

## 研究施設等廃棄物の浅地中埋設施設の 立地環境条件に関する感度解析

Sensitivity Analysis Related to Site Environmental Conditions of Near Surface Disposal  
of Radioactive Wastes Generated from Research, Industrial and Medical Facilities

坂井 章浩 黒澤 亮平 原 弘典 仲田 久和  
天澤 弘也 有川 眞伸 坂本 義昭

Akihiro SAKAI, Ryohei KUROSAWA, Hironori HARA, Hisakazu NAKATA  
Hiroya AMAZAWA, Masanobu ARIKAWA and Yoshiaki SAKAMOTO

埋設事業推進センター

Low-level Radioactive Waste Disposal Project Center

February 2014

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。  
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。  
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)  
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課  
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4  
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.  
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to  
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,  
Japan Atomic Energy Agency.  
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan  
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

研究施設等廃棄物の浅地中埋設施設の立地環境条件に関する感度解析

日本原子力研究開発機構 埋設事業推進センター

坂井 章浩、黒澤 亮平<sup>※</sup>、原 弘典<sup>\*1</sup>、仲田 久和  
天澤 弘也、有川 眞伸<sup>\*2</sup>、坂本 義昭

(2013年10月11日受理)

日本原子力研究開発機構は、研究施設等廃棄物のコンクリートピット及びトレンチ施設の立地基準及び手順の策定を進めている。この立地基準の技術的根拠とするため、旧原子力安全委員会が示した基本的立地条件を踏まえ、地質や水理などの管理期間終了後の安全評価に影響を与える様々な環境条件について、統計的な手法により安全評価の感度解析を実施した。

感度解析は、まず、管理期間終了後の埋設施設の安全評価に係るパラメーター値の分布範囲から値を抽出してランダムに組み合わせ 1,000 通りの計算ケースを設定した。次に、1,000 通りの計算ケースについて評価経路毎の線量を評価した。

その結果、概念設計における埋設施設の仕様に対し、大半の評価経路では 97.5%以上の計算ケースの線量がめやす線量(10  $\mu$  Sv/y)以下となる結果が得られた。また、特定の評価経路では、追加の人工バリアを施工する対応により、97.5%以上の計算ケースの線量についてめやす線量以下とできる結果が得られた。これらより、基本的立地条件の地質や水理等の埋設施設の安全評価に影響を及ぼす項目については、埋設施設の設計により合理的に対応が可能であると考えられる。

また、埋設事業所の規模に係る立地条件を検討するため、埋設施設の操業中の安全評価において、コンクリートピット施設、トレンチ施設及び受入検査施設の配置及び形状毎に、各施設からの直接 $\gamma$ 線及びスカイシャイン $\gamma$ 線による敷地境界での線量がめやす線量(50  $\mu$  Sv/y)以下となるような各施設から敷地境界までの距離を評価した。その結果、概念設計の施設仕様でコンクリートピット施設、トレンチ施設及び受入検査施設から敷地境界まで 120m 以上離れていれば、敷地境界でめやす線量以下となる評価結果が得られた。

---

原子力科学研究所 (駐在) : 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2-4

※ 技術開発協力員

\*1 中央開発(株) ソリューション事業部

\*2 株式会社ダイヤコンサルタント 地圏環境事業部

Sensitivity Analysis Related to Site Environmental Conditions of Near Surface Disposal of  
Radioactive Wastes Generated from Research, Industrial and Medical Facilities

Akihiro SAKAI, Ryohei KUROSAWA<sup>※</sup>, Hironori HARA<sup>\*1</sup>, Hisakazu NAKATA,  
Hiroya AMAZAWA, Masanobu ARIKAWA<sup>\*2</sup> and Yoshiaki SAKAMOTO

Low-level Radioactive Waste Disposal Project Center  
Japan Atomic Energy Agency  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken  
(Received October 11, 2013)

Japan Atomic Energy Agency has been establishing the siting criteria and procedure of concrete-pit and trench disposal facility for low level radioactive wastes generated from research, industrial and medical facilities.

Sensitivity analysis of doses in terms of the environmental conditions such as geological and hydrological features was performed by a statistical method in order to make the technical basis for the siting criteria. At first, 1,000 calculation cases were built from combining randomly the values which were sampled from the probability distribution of these parameters. And then doses at various pathways in the 1,000 calculation cases were calculated.

The doses calculated at all assumed pathways in more than 97.5% of calculation cases were able to be reduced below the target dose for the safety assessment after the control period ( $10 \mu\text{Sv/y}$ ) by means of equipping the disposal facility with additional engineered barriers. From the result, we conclude that it is possible to safely and rationally design the specification of the disposal facility in most of values of the environmental parameters such as geological and hydrological features related to radiological safety assessment.

As another sensitivity analysis was done in order to discuss the area of the disposal site. The distance from these disposal facilities and its inspection facility to the boundary of the site was evaluated so that the dose due to direct and skyshine gamma ray at the boundary became lower than the target dose of the safety assessment during the operation ( $50 \mu\text{Sv/y}$ ) when some arrangements and figures of these facilities were assumed. As a result, the dose at the boundary of the disposal site was able to be reduced below the target dose when the distance from these facilities which were the same specifications as those of the conceptual design to the site boundary was more than 120m, respectively.

Keywords : Near Surface Disposal, Sensitivity Analysis, Environmental Conditions,  
Siting Criteria

---

※ Collaborating Engineer

\*1 Chuo Kaihatsu Corporation

\*2 DIA Consultants Company Limited

目次

1. 経緯と目的	1
2. パラメータスタディの手順	2
3. パラメータスタディの前提条件	4
3.1 廃棄体本数と放射能インベントリ	4
3.2 概念設計における施設設計結果の概要	4
3.2.1 立地条件	4
3.2.2 埋設施設の設置条件	4
3.2.3 処分施設の仕様と配置	4
3.3 安全評価モデル	5
4. 施設設計に係る項目のパラメータスタディの評価項目の抽出	7
4.1 評価項目の抽出	7
4.1.1 対象とする安全評価シナリオ	7
4.1.2 地下水シナリオにおける評価項目の抽出	8
4.1.3 土地利用シナリオにおける評価項目の抽出	10
4.2 評価項目の抽出のまとめ	10
5. 施設設計に係る項目のパラメータスタディの評価方法	11
5.1 施設設計に係る項目のパラメータスタディの方法	11
5.2 評価対象核種の設定	11
5.3 評価パラメータの設定	12
5.4 安全評価モデルの設定	12
5.4.1 トレンチ施設からの放射性物質の移行モデル	12
5.4.2 コンクリートピット施設から地下水への放射性物質の移行モデル	13
5.4.3 評価経路毎の評価モデルの設定	17
5.4.4 評価項目以外のパラメータの設定	19
5.4.5 安全評価コード	19
6. 施設設計に係る項目のパラメータスタディの評価結果	20
6.1 トレンチ処分における評価結果	20
6.2 ピット処分における評価結果	20
6.3 線量の低減化を図るための設計対応と再評価	21
6.3.1 設計対応の方法	21
6.3.2 設計対応後のピット施設における評価結果	22
6.3.3 設計対応に係る費用評価	23
7. 操業期間中の埋設施設等から敷地境界までの距離に係るパラメータスタディ	24
7.1 評価の目的	24
7.2 評価手順	24
7.3 各施設からの距離毎の線量評価	25
7.4 各施設からの敷地境界までの距離の評価	26
8. 結論	28

謝辞 .....	29
参考文献 .....	30
付録 .....	98

Contents

1 . Background and Objective .....	1
2 . Procedure of Sensitivity Analysis .....	2
3 . Precondition of Sensitivity Analysis .....	4
3.1 The Number of Waste Packages and Radioactive Inventory .....	4
3.2 Outline of Design Results of Disposal Facilities at Conceptual Design Work .....	4
3.2.1 Site Conditions .....	4
3.2.2 Construction Conditions of Disposal Facilities .....	4
3.2.3 Specification and Arrangement of Disposal Facilities .....	4
3.3 Safety Assessment Model .....	5
4 . Selection of Assessment Items in terms of Facility Design in Sensitivity Analysis .....	7
4.1 Selection of Assessment Items .....	7
4.1.1 Safety Assessment Scenario .....	7
4.1.2 Selection of Assessment Items at Groundwater Scenario .....	8
4.1.3 Selection of Assessment Items at Land Use Scenario .....	10
4.2 Summary of Selection of Assessment Items .....	10
5 . Assessment Methods for Sensitivity Analysis of Items in Terms of Facility Design .....	11
5.1 Assessment Methods for Sensitivity Analysis of Items in Terms of Facility Design .....	11
5.1.1 Model of Migration of Radionuclides from Trench Type Facility .....	12
5.1.2 Model of Migration of Radionuclides from Concrete-pit type Facility .....	13
5.1.3 Assessment Model of Exposure Pathways .....	17
5.1.4 Set of Values of Parameter except for Assessment Parameters .....	19
5.1.5 Computer Code of Safety Assessment .....	19
5.2 Selection of Radionuclides Assessed in Sensitivity Analysis .....	11
5.3 Set of Assessment Parameters .....	12
5.4 Set of Safety Assessment Model .....	12
5.4.1 Model of Migration of Radionuclides from Trench Type Facility .....	12
5.4.2 Model of Migration of Radionuclides from Concrete-pit type Facility .....	13
5.4.3 Assessment Model of Exposure Pathways .....	17
5.4.4 Set of Values of Parameter except for Assessment Parameters .....	19
5.4.5 Computer Code of Safety Assessment .....	19
6 . Results of Sensitivity Assessment in terms of Facility Design .....	20
6.1 Results of Trench Type Facility .....	20
6.2 Results of Concrete-pit Type Facility .....	20
6.3 Measure of Design for Reduction of Dose and Reassessment .....	21
6.3.1 Measure of Design of Disposal Facility .....	21
6.3.2 Reassessment Results after Measure of Design .....	22
6.3.3 Cost Estimation for Measure of Design .....	23
7 . Sensitivity Assessment Related to the Distances from Disposal Facilities to Site Boundary During Operation .....	24
7.1 Objective of Assessment .....	24
7.2 Procedure of Assessment .....	24

7.3 Assessment of Dose According to Distances from Disposal and Inspection Facilities .....	25
7.4 Assessment of Distances from Disposal and Inspection Facilities to Boundary of Disposal Site .....	26
8 . Conclusion .....	28
Acknowledgements .....	29
References .....	30
Appendix .....	98



図表リスト

表 2-1	基本的立地条件の設計関連項目への整理結果	32
表 3-1	概念設計で設定された処分施設毎の放射能インベントリ	33
表 4-1	評価パラメータ、評価経路の抽出結果	34
表 5-1	パラメータスタディの対象核種と処分毎の放射能インベントリ	35
表 5-2	評価パラメータの範囲の設定	37
表 5-3	地盤 2 層ケースにおける経路毎の浸出水量の解析結果：地盤 2 層ケース	40
表 5-4	地盤 2 層ケースにおける移行経路毎の浸出水量の代表値と動水勾配の相関関係	41
表 5-5	地盤 1 層ケースにおける浸出水量の算出結果	42
表 5-6	地盤 1 層ケースにおける移行経路毎の浸出水量と動水勾配の相関関係	42
表 6-1	トレンチ処分における評価経路毎の 97.5%線量の評価結果	43
表 6-2	ピット処分の地盤 2 層ケースにおける評価経路毎の 97.5%線量の評価結果（概念設計における施設仕様）	44
表 6-3	ピット処分の地盤 1 層ケースにおける評価経路毎の 97.5%線量の評価結果（概念設計における施設仕様）	45
表 6-4	地盤 2 層ケースにおいて、上部及び側部のベントナイト混合土層の厚さを 4m にした時の経路毎の浸出水量の解析結果	46
表 6-5	地盤 1 層ケースにおいて、全周のベントナイト混合土層の厚さを 4m にした時の経路毎の浸出水量の解析結果	47
表 6-6	設計対応後の再評価における評価経路毎の 97.5%線量の評価結果ピット処分、地盤 2 層ケース(上部及び側部に厚さ 4m のベントナイト混合土層設置)	47
表 6-7	設計対応後の再評価における評価経路毎の 97.5%線量の評価結果ピット処分の地盤 1 層ケース(全周に厚さ 4m のベントナイト混合土層設置)	48
表 6-8	2 回目の再評価における評価経路毎の 97.5%線量の評価結果ピット処分の地盤 2 層ケース(上部及び側部に厚さ 4m のベントナイト混合土層設置、ベントナイトの混合割合を増加し、拡散係数を $2.0 \times 10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$ に設定)	48
表 6-9	ベントナイト混合土積算条件	49
表 6-10	配合率 15%のベントナイト混合土を 5000m <sup>3</sup> 製造施工に要する費用	49
表 6-11	配合率 15%のベントナイト混合土を 5000m <sup>3</sup> 製造工単価表	49
表 6-12	配合率 30%のベントナイト混合土を 5000m <sup>3</sup> 製造施工に要する費用	50
表 6-13	配合率 30%のベントナイト混合土を 5000m <sup>3</sup> 製造工単価表	50
表 6-14	ベントナイト混合土層の設置費用の評価結果	50
表 7-1	各施設から距離毎の線量の評価結果 ( $\mu \text{Sv/y}$ )	51
表 7-2	施設の配置の検討ケースと施設モデル	52
表 7-3	めやす線量を満足する時の評価ポイントから一番近い施設までの距離	53

図 2-1	パラメータスタディの手順	54
図 3-1	概念設計における一般的な立地条件とコンクリートピット施設及びトレンチ施設の設置に係る概念図	54
図 3-2	概念設計における事業所の配置設計結果	55
図 3-3	安定五品目の放射性廃棄物を埋設するトレンチの底部平面図、縦断面図例(S埋設地)	56
図 3-4	安全評価におけるトレンチ施設のモデル図	57
図 3-5	ピットの形状(平面図、断面図)	58
図 3-6	ピットの概観図	58
図 3-7	受入検査施設 1 階平面図	59
図 3-8	概念設計におけるコンクリートピット施設の計算体系概念図	60
図 4-1	トレンチ処分の核種移行評価からの評価項目の抽出	61
図 4-2	ピット処分の土壌又は岩盤への浸出モデルからの評価項目の抽出	62
図 4-3	ピット処分における土壌又は岩盤中の核種移行モデルからの評価項目の抽出	63
図 4-4	パラメータスタディにおける評価経路の選定	64
図 4-5	水の利用及び土地の利用における評価経路の概念図	65
図 5-1	施設設計にかかるパラメータスタディの方法の概要	66
図 5-2	コンクリートピット施設の設置モデル図の概要	67
図 5-3	コンクリートピット施設の地下水流動解析の計算モデル図	67
図 5-4	コンクリートピット施設からの浸出水の移行経路のモデル図	68
図 5-5	地下水流動解析の流跡線の評価結果例 (Case1-38: 動水勾配 3%、透水係数: 岩盤 1.0E-7 m/s、土壌 1.0E-5 m/s)	68
図 5-6	岩盤の透水係数を一定にして土壌の透水係数を変化させた時の全体の浸出水量の変化	69
図 5-7	岩盤の透水係数を一定とした時の動水勾配に対する経路毎の浸出水量の計算結果	70
図 5-8	地盤 1 層ケースにおける地下水流動解析モデル	71
図 5-9	地盤 1 層ケースにおける動水勾配と経路毎の浸出水量の相関図	71
図 6-1	線量の累積頻度分布の評価結果 トレンチ処分: 跡地利用	72
図 6-2	線量の累積頻度分布の評価結果 トレンチ処分: 河川水・海水利用	72
図 6-3	線量の累積頻度分布の評価結果 トレンチ処分: 河川岸利用・帯水層土壌利用	72
図 6-4	線量の累積頻度分布の評価結果 トレンチ処分: 地下水利用	72
図 6-5	トレンチ処分: 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (1/7)	73
図 6-6	トレンチ処分: 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (2/7)	73
図 6-7	トレンチ処分: 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (3/7)	73
図 6-8	トレンチ処分: 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (4/7)	73
図 6-9	トレンチ処分: 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (5/7)	74
図 6-10	トレンチ処分: 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (6/7)	74
図 6-11	トレンチ処分: 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (7/7)	74
図 6-12	線量の累積頻度分布の評価結果 ピット処分: 地盤 2 層ケース①-1: 河川水・海水利用	75
図 6-13	線量の累積頻度分布の評価結果 ピット処分: 地盤 2 層ケース①-1: 河川岸利用・帯水層土壌利用	75

図 6-14	線量の累積頻度分布の評価結果	ピット処分：地盤 2 層ケース①-1：地下水利用	75
図 6-15	線量の累積頻度分布の評価結果	ピット処分：地盤 2 層ケース①-2：河川水・海水利用	75
図 6-16	線量の累積頻度分布の評価結果	ピット処分：地盤 2 層ケース①-2：河川岸利用・帯水層 層土壌利用	76
図 6-17	線量の累積頻度分布の評価結果	ピット処分：地盤 2 層ケース①-2：地下水利用	76
図 6-18	線量の累積頻度分布の評価結果	ピット処分：地盤 2 層ケース①-3：河川水・海水利用	76
図 6-19	線量の累積頻度分布の評価結果	ピット処分：地盤 2 層ケース①-3：河川岸利用・帯水層 層土壌利用	76
図 6-20	線量の累積頻度分布の評価結果	ピット処分：地盤 2 層ケース①-3：地下水利用	77
図 6-21	線量の累積頻度分布の評価結果	ピット処分：地盤 1 層ケース：河川水・海水利用	77
図 6-22	線量の累積頻度分布の評価結果	ピット処分：地盤 1 層ケース：河川岸利用・帯水層土 壤利用	77
図 6-23	線量の累積頻度分布の評価結果	ピット処分：地盤 1 層ケース：地下水利用	77
図 6-24	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (1/24)	ピット処分：地盤 2 層ケース：①-1	78
図 6-25	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (2/24)	ピット処分：地盤 2 層ケース：①-2	78
図 6-26	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (3/24)	ピット処分：地盤 2 層ケース：①-3	78
図 6-27	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (4/24)	ピット処分：地盤 2 層ケース：①-1	78
図 6-28	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (5/24)	ピット処分：地盤 2 層ケース：①-1	79
図 6-29	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (6/24)	ピット処分：地盤 2 層ケース：①-2	79
図 6-30	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (7/24)	ピット処分：地盤 2 層ケース：①-2	79
図 6-31	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (8/24)	ピット処分：地盤 2 層ケース：①-3	79
図 6-32	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (9/24)	ピット処分：地盤 2 層ケース：①-3	80
図 6-33	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (10/24)	ピット処分：地盤 2 層ケース：①-1	80
図 6-34	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (11/24)	ピット処分：地盤 2 層ケース：①-2	80
図 6-35	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (12/24)	ピット処分：地盤 2 層ケース：①-3	80

図 6-36	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (13/24) ピット処分：地盤 2 層ケース：①-1 .....	81
図 6-37	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (14/24) ピット処分：地盤 2 層ケース：①-2 .....	81
図 6-38	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (15/24) ピット処分：地盤 2 層ケース：①-3 .....	81
図 6-39	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (16/24) ピット処分：地盤 2 層ケース：①-1 .....	81
図 6-40	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (17/24) ピット処分：地盤 2 層ケース：①-2 .....	82
図 6-41	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (18/24) ピット処分：地盤 2 層ケース：①-3 .....	82
図 6-42	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (19/24) ピット処分：地盤 1 層ケース	82
図 6-43	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (20/24) ピット処分：地盤 1 層ケース	82
図 6-44	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (21/24) ピット処分：地盤 1 層ケース	83
図 6-45	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (22/24) ピット処分：地盤 1 層ケース	83
図 6-46	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (23/24) ピット処分：地盤 1 層ケース	83
図 6-47	97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (24/24) ピット処分：地盤 1 層ケース	83
図 6-48	設計対応後の再評価における線量の累積頻度分布の評価結果 ピット処分：地盤 2 層ケ ース①-1：河川水利用・帯水層土壌利用	84
図 6-49	設計対応後の再評価における線量の累積頻度分布の評価結果 ピット処分：地盤 2 層ケ ース①-2：河川水利用・帯水層土壌利用	84
図 6-50	設計対応後の再評価における線量の累積頻度分布の評価結果 ピット処分：地盤 2 層ケ ース①-3：河川水利用・帯水層土壌利用	84
図 6-51	設計対応後の再評価における線量の累積頻度分布の評価結果 ピット処分：地盤 2 層ケ ース①-1：地下水(井戸水)利用	84
図 6-52	設計対応後の再評価における線量の累積頻度分布の評価結果 ピット処分：地盤 2 層ケ ース①-2：地下水(井戸水)利用	85
図 6-53	設計対応後の再評価における線量の累積頻度分布の評価結果 ピット処分：地盤 2 層ケ ース①-3：地下水(井戸水)利用	85
図 6-54	設計対応後の再評価における線量の累積頻度分布の評価結果 ピット処分：地盤 1 層ケ ース：地下水(井戸水)利用	85
図 6-55	設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 ピット処 分：地盤 2 層ケース①-1 (1/15)	86
図 6-56	設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 ピット処 分：地盤 2 層ケース①-2 (2/15)	86
図 6-57	設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 ピット処 分：地盤 2 層ケース①-3 (3/15)	86
図 6-58	設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 ピット処 分：地盤 2 層ケース①-1 (4/15)	86

図 6-59	設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化	ピット処分：地盤 2 層ケース①-2 (5/15)	87
図 6-60	設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化	ピット処分：地盤 2 層ケース①-3 (6/15)	87
図 6-61	設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化	ピット処分：地盤 2 層ケース①-1 (7/15)	87
図 6-62	設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化	ピット処分：地盤 2 層ケース①-2 (8/15)	87
図 6-63	設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化	ピット処分：地盤 2 層ケース①-3 (9/15)	88
図 6-64	設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化	ピット処分：地盤 2 層ケース①-1 (10/15)	88
図 6-65	設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化	ピット処分：地盤 2 層ケース①-2 (11/15)	88
図 6-66	設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化	ピット処分：地盤 2 層ケース①-3 (12/15)	88
図 6-67	設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化	ピット処分：地盤 1 層ケース (13/15)	89
図 6-68	設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化	ピット処分：地盤 1 層ケース (14/15)	89
図 6-69	設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化	ピット処分：地盤 1 層ケース (15/15)	89
図 6-70	2 回目の再評価における線量の累積頻度分布の評価結果	ピット処分：地盤 2 層ケース①-2：地下水(井戸水)利用	90
図 6-71	2 回目の再評価における線量の累積頻度分布の評価結果	ピット処分：地盤 2 層ケース①-3：地下水(井戸水)利用	90
図 6-72	2 回目の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化	ピット処分：地盤 2 層ケース：①-2 (1/2)	90
図 6-73	2 回目の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化	ピット処分：地盤 2 層ケース：①-3 (2/2)	90
図 7-1	受入検査施設からの直接 $\gamma$ 線の線量評価における線源の設定位置と評価方向		91
図 7-2	各施設から距離毎の線量の評価結果		91
図 7-3	検討ケース 1、2 のモデル 1 における放射線源位置と評価点		92
図 7-4	検討ケース 1、2 のモデル 2 における放射線源位置と評価点		93
図 7-5	検討ケース 1、2 のモデル 3 における放射線源位置と評価点		94
図 7-6	検討ケース 3、4、5 のモデル 1 における放射線源位置と評価点		95
図 7-7	検討ケース 3、4、5 のモデル 2 における放射線源位置と評価点		96
図 7-8	検討ケース 3、4、5 のケース 3 における放射線源位置と評価点		97

This is a blank page.

## 1. 経緯と目的

独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という）は、第 169 回国会において成立した原子力機構法の改正（平成 20 年法律第 51 号）に基づき、原子力機構及び国内の研究施設等から発生する低レベル放射性廃棄物（以下、「研究施設等廃棄物」と言う。）に係る埋設事業の実施主体に位置づけられた。これに基づき、原子力機構は、「埋設処分業務の実施に関する計画」<sup>1)</sup>（平成 21 年 11 月 13 日文部科学大臣並びに経済産業大臣の認可、平成 24 年 3 月 28 日変更認可<sup>2)</sup>。以下、「実施計画」という。）を策定し、埋設処分事業を開始した。

原子力機構埋設事業推進センターでは、実施計画に沿って、研究施設等廃棄物の廃棄体性状、含有核種、放射能濃度等の廃棄体条件及び我が国における一般的な立地条件を設定し<sup>3)</sup>、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（原子炉等規制法）」及び「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（放射線障害防止法）」等に定められた埋設施設の技術基準等を考慮して、ピット処分、トレンチ処分及び受入検査施設等の関連施設について、合理的な設備仕様、レイアウト等の概念設計を実施した<sup>4)</sup>。この際には、埋設施設の安全性及び経済性の評価も実施したところである。

この概念設計は、我が国における一般的な立地条件に基づいて実施したが、実際には様々な立地環境条件が考えられ、埋設施設の安全性への影響が異なると考えられる。したがって、立地環境条件が埋設施設の安全性に及ぼす影響を評価し、影響が非常に大きい可能性のある立地環境条件は立地基準の項目とし、立地選定の際に、安全性への影響が非常に大きくなるような状況を回避できるようにしておくことが必要と考えられる。

このため、実施計画に沿って、概念設計の施設仕様に対し、我が国で想定され得る種々の自然環境及び社会環境条件を設定して、安全性に係る感度解析（以下、「パラメータスタディ」という）を実施し、概念設計の施設仕様又は追加の設計対応を施すことにより、様々な立地条件において合理的に埋設施設の安全性が確保できることについて評価した。パラメータスタディの結果、安全性が合理的に確保できないと評価された立地条件については、立地基準項目として選定し、埋設施設の立地基準の検討に反映することとした。

## 2. パラメータスタディの手順

概念設計では、安全性及び経済性の観点から合理的な埋設施設を設計することが目的であったことから、国内において一般的と考えられる立地条件（以下、「一般的な立地条件」という）を設定して埋設施設等の設計を行った。一般的な立地条件を設定する項目は、旧原子力安全委員会による「第二種廃棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方」<sup>5)</sup>(以下、「安全審査指針」という。)に示された基本的立地条件(以下、「基本的立地条件」という。)に基づいた。基本的立地条件は、以下のように示されている。

### (1) 自然環境

- ① 地震、火山、津波、地すべり、陥没、台風、高潮、洪水、異常寒波、豪雪等の自然現象
- ② 地盤、地耐力、断層等の地質及び地形等
- ③ 風向、風速、降水量等の気象
- ④ 河川、地下水等の水象及び水理

### (2) 社会環境

- ① 近接工場等における火災、爆発等
- ② 河川水、地下水等の利用状況、農業、畜産業、漁業等食物に関する土地利用等の状況及び人口分布等

上記の基本的立地条件に対し、先行埋設施設の事業許可申請書における記載内容の調査、各項目における国内のデータ調査から概念設計の前提条件とする一般的な立地条件を取りまとめた<sup>3)</sup>。(以下、概念設計の一般的な立地条件を取りまとめた報告書を「前提条件検討書」という。)前提条件検討書では、基本的立地条件を活断層や火山等の埋設施設の安全性に対する影響を工学的な対策で低減することが一般に困難と判断される項目と、一方、透水係数及び分配係数等の地質、地下水流速等の水理、周辺河川の状況(河川までの距離、流量)等の水象等の埋設施設の設計によって安全性を確保することが合理的と考えられる項目(以下、「設計関連項目」という)に整理した。基本的立地条件の設計関連項目への整理結果を表 2-1 に示す。

概念設計において設計関連項目は、各項目の国内における調査データの平均的な値、旧原子力安全委員会及び先行埋設施設の安全評価で一般的として用いられた値から設定した。

一方で、実際の埋設施設の立地場所では、概念設計で設定した設計関連項目の一般的な立地条件とは異なることが想定され、立地条件によっては、安全性を確保するための埋設施設への設計対応費用が増大するなど設計で対応することが合理的でない可能性がある。このため、設計関連項目のうち、地質、水理等の管理期間中及び管理期間終了後の安全評価（以下、単に「安全評価」というときは、管理期間中及び管理期間終了後の安全評価を意味する。）に影響を及ぼす項目を抽出し、(以下、「施設設計に係る項目」という)、抽出した項目の様々な条件に対して、概念設計による施設仕様を基本仕様として、安全評価に係るパラメータスタディを実施した。施設設計に係る項目は、安全評価に影響を及ぼす地質及び水理条件等の自然環境条件に係るパラメータと、また、社会環境条件として想定される人の被ばく経路（以下、「評価経路」という)を対象とした。パラメータスタディの評価の手順を図 2-1 に示す。



第二種廃棄物埋設施設の安全評価では、多数のパラメータ値を用いて線量が評価される。そこで、複数のパラメータ値の変動の影響を考慮したパラメータスタディの方法として、旧原子力安全委員会のクリアランスレベル評価<sup>6)</sup>で実施されたパラメータのばらつき評価の方法を参考とした。

各評価経路について自然環境条件に係るパラメータを想定される範囲内で変動させて、立地条件の異なる1,000通りの計算ケースを設定し、全ての計算ケースについて評価経路毎の線量を評価した。その結果から評価経路毎に線量に対する計算ケース数の累積頻度分布を作成し、計算ケース数の累積が97.5%に当たる計算ケース（以下、「97.5%計算ケース」）における線量の評価結果（以下、「97.5%線量」という）が線量のめやす値以下であることを確認した。管理期間中の評価における線量のめやす値は、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」<sup>7)</sup>（昭和50年原子力委員会決定。平成13年3月原子力安全委員会一部改訂。）に示された発電用軽水炉の線量目標値である $50\mu\text{Sv/y}$ とした（以下、「発電用軽水炉における線量目標値」という）。管理期間終了後の線量のめやす値は、安全審査指針における基本シナリオの線量のめやす値である $10\mu\text{Sv/y}$ とした。パラメータの感度解析では、パラメータを基本シナリオの設定値から変動させた値を組合せて計算するため、変動シナリオの評価に相当すると考えて、変動シナリオの線量のめやす値（ $300\mu\text{Sv/y}$ ）を設定することが考えられるが、本評価は、立地条件の感度解析であり、それぞれのパラメータ値が立地場所の基本シナリオの設定値になることを想定して、線量のめやす値を基本シナリオの線量のめやす値（ $10\mu\text{Sv/y}$ ）に設定した。

97.5%線量が線量のめやす値より大きくなる場合には、人工バリア等の追加の設計対応を施した上で再評価を行い、評価結果が線量のめやす値以下となることを確認するとともに、追加の設計対応に係る費用を評価した。追加の設計対応を実施しても97.5%線量が線量のめやす値以下とならない場合、または、追加の設計対応に係る費用が膨大となる場合は、その原因となる設計関連項目を抽出し、埋設施設の立地基準の検討の根拠とすることとした。

また、第二種廃棄物埋設施設では管理期間終了後の安全評価とは別に、操業期間中の廃棄体からの敷地境界における直接 $\gamma$ 線及びスカイシャイン $\gamma$ 線（以下、両者をまとめて「スカイシャイン $\gamma$ 線等」という）による線量を評価する。スカイシャイン $\gamma$ 線等による周辺公衆への線量を評価する際には、埋設施設及び受入検査施設（以下、「埋設施設等」という）から事業所境界までの距離を考慮する必要がある。埋設施設等から事業所境界までの距離は、事業所の敷地形状・面積に依存する条件であることから、安全評価に係るパラメータスタディとは別の方法でパラメータスタディを実施する。この操業期間中の埋設施設等から敷地境界までの距離に係るパラメータスタディは7章に示す。

なお、操業期間中は、廃棄物を処理する場合における気体廃棄物と液体廃棄物の放出による周辺公衆への線量評価も実施するが、概念設計では廃棄物の定常的な処理は想定しておらず、気体廃棄物及び液体廃棄物はほとんど発生しないことを想定していることから、パラメータスタディの対象としなかった。

### 3. パラメータスタディの前提条件

パラメータスタディを行うための放射能インベントリ、施設形状等の条件や、線量評価、費用評価方法は、概念設計における設計結果、線量及び費用評価方法に基づいた。

以下にパラメータスタディに必要な概念設計の前提条件、設計結果及び安全評価条件について示す。

#### 3.1 廃棄体本数と放射能インベントリ

廃棄体本数は、200ℓドラム缶換算でコンクリートピット処分対象が 22 万本、トレンチ処分対象が 38 万本である。概念設計では、対象廃棄体に対して 54 種類の放射性物質の放射能インベントリを設定して安全評価が実施された。

表 3-1 に概念設計で設定したピット及びトレンチ処分の評価対象核種毎の放射能インベントリを示す。

#### 3.2 概念設計における施設設計結果の概要

##### 3.2.1 立地条件

概念設計における一般的な立地条件、コンクリートピット施設及びトレンチ施設の設置に係る概念図を図 3-1 示す。立地場所は、地表面から土壌層、風化した岩盤層、地盤の強度が埋設施設の荷重に対して十分に透水性の小さい新鮮な岩盤層の構成で設定されている。

##### 3.2.2 埋設施設の設置条件

上記の立地条件においてトレンチ施設は、人工バリアを設置しない施設であることから、廃棄物が浸水して放射性物質が移行しやすい状況を避けるため、土壌層の地下水位より上に設置することを条件とした。コンクリートピット施設は、ピットの荷重に耐える地盤で、かつ、放射性物質の移行を抑制するため、透水性の低い岩盤中に設置することを条件とした。

廃棄体を扱う受入検査施設は、岩盤へ基礎杭を打ち、施設の荷重に耐える設計とした。

##### 3.2.3 処分施設の仕様と配置

概念設計における事業所の配置設計結果を図 3-2 に示す。トレンチ施設及びコンクリートピット施設は、操業における埋設施設の健全性の観点から全操業期間の 50 年間で 2 つの施設に分けて設置することとし、最初の 25 年に操業する廃棄物埋設地を P（プライマリ）埋設地、後半の 25 年に操業する廃棄物埋設地を S（セカンダリ）埋設地とした。

#### (1) トレンチ施設

トレンチ施設は、P 埋設地と S 埋設地の 2 段階で操業することが計画され、P 埋設地及び S 埋設地はそれぞれ 9 基ずつで、全体で 18 基設置する設計となっている。P 埋設地及び S 埋設地ともに、産業廃棄物の安定 5 品目に相当する性状の放射性廃棄物を埋設する産業廃棄物処分場の安定型に相当するトレンチ施設が 6 基と、均一・均質固化体等を埋設対象とし、産業廃棄物処分場のように遮水シートを設置した付加機能型トレンチ施設が 3 基ずつの設計結果となった。

S 埋設地のトレンチ施設 1 基の平面図と断面図を例として図 3-3 に示す。トレンチ施設は、共

通して、廃棄体を高さ 3 段で定置することとし、1 段毎の定置後に厚さ約 25cm の中間覆土を施す構造とし、廃棄体部の高さは約 4m で、覆土の厚さは約 2.5m に設計された。

安全評価では、P 埋設地と S 埋設地で埋設する廃棄物の本数に差がなく、P 埋設地と S 埋設地の地表の面積の合計が約 400m×約 400m に相当することから、管理期間終了後の安全評価では P 埋設地、S 埋設地ともに 200m×400m×4m の直方体に設定し、図 3-4 示すような配列とした。また、付加機能型トレンチ施設に設置される遮水シートは管理期間終了以降の長期の耐久性は考慮していないため、遮水シートによる放射性物質の移行抑制は考慮しないこととした。

## (2) コンクリートピット施設

コンクリートピット施設は、図 3-2 に示す通り、トレンチ施設と同様 2 段階で作業することが計画され、P 埋設地はピット 10 基 (2 行×5 列)、S 埋設地はピット 8 基 (2 行×4 列) で、P 埋設地と S 埋設地が一行に並ぶように設置する設計結果となった。例として P 埋設地のピット 1 基の平面図と断面図を図 3-5 に、ピットの概観図を図 3-6 に示す。ピットは、P 埋設地及び S 埋設地ともに同じ仕様で、1 ピット辺り 36 の区画数で、1 区画当たりの定置容量はドラム缶の廃棄体では俵積みで 8 行×5 列×9 段(360 本)、1m<sup>3</sup>角型容器では、4 行×4 列×4 段 (64 体) である。また、コンクリートピット施設では、浸出した放射性物質が地下水流速の速い土壌層への移行を抑制するため、P 及び S 埋設地それぞれ全体のピットの上面と側面を覆うように厚さ 2m のベントナイト混合土を設置する設計とした。

安全評価では、一般的に埋設施設の地下水流行方向が短いモデルの方が放射性物質の移行距離が短く評価結果が保守的になる。これより、パラメータスタディの安全評価モデルでは、コンクリートピット施設の大きさを概念設計と同様に流行方向の長さ 100m、地下水流向に垂直になる長さ 400m、高さ 5m として設定した。

## (3) 受入検査施設

受入検査施設の 1 階の平面図を図 3-7 に示す。広さは、約 67m×約 70m で、受け入れる廃棄体は主に 200ℓ ドラム缶、1m<sup>3</sup>フレキシブルコンテナ、1m<sup>3</sup>角型容器等であり、約 3,000 本(200ℓ ドラム缶換算)を保管できる広さとなっている。200 ℓ ドラム缶及び 1m<sup>3</sup>角型容器の表面線量率は最大 2mSv/h、フレキシブルコンテナの表面線量率は、平均 10 μ Sv/h で受け入れることを想定した設計となっており、放射線の遮へいと構造計算により、各部位の壁の厚さが設計された。

## 3.3 安全評価モデル

パラメータスタディでは、概念設計で用いた安全評価モデルと同様のモデルを用いて行う。概念設計では、旧原子力安全委員会におけるピット処分及びトレンチ処分の濃度上限値を算出する線量評価モデル、クリアランスレベルを算出した線量評価モデル、先行埋設施設の安全審査における線量評価モデルをそれぞれ参考にして安全評価モデルを設定した。

図 3-1 に示す立地条件のモデル化について、トレンチ施設の安全評価では、降雨による浸透水に伴ってトレンチ施設から放射性物質が浸出し、トレンチ施設直下にある土壌層中の地下水で飽和した帯水層 (以下、土壌層中の帯水層を「帯水層」という) に移行する。放射性物質は帯水層に移行した後、地下水流に伴う移流で移行するモデルとした。

コンクリートピット施設の安全評価では、ピットへの浸入水量及びピットからの浸出水量の計

算を 2 次元地下水流動解析により、図 3-1 に示す岩盤層、岩盤風化部層及び土壌層の 3 層のモデルを用いて計算した。次にピットからの浸出水量の計算結果を用いて、ピットからの放射性物質の立地環境中の移行計算を実施した。その際、岩盤風化部は、土壌層に比べて透水係数が小さいことから放射性物質の遅延効果があり、また、岩盤風化部層内を広がることによる希釈効果が考えられるため、岩盤風化部を計算上考慮せず、ピットからの岩盤風化部への移行量を土壌層への移行量に合算して、土壌層と岩盤層の 2 層の移行によるモデルを用いた。図 3-8 に概念設計の安全評価において地下水流動解析で用いたモデルと放射性物質の移行解析で用いたモデルの概念図を示す。

パラメータスタディの立地条件のモデルでは、土壌層の透水係数等のパラメータを変動させるため、岩盤風化部の透水係数等のパラメータ値を土壌層に包含させて、地下水流動解析及び放射性物質の移行解析ともに土壌層及び岩盤層の 2 層の評価体系を用いることとした。パラメータスタディで用いた安全評価モデルの概要を付録 1 に示す。

#### 4. 施設設計に係る項目のパラメータスタディの評価項目の抽出

##### 4.1 評価項目の抽出

第二種廃棄物埋設施設の安全評価は、管理期間中及び管理期間終了後について実施される。したがって、パラメータスタディの評価項目は、各期間の安全評価において立地条件による変動を考慮すべきパラメータから抽出した。

管理期間中の安全評価は、ピット処分では第2段階以降、トレンチ処分では埋設段階、保全段階において埋設施設から移行した放射性物質についての線量評価であるため、評価方法は管理期間終了後の線量評価に包含される。したがって、管理期間中の安全評価に係るパラメータスタディの評価項目は、管理期間終了後の安全評価に係るパラメータスタディの評価項目と同じとした。

管理期間終了後の安全評価では、放射性物質が埋設施設から地下水を通じて河川等へ移行し、その河川水を飲用する被ばく経路、河川水を灌漑水として利用し、収穫された農作物を摂取する被ばく経路、河川岸の土地を農地や住居に利用することによる被ばく経路等、様々な評価経路を設定し、それぞれの経路について線量が評価される。

このような管理期間終了後の安全評価方法を踏まえ、放射性物質の埋設施設から周辺環境への移行評価における地質や水理等に係るパラメータを評価項目として抽出した。また、基本的立地条件では、社会環境として「河川水、地下水等の利用状況、農業、畜産業、漁業等食物に関する土地利用等の状況」が示されており、この社会環境は、安全評価における評価経路の設定に関連することから、様々な評価経路の選定を評価項目とした。

以下に管理期間終了後の安全評価の手順に従って、評価パラメータ及び評価経路の選定結果を示す。

##### 4.1.1 対象とする安全評価シナリオ

安全審査指針において、管理期間終了後の安全評価で評価すべきシナリオは以下のように示されている。

- ・ 地下水シナリオ（基本シナリオ、変動シナリオ）
- ・ ガス移行シナリオ（基本シナリオ、変動シナリオ）
- ・ 土地利用シナリオ（基本シナリオ、変動シナリオ）
- ・ 人為事象シナリオ
- ・ 稀頻度事象シナリオ

上記のうち、地下水シナリオ及び土地利用シナリオにおける基本シナリオを評価対象とした。変動シナリオは、立地条件や人工バリアが変動した状態について保守的な安全評価を行うことが目的であり、パラメータスタディにおける様々な場所で想定される基本状態の立地条件が安全性に及ぼす影響を評価する目的とは異なると考えられるため、対象外とした。同様の観点から、人為的な行為に対する安全性を確認する人為事象シナリオも対象外とした。ガス移行シナリオは、概念設計において、ラジウム及びウラン等の放射能濃度からラドンの生成量は小さく、水素ガスの発生に対する影響は、放射線分解による生成は小さいことやアルミニウムからの水素ガス発生の抑制対策を講じること等から小さいと予測し、安全評価の対象外とした<sup>4)</sup>。これより、ガス移行シナリオはパラメータスタディにおいても対象外とした。稀頻度事象シナリオは、安全審査指

針でピット処分、トレンチ処分の対象とされていないため、対象外とした。

概念設計では、放射能インベントリを用いた予備的計算の結果、基本地下水シナリオ及び基本土地利用シナリオにおける線量が最大となる時期が評価開始後数百年程度であったことから、評価期間は1万年を超えるような長期にならないことを想定し、長期自然事象（プレート運動、気候変動）による影響は小さく、基本シナリオでは考慮しないこととした<sup>4)</sup>。これに基づき、パラメータスタディでは、基本シナリオを扱うこととすることから、長期自然事象の影響は考慮しないこととした。

#### 4.1.2 地下水シナリオにおける評価項目の抽出

地下水シナリオは、放射性物質が埋設施設から地下水を經由して河川等に移行し、その河川水を飲用、または、河川水を灌漑水として利用することにより収穫された農作物を摂取する等の経路における線量を評価するシナリオである。この地下水シナリオの安全評価モデルの中から、基本的立地条件の項目に該当するパラメータ及び評価経路を抽出し、パラメータスタディの評価項目とした。以下に、トレンチ処分及びピット処分における地下水シナリオの安全評価モデルからの評価パラメータ及び評価経路の抽出結果を示す。

##### (1) トレンチ施設から地下水中への放射性物質の移行モデルにおける評価項目の抽出

図4-1にトレンチ施設からの放射性物質の浸出及び土壌中の移行を示した概念図及び計算式を示す。トレンチ施設からの放射性物質の地下水への浸出モデルは、降雨から蒸発散量等を除いた浸透水がトレンチ施設に浸入し、放射性物質は、トレンチ施設内の土壌と浸透水の分配平衡により浸透水中を移行し、トレンチ施設下方の地下水に流入するモデルである。

地下水に流入した放射性物質は、土壌層の帯水層中を移流により移行し、河川等に流入する。帯水層中の移流による移行評価においては、地下水と土壌の分配平衡を考慮した地下水移行モデルが用いられる。

図4-1に示す計算式より、トレンチ施設から放射性物質の浸出に係る計算では、浸透水量( $v_{in}$ )、土壌の空隙率( $\epsilon_d$ )、密度( $\rho_d$ )、土壌への放射性物質の分配係数( $Kd_i$ )を評価パラメータとして抽出した。帯水層中の放射性物質の地下水移行に係る計算においては、土壌の空隙率( $\epsilon_d$ )、密度( $\rho_d$ )、土壌への放射性物質の分配係数( $Kd_i$ )、土壌の透水係数( $kc$ )、動水勾配( $h$ )を評価パラメータとして抽出した。なお、帯水層中の分散による移行は、浅地中処分のように地下水流速の速い場では影響が小さいと考え、概念設計と同様に移行計算で評価しないこととした。

##### (2) コンクリートピット施設から地下水中への放射性物質の移行モデルにおける評価項目の抽出

図4-2にコンクリートピット施設からの放射性物質の浸出モデル及び図4-3に放射性物質の帯水層または岩盤中の地下水移行モデル及び計算式を示す。

コンクリートピット施設から放射性物質の浸出モデルは以下のとおりである。

- ・ ピット内に地下水が浸入し、地下水とセメント系材料の分配平衡により、放射性物質が地下水へ移行する。
- ・ 放射性物質はピット内から移流により岩盤へ移行、またはピット内から地下水流の下流側のベントナイト混合土層内を移流及び拡散により通過して土壌層へ移行する。

- ・ 地下水流の上流側のベントナイト混合土層では、地下水の移流量が非常に小さいと考えられるため、放射性物質は拡散により帯水層へ移行する。

これらの事象により、コンクリートピット施設から浸出した放射性物質は、帯水層中または岩盤中をそれぞれ分配平衡を考慮した地下水による移流モデルにより移行し、河川等に流入する。

コンクリートピット施設からの放射性物質の浸出に関する計算では、図 4-2 より、ピット内からベントナイト混合土層中の移流に寄与する地下水浸出量 ( $Q_c$ )及び岩盤へ移流に寄与する地下水の浸出水量( $Q_r$ )を評価項目のパラメータとして抽出した。なお、コンクリートピット施設におけるコンクリート構造物及びベントナイト混合土層に係るパラメータは、施設的设计に係る値であるため評価項目としなかった。したがって、ベントナイト混合土層中の拡散による放射性物質の移行はパラメータスタディの対象ではない。

次に図 4-3 に示すように、帯水層、岩盤中における放射性物質の移行計算においては、土壌及び岩盤の空隙率( $\varepsilon_c$ 、 $\varepsilon_r$ )、密度( $\rho_c$ 、 $\rho_g$ )、核種の分配係数( $Kd_c$ 、 $Kd_g$ )、透水係数( $k_c$ 、 $k_g$ )、動水勾配( $h$ )を評価項目のパラメータとして抽出した。なお、トレンチ処分の安全評価と同様に、帯水層及び岩盤層中の分散による移行は、浅地中処分のように地下水流速の速い場では影響が小さいと考え、評価しないこととした。

### (3) 地下水シナリオの評価経路及び評価経路におけるパラメータからの評価項目の抽出

概念設計における安全評価では、設定した施設周辺の環境条件及び安全審査指針に示された安全評価シナリオに基づいて評価経路を設定した。パラメータスタディでは、様々な立地条件による安全性への影響を評価することを目的としているため、概念設計で選定した評価経路に基づくとともに、様々な周辺環境を踏まえて評価経路を選定した。

地下水シナリオの評価経路は、概念設計では敷地周辺に利用可能な河川がある立地条件を想定し、河川水を利用するシナリオを想定したが、パラメータスタディでは、クリアランスレベル評価で実施されている井戸水利用の経路及び地下水が海へ流出した際の海産物摂取の評価経路を追加した。

河川水及び井戸水利用では、概念設計で想定した被ばく経路に加え、クリアランスレベル評価における灌漑の牧畜作業を追加した。地下水シナリオで評価項目とした評価経路を図 4-4 に示す。

これらの経路における評価パラメータのうち、河川水及び井戸水の利用が行われる地点までの距離、帯水層の厚さ、河川等の流量、井戸の取水量及び地下水の混合割合をパラメータスタディの評価パラメータとして抽出した。河川水及び井戸水利用の経路における評価の概念図及び評価項目として抽出したパラメータを図 4-5 に示す。

なお、農作物摂取の被ばく経路に係る農地の分配係数及び農作物への移行係数等は評価パラメータとして抽出しなかった。農地は、人が肥料等を使って手入れした土地であり、地域の立地条件に依存するパラメータとは異なると考えられ、また、農作物及び畜産物への移行係数並びに水産物への濃縮係数は、先行埋設施設の安全評価事例では国内外の文献に示された値を設定しており、安全評価においては立地条件に依存しない共通的な値を設定することが想定されるためである。人の食物摂取量についても摂取量の変動は個人差に依存すると考えられることから、評価項目として抽出しないこととした。

#### 4.1.3 土地利用シナリオにおける評価項目の抽出

概念設計での土地利用シナリオの評価経路に基づき、①河川岸の土地利用、②跡地利用（ただし、コンクリートピット施設は地下 3m 以深に設置することを前提とするため、トレンチのみ評価した）、③帯水層土壌の掘削による土地利用（概念設計では、地下水位が地下 3m より深かったため、帯水層土壌の掘削による土地利用も基本シナリオで想定しなかったが、パラメータスタディでは地下水位が 3m より浅くなる場合も想定されるため、評価項目とした。）とした。なお、①～③の他に海岸の土地利用も考えられるが、原子炉施設等のクリアランスレベル評価では線量の低い項目として、最終的には除外されていることから、線量評価への影響は小さいと考え、評価項目としなかった。

①河川岸、②跡地利用、③帯水層土壌掘削による土地利用における評価経路は、概念設計で想定した経路に加え、クリアランスレベル評価で評価されている牧畜作業を追加した。土地利用シナリオで評価項目とした評価経路を図 4-4 に示す。

①河川岸、②跡地利用、③帯水層土壌掘削による土地利用の評価に用いるパラメータのうち、水の利用が行われる地点までの距離、帯水層の厚さ、河川等の流量、土地利用が行われる地点までの距離、地表から地下水位までの深さのパラメータを評価項目として抽出した。土地利用の評価経路の概念図及び評価項目として抽出したパラメータを図 4-5 に示す。

#### 4.2 評価項目の抽出のまとめ

基本的立地条件の設計関連項目毎に整理したパラメータスタディの評価パラメータ、評価経路の抽出結果を表 4-1 に示す。



## 5. 施設設計に係る項目のパラメータスタディの評価方法

### 5.1 施設設計に係る項目のパラメータスタディの方法

4章で抽出したパラメータ及び評価経路について、管理期間中及び管理期間終了後の安全評価に係るパラメータスタディを行う。

埋設施設の安全評価では、多数のパラメータ値を条件として線量が評価される。複数のパラメータ値の変動の影響を考慮したパラメータスタディの方法として、旧原子力安全委員会のクリアランスレベル評価で実施されたパラメータのばらつき評価の方法を参考とした<sup>6)</sup>。パラメータのばらつき評価に基づくパラメータスタディの方法は、以下のとおりとした。

- ① 抽出した個々のパラメータの値の変動幅と分布型を文献、データベースにより設定した。
- ② パラメータ毎に分布型に従って1,000個の値をサンプリングし、それらのパラメータ値を組合せて1,000通りの計算ケースを設定する。計算ケース数はクリアランスレベル評価と同様とした。
- ③ 設定した1,000通りの計算ケースについて評価経路毎に線量を評価する。一つの計算ケースの線量の結果を1/1000として、評価経路毎の線量に対する計算ケース数の累積頻度分布を作成し、97.5%計算ケースにおける線量の評価結果がめやす線量を下回っていることを評価した。97.5%の判断基準については、クリアランスレベル評価で用いられており、これに基づくこととした。
- ④ 管理期間中の安全評価におけるめやす線量は、原子炉等規制法に示された周辺監視区域外の線量限度である1mSv/yと考えられるが、安全審査指針では、平常時評価において合理的に達成できる低い線量とすることが求められていることから、発電用軽水炉の線量目標値である50 $\mu$ Sv/y以下とした。
- ⑤ 管理期間終了後の安全評価におけるめやす線量は、安全審査指針における基本シナリオのめやす線量である10 $\mu$ Sv/yとした。クリアランスレベル評価では、計算ケースの累積頻度が97.5%の時を発生頻度が小さい事象として扱い、その時の線量がクリアランスレベルのめやす線量である10 $\mu$ Sv/yの10倍の100 $\mu$ Sv/yを超えないことを確認している。パラメータの感度解析では、パラメータを基本シナリオの設定値から変動させた値を組合せて計算するため、変動シナリオの評価に相当すると考えて、変動シナリオのめやす線量(300 $\mu$ Sv/y)を設定することも考えられるが、本評価は、立地条件の感度解析であり、個々の立地条件を組み合わせた計算ケースが立地場所の基本設定となることを想定して、めやす線量を基本シナリオのめやす線量(10 $\mu$ Sv/y)に設定した。

図5-1に施設設計に係るパラメータスタディの方法の概要を示す。評価経路毎に97.5%線量が10 $\mu$ Sv/yを超えた場合は、人工バリアの仕様変更の設計対応を行って線量の再評価を実施し、97.5%線量が10 $\mu$ Sv/yより低くなることを確認するとともに、設計対応に係る追加の建設費用を評価した。

### 5.2 評価対象核種の設定

埋設施設の安全評価対象核種は、評価シナリオ毎に線量の最大値から2桁以内の核種を選定する方法が旧原子力安全・保安院の内規<sup>8)</sup>に示されている。パラメータスタディでは、放射能イン

ベントリのばらつきを想定して1桁範囲を広げて、概念設計の安全評価で基本シナリオの評価経路における線量の最大値から3桁以内となった核種を評価対象核種として選定した。また、核種ごとに放出放射線の種類及びエネルギーや分配係数、移行係数などの特徴によって、各評価経路における線量への寄与の大きさが異なることから、地下水シナリオ、土地利用シナリオの河川岸土壌利用、帯水層土壌利用及び跡地利用ごとに評価対象核種を選定した。表5-1にピット及びトレンチ処分の評価シナリオ毎の評価対象核種及び核種毎の放射能インベントリ（放射能及び平均放射能濃度）を示す。なお、河川水利用シナリオと河川岸土壌利用シナリオは、河川までの移行計算が同一であったため、河川水・地下水利用シナリオと河川岸土壌シナリオで核種を重複させて計算を行った。

### 5.3 評価パラメータの設定

パラメータ値の範囲は、国内の一般的な環境条件に対して実施されたクリアランスレベル評価に用いられた範囲、また、放射性廃棄物の処分のために日本全国のデータが調査されている文献、公共機関等において公開されているデータベースからデータを収集して設定した。パラメータ値の分布型は、クリアランスレベル評価で設定された分布型に基づくとともに、収集データの分布形状から判断して設定した。評価パラメータの分布幅及び分布型の設定結果を表5-2に示す。各評価パラメータ値の範囲及び分布型の設定方法は付録2に示す。

### 5.4 安全評価モデルの設定

#### 5.4.1 トレンチ施設からの放射性物質の移行モデル

トレンチ施設は、3.1節に示したとおり、地下水位より上に設置される。トレンチ施設からの放射性物質の浸出モデルは概念設計と同様に以下の通りとした。なお、計算式は、図4-1に示す通りである。

- ・ トレンチ施設は立地場所の土壌を充填材に使用することを想定し、また、トレンチ施設の内部の物質は、廃棄物の性状は考慮せず、立地場所と同じ土壌の性状で均一とした。放射性物質はトレンチ内に均一に分布しているモデルとした。
- ・ トレンチ施設中の放射性物質は、降雨等による浸透水とトレンチ施設中の土壌での分配平衡により浸透水に移行し、その浸透水に伴ってトレンチ施設から流出するモデルとした。
- ・ 浸透水はトレンチ施設全体に一様に浸透するモデルとした。
- ・ 施設から浸出した放射性物質は、施設下方の帯水層に移行することとし、河川等の評価点までは、移流により帯水層中を移行するモデルとした。また、放射性物質が移流により移行する際には、地下水と帯水層土壌による分配平衡を考慮した。

なお、概念設計では、遮水シートを設置したトレンチ施設を設計しており、その施設では、浸入水量が少なく放射性物質の移行が抑制されることが想定されるが、パラメータスタディでは、概念設計と同様に遮水シートの効果を考慮しないこととした。

また、表5-2における地下水位の調査結果より、地下水位が浅い場合は、トレンチ施設を地中に設置できない場合が想定されるが、その場合は地上に盛り土を施して造成し、同じ形状のトレンチ施設を設置することにより、安全評価モデルに影響は生じないと考えられる。

#### 5.4.2 コンクリートピット施設から地下水への放射性物質の移行モデル

##### (1) コンクリートピット施設から放射性物質の移行モデル

コンクリートピット施設は、概念設計と同様に、土壌層より深い透水性の小さい岩盤中に設置し、ピット上部及び側部に透水性の小さいベントナイト混合土層を 2m の厚さで設置する構造とした。安全評価におけるコンクリートピット施設からの放射性物質の浸出モデルは概念設計と同様に以下の通りとした。なお、計算式は、図 4-2 に示す通りである。

- ・ コンクリートピット施設内は、施設や廃棄体の充填材であるセメント系材料の他に、様々な性状の廃棄物や金属容器等が存在し不均一な状態であるが、安全評価では、コンクリートピット施設内の物質はセメント系材料で均一とし、放射性物質もコンクリートピット施設内に均一に分布するモデルとした。
- ・ コンクリートピット施設内の放射性物質は、コンクリートピット施設内に浸入した地下水とピットを構成するセメント系材料での分配平衡により浸入した地下水中に移行し、コンクリートピット施設から浸出する地下水の移流又はベントナイト混合土中での拡散に伴って施設外に浸出する。
- ・ 施設のセメント系材料の透水係数は、施設内の空隙や施工時のひび割れ等の不確定な要素を考慮し、評価当初から、砂程度の  $10^{-5}\text{m/s}$  に設定した。
- ・ ベントナイト混合土の透水係数は、長期におけるセメント系材料等との反応による劣化を考慮し、評価当初から透水性が少し大きい  $10^{-9}\text{m/s}$  に設定した。

表 5-2 における調査結果より、地表から岩盤層までの深さは、1~100m に設定した。このため、岩盤層が 50m より深い場合は、原子炉等規制法における核燃料物質又は核燃料物質によつ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におけるピット処分の定義より、岩盤中にピット施設を設置できない。したがって、岩盤層が 50m より深い場合は、土壌層にピット施設を設置するケースを設定した。概念設計における土壌層より下の岩盤中にピット施設を設置するケースを「地盤 2 層ケース」とし、岩盤層が深く土壌層にピット施設を設置するケースを「地盤 1 層ケース」ということとする。

また、「地盤 2 層ケース」では、岩盤層は表層の土壌層より透水係数が小さいと設定するが、透水係数をランダムサンプリングにより設定する場合、岩盤層の透水係数が土壌層より大きくなる組合せとなることが考えられる。この計算上の不具合を避けるため、地盤 2 層ケースでは、岩盤層の透水係数に対し、あらかじめ土壌層の透水係数が 10 倍、100 倍、1000 倍である条件を設定し、それらの条件毎に他のパラメータを変動させた 1,000 ケースの安全評価を行い、97.5%線量がめやす線量を下回ることを確認することとした。以下、土壌の透水係数が岩盤の透水係数の 10 倍と設定する計算ケースを「透水係数 10 倍ケース」、100 倍と設定する計算ケースを「透水係数 100 倍ケース」、1,000 倍と設定するケースを「透水係数 1,000 倍ケース」という。

「地盤 1 層ケース」では、土壌層の地下水流速が速いことが想定されることから、コンクリートピット施設の浸入水及び浸出水量を抑制するためにピットの上部及び側部に加えて、下部にもベントナイト混合土層を 2m の厚さで設置することとした。「地盤 2 層ケース」と「地盤 1 層ケース」におけるコンクリートピット施設の設置のモデルを図 5-2 に示す。

(2) コンクリートピット施設からの移行経路毎の浸出水量の設定

コンクリートピット施設における放射性物質は、ピットからの浸出水の移流又はベントナイト混合土中での拡散に伴って土壌層又は岩盤層に浸出する。このため、ピットから土壌層又は岩盤層への移行経路毎の浸出水量を評価する必要がある。コンクリートピット施設からの移行経路毎の浸出水量は、土壌層及び岩盤層の透水係数、立地場所の動水勾配によって変化するため、2次元体系による地下水流動解析を行って設定した。地下水流動解析の概要は付録-3に示し、以下に地下水流動解析の結果に基づくピットからの移行経路毎の浸出水量の設定方法を示す。

1) 地盤2層ケースにおける浸出水量

土壌と岩盤の2層の立地条件における地下水流動解析のモデルを図5-3に示す。

地下水流動解析では、岩盤の透水係数を5.3節で設定した範囲のうち、 $10^{-9}$ 、 $10^{-8}$ 、 $10^{-7}$ 、 $10^{-6}$ 、 $10^{-5}(\text{m/s})$ とし、土壌の透水係数は、岩盤の10倍、100倍、1000倍のケースをそれぞれ計算した。動水勾配は、5.3節で設定した範囲のうち、1%、2%、3%のケースを実施した。

コンクリートピット施設からの浸出水は、以下の4経路に分かれる。

- ① ピットの上部及び下流側側部から浸出し、ベントナイト混合土層を通過して土壌に移行する経路（ベントナイト混合土層から土壌層への経路）
- ② ピットの下流側側部から浸出し、ベントナイト混合土層を通過して岩盤に移行する経路（ベントナイト混合土層から岩盤層への経路）
- ③ ピット下部から浸出し、岩盤、側部覆土を通過して土壌層に移行する経路（ピット下部から土壌層への経路）
- ④ ピット下部から浸出し、岩盤を移行する経路（ピット下部から岩盤層への経路）

上記のコンクリートピット施設からの浸出水の4方向の浸出経路についてのモデルを図5-4に示す。

地下水流動解析により、計算ケース毎に上記の4方向の経路毎の浸出水量を算出した。

表5-3に経路毎の浸出水量の算出結果を示す。経路毎の浸出水量は、岩盤又は土壌を移行する地下水の流跡線が安定するピット施設から100m離れた地点における算出結果とした。図5-5にピットからの浸出水の流跡線の例を示す。流跡線の算出結果から、100m地点では岩盤又は土壌を移行する浸出水の流跡線が土壌と岩盤の境界線と平行になるため、100mより先での経路毎の浸出水量の変動は小さいと考えられる。なお、100mより前で評価した場合は、岩盤層から地下水流速の速い土壌層へ移行する浸出水量を少なく評価するため、100m地点で評価した方が放射性物質の移行量を速く評価する傾向にあると考えられる。

地下水流動解析による経路毎の浸出水量の算出結果をもとに、パラメータスタディにおける岩盤及び土壌の透水係数、動水勾配のサンプリング値に応じた1)~4)の経路毎の浸出水量を以下のようにモデル化した。

- ・ 動水勾配が一定で岩盤の透水係数が同じ場合、図5-6に示すように全体の浸出水量は、土壌の透水係数によってあまり変化しない傾向となった。これより、サンプリングによ

る 1,000 ケースの計算が可能となるように計算モデルを簡略化し、動水勾配と岩盤の透水係数毎に 1)から 4)の経路毎の浸出水量の代表値を設定する方法とした。代表値は、岩盤の透水係数と動水勾配毎に実施した 3 通りの土壌の透水係数の計算条件のうち、施設から浸出する放射性物質の量が最も大きくなるように 1)から 4) の経路の合計の浸出水量が最も多かった結果を選定した。表 5-4 に岩盤の透水係数毎に設定した各移行経路の浸出水量の代表値を示す。なお、1)から 4)の浸出水量の平均値を代表値とした場合の計算も追加計算として行った。追加計算の結果は付録-4 に示す。

移行経路毎の浸出水量は、図 5-7 に示すように動水勾配と相関関係が見られる。これより、岩盤の透水係数毎に 1)~4)の各経路の浸出水量と動水勾配の一次の相関式を求め、岩盤の透水係数と動水勾配のパラメータのサンプリング結果毎に各経路の浸出水量が設定できるようにした。表 5-4 に 1)~4)の各経路の浸出水量と動水勾配の相関係数を示す。

ピット施設からの浸出水の各移行経路における浸出モデルは以下のように設定した。各移行経路における浸出モデルの概念図は図 5-4 に示した通りである。

- ・ 1)の移行経路では、浸出水は、ベントナイト混合土層の下流側に近い上面と下流側の側面から土壌層に浸出する。上面のベントナイト混合土層からの浸出水は、下流側のピットの上面の概ね半分の領域約 20m から土壌層へ浸出し、側面のベントナイト混合土層からの浸出水は、埋設地のピット側方における埋戻し領域の覆土（以下、「側部覆土」という）の上面約 15m に広がって土壌層に浸出する傾向となっている。これらより土壌層へ浸出する領域の長さが両者で同程度であることから、1)の移行経路の計算では、計算モデルを簡略化し、ベントナイト混合土層上面及び側面から土壌層への浸出水量を合計し、ピットの上面下流側の 20m の領域から浸出するモデルとした。
- ・ 2)の移行経路では、浸出水は主に側面のベントナイト混合土層を通過した後、埋設地の側部覆土を通過して岩盤に流入する。2)の移行経路における計算では、浸出水がピット側面のベントナイト混合土層から浸出した後、側部覆土の通過を考慮せず、直接岩盤に流入するモデルとした。
- ・ 3)の移行経路では、浸出水はピットの下面の下流側数 m から浸出し、側部覆土を通過して土壌層に浸出する。安全評価では、浸出水はピット下面の下流側 1m の領域から浸出し、側面のベントナイト混合土の厚さ 2m 分の岩盤中を移行した後、側部覆土の通過を考慮せずに、土壌層へ流入するモデルとした。
- ・ 4)の移行経路では、浸出水は下流側のピット下面の約半分の領域から浸出するため、ピット下面の最下流側 20m の領域から岩盤に浸出するモデルとした。

## 2) 地盤 1 層ケースにおける浸出水量

地盤 1 層ケースにおける地下水流動解析モデルを図 5-8 に示す。土壌の透水係数は、5.3 節で設定した範囲のうち、 $10^{-6}$ 、 $10^{-4}$ 、 $10^{-2}$ 、 $1(\text{m/s})$ とし、動水勾配は、1%、2%、3%のケースを実施した。ピット施設からの浸出水を以下の 2 つの経路に分類した。

- ① 下流側の上面及び下面のベントナイト混合土から浸出する経路
- ② 下流側の側面のベントナイト混合土から浸出する経路

計算ケースにおける経路毎の浸出水量の算出結果を表 5-5 に示す。表 5-5 より、経路毎の浸出水量は、土壌の透水係数の違いによる変化は小さく、動水勾配と比例関係が見られた。したがって、①、②の経路毎の浸出水量は、土壌の透水係数に依存させず、動水勾配との 1 次の相関式を求めて設定する方法とした。表 5-6 に動水勾配と①~②の経路の浸出水量の相関係数を示す。動水勾配と経路毎の浸出水量の関係を図 5-9 に示す。

地盤 1 層ケースにおける浸出水のピット施設から各経路への移行モデルは以下のように設定した。

- ・ ①の浸出経路では、ベントナイト混合土の上面と下面から浸出水の挙動はほぼ同じであるため、合計して上面の下流側のピットの半分の領域約 20m から浸出するモデルとした。
- ・ ②の側部ベントナイト混合土からの浸出水は、施設の下流側 0m の地点から浸出するモデルとした。

### (3) コンクリートピット施設からの拡散による流出の考慮

日本原子力学会標準「余裕深度処分の安全評価手法：2008」<sup>9)</sup>附属書 3 では、埋設施設のセメント系材料層とベントナイト系材料層を劣化部と健全部で分けて、健全部では、拡散・収着により、劣化部では収着・移流・拡散による放射性物質の移行を評価する方法が示されている。これを参考に安全評価では、ベントナイト混合土層における移流の小さい領域について、保守的に拡散による流出を考慮し、以下のようにモデル化した。

