

これまでの検討成果に関する精査等について

平成29年3月2日
放射性廃棄物対策課

今後の地層処分技術WGでの検討の範囲と目的

- 昨年9月30日の原子力委員会放射性廃棄物専門部会の指摘及びパブリックコメントの結果を踏まえた放射性廃棄物WG等の指摘を踏まえ、「国民に正確かつ適切に伝えるという観点から、一律機械的に過ぎるものがないか」等の観点から、以下について追加的な検討・精査を行うことが必要と考えられるため、本WGでの検討をお願いしたい。
 - A. 今回の要件・基準には具体的には含まれていないものの、パブリックコメントやこれまでの対話活動を通じて国民の関心が高いと考えられる事項(①地震、②津波、③地下水)についての説明の充実
 - B. 今後、マップを作成するにあたり、マップ作成の作業方針をどうすべきか、要件・基準の各項目が意図することを分かりやすく表現する方法等の精査
 - i. マップの縮尺をどうするか等、マップ作成の作業方針
 - ii. 火山・火成活動、隆起・侵食、地熱活動、火山性熱水・深部流体、断層活動、鉱物資源、未固結堆積物、輸送の各項目に係るマップ作成に当たっての留意点
 - C. 「適性がある/低い」といった地域の特性区分の呼び名に係る表現・説明ぶりの精査・充実
- 上記検討の成果をとりまとめ(報告書)に反映した上で、マップ作成作業やマップ提示の際に行う丁寧な説明に活用していきたい。

B. マップ作成の方針、要件・基準が意図することを 分かりやすく表現する方法等の精査について

④断層活動

今まで議論した要件・基準

◆要件
断層活動による処分場の破壊、断層のずれに伴う透水性の増加等により、閉じ込め機能が喪失されないこと。

◆回避すべき範囲の基準
活断層に、破砕帯として断層長さ(活動セグメント長さ)の1/100程度の幅を持たせた範囲

◆回避が好ましい範囲の基準
活断層に、破砕帯として断層長さ(起震断層長さ)の1/100程度の幅を持たせた範囲

(利用可能な文献・データ : 活断層データベース(産総研ウェブサイト)、活断層詳細デジタルマップ付図200万分の1日本列島活断層図(中田・今泉,2002)、日本周辺海域の第四紀地質構造図(徳山ほか,2001))

<主な指摘事項>

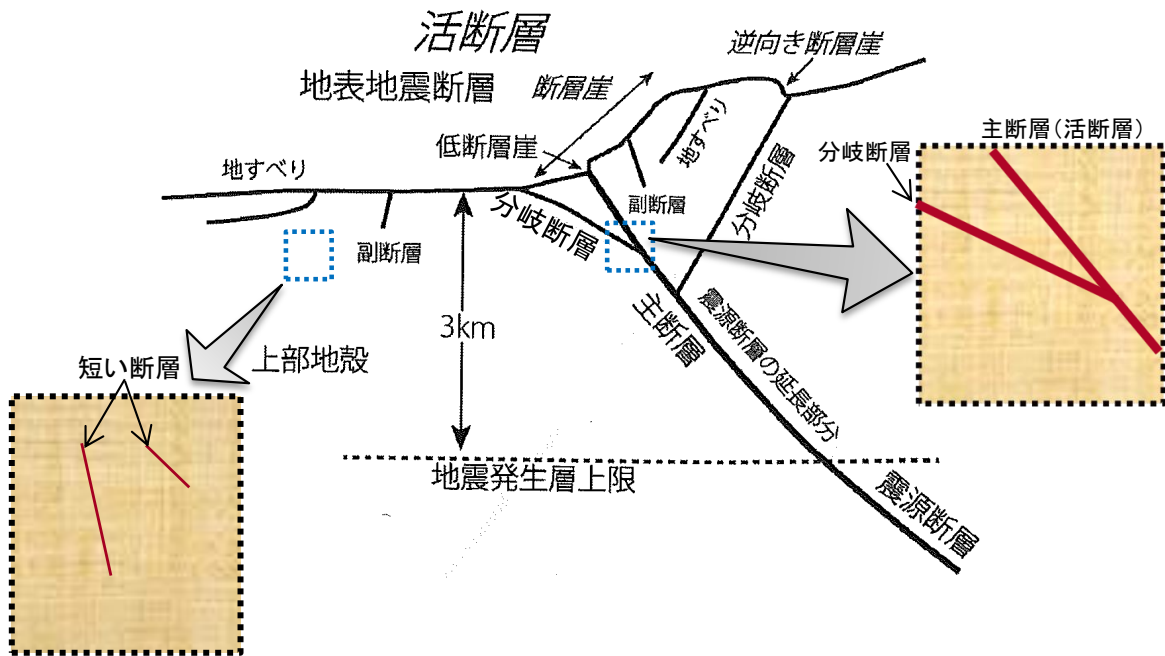
- 活断層は、地上で確認できなくても地下に存在する場合もあるのではないか。
- 新たに活断層が見つかることはないか。
- 地上の活断層の位置から地下の活断層の位置はどの程度推定できるのか。



- 長期にわたり繰り返し生じる断層活動については、断層面が廃棄体を直撃しないようにする必要がある。また、断層のずれに伴う透水性の増加については、処分地選定調査の中で水理場に影響が生じるかどうかを評価していくことが必要である旨、明確に示していく必要があるのではないか。
- 地上・地下で活断層の位置が異なる可能性や、地上に表れていない断層が地下に存在する可能性があるため、地下に存在する活断層等は処分地選定調査の中で注意深く調査することが必要。

断層活動が及ぼす影響（処分場の破壊（強度・変形）への影響）

- マグニチュード7以上の地震を引き起こす震源断層のずれは、地震発生域（地下3～20km程度）の全体に及び、上限を突き抜けて地表にまで達する可能性がある。このような活断層は、繰り返し活動するとともに、大きな変位をもたらすため、廃棄体を直撃しないように避ける必要がある。なお、地下には地表に現れていない活断層が存在する可能性があることに留意する必要がある。
- 処分地選定調査では、回避しなければならない活断層であるか否かを評価することが必要である。
- 一方、断層長の短い断層等、繰り返し活動することが想定されないものの影響については、たとえ動いたとしても人工バリアによる緩衝効果が期待されることから悪影響があるとは考えにくい。



地下の断層の調査方法

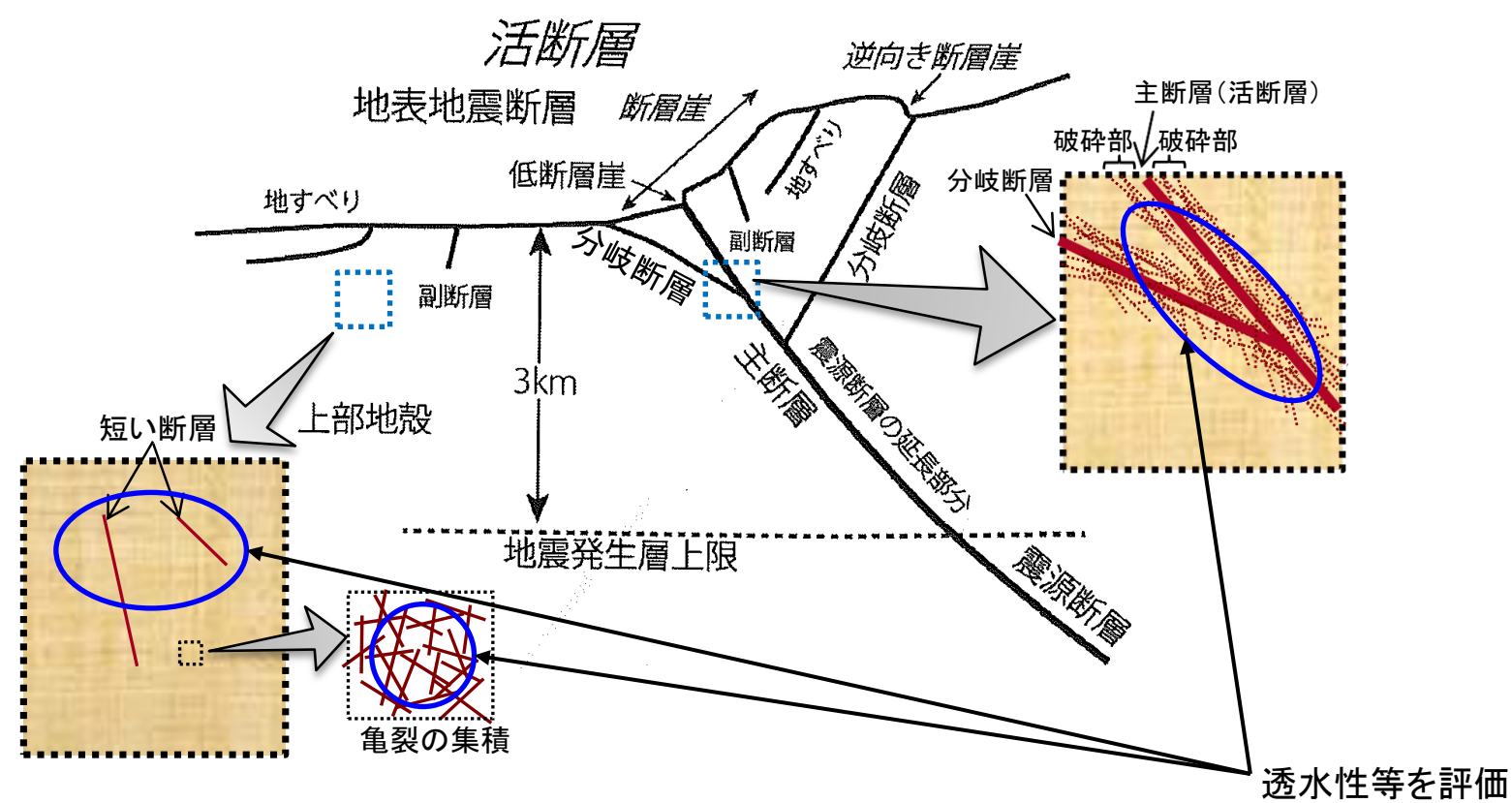
- ✓ 活断層の地表の位置と地下の位置は活断層の種類によってずれている可能性があり、地震波探査やボーリング調査等により、地下の断層面や破碎帯などの位置、性状を把握。
- ✓ 断層によりずれた、あるいはずれていない地層の年代、断層面の物質の性状、充填鉱物の年代測定等から断層の過去の活動時期を推定。

