

# 包括的技術報告書の作成と 今後の技術開発課題

---

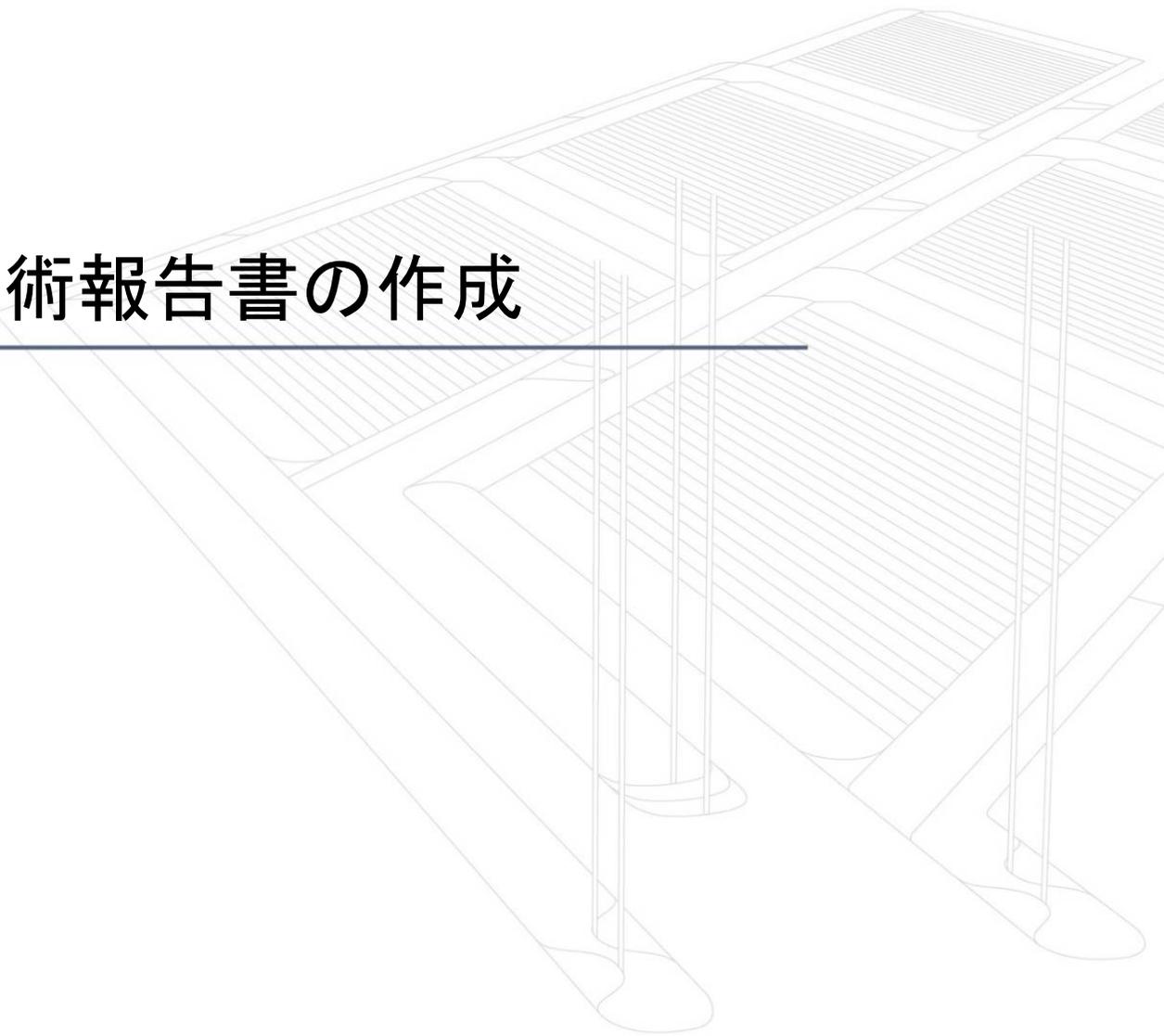
2017年5月

原子力発電環境整備機構(NUMO)



# 包括的技術報告書の作成

---



# 報告書作成の背景と目的

## 背景

- 東北地方太平洋沖地震, 東京電力福島第一原子力発電所事故の発生を契機とした, 地層処分の技術的信頼性に対する再評価の必要性
- 今後の国による地域の科学的な特性の提示と自治体に対する文献調査への協力申入れにともない想定されるサイト選定活動の進展

