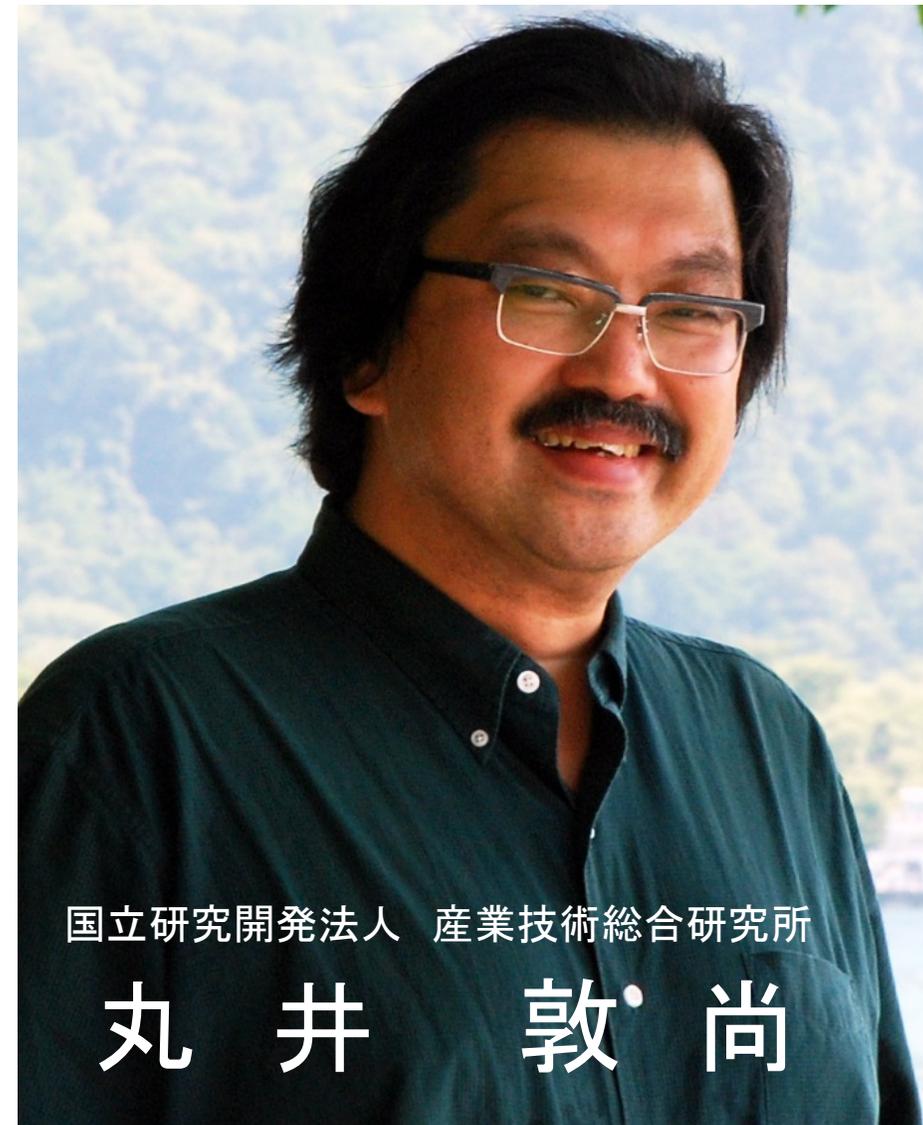


ちかすい三話

～水循環基本計画、 地層処分 福島第一～



国立研究開発法人 産業技術総合研究所

丸井敦尚

水循環基本法

目的: 健全な水循環を維持し、又は回復させ、我が国の経済社会の健全な発展及び国民生活の安定向上に寄与すること

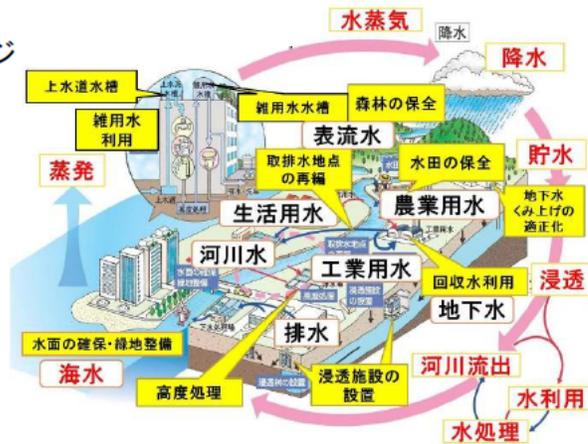
水循環: 水が、蒸発、降下、流下又は浸透により、海域等に至る過程で、地表水、地下水として河川の流域を中心に循環すること

健全な水循環: 人の活動と環境保全に果たす水の機能が適切に保たれた状態での水循環

水循環の重要性

水については、水循環の過程において、地球上の生命を育み、国民生活及び産業活動に重要な役割を果たしていることに鑑み、健全な水循環の維持又は回復のための取組が積極的に推進されなければならない。

水循環施策の
取り組みイメージ



健全な水循環への配慮

水の利用に当たっては、水循環に及ぼす影響が回避され又は最小となり、健全な水循環が維持されるよう配慮されなければならない。

流域の総合的管理

水は、水循環の過程において生じた事象がその後の過程においても影響を及ぼすものであることに鑑み、流域に係る水循環について、流域として総合的かつ一体的に管理されなければならない。

水の公共性

水が国民共有の貴重な財産であり、公共性の高いものであることに鑑み、水については、その適正な利用が行われるとともに、全ての国民がその恵沢を将来にわたって享受できることが確保されなければならない。

✓ 水の適正利用、有効利用に向けた取組例

- ・水利用の合理化
- ・用途内及び用途間の水の転用
- ・雨水・再生水の利用促進
- ・節水

水循環に関する国際協調

健全な水循環の維持又は回復が人類共通の課題であることに鑑み、水循環に関する取組の推進は、国際的協調の下に行われなければならない。

キレイな水の管理と政策

安曇野市

熊本市

秦野市

アサヒ飲料 / コカ・コーラ / サントリー

安曇野市（印象戦略）

政策経営課が先頭に立って、HP作成、イベント企画、ふるさと納税対策、住宅用雨水貯留施設の補助などを実施している。水に関する施設・風景を紹介しているが科学的な説明はほとんど見られない。

ふゆ水田んぼプロジェクト: 冬季に田んぼに水を張ることで、水資源の確保・抑草効果・施肥効果があると見込まれる。

地域産業おこし: わさび・川魚・そばを奨励。

災害対策: 災害年表を作り、ライブカメラを設置。

◎各要素はバラバラに見えるが、HPの作り方などから見て、水の循環理論を心得ていると考える。その証拠に、「地下水で拓く安曇野の未来」と称するシンポジウムをH26に開催、シンポジストは環境省課長補佐と水ジャーナリスト（学術的な専門家でない）ことがすごい！

一方、環境課のHPでは、地球温暖化対策や放射線量測定結果、水環境基本計画（安曇野市が独自に作成）へのパブリックコメントを実施している。

熊本市（理論戦略）

熊本市（主担当は水保全課）をあげて“くまもとウォーターライフ”を提言している。水循環の概念や水収支を科学的に説明している。水道水を100%地下水にする取り組みや阿蘇の自然、歴史的な経緯などを資料を基に説明している。

熊本地下水財団が、地下水環境調査・保全対策・涵養促進事業を実施している。一般市民向けには、水田オーナー制度や地下水保全顕彰制度、育水会の組織設立などがある。

2013年国連“生命の水（Water for Life）”最優秀賞（水管理部門）を受賞した。



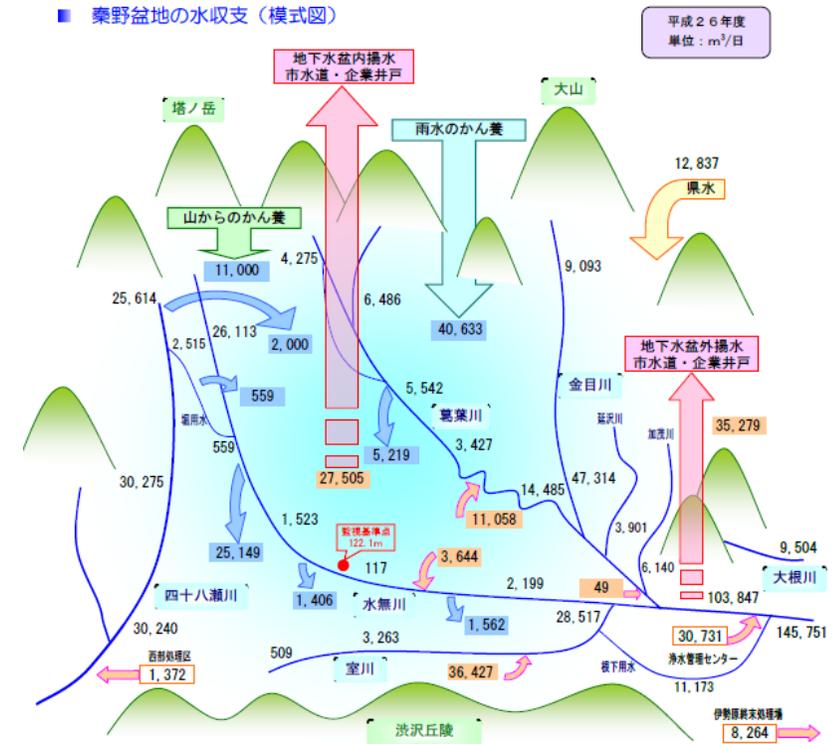
秦野市（政策戦略）

過去に地下水の低下や汚染が問題となった経緯があり、**政策課**が中心となって、地下水の管理を進めている。

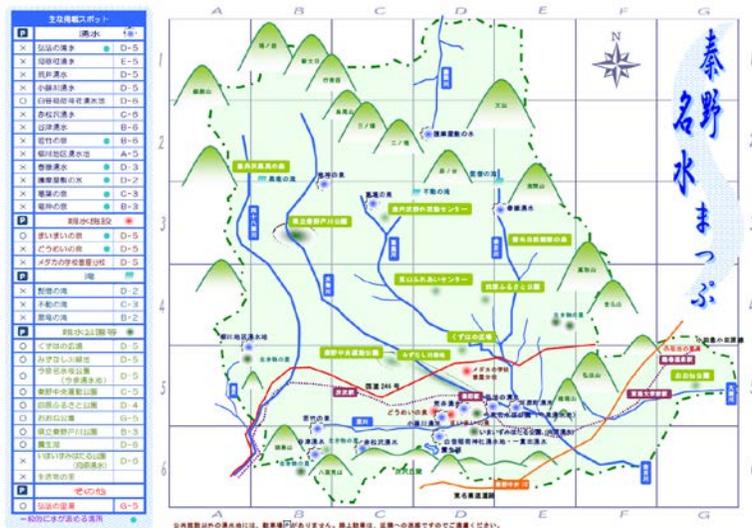
独自に地下水保全条例を制定し、**秦野市地下水等観測委託業務報告書**を毎年発刊している。

企業を積極的に誘致する一方で、地下水の管理は徹底している。名水マップや湧水めぐりをHPで公表し、市民への啓もう活動に努めつつ、水収支などの科学的情報も提供している。

■ 秦野盆地の水収支（模式図）



平成26年度
単位：m³/日



地下水かん養量(地下水盆内) H26年度	
雨水かん養	40,633
(地表かん養)	34,866
(人工かん養)	5,767
山地かん養	11,000
河川かん養	35,336
(水無川)	28,117
(四十八瀬川)	2,000
(葛葉川)	5,219
うち、雨水	559
合計	86,969

降水量=1,414mm(H26年度)で計算
かん養面積=H26:15km²で計算

地下水揚水・湧出量(地下水盆内) H26年度	
地下水揚水	27,505
(市水道)	23,612
(企業井戸)	3,893
河川湧出	47,534
(水無川)	0
(葛葉川)	11,058
(金目川)	49
(室川)	36,427
菅屋地下水導水管	3,644
合計	78,683

伊勢国境支那処理場
8,264

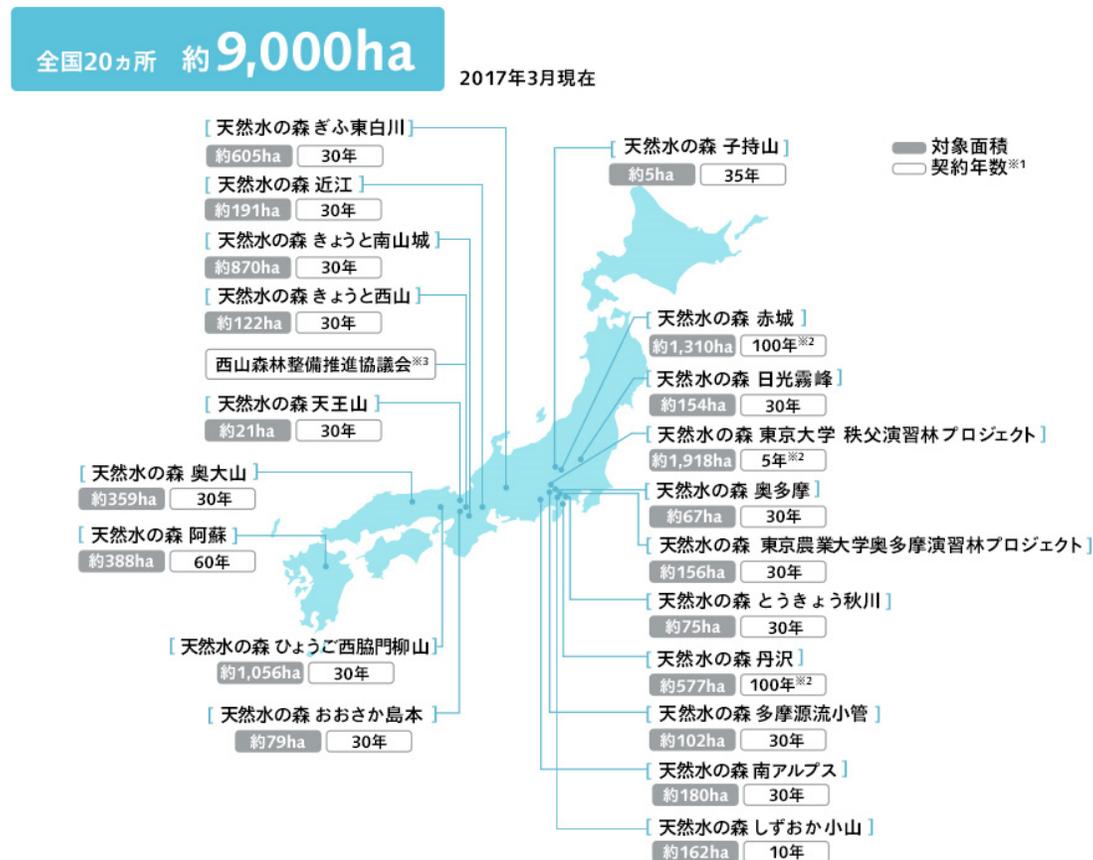
平成26年度収支 **8,286**

企業の取り組み

アサヒ飲料は、浅層地下水と深層地下水の水質の違いや採取した時の環境への影響を説明し、自社の取り組みを強調している。”アサヒの森“と呼ばれる涵養地を設定し、涵養林の保護活動や啓もう活動を実施している。(六甲の**おいしい水**が有名)

コカ・コーラは、東日本大震災の直後、放射線量に関する全量調査をしたことで有名だが、一方インドでは地下水の過剰揚水により周辺地域での水不足を引き起こし、工場を閉鎖するに至った。最近(我が国)では、使った水を自然に返すキャンペーンを実施している。(森の水**だより**、いろは**すが**有名)

サントリーは、天然水の森活動(右図)と水のサステナビリティを強調し、持続可能な森林保全活動を実施している。地下水保全の科学的な根拠にもとづく調査・教育・啓蒙活動にも注力している。(天然水**シリーズ**が有名)



国の取り組み

水循環基本法(2015)が制定され、これに基づいて水循環政策本部(2016)が設置され水循環基本計画(2016)が成立した。国・地方・国民(企業・団体)の役割はH27以降に決まっていく。

“水循環”、“健全な水循環”とは

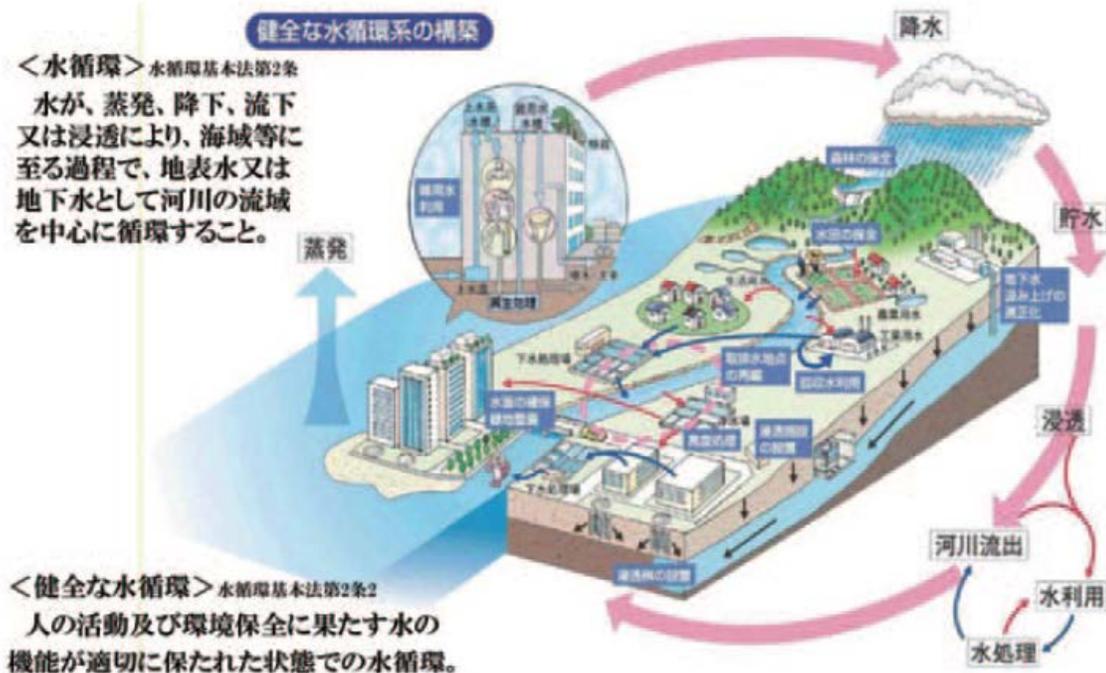


図-1 「水循環」のイメージ

水循環基本計画の構成

総論	
○ 水循環と我々の関わり	(4) 水の効率的な利用と有効利用
○ 水循環基本計画の位置付け、対象期間と構成	(5) 水環境
	(6) 水循環と生態系
	(7) 水辺空間
	(8) 水文化
	(9) 水循環と地球温暖化
第1部 水循環に関する施策についての基本的な方針	
1 流域における総合的かつ一体的な管理	4 健全な水循環に関する教育の推進等
2 健全な水循環の維持又は回復のための取組の積極的な推進	(1) 水循環に関する教育の推進
3 水の適正な利用及び水の恵沢の享受の確保	(2) 水循環に関する普及啓発活動の推進
4 水の利用における健全な水循環の維持	5 民間団体等の自発的な活動を促進するための措置
5 国際的協調の下での水循環に関する取組の推進	6 水循環施策の策定及び実施に必要な調査の実施
	(1) 流域における水循環の現状に関する調査
	(2) 気候変動による水循環への影響と適応に関する調査
第2部 水循環に関する施策に関し、政府が総合的かつ計画的に講ずべき施策	
1 流域連携の推進等 -流域の総合的かつ一体的な管理の枠組み-	7 科学技術の振興
(1) 流域の範囲	8 国際的な連携の確保及び国際協力の推進
(2) 流域の総合的かつ一体的な管理の考え方	(1) 国際連携
(3) 流域水循環協議会の設置と流域水循環計画の策定	(2) 国際協力
(4) 流域水循環計画	(3) 水ビジネスの海外展開
(5) 流域水循環計画の策定プロセスと評価	9 水循環に関わる人材の育成
(6) 流域水循環計画策定・推進のための措置	(1) 産学官が連携した人材育成と国際人的交流
2 貯留・涵養機能の維持及び向上	
(1) 森林 (2) 河川等 (3) 農地 (4) 都市	
3 水の適正かつ有効な利用の促進等	
(1) 安定した水供給・排水の確保等	
(2) 持続可能な地下水の保全と利用の推進	
(3) 水インフラの戦略的な維持管理・更新等	
第3部 水循環に関する施策を総合的かつ計画的に推進するために必要な事項	
	1 水循環に関する施策の効果的な実施
	2 関係者の責務及び相互の連携・協力
	3 水循環に関して講じた施策の公表

図-4 水循環基本計画の構成

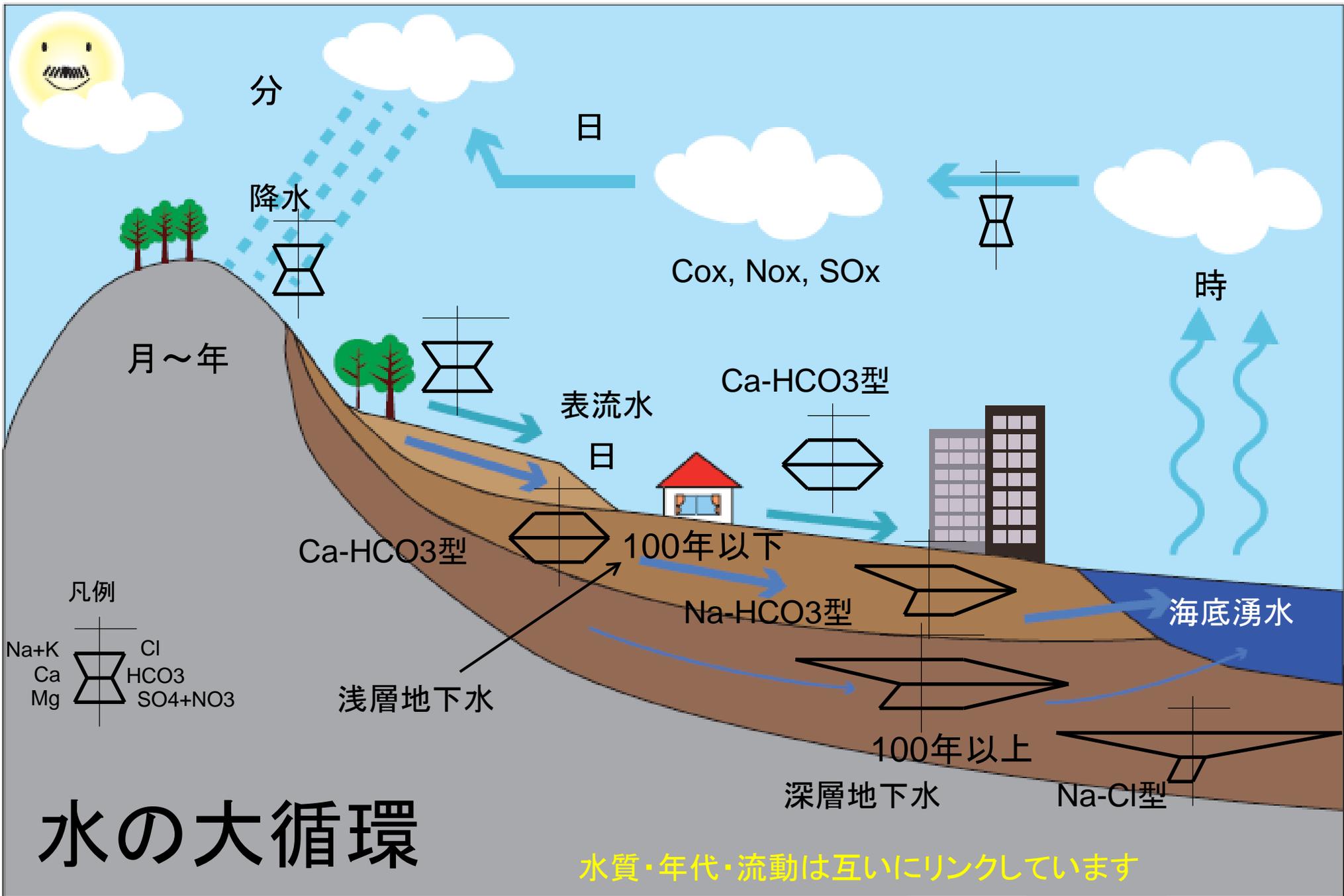
水循環基本計画

地下水マネジメントが協調され、国・地方・利用者が連携して、実態把握や保全、利用、普及啓発に関する基本方針を定めるとされている。

持続可能な地下水の保全と利用を推進すべきと謳われ、観測・調査・データ整備と分析を行うことを定めている。

地下水協議会は地下水マネジメントの一環として設置されるもので、基本計画の下で、「水」に係る各府省庁が一体となって、また、地域レベルでも連携体制をしっかりと構築しながら、喝水、水環境、地下水などの水に関する様々な施策を効率的・効果的に推進していくこととなります。特に、流域水循環協議会については、平成27年度中に先行的にいくつかの流域で立ち上げ、その後速やかに当該流域で流域水循環計画を作成し、それらを受け、その他の流域においても計画の作成を全国で水平展開していく予定。

流域水循環計画には、①現在及び将来の課題、②理念や将来目指す姿、③健全な水循環の維持又は回復に関する目標、④目標を達成するために実施する施策、⑤健全な水循環の状態や計画の進捗状況を表す指標、等を地域の実情に応じて段階的に設定することとしています。流域水循環計画の策定に当たっては、地域住民等の意見が反映されるよう、住民代表の流域水循環協議会への参画、アンケートの実施、シンポジウムの開催その他の地域住民等の参画に必要な措置を地域の実情に応じて講ずることとしています。



工業用水：かつて工場などの事業所では雑用水として地下水をくみ上げて使用していたが、それらの集中する地区では地下水位の低下とそれに伴う地盤沈下が激しくなった。そのため、洪水の被害の拡大・建造物の不等沈下などが起こるようになってきた。それを改善するための代替水源として利水者の負担で構築されるようになった。

飲用には用いられず、事業向けに限定した水道であるため、水道法の適用を受けない。殺菌等の水処理を行う必要がないため、中水道のように水洗トイレの洗浄用水に用いられている例も多い。東京都では集合住宅の3万世帯以上で利用されている。また、近年では精密機械産業向けなどに高純度ろ過処理などを行った水が供給される例もある。

日本の「工業用水道事業法」による定義では、「工業用水」とは、工業（物品の加工修理業を含む製造業、電気供給業、ガス供給業及び熱供給業）の用に供する水で、水力発電用と飲用を除く水を指し、「工業用水道」とは、導管により工業用水を供給する施設であり、その供給をする者の管理に属するものの総体とされる。その水源としては、河川水・伏流水・地下水・海水などが挙げられる。

工業用水法（昭和31年）：工業用水の合理的な供給を確保するとともに、地下水の水源の保全を図り、地盤の沈下等地下水障害の防止に資することを目的としている。

工業用水道事業体（H29, 4月）		
事業体数	地方公共団体	143
	企業団	9
	株式会社	1
	計	153
事業数	国庫補助	131
	単独	100
	産炭地域	14
	計	245

給水能力：21,488,000 m³/日
給水箇所：6,050カ所

地下水マネジメントをめぐる各省ごとの思い入れ

用水二法 工業用水法、ビル用水法: 突出口径により規制
地点ごとのくみ上げ規制⇒限界揚水量・揚水試験・突出口径・影響範囲

水循環基本法 健全な水循環を維持・回復する
流域単位の水管理⇒水循環・地下水流動・水収支

地下水協議会

水循環基本計画: 地下水マネジメントの一環として設置されるもので、基本計画の下で、「水」に関する各府省庁が一体となって、また、地域レベルでも連携体制をしっかりと構築しながら、渇水、水環境、地下水などの水に関する様々な施策を効率的・効果的に推進していくこととなります。特に、流域水循環協議会については、平成27年度中に先行的にいくつかの流域で立ち上げ、その後速やかに当該流域で流域水循環計画を作成し、それらを受け、その他の流域においても計画の作成を全国で水平展開していく予定。

工業用水法: 全国33の地域において既にできていて、活動している。日本工業用水協会がこれを統率しデータ管理している。

工業用水法：地点ごとのくみ上げ規制⇒限界揚水量・揚水試験・突出口径・影響範囲

水循環基本法：流域単位の水管理⇒水循環・地下水流動・水収支

☆≡ 両者の溝を埋める必要がある

⇒両方の計算値の小さいほうを採用する：安全サイドの発想

地下水利用の現状と課題：

利点 安定した水質と水量が確保できる
水温が安定している→地中熱利用

欠点 見えないので不安・わかりづらい
利用には専門性が要求される
初期投資が大きい

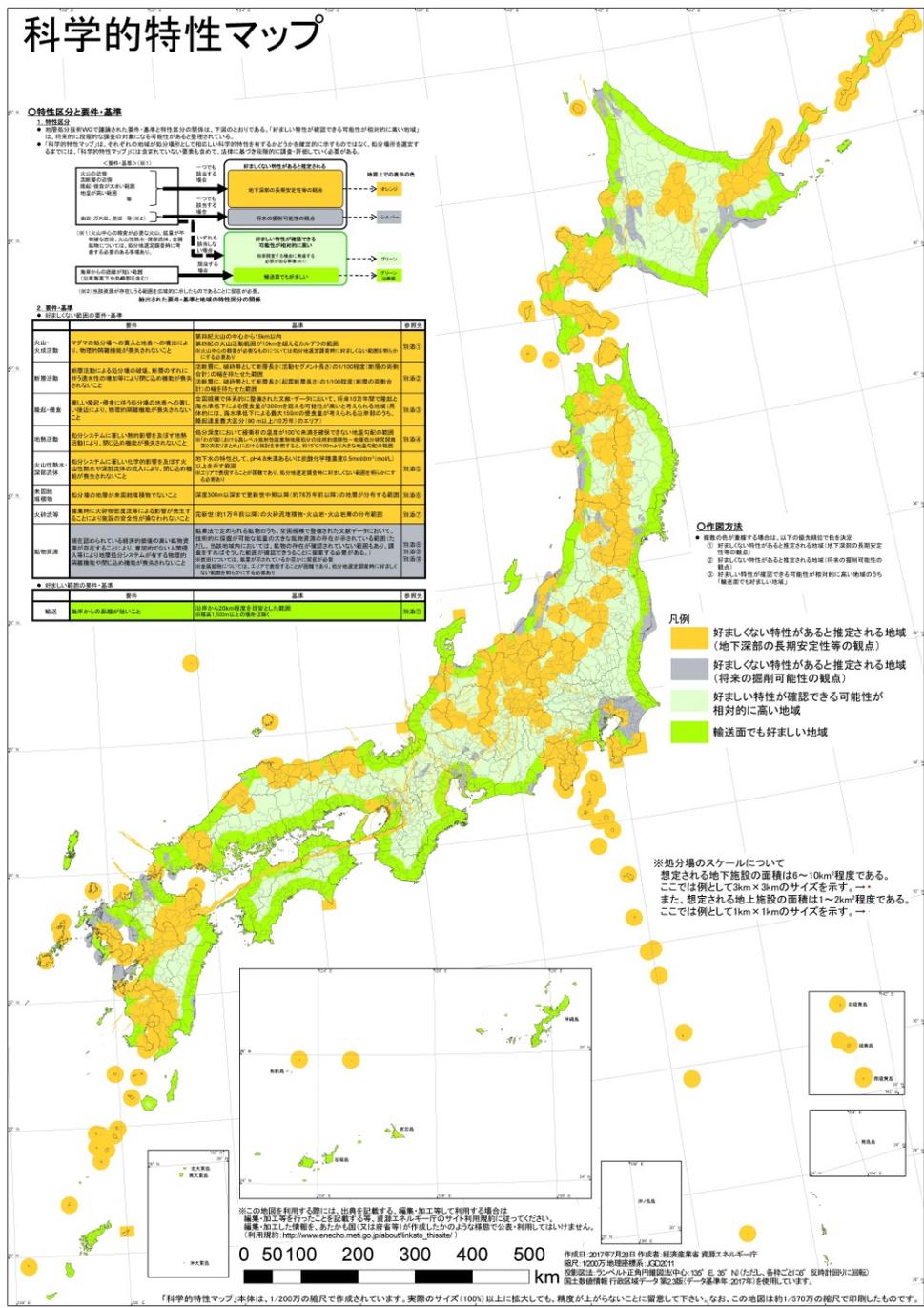
水は使い続けなければ
健全な水循環が生まれない

By 地下水技術協会

どうすれば健全に
地下水を利用できるか？

地層処分

高レベル放射性廃棄物の地層処分に係る研究と事業



地層処分の仕組みや日本の地質環境等について理解を深めていただくために、国は、地域の科学的特性を全国地図の形で示すこととし、2017年7月28日に「科学的特性マップ」として公表しました（科学的有望地から改名された）。「科学的特性マップ」は、1/200万の縮尺で作成（約90cm×約120cm）