#### 1) 地盤 2 層ケース

ピット上面のベントナイト混合土層の上流側は、地下水の移流が小さい領域となっているため、保守的に放射性物質がピットからベントナイト混合土層中を拡散により移行し、土壌へ流出する移行経路を考慮する。拡散だけによる移行を考慮する領域は、施設上面における下流側の浸出水が浸出する領域を除いた 80m の領域とした。なお、下流側 20m の領域では、放射性物質が移流及び拡散の両方による移行を考慮した。

#### 2) 地盤 1 層ケース

放射性物質が浸出水の移流及び拡散によりピットからベントナイト混合土層を移行する領域はピット上部及び下部の下流側 20m とした。これより、ピットの上部及び下部のベントナイト混合土層の下流側 20m 以外の長さ 80m の領域は、拡散だけにより放射性物質が流出する領域として評価した。

ベントナイト混合土の拡散係数は、「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—」<sup>10)</sup>(以下、「TRU2 次レポート」という)に示された式を引用し、ベントナイト混合割合を 15%として計算し、値を丸めて  $3.0 \times 10^{-10}(\text{m}^2/\text{s})$  に設定した。また、ベントナイト混合土中の拡散による計算では、保守的にベントナイト混合土層の土壌側の境界の放射能濃度が常に 0 ( $\text{Bq}/\text{cm}^3$ )であることを境界条件とした。

#### 5.4.3 評価経路毎の評価モデルの設定

パラメータスタディを行う評価経路は、図 4-4 に示したとおりである。以下に各評価経路における設定条件を示す。

##### (1) 河川水利用、海産物摂取の評価経路

トレンチ施設から流出した放射性物質は土壤中を移行し、コンクリートピット施設から流出した放射性物質は土壤中と岩盤中をそれぞれ移行し、河川又は海（以下、「河川等」という）に流入するモデルとした。埋設施設から河川等までの距離は、3.2 節の結果及び事業所内に小さい川が存在する可能性を考慮して、保守側に 0m～1,000m の範囲とした。

河川水利用の評価経路では、放射性物質が流入した河川水の飲用、河川水を灌漑水として利用した農地における農作業による被ばく、収穫された農作物の摂取、河川水を飼育水とし、かつ河川水を灌漑水とした牧草地で飼育された畜産物の摂取、放牧地における牧畜作業による被ばく、河川産物の摂取を評価した。灌漑農作物は主食である米を対象とした。畜産物は、種別には、酪農、肉牛、養豚、養鶏が代表的である。この中で、牛肉等は食用とするために、加工工程を要することから、牛乳や卵を自家消費することを想定し、酪農の方が養鶏よりも戸数が多く<sup>11)</sup>、平均的な年間摂取量は、牛乳の方が卵と比べ多いことから、牛乳の摂取で評価した。河川産物は、魚を摂取することを想定した。ただし、他の畜産物の摂取及び内水面で収穫される無脊椎動物の摂取からの線量も追加評価することとした。評価結果は付録 4 において示す。

地下水の流入先が海であることも想定して海産物摂取の評価経路も評価した。海産物は、魚、無脊椎動物、藻類の摂取による線量を評価した。

##### (2) 地下水利用の評価経路

地下水利用の評価経路は、埋設施設の敷地境界外に存在する井戸で放射性物質が流入した地下水がくみ上げられ、飲料水や農地及び牧草地の灌漑水、畜産物の飼育水に利用されることを想定した。井戸は一般に地下水の流れの大きい帯水層から地下水をくみ上げると考えられるので、土壌層を流れる地下水を評価対象とした。

井戸が利用される場所は、河川までの距離の調査結果を引用することとし、ピット施設から敷地境界までの距離を考慮して 100m～1,000m とする。

井戸の取水量は 5.3 節の結果から  $10^4 \sim 3 \times 10^6 (\text{m}^3/\text{y})$  の範囲とした。ただし、土壌の透水係数及び動水勾配のパラメータから計算した地下水流量は、値の組合せによっては、非常に小さく井戸の取水量に達しない場合がある。井戸により地下水を取水できる場所は、地下水流量が豊富である場所と想定し、評価モデルでは、井戸の取水量と地下水流量を同じと設定し、土壌の地下水流速 ( $\text{m}/\text{y}$ ) は、地下水流量 ( $\text{m}^3/\text{y}$ ) / 帯水層厚さ ( $\text{m}$ ) / 地下水流速と垂直の施設長さ ( $\text{m}$ ) から求めることとした。ピットの地盤 2 層ケースにおける岩盤の地下水流速は、土壌の地下水流速に対して、1/10、1/100、1/1000 に設定した。

井戸の取水量のデータは、生活用、農業用、工業用等の用途別に分布が異なっていることから、井戸水を飲用する経路は生活用の取水量の分布、灌漑水及び飼育水の利用では、農業用の取水量の分布を用いた。井戸で取水される地下水は、埋設施設からの浸出水を含まない地下水と混合されて利用することを考慮して、井戸水混合割合を 0.1～1 に設定した<sup>6)</sup>。

### (3) 跡地利用の評価経路

管理期間終了後に埋設地を地表から掘削することにより、廃棄物が掘削され地表土壌と混合することを想定し、建設作業者の被ばくと掘削作業後の土地に人が居住するシナリオを評価した。

地上からの掘削深さは、濃度上限値評価や既設の埋設施設の安全評価における通常のシナリオの設定値を引用し 3m とした。このため、コンクリートピット施設は設置深度が 3m より深いため、評価対象とせず、トレンチ施設のみ評価対象とした。トレンチ施設では、降雨等による施設への浸透水量に分配平衡となって地下水へ流出するモデルであるため、トレンチ施設内の放射能濃度は、施設への浸透水量と放射性物質ごとの土壌の分配係数によって影響される。したがって、5.3 節で設定した浸透水量及び土壌の放射性物質毎の分配係数の範囲を設定して評価を行う。

評価経路は、埋設地を掘削する建設作業と建設後に埋設地で居住するシナリオとした。埋設地で居住する人については、家庭菜園により収穫された農作物摂取の評価経路も想定した。

### (4) 帯水層土壌の利用の評価経路

帯水層土壌を利用する評価経路は、地表から地下水位より下の帯水層まで掘削する建設作業、掘削された土地に人が居住するシナリオとした。評価条件を以下に示す。

#### 1) 帯水層を掘削する場所及び深さについて。

帯水層を掘削する場所は、管理期間終了後は埋設地周辺が掘削されることも想定して、保守的に埋設施設から 0m の距離とした。

地下水位の深さは、5.3 節の調査結果では 0.5m~70m であるが、ピットは 50m より浅く設置することを考慮して、0.5m~40m に設定した。

建設作業等により地表から掘削する深さは、跡地利用の評価経路と同様に 3m とした。したがって、地下水位の深さは 0.5~40m であるため、地下水位が 3m より浅い場合は帯水層が掘削されるが、地下水位の深さが 3m 以上場合は、帯水層は掘削されない評価となる。

一方で、地下水が最終的に河川や海等へ流入することを想定すると、同じ敷地周辺でも地下水位が浅くなる場所が存在することが考えられる。これを考慮し、埋設施設からの距離が 0m~1,000m の範囲に地下水位が地表から 0.5m の場所があることを想定したケースも評価することとした。前者の掘削する場所が埋設施設から 0m の位置を想定したケースを「近傍掘削ケース」といい、地下水位が 0.5m の場所を掘削するケースを「地下水位 0.5m ケース」ということとする。

#### 2) 帯水層の厚さについて

帯水層の厚さは、帯水層を流れる地下水中の放射能濃度を評価するために必要なパラメータである。帯水層の厚さの範囲は、5.3 節の調査結果より 1m~100m であるが、地盤 2 層ケースではピットは 50m より浅い深度に設置するため、ピットの高さを考慮して岩盤が深さ 40m までに存在するとし、帯水層の厚さを 1m~40m に設定する。地盤 1 層ケースでは、地下水位が約 5m で岩盤層が 40m より深いことを想定し、35m~100m に設定した。トレンチ施設の評価における帯水層の厚さは、ピットの地盤 2 層ケースに合わせて 1m~40m とする。



## (5) 河川岸利用における評価経路

河川岸利用の評価経路では、放射性物質が流入した河川水と分配平衡となっている河川岸の土地での農作業又は牧畜作業、収穫された農作物又は畜産物を摂取する経路を評価した。

河川岸の土地で収穫される農作物は、畑地であることを想定し、葉菜、非葉菜、果樹とした。また、畜産物は、河川岸の放牧地で植生した飼料を摂取して生育することを想定し、河川水利用の評価経路と同様に牛乳の摂取を想定した。なお、その他の畜産物の摂取の評価は参考として実施した。(付録 4 参照) 埋設施設から河川等までの距離は、河川水利用の評価経路と同じとし、保守側に 0m～1,000m の範囲とした。

### 5.4.4 評価項目以外のパラメータの設定

安全評価に用いたパラメータスタディの評価パラメータ以外のパラメータは、概念設計の安全評価で使用したものを選定した。概念設計で使用しなかったパラメータは、クリアランスレベル評価、濃度上限値評価、既設の埋設事業の安全評価で使用されているものを選定した。付録 2 に安全評価に使用したパラメータスタディの評価パラメータ以外のパラメータを示す。

### 5.4.5 安全評価コード

安全評価コードは、原子力機構で開発された GSA-GCL コードを使用した。GSA-GCL コードは、低レベル放射性廃棄物に対する 3 種類の処分方法（トレンチ処分、ピット処分、余裕深度処分）の濃度上限値評価のために開発されたコード<sup>12)</sup>であり、トレンチ処分及びピット処分の跡地利用に関する評価シナリオ（建設シナリオ、居住シナリオ）と、3 つの処分方法に共通な地下水による核種移行に関するシナリオに対する解析が可能である。

評価パラメータ値のサンプリングは、LHS コードを用いて行った<sup>13)</sup>。LHS コードは、Latin Hypercube Sampling 法(LHS 法)を用いてパラメータサンプリングを行うコードである。LHS 法によるパラメータサンプリングは、各パラメータの分布関数を累積確率が等間隔となるようにサンプリング数で分割し、分割された領域の代表値をランダムにサンプリングする方法である。

## 6. 施設設計に係る項目のパラメータスタディの評価結果

5.3 節で設定したパラメータの範囲及び 5.4 節で設定した評価モデルに基づいて、トレンチ処分及びピット処分の管理期間中及び管理期間終了後の安全評価に関して、施設設計に係る項目のパラメータスタディを実施した。以下に施設毎及び評価ケース毎の評価結果を示す。

### 6.1 トレンチ処分における評価結果

トレンチ処分における評価経路毎の 97.5%線量を表 6-1 に示す。表 6-1 より、トレンチ処分では、管理期間中及び管理期間終了後における 97.5%線量はそれぞれのめやす線量より低い結果となった。評価経路毎の計算ケースの累積頻度分布を図 6-1~図 6-4 に示す。また、表 6-1 に示す評価経路の 97.5%線量となる計算ケースの核種毎の線量の経時変化例を図 6-5~図 6-11 に示す。

これらの結果より、トレンチ処分では、現在の対象廃棄体本数及び放射能インベントリを前提条件とした場合、施設設計に係る項目のほとんどの条件でめやす線量を満足できると考えられる。

なお、管理期間中の井戸水を飲用する経路では 97.5%線量が管理期間中のめやす線量は満足しているが、管理期間終了後のめやす線量より高くなっている。この評価経路の管理期間中の線量が管理期間終了後のめやす線量より低くできるような線量低減のための考察について付録 4 に示す。

### 6.2 ピット処分における評価結果

ピット処分では、5.4.2 項で設定した以下の評価ケースについてパラメータスタディを行った。

#### ① 地盤 2 層ケース

- ①-1 土壌の透水係数が岩盤の透水係数より 10 倍大きいケース (透水係数 10 倍ケース)
- ①-2 土壌の透水係数が岩盤の透水係数より 100 倍大きいケース (透水係数 100 倍ケース)
- ①-3 土壌の透水係数が岩盤の透水係数より 1000 倍大きいケース (透水係数 1000 倍ケース)

#### ② 地盤 1 層ケース

各評価ケースにおける評価経路毎の管理期間中及び管理期間終了後の 97.5%線量の評価結果を表 6-2 及び表 6-3 に示す。また、評価経路毎の計算ケースの累積頻度分布を図 6.12~図 6.23 に示す。また、表 6-2 及び表 6-3 に示す評価経路で 97.5%線量となる計算ケースの核種毎の線量の経時変化例を図 6.24~図 6.47 に示す。

管理期間中の安全評価では、地盤 2 層ケースでは①-1 及び①-2 の検討ケースの井戸水飲用の評価経路、①-1 の検討ケースにおける井戸水を灌漑水として栽培した飼料により飼育した畜産物を摂取する評価経路 (以下、「井戸水で飼育 (飼料) した畜産物摂取」という) において 97.5%線量がめやす線量 ( $50 \mu \text{Sv/y}$ ) より大きくなる結果となったが、それ以外では、97.5%線量がめやす線量より低くなる結果となった。

管理期間終了後の安全評価では、地盤 2 層ケースの①-1 から①-3 の全てのケースで河川水産物摂取、井戸水飲用及び井戸水で飼育 (飼料) した畜産物摂取の評価経路、地盤 1 層ケースの地下水飲用の評価経路で 97.5%線量がめやす線量である  $10 \mu \text{Sv/y}$  を超える結果となり、各評価ケースでそれ以外の評価経路については、97.5%線量がめやす線量である  $10 \mu \text{Sv/y}$  より低い結果とな

った。

これらより、管理期間中及び管理期間終了後の 97.5%線量がめやす線量より大きくなった評価経路について、線量の低減化のための設計対応を施し、再評価を行うとともに設計対応の費用を評価した。

### 6.3 線量の低減化を図るための設計対応と再評価

#### 6.3.1 設計対応の方法

ピット処分で管理期間中及び管理期間終了後の安全評価における 97.5%線量がめやす線量を超えた評価経路の線量の低減させるため、ピット施設からの放射性物質の浸出量の低減又は浸出速度を遅延させるための設計対応を検討した。

##### (1) 地盤 2 層ケースにおける設計対応の方法

河川産物摂取、井戸水飲用及び井戸水で飼育（飼料）した畜産物摂取の評価経路では、土壌の帯水層中への放射性物質の移行量を低減又は遅延させることで線量を低減させることができると考えられる。

コンクリートピット施設から土壌の帯水層中への放射性物質の浸出量を低減させるためには、上部及び側部のベントナイト混合土層を厚くする方法及び透水係数又は拡散係数の小さいベントナイト混合土やセメント系材料を使用する方法が考えられる。

これらの方法から、上部及び側部のベントナイト混合土層の厚さを 4m にする設計対応を採用して再評価を行った。再評価を行うに当たって、5.3 節の評価と同様にコンクリートピット施設からの浸出水量を 2 次元地下水流動解析から設定した。表 6-4 に上部及び側部のベントナイトの厚さを 4m にした時の地下水流動解析による経路毎の浸出水量の算出結果を示す。

5.3 節の評価と同様に岩盤の透水係数毎にコンクリートピット施設から 1)~4)の移行経路の動水勾配と浸出水量の 1 次式を表 6-4 の結果から求め、岩盤の透水係数と動水勾配のサンプリング値に応じて、1)~4)の移行経路の浸出水量を設定するようにした。

また、コンクリートピット施設から土壌の帯水層中への放射性物質の浸出量を更に低減させることが必要となった場合、ベントナイト混合土層のベントナイトの割合を増加させ、透水係数又は拡散係数の低減を図る方法を検討した。ここでは、TRU2 次レポートのベントナイトの混合割合と実効拡散係数の関係式を参照し、ベントナイトの混合割合を 15%から 30%に増加させ、実効拡散係数を  $3 \times 10^{-10}$  (m<sup>2</sup>/s)から  $2 \times 10^{-10}$ (m<sup>2</sup>/s)に低減した場合の評価をすることとした。なお、この場合、ベントナイト混合土の透水係数も低減することが想定される。ただし、ベントナイト混合土層の厚さを 4m とすることにより土壌層への浸出水量は低減し、放射性物質は拡散による移行量の割合が大きい傾向となっていることから、ベントナイト混合土層の透水係数の低減は考慮しないで計算を実施した。

なお、表 6-2 より、帯水層土壌を利用する近傍掘削ケースの居住による評価経路では、①-1 透水係数 10 倍ケースで 97.5%線量が  $10 \mu$  Sv/y にほぼ近い値となったことから、この評価経路も設計対応による再評価の対象に含めることとした。

##### (2) 地盤 1 層ケースにおける設計対応

地盤 1 層ケースでは、地下水飲用の経路において 97.5%線量が  $10 \mu$  Sv/y を超える評価結果と

なった。線量の低減化を図るため、地盤 2 層ケースと同様に、ベントナイト混合土層を厚くすることとし、ピット周囲に厚さ 2m から 4m とすることを想定した。

ベントナイト混合土層を厚くすることとしたため、5.4 節の評価と同様にコンクリートピット施設からの浸出水量を 2 次元地下水流動解析で評価した。表 6-5 に上部、下部及び側部のベントナイトの厚さを 4m にした時の流動解析による経路毎の浸出量の算出結果を示す。5.4 節の評価と同様に土壌の透水係数毎に動水勾配と浸出水量の一次式を表 6-4 の結果から求め、土壌の透水係数と動水勾配のサンプリング値に応じて 1)、2) の浸出水量を設定するようにした。

また、コンクリートピット施設からの放射性物質の浸出量を更に低減させることが必要となった場合、地盤 2 層ケースと同様にベントナイト混合土層のベントナイトの割合を増加させ、拡散係数の低減を図る方法を用いることとする。

### 6.3.2 設計対応後のピット施設における評価結果

6.2 節でピット処分の 97.5%線量が  $10 \mu \text{Sv/y}$  を超えた評価経路について、4m のベントナイト混合土層を設置した施設に対して再評価を実施した。地盤 2 層ケースの 97.5%線量の再評価の結果を表 6-6 に、地盤 1 層ケースの 97.5%線量の再評価の結果を表 6-7 に示す。また、設計対応後の再評価における線量の累積頻度分布を図 6-48 から図 6-54 に、97.5 計算ケースにおける線量の経時変化を図 6-55 から図 6-69 に示す。

再評価結果において、地盤 2 層ケースの①-2 透水係数 100 倍ケース及び①-3 透水係数 1000 倍ケースにおける地下水飲用の評価経路で、管理期間終了後の 97.5%線量がめやす線量である  $10 \mu \text{Sv/y}$  より大きくなる結果となった。再評価を行ったその他の評価経路では、97.5%線量がめやす線量を下回る結果となった。

97.5%線量値がめやす線量より大きくなった①-2 及び①-3 の地下水飲用の評価経路について、ベントナイト混合土層を 4m の厚さのままで、ベントナイト混合土におけるベントナイトの混合割合を増やし、拡散係数を  $2/3$  倍低い  $2 \times 10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$  とする設計対応を行って、2 回目の再評価を行った。2 回目の再評価の結果を表 6-8 に示す。また、線量の累積頻度分布を図 6-70 及び図 6-71 に、97.5%計算ケースにおける線量の経時変化を図 6-72 及び図 6-73 に示す。これより、①-2 及び①-3 の地下水飲用の評価経路についても、97.5%線量が線量のめやす値より低い結果となった。これらの結果から、ピット処分では、ベントナイト混合土層を厚くし、更にベントナイトの割合を増加させる等の対応により拡散係数を低減させる設計対応を行うことにより評価対象とした項目 97.5%以上の条件でめやす線量を満足できる見通しが得られた。したがって、設計関連項目のうち安全評価に影響を及ぼす項目として選定した施設設計に係る項目については、設計対応が可能であると判断できる。

なお、表 6-6 より、地盤 2 層ケースの①-1 透水係数 10 倍ケースで、管理期間中における地下水飲用の評価経路が、管理期間中のめやす線量より低くなっているが、管理期間終了後のめやす線量より高くなる結果となった。この評価経路における線量を更に低減させるための考察について、付録 4 に示す。

### 6.3.3 設計対応に係る費用評価

再評価において、①地盤 2 層ケースでは、ピットの上部及び側部にベントナイト混合土層を 4m の厚さとし、更にベントナイトの混合割合を 15%から 30%に増加させる設計対応を想定した。また、②地盤 1 層ケースでは、ピット施設の上部、下部、及び側部にベントナイト混合土層を 4m の厚さで設置する設計対応を想定した。これらのベントナイト混合土層に係る設計対応について、概念設計の施設に対する費用の増加を評価した。ベントナイト混合土層の施工をする場合の費用評価をする上での積算条件を表 6-9 に示す。

費用積算に際してのベントナイト混合土の施工方法は、概念設計と同等とした。すなわち、所定の混合割合のベントナイト混合土を製造し、施工部位に重機等によりベントナイト混合土敷き均し、所定の締固め度、層厚となるよう振動ローラ等による締固め、ブルドーザ等による表面整形した後、ベントナイト混合土層の含水比を一定に保つようブルーシート等で養生することにより施工することとした。

概念設計の施設仕様では、ベントナイトと土壌の混合割合 15%、再評価の仕様では 30%の費用積算方法は国の基準<sup>14)</sup>等を参考とした。表 6-10 から表 6-13 の積算表に基づく、配合率 15%、30%のベントナイト混合土を単位容積 1m<sup>3</sup>あたり施工する際に要する単価は約 24,000 円/m<sup>3</sup>、39,000 円/m<sup>3</sup>であった。

施工数量積算は、国の基準<sup>15)</sup>に従った。①ピット上部及び側部にベントナイト混合土層を 4m 設置するケースと、②ピット上部、下部及び側面にベントナイト混合土層を 4m 設置するケースの施工量は、それぞれ、約 205,000m<sup>3</sup>、275,000m<sup>3</sup>である。費用は、それぞれの施工数量に単価を乗じた。

表 6-14 にそれぞれのベントナイト混合土層の設置費用の評価結果を示す。その結果、概念設計の施設からの費用増加分は、①地盤 2 層ケースのピット上部及び側部にベントナイト割合 30%のベントナイト混合土層を 4m 設置するケースで約 56 億円、②地盤 1 層ケースのピット上部、下部及び側面にベントナイト割合 15%のベントナイト混合土層を 4m 設置するケースで約 42 億円となった。この費用増加分は実施計画で示された研究施設等廃棄物の埋設事業に係る総事業費(約 2,000 億円)の数%であった。

## 7. 操業期間中の埋設施設等から敷地境界までの距離に係るパラメータスタディ

### 7.1 評価の目的

概念設計では、操業期間中の安全評価として、埋設施設等からのスカイシャイン $\gamma$ 線等による敷地境界での線量を評価した。その結果を基に、埋設施設等からの敷地境界までの距離、各施設からの線量の重畳を考慮して、敷地境界における線量がめやす線量を満足するように事業所における埋設施設等の配置設計を実施した。

一方で、埋設施設の立地にあたっては、敷地形状によって埋設施設等の配置は制限され、敷地境界における各施設からの線量が大きくなり、めやす線量を満足しない可能性が考えられる。

これより、敷地境界の線量がめやす線量を満足するような埋設施設等を配置できる敷地形状の条件を評価した。ただし、敷地は様々な形状が想定されることから、埋設施設等の大きさと配列を設定してスカイシャイン $\gamma$ 線等による線量の評価を行い、埋設施設等からめやす線量を満足するために必要な敷地境界までの距離を評価することとした。この埋設施設等から敷地境界までの距離の評価結果は、立地基準の事業所の敷地の検討の技術的根拠とする。

なお、線量評価の詳細な方法は付録5に示す。

### 7.2 評価手順

#### (1) めやす線量の設定

一般公衆に対するめやす線量は、発電用軽水炉における線量目標値を適用し、 $50 \mu\text{Sv/年}$ とした。

#### (2) パラメータスタディの評価手順

敷地境界における埋設施設等からの線量は、各施設からの距離に応じた線量の合計である。

このため、評価を 1) 各施設からの距離毎の線量評価と 2) 各施設を配置した際のめやす線量を満足する敷地境界までの距離の評価(以下、「各施設からの敷地境界までの距離の評価」という。)の順に行った。

1)では、概念設計の設計結果を基に埋設施設等の形状、評価線源となる廃棄体の位置、遮へいの有無等の評価条件を選定し、各施設等からの距離毎のスカイシャイン $\gamma$ 線等からの線量を評価した。

2)では、各施設からの線量の重畳が大きくなるように各施設を近接して配置し、全ての施設を囲むように敷地境界を設定した。敷地境界において線量の重畳の影響が大きい地点を評価点とし、各施設の評価点までの距離に該当する線量を合算して、評価点における各施設からの合計線量が  $50 \mu\text{Sv/y}$  となる時の各施設からの距離を評価した。その結果から、各施設の周囲に合計線量が  $50 \mu\text{Sv/y}$  となる敷地境界を評価し、施設毎に敷地境界までの最も長い距離を各施設から敷地境界までに必要な距離として評価した。

以下に 1) 各施設からの距離毎の線量評価と 2) 各施設からの敷地境界までの距離の評価について示す。

### 7.3 各施設からの距離毎の線量評価

#### (1) 受入検査施設

受入検査施設（付随する屋外の作業エリアを含む）の形状、配置及び受入施設内の廃棄体の配置は概念設計と同じとし、スカイシャイン $\gamma$ 線等による線量の評価を行った。

直接 $\gamma$ 線の評価では、受入検査施設内の廃棄体の保管位置を考慮し、側面の4方向について線量进行评估した。受入検査施設内の線量評価における線源位置を図7-1に示す。線源1~4の形状、放射能の設定、各方向への線量の評価方法の詳細は付録5に示す。

スカイシャイン $\gamma$ 線の評価では、各線源から天井までの距離が変わらないことから、線源を一つにまとめて、各方向で同じ評価とした。

各方向で施設からの距離毎に直接 $\gamma$ 線とスカイシャイン $\gamma$ 線からの線量を合計し、距離毎の線量进行评估した。

#### (2) コンクリートピット施設

コンクリートピット施設では、廃棄体を地表面よりも低い位置に定置することから、直接 $\gamma$ 線は周囲の地形によって遮られるため、スカイシャイン $\gamma$ 線について評価を行った。

コンクリートピット施設のピットの形状は概念設計と同じとした。操業はP埋設地（ピット10基）、S埋設地（ピット8基）の順に行うので、埋設地毎に線量进行评估した。

各埋設地では、操業中のピットが1基とそれ以外の施工済のピット（P埋設地9基、S埋設地7基）を想定した線源モデル及び評価時間を設定した。この際、モデルを保守的に簡略化し全てのピットからの距離は同じとした。ピットの線源モデル、評価時間等の評価条件の詳細は付録5に示す。

#### (3) トレンチ施設

トレンチ施設についても、コンクリートピット施設と同様に廃棄体を地表面よりも低い位置に定置することから、スカイシャイン $\gamma$ 線について評価を行った。

トレンチの形状は概念設計と同じとし、埋設地（P及びS）、トレンチの種類（安定型、付加機能型）毎に評価を実施した。

各埋設地の付加機能型又は安定型で操業中の1基を計算対象とし、それ以外のトレンチについては、廃棄体の定置が行われていないか、又は2.5mの上部覆土が実施された後で線量の寄与は無いものとした。各トレンチの線源モデル、評価時間等の評価条件の詳細は付録5に示す。

#### (4) 各施設からの距離毎の線量評価結果

直接 $\gamma$ 線の線量計算はQAD-CGGP2R及びスカイシャイン $\gamma$ 線の線量計算は、DOT3.5<sup>16)</sup>を用いて行った。

各施設からの10m単位の距離における線量を表7-1及び図7-2に示す。

施設単位でめやす線量(50 $\mu$  Sv/y)を下回るのに必要な距離は、受入検査施設では約100~110m、コンクリートピット施設では約40m、トレンチ埋設施設では約80~90mとなった。コンクリートピット施設の距離が他の施設と比較して約半分短いのは、コンクリートピット施設は地表面から深い位置に設置するため、土壌の遮へい効果が得られるためと考えられる。

## 7.4 各施設からの敷地境界までの距離の評価

### (1) 評価ケースの設定

施設が近接する場合は線量が重畳し、めやす線量を満足するために必要な距離が個々の施設だけで評価した距離より長くなると考えられる。したがって、保守的に施設が近接する配置での条件でめやす線量を満足するために敷地境界までの必要な距離を評価した。施設間の配置は、それぞれの施設からの線量が重畳により敷地境界における線量が高くなるように、コンクリートピット施設、受入検査施設、トレンチ施設の順に近接して配置して評価した。

受入検査施設は、敷地が長さ 160m、幅 120m であり（建物は長さ 70m、幅 67m として評価した）、長辺方向と短辺方向で線量が異なることから、配置の向きを考慮して検討を行った。また、ピット施設は、概念設計ではピットが 2 列の配置で設計したが、1 列の配置による評価を追加した。トレンチ施設についても概念設計では、3 列の配置で設計したが 2 列及び 1 列の配置による評価を追加した。表 7-2 に検討ケース及び施設モデルを、図 7-3 から図 7-8 に各検討ケース及び施設モデルにおける評価上の線源の位置と敷地境界における評価点の位置を示す。

施設モデル 1 は、概念設計と同じピット 2 行、トレンチ 3 行の配置とし、敷地の幅が狭い場合を想定して、施設モデル 2 は、ピット 1 行、トレンチ 2 行、施設モデル 3 は、ピット 1 行、トレンチ 1 行の配置を想定した。

検討ケース 1 と 3 は、受入検査施設を横向きに配置（長辺方向をトレンチ、ピットに水平に配置）した場合で、コンクリートピット施設の P 埋設地の位置と S 埋設地の位置を反対にした配置である。

検討ケース 2 と 4 は、受入検査施設を縦向きに配置（長辺方向をトレンチ、ピットに垂直に配置）した場合で、コンクリートピット施設の P 埋設地の位置と S 埋設地の位置を反対にした配置である。検討ケース 1 と 2、又は検討ケース 3 と 4 は同じ敷地内で対応が可能と考えられる。検討ケース 5 は、検討ケース 4 と同じ配列であるが、施設間の幅を広く取った場合を考慮したケースとして計算した。

なお、コンクリートピット施設では、それぞれのピットからの評価点までの距離を同じとして評価していることから、モデル 1 から 3 で P 埋設地及び S 埋設地それぞれの線量の値は同じとなり、配列の違いによる評価点と線源の距離が異なる評価となる。トレンチ施設についても、P 又は S 埋設地の付加機能型トレンチ及び安定型トレンチからの線量はモデル 1 から 3 で同じであり、それぞれ配列の違いによる評価点と線源の距離が異なる評価となる。

### (2) 評価結果

検討ケース毎に施設を配置し、施設毎の線量と施設間の重畳を考慮し、施設周囲においてめやす線量 ( $50 \mu \text{Sv/y}$ ) 以下となる敷地境界までの距離を求めた。各施設からの線量は、表 7-1 における線量を用い、評価点において各施設からの距離に応じた線量を合計して敷地境界でめやす線量以下となる距離を求めた。

各検討ケースの敷地境界の各評価点までの距離の評価結果を表 7-3 に示す。

検討ケース 1 と 3 では、検討ケース 3 の方が検討ケース 1 より各評価点における敷地境界までの距離が短くなっている。検討ケース 1 と 3 は同じ敷地内で対応できる方法であることから、受入検査施設を横向きにした場合は、検討ケース 3 の評価結果から敷地境界までの距離を評価した。次に検討ケース 2 と 4 では、検討ケース 4 の方が検討ケース 2 より各評価点における敷地境界ま



での距離が短くなるため、受入検査施設を縦向きにした場合は、検討ケース 4 の評価結果から敷地境界までの距離を評価した。ケース 3 とケース 4 の評価結果から、受入検査施設、トレンチ施設及びコンクリートピット施設について、各施設からの線量がめやす線量を満足するために必要な敷地境界までの距離を評価した。

これらの結果のうち、概念設計の施設仕様であるモデル 1 では、受入検査施設、コンクリートピット施設及びトレンチ施設が、敷地境界から 120m 以上離れていれば、各施設からの線量が敷地境界でめやす線量値以下となると考えられる。この埋設施設等から敷地境界までの距離の評価結果は、立地基準の事業所の敷地の検討の技術的根拠とする。

## 8. 結論

本報告書では、研究施設等廃棄物のコンクリートピット及びトレンチ施設の立地基準の検討の技術的根拠とするため、旧原子力安全委員会の安全審査指針に基本的立地条件として示された項目のうち、埋設施設の設計で対応することが合理的と考えられる設計関連項目について様々な環境条件を設定して、パラメータスタディを実施した。

評価にあたっては、まず、設計関連項目から管理期間中及び管理期間終了後の安全評価に影響を与える項目を安全評価のパラメータ及び評価経路として抽出した。評価パラメータについては、国内の条件を考慮して値の分布を設定し、その分布範囲から値をそれぞれサンプリングしてランダムに組み合わせ 1,000 通りの計算ケースを設定した。それぞれの計算ケースに対して、社会環境条件（水利用、土地利用）を考慮した様々な評価経路に対して被ばく線量を評価した。その結果、概念設計における埋設施設の仕様及び追加の設計対応によって、97.5%以上の計算ケースの線量の評価結果がめやす線量以下となることを評価した。

これらの結果から、設計関連項目のうち施設設計に係る項目に対しては、立地場所を決める段階で個々の条件により立地の是非を判断するのではなく、立地場所が決まった後、環境調査等によって地質、地盤、水理条件におけるパラメータの値を取得するとともに、立地場所周辺の社会環境調査によって評価経路を設定して、立地場所に応じた施設設計の結果を踏まえて、安全評価を行い、安全性が確保されることを評価することが適切と考えられた。

また、事業所の規模に係る立地条件を検討するため、埋設施設の操業中の安全評価において、コンクリートピット施設、トレンチ施設及び受入検査施設の配置及び形状毎に、各施設からの直接γ線及びスカイシャインγ線による敷地境界での線量がめやす線量（ $50 \mu \text{Sv/y}$ ）以下となるような各施設から敷地境界までの距離を評価した。その結果、概念設計の施設仕様で受入検査施設、コンクリートピット施設及びトレンチ施設から敷地境界まで 120m 以上離れていれば、敷地境界でめやす線量以下となる評価結果が得られた。この埋設施設等から敷地境界までの距離の評価結果は、立地基準の事業所の敷地の検討の技術的根拠とする。

なお、埋設する廃棄体条件（本数、放射能インベントリ）、施設の設計仕様、安全評価手法は、立地の時点における最新の知見・状況、立地場所の環境条件に応じて今後とも改良されるものである。

謝辞

本報告書を取りまとめるにあたり、貴重なご意見をいただいた木原伸二部長（大洗研究開発センター環境保全部）に感謝いたします。また、地下水流動解析の方法をご教示いただいた宗像雅広研究副主幹、線量評価の方法をご教示いただいた武田聖司研究主幹(安全研究センターリスク評価研究ユニット環境影響評価研究グループ)に感謝いたします。

参考文献

- 1) 独立行政法人日本原子力研究開発機構：“埋設処分業務の実施に関する計画”,(2009).
- 2) 独立行政法人日本原子力研究開発機構：“埋設処分業務の実施に関する計画”,(2012).
- 3) 天澤弘也他：“研究施設等廃棄物の概念設計に供する前提条件の調査及び設定”,JAEA-Technology 2010-043, (2011).
- 4) 天澤弘也他：“研究施設等廃棄物浅地中処分施設の概念設計”,JAEA-Technology 2012-031, (2012).
- 5) 原子力安全委員会：“第二種廃棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方”,(2010).
- 6) 原子力安全委員会：“主な原子炉施設におけるクリアランスレベルについて”, (1999).
- 7) 原子力安全委員会：“発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針”, (2001).
- 8) 経済産業省原子力安全・保安院：“放射性廃棄物に含まれる放射性物質の種類について(内規)”, NISA-192e-12-1, (2012).
- 9) 日本原子力学会：“日本原子力学会標準余裕深度処分の安全評価手法:2008”, AESJ-SC-F012: 2008, (2009).
- 10) 電気事業連合会、核燃料サイクル開発機構：“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一稿拠資料集”, JNC TY1450 2005-001, (2005).
- 11) 農林水産省,：“農林水産統計 農業経営統計調査 平成 22 年 個別経営の営農類型別経営統計 (経営収支)－酪農・肉用牛・養豚・採卵養鶏・ブロイラー養鶏経営－(online) available from < [http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noukei/einou\\_kobetu/index.html](http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noukei/einou_kobetu/index.html) > (accessed on 2012-06-01).
- 12) 武田聖司他：“低レベル放射性廃棄物処分に対する濃度上限値評価コード GSA-GCL 第2版の開発(受託研究)”, JAEA-Data/Code 2011-008, (2011).
- 13) R. L. Iman and M. J. Shortencarier,：“A FORTRAN 77 Program and User’s Guide for the Generation of Latin Hypercube and Random Samples for Use with Computer Models”, NUREG/CR-3624, (1984).
- 14) 土木工事積算基準マニュアル平成 23 年度版 財団法人 建設物価調査会.
- 15) 平成 24 年度(4 月版) 土木工事数量算出要領(案)国土交通省 国土技術政策総合研究所 総合技術政策研究センター.
- 16) W.A.Rhoades.”DOT3.5 Two Dimensional Discrete Ordinates Radiation Transport Code”, ORNL/RISC/CCC-276(1975).
- 17) 梅田浩司：“日本の地盤を対象とした透水係数データベースの作成”, PNC TN7450 96-002, (1996).
- 18) 原子力安全委員会：“核燃料使用施設(照射済燃料及び材料を取り扱う施設)におけるクリアランスレベルについて”, (2003).
- 19) 陶山忠弘他,：“収着データベース(JAEA-SDB)の開発:土壌及びセメント系を含む収着データの拡充”, JAEA-Data/Code 2011-022, (2011).
- 20) 日本原子力研究開発機構 地層処分研究開発部門,：“熱力学・収着・拡散データベース”(online) available from < <http://migrationdb.jaea.go.jp/> > (accessed on 2011-06-25).
- 21) 土木学会,：“水理公式集”, (1971).

- 22) 建設産業調査会, :“改訂 地下水ハンドブック”, (1998).
- 23) 佐藤稔紀他, :“文献調査によるわが国の岩石の物理的特性に関するデータの収集(その 2)”, JNC TN7400 99-011, (1999).
- 24) 産業技術総合研究所 地球科学情報研究部門, :“地盤データベース 日本列島を構成する岩石の密度とその分布” (online) available from <<http://riodb02.ibase.aist.go.jp/jibandb/index.html> > (accessed on 2012-06-25).
- 25) 日比谷啓介他, :“我が国の地下水流動特性に関する研究”, JNC-TN7400 99-004, (1999).
- 26) 国土交通省, :“水文水質データベース” (online) available from < <http://www1.river.go.jp/> > (accessed on 2012-06-25).
- 27) 自然科学研究機構 国立天文台編, :“理科年表 平成 22 年”, (2010).
- 28) 国土交通省 土地・水資源局 国土調査課, :“地下水資料台帳” (online) available from < <http://tochi.mlit.go.jp/tockok/inspect/landclassification/water/basis/underground/F9/exp.html> > (accessed on 2012-06-25).

表 2-1 基本的立地条件の設計関連項目への整理結果

(1) 自然環境	① 地震、地すべり、台風、異常寒波、豪雪等の自然現象
	② 地盤、地耐力の地質及び地形等
	③ 風向、風速、降水量等の気象
	④ 河川、地下水等の水象及び水理
(2) 社会環境	② 河川水、地下水等の利用状況、農業、畜産業、漁業等食物に関する土地利用等の状況及び人口分布等

表 3-1 概念設計で設定された処分施設毎の放射能インベントリ

番号	核種名	半減期 (年)	インベントリ (Bq)		番号	核種名	半減期 (年)	インベントリ (Bq)	
			トレンチ 処分	ピット 処分				トレンチ 処分	ピット 処分
1	H-3	1.2E+01	1.5E+12	2.8E+14	28	Po-210 <sup>*</sup> )	3.8E-01	0.0E+00	0.0E+00
2	Be-10	1.5E+06	1.0E+07	1.8E+08	29	Ra-226	1.6E+03	2.0E+02	2.6E+05
3	C-14	5.7E+03	1.5E+10	9.2E+12	30	Ra-228	5.8E+00	3.4E+07	2.2E+09
4	Al-26	7.2E+05	1.2E+07	7.4E+07	31	Ac-227	2.2E+01	1.3E+03	1.6E+04
5	Cl-36	3.0E+05	2.3E+08	5.2E+09	32	Th-228 <sup>*</sup> )	1.9E+00	0.0E+00	0.0E+00
6	Ca-41	1.0E+05	4.2E+08	6.6E+10	33	Th-229	7.3E+03	1.9E+02	4.4E+04
7	Co-60	5.3E+00	1.9E+12	2.7E+14	34	Th-230	7.5E+04	2.3E+04	1.4E+05
8	Ni-59	1.0E+05	2.4E+09	2.4E+11	35	Th-232	1.4E+10	9.9E+04	7.0E+08
9	Ni-63	1.0E+02	3.5E+11	2.9E+13	36	Pa-231	3.3E+04	3.2E+03	4.0E+04
10	Se-79	3.0E+05	1.6E+05	6.0E+07	37	U-232	6.9E+01	1.3E+07	2.1E+06
11	Sr-90	2.9E+01	1.2E+10	9.8E+12	38	U-233	1.6E+05	3.2E+05	2.3E+07
12	Zr-93	1.5E+06	1.4E+06	1.8E+08	39	U-234	2.5E+05	3.8E+09	5.3E+08
13	Nb-94	2.0E+04	2.5E+07	2.0E+09	40	U-235	7.0E+08	1.7E+08	5.4E+08
14	Mo-93	4.0E+03	7.5E+07	6.5E+08	41	U-236	2.3E+07	8.6E+07	3.3E+07
15	Tc-99	2.1E+05	7.8E+08	7.5E+09	42	U-238	4.5E+09	3.2E+09	1.7E+10
16	Ag-108m	4.2E+02	2.2E+08	2.7E+10	43	Np-237	2.1E+06	8.9E+05	1.6E+08
17	Cd-113m	1.4E+01	1.0E+07	5.9E+09	44	Pu-238	8.8E+01	4.2E+08	3.1E+11
18	Sn-126	2.3E+05	1.4E+06	2.0E+08	45	Pu-239	2.4E+04	3.3E+08	1.1E+11
19	I-129	1.6E+07	4.1E+03	6.4E+09	46	Pu-240	6.6E+03	2.2E+08	1.4E+11
20	Cs-135	2.3E+06	3.8E+06	1.3E+08	47	Pu-241	1.4E+01	3.3E+07	3.7E+12
21	Cs-137	3.0E+01	6.4E+10	1.6E+13	48	Pu-242	3.8E+05	7.3E+05	4.7E+08
22	Ba-133	1.1E+01	2.5E+09	1.7E+12	49	Am-241	4.3E+02	5.1E+09	1.1E+11
23	Eu-152	1.4E+01	2.5E+10	3.2E+12	50	Am-242m	1.4E+02	1.3E+06	1.2E+09
24	Eu-154	8.6E+00	3.6E+09	2.1E+12	51	Am-243	7.4E+03	5.2E+06	3.3E+09
25	Ho-166m	1.2E+03	3.2E+06	5.0E+08	52	Cm-243	2.9E+01	5.8E+06	3.6E+09
26	Hf-182	9.0E+06	2.7E+04	3.6E+05	53	Cm-244	1.8E+01	6.9E+08	4.2E+11
27	Pb-210	2.2E+01	6.2E+01	3.2E+02	54	Cm-245	8.5E+03	5.1E+04	3.1E+07

(\*) 初期インベントリがゼロの核種は埋設処分後、親核種の崩壊連鎖で生成される子孫核種。上記の2核種以外は、線量換算係数で他の系列核種に含まれている。

表 4-1 評価パラメータ、評価経路の抽出結果

設計関連項目		施設設計に係る項目			
		評価対象	評価内容		
自然環境	自然現象	地すべり 地震（耐震設計） 台風、豪雪、異常寒波	---	管理期間中及び管理期間終了後の安全評価に係る項目ではない	
	地質及び地形等	地盤、地質	○	分配係数、透水係数、密度、空隙率	
		地耐力	---	管理期間中及び管理期間終了後の安全評価に係る項目ではない。	
		地形	○	動水勾配	
	気象	風向、風速	---	管理期間中及び管理期間終了後の安全評価に係る項目ではない。	
		浸透水量	○	浸透水量	
	水象及び水理	河川、海等	距離、流量	○	河川等までの距離、河川等の流量
			地下水	地下水流速	(○)
		地下水位の深度		○	地下水位の深度
		帯水層の厚さ		○	帯水層の厚さ
井戸		○		井戸までの距離及び取水量	
地下水流量（取水量）		(○)	前述の透水係数、動水勾配、帯水層の厚さの検討に含まれる。		
社会環境	況水の利用状	河川水、地下水等	○	河川水、地下水（井戸）利用に係る評価経路	
	等土地利用の状況	農業、畜産業、漁業等	○	河川岸、埋設地及び周辺土壌の利用、河川及び海での漁業に係る評価経路	



表 5-1 パラメータスタディの対象核種と処分毎の放射能インベントリ(1/2)

トレンチ処分

No.	核種	放射能量*1 (Bq)	放射能濃度*2 (Bq/ton)	評価経路毎に最大となった線量から3桁以内に含まれる核種*3			
				地下水移行	土地利用		
				河川・地下水利 用	河川岸土壌	帯水層土壌	跡地利用
1	H-3	1.5E+12	9.9E+06	○	○	○	—
2	C-14	1.5E+10	1.0E+05	○	○	○	—
3	Al-26	1.2E+07	8.0E+01	○	○	○	○
4	Cl-36	2.3E+08	1.6E+03	○	○	—	—
5	Ca-41	4.2E+08	2.9E+03	○	○	—	—
6	Co-60	1.9E+12	1.3E+07	—	—	○	○
7	Ni-59	2.4E+09	1.7E+04	○	○	—	—
8	Ni-63	3.5E+11	2.4E+06	—	—	—	○
9	Sr-90	1.2E+10	8.5E+04	○	○	○	○
10	Mo-93	7.5E+07	5.1E+02	○	○	—	—
11	Nb-94	2.5E+07	1.7E+02	○	○	○	○
12	Tc-99	7.8E+08	5.3E+03	○	○	—	—
13	Ag-108M	2.2E+08	1.5E+03	○	○	○	○
14	Sn-126	1.4E+06	9.8E+00	○	○	○	—
15	Cs-137	6.4E+10	4.4E+05	—	—	○	○
16	Ba-133	2.5E+09	1.7E+04	—	—	○	○
17	Eu-152	2.5E+10	1.7E+05	○	○	○	○
18	Eu-154	3.6E+09	2.4E+04	—	○	○	○
19	Ho-166M	3.2E+06	2.2E+01	○	○	○	—
20	Th-232	9.9E+04	6.8E-01	○	○	—	—
21	U-232	1.3E+07	8.8E+01	○	○	○	—
22	U-234	3.8E+09	2.6E+04	○	○	○	○
23	U-235	1.7E+08	1.1E+03	○	○	○	○
24	U-236	8.6E+07	5.8E+02	○	○	○	—
25	U-238	3.2E+09	2.2E+04	○	○	○	○
26	Np-237	8.9E+05	6.1E+00	○	○	—	—
27	Pu-238	4.2E+08	2.9E+03	—	—	○	○
28	Pu-239	3.3E+08	2.3E+03	○	○	○	○
29	Pu-240	2.2E+08	1.5E+03	○	○	○	○
30	Am-241	5.1E+09	3.5E+04	○	—	○	○
31	Am-243	5.2E+06	3.5E+01	○	○	○	—
32	Cm-244	6.9E+08	4.7E+03	—	○	—	○

\*1：概念設計における放射能量

\*2：概念設計における全廃棄体による平均放射能濃度

\*3：管理期間中及び管理期間終了後の安全評価において、一つの評価経路で最大線量から 3 桁以内に含まれれば評価対象核種として選定した。

表 5-1 パラメータスタディの対象核種と処分毎の放射能インベントリ(2/2)

ピット処分

No.	核種	放射能量*1 (Bq)	放射能濃度*2 (Bq/ton)	評価経路毎に最大となった線量から3桁以内に 含まれる核種*3		
				地下水移行	土地利用	
				河川・地下水 利用	河川岸土壌	帯水層土壌
1	H-3	2.8E+14	2.4E+09	○	○	○
2	C-14	9.2E+12	7.8E+07	○	○	○
3	Al-26	7.4E+07	6.2E+02	○	○	○
4	Cl-36	5.2E+09	4.4E+04	○	○	-
5	Ca-41	6.6E+10	5.6E+05	○	○	○
6	Ni-59	2.4E+11	2.1E+06	-	○	○
7	Ni-63	2.9E+13	2.5E+08	-	-	○
8	Se-79	6.0E+07	5.1E+02	-	○	-
9	Sr-90	9.8E+12	8.3E+07	○	○	○
10	Nb-94	2.0E+09	1.7E+04	○	○	○
11	Mo-93	6.5E+08	5.4E+03	-	○	-
12	Tc-99	7.5E+09	6.4E+04	○	○	-
13	Ag-108M	2.7E+10	2.3E+05	○	○	○
14	I-129	6.4E+09	5.4E+04	○	○	○
15	Cs-137	1.6E+13	1.4E+08	-	-	○
16	Th-232	7.0E+08	5.9E+03	○	○	○
17	U-234	5.3E+08	4.5E+03	○	○	○
18	U-235	5.4E+08	4.6E+03	○	○	○
19	U-238	1.7E+10	1.4E+05	○	○	○
20	Pu-238	3.1E+11	2.6E+06	○	○	○
21	Pu-239	1.1E+11	9.5E+05	○	○	○
22	Pu-240	1.4E+11	1.2E+06	○	○	○
23	Pu-242	4.7E+08	3.9E+03	-	-	○
24	Am-241	1.1E+11	9.2E+05	○	○	○
25	Am-243	3.3E+09	2.8E+04	○	○	○

\*1：概念設計における放射能量

\*2：概念設計における全廃棄体による平均放射能濃度

\*3：管理期間中及び管理期間終了後の安全評価において、一つの評価経路で最大線量から3桁以内に含まれれば評価対象核種として選定した。

表 5-2 評価パラメータの範囲の設定 (1/3)

区分	項目	評価パラメータ	設定範囲	分布型	設定方法	
自然環境 地質及び地形等	埋設施設を設置する地盤	土壌*1 岩盤	土壌と岩盤が2層のケースと 土壌1層のケースを設定	対数正規分布	通常は土壌層の下に岩盤層が存在する地層が想定される(土壌と岩盤が2層のケース)が、土壌層がピット処分の深度より厚い場合を想定して土壌1層のケースも設定した。	
			透水係数			1×10 <sup>-10</sup> ~0.1 m/s 3×10 <sup>-10</sup> ~5×10 <sup>-5</sup> m/s
	地盤・地質	土壌*1 岩盤	分配係数	核種毎に設定 核種毎に設定	対数正規分布 対数正規分布	旧原子力安全委員会のクリアランスレベルの評価 <sup>6),18)</sup> に用いられた値及び設定方法を参照。 原子力機構地層処分研究開発部門が取りまとめた収着データベース <sup>19), 20)</sup> のデータを集計して設定。
			空隙率	土壌*1 岩盤	3~60% 0.1%~60%	対数一様分布 対数一様分布
	地形	真密度	土壌*1 岩盤	1.0~2.9 g/cm <sup>3</sup> 1.5~3.1 g/cm <sup>3</sup>	正規分布 正規分布	有効空隙率の範囲から文献 <sup>17)</sup> に示された密度の範囲1.0~2.8(g/cm <sup>3</sup> )となるように真密度を設定した。分布型は岩盤と同じとした。 有効空隙率の範囲から文献 <sup>23)</sup> に示された岩盤の密度1.2~3.1(g/cm <sup>3</sup> )となるように真密度を設定した。分布型は産業技術総合研究所のRIOデータベース <sup>24)</sup> の岩盤の湿潤密度の分布を観察し、正規分布に設定した。
				地形 動水勾配	0.1~10%	対数正規分布

\*1：風化した岩も土壌に区分した。

表 5-2 評価パラメータの範囲の設定 (2/3)

区分	項目	評価パラメータ	設定範囲	分布型	設定方法	
自然環境 水象及び水理	気象 降水量	トレンチ施設への浸透水量	0.1~1m/y	対数正規分布	旧原子力安全委員会のクリアランスレベル評価 <sup>⑥</sup> に用いられた浸透水量の範囲を設定。	
		河川等の流量	$1 \times 10^6 \sim 1 \times 10^{11}$ m <sup>3</sup> /y	対数正規分布	国土交通省が取りまとめている水文水質観測 <sup>20)</sup> において、河川流量を測定している観測所の年間の平均流量のデータを集計して設定。	
	川、海等	海の交換水量	$3 \times 10^9 \sim 3 \times 10^{11}$ m <sup>3</sup> /y	対数正規分布	旧原子力安全委員会のクリアランスレベルの評価方法を基に理科年表(H22) <sup>20)</sup> の主要海域の流速から交換水量を求め、範囲を設定した。	
		河川までの距離	0~1,000m	一様分布	概念検討書 <sup>③</sup> における河川の離間距離の調査結果では河川までの距離は最大で2.25kmと計算される。これを参考に敷地内に小さな川があることを確認しているため、0~1,000mに設定した。	
	地下水	海までの距離	0~1,000m	一様分布	河川までの距離の検討結果と埋設施設から敷地境界までの距離を考慮して設定した。	
		地下水流速	計算値	—	動水勾配×透水係数(ダルシー流速)から計算される。	
		ピット施設における浸入・浸出水量	計算値	—	動水勾配、土壌及び岩盤の透水係数の組み合わせから計算される。	
		地下水位の深さ	0.5~40m	一様分布	文献 <sup>25)</sup> に示された地下水位データと、コンクリートピット施設の上面が最大約40mであることより、範囲を設定した。	
	地下水	帯水層の厚さ	2層のケース <sup>*2</sup>	1~40m	一様分布	クリアランスレベル評価 <sup>⑥</sup> に用いられた1mから100mを参考にコンクリートピット施設の上面が最大約40mであることより、範囲を設定した。
			1層のケース <sup>*3</sup>	35m~100m	一様分布	クリアランスレベル評価 <sup>⑥</sup> に用いられた1mから100mを参考に、岩盤層がピットを設置できる深さ(約40m)より深い位置にあり、地下水が約5m(概念設計)と想定し、35m~100mに範囲を設定した。

\*2: 土壌と岩盤の2層の地盤を設定したケース

\*3: 土壌1層の地盤を設定したケース

表 5-2 評価パラメータの範囲の設定 (3/3)

区分	項目	評価パラメータ	設定範囲	分布型	設定方法	
自然環境	地下水	帯水層土壌を掘削する場所	地下水を変動させるケース <sup>*4</sup>	施設から 0m	—	管理期間終了後、埋設施設直近を掘削することとした。
		掘削場所を変動させるケース <sup>*4</sup>	施設から 0m～1,000m	一様分布	管理期間終了後、埋設施設直近から河川等までの間で掘削することを想定し、0～1,000mとした。	
		井戸の取水量	$1 \times 10^4 \sim 3 \times 10^6$ m <sup>3</sup> /y	データからヒストグラムを作成	国土交通省が取りまとめている地下水資料台帳のデータ <sup>28)</sup> から、ヒストグラムを作成。安全評価には用途が生活用及び農業用のデータを使用した。	
		井戸の混合割合	0.1～1	対数一様分布	旧原子力安全委員会のクリアランスレベル評価 <sup>6)</sup> で用いられた井戸水の混合割合を設定。	
		井戸までの距離	100m～1,000m	一様分布	処分施設から敷地境界まで最短距離は 100m であるため、100～1000m とした。	

\*4：帯水層を掘削する評価経路では、埋設施設から掘削する場所までの距離を固定して、地下水位を変動させるケースと地下水位を固定して埋設施設から掘削する場所までの距離を変動させるケースを評価した。

表 5-3 地盤 2 層ケースにおける経路毎の浸出水量の解析結果：地盤 2 層ケース

	動水勾配 (%)	岩盤層 透水係数 k1 (m/s)	土壌層 透水係数 k2 (m/s)	透水係数 の比 k2/k1	① 上面側面 →土壌層	② 上面側面 →岩盤層	③ 底面 →土壌層	④ 底面 →岩盤層	浸出水量 計	代表値 の選定
Case1-1	1	1.0E-09	1.0E-08	10	7.0E+00	2.0E+00	0	2.0E+00	1.1E+01	
Case1-2			1.0E-07	100	1.3E+01	3.0E+00	0	2.0E+00	1.8E+01	
Case1-3			1.0E-06	1,000	1.4E+01	3.0E+00	0	2.0E+00	2.0E+01	○
Case1-4	1	1.0E-08	1.0E-07	10	2.0E+01	0	7.2E-01	2.3E+01	4.4E+01	
Case1-5			1.0E-06	100	2.2E+01	0	4.9E-01	2.5E+01	4.8E+01	
Case1-6			1.0E-05	1,000	2.3E+01	0	1.4E+00	2.5E+01	4.9E+01	○
Case1-7	1	1.0E-07	1.0E-06	10	4.9E+01	0	2.0E+00	2.5E+02	3.0E+02	
Case1-8			1.0E-05	100	5.3E+01	0	5.1E+01	2.2E+02	3.2E+02	○
Case1-9			1.0E-04	1,000	5.1E+01	0	2.2E+01	2.4E+02	3.1E+02	
Case1-10	1	1.0E-06	1.0E-05	10	3.2E+02	0	6.8E+01	1.9E+03	2.2E+03	
Case1-11			1.0E-04	100	3.1E+02	0	3.1E+01	1.9E+03	2.3E+03	
Case1-12			1.0E-03	1,000	3.1E+02	0	4.1E+01	1.9E+03	2.3E+03	○
Case1-13	1	1.0E-05	1.0E-04	10	0	9.8E+02	0	5.7E+03	6.7E+03	○
Case1-14			1.0E-03	100	0	9.5E+02	0	5.7E+03	6.6E+03	
Case1-15			1.0E-02	1,000	0	9.5E+02	0	5.7E+03	6.6E+03	
Case1-16	2	1.0E-09	1.0E-08	10	1.5E+01	4.0E+00	0	3.0E+00	2.2E+01	
Case1-17			1.0E-07	100	3.2E+01	1.0E+00	0	4.0E+00	3.7E+01	
Case1-18			1.0E-06	1,000	3.7E+01	0	0	4.0E+00	4.1E+01	○
Case1-19	2	1.0E-08	1.0E-07	10	4.2E+01	0	7.5E-01	4.8E+01	9.0E+01	
Case1-20			1.0E-06	100	4.5E+01	0	9.9E-01	5.1E+01	9.8E+01	
Case1-21			1.0E-05	1,000	4.5E+01	0	3.1E+00	4.9E+01	9.8E+01	○
Case1-22	2	1.0E-07	1.0E-06	10	9.9E+01	0	6.0E+00	5.0E+02	6.0E+02	
Case1-23			1.0E-05	100	1.0E+02	0	2.2E+01	4.9E+02	6.2E+02	
Case1-24			1.0E-04	1,000	1.0E+02	0	4.5E+01	4.8E+02	6.2E+02	○
Case1-25	2	1.0E-06	1.0E-05	10	6.2E+02	0	5.6E+01	3.8E+03	4.5E+03	
Case1-26			1.0E-04	100	6.2E+02	0	5.6E+01	3.9E+03	4.5E+03	
Case1-27			1.0E-03	1,000	6.2E+02	0	5.7E+01	3.9E+03	4.5E+03	○
Case1-28	2	1.0E-05	1.0E-04	10	0	1.9E+03	0	1.1E+04	1.3E+04	○
Case1-29			1.0E-03	100	0	1.9E+03	0	1.1E+04	1.3E+04	
Case1-30			1.0E-02	1,000	0	1.9E+03	0	1.1E+04	1.3E+04	
Case1-31	3	1.0E-09	1.0E-08	10	2.2E+01	6.0E+00	0	5.0E+00	3.3E+01	
Case1-32			1.0E-07	100	4.7E+01	1.0E+00	0	6.0E+00	5.4E+01	
Case1-33			1.0E-06	1,000	5.3E+01	0	0	6.0E+00	5.9E+01	○
Case1-34	3	1.0E-08	1.0E-07	10	4.9E+01	1.0E+01	0	7.2E+01	1.3E+02	
Case1-35			1.0E-06	100	6.8E+01	0	3.0E+00	7.1E+01	1.4E+02	
Case1-36			1.0E-05	1,000	6.8E+01	0	5.1E+00	7.3E+01	1.5E+02	○
Case1-37	3	1.0E-07	1.0E-06	10	1.5E+02	0	4.0E+01	7.2E+02	9.1E+02	
Case1-38			1.0E-05	100	1.6E+02	0	1.4E+02	6.3E+02	9.4E+02	○
Case1-39			1.0E-04	1,000	1.5E+02	0	7.2E+01	7.1E+02	9.3E+02	
Case1-40	3	1.0E-06	1.0E-05	10	9.2E+02	0	7.7E+01	5.7E+03	6.7E+03	
Case1-41			1.0E-04	100	9.2E+02	0	8.8E+01	5.8E+03	6.8E+03	
Case1-42			1.0E-03	1,000	9.3E+02	0	1.2E+02	5.8E+03	6.8E+03	○
Case1-43	3	1.0E-05	1.0E-04	10	0	2.9E+03	0	1.7E+04	2.0E+04	○
Case1-44			1.0E-03	100	0	2.8E+03	0	1.7E+04	2.0E+04	
Case1-45			1.0E-02	1,000	0	2.8E+03	0	1.7E+04	2.0E+04	

表 5-4 地盤 2 層ケースにおける移行経路毎の浸出水量の代表値と動水勾配の相関関係

浸出経路	岩盤の透水係数(m/s)	動水勾配			動水勾配と浸出水量の相関係数 (R*2)
		0.01	0.02	0.03	
		浸出水量(m <sup>3</sup> /y)			
1) ベントナイト混合土層 →土壌	1.0E-09	1.4E+01	3.7E+01	5.3E+01	9.9E-01
	1.0E-08	2.3E+01	4.5E+01	6.8E+01	1.0E+00
	1.0E-07	5.3E+01	1.0E+02	1.6E+02	1.0E+00
	1.0E-06	3.1E+02	6.2E+02	9.3E+02	1.0E+00
	1.0E-05	0	0	0	---
2) ベントナイト混合土層 →岩盤	1.0E-09	0*1	0	0	---
	1.0E-08	0	0	0	---
	1.0E-07	0	0	0	---
	1.0E-06	0	0	0	---
	1.0E-05	9.8E+02	1.9E+03	2.9E+03	1.0E+00
3) 岩盤→土壌	1.0E-09	0	0	0	---
	1.0E-08	1.4E+00	3.1E+00	5.1E+00	1.0E+00
	1.0E-07	5.1E+01	4.5E+01	1.4E+02	8.4E-01
	1.0E-06	4.1E+01	5.7E+01	1.2E+02	9.5E-01
	1.0E-05	0	0	0	---
4) 岩盤	1.0E-09	2.0E+00	4.0E+00	6.0E+00	1.0E+00
	1.0E-08	2.5E+01	4.9E+01	7.3E+01	1.0E+00
	1.0E-07	2.2E+02	4.8E+02	6.3E+02	9.9E-01
	1.0E-06	1.9E+03	3.9E+03	5.8E+03	1.0E+00
	1.0E-05	5.7E+03	1.1E+04	1.7E+04	1.0E+00

\*1 : 動水勾配 0.02、0.03 における浸出水量の結果を踏まえ、0 に設定した。

\*2 :  $R = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}}$  で計算した。

表 5-5 地盤 1 層ケースにおける浸出水量の算出結果

	動水勾配 (%)	土壌層の透水性係数 k (m/s)	浸出水量 (m <sup>3</sup> /y)		
			1) 上面及び下面からの浸出量	2) 下流側側面からの浸出量	合計
Case3-1	1	1.0E-06	2.2E+01	1.3E+01	3.5E+01
Case3-2		1.0E-04	2.2E+01	1.3E+01	3.5E+01
Case3-3		1.0E-02	2.2E+01	1.3E+01	3.5E+01
Case3-4		1.0E+00	2.2E+01	1.3E+01	3.5E+01
Case3-5	2	1.0E-06	4.3E+01	2.6E+01	6.9E+01
Case3-6		1.0E-04	4.4E+01	2.6E+01	7.0E+01
Case3-7		1.0E-02	4.4E+01	2.6E+01	7.0E+01
Case3-8		1.0E+00	4.4E+01	2.6E+01	7.0E+01
Case3-9	3	1.0E-06	6.5E+01	3.9E+01	1.0E+02
Case3-10		1.0E-04	6.6E+01	3.9E+01	1.0E+02
Case3-11		1.0E-02	6.6E+01	3.9E+01	1.0E+02
Case3-12		1.0E+00	6.6E+01	3.9E+01	1.0E+02

\*地盤 1 層ケースでは、各経路の平均の浸出水量と動水勾配により 1 次の相関式を求めた。

表 5-6 地盤 1 層ケースにおける移行経路毎の浸出水量と動水勾配の相関関係

浸出経路	土壌の透水性係数 (m/s)	動水勾配			動水勾配と浸出水量の相関係数 (R <sup>*2</sup> )
		0.01	0.02	0.03	
		浸出水量 <sup>*1</sup> (m <sup>3</sup> /y)			
1) 上面及び下面からの浸出量	1.0E-06	2.2E+01	4.4E+01	6.6E+01	1.0E+00
	1.0E-04				
	1.0E-02				
	1.0E+00				
2) 下流側側面からの浸出量	1.0E-06	1.3E+01	2.6E+01	3.9E+01	1.0E+00
	1.0E-04				
	1.0E-02				
	1.0E+00				

\*1: 各透水性係数のデータの平均値とした。

\*2:  $R = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}}$  で計算した。



表 6-1 トレンチ処分における評価経路毎の 97.5%線量の評価結果

評価経路		97.5%線量( $\mu$ Sv/y)			
		管理期間中	管理期間終了後		
跡地利用	建設作業	—	2.6E-01		
	居住	—	9.0E-01	○	
河川水利用	飲用	2.5E-01	1.1E-02		
	水産物摂取	4.0E-02	1.1E-01	○	
	農作業	5.9E-06	3.8E-03		
	牧畜作業	3.4E-06	3.0E-03		
	農作物摂取	2.0E-02	9.9E-03		
	飼料	畜産物摂取	1.2E-01	3.1E-03	
	飼育水	畜産物摂取	1.6E-02	1.6E-04	
河川岸利用	作業者	2.5E-06	4.2E-04		
	農作物摂取	2.8E-02	3.0E-03		
	畜産物摂取	3.6E-03	2.7E-04		
帯水層土壌 (近傍掘削ケース)	建設作業	—	7.4E-01	○	
	居住	—	1.4E+00	○	
帯水層土壌 (地下水位 0.5m ケース)	建設作業	1.9E-03	6.4E-01		
	居住	4.9E+00	1.0E+00		
地下水(井戸水)利用	飲用	1.6E+01	2.3E+00	○	
	農作業	3.3E-03	1.5E+00		
	牧畜作業	1.8E-03	1.2E+00		
	農作物摂取	2.8E-01	1.4E+00		
	飼料	畜産物摂取	1.7E+00	2.2E-01	○
	飼育水	畜産物摂取	2.3E-01	1.8E-02	○
海水利用	海産物摂取	4.8E-04	5.4E-04		

\* : ○は、97.5%線量となる計算ケースの核種毎の線量の経時変化の例を図 6-7~図 6-11 に示す。

表 6-2 ピット処分の地盤 2 層ケースにおける評価経路毎の 97.5%線量の評価結果  
(概念設計における施設仕様)

