

地層処分技術WGにおける検討状況

平成25年3月4日
地層処分技術WG委員長
朽山 修

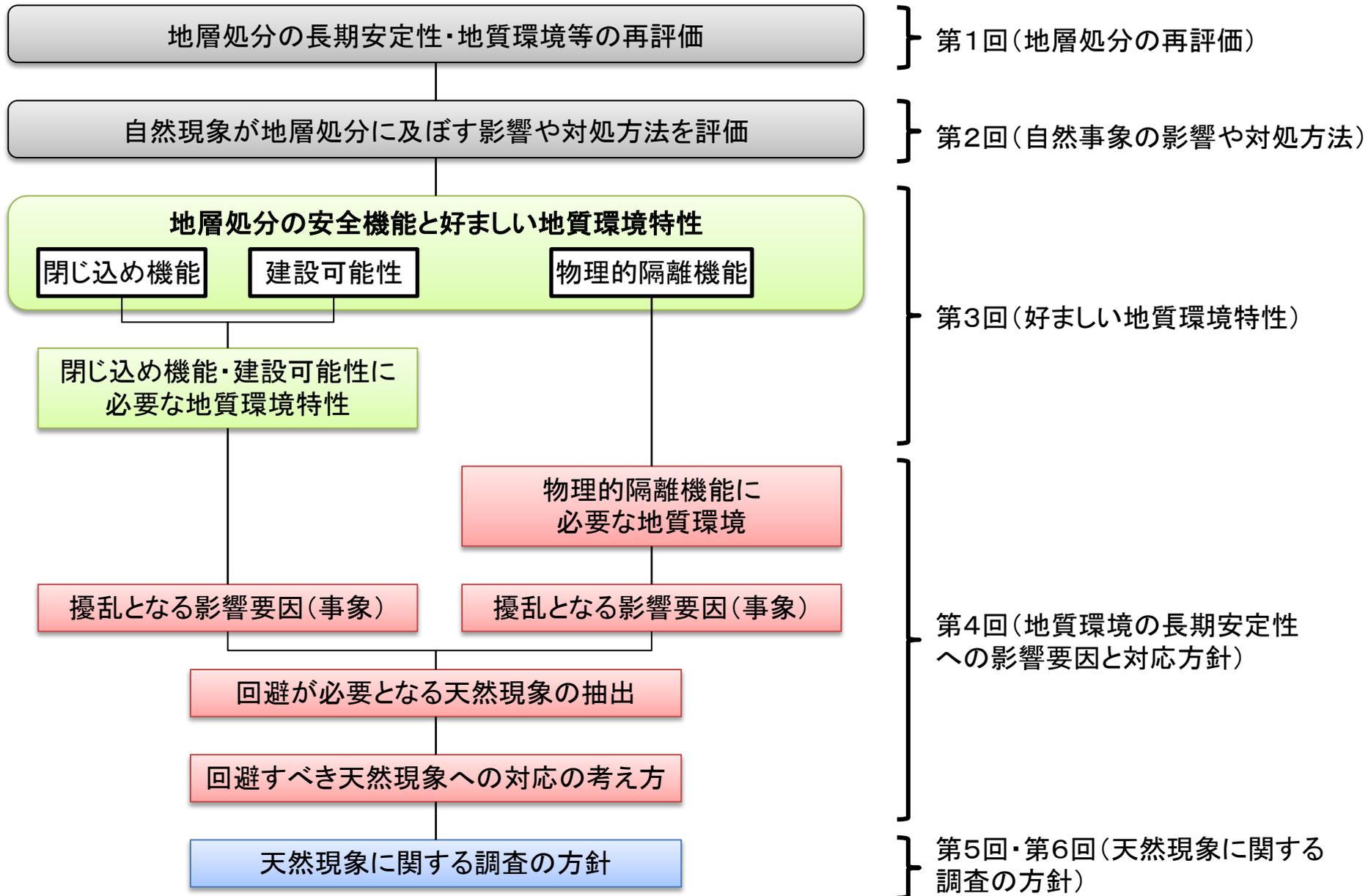
1. 地層処分技術WGの開催について (1/2)

○地層処分の技術的信頼性について、地質環境に関連する学術分野を網羅するかたちで、関連学会の推薦等により、各分野で活躍する専門家が参加して議論をおこなった。

構成員

- 朽山 修 (公財)原子力安全研究協会処分システム安全研究所所長 [放射性廃棄物WG委員]
- 宇都浩三 (独)産業総合研究所企画本部企画副本部長 [日本火山学会推薦 会長]
- 遠藤邦彦 日本大学名誉教授 [日本第四紀学会推薦 前会長]
- 長田昌彦 埼玉大学地圏科学研究センター准教授 [日本応用地質学会推薦 理事]
- 小峯秀雄 茨城大学工学部都市システム工学科教授 [土木学会推薦]
- 田所敬一 名古屋大学大学院環境学研究科地震火山研究センター准教授 [日本地震学会所属 理事]
- 遠田晋次 東北大学災害科学国際研究所教授 [日本活断層学会紹介 理事]
- 徳永朋祥 東京大学大学院新領域創世科学研究科教授 [放射性廃棄物WG委員]
- 丸井敦尚 (独)産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門総括研究主幹 [日本地下水学会推薦 前副会長]
- 山崎晴雄 首都大学東京大学院都市環境科学研究科教授 [放射性廃棄物WG委員]
- 吉田英一 名古屋大学博物館教授(館長) [放射性廃棄物WG委員]
- 渡部芳夫 (独)産業技術総合研究所地質調査情報センター長/深部地質環境研究コア代表 [日本地質学会推薦 副会長]

1. 地層処分技術WGの開催について (2/2)



2. 最終処分方法の現状 ～我が国における検討経緯～

○我が国初の商用原子炉が運転開始する1966年以前より、様々な処分方法が検討された結果、1976年に「当面地層処分に重点をおき研究開発を進める」ことを決定。以降、我が国の地質データ等を基に、20年以上の研究が行われた結果、2000年に、原子力委員会において我が国でも地層処分が技術的に実現可能であると評価。

1960年頃： 放射性廃棄物処分に係る検討開始

(参考) 原子力委員会 廃棄物処理専門部会中間報告(1962年4月11日)

