

地層処分低レベル放射性廃棄物に  
関わる処分の技術と安全性  
－付録資料－

「処分場の概要」の説明資料

2011年1月  
原子力発電環境整備機構

2011 年 1 月

2011 年 2 月 正誤表反映

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記へお問い合わせください。

〒108-0014 東京都港区芝 4 丁目 1 番地 23 号 三田 NN ビル 2 階

原子力発電環境整備機構 技術部

電話 03-6371-4004 (技術部) FAX 03-6371-4102

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Science and Technology Department

Nuclear Waste Management Organization of Japan

Mita NN Bldg, 1-23, Shiba 4-chome, Minato-ku, Tokyo 108-0014 Japan

Phone +81-3-6371-4004 Fax +81-3-6371-4102

©原子力発電環境整備機構

(Nuclear Waste Management Organization of Japan) 2011

地層処分低レベル放射性廃棄物に  
関わる処分の技術と安全性  
—付録資料—

「処分場の概要」の説明資料

## 目次

### 付録 2-1 廃棄物と最終処分法の区分 (2.1)

### 付録 2-2 地層処分低レベル放射性廃棄物の処分に関するこれまでの検討状況の詳細 (2.2)

1. 地層処分対象の TRU 廃棄物処分に関する国の方針	1
1.1 「原子力の研究, 開発及び利用に関する長期計画 (1994 年)」	1
1.2 「原子力の研究, 開発及び利用に関する長期計画 (2000 年)」	1
1.3 「原子力政策大綱」	2
2. 地層処分対象の TRU 廃棄物処分に関する技術報告書	2
2.1 「TRU 廃棄物処分概念検討書」	2
2.2 「TRU 廃棄物処分技術検討書」	2
3. 地層処分対象の TRU 廃棄物処分に関する基本的考え方および事業化に関する検討結果	3
3.1 「超ウラン核種を含む放射性廃棄物処理処分の基本的考え方」	3
3.2 「長半減期低発熱放射性廃棄物の地層処分の基本的考え方」	4
3.3 「放射性廃棄物小委員会報告書」	4
4. 地層処分対象の TRU 廃棄物処分に関する法令および基本方針など	6
4.1 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」	6
4.2 「核原料物質, 核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」	6
4.3 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」	7
4.4 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画」	8
5. 地層処分対象の TRU 廃棄物処分に関連する安全規制などについて	10
5.1 「高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について」	10
5.2 「放射性廃棄物の安全規制における共通的な重要事項について」	10
5.3 「放射性廃棄物の地層処分に係る安全規制制度のあり方について」	11
5.4 「特定放射性廃棄物処分に係る安全規制の許認可手続きと原子力安全委員会等の関与のあり方について (中間報告)」	12
5.5 「低レベル放射性固体廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について」	13
5.6 「低レベル放射性廃棄物埋設に関する安全規制の基本的考え方 (中間報告)」	14
5.7 「低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に係る安全規制について」	15
5.8 「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に係る安全規制について」	15
5.9 「放射性固体廃棄物埋設処分及びクリアランスに係る放射線防護に関する基本的考え方について」	16
5.10 「余裕深度処分の管理期間終了後についての安全評価に関する考え方」	17
付録 2-2 参考文献	18

### 付録 2-3 高レベル放射性廃棄物と地層処分低レベル放射性廃棄物の主要核種の放射エネルギー, 発熱量の時間変化 (2.3)

**付録 3-1 「安全確保構想 2009」の「閉鎖後長期の安全確保」の考え方に対する地層処分低レベル放射性廃棄物の処分概念の適合性について (3. 1)**

1. 地層処分低レベル放射性廃棄物が高レベル放射性廃棄物と異なる処分概念を有している背景 .....	1
2. 「安全確保構想 2009」で示されている「閉鎖後長期の安全確保」に関する考え方 ...	1
2.1 IAEA の安全確保の考え方 .....	2
2.2 「閉鎖後長期の安全確保」の要件 .....	6
2.3 「閉じ込め」、「隔離」と、「多重バリア」、「安全機能」との関係と地層処分低レベル放射性廃棄物の適合性の検討 .....	7
付録 3-1 参考文献 .....	10

**付録 4-1 廃棄体ごとの核種の放射能濃度 (4. 2. 2)**

**付録 6-1 ハル・エンドピース以外の発熱性廃棄体の考慮 (6. 3. 3)**

1. 発熱性廃棄体の特性 .....	1
2. 熱影響を回避するための坑道の設計 .....	3
3. まとめ .....	8
付録 6-1 参考文献 .....	10

**付録 6-2 閉鎖後安全性評価の観点からの熱影響の考慮 (6. 3. 5)**

1. はじめに .....	1
2. 対象とする発熱性廃棄体 .....	1
3. 検討の方法 .....	1
4. 一定期間閉じ込め策の可能性について .....	2
5. 定置密度低減策について .....	5
6. 対策の適用結果のまとめ .....	8
7. 定置密度低減策のバリア性能と地下施設面積への影響の確認 .....	8
付録 6-2 参考文献 .....	11

**付録 6-3 掘削土置き場の試算 (6. 5. 2 および 9. 2)**

1. 形状と盛土量 .....	1
2. 掘削土仮置き量の試算 .....	2
3. 併置の場合 .....	2
付録 6-3 参考文献 .....	4

**付録 7-1 地下施設主要数量の試算 (7. 2. 1)**

1. 試算の前提条件 .....	1
2. 掘削, 支保工, インバート量の試算 .....	1
3. 緩衝材, 充填材, 構造躯体量の試算 .....	5

4. 埋め戻し材量の試算 .....	7
付録 7-1 参考文献 .....	10

**付録 8-1 安全評価で用いる廃棄体ごとの放射エネルギー (8. 2. 1)**

**付録 8-2 核種量の枯渇と掘削影響領域の地下水流量の変化および崩壊を考慮した一次元の直交座標系での定常状態の核種放出率の近似解析解 (8. 3. 1)**

1. 内側境界濃度一定, 外側境界濃度一定の場合の近似解析解 .....	1
2. 内側境界からの放出率一定, 外側境界濃度一定の場合の近似解析解 .....	4
3. 瞬時放出の場合の人工バリアシステムの応答特性 .....	6
4. 内側境界濃度が溶解度で制限される場合の人工バリアシステムの応答特性 .....	11
4.1 掘削影響領域の地下水流量 $Q$ が $Q_{th} \ll Q$ の場合で内側境界濃度が溶解度で一定, 外側境界濃度 $0$ の条件における人工バリアシステムの応答特性 .....	11
4.2 掘削影響領域の地下水流量 $Q$ が $Q \ll Q_{th}$ の場合で内側境界濃度が溶解度で一定, 外側境界濃度一定の条件における人工バリアシステムの応答特性 .....	13
5. 内側境界からの核種放出率が溶出率で制限される場合の人工バリアシステムの応答特性 .....	15
5.1 掘削影響領域の地下水流量 $Q$ が $Q_{th} \ll Q$ の場合で内側境界からの放出率一定, 外側境界濃度一定の条件における人工バリアシステムの応答特性 .....	16
5.2 掘削影響領域の地下水流量 $Q$ が $Q \ll Q_{th}$ の場合で内側境界からの放出率一定, 外側境界濃度一定の条件における人工バリアシステムの応答特性 .....	17
6. 目標線量以下にする核種の閉じ込め時間 .....	20
7. 近似解析解の妥当性の確認 .....	21
7.1 グループ 1 の I-129 の結果の比較 .....	21
7.2 グループ 2 の結果の比較 .....	22
7.2.1 C-14 の結果の比較 .....	22
7.2.2 Sr-90 の結果の比較 .....	23
7.2.3 Pu-239 の結果の比較 .....	23
7.3 グループ 3 の I-129 の結果の比較 .....	24
7.4 グループ 4 の Sr-90 の結果の比較 .....	25
8. まとめ .....	26
付録 8-2 参考文献 .....	27

**付録 8-3 第 2 次 TRU レポートの TIGER コードによる解析結果と GoldSim による解析結果の比較 (8. 3. 1)**

付録 8-3 参考文献 .....	6
-------------------	---

**付録 8-4 亀裂媒体中を移行する核種の低減割合について (8. 3. 2)**

付録 8-4 参考文献 .....	7
-------------------	---

#### 付録 8-5 ニアフィールド長期挙動例(8.4.1(3))

1. 検討内容	1
1.1 検討対象とした評価上の不確実性	1
1.2 解析条件	3
1.2.1 解析体系	3
1.2.2 解析ケース	3
2. 検討結果例	4
3. まとめ	9
付録 8-5 参考文献	11

#### 付録 8-6 入力データ(8.4.3)

付録 8-6 参考文献	8
-------------	---

#### 付録 8-7 サブシナリオの結果(8.4.4)

#### 付録 8-8 接近シナリオの解析結果(8.4.4)

1. 隆起・侵食に伴う処分施設の地表曝露	1
1.1 想定する状況	1
1.2 評価の考え方	1
1.3 評価結果	2
2. ボーリングによる偶発的な処分場貫通	3
2.1 想定する被ばく経路	3
2.2 被ばく線量の算出	4
2.3 被ばく線量算出のためのパラメータ設定	5
2.4 リスクの算出	7
付録 8-8 参考文献	10

## 図目次

### 付録 2-3 高レベル放射性廃棄物と地層処分低レベル放射性廃棄物の主要核種の放射エネルギー、発熱量の時間変化 (2.3)

付図 2.3-1 高レベル放射性廃棄物の主要な核種の放射エネルギー (Bq) の時間変化	1
付図 2.3-2 地層処分低レベル放射性廃棄物の主要な核種の放射エネルギー (Bq) の時間変化	1
付図 2.3-3 地層処分低レベル放射性廃棄物の各グループの主要な核種の放射エネルギー (Bq) の時間変化	2
付図 2.3-4 高レベル放射性廃棄物の主要な核種の発熱量 (W) の時間変化	5
付図 2.3-5 地層処分低レベル放射性廃棄物の主要な核種の発熱量 (W) の時間変化	5
付図 2.3-6 地層処分低レベル放射性廃棄物の各グループの主要な核種の発熱量 (W) の時間変化	6

### 付録 6-1 ハル・エンドピース以外の発熱性廃棄物の考慮 (6.3.3)

付図 6.1-1 検討対象廃棄物の発熱特性経時変化	3
付図 6.1-2 検討断面	4
付図 6.1-3 「仏国返還、固型物収納体(ハル等)」温度経時変化(軟岩、円形断面)	5
付図 6.1-4 「仏国返還、固型物収納体(ハル等)」温度経時変化(硬岩、円形断面)	6
付図 6.1-5 「仏国返還、固型物収納体(ハル等)」温度経時変化(硬岩、幌型断面)	6
付図 6.1-6 「原燃再処理操業、不燃物 I (溶融炉)」温度経時変化(軟岩、円形断面)	7
付図 6.1-7 「原燃再処理操業、不燃物 I (溶融炉)」温度経時変化(硬岩、円形断面)	7
付図 6.1-8 「原燃再処理操業、不燃物 I (溶融炉)」温度経時変化(硬岩、幌型断面)	8

### 付録 6-2 閉鎖後安全性評価の観点からの熱影響の考慮 (6.3.5)

付図 6.2-1 廃棄体 A (キャニスタ) 周りの温度履歴 (上: 1 万年, 下: 10 万年まで)	3
付図 6.2-2 廃棄体 B (キャニスタ) 周りの温度履歴 (上: 2 万年, 下: 10 万年まで)	4
付図 6.2-3 廃棄体 C (インナーバレル) 周りの温度履歴 (上: 千年, 下: 10 万年まで)	5
付図 6.2-4 温度履歴, 廃棄体 A (キャニスタ) (上: 100 年まで, 下: 2 万年まで)	6
付図 6.2-5 温度履歴, 廃棄体 B (キャニスタ) (上: 100 年まで, 下: 2 万年まで)	7
付図 6.2-6 温度履歴, 廃棄体 C (インナーバレル・ハル缶) (上: 100 年まで, 下: 2 万年まで)	8

### 付録 6-3 掘削土置き場の試算 (6.5.2 および 9.2)

付図 6.3-1 盛土形状 (左: 平面図, 右: 断面図)	1
--------------------------------	---

### 付録 8-2 核種量の枯渇と掘削影響領域の地下水流量の変化および崩壊を考慮した一次元の直交座標系での定常状態の核種放出率の近似解析解 (8.3.1)

付図 8.2.4-1 掘削影響領域の地下水流量が $Q \geq Q_{th}$ の場合の $C_{Kmax}$ と $C_{sol}$ の関係の概念	12
付図 8.2.4-2 掘削影響領域の地下水流量が $Q < Q_{th}$ の場合の $C_{Kmax}$ と $C_{sol}$ の関係の概念	13
付図 8.2.4-3 溶解度一定の近似解析解から得られた放出率と溶解度の関係式の概念	15



付図 8.2.5-1 近似解析解から得られた放出率と溶出率の関係式概念	19
付図 8.2.7-1 第2次 TRU レポートのレファレンスケースの結果と近似解析解の結果の比較 (グループ1の I-129)	21
付図 8.2.7-2 第2次 TRU レポートのレファレンスケースの結果と近似解析解の結果の比較 (グループ2の C-14)	22
付図 8.2.7-3 第2次 TRU レポートのレファレンスケースの結果と近似解析解の結果の比較 (グループ2の Sr-90)	23
付図 8.2.7-4 第2次 TRU レポートのレファレンスケースの結果と近似解析解の結果の比較 (グループ2の Pu-239)	24
付図 8.2.7-5 第2次 TRU レポートのレファレンスケースの結果と近似解析解の結果の比較 (グループ3の I-129)	25
付図 8.2.7-6 第2次 TRU レポートのレファレンスケースの結果と近似解析解の結果の比較 (グループ4の Sr-90)	26

**付録 8-3 第2次 TRU レポートの TIGER コードによる解析結果と GoldSim による解析結果の比較 (8.3.1)**

付図 8.3-1 TIGER による線量評価結果 (グループ1)	2
付図 8.3-2 GoldSim による線量評価結果 (グループ1)	2
付図 8.3-3 TIGER による線量評価結果 (グループ2)	3
付図 8.3-4 GoldSim による線量評価結果 (グループ2)	3
付図 8.3-5 TIGER による線量評価結果 (グループ3)	4
付図 8.3-6 GoldSim による線量評価結果 (グループ3)	4
付図 8.3-7 TIGER による線量評価結果 (グループ4)	5
付図 8.3-8 GoldSim による線量評価結果 (グループ4)	5

**付録 8-4 亀裂媒体中を移行する核種の低減割合について (8.3.2)**

付図 8.4-1 亀裂媒体移行中の I-129 の低減割合	4
付図 8.4-2 亀裂媒体移行中の C-14 の低減割合	5
付図 8.4-3 亀裂媒体移行中の Sr-90 の低減割合	6

**付録 8-5 ニアフィールド長期挙動例 (8.4.1(3))**

付図 8.5-1 複数の鉱物変遷シナリオ	1
付図 8.5-2 一次元解析モデル	3
付図 8.5-3 安定相の生成を仮定しないケース4の鉱物の空間分布	5
付図 8.5-4 ケース4の pH 分布の時間変化	6
付図 8.5-5 ケース4の間隙率分布の時間変化	6
付図 8.5-6 準安定相, 安定相の生成を仮定したケース6の鉱物の空間分布	7
付図 8.5-7 ケース6の pH 分布の時間変化	8
付図 8.5-8 ケース6の間隙率分布の時間変化	8

#### 付録 8-7 サブシナリオの結果(8.4.4)

付図 8.7-1 サブシナリオの結果(1/14)	1
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(2/14)	2
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(3/14)	3
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(4/14)	4
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(5/14)	5
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(6/14)	6
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(7/14)	7
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(8/14)	8
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(9/14)	9
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(10/14)	10
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(11/14)	11
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(12/14)	12
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(13/14)	13
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(14/14)	14
付図 8.7-2 変動シナリオの結果(1/7)	15
付図 8.7-2 変動シナリオの結果(2/7)	16
付図 8.7-2 変動シナリオの結果(3/7)	17
付図 8.7-2 変動シナリオの結果(4/7)	18
付図 8.7-2 変動シナリオの結果(5/7)	19
付図 8.7-2 変動シナリオの結果(6/7)	20
付図 8.7-2 変動シナリオの結果(7/7)	21

#### 付録 8-8 接近シナリオの解析結果(8.4.4)

付図 8.8-1 隆起・侵食による地表曝露の概念図	2
付図 8.8-2 処分場の地表曝露による影響(結晶質岩, 隆起・侵食速度 1mm/y)	3
付図 8.8-3 深部ボーリングの偶発的な処分場貫通におけるリスク算出結果	9

## 表目次

<b>付録 2-1 廃棄物と最終処分法の区分 (2.1)</b>	
付表 2.1-1 廃棄物と最終処分法の区分	1
<b>付録 2-2 地層処分低レベル放射性廃棄物の処分に関するこれまでの検討状況の詳細 (2.2)</b>	
付表 2.2-1 トレンチ処分に係る濃度上限値の推奨値 (Bq/ton)	13
付表 2.2-2 ピット処分に係る濃度上限値の推奨値 (Bq/ton)	13
付表 2.2-3 余裕深度処分に係る濃度上限値の推奨値 (Bq/ton)	14
<b>付録 3-1 「安全確保構想 2009」の「閉鎖後長期の安全確保」の考え方に対する地層処分低レベル放射性廃棄物の処分概念の適合性について (3.1)</b>	
付表 3.1-1 IAEA の安全要件の仮訳とその解釈	4
付表 3.1-2 「閉じ込め」、「隔離」と安全機能などの関係	7
<b>付録 4-1 廃棄体ごとの核種の放射能濃度 (4.2.2)</b>	
付表 4-1 廃棄体ごとの核種の放射能濃度 (Bq/t)	1
<b>付録 6-1 ハル・エンドピース以外の発熱性廃棄体の考慮 (6.3.3)</b>	
付表 6.1-1 総発熱量が大きい廃棄体	1
付表 6.1-2 検討対象の廃棄体	2
付表 6.1-3 検討ケース	4
付表 6.1-4 解析モデル諸元	5
付表 6.1-5 総発熱量が比較的大きい廃棄体	8
<b>付録 6-2 閉鎖後安全性評価の観点からの熱影響の考慮 (6.3.5)</b>	
付表 6.2-1 検討対象の発熱性廃棄体	1
付表 6.2-2 判断基準	2
付表 6.2-3 変更断面案およびその解析結果 (硬岩, 1,000m, 円形断面)	6
付表 6.2-4 変更断面案のバリア性能	9
付表 6.2-5 専有面積の変化 (硬岩, 1,000m, 円形断面)	9
付表 6.2-6 地下施設面積の変化 (硬岩, 1,000m, 円形断面)	10
<b>付録 6-3 掘削土置き場の試算 (6.5.2 および 9.2)</b>	
付表 6.3-1 盛土体積の試算	1
付表 6.3-2 仮置き土量の試算 (土量変化率 : 1.15)	2
付表 6.3-3 盛土体積の試算 (併置)	2
付表 6.3-4 仮置き土量の試算 (併置)	3
付表 6.3-5 埋め戻し土中に占める掘削土体積の割合	3

## 付録 7-1 地下施設主要数量の試算(7.2.1)

付表 7.1-1 母岩の種類と地下施設の設置深度	1
付表 7.1-2 アクセス坑道の本数・方式・勾配	1
付表 7.1-3 地下施設のレイアウト	1
付表 7.1-4 各坑道断面の仕様	1
付表 7.1-5 廃棄体の仕様	1
付表 7.1-6 アクセス坑道の掘削, 支保工, インバート量(軟岩, 内陸)	2
付表 7.1-7 アクセス坑道の掘削, 支保工, インバート量(硬岩, 内陸)	2
付表 7.1-8 アクセス坑道の掘削, 支保工, インバート量(軟岩, 沿岸)	2
付表 7.1-9 アクセス坑道の掘削, 支保工, インバート量(硬岩, 沿岸)	2
付表 7.1-10 主要坑道などの掘削, 支保工, インバート量(軟岩)	3
付表 7.1-11 主要坑道などの掘削, 支保工, インバート量(硬岩, 円形)	3
付表 7.1-12 主要坑道などの掘削, 支保工, インバート量(硬岩, 幌型)	3
付表 7.1-13 処分坑道の掘削, 支保工, インバート量(軟岩, 円形)	4
付表 7.1-14 処分坑道の掘削, 支保工, インバート量(硬岩, 円形)	4
付表 7.1-15 処分坑道の掘削, 支保工量(硬岩, 幌型)	4
付表 7.1-16 掘削, 支保工, インバート量の合計	5
付表 7.1-17 処分坑道の緩衝材, 充填材量(軟岩, 円形)	5
付表 7.1-18 処分坑道の緩衝材, 充填材量(硬岩, 円形)	6
付表 7.1-19 処分坑道の緩衝材量(硬岩, 幌型)	6
付表 7.1-20 処分坑道の構造躯体量(硬岩, 幌型)	6
付表 7.1-21 処分坑道の充填材量(硬岩, 幌型)	7
付表 7.1-22 処分坑道の緩衝材, 充填材量, 構造躯体量の合計	7
付表 7.1-23 アクセス坑道の埋め戻し量	8
付表 7.1-24 主要坑道などの埋め戻し量	8
付表 7.1-25 処分坑道の埋め戻し量(軟岩, 円形)	8
付表 7.1-26 処分坑道の埋め戻し量(硬岩, 円形)	9
付表 7.1-27 処分坑道の埋め戻し量(硬岩, 幌型)	9
付表 7.1-28 埋め戻し量の合計	9

## 付録 8-1 安全評価で用いる廃棄体ごとの放射能量(8.2.1)

付表 8.1-1 安全評価で用いる廃棄体ごとの放射能量(Bq)	1
---------------------------------	---

## 付録 8-3 第2次 TRU レポートの TIGER コードによる解析結果と GoldSim による解析結果の比較(8.3.1)

付表 8.3-1 TIGER コードによるレファレンスケースの線量評価結果	1
付表 8.3-2 GoldSim コードによるレファレンスケースの線量評価結果	1

## 付録 8-4 亀裂媒体中を移行する核種の低減割合について(8.3.2)

付表 8.4-1 5 桁以上の低減が示された収着分配係数と透水量係数の関係	3
---------------------------------------	---

#### 付録 8-6 入力データ (8.4.3)

付表 8.6-1 還元性海水系地下水環境下での収着分配係数	1
付表 8.6-2 酸化性降水系地下水環境下での収着分配係数	2
付表 8.6-3 還元性海水系地下水環境下での実効拡散係数	2
付表 8.6-4 酸化性降水系地下水環境下での実効拡散係数	2
付表 8.6-5 還元性海水系地下水における各岩種に対する実効拡散係数および収着分配係数	3
付表 8.6-6 人工バリア変質影響ケースにおけるデータ	3
付表 8.6-7 人工バリア変質影響ケースにおけるセメントへの収着分配係数	4
付表 8.6-8 天然有機物影響ケースにおける母岩の収着分配係数	5
付表 8.6-9 ガス影響ケースにおけるデータ	5
付表 8.6-10 酸化性条件下での花崗岩に対する実効拡散係数および収着分配係数	6
付表 8.6-11 シーリングミスケースにおけるデータ	7
付表 8.6-12 ボーリング影響ケースにおけるデータ	7

#### 付録 8-8 接近シナリオの解析結果 (8.4.4)

付表 8.8-1 ボーリングによる接近シナリオの評価対象	4
付表 8.8-2 コア観察者およびボーリング作業者の外部被ばくの線量換算係数算出のための遮へい計算設定根拠	5
付表 8.8-3 コア観察者の被ばく線量算出のためのパラメータ設定根拠	6
付表 8.8-4 ボーリング作業者の被ばく線量算出のためのパラメータ設定根拠	7
付表 8.8-5 リスク算出に用いる各廃棄体グループの処分坑道の投影断面積	8

## 第2章

—付録資料—

## 付録 2-1 廃棄物と最終処分法の区分 (2.1)

付表 2.1-1 廃棄物と最終処分法の区分	1
-----------------------	---

付表 2.1-1 廃棄物と最終処分法の区分

グループ	廃棄物分類	廃棄物名称	最終処分法の区分※1	
1	原燃再処理操業	廃銀吸着材	一号ニ	
	JAEA再処理操業	廃銀吸着材		
2	原燃再処理操業	ハル・エンドピース	一号イ	
	JAEA再処理操業			
	仏国返還廃棄物	固型物収納体(ハル等)(CSD-C)	二号(全α)※2	
3	原燃再処理操業	低レベル濃縮廃液I(分析廃液)	二号(全α)	
		部分除染廃液I(機器更新)		
	原燃再処理解体	系統除染廃液(施設廃止)		
		部分除染廃液I(施設廃止)		
	JAEA再処理操業	溶媒洗浄廃液I(アスファルト固化体(MA系))	一号ハ	
		溶媒洗浄廃液II(スラリー固化体)	二号(全α)	
		溶媒洗浄廃液III(リン酸廃液固化体)	二号(全α)	
JAEA再処理解体	二次除染廃液スラリー固化体	二号(全α)		
4	原燃再処理操業	焼却灰+ハル缶水	一号ロ	
		ハル缶水	一号ロ	
		不燃物I(特殊機器廃品等)	二号(全α)	
		不燃物I(GBパネル)		
		不燃物I(機器廃品等)		
		不燃物I(機器更新)		
	不燃物I(溶融炉)			
	原燃MOX操業	焼却灰(グローブボックス内)	二号(全α)	
		焼却灰(二次廃棄物)		
		不燃物I(溶融)		
		不燃物I(機器更新「一次廃棄物」)		
		不燃物I(機器更新「二次廃棄物」)		
	不燃物I(溶融以外)			
	原燃再処理解体	不燃物I(GBパネル)	二号(全α)	
		不燃物I(溶融)		
不燃物I(圧縮)				
原燃MOX解体	不燃物I(溶融以外)	二号(全α)		
	焼却灰			
	不燃物I(溶融「一次廃棄物」)			
不燃物I(溶融「二次廃棄物」)				
JAEA再処理操業	不燃物I(GBパネル)	二号(全α)		
	ハル缶水			
	不燃物I(金属I)			
	不燃物II(金属II)			
	可燃物			
	難燃物			
	不燃物III(非金属I)			
	不燃物IV(非金属II)			
	JAEA MOX操業		可燃物	二号(全α)
			難燃物	
不燃物I(金属)				
JAEA再処理解体	不燃物II(非金属II)	二号(全α)		
	不燃物I(金属(一次廃棄物))			
	不燃物II(コンクリート(一次廃棄物))			
	可燃物I(二次廃棄物)			
	難燃物I(二次廃棄物)			
	不燃物III(金属(二次廃棄物))			
	不燃物IV(非金属(二次廃棄物))			
	不燃物V(金属I(廃棄体化处理))			
	可燃物II(廃棄体化处理)			
	難燃物II(廃棄体化处理)			
	不燃物VI(非金属I(廃棄体化处理))			
不燃物VII(非金属II(廃棄体化处理))				
JAEA MOX解体	可燃物I(一次廃棄物)	二号(全α)		
	難燃物I(一次廃棄物)			
	不燃物I(金属(一次廃棄物))			
	不燃物II(コンクリート(一次廃棄物))			
	可燃物II(二次廃棄物)			
	難燃物II(二次廃棄物)			
	不燃物III(金属(二次廃棄物))			
	不燃物IV(非金属(二次廃棄物))			
	可燃物III(廃棄体化处理)			
	難燃物III(廃棄体化处理)			
不燃物V(金属(廃棄体化处理))				
不燃物VI(非金属(廃棄体化处理))				

※1:特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律施行令(平成12年10月25日政令第462号)

※2:二号の全αの濃度で規定されていることを表す。



## 付録 2-2 地層処分低レベル放射性廃棄物の処分に関するこれまでの検討状況の詳細(2.2)

1. 地層処分対象の TRU 廃棄物処分に関する国の方針	1
1.1 「原子力の研究, 開発及び利用に関する長期計画 (1994 年)」	1
1.2 「原子力の研究, 開発及び利用に関する長期計画 (2000 年)」	1
1.3 「原子力政策大綱」	2
2. 地層処分対象の TRU 廃棄物処分に関する技術報告書	2
2.1 「TRU 廃棄物処分概念検討書」	2
2.2 「TRU 廃棄物処分技術検討書」	2
3. 地層処分対象の TRU 廃棄物処分に関する基本的考え方および事業化に関する検討結果	3
3.1 「超ウラン核種を含む放射性廃棄物処理処分の基本的考え方」	3
3.2 「長半減期低発熱放射性廃棄物の地層処分の基本的考え方」	3
3.3 「放射性廃棄物小委員会報告書」	4
4. 地層処分対象の TRU 廃棄物処分に関する法令および基本方針など	6
4.1 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」	6
4.2 「核原料物質, 核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」	6
4.3 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」	7
4.4 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画」	8
5. 地層処分対象の TRU 廃棄物処分に関連する安全規制などについて	10
5.1 「高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について」	10
5.2 「放射性廃棄物の安全規制における共通的な重要事項について」	10
5.3 「放射性廃棄物の地層処分に係る安全規制制度のあり方について」	11
5.4 「特定放射性廃棄物処分に係る安全規制の許認可手続きと原子力安全委員会等の関与のあり方について (中間報告)」	12
5.5 「低レベル放射性固体廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について」	13
5.6 「低レベル放射性廃棄物埋設に関する安全規制の基本的考え方 (中間報告)」	14
5.7 「低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に係る安全規制について」	15
5.8 「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に係る安全規制について」	15
5.9 「放射性固体廃棄物埋設処分及びクリアランスに係る放射線防護に関する基本的考え方について」	16
5.10 「余裕深度処分の管理期間終了後についての安全評価に関する考え方」	17
付録 2-2 参考文献	18
付表 2.2-1 トレンチ処分に係る濃度上限値の推奨値 (Bq/ton)	13
付表 2.2-2 ピット処分に係る濃度上限値の推奨値 (Bq/ton)	13
付表 2.2-3 余裕深度処分に係る濃度上限値の推奨値 (Bq/ton)	14

## 地層処分低レベル放射性廃棄物の処分に関するこれまでの検討状況の詳細

地層処分対象の TRU 廃棄物処分についての国の方針、安全評価報告書、TRU 廃棄物処理処分の基本的考え方と事業制度化、関連法令および安全規制などについて、以下に取りまとめる。

### 1. 地層処分対象の TRU 廃棄物処分に関する国の方針

#### 1.1 「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画（1994 年）」

原子力委員会が 1994 年 6 月に取りまとめた「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画」（以下、「原子力長計」という）（原子力委員会、1994）では、放射性廃棄物処理処分に係る基本的考え方が示されるとともに、サイクル廃棄物の一つとして、TRU 核種を含む廃棄物（TRU 廃棄物）の処理処分について取りまとめられている。以下にその概略を示す。

- TRU 核種を含む放射性廃棄物については、廃棄物を直接的に発生する再処理事業者や MOX 燃料加工事業者と電気事業者が当該廃棄物の帰属や処分に関する責任を当事者間において明確にする。その結果を踏まえ処分の責任を有する者は、実施スケジュール、実施体制、資金の確保等について検討を進める。
- その処分については、約 1GBq/ton の値を廃棄物に含まれる全  $\alpha$  核種の一応の区分目安値（以下、「区分目安値」という）として設定し、これより全  $\alpha$  核種の放射能濃度が低いものと高いものに区分する。 $\alpha$  核種の放射能濃度が区分目安値よりも低く、かつ  $\beta \cdot \gamma$  核種の放射能濃度も比較的低いものについては、浅地中処分が可能と考えられるため、その具体化をはかる。 $\alpha$  核種の放射能濃度が区分目安値よりも高く、浅地中処分以外の地下埋設処分が適切と考えられるものについては、高レベル放射性廃棄物の処分方策との整合性をはかりつつ、民間再処理事業等が本格化する時期を考慮し、1990 年代末を目途に具体的な処分概念の見通しが得られるよう技術的検討を進める。処分の責任を有する者は、その検討結果等を総合的に勘案し、処分方策の具体化を検討する。
- 動力炉・核燃料開発事業団は、日本原子力研究所の協力を得て、処分技術の研究開発を進める。また、電気事業者等は TRU 核種を含む放射性廃棄物の発生に関する自らの責任を十分踏まえた役割を果たすことが必要である。

#### 1.2 「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画（2000 年）」

原子力委員会が 2000 年 11 月に取りまとめた原子力長計（原子力委員会、2000a）では、放射性廃棄物処分に向けた取り組みが示されるとともに、TRU 廃棄物について、「高レベル放射性廃棄物以外の放射性廃棄物」として取りまとめられている。以下にその概略を示す。

- 放射性廃棄物のうち、放射能の濃度が比較的高く、かつ半減期の長い放射性物質が多く含まれるものについては、この放射能が生活環境に影響を及ぼさないよう安全性を長期にわたって確保することが必要である。このため、廃棄物からの放射性物質の漏出抑制を目的とする人工バリアを設けた上で、天然バリアとなる数 100m 以深の安定した地下に埋設する「地層処分」を実施する。

- ・ 高レベル放射性廃棄物以外にも、地層処分が必要な放射性廃棄物が存在する。これらの放射性廃棄物は、その性状が多様であるため、高レベル放射性廃棄物処分研究開発の成果も活用しつつ、合理的な処分に向けて、その多様性を踏まえた処理及び処分に関する技術の研究開発を、発生者等が密接に協力しながら推進することが重要である。

### 1.3 「原子力政策大綱」

原子力委員会が2005年10月に取りまとめた「原子力政策大綱」(原子力委員会, 2005)では、地層処分を行う放射性廃棄物として、高レベル放射性廃棄物と超ウラン核種を含む放射性廃棄物(TRU廃棄物)が取り上げられており、以下のように取りまとめられている。

- ・ 地層処分が想定されるTRU廃棄物を高レベル放射性廃棄物と併置処分することが可能であれば、処分場数を減じることができ、ひいては経済性が向上することが見込まれる。このため、国は、事業者による地層処分が想定されるTRU廃棄物と高レベル放射性廃棄物を併置処分する場合の相互影響等の評価結果を踏まえ、その妥当性を検討し、その判断を踏まえて、実施主体のあり方や国の関与のあり方等も含めてその実施に必要な措置について検討を行うべきである。

## 2. 地層処分対象のTRU廃棄物処分に関する技術報告書

### 2.1 「TRU廃棄物処分概念検討書」

第1次TRUレポート(共同作業チーム, 2000)は、JNCおよび電気事業者などがそれぞれの研究開発の成果を持ち寄り、TRU廃棄物処分概念の見通し、すなわち、処分の具体的な方法とその安全性の見通しに関する技術的知見を取りまとめることにより、国の総合的なTRU廃棄物処分方策の策定および今後本格化する核燃料サイクル事業の円滑な推進に資することを目的としたものである。

第1次TRUレポートでは、TRU廃棄物の特徴を考慮し、当時の技術に基づく具体的な処分施設概念と地下水シナリオに対する多重バリアシステムの性能に関する包括的な評価検討を行い、適切な地質環境条件を有する地下深部の安定な地層中に、廃棄物の特性に応じた適切な人工バリアを設計施工することにより処分の長期的な安全性を確保しうる見通しが得られたとされている。また、今後は、処分技術の合理化、詳細化ならびに安全評価の信頼性の一層の向上を目指した処理処分技術開発を進める一方、処分の実施体制、費用確保などの検討や安全規制の整備などを着実に進め、将来的には高レベル放射性廃棄物の地層処分を考慮して、合理的な対応をはかっていくことが肝要であるとされている。

### 2.2 「TRU廃棄物処分技術検討書」

第2次TRUレポート(電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構, 2005)は、TRU廃棄物処分の事業と制度化に資するため、2000年に取りまとめられた第1次TRUレポート以降に進められてきた研究開発の最新成果を反映し、TRU廃棄物処分の技術的成立性および安全性の見通しについてより確かなものとするを目的として、電気事業者とJNCが2005年9月に取りまとめた報告書である。

本報告書では、廃棄体について最新のデータベースが整備されており、これに基づき、地層処分の工学技術と安全性について検討されるとともに、廃棄物処分の合理化として、高レベル放射性廃棄物との併置処分と海外返還廃棄物の返還方法の変更の影響などが検討されている。また、代替技術として、ヨウ素固定化技術、C-14 長期閉じ込め技術、低アルカリセメントおよび硝酸塩分解技術が紹介され、今後の技術開発課題が取りまとめられている。

### 3. 地層処分対象の TRU 廃棄物処分に関する基本的考え方および事業化に関する検討結果

#### 3.1 「超ウラン核種を含む放射性廃棄物処理処分の基本的考え方」

「超ウラン核種を含む放射性廃棄物処理処分の基本的考え方」(原子力委員会, 2000b)は、原子力委員会 原子力バックエンド対策専門部会が 2000 年 3 月に取りまとめた報告書であり、JNC と電気事業者が 2000 年 3 月に作成した第 1 次 TRU レポート(共同作業チーム, 2000)を評価して、その処分の安全を確保することが可能との考えを示した報告書である。この報告書の中では、TRU 廃棄物の処分の安全確保の考え方が、以下のように取りまとめられている。

- ・ TRU 廃棄物は、浅地中処分、余裕深度処分及び地層処分に区分して処分することが可能である。 $\alpha$ 核種濃度が高い廃棄物等の理由により、浅地中処分や余裕深度処分できない廃棄物については、地層処分する必要がある。
- ・ 地層処分の可能性の検討に当たっては、対象廃棄物の物理・化学的性状及び含まれる核種の種類・濃度が多様であるため、その特性に応じて 4 つの廃棄体グループに分類し、それぞれの人工バリア構成を示した。TRU 廃棄物の地層処分においては、現在の技術により具体的な処分施設概念を構築することができる。
- ・ TRU 廃棄物の地層処分の安全性については、地下水移行シナリオにおける線量を評価した結果、 $0.01\sim 10\ \mu\text{Sv/y}$  程度となり、諸外国における基準線量( $100\sim 300\ \mu\text{Sv/y}$ )を下回ることから、地層処分の安全を確保することは可能である。

また、事業の責任分担のあり方と諸制度の整備などについては、以下のように提唱されている。

- ・ 地層処分対象廃棄物については、より安全かつ合理的な処分の実施に向けての研究開発と処分費用確保の検討を進めつつ、将来的には高レベル放射性廃棄物の地層処分を考慮し、合理的な対応が行われる必要がある。
- ・ 放射性廃棄物は、発生者の責任の下で安全かつ合理的に処分されることが原則であり、発生者等はこれに必要となる適正な費用を確保しなければならない。
- ・ TRU 廃棄物についても安全規制に関する基本的考え方や安全基準等について検討し、これらを踏まえて関係法令を整備する必要がある。

#### 3.2 「長半減期低発熱放射性廃棄物の地層処分の基本的考え方」

「長半減期低発熱放射性廃棄物の地層処分の基本的考え方」(原子力委員会, 2006)は、原子力委

員会 長半減期低発熱放射性廃棄物処分技術検討会が2006年4月に取りまとめた報告書であり、長半減期低発熱放射性廃棄物（TRU 廃棄物）と高レベル放射性廃棄物との併置処分の技術的成立性について検討し、その結果を以下のように取りまとめている。

- ・ 「第2次 TRU レポート」では、地質環境条件として高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）と同じ条件が使用されており、両者の併置処分の安全性や相互影響を評価する上で、現時点の知見を反映した適切な設定がなされている。
- ・ 地層処分を行う TRU 廃棄物と高レベル放射性廃棄物を併置処分する場合、それぞれの処分地下施設の処分パネル間に適切な離隔距離（解析結果によれば、約300m）を確保することにより、相互影響を十分小さくすることが可能である。
- ・ 以上から、二つの処分施設の間に300m程度の離隔距離を確保することにより、地層処分を行う TRU 廃棄物と高レベル放射性廃棄物とを相互に影響することなく処分することができることから、併置処分方式は技術的に成立すると判断する。

また、今後の取り組みとして、今後の技術開発、事業の実施主体と国の関与のあり方および地層処分の安全規制について以下のように取りまとめている。

- ・ 第2次 TRU レポートにおける技術開発については今後も継続的に、TRU 廃棄物の特性等に留意しつつ、諸外国との情報交換等による技術共有をはかりながら、着実に取り組むべきである。I-129 や C-14 のような線量評価上の重要な放射性核種については代替技術を含め、廃棄体からの放射性核種放出抑制及び放射性核種移行への影響緩和について、さらなる技術開発を継続的に実施することが重要である。
- ・ 今後、所管行政庁において、処分実施主体のあり方や国の関与のあり方等を含めてその実施に必要な措置について検討を進めるべきである。その際には、地層処分を行う TRU 廃棄物も高レベル放射性廃棄物の地層処分と同様に、長期的に安定な地質環境を選定するなど長期的安全確保対策を講ずることと安全評価等による安全確認を行うことにより、長期に亘って人間の生活環境から隔離し安全確保がはかられることを確かにする必要がある。このため、現行の高レベル放射性廃棄物に係る処分事業を参考としつつ、必要な制度の検討を進めることが重要である。
- ・ 地層処分する TRU 廃棄物についても、これまで高レベル放射性廃棄物で策定した地層処分の安全規制の基本的考え方等を踏まえ、TRU 廃棄物の安全規制を順次策定することを期待する。

### 3.3 「放射性廃棄物小委員会報告書」

「放射性廃棄物小委員会報告書」（総合資源エネルギー調査会、2006a）は、総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会原子力部会 放射性廃棄物小委員会が2006年6月に取りまとめた報告書であり、長半減期低発熱放射性廃棄物（TRU 廃棄物）の地層処分事業制度化について検討し、その結果を以下のように取りまとめている。

### (1) TRU 廃棄物の地層処分事業のあり方

TRU 廃棄物の地層処分については、高レベル放射性廃棄物と同様に、①長期にわたる事業の安定的な遂行（長期安定性）が求められること、②長期にわたる安全性の確保（長期安全性）が求められること、③事業の遂行には国民および地元からの信頼性の確保（社会的信頼性）が不可欠であること、を踏まえ、国の法的関与などにより計画的かつ確実に事業の遂行が可能な事業形態とすることが必要である。

### (2) 地層処分事業の特殊性を考慮した制度のあり方

地層処分事業の特殊性を考慮すると、TRU 廃棄物の地層処分事業についても、高レベル放射性廃棄物の最終処分法と同様の制度のもと、国の認可を受けて設立される「原子力発電環境整備機構」が行うこととすることが適当である。

現在、高レベル放射性廃棄物の処分地選定手続きが先に進められており、TRU 廃棄物の地層処分がその手続きに加わってくる状況も想定される中、TRU 廃棄物を含めた地層処分事業を円滑に進めていくためには、地元の理解を得ていくことが重要であるとしている。

また、TRU 廃棄物地層処分の地質環境に求められる要件は、基本的には高レベル放射性廃棄物と同様のものと考えられるが、併置処分の実現のためには、一定のスペースが必要などの理由から、候補地点の地質環境などの実地調査の結果が得られた後に判断がなされるべきであり、そのため、併置処分を制度的に義務付けるのではなく、地元の意向なども考慮できるよう、処分実施主体が選択可能な事業オプションとして位置づけるべきであるとしている。

### (3) 費用確保のあり方

TRU 廃棄物の地層処分事業にかかわる費用措置の方法については、高レベル放射性廃棄物の地層処分事業同様、拠出金としてあらかじめ手当てすることが必要である。その際、国は、合理的かつ安定的な資金確保制度を設計することが重要である。拠出主体としては、再処理事業および MOX 燃料加工事業から発生する廃棄物については、日本原燃株式会社および日本原子力研究開発機構が、海外返還廃棄物については、電気事業者が拠出主体となることが想定される。

最終処分費用の見積りについては、当小委員会においては、電気事業者から、TRU 廃棄物地層処分事業のスケジュールなどの算定条件、積算方法およびそれに基づく費用見積りなど（以下、「電気事業者試算」という）に関する報告を受け、その分析・評価を行うとともに、TRU 廃棄物地層処分事業に適した拠出金制度について検討を行った。電気事業者試算によれば、28,000m<sup>3</sup> の TRU 廃棄物を処分可能な施設とする場合、8,100 億円程度の費用が必要であり、併置処分の実現に伴い、両処分事業あわせて 3,000 億円程度の節減効果がある。

最終処分施設の規模については、拠出開始段階において想定される廃棄物量をベースとし、施設規模を設定することが合理的であると判断した。また、地層処分事業における拠出金制度については、毎年度、操業の状況や廃棄物発生の状況に応じて拠出がなされる制度とすることが適当である。

#### (4) 国、発生者および処分実施主体の役割

処分実施主体は、処分事業と地域との共生について、関係地方公共団体が地域の特性をいかした多様な方策を主体的に検討することができるように協力することが重要であり、そのための費用を最終処分費用に含めることが適当である。あわせて、国および発生者についても、地域共生方策の実施に当たり、処分実施主体と一体となって総合的に取り組むことが必要である。

TRU 廃棄物地層処分事業の長期的な安全性を確保し、もって国民や関係者との相互理解や協力を得るために、引き続き、TRU 廃棄物の特性などに留意しつつ、高レベル放射性廃棄物の処分の研究開発と連携して効率的に技術開発を進めていくことが重要である。

### 4. 地層処分対象の TRU 廃棄物処分に関する法令および基本方針など

#### 4.1 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」

同法において、「特定放射性廃棄物」が定義されており、第一種特定放射性廃棄物と第二種特定放射性廃棄物がこれに該当する。また、同法では「最終処分」を定義し、「地下 300m 以上の政令で定める深さの地層において、特定放射性廃棄物及びこれによって汚染された物が飛散し、流出し、又は地下に浸透することがないように必要な措置を講じて安全かつ確実に埋設することにより、特定放射性廃棄物を最終的に処分することをいう。」としている。

「第二種特定放射性廃棄物」については、「使用済燃料の再処理等に伴い使用済燃料、分離有用物質又は残存物によって汚染された物を固型化し、又は容器に封入した物（代替取得にかかわる被汚染物を固型化し、又は容器に封入した物を除く。）であって、長期間にわたり環境に影響を及ぼすおそれがあるものとして政令で定めるものをいう。」と定義している。

また、同法においては、特定放射性廃棄物の最終処分を計画的かつ確実に実施させるための最終処分基本方針を定めること、さらに、基本方針に即して、最終処分計画を定めることを規定するとともにこれらに関連する事項などを規定している。さらに、NUMO が最終処分計画に従い、特定放射性廃棄物の最終処分の実施に関する計画を作成し、経済産業大臣の承認を受けなければならないことを規定している。

また、同法では、概要調査地区および精密調査地区、最終処分施設建設地の選定に関する調査事項を規定している。さらに、最終処分の実施にかかわる拠出金にかかわる事項、最終処分の実施や最終処分施設の保護に関する事項を規定するとともに、特定放射性廃棄物の最終処分の実施などの業務を行う NUMO の設立、管理、業務、財務および会計などに関する事項を規定している。

#### 4.2 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」

廃棄の事業に関する規制について規定している「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」の第 51 条の二第 1 項第 1 号では、政令で定める放射性物質の種類ごとに、政令で定める基準を超えるものの埋設の方法の種類を「第 1 種廃棄物埋設」と定め、同法第 51 条の二第 1 項第 2 号では、1 号に規定するもの以外の埋設の方法の種類を「第二種廃棄物埋設」と定めている

また、上記施行令に基づき、「核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の第一種廃棄物埋設の事業に関する規則」では、廃棄体の技術基準として下記事項が規定されている。

(埋設しようとする放射性廃棄物等の技術上の基準)

#### 第十二条

法第五十一条の六第二項に規定する技術上の基準（第一種廃棄物埋設の事業に係るものに限る。）は、次の各号に掲げるとおりとする。

- 一 埋設しようとする放射性廃棄物が廃棄体であること。
- 二 当該廃棄体が次に定めるとおりであること。
  - イ 放射線障害防止のため、放射性廃棄物を容器に封入し、又は容器に固型化してあること。
  - ロ 放射能濃度が許可申請書等に記載した最大放射能濃度を超えないこと。
  - ハ 廃棄体の健全性を損なうおそれのある物質を含まないこと。
  - ニ 埋設された場合において受けるおそれのある荷重に耐える強度を有すること。
  - ホ 著しい破損がないこと。
  - ヘ 容易に消えない方法により、廃棄体の表面の目につきやすい箇所に、当該廃棄体に関して前条の申請書に記載された事項と照合できるような整理番号を表示したものであること。

さらに、上記施行令に基づき、「核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則」では、廃棄体の技術基準として下記事項が規定されている。

(埋設しようとする放射性廃棄物等の技術上の基準)

#### 第八条

法第五十一条の六第二項に規定する技術上の基準（◆第二種廃棄物埋設の事業◆に係るものに限る。）は、次の各号に掲げる場合に依り、当該各号に定めるところによる。

- 一 余裕深度処分を行う場合
  - イ 埋設しようとする放射性廃棄物が加工施設（その燃料材にウラン・プルトニウム混合酸化物を含む燃料体の加工を専ら行うものに限る。）、原子炉施設又は再処理施設を設置した工場又は事業所において生じたものであること
  - ロ 埋設しようとする放射性廃棄物が廃棄体であること
  - ハ 当該廃棄体が次項に定めるとおりであること
- 2 廃棄体に係る技術上の基準は、次の各号に掲げるとおりとする。
  - 一 放射線障害防止のため、放射性廃棄物を経済産業大臣の定める方法により容器に封入し、又は容器に固型化してあること。
  - 二 放射能濃度が申請書等に記載した最大放射能濃度を超えないこと。
  - 三 表面の放射性物質の密度が第十四条第一号ハの表面密度限度の十分の一を超えないこと。
  - 四 廃棄体の健全性を損なうおそれのある物質を含まないこと。
  - 五 埋設された場合において受けるおそれのある荷重に耐える強度を有すること。
  - 六 著しい破損がないこと。
  - 七 容易に消えない方法により、廃棄体の表面の目につきやすい箇所に、放射性廃棄物を示す標識を付け、及び当該廃棄体に関して前条の申請書に記載された事項と照合できるような整理番号を表示したものであること。

### 4.3 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」

本基本方針は、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」第三条第一項の規定に基づき、2000年10月2日に通商産業省告示第591号として定められた後、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する



る法律」に基づき改定され、2008年3月14日に閣議決定された。

具体的には、NUMOが行う処分の対象に、長半減期低発熱放射性廃棄物（TRU 廃棄物）の一部などが追加されたことを踏まえ、下記が改定された。

- 最終処分法の改正に伴い、TRU 廃棄物に関する規定を追加
- 処分事業に係る安全規制の整備を踏まえ、関連する記述を改正
- 処分事業の必要性や喫緊性を強調
- 処分に係る技術開発の連携・協力などについて規定を追加
- 国民全般との相互理解を深めるための活動の内容を明確化
- 電源三法交付金制度に基づく地域支援措置などについて明示

#### 第1 特定放射性廃棄物の最終処分の基本的方向

第一種特定放射性廃棄物は、固型化した当初は放射能が非常に高く発熱量も高い状態にあるが、時間の経過とともに放射能が減衰し発熱量も減少することから、30年から50年間程度貯蔵した後、順次、安全性を確認しつつ、最終処分することとする。

第二種特定放射性廃棄物は、第一種特定放射性廃棄物と比べて、その放射能及び発熱量は相対的に低いものの、当該放射能の減衰に長期間を要するため、固型化し、又は容器に封入した上で、順次、安全性を確認しつつ、最終処分することとする。

機構は、貯蔵期間を終了した特定放射性廃棄物を円滑に最終処分することができるよう、適切な時期までに十分な規模及び年間処分能力を有する最終処分施設を設置し、当該施設において安全かつ確実に最終処分を行うものとする。

#### 第4 特定放射性廃棄物の最終処分の実施に関する事項

最終処分は、特定放射性廃棄物のまわりに人工的に設けられる複数の障壁（人工バリア）と、特定放射性廃棄物に含まれる物質を長期にわたって固定する天然の働きを備えた地層（天然バリア）とを組み合わせることによって、特定放射性廃棄物を人間環境から隔離し、安全性を確保する「多重バリアシステム」により実施するものとする。

#### 4.4 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画」

本最終処分計画は、最終処分法に基づき、2005年10月に閣議決定されたものであり、特定放射性廃棄物の量およびその見込みや、概要調査地区などの選定期間、処分施設の規模などが記載されている。上記と同様に、最終処分法の改正により、NUMOが行う最終処分の対象にTRU 廃棄物の一部などが追加されたことを踏まえ、下記が改定された。

- 法改正に伴い、TRU 廃棄物の発生量等に関する規定を追加
- 処分事業に係る安全規制の整備を踏まえ、関連する記述を改正
- 最新の状況を考慮して、概要調査地区等の選定期間の目途を改定

第1 発電用原子炉の運転に伴って生じた使用済燃料の再処理等を行った後に生ずる特定放射性廃棄物の量及びその見込み

2 第二種特定放射性廃棄物の量及びその見込み

- (1) 平成19年12月31日以前の発電用原子炉の運転に伴って生じた使用済燃料の再処理等を行った後に生ずる第二種特定放射性廃棄物の量は、約4,100m<sup>3</sup>と見込まれる。
- (2) 平成20年1月1日から平成29年12月31日までの発電用原子炉の運転に伴って生じた使用済燃料の再処理等を行った後に生ずる第二種特定放射性廃棄物の量は、原子力発電における使用済燃料の再処理等のための積立金の積立て及び管理に関する法律第4条の規定により経済産業大臣に届け出られた事項（平成19年度）等を基礎として算定した結果、代替取得を行った場合、以下の表のとおりと見込まれる。

年 (平成)	左欄の年における発電用原子炉の運転に伴って生じる使用済燃料の再処理等を行った後に生ずる第二種特定放射性廃棄物の量の見込み (m <sup>3</sup> )
20	約100
21	約200
22	約200
23	約300
24	約300
25	約400
26	約400
27	約400
28	約400
29	約400

- (3) 発電用原子炉の運転に伴って生じた使用済燃料の再処理等を行った後に生ずる第二種特定放射性廃棄物の量の総量は、現在の再処理施設等の操業計画等を勘案すると、約18,100m<sup>3</sup>と見込まれる。
- (4) これまでの発電用原子炉の運転に伴って生じた使用済燃料の再処理等を行った後に生じた第二種特定放射性廃棄物の国内での貯蔵量は、平成19年3月31日時点で約3,231m<sup>3</sup>である。

第2 前号の特定放射性廃棄物の最終処分を行う時期及びその量並びにこれに必要な最終処分施設の規模及び能力に関する事項

1 前号の特定放射性廃棄物の最終処分を行う時期及びその量

前号の特定放射性廃棄物の最終処分は、平成40年代後半を目途として開始する。

最終処分の開始後、最終処分される第二種特定放射性廃棄物量は、当該最終処分の開始時点において貯蔵されている第二種特定放射性廃棄物の量やそれ以降の第二種特定放射性廃棄物の発生量等を勘案し、操業期間中にそれらの廃棄物を計画的に最終処分することができる量とする。

2 最終処分施設の規模及び能力

一施設当たりの第二種特定放射性廃棄物の最終処分施設の規模は、19,000m<sup>3</sup>以上の第二種特定放射性廃棄物を最終処分することができる規模とする。

必要とされる第二種特定放射性廃棄物の最終処分施設の能力は、当該最終処分の開始時点において貯蔵されている第二種特定放射性廃棄物の量や、それ以降の第二種特定放射性廃棄物の発生量等を勘案し、操業期間中にそれらの廃棄物を計画的に最終処分することができる能力とする。

## 5. 地層処分対象の TRU 廃棄物処分に関連する安全規制などについて

### 5.1 「高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について」

「高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について」（以下、「第1次報告」という）（原子力安全委員会，2000）は，原子力安全委員会が2000年11月に取りまとめた報告書である。同報告書では，高レベル放射性廃棄物処分における安全確保の考え方，処分地に要求される環境要件および安全規制について基本的な考え方が取りまとめられるとともに，安全基準・指針などに関するスケジュールが提示されている。

- ・ 高レベル放射性廃棄物処分の安全性は，長期的安全確保対策と安全評価等による安全確認で確保される。
- ・ 高レベル放射性廃棄物の処分事業は，①立地段階，②事業許可申請，③建設段階，④操業段階，⑤閉鎖段階および⑥管理段階から事業廃止の各段階を経て進められることから，各段階に対応した安全確保方策を講じることが必要である。原子力安全委員会は，安全基準・指針を策定するとともに，各段階において適切に関与することが重要である。
- ・ 実施主体による精密調査地区選定開始時期までに，処分場の設計要件，安全評価に係る安全指標とその基準値および安全評価シナリオ等を含めた安全審査基本指針を策定するとともに，処分場の安全審査開始前までに安全審査指針を策定する。
- ・ 実施主体により最終処分施設建設地選定がなされるまでに，各段階で国が確認すべき事項を定めた技術上の基準を策定する。

### 5.2 「放射性廃棄物の安全規制における共通的な重要事項について」

「放射性廃棄物の安全規制における共通的な重要事項について」（原子力安全委員会，2004）は，原子力安全委員会が2004年6月に取りまとめた報告書である。同報告書では，放射線障害の防止の観点から，低レベル放射性廃棄物から高レベル放射性廃棄物にわたる放射性廃棄物処分について安全規制を考えていく上で共通する重要事項を取り上げ，それらに関する取り組みの世界的な動向などを参考にしつつ，わが国の今後の検討の方向性を示すため，安全規制における共通的な重要事項，管理期間終了後における安全評価シナリオおよびわが国における放射線防護基準などの検討の方向性について検討されている。

安全規制における共通的な重要事項については，以下のように取りまとめられている。

- ・ 処分の対象となる種々の放射性廃棄物には，核種の種類，放射能濃度に大きな幅があり，時間と共に放射能が減衰していくもののほか，ウラン廃棄物のように時間と共に放射能が増加傾向を示すものもある。このような種々の廃棄物を処分するには，それぞれの廃棄物の特徴を踏まえた合理的な処分方法を選択することが重要である。
- ・ 処分の方法には，処分しようとする廃棄物の特徴により，埋設する深さや人工構築物などに差異があるものの，安全評価の対象となる期間が処分場の管理期間終了時及び原子炉等の通常の原子力施設に対する評価期間に比べて非常に長いことが，共通して重要な特徴となって

いる。

- 安全評価にあたっては、極めて多様な物理的、化学的、あるいは地球科学的な自然現象や人為的事象等が、緩慢に、あるいは突発的に関与する可能性に関し検討する必要がある、加えて長期性のゆえに派生する不確実さも、安全評価上、避けられないものとなっている。
- いずれの放射性廃棄物の処分においても、その安全性を確認するため、埋設された廃棄物中の放射性物質から一般公衆が受けると想定される線量を評価することを目的に適切なシナリオを設定し、安全評価を行うことが重要である。しかし、極めて長期にわたる期間の安全評価が必要であることから評価に付随する不確実性は避けられないものである。この不確実性を考慮し安全評価を行うためには、シナリオの発生の可能性とその影響を組み合わせたりリスク論的考え方の適用が有効であり、この考え方を放射性廃棄物処分の安全規制に導入する方向で検討を進める必要がある。

上記のリスク論的考え方は、シナリオ発生の可能性に明らかな差があることを前提とし、それぞれに対して比較されるべき防護基準にも明らかな差のあることが合理的であるとする考え方に依拠するものである。

### 5.3 「放射性廃棄物の地層処分に係る安全規制制度のあり方について」

「放射性廃棄物の地層処分に係る安全規制制度のあり方について」（総合資源エネルギー調査会、2006b）は、総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 廃棄物安全小委員会が2006年9月に取りまとめた報告書である。同報告書では、地層処分手業を取り巻く状況、地層処分の安全規制に関する検討状況および国際安全基準などの動向を調査検討した上で、高レベル放射性廃棄物などの地層処分手業に関する安全規制制度のあり方について取りまとめている。その中で、TRU 廃棄物については、以下のように記載されている。

- 地層処分が想定される TRU 廃棄物の処分については、原子力委員会の「超ウラン核種を含む放射性廃棄物の地層処分の基本的考え方」及び「長半減期低発熱放射性廃棄物処分の基本的考え方」において、地層処分を安全に実施する技術的見通しが得られており、また、制度的には、現行の特廃法と同様の立地点選定の手続き、国の関与等の下で処分手業が行われることが検討されている。これらを踏まえれば、対象廃棄物が高レベル放射性廃棄物であるか TRU 廃棄物であるかの別によらず、基本的に同一の規制の法的枠組みを適用することが可能であると考えられる。
- 廃棄体の性状、物理的・化学的特性の差異を踏まえた閉鎖後の安全評価を適切に実施することや、廃棄体及び処分形態の特徴に応じて必要な基準等を整備することが必要である。また、高レベル放射性廃棄物との併置処分の場合、熱、有機物、硝酸塩、セメント成分等に起因する相互影響及びその対策等について、安全評価の際に適切に考慮・評価することが必要である。
- 地層処分の安全確保については、原子力安全委員会の「第1次報告書」、国際安全基準等に示された以下の考え方に沿って措置されることが重要である。

- ①. 長期的な観点から安全性に影響が及ぶおそれのある因子に配慮しつつ、安全確保のための対策（立地点選定、工学的対策）を講じる。
  - ②. 地層処分に対する安全確保をはかるため、処分事業の各段階でそれぞれの安全確保対策の妥当性について安全評価等による安全確認を実施する。安全評価においては、適切なシナリオを仮定し、一般公衆が放射性物質から受けると想定される線量を評価し、定められた放射線防護レベルを超えることがないことを確認する。
  - ③. 地層処分は、その安全性を考慮すべき期間が長期にわたるため、上記①、②を基本とする安全確保方策は、制度的管理等の社会的な対応にかかわらず、長期的にはそれらに依存しなくても安全が確保されるよう措置しておくことが重要である。
- ・ 処分場閉鎖後の長期にわたる地層処分の安全性については、地層という非人工物にその安全機能の一部を期待すること、極めて長期の期間を対象とすることから、他の原子力施設において用いられているようにあらかじめ、実証試験を行って、この結果に基づいて安全性を評価する手法を適用することは適切ではない場合が多い。このような点を踏まえれば、地層処分に係る安全評価では、立地点固有の地層の地質、水理、安定性等の条件や安全を確保するために施される工学的対策を踏まえ、人の健康影響を及ぼす可能性のある種々の現象を考慮した適切なシナリオ、評価モデル及びパラメータを用いて評価を行い、その評価結果が、あらかじめ定められた放射線防護上の要件を満足していることを確認することとなる。我が国では、低レベル放射性廃棄物の浅地中処分以外の放射性廃棄物に適用される安全評価の考え方については、「共通的重要事項」において、防護基準として 0.3mSv/y の線量拘束値又はリスク拘束値  $10^{-5}$ /年オーダーを参考としたリスク論的考え方の導入、処分システムの特性に応じた評価期間、介入レベルを考慮した人為過程に対する扱いについて今後の検討の方向性が示され、引き続き、原子力安全委員会で検討が進められている。この方向性は、概ね国際機関や諸外国の安全評価基準と整合するものであり、今後、地層処分のみならず、余裕深度処分、浅地中処分全ての放射性廃棄物処分に共通するものとして、早期にその考えが取りまとめられることが重要である。

#### 5.4 「特定放射性廃棄物処分に係る安全規制の許認可手続きと原子力安全委員会等の関与のあり方について（中間報告）」

「特定放射性廃棄物処分に係る安全規制の許認可手続きと原子力安全委員会等の関与のあり方について（中間報告）」（原子力安全委員会、2007a）は、原子力安全委員会 特定放射性廃棄物処分安全委員会が 2007 年 4 月に取りまとめた中間報告書である。同報告書は、地層処分事業の特徴をまとめた上で、立地段階における安全委員会の関与、安全規制の許認可手続きのあり方、最新の知見を反映させる制度のあり方、原子力安全委員会などの関与のあり方を検討し、これに基づき、法整備に際しての要望と今後の進め方について提言したものである。

- ・ 地層処分事業の特徴としては、超長期にわたる安全性と事業の透明性の確保及び知見の変化に対する柔軟な対応が必要であることを踏まえる必要がある。
- ・ 立地段階における安全委員会の関与としては、安全の確保のために各種の関与を行うことを

求められており、概要調査地区、精密調査地区、最終処分施設建設地の選定及びそのための調査の作業において、これらの責務を適切に果たしていくことが肝要である。

- ・ 地層処分事業は従来の原子力産業においては経験のない事業であり、特に、その安全確保においては、地質環境の条件やその長期的な変化への配慮が重要となる。このような事業の性格上、特廃法の立地手続における最終段階である最終処分施設建設地の選定の段階において、原子力安全委員会が、安全の確保に関する事業者の判断及びその妥当性についてレビューした所管官庁の判断は、十分な知見とデータに基づく適正なものであることを最終処分計画の改定に当たり確認することが重要となる。
- ・ 原子力安全委員会は、本中間報告を踏まえ、改正後の政省令・規則の制定等を視野において、安全規制の制度的事項について引き続き審議を行うこととする。

### 5.5 「低レベル放射性固体廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について」

「低レベル放射性固体廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について」（原子力安全委員会、2007b）は、原子力安全委員会が2007年5月に取りまとめた報告書である。同報告書では、再処理事業計画などの核燃料サイクル事業の進展に伴い、それらの事業から発生する放射性廃棄物（以下、「サイクル廃棄物」という）を対象とした埋設事業に関する安全規制の具体化をはかる必要がある時期に来ていることから、原子炉廃棄物ばかりでなくサイクル廃棄物も対象に濃度上限値を算出することを目的としている。その際、トレンチ処分およびピット処分に関するこれまでの埋設事業の実績を踏まえつつ、原子炉廃棄物とサイクル廃棄物が、それぞれ単独で処分される場合ばかりでなく、それらが一つの埋設施設と一緒に処分される場合も考慮し、それらにできるだけ共通的に適用し得る、処分方式ごとの濃度上限値を示すこととしている。

評価パラメータ、最大値見込係数、数値の丸め方などの見直しの結果、トレンチ処分、ピット処分および余裕深度処分のそれぞれに係る濃度上限値として以下の値を推奨している。

付表 2.2-1 トレンチ処分に係る濃度上限値の推奨値 (Bq/ton)

核種	従来の濃度上限値	濃度上限値の推奨値
Co-60	8.1E+09	1E+10
Sr-90	4.7E+06	1E+07
Cs-137	1.0E+08	1E+08

付表 2.2-2 ピット処分に係る濃度上限値の推奨値 (Bq/ton)

核種	従来の濃度上限値	濃度上限値の推奨値
C-14	3.7E+10	1E+11
Co-60	1.11E+13	1E+15
Ni-63	1.11E+12	1E+13
Sr-90	7.4E+10	1E+13
Tc-99	—	1E+09
Cs-137	1.11E+12	1E+14
α核種※	1.11E+09	1E+10

※：濃度上限値算定の代表核種は、Am-241 である。

付表 2. 2-3 余裕深度処分に係る濃度上限値の推奨値 (Bq/ton)

核種	従来濃度上限値	濃度上限値の推奨値
C-14	5.2E+14	1E+16
Cl-36	1.0E+11	1E+13
Tc-99	8.2E+11	1E+14
I-129	—	1E+12
α核種※	1.3E+10	1E+11

※：濃度上限値算定の代表核種は、従来はNp-237、推奨値はPu-238である。

## 5.6 「低レベル放射性廃棄物埋設に関する安全規制の基本的考え方（中間報告）」

「低レベル放射性廃棄物埋設に関する安全規制の基本的考え方（中間報告）」（原子力安全委員会，2007c）は、原子力安全委員会が2007年7月に取りまとめた報告書である。同報告書は、放射性核種の移行抑制機能が高く、人間が廃棄物に接触する可能性が十分低いと考えられる地下数十m以深の深度に埋設（以下、「余裕深度処分」という。）する放射性廃棄物を含めた、低レベル放射性廃棄物の埋設に係る安全規制の考え方について、「低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基本的考え方について」（原子力安全委員会，1985）に示されている基本的考え方を踏まえ、「放射性廃棄物の安全規制における共通的な重要事項について」（原子力安全委員会，2004）を参考にして、管理期間終了以後における安全評価について取りまとめたものである。

「放射性廃棄物の安全規制における共通的な重要事項について」（原子力安全委員会，2004）で示されたリスク論的考え方に基づき、長期安全性の評価に当たり、想定するシナリオを基本シナリオ、変動シナリオ、人為・稀頻度事象シナリオに分類しつつ、それぞれに対応する評価結果の判断の「めやす」について、ICRPの勧告などを参考に、 $10\mu\text{Sv/y}$ 、 $300\mu\text{Sv/y}$ 、 $10\text{mSv/y}$ から $100\text{mSv/y}$ と設定することが適当であるとした。三区分のシナリオは以下のとおりである。

- ①. 発生の可能性が高く、通常考えられるシナリオ（以下、「基本シナリオ」という）：過去および現在の状況から、処分システムおよび被ばく経路の特性ならびにそれらにおいて将来起こることが確からしいと予見される一連の変化を考慮したものである。
- ②. 発生の可能性は低いが、安全評価上重要な変動要因を考慮したシナリオ（以下、「変動シナリオ」という）：処分システムおよび被ばく経路ならびにそれらにおける、①で選定した以外の様々な変化における変動の範囲を網羅的に考慮するシナリオで、それらの安全評価上の包絡性（シナリオのうち、あるシナリオを選ぶことにより、安全評価上の結果である線量評価値が常に高くなることから、その他のシナリオに関する安全評価を代表できること）等を勘案したものである。
- ③. 発生の可能性が著しく低い自然事象または偶発的な人為事象シナリオ（以下、「人為・稀頻度事象シナリオ」という）：偶発的な人間活動による処分施設の損傷や、発生の可能性は著しく低いと考えられる自然事象を想定したものである。

また、パラメータの設定などにおいては、評価結果に基づく「その判断」を変更する必要性ができるだけ生じないよう、処分システムの設計にあらかじめ適切に安全裕度を見込み、それに見合ったパラメータ設定を行うなど、処分システムの頑健性に配慮することが重要としている。

処分システムの頑健性とは、安全評価結果の数値上の強固性、すなわち、数値の不変性を意味するものではなく、評価結果に基づく判断（線量めやす値を満足するか否か）の変更不要性、すなわち判断根拠に係る不変性を意味している。科学的新知見などにより、評価に係る個々の数値や数量的結果は変更を要することが十分に想定されるが、十分に安全裕度を見込んでおけば、そのような数値的変更にもかかわらず線量めやす値との相対的關係については、予見される新知見に関する限り、変更の必要が生じないようにしておくことは可能と考えられ、その点からの配慮を、設計の段階からあらかじめ求めているのが、処分システムの頑健性要求であると述べている。

## 5.7 「低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に係る安全規制について」

「低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に係る安全規制について」（総合資源エネルギー調査会、2008a）は、総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 廃棄物安全小委員会が2008年1月に取りまとめた報告書である。

同報告書は、余裕深度処分の重要な特徴が、工学的施設に加えて地質などの天然バリアにも安全機能を期待すること、それら安全機能を期待する期間が事業終了後にも及ぶこと、安全評価の対象となる期間が原子炉などの通常の原子力施設に対する評価期間に比べて非常に長いこと、長期性ゆえに派生する不確実さが、安全評価上、避けられないものとなっていることなどを踏まえ、余裕深度処分の安全規制制度の策定に資することを目的として、第二種廃棄物埋設に相当する余裕深度処分に関し、安全確保の基本的考え方を示すとともに、国内外の考え方との整合性を考慮し、「低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に係る安全規制について（中間報告）」（総合資源エネルギー調査会、2007）で抽出された項目①埋設深度、②施設の設計・建設の要件と確認、③廃棄体の技術上の基準、④安全レビュー、⑤モニタリング、⑥記録の保存等に関して検討を行い、廃棄物埋設規則を策定する上での考え方などを示している。

## 5.8 「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に係る安全規制について」

「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に係る安全規制について」（総合資源エネルギー調査会、2008b）は、総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 廃棄物安全小委員会が2008年1月に取りまとめた報告書である。同報告書は、改正炉規法の施行に必要な埋設規則を始めとする経済産業省令の策定に資することを目的として、地層処分対象となる放射性廃棄物の処分に関し、安全確保に必要な基本的考え方など、原子力安全委員会や国際原子力機関（IAEA）を始めとする国内外で示されている考え方を参考に、埋設規則などで規定すべき技術基準などについて検討した結果を取りまとめたものである。

具体的には、第一種廃棄物埋設について、埋設規則などで技術基準などを規定することとしている事項を始めとして、地層処分の特徴を踏まえて、①廃棄物埋設施設、②廃棄体、③保安のために必要な措置、④安全レビュー、⑤閉鎖措置および⑥記録の保存等について、安全確保の基本的考え方およびこれらに対する国内外における考え方を参考に、求められる技術基準などについて検討されている。



## 5.9 「放射性固体廃棄物埋設処分及びクリアランスに係る放射線防護に関する基本的考え方について」

放射線審議会基本部会では、昭和62年12月に取りまとめられた「放射性固体廃棄物の浅地中処分における規制除外線量について」（放射線審議会基本部会，1987）（以下、「昭和62年基本部会報告」という。）における管理期間終了後の基準線量を見直すための検討を2009年1月から開始し、「放射性固体廃棄物埋設処分及びクリアランスに係る放射線防護に関する基本的考え方について」（放射線審議会，2010）を取りまとめた。この中では、以下のように述べられている。

昭和62年基本部会報告においては、放射性固体廃棄物の浅地中処分において放射線障害防止の観点からの管理を規制除外する際の判断の基準とすべき線量として、 $10\mu\text{Sv/y}$ を用いることが妥当であるとしていたが、この当時（1987年）は、放射性固体廃棄物埋設地の管理期間終了後における線量基準に関する具体的な考え方が国際的にも示されていない状況であった。その後、ICRPではPub77（1997年）やPub81（1998年）が取りまとめられ、IAEAでも関連する安全要件文書が取りまとめられるなど、本件に適用可能な具体的な考え方が示されるに至った。

このような国際的動向を踏まえ、わが国における放射性固体廃棄物埋設地の管理期間終了後における基準線量について、まず基本的な基準として放射線防護の最適化における線量基準として線量拘束値の適用の可能性を検討し、さらに長寿命核種による潜在被ばくを考慮した基準の考え方も検討した。

- ・ 放射性固体廃棄物埋設地に起因する公衆の被ばくには、他の原子力施設や放射性同位元素使用施設等に起因する公衆の被ばくと同様に、線量限度  $1\text{mSv/y}$  が適用される。
- ・ 放射性固体廃棄物埋設地の管理期間終了後における公衆の防護の線量基準については、埋設された廃棄物という線源に着目した、将来に対する計画的な値となることから、ICRPが最新の基本勧告であるPub103において、線源関連の前向き制限値として位置づけた線量拘束値を適用することが適切であると考えられる。
- ・ 線量拘束値の具体的な値については、我が国においても、ある個人が受ける線量に対して影響を与える埋設処分場やその他の原子力施設は限定的となると考えられることに鑑みれば、ICRPやIAEAの考え方に従い、公衆の線量限度  $1\text{mSv/y}$  を担保するための数値として、線量拘束値である  $300\mu\text{Sv/y}$  を超えない値を使用することが我が国においても適切であると考えられる。なお、この考え方は、各処分方法に共通する考え方であり、浅地中処分、余裕深度処分および地層処分のいずれにも適用できるものとする。
- ・ 自然過程における通常の被ばく状況に適用する規準については、線量／確率分解アプローチを用い、起こりそうかあるいは代表的な放出シナリオによって計算された線量と規準とを比較することが基本であると考えられる。その規準には、線量拘束値を適用し、その具体的な値は  $300\mu\text{Sv/y}$  を上限とする値とすることが処分方法によらず妥当であると考えられる。なお、想定される過程によっては統合アプローチを適用することも考えられる。
- ・ 放射性固体廃棄物埋設地への偶然の人間侵入により公衆が将来受けるかもしれない被ばくに係る線量基準については、 $20\text{mSv/y}$  を上限とする値とすることが妥当であると考えられる。

## 5.10 余裕深度処分の管理期間終了後についての安全評価に関する考え方

原子力安全委員会放射性廃棄物・廃止措置専門部会は「余裕深度処分の管理期間終了以後における安全評価に関する考え方」（2010年3月29日）（原子力安全委員，2010）を取りまとめた。この取りまとめでは，地質環境に係る長期変動事象，将来における人間の生活圏および埋設施設の状態を設定した上で，基本シナリオ，変動シナリオ，稀頻度事象シナリオおよび人為事象シナリオについて検討し，各シナリオについて安全評価の考え方，評価目的，評価方法，管理期間の終了に係る考え方などを示した。

管理期間の終了に係る考え方は，以下のように要約される。

- a) 処分システムの基本設計およびその方針について，リスクが $10^{-6}$ /年以下，すなわち基本シナリオに基づく安全評価の結果が $10\mu\text{Sv}/\text{年}$ 以下になる可能性が十分にあることに関する科学的蓋然性を示すこと。
- b) その基本シナリオ設定に当たっての不確かさを考慮した変動シナリオについて安全評価を行い，その影響が $300\mu\text{Sv}/\text{年}$ 以下であることを示すこと。
- c) また，念のために考慮すべき稀頻度事象シナリオについてもあえて安全評価を行い，その評価結果が $10\text{mSv}/\text{年}$ を超えないこと，さらに保守的な条件設定を行った場合でも $100\text{mSv}/\text{年}$ 以下となることを示すこと，すなわち，そのような状況においても，放射線防護上の特別の措置を必ずしも必要とする状況には至らないことを示すこと。
- d) さらに，人為事象シナリオについても，人間の行為を様式化した上で，それに関連して生じる自然過程の事象についてできるだけ確からしい想定と不確かさを考慮した保守的な想定を行い評価し，前者の想定に基づく周辺住民への影響については $1\text{mSv}/\text{年}$ 以下，後者の想定に基づく周辺住民への影響については $10\text{mSv}/\text{年}$ 以下であることを示すこと。同様に，前者の想定に基づく特定の接近者個人への影響については $10\text{mSv}$ 以下，後者の想定に基づく特定の接近者個人への影響については $100\text{mSv}$ 以下であることを示すこと。

## 付録 2-2 参考文献

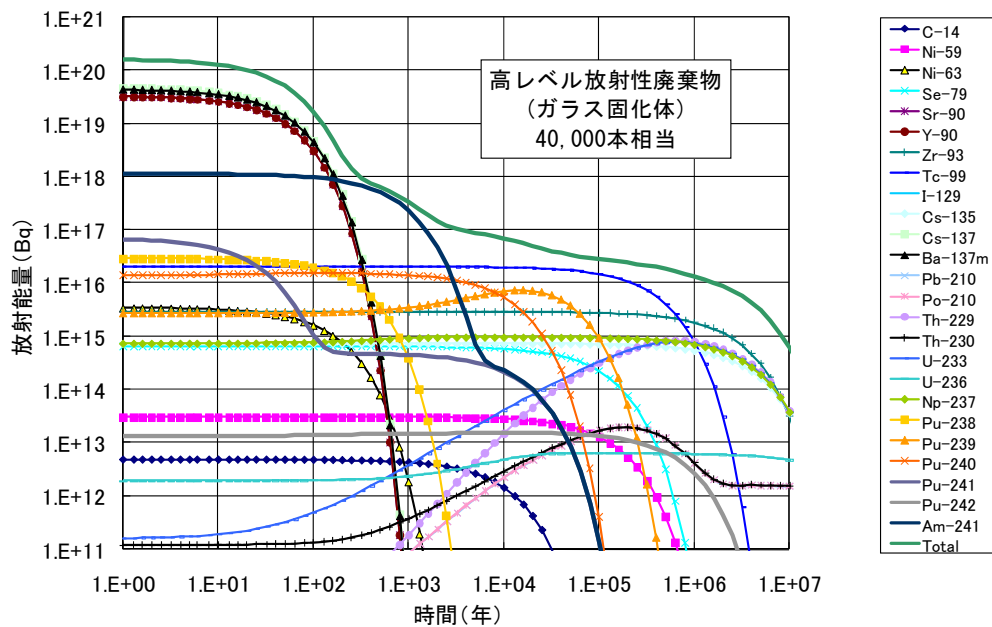
- 電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構 (2005) : TRU 廃棄物処分技術検討書—第 2 次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ—, JNC TY1400 2005-013, FEPC TRU-TR2 -2005-02
- 原子力安全委員会 (1985) : 低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基本的考え方について
- 原子力安全委員会 (2000) : 高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について (第 1 次報告)
- 原子力安全委員会 (2004) : 放射性廃棄物の安全規制における共通的な重要事項について
- 原子力安全委員会 (2007a) : 特定放射性廃棄物処分に係る安全規制の許認可手続きと原子力安全委員会等の関与のあり方について (中間報告)
- 原子力安全委員会 (2007b) : 低レベル放射性固体廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について
- 原子力安全委員会 (2007c) : 低レベル放射性廃棄物埋設に関する安全規制の基本的考え方 (中間報告)
- 原子力安全委員会 (2010) : 余裕深度処分の管理期間終了後についての安全評価に関する考え方
- 原子力委員会 (1994) : 原子力の研究, 開発及び利用に関する長期計画 (平成 6 年)
- 原子力委員会 (2000a) : 原子力の研究, 開発及び利用に関する長期計画 (平成 12 年)
- 原子力委員会 (2000b) : 超ウラン核種を含む放射性廃棄物処理処分の基本的考え方
- 原子力委員会 (2005) : 原子力政策大綱
- 原子力委員会 (2006) : 長半減期低発熱放射性廃棄物の地層処分の基本的考え方—高レベル放射性廃棄物との併置処分等の技術的成立性—
- 放射線審議会 (2010) : 放射性固体廃棄物埋設処分及びクリアランスに係る放射線防護に関する基本的考え方
- 放射線審議会基本部会 (1987) : 放射性固体廃棄物の浅地中処分における規制除外線量について
- 共同作業チーム (2000) : TRU 廃棄物処分概念検討書
- 総合資源エネルギー調査会 (2006a) : 放射性廃棄物小委員会報告書
- 総合資源エネルギー調査会 (2006b) : 放射性廃棄物の地層処分に係る安全規制制度のあり方について
- 総合資源エネルギー調査会 (2007) : 低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に係る安全規制について (中間報告)
- 総合資源エネルギー調査会 (2008a) : 低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に係る安全規制について
- 総合資源エネルギー調査会 (2008b) : 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に係る安全規制について

## 付録 2-3 高レベル放射性廃棄物と地層処分低レベル放射性廃棄物の主要核種の放射エネルギー、発熱量の時間変化 (2.3)

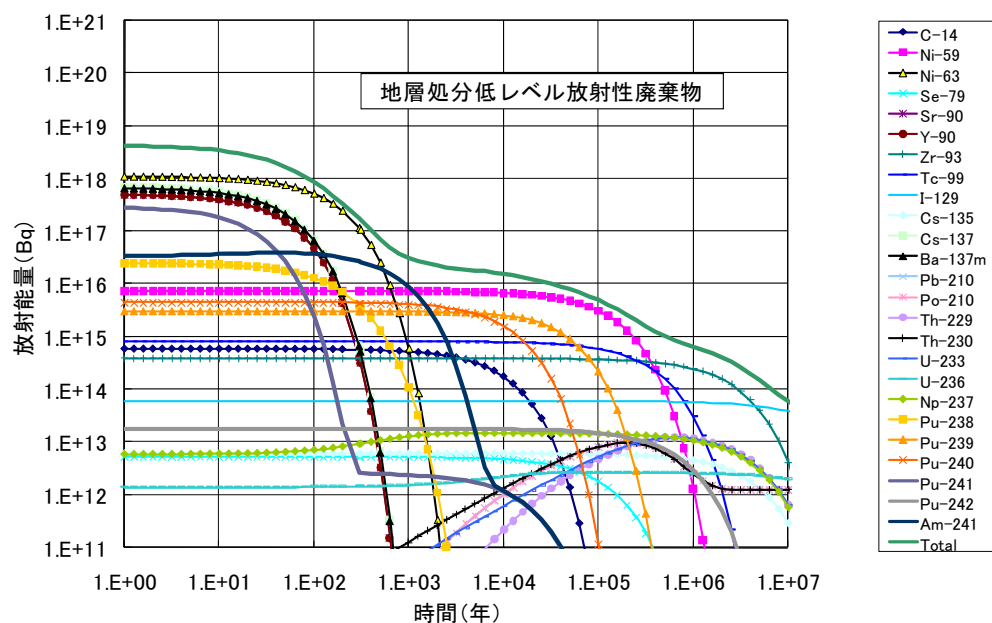
付図 2.3-1 高レベル放射性廃棄物の主要な核種の放射エネルギー (Bq) の時間変化.....	1
付図 2.3-2 地層処分低レベル放射性廃棄物の主要な核種の放射エネルギー (Bq) の時間変化.....	1
付図 2.3-3 地層処分低レベル放射性廃棄物の各グループの主要な核種の放射エネルギー (Bq) の時間 変化 .....	2
付図 2.3-4 高レベル放射性廃棄物の主要な核種の発熱量 (W) の時間変化.....	5
付図 2.3-5 地層処分低レベル放射性廃棄物の主要な核種の発熱量 (W) の時間変化.....	5
付図 2.3-6 地層処分低レベル放射性廃棄物の各グループの主要な核種の発熱量 (W) の時間変化 .....	6

## 高レベル放射性廃棄物と地層処分低レベル放射性廃棄物の主要核種の 放射エネルギー、発熱量の時間変化

付図 2.3-1 と付図 2.3-2 に高レベル放射性廃棄物と地層処分低レベル放射性廃棄物の主要な核種の放射エネルギー (Bq) の処分後の時間変化を示す。これらの図において、高レベル放射性廃棄物は、炉取り出し後4年、50年貯蔵後の値を、地層処分低レベル放射性廃棄物は、基準年(原燃:炉取り出し後4年, JAEA:炉取り出し後5年)から25年貯蔵後の値を処分時の値とした。