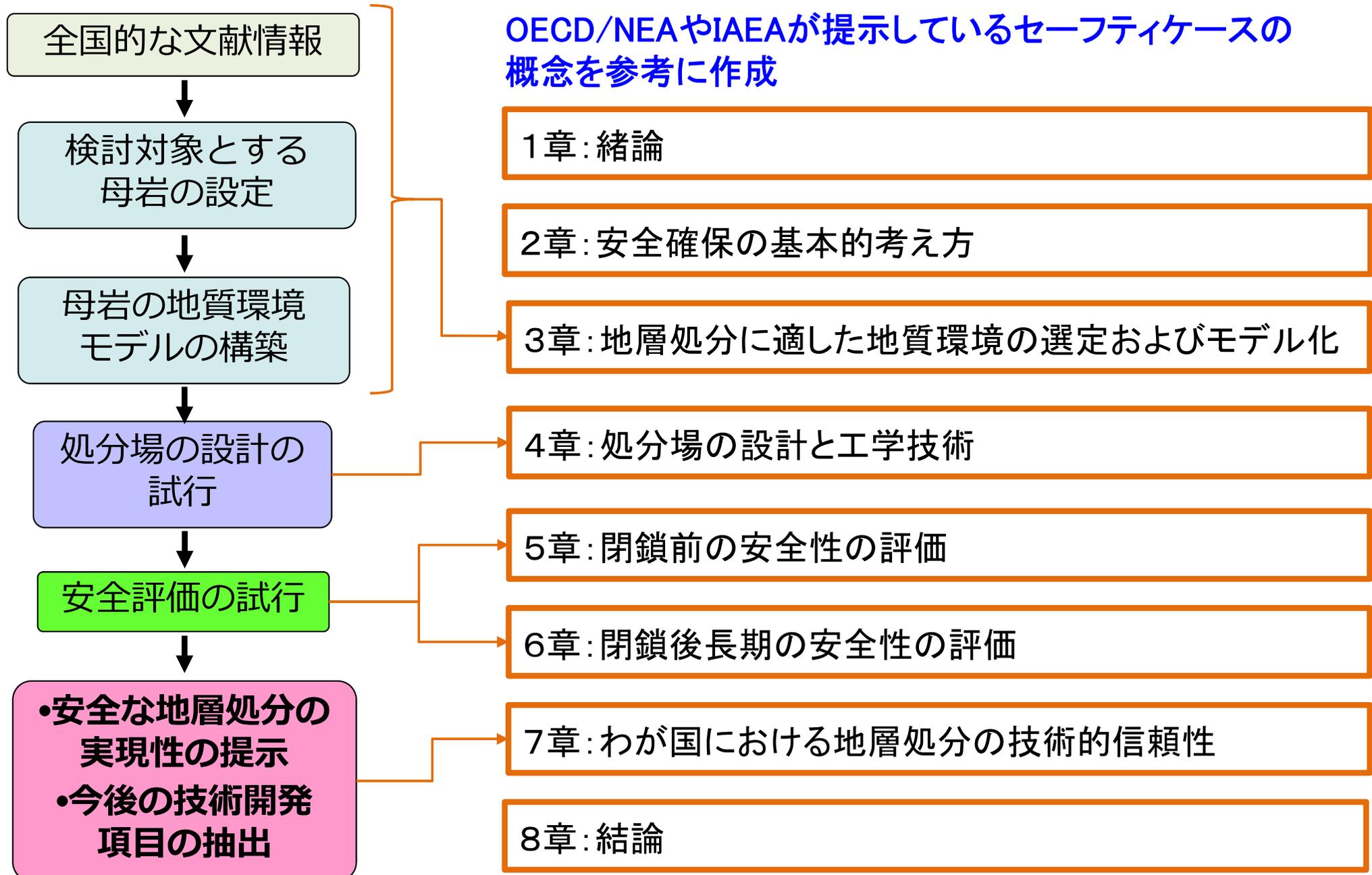
## 目的

- ① 最新の知見を踏まえて, わが国における安全な地層処分の実現性を検討すること(「第2次取りまとめ」の結論の再確認)
- ② 最新の技術開発成果を取り込み, 文献調査以降の作業に即応するためのサイト選定の方法論と技術情報基盤を提示すること