（第2図 地表地震断層さまざまな出現形態）*に加筆

* : 山崎,原子力学会誌, vol55, No.6, pp12-15, 2013.

断層活動が及ぼす影響（透水性への影響）

- 活断層が繰り返し活動することにより、周辺の岩盤が破断・破碎されている場合には、当該活断層周辺の透水性が高くなっている可能性がある。
- 処分地選定調査では、断層面、破碎部、亀裂等の透水性等を評価し、安全評価を行うことにより、問題がある場所は避ける必要がある。

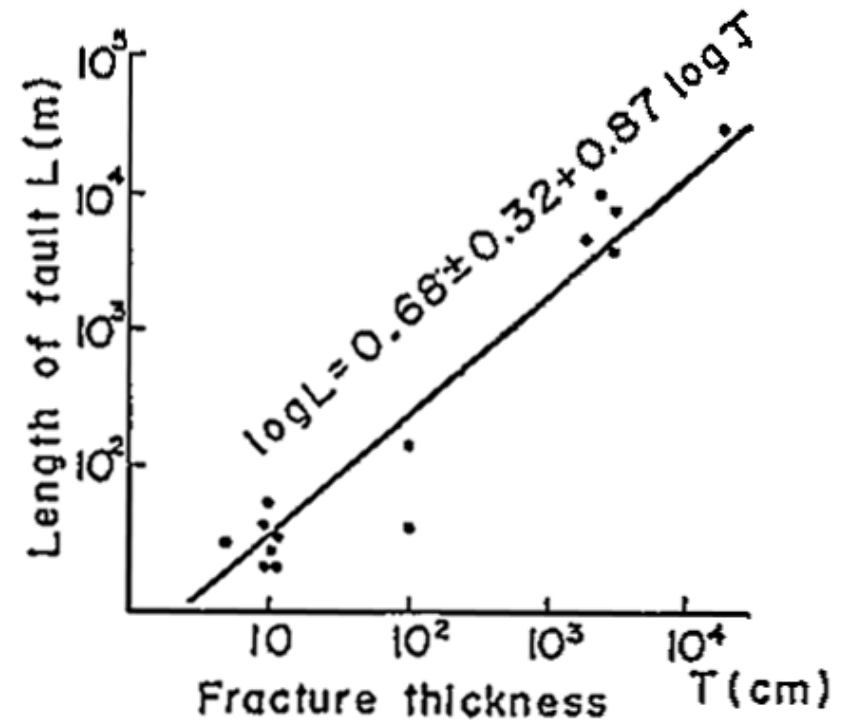


(第2図 地表地震断層さまざまな出現形態)*に加筆
* : 山崎,原子力学会誌, vol55, No.6, pp12-15, 2013.

「活断層長さの1/100程度の幅」

- わが国における活断層は、過去数十万年程度にわたり同様の活動形式で繰り返し起こっており、十万年程度の将来についても、同じ活断層が繰り返し活動するものと考えられる。
- 破碎帯の幅には、過去の知見から、断層長さと関係があることが知られており、例えば緒方・本荘, 1981では、破碎帯の幅は断層長さの $1/350 \sim 1/150$ 程度(断層の両側合計)に概ね収まることが示されている(右図)。こうした知見を踏まえ、断層活動の影響が生じる可能性が高い範囲と考えられる破碎帯幅の目安として、断層セグメント及び起震断層の長さの $1/100$ 程度(断層の両側合計)とした。
- 上記の外側であっても、断層周辺には微小割れ目等が密度高く存在することが知られているため(※)、これらについては、処分地選定調査の中で地下水流動に係る影響を評価していくことが必要。

(※) 破碎帯の外側に存在する母岩に比べて微小割れ目等の密度が高い部分(プロセスゾーン)も含めた幅は、概ね断層長さの $1/100$ 程度(断層の片側)と見積もられるとの報告(Scholz, 2002)あり。



断層の長さと破碎帯の幅の関係
(緒方・本荘, 1981)

断層に関する文献・データについて

- 断層の分布を示す資料は複数存在するものの、海域の断層の状況については不明な点が多いことから、陸域の活断層に関する文献を用いることが適切ではないか。
- 陸域の活断層に関する文献として、活断層データベース、活断層詳細デジタルマップを挙げたが、データ数、起震断層の有無の点においてより充実している「活断層データベース」を用いることが適切ではないか。
- なお、「活断層データベース」において示されている起震断層は断層群の範囲が示されているが、長さが示されていない。したがって、同文献に示されている活動セグメントの長さを用いるための手法と同様の手法を用いることにより、起震断層の長さを計算することが適当ではないか。

表：陸域における活断層に関する文献

	活断層データベース(産総研ウェブサイト)	活断層詳細デジタルマップ 200万分の1日本列島活断層図(中田・今泉、2002)
データの概要	主に陸域の活断層に関する各種資料をもとに、「活動セグメント」と「起震断層」(一定の基準を用いて主要な活断層群を区分したもの)を抽出。	全国一律の基準で空中写真の判読を行い、活断層の位置情報を整備。活断層の認定に当たっては、断層変位地形を特に重視して、その存在の確かしさをもとに「活断層」と「推定活断層」に区分。
年代	約10万年以降に繰り返し活動した痕跡のある断層	最近数十万年前以降に繰り返し活動した断層
活断層数	約600件(活動セグメント) ※起震断層は約320件	約200件 ※起震断層の標記なし
縮尺	20万分の1	200万分の1
留意事項	・参照文献の一つに、活断層詳細デジタルマップが包含(「活断層」のみ)	・「活断層」と「推定活断層」を分けて記載する必要がある。

「起震断層」の長さの求め方

断層線群の東西端、南北端間の距離を計測し、そのうちの長い方の両端点を結んだ長さを起震断層の長さとする(上記では、 $AB < CD$ となるため、 CD の距離となる。)

<参考: 活動セグメントの長さの求め方>

https://gbank.gsj.jp/activefault/yougo_gmap.html#katsudou_segment_tanten

⑤火山・火成活動

今まで議論した要件・基準

◆要件

マグマの処分場への貫入と地表への噴出により、物理的隔離機能が喪失されないこと

◆回避すべき範囲の基準

第四紀火山の中心から15 km以内

第四紀の火山活動範囲が15 kmを超えるカルデラの範囲

(利用可能な文献・データ: 日本の火山(第3版)(産総研,2013))

＜主な指摘事項＞

- 火山の中心から15kmより外側でも必ずしも安全とは言えないのではないかと。どこを火山中心と考えれば良いのか。
- 火山の活動性はどのように異なるのか。新規火山の発生についても評価が必要ではないかと。どのように評価できるのか。



