

地層処分において安全確保上少なくとも考慮されるべき事項 に関する検討（第 1 回目） －検討方針案－

令和 4 年 1 月 19 日
原子力規制庁

1. 検討の背景及び目的

使用済燃料の再処理過程で発生する高レベル放射性廃棄物※¹（以下「HLW」という。）や一部の低レベル放射性廃棄物（HLW と併せて以下「HLW 等」という。参考 1）の処分（参考 2）については、特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律（平成 12 年法律第 117 号）（以下「最終処分法」という。）に基づき、原子力発電環境整備機構（NUMO）により段階的な調査（文献調査、概要調査、精密調査）（参考 3）を経て最終処分施設建設地の選定が行われることとされている。

最終処分施設建設地の選定の後、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和 32 年法律第 166 号）（以下「原子炉等規制法」という。）に基づき、NUMO から第一種廃棄物埋設（以下「地層処分」という。）の事業許可申請が行われることが想定される。

文献調査については、NUMO は令和 2 年 11 月、北海道の寿都郡寿都町及び古宇郡神恵内村において文献調査を実施するための計画書を示した※²。

最終処分法に基づき、平成 27 年 5 月に閣議決定された「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」（参考 4）（以下「基本方針」という。）では、「原子力規制委員会は、最終処分に関する安全の確保のための規制に関する事項について、順次整備し、それを厳正に運用することが必要である。原子力規制委員会は、概要調査地区等の選定が合理的に進められるよう、その進捗に応じ、将来の安全規制の具体的な審査等に予断を与えないとの大前提の下、概要調査地区等の選定時に安全確保上少なくとも考慮されるべき事項を順次示すことが適当である。」とされている。

基本方針に基づき、原子力規制委員会は、今後の概要調査地区等の選定時に安全確保上少なくとも考慮されるべき事項（以下「考慮事項」という。）の検討を行い、提示する。

※¹ 我が国において、「高レベル放射性廃棄物」とは、使用済燃料から核燃料物質その他の有用物質を分離した後に残存する物（固型化したものを含む。）をいう（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構法第 2 条第 7 項より）。

※² 原子力発電環境整備機構「北海道寿都郡寿都町 文献調査計画書」（2020 年 11 月 17 日）及び原子力発電環境整備機構「北海道古宇郡神恵内村 文献調査計画書」（2020 年 11 月 17 日）

2. 検討の範囲

現時点において提示する考慮事項としては、概要調査地区の選定の際に特に考慮されると考えられる施設の設置場所に関する事項のうち、以下に関するものを対象とすることが適当と考えられる。

- ・ 廃棄物埋設地に埋設された HLW 等を起因として公衆に著しい被ばくを与えるおそれがある事象のうち、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

地層処分規制上の課題において共通する点が多いと考えられる中深度処分の規制基準の検討を通じて得られた知見を踏まえると、上記に該当する事象としては、下表に示すとおり、生活環境への放射性物質の移動の促進や放射性廃棄物の生活環境への放出・接近をもたらすおそれがある事象が挙げられる。

表 検討対象とする事象及び各事象が公衆に著しい被ばくを与えるプロセス

事象		公衆に著しい被ばくを与えるプロセス
自然事象	断層運動、地すべり	【人工バリア等の損傷及び生活環境への放射性物質の移動の促進】 ・ 断層運動や地すべりにより変位が生じると、人工バリアや放射性廃棄物の損傷を引き起こすおそれがある。また、廃棄物埋設地において規模の大きい断層が存在すると、人工バリアの性能が低下した後において、当該断層が地下水流動経路となり、生活環境への放射性物質の移動が長期にわたり促進されるおそれがある。
	火山現象	【生活環境への放射性廃棄物の放出】 ・ 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。
	侵食	【生活環境への放射性廃棄物の接近】 ・ 隆起及び海水準変動 ^{※3} に伴う侵食による深度の減少により、放射性廃棄物が生活環境に接近するおそれがある。
人為事象	鉱物資源等の掘採	【生活環境への放射性廃棄物の放出等】 ・ 鉱物資源や地熱資源が存在する場所に廃棄物埋設地を設置した場合、偶発的な掘削を誘引し、掘削者が放射性廃棄物に接近するおそれや、生活環境に放射性物質が放出されるおそれがある。

※3 大陸氷床量の増減等により約 10 万年のサイクルで生じる世界的な海面の上下変化。この氷期・間氷期サイクルは今後も継続し、現在の後氷期はいずれ氷期に入り、次の氷期終了までは大局的に海面は低下するとされている。

