

地質環境の長期安定性に関する確認事項

2014年2月
原子力発電環境整備機構



確認事項

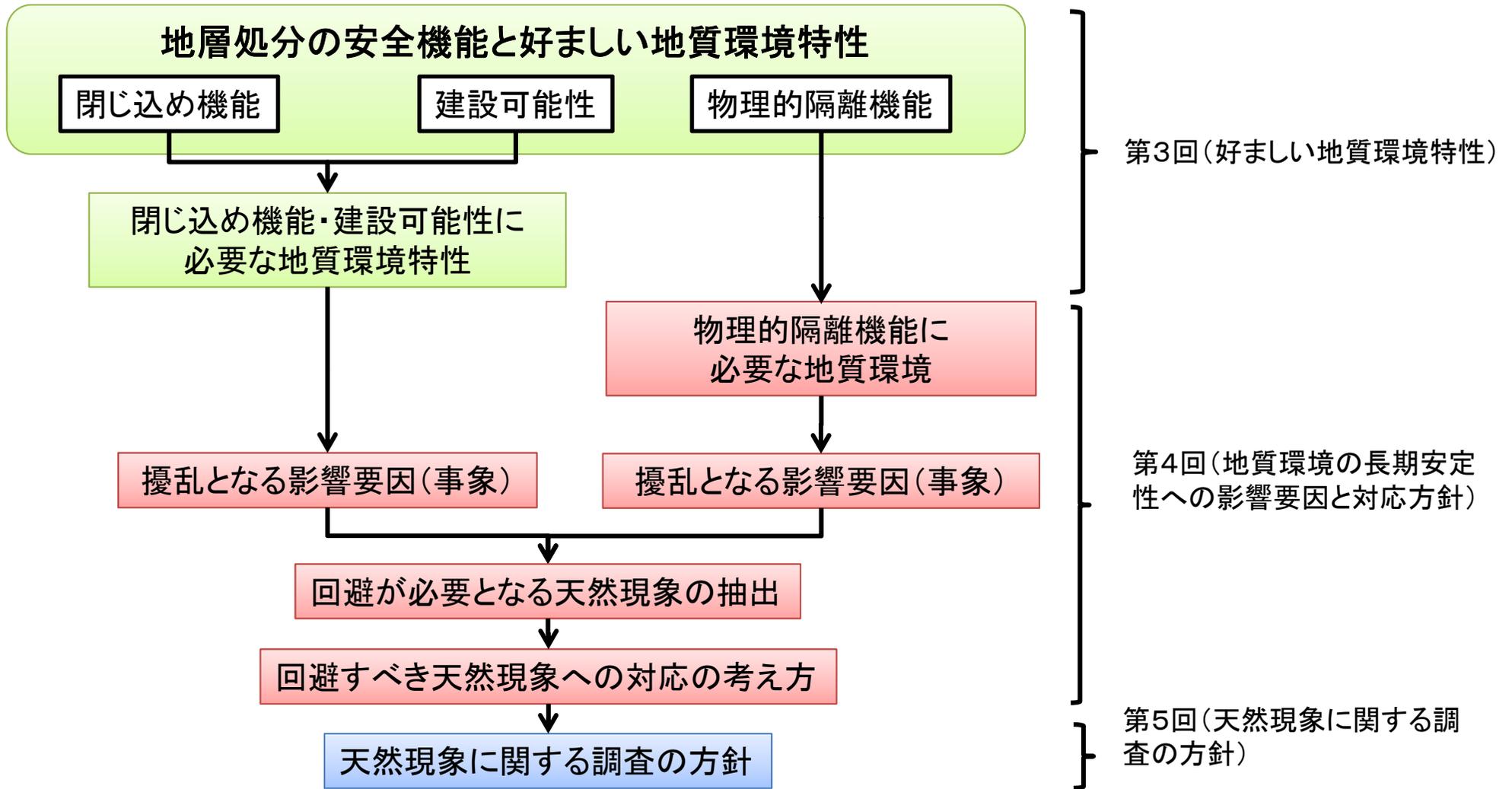
地質環境の長期安定性に関する考え方について、第4回、第5回WGの審議における確認事項を示す。なお、審議の際にいただいた委員のご意見を反映し、考え方を一部追記している。

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、原環機構(2004)などを参照。



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°C程度、長期には100°Cを超えない範囲。あるいは地温勾配が10°C/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。

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)

(参考資料-1, p.11-15を抜粋, 編集)

【擾乱となる影響要因】

- ・ 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。

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。

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)

- ・ 将来において水理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。

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

- 対象地域ごとに、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

【第2次取りまとめの見解】

(追記)

- 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。

【その後の知見など】

- 日本列島周辺におけるプレートの配置や運動様式は、1500万年前に背弧海盆の形成がほぼ終了し、現在に至るまで大きな変化はない(Jolivet et al., 1994; Kimura and Tamaki, 1986; Okino et al., 1998)。
- 海洋プレートの運動方向については、太平洋プレートが500万年から250万年前にかけて、運動方向が時計回りに数度変化し、その後250万年前から変化がない(丸山, 瀬野, 1985; Cox and Engebreston, 1985; Pollitz, 1986), フィリピン海プレートが150万年前から変化がない(Kamata and Kodama, 1999)。
- プレートシステムの転換は、100万年オーダーの時間スケールで緩慢に変化することから、今後少なくとも10万年間は現在と大きく変わることはない(吉田・高橋, 2004など)。また、東西圧縮の広域応力場についても、200万年前から現在まで大きく変わることなく維持されており、今後も維持されると推測される(山崎, 2004など)。
- 近年のGPS観測技術の発達により、フィリピン海プレートの沈み込みに伴う、せん断変形帯の存在などが明らかになるなど(Wallace et. al., 2009; Cloos, 2009), 地域のテクトニクスとその将来予測について、詳細な評価が可能となりつつある。