次頁以降しばらくNUMO資料を引用

1. 地層処分事業について

(1) 基本コンセプト

(2) 3段階の調査

(3) リスクと安全確保

地層処分とは

- 原子力発電に伴って発生する「高レベル放射性廃棄物」を、地下深くの安定した岩盤に閉じ込め、人間の生活環境や地上の自然環境から隔離して処分する方法を「地層処分」と言います。

地下深部の特徴

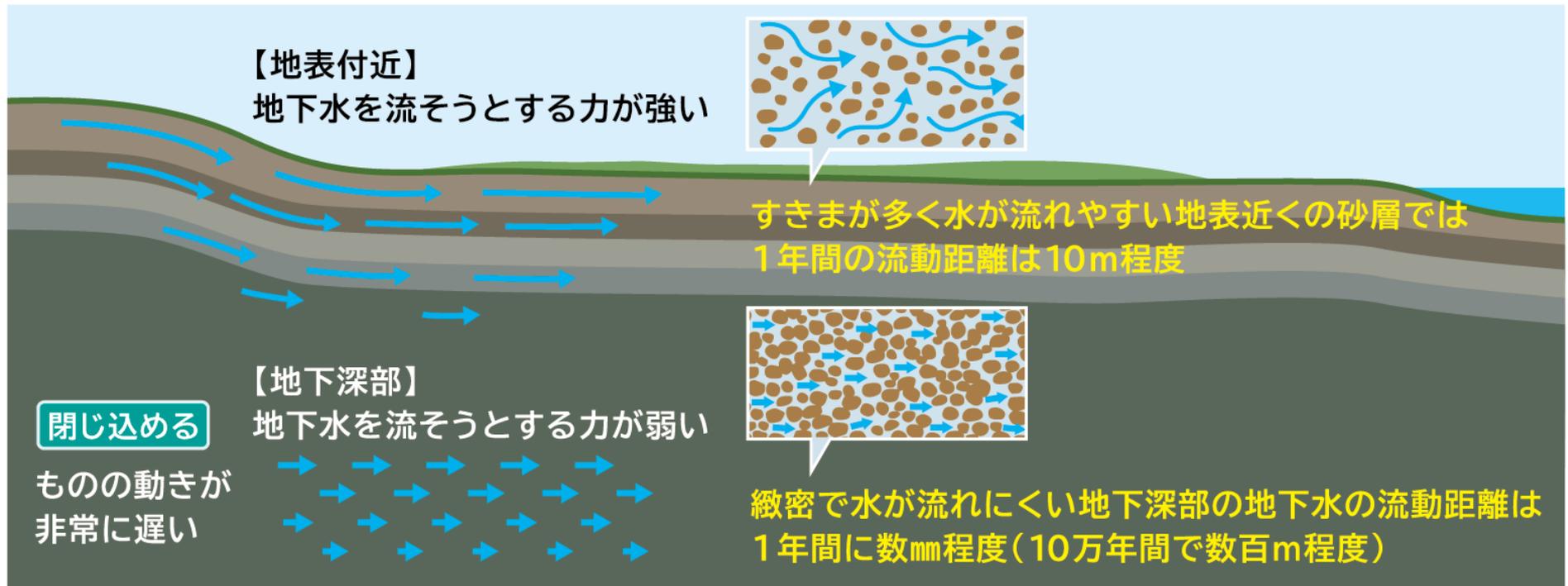
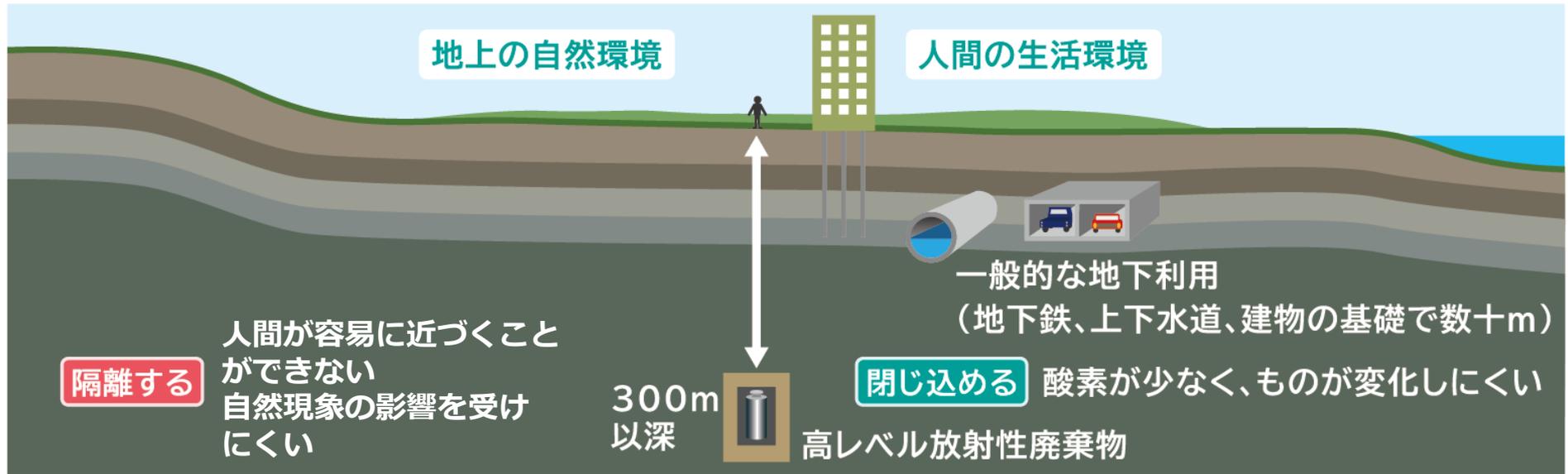
- ① 酸素が少ないため、錆びるなどの化学反応が発生しにくく、ものが変化しにくいので、埋設物がそのままの状態であり続ける
- ② 地下水の流れが遅いので、ものの動きが非常に遅い
- ③ 人間の生活環境や地上の自然環境の影響を受けにくい

閉じ込め機能

隔離機能

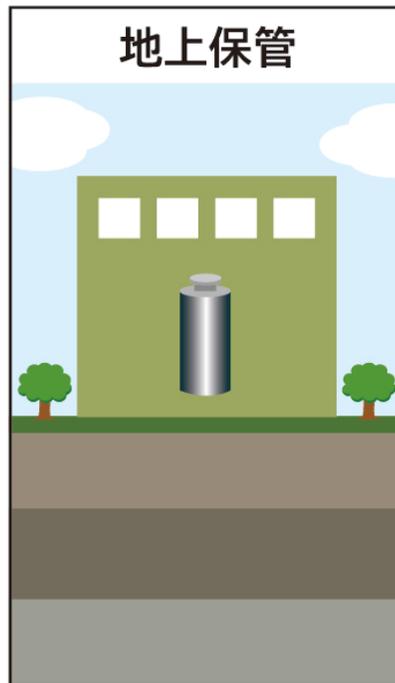


地下深部の特徴



地層処分の基本的な考え方

- 高レベル放射性廃棄物は、放射線影響の観点から、数万年以上にわたって人間の生活環境から遠ざけておく必要があります。
- 地層処分の目的は、長期間人間が管理し続けることに頼らずに、将来にわたる高レベル放射性廃棄物によるリスクを小さく維持し続けることです。
- 地下深くに適切に埋設すれば、地上で保管を続けるよりも、安全上のリスクを小さくし、かつ、将来世代の負担を小さくすることができます。



管理における安全上のリスクは大きくなる

- 地上は地下よりも、地震、火山噴火、台風、津波などの影響を受けやすい
- 地上は地下よりも、ものが腐食しやすい

人間の管理の必要性が継続し、管理の実行可能性に不確実性が増す

- 数万年も人間社会が管理し続けられるのか？
- 管理に必要な技術や人材を維持し続けられるのか？
- 将来世代が管理を行うために必要なコストを負担できるのか？

地層処分の基本的な考え方は世界的に共有

- 高レベル放射性廃棄物の最終処分は、原子力を利用してきた全ての国に共通した課題です。
- 地層処分が最も適切であるという基本的な考え方は、国際的な長い議論を経て、各国で共有されています。

各国共通の考え方

- ・高レベル放射性廃棄物は、放射能の低減に極めて長い期間を要するので、人間が管理し続けることは困難である。
- ・将来の世代に管理負担を残さないよう、現世代の責任で解決の道筋をつけるべきである。
- ・そのためには、これを人間の生活環境から長い期間にわたって適切に隔離する必要がある。
- ・隔離の方法としては、地下深くの安定した岩盤に埋設する「地層処分」が最適であり、他の有効な方法は現時点で見当たらない。

諸外国でも地層処分が採用されています



フィンランド



スウェーデン



フランス



ドイツ



スイス



イギリス



カナダ



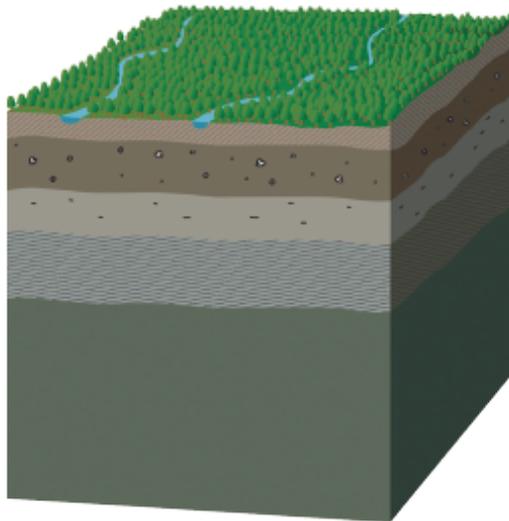
アメリカ

地下環境の安定性

- 地上は自然環境や人間の開発などにより刻々と変化しますが、地下深部には過去数10万年から100万年にわたって大きく変化せず安定しているところが広く存在します。
- 地層処分は安定した地下深部に廃棄物を埋設します。

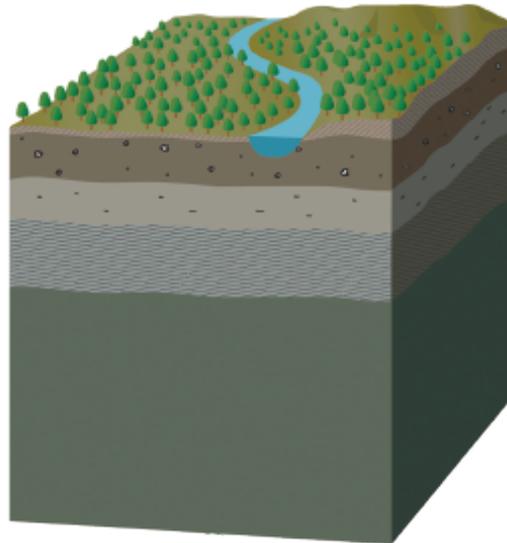
約100万年前

- ・現在と同様な地殻変動の傾向が始まる頃



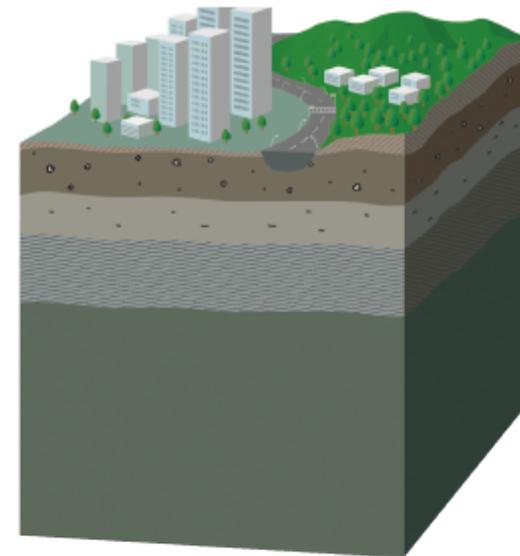
約25万年前

- ・現生人類（ホモ・サピエンス）が出現
- ・地上は森や川などの状態変化
- ・地下深部は大きな変化なし



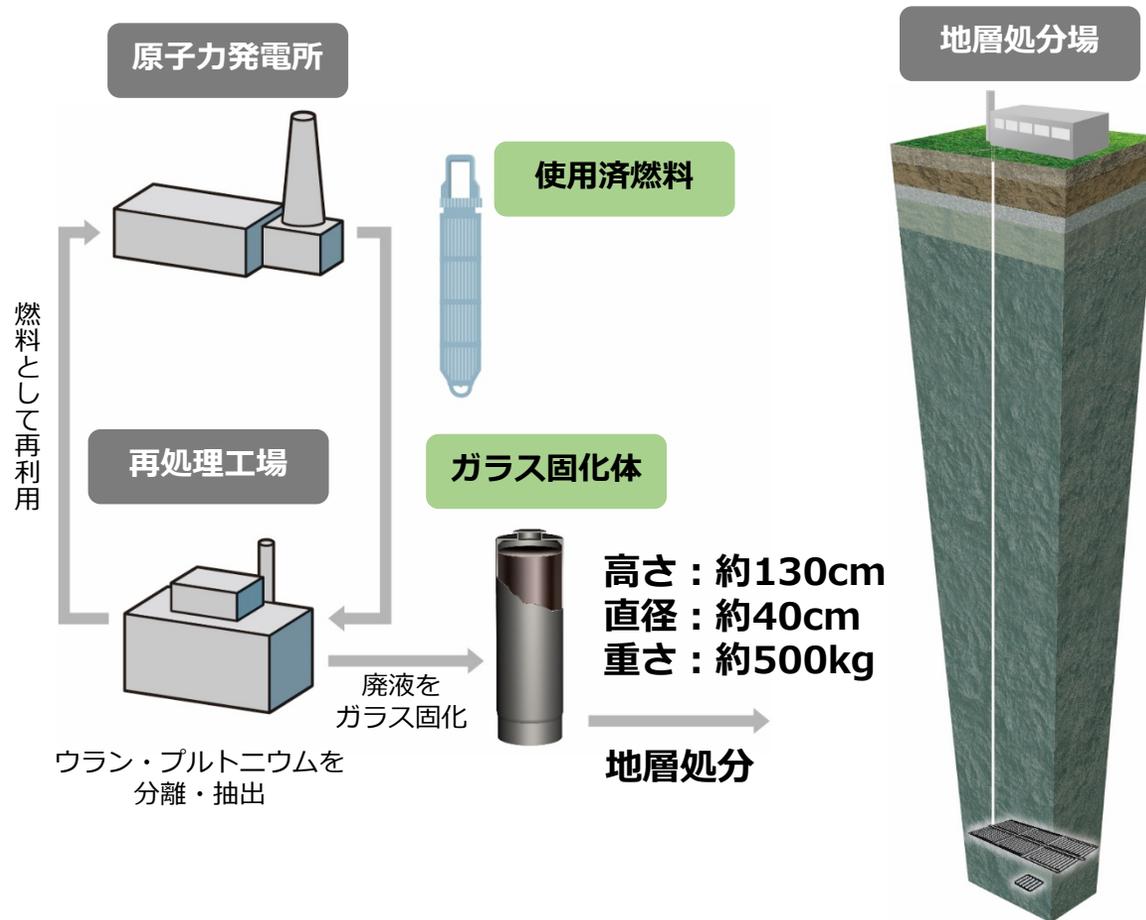
現在

- ・地上は人間により開発
- ・地下深部は大きな変化なし



地層処分を行う放射性廃棄物

- エネルギー資源に乏しい日本では、原子力発電所で使い終えた燃料から再利用できるウランやプルトニウムを取り出し、再び燃料として利用することとしています。
- この過程で残る放射能の高い廃液を高温のガラス原料と融かし合わせ、ステンレス製容器に流し込んで固めたものをガラス固化体(高レベル放射性廃棄物)といいます。
- これを地下300m以深に地層処分します。



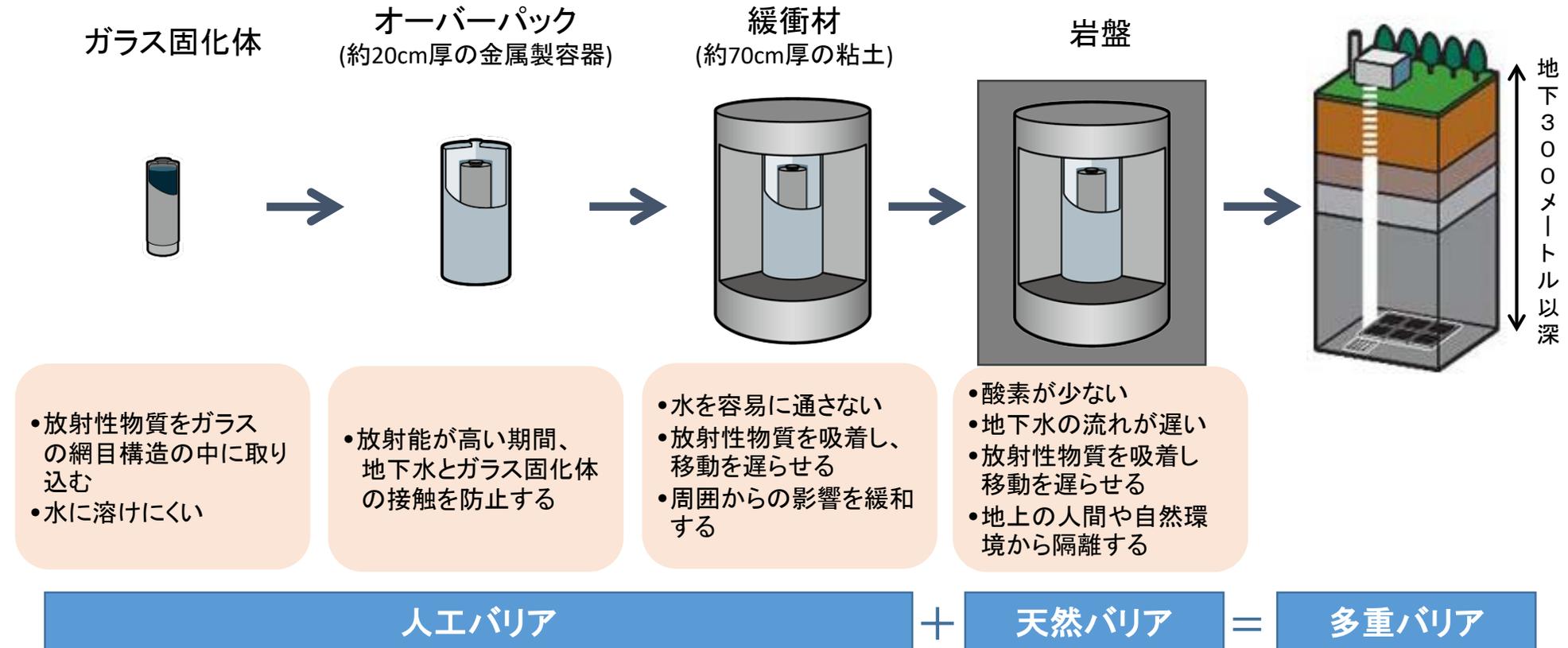
- ガラス固化体にはウランやプルトニウムなどの核分裂する物質がほとんど含まれていないので、臨界状態になることはなく、爆発することはありません。

※臨界とは：核分裂反応が連鎖的に発生し継続すること

- 核燃料サイクル過程で発生する地層処分相当低レベル放射性廃棄物(TRL等廃棄物)も地層処分します。

地層処分の仕組み(多重バリアシステムの構築)

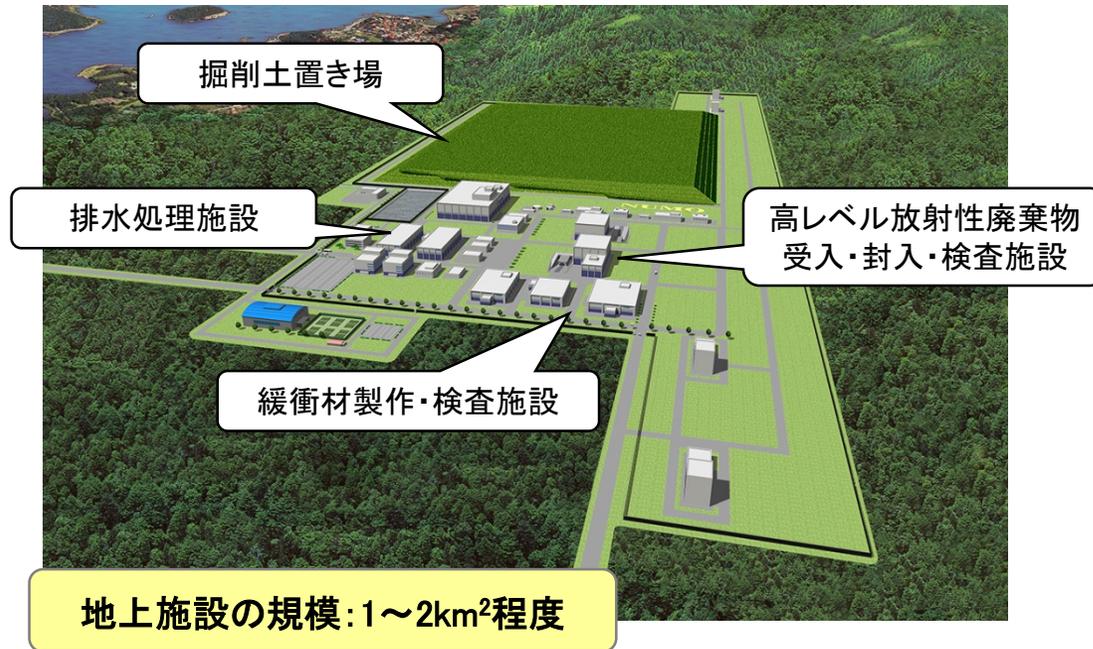
- 高レベル放射性廃棄物を地下300mより深い安定した岩盤に埋設します。[天然バリア]
- その際には、放射能が大きく減少するまでの期間(少なくとも1000年間)は放射性物質を取り込んだガラス固化体をオーバーパック(厚い金属製容器)に格納し、さらに緩衝材(粘土)で包みます。[人工バリア]
- これら「天然バリア」に「人工バリア」を組み合わせた多重バリアシステムは、長期にわたり放射性物質を人間の生活環境から隔離し閉じ込めるのに効果的です。



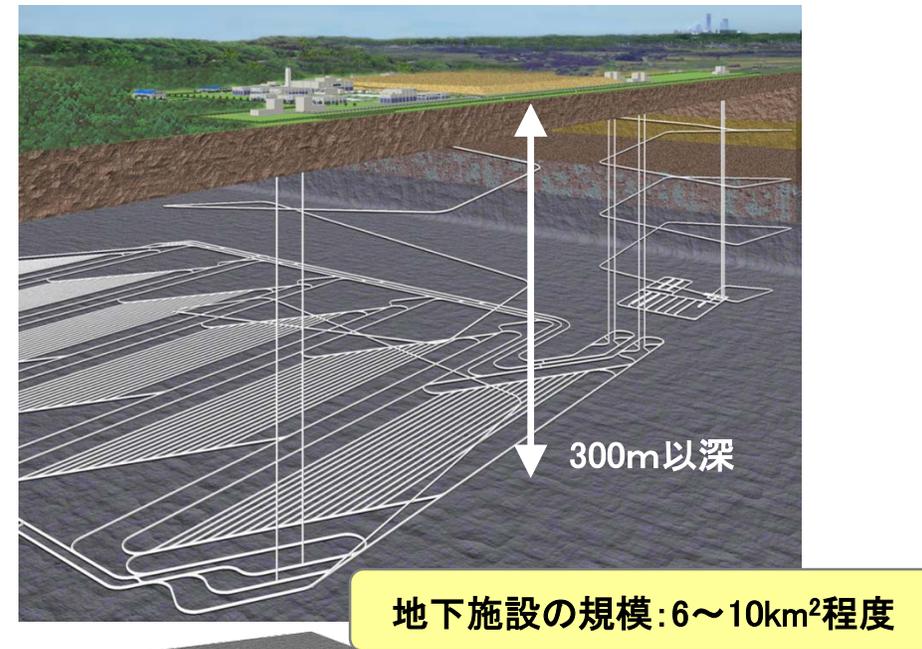
地層処分施設の規模

- 地層処分施設は、ガラス固化体を4万本以上埋設できる施設とすることを計画しています。
- 施設の規模は、地上施設が1～2km²程度、地下施設が6～10km²程度、地下坑道の総延長は200km～300km程度と見込んでいます。

地上施設のイメージ



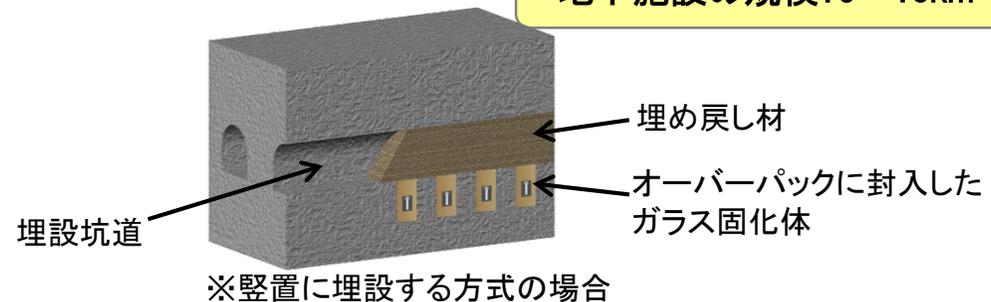
地下施設のイメージ



最終処分事業費: 約3.7兆円

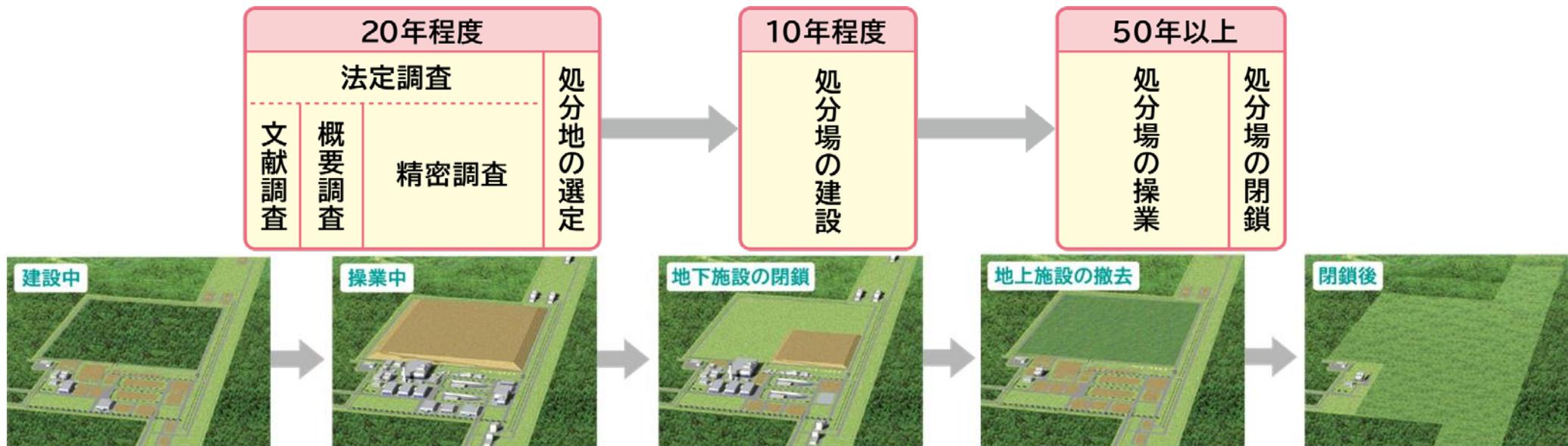
※地層処分相当低レベル放射性廃棄物 (TRU等廃棄物) の処分費用も含む。

※費用は原子力発電を行う電力会社等が拠出。

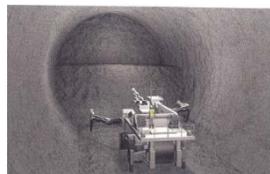


地層処分事業の期間

- 処分場の立地地点を選定するまでに、法律に定められた3段階の調査を行います。これには20年程度かかります。処分場の建設と操業は並行して進められます。閉鎖までの期間を含めると、地層処分事業は100年以上の長期にわたります。
- 処分場の建設や操業中は多くの作業員が従事します。
- 操業終了後は、地下施設を埋戻し、地上施設を撤去し、最終的に更地に戻します。