評価経路		97.5%線量 ( $\mu$ Sv/y)						
		①-1 透水係数 10 倍 ケース		①-2 透水係数 100 倍 ケース		①-3 透水係数 1000 倍 ケース		
		管理 期間中	管理期間 終了後	管理 期間中	管理期間 終了後	管理 期間中	管理期間 終了後	
河川水利用	飲用	6.2E+00	2.9E-01	6.3E+00	2.9E-01	6.5E+00	3.0E-01	
	水産物摂取 **	5.8E+00	<u>1.1E+01</u>	1.2E+01	<u>1.2E+01</u>	1.5E+01	<u>1.2E+01</u>	
	農作業	1.4E-05	1.6E-02	1.7E-03	3.2E-02	4.8E-02	1.1E-01	
	牧畜作業	1.2E-05	1.4E-02	8.7E-04	2.3E-02	2.4E-02	6.1E-02	
	農作物摂取	5.1E-01	6.7E-02	5.3E-01	6.8E-02	8.5E-01	6.7E-02	
	飼料	畜産物摂取	2.9E+00	8.9E-02	3.0E+00	1.0E-01	3.0E+00	1.1E-01
	飼育水	畜産物摂取	4.0E-01	1.0E-02	4.1E-01	1.2E-02	4.1E-01	1.3E-02
河川岸利用	作業者	5.5E-06	1.3E-03	3.3E-04	3.5E-03	7.9E-03	6.5E-03	
	農作物摂取	7.1E-01	1.0E-02	1.5E+00	1.7E-02	3.8E+00	3.2E-02	
	畜産物摂取	9.1E-02	1.6E-02	9.6E-02	1.7E-02	1.4E-01	1.8E-02	
帯水層土壌 (近傍掘削ケース)	建設作業 **	—	3.5E+00	—	1.4E+00	—	5.2E-01	
	居住 **	—	9.9E+00	—	3.4E+00	—	1.4E+00	
帯水層土壌 (地下水位 0.5m ケース)	建設作業	2.3E-03	4.0E+00	4.6E-02	1.9E+00	1.9E-01	8.3E-01	
	居住	3.6E+01	8.9E+00	3.1E+01	5.2E+00	4.2E+01	1.8E+00	
地下水(井戸水)利用	飲用**	<u>1.4E+02</u>	<u>4.8E+01</u>	<u>1.4E+02</u>	<u>3.2E+01</u>	4.4E+01	<u>2.7E+01</u>	
	農作業	4.9E-01	3.8E+00	2.3E+00	7.7E+00	5.6E+00	9.5E+00	
	牧畜作業	2.5E-01	3.0E+00	1.2E+00	5.3E+00	2.9E+00	6.5E+00	
	農作物摂取 **	1.5E+01	5.5E+00	4.3E+01	4.9E+00	1.9E+01	5.1E+00	
	飼料	畜産物摂取 **	<u>5.9E+01</u>	<u>1.5E+01</u>	4.5E+01	<u>1.2E+01</u>	1.9E+01	<u>1.0E+01</u>
	飼育水	畜産物摂取	7.1E+00	1.6E+00	4.8E+00	1.3E+00	1.9E+00	1.1E+00
海水利用	海産物摂取	5.1E-02	6.2E-02	6.3E-02	6.1E-02	6.3E-02	6.1E-02	

\* : 下線はめやす線量を超えている値

\*\* : 管理期間終了後の評価において、97.5%線量となる計算ケースの核種毎の線量の経時変化の例を図 6-24~図 6-41 に示す。

表 6-3 ピット処分の地盤 1 層ケースにおける評価経路毎の 97.5%線量の評価結果  
(概念設計における施設仕様)

評価経路		97.5%線量 ( $\mu$ Sv/y)		
		管理期間中	管理期間終了後	
河川水利用	飲用	6.9E-02	8.0E-02	
	水産物摂取 **	1.5E+00	3.3E+00	
	農作業	2.0E-04	2.1E-02	
	牧畜作業	1.2E-04	1.6E-02	
	農作物摂取	1.9E-02	3.0E-02	
	飼料	畜産物摂取	2.9E-02	3.1E-02
	飼育水	畜産物摂取	2.0E-03	3.3E-03
河川岸利用	作業者	2.7E-05	1.1E-03	
	農作物摂取	5.6E-02	6.1E-03	
	畜産物摂取	4.5E-03	5.2E-03	
帯水層土壌 (近傍掘削ケース)	建設作業 **	—	1.1E+00	
	居住 **	—	4.2E+00	
帯水層土壌 (地下水位 0.5m ケース)	建設作業	3.1E-04	9.7E-01	
	居住	8.0E-01	1.6E+00	
地下水(井戸水)利用	飲用 **	3.1E+00	<u>1.3E+01</u>	
	農作業	1.3E-03	3.9E+00	
	牧畜作業	9.3E-04	3.7E+00	
	農作物摂取 **	8.3E-01	4.9E+00	
	飼料	畜産物摂取 **	1.3E+00	4.6E+00
	飼育水	畜産物摂取	9.2E-02	5.1E-01
海水利用	海産物摂取	7.0E-03	8.9E-03	

\* : 下線はめやす線量を超えている値

\*\* : 管理期間終了後の評価において、97.5%線量となる計算ケースの核種毎の線量の経時変化の例を図 6-42~図 6-47 に示す。

表 6-4 地盤 2 層ケースにおいて、上部及び側部のベントナイト混合土層の厚さを 4m にした時の経路毎の浸出水量の解析結果

	動水 勾配 (%)	岩盤層 透水係数 k1 (m/s)	土壌層 透水係数 k2 (m/s)	透水係数 の比 k2/k1	① 上面側面 →土壌層	② 上面側面 →岩盤層	③ 底面 →土壌層	④ 底面 →岩盤層	浸出水量 計	代表値 の選定
Case2-1	1	1.0E-09	1.0E-08	10	5.2E+00	1.9E+00	0.0E+00	1.7E+00	8.8E+00	
Case2-2			1.0E-07	100	9.8E+00	4.9E-01	0.0E+00	1.8E+00	1.2E+01	
Case2-3			1.0E-06	1,000	1.0E+01	4.1E-01	0.0E+00	2.0E+00	1.2E+01	○
Case2-4	1	1.0E-08	1.0E-07	10	7.2E+00	5.8E+00	0.0E+00	2.2E+01	3.5E+01	
Case2-5			1.0E-06	100	1.2E+01	1.4E+00	0.0E+00	2.3E+01	3.7E+01	
Case2-6			1.0E-05	1,000	1.4E+01	1.7E-01	0.0E+00	2.3E+01	3.7E+01	○
Case2-7	1	1.0E-07	1.0E-06	10	1.2E+01	2.5E+01	0.0E+00	2.3E+02	2.6E+02	
Case2-8			1.0E-05	100	3.4E+01	2.6E+00	0.0E+00	2.3E+02	2.7E+02	
Case2-9			1.0E-04	1,000	3.6E+01	3.3E-01	0.0E+00	2.3E+02	2.7E+02	○
Case2-10	1	1.0E-06	1.0E-05	10	0.0E+00	2.6E+02	0.0E+00	1.8E+03	2.1E+03	
Case2-11			1.0E-04	100	0.0E+00	2.6E+02	0.0E+00	1.8E+03	2.1E+03	
Case2-12			1.0E-03	1,000	0.0E+00	2.6E+02	0.0E+00	1.8E+03	2.1E+03	○
Case2-13	1	1.0E-05	1.0E-04	10	0.0E+00	8.6E+02	0.0E+00	5.6E+03	6.5E+03	○
Case2-14			1.0E-03	100	0.0E+00	8.3E+02	0.0E+00	5.5E+03	6.4E+03	
Case2-15			1.0E-02	1,000	0.0E+00	8.3E+02	0.0E+00	5.5E+03	6.3E+03	
Case2-16	2	1.0E-09	1.0E-08	10	1.0E+01	3.8E+00	0.0E+00	3.3E+00	1.8E+01	
Case2-17			1.0E-07	100	1.8E+01	1.5E+00	0.0E+00	3.9E+00	2.4E+01	
Case2-18			1.0E-06	1,000	2.0E+01	7.4E-01	0.0E+00	3.9E+00	2.5E+01	○
Case2-19	2	1.0E-08	1.0E-07	10	1.4E+01	1.2E+01	0.0E+00	4.5E+01	7.1E+01	
Case2-20			1.0E-06	100	2.5E+01	2.6E+00	0.0E+00	4.7E+01	7.4E+01	
Case2-21			1.0E-05	1,000	2.7E+01	2.8E-01	0.0E+00	4.7E+01	7.4E+01	○
Case2-22	2	1.0E-07	1.0E-06	10	6.4E+00	6.6E+01	0.0E+00	4.6E+02	5.3E+02	
Case2-23			1.0E-05	100	7.0E+01	2.9E+00	0.0E+00	4.7E+02	5.4E+02	
Case2-24			1.0E-04	1,000	7.3E+01	5.3E-01	0.0E+00	4.7E+02	5.4E+02	○
Case2-25	2	1.0E-06	1.0E-05	10	0.0E+00	5.3E+02	0.0E+00	3.7E+03	4.2E+03	○
Case2-26			1.0E-04	100	0.0E+00	5.2E+02	0.0E+00	3.6E+03	4.1E+03	
Case2-27			1.0E-03	1,000	0.0E+00	5.2E+02	0.0E+00	3.6E+03	4.1E+03	
Case2-28	2	1.0E-05	1.0E-04	10	0.0E+00	1.7E+03	0.0E+00	1.1E+04	1.3E+04	○
Case2-29			1.0E-03	100	0.0E+00	1.7E+03	0.0E+00	1.1E+04	1.3E+04	
Case2-30			1.0E-02	1,000	0.0E+00	1.7E+03	0.0E+00	1.1E+04	1.3E+04	
Case2-31	3	1.0E-09	1.0E-08	10	1.6E+01	5.6E+00	0.0E+00	5.0E+00	2.6E+01	
Case2-32			1.0E-07	100	2.7E+01	2.2E+00	0.0E+00	5.9E+00	3.5E+01	
Case2-33			1.0E-06	1,000	3.0E+01	1.2E+00	0.0E+00	6.1E+00	3.8E+01	○
Case2-34	3	1.0E-08	1.0E-07	10	2.1E+01	1.7E+01	0.0E+00	6.7E+01	1.1E+02	
Case2-35			1.0E-06	100	3.7E+01	3.3E+00	0.0E+00	7.0E+01	1.1E+02	
Case2-36			1.0E-05	1,000	4.1E+01	3.1E-01	0.0E+00	7.1E+01	1.1E+02	○
Case2-37	3	1.0E-07	1.0E-06	10	3.1E+01	7.6E+01	0.0E+00	6.8E+02	7.8E+02	
Case2-38			1.0E-05	100	1.1E+02	2.7E+00	0.0E+00	7.0E+02	8.1E+02	○
Case2-39			1.0E-04	1,000	1.1E+02	1.8E+00	0.0E+00	7.0E+02	8.1E+02	
Case2-40	3	1.0E-06	1.0E-05	10	5.2E+02	2.8E+02	0.0E+00	5.6E+03	6.4E+03	○
Case2-41			1.0E-04	100	0.0E+00	7.7E+02	0.0E+00	5.4E+03	6.2E+03	
Case2-42			1.0E-03	1,000	0.0E+00	7.7E+02	0.0E+00	5.4E+03	6.2E+03	
Case2-43	3	1.0E-05	1.0E-04	10	0.0E+00	2.6E+03	0.0E+00	1.7E+04	1.9E+04	○
Case2-44			1.0E-03	100	0.0E+00	2.5E+03	0.0E+00	1.7E+04	1.9E+04	
Case2-45			1.0E-02	1,000	0.0E+00	2.5E+03	0.0E+00	1.7E+04	1.9E+04	

表 6-5 地盤 1 層ケースにおいて、全周のベントナイト混合土層の厚さを 4m にした時の経路毎の浸出水量の解析結果

	動水勾配 (%)	土壌層の透水性係数 k (m/s)	浸出水量 (m <sup>3</sup> /y)		
			1) 上面及び下面からの浸出量	2) 下流側側面からの浸出量	合計
Case3-1	1	1.0E-06	1.3E+01	8.5E+00	2.1E+01
Case3-2		1.0E-04	1.2E+01	8.3E+00	2.0E+01
Case3-3		1.0E-02	1.2E+01	8.3E+00	2.0E+01
Case3-4		1.0E+00	1.2E+01	8.3E+00	2.0E+01
Case3-5	2	1.0E-06	2.6E+01	1.7E+01	4.3E+01
Case3-6		1.0E-04	2.4E+01	1.7E+01	4.1E+01
Case3-7		1.0E-02	2.4E+01	1.7E+01	4.1E+01
Case3-8		1.0E+00	2.4E+01	1.7E+01	4.1E+01
Case3-9	3	1.0E-06	3.9E+01	2.5E+01	6.4E+01
Case3-10		1.0E-04	3.6E+01	2.5E+01	6.1E+01
Case3-11		1.0E-02	3.6E+01	2.5E+01	6.1E+01
Case3-12		1.0E+00	3.6E+01	2.5E+01	6.1E+01

表 6-6 設計対応後の再評価における評価経路毎の 97.5%線量の評価結果  
ピット処分、地盤 2 層ケース  
(上部及び側部に厚さ 4m のベントナイト混合土層設置)

評価経路		97.5%線量 (μ Sv/y)					
		①-1 透水性係数 10 倍 ケース		①-2 透水性係数 100 倍 ケース		①-3 透水性係数 1000 倍 ケース	
		管理 期間中	管理期間 終了後	管理 期間中	管理期間 終了後	管理 期間中	管理期間 終了後
河川水利用	水産物摂取 **	1.0E+00	9.1E+00	2.1E+00	9.1E+00	3.0E+00	9.6E+00
帯水層土壌 (近傍掘削ケース)	建設作業	—	1.3E+00	—	4.8E-01	—	2.6E-01
	居住	—	3.7E+00	—	1.6E+00	—	6.7E-01
帯水層土壌 (地下水位 0.5m ケース)	建設作業	6.1E-05	2.6E+00	8.6E-04	1.4E+00	1.6E-02	4.6E-01
	居住	2.2E-01	5.3E+00	4.2E-01	3.1E+00	8.9E-01	1.1E+00
地下水(井戸水)利用	飲用 **	2.8E+01	8.9E+00	1.2E+01	<u>1.2E+01</u>	5.1E+00	<u>1.3E+01</u>
	農作業	7.9E-02	8.7E-01	1.2E-01	1.8E+00	2.7E-01	2.9E+00
	牧畜作業	8.8E-02	1.1E+00	1.4E-01	2.2E+00	2.7E-01	3.1E+00
	農作物摂取 **	2.5E+00	1.3E+00	3.7E+00	2.6E+00	1.9E+00	4.4E+00
飼料	畜産物摂取 **	9.4E+00	3.0E+00	6.1E+00	4.1E+00	2.4E+00	4.6E+00
飼育水	畜産物摂取	1.1E+00	3.4E-01	5.3E-01	4.5E-01	2.0E-01	4.7E-01

\*: 下線はめやす線量を超えている値

\*\* : 管理期間終了後の評価において、97.5%線量となる計算ケースの核種毎の線量の経時変化の例を図 6-55~図 6-66 に示す。

表 6-7 設計対応後の再評価における評価経路毎の 97.5%線量の評価結果  
 ピット処分の地盤 1 層ケース  
 (全周に厚さ 4m のベントナイト混合土層設置)

評価経路		97.5%線量 ( $\mu$ Sv/y)		
		管理期間中	管理期間終了後	
地下水(井戸水)利用	飲用 **	8.7E-01	9.0E+00	
	農作業	1.2E-04	2.9E+00	
	牧畜作業	8.5E-05	2.9E+00	
	農作物摂取 **	1.6E-01	3.7E+00	
	飼料	畜産物摂取 **	3.6E-01	3.0E+00
	飼育水	畜産物摂取	3.3E-02	3.3E-01

\*\* : 管理期間終了後の評価において、97.5%線量となる計算ケースの核種毎の線量の経時変化の例を図 6-67~図 6-69 に示す。

表 6-8 2 回目の再評価における評価経路毎の 97.5%線量の評価結果  
 ピット処分の地盤 2 層ケース  
 (上部及び側部に厚さ 4m のベントナイト混合土層設置、  
 ベントナイトの混合割合を増加し、拡散係数を  $2.0 \times 10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$  に設定)

評価経路		97.5%線量 ( $\mu$ Sv/y)				
		①-2 透水係数 100 倍 ケース		①-3 透水係数 1000 倍 ケース		
		管理 期間中	管理期間 終了後	管理 期間中	管理期間 終了後	
河川水利用	水産物摂取	—*	—*	2.5E+00	9.1E+00	
地下水(井戸水)利用	飲用 **	1.0E+01	9.5E+00	3.2E+00	9.2E+00	
	農作業	1.4E-01	2.4E+00	2.4E-01	3.9E+00	
	牧畜作業	7.4E-02	1.7E+00	1.2E-01	2.3E+00	
	農作物摂取	2.7E+00	2.0E+00	8.9E-01	3.4E+00	
	飼料	畜産物摂取	4.9E+00	3.2E+00	1.5E+00	3.4E+00
	飼育水	畜産物摂取	5.1E-01	3.4E-01	1.3E-01	3.3E-01

\* : 上部及び側部に厚さ 4m のベントナイト混合土を設置する設計対応でめやす線量を満足するため、計算していない。

\*\* : 管理期間終了後の評価において、97.5%線量となる計算ケースの核種毎の線量の経時変化の例を図 6-72~図 6-73 に示す。

表 6-9 ベントナイト混合土積算条件

原料土(ベントナイト) $\rho_{dmax}$	1,800g/cm <sup>3</sup>
Dc(締固め度)	90%
ベントナイト配合率	15%又は 30%
現場割増率	1.1 倍
添加量(ベントナイト混合土中のベントナイトの量)	268kg/m <sup>3</sup>

表 6-10 配合率 15%のベントナイト混合土を 5000m<sup>3</sup> 製造施工に要する費用

仕上がり土量5,000m <sup>3</sup> あたりのベントナイト混合土製造施工費内訳書					
名称	単位	数量	単価	金額	適用
ベントナイト混合土製造工	m <sup>3</sup>	5,000	22,311	111,552,728	63-1号代価表
自走式土質改良機設置工	台	4	138,768	555,072	専門メーカー見積もり
自走式土質改良機撤去工	台	4	76,347	305,388	専門メーカー見積もり
ベントナイト混合土品質管理試験費室内配合試験	式	1	674,744	674,744	専門メーカー見積もり
ベントナイト混合土品質管理試験費品質管理試験	式	1	3,254,451	3,254,451	専門メーカー見積もり
重機回送費	式	1	4,972,800	4,972,800	専門メーカー見積もり
合計	式	1		121,315,183	
1m <sup>3</sup> あたり	円/m <sup>3</sup>			24,263	

表 6-11 配合率 15%のベントナイト混合土を 5000m<sup>3</sup> 製造工単価表

63-1号代価表 仕上がり土量5,000m <sup>3</sup> あたりのベントナイト混合土製造単価					
名称	単位	数量	単価	金額	適用
ベントナイト(クニゲルV1)	t	1,340	49,600	66,464,000	暫定添加量=268kg/m <sup>3</sup>
原料土(ほぐし土量)	m <sup>3</sup>	7,315		0	土砂変化率=1.33(ほぐし土量)
ベントナイト混合土製造工(ほぐし土量)	m <sup>3</sup>	7,315	2,460	17,994,900	土砂ロス率=10%
ベントナイト混合土積込運搬工(ほぐし土量)	m <sup>3</sup>	7,315	450	3,291,750	運搬距離0.3km以内
ベントナイト混合土締固め工	m <sup>3</sup>	5,000	290	1,450,000	
ベントナイト混合土転圧工	m <sup>3</sup>	5,000	410	2,050,000	
ベントナイト混合土整形工	m <sup>2</sup>	25,000	300	7,500,000	
ベントナイト混合土養生工	m <sup>2</sup>	5,000	170	850,000	
諸雑費	%	12		11,952,078	
合計	式	1		111,552,728	
1m <sup>3</sup> あたり	円/m <sup>3</sup>			22,311	

※ベントナイト数量=1.8kg/cm<sup>3</sup>×0.9(Dc 値)×0.15(配合率)×1.1(現場割増量)×5000m<sup>3</sup>(仕上がり土量単位)÷1000kg/t

表 6-12 配合率 30%のベントナイト混合土を 5000m<sup>3</sup>製造施工に要する費用

仕上がり土量5,000m <sup>3</sup> あたりのベントナイト混合土製造施工費内訳書					
名称	単位	数量	単価	金額	適用
ベントナイト混合土製造工	m <sup>3</sup>	5,000	37,143	185,714,648	63-2号代価表
自走式土質改良機設置工	台	4	138,768	555,072	専門メーカー仮見積もり
自走式土質改良機撤去工	台	4	76,347	305,388	専門メーカー仮見積もり
ベントナイト混合土品質管理試験費室内配合試験	式	1	674,744	674,744	専門メーカー仮見積もり
ベントナイト混合土品質管理試験費品質管理試験	式	1	3,254,451	3,254,451	専門メーカー仮見積もり
重機回送費	式	1	4,972,800	4,972,800	専門メーカー仮見積もり
合計	式	1		195,477,103	
1m <sup>3</sup> あたり	円/m <sup>3</sup>			39,095	

表 6-13 配合率 30%のベントナイト混合土を 5000m<sup>3</sup>製造工単価表

63-2号代価表 仕上がり土量5,000m <sup>3</sup> あたりのベントナイト混合土製造単価					
名称	単位	数量	単価	金額	適用
ベントナイト(クニゲルV1)	t	2,675	49,600	132,680,000	暫定添加量=268kg/m <sup>3</sup>
原料土(ほぐし土量)	m <sup>3</sup>	7,315		0	土砂変化率=1.33(ほぐし土量)
ベントナイト混合土製造工(ほぐし土量)	m <sup>3</sup>	7,315	2,460	17,994,900	土砂ロス率=10%
ベントナイト混合土積込運搬工(ほぐし土量)	m <sup>3</sup>	7,315	450	3,291,750	運搬距離0.3km以内
ベントナイト混合土締め工	m <sup>3</sup>	5,000	290	1,450,000	
ベントナイト混合土転圧工	m <sup>3</sup>	5,000	410	2,050,000	
ベントナイト混合土整形工	m <sup>2</sup>	25,000	300	7,500,000	
ベントナイト混合土養生工	m <sup>2</sup>	5,000	170	850,000	
諸雑費	%	12		19,897,998	
合計	式	1		185,714,648	
1m <sup>3</sup> あたり	円/m <sup>3</sup>			37,143	

※ベントナイト数量=1.8kg/cm<sup>3</sup>×0.9(Dc 値)×0.3(配合率)×1.1(現場割増量)×5000m<sup>3</sup>(仕上がり土量単位)÷1000kg/t

表 6-14 ベントナイト混合土層の設置費用の評価結果

-	概念設計			ケース①			ケース②			参考		
	底部	側部	上部	底部	側部	上部	底部	側部	上部	底部	側部	上部
ベントナイト混合土層施工部位												
ベントナイト混合土層施工厚さ(m)	0	2	2	0	4	4	4	4	4	4	4	4
ベントナイト配合率	15%			30%			15%			30%		
費用増分(億円)	0			55.5			42.0			82.7		



表 7-1 各施設から距離毎の線量の評価結果 ( $\mu$  Sv/y)

評価距離 (m)	実効線量 [ $\mu$ Sv/y]									
	受入検査施設 (上方)	受入検査施設 (下方)	受入検査施設 (左方向)	受入検査施設 (右方向)	ピット P 埋設地	ピット S 埋設地	トレンチ (P埋設地付加機能型)	トレンチ (P埋設地安定型)	トレンチ (S埋設地付加機能型)	トレンチ (S埋設地安定型)
20	5.9E+02	1.1E+03	1.2E+03	5.6E+02	6.9E+01	6.7E+01	2.3E+02	2.1E+02	2.6E+02	2.1E+02
30	3.6E+02	6.0E+02	6.5E+02	3.7E+02	5.4E+01	5.2E+01	1.7E+02	1.6E+02	1.9E+02	1.6E+02
40	2.2E+02	3.4E+02	3.7E+02	2.4E+02	4.2E+01	4.1E+01	1.3E+02	1.2E+02	1.4E+02	1.2E+02
50	1.6E+02	2.3E+02	2.5E+02	1.7E+02	3.5E+01	3.4E+01	9.9E+01	9.2E+01	1.1E+02	9.2E+01
60	1.1E+02	1.6E+02	1.7E+02	1.3E+02	3.0E+01	2.9E+01	7.8E+01	7.3E+01	8.9E+01	7.3E+01
70	8.8E+01	1.2E+02	1.3E+02	9.8E+01	2.5E+01	2.5E+01	6.4E+01	6.0E+01	7.2E+01	6.0E+01
80	6.8E+01	9.0E+01	9.6E+01	7.6E+01	2.2E+01	2.1E+01	5.2E+01	4.9E+01	5.9E+01	4.9E+01
90	5.5E+01	7.1E+01	7.6E+01	6.1E+01	1.9E+01	1.8E+01	4.4E+01	4.1E+01	4.9E+01	4.1E+01
100	4.4E+01	5.6E+01	6.0E+01	4.9E+01	1.6E+01	1.6E+01	3.7E+01	3.5E+01	4.1E+01	3.5E+01
110	3.6E+01	4.5E+01	4.8E+01	4.0E+01	1.4E+01	1.4E+01	3.1E+01	2.9E+01	3.5E+01	2.9E+01
120	3.0E+01	3.7E+01	3.9E+01	3.3E+01	1.2E+01	1.2E+01	2.6E+01	2.5E+01	3.0E+01	2.5E+01
130	2.5E+01	3.1E+01	3.2E+01	2.8E+01	1.1E+01	1.0E+01	2.2E+01	2.1E+01	2.5E+01	2.1E+01
140	2.1E+01	2.6E+01	2.7E+01	2.3E+01	9.3E+00	9.0E+00	1.9E+01	1.8E+01	2.2E+01	1.8E+01
150	1.8E+01	2.1E+01	2.3E+01	2.0E+01	8.1E+00	7.9E+00	1.7E+01	1.6E+01	1.9E+01	1.6E+01
160	1.5E+01	1.8E+01	1.9E+01	1.7E+01	7.1E+00	6.9E+00	1.4E+01	1.4E+01	1.6E+01	1.4E+01
170	1.3E+01	1.5E+01	1.6E+01	1.4E+01	6.2E+00	6.1E+00	1.2E+01	1.2E+01	1.4E+01	1.2E+01
180	1.1E+01	1.3E+01	1.4E+01	1.2E+01	5.5E+00	5.3E+00	1.1E+01	1.0E+01	1.2E+01	1.0E+01
190	9.7E+00	1.1E+01	1.2E+01	1.1E+01	4.8E+00	4.7E+00	9.4E+00	9.1E+00	1.1E+01	9.1E+00
200	8.4E+00	9.7E+00	1.0E+01	9.1E+00	4.2E+00	4.1E+00	8.2E+00	8.0E+00	9.3E+00	8.0E+00
210	7.3E+00	8.4E+00	8.8E+00	7.9E+00	3.7E+00	3.6E+00	7.2E+00	7.0E+00	8.1E+00	7.0E+00
220	6.3E+00	7.3E+00	7.6E+00	6.9E+00	3.3E+00	3.2E+00	6.3E+00	6.1E+00	7.1E+00	6.1E+00
230	5.6E+00	6.4E+00	6.7E+00	6.0E+00	2.9E+00	2.8E+00	5.5E+00	5.4E+00	6.2E+00	5.4E+00
240	4.9E+00	5.6E+00	5.8E+00	5.2E+00	2.6E+00	2.5E+00	4.9E+00	4.8E+00	5.5E+00	4.8E+00
250	4.3E+00	4.9E+00	5.1E+00	4.6E+00	2.3E+00	2.2E+00	4.3E+00	4.2E+00	4.8E+00	4.2E+00
260	3.8E+00	4.3E+00	4.4E+00	4.0E+00	2.0E+00	2.0E+00	3.8E+00	3.8E+00	4.3E+00	3.8E+00
270	3.3E+00	3.8E+00	3.9E+00	3.6E+00	1.8E+00	1.8E+00	3.4E+00	3.3E+00	3.8E+00	3.3E+00
280	2.9E+00	3.3E+00	3.4E+00	3.1E+00	1.6E+00	1.6E+00	3.0E+00	2.9E+00	3.3E+00	2.9E+00
290	2.6E+00	2.9E+00	3.0E+00	2.8E+00	1.4E+00	1.4E+00	2.6E+00	2.6E+00	3.0E+00	2.6E+00
300	2.3E+00	2.6E+00	2.7E+00	2.5E+00	1.3E+00	1.2E+00	2.3E+00	2.3E+00	2.6E+00	2.3E+00
310	2.0E+00	2.3E+00	2.4E+00	2.2E+00	1.1E+00	1.1E+00	2.1E+00	2.1E+00	2.3E+00	2.1E+00
320	1.8E+00	2.0E+00	2.1E+00	1.9E+00	1.0E+00	9.9E-01	1.8E+00	1.8E+00	2.1E+00	1.8E+00
330	1.6E+00	1.8E+00	1.9E+00	1.7E+00	9.1E-01	8.9E-01	1.6E+00	1.6E+00	1.8E+00	1.6E+00
340	1.4E+00	1.6E+00	1.7E+00	1.5E+00	8.1E-01	7.9E-01	1.5E+00	1.5E+00	1.6E+00	1.5E+00
350	1.3E+00	1.4E+00	1.5E+00	1.4E+00	7.3E-01	7.1E-01	1.3E+00	1.3E+00	1.5E+00	1.3E+00
360	1.1E+00	1.3E+00	1.3E+00	1.2E+00	6.5E-01	6.3E-01	1.2E+00	1.2E+00	1.3E+00	1.2E+00
370	1.0E+00	1.1E+00	1.2E+00	1.1E+00	5.8E-01	5.7E-01	1.0E+00	1.0E+00	1.2E+00	1.0E+00
380	9.1E-01	1.0E+00	1.1E+00	9.7E-01	5.2E-01	5.1E-01	9.2E-01	9.4E-01	1.0E+00	9.4E-01
390	8.2E-01	9.1E-01	9.4E-01	8.7E-01	4.7E-01	4.6E-01	8.2E-01	8.4E-01	9.3E-01	8.4E-01
400	7.3E-01	8.2E-01	8.4E-01	7.8E-01	4.2E-01	4.1E-01	7.4E-01	7.5E-01	8.3E-01	7.5E-01
410	6.6E-01	7.3E-01	7.6E-01	7.0E-01	3.8E-01	3.7E-01	6.6E-01	6.7E-01	7.4E-01	6.7E-01
420	5.9E-01	6.6E-01	6.8E-01	6.3E-01	3.4E-01	3.3E-01	5.9E-01	6.0E-01	6.6E-01	6.0E-01
430	5.3E-01	5.9E-01	6.1E-01	5.7E-01	3.0E-01	3.0E-01	5.3E-01	5.4E-01	5.9E-01	5.4E-01
440	4.8E-01	5.3E-01	5.5E-01	5.1E-01	2.7E-01	2.7E-01	4.7E-01	4.9E-01	5.3E-01	4.9E-01
450	4.6E-01	5.2E-01	5.3E-01	4.9E-01	2.5E-01	2.4E-01	4.2E-01	4.4E-01	4.7E-01	4.4E-01
460	4.5E-01	5.0E-01	5.2E-01	4.8E-01	2.2E-01	2.2E-01	3.8E-01	3.9E-01	4.2E-01	3.9E-01
470	4.4E-01	4.9E-01	5.1E-01	4.7E-01	2.0E-01	2.0E-01	3.3E-01	3.5E-01	3.7E-01	3.5E-01
480	4.2E-01	4.8E-01	5.0E-01	4.6E-01	1.8E-01	1.8E-01	3.0E-01	3.1E-01	3.3E-01	3.1E-01
490	4.1E-01	4.7E-01	4.9E-01	4.5E-01	1.6E-01	1.6E-01	2.6E-01	2.8E-01	2.9E-01	2.8E-01
500	4.1E-01	4.6E-01	4.8E-01	4.4E-01	1.5E-01	1.4E-01	2.3E-01	2.5E-01	2.6E-01	2.5E-01

塗りつぶしは、めやす線量 (50  $\mu$  Sv/y) 以下となる施設からの距離 (10m 単位)

表 7-2 施設の配置の検討ケースと施設モデル

No.	検討ケース	配置条件	施設モデル
1	検討ケース 1	受入検査施設を横向き(長辺方向をトレンチ、ピットに水平に配置)に配置	モデル 1
2			モデル 2
3			モデル 3
4	検討ケース 2	受入検査施設を縦向き(長辺方向をトレンチ、ピットに垂直に配置)に配置	モデル 1
5			モデル 2
6			モデル 3
7	検討ケース 3	受入検査施設を横向きに配置し、コンクリートピット施設の P 埋設地と S 埋設地の位置を検討ケース 1 と逆に配置	モデル 1
8			モデル 2
9			モデル 3
10	検討ケース 4	受入検査施設を縦向きに配置し、コンクリートピット施設の P 埋設地と S 埋設地の位置を検討ケース 2 と逆に配置	モデル 1
11			モデル 2
12			モデル 3
13	検討ケース 5	検討ケース 4 と同じ条件だが、受入検査施設ーコンクリートピット施設間、受入検査施設ートレンチ施設間の長さを 22m に設定して配置	モデル 1
14			モデル 2
15			モデル 3

モデル 1：ピット 2 行配置、トレンチ 3 行配置（概念設計の配列）

モデル 2：ピット 1 行配置、トレンチ 2 行配置

モデル 3：ピット 1 行配置、トレンチ 1 行配置

表 7-3 めやす線量を満足する時の評価ポイントから一番近い施設までの距離 (1/2)

評価ポイント	施設名	距離 (m)												
		検討ケース 1			検討ケース 2			検討ケース 3			検討ケース 4			
		モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 1	モデル 2	モデル 3	
a	受入検査施設	140	140	120	120	110	100	120	110	100	120	120	120	110
b	トレンチ(P付加機能型)	120	120	140	140	140	140	120	140	140	110	110	130	130
c	トレンチ(S付加機能型)	100	110	100	100	100	100	100	100	100	100	100	110	100
d	トレンチ(S安定型)	90	90	80	80	90	80	90	90	80	90	90	90	80
e	トレンチ(P安定型)	100	110	100	100	110	100	100	110	100	100	100	110	100
f	トレンチ(P付加機能型)	120	140	140	140	140	140	120	140	140	110	110	130	130
g	トレンチ(P付加機能型)	110	140	130	130	130	130	110	130	130	110	110	130	120
h	受入検査施設	130	130	110	110	110	100	110	100	90	120	120	110	100
i	ピット	100	120	40	40	90	110	90	110	40	90	110	110	40
j	ピット	40	40	110	110	40	40	40	40	100	40	40	40	110
k	ピット	100	120	60	60	90	110	90	110	60	90	110	110	60

P : P 埋設地、S : S 埋設地

表 7-3 めやす線量を満足する時の評価ポイントから一番近い施設までの距離 (2/2)

評価ポイント	施設名	距離 (m)											
		検討ケース 4			検討ケース 5			検討ケース 6			検討ケース 7		
		モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 1	モデル 2	モデル 3
a	受入検査施設	100	110	90	110	110	110	110	110	110	110	110	90
b	トレンチ(P付加機能型)	110	140	140	140	120	140	120	140	140	140	140	140
c	トレンチ(S付加機能型)	100	110	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
d	トレンチ(S安定型)	90	90	80	80	90	90	90	90	90	90	90	80
e	トレンチ(P安定型)	100	110	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
f	トレンチ(P付加機能型)	110	140	140	140	120	140	120	140	140	140	140	140
g	トレンチ(P付加機能型)	110	130	130	130	110	130	110	130	130	110	130	130
h	受入検査施設	110	110	80	80	110	100	110	100	100	100	100	80
i	ピット	90	110	40	40	90	110	90	110	40	90	110	40
j	ピット	40	40	100	100	40	40	40	40	100	40	40	110
k	ピット	90	110	60	60	90	100	90	100	60	90	100	60

P : P 埋設地、S : S 埋設地

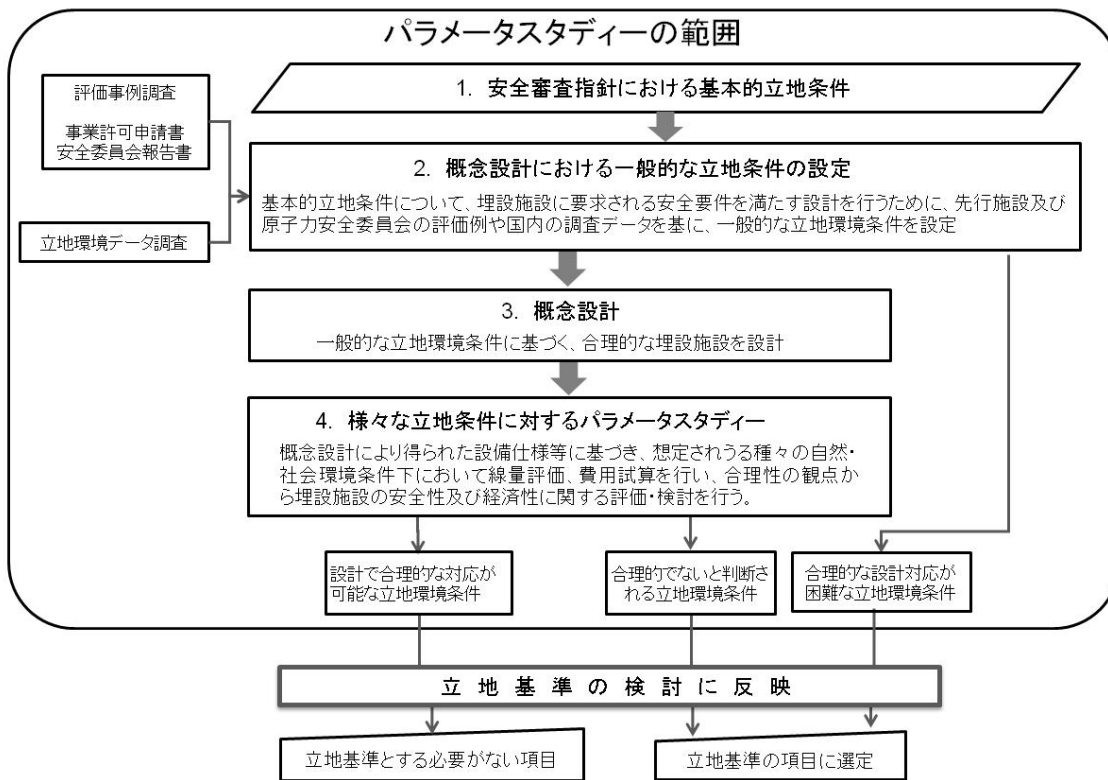


図 2-1 パラメータスタディーの手順

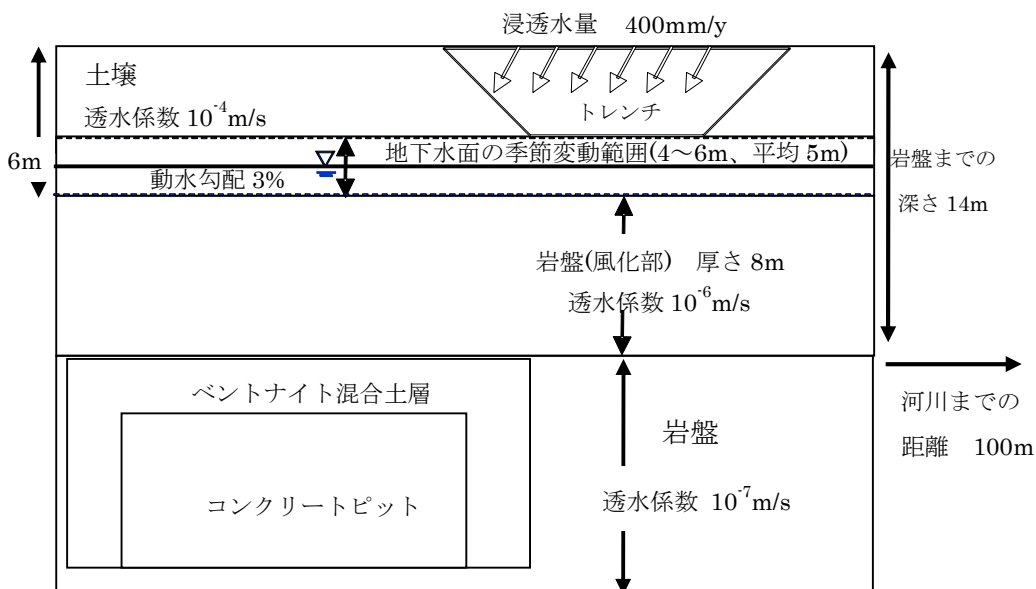


図 3-1 概念設計における一般的な立地条件とコンクリートピット施設及びトレンチ施設の設置に係る概念図

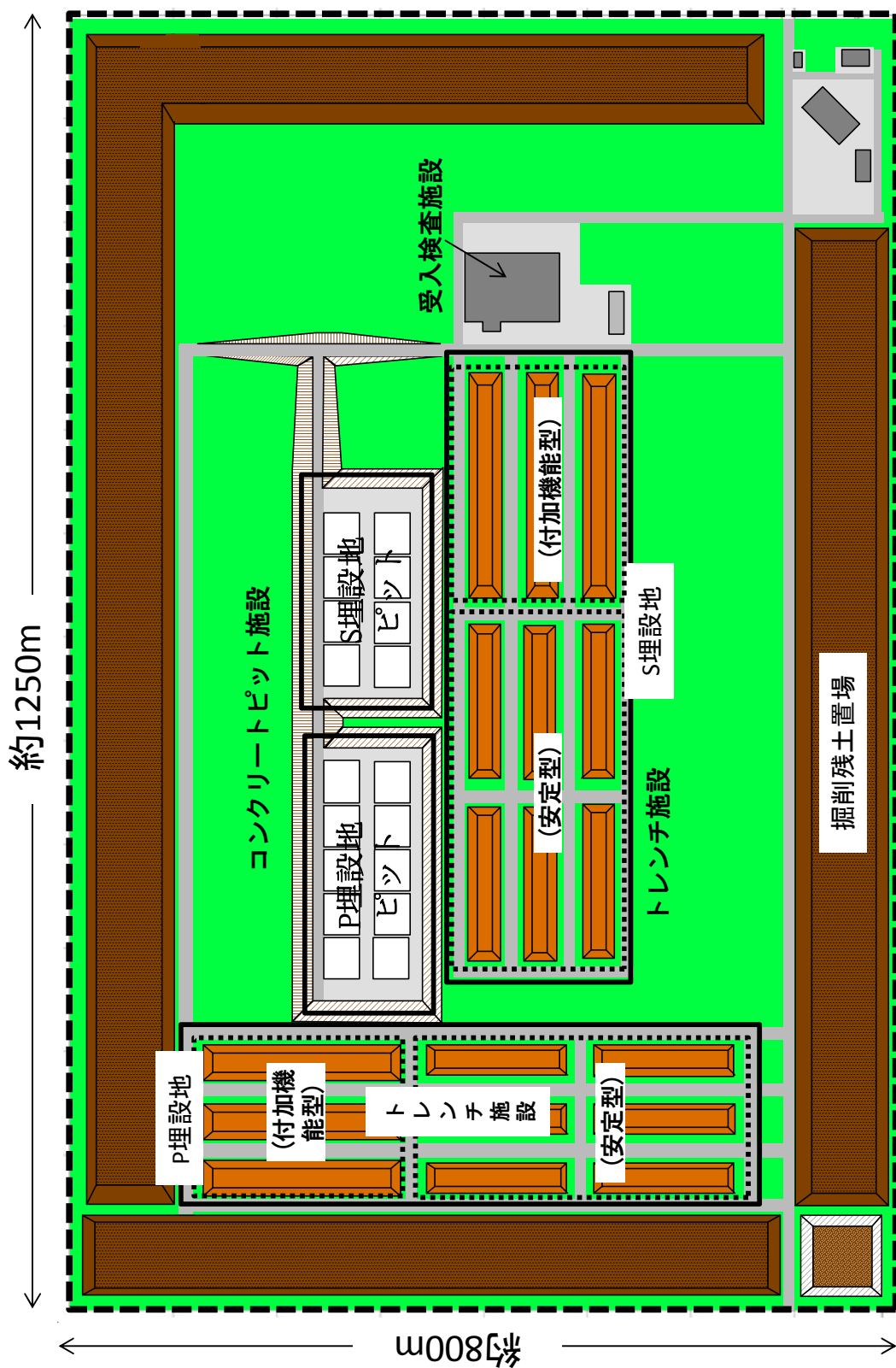


図 3-2 概念設計における事業所の配置設計結果

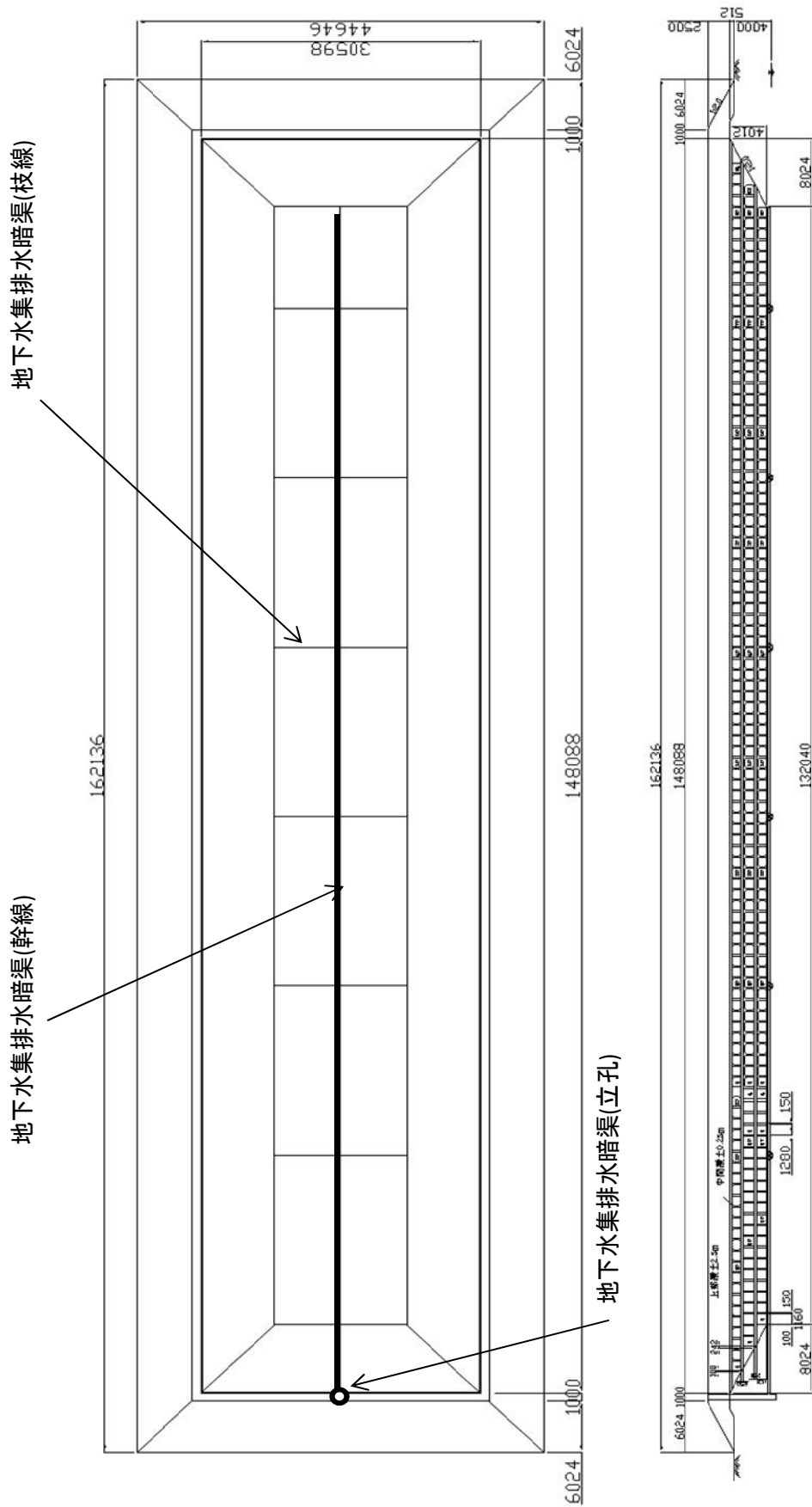


図 3-3 安定五品目の放射性廃棄物を埋設するトレンチの底部平面図、縦断面図例(S埋設地)

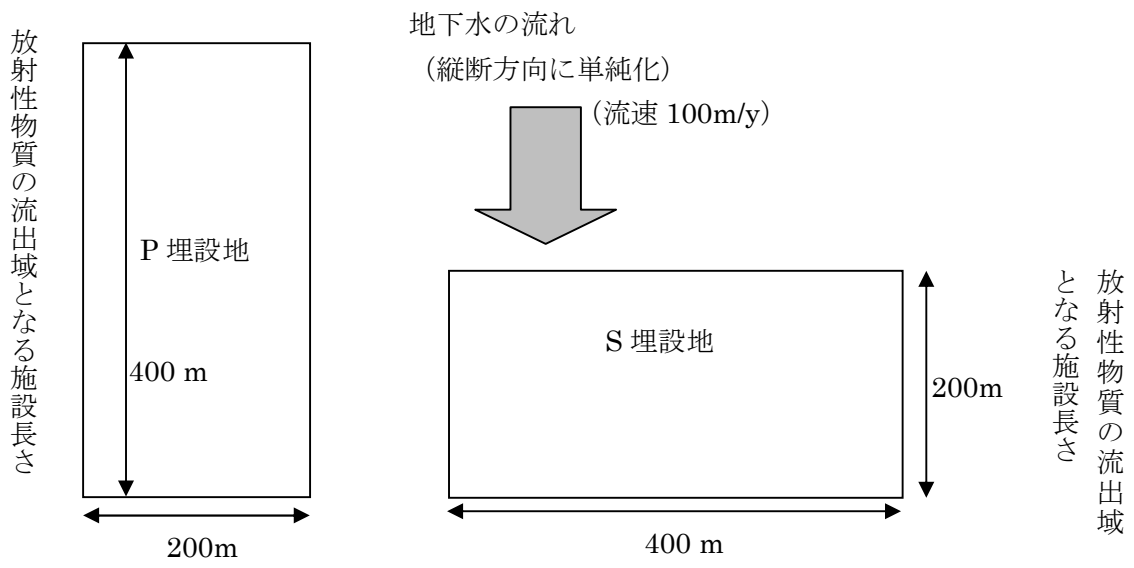


図 3-4 安全評価におけるトレンチ施設のモデル図

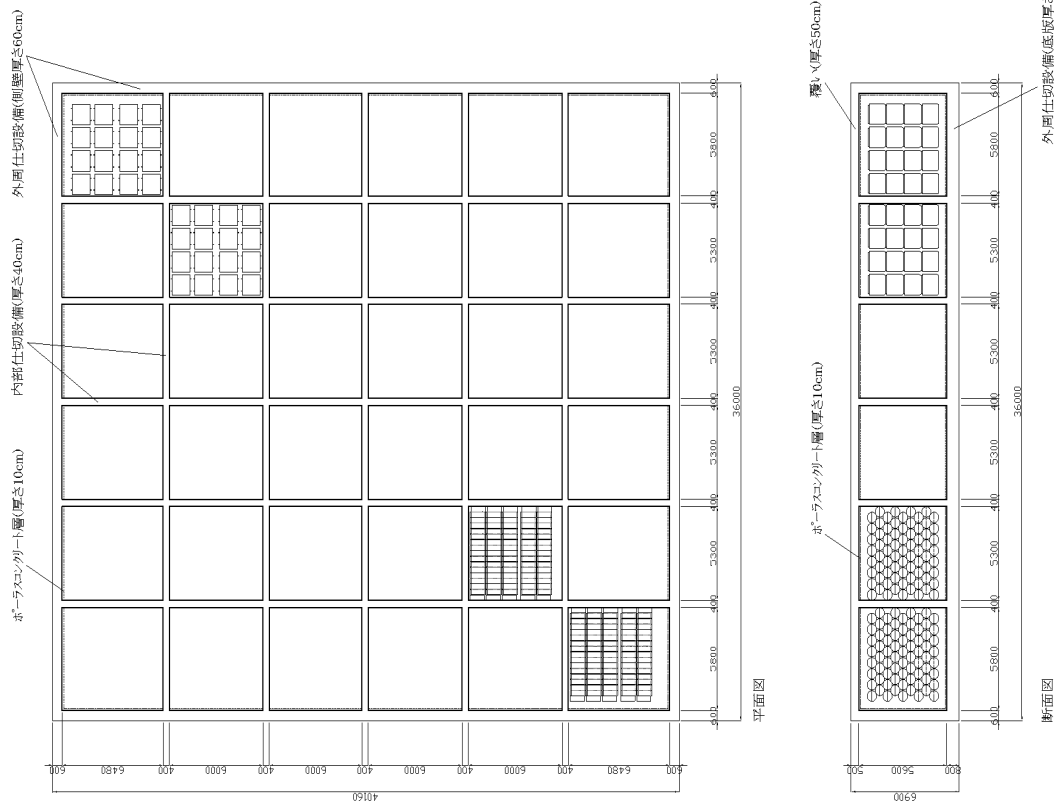


図 3-5 ピットの形状(平面図、断面図)

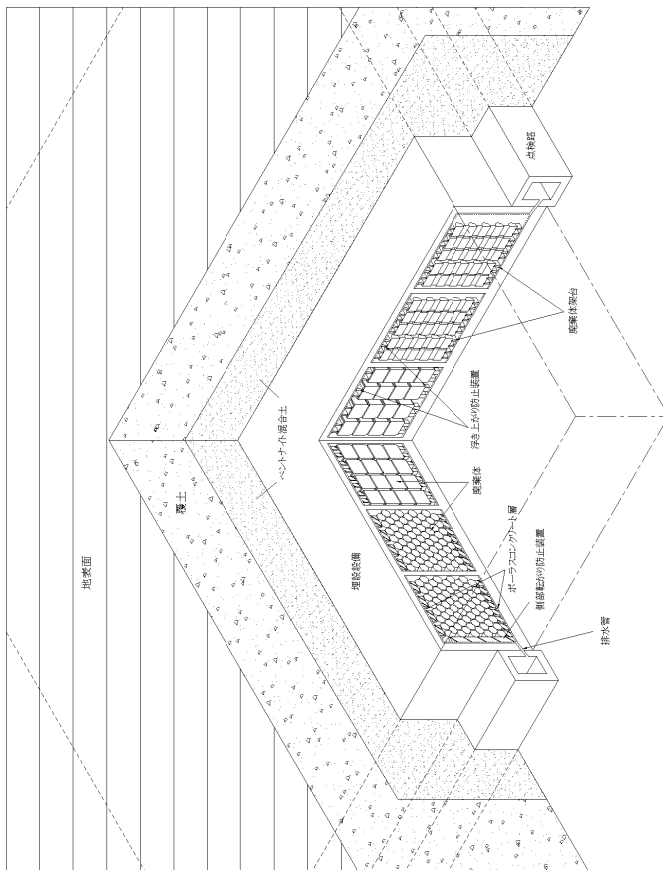


図 3-6 ピットの概観図



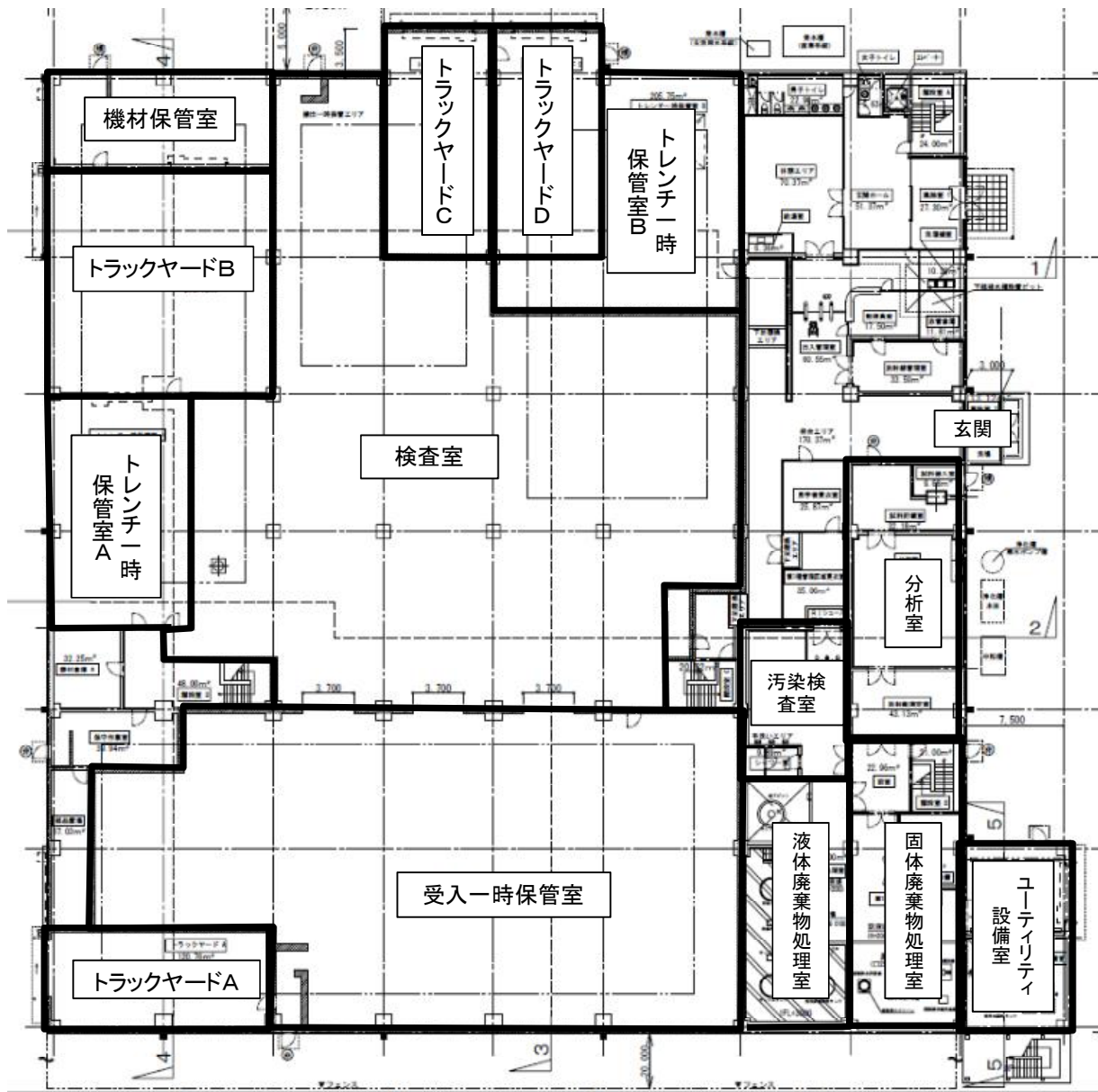


図 3-7 受入検査施設 1 階平面図

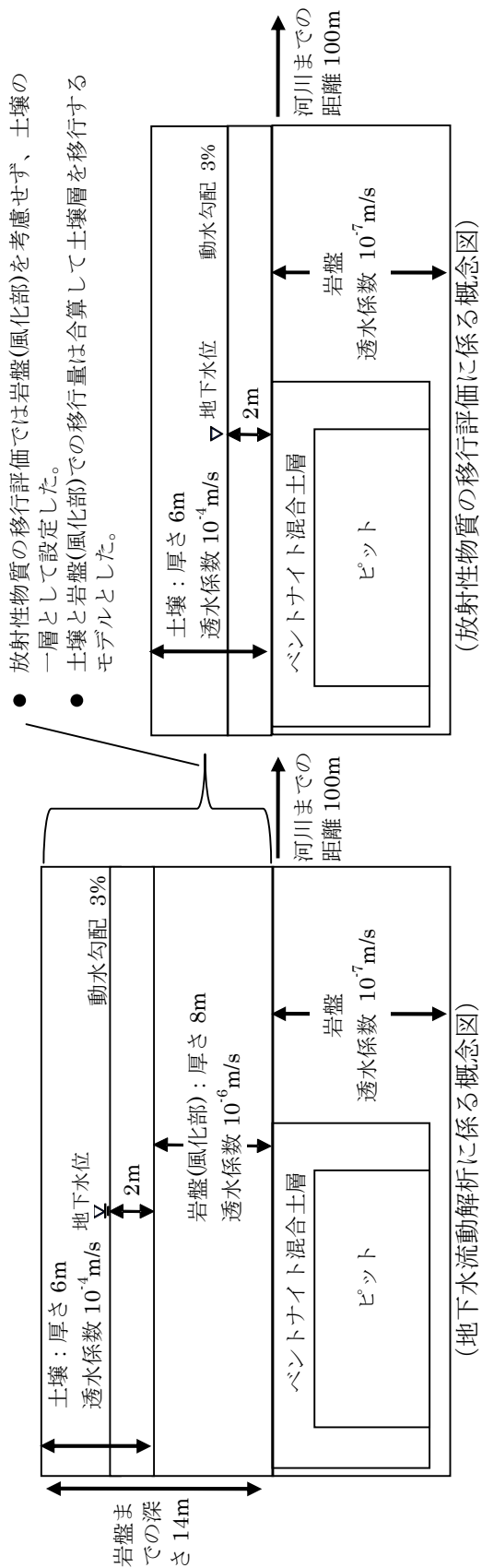
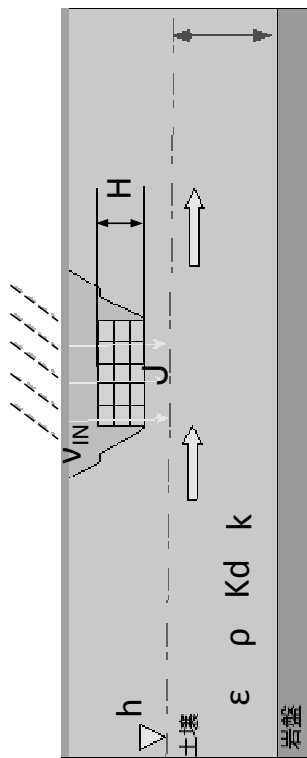


図 3-8 概念設計におけるコンクリートピット施設の計算体系概念図



1. 処分施設からの浸出量J (Bq/y)

$$J = \eta_i A_i = \eta_i A_{i0} e^{-(\lambda_i + \eta_i)t}$$

$$\eta_i = \frac{v_{IN}}{H} * \frac{1}{\epsilon_c} * R_{ci}$$

$$R_{ci} = 1 + \frac{1 - \epsilon_c}{\epsilon_c} * \rho_c * Kd_{ci}$$

- A<sub>i</sub> : 埋設した核種iの放射能 (Bq)
- A<sub>i0</sub> : 埋設した核種iの初期の放射能 (Bq)
- η<sub>i</sub> : 浸出率 (1/y)
- λ<sub>i</sub> : 崩壊定数 (1/y)
- v<sub>IN</sub> : 浸透水量 (m/y) = 降水量・蒸発散量
- H : 処分場の高さ (m)
- ε<sub>c</sub> : 土壌の空隙率
- R<sub>ci</sub> : 土壌における核種iの遅延係数
- ρ<sub>c</sub> : 土壌の密度 (kg/m<sup>3</sup>)
- Kd<sub>ci</sub> : 土壌における核種iの分配係数 (m<sup>3</sup>/kg)

v<sub>IN</sub>、ε<sub>c</sub>、ρ<sub>c</sub>、Kd<sub>ci</sub>を評価パラメータとして抽出。

※ 親核種からの生成はこれらの式は示していない

2. 土壌中の放射性物質の移行

$$\epsilon_c * R_{ci} * \frac{\partial C_{ci}}{\partial t} = D_c * \frac{\partial^2 C_{ci}}{\partial x^2} - U_c * \frac{\partial C_{ci}}{\partial x} - \lambda_i * \epsilon_c * R_{ci} C_{ci} + f_{ci}$$

$$U_c = k_c * h$$

$$R_{ci} = 1 + \frac{1 - \epsilon_c}{\epsilon_c} * \rho_c * Kd_{ci}$$

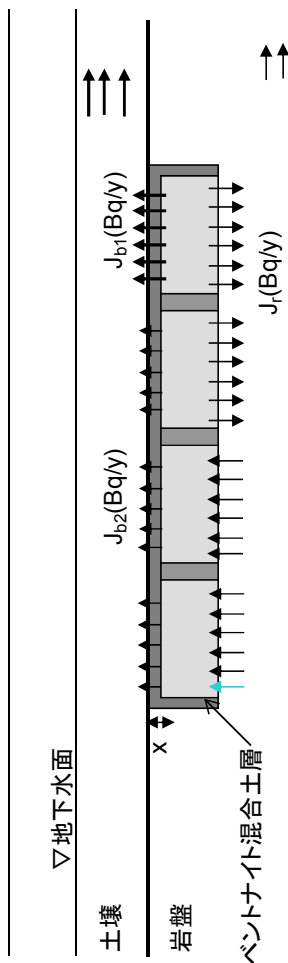
- C<sub>ci</sub> : 土壌の地下水中の核種iの放射能濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- D<sub>c</sub> : 分散係数 (m<sup>2</sup>/y)
- U<sub>c</sub> : ダルシー流速 (m/y)
- F<sub>ci</sub> : 核種iの土壌への流入量 (Bq/m<sup>3</sup>/y)
- k<sub>c</sub> : 土壌の透水係数 (m/y)
- h : 動水勾配

※ 浅地中処分のような地下水流速の比較的速い場の評価では、拡散の寄与は小さいと考え、概念設計の評価と同様、分散項は移行計算で考慮しない。

ε<sub>c</sub>、ρ<sub>c</sub>、Kd<sub>ci</sub>、k<sub>c</sub>、hを評価パラメータとして抽出。

図 4-1 トレンチ処分の核種移行評価からの評価項目の抽出

- $C_i$  : 核種iの放射能濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $A_i$  : 核種iの崩壊定数(1/y)
- $D_b$  : ベントナイト混合土中の拡散係数(m<sup>2</sup>/y)
- $Q_c$  : 土壌方向への浸出水量(m<sup>3</sup>/y)
- $Q_r$  : 岩盤方向への浸出水量(m<sup>3</sup>/y)
- $V_w$  : 廃棄体層の体積(m<sup>3</sup>)
- $\varepsilon_k$  : 領域kの空隙率
- $R_k$  : 核種iの領域kの遅延係数
- $u_c$  : 廃棄体層からベントナイトへの浸出速度(m/y)
- $u_b$  : ベントナイト中の浸出水の流速 (m/y)
- $u_r$  : 廃棄体層から岩盤への浸出速度(m/y)
- $S_k$  : 領域kの移流・拡散に寄与する面積(m<sup>2</sup>)
- $L_b$  : ベントナイト混合土層の厚さ(m)