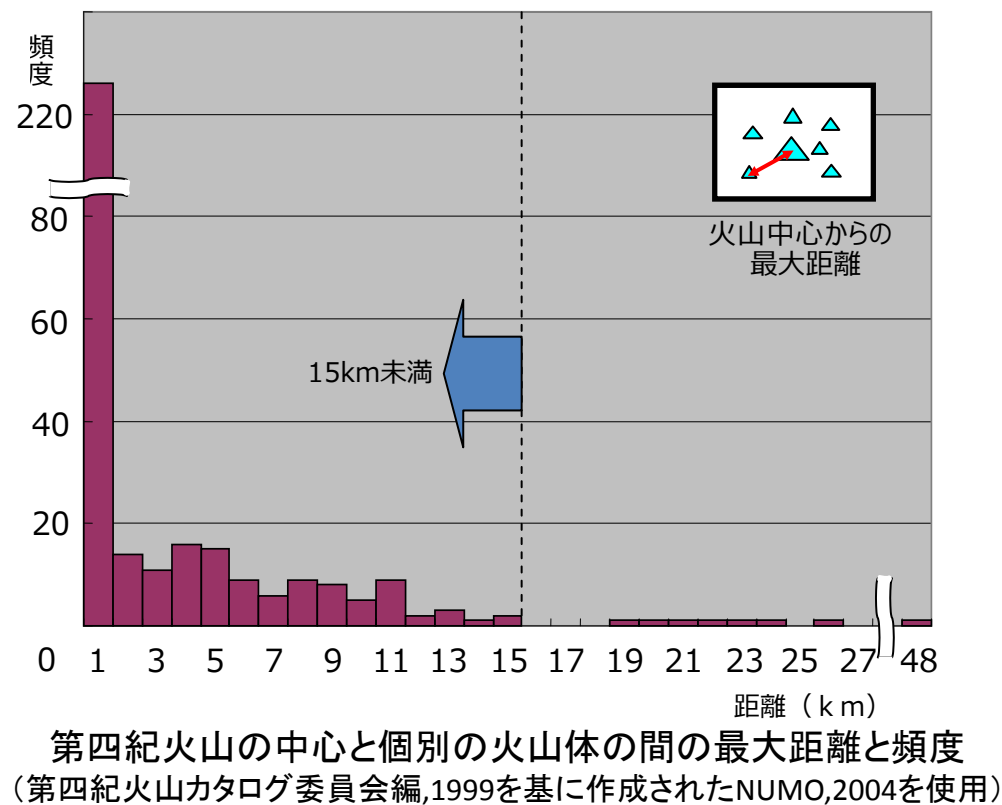
- 火山の中心から半径15kmという基準は、過去の火山活動の分布に基づき確率論的に設定したものであって、その外側についても、処分地選定調査の中でマグマの状況を含む地下の状況を調査することが必要。また、新規火山の発生に係るリスクについても、処分地選定調査の中で注意深く調査することが必要。
- 利用可能なデータベースに記載されている火山の位置は、必ずしも本要件でいう火山中心ではなく、一律機械的にマップに示すには適さないものも一部存在するため、そうしたもののマップ上の扱いを決める必要があるのではないかと。また、最後の火山活動から数十万年以上の時間が経過している火山とそうでない火山とでは、一般的には将来のマグマ活動のリスクが大きく異なると考えられる。これらの内容については、マップの提示の際に適切に反映することが重要ではないかと。

「火山の中心から15km」

- 第四紀火山の中心および個別火山体の分布（第四紀火山カタログ委員会, 1999）に基づく、97.7%の火山（※1）で、火山中心から半径15kmの範囲内に個別火山体が収まっている。（NUMO, 2004）。また、多くの火山で個別火山体が数kmに収まっている一方、遠くに個別火山体を生じる火山も数は少ないものの存在している。

- この知見に基づき、個別の火山によるリスクはそれぞれ異なるものの、既存火山によるマグマの貫入と噴出に係るリスクについて、確率論的に第四紀火山の中心から15 km以内の範囲と、第四紀の火山活動範囲が15 kmを超えるカルデラの範囲を基準とした。

- ただし、火山の中心から半径15kmより外側についても、マグマの貫入と噴出に係るリスクがないことが明らかになわけではなく、処分地選定調査の中でマグマの状況を含む地下の状況を注意深く調査（※2）することが必要。

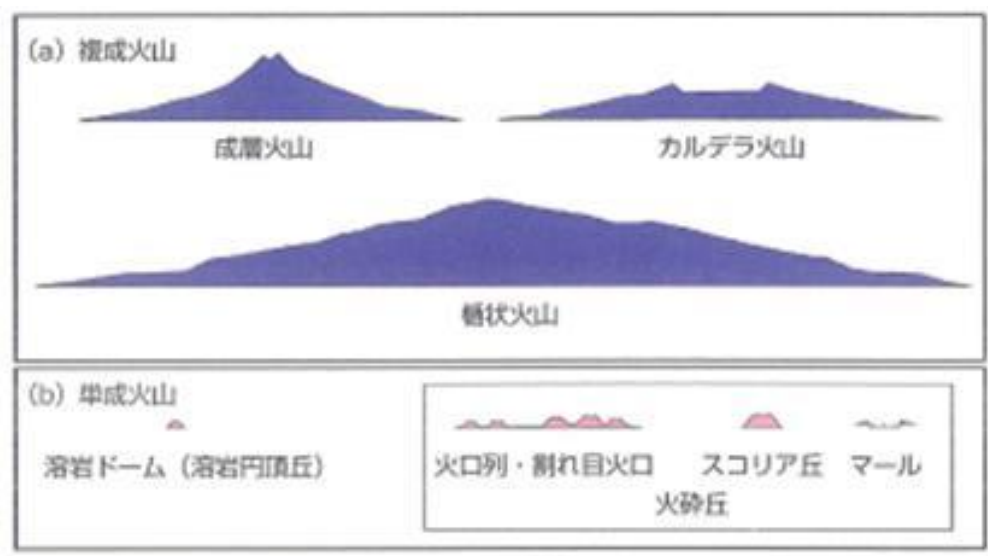


※1 母数は、「日本の第四紀火山カタログ（第四紀火山カタログ委員会 編, 1999）」に収録されている全ての348火山のうち、火山の位置が記載されていない、あるいは明らかな誤りがあると思われる4つの火山を除く344火山。

※2 具体的には、広域応力場、地殻熱流量、地震波速度分布、地下の比抵抗分布、火山性ガス組成などの観測が考えられる。

火山の中心について

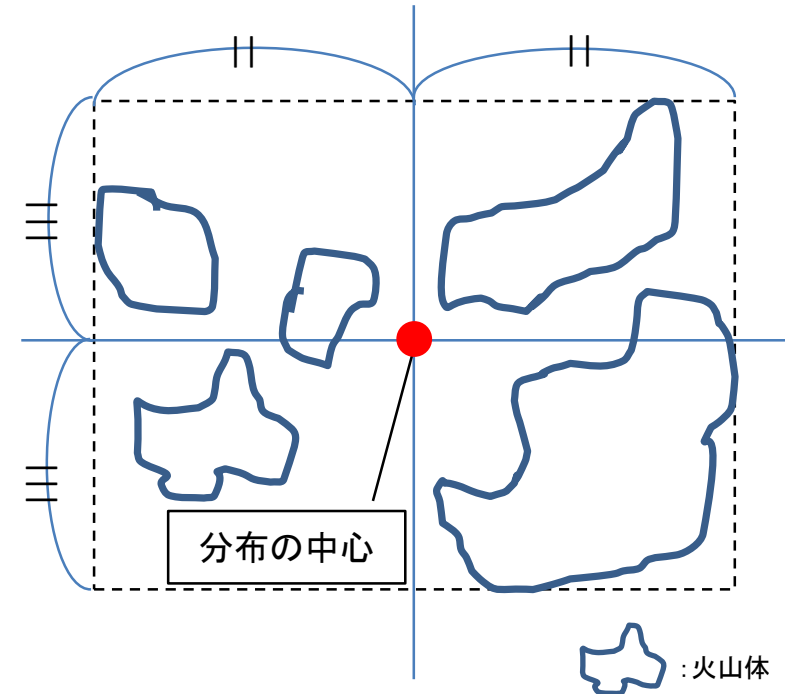
- 火山には、メインとなる中心火口から繰り返し噴出物を出して形成された複成火山と、1回の噴火活動のみで形成された単成火山が存在。単成火山は、複数の火山が集合して火山群を形成することが多い。
- 複成火山は、中心火口から繰り返し噴出物を放出することで山が成長するため、火山中心が最も高くなることが一般的であり、一律的に最高標高を火山中心と見做すことは合理的である。こうした火山は、日本で最近活動した火山に多い。一方、単成火山群は、それぞれの火山ごとにマグマの通路が異なるため、1つの火口をもって火山群全体の中心と見なすことはできず、また火山ごとに噴火する場所の標高も違うので、その火山群の中で最も標高の高い地点を火山群の火山中心とみなすことができない。さらに、古い時代の火山については、侵食などにより地形が変化し、主火口の位置が不明であったり地形的に低くなることも多い。
- 利用可能な文献・データの「日本の火山(第3版)」では、火山中心ではなく、火山を代表する位置(最高標高点等)が示されている。そのため、マップ作成にあたっては、火山中心について検討が必要。第四紀火山カタログでは、多くの火山について「主火道」の位置等の情報をもとに火山中心の位置を評価・特定しているが、約200万年前までの火山(348個)しか掲載されていないことに留意が必要。



