

# これまでの検討成果に関する精査等について

平成28年11月28日  
放射性廃棄物対策課

**前回からの議論の経緯等について**

# 前回からの議論の経緯

第18回地層処分技術WG(平成28年8月9日)

・・・「科学的有望地の提示に係る要件・基準の検討結果(地層処分技術WGとりまとめ)(案)」について議論

とりまとめ(案)についてパブリックコメントを実施(1ヶ月間)

原子力委員会放射性廃棄物専門部会(平成28年9月30日)

・・・「最終処分関係行政機関等の活動状況に関する評価の報告書」とりまとめ

- 国民の不信感・不安感を更に払拭するためには、その提示が国民にどのように受け止められるのかという視点は極めて重要。
- 科学的有望地の要件・基準については注意深く設定するとともに、提示の際の説明や表現等について、正確かつ適切に情報が伝わるよう、慎重な検討を行うことが必要。

第29回放射性廃棄物WG(平成28年10月18日)

・・・社会科学的観点の扱い、原子力委員会専門部会の評価報告書を受けた対応について議論

地層処分技術WGでも必要な検討を継続

地層処分意見交換会を開催

※NUMO主催で本年7月から行っている地層処分セミナーを発展した形式として全国9箇所を実施。

第19回地層処分技術WG(本日)

# パブリックコメントの概要

---

## 1. 実施期間等

- (1) 募集期間:平成28年8月9日(火)～平成28年9月8日(木)
- (2) 実施方法:電子政府の総合窓口(e-Gov)及び経済産業省ホームページにおける掲載
- (3) 意見提出方法:e-Gov意見提出フォーム、電子メール、FAX、郵送

## 2. 提出意見件数:68件

## 3. 回答について

- 11月21日付けで、e-Govに回答を掲載。(回答内容は参考資料2を参照)
- 回答の前提として、以下を明記。
  - ✓ 10月18日に開催された第29回放射性廃棄物WGの議論を踏まえ、地層処分技術WGにおいて、引き続きとりまとめ(案)について議論を深めることとなった。
  - ✓ そのため、頂いた御意見については、今後の総合資源エネルギー調査会(放射性廃棄物WG・地層処分技術WG)の議論で活用させていただく。

# (参考)寄せられた主な意見

※第29回放射性廃棄物WG資料3より抜粋

## 1. 実施期間等

- (1) 募集期間:平成28年8月9日(火)～平成28年9月8日(木)
- (2) 実施方法:電子政府の総合窓口(e-Gov)及び経済産業省ホームページにおける掲載
- (3) 意見提出方法:e-Gov意見提出フォーム、電子メール、FAX、郵送

## 2. 提出意見件数:68件

## 3. 寄せられた主な意見

### <総論>

- 「科学的有望地」という呼称や、「適性の低い地域、適性のある地域」といった分類の呼び方は誤解を招きやすい。
- マップの提示後にどのように進めるのか道筋が示されておらず、候補地の自治体に結局押しつけようとしているのではないか。
- 処分地選定調査に入る地域の適性については、想定される様々なリスクを明示した上で、安全性を示す必要がある。
- 輸送時の安全性の観点以外で好ましい範囲が示せておらず、無理に適性の高い地域を設定しようとしているのではないか。

### <各論>

- 10万年の保管期間にマイナス要件(地震、浸水、火山活動による地層の状態)が変容しないと言う保証はない。
- 火山について回避すべき範囲を火山の中心から50kmとすべき。
- 隆起・浸食に関する回避対象について、どのようなデータに基づいて最大-150mとしているのかわからない。
- 断層について、100分の1程度の範囲を回避するだけでなく、過去の地震の情報をもとに判断すべき。
- 炭鉱跡や廃鉱山の坑道を利用してはどうか。
- 「地下水流動が緩慢であること」を具体的に数値で示すべき。
- 津波については地下施設についても検討されるべき。
- 坑道が将来的に水みちとなるシナリオも作成すべき。
- 労働環境を考慮すれば地温勾配約10℃/100mと基準を作れる。
- 長距離輸送を前提とせず、現地調査を踏まえた個別地点ごとの検討により、輸送方法を設定すべき。
- 輸送の安全性に関する要件・基準は社会科学的要件ではないのか。
- 塩水の影響を考慮すると、沿岸海底下での処分は好ましくないのではないか。

### <原発、地層処分等、全般について>

- 地層処分はやめるべき。
- 目の見えるところで地上管理すべき。
- 宇宙エレベーターや、核種変換などの技術開発をすべき。
- 核のゴミをこれ以上増やすことになる原発の再稼働を即刻やめるべき。
- ガラス固化体の安全確認はどのように行われているのか。
- 核燃料サイクル事業の中止も含めた根本的な見直しが先。

# 第29回放射性廃棄物WGについて(10月18日開催)

## 1. 社会科学的観点の扱いについて(とりまとめのポイント)

- 地層処分に関しては、その安全性(技術的な信頼性)について国民の理解が必ずしも十分に得られていない状況。関連する地球科学的・技術的な知見について広く共有していくことが当面の重要課題。
- 土地確保の容易性等の社会科学的観点については、国民の間には多様な意見が存在。
  - ➡ 科学的有望地の提示に当たっては、社会科学的観点からの要件・基準の設定はせず、技術WGで検討されている地球科学的・技術的観点からの要件・基準のみに基づくことが適当。
  - ➡ 技術WGの検討成果を踏まえ、地球科学的・技術的観点の知見の共有が促進され、その土台の上で、社会科学的観点も含めた国民的議論が進み、地層処分事業の実現に向けてより広範な国民の理解と協力が得られていくことが重要。
- 科学的有望地という表現は、処分地選定調査や処分地の受入れを事実上押し付けられるのではないかと懸念を持たせてしまうといった指摘や、処分地選定調査を抜きに処分地としての適性が保証されるかのような誤った印象を持たせてしまうといった指摘あり。
  - ➡ 地下深部の科学的特性等について全国マップの形で国民に分かりやすく情報を提供し、地層処分についての国民の関心や理解を深めていくという本来の趣旨が伝わるよう、マップ全体について表現を適切に見直すなど、受け手の目線に立った情報提供に努めていくことが重要。

## 2. 原子力委員会放射性廃棄物専門部会の評価及びパブリックコメントの結果等を踏まえた今後の取組のあり方について

(主な意見(技術WG関連))

- 科学的知識を専門家ほど持ち合わせておらず地層処分に馴染みのない受け手の立場に立って、意図することが分かりやすく伝わるようになっているかを精査することや、例えば津波への対応など、国民の関心が高いものとりまとめ案ではあまり触れていない点について、もう少し丁寧な説明を加えること等が、取り得るアクションではないか。
- 「適性が低い地域」にも様々なリスクがある。例えば火山等と鉱物資源のようなもののリスクは違う。そうしたリスクの違いなども伝えるべき。
- 適性が低いという、何か危険なものがその地域にはあるのではないかと不安、懸念も考えられなくもない。地域の受け手目線で伝え方を検討してほしい。
- マップで表現できることには限界がある。付帯事項・説明事項を練るなど、意図するものが伝わるようにすることが必要。
- 「科学的有望地」という言葉は、国が地域を指定するよう見える。地域分類の意味合いが伝わる呼び名を考えるべき。
  - ➡ 地層処分技術WGでは、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、更に必要な検討を行っていただきたい。

原子力委員会の評価※	対応方針（案）
<ul style="list-style-type: none"><li>○ 今後、科学的有望地の提示により、国民の関心が高まるとともに、<u>地域対話が具体化・活発化することが期待されるが、国民の不信感・不安感を更に払拭するためには、その提示が国民にどのように受け止められるのかという視点は極めて重要である。</u>(P41)</li><li>○ このため、科学的有望地の要件・基準については、<u>一般国民からの意見募集の結果等を踏まえつつ注意深く設定するとともに、その提示の際の説明や表現等について、提示から文献調査に至るまでのプロセスを含め、正確かつ適切に情報が伝わるよう、慎重な検討を行うことが必要である。</u>(P41)</li><li>○ 処分地選定を着実に進めていくに当たっては、国民の当事者意識を喚起しつつ、<u>どのようなプロセスを経て処分地選定を行っていくかということについて、引き続き必要な検討を行うとともに、その検討状況を国民に説明し、理解を深めていくことが重要になる。</u>(P18)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ <u>地層処分技術WGの検討成果について、直近のパブリックコメントにおける意見（P4・参考資料2参照）等を踏まえ、国民に正確かつ適切に情報が伝わるよう、改めて精査する。</u></li><li>○ その際、我が国の地下深部の科学的な特性等について全国マップの形で分かりやすく情報提供し、<u>地層処分についての国民の関心や理解を深めていくという趣旨に沿って、マップ全体について表現を適切に見直す。</u></li><li>○ 科学的有望地のマップの提示の趣旨を踏まえ、<u>提示後の取組の進め方について分かりやすい説明を準備する。</u></li><li>○ 科学的有望地のマップの提示後は、国民や地域住民の意向も踏まえつつ、さらなるプロセスの具体化を図っていく。</li></ul>

※「最終処分関係行政機関等の活動状況に関する評価報告書」を基に、事務局にて整理。一部簡略化したところあり。

※括弧内の頁番号は、報告書の該当箇所の頁番号。

# 地層処分セミナーおよび地層処分意見交換会でのご意見等について ①

- NUMO主催により、地層処分セミナー(全国17都市、平成28年7月31日～10月16日)、地層処分意見交換会(全国9都市、同年10月30日～11月26日)を開催。
- 科学的・技術的な事項については、地層処分が適切な方法と考えるというご意見をいただいている一方で、下記の例のように地震や津波などに関するご質問やご意見もいただいている。

※NUMOからの情報提供をもとに簡潔に整理

## 地震、活断層

- 地震大国である日本に、地層処分に適した場所があるのか。
- 地下施設は地震の影響が考えられるが、安全性は確保できるのか。
- 日本には未知の断層もあり、断層が本当に避けられるのか不安。調査によりすべて発見できるのか。
- 活断層が現在ないところに、新たに活断層ができることはないのか。

## 津波

- 沿岸部については、津波の影響を考える必要があるのではないのか。
- 南海トラフ地震によって大規模な津波が想定されているような場所には、最終処分場は建設できないのではないのか。
- 福島第一原発では津波で水密扉が破壊されたが、最終処分施設の対策は十分に検討されているのか。

