

第5回神恵内対話の場

次 第

1. 日 時：2021年12月9日（木）18：30～

2. 場 所：漁村センター

3. 議 題：

（1）前回の振り返り

（2）運営委員会の検討結果

（3）文献調査について

・グループワーク

（4）地層処分のリスクと安全対策について

以 上

第5回 対話の場を始めましょう

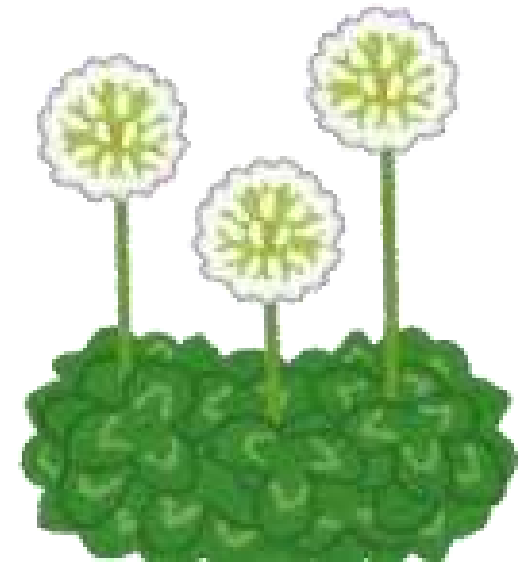


今日もご参加いただき
ありがとうございます

本日のメンバーのご紹介

今日の流れ

- ファシリテーターの立ち位置の確認
- 対話の場の約束の確認
- 幌延見学会の報告
- 運営委員会の報告
- 前回の振り返り
- 今日の問いかけ
- まとめ



ファシリテーターの 立ち位置の確認

NPO法人

市民と科学技術の仲介者たち

モットー

- 私たちは、市民が科学技術を良く知り、**正しく恐れる**活動に関わります。
- 私たちは、科学技術問題を扱う場の**仲介者**として、企画と進行を**お世話**します。
- 私たちは、予め答えが決まっている場には関わりません。
- 私たちは、何らかの答えを誘導するような行為には関わりません。

私たちは誰のためにここにいるのか？

私たちは、

対話の場に参加してくださっている皆さん
神恵内村に心を寄せてくださっている皆さん
将来世代の皆さん

のために、この場にいます。

対話の場の約束



みなさんには、「対話」をしていた
だこうと思って、お集まりをいた
だきました。色々な立場の方の、それ
ぞれの声を、大事にする場を作りたい
と思います。



言い争いや分断は避けたいと思いま
す。みなさんが安心して話ができる
ように、ご協力をお願いします。

対話の場の約束

- お互いの意見に耳を傾けましょう。
- みなさんの声を聞きたいので、1人の人が長く(5分くらい)話していたら、ファシリテーターが止めることがあります。
- 人の話を否定するのはやめましょう。
- ここで話された内容を、ここ以外の場所で話すときには、個人を特定できないようにご注意ください。



この進め方でよろしいですか？

ご要望があれば修正します。

幌延見学会の報告

前回の振り返り

幌延見学振り返りシート

そもそも幌延ってどんな施設？

- 地層処分の技術に関する研究をしている
- 正式名称：
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構核燃料
バックエンド研究開発部門 幌延深地層研究センター
- 深い地層に関する研究センターは、日本に2つ
北海道/幌延(堆積岩の地層を調べる研究センター)
岐阜県/瑞浪(結晶質岩の地層を調べる研究センター)

第一段階

概要調査の段階
掘る前に色々調べる

平成13年3月調査開始

第二段階

穴を掘っての調査研究
(350mまで掘った)

第三段階

地下施設での調査研究
(この先500mまで掘る)

今は第3段階の途中！
2028年まで続く予定

北海道(幌延/神恵内)の地層の状況は？

幌延は堆積岩の地層。神恵内にある水冷破砕岩は、堆積岩と火山岩の両方の性質を持っている。その組み合わせが地層処分施設を作った時にどうなのかについて、これから評価していく。

神恵内の地質は水冷破砕岩だと聞いた。
それは地層処分にふさわしくないと聞いた。
神恵内と幌延を比べて何が違うのか？

岩盤は【地上に見られるもの】と【地下深くにあるもの】で性質が違うため、それぞれ調べてみたいとわからない
幌延の岩盤は隙間がなかったと思う。泥岩と言われるもので、時代的には神恵内と大体同じ。新第三紀中新世(約500～2300万年前)のもの。
地下深部では強い土圧がかかって拘束されているので地表とは異なります。また、地表では風化されていますが地下ではそれがありません。なお、調べるというのはボーリング等による調査が必要になるので、文献調査の段階ではない。

神恵内は、地質的には水冷破砕岩と言われているが、
同じような地質の場所での研究はある？

- 水冷破砕岩は北海道の南西部に分布している。北海道新幹線のトンネルの現場でも、比較的地下深いところの水冷破砕岩で掘削している例があり、そこでトンネルを作った際の資料は参考になっている。
- 豊浜トンネル(の事故)について(地質学の立場から)論文が出ているので、それも収集している。
- 海外でマグマ起源の岩盤に処分を考えている国にはフィンランド、スウェーデン、韓国、台湾等がありますが、水冷破砕岩を対象とした研究を実施したという話は聞いていません。

青函トンネルと地質は違う？

青函トンネルの地層は凝灰岩とあり、火山灰が降り積もって固まったものです。

科学的特性マップ、積丹から15km以内が特性がないって。積丹岳で噴火はいつ頃あった？積丹岳の状況が分からなくて教えてほしい

- 200万年前に噴火したという論文があり、それ以降は噴火した証拠がない。

幌延は、いわゆる“核抜き条例”で放射性物質を入れていないが、実際に核のゴミが入るなら放射線が出る。
どのように調査研究するのか？



- 幌延は放射線物質は使っていないが、物質がどのように移動するか、(放射性物質を)使わずに必要な試験をやっている。幌延では例えば地下水の流れを研究することで多重バリアの性能評価を研究開発している。
- 放射性物質を用いてその影響を与えるか実験できる施設は幌延にはないが、JAEA東海などの研究機関で研究を進めている。

●(核のゴミは危険なので、機械が人の代わりに働くだろう)人がいなくてもできる実験開発は進んでいますか？
●実際に埋め戻し作業をするときは(放射線量が高いため)人が入れない状態で作業をする。無人で作業をする環境を確認するような実験はしていますか？



放射性物質に
関わること

今、幌延ではやっていない。海外や他の産業では研究開発が行われていて、それを参考にして技術開発を進めている。

セキュリティってどうなっているの？



- 一番進んでいるフィンランドのオンカロ：まだ掘削の段階で、放射性物質持ち込む段階ではないが、セキュリティは厳しかった(施設への出入り、本人確認、写真の禁止など)
- 北欧は使用済燃料の直接処理のため持ち込む物質にウランやプルトニウムが含まれている。そのためウランやプルトニウムをテロリストが狙う可能性があるから、守る意味でのセキュリティが高い。
- 日本では六ヶ所所持っている再処理をしているため、ガラス固化体の中の放射性物質は核爆発するような状態ではなく、そこまでセキュリティを強固にする必要はない。

神恵内と寿都以外にも新たに手をあげている場所はあるのか？

現時点ではありませんが、複数の箇所にご応募いただきたい。これからも、全国的な関心を高めていくことは継続していきたい。

他の候補地

地層処分に対するネットニュースでのコメントで南鳥島というところが 処分候補地として名前が上がっている。これって本当？

- 南鳥島が候補地になっているということはない。
- 研究者がプレート（地殻）として安定しているのでは、あそこが適しているのでは？と言ったから候補地として噂されているのでは？ニュース等で聞くことはありますが、所轄の自治体のご了解なく調査することはありません。

誘致からの流れってどんなものだったの？

交付金に対する費用対効果は？



聞けなかった～

梶延町が毎年1回広報誌を出している。そこに記事を掲載している。それが参考になるかと。

梶延で文献/概要/精密調査で何をやったか?神恵内の文献調査と同じ?



←梶延の第一段階は、概要調査(第一段階の前に文献調査を行った)
続く第二・第三段階が精密調査に当たる。
神恵内では概要調査には入っていない。文献調査の段階

どういう風に掘り下げていくの？

- 地道に掘る！(ちょっと掘ったらコンクリで固める、その繰り返しイメージ)
- 作業足場を作って、ダイナマイトを機械で仕掛けて、発破して、バックホウ(機械)で掘削した岩などを外に搬出する(ダイナマイトの火薬は、ほんの少し)
- 立坑(縦の穴)は重力に逆らうから、足場を組まないといけない！



どういう構造になっているの? 300m掘って落盤とかしないの?

