

ウィークリーウェビナー「放射性廃棄物の管理」2021 Q&A

第9回 2022年2月3日

低レベル放射性廃棄物の処分(その2):処分場の設計に係る現状と諸課題 (日本原燃)佐々木 泰

(質問1)途中で固化体の健全性確認のために数体の固化体のサンプリング、健全性確認試験を行わないのか。

(回答1)埋設した廃棄体をサンプリングのために取り出すのは、安全機能を有する埋設施設の構成材料を壊すことにつながるため、埋設地に近い類似環境下に供試体を設置してその供試体を長期間モニターすることにより、実物の廃棄体および埋設施設における健全性、劣化進展状況等を確認する計画です。(佐々木)

(質問2)貴重なご講演を頂き、ありがとうございます。また、3号埋設の安全審査では膨大な資料を纏められており、特に被ばく評価技術も大きく進歩した事と思えます。本日の資料のP25の線量評価結果について2点質問させてください。

Q1:約300年後の線量を決めている主たる核種(茶色)は何でしょうか?

Q2:各核種の収着係数が例えば1桁変わると、自然事象シナリオの線量評価結果にどの程度の影響を生じるものでしょうか?

(回答2)

A1:約300年後の線量を決めている主たる核種(茶色)はC-14です。

A2:人工バリア・天然バリアのどの部位の分配係数(収着係数)が変わるかに依ります。他の核種との重畳もあるので一概にどれくらい変わるとは言えません。分配係数(収着係数)が支配的な状態では1桁変わることもあります。核種の半減期に対して有効な期間の遅延を考慮できる場合、さらに小さくなることも考えられます。

C-14の収着性が比較的大きい人工バリアの収着性が喪失した場合においても、線量の増加は20倍程度であるため、1桁の分配係数(収着係数)の低下であれば、この範囲内の変動であると考えられます。

参考文献

https://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/tekigousei/nuclear_facilities/WAS/WAS_03/meeting/index.html

令和3年06月22日 資料1(10/10)

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

第十二条 監視測定設備(1号、2号及び3号廃棄物埋設施設)

添付資料1

第2表 各バリア材の機能喪失を仮定した3号廃棄物埋設地の線量評価結果

(佐々木)

(質問 3)施設設計の機能要求を具体的に分かりやすくご説明頂き、ありがとうございます。今後の通常炉の廃止措置で発生する同様なレベル(いわゆる L2)の施設では、どのような技術要件が追加されるのでしょうか。

(回答 3)基本的な要件は変わりませんが、解体廃棄物として金属類が多くなる場合はこれらの腐食による影響を考慮する必要があると考えます。(佐々木)

(質問 4)線状降水帯、ゲリラ豪雨等の対策はできているのか。

(回答 4)ゲリラ豪雨等の影響として①埋設地に降水が溜まること、②土砂災害(がけ崩れ等)の二つが考えられます。①については、埋設地エリア内の降水は 1 箇所に集約した上で、埋設地外へポンプにて移送しています。そのため、ゲリラ豪雨等が発生した場合でも埋設地内に大量の水が溜まることはないようにしています。②については、がけ崩れが起きないように、掘削後の法面を管理しています。(佐々木)

(質問 5)施設損壊の場合の保険のようなものは掛けられているのか。

(回答 5)保険はかけていません。埋設施設の立地条件や想定される人為事象を分析し、施設に大きな影響を与えるような事象は想定しがたいことを確認しておりますが、仮に施設に損傷が生じた場合には、廃棄体発生者の電気事業者と協議の上で埋設施設を修復し、公衆への線量影響の抑止に努めます。(佐々木)

(質問 6)3 点質問させていただきます。

(1)固形化剤としての質問です。P6 で充填固化剤にアスファルトとプラスチックはないのでしょうか？

(2) P7: Ni-63 の半減期は 100 年で、300 年管理では 1/8 にしか減衰しません(Cs-137 は 1/1000 に減衰)。300 年の管理期間は短すぎるのではないのでしょうか？