# 地層処分セミナーおよび地層処分意見交換会でのご意見等について ②

## 地下水

- 地下深部は水の流れが遅いとのことだが、どこでもそう言えるのか。
- 地下水について聞くと「調べないとかわらない」と言われるが、どのような調査や研究で分かるようになるのか。
- 埋め戻した坑道が「水みち」となって、放射性物質が漏れ出すことが懸念されるが、万年単位の長期にわたり問題ないのか。
- 地下水の流れがどのように安全性に影響を与えるか詳しく説明すべき。

## 沿岸部・輸送

- なぜ沿岸から20km以内とするのか。それ以上の内陸となると候補地でなくなるのか。
- 海上輸送の方がリスクが低いのはわかるが、船が座礁するなど輸送中のリスクにはどう対応するのか。
- 輸送中に巨大地震や津波などに巻き込まれたらどうするのか。容器の健全性や回収可能性などの説明も必要ではないか。
- 港から最終処分場まで、専用道路など安全な輸送ルート確保が必要になるのではないか。
- 沿岸海底下の地質調査は、観測点も少なくなり、精度が落ちるのではないか。

## 地層処分全般

- なぜもっと深いところに処分しないのか。「300m以深」とする理由は何なのか。
- プレートの重なり合う地殻構造の日本には、10万年もの間、安全に埋めておける場所はないのではないか。
- 対象地域の地質が長期にわたって安定しているということを、どうやって現時点で立証できるのか。
- 閉鎖後も、管理とはいわないまでも、監視体制が必要ではないか。
- 何百年単位の管理と何万年単位の管理の手法と考え方を知りたい。
- 核種変換など他の技術に期待することはできないのか。

# 今後の地層処分技術WGでの検討の範囲と目的

- 前掲の原子力委員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ピングに当たっての留意点
    - C. 「適性がある/低い」といった地域分類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、マッピング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。

**A. 国民の関心が高い事項に関する説明の充実  
について(①地震、②津波、③地下水)**

# ①地震(ゆれ)

## <国民の主な関心事項>

- 地震の影響に係る要件・基準が設定されていないのはどうしてか。
- 地震は日本中どこでも起きるが、地震の多い日本で地層処分に適した土地は存在しないのではないか。
- 例えば、南海トラフ地震などにより甚大な被害が生じると考えられる場所は避けるべきではないか。



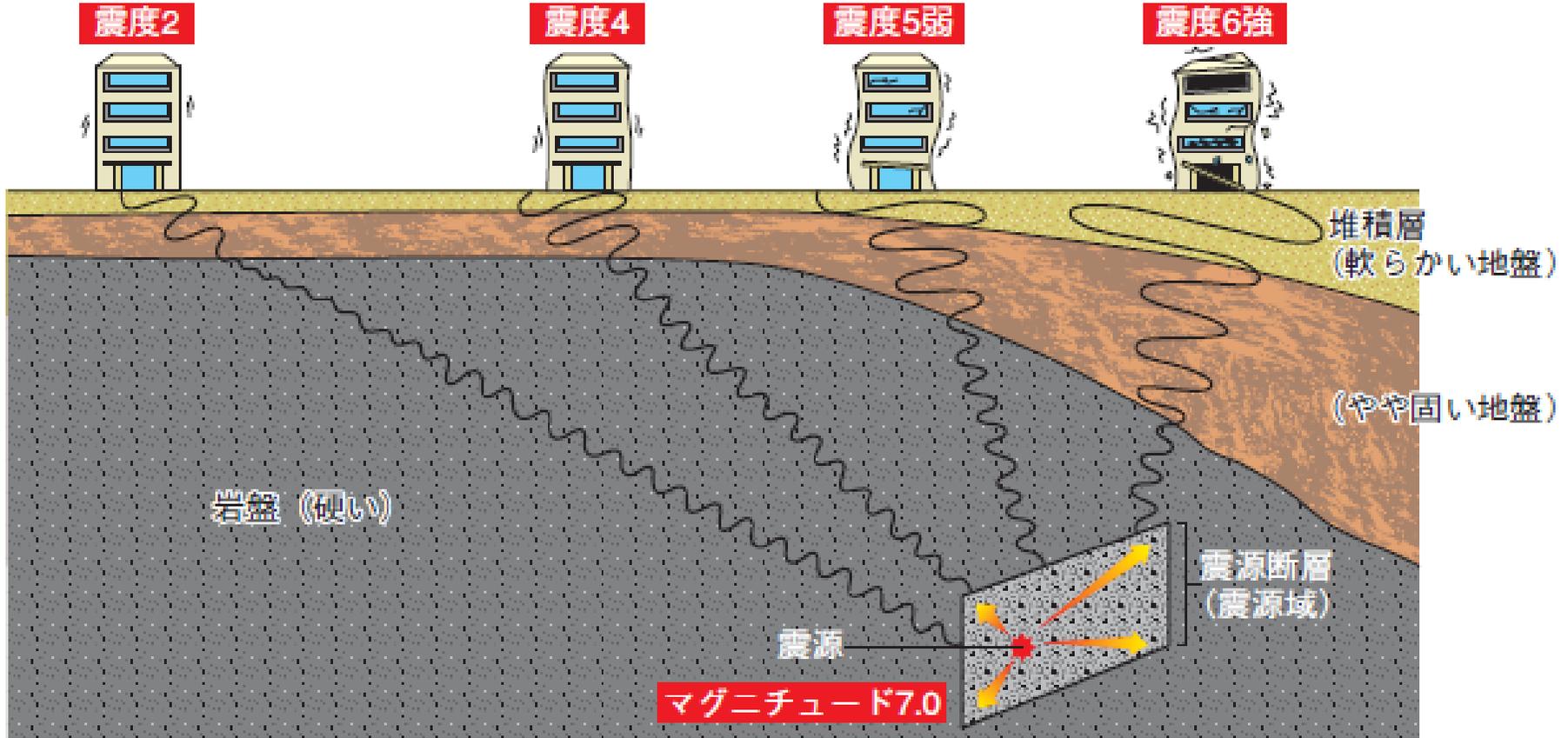
## 充実させる説明のポイント

- 地震(ゆれ)の対策としては、閉鎖前(数十年スケール)における地上・地下施設の耐震対策が必要と考えられる。具体的には、個別地点で起こりうる最大の地震動を想定し、構造や機能の健全性が確保されるよう、適切な工学的対策を行うこととなる。
- 閉鎖後における処分場への地震(ゆれ)の影響については、①地震動は地表付近と比較して小さくなる、②地震が発生したとしても、閉鎖後の処分場では岩盤(天然バリア)と人工バリアと一緒に揺れることとなるため、廃棄体が著しく破壊されることは考えにくい。
- また、地震によって一時的に地下水の場が変化することもあるが、時間が経てば平衡状態に至るため、長期的に著しく場が変化することは考えにくい。

※なお、地震により生じる「ずれ(断層活動)」の影響については、活断層を評価することとしており、要件・基準として設定している。

# ①地震(ゆれ)

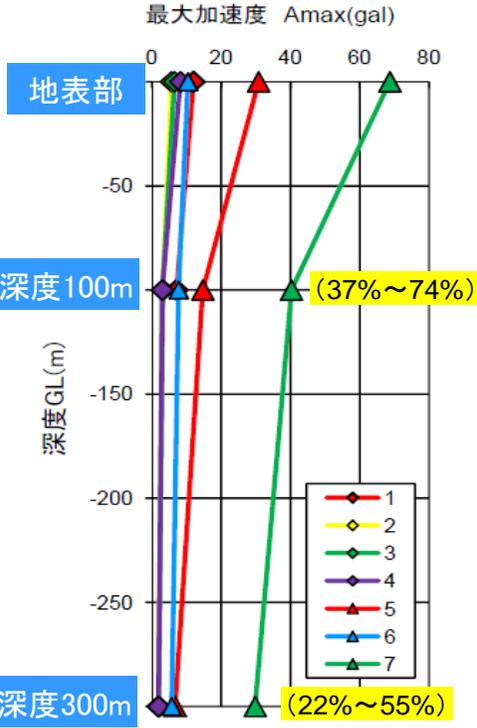
- 一般的に、地震のゆれは地表(自由面)や地盤の軟らかさの影響を受けるので、地表付近では地下深部の硬い地盤の場所に比べて大きなゆれになる。



断層運動の規模を表すマグニチュードは1つですが、それぞれの場所の揺れの大きさを示す震度は場所によって異なります。図は震源に近く、地盤が軟らかい場所ほど大きく揺れることを示しています。

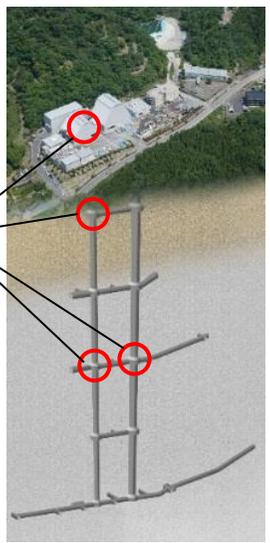
# 地震によるゆれの観測事例(1)