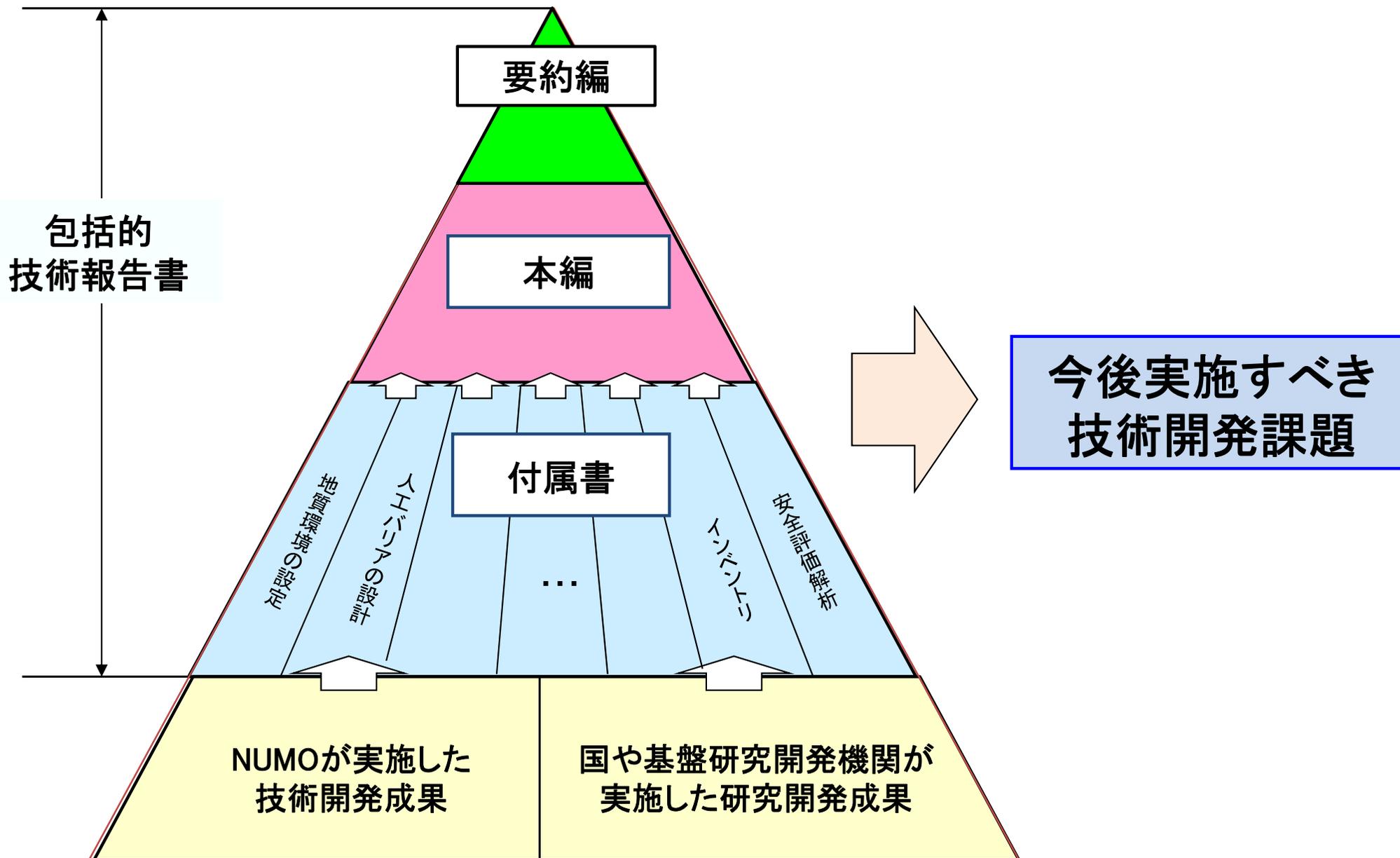
包括的技術報告書タイトル:

「わが国における安全な地層処分の実現性 — サイト選定で想定される多様な地質環境を対象としたセーフティケース —」

# 報告書の章構成



# 報告書の文書体系と技術開発課題の抽出





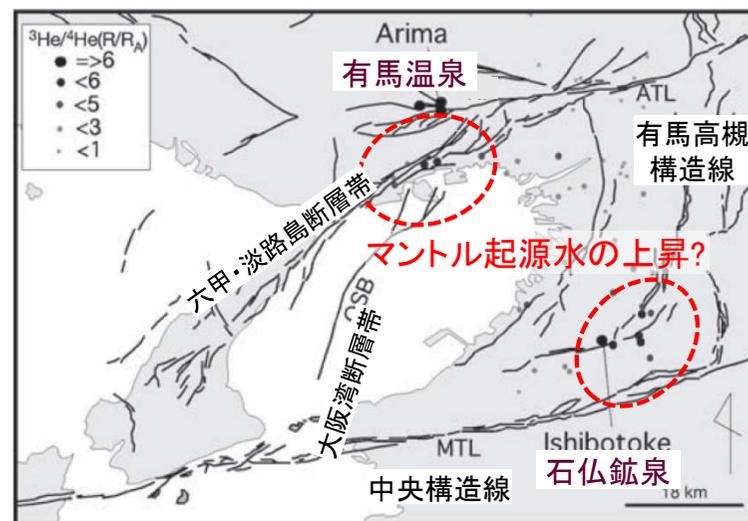
## 技術開発課題の例

---

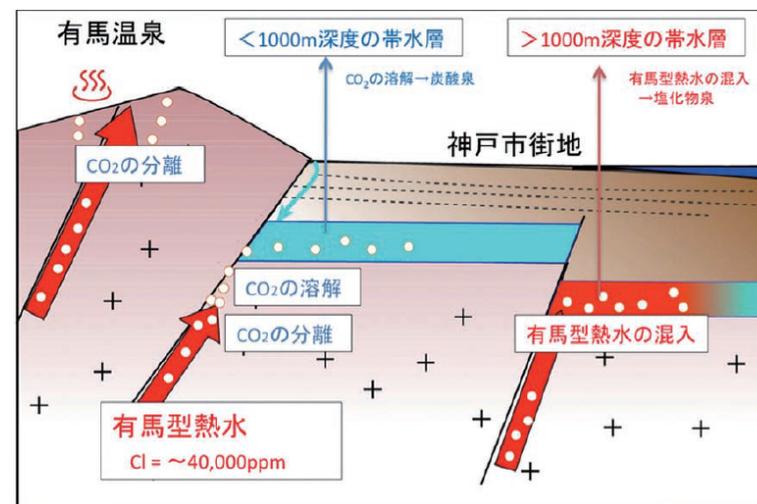
現在のNUMO中期技術開発計画では対象としていなかったものを  
中心に、次期の技術開発計画で優先的に取り上げるべき技術開発  
課題の例

# ① 深部流体の形成・移動メカニズムの調査・評価技術の高度化

- マグマや高温岩体を熱源としない深部流体については、海洋プレートの沈み込みに伴う脱水流体を起源とする深部上昇水、古い海水などを起源とする長期停滞水などが存在すること、およびそれらの分布、化学・同位体組成の特徴、断層・構造線との関連性などの知見が明らかになってきている。
- 深部流体に係る調査・評価の事例は限定的であり、その分類ごとに、形成メカニズム、胚胎する地質構造、上昇経路、熱環境および化学場などに及ぼす影響とその範囲などに係る体系的な調査・評価技術の整備が必要である。



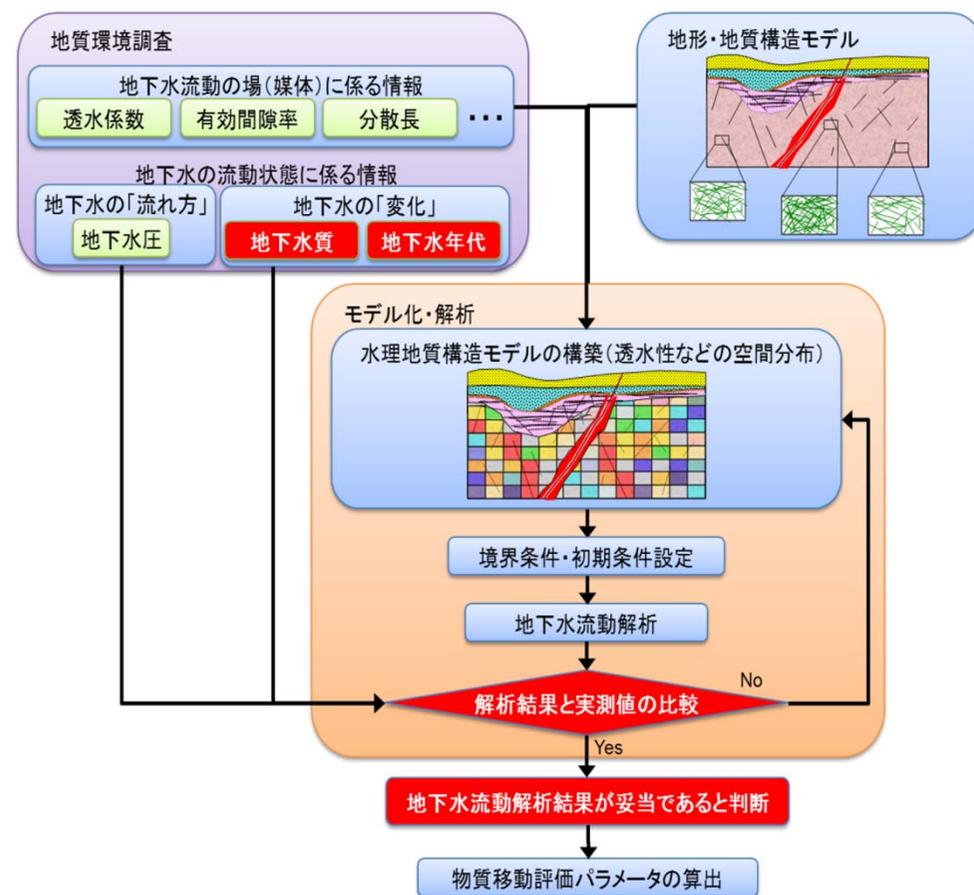
大阪湾周辺の活断層の分布および温泉水中のヘリウムガスの安定同位体比(益田, 2011に加筆)