複成火山と単成火山 (地震・津波と火山の事典(東京大学地震研究所監修, 2008)より)

マップの作成で活用する火山中心

- マップの作成にあたっては、火山中心を以下のとおり求めてはどうか。
 - ① 第四紀火山カタログに位置が示されている火山(約200万年前までの火山)については、その情報を使うこととしてはどうか。
 - ② 第四紀火山カタログには掲載されていないものの、日本の火山(第3版)に掲載されている火山(主に約200万年前～260万年前の火山)については、
 - i) 最高標高点等を火山の中心と推定することが妥当と考えられる火山(※)は、その情報を使うこととしてはどうか。
※ 複成火山(成層火山、楯状火山、カルデラ火山)、単成火山のうち溶岩ドーム
 - ii) 上記以外の火山は、暫定的に右図のとおり岩体の東西南北の広がり(分布)の中心点を作図によって求めることで、マップ作成における火山中心を機械的に置くこととしてはどうか。
- 上記② ii)のように、利用可能なデータベースでは火山の中心が明確にされておらず、一律機械的にマップに示すには適さないものも一部存在することから、処分地選定調査で注意深く調べることが必要ではないか。



火山の分布中心の取り方

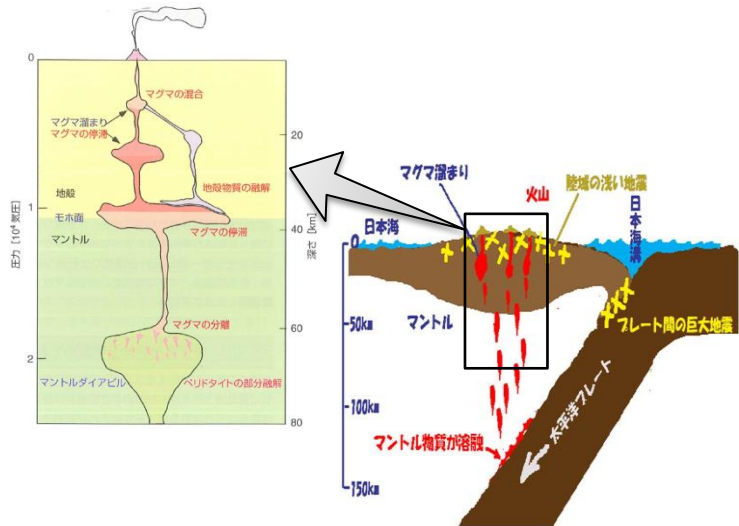
火山の活動継続性

- 日本では、西南日本の日本海側を除き、火山は以下のメカニズムで発生する。
 - ① 陸のプレートの下に沈み込んだ海のプレートからの水の働きによって上部マントルの一部が融けて上昇していき、マグマが形成される。
 - ② このような過程で形成されたマグマは、一旦地殻内のマグマだまりに蓄えられるなどした後、地表に噴出し、これが島弧の火山となる。
- 第四紀(※1)火山(約260万年前から現在までに噴火して形成された火山)には、「概ね過去1万年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山」(火山噴火予知連絡会)と定義される活火山が110存在している。

※1 寒冷化などの第四紀の特徴の開始時期や、逆磁極期の開始時期等に関する国際的な議論を踏まえ、2009年に第四紀の定義が181万年前以降から258万年前以降に変更された。

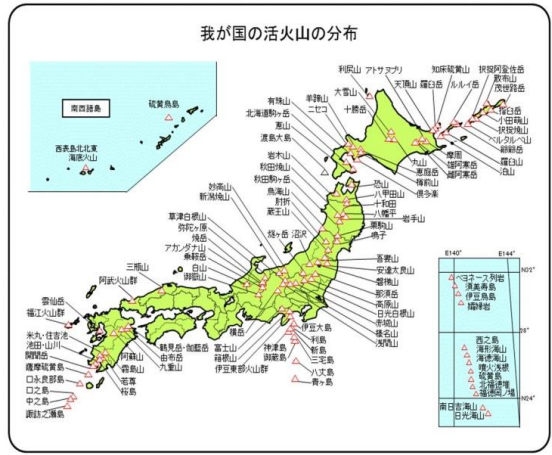
- 一方、火山には寿命(数十万年程度)があると考えられている。
- 既存文献では、「火山の熱源であるマントルダイアピールには熱的寿命があり、マントルダイアピールが冷却・固化すると対応する火山は終了する。火山は数万から数十万年のオーダーの寿命を持っていると考えられるが、20~60万年程度の寿命に対応するダイアピールの大きさは1000~5000km³である。これは、日本の第四紀火山に関して地質学・岩石学上観察される他のこととも整合する。」(東宮, 1991)、「火山グループの平均的な寿命は40万年弱であり」(伝法谷ほか, 2007)としている。
- なお、活動休止期を挟み数十万年以上の長期に活動している火山については、活動期ごとに異なる熱源により活動している可能性がある。こうした火山については、地下におけるマグマの状況を調査(※2)することが必要となる。

※2 具体的には、地殻熱流量、地震波速度分布、地下の比抵抗分布、火山性ガス組成などの観測が考えられる。



火山発生のメカニズム

左: 地震・津波と火山の辞典(東京大学地震研究所監修, 2008)
右: 気象庁ホームページ > 知識・解説 > 火山噴火の仕組み
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/2-4.html>



活火山の分布(気象庁HP)

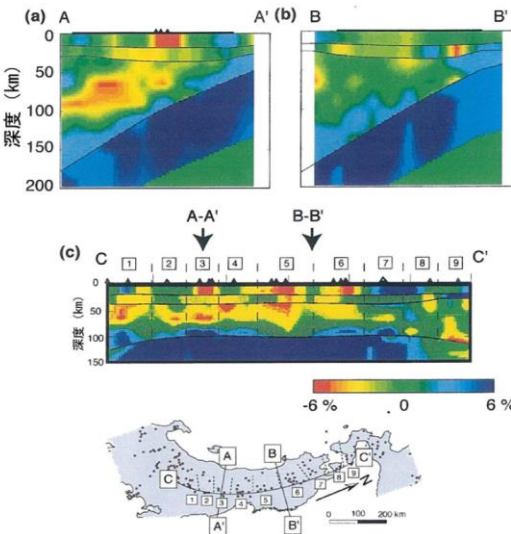
http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/katsukazan_toha/katsukazan_toha.html#kanshikazan

将来における新たな火山の発生に係るリスクの評価

- 火山活動が起こる場所は、プレートの配置やプレートの沈み込みに支配されていると考えられている。日本周辺のプレート運動は過去数百万年間大きくは変わっておらず、火山の分布に大きな変化は見られず、将来もほぼ同じような場所で火山活動が起こると考えられる。
- 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はあるが、そのためには、マグマの元となる高温のマントル物質が、マントル上部に上昇する必要がある。この可能性はあるか否かについて、地震波トモグラフィや電磁探査などの地球物理学的調査(参考1, 2)や、マントル物質の対流モデル等(参考3)により、新たな評価モデルを構築することが望ましい。

(参考1)地震波トモグラフィ

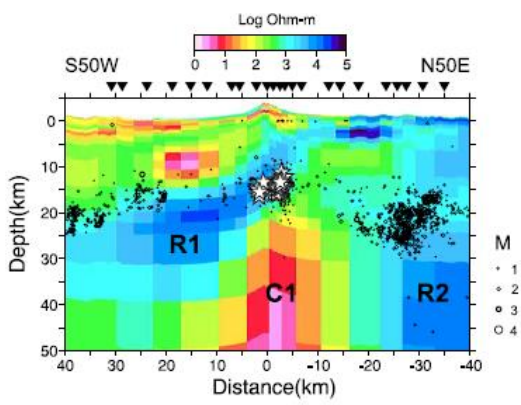
地震観測により地下の地震波の速度分布を求め、マグマの発生しやすい条件を有する可能性のある領域を推定する。



