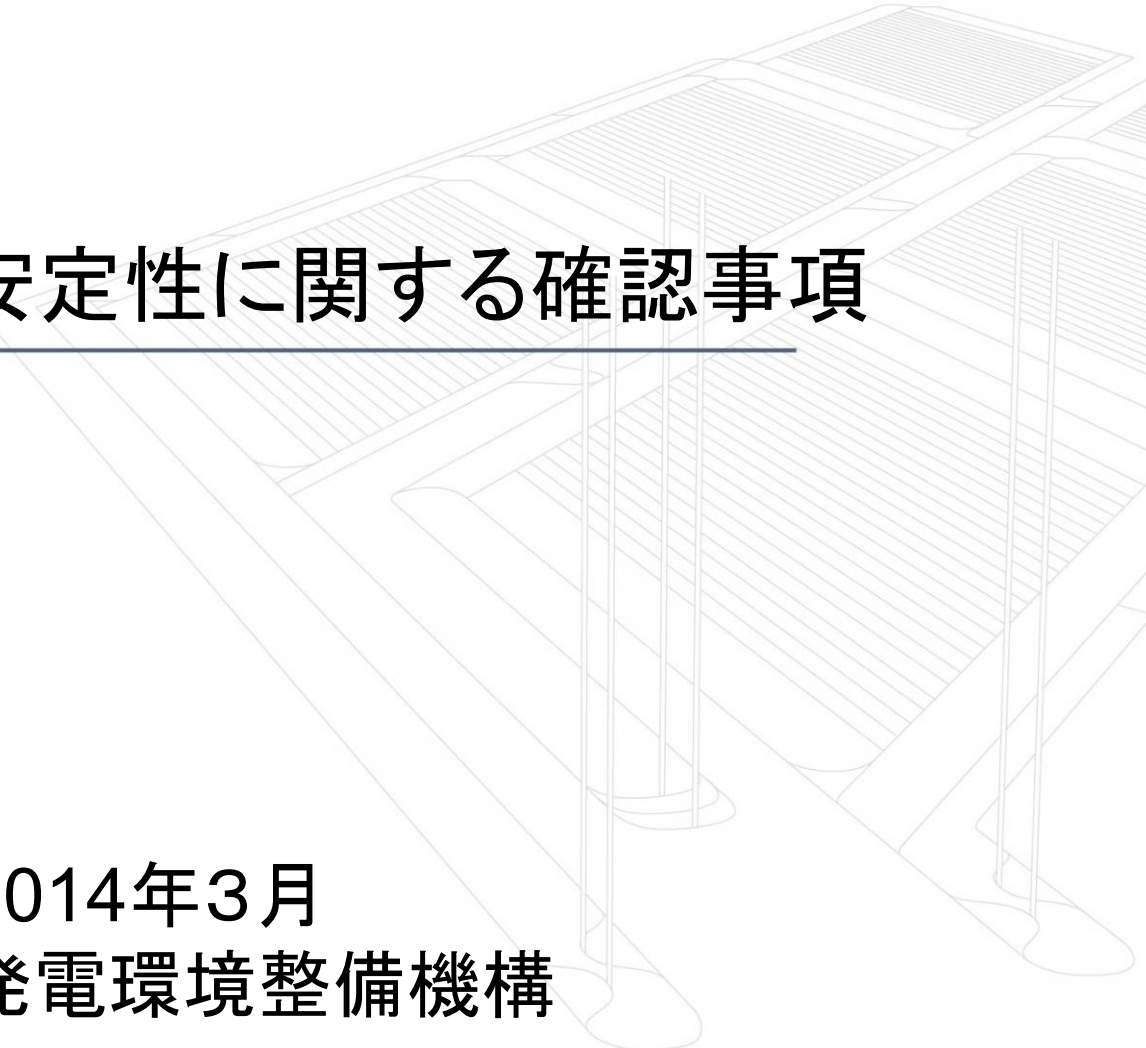




地質環境の長期安定性に関する確認事項

2014年3月
原子力発電環境整備機構





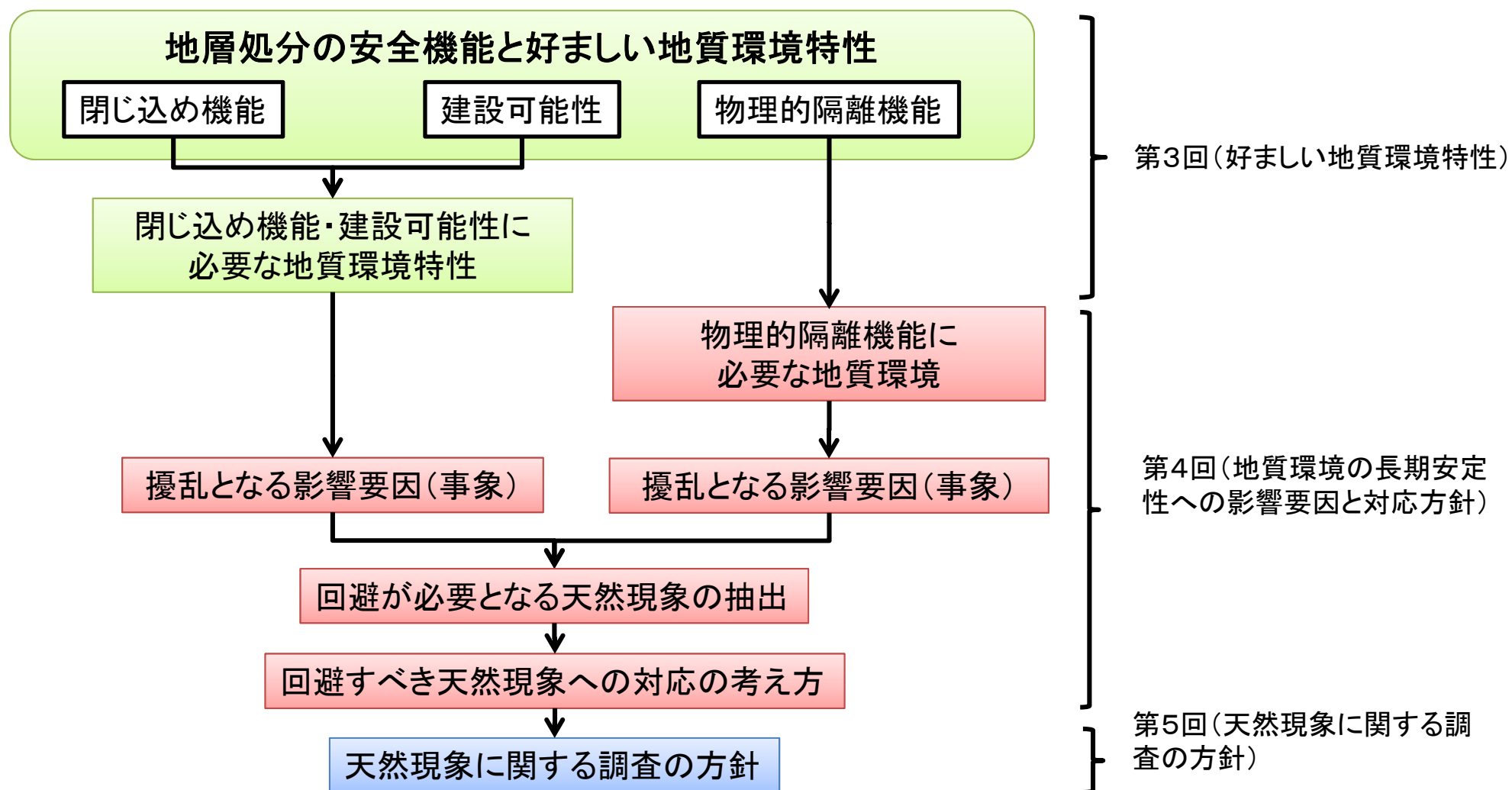
確認事項

地質環境の長期安定性に関する考え方について、第4回、第5回WGの審議における確認事項を示す。なお、審議の際にいただいた委員のご意見を反映し、考え方を一部追記している。

1. 回避が必要となる天然現象
2. 段階的な調査における対応方針
3. 天然現象の調査方針
 - 3.1 火山・火成活動
 - 3.2 地震・断層活動
 - 3.3 隆起・侵食
4. 信頼性向上に向けた取り組み

*この資料は、地質環境の長期安定性に関する調査方針を取りまとめたものである。操業期間における天然現象の影響に関する調査方針については、扱っていない。

地層処分技術WGにおける説明の流れ





1. 回避が必要となる天然現象 好ましい地質環境特性の目安

好ましい地質環境特性に対して、擾乱を与える事象の変動範囲を想定し、安全機能に対する影響を評価。
地質環境特性が以下の目安を超える場合に著しい影響があるとみなす。

	好ましい 地質環境特性	目安	参照先
熱環境	地温が低いこと	地温が初期に60℃程度、長期には100℃を超えない範囲。あるいは地温勾配が10℃/100mを超えない範囲。	参考資料-1, p. 3
力学場	岩盤の変形が著しくないこと	断層のずれがオーバーパックや緩衝材の機能を著しく低下させない範囲。	参考資料-1, p. 10
水理場	地下水の流れが緩慢であること	動水勾配が0.1を大きく超えない範囲、あるいは地下水の通り道となる割れ目が密集していないこと。	参考資料-1, p. 16
化学場	低pHあるいは、高pHではないこと	pHが酸性ではない、あるいはpHが強アルカリ性ではないこと。	参考資料-1, p. 25, 92, 93