深部流体(深部上昇水)の上昇の模式図(産総研, 2012)

## ② 地下水流動解析結果の妥当性確認に係る技術の高度化 微細透水構造の水理・核種移行特性の評価技術の高度化

- 地下水による核種移行に係る評価の信頼性向上のためには、広域的な地下水流動場の評価および岩盤中における核種移行特性の評価の信頼性向上が不可欠である。
- これまでに水理地質構造モデルの構築および地下水流動解析に係る技術および核種移行・遅延特性を把握するための調査・試験技術が整備され、その適用性が確認されている。
- 今後、広域的な地下水流動場の評価の信頼性向上に向け、地質構造や地下水の水質・年代との対比を通じた地下水流動解析結果の妥当性確認に係る手法の高度化が必要である。
- また、岩盤中における核種移行特性の評価の信頼性向上に向け、個々の水みちや微細透水構造、水理特性に係る調査・評価技術の高度化が必要である。



地下水流動解析結果の妥当性確認のフロー

### ③ 人工バリアの合理化，設計オプションの整備

- オーバーパックに用いる材料としては，炭素鋼鍛鋼品を基本としているが，その他の候補材料も考えられる。例えば，より耐食性の高い材料として，銅複合オーバーパックなどについても，海外実施主体などで精力的に技術開発が進められている。
- 緩衝材に用いるベントナイトについても，これまでの検討材料以外について，その適用性を確認していくことで，性能の向上や調達の多様性を確保することができると考えられる。
- 上記の理由から，安全性の確保を前提として，人工バリア材料の合理的な選定や仕様設定に必要な特性データを，多様な環境条件に対して取得して，代替材料の成立性を確認する。その上で，人工バリアの設計技術オプションの整備と最適化に向けた人工バリアの設計を目指していくことが重要である。



