

新計画策定会議
技術検討小委員会（第2回）
資料第1号

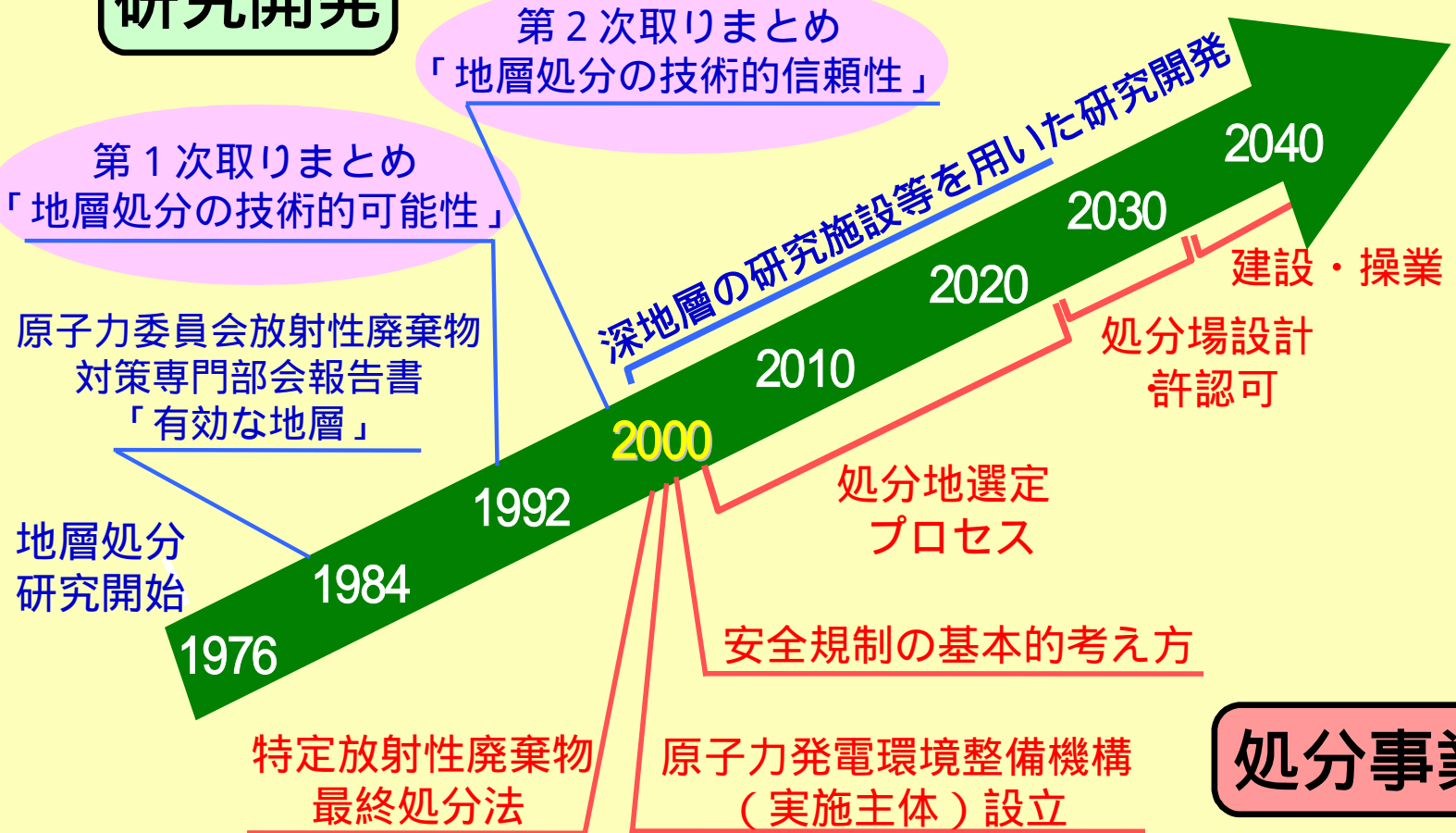
高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）に関する 地層処分研究開発第2次取りまとめの概要

