

原環センター トピックス

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT FUNDING AND RESEARCH CENTER TOPICS

2023.7.NO.146

目次

新任のご挨拶	①
センターの活動状況	②
中深度処分の規制基準策定の経緯と考え方	⑤

新任のご挨拶

就任に当たりまして、一言、ご挨拶をさせていただきます。

この度、第40回理事会での決議によりまして、第9代原環センター理事長を拝命した武谷典昭（たけたに のりあき）と申します。

前任の高橋彰理事長は、2014年（平成14年）6月から9年間にわたって、トップマネジメントとして原環センターの事業運営に尽力され、我が国唯一の放射性廃棄物処分に特化した中立的調査研究機関としての立ち位置を守られたと聞いております。私も、前任と同様に、原環センターの使命を全うできるよう努める所存でありますので、ご指導、ご鞭撻のほど、よろしくお願い申し上げます。

原環センターは、放射性廃棄物処分の調査研究と資金管理とを二本の柱として事業を遂行しており、原子力利用を下支えする重要な役割を担っていると思っておりますが、我々が置かれている事業環境は厳しく、原子力発電所の再稼働、再処理工場の竣工などが事業に直結するものとなっております。これらの動向を注視しながら、引き続き、慎重、かつ真摯に事業運営に取り組みたいと考えております。

最後に、放射性廃棄物の処分は、非常に長い期間にわたって、社会・環境・人など様々な配慮が必要な事業と理解しておりますが、少しでも貢献できればと思いながら、私のご挨拶に代えさせていただきます。



公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター
理事長 武谷 典昭

センターの活動状況

運営状況

第 39 回理事会の開催

2023 年 6 月 7 日（水）に開催した第 39 回理事会において、以下の議案を付議し、それぞれ原案のとおり承認可決されました。

1. 2022 年度事業報告の承認について
2. 2022 年度決算の承認について
3. 第 29 回評議員会（定時）の招集について

第 29 回評議員会（定時）の開催

2023 年 6 月 26 日（月）に対面及び Web 会議システムの併用により開催した第 29 回評議員会（定時）において、以下の議題を審議又は報告し、議案については原案のとおり承認可決され、報告については了承されました。

1. 2022 年度事業報告について（報告）
2. 2022 年度決算について（報告）
3. 評議員の選任について
4. 理事の選任について

今回の評議員の選任及び任期満了に伴う理事の選任により、次の方が交代されました。

（敬称略。新任者所属・役職は選任時のもの）

区 分	退 任 者	新 任 者	新任者所属・役職
評議員	－	水田 仁	関西電力株式会社 執行役常務 原子力事業本部長代理
理事（常勤）	高橋 彰	武谷 典昭	東電設計株式会社 取締役会長
理事（非常勤）	石樽 顕吉	－	
理事（非常勤）	松本 史朗	原田 清朗	公認会計士

第 40 回理事会（決議の省略）

第 29 回評議員会（定時）後、同評議員会において選任された理事、及び監事に対し、武谷典昭理事を理事長に、洲上善弘理事を専務理事に、田中俊彦理事を常務理事に、それぞれ選定することについて提案を行い、2023 年 6 月 29 日付けをもって、提案どおり可決する旨の理事会の決議があったものとみなされました。

成果等普及活動の実施状況

2023 年度 原環センター視察会の開催

弊センターの賛助会員にご参加いただき、2023 年度原環センター視察会を以下のとおり開催しました。浜岡原子力発電所では、安全性向上対策工事現場（防波壁、改良盛土、大物搬入口強化扉、溢水防止壁等）、5号機建屋、1・2号機廃止措置現場を見学しました。

開催日時：2023 年 5 月 11 日（木）～ 12 日（金）

視察場所：静岡県温水利用研究センター、浜岡原子力館及び浜岡原子力発電所、御前崎風力発電所
メガソーラーしみず

参 加 者：18 名



静岡県温水利用研究センター



浜岡原子力館



御前崎風力発電所



メガソーラーしみず

2023 年度 第 1 回原環センターセミナーの開催

放射性廃棄物処分の安全評価から処分の全体像を把握する第一歩として、安全評価の基礎知識を身につけた技術者・研究者を対象とした、第 1 回原環センターセミナー「放射性廃棄物処分の安全評価の基礎Ⅰ」を以下のとおり開催しました。講義後の総合討論では、講義への質疑応答を通じて、理解を深めていただきました。

開催日時：2023 年 5 月 19 日（金）9：30～17：30

開催会場：京都アカデミアフォーラム in 丸の内

講 師：公益財団法人原子力安全研究協会

技術顧問 朽山 修 氏

プログラム：

講義 1：放射性廃棄物の発生と放射線の健康影響

講義 2：放射性廃棄物と社会

講義 3：放射性廃棄物処分の基本戦略

総合討論



2023 年度 第 1 回原環センター講演会の開催

2023 年度第 1 回原環センター講演会を対面及びオンラインで開催し、156 名（対面 46 名、オンライン 110 名）の方に参加いただきました。

全国の研究機関、大学、民間及び医療機関等から発生する研究施設等廃棄物は、未だ埋設がなされず各機関が保管を継続しています。国立研究開発法人日本原子力研究開発機構はその埋設事業の実施主体として、ピット及びトレンチ埋設を計画しています。本講演では、埋設事業の技術開発の現状と立地に向けた安全性に係る理解促進活動を紹介しました。

開催日時：2023 年 6 月 30 日（金）15：00～17：00

開催会場：一般社団法人日本交通協会 大会議室

演 題：研究施設等廃棄物への取り組み

講 演 者：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 バックエンド統括本部 埋設事業センター
埋設技術開発室 室長 仲田 久和 氏



中深度処分の規制基準策定の経緯と考え方

原子力規制庁 原子力規制部 研究炉等審査部門
主任技術研究調査官 青木 広臣

原子力施設の運転や廃止措置に伴って発生する放射性廃棄物のうち、原子炉压力容器内の高放射線量環境下での放射化等により比較的放射能濃度が高くなったもの等（以下「炉内等廃棄物」という。）を、地下 70m 以深に埋設する方法を「中深度処分」と呼びます。原子力規制委員会は、令和 3 年 10 月に第二種廃棄物埋設に係る規則等を改正し、中深度処分に関する規制基準を定めました。

炉内等廃棄物は、高レベル放射性廃棄物とは異なり、 α 線を放出する放射性核種をほとんど含まないという特徴を有します。また、炉内等廃棄物の放射能濃度は、高レベル放射性廃棄物の放射能濃度に比べて低いものの、ピット処分の対象廃棄物に比べて半減期が長い放射性核種の濃度が数桁高いという特徴を有します。このため、炉内等廃棄物は適切な処分が行われなければ数万年を超える長期にわたり人への影響が生じる可能性があり、中深度処分は、数万年を超える長期間にわたって同廃棄物を起因とする放射線による影響から公衆と環境を防護する必要があります。

中深度処分の規制基準の背景及び根拠については、NRA 技術ノート「中深度処分の規制基準の背景及び根拠」¹⁾ に詳しく取りまとめており、本講演では、同技術ノートの内容を基に、中深度処分の規制基準策定の経緯と考え方について紹介します。