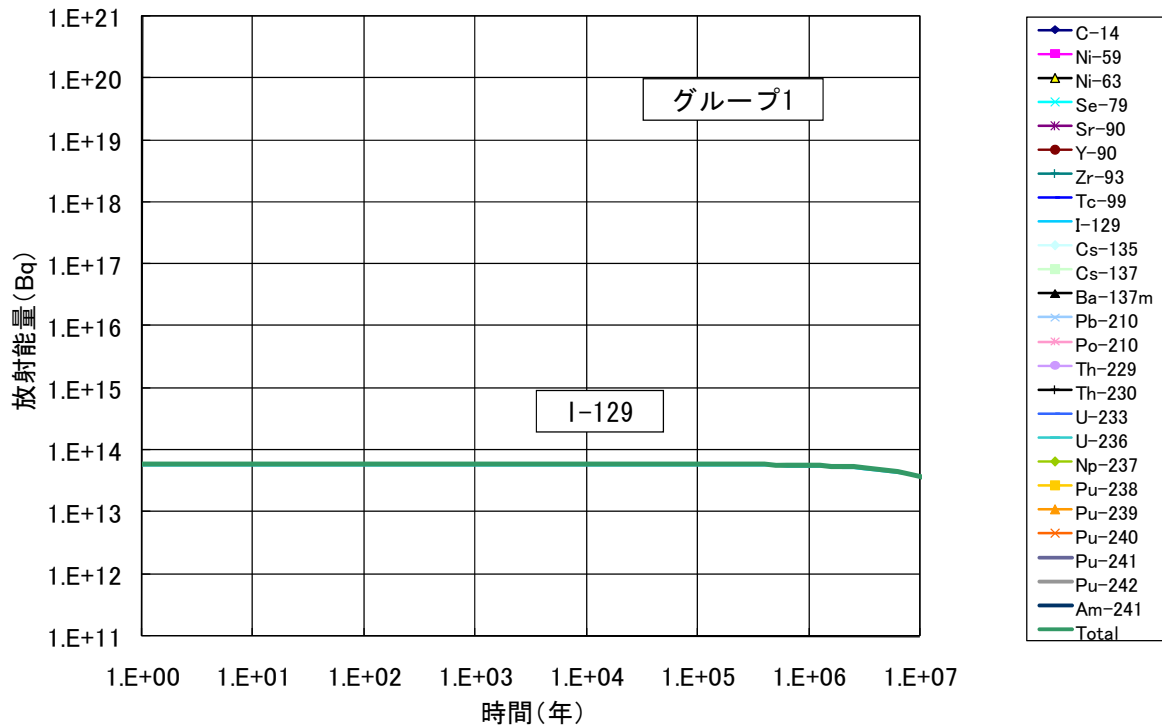


付図 2.3-1 高レベル放射性廃棄物の主要な核種の放射エネルギー (Bq) の時間変化

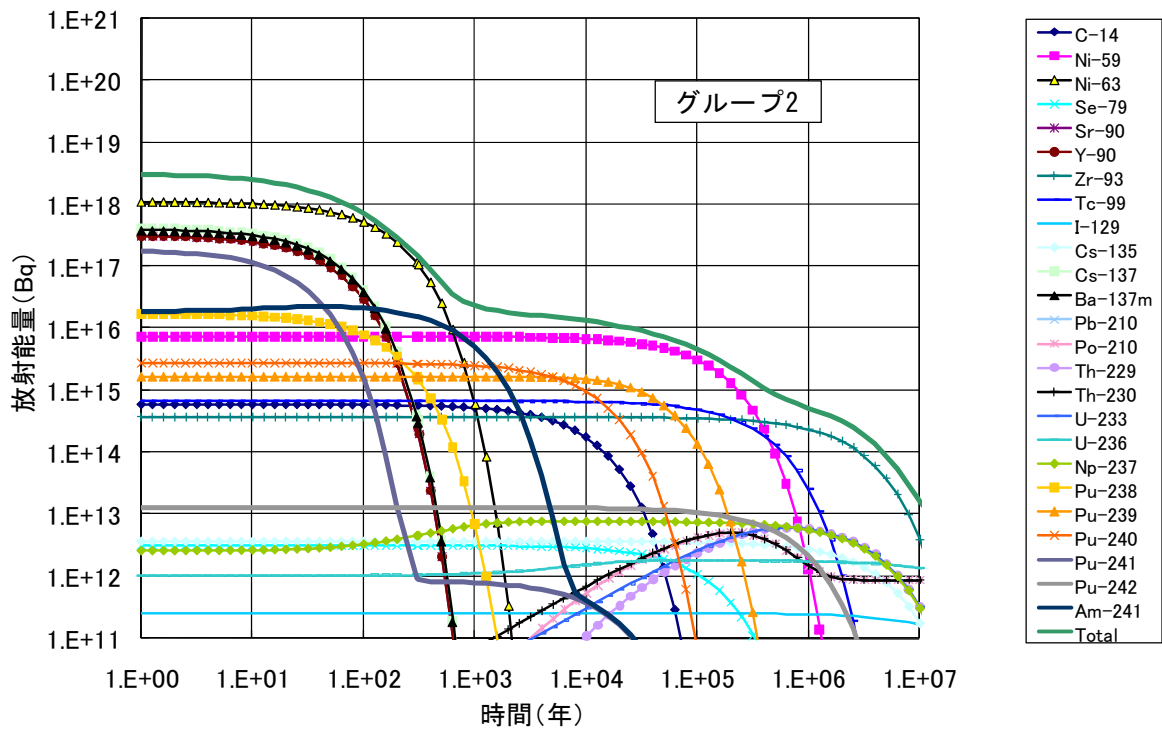


付図 2.3-2 地層処分低レベル放射性廃棄物の主要な核種の放射エネルギー (Bq) の時間変化

また、付図 2.3-3 の (a), (b), (c), (d) に地層処分低レベル放射性廃棄物の各グループの主要な核種の放射エネルギー (Bq) の時間変化を示す。

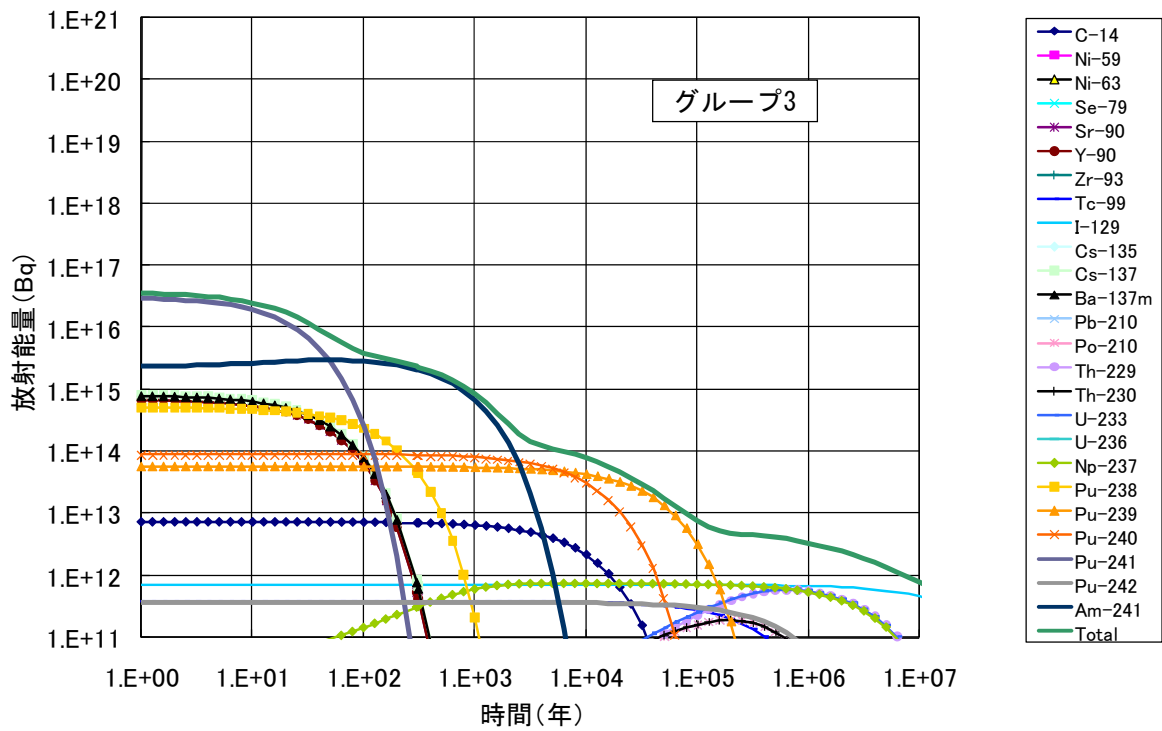


(a) グループ1の主要な核種の放射エネルギーの時間変化

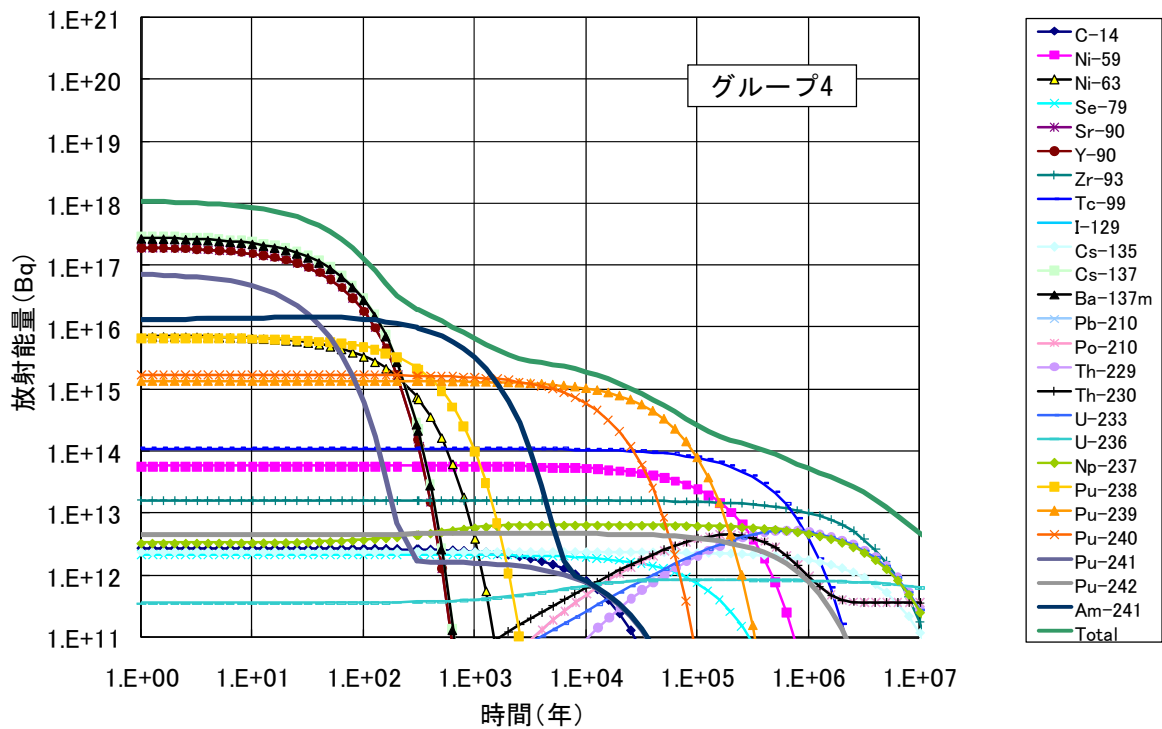


(b) グループ2の主要な核種の放射エネルギーの時間変化

付図 2.3-3 地層処分低レベル放射性廃棄物の各グループの主要な核種の放射エネルギー (Bq) の時間変化



(c) グループ3の主要な核種の放射エネルギーの時間変化



(d) グループ4の主要な核種の放射エネルギーの時間変化

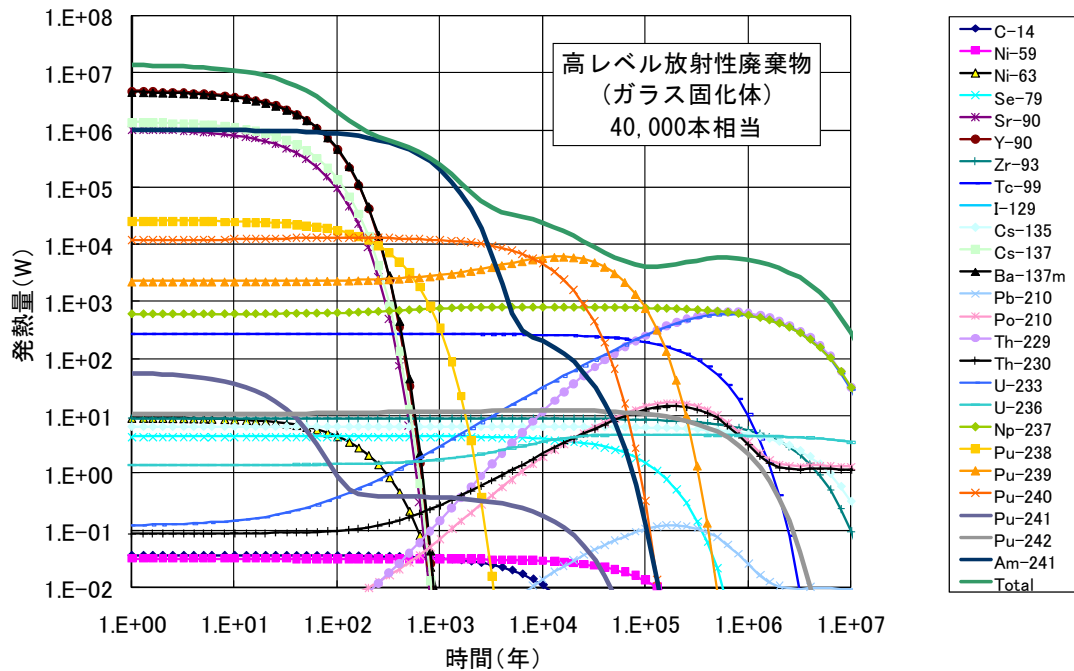
付図 2.3-3 地層処分低レベル放射性廃棄物の各グループの主要な核種の放射エネルギー (Bq) の時間変化

付図 2.3-1, 付図 2.3-2, 付図 2.3-3 から, 高レベル放射性廃棄物と地層処分低レベル放射性廃物の放射エネルギーを支配する核種の特徴がわかる。すなわち, 高レベル放射性廃棄物の場合, 100 年程度まで放射エネルギーを支配する核種が Sr-90, Y-90, Cs-137, Ba-137m であるのに対して, 地層処分低レベル放射性廃物の場合はグループ 2 の Ni-63 であること。1,000 年から 100 万年までは, 高レベル放射性廃棄物の場合, Am-241, Tc-99 が支配するのに対して, 地層処分低レベル放射性廃物の場合はグループ 2 の Ni-59 が支配することである。

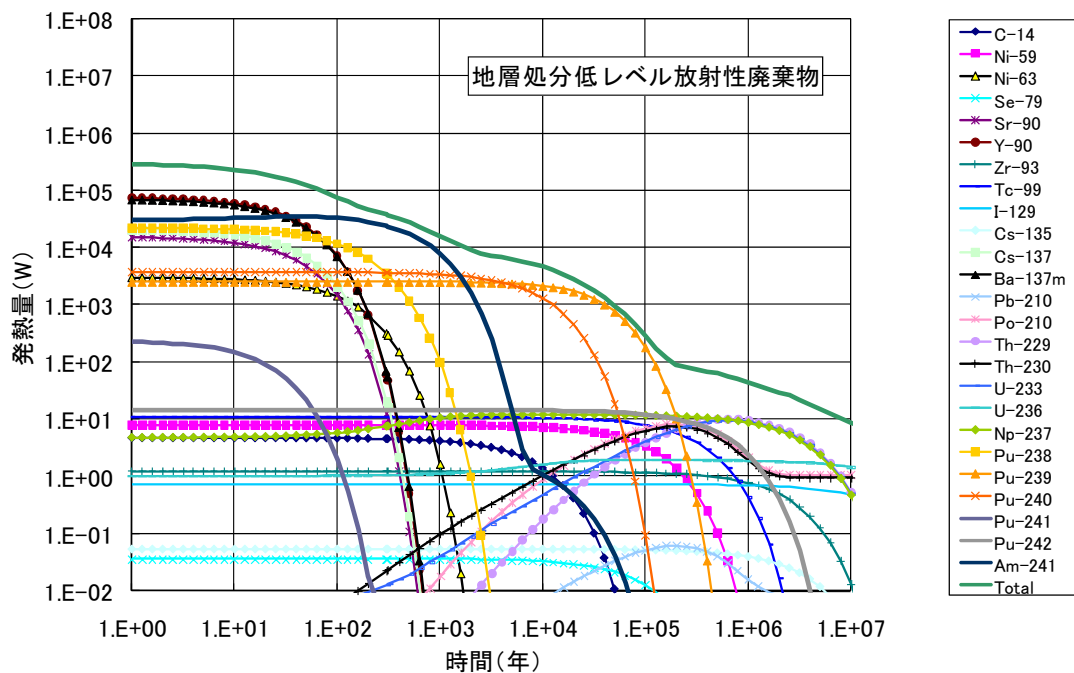
地層処分低レベル放射性廃棄物の各グループの特徴としては, グループ 1 は主として I-129 のみの廃棄体であり, グループ 2 は, 地層処分低レベル放射性廃物の放射エネルギー (Bq) を支配する廃棄体で, 1,000 年程度までは Ni-63, 1,000 年以降 10 万年程度までは Ni-59 で, 数 10 万年以降は Zr-93 によって支配されている。グループ 3 は処分後, Pu-241, Am-241, Pu-240, Pu-239, Np-237 などのアクチノイドが順次放射エネルギーを支配し, 100 万年以降は I-129 によって放射エネルギーが支配されている。グループ 4 は, 1,000 年までは高レベル放射性廃棄物と同様のパターンで 100 年程度までは Sr-90, Y-90, Cs-137, Ba-137m が, 1,000 年前後は Am-241 によって支配されている。1,000 年以降 Pu-240, Pu-239 が支配し, 10 万年以降は Tc-99, Zr-93 が支配する。付図 2.3-3 から, 本文図 2.3.2-1 で顕著に表れた放射エネルギー単位 (Bq) におけるグループ 2 とグループ 4 の違いの要因は, グループ 2 に多量に含まれる Ni-63 と Ni-59 であることがわかる。



付図 2.3-4 と付図 2.3-5 に高レベル放射性廃棄物と地層処分低レベル放射性廃棄物の主要な核種の発熱量 (W) の処分後の時間変化を示す。これらの図において、高レベル放射性廃棄物は、炉取り出し後 4 年、50 年貯蔵後の値を、地層処分低レベル放射性廃棄物は、基準年 (原燃: 炉取り出し後 4 年, JAEA: 炉取り出し後 5 年) から 25 年貯蔵後の値を処分時の値とした。

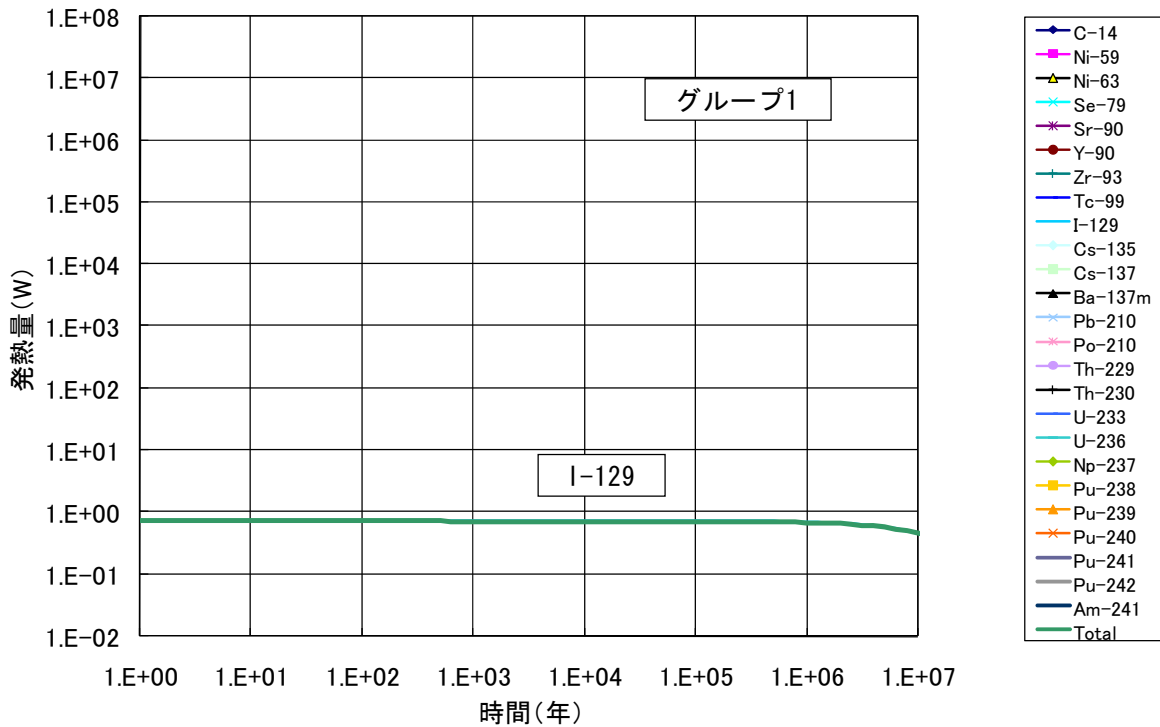


付図 2.3-4 高レベル放射性廃棄物の主要な核種の発熱量 (W) の時間変化

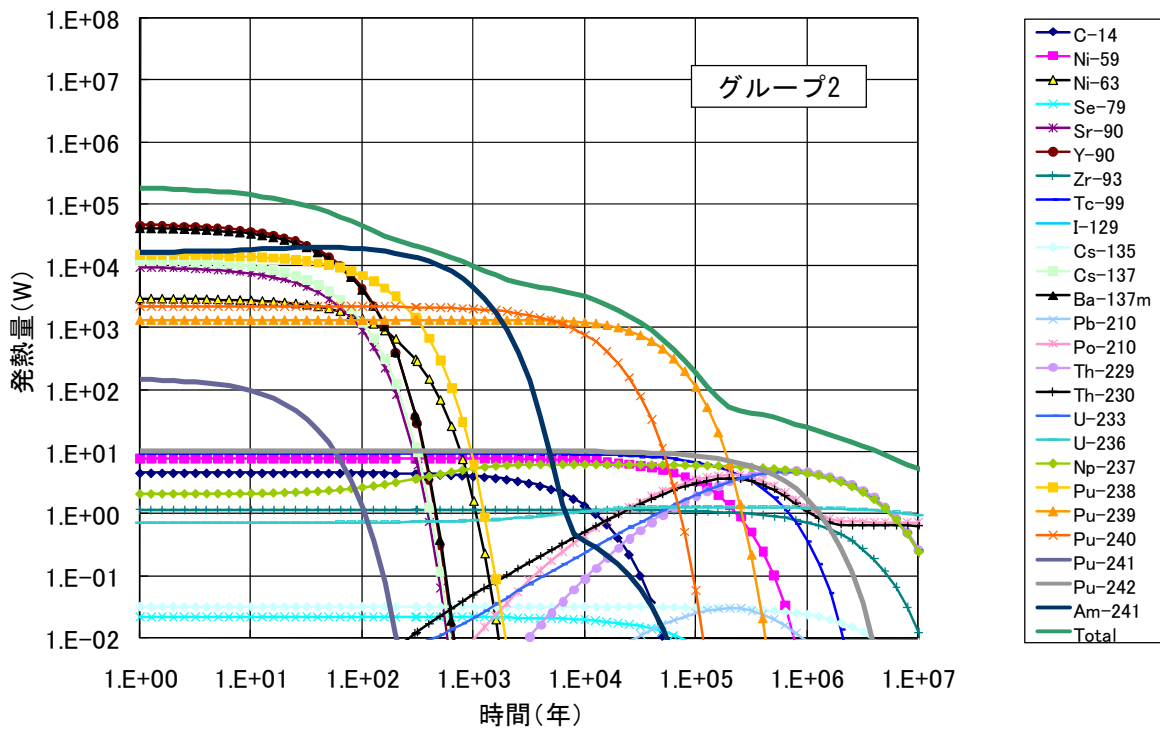


付図 2.3-5 地層処分低レベル放射性廃棄物の主要な核種の発熱量 (W) の時間変化

また、付図 2.3-6 の (a), (b), (c), (d) に地層処分低レベル放射性廃棄物の各グループの主要な核種の発熱量 (W) の時間変化を示す。

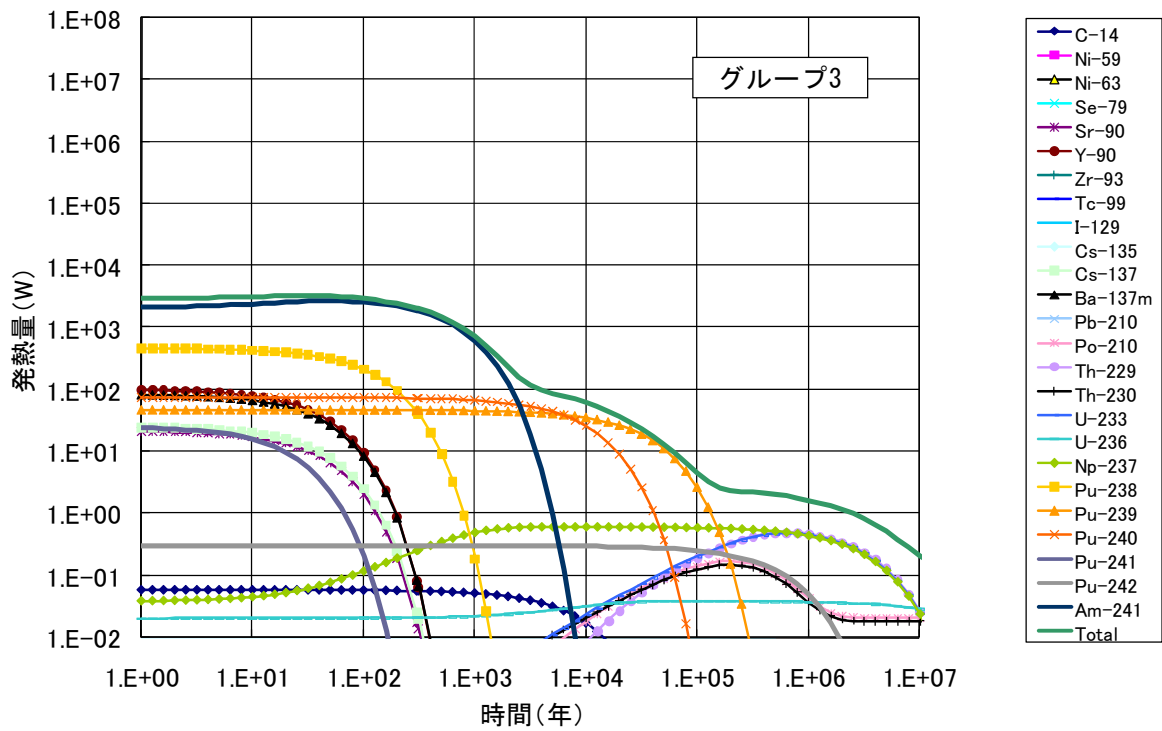


(a) グループ1の主要な核種の発熱量の時間変化

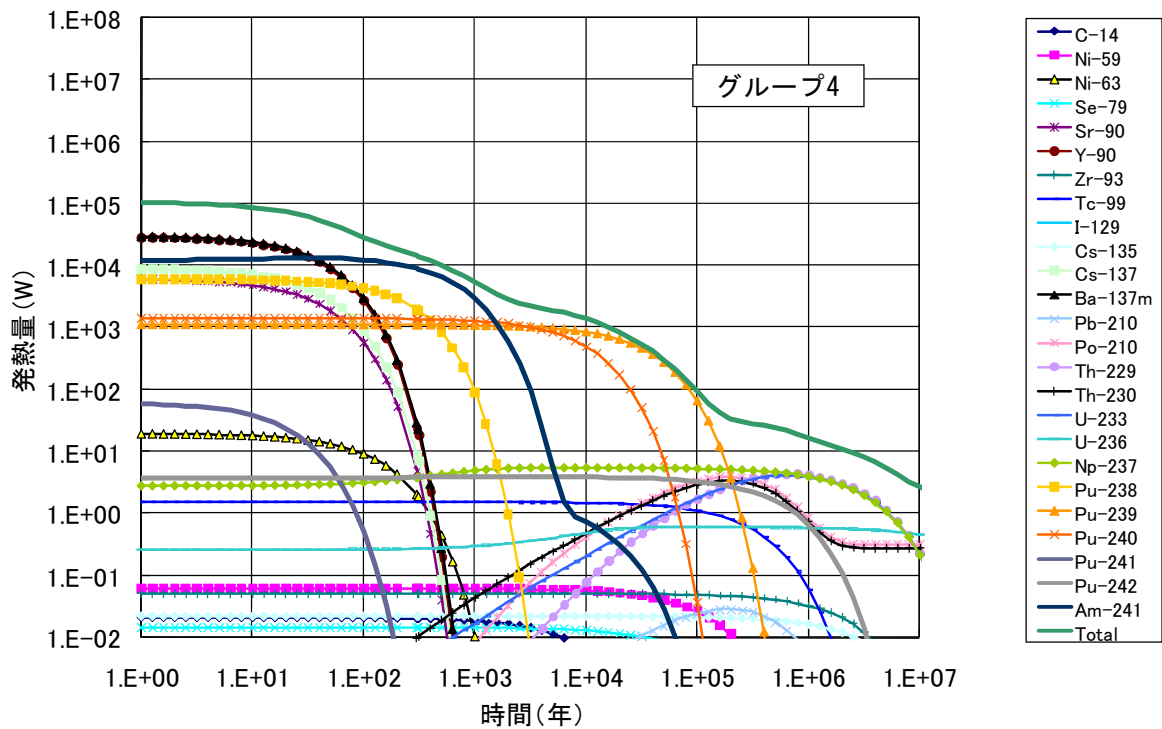


(b) グループ2の主要な核種の発熱量の時間変化

付図 2.3-6 地層処分低レベル放射性廃棄物の各グループの主要な核種の発熱量 (W) の時間変化



(c) グループ3の主要な核種の発熱量の時間変化



(d) グループ4の主要な核種の発熱量の時間変化

付図 2.3-6 地層処分低レベル放射性廃棄物の各グループの主要な核種の発熱量 (W) の時間変化

付図 2.3-4, 付図 2.3-5, 付図 2.3-6 から, 高レベル放射性廃棄物と地層処分低レベル放射性廃棄物の発熱量を支配する核種に大きな違いがないことがわかる。すなわち, 高レベル放射性廃棄物, 地層処分低レベル放射性廃棄物ともに, 100 年程度まで発熱量を支配する核種は, Y-90, Ba-137m で, それ以降 2,000 年程度まで Am-241 が, それ以降 10 万年程度までは Pu-240, Pu-239 が, それ以降は Np-237, U-233 が支配する。

地層処分低レベル放射性廃棄物の各グループの特徴としては, グループ 1 は主として I-129 のみの廃棄体であり, グループ 2, グループ 4 は高レベル放射性廃棄物とほぼ同じ支配核種の推移を示し, 100 年程度まで発熱量を支配する核種は, Y-90, Ba-137m で, それ以降 2,000 年程度まで Am-241 が, それ以降 10 万年程度までは Pu-240, Pu-239 が, それ以降は Np-237, U-233 が支配する。グループ 3 は, 2,000 年程度まで発熱量を支配する核種が Am-241 であり, それ以降はグループ 2, 4 と同じである。

# 第 3 章

—付録資料—

## 付録 3-1 「安全確保構想 2009」の「閉鎖後長期の安全確保」の考え方に対する地層処分低レベル放射性廃棄物の処分概念の適合性について(3.1)

1. 地層処分低レベル放射性廃棄物が高レベル放射性廃棄物と異なる処分概念を有している背景	1
2. 「安全確保構想 2009」で示されている「閉鎖後長期の安全確保」に関する考え方	1
2.1 IAEA の安全確保の考え方	2
2.2 「閉鎖後長期の安全確保」の要件	6
2.3 「閉じ込め」、「隔離」と、「多重バリア」、「安全機能」との関係と地層処分低レベル放射性廃棄物の適合性の検討	7
付録 3-1 参考文献	10
付表 3.1-1 IAEA の安全要件の仮訳とその解釈	4
付表 3.1-2 「閉じ込め」、「隔離」と安全機能などの関係	7

## 「安全確保構想 2009」の「閉鎖後長期の安全確保」の考え方に対する地層処分低レベル放射性廃棄物の処分概念の適合性について

ここでは、地層処分低レベル放射性廃棄物が高レベル放射性廃棄物と異なる処分概念を有している背景を踏まえ、「安全確保構想 2009」（原子力発電環境整備機構，2010）の「閉鎖後長期の安全確保」の考え方に対する地層処分低レベル放射性廃棄物の処分概念の適合性について検討する。検討においては、IAEA の安全確保の考え方を参照し、「安全確保構想 2009」の「閉鎖後長期の安全確保」に関する考え方を整理し、「閉鎖後長期の安全確保」のための要件を設定するとともに、要件と安全機能などの関係を踏まえ、地層処分低レベル放射性廃棄物の処分概念の適合性を検討する。

### 1. 地層処分低レベル放射性廃棄物が高レベル放射性廃棄物と異なる処分概念を有している背景

地層処分低レベル放射性廃棄物の処分概念が高レベル放射性廃棄物の処分概念と異なる主要な理由は、以下のとおりである。

本文の第 2 章および付録 2.3 で示したように、地層処分低レベル放射性廃棄物の放射エネルギーは高レベル放射性廃棄物に比べて 1～2 桁程度小さい。また、処分の安全性を支配する核種は地層処分低レベル放射性廃棄物の場合は I-129 であるのに対して、高レベル放射性廃棄物の場合は Cs-135 となっている。

I-129 や Cs-135 以外のアクチニドなどは基本的に難溶解性核種で、比較的収着が期待できる核種である。そのため、緩衝材を敷設することによる沈殿と収着により効果的に核種の移行を抑制することができる。そのため、高レベル放射性廃棄物の処分においては、緩衝材を敷設し、これらの核種の移行を抑制している。一方、地層処分低レベル放射性廃棄物の場合は、高レベル放射性廃棄物に比べてこれらの核種の放射エネルギーが低いことから、緩衝材を敷設しないバリア構成を起点とし、グループごとに、ほかの核種の特性を考慮することで、バリア構成を決めている。具体的には、グループ 1 やグループ 2 については、溶解性、非収着性の I-129 や C-14 の移行を抑制するため、拡散による移行抑制を期待し、緩衝材を敷設し、グループ 3、4 については、I-129 や C-14 を含むものの、それらの影響が小さいため、緩衝材を敷設しない概念としている。

### 2. 「安全確保構想 2009」で示されている「閉鎖後長期の安全確保」に関する考え方

「安全確保構想 2009」で示されている「閉鎖後長期の安全確保」に関する考え方は以下のとおりである。

NUMO では、放射性廃棄物が長期にわたり人間とその生活環境に有意な影響を及ぼさないようにするため、IAEA の放射性廃棄物処分にかかわる安全基準（SSR-5 : DS354）（IAEA，2009）に示されている安全確保の考えを踏まえ、以下の考え方を「閉鎖後長期の安全確保」の考え方としている。

「放射性廃棄物を閉じ込め、人間の生活環境から隔離することを基本とし、対象廃棄物を安定な地下深部に埋設し、人工バリアと天然バリアから構成される多重バリアシステムによって地層処分の安全を確保する。そして、このような閉じ込めと隔離の組み合わせにより、人間の生活圏への放

放射性核種の移行を放射線学的に容認できる量に制限する。」

以下、「安全確保構想 2009」の「閉鎖後長期の安全確保」に関する考え方において参照した IAEA の安全確保の考え方について整理する。

## 2.1 IAEA の安全確保の考え方

IAEA の放射性廃棄物処分にかかわる安全基準 (SSR-5 : DS354) (IAEA, 2009) では、処分の概念 (目的) や安全確保の考え方, 安全機能, 閉じ込め, 隔離などの意味・内容を説明・規定している。これらの内容を付表 3.1-1 に示す。

ここでは、この IAEA の文書を、以下のように解釈した。

- ▶ サイト選定および処分施設の設計, 操業は, 多重の安全機能によって安全性が確保されるようになされるべきである。
- ▶ サイト選定および処分施設の設計, 操業は, 「閉じ込め」および「隔離」を確保するようになされるべきである (安全戦略)。
- ▶ 「閉じ込め」および「隔離」は, 多重バリア (廃棄体やパッケージ, 埋め戻し材, 設置場所の環境, 設置場所の周辺地層などの物理的な実在物) によって確保される。
- ▶ 多重バリアに期待される性能が安全機能である。
- ▶ 安全機能は, 低透水性や腐食, 溶解, 溶出速度, 溶解の抑制, 放射性核種の保持, 放射性核種の移行遅延などの, 放射性核種の「閉じ込め」や「隔離」に寄与する物理的・化学的特性によって確保される。
- ▶ 物理的・化学的特性によって確保される安全機能を有する多重バリアによって「閉じ込め」および「隔離」が確保されるようにサイト選定が行われ, 処分施設の設計, 操業が行われるようにすべきである (安全戦略)。
- ▶ 閉じ込めは, 放射性核種の放出を防止あるいは最小化するように設計することを意味し, 人工バリアの特性や天然バリアの特性の両方によって確保される。
- ▶ 閉じ込め (廃棄体内への閉じ込め+人工バリア内での閉じ込め) に対する要求事項。
  - ✓ 短半減期核種の大部分がサイト内において崩壊することを保証する。
  - ✓ 高レベル放射性廃棄物に対しては, 放射性崩壊による熱発生が実質的に減少した後にのみ処分システムの外側への核種の移行が起こるということを保証しなければならない。
  - ✓ 低レベル放射性廃棄物に対する閉じ込めは数百年のオーダーかもしれない。
  - ✓ 高レベル放射性廃棄物に対する閉じ込めは数千年となるかもしれない。
- ▶ 閉じ込め機能は廃棄物のタイプや処分システム全体に対して適切になされる安全評価によって例示されなければならない。



- 浅地中処分施設に対する隔離は、処分施設の配置と設計や操業と制度的管理によって確保される。地層処分に対しては、隔離は主に、地層によって確保される。
- 隔離は、廃棄物を保持し、その危険性を人間が接近可能な状態にある生物圏から離すような設計を意味する（隔離と保持の確保）。また、処分施設の健全性を低減させる因子の影響を最小化するような設計を意味する（熱的、化学的、力学的影響の回避）。また、処分施設からの核種の移行が極めてゆっくりであることを確保することも意味する（低流速場の確保）。
- 安定な地層への処分施設の配置は侵食や氷河作用等の地形学的なプロセスの影響からの施設の防御を確保するとともに、既知の重要な鉱物資源の地域やほかの価値のある資源の地域から離れた位置に配置することを意味する（長期の自然現象からの擾乱の回避と有用資源のあるサイトの回避）。
- 適切な隔離が維持できなくなるような隆起・侵食や氷河作用等の現象が起きる時間スケールにおいて、廃棄物中の残存量が有意な場合は、人間侵入の可能性が評価されなければならない。ただし、将来の遠い時期において基準を適用することにおいては慎重な対応が必要である。

これらの整理を踏まえ、「閉じ込め」「隔離」と「多重バリア」、「安全機能」、「物理的・化学的特性」、「適切なサイト選定と設計」の関係を以下のように理解することとする。

- ・「閉じ込めおよび隔離」 > 「多重バリア」（「安全機能」） > 「物理的・化学的特性」
- ・「閉じ込めおよび隔離」は安定な地層への適切な処分施設の配置（適切なサイト選定と設計）によって確保される。

付表 3.1-1 IAEA の安全要件の仮訳とその解釈 (1/2)

項目	段落番号など	内容	解釈
放射性廃棄物の処分に関連する概念	1.8	処分という言葉は、廃棄物を回収するという意図は持たずに、任意の施設または場所に放射性廃棄物を定置することをいう。処分概念のオプションは、受動的な工学および天然の特性を使用して、廃棄物を閉じ込め、廃棄物を人間が接近可能な状態にある生物圏から廃棄物の危険性に依拠して必要とされる程度まで隔離するよう設計される。	処分は回収の意図を持たずに、任意の施設または場所に放射性廃棄物を定置すること。処分概念は、受動的な工学および天然の特性を使用して、廃棄物を閉じ込め、隔離するよう設計される。
	1.11	処分施設に対する多くの設計オプションが構築され、さまざまなタイプの処分施設が多くの国において建設され、また、操業している。これらの設計オプションはそれらが受け入れるであろう放射性廃棄物に見合ったそれぞれ異なる閉じ込め能力や隔離能力をもっている。処分に特有の目的は以下の通りである。 — 廃棄物を閉じ込めること — 人間が接近可能な状態にある生物圏から廃棄物を隔離し、廃棄物に対する意図しない人間侵入の見込みや全ての起こりうる影響を実質的に低減させること。 — いかなる時でも、廃棄物から人間が接近可能な状態にある生物圏への核種の移行を抑制、低減、遅らせること。 — 処分施設からの核種の移行によって、人間が接近可能な状態にある生物圏に到達する放射性核種の量が、その放射性核種によって起こりうる放射線学的な影響が、全ての時間において、容認されるような低いレベルにあるようにすること。	処分の目的  ・閉じ込め ・隔離 ・核種移行の抑制、低減、遅延 ・放射線学的影響の容認できる低いレベルへの制限
	1.12	上述の目的のそれぞれの重要性和それらが達成される方法や達成の程度のバランスは廃棄物の特性や処分施設のタイプに依存して変化する。(1.12)	「処分の目的の重要性」や「目的を達成する方法」、「達成の程度」のバランスは廃棄物の特性や処分施設のタイプに依存する。
	1.13	処分施設は全ての時間にわたっての廃棄物の完全な閉じ込めや隔離を確保することを期待していない。このようなことは、実行的なことでもないし、時間とともに減衰する廃棄物の危険性に対して必要とされることでもない。	
安全原則	2.2	現在、IAEAの基本安全目標(電離放射線の有害な影響から人間と環境を防護すること)を達成するために採用されている放射性廃棄物の処分に関する安全確保の考え方(戦略)は、「廃棄物を閉じ込めること」と、「必要とする程度まで、人間が接近可能な状態にある生物圏から廃棄物を隔離すること」である。	「廃棄物を閉じ込めること」と、「必要とする程度まで、人間が接近可能な状態にある生物圏から廃棄物を隔離すること」は、放射性廃棄物の処分に関する安全確保の考え方(戦略)である。
処分場の安全性に対する受動的手段	安全要件5	事業者は、安全性が十分到達可能なレベルになるような受動的な手段によって保証され、閉鎖後に取られる活動の必要性が最小化されるような方法によって、処分サイトの評価を行うべきであり、処分場を設計、建設、操業、閉鎖すべきである。	「閉じ込める」と、「隔離」という、放射性廃棄物の処分に関する安全確保の考え方を満たすように、処分サイトの評価を行うべきであり、処分場を設計、建設、操業、閉鎖すべきである。この際の方法は安全性が十分到達可能なレベルになるような受動的な手段によって保証され、閉鎖後に取られる活動の必要性が最小化されるような方法でなければならない。
多重の安全機能	安全要件7	多重の安全機能によって安全性が確保されることを保証するように、処分場のサイト環境が選定され、処分施設の人工バリアが設計され、処分施設が操業されるようにすべきである。廃棄物の閉じ込めや隔離は処分システムに存在する多くの物理的なバリアによって確保されるべきである。これらの物理的バリアの性能はさまざまな操業上の管理(能動的管理)とともに、多様な物理・化学的プロセスによって達成される。個々のバリアや管理の能力、並びにセーフティケースにおいて仮定されているような、発揮すべき処分システム全体の能力が例示されるべきである。処分システムの全体性能は一つの安全機能に過度に依存しないようにすべきである。	
	3.35	処分システムを構築する人工的な物理的なバリアは、廃棄物やパッケージ、埋め戻し材、設置場所の環境、設置場所の周辺地層などの物理的な実在物(=elements:要素)である。安全機能というものは、水に対する低透水性や腐食、溶解、溶出の速度、溶解度の抑制、放射性核種の保持、放射性核種の移行の遅延などの、放射性核種の閉じ込めや隔離に寄与する物理的・化学的的特性によって確保されるかもしれない。	多重バリアは、廃棄物やパッケージ、埋め戻し材、設置場所の環境、設置場所の周辺地層などの物理的な実在物(=多重の物理的バリア)
	3.36	能動的管理によってもまた、安全機能が果たされる。また、能動的管理は、天然バリアや人工バリア、さらには安全機能に関する信頼性の向上に寄与することができる。安全機能を果たす多くの物理的なバリア、あるいはほかの要素(化学的な環境要素など)の存在は、たとえ、それらのいずれかが、期待されるような十分な機能を果たせなくても(予期せぬプロセスまたは起こりえないイベントの発生によって)、十分な安全裕度が残存するという保証を与える。	
	3.37	物理的要素(=物理的なバリア)やそれらの安全機能は補完的なものであり、それらを組み合わせることによって機能すべきものである。処分システムの性能は、異なった時間全体において作用し、安全機能を果たす、このような異なった物理的要素(物理的バリア)やほかの要素(処分環境の場など)に依存している。たとえば、パッケージや処分施設設置場所の周辺地層の役割は、時間の変遷とともに変化することもかもしれない。	安全機能は、能動的な管理(監視、モニタリングなど)や個々の多様な物理・化学的プロセス(水に対する低透水性や腐食、溶解、溶出の速度、溶解度の抑制、放射性核種の保持、放射性核種の移行の遅延など)によって達成される物理的バリアあるいはほかの要素(処分環境の場など)の性能のこと。 この安全機能の発揮によって、「閉じ込めること」や「隔離すること」という安全確保の考え方(戦略)に基づく地層処分の安全が確保される。

付表 3.1-1 IAEA の安全要件の仮訳とその解釈(2/2)

項目	段落番号など	内容	解釈
	3.38	セーフティケースは機能が各々の物理的要素やほかの特性によって達成されることを説明し、正当化しなければならない。また、セーフティケースは、物理的要素やほかの特性が有している多様な安全機能や、代替安全機能あるいは付加的な安全機能が発揮される時間を同定しなければならない。この代替安全機能あるいは付加的な安全機能は、物理的要素が十分に機能を発揮しない場合、または、別の安全機能が機能は果たさない場合に利用可能となる安全機能を意味する。	
放射性廃棄物の閉じ込め	安全要件8	廃棄物に含まれる放射性核種の閉じ込めを確保するように廃棄体やパッケージを含む人工バリアは、設計されるべきであり、処分場のサイト環境は選定されるべきである。廃棄物によって引き起こされる危険性が放射性崩壊によって有意に低減するまで閉じ込めが確保されるべきである。発熱性の廃棄物の場合、廃棄物が処分システムの性能に負の影響を与えるような量の熱エネルギーを発生する間は、閉じ込めが確保されるべきである	
	3.39	放射性廃棄物の閉じ込めは放射性核種の放出を防止するあるいは最小化するように処分施設を設計すること意味する。ある種のタイプの放射性廃棄物からわずかに発生するガス状の放射性核種の放出やわずかに生じるほかの極めて移動性の高い化学種の放出は避けられないものである。けれども、そのような放出は安全評価により受容できることを例証しなければならない。閉じ込めは、廃棄体やパッケージの特性や、処分システムのほかの工学的要素や処分施設の設置場所の環境、設置場所の周辺地層の特性の両方によって確保されるかもしれない。	
	3.40	規定された期間における廃棄体やパッケージ中の放射性核種の閉じ込めは、短半減期核種の大部分がサイト内において崩壊することを保証しなければならない。低レベル放射性廃棄物に対しては、その期間は数百年のオーダーであろう。高レベル放射性廃棄物に対しては、その期間は数千年となるであろう。高レベル放射性廃棄物に対しては、また、処分システムの外側への放射性核種の移行が、放射性崩壊による熱発生が実質的に減少した後にのみ起こることが保証されなければならない。	閉じ込めの意味・内容 (ア)放射性核種の放出を防止あるいは最小化するような処分施設の設計 (イ)閉じ込めは、廃棄体やパッケージの特性、そして、処分システムのほかの工学的要素や処分施設の設置場所の環境、設置場所の周辺地層の特性の両方によって確保される。 (ウ)短半減期核種の大部分がサイト内において崩壊することを保証する。 (エ)高レベル放射性廃棄物においては、処分システム外側への放射性核種の移行が、放射性崩壊による熱発生が実質的に減少した後に起こることを保証する
	3.42	閉じ込めは、中レベル放射性廃棄物や使用済燃料の再処理から発生するガラス固化体、または、使用済燃料などのより濃度の高い放射性廃棄物に対して最も重要である。廃棄体の耐久性に対して、注意が払われなければならない。最も濃度が高い廃棄物は、短半減期核種の大部分が崩壊するのに、そして、熱の発生が実質的に減少するのに十分な長い時間、健全性が損なわれない状態に残っているように設計された容器内に設置されなければならない。そのような容器は低レベル放射性廃棄物に対しては、現実的でなく、必要でもないかもしれない。パッケージの閉じ込め能力は廃棄物のタイプや処分システム全体に対して適切になされる安全評価によって例示されなければならない。	パッケージの閉じ込め能力は廃棄物のタイプや処分システム全体に対して適切になされる安全評価によって例示されなければならない。
放射性廃棄物の隔離	安全要件9	処分施設は、人間や人間が接近可能な状態にある生物圏から、放射性廃棄物を隔離することを目的とするという特徴を確保するように立地され、設計され、操業されるべきである。その特徴は短半減期核種の場合は、数百年間、中、高レベルの廃棄物に対しては、少なくとも数千年間確保することを狙いとしている。そのような隔離の確保においては、処分システムの自然過程や施設の擾乱の原因となる事象の両方に対する考慮が与えられるべきである。	
	3.43	浅地中処分施設に対する隔離は、処分施設の配置と設計や操業と制度的管理によって確保されなければならない。地層処分に対しては、隔離は主に、処分深度に応じて決まる処分施設の設置場所周辺の地層によって確保される。	
	3.44	隔離は、廃棄物を保持し、その危険性を人間が接近可能な状態にある生物圏から離すように設計することを意味する。また、処分施設の健全性を低減させる因子の影響を最小化するような設計を意味する。高透水性を有するサイトやそのような状態になる配置は避けなければならない。浅地中処分に対する制度的管理に対する違反などを除いて、廃棄物への接近が困難な状態にすべきである。隔離はまた、処分施設からの核種の移行が極めてゆっくりであることを確保することも意味する。	隔離の意味・内容 (ア)廃棄物を保持し、その危険性を生物圏から離すように設計すること (イ)処分施設の健全性を低減させる因子の影響を最小化するよう設計すること (ウ)廃棄物への接近が困難な状態にすること (エ)処分施設からの核種の移行が極めてゆっくりであることを確保すること
	3.45	安定な地層への処分施設の配置は侵食や水河作用などの地形学的なプロセスの影響からの施設の防御を確保する。処分施設は既知の重要な鉱物資源の地域やほかの価値のある資源の地域から離れた位置に配置されなければならない。このことは、施設に対する意図しない擾乱の起こりやすさを低減させ、資源開発ができなくなるような事態を回避する。	・安定な地層への処分施設の配置 (THMCGの安定の確保)
	3.46	いくつかのケースでは、隆起・侵食や水河作用などの現象により、人間が接近可能な状態にある生物圏から離すことの十分な保証を確保することが可能ではないかもしれない。そのような場合、廃棄物中の残存量がそのような現象が起きる時間スケールにおいて有意な場合は、隔離の程度を決定する際に、人間侵入の可能性が評価されなければならない。	
	3.47	数千年もしくはそれ以上の期間にわたって、地層処分施設(または、ボアホール施設などの長半減期核種を含むかもしれないほかの施設)の廃棄物からの長半減期核種やより移動性の高い放射性核種が移行することは避けられないかもしれない。そのような起こりうる核種放出の評価に適用される安全基準が2章の2.15段落に設定されている。将来の遠い時期において基準を適用することにおいては慎重な対応が必要である。そのような時間スケールを超えると、線量評価に係る不確実性が極めて大きくなり、基準はもはや意思決定の合理的な基礎を提供しないかもしれない。閉鎖後のそのような長い期間経過した時点では、線量または個人のリスクの評価よりも別の安全指標がふさわしいかもしれない。そして、それらの使用が考慮されるべきである。	

## 2.2 「閉鎖後長期の安全確保」の要件

2章で示した「安全確保構想 2009」で示されている「閉鎖後長期の安全確保」の考え方に対する地層処分低レベル放射性廃棄物の処分概念の適合性を判断するための要件について検討する。

上記の「閉鎖後長期の安全確保」の考え方より、「要件」となり得る項目として、以下の五つの項目を考える。

- ・ 「閉じ込め」
- ・ 「隔離」
- ・ 「対象廃棄物を安定な地下深部に埋設する」
- ・ 「多重バリア」
- ・ 「放射線学的影響を容認できるレベルまで抑制すること」

「閉じ込め」および「隔離」と「多重バリア」および「対象廃棄物を安定な地下深部に埋設する(適切なサイト選定と設計)」は、2.1節で整理したように、階層的な関係などにあることから、一つにまとめ、「閉鎖後長期の安全確保」の要件を以下のように二つ選定する。

①対象廃棄物を安定な地下深部に埋設し、多重バリアを構築することにより、閉じ込めと隔離を確保する

②放射線学的影響を容認できるレベルまで抑制する

ここで、「①対象廃棄物を安定な地下深部に埋設し、多重バリアを構築することにより、閉じ込めと隔離を確保する」に対しては、地層処分の安全評価の期間において発生する可能性のある火山、地震断層、隆起侵食などの自然現象からの擾乱や有用資源のある場所を回避するような適切なサイトを選定し、多重バリアを構築することにより、「閉じ込め」と「隔離」を達成していることを提示する必要がある。

適切なサイト選定と多重バリアを構築する適切な設計により、「閉じ込め」と「隔離」が達成されていることの議論を可能とするためには、「閉じ込め」と「隔離」の具体化が必要である。この具体化については、次節の2.3で述べる。

「②放射線学的影響を容認できるレベルまで抑制する」に対しては、選定したサイト条件と多重バリアを構築する適切な設計により、「閉じ込め」と「隔離」が満足されるとする前提条件のもとで安全評価を行い、それにより与えられる線量が基準を下回ることを提示する必要がある。

従って、「安全確保構想 2009」の「閉鎖後長期の安全確保」の考え方に対する地層処分低レベル放射性廃棄物の処分概念の適合性は、これら二つの要件に対する適合性の論拠により判断される。

2.3節では、処分サイトが適切に選定されていることを前提として、「閉じ込め」と「隔離」を具体化して、地層処分低レベル放射性廃棄物の処分概念が要件に適合するかどうかについて検討する。

## 2.3 「閉じ込め」、「隔離」と、「多重バリア」、「安全機能」との関係と地層処分低レベル放射性廃棄物の適合性の検討

IAEAの安全確保の考え方を参照し、「閉じ込め」、「隔離」と、「多重バリア」、「安全機能」、「物理的・化学的特性」、および「適切なサイト選定と設計」との関係を整理した結果を付表3.1-2に示す。表には、高レベル放射性廃棄物の検討結果も合わせて示す。

付表3.1-2から、既存の地層処分低レベル放射性廃棄物の処分概念では、「核種の溶出抑制」という安全機能を満足するバリアが存在しないことがわかる。従って、既存の地層処分低レベル放射性廃棄物の処分概念は、「核種の溶出抑制」という安全機能のレベルでは多重バリアの構築の条件を満たしていることにはならない。しかし、「閉じ込め」と「隔離」のレベルでは、人工バリア(充填材、緩衝材)と天然バリアからなる多重バリアの構築が満たされていることから、処分サイトが適切に選定されていることを前提とすると、既存の概念においても、地層処分低レベル放射性廃棄物は、要件①に適合していることがわかる。一方、高レベル放射性廃棄物の場合は、安全機能のレベルにおいても多重バリアの構築の条件を満たしていることがわかる。これらの違いは、「処分場の設計・施工などの適切な工学的対策」の適用の考え方が異なっていることに起因しているものである。

付表 3.1-2 「閉じ込め」、「隔離」と安全機能などの関係

安全確保戦略	多重バリア	安全機能	安全機能の発揮に係る物理化学的特性など	HLW	地層処分低レベル放射性廃棄物			
					グループ1	グループ2	グループ3	グループ4
閉じ込め	廃棄体	核種の溶出抑制	核種の放出を時間的に分散させることで放出フラックスを抑制する(溶出制限)	○	●	—	—	—
	閉じ込め容器		核種の放出を一定期間制限し、そのことにより移行時間を長くし崩壊させることで放出フラックスを抑制するとともに評価の信頼性を向上させる(封じ込め)	○	—	●	●	●
	充填材	核種の移行遅延	移行時間を長くし、崩壊させることで放出フラックスを抑制する(移行遅延)	—	○	○	○	○
	緩衝材			○	○	○	●	●
	天然バリア		核種を空間的に分散(拡散)させることで放出フラックスを抑制する(拡散・分散)	○	○	○	○	○
隔離	人工バリア	施設の健全性の低減の抑制	適切な設計(固型化を含む)による影響の最小化	○	○	○	○	○
	天然バリア	侵入抑制	安定な深地層への埋設による人間侵入の抑制	○	○	○	○	○
		場の安定	安定な深地層への埋設による環境条件(THMCG)の変化の抑制	○	○	○	○	○

THMCG T(熱), H(水理), M(力学), C(化学), G(幾何形状)  
 ○ 基本的に機能が期待されている  
 ● 必要に応じて機能を付与することを検討  
 — 効果を期待していない

IAEA の安全確保の考え方では、「処分の目的の重要性」や「目的を達成する方法」、「達成の程度」のバランスは廃棄物の特性や処分施設のタイプに依存する。”ことが示されている。このことは、「処分の目的の重要性」や「目的を達成する方法」、「達成の程度」は、「安全確保の考え方に適合するように、廃棄物の特性や処分施設のタイプに依存して設定することが可能である」ことを示唆するものである。地層処分低レベル放射性廃棄物の処分概念は、処分サイトが適切に選定されていることを前提とすると、人工バリアと天然バリアからなる多重バリアによって、「閉じ込め」と「隔離」を確保し、「閉鎖後長期の安全確保」の要件①を満足している。そのため、要件②の「放射線学的影響を容認できるレベルまで抑制すること」という要件を満たし、「閉鎖後長期の安全確保」の2つの要件に適合している場合は、処分概念の違いが顕著に表れる「安全機能」のレベルや「安全機能の発揮に係る物理化学的特性など」のレベルにおける適合性の差異は認められるものとする。

第2次 TRU レポート（電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構，2005）のレファレンスケースに対して示される最大線量は約  $2\mu\text{Sv/y}$  で、この線量のレベルは、諸外国の基準である  $100\sim 300\mu\text{Sv/y}$  を十分下回るレベルである。

目標とする線量レベルを十分下回っていることから、「放射線学的影響を容認できるレベルまで抑制すること」という要件②に適合していることになる。そのため、第2次 TRU レポートのレファレンスケースに関しては、地層処分低レベル放射性廃棄物の処分概念は、「安全機能」のレベルにおいて、高レベル放射性廃棄物の処分概念と異なるものの「安全確保構想 2009」で示されている「閉鎖後長期の安全確保」の考え方に適合していると考えられる。

しかしながら、「放射線学的影響を容認できるレベルまで抑制すること」との要件に対して、このような処分概念が適合しない場合には、処分概念などの是正が必要となる。

地層処分低レベル放射性廃棄物の処分の既存の評価（第2次 TRU レポート）では、以下の結果が示された。

- ・ より幅広い地質環境においては、現状の地層処分低レベル放射性廃棄物の処分概念では長半減期で低収着性の I-129 の影響により、安全性を確保できない可能性があることが指摘された。このようなより幅広い地質環境への柔軟な対応を可能とするため、この線量を抑制する対策が必要とされ、低溶出性の廃棄体の採用や移行抑制バリアの設置が提案された。

さらに、これまでの検討を通じて、安全確保の基本的な考え方には適合しているものの、信頼性の一層の向上の観点から、現状の概念の高度化などが必要となる事例が以下のように抽出されている。

- ・ オーバーパックを採用しない概念のため、一定期間の核種の閉じ込めが担保されない条件となっている。そのため、高発熱の状態や移行媒体の水飽和が不飽和の状態などの、処分環境が擾乱を受ける期間の核種の移行が評価されている。これまでの評価では、処分環境が定常状態に至るまでの間の擾乱を受ける過渡的な環境における核種の放出、移行挙動について詳細な評価は行わず、埋設後瞬時に核種が放出、移行することを仮定した解析を行っていた。

この仮定に基づく解析は、不飽和状態の核種移行を飽和状態と見なして解析すること、飽和状態に至るまでの時間の核種の崩壊を無視することなど、保守的な評価と考えられていた。現在、このような評価の妥当性の提示や短期の閉じ込め容器の採用が課題として認識されている。

- ・ 第2次 TRU レポートのレファレンスケースの評価では、グループ3のI-129が、放射線学的影響の観点からは無視できるレベルではあるものの、10年前後で生物圏環境に放射性核種が到達する解析結果となった。このような結果は、物理的に核種の溶出、放出を制限するバリアが設置されていないこと、そして、解析上なされている保守的な条件設定（透水量係数が $10^{-7} \text{m}^2/\text{s}$ という最速の場合で亀裂内のダルシー流速換算値が $50 \text{m/y}$ となるような経路の設定と硝酸塩の影響により、母岩、断層でI-129の収着分配係数を0とする設定）によるものである。

低溶出性廃棄体の採用や一定期間の核種の放出を制限する閉じ込め機能の採用は、これらの課題を解決し、「安全確保構想 2009」の「閉鎖後長期の安全確保」の考え方に対する地層処分低レベル放射性廃棄物の適合性を高め、頑健な処分システムとする一つの方法である。

そのため、地層処分低レベル放射性廃棄物の処分においては、今後、「安全確保構想 2009」の「閉鎖後長期の安全確保」の考え方に基づき、関連する検討を実施し、必要に応じて、効果的な対策を講じるなど、より幅広い地質環境に対応できる信頼性の高い概念を構築することとする。

### 付録 3-1 参考文献

電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構（2005）：TRU 廃棄物処分技術検討書－第 2 次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ－，JNC TY1400 2005-013，FEPC TRU-TR2 -2005-02

原子力発電環境整備機構（2010）：安全確保構想 2009～安全な地層処分の実現のために～

IAEA（2009）：Disposal of Radioactive Waste, Draft Specific Safety Requirements No.SSR-5 DS354 Draft4, International Atomic Energy Agency Vienna, Austria. 放射性廃棄物・廃止措置専門部会第 27 回 参考資料 2



# 第4章

—付録資料—

## 付録 4-1 廃棄体ごとの核種の放射能濃度 (4.2.2)

付表 4-1 廃棄体ごとの核種の放射能濃度 (Bq/t) .....	1
------------------------------------	---

付表 4-1 廃棄体ごとの核種の放射能濃度(Bq/t) (1/4)

廃棄体名称	[Bq/t]			[Bq/t]				[Bq/t]									
	グループ1		廃棄物名称	グループ2				グループ3									
	原燃再処理 操業	JAEA再処理 操業		原燃再処理 操業	JAEA再処理 操業	仏国返還廃棄物	仏国返還廃棄物	原燃再処理操業			原燃再処理解体			JAEA再処理操業			JAEA再処理 解体
	廃銀吸着材	廃銀吸着材		ハル・エン ドピース	ハル・エン ドピース	固型物収納体 (ハル等) (CSD-C)	低レベル廃液ガラス固 化体 (CSD-B)	廃棄体名称	低レベル濃 縮廃液 I (分析廃 液)	部分除染廃 液 I (機器 更新)	系統除染廃 液 (施設廃 止)	部分除染廃 液 I (施設 廃止)	溶媒洗浄廃 液 I (アス ファルト固 化体 (MA 系))	溶媒洗浄廃 液 II (スラ リー固化 体)	溶媒洗浄廃 液 III (リン 酸廃液固 化体)	二次除染廃 液スラリー 固化体	
廃棄体体積 (m <sup>3</sup> /本)	0.2	0.2	廃棄体体積 (m <sup>3</sup> /本)	0.194	0.194	0.194	0.194	廃棄体体積 (m <sup>3</sup> /本)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
廃棄体重量 (t/本)	0.365	0.365	廃棄体重量 (t/本)	0.85	0.85	0.85	0.55	廃棄体重量 (t/本)	0.43	0.43	0.43	0.43	0.28	0.38	0.32	0.38	
発生本数 (本)	1,400	193	発生本数 (本)	25,000	1,211	3,600	28	発生本数 (本)	6,272	708	311	485	16,155	1,237	594	369	
発生量 (m <sup>3</sup> )	280	39	発生量 (m <sup>3</sup> )	4,852	235	699	6	発生量 (m <sup>3</sup> )	1,256	140	63	97	3,231	248	119	74	
重量 (t)	511	70	重量 (t)	21,250	1,029	3,060	16	重量 (t)	2,697	305	134	209	4,523	470	190	140	
H-3	0.0E+00	0.0E+00	H-3	3.1E+13	1.9E+13	8.8E+13	0.0E+00	H-3	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.5E+09	1.3E+11	1.4E+09	3.9E+09	
C-14	0.0E+00	0.0E+00	C-14	2.1E+10	1.4E+10	3.3E+10	4.4E+06	C-14	1.1E+00	9.9E+05	1.2E+07	1.2E+07	9.3E+08	6.1E+09	4.0E+04	1.1E+05	
Cl-36	0.0E+00	0.0E+00	Cl-36	4.0E+08	2.3E+08	0.0E+00	1.8E+07	Cl-36	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.8E+07	3.1E+08	8.2E+02	2.3E+03	
Mn-54	0.0E+00	0.0E+00	Mn-54	0.0E+00	5.9E+11	1.9E+11	0.0E+00	Mn-54	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.2E+05	9.4E+05	5.5E+04	1.6E+05	
Fe-55	2.5E+03	0.0E+00	Fe-55	1.1E+14	7.1E+13	1.0E+14	0.0E+00	Fe-55	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.4E+07	1.2E+08	6.8E+06	1.9E+07	
Co-60	6.2E+03	0.0E+00	Co-60	5.8E+13	4.9E+13	1.8E+14	1.1E+10	Co-60	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E+09	1.1E+10	6.4E+08	1.8E+09	
Ni-59	1.0E+01	0.0E+00	Ni-59	3.3E+11	1.8E+11	0.0E+00	4.9E+07	Ni-59	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.3E+04	4.3E+05	2.5E+04	7.1E+04	
Ni-63	1.6E+03	0.0E+00	Ni-63	5.0E+13	2.5E+13	6.4E+13	0.0E+00	Ni-63	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.3E+06	6.0E+07	3.5E+06	9.8E+06	
Se-79	7.3E+02	0.0E+00	Se-79	9.5E+07	4.6E+07	3.2E+08	1.6E+09	Se-79	8.2E-01	7.2E+05	8.8E+06	8.8E+06	2.9E+05	2.4E+06	1.2E+06	3.4E+06	
Sr-90	1.2E+08	0.0E+00	Sr-90	1.5E+13	7.8E+12	6.8E+13	4.5E+13	Sr-90	1.3E+05	1.2E+11	1.5E+12	1.5E+12	6.3E+10	5.2E+11	2.1E+11	6.0E+11	
Y-90	1.2E+08	0.0E+00	Y-90	1.5E+13	7.8E+12	6.8E+13	4.5E+13	Y-90	1.3E+05	1.2E+11	1.5E+12	1.5E+12	6.3E+10	5.2E+11	2.1E+11	6.0E+11	
Zr-93	3.3E+03	0.0E+00	Zr-93	1.3E+10	1.2E+10	2.1E+10	0.0E+00	Zr-93	3.6E+00	3.2E+06	3.9E+07	3.9E+07	1.4E+06	1.1E+07	5.6E+06	1.6E+07	
Nb-94	6.2E+03	0.0E+00	Nb-94	1.2E+11	5.6E+10	0.0E+00	0.0E+00	Nb-94	2.6E-04	2.3E+02	2.8E+03	2.8E+03	7.5E+01	6.1E+02	3.1E+02	8.7E+02	
Mo-93	7.0E-02	0.0E+00	Mo-93	2.5E+09	9.9E+08	0.0E+00	0.0E+00	Mo-93	1.1E-03	9.9E+02	1.2E+04	1.2E+04	3.0E+02	2.5E+03	1.3E+03	3.5E+03	
Tc-99	0.0E+00	0.0E+00	Tc-99	2.9E+10	1.8E+09	1.4E+10	4.2E+10	Tc-99	2.5E+01	2.2E+07	2.7E+08	2.7E+08	3.0E+07	2.4E+08	4.0E+07	1.1E+08	
Ru-106	2.7E+07	0.0E+00	Ru-106	1.2E+14	1.6E+12	6.2E+12	4.1E+11	Ru-106	2.3E+05	2.0E+11	2.4E+12	2.4E+12	3.2E+10	2.7E+11	4.4E+10	1.2E+11	
Rh-106	2.7E+07	0.0E+00	Rh-106	1.2E+14	1.6E+12	6.2E+12	4.1E+11	Rh-106	2.3E+05	2.0E+11	2.4E+12	2.4E+12	3.2E+10	2.7E+11	4.4E+10	1.2E+11	
Pd-107	2.0E+02	0.0E+00	Pd-107	2.4E+07	8.6E+06	0.0E+00	0.0E+00	Pd-107	2.1E-01	1.9E+05	2.3E+06	2.3E+06	1.7E+05	1.4E+06	2.3E+05	6.6E+05	
Ag-108m	0.0E+00	0.0E+00	Ag-108m	1.0E+08	2.4E+07	0.0E+00	0.0E+00	Ag-108m	5.4E-05	4.8E+01	5.8E+02	5.8E+02	6.7E+03	5.5E+04	9.0E+03	2.5E+04	
Sn-126	1.4E+03	0.0E+00	Sn-126	1.7E+08	7.1E+07	0.0E+00	0.0E+00	Sn-126	1.5E+00	1.3E+06	1.6E+07	1.6E+07	4.7E+05	3.8E+06	1.9E+06	5.4E+06	
Sb-125	8.7E+06	0.0E+00	Sb-125	5.6E+13	2.4E+13	5.9E+13	2.3E+11	Sb-125	9.5E+03	8.4E+09	1.0E+11	1.0E+11	7.8E+09	6.4E+10	1.1E+10	3.0E+10	
I-129	1.1E+11	3.1E+08	I-129	7.0E+06	3.1E+06	3.1E+07	2.3E+06	I-129	3.1E-03	2.7E+03	3.3E+04	3.3E+04	8.3E+07	6.5E+08	2.6E+03	7.2E+03	
Cs-134	0.0E+00	0.0E+00	Cs-134	1.1E+13	2.4E+12	1.2E+13	5.3E+10	Cs-134	9.3E+04	8.2E+10	1.0E+12	1.0E+12	8.7E+09	7.2E+10	6.6E+10	1.9E+11	
Cs-135	8.0E+02	0.0E+00	Cs-135	9.7E+07	4.6E+07	4.2E+08	1.6E+09	Cs-135	8.5E-01	7.5E+05	9.2E+06	9.2E+06	3.0E+05	2.5E+06	1.2E+06	3.5E+06	
Cs-137	1.7E+08	0.0E+00	Cs-137	2.1E+13	9.9E+12	7.6E+13	1.6E+14	Cs-137	1.9E+05	1.7E+11	2.0E+12	2.0E+12	6.5E+10	5.3E+11	2.7E+11	7.6E+11	
Ba-137m	1.6E+08	0.0E+00	Ba-137m	2.0E+13	9.3E+12	7.4E+13	1.5E+14	Ba-137m	1.8E+05	1.6E+11	1.9E+12	1.9E+12	6.1E+10	5.0E+11	2.6E+11	7.2E+11	
Ce-144	5.2E+07	0.0E+00	Ce-144	6.5E+12	1.8E+12	7.6E+11	2.5E+11	Ce-144	5.7E+04	5.0E+10	6.1E+11	6.1E+11	1.5E+10	1.2E+11	4.9E+10	1.4E+11	
Pr-144	5.2E+07	0.0E+00	Pr-144	6.5E+12	1.8E+12	7.6E+11	2.5E+11	Pr-144	5.7E+04	5.0E+10	6.1E+11	6.1E+11	1.2E+10	9.6E+10	4.9E+10	1.4E+11	
Sm-151	5.6E+05	0.0E+00	Sm-151	7.0E+10	4.4E+10	3.5E+11	0.0E+00	Sm-151	6.1E+02	5.4E+08	6.6E+09	6.6E+09	2.9E+08	2.4E+09	1.2E+09	3.3E+09	
Eu-154	1.5E+07	0.0E+00	Eu-154	1.9E+12	4.5E+11	4.5E+12	6.8E+11	Eu-154	1.6E+04	1.4E+10	1.8E+11	1.8E+11	3.0E+09	2.4E+10	1.2E+10	3.4E+10	
Pu-241	1.8E+08	0.0E+00	Pu-241	1.5E+13	8.8E+12	8.8E+13	1.8E+08	Pu-241	2.5E+07	2.2E+13	2.6E+14	2.6E+14	1.8E+09	5.2E+09	2.4E+11	6.8E+11	
Am-242m	1.4E+04	0.0E+00	Am-242m	1.1E+09	1.1E+09	0.0E+00	0.0E+00	Am-242m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E+08	3.5E+08	2.9E+07	8.1E+07	
U-233	0.0E+00	0.0E+00	U-233	2.3E+05	1.3E+05	0.0E+00	0.0E+00	U-233	4.0E+01	1.0E+03	3.7E+03	3.7E+03	1.7E+01	5.2E+01	7.0E+01	2.0E+02	
U-234	1.6E+03	0.0E+00	U-234	7.4E+06	2.2E+08	0.0E+00	1.5E+07	U-234	1.9E+06	4.9E+07	1.8E+08	1.8E+08	1.5E+06	4.4E+06	6.0E+06	1.7E+07	
U-235	2.8E+01	0.0E+00	U-235	2.5E+06	4.0E+06	0.0E+00	3.4E+06	U-235	3.3E+04	8.6E+05	3.1E+06	3.1E+06	2.7E+04	8.1E+04	1.1E+05	3.1E+05	
U-236	4.9E+02	0.0E+00	U-236	4.4E+07	3.6E+07	0.0E+00	2.5E+07	U-236	5.7E+05	1.5E+07	5.4E+07	5.4E+07	2.4E+05	7.3E+05	1.0E+06	2.8E+06	
U-238	4.0E+02	0.0E+00	U-238	3.7E+07	4.0E+07	0.0E+00	7.9E+07	U-238	4.7E+05	1.2E+07	4.5E+07	4.5E+07	2.6E+05	8.0E+05	1.1E+06	3.0E+06	
Np-237	0.0E+00	0.0E+00	Np-237	5.6E+07	3.4E+07	2.2E+08	2.6E+10	Np-237	7.2E+05	1.9E+07	6.8E+07	6.8E+07	2.3E+05	6.9E+05	9.3E+05	2.6E+06	
Pu-238	5.2E+06	0.0E+00	Pu-238	4.8E+11	1.7E+11	3.3E+12	2.5E+11	Pu-238	1.4E+10	3.6E+11	1.3E+12	1.3E+12	3.6E+07	1.0E+08	4.7E+09	1.3E+10	
Pu-239	4.6E+05	0.0E+00	Pu-239	4.2E+10	3.8E+10	2.1E+11	7.8E+10	Pu-239	1.2E+09	3.1E+10	1.1E+11	1.1E+11	2.5E+08	7.6E+08	1.0E+09	2.9E+09	
Pu-240	6.9E+05	0.0E+00	Pu-240	6.7E+10	4.6E+10	3.6E+11	9.8E+10	Pu-240	1.9E+09	5.0E+10	1.8E+11	1.8E+11	3.0E+08	9.2E+08	1.3E+09	3.5E+09	
Pu-242	3.0E+03	0.0E+00	Pu-242	2.8E+08	1.1E+08	2.0E+09	2.6E+08	Pu-242	8.1E+06	2.1E+08	7.6E+08	7.6E+08	7.0E+05	2.1E+06	2.9E+06	8.1E+06	
Am-241	1.5E+06	0.0E+00	Am-241	1.3E+11	8.9E+10	5.3E+11	1.8E+10	Am-241	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.1E+10	2.4E+09	6.8E+09	6.8E+09	
Am-243	3.3E+04	0.0E+00	Am-243	3.1E+09	7.2E+08	5.3E+11	1.8E+10	Am-243	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.8E+07	2.4E+08	2.0E+07	5.5E+07	
Cm-244	3.9E+06	0.0E+00	Cm-244	3.6E+11	4.5E+10	2.4E+12	7.9E+11	Cm-244	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.3E+08	1.2E+09	1.2E+09	3.5E+09	
Cm-245	4.1E+02	0.0E+00	Cm-245	3.8E+07	3.1E+06	0.0E+00	2.0E+08	Cm-245	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.2E+05	9.6E+05	8.4E+04	2.3E+05	

付表 4-1 廃棄体ごとの核種の放射能濃度 (Bq/t) (2/4)

[Bq/t]

廃棄体名称	グループ4																						
	原燃再処理操業							原燃MOX操業							原燃再処理解体					原燃MOX解体			
	焼却灰+ハ ル缶水	ハ ル缶水	不燃物 I (特殊機器 廃品等)	不燃物 I (G B パネ ル)	不燃物 I (機器廃品 等)	不燃物 I (機器更 新)	不燃物 I (溶融炉)	焼却灰 (グ ローブボッ クス内)	焼却灰 (二 次廃棄物)	不燃物 I (溶融)	不燃物 I (機器更新 「一次廃棄 物」)	不燃物 I (機器更新 「二次廃棄 物」)	不燃物 I (溶融以 外)	不燃物 I (G B パネ ル)	不燃物 I (溶融)	不燃物 I (圧縮)	不燃物 I (溶融以 外)	焼却灰	不燃物 I (溶融「一 次廃棄 物」)	不燃物 I (溶融「二 次廃棄 物」)	不燃物 I (G B パネ ル)		
廃棄体体積 (m <sup>3</sup> /本)	0.2	0.2	3.1	3.1	0.2	0.2	0.38	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	3.1	0.2	0.2	3.1	0.2	0.2	0.2	3.1		
廃棄体重量 (t/本)	0.43	0.43	11.5	9	0.88	0.88	0.91	0.43	0.43	0.88	0.88	0.88	0.57	9	0.88	0.57	9	0.43	0.88	0.88	9		
発生本数 (本)	1,556	3,440	196	16	4,104	8	1,080	1,220	424	500	1,632	140	84	16	351	488	17	588	2,477	192	24		
発生量 (m <sup>3</sup> )	312	688	608	48	820	2	412	244	84	100	328	28	16	48	70	98	53	118	496	39	75		
重量 (t)	670	1,480	2,254	144	3,612	8	983	525	183	440	1,436	124	48	144	309	279	153	253	2,180	169	216		
H-3	0.0E+00	0.0E+00	3.3E+08	4.3E+08	5.3E+10	1.5E+09	3.1E+10	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.5E+09	5.7E+08	4.3E+08	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00		
C-14	0.0E+00	0.0E+00	8.7E+05	1.1E+06	1.4E+08	3.9E+06	2.1E+09	1.2E-01	1.2E-01	8.6E-02	1.5E-02	4.3E-02	1.9E-02	1.4E-03	3.9E+06	1.5E+06	1.1E+06	1.2E-01	1.5E-02	4.3E-02	1.4E-03		
Cl-36	8.1E+02	7.7E+02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00		
Mn-54	2.3E+11	2.2E+11	1.3E+08	1.7E+08	2.1E+10	5.9E+08	3.3E+11	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.9E+08	2.2E+08	1.7E+08	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00		
Fe-55	1.9E+13	1.9E+13	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00		
Co-60	4.5E+13	4.3E+13	1.3E+08	1.7E+08	2.1E+10	5.9E+08	3.3E+11	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.9E+08	2.2E+08	1.7E+08	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00		
Ni-59	2.7E+10	2.6E+10	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00		
Ni-63	4.0E+12	3.8E+12	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00		
Sa-79	3.8E+07	3.6E+07	6.4E+05	8.3E+05	1.0E+08	2.9E+06	1.6E+09	9.2E-02	9.2E-02	6.3E-02	1.1E-02	3.1E-02	1.4E-02	1.1E-03	2.9E+06	1.1E+06	8.3E+05	9.2E-02	1.1E-02	3.1E-02	1.1E-03		
Sr-90	6.2E+12	5.9E+12	1.1E+11	1.4E+11	1.7E+13	4.8E+11	2.6E+14	1.5E+04	1.5E+04	1.0E+04	1.8E+03	5.2E+03	2.3E+03	1.7E+02	4.8E+11	1.8E+11	1.4E+11	1.5E+04	1.8E+03	5.2E+03	1.7E+02		
Y-90	6.2E+12	5.9E+12	1.1E+11	1.4E+11	1.7E+13	4.8E+11	2.6E+14	1.5E+04	1.5E+04	1.0E+04	1.8E+03	5.2E+03	2.3E+03	1.7E+02	4.8E+11	1.8E+11	1.4E+11	1.5E+04	1.8E+03	5.2E+03	1.7E+02		
Zr-93	3.3E+09	3.2E+09	2.9E+06	3.7E+06	4.6E+08	1.3E+07	6.9E+08	4.1E-01	4.1E-01	2.8E-01	4.9E-02	1.4E-01	6.1E-02	4.7E-03	1.3E+07	4.9E+06	3.7E+06	4.1E-01	4.9E-02	1.4E-01	4.7E-03		
Nb-94	1.2E+04	1.1E+04	2.0E+02	2.6E+02	3.3E+04	9.2E+02	4.9E+05	2.9E-05	2.9E-05	2.0E-05	3.5E-06	9.9E-06	4.3E-06	3.3E-07	9.2E+02	3.5E+02	2.6E+02	2.9E-05	3.5E-06	9.9E-06	3.3E-07		
Mo-93	2.6E+02	2.4E+02	8.8E+02	1.1E+03	1.4E+05	4.0E+03	6.7E+04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.0E+03	1.5E+03	1.1E+03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00		
Tc-99	7.4E+08	7.1E+08	2.0E+07	2.6E+07	3.2E+09	8.9E+07	9.3E+10	2.3E+07	2.3E+07	1.6E+07	2.7E+06	7.8E+06	3.4E+06	2.6E+05	8.9E+07	3.4E+07	2.6E+07	2.3E+07	2.7E+06	7.8E+06	2.6E+05		
Ru-106	2.8E+13	2.7E+13	4.8E+10	6.2E+10	7.6E+12	2.1E+11	1.4E+14	1.0E+06	1.0E+06	7.1E+05	1.2E+05	3.5E+05	1.5E+05	1.2E+04	2.1E+11	8.1E+10	6.2E+10	1.0E+06	1.2E+05	3.5E+05	1.2E+04		
Rh-106	2.8E+13	2.7E+13	4.8E+10	6.2E+10	7.6E+12	2.1E+11	1.4E+14	1.0E+06	1.0E+06	7.1E+05	1.2E+05	3.5E+05	1.5E+05	1.2E+04	2.1E+11	8.1E+10	6.2E+10	1.0E+06	1.2E+05	3.5E+05	1.2E+04		
Pd-107	9.7E+06	9.3E+06	1.7E+05	2.2E+05	2.6E+07	7.4E+05	4.0E+08	2.4E-02	2.4E-02	1.6E-02	2.8E-03	8.1E-03	3.5E-03	2.7E-04	7.4E+05	2.8E+05	2.2E+05	2.4E-02	2.8E-03	8.1E-03	2.7E-04		
Ag-108m	1.3E+04	1.3E+04	4.2E+01	5.5E+01	6.8E+03	1.9E+02	1.0E+05	6.9E-06	6.9E-06	4.2E-06	7.2E-07	2.1E-06	9.0E-07	7.0E-08	1.9E+02	7.2E+01	5.5E+01	6.9E-06	7.2E-07	2.1E-06	7.0E-08		
Sr-126	6.8E+07	6.5E+07	1.2E+06	1.5E+06	1.9E+08	5.2E+06	2.8E+09	1.6E-01	1.6E-01	1.1E-01	1.7E-02	5.6E-02	2.5E-02	1.9E-03	5.2E+06	2.0E+06	1.5E+06	1.6E-01	2.0E-02	5.6E-02	1.9E-03		
Sb-125	1.4E+13	1.3E+13	7.4E+09	9.7E+09	1.2E+12	3.3E+10	1.8E+13	1.1E+03	1.1E+03	7.3E+02	1.3E+02	3.6E+02	1.6E+02	1.2E+01	3.3E+10	1.3E+10	9.7E+09	1.1E+03	1.3E+02	3.6E+02	1.2E+01		
I-129	0.0E+00	0.0E+00	2.4E+03	3.1E+03	3.8E+05	1.1E+04	2.9E+06	3.4E-04	3.4E-04	2.4E-04	4.1E-05	1.2E-04	5.1E-05	3.9E-06	1.1E+04	4.1E+03	3.1E+03	3.4E-04	4.1E-05	1.2E-04	3.9E-06		
Cs-134	1.3E+13	1.2E+13	7.3E+10	9.5E+10	1.2E+13	3.3E+11	1.8E+14	1.0E+04	1.0E+04	7.2E+03	1.2E+03	3.6E+03	1.6E+03	1.2E+02	3.3E+11	1.2E+11	9.5E+10	1.0E+04	1.2E+03	3.6E+03	1.2E+02		
Cs-135	1.2E+08	1.1E+08	6.7E+05	8.7E+05	1.1E+08	3.0E+06	1.6E+09	9.5E-02	9.5E-02	6.6E-02	1.1E-02	3.3E-02	1.4E-02	1.1E-03	3.0E+06	1.1E+06	8.7E+05	9.5E-02	1.1E-02	3.3E-02	1.1E-03		
Cs-137	2.6E+13	2.5E+13	1.5E+11	1.9E+11	2.4E+13	6.6E+11	3.6E+14	2.1E+04	2.1E+04	1.5E+04	2.5E+03	7.2E+03	3.0E+03	2.4E+02	6.6E+11	2.5E+11	1.9E+11	2.4E+02	2.5E+03	7.2E+03	2.4E+02		
Ba-137m	2.4E+13	2.3E+13	1.4E+11	1.8E+11	2.2E+13	6.3E+11	3.4E+14	2.0E+04	2.0E+04	1.4E+04	2.4E+03	6.8E+03	3.0E+03	2.3E+02	6.3E+11	2.4E+11	1.8E+11	2.0E+04	2.4E+03	6.8E+03	2.3E+02		
Ce-144	2.6E+12	2.5E+12	4.5E+10	5.8E+10	7.1E+12	2.0E+11	1.1E+14	6.4E+03	6.4E+03	4.4E+03	7.6E+02	2.2E+03	9.5E+02	7.3E+01	2.0E+11	7.6E+10	5.8E+10	6.4E+03	7.6E+02	2.2E+03	7.3E+01		
Pr-144	2.6E+12	2.5E+12	4.5E+10	5.8E+10	7.1E+12	2.0E+11	1.1E+14	6.4E+03	6.4E+03	4.4E+03	7.6E+02	2.2E+03	9.5E+02	7.3E+01	2.0E+11	7.6E+10	5.8E+10	6.4E+03	7.6E+02	2.2E+03	7.3E+01		
Sm-151	2.8E+10	2.7E+10	4.8E+08	6.2E+08	7.6E+10	2.2E+09	1.2E+12	6.4E+01	6.8E+01	4.7E+01	8.1E+00	2.3E+01	1.0E+01	7.9E-01	2.2E+09	8.1E+08	6.2E+08	6.8E+01	8.1E+00	2.3E+01	7.9E-01		
Eu-154	7.5E+11	7.2E+11	1.3E+10	1.7E+10	2.1E+12	5.8E+10	3.1E+13	1.8E+03	1.8E+03	1.3E+03	2.2E+02	6.3E+02	2.7E+02	2.1E+01	5.8E+10	2.2E+10	1.7E+10	1.8E+03	2.2E+02	6.3E+02	2.1E+01		
Pu-241	8.1E+11	7.7E+11	1.5E+11	2.0E+11	2.5E+13	6.9E+11	2.0E+12	2.6E+13	2.6E+13	1.8E+13	3.1E+12	8.9E+12	3.0E+12	6.9E+11	2.0E+11	2.6E+11	2.0E+11	2.6E+13	3.1E+12	8.9E+12	3.0E+11		
Am-242m	2.1E+10	2.0E+10	1.1E+09	1.4E+09	1.7E+11	4.8E+09	4.8E+12	1.6E+09	1.6E+09	1.1E+09	1.9E+08	5.3E+08	2.3E+08	1.8E+07	4.8E+09	1.8E+09	1.4E+09	1.6E+09	1.9E+08	5.3E+08	1.8E+07		
U-233	5.5E+03	4.4E+02	6.6E+01	1.3E+02	3.9E+03	2.8E+02	4.4E+02	6.6E+02	6.6E+02	5.2E+02	8.0E+01	2.6E+02	9.9E+01	8.0E+00	2.8E+02	1.1E+02	6.6E+02	8.0E+01	2.6E+02	8.0E+01	2.6E+02		
U-234	2.6E+08	2.1E+07	3.2E+06	6.3E+06	1.8E+08	1.3E+07	2.1E+07	3.2E+07	3.2E+07	2.5E+07	3.8E+06	1.2E+07	4.7E+06	3.8E+05	1.3E+07	5.1E+06	3.2E+06	3.2E+07	3.8E+06	1.2E+07	3.8E+05		
U-235	4.6E+06	3.7E+05	5.6E+04	1.1E+05	3.3E+06	2.3E+05	3.7E+05	5.6E+05	5.6E+05	4.4E+05	6.8E+04	2.2E+05	8.4E+04	6.8E+03	2.3E+05	9.1E+04	1.1E+05	5.6E+05	6.8E+04	2.2E+05	6.8E+03		
U-236	8.0E+07	6.4E+06	9.6E+05	1.9E+06	5.6E+07	4.0E+06	6.4E+06	9.6E+06	9.6E+06	7.5E+06	1.2E+06	3.8E+06	1.4E+06	1.2E+05	4.0E+06	1.6E+06	1.9E+06	9.6E+06	1.2E+06	3.8E+06	1.2E+05		
U-238	6.6E+07	5.3E+06	8.0E+05	1.6E+06	4.7E+07	3.3E+06	5.3E+06	7.9E+06	7.9E+06	6.2E+06	9.7E+05	3.1E+06	1.2E+06	9.7E+04	3.3E+06	1.3E+06	1.6E+06	7.9E+06	9.7E+05	3.1E+06	9.7E+04		
Np-237	1.0E+08	8.2E+06	1.2E+06	2.5E+06	7.1E+07	5.1E+06	2.0E+09	1.0E+05	1.0E+05	8.0E+04	1.2E+04	4.0E+04	1.5E+04	1.2E+03	5.1E+06	2.0E+06	2.5E+06	1.0E+05	1.2E+04	4.0E+04	1.2E+03		
Pu-238	7.8E+11	6.9E+10	1.0E+10	2.1E+10	6.1E+11	4.3E+10	9.4E+10	7.5E+11	7.5E+11	5.9E+11	9.1E+10	2.9E+11	1.1E+11	9.1E+09	4.3E+10	1.7E+10	2.1E+10	7.5E+11	9.1E+10	9.4E+10	9.1E+09		
Pu-239	7.6E+10	6.1E+09	9.1E+08	1.8E+09	5.3E+10	3.8E+09	8.3E+09	5.2E+10	5.2E+10	4.1E+10	6.3E+09	2.0E+10	7.8E+09	6.3E+08	3.8E+09	1.5E+09	1.8E+09	5.2E+10	6.3E+09	2.0E+1			