3. 検討の方向性

HLW は、中深度処分の代表的な対象廃棄物である炉内等廃棄物^{※4}に比べて元々の放射能濃度が高く、また長半減期核種を多く含むため減衰により長期間を要する（参考5）。

このため、考慮事項の検討に当たっては、このような HLW の放射能特性を踏まえ、2. の表に挙げたそれぞれの事象に関し、中深度処分の規制基準（参考6）と共通的な事項や、追加して考慮することが必要な事項を整理することが適当と考えられる。

その際、将来における地殻変動の方向や速度については、以下に示す我が国における地殻変動の継続性についての科学的知見を踏まえ、現在における傾向^{※5}と同様であるとの前提を置くことが考えられる。

- ① 2. の表に挙げた自然事象の将来の変遷については不確実性があるものの、過去に生じた事象の発生のメカニズムや周期性などの科学的知見に基づけば、過去に生じた事象が同様の範囲^{※6}で繰り返し生じる可能性は十分に想定され、当該事象の発生を今後将来の一定の期間外挿することには合理性があるものと考えられる^{※7}。
- ② プレートシステムの転換に伴って、異なったステージの地殻変動が起こるとされており^{※8}、このような場合には上記の自然事象の発生の傾向も大きく変化することが考えられる。ただし、プレートシステムの転換には100万年～1000 年以上の期間を要したとされており^{※9}、今後直ちに地殻変動のステージが変わることは想定できない。（参考7）

また、中深度処分の対象廃棄物に比べ、減衰により長期間を要する HLW の放射能特性を踏まえると、生活環境に放射性廃棄物を放出させるおそれがある火山現象及び深度の減少をもたらす侵食に関しては特に留意が必要と考える。

※4 原子炉圧力容器内の高放射線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炉内構造物等の放射性廃棄物

※5 梅田浩司，谷川晋一，安江健一（2013）によると、「日本列島のネオテクトニクス（現在進行中の変動およびそれと同様な特性の続く最近の時代の変動）の枠組みにおいて多くの地域で地殻変動の方向や速度が一定になったのは数十万年前以降であった。」とされている。

※6 例えば、火山・断層の活動域、隆起の速度、海水準変動幅

※7 原規技発第1608312号「炉内等廃棄物の埋設に係る規制の考え方について」（平成28年8月 原子力規制委員会決定）より

※8 狩野謙一，村田明広（1998）より

※9 例えば、Jolivet, L., Tamaki, K. and Fournier, M. (1994)、Kimura, G. and Tamaki, K. (1986)、Seno, T and Maruyama, S. (1984)

このうち侵食に関しては、十分な深度の確保により対応することが考えられる。一方、火山現象に関しては、新たな火山の発生の可能性※10の考慮も含めて検討が必要と考える。

4. 今後の予定

2. 及び3. に示した考え方に沿って、考慮事項についての検討を進めたい。

また、火山現象に関しては、考慮事項の検討に先立ち、我が国における火山の発生メカニズムの特徴やその地域性等に関する科学的・技術的知見の拡充を目的として、専門家の意見を聴くこととしたい。

以上について了承いただければ、以下のとおり検討を進めたい。

- 火山の発生メカニズム等に関する意見を聴く専門家メンバーの決定
：令和3年度中
- 専門家からの意見聴取の実施
：専門家メンバーの決定後（必要に応じ1回ないし複数回実施）
- 意見聴取の結果について原子力規制委員会に報告
：意見聴取終了後
- 考慮事項の素案の提示及び原子力規制委員会での検討

参考1：各法令における放射性廃棄物

参考2：地層処分施設のイメージ

参考3：最終処分法における概要調査地区等の選定に係る調査項目等

参考4：特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針（抜粋）

参考5：放射性廃棄物の放射能特性

参考6：中深度処分の廃棄物埋設地の設置場所に関する規制基準

参考7：我が国の地殻変動等に関する参考文献及び関連部分の抜粋

※10 経済産業省資源エネルギー庁「科学的特性マップ」の説明資料（2017年7月28日）別添①「火山・火成活動（マグマの影響範囲）」では、「現在火山のない場所に、将来、新たな火山が発生する可能性も考慮する必要がある。そのため、第四紀火山が存在しない地域にあっても、現地調査の結果に基づいて評価した結果、将来新たな火山・火成活動が生じる可能性の高い地域は回避すべきである。そのため、現在、上部マントル内にマグマが発生・上昇する温度・圧力条件が存在しない地域においても、将来、その条件が発生する可能性があるか否かについて、マントル物質の対流モデル等を加えて新たな評価モデルを構築することが望ましい。」とされている。