- 圧力と岩盤の強さを計測し、支保工(金属の枠)で補強して落盤しないようにしている。堆積岩に開いていうと花崗岩と違い方向性がある。崩れやすい方向があるので、それを考慮しながら設計する。
- 水平にボーリングして先の方がどうなっているのかを調べ、弱い部分には金属の枠をたくさん補強する。それでもダメならロックボルト(四角いびょう)を打つ。たくさん水が出るなら穴を掘ったりして水を抜く。
- これ以外に、計測機器を入れている穴もある。



赤い金属が
支保工と
ロックボルト

300mより深くなると、温度・地下水・地圧などはどうなるの？

上へ上がる事はあっても、下に
下がる事はない・・・下に行くと
身体はどう変化するの？



体感的には地上
と変わらない！



- 梶延は地下水にメタンガスが溶け込んでいる地層なので、掘り進めるとメタンガスが出てきたり粉塵が発生するので安全対策を講じている。見学時のように安全に歩けるまでに、様々な過程を経ている。

昨日実際にオーバーバックと緩衝材、見て触って、感動した!!
NUMOさんが今考えている人工バリア+天然バリア。科学者が考えていても、
具体的な方法が、まだ決まっていないことに驚いた

- 多重バリア(人工+天然)
で閉じ込めと隔離を行うという考えは変わらないが、具体的なバリアの仕様は決まっていない。
- 立地によって地質の条件が異なることや、進められている研究開発の調査によって、具体的な仕様を検討していく。



注意※天然バリア：地下深くの環境

※人工バリア：緩衝材・オーバーバック・ガラス固化体

人工バリア
ガラス固化体(真ん中の黒いもの)
オーバーバック(黒を包む金属)
緩衝材(周りのブロックのようなもの)

幌延に行ってみての感想

感想、来てみてよかった!見れた、説明を聞いた、地下の状況を理解できた

幌延の施設がこれからの基盤になるのかな?と実感。文献調査の後、概要調査になる・・・基盤があってこれから進んでいく。そのための大切な施設だなと思った。

地層研究に一生懸命取り組んでいて安心。でも地層処分はまだまだ準備段階なんだなと思った。

"日本の技術がすごいなと。換気から、酸素も送らないと出し、水も出るし...。換気から吸気から(技術がないと地下に送れない)。それで入ったら地上と変わらない...すごいなあ"

今まで幌延の研究施設、漠然としたイメージだった。もっといろんな人が来てイメージしてほしい。

幌延の施設、この実験施設が最終処分場になるのでは?という不安があった。でも規模感を知る→納得された人もいた。丁寧に説明をすることが大切。みんな一人ひとり当事者。NUMOさん大変だと思うが一人でも多くの人に議論に向き合ってもらえるようにしていただけたら

幌延に実際に行く前は、少ししか知らなかった。実際に潜ってみて、350mのところ、実際の岩盤を見れるところがあった。びっしり詰まっていた。圧力がかかって固くなっている岩盤を目で見て知れてよかった。地下に降りて地下の状況を肌で感じられてよかった

幌延は20年も前にできたそう。今回のように来てみたいとわからないことがたくさんあった。神恵内にこういうことが無ければ来なかった...説明、もうちょっと自分のペースで見たかった

地下300mって貴重な体験!怖いというイメージだったが、あの広さと安全性、気温や気圧も含め地下に対する恐怖感がなかった。できれば地上で説明を聞く→ゆっくり考える時間があり→地下にいけたらよかった。でもこのような施設で知ることができて、感動した!

早く500mまで掘ってその調査研究を知りたい!前例がないって不安

村民アンケートの実施について（案）

1. 目 的

- 村民のみなさまの地層処分事業に対する疑問や不安を把握し、対話の場におけるテーマや実施内容の参考とする。

2. 発信者

- 対話の場 事務局（NUMO）

3. 方 法

- 無記名で回答できるハガキを NUMO が全戸に配布。（対話の場の結果周知等の全戸配布に併せて全戸に配布する。）
- ハガキを NUMO 神恵内交流センターへ郵送

4. アンケート例

⇒別紙

以 上

1. 地層処分にに関するテーマのうち、特に関心があるもの
3つに○をつけて下さい。

回答欄	項 目
	地層処分事業の概要
	地層処分のリスクと安全対策
	長期的安全性を評価する方法
	海外の状況
	文献調査の状況（神恵内の地質・地盤など含）
	放射線の人体への影響
	地域振興策
	風評被害対策
	交付金

2. 視察のご希望について

- (1) 行きたい 行きたくない
- (2) 場所 幌延深地層研究センター
青森県六ヶ所村（日本原燃再処理施設）

3. 専門家に聞いてみたい事はありますか

- (1) ある ない
- (2) 内容（ある場合）
（ ）

【自由記入欄】

- 地層処分事業や対話の場について、疑問・不安・心配・懸念・期待などがあれば、ご記入ください。

※ 特定の個人や団体を誹謗・中傷する内容はご遠慮下さい。また、個人を特定できる情報が記載された場合は、その情報を伏せた形で公開いたします。

--	--

文献調査の進捗状況 について (神恵内村)

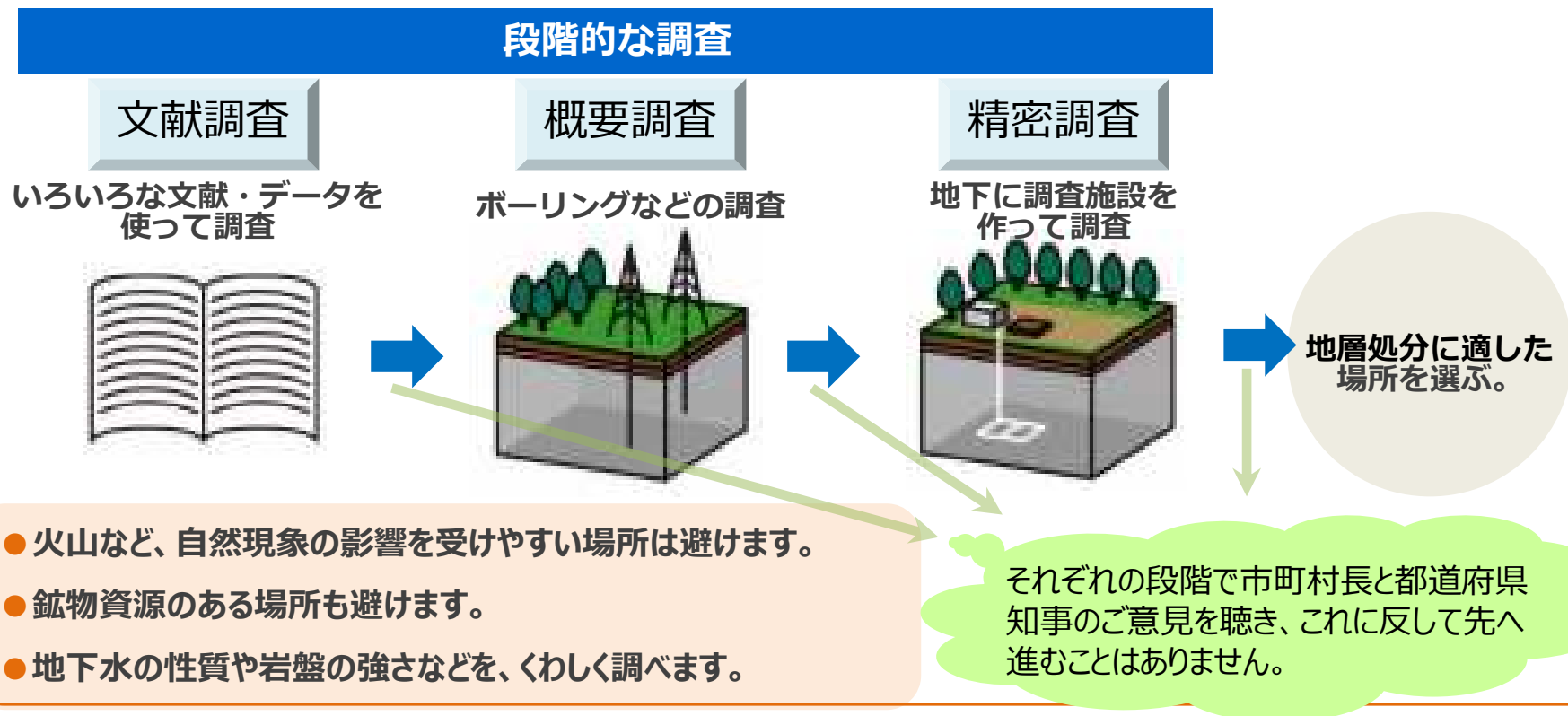
2021年8月5日

原子力発電環境整備機構 ニューモ (NUMO)

文献調査とは？

段階的な調査を行います。

- 段階的な調査を行いながら、慎重に地層処分に適した場所を選びます。
- 調査期間中は、放射性廃棄物は一切持ち込みません。
- それぞれの調査の完了後には、調査内容をまとめたものを公表します。仮に次の段階の調査に進む場合には、市町村長と都道府県知事の意見を聴き、これに反して先へ進むことはありません。



文献調査ってどんな調査？

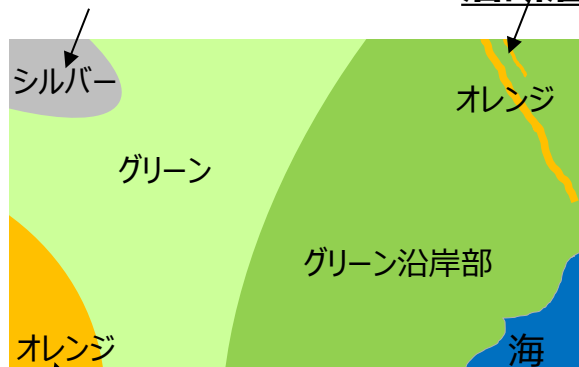
- 文献調査では、地質図や鉱物資源図などの地域固有の文献・データを調べます。

科学的特性マップ^① (全国一律に評価)

- ◆ 既存の公開された全国規模で整備された文献・データを利用
- ◆ 一定の要件・基準に従って、全国地図の形で示したもの

石炭、ガスなどの資源

活断層



火山など

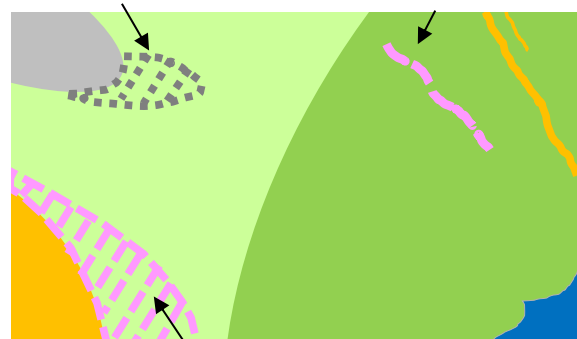
文献調査

(地域の文献・データによる調査)

