

第1回検討会で頂いたご質問・ご意見 に関する説明資料

平成17年12月21日

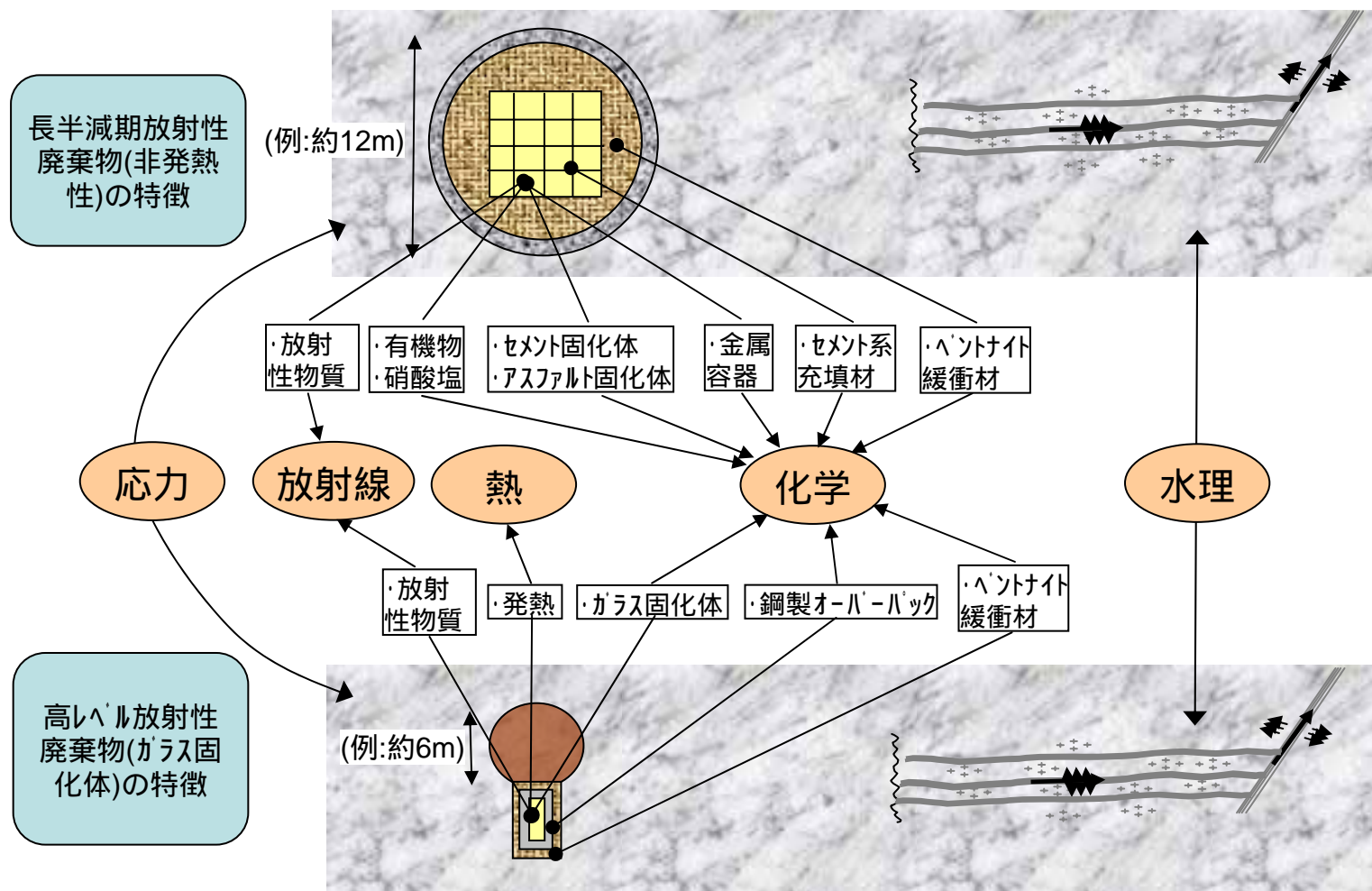
日本原子力研究開発機構
電気事業連合会

内容

- ・「相互影響因子」について
- ・「調査、建設、操業、管理等への影響」について
- ・その他〔長半減期放射性廃棄物(非発熱性)処分施設について〕
「処分坑道の安定性」について

・「相互影響因子」について

長半減期放射性廃棄物(非発熱性)及び高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)の特徴からみた相互影響の可能性



長半減期放射性廃棄物(非発熱性), 高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)及びそれぞれの処分施設の特徴を踏まえて、熱、水理、応力、化学、放射線の視点から想定しうる相互影響の可能性を検討



併置処分における相互影響因子

[第1回検討会資料第4-1号, p.7(一部改訂)]

4

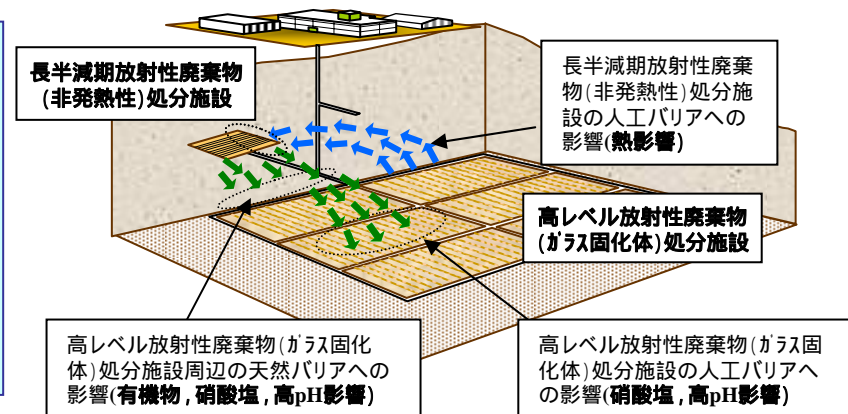
長半減期放射性廃棄物(非発熱性)及び高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)の特徴を踏まえて、網羅的な視点(熱、水理、応力、化学、放射線)から想定しうる相互影響の可能性

併置処分において想定される相互影響因子の検討

- 熱:** 高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)の発熱による長半減期放射性廃棄物(非発熱性)処分施設への熱影響
 発熱率が高い高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体) 処分施設から、長半減期放射性廃棄物(非発熱性)処分施設内で発熱率が最も大きいハル・エンドピース埋設部の温度制限(80℃以下)へ与える熱影響を確認する必要がある。
- 水理:** 他施設が近隣に存在することによる水理の擾乱
 処分施設は併置の採否にかかわらず、設置・埋め戻しによって施設周辺の局所的な地下水流動は変化する可能性があるものの、その影響範囲は限定的であり、処分サイト全体の水理特性を変化させるものではないと考えられる。
- 応力:** 両施設が近接することによる応力の影響
 各施設ごとに許容応力内で坑道の径及び離間距離を設計するため、応力の影響は処分施設の近傍に限定される。
- 化学:** 長半減期放射性廃棄物(非発熱性) 処分施設からの化学物質の影響
 核種移行に影響する化学物質があるため、化学物質毎に存在量や核種移行への影響度合いの大きいものについて高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)処分施設への影響を確認する必要がある。なお、微生物活動については、処分環境中で活動する微生物の種類が処分サイトに強く依存し、かつその影響が限定的であることから、現時点では考慮していない。
- 放射線:** 放射線による人工バリア損傷及び雰囲気の変化
 放射線の影響は廃棄体直近に限定される。

