

## 低レベル放射性廃棄物処分に関する検討・実施状況

澤木優太郎\*1

日本原燃では、低レベル放射性廃棄物を対象に浅地中処分を実施している。浅地中埋設施設の安全性を確保するためには、作業時の安全性に加えて、事業終了後の将来の安全性も考慮した適切な安全機能を埋設施設に付与する必要がある。将来の安全性に関しては、安全が確保される仕組みを予め設計として検討する必要があり、また、埋設施設や天然バリア（岩盤等）の将来の状態の推定を行い、不確実性を考慮しながら安全が確保可能であることを評価し、確認する必要がある。

本講演再録では、低レベル放射性廃棄物埋設施設の安全機能、および安全評価のうち長期状態設定を中心に、検討状況について紹介する。

**Keywords:** 浅地中処分、長期状態設定

### 1 はじめに

放射性廃棄物は、原子力発電所や原子燃料サイクル関連の施設、および医療機関や各種の産業施設から発生する。日本原燃では、原子力発電所の運転に伴い発生した低レベル放射性廃棄物のうち、放射能レベルの比較的低い廃棄物を対象に浅地中処分を実施している。本講演再録では、青森県六ヶ所村に所在する浅地中埋設施設の安全機能、および安全評価のうち長期状態設定等の検討状況について紹介する。

### 2 浅地中埋設施設の施設概要

日本原燃では、1992年より1号埋設施設、2000年より2号埋設施設が操業を開始している（図1）。それぞれ、約40,000m<sup>3</sup>（200Lドラム缶約20万本相当）を埋設する能力を有しており、2016年9月時点で合計約29万本の廃棄体が埋設されている。当該施設は「管理型処分施設」であり、一定の期間、管理を行うことで安全なレベルまで放射能の時間減衰を図り、埋設処分の安全を確保する。

廃棄体は、埋設地に設置された鉄筋コンクリート製のピット内に定置される。廃棄体を定置した区画はモルタルを充てんし、上部に鉄筋コンクリートの覆いを設置する。全ての区画で廃棄体の定置が完了した後、周辺に覆土を施工する予定となっている。



図1 廃棄物埋設地の全景（2014年11月現在）

埋設地（埋設設備）の断面図を図2に示す。岩盤を掘削した埋設地に設置された埋設設備は、ピット、充てん材、覆い等で構成され、排水監視設備等が附属する。埋設設備

の周辺は、定置終了後に覆土が行われ、埋設設備上部および側部はベントナイトを配合した難透水性覆土が設置される。

廃棄体の受け入れから覆土が完了するまでの期間については、埋設施設は安全機能として放射性物質を一定の領域に閉じ込める機能が求められる。ピットおよび充てん材には、廃棄物の物理的な閉じ込めおよび放射性物質の移行媒体となる水の浸入防止が必要となる。ピットは多孔質のポーラスコンクリート層を有しており、ピット内に浸入した水を排水する機能を有する。これにより、埋設設備内に水が浸入した場合でも、廃棄体に到達する前に排除することが可能であり、また、排水の放射能濃度を測定することで、放射性物質の漏えい状況の監視も行うことができる。（図3）

覆土完了後は、埋設設備や岩盤の有する核種収着性や低透水性により核種移行を遅延させ、放射性物質の環境への放出の時期を遅らせることで公衆の被ばく線量の低減を図る。埋設設備周辺に設置された難透水性覆土は、施設通過流量を低減することで埋設設備からの放射性物質の漏えいを抑制するとともに、地表近傍への汚染拡大を抑制する。

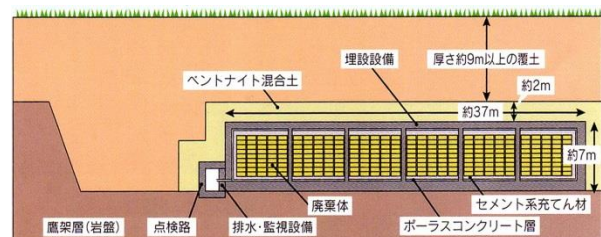


図2 埋設地（埋設設備）の断面図（2号）

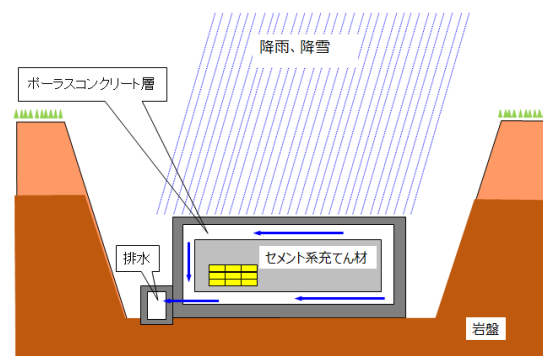


図3 ポーラスコンクリートイメージ図

Current status of low-level radioactive waste disposal by Yuutarou SAWAKI (yuutarou.sawaki@jnfl.co.jp)