- ◆ 全国規模で整備された文献・データに加えて、地質図などの地域固有の文献・データを利用
- ◆ 明らかに処分場に適当でない場所を除外
- ◆ 周辺の活断層などのデータも分析

地域の文献・データで把握される鉱山跡地

地域の文献・データで把握される活断層などの分布



地域の文献・データで把握される詳細な火山の分布

机上調査です。

- ボーリングなどの現地作業は行いません。



地質図をPC画面で見ているところ



地質図を机上に広げて検討しているところ

「文献・データの収集」の途中です。

●収集し、必要な情報を抽出・整理しています。

文献調査計画書「4 文献調査の進め方」などより

（１）文献調査の開始

文献調査の計画を公表するとともに、地域のみなさまにご説明し、調査を開始します。

（２）文献・データの収集

地質図や学术论文など、必要な文献・データを収集し情報を整理します。この際、科学的特性マップの作成に用いられた全国規模で整備された文献・データの最新版に加え、文献調査対象地区に関連した文献・データを収集し、ひとつひとつ詳しく調べていきます。

（３）文献・データに基づく評価

収集した文献・データを用いて、火山や活断層などによる地層の著しい変動がないなどの文献調査で評価する要件に従って、評価を実施します。さらに、どの地層がより好ましいと考えられるかなどの技術的観点からの検討、土地の利用制限などの経済社会的観点からの検討も実施します。地層処分の仕組みや文献調査の進捗などについて、「対話の場」などで地域のみなさまにご説明します。

（４）報告書の作成

文献調査で評価した結果や、文献調査の次の段階である概要調査地区の候補について、「対話の場」などで地域のみなさまにご説明します。また、報告書を作成し公告・縦覧するとともに、あらためて地域のみなさまにご説明する機会を設け、ご意見を伺います。

必要な情報を抽出・整理しながら収集します。

まず、主な文献・データ

(国の調査機関、学会などによりまとめられた図面など)



- 文献・データを収集します。
- ひとつひとつ詳しく調べます。
- 必要な情報を抽出します。
- 抽出した情報を分類・整理します。
(同じ断層に関する情報に分類など)



不足している必要な情報を把握します。



文献・データの
範囲を広げます。

(学術論文など)



収集した主な文献・データ

項目	収集した主な文献・データ（上段：科学的特性マップの作成に用いられたもの、下段（黄色）：地域固有のものなど）
火山・ 火成活動 など	- 日本の火山（第3版）（産業技術総合研究所地質調査総合センター，2013） - 日本の第四紀火山カタログ（第四紀火山カタログ委員会，1999） - 全国地熱ポテンシャルマップ（産業技術総合研究所地質調査総合センター，2009）
	- 日本の火山データベース（産業技術総合研究所地質調査総合センターウェブサイト） - 札幌地熱資源図（地質調査所，2001） - 日本列島におけるスラブ起源水の上昇地域の分布図（風早ほか，2015）
断層活動	活断層データベース（産業技術総合研究所地質調査総合センターウェブサイト）
	- 活断層詳細デジタルマップ〔新編〕（今泉ほか編，2018） - 新編日本の活断層（活断層研究会編，1991） 50万分の1活構造図「札幌」（地質調査所，1984） - 日本被害地震総覧599-2012（宇佐美ほか，2013） - 日本周辺海域の中新世最末期以降の構造発達史「付図 日本周辺海域の第四紀地質構造図」（徳山ほか，2001）
隆起・ 侵食	日本列島と地質環境の長期安定性「付図5 最近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編，2011）
	- 日本の海成段丘アトラス（小池・町田編，2001） - 日本列島における侵食速度の分布（藤原ほか，1999） - 日本の地形2北海道（小疇ほか，2003）
鉱物資源	- 日本油田・ガス田分布図（第2版）（地質調査所，1976） - 日本炭田図（第2版）（地質調査所，1973） - 国内の鉱床・鉱徴地に関する位置データ集（第2版）（内藤，2017）
	- 鉱物資源図「北海道（東部・西部）」（地質調査所，1996） - 北海道金属非金属鉱床総覧Ⅰ、Ⅱおよび説明書（地質調査所，それぞれ1963、1963、1967）
未固結堆 積物、 地質・地 質構造、 項目共通	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）
	5万分の1地質図幅「古平（附 幌武意）」および説明書「古平および幌武意」、同図幅および説明書「茅沼」など（北海道開発庁，それぞれ1955、1952） 5万分の1地質図幅および同説明書「余別および積丹岬」、「神恵内」など（北海道立地下資源調査所，それぞれ1979、1980） 20万分の1地質図幅「岩内（第2版）」（地質調査所，1991） - 日本地方地質誌1北海道地方（日本地質学会編，2010） - 沿岸の海の基本図「神威岬」（海上保安庁，1979） - 北海道電力株式会社泊発電所の新規制基準適合性に係る審査会合資料（原子力規制委員会ウェブサイト）

文献・データとは？

- 国の研究機関、学会などによりまとめられた図面など
- 学術論文など

**国の研究機関、学会などにより
まとめられた図面など**

以下に例を示します。

地質図の例

●地質の種類や年代を示したもの



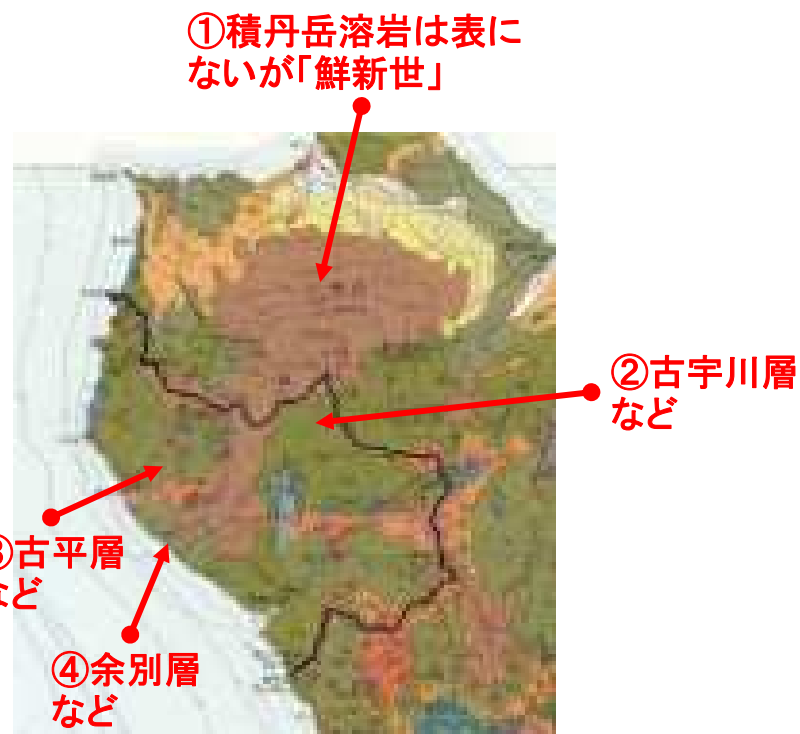
20万分の1地質図幅「岩内（第2版）」（1991）より一部抜粋に加筆、
産業技術総合研究所地質調査総合センターウェブサイト > 地質図カタログ
> 20万分の1地質図幅 > 北海道北部
https://www.gsj.jp/data/200KGM/JPG/GSJ_MAP_G200_NK5420_1991_200dpi.jpg

地質図とは、表層の土壌の下にどのような種類の石や地層がどのように分布しているか、を示した地図です。



地層が重なる順序や年代を整理した表の例

時 代		中 央 道 北 部 地 区	
		積丹半島 部	余別・積丹半島
約 1 万年前	更新世	野 塚 層	野 塚 層
約180万年前 (※)	鮮新世	金 剛 層	④ 金 剛 層
約530万年前		金 剛 層	金 剛 層
約2300万年前	中新世	金 剛 層	尾 根 内 層
	中新世 - 古新世	古 宇 川 層	② 古 宇 川 層
		③ 古 平 層	— ？ —
		古 平 層	— ？ —
		古 平 層	— ？ —



※第四紀及び更新世の始まりは1991年当時は約180万年前とされていたが、現在では約260万年前とされている。

20万分の1地質図幅「岩内（第2版）」(1991)を基に作成（層序表は同図第1表から一部抜粋）
 産業技術総合研究所地質調査総合センターウェブサイト > 地質図カタログ > 20万分の1地質図幅 > 北海道北部
https://www.gsj.jp/data/200KGM/JPG/GSJ_MAP_G200_NK5420_1991_200dpi.jpg

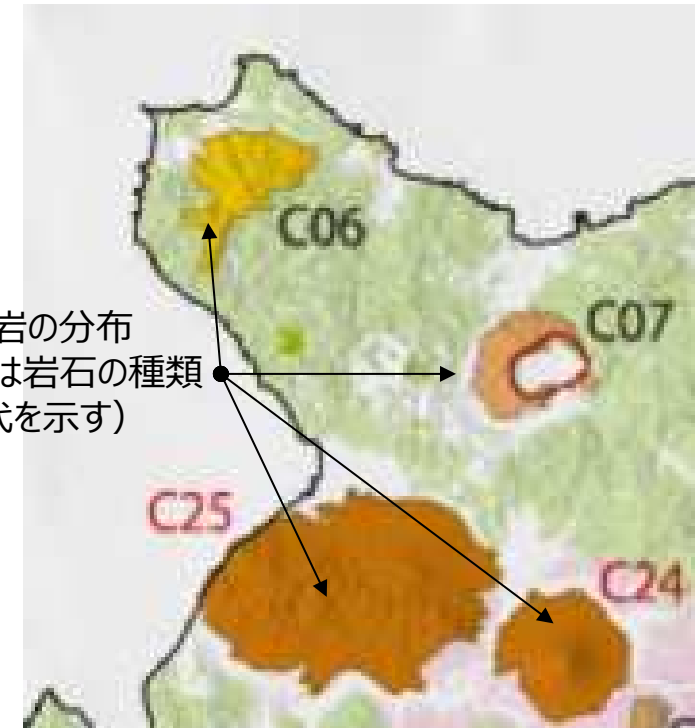
火山に関する文献・データの例

日本の火山データベース(産業技術総合 研究所地質調査総合センター)