- ・高レベルの放射性廃棄物の処分方式としては現状では閉じ込め方式を原則とすべきであるが、タンク貯蔵等の閉じ込め方式は常に監視を必要とするので最終的な処分とはいえない。処分を行なった後は管理を要しない段階の処分方式すなわち最終処分方式を確立する必要。
- ・国土が狭いので、地震のあるわが国では最も可能性のある最終処分方式としては深海投棄。

1966年 日本初の商用原子炉運転開始

1972年 ロンドン条約締結(高レベル放射性廃棄物の海洋投棄禁止)

(参考) 原子力委員会 環境・安全専門部会放射性固体廃棄物分科会報告書(1973年6月25日)

- ・技術的可能性等を考慮し、深海投棄、陸地保管、地中処分、地中埋設について重点的に検討。
- ・陸地保管及び地中処分については、安全な施設を設計可能であると考えられるので、早急に適切な地点を確保し、実施計画を立案することが適当。(地中処分について、十分採用し得ると判断。)

1976年： 地層処分研究の本格開始

1970年代後半 地層処分が最も有望との国際的共通認識
(OECD/NEA、ICRP、米国、北欧諸国等でレポート公表)

(参考) 原子力委員会 放射性廃棄物対策について(1976年10月8日)

- ・当面地層処分に重点をおき、我が国の社会的、地理的条件に見合った処分方法の調査研究を早急に進め、今後3～5年のうちに処分方法の方向付けを行うものとし、さらに昭和60年代から実証試験を行うことを目標とする。

核燃料サイクル機構を中心とした研究開発の実施、国内外専門家やOECD/NEA等による研究開発レビュー

2000年： 地層処分は技術的に実現可能

3. 最終処分方法の現状 ～国際的な認識～ (1/2)

- 最終処分方法については、地層処分のみならず、海洋底下処分、宇宙処分等の多様な処分方法が検討された結果、「現時点で最も有望な処分方法は地層処分である」との国際的共通認識。
処分地選定の遅れ等を受け、諸外国で処分方法の見直しを検討も、この認識は変わっていない。
- 一方で、地層処分の安全性について未だ不確実性があることも認識。この不確実性について、
 - ・今後の研究開発や処分場建設の過程で得られる知見を活用することで、低減していくとともに、
 - ・代替処分オプションの可能性を模索するとの考え方。

(参考) NAS/米国, “Disposition of High-Level Waste and Spent Fuel: The Continuing Societal and Technical Challenges”, 2001

- ・地層処分は依然として、利用可能なオプションの中で、能動的な管理に頼らずに安全面での必要性を満たすことができる、また科学的及び技術的に信じるに足る唯一の長期的な解決策である。

(参考) IAEA “The Long Term Storage of Radioactive Waste: Safety and Sustainability”, 2003

- ・地層処分は、現時点で利用可能もしくは予見可能な将来に利用可能となりうる最良の選択肢というのが、国際専門家の共通認識。

(参考) NAS/米国, “Disposition of High-Level Waste and Spent Fuel: The Continuing Societal and Technical Challenges”, 2001

- ・地層処分システムの将来の挙動を予測する上で現在認められている不確実性の一部は、これから研究開発を継続していくことによって低減又は排除できるものである。基本的な知識及び不確実性を扱う方法はいずれも進歩しており、こうした進歩は処分場開発計画が進められていく期間中にも継続するものである。したがって段階的な決定プロセスが採用された場合、処分場の立地(地質条件を含む)、設計及び操業に関する健全な決定を行うために、こうして進歩していく知識を活用することができる。
- ・数世紀後には、より進んだ再処理、群分離及び核変換技術、そして深海底などの処分オプションが望ましいものとなるかもしれない。進歩の恩恵を得て実現する様々なオプションを、可能な限り開かれたものとしておくべきである。

(参考) CNE/フランス, “Rapport global de la Commission nationale d’évaluation des recherches conduites dans le cadre de la loi du 30 decembre 1991”, 2006

- ・地層処分を最終廃棄物の管理に関する基本方策として採用するとともに、徹底的に研究すること
- ・核種分離技術を、分離後の生成物の将来との関連において、開発すること。

(参考) Blue Ribbon Commission on America’s Nuclear Future /米国, “Report to the Secretary of Energy”, 2012

- ・坑道掘削型地層処分場の開発を重視する米国のプログラムの現行の方針を変更する理由はないと考えている。
- ・地層処分のもう一つの形態である超深孔処分については更なる調査が必要。

3. 最終処分方法の現状 ～国際的な認識～ (2/2)

最終処分方式	国際的な評価
地層処分[坑道型] (安定した地層に掘られた空洞内に廃棄体を定置)	<ul style="list-style-type: none"> ○長寿命の廃棄物が有害な期間以上に隔離することが可能、長期間(10年以上)の安全性を実現させる唯一の方法であり、処分技術の構成要素が比較的成熟。 ○島内地層処分であれば、動水勾配が非常に低く、廃棄物を移動性の水を伴わない媒体において定置できる可能性。 ×廃棄物の寿命に比べ、相対的に短期間かつ制約された形でしか監視が行えない。長期間経過した後には、想定 of 適切性を確認できず、その是正措置は困難。
超深孔処分 (数キロ程度のボーリング坑に廃棄体を直接埋設)	<ul style="list-style-type: none"> ○放射性核種のより低い移動性、人間環境からの更なる隔離。 ×処分孔が備えるべき様々な特性について、現在、実用水準の知識は存在していない。 ×定置プロセスがコントロールできず、定置後の健全性を確認できない。人工バリアによる防護は想定されない。 ×故障是正措置が容易ではない、閉鎖後の回収は困難。
岩石溶融処分 (廃液を処分孔に処分、崩壊熱により岩石と溶融、一体化)	<ul style="list-style-type: none"> ×概念の立証が不十分。 ×故障是正措置が容易ではない。 ×液体廃棄物の大規模輸送に問題が伴う可能性。 ×環境、健康、セキュリティ上のリスク。
井戸注入処分 (廃液を深地層に圧入、閉込め)	
海洋投棄 (海上から投棄し、海底面に定置)	<ul style="list-style-type: none"> ○深海では擾乱が少なく、水の密度が高いため、廃棄物が海水に溶け出すことが少ない。 ×将来的な溶出を考えれば、短寿命核種に適する。 <div style="text-align: right; border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">ロンドン条約により禁止</div>
海洋底下処分 (海上から海洋底下に処分)	<ul style="list-style-type: none"> ○深海洋底の堆積層は隔離と無限の希釈で長所。 ○技術的・経済的に実現可能であり、深海床は広い範囲にわたって好ましい特性。 ×陸地処分に比べ潜在的利点があると考えられる専門家もいるが、環境団体に極めて不人気。 ×海洋底下堆積物の隔離能力解明が必要、実証済みの閉鎖技術が無い。 <div style="text-align: right; border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">ロンドン条約により禁止</div>
沈み込み帯への処分 (海洋プレートに処分、沈み込みによりマントルに移動)	<ul style="list-style-type: none"> ×不安定なエリアで沈降しつつあるプレート上の堆積物は引き込まれる前に大陸傾斜に盛り上がる。 ×マントル内の状況等の知識が不足、概念の立証が不十分。 <div style="text-align: right; border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">ロンドン条約により禁止</div>
氷床処分 (南極大陸などの氷床に処分)	<ul style="list-style-type: none"> ×概念の立証が不十分。 ×氷床は静止状態になく、温暖化リスクもあり、永久隔離できない可能性。 <div style="text-align: right; border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">南極条約により禁止</div>
宇宙処分 (ロケットで宇宙空間へ処分)	<ul style="list-style-type: none"> ○選択した放射性核種に対し有望。 ×高コストであり、ロケット故障のリスク。発射に伴う安全性を明示できない。 ×故障是正措置が容易ではない。