\*1 日本原燃株式会社 埋設事業部開発設計部

〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村尾駈野附 504-22

本稿は、日本原子力学会バックエンド部会 2016 年度週末基礎講座における講演内容に加筆したものである。

### 3 埋設施設周辺の環境

埋設処分の安全性を確保するためには、埋設施設自体の安全機能だけでなく、埋設地および敷地周囲の地質環境等も重要となる。2013年11月27日に原子力規制委員会が制定した「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」では、断層・火山・津波による影響について確認するよう求められている。

断層については、施設の直下に活断層が無いこと、また、施設周囲の活断層が活動した際、施設に影響を及ぼすような大きい変形が発生しないことを確認するよう求められている。日本原燃でも敷地内の地質調査を実施した結果、敷地内に断層は存在するが、いずれも活断層ではなく、施設に影響を及ぼさないことを確認している(図4)。



図4 境界面が完全に癒着している断層[1]

火山については、敷地周囲の第四紀火山の活動性を調査し、埋設施設への影響が無いことを示す必要がある。スクリーニングの結果、当該施設に影響を及ぼし得る火山は八甲田火山および十和田火山であり、うち、八甲田火山は既に終息期に近づいており、施設へ影響を及ぼすような大規模噴火が発生する可能性は小さいと考えられる[2]。十和田火山については、今後も施設まで火砕物密度流等が到達するような噴火が発生する可能性はあるが、火山の噴出年代ごとの噴出量を示した段階ダイアグラム(図5)から読み取れる過去の挙動を外挿すると、今後1万年程度は施設に影響を与えるような大規模噴火は発生しないと考えられる。

長期的には、火砕物密度流等の到達の可能性は否定できないが、これらの影響は後述の安全評価において考慮し、安全上有意味な影響が生じないことを確認している。

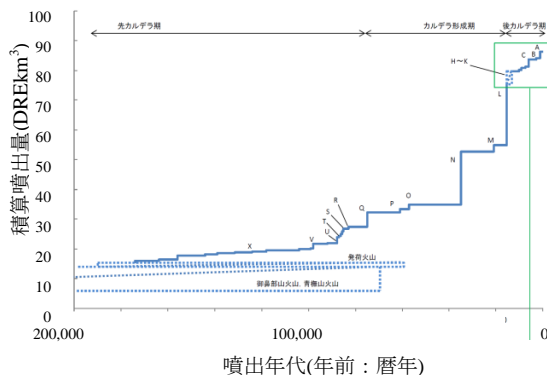


図5 十和田カルデラの段階ダイアグラム[3]

津波については、津波が到達しないこと、または到達しても問題が無いことを示すよう、新規制基準では要求されている。埋設施設は標高35m以上の位置に設置されており、青森県が実施した津波シミュレーション結果(図6)では津波が到達しない結果となっている。



図6 津波の浸水深予測図[4]

また、「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」では、断層・火山・津波以外の外部事象として、埋設地および敷地周囲の自然環境を基に想定される自然現象(洪水、風(台風)、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、森林火災等)、埋設地および敷地周囲の状況をもとに想定される人為事象(飛来物(航空機落下等)・ダムの崩壊・爆発・近隣工場等の火災・有毒ガス・電磁的障害等)による影響についても確認するよう求められている。これら外部事象については、原子力発電所、日本原燃再処理事業所等においても影響について確認するよう求められており、その審査動向を注視している。

### 4. 安全評価

#### 4.1 埋設施設の安全評価

「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」では、以下の3つのシナリオによる管理期間終了後の長期を対象とした安全評価の実施が要求されている。なお、( )内はそれぞれのシナリオにおける線量基準である。

①基本シナリオ(10 $\mu$ Sv/y以下となる可能性が十分ある)

過去および現在の状況から、廃棄物埋設地およびその周囲の地質環境、被ばく経路の特性に基づき将来起こる可能性が最も高いと予見される一連の変化を考慮し、科学的に最も可能性が高いと考えられるパラメータを用いて評価する。

②変動シナリオ(300 $\mu$ Sv/yを超えない)

基本シナリオに対する不確かさを網羅的に考慮した状態設定の下で、科学的に合理的と考えられる範囲で最も厳しい設定により評価する。なお、パラメータ間に相関関係がある場合には、これを勘案した上で保守性が確保されるように設定する。

③上記以外の自然現象及び人為事象に係るシナリオ(1mSv/yを超えない)