併置処分相互影響評価での取扱い

- 熱** (熱伝導解析による温度上昇幅の確認)
 ・熱: 廃棄体グループ2の処分坑道の温度上昇
- 化学** (物質移行又は物質移行 - 地球化学解析による影響範囲確認)
 ・**有機物:** セルロースの影響評価(溶解度及び収着性能への影響あり)
 (アスファルト及び溶媒は相対的に影響が小さい)
 ・**化学物質:** 硝酸塩の影響評価(収着性能、金属腐食、酸化還元雰囲気への影響あり)
 ・**高pH:** 高pHの影響評価(人工バリア材の変質、金属腐食、ガラス溶解度への影響あり)



併置処分における相互影響因子の取り扱い

6

[第1回検討会資料第4-1号, 参考1-1(一部改訂)]

TRU:長半減期放射性廃棄物(非発熱性)
HLW:高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)

影響因子	方向	影響の可能性	発生源側の施設での取扱い
T:熱	熱	TRU HLW	発熱による温度上昇で人工バリアの変質が促進される可能性がある。
	熱	HLW TRU	同上
H:水理	地下水流動 (核種移行経路)	TRU HLW	・核種移行挙動は水理場に依存 ・隣接して処分施設が形成されることによって、広域の水理場が乱れる可能性がある。
M:応力	岩盤応力	TRU HLW	坑道が近接しすぎると崩落する可能性がある。
C:化学	アスファルト	TRU HLW	分解生成物が核種の溶解度及び分配収着性能に影響する可能性がある。
	溶媒 (TBP等)	TRU HLW	同上
	セルロース	TRU HLW	同上
	硝酸塩	TRU HLW	・高イオン強度及び酸性条件によりバリア材料の分配収着現象に影響する可能性がある。 ・酸化還元雰囲気及び金属腐食等に影響する可能性がある。
	セメント 高pH	TRU HLW	高pHにより、ガラスの溶解、オーバーバックの腐食、ベントナイトの変質、核種の溶解・沈殿及び収着に影響する可能性がある。
	コロイド (セメント起源)	TRU HLW	セメントコロイドとの相互作用により、核種の移行挙動(移行速度、収着性等)が変化する可能性がある。
	ガス	TRU HLW	ガスにより、処分施設周辺の水理条件が変化する可能性がある。
R:放射線		TRU HLW	放射線による人工バリア損傷及び酸化還元雰囲気に影響する可能性がある。

隔離をとる場合の相手側への相互影響への拡張

併置処分相互影響評価での取扱い

影響は限定的と考えられる

グループ2坑道の温度が上昇する可能性がある

温度を評価

実サイトでの配置, 埋め戻して考慮するものと考えられる

7

各処分施設で設計されており、応力の影響範囲は坑道径の数倍の範囲と考えられる。

影響は小さいと考えられる

影響は小さいと考えられる

核種移行に影響する可能性がある

濃度を評価

核種移行及びオーバーバックの寿命に影響する可能性がある

濃度を評価

核種移行及び人工バリア材の安定性に影響する可能性がある。

pHを評価

影響は限定的と考えられる

実サイトでの配置で考慮するものと考えられる

影響は限定的と考えられる

11

9

10

併置処分における水理の影響について

併置による水理への影響による着眼点

- 核種移行の評価で水理条件は重要な因子となる。(下図の「岩種の差」)
- しかし、併置による影響という観点では、当該処分施設の水理が近接する処分施設によって影響を受けるか否かが着眼点となる。(下図の「処分施設の配置の差」)

【処分施設の配置の差】

もとの母岩とは異なる領域(他の処分施設)が設置された場合、局所的な地下水流動は変化する可能性があるが、処分サイト全体の水理特性を変化させるものではないと考えられる。

【一つの処分施設】【岩種A】

処分施設(処分坑道群)



もとの母岩

【他の処分施設が隣接】【岩種A】

処分施設(処分坑道群)



他の処分施設(処分坑道群)の領域



【岩種の差】

水理特性(例えば、平均的な透水係数)の異なる岩種の場合、例えば処分坑道の地下水流量が異なるため、核種移行量に影響を及ぼす。

【一つの処分施設】【岩種B】

処分施設(処分坑道群)



処分施設内部及び周辺の局所的な地下水流動は変化する可能性があるが、処分サイト全体の水理特性は乱さぬよう埋め戻される。

長半減期放射性廃棄物(非発熱性)と高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)の処分施設を設置することにより、各処分施設内部及びその周辺の局所的な地下水流動は変化する可能性があるが、その影響範囲は限定的であり、処分サイト全体の水理特性を変化させるものではないと考えられる。

なお、有機物、硝酸塩及び高pHブルームの相互影響評価の解析では岩種の差(すなわち水理条件)を変えて感度解析を実施している。

相互影響を評価するための解析への入力データ

- 長半減期放射性廃棄物(非発熱性)に含まれる有機物及び化学物質量 -

廃棄体種類		廃棄体数 (本)	廃棄体 グループ	含有量* ² (kg / 本)				備考
				アスファルト	TBP	セルロース	硝酸塩	
民間	低レベル濃縮廃液 ^{1 * 3}	6,230	3				185	
	系統・部分除染廃液 ^{* 3}	199	3				740	
旧JNC ^{* 1}	ハル・エンドピース	1,050	2			0.5		
	アスファルト固化体 (MA系 ^{* 4})	16,671	3	147	0.162		103	
	スラリー固化体 (MA系 ^{* 4})	3,010	3				46	
	二次除染廃液 スラリー固化体	1,047	3				46	
COGEMA	ピチューメン固化体	1,100	3	140			40	COGEMAの低レベル廃液が ラス固化体の採用により対 象外となる可能性あり。
BNGS	MEB ^{* 5} クラッド+ 炭酸 バリウムスラリー固化体	250	3				3	BNGSの高レベル放射性 廃棄物がラス固化体への交 換により対象外となる可能 性あり。
合 計 (kg)				2,600,000	2,700	525	3,250,000	

* 1: 旧JNC: 旧核燃料サイクル開発機構

* 2: 民間分、旧JNCスラリー固化体(MA系)及び二次除染廃液スラリー固化体は予測値、その他は実測値

* 3: 濃縮廃液¹, 除染廃液 : 地層処分相当の濃縮廃液, 除染廃液

* 4: MA系: 比較的放射能濃度の高い放射性廃液

* 5: MEB: Multi Element Bottle、使用済燃料輸送容器の内容器

化学的因子の高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)処分施設への 影響検討の詳細(1)