建設中のイメージ



坑道の掘削イメージ

地上施設



管理棟内のイメージ

地下施設



坑道の完成イメージ

1. 地層処分事業について

(1) 基本コンセプト

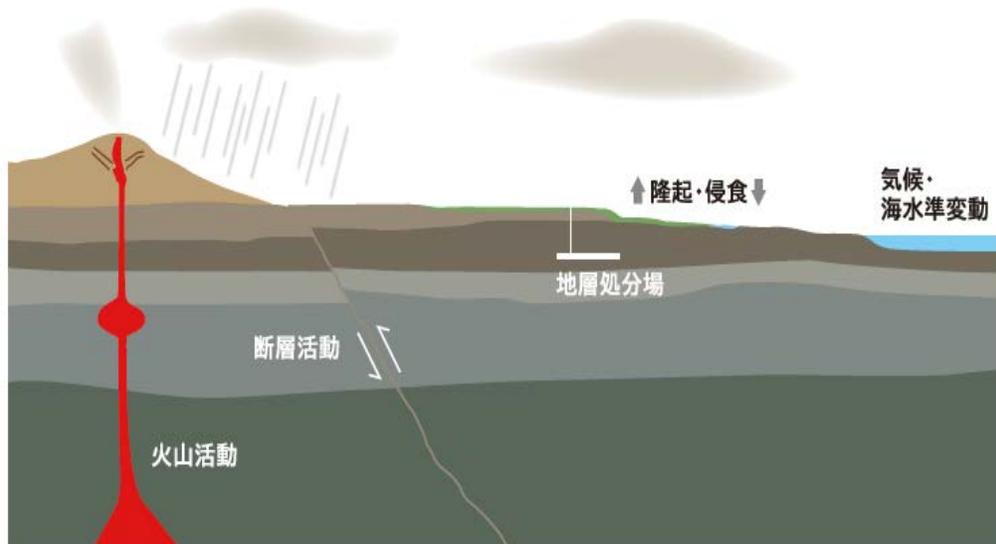
(2) 3段階の調査

(3) リスクと安全確保

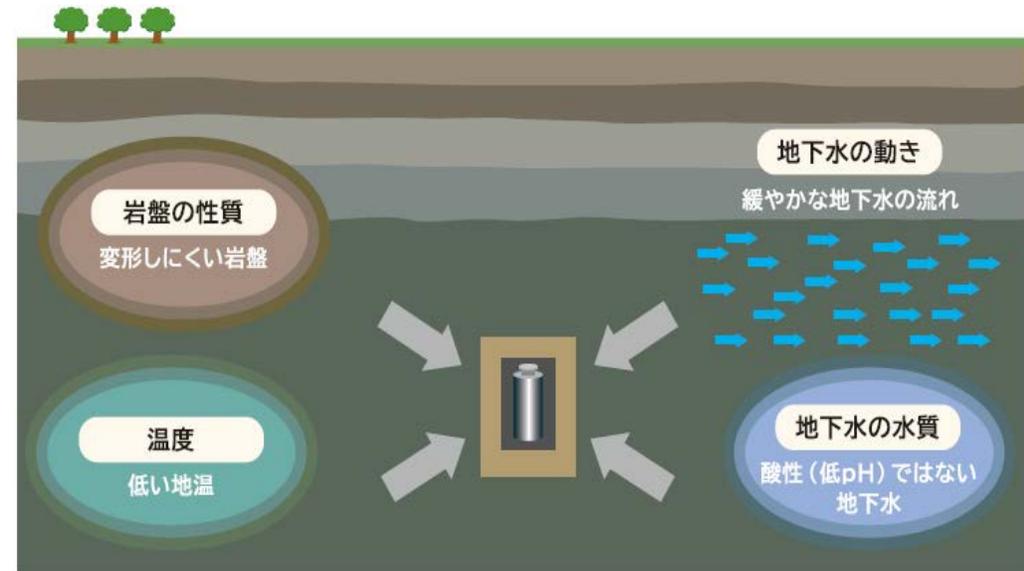
処分地の選定のための調査・評価について

- 地下深部は一般的に地層処分に適した特性を持っていますが、安全に処分を行うためには、具体的な地点において好ましい地下環境特性が確かに存在し、その特性が長期にわたって確保できるかどうかを、十分に調査して確認する必要があります。
- このため、まずは長期安定性の観点を中心に文献等に基づき確認します。さらに、現地調査により、地下環境特性を詳しく確認します。

- 将来にわたって、火山活動や大きな断層のずれが、処分場を破壊するようなことがないか
- 隆起・侵食などにより、処分場が地上に近づくことがないか

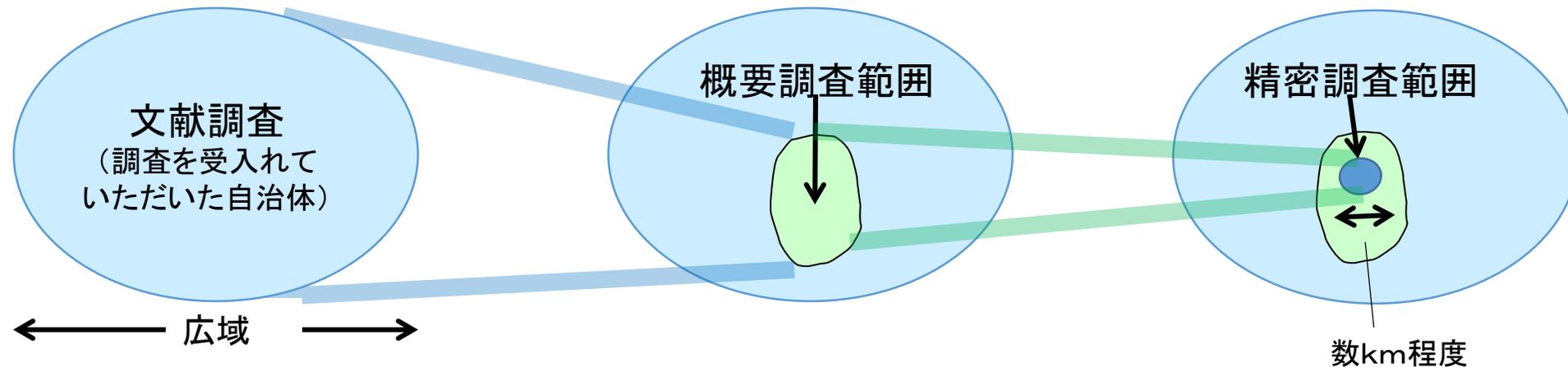
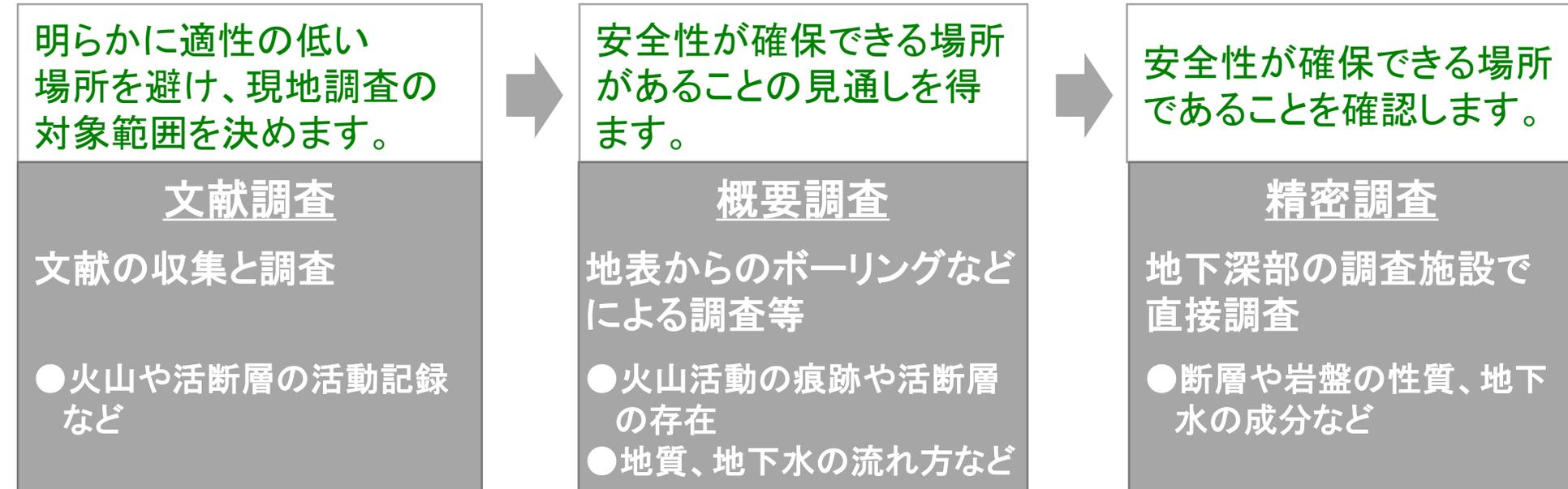


- 好ましい地下環境特性(地下の温度、地下水の動きや水質、岩盤の性質)が長期にわたって確保できるか



法律に基づく3段階の処分地選定調査①

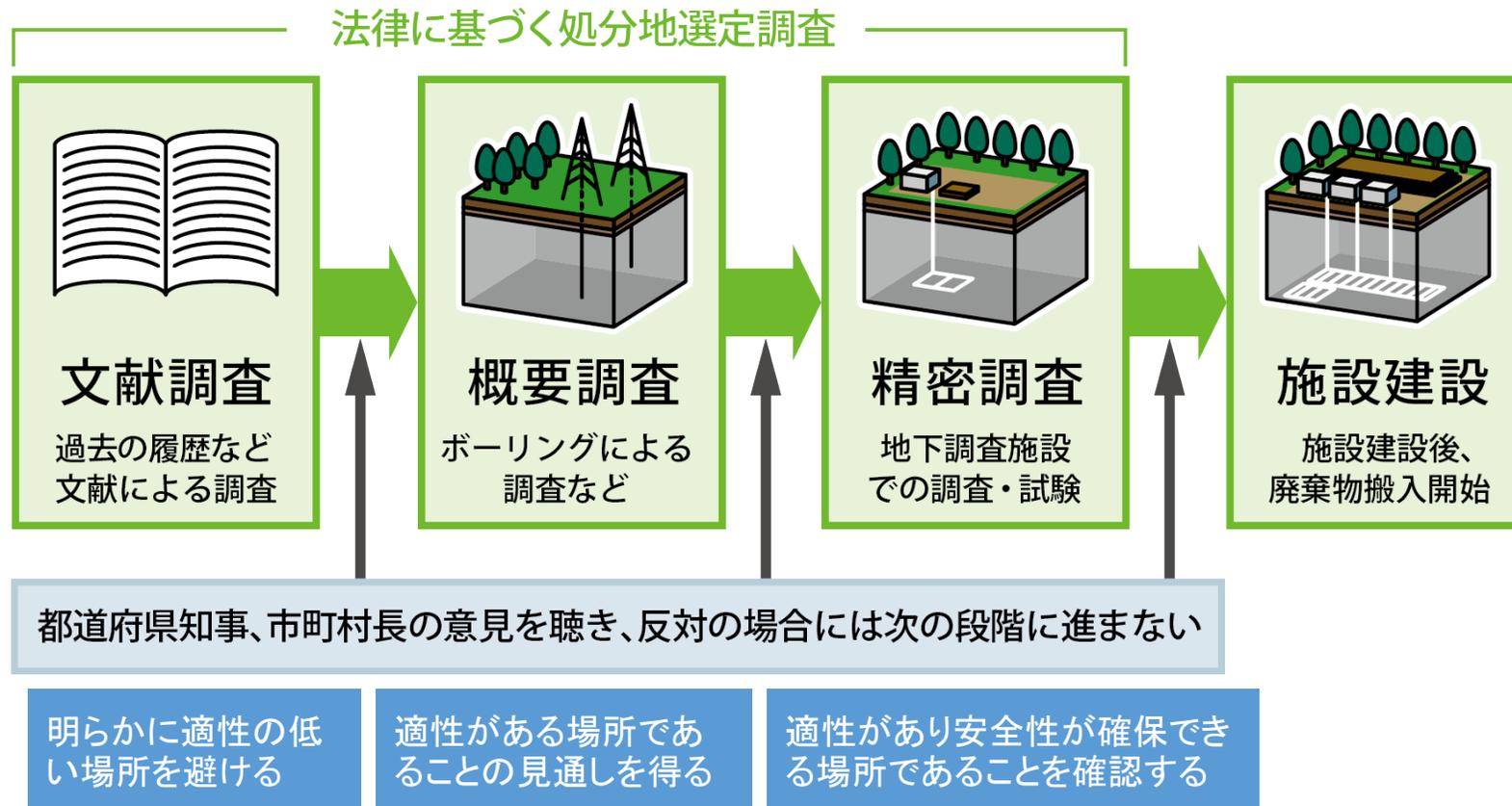
- 法律(特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律)では、「文献調査」に始まる3段階の調査をNUMOが実施しなければならないと定められています。調査範囲を絞り、詳細度を高めながら地下環境特性などを把握し、安全な地層処分が可能かどうかを評価するために実施します。



法律に基づく3段階の処分地選定調査②

- 各段階では、安全を第一にしっかりと技術的検討を行うのみならず、地域経済社会への効果、影響などについても調査を行い、市町村に処分場受入れの可否を総合的に判断していただけるよう情報提供し、進めてまいります。
- 調査の各段階で結果を公表し、次の段階の調査の計画をお示しし、知事や市町村長のご意見を伺います。反対される場合には次の段階には進みません。
- 施設の安全性については、国の原子力規制委員会による審査※が別途行われます。

(※核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律に基づく審査)



1. 地層処分事業について

(1) 基本コンセプト

(2) 3段階の調査

(3) リスクと安全確保

地層処分の安全確保の目標と考え方

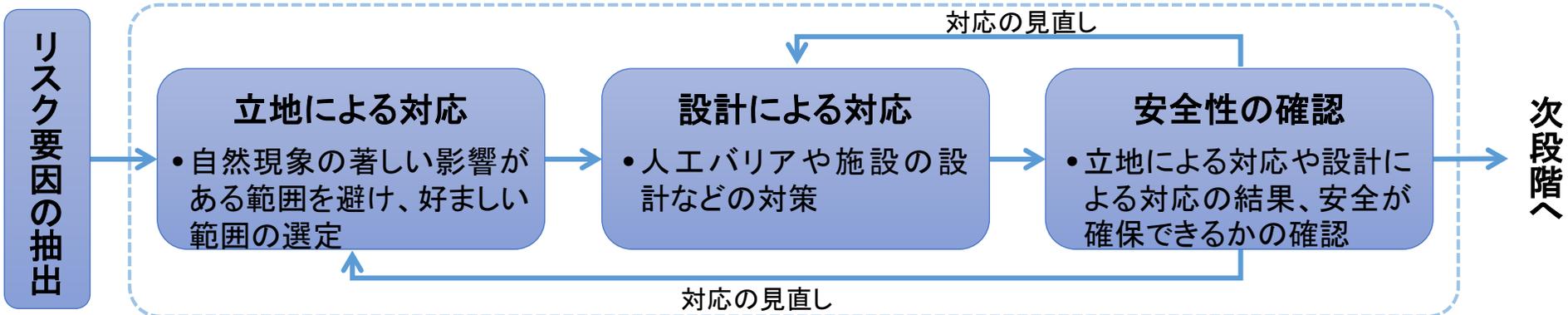
安全確保の目標

- 埋設した放射性廃棄物が人と環境に与えるリスクを十分小さくします

安全確保の考え方

- 隔離・閉じ込め機能をもつ地下深部の岩盤(天然バリア)中に、安全性を高めるための人工バリアを施して廃棄体を埋設することにより、多重バリアを構築します。
- これらのバリア機能を損なうリスク要因を抽出し、要因に応じた対策を講じます。その結果、安全性が確保できるかどうかを確認します。

※バリア:放射性物質の移動を妨げる性質を有するもの



- ✓ 将来や現在の近隣の方々等に対し、影響を与えるかもしれないさまざまなリスク要因を網羅的に抽出し、どのように対応するかを検討します。
- ✓ 処分地選定段階においては、『「立地による対応」と「設計による対応」の2つの対応策によって、安全が確保できるかを確認する(「安全性の確認」)』という作業を、何度もくり返し行います。
- ✓ 安全性が確認できれば次段階に進みます。安全性が確認できなければ「立地による対応」あるいは「設計による対応」を見直します。それでも安全が確保できなければ、そのサイトは地層処分に不適と判断します。

立地による対応①： 火山などにかかわるリスク要因に対する対応

考慮すべきリスク要因

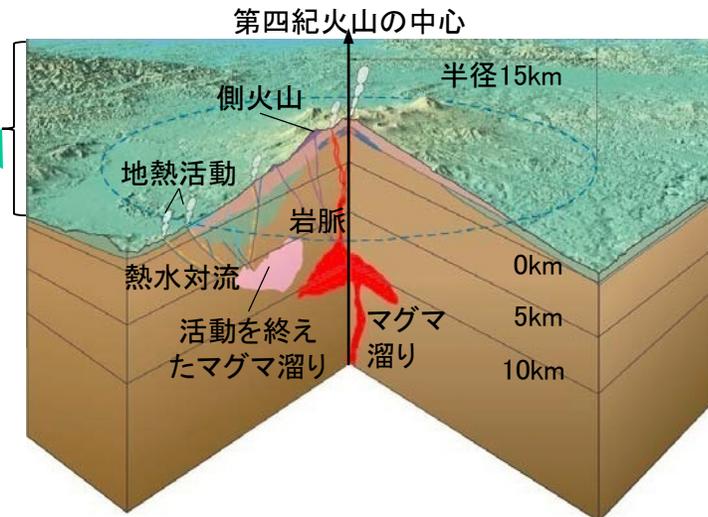
- ◆ マグマの処分場への貫入による隔離機能の喪失
- ◆ 高い地温や、熱水や酸性地下水などの影響による閉じ込め機能の喪失

リスク要因への対応

- 地表踏査や地下調査などを行い、こうした影響が著しい場所や将来こうした影響が発生する恐れが高い範囲を避けます。

▶ 地表踏査

- 火山噴出物の分布や年代などを調べ、過去の火山活動の規模や時期などを把握
- 火山周りの側火山、岩脈などの分布範囲から過去・現在のマグマ活動の範囲が概略的に把握



▶ 地下調査

- 電磁探査や地震波探査により、岩盤など硬さや電気抵抗の違いを利用して、マグマの分布などを推定
- ボーリング調査による地下の温度測定、及び採取した火山岩の年代測定など
- 地下水に含まれるガスの成分により、マグマの存在の可能性を調査

火山の中心と側火山等の関係の例(複成火山の場合)と主な調査項目

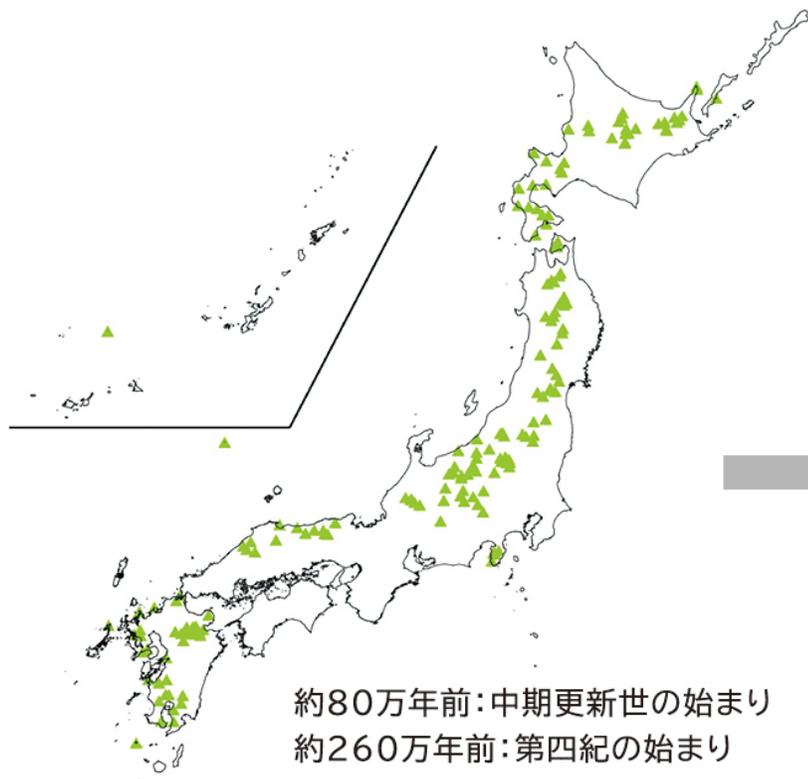
(注) 側火山: 火山の頂上の火口から離れた山腹に火口ができ、そこにできる小型の火山のことです。
地熱活動: 地下に存在する熱源から放出される熱によって、地温が高くなることです。
熱水対流: 地下に存在する熱源から放出される熱によって、地下水の対流が引き起こされることです。
複成火山: 休止期間をはさんで噴火活動を何度かくり返した火山のことです。

- 深部流体についても、地下水の化学成分の調査や、物理探査、ボーリング調査などの地下の状況の調査を通じて、その分布を把握し、著しい影響が及ぶと考えられる範囲は避けるようにします。

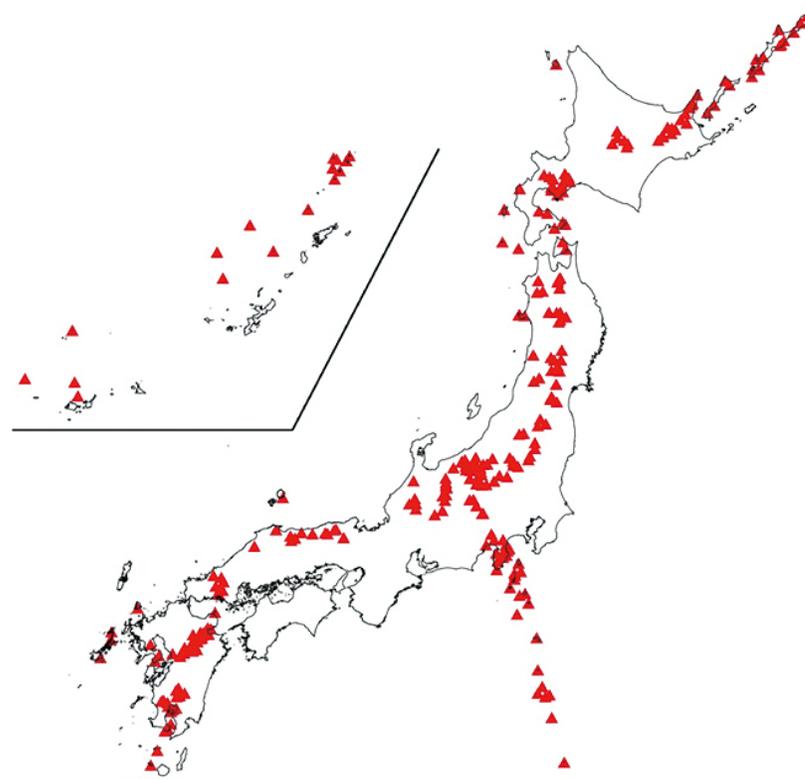
日本列島の火山活動の推移

- これまでの研究により、火山活動が起きる地域は過去数百万年程度の間ほとんど変化していないことが分かっています。
- 火山の影響を受けるリスクを十分に小さくするために、火山の中心から十分離れた場所であることが大切です。

約260万年前～約80万年前に活動した火山



約80万年前～現在に活動した火山



- ・中期更新世とは: 第四紀の中の更新世(約260万年前から約1万年前)のうち、約80万年前から約13万年前までの期間
- ・第四紀とは: 約260万年前以降の地質時代

立地による対応②: 断層活動にかかわるリスク要因に対する対応

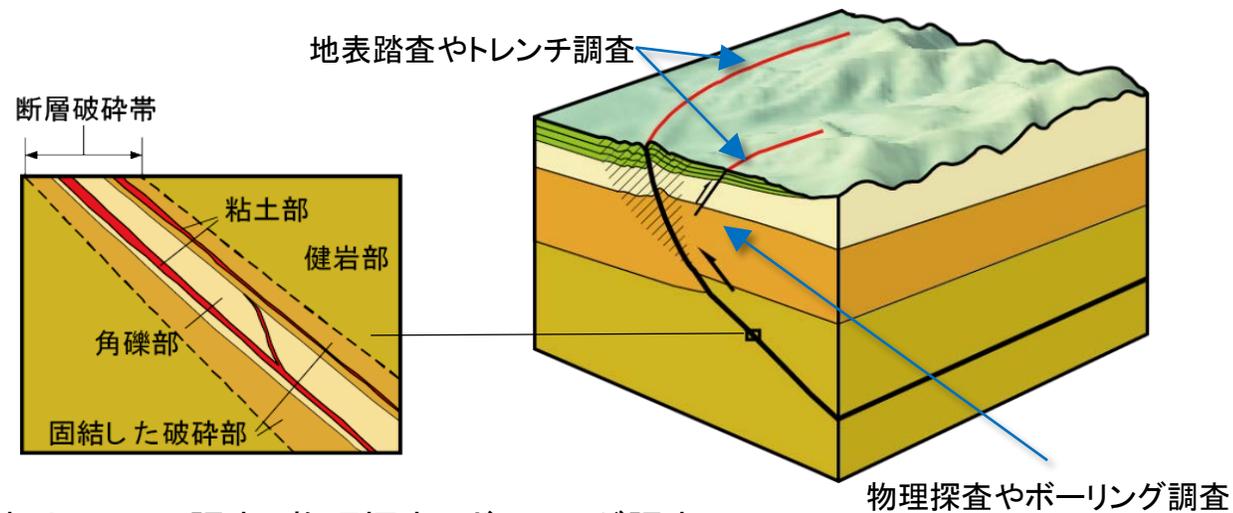
考慮すべきリスク要因

◆断層のずれによる閉じ込め機能の喪失

リスク要因への対応

- 地表踏査やトレンチ調査、物理探査、ボーリング調査などを行い、断層の位置などを把握するとともに、過去の活動の傾向を把握することにより、将来、断層が伸展したり分岐するような場所を推定し、将来にわたって断層活動の影響が著しいと考えられる場所を避けます。

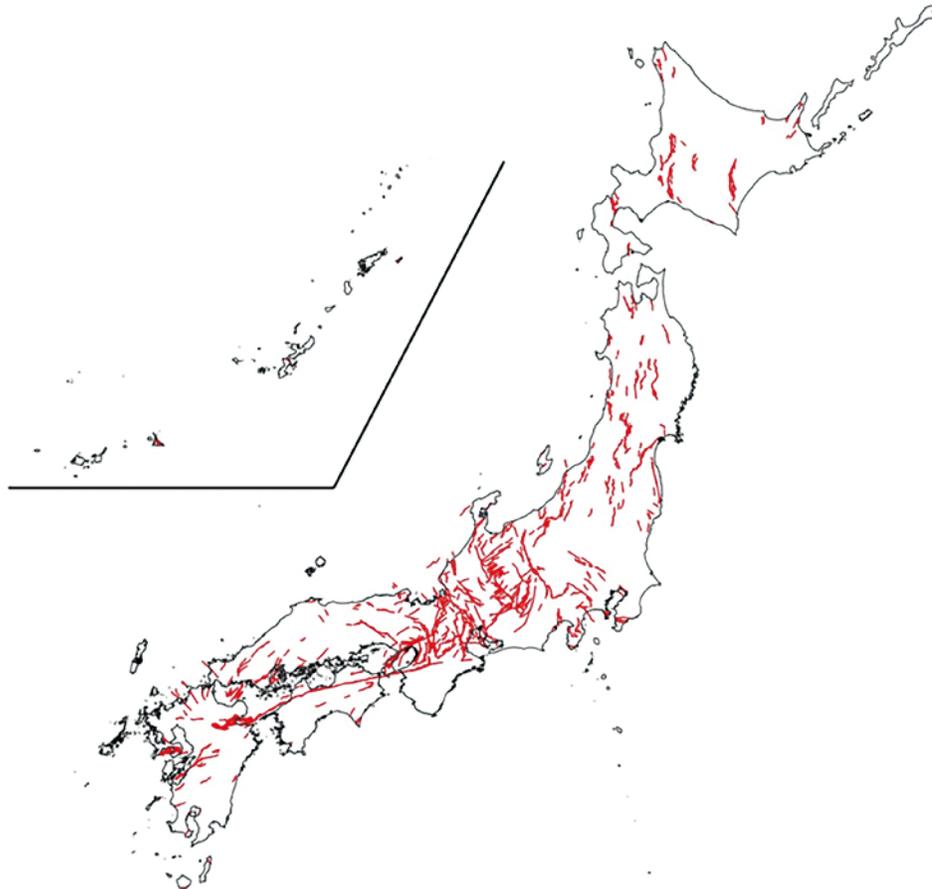
活断層の概要と調査



- 地表踏査やトレンチ調査、物理探査、ボーリング調査
 - 断層の位置の把握
 - 破碎帯などの性状の把握
 - 断層の過去の活動時期の推定
- 過去の活動の傾向を把握し、将来、断層が伸展したり、分岐するような場所を推定

断層の分布

- 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こっています(活断層)。
- 詳細な調査により隠れた活断層やその影響範囲などを確認し、回避します。また、それらが、離れた場所であることを確認します。



活断層とは

過去数十万年前以降に繰り返し活動し、将来も活動する可能性のある断層のこと

活断層の影響範囲とは

断層周辺の岩盤の破壊や変形が生じている領域、ならびに将来、断層が伸展したり分岐する可能性がある領域のこと

既にある断層が岩盤の中で最も弱い場所となり、同じ断層が繰り返し活動する傾向があります。

設計による対応:

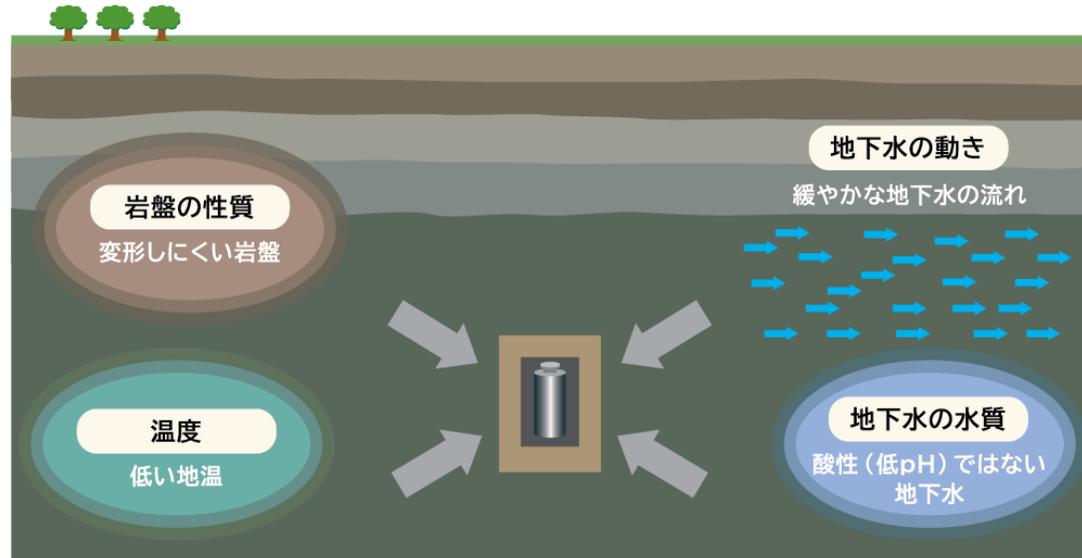
好ましくない地質環境の特性にかかわるリスク要因に対する対応

考慮すべきリスク要因

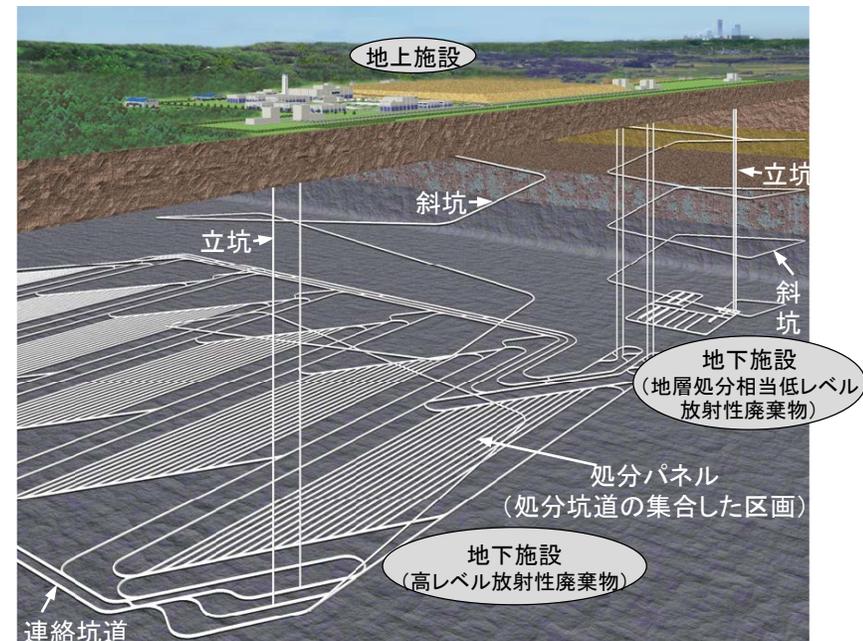
◆好ましくない地質環境特性による、天然バリアや人工バリアの閉じ込め機能への影響

リスク要因への対応

- ① 処分地選定調査においては、ボーリング調査等を実施し、地下深部の地質、地下水の流れやすさや水質、岩盤の変形しにくさ、地温などを調査し、より好ましい範囲を選びます。
- ② 調査した地下深部の特性を踏まえ、地下施設を断層や亀裂から離して配置することを考えます。また、人工バリアの仕様や深度などを総合的に検討します。