各法令における放射性廃棄物

表 原子炉等規制法における第一種廃棄物と最終処分法の対象廃棄物

原子炉等規制法における 第一種廃棄物	最終処分法の対象廃棄物
<p>○核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の放射能濃度が人の健康に重大な影響を及ぼすおそれがあるものとして以下に定める基準^{※11}を超えるもの</p> <p>C-14 10 PBq/t Cl-36 10 TBq/t Tc-99 100 TBq/t I-129 1 TBq/t α核種 100 GBq/t</p>	<p>○第一種特定放射性廃棄物</p> <ul style="list-style-type: none"> ・残存物^{※12}を固型化した物 ・代替取得^{※13}により取得した物 <p>○第二種特定放射性廃棄物^{※14}</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ハル・エンドピース ・濾過フィルタ ・TBP の精製に用いられた炭酸ナトリウム溶液 ・廃銀吸着剤 ・その他、以下の濃度を超えるもの <p>C-14 87 TBq/t Cl-36 96 GBq/t Tc-99 1.1 TBq/t I-129 6.7 GBq/t α核種 8.3 GBq/t</p>

※11 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令（昭和 32 年 11 月 21 日政令第 324 号）第 31 条において規定されている。

※12 使用済燃料の再処理に伴い使用済燃料から核燃料物質その他の有用物質を分離した後に残存する物をいう（最終処分法第 2 条第 7 項）。

※13 発電用原子炉設置者が、その発電用原子炉の運転に伴って生じた使用済燃料の国外における使用済燃料の再処理又は特定加工に伴い使用済燃料、分離有用物質又は残存物によって汚染される物（以下「被汚染物」という。）に替えて、原子炉に燃料として使用した核燃料物質その他原子核分裂をさせた核燃料物質を化学的方法により処理することにより当該核燃料物質から核燃料物質その他の有用物質を分離した後に残存する物を国外において固型化した物（当該被汚染物を固型化し、又は容器に封入した場合における当該固型化し、又は容器に封入した物に比して、その量及び経済産業省令で定める方法により計算したその放射線による環境への影響の程度が大きくないものに限る。）を取得することをいう（最終処分法第 2 条第 5 項第 4 号）。

※14 使用済燃料の再処理等に伴い使用済燃料、分離有用物質又は残存物によって汚染された物を固型化し、又は容器に封入した物（代替取得に係る被汚染物を固型化し、又は容器に封入した物を除く。）であって、長期間にわたり環境に影響を及ぼすおそれがあるものとして政令で定めるものをいう（最終処分法第 2 条第 9 項）。