	地下水が酸化性雰囲気ではないこと	地表水が流入しない範囲。	参考資料-1, p. 25, 94
	地下水の炭酸化学種濃度が高くないこと	炭酸化学種濃度が0.5 mol/dm ³ を大きく超えない範囲。	参考資料-1, p. 25, 93



1. 回避が必要となる天然現象 閉じ込め機能に対する影響要因と関連事象(熱環境)

(参考資料-1, p.4-9を抜粋, 編集)

【擾乱となる影響要因】

- 将来において地温を上昇させる要因としては, 処分場の周辺における新たな「**熱源の移動・発生**」と「**地表の温度の上昇**」が考えられる。
- 「**熱源の移動・発生**」に関連する主な地質現象としては, マグマや熱水に代表される**地熱活動**が考えられる。また, 断層が活動する際に, **断層面において摩擦熱が発生すること**も考えられる。
- 「**地表の温度の上昇**」に関連する主な地質現象としては, **気候変動**による日射量等の変化に伴う気温変化が考えられる。また, 火山活動に伴い発生した**火砕流**が地表に到達した場合にも, 地温が変化すると考えられる。

(参考資料-1, p3,5参照)

以上の事象に関する科学的知見に基づいて変動範囲を設定の上, 安全機能への影響について検討し, 回避が必要な事象として「**地熱活動**」を抽出した(第4回WGの審議事項)。

【影響要因となる事象と回避の必要性のまとめ】

影響要因	関連事象	回避の必要性	技術的論拠の参照先
熱源の移動, 発生	地熱活動	○	参考資料-1 p.5, 76
	断層活動の摩擦熱	—	参考資料-1 p.6, 77
地表の温度の 上昇	地表面の気温変動	—	参考資料-1 p.7, 78
	火砕流による地表温度の上昇	—	参考資料-1 p.8, 79



1. 回避が必要となる天然現象 閉じ込め機能に対する影響要因と関連事象(力学場)

【擾乱となる影響要因】

(参考資料-1, p.11-15を抜粋, 編集)