1. はじめに

1.1 放射性廃棄物の処分概念

放射性廃棄物処分の概念について少しお話しします。

日本の放射性廃棄物は、大きく分けて「高レベル放射性廃棄物」と「低レベル放射性廃棄物」とに分けられます。

このうち、「高レベル放射性廃棄物」は、地層処分という地下 300m 以深の場所に埋められることになり、原子力発電環境整備機構（NUMO）がその事業者として、現在、文献調査を行い、サイトを探しているという状況です。

一方、「低レベル放射性廃棄物」は、埋める放射性廃棄物の放射能濃度に応じて、低いほうから、「トレンチ処分」「ピット処分」「中深度処分」という区別になっています。トレンチ処分は、旧原研（現在の

JAEA）が埋設を実施したことがあり、ピット処分は青森県六ヶ所村において日本原燃株式会社が埋設を実施しています。

中深度処分だけがいまだ事業者も決まらず、サイトも決まっておられません。日本原燃株式会社が六ヶ所村において調査研究を実施しているという状況です。

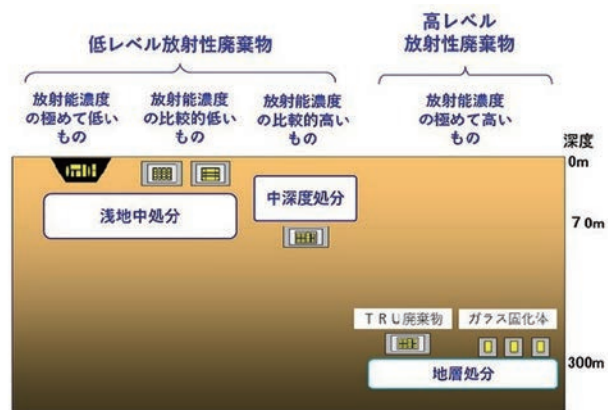


図1-1 放射性廃棄物の処分概念
(原子力規制委員会ホームページ²⁾より)

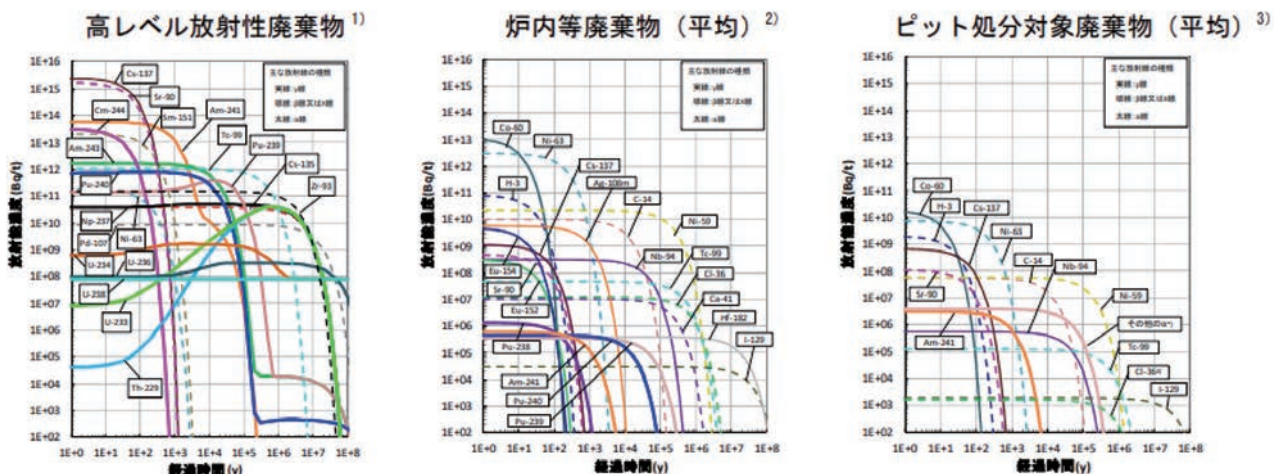
1.2 中深度処分対象廃棄物の特徴

中深度処分の対象となる廃棄物は、原子力発電所の運転や廃炉に伴って生じる炉内等構造物で、BWRを例に挙げますと、上部格子板やシュラウドなどが対象となります。

廃炉（原子炉等規制法の用語では「廃止措置」といいます）に伴って発生する放射性廃棄物のうち、約 0.6% がこの中深度処分の対象、いわゆる L1 と呼ばれる放射性廃棄物に区分されると言われています。

中深度処分の対象廃棄物の特徴は、日本原燃株式会社が六ヶ所村で行っているピット処分の対象廃棄物と比べ放射能濃度が高いこと、減衰に時間がかかることが挙げられます。ご承知の通り、地層処分の対象である高レベル放射性廃棄物よりは低いことは、**図1-2** からご理解頂けるとと思います³⁾。

もう一点注目して頂きたいのは、放射性核種の種類です。中深度処分の対象である炉内等廃棄物に含まれる放射性核種とピット処分対象廃棄物のそれは非常に良く似ています。**図1-2** では、濃度の差はありますが同じ放射性核種が含まれていることが分か



炉内等廃棄物はα線放出核種（太線で表示）をほとんど含まず、短半減期核種（Co-60等）は数百年で概ね減衰し、その他の核種の多くは数千年から10万年程度で概ね減衰。一部の核種（例えば、Ni-59、Tc-99、Cl-36等）は、10万年後でも比較的高い濃度を維持しているが、これらは主にβ線又はγ線を放出する核種（破線で表示）であり外部被ばくの影響は小さい。

- 1) 「高レベル放射性廃棄物ガラス固化体のインベントリ評価」核燃料サイクル開発機構東海事業所（平成11年11月）の核燃料の燃焼条件等に基づき、原子力規制庁が計算
- 2) BWR、PWR、GCRの運転及び解体廃棄物の平均放射能濃度（＝総放射能／廃棄体総重量）（電気事業連合会「余裕深度処分対象廃棄物に関する基本データ集（一部改訂）」（平成28年8月23日）より作図）
- 3) JNFL2号（ピット処分）事業許可申請書記載の平均放射能濃度（日本原燃株式会社「六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センター 廃棄物埋設事業変更許可申請書」（平成9年1月）より作図）
- 4) 日本原燃株式会社「日本原燃（株）六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センターにおける低レベル放射性廃棄物の線量評価と今後の対応について」（平成23年8月31日）

図1-2 放射性廃棄物の放射能濃度と時間の関係
(炉内等廃棄物の埋設に係る規制の考え方について³⁾より抜粋)

ります。それぞれの廃棄物の発生過程を考えると当然のことながら、この2つは放射性核種の種類が似ているのですが、高レベル放射性廃棄物はこの放射性核種の種類が大きく異なります。高レベル放射性廃棄物の発生源は基本的には使用済燃料であり、中深度処分より低いものは燃料由来ではなく放射化金属由来であるためであると考えられます。

1.3 放射性廃棄物の規制体系

図1-3に原子炉等規制法における放射性廃棄物の規制体系を概念的に示しています。

原子炉等規制法では、放射性廃棄物を2つに大別して、「第一種廃棄物埋設」と「第二種廃棄物埋設」に分けています。第一種廃棄物埋設が高レベル放射

性廃棄物の地層処分、第二種廃棄物埋設が低レベル放射性廃棄物で、中深度処分、ピット処分及びトレンチ処分があたります。

第二種廃棄物埋設は、事業規則と許可基準規則の2つ規則がすでに制定されていて、本講演では、主にこの「第二種許可基準規則」とその下の「第二種許可基準規則の解釈」の内容を紹介します。