付表 4-1 廃棄体ごとの核種の放射能濃度 (Bq/t) (3/4)

[Bq/t]

廃棄体名称	グループ4										
	JAEA再処理操業							JAEA MOX操業			
	ハル缶水	不燃物Ⅰ (金属Ⅰ)	不燃物Ⅱ (金属Ⅱ)	可燃物	難燃物	不燃物Ⅲ (非金属Ⅰ)	不燃物Ⅳ (非金属Ⅱ)	可燃物	難燃物	不燃物Ⅰ (金属)	不燃物Ⅱ (非金属)
廃棄体体積 (m <sup>3</sup> /本)	0.2	0.2	3.1	0.2	0.2	0.2	0.43	0.2	0.2	0.2	0.2
廃棄体重量 (t/本)	0.43	0.88	11.5	0.43	0.43	0.5	1.08	0.55	0.43	0.88	0.5
発生本数 (本)	24	785	2	45	12	211	34	485	267	2,175	338
発生量 (m <sup>3</sup> )	5	158	7	9	3	43	15	97	54	436	68
重量 (t)	10	691	23	19	5	106	37	267	115	1,914	169
H-3	1.8E+11	6.2E+10	0.0E+00	4.5E+10	1.9E+10	1.1E+09	3.9E+11	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
C-14	5.1E+06	1.8E+06	0.0E+00	1.3E+06	5.5E+05	3.1E+04	1.1E+07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Cl-36	1.1E+05	3.7E+04	3.2E+04	2.7E+04	1.1E+04	6.3E+02	2.3E+05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Mn-54	7.1E+06	2.5E+06	9.0E+03	1.8E+06	7.7E+05	4.3E+04	1.5E+07	2.2E+02	1.3E+02	1.7E+02	1.4E+02
Fe-55	8.7E+08	3.0E+08	2.8E+06	2.2E+08	9.4E+07	5.2E+06	1.9E+09	2.7E+04	1.6E+04	2.0E+04	1.8E+04
Co-60	8.3E+10	2.9E+10	3.6E+08	2.1E+10	8.9E+09	4.9E+08	1.8E+11	2.6E+06	1.5E+06	1.9E+06	1.7E+06
Ni-59	3.3E+06	1.1E+06	2.1E+04	8.2E+05	3.5E+05	1.9E+04	7.0E+06	1.0E+02	6.1E+01	7.6E+01	6.6E+01
Ni-63	4.5E+08	1.6E+08	2.8E+06	1.1E+08	4.9E+07	2.7E+06	9.7E+08	1.4E+04	8.4E+03	1.0E+04	9.2E+03
Se-79	1.6E+08	5.4E+07	9.9E+05	3.9E+07	1.7E+07	9.3E+05	4.5E+08	4.9E+03	2.9E+03	3.6E+03	3.2E+03
Sr-90	2.7E+13	9.6E+12	1.6E+11	6.9E+12	3.0E+12	1.6E+11	8.0E+13	2.6E+07	1.5E+07	1.9E+07	1.7E+07
Y-90	2.7E+13	9.6E+12	1.6E+11	6.9E+12	3.0E+12	1.6E+11	8.0E+13	2.6E+07	1.5E+07	1.9E+07	1.7E+07
Zr-93	7.2E+08	2.5E+08	2.4E+08	1.8E+08	7.8E+07	4.3E+06	2.4E+09	5.7E+02	3.4E+02	4.2E+02	3.7E+02
Nb-94	4.0E+04	1.4E+04	6.7E+03	1.0E+04	4.3E+03	2.4E+02	1.2E+05	3.1E-02	1.9E-02	2.3E-02	2.0E-02
Mo-93	1.6E+05	5.7E+04	1.0E+03	4.1E+04	1.8E+04	9.7E+02	3.5E+05	5.1E+00	3.0E+00	3.8E+00	3.3E+00
Tc-99	5.1E+09	1.8E+09	3.3E+07	1.3E+09	5.8E+08	3.3E+07	1.5E+10	5.2E+06	3.1E+06	3.9E+06	3.4E+06
Ru-106	5.6E+12	2.0E+12	4.5E+12	1.4E+12	6.1E+11	3.4E+10	1.5E+13	2.1E+06	1.3E+06	1.6E+06	1.4E+06
Rh-106	5.6E+12	2.0E+12	4.5E+12	1.4E+12	6.1E+11	3.4E+10	1.5E+13	2.1E+06	1.3E+06	1.6E+06	1.4E+06
Pd-107	3.0E+07	1.0E+07	1.0E+08	7.6E+06	3.3E+06	1.8E+05	8.8E+07	9.4E+02	5.6E+02	7.0E+02	6.1E+02
Ag-108m	1.2E+06	4.0E+05	7.3E+03	2.9E+05	1.3E+05	6.9E+03	2.5E+06	3.6E+01	2.2E+01	2.7E+01	2.4E+01
Sn-126	2.5E+08	8.7E+07	1.6E+06	6.3E+07	2.7E+07	1.5E+06	6.8E+08	7.8E+03	4.7E+03	5.8E+03	5.1E+03
Sb-125	1.4E+12	4.8E+11	3.1E+10	3.5E+11	1.5E+11	8.1E+09	3.6E+12	4.3E+05	2.6E+05	3.2E+05	2.8E+05
I-129	3.3E+05	1.2E+05	9.9E+04	8.4E+04	3.6E+04	2.0E+03	1.3E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Cs-134	8.5E+12	3.0E+12	2.3E+10	2.2E+12	9.2E+11	5.1E+10	2.8E+13	1.6E+06	9.6E+05	1.2E+06	1.0E+06
Cs-135	1.6E+08	5.6E+07	1.0E+06	4.1E+07	1.7E+07	9.6E+05	4.5E+08	3.0E+01	1.8E+01	2.2E+01	2.0E+01
Cs-137	3.5E+13	1.2E+13	2.1E+11	8.8E+12	3.7E+12	2.1E+11	1.0E+14	6.5E+06	3.9E+06	4.8E+06	4.2E+06
Ba-137m	3.3E+13	1.1E+13	1.9E+11	8.3E+12	3.5E+12	2.0E+11	9.6E+13	6.2E+06	3.7E+06	4.6E+06	4.0E+06
Ce-144	6.3E+12	2.2E+12	4.5E+10	1.6E+12	6.8E+11	3.7E+10	1.7E+13	2.5E+05	1.5E+05	1.9E+05	1.6E+05
Pr-144	6.3E+12	2.2E+12	4.5E+10	1.6E+12	6.8E+11	3.7E+10	1.7E+13	2.5E+05	1.5E+05	1.9E+05	1.6E+05
Sm-151	1.5E+11	5.3E+10	6.0E+09	3.9E+10	1.7E+10	9.1E+08	6.6E+11	6.1E+03	3.7E+03	4.6E+03	4.0E+03
Eu-154	1.6E+12	5.5E+11	5.0E+10	4.0E+11	1.7E+11	9.4E+09	5.0E+12	6.3E+04	3.8E+04	4.7E+04	4.1E+04
Pu-241	3.1E+13	1.2E+13	9.0E+03	2.5E+13	7.9E+13	1.0E+13	7.1E+10	2.0E+13	1.2E+13	1.5E+13	1.3E+13
Am-242m	3.7E+09	1.3E+09	2.0E+10	9.4E+08	4.0E+08	2.2E+07	9.4E+09	1.5E+02	8.9E+01	1.1E+02	9.6E+01
U-233	9.0E+03	3.2E+03	6.8E+01	2.4E+03	1.3E+03	9.9E+01	1.9E+03	1.1E+03	6.5E+02	8.1E+02	7.0E+02
U-234	7.8E+08	2.7E+08	5.0E+06	2.1E+08	1.5E+08	1.3E+07	2.6E+06	2.0E+08	1.2E+08	1.5E+08	1.3E+08
U-235	1.4E+07	5.0E+06	9.0E+04	4.2E+06	4.3E+06	4.4E+05	1.0E+05	8.6E+06	5.2E+06	6.4E+06	5.6E+06
U-236	1.3E+08	4.5E+07	8.1E+05	3.3E+07	1.4E+07	8.3E+05	9.9E+05	1.6E+06	9.7E+05	1.2E+06	1.1E+06
U-238	1.4E+08	4.9E+07	8.9E+05	3.7E+07	2.0E+07	1.5E+06	1.0E+06	1.7E+07	1.0E+07	1.2E+07	1.1E+07
Np-237	1.2E+08	5.4E+07	7.6E+05	1.7E+08	6.5E+08	8.3E+07	8.2E+08	1.7E+08	1.0E+08	1.3E+08	1.1E+08
Pu-238	6.1E+11	2.6E+11	4.1E+09	6.4E+11	2.2E+12	2.8E+11	1.3E+10	5.8E+11	3.5E+11	4.3E+11	3.7E+11
Pu-239	1.3E+11	6.1E+10	8.4E+08	2.0E+11	7.8E+11	1.0E+11	5.2E+08	2.0E+11	1.2E+11	1.5E+11	1.3E+11
Pu-240	1.6E+11	7.3E+10	1.0E+09	2.3E+11	8.5E+11	1.1E+11	7.2E+08	2.2E+11	1.3E+11	1.7E+11	1.4E+11
Pu-242	3.7E+08	1.7E+08	2.4E+06	4.9E+08	1.8E+09	2.3E+08	1.2E+06	4.7E+08	2.8E+08	3.5E+08	3.1E+08
Am-241	3.1E+11	1.4E+11	2.0E+09	4.5E+11	1.7E+12	2.2E+11	2.0E+12	4.5E+11	2.7E+11	3.3E+11	2.9E+11
Am-243	2.5E+09	8.8E+08	1.6E+07	6.4E+08	2.7E+08	1.5E+07	1.7E+10	1.0E+02	6.1E+01	7.5E+01	6.6E+01
Cm-244	1.6E+11	5.5E+10	9.0E+08	4.0E+10	1.7E+10	9.4E+08	1.1E+12	6.3E+03	3.8E+03	4.7E+03	4.1E+03
Cm-245	1.1E+07	3.8E+06	6.8E+04	2.7E+06	1.2E+06	6.4E+04	8.5E+07	4.3E-01	2.6E-01	3.2E-01	2.8E-01

付表 4-1 廃棄体ごとの核種の放射能濃度 (Bq/t) (4/4)

[Bq/t]

廃棄体名称	グループ4																						
	JAEA再処理解体										JAEA MOX解体												
	不燃物 I (一次廃棄物)	不燃物 II (コンクリート二次廃棄物)	可燃物 I (二次廃棄物)	難燃物 I (二次廃棄物)	不燃物 III (二次廃棄物)	不燃物 IV (二次廃棄物)	不燃物 V (金属二次廃棄物)	可燃物 II (二次廃棄物)	難燃物 II (二次廃棄物)	不燃物 VI (非金属二次廃棄物)	不燃物 VII (非金属二次廃棄物)	可燃物 I (一次廃棄物)	難燃物 I (一次廃棄物)	不燃物 I (一次廃棄物)	不燃物 II (コンクリート二次廃棄物)	可燃物 II (二次廃棄物)	難燃物 II (二次廃棄物)	不燃物 III (二次廃棄物)	不燃物 IV (二次廃棄物)	可燃物 III (二次廃棄物)	難燃物 III (二次廃棄物)	不燃物 V (金属二次廃棄物)	不燃物 VI (非金属二次廃棄物)
廃棄体体積 (m³)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.43	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
廃棄体重量 (t)	0.88	0.5	0.43	0.43	0.88	0.5	0.88	0.43	0.43	0.5	1.08	0.43	0.43	0.88	0.5	0.43	0.43	0.88	0.5	0.55	0.43	0.88	0.5
発生本数 (本)	2,693	84	37	7	102	56	84	34	10	46	17	83	19	1,959	49	103	49	113	21	54	26	87	15
発生量 (m³)	539	17	8	2	21	12	17	7	2	10	8	17	4	392	10	21	10	23	5	11	6	18	3
重量 (t)	2,370	42	16	3	90	28	74	15	4	23	18	36	8	1,724	25	44	21	99	11	30	11	77	8
H-3	9.2E+08	2.2E+09	4.4E+10	9.3E+09	1.3E+07	1.4E+09	6.2E+10	4.5E+10	1.9E+10	1.1E+09	3.9E+11	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
C-14	2.7E+04	6.3E+04	1.3E+06	2.7E+05	3.8E+02	4.1E+04	1.8E+06	1.3E+06	5.5E+05	3.1E+04	1.1E+07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Ci-36	5.5E+02	1.3E+03	2.6E+04	5.5E+03	7.7E+00	8.4E+02	3.7E+04	2.7E+04	1.1E+04	6.3E+02	2.3E+05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Mn-54	3.7E+04	8.7E+04	1.8E+06	3.7E+05	6.5E+02	5.7E+04	2.5E+06	1.8E+06	7.7E+05	4.3E+04	1.5E+07	2.0E+03	2.6E+03	5.0E+01	4.9E+01	2.8E+03	2.7E+03	1.6E+02	1.1E+02	2.2E+02	1.3E+02	1.7E+02	1.8E+04
Fe-55	4.5E+06	1.1E+07	2.7E+08	4.6E+07	7.9E+04	6.9E+06	3.9E+08	2.2E+08	9.4E+07	5.2E+06	1.9E+09	2.5E+05	3.2E+05	6.1E+03	4.9E+03	3.4E+05	3.3E+05	1.9E+04	1.4E+04	2.7E+04	1.6E+04	2.0E+04	1.9E+04
Co-60	4.3E+08	1.0E+09	2.0E+10	4.3E+09	7.5E+06	6.6E+08	2.9E+10	2.1E+10	8.9E+09	4.9E+08	1.8E+11	2.4E+07	3.0E+07	5.7E+05	4.6E+05	3.2E+07	3.1E+07	1.8E+06	1.3E+06	2.6E+06	1.5E+06	1.9E+06	1.7E+06
Ni-59	1.7E+04	4.0E+04	8.1E+05	1.7E+05	3.0E+02	2.6E+04	1.1E+06	8.2E+05	3.5E+05	1.9E+04	7.0E+06	9.4E+02	1.2E+03	2.3E+01	1.8E+01	1.3E+03	1.2E+03	7.2E+01	5.1E+01	1.0E+02	6.1E+01	7.6E+01	6.6E+01
Ni-63	2.3E+06	5.5E+06	1.1E+08	2.4E+07	4.1E+04	3.6E+06	1.6E+08	1.1E+08	4.9E+07	2.7E+06	9.7E+08	1.3E+05	1.7E+05	3.1E+03	2.5E+03	1.7E+05	1.7E+05	9.9E+03	7.1E+03	1.4E+04	8.4E+03	1.0E+04	9.2E+03
Se-79	8.1E+05	1.9E+06	3.9E+07	8.2E+06	1.4E+04	1.2E+06	5.4E+07	3.9E+07	1.7E+07	9.3E+05	4.5E+08	4.5E+04	5.7E+04	1.1E+03	8.8E+02	6.0E+04	5.8E+04	3.4E+03	2.5E+03	4.9E+03	2.9E+03	3.6E+03	3.2E+03
Sr-90	1.4E+11	3.4E+11	6.8E+12	1.4E+12	2.0E+09	2.2E+11	9.6E+12	6.9E+12	3.0E+12	1.6E+11	8.0E+13	2.4E+08	3.0E+08	5.7E+06	4.6E+06	3.2E+08	3.1E+08	1.8E+07	1.3E+07	2.6E+07	1.5E+07	1.9E+07	1.7E+07
Y-90	1.4E+11	3.4E+11	6.8E+12	1.4E+12	2.0E+09	2.2E+11	9.6E+12	6.9E+12	3.0E+12	1.6E+11	8.0E+13	2.4E+08	3.0E+08	5.7E+06	4.6E+06	3.2E+08	3.1E+08	1.8E+07	1.3E+07	2.6E+07	1.5E+07	1.9E+07	1.7E+07
Zr-93	3.7E+06	8.8E+06	1.8E+08	3.8E+07	5.3E+04	5.7E+06	2.5E+08	1.8E+08	7.8E+07	4.3E+06	2.4E+09	5.2E+03	6.7E+03	1.3E+02	1.0E+02	7.0E+03	6.8E+03	4.0E+02	2.9E+02	5.7E+02	3.4E+02	4.2E+02	3.7E+02
Nb-94	2.1E+02	4.9E+02	9.9E+03	2.1E+03	2.9E+00	3.2E+02	1.4E+04	1.0E+04	4.3E+03	2.4E+02	1.2E+05	2.9E-01	3.7E-01	6.9E-03	5.3E-03	3.9E-01	3.7E-01	2.2E-02	1.6E-02	3.1E-02	1.9E-02	2.3E-02	2.0E-02
Mo-93	8.4E+02	2.0E+03	4.0E+04	8.5E+03	1.5E+01	1.3E+03	5.7E+04	4.1E+04	1.8E+04	9.7E+02	3.5E+05	4.7E+01	6.0E+01	1.1E+00	9.1E-01	6.3E+01	6.1E+01	3.6E+00	2.6E+00	5.1E+00	3.0E+00	3.8E+00	3.3E+00
Tc-99	2.7E+07	6.3E+07	1.3E+09	3.3E+08	3.3E+06	4.3E+07	1.9E+09	1.3E+09	5.8E+08	3.3E+07	1.5E+10	4.7E+07	6.1E+07	1.2E+06	9.3E+05	6.4E+07	6.2E+07	3.6E+06	2.6E+06	5.2E+06	3.1E+06	3.9E+06	3.4E+06
Ru-106	2.9E+10	6.9E+10	1.4E+12	2.9E+11	4.1E+08	4.5E+10	2.0E+12	1.4E+12	6.1E+11	3.4E+10	1.5E+13	1.9E+07	2.5E+07	4.7E+05	2.6E+07	2.5E+07	1.5E+06	1.1E+06	1.1E+06	2.1E+06	1.3E+06	1.6E+06	1.4E+06
Rh-106	2.9E+10	6.9E+10	1.4E+12	2.9E+11	4.1E+08	4.5E+10	2.0E+12	1.4E+12	6.1E+11	3.4E+10	1.5E+13	1.9E+07	2.5E+07	4.7E+05	2.6E+07	2.5E+07	1.5E+06	1.1E+06	1.1E+06	2.1E+06	1.3E+06	1.6E+06	1.4E+06
Pd-107	1.6E+05	3.7E+05	7.4E+06	1.6E+06	2.7E+03	2.4E+05	1.0E+07	7.6E+06	3.3E+06	1.8E+05	8.8E+07	8.6E+03	1.1E+04	2.1E+02	1.7E+02	1.2E+04	1.1E+04	6.6E+02	4.7E+02	9.4E+02	5.6E+02	7.0E+02	6.1E+02
Ag-108m	6.0E+03	1.4E+04	2.9E+05	6.1E+04	1.1E+02	9.2E+03	4.0E+05	2.9E+05	1.3E+05	6.9E+03	2.5E+06	3.3E+02	4.3E+02	8.1E+00	6.5E+00	4.5E+02	4.3E+02	2.6E+01	1.8E+01	3.6E+01	2.2E+01	2.7E+01	2.4E+01
Sn-126	1.3E+06	3.0E+06	6.2E+07	1.3E+07	2.3E+04	2.0E+06	8.7E+07	6.3E+07	2.7E+07	1.5E+06	6.8E+08	7.2E+04	9.2E+04	1.7E+03	1.4E+03	9.6E+04	9.3E+04	5.5E+03	3.9E+03	7.8E+03	4.7E+03	5.8E+03	5.1E+03
Sb-125	7.1E+09	1.7E+10	3.4E+11	7.1E+10	1.0E+08	1.1E+10	4.8E+11	3.5E+11	1.5E+11	8.1E+09	3.6E+12	3.9E+06	5.0E+06	9.5E+04	7.7E+04	5.3E+06	5.1E+06	3.0E+05	2.2E+05	4.3E+05	2.6E+05	3.2E+05	2.8E+05
I-129	1.7E+03	4.0E+03	8.2E+04	1.7E+04	2.4E+01	2.6E+03	1.2E+05	8.4E+04	3.6E+04	2.0E+03	1.3E+05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Cs-134	4.4E+10	1.0E+11	2.1E+12	4.4E+11	6.2E+08	6.8E+10	3.0E+12	2.2E+12	9.2E+11	5.1E+10	2.8E+13	1.5E+07	1.9E+07	3.6E+05	2.5E+05	2.0E+07	1.9E+07	1.1E+06	8.1E+05	1.6E+06	9.6E+05	1.2E+06	1.0E+06
Cs-135	8.3E+05	2.0E+06	4.0E+07	8.3E+06	1.2E+04	1.3E+06	5.6E+07	4.1E+07	1.7E+07	9.6E+05	4.5E+08	2.8E+02	3.5E+02	6.7E+00	5.4E+00	3.7E+02	3.6E+02	2.1E+01	1.5E+01	3.0E+01	1.8E+01	2.2E+01	2.0E+01
Cs-137	1.8E+11	4.2E+11	8.5E+12	1.8E+12	2.5E+09	2.8E+11	1.2E+13	8.8E+12	3.7E+12	2.1E+11	1.0E+14	6.0E+07	7.7E+07	1.4E+06	1.2E+06	8.0E+07	7.8E+07	4.6E+06	3.3E+06	6.5E+06	3.9E+06	4.8E+06	4.2E+06
Ba-137m	1.7E+11	4.0E+11	8.1E+12	1.7E+12	2.4E+09	2.6E+11	1.1E+13	9.3E+12	3.5E+12	2.0E+11	9.6E+13	5.7E+07	7.2E+07	1.4E+06	1.1E+06	7.6E+07	7.4E+07	4.3E+06	3.1E+06	6.2E+06	3.7E+06	4.6E+06	4.0E+06
Ce-144	3.2E+10	7.7E+10	1.5E+12	3.3E+11	4.6E+08	5.0E+10	2.2E+12	1.6E+12	6.8E+11	3.7E+10	1.7E+13	2.3E+06	2.9E+06	5.6E+04	4.5E+04	3.1E+06	3.0E+06	1.8E+05	1.3E+05	2.5E+05	1.5E+05	1.9E+05	1.6E+05
Pr-143	3.2E+10	7.7E+10	1.5E+12	3.3E+11	4.6E+08	5.0E+10	2.2E+12	1.6E+12	6.8E+11	3.7E+10	1.7E+13	2.3E+06	2.9E+06	5.6E+04	4.5E+04	3.1E+06	3.0E+06	1.8E+05	1.3E+05	2.5E+05	1.5E+05	1.9E+05	1.6E+05
Sm-151	7.9E+08	1.9E+09	3.8E+10	8.0E+09	1.1E+07	1.2E+09	5.3E+10	3.9E+10	1.7E+10	9.1E+08	6.6E+11	5.6E+04	7.2E+04	1.4E+03	1.1E+03	7.6E+04	7.3E+04	4.3E+03	3.1E+03	6.1E+03	3.7E+03	4.6E+03	4.0E+03
Eu-154	8.2E+09	1.9E+10	3.9E+11	8.2E+10	1.2E+08	1.3E+10	5.5E+11	4.0E+11	1.7E+11	9.4E+09	5.0E+12	5.8E+05	7.4E+05	1.4E+04	1.1E+04	7.8E+05	7.5E+05	4.4E+04	3.2E+04	6.3E+04	3.8E+04	4.7E+04	4.1E+04
Pu-241	3.2E+12	3.8E+11	4.3E+13	2.4E+14	1.1E+13	9.0E+12	1.2E+13	2.5E+13	7.9E+13	1.0E+13	7.1E+10	1.9E+14	2.4E+14	4.5E+12	3.6E+12	2.5E+14	2.4E+14	1.4E+13	1.0E+13	2.0E+13	1.2E+13	1.5E+13	1.3E+13
Am-242m	1.9E+07	4.5E+07	9.2E+08	1.9E+08	2.7E+05	2.9E+07	1.3E+09	9.4E+08	4.0E+08	2.2E+07	9.4E+09	1.4E+03	1.7E+03	3.3E+01	2.7E+01	1.8E+03	1.8E+03	1.0E+02	7.4E+01	1.5E+02	8.9E+01	1.1E+02	9.6E+01
U-233	6.1E+01	1.1E+02	2.4E+03	1.5E+03	5.3E+01	1.1E+02	3.2E+03	2.4E+03	1.3E+03	9.9E+01	1.9E+03	9.9E+03	1.3E+04	2.4E+02	1.9E+02	1.3E+04	1.3E+04	7.6E+02	5.4E+02	1.1E+03	6.5E+02	8.1E+02	7.0E+02
U-234	6.6E+06	9.5E+06	2.2E+08	2.4E+08	9.9E+06	1.4E+07	2.7E+08	2.1E+08	1.5E+08	1.3E+07	2.5E+06	1.9E+09	2.4E+09	4.5E+07	3.7E+07	2.5E+09	2.4E+09	1.4E+08	1.0E+08	2.0E+08	1.2E+08	1.5E+08	1.3E+08
U-235	1.8E+05	1.7E+05	4.8E+06	9.3E+06	4.2E+05	4.3E+05	5.0E+06	4.2E+06	4.3E+06	4.4E+05	1.0E+05	7.9E+07	1.0E+08	1.8E+06	1.6E+06	1.1E+08	1.0E+08	6.1E+06	4.5E+06	8.6E+06	5.2E+06	6.4E+06	5.6E+06
U-236	6.8E+05	1.6E+06	3.2E+07	9.3E+06	8.8E+04	1.1E+06	4.5E+07	3.3E+07	1.4E+07	8.3E+05	9.9E+05	1.5E+07	1.9E+07	3.6E+05	2.9E+05	2.0E+07	1.9E+07	1.1E+06	8.2E+05	1.6E+06	9.7E+05	1.2E+06	1.1E+06
U-237	9.4E+05	1.7E+06	3.7E+07	2.4E+07	8.2E+05	1.7E+06	4.9E+07	3.7E+07	2.0E+07	1.5E+06	1.0E+06	1.5E+08	2.0E+08	3.7E+06	3.0E								

# 第6章

—付録資料—

## 付録 6-1 ハル・エンドピース以外の発熱性廃棄体の考慮(6.3.3)

1. 発熱性廃棄体の特性 .....	1
2. 熱影響を回避するための坑道の設計 .....	3
3. まとめ .....	8
付録 6-1 参考文献 .....	10
付図 6.1-1 検討対象廃棄体の発熱特性経時変化 .....	3
付図 6.1-2 検討断面 .....	4
付図 6.1-3 「仏国返還, 固型物収納体(ハル等)」温度経時変化(軟岩, 円形断面) .....	5
付図 6.1-4 「仏国返還, 固型物収納体(ハル等)」温度経時変化(硬岩, 円形断面) .....	6
付図 6.1-5 「仏国返還, 固型物収納体(ハル等)」温度経時変化(硬岩, 幌型断面) .....	6
付図 6.1-6 「原燃再処理操業, 不燃物 I (溶融炉)」温度経時変化(軟岩, 円形断面) .....	7
付図 6.1-7 「原燃再処理操業, 不燃物 I (溶融炉)」温度経時変化(硬岩, 円形断面) .....	7
付図 6.1-8 「原燃再処理操業, 不燃物 I (溶融炉)」温度経時変化(硬岩, 幌型断面) .....	8
付表 6.1-1 総発熱量が大きい廃棄体 .....	1
付表 6.1-2 検討対象の廃棄体 .....	2
付表 6.1-3 検討ケース .....	4
付表 6.1-4 解析モデル諸元 .....	5
付表 6.1-5 総発熱量が比較的大きい廃棄体 .....	8



## ハル・エンドピース以外の発熱性廃棄体の考慮

第2次 TRU レポートではハル・エンドピースが属するグループ2を発熱性廃棄体として扱っている。最終処分計画の廃棄体には、これ以外にも発熱性廃棄体が含まれている。これらを考慮した坑道の設計について述べる。

### 1. 発熱性廃棄体の特性

表 4.2.3-3 にまとめられた発熱性廃棄体について、発熱量に廃棄体本数を乗じた総発熱量が大きいものを順に並べると付表 6.1-1 のとおりである。発熱量は設計に用いる再処理後25年後の値を用いている。発熱量は第8章、表 8.2.1-1 のモデルインベントリ及び同じ解析コードを用いて計算した。後述の付図 6.1-1 も同様である。

付表 6.1-1 総発熱量が大きい廃棄体

	種類	名称	容器	廃棄体量 (5%増し)	単位 発熱量	総発熱 量
1	原燃再処理操業	ハル・エンドピース	キャニスタ	26,250 本	4.44W/本	117kW
2	仏国返還	固型物収納体 (ハル等)	キャニスタ	3,780 本	18.7W/本	70.8kW
3	原燃再処理操業	不燃物 I (溶融炉)	インナーバレル	1,134 本	59.8W/本	67.8kW
4	原燃再処理操業	不燃物 I (機器廃品等)	ドラム缶	4,310 本	4.42W/本	19.0kW
5	原燃再処理操業	ハル缶水	ドラム缶	3,612 本	1.39W/本	5.0kW
6	原燃再処理操業	焼却灰+ハル缶水	ドラム缶	1,634 本	1.95W/本	3.2kW

2番目の「仏国返還、固型物収納体 (ハル等)」はグループ2であり、第2次 TRU レポートでは1番目の「原燃再処理操業、ハル・エンドピース」の発熱特性を用いて設計されていたが、上表を見ると単位発熱量は「原燃再処理操業、ハル・エンドピース」を上回っている。従って、ここで、ハル・エンドピースとは別に、発熱を考慮した設計を行う。

3番目の「原燃再処理操業、不燃物 I (溶融炉)」はグループ4であり、第2次 TRU レポートにはない廃棄体である。総発熱量が上記の「仏国返還、固型物収納体 (ハル等)」と同程度であり、さらに単位発熱量は数倍であることから、これも、ここで取り上げ、発熱を考慮した設計を行う。

4番目の「原燃再処理操業、不燃物 I (機器廃品等)」もグループ4であり、第2次 TRU レポートにはない廃棄体である。総発熱量は「原燃再処理操業、不燃物 I (溶融炉)」の数分の一に低減している。5、6番目の「原燃再処理操業、ハル缶水」、「原燃再処理操業、焼却灰+ハル缶水」はさらに低減している。記載された値が無いため25年後ではなく再処理直後の発熱量での計算 ((電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構, 2005), 表 2.5.2-1) であるが、第2次 TRU レポートでグループ2に次いで総発熱量が大きいのは「原燃再処理操業、焼却灰+ハル缶水」、「原燃再処理操業、ハル缶水」であり、それ以外はさらにこれらの数分の一以下の総発熱量である。従って、これら「原燃再処理操業」の「不燃物 I (機器廃品等)」、「ハル缶水」、「焼却灰+ハル缶水」もここで取り上げることとする。但し、上記の「仏国返還、固型物収納体 (ハル等)」、「原燃再処理操業、不燃物 I (溶

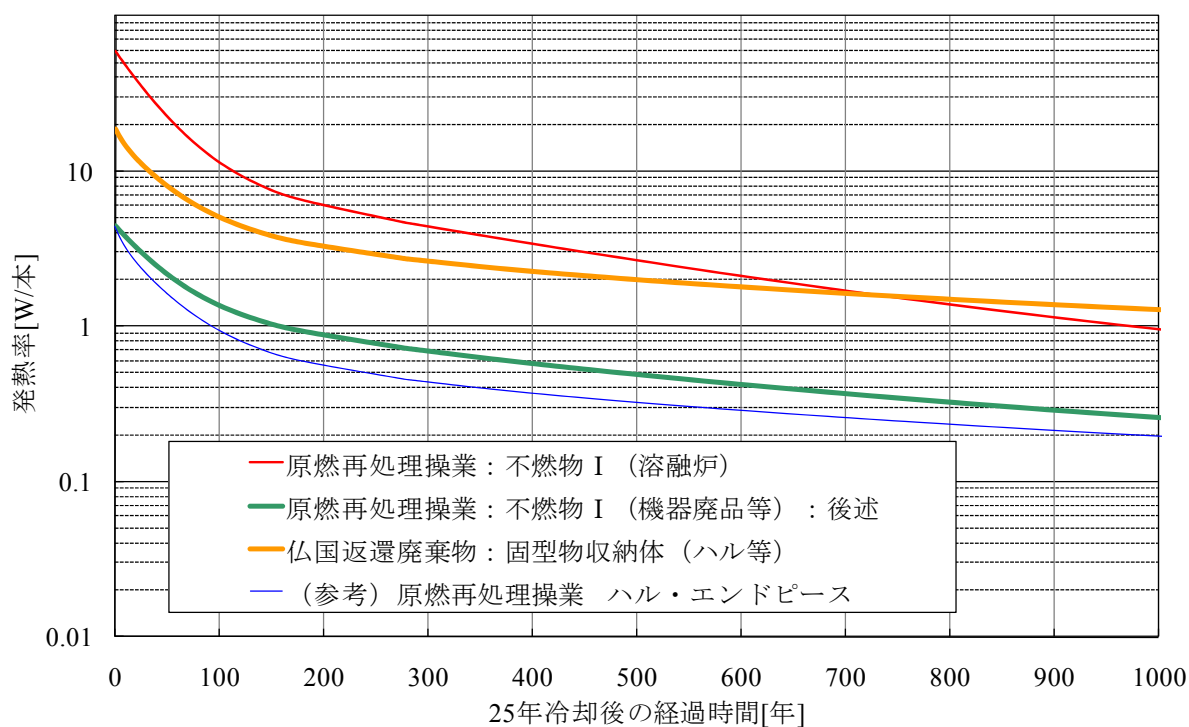
融炉)」とは別の検討とし、内容については3. で後述する。

「仏国返還、固型物収納体（ハル等）」および「仏国返還、固型物収納体（低レベル廃液ガラス固化体）」は同じ廃棄体容器（キャニスタ）、廃棄体パッケージを用い、処分坑道内ではこれらが隣接して定置されることが想定されるので、付表 6.1-2 のように発熱特性の大きい前者の特性を用いてまとめて検討を行う。

「原燃再処理操業、不燃物Ⅰ（溶融炉）」は6.3.3 で述べたように、円形坑道でも幌型坑道でもハル缶形状の廃棄体とともに2体ずつ廃棄体パッケージ（1.9m×1.1m、高さ1.4m）への収納が検討されている。処分坑道内ではこれらがまとめて定置されることが想定されるので、抽出された廃棄体以外のインナーバレルおよびハル缶形状の廃棄体も同様の発熱特性と考えて検討を行う。検討に用いる諸元は下記付表 6.1-2 のとおりとなる。

付表 6.1-2 検討対象の廃棄体

種類	名称	容器	発熱量	廃棄体量
(抽出された廃棄体その1)				
仏国返還	固型物収納体（ハル等）	キャニスタ	18.7W/本	3600本
(その1と同等と考える廃棄体)				
仏国返還	低レベル廃液ガラス固化体	キャニスタ	10.4W/本	28本
(検討に用いる廃棄体その1の諸元)				
廃棄体発熱特性：18.7W/本（経時変化は下図）				
廃棄体本数：上記それぞれを1.05倍した合計、3,810本				
廃棄体パッケージ：上記廃棄体を4本ずつ収納する953体（945+8）（1.2m×1.2m、高さ1.6m）				
(抽出された廃棄体その2)				
原燃再処理操業	不燃物Ⅰ（溶融炉）	インナーバレル	59.8W/本	1080本
(その2と同等と考える廃棄体)				
JAEA再処理操業	不燃物Ⅱ（非金属Ⅱ）	ハル缶	19.1W/本	34本
JAEA再処理解体	不燃物Ⅶ（非金属Ⅱ（廃棄体化処理））	ハル缶	19.1W/本	17本
(検討に用いる廃棄体その2の諸元)				
廃棄体発熱特性：59.8W/本（25年後の値。経時変化は下図）				
廃棄体本数：上記それぞれを1.05倍した合計、1,188本				
廃棄体パッケージ：上記廃棄体を2本ずつ収納する594体（1.9m×1.1m、高さ1.4m）				



付図 6.1-1 検討対象廃棄物の発熱特性経時変化

## 2. 熱影響を回避するための坑道の設計

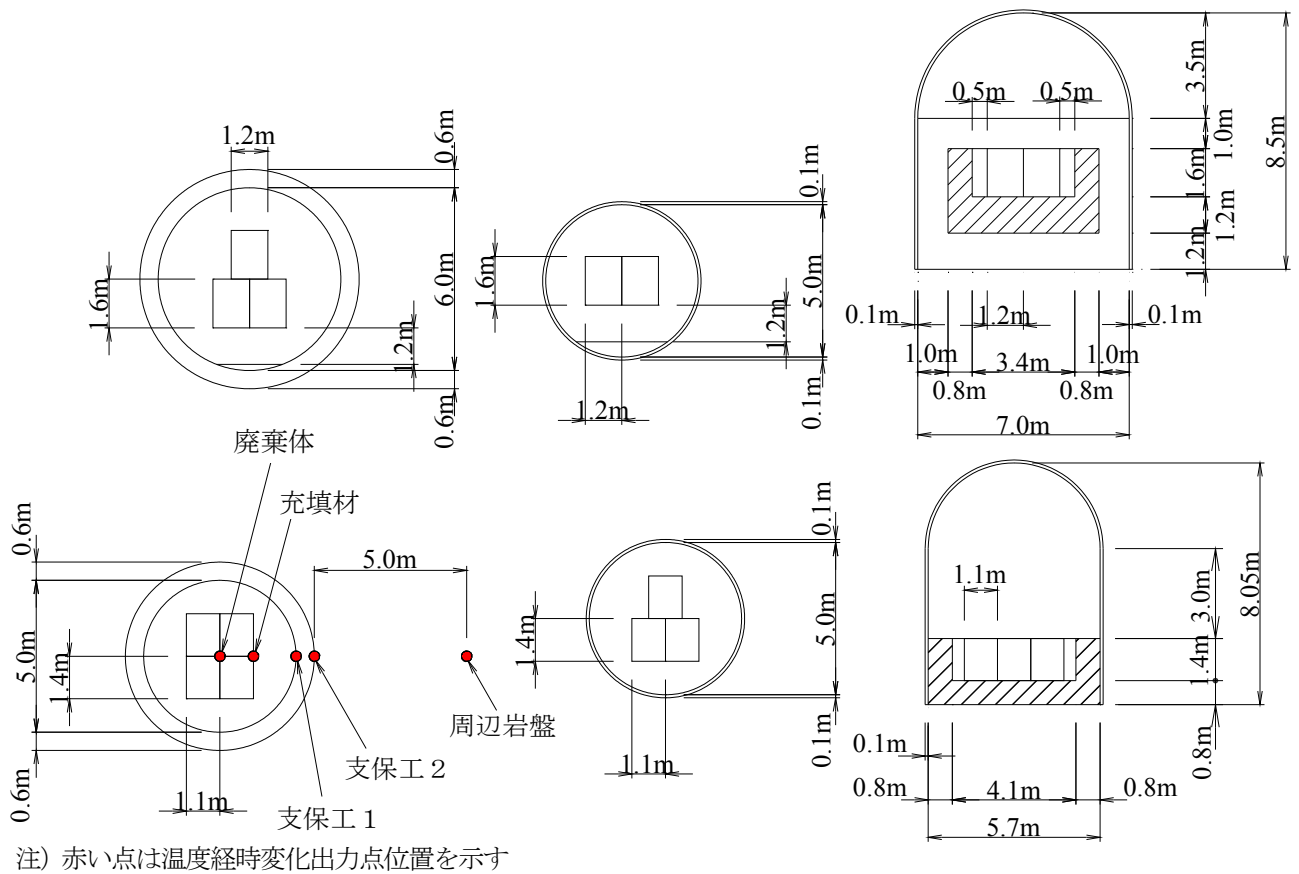
このような廃棄体パッケージを定置する処分坑道について、断面内定置数、断面の大きさおよび坑道間離間距離を上述した第2次 TRU レポートと同様の方法で検討する。

### (a) 解析方法・条件

仮検討により断面内定置パッケージ数を減らした次のような小径の断面を設定した。本文で述べたような廃棄体数のみ減じて坑道径を縮小しない案も考えられるが、ここでは、廃棄体数に応じて坑道径も減じている。検討ケース及び検討断面を付表 6.1-3、付図 6.1-2 に示す。離間距離はグループ 4 のほかの廃棄体を定置する坑道断面の掘削径・幅 (表 6.3.2-1) の 3 倍としている。幌型断面は構造躯体の上部に、廃棄体パッケージを抱え込む形式の門型クレーンを走行させるため、構造躯体上部に 3m の空間を確保している。

付表 6.1-3 検討ケース

岩種, 深度, 坑道形状	断面形状	パッケージ数	坑道中心間離間距離
廃棄体その1: 仏国返還, 固型物収納体 (ハル等) など			
軟岩 500m 円形	掘削直径 7.2m	3	50.4m (左記直径の 7.0 倍)
硬岩 1,000m 円形	掘削直径 5.2m	2	38.0m (左記直径の 7.3 倍)
硬岩 1,000m 幌型	掘削幅 7.2m, 高さ 8.6m	2	28.8m (左記幅の 4.0 倍)
廃棄体その2: 原燃再処理操業, 不燃物 I (溶融炉) など			
軟岩 500m 円形	掘削直径 6.2m	4	39.6m (左記直径の 6.4 倍)
硬岩 1,000m 円形	掘削直径 5.2m	3	36.6m (左記直径の 7.0 倍)
硬岩 1,000m 幌型	掘削幅 5.9m, 高さ 8.15m	3	36.6m (左記幅の 6.2 倍)



付図 6.1-2 検討断面

(上: 仏国返還, 固型物収納体(ハル等), 下: 原燃再処理操業, 不燃物 I (溶融炉), 左: 軟岩円形断面, 中: 硬岩円形断面, 右: 硬岩幌型断面)

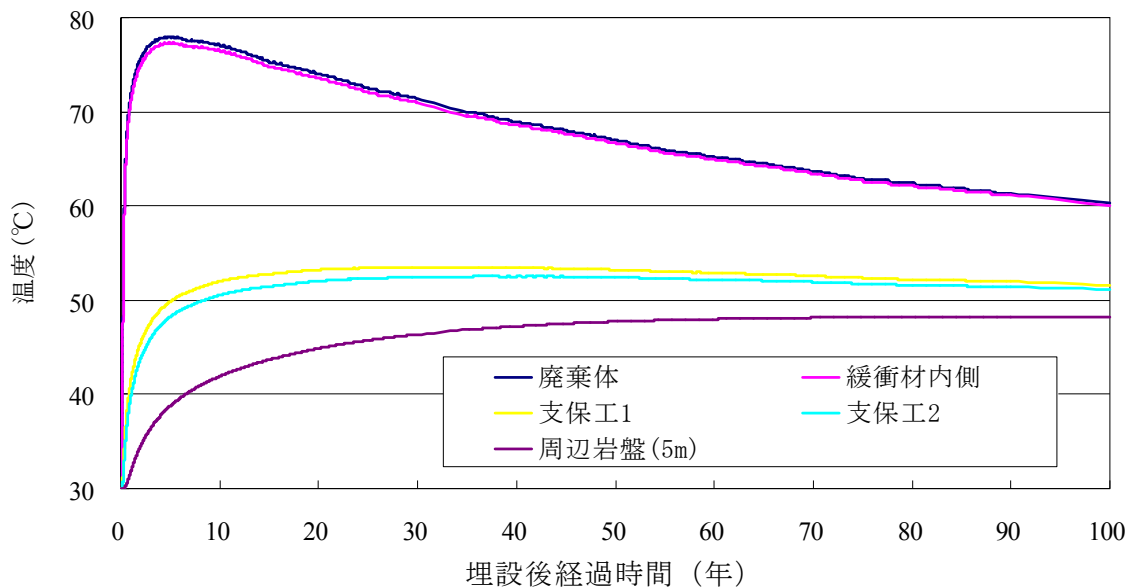
第2次 TRU レポートと同様(電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構, 2005の3.2.2.2(3)参照)の二次元有限要素法による非定常熱伝導解析を行った。解析モデル諸元を付表 6.1-4 に示す。解析用の物性値は第2次 TRU レポートと同じである(軟岩は SR-C である)。付図 6.1-1 を熱源とし, セメント系材料が 80℃に達しないことを判断基準としている。

付表 6.1-4 解析モデル諸元

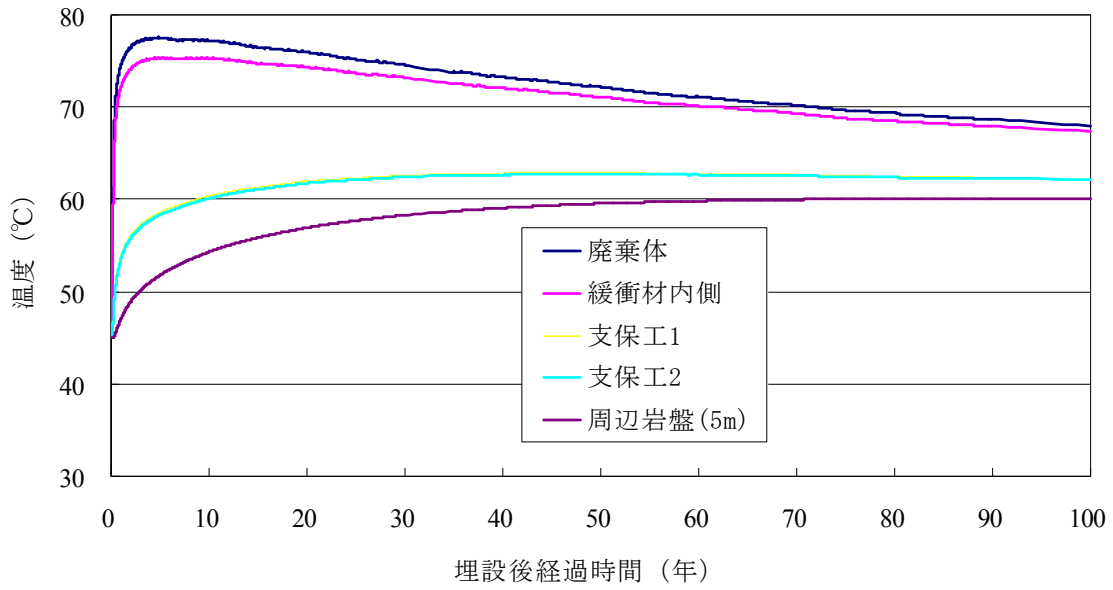
項目	内容
モデル形状	対称性を考慮した1/2モデル
水平方向寸法	左端：坑道中心，右端：坑道間中心 距離は離間距離3Dの1/2となる。
鉛直方向寸法	上端：地表面（坑道から軟岩500m，硬岩1,000m） 下端：熱影響が及ばない十分な範囲（軟岩，硬岩とも坑道から2,000m）
温度条件	初期状態：地表15℃，地温勾配3℃/100m 境界条件：上端＝熱伝達境界（伝達率17W/m <sup>2</sup> ），下端＝固定（軟岩90℃，硬岩105℃），側部＝断熱境界

(b) 解析結果

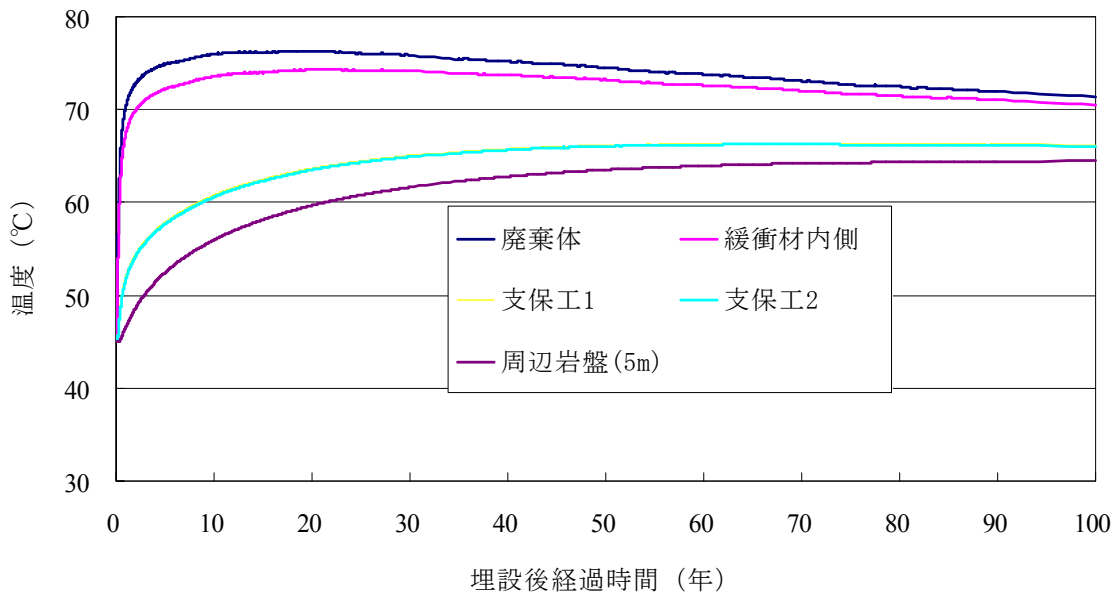
付図 6.1-2 に示した温度経時変化出力点の温度経時変化を「仏国返還，固型物収納体（ハル等）」について付図 6.1-3～付図 6.1-5 に，「原燃再処理操業，不燃物 I（熔融炉）」について付図 6.1-6～付図 6.1-8 に示す。いずれも制限温度に達していない。最高温度の発現はいずれも埋設後数年～20 年後である。



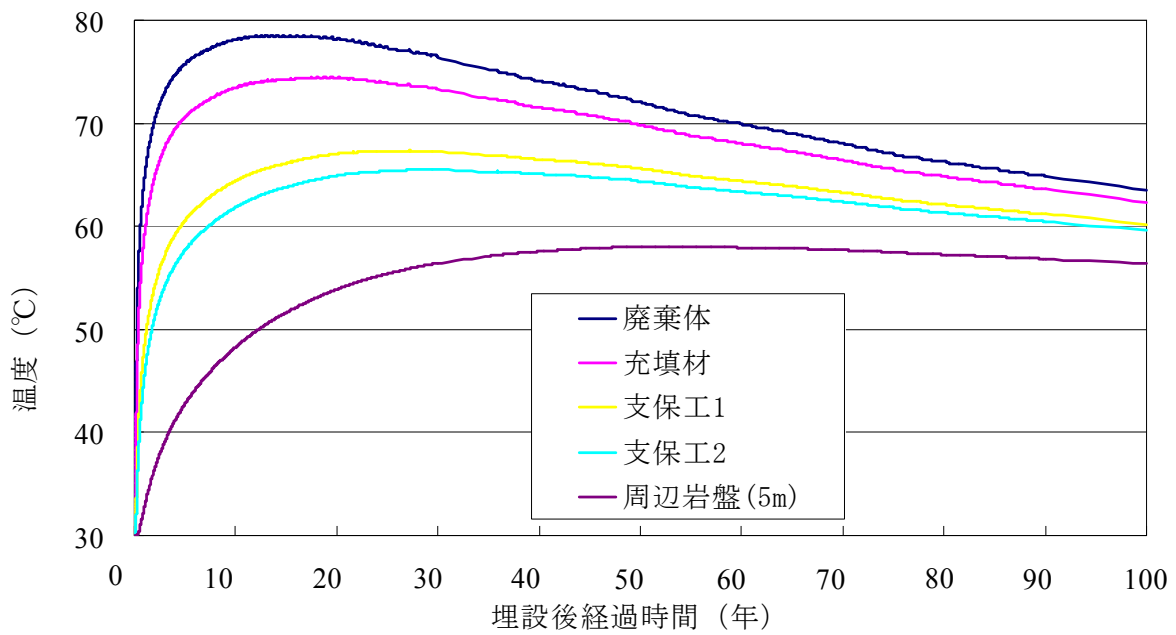
付図 6.1-3 「仏国返還，固型物収納体（ハル等）」温度経時変化（軟岩，円形断面）



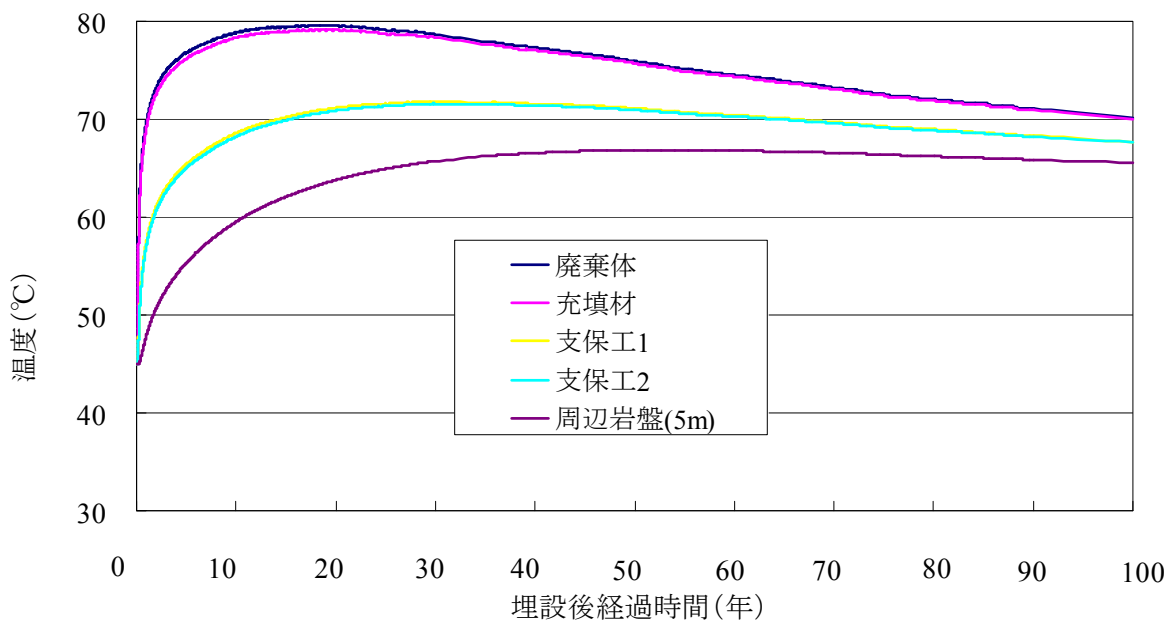
付図 6.1-4 「仏国返還, 固型物収納体(ハル等)」温度経時変化 (硬岩, 円形断面)



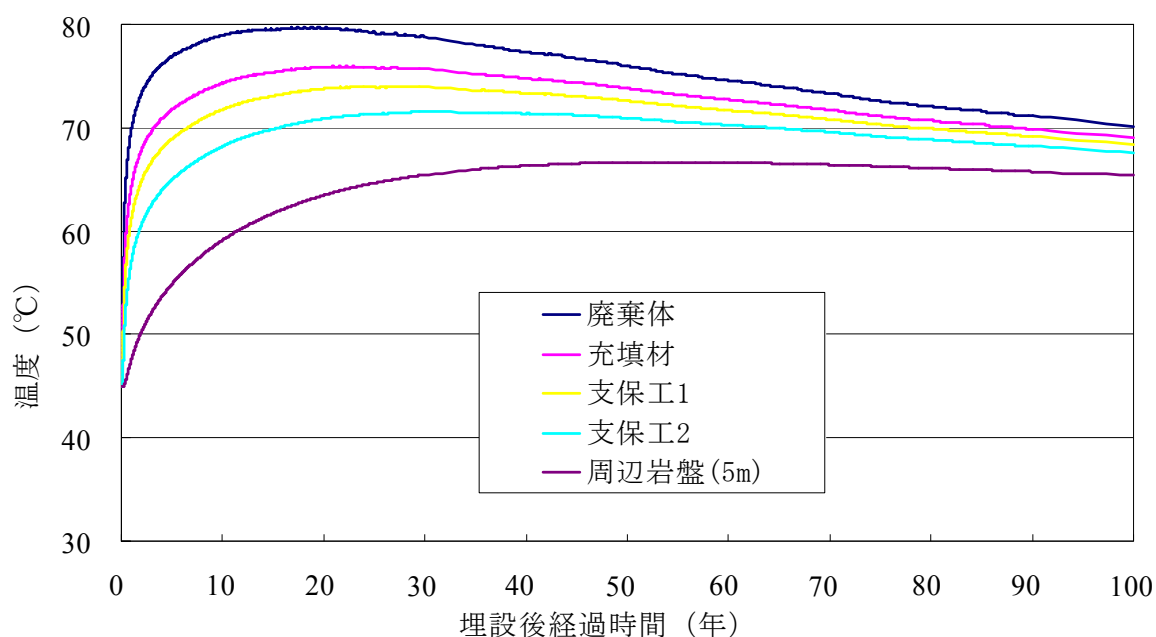
付図 6.1-5 「仏国返還, 固型物収納体(ハル等)」温度経時変化 (硬岩, 幌型断面)



付図 6.1-6 「原燃再処理操業，不燃物 I (溶融炉)」温度経時変化 (軟岩，円形断面)



付図 6.1-7 「原燃再処理操業，不燃物 I (溶融炉)」温度経時変化 (硬岩，円形断面)



付図 6.1-8 「原燃再処理操業，不燃物 I (溶融炉)」温度経時変化 (硬岩，幌型断面)

### 3. まとめ

このように，仮設定した断面諸元が人工バリアへの有意な熱影響を回避出来たため，付表 6.1-3，付図 6.1-2 を，廃棄体その 1 (「仏国返還，固型物収納体 (ハル等)」など，キャニスタ) および廃棄体その 2 (「原燃再処理操業，不燃物 I (溶融炉)」など，インナーバレル，ハル缶) を定置する処分坑道の設計断面とする。

一方，付表 6.1-1 でこれらに次ぐ総発熱量であった，「原燃再処理操業，不燃物 I (機器廃品等)」，「原燃再処理操業，ハル缶水」，「原燃再処理操業，焼却灰+ハル缶水」を再掲すると，付表 6.1-5 のとおりである。

付表 6.1-5 総発熱量が比較的大きい廃棄体

種類	名称	容器	廃棄体量 (5%増し)	単位 発熱量	総発熱量
原燃再処理操業	不燃物 I (機器廃品等)	ドラム缶	4,310 本	4.42W/本	19.0kW
原燃再処理操業	ハル缶水	ドラム缶	3,612 本	1.39W/本	5.0kW
原燃再処理操業	焼却灰+ハル缶水	ドラム缶	1,634 本	1.95W/本	3.2kW
廃棄体量合計：9,556 本，2,390 パッケージ (5%余裕含む)					

廃棄体量が多く，円形坑道ではこれらの廃棄体を定置した断面 (断面内定置数：40 パッケージ，図 6.3.4.2) がパッケージ 50 列以上の長さ続くことになり，廃棄体パッケージ内の充填材であるセメント系人工バリア材への熱的影響が懸念される。

一方，これはグループ 4 のドラム缶総数 28,663 本 (5%余裕含む) の 1/3 程度であること，上述



した「原燃再処理操業，ハル・エンドピース」の単位発熱量4.44W／本と比べて小さな発熱量であることから，断面内にこのような発熱性の廃棄体とそうではない廃棄体を混合して定置することにより，発熱の影響を低減することが出来ると考えられる。

## 付録 6-1 参考文献

電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構（2005）：TRU 廃棄物処分技術検討書－第 2 次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ－，JNC TY1400 2005-013，FEPC TRU-TR2 -2005-02

## 付録 6-2 閉鎖後安全性評価の観点からの熱影響の考慮(6.3.5)

1. はじめに	1
2. 対象とする発熱性廃棄体	1
3. 検討の方法	1
4. 一定期間閉じ込め策の可能性について	2
5. 定置密度低減策について	5
6. 対策の適用結果のまとめ	8
7. 定置密度低減策のバリア性能と地下施設面積への影響の確認	8
付録 6-2 参考文献	11
付図 6.2-1 廃棄体 A (キャニスタ) 周りの温度履歴 (上: 1 万年まで, 下: 10 万年まで)	3
付図 6.2-2 廃棄体 B (キャニスタ) 周りの温度履歴 (上: 2 万年まで, 下: 10 万年まで)	4
付図 6.2-3 廃棄体 C (インナーバレル) 周りの温度履歴 (上: 千年まで, 下: 10 万年まで)	5
付図 6.2-4 温度履歴, 廃棄体 A (キャニスタ) (上: 100 年まで, 下: 2 万年まで)	6
付図 6.2-5 温度履歴, 廃棄体 B (キャニスタ) (上: 100 年まで, 下: 2 万年まで)	7
付図 6.2-6 温度履歴, 廃棄体 C (インナーバレル・ハル缶) (上: 100 年まで, 下: 2 万年まで)	8
付表 6.2-1 検討対象の発熱性廃棄体	1
付表 6.2-2 判断基準	2
付表 6.2-3 変更断面案およびその解析結果 (硬岩, 1,000m, 円形断面)	6
付表 6.2-4 変更断面案のバリア性能	9
付表 6.2-5 専有面積の変化 (硬岩, 1,000m, 円形断面)	9
付表 6.2-6 地下施設面積の変化 (硬岩, 1,000m, 円形断面)	10

## 閉鎖後安全性評価の観点からの熱影響の考慮

### 1. はじめに

高レベル放射性廃棄物処分場における廃棄体周りの熱および放射線の影響については、下記のような考え方（核燃料サイクル開発機構，1999）が記載されている。

- 設計で見込まれるオーバーパックの寿命 1,000 年において、ガラス固化体から生じる熱および放射線の影響は無視できる程度にまで小さくなり、温度は 10,000 年以内に処分場周辺岩盤の初期の地温に等しくなる。

これを地層処分低レベル放射性廃棄物処分場に適用する場合、熱については次の対策が考えられる。

- (ア) 廃棄体の発熱の影響が無視できる程度に減衰するまで放射性核種を閉じ込める、オーバーパックのような容器に廃棄体を封入する（一定期間の閉じ込め策）。
- (イ) 廃棄体定置密度を下げて、処分直後からの全期間にわたって廃棄体の発熱の影響が無視できる程度にする（最大温度上昇量を小さな値に抑える）（定置密度低減策）。

以下でこのような対応策を検討する。

### 2. 対象とする発熱性廃棄体

セメント系材料が 80°C に達しないという観点から付録 6-1 で検討した新たな発熱性廃棄体に加え、第 2 次 TRU レポートですでに検討済みのハル・エンドピースを対象とする（付表 6.2-1）。

付表 6.2-1 検討対象の発熱性廃棄体

種類	名称	容器	発熱量(再処理後 25 年後)	廃棄体量
A. 下記と同様の性状と想定したキャニスタ 27,522 本, 6,881 パッケージ (5%余裕含む)				
原燃再処理操業	ハル・エンドピース	キャニスタ	4.44W/本	25,000 本
B. 下記と同様の性状と想定したキャニスタ 3,810 本, 953 パッケージ (5%余裕含む)				
仏国返還	固形物収納体(ハル等)	キャニスタ	18.7W/本	3,600 本
C. 下記と同様の性状と想定したインナーバレル・ハル缶 1,188 本, 594 パッケージ (5%余裕含む)				
原燃再処理操業	不燃物 I (溶融炉)	インナーバレル	59.8W/本	1,080 本

### 3. 検討の方法

まず、第 6 章や付録 6-1 で設定している坑道断面（断面内廃棄体定置数）について温度履歴を解析し、人工バリアおよび周辺岩盤の温度が「発熱の影響が無視できる程度」まで下がるのに要する時間を求め、「一定期間の閉じ込め策」で対応可能かを検討する。次に「定置密度低減策」について、第 6 章や付録 6-1 で設定している坑道断面（断面内廃棄体定置数）より断面内定置数を低減した断面で温度履歴を解析し、「最大温度上昇量自体が処分直後からの全期間にわたって小さな値に抑える」ことが可能かを確認する。

温度履歴の解析は付録 6-1 と同様の方法で行う。「発熱の影響が無視できる程度」を付表 6.2-2 の条件とし、これを満足していることを確認する。なおここでは、熱的条件が厳しい「硬岩, 1,000m」の円形断面を代表例として検討する。

付表 6.2-2 判断基準

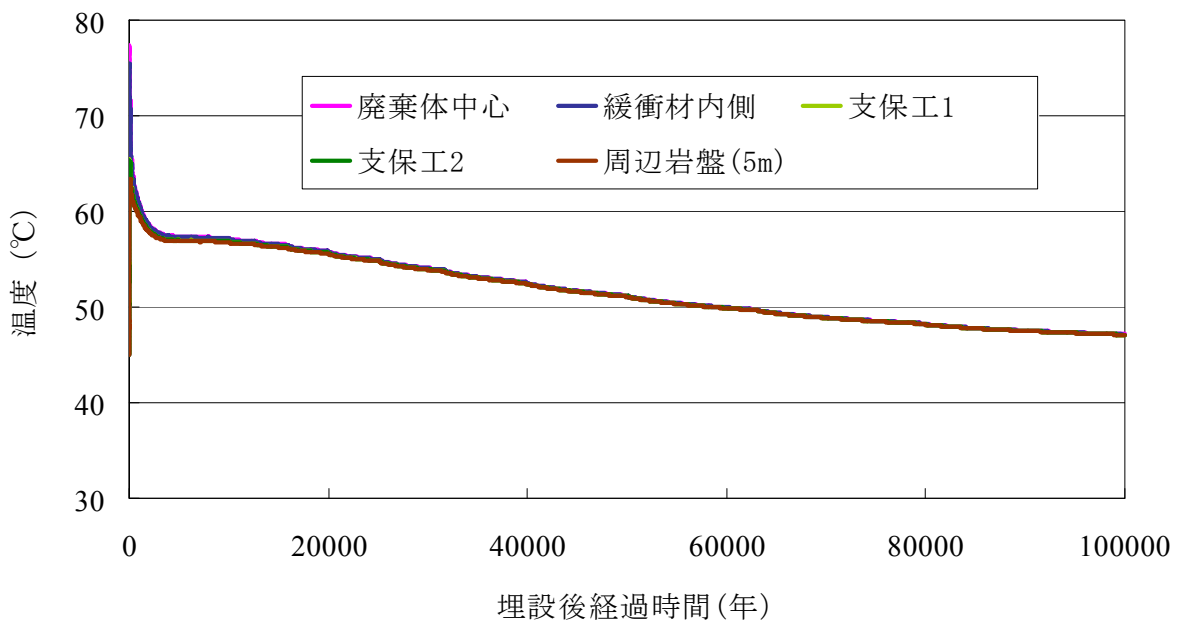
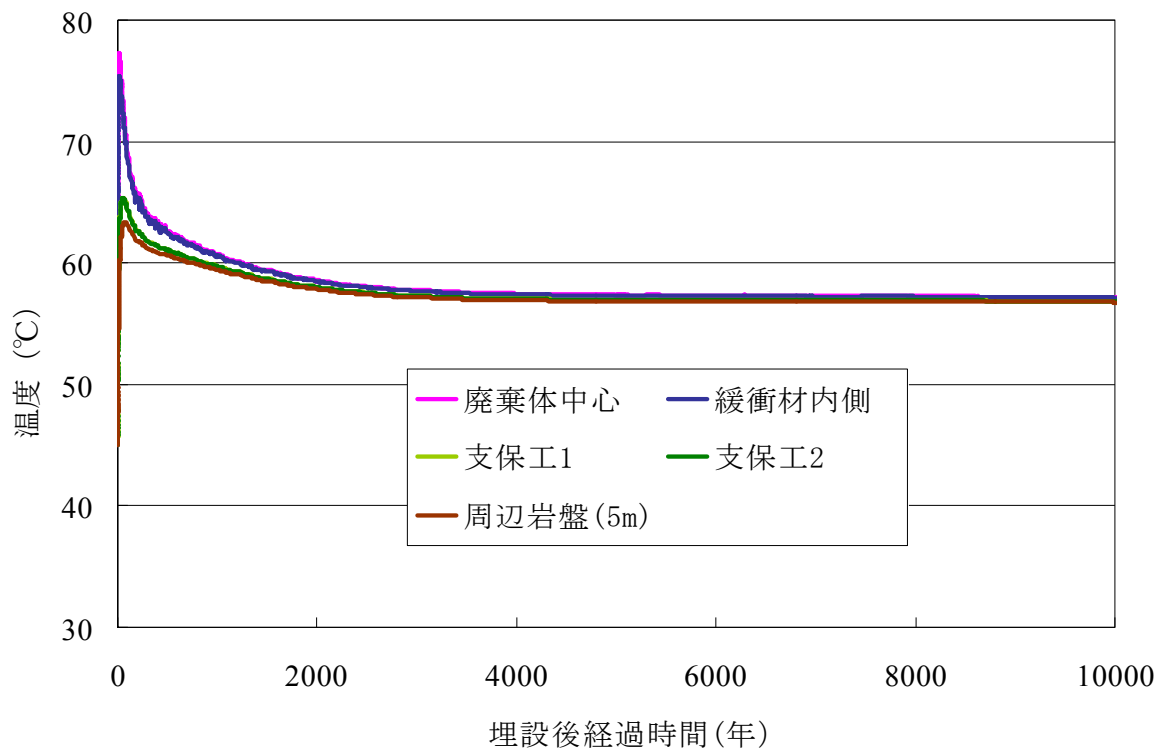
	人工バリアおよび周辺岩盤の 許容最大温度	評価時点	
		閉じ込め策	定置密度低減策
判断基準ア)	高レベル放射性廃棄物の硬岩の 60°C (=地温 45°C+15°C) 程度	閉じ込め終了後 の全期間	処分後 全期間
判断基準イ)	同上 地温 45°C+3°C程度	閉じ込め終了後 の9千年後	処分後 の9千年後

#### 4. 一定期間閉じ込め策の可能性について

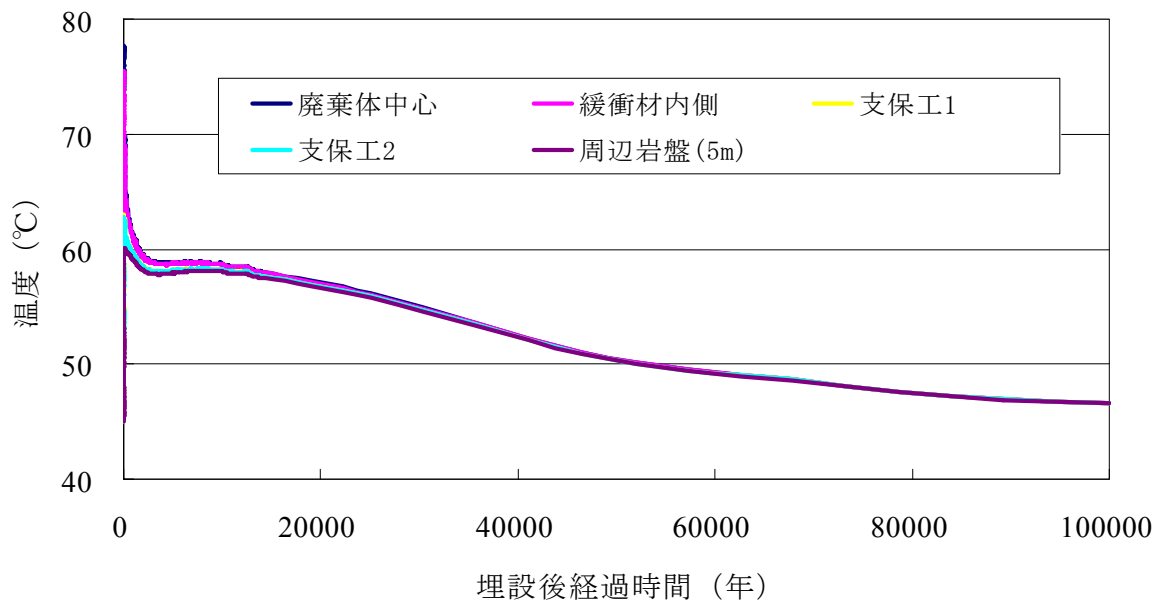
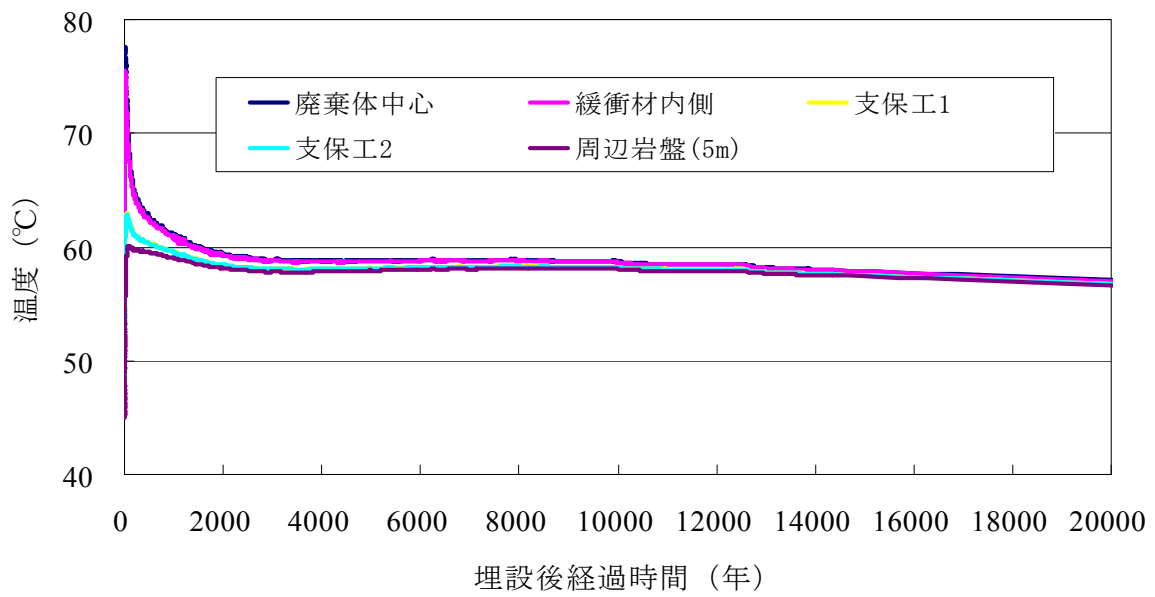
第 6 章や付録 6-1 で設定している坑道断面（断面内廃棄体定置数）について、廃棄体 A（キャニスタ）の解析結果を付図 6.2-1 に示す。判断基準ア) の 60°C 程度まで低減するのは、千数百年程度経過した後である。9 千年後の温度は 60°C 弱であり、判断基準イ) を超えており、この程度に収まるのは 8 万年程度経過後である。一方、閉じ込める容器については 8.5.3 に示すように「6 万年間」閉じ込める容器が代替技術として検討されている。従って、このような容器を用いた「閉じ込め策」をとった場合、判断基準ア) は満足できるが、判断基準イ) は満足できない。

同様の方法で解析した、廃棄体 B（キャニスタ）の結果を付図 6.2-2 に示す。判断基準ア) の 60°C 程度まで低減するのは、約 2 千年後である。9 千年後の温度は 60°C 弱であり、判断基準イ) を超えており、この程度に収まるのは 7 万年程度経過後である。従って、廃棄体 A と同様の容器を用いた「閉じ込め策」をとっても、判断基準ア) は満足できるが、判断基準イ) は十分には満足できない。

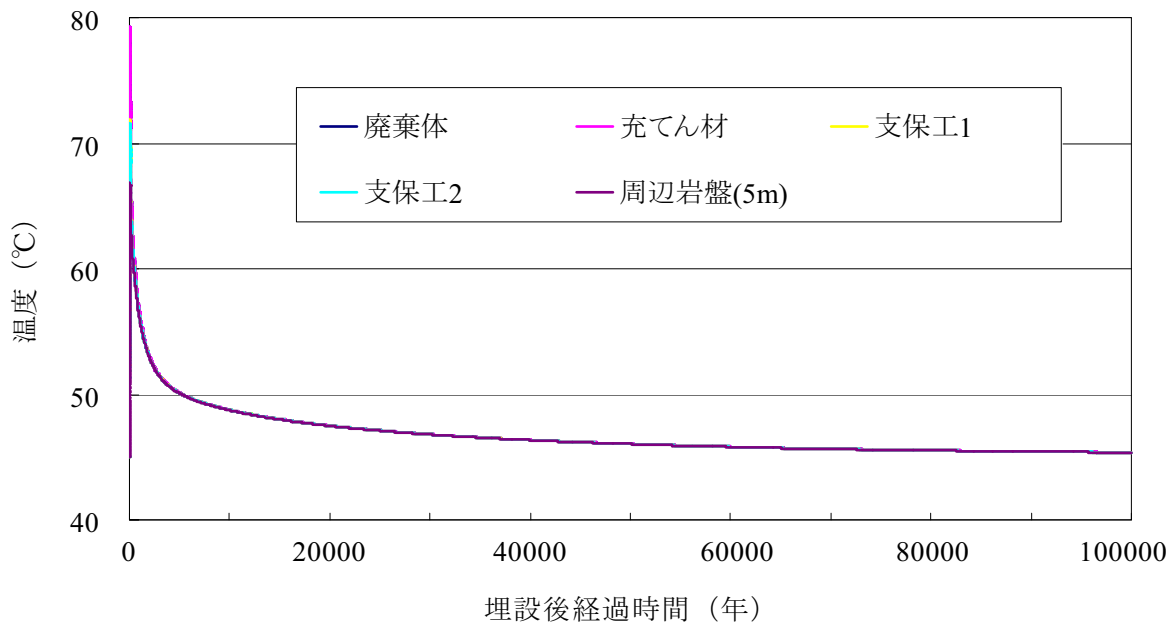
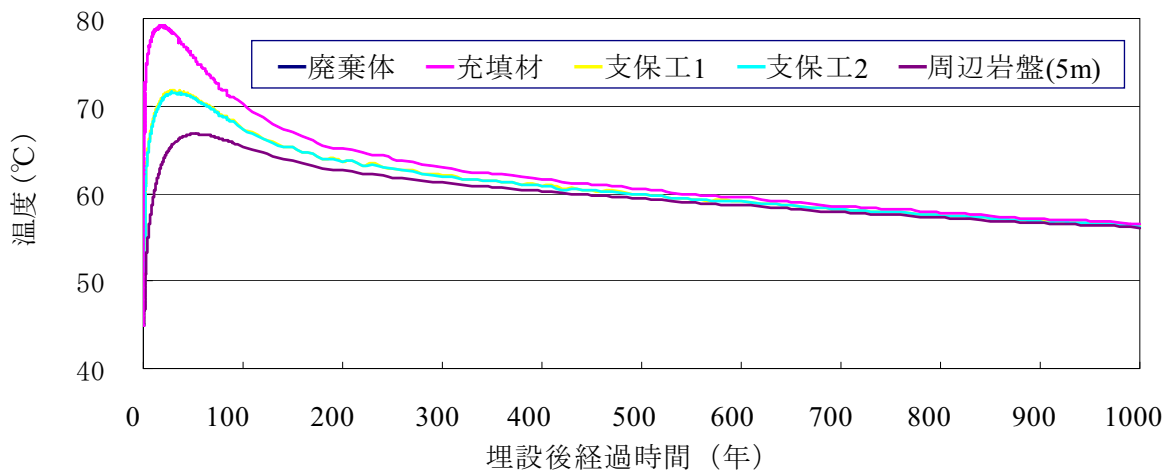
廃棄体 C（インナーバレル）の結果を付図 6.2-3 に示す。判断基準ア) の 60°C 程度まで低減するのは、約 600 年後である。9 千年後の温度は 50°C 弱であり判断基準イ) 程度に収まるのは 2~3 万年後である。従って、第 6 章や付録 6-1 で設定している坑道断面（断面内廃棄体定置数）のままでも、上述の代替技術で検討されているような容器を用いれば、閉じ込めにより熱影響の回避が可能である。



付図 6.2-1 廃棄体A (キャニスタ) 周りの温度履歴 (上: 1万年まで, 下: 10万年まで)



付図 6.2-2 廃棄体B（キャニスタ）周りの温度履歴（上：2万年まで，下：10万年まで）



付図 6.2-3 廃棄体C（インナーバレル）周りの温度履歴（上：千年まで，下：10万年まで）

## 5. 定置密度低減策について

廃棄体A（キャニスタ）、B（キャニスタ）およびC（インナーバレル）について現状より断面あたりの定置パッケージ数を減らした変更断面案について、変更断面およびその解析結果は次のとおりである（付表 6.2-3、付図 6.2-4、付図 6.2-5、付図 6.2-6）。坑道中心間離間距離に、A、Bは表 6.3.2-1のグループ 2 の値、Cはグループ 4 の値を用いた接続坑道のモデルで解析している。ここでは付録 6-1 と同様、廃棄体数に応じて坑道径も減じているが、変更後の坑道径がかなり小さくなるため、作業空間確保の観点からは、廃棄体数だけ減じ坑道径を変えない案も考慮すべきと考えられる。

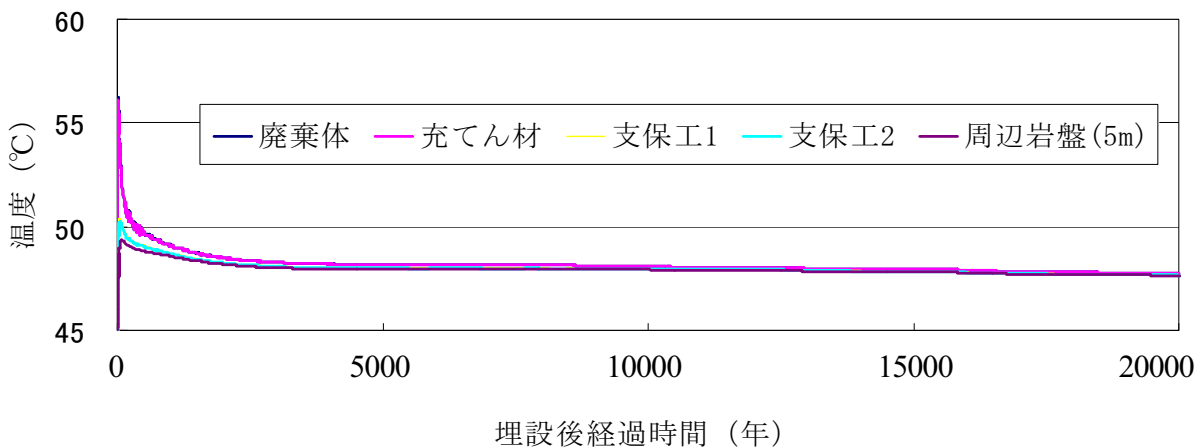
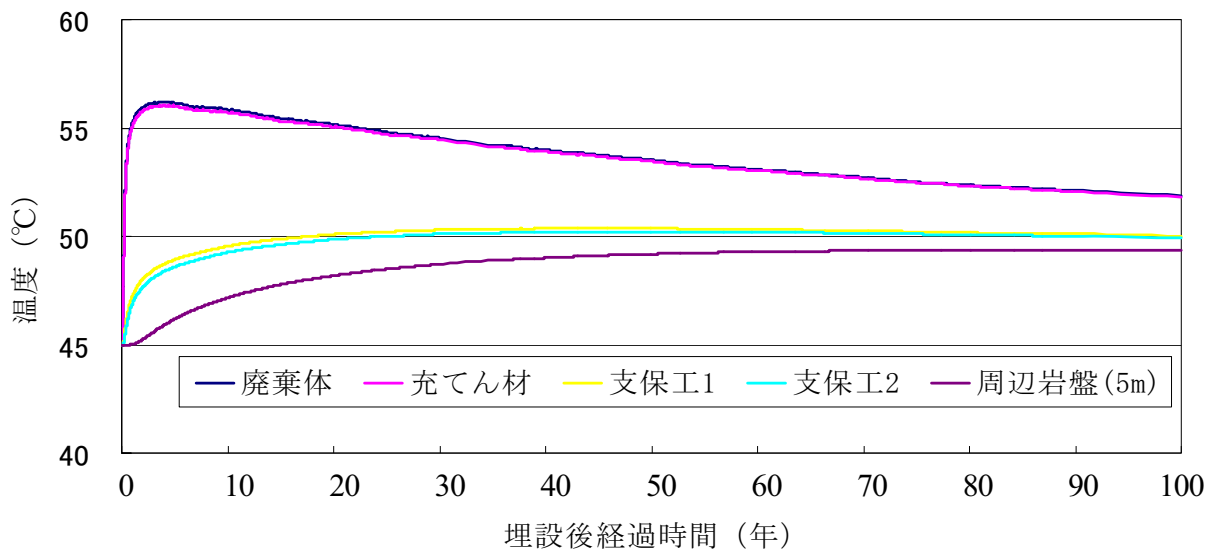
ここでは A、C については付表 6.2-2 の熱的判断基準を満足することを確認しているが、B については、断面内パッケージ数が 1 でも判断基準を満足していないため、さらに断面と垂直方向である坑道延長方向について現状の間隔無しの状態からパッケージ同士に一定の間隔を置く措置が必要である。