4. 地層処分概念と地層処分システム

処分された高レベル放射性廃棄物が
人間の生活環境に影響を与えないようにする

隔離：接近シナリオ

廃棄物自体が、直接、
人間に影響を及ぼさ
ないようにする。

非常に厚い(数百メー
トルの)岩の壁が本来
的に持つ隔離機能

隔離機能をさらに
確実にするために

適切な条件を持つ地
質環境を処分の場所
として選定する。



天然バリア
300m以上の岩盤

閉じ込め：地下水シナリオ

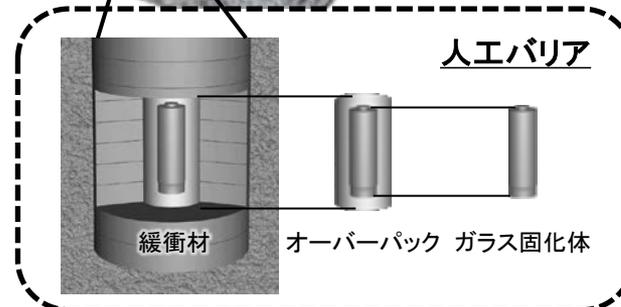
廃棄物中の放射性核種が地下
水を介して人に影響を及ぼすこ
とのないようにする。

地下深部(地質環境)が本来的
に持つ閉じ込め機能

- 地下水は殆ど動かない
- 溶解度により溶出が抑制される

閉じ込め機能をさらに
確実にするために

多重バリアシステムを
構築する。



人工バリア

緩衝材

オーバースペース ガラス固化体

5. 地層処分の安全確保の考え方

- 地層処分という概念あるいは発想は、地下深部の環境が地表に比べてはるかに安定であり、本来的に物質を長期にわたって隔離・保存する能力が高いことにその根拠を置いている。
- 将来、地下深部に生じる可能性のある変化や心配される状況を予測し、モデルとデータを用いたシミュレーションにより、安全性を判断するための材料を提供。その際、極端な場合を想定したうえで超長期の不確実性が及ぼす影響を把握。
- 安全確保の観点からは正確な予測やモデル構築は必要では無く、①潜在的な将来の変化範囲を理解し、これが容認できないリスクを与えないことを保証すること、②将来起こり得る挙動の範囲についての評価を、適切な社会決定を行う上で十分な信頼性をもって実現することが重要。(National Research Council[米],2001)
- 将来に予想される変化や心配される状況の想定(“シナリオ”)を評価し、地層処分の安全性を提示。

安全性の評価で考慮するシナリオ

地下水シナリオ

想定：“地下水により放射性物質が処分場から人間環境に運ばれる”

基本シナリオ

想定：
“現在の地質・地表環境が将来まで継続”
“人工バリアが安全機能を発揮”

変動シナリオ

想定：
天然現象、将来の人間環境、
初期欠陥の影響

「基本シナリオ」の想定条件に変化が生じた場合の想定
隆起・侵食や気候変動等を考慮した評価を実施。

接近シナリオ

想定：“放射性廃棄物と人間との距離が接近することにより人間環境に影響が及ぶ”

極端な場合の想定

仮想的に、断層やマグマが廃棄体を直撃することを想定した評価を実施。

超長期の不確実性が及ぼす影響を把握

6. ニアフィールド(人工バリアと近傍岩盤)の重要性

○ 広域にわたる地質環境条件把握の不確実性を考慮し、人工バリアと近傍の比較的狭い領域の岩盤からなるニアフィールドの挙動に力点を置いて安全性を評価。

<人工バリア>

ガラス固化体

ガラス固化体から地下水への放射性核種の溶出が非常に緩やか

オーバーパック

ガラス固化体と地下水接触を長期間防止

還元雰囲気を保つことによる化学的緩衝作用

緩衝材

還元雰囲気を保つことによる化学的緩衝作用

緩衝材中での低拡散性

放射性核種の地下水への難溶解性

放射性核種の緩衝材への収着(吸収・吸着)

