というのは、未来永劫続くと言いたいところだけれども、続くかどうか分からないとして、万が一その制度がなくなったときに、システムがどれだけの性能を持っているかというのを、先ほどの資料の、三つに分ける、偶発的な侵入者を評価しますという考え方をとるわけですね。そうすると、何もそこに物理的な抵抗性があるなしで切り分ける意味があるのかというのは、多分田中さんの御質問だし。切り分けるとすると、そこにリスクが入ってくるから、切り分けられるんでしょうというのが、井口先生の御質問だと思うんですよ。そこをきちんと答えられるかどうかで、これをやる必要、ここまでやらなきゃいけないのか、それとももう少し議論をしてやるのか、あるいはこれはこんなに細かく切らないのかというのが決まってくると思うんですね。その辺は、私も疑問に感じました。

○前田安全審査官 先ほど、7-2に戻るんですけども、基本的にボーリングを考えた、物理的抵抗性というのは現状技術のボーリングを考えた対策ですけども、これがある場合は偶発的な侵入は考えなくていいと。ただ、例えば処分場の跡地とか、そういうところに計画して、悪意を持った侵入というわけではありませんが、計画して何か侵入が行われる場合があります、そういった場合に閉じ込めバリアが誤って破られてしまったりとか、あと廃棄物が擾乱してしまったりとか、そういったことがあった場合に、計画的に入っている人間は当然防護するので、防護対象には、被ばく対象にはなりませんけれども、公衆は、そこは守ってあげなければいけないという観点で、一番下の人間侵入による周辺公衆の被ばくということを考えています。

ここは、穴が開いてしまったという、偶発的に、知らずにそういうリスクがあるということは、現時点の技術で考える限りはないと、抵抗性がある限りは見なすんですけども。この3段目のところは、そういう違いがあると我々は考えているんですが、いかがでしょうか。

○大江教授 要するに、我々が、我々というとあれですけども、別に対立しているわけではないんですけども。こちら側の質問の意図としては、そういう切り分けが妥当なんですかという質問が、まず一つあると思うんですね。妥当だということで淡々と説明されれば、そういう切り分けをしてもいいなど、私は思うのですが。

私の一番最初の質問で、考えなくてもいいんですかというのは、答えになっていないと思うんですね。当事者自身のことを考えないという理屈は、ちゃんと筋が通っているかどうかということですよ。

○前田安全審査官 すみません、前田です。

当事者自身のことを考えなくていい、抵抗性がある期間のお話ですけれども、考えなくていいは、そういう侵入が想定される可能性が極めて低いからという。

○大江教授 そういうことをリスク論的に考えないという。

○前田安全審査官 人間侵入に関してリスク論的に判断するというのは、多分できないんじゃないかと思っていますので、これは対策を何枚も打って、それが起きないと対処するしかないんじゃないかと思いますが。

○大江教授 議論が堂々めぐりしているんですね。だから、これは御説明、言わんとしていることは、確かにリスクとしては高くなさそうだというのはわかるけれども、じゃあ幾らなんだと。じゃあ、それはもう考えなくて、切り捨てていいよねというほど、私は情報を持っていないし。じゃあ、それが議論して行って、それが切り分けられるかという、切り分けられないことも十分承知しているんですよ。だけど、そこが今議論の一番の分かれ目になっているわけですね。どう議論すればいいか、私はよくわからないんですけれども。そこが一番難しいのは事実だというのは、今は認識していますけれども。

○田中知委員 難しいことは事実でございますが。

先ほどの井口先生の質問、先ほどのときは、公衆の被ばくに対しても、物理的抵抗性が確保される期間とその後について、少しリスク的に考えて、分けてはどうかという質問だったと思うんですが、それでよろしいのでしょうか。

○井口教授 偶発的ということは、ある意味では、ある確率に従って起こることになるんじゃないかと思いますが、当然物理抵抗性というものがそれを減らす、もともとそういう事象を減らすとおっしゃっているわけだから、それをリスク論的に考えると確率が減るわけなので、例えば物理抵抗によって5倍の、いわば5分の1になるようなことが起こるのであれば、実際に物理抵抗がない場合に5mSv/yになるような、そういうものであってもいいんじゃないですかという質問なんです。

だから、確率論でかけると、1mSv/yというのは守られているんだけど、その考え方で、物理抵抗性ありなしというものがあって、実際の侵入者に対して切り分けるのであれば、一般公衆の方に対しても切り分けてしかるべきじゃないかという、そう思ったので御質問したということです。