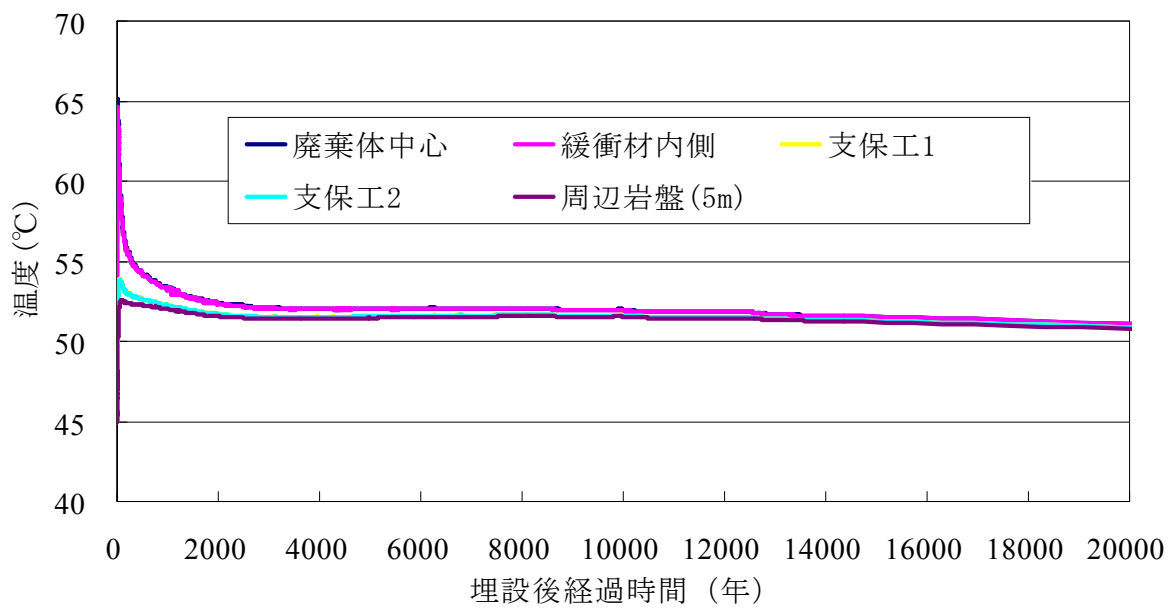
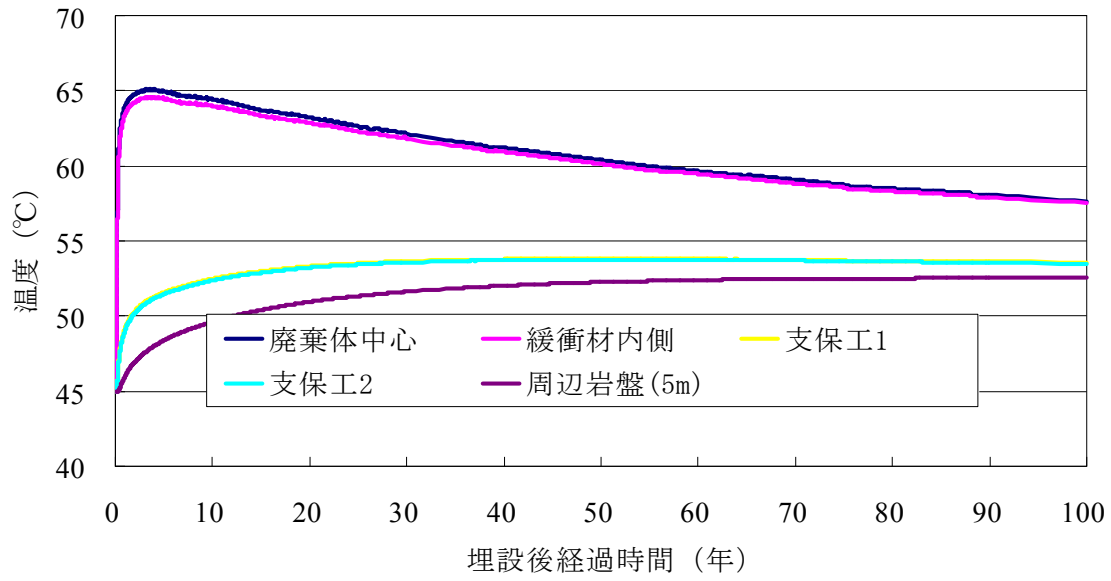
付表 6.2-3 変更断面案およびその解析結果（硬岩，1,000m，円形断面）

廃棄体	断面形状	断面内パッキン定置数	坑道中心間距離	最大温度上昇量	9千年後温度上昇量
A (キャニスタ)	D6.2m	3	38.0m (左記直径の 6.1 倍)	約 11°C	約 3°C
B (キャニスタ)	D4.2m	1	38.0m (左記直径の 9.0 倍)	約 20°C	約 7°C
C (インナーバルブル・ハル缶)	D3.6m	1	36.6m (左記直径の 10.2 倍)	約 13°C	約 1°C

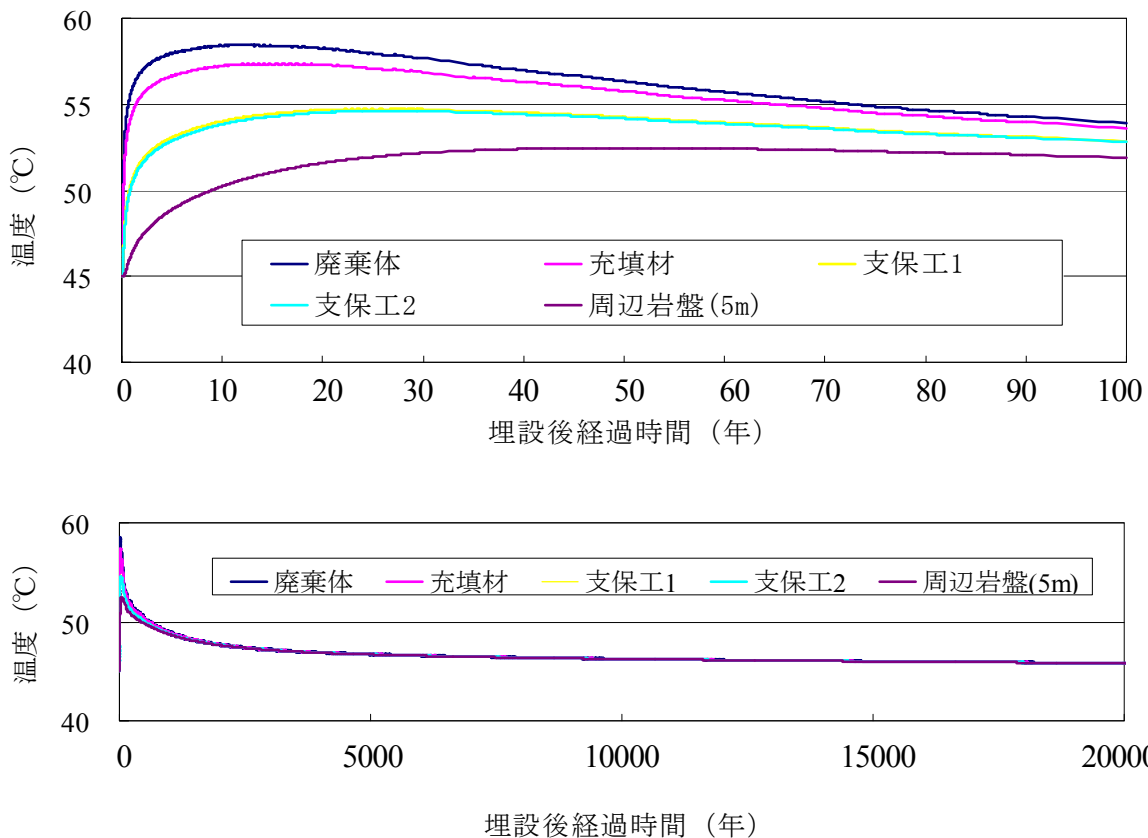
注：Dは掘削径



付図 6.2-4 温度履歴，廃棄体A (キャニスタ) (上：100年まで，下：2万年まで)



付図 6.2-5 温度履歴, 廃棄体B (キャニスタ) (上: 100年まで, 下: 2万年まで)



付図 6.2-6 温度履歴，廃棄体 C（インナーバレル・ハル缶）（上：100 年まで，下：2 万年まで）

## 6. 対策の適用結果のまとめ

代替技術で検討している容器の閉じ込め期間（6 万年）を前提にすると，廃棄体 A（キャニスタ），B（キャニスタ）は，第 6 章や付録 6-1 で設定している坑道断面（断面内廃棄体定置パッケージ数＝12，2）のままでは，判断基準を十分には満足できないため，廃棄体定置密度を低減することが必要である。断面内定置パッケージ数の低減やさらに坑道延長方向のパッケージ間隔の拡大により，閉じ込め期間が無くても判断基準を満足するが，閉じ込め容器と併用すれば，定置密度をもう少し増やせる。

廃棄体 C（インナーバレル）は第 6 章や付録 6-1 で設定している坑道断面（断面内定置廃棄体パッケージ数＝3）のままでも，閉じ込め容器の使用で判断基準を満足できる。閉じ込め期間が無くても断面内定置数を 1 に低減することで判断基準を満足する。

## 7. 定置密度低減策のバリア性能と地下施設面積への影響の確認

定置密度低減策をとった場合は，単位廃棄体量に対する人工バリアの表面積が増えることからバリア性能への影響が，また定置する坑道長が延びるので結果として地下施設面積への影響が懸念される。影響の度合いをここで確認する。なお，廃棄体 B（キャニスタ）については判断基準を満足するための坑道延長方向のパッケージ間隔まで同定していないので，(1) では廃棄体 A，C につい

でのみ扱い、(2) では坑道延長方向間隔が現状の2倍と仮定して検討している。

### (1) バリア性能への影響

定置密度低減策を用いて第2次 TRU レポートと同様の方法および同等の天然バリア条件で性能評価を実施した。なお、ここでは付表 6.2-1 に示した廃棄体 A や C 全体ではなく、代表である「原燃再処理操業、ハル・エンドピース」と「原燃再処理操業、不燃物 I (溶融炉)」について解析している。付表 6.2-4 に示すように、若干線量が増加している。廃棄物全体の最大線量を左右するグループ 1 の廃銀吸着材の値 (約  $2 \mu\text{Sv/y}$ ) には及ばないため、問題はない。

付表 6.2-4 変更断面案のバリア性能

廃棄体	廃棄体本数	グループの最大線量 (現状案)	グループの最大線量 (変更案)
A (キャニスタ)	26,250 本	約 $0.11 \mu\text{Sv/y}$ (約 1 万年後)	約 $0.13 \mu\text{Sv/y}$ (約 9 千年後)
C (インナーバレル・ハル缶)	1,134 本	約 $0.0022 \mu\text{Sv/y}$ (約 3 千年後)	約 $0.0025 \mu\text{Sv/y}$ (約 3 千年後)

なお、一定期間閉じ込め策の場合もバリア性能への影響がある。具体的には閉じ込め期間が終了して漏出が開始する時点の核種濃度が大きくなる懸念である。廃棄体 A (キャニスタ) の場合は 8 章での代替技術の性能に関する検討でこのような影響も考慮されていること、廃棄体 C (インナーバレル) の場合は付表 6.2-4 に示すように元々の線量が非常に小さいことから問題ないと考えられる。

### (2) 地下施設面積への影響

変更断面案による廃棄体あたりの専有面積の変化を求め、それを用いて地下施設全体面積の増し分を推定する。付表 6.2-5 に示すように、検討対象廃棄体の必要専有面積は現状の 3~5 倍程度になる。これにより地下施設全体は付表 6.2-6 に示すように 2 倍強の面積が必要となる。

付表 6.2-5 専有面積の変化 (硬岩, 1,000m, 円形断面)

現状案, 変更案で坑道間離間距離は同じであることから, 1 パッケージあたりの専有面積の比は, 断面内のパッケージ定置数の逆数となる。		
廃棄体	断面内パッケージ定置数の 現状案/変更案の比	1 パッケージあたりの専有面積の 変更案/現状案の比
A (キャニスタ)	12/3	4
B (キャニスタ)	2/ (1÷2 (仮設定))	4
C (インナーバレル・ハル缶)	3/1	3
「原燃再処理操業, 不燃物 I (機器廃品等), ドラム缶」などについては, 変更案の断面内定置数を A と同じ 3 とすると, 現状案は付録 6-1 の 3 の事情から 40 パッケージの $1/3=13.3$ パッケージ程度であるから, 1 パッケージあたりの専有面積の変更案/現状案の比は 4.4 程度である。		

付表 6.2-6 地下施設面積の変化（硬岩, 1,000m, 円形断面）

廃棄体	現状案による地下施設当該部分の面積 (図 6.3.4-4 より)	付表 6.2-5 の倍率による 面積増加分
A (キャニスタ)	$258.8\text{m} \times (38.0\text{m} \times 4) = \text{約 } 39.3 \text{ 千 m}^2$	左記 $\times (4-1) = \text{約 } 118 \text{ 千 m}^2$
B (キャニスタ)	$258.8\text{m} \times (38.0\text{m} \times 3) = \text{約 } 29.5 \text{ 千 m}^2$	左記 $\times (4-1) = \text{約 } 89 \text{ 千 m}^2$
C (インナーバレル・バル缶)	$258.8\text{m} \times (36.6\text{m} \times 2) = \text{約 } 18.9 \text{ 千 m}^2$	左記 $\times (3-1) = \text{約 } 38 \text{ 千 m}^2$
D (ドラム缶)	$258.8\text{m} \times (36.6\text{m} \times 2) = \text{約 } 18.9 \text{ 千 m}^2$	左記 $\times (4.4-1) = \text{約 } 64 \text{ 千 m}^2$
		合計 : 約 309 千 m <sup>2</sup>
<p>現状の地下施設は約 513.4m <math>\times</math> 約 504.9m = 約 259 千 m<sup>2</sup> であるため, 上記の約 309 千 m<sup>2</sup> の増加により約 568 千 m<sup>2</sup> となり, 2 倍強の広さとなる。</p>		

## 付録 6-2 参考文献

電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構 (2005) : TRU 廃棄物処分技術検討書—第 2 次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ—, JNC TY1400 2005-013, FEPC TRU-TR2 -2005-02

核燃料サイクル開発機構 (1999) : わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第 2 次取りまとめ—分冊 3 地層処分システムの安全評価, JNC TN1400 99-023

## 付録 6-3 掘削土置き場の試算(6.5.2 および 9.2)

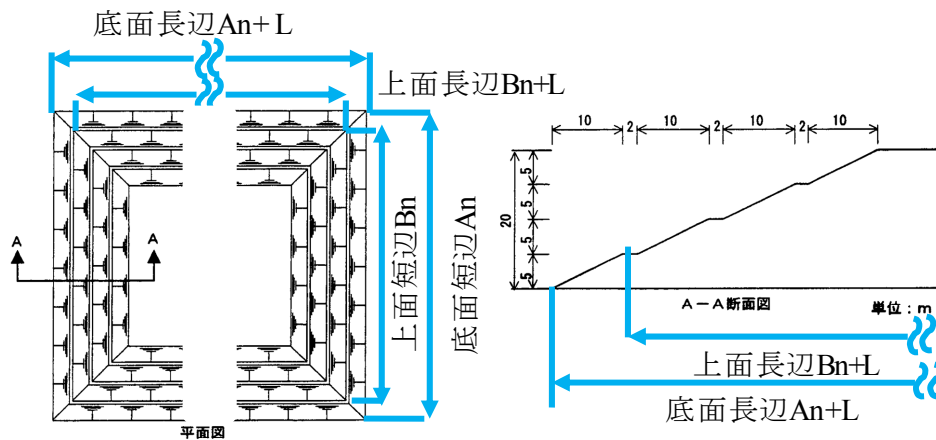
1. 形状と盛土量 .....	1
2. 掘削土仮置き量の試算 .....	2
3. 併置の場合 .....	2
付録 6-3 参考文献 .....	4
付図 6.3-1 盛土形状 (左: 平面図, 右: 断面図) .....	1
付表 6.3-1 盛土体積の試算 .....	1
付表 6.3-2 仮置き土量の試算 (土量変化率: 1.15) .....	2
付表 6.3-3 盛土体積の試算(併置) .....	2
付表 6.3-4 仮置き土量の試算(併置) .....	3
付表 6.3-5 埋め戻し土中に占める掘削土体積の割合 .....	3

## 掘削土置き場の試算

### 1. 形状と盛土量

図 6.5.2-1 で示したとおり，掘削土置き場は地上施設敷地の大きな部分を占め，専有面積は概ね  $650\text{m} \times 240\text{m}$  である。四方を傾斜面とした盛土であり，数段に分けた形状としている。ここで形状と盛土量の関係について試算する。

盛土形状を付図 6.3-1 のように仮定する。傾斜面の勾配は鉛直：水平=1：2 であり，高さ 5m ごと（盛土辺長が  $10\text{m} \times 2 = 20\text{m}$  短くなるごと）に幅 2m の小段を設けていく形状である。従って高さ 5m の四角錐台の辺長を 24m ずつ短くしながら上に積んでいく格好である。



付図 6.3-1 盛土形状（左：平面図，右：断面図）

図に示すように下から  $n$  段目の四角錐台について，底面，上面の短辺をそれぞれ  $A_n$ ， $B_n$ ，長辺をそれぞれ  $A_n+L$ ， $B_n+L$  とすると，この四角錐台の体積は，正四角錐台（底面辺長  $A_n$ ，上面辺長  $B_n$ ，高さ 5m）と水平にした台形柱（上辺  $B_n$ ，底辺  $A_n$ ，高さ 5m の台形底面，高さ  $L$ ）の体積の和で表される。また上の断面図から  $B_n = A_n - 20$ ， $A_{n+1} = A_n - 24$  である。このような関係を用いて盛土体積を求める。上記の専有面積形状に 20m ずつの余裕をとり，1 段目底面を  $610\text{m} \times 200\text{m}$  ( $A_n = 200\text{m}$ ， $L = 410\text{m}$ ) とすると，付表 6.3-1 のとおりである。

付表 6.3-1 盛土体積の試算

段数 $n$	高さ累 計(m)	底面短辺 $A_n(\text{m})$	上面短 辺 $B_n(\text{m})$	正四角錐台 体積( $\text{m}^3$ )	台形柱体積 ( $\text{m}^3$ )	$n$ 段目の体 積( $\text{m}^3$ )	体積累計 ( $\text{m}^3$ )
1	5	200	180	180,667	389,500	570,167	570,167
2	10	176	156	137,947	340,300	478,247	1,048,413
3	15	152	132	100,987	291,100	392,087	1,440,500
4	20	128	108	69,787	241,900	311,687	1,752,187
5	25	104	84	44,347	192,700	237,047	1,989,233



## 2. 掘削土仮置き量の試算

地層処分低レベル放射性廃棄物処分場の場合、高レベル放射性廃棄物処分場のように先行パネルで掘削土を再利用して埋め戻すようなことはせず、地下施設全体で掘削→定置→埋め戻しと進むため、地上に仮置きされる掘削土量の最大値は掘削土量全体そのものである。なお、掘削され無拘束状態となった掘削土は若干膨らむ（この変化の割合を土量変化率と言う）ため仮置き量は掘削土量より若干増える。地下施設の掘削土量は付録 7-1 で試算している。これらの掘削土量に余掘（付録 7-1 参照）による増加量を見込んでさらに土量変化率（ここでは 1.15 とした）を乗じて仮置き量を試算すると付表 6.3-2 のとおりである。

付表 6.3-2 仮置き土量の試算（土量変化率：1.15）

体積:m <sup>3</sup>	余掘を見込んだ掘削土量		仮置き土量	
	内陸	沿岸	内陸	沿岸
軟岩, 円形 (余掘 7%)	718,360	1,229,200	826,114	1,413,579
硬岩, 円形 (余掘 8%)	787,838	1,515,281	906,014	1,742,574
硬岩, 幌型 (余掘 8%)	903,668	1,631,084	1,039,186	1,875,746

この仮置き土量を付表 6.3-1 に当てはめると、内陸の場合 2 段、沿岸の場合 3～5 段の盛土が必要である。

## 3. 併置の場合

高レベル放射性廃棄物処分場との併置の場合の掘削土置き場の平面形状は図 9.2.2-3 で示したとおりである。専有面積を 750m×930m とし、20m ずつの余裕をとって 1 段目底面を 710m×890m (An=710m, L=180m) とすると、次のとおりである。

付表 6.3-3 盛土体積の試算(併置)

段数 n	高さ累 計(m)	底面短辺 An(m)	上面短 辺 Bn(m)	正四角錐台 体積(m <sup>3</sup> )	台形柱体積 (m <sup>3</sup> )	n 段目の体 積(m <sup>3</sup> )	体積累計 (m <sup>3</sup> )
1	5	710	690	2,450,167	630,000	3,080,167	3,080,167
2	10	686	666	2,285,047	608,400	2,893,447	5,973,613
3	15	662	642	2,125,687	586,800	2,712,487	8,686,100
4	20	638	618	1,972,087	565,200	2,537,287	11,223,387
5	25	614	594	1,824,247	543,600	2,367,847	13,591,233

高レベル放射性廃棄物処分場では、先行するパネルは掘削土を再利用して埋め戻しを行うため、仮置き土量は掘削土量より小さくなる。ここではパネル数を 6 とし、仮置き土量が最大となる時点を、第 5 パネルが定置終了し埋め戻し前で第 6 パネルが掘削終了している状態を仮定した。このとき仮置き土量は、

(2 パネル分の掘削土量) + (4 パネル分の残土量) + (連絡坑道, アクセス坑道の掘削土量)

である。この式を用いて、付表 6.3-2 と同様に仮置き土量を試算すると付表 6.3-4 のとおりである。

掘削量が多い処分孔縦置き方式について内陸および沿岸の場合を示すとともに、付表 6.3-2 との合計を示している。

付表 6.3-4 仮置き土量の試算（併置）

体積:m <sup>3</sup>		軟岩, 500m, 余掘率 7%		硬岩, 1,000m, 余掘率 8%	
		内陸	沿岸	内陸	沿岸
高レ ベル, 縦置 き	(1)1° 初掘削量	1,624,476		1,000,621	
	(2)1° 初残土量	927,681		545,517	
	(3)連絡坑道掘削量	919,499		779,422	
	(4)アクセス掘削量	348,464	1,442,924	587,436	2,507,810
	(5)=2・(1)+4・(2)+(3)+(4)	8,227,642	9,323,101	5,550,166	7,470,541
	(6)=(5)×土量変化率 1.15	9,461,788	10,720,417	6,382,691	8,591,122
低レ ベル	(7)付表 6.3-2, 円形	826,114	1,413,579	906,014	1,742,574
	(8)付表 6.3-2, 幌型			1,039,186	1,875,746
(9)併置合計=(6)+(7)		10,287,902	12,133,996	7,288,705	10,333,696
(10)併置合計=(6)+(8)				7,421,877	10,466,868

\* 「余掘率」は付録 7-1 参照。

併置の場合の合計仮置き土量を上記付表 6.3-3 に当てはめると、軟岩の場合、内陸で 4 段、沿岸で 5 段、硬岩の場合、内陸で 3 段、沿岸で 4 段の盛土が必要である。

なお、埋め戻し土はベントナイトを混合するため、埋め戻し空間充填体積のうち掘削土が占める割合は付表 6.3-5 に示すように 6～8 割程度である。上記の残土量は掘削土量－埋め戻し空間充填体積×0.6（硬岩）、0.8（軟岩）で算出している。

付表 6.3-5 埋め戻し土中に占める掘削土体積の割合

埋め戻し空間充填体積を  $V$  とすると、ベントナイト混合率は 15 重量%、埋め戻し土の乾燥密度は  $1.8\text{Mg/m}^3$  とする案が示されている（核燃料サイクル開発機構, 1999, 4.2.4.2）ため埋戻される掘削土の重量は、 $1.8V \times (1-0.15) = 1.53V$  となる。

掘削土の乾燥密度を  $\rho_d$  ( $\text{Mg/m}^3$ ) とすると埋め戻しに使われる掘削土の体積は、 $(1.53/\rho_d)V$  である。 $\rho_d$  に硬岩 HR と軟岩 SR-C の値を代入すると、

- ・硬岩 HR：飽和密度= $2.67\text{Mg/m}^3$ 、有効間隙率=2%より乾燥密度= $2.65\text{Mg/m}^3$ なので、 $0.58V$
- ・軟岩 SR-C：飽和密度= $2.2\text{Mg/m}^3$ 、有効間隙率 30%より乾燥密度= $1.9\text{Mg/m}^3$ なので、 $0.81V$

となり、埋め戻し空間充填体積の 6 割～8 割程度が必要となる。

### 付録 6-3 参考文献

核燃料サイクル開発機構 (1999) : わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—  
地層処分研究開発第 2 次取りまとめ—分冊 2 地層処分の工学技術, JNC TN1400 99-022

# 第7章

—付録資料—

## 付録 7-1 地下施設主要数量の試算(7.2.1)

1. 試算の前提条件	1
2. 掘削, 支保工, インバート量の試算	1
3. 緩衝材, 充填材, 構造躯体量の試算	5
4. 埋め戻し材量の試算	7
付録 7-1 参考文献	10
付表 7.1-1 母岩の種類と地下施設の設置深度	1
付表 7.1-2 アクセス坑道の本数・方式・勾配	1
付表 7.1-3 地下施設のレイアウト	1
付表 7.1-4 各坑道断面の仕様	1
付表 7.1-5 廃棄体の仕様	1
付表 7.1-6 アクセス坑道の掘削, 支保工, インバート量 (軟岩, 内陸)	2
付表 7.1-7 アクセス坑道の掘削, 支保工, インバート量 (硬岩, 内陸)	2
付表 7.1-8 アクセス坑道の掘削, 支保工, インバート量 (軟岩, 沿岸)	2
付表 7.1-9 アクセス坑道の掘削, 支保工, インバート量 (硬岩, 沿岸)	2
付表 7.1-10 主要坑道などの掘削, 支保工, インバート量 (軟岩)	3
付表 7.1-11 主要坑道などの掘削, 支保工, インバート量 (硬岩, 円形)	3
付表 7.1-12 主要坑道などの掘削, 支保工, インバート量 (硬岩, 幌型)	3
付表 7.1-13 処分坑道の掘削, 支保工, インバート量 (軟岩, 円形)	4
付表 7.1-14 処分坑道の掘削, 支保工, インバート量 (硬岩, 円形)	4
付表 7.1-15 処分坑道の掘削, 支保工量 (硬岩, 幌型)	4
付表 7.1-16 掘削, 支保工, インバート量の合計	5
付表 7.1-17 処分坑道の緩衝材, 充填材量 (軟岩, 円形)	5
付表 7.1-18 処分坑道の緩衝材, 充填材量 (硬岩, 円形)	6
付表 7.1-19 処分坑道の緩衝材量 (硬岩, 幌型)	6
付表 7.1-20 処分坑道の構造躯体量 (硬岩, 幌型)	6
付表 7.1-21 処分坑道の充填材量 (硬岩, 幌型)	7
付表 7.1-22 処分坑道の緩衝材, 充填材量, 構造躯体量の合計	7
付表 7.1-23 アクセス坑道の埋め戻し量	8
付表 7.1-24 主要坑道などの埋め戻し量	8
付表 7.1-25 処分坑道の埋め戻し量 (軟岩, 円形)	8
付表 7.1-26 処分坑道の埋め戻し量 (硬岩, 円形)	9
付表 7.1-27 処分坑道の埋め戻し量 (硬岩, 幌型)	9
付表 7.1-28 埋め戻し量の合計	9

## 地下施設主要数量の試算

ここでは、第7章に記載した掘削土量などの数量について、前提条件や手順を試算結果とともに示す。「処分場の概要」（原子力発電環境整備機構，2009）で紹介されている沿岸部に地下施設を設置した場合についても併せて示している。なお、表の数値はそれぞれ四捨五入して示しているため合計の数値が整合しない場合がある。計算の過程が把握できるように細かい数値をそのまま記載しているが、あくまで試算・概算であるため、引用などにはご注意ください。従って主な目的である主要数量のまとめの表については、概数としている。

### 1. 試算の前提条件

試算に当たっては第6章で示した地下施設の諸元を用いる。ここに諸元をまとめる。

付表 7.1-1 母岩の種類と地下施設の設置深度

母岩の種類	軟岩	硬岩
設置深度	500 m	1,000 m

付表 7.1-2 アクセス坑道の本数・方式・勾配

地下施設を内陸下に設置する場合		地下施設を沿岸海域下に設置する場合	
立坑（本） （垂直）	斜坑（本） （勾配：約7%）	立坑（本） （垂直）	斜坑（本） （勾配：約7%）
2	1	0	3

付表 7.1-3 地下施設のレイアウト

	全般	軟岩	硬岩
円形断面処分坑道	表 6.3.4-1~4	図 6.3.4-3	図 6.3.4-4
幌型断面処分坑道		—	図 6.3.4-5

付表 7.1-4 各坑道断面の仕様

	軟岩	硬岩
立坑	図 6.3.6-1	
斜坑，連絡坑道	図 6.3.6-2，3	
処分坑道	図 6.3.4-1，2	

付表 7.1-5 廃棄体の仕様

廃棄体量	第4章
廃棄体，廃棄体パッケージ体積	6.2.1

### 2. 掘削，支保工，インバート量の試算

断面積を付表 7.1-4 に示した各図より算定し，それに付表 7.1-3 に示したレイアウトより求めた坑道長を乗じて求めた。

#### (a) アクセス坑道

アクセスの立坑の1本あたりの長さは，地表から地下施設坑道路面深度に到達するまでの長さに

エレベータ排水処理設備等のための9mを加えた値としている。斜坑は勾配を7%とし100m置きに拡幅部（車両諸元より長さ17mとした）を設け、それ以外を一般部とした。拡幅部は一般部の中央に内側の幅2.5m高さ5mの矩形形状を加えた断面形状とした。

付表 7.1-6 アクセス坑道の掘削、支保工、インバート量（軟岩、内陸）

	坑道長 (m)	断面積(m <sup>2</sup> )			体積(m <sup>3</sup> )		
		掘削	支保	インバート	掘削	支保	インバート
立坑	1,044	38.5	10.2	0	40,194	10,649	0
斜坑一般部	5,953	33.7	8.3	3.1	200,616	49,410	18,454
斜坑拡幅部	1,190	48.9	9.8	4.4	58,191	11,662	5,236
合計	8,187				299,001	71,721	23,690

付表 7.1-7 アクセス坑道の掘削、支保工、インバート量（硬岩、内陸）

	坑道長 (m)	断面積(m <sup>2</sup> )			体積(m <sup>3</sup> )		
		掘削	支保	インバート	掘削	支保	インバート
立坑	2,042	30.2	1.9	0	61,668	3,880	0
斜坑一般部	11,906	23.6	1.3	0	280,982	15,478	0
斜坑拡幅部	2,380	36.4	1.6	0	86,632	3,808	0
合計	16,328				429,282	23,166	0

付表 7.1-8 アクセス坑道の掘削、支保工、インバート量（軟岩、沿岸）

	坑道長 (m)	断面積(m <sup>2</sup> )			体積(m <sup>3</sup> )		
		掘削	支保	インバート	掘削	支保	インバート
斜坑一般部	17,859	33.7	8.3	3.1	601,848	148,230	55,363
斜坑拡幅部	3,570	48.9	9.8	4.4	174,573	34,986	15,708
合計	21,429				776,421	183,216	71,071

付表 7.1-9 アクセス坑道の掘削、支保工、インバート量（硬岩、沿岸）

	坑道長 (m)	断面積(m <sup>2</sup> )			体積(m <sup>3</sup> )		
		掘削	支保	インバート	掘削	支保	インバート
斜坑一般部	35,718	23.6	1.3	0	842,945	46,433	0
斜坑拡幅部	7,140	36.4	1.6	0	259,896	11,424	0
合計	42,858				1,102,841	57,857	0

(b) 主要坑道、連絡坑道、坑底施設

レイアウト図から坑道長を読み取っている。坑道の中心線を基準にするため道幅7mを考慮している。連絡坑道は廃棄体が搬送される部分を連絡坑道Ⅰとし、それ以外を連絡坑道Ⅱとしている。連絡坑道Ⅰの曲線部は半径20mである。連絡坑道Ⅱは直線で近似している。主要坑道には坑底施設との間の坑道（(50m+道幅)×2）を含んでいる。

内陸、沿岸で違いはないが、処分坑道形式により異なるため、3種類である。

付表 7.1-10 主要坑道などの掘削, 支保工, インバート量 (軟岩)

	坑道長 (m)	断面積(m <sup>2</sup> )			体積(m <sup>3</sup> )		
		掘削	支保	インバート	掘削	支保	インバート
主要坑道	2,374	53.5	10.5	4.1	127,009	24,927	9,733
連絡坑道 I	441	53.5	10.5	4.1	23,594	4,631	1,808
連絡坑道 II	409	33.7	8.3	3.1	13,783	3,395	1,268
坑底施設	465	53.5	10.5	4.1	24,878	4,883	1,907
合計	3,689				189,263	37,835	14,716

付表 7.1-11 主要坑道などの掘削, 支保工, インバート量 (硬岩, 円形)

	坑道長 (m)	断面積(m <sup>2</sup> )			体積(m <sup>3</sup> )		
		掘削	支保	インバート	掘削	支保	インバート
主要坑道	2,370	40.5	1.7	0	95,985	4,029	0
連絡坑道 I	503	40.5	1.7	0	20,372	855	0
連絡坑道 II	251	23.6	1.3	0	5,924	326	0
坑底施設	465	40.5	1.7	0	18,833	791	0
	3,589				141,113	6,001	0

付表 7.1-12 主要坑道などの掘削, 支保工, インバート量 (硬岩, 幌型)

	坑道長 (m)	断面積(m <sup>2</sup> )			体積(m <sup>3</sup> )		
		掘削	支保	インバート	掘削	支保	インバート
主要坑道	2,241	40.5	1.7	0	90,761	3,810	0
連絡坑道 I	471	40.5	1.7	0	19,076	801	0
連絡坑道 II	452	23.6	1.3	0	10,667	588	0
坑底施設	465	40.5	1.7	0	18,833	791	0
	3,629				139,336	5,989	0

## (c) 処分坑道

廃棄体定置部分とその手前の作業エリア部分に大別される。廃棄体定置部分は廃棄体形状により断面積が異なる。作業エリア部分のインバートは接している廃棄体定置部分と同じとした。

円形断面坑道長については、前提条件で示した表 6.3.4-1 に記載したとおり、作業エリアを設けない方の端部に坑道長方向に支保工（軟岩 0.6m, 硬岩 0.1m）が設置され（処分坑道の方が連絡坑道 II より断面積が小さい、グループ 4 のハル缶・インナーバレルなどを除く）、グループ 1, 2 ではさらにその内側で両端に緩衝材厚さ（軟岩 2.0m, 硬岩 1.4m）がある。支保工端部は接続する連絡坑道 II の内断面積（埋戻面積）を処分坑道外断面積（掘削面積）から引いた値を支保工断面積としている。幌型断面の場合は、坑道両端に作業エリアがあるため端部支保工を設けていない（グループ 1 は作業エリアが片側のみであるため、作業エリアが無い方の端部に 0.1m の支保工を設けている）。



付表 7.1-13 処分坑道の掘削、支保工、インバート量（軟岩、円形）

		坑道長 (m)	断面積(m <sup>2</sup> )			体積(m <sup>3</sup> )				
			掘削	支保	インバート	掘削	支保			インバート 一般
							一般	端部	計	
グループ 1		50.1	136.8	23.8	12.9	6,854	1,178	82	1,260	639
グループ 2	ハル・ エントピース	487.8	124.7	22.6	6.4	60,829	10,984	184	11,168	3,110
	仏国返還	430.8	40.7	12.4	0.3	17,534	5,327	22	5,349	129
グループ 3,4	ドラム缶	609.8	136.8	23.8	6.1	83,421	14,470	206	14,677	3,709
	角型容器	34.4	136.8	23.8	4.0	4,706	819	0	819	138
	ハル缶, インナーバレル	323.1	30.2	10.6	3.2	9,758	3,425	0	3,425	1,034
合計		1,936				183,100	36,203	495	36,697	8,758

付表 7.1-14 処分坑道の掘削、支保工、インバート量（硬岩、円形）

		坑道長 (m)	断面積(m <sup>2</sup> )			体積(m <sup>3</sup> )				
			掘削	支保	インバート	掘削	支保			インバート 一般
							一般	端部	計	
グループ 1		49.6	116.9	3.8	12.9	5,798	188	12	200	639
グループ 2	ハル・ エントピース	785.2	70.9	3.0	4.2	55,671	2,354	19	2,374	3,296
	仏国返還	644.4	21.2	1.6	1.0	13,661	1,031	0	1,031	644
グループ 3,4	ドラム缶	608.3	116.9	3.8	6.1	71,110	2,310	28	2,339	3,709
	角型容器	34.4	116.9	3.8	4.0	4,021	131	0	131	138
	ハル缶, インナーバレル	416.2	21.2	1.6	3.2	8,823	666	0	666	1,332
合計		2,538				159,085	6,681	60	6,740	9,757

付表 7.1-15 処分坑道の掘削、支保工量（硬岩、幌型）

		坑道長 (m)	断面積(m <sup>2</sup> )		体積(m <sup>3</sup> )	
			掘削	支保	掘削	支保
グループ 1		35.0	204.8	4.3	7,168	171
グループ 2	ハル・ エントピース	933.6	114.9	3.1	107,271	2,894
	仏国返還	792.8	56.4	2.1	44,714	1,665
グループ 3		199.0	204.8	4.3	40,755	856
グループ 4	下記以外	210.6	204.8	4.3	43,131	906
	ハル缶・ インナーバレル	565.4	44.3	2.0	25,047	1,131
合計		2,736			268,086	7,622

(d) まとめ

ここで合計をまとめる。冒頭で述べたように延長はkm，体積は千m<sup>3</sup>で四捨五入した値としている。公募関係資料「処分場の概要」（原子力発電環境整備機構，2009）の処分場の構成，地下施設に示した総延長，総掘削量は下表の赤字部分を丸めたものである。高レベル放射性廃棄物処分場の数字にあわせて，延長は10km単位，掘削量は10万m<sup>3</sup>単位で切り上げている。

付表 7.1-16 掘削，支保工，インバート量の合計

延長:km 他:千m <sup>3</sup>	内陸				沿岸			
	延長	掘削	支保	インバート	延長	掘削	支保	インバート
軟岩，円形	14	671	146	47	27	1,149	258	95
硬岩，円形	22	729	36	10	49	1,403	71	10
硬岩，幌形	23	837	37	0	49	1,510	71	0

なお，実際の掘削工事では設計断面どおり掘削することは困難であり，支保工の設計厚を確保するために設計断面積より若干大きく掘削される。これを余掘といい，この分だけ支保工厚が増える。余掘厚は岩盤特性や掘削工法により異なるが10cm～20cm程度が想定されている（財団法人建設物価調査会，2009）。

掘削量が最も多い斜坑一般部の断面について，底面以外について余掘厚を15cmとして設計と比較すると，掘削断面積が7%（軟岩），8%（硬岩）程度増え，支保工断面が24%（軟岩），143%（硬岩）程度増える。従って実際の工事の際は，付表 7.1-16にこの程度の追加量を考慮しなければならない。

3. 緩衝材，充填材，構造躯体量の試算

(a) 円形処分坑道

坑道長については，前提条件で示した表 6.3.4-1 に記載したとおり，廃棄体定置部分の作業エリアを設けていない端部に坑道長方向に支保工（軟岩 0.6m，硬岩 0.1m）が設置され，グループ 1，2 ではさらにその内側で両端に 2.0m の緩衝材厚さがある。ここでは端部支保工は関係ない。

付表 7.1-17 処分坑道の緩衝材，充填材量（軟岩，円形）

		坑道長(m)		断面積(m <sup>2</sup> )			体積(m <sup>3</sup> )			
		端部	一般部	緩衝材 端部	緩衝材 一般部	充填 材	緩衝材 端部	緩衝材 一般部	緩衝材 合計	充填 材
グループ 1		4.0	25.5	85.5	44.2	0	342	1,127	1,469	0
グループ 2	ハル・エントピース	12.0	414.0	87.8	49.3	0	1,054	20,410	21,464	0
	仏国返還	8.0	381.6	27.2	21.4	0	218	8,166	8,384	0
グループ 3,4	ドラム缶	0	528.0	0	0	41.0	0	0	0	21,648
	角型容器	0	14.4	0	0	45.7	0	0	0	658
	ハル缶， インナーバレル	0	283.1	0	0	10.3	0	0	0	2,916
合計		24.0	1,646.6				1,613	29,704	31,317	25,222

付表 7.1-18 処分坑道の緩衝材、充填材量（硬岩、円形）

		坑道長(m)		断面積(m <sup>2</sup> )			体積(m <sup>3</sup> )			
		端部	一般部	緩衝材 端部	緩衝材 一般部	充填 材	緩衝材 端部	緩衝材 一般部	緩衝材 合計	充填 材
グループ 1		4.0	25.5	85.5	44.2	0	342	1,127	1,469	0
グループ 2	ハル・エンド・ピース	16.0	688.8	58.3	35.3	0	933	24,315	25,247	0
	仏国返還	12.0	572.4	16.9	13.1	0	203	7,498	7,701	0
グループ 3,4	ドラム缶	0	528.0	0	0	41.0	0	0	0	21,648
	角型容器	0	14.4	0	0	45.7	0	0	0	658
	ハル缶, インナーバレル	0	376.2	0	0	11.8	0	0	0	4,439
合計		32.0	2,205.3				1,478	32,940	34,418	26,745

## (b) 幌型坑道

廃棄体定置部分の両側に作業エリアを設けているため端部の坑道長方向の支保工はない（グループ 1 は作業エリアが片側だけであるため、作業エリアがない方の端部には 0.1m の支保工を設けている）。グループ 1, 2 の端部緩衝材の厚さは 1.4m である。

構造躯体、緩衝材は断面積を断面図から読み取って計算し、それに坑道長を乗じて体積を求めている。充填材はピット内容積から廃棄体（パッケージ）体積を引いて求めている。

付表 7.1-19 処分坑道の緩衝材量（硬岩、幌型）

		坑道長(m)		断面積(m <sup>2</sup> )		体積(m <sup>3</sup> )		
		端部	一般部	緩衝材 端部	緩衝材 一般部	緩衝材 端部	緩衝材 一般部	合計
グループ 1		2.8	12.1	144	46	403	557	960
グループ 2	ハル・エンド・ピース	11.2	822.4	77.1	32.7	864	26,893	27,756
	仏国返還	11.2	681.6	35.0	21.0	392	14,314	14,706
合計		25.2	1,516.1			1,659	41,763	43,421

付表 7.1-20 処分坑道の構造躯体量（硬岩、幌型）

	ピット 数	躯体長(m)		断面積(m <sup>2</sup> )		体積(m <sup>3</sup> )		
		端部・ 隔壁	一般部	端部・ 隔壁	一般部	端部・ 隔壁	一般部	合計
グループ 1	1	1.6	10.5	98	25.8	157	271	428
グループ 2								
(ハル・エンド・ピース)	64	54.4	768.0	44.4	16.6	2,415	12,749	15,164
(仏国返還)	53	45.6	636.0	14.0	8.6	638	5,470	6,108
グループ 3	11	10.4	138.6	108	26.9	1,123	3,728	4,852
グループ 4								
(ハル缶・インナーバレル)	40	34.4	456.0	12.5	6.8	430	3,101	3,531
(ドラム缶・角型容器)	14	12.0	173.6	108	26.9	1,296	4,670	5,966
合計	183	158.4	2,182.7			6,060	29,988	36,048

付表 7.1-21 処分坑道の充填材量（硬岩，幌型）

	躯体外体積			躯体 体積 (m <sup>3</sup> )	ピット 内容積 (m <sup>3</sup> )	廃棄体体積※			充填 材体 積(m <sup>3</sup> )
	断面 (m <sup>2</sup> )	延長 (m)	体積 (m <sup>3</sup> )			単位体 積(m <sup>3</sup> )	廃棄体 数	体積 (m <sup>3</sup> )	
グループ1	98	12.1	1,186	428	758	0.200	1,673	335	424
グループ2									
(ハル・エントピース)	44.4	822.4	36,515	15,164	21,350	2.304	6,881	15,854	5,497
(仏国返還)	14.0	681.6	9,542	6,108	3,434	2.304	953	2,196	1,239
グループ3	108.0	149.0	16,092	4,852	11,241	0.200	27,441	5,488	5,752
グループ4									
(ハル缶・インナーバレル)	12.5	490.4	6,130	3,531	2,599	2.926	594	1,738	861
(ドラム缶・角形容器)	108.0	185.6	20,045	5,966	14,079	0.200	28,663	5,733	7,465
						3.072	287	882	
合計			89,510	36,048	53,462			32,225	21,237

※グループ2とグループ4のハル缶・インナーバレルは廃棄体パッケージ

### (c) まとめ

ここで合計をまとめる。掘削，支保工，インバートと同じく，概数（単位は百 m<sup>3</sup>）として示している。

付表 7.1-22 処分坑道の緩衝材，充填材量，構造躯体量の合計

体積(百 m <sup>3</sup> )		軟岩，円形		硬岩，円形		硬岩，幌型		
		緩衝材	充填材	緩衝材	充填材	緩衝材	充填材	構造躯体
グループ1		15	0	15	0	10	4	4
グループ2	ハル・エントピース	215	0	252	0	278	55	152
	仏国返還	84	0	77	0	147	12	61
グループ3,4	ドラム缶	0	216	0	216	0	141	143
	角型容器	0	7	0	7	0		
	ハル缶,インナーバレル	0	29	0	44	0		
合計		313	252	344	267	434	212	360

## 4. 埋め戻し材量の試算

処分坑道のうちグループ1，2はベントナイト系，幌型坑道のグループ3，4はセメント系の埋め戻し材が検討されている。処分坑道以外はすべてベントナイト系である。

### (a) アクセス坑道

上記1.で求めた掘削量から支保工およびインバート量を差し引いて埋め戻し量を求める。

付表 7.1-23 アクセス坑道の埋め戻し量

	埋め戻し量(m <sup>3</sup> )			
	軟岩, 内陸	硬岩, 内陸	軟岩, 沿岸	硬岩, 沿岸
立坑	29,545	57,789	0	0
斜坑一般部	132,752	265,504	398,256	796,511
斜坑拡幅部	41,293	82,824	123,879	248,472
合計	203,590	406,116	522,135	1,044,983

(b) 主要坑道, 連絡坑道, 坑底施設

上記(a)と同様の方法で求める。

付表 7.1-24 主要坑道などの埋め戻し量

	埋め戻し量(m <sup>3</sup> )		
	軟岩, 円形	硬岩, 円形	硬岩, 幌型
主要坑道	92,349	91,956	86,951
連絡坑道 I	17,155	19,516	18,275
連絡坑道 II	9,121	5,597	10,080
坑底施設	18,089	18,042	18,042
合計	136,713	135,112	133,347

(c) 処分坑道

埋め戻し断面に坑道長を乗じて求める。埋め戻し断面は、作業部では内断面からインバートを引いた値、端部では連絡坑道 II の内断面（インバート除く）の値、定置部では緩衝材、充填材、インバートを引いた値である。

付表 7.1-25 処分坑道の埋め戻し量（軟岩, 円形）

	坑道長(m)			埋め戻し断面積(m <sup>2</sup> )			埋め戻し体積(m <sup>3</sup> )				
	定置部	端部	作業部	定置部	端部	作業部	定置部	端部	作業部	合計	
グループ 1	29.5	0.6	20	14.7	0.0	100.2	434	0	2,004	2,438	
グループ 2	ハル・エンドピース	426.0	1.8	60	7.9	22.3	95.7	3,365	40	5,742	9,148
	仏国返還	389.6	1.2	40	0.8	22.3	28.0	312	27	1,120	1,458
グループ 3	258.0	1.2	40	0	22.3	107.0	0	27	4,280	4,307	
グループ 4	ドラム缶	270.0	0.6	40	0	22.3	107.0	0	13	4,280	4,293
	ハル缶・インナーバル	283.1	0	40	0	22.3	16.4	0	0	656	656
	角形容器	14.4	0	20	0	22.3	109.1	0	0	2,182	2,182
合計	1,671	5.4	260				4,111	107	20,264	24,482	

付表 7.1-26 処分坑道の埋め戻し量（硬岩，円形）

		坑道長 (m)			埋め戻し断面積(m <sup>2</sup> )			埋め戻し体積(m <sup>3</sup> )			
		定置部	端部	作業部	定置部	端部	作業部	定置部	端部	作業部	合計
グループ 1		29.5	0.1	20	14.7	0.0	100.2	434	0	2,004	2,438
グループ 2	ハル・エンド・ピース	704.8	0.4	80	5.4	22.3	63.7	3,806	9	5,096	8,911
	仏国返還	584.4	0	60	1.7	0	18.6	993	0	1,116	2,109
グループ 3		258.0	0.2	40	0	22.3	107.0	0	4	4,280	4,284
グループ 4	ドラム缶	270.0	0.1	40	0	22.3	107.0	0	2	4,280	4,282
	ハル缶・インナーバレル	376.2	0	40	0	22.3	16.4	0	0	656	656
	角形容器	14.4	0	20	0	22.3	109.1	0	0	2,182	2,182
合計		2,237	0.8	300				5,233	16	19,614	24,863

幌型坑道の場合は、端部支保工部分の埋め戻しが無いので比較的簡単である。グループ 3, 4 の定置部のみセメント系材料と想定する。

付表 7.1-27 処分坑道の埋め戻し量（硬岩，幌型）

	坑道長(m)		断面積(m <sup>2</sup> )		体積(m <sup>3</sup> )		
	定置部	作業部	定置部	作業部	定置部	作業部	合計
グループ 1	14.9	20	56.5	200.5	842	4,010	4,852
グループ 2							
(ハル・エンド・ピース)	833.6	100	34.7	111.8	28,926	11,180	40,106
(仏国返還)	692.8	100	19.2	54.2	13,302	5,420	18,722
グループ 3	149.0	50	92.5	200.5	13,783	10,025	23,808
グループ 4							
(ハル缶・インナーバレル)	490.4	75	29.9	42.4	14,663	3,180	17,843
(ドラム缶・角形容器)	185.6	25	92.5	200.5	17,168	5,013	22,181
合計	2,366	370			88,683	38,828	127,510

(d) まとめ

ここで合計をまとめる。これまでと同じく、概数（単位は千 m<sup>3</sup>）として示している。幌型坑道のグループ 3, 4 処分坑道の定置部のみ、埋め戻し量をセメント系材料とした。

付表 7.1-28 埋め戻し量の合計

体積:千 m <sup>3</sup>	処分坑道 (うちセメント系材料)	主要坑道 等	内陸		沿岸	
			アクセス	合計	アクセス	合計
軟岩, 円形	24	137	204	365	522	683
硬岩, 円形	25	135	406	566	1,045	1,205
硬岩, 幌形	128(46)	133		667		1,306

## 付録 7-1 参考文献

原子力発電環境整備機構（2009）：処分場の概要，放射性廃棄物の地層処分事業について～公募のご案内～ 分冊-1

財団法人 建設物価調査会（2009）：国土交通省土木工事積算基準

# 第8章

—付録資料—



## 付録 8-1 安全評価で用いる廃棄体ごとの放射能量 (8. 2. 1)

付表 8. 1-1 安全評価で用いる廃棄体ごとの放射能量 (Bq) .....	1
---	---

付表 8.1-1 安全評価で用いる廃棄体ごとの放射能(Bq) (1/6)

廃棄物名称	[Ba]				廃棄物名称	[Ba]				廃棄物名称	[Ba]																				
	グループ1		グループ2			グループ3																									
	原燃再処理操業	JAEA再処理操業	原燃再処理操業	JAEA再処理操業		仏国返還廃棄物	仏国返還廃棄物	原燃再処理操業	原燃再処理操業		系統除染廃液(施設廃止)	部分除染廃液I(施設廃止)	溶媒洗浄廃液I(7スラリ固化体(MA系))	JAEA再処理操業	溶媒洗浄廃液II(スラリ固化体)	溶媒洗浄廃液III(リン酸廃液固化体)	JAEA再処理操業														
原燃再処理操業	JAEA再処理操業	原燃再処理操業	JAEA再処理操業	仏国返還廃棄物	仏国返還廃棄物	低レベル濃縮廃液I(分析廃液)	部分除染廃液I(機器更新)	系統除染廃液(施設廃止)	部分除染廃液I(施設廃止)	溶媒洗浄廃液I(7スラリ固化体(MA系))	JAEA再処理操業	溶媒洗浄廃液II(スラリ固化体)	溶媒洗浄廃液III(リン酸廃液固化体)	二次除染廃液スラリ固化体																	
廃棄体積(m <sup>3</sup> /本)	0.2	0.2	0.194	0.194	0.194	0.194	0.55	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2																
廃棄体重量(t/本)	0.365	0.365	0.85	0.85	0.85	0.85	0.55	0.43	0.43	0.43	0.43	0.28	0.38	0.32	0.38																
発生本数(本)	1,470	203	26,250	1,272	3,780	30	6,586	744	327	510	16,963	1,299	624	388																	
発生量(m <sup>3</sup> )	294	41	5,095	247	734	7	1,319	147	67	102	3,393	261	125	78																	
重量(t)	537	75	22,313	1,082	3,213	17	2,832	320	141	220	4,750	494	200	148																	
基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後														
C-14	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.7E+14	4.7E+14	1.5E+13	1.5E+13	1.1E+14	6.1E+14	7.5E+07	7.5E+07	C-14	3.2E+03	3.2E+03	3.2E+03	3.2E+03	1.7E+09	1.7E+09	2.7E+09	2.6E+09	4.4E+12	4.4E+12	3.0E+12	3.0E+12	5.0E+06	8.0E+06	1.7E+07	1.7E+07	
Cl-36	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.9E+12	8.9E+12	2.5E+11	2.5E+11	0.0E+00	0.0E+00	3.0E+08	3.0E+08	Cl-36	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.8E+11	1.8E+11	1.5E+11	1.5E+11	1.6E+05	1.6E+05	3.4E+05	3.4E+05	
Co-60	3.3E+06	1.2E+05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E+18	4.8E+16	5.3E+16	2.0E+15	5.8E+17	2.2E+16	1.8E+11	6.7E+09	Co-60	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.3E+12	2.4E+11	5.4E+12	2.0E+11	1.3E+11	4.8E+09	2.7E+11	9.9E+09	
Ni-59	5.5E+03	5.5E+03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.3E+15	7.3E+15	1.9E+14	1.9E+14	0.0E+00	0.0E+00	8.3E+08	8.3E+08	Ni-59	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.5E+08	2.5E+08	2.1E+08	2.1E+08	5.1E+06	5.1E+06	1.1E+07	1.1E+07	
Ni-63	8.6E+05	7.1E+05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.1E+18	9.2E+17	2.7E+16	2.2E+16	2.0E+17	1.7E+17	0.0E+00	0.0E+00	Ni-63	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.5E+10	2.9E+10	2.9E+10	2.9E+10	7.0E+08	5.8E+08	1.5E+09	1.2E+09	
Se-79	3.9E+05	3.9E+05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.1E+12	2.1E+12	5.0E+10	4.9E+10	1.0E+12	1.0E+12	2.8E+10	2.8E+10	Se-79	2.3E+03	2.3E+03	2.3E+03	2.3E+03	1.2E+09	1.2E+09	1.9E+09	1.9E+09	1.4E+09	1.4E+09	1.2E+09	1.2E+09	2.4E+08	2.4E+08	5.0E+08	5.0E+08	
Sr-90	6.6E+10	3.7E+10	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.4E+17	1.9E+17	8.5E+15	4.7E+15	2.2E+17	1.2E+17	7.6E+14	4.2E+14	Sr-90	3.8E+08	2.1E+08	3.8E+13	2.1E+13	2.0E+14	1.1E+14	3.2E+14	1.8E+14	3.0E+14	1.6E+14	2.5E+14	1.6E+14	3.3E+13	2.4E+13	8.9E+13	4.9E+13	
Zr-93	1.8E+06	1.8E+06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.9E+14	2.9E+14	1.3E+13	1.3E+13	6.8E+13	6.8E+13	0.0E+00	0.0E+00	Zr-93	1.0E+04	1.0E+04	1.0E+09	1.0E+09	5.5E+09	5.5E+09	8.6E+09	8.6E+09	6.4E+09	6.4E+09	5.5E+09	5.5E+09	1.1E+09	1.1E+09	2.3E+09	2.3E+09	
Nb-94	3.3E+06	3.3E+06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.6E+15	2.6E+15	6.1E+13	6.1E+13	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	Nb-94	7.3E-01	7.3E-01	7.3E+04	7.3E+04	3.9E+05	3.9E+05	6.1E+05	6.1E+05	3.6E+05	3.5E+05	3.0E+05	3.0E+05	6.2E+04	6.2E+04	1.3E+05	1.3E+05	
Mo-93	3.8E+11	3.7E+11	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.5E+13	5.4E+13	1.1E+12	1.1E+12	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	Mo-93	3.2E+00	3.1E+00	3.2E+05	3.1E+05	1.7E+06	1.7E+06	2.6E+06	2.6E+06	1.4E+06	1.4E+06	1.2E+06	1.2E+06	2.5E+05	2.5E+05	5.2E+05	5.2E+05	
Tc-99	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.5E+14	6.5E+14	1.9E+12	1.9E+12	4.3E+13	4.3E+13	7.2E+11	7.2E+11	Tc-99	7.1E+04	7.1E+04	7.1E+09	7.1E+09	3.8E+10	3.8E+10	6.0E+10	6.0E+10	1.4E+11	1.4E+11	1.2E+11	1.2E+11	8.0E+09	8.0E+09	1.7E+10	1.7E+10	
Pd-107	1.1E+05	1.1E+05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.4E+11	5.4E+11	9.3E+09	9.3E+09	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	Pd-107	6.0E+02	6.0E+02	6.0E+07	6.0E+07	3.2E+08	3.2E+08	5.0E+08	5.0E+08	8.2E+08	8.2E+08	7.0E+08	7.0E+08	4.7E+07	4.7E+07	9.7E+07	9.7E+07	
Sn-126	7.4E+05	7.4E+05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.8E+12	3.8E+12	7.7E+10	7.7E+10	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	Sn-126	4.2E+03	4.2E+03	4.2E+08	4.2E+08	2.2E+09	2.2E+09	3.5E+09	3.5E+09	2.2E+09	2.2E+09	1.9E+09	1.9E+09	3.9E+08	3.9E+08	8.0E+08	8.0E+08	
I-129	5.9E+13	5.9E+13	2.4E+10	2.4E+10	1-129	1.6E+11	1.6E+11	3.4E+09	3.4E+09	1.0E+11	1.0E+11	3.9E+07	3.9E+07	I-129	8.7E+00	8.7E+00	8.7E+05	8.7E+05	4.6E+06	4.6E+06	7.2E+06	7.2E+06	3.9E+11	3.9E+11	3.2E+11	3.2E+11	5.1E+05	5.1E+05	1.1E+06	1.1E+06	
Cs-135	4.3E+05	4.3E+05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.2E+12	2.2E+12	4.9E+10	4.9E+10	1.3E+12	1.3E+12	2.8E+10	2.8E+10	Cs-135	2.4E+03	2.4E+03	2.4E+08	2.4E+08	1.3E+09	1.3E+09	2.0E+09	2.0E+09	1.4E+09	1.4E+09	1.2E+09	1.2E+09	2.5E+08	2.5E+08	5.2E+08	5.2E+08	
Cs-137	9.4E+10	5.3E+10	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.8E+17	2.7E+17	1.1E+16	6.0E+15	2.5E+17	1.4E+17	2.7E+15	1.5E+15	Cs-137	5.3E+08	3.0E+08	5.3E+13	3.0E+13	2.9E+14	1.6E+14	4.5E+14	2.5E+14	3.1E+14	1.7E+14	2.6E+14	1.5E+14	5.4E+13	3.0E+13	1.1E+14	6.3E+13	
Am-244	2.1E+09	8.1E+08	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.0E+15	3.1E+15	4.9E+13	1.9E+13	7.6E+15	2.9E+15	1.3E+13	5.1E+12	Am-244	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Pu-240	3.7E+08	3.7E+08	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.5E+15	1.5E+15	5.0E+13	1.0E+13	1.2E+15	1.7E+15	1.7E+12	1.7E+12	Pu-240	5.5E+12	5.4E+12	1.6E+13	1.6E+13	2.6E+13	2.6E+13	4.0E+13	4.0E+13	1.4E+12	1.4E+12	4.5E+11	4.5E+11	2.5E+11	2.5E+11	5.2E+11	5.2E+11	
U-236	2.6E+05	2.6E+05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	9.8E+11	9.8E+11	3.9E+10	4.0E+10	0.0E+00	8.7E+08	4.2E+08	4.2E+08	U-236	1.6E+09	1.6E+09	4.8E+09	4.8E+09	7.6E+09	7.6E+09	1.2E+10	1.2E+10	1.1E+09	1.2E+09	3.6E+08	3.6E+08	2.0E+08	2.0E+08	4.1E+08	4.1E+08	
Th-232	0.0E+00	3.2E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.2E+03	0.0E+00	4.9E+01	0.0E+00	5.4E-01	0.0E+00	5.2E-01	Th-232	0.0E+00	2.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	9.4E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.5E+01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.5E-01	0.0E+00	2.5E-01	0.0E+00	5.1E-01
Ra-228	0.0E+00	2.1E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.8E+02	0.0E+00	3.1E+01	0.0E+00	2.7E-01	0.0E+00	3.3E-01	Ra-228	0.0E+00	1.3E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.8E+00	0.0E+00	6.0E+00	0.0E+00	9.4E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	9.1E-01	0.0E+00	1.6E-01	0.0E+00	3.3E-01
Th-228	0.0E+00	1.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.6E+02	0.0E+00	2.6E+01	0.0E+00	2.1E-01	0.0E+00	2.8E-01	Th-228	0.0E+00	1.1E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.7E-01	0.0E+00	2.4E-01	0.0E+00	1.3E-01	0.0E+00	2.8E-01	2.8E-01	
Cm-245	2.2E+05	2.2E+05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.6E+11	8.5E+11	3.3E+09	3.3E+09	0.0E+00	0.0E+00	3.5E+09	3.5E+09	Cm-245	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.5E+09	1.5E+09	4.8E+08	4.7E+08	4.7E+07	1.7E+07	3.5E+07	3.5E+07	
Pu-241	9.8E+10	2.9E+10	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.3E+17	1.0E+17	9.5E+15	2.9E+15	2.8E+17	8.5E+16	3.0E+09	3.3E+09	Pu-241	7.0E+10	2.1E+10	7.0E+15	2.1E+15	3.7E+16	1.1E+16	5.8E+16	1.7E+16	8.6E+12	2.6E+12	2.6E+12	7.7E+11	4.8E+11	1.4E+13	1.0E+14	3.0E+13	
Am-241	7.8E+08	3.0E+09	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.9E+15	1.0E+16	9.7E+13	3.1E+14	1.7E+15	8.1E+15	3.0E+13	2.9E+13	Am-241	0.0E+00	1.6E+09	0.0E+00	1.6E+14	0.0E+00	8.6E+14	0.0E+00	1.3E+15	5.1E+13	5.0E+13	1.5E+13	1.4E+13	4.9E+11	1.6E+12	1.0E+12	3.2E+12	
Np-237	0.0E+00	1.7E+04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E+12	1.3E+12	3.7E+10	3.9E+10	1.7E+11	7.4E+11	4.5E+11	4.5E+11	Np-237	2.0E+09	2.0E+09	6.0E+09	6.8E+09	9.6E+09	1.4E+10	1.5E+10	2.1E+10	1.1E+09	1.5E+09	3.4E+08	4.6E+08	1.9E+08	2.0E+08	3.9E+08	4.1E+08	
U-233	0.0E+00	7.8E-01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.2E+09	5.3E+09	1.4E+08	1.5E+08	0.0E+00	7.9E+07	0.0E+00	4.9E+07</																		

付表 8.1-1 安全評価で用いる廃棄体ごとの放射能量(Bq) (2/6)

廃棄体名称	グループ4													
	原燃再処理操業													
	焼却灰+ハル缶水	ハル缶水	不燃物 I (特殊機器 廃品等)	不燃物 I (G B パ ネル)	不燃物 I (機器廃 品等)	不燃物 I (機器更 新)	不燃物 I (溶融炉)							
廃棄体体積 (m <sup>3</sup> /本)	0.2	0.2	3.1	3.1	0.2	0.2	0.38							
廃棄体重量 (t/本)	0.43	0.43	11.5	9	0.88	0.88	0.91							
発生本数 (本)	1,634	3,612	206	17	4,310	9	1,134							
発生量 (m <sup>3</sup> )	328	723	639	51	861	3	433							
重量 (t)	703	1,554	2,369	153	3,793	8	1,032							
	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後
C-14	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.1E+09	2.1E+09	1.7E+08	1.7E+08	5.3E+11	5.3E+11	3.1E+07	3.1E+07	2.2E+12	2.2E+12
Cl-36	5.7E+05	5.7E+05	1.2E+06	1.2E+06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Co-60	3.2E+16	1.2E+15	6.8E+16	2.5E+15	3.1E+11	1.2E+10	2.6E+10	9.8E+08	8.0E+13	3.0E+12	4.8E+09	1.8E+08	3.4E+14	1.3E+13
Ni-59	1.9E+13	1.9E+13	4.0E+13	4.0E+13	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Ni-63	2.8E+15	2.3E+15	6.0E+15	5.0E+15	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Se-79	2.6E+10	2.6E+10	5.6E+10	5.6E+10	1.5E+09	1.5E+09	1.3E+08	1.3E+08	3.9E+11	3.9E+11	2.3E+07	2.3E+07	1.6E+12	1.6E+12
Sr-90	4.4E+15	2.4E+15	9.2E+15	5.1E+15	2.5E+14	1.4E+14	2.1E+13	1.2E+13	6.4E+16	3.5E+16	3.8E+12	2.1E+12	2.6E+17	1.5E+17
Zr-93	2.3E+12	2.3E+12	5.0E+12	5.0E+12	6.8E+09	6.8E+09	5.7E+08	5.7E+08	1.7E+12	1.7E+12	1.0E+08	1.0E+08	7.2E+12	7.2E+12
Nb-94	8.4E+06	8.4E+06	1.8E+07	1.8E+07	4.8E+05	4.8E+05	4.0E+04	4.0E+04	1.2E+08	1.2E+08	7.3E+03	7.3E+03	5.1E+08	5.1E+08
Mo-93	1.8E+05	1.8E+05	3.8E+05	3.8E+05	2.1E+06	2.1E+06	1.8E+05	1.7E+05	5.4E+08	5.3E+08	3.2E+04	3.2E+04	6.9E+07	6.9E+07
Tc-99	5.2E+11	5.2E+11	1.1E+12	1.1E+12	4.7E+10	4.7E+10	3.9E+09	3.9E+09	1.2E+13	1.2E+13	7.1E+08	7.1E+08	9.6E+13	9.6E+13
Pd-107	6.8E+09	6.8E+09	1.4E+10	1.4E+10	3.9E+08	3.9E+08	3.3E+07	3.3E+07	1.0E+11	1.0E+11	6.0E+06	6.0E+06	4.1E+11	4.1E+11
Sn-126	4.8E+10	4.8E+10	1.0E+11	1.0E+11	2.7E+09	2.7E+09	2.3E+08	2.3E+08	7.0E+11	7.0E+11	4.2E+07	4.2E+07	2.9E+12	2.9E+12
I-129	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.7E+06	5.7E+06	4.8E+05	4.8E+05	1.5E+09	1.5E+09	8.6E+04	8.6E+04	3.0E+09	3.0E+09
Cs-135	8.3E+10	8.3E+10	1.7E+11	1.7E+11	1.6E+09	1.6E+09	1.3E+08	1.3E+08	4.1E+11	4.1E+11	2.4E+07	2.4E+07	1.7E+12	1.7E+12
Cs-137	1.8E+16	1.0E+16	3.8E+16	2.2E+16	3.5E+14	2.0E+14	2.9E+13	1.6E+13	9.0E+16	5.0E+16	5.3E+12	3.0E+12	3.7E+17	2.1E+17
Cm-244	4.6E+14	1.8E+14	8.2E+13	3.1E+13	1.9E+13	7.2E+12	2.4E+12	9.3E+11	1.7E+15	6.7E+14	2.6E+11	1.0E+11	1.3E+16	5.0E+15
Pu-240	8.5E+13	8.6E+13	1.5E+13	1.5E+13	3.4E+12	3.5E+12	4.4E+11	4.5E+11	3.2E+14	3.2E+14	4.8E+10	4.9E+10	1.4E+13	3.6E+13
U-236	5.6E+10	5.6E+10	1.0E+10	1.0E+10	2.3E+09	2.3E+09	2.9E+08	3.0E+08	2.1E+11	2.1E+11	3.2E+07	3.2E+07	6.6E+09	6.6E+09
Th-232	0.0E+00	6.9E+01	0.0E+00	1.2E+01	0.0E+00	2.8E+00	0.0E+00	3.6E-01	0.0E+00	2.6E+02	0.0E+00	4.0E-02	0.0E+00	8.2E+00
Ra-228	0.0E+00	4.5E+01	0.0E+00	7.9E+00	0.0E+00	1.8E+00	0.0E+00	2.3E-01	0.0E+00	1.7E+02	0.0E+00	2.5E-02	0.0E+00	5.3E+00
Th-228	0.0E+00	3.8E+01	0.0E+00	6.7E+00	0.0E+00	1.5E+00	0.0E+00	2.0E-01	0.0E+00	1.4E+02	0.0E+00	2.2E-02	0.0E+00	4.4E+00
Cm-245	4.9E+10	4.9E+10	8.7E+09	8.7E+09	2.0E+09	2.0E+09	2.6E+08	2.6E+08	1.9E+11	1.8E+11	2.8E+07	2.8E+07	1.4E+12	1.4E+12
Pu-241	5.7E+14	1.7E+14	1.2E+15	3.6E+14	3.6E+14	1.1E+14	3.1E+13	9.2E+12	9.3E+16	2.8E+16	5.5E+12	1.7E+12	2.1E+15	6.3E+14
Am-241	1.7E+14	1.7E+14	3.0E+13	5.6E+13	6.8E+12	1.5E+13	8.8E+11	1.5E+12	6.3E+14	2.7E+15	9.5E+10	2.2E+11	4.7E+15	4.6E+15
Np-237	7.2E+10	7.3E+10	1.3E+10	1.3E+10	2.9E+09	3.0E+09	3.8E+08	3.9E+08	2.7E+11	2.9E+11	4.1E+07	4.2E+07	2.0E+12	2.1E+12
U-233	3.9E+06	1.2E+07	6.9E+05	2.1E+06	1.6E+05	4.8E+05	2.0E+04	6.2E+04	1.5E+07	4.5E+07	2.2E+03	6.8E+03	4.6E+05	2.3E+08
Th-229	0.0E+00	1.8E+04	0.0E+00	3.3E+03	0.0E+00	7.5E+02	0.0E+00	9.7E+01	0.0E+00	7.0E+04	0.0E+00	1.1E+01	0.0E+00	2.6E+05
Cm-246	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Pu-242	3.6E+11	3.6E+11	6.5E+10	6.5E+10	1.5E+10	1.5E+10	1.9E+09	1.9E+09	1.4E+12	1.4E+12	2.1E+08	2.1E+08	3.9E+11	3.9E+11
U-238	4.7E+10	4.7E+10	8.2E+09	8.2E+09	1.9E+09	1.9E+09	2.4E+08	2.4E+08	1.8E+11	1.8E+11	2.7E+07	2.7E+07	5.5E+09	5.5E+09
U-234	4.1E+11	4.1E+11	8.7E+10	8.7E+10	1.8E+10	1.8E+10	2.2E+09	2.2E+09	1.9E+12	1.9E+12	2.5E+08	2.5E+08	2.6E+12	2.6E+12
Th-230	0.0E+00	4.6E+07	0.0E+00	8.2E+06	0.0E+00	1.9E+06	0.0E+00	2.4E+05	0.0E+00	1.7E+08	0.0E+00	2.6E+04	0.0E+00	7.5E+06
Ra-226	0.0E+00	2.4E+05	0.0E+00	4.3E+04	0.0E+00	9.8E+03	0.0E+00	1.3E+03	0.0E+00	9.1E+05	0.0E+00	1.4E+02	0.0E+00	3.4E+04
Pb-210	0.0E+00	5.1E+04	0.0E+00	9.1E+03	0.0E+00	2.1E+03	0.0E+00	2.7E+02	0.0E+00	1.9E+05	0.0E+00	2.9E+01	0.0E+00	6.8E+03
Am-243	3.9E+12	3.9E+12	7.0E+11	7.0E+11	1.6E+11	1.6E+11	2.1E+10	1.5E+13	1.5E+13	2.2E+09	2.2E+09	1.1E+14	1.1E+14	
Pu-239	5.4E+13	5.4E+13	9.5E+12	9.5E+12	2.2E+12	2.2E+12	2.8E+11	2.8E+11	2.0E+14	2.0E+14	3.0E+10	3.0E+10	8.5E+12	8.6E+12
U-235	3.3E+09	3.3E+09	5.8E+08	5.8E+08	1.3E+08	1.3E+08	1.7E+07	1.7E+07	1.2E+10	1.2E+10	1.9E+06	1.9E+06	3.8E+08	3.8E+08
Pa-231	0.0E+00	1.7E+06	0.0E+00	3.1E+05	0.0E+00	7.0E+04	0.0E+00	9.0E+03	0.0E+00	6.5E+06	0.0E+00	9.8E+02	0.0E+00	2.0E+05
Ac-227	0.0E+00	5.4E+05	0.0E+00	9.5E+04	0.0E+00	2.2E+04	0.0E+00	2.8E+03	0.0E+00	2.0E+06	0.0E+00	3.1E+02	0.0E+00	6.3E+04

付表 8.1-1 安全評価で用いる廃棄体ごとの放射能(Bq) (3/6)

[Bq]

廃棄物名称	グループ4																													
	原燃MOX操業				原燃再処理解体				原燃MOX解体																					
	焼却灰(グロープボックス内)	焼却灰(二次廃棄物)	不燃物I(溶融)	不燃物I(機器更新「一次廃棄物」)	不燃物I(機器更新「二次廃棄物」)	不燃物I(溶融以外)	不燃物I(G/Bパネル)	不燃物I(溶融)	不燃物I(圧縮)	不燃物I(溶融以外)	焼却灰	不燃物I(溶融「一次廃棄物」)	不燃物I(溶融「二次廃棄物」)	不燃物I(G/Bパネル)																
廃棄体体積(m <sup>3</sup> /本)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	3.1	0.2	0.2	3.1	0.2	0.2	3.1																	
廃棄体重量(t/本)	0.43	0.43	0.88	0.88	0.88	0.57	9	0.88	0.57	9	0.43	0.88	0.88	9																
発生本数(本)	1,281	446	525	1,714	147	89	17	369	513	18	618	2,601	202	26																
発生量(m <sup>3</sup> )	257	89	105	344	30	17	51	74	103	56	124	521	41	79																
重量(t)	551	192	462	1,508	130	51	153	325	293	162	266	2,289	178	234																
	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後												
C-14	6.9E+01	6.8E+01	2.4E+01	2.4E+01	4.0E+01	4.0E+01	2.2E+01	2.2E+01	5.5E+00	5.5E+00	9.5E-01	9.5E-01	2.2E-01	2.2E-01	1.3E+09	1.3E+09	4.4E+08	4.3E+08	1.8E+08	1.8E+08	3.3E+01	3.3E+01	3.4E+01	3.4E+01	7.6E+00	7.6E+00	3.4E-01	3.4E-01		
C1-36	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Co-60	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Ni-59	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Ni-63	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Se-79	5.0E+01	5.0E+01	1.8E+01	1.8E+01	2.9E+01	2.9E+01	1.6E+01	1.6E+01	4.1E+00	4.1E+00	7.0E-01	7.0E-01	1.6E-01	1.6E-01	9.4E+08	9.4E+08	3.2E+08	3.2E+08	1.4E+08	1.4E+08	2.4E+01	2.4E+01	2.5E+01	2.5E+01	5.6E+00	5.6E+00	2.5E-01	2.5E-01		
Sr-90	8.3E+06	4.6E+06	2.9E+06	1.6E+06	4.8E+06	2.7E+06	2.7E+06	1.5E+06	6.7E+05	3.7E+05	1.2E+05	6.4E+04	2.7E+04	1.5E+04	8.5E+13	5.3E+13	2.9E+13	2.2E+13	1.2E+13	4.0E+06	2.2E+06	4.1E+06	2.3E+06	9.2E+05	5.1E+05	4.1E+04	2.2E+04			
Zr-93	2.2E+02	2.2E+02	7.8E+01	7.8E+01	1.3E+02	1.3E+02	7.3E+01	7.3E+01	1.8E+01	1.8E+01	3.1E+00	3.1E+00	7.2E-01	7.2E-01	4.2E+09	4.2E+09	1.4E+09	1.4E+09	6.0E+08	6.0E+08	1.1E+02	1.1E+02	1.1E+02	1.1E+02	2.5E+01	2.5E+01	1.1E+00	1.1E+00		
Nb-94	1.6E-02	1.6E-02	5.6E-03	5.6E-03	9.3E-03	9.3E-03	5.2E-03	5.2E-03	1.3E-03	1.3E-03	2.2E-04	2.2E-04	5.1E-05	5.1E-05	3.0E+05	3.0E+05	1.0E+05	1.0E+05	4.3E+04	4.3E+04	7.7E-03	7.7E-03	7.9E-03	7.9E-03	1.8E-03	1.8E-03	7.8E-05	7.8E-05		
Mo-93	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Tc-99	1.3E+10	1.3E+10	4.4E+09	4.4E+09	7.3E+09	7.3E+09	4.1E+09	4.1E+09	1.0E+09	1.0E+09	1.8E+08	1.8E+08	4.0E+07	4.0E+07	2.9E+10	2.9E+10	9.9E+09	9.9E+09	4.2E+09	4.2E+09	6.1E+09	6.1E+09	6.3E+09	6.3E+09	1.4E+09	1.4E+09	6.2E+07	6.2E+07		
Pd-107	1.3E+01	1.3E+01	4.5E+00	4.5E+00	7.5E+00	7.5E+00	4.2E+00	4.2E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.8E-01	1.8E-01	4.2E-02	4.2E-02	2.4E+08	2.4E+08	8.2E+07	8.2E+07	3.5E+07	3.5E+07	6.3E+00	6.3E+00	6.4E+00	6.4E+00	1.4E+00	1.4E+00	6.4E-02	6.4E-02		
Sn-126	9.1E+01	9.1E+01	3.2E+01	3.2E+01	5.3E+01	5.3E+01	3.0E+01	3.0E+01	7.3E+00	7.3E+00	1.3E+00	1.3E+00	2.9E-01	2.9E-01	1.7E+09	1.7E+09	5.8E+08	5.8E+08	2.4E+08	2.4E+08	4.4E+01	4.4E+01	4.5E+01	4.5E+01	1.0E+01	1.0E+01	4.5E-01	4.5E-01		
I-129	1.9E-01	1.9E-01	6.6E-02	6.6E-02	1.1E-01	1.1E-01	6.1E-02	6.1E-02	1.5E-02	1.5E-02	2.6E-03	2.6E-03	6.0E-04	6.0E-04	3.5E+06	3.5E+06	1.2E+06	1.2E+06	5.1E+05	5.1E+05	9.1E-02	9.1E-02	9.3E-02	9.3E-02	2.1E-02	2.1E-02	9.2E-04	9.2E-04		
Cs-135	5.3E+01	5.3E+01	1.8E+01	1.8E+01	3.1E+01	3.1E+01	1.7E+01	1.7E+01	4.2E+00	4.2E+00	7.3E-01	7.3E-01	1.7E-01	1.7E-01	9.8E+08	9.8E+08	3.3E+08	3.3E+08	1.4E+08	1.4E+08	2.5E+01	2.5E+01	2.6E+01	2.6E+01	5.8E+00	5.8E+00	2.6E-01	2.6E-01		
Cs-137	1.2E+07	6.5E+06	4.0E+06	2.3E+06	6.7E+06	3.8E+06	3.8E+06	2.1E+06	9.4E+05	5.3E+05	1.6E+05	9.0E+04	3.7E+04	2.1E+04	1.2E+14	7.4E+13	4.1E+13	3.1E+13	1.7E+13	5.6E+06	3.1E+06	5.7E+06	3.2E+06	1.3E+06	7.2E+05	5.7E+04	3.2E+04			
Cm-244	2.0E+14	7.6E+13	6.9E+13	2.6E+13	1.3E+14	5.0E+13	6.5E+13	2.5E+13	1.8E+13	7.0E+12	2.7E+12	1.0E+12	6.6E+11	2.5E+11	1.1E+13	4.1E+12	3.8E+12	1.4E+12	2.6E+12	9.8E+11	9.5E+13	3.6E+13	9.9E+13	3.8E+13	2.5E+13	9.6E+12	1.0E+12	3.9E+11		
Pu-240	5.0E+13	5.0E+13	1.7E+13	1.7E+13	3.3E+13	3.3E+13	1.7E+13	1.7E+13	4.6E+12	4.6E+12	6.9E+11	6.9E+11	1.7E+11	1.7E+11	2.0E+12	2.0E+12	6.9E+11	6.9E+11	4.7E+11	4.7E+11	2.4E+13	2.4E+13	2.5E+13	2.5E+13	6.3E+12	2.6E+11	2.6E+11			
U-236	5.3E+09	5.3E+09	1.8E+09	1.8E+09	3.5E+09	3.5E+09	1.8E+09	1.8E+09	4.9E+08	4.9E+08	7.3E+07	7.4E+07	1.8E+07	1.8E+07	1.3E+09	1.3E+09	4.6E+08	4.6E+08	3.1E+08	3.1E+08	2.6E+09	2.6E+09	2.7E+09	2.7E+09	6.7E+08	6.8E+08	2.7E+07	2.7E+07		
Th-232	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Ra-228	0.0E+00	4.2E+00	0.0E+00	1.5E+00	0.0E+00	2.8E+00	0.0E+00	1.4E+00	0.0E+00	3.9E-01	0.0E+00	5.8E-02	0.0E+00	1.4E-02	0.0E+00	1.0E+00	0.0E+00	3.6E-01	0.0E+00	2.5E-01	0.0E+00	2.0E+00	0.0E+00	2.1E+00	0.0E+00	5.3E-01	0.0E+00	2.2E-02		
Th-228	0.0E+00	3.6E+00	0.0E+00	1.2E+00	0.0E+00	2.3E+00	0.0E+00	1.2E+00	0.0E+00	3.3E-01	0.0E+00	4.9E-02	0.0E+00	1.2E-02	0.0E+00	8.7E-01	0.0E+00	3.1E-01	0.0E+00	2.1E-01	0.0E+00	1.7E+00	0.0E+00	1.8E+00	0.0E+00	4.5E-01	0.0E+00	1.8E-02		
Cm-245	2.1E+10	2.1E+10	7.3E+09	7.3E+09	1.4E+10	1.4E+10	6.9E+09	6.9E+09	1.9E+09	1.9E+09	2.9E+08	2.9E+08	7.0E+07	7.0E+07	1.1E+09	1.1E+09	4.0E+08	4.0E+08	2.7E+08	2.7E+08	1.0E+10	1.0E+10	1.1E+10	1.1E+10	2.6E+09	2.6E+09	1.1E+08	1.1E+08		
Pu-241	1.4E+16	4.3E+15	5.0E+15	1.5E+15	8.3E+15	2.5E+15	4.7E+15	1.4E+15	1.2E+15	3.5E+14	2.0E+14	6.0E+13	4.6E+13	1.4E+13	2.2E+14	6.7E+13	7.7E+13	3.2E+13	3.2E+13	9.7E+12	6.9E+15	2.1E+15	7.1E+15	2.1E+15	1.6E+15	4.8E+14	7.0E+13	2.1E+13		
Am-241	7.1E+13	3.9E+14	2.5E+13	1.4E+14	4.7E+13	2.3E+14	2.4E+13	1.3E+14	6.6E+12	3.3E+13	9.9E+11	5.5E+12	2.4E+11	1.3E+12	3.9E+12	8.8E+12	1.4E+12	3.1E+12	9.3E+11	1.6E+12	3.4E+13	1.9E+14	3.6E+13	2.0E+14	9.1E+12	4.5E+13	3.7E+11	2.0E+12		
Np-237	5.6E+07	2.2E+09	1.9E+07	7.7E+08	3.7E+07	1.3E+09	1.9E+07	7.3E+08	5.2E+06	1.9E+08	7.7E+05	3.1E+07	1.9E+05	7.2E+06	1.7E+09	1.7E+09	5.8E+08	6.0E+08	4.0E+08	4.1E+08	2.7E+07	1.1E+09	2.8E+07	1.1E+09	7.1E+06	2.6E+08	2.9E+05	1.1E+07		
U-233	3.6E+05	4.7E+05	1.3E+05	1.6E+05	2.4E+05	3.0E+05	1.2E+05	1.5E+05	3.4E+04	4.2E+04	5.1E+03	6.5E+03	1.2E+03	1.6E+03	9.0E+04	2.7E+05	3.2E+04	9.7E+04	2.1E+04	6.6E+04	1.8E+05	2.3E+05	1.8E+05	2.3E+05	4.6E+04	5.8E+04	1.9E+03	2.4E+03		
Th-229	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Cm-246	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Pu-242	9.8E+10	9.8E+10	3.4E+10	3.4E+10	6.5E+10	6.5E+10	3.3E+10	3.3E+10	9.1E+09	9.1E+09	1.4E+09	1.4E+09	3.3E+08	3.3E+08	8.4E+09	8.4E+09	2.9E+09	2.9E+09	2.0E+09	2.0E+09	4.7E+10	4.7E+10	4.9E+10	4.9E+10	1.2E+10	1.2E+10	5.1E+08	5.1E+08		
U-238	4.4E+09	4.4E+09	1.5E+09	1.5E+09	2.9E+09	2.9E+09	1.5E+09	1.5E+09	4.1E+08	4.1E+08	6.1E+07	6.1E+07	1.5E+07	1.5E+07	1.1E+09	1.1E+09	3.8E+08	3.8E+08	2.6E+08	2.6E+08	2.1E+09	2.1E+09	2.2E+09	2.2E+09	5.6E+08	5.6E+08	2.3E+07			