(3) 資料の P25: C-14 が支配核種のようなのですが、地層処分や中深度処分のように有機炭素と無機炭素に分けて評価しないのでしょうか？

(回答 6)

(1) プラスチックの廃棄物で焼却しないものは充填固化体として処分します。均質・均一固化体に含まれるアスファルトやプラスチックは、固型化材として液体状のものを固型化するために用いています。なお、充填固化体の固型化材については、電気事業者がモルタルのみを使用することを定めており、アスファルトやプラスチックは使用されていません。

(2) 管理期間は、自然事象、人間侵入のシナリオの被ばく評価の結果、規則で定められた管理を必要としない線量以下となることを確認して設定しています。被ばく評価は、核種の半減期に加え、放射エネルギー、人工バリアや天然バリア中の移行のし易さ、体内への取り込み易さなどの複合要因で決まります。Ni-63 の場合は、人工バリアへの収着性が高く移行抑制機能が強く働く要因で、300 年後時点での被ばくへ与える影響は小さいことを確認しており、管理期間は適切と考えます。

(3) 一般的に有機形態のほうが分配係数が小さいため、保守側となるよう有機形態で評価しています。(佐々木)

(質問 7)低レベルの 300 年後の放射能レベルの評価結果です。この評価結果に最も影響するパラメータは何ですか？

(回答 7)バリア機能として期待している収着性(分配係数)と低透水性(透水係数)です。ただし、シナリオや核種の特性により影響度が変わりうるため、何か一つのパラメータが影響するというものではありません。(佐々木)

(質問 8)例えば量が少ない核種であっても、内部被ばくへの影響が大きい核種などはないのか？

(回答 8)浅地中に埋設している廃棄物には、もともとそのような核種は微量しか含まれておらず、線量評価上の寄与は少ないです。(佐々木)

(質問 9)300 年後の評価結果の検証はどのようにされていますか？

(回答 9)定期的な評価制度があり、10 年ごとに監視測定の結果およびその他の最新の知見を踏まえて再評価を行っていきます。この積み重ねにより、管理終了後の公衆への線量影響が十分に小さいことを確認できたことをもって、原子炉等規制法による管理を終了します。(佐々木)

(質問 10)聞き落としかも知れないが、「ヨウ素-129」の影響についてはどのように評価しているのでしょうか？また、各種「管理データ」の保管・取扱方法については、どのような考え方を描いているのでしょうか？

(回答 10)他の核種と同様に評価しています。ヨウ素-129 は収着性が小さく、半減期も長い核種ですが、低レベル放射性廃棄物中に含まれる放射エネルギーは多くなく、支配核種にはなっておりません。

また、廃棄物埋設施設に関する各種データについては、社内のデータベースに登録するとともに記録として適切に管理しています。必要な時に必要な情報が取り出せるよう、適宜ハード・ソフトを更新していきます。(佐々木)

高レベル放射性廃棄物の処分(その2):処分場の設計に係る現状と諸課題 (原子力発電環境整備機構)高橋 美昭

(質問 1)SMR 等の廃棄物もこの処分場に受入可能と考えているか。

(回答 1)小型モジュール炉(SMR)等の新型炉で発生する廃棄物は、本日紹介した処分場の受入対象には含まれていない。ただし、それら廃棄物は将来組成など特性が明確になったのち、その処分方法について現行の放射性廃棄物の区分と処分形態を参考に今後検討され、地層処分対象となる廃棄物もあると考える。(高橋)

(質問 2)世代間倫理の議論は行われたことはあるのか。あるとしたらどんな議論か。

(回答 2)地層処分に係る国際的な議論として、以下のような議論が行われた。

地層処分を選択することによって、将来技術への期待や、将来世代の選択肢を奪うことは必ずしも倫理的とは言えないという議論や、国際的・多国間での解決策実

現への期待などを動機とした長期間(数百年程度まで)の貯蔵などが議論された(OECD/NEA, 2006)。一方で、根拠のない先延ばしは慎むべきであり、原子力発電を享受してきた現世代の責任として、少なくとも廃棄物処分の道筋をつけるため、地層処分を前提に最大限取り組むべきとの議論がなされた(OECD/NEA, 1995, 1999)。