## 瑞浪での観測例



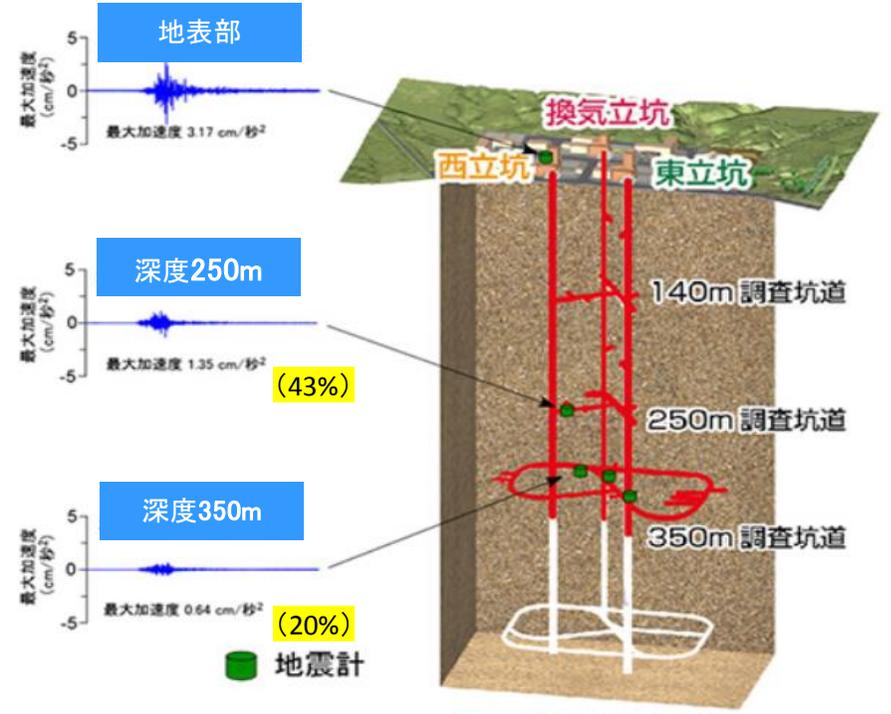
加速度計設置位置

地表  
 GL-100m  
 GL-300m



<https://www.jaea.go.jp/04/tono/miu/research/stage/panel/17.pdf>

## 幌延での観測例

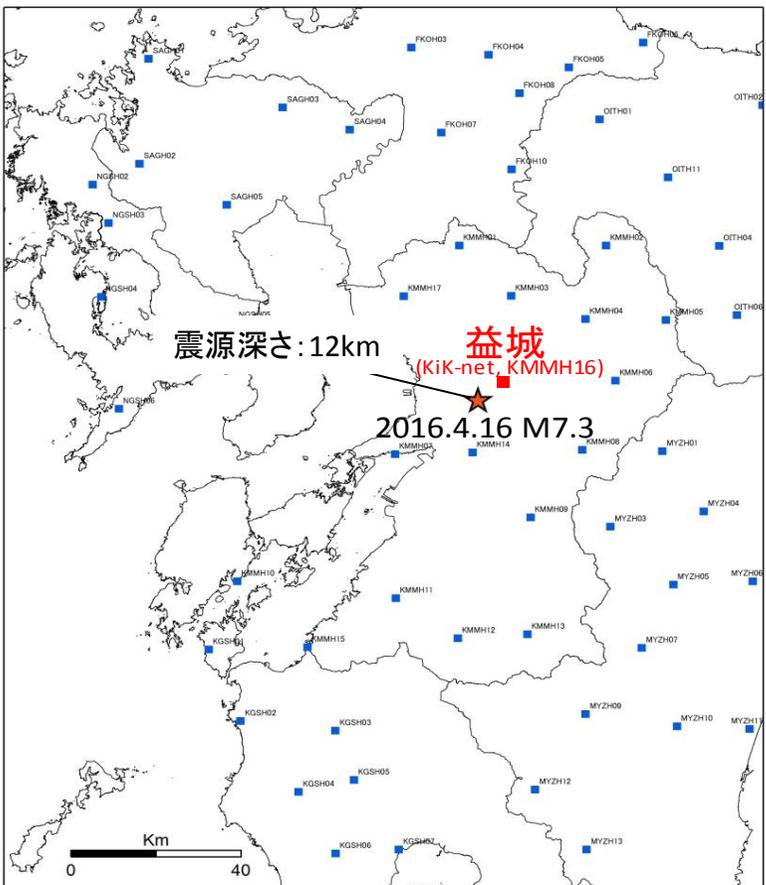


平成26年度施工済み範囲  
 ※この図は、今後の調査研究の結果次第で変わることがあります。

<http://www.jaea.go.jp/04/horonobe/cyousakenkyu27.html#0403>

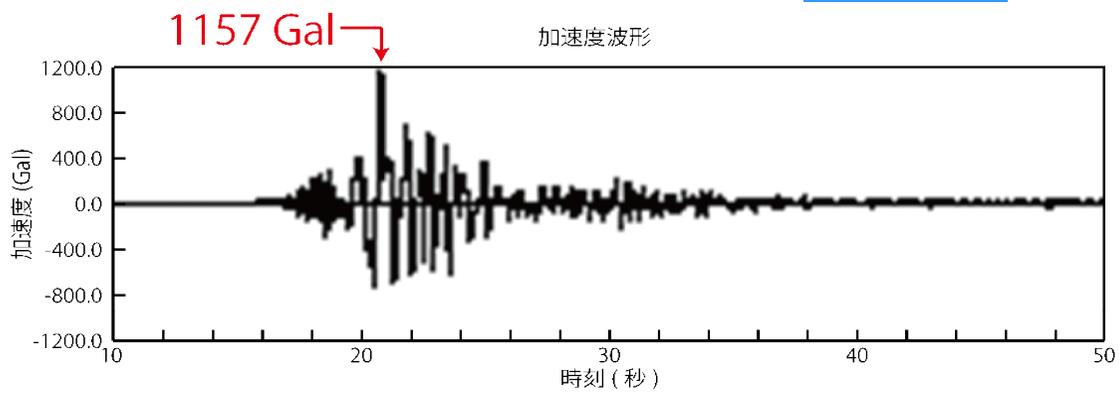
# 地震によるゆれの観測事例(2)

## 2016年熊本地震(M7.3, 震源深さ12km)



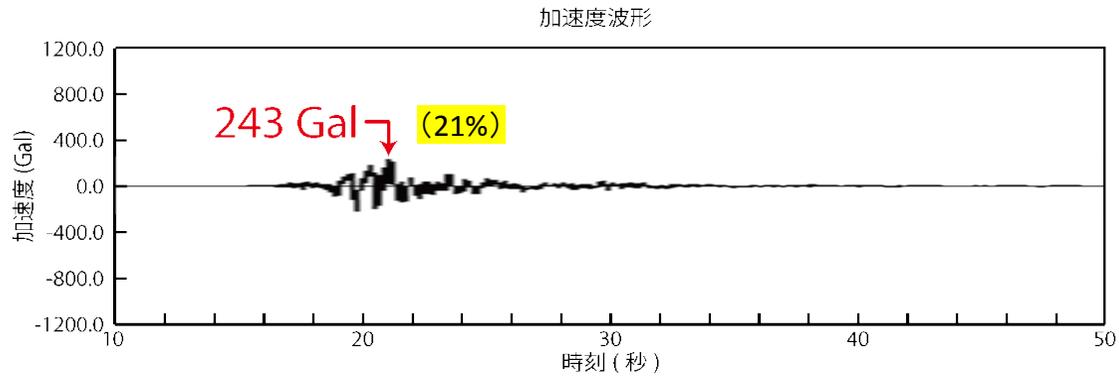
地表波形(EW方向成分)

地表部



地中波形(EW方向成分)

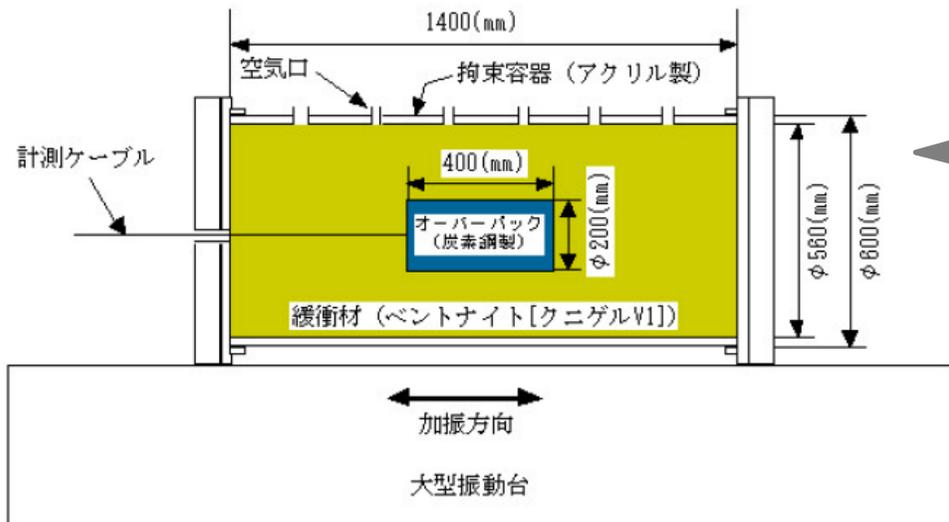
深度199m



※KiK-net: 基盤強震観測網(国立研究開発法人防災科学技術研究所)

# 地下深部における振動と処分場のゆれとの関係

- 外部から振動がかかった場合でも、人工バリアと天然バリア(岩盤)は一緒に動いているため、岩盤から受ける力は小さいことと考えられる。



試験体概要

- 試験体: 1/5スケール
- 加振: 実地震波を時間に関して1/2.5に圧縮した波による最大加速度 1000gal
- (試験体の規模より時間=1/√5=1/2.5)
- 地震波: 一般に振動実験で用いられるエルセントロN-S成分(\*1), 宮城県沖E-W成分(\*2), 八戸E-W成分(\*3) ⇒それぞれ3秒の波形に圧縮

\*1 Imperial Vally地震(1940年5月18日), M=7.1, 南シアラ電力会社エルセントロ変電所地下室で観測(宇津ほか, 1987)

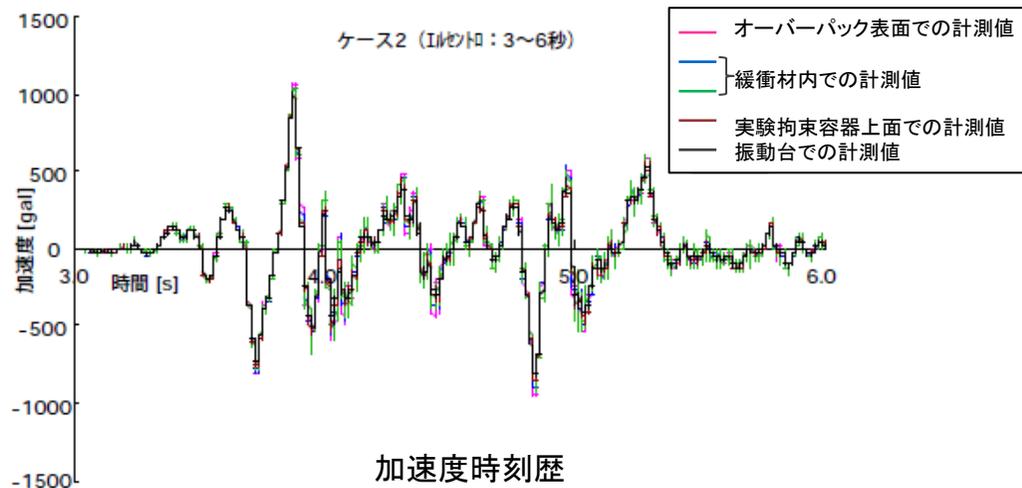
\*2 宮城県沖地震(1978年6月12日), M=7.4, 仙台市住友ビル地下2階で観測