高レベル放射性廃棄物に対する人工バリアの基本概念と安全機能



(a) 鍛鋼品の鍛造工程

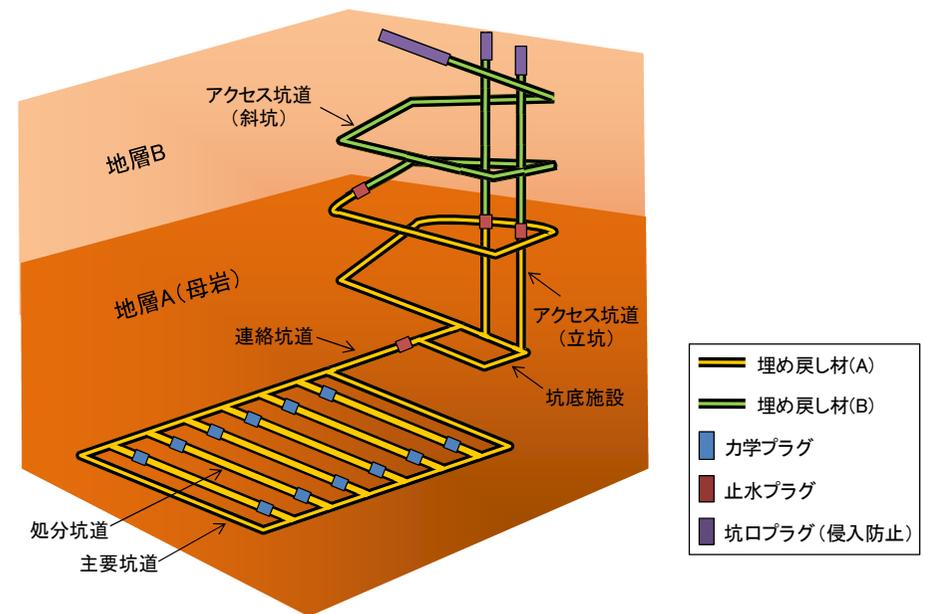


(b) 鍛鋼品の鋳込み工程

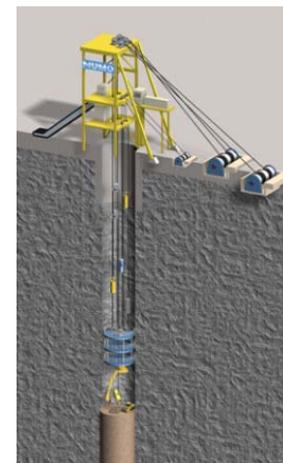
炭素鋼オーバーパックの製作状況

## ④ 処分場の閉鎖に係る坑道シーリング技術の開発と実証

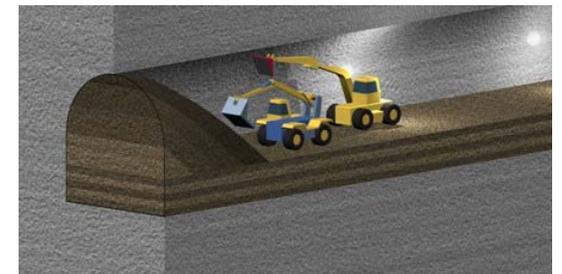
- 処分場の操業のために建設した坑道は、閉鎖後に放射性物質の移行経路とならないように低透水の材料で埋め戻すと同時に、閉鎖を確実にするため止水プラグを設置する。処分場の閉鎖後は、これらの坑道シーリング技術により、多重バリアシステムの安全機能を補完することが求められる。
- NUMOは坑道の埋め戻し材や止水プラグなどの設計検討を通じて、安全性と工学的な実現性を見通しを得たが、これらの止水性能は安全評価の地下水流動およびそれに沿った放射性物質の移行に関するシナリオの設定において、重要な条件となる。
- このため、今後さらに実証試験などを行って施工性の確認や性能把握を進め、技術的信頼性を高めていくことが重要である。



坑道の埋め戻しとプラグ設置位置の概念



(a) アクセス立坑

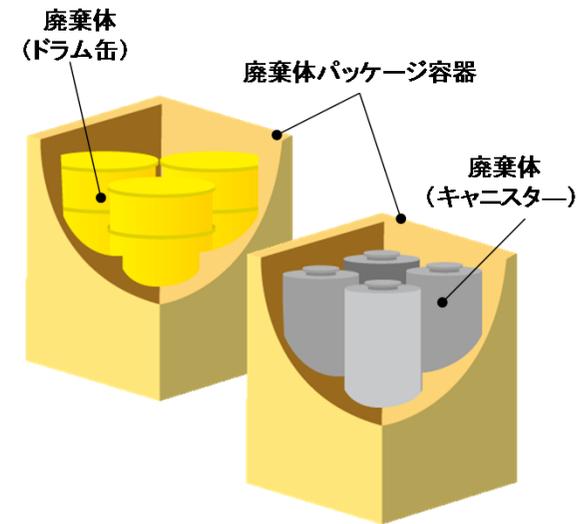


(b) 連絡坑道, アクセス斜坑など

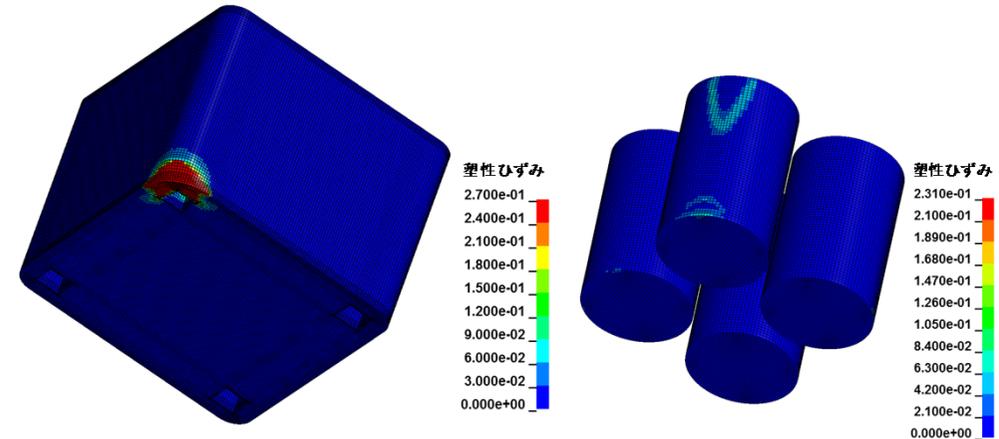
坑道の埋め戻し作業のイメージ

## ⑤ TRU廃棄物\*に対する人工バリアの閉じ込め機能の向上に関する検討

- NUMOは、操業期間中の安全性の向上を目的としたTRU廃棄物に対する廃棄体パッケージの設計オプションの可能性について検討し、操業中に加えて閉鎖後の放射性物質の閉じ込め機能が期待できる廃棄体パッケージの仕様を示すことができた。
- こうした設計オプションの閉じ込め機能を確実にするためには、落下試験などにより安全評価の結果を確認していくこと、操業効率や回収容易性などの向上を目的とした検討を進めてバリア材の仕様を確定した上で、製作・施工技術を開発していくことが必要である。
- また、閉鎖後の閉じ込め機能の一層の向上を図る観点からは、可溶性で収着性が低いと考えられるヨウ素129などの陰イオン核種に対する、固定化技術や吸着材の開発を進めることが重要である。