平成16年8月24日

核燃料サイクル開発機構

わが国の地層処分計画の歩み

研究開発



処分事業

第2次取りまとめの位置づけと国の指針

第1次取りまとめ（H3）以降の進捗をまとめた報告書

- 岩種の種類を特定することなく幅広い地質環境を対象
- 地層処分に関する安全基準等は準備段階

国による第2次取りまとめの指針

何を盛り込むべきか

- ・ 技術的重点課題
 - 「地質環境の調査研究」
 - 「処分技術の研究開発」
 - 「性能評価研究」



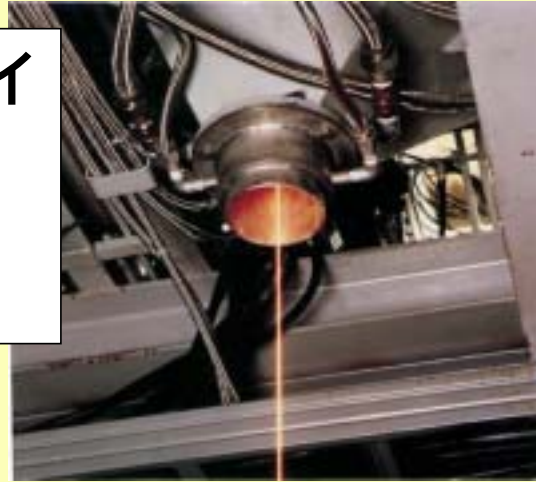
- ・ 地層処分の技術的信頼性の明示
- ・ 処分予定地選定と安全基準策定の技術的拠り所の提示

どのように進めるべきか

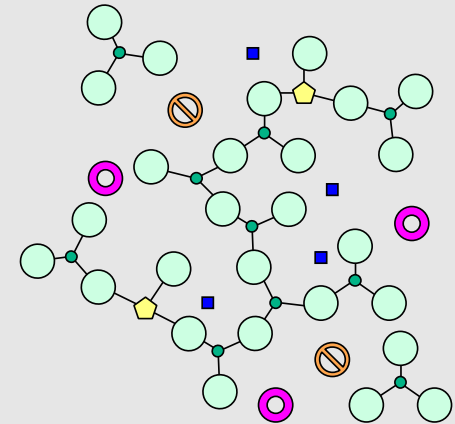
- ・ 関係機関の協力強化のための委員会の発足
- ・ 研究開発の進捗に応じ積極的な成果の公表
- ・ 国際レビュー
- ・ 国による評価

高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)