\*3 十勝沖地震(1968年5月16日), M=7.9, 青森県八戸市で観測

緩衝材が軟らかい材料の場合、緩衝材やその中のオーバーパックは振動台の動きに追随できず、これらと振動台の加速度時刻歴は一致しないと考えられる。



試験体外観

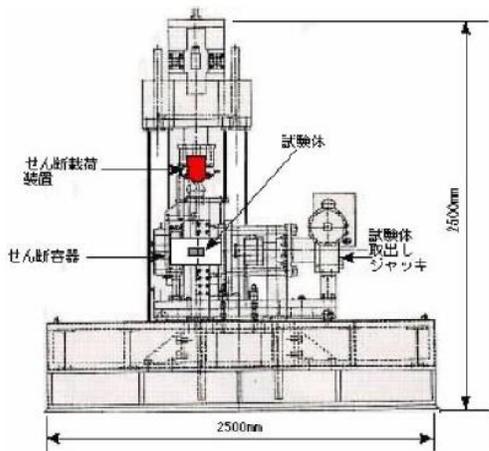


(出典)第2次取りまとめ(JNC, 1999)より

過去発生した地震の地震動を用いた地震応答解析の結果、拘束容器や振動台の加速度時刻歴と、緩衝材内・オーバーパック表面での計測値はほぼ重なっており、一緒に動いていると考えられる。

# せん断変位が生じた場合の処分場への影響

- 一定以内のせん断変位であれば、緩衝材は変形することとなるが、オーバーパックは変形せず、損傷には至らないことが明らかになっている。



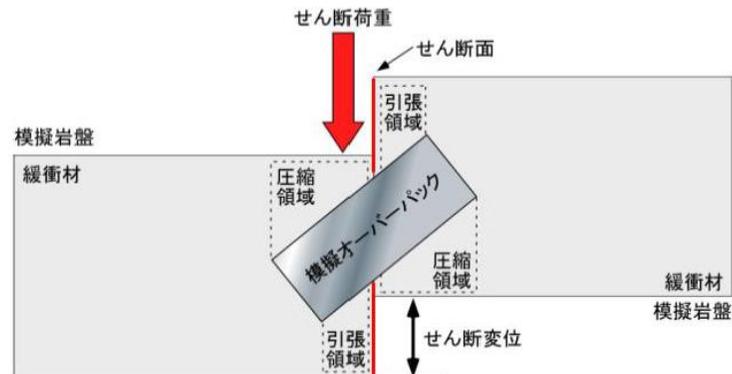
a) 試験設備の概略図

断層模擬試験設備

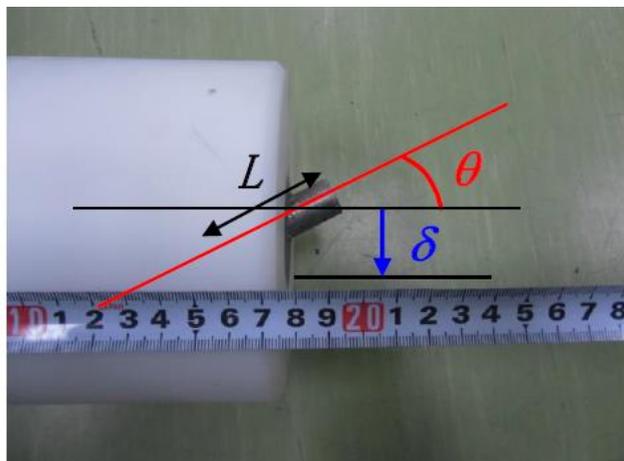


b) 試験設備外観

- ・目的: サイト選定で避けた後にも存在するような小規模な断層に遭遇した場合のせん断による影響を評価。
- ・試験体: 1/20スケール
- ・せん断変位量: 20~25mm、せん断速度: 100mm/sec (装置の安全性の観点から設定)



せん断過程における供試体挙動の概念図



試験後の模擬オーバーパックの様子

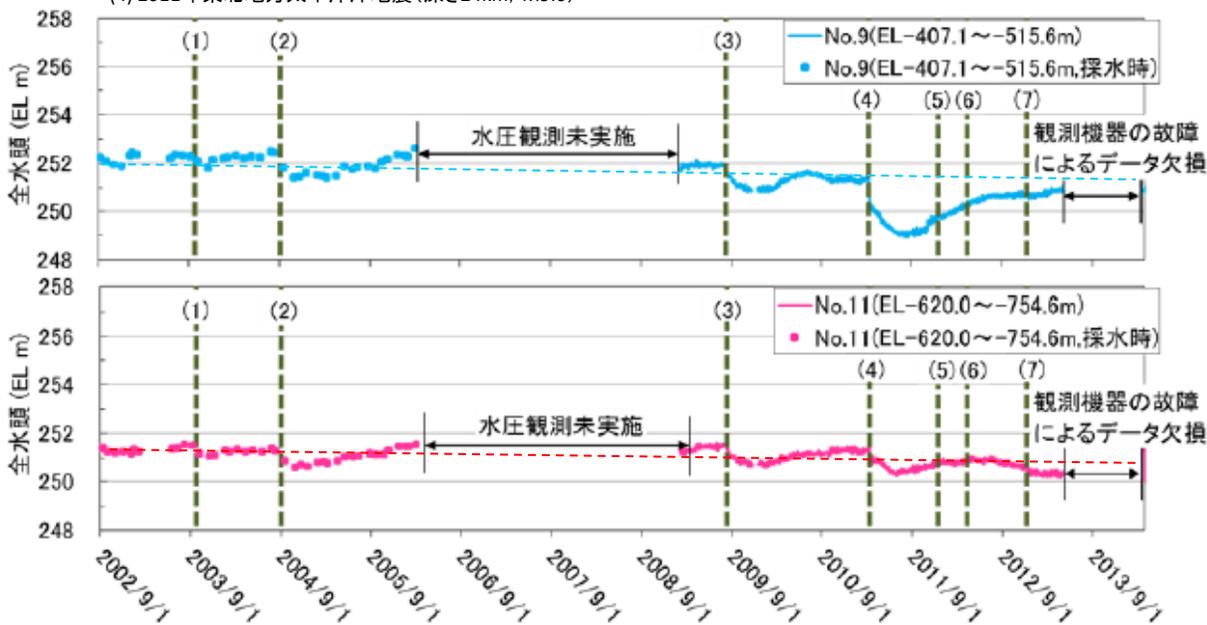
人工バリアの中央に鉛直方向のせん断変位が発生した場合を想定した実験を実施。  
その結果、模擬オーバーパックに損傷等がなかった。(せん断中に模擬オーバーパックが緩衝材から大きな抵抗を受けことなく、緩衝材の中で回転)

# 地震による地下水の水圧・水位の変化

- 地震によって一時的に地下水の場が変化することもあるが、時間が経てば平衡状態に至るため、長期的に著しく場が変化することは考えにくい。

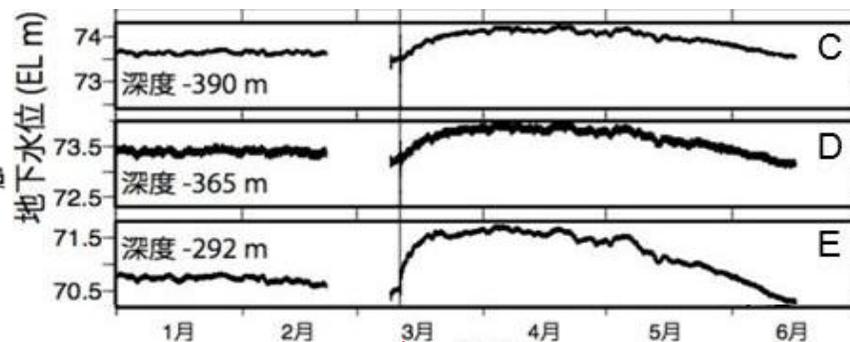
## 瑞浪での観測例

- (1) 2003年十勝沖地震(深さ45km, M8.0)
- (2) 2004年紀伊半島沖の地震(深さ38km, M7.4)
- (3) 2009年駿河湾の地震(深さ23km, M6.5)
- (4) 2011年東北地方太平洋沖地震(深さ24km, M9.0)
- (5) 2011年岐阜県美濃東部の地震(深さ49km, M5.1)
- (6) 2012年スマトラ北部西方沖の地震(深さ57km, M8.6)
- (7) 2012年三陸沖の地震(深さ49km, M7.3)



地下水圧の変化は、地震発生後、数週間から数ヶ月後に変化のピークに達し、その後、地震前の地下水圧へと回復に向かう傾向を示している(竹内ほか,2015)。

## 幌延での観測例



地震発生時

東北地方太平洋沖地震などでの地震活動に伴って地下水位の変化が認められた(宮川ほか, 2011; 中山ほか, 2011)。この地下水位の変化は、比較的高い透水性領域において認められた。なお、水位は回復傾向を示している。

※なお、実際の地下深部の長期にわたる地下水の影響については、処分地選定調査段階において、地下水シナリオ等を用いて評価していくこととなる。

## ②津波

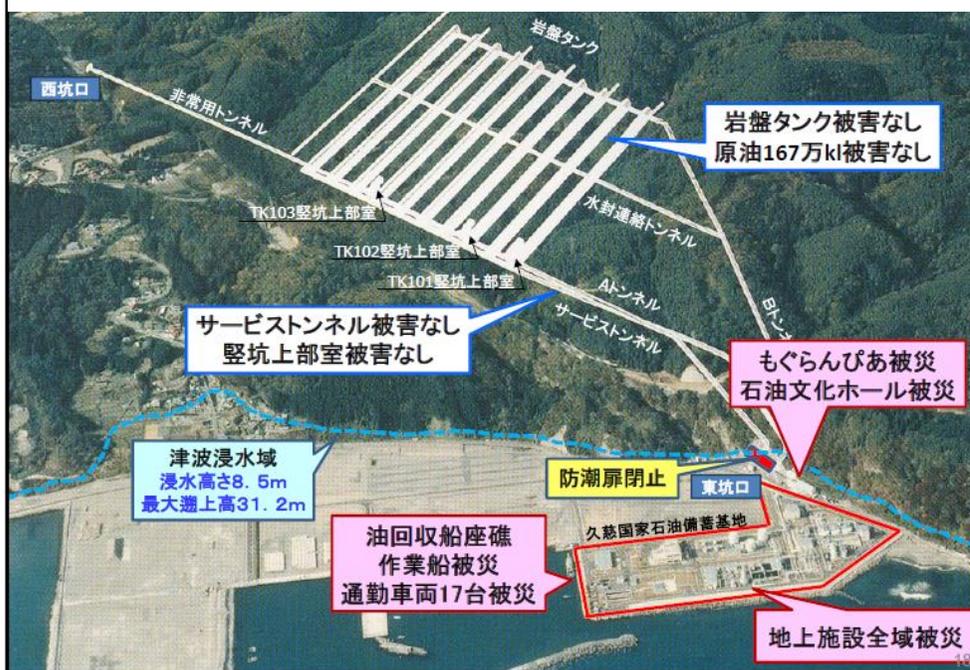
### <国民の主な関心事項>

- 津波の影響に係る要件・基準に係る要件・基準が設定されていないのはどうしてか。
- 津波のリスクを考えると、沿岸部はむしろ好ましくないのではないか

### 充実する説明のポイント

- 津波の対策としては、閉鎖前(数十年スケール)までに設置される施設(特に地上施設)において、耐津波対策をとることが必要と考えられる。具体的には、基本的に標高の高いところに地上施設を設置する、類似施設として原子力関連施設と同様の工学的対策をとることが必要となると考えられる。
- 処分場閉鎖後は、坑道が完全に塞がれることとなり、地下の処分場に津波の影響が及ぶことは考えにくい。