○大村審議官 そのところは、先ほど、要するに意図的とか、テロとかということがあり得るので、そのときは一般公衆に影響が及ぶと。これは偶発的であろうが、意図的であ

ろうが、効果が一緒だということであれば、意図的なことも排除できないということで、そこは一般公衆に関しては物理的抵抗があろうがなかろうが、意図的であればそれをバイパスするであろうから、評価をしておく必要があるんじゃないかという整理をしていると。この辺、前の説明と全く一緒なんですけれども。

ですから、偶発的なことだけを考えれば、おっしゃるように、リスク論的なこともあると思うんですけれども。テロというのは、そういうことは考えられないので、リスク論的ではないので考える必要があるんじゃないかという整理をしたと。

○井口教授 そうすると、制度基準を考える場合には、今言った物理抵抗性というのがありなしというのは、一般公衆のところで決まるわけですから、議論をする必要はないんじゃないですか。

今の場合は、侵入者たちに対してだけ、例えば年間とか、そういうことを考えるためにありなしというのを考える、入れたとおっしゃっているわけですか。

○前田安全審査官 おっしゃるとおり、18ページの考え方は、物理的抵抗性が確保されない期間については、これは偶発的な侵入があると考えてるので、侵入者も公衆もそれぞれ評価対象ということを考えております。

○井口教授 そうすると、物理的抵抗性ありなしということは、特に議論する必要はないんじゃないですか。

○澁谷企画調整官 規制庁の澁谷でございます。

当初の人間侵入のシナリオを我々のほうから御提示させていただいたときは、こういう意図的な侵入とみなして、侵入者に対しては、それに対してはその評価をしないと。周辺公衆は意図的であろうが、何しようが、浴びてしまいますので、そこは評価しましょうということでした。

ただし、そうは言っても、偶発的に起こることもあるだろうから、侵入者に対する防護はしておくべきだということの議論だったと記憶しています。

そこで、今回は物理的抵抗性というようなものを一つ持ってきて、つまりそういった対策をとることによって、恐らく減衰しない、非常に高い時期で浴びるよりは、かなり侵入者に対しては発見させるような、そういう対策を講じると。その結果、最終的にどのぐらいの被ばく低減につながるかということを見るので、物理的抵抗性がなくなった後に侵入者の評価をするというふうな整理で今回は持ってきたという、そういうことで整理をしています。

ですので、物理的抵抗性がないときから、要するに何の対策もない状態での侵入者の評価というのは、処分システムに全くよらない、深度も関係ないですし、人工バリアとかという対策に全くよらなくなりますので、あまり位置構造設備の何か基準を評価することにはなりませんので、そういったことで今回は侵入者への保全の防護をなるべく、できるだけとるんだということで、物理的抵抗性を入れていると。ですので、その結果として、侵入者を評価をするのは、その抵抗性がなくなった後という整理にさせていただいたということでございます。

○井口教授 今の御意見もわからなくなる、要するに今の話だと、基本的には期間の問題とか、そういうものを考えると、物理抵抗性のよしあしとか、そういうのは入れないわけですね。なので、アバウトに、今の場合は議論されているわけですが。もう少し、そこまでおっしゃるのであれば、物理的抵抗性についての目安とか、そういうものを入れていただかないと、納得しろと言われても、なかなか納得できないというのが、私の今の印象なんですけれども。

○澁谷企画調整官 規制庁の澁谷でございます。

それで、期間なんですけれども、先ほどの制度的管理と物理的抵抗性というものを考えたときに、期間の評価、恐らく制度的管理がいつまでもつかという期間の評価って、なかなか難しいと思います。

一方、物理的抵抗性は、今日は一番最初にも御紹介をいただいたとおり、どこか厚さに到達したら物理的抵抗性は恐らくなくなってしまうかもしれませんが。それ以上であれば、腐食挙動であるとか、腐食速度とか、そういったようなものである程度外挿ができるのではないのかなというところが、人の手によるところと少し違うところがありますので、そこでそういうものに対しては、一つクレジットをとってもいいのではないかと考えたということでございます。

○阿部技術参与 今いろんな議論が出ていますが、私、混乱していると思うんですね。要するに、これは法あるいは規則、そういうもので守らなくちゃならないという話と、それから少しでもリスクを小さくするためにこういうことをしておいたほうがいいよねという話は、これは区別をしなくてはならないと思っているんですよ。

それで、そういう前提に立つと、例えば18ページ、合同条約で、これは守らなくちゃならない話ですね。その中身は、要するに別にいつまでというやつは出てこないんですね、ここでは。だから、いつまでというのは、これからここで議論をしなくちゃならないと思