2. 中深度処分の規制基準の策定の経緯

2.1 検討チームによる検討

2015年の1月から始まった「廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム」は、2018年7月までに31回も開催し、その間に、「炉内等廃棄物の埋設に係る規制の考え方について（案）」を作成しました。また、中深度処分における設計プロセスに関する要求について深い議論がなされました。

この「廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム」とは別に、廃棄物埋設の放射線防護基準を議論するため、「廃棄物埋設の放射線防護基準に関する検討チーム」を設置し、2016年に5回ほど開催し防護基準について議論しました。この検討チームでは主に、「廃棄物の埋設に係る放射線防護基準及び原子力施設のサイト解放基準

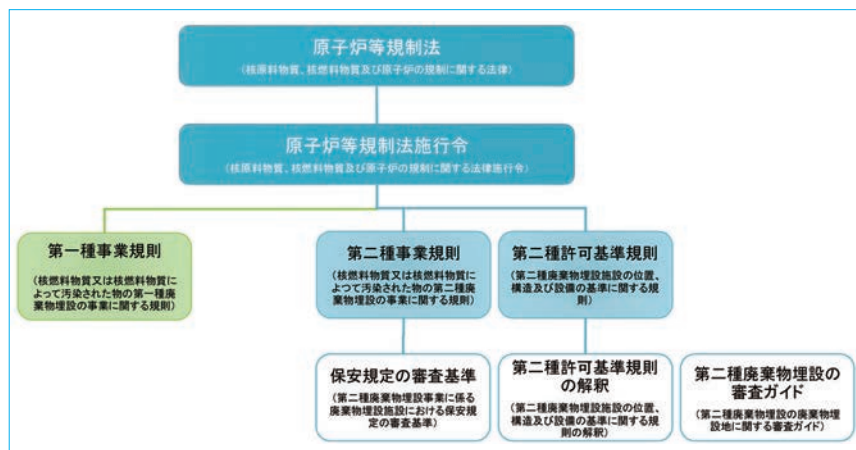


図1-3 放射性廃棄物の規制体系

について（案）」という報告書の作成に力を入れ、外部専門家の先生方に多くのご助言を頂きました。

2.2 原子炉等規制法の改正

平成 29 年（2017 年）には原子炉等規制法が改正されました。この改正において、廃棄物埋設に関連する主な改正点として、二点挙げられます（図2-1）。

一点目は、「中深度処分」の廃棄物埋設地から地上に通じる坑道の埋戻し等に関する計画（閉鎖措置計画）の認可」に関する規定が設けられたことです。

二点目は、「規制期間終了後にわたる廃棄物埋設地を含む一定の区域（指定廃棄物埋設区域）の掘削制限等に係る制度が制定されたことです。二点目については、第一種廃棄物埋設（地層処分）と第二種廃棄物埋設のうち中深度処分に対して、原子力規制委員会が指定した区域について「許可なく掘削してはいけい」という規定が設けられました。

この規定は、原子力事業者を規制する「原子炉等規制法」においてやや異質な規定となっておりまして、事業者ではなく国民を規制する規定です。これらの土地は民有地であることも予想されますので、この指定廃棄物埋設区域を原子力規制委員会の許可無く掘削してはいけいという規定は、国民の権利を一定程度制限することになります。よって慎重に運用する必要があると考えられます。

なお、土地の売買の際には「重要事項説明書」というもので説明されることが国交省の規定で決まっていますが、この「指定廃棄物埋設区域」であることは、この重要事項説明書の中で説明されなければならないことになっています。

もう一点、このときの原子炉等規制法の改正に伴って、名称と深度にも変更がありました。それまで「余裕深度処分」と呼ばれていたものが「中深度処分」

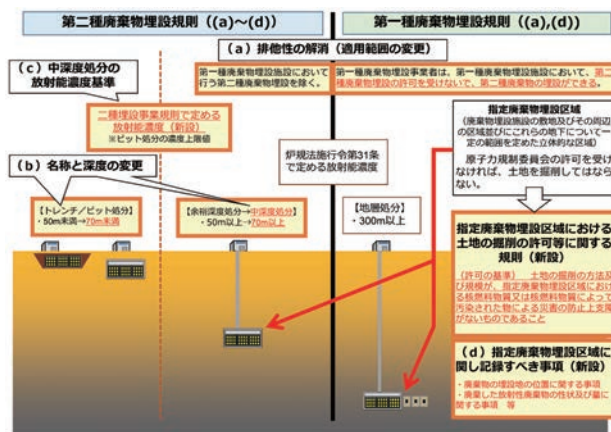


図2-1 原子炉等規制法の改正（平成29年4月）における中深度処分の閉鎖措置計画の認可等（原子力規制委員会資料⁴⁾より抜粋）

と名称を変更し、その深さ（深度）も 50m 以上から 70m 以上と変更になったのもこの原子炉等規制法の改正のときです。

2.3 第二種廃棄物埋設に関する許可基準規則等の改正

原子炉等規制法の改正の後、中深度処分の具体的な規制基準を原子力規制委員会規則に規定する作業に入りました。

2020 年には、断層等を除く要求事項を取りまとめ、科学的・技術的意見募集を行い、2021 年 2 月には、断層等に係る要求事項について意見募集を行いました。

これらの要求事項を踏まえて、委員会規則の改正に着手し、2021 年 10 月に第二種廃棄物埋設に係る許可基準規則等を改正しました。

また、この委員会規則の改正を受けて、関連する審査ガイドの制定を 2022 年 4 月に行いました。

表 2-1 中深度処分の規制基準策定の主な経緯

2015 年	1 月	廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チームを設置し、規制基準の検討を開始
2016 年	4 月	廃棄物埋設の放射線防護基準に関する検討チームを設置し、防護基準の検討を開始
	5 月	「炉内等廃棄物の埋設に係る規制の考え方について」案に対する科学的・技術的意見募集
	8 月	「炉内等廃棄物の埋設に係る規制の考え方について」委員会決定
2017 年	4 月	原子炉等規制法の改正
2018 年	8 月	原子炉等規制法施行令及び第二種廃棄物埋設に係る事業規則等の改正案に対する意見募集
	9 月	原子炉等規制法施行令の改正及び第二種廃棄物埋設に係る事業規則等の改正
2019 年	9 月～	中深度処分の規制基準の要求事項に関する検討
2020 年	7 月	（断層等を除く）要求事項に対する科学的・技術的意見の募集
2021 年	2 月	断層等に係る要求事項に対する科学的・技術的意見の募集
	7 月	第二種廃棄物埋設に係る許可基準規則等の改正案に対する意見募集
	10 月	第二種廃棄物埋設に係る許可基準規則等の改正
2022 年	2 月	第二種廃棄物埋設の廃棄物埋設地に関する審査ガイド案に対する科学的・技術的意見募集
	4 月	第二種廃棄物埋設の廃棄物埋設地に関する審査ガイド制定