岩手県久慈国家石油備蓄基地における東日本大震災での被災状況



地上施設は被災したものの、地下岩盤タンクや地下設備に続くサービストンネル(防潮扉を閉止)は被害なし。  
(東日本大震災での久慈国家石油備蓄基地の被災状況と緊急措置(平成25年12月)より)

(出典)土木学会岩盤力学委員会HPより

[http://www.rock-jsce.org/index.php?plugin=attach&refer=%E5%B9%B3%E6%88%9025%E5%B9%B4%E5%BA%A6%E5%B2%A9%E7%9B%A4%E5%8A%9B%E5%AD%A6%E5%A7%94%E5%93%A1%E4%BC%9A%E8%AD%B0%E4%BA%8B&openfile=wadai131205\\_kuji\\_0.pdf](http://www.rock-jsce.org/index.php?plugin=attach&refer=%E5%B9%B3%E6%88%9025%E5%B9%B4%E5%BA%A6%E5%B2%A9%E7%9B%A4%E5%8A%9B%E5%AD%A6%E5%A7%94%E5%93%A1%E4%BC%9A%E8%AD%B0%E4%BA%8B&openfile=wadai131205_kuji_0.pdf)

# (参考) 原子力施設における基準津波及び耐津波設計方針

## ①津波波源の検討

- ・ 国内外の既往津波事例の調査
- ・ 起因別の津波波源の検討
  - プレート間地震、海洋プレート内地震、海域の活断層による地殻内地震、地すべり、火山現象
- ・ 波源のモデル化

## ②数値計算

- ・ 波源モデルによって海底地殻変動量から初期水位を設定
- ・ 海底地形、海岸地形等を考慮した数値モデルをもちいて津波の伝播を計算
- ・ 計算結果を既往津波の痕跡高と比較し、数値計算のモデルおよび計算手法の妥当性を確認
- ・ 複数の津波を作成し、施設への影響を評価

## ③基準津波の選定

【基準津波】施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがある津波

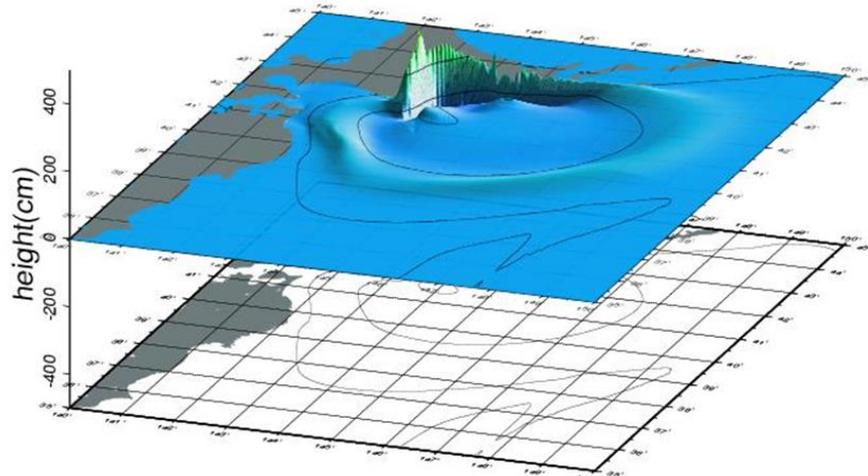
- ・ 施設への影響が最も大きい波源を選定
- ・ 敷地周辺の既往津波を超えていることを、歴史記録や津波堆積物などから確認
- ・ 行政機関による評価との比較
- ・ 反射波の影響をなくすために施設から離れた沿岸域で時刻歴波形として定義

## ④遡上・浸水域の評価、入力津波の設定

- ・ 基準津波、敷地周辺の陸域、海底地形を用いて遡上・浸水域を評価
- ・ 施設・設備の設置位置における時刻歴波形を設定

## ⑤耐津波設計

- ・ 敷地への流入防止
- ・ 漏水による浸水等の防止



津波の伝播の数値計算例：  
2003年十勝沖地震による津波のアニメーション

気象庁HP>知識・解説>津波発生と伝播のしくみ  
(<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/tsunami/generation.html>)より

石巻平野の津波浸水域における  
津波堆積物の調査の例→

十和田a火山灰の年代は915年  
(「新編火山灰アトラス」より)



### ③地下水

---

#### <国民の主な関心事項>

- 日本は地下水が豊富であり、安全に地層処分できないのではないかと。
- 塩水による人工バリアの影響を考慮すると、沿岸部は処分場としてふさわしくないのではないかと。

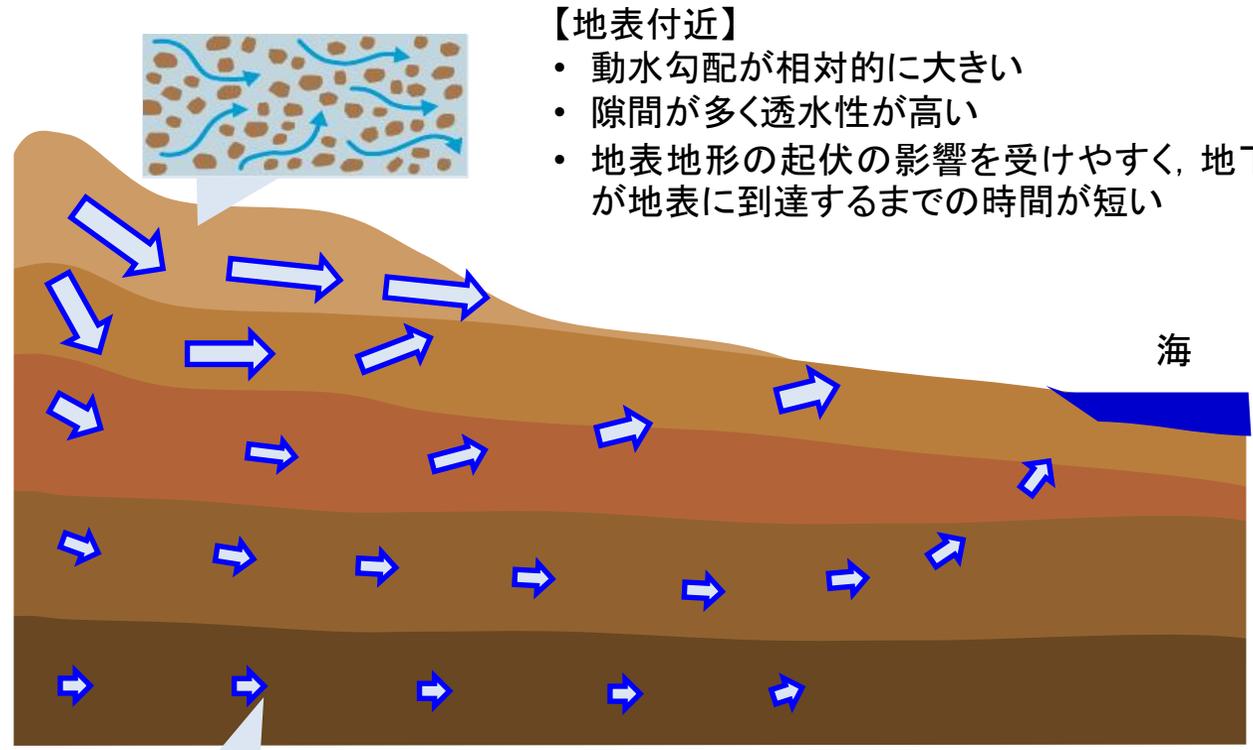


#### 充実させる説明のポイント

- 地下深部の方が地表面より地形勾配の影響を受けにくく、熱環境や化学場が地下水流動に与える影響が顕著に出ない場合であれば、地表と比較すると動水勾配が比較的小さい傾向がある。また、地層が緻密であるため透水係数が小さい傾向がある。これらにより、地下深部は地表より流速が遅い傾向にある。
- 地下深部で、数十万年程度以上動いていない地下水が確認される場合には、長期にわたって流動性が低く、拡散支配の場(元素の移動が遅い)であると期待される。
- なお、深部地下水の影響については、処分地選定調査段階で地下水の性状・挙動等を調査した上で、評価していくこととなる。
- 塩水の影響がある地域については人工バリアの特性(緩衝材における透水性の低下やオーバーパックの腐食等)に影響が出る可能性があるが、海水程度の濃度の塩水であれば工学的な対応は十分に可能である。

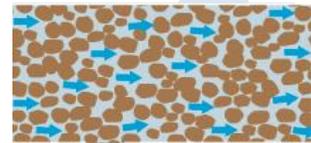
# 地表付近と地下深部における地下水流速の違い

地表付近と地下深部における地下水の流れ(模式図)