地層処分施設のイメージ※15

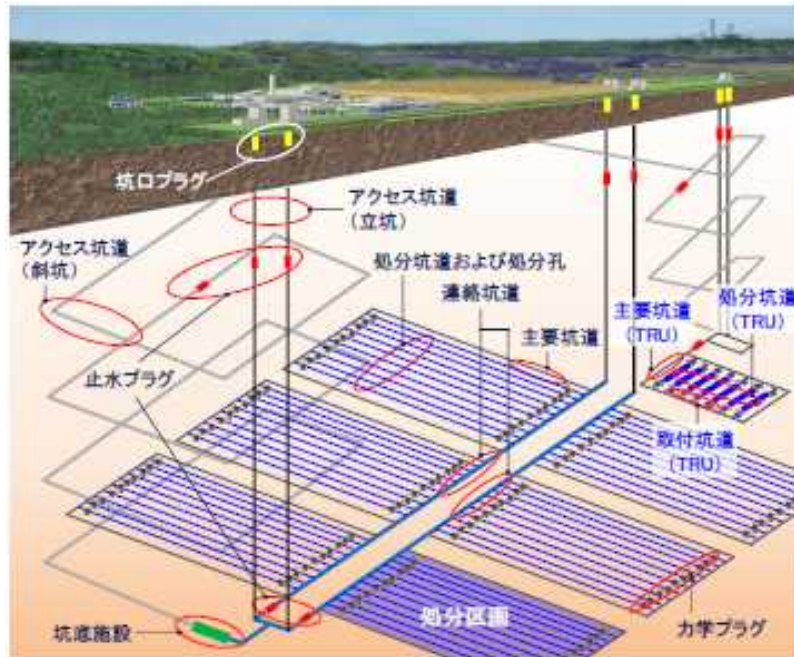


図1 地下施設のイメージ

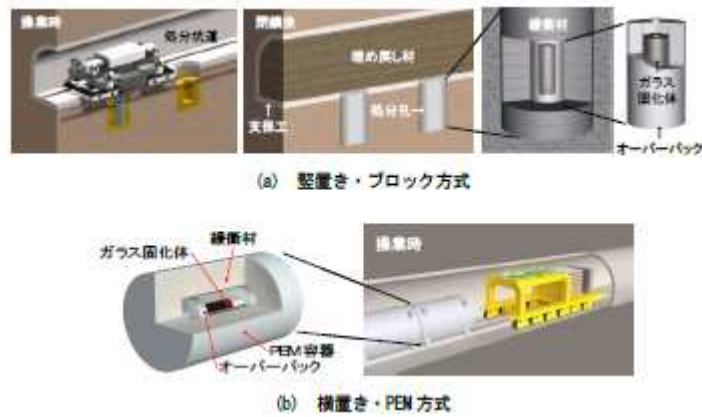


図2 高レベル放射性廃棄物処分場の人工バリア

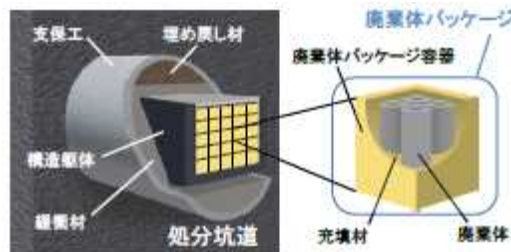


図3 TRU等廃棄物処分場の人工バリア

※15 NUMO「包括的技術報告：わが国における安全な地層処分の実現—適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築—本編および付属書」NUMO-TR-20-03（2021年2月）より抜粋

最終処分法における概要調査地区等の選定に係る調査項目等

表 最終処分法における概要調査地区等の選定に係る調査項目及び基準

	調査項目	基準
概要調査地区選定 (文献調査)	<p>一 概要調査地区として選定しようとする地区及びその周辺の地域において過去に発生した地震等の自然現象に関する事項</p> <p>二 前号の地区及び地域内に活断層があるときは、その概要に関する事項</p> <p>三 その他経済産業省令で定める事項 ※(省令)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 第四紀の未固結堆積物があるときは、その存在状況の概要に関する事項 ・ 鉱物資源があるときは、その存在状況の概要に関する事項 	<p>一 当該文献調査対象地区において、地震等の自然現象による地層の著しい変動の記録がないこと。</p> <p>二 当該文献調査対象地区において、将来にわたって、地震等の自然現象による地層の著しい変動が生ずるおそれが少ないと見込まれること。</p> <p>三 その他経済産業省令で定める事項 ※(省令)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 第四紀の未固結堆積物であるとの記録がないこと。 ・ その掘採が経済的に価値が高い鉱物資源の存在に関する記録がないこと。
精密調査地区選定 (概要調査)	<p>一 当該概要調査地区内の最終処分を行おうとする地層及びその周辺の地層(以下この条において「対象地層等」という。)における地震等の自然現象による対象地層等の変動に関する事項</p> <p>二 当該対象地層等を構成する岩石の種類及び性状に関する事項</p> <p>三 当該対象地層等内に活断層があるときは、その詳細に関する事項</p> <p>四 当該対象地層等内に破砕帯又は地下水の水流があるときは、その概要に関する事項</p> <p>五 その他経済産業省令で定める事項</p>	<p>一 当該対象地層等において、地震等の自然現象による地層の著しい変動が長期間生じていないこと。</p> <p>二 当該対象地層等が坑道の掘削に支障のないものであること。</p> <p>三 当該対象地層等内に活断層、破砕帯又は地下水の水流があるときは、これらが坑道その他の地下の施設(次条第二項各号において「地下施設」という。)に悪影響を及ぼすおそれが少ないと見込まれること。</p> <p>四 その他経済産業省令で定める事項</p>
最終処分施設建設地の選定 (精密調査)	<p>一 当該精密調査地区内の最終処分を行おうとする地層(以下この条において「対象地層」という。)を構成する岩石の強度その他の当該対象地層の物理的性質に関する事項</p> <p>二 当該対象地層内の水素イオン濃度その他の当該対象地層の化学的性質に関する事項</p> <p>三 当該対象地層内に地下水の水流があるときは、その詳細に関する事項</p> <p>四 その他経済産業省令で定める事項</p>	<p>一 地下施設が当該対象地層内において異常な圧力を受けるおそれが少ないと見込まれることその他当該対象地層の物理的性質が最終処分施設の設置に適していると見込まれること。</p> <p>二 地下施設が当該対象地層内において異常な腐食作用を受けるおそれが少ないと見込まれることその他当該対象地層の化学的性質が最終処分施設の設置に適していると見込まれること。</p> <p>三 当該対象地層内にある地下水又はその水流が地下施設の機能に障害を及ぼすおそれが少ないと見込まれること。</p> <p>四 その他経済産業省令で定める事項</p>