っているんですが、これが極めて長いことになる問題が一つだけあって、これは一番下にある、経理的基礎が満たされるかどうかという問題だと思うんです。

ですから、こういうことを考えたときに、法的にどういう扱いをしたらいいかというのは、これはかなり法理論的な問題になると思っています。

それから、こういう規則について考えるときに、例えば日本国は、これは永久に続くと考えますよね。それから、法律は必ず守られると考えるんですね、その条約も。そういう中で、例えばこういう解析をしなさいというときには、これはクライテリアをちゃんと設けて、○×とつけることができるわけですね。

ただ、もう一方で、さっきの、もし万一制度的管理が失われたらというのは、これはその法律を守っていない状態ですよ。そういうものについて、クライテリアを設けた解析をするということが、そもそもナンセンスだと。

ただし、そういうときに、こういうことが起きたとしても、まあ、よさそうだねというような感触をつかむための解析だったら、あり得るとは思っているんですが。要するに、クライテリアとして使うような解析は存在しないと思っています。

それから、さっきの続きになりますが、アクセス手段なんていうことになると、これはもう海のものとも山のものとも、全く見当がつかないわけですね。管理がなくなったときですよ。そんなときに、例えばボーリングシナリオを仮定して、こうなって、こういうふうな数字になりましたから、いいですなんてという、そんなことはあり得ませんね。ただ、要するに、何らかの仮定をして、なるほどこれぐらいならよさそうだねというようなことはあってもいいだろうと思っています。

○田中知委員 今に関連してはいかがですか。特に何か、規制庁のほうからございますか。

○大村審議官 規制庁の審議官の大村です。

直接という話じゃないんですけども、議論として、この資料の中にも書いてあるんですけども、事業廃止後に例えば制度的な管理、これは利用の禁止であるとか、何とかというところですね。これはまだ、要するに何も措置がされていないという状況なんですよ。したがって、これは国としてどう考えるかという問題がこれからあるだろうと思います。

したがって、現状そういう制度がまだないので、それを破るものは法律違反かどうかという話は、それは制度ができた、それを検討した後の話だと思います。

○大江教授 今の阿部さんのお話ですけども、私はそういうところにあまり詳しくない

ので、これは感触なんです。例えば日本の法律が未来永劫、日本の国家も未来永劫存続するとして、法律に従っているんだから、考えなくてもいいということでは多分なくて、多分システムとして大丈夫なシステムかどうかを考えて、設計をしてくださいよ。そういう要求はきっちり出しますよという理解でよろしいんですよね。そういう意味ですよ。

○阿部技術参与 基本的に、そういうことでしっかり守らなくちゃならないんですよね。それでしかし、そうやってあらゆる制度的管理を尽くして、そういうことも起きないようにしたけれども、万一のときにこうなってしまうことがあり得ると。そのときでも安全だということを確認しておくための解析というのは意味がなくはないと、こう申し上げているつもりなんです。

ただ、制度的管理によらないといったようなことが前提になって、制度的な管理のところをいかにげんにしていいというようなことにつながったら、これはもう身もふたもないと思っていますので、まずは管理のあり方について、きちんと議論すべきだと思っています。

○大江教授 わかりました。ありがとうございました。

○田中知委員 あと、ございますか。

今後どう議論するかの前に、どっかのページに、高レベルの場合の制度的管理の、どこでしたか。

○前田安全審査官 17ページです、すみません。

○田中知委員 産廃なんかのときには、これはどういうふうな制度になっているのか、わかっているらば教えてください。

○前田安全審査官 廃掃法という法律があるんですが、その場合、県とか市町村とか、そういうところがそもそも適切に処置するという、そういう義務を負ってまして、そういうところに委ねられるというようなことになっております。

○田中知委員 要は資料7-2の18ページのところについていろいろ議論があり、また制度的管理の全体的な議論等もあって、なかなか、人間侵入シナリオをどう考えるかというのを、制度的管理全体の中でこれを考えないといけない話でございますし。

同時に、能動的受動的となったときに、受動的制度的管理はどれだけ有効なのかとか、そんなことを総合的・俯瞰的に考えていかないといけない。そういう中で、わかりやすいような説明をするのか。

同時にまた、将来にかかることですから、明快にこうなりますと、そこまではっきり

言えない中で、制度的管理の有効性をどうするか。ですから、制度的管理が有効であるということに期待し過ぎてもいけないともあり、難しいところだと思うんですね。

そういうふうなことで、使用済燃料管理、放射性廃棄物管理の安全に関する合同条約についても、何かしなくてはいけないというふうなことで、いろんな国々でその条約の精神を守りながら、具体的な方法を検討していき、またそれを3年に1回かの合同条約の会議のときにそれを説明して、いろいろと意見をもらったり。それがあんまりにもおかしいとなれば、そこで意見が出てきたりしますから、我が国に対しても合同条約に加盟していますから、そこをしっかりと対応していくということになるし。