### 【地表付近】

- 動水勾配が相対的に大きい
- 隙間が多く透水性が高い
- 地表地形の起伏の影響を受けやすく、地下水が地表に到達するまでの時間が短い



### 【地下深部】

- 動水勾配が相対的に小さい。
- 緻密で透水性が低い。
- 地表地形の影響を大きく受けず、地下水が地表に到達するまでの時間が長い。

### 【沿岸部】

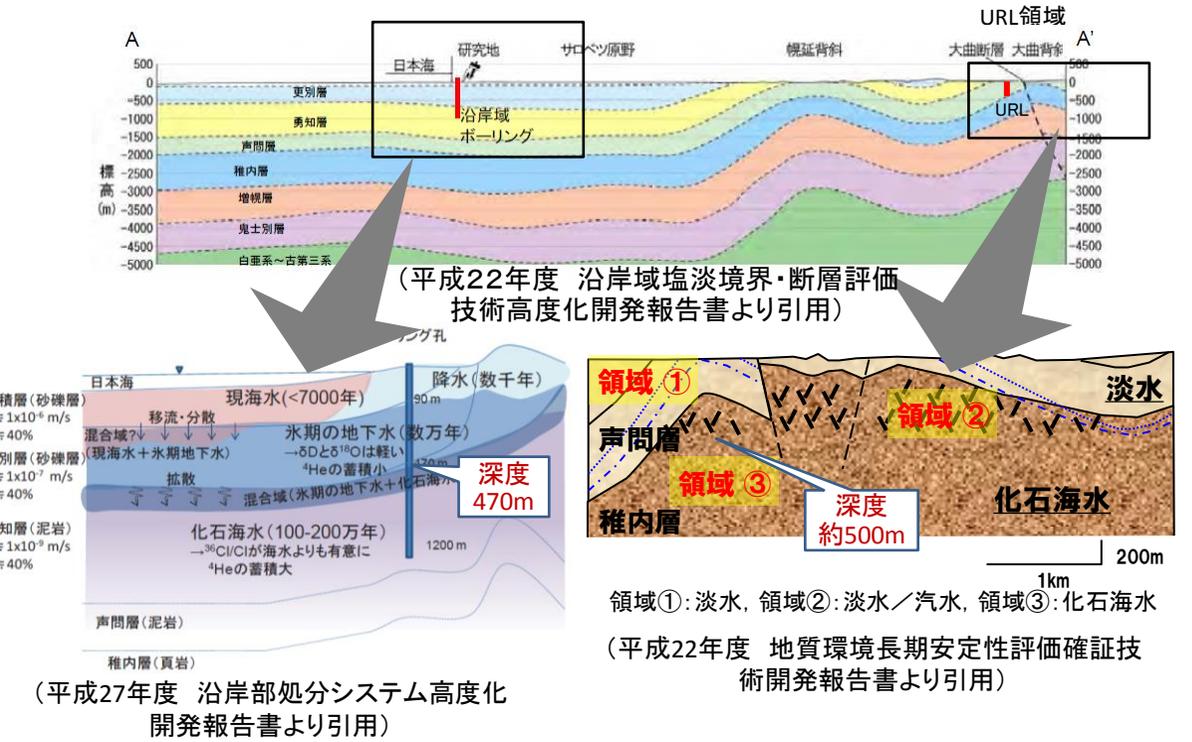
- 塩水は淡水より重いため、塩水が淡水の下に潜り込む形となる。
- 天水を起源とする地下水が到達しない領域では、地下水の流動が遅いことが推定される。

※なお、上記については一般的な特性であり、実際はそれぞれの地点の地質等に応じて変化する可能性がある。

# 古い地下水の存在について(幌延、横須賀の事例)

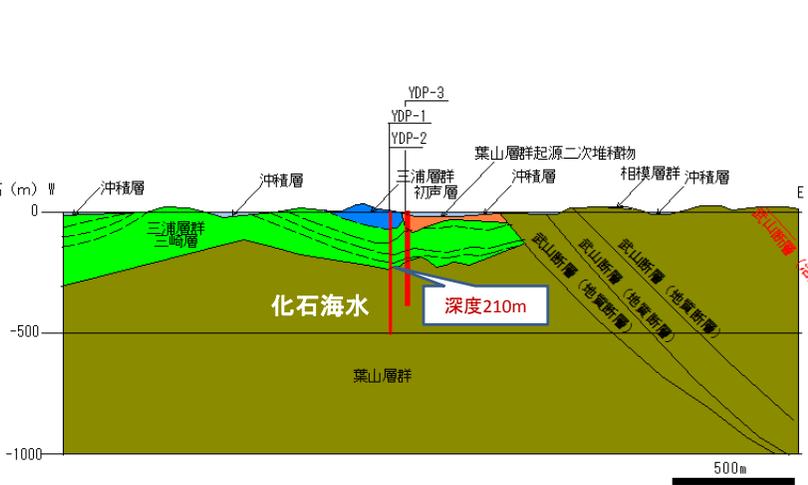
- 幌延では、約100万年以上前の化石海水(地下300m以深(幌延地下研究サイト付近)、470m以深(浜里))が確認されている。
- 横須賀では、約700万年前の化石海水(地下210m以深)が確認されている。

## 幌延の例 (100万年以上(幌延地下研サイト:地下300m; 浜里サイト:地下470m以深))



幌延地域における調査結果の例

## 横須賀の例 (約700万年(地下210m))



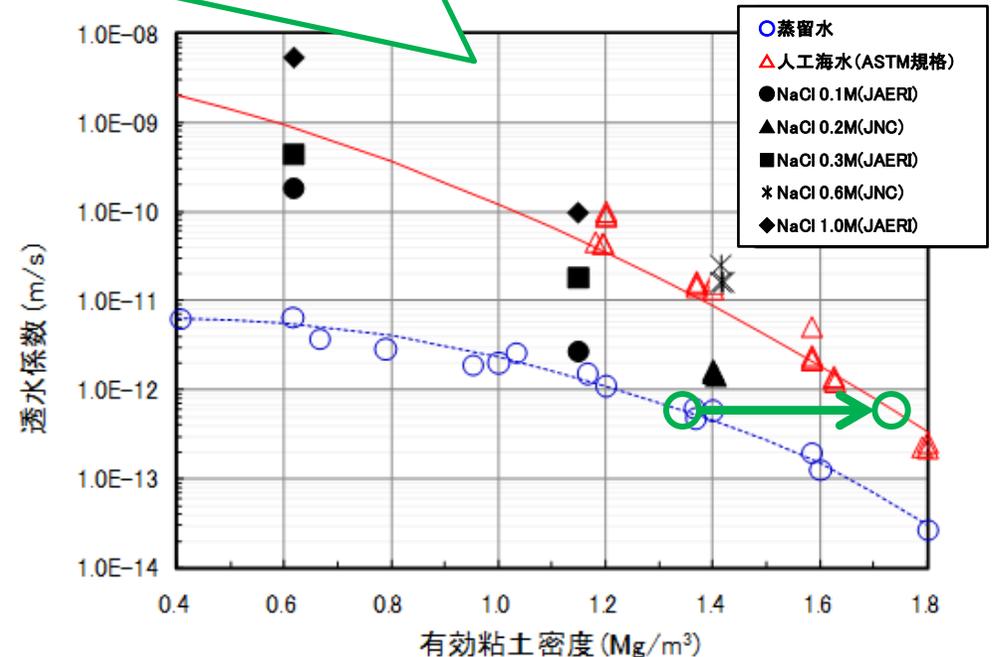
横須賀における調査結果の例  
(長谷川ほか, 2011)

化石海水の分布範囲は、当該地域の地層構造によって変わってくる。

# 塩水に対する工学的対策

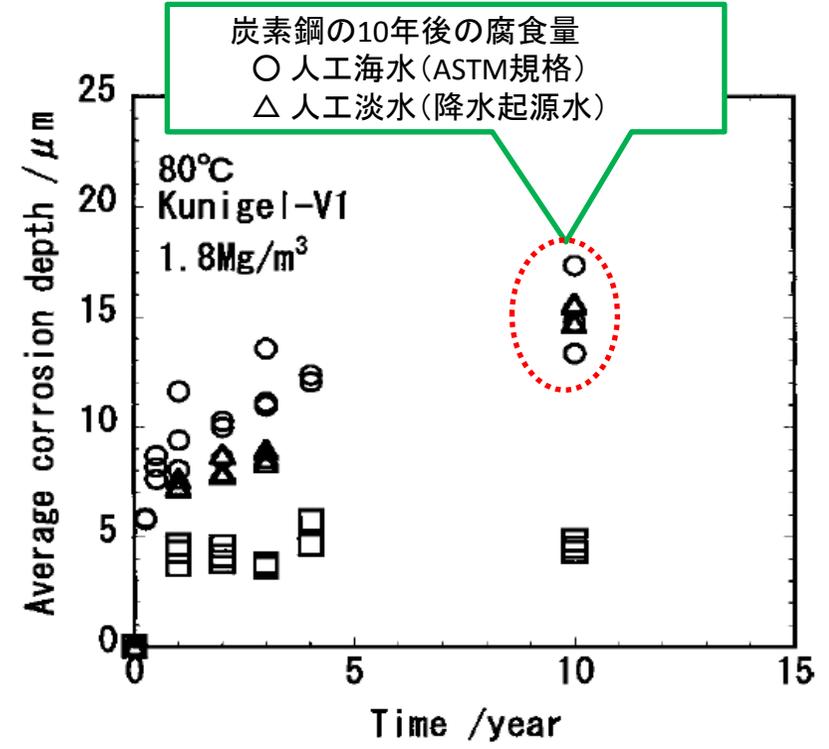
- 緩衝材は、塩水の影響により透水係数の増加や膨潤力の低下といった影響が懸念される。ただし、緩衝材中のベントナイトの有効粘土密度(※1)を高めるといった工学的対策で、必要な透水係数や膨潤力に調整可能。
- オーバーパックは、塩水への影響により腐食速度が増加するといった影響が懸念される。ただし、炭素鋼を用いれば、淡水とほぼ同等の耐腐食性能が期待できる。

第2次取りまとめで想定している緩衝材の透水係数である $4.5 \times 10^{-13} \text{m/s}$ にするための有効粘土密度は、蒸留水の場合は $1.35 \text{Mg/m}^3$ 程度、人工海水の場合は $1.75 \text{Mg/m}^3$ 程度。(ベントナイト混合量を増加させることで対応可能。)



ベントナイトの有効粘土密度と透水係数の関係に及ぼす塩分濃度の影響 (菊池ほか, 2003)

※1 有効粘土密度は、砂の体積を除いてベントナイトの乾燥密度を計算した値であり、乾燥密度やベントナイトの配合率にかかわらず、単位体積あたりのベントナイト量を統一的に評価できる指標



圧縮ベントナイト中での炭素鋼の腐食に及ぼす溶液条件の影響  
No.1:人工海水, No.4:人工淡水 (谷口ほか, 2010)

**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**

# マップ作成の作業方針について

- マップの提示を通じて、地層処分に関して我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という趣旨に照らして、作業方針について以下整理することとする。
  - マップとして、200万分の1の図を作成することとする。(異なる縮尺の地図を比較可能とするため、最も縮尺が小さいもの(200万分の1の図)に合わせる。)
    - (参考)データの縮尺について
      - 200万分の1: 【火山】日本の火山(第3版)、【鉱物資源】日本油・ガス田第2版、日本炭田図第2版  
【断層(海域)】日本周辺海域の第四紀地質構造図
      - 20万分の1: 【断層】活断層データベース  
【地熱活動、火山性熱水・深部流体】全国地熱ポテンシャルマップ  
【火砕流等】日本シームレス地質図
      - 座標データ: 【隆起・侵食】最近約10万年間の隆起速度の分布、  
【未固結堆積物】日本列島における地下水賦存量の試算に用いた堆積物の地層境界面と層厚の三次元モデル(第一版)
  - 基本的には陸域をマッピングの対象とするが、考慮すべき要素が海域にまたがる場合は、それを適切に反映させる。
  - また、マッピングは、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再度明確にした上で、
    - ✓ 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は、違いを適切に反映させる。
    - ✓ 地下環境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、観点の違いにより考慮すべきリスクが異なる点は、その違いを適切に反映させる。
    - ✓ リスクの程度が異なる場合は、その違いを適切に反映させる。