付表 8.1-1 安全評価で用いる廃棄体ごとの放射能量(Bq) (4/6)

[Bq]

廃棄物名称	グループ4																			
	JAEA再処理操業										JAEA MOX操業									
	ハル缶水	不燃物Ⅰ(金属Ⅰ)	不燃物Ⅱ(金属Ⅱ)	可燃物	難燃物	不燃物Ⅲ(非金属Ⅰ)	不燃物Ⅳ(非金属Ⅱ)	可燃物	難燃物	不燃物Ⅰ(金属)	不燃物Ⅱ(非金属)									
廃棄体体積 (m³/本)	0.2	0.2	3.1	0.2	0.2	0.2	0.43	0.2	0.2	0.2	0.43	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
廃棄体重量 (t/本)	0.43	0.88	11.5	0.43	0.43	0.5	1.08	0.55	0.43	0.88	0.5	1.08	0.55	0.43	0.88	0.5	1.08	0.55	0.43	0.88
発生本数 (本)	26	825	3	48	13	222	36	510	281	2,284	355	281	2,284	355	281	2,284	355	281	2,284	355
発生量 (m³)	6	166	8	10	4	46	16	102	57	458	72	57	458	72	57	458	72	57	458	72
重量 (t)	12	726	35	21	6	111	39	281	121	2,010	178	121	2,010	178	121	2,010	178	121	2,010	178
	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後
C-14	6.2E+07	6.1E+07	1.3E+09	1.3E+09	0.0E+00	0.0E+00	2.7E+07	2.7E+07	3.3E+06	3.3E+06	3.4E+06	3.4E+06	4.3E+08	4.3E+08	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Cl-36	1.3E+06	1.3E+06	2.7E+07	2.7E+07	1.1E+06	1.1E+06	5.6E+05	5.6E+05	6.9E+04	6.9E+04	7.0E+04	7.0E+04	8.9E+06	8.9E+06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Co-60	9.9E+11	3.7E+10	2.1E+13	7.8E+11	1.3E+10	4.7E+08	4.4E+11	1.6E+10	5.4E+10	2.0E+09	5.5E+10	2.0E+09	6.9E+12	2.6E+11	7.3E+08	2.7E+07	1.9E+08	7.0E+06	3.9E+09	1.4E+08
Ni-59	3.9E+07	3.9E+07	8.2E+08	8.2E+08	7.2E+05	7.2E+05	1.7E+07	1.7E+07	2.1E+06	2.1E+06	2.2E+06	2.2E+06	2.7E+08	2.7E+08	2.9E+04	2.9E+04	7.4E+03	1.5E+05	1.5E+05	1.2E+04
Ni-63	5.4E+09	4.5E+09	1.1E+11	9.4E+10	9.8E+07	8.1E+07	2.4E+09	2.0E+09	2.9E+08	2.4E+08	3.0E+08	2.5E+08	3.8E+10	3.1E+10	4.0E+06	3.3E+06	1.0E+06	8.5E+05	2.1E+07	1.7E+07
Se-79	1.9E+09	1.9E+09	4.0E+10	3.9E+10	3.5E+07	3.5E+07	8.3E+08	8.3E+08	1.0E+08	1.0E+08	1.0E+08	1.0E+08	1.7E+10	1.7E+10	1.4E+06	1.4E+06	3.5E+05	3.5E+05	7.3E+06	7.3E+06
Sr-90	3.3E+14	1.8E+14	7.0E+15	3.8E+15	5.7E+12	3.1E+12	1.5E+14	8.0E+13	1.8E+13	9.8E+12	1.8E+13	1.0E+13	3.1E+15	1.7E+15	7.2E+09	4.0E+09	1.9E+09	1.0E+09	3.9E+10	2.1E+10
Zr-93	8.7E+09	8.7E+09	1.8E+11	1.8E+11	8.5E+09	8.5E+09	3.8E+09	3.8E+09	4.7E+08	4.7E+08	4.8E+08	4.8E+08	9.4E+10	9.4E+10	1.6E+05	1.6E+05	4.1E+04	4.1E+04	8.5E+05	8.5E+05
Nb-94	4.8E+05	4.8E+05	1.0E+07	1.0E+07	2.3E+05	2.3E+05	2.1E+05	2.1E+05	2.6E+04	2.6E+04	2.6E+04	2.6E+04	4.8E+06	4.8E+06	8.8E+00	8.8E+00	2.3E+00	2.3E+00	4.7E+01	4.7E+01
Mo-93	2.0E+06	1.9E+06	4.1E+07	4.1E+07	3.6E+04	3.6E+04	8.6E+05	8.6E+05	1.1E+05	1.1E+05	1.1E+05	1.1E+05	1.4E+07	1.4E+07	1.4E+03	1.4E+03	3.7E+02	3.7E+02	7.6E+03	7.6E+03
Tc-99	6.2E+10	6.2E+10	1.3E+12	1.3E+12	1.1E+09	1.1E+09	2.7E+10	2.7E+10	3.5E+09	3.5E+09	3.7E+09	3.7E+09	5.9E+11	5.9E+11	1.5E+09	1.5E+09	3.8E+08	3.8E+08	7.7E+09	7.7E+09
Pd-107	3.6E+08	3.6E+08	7.6E+09	7.6E+09	3.5E+09	3.5E+09	1.6E+08	1.6E+08	2.0E+07	2.0E+07	2.0E+07	2.0E+07	3.4E+09	3.4E+09	2.6E+05	2.6E+05	6.8E+04	6.8E+04	1.4E+06	1.4E+06
Sn-126	3.0E+09	3.0E+09	6.3E+10	6.3E+10	5.5E+07	5.5E+07	1.3E+09	1.3E+09	1.6E+08	1.6E+08	1.7E+08	1.7E+08	2.6E+10	2.6E+10	2.2E+06	2.2E+06	5.7E+05	5.7E+05	1.2E+07	1.2E+07
I-129	4.0E+06	4.0E+06	8.4E+07	8.4E+07	3.5E+06	3.5E+06	1.8E+06	1.8E+06	2.1E+05	2.1E+05	2.2E+05	2.2E+05	5.2E+04	5.2E+04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Cs-135	1.9E+09	1.9E+09	4.1E+10	4.1E+10	3.6E+07	3.6E+07	8.5E+08	8.5E+08	1.0E+08	1.0E+08	1.1E+08	1.1E+08	1.8E+10	1.8E+10	8.5E+03	8.5E+03	2.2E+03	2.2E+03	4.5E+04	4.5E+04
Cs-137	4.2E+14	2.3E+14	8.8E+15	4.9E+15	7.2E+12	4.0E+12	1.8E+14	1.0E+14	2.2E+13	1.3E+13	2.3E+13	1.3E+13	4.0E+15	2.2E+15	1.8E+09	1.0E+09	4.7E+08	2.6E+08	9.7E+09	7.5E+08
Cm-244	1.9E+12	7.3E+11	4.0E+13	1.5E+13	3.1E+10	1.2E+10	8.4E+11	3.2E+11	1.0E+11	3.9E+10	1.0E+11	4.0E+10	4.3E+13	1.7E+13	1.8E+06	6.8E+05	4.6E+05	1.8E+05	9.5E+06	3.6E+06
Pu-240	1.9E+12	1.9E+12	5.3E+13	5.3E+13	3.6E+10	3.6E+10	4.7E+12	4.7E+12	5.1E+12	5.1E+12	1.2E+13	1.2E+13	2.8E+10	1.0E+11	6.2E+13	1.6E+13	1.6E+13	3.3E+14	3.3E+14	2.6E+13
U-236	1.5E+09	1.5E+09	3.2E+10	3.2E+10	2.8E+07	2.8E+07	6.8E+08	6.9E+08	8.6E+07	9.0E+07	9.2E+07	1.0E+08	3.9E+07	3.9E+07	4.6E+08	5.0E+08	1.2E+08	1.3E+08	2.4E+09	2.7E+09
Th-232	0.0E+00	1.9E+00	0.0E+00	4.0E+01	0.0E+00	3.5E+02	0.0E+00	8.4E+01	0.0E+00	1.1E+01	0.0E+00	1.2E+01	0.0E+00	4.8E+02	0.0E+00	5.9E+01	0.0E+00	1.5E+01	0.0E+00	3.1E+00
Ra-228	0.0E+00	1.2E+00	0.0E+00	2.6E+01	0.0E+00	2.3E+02	0.0E+00	5.4E+01	0.0E+00	6.9E+02	0.0E+00	7.6E+02	0.0E+00	3.1E+02	0.0E+00	3.8E+01	0.0E+00	9.7E+02	0.0E+00	2.0E+00
Th-228	0.0E+00	1.0E+00	0.0E+00	2.2E+01	0.0E+00	1.9E+02	0.0E+00	4.6E+01	0.0E+00	5.9E+02	0.0E+00	6.4E+02	0.0E+00	2.6E+02	0.0E+00	3.2E+01	0.0E+00	8.2E+02	0.0E+00	1.7E+00
Cm-245	1.3E+08	1.3E+08	2.7E+09	2.7E+09	2.4E+06	2.4E+06	5.7E+07	5.7E+07	7.0E+06	7.0E+06	7.1E+06	7.1E+06	3.3E+09	3.3E+09	1.2E+02	1.2E+02	3.1E+01	3.1E+01	6.4E+02	6.4E+02
Pu-241	3.7E+14	1.1E+14	8.9E+15	2.7E+15	3.2E+05	1.8E+06	5.2E+14	1.6E+14	4.8E+14	1.4E+14	1.1E+15	3.3E+14	2.8E+12	8.3E+11	5.7E+15	1.7E+15	1.5E+15	4.4E+14	3.0E+16	9.1E+15
Am-241	3.8E+12	1.2E+13	1.0E+14	3.0E+14	6.9E+10	6.7E+10	9.5E+12	2.1E+13	1.0E+13	2.1E+13	2.4E+13	4.9E+13	7.6E+13	7.3E+13	1.3E+14	2.5E+14	3.3E+13	6.5E+13	6.7E+14	1.3E+15
Np-237	1.4E+09	1.5E+09	4.0E+10	4.1E+10	2.7E+07	2.7E+07	3.6E+09	3.7E+09	3.9E+09	4.0E+09	9.2E+09	9.5E+09	3.2E+10	3.3E+10	1.3E+10	4.9E+10	1.2E+10	1.3E+10	2.5E+11	2.6E+11
U-233	1.1E+05	2.7E+05	2.3E+06	6.7E+06	2.4E+03	5.3E+03	5.0E+04	4.5E+05	7.9E+03	4.4E+05	1.1E+04	1.0E+06	7.5E+04	3.6E+06	3.0E+05	5.6E+06	7.8E+04	1.4E+06	1.6E+06	3.0E+07
Th-229	0.0E+00	4.4E+02	0.0E+00	1.1E+04	0.0E+00	9.1E+00	0.0E+00	5.9E+02	0.0E+00	5.2E+02	0.0E+00	1.2E+03	0.0E+00	4.4E+03	0.0E+00	6.9E+03	0.0E+00	1.8E+03	0.0E+00	3.7E+04
Cm-246	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Pu-242	4.5E+09	4.5E+09	1.2E+11	1.2E+11	1.3E+08	1.3E+08	1.0E+10	1.0E+10	1.1E+10	1.1E+10	2.6E+10	2.6E+10	7.3E+07	7.3E+07	1.3E+11	1.3E+11	3.4E+10	3.4E+10	7.1E+11	7.1E+11
U-238	1.7E+09	1.7E+09	3.5E+10	3.5E+10	3.1E+07	3.1E+07	7.7E+08	7.7E+08	1.2E+08	1.2E+08	1.7E+08	1.7E+08	4.1E+07	4.1E+07	4.7E+09	4.7E+09	1.2E+09	1.2E+09	2.5E+10	2.5E+10
U-234	1.2E+10	1.2E+10	2.6E+11	2.6E+11	5.8E+08	5.8E+08	9.2E+09	9.2E+09	5.7E+09	5.7E+09	1.3E+10	1.3E+10	4.7E+08	4.7E+08	1.2E+11	1.2E+11	3.0E+10	6.1E+11	6.1E+11	4.8E+10
Th-230	0.0E+00	2.1E+06	0.0E+00	4.6E+07	0.0E+00	4.0E+04	0.0E+00	1.1E+06	0.0E+00	3.0E+05	0.0E+00	5.6E+05	0.0E+00	2.6E+04	0.0E+00	1.4E+07	0.0E+00	3.6E+06	0.0E+00	7.5E+07
Ra-226	0.0E+00	1.1E+04	0.0E+00	2.4E+05	0.0E+00	2.2E+02	0.0E+00	5.7E+03	0.0E+00	1.5E+03	0.0E+00	2.6E+03	0.0E+00	1.4E+02	0.0E+00	1.7E+04	0.0E+00	1.9E+04	0.0E+00	3.9E+05
Pb-210	0.0E+00	2.5E+03	0.0E+00	5.3E+04	0.0E+00	4.6E+01	0.0E+00	1.2E+03	0.0E+00	3.0E+02	0.0E+00	5.3E+02	0.0E+00	2.9E+01	0.0E+00	1.6E+04	0.0E+00	4.1E+03	0.0E+00	8.4E+04
Am-243	3.0E+10	3.0E+10	6.4E+11	6.4E+11	5.6E+08	5.6E+08	1.3E+10	1.3E+10	1.6E+09	1.6E+09	1.7E+09	1.7E+09	6.8E+11	6.8E+11	2.8E+04	2.8E+04	7.3E+03	7.3E+03	1.5E+05	1.5E+05
Pu-239	1.6E+12	1.6E+12	4.5E+13	4.5E+13	2.9E+10	2.9E+10	4.3E+12	4.3E+12	4.7E+12	4.7E+12	1.1E+13	1.1E+13	2.1E+10	5.7E+13	5.7E+13	1.5E+13	1.5E+13	3.0E+14	3.0E+14	2.4E+13
U-235	1.7E+08	1.7E+08	3.6E+09	3.6E+09	3.1E+06	3.1E+06	8.8E+07	8.8E+07	2.6E+07	2.6E+07	4.9E+07	5.0E+07	4.1E+06	4.1E+06	2.4E+09	2.4E+09	6.3E+08	6.3E+08	1.3E+10	1.3E+10
Pa-231	0.0E+00	9.0E+04	0.0E+00	1.9E+06	0.0E+00	1.7E+03	0.0E+00	7.7E+04	0.0E+00	1.4E+04	0.0E+00	2.6E+04	0.0E+00	2.2E+03	0.0E+00	1.3E+06	0.0E+00	3.3E+05	0.0E+00	6.8E+06
Ac-227	0.0E+00	2.8E+04	0.0E+00	5.9E+05	0.0E+00	5.2E+02	0.0E+00	1.4E+04	0.0E+00	4.2E+03	0.0E+00	8.1E+03	0.0E+00	6.7E+02	0.0E+00	4.0E+05	0.0E+00	1.0E+05	0.0E+00	2.1E+06

付 8.1-4

付表 8.1-1 安全評価で用いる廃棄体ごとの放射能量(Bq) (5/6)

[Bq]

廃棄体名称	グループ4																					
	JAEA再処理解体																					
	不燃物Ⅰ (金属(一次廃棄物))		不燃物Ⅱ (コンクリート(一次廃棄物))		可燃物Ⅰ(二次廃棄物)		難燃物Ⅰ(二次廃棄物)		不燃物Ⅲ (金属(二次廃棄物))		不燃物Ⅳ (非金属(二次廃棄物))		不燃物Ⅴ (金属Ⅰ(廃棄体処理))		可燃物Ⅱ(廃棄体処理)		難燃物Ⅱ(廃棄体処理)		不燃物Ⅵ (非金属Ⅰ(廃棄体処理))		不燃物Ⅶ (非金属Ⅱ(廃棄体処理))	
廃棄体体積 (m <sup>3</sup> /本)	0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		0.43	
廃棄体重量 (t/本)	0.88		0.5		0.43		0.43		0.88		0.5		0.88		0.43		0.43		0.5		1.08	
発生本数 (本)	2,828		89		39		8		108		59		89		36		11		49		18	
発生量 (m <sup>3</sup> )	566		18		9		3		23		13		18		8		3		11		9	
重量 (t)	2,489		45		17		4		96		30		79		16		5		25		20	
	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後
C-14	6.6E+07	6.6E+07	2.8E+06	2.8E+06	2.2E+07	2.2E+07	1.1E+06	1.1E+06	3.6E+04	3.6E+04	1.2E+06	1.2E+06	1.4E+08	1.4E+08	2.1E+07	2.1E+07	2.8E+06	2.8E+06	7.7E+05	7.7E+05	2.2E+08	2.2E+08
Cl-36	1.4E+06	1.4E+06	5.8E+04	5.8E+04	4.4E+05	4.4E+05	2.2E+04	2.2E+04	7.4E+02	7.4E+02	2.5E+04	2.5E+04	2.9E+06	2.9E+06	4.3E+05	4.3E+05	5.7E+04	5.7E+04	1.6E+04	1.6E+04	4.6E+06	4.6E+06
Co-60	1.1E+12	4.0E+10	4.5E+10	1.7E+09	3.5E+11	1.3E+10	1.7E+10	6.5E+08	7.2E+08	2.7E+07	2.0E+10	7.3E+08	2.3E+12	8.5E+10	3.3E+11	1.2E+10	4.5E+10	1.7E+09	1.2E+10	4.6E+08	3.6E+12	1.3E+11
Ni-59	4.2E+07	4.2E+07	1.8E+06	1.8E+06	1.4E+07	1.4E+07	6.8E+05	6.8E+05	2.8E+04	2.8E+04	7.8E+05	7.8E+05	9.0E+07	9.0E+07	1.3E+07	1.3E+07	1.8E+06	1.8E+06	4.9E+05	4.9E+05	1.4E+08	1.4E+08
Ni-63	5.8E+09	4.8E+09	2.5E+08	2.1E+08	1.9E+09	1.6E+09	9.4E+07	7.8E+07	3.9E+06	3.3E+06	1.1E+08	8.9E+07	1.2E+10	1.0E+10	1.8E+09	1.5E+09	2.4E+08	2.0E+08	6.7E+07	5.6E+07	1.9E+10	1.6E+10
Se-79	2.0E+09	2.0E+09	8.6E+07	8.6E+07	6.6E+08	6.6E+08	3.3E+07	3.3E+07	1.4E+06	1.4E+06	3.7E+07	3.7E+07	4.3E+09	4.3E+09	6.3E+08	6.3E+08	8.4E+07	8.4E+07	2.3E+07	2.3E+07	8.9E+09	8.9E+09
Sr-90	3.5E+14	1.9E+14	1.5E+13	8.3E+12	1.2E+14	6.4E+13	5.7E+12	3.2E+12	1.9E+11	1.1E+11	6.5E+12	3.6E+12	7.6E+14	4.2E+14	1.1E+14	6.1E+13	1.5E+13	8.2E+12	4.1E+12	2.3E+12	1.6E+15	8.9E+14
Zr-93	9.3E+09	9.3E+09	4.0E+08	4.0E+08	3.0E+09	3.0E+09	1.5E+08	1.5E+08	5.1E+06	5.1E+06	1.7E+08	1.7E+08	2.0E+10	2.0E+10	2.9E+09	2.9E+09	3.9E+08	3.9E+08	1.1E+08	1.1E+08	4.8E+10	4.8E+10
Nb-94	5.1E+05	5.1E+05	2.2E+04	2.2E+04	1.7E+05	1.7E+05	8.3E+03	8.3E+03	2.8E+02	2.8E+02	9.5E+03	9.5E+03	1.1E+06	1.1E+06	1.6E+05	1.6E+05	2.2E+04	2.2E+04	5.9E+03	5.9E+03	2.5E+06	2.5E+06
Mo-93	2.1E+06	2.1E+06	9.0E+04	8.9E+04	6.8E+05	6.8E+05	3.4E+04	3.4E+04	1.4E+03	1.4E+03	3.9E+04	3.9E+04	4.5E+06	4.5E+06	6.6E+05	6.6E+05	8.8E+04	8.8E+04	2.4E+04	2.4E+04	7.0E+06	7.0E+06
Tc-99	6.8E+10	6.8E+10	2.8E+09	2.8E+09	2.2E+10	2.2E+10	1.3E+09	1.3E+09	3.2E+08	3.2E+08	1.3E+09	1.3E+09	1.4E+11	1.4E+11	2.1E+10	2.1E+10	2.9E+09	2.9E+09	8.3E+08	3.0E+11	3.0E+11	3.0E+11
Pd-107	3.9E+08	3.9E+08	1.7E+07	1.7E+07	1.3E+08	1.3E+08	6.3E+06	6.3E+06	2.6E+05	2.6E+05	7.2E+06	7.2E+06	8.3E+08	8.3E+08	1.2E+08	1.2E+08	1.6E+07	1.6E+07	4.5E+06	4.5E+06	1.8E+09	1.8E+09
Sn-126	3.2E+09	3.2E+09	1.4E+08	1.4E+08	1.0E+09	1.0E+09	5.2E+07	5.2E+07	2.2E+06	2.2E+06	5.9E+07	5.9E+07	6.9E+09	6.9E+09	1.0E+09	1.0E+09	1.3E+08	1.3E+08	3.7E+07	3.7E+07	1.4E+10	1.4E+10
I-129	4.3E+06	4.3E+06	1.8E+05	1.8E+05	1.4E+06	1.4E+06	6.9E+04	6.9E+04	2.3E+03	2.3E+03	7.9E+04	7.9E+04	9.1E+06	9.1E+06	1.3E+06	1.3E+06	1.8E+05	1.8E+05	4.9E+04	4.9E+04	2.7E-04	2.7E-04
Cs-135	2.1E+09	2.1E+09	8.8E+07	8.8E+07	6.7E+08	6.7E+08	3.3E+07	3.3E+07	1.1E+06	1.1E+06	3.8E+07	3.8E+07	4.4E+09	4.4E+09	6.5E+08	6.5E+08	8.7E+07	8.7E+07	2.4E+07	2.4E+07	9.1E+09	9.1E+09
Cs-137	4.5E+14	2.5E+14	1.9E+13	1.1E+13	1.5E+14	8.2E+13	7.2E+12	4.1E+12	2.4E+11	1.4E+11	8.3E+12	4.6E+12	9.6E+14	5.4E+14	1.4E+14	7.9E+13	1.9E+13	1.1E+13	5.2E+12	2.9E+12	2.0E+15	1.1E+15
Cm-244	2.0E+12	7.8E+11	8.7E+10	3.4E+10	6.7E+11	2.6E+11	3.3E+10	1.3E+10	1.1E+09	4.3E+08	3.8E+10	1.4E+10	4.4E+12	1.7E+12	6.4E+11	2.5E+11	8.6E+10	3.3E+10	2.4E+10	9.1E+09	2.2E+13	8.6E+12
Pu-240	8.4E+13	8.4E+13	8.9E+10	8.8E+10	7.3E+12	7.3E+12	1.0E+13	1.0E+13	1.2E+13	1.2E+13	2.9E+12	2.9E+12	5.7E+12	5.7E+12	3.6E+12	3.6E+12	4.2E+12	4.2E+12	2.7E+12	2.7E+12	1.4E+10	5.2E+10
U-236	1.7E+09	1.8E+09	7.1E+07	7.1E+07	5.4E+08	5.5E+08	3.3E+07	4.1E+07	8.4E+06	1.7E+07	3.2E+07	3.4E+07	3.5E+09	3.5E+09	5.2E+08	5.2E+08	7.2E+07	7.5E+07	2.1E+07	2.3E+07	2.0E+07	2.0E+07
Th-232	0.0E+00	2.1E+00	0.0E+00	8.7E-02	0.0E+00	6.7E-01	0.0E+00	4.6E-02	0.0E+00	1.6E-02	0.0E+00	4.1E-02	0.0E+00	4.4E+00	0.0E+00	6.4E-01	0.0E+00	9.1E-02	0.0E+00	2.7E-02	0.0E+00	2.5E-02
Ra-228	0.0E+00	1.4E+00	0.0E+00	5.6E-02	0.0E+00	4.3E-01	0.0E+00	2.9E-02	0.0E+00	9.4E-03	0.0E+00	2.6E-02	0.0E+00	2.8E+00	0.0E+00	4.1E-01	0.0E+00	5.8E-02	0.0E+00	1.7E-02	0.0E+00	1.6E-02
Th-228	0.0E+00	1.2E+00	0.0E+00	4.7E-02	0.0E+00	3.7E-01	0.0E+00	2.4E-02	0.0E+00	7.8E-03	0.0E+00	2.2E-02	0.0E+00	2.4E+00	0.0E+00	3.5E-01	0.0E+00	4.9E-02	0.0E+00	1.4E-02	0.0E+00	1.3E-02
Cm-245	1.4E+08	1.4E+08	5.9E+06	5.9E+06	4.5E+07	4.5E+07	2.2E+06	2.2E+06	7.6E+04	7.5E+04	2.6E+06	2.6E+06	3.0E+08	3.0E+08	4.4E+07	4.3E+07	5.8E+06	5.8E+06	1.6E+06	1.6E+06	1.7E+09	1.7E+09
Pu-241	7.9E+15	2.4E+15	1.7E+13	5.1E+12	7.4E+14	2.2E+14	9.4E+14	2.8E+14	1.1E+15	3.3E+14	2.7E+14	8.1E+13	9.7E+14	2.9E+14	4.0E+14	1.2E+14	4.0E+14	1.2E+14	2.5E+14	7.5E+13	1.4E+12	4.2E+11
Am-241	1.7E+14	3.4E+14	1.7E+11	5.5E+11	1.5E+13	3.1E+13	2.1E+13	4.1E+13	2.4E+13	4.8E+13	5.9E+12	1.2E+13	1.1E+13	3.3E+13	7.3E+12	1.6E+13	8.6E+12	1.7E+13	5.5E+12	1.1E+13	3.9E+13	3.8E+13
Np-237	6.4E+10	6.6E+10	6.6E+07	6.9E+07	5.6E+09	5.8E+09	7.8E+09	8.1E+09	9.2E+09	9.5E+09	2.2E+09	2.3E+09	4.3E+09	4.5E+09	2.7E+09	2.8E+09	3.2E+09	3.3E+09	2.1E+09	2.1E+09	1.6E+10	1.7E+10
U-233	1.5E+05	7.3E+06	5.0E+03	1.2E+04	4.1E+04	6.6E+05	6.2E+03	8.8E+05	5.1E+03	1.0E+06	3.4E+03	2.5E+05	2.3E+05	3.7E+05	3.4E+05	3.4E+05	6.6E+03	3.7E+05	2.5E+03	2.3E+05	3.9E+04	1.9E+06
Th-229	0.0E+00	8.7E+03	0.0E+00	2.0E+01	0.0E+00	8.2E+02	0.0E+00	1.0E+03	0.0E+00	1.2E+03	0.0E+00	3.0E+02	0.0E+00	1.2E+03	0.0E+00	4.5E+02	0.0E+00	4.4E+02	0.0E+00	2.8E+02	0.0E+00	2.2E+03
Cm-246	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Pu-242	1.8E+11	1.8E+11	2.1E+08	2.1E+08	1.6E+10	1.6E+10	2.2E+10	2.2E+10	2.6E+10	2.6E+10	6.2E+09	6.2E+09	1.3E+10	1.3E+10	7.8E+09	7.8E+09	9.1E+09	9.1E+09	5.8E+09	5.8E+09	3.7E+07	3.7E+07
U-238	2.3E+09	2.3E+09	7.7E+07	7.7E+07	6.3E+08	6.3E+08	9.5E+07	9.5E+07	7.9E+07	7.9E+07	5.2E+07	5.2E+07	3.9E+09	3.9E+09	5.8E+08	5.8E+08	1.0E+08	1.0E+08	3.8E+07	3.8E+07	2.1E+07	2.1E+07
U-234	9.6E+10	9.6E+10	5.5E+08	5.5E+08	1.1E+10	1.1E+10	1.1E+10	1.1E+10	1.2E+10	1.2E+10	3.2E+09	3.2E+09	2.9E+10	2.9E+10	7.0E+09	7.0E+09	4.7E+09	4.7E+09	2.9E+09	2.9E+09	2.4E+08	2.4E+08
Th-230	0.0E+00	5.4E+06	0.0E+00	9.8E+04	0.0E+00	1.0E+06	0.0E+00	4.2E+05	0.0E+00	4.5E+05	0.0E+00	1.5E+05	0.0E+00	5.0E+06	0.0E+00	8.3E+05	0.0E+00	2.5E+05	0.0E+00	1.3E+05	0.0E+00	1.4E+04
Ra-226	0.0E+00	2.6E+04	0.0E+00	5.3E+02	0.0E+00	5.1E+03	0.0E+00	1.9E+03	0.0E+00	2.0E+03	0.0E+00	7.1E+02	0.0E+00	2.7E+04	0.0E+00	4.4E+03	0.0E+00	1.2E+03	0.0E+00	5.9E+02	0.0E+00	7.0E+01
Pb-210	0.0E+00	5.3E+03	0.0E+00	1.1E+02	0.0E+00	1.1E+03	0.0E+00	3.8E+02	0.0E+00	3.9E+02	0.0E+00	1.4E+02	0.0E+00	5.7E+03	0.0E+00	9.3E+02	0.0E+00	2.5E+02	0.0E+00	1.2E+02	0.0E+00	1.5E+01
Am-243	3.3E+10	3.3E+10	1.4E+09	1.4E+09	1.1E+10	1.1E+10	5.3E+08	5.3E+08	1.8E+07	1.8E+07	6.0E+08	6.0E+08	7.0E+10	7.0E+10	1.0E+10	1.0E+10	1.4E+09	1.4E+09	3.8E+08	3.8E+08	3.5E+11	3.5E+11
Pu-239	7.7E+13	7.7E+13	7.3E+10	7.3E+10	6.7E+12	6.7E+12	9.4E+12	9.4E+12	1.1E+13	1.1E+13	2.7E+12	2.7E+12	4.8E+12	4.8E+12	3.3E+12	3.3E+12	3.9E+12	3.9E+12	2.5E+12	2.5E+12	1.0E+10	1.1E+10
U-235	4.6E+08	4.6E+08	7.8E+06	7.8E+06	8.2E+07	8.2E+07	3.7E+07	3.7E+07	4.0E+07	4.0E+07	1.3E+07	1.3E+07	3.9E+08	3.9E+08	6.7E+07	6.7E+07	2.2E+07	2.2E+07	1.1E+07	1.1E+07	2.1E+06	2.1E+06
Pa-231	0.0E+00	2.4E+05	0.0E+00	4.1E+03	0.0E+00	4.3E+04	0.0E+00	2.0E+04	0.0E+00	2.1E+04	0.0E+00	6.9E+03	0.0E+00	2.1E+05	0.0E+00	3.6E+04	0.0E+00	1.1E+04	0.0E+00	5.9E+03	0.0E+00	1.1E+03
Ac																						

付表 8.1-1 安全評価で用いる廃棄体ごとの放射能量(Bq) (6/6)

[Bq]

廃棄物名称	グループ4																								
	JAEA MOX解体																								
	可燃物Ⅰ(一次廃棄物)		難燃物Ⅰ(一次廃棄物)		不燃物Ⅰ(金属(一次廃棄物))		不燃物Ⅱ(コンクリート(一次廃棄物))		可燃物Ⅱ(二次廃棄物)		難燃物Ⅱ(二次廃棄物)		不燃物Ⅲ(金属(二次廃棄物))		不燃物Ⅳ(非金属(二次廃棄物))		可燃物Ⅲ(廃棄体処理)		難燃物Ⅲ(廃棄体処理)		不燃物Ⅴ(金属(廃棄体処理))		不燃物Ⅵ(非金属(廃棄体処理))		
廃棄体体積(m <sup>3</sup> /本)	0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		
廃棄体重量(t/本)	0.43		0.43		0.88		0.5		0.43		0.43		0.88		0.5		0.55		0.43		0.88		0.5		
発生本数(本)	88		20		2,057		52		109		52		119		23		57		28		92		16		
発生量(m <sup>3</sup> )	18		5		412		11		23		11		25		6		12		7		19		4		
重量(t)	38		9		1,811		26		47		23		105		12		32		13		81		8		
	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	基準年	25年後	
C-14	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
C1-36	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
Co-60	9.0E+08	3.4E+07	2.7E+08	1.0E+07	1.0E+09	3.9E+07	1.2E+07	4.5E+05	1.5E+09	5.6E+07	7.1E+08	2.7E+07	1.9E+08	7.1E+06	1.6E+07	5.8E+05	8.3E+07	3.1E+06	2.0E+07	7.5E+05	1.6E+08	5.8E+06	1.3E+07	5.0E+05	
Ni-59	3.6E+04	3.6E+04	1.1E+04	1.1E+04	4.1E+04	4.1E+04	4.8E+02	4.8E+02	5.9E+04	5.9E+04	2.8E+04	2.8E+04	7.5E+03	7.5E+03	6.2E+02	6.2E+02	3.3E+03	3.3E+03	7.9E+02	7.9E+02	6.1E+03	6.1E+03	5.3E+02	5.3E+02	
Ni-63	4.9E+06	4.1E+06	1.5E+06	1.2E+06	5.7E+06	4.7E+06	6.6E+04	5.3E+04	8.2E+06	6.8E+06	3.9E+06	3.2E+06	1.0E+06	8.6E+05	8.5E+04	7.1E+04	4.5E+05	3.7E+05	1.1E+05	9.1E+04	8.5E+05	7.0E+05	7.3E+04	6.1E+04	
Se-79	1.7E+06	1.7E+06	5.2E+05	5.2E+05	2.0E+06	2.0E+06	2.3E+04	2.3E+04	2.8E+06	2.8E+06	1.3E+06	1.3E+06	3.6E+05	3.6E+05	3.0E+04	3.0E+04	1.6E+05	1.6E+05	3.8E+04	3.8E+04	2.9E+05	2.9E+05	2.5E+04	2.5E+04	
Sr-90	9.0E+09	5.0E+09	2.7E+09	1.5E+09	1.0E+10	5.7E+09	1.2E+08	6.6E+07	1.5E+10	8.2E+09	7.1E+09	3.9E+09	3.9E+09	1.1E+09	1.1E+09	3.6E+08	8.6E+07	8.2E+08	4.5E+08	2.8E+08	1.1E+08	1.6E+09	8.6E+08	1.3E+08	7.4E+07
Zr-93	2.0E+05	2.0E+05	6.0E+04	6.0E+04	2.3E+05	2.3E+05	2.6E+03	2.6E+03	3.3E+05	3.3E+05	1.6E+05	1.6E+05	4.2E+04	4.2E+04	3.4E+03	3.4E+03	1.8E+04	1.8E+04	4.4E+03	4.4E+03	3.4E+04	3.4E+04	2.9E+03	2.9E+03	
Nb-94	1.1E+01	1.1E+01	3.3E+00	3.3E+00	1.3E+01	1.3E+01	1.5E-01	1.5E-01	1.8E+01	1.8E+01	8.6E+00	8.6E+00	2.3E+00	2.3E+00	1.9E-01	1.9E-01	1.0E+00	1.0E+00	2.4E-01	2.4E-01	1.9E+00	1.9E+00	1.6E-01	1.6E-01	
Mo-93	1.8E+03	1.8E+03	5.4E+02	5.4E+02	2.0E+03	2.0E+03	2.4E+01	2.4E+01	3.0E+03	3.0E+03	2.9E+03	2.9E+03	1.4E+03	1.4E+03	3.8E+02	3.8E+02	3.1E+01	3.1E+01	1.6E+02	1.6E+02	3.9E+01	3.1E+02	2.6E+01	2.6E+01	
Tc-99	1.8E+09	1.8E+09	5.5E+08	5.5E+08	2.1E+09	2.1E+09	2.4E+07	2.4E+07	3.0E+09	3.0E+09	1.4E+09	1.4E+09	3.8E+08	3.8E+08	3.1E+07	3.1E+07	1.7E+08	1.7E+08	4.0E+07	4.0E+07	3.1E+08	3.1E+08	2.7E+07	2.7E+07	
Pd-107	3.3E+05	3.3E+05	9.9E+04	9.9E+04	3.8E+05	3.8E+05	4.4E+03	4.4E+03	5.5E+05	5.5E+05	2.6E+05	2.6E+05	7.0E+04	7.0E+04	5.7E+03	5.7E+03	3.0E+04	3.0E+04	7.3E+03	7.3E+03	5.7E+04	5.7E+04	4.9E+03	4.9E+03	
Sn-126	2.7E+06	2.7E+06	8.2E+05	8.2E+05	3.1E+06	3.1E+06	3.6E+04	3.6E+04	4.5E+06	4.5E+06	2.1E+06	2.1E+06	5.8E+05	5.8E+05	4.7E+04	4.7E+04	2.5E+05	2.5E+05	6.1E+04	6.1E+04	4.7E+05	4.7E+05	4.1E+04	4.1E+04	
I-129	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
Cs-135	1.0E+04	1.0E+04	3.2E+03	3.2E+03	1.2E+04	1.2E+04	1.4E+02	1.4E+02	1.7E+04	1.7E+04	8.3E+03	8.3E+03	2.2E+03	2.2E+03	1.8E+02	1.8E+02	9.6E+02	9.6E+02	2.3E+02	2.3E+02	1.8E+03	1.8E+03	1.6E+02	1.6E+02	
Cs-137	2.3E+09	1.3E+09	6.9E+08	3.9E+08	2.6E+09	1.5E+09	3.0E+07	1.7E+07	3.8E+09	2.1E+09	1.8E+09	1.0E+09	4.8E+08	2.7E+08	3.9E+07	2.2E+07	2.1E+08	1.2E+08	5.1E+07	2.8E+07	3.9E+08	2.2E+08	3.4E+07	1.9E+07	
Cm-244	2.2E+06	8.5E+05	6.7E+05	2.6E+05	2.5E+06	9.8E+05	3.0E+04	1.1E+04	3.7E+06	1.4E+06	1.7E+06	6.7E+05	4.7E+05	1.8E+05	3.8E+04	1.5E+04	2.0E+05	7.8E+04	4.9E+04	1.9E+04	3.8E+05	1.5E+05	3.3E+04	1.3E+04	
Pu-240	7.7E+13	7.7E+13	2.3E+13	2.3E+13	8.9E+13	8.9E+13	1.0E+12	1.0E+12	1.3E+14	1.3E+14	6.1E+13	6.1E+13	1.6E+13	1.6E+13	1.3E+12	1.3E+12	7.1E+12	7.1E+12	1.7E+12	1.7E+12	1.3E+13	1.3E+13	1.2E+12	1.2E+12	
U-236	5.7E+08	6.2E+08	1.7E+08	1.9E+08	6.5E+08	7.2E+08	7.6E+06	8.4E+06	9.4E+08	1.0E+09	4.5E+08	4.9E+08	1.2E+08	1.3E+08	9.8E+06	1.1E+07	5.2E+07	5.7E+07	1.3E+07	1.4E+07	9.8E+07	1.1E+08	8.4E+06	9.3E+06	
Th-232	0.0E+00	7.3E-01	0.0E+00	2.2E-01	0.0E+00	8.5E-01	0.0E+00	9.8E-03	0.0E+00	1.2E+00	0.0E+00	5.8E-01	0.0E+00	1.6E-01	0.0E+00	1.3E-02	0.0E+00	6.7E-02	0.0E+00	1.6E-02	0.0E+00	1.3E-01	0.0E+00	1.1E-02	
Ra-228	0.0E+00	4.7E-01	0.0E+00	1.4E-01	0.0E+00	5.4E-01	0.0E+00	6.3E-03	0.0E+00	7.8E-01	0.0E+00	3.7E-01	0.0E+00	9.9E-02	0.0E+00	8.1E-03	0.0E+00	4.3E-02	0.0E+00	1.0E-02	0.0E+00	8.1E-02	0.0E+00	7.0E-03	
Th-228	0.0E+00	3.9E-01	0.0E+00	1.2E-01	0.0E+00	4.5E-01	0.0E+00	5.3E-03	0.0E+00	6.5E-01	0.0E+00	3.1E-01	0.0E+00	8.4E-02	0.0E+00	6.8E-03	0.0E+00	3.6E-02	0.0E+00	8.8E-03	0.0E+00	6.8E-02	0.0E+00	5.9E-03	
Cm-245	1.5E+02	1.5E+02	4.5E+01	4.5E+01	1.7E+02	1.7E+02	2.0E+00	2.0E+00	2.5E+02	2.5E+02	1.2E+02	1.2E+02	3.2E+01	3.2E+01	2.6E+00	2.6E+00	1.4E+01	1.4E+01	3.3E+00	3.3E+00	2.6E+01	2.6E+01	2.2E+00	2.2E+00	
Pu-241	7.1E+15	2.1E+15	2.1E+15	6.4E+14	8.2E+15	2.4E+15	9.5E+13	2.8E+13	1.2E+16	3.5E+15	5.6E+15	1.7E+15	1.5E+15	4.5E+14	1.2E+14	3.7E+13	6.5E+14	1.9E+14	1.6E+14	4.7E+13	1.2E+15	3.7E+14	1.1E+14	3.2E+13	
Am-241	1.6E+14	3.1E+14	4.8E+13	9.4E+13	1.8E+14	3.6E+14	2.1E+12	4.2E+12	2.6E+14	5.2E+14	1.2E+14	2.5E+14	3.3E+13	6.6E+13	2.7E+12	5.4E+12	1.4E+13	2.9E+13	3.5E+12	7.0E+12	2.7E+13	5.4E+13	2.3E+12	4.6E+12	
Np-237	5.9E+10	6.1E+10	1.8E+10	1.9E+10	6.8E+10	7.0E+10	7.9E+08	8.2E+08	9.8E+10	1.0E+11	4.7E+10	4.8E+10	1.3E+10	1.3E+10	1.0E+09	1.1E+09	5.4E+09	5.6E+09	1.3E+09	1.4E+09	1.0E+10	1.1E+10	8.8E+08	9.1E+08	
U-233	3.8E+05	7.0E+06	1.1E+05	2.1E+06	4.4E+05	8.0E+06	5.1E+03	9.3E+04	6.3E+05	1.2E+07	3.0E+05	5.5E+06	8.8E+04	1.5E+06	6.5E+03	1.2E+05	3.5E+04	6.4E+05	8.4E+05	1.6E+05	6.5E+04	1.2E+06	5.6E+03	1.0E+05	
Th-229	0.0E+00	8.6E+03	0.0E+00	2.6E+03	0.0E+00	9.9E+03	0.0E+00	1.1E+02	0.0E+00	1.4E+04	0.0E+00	6.8E+03	0.0E+00	1.8E+03	0.0E+00	1.5E+02	0.0E+00	7.9E+02	0.0E+00	1.9E+02	0.0E+00	1.5E+03	0.0E+00	1.3E+02	
Cm-246	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
Pu-242	1.6E+11	1.6E+11	5.0E+10	5.0E+10	1.9E+11	1.9E+11	2.2E+09	2.2E+09	2.7E+11	2.7E+11	1.3E+11	1.3E+11	3.5E+10	3.5E+10	2.9E+09	2.9E+09	1.5E+10	1.5E+10	3.7E+09	3.7E+09	2.9E+10	2.9E+10	2.5E+09	2.5E+09	
U-238	5.8E+09	5.8E+09	1.8E+09	1.8E+09	6.7E+09	6.7E+09	7.8E+07	7.8E+07	9.7E+09	9.7E+09	4.6E+09	4.6E+09	1.2E+09	1.2E+09	1.0E+08	1.0E+08	5.3E+08	5.3E+08	1.3E+08	1.3E+08	1.0E+09	1.0E+09	8.7E+07	8.7E+07	
U-234	1.4E+11	1.4E+11	4.3E+10	4.3E+10	1.7E+11	1.7E+11	1.9E+09	1.9E+09	2.4E+11	2.4E+11	1.1E+11	1.1E+11	3.0E+10	3.0E+10	2.5E+09	2.5E+09	1.3E+10	1.3E+10	3.2E+09	3.2E+09	2.5E+10	2.5E+10	2.1E+09	2.1E+09	
Th-230	0.0E+00	1.8E+07	0.0E+00	5.3E+06	0.0E+00	2.0E+07	0.0E+00	2.3E+05	0.0E+00	2.9E+07	0.0E+00	1.4E+07	0.0E+00	3.7E+06	0.0E+00	3.0E+05	0.0E+00	1.6E+06	0.0E+00	3.9E+05	0.0E+00	3.0E+06	0.0E+00	2.6E+05	
Ra-226	0.0E+00	9.2E+04	0.0E+00	2.8E+04	0.0E+00	1.1E+05	0.0E+00	1.2E+03	0.0E+00	1.5E+05	0.0E+00	7.2E+04	0.0E+00	2.0E+04	0.0E+00	1.6E+03	0.0E+00	8.4E+03	0.0E+00	2.1E+03	0.0E+00	1.6E+04	0.0E+00	1.4E+03	
Pb-210	0.0E+00	2.0E+04	0.0E+00	5.9E+03	0.0E+00	2.3E+04	0.0E+00	2.6E+02	0.0E+00	3.3E+04	0.0E+00	1.5E+04	0.0E+00	4.2E+03	0.0E+00	3.4E+02	0.0E+00	1.8E+03	0.0E+00	4.4E+02	0.0E+00	3.4E+03	0.0E+00	2.9E+02	
Am-243	3.5E+04	3.5E+04	1.1E+04	1.1E+04	4.1E+04	4.1E+04	4.7E+02	4.7E+02	5.9E+04	5.9E+04	2.8E+04	2.8E+04	7.5E+03	7.5E+03	6.1E+02										

## 付録 8-2 核種量の枯渇と掘削影響領域の地下水流量の変化および崩壊を考慮した一次元の直交座標系での定常状態の核種放出率の近似解析 (8.3.1)

1. 内側境界濃度一定, 外側境界濃度一定の場合の近似解析解	1
2. 内側境界からの放出率一定, 外側境界濃度一定の場合の近似解析解	4
3. 瞬時放出の場合の人工バリアシステムの応答特性	6
4. 内側境界濃度が溶解度で制限される場合の人工バリアシステムの応答特性	11
4.1 掘削影響領域の地下水流量 $Q$ が $Q_{th} \ll Q$ の場合で内側境界濃度が溶解度で一定, 外側境界濃度 0 の条件における人工バリアシステムの応答特性	11
4.2 掘削影響領域の地下水流量 $Q$ が $Q \ll Q_{th}$ の場合で内側境界濃度が溶解度で一定, 外側境界濃度一定の条件における人工バリアシステムの応答特性	13
5. 内側境界からの核種放出率が溶出率で制限される場合の人工バリアシステムの応答特性	15
5.1 掘削影響領域の地下水流量 $Q$ が $Q_{th} \ll Q$ の場合で内側境界からの放出率一定, 外側境界濃度一定の条件における人工バリアシステムの応答特性	16
5.2 掘削影響領域の地下水流量 $Q$ が $Q \ll Q_{th}$ の場合で内側境界からの放出率一定, 外側境界濃度一定の条件における人工バリアシステムの応答特性	17
6. 目標線量以下にする核種の閉じ込め時間	20
7. 近似解析解の妥当性の確認	21
7.1 グループ 1 の I-129 の結果の比較	21
7.2 グループ 2 の結果の比較	22
7.2.1 C-14 の結果の比較	22
7.2.2 Sr-90 の結果の比較	23
7.2.3 Pu-239 の結果の比較	23
7.3 グループ 3 の I-129 の結果の比較	24
7.4 グループ 4 の Sr-90 の結果の比較	25
8. まとめ	26
付録 8-2 参考文献	27
付図 8.2.4-1 掘削影響領域の地下水流量が $Q \geq Q_{th}$ の場合の $C_{kmax}$ と $C_{sol}$ の関係の概念	12
付図 8.2.4-2 掘削影響領域の地下水流量が $Q \ll Q_{th}$ の場合の $C_{kmax}$ と $C_{sol}$ の関係の概念	13
付図 8.2.4-3 溶解度一定の近似解析解から得られた放出率と溶解度の関係式の概念	15
付図 8.2.5-1 近似解析解から得られた放出率と溶出率の関係式の概念	19
付図 8.2.7-1 第 2 次 TRU レポートのレファレンスケースの結果と近似解析解の結果の比較(グループ 1 の I-129)	21
付図 8.2.7-2 第 2 次 TRU レポートのレファレンスケースの結果と近似解析解の結果の比較(グループ 2 の C-14)	22
付図 8.2.7-3 第 2 次 TRU レポートのレファレンスケースの結果と近似解析解の結果の比較(グループ 2 の Sr-90)	23



付図 8.2.7-4 第2次 TRU レポートのレファレンスケースの結果と近似解析解の結果の比較(グループ2の Pu-239) .....	24
付図 8.2.7-5 第2次 TRU レポートのレファレンスケースの結果と近似解析解の結果の比較(グループ3の I-129) .....	25
付図 8.2.7-6 第2次 TRU レポートのレファレンスケースの結果と近似解析解の結果の比較(グループ4の Sr-90) .....	26

## 核種量の枯渇と掘削影響領域の地下水流量の変化および崩壊を考慮した一次元の直交座標系での定常状態の核種放出率の近似解析解

### 1. 内側境界濃度一定、外側境界濃度一定の場合の近似解析解

一次元の直交座標系で崩壊を考慮した場合の核種の移行は以下の方程式で表される。

$$\{\varepsilon + (1 - \varepsilon)Kd\rho\} \frac{\partial C}{\partial t} = De \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \{\varepsilon + (1 - \varepsilon)Kd\rho\} \lambda C$$

- $\varepsilon$  : 拡散媒体の空隙率 (-)
- Kd : 拡散媒体の収着分配係数 (m<sup>3</sup>/kg)
- $\rho$  : 拡散媒体の真密度 (kg/m<sup>3</sup>)
- C : 定常状態での拡散媒体液相中の濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- t : 時間 (y)
- De : 拡散媒体の実効拡散係数 (m<sup>2</sup>/y)
- x : 距離 (m)
- $\lambda$  : 崩壊定数 (1/y)

拡散媒体内側境界濃度が  $C_K$  で一定、外側境界濃度が  $C_L$  で一定の条件での定常状態での濃度プロファイル  $C^*$  は、定数係数の同次方程式の解として付式 8.2.1-(1) のように表される。また、拡散媒体外側からの放出率は、付式 8.2.1-(1) を用いて付式 8.2.1-(2) のように表される (大井, 2011)。

$$C^* = \frac{1}{P1} \left[ \left( C_K \frac{1}{h2} - C_L \frac{1}{h1} \right) \exp(\sqrt{a}x) - h1h2 \left( C_K \frac{1}{h1} - C_L \frac{1}{h2} \right) \exp(-\sqrt{a}x) \right] \quad \text{付式 8.2.1-(1)}$$

$$F_L = -DeE \left. \frac{\partial C}{\partial x} \right|_{x=L} = -E\sqrt{\lambda\varepsilon RdDe} \frac{(2C_K - C_L P2)}{P1} = -G1 \frac{(2C_K - C_L P2)}{P1} \quad \text{付式 8.2.1-(2)}$$

ここで、

$$a = \frac{\lambda\varepsilon Rd}{De}, \quad h1 = \exp(\sqrt{a}K), \quad h2 = \exp(\sqrt{a}L), \quad P1 = \left( \frac{h1}{h2} - \frac{h2}{h1} \right)$$

$$P2 = \left( \frac{h1}{h2} + \frac{h2}{h1} \right), \quad G1 = E\sqrt{\lambda\varepsilon RdDe} = EDe\sqrt{a}$$

とおく。

- $C_K$  : 拡散媒体の一定の内側境界濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $C_L$  : 拡散媒体の一定の外側境界濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $F_L$  : 定常状態での拡散媒体から掘削影響領域への拡散による核種放出率 (Bq/y)
- E : 拡散媒体外側の表面積 (m<sup>2</sup>)
- L : 拡散媒体外側までの距離 (m)

$$Rd : \text{拡散媒体の遅延係数} \quad Rd = 1 + \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon} Kd\rho$$

定常状態での拡散媒体中の核種量  $W_b$  は付式 8.2.1-(3) で表される。

$$W_b = 2\pi\ell\varepsilon Rd \int_K^L \{C^*x\} dx = G2 \frac{(P3C_K + P4C_L)}{P1} \quad \text{付式 8.2.1-(3)}$$

ここで、

$$G2 = 2\pi\ell\varepsilon Rd, \quad P3 = \frac{(2\sqrt{a}L - P2\sqrt{a}K + P1)}{a}, \quad P4 = \frac{(2\sqrt{a}K - P2\sqrt{a}L - P1)}{a}$$

とおく。

$W_b$  : 定常状態で拡散媒体中に存在する核種量 (Bq)

$\ell$  : 廃棄体定置領域の長さ (m)

$K$  : 拡散媒体内側までの距離 (m)

定常状態で人工バリア内 (充填材領域, 緩衝材領域, 掘削影響領域) に存在する核種量の保存に関する近似式が付式 8.2.1-(4) で表される。

$$I_0 \cong W_f + W_b + W_m = C_K G4 + W_b + C_L G3 \quad \text{付式 8.2.1-(4)}$$

ここで、

$$G3 = \varepsilon_m Rd_m V_m, \quad G4 = \varepsilon_f Rd_f V_f$$

とおく。

$W_f$  : 定常状態で充填材領域中に存在する核種量 (Bq)

$W_m$  : 定常状態で掘削影響領域中に存在する核種量 (Bq)

$I_0$  : 廃棄体中の初期の核種量 (Bq)

$f$  : 充填材領域を表す添え字

$m$  : 掘削影響領域を表す添え字

定常状態の掘削影響領域内での核種量の保存式は付式 8.2.1-(5) で表される。

$$0 = F_L + F_d - QC_L - F_m - \lambda C_L V_m \varepsilon_m Rd_m \quad \text{付式 8.2.1-(5)}$$

ここで、

$$F_d = C_a Q_d = \frac{W_b}{V_d \varepsilon Rd} Q_d \quad \text{付式 8.2.1-(6)}$$

とおく。

$F_d$  : 定常状態での拡散媒体から掘削影響領域への移流による核種放出率 (Bq/y)

$C_a$  : 定常状態での拡散媒体中の平均濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)

$Q_d$  : 人工バリア内の地下水流量 (m<sup>3</sup>/y)

$V_d$  : 拡散媒体の体積 (m<sup>3</sup>)  $V_d = \pi l(L+K)(L-K)$

$Q$  : 掘削影響領域の地下水流量 (m<sup>3</sup>/y)

$F_m$  : 定常状態での掘削影響領域から天然バリアへの拡散による核種放出率 (Bq/y)

$$F_m = -De_m E_m \frac{\partial C_L}{\partial x} \Big|_{x=L+m} = -De_m E_m \frac{C_{Lm} - C_L}{L_m} \quad \text{付式 8.2.1-(7)}$$

$De_m$  : 掘削影響領域の実効拡散係数 (m<sup>2</sup>/y)

$E_m$  : 掘削影響領域外側の表面積 (m<sup>2</sup>)

$m$  : 掘削影響領域の厚さ (m)

$L_m$  : 掘削影響領域外側からの任意の距離 (m)

$C_{Lm}$  : 掘削影響領域外側から  $L_m$  の距離にける濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)

付式 8.2.1-(4)と付式 8.2.1-(5)を連立させることにより、外側境界濃度  $C_L$  と内側境界濃度  $C_K$ 、さらに、 $F_L$ 、 $F_d$ 、 $QC_L$ 、 $F_m$  がそれぞれ以下のように与えられる。

$$C_L = \frac{I_0}{(G3G8 + G7)} G8 \quad \text{付式 8.2.1-(8)}$$

$$C_K = \frac{I_0}{(G3G8 + G7)} \left[ \left( \frac{G6}{G1} P1 - P2 \right) - \left( \frac{G2G5}{G1} P4 \right) \right] \quad \text{付式 8.2.1-(9)}$$

$$F_L = -\frac{I_0}{(G3G8 + G7)} \left[ 2G6 - G2G5 \left( 2 \frac{P4}{P1} + \frac{P2P3}{P1} \right) \right] \quad \text{付式 8.2.1-(10)}$$

$$F_d = \frac{I_0}{(G3G8 + G7)} G2G5 \left( \frac{G6}{G1} P3 - \frac{P2P3}{P1} - 2 \frac{P4}{P1} \right) \quad \text{付式 8.2.1-(11)}$$

$$QC_L = \frac{I_0}{(G3G8 + G7)} G8Q \quad \text{付式 8.2.1-(12)}$$

$$F_m = De_m E_m \frac{C_L}{L_m} = \frac{I_0}{(G3G8 + G7)} G8 \frac{De_m E_m}{L_m} \quad \text{付式 8.2.1-(13)}$$

$(C_{Lm} = 0)$

ここで、

$$G5 = \frac{Q_d}{V_d \varepsilon R d}, \quad G6 = Q + \frac{De_m E_m}{L_m} + \lambda G3$$

$$G7 = \left( G2 \frac{P3}{P1} + G4 \right) \left( \frac{G6}{G1} P1 - P2 \right) - \left( \frac{G4 G5}{G1} + \frac{2}{P1} \right) G2 P4 \quad G8 = \left( \frac{G5 G2}{G1} P3 - 2 \right)$$

とおく。

## 2. 内側境界からの放出率一定, 外側境界濃度一定の場合の近似解析解

拡散媒体内側境界からの放出率が  $F_K$  で一定, 外側境界濃度が  $C_L$  で一定の条件での定常状態での濃度プロファイル  $C^*$  は, 1. と同様に, 定数係数の同次方程式の解として付式 8.2.2-(1) のように表される。また, 拡散媒体外側からの放出率は, 付式 8.2.2-(1) を用いて付式 8.2.2-(2) のように表される (大井, 2011)。

$$C^* = \frac{\left( C_L \frac{1}{h1} - \frac{F_K}{G1} \frac{1}{h2} \right) \exp(\sqrt{ax}) + h1 h2 \left( \frac{F_K}{G1} \frac{1}{h1} + C_L \frac{1}{h2} \right) \exp(-\sqrt{ax})}{P2} \quad \text{付式 8.2.2-(1)}$$

$$F_L = -DeE \frac{\partial C}{\partial x} \Big|_{x=L} = \frac{G1}{P2} \left[ \frac{2F_K}{G1} + C_L P1 \right] = \frac{2F_K}{P2} + C_L G1 \frac{P1}{P2} \quad \text{付式 8.2.2-(2)}$$

$F_K$  : 拡散媒体内側境界からの一定放出率 (Bq/y)

定常状態での拡散媒体中の核種量  $W_b$  は付式 8.2.2-(3) で表される。

$$W_b = 2\pi \ell \varepsilon R d \int_K^L \{C^* x\} dx = G2 \frac{\left( P5 C_L - P3 \frac{F_K}{G1} \right)}{P2} \quad \text{付式 8.2.2-(3)}$$

ここで,

$$P5 = \frac{\left( 2 - P1 \sqrt{a} L - P2 \right)}{a}$$

とおく。

定常状態で人工バリア内 (充填材領域, 緩衝材領域, 掘削影響領域) に存在する核種量に関するマスバランスの近似式は付式 8.2.2-(4) で表される。

$$I_0 \cong W_f + W_b + W_m = C_K G4 + W_b + C_L G3 \quad \text{付式 8.2.2-(4)}$$

定常状態の掘削影響領域内での核種量の保存式は付式 8.2.2-(5) で表される。

$$0 = F_L + F_d - QC_L - F_m - \lambda C_L V_m \varepsilon_m R d_m \quad \text{付式 8.2.2-(5)}$$

$$F_d = C_a Q_d = \frac{W_b}{V_d \varepsilon R d} Q_d \quad \text{付式 8.2.2-(6)}$$

$$F_m = -De_m E_m \left. \frac{\partial C_L}{\partial x} \right|_{x=L+m} = -De_m E_m \frac{C_{Lm} - C_L}{L_m} \quad \text{付式 8.2.2-(7)}$$

付式 8.2.2-(4)と付式 8.2.2-(5)を連立させることにより，外側境界濃度  $C_L$  と内側境界からの放出率  $F_K$ ，さらには  $F_L$ ， $F_d$ ， $QC_L$ ， $F_m$  はそれぞれ以下のように与えられる。

$$C_L = \frac{I_0}{\left(\frac{2G4}{P2} + G3\right)G8 + G9} G8 \quad \text{付式 8.2.2-(8)}$$

$$F_K = \frac{I_0}{\left(\frac{2G4}{P2} + G3\right)G8 + G9} G1 \left( \frac{G2G5}{G1} P5 + P1 - \frac{G6}{G1} P2 \right) \quad \text{付式 8.2.2-(9)}$$

$$F_L = \frac{I_0}{\left(\frac{2G4}{P2} + G3\right)G8 + G9} \left( \frac{G2G5}{P2} (2P5 + P1P3) - 2G6 \right) \quad \text{付式 8.2.2-(10)}$$

$$F_d = \frac{I_0}{\left(\frac{2G4}{P2} + G3\right)G8 + G9} \left( P3 \frac{G2G5}{G1} G6 - \frac{G2G5}{P2} (2P5 + P1P3) \right) \quad \text{付式 8.2.2-(11)}$$

$$QC_L = \frac{I_0}{\left(\frac{2G4}{P2} + G3\right)G8 + G9} G8Q \quad \text{付式 8.2.2-(12)}$$

$$F_m = \frac{I_0 G8}{\left(\frac{2G4}{P2} + G3\right)G8 + G9} \frac{De_m E_m}{L_m} \quad \text{付式 8.2.2-(13)}$$

ここで，

$$G9 = \left( G2 \frac{P3}{P1} + G4 \right) \left( \frac{G6}{G1} - \frac{P1}{P2} \right) P1 - \left( \frac{G4G5}{G1} + \frac{2}{P1} \right) \frac{P1P5}{P2} G2$$

とおく。

### 3. 瞬時放出の場合の人工バリアシステムの応答特性

解析解の利点は、処分システムの応答を平易に表すことである。しかし、上記の近似解析解はパラメータが複雑に関与しているため、式の意味を理解することは容易ではない。そこで、得られた近似解析解を崩壊の影響を無視するなどして簡便に表現することとする。

$$\Delta a = \sqrt{a} = \sqrt{\frac{\lambda \varepsilon R d}{De}}$$

とおくと、半減期が長い核種の場合、または、遅延係数が小さい場合、あるいは、実効拡散係数が大きい場合、 $(\sqrt{a} \rightarrow 0)$ となる。そこで、 $\sqrt{a}$ を微小量として、 $\sqrt{a}$ を含む指数関数を近似展開する(2次の項までのテーラー展開)。このとき、近似解析解の導出過程で導入した変数 P1, P2, P3, P4, P5 は以下のように表される。

$$P1 \cong 2\sqrt{a}(K - L) = -2\sqrt{a}(L - K)$$

$$P2 \cong (2 + (L - K)^2 a)$$

$$P3 = -(L - K)^2 \sqrt{a} K$$

$$P4 = -(L - K)^2 \sqrt{a} L$$

$$P5 = (L - K)(L + K)$$

さらに、簡単化のため、人工バリア内の地下水流量  $Q_d$  と掘削影響領域からの拡散による移行に関わる掘削影響領域の実効拡散係数  $De_m$  を無視することとすると

$$G5 = 0, \quad G6 = Q$$

となる。

この場合、G7, G8, G9 は以下のように表される。

$$G7 = -2 \left( \frac{Q}{EDe} (L - K) (\pi l \varepsilon R d (L - K) K + \varepsilon_f R d_f V_f) + \varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d \right)$$

$$G8 = \left( \frac{G5 G2}{G1} P3 - 2 \right) = -2$$

$$G9 = -2 \left( \frac{Q}{EDe} (L - K) (\pi l \varepsilon R d (L - K) K + \varepsilon_f R d_f V_f) + \varepsilon R d V_d \right)$$

このとき、付式 8.2.1-(8) と付式 8.2.2-(8) は近似展開により以下のように表される。

$$C_L = \frac{EDe}{Q(L-K)} \frac{I_0}{(\pi l \varepsilon R d(L-K)K + \varepsilon_f R d_f V_f)} \frac{1}{\left(1 + \frac{EDe}{Q(L-K)} \frac{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)}{(\pi l \varepsilon R d(L-K)K + \varepsilon_f R d_f V_f)}\right)}$$

付式 8.2.3-(1)

また、付式 8.2.1-(9)は近似展開により以下のように表される。

$$C_K = \frac{I_0 \left(1 + \frac{EDe}{Q(L-K)}\right)}{(\pi l \varepsilon R d(L-K)K + \varepsilon_f R d_f V_f) \left(1 + \frac{EDe}{Q(L-K)} \frac{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)}{(\pi l \varepsilon R d(L-K)K + \varepsilon_f R d_f V_f)}\right)}$$

付式 8.2.3-(2)

付式 8.2.2-(9)は近似展開により以下のように表される。

$$F_K = \frac{EDe}{(L-K)} \frac{I_0}{(\pi l \varepsilon R d(L-K)K + \varepsilon_f R d_f V_f)} \frac{1}{\left(1 + \frac{EDe}{Q(L-K)} \frac{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)}{(\pi l \varepsilon R d(L-K)K + \varepsilon_f R d_f V_f)}\right)}$$

付式 8.2.3-(3)

付式 8.2.3-(2)は、付式 8.2.2-(1) (x=K) の近似展開式に付式 8.2.3-(3)を代入することで、同様に求められる。

ここで、掘削影響領域中の地下水流量  $Q_{th}$  を以下のように定義する。

$$Q_{th} = \frac{EDe}{(L-K)} \frac{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)}{(\pi l \varepsilon R d(L-K)K + \varepsilon_f R d_f V_f)}$$

付式 8.2.3-(4)

掘削影響領域中の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合の内側境界濃度  $C_K$  を  $C_{Kmax}$  とすると、付式 8.2.3-(2)は、以下のように表される。

$$C_{Kmax} = \frac{I_0}{(\pi l \varepsilon R d(L-K)K + \varepsilon_f R d_f V_f)}$$

付式 8.2.3-(5)

この  $C_{Kmax}$  は、掘削影響領域中の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合（外側境界濃度が 0 と見なせる場合）に、与えられた初期の核種量によって到達する定常状態の内側境界濃度の最大値である。

また、掘削影響領域中の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  の場合の内側境界濃度  $C_K$  を  $C_{Kmax}$  とすると、付式 8.2.3-(2)は、以下のように表される。



$$C_{K' \max} = \frac{I_0}{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)} \quad \text{付式 8.2.3-(6)}$$

この  $C_{K' \max}$  は、地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  の場合に、与えられた核種量が人工バリア内（充填材領域、拡散媒体（緩衝材領域）、掘削影響領域）に均一に分布した場合の濃度（拡散媒体内側境界の濃度＝拡散媒体外側境界の最大濃度＝掘削影響領域の最大濃度）である。掘削影響領域中の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  の場合は、掘削影響領域から地下水流量  $Q$  で運び去られる核種量よりも、拡散により掘削影響領域に供給される核種量の方が多くなる。そのため、拡散媒体外側境界の濃度（掘削影響領域の濃度）は上昇し、最終的には、人工バリア内（充填材領域、拡散媒体（緩衝材領域）、掘削影響領域）の濃度は均一な濃度  $C_{K' \max}$  になる。この考えは、高レベル放射性廃棄物の第2次取りまとめ（核燃料サイクル開発機構，1999）において示された結果と整合するものである。

付式 8.2.1-(10)と付式 8.2.2-(10)は近似展開により以下のように表される。

$$F_L = \frac{EDe}{(L-K)} \frac{I_0}{(\pi \ell \varepsilon R d (L-K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)} \frac{1}{\left(1 + \frac{EDe}{Q(L-K)} \frac{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)}{(\pi \ell \varepsilon R d (L-K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)}\right)} \quad \text{付式 8.2.3-(7)}$$

ここで、掘削影響領域中の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合、定常状態での拡散媒体から掘削影響領域への拡散による核種放出率を  $F_{L \max}$ 、拡散媒体への核種放出率を  $F_{K \max}$  とすると、付式 8.2.3-(7) は付式 8.2.3-(5)を用いて以下のように表される。

$$F_{L \max} = \frac{EDe}{(L-K)} \frac{I_0}{(\pi \ell \varepsilon R d (L-K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)} = \frac{EDe}{(L-K)} C_{K \max} = F_{K \max} \quad \text{付式 8.2.3-(8)}$$

付式 8.2.3-(8)は、瞬時に初期の核種量  $I_0$  が全量溶出し、掘削影響領域中の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  で外側境界濃度が 0 と見なされる場合、拡散媒体外側からの放出率は、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  には依存せずに、初期の核種量と内側境界濃度と外側境界濃度との濃度差（＝内側境界濃度：外側境界濃度が 0 と見なされるため）、実効拡散係数および緩衝材の幾何形状によって決まる値となることを表している。

一方、掘削影響領域中の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  の場合、拡散媒体から掘削影響領域への拡散による核種放出率は、付式 8.2.3-(7)から以下のように表される。

$$\begin{aligned} F_L &= \frac{EDe}{(L-K)} \frac{I_0}{(\pi \ell \varepsilon R d (L-K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)} \frac{Q}{Q_{th}} \\ &= \frac{EDe}{(L-K)} C_{K \max} \frac{Q}{Q_{th}} = F_{L \max} \frac{Q}{Q_{th}} = F_{K \max} \frac{Q}{Q_{th}} \end{aligned} \quad \text{付式 8.2.3-(9)}$$

付式 8.2.3-(9)は、掘削影響領域中の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  の場合、拡散媒体から掘削影響領域への拡散による核種放出率は、外側境界濃度が 0 と見なせる場合の最大放出率  $F_{Lmax}$  に掘削影響領域中の地下水流量  $Q$  と  $Q_{th}$  の比を乗じた値として表されることを示している。

定常状態での拡散媒体から掘削影響領域への拡散による核種放出率は、掘削影響領域から地下水流量  $Q$  によって運び去られる単位時間当たりの核種量と等しくなる（移流による核種放出を考えない場合）。

そのため、掘削影響領域中の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  の場合、付式 8.2.3-(7)で示される拡散媒体から掘削影響領域への拡散による核種放出率は、付式 8.2.1-(9)とは別に、与えられた核種量が人工バリア内（充填材領域、拡散媒体（緩衝材領域）、掘削影響領域）に均一に分布した場合の濃度と掘削影響領域の地下水流量  $Q$  の積によって、以下のように表される。

$$F_L = \frac{EDe}{(L-K)} \frac{I_0}{(\pi l \varepsilon R d (L-K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)} \frac{Q}{\left( \frac{EDe}{(L-K)} \frac{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)}{(\pi l \varepsilon R d (L-K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)} \right)}$$

$$= \frac{I_0 Q}{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)} = C_{K' \max} Q$$

付式 8.2.3-(10)

付式 8.2.3-(10)は、付式 8.2.3-(9)の解釈とは別に、掘削影響領域中の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  の場合、拡散媒体外側からの放出率は、結果として、拡散係数に依存せず、地下水流量と人工バリア内の濃度が均一になる場合の濃度（内側側境界濃度＝緩衝材中の濃度＝掘削影響領域の濃度：遅延係数や各領域の幾何形状に依存）に依存して決まることを示している。

ここで、付式 8.2.3-(5)と付式 8.2.3-(6)から、付式 8.2.3-(4)で示される応答特性の区分目安値  $Q_{th}$  の意味が以下のように与えられる。

$$Q_{th} = \frac{EDe}{(L-K)} \frac{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)}{(\pi l \varepsilon R d (L-K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)} = \frac{\frac{EDe}{(L-K)} \frac{I_0}{(\pi l \varepsilon R d (L-K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)}}{\frac{I_0}{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)}}$$

上式から、応答特性の区分目安値  $Q_{th}$  は、付式 8.2.3-(8)で表される内側境界濃度が  $C_{Kmax}$  の場合（ $C_L=0$  の場合）の拡散媒体外側からの放出率と、付式 8.2.3-(10)で表される人工バリア内の濃度が均一になった場合（ $C_L=C_K=C_{Kmax}$ ）の掘削影響領域から地下水流量  $Q$  によって運び去られる核種放出率が等しくなる場合の地下水流量を意味していることがわかる。応答特性の区分目安値  $Q_{th}$  は、拡散媒体の実効拡散係数、充填材領域、拡散媒体、掘削影響領域の幾何形状、収着特性に依存して決まる値である。

付式 8.2.1-(11)と付式 8.2.2-(11)は近似展開により以下のように表される（拡散媒体中の移流  $Q_d$  が有意な場合）。

$$F_d = \frac{I_0}{(\pi l \varepsilon R d (L - K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)} \frac{Q_d \left( \frac{K}{(L + K)} + \frac{E D e}{Q(L - K)} \right)}{\left( 1 + \frac{E D e}{Q(L - K)} \frac{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)}{(\pi l \varepsilon R d (L - K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)} \right)}$$

付式 8.2.3-(11)

掘削影響領域中の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合、付式 8.2.3-(11)は、以下のように表される。

$$F_d = \frac{K}{(L + K)} \frac{I_0 Q_d}{(\pi l \varepsilon R d (L - K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)} = \frac{K}{(L + K)} C_{K \max} Q_d$$

付式 8.2.3-(12)

一方、掘削影響領域中の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  の場合、付式 8.2.3-(11)は、以下のように表される。

$$F_d = \frac{I_0 Q_d}{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)} = C'_{K \max} Q_d$$

付式 8.2.3-(13)

以上、崩壊などを無視することによって得られるこれらの近似解析解の簡易表現から、廃棄体から人工バリア内に全核種が瞬時に溶出した場合、拡散媒体からの核種の放出率は、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  に依存して変化し、応答特性の区分目安値  $Q_{th}$  と比べて、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  場合は、付式 8.2.3-(8)で表されるように、拡散媒体からの放出率は地下水流量に依存せず、拡散係数と拡散媒体の幾何形状と内側境界の最大濃度に依存する。一方、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  場合は、拡散媒体からの放出率は直接的には拡散係数には依存せず、付式 8.2.3-(10)で表されるように、地下水流量や人工バリア内の均一濃度に依存することがわかる。

以下、内側境界濃度一定、外側境界濃度一定の条件において、内側境界濃度が溶解度  $C_{sol}$  で制限される場合、および、内側境界からの放出率一定、外側境界濃度一定の条件において、内側境界からの核種放出率が溶出率  $F_{LE}$  で制限される場合の人工バリアの応答特性について示す。

#### 4. 内側境界濃度が溶解度で制限される場合の人工バリアシステムの応答特性

初期の核種量  $I_0$  と内側境界濃度  $C_K$  の関係は付式 8.2.1-(9)により、以下のように与えられる。

$$I_0 = C_K \frac{(G3G8 + G7)}{\left[ \left( \frac{G6}{G1} P1 - P2 \right) - \left( \frac{G2G5}{G1} P4 \right) \right]}$$

この式を簡単化して示した初期の核種量と内側境界濃度の関係は付式 8.2.3-(2)から以下のように与えられる。

$$I_0 = C_K \frac{(\pi l \varepsilon R d (L - K) K + \varepsilon_f R d_f V_f) \left( 1 + \frac{E D e}{Q(L - K)} \frac{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)}{(\pi l \varepsilon R d (L - K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)} \right)}{\left( 1 + \frac{E D e}{Q(L - K)} \right)}$$

付式 8.2.4-(1)

放出率が定常になるかならないかは、設定された初期の核種量  $I_0$  のもとで与える溶解度  $C_{sol}$  と掘削影響領域の地下水流量  $Q$  によって変化する。そこで、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合と  $Q \ll Q_{th}$  の場合に分けて考える。

##### 4.1 掘削影響領域の地下水流量 $Q$ が $Q_{th} \ll Q$ の場合で内側境界濃度が溶解度で一定、外側境界濃度 0 の条件における人工バリアシステムの応答特性

掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合は、外側境界濃度  $C_L$  は 0 となる。この場合、内側境界濃度  $C_K$  の最大値は、与えられた初期の核種量  $I_0$  において定常になる内側境界濃度の最大値  $C_{Kmax}$  として与えられる。そのため、定常になるための溶解度  $C_{sol}$  の設定範囲は

$$C_{sol} \leq C_{Kmax} \tag{付式 8.2.4-(2)}$$

となる。

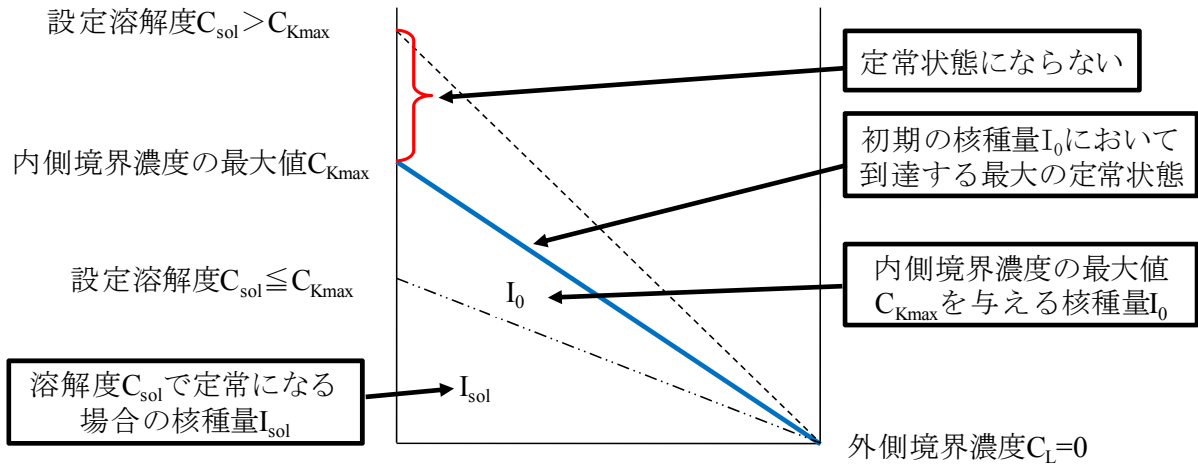
掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合、溶解度  $C_{sol}$  が  $C_{sol} \leq C_{Kmax}$  であれば、放出率は定常になる。逆に、 $C_{Kmax} < C_{sol}$  となる場合は、核種量が初期の核種量  $I_0$  で制限されているため、放出率は定常にならず、拡散媒体からの放出率の最大値は内側境界濃度の最大値  $C_{Kmax}$  で与えられる放出率となる。付図 8.2.4-1 に掘削影響領域の地下水流量が  $Q_{th} \ll Q$  の場合の  $C_{Kmax}$  と  $C_{sol}$  の関係の概念を示す。

掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合は、設定した溶解度  $C_{sol}$  に対して、定常状態の放出率を与える核種量は付式 8.2.4-(1)より、以下のように表される。

$$I_{sol} = C_{sol} (\pi l \varepsilon R d (L - K) K + \varepsilon_f R d_f V_f) \quad \text{付式 8.2.4(3)}$$

掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合、付式 8.2.4(2)の条件 ( $C_{sol} \leq C_{Kmax}$ ) で溶解度  $C_{sol}$  が設定された場合に、初期の核種量  $I_0$  と  $I_{sol}$  の差分は定常放出の継続に使われることになる。

$C_{Kmax}$  :  $Q_{th} \leq Q$  の条件 ( $C_L=0$ )において、与えられた核種量  $I_0$  において定常になる最大の内側境界濃度



付図 8.2.4-1 掘削影響領域の地下水流量が  $Q \geq Q_{th}$  の場合の  $C_{Kmax}$  と  $C_{sol}$  の関係の概念

掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合、 $C_{sol} \leq C_{Kmax}$  で溶解度  $C_{sol}$  が設定された場合の拡散媒体からの定常放出率は付式 8.2.3-(8)と付式 8.2.4(3)より、以下のように表される。

$$F_L = \frac{EDe}{(L-K)} C_{sol} = \frac{EDe}{(L-K)} \frac{I_{sol}}{(\pi l \varepsilon R d (L - K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)} \quad \text{付式 8.2.4(4)}$$

付式 8.2.4(4)は、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合で、放出率が定常になる場合は、拡散媒体からの核種放出率は、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  には依存せず、溶解度と実効拡散係数および緩衝材の幾何形状によって決まることを示している。

一方、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合に、 $C_{sol} \leq C_{Kmax}$  を満たさない範囲、すなわち、溶解度  $C_{sol}$  が  $C_{Kmax} < C_{sol}$  となるように設定された場合は、核種量が初期の核種量  $I_0$  で制限されているため、放出率は定常にならず、拡散媒体からの放出率は設定した溶解度に依存せず、内側境界濃度の最大値  $C_{Kmax}$  で与えられる放出率となる。この場合の放出率は付式 8.2.3-(8)で表される。

さらに、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合で、溶解度  $C_{sol}$  が設定された場合は、拡散媒体からの移流による放出率は、内側境界濃度が設定した溶解度になるため、付式 8.2.3-(12)に付式 8.2.4(3)を代入して、以下のように表される。

$$F_d = \frac{K}{(L+K)} \frac{I_{sol} Q_d}{(\pi l \varepsilon R d (L-K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)} = \frac{K}{(L+K)} C_{sol} Q_d \quad \text{付式 8.2.4(5)}$$

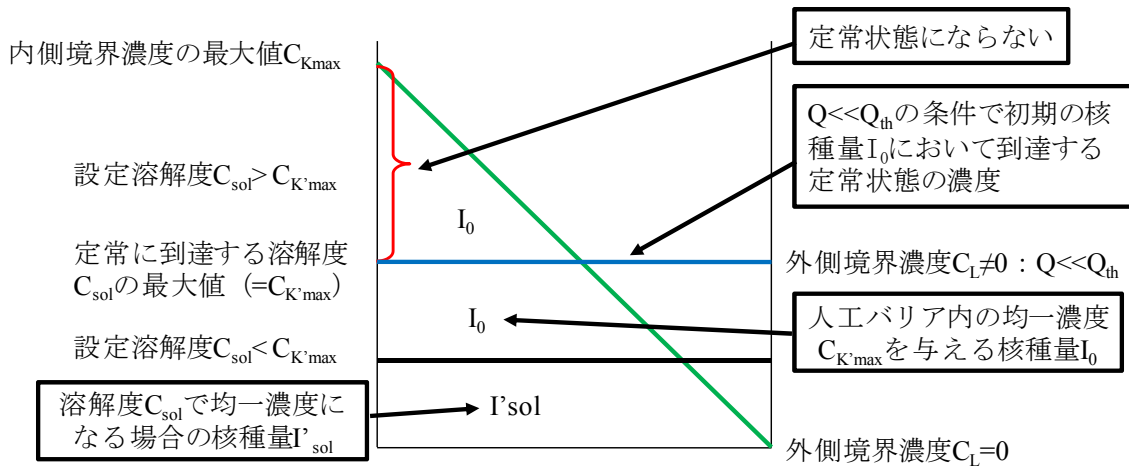
#### 4.2 掘削影響領域の地下水流量 $Q$ が $Q \ll Q_{th}$ の場合で内側境界濃度が溶解度で一定、外側境界濃度一定の条件における人工バリアシステムの応答特性

瞬時放出で掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  の場合 ( $C_L \neq 0$ )、与えられた初期の核種量  $I_0$  と地下水流量  $Q$  において定常になる内側境界濃度  $C_K$  は付式 8.2.3-(6) で示される  $C_{K' \max}$  となる。掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  の場合 ( $C_L \neq 0$ )、溶解度  $C_{sol}$  が  $C_{sol} \leq C_{K' \max}$  であれば、放出率は定常になる。逆に、 $C_{K' \max} < C_{sol} < C_{K \max}$  であれば、核種量が初期の核種量  $I_0$  で制限されているため、放出率は定常にならず、拡散媒体からの放出率の最大値は、付式 8-2-3-(10) で与えられるように、人工バリア内の均一濃度  $C_{K' \max}$  と掘削影響領域の地下水流量  $Q$  の積で与えられる放出率となる。付図 8.2.4-2 に掘削影響領域の地下水流量が  $Q \ll Q_{th}$  の場合の  $C_{K' \max}$  と  $C_{sol}$  の関係の概念を示す。

$C_{K' \max}$  と  $C_{K \max}$  の関係は  $C_{K' \max} < C_{K \max}$  であり、付式 8.2.3-(6) と付式 8.2.3-(5) より以下のように表される。

$$C_{K' \max} = \frac{I_0}{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)} = C_{K \max} \frac{(\pi l \varepsilon R d (L-K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)}{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)} < C_{K \max} \quad \text{付式 8.2.4(6)}$$

$C_{K' \max}$  :  $Q \ll Q_{th}$  の条件において、与えられた核種量  $I_0$  において定常になる内側境界濃度



付図 8.2.4-2 掘削影響領域の地下水流量が  $Q \ll Q_{th}$  の場合の  $C_{K' \max}$  と  $C_{sol}$  の関係の概念

$C_{K' \max}$  は、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  の場合に定常になる人工バリア内の均一濃度の最大値であるため、定常になるための溶解度の設定範囲は付式 8.2.4(6) より、以下のように表さ

れる。

$$C_{\text{sol}} \leq C_{K' \text{ max}} < C_{K \text{ max}} \quad \text{付式 8.2.4-(7)}$$

掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{\text{th}} \ll Q$  の場合 ( $C_L=0$ ) に、設定した溶解度  $C_{\text{sol}}$  に対して、定常状態の放出率を与える人工バリア内の核種量は付式 8.2.4-(3)で表される。それに対して、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{\text{th}}$  の場合 ( $C_L \neq 0$ )、人工バリア内の濃度が付式 8-2-4-(3)と同じ溶解度  $C_{\text{sol}}$  で均一になるための核種量  $I'_{\text{sol}}$  は付式 8-2-3-(6)より以下のように表される。

$$I'_{\text{sol}} = C_{\text{sol}} (\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m) \quad \text{付式 8.2.4-(8)}$$

$I'_{\text{sol}}$  と  $I_{\text{sol}}$  の関係は、付式 8.2.4-(3)と付式 8.2.4-(8)から以下のように表される。

$$I_{\text{sol}} < I'_{\text{sol}} = I_{\text{sol}} \frac{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)}{(\pi l \varepsilon R d (L - K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)} \leq I_0 \quad \text{付式 8.2.4-(9)}$$

従って、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{\text{th}}$  の場合 ( $C_L \neq 0$ )、溶解度  $C_{\text{sol}}$  が  $C_{\text{sol}} < C_{K' \text{ max}}$  であれば、放出率は定常になる。またこの場合、設定する溶解度  $C_{\text{sol}}$  によって規定される  $I'_{\text{sol}}$  は、付式 8.2.4-(9)によって示される条件 ( $I'_{\text{sol}} \leq I_0$ ) となる。