<天然バリア>

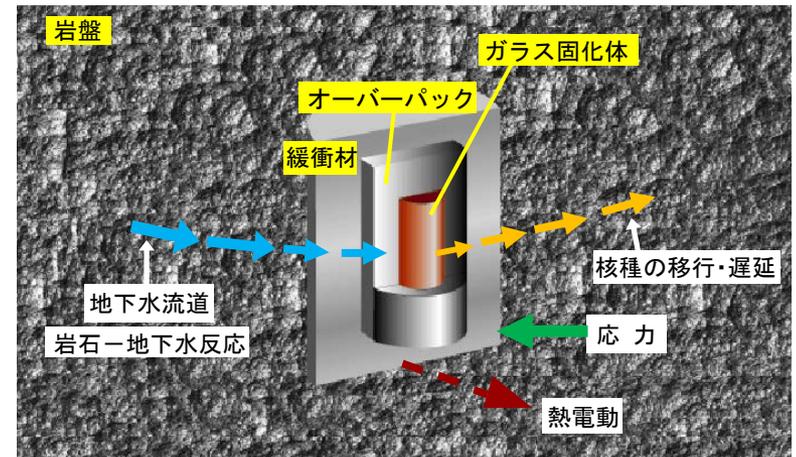
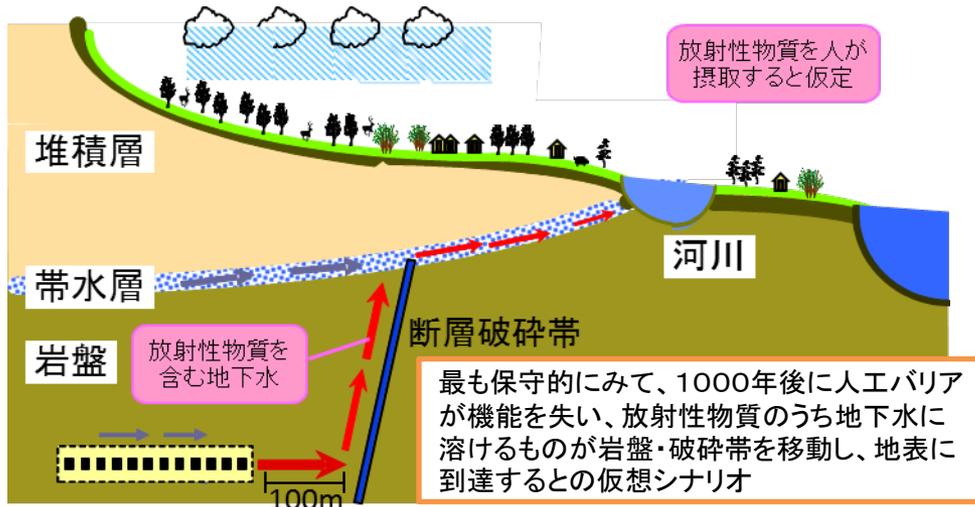
岩盤

放射性核種の岩石への収着(吸収・吸着)

岩盤の低い透水性

岩盤内における放射性核種の分散による移行遅延

岩石基質部(素地の部分)への拡散による、放射性核種の移行遅延



7. 安全機能の観点から地層処分に好ましい地質環境特性

- 地層処分を安全に実施するために、人工バリア設置環境及び天然バリアが備えるべき望ましい地質環境特性。支配的と考えられる特性を選定し、それらについて回避の必要性を検討。

地質環境特性	人工バリア(設置環境)	天然バリア
熱環境	<ul style="list-style-type: none"> ○ガラス固化体の溶解が著しく促進されない ○緩衝材の物理的・化学的特性を著しく損なわない →地温が低いこと 	<ul style="list-style-type: none"> ○熱対流による地下水流速の上昇が小さい →地温勾配が小さいこと
力学場	<ul style="list-style-type: none"> ○オーバーパックの構造健全性が確保される →岩盤のクリープ変形量が小さいこと 	—
水理場	<ul style="list-style-type: none"> ○ガラス固化体の溶解が著しく促進されない ○緩衝材の低透水性が維持される →地下水の流速が小さいこと 	<ul style="list-style-type: none"> ○核種の移行時間が十分に長いこと →動水勾配(地下水の流れやすさ)が小さい →岩盤、割れ目の透水性が低い →核種の移行経路が十分に長いこと
化学場	<ul style="list-style-type: none"> ○ガラス固化体の溶解が著しく促進されない ○オーバーパックの耐食性に影響を与えない ○緩衝材の収着性と放射性物質の難溶性の性能が損なわれない →地下水が中性に近く、酸化性雰囲気でないこと →炭酸化学種濃度や塩分濃度が低いこと 	<ul style="list-style-type: none"> ○放射性物質が難溶性を示す条件である →地下水が中性に近く、酸化性雰囲気でないこと

8. 回避が必要な著しい影響要因となる天然現象

➤ 閉じ込め機能の損傷や喪失により、安全性に著しい影響を及ぼす恐れのある天然現象。

		天然現象			
		火山・火成活動	地震・断層活動	隆起・浸食	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接近		