- 溶岩などの火山岩の分布や過去の活動、
火山の型式などが示されています。
- 扱った論文などもリスト化されています。

産業技術総合研究所 地質調査総合センター ウェブサイト
日本の火山 > 第四紀火山 > 地域選択 > 地域 北海道中部-道南
https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat_Vol/Japan_retto/map2.html
などを抜粋 (2021年7月)

火山岩の分布
(色は岩石の種類
と年代を示す)



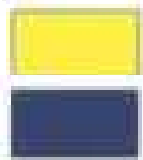
火山番号	C06	C07	C24	C25
火山名	積丹岳	赤井川カルデラ	羊蹄山	ニセコ・雷電火山群
活動年代・ 最新活動年	約250万～ 200万年前	約170万～130万年前	遅くとも5万年前以降。最 新の噴火：約2,500年前	約200万年前以降、最新 の噴火：約6,000年前。
火山の型式・ 構造	複成火山	複成火山-カルデラ	複成火山、火砕丘、溶岩 ドーム	複成火山、溶岩ドーム
主な岩石	安山岩	安山岩、デイサイト、流紋岩	安山岩、デイサイト	安山岩

鉱物資源に関する文献・データの例

鉱物資源図 北海道(東部・西部)(地質調査所, 1996)

- 金属鉱物などの鉱種、鉱床タイプ、
鉱床の規模などが示されています。

鉱種 Commodity of minerals:



金 Gold (Au), 黄鉄鉱 Pyrite (Py),
硫黄 Sulfur (S)

鉛 Lead (Pb), 亜鉛 Zinc (Zn)

鉱床タイプ Type of deposits:



Hydrothermal vein (HIV) 熱水性鉱脈



Strata-bound (ST) (including Kuroko-
Cyprus-types, and sublimation sulfides)

層状鉱床 (黒鉱、キプロス型や昇華硫黄を含む)

Py硫化鉄

Pb鉛、Zn亜鉛、
Ag銀



産業技術総合研究所 地質調査総合センター ウェブサイト
地質図Navi (<https://gbank.gsj.jp/geonavi/>)
を用いて描画、抜粋 (2021年7月) に一部加筆

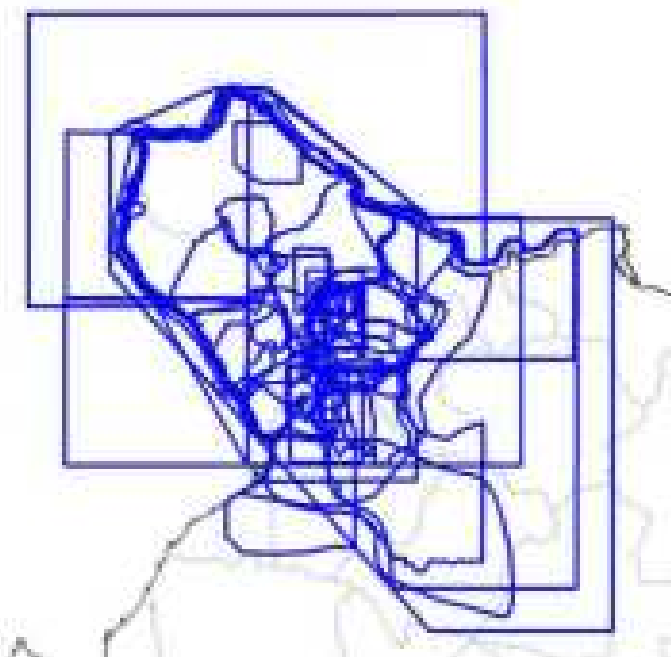
学術論文など

検索した例を示します。

学術論文などの検索例

地質文献データベースGEOLIS(産業技術総合研究所地質調査総合センターウェブサイト)

※青枠は各文献が対象としている範囲



産業技術総合研究所 地質調査総合センター ウェブサイト 地質図Navi (<https://gbank.gsj.jp/geonavi/>) を用いて、検索、描画 (2021年7月)

今後の予定

- 文献・データの収集、情報の抽出・整理を進めます。
- それらに基づき、文献調査で評価する要件に従った評価などを実施します。

ご清聴ありがとうございました。

地層処分の リスクと安全対策 について

2021年12月9日

原子力発電環境整備機構 ^{ニューモ} (NUMO)

ガラス固化体はどこにあるの？

- ガラス固化体は、青森県六ヶ所村の貯蔵管理センターなどに、約2,500本が保管されています。
- 作ったばかりのガラス固化体は、強い放射線を出しています。
- 強い放射線は、人間にとって危険なものですが、厚さ2mくらいのコンクリートがあればさえぎることができます。



高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター
(青森県六ヶ所村)

日本にどのくらいあるの？

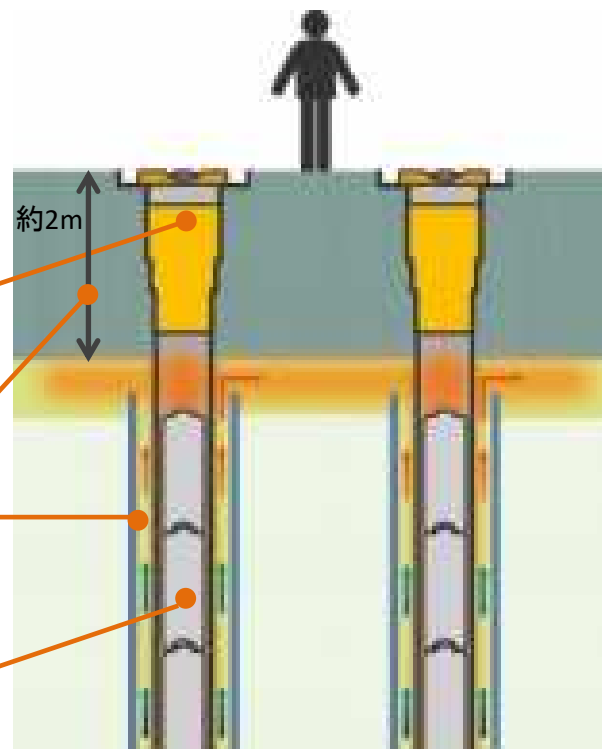
ガラス固化体としては約2,500本、ガラス固化体になる前の使用済燃料を含めれば約26,000本相当が国内にあります。