- 原料：ホウケイ酸ガラス
- 約 1,200 で溶融



分子構造レベルでみたガラス網目構造中の廃棄物元素の存在状態

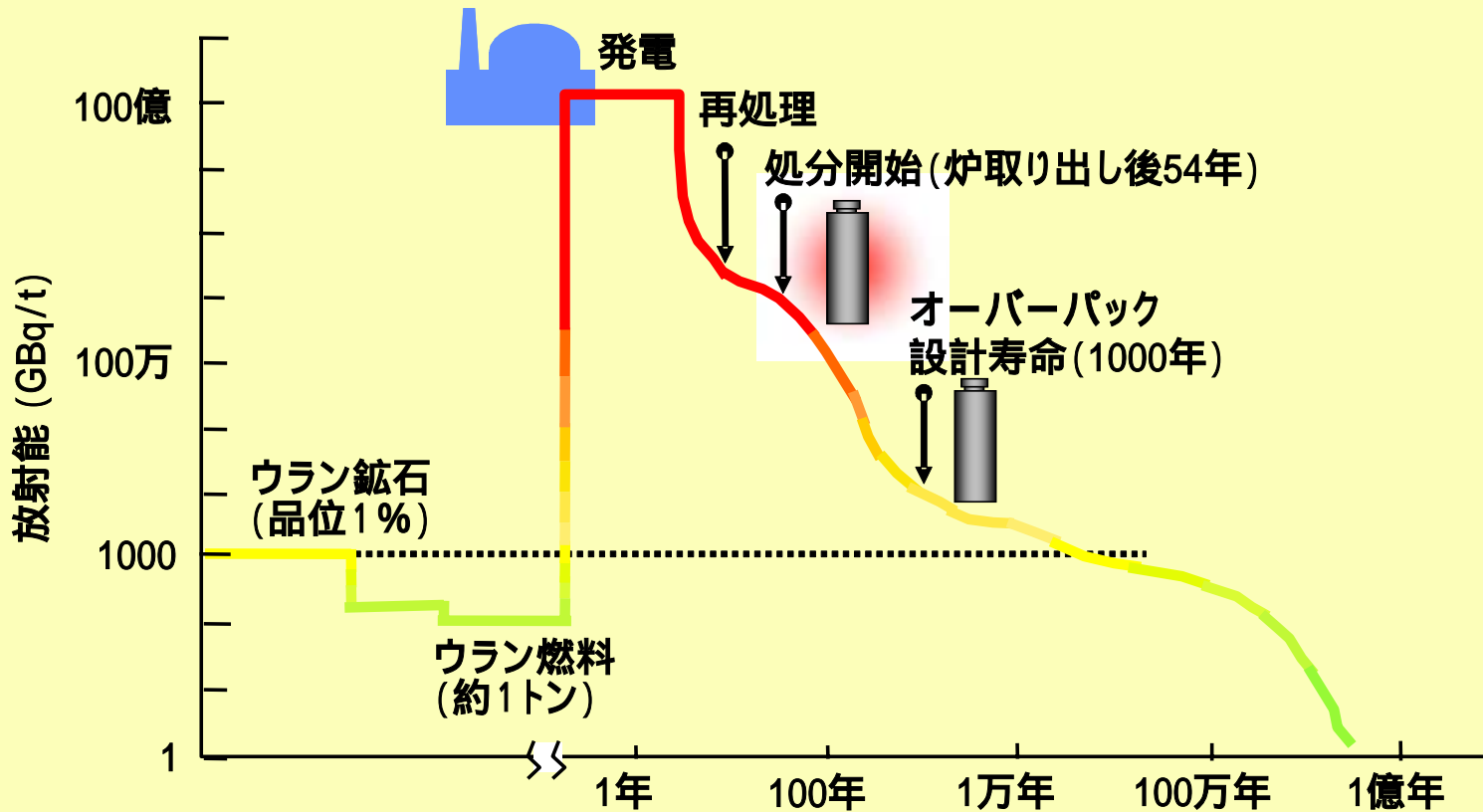


- 高さ：134 cm
- 直径：43 cm
- 重さ：500 kg
- 100万kWe × 1年間運転の使用済燃料の再処理で約30本発生

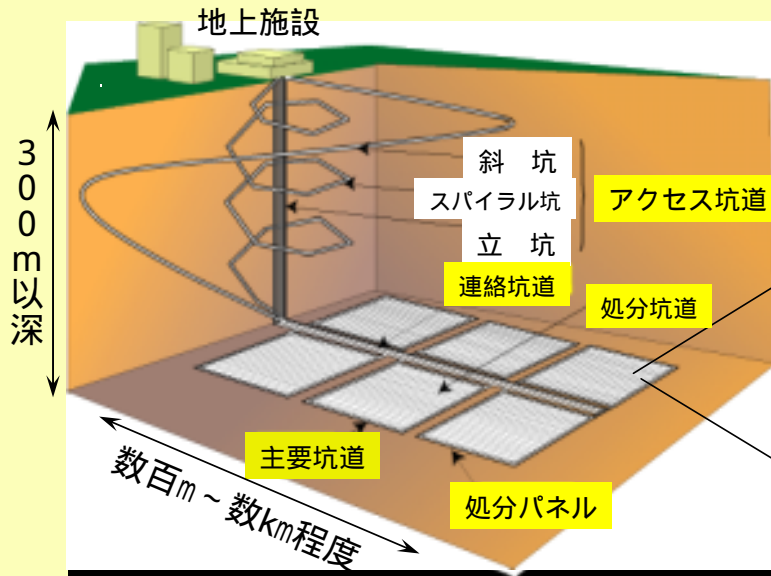


- 酸素
- ケイ素
- ◇ ホウ素
- ナトリウム
- ⊗ アクチニド
- ⊙ 他の廃棄物元素

放射能の推移からみたガラス固化体の特徴



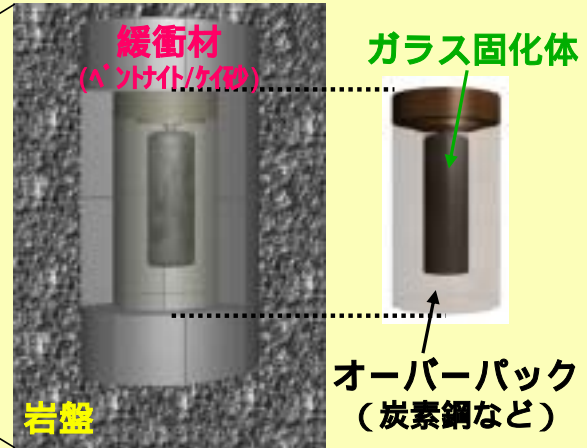
地層処分システムの基本概念



多重バリア

工学技術により設けられる人工バリア
天然の地層である天然バリア

天然バリア | 人工バリア | 天然バリア



十分な
処分深度
の確保

隔離性と
天然バリア
機能

地表の自然環境の変化（気候・海水準変動，隆起・侵食など）や人間活動の影響（主要な地下利用深度は30～50 m，最大でも概ね100 m程度）が及びにくく，天然バリアとしての地層の機能（放射性核種の隔離，保持・移行遅延など）を長期にわたり確保できる。