拡散媒体からの定常放出率は付式 8.2.3-(10)と付式 8.2.4-(8)より、以下のように表される。

$$F_L = C_{\text{sol}} Q = \frac{I'_{\text{sol}} Q}{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)} = \frac{I_{\text{sol}} Q}{(\pi l \varepsilon R d (L - K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)} \quad \text{付式 8.2.4-(10)}$$

付式 8.2.4-(10)は、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{\text{th}}$  ( $C_L \neq 0$ ) において定常になる場合、拡散媒体からの核種放出率は、実効拡散係数には依存せず、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  と設定した溶解度の積であらわされることを示している。この関係は初期の核種量の値が異なることを除いて、瞬時溶出の場合の付式 8.2.3-(10)の関係と同様のものである。

一方、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{\text{th}}$  ( $C_L \neq 0$ ) の場合において、 $C_{\text{sol}} < C_{K' \text{ max}}$  を満たさない範囲、すなわち、溶解度  $C_{\text{sol}}$  が  $C_{K' \text{ max}} < C_{\text{sol}}$  となるように設定された場合、核種量が初期の核種量  $I_0$  で制限されているため、放出率は定常にならず、拡散媒体からの放出率は溶解度に依存せず、内側境界濃度の最大値  $C_{K' \text{ max}}$  で与えられる放出率となる。この場合の放出率は付式 8.2.3-(10)と同じである。

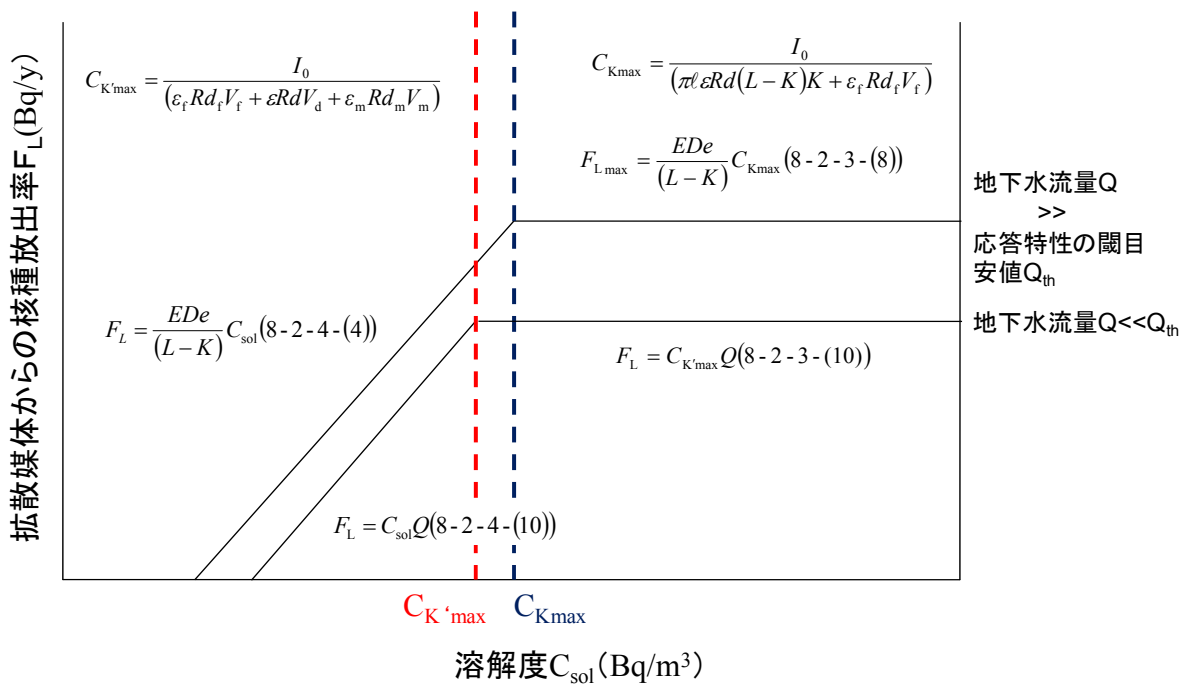
さらに、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{\text{th}}$  の場合で、溶解度  $C_{\text{sol}}$  が  $C_{\text{sol}} < C_{K' \text{ max}}$  となるように設定された場合は、拡散媒体からの移流による放出率は、設定した溶解度が人工バリア内の均一濃度となるため、付式 8.2.3-(13)と付式 8.2.4-(8)を用いて、以下のように表される。

$$F_d = C_{\text{sol}} Q_d = \frac{I'_{\text{sol}} Q_d}{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)} \quad \text{付式 8.2.4-(11)}$$

また、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{\text{th}}$  の場合で、溶解度  $C_{\text{sol}}$  が  $C_{K'_{\text{max}}} < C_{\text{sol}}$  となるように設定された場合は、核種量が初期の核種量  $I_0$  で制限されているため、放出率は定常にならず、人工バリア内の均一濃度が  $C_{K'_{\text{max}}}$  になるため、拡散媒体からの移流による放出率は、付式 8.2.3-(13) で表される。

以下に示す核種放出の概念を、縦軸を拡散媒体からの核種放出率 (Bq/y)、横軸を溶解度  $C_{\text{sol}}$  ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) として付図 8.2.4-3 に示す。

- ・ 瞬時全量溶出の場合の  $Q_{\text{th}} \ll Q$  での拡散による核種放出率 (付式 8.2.3-(8))
- ・ 瞬時全量溶出の場合の  $Q \ll Q_{\text{th}}$  での拡散による核種放出率 (付式 8.2.3-(10))
- ・ 溶解度制限の場合の  $Q_{\text{th}} \ll Q$  での拡散による核種放出率 (付式 8.2.4-(4))
- ・ 溶解度制限の場合の  $Q \ll Q_{\text{th}}$  での拡散による核種放出率 (付式 8.2.4-(10))



付図 8. 2. 4-3 溶解度一定の近似解析解から得られた放出率と溶解度の関係式 の概念

### 5. 内側境界からの核種放出率が溶出率で制限される場合の人工バリアシステムの応答特性

初期の核種量  $I_0$  と内側境界の一定放出率  $F_K$  の関係は付式 8.2.2-(9) により、以下のように与えられる。



$$F_K = \frac{I_0}{\left(\frac{2G4}{P2} + G3\right)G8 + G9} G1 \left( \frac{G2G5}{G1} P5 + P1 - \frac{G6}{G1} P2 \right)$$

この式を簡単化して示した初期の核種量と内側境界の一定放出率  $F_K$  の関係は付式 8.2.3-(3)から以下のように与えられる。

$$I_0 = F_K (\pi \ell \varepsilon R d (L - K) K + \varepsilon_f R d_f V_f) \frac{(L - K)}{E D e} \left( 1 + \frac{E D e}{Q(L - K)} \frac{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)}{(\pi \ell \varepsilon R d (L - K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)} \right)$$

付式 8.2.5-(1)

放出率が定常になるかならないかは、設定された初期の核種量  $I_0$  のもとで与える一定溶出率  $F_{LE}$  と掘削影響領域の地下水流量  $Q$  によって変化する。そこで、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合と  $Q \ll Q_{th}$  の場合に分けて考える。

### 5.1 掘削影響領域の地下水流量 $Q$ が $Q_{th} \ll Q$ の場合で内側境界からの放出率一定、外側境界濃度一定の条件における人工バリアシステムの応答特性

掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合は、外側境界濃度  $C_L$  は 0 となる。この場合、内側境界からの放出率  $F_K$  は、与えられた初期の核種量  $I_0$  において定常になる内側境界からの放出率の最大値  $F_{Kmax}$  として与えられる。そのため、定常になるための一定溶出率  $F_{LE}$  の設定範囲は

$$F_{LE} \leq F_{Kmax} \quad \text{付式 8.2.5-(2)}$$

となる。

掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合、一定溶出率  $F_{LE}$  が  $F_{LE} \leq F_{Kmax}$  であれば、放出率は定常になる。逆に、 $F_{Kmax} < F_{LE}$  となる場合は、核種量が初期の核種量  $I_0$  で制限されているため、放出率は定常にならず、拡散媒体からの放出率の最大値は内側境界からの放出率の最大値  $F_{Kmax}$  で与えられる放出率となる。

掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合は、設定した溶出率  $F_{LE}$  に対して、定常状態の放出率を与える核種量は付式 8.2.5-(1)より、以下のように表される。

$$I_{LE} = F_{LE} (\varepsilon R d \pi \ell (L - K) K + \varepsilon_f R d_f V_f) \frac{(L - K)}{E D e} \quad \text{付式 8.2.5-(3)}$$

掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合、付式 8.2.5-(2)の条件 ( $F_{LE} \leq F_{Kmax}$ ) で溶出率  $F_{LE}$  が設定された場合に、初期の核種量  $I_0$  と  $I_{LE}$  の差分は定常放出の継続に使われることになる。

掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合、 $F_{LE} \leq F_{Kmax}$  で溶出率  $F_{LE}$  が設定された場合の拡

散媒体からの定常放出率は付式 8.2.3-(8)と付式 8.2.5-(3)より、以下のように表される。

$$F_L = \frac{EDe}{(L-K)} \frac{I_{LE}}{(\pi l \varepsilon R d (L-K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)} = F_{LE} \quad \text{付式 8.2.5-(4)}$$

付式 8.2.5-(4)は、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合で、放出率が定常になる場合は、拡散媒体からの核種放出率は、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  には依存せず、一定溶出率  $F_{LE}$  によって決まることを示している。

一方、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合に、 $F_{LE} \leq F_{Kmax}$  を満たさない範囲、すなわち、溶出率  $F_{LE}$  が  $F_{Kmax} < F_{LE}$  となるように設定された場合は、核種量が初期の核種量  $I_0$  で制限されているため、放出率は定常にならず、拡散媒体からの放出率は設定した溶出率に依存せず、内側境界からの放出率の最大値  $F_{Kmax}$  で与えられる。この場合の放出率は付式 8.2.3-(8)で表される。

さらに、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合で、溶出率  $F_{LE}$  が設定された場合は、拡散媒体からの移流による放出率は、付式 8.2.3-(12)に付式 8.2.5-(3)を代入して、以下のように表される。

$$F_d = \frac{K}{(L+K)} \frac{I_{LE} Q_d}{(\pi l \varepsilon R d (L-K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)} = \frac{K}{(L+K)} \frac{(L-K)}{EDe} F_{LE} Q_d \quad \text{付式 8.2.5-(5)}$$

## 5.2 掘削影響領域の地下水流量 $Q$ が $Q \ll Q_{th}$ の場合で内側境界からの放出率一定、外側境界濃度一定の条件における人工バリアシステムの応答特性

瞬時放出で掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  の場合 ( $C_L \neq 0$ )、与えられた初期の核種量  $I_0$  と地下水流量  $Q$  において定常になる内側境界濃度  $C_K$  は付式 8.2.3-(6)で示される  $C_{K' max}$  となる。拡散媒体からの放出率が定常になる場合は、掘削影響領域から地下水流量  $Q$  で運ばれる単位時間当たりの核種量＝拡散媒体外側からの核種放出率＝拡散媒体への核種放出率となる。そのため、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  の場合 ( $C_L \neq 0$ )、定常になる最大の放出率は付式 8.2.3-(10)で表される  $F_L$  となり、この放出率が内側境界からの最大の放出率  $F_{K' max}$  となる。そのため、溶出率  $F_{LE}$  が  $F_{LE} \leq F_{K' max}$  であれば、放出率は定常になる。逆に、 $F_{K' max} < F_{LE} < F_{Kmax}$  であれば、核種量が初期の核種量  $I_0$  で制限されているため、放出率は定常にならず、拡散媒体からの放出率の最大値は定常になる人工バリア内の均一濃度  $C_{K' max}$  と掘削影響領域の地下水流量  $Q$  との積で与えられる  $F_{K' max}$  となる。

$F_{K' max}$  と  $F_{Kmax}$  の関係は  $F_{K' max} < F_{Kmax} = F_{Lmax}$  であり、付式 8.2.3-(10)と付式 8.2.3-(9)、付式 8.2.3-(8)を用いて以下のように表される。

$$F_{K' max} = C_{K' max} Q = F_{Kmax} \frac{Q}{Q_{th}} < F_{Kmax} = \frac{EDe}{(L-K)} C_{Kmax} \quad \text{付式 8.2.5-(6)}$$

$F_{K' max}$  は、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  の場合に人工バリア内の均一濃度と地下水流

量  $Q$  の積で表される定常放出率の最大値である。そのため、定常になるための溶出率  $F_{LE}$  の設定範囲は付式 8.2.5-(6)より、以下のように表される。

$$F_{LE} \leq F_{K' \max} = F_{K \max} \frac{Q}{Q_{th}} < F_{K \max}, \quad \text{OR} \quad \frac{F_{LE}}{F_{K \max}} Q_{th} = Q'_{th} \leq Q \quad \text{付式 8.2.5-(7)}$$

溶出率一定の場合の応答特性の区分目安値を  $Q'_{th}$  とすると、 $Q'_{th}$  は応答特性の区分目安値  $Q_{th}$  に、設定する溶出率と瞬時放出の場合の最大放出率との比を乗じた値となる。付式 8.2.5-(7)は、溶出率一定の場合、人工バリアシステムの応答特性の区分目安値  $Q'_{th}$  が設定する溶出率によって変化することを表している。

掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q_{th} \ll Q$  の場合 ( $C_L=0$ ) に、設定した溶出率  $F_{LE}$  に対して、定常状態の放出率を与える人工バリア内の核種量は付式 8.2.5-(3)で表される。それに対して、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  の場合 ( $C_L \neq 0$ )、付式 8.2.5-(3)と同じ溶出率  $F_{LE}$  で人工バリア内の濃度が均一になるための核種量  $I'_{LE}$  は付式 8.2.3-(10)より以下のように表される。

$$I'_{LE} = \frac{F_{LE}}{Q} (\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m) \quad \text{付式 8.2.5-(8)}$$

$I'_{LE}$  と  $I_{LE}$  の関係は、付式 8.2.5-(3)と付式 8.2.5-(8)から、付式 8.2.3-(4)で示される応答特性の区分目安値  $Q_{th}$  を用いて以下のように表される。

$$I_{LE} < I'_{LE} = \frac{EDe}{(L-K)} \frac{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)}{(\varepsilon R d \pi l (L-K) K + \varepsilon_f R d_f V_f)} \frac{I_{LE}}{Q} = I_{LE} \frac{Q_{th}}{Q} < I_0 \quad \text{付式 8.2.5-(9)}$$

従って、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  の場合 ( $C_L \neq 0$ )、溶出率  $F_{LE}$  が  $F_{LE} \leq F_{K' \max}$  であれば、放出率は定常になる。またこの場合、設定する溶出率  $F_{LE}$  によって規定される  $I'_{LE}$  は、付式 8.2.5-(9)によって示される条件 ( $I'_{LE} \leq I_0$ ) となる。

掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  で  $F_{LE} \leq F_{K' \max}$  の場合、拡散媒体からの定常放出率は付式 8.2.3-(10)と付式 8.2.5-(8)より、以下のように表される。

$$F_L = \frac{I'_{LE} Q}{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)} = F_{LE} \quad \text{付式 8.2.5-(10)}$$

付式 8.2.5-(10)は、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  ( $C_L \neq 0$ ) において定常になる場合、拡散媒体からの核種放出率は、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  には依存せず、一定溶出率  $F_{LE}$  によって決まることを示している。この関係は初期の核種量の値が異なることを除いて、瞬時溶出の場合の付式 8.2.3-(10)の関係と同様のものである。

一方、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  ( $C_L \neq 0$ ) の場合において、 $F_{LE} \leq F_{K' \max}$  を満たさない範囲、すなわち、溶出率  $F_{LE}$  が  $F_{K' \max} < F_{LE}$  となるように設定された場合、核種量が初期の核種量  $I_0$  で制限されているため、放出率は定常にならず、拡散媒体からの放出率は溶出率に依存せず、内

側境界からの放出率の最大値  $F_{K'_{max}}$  で与えられる放出率となる。この場合の放出率は付式 8.2.3-(10)と同じである。

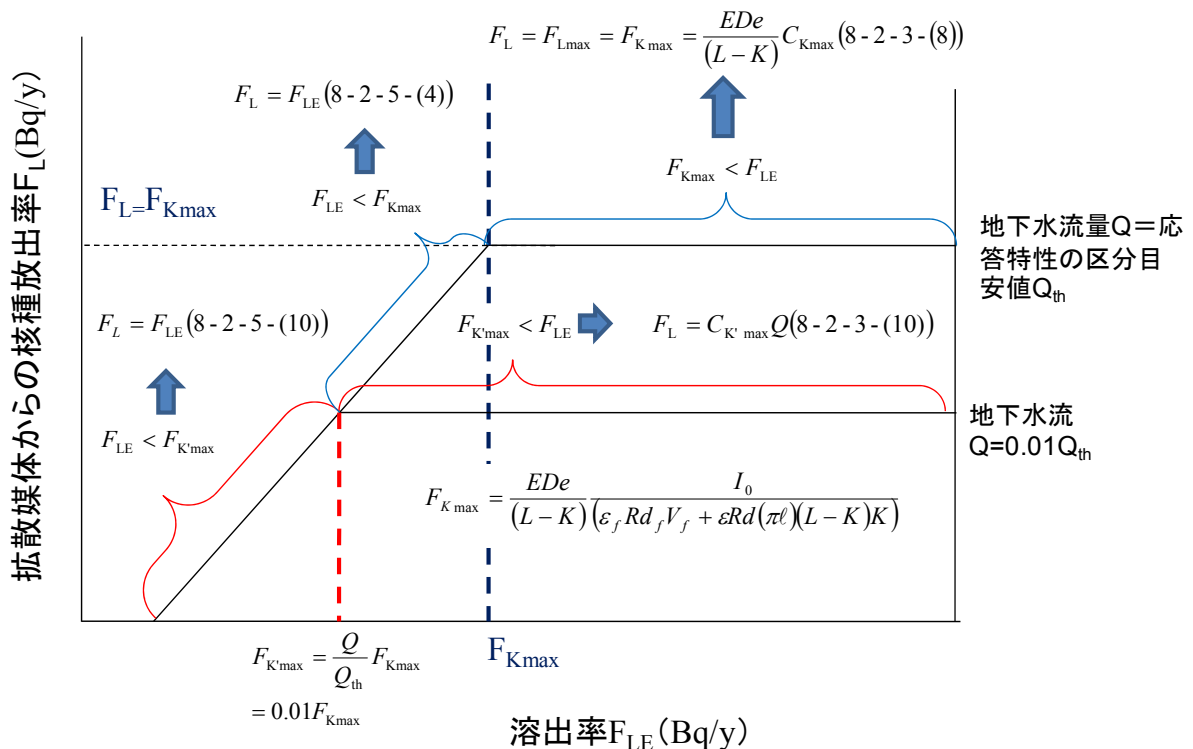
さらに、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  の場合で、溶出率  $F_{LE}$  が  $F_{LE} \leq F_{K'_{max}}$  となるように設定された場合は、拡散媒体からの移流による放出率は、設定した溶出率  $F_{LE}$  で人工バリア内の濃度が均一になるため、付式 8.2.3-(13)と付式 8.2.5-(8)を用いて、以下のように表される。

$$F_d = \frac{I'_{LE} Q_d}{(\varepsilon_f R d_f V_f + \varepsilon R d V_d + \varepsilon_m R d_m V_m)} = \frac{Q_d}{Q} F_{LE} \quad \text{付式 8.2.5-(11)}$$

また、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  が  $Q \ll Q_{th}$  の場合で、溶出率  $F_{LE}$  が  $F_{K'_{max}} < F_{LE}$  となるように設定された場合は、核種量が初期の核種量  $I_0$  で制限されているため、放出率は定常にならず、人工バリア内の均一濃度が  $C_{K'_{max}}$  になるため、拡散媒体からの移流による放出率は、付式 8.2.3-(13)で表される。

以下に示す核種放出の概念を、縦軸を拡散媒体からの核種放出率 (Bq/y)、横軸を溶出率  $F_{LE}$  (Bq/y) として付図 8.2.5-1 に示す。

- ・ 瞬時全量溶出の場合の  $Q_{th} \ll Q$  での拡散による核種放出率 (付式 8.2.3-(8))
- ・ 瞬時全量溶出の場合の  $Q \ll Q_{th}$  での拡散による核種放出率 (付式 8.2.3-(10))
- ・ 溶出率制限の場合の  $Q_{th} \ll Q$  での拡散による核種放出率 (付式 8.2.5-(4))
- ・ 溶出率制限の場合の  $Q \ll Q_{th}$  での拡散による核種放出率 (付式 8.2.5-(10))



付図 8.2.5-1 近似解析解から得られた放出率と溶出率の関係式概念

## 6. 目標線量以下にする核種の閉じ込め時間

核種量  $I$  の時間変化は定常溶出率  $F_{LE}$  と崩壊定数  $\lambda$  により以下のように表される。

$$\frac{dI}{dt} = -\lambda I - F_{LE} \quad \text{付式 8.2.6-(1)}$$

上式は定数変化法を用いて、 $t=0$  で  $I=I_0$  の初期条件のもと、以下のように解かれる。

$$I = \left( I_0 + \frac{F_{LE}}{\lambda} \right) \exp(-\lambda t) - \frac{F_{LE}}{\lambda} \quad \text{付式 8.2.6-(2)}$$

瞬時放出の条件において、任意の定常放出率  $F_R$  になるために最小限必要な初期の核種量を  $I_R$  とすると、付式 8.2.1-(10) (内側境界濃度が溶解度で制限される場合) または、付式 8.2.2-(10) (内側境界からの核種放出率が溶出率で制限される場合) から、掘削影響領域の地下水流量  $Q$  に応じて、 $I_R \leq I_0$  の制約条件のもと、拡散媒体からの核種放出率  $F_L$  が  $F_R$  になるための初期の核種量  $I_R$  が算出される。

付式 8.2.6-(2)において  $F_{LE}=0$  とすると、初期の核種量  $I_0$  が、核種量  $I_R$  と等しくなるまで崩壊するのに要する閉じ込め時間  $t_c$  は、以下のように表される。

$$t_c = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{I_0}{I_R} \quad \text{付式 8.2.6-(3)}$$

従って、付式 8.2.1-(10) または、付式 8.2.2-(10) から目標とする放出率になるために必要な初期の核種量  $I_R$  を地下水流量ごとに求め、その結果を付式 8.2.6-(3) に代入することにより、人工バリアからの放出率を任意の値以下にするための核種の閉じ込め期間を地下水流量ごとに算出することが可能となる。

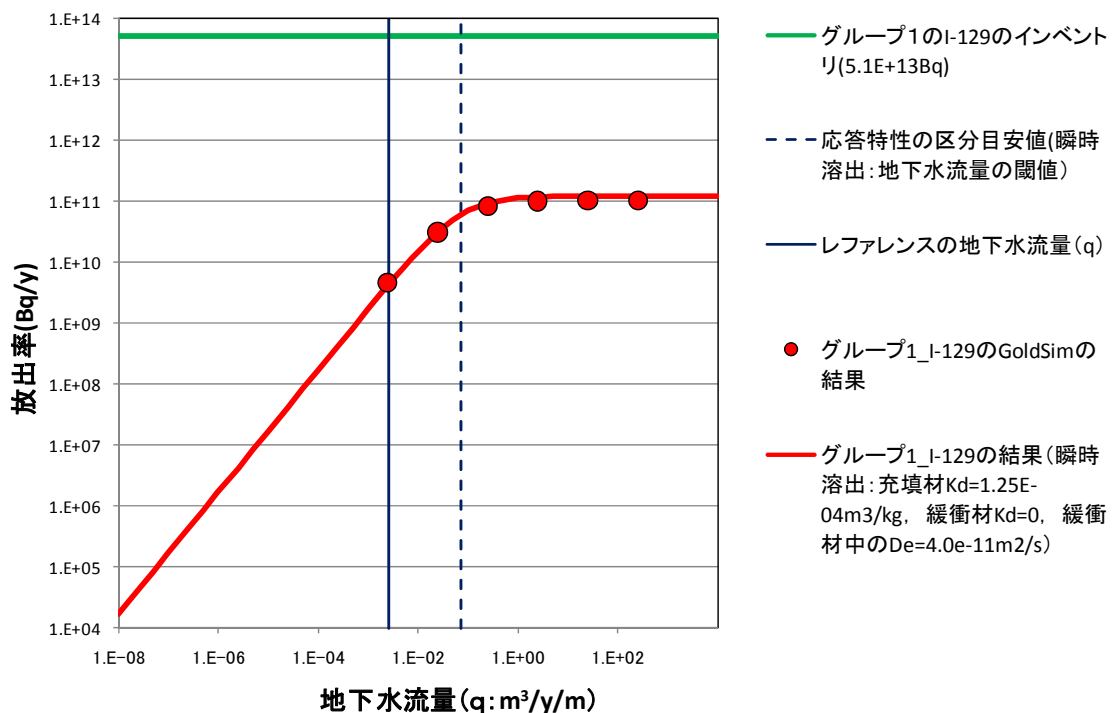
## 7. 近似解析解の妥当性の確認

第2次 TRU レポート（電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構，2005）で使用したレファレンスケースのデータを用いた数値解の結果と本検討で導出した近似解析解の結果を比較し妥当性を確認した。この妥当性の確認においては，放射性核種の核種量や既存の評価における安全性への影響等を参考に，グループ1のI-129，グループ2のC-14，Pu-239，グループ3のI-129，グループ4のSr-90を選定した。また，評価に用いる核種量などの核種移行パラメータの値は第2次 TRU レポートのレファレンスケースの値を用いた。

数値解析には確率論的シミュレーションソフトウェア GoldSim を使用した。GoldSim の解析結果については，第2次 TRU レポートの結果との比較により，その妥当性を確認した（付録 8-3 参照）また，GoldSim と第2次 TRU レポートで使用した数値解析コード Tiger とのベンチマークを実施し，二つのコードの解析結果がよく一致することを確認した（原子力発電環境整備機構・日本原子力研究開発機構，2011）。以下，GoldSim によって得られる人工バリアからの核種放出率の最大値と近似解析解から得られる定常値の比較結果をグループごとに示す。

### 7.1 グループ1のI-129の結果の比較

付図 8.2.7-1 に，人工バリア外側からの I-129（グループ1）の放出率についての数値解（GoldSim）と近似解析解の比較結果を示す。図から，瞬時溶出の近似解析解が数値解の結果をよく表現していることがわかる。



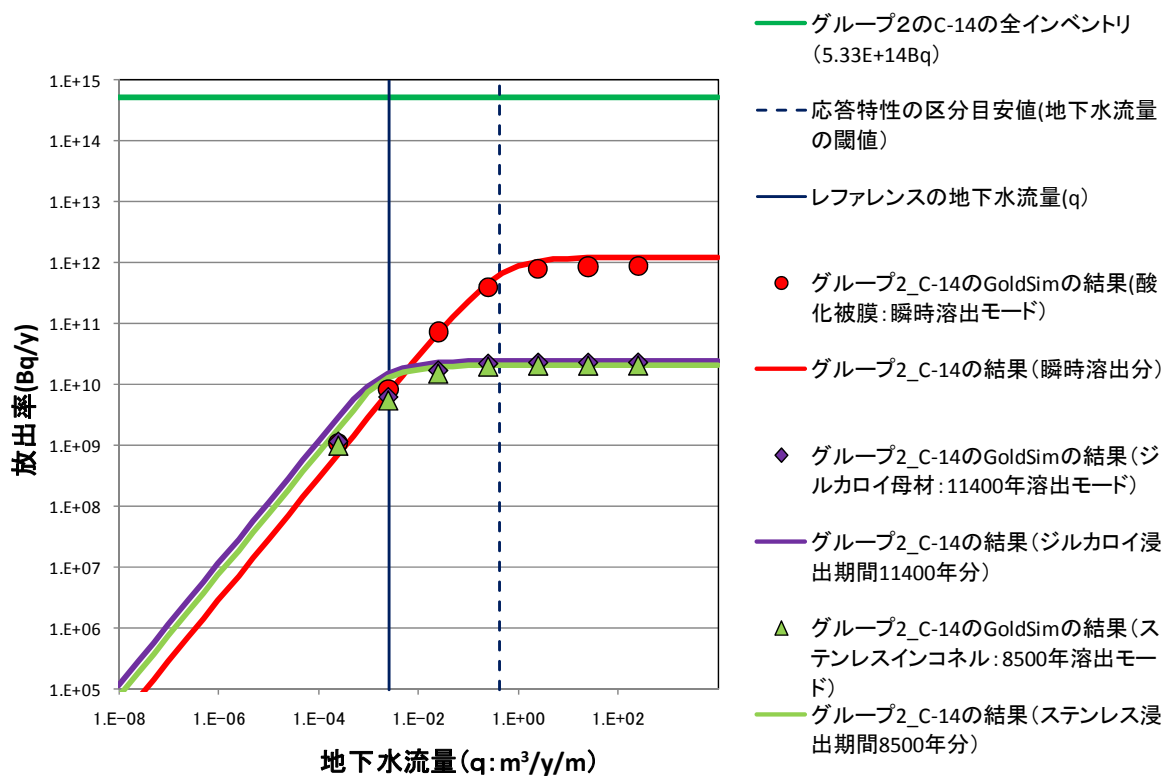
付図 8. 2. 7-1 第2次 TRU レポートのレファレンスケースの結果と近似解析解の結果の比較(グループ1のI-129)

## 7.2 グループ2の結果の比較

### 7.2.1 C-14の結果の比較

付図8.2.7-2に、人工バリア外側からのC-14（グループ2）の放出率についての数値解（GoldSim）と近似解析解の比較結果を示す。C-14の溶出は、ジルカロイ母材の酸化被膜からの核種放出（瞬時放出）とジルカロイ母材の腐食に伴う核種溶出（11,400年の浸出期間）、ステンレス&インコネルの腐食に伴う核種溶出（8,500年の浸出期間）の三つの溶出モードに分けられる。図にはこれらのモードごとの比較結果を示す。図から、近似解析解の結果は概ね数値解の結果と一致しているが、溶出率を設定した二つのモードにおいては、地下水流量が少ない場合に、近似解析解の結果が二倍程度高めの評価となることがわかる。この原因として、以下のことが考えられる。

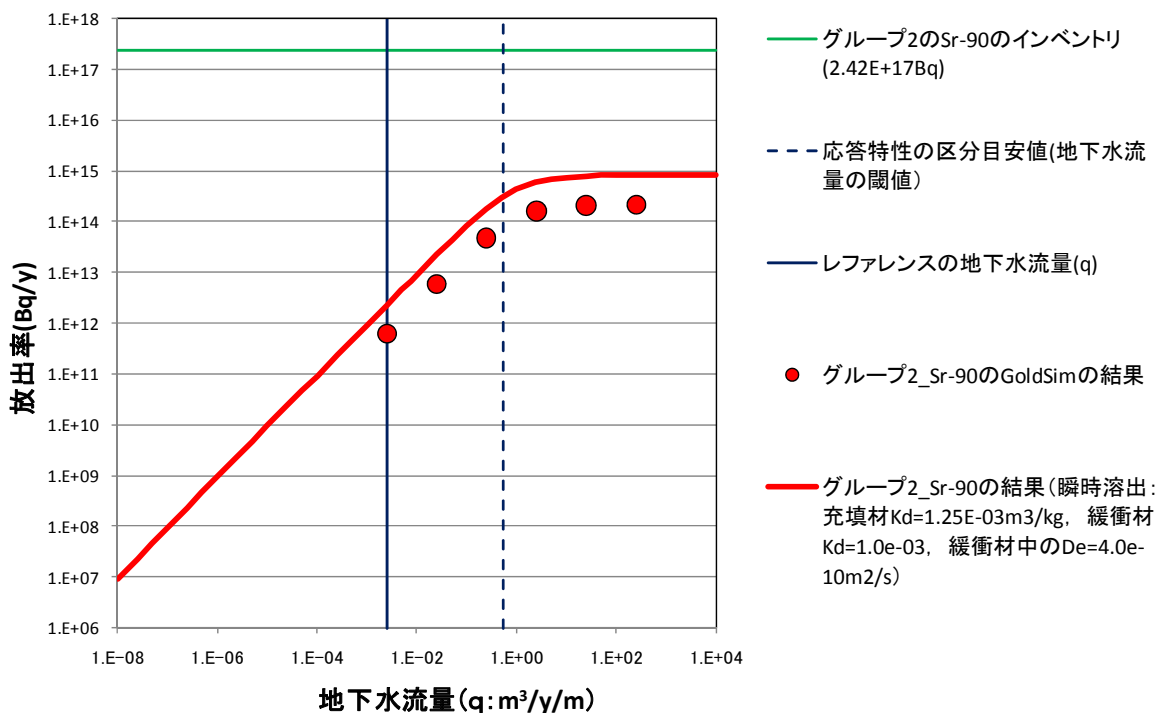
近似解析解においては、最大放出または定常放出に至る時間までの初期の核種量の減衰が考慮されていない。特に、溶出率を設定した場合は、瞬時溶出の場合に比べて最大放出または定常放出に至るまでの時間が長い。さらに、地下水流量が少ない場合は、この時間が長くなる。従って、溶出率を設定した二つのモードの地下水流量が少ない場合において、核種量の減衰の影響が顕著に表れるため放出率が高めに評価される。



付図8. 2. 7-2 第2次 TRU レポートのレファレンスケースの結果と近似解析解の結果の比較(グループ2のC-14)

### 7.2.2 Sr-90 の結果の比較

付図 8.2.7-3 に、人工バリア外側からの Sr-90 (グループ 2) の放出率についての数値解 (GoldSim) と近似解析解の比較結果を示す。図から、Sr-90 の近似解析解の結果が数倍 (3~4 倍) 程度高めめの評価となることがわかる。この原因としては、前述の C-14 の場合と同様に、「近似解析解においては、最大放出または定常放出になるまでに要する時間に起こる初期の核種量の減衰が考慮されていない」ことが考えられる。Sr-90 は半減期が 30 年程度であるため、この時間に核種量の有意な崩壊が起こることが考えられる。この崩壊による影響が近似解析解において考慮されていないため、近似解析解の放出率が高めに評価されるものと考えられる。

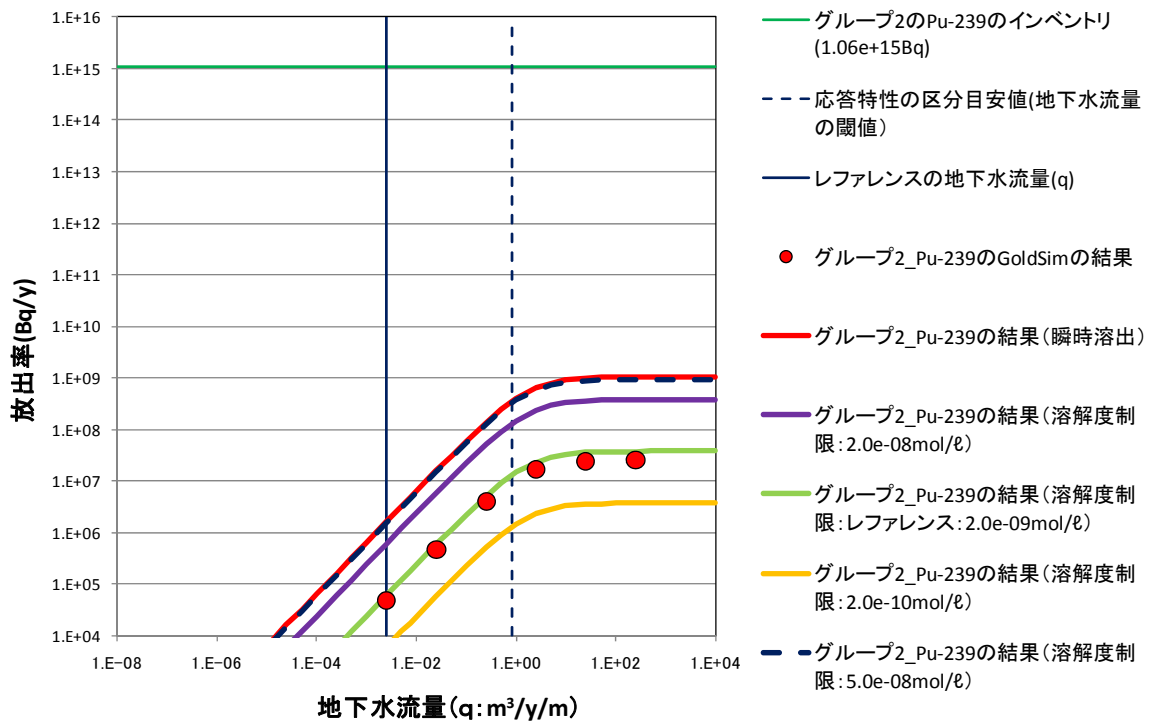


付図 8.2.7-3 第 2 次 TRU レポートのレファレンスケースの結果と近似解析解の結果の比較 (グループ 2 の Sr-90)

### 7.2.3 Pu-239 の結果の比較

付図 8.2.7-4 に、人工バリア外側からの Pu-239 (グループ 2) の放出率についての数値解 (GoldSim) と近似解析解の比較結果を示す。図から、レファレンスの溶解度  $2.0\text{e-}09\text{mol/l}$  で内側境界濃度を制限した場合の近似解析解の結果が数値解の結果とよく一致することがわかる。

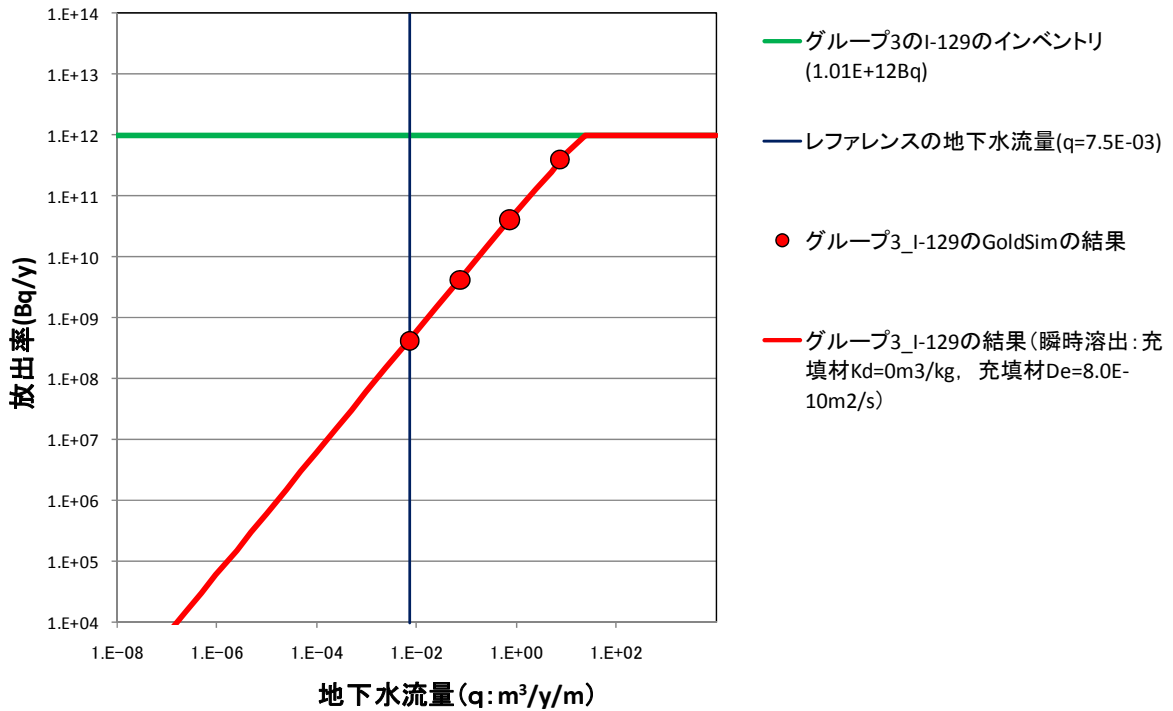




付図 8. 2. 7-4 第 2 次 TRU レポートのレファレンスケースの結果と近似解析解の結果の比較 (グループ 2 の Pu-239)

### 7.3 グループ 3 の I-129 の結果の比較

付図 8.2.7-5 に、人工バリア外側からの I-129 (グループ 3) の放出率についての数値解 (GoldSim) と近似解析解の比較結果を示す。図から、瞬時溶出の近似解析解が数値解の結果をよく表現していることがわかる。グループ 3 では緩衝材を敷設していないため、人工バリアからの放出率は充填材領域からの移流によって支配されている。図から近似解析解が移流による放出もよく表現できることがわかる。



付図 8. 2. 7-5 第 2 次 TRU レポートのレファレンスケースの結果と近似解析解の結果の比較  
(グループ 3 の I-129)

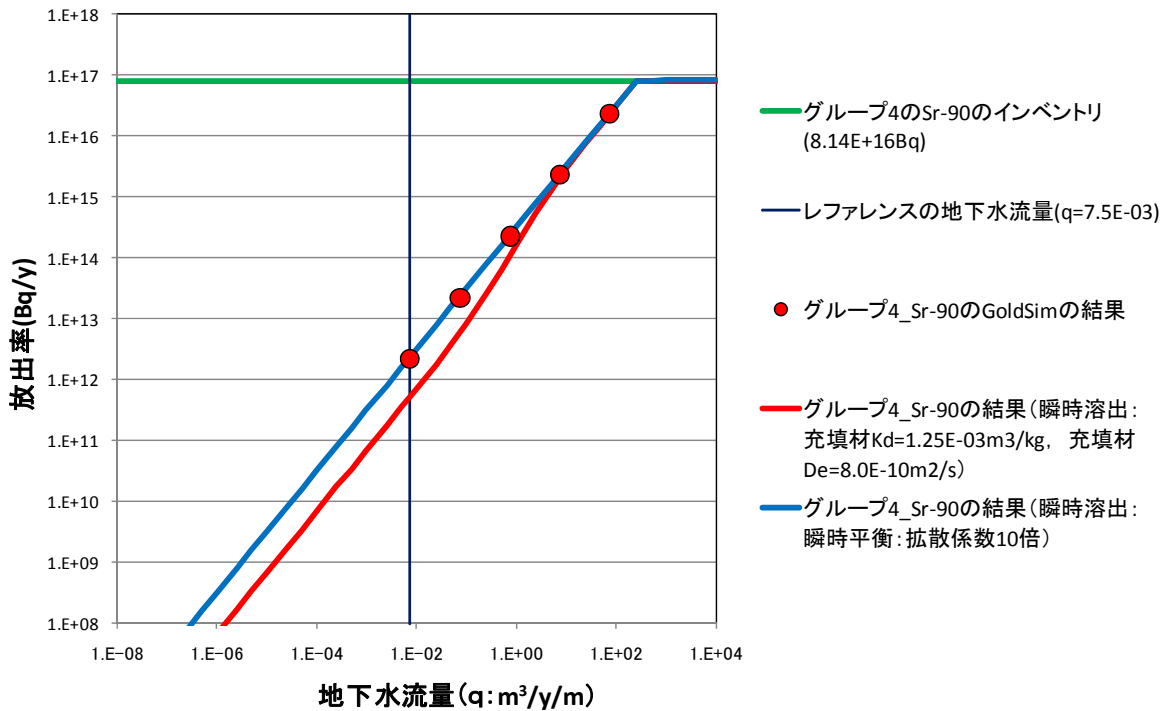
#### 7. 4 グループ 4 の Sr-90 の結果の比較

付図 8.2.7-6 に、人工バリア外側からの Sr-90 (グループ 4) の放出率についての数値解 (GoldSim) と近似解析解の比較結果を示す。図から、地下水流量が少ない (レファレンス条件) 場合、Sr-90 の近似解析解の結果が数値解の 1/4 程度となっていることがわかる。これは、第 2 次 TRU レポートのグループ 3,4 の緩衝材を敷設しない条件でのモデルと近似解析解のモデルが異なることにより生じるものである。

緩衝材を敷設しない概念に対する第 2 次 TRU レポートの移行モデルでは、充填材領域を一つのセルとして瞬時分配平衡を考え、セルの中心に与えられる瞬時分配平衡濃度を用いて移流による核種放出率を計算している。また、流量が小さく、拡散支配となる場合に対応するため、同時にセルの中心から充填材外側までを拡散領域として拡散による放出率を求めている。GoldSim ではこのモデルが採用されている。移流による放出率の計算においては、充填材中の濃度が瞬時に分配平衡になることが仮定されている。そのため、平衡濃度になるまでに要する時間が無視され、充填材中の崩壊の影響が考慮されない保守的な値となっている。

一方、近似解析解では、崩壊を考慮した拡散移行による充填材中の濃度形成が考慮されている。そのため、半減期が短い核種程、この時間の崩壊の考慮の有無の違いが顕著に表れることになり、Sr-90 の場合、近似解析解の結果は充填材中を移行する過程での核種の崩壊の影響により、GoldSim の放出率に比べて低めに評価されることになる。このことは、充填材領域中の濃度が瞬時に平衡になるように実効拡散係数を高めに設定した近似解析解の結果において、両者が一致することから確

認できる。付図 8.2.7-6 にグループ 4 の Sr-90 の実効拡散係数を 10 倍に設定した場合の結果を併せて示す。



付図 8. 2. 7-6 第 2 次 TRU レポートのレファレンスケースの結果と近似解析解の結果の比較(グループ 4 の Sr-90)

## 8. まとめ

「拡散媒体からの放出率の最大値は、与えられた核種量において形成される最大の定常状態の放出率によって評価可能である」との仮定と、「最大、または、定常になるまでの期間の初期の核種量の減衰と拡散媒体からの核種放出量を微量とし、廃棄体中の核種存在量は、初期の核種量を用いて近似可能」とする近似に基づき、既知量の核種量と外側境界の地下水流量を、未知量の内側境界条件（一定濃度、または、一定溶出率）や外側境界濃度と関係付けることによって、拡散媒体からの核種放出率を求める近似解析解を導出した。

導出した近似解析解は、数値解との比較からその妥当性が確認された。この比較により近似解析解が数値解の結果を十分再現するとともに、拡散媒体からの核種放出の特性を適切に表現していることが示された。

また、導出した近似解析解を簡略化して表現し、人工バリアシステムの応答の仕組みを具体的に示した。

## 付録 8-2 参考文献

- 電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構 (2005) : TRU 廃棄物処分技術検討書—第 2 次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ—根拠資料集 分冊 2 地層処分の安全性の検討, JNC TY14502005-001 (2), FEPC TRU-TR2-2005-4, p346
- 原子力発電環境整備機構・日本原子力研究開発機構 (2011) : 「地層処分低レベル放射性廃棄物の安全評価解析と物量変動の処分場への影響に関する検討・評価」共同研究報告書 (仮題: 準備中)
- 核燃料サイクル開発機構 (1999) : わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性, —地層処分研究開発第 2 次取りまとめ— 分冊 3 地層処分システムの安全評価, JNC TN1400 99-023
- 大井貴夫 (2011) : 放射性廃棄物地層処分の人工バリアシステムの応答特性を把握するための近似解析解の導出, NUMO-TR-10-06

## 付録 8-3 第 2 次 TRU レポートの TIGER コードによる解析結果と GoldSim に よる解析結果の比較 (8.3.1)

付録 8-3 参考文献.....	6
付図 8.3-1 TIGER による線量評価結果 (グループ 1) .....	2
付図 8.3-2 GoldSim による線量評価結果 (グループ 1) .....	2
付図 8.3-3 TIGER による線量評価結果 (グループ 2) .....	3
付図 8.3-4 GoldSim による線量評価結果 (グループ 2) .....	3
付図 8.3-5 TIGER による線量評価結果 (グループ 3) .....	4
付図 8.3-6 GoldSim による線量評価結果 (グループ 3) .....	4
付図 8.3-7 TIGER による線量評価結果 (グループ 4) .....	5
付図 8.3-8 GoldSim による線量評価結果 (グループ 4) .....	5
付表 8.3-1 TIGER コードによるレファレンスケースの線量評価結果 .....	1
付表 8.3-2 GoldSim コードによるレファレンスケースの線量評価結果 .....	1

## 第2次 TRU レポートの TIGER コードによる解析結果と GoldSim による 解析結果の比較

第2次 TRU レポート（電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構，2005a）では，核種移行解析ツールとして TIGER コードを用いた数値解析によって生物圏へ流入する核種放出率を算出し，これに生物圏における線量への換算係数を乗じることで線量を評価している。一方，本検討では核種移行解析には汎用コードである GoldSim を用いている。ここでは，TIGER による計算結果と GoldSim による計算結果とを比較し，GoldSim を解析に用いることの妥当性について検討する。

第2次 TRU レポートの根拠資料集（電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構，2005b）では，レファレンスケースに対する TIGER コードによる評価結果が付表 8.3-1 のように示されている。一方，GoldSim による同条件の評価結果を付表 8.3-2 に示す。また，それら線量の経時変化の様子を付図 8.3-2～付図 8.3-8 に併せて示す。

最大線量を与える時間については，時間の丸め方や計算時間のサンプリングの相違によって多少のずれが生じている。特に，グループ4における最大値出現時間の違いは，変化率が小さい領域における最大値の違いを反映したものである。

これらの結果から，最大線量の絶対値や核種の寄与度合いなどは良く一致し，それぞれのコードの解析結果が概ね等しい結果を示すことが分かる。

以上のことから，GoldSim を本検討に用いることは妥当であると考ええる。

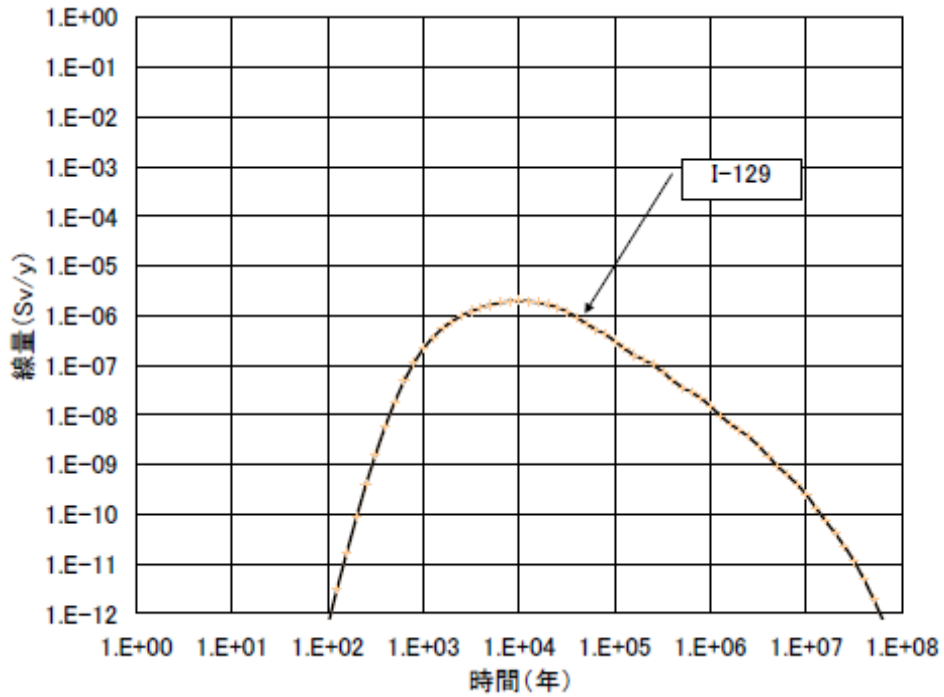
付表 8.3-1 TIGER コードによるレファレンスケースの線量評価結果

	最大線量 [Sv/y]	時間 [y]	線量支配核種（上位3核種）
グループ1	$2 \times 10^{-6}$	10,000	I-129
グループ2	$1 \times 10^{-7}$	10,000	C-14（有機），Cl-36，I-129
グループ3	$5 \times 10^{-7}$	1,000	I-129，C-14（有機），Se-79
グループ4	$1 \times 10^{-9}$	6,000	I-129，C-14（有機），Pb-210

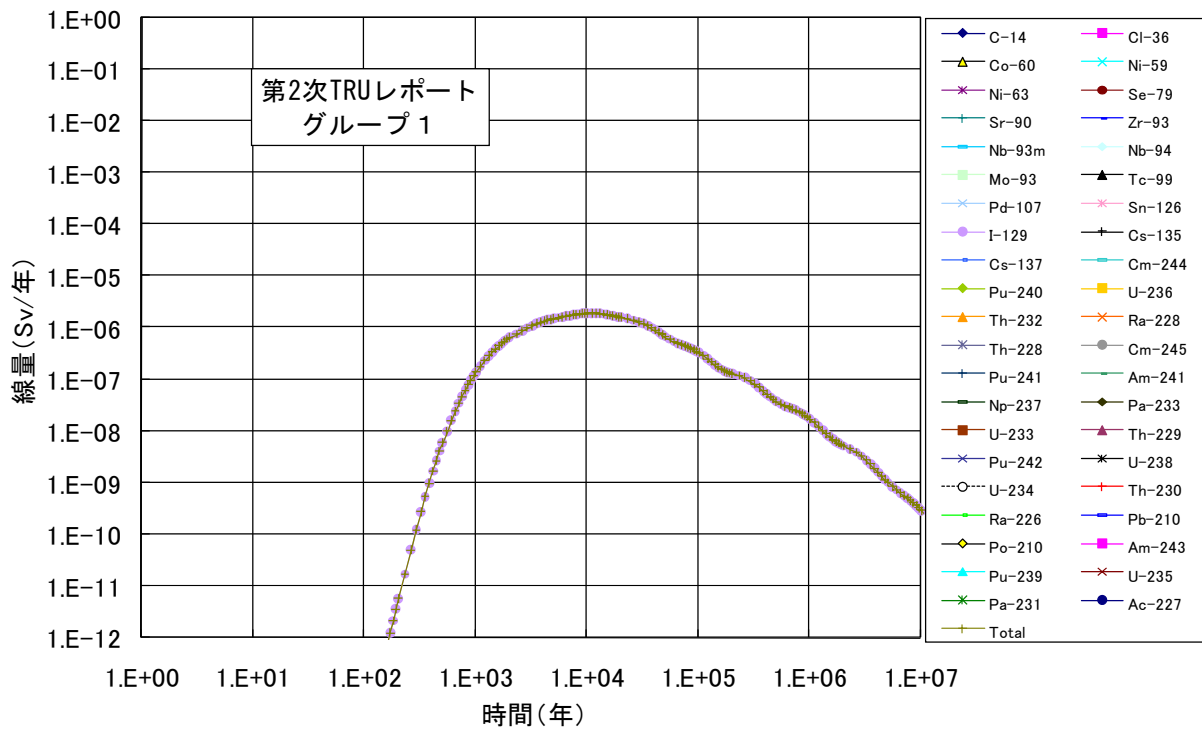
付表 8.3-2 GoldSim コードによるレファレンスケースの線量評価結果

	最大線量 [Sv/y]	時間 [y]	主要核種
グループ1	$2 \times 10^{-6}$	11,000	I-129
グループ2	$1 \times 10^{-7}$	9,500	C-14（有機），Cl-36
グループ3	$5 \times 10^{-7}$	950	I-129，C-14（有機）
グループ4	$1 \times 10^{-9}$	10,000	I-129，C-14（有機）

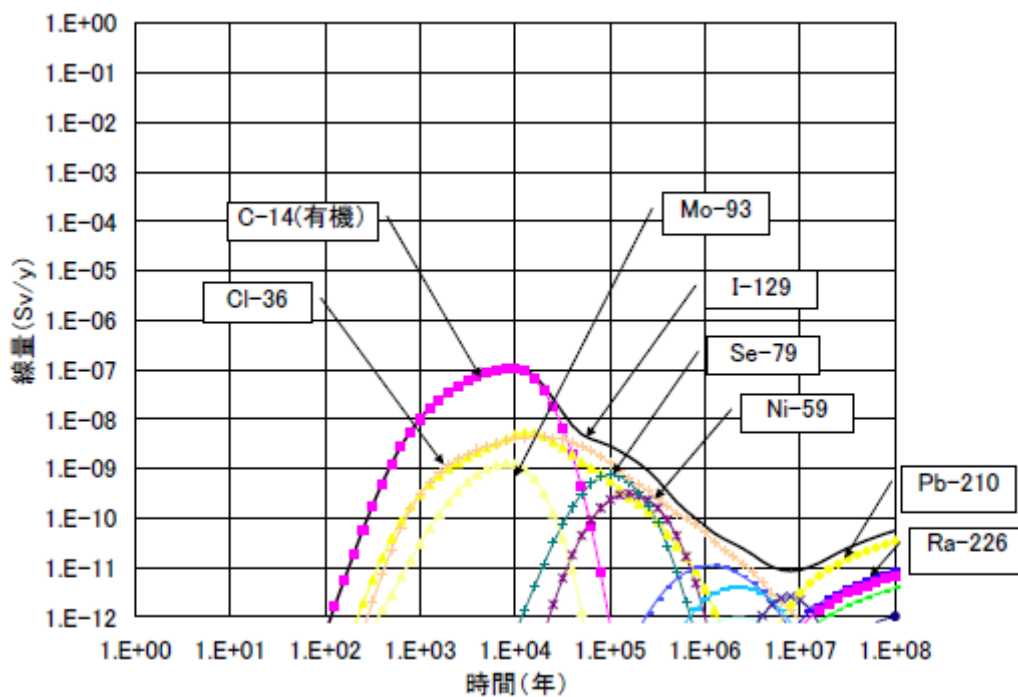
電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構（2005）



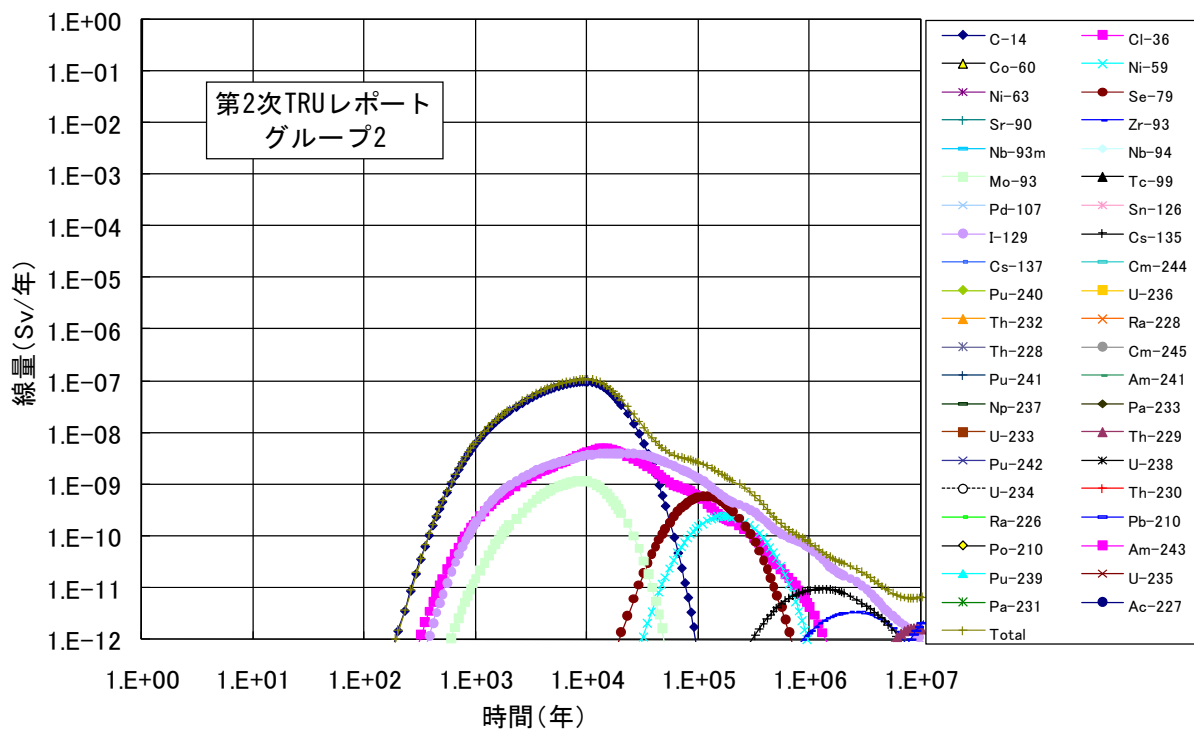
付図 8.3-1 TIGER による線量評価結果 (グループ1)



付図 8.3-2 GoldSim による線量評価結果 (グループ1)

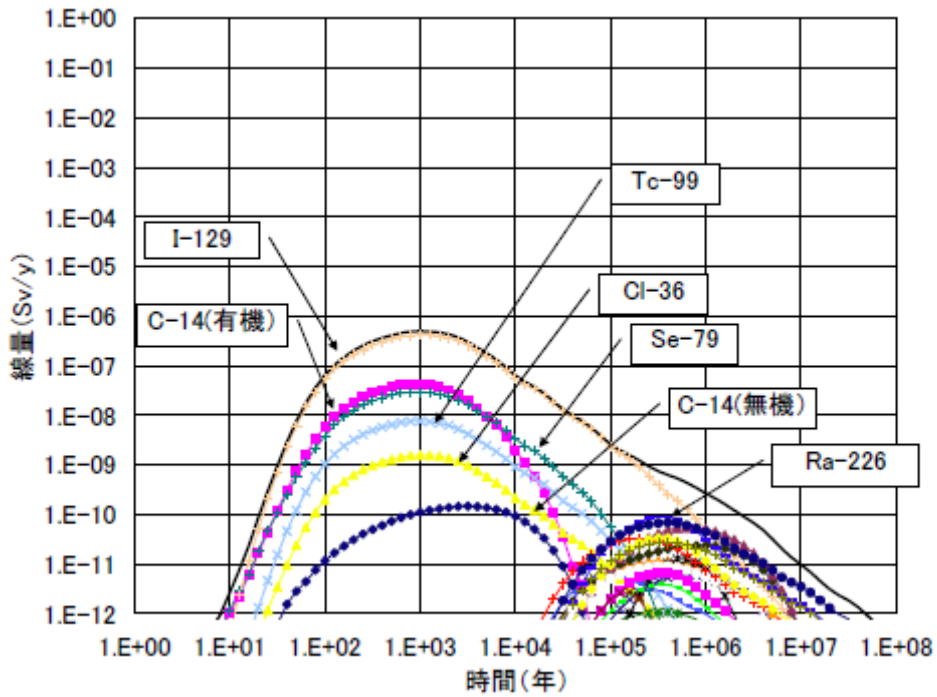


付図 8.3-3 TIGERによる線量評価結果 (グループ2)

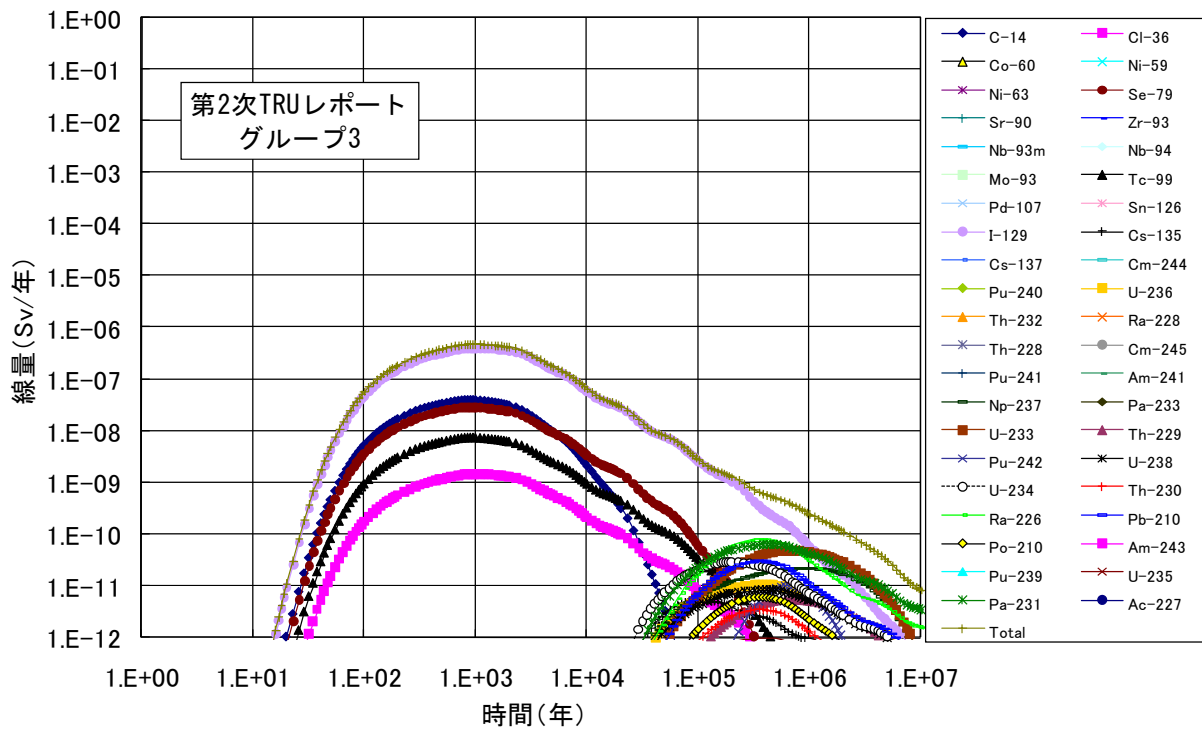


付図 8.3-4 GoldSimによる線量評価結果 (グループ2)

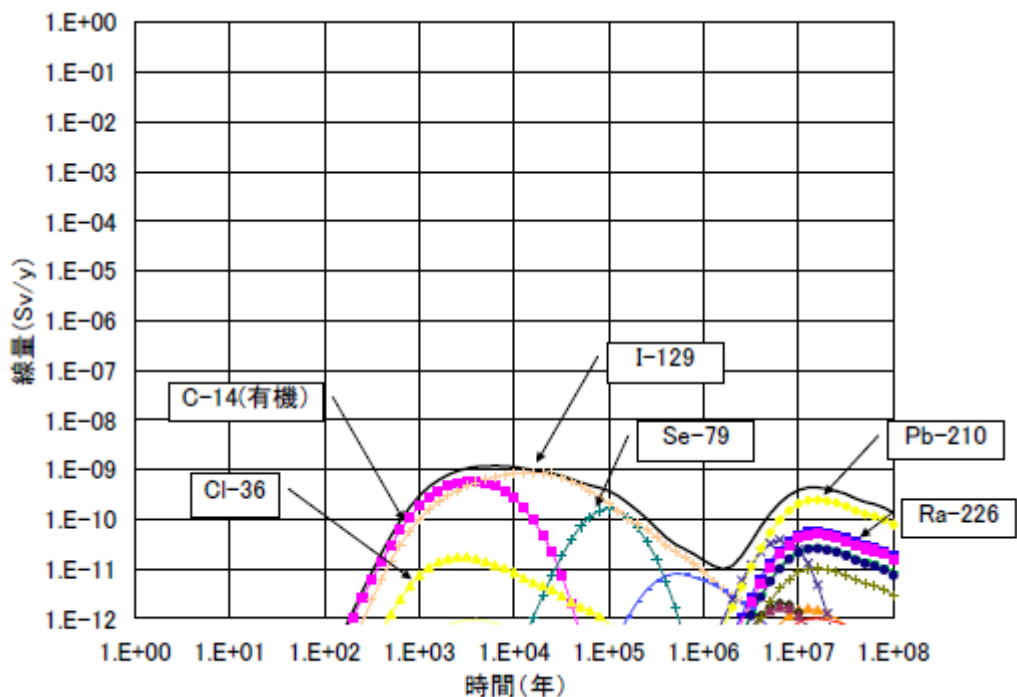




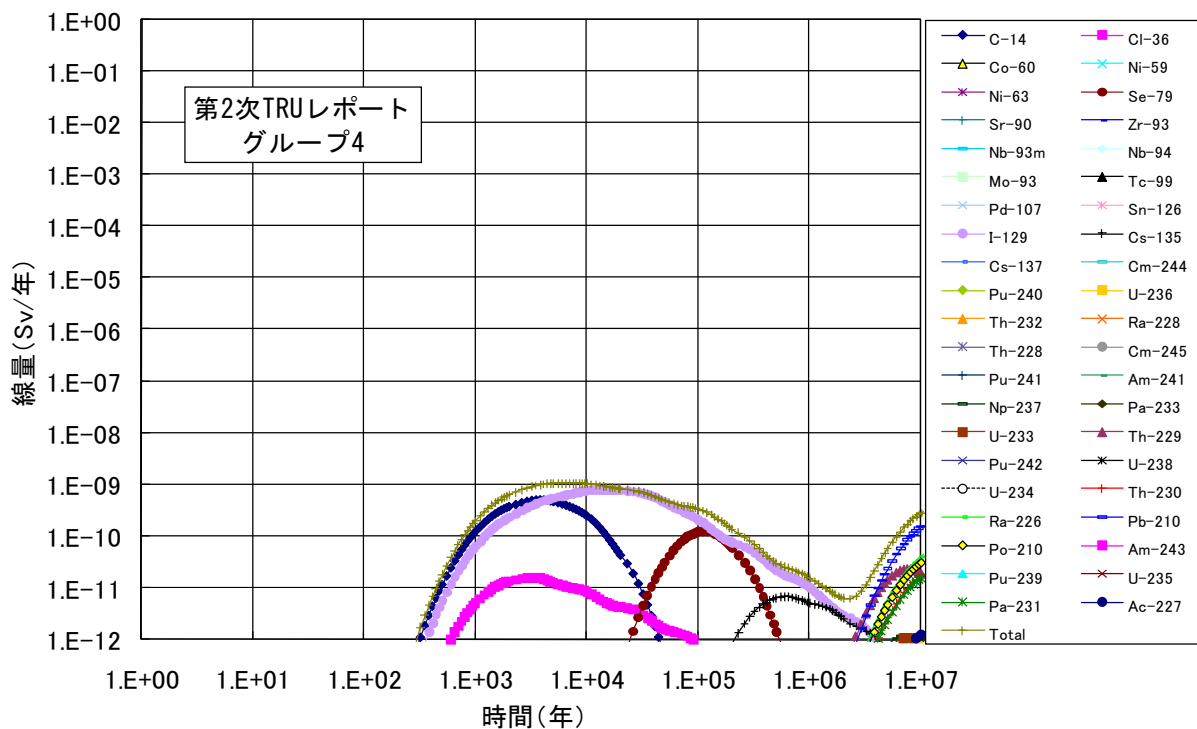
付図 8.3-5 TIGERによる線量評価結果 (グループ3)



付図 8.3-6 GoldSimによる線量評価結果 (グループ3)



付図 8.3-7 TIGERによる線量評価結果 (グループ4)



付図 8.3-8 GoldSimによる線量評価結果 (グループ4)

### 付録 8-3 参考文献

電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構（2005a）：TRU 廃棄物処分技術検討書，一第 2 次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ，JNC TY 1400 2005-013, FEPC TRU-TR2-2005-02

電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構（2005b）：TRU 廃棄物処分技術検討書，一第 2 次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ—根拠資料集 分冊 2 地層処分の安全性の検討，JNC TY 1450 2005-001(2), FEPC TRU-TR2-2005-4, p346

## 付録 8-4 亀裂媒体中を移行する核種の低減割合について (8. 3. 2)

付録 8-4 参考文献.....	7
付図 8. 4-1 亀裂媒体移行中の I-129 の低減割合.....	4
付図 8. 4-2 亀裂媒体移行中の C-14 の低減割合 .....	5
付図 8. 4-3 亀裂媒体移行中の Sr-90 の低減割合.....	6
付表 8. 4-1 5 桁以上の低減が示された収着分配係数と透水量係数の関係 .....	3

## 亀裂媒体中を移行する核種の低減割合について

核種流入率  $\phi_{in}$  が一定流入率の場合、亀裂の任意の地点における崩壊を考慮した定常状態での核種移行率  $\phi_{out}$  は次式で与えられる（石原ほか，1999）。

$$\frac{\phi_{out}}{\phi_{in}} = \exp\left(\frac{Pe}{2} - \sqrt{\frac{Pe^2}{4} + Pe \cdot \lambda_n \cdot T}\right) \quad \text{付式 8.4-(1)}$$

ここで、

$$Pe = \frac{V \cdot L}{D_L}, \quad T = \frac{L}{V} \left[ Rf_n + \frac{F \cdot \varepsilon \cdot Rd_n}{b \cdot \alpha} \cdot \tanh(\alpha \cdot p) \right], \quad \alpha = \sqrt{\frac{\lambda_n \cdot Rd_n}{D_p^m}}$$

とおく。

- $\Phi_{in}$  : 亀裂入口での人工バリアからの核種の流入率 (Bq/y)
- $\Phi_{out}$  : 亀裂の任意の地点における定常状態での核種移行率 (Bq/y)
- Pe : ペクレ数
- V : 亀裂内地下水流速 (m/y)
- L : 評価地点までの距離 (m)
- $D_L$  : 亀裂内流れ方向の分散係数 (m<sup>2</sup>/y)
- $D_L = V \alpha_L + D_p^m$
- $\alpha_L$  : 縦方向分散長 (m)
- $D_p^m$  : マトリクス間隙中の拡散係数 (m<sup>2</sup>/y)
- $\lambda_n$  : 核種 n の崩壊定数 (1/y) ( $\lambda = 0.693/T$  (y))
- T : 核種の移行時間 (y)
- $Rf_n$  : 核種 n の亀裂表面への吸着による遅延係数

$$Rf_n = 1 + \frac{K_{an}}{b}$$

- $K_{an}$  : 核種 n の亀裂表面への吸着に関する分配係数 (m)
- 2b : 亀裂開口幅 (m)
- F : マトリクス拡散に寄与する亀裂面積の割合

$\varepsilon$  : 岩体マトリクス空隙率

$Rd_n$  : 核種  $n$  のマトリクスへの吸着による遅延係数

$$Rd_n = 1 + \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} \rho Kd_n$$

$\rho$  : 岩体の真密度 ( $\text{kg/m}^3$ )

$Kd_n$  : 核種  $n$  のマトリクスへの吸着に関する分配係数 ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )

$p$  : マトリクス拡散深さ (m)

$$\tanh(\alpha \cdot p) = \frac{\sinh(\alpha \cdot p)}{\cosh(\alpha \cdot p)} = \frac{\frac{e^{(\alpha \cdot p)} - e^{-(\alpha \cdot p)}}{2}}{\frac{e^{(\alpha \cdot p)} + e^{-(\alpha \cdot p)}}{2}} = \frac{e^{(\alpha \cdot p)} - e^{-(\alpha \cdot p)}}{e^{(\alpha \cdot p)} + e^{-(\alpha \cdot p)}}$$

付表 8.4-1 に、付式 8.4-(1)より求めた、亀裂媒体中の核種移行率が 5 桁以上低減することが見込まれる収着分配係数とその場合の低減率、透水量係数、移行時間の範囲を主要な核種ごとに示す。また、主要な核種と同等の半減期を有する代表的な核種を合わせて示す。

付表 8.4-1 には、第 2 次 TRU レポートで用いた周辺岩盤の収着分配係数の値の領域を黄色の網掛けで示している。付表 8.4-1 は、値が示されている収着分配係数の領域において、透水量係数が、示されている範囲よりも大きくなると、放出率が増加し、亀裂媒体中の核種移行率の低減割合が 5 桁以内になることを示している。

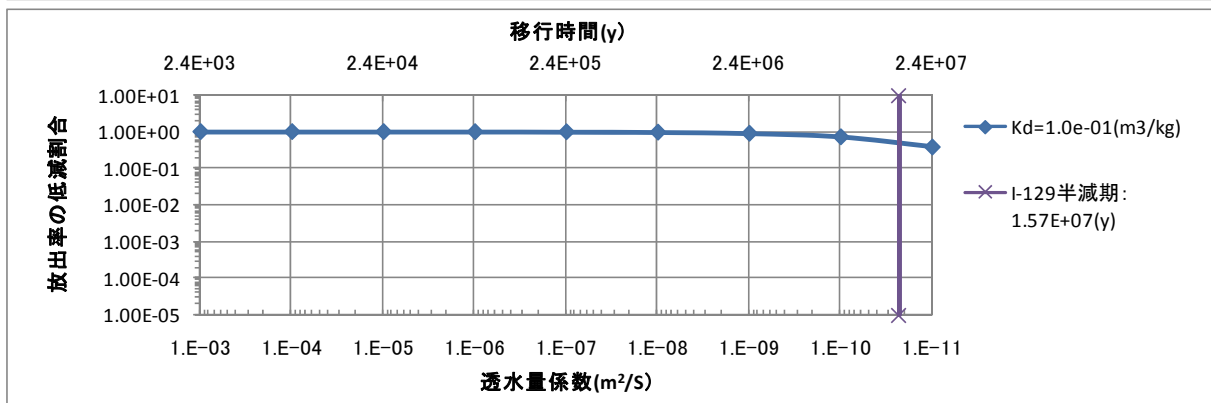
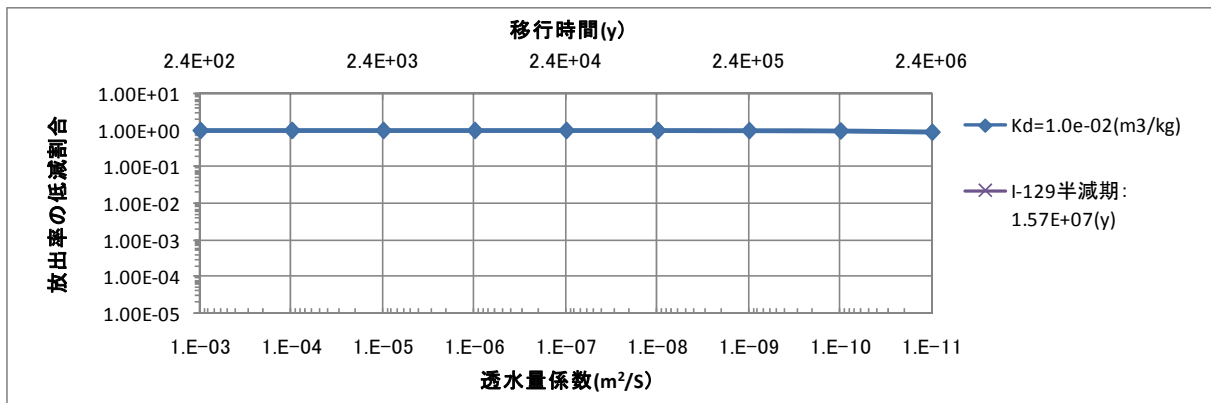
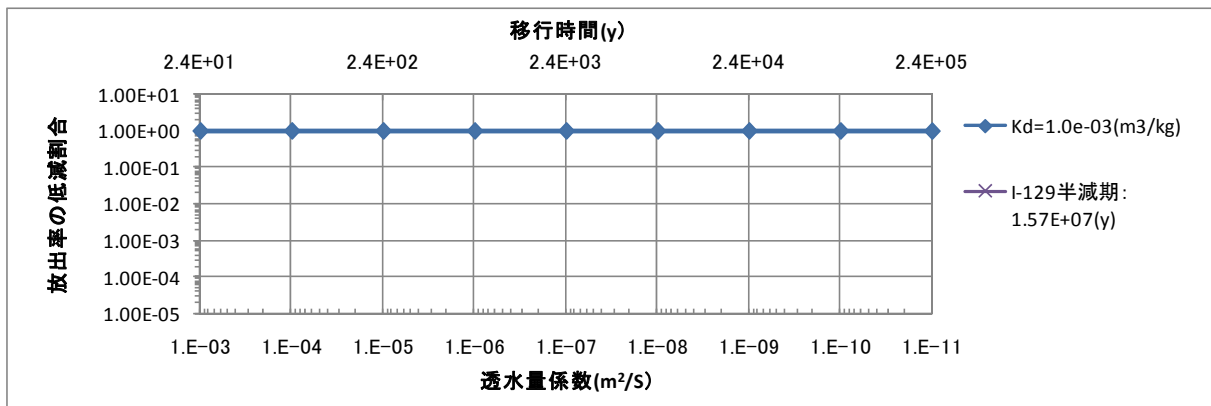
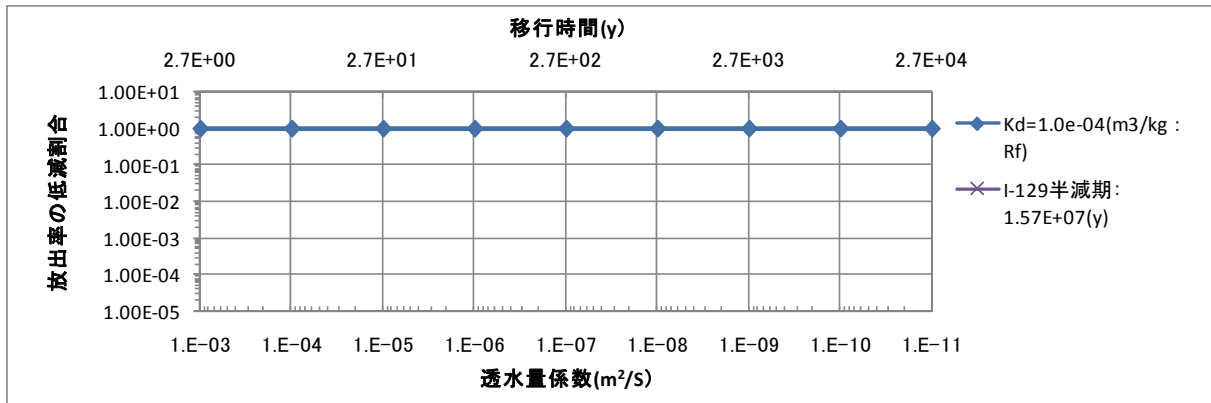
また、図 8.4-1-3 に I-129, C-14, Sr-90 の 900m の亀裂媒体中の低減割合を周辺岩盤の収着分配係数ごとに示す。

付表 8.4-1 5桁以上の低減が示された収着分配係数と透水量係数の関係

5桁以内の低減率になる収着分配係数(Kd)とその場合の低減率, 透水量係数の範囲, 移行時間の範囲										
核種	半減期(y)	半減期が同程度の主要核種	Kd(m <sup>3</sup> /Kg)							
			1.00E-04	1.00E-03	1.00E-02	1.00E-01	1.00E+00	1.00E+01	1.00E+02	
I-129	1.57E+07		—	—	—	—	—	—	—	低減率 (5.52e-06~4.21e-03) 透水量係数 (1.0e-10~1.0e-09) 移行時間 (6.06e+08y~1.92e+08y)
Np-237	2.14E+06	Zr-93, Cs-135, Pd-107	—	—	—	—	低減率 (1.23e-10~1.39e-05) 透水量係数 (1.0e-11~1.0e-10) 移行時間 (2.31e+08y~7.32e+07y)	低減率 (2.03e-09~6.37e-05) 透水量係数 (1.0e-09~1.0e-08) 移行時間 (1.85e+08y~5.87e+07y)	低減率 (7.93e-06~5.07e-03) 透水量係数 (1.0e-07~1.0e-06) 移行時間 (7.89e+07y~2.49e+07y)	
Pu-242	3.87E+05	Cl-36, Tc-99, Sn-126 U-233, U-234	—	—	—	低減率 (1.03e-07~5.21e-04) 透水量係数 (1.0e-11~1.0e-10) 移行時間 (2.37e+07y~7.41e+06y)	低減率 (3.7e-07~1.03e-03) 透水量係数 (1.0e-09~1.0e-08) 移行時間 (2.05e+07y~6.49e+06y)	低減率 (2.52e-09~7.16e-05) 透水量係数 (1.0e-08~1.0e-07) 移行時間 (3.29e+07y~1.04e+07y)	低減率 (1.92e-09~6.18e-05) 透水量係数 (1.0e-07~1.0e-06) 移行時間 (337e+07y~1.07e+07y)	
Pu-239	2.41E+04	Ni-59, Se-79, Nb-94 Th-230	—	—	低減率 (5.45e-10~3.12e-05) 透水量係数 (1.0e-11~1.0e-10) 移行時間 (2.32e+06y~7.35e+05y)	低減率 (6.18e-9~1.16e-04) 透水量係数 (1.0e-09~1.0e-08) 移行時間 (1.90e+06y~6.01e+05y)	低減率 (1.02e-10~1.26e-05) 透水量係数 (1.0e-08~1.0e-07) 移行時間 (2.64e+06y~8.35e+05y)	低減率 (9.25e-11~1.19e-05) 透水量係数 (1.0e-07~1.0e-06) 移行時間 (2.66e+06y~841e+05y)	低減率 (9.25e-11~1.19e-05) 透水量係数 (1.0e-06~1.0e-05) 移行時間 (2.66e+06y~841e+05y)	
C-14	5.73E+03	Pu-240, Th-229, Ra-226 Am-243	—	低減率 (2.97e-06~3.05e-03) 透水量係数 (1.0e-09~1.0e-10) 移行時間 (239e+05y~7.56e+04y)	低減率 (6.92e-06~4.73e-03) 透水量係数 (1.0e-09~1.0e-08) 移行時間 (2.15e+05y~6.8e+04y)	低減率 (3.12e-08~2.76e-04) 透水量係数 (1.0e-08~1.0e-07) 移行時間 (3.90e+05y~1.23e+05y)	低減率 (1.81e-08~2.06e-04) 透水量係数 (1.0e-07~1.0e-06) 移行時間 (4.10e+05y~1.3e+05y)	低減率 (1.81e-08~2.06e-04) 透水量係数 (1.0e-06~1.0e-05) 移行時間 (4.10e+05y~1.3e+05y)	低減率 (1.81e-08~2.06e-04) 透水量係数 (1.0e-05~1.0e-04) 移行時間 (4.10e+05y~1.3e+05y)	
Am-241	4.32E+02		低減率 (7.43e-08~4.38e-04) 透水量係数 (1.0e-11~1.0e-10) 移行時間 (2.70e+04y~8.55e+03y)	低減率 (7.7e-07~1.51e-03) 透水量係数 (1.0e-09~1.0e-08) 移行時間 (2.11e+04y~6.68e+03y)	低減率 (5.05e-09~1.04e-04) 透水量係数 (1.0e-08~1.0e-07) 移行時間 (3.47e+04y~1.10e+04y)	低減率 (3.66e-09~8.75e-05) 透水量係数 (1.0e-07~1.0e-06) 移行時間 (3.56e+04y~1.13e+04y)	低減率 (3.68e-09~8.77e-05) 透水量係数 (1.0e-06~1.0e-05) 移行時間 (3.56e+04y~1.13e+04y)	低減率 (3.69e-09~8.78e-05) 透水量係数 (1.0e-05~1.0e-04) 移行時間 (3.56e+04y~1.13e+04y)	低減率 (3.69e-09~8.78e-05) 透水量係数 (1.0e-04~1.0e-03) 移行時間 (3.56e+04y~1.13e+04y)	
Sr-90	2.91E+01	Cs-137, Ni-63,	低減率 (7.03e-09~1.24e-04) 透水量係数 (1.0e-09~1.0e-08) 移行時間 (2.27e+03y~7.17e+02y)	低減率 (2.77e-10~2.17e-05) 透水量係数 (1.0e-08~1.0e-07) 移行時間 (2.96e+03y~9.35e+02y)	低減率 (2.97e-10~2.25e-05) 透水量係数 (1.0e-07~1.0e-06) 移行時間 (2.94e+03y~9.30e+02y)	低減率 (3.15e-10~2.32e-05) 透水量係数 (1.0e-06~1.0e-05) 移行時間 (2.93e+03y~9.26e+02y)	低減率 (3.21e-10~2.35e-05) 透水量係数 (1.0e-05~1.0e-04) 移行時間 (2.92e+03y~9.25e+02y)	低減率 (3.23e-10~2.35e-05) 透水量係数 (1.0e-04~1.0e-03) 移行時間 (2.92e+03y~9.24e+02y)		