- ・ 将来において岩盤が変形する要因としては, 地下深部の「岩盤のクリープ変形量の増大」, 「岩盤の破断・破砕」, 「岩盤の弾性変形」が考えられる。
- ・ 「岩盤のクリープ変形量の増大」に関連する主な地質現象としては, 温度上昇に伴う岩盤のクリープ特性の変化があり, 温度上昇の要因としては地熱活動が考えられる。
- ・ 「岩盤の破断・破砕」に関連する主な地質現象としては, 地下数千m以深にある震源断層の変位が, 断層のずれとして処分深度(300-1000mと想定)にある岩盤に到達することが考えられる。
- ・ 「岩盤の弾性変形」に関連する主な地質現象としては, 地震動による岩盤のひずみが考えられる。ただし, この変形は地震動が発生している間だけの一時的なものである。

(参考資料-1, p10,13参照)

以上の事象に関する科学的知見に基づいて変動範囲を設定の上, 安全機能への影響について検討し, 回避が必要な事象としては「処分深度に達する断層のずれ」を抽出した(第4回WGの審議事項)。

【影響要因となる事象と回避の必要性のまとめ】

影響要因	関連事象	回避の必要性	技術的論拠の参照先
岩盤のクリープ変形量の増大	地温上昇(地熱活動)	—	参考資料-1 p.12, 81
岩盤の破断・破砕	処分深度に達する断層のずれ	○	参考資料-1 p.13, 82, 83
岩盤の弾性変形	地震動による岩盤のひずみ	—	参考資料-1 p.14, 84

1. 回避が必要となる天然現象 閉じ込め機能に対する影響要因と関連事象(水理場)

【擾乱となる影響要因】

(参考資料-1, p.17-24を抜粋, 編集)

- ・ 将来において水理場が変動する要因としては, 地下深部の「動水勾配の増加」, 「地下水流動経路の変化」, 「涵養量の変化」が考えられる。
- ・ 「動水勾配の増加」に関連する主な地質現象としては, 沿岸部においては, 海水準変動により海側の水位が低下することや, 侵食に伴う地形変化が考えられる。また, 地震に伴う地下水位(または水圧)の変化も考えられる。
- ・ 「地下水流動経路の変化」に関連する主な地質現象としては, 地下水の地表における流出点の変化や, 塩淡水境界の位置が変化することによる経路の変化が考えられる。また, 対象地域にある断層がずれることにより, その透水性が変化した場合も, 地下水流動経路に影響を与える可能性がある。
- ・ 「涵養量の変化」に関連する主な地質現象としては, 涵養域の降水量の変化があげられる。

(参考資料-1, p16,22参照)

以上の事象に関する科学的知見に基づいて変動範囲を設定の上, 安全機能への影響について検討し, 回避が必要な影響要因としては, 「断層のずれに伴う透水性の増加」を抽出した(第4回WGの審議事項)

【影響要因となる事象と回避の必要性のまとめ】

影響要因	主な関連事象	回避の必要性	技術的論拠の参照先
動水勾配の増加	隆起, 海水準変動	—	参考資料-1 p.18, 86
	気候・海水準変動, 隆起・侵食, 断層活動に伴う地形変化	—	参考資料-1 p.19, 86
	地震に伴う地下水位(または水圧)の変化	—	参考資料-1 p.20, 87
地下水流動経路の変化	気候・海水準変動に伴う流出点の変化, 塩水／淡水境界などの位置の変化	—	参考資料-1 p.21, 88
	断層のずれに伴う透水性の増加	○	参考資料-1 p.22, 89
涵養量の変化	気候変動に伴う涵養域の降水量の変化	—	参考資料-1 p.23, 90



1. 回避が必要となる天然現象

閉じ込め機能に対する影響要因と関連事象(化学場)

- 【擾乱となる影響要因】 (参考資料-1, p.26-30を抜粋, 編集)
- ・ 将来において化学場が変動する要因としては, 地下深部への「低pH地下水の流入」, 「高pH地下水の流入」, 「酸化性地表水の流入」, 「炭酸化学種濃度の上昇」が考えられる。
 - ・ 「低pH地下水の流入」および「炭酸化学種を含む地下水の流入」に関連する主な地質現象としては, 火山性熱水や深部流体の移動・流入が考えられる。
 - ・ 「高pH地下水の流入」に関連する主な地質現象としては, 超塩基性岩が地下水と反応することにより蛇紋岩化するとともに, 強アルカリ性の地下水が生成することが考えられる。
 - ・ 「酸化性地表水の流入」に関連する主な地質現象としては, 処分深度に到達している断層が活動した際に, 断層の透水性が増加することにより, 地表水が地下に向けて流入する可能性が考えられる。(参考資料-1, p25,27,29参照)

以上の事象に関する科学的知見に基づいて変動範囲を設定の上, 安全機能への影響について検討し, 回避が必要な事象として「火山性熱水や深部流体の移動・流入」を抽出した。また, 地形などの条件によっては「酸化性地表水の流入:断層のずれに伴う透水性の増加」も回避が必要となる(第4回WGの審議事項)。

【影響要因となる事象と回避の必要性のまとめ】

影響要因	関連事象	回避の必要性	技術的論拠の参照先
低pH地下水の流入	火山性熱水や深部流体の移動・流入	○	参考資料-1 p.27, 92
炭酸化学種を含む地下水の流入			
高pH地下水の流入	超塩基性岩との反応した地下水の移動・流入	—	参考資料-1 p.28, 93
酸化性地表水の流入	断層のずれに伴う透水性の増加	○ (条件による)	参考資料-1 p.29, 94

1. 回避が必要となる天然現象

物理的隔離機能の喪失に関する現象の考え方

【マグマの処分場への直撃と地表への噴出】

(参考資料-1, p.32－33を抜粋, 編集)