処分深度は，このような特徴を踏まえ，

- ・原子力委員会等で「地下数百メートルより深い地層」に処分すると議論されてきた
- ・諸外国の処分計画で予定している深度（例えば米国ヤッカマウンテンの場合は300m）から，特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律では**地下300 m以上**とされている

地質環境の
特性

地下深部では地下水が還元状態で地下水流動が小さい（物質が溶けにくい，物質の動きが遅い）

安全確保の考え方

・火山活動，断層活動など

考慮すべきわが国の地質環境の特徴

・地下水で飽和した地質環境

・生活環境との離間距離の短縮
(接近シナリオ)

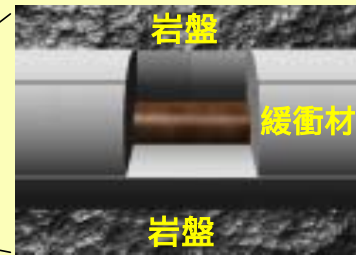
影響の可能性

・地下水による核種の溶解と輸送
(地下水シナリオ)

対策

地層処分にとって
安定な地質環境を選定
(**サイト選定**)

・地層処分システムの構築



多重バリアシステム：
天然バリア機能を有する地質環境に
人工バリアを施工
(**工学的対策**)

地層処分システムが備えるべき
固有の性能を確保

安全性の確認

・構築された地層処分システムの安全性を評価 (**安全評価**)
ニアフィールド性能に重点，さらに確実にするための天然バリア性能の評価

わが国の地質環境

地質環境の長期安定性

地層処分場としての長期にわたる安定性の確認

地質環境の特性

人工バリアの設置環境及び天然バリアとしての岩盤や地下水の性質に関する適性の確認

文献調査

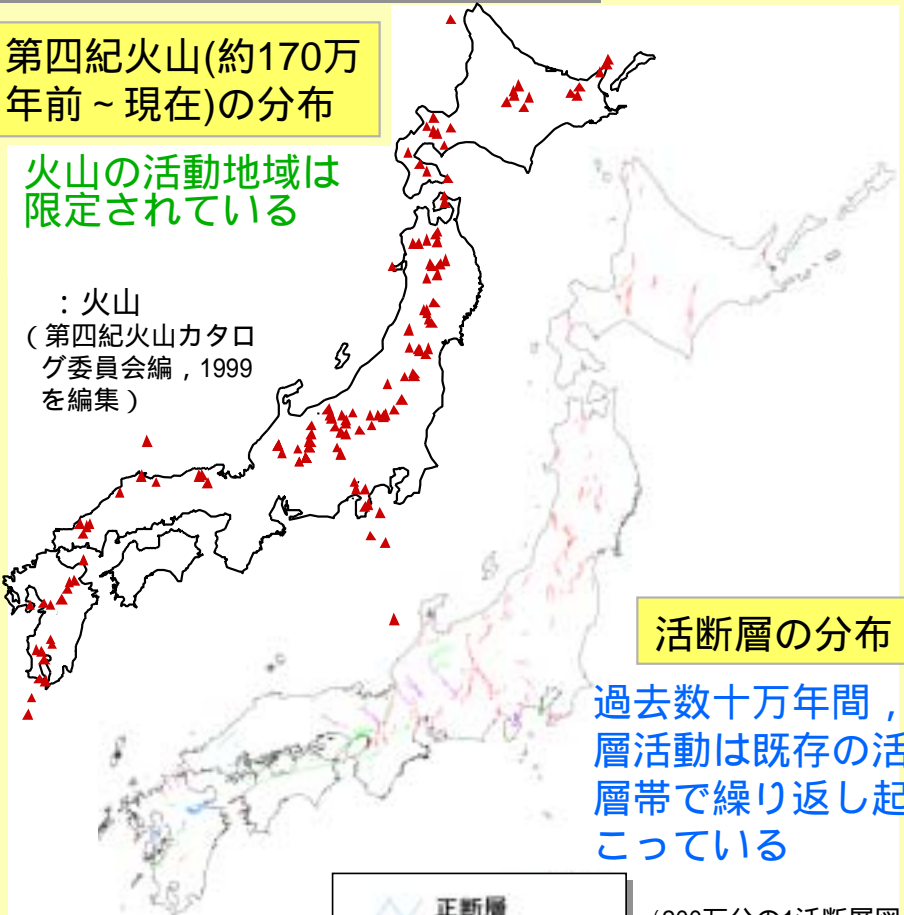


地下水の性質：還元性
地下水の動き：数cm/年程度

第四紀火山(約170万年前～現在)の分布

火山の活動地域は限定されている

：火山
(第四紀火山カタログ委員会編, 1999を編集)