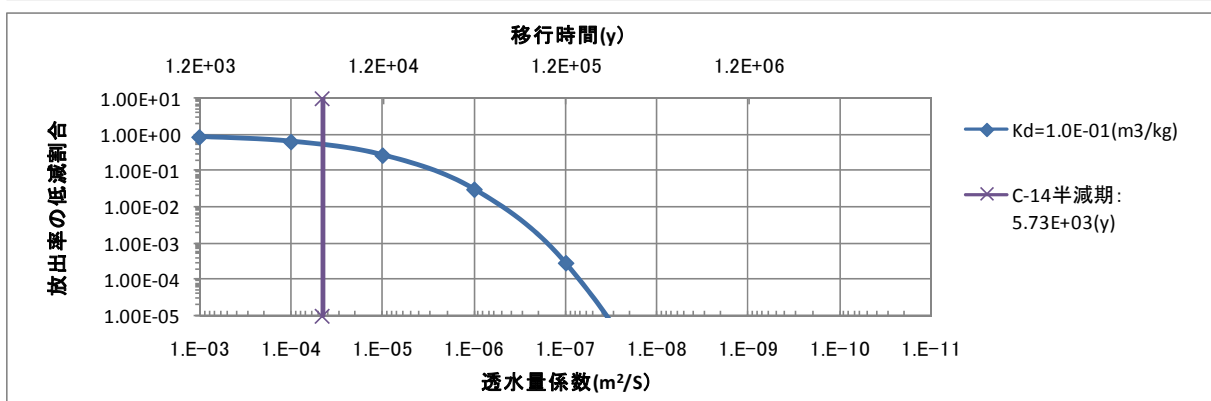
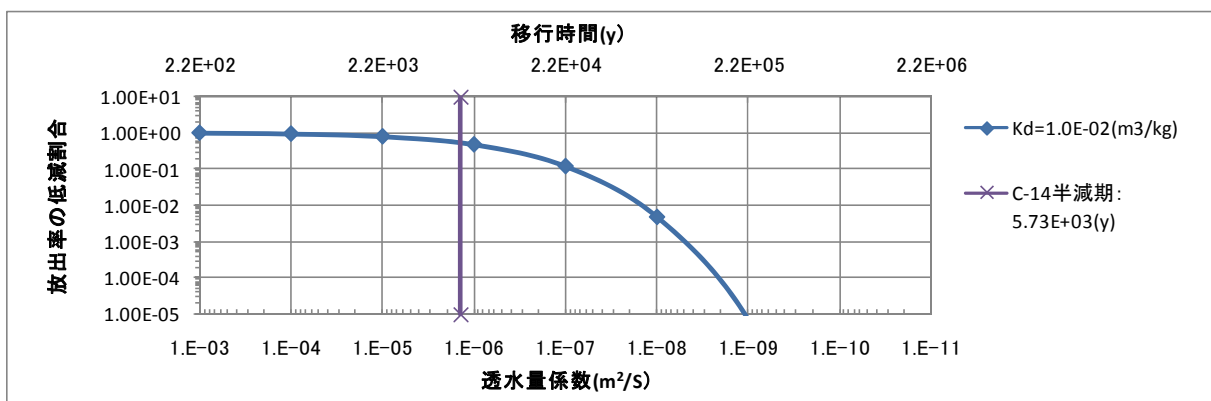
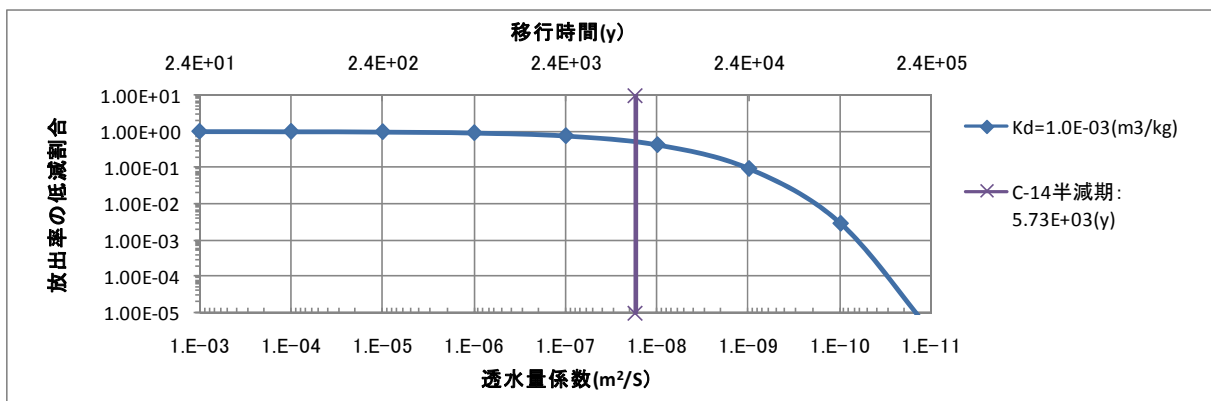
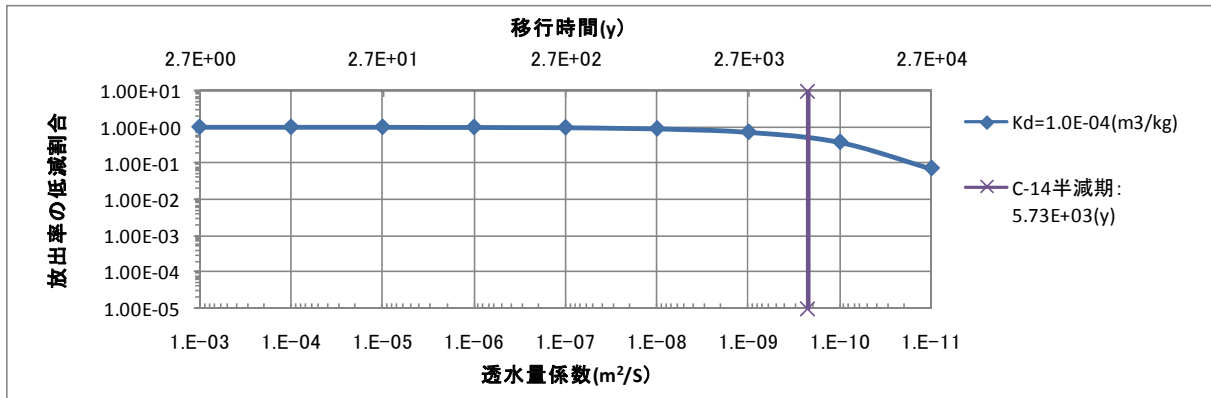
付 8.4-3

黄色の網掛け領域は第2次 TRU レポートで用いた母岩の収着分配係数の領域を表す。

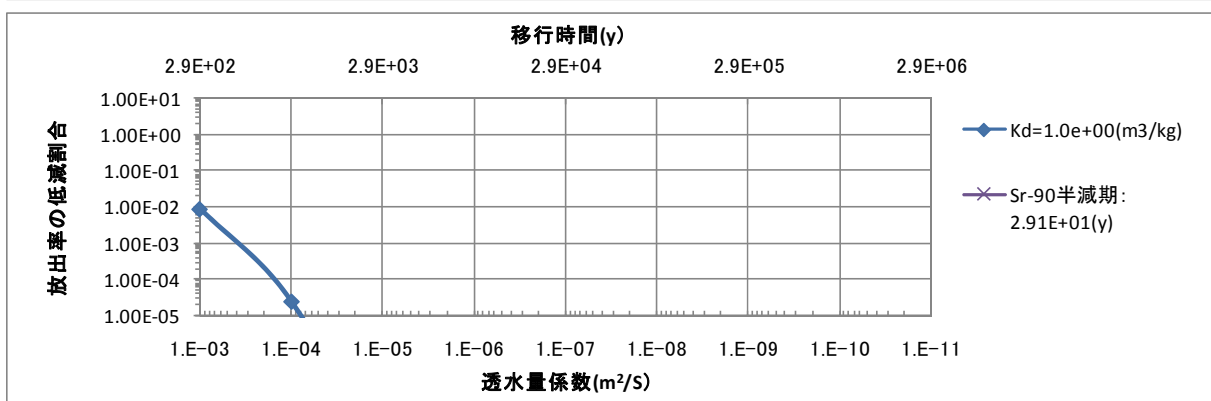
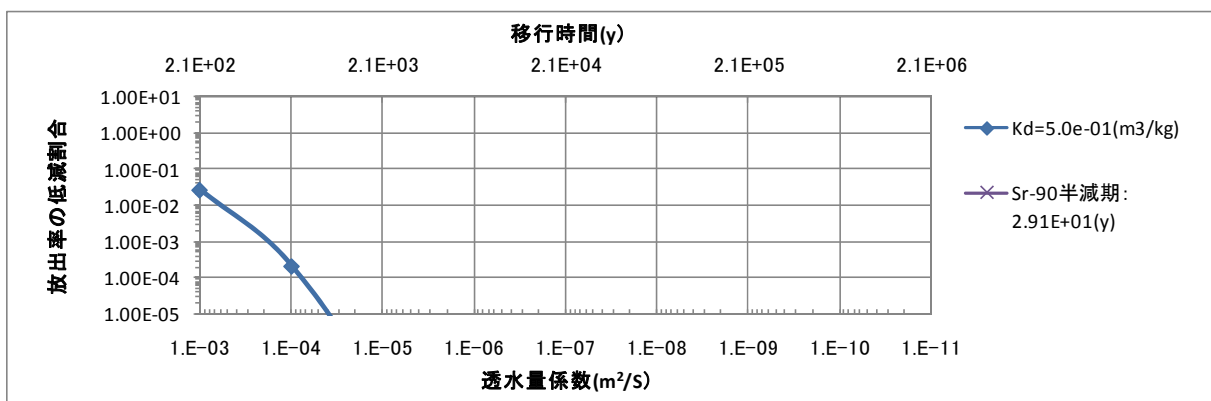
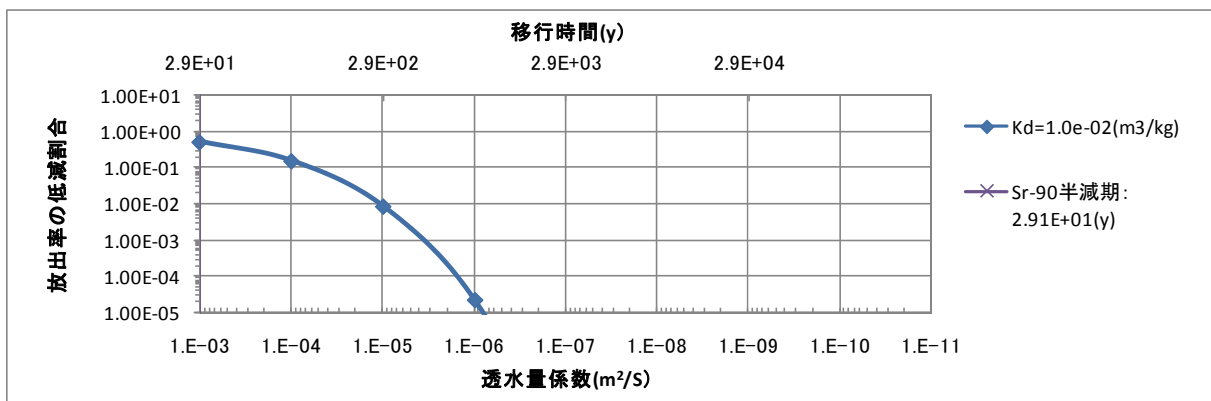
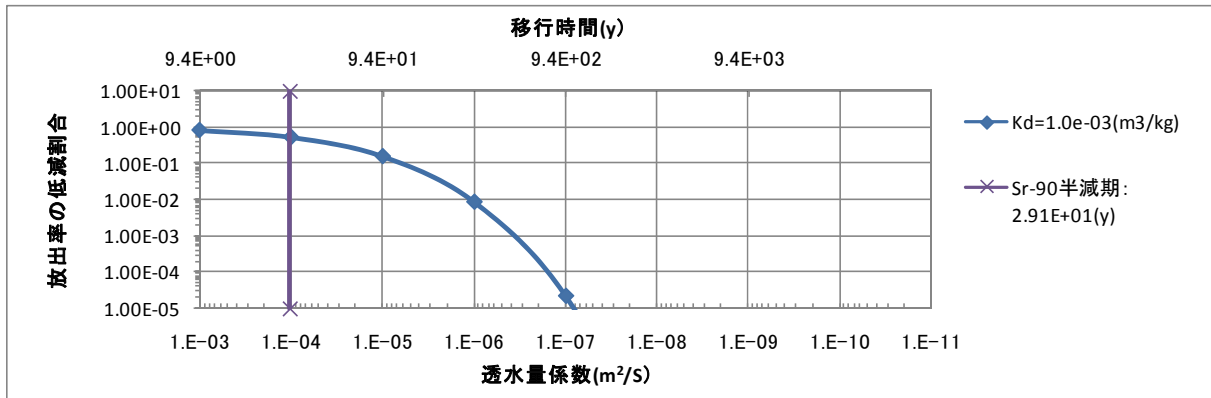


付図 8. 4-1 亀裂媒体移行中の I-129 の低減割合 (900m)





付図 8.4-2 亀裂媒体移行中のC-14の低減割合 (900m)



付図 8.4-3 亀裂媒体移行中のSr-90の低減割合 (900m)

## 付録 8-4 参考文献

石原義尚, 石黒勝彦, 梅木博之 (1999) : Se-79 の半減期の長期化による地層処分システム性能評価への影響, JNC TN8400 99-086

## 付録 8-5 ニアフィールド長期挙動例 (8. 4. 1 (3))

1. 検討内容	1
1.1 検討対象とした評価上の不確実性	1
1.2 解析条件	3
1.2.1 解析体系	3
1.2.2 解析ケース	3
2. 検討結果例	4
3. まとめ	9
付録 8-5 参考文献	11

付図 8.5-1 複数の鉱物変遷シナリオ	1
付図 8.5-2 次元解析モデル	3
付図 8.5-3 安定相の生成を仮定しないケース 4 の鉱物の空間分布	5
付図 8.5-4 ケース 4 の pH 分布の時間変化	6
付図 8.5-5 ケース 4 の間隙率分布の時間変化	6
付図 8.5-6 準安定相, 安定相の生成を仮定したケース 6 の鉱物の空間分布	7
付図 8.5-7 ケース 6 の pH 分布の時間変化	8
付図 8.5-8 ケース 6 の間隙率分布の時間変化	8

## ニアフィールド長期挙動例

第2次 TRU レポート（電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構，2005）では，緩衝材を設置する処分施設の長期的な環境を対象としたときのセメント系材料とベントナイトの相互作用による人工バリア変質挙動解析を行っている。解析では変質挙動にかかわる化学反応と物質移動について蓋然性が高いと判断された知見を中心に，不確実性として認識された知見を包括するように解析上のパラメータや取り扱いを決定し，その組み合わせから複数の解析条件を設定している。そして，複数の解析結果からセメント系材料とベントナイトの相互作用による人工バリア変質挙動の可能性範囲を端的に捉え，人工バリア変質の影響についての核種移行解析上の取り扱いを決定した。

### 1. 検討内容

ここでは人工バリア変質挙動解析で考慮した不確実性と解析条件，解析結果を記す。

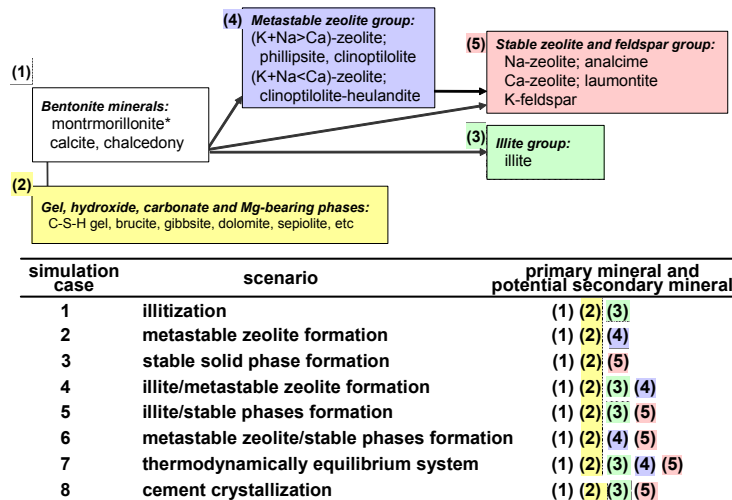
#### 1.1 検討対象とした評価上の不確実性

評価においては生じうる事象として以下の項目に着目し，それぞれの不確実性を考慮して検討を行った。

##### ・ 鉱物変遷シナリオ

緩衝材中でモンモリロナイトなどが溶解し，緩衝材間隙水中の化学種の濃度が変化することで種々の二次鉱物が沈殿すると考えられる。生成する二次鉱物の種類によって緩衝材間隙水の組成が変化するため，ベントナイトや随伴鉱物のさらなる溶解反応にも影響を及ぼす。そのため，現実的に生成しうる二次鉱物を設定することが重要である。

小田ほか（2005）は緩衝材の鉱物学的変遷について，室内実験結果，関連する天然事例から生成する可能性の高い二次鉱物を抽出し，鉱物変遷シナリオとしてまとめている。評価で用いた鉱物変遷ケースを付図 8.5-1 に示す。



\* It is assumed that the montmorillonite dissolution is controlled by kinetics  
 \*\* Tobermorite, jennite and afwillite are assumed as potential products instead of C-S-H gel

付図 8.5-1 複数の鉱物変遷シナリオ（小田ほか，2005）

- ・モンモリロナイト溶解反応

緩衝材に期待される止水性などの性能は膨潤性を有するモンモリロナイトによるところが大きいことから、アルカリ条件下におけるモンモリロナイトの溶解速度を評価する研究も進められている。そのため、ここではそれらの知見を取り入れた評価としている。

鉱物の溶解反応については Lasaga (1998) により、溶液中の飽和度に関する影響を考慮した一般式が提案されている。本検討においてはモンモリロナイトの溶解速度を平衡から離れた系における溶解速度と、平衡に接近した系での溶解速度を組み合わせた溶解速度式を用いた。

$$Rate = \left( 4.74 \cdot 10^{-6} \cdot e^{-39.57/RT} \cdot \frac{177 \cdot e^{20.37/RT} \cdot a_{OH}}{1 + 177 \cdot e^{20.37/RT} \cdot a_{OH}} + 1.70 \cdot e^{-69.67/RT} \cdot \frac{0.0297 \cdot e^{23.53/RT} \cdot a_{OH}}{1 + 0.0297 \cdot e^{23.53/RT} \cdot a_{OH}} \right) \cdot A_{min} \cdot \{1 - \exp(-6 \cdot 10^{-10} \cdot (2 \cdot \Delta Gr / RT)^6)\}$$

*Rate* : モンモリロナイト溶解速度 (mol/s)

$A_{min}$  : 鉱物の反応表面積 (m<sup>2</sup>)

*T* : 絶対温度 (K)

*R* : 気体定数 (kJ/K/mol)

$\Delta Gr$  : 反応のギブス自由エネルギー変化 (kJ/mol)

一方、平衡に接近した系でモンモリロナイトの溶解速度を求めた試験例が少ないことから、溶解速度の不確実性に対応するためにモンモリロナイトの溶解反応について瞬時平衡状態が成立すると仮定した計算を実施し、人工バリア変質に与える影響について検討を加えている。

- ・セメントーベントナイト界面での間隙充填

本検討では鉱物の溶解沈殿の結果として、それぞれの鉱物特有のモル体積に応じて化学反応が生じた場における鉱物の体積の変化量を算定し、媒体の間隙率へ反映している。また間隙率の変化は物質移行パラメータへもフィードバックしている。

一方、二次鉱物の沈殿により間隙が充填される状態においても、間隙率の変化が常に拡散を制限するものではない可能性も考えられるため、二次鉱物の沈殿にもかかわらず間隙率低下による実効拡散係数の変化を考慮しないケースを設定した。

- ・力学的均衡

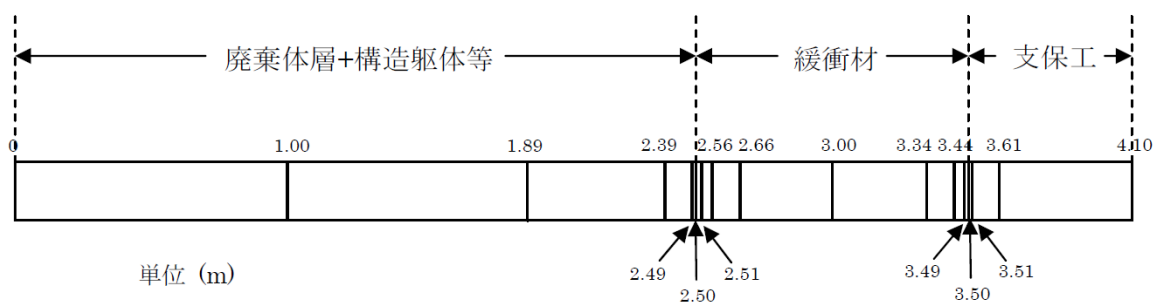
本検討の基本的な設定では緩衝材の変質によりモンモリロナイトの部分密度が不均一になってもモンモリロナイトの再配分は生じないと設定している。ここでは、緩衝材の一部が変質してモンモリロナイトの部分密度が不均一となった場合に健全な緩衝材領域の膨潤によりモンモリロナイトの部分密度が再配分されることを想定したケースを設定し、その影響を評価した。

また、上記の不確実性に加えてモンモリロナイトの熱力学データの不確実性として異なる計算手法により導出した平衡定数変更ケース、緩衝材に含まれるケイ砂を不活性として扱ったケース、さらに処分坑道周辺の水理的条件の不確実性として境界条件の相違（濃度一定境界/ゼロフラックス境界）についても検討し、影響の幅を評価した。

## 1.2 解析条件

### 1.2.1 解析体系

解析体系を設定するために、緩衝材を設置する処分施設のうち緩衝材と反応しうるセメント量の多い処分概念（グループ 1）を参照し、その坑道鉛直断面を円形断面形状で近似して代表させた。この代表断面形状に基づき、性能評価上考慮する緩衝材厚さとして 1m を仮定し、緩衝材/セメント系材料界面の単位面積あたりのセメント系材料体積からセメント系材料の厚さを付図 8.5-2 に示すように決定して一次元の解析体系を構成した。



付図 8.5-2 一次元解析モデル

### 1.2.2 解析ケース

検討に当たっては上記の不確実性（鉱物学的変遷、モンモリロナイトの溶解速度、人工バリア周辺の水理学的条件、間隙充填、力学的均衡など）をそれぞれ考慮して解析ケースを設定した。なお、異なる不確実性を複数想定してすべてを網羅的に設定するようなケースは設定せず、それぞれの不確実性による幅を評価することとした。

ここでは多くの解析ケースの中から以下の条件を設定したケースについて検討結果の例として示す。

- ・ 鉱物変遷シナリオ

設定したシナリオのごとの蓋然性の高低は判断できないが、ここでは安定相の生成を仮定しないとした付図 8.5-1 のケース 4、および準安定相と安定相がともに生成するとした付図 8.5-1 のケース 6 を仮定する。

- ・ モンモリロナイト溶解速度

平衡に接近した系で溶解速度が抑制される溶解速度式に従う。

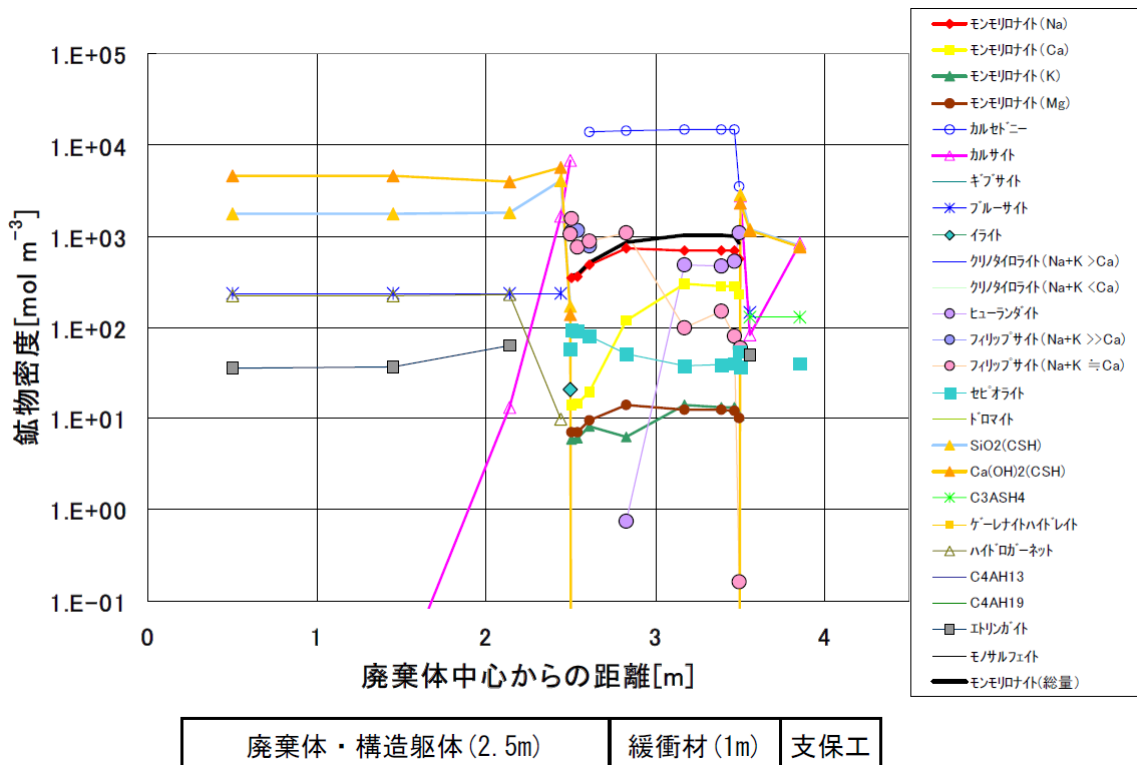
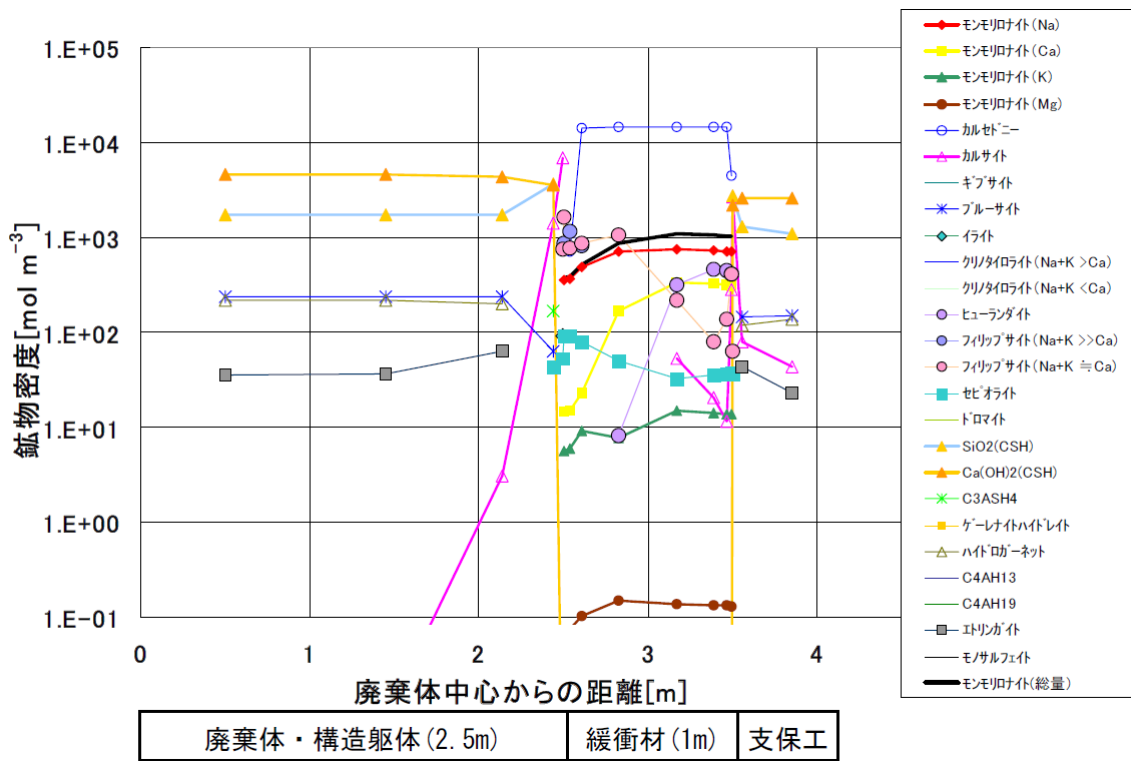
その他の不確実性については以下の設定に従う。

- ・ セメントーベントナイト界面での間隙充填を考慮した拡散係数とする
- ・ 力学的なモンモリロナイト再配分は生じない
- ・ モンモリロナイトの熱力学データは JNC-TDB.TRU に整理されたデータとする
- ・ 処分坑道周辺は高透水にあるとし、境界条件は濃度一定とする

## 2. 検討結果例

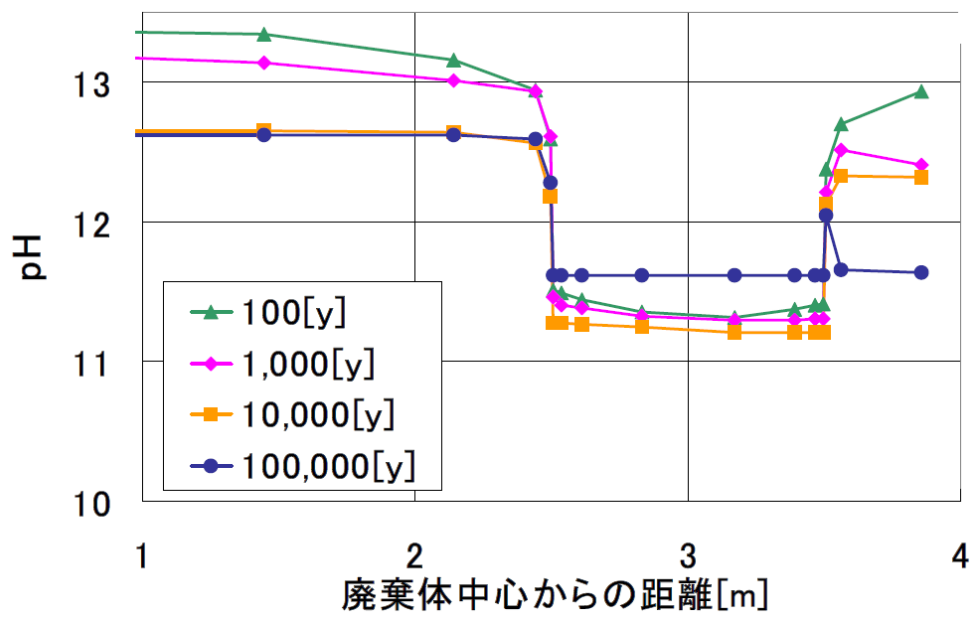
ケース 4, ケース 6 の人工バリア中の 1 万年, 10 万年後における鉱物組成の分布, pH, 間隙率の経時変化をそれぞれ付図 8.5-3~付図 8.5-5 (ケース 4), 付図 8.5-6~付図 8.5-8 (ケース 6) に示す。



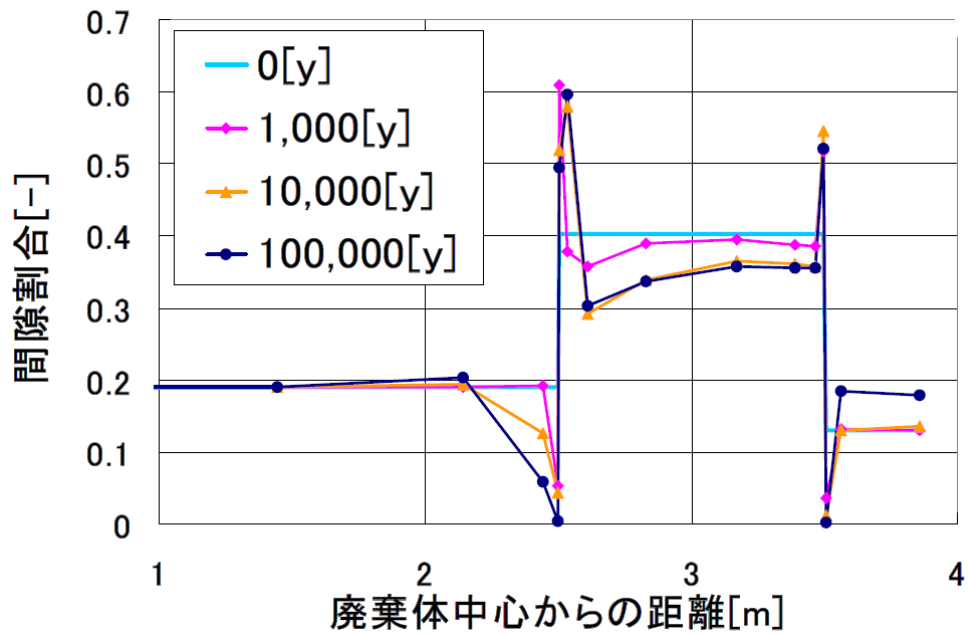


付図 8.5-3 安定相の生成を仮定しないケース 4 の鉱物の空間分布

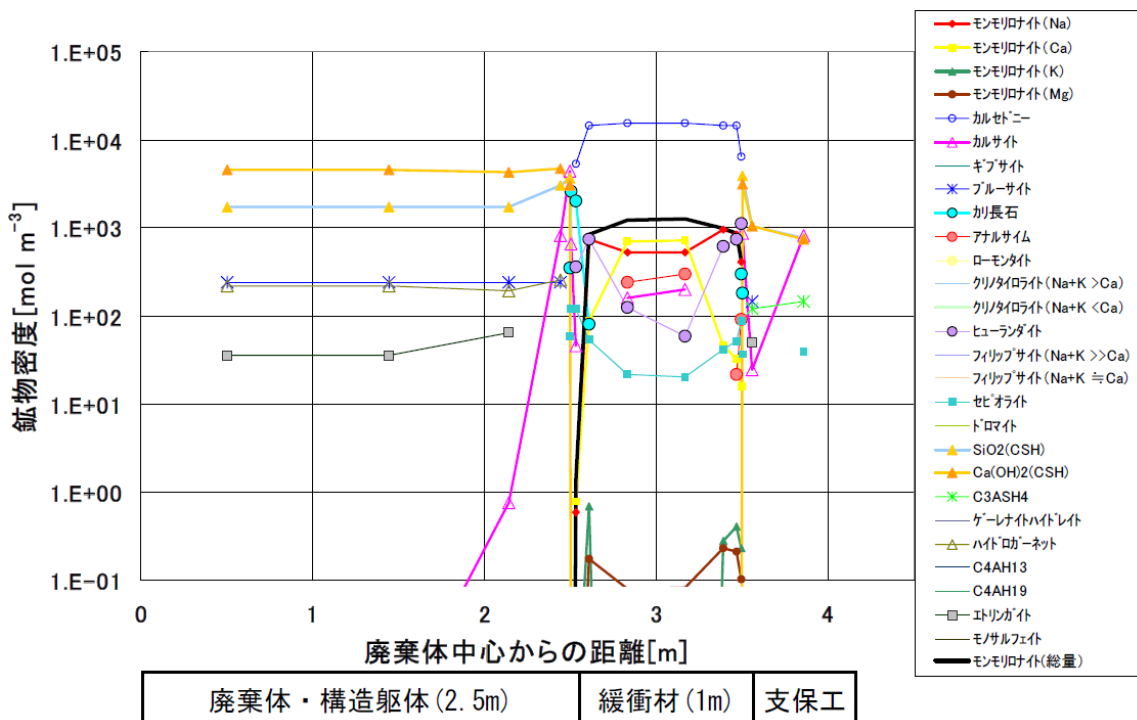
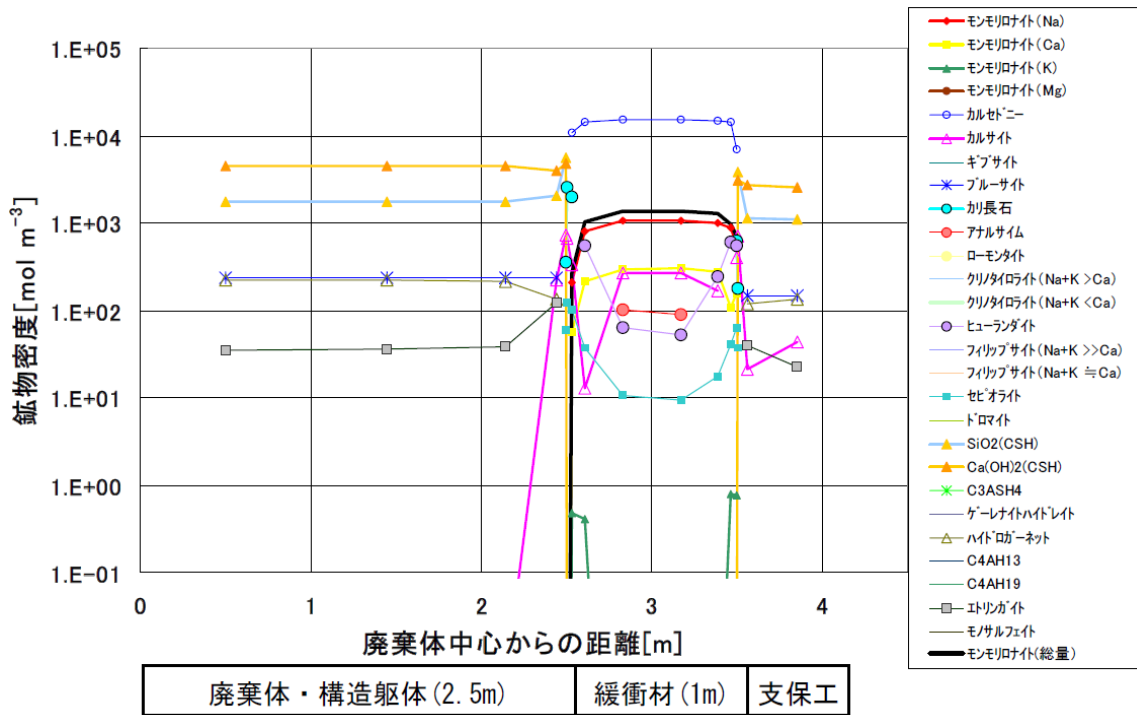
(上 : 1 万年後, 下 : 10 万年後)



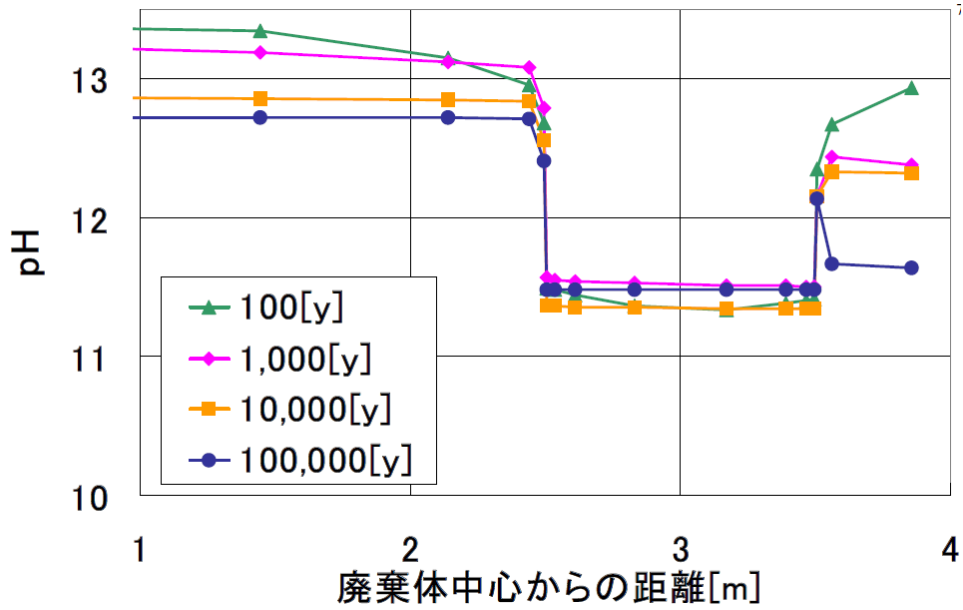
付図 8.5-4 ケース 4 の pH 分布の時間変化



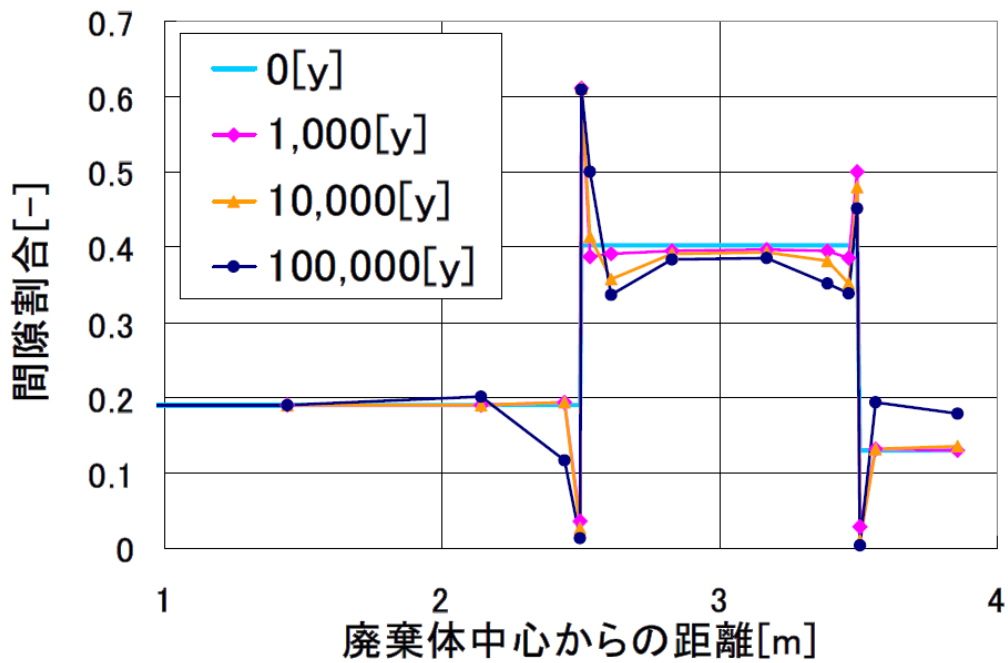
付図 8.5-5 ケース 4 の間隙率分布の時間変化



付図 8.5-6 準安定相, 安定相の生成を仮定したケース 6 の鉱物の空間分布  
(上: 1 万年後, 下: 10 万年後)



付図 8.5-7 ケース 6 の pH 分布の時間変化



付図 8.5-8 ケース 6 の間隙率分布の時間変化

解析の結果、10 万年経過後においてもケース 4 では中央 50cm 幅に 70%、ケース 6 では中央 70cm 幅に 70%以上のモンモリロナイトが残存し、緩衝材の止水性が維持されることが示唆される結果となっている。またセメントーベントナイト界面近傍ではモンモリロナイトや随伴鉱物の溶解により間隙率の増大がみられるが、影響する領域は局所的であるため緩衝材全体としての性能には影響しないと考えられる。また、界面のセメント側ではカルシウム水和物などの二次鉱物が沈殿し間隙が充填される方向にある。

これらの結果からは、10 万年後においてもベントナイト変質の程度は軽微であり、緩衝材は中央部の低変質部分によって 10 万年後においても止水性を保持し、このため、人工バリア内部の核種移行は拡散によって支配される期間が継続するものと考えられる。廃棄体領域の化学的条件としては Region I～Region II が 10 万年継続し、緩衝材領域の化学的条件としては数百年から 10 万年の間 pH11 以上が継続するものと予想される。また、変質によって顕著な間隙充填が生じ、核種移行に対するバリア性能がむしろ向上する可能性も示唆されている。

### 3. まとめ

本検討では第 4 章の 4.5 で示されている人工バリアの標準仕様にもとづき、廃棄体グループ 1 の坑道を対象として人工バリア材変質の検討を行った。検討の結果、標準仕様の人工バリア構成で長期間にわたって人工バリア材の健全性が保たれることが示唆されている。

また、以上の検討結果に従い、緩衝材を設置する処分施設の長期的な環境を対象とし、現状の知見に基づく蓋然性のある予想とそこに含まれる不確実性の双方を考慮した上で、セメント系材料とベントナイトの相互作用による人工バリア変質の影響についての核種移行解析上の取り扱いを以下のように設定した。

- ① 現状の知見に基づく蓋然性のある推定（現実的ケース）；緩衝材の中央部 70 cm 程度の領域において、十分な量のモンモリロナイトが残留するために、少なくとも 10 万年程度の間、緩衝材の止水性は保持される。また、セメント系材料と緩衝材の界面近傍における二次鉱物沈殿による間隙充填のため、廃棄体定置領域から緩衝材、および緩衝材から支保工を介した核種移行はそれぞれ顕著に抑制される。現実的な推定としては、人工バリアの変質は核種の保持機能に対してむしろ好ましい効果を有するものと考えられる。なお、間隙の充填については、反応の不均質性や外的要因によるひび割れの発生などの影響があり得る点に留意する必要がある。
- ② 保守的ケース；二次鉱物による間隙充填を伴う変質層の力学的不安定性やガスおよび亀裂を通じた流動のために界面の拡散抵抗は機能しないものと仮定する。これはセメント系材料および緩衝材中の初期の実効拡散係数が将来も継続するという仮定を導入することにほかならない。この場合にも、十分な量のモンモリロナイトが残留するために、少なくとも 10 万年程度は緩衝材の止水性が保持される。

- ③ 仮想的ケース；人工バリアの変質挙動解析に存在する不確実性を整理・検討した結果から、既往の知見に対する整合性や試験結果の再現等の観点から可能性が低いと判断される項目に関して、仮にそのような状況となった場合の影響を評価するための想定を行った。可能性が低いと判断される項目としては、モンモリロナイトの溶解平衡定数が現状の標準的なデータよりも顕著に大きく、不飽和状態が継続することによって速やかにモンモリロナイトの溶解が進行する場合、高アルカリ条件でのモンモリロナイトの溶解速度式が遷移状態理論モデルに従うため速やかにモンモリロナイトが溶解する場合、あるいは二次鉱物の沈殿により固着されるセメンテーションによってモンモリロナイトは十分に残留しているものの、そのバルク特性が変化し（特に膨潤性の低下）止水性を失う場合が考えられる。これらの仮想的な状況では、数千年後には緩衝材の止水性能が失われるものと想定する。

## 付録 8 - 5 参考文献

電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構（2005）：TRU 廃棄物処分技術検討書，一第 2 次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ，JNC TY1400 2005-013, FEPC TRU-TR2-2005-02

Lasaga, A. C. (1998) : Kinetic theory in the earth sciences, Princeton university press.

小田治恵，佐々木良一，D.Savage, R.C.Arthur, 本田明（2005）：緩衝材の鉱物学的長期変遷シナリオ，JNC TN8400 20005-020

## 付録 8-6 入力データ (8.4.3)

付録 8-6 参考文献.....	8
付表 8.6-1 海水系還元性地下水環境下での収着分配係数.....	1
付表 8.6-2 降水系酸化性地下水環境下での収着分配係数.....	2
付表 8.6-3 海水系還元性地下水環境下での実効拡散係数.....	2
付表 8.6-4 降水系酸化性地下水環境下での実効拡散係数.....	2
付表 8.6-5 海水系還元性地下水における各岩種に対する実効拡散係数および収着分配係数.....	3
付表 8.6-6 人工バリア変質影響ケースにおけるデータ.....	3
付表 8.6-7 人工バリア変質影響ケースにおけるセメントへの収着分配係数.....	4
付表 8.6-8 天然有機物影響ケースにおける母岩の収着分配係数.....	5
付表 8.6-9 ガス影響ケースにおけるデータ.....	5
付表 8.6-10 酸化性条件下での花崗岩に対する実効拡散係数および収着分配係数.....	6
付表 8.6-11 シーリングミスケースにおけるデータ.....	7
付表 8.6-12 ボーリング影響ケースにおけるデータ.....	7



## 入力データ

付表 8.6-1 海水系還元性地下水環境下での収着分配係数

収着媒体 廃棄体グループ°	セメント				ベントナイト	
	1	2	3	4	1	2
Ci	0.25	0.25	0.25	0.25	0	0
Ch	0	0	0	0	0	0
Cl	0	0	0	0	0	0
Co	0.025	0.025	0.0125	0.025	0.01	0.01
Ni	0.025	0.025	0.0125	0.025	0.01	0.01
Se	0.000025	0.000025	0	0.000025	0	0
Sr	0.0025	0.0025	0.00125	0.0025	0.001	0.001
Zr	2.5	0.125	2.5	2.5	1	1
Nb	0.025	0.025	0	0.025	0.1	0.1
Mo	0.000025	0.000025	0.000025	0.000025	0	0
Tc	2.5	2.5	0	2.5	1	1
Pd	0.025	0.025	0.0125	0.025	0.01	0.01
Sn	2.5	0.125	2.5	2.5	1	1
I	0	0	0	0	0	0
Cs	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.01	0.01
Pb	0.025	0.025	0.0125	0.025	0.01	0.01
Ra	0.0025	0.0025	0.00125	0.0025	0.001	0.001
Ac	2.5	0.125	0.25	2.5	1	1
Th	2.5	0.125	0.25	2.5	5	5
Pa	2.5	0.125	0.25	2.5	5	5
U	2.5	0.125	0.025	2.5	5	5
Np	2.5	0.125	0.25	2.5	5	5
Pu	2.5	0.125	0.025	2.5	5	5
Am	2.5	0.125	0.25	2.5	1	1
Cm	2.5	0.125	0.25	2.5	1	1

[m<sup>3</sup>/kg]

付表 8.6-2 降水系酸化性地下水環境下での収着分配係数

収着媒体 廃棄体グループ°	セメント				ベントナイト	
	1	2	3	4	1	2
Ci	0.25	0.25	0.25	0.25	0	0
Ch	0.00025	0.00025	0	0.00025	0	0
Cl	0	0	0	0	0	0
Co	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.05	0.05
Ni	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.05	0.05
Se	0.0125	0.0125	0	0.0125	0	0
Sr	0.00125	0.00125	0.00125	0.00125	0.001	0.001
Zr	2.5	0.125	2.5	2.5	1	1
Nb	0	0	0	0	0.1	0.1
Mo	0.0025	0.0025	0.00025	0.0025	0	0
Tc	0.000025	0.000025	0	0.000025	0	0
Pd	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.05	0.05
Sn	2.5	0.125	2.5	2.5	1	1
I	0.000125	0.00125	0	0.00125	0	0
Cs	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.05	0.05
Pb	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.05	0.05
Ra	0.00125	0.00125	0.00125	0.00125	0.001	0.001
Ac	0.25	0.0125	0.25	0.25	1	1
Th	0.25	0.0125	0.25	0.25	5	5
Pa	0.25	0.0125	0.25	0.25	1	1
U	0.025	0.00125	0.025	0.025	0.005	0.005
Np	0.25	0.0125	0.25	0.25	0.005	0.005
Pu	0.025	0.00125	0.025	0.025	10	10
Am	0.25	0.0125	0.25	0.25	1	1
Cm	0.25	0.0125	0.25	0.25	1	1

付表 8.6-3 海水系還元性地下水環境下での実効拡散係数

移行媒体	セメント	ベントナイト
実効拡散係数 [m <sup>2</sup> /s]	全元素共通で 8×10 <sup>-10</sup>	全元素共通で 3×10 <sup>-10</sup>

付表 8.6-4 降水系酸化性地下水環境下での実効拡散係数

移行媒体	セメント	ベントナイト
実効拡散係数 [m <sup>2</sup> /s]	全元素共通で 8×10 <sup>-10</sup>	Cs : 4×10 <sup>-10</sup>
		Cl, I, Se, Mo, Tc, U, Np : 4×10 <sup>-11</sup>
		それ以外 : 3×10 <sup>-10</sup>

付表 8.6-5 海水系還元性地下水における各岩種に対する実効拡散係数および収着分配係数

地下水	海水系地下水											
	結晶質岩(酸性)		結晶質岩(塩基性)		先新第三紀堆積岩				新第三紀堆積岩			
	花崗岩				泥質岩・凝灰質岩		砂質岩		泥質岩・凝灰質岩		砂質岩	
間隙率 [%]	2						20					
乾燥密度 [Mg/m <sup>3</sup> ]	2.64						2.16					
実効拡散係数 [m <sup>2</sup> /s]	3.E-12		9.E-14		4.E-13		1.E-12		9.E-12		5.E-11	
断層移行距離 [m]	800						300					
廃棄体グループ	1・2・4	3	1・2・4	3	1・2・4	3	1・2・4	3	1・2・4	3	1・2・4	3
収着分配係数 [m <sup>3</sup> /kg]	C(無機)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C(有機)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Co	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	Ca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sr	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	Se	0.01	0	0.01	0	0.01	0	0.001	0	0.01	0	0.001
	Ni	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	Zr	0.1	0.1	0.5	0.5	1	1	0.1	0.1	1	1	0.1
	Mo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nb	0.1	0.1	0.5	0.5	1	1	0.1	0.1	1	1	0.1
	Tc	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pd	0.1	0.1	1	1	1	1	0.1	0.1	1	1	0.1
	Sn	1	1	5	5	5	5	1	1	5	5	1
	Cs	0.005	0.0005	0.01	0.001	0.01	0.001	0.005	0.0005	0.01	0.001	0.005
	Sm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pb	0.1	0.1	1	1	1	1	0.1	0.1	1	1	0.1
	Ra	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	Ac	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Th	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Pa	1	0.005	1	0.005	1	0.005	1	0.005	1	0.005	1
	U	1	0.005	1	0.005	1	0.005	1	0.005	1	0.005	1
	Np	1	0.005	1	0.005	1	0.005	1	0.005	1	0.005	1
	Pu	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1
	Am	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Cm	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	

付表 8.6-6 人工バリア変質影響ケースにおけるデータ

影響を受けるパラメータ	単位	止水性喪失後の設定
溶解度	mol/dm <sup>3</sup>	全元素を可溶性元素と仮定
セメントの収着分配係数	m <sup>3</sup> /kg	Region I, II, III でのデータの最小値 (付表 8.6-7 参照)
緩衝材の収着分配係数	m <sup>3</sup> /kg	全元素で 0 と仮定
緩衝材透水係数	m/s	1×10 <sup>-5</sup>
セメント間隙率	%	46
緩衝材実効拡散係数	m <sup>2</sup> /s	全元素で 2×10 <sup>-9</sup>

付表 8.6-7 人工バリア変質影響ケースにおけるセメントへの収着分配係数

[m<sup>3</sup>/kg]

収着媒体 廃棄体グループ	セメント			
	1	2	3	4
C (無機)	0.25	0.25	0.25	0.25
C (有機)	0.00025	0.00025	0	0.00025
Cl	0	0	0	0
Co	0.00125	0.00125	0.00125	0.00125
Ni	0.00125	0.00125	0.00125	0.00125
Se	0.0025	0.0025	0	0.0025
Sr	0.00125	0.00125	0.00125	0.00125
Zr	0.25	0.0125	0.25	0.25
Nb	0	0	0	0
Mo	0.0025	0.0025	0.000025	0.0025
Tc	0.25	0.25	0	0.25
Pd	0.00125	0.00125	0.00125	0.00125
Sn	0.25	0.0125	0.25	0.25
I	0	0	0	0
Cs	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025
Pb	0.00125	0.00125	0.00125	0.00125
Ra	0.00125	0.00125	0.00125	0.00125
Ac	0.25	0.0125	0.25	0.25
Th	0.25	0.0125	0.25	0.25
Pa	0.25	0.0125	0.25	0.25
U	0.25	0.0125	0.025	0.25
Np	0.25	0.0125	0.25	0.25
Pu	0.25	0.0125	0.025	0.25
Am	0.25	0.0125	0.25	0.25
Cm	0.25	0.0125	0.25	0.25

付表 8.6-8 天然有機物影響ケースにおける母岩の収着分配係数

廃棄体グループ	m <sup>3</sup> /kg	
	1、2、4	3
C(無機)	0	0
C(有機)	0	0
Cl	0	0
Co	0.005	0.0005
Ni	0.005	0.0005
Se	0	0
Sr	0.05	0.05
Zr	0.01	0.01
Nb	0.01	0.01
Mo	0	0
Tc	0.05	0
Pd	0.05	0.05
Sn	0.1	0.1
I	0	0
Cs	0.001	0.001
Pb	0.1	0.1
Ra	0.05	0.05
Ac	0.05	0.05
Th	0.1	0.1
Pa	0.1	0.005
U	0.1	0.005
Np	0.1	0.005
Pu	0.1	0.05
Am	0.05	0.05
Cm	0.05	0.05

付表 8.6-9 ガス影響ケースにおけるデータ

影響を受ける パラメータ	単位	廃棄体グループ			
		1	2	3	4
総排水量	m <sup>3</sup> /m	2.6	1.0	1.9	1.9
最大排水速度	m <sup>3</sup> /m/y	0.26	0.17	0.007	0.024
排水開始時刻	y	1,000	100	30	10
排水期間	y	総排水量/最大排水速度とする			

(電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構, 2005 を編集)

付表 8.6-10 酸化性条件下での花崗岩に対する実効拡散係数および収着分配係数

実効拡散係数 [m <sup>2</sup> /s]		3.0E-12	
廃棄体グループ		1・2・4	3
収着分配係数 [m <sup>3</sup> /kg]	C (無機)	0.0001	0
	C (有機)	0.0001	0
	Cl	0.0001	0
	Co	0.01	0.001
	Ni	0.01	0.001
	Se	0	0
	Sr	0.5	0.05
	Zr	0.1	0.1
	Nb	0.1	0.1
	Mo	0.0001	0
	Tc	0	0
	Pd	0.1	0.1
	Sn	1	1
	I	0.0001	0
	Cs	0.05	0.005
	Pb	0.1	0.1
	Ra	0.5	0.05
	Ac	5	5
	Th	1	1
	Pa	0.005	0.005
U	0.005	0.005	
Np	0.005	0.005	
Pu	0.05	0.05	
Am	5	5	
Cm	5	5	

付表 8.6-11 シーリングミスケースにおけるデータ

影響を受けるパラメータ	単位	シーリングミスケース
EDZ における地下水通過流量	m <sup>3</sup> /y	レファレンスケースの 10 倍
母岩の地下水流速	m/y	レファレンスケースの 10 倍
断層の地下水流速	m/y	断層を移行媒体として考慮しない

(電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構, 2005 を編集)

付表 8.6-12 ボーリング影響ケースにおけるデータ

影響を受けるパラメータ	単位	ボーリング影響ケース
ボーリング掘削時期	y	300, 1,000
溶解度	mol/dm <sup>3</sup>	酸化性条件 (表 8.4.3-4 参照)
セメントの収着分配係数	m <sup>3</sup> /kg	酸化性条件 (付表 8.6-2 参照)
緩衝材の収着分配係数	m <sup>3</sup> /kg	
セメント実効拡散係数	m <sup>2</sup> /s	酸化性条件 (付表 8.6-4 参照)
緩衝材実効拡散係数	m <sup>2</sup> /s	
EDZ における地下水通過流量	m <sup>3</sup> /y	レファレンスケースの 10 倍
母岩の地下水流速	m/y	移行媒体として考慮しない
断層の地下水流速	m/y	移行媒体として考慮しない

## 付録 8-6 参考文献

電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構 (2005) : TRU 廃棄物処分技術検討書—第 2 次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ—根拠資料集 分冊 2 地層処分の安全性の検討, JNC TY1450 2005-001(2), FEPC TRU-TR2-2005-4, p346

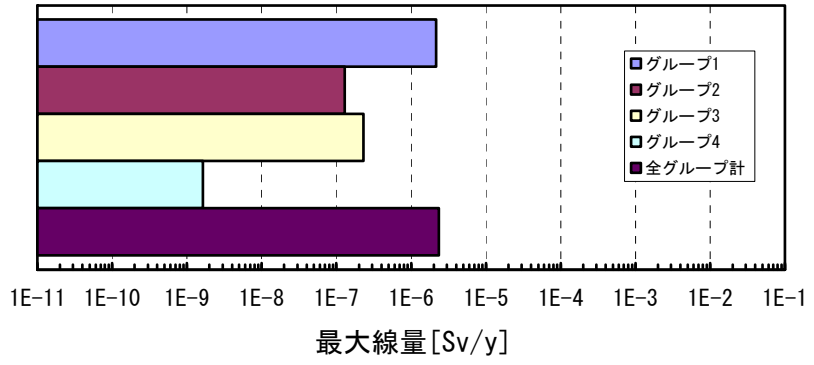


## 付録8-7 サブシナリオの結果(8.4.4)

付図 8.7-1 サブシナリオの結果(1/14)	1
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(2/14)	2
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(3/14)	3
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(4/14)	4
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(5/14)	5
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(6/14)	6
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(7/14)	7
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(8/14)	8
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(9/14)	9
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(10/14)	10
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(11/14)	11
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(12/14)	12
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(13/14)	13
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(14/14)	14
付図 8.7-2 変動シナリオの結果(1/7)	15
付図 8.7-2 変動シナリオの結果(2/7)	16
付図 8.7-2 変動シナリオの結果(3/7)	17
付図 8.7-2 変動シナリオの結果(4/7)	18
付図 8.7-2 変動シナリオの結果(5/7)	19
付図 8.7-2 変動シナリオの結果(6/7)	20
付図 8.7-2 変動シナリオの結果(7/7)	21

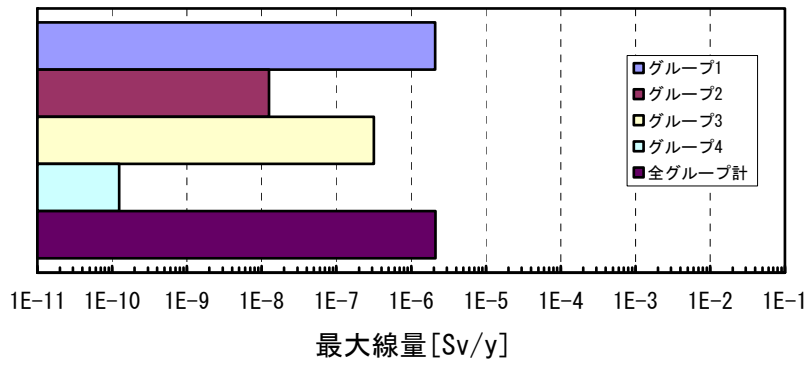
### サブシナリオの結果

ケースNo. 1  
レファレンスケース

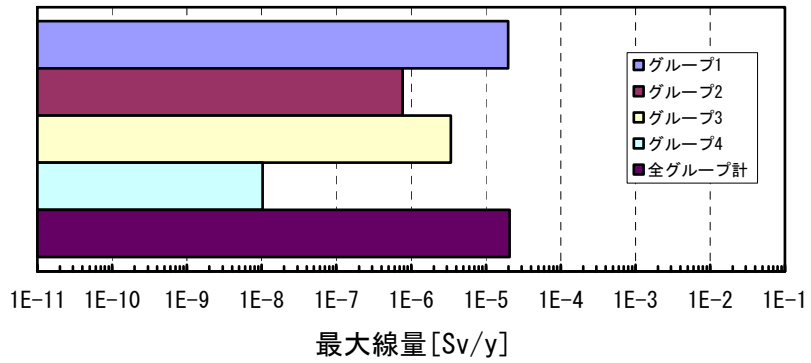


付図 8.7-1 サブシナリオの結果 (1/14)

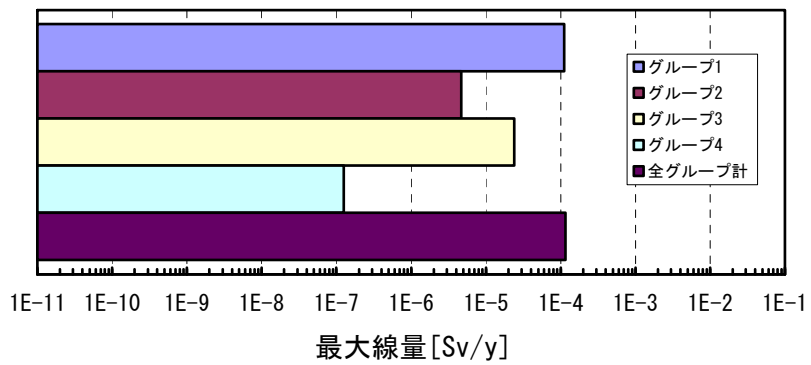
ケースNo. 2-1  
 水理環境変更ケース  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$



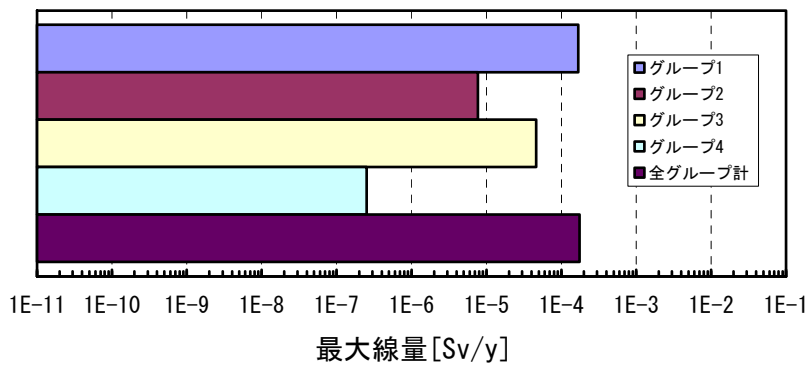
ケースNo. 2-2  
 水理環境変更ケース  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-9} \text{m}^2/\text{s}$



ケースNo. 2-3  
 水理環境変更ケース  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-8} \text{m}^2/\text{s}$

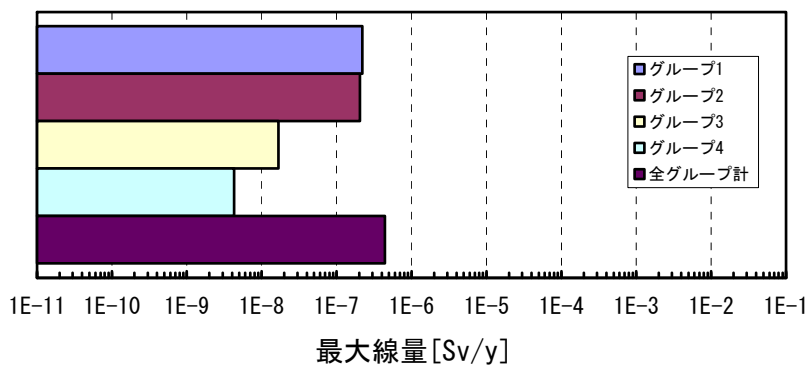


ケースNo. 2-4  
 水理環境変更ケース  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-7} \text{m}^2/\text{s}$

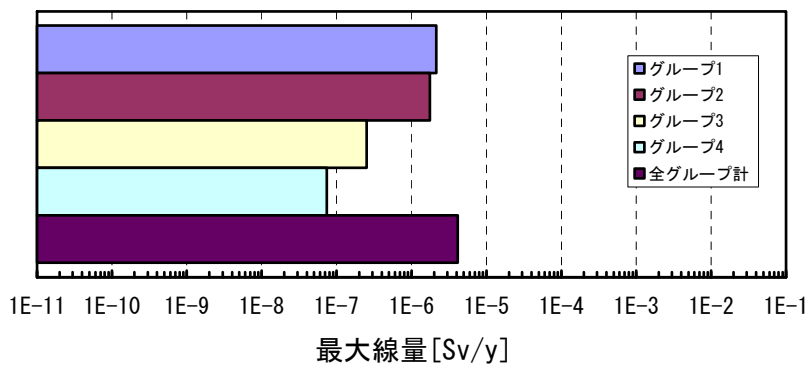


付図 8.7-1 サブシナリオの結果(2/14)

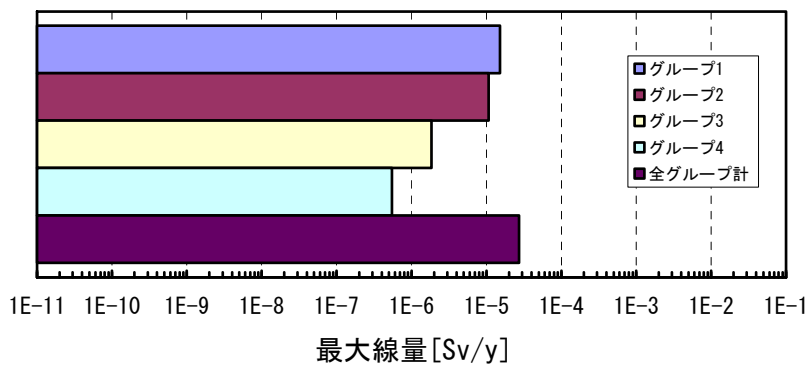
ケースNo. 3-1  
 水理環境変更&  
 地下水タイプ  
 変更ケース  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$



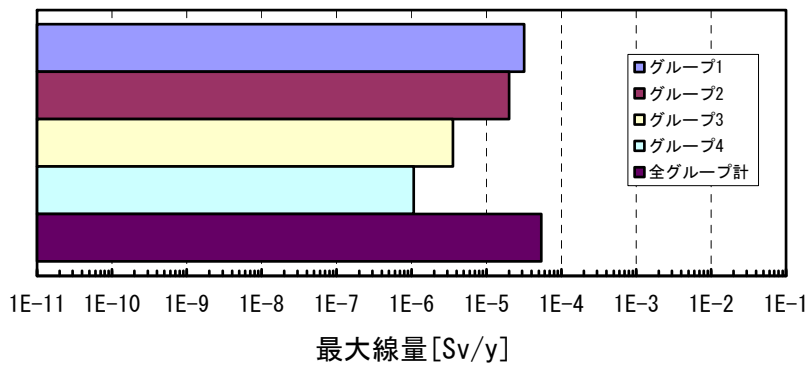
ケースNo. 3-2  
 水理環境変更&  
 地下水タイプ  
 変更ケース  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-9} \text{m}^2/\text{s}$



ケースNo. 3-3  
 水理環境変更&  
 地下水タイプ  
 変更ケース  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-8} \text{m}^2/\text{s}$

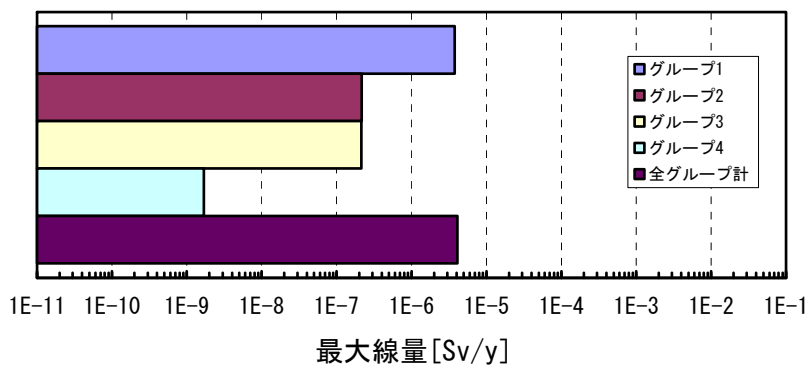


ケースNo. 3-4  
 水理環境変更&  
 地下水タイプ  
 変更ケース  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-7} \text{m}^2/\text{s}$

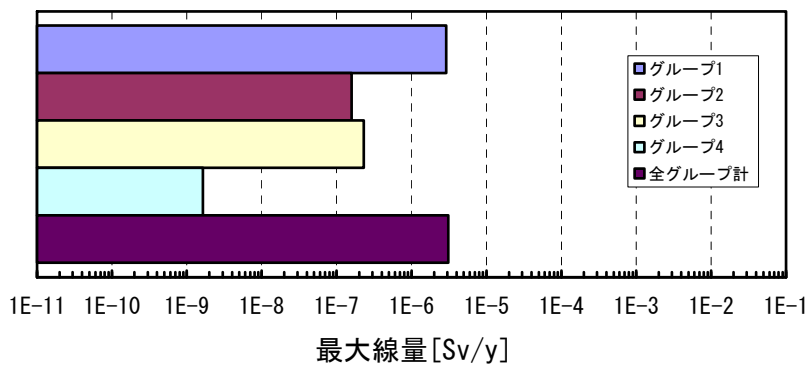


付図 8.7-1 サブシナリオの結果(3/14)

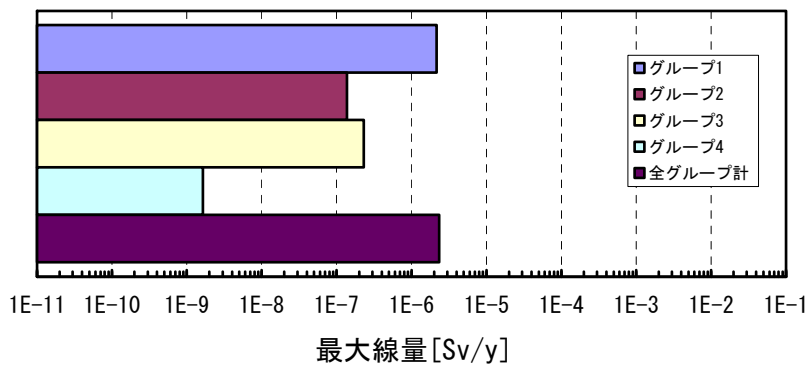
ケースNo. 4-1  
人工バリア変質影響  
ケース  
緩衝材の止水性  
喪失時間1000年



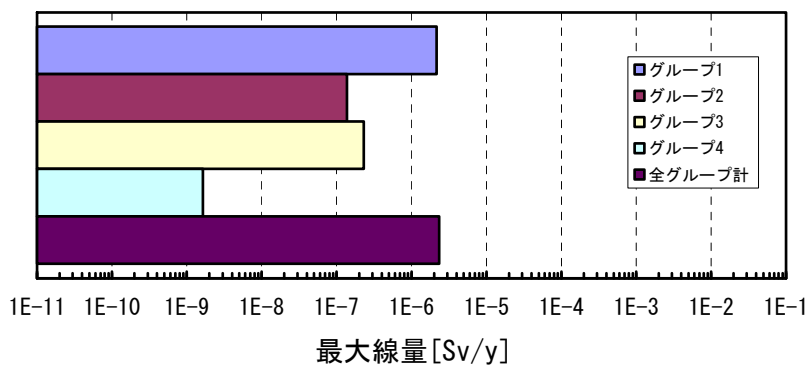
ケースNo. 4-2  
人工バリア変質影響  
ケース  
緩衝材の止水性  
喪失時間1万年



ケースNo. 4-3  
人工バリア変質影響  
ケース  
緩衝材の止水性  
喪失時間10万年

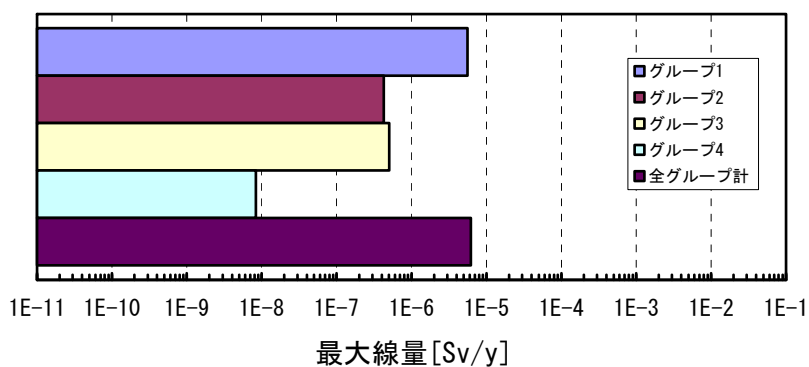


ケースNo. 4-4  
人工バリア変質影響  
ケース  
緩衝材の止水性  
喪失時間100万年

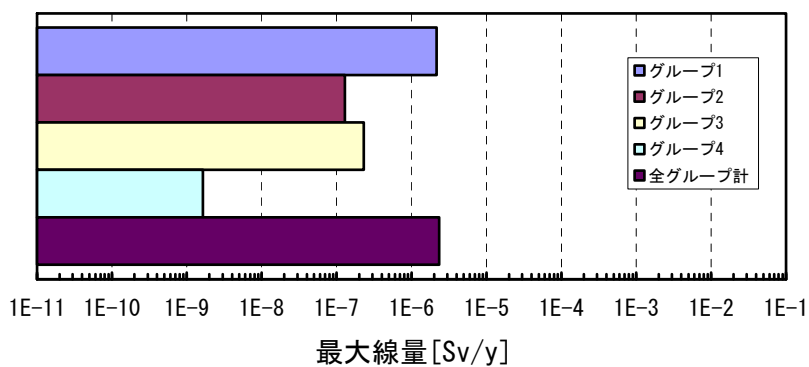


付図 8.7-1 サブシナリオの結果(4/14)

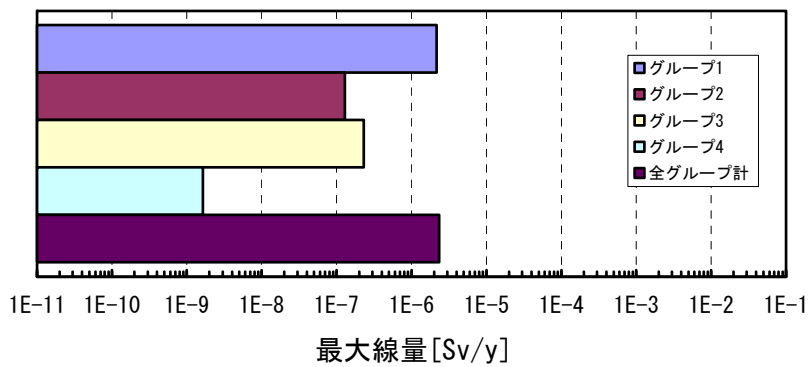
ケースNo. 5  
高pHによる母岩変質  
影響ケース



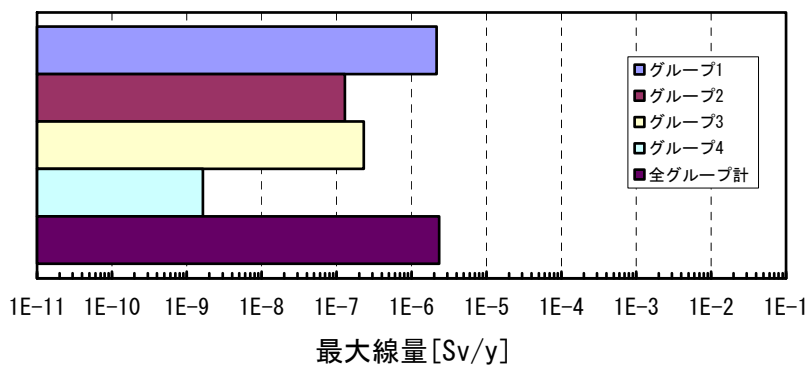
ケースNo. 6-1  
初期酸化性  
影響ケース  
酸化性環境  
継続時間100年



ケースNo. 6-2  
初期酸化性  
影響ケース  
酸化性環境  
継続時間1000年

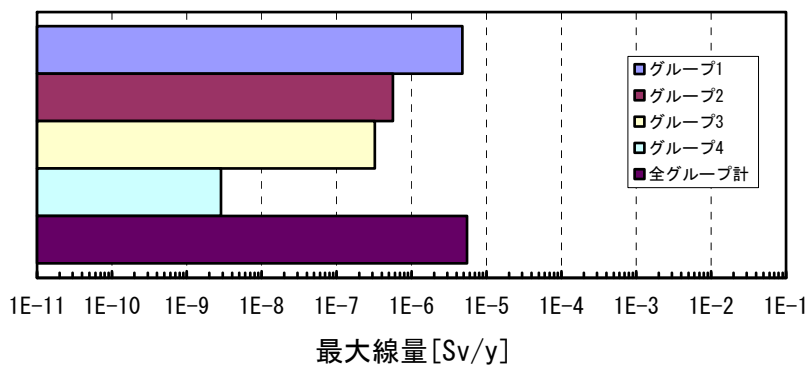


ケースNo. 6-3  
初期酸化性  
影響ケース  
酸化性環境  
継続時間1万年

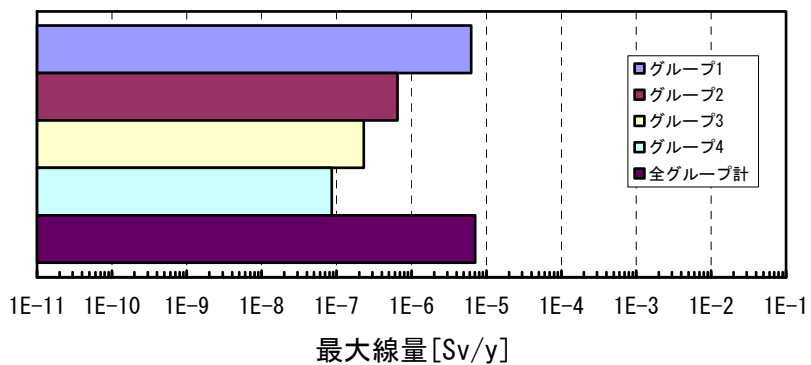


付図 8.7-1 サブシナリオの結果(5/14)

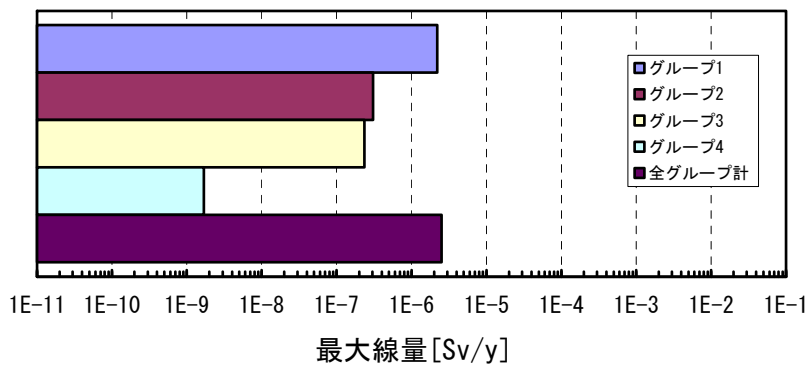
ケースNo. 7  
コロイド影響ケース



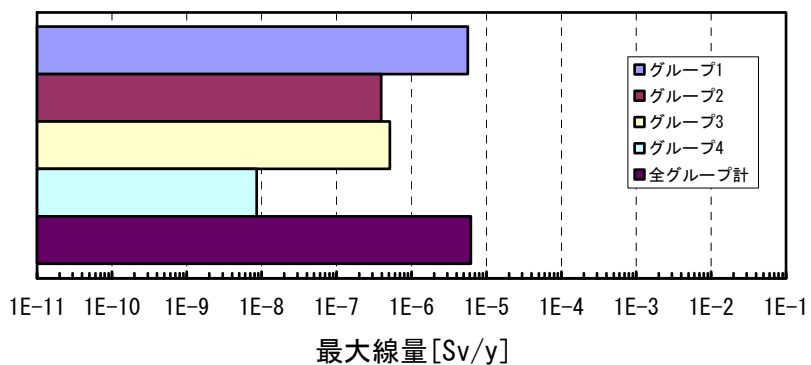
ケースNo. 8  
天然有機物  
影響ケース



ケースNo. 9  
ガス影響ケース

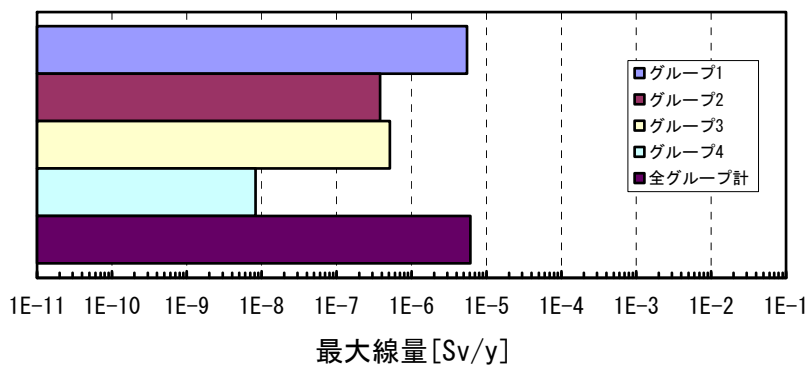


ケースNo. 10-1  
複合変質影響ケース  
緩衝材の止水性  
喪失時間1000年

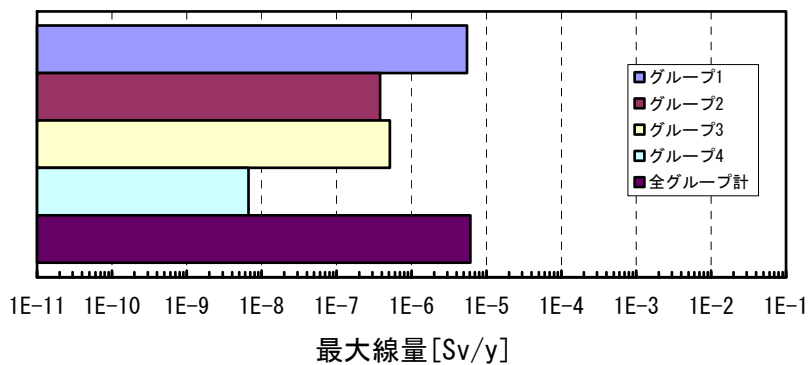


付図 8.7-1 サブシナリオの結果(6/14)