好ましい地下深部の地質環境

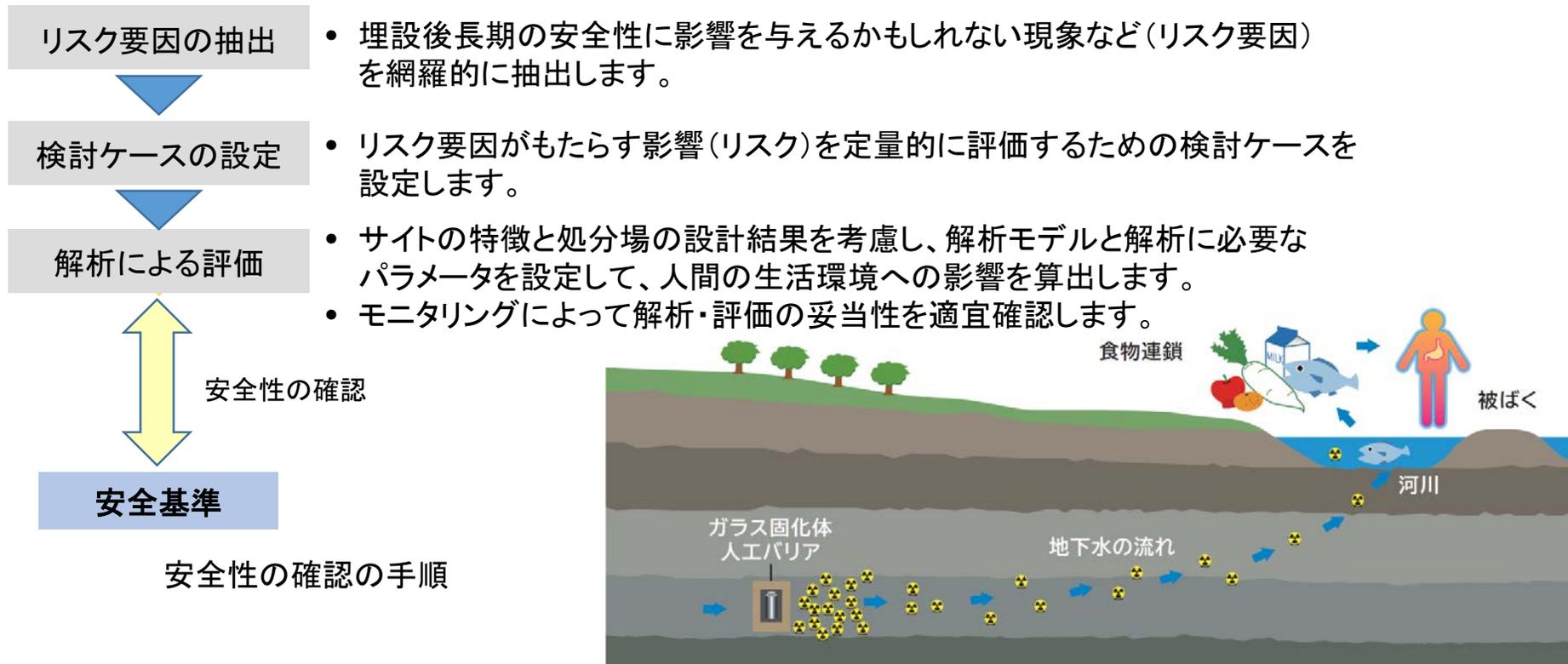


地下施設のイメージ

対応策により安全が確保できるかの確認(安全性の確認)

- 抽出したリスク要因による人間の生活環境に与える影響が、立地や設計での対応によって十分、小さくなるかを評価します。

- ① 地質環境の特性やその長期変化などを考慮して、地下における放射性物質の移動を数値モデルに基づいて解析して、処分システムの性能を把握し、その安全性を確認します。
- ② 安全性に及ぼす影響が大きい項目を抽出し、地下施設の配置などの設計に反映します。その結果を安全基準と比較することで、安全性を確認します。この手順をくり返すことで、リスクをできる限り小さくしていきます。
- ③ 安全性を確認した結果、安全基準を満たさなければ、そのサイトは地層処分に不適と判断します。



(参考)地下水の年代測定

- 地下水年代は、雨水等が地下水になってからの時間(滞留時間)を言います。地下水の年齢(Groundwater age)とも言えます。
- 地下水年代を測定するためには、地下水に溶解している放射性物質の濃度変化に着目する測定方法、地下水中に蓄積する物質の濃度変化に着目する測定方法などがあります。
- これまでの様々な調査により、日本国内でも数百万年前という年代測定結果が得られています。



ボーリング調査の外観(やぐら)



採水調査



コア間隙水の抽出

Situation

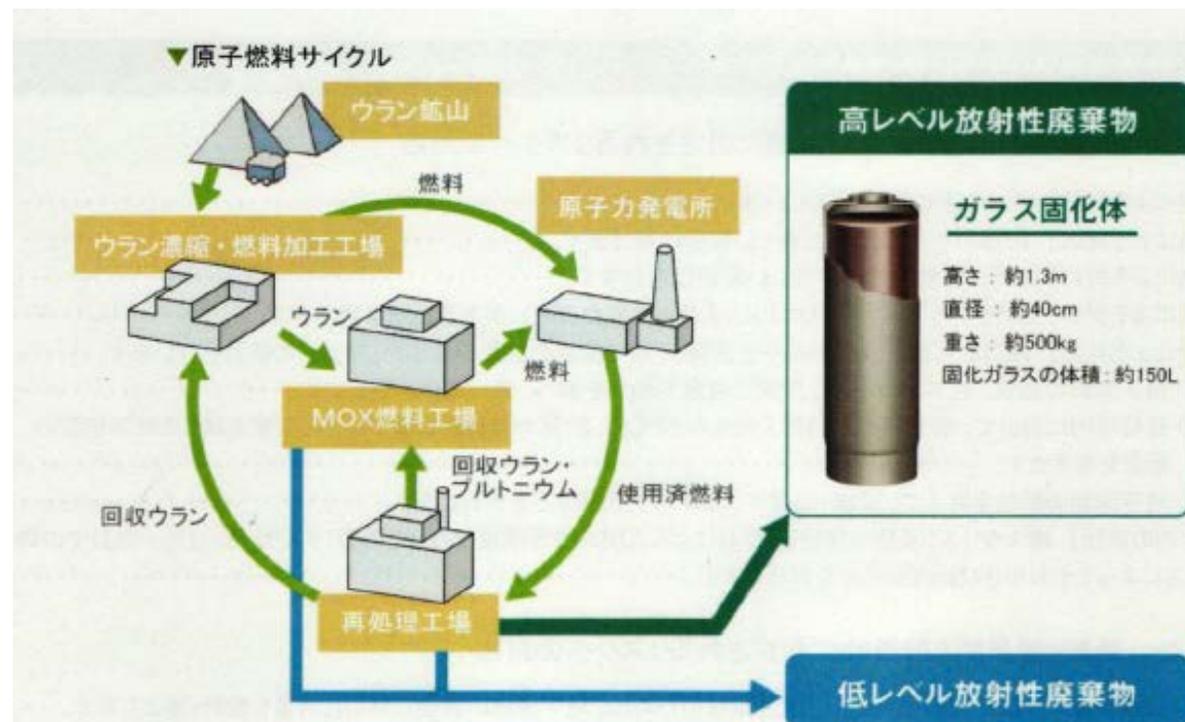
Energy Mix for Power Supply



使用済み核燃料の95%は再利用

出所：資源エネルギー庁「我が国のエネルギー情勢①」

現在のわが国にはガラス固体に換算して24000本に相当する廃棄体が存在する。100万キロワットのげんぱ1機で年間27本程度の廃棄物が生まれる。



Requirements for Geological Disposal



Legal Avoidance requirement (法定除外要件)

15km from the central crater
adding, incl. huge caldera,

1/100 width area of the total
length of the active faults
underground faults position will
be fixed in the preliminary
research

Criteria and standard by the council

THMC

T; less than 100°C
less than 42°C at the human work area

H; slow water flow
not transport things from the depository to surface in 100,000 years

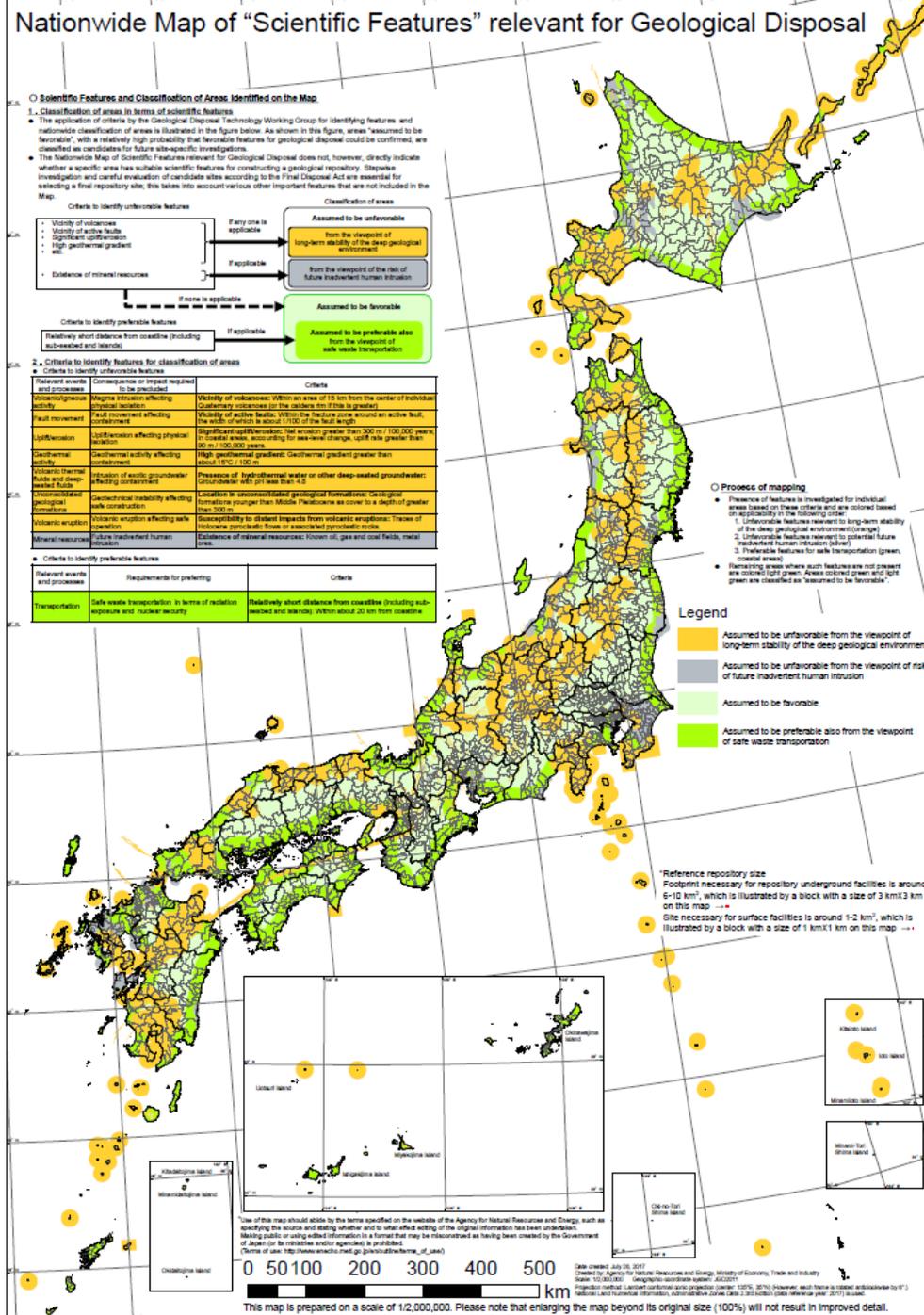
M; do not move by active faults and earth quakes

C; pH between 4.8 to 9.0
reducing environment

The Scientific Property Map shows people the Avoiding area only from the database which concerning whole Japanese Island.

This criteria will be used to the next work for the candidate site, in literature survey for example.

Map



Map of Scientific Properties

Orange: Volcano and Active Faults

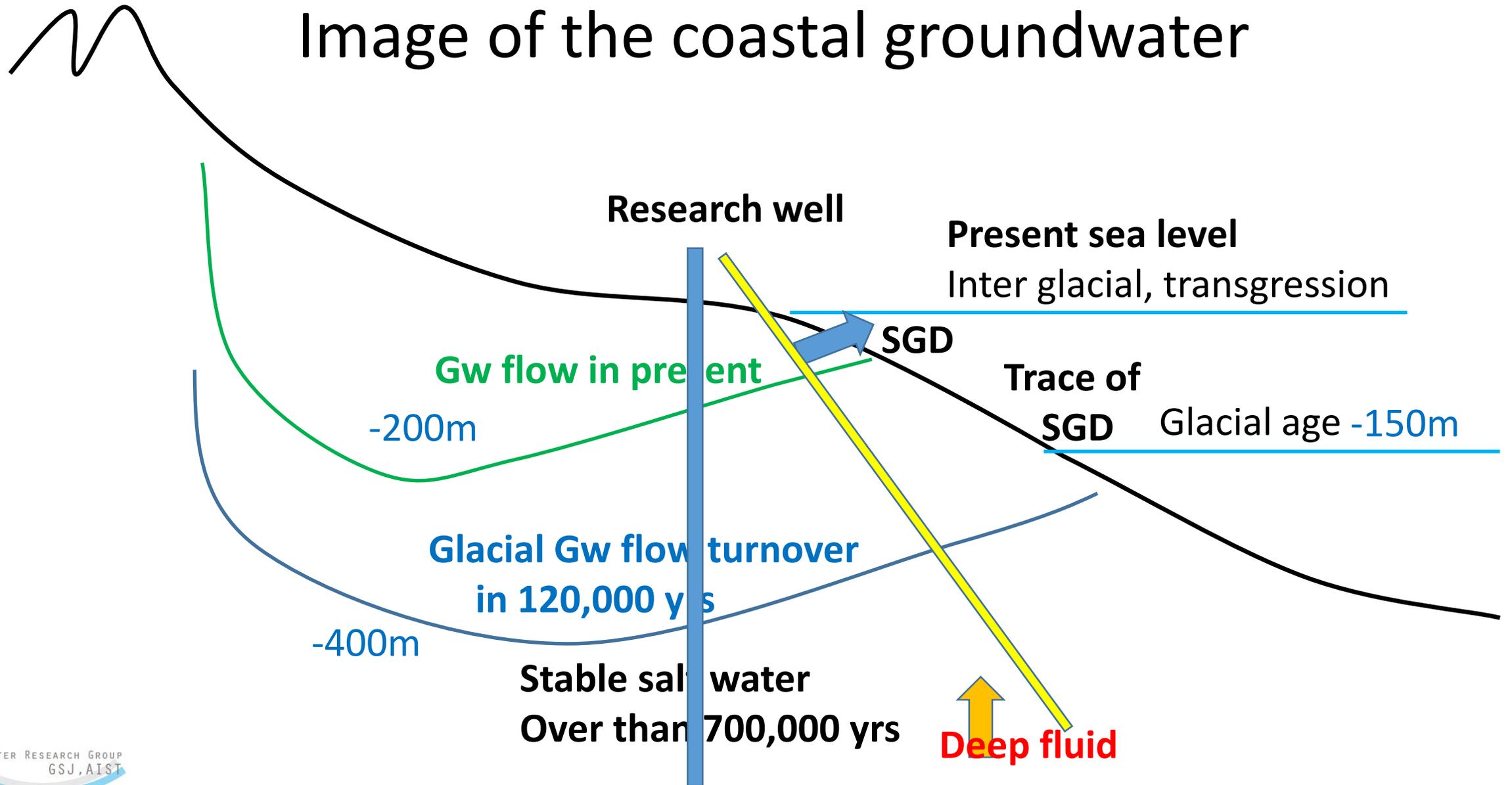
Silver: Resources (mineral, gas, oil and coal)

Green: Possibility to be a candidate area after the detail survey

Dark Green: Possibility to be a candidate area after the detail survey incl. transportation (less than 20km from coast and less than 8% in gradient)

This is a first map composed by the data which covered whole Japanese Islands, because of fair discussion in public. And this map shows the avoidance only, local and detail research will be done from literature survey.

Image of the coastal groundwater



沿岸部地下水研究

1 地質文献調査後の物理探査(海陸連続)

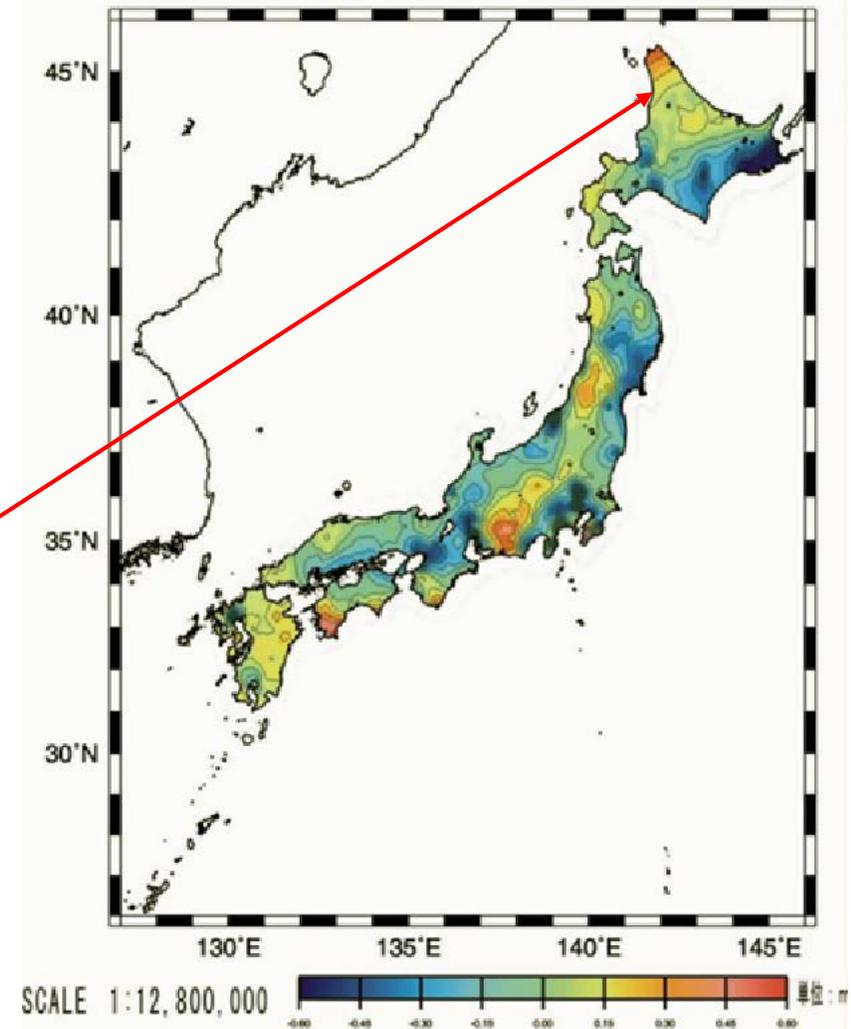
2 海底地形調査と海底湧水調査

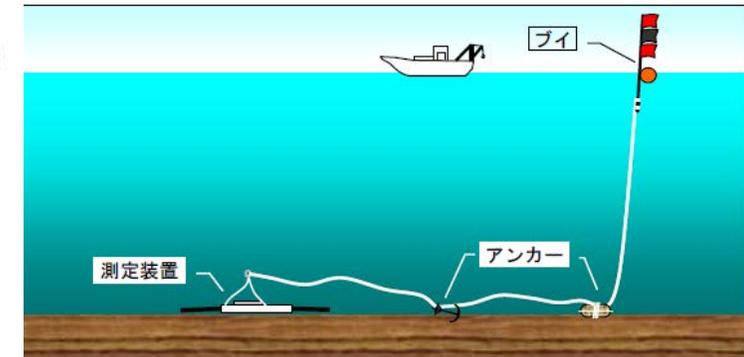
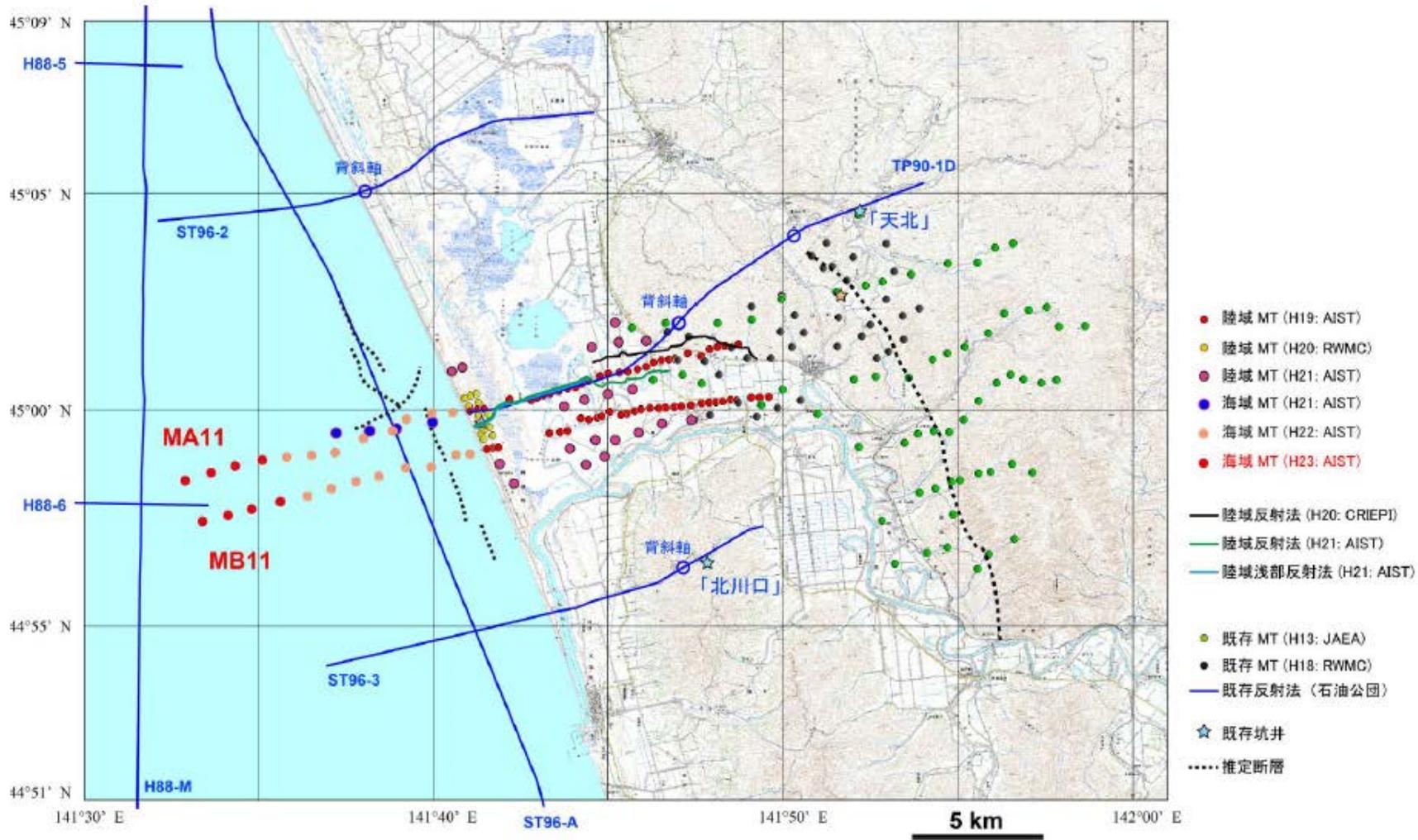
3 ボーリング調査

4 超長期地下水流動解析

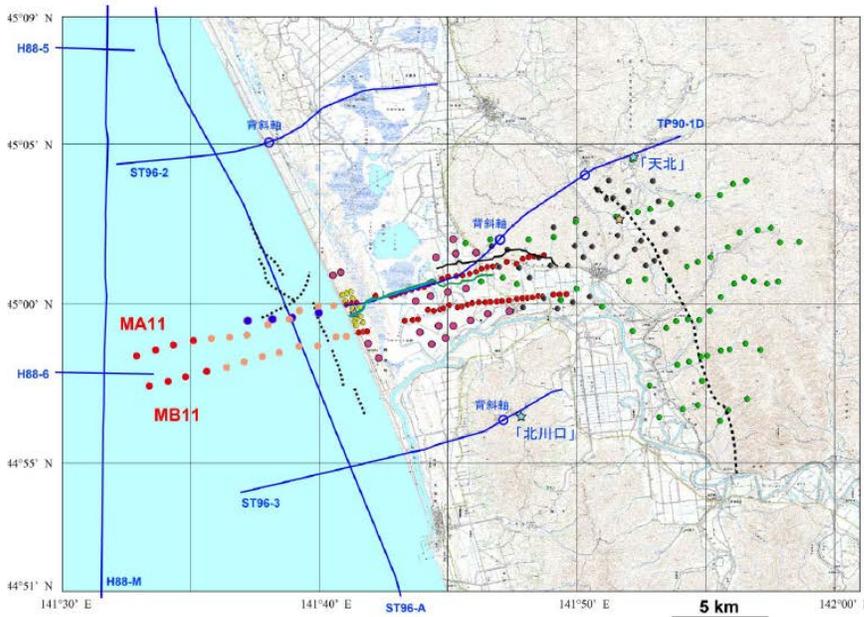
→セーフティ・ケース

Study area

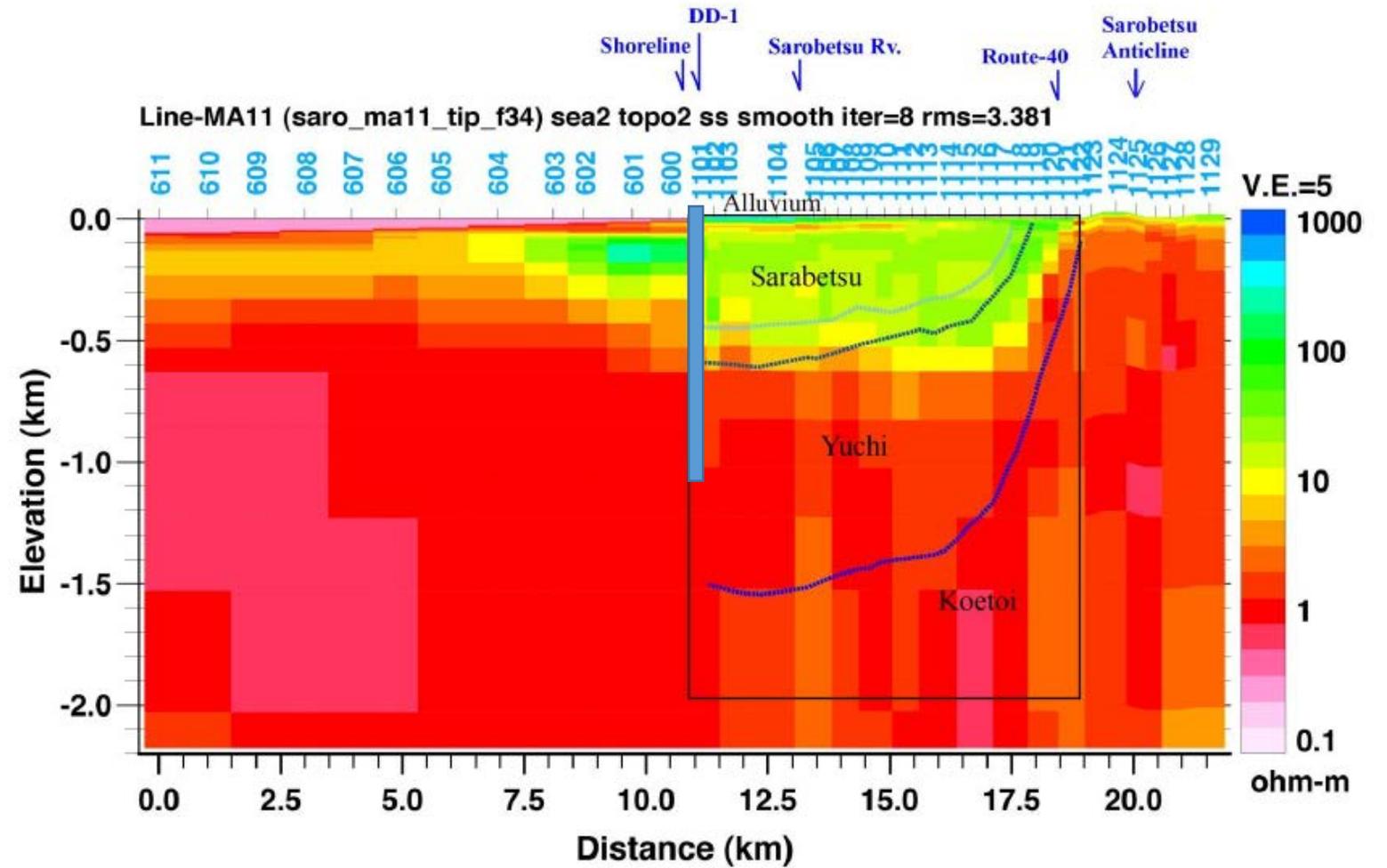




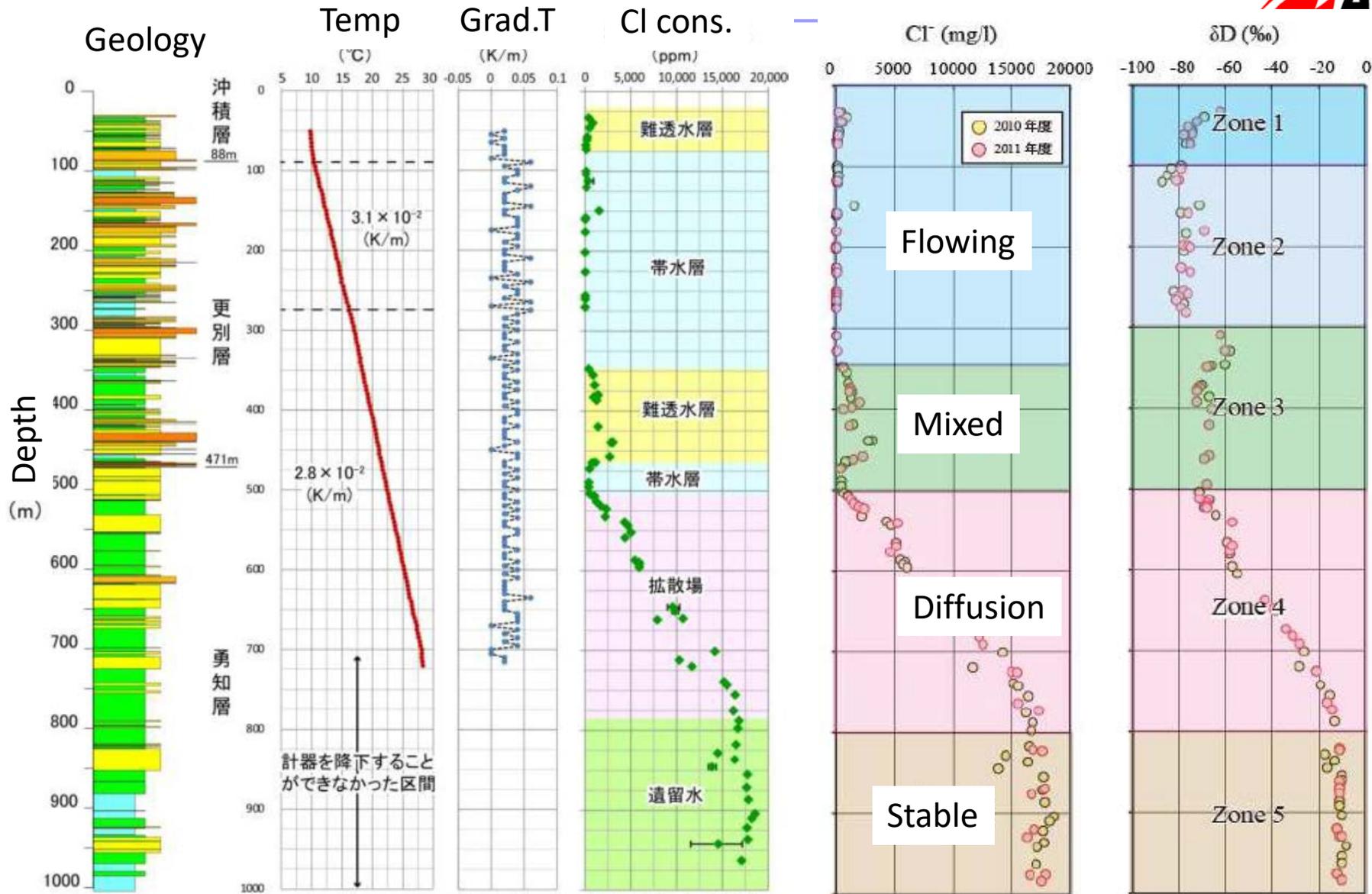
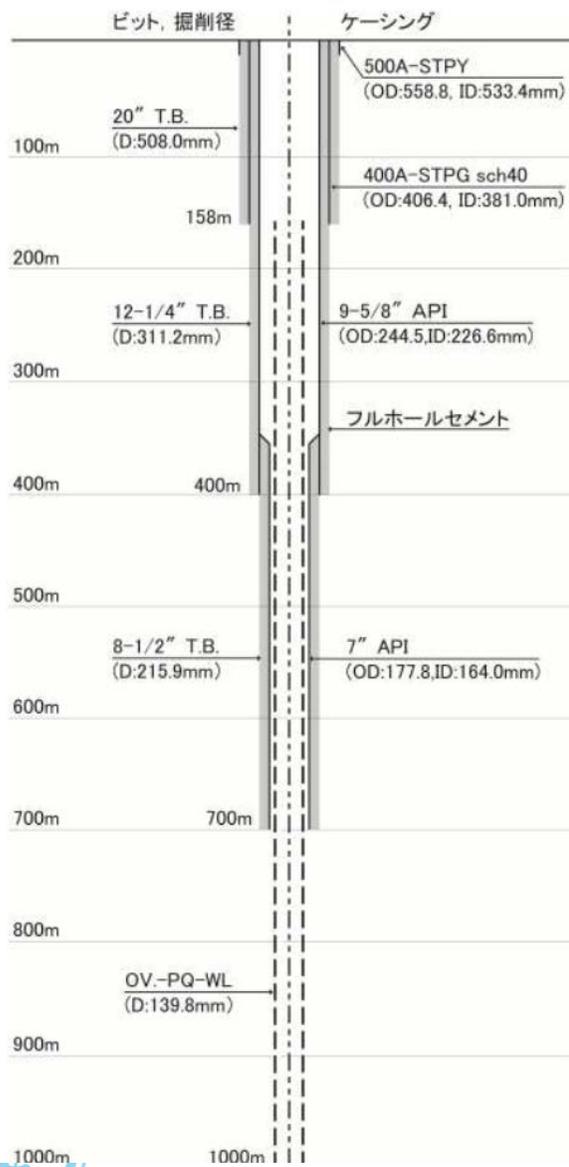
海陸連続電磁法探査