特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針（抜粋）

第4 特定放射性廃棄物の最終処分の実施に関する事項

（略）

国は、特定放射性廃棄物の最終処分に関する政策を担う立場から、その政策的位置づけを明確にしつつ、機構に対して法律と行政による監督と規制を行うものとする。原子力規制委員会は、最終処分に関する安全の確保のための規制に関する事項について、順次整備し、それを厳正に運用することが必要である。原子力規制委員会は、概要調査地区等の選定が合理的に進められるよう、その進捗に応じ、将来の安全規制の具体的な審査等に予断を与えないとの大前提の下、概要調査地区等の選定時に安全確保上少なくとも考慮されるべき事項を順次示すことが適当である。また、国は、特定放射性廃棄物の最終処分に関する安全性の確保のための取組について、情報の公開に努め、国民との相互理解を深めるように努めるものとする。

放射性廃棄物の放射能特性

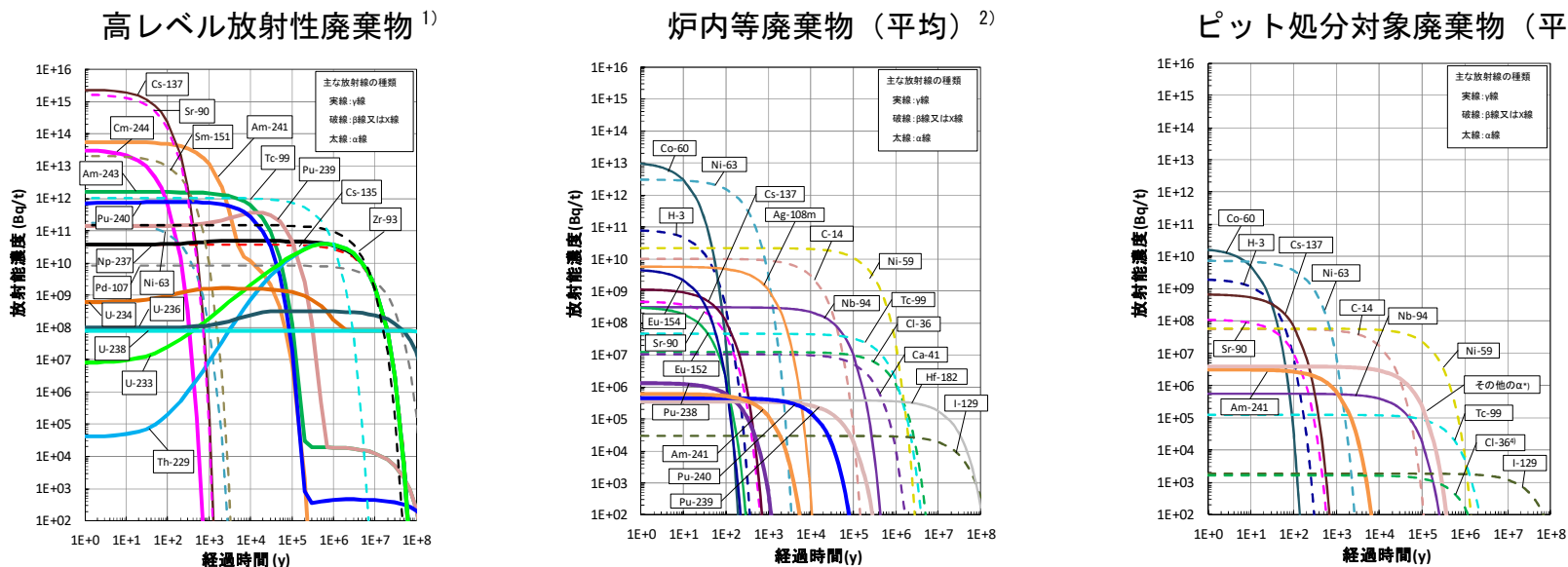


図1 放射性廃棄物の放射能濃度と時間の関係

*)半減期はPu-239で代表

- 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（＝総放射能量／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号埋設（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）より作図