・ 廃棄体層、ベントナイト混合土層のパラメータは設計パラメータであるため、評価パラメータとして抽出しない。

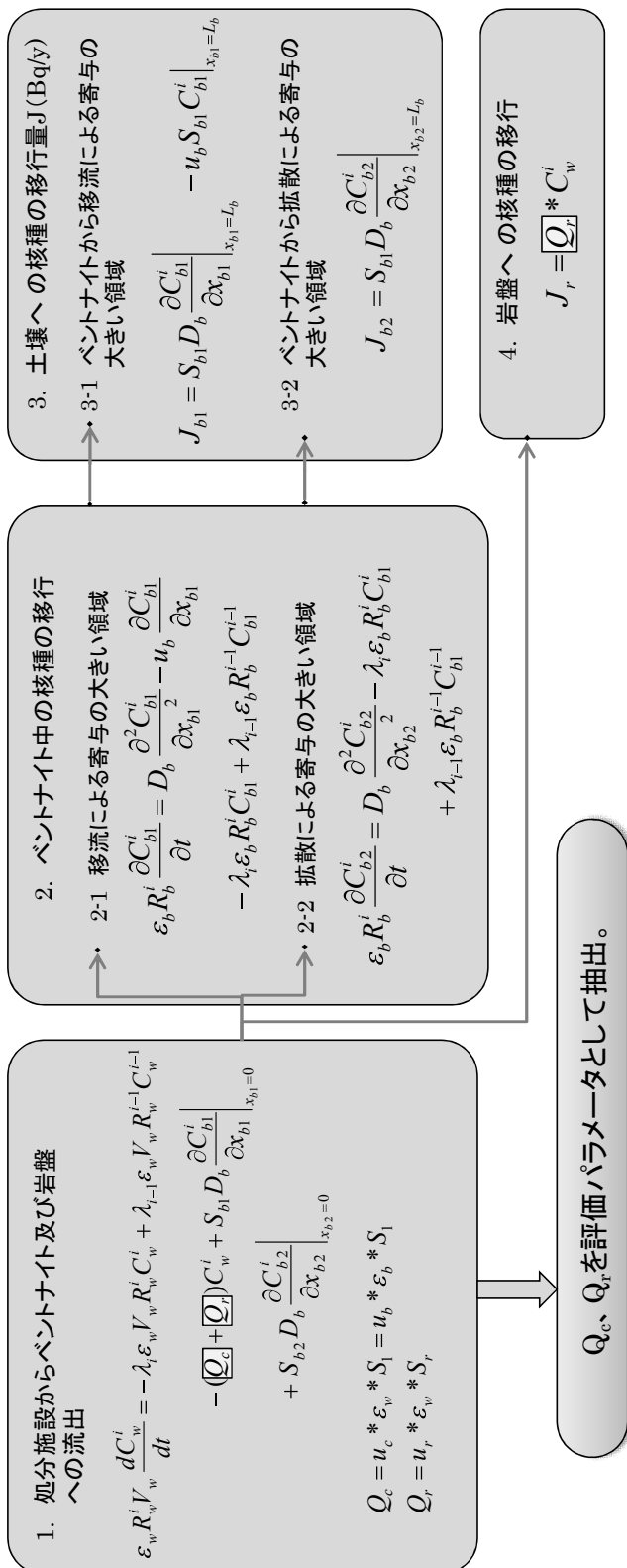
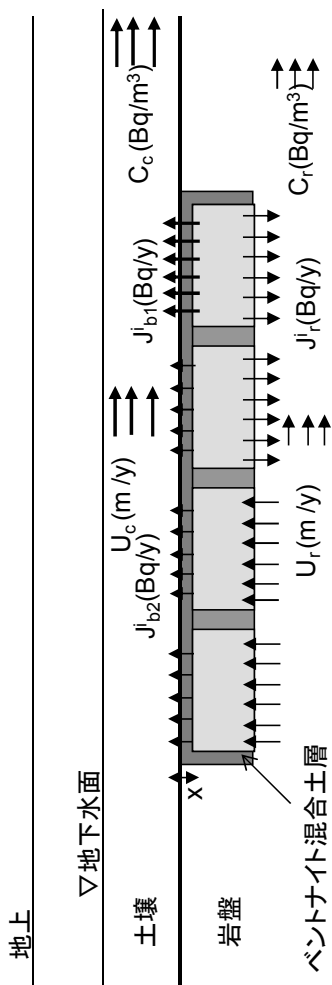


図 4-2 ピット処分の土壌又は岩盤への浸出モデルからの評価項目の抽出

- $C_c^{i,k}$ : 地層kの地下水中の核種iの放射能濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $D_k$ : 地層kの分散係数 (m<sup>2</sup>/y)
- $U_k$ : 地層kダルシ-流速 (m/y)
- $J_k^{i,k}$ : 領域kからの核種iの土壌への流入量 (Bq/y)
- $\lambda^i$ : 核種iの崩壊定数(1/y)
- $\varepsilon_k$ : 地層kの空隙率
- $R_c^{i,k}$ : 核種iの遅延係数
- $k_k$ : 地層kの透水係数 (m/y)
- $h$ : 動水勾配
- $\rho_k$ : 地層kの密度(kg/m<sup>3</sup>)
- $Kd_c^{i,k}$ : 地層kにおける核種iの分配係数(m<sup>3</sup>/kg)



5. 土壌中の放射性物質の移行

$$\varepsilon_c \cdot R_c^i \cdot \frac{\partial C_c^i}{\partial t} = D_c \cdot \frac{\partial^2 C_c^i}{\partial x^2} - U_c \cdot \frac{\partial C_c^i}{\partial x} - \lambda_i \cdot \varepsilon_c \cdot R_c^i \cdot C_c^i + \lambda_{r-1} \cdot \varepsilon_c \cdot R_c^i \cdot C_r^{i-1} + J_{b1}^i + J_{b2}^i$$

$$U_d = k_c \cdot h, \quad R_c^i = 1 + \frac{1 - \varepsilon_c}{\varepsilon_c} \cdot \rho_c \cdot Kd_c^i$$

□ が抽出したパラメータ

$\varepsilon_c, k_c, h, \rho_c, Kd_c^i$  を評価  
パラメータとして抽出。

6. 岩盤中の放射性物質の移行

$$\varepsilon_r \cdot R_r^i \cdot \frac{\partial C_r^i}{\partial t} = D_r \cdot \frac{\partial^2 C_r^i}{\partial x^2} - U_r \cdot \frac{\partial C_r^i}{\partial x} - \lambda_i \cdot \varepsilon_r \cdot R_r^i \cdot C_r^i + \lambda_{r-1} \cdot \varepsilon_r \cdot R_r^i \cdot C_r^{i-1} + J_r^i$$

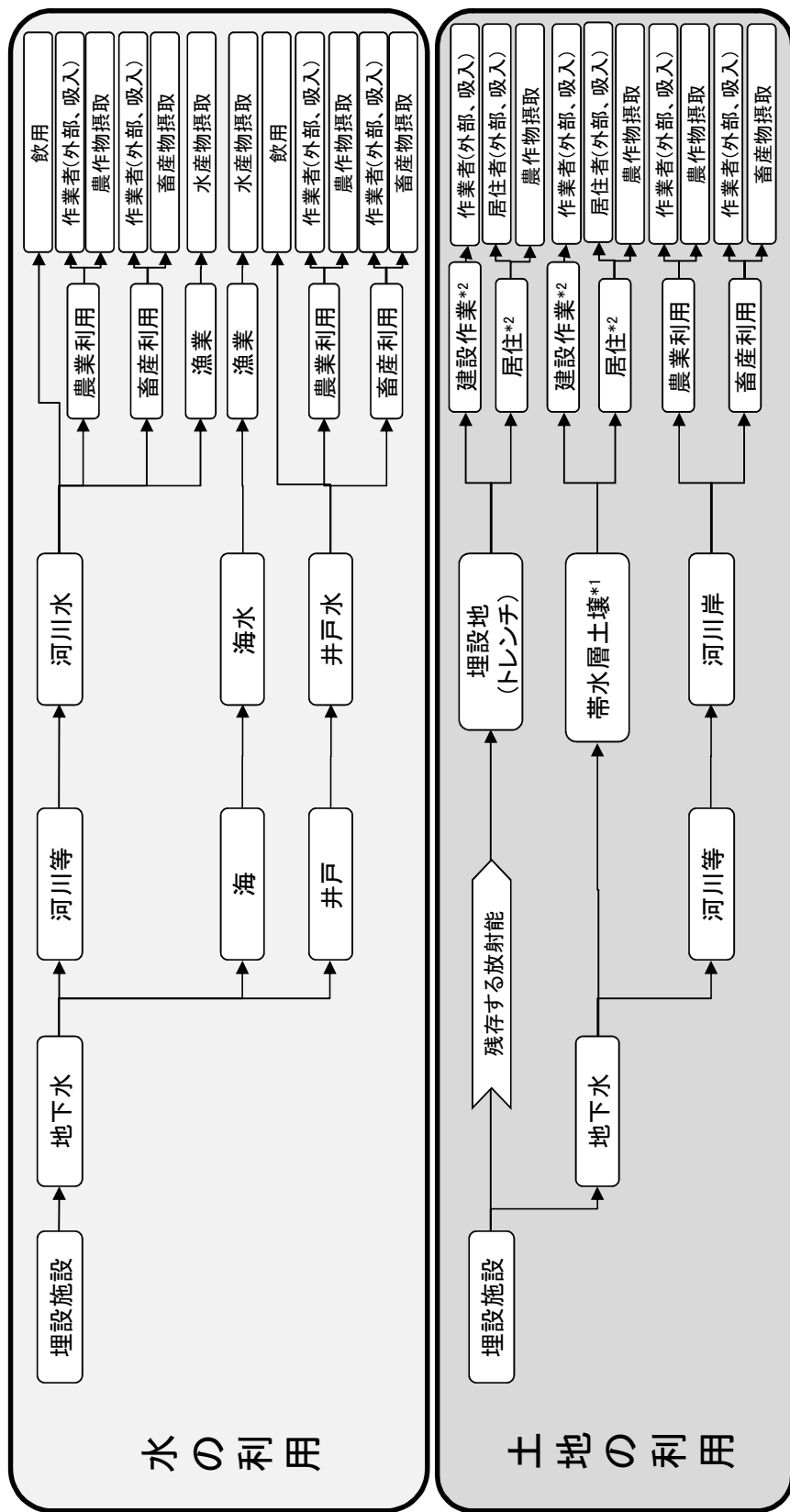
$$U_d = k_r \cdot h, \quad R_r^i = 1 + \frac{1 - \varepsilon_r}{\varepsilon_r} \cdot \rho_r \cdot Kd_r^i$$

□ が抽出したパラメータ

$\varepsilon_r, k_r, h, \rho_r, Kd_r^i$  を評価パラ  
メータとして抽出。

※ 浅地中処分のような地下水流速の比較的速い場の評価では、拡散の寄与は小さいと考えられるため、概念設計の安全評価と同様、分散項は移行計算で考慮しない。

図 4-3 ピット処分における土壌又は岩盤中の核種移行モデルからの評価項目の抽出



\*1: 処分施設からの距離一定で地下水位の深さを変動させるケースと地下水位一定で距離を変動させるケースを計算した。  
 \*2: 食物等の土地の利用に関連しないが、自然環境に影響される経路であり、原子力安全委員会等の評価経路であるため、評価に加えた。

図 4-4 パラメータスタディにおける評価経路の選定

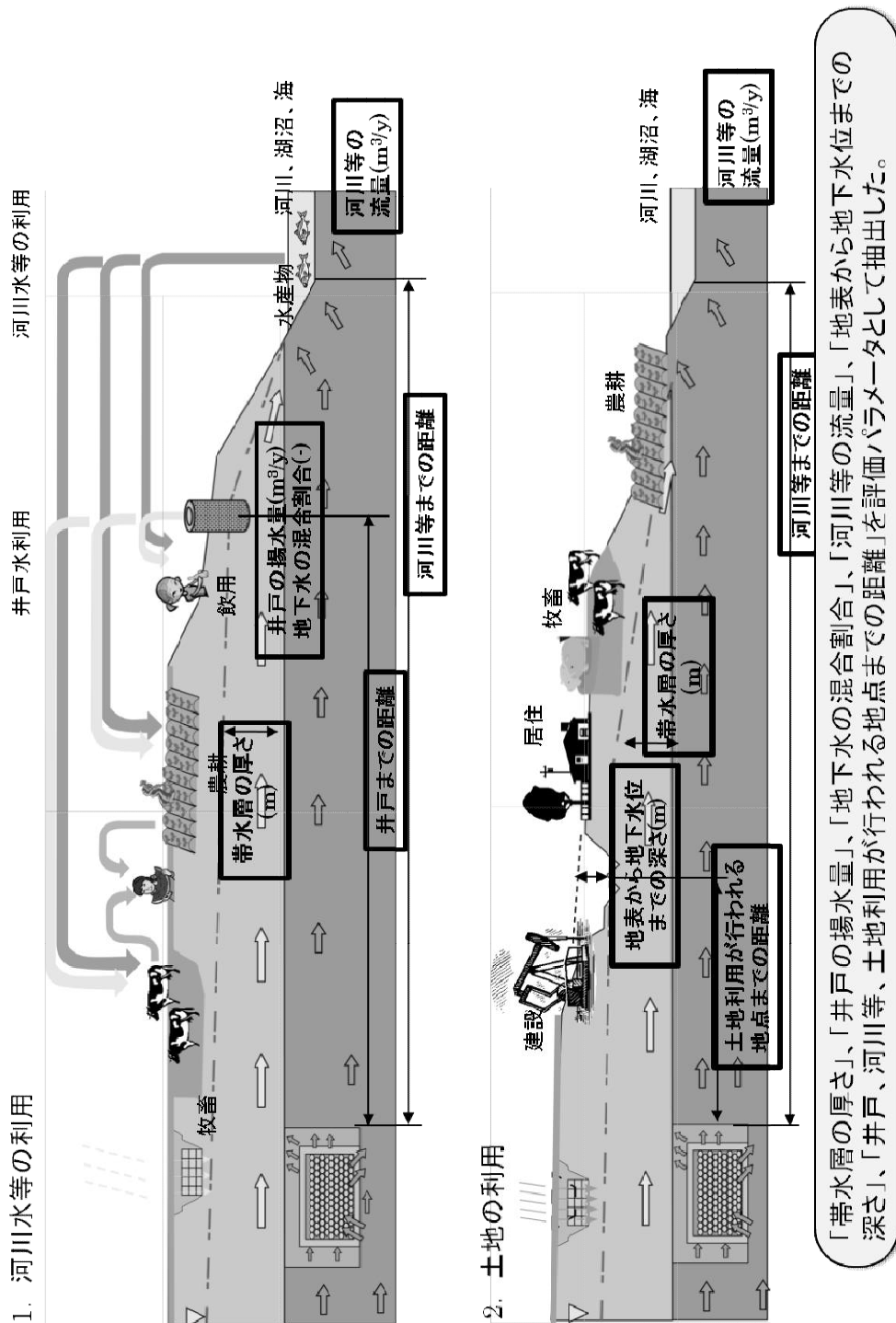


図 4-5 水の利用及び土地の利用における評価経路の概念図

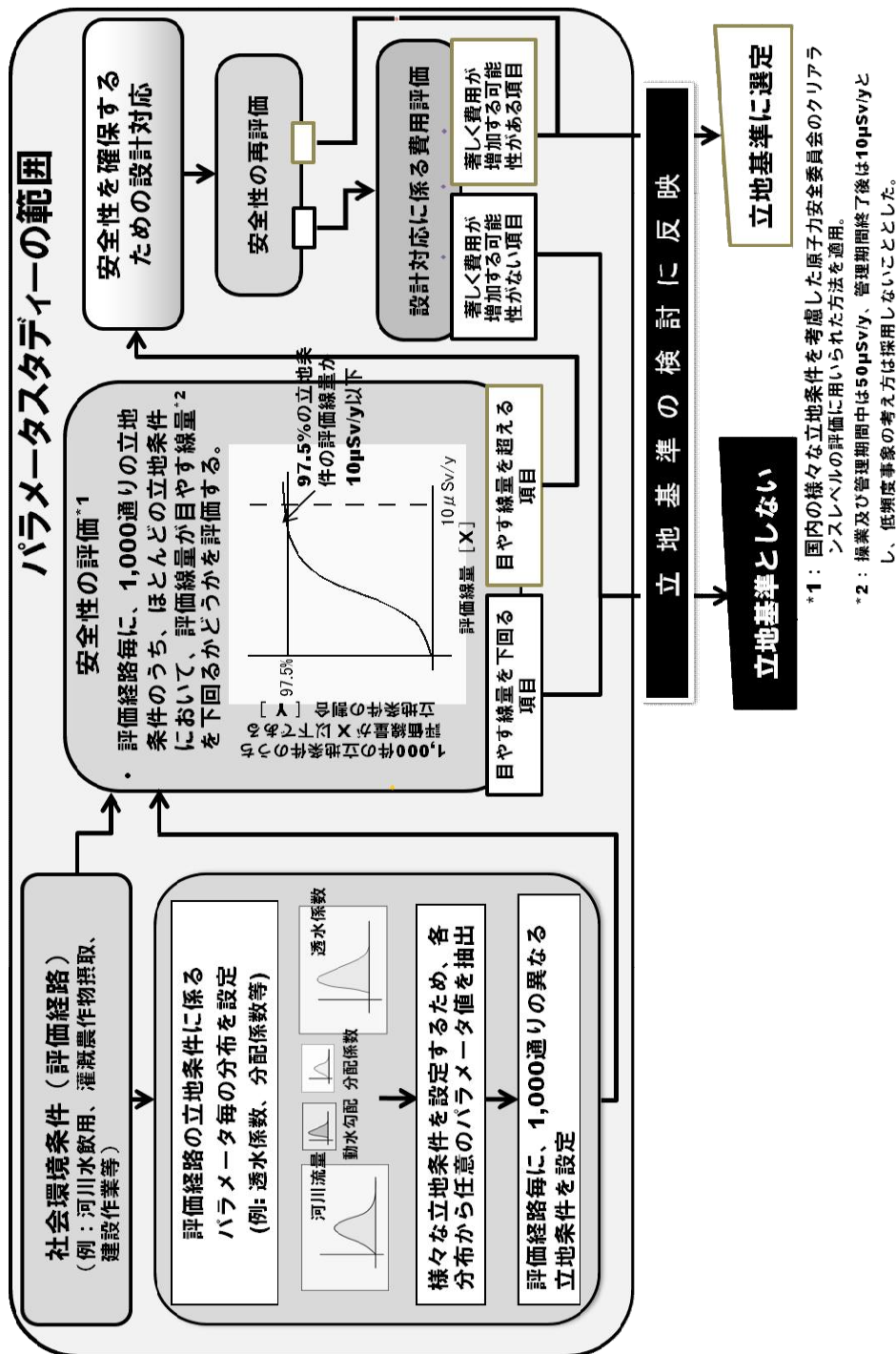
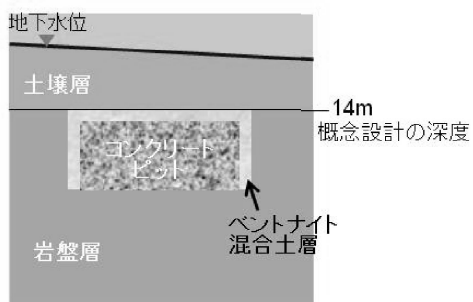


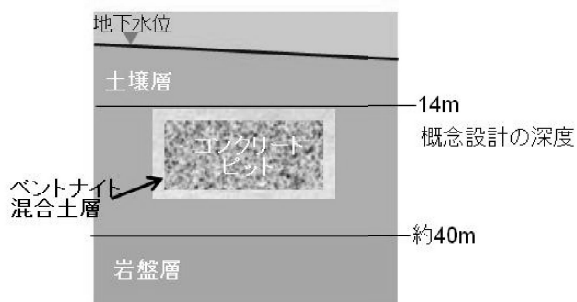
図 5-1 施設設計にかかるパラメータスタディーの方法の概要



① 地盤2層ケース



② 地盤1層ケース



- 透水性の大きい土壌層の下の岩盤層の中にピットを設置する。
- 土壌層の透水係数は、岩盤層より大きいと考えられるが、値をワンダムに組合けると逆転する可能性がある。したがって、土壌層の透水係数( $k_s$ )と岩盤の透水係数( $k_r$ )の組合せを

- ①-1  $k_s/k_r = 10$  のケース(透水係数10倍ケース)
  - ①-2  $k_s/k_r = 100$ のケース(透水係数100倍ケース)
  - ①-3  $k_s/k_r = 1000$ のケース(透水係数1000倍ケース)
- の関係とする3つの計算ケースについて評価を実施した。

- 岩盤層が深く、ピットを50m以内に設置できない場合は、土壌層にピットを設置することを想定した。
- ピット底部からの浸入・浸出水量を低減させるため、ピット底部にもベントナイト混合土層を2m設置することとした。

図 5-2 コンクリートピット施設の設置モデル図の概要

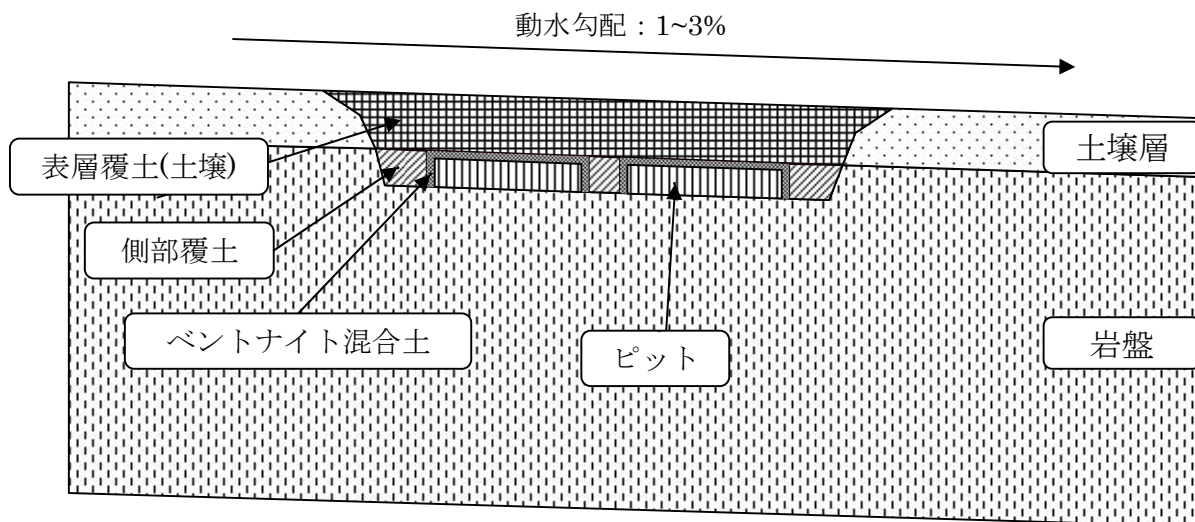


図 5-3 コンクリートピット施設の地下水流動解析の計算モデル図

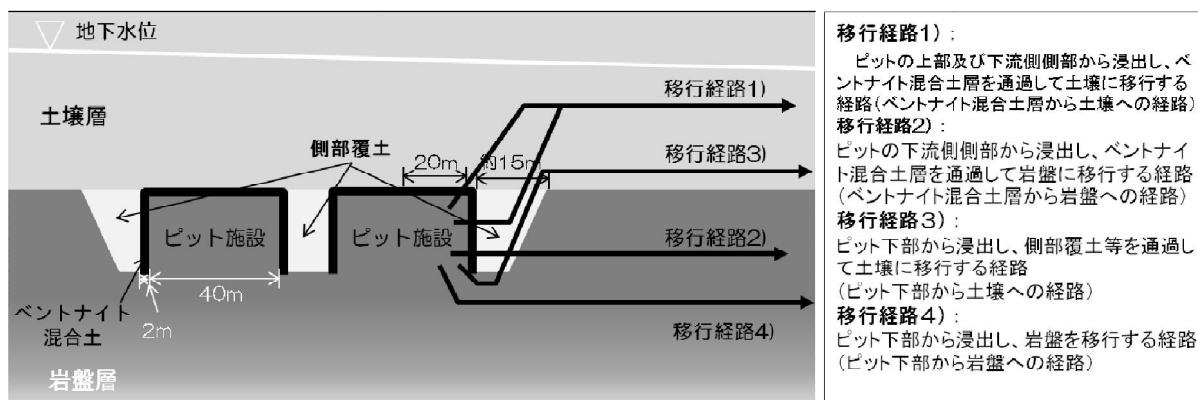


図 5-4 コンクリートピット施設からの浸出水の移行経路のモデル図

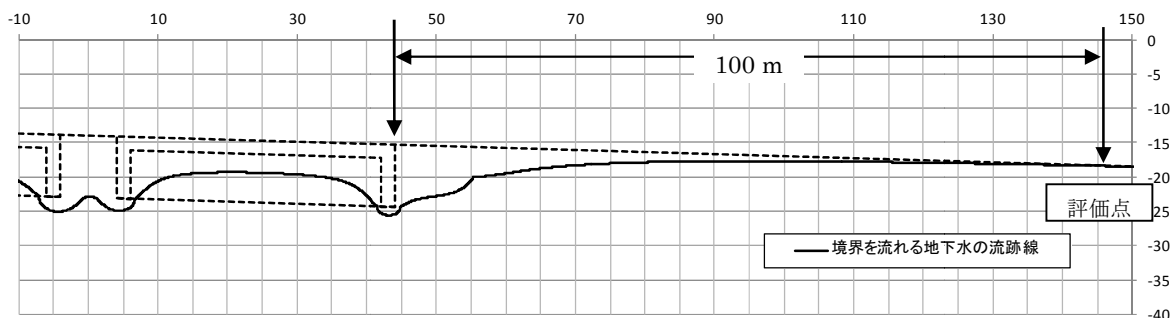
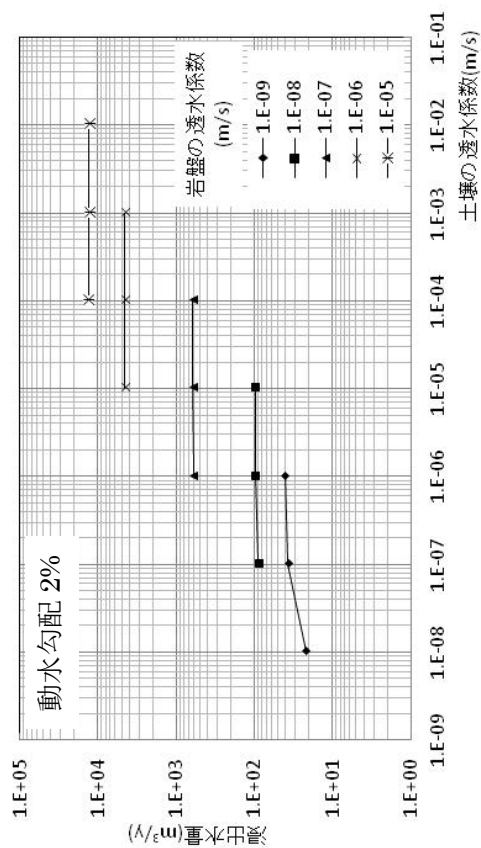


図 5-5 地下水流動解析の流跡線の評価結果例  
 (Case1-38 : 動水勾配 3%、透水係数 : 岩盤  $1.0E-7$  m/s、土壌  $1.0E-5$  m/s)



\*浸出水量は全経路の合計

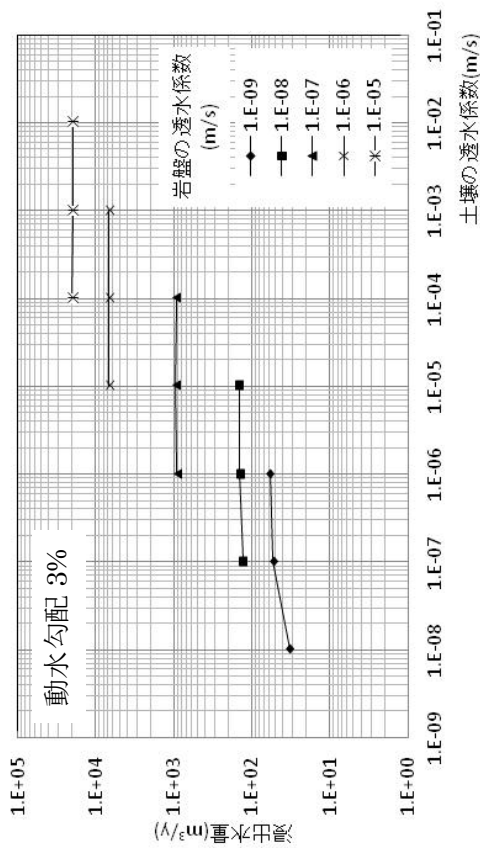
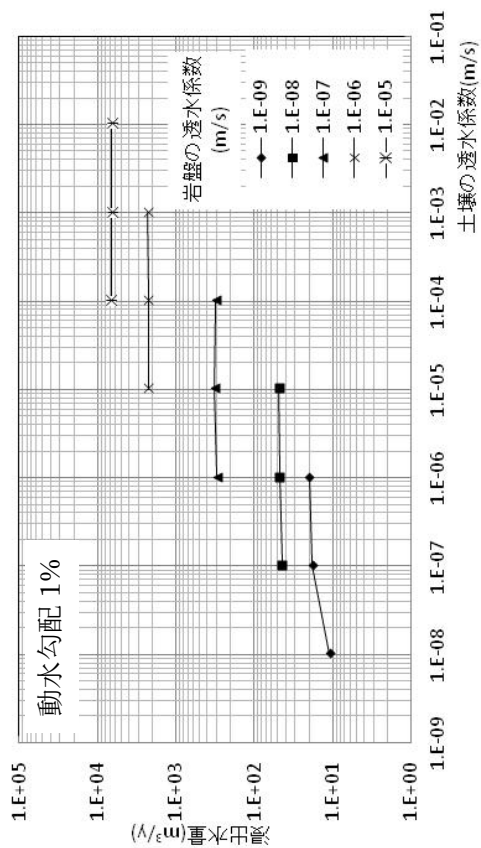


図 5-6 岩盤の透水性係数を一定にして土壌の透水性係数を変化させた時の全体の浸出水量の変化

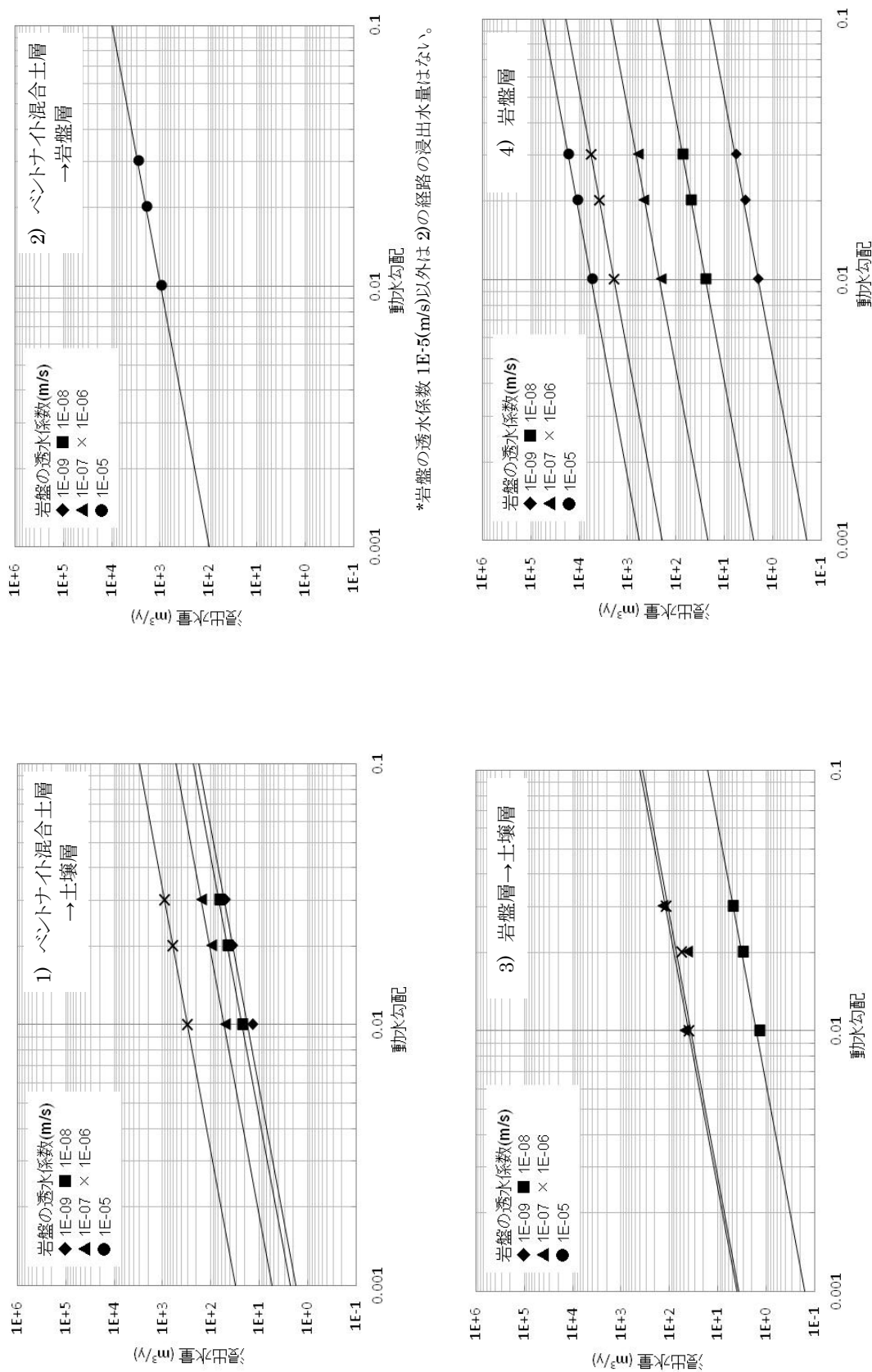


図 5-7 岩盤の透水係数を一定とした時の動水勾配に対する経路毎の浸出水量の計算結果

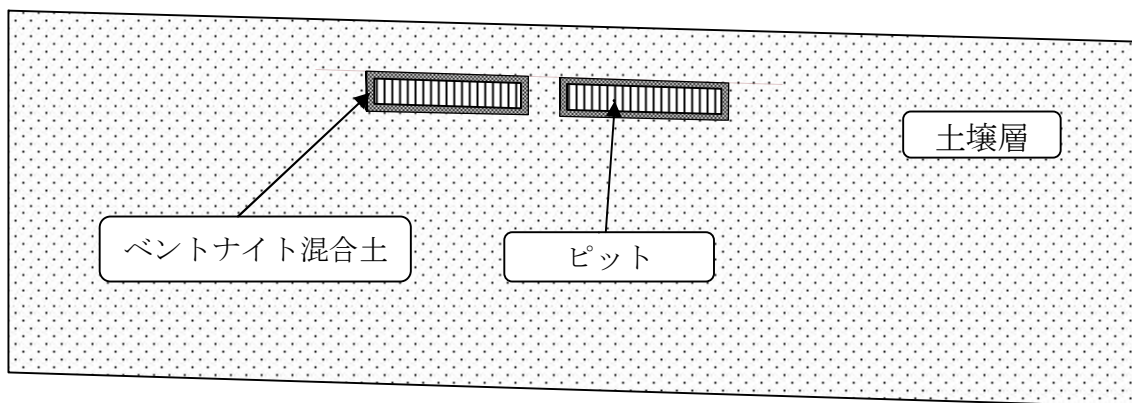


図 5-8 地盤 1 層ケースにおける地下水流動解析モデル

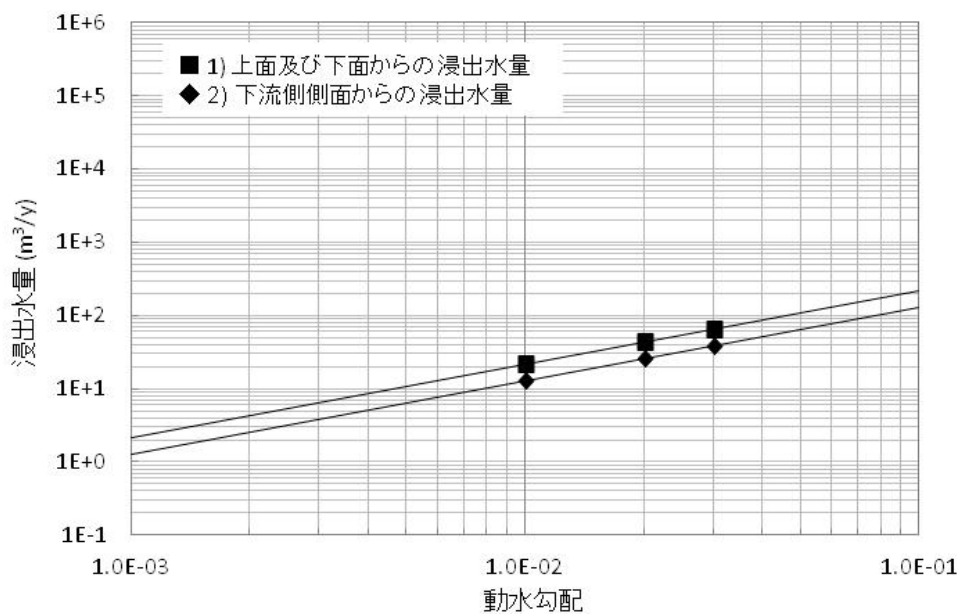


図 5-9 地盤 1 層ケースにおける動水勾配と経路毎の浸出水量の相関図

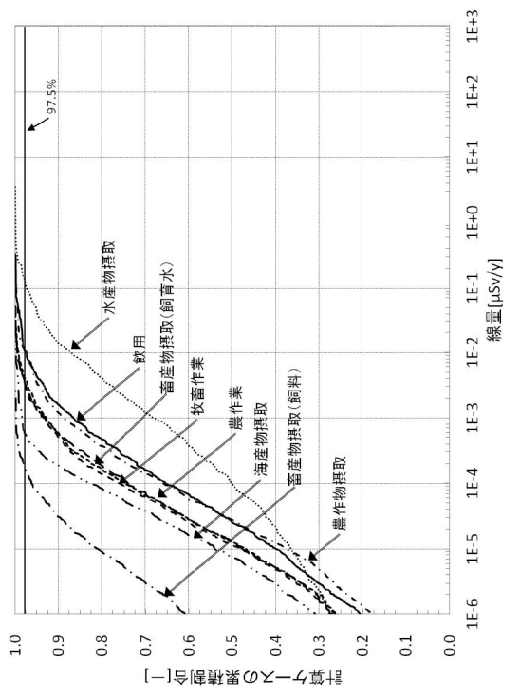


図 6-2 線量の累積頻度分布の評価結果  
トレンチ処分：河川水・海水利用

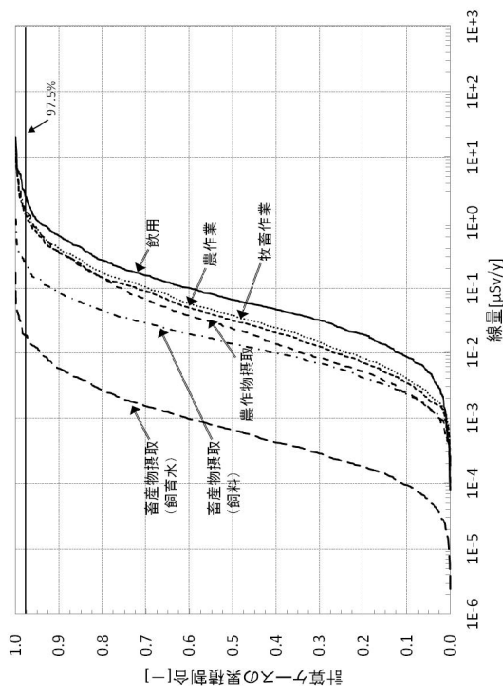


図 6-4 線量の累積頻度分布の評価結果  
トレンチ処分：地下水利用

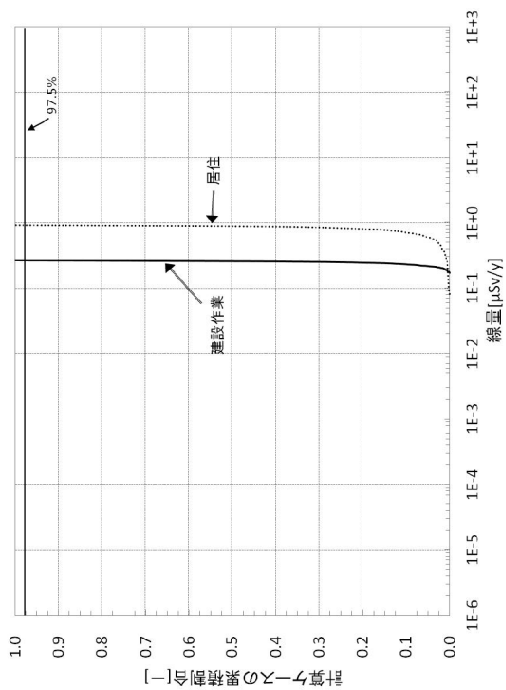


図 6-1 線量の累積頻度分布の評価結果  
トレンチ処分：跡地利用

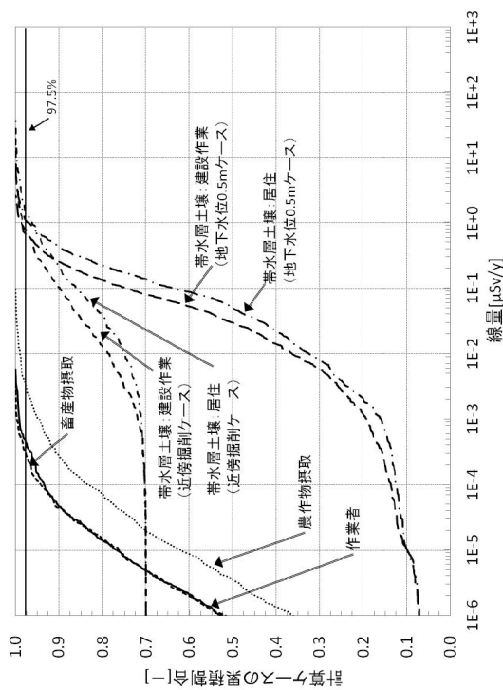


図 6-3 線量の累積頻度分布の評価結果  
トレンチ処分：河川岸利用・帯水層土壌利用

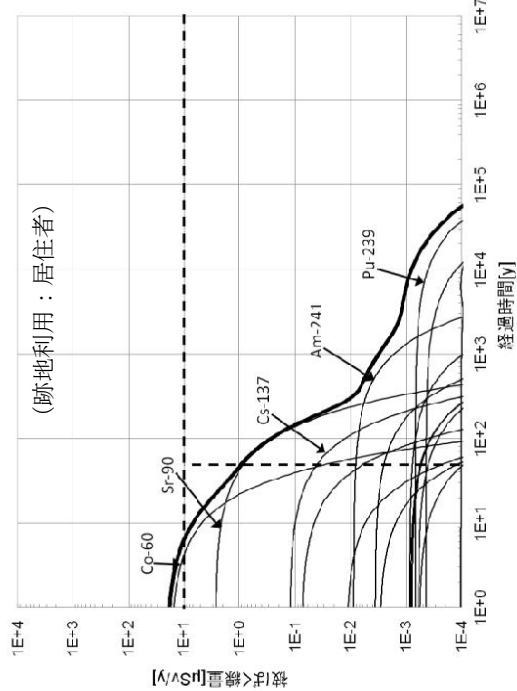


図 6-5 トレンチ処分：97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (1/7)

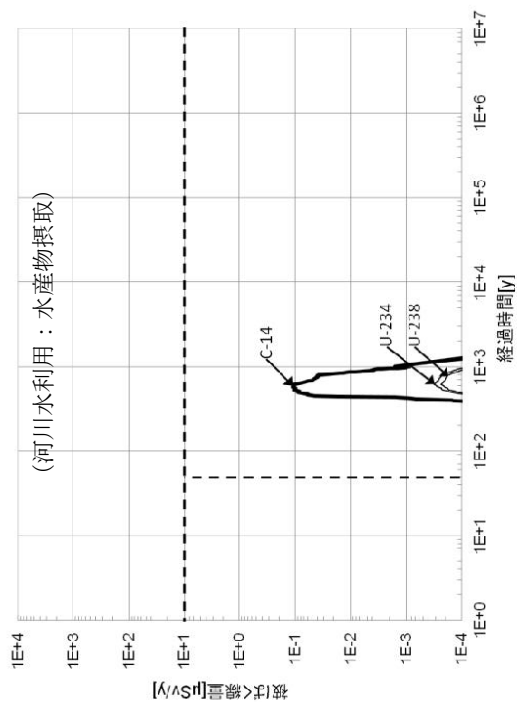


図 6-6 トレンチ処分：97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (2/7)

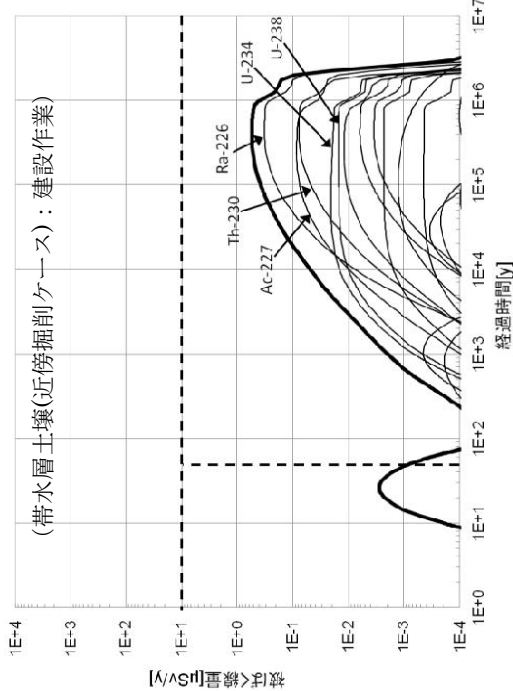


図 6-7 トレンチ処分：97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (3/7)

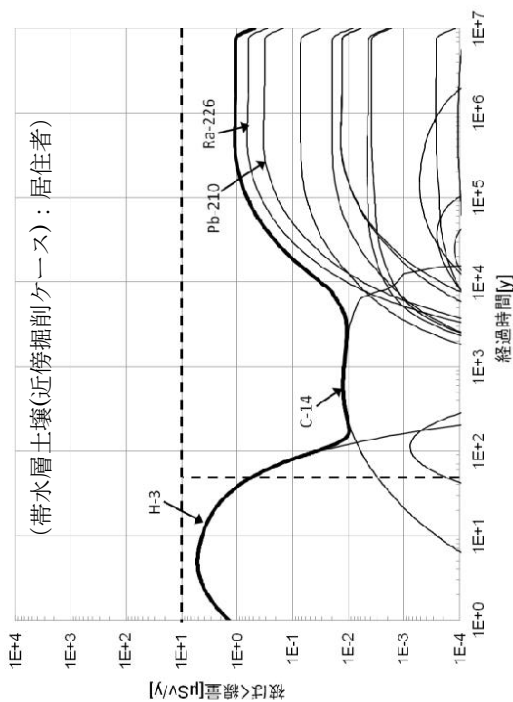


図 6-8 トレンチ処分：97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (4/7)

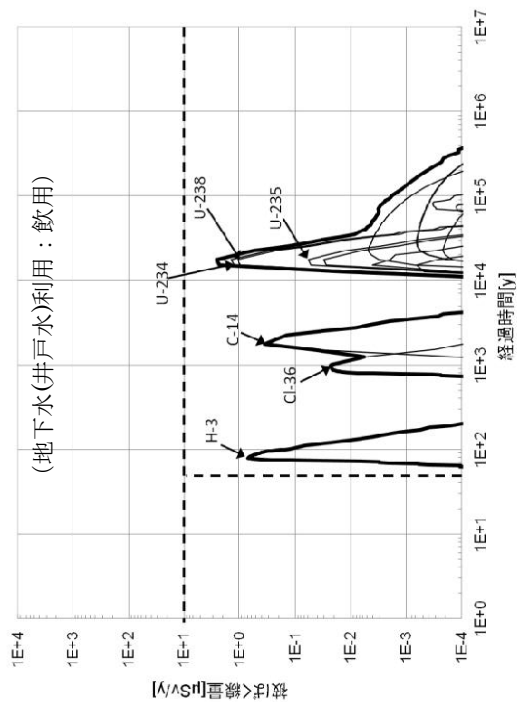
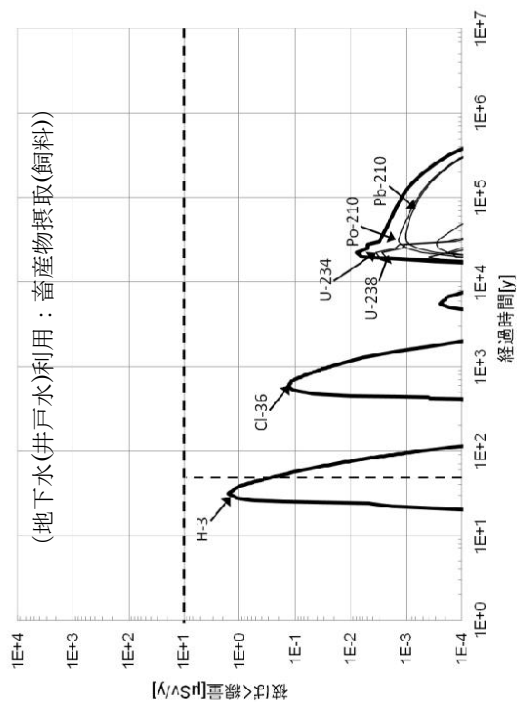


図 6-9 トレンチ処分:97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (5/7) 図 6-10 トレンチ処分:97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (6/7)

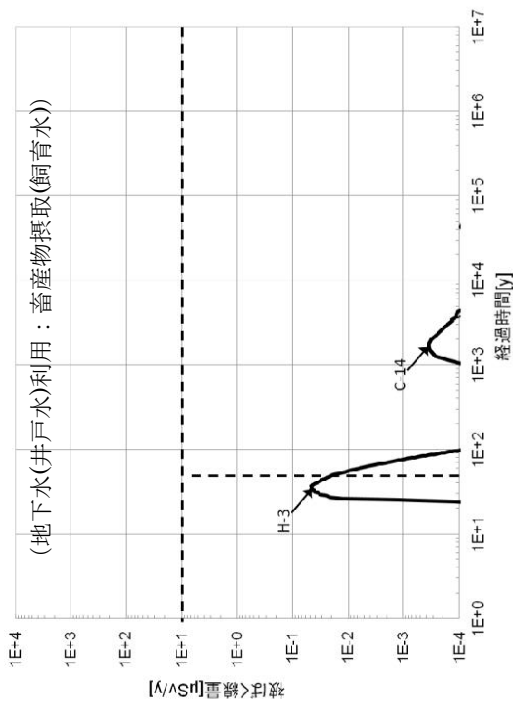


図 6-11 トレンチ処分:97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (7/7)



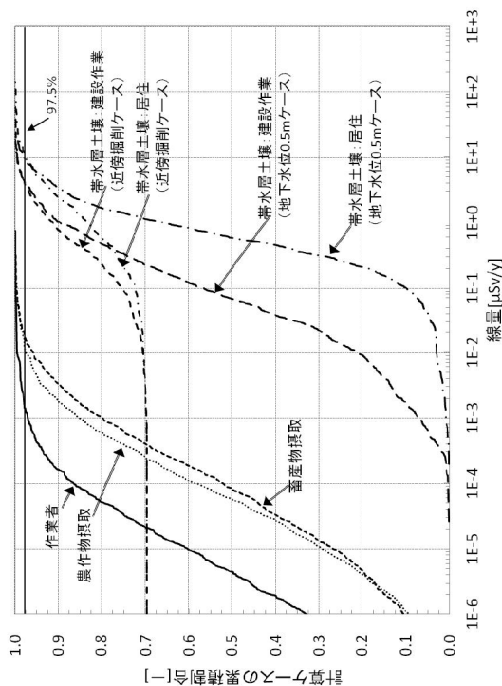


図 6-12 線量の累積頻度分布の評価結果  
ピット処分：地盤 2 層ケース①-1：河川水・海水利用

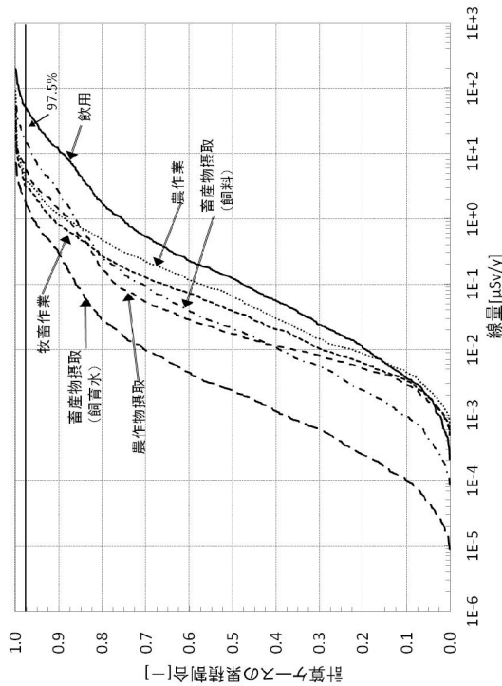


図 6-13 線量の累積頻度分布の評価結果  
ピット処分：地盤 2 層ケース①-1：河川水・海水利用

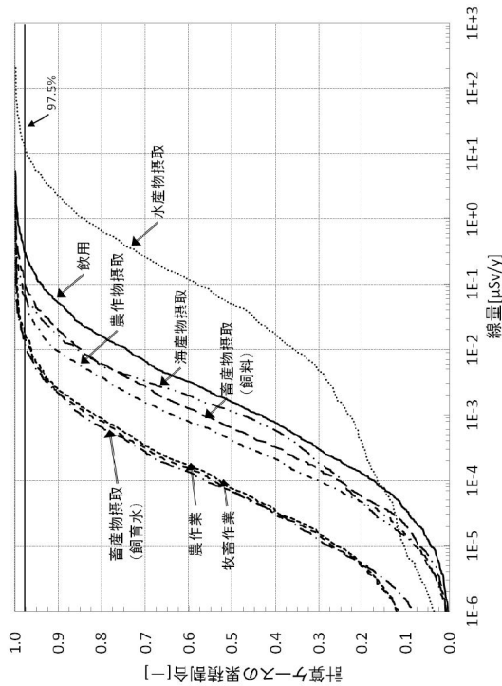


図 6-14 線量の累積頻度分布の評価結果  
ピット処分：地盤 2 層ケース①-1：河川水・海水利用

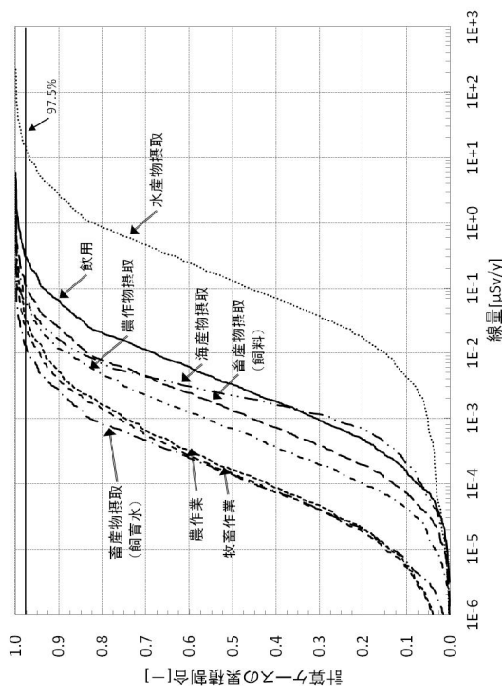


図 6-15 線量の累積頻度分布の評価結果  
ピット処分：地盤 2 層ケース②-2：河川水・海水利用

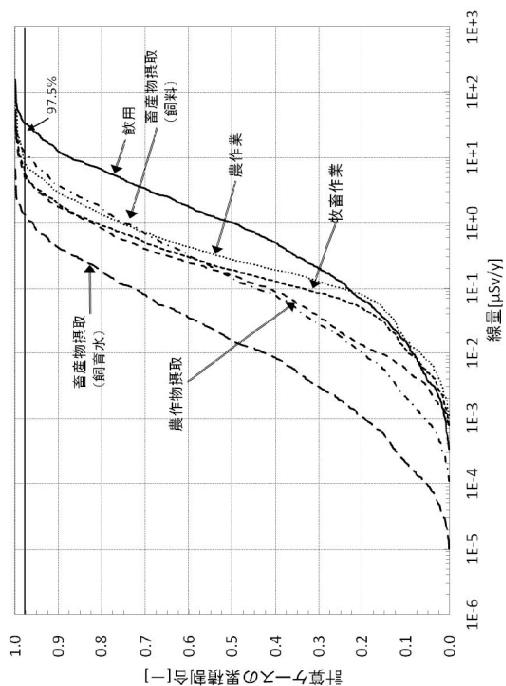


図 6-17 線量の累積頻度分布の評価結果  
ピット処分：地盤 2 層ケース①-2：地下水利用

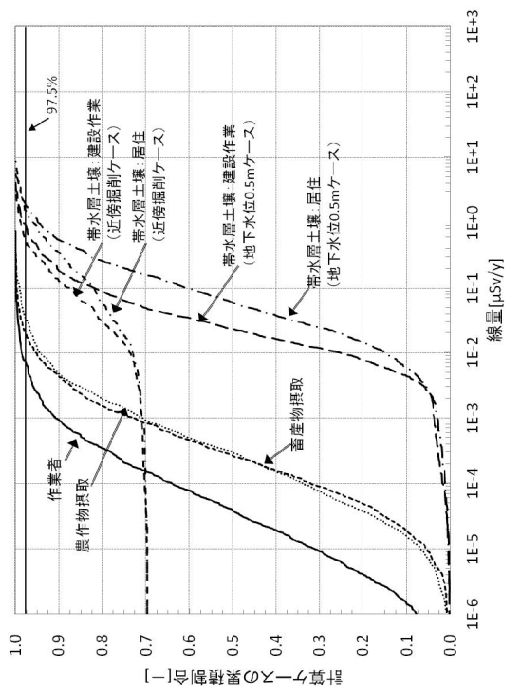


図 6-19 線量の累積頻度分布の評価結果

ピット処分：地盤 2 層ケース①-3：河川岸利用・帯水層土壌利用

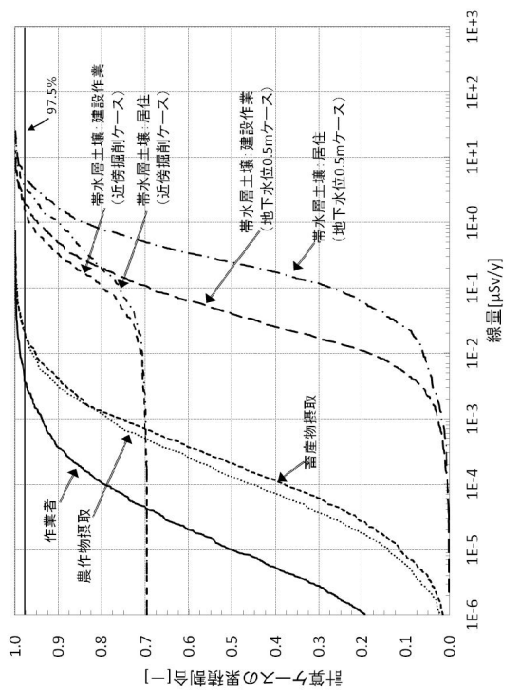


図 6-16 線量の累積頻度分布の評価結果  
ピット処分：地盤 2 層ケース①-2：河川岸利用・帯水層土壌利用

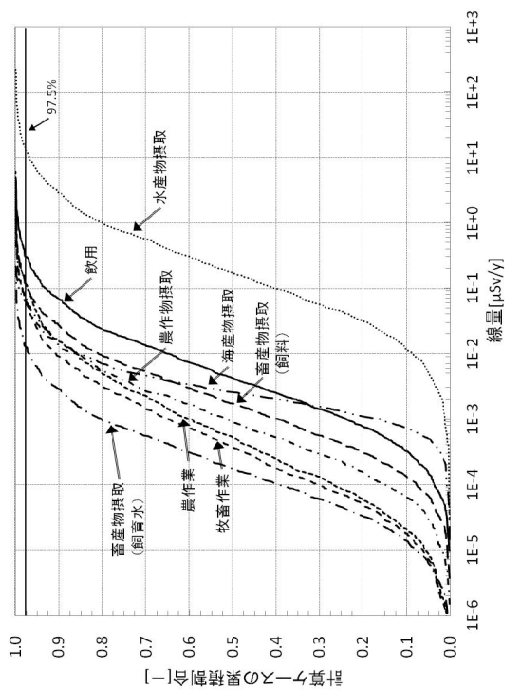


図 6-18 線量の累積頻度分布の評価結果

ピット処分：地盤 2 層ケース①-3：河川水・海水利用

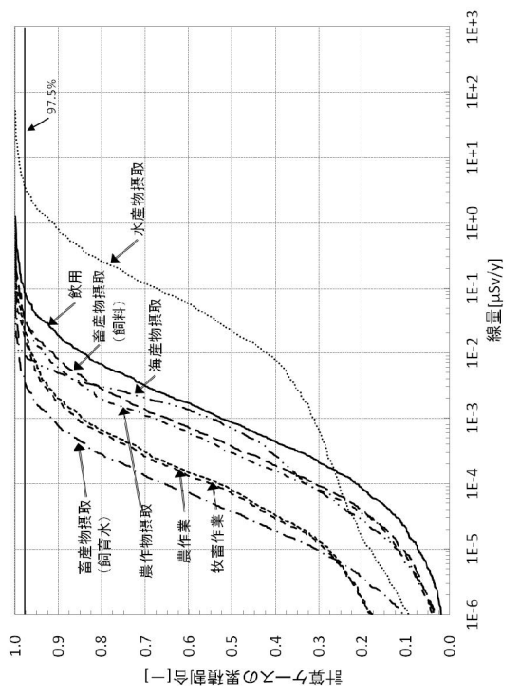


図 6-21 線量の累積頻度分布の評価結果  
ピット処分：地盤 1 層ケース：河川水・海水利用

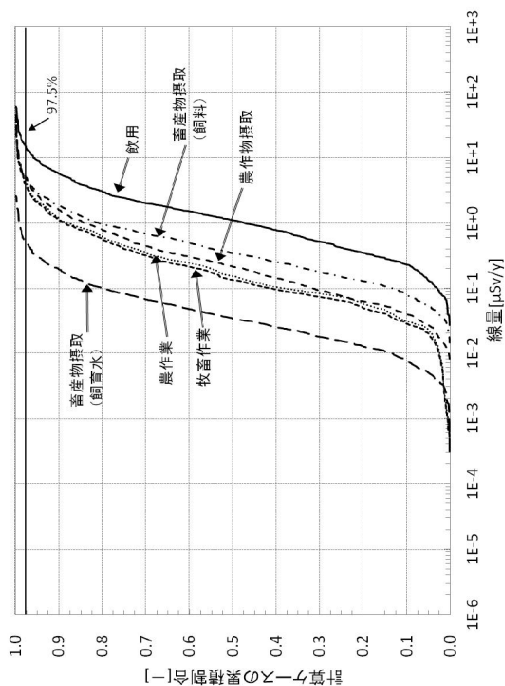


図 6-23 線量の累積頻度分布の評価結果  
ピット処分：地盤 1 層ケース：地下水利用

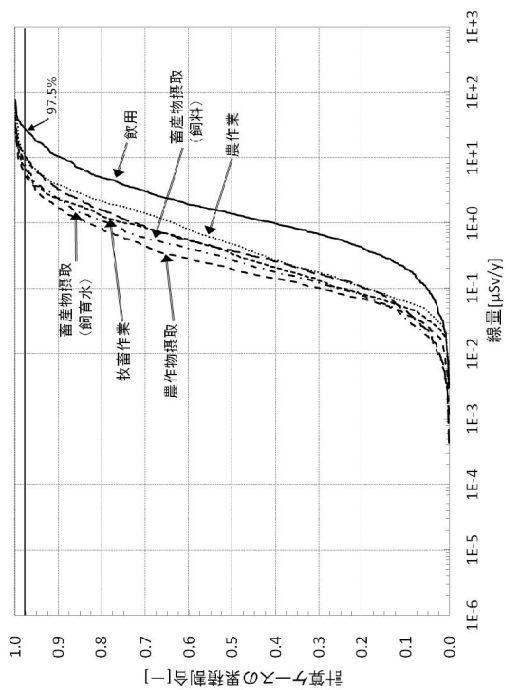


図 6-20 線量の累積頻度分布の評価結果  
ピット処分：地盤 2 層ケース①-3：地下水利用

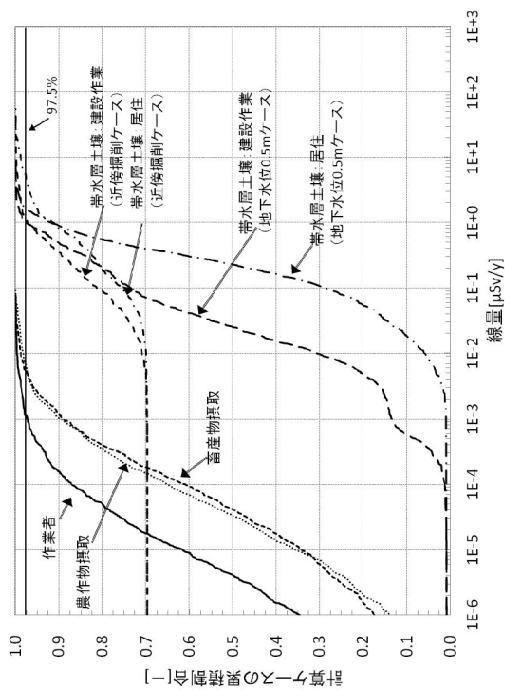


図 6-22 線量の累積頻度分布の評価結果  
ピット処分：地盤 1 層ケース：河川岸利用・帯水層土壌利用

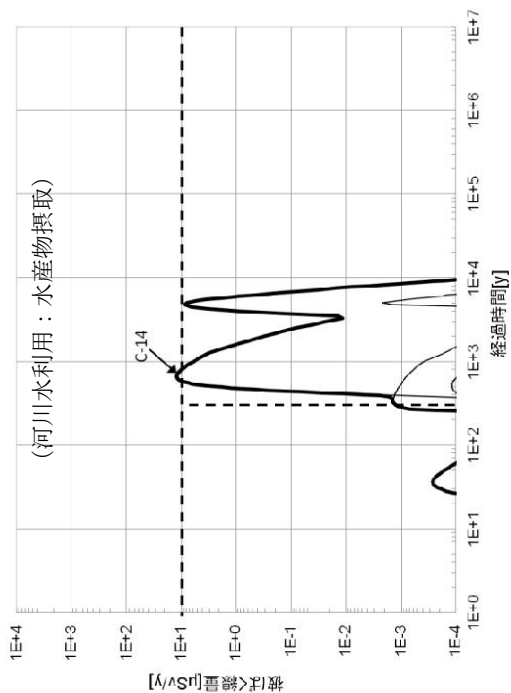


図 6-25 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (2/24)  
ピット処分：地盤 2 層ケース：①-2

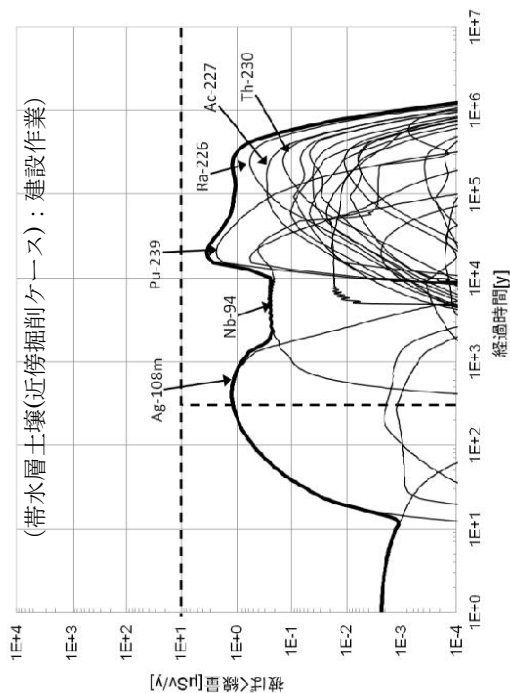


図 6-27 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (4/24)  
ピット処分：地盤 2 層ケース：①-1