- 有機物(アスファルト、溶媒、セルロース) -

含有物質	含有量または発生量	長半減期放射性廃棄物(非発熱性)処分施設内での取り扱い	併置処分における高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)処分施設への影響
アスファルト	<p>アスファルト: 2,600,000kg</p> <p>【旧JNC】 アスファルト固化体中の含有量: 147kg × 16,671本</p> <p>【COGEMA】 (今回の想定では返還廃棄物ビチューメン固化体を含める(保守的設定)) ビチューメン固化体中の含有量: 140kg × 1,100本</p>	<p>還元性でアルカリ性の処分環境では、アスファルトの劣化は生じにくい。</p> <p>また、その分解生成物はギ酸及び酢酸等であること*1から、錯体形成能も低い^{ため、核種の溶解度等に及ぼす影響は小さいと考えられる。}</p> <p>*1: 福本ら(2002), JNC TN8410 2002-009</p>	<p>超半減期放射性廃棄物(非発熱性)処分施設においても核種の溶解度等への影響が小さいため、より遠方の高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)処分施設への影響を考慮しない。</p>
溶媒 (TBP, DBP 及びMBP)	<p>TBP量: 2,700kg</p> <p>【旧JNC】 アスファルト固化体中の含有量: 0.162kg × 16,671本</p>	<p>全廃溶媒が廃棄体パッケージ間隙に溶解すると$1.4 \times 10^{-2} \text{mol/dm}^3$である。TBPの加水分解生成物であるDBPの熱力学データベースに基づく溶解度計算では、溶解度に対する有意な影響は与えない。MBPは少量のためDBPで代表できる。</p>	
セルロース (ISA: イソサッカ リン酸)	<p>ISA量: 525kg</p> <p>【旧JNC】 ハル・エンドピース中の有機物量: 0.5kg*1 ハル・エンドピースの廃棄体数: 1,050本 ISAの収率: 100%(保守的設定)</p> <p>ハル・エンドピースに含まれる有機物の含有量は分別により0.1wt%以下*1: 倉形ら(1996), JNC ZN 8410</p>	<p>全てのセルロースがISA(イソサッカリン酸)に分解し、セメントに収着するとして処分施設間隙水中のISA濃度を評価した結果、$5 \times 10^{-6} \text{mol/dm}^3$との結果が得られた。これは、ISAの許容濃度である$1 \times 10^{-6} \text{mol/dm}^3$を超えるため、核種移行解析に反映することとした。</p>	<p>高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)処分施設から溶出した核種の溶解度及び分配係数等に影響する可能性があるため、物質移行解析を実施する。</p>

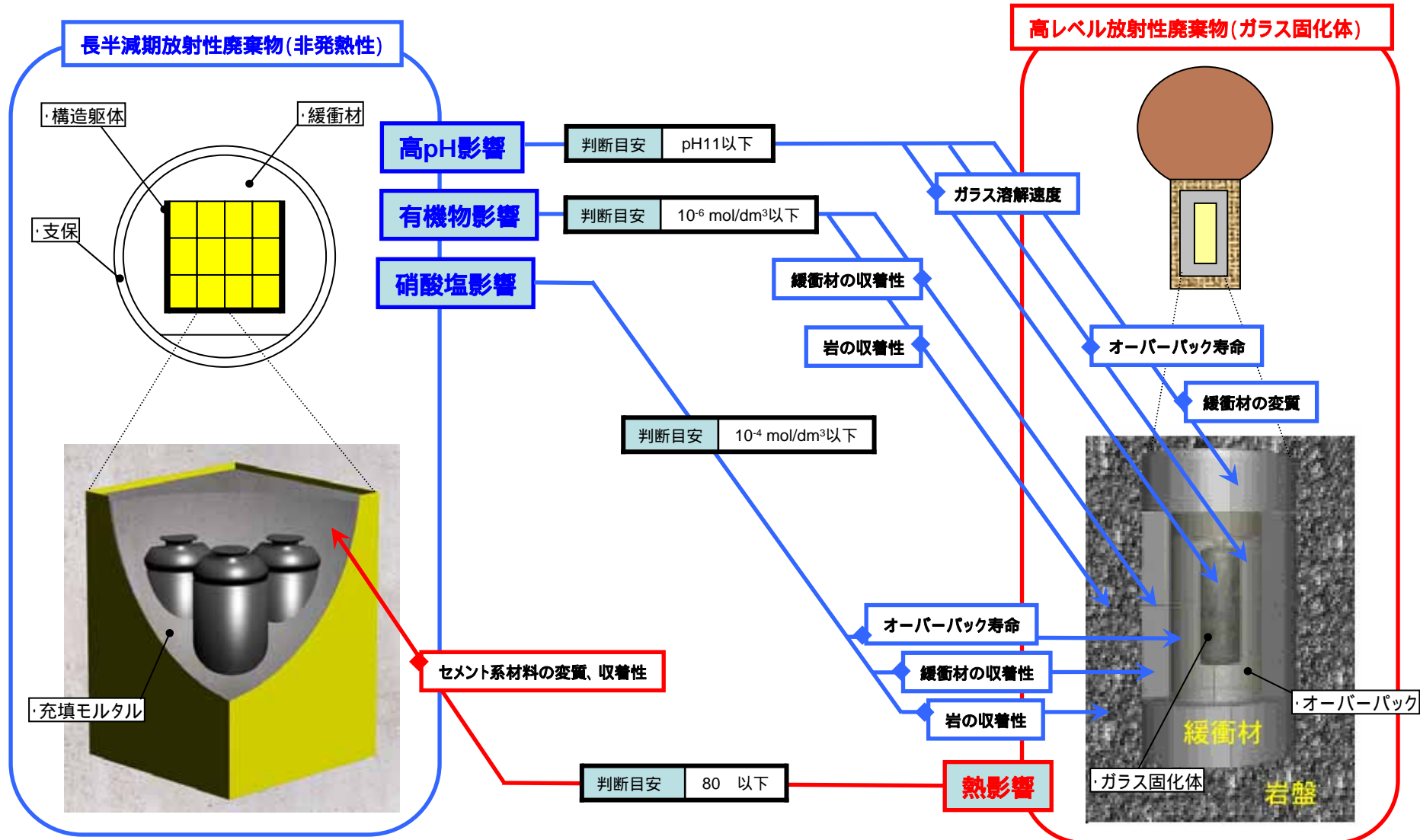
化学的因子の高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)処分施設への 影響検討の詳細(2) - 硝酸塩・セメント(高pH) -