人工バリアの設計で考慮すべき事項

オーバーパック

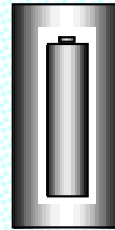
- ・耐腐食性
- ・耐圧性
- ・放射線しゃへい性
- ・製作 / 施工性
- ・経済性



- ・地下深部の条件を模擬した長期腐食試験
- ・試作

坑道 埋め戻し材

放射線遮蔽上
必要な埋め戻し材



岩盤

緩衝材

- ・応力緩衝性
- ・低透水性
- ・コロイドろ過機能
- ・熱伝導性
- ・製作 / 施工性 (締固め特性)
- ・経済性



- ・ベントナイト・ケイ砂
混合材料の特性に関する
室内試験データ
- ・原位置施工試験



地質環境条件

(文献データと東濃地域・釜石鉱山における実測値による確認)

人工バリアの主な安全機能

処分後の時間

ガラス固化体

オーバーパック

緩衝材

0年

- ・ 熱や放射線に対し安定

- ・ 地下水とガラス固化体の接触を阻止

- ・ 膨潤性
- ・ 低透水性
- ・ 応力緩衝材

1000年

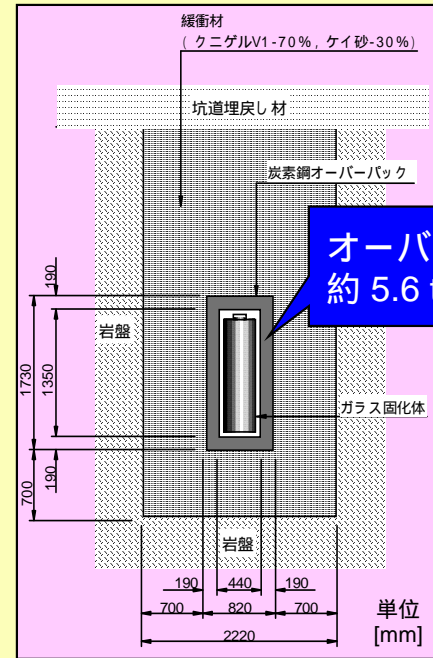
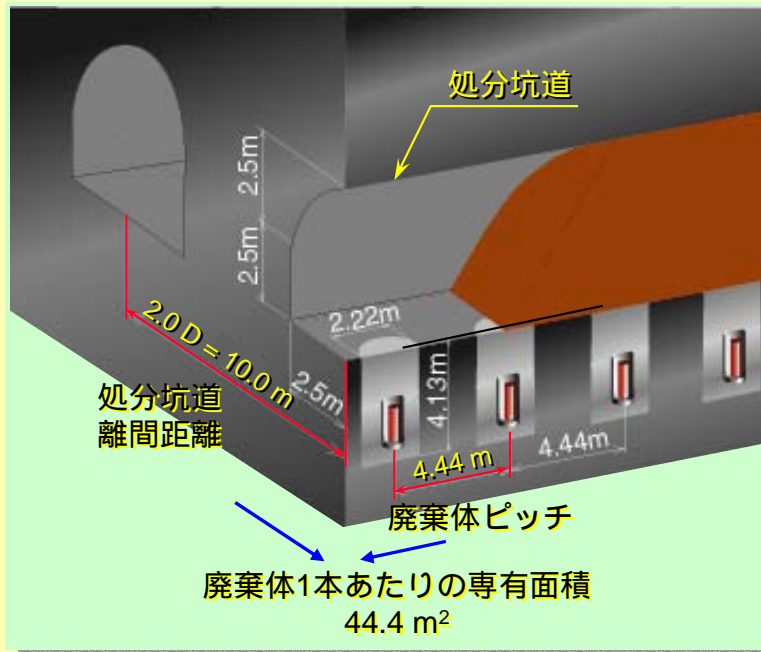
オーバーパック破損（地下水とガラス固化体の接触）

- ・ 地下水への核種溶出の抑制

- ・ 還元性を維持

- ・ 核種移行の抑制
- ・ コロイドのろ過

処分場の仕様例



100 ; 性能が損なわれるような
変質が生じないとされる上限

- 緩衝材の制限温度および空洞の力学的安定性を考慮した坑道離間距離，処分孔ピッチの設定（熱解析及び空洞安定評価の実施）

安全評価の体系

シナリオ解析

「もし地層処分 システムがこうなったら……」という筋書き

そのために、将来起こりうる

考えられる

- 場の性質 (Feature)

- 事象 (Event)

- プロセス (Process)

を抽出

数学モデル・データ

数学モデルの例

$$Rd \frac{\partial C_i}{\partial a} = D \frac{\partial^2 C_i}{\partial a^2} - \lambda_i R d C_i + \lambda_{i-1} R d_{i-1} C_{i-1}$$