火山集中域(A-A')の地下には高温マントルが存在するが、火山空白域(B-B')のマントルには熱異常が存在しない。(Tamura et al., 2002)

(参考2)MT法電磁探査

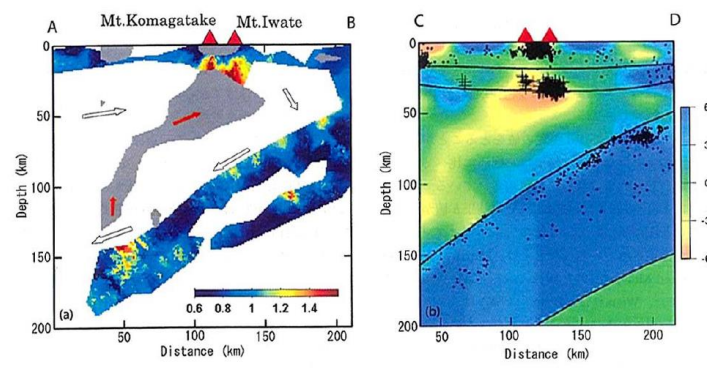
自然界の電場と磁場を計測して、地下の比抵抗の分布を求め、地下のマグマだまりの可能性のある構造の有無を推定する。



富士山直下の20kmより深い部分に分布する高電気伝導度帯は、マグマの存在を示している(Aizawa et al., 2004)

(参考3)マントル対流モデル

地下の温度構造、地震波トモグラフィ、MT法電磁探査等の解析結果、マントルの熱対流運動の推定結果等に基づき、マグマの起源となる高温マントルの上昇過程のモデルを構築する。



白抜き矢印がマントルウェッジ中で想定されるマントル対流の方向を、赤矢印が上昇するブルームの流れの方向を示す。(弘瀬他、2002)

⑥火山性熱水・深部流体

今まで議論した要件・基準

◆要件

処分システムに著しい化学的影響を及ぼす火山性熱水や深部流体の流入により、閉じ込め機能が喪失されないこと。

◆回避すべき範囲の基準

処分深度に火山性熱水または深部流体が存在し、かつ化学場への影響が明らかな範囲
(利用可能な文献がないため、代替指標で設定)

◆回避が好ましい範囲の基準

地下水の特性として、pH4.8未満あるいは炭酸化学種濃度 0.5 mol/dm^3 (mol/L) 以上を示す範囲
(利用可能な文献・データ : 全国地熱ポテンシャルマップ(産総研, 2009))

<主な指摘事項>

- 深部流体については、メカニズムなど科学的に研究すべき点がまだ多く存在しているのではないか。
- 地下水は、空間的に広がって分布しているはずであり、点として扱うことは過小評価とならないか。



- 埋設後の長期安定性に係る要素のうち、人工バリア等に対する化学的影響により閉じ込め機能が喪失されるリスクについて要件・基準としたものであることを明確に示していくことが必要ではないか。
- 火山性熱水・深部流体については、現時点では利用可能な文献・データに基づく点(座標)でしか表現できない。そのため、当該データを踏まえ、処分地選定調査において、地域ごとに存在範囲や性質を含め詳細に調査していくことが必要ではないか。

火山性熱水・深部流体の評価について

- 火山性熱水・深部流体そのものについての分布を直接的に示したものが存在しないため、地下水における特性(低pH、高い炭酸化学種濃度)に着目して、要件・基準を設定。
- 地下水が低pH及び高pHの場合は、ガラス固化体の溶解速度の促進、緩衝材の変質による透水性の増大や収着能の低下、放射性物質の溶解度の増加及び天然バリアの収着能の低下をもたらす。また、高い炭酸化学種濃度はオーバーパックの不動態化、局部腐食を招く可能性がある。
- 「全国地熱ポテンシャルマップ(産業技術総合研究所,2009)」では、個々のボーリング等(温泉や坑井等)のデータを用いているため、pHの低い場所、炭酸化学種濃度が高い場所が点(座標)でしか表現されていない。ただし、実際は、広がりであることが想定されるが、その分布の仕方は亀裂などの個別地点の地下構造に依存することが想定されるため、個別地点で調査する必要がある、エリアで表現することは困難。処分地選定調査では、実際の分布がどのような広がりを持っているか等について留意することが重要ではないか。

表 全国地熱ポテンシャルマップ データの例(pH)

緯度	経度	pH
44.937222	141.779444	7.200000
44.839444	141.847222	7.200000
44.785556	142.517222	7.300000
44.659444	141.864167	8.000000
44.659444	141.864167	7.600000
44.658889	141.854167	7.700000
44.365833	141.706389	7.600000
44.184444	145.321944	6.100000
44.177778	145.305000	6.600000
44.151111	145.135556	1.630000
44.149444	145.135556	1.690000
44.110278	145.084722	6.900000

pH4.8以下の
地点を抽出

表 全国地熱ポテンシャルマップ データの例(炭酸化学種濃度)

緯度	経度	炭酸化学種濃度 (mg/l)
44.184444	145.321944	247.700000
44.177778	145.305000	602.700000
43.555833	145.219444	150.123333
44.031944	145.157778	667.950000
44.031944	145.152500	313.500000
44.031944	145.152500	369.156667
44.031944	145.152500	516.893333
44.031389	145.152500	584.013333
44.031389	145.152500	604.083333
44.031389	145.152500	696.620000
44.030556	145.152500	226.900000

※実際のデータは、
mg/lで示されるため、
モル質量換算
 $6.1 \times 10^4 \text{mg/mol}$ で変
換する。

⑦地熱活動

今まで議論した要件・基準

◆要件

処分システムに著しい熱的影響を及ぼす地熱活動により、閉じ込め機能が喪失されないこと。

◆回避すべき範囲の基準

処分深度で緩衝材の温度が長期に100℃を大きく超える範囲
(利用可能な文献がないため、代替指標で設定)

◆回避が好ましい範囲の基準

処分深度において緩衝材の温度が100℃未満を確保できない地温勾配の範囲
(第2次取りまとめにおける検討を参照すると、約17℃/100 mより大きな地温勾配の範囲)
(利用可能な文献・データ : 全国地熱ポテンシャルマップ(産総研,2009))

<主な指摘事項>

- 処分深度で緩衝材の温度が100℃以下を長期にわたって確保できるかの評価の際には、廃棄体の崩壊熱(※)の影響を考慮に入れるべきではないか。
- 廃棄体の崩壊熱の影響を考慮した上で、廃棄体間の距離を十分に確保する必要があるが、一方で地下施設が現実的な大きさに収まるかどうかについても考慮すべきではないか。



- 埋設後の長期安定性に係る要素のうち、人工バリア等に対する熱環境の影響により閉じ込め機能が喪失されるリスクについて要件・基準としたものであることを明確に示していくことが必要ではないか。
- 熱源には地温と崩壊熱があり、崩壊熱は時間とともに下がっていくものであるが、両方を合わせて評価していく必要があることをしっかりと示していく必要があるのではないか。
- 処分場における廃棄体間の距離が短いと、他の廃棄体の崩壊熱による暖め効果も加わってくるため、地下施設の現時点での想定レイアウトを前提とした場合の廃棄体間の暖め効果を考慮すべきではないか。