- 陸域 MT (H19: AIST)
- 陸域 MT (H20: RWMC)
- 陸域 MT (H21: AIST)
- 陸域 MT (H21: AIST)
- 海域 MT (H22: AIST)
- 海域 MT (H23: AIST)

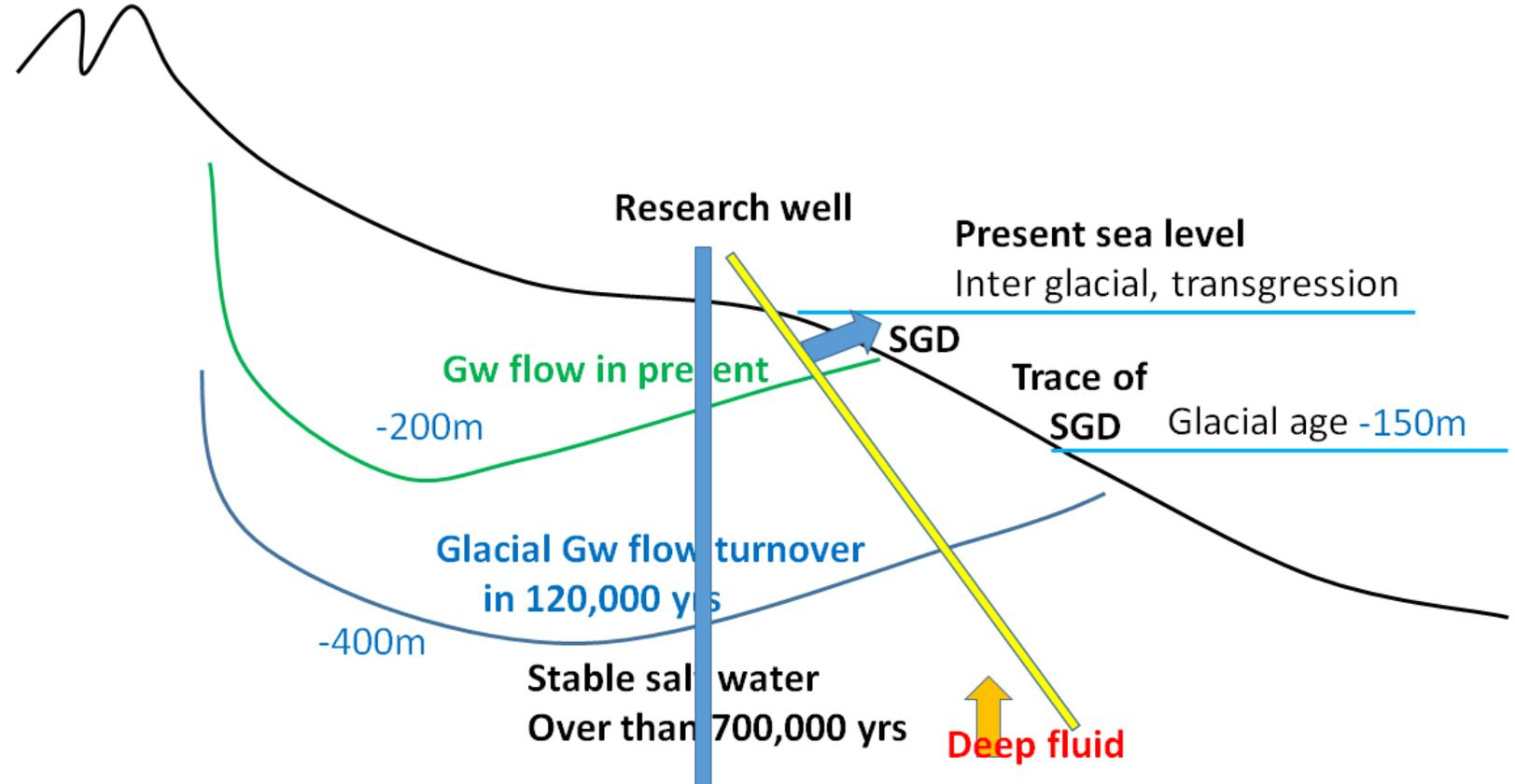


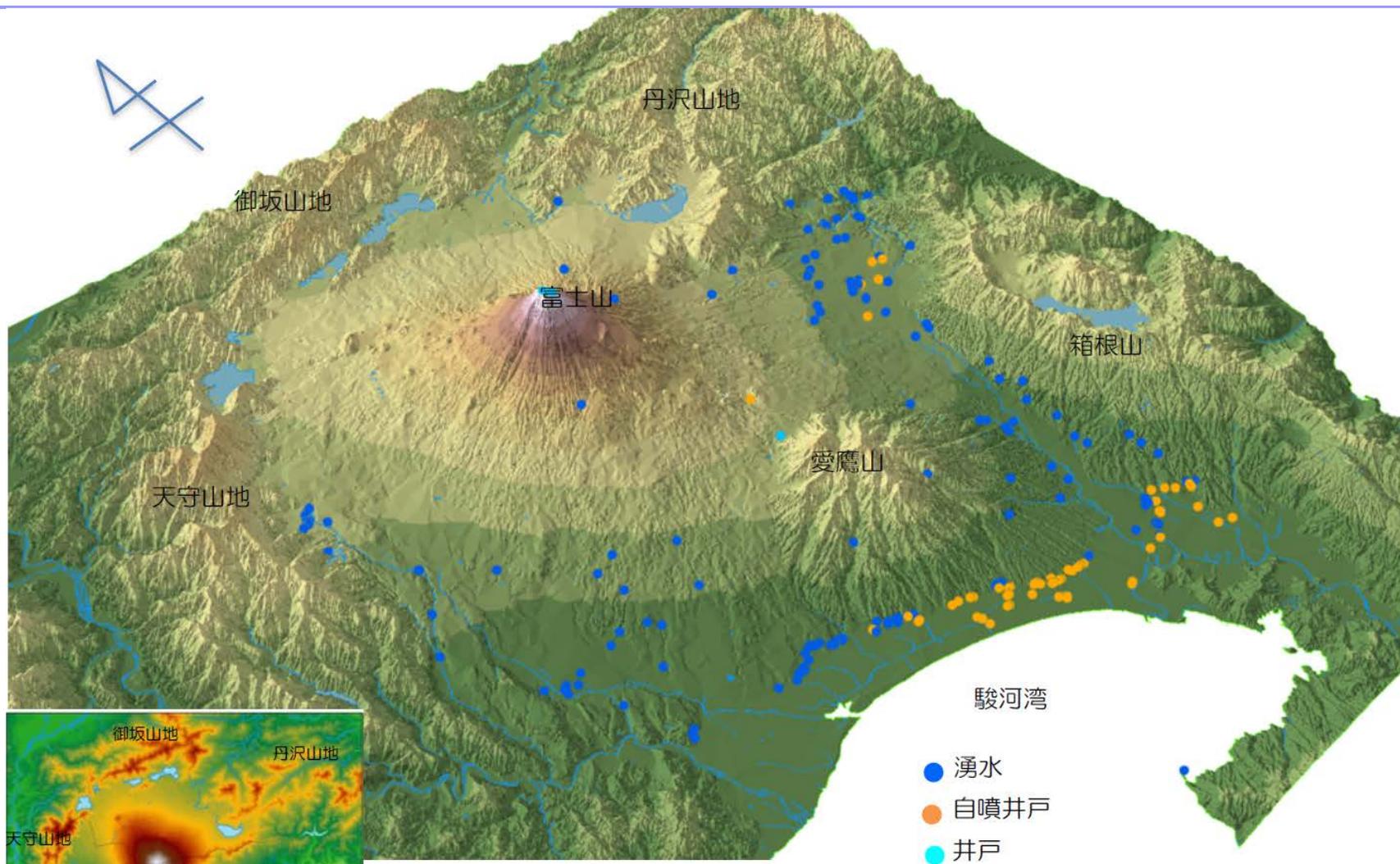
Casing Program



Glacial active gw makes a fresh gw tongue under the marine

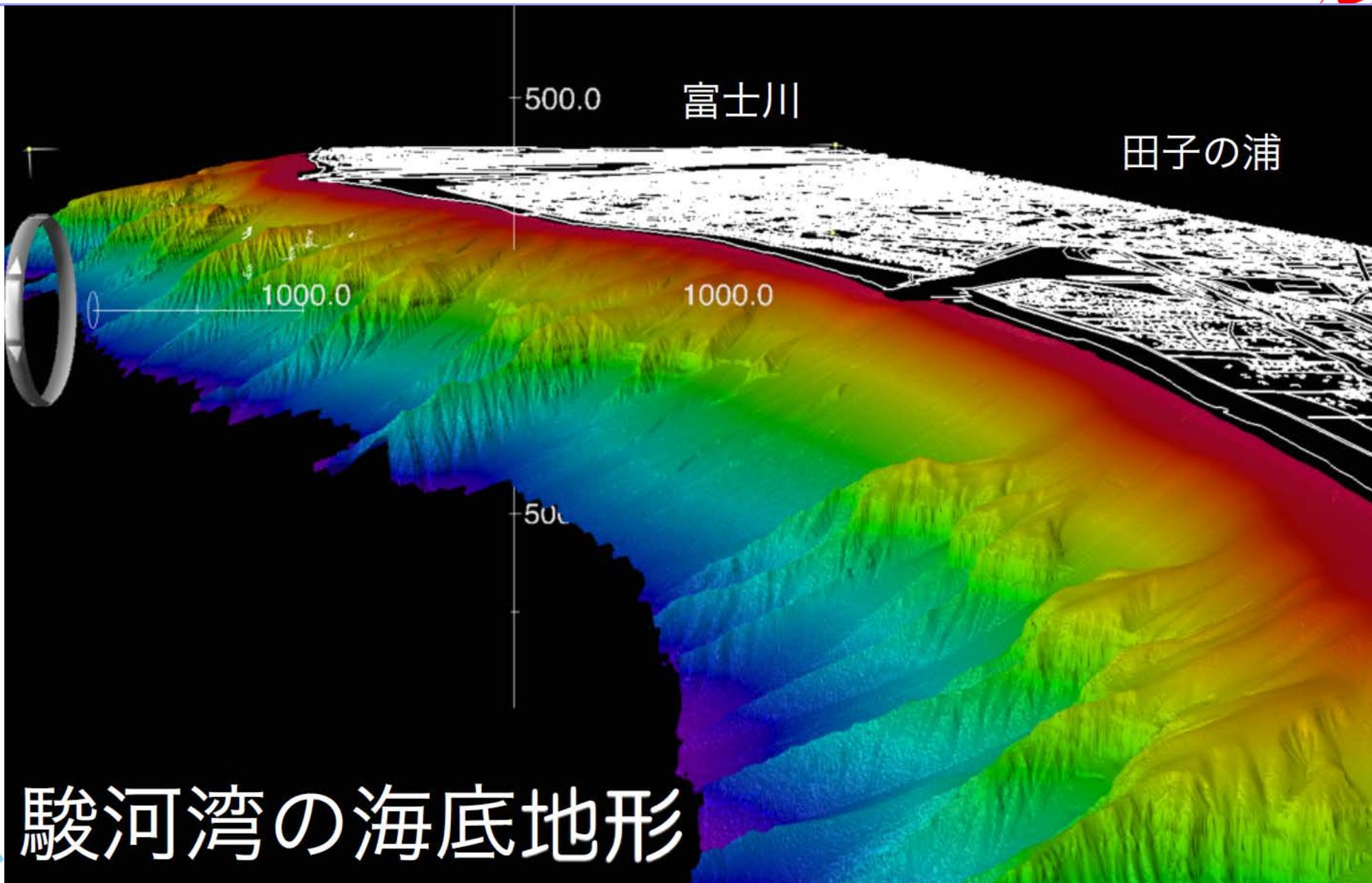
The long term stable water exists under the fresh water tongue

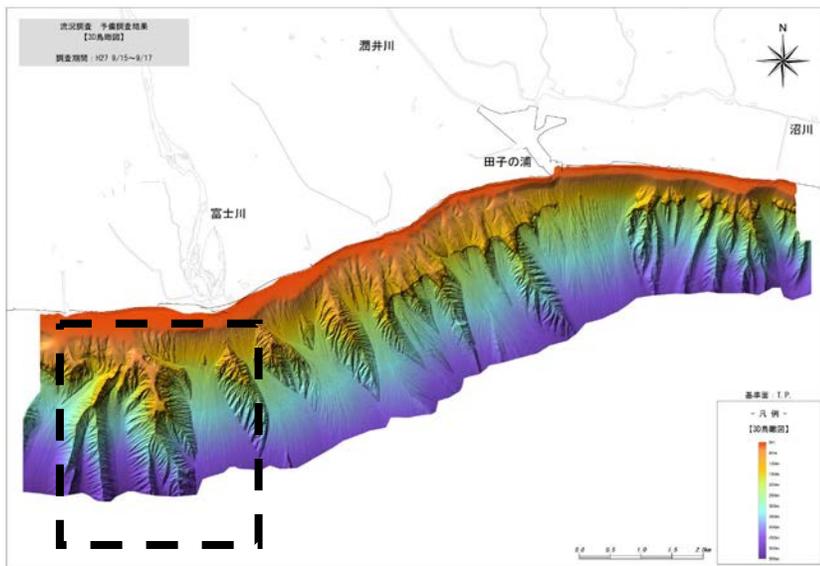




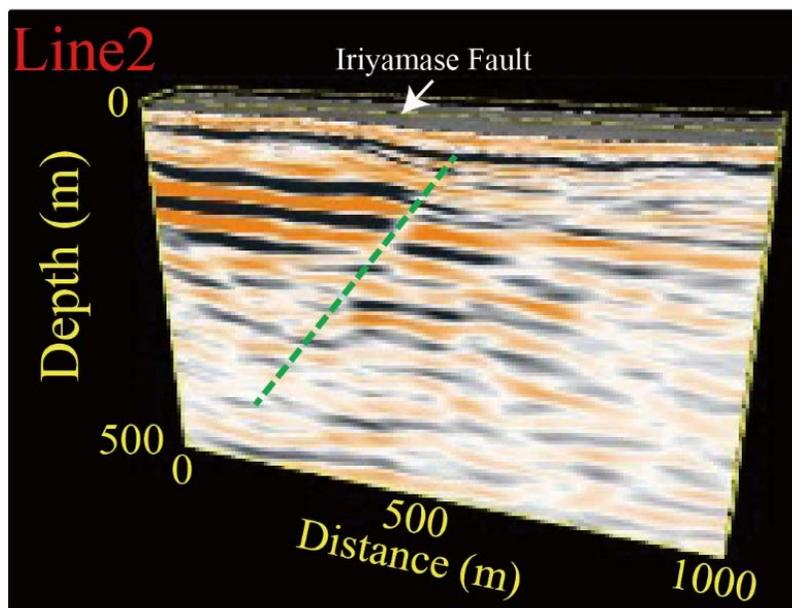
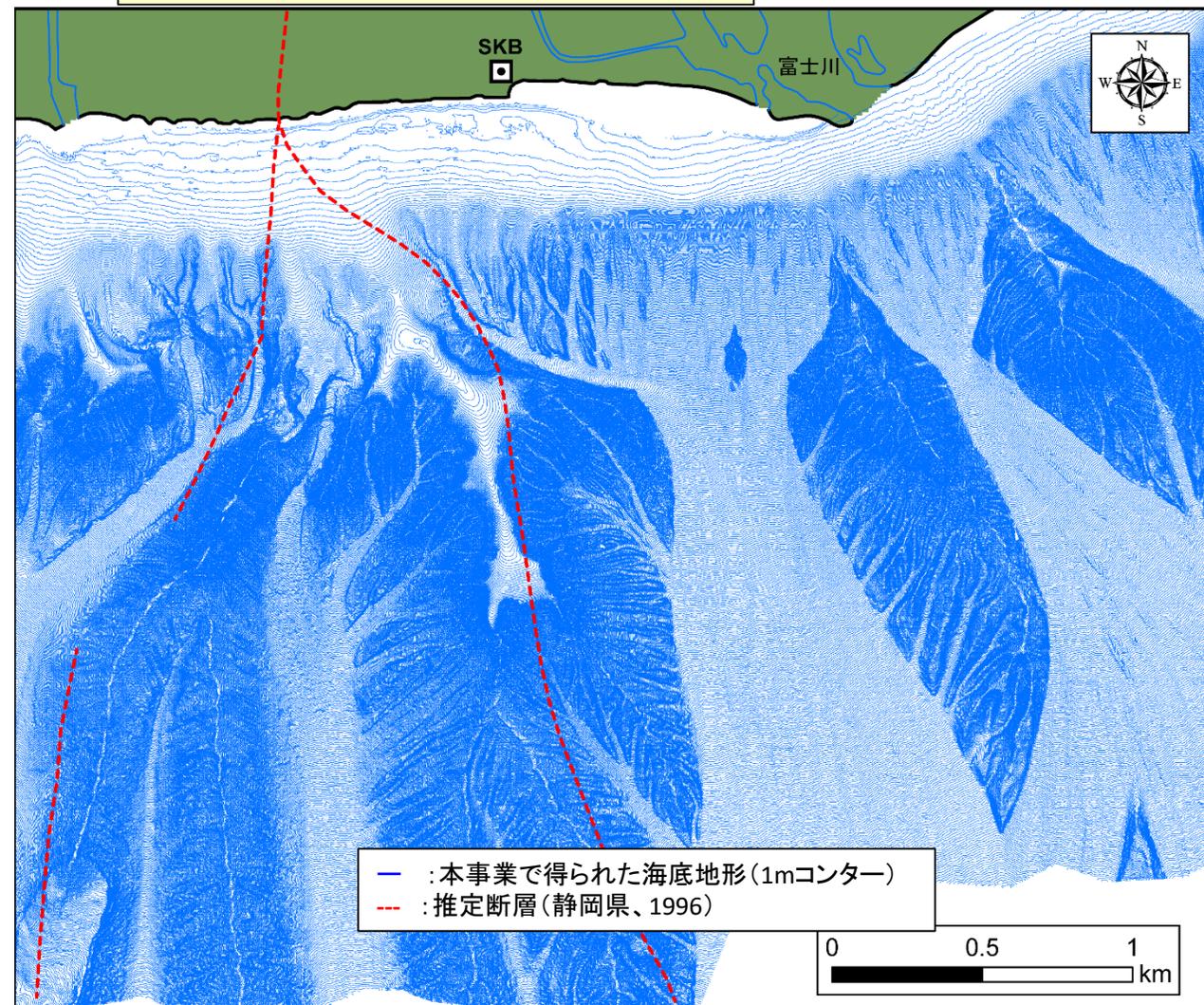
富士山地域の地形と湧水

h22~24静岡県研究実績



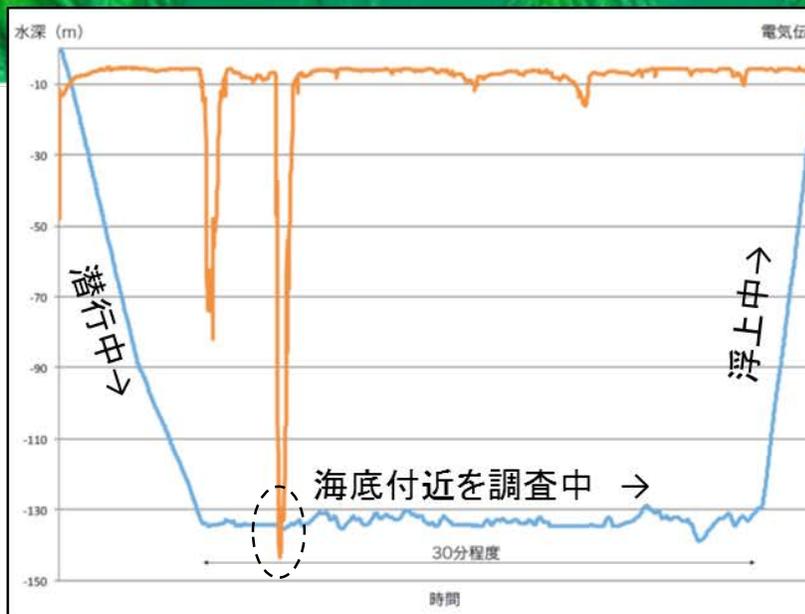
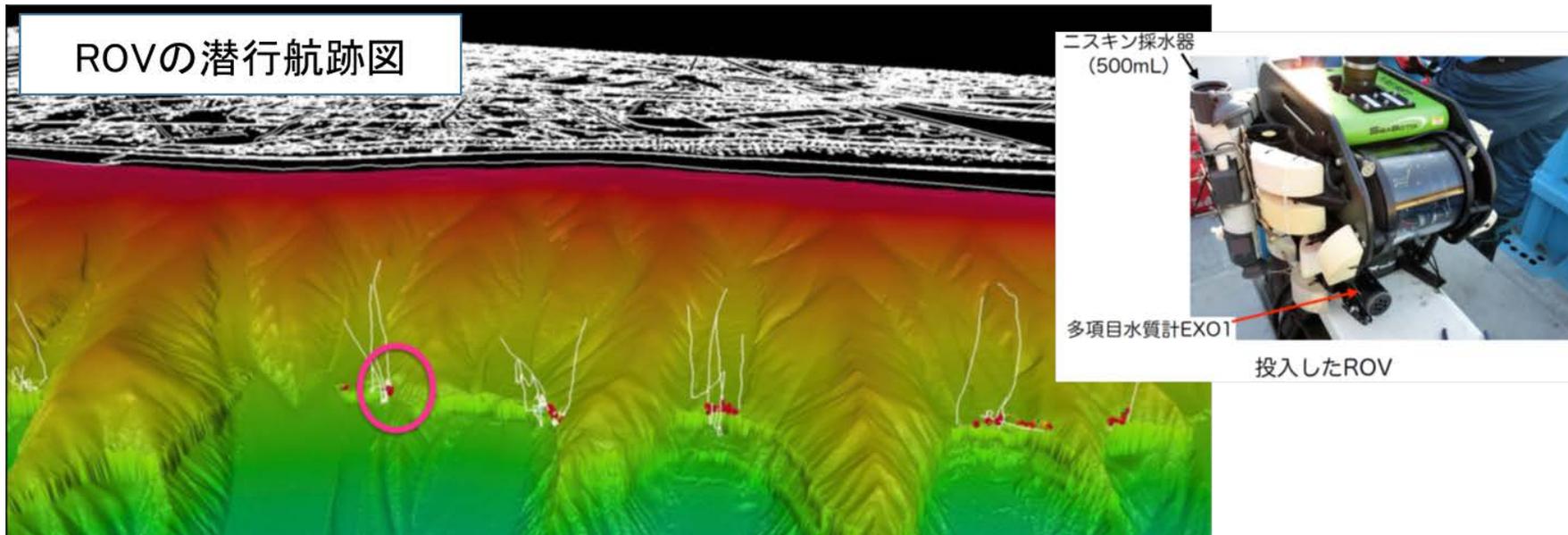


富士川河口周辺の海底地形図



3次元弾性波
探査による断
層の特定

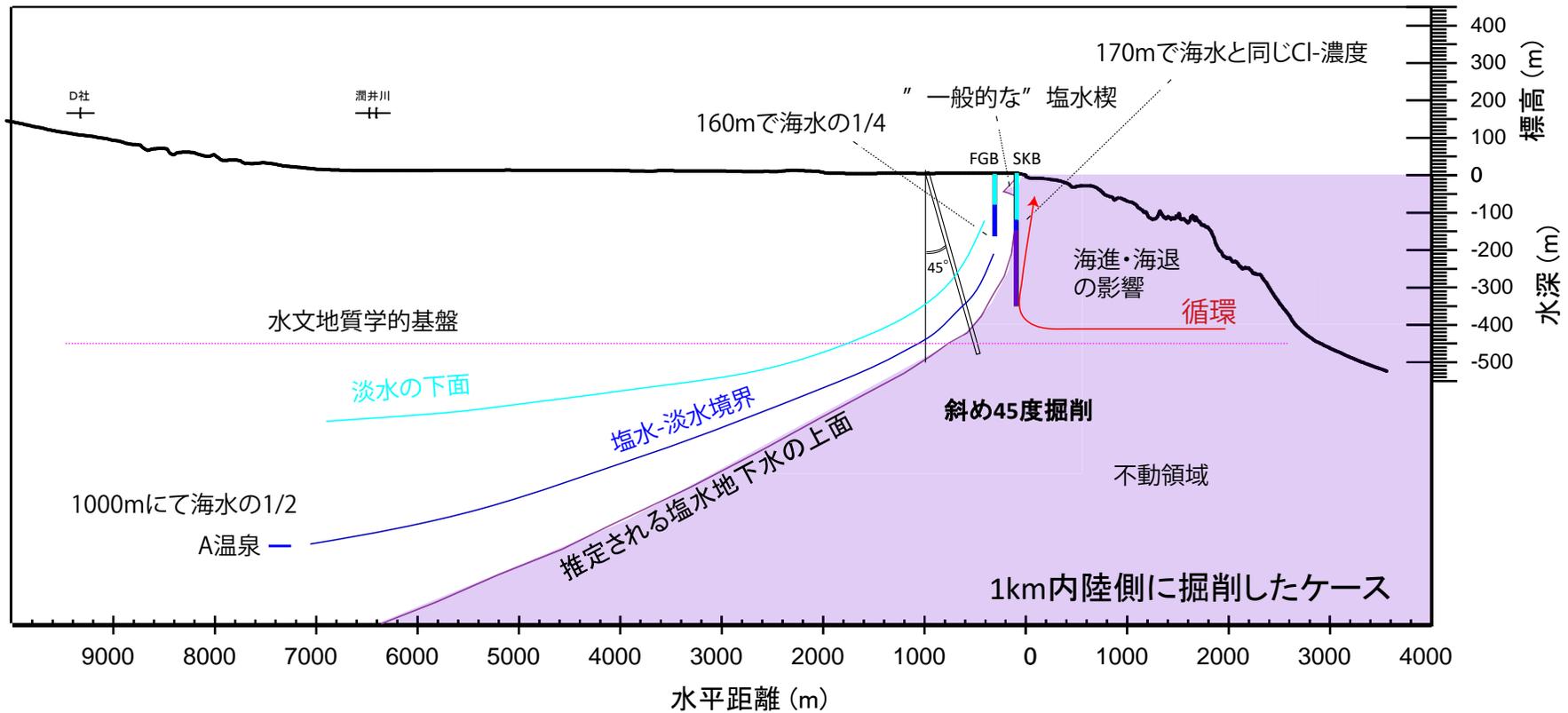
海底湧出地下水の検出と採水について



▷ 電気伝導度率(塩分)が10%程度低下する領域は湧出点の近傍に限られる。

⇒ ROVを用いた採水手法の向上により、海水の混入率が低い試料の採取も可能になると考えられる。

⇒ 散乱領域を目安の一つとし、ROV調査を実施することで海底湧出地下水の分布を把握することは可能。この際、海底面状況を併せて把握することで、海底下における水理地質構造の推定にも貢献できる。