# ① 鉱物資源（油田、ガス田、炭田等）

今まで議論した要件・基準

## ◆要件

現在認められている経済的価値の高い鉱物資源が存在することにより、意図的ではない人間侵入等により地層処分システムが有する隔離機能や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

現在稼働中の鉱山あるいは残存鉱量が大きな閉山鉱山や未開発発見済み鉱床が存在する範囲  
(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

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（ただし、当該地域内においては、鉱物の存在が確認されていない範囲もあり、調査をすればそうした範囲が確認できうることに留意する必要がある。）

(利用可能な文献・データ：日本油田・ガス田分布図第2版(産総研,1976)/日本炭田図第2版(産総研,1973))

## <主な指摘事項>

- 炭鉱跡や廃鉱山の坑道を利用してはどうか。
- 鉱物資源の価値や地下空間の開発の経済的価値は時代によって異なることも踏まえて、将来の人間侵入リスクを考えるべきではないか。
- 金属鉱物についても避けるべきではないか。



- 埋設後の長期安定性に係る要素ではあるが、将来の人間侵入リスクに関するものであり、他の地球科学的要素とは性質が異なること等を意識的に伝えて行くことが重要ではないか。
- 特に、何が「有価物」であるかは時代や地域性によって異なる可能性があり、そうした不確実性も認識しつつ、現在の経済的価値が高いものは少なくともできるだけ避けようという議論が国際的になされている状況。
- そうしたことを踏まえて注意深くマッピングを行うためには、経済的価値を含めた考え方の精査を行うことが適当ではないか。

# 油田・ガス田の取扱いについて

- 日本油田・ガス田分布図第2版では、凡例のうち油田・ガス田について、生産している(もしくは過去生産していた)坑井が存在している場所、試掘時に油徴やメタンガス等が確認された坑井等が示されている。
- マップ作成にあたっては、「将来、採掘の蓋然性が高いもの」を用いることが適切であると考えられるが、これらを抽出するにあたっては、実際に経済的価値のある鉱物資源の存在が確認されているか(過去採掘実績があるか)否かに留意することが重要ではないか。

【凡例の例】

	推定・予想産油・産ガス地域(陸域)	}	油・ガスが産出される可能性のある地層が分布する範囲(新第三紀層が厚く分布する範囲等)
	推定・予想産油・産ガス地域(海域)		
	油田	}	生産している(もしくは過去生産していた)坑井が存在している場所、試掘時に油徴やメタンガス等が確認された坑井等
	ガス田(可燃性天然ガス)		
	ガス田(炭田ガス)		

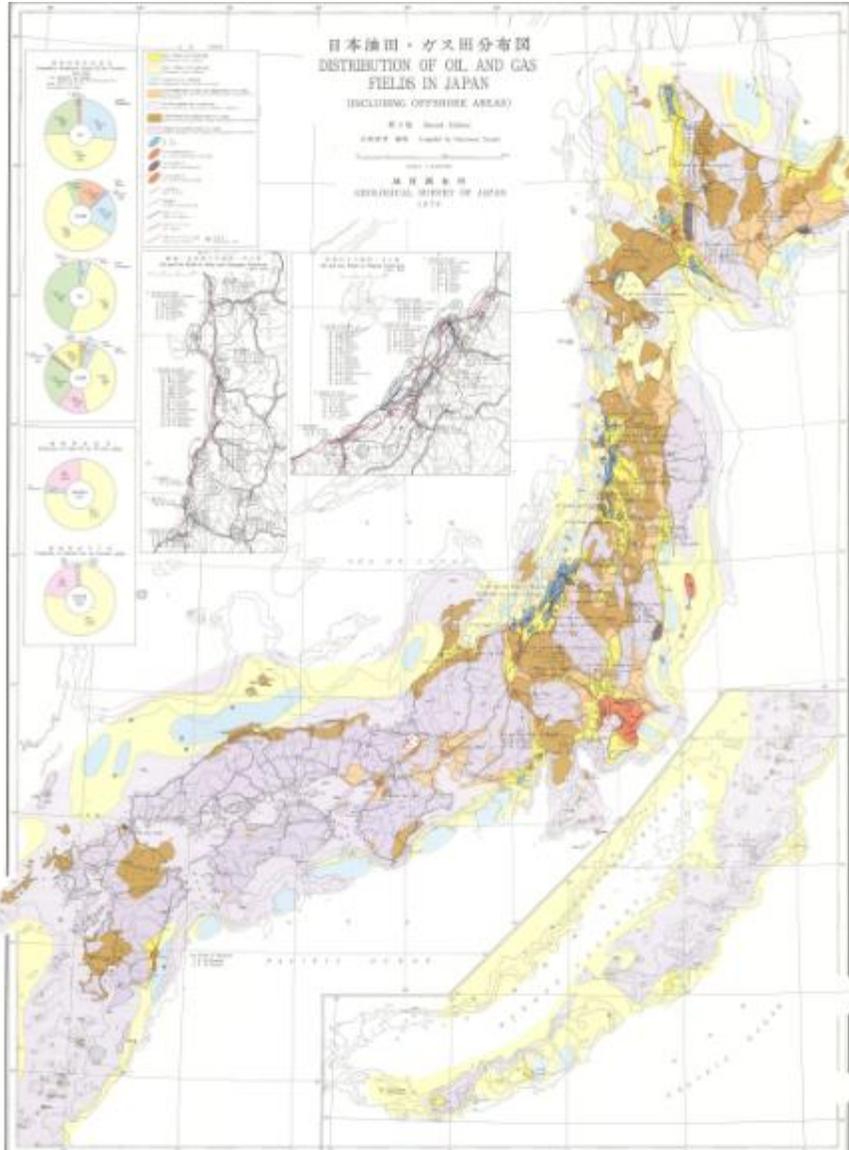


図 日本油田・ガス田図第2版(産業技術総合研究所,1976)  
クリエイティブ・コモンズ・ライセンス表示ー改変禁止2.1

# 炭田の取扱いについて

- 日本炭田図第2版において、主要な炭田が図示されているが、埋蔵炭量が円グラフとして図示されているものとされていないものが併記されている。
- マップ作成にあたっては、「将来、採掘の蓋然性が高いもの」を用いることが適切であると考えられるが、これらを抽出するにあたっては、実際に経済的価値のある鉱物資源の存在が確認されているか（過去採掘実績があるか）否かに留意することが重要ではないか。

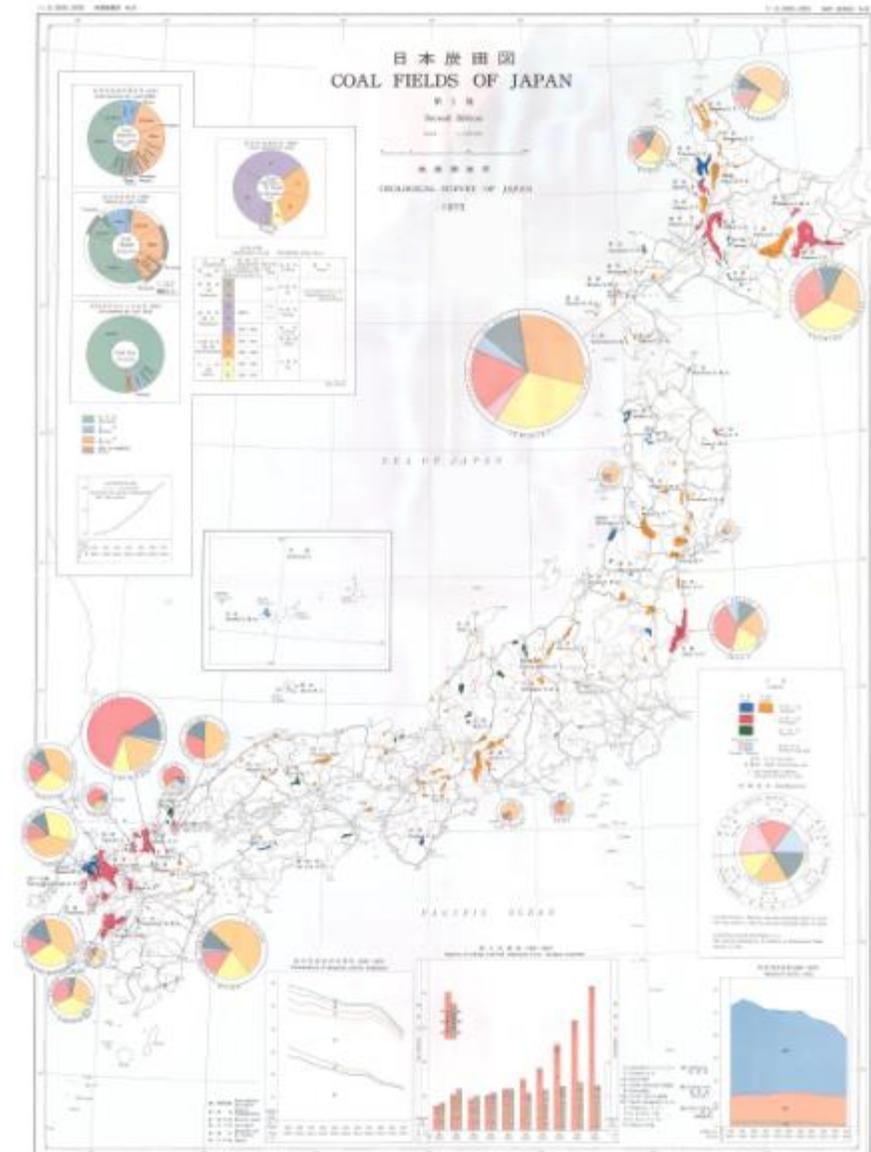


図 日本炭田図第2版(産業技術総合研究所,1973)  
クリエイティブ・コモンズ・ライセンス表示-改変禁止2.1

# 金属鉱物の取扱いについて

- 鉱床・鉱徴地分布図は、将来的な採掘の蓋然性に関わらず、地質図幅に記載された金属鉱物(注)・非金属鉱物・燃料鉱物の鉱床の位置情報を採録しデータとしてとりまとめたもの。