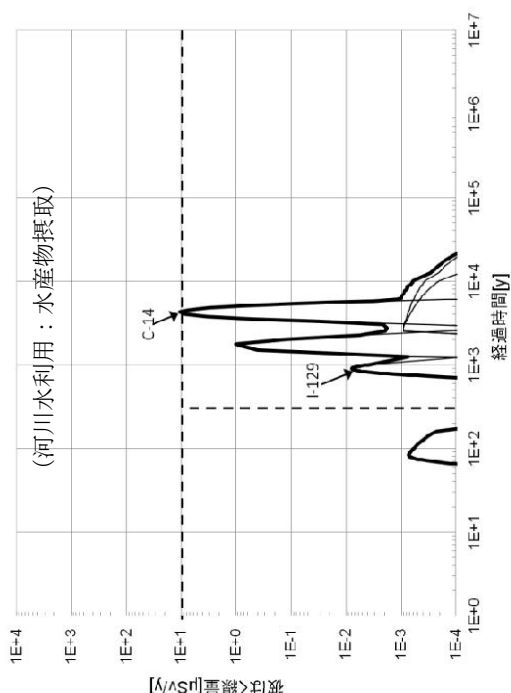


図 6-24 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (1/24)  
ピット処分：地盤 2 層ケース：①-1

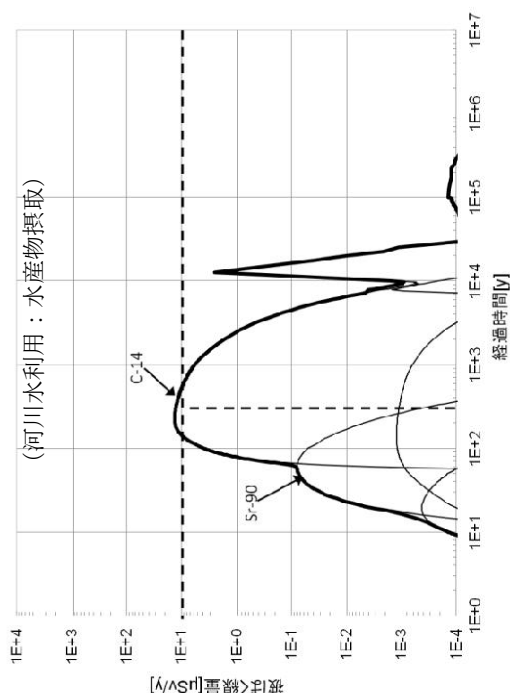


図 6-26 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (3/24)  
ピット処分：地盤 2 層ケース：①-3

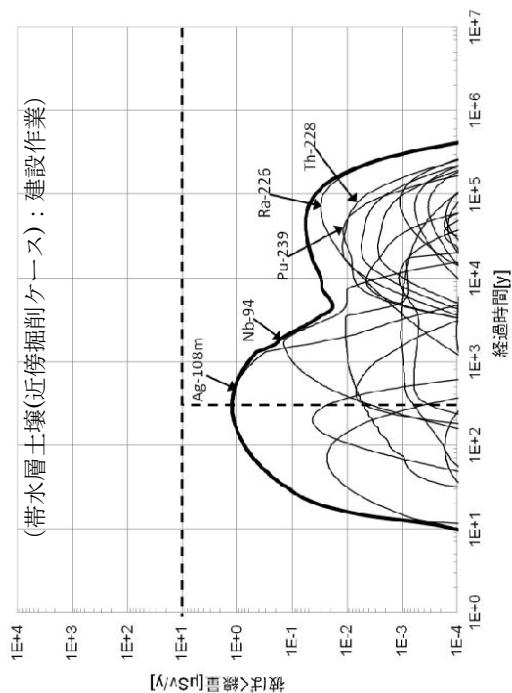


図 6-29 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (6/24)  
ピット処分：地盤 2 層ケース：①-2

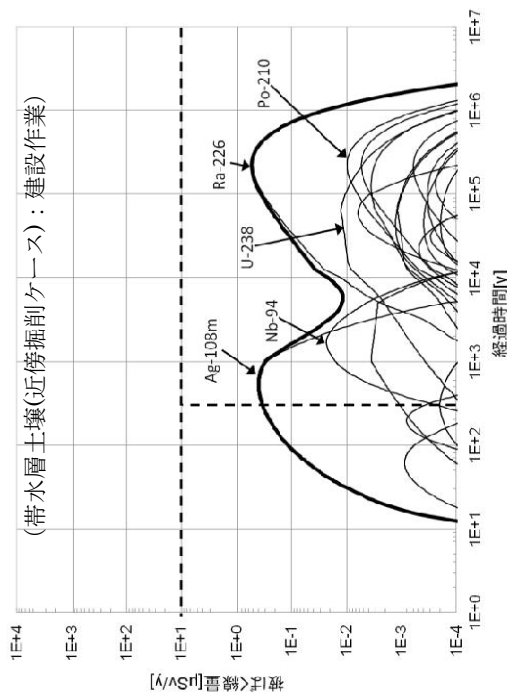


図 6-31 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (8/24)  
ピット処分：地盤 2 層ケース：①-3

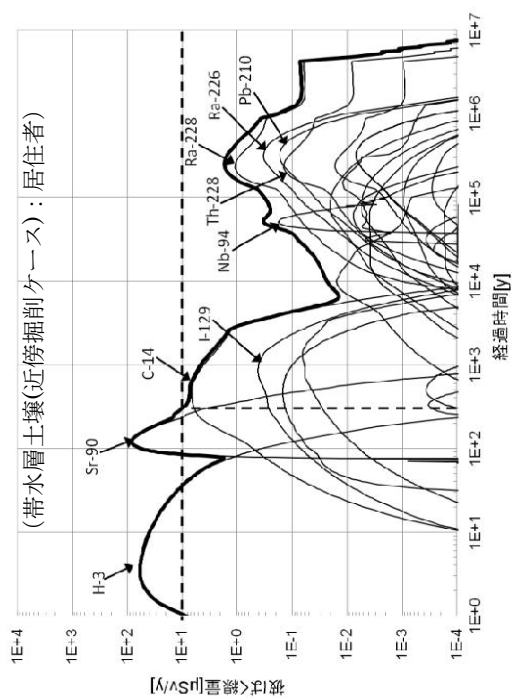


図 6-28 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (5/24)  
ピット処分：地盤 2 層ケース：①-1

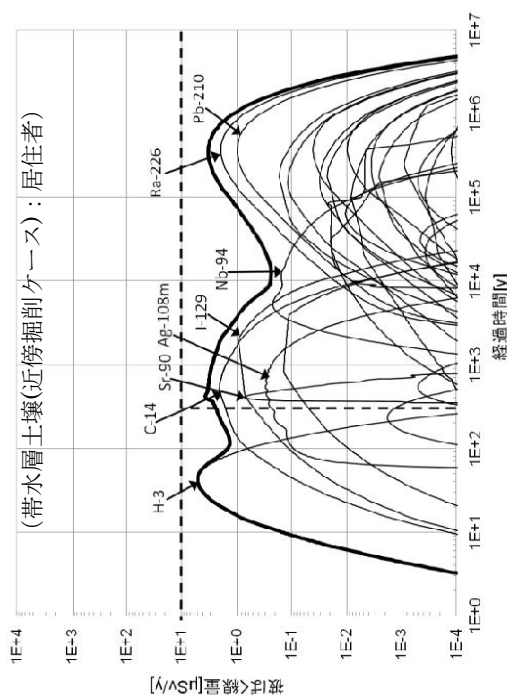


図 6-30 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (7/24)  
ピット処分：地盤 2 層ケース：①-2

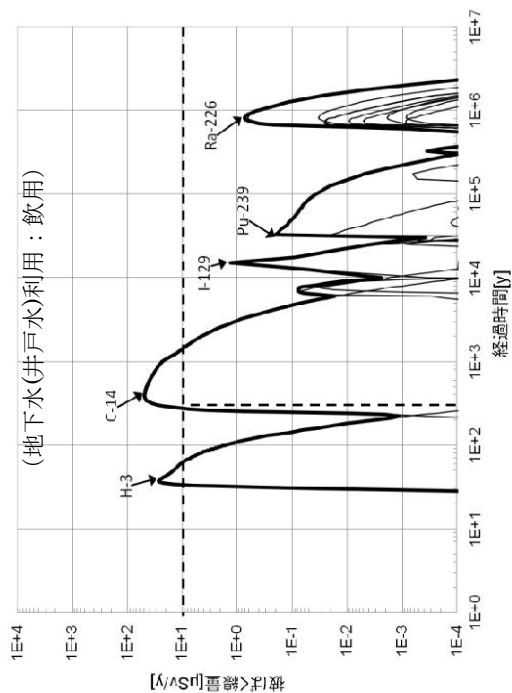


図 6-33 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (10/24)  
ピット処分：地盤2層ケース：①-1

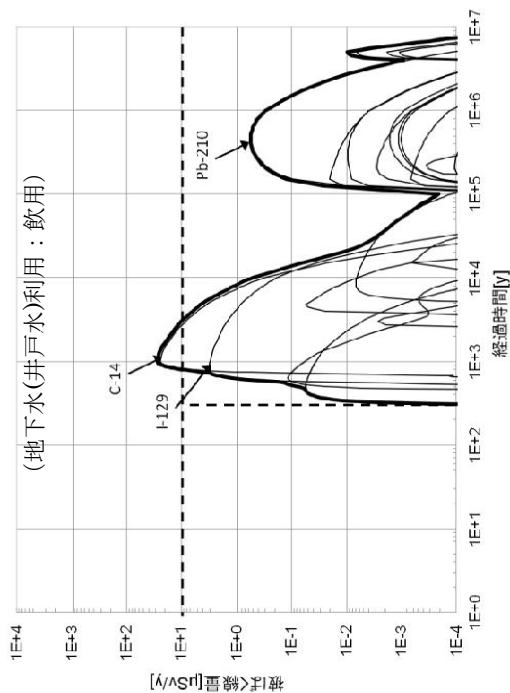


図 6-35 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (12/24)  
ピット処分：地盤2層ケース：①-3

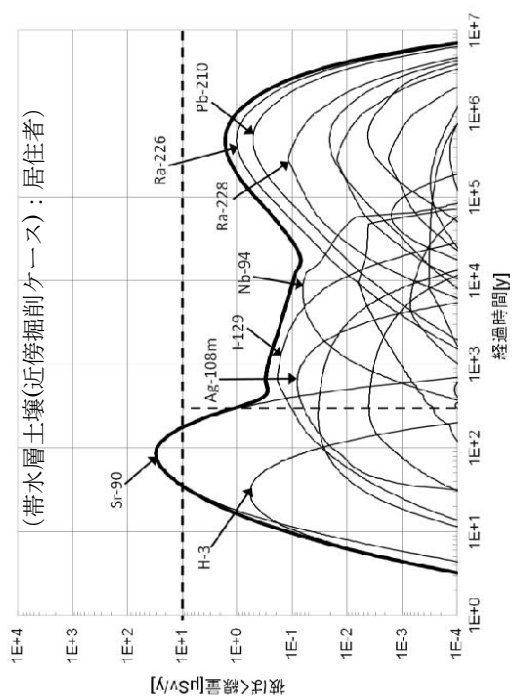


図 6-32 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (9/24)  
ピット処分：地盤2層ケース：①-3

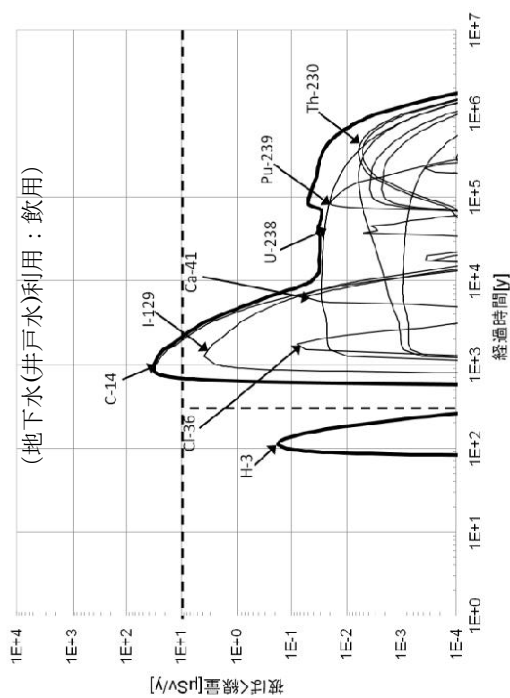


図 6-34 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (11/24)  
ピット処分：地盤2層ケース：①-2

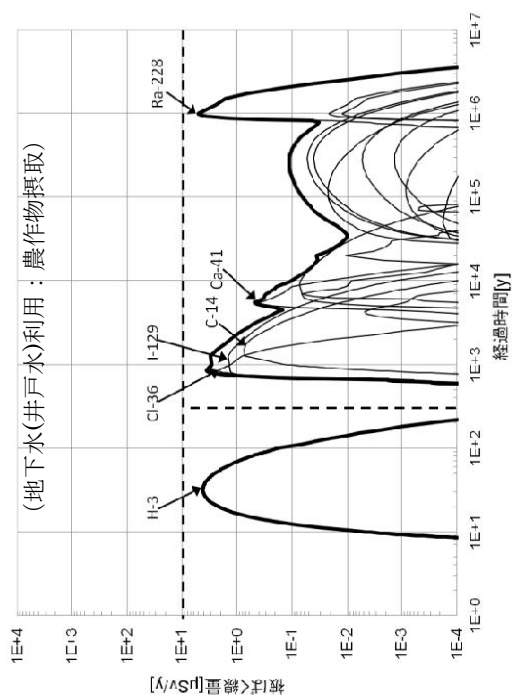


図 6-37 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (14/24)  
ピット処分：地盤 2 層ケース：①-2

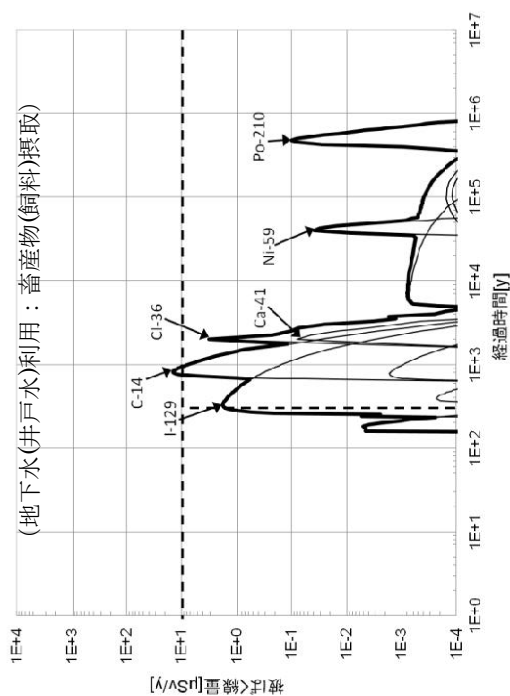


図 6-39 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (16/24)  
ピット処分：地盤 2 層ケース：①-1

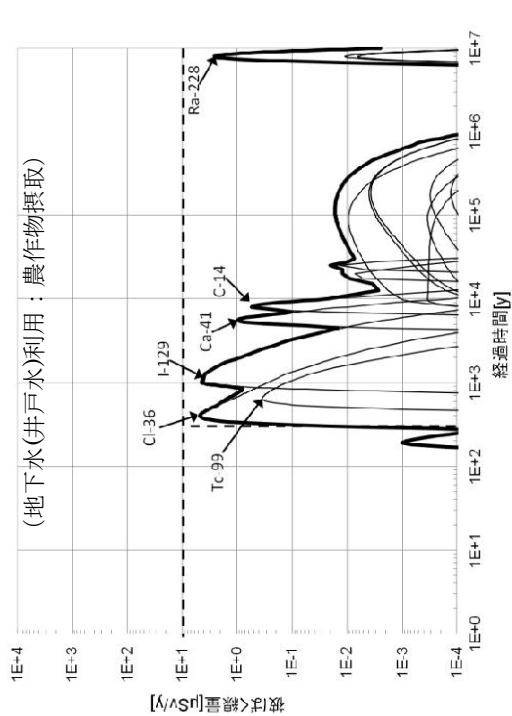


図 6-36 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (13/24)  
ピット処分：地盤 2 層ケース：①-1

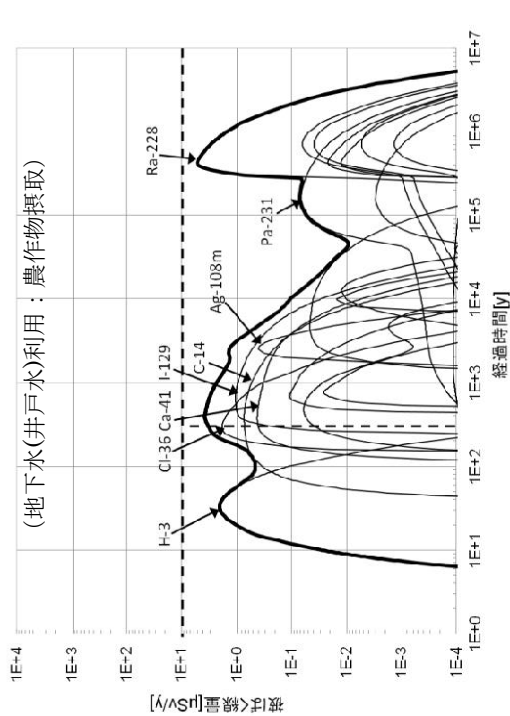


図 6-38 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (15/24)  
ピット処分：地盤 2 層ケース：①-3

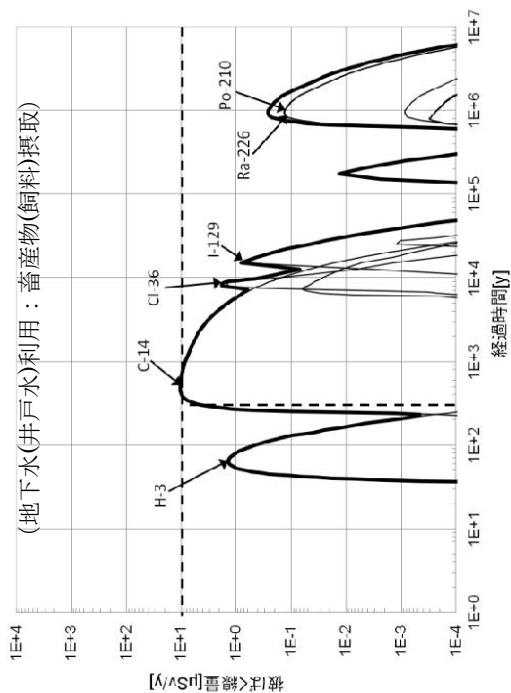


図 6-41 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (18/24)  
ピット処分：地盤 2 層ケース：①-3

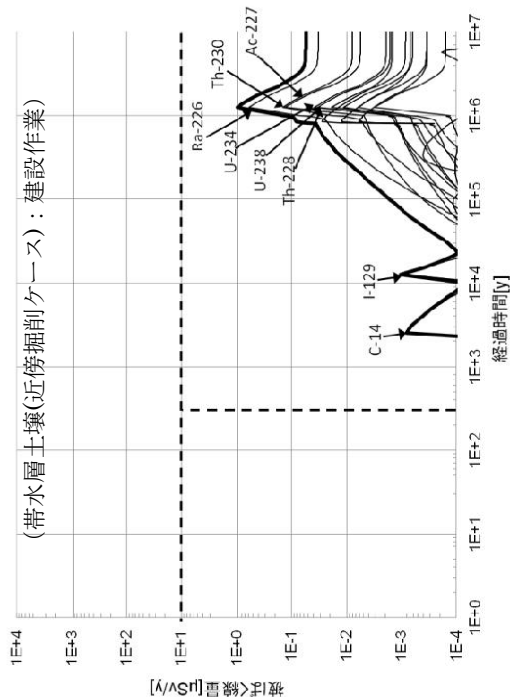


図 6-43 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (20/24)  
ピット処分：地盤 1 層ケース

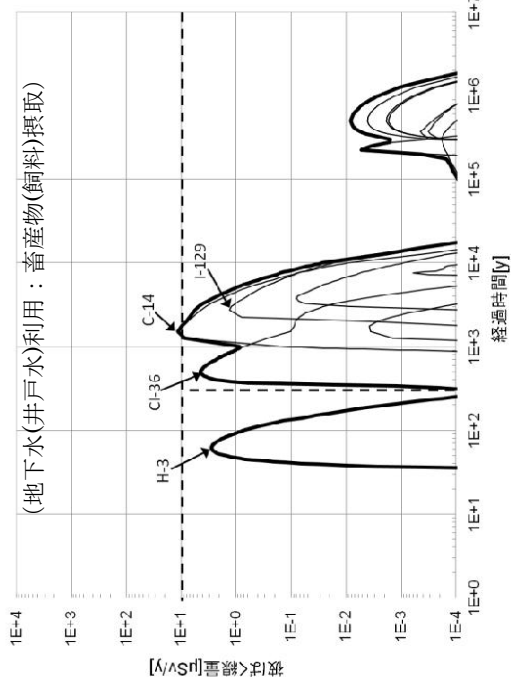


図 6-40 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (17/24)  
ピット処分：地盤 2 層ケース：①-2

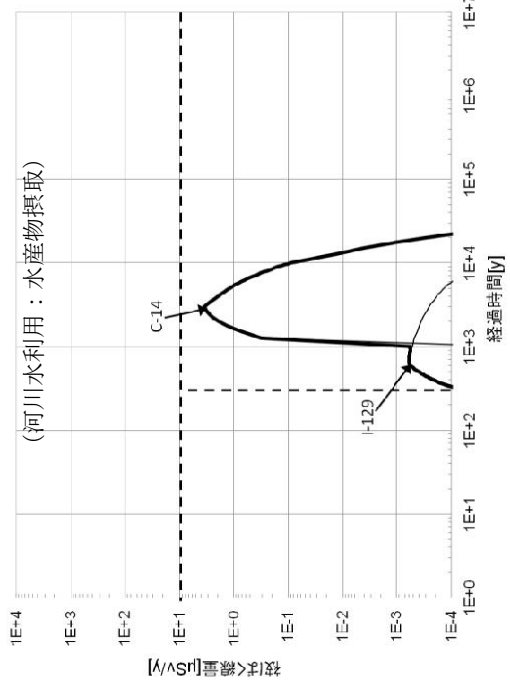


図 6-42 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (19/24)  
ピット処分：地盤 1 層ケース



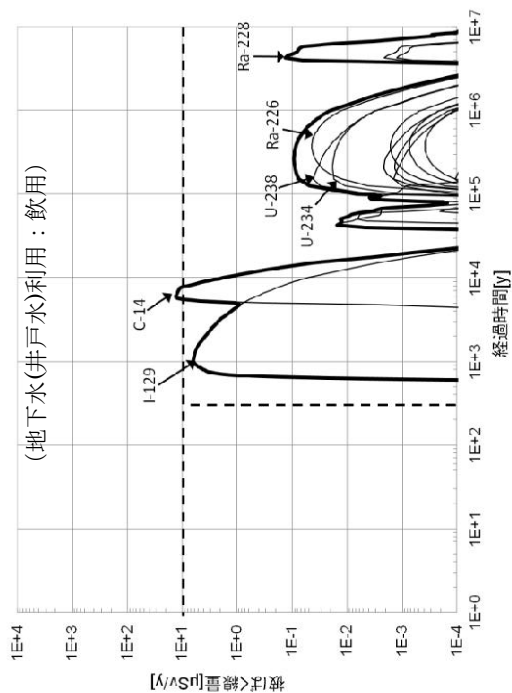


図 6-45 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (22/24)  
ピット処分：地盤 1 層ケース

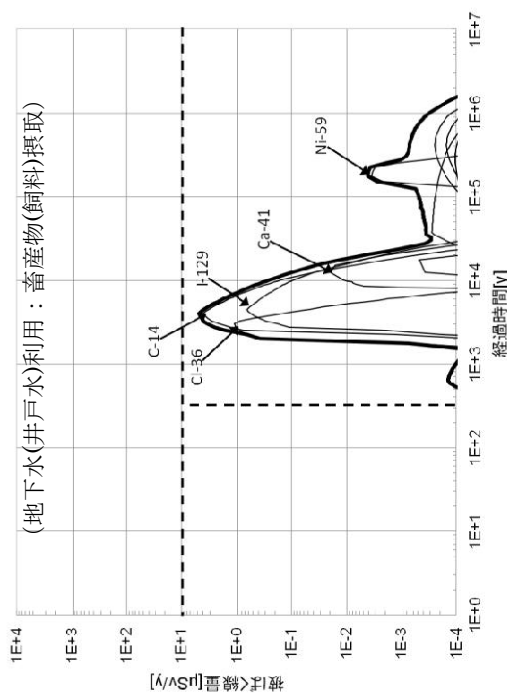


図 6-47 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (24/24)  
ピット処分：地盤 1 層ケース

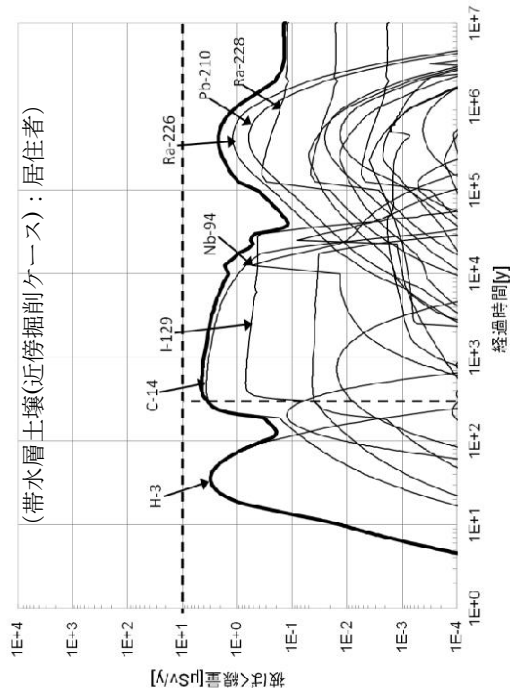


図 6-44 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (21/24)  
ピット処分：地盤 1 層ケース

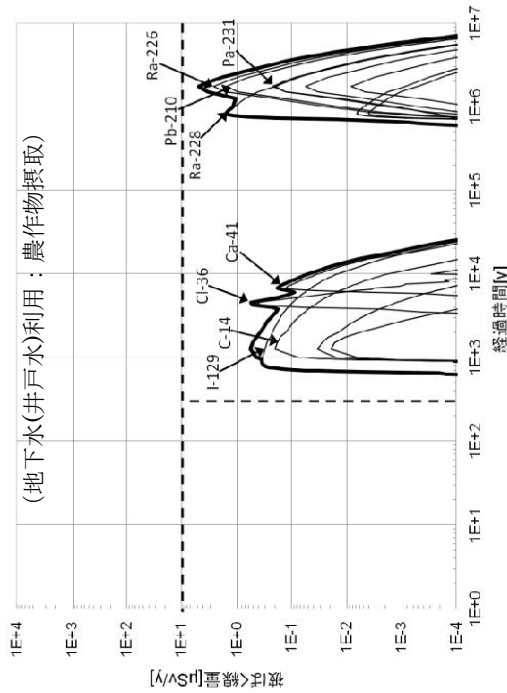


図 6-46 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 (23/24)  
ピット処分：地盤 1 層ケース

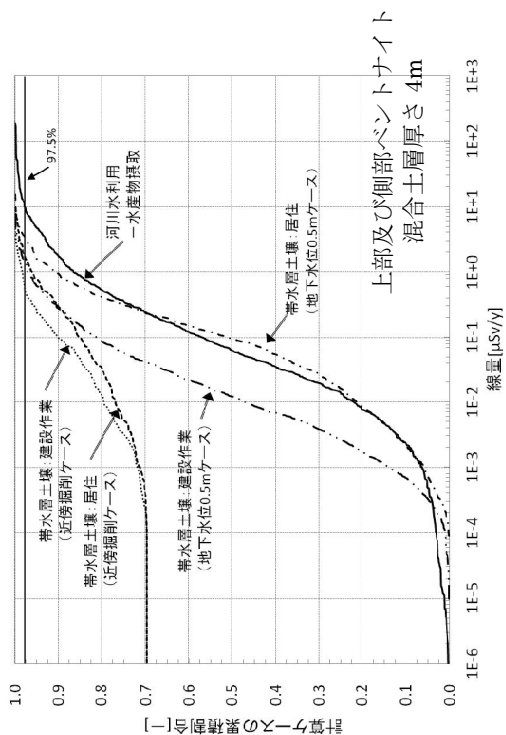


図 6-48 設計対応後の再評価における線量の累積頻度分布の評価結果  
ピット処分：地盤 2 層ケース①-1：河川水利用・帯水層土壌利用

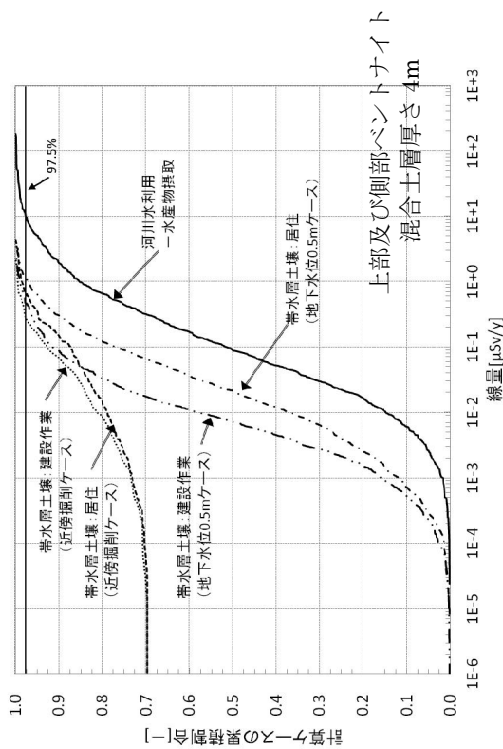


図 6-49 設計対応後の再評価における線量の累積頻度分布の評価結果  
ピット処分：地盤 2 層ケース②-2：河川水利用・帯水層土壌利用

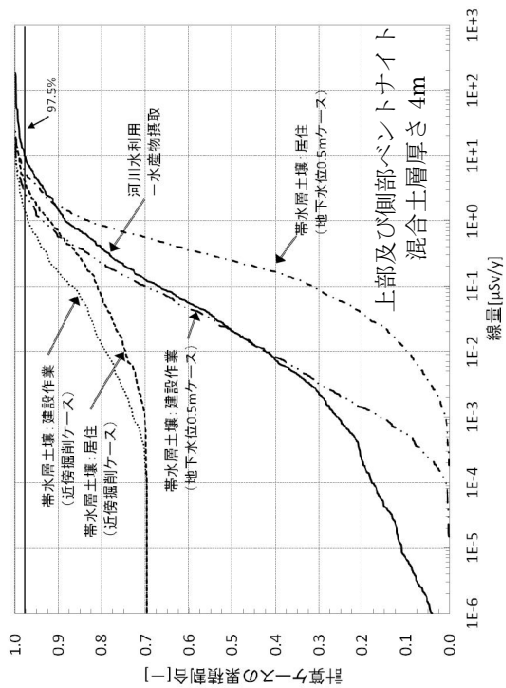


図 6-50 設計対応後の再評価における線量の累積頻度分布の評価結果  
ピット処分：地盤 2 層ケース③-3：河川水利用・帯水層土壌利用

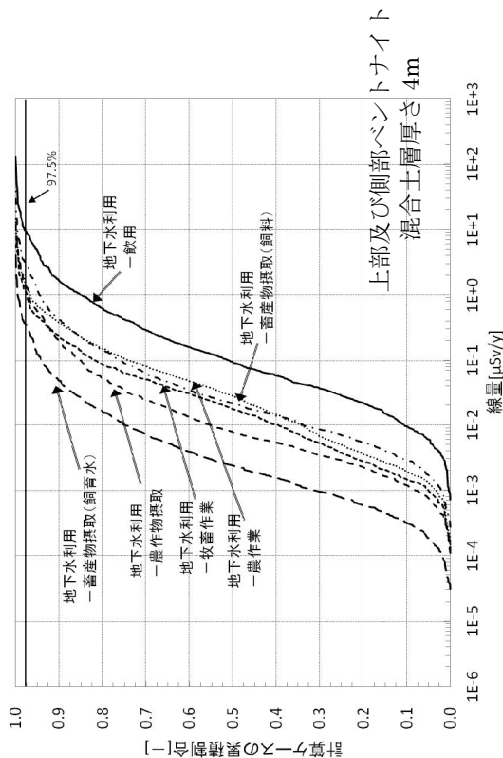


図 6-51 設計対応後の再評価における線量の累積頻度分布の評価結果  
ピット処分：地盤 2 層ケース①-1：地下水(井戸水)利用

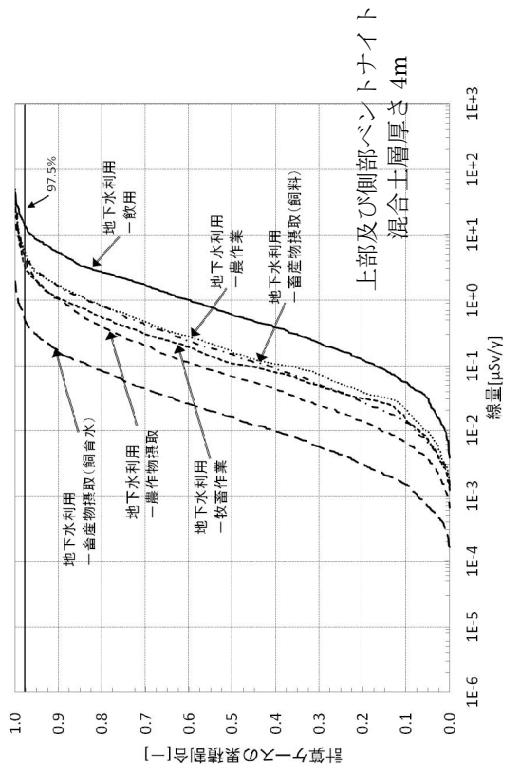


図 6-53 設計対応後の再評価における線量の累積頻度分布の評価結果  
ピット処分：地盤 2 層ケース①-3：地下水(井戸水)利用

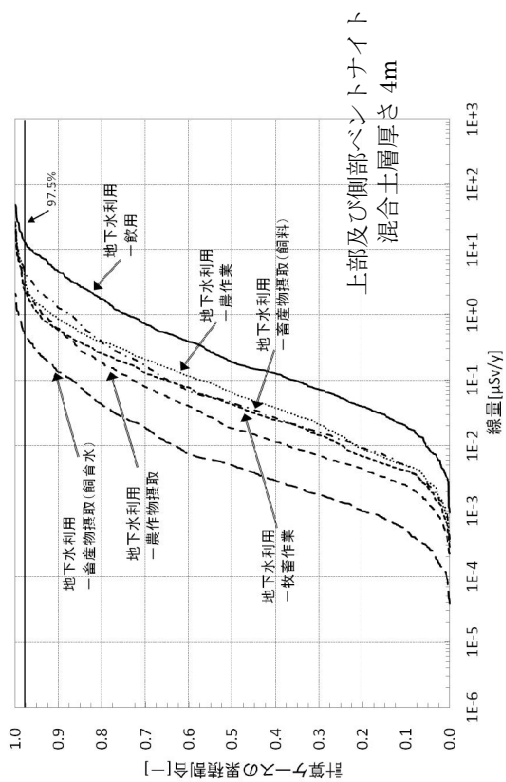


図 6-52 設計対応後の再評価における線量の累積頻度分布の評価結果  
ピット処分：地盤 2 層ケース①-2：地下水(井戸水)利用

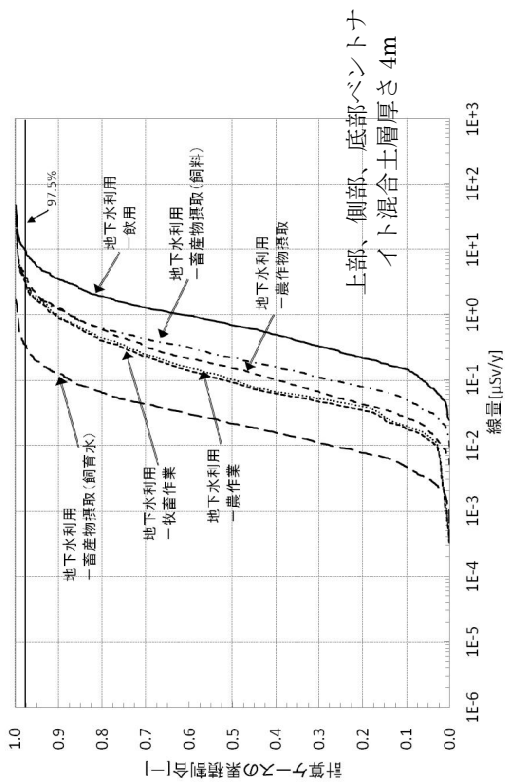


図 6-54 設計対応後の再評価における線量の累積頻度分布の評価結果  
ピット処分：地盤 1 層ケース：地下水(井戸水)利用

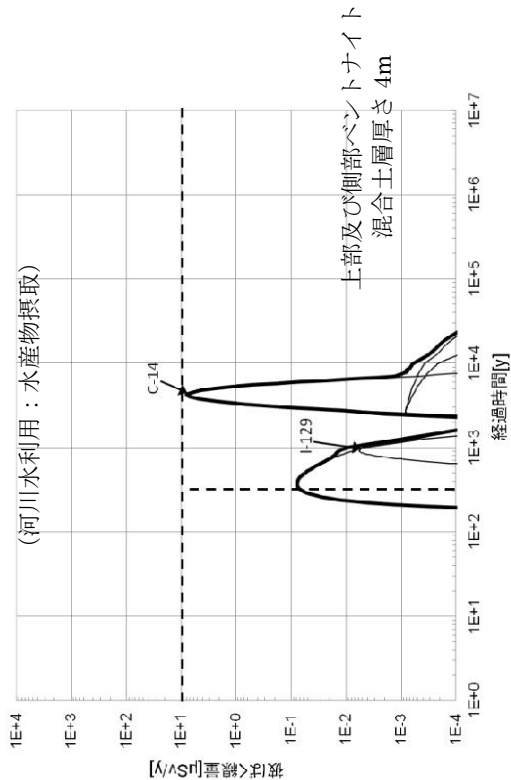


図 6-55 設計対応後の再評価における 97.5%計算ケース①-1 (1/15) 線量の経時変化 ピット処分：地盤 2 層ケース①-1 (1/15)

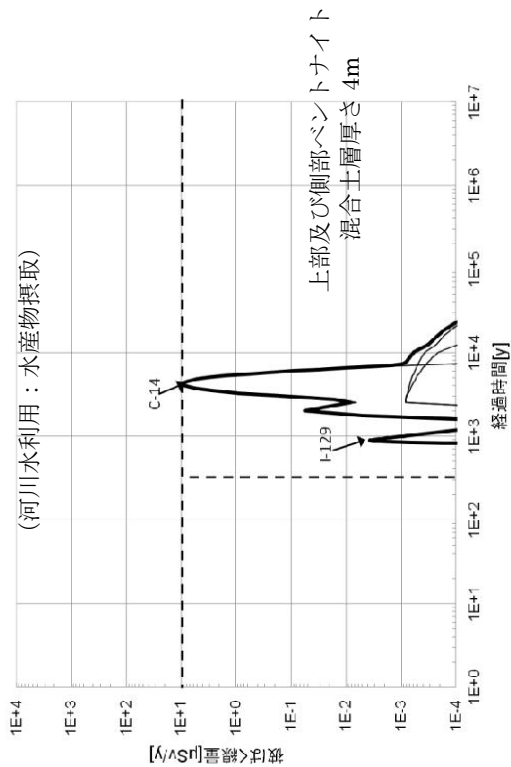


図 6-56 設計対応後の再評価における 97.5%計算ケース①-2 (2/15) 線量の経時変化 ピット処分：地盤 2 層ケース①-2 (2/15)

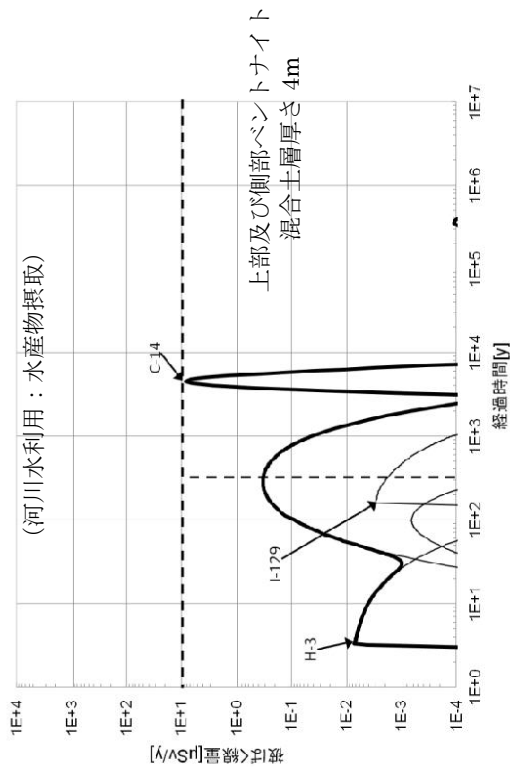


図 6-57 設計対応後の再評価における 97.5%計算ケース①-3 (3/15) 線量の経時変化 ピット処分：地盤 2 層ケース①-3 (3/15)

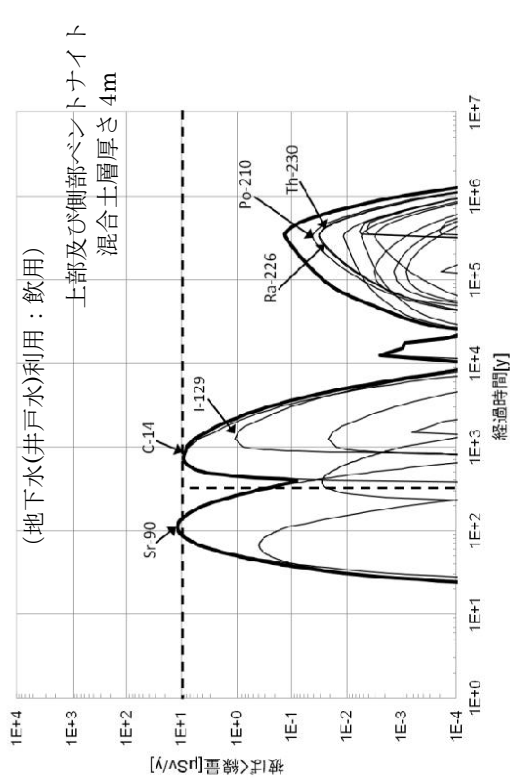


図 6-58 設計対応後の再評価における 97.5%計算ケース①-1 (4/15) 線量の経時変化 ピット処分：地盤 2 層ケース①-1 (4/15)

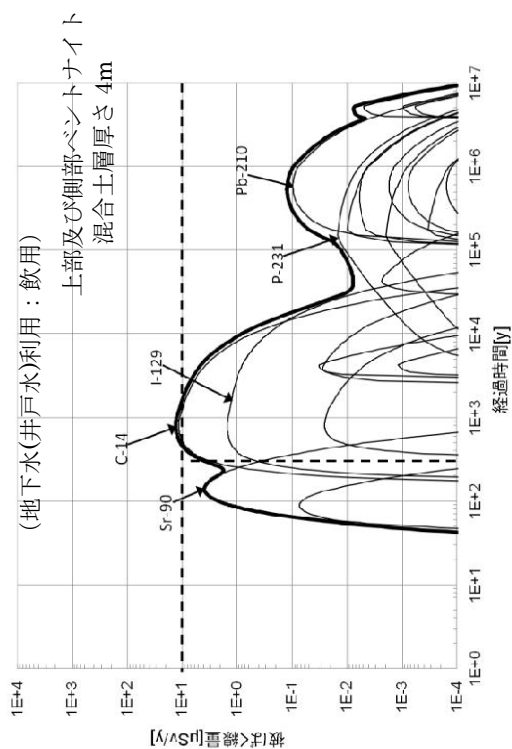


図 6-59 設計対応後の再評価における 97.5%計算ケース①-2 (5/15) 線量の経時変化 ピット処分：地盤 2 層ケース①-2 (5/15)

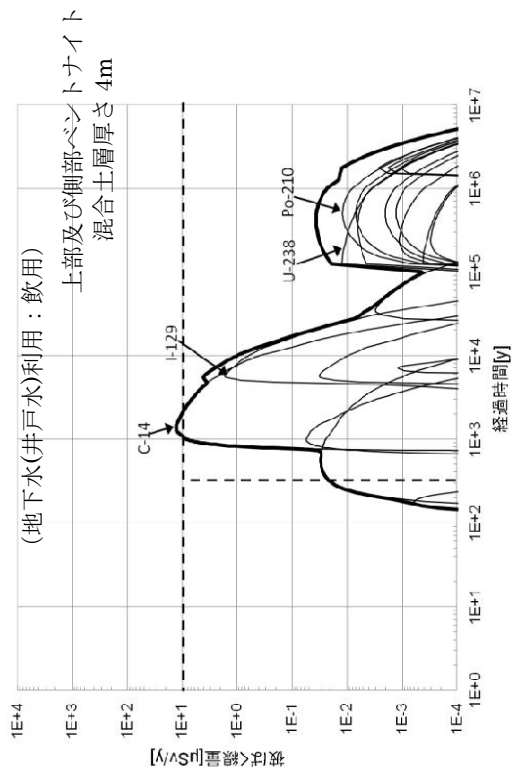


図 6-60 設計対応後の再評価における 97.5%計算ケース①-3 (6/15) 線量の経時変化 ピット処分：地盤 2 層ケース①-3 (6/15)

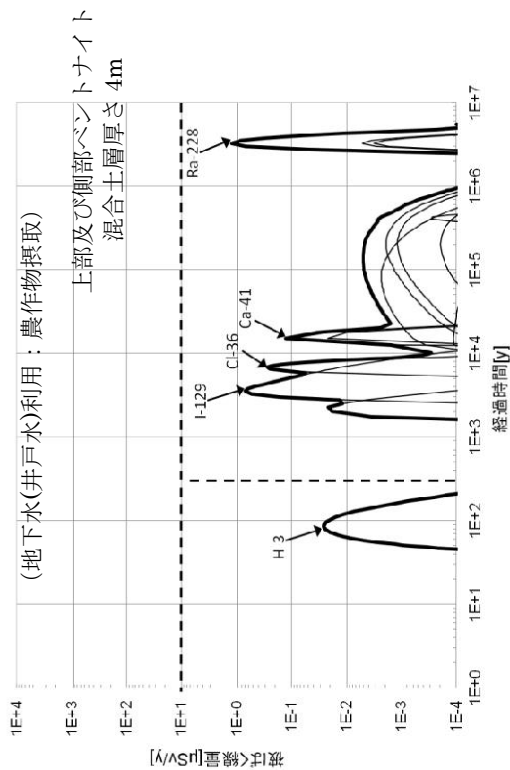


図 6-61 設計対応後の再評価における 97.5%計算ケース①-1 (7/15) 線量の経時変化 ピット処分：地盤 2 層ケース①-1 (7/15)

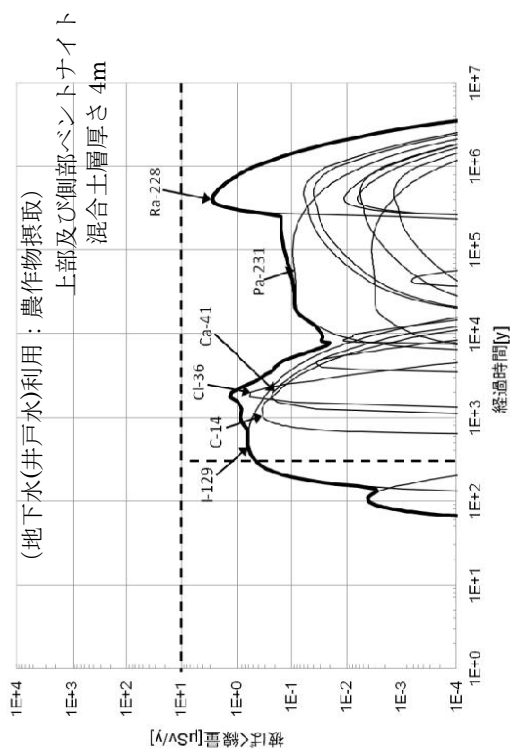


図 6-62 設計対応後の再評価における 97.5%計算ケース①-2 (8/15) 線量の経時変化 ピット処分：地盤 2 層ケース①-2 (8/15)

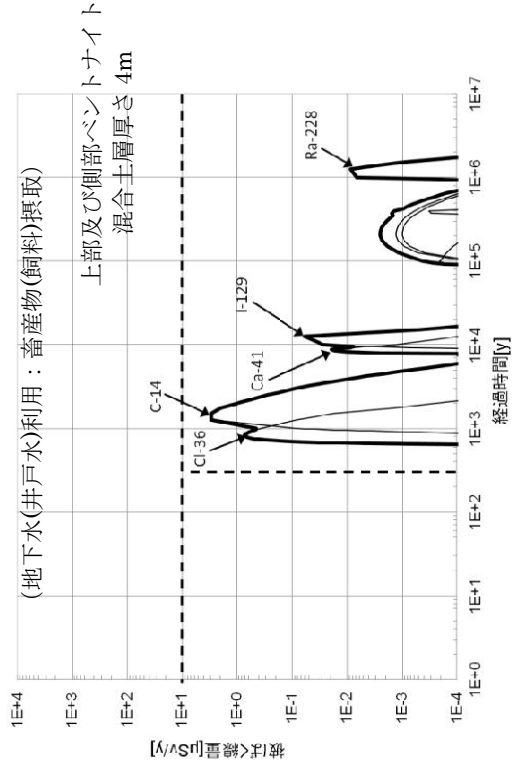


図 6-64 設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 ピット処分：地盤 2 層ケース①-1 (10/15)

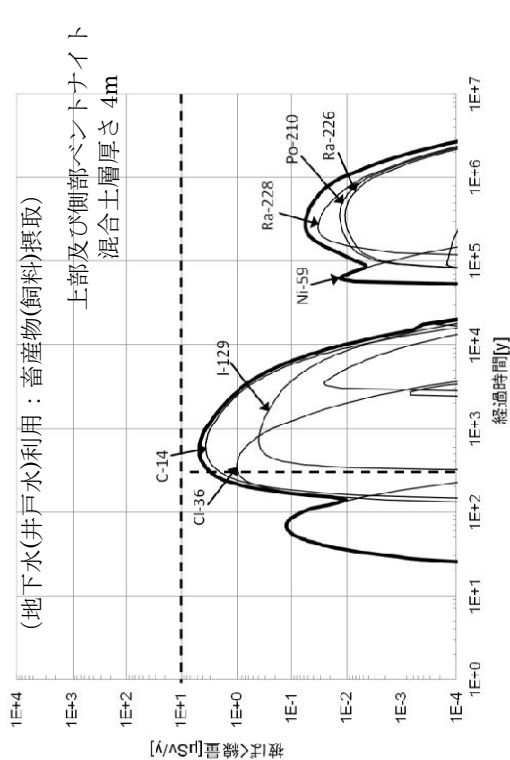


図 6-66 設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 ピット処分：地盤 2 層ケース①-3 (12/15)

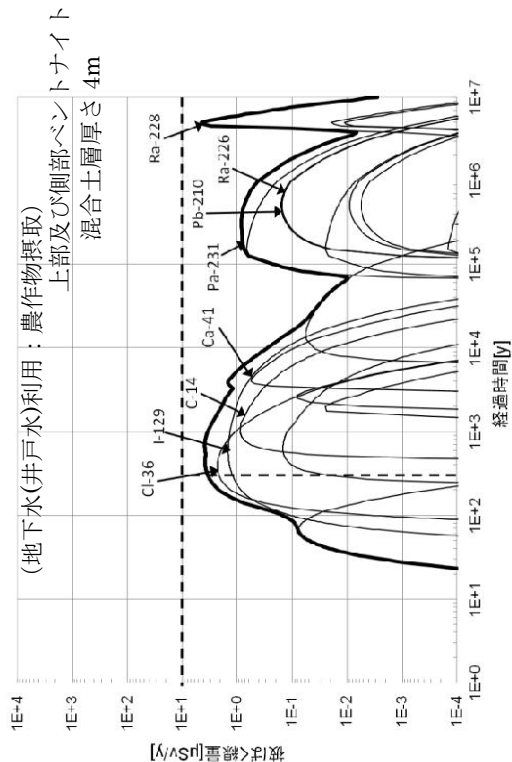


図 6-63 設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 ピット処分：地盤 2 層ケース①-3 (9/15)

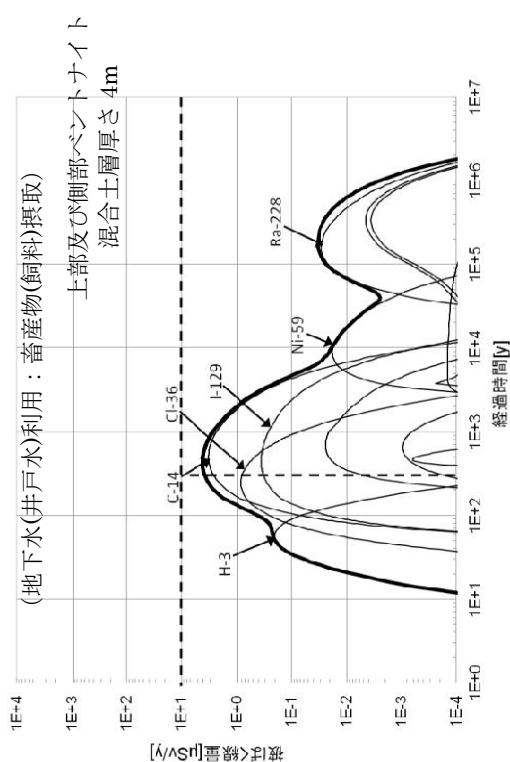


図 6-65 設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 ピット処分：地盤 2 層ケース①-2 (11/15)

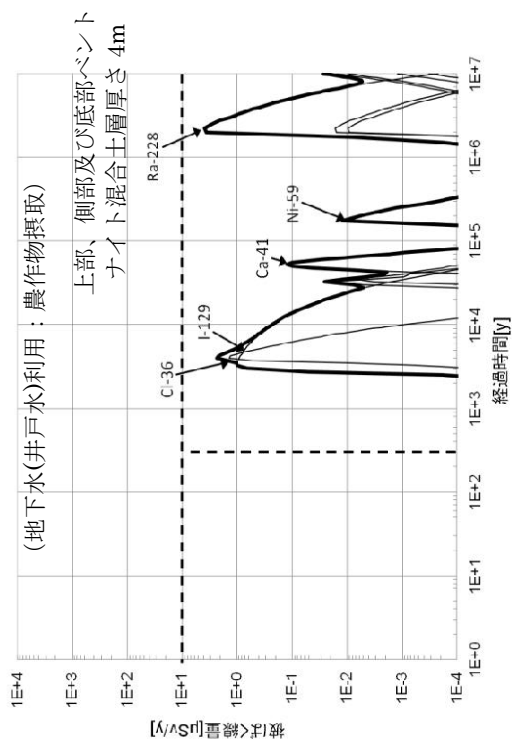


図 6-67 設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 ピット処分：地盤 1 層ケース (13/15)

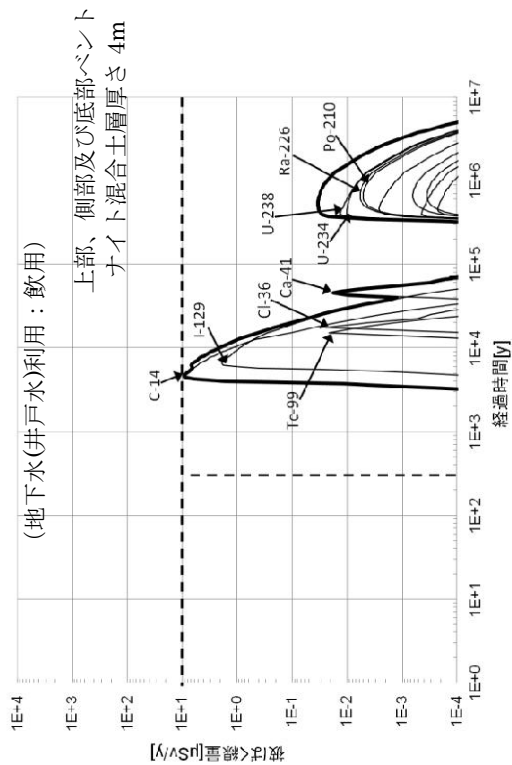


図 6-68 設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 ピット処分：地盤 1 層ケース (14/15)

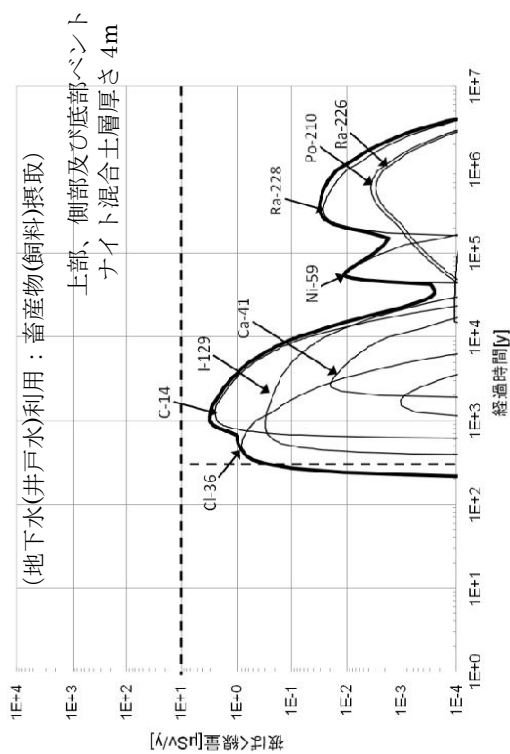


図 6-69 設計対応後の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 ピット処分：地盤 1 層ケース (15/15)

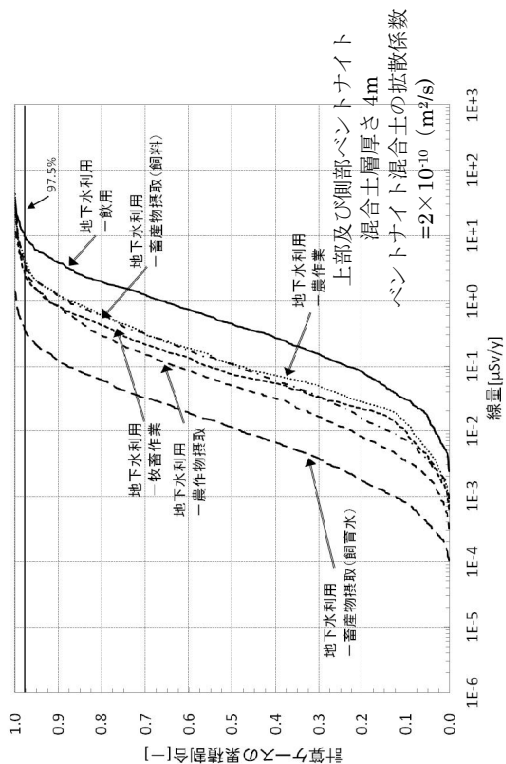


図 6-70 2 回目の再評価における線量の累積頻度分布の評価結果  
ピット処分：地盤 2 層ケース①-2：地下水(井戸水)利用

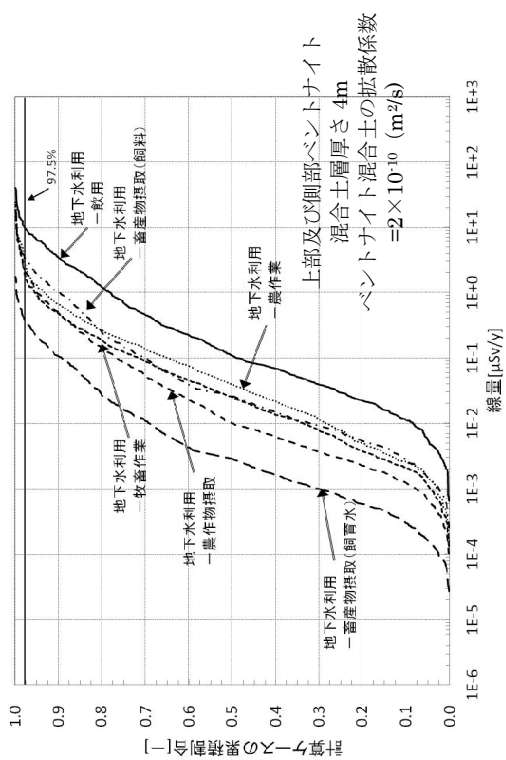


図 6-71 2 回目の再評価における線量の累積頻度分布の評価結果  
ピット処分：地盤 2 層ケース①-3：地下水(井戸水)利用

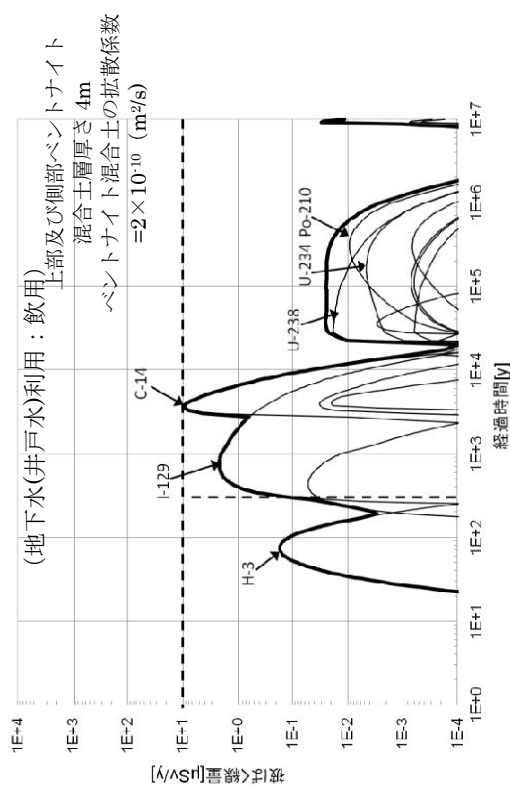


図 6-72 2 回目の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 ピット処分：地盤 2 層ケース：①-2 (1/2)

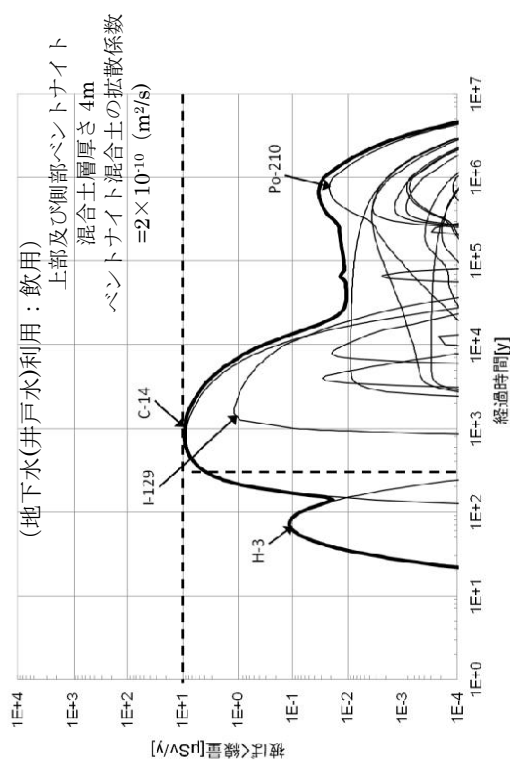


図 6-73 2 回目の再評価における 97.5%計算ケースにおける線量の経時変化 ピット処分：地盤 2 層ケース：①-3 (2/2)



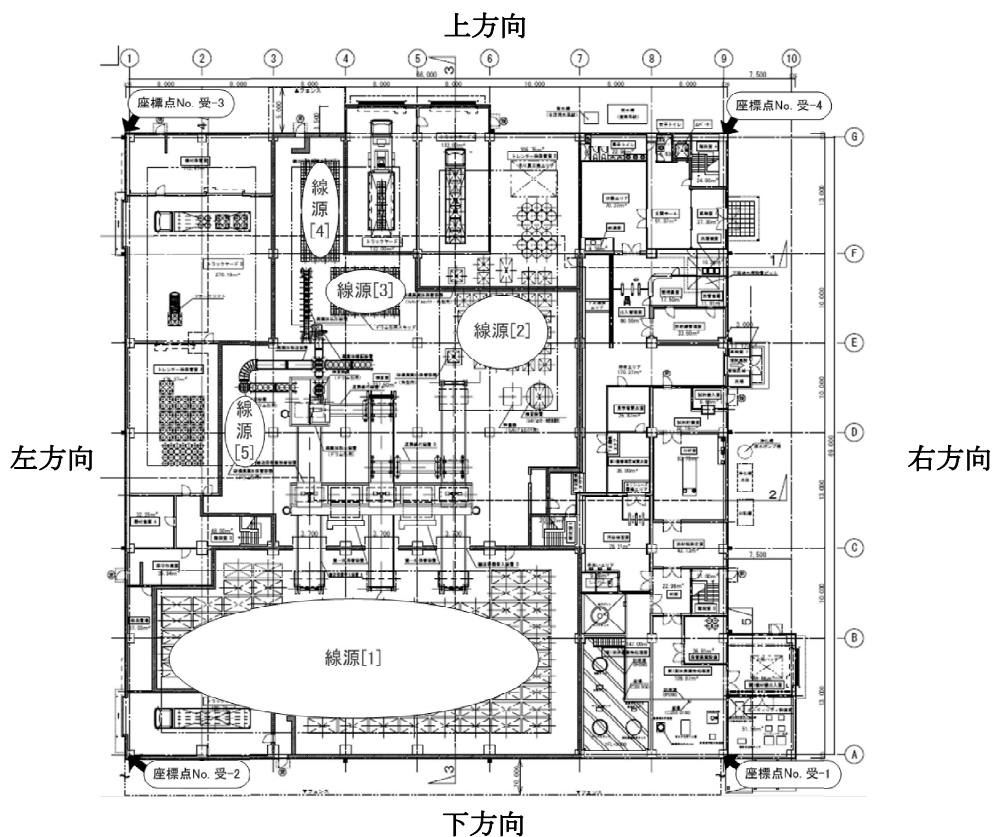


図 7-1 受入検査施設からの直接γ線の線量評価における線源の設定位置と評価方向

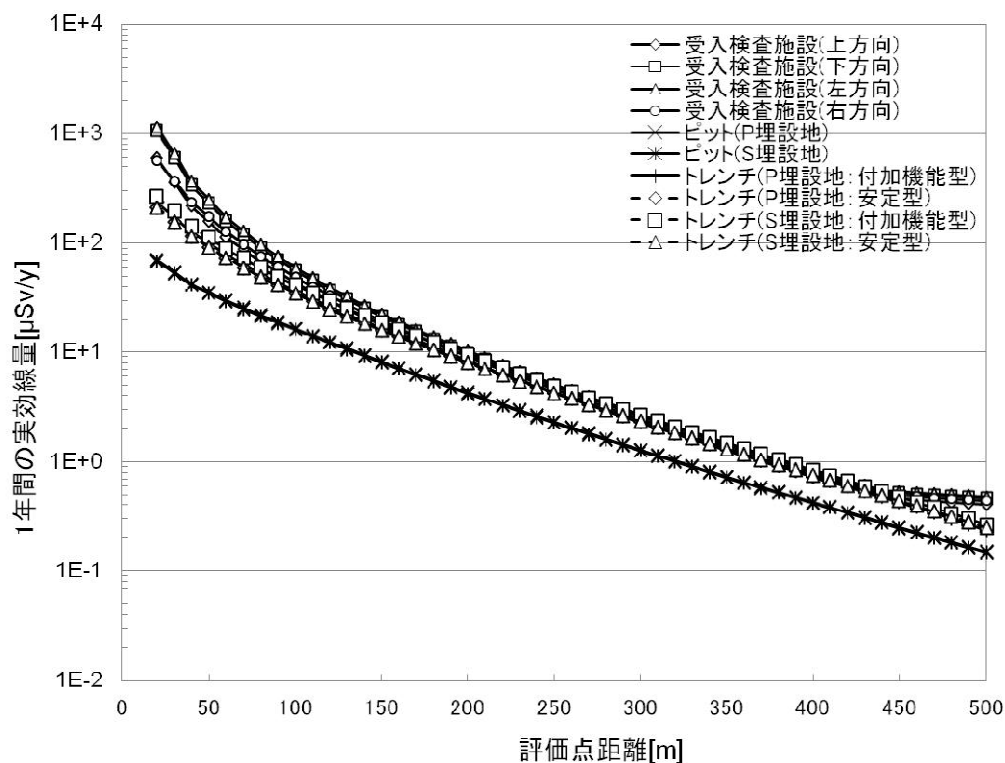
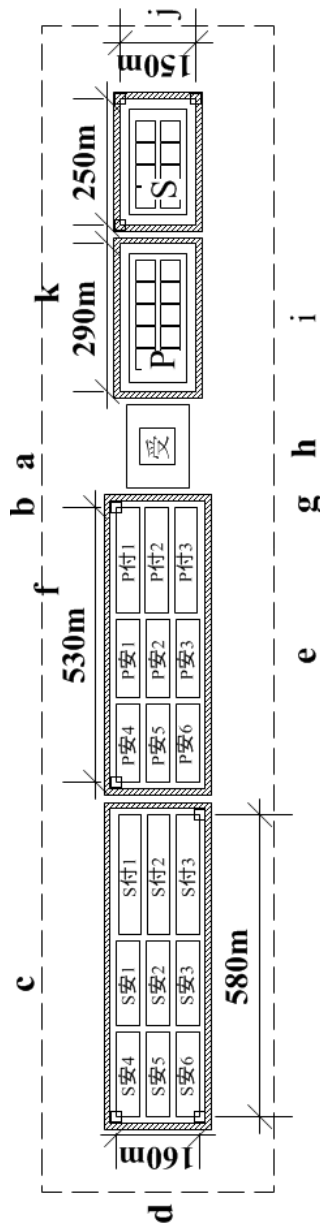