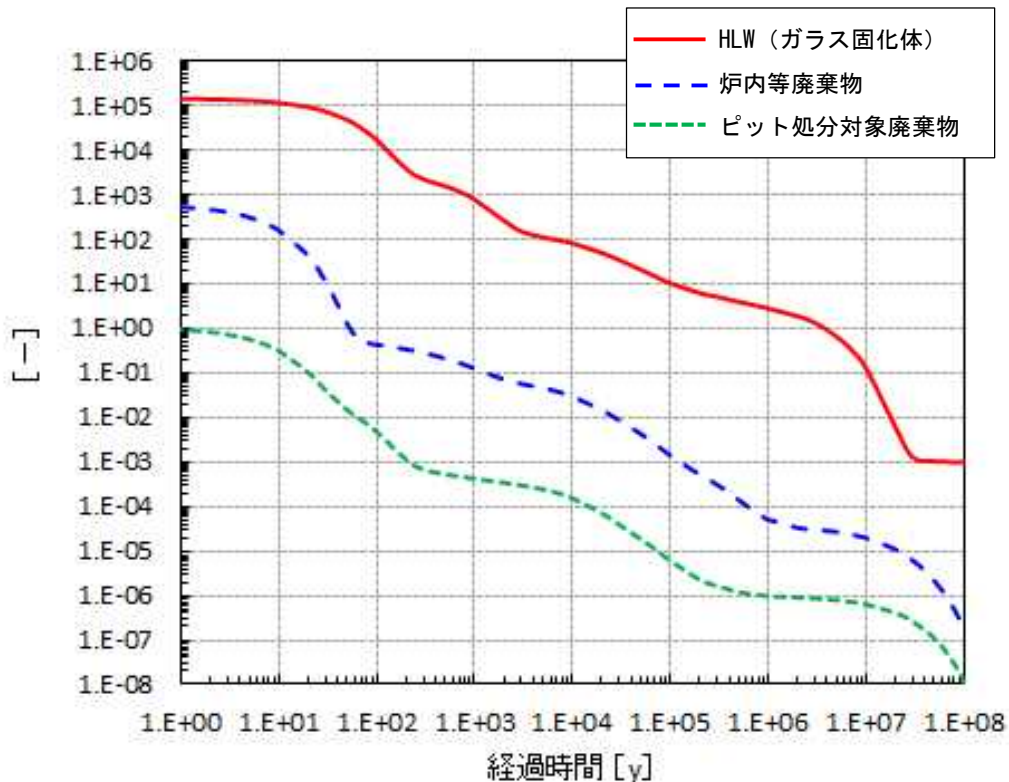


図2 放射性廃棄物に含まれる放射性核種の放射能濃度を各核種のクリアランスレベルで除した値の合計※16（0年目におけるピット処分対象廃棄物についての合計値を1として規格化）と時間の関係

※16 放射性廃棄物に含まれる個々の放射性核種の人への影響の大小を反映させるため、放射性核種の影響が大きいほど数値が小さくなるクリアランスレベルを活用した。

- ・キャニスタ容器に固型化されたHLW（ガラス固化体：重量約500キログラム）は、鋼鉄製のオーバーパック（厚さ約20センチメートル）に封入することが想定されている。HLWの値は、キャニスタ容器の重量を含み、オーバーパックの重量は含まない。放射能量は過去の報告書等を参考に設定し、製造後50年間の冷却期間終了後の時点を経過時点の0年とした。
- ・炉内等廃棄物については、BWR、PWR及びGCRの運転及び解体廃棄物のうち中深度処分対象廃棄物と想定されているものについて、電気事業連合会より提出された代表的な照射履歴を想定した放射化計算により算出された値から当庁で算出した平均値であり、廃棄物の封入に用いられる鋼鉄製容器の重量を含む廃棄体の重量から算出した。