含有物質	含有量または発生量	長半減期放射性廃棄物(非発熱性)処分施設内での取り扱い	併置処分における高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)処分施設への影響
硝酸塩	<p>硝酸塩量: 3,250,000kg</p> <p>【民間】 ・低レベル濃縮廃液1廃棄体中の含有量: 185kg/本 × 6,230本 ・系統及び部分除染廃液 中の含有量: 740kg/本 × 199本 【旧JNC】 ・アスファルト固化体中の含有量: 103kg/本 × 16,671本 ・スラリー固化体中の含有量: 46kg/本 × 4,057本 【返還】 (今回の想定では返還廃棄物ビチューメン固化体を含める(保守的設定)) ・ビチューメン固化体中の含有量 40kg/本 × 1,100本 ・MEB+炭酸バリウムスラリー固化体中の含有量: 3kg/本 × 250本</p>	<p>他の廃棄物への影響を考慮し、硝酸塩を含む廃棄物は廃棄体グループ3として区分し、他の廃棄物とは別の処分坑道に定置する。なお、廃棄体グループ3の処分坑道については、硝酸塩が高濃度で存在することから、酸化性環境及び高イオン強度となることを考慮した核種移行データセットを設定し、核種移行評価を実施している。</p>	<p>高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)処分施設から溶出した核種の分配係数等に影響する可能性があること、オーバーパックの局部腐食に対して硝酸イオンが酸化性化学種として影響を及ぼす可能性があることから、物質移行解析を実施する。</p>
セメント (高pH)	<p>モルタル単位セメント量 483kg/m³</p> <p>目安とする圧縮強度30MPaを満たすモルタルの配合を想定して、以下の値を設定した。</p> <p>単位セメント量 : 483kg/m³ 単位水量 : 266kg/m³ 細骨材量 : 1449kg/m³</p>	<p>地下水との反応によりセメント系材料が長期的に変質を生じることを考慮し、セメント系材料により定まる化学環境に応じた核種移行パラメータを設定し、評価している。また、セメント系材料に起因する高pH化学環境による緩衝材や天然バリア等のバリア特性変化を物質移行・地球化学反応連成解析により評価し、バリア特性の長期的な変化を考慮した核種移行データセットを設定して評価している。</p>	<p>高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)処分施設の人工バリアの健全性に影響を与える可能性があるため、物質移行・地球化学反応連成解析を実施する。</p>

化学的因子の高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)処分施設への 影響検討の詳細(3) - コロイド・ガス発生 -

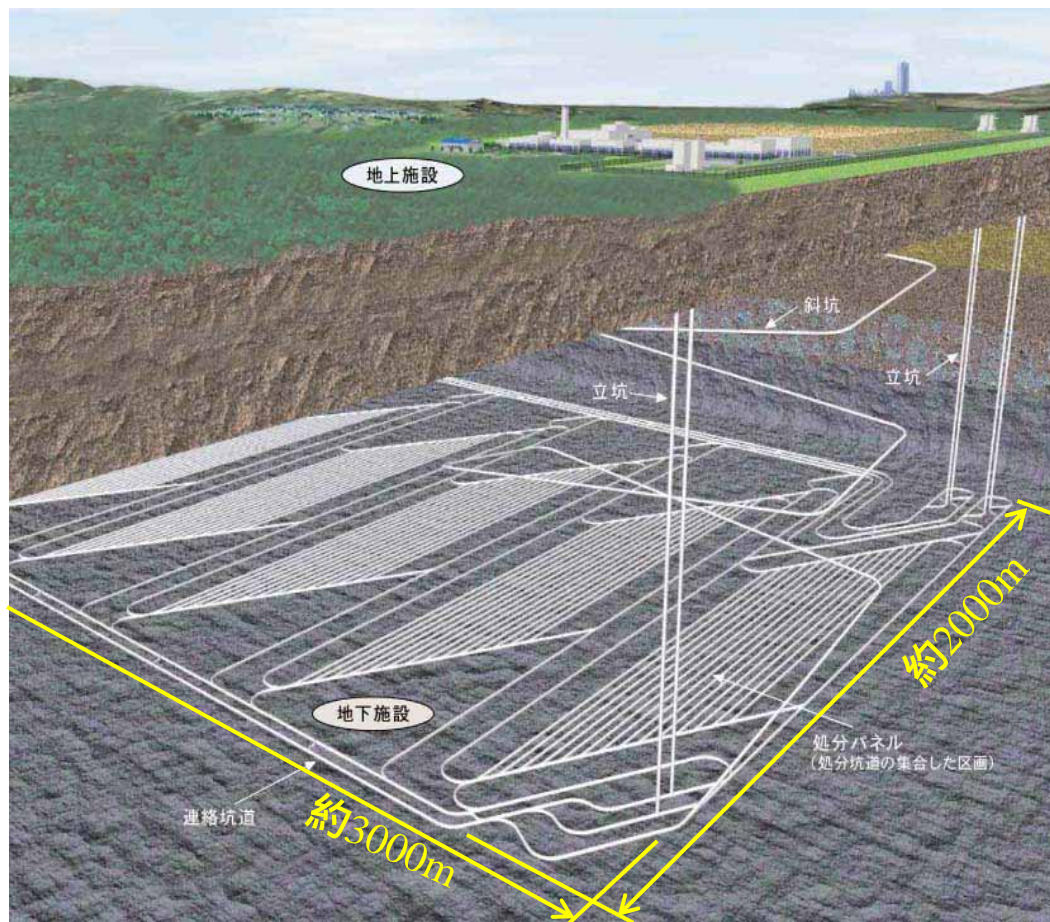
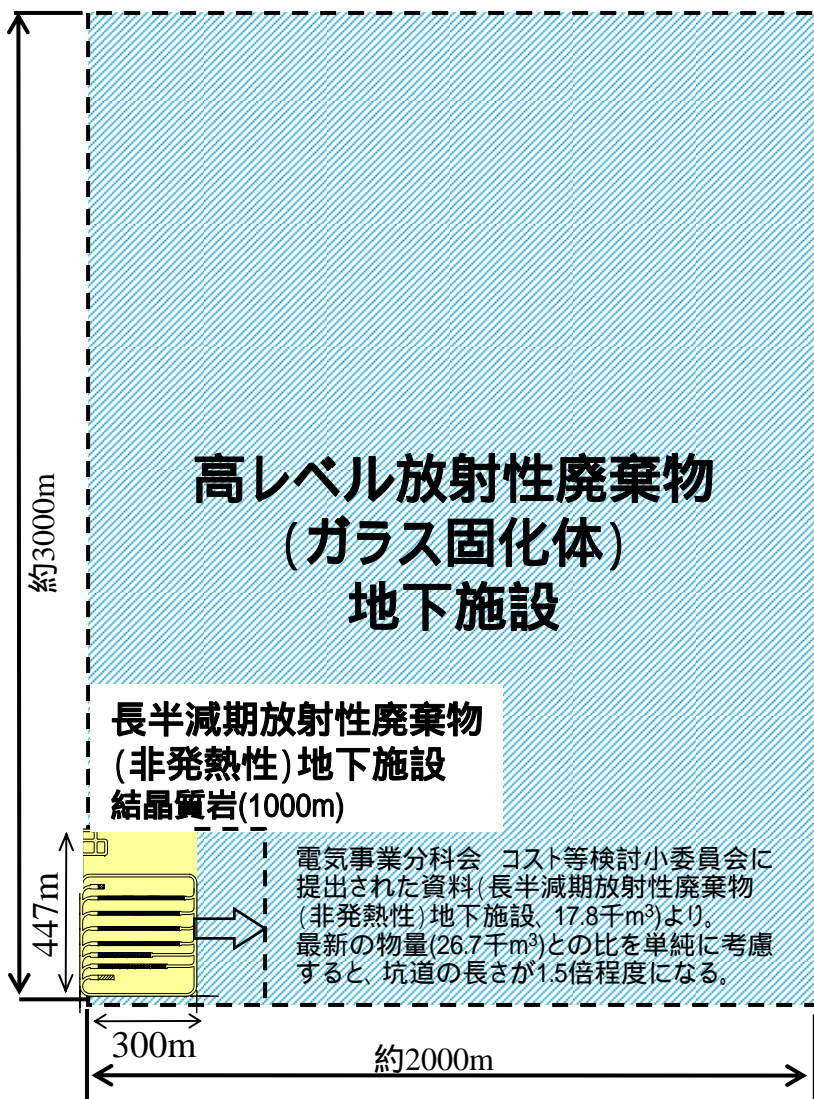
影響物質	含有量または発生量	長半減期放射性廃棄物(非発熱性)処分施設内での取り扱い	併置処分における高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)処分施設への影響
コロイド (セメント起源)	セメントの浸出した地下水中コロイド重量濃度の上限として $1 \times 10^{-4} \text{ kg / m}^3$ セメントを起源とするため、潜在的な発生可能量は大きいと考えられるが、地下水中にコロイドとして存在できる量には上限があるため、濃度上限値として表現した。(Wieland et al., 2003)	緩衝材を敷設した施設概念では緩衝材によるコロイドろ過効果が期待できる。また、セメントが存在する高イオン強度環境におけるコロイドの不安定性から、想定されるコロイド濃度上限値が $1 \times 10^{-4} \text{ kg / m}^3$ 程度であり、その場合の収着分配係数の低下は僅かであることから、影響は小さいと評価した。	超半減期放射性廃棄物(非発熱性)処分施設においても核種移行への影響が小さいため、より遠方でセメント起源のコロイド濃度の低い高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)処分施設への影響を考慮しない。
ガス発生	ガス発生機構として、金属の腐食、有機物の微生物分解及び放射線分解を考慮して単位坑道長さ当りのガス発生量を算出した。 廃棄体グループ1 ドラム缶: $3.4 \times 10^5 \text{ mol/m}$ 廃棄体グループ2 キャニスタ: $1.0 \times 10^6 \text{ mol/m}$ BNGS容器: $3.1 \times 10^5 \text{ mol/m}$ 廃棄体グループ3 ドラム缶: $1.2 \times 10^6 \text{ mol/m}$ 角型容器: $3.7 \times 10^6 \text{ mol/m}$ BNGS容器: $4.5 \times 10^5 \text{ mol/m}$ 廃棄体グループ4 ドラム缶: $1.3 \times 10^6 \text{ mol/m}$ 角型容器: $5.5 \times 10^6 \text{ mol/m}$ BNGS容器: $4.6 \times 10^5 \text{ mol/m}$	算出されたガス発生速度及び発生量に基づき、処分システムにおけるガスの移行解析を実施した結果、処分施設内の圧力は静水圧(10MPa)より、1.3～1.4MPa上昇する。この圧力では緩衝材の破壊の可能性は小さい。ガス発生の影響により人工バリアにおける間隙水の排出が生じる可能性があり、核種移行解析に反映したが、周辺岩盤の地下水の平均的な流れは変わらない。	ガス発生の影響による周辺岩盤の地下水の平均的な流れは変わらないため、相互影響評価においてその影響を考慮しない。