9. 影響要因となる天然事象の評価

天然現象

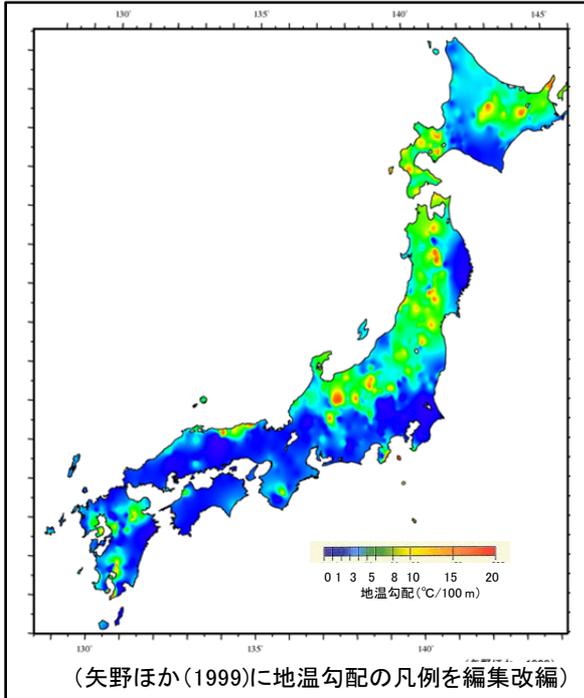
火山・火成活動

地震・断層活動

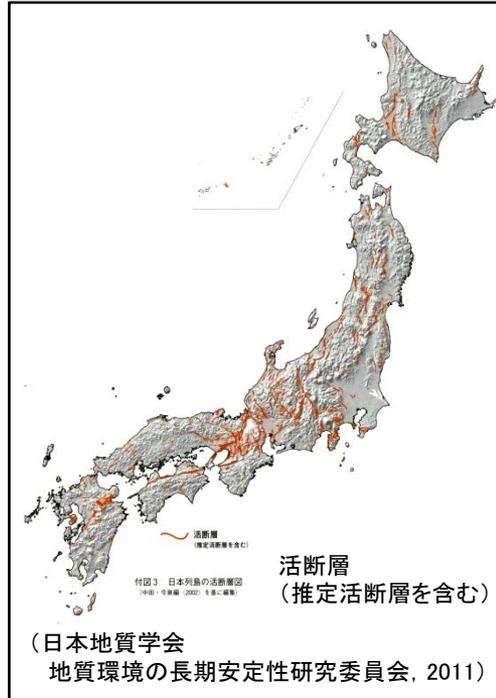
隆起・侵食

国内の分布状況

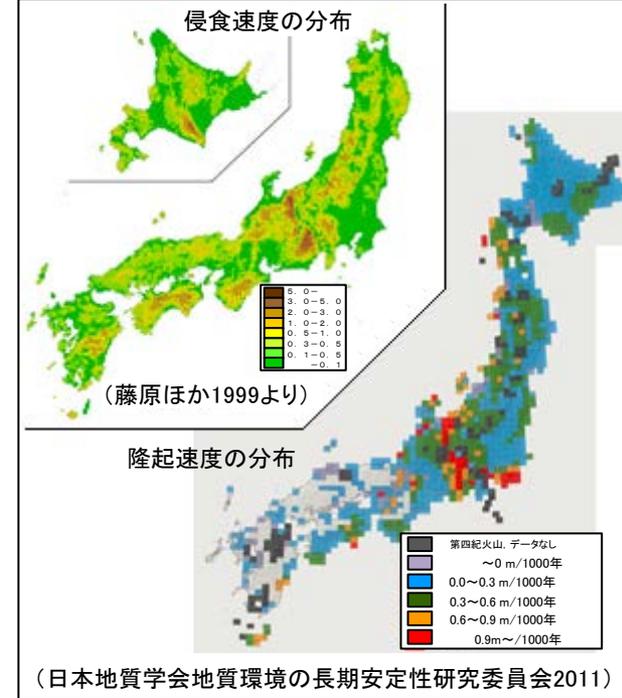
地温勾配の分布



活断層の分布



隆起・侵食状況の分布

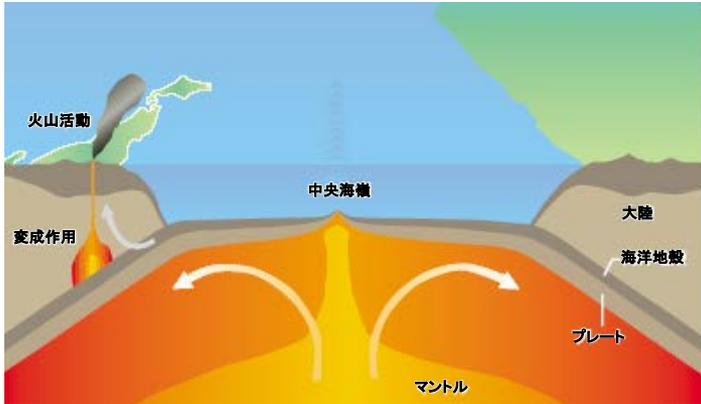


地質環境特性に著しい影響を及ぼす恐れのある天然現象について、活動の偏在性や継続性、影響の範囲がおおよそ把握されており、それらの基本的調査方法も開発されていることから、サイト選定により回避することが可能

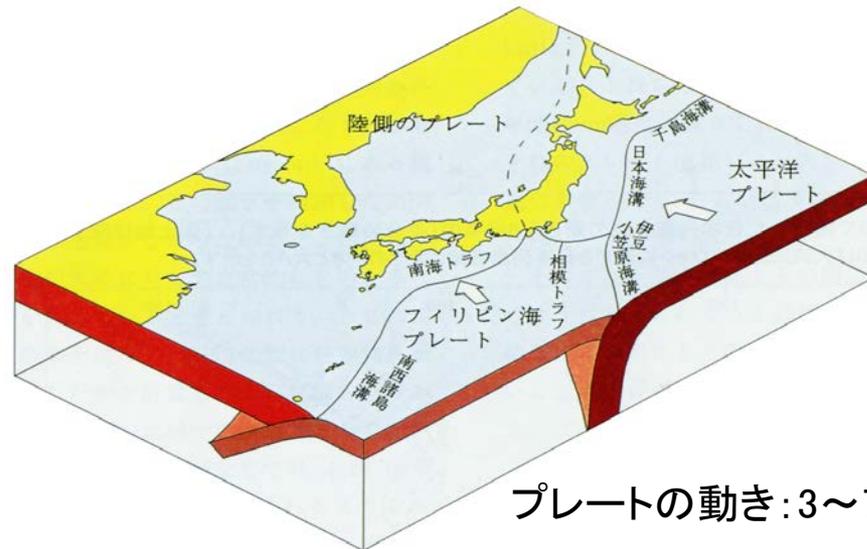
(9:参考1)地層が地下数百mを地表から隔離する機能

日本に火山と地震が多い理由とそれらの分布、時間的変遷

- 日本は太平洋プレート、フィリピン海プレートといった海洋プレートが、ユーラシアプレートや北米プレートといった大陸プレートの下に沈み込んでいるため、火山や地震が多い
- プレートの位置や運動方向・速度は約200～100万年前からほとんど変化がなく、今後も10万年程度はほとんど変化しないと考えられている