- ・ 地殻下部(深さ100km程度)で発生したマグマが処分場に直撃し、さらに地表にまで噴出する場合を想定する。
- ・ この場合、マグマに取り込まれた廃棄体が地表にまで移動する可能性があり、人間の生活圏からの隔離機能を喪失すると考えられる。
- ・ 影響範囲は、火道の大きさ(マグマの通り道)に依存するが、巨大な活動(例えば、巨大カルデラ噴火)の場合、処分場全体が著しく破壊される。
- ・ したがって、マグマの地表への噴出は、著しい影響を与える事象であると考えられ、サイト選定において回避する必要がある。

【著しい隆起・侵食に伴う処分場の地表への著しい接近】

- ・ 著しい隆起と侵食により、処分場を設置した岩盤が地表に著しく接近する可能性が考えられる。
- ・ この場合、人間の生活環境からの隔離機能が喪失する。また、影響範囲は、周辺地域一帯が隆起するため、処分場全体におよぶと考えられる。
- ・ したがって、隆起・侵食が著しい地域は、サイト選定において回避する必要がある。



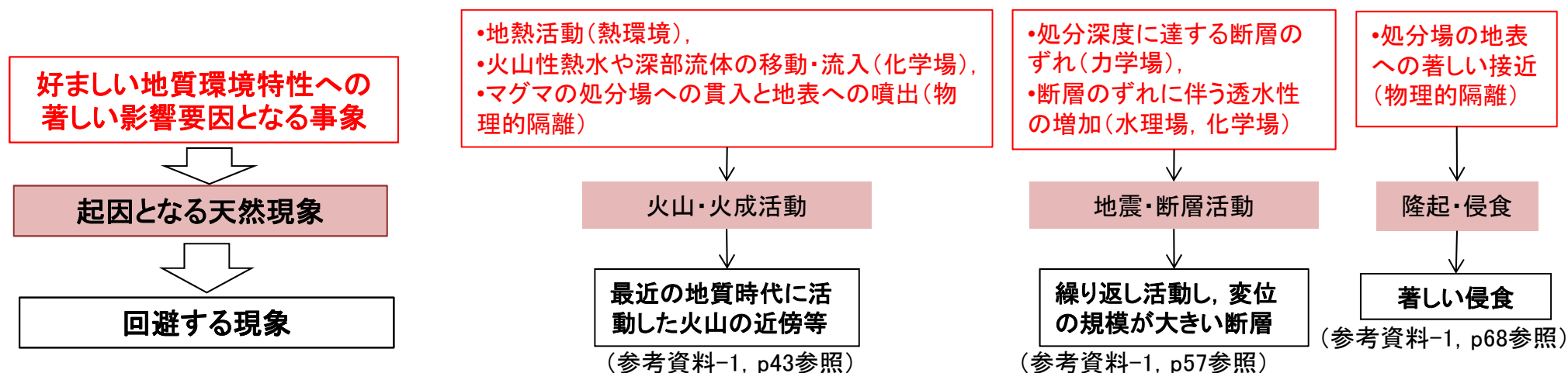
1. 回避が必要となる天然現象 まとめ

地層処分に適した地質環境特性に将来、大きな擾乱を与える天然現象としては、火山・火成活動、断層活動、隆起・侵食があげられる。これらの現象は、地層処分施設に著しい影響を与えるので回避する必要がある（第4回WGの審議事項）。

		天然現象			
		火山・火成活動	地震・断層活動	隆起・侵食	気候・海水準変動
閉じ込め機能の喪失	熱環境	地熱活動	—	—	隆起・侵食の項で侵食の要因として評価する。
	力学場	—	処分深度に達する断層のずれ	—	
	水理場	—	断層のずれに伴う透水性の増加	—	
	化学場	火山性熱水や深部流体の移動・流入	断層のずれに伴う透水性の増加 (条件による)	—	
物理的隔離機能の喪失		マグマの処分場への貫入と地表への噴出	—	著しい隆起・侵食に伴う処分場の地表への著しい接近	

2. 段階的な調査における対応方針

著しい影響要因と回避対象現象の調査における扱い(第5回WGの審議事項)



・調査初期にはまず、影響を直接評価するのではなく、明らかにこのような影響を引き起こすと考えられる現象を特定して回避する。

事前確認及び概要調査地区段階(文献調査の段階)

➤文献情報で明らかに著しい影響があると考えられる現象を処分場スケールで回避する。

例: 全国規模の文献に記載された活断層の線上

精密調査地区選定段階(概要調査の段階)

➤まず、現象を詳しく把握し、影響が明らかと考えられるものを処分場スケールで回避する。

例: 文献では明らかではなかったが、現地調査により「繰り返し活動し、変位の規模が大きい」ことが判明した断層

➤次に、サイトの詳細な特性を踏まえて、現象による影響を評価し、処分場スケールで回避するか、工学的対応をとるかを判断する。

例: 変位の規模が小さい断層。将来のずれの程度の影響(力学場)、処分場スケールの透水性への影響(水理場)などを評価して、処分場スケールでの回避か、処分場レイアウトや廃棄体設計などの工学的対策かを判断する。

2. 段階的な調査における対応方針

著しい天然現象の回避に関する段階的な調査・評価の考え方(第5回WGの審議事項)

(参考資料-1, p.41を追記・編集)

事前確認

- 全国規模で体系的にデータが整備されている文献に基づき、地層処分に明らかに適さない天然現象(主として火山・火成活動、断層活動)の有無を確認し、文献調査の対象とするかを判断

概要調査地区選定段階(文献調査の段階)

- 個別地域ごとに収集した文献情報に基づいて、広域スケールを対象とした地層の著しい変動の記録などの確認。

将来の影響が明らかな場合

- 最近の地質時代において活動の痕跡がある、火山、断層の分布箇所とその影響範囲、著しい侵食(隆起)が想定される地域等を回避して、概要調査の範囲を選定。

将来の影響の評価が必要な場合

- 将来の影響が明らかではない場合には、次段階に現地調査により情報を拡充し、判断する。

概要調査地区の選定

精密調査地区選定段階(概要調査の段階)