中深度処分の廃棄物埋設地の設置場所に関する規制基準^{※17}

表 断層運動や火山現象等に関する規則及びその解釈に規定されている内容

断層運動、地すべり	<p>○断層運動、その他の自然現象により人工バリアの著しい損傷が生じるおそれがないものであること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人工バリアを、次に掲げる断層等を避けて設置すること。 <ul style="list-style-type: none"> ①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のうち震源として考慮する活断層 ②上記①の活断層の活動に伴い損傷を受けた領域 ③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のうち地震活動に伴って永久変位が生じる断層及び変位を及ぼす地すべり面 ④上記①及び③の断層等以外のものであって規模が大きい断層 ・人工バリアは、廃棄物埋設地の建設・施工時において上記③及び④の断層等が発見された場合には、当該断層等を避けて設置するとの方針としていること。
火山現象	<p>○火山現象により人工バリアの著しい損傷が生じるおそれがないこと。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物埋設地を、次に掲げる場所を避けて設置すること。 <ul style="list-style-type: none"> ①マグマの貫入による人工バリアの破壊が生ずるような第四紀（現在から約 258 万年前まで）における火山活動に係る火道、岩脈等の履歴が存在する場所 ②第四紀に活動した火山の活動中心からおおむね 15 キロメートル以内の場所。
侵食	<p>○侵食により地表からの深さが七十メートル未満に減少するおそれがないものであること</p> <ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物埋設地の位置について、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（廃棄物埋設地の近くに、河川がある場合は下刻の進展に伴って谷幅が広がる側方の侵食も考慮し、海岸がある場合は海食による侵食も考慮する）による 10 万年間の深度の減少を考慮しても、10 万年後において廃棄物埋設地を鉛直方向に投影した地表面のうち、最も高度の低い地点から廃棄物埋設地の頂部までの距離が 70 メートル以上であること。
鉱物資源等の掘採	<p>○鉱物資源又は発電の用に供する地熱資源の掘採が行われるおそれがないものであること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物埋設地の位置について、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の鉱床の存在を示す記録が存在しないこと並びに地温勾配が著しく大きくないこと。ここで「鉱物資源」とは、鉱業法第 3 条第 1 項に規定されているものをいう。

※17 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第 12 条第 1 項第 1 号～第 3 号及びその解釈第 12 条 1～3

我が国の地殻変動等に関する参考文献及び関連部分の抜粋^{※18}

(1) 我が国における地殻変動とプレート運動の関係並びに地殻変動の方向や速度の継続性(永続性)に関するもの

【狩野謙一, 村田明広, 「構造地質学」 p236-237 (1998).】

- ・プレートテクトニクスは、剛体に近似できるプレート(リソスフェア)が、オイラー軸のまわりで回転運動を起こすことによって生じる。そして、地球のプレートシステムに何らかの変化が起きない限りは、オイラー軸が固定されているために、プレートの進行方向と速度はほぼ一定に保たれる。したがって、プレート境界域での相対運動の方向と速度は、ある期間はほぼ一定に保たれて、定常的な状況が生じる。
- ・プレートシステムの転換は、新たな拡大境界がどこかに形成されたり、大陸と大陸が衝突して収束境界として機能しなくなったのを調整するために起こる。そして、新たな拡大境界や収束境界が別の場所に形成される。このシステムの転換に伴って、ある地域での造構応力場が変化して、異なったステージの地殻変動が起こる。したがって、ある地域での地殻変動の過程を考察することは、地球全体のプレートシステムの変遷過程の解析と密接に関係している。

【木村敏雄「日本列島の地殻変動—新しい見方から—」 p12.】

- ・地質現象・事象には慣性ないしは慣性的な力が働いて、継続性が生まれている場合が多い。地盤が、非常に長い期間、一定の割合で上昇し続けているところでは、その長い期間に比べてずっと短い時間の近い将来での上昇量を推定することができる。過去2000万年以上の間もぐり込みを続けてきた大洋プレートが、近い将来にそのもぐり込みを急に停止することはないであろう。また急にもぐり込みの向きを変えることもないと考えられる。400~500万年もの間、浮力によって上昇し続けてきた花崗岩体が近い将来にその上昇を停止することはないであろう。このような現象には慣性ないしは慣性的な力が働くので、停止させるにはべらぼうに大きなエネルギーを必要とする。地質現象・事象にはこのように慣性ないしは慣性的な力が大きく働いているものが多い。そのため、一方向に一定割合で変化している事象では、過去の継続時間に比べて、非常に小さい時間の将来ほど、変化の仕方がそのままに保たれる確率が大きい。このことは、一般的に言って、過去の継続時間に比べて非常に短い時間の将来ほど、確からしい将来予測が可能であることを意味する。逆に言うと、遠い将来ほど将来予測が確からしさを失うことを意味する。