必要なデータ

Rd: 遅延係数

: 崩壊定数

D: 拡散係数

評価解析

シナリオに基づくモデルを用いた影響の推定

安全基準

安全性の判断

レファレンスケースの概念モデルと安全評価の例



- ・地形：低地
- ・岩種：花崗岩
- ・地下水：降水系還元性高pH型

- ・オーバーパック：炭素鋼
- ・緩衝材：ベントナイト70wt%+ケイ砂30wt%
- ・支保工なし

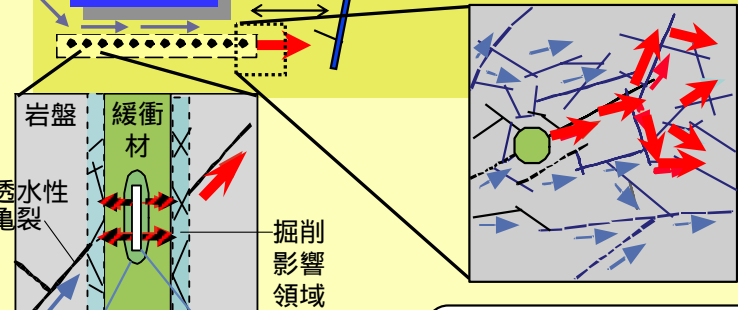
- ・現在の気候，表層水系，人間の生活様式が将来まで継続
- ・地圏と生物圏のインターフェイスとして河川を想定
- ・種々のコンパートメント間での核種移行と種々の被ばく経路

堆積層

帯水層

岩盤

処分場



・断層での核種移行を考慮
(移流・分散，収着，拡散)

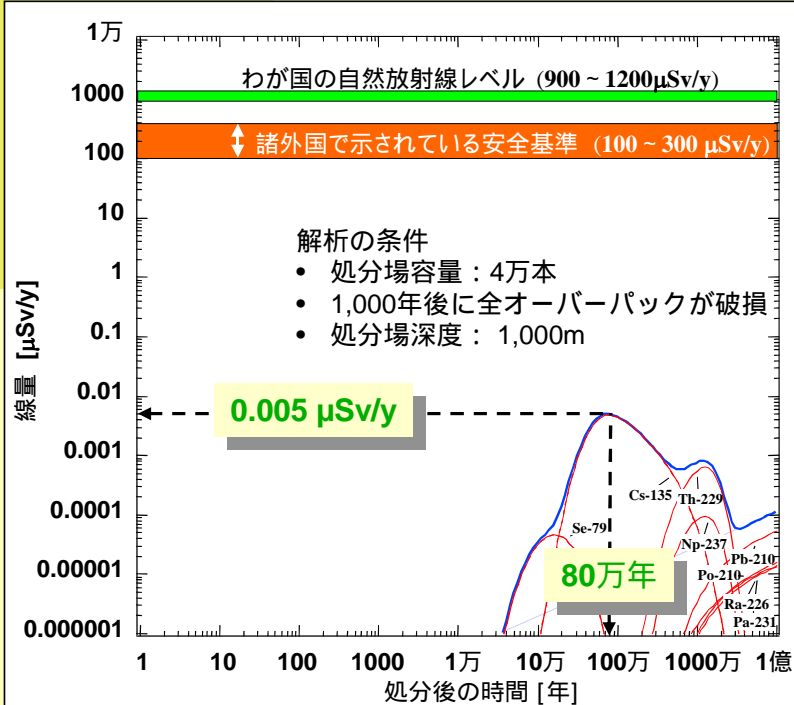
- ・不均質な亀裂構造中の水理・物質移行
- ・移流・分散による核種移行
- ・マトリクス中への拡散・収着

- ・地層処分の観点から現在の地質環境条件が将来まで継続する
- ・人工バリアは設計通り機能する
- ・地表環境（気候，表層水系，人間の生活様式）が将来まで継続する