長半減期放射性廃棄物(非発熱性)と 高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)との間での相互影響



長半減期放射性廃棄物(非発熱性)と高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)との間での相互影響及び影響を評価する場合の判断目安は上記のとおり整理される。

高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)と地層処分を想定している 長半減期放射性廃棄物(非発熱性)の地下施設規模の比較(例)



・結晶質岩、深度1000mにおける検討事例の比較

出典: 原子力発電環境整備機構「処分場の概要(高レベル放射性廃棄物地下施設)」
に一部加筆。

➤高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)は発熱量が大きいいため、廃棄物間の離間距離を大きくする必要があり、長半減期放射性廃棄物(非発熱性)に比べ広い面積を要する。

出典: 第18回新計画策定会議(平成17年2月10日)資料第5号より

相互影響因子の影響範囲の時間的变化

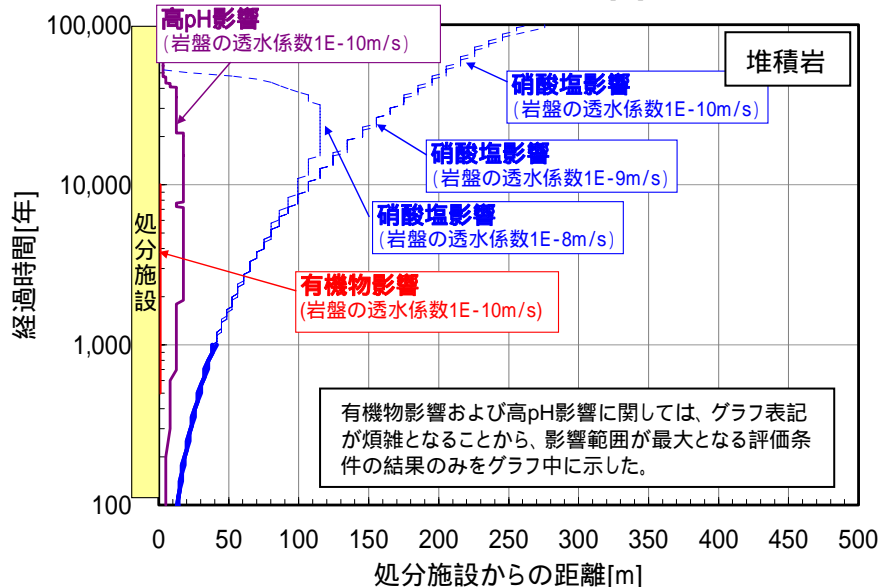
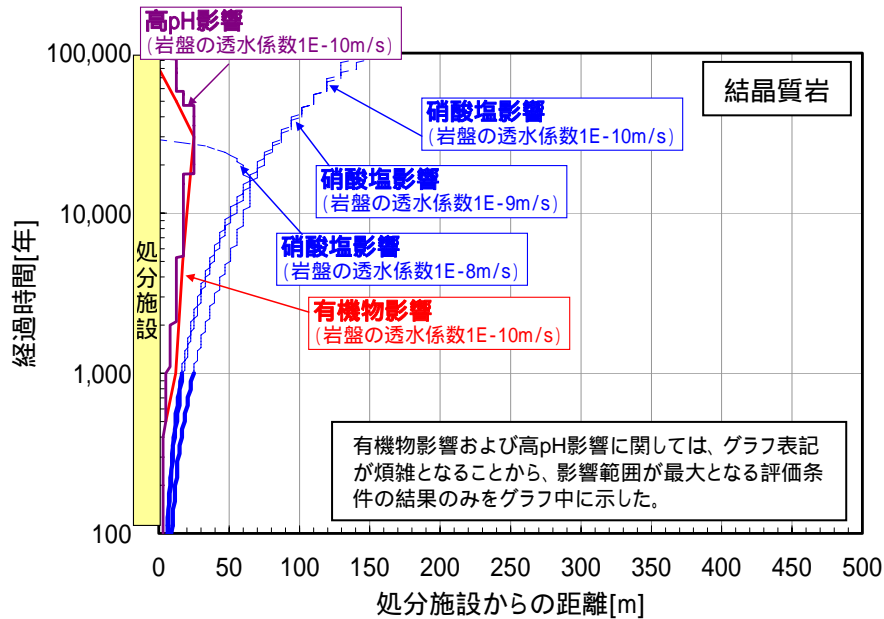


図. 相互影響因子の影響範囲の時間的变化
(上: 結晶質岩、下: 堆積岩)