図 7-2 各施設から距離毎の線量の評価結果

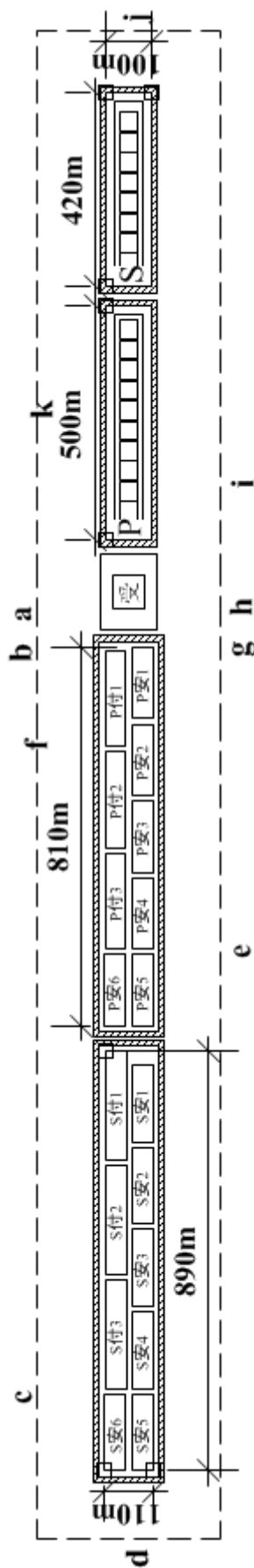


\* 上図は検討ケース1の時。検討ケース2では、受入検査施設が右方向に90°回転した向き

評価点	評価点	線源位置	評価点	線源位置	
a	受入検査施設	上左端	g	受入検査施設	下左端
	トレンチ	P付1-上右端、P安4-上右端		トレンチ	P付3-下右端、P安6-下右端
	ピット	P上左端		ピット	P下左端
b	受入検査施設	上左端	h	受入検査施設	下左端
	トレンチ	P付1-上右端、P安4-上右端		トレンチ	P付3-下右端、P安6-下右端
	ピット	P上左端		ピット	P下左端
c	受入検査施設	影響なし	i	受入検査施設	下右端
	トレンチ	S付1-上左端、S安4-上右端		トレンチ	P付3-下右端、P安6-下右端
	ピット	影響なし		ピット	P下左端
d	受入検査施設	影響なし	j	受入検査施設	影響なし
	トレンチ	S付2-左端、S安5-左端		トレンチ	S右端
	ピット	影響なし		ピット	影響なし
e	受入検査施設	下左端	k	受入検査施設	上右端
	トレンチ	P付3-下左端、P安6-下右端		トレンチ	P付1-上右端、P安4-上右端
	ピット	P下左端		ピット	P上側
f	受入検査施設	上左端			
	トレンチ	P付1-上側、P安4-右端			
	ピット	P上左端			

付：付加機能型、安：安定型、P：P埋設地、S：S埋設地

図7-3 検討ケース1、2のモデル1における放射線源位置と評価点

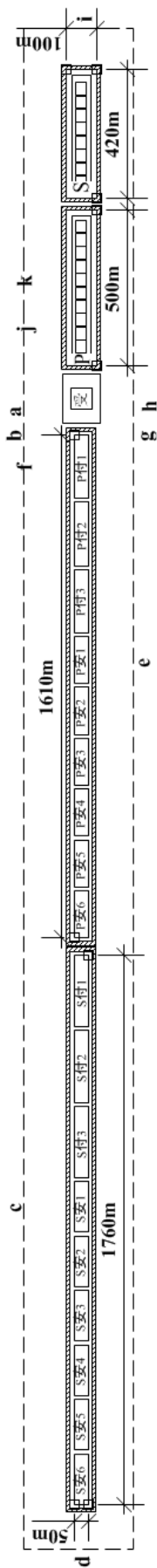


\* 上図は検討ケース1の時。検討ケース2では、受入検査施設が右方向に90°回転した向き

評価点	評価点	線源位置	評価点	評価点	線源位置
a	受入検査施設	上左端	g	受入検査施設	下左端
	トレンチ	P付1-上右端、P安1-上右端		トレンチ	P付1-下右端、P安1-下右端
	ピット	P上左端		ピット	P下左端
b	受入検査施設	上左端	h	受入検査施設	下左端
	トレンチ	P付1-上右端、P安1-上側		トレンチ	P付1-下右端、P安1-下右端
	ピット	P上左端		ピット	P下左端
c	受入検査施設	影響なし	i	受入検査施設	下右端
	トレンチ	S付3-上左端、S安4-上左端		トレンチ	P付1-下右端、P安1-下右端
	ピット	影響なし		ピット	P下左端
d	受入検査施設	影響なし	j	受入検査施設	影響なし
	トレンチ	S付3-左端、S安6-左端		トレンチ	S右端
	ピット	影響なし		ピット	影響なし
e	受入検査施設	影響なし	k	受入検査施設	上右端
	トレンチ	P付3-下左端、P安4-下左端		トレンチ	P付1-上右端、P安1-上右端
	ピット	影響なし		ピット	P上側
f	受入検査施設	上左端			
	トレンチ	P付1-上側、P安1-上側			
	ピット	P上左端			

付：付加機能型、安：安定型、P：P埋設地、S：S埋設地

図 7-4 検討ケース1、2のモデル2における放射線源位置と評価点

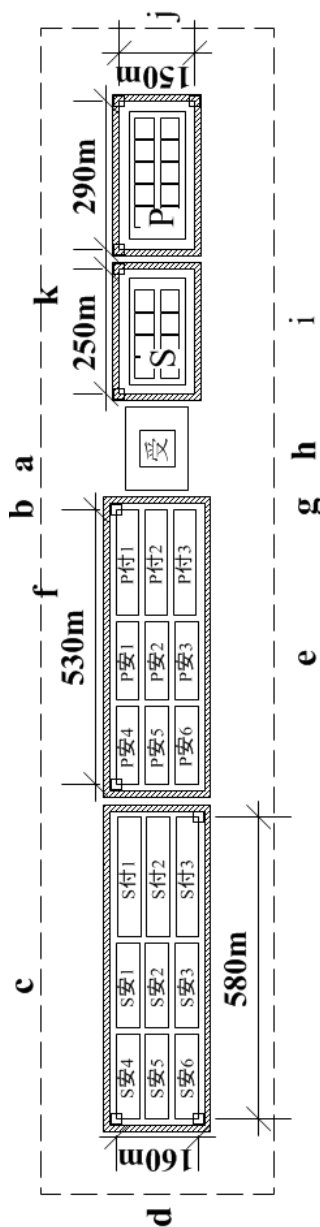


\* 上図は検討ケース 1 の時。検討ケース 2 では、受入検査施設が右方向に 90° 回転した向き

評価点	評価点	線源位置	評価点	評価点	線源位置
a	受入検査施設	上左端	g	受入検査施設	下左端
	トレンチ	P 付 1-上右端、P 安 1-上右端		トレンチ	P 付 1-下右端、P 安 1-下右端
	ピット	P 上左端		ピット	P 下左端
b	受入検査施設	上左端	h	受入検査施設	下左端
	トレンチ	P 付 1-上右端、P 安 1-上右端		トレンチ	P 付 1-下右端、P 安 1-下右端
	ピット	P 上左端		ピット	P 下左端
c	受入検査施設	影響なし	i	受入検査施設	影響なし
	トレンチ	S 付 3-上左端、S 安 2-上右端		トレンチ	影響なし
	ピット	影響なし		ピット	S 右端
d	受入検査施設	影響なし	j	受入検査施設	上右端
	トレンチ	S 付 3-左端、S 安 6-左端		トレンチ	P 付 1-右端、P 安 1-右端
	ピット	影響なし		ピット	P 上側
e	受入検査施設	影響なし	k	受入検査施設	上右端
	トレンチ	P 付 3-下左端、P 安 2-下右端		トレンチ	影響なし
	ピット	影響なし		ピット	P 上側
f	受入検査施設	上左端			
	トレンチ	P 付 1-上側、P 安 1-上右端			
	ピット	P 上左端			

付：付加機能型、安：安定型、P：P 埋設地、S：S 埋設地

図 7-5 検討ケース 1、2 のモデル 3 における放射線源位置と評価点

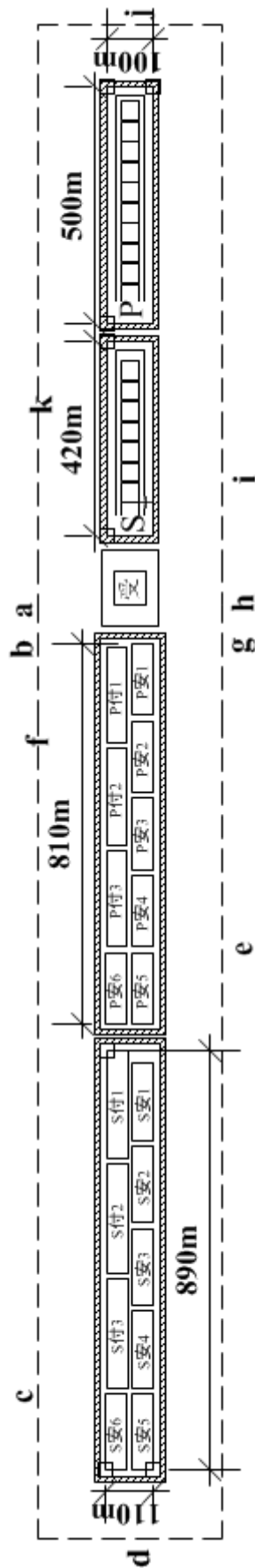


※図は、検討ケース3のモデル図。検討ケース4、5では、受入検査施設が右方向に90°回転した向き

評価点	評価点	線源位置	評価点	評価点	線源位置
a	受入検査施設	上左端	g	受入検査施設	下左端
	トレンチ	P付1-上右端、P安4-上右端		トレンチ	P付3-下右端、P安6-下右端
	ピット	P上左端		ピット	影響なし
b	受入検査施設	上左端	h	受入検査施設	下左端
	トレンチ	P付1-上右端、P安4-上右端		トレンチ	P付3-下右端、P安6-下右端
	ピット	影響なし		ピット	P下左端
c	受入検査施設	影響なし	i	受入検査施設	下右端
	トレンチ	影響なし		トレンチ	影響なし
	ピット	S付1-上左端、S安4-上右端		ピット	S下左端
d	受入検査施設	影響なし	j	受入検査施設	影響なし
	トレンチ	S付2-左端、S安5-左端		トレンチ	P右端
	ピット	影響なし		ピット	影響なし
e	受入検査施設	下左端	k	受入検査施設	上右端
	トレンチ	P付3-下左端、P安6-下右端		トレンチ	影響なし
	ピット	P下左端		ピット埋	S上側
f	受入検査施設	上左端			
	トレンチ	P付1-上側、P安4-右端			
	ピット	影響なし			

付：付加機能型、安：安定型、P：P埋設地、S：S埋設地

図7-6 検討ケース3、4、5のモデル1における放射線源位置と評価点

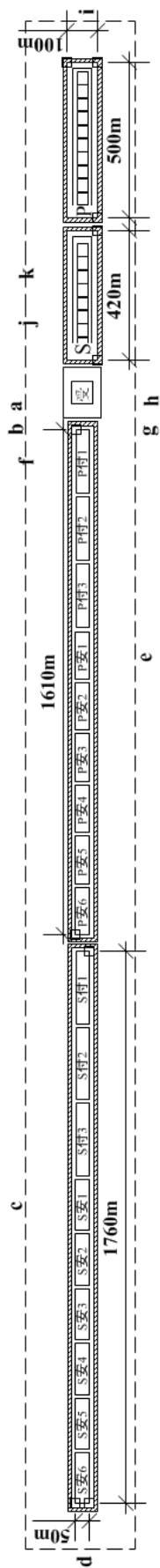


\*図は、検討ケース 3 のモデル図。検討ケース 4、5 では、受入検査施設が右方向に 90° 回転した向き

評価点	評価点	線源位置	評価点	評価点	線源位置
a	受入検査施設	上左端	g	受入検査施設	下左端
	トレンチ	P 付 1-上右端、P 安 1-上右端		トレンチ	P 付 1-下右端、P 安 1-下右端
	ピット	P 上左端		ピット	影響なし
b	受入検査施設	上左端	h	受入検査施設	下左端
	トレンチ	P 付 1-上右端、P 安 1-上側		トレンチ	P 付 1-下右端、P 安 1-下右端
	ピット	影響なし		ピット	P 下左端
c	受入検査施設	影響なし	i	受入検査施設	下右端
	トレンチ	S 付 3-上左端、S 安 4-上左端		トレンチ	影響なし
	ピット	影響なし		ピット	S 下左端
d	受入検査施設	影響なし	j	受入検査施設	影響なし
	トレンチ	S 付 3-左端、S 安 6-左端		トレンチ	P 右端
	ピット	影響なし		ピット	影響なし
e	受入検査施設	影響なし	k	受入検査施設	上右端
	トレンチ	P 付 3-下左端、P 安 4-下左端		トレンチ	影響なし
	ピット	影響なし		ピット	S 上側
f	受入検査施設	上左端			
	トレンチ	P 付 1-上側、P 安 1-上側			
	ピット	影響なし			

付：付加機能型、安：安定型、P：P埋設地、S：S埋設地

図 7-7 検討ケース 3、4、5 のモデル 2 における放射線源位置と評価点



※図は、検討ケース 3 のモデル図。検討ケース 4、5 では、受入検査施設が右方向に 90° 回転した向き

評価点	評価点	線源位置	評価点	評価点	線源位置
a	受入検査施設	上左端	g	受入検査施設	下左端
	トレンチ	P 付 1-上右端、P 安 1-上右端		トレンチ	P 付 1-下右端、P 安 1-下右端
	ピット	P 上左端		ピット	影響なし
b	受入検査施設	上左端	h	受入検査施設	下左端
	トレンチ	P 付 1-上右端、P 安 1-上右端		トレンチ	P 付 1-下右端、P 安 1-下右端
	ピット	影響なし		ピット	P 下左端
c	受入検査施設	影響なし	i	受入検査施設	影響なし
	トレンチ	影響なし		トレンチ	影響なし
	ピット	S 付 3-上左端、S 安 2-上右端		ピット	P 右端
d	受入検査施設	影響なし	j	受入検査施設	上右端
	トレンチ	S 付 3-左端、S 安 6-左端		トレンチ	影響なし
	ピット	影響なし		ピット	S 上側
e	受入検査施設	影響なし	k	受入検査施設	上右端
	トレンチ	P 付 3-下左端、P 安 2-下右端		トレンチ	影響なし
	ピット	影響なし		ピット	S 上側
f	受入検査施設	上左端			
	トレンチ	P 付 1-上側、P 安 1-上右端			
	ピット	影響なし			

付：付加機能型、安：安定型、P：P埋設地、S：S埋設地

図 7-8 検討ケース 3、4、5 のモデル 3 における放射線源位置と評価点

付録 1

安全評価モデルの概要

1. 地下水移行シナリオ

1.1. 埋設施設からの放射性物質の浸出モデル

1.1.1. トレンチ処分

トレンチ処分施設からの放射性物質の帯水層土壌中への移行は、以下の式より求める。

地下水移行シナリオにおける埋設施設からの放射性物質の浸出モデルは、トレンチ処分施設内を均一なコンパートメントとし、崩壊系列を考慮した廃棄物層の放射能の変化を計算する。

$$\frac{d}{dt} A_i(t) = -(\eta_i + \lambda_i) \cdot A_i(t) + \lambda_{i-1} \cdot A_{i-1}(t) \quad (1)$$

$$J_i = \eta_i \cdot \lambda_i \cdot A_i \quad (2)$$

$$\eta_i = \frac{v_{IN}}{H} \cdot \frac{1}{\varepsilon_c \cdot R_{c,i}} \quad (3)$$

$$R_{c,i} = 1 + \frac{1 - \varepsilon_c}{\varepsilon_c} \cdot \rho_c \cdot Kd_{c,i} \quad (4)$$

ここで、

- $A_i$  : 核種  $i$  の原子数
- $\eta_i$  : 核種  $i$  の廃棄物層からの漏洩率 (1/y)
- $\lambda_i$  : 核種  $i$  の崩壊定数 (1/y)
- $J_i$  : 核種  $i$  の施設からの浸出フラックス (Bq/y)
- $v_{IN}$  : 浸透水量 (m/y)
- $H$  : 処分施設の高さ (m)
- $\varepsilon_c$  : 土壌の空隙率 (-)
- $R_{c,i}$  : 核種  $i$  の遅延係数 (-)
- $\rho_c$  : 土壌の密度 ( $\text{kg/m}^3$ )
- $Kd_{c,i}$  : 核種  $i$  の分配係数 ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )

である。

1.1.2. ピット処分

ピット処分施設から放出される放射性物質は、施設からの浸出水による移流及び拡散によりベントナイト混合土層を通過して土壌層へ至る経路（流出経路 1）と岩盤へ放出される経路（流出経路 3）、施設上部のベントナイト混合土層へ拡散により移行する経路（流出経路 2）を想定した(図 1)。廃棄体及び周辺領域の間隙水中における放射性物質の移行を、連続するコンパートメントの間の物質収支で表す。基本方程式は、以下のとおりとなる。



$$\frac{dA_0^i}{dt} = j_{d,1,0}^i - j_{ad,1,0}^i + j_{d,2,0}^i - j_{ad,2,0}^i - j_{ad,3,0}^i - \lambda^i A_0^i + \lambda^{i-1} A_0^{i-1} \quad (5)$$

$$\frac{dA_{n,k}^i}{dt} = -j_{d,n,k-1}^i + j_{ad,n,k-1}^i + j_{d,n,k}^i - j_{ad,n,k}^i - \lambda^i A_{n,k}^i + \lambda^{i-1} A_{n,k}^{i-1} \quad (6)$$

ここで、

- $A_k^i$  : 領域  $k$  における核種  $i$  の総量 (atom)
- $j_{ad,n,k}^i$  : 経路  $n$  における領域  $k$  から  $k+1$  への移流によるフラックス (atom  $y^{-1}$ )
- $j_{d,n,k}^i$  : 経路  $n$  における領域  $k$  から  $k+1$  への拡散によるフラックス (atom  $y^{-1}$ )
- $\lambda^i$  : 核種  $i$  の崩壊定数 ( $y^{-1}$ )

である。

フラックスは以下のとおりである。

$$j_{ad,n,k}^i = S_{n,k} u_{n,k} \varepsilon_{n,k} C_{n,k}^i \quad (7)$$

$$j_{d,n,k}^i = D_{n,k}^i S_{n,k} \left[ \frac{\Delta C_{n,k}^i}{\Delta x} \right] \quad (8)$$

$$C_{n,k}^i = \frac{A_{n,k}^i}{V_{n,k} \varepsilon_{n,k} R_{n,k}^i} \quad (9)$$

$$R_{n,k}^i = 1 + \frac{1 - \varepsilon_{n,k}}{\varepsilon_{n,k}} \rho_{n,k} K d_{n,k}^i \quad (10)$$

ここで、

- $S_{n,k}$  : 経路  $n$ 、領域  $k$  の断面積 ( $m^2$ )
- $u_{n,k}$  : 経路  $n$ 、領域  $k$  における地下水実流速 ( $m y^{-1}$ )
- $\varepsilon_{n,k}$  : 経路  $n$ 、領域  $k$  の間隙率 (-)
- $C_{n,k}^i$  : 経路  $n$ 、領域  $k$  における核種  $i$  の濃度 (atom  $m^{-3}$ )
- $D_{n,k}^i$  : 経路  $n$ 、領域  $k$  における核種  $i$  の見かけの拡散係数 ( $m^2 y^{-1}$ )
- $V_{n,k}$  : 経路  $n$ 、領域  $k$  の体積 ( $m^3$ )
- $R_{n,k}^i$  : 経路  $n$ 、領域  $k$  における核種  $i$  の遅延係数 (-)
- $\rho_{n,k}$  : 経路  $n$ 、領域  $k$  の真密度 ( $kg m^{-3}$ )
- $K d_{n,k}^i$  : 経路  $n$ 、領域  $k$  における核種  $i$  の分配係数 ( $m^3 kg^{-1}$ )

である。

また、最下流のコンパートメントと岩盤との境界においては、濃度が 0 であるとして保守的な流出フラックスを求める。最下流のコンパートメントの番号を  $m$  とすると、拡散による岩盤への流出フラックスは以下のとおりとなる。

$$j_{d,n,m}^i = -D_{n,m}^i S_{n,m} \frac{C_{n,m}^i}{x_{n,m}} \quad (11)$$

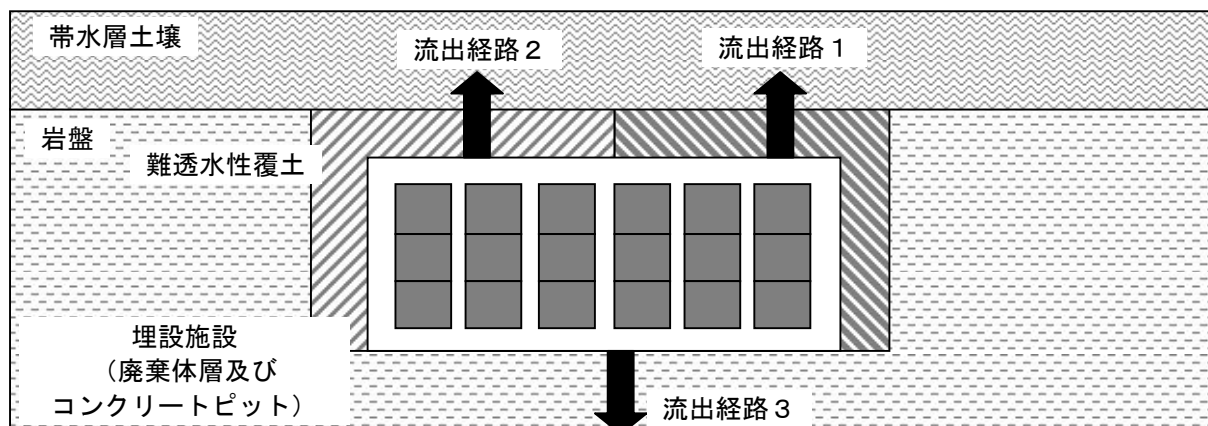


図 1 処分施設及び流出経路の概念

### 1.2. 天然バリア中の放射性物質の移行モデル

天然バリア中の放射性物質の移行モデルは、埋設施設より浸出した放射性物質に対し、天然バリア中における 1 次元の移行を評価し、生活環境に流入する放射性物質の移行量を評価するモデルである。天然バリア中の放射性物質の移行は、堆積岩で代表される多孔質媒体とした地質媒体中における移流-分散、分配平衡による遅延及び崩壊連鎖を考慮した 1 次元移流分散モデルとした。帯水層土壌中での放射性物質の移行は、以下の式で評価した。

$$\varepsilon_c \cdot R_{c,i} \cdot \frac{\partial C_{c,i}}{\partial t} = D_c \frac{\partial^2 C_{c,i}}{\partial x^2} - U_c \cdot \frac{\partial C_{c,i}}{\partial x} - \lambda_i \cdot \varepsilon_c \cdot R_{c,i} C_{c,i} + \lambda_{i-1} \cdot \varepsilon_c \cdot R_{c,i-1} C_{c,i-1} + Q_{c,n,i} \quad (12)$$

$$R_{c,i} = 1 + \frac{1 - \varepsilon_c}{\varepsilon_c} \cdot \rho_c \cdot Kd_{c,i} \quad (13)$$

ここで、

- $C_{c,i}$  : 帯水層土壌の地下水中の核種  $i$  の放射能濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $D_c$  : 帯水層土壌の分散係数 (m<sup>2</sup>/y)
- $U_c$  : 帯水層土壌のダルシー流速 (m/y)
- $Q_{c,n,i}$  : 核種  $i$  の移行経路  $n$  (埋設施設又はベントナイト混合土層) から帯水層土壌への流入量 (Bq/m<sup>3</sup>/y)
- $R_{c,i}$  : 核種  $i$  の土壌の遅延係数 (-)
- $\varepsilon_c$  : 帯水層土壌の空隙率 (-)
- $\rho_c$  : 帯水層土壌の真密度 (kg/m<sup>3</sup>)
- $Kd_{c,i}$  : 核種  $i$  の帯水層土壌の分配係数 (m<sup>3</sup>/kg)

である。

概念設計の評価では、地下水流速が速いため、拡散の寄与は小さいと考え、先行埋設施設の線量評価と同様、分散係数は考慮しなかった。また、埋設施設から帯水層土壌中へ複数の浸出経路を想定しているが、帯水層土壌中での移行計算は経路別に計算し、評価点で移行量を合計する計算方法とした。

岩盤における放射性物質の移行は、式(12)、式(13)の添え字  $c$  を  $g$  に置き換え、岩盤の物性、岩盤中の放射能濃度に置き換えて計算を行う。

### 1.3. 評価経路における線量評価モデル

地下水移行シナリオでは、埋設施設から浸出した放射性物質が、土壌層または岩盤層を通過して帯水層、河川、海等に流入するものとし、それぞれの環境媒体中における放射能濃度を求める。求めたそれぞれの環境媒体中の放射能濃度に基づき線量評価を行う。

#### 1.3.1. 環境媒体中の放射能濃度評価モデル

##### (1) 水域中（河川・地下水）の放射能濃度

水域中の放射能濃度は、以下の式より求める。ただし、水域中に対応するパラメータは、環境媒体中（河川水・地下水中）の放射能濃度を求める際に対応したパラメータを設定している。

$$C_{s,i} = \frac{C_{c,i} \cdot Q_{cs} + C_{g,i} \cdot Q_{gs}}{Q_s} \quad (14)$$

ここで、

- $C_{s,i}$  : 水域中の核種  $i$  の放射能濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $C_{c,i}$  : 土壌中の地下水中の核種  $i$  の放射能濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $Q_{cs}$  : 土壌から水域への移行水量 (m<sup>3</sup>/y)
- $C_{g,i}$  : 岩盤中の地下水中の核種  $i$  の放射能濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $Q_{gs}$  : 岩盤から水域への移行水量 (m<sup>3</sup>/y)
- $Q_s$  : 水域の流量 (m<sup>3</sup>/y)

である。

##### (2) 灌漑土壌中の放射能濃度

河川水または地下水を灌漑水として利用する場合の灌漑土壌中における放射能濃度は、以下の式より求める。

$$\frac{dC_{d,i}}{dt} = \frac{C_{ir,i} \cdot F_r \cdot Q_{ir}}{V_s \cdot (1 - \varepsilon_f) \cdot \rho_f} - \frac{Q_p \cdot C_{d,i}}{V_s \cdot \{\varepsilon_f \cdot \theta + (1 - \varepsilon_f) \cdot \rho_f \cdot Kd_{f,i}\}} - \lambda_i \cdot C_{d,i} + \lambda_{i-1} \cdot C_{d,i-1} \quad (15)$$

$$C_{ir,i} = f_{ir} \cdot C_{s,i} \quad (16)$$

$$Q_p = (r - e) \cdot (1.0 - ro) + Q_{ir} \quad (17)$$

ここで、

- $C_{d,i}$  : 灌漑土壌中の核種  $i$  の放射能濃度 (Bq/kg)
- $C_{ir,i}$  : 灌漑水中の核種  $i$  の放射能濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $F_r$  : 灌漑土壌への放射性物質の残留割合 (-)
- $Q_{ir}$  : 灌漑水量 (m/y)

$Q_p$	: 農耕土壌への降雨浸透水量 (m/y)
$V_s$	: 実効土壌高さ (m)
$\varepsilon_f$	: 農耕土壌の空隙率 (-)
$\rho_f$	: 農耕土壌の真密度 (kg/m <sup>3</sup> )
$Kd_{f,i}$	: 農耕土壌の核種 $i$ の分配係数 (m <sup>3</sup> /kg)
$\theta$	: 農耕土壌の水分飽和度 (-)
$f_{ir}$	: 放射性物質を含む水域の利用割合 (-)
$C_{s,i}$	: 水域中の放射能濃度 (Bq/m <sup>3</sup> )
$r$	: 降水量 (m/y)
$e$	: 蒸発散量 (m/y)
$ro$	: 表面流出係数 (-)

である。

### (3) 河川岸土壌中の放射能濃度

河川岸土壌は、河川水と灌漑土壌が分配平衡にあると考慮した。河川岸土壌中の放射能濃度は、以下の式より求める。

$$C_{e,i} = \frac{C_{c,i} \times Q_{cs} + C_{s,i} \times Q_{gs}}{Q_s} \times \left\{ \frac{\varepsilon_r}{(1.0 - \varepsilon_r) \times \rho_r} + Kd_{r,i} \right\} \times G_r \quad (18)$$

ここで、

$C_{e,i}$	: 河川岸土壌中の核種 $i$ の放射能濃度 (Bq/kg)
$C_{c,i}$	: 土壌中の地下水中の核種 $i$ の放射能濃度 (Bq/m <sup>3</sup> )
$Q_{cs}$	: 土壌から水域への移行水量 (m <sup>3</sup> /y)
$C_{g,i}$	: 岩盤中の地下水中の核種 $i$ の放射能濃度 (Bq/m <sup>3</sup> )
$Q_{gs}$	: 岩盤から水域への移行水量 (m <sup>3</sup> /y)
$Q_s$	: 河川の流量 (m <sup>3</sup> /y)
$\varepsilon_r$	: 河川岸土壌の空隙率 (-)
$\rho_r$	: 河川岸土壌の密度 (kg/m <sup>3</sup> )
$Kd_{r,i}$	: 河川岸土壌の核種 $i$ の分配係数 (m <sup>3</sup> /kg)
$G_r$	: 河川岸土壌の希釈係数 (-)

である。

### (4) 帯水層土壌中の放射能濃度

帯水層土壌は、地下水と帯水層土壌が分配平衡にあると考慮した。帯水層土壌中の放射能濃度は、河川岸土壌中の放射能濃度と同様に式(15)より求める。その際、河川の流量及び河川岸土壌の物性に対応するパラメータを、地下水流量、帯水層土壌のパラメータに置き換えて設定する。

## 1.3.2. 線量評価モデル

### (1) 直接 $\gamma$ 線による外部線量

放射性物質を含む河川水を灌漑として用いた土壌の直上で作業する評価対象者は、農作

業者を考慮する。灌漑土壌からの直接 $\gamma$ 線による外部被ばく線量は、以下の式より求める。

$$D_{EXT,i}(t) = C_{d,i}(t) \cdot S \cdot T \cdot DCF_{EXT,i} \cdot 10^{-3} \quad (19)$$

ここで、

- $D_{EXT,i}(t)$  : 直接 $\gamma$ 線による外部被ばく線量 (Sv/y)
- $C_{d,i}(t)$  : 灌漑土壌中の核種*i*濃度 (Bq/kg)
- $S$  : 遮へい係数 (-)
- $T$  : 年間作業時間 (h/y)
- $DCF_{EXT,i}$  : 核種*i*の外部被ばく線量換算係数 (Sv/h per Bq/g)

である。

河川岸・帯水層土壌からの直接 $\gamma$ 線による外部被ばく線量も同様に式(19)より求める。その際、灌漑土壌に対応するパラメータを、河川岸・帯水層土壌のパラメータに置き換えて設定する。

## (2) 粉塵吸入による内部被ばく線量

放射性物質を含む河川水を灌漑として用いた土壌の直上での業者を考慮する。灌漑土壌からの粉塵吸入による内部被ばく線量は、以下の式より求める。

$$D_{INH,i}(t) = C_{d,i}(t) \cdot f \cdot A \cdot B \cdot T \cdot DCF_{INH,i} \cdot 10^{-3} \quad (20)$$

ここで、

- $D_{INH,i}(t)$  : 粉塵吸入による内部被ばく線量 (Sv/y)
- $C_{d,i}(t)$  : 灌漑土壌中の核種*i*濃度 (Bq/kg)
- $f$  : 空気中の粉塵濃度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
- $A$  : 吸入可能な粒子への濃縮係数 (-)
- $B$  : 業者の呼吸量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
- $T$  : 年間作業時間 (h/y)
- $DCF_{INH,i}$  : 核種*i*の吸入内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

である。

河川岸・帯水層土壌からの粉塵吸入による内部被ばく線量も同様に式(20)より求める。その際、灌漑土壌に対応するパラメータを、河川岸・帯水層土壌のパラメータに置き換えて設定する。

## (3) 水の飲用による内部被ばく線量

河川水または地下水を飲用水として摂取することによる内部被ばく線量は、以下の式より求める。

$$D_{ING,i}(t) = C_{s,i}(t) \cdot Q_w \cdot DCF_{ING,i} \quad (21)$$

ここで、

- $D_{ING,i}(t)$  : 核種  $i$  の飲料水摂取による内部被ばく線量 (Sv/y)
- $C_{s,i}(t)$  : 河川水または地下水中の核種  $i$  濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $Q_w$  : 年間飲料水摂取量 (m<sup>3</sup>/y)
- $DCF_{ING,i}$  : 核種  $i$  の経口内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

である。

#### (4) 水産物摂取による内部被ばく線量

放射性物質を含む河川または海から得られる水産物中の放射能濃度は、水中の放射能濃度に依存し、両者の間に平衡関係が成立しているものとする濃縮係数法によって求める。水産物中の放射能濃度は、以下の式より求める。

$$C_{m,i}(t) = C_{s,i}(t) \cdot 10^{-3} \cdot T_{m,i} \quad (22)$$

ここで、

- $C_{m,i}(t)$  : 水産物  $m$  中の核種  $i$  濃度 (Bq/kg)
- $C_{s,i}(t)$  : 河川水の核種  $i$  濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $T_{m,i}$  : 核種  $i$  の水産物  $m$  への濃縮係数 (L/kg)

である。

水産物摂取による内部被ばく線量は、以下の式より求める。

$$D_{ING,i}(t) = \sum C_{m,i}(t) \cdot Q_m \cdot G_m \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_i \cdot t_m}{365}\right) \cdot DCF_{ING,i} \quad (23)$$

ここで、

- $D_{ING,i}(t)$  : 核種  $i$  の河川産物摂取による内部被ばく線量 (Sv/y)
- $C_{m,i}(t)$  : 水産物  $m$  中の核種  $i$  濃度 (Bq/kg)
- $Q_m$  : 水産物  $m$  の摂取量 (kg/y)
- $G_m$  : 水産物  $m$  の市場係数 (-)
- $\lambda_i$  : 核種  $i$  の崩壊定数 (1/y)
- $t_m$  : 水産物  $m$  の輸送時間 (d)
- $DCF_{ING,i}$  : 核種  $i$  の経口内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

である。

#### (5) 農作物摂取による内部被ばく線量

放射性物質を含む灌漑土壌において、栽培された農作物を摂取することを想定する。放射性物質は灌漑水からの表面沈着及び土壌から根を經由して農作物に移行するものとする。農作物中の放射性物質の濃度は、以下の式より求める。

$$C_{k,i}(t) = T_{k,i} \cdot C_{d,i}(t) + \frac{C_{s,i}(t) \cdot Q_{ir} \cdot F_{k,i} \cdot (1 - e^{-\lambda_{e,i} T_i})}{\lambda_{e,i} \cdot Y_{Bk}} \quad (24)$$

$$\lambda_{e,i} = \lambda_i + \lambda_{w,i} \quad (25)$$

ここで、

- $C_{k,i}(t)$  : 農作物  $k$  中における核種  $i$  濃度 (Bq/kg)
- $T_{k,i}$  : 土壌から農作物  $k$  への核種  $i$  の移行係数 (Bq/kg-wet 農作物/Bq/kg-dry 土壌)
- $C_{d,i}(t)$  : 灌漑土壌の核種  $i$  濃度 (Bq/kg)
- $C_{s,i}(t)$  : 河川水中の核種  $i$  濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $Q_{ir}$  : 灌漑水量 (m/y)
- $F_{k,i}$  : 核種  $i$  の農作物  $k$  の表面への沈着割合 (-)
- $Y_{Bk}$  : 農作物  $k$  の栽培密度 (kg/m<sup>2</sup>)
- $\lambda_{e,i}$  : 沈着した核種  $i$  の実効減衰係数(1/y)
- $\lambda_{w,i}$  : weathering 効果による植物表面沈着核種  $i$  の除去係数 (1/y)

である。

放射性物質を含む農作物を摂取することによる内部被ばく線量は、以下の式より求める。

$$D_{ING,i}(t) = \sum C_{k,i}(t) \cdot Q_k \cdot G_k \cdot R_k \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_k) \cdot DCF_{ING,i} \quad (26)$$

ここで、

- $D_{ING,i}(t)$  : 核種  $i$  の農作物摂取による内部被ばく線量 (Sv/y)
- $C_{k,i}(t)$  : 農作物  $k$  の可食部における核種  $i$  濃度 (Bq/kg)
- $Q_k$  : 農作物  $k$  の年間摂取量 (kg/y)
- $G_k$  : 農作物  $k$  の市場係数(-)
- $R_k$  : 農作物  $k$  の摂取割合(-)
- $\lambda_i$  : 核種  $i$  の崩壊定数 (1/y)
- $t_k$  : 農作物の輸送時間 (y)
- $DCF_{ING,i}$  : 核種  $i$  の経口内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

である。

河川岸・帯水層土壌で栽培された農作物を摂取することによる人の内部被ばく線量も同様に式(24)~(26)より求める。その際、灌漑土壌に対応するパラメータを、河川岸・帯水層土壌のパラメータに置き換えて設定する。

#### (6) 畜産物摂取による内部被ばく線量

放射性物質を含む灌漑土壌において、畜産物中の放射能濃度は、放射性物質を含む灌漑土壌において栽培された飼料を摂取する場合と放射性物質を含む飼育水を摂取する場合の2経路を考慮する。

放射性物質を含む灌漑土壌において栽培された飼料を摂取することによる畜産物中の放射能濃度は、式(24)より求めた飼料中の放射性核種を用いて、以下の式より求める。

$$C_{Fn,i}(t) = T_{Fn,i} \cdot C_{k,i}(t) \cdot Q_n \cdot M_F \quad (27)$$

ここで、

- $C_{Fn,i}(t)$  : 飼料摂取による畜産物  $n$  の放射能濃度 (Bq/L)
- $T_{Fn,i}$  : 飼料から畜産物  $n$  への核種  $i$  の移行係数 (d/L)
- $Q_n$  : 家畜  $n$  の 1 日当たりの飼料摂取量 (kg-dry/d)
- $C_{k,i}(t)$  : 飼料の可食部における核種  $i$  濃度 (Bq/kg)
- $M_F$  : 核種を含む飼料の混合割合 (-)

である。

また、放射性物質を含む飼育水を利用して生産される畜産物中の放射能濃度は、以下の式より求める。

$$C_{FWn,i}(t) = C_{s,i}(t) \cdot T_{FWn,i} \cdot Q_{wn} \cdot 10^{-3} \quad (28)$$

ここで、

- $C_{FWn,i}(t)$  : 飼育水摂取による畜産物  $n$  の放射能濃度 (Bq/L)
- $C_{s,i}(t)$  : 河川水中の核種  $i$  濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $T_{FWn,i}$  : 飼育水から畜産物  $n$  への核種  $i$  の移行係数 (d/L)
- $Q_{wn}$  : 家畜  $n$  の 1 日当たりの飼育水摂取量 (L/d)

である。

放射性物質を含む畜産物を摂取することによる人の内部被ばく線量は、以下の式より求める。

①飼料経由による内部被ばく

$$D_{ING,i}(t) = \sum C_{Fn,i}(t) \cdot Q_n \cdot G_n \cdot \text{ext}(-\lambda_i \cdot t_n) \cdot DCF_{ING,i} \quad (29)$$

②飼育水経由による内部被ばく

$$D_{ING,i}(t) = \sum C_{FWn,i}(t) \cdot Q_n \cdot G_n \cdot \text{ext}(-\lambda_i \cdot t_n) \cdot DCF_{ING,i} \quad (30)$$

ここで、

- $D_{ING,i}(t)$  : 核種  $i$  の畜産物摂取による内部被ばく線量 (Sv/y)
- $Q_n$  : 畜産物  $n$  の年間摂取量 (L/y)
- $G_n$  : 畜産物  $n$  の市場係数 (-)
- $t_n$  : 畜産物  $n$  の輸送時間 (y)
- $DCF_{ING,i}$  : 核種  $i$  の経口内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

である。

河川岸・帯水層土壌から生成された畜産物を摂取することによる人の内部被ばく線量も同様に式(27)~(30)より求める。その際、灌漑土壌に対応するパラメータを、河川岸・帯水層土壌のパラメータに置き換えて設定する。



## 2. 跡地利用シナリオ

### 2.1. 埋設施設の放射能濃度の評価モデル

跡地利用シナリオにおける埋設施設の放射能濃度は、埋設施設内を均一な放射能濃度分布の廃棄物層とし、崩壊系列を考慮して以下の式により計算する。

$$\frac{d}{dt} A_{d,i}(t) = -(\eta_i + \lambda_i) \cdot A_{d,i}(t) + \lambda_{i-1} \cdot A_{d,i-1}(t) \quad (31)$$

$$\eta_i = \frac{P}{H_w} \cdot R_{c,i} \quad (32)$$

$$R_{c,i} = \frac{1}{\varepsilon_w \cdot \left( 1 + \frac{1 - \varepsilon_w}{\varepsilon_w} \cdot \rho_w \cdot Kd_{w,i} \right)} \quad (33)$$

ここで、

- $A_{d,i}(t)$  : 廃棄物層の核種  $i$  の放射能 (Bq)
- $\lambda_i$  : 核種  $i$  の崩壊定数 (1/y)
- $\eta_i$  : 核種  $i$  の廃棄物層からの漏洩率 (1/y)
- $P$  : 廃棄物層浸透水量 (m/y)
- $H_w$  : 廃棄物層の厚さ (m)
- $R_{c,i}$  : 核種  $i$  の放出係数 (-)
- $\varepsilon_w$  : 廃棄物層の空隙率 (-)
- $\rho_w$  : 廃棄物層の真密度 (kg/m<sup>3</sup>)
- $Kd_{w,i}$  : 廃棄物層の核種  $i$  分配係数 (m<sup>3</sup>/kg)

である。

式(31)の初期条件は、以下の式で表わされる。

$$C_{d,i} = \frac{A_{d,i}}{W \cdot \rho \cdot (1 - \varepsilon_w)} \cdot D_w \cdot 10^{-3} \quad (34)$$

$$D_w = \frac{W}{L_w \cdot W_w \cdot H_w} \quad (35)$$

ここで、

- $C_{d,i}(t)$  : 廃棄物層の核種  $i$  の放射能濃度 (Bq/g)
- $W$  : 放射性廃棄物処分総量の処分容量に対する割合 (-)
- $L_w$  : 処分施設の長さ (m)
- $W_w$  : 処分施設の幅 (m)
- $H_w$  : 処分施設の厚さ (m)

である。

## 2.2. 評価経路における線量評価モデル

跡地利用シナリオにおける線量評価は、廃棄物層中の放射能濃度に基づき実施する。

### 2.2.1. 建設シナリオ

#### (1) 直接 $\gamma$ 線による外部被ばく線量

廃棄物層と表層の覆土が掘削されて混合した土壌（以下、「廃棄物混合土壌」という）の直上における作業者の直接 $\gamma$ 線による外部被ばく線量は、以下の式より求める。

$$D_{EXT,i}(t) = C_{d,i}(t) \cdot S \cdot T \cdot M \cdot DCF_{EXT,i} \quad (36)$$

ここで、

- $D_{EXT,i}(t)$  : 直接 $\gamma$ 線による外部被ばく線量 (Sv/y)
- $C_{d,i}(t)$  : 廃棄物層の核種*i*濃度 (Bq/g)
- $S$  : 遮へい係数 (-)
- $T$  : 年間作業時間 (h/y)
- $M$  : 掘削による廃棄物層と土壌の混合割合(-)
- $DCF_{EXT,i}$  : 核種*i*の外部被ばく線量換算係数 (Sv/h per Bq/g)

である。

#### (2) 粉塵吸入による内部被ばく線量

廃棄物混合土壌を粉塵として吸入することにより生じる作業者の内部被ばく線量は、以下の式より求める

$$D_{INH,i}(t) = C_{d,i}(t) \cdot f \cdot A \cdot B \cdot T \cdot M \cdot DCF_{INH,i} \quad (37)$$

ここで、

- $D_{INH,i}(t)$  : 粉塵吸入による内部被ばく線量 (Sv/y)
- $C_{d,i}(t)$  : 廃棄物層の核種*i*濃度 (Bq/g)
- $f$  : 空気中の粉塵濃度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
- $A$  : 吸入する粉塵の濃縮係数 (-)
- $B$  : 作業者の呼吸量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
- $T$  : 年間作業時間 (h/y)
- $M$  : 掘削による廃棄物層と土壌の混合割合(-)
- $DCF_{INH,i}$  : 核種*i*の吸入内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

である。

### 2.2.2. 居住シナリオ

#### (1) 直接 $\gamma$ 線による外部被ばく線量

廃棄物混合土壌からの直接 $\gamma$ 線による外部被ばく線量は、2.2.1節と同様に式(36)により求める。ただし、遮へい係数、年間作業時間、外部被ばく線量換算係数については居住シナ

リオに対応したパラメータを設定する。

(2) 粉塵吸入による内部被ばく経路

廃棄物混合土壌を粉塵として吸入することにより生じる内部被ばく線量は、2.2.1 節と同様に式(37)により求める。ただし、年間作業時間、作業者の呼吸量、吸入内部被ばく線量換算係数については居住シナリオに対応したパラメータを設定する。

(3) 農作物摂取による内部被ばく経路

農作物栽培は処分施設の跡地の直上で行われるとし、放射性物質は根を経由して農作物に移行するものとする。農作物中の核種の濃度は、以下の式より求める。

$$C_{j,i}(t) = C_{d,i}(t) \cdot T_{j,i} \cdot M \cdot 10^3 \quad (38)$$

ここで、

- $C_{j,i}(t)$  : 農作物  $j$  の可食部における核種  $i$  濃度 (Bq/kg)
- $C_{d,i}(t)$  : 廃棄物層の核種  $i$  濃度 (Bq/g)
- $T_{j,i}$  : 核種  $i$  の土壌から農作物  $j$  への移行係数 (Bq/kg per Bq/kg)
- $M$  : 掘削による廃棄物層と土壌の混合割合(-)

である。

放射性物質を含む農作物を摂取することによる人の内部被ばく線量は、以下の式より求める。

$$D_{ING,i}(t) = \sum C_{j,i}(t) \cdot Q_j \cdot K_j \cdot R_j \cdot DCF_{ING,i} \quad (39)$$

ここで、

- $D_{ING,i}(t)$  : 核種  $i$  の経口摂取による内部被ばく線量 (Sv/y)
- $C_{j,i}(t)$  : 農作物  $j$  の可食部における核種  $i$  濃度 (Bq/kg)
- $Q_j$  : 農作物  $j$  の年間摂取量 (kg/y)
- $K_j$  : 農作物  $j$  の経根吸収係数 (-)
- $R_j$  : 農作物  $j$  の摂取割合(-)
- $DCF_{ING,i}$  : 核種  $i$  の経口内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

である。

## 付録 2

## 安全評価パラメータの設定

## 1. 地質及び地形等に係る評価パラメータ

国内の様々な地形、地質、地盤を想定し、それぞれのパラメータの値の範囲を設定する。パラメータの範囲の選定に当たっては、概念設計で立地条件を設定した際に用いた文献を基にするとともに、国内で基準が検討された際に実施された安全評価に用いられたパラメータやその根拠も参照した。それ以外にデータが必要な場合は、公開された統計資料等を参照とした。

## 1.1. 透水係数

全国のダムやトンネル工事等に際して、ボーリング孔を利用した透水試験の測定データをまとめてデータベース化した文献<sup>1)</sup>を基に設定した。

## 1.1.1. 土壌

上記文献に示されたデータのうち、地質時代が第四紀で未固結性に区分されている地質のデータを取りまとめた。土壌の種類毎に集計したデータを付表 2-1 に示す。

コンクリートピット施設は、土壌層の下に位置する透水性の低い岩盤中に設置することを想定している。礫性石灰岩は、礫岩又は軟岩に区分されているが、透水係数が極めて大きいと記述されていることから、コンクリートピットを設置しないこととし土壌に分類した。同様に、風化した岩（以下、「風化岩」という）は、透水係数が比較的高いと考えられるため、コンクリートピット施設を設置しないこととし、地質時代を問わずに土壌に分類した。

土壌の種類毎のデータの重みを同じとするため、各データをそのデータが属する土壌種類のデータ数で除して規格化した頻度を作成し、パラメータスタディに用いる土壌全体の透水係数の分布を作成した。土壌の透水係数分布を付図 2-1 に示す。その結果、データは $10^{-10}$ ~ $10^{-1}$ (m/s)の範囲で、規格化した分布は $10^{-5}$ から $10^{-4}$ 付近の頻度が大きい分布となった。クリアランスレベル評価では、地下水流速（透水係数×動水勾配）をデータの最小値と最大値を $-3\sigma$ ~ $+3\sigma$ の範囲として対数正規分布で近似していることも踏まえ、 $-3\sigma$ ~ $+3\sigma$ の範囲を $10^{-10}$ ~ $10^{-1}$ (m/s)とした対数正規分布で近似して評価に用いることとした。

## 1.1.2. 岩盤

上記文献<sup>1)</sup>における、硬岩、軟岩、礫岩に分類される地質で、風化の影響が小さい岩盤のデータを取りまとめた。岩盤の種類は、地質時代や構成岩石の種類などに分類されるが、当該文献に示された地質調査所による水理地質図の図示単位の記号にしたがって分類した。分類した岩盤の透水係数のデータを付表 2-2 に示す。

岩盤の文献中に示された凡例に従ってデータを分類して集計し、各データが属する岩盤

の凡例のデータ数で除して規格化した頻度を作成し、岩盤全体の透水係数の分布を作成した。作成した岩盤の透水係数分布を付図 2-2 に示す。付図 2-2 により、データは  $3 \times 10^{-10} \sim 5 \times 10^{-5}(\text{m/s})$  の範囲で、規格化した分布は  $10^{-7}$  付近で頻度が大きい分布となった。これより、土壌の透水係数と同様に、 $-3\sigma \sim +3\sigma$  の範囲を  $3 \times 10^{-10} \sim 5 \times 10^{-5}(\text{m/s})$  とした対数正規分布で近似して評価に用いることとした。

## 1.2. 動水勾配

国内の地下水位データから地下水等高線を評価し、地形別の動水勾配の分布を調査している文献<sup>2)</sup>のデータを引用した。本文献では、浅層の動水勾配は地表の地形勾配に依存しているとし、地形毎に動水勾配を付表 2-3 のようにまとめている。付表 2-3 では低地のデータが他の地形と比較して多いことから、地形の種類毎のデータの重みを同じとするため、各データを属する地形のデータ数で除して規格化した頻度を作成し、全体の動水勾配の頻度分布を付図 2-3 のように作成した。付図 2-3 から、データは  $10^{-3}(0.1\%) \sim 10^{-1}(10\%)$  の範囲で、分布は  $10^{-2}(1\%)$  付近で頻度が大きい分布を示していることから、 $-3\sigma \sim +3\sigma$  の範囲を  $10^{-3}(0.1\%) \sim 10^{-1}(10\%)$  とした対数正規分布で近似して評価に用いることとした。

## 1.3. 有効空隙率(間隙率)

空隙率は、地下水流に関連する有効空隙率を設定した。全体の空隙率は、土壌及び岩盤の見かけ密度に関するパラメータであるが、有効空隙率以外の空隙率は、密度のパラメータ設定に包含させた。

### 1.3.1. 土壌

土壌の有効空隙率は、旧原子力安全委員会のクリアランスレベル評価で引用されている「水理公式集」<sup>3)</sup>に土砂の有効空隙率として 5%~30%の範囲が示されている。(付表 2-4 参照)

また、パラメータスタディでは風化した岩盤を土壌に分類して評価することとした。風化した岩盤の空隙率は、「地下水ハンドブック」<sup>4)</sup>では、花崗岩とはんれい岩について 3%~25%と示されている。(付表 2-5 参照) 一方、我が国の岩盤の物理的特性データを収集した文献<sup>5)</sup>では、岩盤の有効空隙率<sup>1)</sup>の最大値は 58.2%と示されており(付表 2-6 参照)、地下水ハンドブックに示された風化した岩盤の最大値より大きくなっている。地下水ハンドブックでは、風化岩の空隙率が新鮮な岩盤より大きく示されていることから、風化岩の有効空隙率の最大値を岩盤の最大値と同じとし、丸めて 60%に設定した。

これらより、評価上の土壌の有効空隙率を 3%から 60%の範囲とした。また、文献<sup>5)</sup>における岩盤の有効空隙率の分布図では、付図 2-4 に示されるように 0.1%から 60%の間に一般的な広がりとみられることから、土壌も同様と想定し、有効空隙率の分布型を対数一様分布

1) 文献<sup>4)</sup>では、「間隙率」として示されている。

に設定した。

### 1.3.2. 岩盤

岩盤の空隙率は、地下水ハンドブックでは、一般的な値として0.1%~50%と示されている(付表 2-5 参照)。また、文献<sup>5)</sup>では、有効空隙率として0~58.2%の範囲と示されている(付表 2-6 参照)。これらの文献を踏まえ、岩盤の空隙率を0.1%から60%の範囲に設定した。空隙率の分布型は、付図 2-4 に示す文献<sup>5)</sup>の分布図を参照し、対数一様分布に設定した。

## 1.4. 密度

安全評価では、土壌及び岩盤の真密度が必要なパラメータであり、下記のように設定した。

### 1.4.1. 岩盤

岩盤の密度に関するデータは、文献<sup>5)</sup>や産業技術総合研究所でまとめられたデータベース<sup>6)</sup>を参照した。岩盤の真密度 $\rho_r$ は、設定した有効空隙率 $\varepsilon$ の範囲(0.1%~60%)において、文献<sup>5)</sup>に示された飽和密度 $\rho_{rs}$ 1.2~3.1(g/cm<sup>3</sup>)の範囲(付表 2-7 参照)になるように下式により求めて設定した。

$$\begin{aligned}\rho_{rs} &= \varepsilon \times \rho_w + (1 - \varepsilon) \times \rho_r \\ \rho_r &= (\rho_{rs} - \varepsilon \times \rho_w) / (1 - \varepsilon)\end{aligned}$$

$$\rho_w : \text{水の密度}(1.0 \text{ g/cm}^3)$$

これより、岩盤の密度 $\rho_r$ を1.5~3.1(g/cm<sup>3</sup>)の範囲に設定した。文献<sup>5)</sup>では、個々のデータが示されていないため、産業技術総合研究所のデータベース<sup>6)</sup>の値から強制湿潤密度の分布型を作成すると平均値付近で頻度が大きい分布となる(付図 2-5 参照)ことから、岩盤の密度の分布型を正規分布として設定した。

### 1.4.2. 土壌

土壌の密度は、文献<sup>1)</sup>において示されている土壌及び風化岩の密度のデータ(付表 2-8 参照)を基に設定した。文献<sup>1)</sup>の密度は、測定データの種類(飽和密度、乾燥密度等)が示されていないが、産業技術総合研究所のデータベースの解説<sup>7)</sup>における土壌の湿潤密度の範囲<sup>2)</sup>を包含する分布幅であることから、文献<sup>1)</sup>のデータを飽和密度として取扱い土壌及び風化岩盤の真密度の範囲を設定した。土壌の密度の設定方法は岩盤と同様に、有効空隙率の範囲3%~60%において、文献<sup>1)</sup>に示されている土壌及び風化した岩盤の密度の範囲1.0~

<sup>2)</sup>文献<sup>1)</sup>のデータは、1.0~2.66(g/cm<sup>3</sup>)の範囲で、産業技術総合研究所のデータベースの解説<sup>7)</sup>によれば、砂質土の湿潤密度は、1.4~2.1(g/cm<sup>3</sup>)、沖積性粘性土は、1.2~1.8(g/cm<sup>3</sup>)、沖積性砂質土は1.6~2.0(g/cm<sup>3</sup>)程度であり、文献<sup>1)</sup>のデータはこれらの範囲を包含している。

2.8(g/cm<sup>3</sup>)になるように計算し 1.0~2.9(g/cm<sup>3</sup>)に設定した。また、文献に示されたデータより、密度のヒストグラムを作成したところ、平均値付近に頻度が大きい分布となる(付図 2-6 参照)ことから、土壌の分布型を正規分布に近似して設定した。

## 1.5. 分配係数

### 1.5.1. 岩盤

岩盤に関するデータは、原子力機構の収着・吸着データベース<sup>8), 9)</sup>のデータのうち、玄武岩、花崗岩、堆積岩、砂岩、凝灰岩のデータの最大値と最小値を設定した。調査及び設定した分配係数のデータ範囲を付表 2-9 に示す。パラメータの設定に当たっては、浅地中処分の安全評価であるため酸化雰囲気と想定し、還元雰囲気と記されたデータは除いた。また、平均から極端に外れたデータも除いた。具体的には、全データの対数平均値と対数の標準偏差 $\sigma$ を求め、 $\pm 3\sigma$ の範囲から外れているデータを除いた。データがなかった元素は、土壌の分配係数と同じとして設定した。分配係数の分布型は、クリアランスレベル評価例に基づいて対数正規分布に設定した。

### 1.5.2. 土壌

土壌に関するデータは、クリアランスレベル評価で引用されている文献<sup>10)</sup>の砂、ローム、粘土のデータの最小値と最大値を設定した。トレンチ処分施設内の浸透水の分配平衡には、土壌層の分配係数の分布を用いた。ただし、放射性物質の移行経路である土壌層では、風化岩も含めていることから、文献<sup>9)</sup>のデータと設定した岩盤のデータの両方における最大値と最小値から設定した。データがない元素は、濃度上限値評価やクリアランスレベル評価で引用されている別の文献から引用、または、化学的類似性から他の元素の分配係数を引用した。調査及び設定した分配係数のデータ範囲を付表 2-9 に示す。分配係数の分布型は、クリアランスレベル評価例に基づいて対数正規分布に設定した。

## 2. 埋設施設周辺の地下水又は土地の利用に係るパラメータ

### 2.1. 帯水層の厚さ

土壌層中の地下水が流れる層を帯水層として定義する。(本評価では、風化岩盤層も土壌層として扱っている。)クリアランスレベル評価では、文献<sup>11)</sup>を引用し帯水層の厚さを 1m~100m に設定しているが、文献<sup>11)</sup>は、データの分布が示されていない。帯水層は、地盤において地下水が流れやすい層と考えることができるので、井戸の地下水を採取するストレーナーの長さを帯水層の厚さに模擬してデータを収集した。井戸のデータは、国土交通省が取りまとめている地下水資料台帳<sup>12)</sup>のストレーナーの長さのデータを集計した。集計したデータ分布を付表 2-10 及び付図 2-7 に示す。ストレーナーの長さも 1m~100m の範囲に分布しているため、帯水層の厚さは、1m から 100m の範囲に想定した。ただし、帯水層の厚さの範囲は、パラメータスタディにおける施設周辺の地盤と施設の評価モデルと関係

するので、評価のモデル化の段階で設定した。

## 2.2. 地表から地下水位までの深さ

文献<sup>2)</sup>における管頭高さから地下水位標高を引いて、地表から地下水までの深さのデータを算出して集計した。地表から地下水位までの深さの分布を付表 2-11 及び付図 2-8 に示す。

地表から地下水位までの深さは、頻度割合の小さい範囲を除いて 0.5m 以上とし、最大値はパラメータスタディにおける地盤、施設のモデルと関係するので、評価のモデル化の段階で設定した。

## 2.3. 浸透水量

クリアランスレベル評価に用いられた 0.1m/y~1.0m/y に設定した。クリアランスレベルの評価では、「日本の地下水」<sup>11)</sup>を引用し、地下水流出量（浸透水量に相当）が河川の湧水流量にほぼ等しいと考えられており、湧水流量は、 $0.5\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$  (0.16 m/y) ~  $3\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$  (0.95 m/y) にわたっていることから、0.1m/y~1m/y に設定している。

## 2.4. 河川等までの距離

概念設計の前提条件の調査<sup>13)</sup>において、各地形（小起伏山地・丘陵、台地・河岸段丘、低地・海岸段丘）の複数の断面図から、河川間距離を読み取った結果、河川間の距離は 0.2km~4.5km の範囲であった。埋設施設がその間にあった場合、河川までの距離は 0.1km~2.25km となるため、最大距離は保守的に短くして 100m から 1,000m とする。概念設計ではスカイシャイン線量の評価の結果、埋設地から敷地境界までに必要な距離は 100m という結果となったが、敷地内に小規模の河川がある敷地も考えられることから、本安全評価においては、河川までの距離を保守的に 0m~1,000m に設定する。海までの距離も保守的に 0m~1,000m に設定する。河川等までの距離は一様な重みづけと考えられるため、分布型は一様分布とした。

## 2.5. 河川流量

国土交通省が取りまとめている水文水質観測<sup>14)</sup>において、河川流量を測定している観測所の年間の平均流量を集計した(一部は、月間データから算出した)。付表 2-12 及び付図 2-9 に河川流量の分布を示す。この結果、河川流量の範囲を  $10^6\sim 10^{11}(\text{m}^3/\text{y})$  とし、対数平均値付近に大きな頻度割合となる分布を示していることから、対数正規分布に近似して設定した。

## 2.6. 海洋交換水量

クリアランスレベル評価における設定方法を用いて海の交換水量を設定した。理科年表（平成 22 年）<sup>15)</sup>に記載された国内主要 17 地点の平均大潮期における潮流の流速のデータに安全側に  $1,000\text{m}^2$  の混合面積を乗じて年間の交換水量を算出した。17 地点の算出した交換



水量の分布を付表 2-13 及び付図 2-10 に示す。その結果、パラメータの範囲を  $3 \times 10^9 (\text{m}^3/\text{y})$  ~  $3 \times 10^{11} (\text{m}^3/\text{y})$  とし、対数平均値付近に大きな頻度割合となる分布を示していることから、対数正規分布に設定した。

### 2.7. 井戸水取水量

井戸のデータは、国土交通省が取りまとめている地下水資料台帳<sup>12)</sup>のデータを集計した。用途別に生活用都市用、工業用、農業用、それ以外（用途不明を含む）に分け、揚水量のデータを集計した。また、自噴量はその場における地下水流量を表していると考えられるため、自噴量のデータも揚水量として集計し、揚水量と自噴量のデータのうち、その場所における揚水可能量を考慮して、大きい値を揚水量として集計した。付表 2-14 及び付図 2-11 に用途別の揚水量の頻度分布を示す。揚水量の分布の結果から、パラメータの範囲を頻度割合の大きい  $10^4 \sim 3 \times 10^6 (\text{m}^3/\text{y})$  とし、用途別の分布の違いを考慮して、分布型は頻度分布をそのまま用いた。

### 2.8. 井戸水混合割合

クリアランスレベル評価における埋設施設からの浸透水を含む地下水と含まない地下水の井戸水混合割合に基づいて、0.1~1.0 の範囲で対数一様分布に設定する。

### 2.9. 井戸までの距離

井戸は敷地内では利用されないため、概念設計の結果からピット、トレンチ施設から敷地境界までの距離を考慮して、井戸までの最小距離を 100m とした。最大距離は、河川等までの距離の設定結果と同じとし 1,000m に設定した。井戸までの距離は一様な重みづけと考えられるため、分布型は一様分布とした。

## 3. 評価項目以外のパラメータの設定

安全評価に用いたパラメータスタディの評価パラメータ以外のパラメータは、概念設計の安全評価で使用したものを選定した。概念設計で使用しなかったパラメータは、クリアランスレベル評価、濃度上限値評価、既設の埋設事業の安全評価で使用されているものを選定した。付表 2-15~付表 2-27 に安全評価に使用したパラメータスタディの評価パラメータ以外のパラメータを示す。