海岸から600～1000m内陸側に掘削したい理由

広域地下水流動解析のための束縛条件

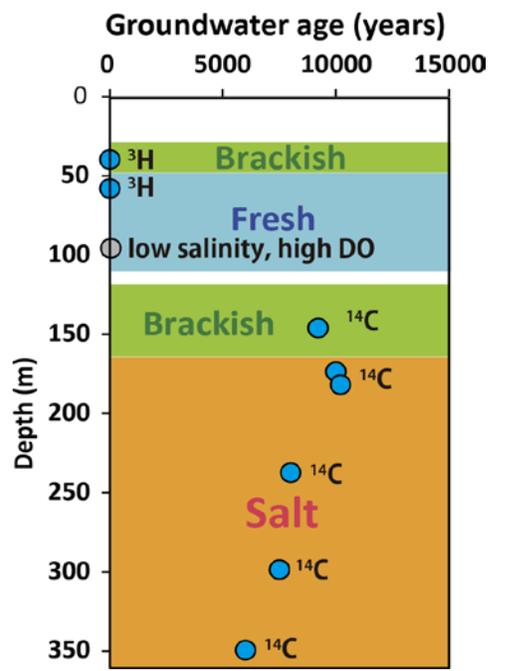
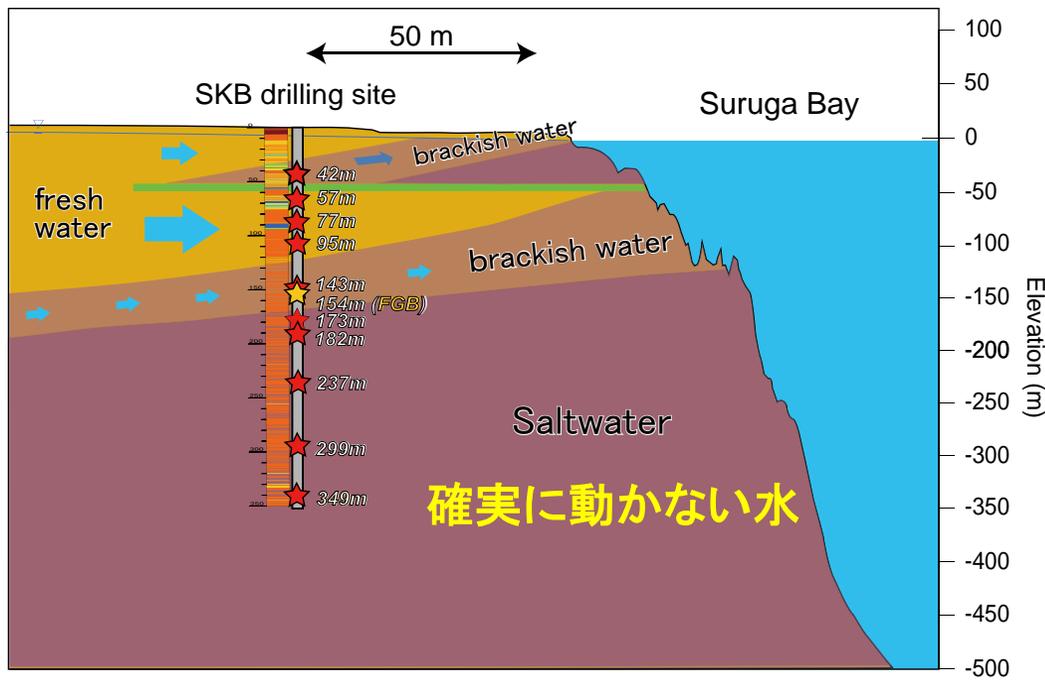
- ・現在は塩淡水境界の形状が不明→ 既存井と比較すると海側の形状がはっきりする
- ・塩水の年代差(内陸になると古くなるか)。あまりに内陸側だと塩水に到達しない可能性があり、一方で、あまりに海側だと既存井と同じ結果になってしまう可能性がある。
- ・海底にキャプロックを置くケースと置かないケースで計算

塩淡水境界の分布モデル

二つの塩淡水境界

深度57mの粘土層の
上位に塩水楔(浅層
の塩淡水境界)

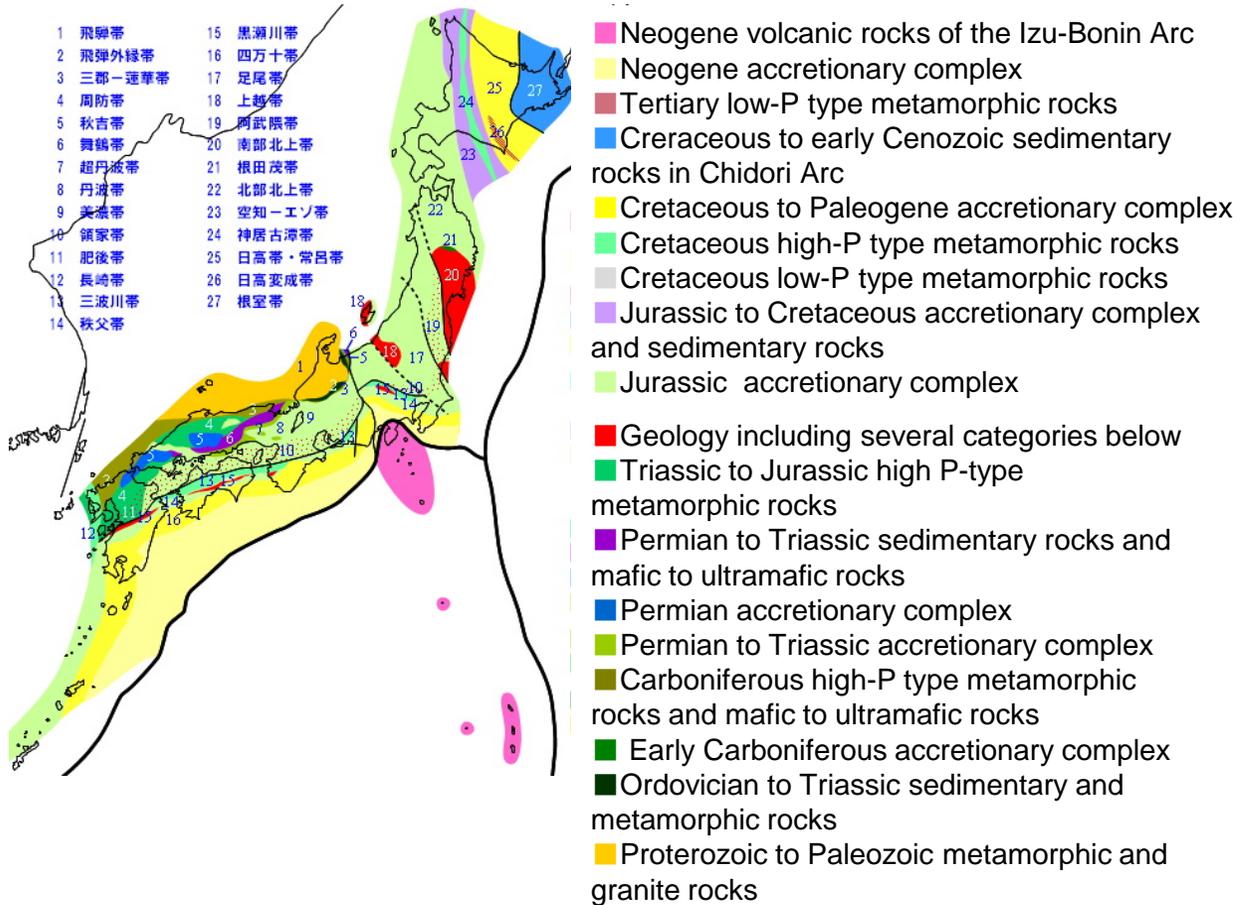
深度125mから深層
の塩淡水境界



Name	Screen m	Freshwater head (m)	Hydraulic conductivity (m/s)	Property	Groundwater age	
					years	method
SKB 57	57.1~58.6	1.3	7.27×10^{-5}	Freshwater	< 50	^3H
SKB 95	94.6~96.7	3.6	2.73×10^{-5}	Freshwater	> 50	^3H
SKB 143	142.8~144.7	3.0	9.22×10^{-6}	Brackish water	glacial age (f.w.)	δD & $\delta^{18}\text{O}$
FGB 154	150.8~157.3	3.6	4.84×10^{-5}	Brackish water	glacial age (f.w.)	δD & $\delta^{18}\text{O}$
SKB 173	172.5~174.5	0.5	1.69×10^{-5}	Saltwater	10000	^{14}C
SKB 182	179.1~184.3	0.6		Saltwater	10200	^{14}C
SKB 237	235.5~238.9	0.5	1.20×10^{-5}	Saltwater	8000	^{14}C
SKB 299	295.5~301.5	1.6	1.20×10^{-5}	Saltwater	7500	^{14}C
SKB 349	346.5~352.1	1.2	2.73×10^{-5}	Saltwater	6000	^{14}C

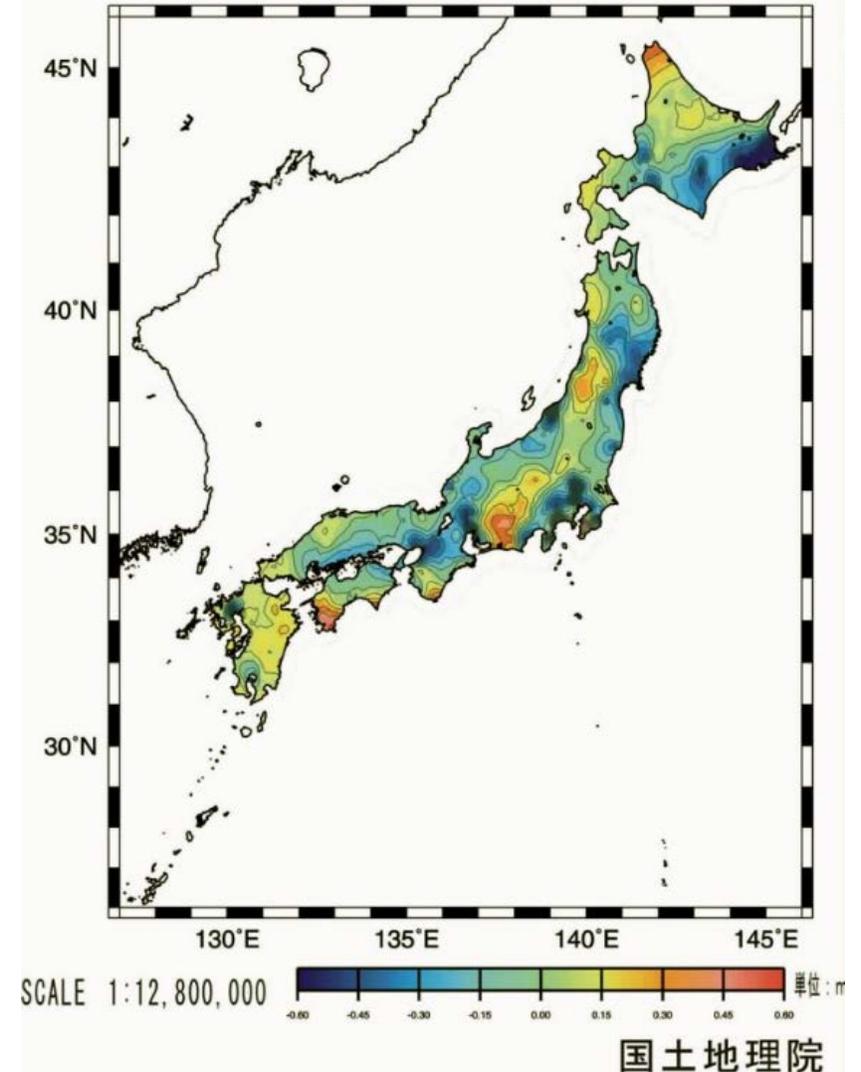
14C測定の結果、
深いところほど
若い水がある



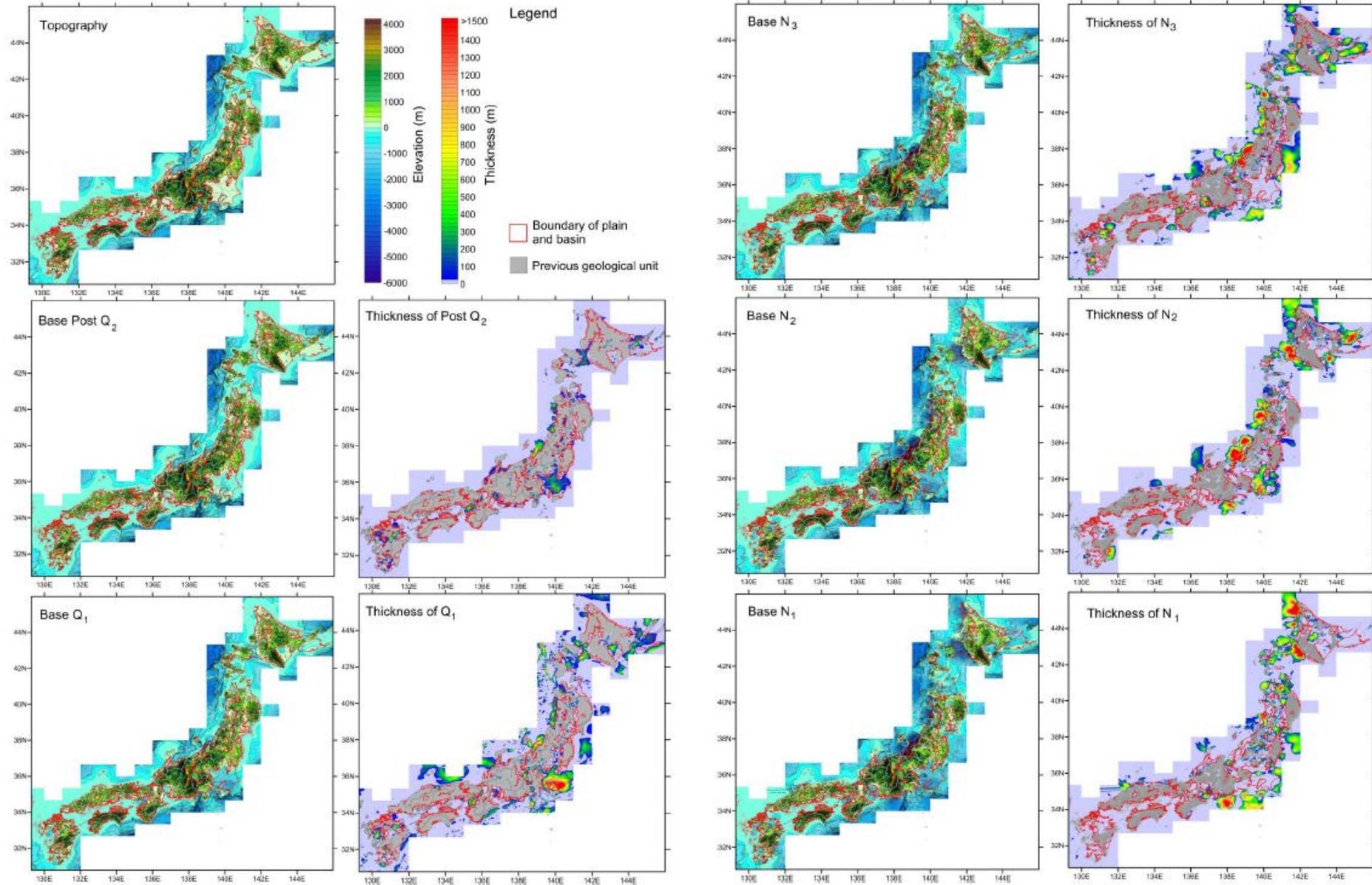


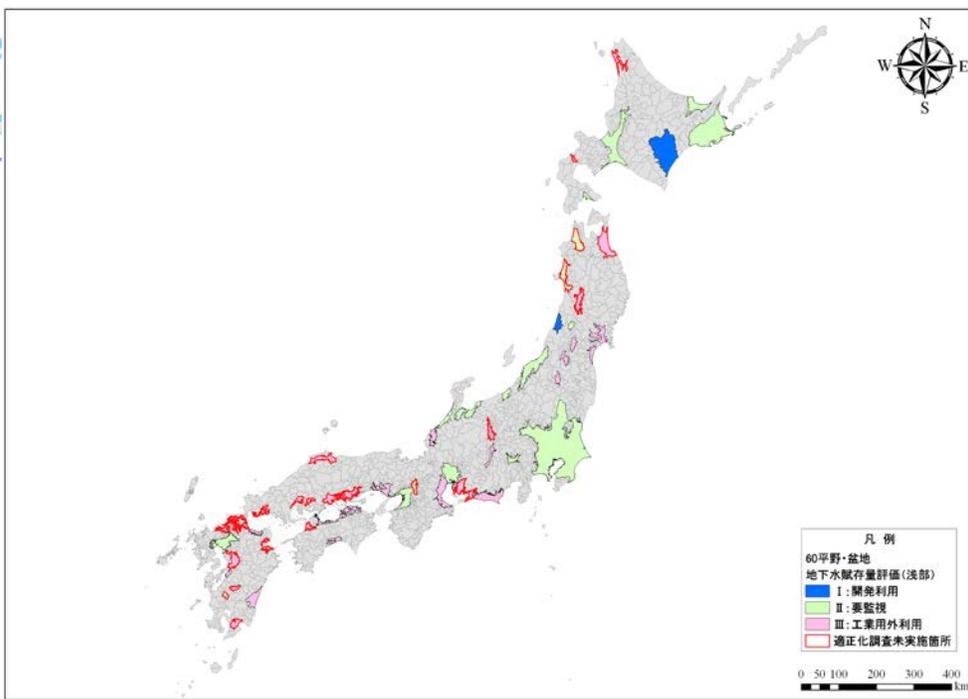
日本列島の地質

水準測量データから求めた日本列島100年間の地殻上下変動

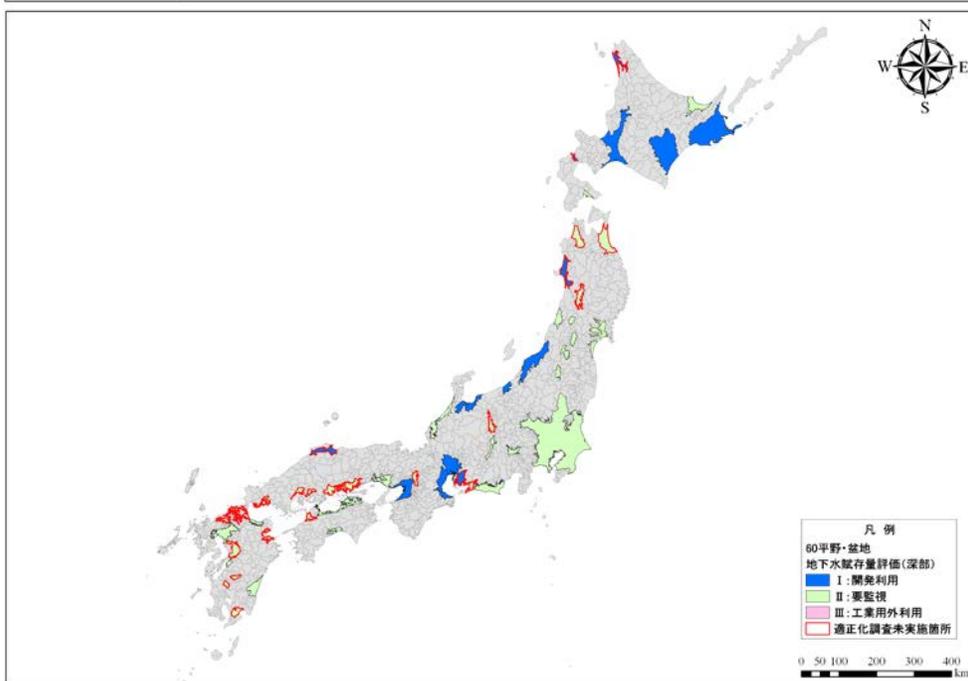


列島の堆積物、地下水データベース





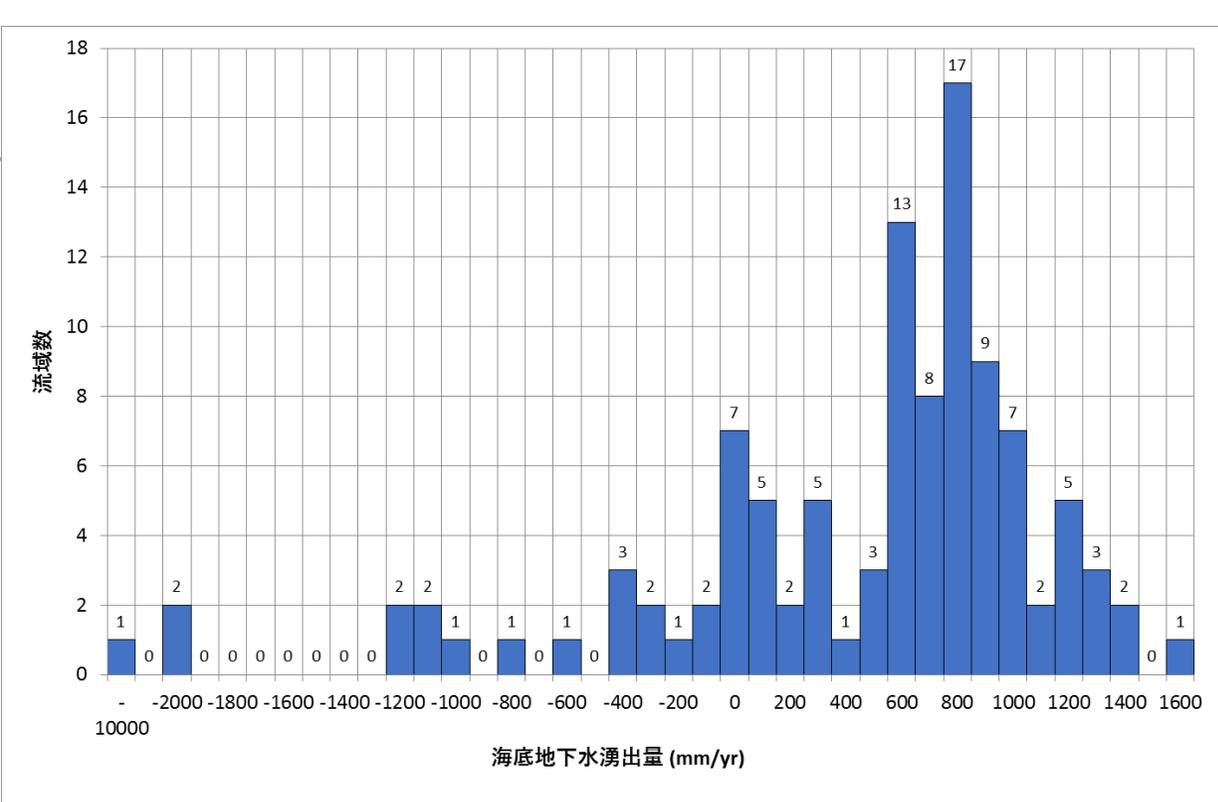
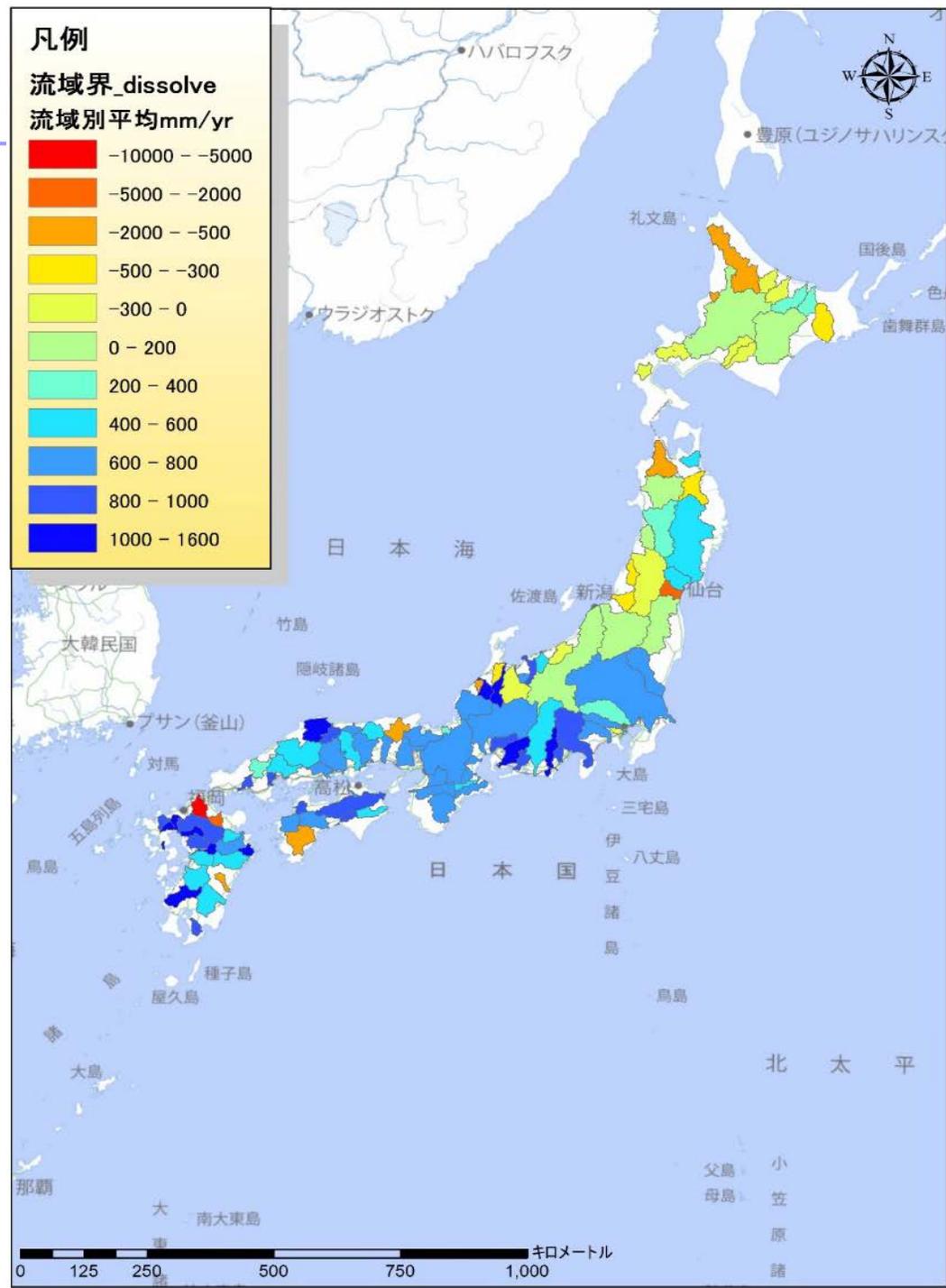
我が国の年間降水量は1600mm/yr程度であり、その半分は蒸発散によって消失し、1/3は河川流出によって使われる。すなわち、年間266mm程度の地下水が涵養されることになる。
→1m分の地下水を蓄えるには4年かかる。



地質学的に見て、沈降域にあたり、堆積平野の堆積層が厚いと地下水賦存量が大きい傾向にある。また、降水量が多い地域は流動が活発に起こる傾向にもある。

日本列島の地下水賦存量

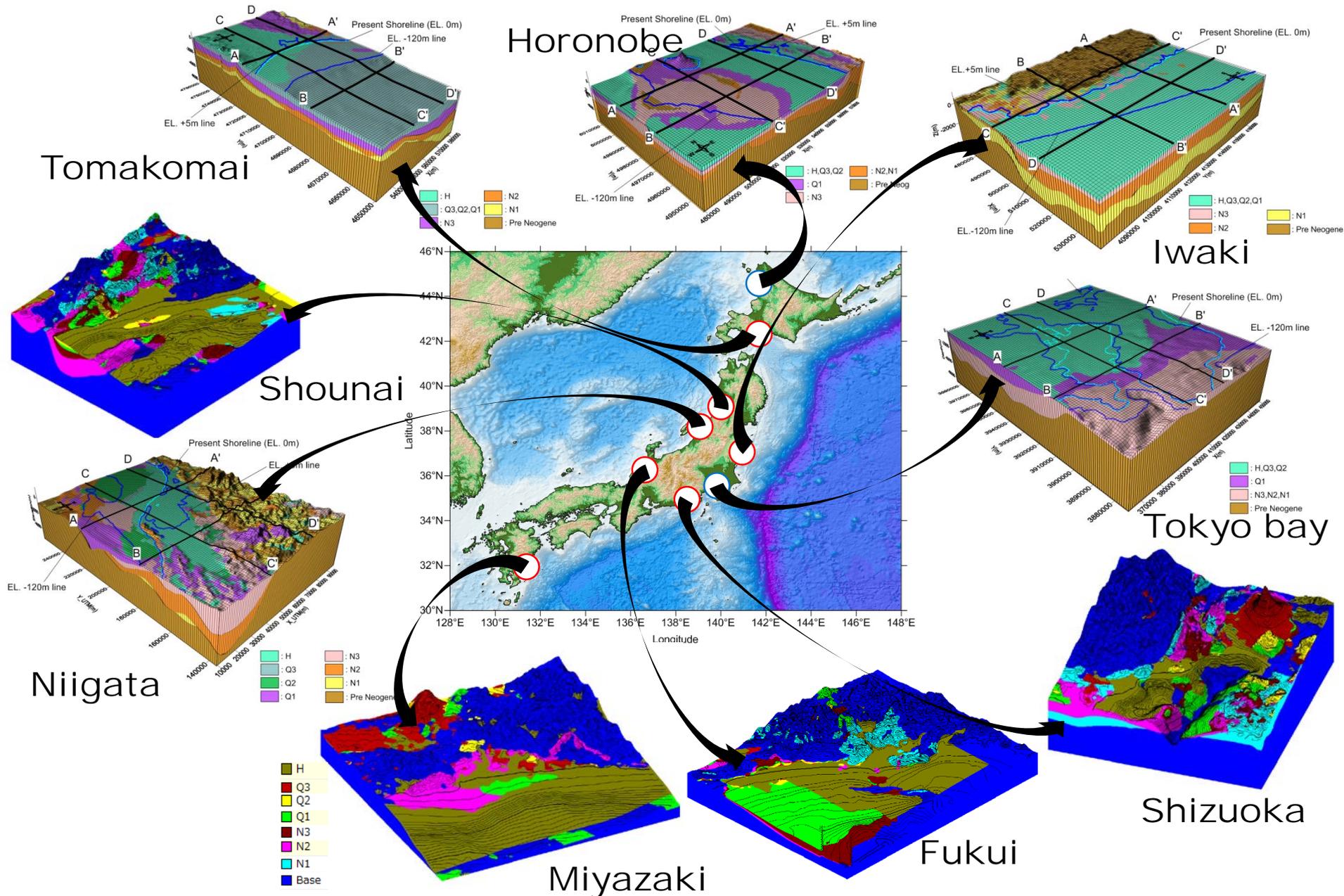
A: 第4紀層、B: 第3紀層。それぞれ、青色が $100\text{m}^3/\text{m}^2$ 以上、赤色が $10\text{m}^3/\text{m}^2$ 未満を示し、緑色はその中間帯である (丸井ほか, 2009)