先月、私も行ってきましたけれども、まだ我々とすれば、余裕深度について検討しているという状態で説明してまいりました。

またその次のステップにはどうなりましたかということで、向こうも期待があって、説明をするといろいろと意見があるかわかりませんが、一応合同条約の精神にのっとり、これはしっかり説明していくと。

ですから、今日いろいろと議論があって、大変重要なところだったんですけども。規制庁のほうへ、その辺のところをわかりやすく、全体的にまとめて説明するというふうな努力をしてみたいと思います。制度的管理全体の中で、これはどう説明できるか、そこを考えることがどうして適切と考えているのかとか。そういうところが、ここは物すごく大事なところですから、ばらばらに話すんじゃなくて、全体的、総合的、俯瞰的な中で説明をするというふうなことを、もう一遍、説明していただくということを要求したいなと思っています。

よろしいでしょうか。何かございますか。

○澁谷企画調整官 個別なものを少し、時間をかけて今までやってきましたので、今まで出したものを一度をまとめて、一旦御説明させていただきたいと思います。

○阿部技術参与 これも言葉の問題なんですが、今日、資料の7-3に、また余裕深度処分という言葉が出てきているんですね。私、余裕深度処分というのは、概念そのものが間違いだと思っているものですから、2点コメントさせていただきます。

1点目ですけども、前回、第6回会合で申し上げたことの繰り返しなんですが、私は、余裕深度処分というのは、一般的な地下利用というものがあって、それよりさらに深いところに埋めれば安全という、そういう概念だったと理解していたわけです。

しかし、前回の事務局の提案は、そうではなくて、少数の特定の地下利用だけを対象と

して、それより深いところに埋めるからという内容だったと思っています。

一般的という言葉と、そういう特定のという言葉は、これは真逆の意味ですよ。一般的地下利用より深く埋めるから安全といった、耳ざわりのいいキャッチフレーズを示して、しかし実際の内容が、少数の、特定の地下利用より深く埋める。これでは羊頭狗肉だと思っているわけです。羊頭狗肉などというのは、規制委員会としては決してやってはいけないことだと思っています。

そして、今回ですが、7-2の資料、これの15ページに、一般的な地下利用として、温泉用ボーリングや農業用水用ボーリングが想定される、こう書いてあるわけです。私も、温泉用ボーリングや農業用水用ボーリングは、一般的地下利用そのものだと思いますから、この記述そのものはこれでいいと思っています。

しかし、そうすると、前々回の第5回会合で確かめさせていただきましたが、一般的地下利用より深く埋めるならば、少なくとも1000m以上の深さになるわけですね。余裕深度処分という言葉を使って、もし羊頭狗肉でないならば、そういう深さに埋めるということ提案していることになるんだろうと思っています。

2点目のコメントですが、この検討会合は、廃炉等に伴う放射性廃棄物という対象物を特定しての規制のあり方について検討する会合のはずだと思っています。

ところが、今申しましたように、毎回資料の中に、余裕深度処分という、処分の方法論が出てくるわけですね。前々回の第5回会合で、私から、余裕深度処分という考え方を踏襲するのかと尋ねたのに対して、田中委員からは、「踏襲するということは決めていない。余裕深度処分というのは、よく使われる言葉だが、正式な言葉としては、またこれから考えるところがあるといい」という御回答をいただいております。

どういう廃棄物を対象として議論するかということと、余裕深度処分という方法について議論するということは、これはまるで違うことだと思っています。ですから、原点に戻って、この会合は、廃炉等廃棄物について議論する会合であるということを徹底してほしいと思っています。

以上です。

○田中知委員 ありがとうございます。

特に言葉の定義のところをしっかりとしたいと思いますし、澁谷さんからいただいているんだけど、余裕深度という言葉は、ああいう規則の中で、どこかで使われているところがあるのですか。

○澁谷企画調整官 事業規則のほうでは既に用いてしまっていますので、それで我々は用いているというところがございます。そこについては、少しまた検討をさせていただければと思います。

○田中知委員 あと全体的によろしいでしょうか。

じゃあ、私が話したようなことで、もうちょっとこの辺をまとめて説明をしていただきたいと思います。

今後の進め方について、よければ事務局のほうからお願いします。

○入江主任技術研究調査官 今回の議論を踏まえまして、次回の議題といたしますか、テーマといたしますか、そういうものと日程について調整をさせていただいて、御連絡をさせていただきたいと考えてございます。

○田中知委員 それでは、ほかになれば、これをもちまして、本日の検討チームの会合を終わりにしたいと思います。

どうもありがとうございました。