相互影響因子の評価にあたって、安定な地質環境の存在が見通せる期間内の現象であるかどうかの観点から、相互影響評価結果について、その影響範囲を時間的变化で整理する。

【評価結果】

因子	判断の目安	影響範囲が最大となる時期 又は評価対象期間
熱	80 以下	既出評価結果(第1回検討会 資料第4-1号、P.8)より1,000年以内で影響は最大となる
有機物	10^{-6}mol/dm^3 以下	10万年以内で影響範囲は最大となる
硝酸塩	オーバーハックの腐食抑制の点から 10^{-4}mol/dm^3 以下	オーバーハックの設計上の機能維持期間(1,000年)に100倍程度の余裕を見たとしても、評価対象となる期間は10万年程度に収まる
高pH	pH11以下	10万年以内で影響範囲は最大となる

上記の影響範囲の変化等を踏まえると、相互影響は、天然現象の活動やその影響が十分小さいと期待でき、安定な地質環境の存在が見通せる10万年程度以内の現象である。

(注) 第1回検討会 資料第4-1号、p.7～p.14参照

・「調査、建設、操業、管理等への影響」 について

長半減期放射性廃棄物(非発熱性)の併置処分が 高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)処分事業(調査、建設、操業、管理等)へ与える 影響の検討について

	段階	高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)処分施設 での内容	長半減期放射性廃棄物(非発熱性)処分施設 で考えられる内容	併置処分の場合の影響
1	概要調査地区選定	・文献調査 ・地震等の自然現象による地層の著しい変動の記録がなく、かつ、将来にわたってそれらが生じる恐れが少ないと見込まれること等の確認	・天然バリアに期待する機能は高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)と共通であり、調査段階で確認すべきサイト特性はほぼ同じであると考えられる。したがって、両者の多くの調査は共通化を図ることが可能であり、調査の手順、内容はほぼ同じものとなる。	・調査サイト数は共通化できる。 ・長半減期放射性廃棄物(非発熱性)に必要な面積は少ないので、全体の調査範囲が大きくなるかは変わらないと考えられる。
2	精密調査地区選定	・ボーリング調査、地表踏査、物理探査、等 ・最終処分を行おうとする地層及びその周辺の地層が安定していること、坑道の掘削に支障がないこと、地下水の水流等が地下施設に悪影響を及ぼすおそれが少ないと見込まれること等の確認		
3	最終処分施設建設地の選定	・地上からの調査、地下の調査施設での測定・試験等 ・最終処分を行おうとする地層の物理的・化学的性質等が最終処分施設の設置に適していると見込まれること等の確認		
4	用地取得	・用地を取得する	・同左	・同上
5	処分場の設計・建設	・敷地及び道路等インフラを整備し地上施設を建設する。必要に応じて港湾施設を建設する。	・同左。受入規模等は高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)と異なる。	・インフラ施設などの共用化を図ることができる。
		・地上での準備が整い次第、地下施設(処分坑道等)を建設する。	・同左。地下施設の断面構造は高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)と異なる。	・実サイトの状況に依存し全体的な配置設計の工夫は必要である。
6	処分場の操業	・順次、廃棄体を受入れ、処分坑道の建設・廃棄体の定置・定置後の埋め戻しを行う	・同左。操業期間は高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)と異なる可能性がある。	・連絡坑道を分けるなどの輻輳回避等は実サイト設計において可能と考えられる。 ・一部の施設・設備については共用化を図ることができる。
7	地下施設の閉鎖	・操業終了後、長期安全性を確認し、連絡坑道・アクセス坑道の埋め戻しを行い地下施設を閉鎖する。	・同左。	・特に問題ないと考えられる。
8	地上施設解体撤去	・全ての地上施設を解体・撤去する	・同左。	・特に問題ないと考えられる。
9	閉鎖後の管理	・必要に応じモニタリングを実施	・放射線量と面積は高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)より少ないが、長半減期核種を含み地層での隔離を期待するため高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)と同様なモニタリングになると考えられる。	・モニタリング項目等は高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)と共通性が高いと予想されること並びに長半減期放射性廃棄物(非発熱性)の処分面積は小さいため、事業を推進する上では問題ないと考えられる。
10	全体のプロジェクト管理	・各段階で、地質・土木・機電・操業・広報等の人員が必要	・同左。	・人員の共用化を図ることができる
11	管理終了後	・すべての地上施設を撤去して、跡地利用	・放射線量と面積は高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)より少ないが、長半減期核種を含み地層での隔離を期待するため高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)と同様な扱いになると考えられる。	・特に問題ないと考えられる。

・調査～建設・操業・閉鎖～管理の全体的な事業の流れは共通である。

・天然バリア、人工バリアに要求する機能は、類似しており、事業における調査、管理の共通性は高い。

・廃棄体、人工バリア仕様の違いから建設・操業・閉鎖については、それぞれ独立したエリア(パネル)で行われるが、それぞれが互いに影響を及ぼす可能性は低い。

以上より、併置処分によりそれぞれの処分事業(調査、建設、操業、管理等)の各段階に大きな影響を与えることはないと考えられる。

- ・ **その他**〔長半減期放射性廃棄物(非発熱性)処分施設について)
「**処分坑道の安定性**」について

処分坑道の空洞安定性(坑道建設時)

軟岩系岩盤における建設時空洞安定性評価

軟岩系岩盤における建設時空洞安定性の評価結果

処分深度	坑道形状・規模	SR-B qu=20MPa	SR-C qu=15MPa	SR-D qu=10MPa
300m	円形 内径8m			
	円形 内径10m			
	円形 内径12m			
500m	円形 内径8m			
	円形 内径10m			
	円形 内径12m			x

○：空洞安定性の確保が可能(安全裕度大)

○：空洞安定性の確保が可能

x：空洞安定性の確保が困難

SR-B 比較的強度の高い軟岩
SR-C 平均的な軟岩
SR-D 比較的強度の低い軟岩
(H12レポート参照)

【評価条件】

- 岩盤物性：SR-B,SR-C,SR-D
- 処分深度：300,500m
- 解析手法：電中研式モデル

【評価結果】

- 内径10m規模の処分坑道の建設時の空洞安定性の確保は可能である
- 深度500mの場合は余裕が少なく、条件によっては施工方法の見直し、断面縮小等の検討が必要になる場合がある

硬岩系岩盤における建設時空洞安定性評価

硬岩系岩盤における建設時空洞安定性の評価結果

処分深度	坑道形状・規模	亀裂なし	亀裂頻度 1本/1m	亀裂頻度 2本/1m	亀裂頻度 4本/1m
500m	幌型 幅12,高さ18m				x
	幌型 幅10.8m,高さ15.8m				x
	円形 内径12m				
1,000m	幌型 幅12,高さ18m				x
	幌型 幅10.8m,高さ15.8m				x
	円形 内径12m				

○：空洞安定性の確保が可能(坑道が自立)

○：空洞安定性の確保が可能(支保を構築)

○：空洞安定性の確保が可能(重厚な支保を構築)

x：空洞安定性の確保が困難

岩盤基質部はHR
(H12レポート参照)