- 大陸の形成と分裂を支配するマントル対流:
数千万年～数億年をかけて移動
- 日本列島の動きや火山活動は、
マントル対流によるプレート運動によっている

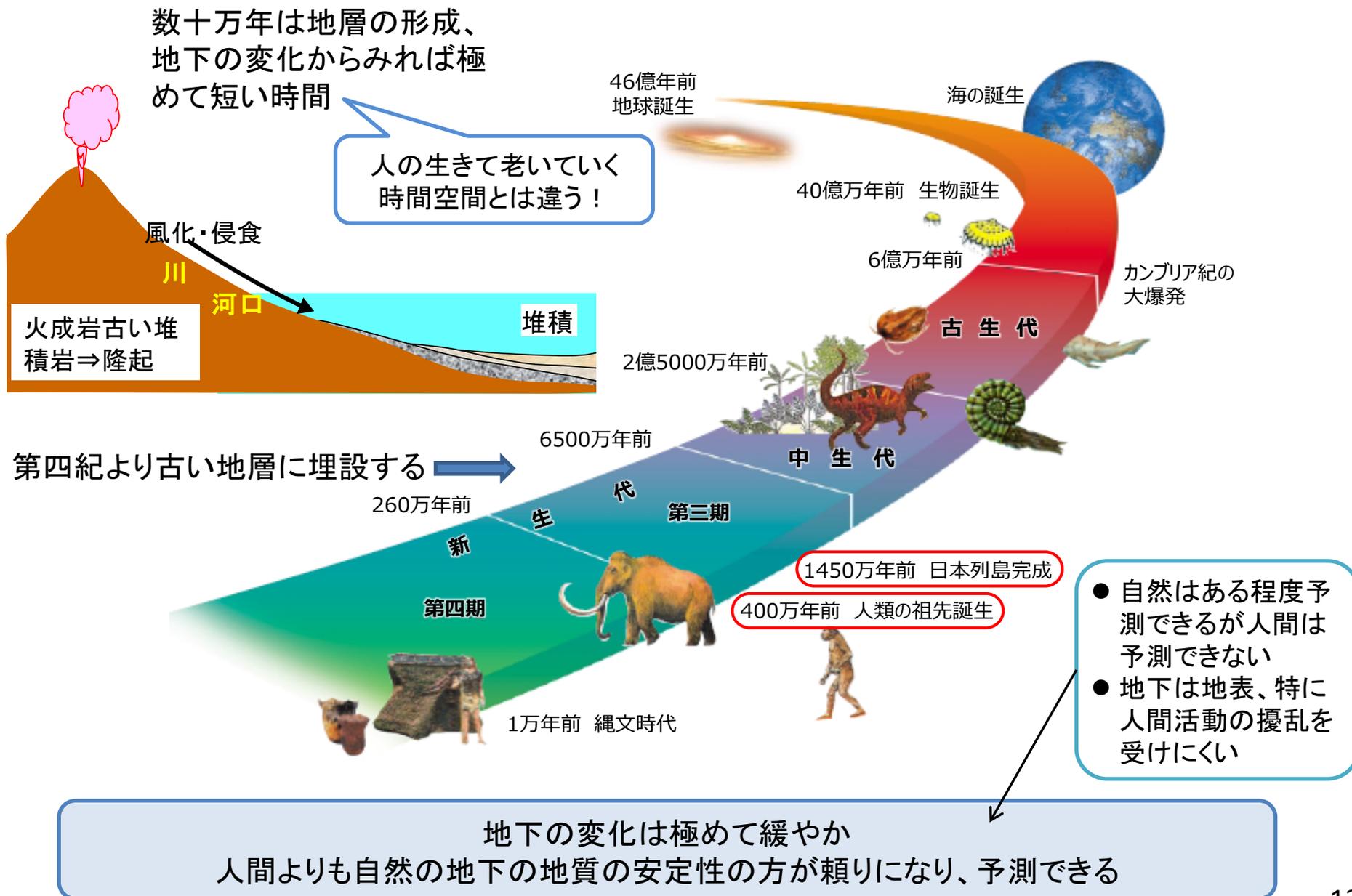


プレートの動き: 3～7 cm/年

日本列島とその周辺のプレート

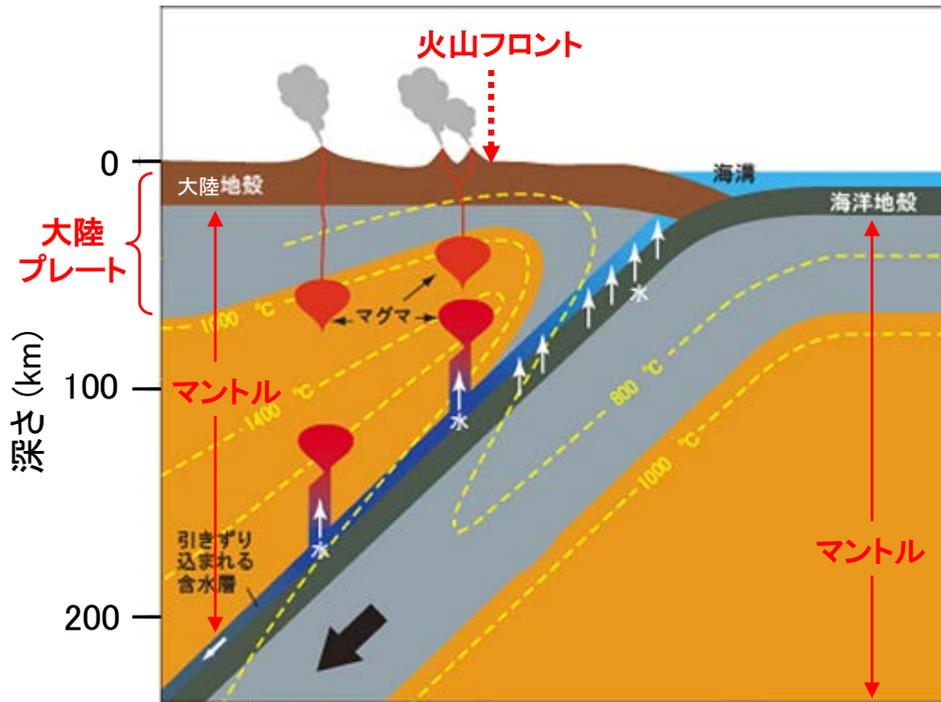
(地震調査研究推進本部地震調査委員会編、1997に一部加筆)

(9:参考2)地下環境の時間的変遷:地層年代



(9:参考3)火山分布の時間的変遷: 代表的な火山の発生モデル

- 水分を含んだ海洋プレートが日本列島の下、約100km以深にもぐり込み、マグマが発生。これが上昇し、地表に噴出して火山となる
- 多くの火山はプレートが沈み込む位置(日本海溝など)からおおよそ一定の距離に分布(火山フロントを形成)
- プレートの沈み込む位置や運動方向・速度は、過去約200~100万年前からほとんど変化がない
⇒ 火山フロントの位置はほとんど変わっていない、火山が集中する地域と存在しない地域がある