【NUMOの考え方】

- 日本列島周辺のプレートシステムは、1500万年前ごろまでに配置や運動様式などが形成され、現在にいたっている。
- 海洋プレートの運動方向については、太平洋プレートが250万年前から、フィリピン海プレートが150万年前から変化がない。
- 将来10万年程度であれば、プレートシステムの転換が生じたとしても、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。
- なお、プレートシステムの転換については、今後も科学的な研究を継続的に進め、その影響が及ぶ時間・空間スケールを検討し、天然現象の将来予測に関する信頼性を向上させる。

3.1 火山・火成活動：現象に関する知見のまとめ 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】（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）に基づくと、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。
- ・ 地下のマグマの発生領域となる高温異常域の分布、および将来においてマントル上部および地殻下部の高温域が発生し、新たにマグマが発生・上昇・噴火する可能性が高いと考えられる場所は回避する必要がある。
- ・ 地温勾配が10°C/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。
- ・ 現在、地殻内の温度が低い（地温勾配が低い）領域において、近い将来にマグマが発生する可能性は低いと考えられる。
- ・ なお、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：段階的な調査地区の絞り込み マグマの貫入・噴出および地熱活動

(参考資料-1, p.51-52を抜粋, 編集)

【事前確認】

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：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 深部流体などの非火山性熱水の湧出

【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）

- 非火山性熱水の起源は，地殻熱流量による加熱（常磐地域），基盤岩に由来する崩壊熱による加熱（能登半島），石油・天然ガス地帯における熱水（新潟平野），およびスラブ起源の深部流体（紀伊半島，有馬温泉）などが報告されている。
- 温度が高い非火山性熱水や深部流体の流出は，過熱や流出のメカニズムを考慮すると，偏在性があると考えられる。
- また，化学的な影響の範囲については，地下水の同位体成分の分析などが必要である。

【事前確認】

全国規模の情報を目安として，深部流体が流出する場所を確認することなどが考えられる。

【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，深部流体などの非火山性熱水の流出箇所分布について確認。
- 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，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，非火山性熱水の湧出について，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，地温勾配が $10^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ を超える範囲およびpHが低い地下水が分布する範囲，地下水の炭酸化学種濃度が $0.5\text{ mol}/\text{dm}^3$ を超える範囲を回避する。
- 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，概要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 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、破砕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、破砕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、このうち局部的現象である線的侵食、なかでも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。
- 過去数十万年間の海水準変動の痕跡は、世界各地にあり、それに基づいて過去の海水準変動の幅はおおむね把握されている。たとえば、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。
 - 侵食量を直接評価することが困難な場合には、保守的に、侵食基準面と同じ高さまで、下刻すると仮定して、侵食量を見積もる（例えば、隆起量と侵食量が等しいと仮定するなど）。
 - 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、侵食量が10万年あたり300mを超える可能性がある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(目安として隆起量が300m/10万年を超える地域)。
 - 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、10万年あたり300mを超える地域)。
- 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侵食堆積物量の調査などの現地調査に基づいて、隆起量を評価し、さらに、海水準変動を考慮して、将来の侵食量を評価する。
- 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、上載地層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	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 地形学的な手法や, 侵食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	<ul style="list-style-type: none"> • 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

- Cloos, M. (2009) : Nature of tectonic hazards. In: Volcanic and Tectonic Hazard Assessment for Nuclear Facilities [Connor, C.B., Chapman, N.A., Conner, L.J. (Eds.)], Cambridge Univ. Press, 24–73.
- Cox, A. and Engebreston, D. (1985): Change in motion of pacific plate at 5My BP., Nature, 313, pp.472–474.
- 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
- Jolivet, L., Tamaki, K. and Fournier, M. (1994): Japan Sea, opening history and mechanism: A synthesis, J. Geophys. Res., Vol.99, No.B11, pp.22237–22259.
- Kamata, H. and Kodama, K. (1999): Volcanic history and tectonics of the Southwest Japan Arc, Island Arc, Vol.8, No.3, pp393–403.
- Kimura, G. and Tamaki, K. (1986): Collision, rotation and back arc spreading: the case of the Okhotsk and Japan Seas, Tectonics, 5, pp.389–401.
- 丸山茂徳, 瀬野徹三 (1985): 日本列島周辺のプレート相対運動と造山運動, 科学, Vol. 55, pp.32–41.
- 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
- Okino, K., Kasuga, S. and Ohara, Y. (1998): A New Scenario of the Parece Vela Basin Genesis, Marine Geophysical Researches, Vol.20, No.1, pp.21–40.
- Pollitz, F.F. (1986): Pliocene change in Pacific-plate motion., Nature, Vol.320, pp.738–741.
- 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.
- Wallace, L. M., Ellis, S. Miyao, K., Miura, S., Beavan, J., Goto, J. (2009): Enigmatic, highly active left-lateral shear zone in southwest Japan explained by aseismic ridge collision, Geology, 37, pp. 143–146.
- 吉田鎮男, 高橋 晋(2004) : 日本近海の中新世以降のプレート運動史. 月刊地球, 26, 349–355.
- 山崎晴雄(2004) : 地層処分における概要調査地区選定後の作業内容とその意義—活断層の識別・評価を例に. 原子力バックエンド研究, 10, 119–123.