付表 2-1 評価に用いた土壌の種類毎の透水係数データ

								m/s
	データ数	最大値	最小値	中央値	平均値	標準偏差	対数平均値	
1 シルト質粘土	14	4.6E-06	1.0E-10	1.4E-09	5.2E-07	1.3E-06	4.5E-09	
2 固結粘土	6	8.3E-07	1.6E-10	6.7E-09	1.4E-07	3.4E-07	5.3E-09	
3 シルト	24	1.0E-06	5.0E-10	9.6E-09	1.1E-07	2.4E-07	1.3E-08	
4 粘土	44	1.0E-05	1.5E-10	1.6E-08	4.1E-07	1.5E-06	2.4E-08	
5 泥炭	10	5.9E-06	5.0E-09	3.1E-07	1.1E-06	1.9E-06	2.1E-07	
6 表土・腐植土	9	5.6E-06	1.0E-08	5.0E-07	1.9E-06	1.4E-06	3.6E-07	
7 ローム・火山灰	23	9.8E-05	1.0E-09	2.3E-06	1.3E-05	2.4E-05	7.2E-07	
8 粘土混じり砂礫土	17	9.8E-04	1.5E-09	1.8E-06	1.1E-04	2.6E-04	8.2E-07	
9 砂質土	60	9.2E-04	3.2E-10	9.2E-06	6.0E-05	1.6E-04	3.9E-06	
10 シルト混じり砂礫	14	7.6E-04	2.2E-07	1.2E-05	1.4E-04	2.5E-04	1.5E-05	
11 シラス	6	1.6E-03	3.2E-07	1.1E-05	2.9E-04	6.3E-04	1.7E-05	
12 砂	192	1.0E-03	7.6E-10	2.7E-05	8.5E-05	1.5E-04	1.9E-05	
13 扇状地堆積物	2	1.6E-04	5.0E-06	8.2E-05	8.2E-05	1.1E-04	2.8E-05	
14 礫まじり砂礫土	19	3.0E-03	1.0E-08	3.2E-05	4.8E-04	9.4E-04	3.4E-05	
15 段丘砂礫	18	5.0E-03	3.2E-07	4.2E-05	5.7E-04	1.2E-03	6.1E-05	
16 河床堆積物	2	3.2E-04	2.2E-05	1.7E-04	1.7E-04	2.1E-04	8.4E-05	
17 砂礫・混合	208	1.0E-01	1.9E-07	1.6E-04	1.7E-03	8.0E-03	1.3E-04	
18 礫	22	5.1E-03	1.6E-06	1.2E-04	7.4E-04	1.3E-03	1.3E-04	
19 礫性石灰岩	6	7.1E-03	1.7E-04	4.4E-04	2.3E-03	3.0E-03	8.7E-04	
20 風化岩	171	5.0E-05	2.0E-09	1.3E-06	1.0E-06	7.7E-06	3.7E-06	
全体	867	1.0E-01	1.0E-10	1.0E-05	5.0E-04	1.6E-03	6.4E-06	

礫性石灰岩及び風化岩は、透水係数が大きいことから土壌に分類した。

付表 2-2 評価に用いた岩盤の種類毎の透水係数データ

											m/s
記号	地質時代	固結度	構成岩石、地層	データ数	最大値	最小値	中央値	平均値	標準偏差	対数平均値	
1 gr	先第四紀	硬岩	花崗岩、閃緑岩、片麻岩	310E+01	5.0E-06	2.5E-10	1.6E-07	5.7E-07	1.2E-06	1.4E-07	
2 Kms	後期中世代~古第三紀、白亜紀	硬岩	砂岩、頁岩	800E+00	6.0E-07	3.2E-09	2.2E-07	2.7E-07	2.0E-07	1.5E-07	
3 K-PGvp	白亜紀~古第三紀	硬岩	溶岩、凝灰角礫岩、凝灰岩	100E+01	1.6E-06	6.0E-08	2.0E-07	4.2E-07	4.8E-07	2.3E-07	
4 Nms	新第三紀	固結~軟岩	礫、砂、シルト、泥岩、頁岩	900E+00	5.0E-07	1.7E-08	2.4E-07	2.7E-07	1.5E-07	2.1E-07	
5 N-Qvp	鮮新世~更新世	硬岩~未固結	溶岩、凝灰角礫岩、凝灰岩、溶結凝灰岩	300E+00	2.6E-05	1.0E-06	2.7E-06	1.0E-05	1.2E-05	4.2E-06	
6 Nvp	新第三紀	硬岩	溶岩、凝灰角礫岩	180E+01	5.0E-05	1.5E-09	3.2E-07	3.4E-06	1.1E-05	2.9E-07	
7 PG-Nmsg	古第三紀~中新世	軟岩	砂岩泥岩、サイクロセム型互層	400E+00	1.6E-07	2.7E-08	6.6E-08	7.9E-08	5.4E-08	6.0E-08	
8 P-Mmscvp	古生代~前期中世代	硬岩	泥質岩、砂質岩、珪質岩、火山性岩	200E+01	9.4E-07	1.4E-08	2.7E-07	3.4E-07	2.6E-07	2.1E-07	
9 P-Msch	古生代~前期中世代	硬岩	炭酸塩岩(石灰岩)	110E+01	1.3E-06	2.1E-08	3.5E-07	4.1E-07	3.9E-07	2.3E-07	
10 Qv	第四紀	未固結	凝灰角礫岩	100E+00	---	---	---	1.3E-07	---	---	
11 sp	先第四紀	硬岩	蛇紋岩、かんらん岩	100E+00	---	---	---	1.9E-06	---	---	
全体				1.16E+02	5.0E-05	2.5E-10	2.7E-07	1.1E-06	5.2E-06	2.0E-07	

付表 2-3 地形別の動水勾配の分布

(-)

	山地	丘陵地	台地	低地
データ数	12	13	62	203
最大値	0.071	0.061	0.1	0.067
最小値	0.005	0.003	0.001	0.0003
平均値	0.023	0.0272	0.0181	0.0085
中央値	0.0175	0.026	0.01	0.006
標準偏差	0.0202	0.0183	0.0198	0.0085

付表 2-4 土壌の有効空隙率\*

(%)

地層	空隙率	有効空隙率
沖積礫層	35	25
細礫層	35	15
砂丘砂層	30~35	20
泥粘土質層	45~50	15~20
沖積砂礫層	30	15~20
砂層	35~40	30
ローム層	50~70	20
泥層粘土層	50~70	5~10

\* : 「水理公式集」<sup>3)</sup>から引用

付表 2-5 岩盤の空隙率\*

岩質	風化程度	空隙率(%)	岩質	風化程度	空隙率(%)
花崗岩	新鮮	0.3~5	安山岩		1~7
	かなり風化が進んだもの	10~25			
はんれい岩	新鮮	0.2~1	玄武岩	割れ目がないもの	0.1~5
	かなり風化が進んだもの	3~18		少し割れ目があるもの	5~7
石灰岩	新鮮	0.5~1	凝灰岩 (大谷石)	普通	20~25
	多孔質なもの	10~27		多孔質なもの	25~50
頁岩	固結度の高いもの	0.4~3	砂岩	固結度の高いもの	0.6~7
	固結度の低いもの	3~10		固結度の低いもの	20~42

\*:「地下水ハンドブック」より引用

付表 2-6 岩盤の有効空隙率\*

	データ 個数	有効空隙率(%)				
		最大値	最小値	平均値	中央値	標準偏差
結晶質岩 (酸性岩)	315	58.2	0	4	1.3	7.7
結晶質岩 (塩基性岩)	248	25.2	0.1	7	5.4	5.7
新第三紀堆積岩 (砂質岩)	110	55.1	0.1	17.9	16.1	13.7
新第三紀堆積岩 (泥質/凝灰岩)	203	55.4	0.2	20	20	12.8
先第三紀堆積岩 (砂質岩)	124	40	0	6.5	3.1	9
先第三紀堆積岩 (泥質/凝灰岩)	53	46	0.4	7.7	1.8	11.4

\*: 文献 5)における表から抜粋して作成

付表 2-7 岩盤の飽和密度\*

(g/cm<sup>3</sup>)

	データ個数	最大値	最小値	平均値	中央値	標準偏差
結晶質岩 (酸性岩)	250	3.12	1.76	2.67	2.67	0.18
結晶質岩 (塩基性岩)	125	3.09	2.15	2.66	2.66	0.24
新第三紀堆積岩 (砂質岩)	87	2.64	1.74	2.27	2.29	0.25
新第三紀堆積岩 (泥質/凝灰岩)	155	2.62	1.4	2.23	2.29	0.28
先第三紀堆積岩 (砂質岩)	48	2.79	1.23	2.58	2.63	0.28
先第三紀堆積岩 (泥質/凝灰岩)	18	3.05	1.9	2.69	2.7	0.25

\* : 文献 5)における表から抜粋して作成

付表 2-8 土壌の密度\*

g/cm<sup>3</sup>

	データ数	最大値	最小値	中央値	平均値	標準偏差	対数平均値
1 シルト質粘土	8	1.7E+00	1.3E+00	1.5E+00	1.5E+00	1.3E-01	1.5E+00
2 シルト	3	1.7E+00	1.6E+00	1.7E+00	1.7E+00	5.3E-02	1.6E+00
3 粘土	19	2.0E+00	1.1E+00	1.6E+00	1.5E+00	2.2E-01	1.5E+00
4 泥炭	4	1.8E+00	1.7E+00	1.8E+00	1.8E+00	4.0E-02	1.8E+00
5 表土・腐植土	4	1.5E+00	1.0E+00	1.3E+00	1.3E+00	2.2E-01	1.3E+00
6 ローム・火山灰	8	1.9E+00	1.3E+00	1.4E+00	1.4E+00	2.1E-01	1.4E+00
7 粘土混じり砂礫土	6	1.9E+00	1.3E+00	1.6E+00	1.6E+00	2.0E-01	1.6E+00
8 砂質土	12	2.2E+00	1.5E+00	1.9E+00	1.8E+00	1.8E-01	1.8E+00
9 シルト混じり砂礫	3	1.9E+00	1.6E+00	1.8E+00	1.8E+00	1.5E-01	1.8E+00
10 シラス	1	1.1E+00	1.1E+00	1.1E+00	1.1E+00	—	1.1E+00
11 砂	33	2.5E+00	1.5E+00	1.8E+00	1.8E+00	1.8E-01	1.8E+00
12 扇状地堆積物	2	1.8E+00	1.6E+00	1.7E+00	1.7E+00	1.4E-01	1.7E+00
13 礫まじり砂礫土	2	2.4E+00	1.8E+00	2.1E+00	2.1E+00	4.4E-01	2.1E+00
14 河床堆積物	2	2.2E+00	2.2E+00	2.2E+00	2.2E+00	0.0E+00	2.8E+00
15 砂礫・混合	13	2.7E+00	1.7E+00	1.9E+00	2.0E+00	2.7E-01	1.9E+00
16 礫	4	2.1E+00	1.6E+00	2.0E+00	1.9E+00	2.4E-01	1.9E+00
17 風化岩	23	2.8E+00	1.6E+00	2.6E+00	2.3E+00	5.0E-01	2.2E+00
全体	147	2.8E+00	1.0E+00	1.8E+00	1.8E+00	3.8E-01	1.8E+00

\* : 文献 1) のデータを集計して作成

付表 2-9 分配係数のデータ範囲(1/2)

核種	砂		ローム		粘土		玄武岩		花崗岩		泥岩	
	推奨値	最小値	最大値	推奨値	最小値	最大値	推奨値	最小値	最大値	推奨値	最小値	最大値
1 H	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2 C	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3 Al	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4 Cl	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5 Ca	9.0E-03	---	---	3.0E-02	---	---	4.9E-02	---	---	---	---	---
6 Co	6.0E-02	2.2E-04	1.6E+01	1.3E+00	9.9E-02	1.8E+01	5.4E-01	1.5E-02	2.0E+01	3.3E-03	8.6E-01	6.5E-03
7 Ni	4.0E-01	2.0E-02	8.1E+00	3.0E-01	---	---	6.7E-01	1.6E-01	2.7E+00	1.0E-03	1.0E+01	7.3E-02
8 Se	1.5E-01	---	---	4.9E-01	---	---	7.4E-01	---	---	2.9E-04	1.8E-01	1.5E-03
9 Sr	1.3E-02	5.5E-04	3.3E-01	2.0E-02	6.7E-04	6.0E-01	1.1E-01	2.0E-03	6.0E+00	1.4E-05	1.0E+01	1.2E-03
10 Nb	1.6E-01	---	---	5.4E-01	---	---	9.0E-01	---	---	7.0E-03	5.4E+01	8.2E-02
11 Mo	7.4E-03	8.2E-04	6.7E-02	1.3E-01	---	---	9.0E-02	8.2E-03	9.9E-01	---	---	---
12 Tc	1.4E-04	3.7E-06	5.0E-03	1.0E-04	1.1E-05	9.0E-02	1.2E-03	1.1E-03	1.4E-03	1.0E-04	1.2E-01	1.0E-05
13 Ag	9.0E-02	2.5E-03	3.3E+00	1.2E-01	1.3E-02	1.1E+00	1.8E-01	8.1E-02	4.0E-01	---	---	1.0E-01
14 Sn	1.3E-01	---	---	4.5E-01	---	---	6.7E-01	---	---	---	---	---
15 I	1.0E-03	1.3E-05	8.5E-02	4.5E-03	8.2E-05	2.4E-01	1.8E-01	8.2E-05	3.3E-02	5.0E-04	1.9E-03	5.0E-04
16 Cs	2.7E-01	1.8E-03	4.0E+01	4.4E+00	3.3E-01	6.0E+00	1.8E+00	7.4E-02	4.4E+01	4.0E-04	1.3E+02	4.2E-03
17 Ba	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
18 Eu	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
19 Ho	2.4E-01	---	---	8.1E-01	---	---	---	---	---	6.7E-03	3.2E+01	3.2E-01
20 Pb	2.7E-01	2.7E-03	2.7E+01	1.6E+01	9.9E-01	2.7E+02	5.4E-01	---	---	1.6E+00	4.4E+00	2.0E-02
21 Po	1.5E-01	6.0E-03	3.6E+00	4.0E-01	3.0E-02	5.4E+00	2.7E-01	---	---	---	---	9.5E-02
22 Ra	4.9E-01	8.2E-04	3.0E+02	3.6E+01	7.4E-02	1.8E+04	9.0E+00	6.7E-01	1.2E+02	1.9E-02	5.3E+01	6.0E-03
23 Ac	4.5E-01	---	---	1.5E+00	---	---	2.4E+00	---	---	---	---	6.8E-02
24 Th	3.0E+00	4.5E-02	2.0E+02	3.3E+00	---	---	5.4E+00	3.0E-02	9.8E+02	6.1E-02	1.0E+01	1.7E-01
25 Pa	5.4E-01	---	---	1.8E+00	---	---	2.7E+00	---	---	2.4E-03	7.3E-03	3.0E+00
26 U	3.3E-02	5.5E-05	2.0E+01	1.2E-02	1.7E-05	9.0E+00	1.5E+00	4.0E-03	4.9E+02	6.3E-05	2.2E+01	1.1E-03
27 Np	4.1E-03	1.4E-04	1.2E-01	2.5E-02	2.2E-03	2.7E-01	5.5E-02	2.7E-05	1.1E+02	5.0E-04	1.8E+00	7.0E-04
28 Pu	5.4E-01	1.8E-02	1.6E+01	1.2E+00	1.1E-01	1.3E+01	4.9E+00	7.4E-02	3.3E+02	4.0E-04	3.6E+02	3.0E-04
29 Am	2.0E+00	1.1E-02	2.6E+02	9.9E-01	6.0E-01	6.0E+02	8.1E+00	4.5E-02	1.5E+03	1.9E-03	1.2E+02	5.0E-03
30 Cm	4.0E+00	---	---	1.8E+01	4.4E+00	7.3E+01	5.4E+00	---	---	---	---	---
	IAEA TRS 364	IAEA TRS 364	IAEA TRS 364	IAEA TRS 364	IAEA TRS 364	IAEA TRS 364	IAEA TRS 364	IAEA TRS 364	IAEA TRS 364	IAEA-SDB	IAEA-SDB	IAEA-SDB

付表 2-9 分配係数のデータ範囲(2/2)

核種	砂岩		凝灰岩		帯水層土壌		帯水層土壌		トレンチ施設 (土壌)の選定値		土壌の選定値		岩盤の選定値		備考
	最小値	最大値	最小値	最大値	選定値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	
1 H	---	---	---	---	0.0E+00	---	---	---	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
2 C	---	---	---	---	2.0E-03	4.0E-05	1.0E-01	---	---	1.0E-01	4.0E-05	1.0E-01	4.0E-05	1.0E-01	*1
3 Al	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.5E-01	1.5E-01	1.5E+01	1.5E-01	1.5E+01	*2
4 Cl	---	---	---	---	1.0E-03	1.3E-05	8.5E-02	---	---	1.3E-05	8.5E-02	1.3E-05	8.5E-02	1.3E-05	*1
5 Ca	---	---	---	---	9.0E-03	1.0E-03	3.0E-02	---	---	1.0E-03	3.0E-02	1.0E-03	3.0E-02	1.0E-03	*1
6 Co	8.4E-05	4.2E+00	8.4E-01	6.8E+00	6.0E-02	2.2E-04	1.6E+01	---	---	2.2E-04	2.0E+01	8.4E-05	2.0E+02	8.4E-05	2.0E+02
7 Ni	4.9E-04	1.0E+01	1.1E-03	1.6E+00	4.0E-01	2.0E-02	8.1E+00	---	---	2.0E-02	8.1E+00	4.9E-04	2.3E+01	4.9E-04	2.3E+01
8 Se	2.4E-04	4.8E-01	2.0E-04	2.4E-01	---	---	---	---	---	1.5E-01	7.4E-01	2.0E-04	7.4E-01	2.0E-04	4.8E-01
9 Sr	4.0E-05	1.0E+01	3.8E-03	1.7E+02	1.3E-02	5.5E-04	3.3E-01	---	---	5.5E-04	6.0E+00	1.4E-05	1.7E+02	1.4E-05	1.7E+02
10 Nb	1.0E-01	5.4E+01	1.0E-01	3.7E+01	1.6E-01	1.8E-02	1.6E+00	1.6E-02	1.6E-02	1.6E-01	9.0E-01	7.0E-03	5.4E+01	7.0E-03	5.4E+01
11 Mo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	8.2E-04	9.9E-01	8.2E-04	9.9E-01	8.2E-04	9.9E-01
12 Tc	1.0E-05	1.3E+00	1.0E-05	5.6E-02	1.4E-04	3.7E-06	5.0E-03	---	---	3.7E-06	9.0E-02	3.7E-06	3.0E+00	1.0E-05	3.0E+00
13 Ag	1.0E-02	1.0E+00	---	---	---	---	---	---	---	2.5E-03	3.3E+00	2.5E-03	1.7E+01	1.0E-02	1.7E+01
14 Sn	2.0E-01	1.8E+01	---	---	---	---	---	---	---	1.3E-01	6.7E-01	1.3E-01	1.8E+01	2.0E-01	1.8E+01
15 I	1.0E-05	3.4E-03	---	---	1.0E-03	1.3E-05	8.5E-02	---	---	1.3E-05	2.4E-01	1.0E-05	2.4E-01	1.0E-05	2.5E-02
16 Cs	2.0E-04	2.1E+01	1.0E-02	1.6E+02	2.7E-01	1.8E-03	4.0E+01	2.7E-01	---	1.8E-03	4.4E+01	2.0E-04	4.0E+02	2.0E-04	4.0E+02
17 Ba	---	---	---	---	---	---	---	---	---	5.5E-04	6.0E+00	1.4E-05	1.7E+02	1.4E-05	1.7E+02
18 Eu	3.9E-03	1.0E+01	3.0E-02	4.9E+02	3.1E-02	3.1E-03	3.1E-01	3.1E-02	---	3.1E-03	3.1E-01	3.9E-03	4.9E+02	3.9E-03	4.9E+02
19 Ho	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2.4E-01	8.1E-01	4.4E-02	4.4E+00	4.4E-02	4.4E+00
20 Pb	7.0E-02	3.2E+02	3.5E+00	5.0E+02	---	---	---	---	---	2.7E-03	2.7E+02	2.7E-03	8.0E+02	2.0E-02	8.0E+02
21 Po	---	---	---	---	---	---	---	---	---	6.0E-03	5.4E+00	6.0E-03	7.0E+03	6.0E-03	7.0E+03
22 Ra	4.6E-03	1.4E+01	4.6E-02	1.3E+02	---	---	---	---	---	8.2E-04	1.8E+04	8.2E-04	1.8E+04	4.6E-03	1.9E+02
23 Ac	3.0E-03	1.0E+02	3.5E+00	1.8E+01	---	---	---	---	---	4.5E-01	2.4E+00	3.0E-03	1.0E+02	3.0E-03	1.0E+02
24 Th	7.8E-03	1.6E+01	6.1E-02	2.4E+01	---	---	---	---	---	3.0E-02	9.8E+02	7.8E-03	9.8E+02	7.8E-03	1.0E+02
25 Pa	5.2E-02	4.3E+00	1.5E-03	4.1E+00	---	---	---	---	---	5.4E-01	2.7E+00	1.5E-03	5.2E+01	1.5E-03	5.2E+01
26 U	9.0E-05	1.4E+02	5.0E-04	9.9E-01	---	---	---	---	---	1.7E-05	4.9E+02	1.7E-05	4.9E+02	6.3E-05	1.4E+02
27 Np	1.1E-03	7.0E+00	3.4E-04	1.3E-01	---	---	---	---	---	2.7E-05	1.1E+02	2.7E-05	1.1E+02	3.4E-04	7.0E+00
28 Pu	1.0E-03	1.4E+03	2.5E-03	7.5E+02	5.4E-01	1.8E-02	1.6E+01	5.4E-01	1.8E-02	1.8E-02	3.3E+02	3.0E-04	1.4E+03	3.0E-04	1.4E+03
29 Am	1.5E-02	1.9E+02	4.5E-02	8.9E+02	2.0E+00	1.1E-02	2.6E+02	2.0E+00	---	1.1E-02	1.5E+03	9.5E-04	1.8E+03	9.5E-04	1.8E+03
30 Cm	---	---	---	---	4.0E+00	---	---	4.0E+00	4.0E+00	4.4E+00	7.3E+01	4.0E+00	7.3E+01	4.0E+00	7.3E+01
	JAEA-SDB	JAEA-SDB	JAEA-SDB	JAEA-SDB	主な原子炉施設におけるクリアランスレベルについて				核燃料使用施設におけるクリアランスレベルについて						

\*1: 岩盤は土壌と同じとした。

\*2: 土壌、岩盤ともに文献[28]の値を1/10、10倍とした。

\*3: 土壌、岩盤ともに化学的性質の類似性からSrと同一に選定

\*4: 土壌の二つのデータの対数平均値の1/10、10倍とした。岩盤は土壌と同じとした。

付表 2-10 帯水層の厚さ\*の範囲

範囲(m)	個数	割合
0 ~ 5	1638	3.4%
5 ~ 10	4608	9.5%
10 ~ 15	5773	11.9%
15 ~ 20	7118	14.6%
20 ~ 25	6718	13.8%
25 ~ 30	5409	11.1%
30 ~ 35	4829	9.9%
35 ~ 40	2940	6.0%
40 ~ 45	2636	5.4%
45 ~ 50	1495	3.1%
50 ~ 55	1688	3.5%
55 ~ 60	633	1.3%
60 ~ 65	556	1.1%
65 ~ 70	604	1.2%
70 ~ 75	303	0.6%
75 ~ 80	409	0.8%
80 ~ 85	208	0.4%
85 ~ 90	194	0.4%
90 ~ 95	88	0.2%
95 ~ 100	226	0.5%
100以上	546	1.1%
合計	48619	1

\*：地下水資料台帳<sup>12)</sup>の地下水を採取するストレーナーの厚さの分布で評価した。

付表 2-11 地表から地下水位までの深度\*の範囲

範囲(m)	データ数	割合
$0 < n \leq 0.5$	13	1.5E-02
$0.5 < n \leq 1$	38	4.3E-02
$1 < n \leq 3$	217	2.5E-01
$3 < n \leq 5$	188	2.1E-01
$5 < n \leq 7$	118	1.3E-01
$7 < n \leq 9$	80	9.1E-02
$9 < n \leq 11$	50	5.7E-02
$11 < n \leq 13$	33	3.7E-02
$13 < n \leq 40$	135	1.5E-01
$40 < n \leq 50$	5	5.7E-03
$50 < n \leq 60$	3	3.4E-03
$60 < n \leq 70$	3	3.4E-03
合計	883	

\*：文献 2) におけるデータより、地表から地下水位までの深度を計算して集計した。



付表 2-12 河川流量の分布

河川水流量 (m <sup>3</sup> /y)				データ数	データ数割合
範囲		代表値			
10 <sup>7</sup>	≧ n >	10 <sup>6</sup>	3.0E+06	18	1.4E-02
10 <sup>8</sup>	≧ n >	10 <sup>7</sup>	3.0E+07	203	1.6E-01
10 <sup>9</sup>	≧ n >	10 <sup>8</sup>	3.0E+08	630	5.1E-01
10 <sup>10</sup>	≧ n >	10 <sup>9</sup>	3.0E+09	364	2.9E-01
10 <sup>11</sup>	≧ n >	10 <sup>10</sup>	3.0E+10	27	2.3E-02

(水文水質観測<sup>14)</sup>において、河川流量を測定している観測所の年間の平均流量を集計（一部は、月間データ算出）した。

付表 2-13 海洋の交換水量の分布

範囲				データ数	データ数割合
3 × 10 <sup>9</sup>	≦ n ≦	1 × 10 <sup>10</sup>		2	1.2E-01
1 × 10 <sup>10</sup>	< n ≦	3 × 10 <sup>10</sup>		1	5.9E-02
3 × 10 <sup>10</sup>	< n ≦	1 × 10 <sup>11</sup>		10	5.9E-01
1 × 10 <sup>11</sup>	< n ≦	3 × 10 <sup>11</sup>		4	2.4E-01

理科年表（平成 22 年）<sup>15)</sup>に記載された国内主要 17 地点の平均大潮期における潮流の流速のデータに安全側に 1,000m<sup>2</sup>の混合面積を乗じて年間の交換水量を算出した。

付表 2-14 井戸の揚水量の分布

データ区間	1		2		3		4		その他 <sup>*2</sup>	
	生活用		都市用 <sup>*1</sup>		工業用		農業用			
	データ数	割合	データ数	割合	データ数	割合	データ数	割合	データ数	割合
≦1.0E+04 <sup>*3</sup>	785	3.0%	117	2.7%	191	1.6%	191	3.2%	217	2.6%
1.0E+04 ~ 3.0E+04	1772	6.7%	291	6.7%	330	2.8%	252	4.2%	269	3.2%
3.0E+04 ~ 1.0E+05	4299	16.3%	998	23.1%	1303	11.2%	719	12.0%	826	9.9%
1.0E+05 ~ 3.0E+05	8236	31.2%	1841	42.6%	3266	28.0%	1380	23.0%	2199	26.3%
3.0E+05 ~ 1.0E+06	8550	32.4%	906	21.0%	4748	40.7%	2426	40.4%	4010	47.9%
1.0E+06 ~ 3.0E+06	2695	10.2%	158	3.7%	1795	15.4%	1003	16.7%	822	9.8%
≧3.0E+06 <sup>*3</sup>	38	0.1%	12	0.3%	29	0.2%	35	0.6%	27	0.3%
合計	26375		4323		11662		6006		8370	

\*1:生活用+工業用

\*2:1~4以外、及び用途不明を含む。

\*3:1.0E+04以下は1.0E+04、3.0E+06以上は、3.0E+06として扱う。

地下水資料台帳<sup>12)</sup>の揚水量及び自噴量のデータから、その場所の揚水可能量を考慮して大きいデータを集計した。

付表 2-15 施設に関する評価パラメータの設定値一覧

区分	立地条件項目	評価パラメータ項目	設定値		設定方法
			設定値	単位	
埋設施設	施設条件 (トレンチ処分)	施設形状	P埋設地：200×400×4	m <sup>3</sup>	施設の配置設計の結果をもとに設定。  施設の配置設計の結果をもとに設定。 「六ヶ所低レベル放射性廃棄物貯蔵センター廃棄物埋設事業許可申請書」 <sup>10)</sup> を参考とする。  モルタルの分配係数を参考にする。値は付表 2-24 を参照。 施設設計の結果をもとに設定。 「六ヶ所低レベル放射性廃棄物貯蔵センター廃棄物埋設事業許可申請書」を参考とする。  ベントナイトの分配係数を参考にする。値は付表 2-25 を参照。  既往文献 <sup>13)</sup> のベントナイト混合土の仕様（礫 50%、ベントナイト 15%）を参考にし、嵩密度を 1600kg/m <sup>3</sup> と仮定して第2次 TRU レポート <sup>17)</sup> の 4.4.2.2-11 式を用いて算出した値を丸めて 3×10 <sup>-10</sup> m <sup>2</sup> /s と設定。  地下水流動解析の結果から設定する。  地下水流動解析の結果から設定する。  岩盤を迂回して土壌層に至る流れは施設の最も下流側の限られた領域から生じることから、1m と設定する。  ベントナイト混合土層を迂回するための最も短い距離として、ベントナイト混合土層の厚さを設定する。
			S埋設地：400×200×4		
		施設形状	400×100×5	m <sup>3</sup>	
		廃棄体：真密度	2500	kg/m <sup>3</sup>	
		廃棄体：間隙率	0.35	—	
		廃棄体：分配係数	別表	—	
		ベントナイト混合土層の厚さ	2	m	
		ベントナイト混合土層：真密度	2700	kg/m <sup>3</sup>	
		ベントナイト混合土層：間隙率	0.4	—	
		ベントナイト混合土：分配係数	別表	—	
		ベントナイト混合土層：実効拡散係数	3×10 <sup>-10</sup>	m <sup>2</sup> /s	
		核種が流入する土壌層の地下水流向方向長さ	20	m	
		核種が流入する岩盤の地下水流向方向長さ	20	m	
		岩盤經由で土壌層へ流入する核種について、核種が流出する岩盤の地下水流向方向長さ	1	m	
岩盤經由で覆土へ流入する核種について、施設下流端から覆土に到るまでに核種が移行する距離	2	m			

付表 2-16 天然バリア及び自然環境に関する評価パラメータの設定値一覧

区分	立地条件項目	評価パラメータ項目	設定値		設定方法
			設定値	単位	
天然バリア 及び 自然環境	水象及び水理	河川岸土壌：真密度	2600	kg/m <sup>3</sup>	概念設計報告書 18)を参考にする。
		河川岸土壌：間隙率	0.3	—	概念設計報告書を参考にする。
		河川岸土壌：分配係数	別表	m <sup>3</sup> /kg	概念設計報告書を参考にする。値は付表 2-26 を参照。

付表 2-17 人間活動及び社会環境に関する評価パラメータの設定値一覧(1/2)

区分	立地条件項目	評価パラメータ項目	設定値		設定方法	
			設定値	単位		
人間活動 及び 社会環境	建設、居住等に関する 土地利用の状況	年間作業時間	500	h/y	原子炉 CL 報告書 19)を参考にする。	
		掘削深さ (跡地利用)	3m	m	原子炉 CL 報告書を参考にする。	
		掘削時における覆土と廃棄物層の混合割合	0.17	—	深度 3m までの掘削により廃棄物層の厚さ 0.5m 分が掘削されるとした。	
		作業時の遮蔽係数	0.5	—	原子炉 CL 報告書を参考にする。	
		農業者の遮蔽係数	1.0	—	原子炉 CL 報告書を参考にする。	
		作業時の粉塵濃度	5.0E-04	g/m <sup>3</sup>	原子炉 CL 報告書を参考にする。	
		作業時のダストの密度	2.0	g/m <sup>3</sup>	「原子炉施設及び核燃料使用施設の解体等に伴って発生するもののうち放射性廃物質として取り扱う必要のないものの放射能濃度について」 20)を参考にする。皮膚被ばく評価新設のため。	
		作業者の呼吸量	1.2	m <sup>3</sup> /h	原子炉 CL 報告書を参考にする。	
		微粒子への濃縮係数	吸入可能な粒子	4	—	ウランクリアランス報告書 21)を参考にする。
		年間居住時間		8760	h/y	原子炉 CL 報告書を参考にする。
		居住時の遮蔽係数		0.2	—	原子炉 CL 報告書を参考にする。
		居住時の粉塵濃度		6.0E-6	g/m <sup>3</sup>	原子炉 CL 報告書を参考にする。
		居住者の呼吸量		0.96	m <sup>3</sup> /h	原子炉 CL 報告書を参考にする。
		人の年間飲料水摂取量		0.61	m <sup>3</sup> /y	原子炉 CL 報告書を参考にする。
人の年間飲料水摂取量		0.61	m <sup>3</sup> /y	原子炉 CL 報告書を参考にする。		
河川産物の年間摂取量	魚類	0.6	kg/y	原子炉 CL 報告書を参考にする。		

付表 2-18 人間活動及び社会環境に関する評価パラメータの設定値一覧(2/2)

区分	立地条件項目	評価パラメータ項目	設定値		設定方法	
			設定値	単位		
人間活動 及び 社会環境	農業、畜産等食物に 関する土地利用の状況	経根吸収係数	1.0	-	保守的に1.0と設定する。	
		農作物の市場係数	1	-	原子炉 CL 報告書を参考にする。	
		農作物の摂取割合	別表	-	付表 2-19 を参照する。	
		農作物の輸送時間	0	d	原子炉 CL 報告書を参考にする。	
		農作物の 年間摂取量	米	71	kg/y	原子炉 CL 報告書を参考に、葉菜、非葉菜、果実のすべてに放射性核種が含まれていると想定して摂取量を設定する。
			葉菜	24		
			非葉菜	90		
			果実	44		
		灌溉土壌：真密度	2600	kg/m <sup>3</sup>	原子炉 CL 報告書を参考にする。	
		灌溉土壌：間隙率	0.3	-	原子炉 CL 報告書を参考にする。	
		灌溉土壌：分配係数	別表	m <sup>3</sup> /kg	概念設計報告書を参考にする。値は付表 2-26 を参照。	
		有効土壌深さ	0.15	m	原子炉 CL 報告書を参考にする。	
		灌溉水量	田	2.4	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /y	原子炉 CL 報告書を参考にする。
			畑・牧草地	1.2	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /y	原子炉 CL 報告書を参考にする。
		土壌飽和度	田	1	-	原子炉 CL 報告書を参考にする。
			畑・牧草地	0.2	-	原子炉 CL 報告書を参考にする。
		灌溉水浸透水量		0.4	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /y	原子炉 CL 報告書を参考にする。
		放射性核種の土壌残留係数		1	-	原子炉 CL 報告書を参考にする。
		放射性核種の農作物（葉菜、牧草）表面への沈着割合		1	-	原子炉 CL 報告書を参考にする。
		灌溉水年間生育期間		60	d	原子炉 CL 報告書を参考にする。
Weathering 効果による植物表面沈着放射核種の除去係数		18.07	1/y	原子炉 CL 報告書を参考にする。		
農作物の栽培密度（葉菜、牧草）		2.3	kg/m <sup>2</sup>	原子炉 CL 報告書を参考にする。		
農作物への移行係数		別表	-	値については、付表 2-20 を参照。		
放射性核種を含む飼料の混合割合		1	-	原子炉 CL 報告書を参考にする。		
家畜の飼料摂取量（乳牛）		16.1	kg-dry/d	原子炉 CL 報告書を参考にする。		
家畜の飼育水摂取量（乳牛）		60	L/d	原子炉 CL 報告書を参考にする。		
畜産物の年間摂取量（乳牛）		44	L/y	原子炉 CL 報告書を参考にする。		
畜産物の市場係数		1	-	原子炉 CL 報告書を参考にする。		
畜産物の輸送時間		0	d	原子炉 CL 報告書を参考にする。		

付表 2-19 各シナリオにおける農作物の摂取割合

シナリオ	線量評価対象者	農作物の年間摂取量に対する線量評価対象者の摂取割合(-)				設定方法
		米	葉菜	非葉菜	果実	
地下水移行	河川水： 農作物摂取	1	0	0	0	灌漑農作物摂取の評価経路に用いる。
土地利用	帯水層土壌：居住する人	0	0.1	0.1	0.1	VLLW 学会標準 <sup>22)</sup> における跡地居住者の家庭菜園を参考にする。
	河川岸土壌：農作物摂取	0	0.5	0.5	0.5	VLLW 学会標準を参考に、半分が自給自足と想定する。
	掘削土壌：居住者による農作物摂取	0	0.1	0.1	0.1	VLLW 学会標準における跡地居住者の家庭菜園を参考にする。

付表 2-20 農作物への移行係数

元素名	米 (Bq/g-wet)/(Bq/q-dry)		葉菜、非葉菜、果実 (Bq/g-wet)/(Bq/q-dry)	
	選定値	選定値の選定根拠	選定値	選定値の選定根拠
H	5.0E+00	IAEA-TECDOC-1380	5.0E+00	IAEA-TECDOC-1380
C	1.0E-01	IAEA-TECDOC-1380	1.0E-01	IAEA-TECDOC-1380
Al	4.0E-03	NCRP No.129 (VLLW 学会標準)	4.0E-03	ORNL-5786 (VLLW 学会標準)
Cl	5.0E+00	NUREG/CR-3585	5.0E+00	NUREG/CR-3585
Ca	5.0E-01	IAEA-TECDOC-1380	5.0E-01	IAEA-TECDOC-1380
Co	3.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	3.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
Ni	5.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	3.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
Se	1.0E-01	IAEA-TECDOC-1000	1.0E-01	IAEA-TECDOC-1000
Sr	8.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	3.0E+00	IAEA-TECDOC-1380(葉菜)
Nb	1.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	1.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
Mo	2.0E-01	IAEA-TECDOC-1000	2.0E-01	IAEA-TECDOC-1000
Tc	1.0E+01	IAEA-TECDOC-1380	1.0E+01	IAEA-TECDOC-1380
Ag	2.0E-01	IAEA-TECDOC-1380	2.0E-01	IAEA-TECDOC-1380
Sn	2.0E-01	IAEA-TECDOC-1380	1.0E-01	IAEA-TECDOC-1380
I	1.0E-01	IAEA-TECDOC-1380	1.0E-01	IAEA-TECDOC-1380
Cs	2.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	3.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
Ba	5.0E-02	葉菜、非葉菜、果実と同じ (VLLW 学会標準)	5.0E-02	IAEA SRS No.19 (VLLW 学会標準)
Eu	3.0E-03	IAEA-TECDOC-1380	3.0E-03	IAEA-TECDOC-1380
Ho	2.6E-03	UCRL-50163 part IV	2.6E-03	UCRL-50163 part IV
Pb	1.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	1.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
Po	2.0E-04	IAEA-TECDOC-1380	2.0E-04	IAEA-TECDOC-1380
Ra	4.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	4.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
Ac	1.0E-03	IAEA-TECDOC-1380	1.0E-03	IAEA-TECDOC-1380
Th	5.0E-04	IAEA-TECDOC-1380	5.0E-04	IAEA-TECDOC-1380
Pa	4.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	4.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
U	1.0E-04	IAEA-TECDOC-1380	1.0E-03	IAEA-TECDOC-1380
Np	3.0E-04	IAEA-TECDOC-1380	1.0E-02	IAEA-TECDOC-1380(葉菜)
Pu	3.0E-05	IAEA-TECDOC-1380	1.0E-03	IAEA-TECDOC-1380(根菜)
Am	1.0E-05	IAEA-TECDOC-1380	1.0E-03	IAEA-TECDOC-1380
Cm	1.8E-05	IAEA TRS No.364 (シリアル)	2.2E-04	IAEA TRS No.364 (根菜)

選定手順：①IAEA-TECDOC-1380<sup>23)</sup>、②IAEA TRS No.364、③IAEA SS No.57<sup>24)</sup>、  
 ④IAEA-TECDOC-401<sup>25)</sup>、⑤IAEA-TECDOC-1000<sup>26)</sup>  
 ⑥上記文献に記載がない元素の設定は下記のとおり  
 Al：NCRP No.129<sup>27)</sup>(米)、ORNL-5786<sup>28)</sup>(葉菜、非葉菜、果実)、  
 Cd 及び Ba：IAEA SRS No.19<sup>29)</sup>、Cl：NUREG/CR-3585<sup>30)</sup>、Ho：UCRL-50163 part IV<sup>31)</sup>

付表 2-21 河川産物(魚類)への濃縮係数

元素名	選定値 (m <sup>3</sup> /kg)	選定値の選定根拠
H	1.0E-03	IAEA-TECDOC-1380
C	5.0E+01	IAEA-TECDOC-1380
Al	5.0E-01	NCRP-123(VLLW 学会標準)
Cl	5.0E-02	NUREG/CR-3585
Ca	2.0E-01	IAEA-TECDOC-1380
Co	3.0E-01	IAEA-TECDOC-1380
Ni	1.0E-01	IAEA-TECDOC-1380
Se	2.0E-01	IAEA-TECDOC-1000
Sr	6.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
Nb	3.0E-01	IAEA-TECDOC-1380
Mo	1.0E-02	NUREG/CR-3585
Tc	2.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
Ag	5.0E-03	IAEA-TECDOC-1380
Sn	3.0E+00	IAEA-TECDOC-1380
I	4.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
Cs	2.0E+00	IAEA-TECDOC-1380
Ba	4.0E-03	IAEA SRS No.19(VLLW 学会標準)
Eu	5.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
Ho	2.5E-02	UCRL-50564
Pb	3.0E-01	IAEA-TECDOC-1380
Po	5.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
Ra	5.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
Ac	3.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
Th	1.0E-01	IAEA-TECDOC-1380
Pa	1.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
U	1.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
Np	3.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
Pu	3.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
Am	3.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
Cm	3.0E-02	IAEA TRS No.364
選定手順：①IAEA-TECDOC-1380, ②IAEA SS No.57, ③IAEA-TECDOC-401, ④NUREG/CR-3585, ⑤UCRL-50564 Rev.1 <sup>32)</sup> , ⑥IAEA TRS No.364, ⑦IAEA-TECDOC-1000, ⑧IAEA SRS No.19, ⑨NCRP-123 <sup>33)</sup>		

付表 2-22 飼料への移行係数

元素名	選定値 (Bq/g-wet)/(Bq/q-dry)	選定値の選定根拠
H	5.0E+00	第3次中間報告
C	2.8E+00	第3次中間報告
Al	1.0E-01	IAEA SRS No.19
Cl	7.0E+01	第3次中間報告
Ca	3.5E+00	第3次中間報告
Co	1.1E+00	第3次中間報告
Ni	5.1E-01	第3次中間報告
Se	1.0E+00	第3次中間報告
Sr	1.7E+00	第3次中間報告
Nb	5.0E-02	第3次中間報告
Mo	1.0E+00	第3次中間報告
Tc	7.6E+01	第3次中間報告
Ag	1.0E+00	第3次中間報告
Sn	1.0E+00	第3次中間報告
I	3.4E-03	第3次中間報告
Cs	5.3E-01	第3次中間報告
Ba	1.0E-01	IAEA SRS No.19
Eu	4.0E-02	第3次中間報告
Ho	5.0E-02	第3次中間報告
Pb	1.1E-03	第3次中間報告
Po	9.0E-02	第3次中間報告
Ra	8.0E-02	第3次中間報告
Ac	1.0E-01	IAEA SRS No.19
Th	1.0E-02	第3次中間報告
Pa	1.0E-01	IAEA SRS No.19
U	2.3E-02	第3次中間報告
Np	6.9E-02	第3次中間報告
Pu	8.0E-04	第3次中間報告
Am	1.2E-03	第3次中間報告
Cm	1.1E-03	第3次中間報告
選定手順：①第3次中間報告 <sup>34)</sup> ，②IAEA SRS No.19		



付表 2-23 飼料から畜産物（牛乳）への移行係数

元素名	選定値 (d/L)	選定値の選定根拠
H	1.5E-02	IAEA-TECDOC-1380
Be	2.6E-06	IAEA-TECDOC-1380
C	1.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
Al	2.0E-04	ORNL-5786(VLLW 学会標準)
Cl	1.7E-02	NUREG/CR-3585
Ca	3.0E-03	IAEA-TECDOC-1380
Co	3.0E-04	IAEA-TECDOC-1380
Ni	1.6E-02	IAEA-TECDOC-1380
Se	1.0E-03	IAEA-TECDOC-1000
Sr	2.8E-03	IAEA-TECDOC-1380
Zr	5.5E-07	IAEA-TECDOC-1380
Nb	4.1E-07	IAEA-TECDOC-1380
Mo	1.7E-03	IAEA TRS No.364
Tc	2.3E-05	IAEA-TECDOC-1380
Ag	5.0E-05	IAEA-TECDOC-1380
Cd	2.0E-02	IAEA SRS No.19(VLLW 学会標準)
Sn	1.0E-03	IAEA-TECDOC-1380
I	1.0E-02	IAEA-TECDOC-1380
Cs	7.9E-03	IAEA-TECDOC-1380
Ba	5.0E-03	IAEA SRS No.19(VLLW 学会標準)
Eu	5.0E-05	IAEA-TECDOC-1380
Ho	2.5E-06	PNL-3209
Hf	2.0E-05	NCRP-129 (L1 学会標準)
Pb	3.0E-04	IAEA-TECDOC-1380
Po	3.4E-04	IAEA-TECDOC-1380
Ra	1.3E-03	IAEA-TECDOC-1380
Ac	4.0E-07	IAEA-TECDOC-1380
Th	5.0E-06	IAEA-TECDOC-1380
Pa	5.0E-06	IAEA-TECDOC-1380
U	4.0E-04	IAEA-TECDOC-1380
Np	5.0E-06	IAEA-TECDOC-1380
Pu	1.1E-06	IAEA-TECDOC-1380
Am	1.5E-06	IAEA-TECDOC-1380
Cm	2.0E-05	IAEA SS No.57
選定手順：①IAEA-TECDOC-1380, ②IAEA SRS No.19, ③IAEA TRS No.364, ④IAEA SS No.57, ⑤ORNL-5786⑥NUREG/CR-3585, ⑦PNL-3209 <sup>35)</sup> , ⑧IAEA-TECDOC-1000		

付表 2-24 コンクリートピット施設の分配係数

元素名	選定値 (m <sup>3</sup> /kg)	選定根拠
H	0.00E+00	第2次 TRU 取りまとめ
C	1.00E-03	L1 学会標準
Al	2.50E-03	第2次 TRU 取りまとめ
Cl	0.00E+00	第2次 TRU 取りまとめ
Ca	1.00E-03	L1 学会標準
Co	1.25E-02	第2次 TRU 取りまとめ
Ni	1.25E-02	第2次 TRU 取りまとめ
Se	0.00E+00	第2次 TRU 取りまとめ
Sr	1.00E-03	第2次 TRU 取りまとめ
Nb	0.00E+00	第2次 TRU 取りまとめ
Mo	0.00E+00	L1 学会標準
Tc	3.00E-04	六ヶ所申請書
Ag	1.00E-03	SFR-1
Sn	2.50E+00	第2次 TRU 取りまとめ
I	1.25E-03	第2次 TRU 取りまとめ
Cs	2.00E-03	SFR-1
Ba	1.25E-03	第2次 TRU 取りまとめ
Eu	2.50E-01	L1 学会標準
Ho	1.00E-02	L1 学会標準
Pb	1.25E-02	第2次 TRU 取りまとめ
Po	1.25E-02	第2次 TRU 取りまとめ
Ra	1.25E-03	第2次 TRU 取りまとめ
Ac	2.50E-01	第2次 TRU 取りまとめ
Th	2.50E-01	第2次 TRU 取りまとめ
Pa	2.50E-01	第2次 TRU 取りまとめ
U	2.50E-01	第2次 TRU 取りまとめ
Np	2.50E-01	第2次 TRU 取りまとめ
Pu	2.50E-01	第2次 TRU 取りまとめ
Am	2.50E-01	第2次 TRU 取りまとめ
Cm	2.50E-01	第2次 TRU 取りまとめ
設定手順： ① TRU 廃棄物処分技術検討書（第2次 TRU 取りまとめ） <sup>17)</sup> ② L1 学会標準 <sup>36)</sup> ③ 六ヶ所申請書 <sup>16)</sup> ④ SFR-1 <sup>37)</sup> ⑤ 上記文献に記載がない元素の設定は下記のとおり Al：化学的類似性を考慮して I と同じ値に設定 Cd：化学的類似性を考慮して Ni と同じ値に設定 Ba：化学的類似性を考慮して Sr と同じ値に設定 Po：化学的類似性を考慮して Se と同じ値に設定		

付表 2-25 ベントナイト混合土の分配係数

元素名	選定値 (m <sup>3</sup> /kg)	選定根拠
H	0.00E+00	L1 学会標準
C	1.00E-04	L1 学会標準
Al	0.00E+00	SFR-1
Cl	0.00E+00	第2次 TRU 取りまとめ
Ca	1.00E-04	L1 学会標準
Co	5.00E-03	第2次 TRU 取りまとめ
Ni	5.00E-03	第2次 TRU 取りまとめ
Se	0.00E+00	第2次 TRU 取りまとめ
Sr	1.00E-04	第2次 TRU 取りまとめ
Nb	1.00E-02	第2次 TRU 取りまとめ
Mo	0.00E+00	第2次 TRU 取りまとめ
Tc	0.00E+00	HLW 第2次取りまとめ
Ag	0.00E+00	SFR-1
Sn	1.00E-01	第2次 TRU 取りまとめ
I	0.00E+00	SFR-1
Cs	5.00E-03	第2次 TRU 取りまとめ
Ba	1.00E-04	第2次 TRU 取りまとめ
Eu	1.00E-01	L1 学会標準
Ho	1.00E-01	L1 学会標準
Pb	5.00E-03	HLW 第2次取りまとめ
Po	0.00E+00	第2次 TRU 取りまとめ
Ra	1.00E-04	第2次 TRU 取りまとめ
Ac	1.00E-01	HLW 第2次取りまとめ
Th	1.00E-01	HLW 第2次取りまとめ
Pa	1.00E-01	HLW 第2次取りまとめ
U	5.00E-04	HLW 第2次取りまとめ
Np	5.00E-04	HLW 第2次取りまとめ
Pu	5.00E-01	HLW 第2次取りまとめ
Am	1.00E-01	HLW 第2次取りまとめ
Cm	1.00E-01	HLW 第2次取りまとめ

設定：L1 学会標準を参考に、ベントナイト混合割合がより低いことを考慮し、1/10 の値を設定した。

設定手順：

- ① HLW 第2次取りまとめ<sup>38)</sup>
- ② 第2次 TRU 取りまとめ<sup>17)</sup>
- ③ L1 学会標準<sup>36)</sup>
- ④ SFR-1<sup>37)</sup>
- ⑤ 上記文献に記載がない元素の設定は下記のとおり  
 Al：化学的類似性を考慮して I と同じ値に設定  
 Cd：化学的類似性を考慮して Ni と同じ値に設定  
 Ba：化学的類似性を考慮して Sr と同じ値に設定  
 Po：化学的類似性を考慮して Se と同じ値に設定

付表 2-26 農耕土壌及び河川岸土壌の分配係数

元素名	選定値 (m <sup>3</sup> /kg)	選定根拠
H	0.00E+00	原子炉 CL 報告書
C	2.00E-03	原子炉 CL 報告書
Al	1.50E+00	ORNL-5786
Cl	2.70E-02	原子炉 CL 報告書
Ca	1.10E-01	原子炉 CL 報告書
Co	9.90E-01	原子炉 CL 報告書
Ni	1.10E+00	原子炉 CL 報告書
Se	1.80E+00	IAEA TRS 364
Sr	1.50E-01	原子炉 CL 報告書
Nb	2.00E+00	原子炉 CL 報告書
Mo	2.70E-02	IAEA TRS 364
Tc	1.50E-03	原子炉 CL 報告書
Ag	1.50E+01	IAEA TRS 364
Sn	1.60E+00	IAEA TRS 364
I	2.70E-02	原子炉 CL 報告書
Cs	2.70E-01	原子炉 CL 報告書
Ba	6.00E-02	ORNL-5786
Eu	3.10E-02	原子炉 CL 報告書
Ho	3.00E+00	IAEA TRS 364
Pb	2.20E+01	IAEA TRS 364
Po	6.60E+00	IAEA TRS 364
Ra	2.40E+00	ウランクリアランス
Ac	5.40E+00	IAEA TRS 364
Th	8.90E+01	ウランクリアランス
Pa	6.60E+00	IAEA TRS 364
U	4.00E-01	ウランクリアランス
Np	1.20E+00	IAEA TRS 364
Pu	1.80E+00	原子炉 CL 報告書
Am	1.10E+02	原子炉 CL 報告書
Cm	1.20E+01	IAEA TRS 364
設定手順： ① 原子炉 CL 報告書 <sup>19)</sup> ② ウランクリアランス <sup>21)</sup> ③ IAEA TRS 364 ④ ORNL-5786 Al 及び Ba : VLLW 学会標準 <sup>39)</sup> を参考にし、ORNL-5786 より設定		

付表 2-27 被ばく線量換算係数(1/2)

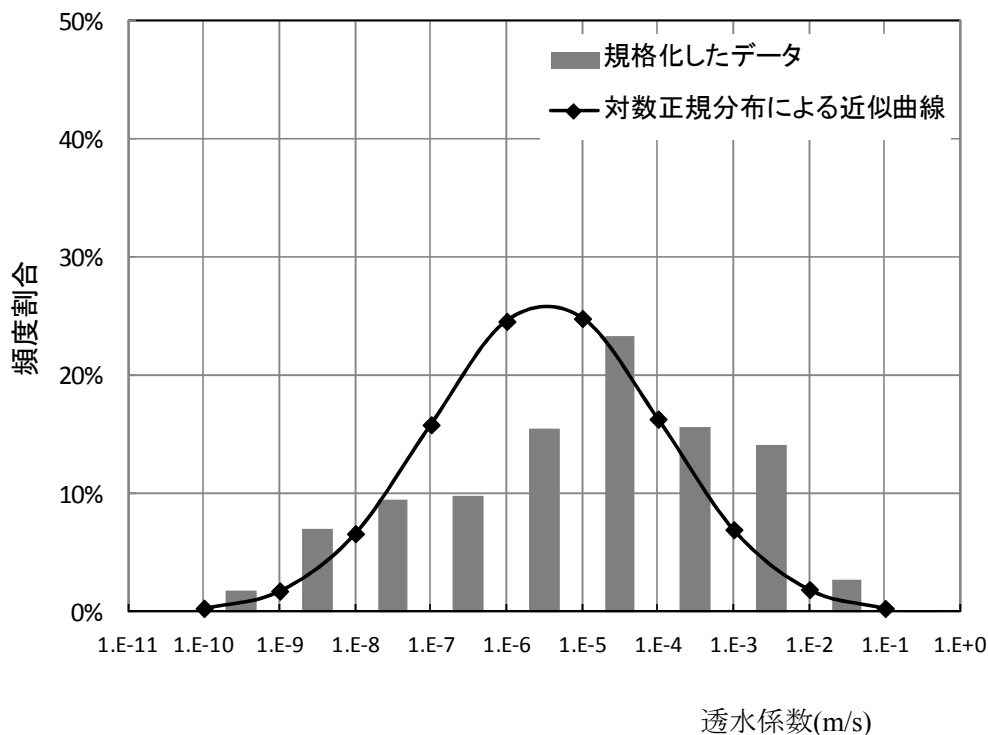
核種名	内部被ばく			外部被ばく <sup>注1)</sup>		放射平衡を仮定した子孫核種
	ICRP Pub.68	ICRP Pub.72		居住	建設作業	
	吸入	経口	吸入			
	[Sv/Bq]	[Sv/Bq]	[Sv/Bq]	[( $\mu$ Sv/hr)/ (Bq/g)]	[( $\mu$ Sv/hr)/ (Bq/g)]	
H-3	4.1E-11	4.2E-11	4.5E-11	0.0E+00	0.0E+00	
C-14	5.8E-10	5.8E-10	2.0E-09	0.0E+00	0.0E+00	
Al-26	1.4E-08	3.5E-09	2.0E-08	3.4E-02	7.3E-01	
Cl-36	5.1E-09	9.3E-10	7.3E-09	8.5E-07	4.6E-05	
Ca-41	1.9E-10	1.9E-10	9.5E-11	0.0E+00	0.0E+00	
Co-60	1.7E-08	3.4E-09	1.0E-08	3.4E-02	7.3E-01	
Ni-59	2.2E-10	6.3E-11	1.3E-10	9.0E-08	4.9E-06	
Ni-63	5.2E-10	1.5E-10	4.8E-10	0.0E+00	0.0E+00	
Se-79	3.1E-09	2.9E-09	1.1E-09	0.0E+00	0.0E+00	
Sr-90	7.9E-08	3.1E-08	3.8E-08	0.0E+00	2.2E-09	Y-90
Nb-94	2.5E-08	1.7E-09	1.1E-08	1.4E-02	4.7E-01	
Mo-93	2.3E-09	3.2E-09	1.1E-09	0.0E+00	2.2E-05	Nb-93m
Tc-99	3.2E-09	6.4E-10	4.0E-09	1.1E-10	1.5E-07	
Ag-108m	1.9E-08	2.3E-09	7.4E-09	1.1E-02	4.9E-01	Ag-108
Sn-126	1.8E-08	5.1E-09	2.8E-08	1.4E-02	6.0E-01	Sb-126m,Sb-126
I-129	5.1E-08	1.1E-07	3.6E-08	1.4E-13	7.2E-04	
Cs-137	6.7E-09	1.3E-08	4.6E-09	4.1E-03	1.7E-01	Ba-137m
Ba-133	1.8E-09	1.5E-09	1.0E-08	4.1E-03	1.7E-01	
Eu-152	2.7E-08	1.4E-09	4.2E-08	1.2E-02	3.3E-01	
Eu-154	3.5E-08	2.0E-09	5.3E-08	1.3E-02	3.6E-01	
Ho-166m	7.8E-08	2.0E-09	1.2E-07	1.3E-02	5.2E-01	

注 1) 外部被ばく線量換算係数は、「低レベル放射性廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について」<sup>40)</sup> - 参考資料 -(平成 19 年 4 月 原子力安全委員会 放射性廃棄物・廃止措置専門部会)の参考資料 3 の表 6 から、トレンチ処分に対する設定値とした。当該報告書に記載がない核種 (Al-26, Cd-113m, Ba-133, Hf-182) は、それぞれ、線エネルギーの類似を考慮して Co-60, Tc-99, Cs-137, Ho-166m の値を設定した。

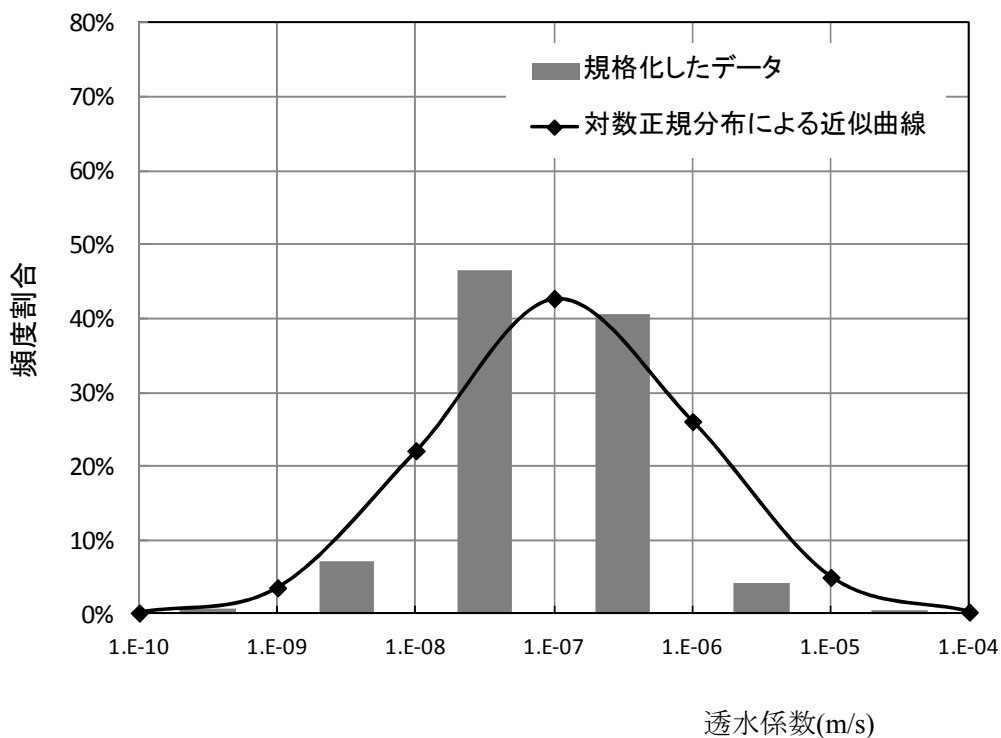
付表 2-27 被ばく線量換算係数(2/2)

核種名	内部被ばく			外部被ばく <sup>注1)</sup>		放射平衡を仮定した子孫核種
	ICRP Pub.68	ICRP Pub.72		居住	建設作業	
	吸入	経口	吸入			
	[Sv/Bq]	[Sv/Bq]	[Sv/Bq]	[( $\mu$ Sv/hr)/ (Bq/g)]	[( $\mu$ Sv/hr) / (Bq/g)]	
Pb-210	1.2E-06	6.9E-07	1.2E-06	3.6E-11	1.8E-04	Bi-210
Po-210	2.2E-06	1.2E-06	3.3E-06	7.4E-08	2.5E-06	Hg-206,Tl-206
Ra-226	1.2E-05	2.8E-07	3.5E-06	2.2E-02	5.0E-01	Rn-222,Po-218,At-218,Rn-218, Pb-214,Bi-214,Po-214,Tl-210
Ra-228	1.7E-06	6.9E-07	2.6E-06	9.5E-03	2.7E-01	Ac-228,Fr-224
Ac-227	6.3E-04	1.1E-06	5.5E-04	1.4E-06	2.1E-04	Fr-223,At-219
Th-228	3.4E-05	1.4E-07	4.4E-05	2.8E-02	4.5E-01	Ra-224,Rn-220,Po-216,Pb-212, Bi-212,Po-212,Tl-208
Th-229	6.9E-05	4.9E-07	7.1E-05	5.4E-05	2.4E-02	
Th-230	2.8E-05	2.1E-07	1.4E-05	1.7E-07	9.0E-05	
Th-232	2.9E-05	2.3E-07	2.5E-05	4.1E-08	3.8E-05	
Pa-231	8.9E-05	7.1E-07	1.4E-04	1.1E-04	1.1E-02	
U-232	2.6E-05	3.3E-07	7.8E-06	1.5E-07	6.3E-05	
U-233	6.9E-06	5.1E-08	3.6E-06	4.5E-07	8.5E-05	
U-234	6.8E-06	4.9E-08	3.5E-06	3.2E-08	2.7E-05	
U-235	6.1E-06	4.7E-08	3.1E-06	2.3E-04	5.1E-02	Th-231
U-236	6.3E-06	4.7E-08	3.2E-06	1.1E-08	1.3E-05	
U-238	5.7E-06	4.5E-08	2.9E-06	9.1E-06	2.7E-04	
Np-237	1.5E-05	1.1E-07	2.3E-05	7.9E-06	5.8E-03	
Pu-238	3.0E-05	2.3E-07	4.6E-05	2.5E-09	6.6E-06	
Pu-239	3.2E-05	2.5E-07	5.0E-05	1.0E-07	1.5E-05	
Pu-240	3.2E-05	2.5E-07	5.0E-05	9.5E-09	7.1E-06	
Pu-241	5.8E-07	4.8E-09	9.0E-07	4.1E-09	1.4E-06	U-237
Pu-242	3.1E-05	2.4E-07	4.8E-05	8.6E-07	3.2E-05	
Am-241	2.7E-05	2.0E-07	4.2E-05	7.8E-08	3.5E-03	
Am-242m	2.4E-05	1.9E-07	3.7E-05	3.2E-05	4.6E-03	Am-242,Np-238
Am-243	2.7E-05	2.0E-07	4.1E-05	2.7E-04	6.2E-02	Np-239
Cm-243	2.0E-05	1.5E-07	3.1E-05	2.1E-04	3.8E-02	
Cm-244	1.7E-05	1.2E-07	2.7E-05	1.7E-07	9.9E-06	
Cm-245	2.7E-05	2.1E-07	4.2E-05	5.0E-05	2.5E-02	

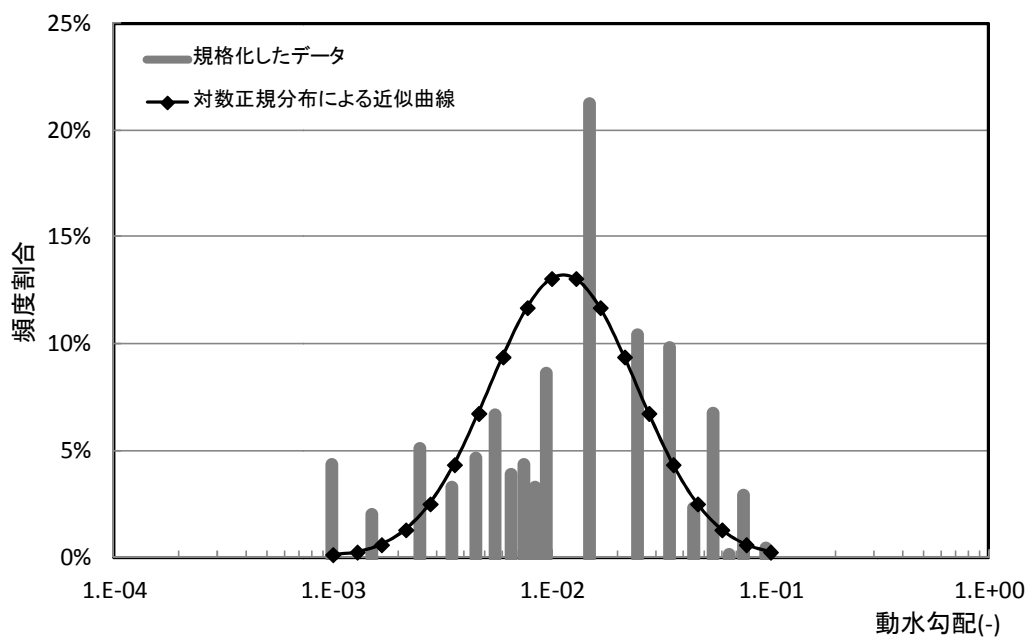
注 1) 外部被ばく線量換算係数は、「低レベル放射性廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について」- 参考資料 -(平成 19 年 4 月 原子力安全委員会 放射性廃棄物・廃止措置専門部会)の参考資料 3 の表 6 から、トレンチ処分に対する設定値とした。当該報告書に記載がない核種 (Al-26, Cd-113m, Ba-133, Hf-182)は、それぞれ $\gamma$ 線エネルギーの類似を考慮して Co-60, Tc-99, Cs-137, Ho-166m の値を設定した。



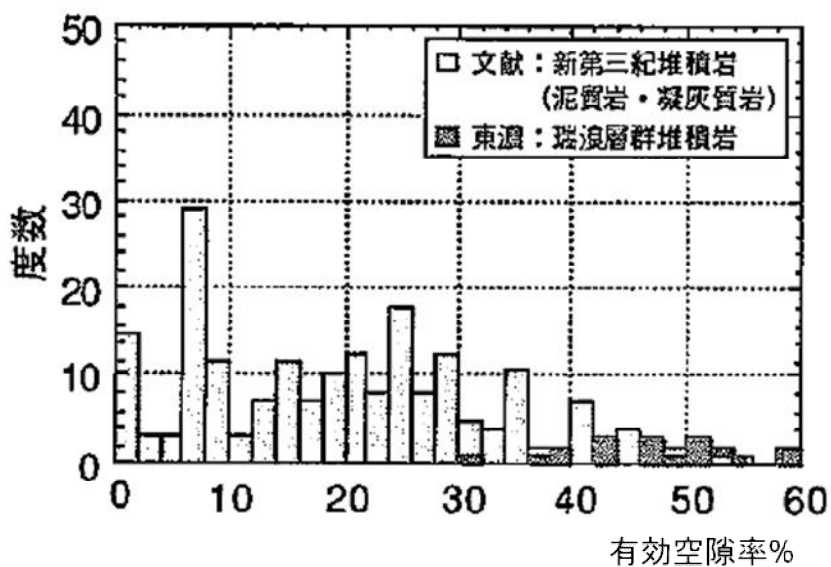
透水係数(m/s)  
付図 2-1 パラメータスタディに用いた土壌の透水係数分布