頑丈なふたをしている

厚さ約2mの
コンクリート製の床

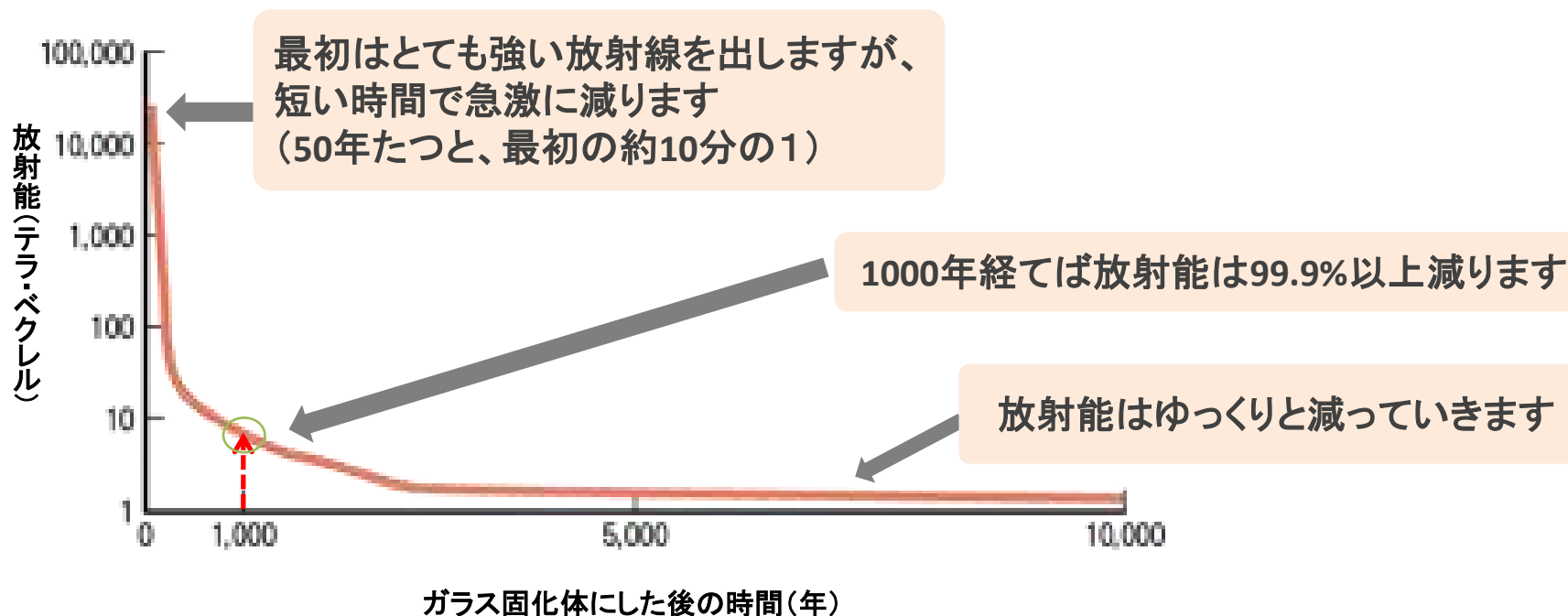
熱を逃し、冷たい空気を
流して温度を管理している

ガラス固化体が
縦に9つ入っている



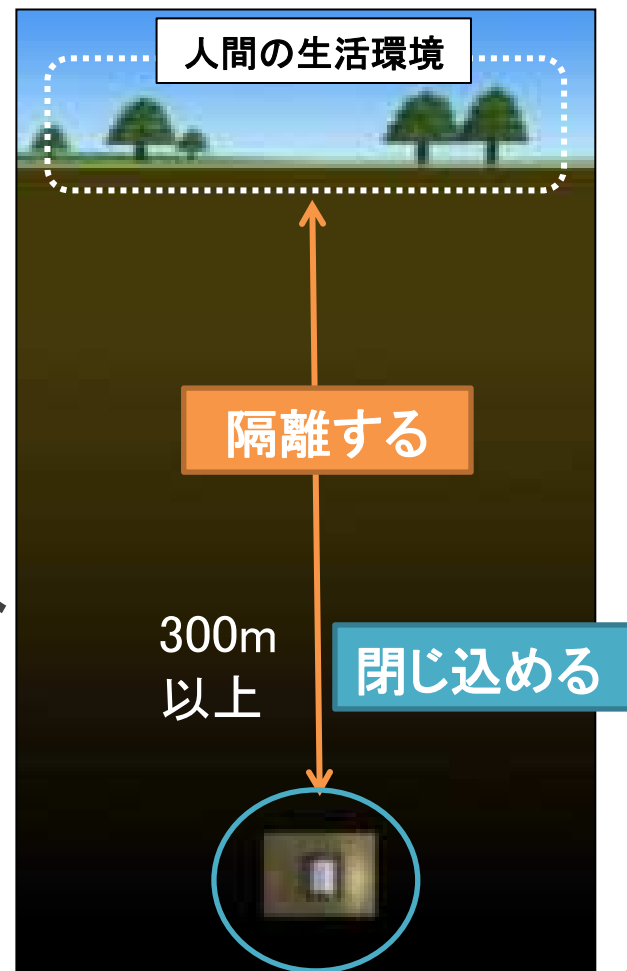
ガラス固化体の放射線が減るには、 どれくらいの時間がかかるの？

- はじめのうちは、たいへん強い放射線を出しますが、放射能(放射線を出す能力)は、最初の1000年間で急激に弱くなり、99パーセント以上失われます。
- その後、放射能は、数万年かけてゆっくりと減っていきます。



ガラス固化体は、 ずっと貯蔵管理センターに置いておくの？

- ガラス固化体は、数万年以上の長い間、人の生活環境に影響がないように、人の住む環境から遠ざけなければなりません。
- 貯蔵管理センターでは、30年～50年の間保管して、ガラス固化体の熱を冷まします。
- その後、人が管理しなくても長期間の安全が確保できる、地下300m以上深い場所に処分する必要があります。



どのように処分するの？

- 日本や世界では、様々な方法を検討した結果、地下深く安定した地層(日本では地下300m以上深く)に埋めることにしています。
- これを、**地層処分** といいます。

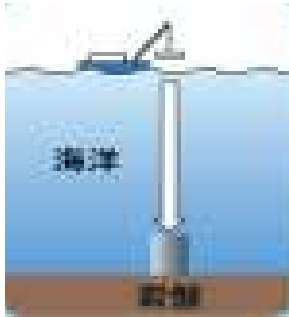
宇宙に持っていく



失敗した時の被害が大きい



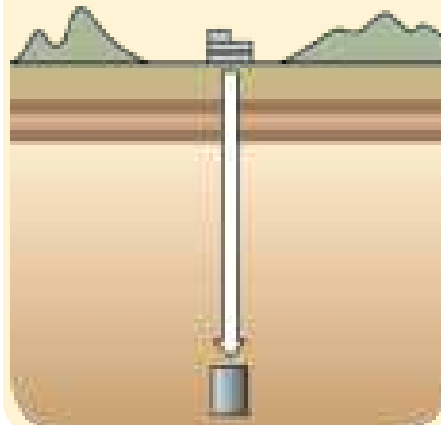
海に棄てる



国際条約で禁止



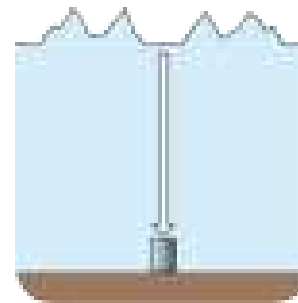
地下深くに埋める



地層処分

地層の性質を利用する

南極の氷の下に埋める



国際条約で禁止



地上施設で
管理し続ける

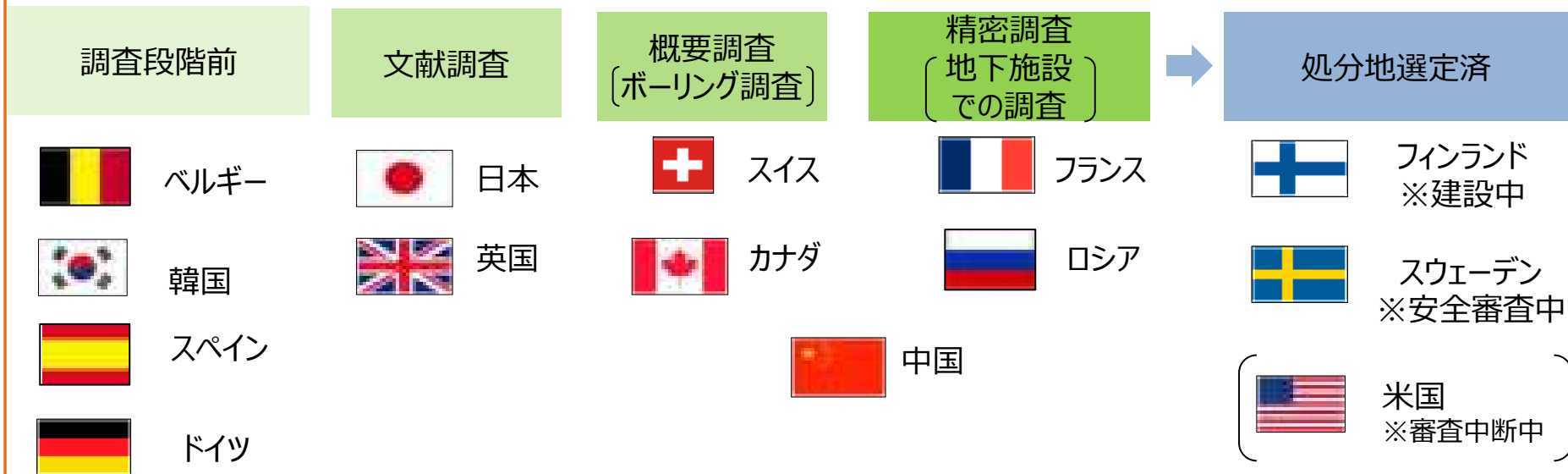


長い間、人の管理が続く
自然災害に弱い



外国ではどうしているの？

- 日本以外の国々も、高レベル放射性廃棄物の地層処分を進めるために、取り組んでいます。
- スウェーデンやフィンランドでは、すでに地層処分する場所が決まっています。フィンランドでは建設中です。



※前回(10月15日)資料にロシア・中国の進捗を反映

地層処分って、どうやるの？

- ガラス固化体自体も人工バリアです。
- ガラス固化体を、鉄の入れ物と粘土でおおいます。
- 地下300m以上深くの、安定した岩盤の中に埋めて、私たちの生活環境から遠ざけます。

放射性物質をしっかりとおう

人工バリア

ものを閉じ込める力
を持つ地下に埋める

+

天然バリア

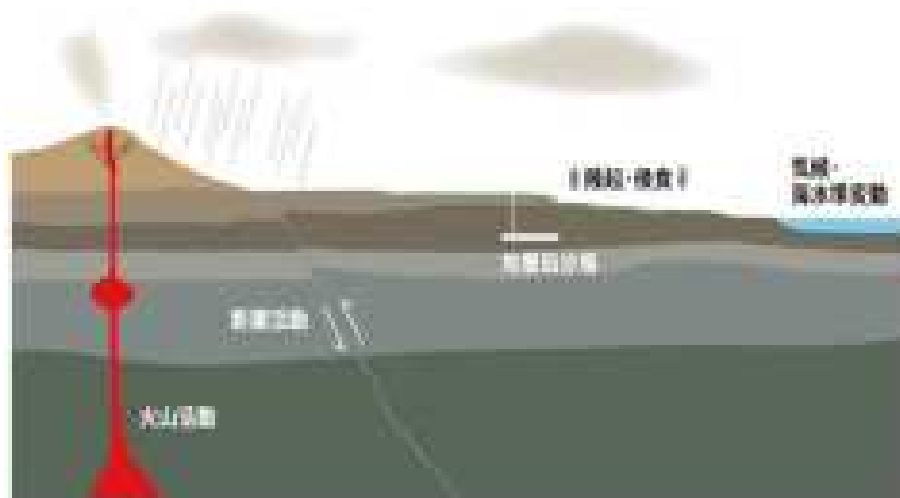


数万年以上にわたる期間の安全を「閉じ込め」と「隔離」により確保します

「閉じ込め」と「隔離」がきちんと機能するために何に気をつけないといけないの？

地層処分を行う上で考慮すべき地質環境

- 地下深部は一般的に安定した環境ですが、安全に地層処分を行うためには、個別地点において詳細に調査し、火山や活断層を避け、地温や地下水などの地質環境特性が好ましい場所を選び、設計などと合わせて総合的に評価することが必要です。