3. 中深度処分の規制基準の主な考え方

3.1 規制基準の考え方と放射線防護基準

中深度処分の安全確保の基本的な考え方は、

- 廃棄物と公衆の離隔（りかく）に有効と考えられる深度へ放射性廃棄物を埋設
- 自然現象に起因する事象と人間活動に起因する事象、この2つの事象による廃棄物埋設地の破壊や放射性廃棄物の擾乱を防ぐこと

です。

その理由は、放射能の十分な減衰に要する時間が、これまでのピット処分やトレンチ処分の対象廃棄物よりも長期にわたることから、事業者が管理可能であると考えられる期間（300～400年）を大きく超える期間にわたって、想定される自然事象及び人為事象への設計上の対策を要求する必要があるという特徴を有しているからです。

その防護基準は、表3-1に示すように、IAEAやICRPの国際基準を参照して規定しています。

表3-1 中深度処分に係る放射線防護基準

規制期間内	規制期間後	
	自然事象	人為事象
線量限度（1mSv/年）を超えないことはもとより、As Low As Reasonably Achievable（ALARA）の考え方の下、実効線量で50μSv/年以下であること	科学的に合理的な範囲内の事象に対して、公衆の受ける線量が線量拘束値である300μSv/年を超えないこと	仮想的な事象と位置づけられる事象に対して、現存被ばく状況において参考レベルとして設定される1～20mSv/年のうち高い側の20mSv/年とする

3.2 位置に関する要求

「位置」とは、廃棄物埋設施設を設置する場所のことを指して言いますが、この「位置」の要求では、廃棄物埋設地の設計（構造及び設備）による対応が困難であり、廃棄物埋設地の設置を避けることにより対応する必要があるものについての要求です。

具体的には、図3-1に示すように、(1) 断層等、(2) 火山現象、(3) 侵食及び(4) 鉱物資源等の掘採の4つについて要求しています。

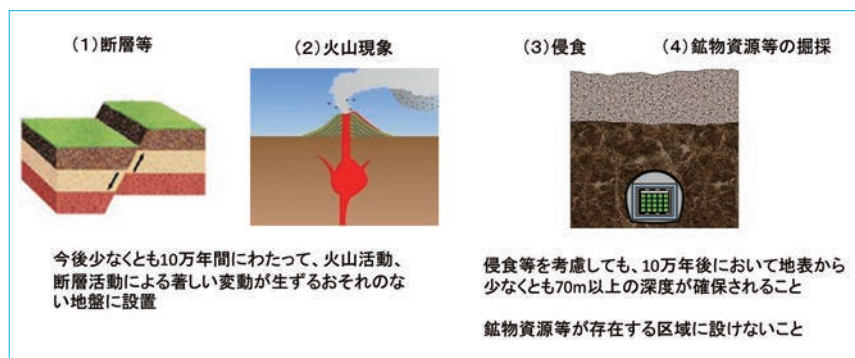


図3-1 位置に関する要求

(1) 断層等

断層等の活動により人工バリアの周囲の岩盤がずれて変位が生じると、人工バリアのせん断や破壊が生じ、その機能が喪失し放射性物質の漏えいが生じるおそれがあるため、後期更新世以降（約12～13万年前以降）の活動が否定できない断層等や震源として考慮する活断層の活動に伴い損傷を受けた領域を避けることを要求しています。

また、規模の大きい断層は、活動性の有無にかかわらず、既に地下水流動経路を形成している可能性があり、現状で地下水流動経路を形成していない場合であっても、長期的な環境変化や断層活動による岩盤等の亀裂の発生によって、新たな地下水流動経路となる可能性も考えられるため「活動履歴に関わらず規模の大きい断層についても避けること」を要求しています。

さらに、断層や亀裂に関してはやはり掘ってみなくては分からないということもありますので、廃棄物埋設地の建設・施工時において断層等が発見された場合には、当該断層等を避けて人工バリアを設置することとし、事業許可の段階ではそのようにしますよという方針にしてくださいということを要求しています。

(2) 火山現象

廃棄物埋設地に噴火やマグマの貫入が発生すると、廃棄物埋設地が破壊され、放射性廃棄物が地表に放出されるおそれがあることから、第四紀（約258万年前以降）における火山活動に係る火道等の履歴がある場所を避けることを要求しています。

また、火山活動の中心からおおよそ15km以内の場所を避けることを要求しています。

(3) 侵食

隆起・沈降及び気候変動による大陸氷床量の増減に起因する海水準変動を考慮した侵食による10万年間の深度の減少を考慮して、廃棄物埋設地の近くの河川の下刻、側方侵食、海食も考慮した上で、将来想定される侵食による深度の減少を考慮しても、離隔に必要な深度（70m）を確保することを要求しています。

(4) 鉱物資源等の掘採

鉱物資源等の掘採は、「資源利用のための掘削が行われる可能性がある十分な量及び品位の鉱物資源等が現に存在している場所を避けた地点を選定すること」を要求していますが、これは所謂「人間侵入」の可能性を下げるための要求と理解いただければと思います。

先に説明した「指定廃棄物埋

設区域に指定」によって、許可がない掘削は禁止されるものの、この制度が未来永劫も有効であるとは限りません。そのため、有用な鉱物資源や地熱資源が存在しない場所をあらかじめ避けておくという要求です。

3.3 構造及び設備に関する要求

「構造及び設備に関する要求」を説明するにあたっては、この事業の段階というのが大事になってきますので、図3-2に示します。

中深度処分の事業の段階は、「事業許可」の後、「建設」、「埋設」と進み、「埋設が終了した後」には「坑道の閉鎖」そして「廃止措置」と進みます。

(1) 耐震

廃棄物埋設地及び坑道といった地下施設の支保工等の支持構造物は、その機能の喪失により公衆又は従事者に直接的に放射線障害を及ぼすおそれがある施設ではありません。しかし、これらが損傷すると、人工バリアや廃棄体に損傷を与える要因となる上に、地下における作業性も損なわれるおそれがあります。

一般的に地下施設は地震により受ける影響は小さいと考えられるものの、このような理由から、中深度処分の廃棄物埋設地及び坑道に対し、廃棄体の受入れから坑道を閉鎖するまでの間における一定の耐震性を要求しています。

(2) 廃棄体の取扱い設備等の設計

廃棄体の取扱いに当たっては、公衆や従事者の安全を確保するため、放射線の遮蔽や落下防止等の措置が必要です。

中深度処分の廃棄体の放射能濃度は比較的高いことから、その取扱いは主に遠隔操作で行われることが想定されます。このため、廃棄体の取扱中に設備等に不具合や故障が生じた場合、従事者が接近して修理等を行うことが困難な事態となることも考えられます。

廃棄体の取扱い設備等は、このような事態が発生するおそれがないような設計とすることを要求しています。

(3) 廃棄体の回収

廃棄体の落下や何らかの落下物が廃棄体を直撃する等によって、廃棄体に損傷が生じた場合には、当該廃棄体を回収し、補修等の作業が必要になると考えられます。

廃棄体の埋設段階では、損傷が生じた廃棄体を回収する措置を講じることができることを要求しています。

(4) 人工バリア

埋設された廃棄体に含まれる放射性物質に起因する公衆の被ばくを低減する観点から、人工バリアによって、半減期が数10年程度以下の比較的短い放射性物質を廃棄物埋設地の中で減衰させ、天然バリア（廃棄物埋設地の周辺の岩盤等）への放射性物質の漏出を防止することが可能です。