掘削影響領域

- ・収着 / 拡散による核種移行
- ・還元環境での沈澱 / 溶解
- ・緩衝材外側で瞬時混合

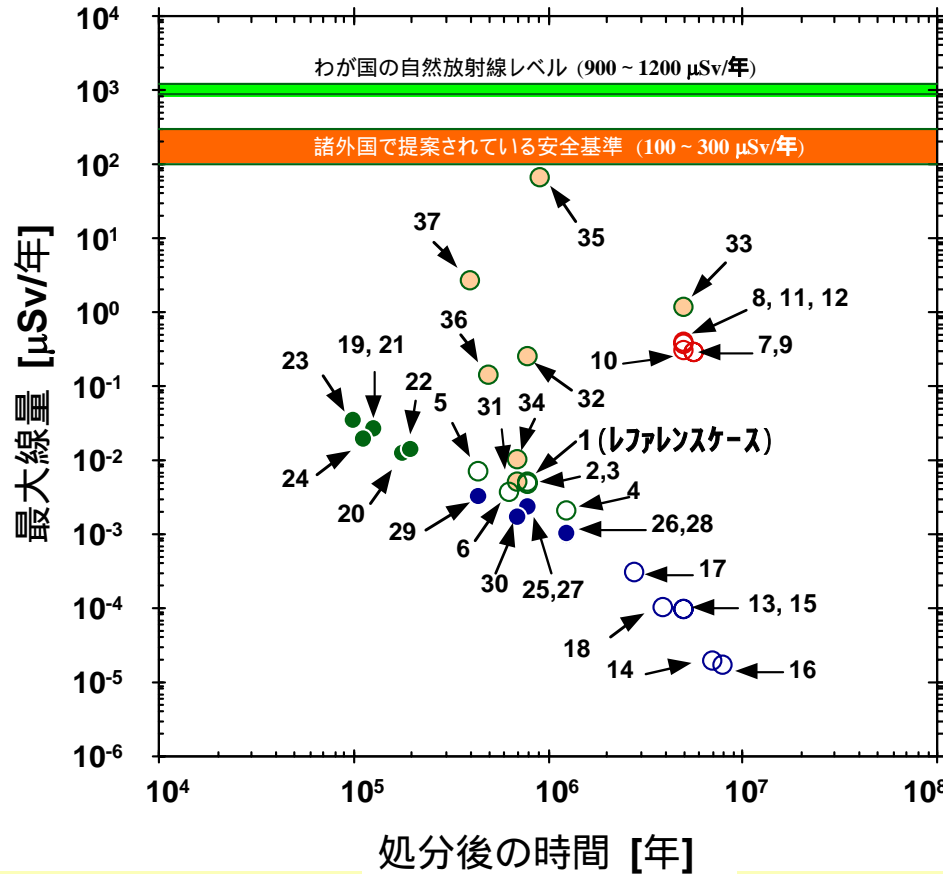
- 地下水の動き
- 拡散による間隙水中の放射性核種の動き
- 放射性核種が溶解した地下水の動き



地層処分システムの全体性能の解析

地下水シナリオに対する最大線量の分布

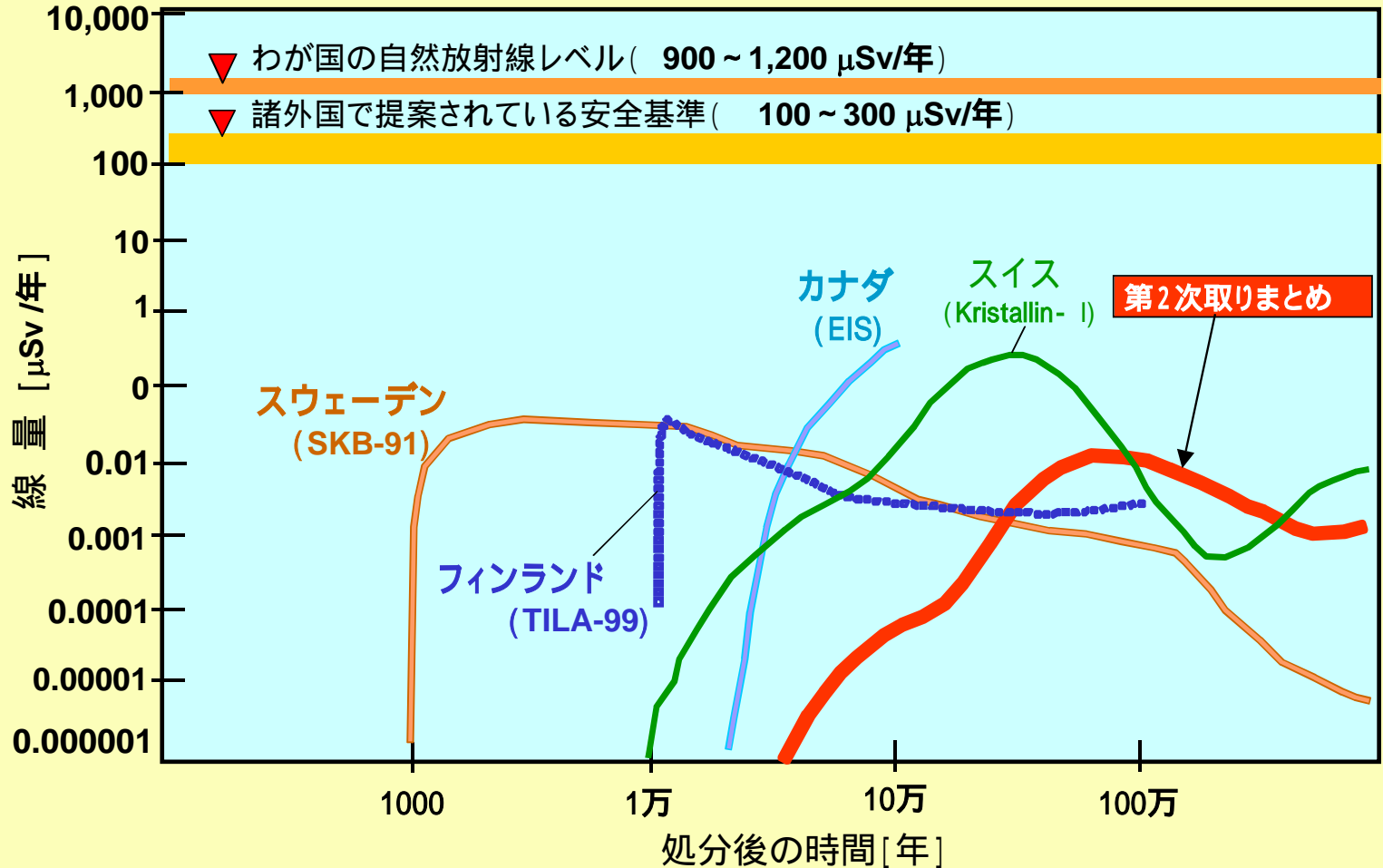
(40,000本の廃棄体を処分する場合を想定)