- 主として処分場スケールと広域スケールを対象とした、地表調査、ボーリング調査等の現地調査に基づいて、天然現象の痕跡など、過去の活動履歴の確認。さらに、将来の影響について評価。

将来の影響が明らかな場合

- 最近の地質時代において活動の痕跡がある、火山、断層の分布箇所とその影響範囲、および将来の影響範囲、著しい侵食が想定される地域等を回避して、精密調査の範囲を設定。
- 著しい影響が想定される範囲は、原則として概要調査の段階までに確認し、回避する。

将来の影響の評価が必要な場合

- 天然現象の規模・範囲やメカニズムの一般的な科学的理解に基づいて、現象が顕在化した場合や、複合的な現象を想定して、安全性への影響を評価し、回避の必要性および工学的対策を検討する。
- その際、将来の影響の予測に関して、科学的理解が不十分など、不確実性が大きい場合には、保守性の観点から回避する可能性もある。

精密調査地区の選定

精密調査の段階以降

- ・ 新たな情報が得られた場合には、改めて影響範囲などを評価し、必要に応じて著しい影響の範囲を回避する。
- ・ 安全評価のための、天然現象に関する科学的知見の収集、解析技術の開発は継続的に実施する。

3. 天然現象の調査方針

天然現象の将来予測に関する基本的考え方：日本列島周辺のプレートシステムについて

各天然現象の将来予測の考え方の共通の前提となるプレートシステムに対するNUMOの考え方を示す

【第2次取りまとめの見解】

- 日本列島の現在のテクトニクスが成立した時期は、地域ごとに異なるものの、おおむね鮮新世から第四紀更新世であり、地殻変動（隆起・沈降量の地域性・変動速度、断層の変位方向・速度、断層活動の場の移動など）の傾向や火山活動の場は数十万年から数百万年にわたって、著しい変化が認められていない。したがって、今後もプレートシステムの転換が生じなければ、現在の地殻変動の傾向や火山活動の場が今後も維持されると考えられる。
- また、今後、プレートシステムに何らかの変化が生じた場合にも、システムの転換には、百万年以上の期間を要することから、将来十万年程度であれば、現在の地殻変動、火山活動などの傾向が著しく変化するとは考えにくい。（以上、分冊1, 2.2.3）

【その後の知見】

- 日本列島の原形は、日本海の拡大とともに、古第三紀漸新世から新第三紀中新世にかけて形成された。その後、千島弧、伊豆一小笠原弧の衝突や、フィリピン海プレートの運動方向の変化等が生じたが、日本列島周辺のプレートシステムの基本的な枠組みは、この時代に成立したと考えられている。さらに、圧縮応力場が支配的である現在のテクトニクス（ネオテクトニクス）に移した時期は、島弧毎に異なるものの、概ね新第三紀鮮新世から第四紀更新世である（梅田ほか、2005）。
- 1500万年前以降の日本列島のテクトニクスは、太平洋プレートとフィリピン海プレートの沈み込みに支配されてきたと考えられる。太平洋プレートの運動はおよそ4300万年前の天皇海山列の屈曲以降は一定している（Harada and Hamano, 2000）。フィリピン海プレートは、前弧海盆堆積物の堆積の不連続性などから300万年前ごろにプレートの運動方向が変化したと考えられる（高橋、2006）。
- フィリピン海プレートのユーラシアプレートに対する運動方向は三重会合点を基準として、北北西から西北西へ1000万年前から500万年前に変化した（Seno・Maruyama, 1984）。
- 古地磁気データなどからフィリピン海プレートのユーラシアプレートに対する古第三紀以降の運動をいくつかの時期に分け、現在から500万年前と500万年前から2500万年前では異なる運動様式（回転軸と回転速度）を示している（Hall, R. et al, 1995）。

3. 天然現象の調査方針

天然現象の将来予測に関する基本的考え方：日本列島周辺のプレートシステムについて

【その後の知見(つづき)】

- 活断層の活動開始年代は、古いものでおよそ600万年前からの年代が確認されているが、約250万年前ごろから活動を開始した断層の数が増加し、約100万年前までに約半数の活断層が活動を開始している。また、山地発達モデルに基づく、地殻変動の一樣継続性が成立した時期は、地域によってさまざまであるが、遅くとも数十万年から百万年前以降であると考えられている。時系列解析モデルから導かれる継続可能性が高い期間の見積もりに基づけば、中期更新世以降に一定となった地殻変動の方向と速度は、将来十万年程度であれば継続する可能性が高いと考えられる(梅田ほか, 2013)。

【NUMOの考え方】

- 将来のプレート運動の継続性については、今後も地球科学分野における研究動向を見極めた上で判断する必要がある。ただし、過去から現在までのフィリピン海プレートの運動の継続性が少なくとも300万年程度であることや、プレート運動の結果として発生していると考えられる、断層活動や地殻変動の継続期間が少なくとも数十万年から百万年のオーダーであることから、現時点では将来十万年程度であれば、傾向が継続する可能性は高いと考えられる。

【信頼性向上の取り組み】

- 過去から現在までのプレートシステムの変遷と日本列島の各地にある地質学的なイベントの関係を詳細に検討することにより、プレートシステムの将来の継続性について推定する研究を強化することで、天然現象の将来予測の信頼性を向上させる必要がある。
- 大局的なプレートシステムの研究に合わせ、局所的なテクトニクスについても、研究事例を蓄積する必要がある。たとえば、反転テクトニクスの研究例に基づけば、現在、活断層ではない断層(地質断層)は、近い将来は活動する可能性は低いと考えられるが、遠い将来については、将来予測の不確実性を踏まえて、影響評価などの対処を検討する必要がある。
- また、東北地方太平洋沖地震後に誘発された地震(たとえば、2011年4月11日の福島県浜通り地震)については、大学等の研究機関で研究が継続的に進められている段階であり、今後、一定の取りまとめがなされた段階で、地層処分事業にその成果を反映する必要があると考えられる。