(注1) 金属鉱物については、錫・タングステン・銅・モリブデン・金・銀・硫化鉄・ウラン・クロム・ニッケル・アンチモン・鉛・亜鉛・ヒ素・水銀・マンガン・鉄・チタンが示されている。

(注2) 採録の対象は、2007年までに出版された5万分の1地質図幅、7万5千分の1地質図、20万分の1地質図幅。

①地質図幅の凡例表記から、採掘実績のある鉱山と読み取れるもの。

②他の文献の参照により、実績があると判断するもの

③採掘実績が無いと判断するもの

④地質図幅等からは判断できないもの

- マップ作成にあたっては、「将来、採掘の蓋然性が高いもの」を用いることが適切であると考えられるが、例えば、実際に経済的価値のある鉱物資源の存在が確認されているか(過去採掘実績があるか)否かに留意することが重要ではないか。

- ただし、点(座標)でしか表現できずエリアでは表現できないことに留意が必要。



図 鉱床・鉱徴データ(座標)を地図にプロットした例  
(※色の違いは、鉱物の種類の違いを表現するもの)

(出典)国内の鉱床・鉱徴地に関する位置データ集  
(産業技術総合研究所地質調査総合センター,2015)  
クリエイティブ・コモンズ・ライセンス表示ー改変禁止2.1

## ②未固結堆積物

今まで議論した要件・基準

### ◆要件

処分場の地層が未固結堆積物でないこと。

### ◆回避すべき範囲の基準

処分深度に第四紀堆積層のうち未固結堆積物層が分布する範囲  
(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

深度300 m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  
(利用可能な文献・データ : 日本列島における地下水賦存量の試算に用いた堆積物の地層境界面と層厚の三次元モデル(第一版)(越谷・丸井,2012))

### <主な指摘事項>

- 未固結堆積物について、地盤の力学特性で判断すべきではないか。
- 未固結堆積物について、必ずしも掘削が出来ないとは言い切れない。



- 埋設後の長期安定性の観点ではなく、建設操業期間中の話であることが伝わりにくい面があるのではないか。この点を明確にしていくことが重要。
- 固結度を年代により推定することの合理性についていくつか質問や意見が示されており(例えば、地質・物性で判断すべきではないか等)、この点について考え方を改めて整理することも重要。
- 建設操業時の話であるがゆえに、個別地点毎の工学的な対応可能性については、ある程度の柔軟性を持って考える余地があることは事実。この点をどう考えるか。

# 「未固結堆積物」と地質年代との関係

- 既存文献においては、「既往事例に示す更新世前期以前の粘性土は高強度で、地表面沈下を制御できている事例が多いのに対し、本報告の対象地盤である更新世中期以降になると、年代が新しいため、地山物性に明らかに差が見られ、地表面沈下など変位の制御が難しい地山条件となる（依田、2009）」とし、更新世中期以降の地層を未固結地山として捉えている。
- そのため、更新世中期以降（約78万年前以降）の地層は、未固結な状態の地層であることが推定することが可能ではないか。
- なお、2016年8月に改訂されたトンネル標準示方書によると、「未固結地山における施工例(下表)」が更に充実されており、未固結堆積層においても、工学的対策を採ることで施工可能となる事例が多数存在するため、調査すれば工学的対応が可能であることが確認できうると考えられることにも留意すべきではないか。

表7.4.1 未固結地山におけるトンネル施工例

トンネル名	地質	トンネル名	地質
滝沢(東北新幹線)	第四紀火山灰質粘土	高館(東北新幹線)	新第三紀鮮新世～第四紀更新世火山灰、砂、凝灰質砂、凝灰岩
柏木平(東北新幹線)	第四紀更新世火砕流、泥流堆積物	五戸(東北新幹線)	新第三紀鮮新世～第四紀更新世砂、粘性土
巻堀(東北新幹線)	第四紀砂、シルト	高丘(北陸新幹線)	新第三紀シルト
第一高岩(東北新幹線)	第四紀更新世谷底堆積物(未固結土砂)	飯山(北陸新幹線)	第四紀砂、砂礫、シルト、凝灰角礫岩
借宿(北陸新幹線)	第四紀更新世浅間火山軽石流堆積物	第1黒部(北陸新幹線)	低位開折扇状地堆積物、砂礫
八重原(北陸新幹線)	新第三紀鮮新世砂	第2魚津(北陸新幹線)	第四紀更新世玉石混じり砂礫、礫、砂、粘土
浅科(北陸新幹線)	第四紀更新世礫混じり火山灰質砂質土、粘性土	北山(国道455号)	緑色岩メランジュ、砂状～粘土状まき土
新俱利伽羅(西)(北陸新幹線)	新第三紀泥岩、砂岩、シルト岩	原町(常磐自動車道)	新第三紀鮮新世砂質土、砂岩
麦生田(九州新幹線)	第四紀更新世入戸火砕流堆積物(しらす)	卯辰(Ⅱ期)(金沢東部環状道路)	第四紀更新世砂、砂岩
第3薩摩(九州新幹線)	第四紀更新世入戸火砕流堆積物(しらす)	高瀬(宇都宮那須烏山線)	第四紀砂礫
第6薩摩(九州新幹線)	第四紀更新世入戸火砕流堆積物(しらす)	清水田島(金沢井波線)	第四紀更新世砂
所領第1第2(東名高速道路)	第四紀更新世ローム、スコリア、砂	北春日(京都第二外環状道路)	扇状地堆積物、段丘堆積物
平井(山陽自動車道)	第四紀更新世粘土質砂礫、新第三紀砂岩、礫岩	岸谷生麦(市道岸谷生麦線)	第四紀更新世シルト質細砂、シルト混じり細砂
霜降山(山陽自動車道)	崩積土砂(まさ土)	吉井(横浜横須賀道路)	粘性土、風化泥岩
		小路(第二京阪道路)	粘性土、砂質土、砂礫土

# ③輸送

今まで議論した要件・基準

## ◆好ましい範囲

港湾からの距離が短いこと(島嶼部を含む沿岸部(地下施設が沿岸海底下に設置される場合を含む)。港湾(海岸)からの輸送は20 km(10 km/h×2時間)程度より短い範囲に抑えることが好ましい)

### <主な指摘事項>

- なぜ沿岸から20km以内とするのか。それ以上の内陸となると候補地でなくなるのか。
- 勾配の急な場所は、トンネルや迂回路を設けて輸送することも考えられないか。
- 港から最終処分場まで、専用道路など安全な輸送ルート確保が必要になるのではないか。
- 他の要件・基準で好ましい範囲が設定できない中で、輸送のみで、「科学的有望地」とすべきではないのではないか。

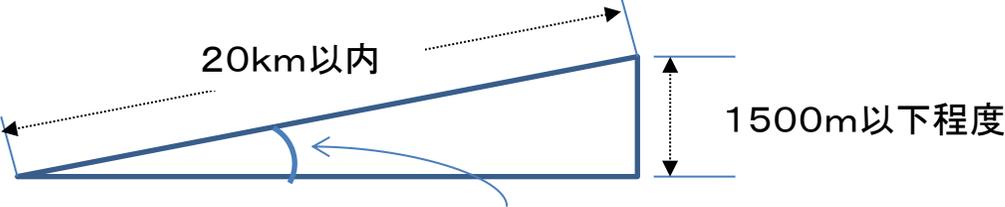


- 埋設後の長期安定性の観点よりも輸送の観点を優先させているわけではないことが伝わりにくい面があるのではないか。埋設後の長期安定性が最重要であり、その上で付加的な要素として輸送の観点も検討しているということを明確にしていくことが重要。
- 20kmという数字は絶対的なものではなく、具体的な輸送の可能性は個別地点の地形等に依存することや、将来の工学的な対応可能性等についてはある程度の柔軟性を持つて考えることができるということが必ずしも伝わっていない面がある。この点を明確にしていくことが重要。
- 地形等に依存するということを分かりやすく伝える観点からは、例えば、勾配等の地形上の制約を考慮して現時点の要件・基準を精査することとしてはどうか。

# 輸送

- 海岸から20kmは絶対的なものではなく、目安であることをマップ提示の際にも的確に伝えていくことが重要ではないか。
- 輸送については、迂回等しても20km以内の距離で到達できる場所に限定する（沿岸から20km以内の地域であっても、標高1500m以上の場所は除く）としてはどうか。

- 運搬車両の許容最大勾配で20km進んでも達しない標高以上を除外
- 運搬車両の許容最大勾配
  - ※輸送実績があり現実性が高い車両の値を用いる
  - 車両:約7.5%（鉄道:約3.5%） ※第14回技術WG資料2, 3
  - 約7.5%で20km進んでも到達できない標高は約1500m以上

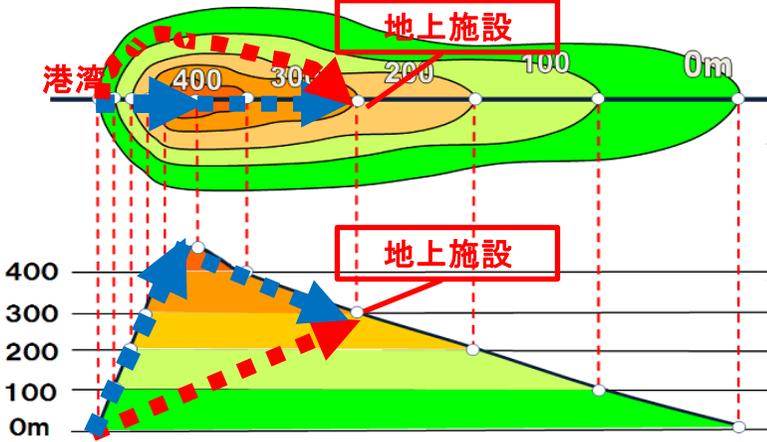


※厳密には車両の走行距離は斜路の延長(上記三角形の斜辺)であるが、斜路と水平面の角度が小さいため、水平面に投影した距離とほぼ同じである。

※なお、標高のデータについては、国土数値情報(国土地理院)のメッシュ(1km四方)のデータで用いることとする。

■勾配が緩やかであることは？

最短経路(図の青太点線)ではなく迂回経路又はトンネル(図の赤太点線)であれば、勾配を緩くできる。ただし、建設費等が増大する可能性がある。迂回経路の場合は経路長が長くなり、20kmを超える可能性がある。



「国土地理院ホームページ>子供のページ>等高線 <http://www.gsi.go.jp/KIDS/KIDS07.html>」に加筆