【評価条件】

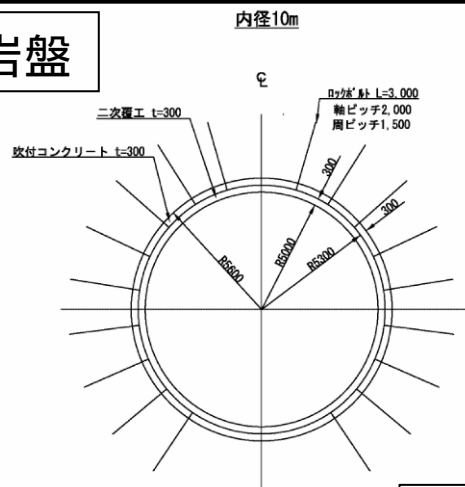
- 岩盤物性：HR，亀裂頻度0～4本/m
- 処分深度：500,1000m
- 解析手法：MBCモデル (Micromechanics Based Continuum model)

【評価結果】

- 亀裂頻度が高い岩盤では，幌型坑道は空洞安定性の確保が困難な場合がある
- 軟岩系岩盤と同じ円形の処分坑道を採用することで、亀裂の多い岩盤にも対応可能である

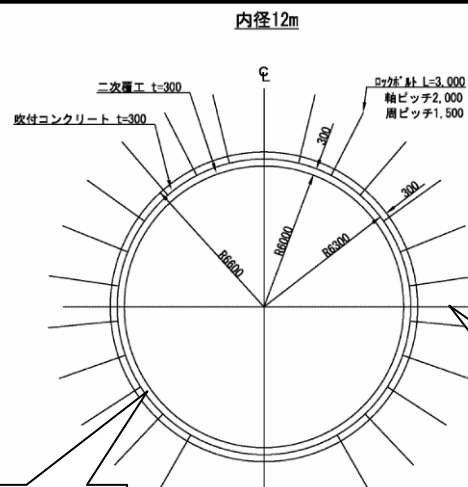
空洞安定性が確保可能な処分坑道の設計例

軟岩系岩盤



SR-D

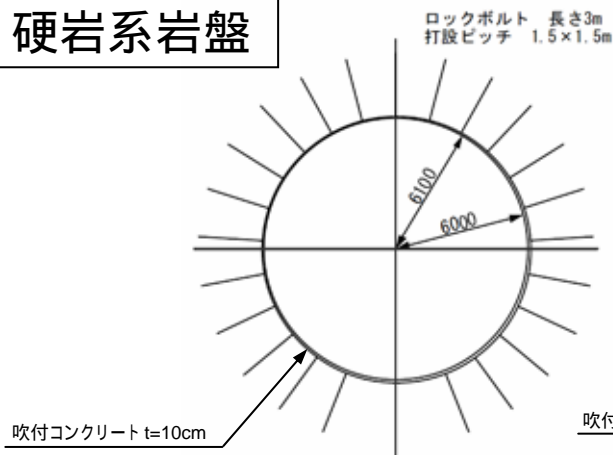
支保は既往の設計事例に基づき設定



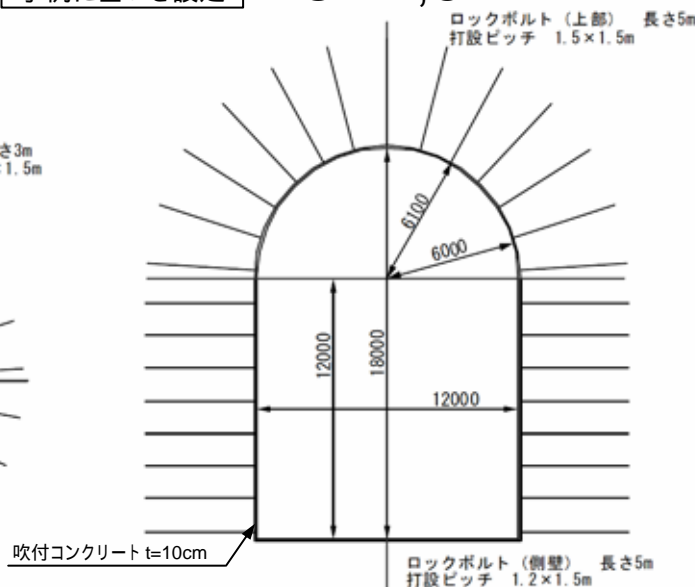
SR-B,C

ロックボルトの設置範囲を掘削影響領域(EDZ)として評価

硬岩系岩盤



HR(亀裂多)



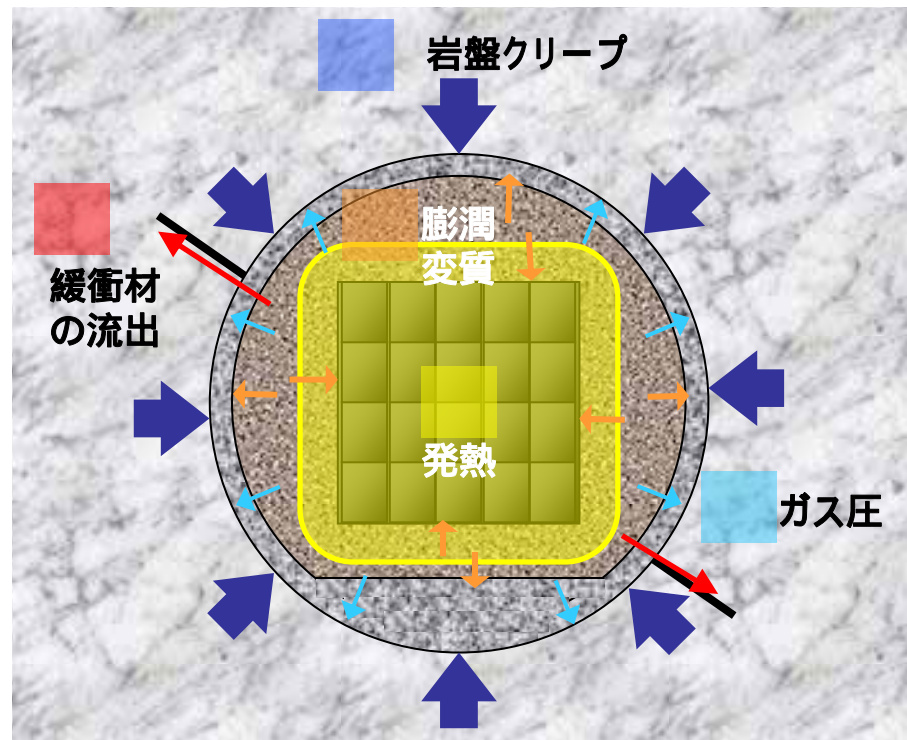
HR(亀裂少)

これらの仕様を前提とした長期力学安定性評価を実施

処分坑道の長期力学的安定性(1)

- 解析評価項目 -

安全性の検討で仮定するパラメータ(透水係数等)の設定に関する知見を得るため、処分坑道の長期力学的安定性に影響を及ぼす可能性のある現象について、坑道閉鎖後(再冠水後)のバリア形状の変化を解析評価した。



解析評価項目

岩盤の長期クリープ

人工バリアの特性変化
と膨潤圧の影響

熱応力の影響

間隙圧力上昇の影響

緩衝材の流出の影響

処分坑道の長期力学的安定性(2)