沈み込み帯におけるマグマ発生モデルの例
(巽、1995を編集)



10. 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

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。

(参考) 影響要因となる事象と回避の必要性の検討 ～熱環境の例～

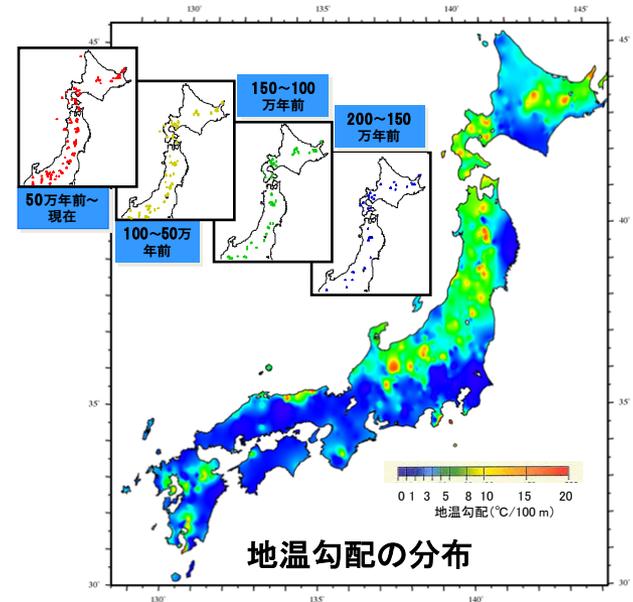
影響要因	関連事象	回避の必要性	考慮すべき天然事象
熱源の移動発生	地熱活動	長期にわたり継続する可能性があり、著しい影響の恐れ → 回避の必要性有り	火山・火成活動 (非火山性熱水も含む)
	断層活動の摩擦熱	一時的なもの	地震・断層活動
地表温度の上昇	地表面の気温変動	現在と比較して著しく高温になることはない	気候・海水準変動
	火砕流による地表面温度上昇	大規模火砕流が地表を覆ったとしても、地下の温度上昇は100℃以下	火山・火成活動

サイト選定における「地熱活動」からの回避の考え方

- 地熱活動**は、火山の分布と強い相関性があり、現在のテクトクスが維持される限りは、**その分布は大きく変わらない**と考えられる。
- 非火山性の地熱活動**も、その分布は大きく変わることなく、**長期にわたって継続**するものと考えられる。
- これらの地熱活動が盛んな地域は、おおむね**現在においても地温勾配が高く**、地下深部の地温が高いと考えられ、文献情報や現地調査に基づいて把握することは可能と考えられる。



火山近傍や非火山性熱水のある場所を避けてサイト選定することで、地熱活動による影響を回避することが可能



(矢野ほか(1999)に地温勾配の凡例を編集改編)

(参考) 影響要因となる事象と回避の必要性の検討 ～力学場の例～

影響要因	関連事象	回避の必要性	考慮すべき天然事象
岩盤のクリープ 変形量の増大	地温上昇 (地熱活動)	岩盤のクリープ特性には温度依存性があるが、人工バリアの設計により工学的対策を実施することが可能	火山・火成活動
岩盤の破断・破砕	処分深度に達する 断層のずれ	繰り返し活動する断層は変位量が大きく、影響範囲が広い → 回避の必要性有り	地震・断層活動
岩盤の弾性変形	地震動による 岩盤のひずみ	地下深部の地震加速度は地表に比べ小さいことに加え、長期的な影響については解析により確認し、人工バリアの設計により工学的対策を実施することが可能	地震・断層活動

サイト選定における「処分深度に達する断層のずれ」からの回避の考え方

- **断層活動**は、活断層帯において繰り返し活動しており、長期にわたって、**現在の活動様式が継続**されると考えられる。
- 断層の**力学的影響が及ぶ範囲**は、断層から数百m～数km程度であるとともに、**断層の長さから定量的な推定が可能**。



現在認定されている活断層とその影響領域を避けてサイト選定することで、処分深度に達する断層のずれによる影響を回避することが可能

※なお、現在認定されている活断層以外の断層で、その存在が確認されている断層については、活動性を評価していく。あわせて、断層の活動性評価技術については、今後も開発を進め、精度向上に努める。



(参考) 影響要因となる事象と回避の必要性の検討 ～水理場の例～

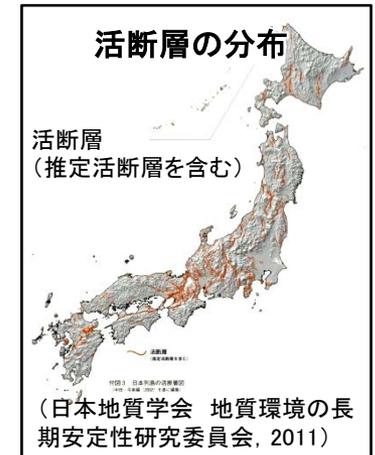
影響要因	関連事象	回避の必要性	考慮すべき天然事象
動水勾配の増加	隆起、海水準変動	変動幅は+5m~-150m程度であり工学的対策が可能	隆起・浸食、 気候・海水準変動
	地形変化	地形変化に伴う動水勾配の変化による影響は、地下深部では小さい	隆起・浸食、 気候・海水準変動、 地震・断層活動
	地震に伴う地下水位の変化	長期的には地震前の水準に回復する傾向	地震・断層活動
地下水流動経路の変化	流出点の変化 塩水/淡水の境界位置変化	変化の影響を踏まえて工学的対策が可能	気候・海水準変動
	断層のずれに伴う 透水性の増加	天然バリアの性能に著しい影響を与える恐れ → 回避の必要性有り	地震・断層活動
涵養量の変化	涵養域の降水量の変化	地形や気候を踏まえ評価し工学的対策が可能	気候変動

サイト選定における「断層のずれに伴う透水性の増加」からの回避の考え方

- 断層の透水性変化は活断層のズレに起因する。
- 断層活動**は、活断層帯において繰り返し活動しており、長期にわたって、**現在の活動様式が継続**されると考えられる。