廃止措置の終了までの間においては、人工バリアによって、廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を防止することを要求しています。

ここで、「漏出の防止」と「漏出の低減」という言葉について説明します。委員会規則等の中では、この2つの言葉を使い分けています。

「漏出の防止」は漏出がない状態を維持すること、「漏出の低減」は、漏出はあるものの、その量や速度を低減することをそれぞれ指しています。

図3-3に示すように、トレンチ処分では廃止措置まで「漏出の低減」を要求しています。また、ピット処分では「埋設の終了」までは「漏出の防止」を、廃止措置までは「漏出の低減」を要求しており、中深度処分においては、廃止措置まで「漏出の防止」を要求しています。

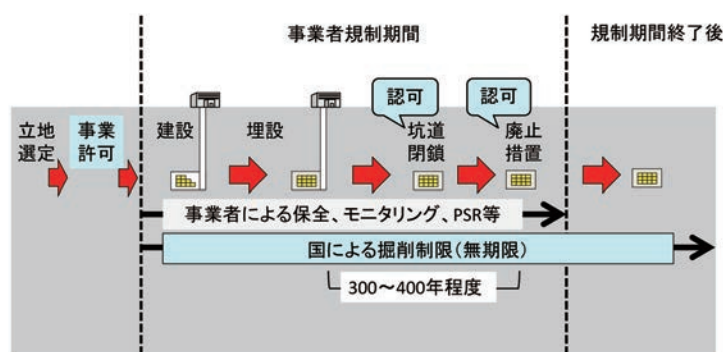


図3-2 中深度処分の事業の段階

	廃棄物の受入れの開始から埋設の終了まで	埋設の終了から廃止措置まで	廃止措置の終了以降
中深度処分	漏出の防止 ●技術的に施工可能なもの ●地下水の浸入を防止する構造及び放射性物質の漏出を防止する構造が相まって達成 ●一つの機能に過度に依存しないものであること		漏出の低減
ピット処分	漏出の防止 ●BAT ●雨水や地下水の浸入を防止する構造及び放射性物質の漏出を防止する構造が相まって達成	漏出の低減 ●BAT ●一つの機能に過度に依存しないものであること	
トレンチ処分	漏出の低減 ●BAT ●一つの機能に過度に依存しないものであること	漏出の低減 ●BAT ●一つの機能に過度に依存しないものであること	

図3-3 「漏出の防止」と「漏出の低減」

これは、埋設する放射性廃棄物の放射能濃度に応じた、所謂グレーデッドアプローチの1つとして差別化を図っていることがご理解いただけると思います。

(5) 監視測定設備

中深度処分では、人工バリアを設置することによって、廃止措置の終了までの間は廃棄物埋設地の外への放射性物質の「漏出の防止」を要求しています。この際、予期しなかった人工バリアの施工の不具合等による異常な漏えい又はその徴候について監視測定を行うための設備を設置することを要求しています。

また、埋設の終了後や坑道の閉鎖終了後における地下水位の回復、地下水が人工バリアに接触することによる粘土系人工バリアの膨潤や地下水の水質変化には、長期間を要すると考えられます。このため、地下水の状態に加えて、設置された人工バリアや確認可能な範囲における天然バリアが設計を逸脱することなく期待された性能を発揮している、又はその見通しがあることを事業者が確認し、定期的な評価に必要なデータを取得するための設備を設置することを要求しています。

(6) 排水設備

建設段階及び廃棄体の埋設段階において、人工バリアが完成する前に地下水や雨水によって廃棄物埋設地が水没すると、人工バリアの再施工や廃棄体の回収が必要となることが考えられ、これらの作業に伴う従事者被ばくのリスクが生じるおそれがあります。埋設の終了までの間は、廃棄物埋設地の水没を避けるための排水施設を設置することを要求しています。

があると考えました。

この「長半減期核種の放射能濃度の制限」が十分か否かを確認するため、10 万年後以降に廃棄物埋設地と生活環境が接近した場合の潜在的な影響を抑制することを意識した「廃棄物埋設地と公衆の接近を仮定したシナリオ」による評価を求め、評価される公衆の受ける線量が 20mSv / 年を超えないことを確認します。

このシナリオは、いわゆる様式化 (stylized) されており、2022 年に制定した審査ガイド⁵⁾の中で、より詳しく記載されていますので、そちらを参照頂ければと思います。

2) 自然事象シナリオ

中深度処分では、人工バリア及び天然バリアが障壁となり、埋設された放射性廃棄物からの放射性物質の生活環境への移動の抑制を図ることとしています。

数千年や数万年を超える長期においては、自然現象に起因する人工バリアの劣化に伴う廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出や、岩盤の割れ目などを介した天然バリア中の放射性物質の移動を考慮する必要があります。

このため、これらを考慮した「自然事象シナリオ」の評価を行い、評価される公衆の線量が 300μSv / 年を超えないことを確認することとしています。

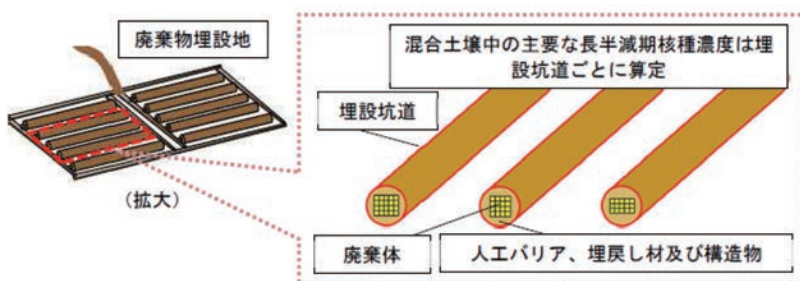


図3-4 複数の埋設坑道から廃棄物埋設地が構成される場合のイメージ⁵⁾

3.4 安全設計に関する要求

(1) 評価シナリオと線量基準

1) 長半減期核種の濃度制限に関する要求

炉内等廃棄物に含まれる放射性物質の多くは 10 万年程度で十分な減衰を期待できるものの、長半減期核種の濃度が比較的高いものも含まれます。

このため、10 万年後以降の深度の確保の見通しについて不確実性が大きい場所に廃棄物埋設地を設置する場合には、あらかじめ放射性廃棄物に含まれる長半減期核種の放射能濃度を制限しておく必要

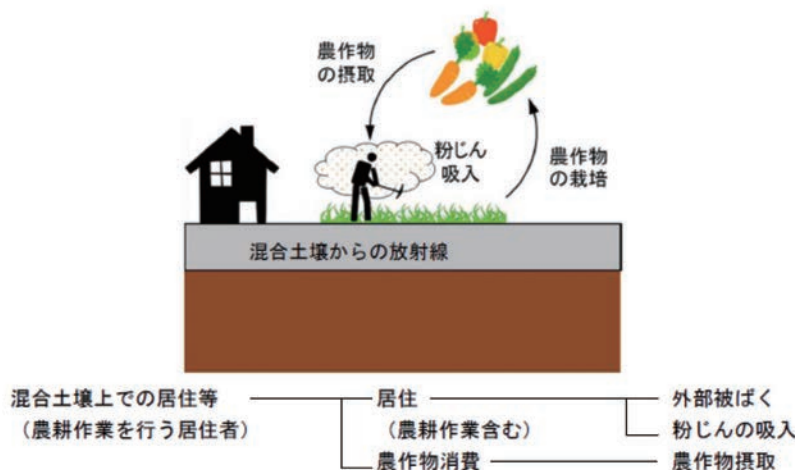


図3-5 混合土壌上での居住等による被ばく状況⁵⁾

表3-2に自然事象シナリオの基準についてまとめています。ここで「設計プロセス」という言葉が出てきます。この「設計プロセス」がこの中深度処分の基準の一つのポイントとなっておりますので、後ほど詳しく説明したいと思います。