※18 本文の記載に特に関係すると思われる部分に下線を引いた。

【梅田浩司， 谷川晋一， 安江健一「地殻変動の一樣継続性と将来予測—地層処分
の安全評価の視点から—， Journal of Geography, 122 (3) p385-397 (2013)
「VII. 地質学的現象の将来予測の限界」より】

- ・ 地層処分の安全評価では， 外的変動要因を考慮した将来のシステムの挙動
を記述したシナリオに基づく評価が基本となるが， 信憑性をもったシナリ
オがどの程度の期間（将来）において提示できるかが重要となる。日本列島
のネオテクトニクス（現在進行中の変動およびそれと同様な特性の続く最
近の時代の変動）の枠組みにおいて多くの地域で地殻変動の方向や速度が
一定になったのは数十万年前以降であった。

（2）プレートシステムの転換に要した期間に関するもの

【わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研
究開発第2次取りまとめ—分冊1わが国の地質環境（1999）第Ⅱ章2.2.2プレ
ートシステムの転換より】

- ・ 日本列島周辺においてもプレートシステムの転換を生じるような背弧海盆
の拡大や島弧の衝突などを経験している。たとえば、前・中期中新世には、
日本海や千島海盆、四国海盆などが形成され、プレートシステムの大きな転
換期となっている。背弧海盆の拡大は西太平洋で多く見られ、沈み込む海洋
プレートの年代が古いことに関係するらしいが(Molnar and Atwater, 1978)、
その原因についてはいくつかの見解がある。背弧海盆の拡大にともなうプ
レートシステムの転換によって、広域的な応力場や火山活動の場に変化が
生じる可能性があるが、これらの変化の始まりは、プレートシステムの転換
に要する期間に依存すると考えられる。日本海の拡大による西南日本弧の
回転は百万年程度、東北日本弧では1千万年以上の期間をかけて行われた
(Jolivet et al., 1994)。また、千島海盆や四国海盆の拡大も、開始から
終了までに1千万年以上の期間を要したと考えられている（たとえば、沖野
ほか、1998；Kimura and Tamaki, 1986；Seno and Maruyama, 1984；湯浅，
1991）。以上のことから、背弧海盆の形成にともなうプレートシステムの転
換には、少なくとも百万年以上の期間を要することになる。
- ・ 沈み込み帯において、潜り込むのが大陸プレートあるいは海洋プレート上
で地殻のない火山弧などの場合は、そこが衝突境界になり、逆断層でスラス
トされて積み重なり、大陸地殻も付加される。日本列島においても千島弧と
東北日本弧、西南日本弧と伊豆—小笠原弧において衝突作用が生じている。
たとえば、後期中新世以降、千島海溝への太平洋プレートの斜め沈み込みに
よって、千島弧の前弧が背弧に対して右横ずれを生じたため、千島弧前弧
は、西へ移動した東北日本弧に衝突したと考えられている（たとえば、木村，
1981）。この衝突によって北海道中央部付近に位置していたプレート境界が
中期更新世に日本海東縁部に転移したことが指摘されている（中村，1983；
瀬野，1986；木村ほか，1986）。これらのように島弧どうしの衝突によっ

て、プレート境界が移動する可能性があるが、転移が開始（鮮新世）してから終了（中期更新世以降）するまでの期間を考慮するとプレートシステムの転換には少なくとも百万年以上の期間を要している。

【石渡明、磯崎行雄、「東北アジア 大地のつながり」p56-57(2011).「一四. 日本海裂開漂移モデル」より】

- ・日本海がどういうふうにかいたのか、というモデルが幾つかある。図10aは、フランスのラルマン氏とジョリベ氏が提唱したモデルで、引裂き（プルアパート）モデルという名前がついている。要するに、大陸に対して日本が相対的に南の方へ動いたために、割れ目ができて、その間が開いて日本海ができたというモデルである。この考え方では、日本列島は回転せず、平行移動するだけである。
- ・実際に日本列島の地層の古地磁気を測ってみると、日本海が開いた二〇〇〇万～一五〇〇万年前くらいの時期に大きく回転したということがわかってきた。図10bの神戸大学の乙藤洋一郎教授の説では、一五〇〇万年前までの約二〇〇万年間に、九州の西方のある点を中心にして、西南日本がぐるりと時計まわりに三七度ほど回転したという。西南日本が時計まわりに回転し、東北日本が逆に反時計まわりに回転して、そのため「観音開き」の戸のように両側へ開きながら日本列島が太平洋側へ押し出し、その後ろに日本海が開いたというモデルである。