活断層とその影響範囲を避けてサイト選定することで、断層のずれに伴う透水性の増加による影響を回避することが可能

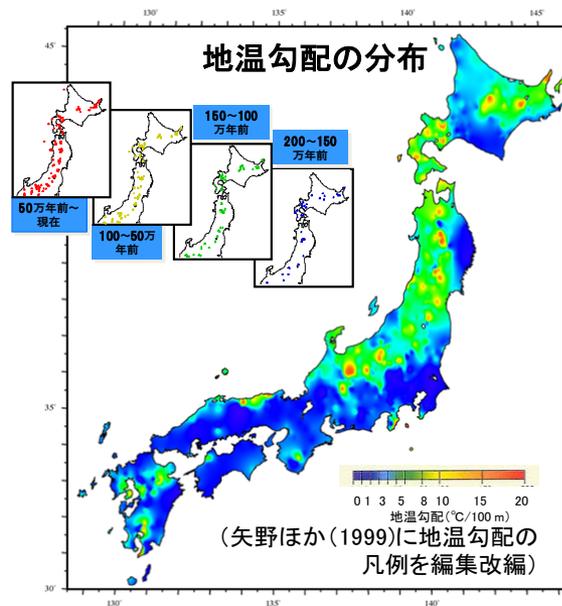


(参考) 影響要因となる事象と回避の必要性の検討 ～化学場の例～

影響要因	関連事象	回避の必要性	考慮すべき天然事象
低pH地下水の流入 炭酸化学種を含む地下水の流入	火山性熱水や深部流体の移動・流入	酸性地下水や炭酸化学種を含む地下水は火山近傍に分布し、地熱活動の活発化に伴いpH低下や炭酸富化の可能性 → 回避の必要性有り	火山・火成活動 (非火山性熱水も含む)
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	pHは11程度であり、ベントナイトは変質せず、工学的対策が可能	—
酸化性地表水の流入	断層のずれに伴う透水性の増加	ある一定の条件では放射性物質の難溶性や収着性などに影響の恐れ → 回避の必要性有り(条件による)	地震・断層活動

サイト選定における化学場への著しい影響からの回避の考え方

→熱水の移動・流入については「火山活動の影響回避の考え方」、断層のずれに伴う透水性の増加については「活断層の影響回避の考え方」に基づき、火山近傍や活断層及びその影響範囲を避けてサイト選定をすることで回避することが可能。



(参考) 影響要因となる事象と回避の必要性の検討 ～物理的隔離機能の例～

影響要因となる事象	回避の必要性	考慮すべき天然事象
マグマの処分場への直撃と地表への噴出	マグマに取り込まれた廃棄物が地表に移動する恐れ、また、影響が処分場全体に及ぶ恐れ → 回避の必要性有り	火山活動
著しい隆起・侵食作用に伴う処分場の地表への著しい接近	周辺地域一帯で事象が発生し、影響は処分場全体に及ぶ恐れ → 回避の必要性有り	隆起・侵食活動

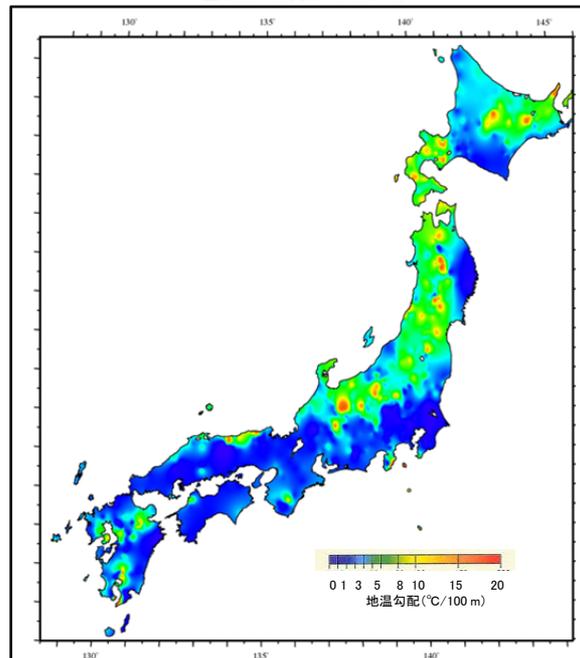
サイト選定における物理的隔離機能への著しい影響からの回避の考え方

○マグマの発生は、火山の分布や地下深部の熱状況と相関があるとともに、それらには地域的偏在性がある。

○隆起・侵食については、隆起量を評価し、隆起量と同じ量が侵食されるという最も厳しい仮定を以て評価を行うことが可能。

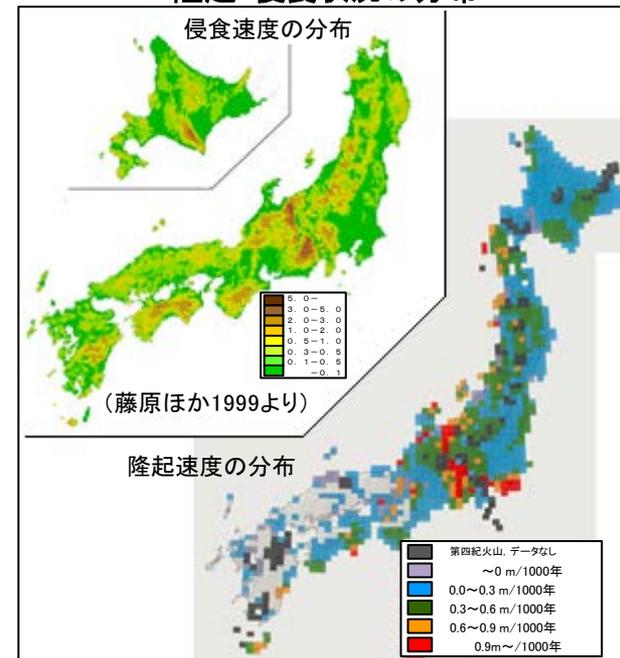
→ マグマが発生する可能性が高い地域と、過去10万年の隆起量(侵食量)が300mを超えていることが明らかな地域を避けてサイト選定することで回避することが可能

地温勾配の分布



(矢野ほか(1999)に地温勾配の凡例を編集改編)

隆起・侵食状況の分布



(日本地質学会地質環境の長期安定性研究委員会2011)