3.1 火山・火成活動：マグマの貫入・噴出および地熱活動 現象に関する知見のまとめ

【現象に関する知見のまとめ】（第5回WGの審議事項）

（参考資料-1, p.47-48, 50を抜粋, 編集）

○日本列島におけるマグマの成因と火山の分布

- ・ 東北地方では、火山フロントの前弧側では、広い範囲で地温勾配が低く、火山が分布していない。一方、背弧側では、火山が分布する領域と、分布しない領域（空白域）が存在しており、その分布にはある程度の規則性がある（ホットフィンガーモデル）。
- ・ 北海道に関しても、火山フロントが形成されている。
- ・ 西南日本のうち山陰から九州地方北部に関しては、フロントが明確ではない。

○回避の対象となる範囲

- ・ 文献情報（日本の第四紀火山カタログ，1999）に基づく、個々の第四紀火山の位置（その火山を代表する位置）を中心として、多くの火山が数kmの範囲内にあり、すべての火山で半径15kmの円の範囲に収まる（陥没カルデラを形成する第四紀火山や、単成火山群など8つの火山を除く）。なお、巨大カルデラなどの個別の火山におけるマグマ活動の範囲は、上記の範囲を超える可能性もある。
- ・ また、第四紀火山が存在しない地域にあっても、現在、上部マントル内にマグマが発生・上昇する温度・圧力条件が存在するか否かを地震波トモグラフィー等の手法を用いて調査し、可能性の高い地域は回避すべきである。さらに、将来において発生する可能性を、マントル物質の熱対流モデルなどにより評価すること必要がある。
- ・ 地温勾配が10℃/100mを超える高温異常域は、火山の分布と整合的であり、少なくとも第四紀火山の中心から10kmの範囲は影響が大きいと考えられる。
- ・ 熱水のpHが4程度の酸性となる領域は、火山からおおむね15km程度の範囲に分布している。

○将来のマグマの貫入・噴出の場の評価方法

- ・ 将来的なマグマの貫入・噴出の推定は、既存の火山の活動位置、マグマの活動範囲の広がり、火山の形成過程などの観点から、火山・火成活動の規則性に関する評価を行うことが基本となる。
- ・ 新たにマグマが発生・上昇・噴火する可能性を検討する際には、マントル内の熱対流の評価技術などの整備を進める。

3.1 火山・火成活動：マグマの貫入・噴出および地熱活動 段階的な調査地区の絞り込み

【事前確認】

(参考資料-1, p.51-52を抜粋, 編集)

全国規模で体系的に整備された文献に基づいて、最近の地質時代において活動した火山がある場所から、15 km程度の範囲を文献調査の対象地域から除外。

文献の例:「日本の第四紀火山カタログ」(1999), 産業技術総合研究所(2013):200万分の1地質編集図「日本の火山第3版」など

【文献調査の段階】

- ・ 事前確認の結果に加え、対象地域における、火山の有無、影響範囲、マグマの発生領域となる高温異常域、熱水やガス噴出の分布範囲について、文献情報に基づいて調査・評価。
- ・ 以上の調査に基づいて、将来の影響が想定される範囲を回避して、概要調査を行う範囲を設定。
- ・ 文献情報では、将来の影響の評価が困難な場合は、次段階(概要調査)において、現地調査により情報を拡充した上で、回避の必要性を判断する。

【概要調査の段階】

- ・ 概要調査地区における、火山の活動の痕跡の有無、マグマの発生領域となる高温異常域、熱水やガス噴出の分布範囲を現地調査(地表調査、ボーリング調査、物理探査など)に基づいて確認し、著しい影響範囲を回避する。
- ・ 例えば、ボーリング調査に基づいて地温勾配の分布を確認し、地温勾配が $10^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ を超える領域を回避する。また、pHが低い地下水が分布する範囲などを回避する。
- ・ 将来の火山活動については、対象地域の火山活動の規則性や、マントル内の熱対流評価などに基づいて推定し、著しい影響が及ぶ可能性が高いと考えられる範囲を回避する。
- ・ 以上の調査に基づいて、著しい影響が想定される範囲を回避して、精密調査を行う範囲を設定。

【精密調査の段階】

- ・ 地下調査施設や地表の追加調査で、新たな情報が得られた場合には、改めて影響範囲などを評価し、必要に応じて著しい影響の範囲を回避する。

3.1 火山・火成活動：非火山性熱水および深部流体 現象に関する知見のまとめ，および段階的な調査地区の絞り込み

【現象に関する知見のまとめ】（第5回WGの審議事項）

（参考資料-1, p.51, 55を抜粋，編集）

- ・ 非火山性熱水および深部流体について，常磐地域，能登半島，新潟平野，紀伊半島，有馬温泉などの地点で報告されており，偏在性がある。非火山性熱水は熱環境への著しい影響を回避する必要がある。深部流体は，高温である場合は熱環境への影響を検討する必要がある，また，温度にかかわらず，pHが酸性あるいは炭酸化学種を多く含む場合には，化学場への影響を検討する必要がある。

【事前確認】

全国規模の情報を目安として，非火山性熱水または深部流体の存在が明らかな場所を特定して回避する。

【文献調査の段階】

- ・ 地域ごとに収集する文献情報に基づいて，非火山性熱水または深部流体の存在について確認。
- ・ 以上の調査に基づいて，将来の影響が想定される範囲を回避して，概要調査を行う範囲を設定。
- ・ 文献情報では，著しい影響が明確に判断できない場合は，次段階において現地調査により，情報を拡充した上で，回避の必要性を判断する。

【概要調査の段階】

- ・ 概要調査地区における，現地調査（地表調査，ボーリング調査，物理探査など）を実施し，非火山性熱水または深部流体の分布を確認し，熱環境，化学場に対する影響を評価する。
- ・ 以上の調査・評価に基づいて，著しい影響が想定される範囲を回避して，精密調査を行う範囲を設定。