廃棄体の崩壊熱の影響

- 廃棄体の崩壊熱の影響を考慮(※1)に入れると、崩壊熱を考慮しない場合の地温勾配(28.3°C/100 m)を約17°C/100 m以上とする必要がある。

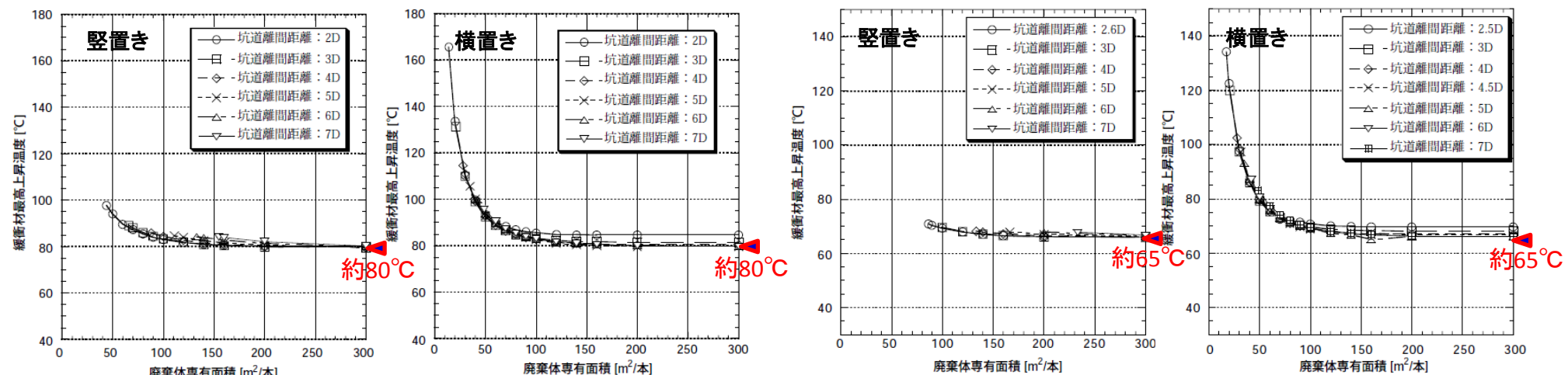
※1 OECD/NEAピア・レビュー最終報告書においても指摘されている。

地温勾配[約17°C/100m]の考え方

- 隣接する廃棄体の崩壊熱の影響を無視できるくらいに距離を離れた場合、緩衝材の温度上昇幅は岩種や定置方式に依らず約35°C(※2)である。
- これを崩壊熱による影響とすると、緩衝材の温度100°Cとなる許容地温は約65°Cである。
- 地上温度を15°Cとして最大限浅い法定深度である300mに適用すると、地温勾配は約17°C/100m(※3)となる。

※2 硬岩系岩盤: 約80°C - 45°C(地温) = 約35°C, 軟岩系岩盤: 約65°C - 30°C(地温) = 約35°C

※3 $[(約65°C(許容地温) - 15°C(地上温度))] \div [300m(設置深度)/100m] = 約17°C/100m$



硬岩系岩盤(深度1000m、地温45°C)

軟岩系岩盤(深度500m、地温30°C)

廃棄体が暖めあう効果が無視できるくらいに距離を離れた場合の緩衝材最高上昇温度(第2次取りまとめ(JNC,1999))に加筆

地下施設の想定レイアウトを前提とした検討

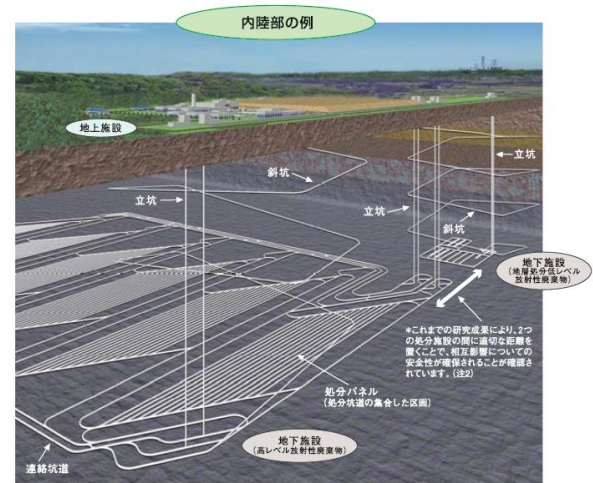
- 隣接する廃棄体の崩壊熱の影響を無視できるくらいに距離を離れた場合を想定するのではなく、現時点で想定されている地下施設の大きさ(6~10km²)(※1)を踏まえて検討することが適当ではないか。

※1 「知ってほしい 今、地層処分」(NUMO, 2015)
- 想定レイアウトの中に廃棄体を適切に収めるためには、地温勾配約15℃/100m以上の場所は好ましくないと考えるべきではないか。

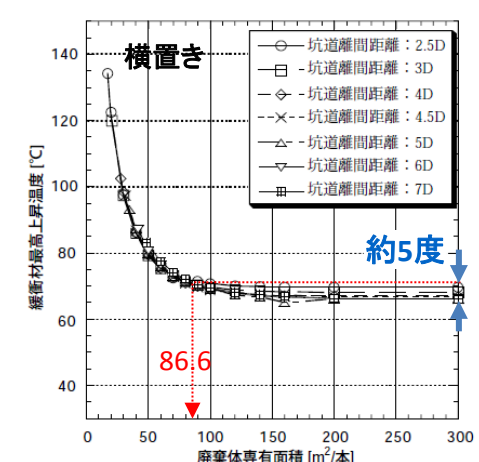
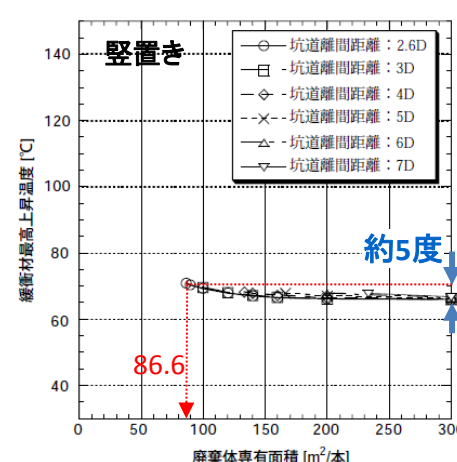
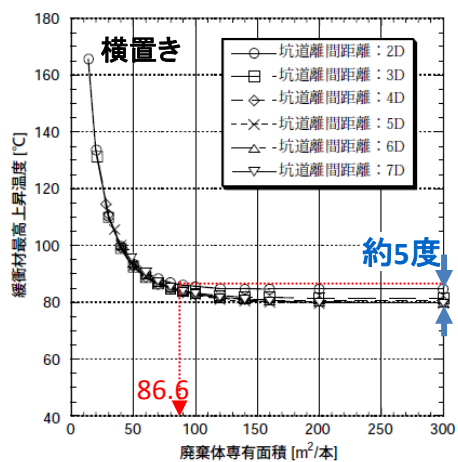
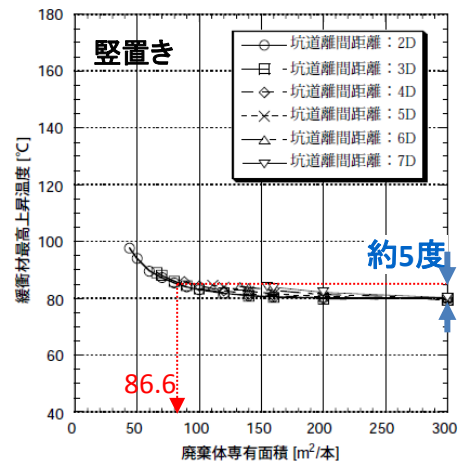
地下施設の想定レイアウトに収めるための考え方

- 現時点で想定している地下施設の大きさのときの廃棄体専有面積は31.3~86.6m²の範囲(第2次取りまとめ、(JNC, 1999))である。
- 現実的な廃棄体専有面積をこの中の最大値(86.6m²)と考えた場合、緩衝材の温度は約5℃上昇する(※2)。従って、緩衝材の温度が100℃となる許容地温は約60℃となり、法定深度300mのときの地温勾配は約15℃/100m(※3)、深度500mのときの地温勾配は約9℃/100mとなる。

※2 硬岩系岩盤: 約85℃ - 45℃(地温) = 約40℃(86.6m²), 約40℃(86.6m²) - 約35℃(300m²) = 約5℃
軟岩系岩盤: 約70℃ - 30℃(地温) = 約40℃(86.6m²), 約40℃(86.6m²) - 約35℃(300m²) = 約5℃
※3 [約60℃(許容地温) - 15℃(地上温度)] ÷ [300m(設置深度)/100m] = 約15℃/100m



地下施設の大きさ(6~10km²)(※1)