表3-2 複数の埋設坑道から廃棄物埋設地が構成される場合のイメージ

基準	シナリオの種類	被ばくに至る経路	パラメータ設定	数値基準 ($\mu\text{Sv/y}$)
設計プロセス	性能水準	最も可能性が高い	通常の状態 で保守的	100
自然事象シナリオ	最も厳しい	科学的に合理的と考えられる範囲で最も厳しい		300

3) ボーリングシナリオ

先に述べたように、中深度処分の廃棄物埋設地は、有用な鉱物資源や地熱資源が存在している場所を避ける(3.2(4))、廃棄物埋設地を含む一定の区域(指定廃棄物埋設区域)は、規制期間終了後にわたり許可なく掘削することが禁止される(2.2)といった所謂「制度的管理」があるので、廃棄物埋設地の偶発的なボーリング掘削の発生の蓋然性は、合理的には想定する必要がないほど低くとなると考えられます。

しかし、一般的にボーリング掘削は中深度処分の廃棄物埋設地に到達し得る深度まで行われる可能性があること、将来の人間の行動を具体的に予測することは難しいこと、仮にボーリング掘削による廃棄物埋設地の破壊や放射性廃棄物の擾乱が発生した場合には影響が大きくなる可能性があります。

このため、規制期間終了後における偶発的なボーリングの発生を仮定した「ボーリングシナリオ」の

評価を行い、評価される公衆の受ける線量が一定の水準(20mSv/年)を超えないことを確認することとしています。

このシナリオも、いわゆる様式化されており、審査ガイド⁵⁾の中で、より詳しく記載されていますので、そちらを参照頂ければと思います。

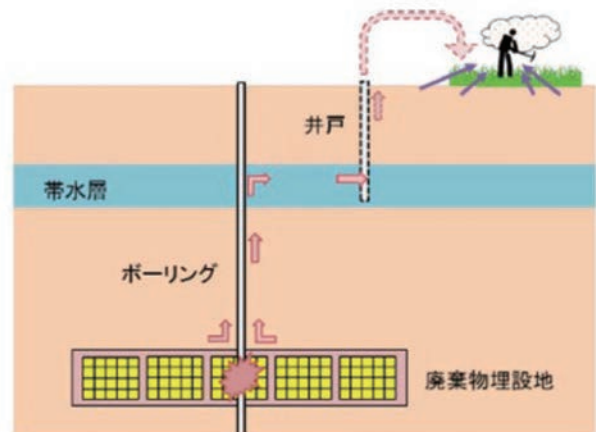


図3-6 ボーリングシナリオにおける被ばく経路のイメージ⁵⁾

(2) 設計プロセス

中深度処分では、数万年を超える長期間にわたって放射性廃棄物を起因とする放射線による影響から公衆と生活環境を防護する必要がありますが、長期的な公衆の線量評価には大きな不確実性があります。

将来の周辺公衆全体の被ばくの可能性及び線量を合理的な範囲でできる限り低減するための設計上の対策を埋設事業者に求め、規制機関は、そのプロセス(設計プロセス)の妥当性の確認に重点を置くこ

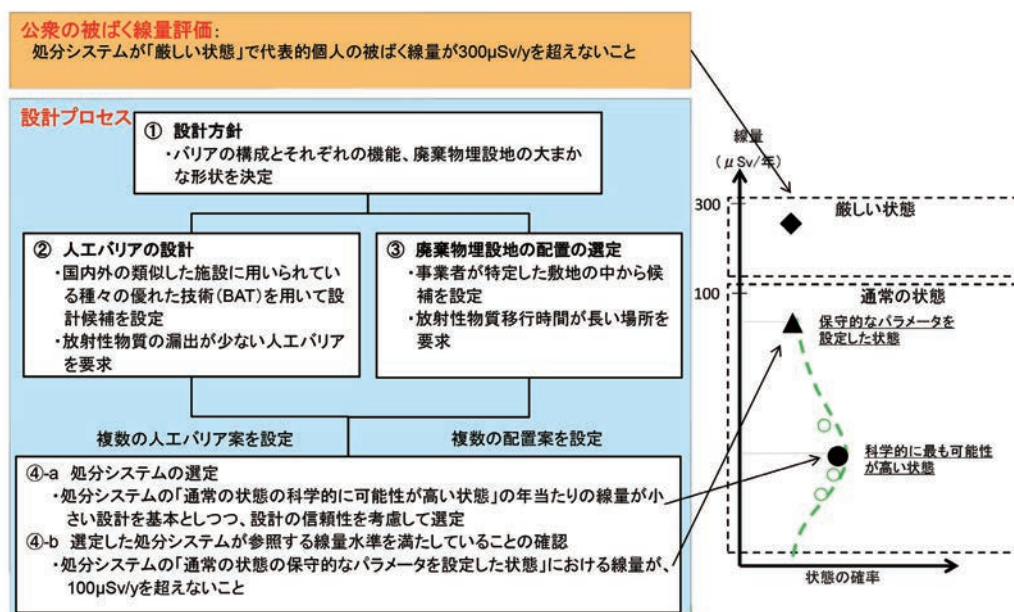


図3-7 設計プロセスの確認のポイント(原子力規制委員会資料⁶⁾より抜粋、追記)

としました。

この設計プロセスの要求は、IAEA や ICRP が示す国際基準における「最適化 optimisation」にたどり着きます。この「最適化 optimisation」は、放射線防護及び安全確保において、個人線量及び被ばくを受ける人の数に対して、合理的に達成可能な限り低く抑えること（ALARA）に関するプロセスであると定義されていますので、ここに記載のあるように、原子力規制委員会と検討チームにおいて「設計プロセス」として要求しようという議論があり、このような規定になっています。

3.5 廃棄体に関する要求

中深度処分の廃棄体については、落下時における飛散・漏えい防止のための対策を講じることや、廃棄体に含まれる物質により健全性を損なうおそれがないこと等を要求しています。

また、原子力発電所等から受け入れる廃棄体がこれら規制基準に適合していることを埋設事業者自らがあらかじめ確認するため、廃棄物の受入れ基準（WAC）を保安規定に定めることを要求しています。

3.6 管理要求

(1) 廃棄物埋設地の保全

廃棄体の受入れ開始後から廃止措置の終了までの間においては、監視測定設備による廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏えいの監視、万一異常な漏えいが認められた場合やその徴候が認められた場合には、修復その他の必要な措置を講ずることを要求しています。