TRU廃棄物に対する廃棄体パッケージ



(a) 廃棄体パッケージ容器

(b) 廃棄体 (ドラム缶)

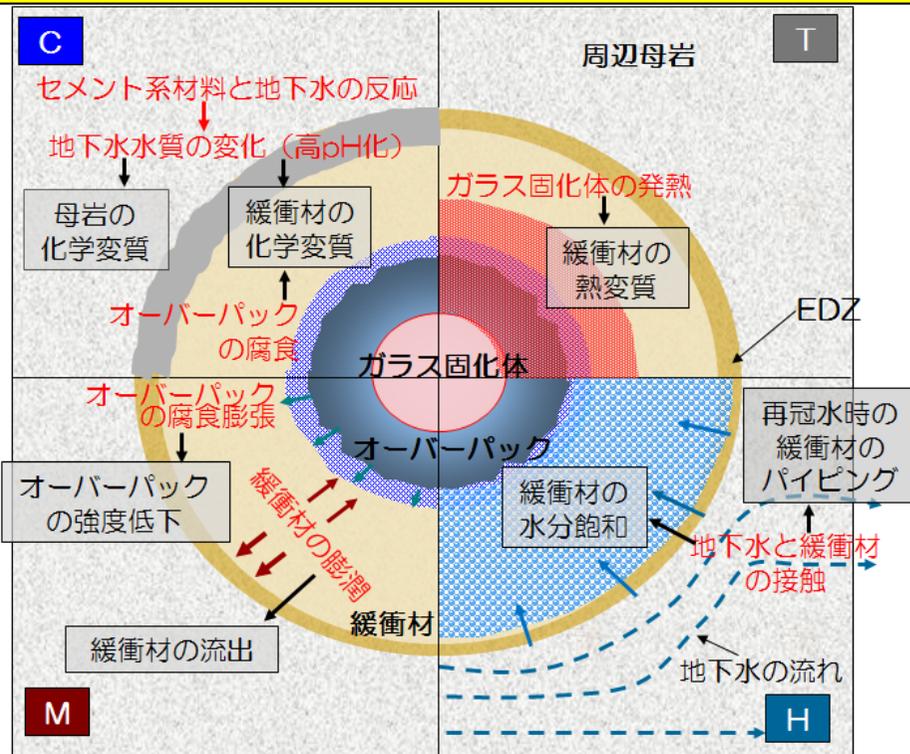
廃棄体パッケージの落下解析結果  
(塑性ひずみの分布)