将来世代の選択と意思決定の自由を残すことを担保するための方策として、「可逆性と回収可能性」および「段階的アプローチ」と言われる考え方が提唱されている(OECD/NEA, 2004, 2011)。「可逆性」とは、一度決定したことを元に戻す、あるいは検討し直す能力のことであり、「回収可能性」とは、一度埋めた廃棄物を回収する能力のこと。「段階的アプローチ」とは、事業をある期間やステージによって区切り、その都度立ち止まって、最新の科学的知見を踏まえて地層処分の安全性を確認し、次のステージに進むか否か、進め方の修正は必要ないかを判断しながら、段階的に事業を進めていく考え方である(NUMO, 2021)。

OECD/NEA(1995): The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal of Long-Lived Radioactive Wastes(地層処分の環境・倫理的基礎に関する集約意見)。

OECD/NEA(1999): Progress Towards Geologic Disposal of Radioactive Waste: Where do we stand? An International Assessment(放射性廃棄物の地層処分に向けた進展:我々はどこにいるのか/国際的評価)。

OECD/NEA(2004): Stepwise Approach to Decision Making for Long-term Radioactive Waste Management(長期的な放射性廃棄物管理に関する意思決定の段階的なアプローチ), NEA No. 4429.

OECD/NEA(2006): The Roles of Storage in the Management of Long-lived Radioactive Waste(長寿命放射性廃棄物の管理における貯蔵の役割)。

OECD/NEA(2011): 高レベル放射性廃棄物 および使用済燃料の 深地層処分のための可逆性と回収可能性(R&R)。

NUMO(2021): なぜ、地層処分なのか、NUMO-TR-20-04。(高橋)

(質問3)鉄を食うバクテリアの研究などは行っているのか。

(回答3)鉄をエネルギー源とするバクテリアを含め、NUMOは国内外の研究機関と協力し、オーバーパックの腐食を促進する微生物などの研究を進めている。最近の研究から、緩衝材がバクテリアの増殖を抑制する効果を有することが分かっており、そのことを利用して微生物腐食がどの程度抑制できるのか研究している。このほか、緩衝材以外の効果的な対策として、一般産業分野で検討されている微生物腐食抑制対策の適用性の検討も進めている。(高橋)

(質問4)貴重なご講演を頂き、ありがとうございます。「セーフティケース」という用語は、一般的に使われる「安全評価」という用語とは微妙にニュアンスが異なる様に思いますが、今一つ、その相違が明確に判りません。その相違について、もう少し御説明頂けませんでしょうか。

(回答 4) ※次回の第 10 回ウェビナー「高レベル放射性廃棄物の処分(その 3):セーフティケース」にてご説明させていただきます。(高橋)

(質問 5) 深地層処分で結構なんだが、ディープボアホールはわが国では適用できないということですか?

(回答 5) 大口径のボーリングを地下数 Km~5km 程度まで掘削して廃棄物を処分するという超深孔処分のことと思うが、この処分オプションについては米国を中心に研究が進められ、わが国では基盤研究において諸外国での最新の技術情報を確認しつつ、わが国の諸条件を考慮した場合の適用性・成立性を検討していくための留意点などの検討が進められている。

具体的な課題については、この概念はより地下深くに処分することで人間の生活環境からより遠くに隔離し、数千 m の岩盤により放射性物質の移動を遅らせることを意図しているが、現状では、3,000~5,000 m といった深い地層の地質環境特性に関する理解やデータの蓄積が不十分であること、ボーリング孔を閉塞する技術や、廃棄体を定置する際にボーリング孔内で何らかのトラブルが生じた場合の対処技術、回収可能性など、実現可能性を示すための技術課題が多く残っている。(高橋)

(質問 6) 2 点質問させていただきます。

(1) P14: 三種類の岩種の選定理由を教えてください。

(2) P22: 地層処分 = 最終処分と思っていましたが、閉鎖後の回収も考えると回収可能性 ≠ 最終処分となります。どのように考えればよろしいのでしょうか?