火山や断層に近いところなどは避ける

地温が低い、水質が酸性でない、
地下水の動きが緩慢
といった場所を選ぶ

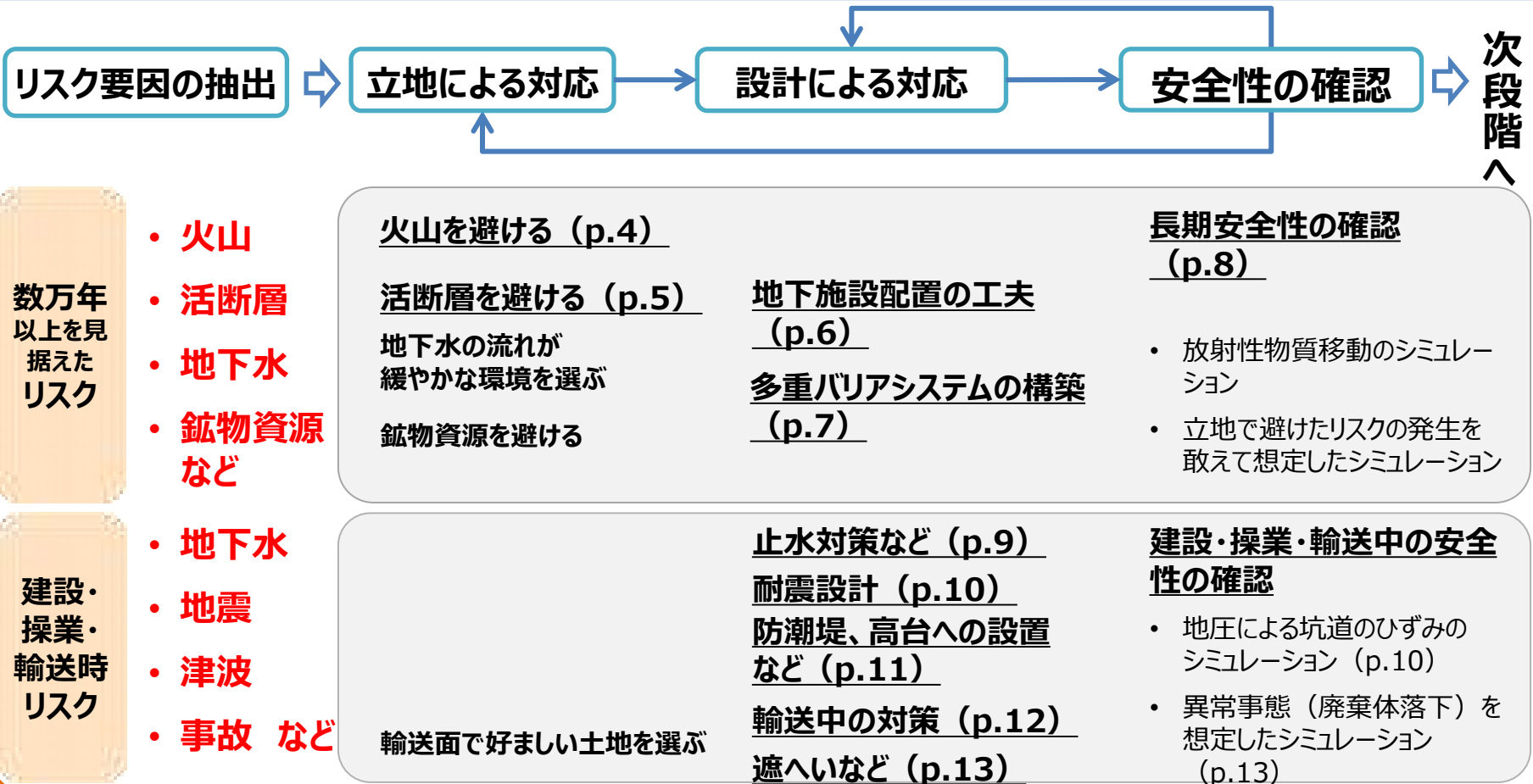


具体的にどのような安全対策を行うの？



地層処分のリスクと安全対策の考え方

- 数万年以上にわたる期間の「閉じ込め」と「隔離」機能に対するリスク要因を抽出して、そのリスクを小さくできる対応策を実施し、安全性を確認します。
- 建設・操業・輸送時のリスクに対しても、様々な対策を実施し、同じようにその安全性を確認します。



火山活動のリスクにはどう対応するの？



数万年以上を見据えたリスク(火山)

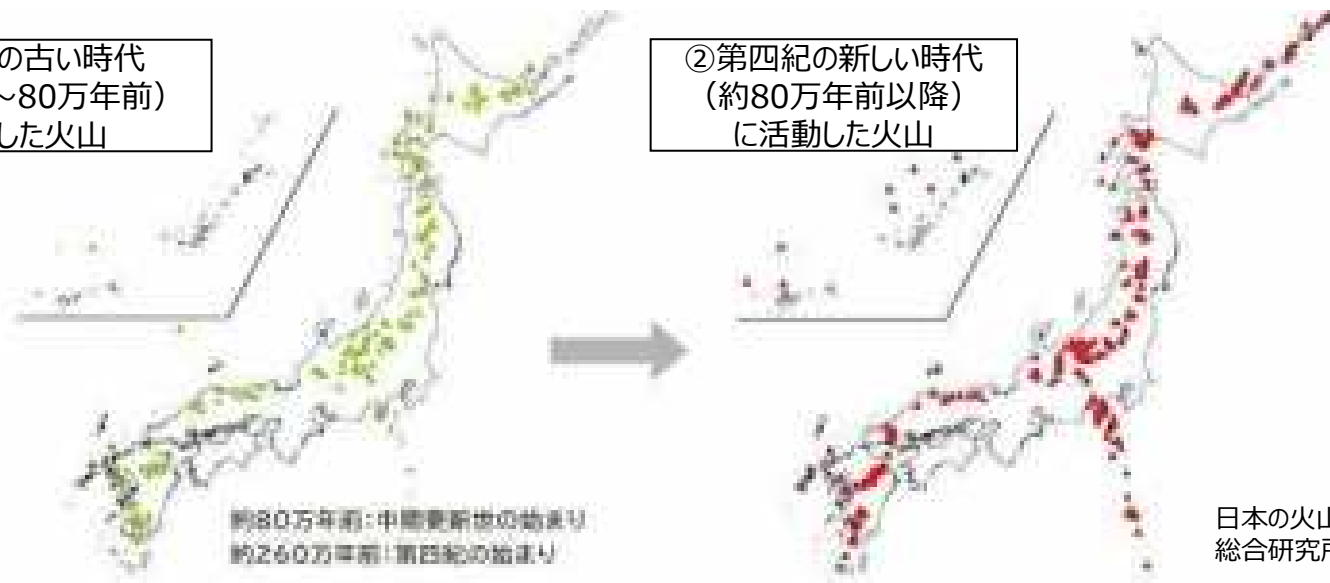
- 火山活動によってマグマが処分場を直撃すると、処分場の隔離機能等が失われる可能性があります。
- 火山活動が起きる地域は特定の地域に偏っており、その傾向は数百万年の間ほとんど変化しておらず、将来もほとんど変化しないと考えられます。
- このような場所を避けて立地することで火山のリスクに対応します。

火山活動が起きる地域は過去数百万年の間ほとんど変化していません。

(注) ここでは一例として、現在を含む地質学的な時代である第四紀をその中の時代区分で概ね二分
(①約260万～80万年前と②約80万年前以降)

①第四紀の古い時代
(約260万～80万年前)
に活動した火山

②第四紀の新しい時代
(約80万年前以降)
に活動した火山



日本の火山(第3版)(産業技術総合研究所)に基づき作成



数万年以上を見据えたリスク(活断層)

- 断層活動で処分場が破壊されたりすると、処分場の閉じ込め機能が失われる可能性があります。
- **断層活動は特定の地域に偏り、数十万年にわたり同じ場所で繰り返し起きており、将来も同様と考えられます。**
- このような場所を**避けて立地**することで断層活動のリスクに対応します（隠れた活断層は概要調査以降で確認）。

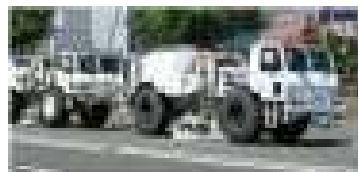
断層活動は過去**数十万年にわたり同じ場所で繰り返し起きています。**



出典：活断層データベース（産業技術総合研究所）
<https://gbank.gsj.jp/activefault/>

活断層の調査

①物理探査

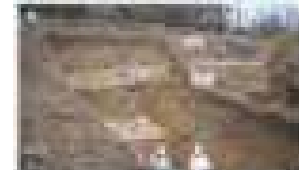


写真提供：地球科学総合研究所 H P

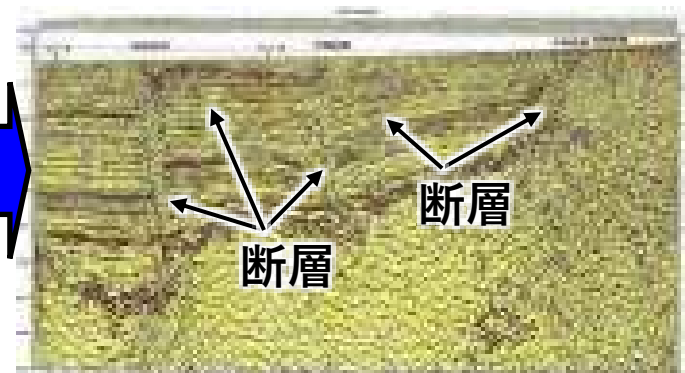
②ボーリング調査



③トレンチ調査



(遠田ほか,2009)