(2) 定期的な評価

規制期間内において十年を超えない期間ごとに、地下水や人工バリアの状態について取得したデータ等の最新の科学的知見を踏まえて、自然事象シナリオの評価を始めとする被ばく管理に関する評価を行うこと（いわゆる Periodic Safety Review: PSR と呼ばれるもの）、そして、そ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、保全にフィードバックすることを要求しています。

(3) 坑道の閉鎖措置

坑道の閉鎖にあたっては、閉鎖措置計画を定めることを要求しています。原子力規制委員会は、その内容が基準に適合していれば計画を認可し、事業者が閉鎖措置を実施した際には、それを確認することになっています。これは坑道の閉鎖措置の終了によって、埋設した放射性廃棄物の生活環境からの隔離を始めとする設計上の措置が実質的に完了すると考えられるためであり、この「坑道の閉鎖」というタイミングは、地下に埋設する処分方式としては、後戻りできない、非常に重要なタイミングと言えますの

で、このように「認可」と「確認」という手続きになっています。

(4) 廃止措置

中深度処分の廃止措置では、モニタリング設備や残存している附属施設の解体・撤去並びに操業に伴い発生した放射性廃棄物のうち埋設していないものの廃棄を行う必要があります。また、指定廃棄物埋設区域に係る規制に必要な保存すべき記録の整備及び廃棄物埋設地の存在を認知しやすくする標識（マーカー）の設置を要求しています。

4. おわりに

本講演では、中深度処分の規制基準の策定に至る経緯について紹介し、主な規制基準の内容とその背景や根拠とともに概説しました。

今般、原子力規制委員会が策定した規制基準は、中深度処分の基本設計や管理に係る基本的な要求であり、各段階における具体的な作業や詳細な設計に係るものではないことを申し上げておきます。今後は、電力事業者が中心となり、中深度処分の規制基準を満足する立地候補地点及び詳細な施設設計並びに具体的な管理方法が提示されることが期待されます。

なお、中深度処分の規制基準の背景及び根拠については、NRA 技術ノート「中深度処分の規制基準の背景及び根拠」¹⁾ に詳しく取りまとめましたので、参照ください。

5. 質疑応答

質問 1 監視測定設備については、監視測定の設備は一応測定期間として廃止措置の開始までと規制には書かれています。一方で要求されていることは放射性物質の漏出防止が一応廃止措置の終了までということになっていまして、廃止措置の開始まで測定設備は測定ができることと要求されているのに対して、廃止措置期間についてはどのように考えればいいかを教えていただきたいと思います。

回答 1 監視測定設備ですが、これは廃止措置の開始までと書いているところは、廃止措置自体はそれほど長い期間がかかるとは想定していません。廃止措置の開始までと廃止措置の終了までの期間は 300 年や 400 年の間のごく一部だと考えますので、そこにあまり大きな差はないと考えています。

質問 2 最終的に設計オプションとして、複数の案が出て、100 μ Sv/年を下回るようなことを目安にするということで、そこから最終的に決定というか、絞り込む時にどのような考え

方というものがあるか。単純に ALARA や BAT の考え方に従って線量が低ければいいという考え方だけなのか。あるいは実際の設計に基づいて施工のやりやすさや、それから施設の耐久性や頑強性といったもの、それから、場合によれば経済性もあって、そういう中に検討の因子として入れ込んでもいいのかどうかなど、その辺りのことについてもう少しお聞かせいただければと思います。

回答 2 ここは難しいところです。設計プロセスにしましては今回策定した審査ガイドには含まれていません。例えば、分布広がりなどを見ても、急に立ち上がって、急に下がるような分布の場合、これは埋設施設のいわゆる頑健性としては高いのかなと考えます。言い換えると、あるパラメーターが増えても結果はあまり変わらないということが言えます。ですので、必ずしも最頻値、平均値、そういったものだけで比較するものではないのではないかと思います。設計に用いる材料や、厚さといったものはいろいろと吟味していただく。経済性が入るかどうかは分かりませんが、どの設計を採用するかということはなかなか難しい問題で、今後、研究・議論が必要ではないかと考えています。もし1つの数字で決まるような素晴らしい指標ができるのであれば、ぜひご提案いただければと思います。

質問 3 3点ほど質問をしたいのですがよろしいでしょうか。事業者とあるのですが、例えば ATENA、電気事業連合会、あとは電力会社が廃棄体専門の JV のようなものを設定して、それでそういう事業を進展するということが可能かどうかということが1点目です。2点目は高レベル放射性廃棄物の科学的特性マップという物があるのですが、そういう物は中深度処分にもある程度は適用できるとお考えでしょうか。それから3点目が、よくパイプラインで微生物腐食というもので穴が開いたりしている事例があるのですが、そういうものは中深度処分では何か考えられることがあるでしょうか。

回答 3 1点目の ATENA、電気事業連合会などが事業者となり得るかというご質問ですが、事業者となりたい方は事業許可申請書を出していただければ結構なので、どなたでもなり得ると思います。当然、審査をしますので、事業が許可されるかどうかは審査次第

ということになるかと思いますが。

2点目の科学的特性マップの件ですが、中深度処分に関しましてはサイトを選定する段階に当たって、原子力規制委員会・原子力規制庁が何か言うということは特にありません。あくまで事業許可の申請が出されてから原子力規制委員会・原子力規制庁が関与するということです、そのサイトを選定するに当たって、事業者になろうという方が科学的特性マップや、そこで得られた知見をどう活用するかということは、それは事業者になろうとする方次第だと思います。

3点目のパイプラインの微生物による腐食の件ですが、これはおそらく鉄の腐食に微生物が関与するといったことで、去年の原子力学会誌のほうに掲載された解説論文のことをおっしゃっているのだと思うのですが、微生物に限らず、鉄の腐食というものは中深度処分の中でも重要な視点です。また、本日はお話しませんでしたけれども、廃棄体容器は鉄でできていて、非常に厚い物を想定されているのですが、この廃棄体自体がバリアになりますということを、もし事業者になる方が考えるのであれば、廃棄体自体の腐食、バリアの腐食というものが大事になってきます。よって、先ほどおっしゃられた微生物を起因とした腐食というものはあるのであれば、それも含めて鉄の腐食という問題が重要になってくるのではないかと考えます。

質問 4 大きい断層の「規模」というのは正直悩ましいと思うのですが、関連情報に書かれた所に明記されているのでしょうか。

回答 4 規模が大きい断層ですが、これは審査ガイドに規模の大きい断層の判定の方法ということで、その判定に当たって、次のいずれかであることが確認されていること。1つ目が破砕体の幅が20～30センチメートル程度を超えないこと。累積の変位量が、おおむね廃棄物埋設地の上端から下端までの長さを超えないこと。この2つが書かれています。

質問 5 事業者の規制期間というものがあります。先ほど廃止措置はずっと後ではなくて、坑道の閉鎖から比較的近いというお話がありましたが、この300年、400年というのは今の低レベル放射性廃棄物の埋設では分かるのですが、中深度処分で300年、400年置くという意味をまず教えてください。