- 解析結果と安全評価での取扱い -

評価項目	解析方法	解析結果
岩盤の長期クリープ (グループ1～4)	非線形粘弾性体でモデル化したFEM	・軟岩(SR-C)におけるクリープ変位は10～100万年後でも数cm程度。
人工バリアの特性変化と膨潤圧の影響 (グループ1, 2)	弾塑性体と非線形弾性体でモデル化したFEM	・岩盤変位が無視できる場合は, 緩衝材の膨潤による坑道内の変位は1mm未満。
熱応力の影響 (グループ2)	弾性体でモデル化したFEM(1次レポートの結果を引用)	・熱応力による母岩の変形量は数mm程度。
ガス発生にともなう間隙圧力上昇の影響 (グループ1～4)	弾塑性体でモデル化したFEM(1次レポートの結果を引用)	・内圧(12MPa)が掘削時の応力解放に抵抗力として作用し, 岩盤の力学安定性は向上。
緩衝材の流出の影響 (グループ1～4)	亀裂侵入速度等に基づく簡易計算	・亀裂開口幅0.5mm, 亀裂頻度7.5本/mでの密度低下は100万年で1.4%程度。 ・緩衝材を定置する支保工のひび割れ幅及び頻度が同程度であれば流出の影響は小さい。

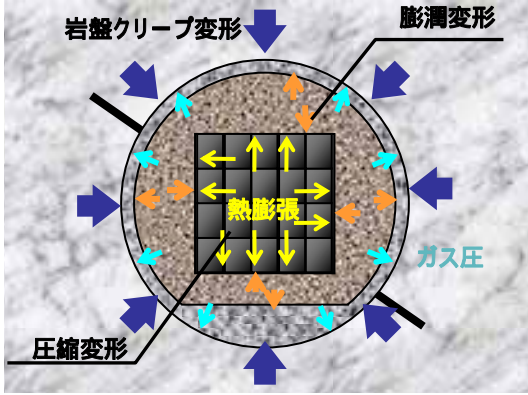
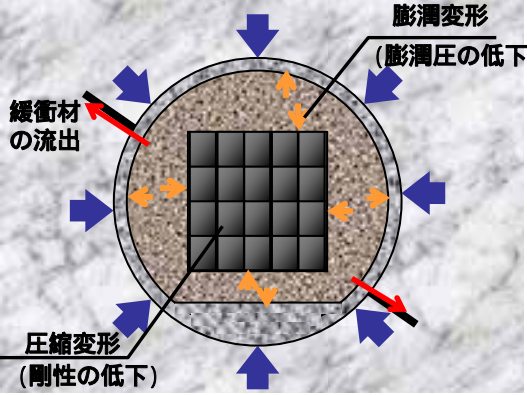
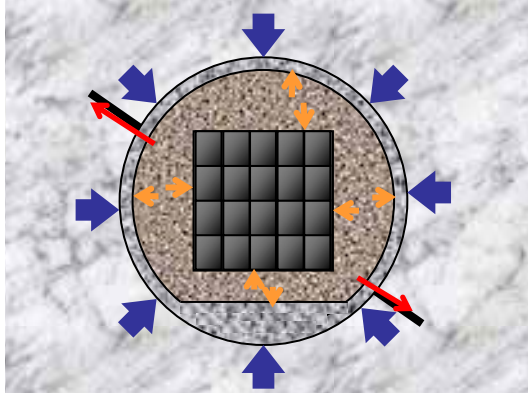
安全評価での取扱い

- ・セメント系材料については, 応力によるひび割れの影響などを考慮して, 砂程度の透水係数を設定。
- ・処分坑道の掘削径11.2～13.2mに対して, クリープ変形は数cmであることから坑道の形状は変化しないものとして設定。
- ・グループ1及び2について, 設計上, 緩衝材の厚さを1.2mとし0.2mの余裕代を考慮しており, 厚さが1mが保たれるものとして設定。また, 緩衝材の圧密により乾燥密度が高くなることが想定されるが, 安全側に乾燥密度を設計値1.6Mg/m³として設定

- ・ 想定する地質環境条件において, ニアフィールドの力学的安定性は長期間担保される。
- ・ 安全性の検討において, 処分施設の変形を考慮しないモデルにより解析する。

処分坑道の長期力学安定性(3)

- 時間的变化(一例)と安全評価での取扱い -

時間	1,000年頃	10,000年頃	100,000年頃
想定される処分坑道の時間的变化(一例)	 <ul style="list-style-type: none"> ・処分施設閉鎖後、地下水に飽和され、還元性条件となる。 ・セメント系材料から地下水中へNa, K, Caが溶出し、高アルカリ性条件(pH13程度)となる。 ・セメント系材料からNa, K, Caが緩衝材領域へ拡散することで、緩衝材領域がアルカリ性条件となり変質が始まる。 ・緩衝材に膨潤圧が発生し、膨潤変形する。 ・熱膨張で変形が生じた後、変形は減少する。 ・ガス圧による変形が生じる。 ・岩盤のクリープによって坑道が縮小する。 	 <ul style="list-style-type: none"> ・セメント系材料領域の化学的条件はpH13からpH12.5へと遷移する。 ・緩衝材の一部がセメント由来のCaにより、Ca型化する。 ・緩衝材の一部が溶解し、二次鉱物が生成する。セメント系材料／緩衝材境界近傍において二次鉱物による間隙充填が進む。 ・セメント系材料の剛性が低下し、緩衝材の膨潤変形が進行する。一方、緩衝材の膨潤圧低下によって、膨潤変形が抑制される。 ・岩盤のクリープによる変形の増加が漸減する。 ・緩衝材の流出による変形が生じる。 	 <ul style="list-style-type: none"> ・セメント系材料の一部の領域を除き、化学的条件はpH12.5程度が維持される。 ・セメント系材料／緩衝材境界近傍の間隙充填により物質移動が抑制される。 ・上記の物質移動抑制により、セメント系材料から緩衝材領域へのアルカリの供給が抑えられるため、緩衝材の変質は非常に遅い。 ・緩衝材の膨潤変形が収まる。 ・岩盤のクリープによる変形の増加が漸減する。 ・緩衝材の流出による変形が収まる。
安全評価での取扱い	<ul style="list-style-type: none"> ・セメント系材料の透水係数は、ひび割れが生じる可能性を考慮して、保守的に閉鎖直後から砂のような状態になっているとして砂なみの大きな値を設定。緩衝材の透水係数は、Ca型化を考慮して、保守的に閉鎖直後からNa型より大きなCa型ベントナイトの値を設定。また、間隙充填による透水性及び拡散性の低下は保守的に考慮しない。 ・セメント系材料中の収着分配係数は、処分施設内は長期にわたりpH12.5以上のアルカリ性が保たれることから、pH13～12.5の範囲で小さな値を設定。 ・緩衝材中の収着分配係数は、セメント系材料の影響を受けたアルカリ条件から中性領域の中で小さな値を核種ごとに設定。 		

- ・人工バリアの変質及び長期力学挙動について処分坑道の時間的变化の一例を解析評価した。
- ・安全評価では、この時間的变化とその不確実性を踏まえて、保守的な状況を想定して核種移行特性を設定した。