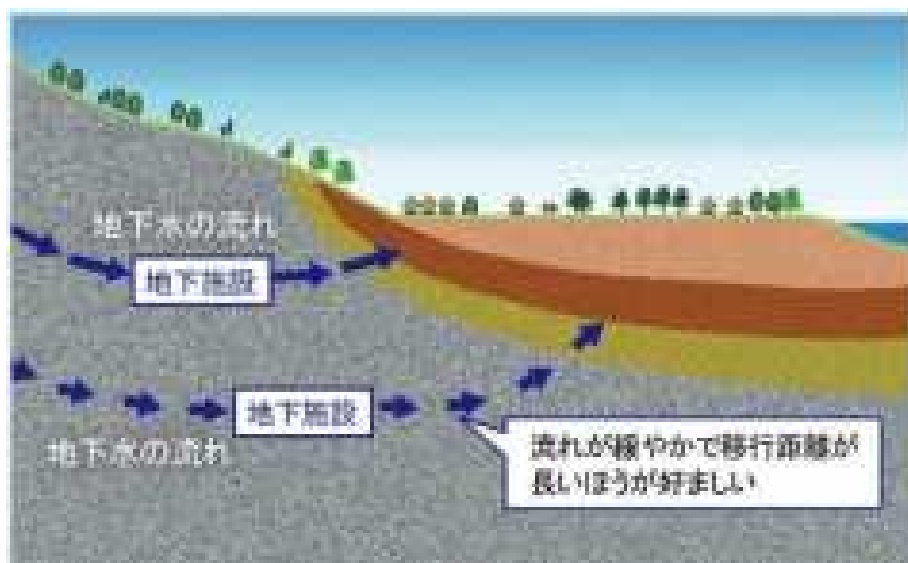


出典：産業技術総合研究所地質調査総合センターウェブサイト
<https://www.gsj.jp/publications/actfault-eq/h8seika.html#nara>

地下水のリスクにはどう対応するの？

数万年以上を見据えたリスク(地下水①)

- 地下水の流れが速いと、流れに乗って、ものが運ばれるため、地下深部が有する閉じ込め機能が低下する可能性があります。
- **地下水の流れが緩やかである場所を選び**、地下水を通しやすい断層などを避けてガラス固化体を埋設します。
- その他、水質や温度など閉じ込め機能に影響を及ぼす特性を調べ、より好ましい場所を選びます。



地下水の流れを考慮した地下施設配置のイメージ



断層などを避けたガラス固化体の埋設のイメージ

地下水のリスクへの対応はそれだけで大丈夫？



数万年以上を見据えたリスク(地下水②)

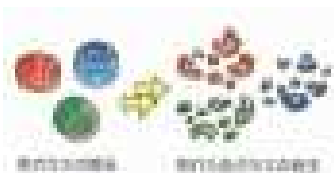
- 地下水によるリスクに対しては、更に、複数のバリア機能によって物質の移動を遅らせて、放射性物質を長い期間にわたって地下深部に閉じ込めます。

<人工バリア>

<天然バリア>

① ガラス固化体

物質を閉じ込める性質を有する
ガラスに放射能の高い廃液を
溶かし合わせ固化したもの



安定して放射性物質を
閉じ込める

ガラス固化体が地下水に触れて
放射性物質がガラスとともに溶け
出すとしても、

**全てのガラスが溶けるには数
万年以上の長い時間が必要**

② オーバーパック

放射能レベルが高い間、
地下水との接触を防ぐ
(少なくとも1000年以上)

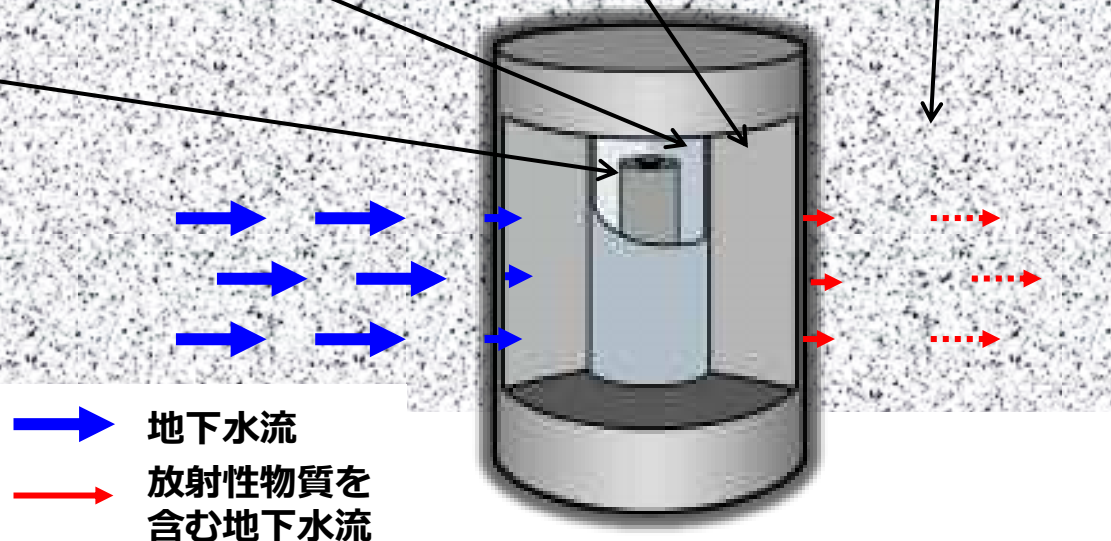
③ 緩衝材

水を容易に通さない

④ 岩盤

水を通しにくいいため、地
下水の流れは非常に遅

放射性物質の移動には長い時間がかかる



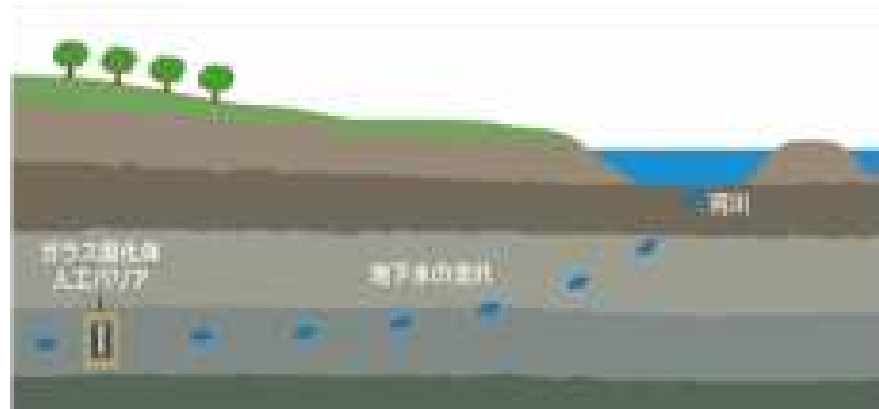
そうした対応でどれだけリスクが少なくなったかをどうやって評価するの？



数万年以上を見据えたリスク(安全性の確認)

- 長期の安全性は、その期間の長さから、実験などによって直接確認することは困難であることから、立地、設計により対応した結果については、地下における物質移動のシミュレーションによって安全性を確認します。

➤ 放射性物質が移動しやすくなるような厳しいケースも想定して、人工バリア（ガラス固化体、オーバーパック及び緩衝材）や天然バリア（岩盤）の閉じ込め機能により、人間の生活環境に影響を与えないことをシミュレーションで確認。



長期の安全性を確認するため、放射性物質が処分場から地下水を通じて河川に流出し、長い時間をかけて人間の生活環境に近づく経路を考える。

(厳しいケース例)

現実的な想定よりも早い1000年でオーバーパック（ガラス固化体を封入した金属製容器）の閉じ込め機能が失われたと仮定し、通常より10倍の速度で放射性物質がガラス固化体から出ていくと想定したケース

人間が受ける年間線量の
最大値

2 [μSv/年]

この場合の
安全性確保の国際基準

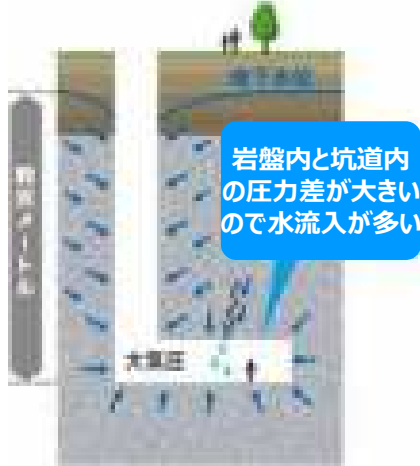
< 300 [μSv/年]

出典：包括的技術報告書 https://www.numo.or.jp/technology/technical_report/tr180203.html

建設・作業中のリスク(地下水(湧水))

- 坑道を掘ると、**周囲の岩盤と圧力差が生じる**ことで、**地下水(湧水)が流入**するのは一般的な現象です。
- 作業などに支障がないよう、**排水や止水対策(グラウチングなど)を施す**ことで、作業中などの湧水に対応します。なお、埋設後、排水をやめて**坑道を完全に埋め戻すと、坑道内の地下水が再び満たされて周囲の岩盤との圧力差はほとんどなくなる**ため、再び地下水の流れは非常にゆっくりとした状態に戻ります。

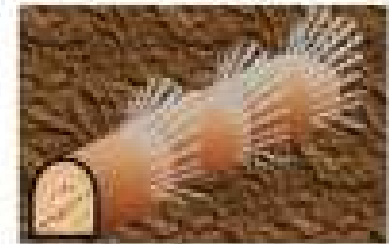
坑道開放時の
地下水の流れ



坑道埋め戻し後の
地下水の流れ



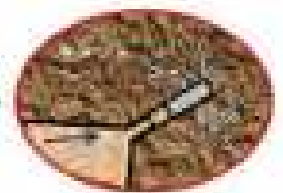
止水対策として事前に行う
グラウチングの全体イメージ



【セメント系材料 注入前】



【セメント系材料 注入後】



湧水亀裂の想定箇所にドリルで
グラウチング用の穴をあけます。

セメント系材料を岩盤内に
注入し、隙間をふさぎます。

グラウチングにより、**地下水量を1/100程度まで減らせることを実証済**。岐阜県瑞浪市の地下研究所における研究では、1,380m³/日の湧水が想定されていた箇所をグラウチングすることで15m³/日まで低減。