【精密調査の段階】

- ・ 地下調査施設や地表の追加調査で，新たな情報が得られた場合には，改めて影響範囲などを評価し，必要に応じて著しい影響の範囲を回避する。

3.2. 地震・断層活動：現象に関する知見のまとめ

【現象に関する知見のまとめ】（第5回WGの審議事項）

（参考資料-1, p.60-62を抜粋・編集）

○繰り返し活動し、変位の規模が大きい断層の分布と継続性

- ・ 第四紀以降に再活動している断層のうち、最近数十万年間に同一の場所で繰り返し活動している断層は、将来も活動する可能性のある断層（活断層）として認定されている。
- ・ ただし、2000年以降、これまでに活断層が認識されていなかった地域において、規模の大きな地震が発生している。全国規模で整備された活断層の分布に関するデータベースは、空中写真による地形判読に基づいて、活断層を認定していることが多いことから、地表の痕跡（リニアメントなど）が不明瞭である場合などには、活断層が存在していても“見落とされる”可能性がある。
- ・ したがって、活断層の存在は、全国規模のデータベースの情報だけでなく、より綿密な空中写真判読、地表調査、物理探査、ボーリング調査などの現地調査に基づいて、確認する必要がある。

○断層活動の影響範囲

- ・ 著しい影響範囲として上記断層の「断層活動に伴い破碎される範囲（断層破碎帯）」を回避する必要がある。影響範囲はサイト毎に個別に評価するが、目安として破碎帯の幅として断層長さの1/100程度が考えられる。

○将来の断層活動の進展・分岐

- ・ 上記の破碎帯に加え、将来の断層活動として、断層の進展や分岐が発生する可能性がある領域（活断層帯）を回避する。また、変形帯や活褶曲・活撓曲についても、影響が著しい場合には回避することを検討する。

3.2 地震・断層活動：段階的な調査地区の絞り込み

【事前確認】

(参考資料-1, p.65-66を抜粋・編集)

全国規模で体系的に整備された文献に基づいて、最近の地質時代において活動した断層活動がある場所から、断層の長さの100分の1程度の範囲を文献調査の対象地域から除外。

文献の例：陸域：「200万分の1日本列島活断層図」(2002)，地震調査研究推進本部 地震調査委員会 長期評価部会(2010)，産業技術総合研究所(2012)：活断層データベース 2012年2月28日版など，海域：「日本周辺海域の第四紀地質構造図」(2001)など

【文献調査の段階】

- ・ 事前確認の結果に加え、対象地域における、断層の分布、破碎帯の幅などについて、文献情報に基づいて調査。
- ・ 以上の調査に基づいて、将来の影響が想定される範囲を回避して、概要調査を行う範囲を設定。
- ・ 変位規模が小さい断層、地表の痕跡が不明瞭である断層、地下に伏在している断層、地質断層など、文献情報では影響の評価が困難な断層などについては、次段階(概要調査の段階)において、現地調査により情報を拡充した上で、回避の必要性を判断する。

【概要調査の段階】

- ・ 断層の分布については、概要調査地区における断層の活動の痕跡の有無を現地調査(地表調査、ボーリング調査、物理探査など)に基づいて確認し、その影響範囲を回避する。
- ・ 断層の活動性の確認においては、上載地層法を基本として、活動性を評価する。上載地層法が適用できない場合には、破碎帯の組織構造などに基づいて、活動性を評価する。
- ・ 変位規模が小さい断層、地表の痕跡が不明瞭である断層、地下に伏在している断層、地質断層については、調査結果に基づいて影響が顕在化したことを想定した安全性の評価を実施し、回避が必要か、工学的対策(レイアウト、廃棄体定置位置の調整、人工バリアの裕度)により対応可能かなどについて、総合的に判断する。
- ・ 調査に基づいて、著しい影響が想定される範囲を回避して、精密調査を行う範囲を設定。

【精密調査の段階】

- ・ 地下調査施設からの調査に基づいて、調査施設で遭遇する断層などの性状に応じて、回避の必要性や工学的対策(レイアウト、廃棄体定置位置の調整、人工バリアの裕度)について検討する。

3.3. 隆起・侵食：現象に関する知見のまとめ

【現象に関する知見のまとめ】（第5回WGの審議事項）

（参考資料-1, p.69を抜粋，編集）

○侵食に関連する現象

- ・ 侵食は隆起による侵食基準面からの比高の増加や氷期・間氷期に対応した降水量の増減，海面の上下変動などによりその強さが変化する。
- ・ 侵食の形式には，雨食，海食，河食，風食，氷食などがあるが，このうち線的侵食である河川による下刻が最も厳しく，主要な検討対象とすべき形式である。河川による下刻は侵食基準面（内陸では流入先の川面，湖面，沿岸では海面）に向かって進む。また，波浪侵食による海食崖の後退にも留意する必要がある。
- ・ 過去数十万年間の海水準変動は基本的にはグローバルに捉える事ができ，詳しく解明されている。個々の地域においては氷期・間氷期に対応したハイドロアイソスタシーや地殻変動の影響を受けて，海水準の痕跡はグローバルな海水準からずれることになるので（相対的な海水準変動を求めることになる）、隆起量（地殻変動量）に基づく補正が必要となる。過去の氷期には，海面は現在よりも最大150m程度低くなった時期があることなどが分かっている。
- ・ また地形条件などによってはマスマーブメントによって，大きく侵食が進む場合も考えられる。