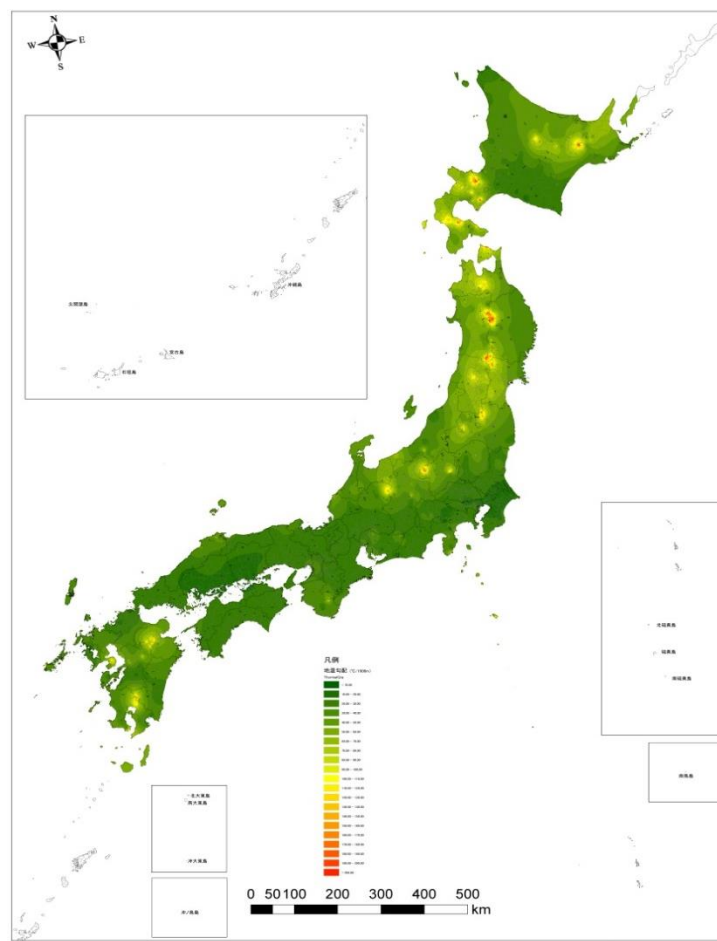
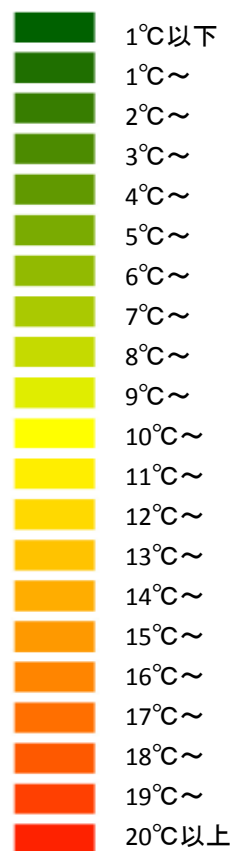
硬岩系岩盤(深度1000m、地温45℃) 軟岩系岩盤(深度500m、地温30℃)
廃棄体専有面積86.6m²の場合の緩衝材最高上昇温度(第2次取りまとめ(JNC,1999))に加筆)

地熱活動に関するデータについて

- 全国規模で地温勾配の地域性を視覚的に示す文献はいくつかあるが、そのうち、「全国地熱ポテンシャルマップ(産業技術総合研究所,2009)」には、 $10^{\circ}\text{C}/1000\text{m}$ ($1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) 毎の地温勾配を等高線的(コンター)に示すGISデータが存在するため、このデータを使用することとしてはどうか。
- なお、具体的な処分深度が定まっていないため、処分深度が深くなるにつれて地温勾配の基準が厳しくなることに留意する必要があるのではないか。マップ表示にあたっては、それらを適切に考えて行く必要があるのではないか。

全国地熱ポテンシャルマップ データの例(地温勾配コンター)

地温凡例($^{\circ}\text{C}/100\text{m}$)



⑧火山の影響(地上施設)

今まで議論した要件・基準

◆要件

作業時に火砕物密度流等による影響が発生することにより施設の安全性が損なわれないこと。

◆回避が好ましい範囲の基準

完新世(約1万年前以降)の火砕流堆積物・火山岩・火山岩屑の分布範囲
(利用可能な文献・データ: 20万分の1日本シームレス地質図(産総研ウェブサイト))

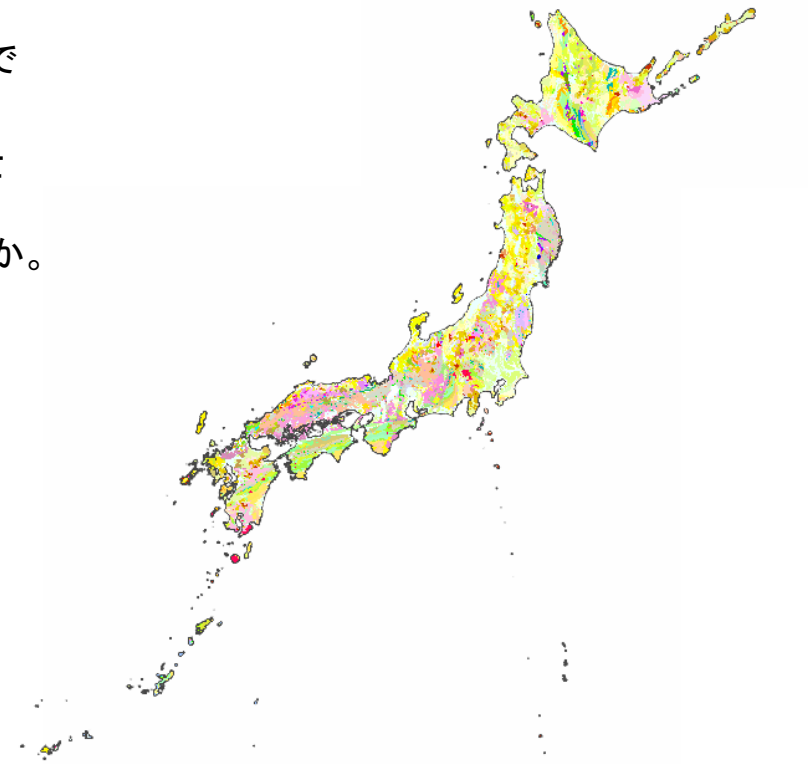
● 埋設後の長期安定性の観点ではなく、建設作業期間中に地上施設の安全性を確保する観点のものである点を明確にしていくことが重要。

- 20万分の1日本シームレス地質図では、原生代から完新世までの多様な岩種の分布が示されている。
- マップ作成にあたっては、このうち、火山岩類について、完新世の火砕流堆積物・火山岩・火山岩屑の分布する範囲として、以下の5種類を抽出し、これらの範囲を提示することとしてはどうか。

【凡例の例】

火砕流堆積物	
火山岩	
火山岩屑	

完新世の火山岩類(非アルカリ火砕流)
完新世の非アルカリ珪長質岩類
完新世の非アルカリ苦鉄質火山岩類
完新世の苦鉄質火山岩類(アルカリ)
完新世の火山岩屑



20万分の1日本シームレス地質図(産総研ウェブサイト)

⑨隆起・侵食

今まで議論した要件・基準

◆要件

著しい隆起・侵食に伴う処分場の地表への著しい接近により、物理的隔離機能が喪失されないこと。

◆回避すべき範囲の基準

過去10万年における最大侵食量が300mを超えたことが明らかな範囲
(利用可能な文献がないため、代替指標で設定)

◆回避が好ましい範囲の基準

全国規模で体系的に整備された文献・データにおいて、将来10万年間で隆起と海水準低下による侵食量が300 mを超える可能性が高いと考えられる地域(具体的には、海水準低下による最大150 mの侵食量が考えられる沿岸部のうち、隆起速度最大区分(90m以上/10万年)のエリア)
(利用可能な文献・データ : 日本列島と地質環境の長期安定性 付図5 最近約10万年間の隆起速度の分布(日本地質学会地質環境の長期安定性研究委員会,2011))

<主な指摘事項>

- 用いる文献・データの元となるデータを示すことが有益である。
- 海水準の低下と海岸段丘の隆起が複合的に起こることへの検討が不十分ではないか。



- 埋設後の長期安定性に係る要素であり、著しい隆起・侵食により、長期にわたって処分場が地表に著しく接近し、地層処分システムの物理的隔離機能が広範囲にわたり喪失しないようにすることが必要。
- 用いる文献・データで、過去の隆起量がメッシュで示されているが、その理由(元になっている調査方法や、調査結果からの隆起量の推定方法等)について説明を充実させることが必要ではないか。

隆起・侵食の評価方法について

- 最近約10万年間の隆起速度の分布に係るデータは、およそ20km四方(緯度10分、経度15分ごと)のエリアを単位として、その地域の隆起速度の平均を示したもの(右図)だが、メッシュの境界で急激に隆起速度が変化するわけではないことに留意が必要。

(注1) 海岸部は、現地調査に基づく海成段丘分布図等の文献を参照。内陸部は、海岸部と比較してデータがまばらなため、現地調査のデータに加えて、地形や地殻変動などのデータを組み合わせて推計。