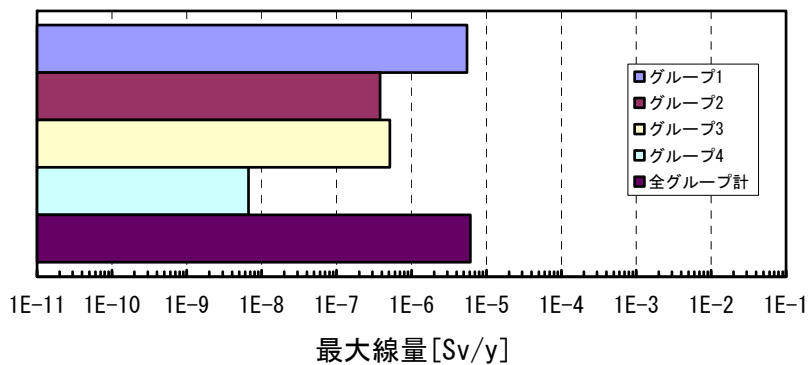
ケースNo. 10-2  
 複合変質影響ケース  
 緩衝材の止水性  
 喪失時間1万年



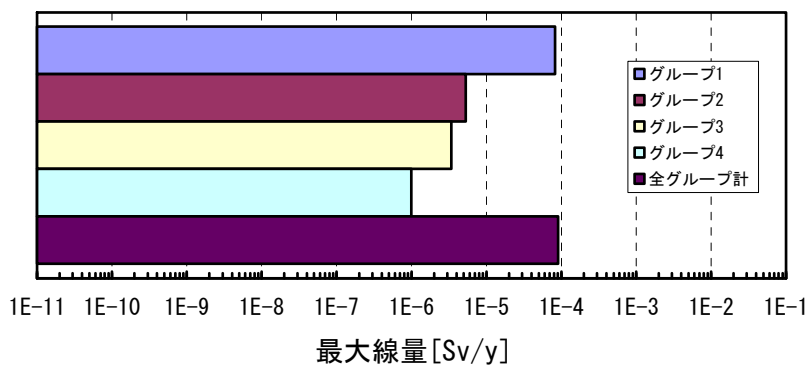
ケースNo. 10-3  
 複合変質影響ケース  
 緩衝材の止水性  
 喪失時間10万年



ケースNo. 10-4  
 複合変質影響ケース  
 緩衝材の止水性  
 喪失時間100万年



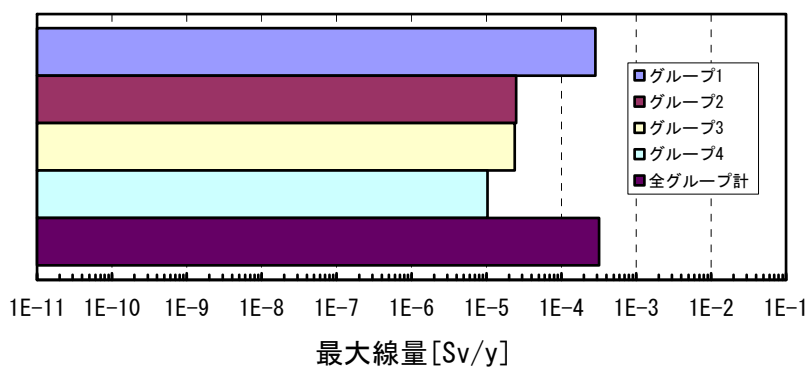
ケースNo. 11-1  
 天然有機物影響&  
 水理環境変更ケース  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$



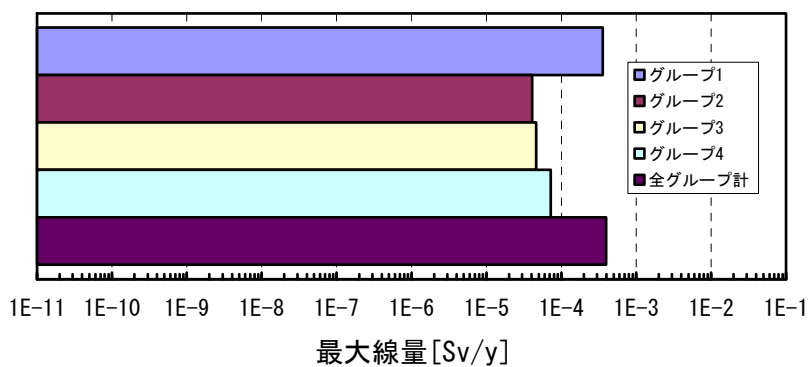
付図 8.7-1 サブシナリオの結果(7/14)



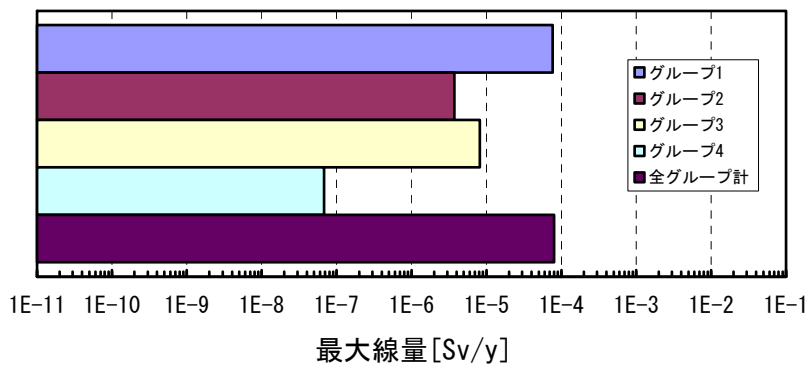
ケースNo. 11-2  
 天然有機物影響&  
 水理環境変更ケース  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-8} \text{m}^2/\text{s}$



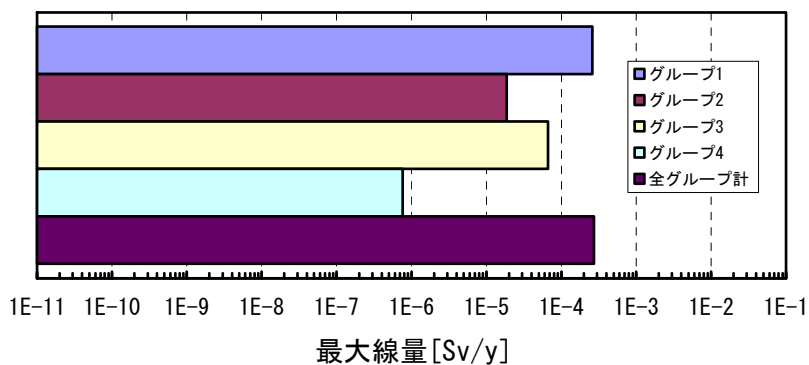
ケースNo. 11-3  
 天然有機物影響&  
 水理環境変更ケース  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-7} \text{m}^2/\text{s}$



ケースNo. 12-1  
 複合変質影響&  
 水理環境変更ケース  
 緩衝材の止水性  
 喪失時間1000年  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-9} \text{m}^2/\text{s}$

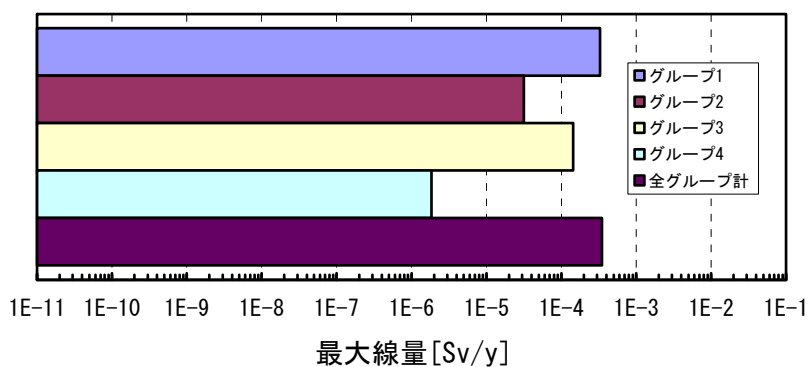


ケースNo. 12-2  
 複合変質影響&  
 水理環境変更ケース  
 緩衝材の止水性  
 喪失時間1000年  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-8} \text{m}^2/\text{s}$

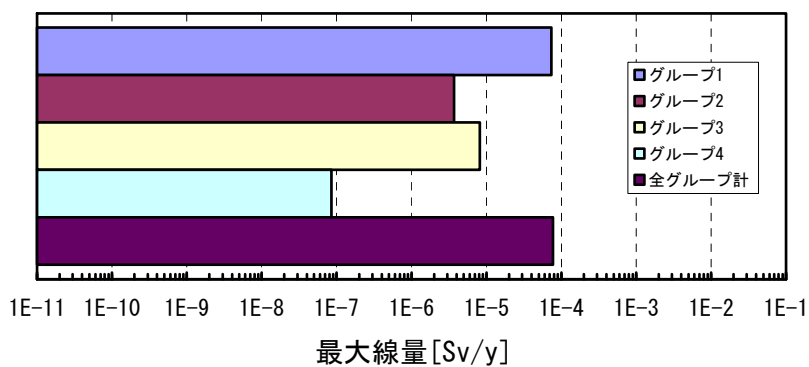


付図 8.7-1 サブシナリオの結果(8/14)

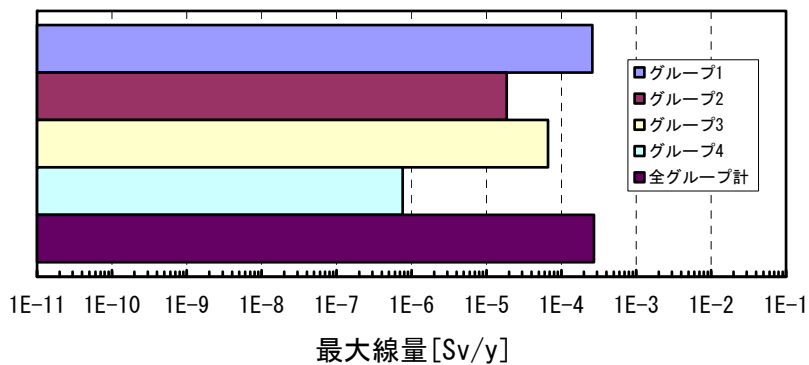
ケースNo. 12-3  
 複合変質影響&  
 水理環境変更ケース  
 緩衝材の止水性  
 喪失時間1000年  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$



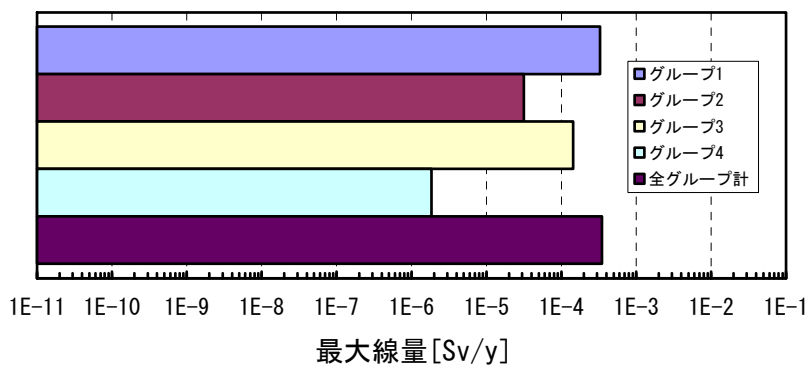
ケースNo. 13-1  
 複合変質影響&  
 水理環境変更ケース  
 緩衝材の止水性  
 喪失時間1万年  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$



ケースNo. 13-2  
 複合変質影響&  
 水理環境変更ケース  
 緩衝材の止水性  
 喪失時間1万年  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$

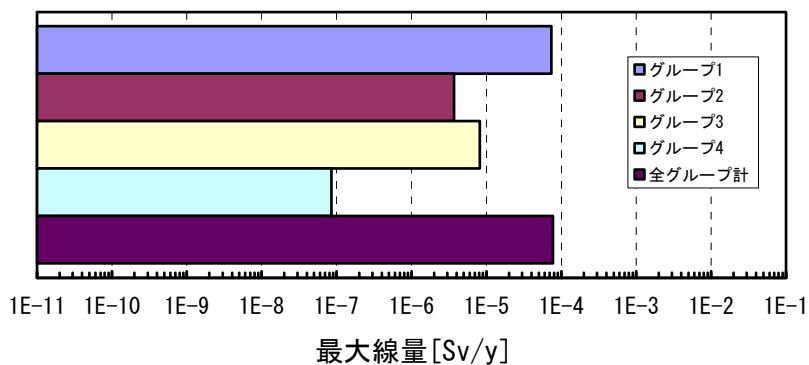


ケースNo. 13-3  
 複合変質影響&  
 水理環境変更ケース  
 緩衝材の止水性  
 喪失時間1万年  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

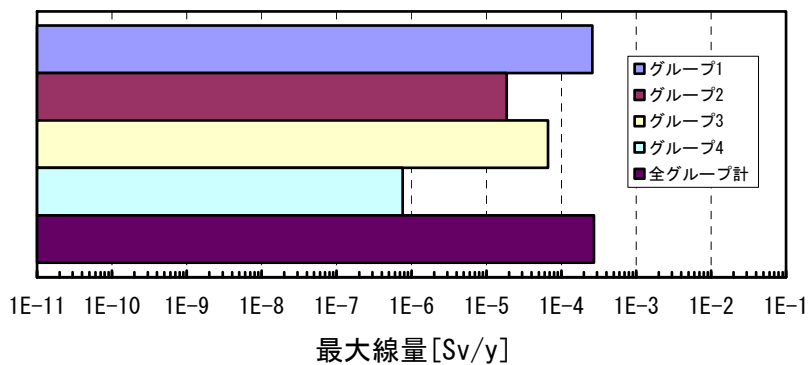


付図 8.7-1 サブシナリオの結果(9/14)

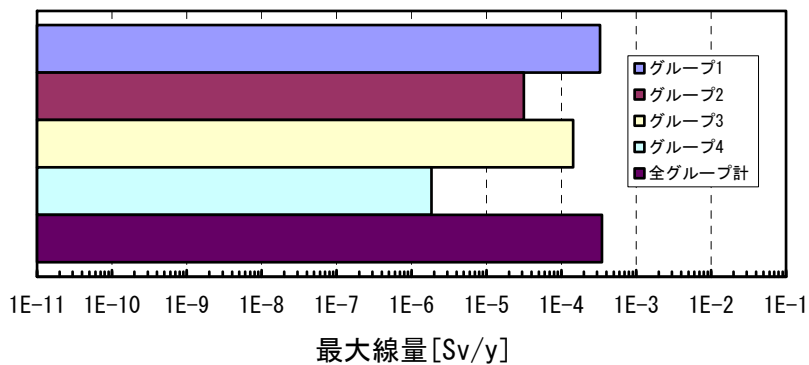
ケースNo. 14-1  
 複合変質影響&  
 水理環境変更ケース  
 緩衝材の止水性  
 喪失時間10万年  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$



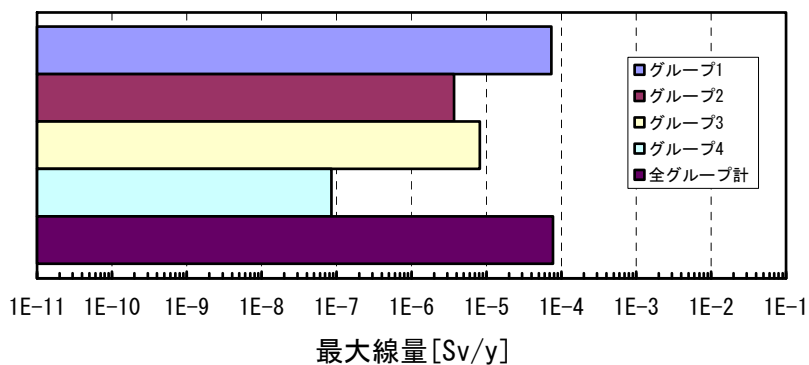
ケースNo. 14-2  
 複合変質影響&  
 水理環境変更ケース  
 緩衝材の止水性  
 喪失時間10万年  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$



ケースNo. 14-3  
 複合変質影響&  
 水理環境変更ケース  
 緩衝材の止水性  
 喪失時間10万年  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

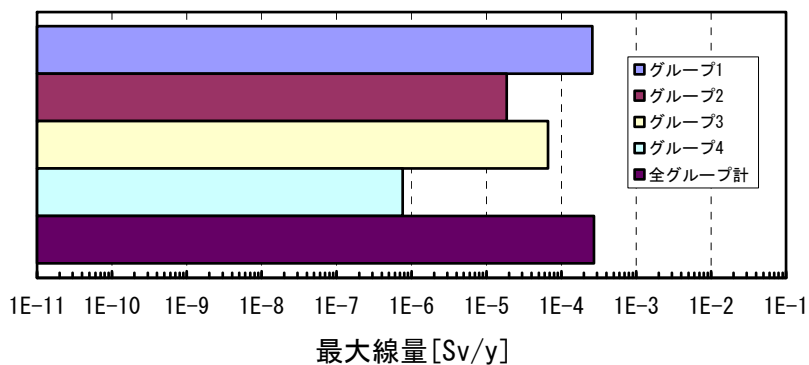


ケースNo. 15-1  
 複合変質影響&  
 水理環境変更ケース  
 緩衝材の止水性  
 喪失時間100万年  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$

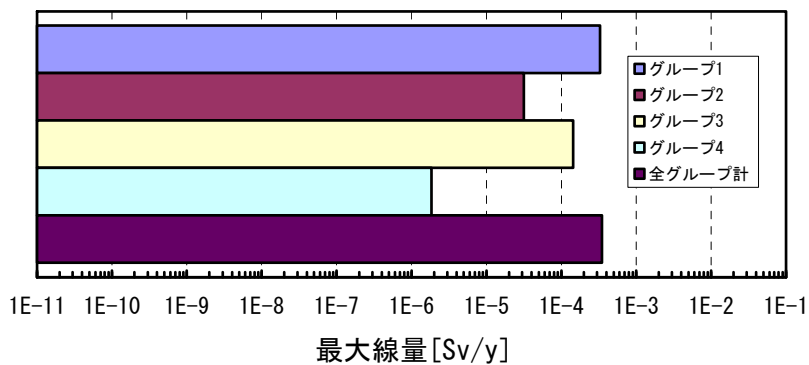


付図 8.7-1 サブシナリオの結果 (10/14)

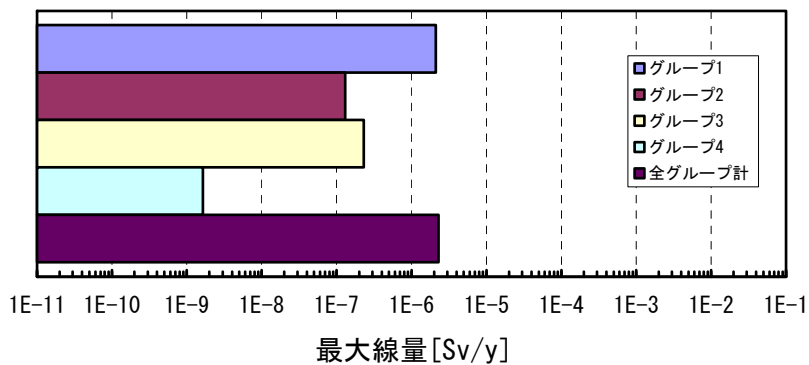
ケースNo. 15-2  
 複合変質影響&  
 水理環境変更ケース  
 緩衝材の止水性  
 喪失時間100万年  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-8} \text{m}^2/\text{s}$



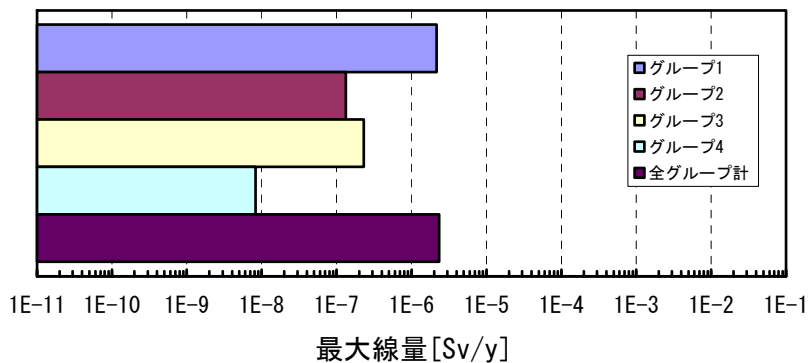
ケースNo. 15-3  
 複合変質影響&  
 水理環境変更ケース  
 緩衝材の止水性  
 喪失時間100万年  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-7} \text{m}^2/\text{s}$



ケースNo. 16-1  
 岩種変更ケース  
 結晶質岩 (塩基性)

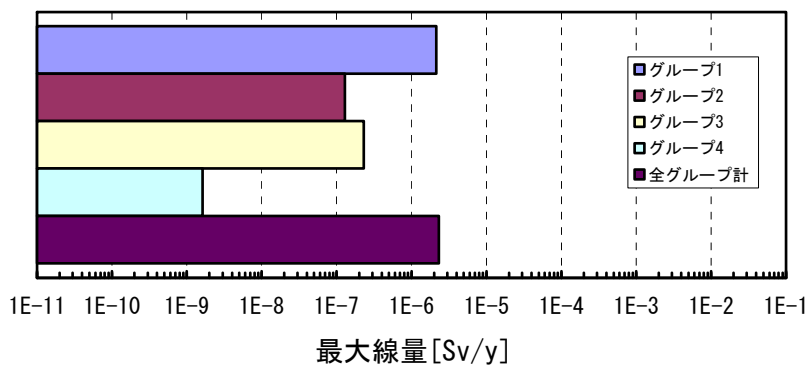


ケースNo. 16-2  
 岩種変更ケース  
 先新第三紀砂質岩

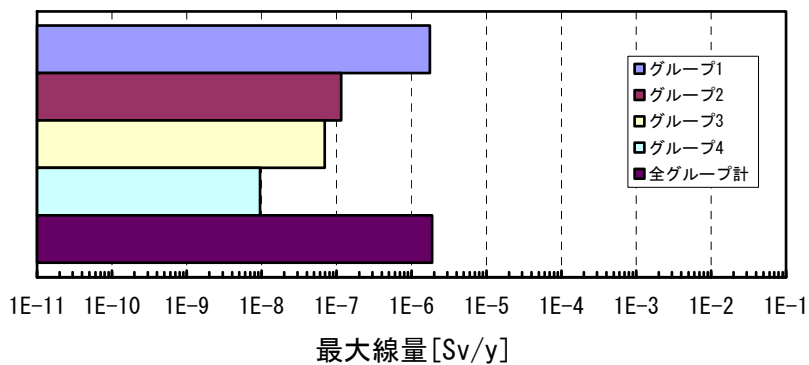


付図 8.7-1 サブシナリオの結果 (11/14)

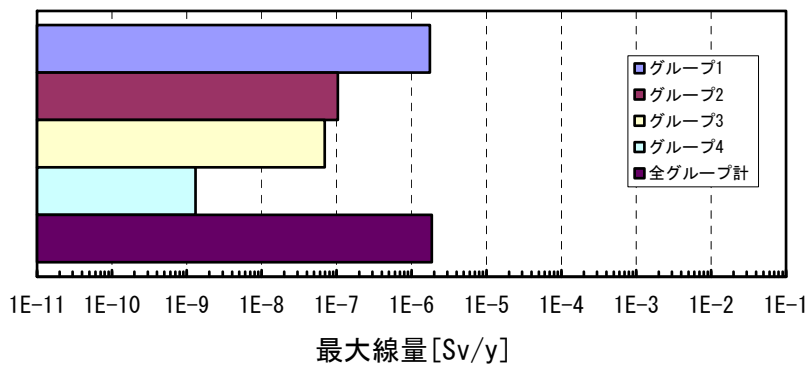
ケースNo. 16-3  
 岩種変更ケース  
 先新第三紀泥質・  
 凝灰質岩



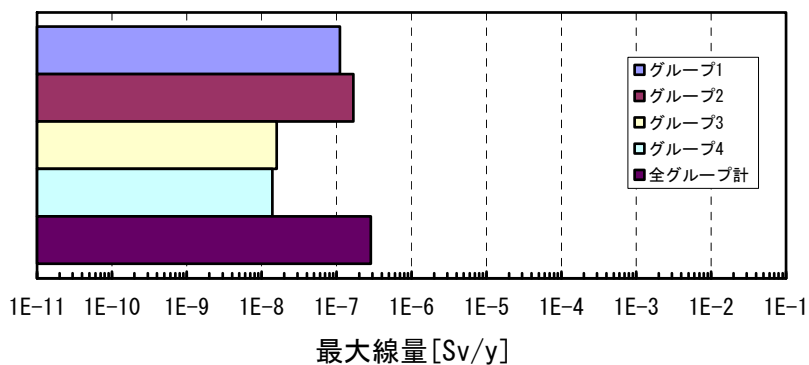
ケースNo. 16-4  
 岩種変更ケース  
 新第三紀砂質岩



ケースNo. 16-5  
 岩種変更ケース  
 新第三紀泥質・  
 凝灰質岩

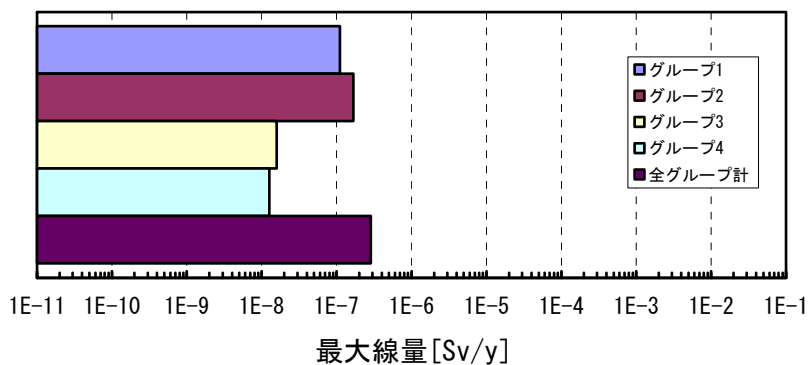


ケースNo. 17-1  
 岩種変更&地下水  
 タイプ変更ケース  
 結晶質岩(酸性)

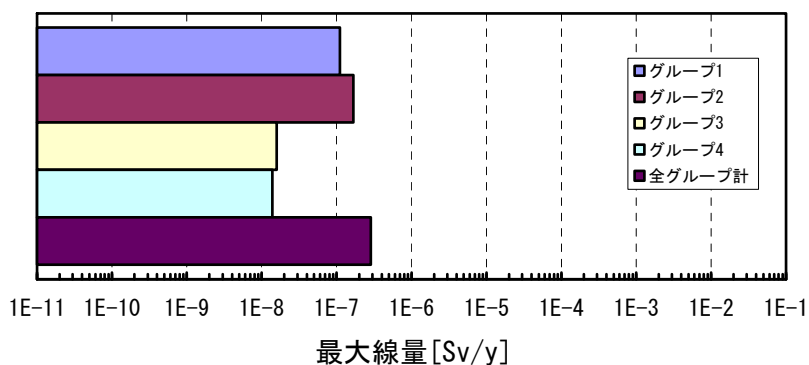


付図 8.7-1 サブシナリオの結果(12/14)

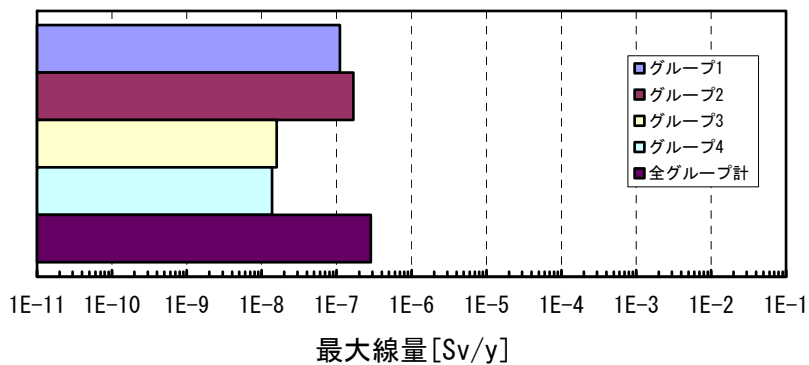
ケースNo. 17-2  
 岩種変更&地下水  
 タイプ変更ケース  
 結晶質岩(塩基性)



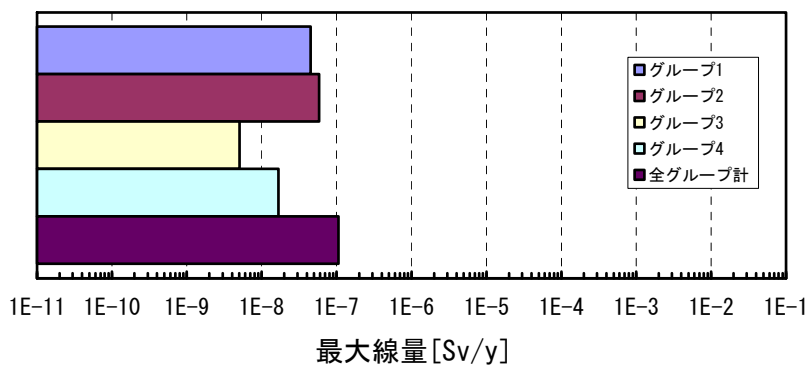
ケースNo. 17-3  
 岩種変更&地下水  
 タイプ変更ケース  
 先新第三紀砂質岩



ケースNo. 17-4  
 岩種変更&地下水  
 タイプ変更ケース  
 先新第三紀泥質・  
 凝灰質岩

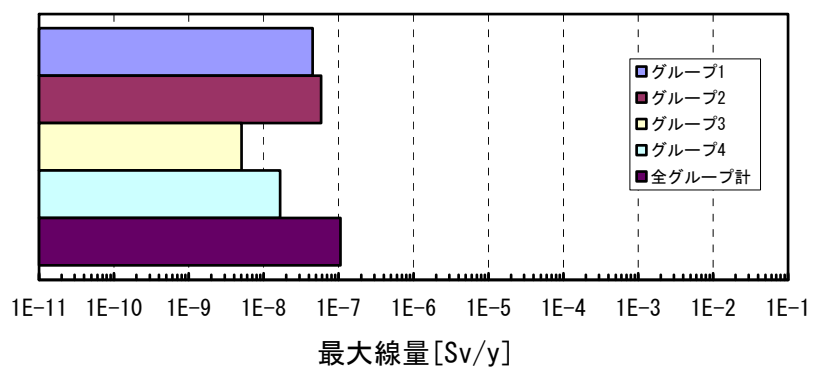


ケースNo. 17-5  
 岩種変更&地下水  
 タイプ変更ケース  
 新第三紀砂質岩



付図 8.7-1 サブシナリオの結果(13/14)

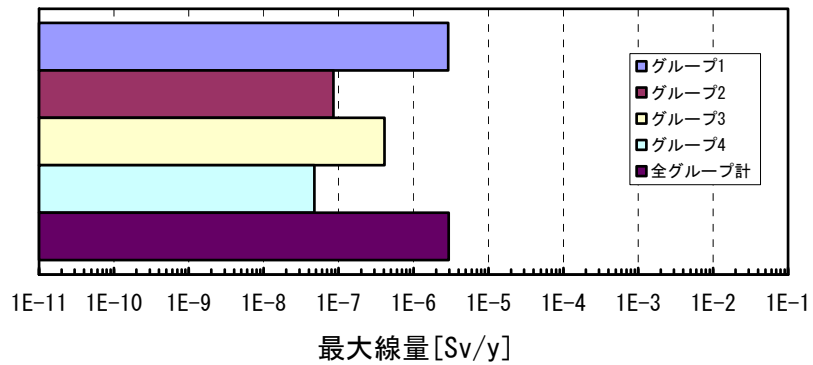
ケースNo. 17-6  
岩種変更&地下水  
タイプ変更ケース  
新第三紀泥質・  
凝灰質岩



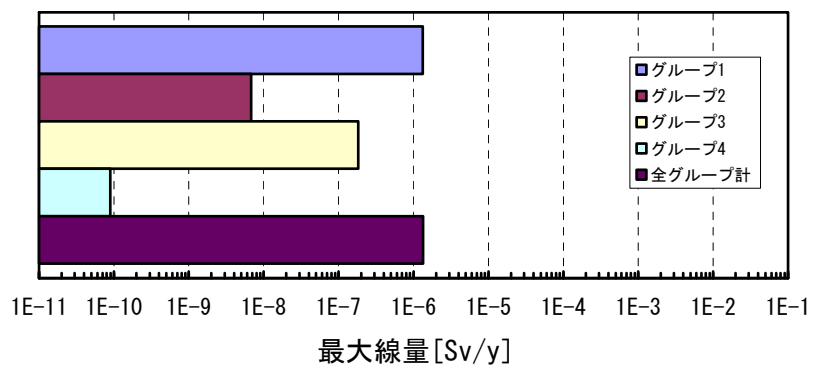
付図 8.7-1 サブシナリオの結果 (14/14)

○以下変動ケース

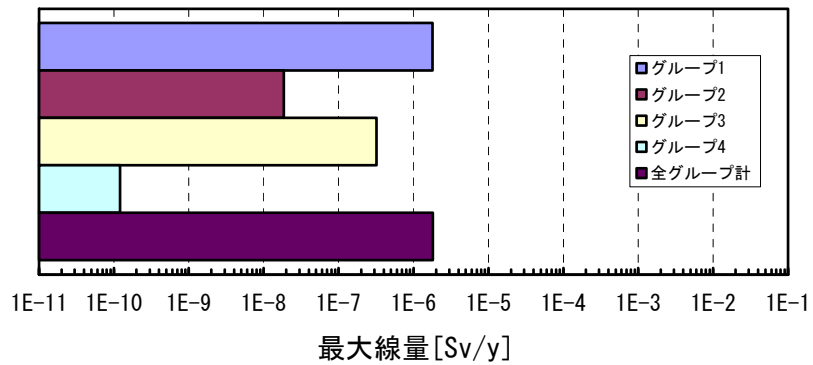
ケースNo. 18  
隆起・浸食ケース



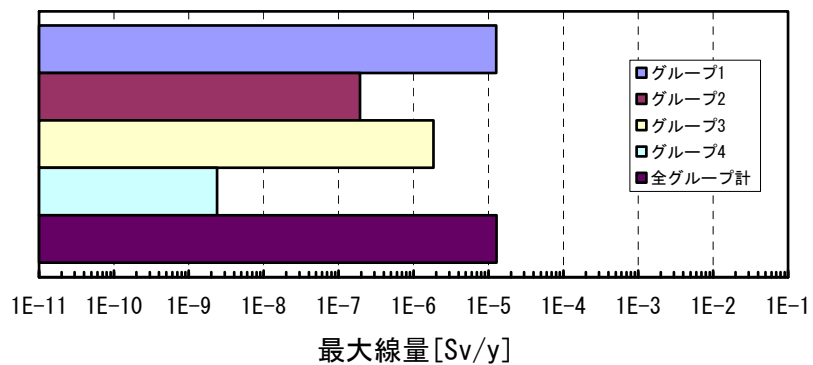
ケースNo. 19-1  
気候・海水準変動&  
水理環境変更ケース  
内陸立地  
母岩の透水量係数  
 $10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$   
河川水・寒冷気候



ケースNo. 19-2  
気候・海水準変動&  
水理環境変更ケース  
内陸立地  
母岩の透水量係数  
 $10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$   
河川水・  
ツンドラ気候



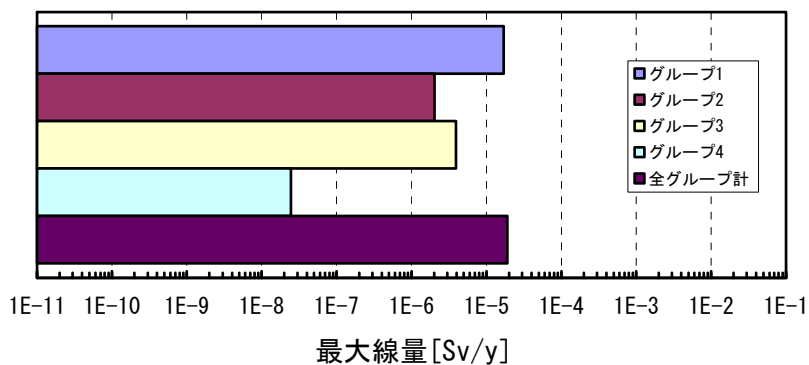
ケースNo. 19-3  
気候・海水準変動&  
水理環境変更ケース  
内陸立地  
母岩の透水量係数  
 $10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$   
河川水・寒冷気候



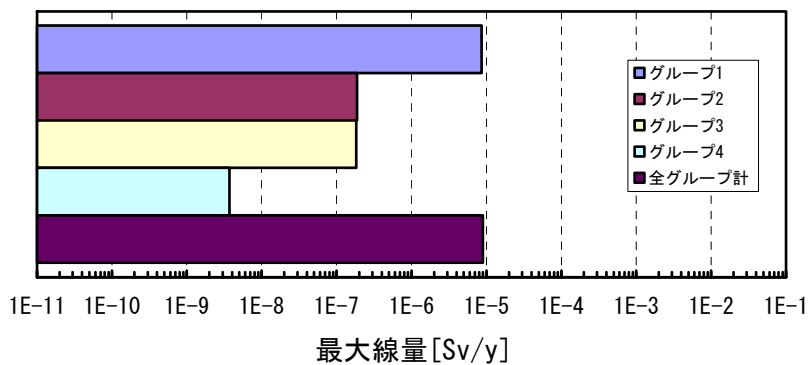
付図 8.7-2 変動シナリオの結果(1/7)



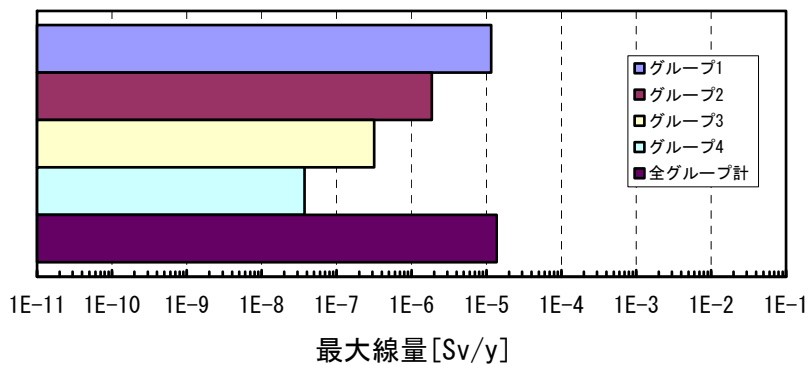
ケースNo. 19-4  
 気候・海水準変動&  
 水理環境変更ケース  
 内陸立地  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-9} \text{m}^2/\text{s}$   
 河川水・  
 ツンドラ気候



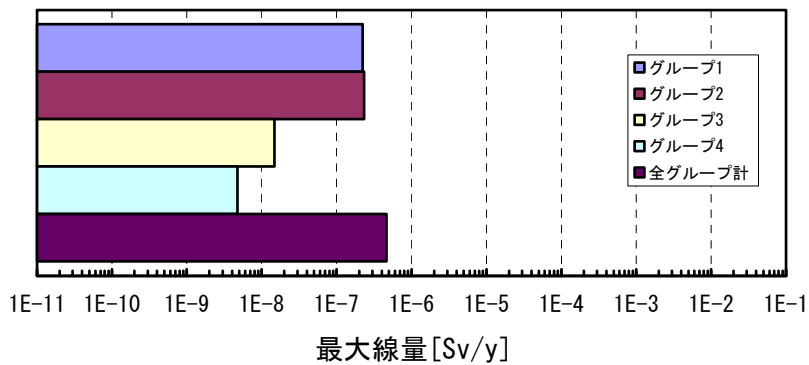
ケースNo. 20-1  
 気候・海水準変動&  
 水理環境変更ケース  
 沿岸立地  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$   
 河川水・寒冷気候



ケースNo. 20-2  
 気候・海水準変動&  
 水理環境変更ケース  
 沿岸立地  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$   
 河川水・  
 ツンドラ気候

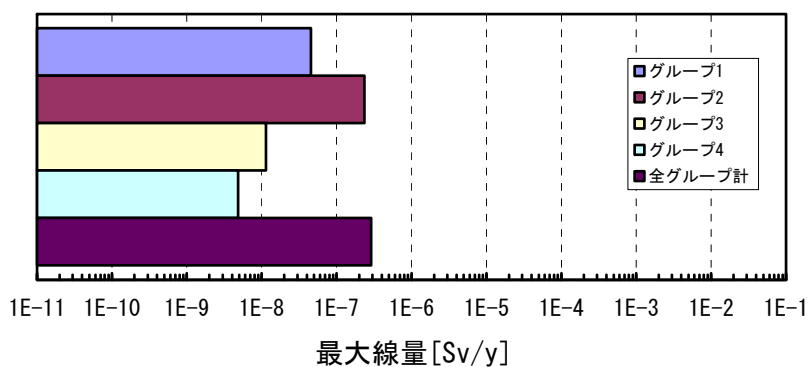


ケースNo. 20-3  
 気候・海水準変動&  
 水理環境変更ケース  
 沿岸立地  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$   
 沿岸海域堆積層・  
 寒冷気候

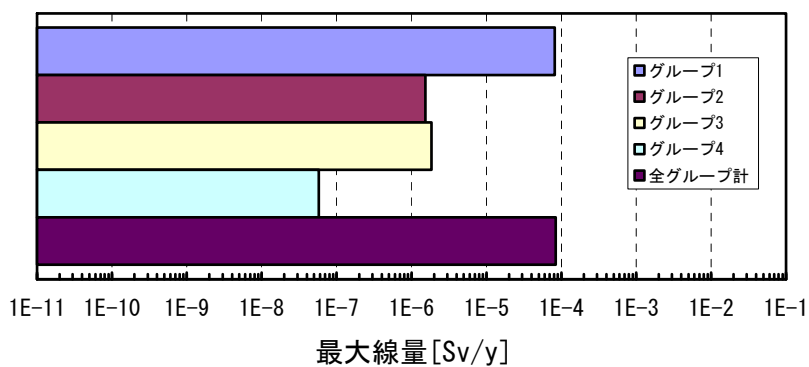


付図 8.7-2 変動シナリオの結果 (2/7)

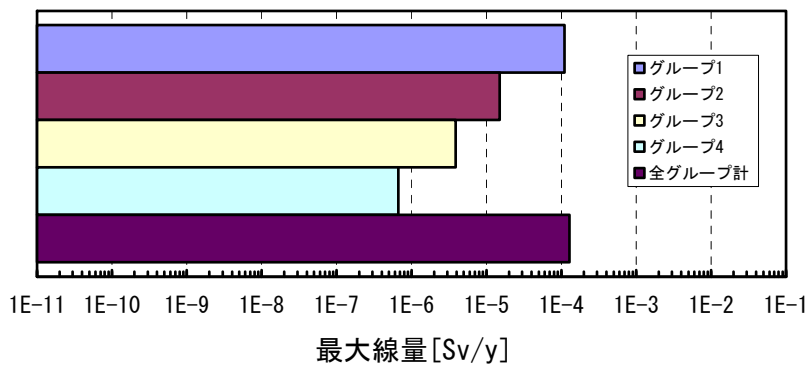
ケースNo. 20-4  
 気候・海水準変動&  
 水理環境変更ケース  
 沿岸立地  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$   
 沿岸海域堆積層・  
 ツンドラ気候



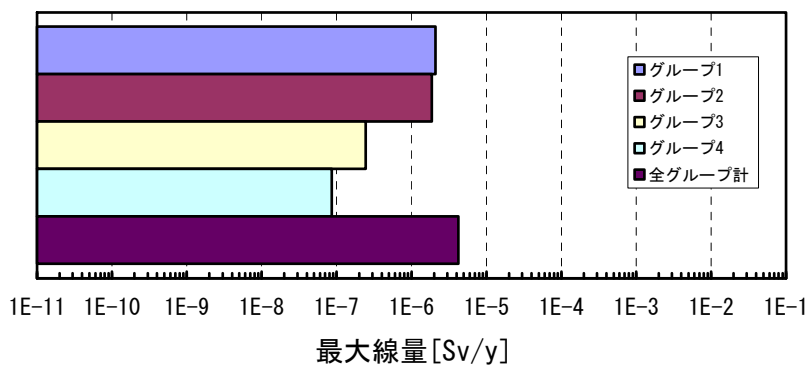
ケースNo. 20-5  
 気候・海水準変動&  
 水理環境変更ケース  
 沿岸立地  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-9} \text{m}^2/\text{s}$   
 河川水・寒冷気候



ケースNo. 20-6  
 気候・海水準変動&  
 水理環境変更ケース  
 沿岸立地  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-9} \text{m}^2/\text{s}$   
 河川水・  
 ツンドラ気候

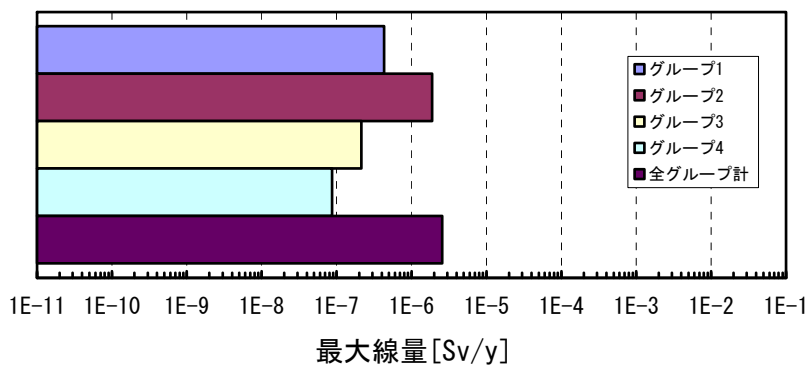


ケースNo. 20-7  
 気候・海水準変動&  
 水理環境変更ケース  
 沿岸立地  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-9} \text{m}^2/\text{s}$   
 沿岸海域堆積層・  
 寒冷気候

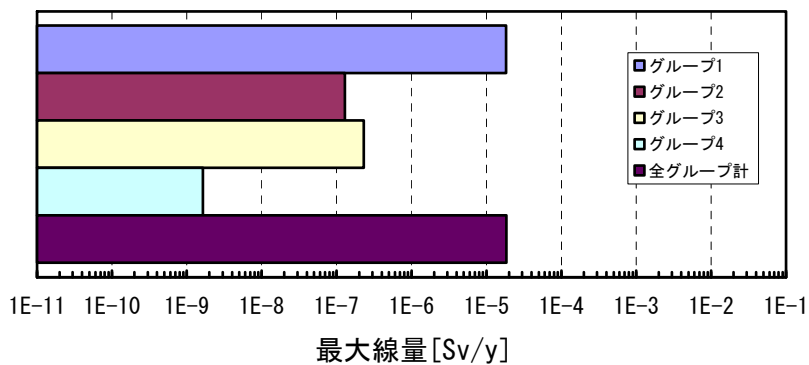


付図 8.7-2 変動シナリオの結果 (3/7)

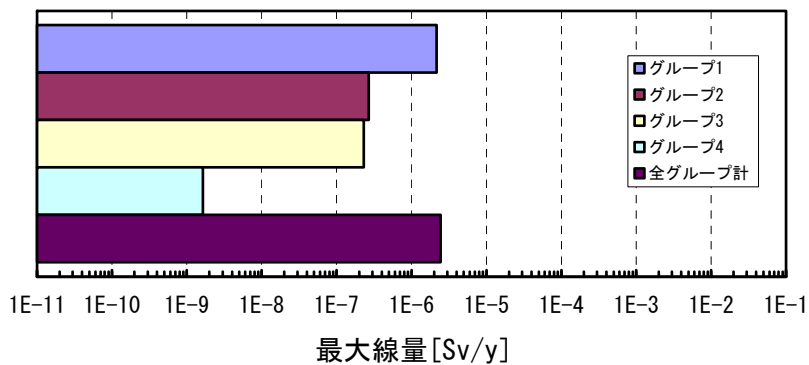
ケースNo. 20-8  
 気候・海水準変動&  
 水理環境変更ケース  
 沿岸立地  
 母岩の透水量係数  
 $10^{-9} \text{m}^2/\text{s}$   
 沿岸海域堆積層・  
 ツンドラ気候



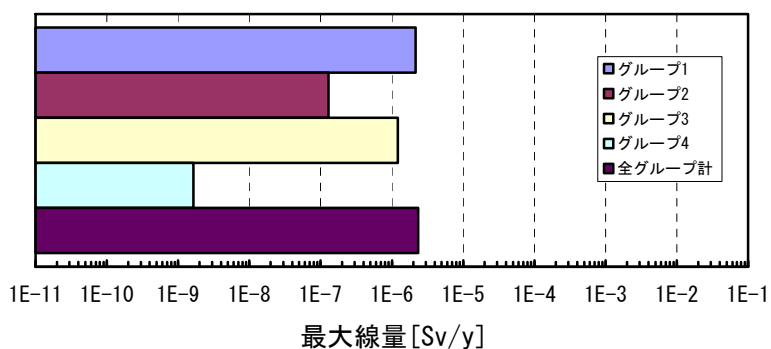
ケースNo. 21-1  
 シーリングミス  
 ケース  
 グループ1



ケースNo. 21-2  
 シーリングミス  
 ケース  
 グループ2

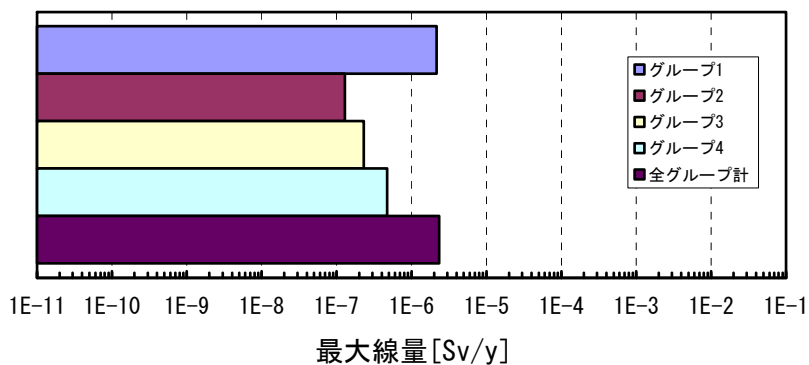


ケースNo. 21-3  
 シーリングミス  
 ケース  
 グループ3

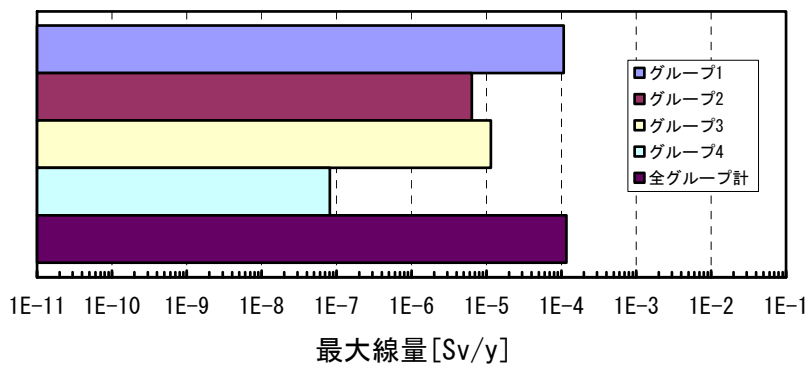


付図 8.7-2 変動シナリオの結果 (4/7)

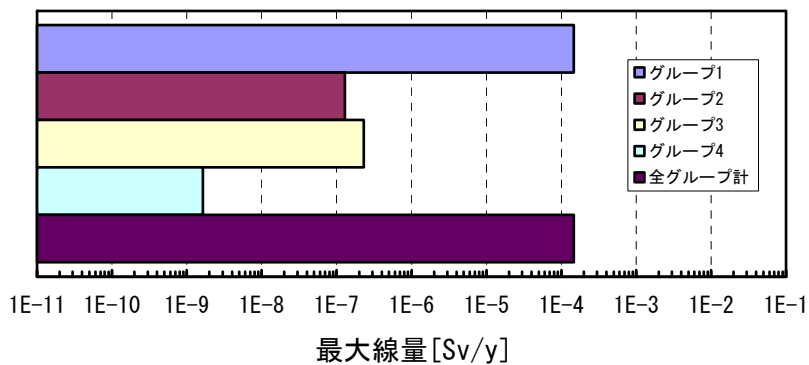
ケースNo. 21-4  
シーリングミス  
ケース  
グループ4



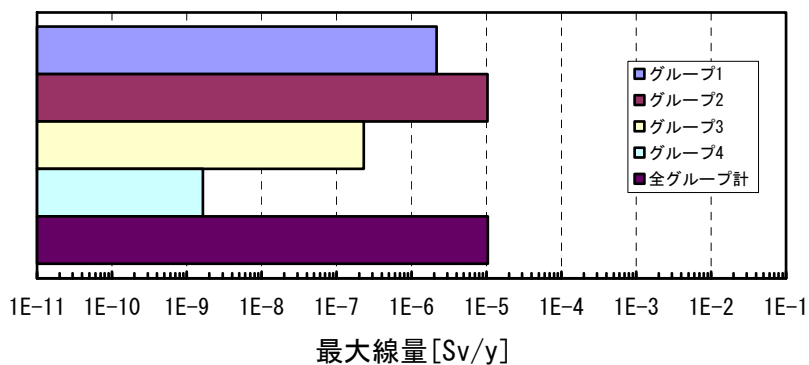
ケースNo. 22  
井戸掘削影響ケース



ケースNo. 23-1  
ボーリング  
影響ケース  
ボーリング時期  
300年  
グループ1

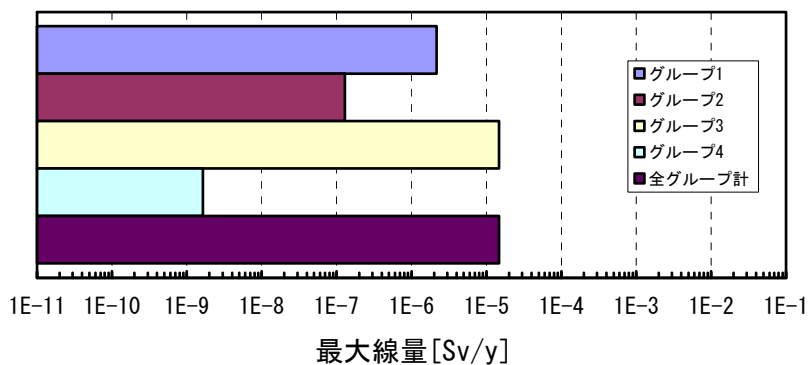


ケースNo. 23-2  
ボーリング  
影響ケース  
ボーリング時期  
300年  
グループ2

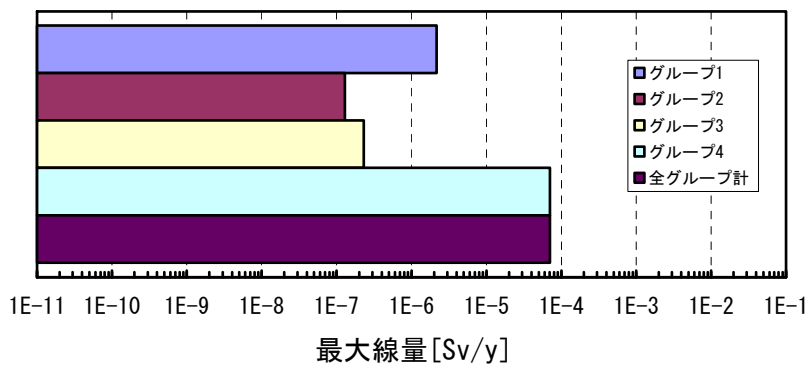


付図 8.7-2 変動シナリオの結果 (5/7)

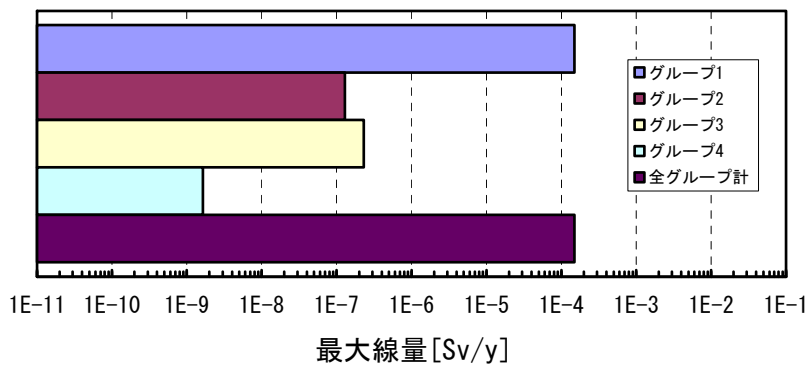
ケースNo. 23-3  
 ボーリング  
 影響ケース  
 ボーリング時期  
 300年  
 グループ3



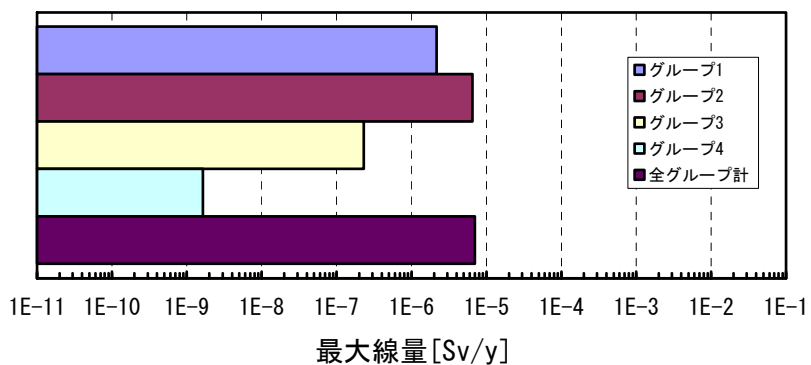
ケースNo. 23-4  
 ボーリング  
 影響ケース  
 ボーリング時期  
 300年  
 グループ4



ケースNo. 23-5  
 ボーリング  
 影響ケース  
 ボーリング時期  
 1000年  
 グループ1

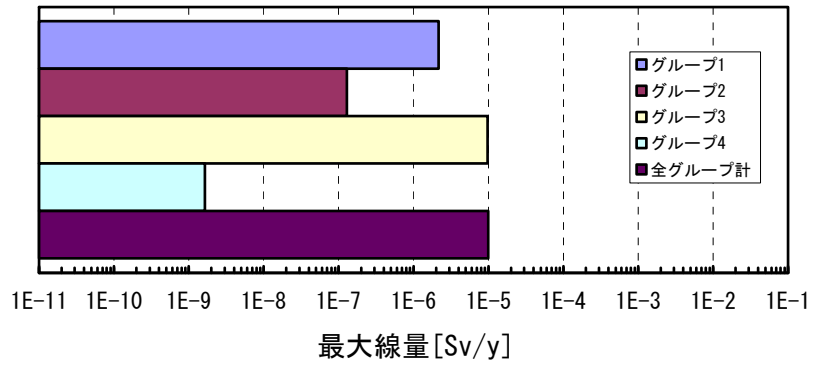


ケースNo. 23-6  
 ボーリング  
 影響ケース  
 ボーリング時期  
 1000年  
 グループ2

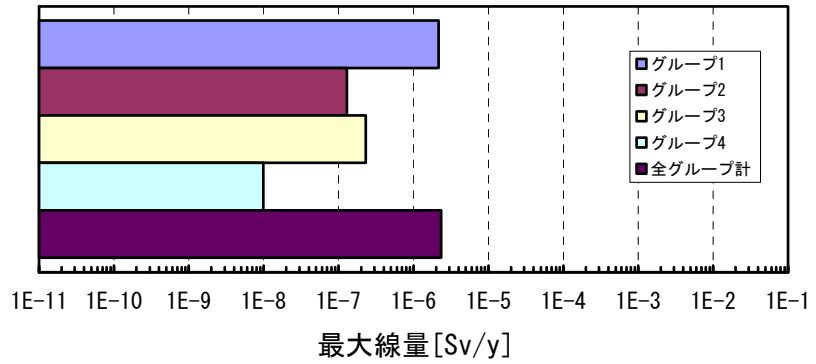


付図 8.7-2 変動シナリオの結果 (6/7)

ケースNo. 23-7  
 ボーリング  
 影響ケース  
 ボーリング時期  
 1000年  
 グループ3



ケースNo. 23-8  
 ボーリング  
 影響ケース  
 ボーリング時期  
 1000年  
 グループ4



付図 8.7-2 変動シナリオの結果 (7/7)

## 付録 8-8 接近シナリオの解析結果 (8.4.4)

1. 隆起・侵食に伴う処分施設の地表曝露 .....	1
1.1 想定する状況 .....	1
1.2 評価の考え方 .....	1
1.3 評価結果 .....	2
2. ボーリングによる偶発的な処分場貫通 .....	3
2.1 想定する被ばく経路 .....	3
2.2 被ばく線量の算出 .....	4
2.3 被ばく線量算出のためのパラメータ設定 .....	5
2.4 リスクの算出 .....	7
付録 8-8 参考文献 .....	10
付図 8.8-1 隆起・侵食による地表曝露の概念図 .....	2
付図 8.8-2 処分場の地表曝露による影響（結晶質岩，隆起・侵食速度 1mm/y） .....	3
付図 8.8-3 深部ボーリングの偶発的な処分場貫通におけるリスク算出結果 .....	9
付表 8.8-1 ボーリングによる接近シナリオの評価対象 .....	4
付表 8.8-2 コア観察者およびボーリング作業者の外部被ばくの線量換算係数算出のための遮へい 計算設定根拠 .....	5
付表 8.8-3 コア観察者の被ばく線量算出のためのパラメータ設定根拠 .....	6
付表 8.8-4 ボーリング作業者の被ばく線量算出のためのパラメータ設定根拠 .....	7
付表 8.8-5 リスク算出に用いる各廃棄体グループの処分坑道の投影断面積 .....	8

## 接近シナリオの解析結果

### 1. 隆起・侵食に伴う処分施設の地表曝露

#### 1.1 想定する状況

処分サイトの隆起・侵食傾向が超長期にわたって継続した場合、地下深部に建設された処分場もついには地表に暴露して直接的な侵食作用を受けることとなる。本項で想定するのは、このように処分場が地表に露呈した状況において、もはや地下水を媒介とした核種の移行ではなく、地表での侵食作用によって、処分場の周囲に存在することが想定される汚染土壌が削剥され、直接公衆に放射線学的影響を及ぼしうるような状況を想定する。

高レベル放射性廃棄物の最終処分に係る概要調査地区選定のための公募関係資料では、「過去 10 万年間の隆起の総量が 300m を超えていることが明らかな地域は含めないように、概要調査地区を選定する」こととしている（原子力発電環境整備機構，2002）。高レベル放射性廃棄物のガラス固化体の最終処分を行う深さは、政令により地下 300m 以上とされていることから、少なくとも今後 10 万年間は最終処分場が地表に露呈することはないこととなる。第 2 次 TRU レポートでは、地層処分低レベル放射性廃棄物の処分場の建設深度として、結晶質岩系岩盤では 1,000m を想定しており、高レベル放射性廃棄物のガラス固化体の最終処分と同様のサイト選定要件が課せられるとすれば、本項で対象とする地層処分低レベル放射性廃棄物の処分場の地表曝露が起これるのは 10 万年以降となる。

#### 1.2 評価の考え方

評価の考え方を模式的に付図 8.8-1 に示す。

処分場の地表曝露が生じる時点（10 万年以降）では、処分場からの核種漏洩によって、処分場周囲に均一な核種プルームが形成されていると仮定する。

処分場の地表曝露による接近シナリオの場合、地下水移行シナリオの場合とは異なり、侵食によって削剥された汚染土壌を起点として、公衆がどのように被ばくするかを評価するための生物圏モデルを構築することが難しい。今後は、このような接近シナリオについても様式化される可能性があるが、現時点では当該シナリオにおける生物圏モデル（あるいは被ばく経路）の代表性を議論することは困難との判断から、高レベル放射性廃棄物の第 2 次取りまとめでの評価に倣い（核燃料サイクル開発機構，1999）、天然起源の核種フラックス（花崗岩やウラン鉱床が侵食されることにより生じる核種フラックス）を指標として放射線学的影響の程度を議論することとする。

- ・ 地層処分起源の核種フラックス：

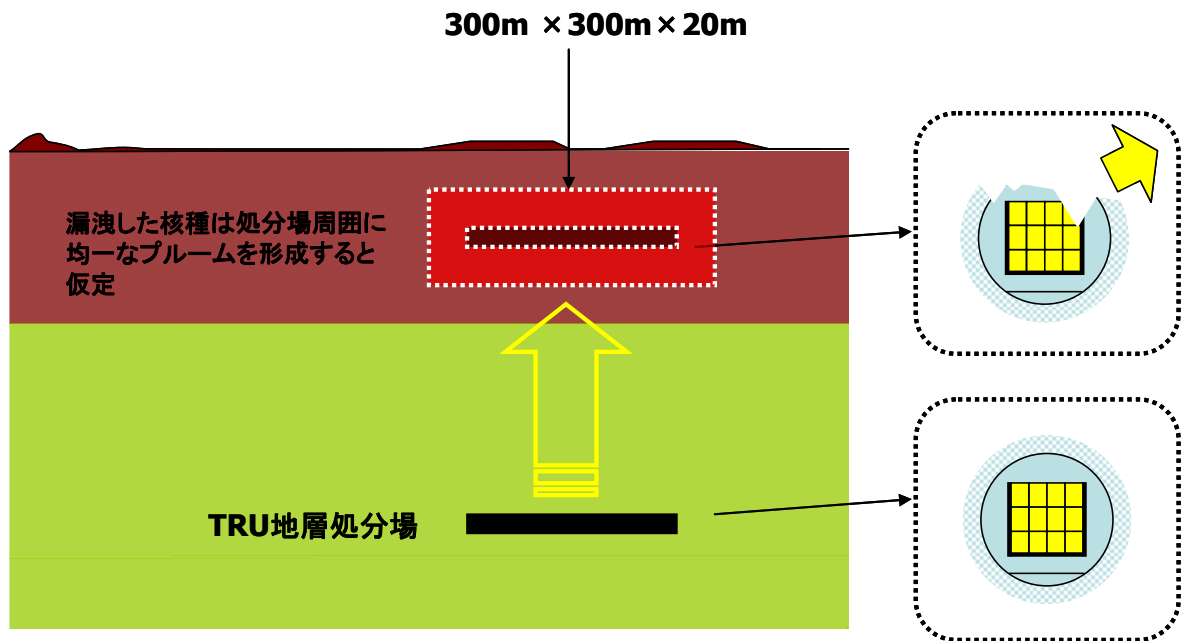
処分場を含む汚染岩盤が侵食されることによって生ずる、地層処分を起源とする核種のフラックス。地表に到達した時点での処分場を含む汚染岩盤内での核種濃度（処分場濃度×深度方向 20m の領域での均質分布を仮定）と年間あたりの侵食量から求める。



- 天然起源の核種フラックス：

花崗岩やウラン鉱床等，天然の放射性核種を微量含んでいる岩盤が侵食されることによって生ずる核種フラックス。岩盤中での天然放射性核種の濃度と年間あたりの処分場面積での侵食量から求める。

隆起・侵食速度としては，1mm/y を想定する。上述のサイト選定要件，過去 10 万年で 300m 未満（3mm/y に相当）を満足する条件である。

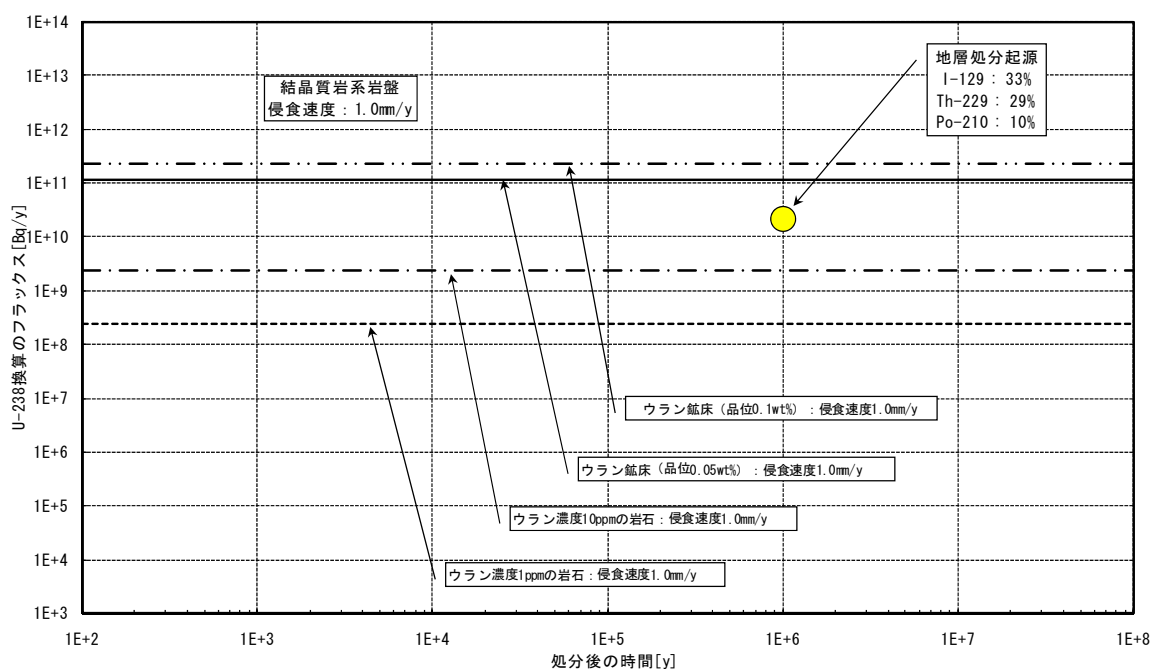


付図 8.8-1 隆起・侵食による地表曝露の概念図

### 1.3 評価結果

結晶質岩，隆起・侵食速度 1mm/y の場合の評価結果を付図 8.8-2 に示す。

露呈した処分場の削剥によって生じる U-238 換算のフラックスは，天然起源の岩盤（ウラン鉱床）の削剥の場合よりも小さい結果となった。



付図 8.8-2 処分場の地表曝露による影響（結晶質岩，隆起・侵食速度 1mm/y）

## 2. ボーリングによる偶発的な処分場貫通

### 2.1 想定する被ばく経路

地層処分施設近傍でボーリング行為があったことを仮想した場合に、それが原因あるいは誘因となって人間の被ばくにまで至る経路は一般に多種多様である。

評価の網羅性という観点からは、想定される多数の被ばく経路を可能な限り多く取上げることとなるが、一方、将来の人間活動や生物圏のようにその予測に多くの不確実性を内包するような対象については、「様式化アプローチ」によって、ありそうな、より少数のシナリオ・モデルによって代表させるという考え方もあり、現在ではむしろこちらが主流となりつつある。ICRP（1998）では人間接近シナリオの評価について、「偶然の人間侵入と解釈されている人間侵入に関しては、そのような事象に対する埋設場の抵抗力を評価するために、一つまたはそれ以上のありそうな様式化されたシナリオからの影響を考慮すべきである。」と記述しており、様式化された少数のシナリオを対象として評価すべきことを推奨している。

地層処分でのボーリング行為による被ばく経路については、必ずしもまだ十分に様式化されているわけではないが、上記の考え方に沿いつつ、第2次取りまとめなどでのボーリングによる接近シナリオの評価手法を参考にしながら（核燃料サイクル開発機構，1999；日本原子力研究所，2005），ここでは、地質探査や温泉調査などの目的で処分深度のレベルまで掘削される深度ボーリングが地層処分低レベル放射性廃棄物の処分施設の廃棄体層を偶発的に貫通してしまったことを想定し、①放射性核種を含むボーリングコアを観察する場合のコア観察者の内部・外部被ばくおよび、②廃棄物と掘削土との混合物からボーリング掘削時の作業者の内部・外部被ばくを評価する（付表 8.8-1

参照)。

付表 8.8-1 ボーリングによる接近シナリオの評価対象

線源	線量評価対象者	被ばく経路
ボーリングコア	コア観察者	外部被ばく
		ダスト吸入による内部被ばく
		経口摂取による内部被ばく
廃棄物と掘削土の混合物	ボーリング作業員	外部被ばく
		ダスト吸入による内部被ばく
		経口摂取による内部被ばく

## 2.2 被ばく線量の算出

コア観察者及びボーリング作業員の外部被ばく及び吸入摂取・経口摂取による内部被ばくの各線量については、以下の式によって算出する。

$$\begin{aligned}
 D(t) &= H_{ext}(t) + H_{inh}(t) + H_{ing}(t) \\
 H_{ext}(t) &= \sum_i \eta_i^{ext} \cdot C_i(t) \cdot T_{ext} \\
 H_{inh}(t) &= \sum_i \eta_i^{inh} \cdot C_i(t) \cdot f_{dil} \cdot \varepsilon \cdot B \cdot T_{inh} \\
 H_{ing}(t) &= \sum_i \eta_i^{ing} \cdot C_i(t) \cdot f_{dil} \cdot M \cdot T_{ing}
 \end{aligned}
 \tag{付式 8.8-(1)}$$

$D(t)$  : 被ばく線量 [Sv]

$H_{ext}(t)$  : 外部被ばくによる被ばく線量 [Sv]

$H_{inh}(t)$  : 吸入摂取による内部被ばく線量 [Sv]

$H_{ing}(t)$  : 経口摂取による内部被ばく線量 [Sv]

$C_i(t)$  : 時刻 t における廃棄体中の核種 i の放射能濃度 [Bq/g]

$\eta_i^{ext}$  : 核種 i の外部被ばくに関する線量換算係数 [(Sv/h)/(Bq/g)]<sup>1</sup>

$\eta_i^{inh}$  : 核種 i の吸入摂取に関する線量換算係数 [Sv/Bq]

$\eta_i^{ing}$  : 核種 i の経口摂取に関する線量換算係数 [Sv/Bq]

$T_{ext}$  : 外部被ばくにおける評価上の被ばく時間 [h]

$T_{inh}$  : 吸入摂取における評価上の被ばく時間 [h]

<sup>1</sup> 1 次元輸送計算コード ANISN により評価点での外部被ばく線量率を核種毎に算出

$T_{ing}$  : 経口被ばくにおける評価上の被ばく時間 [h]

$f_{dil}$  : 処分場深度まで掘削した岩屑が混合することによる希釈割合 [-]

$\varepsilon$  : 空气中ダスト濃度 [ $g/m^3$ ]

$B$  : 呼吸率 [ $m^3/h$ ]

$M$  : 摂取率 [g/h]

### 2.3 被ばく線量算出のためのパラメータ設定

被ばく線量算出に用いるパラメータの設定値とその設定根拠とを付表 8.8-2～付表 8.8-4 に示す。

付表 8.8-2 コア観察者およびボーリング作業者の外部被ばくの線量換算係数算出のための遮へい計算設定根拠

パラメータ		設定値		設定根拠
記号	名称	数値	単位	
—	コア径	70	mm	ワイヤライン工法で用いる3種類 (BQ: 36mm, NQ: 48mm, HQ: 64mm) の孔径中 (全国地質調査業協会連合会, 2004), HQ の内径 64mm を切上げた数値
—	コア長	10	m	第2次取りまとめにおける設定 (無限円柱) を模擬
—	コア密度	2.5	$g/cm^3$	廃棄体密度の設定値
—	コア表面からの距離	0.5	m	第2次取りまとめにおける設定

付表 8.8-3 コア観察者の被ばく線量算出のためのパラメータ設定根拠

パラメータ		設定値		設定根拠
記号	名称	数値	単位	
$f_{dil}$	希釈割合	0.01 (結晶質岩) 0.05 (堆積岩)	—	廃棄体層厚さ 10m と仮定。コア全長は結晶質岩では 1,000m, 堆積岩では 500m
$T_{ext}$	観察時間 (外部)	1	h	コア長観察 1m 当たりの人工 0.013 day/m (全国地質調査業協会連合会, 2004) に標準労働時間 7 h/day 及び廃棄体層を通過したコア長 10 m を乗じた値 0.91 h を切上げ。
$T_{inh}$ $T_{ing}$	観察時間 (吸入/ 経口)	100 (結晶質岩) 50 (堆積岩)	h	コア長観察 1m 当たりの人工 0.013 day/m (全国地質調査業協会連合会, 2004) に標準労働時間 7 h/day 及び廃棄体層を通過したコア全長 1,000 m (結晶質岩), 500 m (堆積岩) を乗じた値 91 h, 45.5 h をそれぞれ切上げ。
$\epsilon$	空気中ダ スト濃度	5E-4	g/m <sup>3</sup>	IAEA (1987)の跡地建設シナリオにおける想定範囲 (1E-3 ~ 1E-4g/m <sup>3</sup> ) の中央値
B	呼吸率	1.2	m <sup>3</sup> /h	IAEA (1987)
M	摂取率	0.01	g/h	指先に付着したダストの密度を 0.5 g/cm <sup>3</sup> , ダスト厚さを 0.1 mm, 指先の面積を 2 cm <sup>2</sup> として, 1 時間に 1 度舐めることを仮定 (IPSN, 1992)。

付表 8.8-4 ボーリング作業者の被ばく線量算出のためのパラメータ設定根拠

パラメータ		設定値		設定根拠
記号	名称	数値	単位	
$f_{dil}$	希釈割合	0.01 (結晶質岩) 0.05 (堆積岩)	—	廃棄体層厚さ 10m と仮定。コア全長は結晶質岩では 1,000m, 堆積岩では 500m
$T_{ext}$	作業時間 (外部)	20	h	掘削速度 4.5m/d (全国地質調査業協会連合会, 2004), 廃棄体層 10m, 作業時間 7 h/day として算出した数値 15.6h を丸めたもの
$T_{inh}$ $T_{ing}$	作業時間 (吸入/経口)	800 (結晶質岩) 400 (堆積岩)	h	掘削速度 4.5m/d (全国地質調査業協会連合会, 2004), 廃棄体層通過後, 結晶質岩では深度 1,500m まで堆積岩では 750m まで掘削が継続するものと仮定し, 作業時間 7 h/day として算出した数値を丸めたもの
$\epsilon$	空气中ダスト濃度	5E-4	g/m <sup>3</sup>	IAEA (1987)の跡地建設シナリオにおける想定範囲 (1E-3~1E-4g/m <sup>3</sup> ) の中央値
B	呼吸率	1.2	m <sup>3</sup> /h	IAEA (1987)
M	摂取率	0.01	g/h	指先に付着したダストの密度を 0.5 g/cm <sup>3</sup> , ダスト厚さを 0.1 mm, 指先の面積を 2 cm <sup>2</sup> として, 1 時間に 1 度舐めることを仮定 (IPSN, 1992)。

## 2.4 リスクの算出

意図的でないボーリングによる人間侵入のように稀頻度の事象については, リスクを指標としてその影響を定量的に見積もる考え方もある (例えば, ICRP 1985)。地層処分施設への偶発的なボーリング行為が地層処分施設を貫通する場合のリスクについては, 次式によって評価できる。

$$R_j(t) = \gamma \cdot S \cdot P \cdot H_j(t) \quad \text{付式 8.8-(2)}$$

$R_j(t)$  : 時刻 t における被ばく経路 j による年間のリスク [1/y]

$\gamma$  : リスク係数 [1/Sv]

$S$  : 地上から見下ろした場合の廃棄物が占める全投影断面積 [m<sup>2</sup>]

$P$  : 処分場の深度レベルに達するボーリングが行われる頻度 [1/(m<sup>2</sup>y)]

$H_j(t)$  : 被ばく経路 j による被ばく線量 [Sv]

結晶質岩の場合のコア観察者およびボーリング作業者について, (2)式によってリスクを算出した結果を付図 8.8-3 に示す。リスクへの換算にあたりリスク係数  $\gamma$  については, ICRP (1991) より  $5 \times 10^{-2}$  [1/Sv] とした。投影断面積については, 最終廃棄体の幾何形状, 処分坑道での各廃棄体の定置方法, および処分坑道長さより設定した。リスク算出に用いた各廃棄体グループの処分坑道の投影断面積の設定値を付表 8.8-5 に示す。ボーリング頻度については, 第2次取りまとめ (核燃料サイ

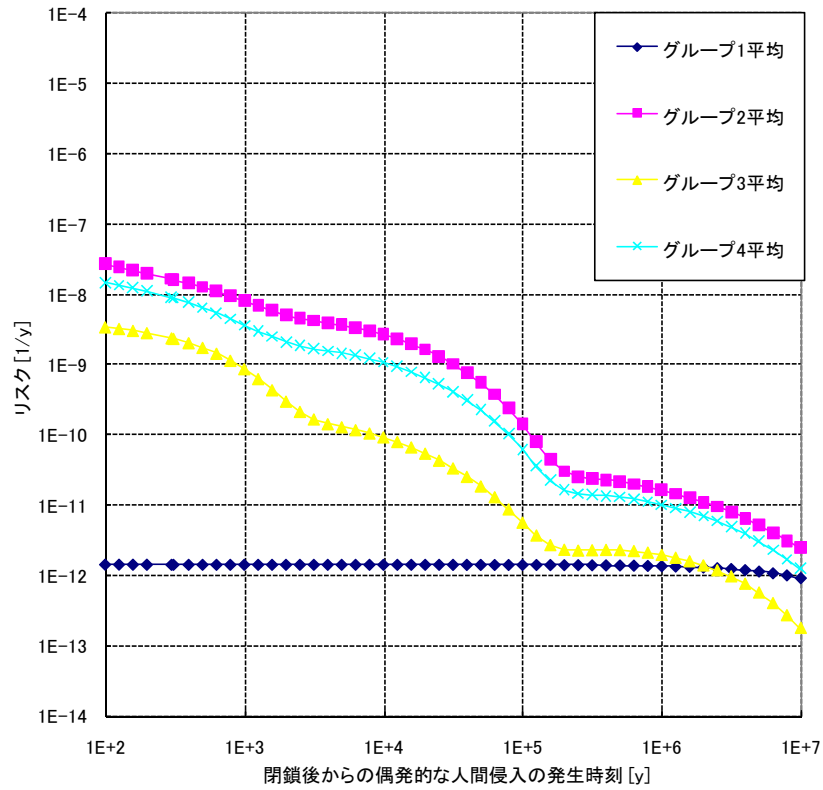
クル開発機構, 1999) にならい, 昭和 62 年から平成 7 年までの温泉調査用ボーリングの実績 (年間約 500 本) が, 日本全国 (37.8 万 km<sup>2</sup>) で無作為に行われたと仮定したときの頻度  $1.3 \times 10^{-9}$  [1/(m<sup>2</sup>y)] を用いた。

リスクに関する安全基準の目安としては  $10^{-6} \sim 10^{-5}$  [1/y] が諸外国で用いられている。地層処分低レベル放射性廃棄物の処分においても 300 年程度の制度的管理が適切に行われると想定すれば, 同期間後のリスク評価値はいずれも上記の目安を下回る結果となっている。

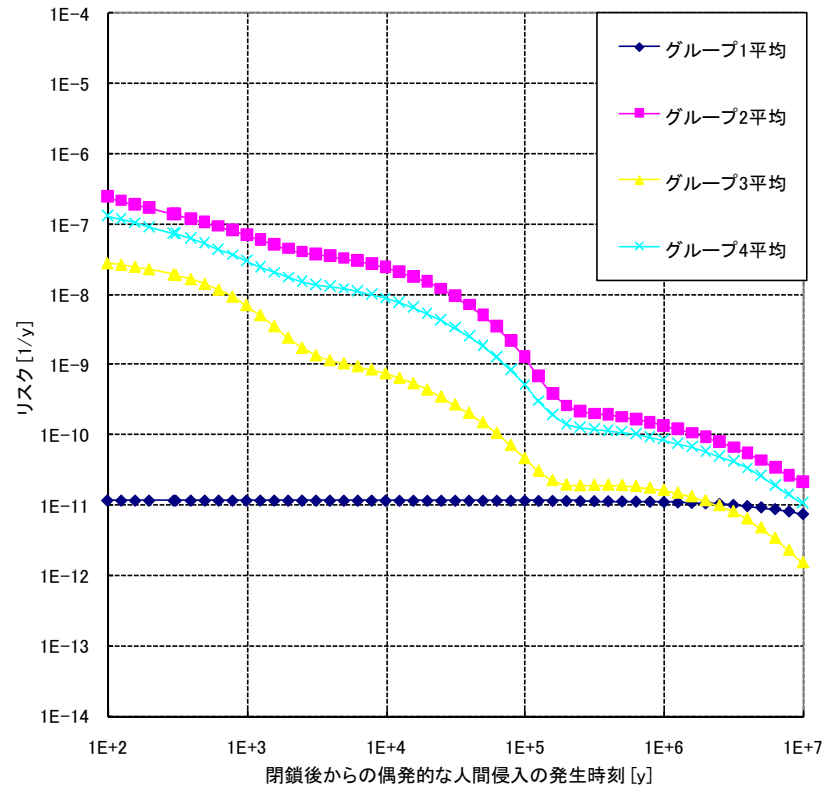
付表 8.8-5 リスク算出に用いる各廃棄体グループの処分坑道の投影断面積

	容器種類	収納容器形状	定置方法	定置領域長さ [m]	投影断面積 [m <sup>2</sup> ]
Gr.1	200Lドラム缶	□1.5×H1.1	5列(×5段)	25.5	191
Gr.2	キャニスタ (ハルエンドピース)	□1.2×H1.6	4列(×3段)	688.8	3306
	キャニスタ (CSD-B/C)	□1.2×H1.6	2列(×1段)	572.4	1259
					4566
Gr.3	200Lドラム缶	□1.5×H1.1	6列(×7段)	258	2322
Gr.4	200Lドラム缶	□1.5×H1.1	6列(×7段)	270	2430
	角型容器	□1.6×H1.2	5列(×7段)	14.4	115
	ハル缶+ インナーハレル	W1.1×L1.9×H1.4	2列(×2段)	376.2	828
					3373

注：網掛け部の数値をリスク算出に使用。各データは結晶質岩系岩盤の処分坑道設計に対応。



(1) コア観察者



(2) ボーリング作業者

付図 8.8-3 深部ボーリングの偶発的な処分場貫通におけるリスク算出結果



## 付録 8-8 参考文献

- 原子力発電環境整備機構（2002）：概要調査地区選定上の考慮事項，高レベル放射性廃棄物の最終処分施設の設置可能性を調査する区域の公募関係資料-3
- IAEA（1987）：Exemption of Radiation Sources and Practices from Regulatory Control, IAEA TECDOC-401
- ICRP（1985）：Radiation Protection Principles for the Disposal of Solid Radioactive Wastes, Publication 46, Annals of the ICRP, Vol.15, No.4
- ICRP（1991）：1990 Recommendation of the International Commission on Radiological Protection, Publication 60, Annals of the ICRP, Vol.21, Nos.1-3
- ICRP（1998）：Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste, Publication 81, Annals of the ICRP, Vol.28, No.4
- IPSN（1992）：CONTRIBUTION TECHNIQUE A LA DEFINITION DES SEUIL D'AUTORISATION POUR L'EVACUATION SANS CONDITION DES DECHETS SOLIDES ET DES DECHETS LIQUIDES CONDITIONNES, IPSN SERGD/92/22
- 核燃料サイクル開発機構（1999）：わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性，地層処分研究開発第2次取りまとめ，総論レポート，JNC TN1400 99-020
- 日本原子力研究所（2005）：放射性廃棄物処分の長期的評価手法の調査－ウラン・TRU 廃棄物の基準整備に係る調査
- 全国地質調査業協会連合会（2004）：全国標準積算資料 土質調査・地質調査，平成15年度改定歩掛版