\* 再処理工場やMOX燃料製造工場の操業及び解体に伴って発生する低レベル放射性廃棄物のうち地層処分の対象となる廃棄物

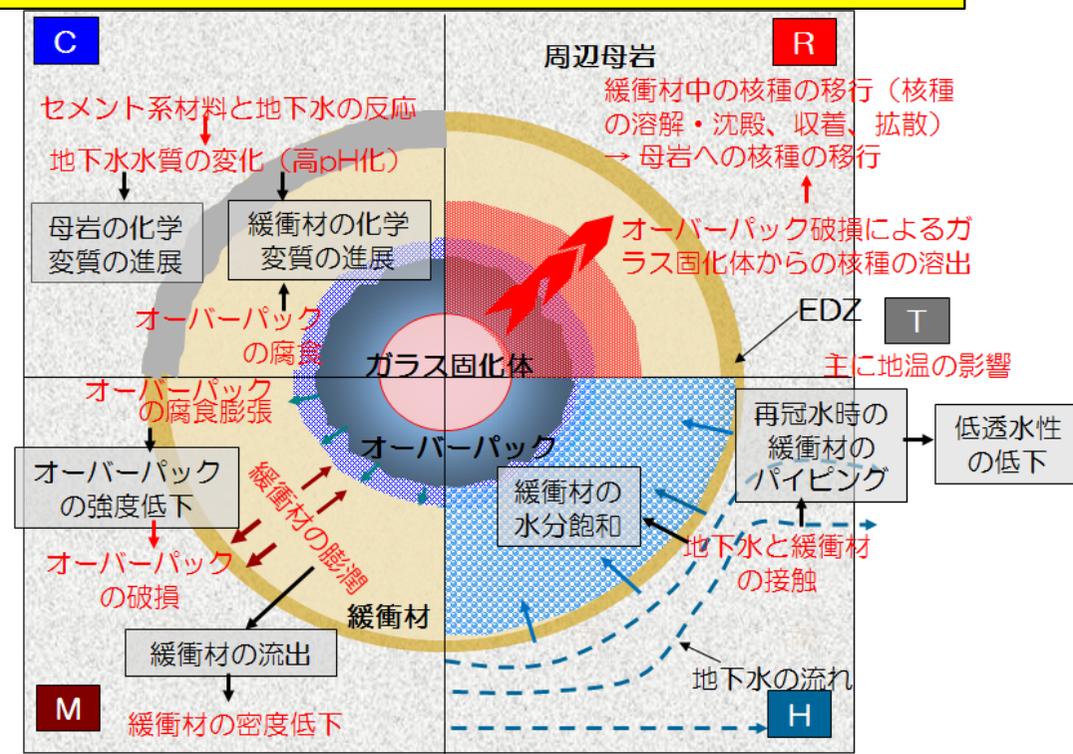
## ⑥ 地層処分システムの状態とその時間変遷に関する情報の体系的整備

- 安全評価シナリオの信頼性の向上においては、地層処分システムの状態変遷の予測が重要である。このため、状態変遷に関する実験データや解析結果などの科学的知見の拡充に応じて知識ベースを継続的に更新することが必要である。
- また、状態変遷の予測に関して、幅広い分野(地質, 水理, 土木, 材料, 原子力等)の専門家の知識を統合化して合意形成を図る方法として、論拠情報をストーリーボード等を活用して体系的に整備する必要がある。

### オーバーパックが密封性を保持している期間



### オーバーパックが密封性を喪失した以降の期間



地層処分システムの状態変遷 赤字: 地層処分システムで生起するTHMCRプロセス

地層処分システムの状態変遷の予測(ストーリーボードを活用した状態変遷の予測の一例)

## ⑦ 核種移行に関するデータベースの拡充・更新

- 核種移行データ(核種の溶解度, 収着分配係数, 実効拡散係数)に関しては, 国内外の研究データを収集するとともに, 実測によるデータベースの拡充を図っているが, 地質環境や地下水水質の多様性を考慮すると, 依然, データが少ないものもあり, 今後さらにデータを拡充し, データベースを更新する必要がある。この際, 地下水中に存在するコロイド・有機物・微生物の影響, また地層処分システムの状態変遷の影響を考慮したデータの拡充も併せて行う必要がある。
- 生活圏評価に大きな影響を持つ可能性のあるパラメータ(土壌の分配係数や植物への移行係数等)については, 一部データの補強が必要である。

収着分配係数の整備状況

	Basaltic rocks	Bentonite (smectite)	Cementitious materials	Clay minerals	Granitic rocks	Grout (Cement, Granitic rocks)	Mudstone (Sedimentary rocks)	Other minerals	Sandstone	Soil	Tuff
Ac	0	12	0	0	12	0	18	2	14	11	16
Am	167	269	273	486	243	0	51	436	227	111	261
Cm	2	24	0	9	13	0	7	0	6	3	14
Cs	298	2130	553	2392	1575	0	720	1248	517	350	331
Nb	6	20	238	27	399	0	21	3	32	24	14
Ni	11	1120	400	786	590	53	66	583	143	114	122
Np	334	844	258	420	212	0	96	1274	259	82	205
Pa	0	29	64	45	165	0	7	31	4	15	20
Pb	2	272	153	260	73	0	30	78	13	20	15
Pd	0	26	0	0	24	0	0	4	17	1	36
Pu	284	172	430	399	293	27	66	490	448	73	180
Ra	151	310	65	245	236	0	36	44	286	59	149
Se	218	275	260	527	197	0	209	1351	72	124	73
Sh	2	61	23	112	40	0	2	112	72	6	13
Tc	202	145	34	168	174	0	77	986	77	90	117
Th	0	389	136	306	26	50	13	300	241	15	49
U	246	1699	282	852	321	0	20	1460	635	108	132
Zr	6	14	116	41	227	0	46	8	5	19	11
C	0	34	567	11	11	0	28	18	32	75	17
Cl	0	0	38	6	12	0	0	15	10	3	0
Co	0	168	138	253	35	0	126	191	426	222	75
I	8	84	400	122	185	0	107	284	96	112	6
Mb	0	0	36	14	0	0	2	0	17	4	3
Sr	223	711	228	955	834	0	200	710	470	246	266

引用:  
JAEA収着データベース  
(2016年3月更新)