- マップ作成にあたっては、「過去10万年における最大侵食量が300mを越える可能性が高い地域」を抽出する必要がある。その際、沿岸で90m以上の隆起量を示す場所では、海水準変動(最大150mの侵食量)を考慮すると隆起量が240m以上となると考えられる。この地域の中には隆起量が300mを越える可能性がある地域を含むと考えられるため、このエリアを対象としてはどうか。

(注2) 右図の作成に用いられた参考文献(吉山・柳田, 1995; 第四紀地殻変動研究グループ, 1969等)によると、過去10万年間の隆起速度分布が90 m以上/10万年のメッシュの中で、300 m/10万年を越えるデータは存在しない。

- なお、火山活動が活発な地域や中国・九州地方の一部は、情報が読み取れないためデータが存在しない箇所が存在するが、隆起・沈降活動がないわけではないことに留意が必要。
- このデータは大まかな推計に基づいているため、個別地点における隆起・侵食の詳細については処分地選定調査の中で注意深く確認する必要がある。

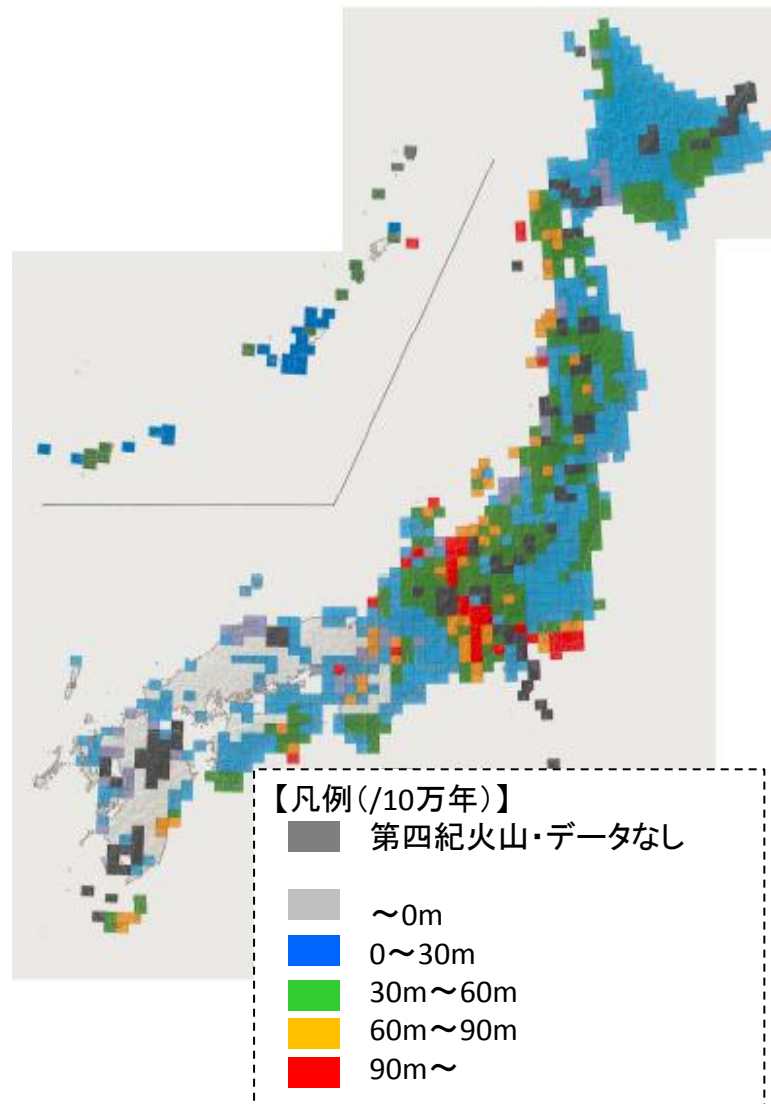


図 最近約10万年間の隆起速度の分布
日本列島と地質環境の長期安定性(地質リーフレット4
日本地質学会、地質環境の長期安定性研究委員会編
2011) 付図5

**C. 地域の特徴区分の呼び名に係る
表現・説明ぶりの精査・充実等(精査の総括)**

マップ提示にあたっての説明ぶりについて

- マップの提示にあたっては、地層処分に係るわが国の地下環境等に関する科学的特性を国民に正確かつわかりやすく提示することが趣旨であることと、三段階の処分地選定調査の前段階として国民理解を深めるという観点から用いるものであり、地下環境等を確定的に示すものではないという前提を明確に示すことが重要。
- そのため、マップ提示にあたっては、以下について丁寧に説明することが重要。
 - ー 短期的(数十年程度)に考慮すべきリスクと、長期的(数万年以上)に考慮すべきリスクの違い
 - ー 地下環境等の安定性に関する観点、人間侵入を回避する観点、輸送の安全性に関する観点など、観点的違いにより考慮すべきリスクが異なること
 - ー リスクの高さや不確実性が異なること
- また、「回避すべき範囲」と「回避が好ましい範囲」の間にはリスクに明確な差があるわけではなく、代替指標を設定することとなったか否かの違いがあるのみであることから、そのことを明確にするために、基準の分類について以下のとおり見直してはどうか。

要件・基準の分類について

✓ 回避すべき範囲	➡	✓ 好ましくない範囲(直接指標から確認される範囲)
✓ 回避が好ましい範囲		✓ 好ましくない範囲(代替指標から推定される範囲)

- さらに、マップの提示が個別地点の適性を直ちに保証するものではないことを明確にするために、地域の特性区分について以下のとおり見直してはどうか。

地域の特性区分について

✓ 適性の低い	➡	✓ 好ましくない特性があると推定される
✓ 適性のある		✓ 好ましい特性が確認できる可能性が相対的に高い
✓ より適性の高い		✓ 輸送面でも好ましい

マップ作成に用いる要件・基準の一覧(地質環境特性及びその長期安定性の確保)

	分類	基準
火山・火成活動	好ましくない (直接指標)	第四紀火山の中心から15 km以内 第四紀の火山活動範囲が15 kmを超えるカルデラの範囲 ※火山中心の精査が必要なものについて留意が必要
隆起・侵食	好ましくない (代替指標)	全国規模で体系的に整備された文献・データにおいて、将来10万年間で隆起と海水準低下による侵食量が300mを超える可能性が高いと考えられる地域(具体的には、海水準低下による最大150mの侵食量が考えられる沿岸部のうち、隆起速度最大区分(90 m以上/10万年)のエリア)
地熱活動	好ましくない (代替指標)	処分深度において緩衝材の温度が100℃未満を確保できない地温勾配の範囲(第2次取りまとめにおける検討を参照すると、約15℃/100mより大きな地温勾配の範囲) ※約17℃/100mから変更
火山性熱水・深部流体	好ましくない (代替指標)	地下水の特性として、pH4.8未満あるいは炭酸化学種濃度0.5mol/dm ³ (mol/L)以上を示す範囲 ※エリアで表現することが困難であることに留意が必要
断層活動	好ましくない (直接指標)	活断層に、破砕帯として断層長さ(活動セグメント長さ)の1/100程度(断層の両側合計)の幅を持たせた範囲
	好ましくない (代替指標)	活断層に、破砕帯として断層長さ(起震断層長さ)の1/100程度(断層の両側合計)の幅を持たせた範囲
鉱物資源	好ましくない (代替指標)	鉱業法で定められる鉱物のうち、全国規模で整備された文献データにおいて、技術的に採掘が可能な鉱量の大きな鉱物資源の存在が示されている範囲 ※炭田については、鉱量が示されているか否かに留意が必要 ※金属鉱物については、エリアで表現することが困難であることに留意が必要

マップ作成に用いる要件・基準の一覧

(地下施設・地上施設の建設・操業時、輸送時の安全性の確保)

	分類	基準
(地下施設) 未固結 堆積物	好ましくない (代替指標)	深度300m以深まで更新世中期以降(約78万年前以降)の地層が 分布する範囲
(地上施設) 火山の影響	好ましくない (代替指標)	完新世(約1万年前以降)の火砕流堆積物・火山岩・火山岩屑の分 布範囲
輸送	好ましい	港湾(海岸)からの距離が20km程度より短い範囲 ※標高1500m以上の場所は除く。

マップ作成の考え方

- マップの提示が個別地点の適性を直ちに保証するものではないことを明確にするため、「好ましくない特性があると推定される」「好ましい特性が確認できる可能性が相対的に高い」等のより適切な表現ぶりを用いることとしてはどうか。
- 人間侵入リスクは将来の掘削可能性に係るリスクであり、深部地下環境の長期安定性等とは別の観点であることから、このことが分かるようにマップ上では区別して表現することとしてはどうか。

<要件・基準>