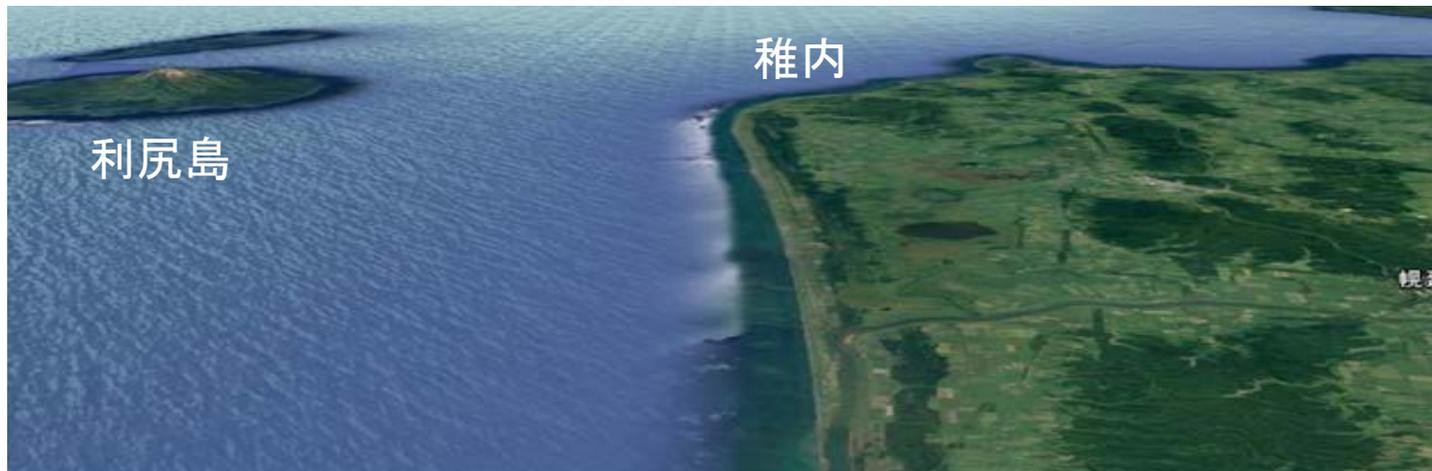


上：一級河川での海底地下水湧出量ヒストグラム

左：一級河川の流域別海岸線通過地下水量

日本列島海域各地の3次元モデルの構築 ⇒ 海底下には淡水地下水が張り出している



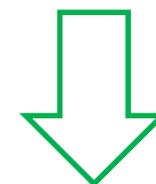
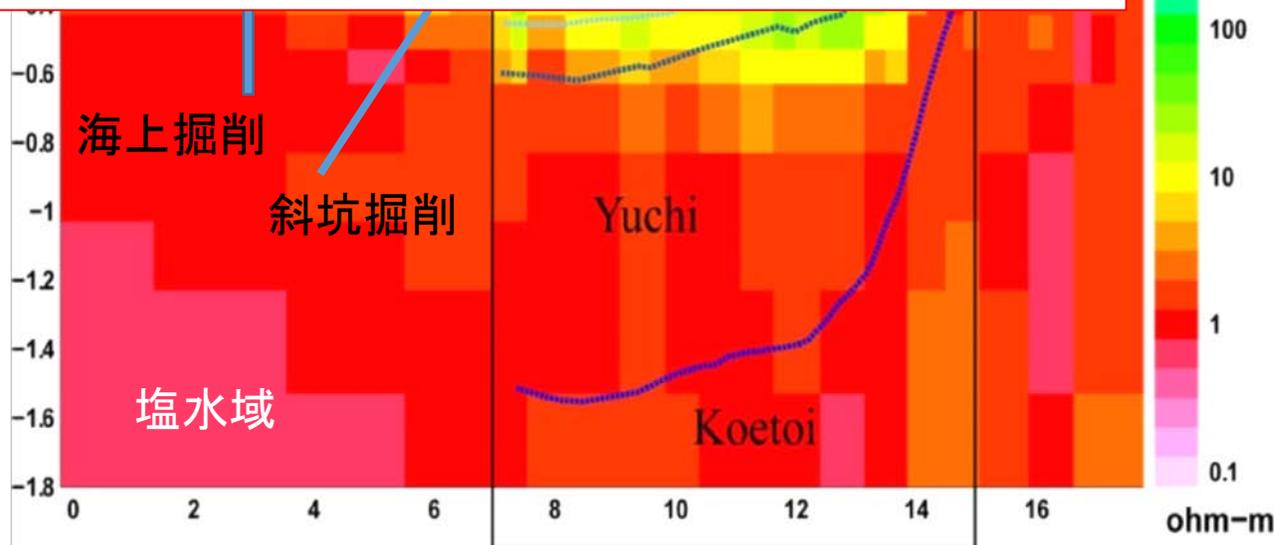


幌延(堆積地質地域)

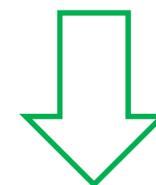
斜坑掘削・海上掘削のいずれにおいても
海域に張り出した淡水領域の下位に存在
する超長期的に安定した地下水を採取し、
年代を測定する(主目的)。さらに、そこ
での地質から地下水が安定する環境を把握
する

以降、事例としては、地域を出すのではなく、
なるべく一般化した形にできませんか？

⇒要相談

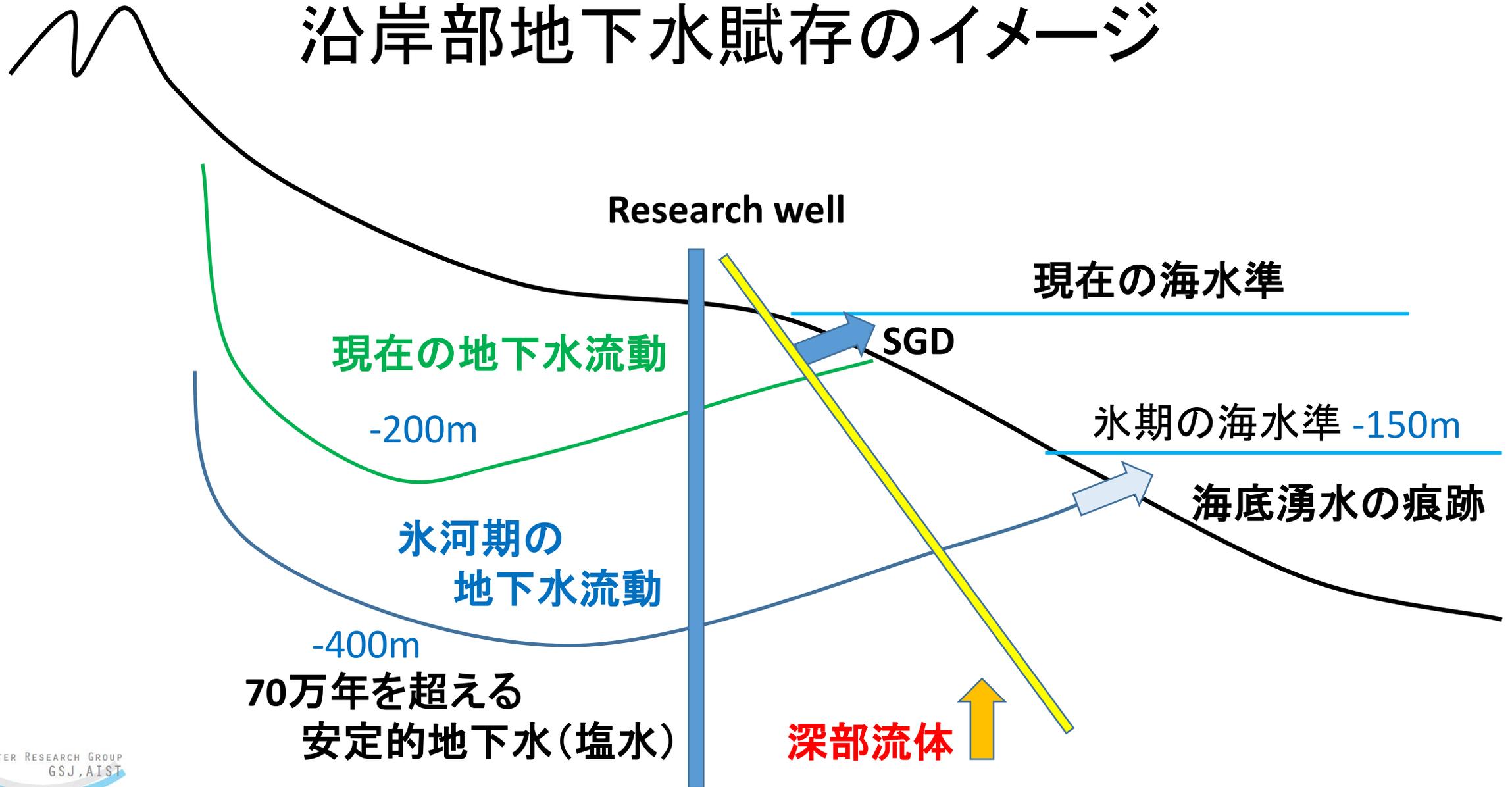


列島の自然環境を冷静に比較



理解が国民の安心を生む

沿岸部地下水賦存のイメージ

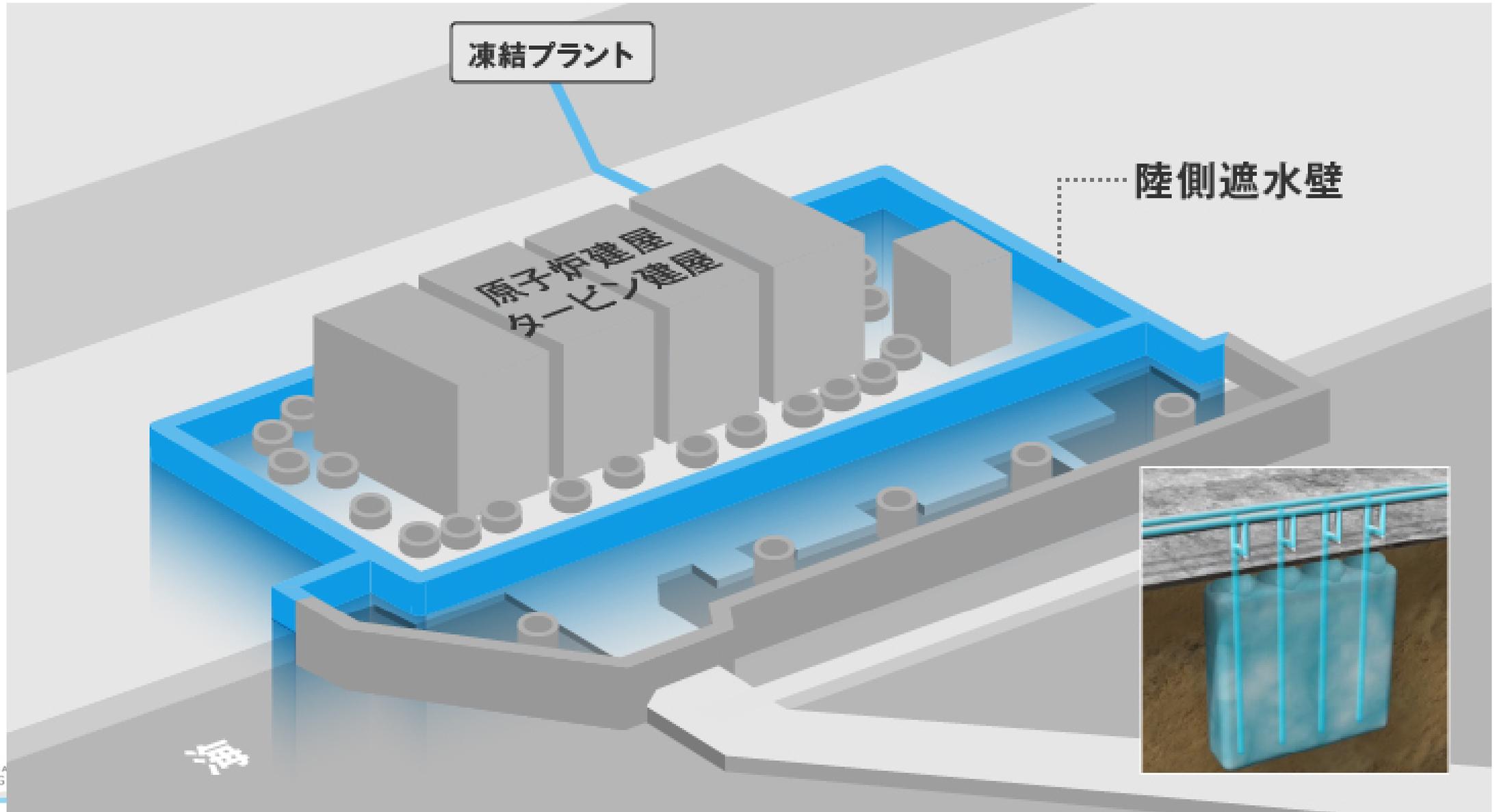


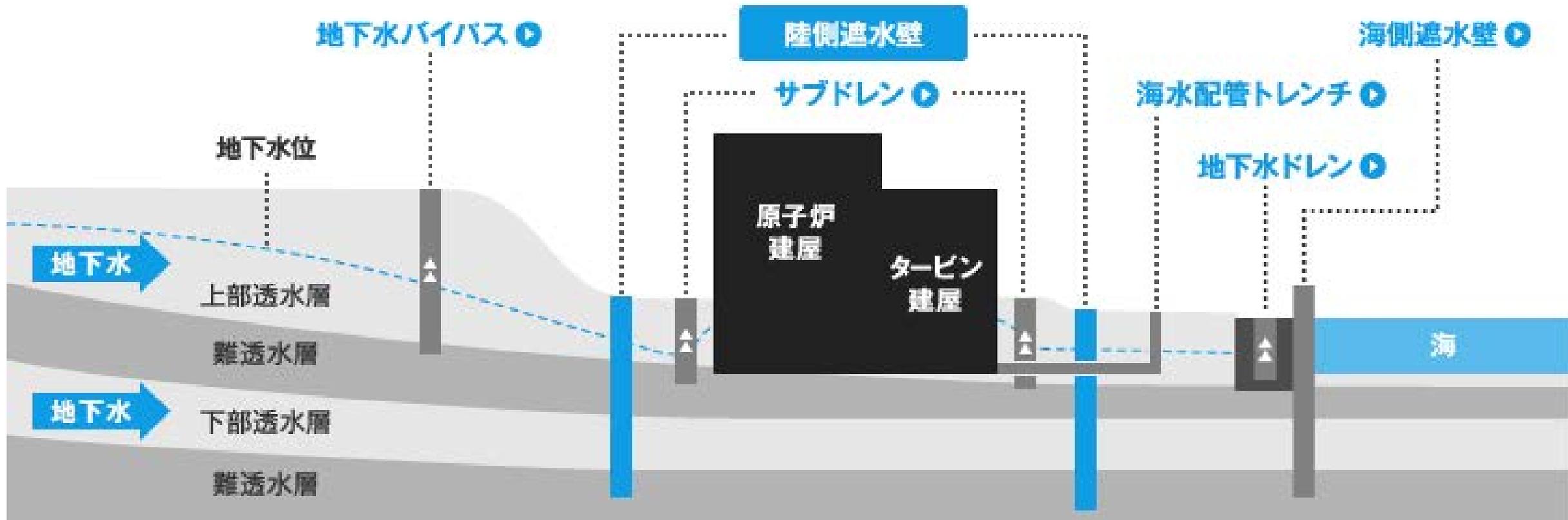
70万年を超える
安定的地下水(塩水)

福島第一原発

地下水汚染問題と凍土壁

国民の安心・安全のため、地下水の汚染問題が議論されている。地下水の見える化や凍土壁問題において、専門家委員会が立ちあげられ議論されているが、報道の限界や決定のプロセスの不透明さなどが依然指摘されている。福島第一原発において、凍土壁が予定通りに完成していないことは世間に知られていない。

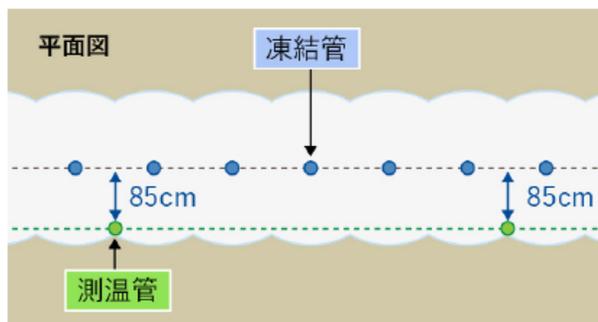
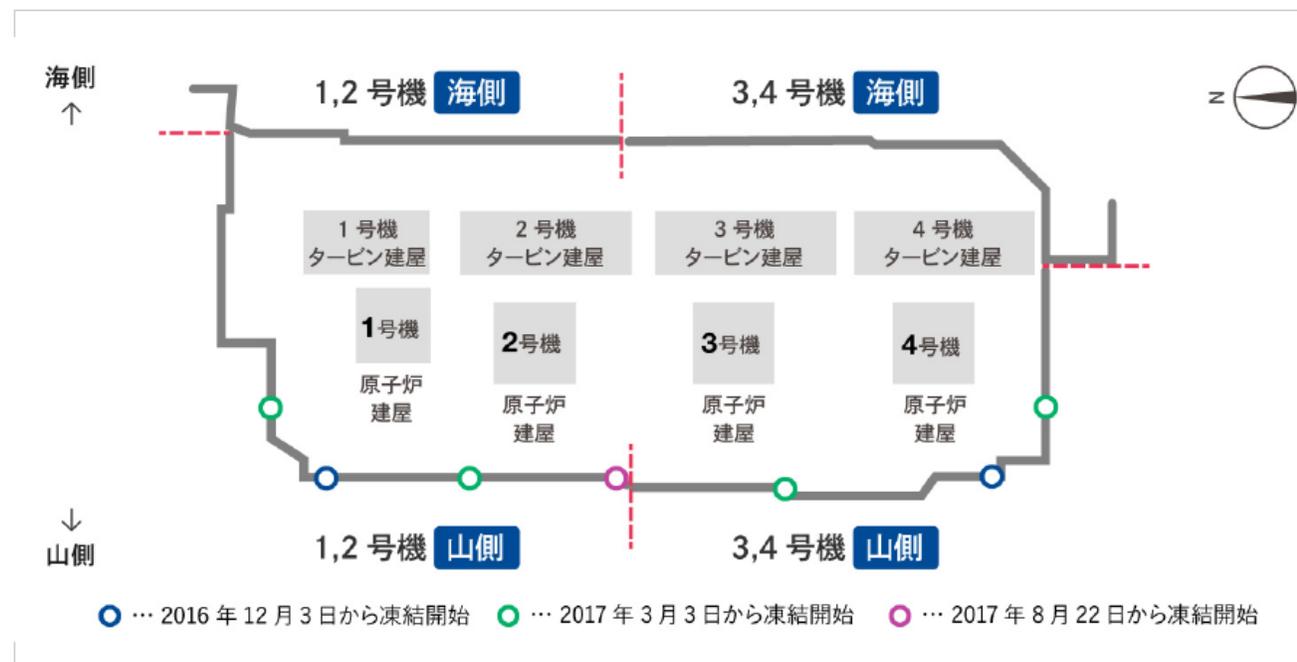




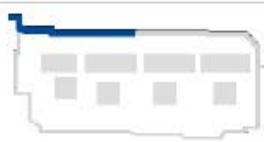
凍土壁はほぼ凍結が完成している。現在はサブドレンなどで地下水を排水しているが、本来の目的である建屋の輸入量は大きく減少していない。

ドライアップへの不安が残るほか、凍結を継続させる期間や解凍時の問題整理などがされておらず課題は残る。

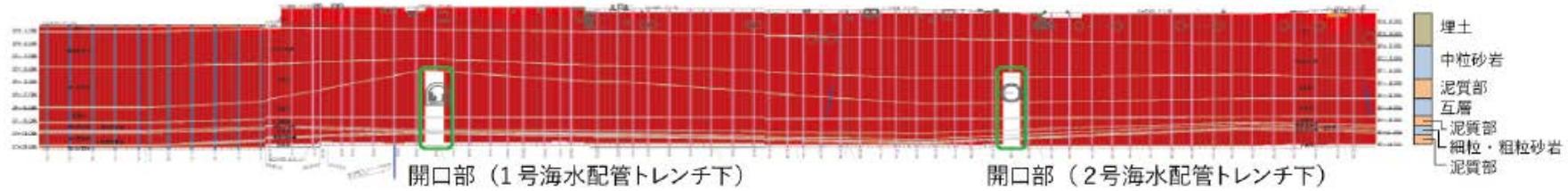
地中の凍結状況を管理するために、約360か所に最新の光ファイバー温度計を設置しています。温度が0℃以下であることは、凍土遮水壁が造成されていることを示しています。ここでは、地中温度により確認された、海側、山側それぞれの凍土遮水壁の造成状況の推移をご紹介します。



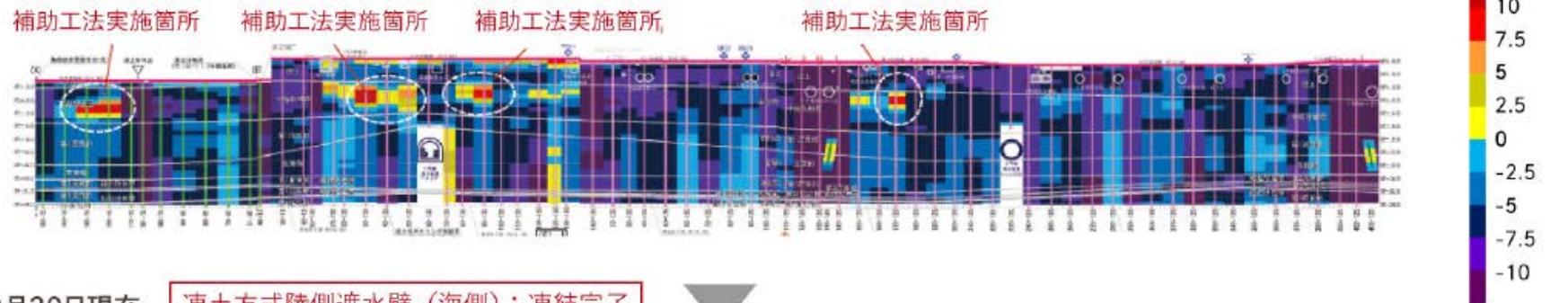
凍結管の中心から85cm離れた場所に鉛直に埋設された測温管で地中温度を計測し、0℃以下であることを確認します。
凍結管の周囲は、測温管で計測した温度よりもさらに低い温度が保たれています。



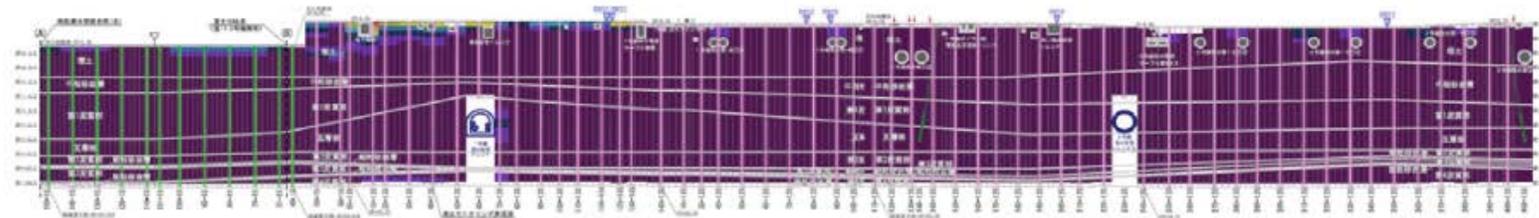
海側 凍結開始時(2016年3月31日)



海側 補助工法開始時 / 山側 凍結開始時(2016年6月6日)

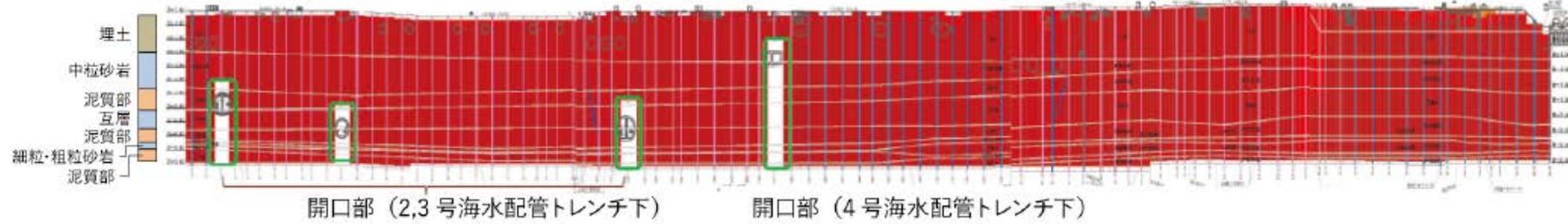


2017年10月30日現在 凍土方式陸側遮水壁 (海側) : 凍結完了

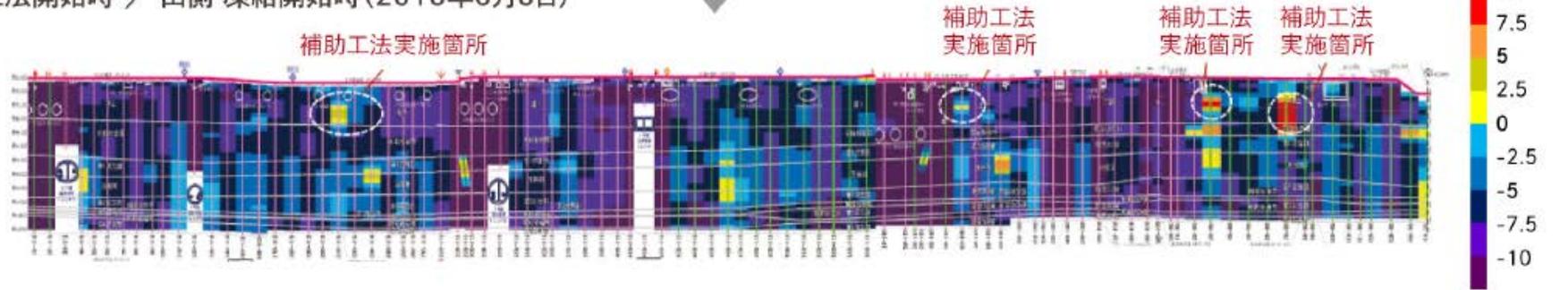




海側 凍結開始時(2016年3月31日)

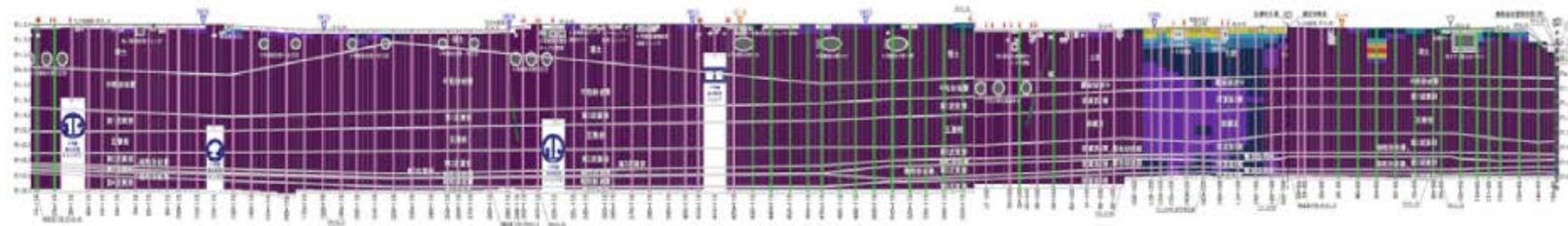


海側 補助工法開始時 / 山側 凍結開始時(2016年6月6日)



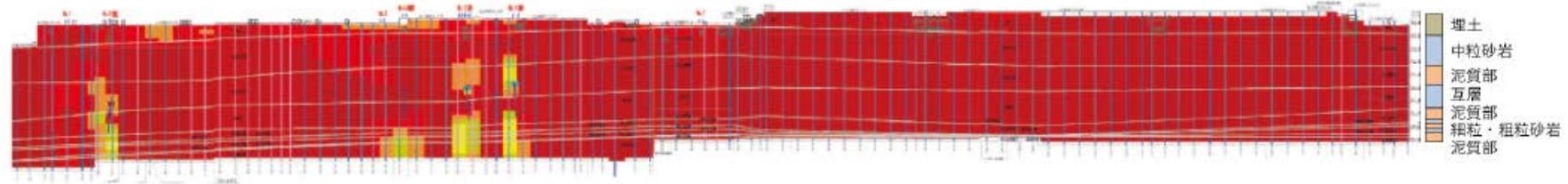
2017年10月30日現在

凍土方式陸側遮水壁 (海側) : 凍結完了

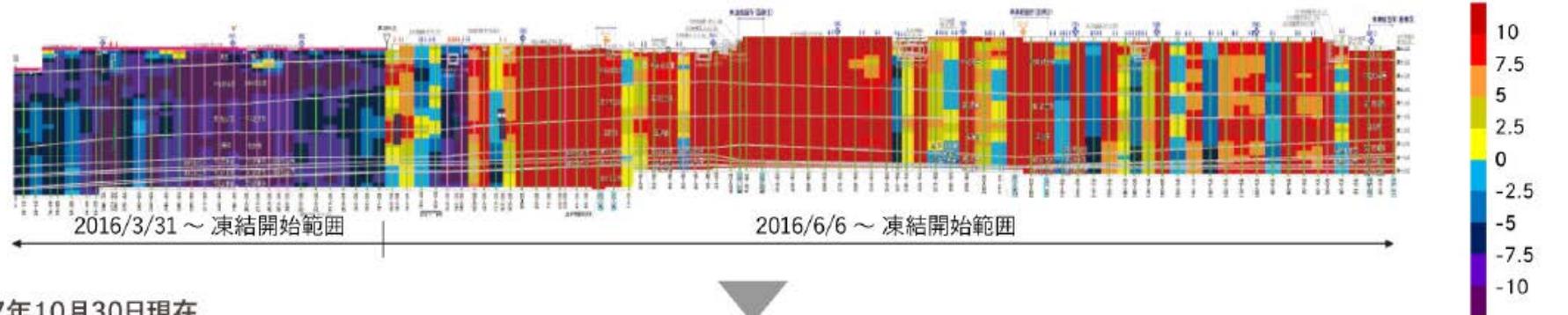




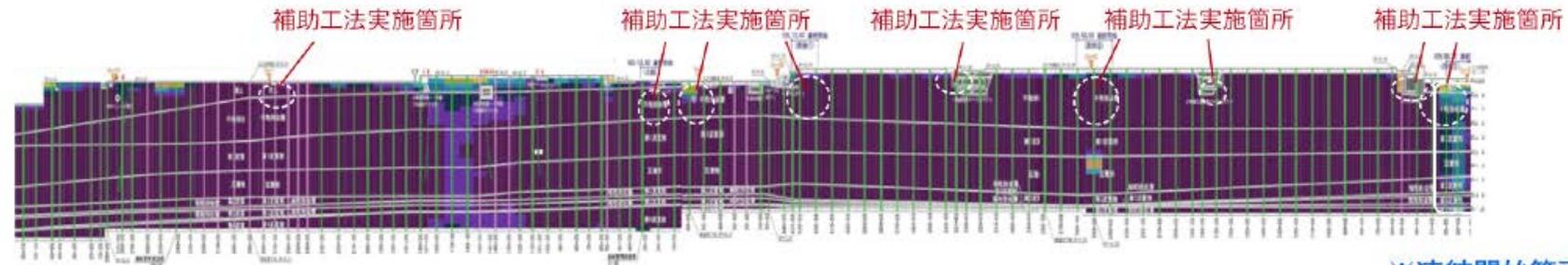
海側 凍結開始時(2016年3月31日)



海側 補助工法開始時 / 山側 凍結開始時(2016年6月6日)