解析ケースの分類	ケースNo.	レファレンスケースとの相違						
		地下水	動水勾配	岩種				
システムの多様性	1	降水系 地下水	0.01	結晶質岩 (酸性)	河川水			
	2			結晶質岩 (塩基性)				
	3			先新第三紀砂質岩				
	4			先新第三紀泥質・凝灰質岩				
	5			新第三紀砂質岩				
	6			新第三紀泥質岩・凝灰質岩				
	7			結晶質岩 (酸性)				
	8			結晶質岩 (塩基性)				
	9			先新第三紀砂質岩				
	10			先新第三紀泥質・凝灰質岩				
	11			新第三紀砂質岩				
	12			新第三紀泥質岩・凝灰質岩				
	13			結晶質岩 (酸性)				
	14			結晶質岩 (塩基性)				
	15			先新第三紀砂質岩				
	16			先新第三紀泥質・凝灰質岩				
	17			新第三紀砂質岩				
	18			新第三紀泥質岩・凝灰質岩				
	19			結晶質岩 (酸性)		0.01	海水系 地下水	沿岸海域 堆積層
	20			結晶質岩 (塩基性)				
	21			先新第三紀砂質岩				
	22			先新第三紀泥質・凝灰質岩				
	23			新第三紀砂質岩				
	24			新第三紀泥質岩・凝灰質岩				
	25			結晶質岩 (酸性)				
	26			結晶質岩 (塩基性)				
	27			先新第三紀砂質岩				
	28			先新第三紀泥質・凝灰質岩				
	29			新第三紀砂質岩		0.001		
	30			新第三紀泥質岩・凝灰質岩				
	31			緩衝材厚さの変更 (0.4 m) を考慮			河川水	
	32			GBIを深井戸に変更			深井戸	
	データの不確実性			33		ガラス溶解速度、岩盤中分配係数、透水量係数の不確実性を同時に考慮		
	モデルの不確実性			34		コロイドによる核種移行を考慮		
	シナリオの不確実性			35		隆起・侵食 (隆起侵食速度 = 1.0 mm y ⁻¹)		
				36		埋め戻し・プラグの施工不良		
	天然バリア機能を考慮しないケース			37		人工バリアから核種が直接生物圏に移行すると仮定		

地層処分システムの安全評価

- 各国の安全評価結果との比較 -



「第2次取りまとめ」の結論と国による評価

第2次取りまとめの結論

- ・ 地層処分概念の成立に必要な条件を満たす地質環境がわが国に広く存在することを提示し、特定の地質環境条件を備えているか否かを評価する方法の開発
- ・ 幅広い地質環境条件に対して人工バリアや処分施設を適切に設計・施工する技術の開発
- ・ 地層処分の長期にわたる安全性を予測的に評価する方法の開発

国による第2次取りまとめ評価報告書

(原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会(2000))

「第2次取りまとめにおいて地層処分の技術的信頼性が示されているとともに、地層処分の事業化に向けて処分予定地の選定と安全基準の策定に資する技術的拠り所となる」との評価