(回答 6)

(1) 三種類の岩種の選定理由

日本地質学会の地質リーフレット:「日本列島と地質環境の長期安定性」(日本地質学会 地質環境の長期安定性研究委員会編、2011 年発行、<http://www.geosociety.jp/publication/content0004.html>)では、処分場の選定に際して考慮すべき重要な地質学的事項に対応した地質の特徴を明確にする観点から、日本列島の岩種を 7 種類に分類している。包括的技術報告書では、これらの岩種のうち、地下深部に広く分布する 3 種類の岩種(新第三紀堆積岩類、先新第三紀堆積岩類、深成岩類)を検討対象の母岩として設定した。

具体的には、7 種類の岩種のうち、処分場の母岩として対象となる可能性が相対的に低いと考えられる第四紀堆積岩類及び第四紀火山岩類を検討対象から除いた。そのほかの 5 種類の岩種(新第三紀堆積岩類、先新第三紀堆積岩類、新第三紀・先新第三紀火山岩類、新第三紀・先新第三紀深成岩類、変成岩類)のうち、新第三紀・先新第三紀火山岩類は、処分場の設計および安全評価の観点から、それぞれ深成岩類及び先新第三紀堆積岩類と類似した特徴を有していること、変成岩類はその主要な構成岩種である結晶片岩類および片麻岩類について、それぞれ先新第三紀堆積岩類及び深成岩類と類似した特徴を有していることから、これらの 2 岩種については、深成岩類及び先新第三紀堆積岩類に適用する考え方や手法の応用により、処分場の設計及び安全評価における対応が可能であると考えられる。以上のこ

とから、新第三紀堆積岩類、先新第三紀堆積岩類、深成岩類を検討対象母岩として選定し、それぞれを対象として地質環境モデルを構築した。

(2) 回収可能性の維持と最終処分の関係

2015年に改定された特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針では、「NUMOは、特定放射性廃棄物が最終処分施設に搬入された後においても、安全な管理が合理的に継続される範囲内で、最終処分施設の閉鎖までの間の廃棄物の搬出の可能性(回収可能性)を確保する」とされている。そのため、NUMOは、処分場の閉鎖措置計画が認可されるまでは、回収可能性を維持する。したがって、閉鎖後の回収は意図しておらず、地層処分は最終処分を意味する。(高橋)

(質問7)埋設後100年、300年、HLWは万年単位で埋設されるがこの間に実質的な管理は難しいと思う。例えば100年後の科学の発展を考えて、再々処理など再度掘り出すことはないのか。線源の放射線利用、熱源利用、RIの消滅処理などの検討はないのかと思います。

(回答7)地層処分は高レベル放射性廃棄物の有望な処分方法として認められている一方、OECD/NEAは、科学が進歩する可能性や社会の考え方が変化する可能性なども考慮し、将来世代が一度選択した地層処分を取りやめる、あるいは別の選択肢を選ぶといった、将来世代の選択と意思決定の自由を残しておくことも、世代間の公平性の観点から必要としている(OECD/NEA, 1995, 1999)。質問6に対する回答のように、処分場の閉鎖措置計画が認可されるまでは、回収可能性を維持することとされており、地層処分はそれが可能である。

地層処分とは別の手段としてよくあげられる核種分離変換技術(昔は消滅処理と呼ばれていた)は、将来世代の選択肢の一例であろう。ただし、長寿命核種をすべて分離し変換することは技術的に不可能であり、残った長寿命核種に対して、結局、地層処分が必要ということになり、核種分離変換は地層処分の代替手段にはなり得るのかの判断にはさまざまな検討が必要。

質問2に対する回答で言及したように、「原子力発電を享受してきた現世代の責任として」現実的に対応できると考えている方法が現在地層処分である。

OECD/NEA(1995):The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal of Long-Lived Radioactive Wastes(地層処分の環境・倫理的基礎に関する集約意見)。

OECD/NEA(1999):Progress Towards Geologic Disposal of Radioactive Waste: Where do we stand? An International Assessment(放射性廃棄物の地層処分に向けた進展:我々はどこにいるのか/国際的評価)。(高橋)