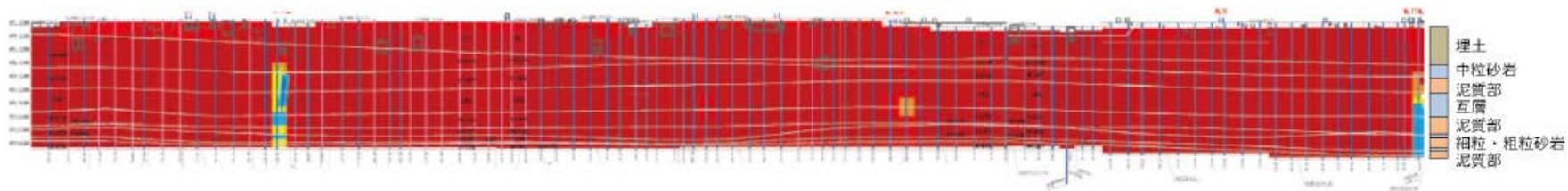
2017年10月30日現在



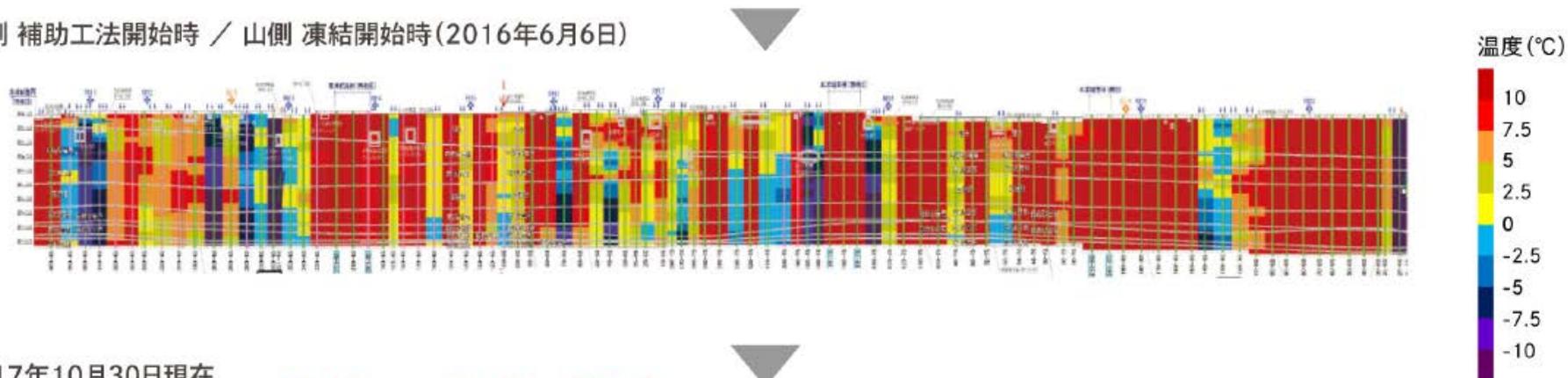
※凍結開始箇所
(2017/8/22 ~)



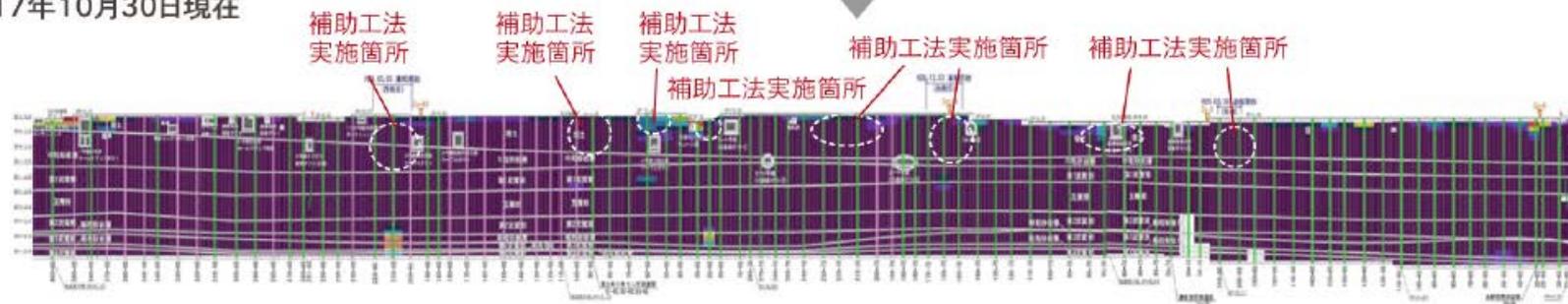
海側 凍結開始時(2016年3月31日)



海側 補助工法開始時 / 山側 凍結開始時(2016年6月6日)

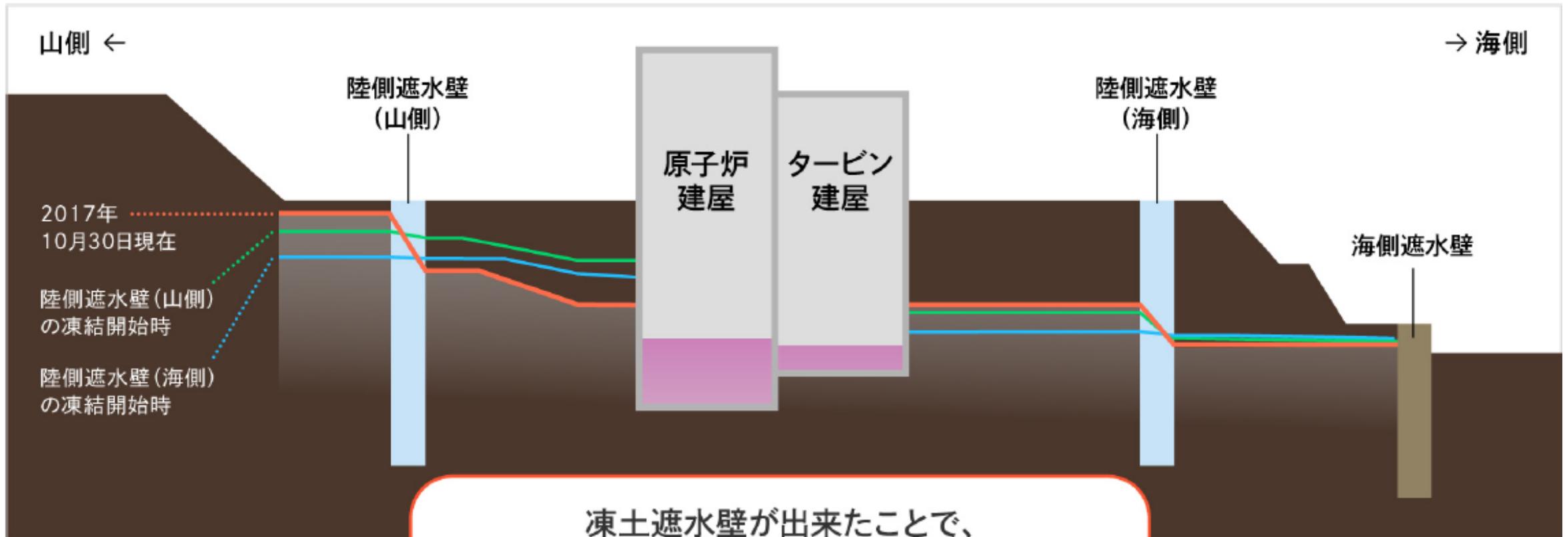


2017年10月30日現在



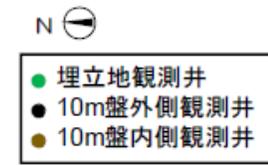
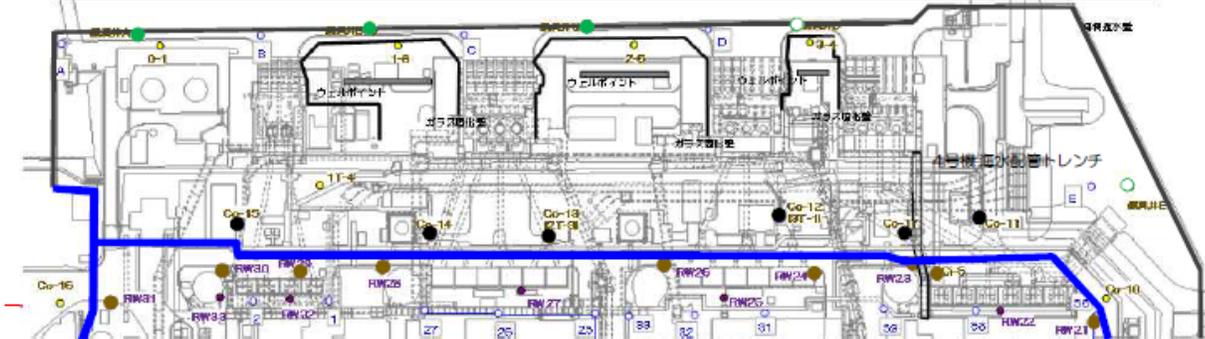
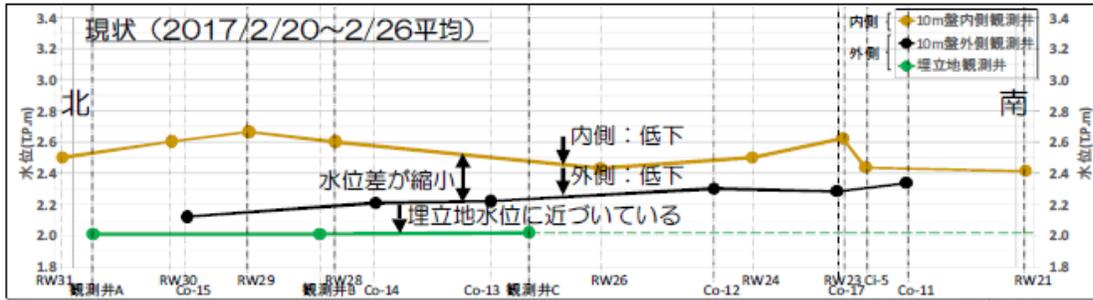
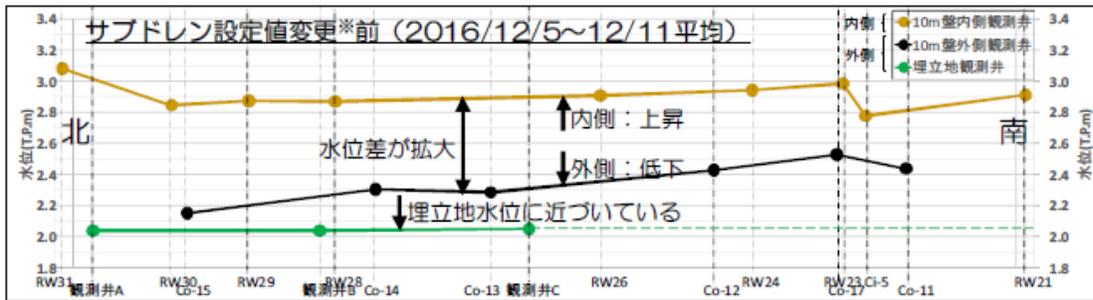
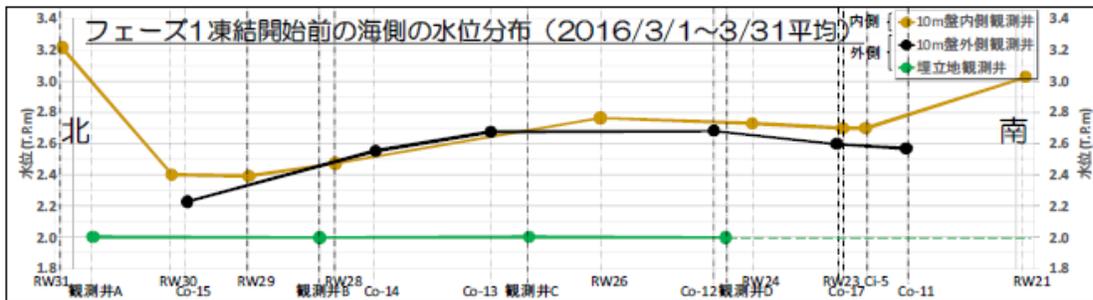
凍土遮水壁ができたことによる地下水の水位変化について

海側の凍結開始時（2016年3月31日）、山側の凍結開始時（2016年6月6日）とその後の地下水の水位変化が見られ、凍土遮水壁の山側と海側の水位に差がついています。



凍土遮水壁が出来たことで、
壁の山側と海側の水位に差がついています。

1) 陸側遮水壁（海側）内外の地下水位の変化①



◆フェーズ1凍結開始～サブドレン設定値変更前にかけて地下水位差が拡大した。

- 内側の地下水位：昨年3/31フェーズ1凍結開始以降、陸側遮水壁（海側）の影響で上昇した。サブドレン稼働の影響を受け、サブドレン設定水位付近（T.P.+2.8~3.0m程度）でほぼ一樣な水位分布となった。
- 外側の地下水位：昨年3/31フェーズ1凍結開始以降、陸側遮水壁（海側）の影響で低下した。

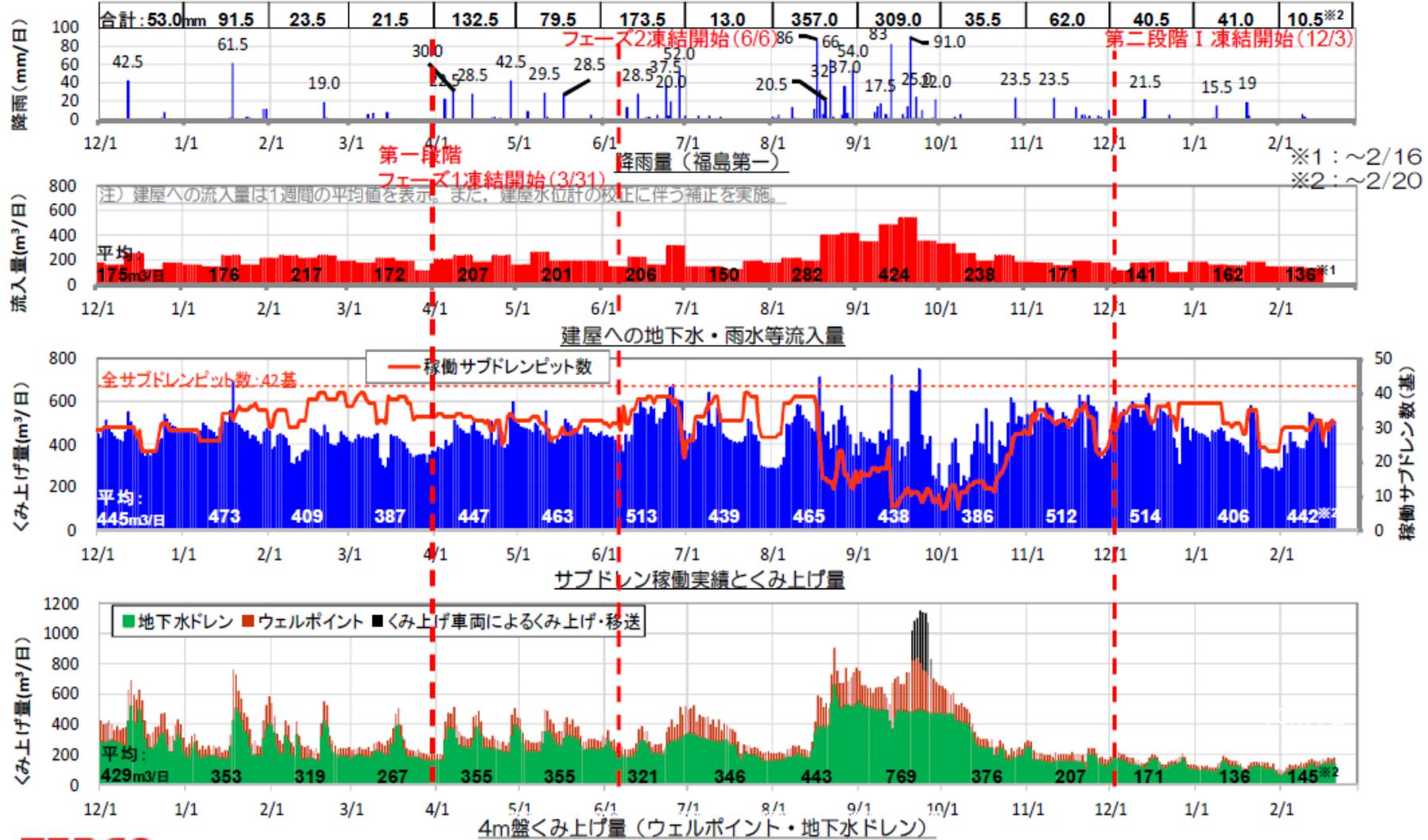
◆サブドレン設定値変更以降、地下水位差が縮小してきている。

- 内側の地下水位：昨年12/12以降のサブドレン設定値変更※の影響により、低下してきている。
- 外側の地下水位：低下が継続し、埋立地水位に近づいている。

※ 2016/12/12から2017/2/17にかけてL値を段階的に低下した(T.P.+2.5→2.0m)。

1) 1F降雨と建屋への地下水流入量・各くみ上げ量の推移

- 10月以降降雨が少ないこと、陸側遮水壁（山側）の凍結進展およびサブドレン稼働により建屋周辺水位が低下していることから、建屋流入量※は減少傾向となっている。
- サブドレンのくみ上げ量は、11月以降は安定して500m³/日程度となっている。サブドレン稼働台数の割合は90%程度を維持している。
- 4m盤くみ上げ量は、降雨が少ない10月以降、減少傾向が続いており、1月19日には既往最小くみ上げ量：約110m³/日となった。



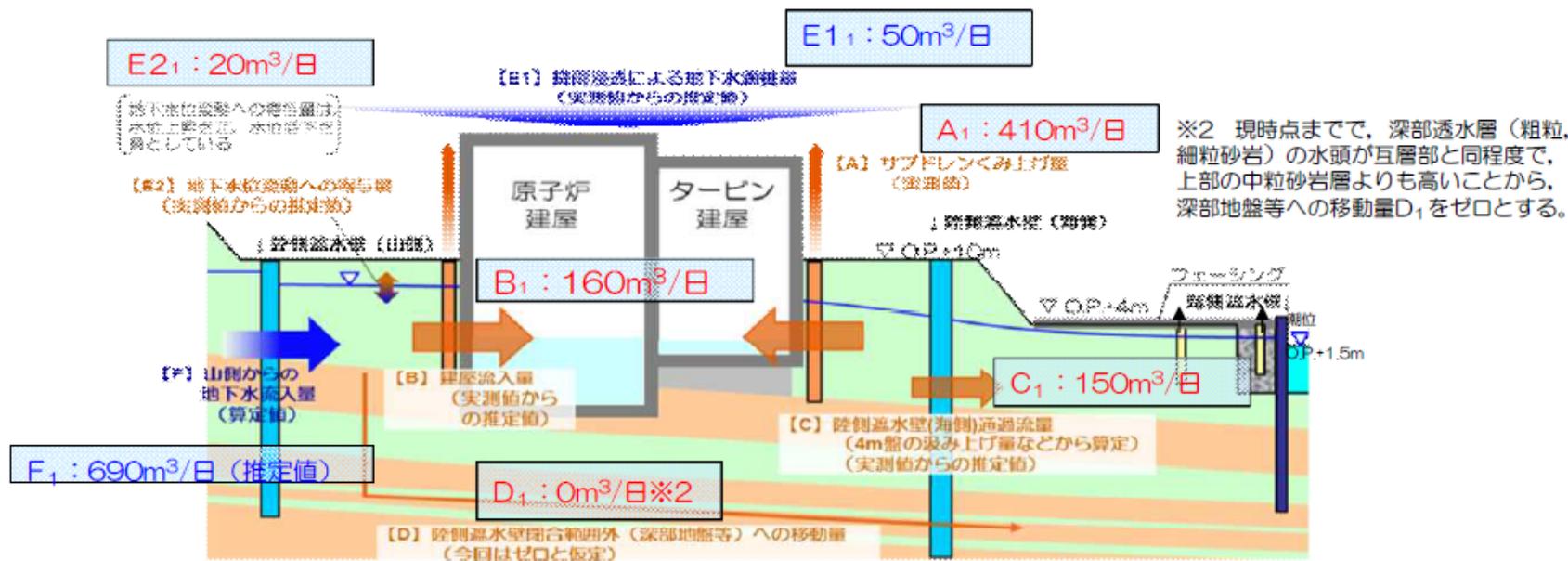
5) 凍結開始前と現状の陸側遮水壁周辺 (10m盤) の地下水収支の評価

- ◆凍結開始前と現状で陸側遮水壁周辺の地下水収支の評価を比較した (降雨は多くない期間で比較)。
- ◆建屋流入量・4m盤への地下水移動量は減少している。
- ◆山側からの地下水流入量も減少している。

建屋流入量は地下水・雨水等の流入量

実績値 (m ³ /日)	サブドレンくみ上げ量 (実測値) A ₁	建屋流入量 (実測からの推定値) B ₁	4m盤への地下水移動量 (実測からの推定値) C ₁	閉合範囲外への移動量 D ₁	降雨涵養量 (実測からの推定値) E1 ₁	地下水位変動への寄与量 (実測からの推定値) E2 ₁	山側からの地下水流入量 (実測からの推定値) F ₁
2015.12.1~12.31	440	170	380	0	60	-110	820
2016.3.1~3.31	390	150	250	0	20	-30	740
2017.1.1~1.31	410	160	150	0	50	20	690

$$F_1 = A_1 + B_1 + C_1 + D_1 + E2_1 - E1_1$$



実測に基づく地下水収支の評価 (2017.1.1~2017.1.31)

1. 評価法の問題点

- ・水位の変化だけで遮水というが・・・

2. 委員会と規制庁の見解の差

- ・問題は地盤沈下と膨張のはず

3. 重層的な壁を作らないのか？

- ・従来工法の壁で困む必要は？

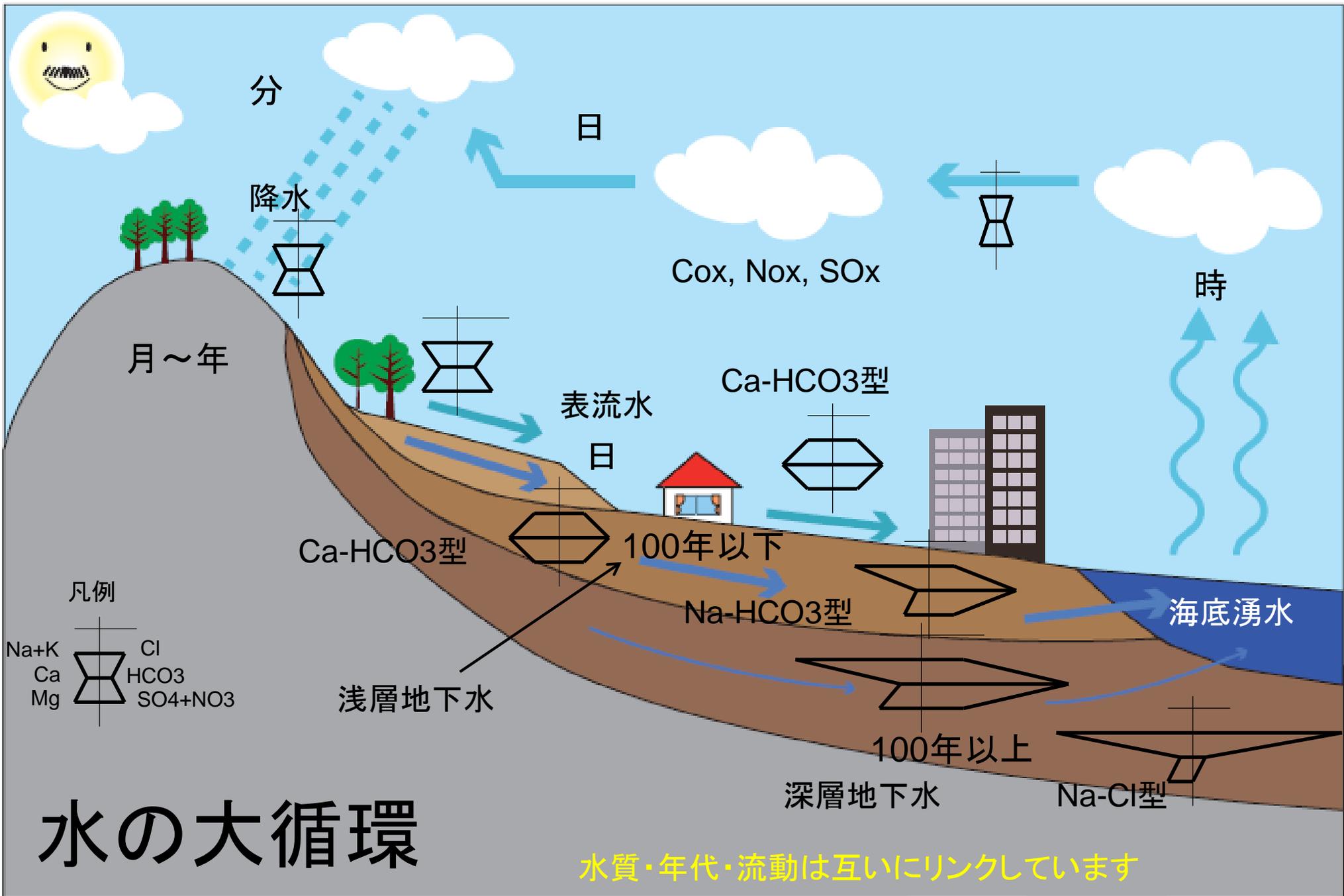
4. いずれ解凍する時の対策

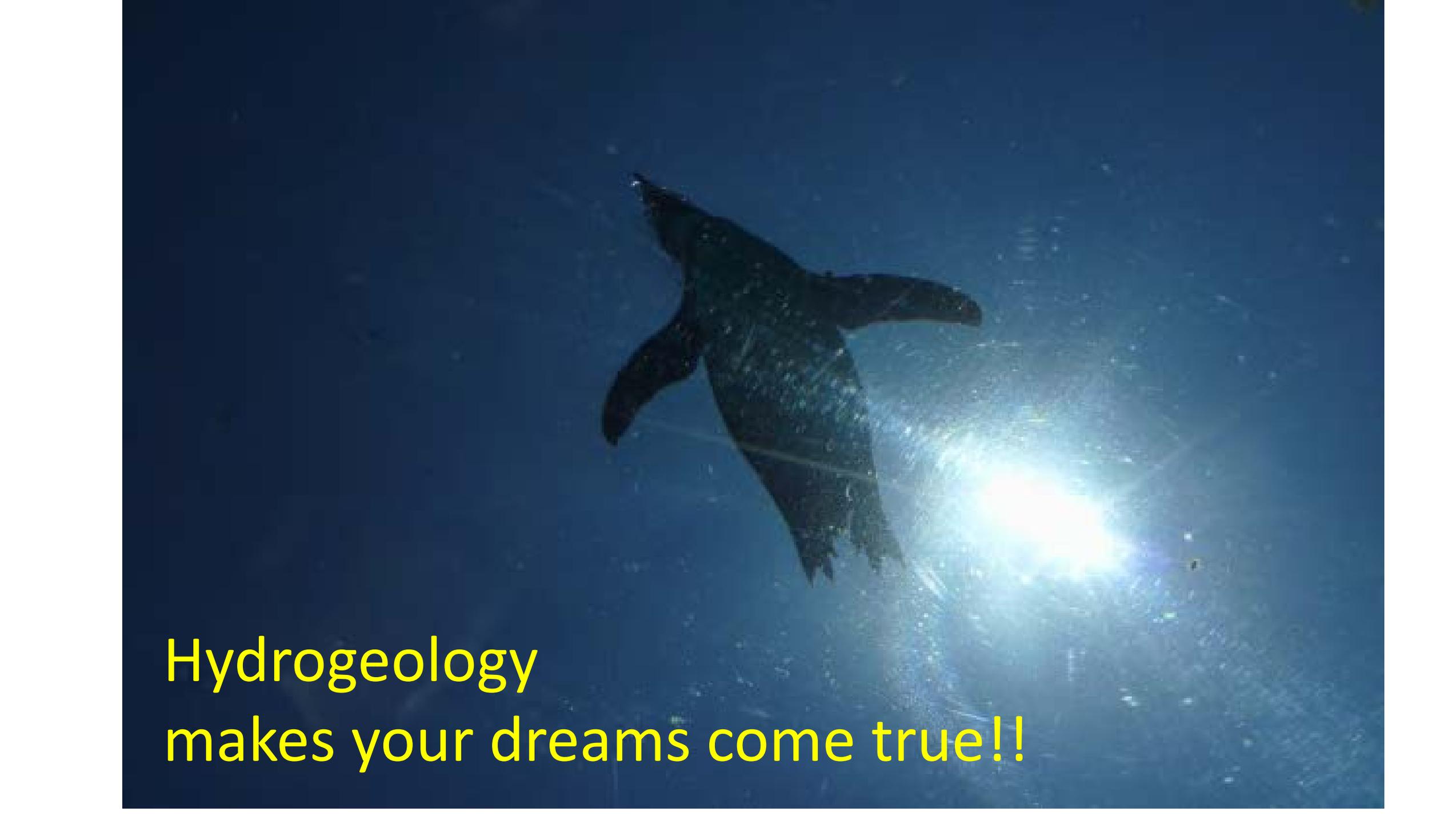
- ・デブリの形が見えてきた→区割りをしないのか



水循環プロセスごとに分けた国のデータ整備状況

	表流水	地下水
蒸発・降下	<ul style="list-style-type: none"> ・過去の気象データ検索(国土交通省 気象庁) ・気象データベース地上観測version3.10(気象業務支援センター) ・気象データベース・アメダス:フルセット版version 3.20(気象業務支援センター) ・全国酸性雨データベース(国立環境研究所) 	
浸透・流下	<ul style="list-style-type: none"> ・地下水質測定結果(環境省) ・水調査(国土交通省) ・主要水系調査(一級水系)(国土交通省) ・都道府県水調査(二級水系)(国土交通省) ・水文水質データベース(国土交通省) ・ダム諸量データベース(国土交通省) ・河川環境データベース(国土交通省) ・日本の重要湿地500(環境省) ・摩周湖データベース(国立環境研究所) ・霞ヶ浦データベース(国立環境研究所) ・地質環境関連データベース(千葉県) ・給水装置データベース(厚生労働省) ・水道水質データベース(日本水道協会) ・森林降水溪流水質データベース(森林総合研究所) 	<ul style="list-style-type: none"> ・水基本調査(国土交通省) ・地下水調査(国土交通省) ・地下水(深井戸)資料台帳(国土交通省) ・地下水マップ(国土交通省) ・水文環境図/水理地質図(地質調査総合センター) ・全国堆積層データベース(地質調査総合センター) ・地震に関連する地下水観測データベースWell Web(地質調査総合センター) ・深層地下水データベース(地質調査総合センター) ・いどじびき(地質調査総合センター:非公開) ・造水技術データベース(造水促進センター)
海岸等(沿岸)	<ul style="list-style-type: none"> ・伊勢湾環境データベース(国土交通省) ・大阪湾環境情報クリアリングハウス(国土交通省近畿地方整備局) 	



A seal is swimming in clear blue water, illuminated from below by a bright light source, creating a shimmering effect. The seal is positioned in the upper center of the frame, swimming towards the left. The light source is located in the lower right, creating a large, bright, circular glow that illuminates the surrounding water and the seal's body. The water is a deep blue color, and the overall scene is serene and dreamlike.

Hydrogeology
makes your dreams come true!!