○将来の侵食量の予測

- ・ 以上を踏まえ，将来の侵食量の推定においては，以下のような対応が考えられる。
 - 内陸については，隆起があった場合は隆起した分だけ侵食する，隆起量の予測の不確実性が高い場合は保守的に侵食基準面まで侵食する，などと仮定する方法が考えられる。
 - 沿岸については，侵食基準面となる海水面は，将来，気候変動により変化すると考えられる。したがって，将来の侵食量の予測では，海水準変動を推定し，地形面と侵食基準面の比高から，侵食量の時間的な変化を積算して，評価する方法などが考えられる。
 - なお，上記の予測手法の不確実性が高い場合には，海面が最も低下した状態（現在より-150m）を想定し，侵食量を保守的に評価することが考えられる。また，沖積層の基底深度の情報も，将来の侵食量を推定する際の目安となると考えられる。

3.3 隆起・侵食：段階的な調査地区の絞り込み

【事前確認】

(参考資料-1, p.71-72を抜粋, 編集)

全国規模の情報を目安として、過去10万年における最大侵食量が300mを超えた範囲を確認することも考えられる。

【文献調査の段階】

- 文献情報に基づいて、将来の侵食の影響が明らかに想定される地域を回避して、概要調査を行う範囲を設定。
- 処分場の地表への接近については、処分施設の設置深度なども踏まえて評価すべきであるが、この段階は以下のような明らかに著しい侵食量が予想される場所を回避する。
 - 内陸の隆起性山地(目安として今後10万年内に隆起量が300mを超えと考えられる地域)。
 - 隆起が顕著な沿岸部。海面低下量と合わせた大きな侵食量が見込まれる地域(目安として、隆起と海面低下に伴う侵食量が、今後10万年内に300mを超えと考えられる地域)。
- 文献情報では、影響の評価が困難な場合は、次段階(概要調査の段階)において、現地調査により情報を拡充した上で、回避の必要性を判断する。

【概要調査の段階】

- 基準地形面の調査や堆積物の調査などの現地調査に基づいて、隆起量进行评估し、さらに、海水準変動を考慮して、将来の侵食量进行评估する。
- 処分施設の設置深度を設定し、工学的な実現可能性も評価した上で、著しい影響が想定される範囲を回避して、精密調査を行う範囲を設定する。

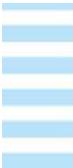
【精密調査の段階】

- 地下調査施設や地表の追加調査で、新たな情報が得られた場合には、改めて影響範囲などを評価し、必要に応じて著しい影響の範囲を回避する。

4. 信頼性向上に向けた取り組み

- 天然現象を回避するための地質調査技術および評価技術は基本的には整備されている。ただし、さらに信頼性を向上させる観点からは、下記の表に示すような継続的な取り組みが必要である(第5回WGの審議事項)。
- 特に、火山活動のうち、マグマの新規発生の評価技術、および断層活動のうち、未成熟な活断層の調査手法や、上載法の適用が困難な断層に対する活動性の評価方法については、さらに調査・評価精度を高めることにより信頼性の向上を図る。
- なお、NUMOおよび国の研究機関等における最近の取り組みの成果・計画については、産業技術総合研究所(2012)、地層処分基盤研究開発調整会議(2013)、NUMO(2013)に取りまとめられている。

	反映先	信頼性向上の取り組みの例	検討事例の説明
火山・火成活動	火山の分布および地熱活動の評価	- 背弧域の火山活動, 単成火山, 大規模カルデラなどの事例調査 - マグマの新規発生の可能性を評価するためのマントル内の温度構造や対流評価などの地下の温度構造に関する評価技術	参考資料-1 p. 97, 98
	深部流体などの非火山性熱水の評価	非火山性熱水, 特に深部流体に関する事例調査の蓄積	参考資料-1 p. 99
断層活動	繰り返し活動し, 変位の規模が大きな断層の分布の評価	未成熟な活断層の調査手法などの事例調査の蓄積	参考資料-1 p. 100, 101
	活動性の評価	上載地層法の適用が困難な断層の活動性の評価方法(断層ガウジの組織・性状の評価, 破砕帯内の充填鉱物生成年代測定など)	参考資料-1 p. 102
	断層の影響範囲の評価	既存の活断層の破砕帯の分布などの事例調査の蓄積	参考資料-1 p. 103
隆起・侵食	隆起量・侵食量の評価	地形学的な手法や, 堆積物の年代測定などに基づく, 隆起量あるいは侵食量の評価技術	参考資料-1 p. 104
	表層付近の酸化帯分布の評価	表層付近の酸化帯にかかわる研究調査の蓄積	参考資料-1 p. 105



参考文献

- 地層処分基盤研究開発調整会議(2013):地層処分基盤研究開発に関する全体計画(平成25年度～平成29年度), 2013年3月
- 原環機構(2004):概要調査地区選定上の考慮事項の背景と技術的根拠, NUMO-TR-04-02
- 原環機構(2013):地層処分事業の技術開発計画—概要調査段階および精密調査段階に向けた技術開発—, NUMO-TR-13-02
- Hall, R., Fuller, M., Ali, J. R. & Anderson, C. D.(1995): Active Margins and Marginal Basins of the Western Pacific, Geophysical Monograph 88, 371-404, American Geophysical Union
- Harada,Y. and Hamano,Y. (2000):Recent progress on the plate motion relative to hotspots, Geophys. Monogr., 121, 327-338
- 産業技術総合研究所(2012):概要調査の調査・評価項目に関する技術資料, 地質調査研究資料集, No. 560.
- Seno, T. and Maruyama, S.(1984):Paleogeographic reconstruction and origin of the philippine sea, Tectonophysics, 102, 53-84
- 高橋雅紀(2006):フィリピン海プレートが支配する日本列島のテクトニクス. 地学雑誌, 115, 116-123.
- 梅田浩司, 大澤英昭, 野原 壮, 笹尾英嗣, 藤原 治, 浅森浩一, 中司 昇(2005):サイクル機構における「地質環境の長期安定性に関する研究」の概要—日本列島のネオテクトニクスと地質環境の長期安定性—, 原子力バックエンド研究, Vol.11 No.2
- 梅田浩司, 谷川晋一, 安江健一(2013):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—, 地学雑誌, 122, 385-397