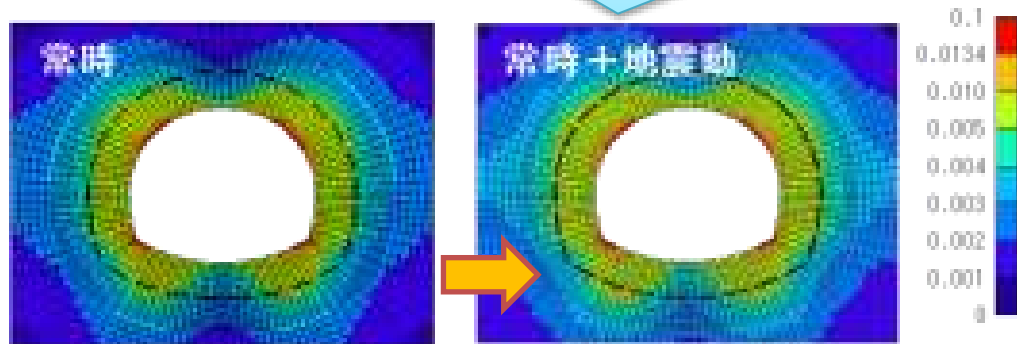
建設・操業中のリスク(地震)

- 建設・操業中は、地震の揺れによって施設が損傷しないよう、過去の地震などを踏まえた**最大級の地震を想定し、設計**します。
- 地下の坑道は、地層の重さによる高い圧力に耐えられるように余裕をもって設計し、地震の揺れが加わっても十分な強度が発揮されます。
- なお、坑道を埋め戻した後は、ガラス固化体と周りの岩盤は一緒に動くため、揺れの影響は少なくなります。

<東日本大震災時の揺れを再現した坑道のひずみの数値解析結果>

坑道にかかる圧力、地震力によるひずみを示した断面図

計算の結果、**地震の揺れによる坑道のひずみはほとんどない**（最大でも0.06%程度）



赤いほど坑道のひずみが大きい（変位量[%]）

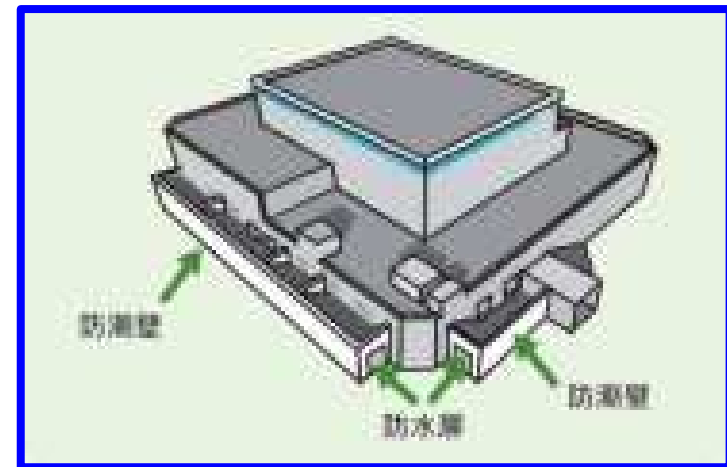
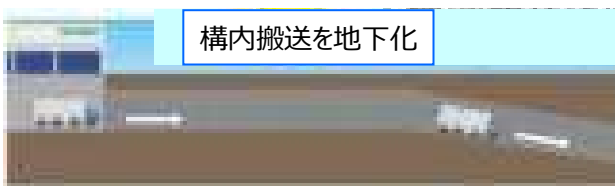
https://www.numo.or.jp/approach/houkokukai/pdf/houkokukai20130628_04.pdf

これまでの研究から、**地下深くは地震の揺れの影響が少ない**ことが分かっています（一般的に地下深部の揺れは地表の**1/3から1/5程度**）



建設・操業中のリスク(津波)

- 建設・操業中は、津波によって施設が損傷しないよう、過去の津波などを踏まえ、**場所に応じた最大級の津波を想定し、施設の高台への設置、防潮堤や水密扉の設置**などの対策を施します。
- なお、坑道を埋め戻した後は、坑道が完全に塞がれますので、地下の処分場には津波の影響は及ばないと考えられます。



津波時の地上施設への浸水防止策

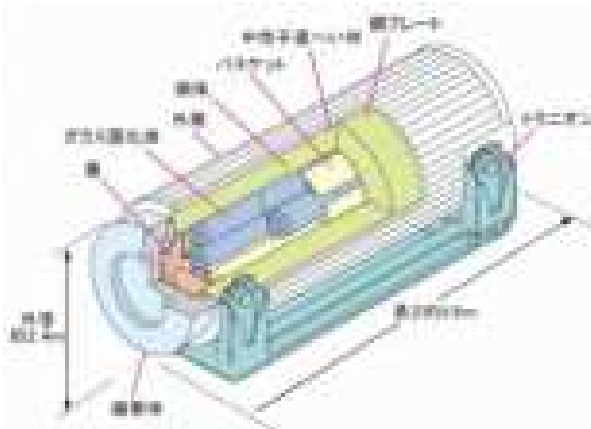
出典：包括的技術報告書 https://www.numo.or.jp/technology/technical_report/tr180203.html

建設・操業中のリスク(輸送時の事故)

- ガラス固化体は、**放射線を遮へいし**、衝突や火災などの**事故時でも放射性物質が漏れないよう**、国際原子力機関（IAEA）や国が定めた基準を満たした**専用容器に入れて輸送**します。
- 海上輸送する船舶は、耐衝突性などの安全対策を施した専用船を使用します。また、陸上輸送では、セキュリティの対応も踏まえ、港から地上施設までの輸送経路を確保します。（例えば、専用道路など）

専用の輸送容器の例

専用容器によって放射線を遮蔽



出典：原子力・エネルギー図面集(8-3-2)

専用の輸送船の例

英国から青森県六ヶ所村に廃棄体を運搬した輸送船
(英仏併せ船での輸送実績は18回※)



出典：PNTLhttp://www.pntl.co.uk/wpcontent/uploads/2012/09/PNTL_Grebe_01.pdf

専用の輸送車両の例

これまでにこの車両で75回※運搬



出典：原燃輸送株式会社HP

* 日本原燃HP (https://www.jnfl.co.jp/ja/business/about/hlw/survey/glass_no18.html) より集計

建設・操業中の施設内での事故リスクにはどう対応するの？



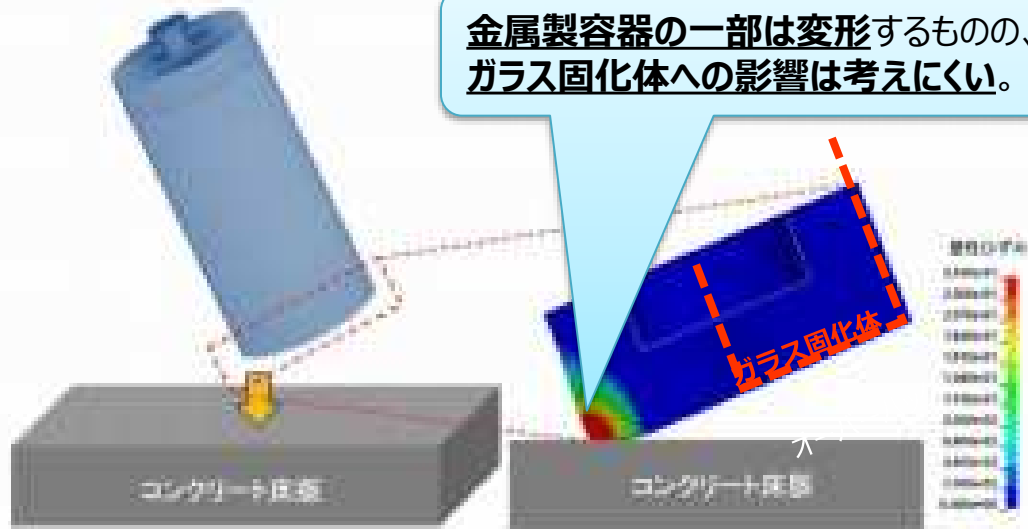
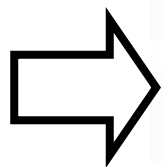
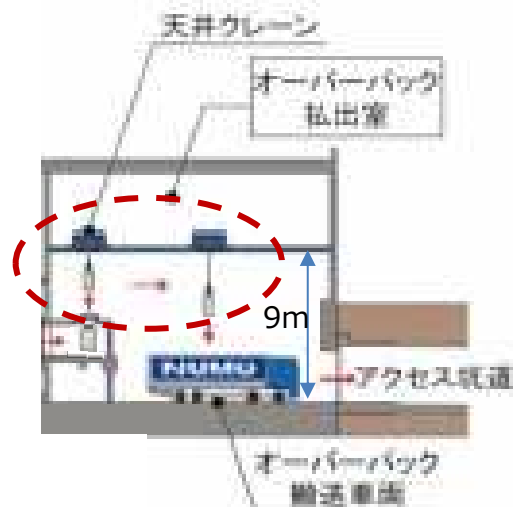
建設・作業中のリスク(施設内での事故)

- 事故が起きないための対策として、ガラス固化体を吊り上げるワイヤの二重化（一本のワイヤが切れても落ちない）などをとります。
- 操業・輸送時の事故などによって、放射線や放射性物質が外部に漏れないよう、**遮へいや容器への封入**などの十分な対策を施します。
- 異常事態を想定したシミュレーションなどにより対策の結果を確認します。

＜通常起こるとは考えにくい、オーバーパックの落下を敢えて想定したシミュレーション＞

オーバーパックを地上施設から払い出し、地下施設への搬送車両に積み込む作業

吊り上げの最大高さ（9m）からの落下を想定



出典：包括的技術報告書

https://www.numo.or.jp/technology/technical_report/tr180203.html

ご清聴ありがとうございました。