回答 5 事業者規制期間の 300 年から 400 年ですけれども、1 つの目安になるのは放射能の減衰カーブを見ながら考えるということで、放射能の減衰カーブだけを見ると、中深度処分の対象の廃棄物と、ピット処分、浅地中処分の対象の廃棄物とは当然変わりますので、同じカーブは描かないわけです。とすると、この事業者規制期間というものも当然変わってきます。一方、事業者規制期間は放射能の減衰カーブだけで決まるものではなく、事業者が、事業者たる期間というものはどれぐらいなのかということも考えて、今のところの中深度処分の事業者も 300 年から 400 年程度の規制期間の規定になっています。

質問 6 設計プロセスを見ると、実施者側がいろいろな組み合わせを考えて、その中で $100\mu\text{Sv}/\text{年}$ を 1 つの閾値（しきいち）として、目安値としていろいろなパターンを考えていて、それで、実施者側のロジックに従ってこういう人工バリアのシステム、それから位置を決定しましたというものが申請されてくる。規制者側はその妥当性を確認するという言い方なのですが、この妥当性を確認する時にリクワイヤメントがないとなかなか妥当性が確認できないと思うのですが、どうすればこれはしっかり妥当性、プロセスが選別されていきますよということを判断するかという、規制者側としての基準というものは、今後は設計プロセスのガイドの中で書かれるのでしょうか。

回答 6 設計プロセスの話だと思いますけれども、リクワイヤメントを置くかどうかということですから、先ほど申し上げたとおり、これは単なる基準ではなくて、BAT や ALARA などといったものを考えながら組み合わせられて設定されてきたかということを議論しながら決める話になろうと思います。単純にリクワイヤメントを 1 個置いて、それをクリアすればいいという問題ではありません。ですので、リクワイヤメントを置くかどうかは分かりませんが、設計オプションに関するガイドはいずれ作りますので、その中でこういったものを見るかということは記載されるのだらうと想像します。

質問 7 対象物の範囲なのですが、炉内構造物等の廃棄物、まさに原子炉側の廃棄物を中心にお話しされていたのですけれども、実際に原子力

作業全体を見ると、中深度処分になる対象というのは再処理側からのプロセス廃棄物や、あとは福島第一原子力発電所の廃棄物も場合によってはその対象になるし、それから、少量ですけれども、RI やウラン廃棄物なども出てくると思います。それらについては、まだこれから基準を考えるということになるのかということが質問です。

回答 7 炉内等廃棄物の中に含まれる放射性廃棄物の種類ですけれども、これは検討を始めた際に電気事業連合会から、「こういうものがあります」ということで、インベントリーを出していただいて、それをベースに議論をしているところです。ですので、電気事業連合会のほうで今後は廃棄物の種類が変わるということがあれば、当然それはそちら側でまず考えていただいて、中深度処分になるのか、ならないのかということ考えた上で、もし規制基準の検討が必要なのであればそれは原子力規制委員会・原子力規制庁のほうに言っていたほうがいいのではないかと思います。

質問 8 超半減期核種の濃度制限や、あとはボーリングシナリオで超えてしまった物はどのような扱いになるのかということで、これは本来ならば第二種廃棄物が第一種廃棄物には行かないシステムにはなっているのですけれども、もしそれで第二種埋設の対象物になってしまった物が出てきてしまった場合に、どのように考えればいいのか。

回答 8 濃度制限シナリオや、また濃度上限値を超えた物は地層処分には行かないルールとおっしゃっていましたが、原子炉等規制法を改正した際にその垣根は取り払いました。第一種の事業者は第一種廃棄物埋設施設において、第二種の許可を受けずに第二種廃棄物の埋設ができるようになっています。

質問 9 指定廃棄物の埋設区域の設定です。担保はマーカー等でやるのですけれども、いつまで、どういう範囲でやるかというところを、これは、実は立地を考えるとかなり立地の制約になりかねない話かなと私は思っています。その辺りはどこまで、先ほど永遠に使用が制限されるということになると、これは立地が非常に厳しいとは思っていて、そこを今はどう考えているのかというところを教えていただければと思います。

回答9 指定区域に関しては先ほど申し上げたとおり、民間の土地を制限するということもありますので、適用に関してはかなり慎重にすべきと言われています。ですが、原子炉等規制法の改正の時に地下施設を簡単に掘削されるということがあってはならない。さらに制度的管理に依って立てはいけないといいつつも、制度的管理によって掘削を制限するという効果は当然考えられます。そのような議論のもと、必要な措置ということで新設されたものです。

質問10 テロや、そういうものは想定していないのでしょうか。坑道の埋め戻しとテロなど、そういうものの関係がどうなるか知りたいと思います。ダーティボムのようなものをやるためには中深度処分の放射能でも十分使えるのではないかと思ったので、そういうものに対しての防護措置のようなものは何か考えられていますか。

回答10 事業規制期間においては、まず事業者がそういったことがないように保全の措置を講じることになります。それと、中深度処分に関しては α 核種の濃度が高い場合もありますので、そのときはセキュリティが上がります。原子炉等規制法においては、中深度処分に対し必要に応じて「防護措置」を講じることが求めています。この「防護措置」とは、特定核燃料物質（プルトニウム、ウラン等）を防護するための特別な管理や設備・装置の整備、点検等と差します。この「防護措置」は、廃棄物埋設の事業では、第一種廃棄物埋設（地層処分）と第二種廃棄物埋設のうち中深度処分にのみ講じられるものであり、埋設する廃棄物の放射能濃度が低いピット処分やトレンチ処分には講じられません。

謝辞

中深度処分の規制基準策定に当たっては、「廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム」及び「廃棄物埋設の放射線防護基準に関する検討チーム」に外部専門家として多くの先生方に参加頂き、貴重な御意見を頂きました。この場をお借りして感謝申し上げます。

（本講演は、原子力規制委員会から公開されている資料を基に構成していますが、著者個人の意見を述べたものであり、所属する組織の見解を示すものではありません。本稿は、2023年2月17日に開催した「2022年度第4回原環センター講演会の講演「中深度処分の規制基準策定の経緯と考え方」に基づき作成しました。）

参考文献

- 1) 前田他：中深度処分の規制基準の背景及び根拠．NRA 技術ノート，NTEN-2022-0001，令和4年8月
- 2) https://www.nra.go.jp/activity/regulation/nuclearfuel/haiki/haikijigyoseido_kakokento.html
- 3) 原子力規制委員会：炉内等廃棄物の埋設に係る規制の考え方について 原規技発第1608312号，平成28年8月31日
- 4) 原子力規制庁：廃棄物埋設事業に係る区分の見直し及び指定廃棄物埋設区域に係る規制の創設に関する原子炉等規制法施行令の改正案並びに関係規則の制定案及び改正案に対する意見募集の実施について．平成30年度第22回原子力規制委員会資料2，平成30年8月1日．
- 5) 原子力規制委員会：第二種廃棄物埋設の廃棄物埋設地に関する審査ガイド．令和3年9月29日（最終改正：令和4年4月20日）．
- 6) 原子力規制庁：中深度処分等に係る規制基準等の策定について－第二種廃棄物埋設に係る事業許可基準規則等の骨子案の事業者との意見交換の実施－．平成30年度第22回原子力規制委員会資料3，平成30年8月1日．

編集発行

公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター
〒104-0044 東京都中央区明石町6番4号（ニチレイ明石町ビル12階）
TEL 03-6264-2111（代表） FAX 03-5550-9116
ホームページ <https://www.rwmc.or.jp/>