サイト条件を十分に勘案して、その影響について評価を行う。

管理期間終了以後を対象とした安全評価における主要被ばく経路は、地下水を媒体に廃棄物中の放射性物質が移流・拡散により周辺の土壌、岩盤を経由して環境へ放出され、主に経口摂取により被ばくする経路である。この被ばく経路に対して基本シナリオ、変動シナリオを設定し、それぞれのシナリオの線量基準を満足する必要がある(図7)。また、管理期間終了以後は、跡地は解放されることを想定する。そのため、跡地の利用に伴い想定される公衆の被ばくについても評価を行う必要がある。

管理期間終了以後を対象とした安全評価では、数万年オーダーの期間を対象とした検討が要求される。評価にあたっては、埋設地および敷地周辺で予想される自然事象等の想定、およびその影響も考慮した埋設設備の将来の物理的・化学的状態について検討を実施し(長期状態設定)、その結果を参考に評価シナリオ、およびパラメータ等を設定する必要がある。

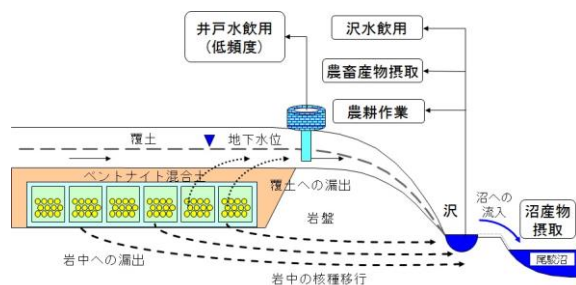


図7 地下水による被ばく経路

#### 4.2 埋設施設周辺の長期における状態設定

長期状態設定の一例として、将来の敷地周辺の地形変動の予測についての検討例を示す。

対象地点の将来の地形を予測するにあたっては、隆起および海水準変動に伴う浸食を把握する必要がある。現在、敷地の存在する下北半島周辺では70万年にわたって隆起運動が継続していると考えられ、将来の地形変化予測においては、過去と同様の隆起活動が続くことが想定される。また、将来の気候変動に伴い、寒冷化が進んだ場合には氷床が発達し、海水準が低下する可能性がある。一方、温暖期が継続した場合には、海水準が上昇することが考えられる。

隆起速度・海水準の変動を考慮した上で、現在の河川勾配、河成段丘面分布高度などから将来の侵食状況を推定している(図8)。

地形が変化することによって、敷地近傍の地下水流況が変化することはもとより、覆土が侵食され埋設設備が地表へ露呈することも想定される。

また、地球が寒冷化する場合には氷床の発達等によって海水準が下がり、施設近傍の沼は河川となる可能性がある。

その場合、希釈水量が少なくなり、相対的に水中放射能濃度が高くなる一方、水源あるいは水産資源としては少なくなる傾向となるため、摂取量も少なくなることが考えら

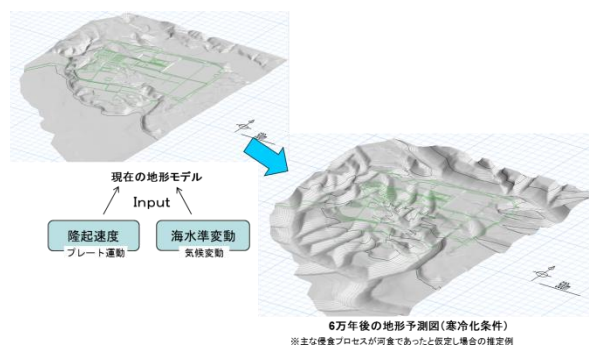


図8 寒冷化ケースにおける地形変化予想図

れる。また、将来的な生物圏における核種移行の評価条件の変化も想定する必要がある。

## 5 まとめ

浅地中埋設施設の安全性を確保するためには、埋設施設に適切な安全機能を付与するとともに、安全評価によって設計や立地環境の妥当性を確認する必要があり、また、管理期間終了以後の長期に対しても安全が確保できる見通しであることを確認する必要がある。

本講演再録では、日本原燃の浅地中埋設施設の安全機能、および安全評価のうち長期状態設定等の検討状況について紹介した。

## 参考文献

- [1] 日本原燃:低レベル放射性廃棄物の次期埋設に関する本格調査結果について(2006).  
<http://www.jnfl.co.jp/press/pressj2006/060901sanko.pdf>
- [2] 工藤 崇ほか:八甲田カルデラ南東地域に分布する鮮新世末期～中期更新世火砕流堆積物の層序と給源カルデラ, 地学雑誌, 115, 1, pp.1-25 (2006).
- [3] 国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター:日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量段階図 (2015).  
<http://www.gsj.jp/researches/openfile/openfile2015/openfile0613.html>
- [4] 青森県:津波浸水予測図 (2015).  
<http://www.pref.aomori.lg.jp/kotsu/build/tunami-yosoku.html>