透水係数(m/s)  
付図 2-2 パラメータスタディに用いた岩盤の透水係数分布

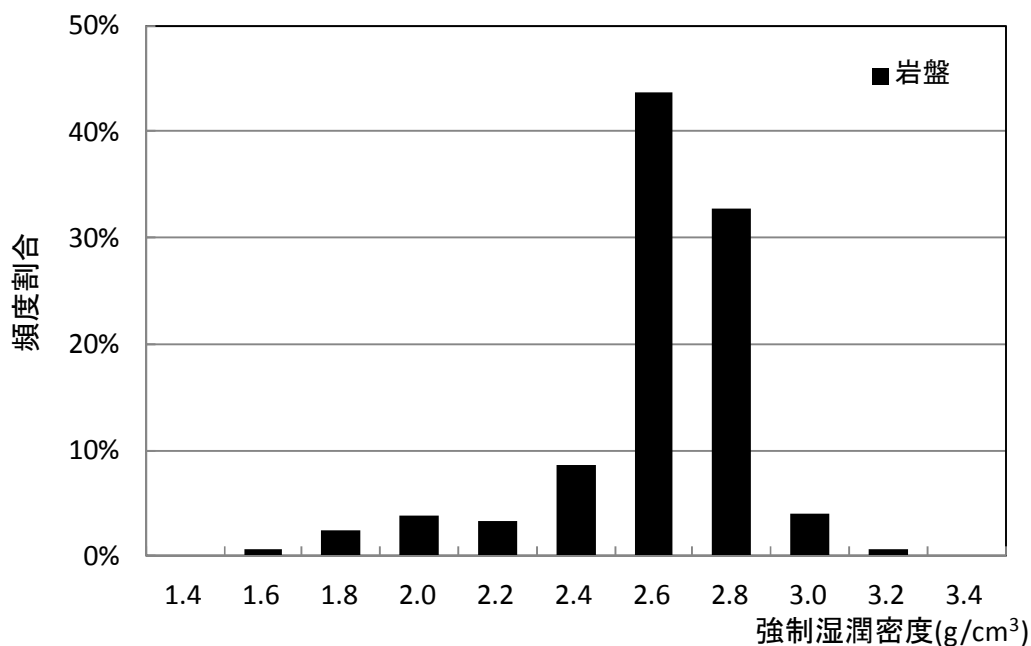


付図 2-3 パラメータスタディに用いた動水勾配の分布



付図 2-4 岩盤の有効空隙率のデータの分布例  
(文献 5 から引用)

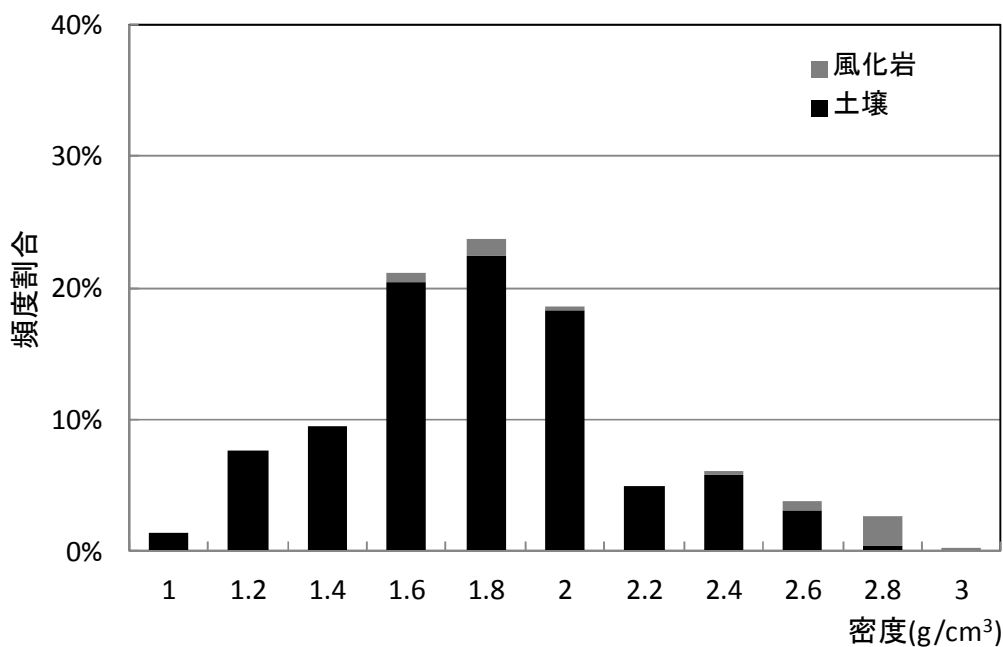




岩盤の種類(データベースにおける岩種の大分類)における寄与が同じとなるように岩盤の種類毎のデータ数を規格化している。

付図 2-5 岩盤の密度分布

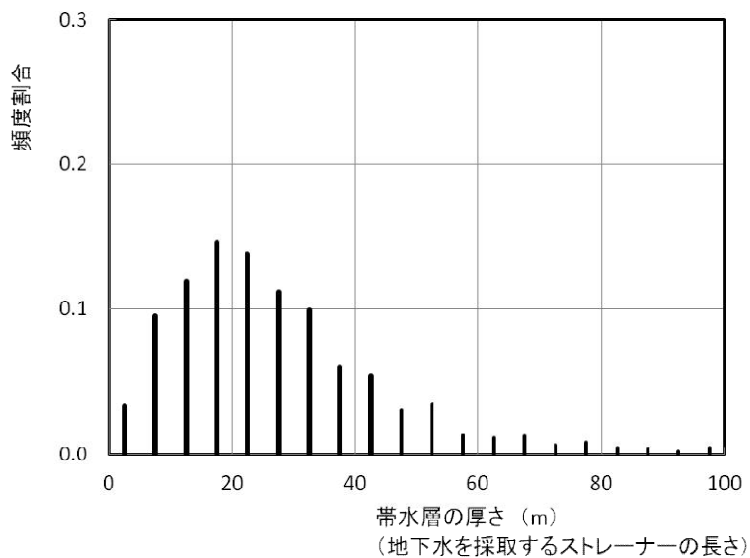
(産業技術総合研究所でまとめられたデータベース<sup>6)</sup>の値から作成)



土壌の種類における寄与が同じとなるように土壌の種類毎のデータ数を規格化している。

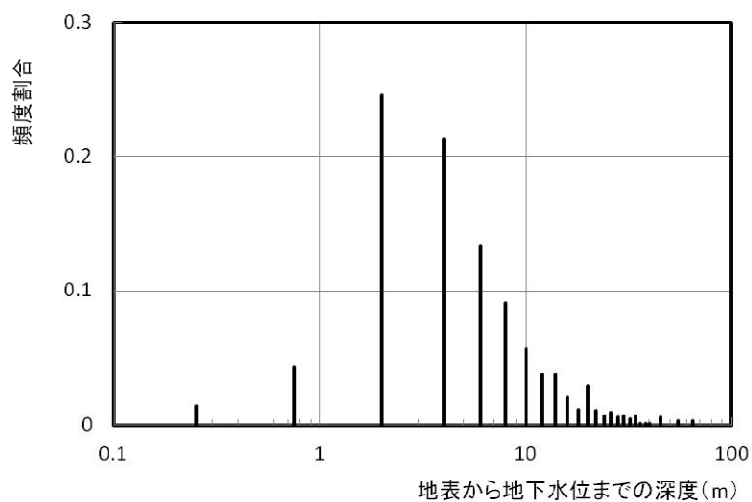
付図 2-6 土壌の密度分布

(文献<sup>1)</sup>のデータを集計して作成)



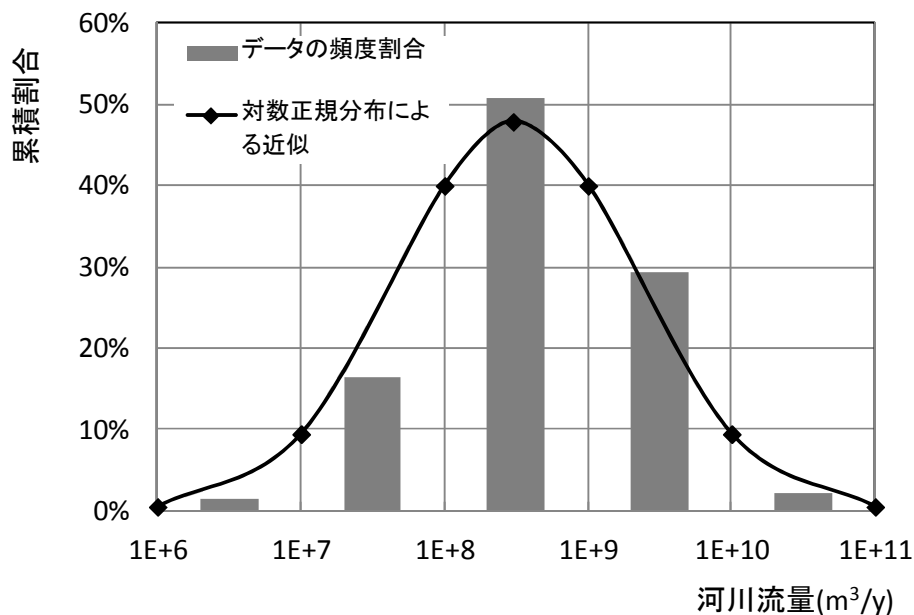
付図 2-7 帯水層の厚さの頻度分布

(地下水資料台帳<sup>12)</sup>の地下水を採取するストレーナーの厚さの分布で評価した。)



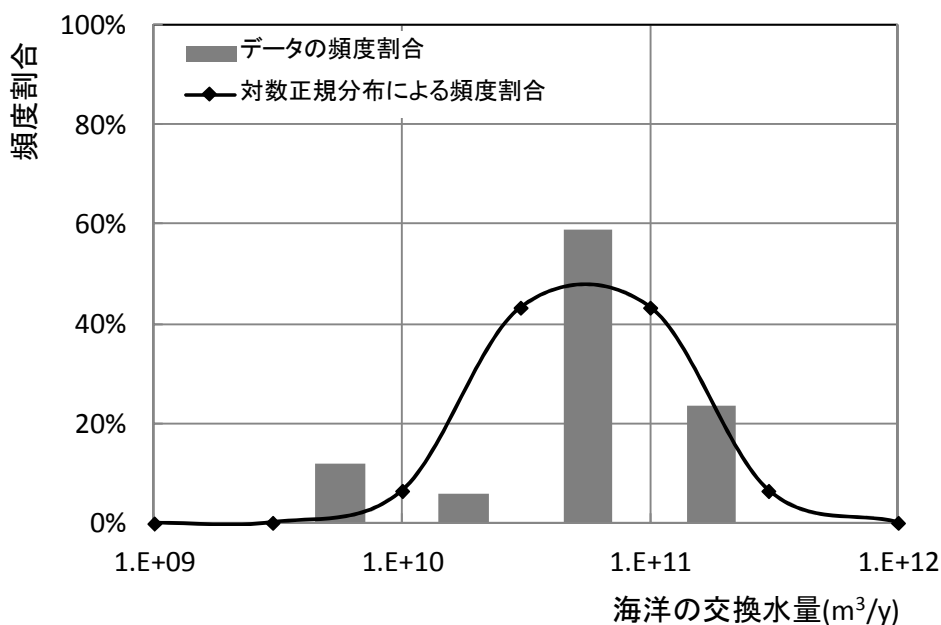
付図 2-8 地表から地下水位までの深度分布

(文献<sup>2)</sup>に示されたデータから地下水位までの深度を算出して集計)



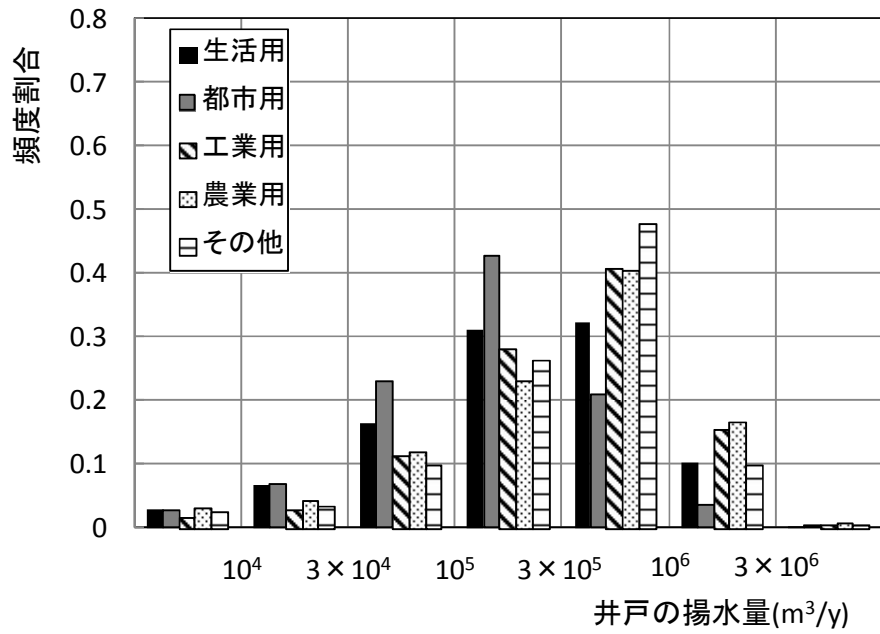
付図 2-9 河川流量の分布図

水文水質観測<sup>14)</sup>において、河川流量を測定している観測所の年間の平均流量を集計（一部は、月間データ算出）した。



付図 2-10 海洋の交換水量の分布

理科年表（平成 22 年）<sup>15)</sup>に記載された国内主要 17 地点の平均大潮期における潮流の流速のデータに安全側に 1,000m<sup>2</sup> の混合面積を乗じて年間の交換水量を算出した。



付図 2-11 井戸の揚水量の分布

地下水資料台帳<sup>12)</sup>の揚水量及び自噴量のデータから、その場所の揚水可能量を考慮して大きいデータを集計した。

付録 3

地下水流動解析によるコンクリートピット施設からの浸出水量の算定モデル

1. 目的

コンクリートピット施設からの浸出水量は、ピットの規模及び透水係数、ベントナイト混合土の透水係数及び厚さ、立地場所の地盤条件等のパラメータの違いによって、異なる。このため、2次元体系で有限要素法による地下水流動解析を実施し、安全評価に必要となるコンクリートピット施設からの浸出水量を移行経路毎に求めた。以下に地下水流動解析の算定モデルを示す。

2. 地下水流動解析の算定モデル

2.1. 検討ケース

検討ケースは、コンクリートピット施設の設置条件を考慮し、以下の3ケースを設定した。

① Case1 (2層：ベントナイト混合土層厚さ：2 m)

Case1 は、概念設計のモデルに基づき、土壌層の下に透水性の低い岩盤層がある2層の体系とし、コンクリートピット施設を岩盤層に設置するケースとした。コンクリートピット施設の上部及び側部には、厚さ2mのベントナイト混合土層を設置する。

② Case2 (2層：ベントナイト混合土層厚さ：4 m)

Case2 は、Case1 と地層、コンクリートピット施設の設置位置とし、ベントナイト混合土層を厚さ4mで設置するモデルとした。

ベントナイト混合土層を厚くすることによって、コンクリートピット施設から地下水流量の大きい土壌層への浸出水量を低減させられる効果と、ベントナイト混合土層を通過して土壌層へ移行する放射性物質の移行時間を遅らせる効果が期待できる。

③ Case3 (1層：ベントナイト混合土層厚さ：2.4 m)

埋設施設の設置地層及び深さは、立地場所確定後に、地盤の支持力及び透水性、地下水の流動方向、地下水位の深度などから総合的に判断し決定することとなるが、実際のサイトにおける条件によっては、処分施設を概念設計で検討したように岩盤に設置できない場合も想定される。このために、土壌層にコンクリートピット施設を設置するケースとした。このときコンクリートピット施設の底部にもベントナイト混合土層を施工することとした。(全周囲にベントナイト混合土を設置する。)

2.2. 計算体系

付図 3-1 にコンクリートピット施設の平面図を付図 3-2 に計算体系図を示す。地下水流動解析の計算体系及びパラメータは以下の通りとした。

- a) コンクリートピット施設の大きさと配置は、概念設計と同様とし、36m×40m×7m の計18基とする。
- b) 全ての検討ケースの体系における地下水面は概念設計と同じ GL-4m とし、地下水は地表面と同じ傾斜で流れているものとした。Case1 及び 2 では岩盤層は GL-14m 以深とした。

境界条件は、それぞれ両端を固定水頭境界、上端と下端を不透水境界と設定し、両端固定水頭境界の水頭差により、計算体系全体の動水勾配を与えた。

- c) ピットの透水係数は、概念設計の条件と同様に劣化した状態を想定し  $1E-5(m/s)$  とする。
- d) ベントナイト混合土層の透水係数は、概念設計の条件と同様に  $1E-9(m/s)$  とする。
- e) 覆土の透水係数は周辺の土壌層と同等とする。ただし、Case1、2 におけるコンクリートピット施設の側部覆土の透水係数は、掘削による地盤の緩み等によって周辺の岩盤層の透水係数より 1 桁大きな値とした。

### 2.3. 解析コード

地下水流動解析の解析コードには、MIG2DF<sup>41)</sup>を使用した。MIG2DF は、放射性核種の移行評価のために日本原子力研究開発機構安全研究センターで開発された地下水流動解析コードである。MIG2DF は有限要素法を用いた地下水流動解析コードで、飽和・不飽和の浸透流解析と移流拡散による核種移行解析を行うことができる。本検討では、MIG2DF を使用し、コンクリートピット施設からの浸出水量を求めるために 2 次元断面モデルによる定常浸透流解析を行った。

### 2.4. コンクリートピットからの浸出水量の計算方法

Case1~3 の検討ケースについて、コンクリートピット施設からの浸出水量の計算を行った。

Case1 及び 2 では、浸出水の移行経路がベントナイト混合土層を通過する経路、岩盤層を移行する経路等複数の経路があり、それぞれの経路で地下水流速等が異なることから、経路毎に浸出量を計算した。コンクリートピットからの浸出水の移行経路は、以下の 4 経路を評価した。

- ① コンクリートピット施設上面または側面から浸出し、土壌層へ移行する経路
- ② コンクリートピット施設上面または側面から浸出し、岩盤中を移行する経路
- ③ コンクリートピット施設底面から岩盤へ浸出し、土壌層へ移行する経路
- ④ コンクリートピット施設底面から岩盤へ浸出し、岩盤中を移行する経路

Case3 では、浸出水はベントナイト混合土層を通過して土壌層へ移行する。土壌層へ移行する距離を考慮して以下の 2 つの経路に区分して浸出水量を評価した。

- ① 移行経路は、下流側の上面及び下面のベントナイト混合土から浸出する経路
- ② 下流側の側面のベントナイト混合土から浸出する経路

土壌層及び岩盤層の透水係数、動水勾配のパラメータは以下のように設定した。

- a) Case1、2 では、処分施設を設置する岩盤層の透水係数は、パラメータの調査結果から、 $10^{-5}$ 、 $10^{-6}$ 、 $10^{-7}$ 、 $10^{-8}$ 、 $10^{-9}(m/s)$  について計算した。土壌層は岩盤層よりも透水性が大きいとし、透水係数を岩盤層の 10、100、1000 倍大きい値に設定したケースを計算した。
- b) Case3 では、土壌層の透水係数は、パラメータの調査結果から、 $10^{-6}$ 、 $10^{-4}$ 、 $10^{-2}$ 、 $1(m/s)$  について計算した。
- c) 動水勾配は、Case1 から 3 のそれぞれにおいて、1~3%の範囲を計算した。

### 3. 地下水流動解析の計算結果

#### 3.1. 解析結果から移行経路毎の浸出水量の計算方法

Case1、2 の①~④の経路における施設浸出水量は、ピットから浸出する地下水の節点における単位長さ当たりの流量 (m<sup>2</sup>/y) に奥行き方向に存在するピット 9 基分の長さ (40m×9=360m) を乗じて算定した。

①~④の移行経路毎の浸出水量は、浸出した地下水のピットから評価地点 (100m) までの間における流跡線の移行先を確認し、それぞれの経路における浸出水量に区分した。付図 3-3 に流跡線の移行先を確認する方法の概念図を示す。

付図 3-4 に Case1-38 における埋設施設からの地下水の流跡線の解析結果に示す。この解析結果が示すように①と④の移行経路においては上流側のピットから浸出した地下水が下流側のピットに浸入する地下水の流れが存在する。このために、上流側のピットの浸出水量と下流側のピットの浸入水量の関係を考慮して、次式により重複分を差し引き、正味の浸出水量を算定した。

$$\text{上面からの浸出水量： } Q_u = Q_{uout1} + Q_{uout2} - Q_{uin1}$$

$$\text{下面からの浸出水量： } Q_b = Q_{bout1} + Q_{bout2} - Q_{bin1}$$

付図 3-5 に地下水流量の算定方法の考え方を示す。

Case3 では、地下水の浸出先は経路①、②とも土壌層であるため、移行先は区別せず、①上面及び下面のベントナイト混合土層からの正味の浸出水量、②側面のベントナイト混合土層からの正味の浸出水量を算定した。

#### 3.2. 経路毎の浸出水量の計算結果

Case1 から Case3 の経路毎の浸出水量の計算結果は、報告書本文の表 5-2、表 6-3、表 5-4、表 6-4 に示されている。経路毎の浸出水量の算定するために用いた解析ケース毎の流跡線図のうち、Case1 において岩盤の透水係数が 10<sup>-7</sup>(m/s)のケースについて、付図 3-6 から付図 3-8 に示す。

##### ① Case1、Case2 におけるパラメータスタディの浸出水量の設定

Case1 におけるパラメータスタディの浸出水量の設定は以下の通りとした。

- a) 岩盤の透水係数が一定の条件で、土壌の透水係数が異なる時の土壌への浸透水量、岩盤への浸透水量及び全浸透水量の変化を付図 3-9 から付図 3-11 に示す。これらのグラフから、地層 2 層のモデルにおいて、岩盤の透水係数が同じ場合、土壌の透水係数の違いによる浸出水量の変化は小さいと考えられる。
- b) 付図 3-12 に岩盤の透水係数に対する浸出水量の変化を示す。これより、岩盤の透水係数が増加することにより、浸出水量が増加すると考えられる。
- c) 報告書図 5-9 に示すように浸出水量は動水勾配に比例する。

a)から c)より、岩盤の透水係数毎に動水勾配と経路毎の浸出水量の一次の相関式を設定した。パラメータスタディの岩盤の透水係数のサンプリング値が 3×10<sup>-(x-1)</sup> (m/s) ~ 3×10<sup>-x</sup> (m/s)の時は、1×10<sup>-x</sup> (m/s)に区分し、1×10<sup>-x</sup> (m/s)に対して設定した動水勾配と浸出水量の一次の相関式とサンプリングした動水勾配の値により浸出水量を求める方法とした。Case2 についても同様の方法を

採用した。

② Case3 におけるパラメータスタディの浸出水量の設定

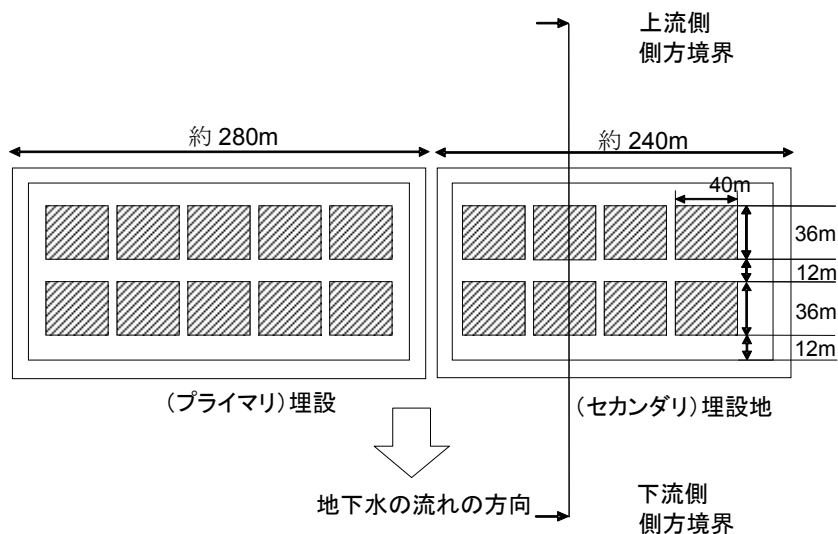
Case3 におけるパラメータスタディの浸出水量の設定は以下の通りとした。

a) 土壤の透水係数が異なる時の土壤への浸透水量の変化を付図 3-13 に示す。このグラフから、地層 1 層のモデルでは、土壤の透水係数の違いによる浸出水量の変化は小さいと考えられる。

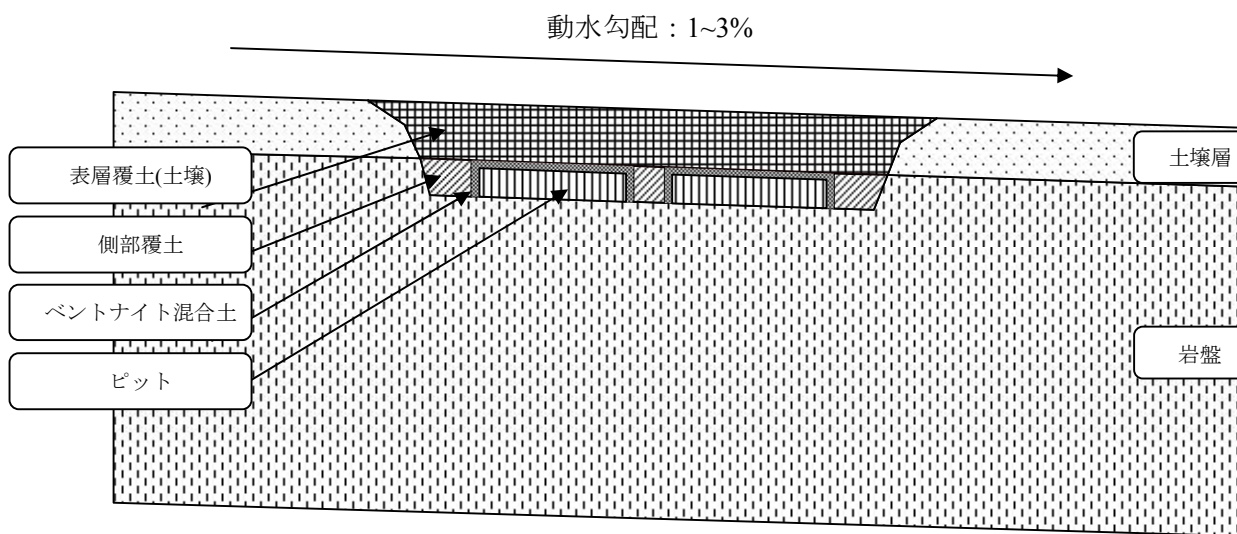
b) 報告書図 5-9 に示すように浸出水量は動水勾配に比例する。

a)、b)より、土壤の透水係数の区別なく動水勾配との浸出水量の一次の相関式を設定した。パラメータスタディで動水勾配のサンプリング値によって、一次の相関式から浸出水量を求める方法とした。

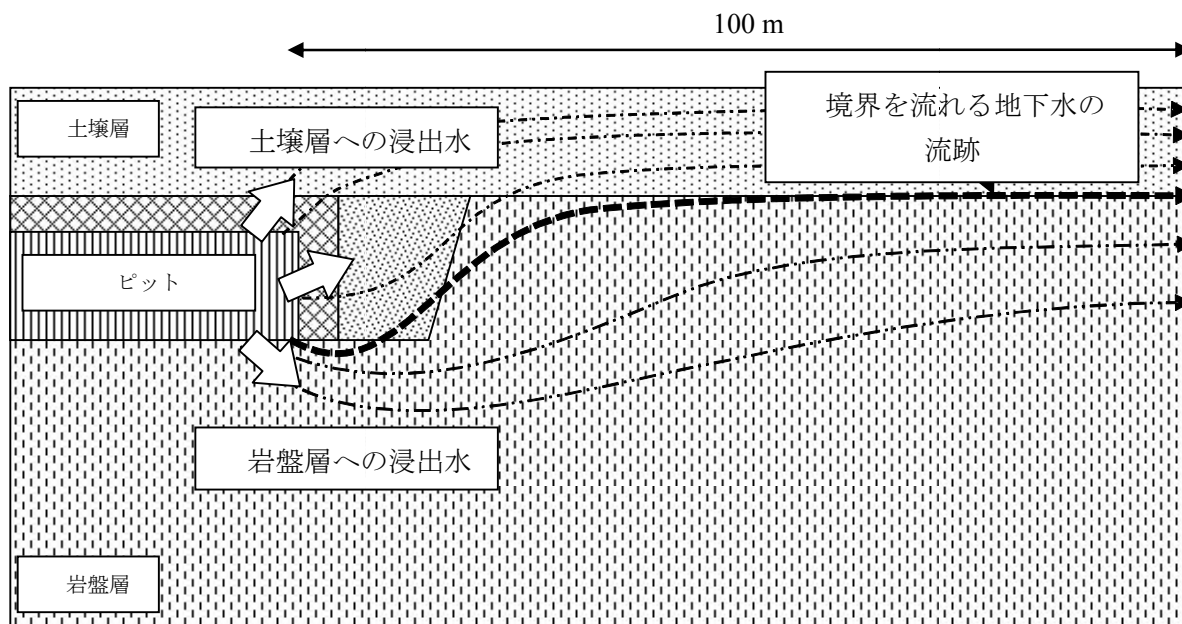




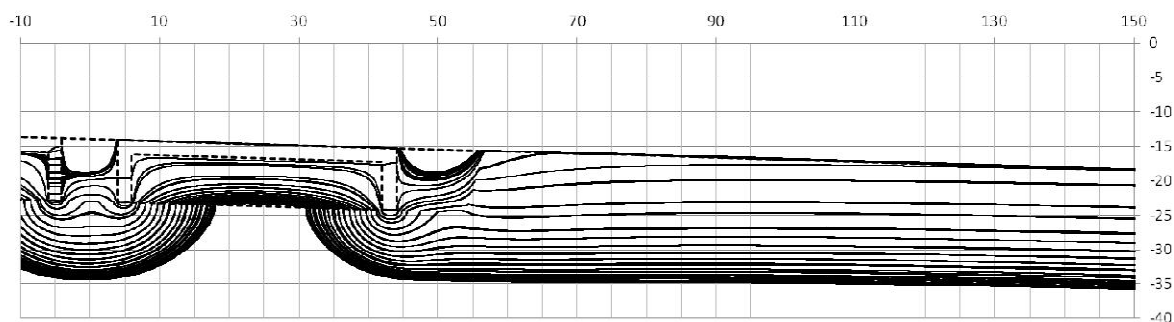
付図 3-1 コンクリートピット施設の配置図 (平面図)



付図 3-2 コンクリートピット施設の計算モデル体系図 (断面図)

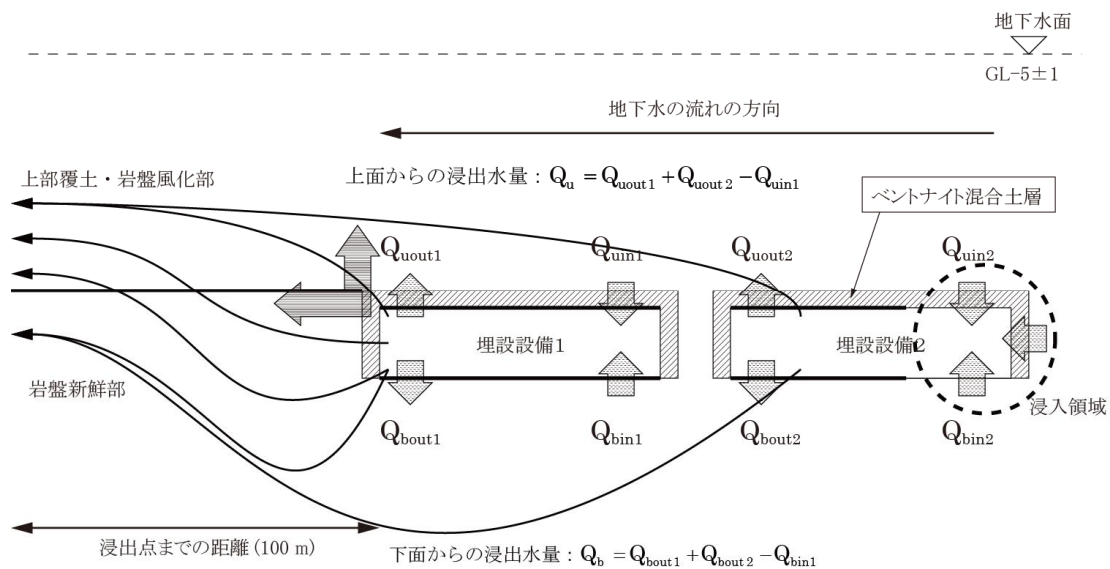


付図 3-3 地下水流向と経路毎の浸出水量の区分の概念図



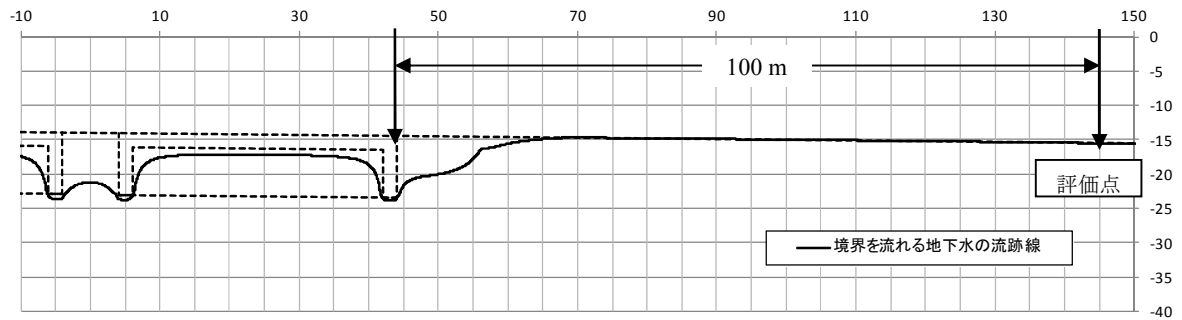
\* ピット下方の岩盤から土壤へ浸出する地下水流跡線では、岩盤との境界付近を流れる流跡線が多い結果となっている。付図 3-7 を参照。

付図 3-4 Case1 におけるピット外周からの地下水流跡線の解析結果  
Case1-38 岩盤の透水係数  $10^{-7}$ (m/s)、動水勾配 3%

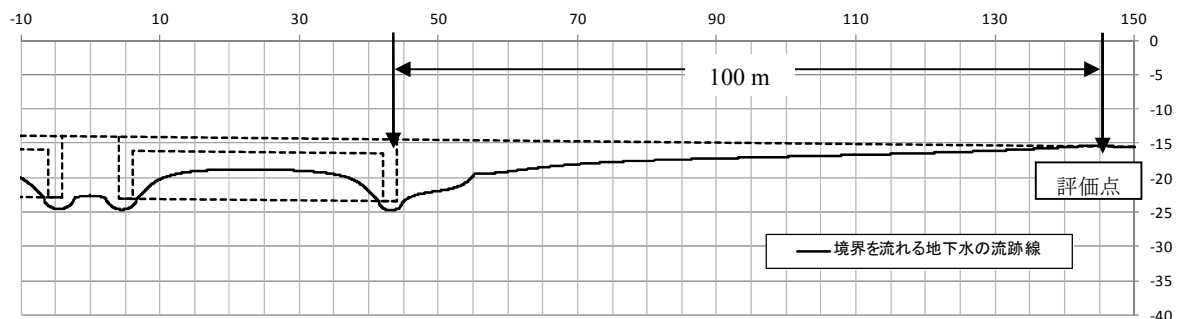


\*本図では、地下水の流行方向を逆に示している。

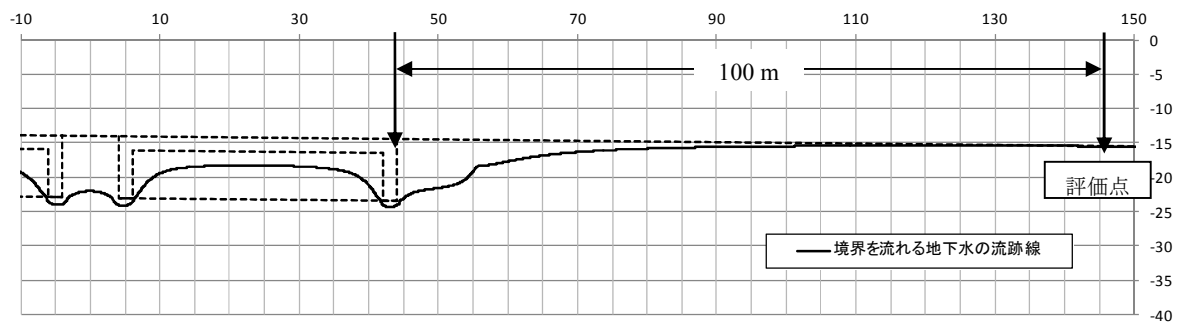
付図 3-5 ピットからの正味の浸出水量の計算概念図



Case1-7

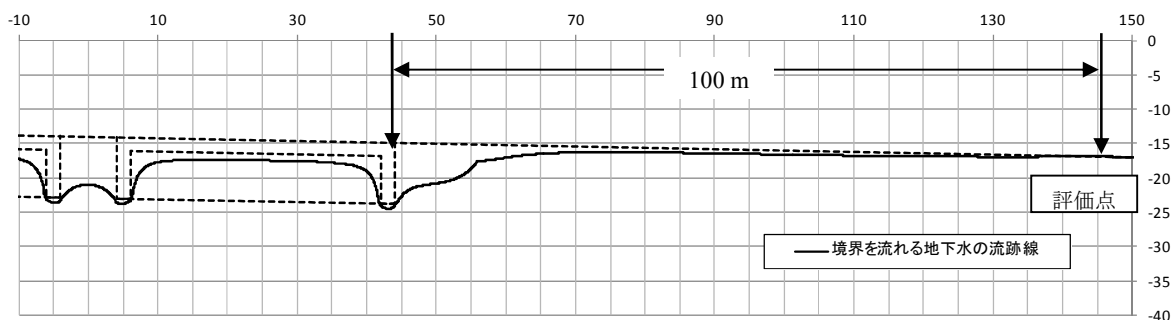


Case1-8

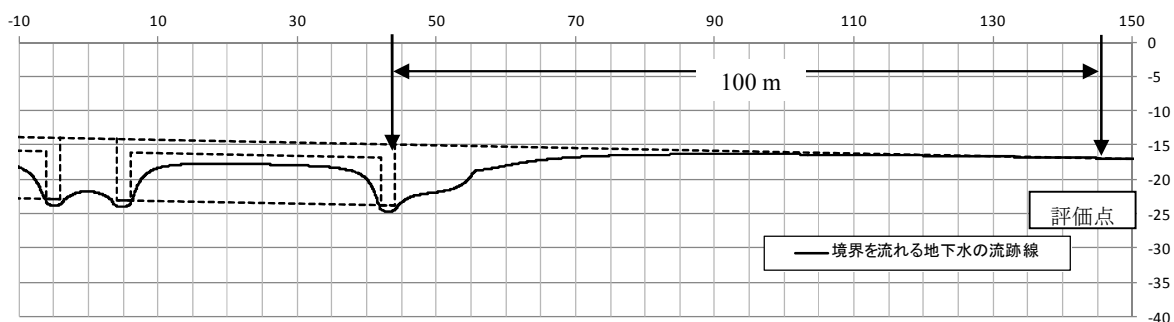


Case1-9

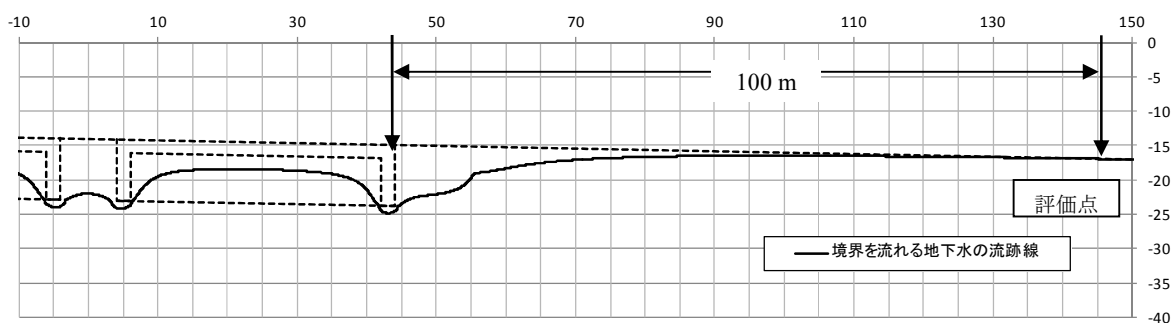
付図 3-6 Case1 において土壌層と岩盤層の境界を流れる地下水流跡線図  
 岩盤の透水係数  $10^{-7}$ (m/s)、動水勾配 1%



Case1-22

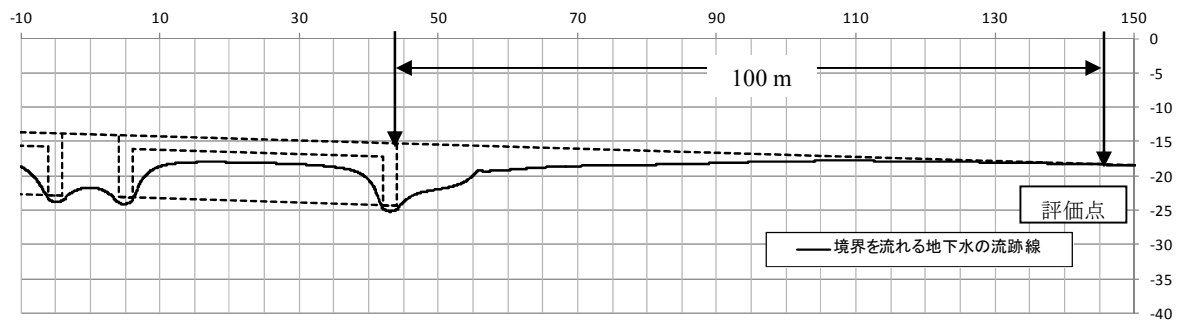


Case1-23

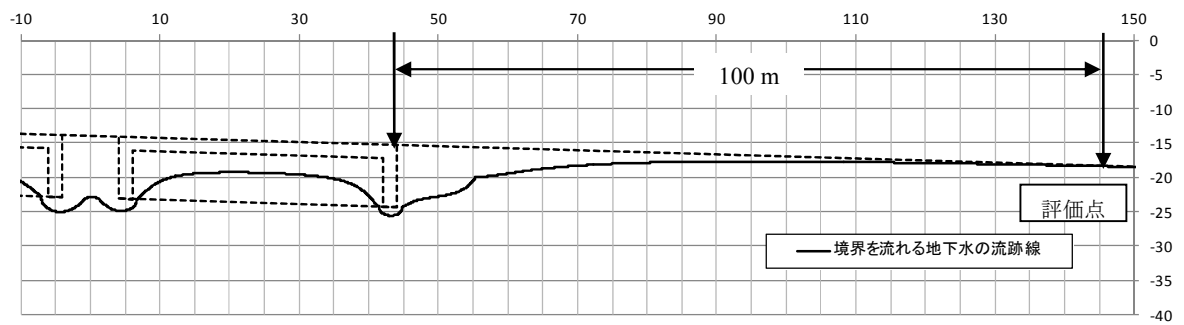


Case1-24

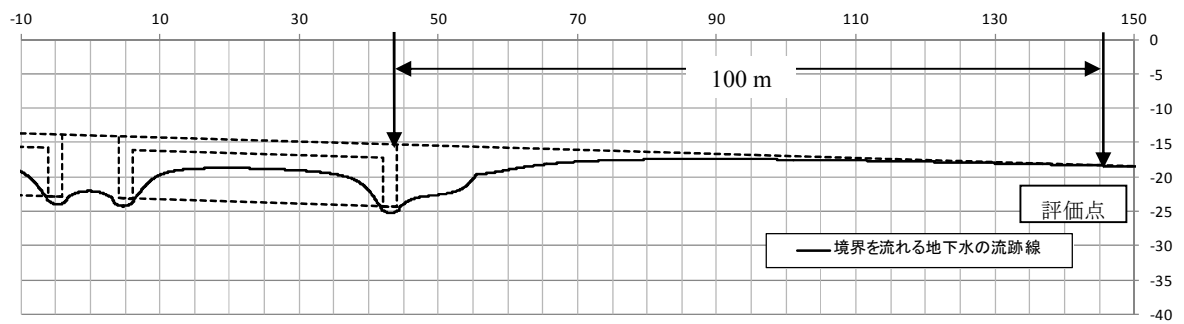
付図 3-7 Case1 において土壌層と岩盤層の境界を流れる地下水流跡線図  
 岩盤の透水係数  $10^{-7}$ (m/s)、動水勾配 2%



Case1-37

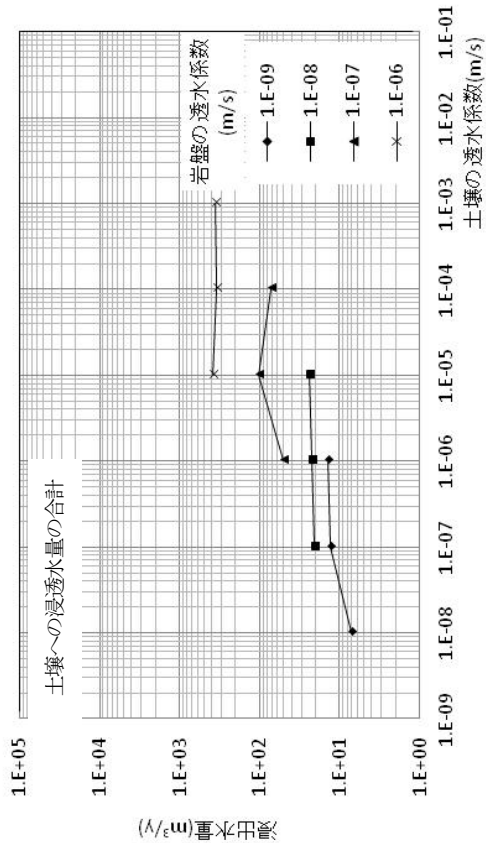


Case1-38

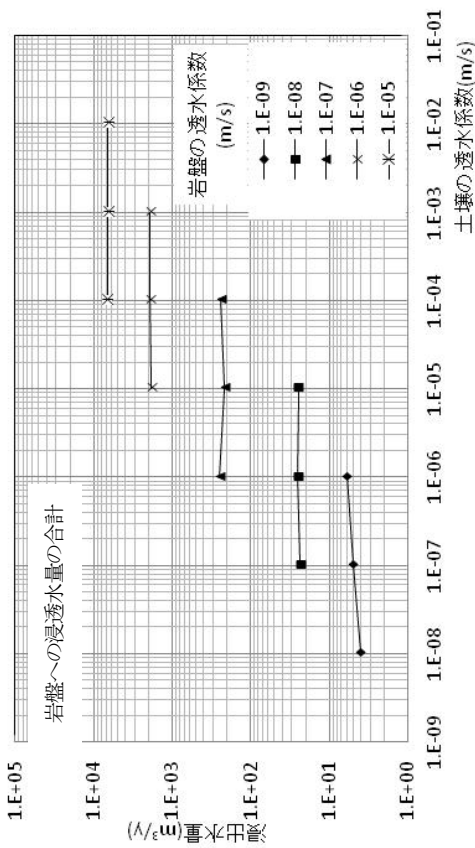
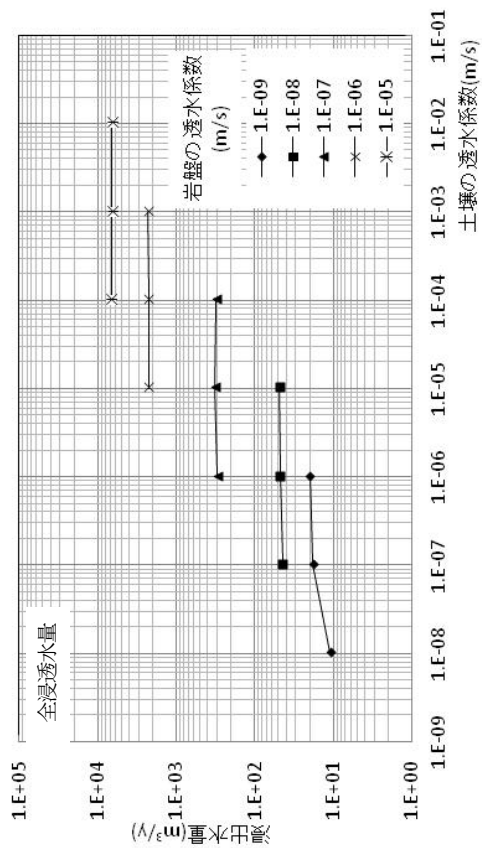


Case1-39

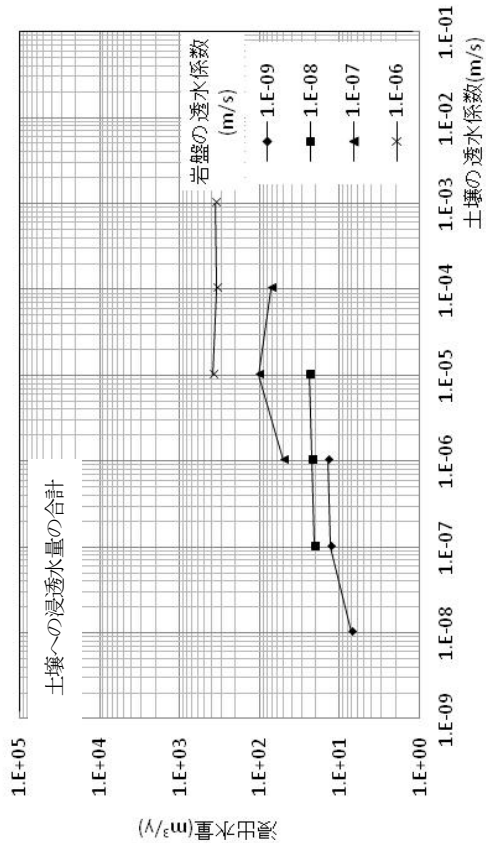
付図 3-8 Case1 において土壌層と岩盤層の境界を流れる地下水流跡線図  
 岩盤の透水係数  $10^{-7}$ (m/s)、動水勾配 3%



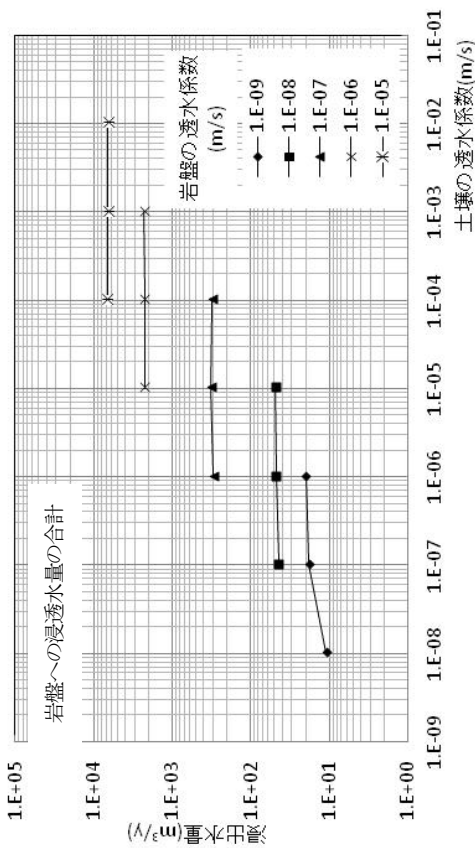
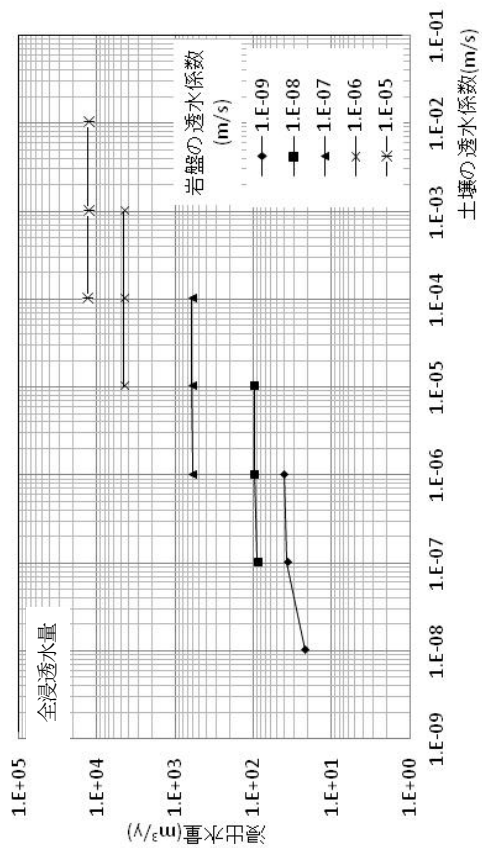
\*岩盤の透水係数 1E-5 の場合は、土壤への浸透水量はない。



付図 3-9 岩盤の透水係数を一定にして土壤の透水係数を変化させた時の浸透水量の変化 (動水勾配 1%)

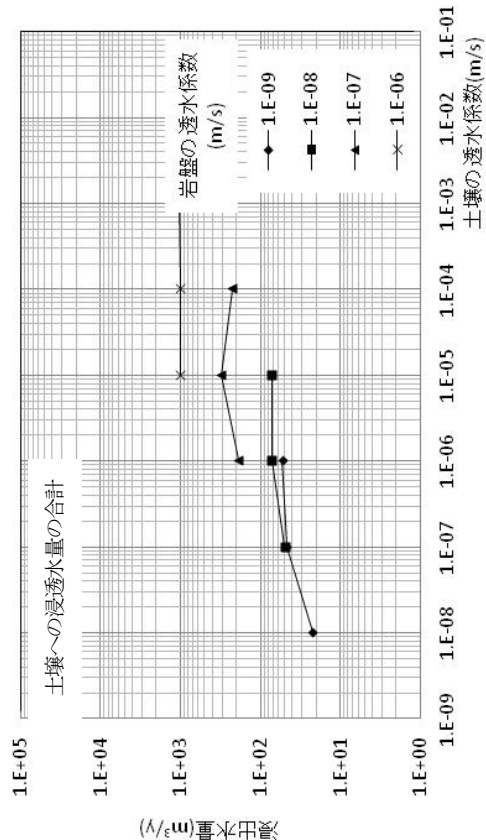


\*岩盤の透水性係数 1E-5 の場合は、土壌への浸透水量はない。

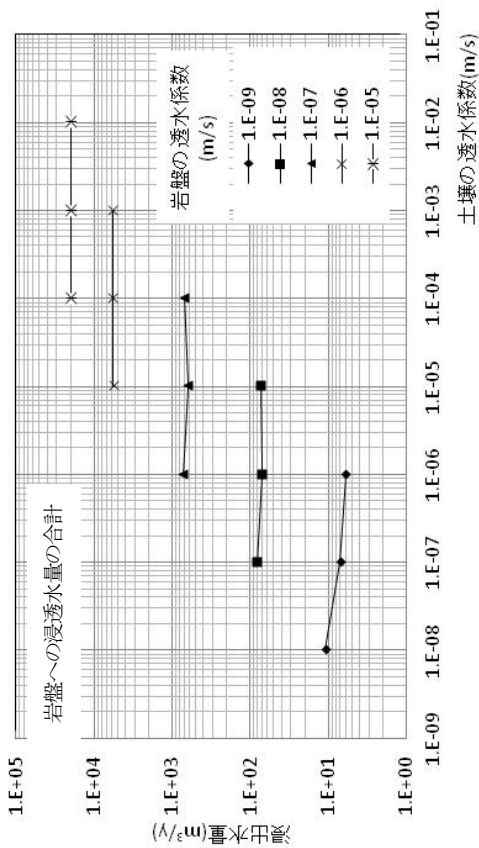
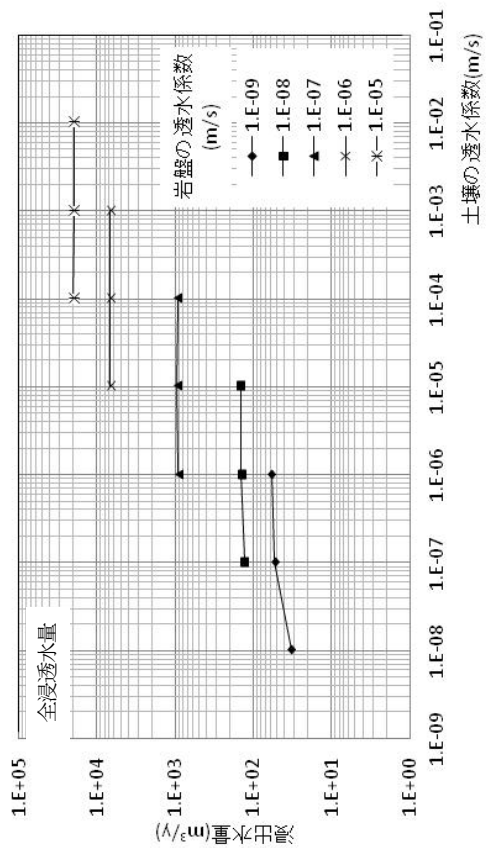


付図 3-10 岩盤の透水性係数を一定にして土壌の透水性係数を変化させた時の浸透水量の変化 (動水勾配 2%)

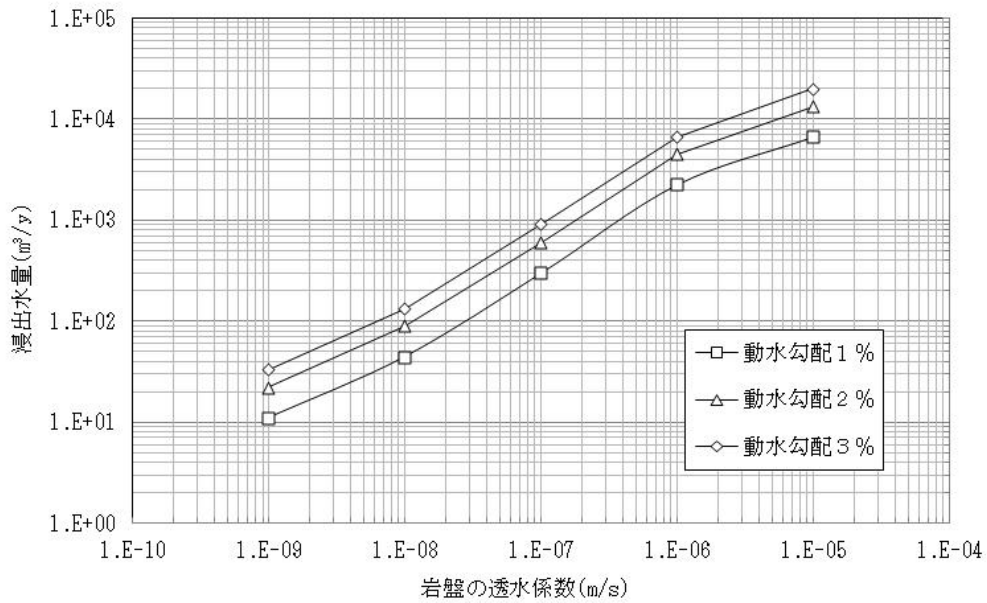




\*岩盤の透水係数 1E-5 の場合は、土壌への浸透水量はない。

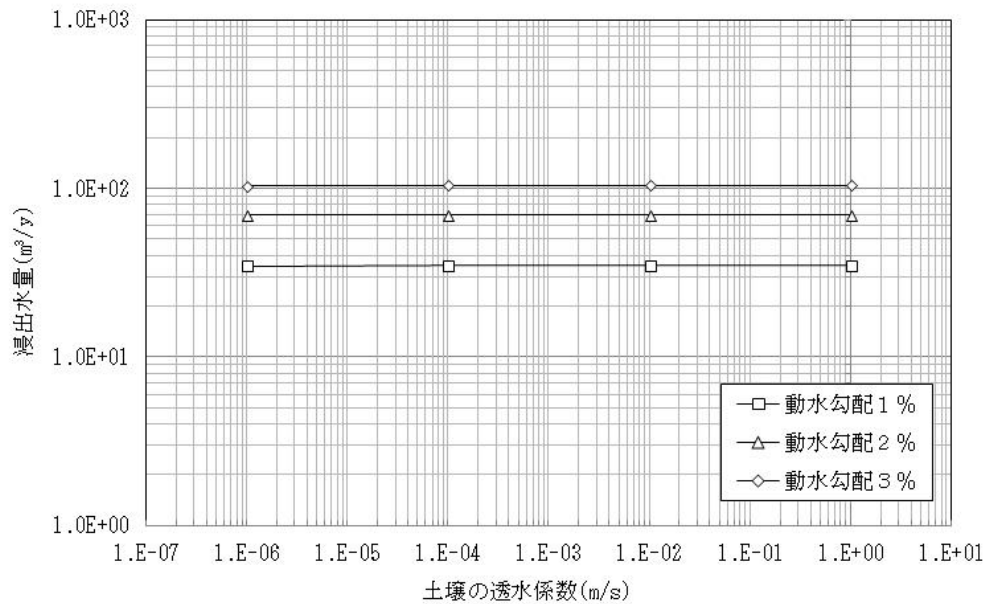


付図 3-11 岩盤の透水係数を一定にして土壌の透水係数を変化させた時の浸透水量の変化 (動水勾配 3%)



\* 土壌の透水係数が岩盤の透水係数の 10 倍の時の浸出水量を示している。なお、浸出水量は、付図 3-8 から 3-10 に示すように土壌の透水係数に違いによる変化は小さい。

付図 3-12 岩盤の透水係数毎の全経路合計の浸出水量 (Case1)



付図 3-13 土壌の透水係数毎の全経路合計の浸出水量 (Case3)

## 付録 4

## 線量評価の追加検討

## 1. 地盤 2 層ケースにおける経路毎の浸出水量の追加検討

## 1.1. 検討の目的

パラメータスタディでは、地盤 2 層ケースにおける経路毎の浸出水量と動水勾配の相関式を求めるにあたり、岩盤と土壌の透水係数の比が 10 倍、100 倍および 1000 倍の浸出水量の計算結果の中で合計の浸出水量が最大となるケースを代表値とした。本検討は、岩盤と土壌の透水係数の比が 10 倍、100 倍および 1000 倍の浸出水量の平均値を経路毎の代表値として動水勾配との相関式を求め、その相関式を用いてパラメータスタディを行った。

## 1.2. パラメータの設定

地盤 2 層ケースでピットの上部及び側部に厚さ 2m のベントナイト混合土層を設置した施設において、経路毎の浸出水量を岩盤と土壌の透水係数の比が 10 倍、100 倍および 1000 倍のケースで平均した値を付表 4-1 に、上部及び側部に厚さ 4m のベントナイト混合土層を設置した施設の経路毎の浸出水量の平均値を付表 4-2 に示す。

付表 4-1 及び付表 4-2 における経路毎の浸出水量と動水勾配から一次の相関式を求め、その相関式を用いてパラメータスタディを実施した。なお、経路毎の浸出水量と動水勾配の相関式以外の条件は、もとの条件と同じとした。ベントナイト混合土層の厚さが 2m 及び 4m の時の岩盤の透水係数毎の動水勾配に対する各経路の浸出水量の相関式の計算結果を付図 4-1 および付図 4-2 にそれぞれ示す。

## 1.3. 線量の評価結果

地盤 2 層ケースにおける経路毎の浸出水量の代表値を、岩盤と土壌の透水係数の比が 10 倍、100 倍および 1000 倍の平均値に設定した場合の線量の評価結果を付表 4-3～付表 4-5 に示す。

感度解析と同様に、ベントナイト混合土層を厚くする等の設計対応を行うことにより各評価経路の管理期間中及び管理期間終了後の 97.5%線量がめやす線量を下回ることを確認した。

付表 4-1 追加計算に用いた移行経路毎の浸出水量と動水勾配の相関関係  
 (概念設計における施設仕様：ベントナイト混合土層が上部及び側部に厚さ 2m の場合)

浸出経路	岩盤の透水係数 (m/s)	動水勾配			動水勾配と浸出 水量の相関係数 *3
		0.01	0.02	0.03	
		浸出水量(m <sup>3</sup> /y)			
ベント ナイト →土壌	1.E-09	1.1E+01	2.8E+01	4.1E+01	1.0E+00
	1.E-08	2.2E+01	4.4E+01	6.2E+01	1.0E+00
	1.E-07	5.1E+01	1.0E+02	1.5E+02	1.0E+00
	1.E-06	3.1E+02	6.2E+02	9.2E+02	1.0E+00
	1.E-05	0	0	0	----
ベント ナイト →岩盤	1.E-09	0*1	0*1	0*1	----
	1.E-08	0	0	0*2	----
	1.E-07	0	0	0	----
	1.E-06	0	0	0	----
	1.E-05	9.6E+02	1.9E+03	2.8E+03	1.0E+00
岩盤→ 土壌	1.E-09	0	0	0	----
	1.E-08	8.8E-01	1.6E+00	2.7E+00	9.9E-01
	1.E-07	2.5E+01	2.4E+01	8.5E+01	8.6E-01
	1.E-06	4.7E+01	5.6E+01	9.5E+01	9.4E-01
	1.E-05	0	0	0	----
岩盤	1.E-09	2.0E+00	3.7E+00	5.7E+00	1.0E+00
	1.E-08	2.4E+01	4.9E+01	7.2E+01	1.0E+00
	1.E-07	2.3E+02	4.9E+02	6.9E+02	1.0E+00
	1.E-06	1.9E+03	3.9E+03	5.7E+03	1.0E+00
	1.E-05	5.7E+03	1.1E+04	1.7E+04	1.0E+00

\*1：浸出水量を想定しない方が線量が大きくなるため、他の透水係数の計算結果から 0 とした。

\*2：動水勾配 0.01,0.02 の結果を踏まえ、0 とした。

\*3： $R = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}}$  で計算した。

付表 4-2 追加計算に用いた移行経路毎の浸出水量と動水勾配の相関関係  
(ベントナイト混合土層を上部及び側部に厚さ 4m の場合)

浸出経路	岩盤の透水係数(m/s)	動水勾配			動水勾配と浸出水量の相関係数 *1
		0.01	0.02	0.03	
		浸出水量(m <sup>3</sup> /y)			
ベントナイト→土壌	1.E-09	3.7E+00	7.0E+00	1.0E+01	1.0E+00
	1.E-08	4.6E+00	9.4E+00	1.4E+01	1.0E+00
	1.E-07	1.5E+01	3.4E+01	4.6E+01	9.9E-01
	1.E-06	0	0	2.0E+02*2	8.7E-01
	1.E-05	0	0	0	---
ベントナイト→岩盤	1.E-09	6.0E-01	1.1E+00	1.7E+00	1.0E+00
	1.E-08	2.0E+00	4.1E+00	6.1E+00	1.0E+00
	1.E-07	9.0E+00	2.4E+01	2.8E+01	9.4E-01
	1.E-06	9.8E+01	2.0E+02	3.2E+02*2	1.0E+00
	1.E-05	3.2E+02	6.3E+02	9.3E+02	1.0E+00
岩盤→土壌	1.E-09	0	0	0	---
	1.E-08	0	0	0	---
	1.E-07	0	0	0	---
	1.E-06	0	0	0	---
	1.E-05	0	0	0	---
岩盤	1.E-09	6.8E-01	1.4E+00	2.1E+00	1.0E+00
	1.E-08	8.6E+00	1.7E+01	2.6E+01	1.0E+00
	1.E-07	8.7E+01	1.7E+02	2.6E+02	1.0E+00
	1.E-06	6.8E+02	1.4E+03	2.1E+03	1.0E+00
	1.E-05	2.1E+03	4.2E+03	6.3E+03	1.0E+00

\*1 :  $R = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}}$  で計算した。

\*2 : 動水勾配 3%の結果は、ベントナイト混合土層を経て土壌層及び岩盤層の 2 方向に浸出する結果となった。土壌層への浸出水量を多く評価する方が線量が高くなる傾向となるため、土壌への浸出水量を、動水勾配 3%の計算結果から動水勾配に対する相関を計算することとした。

付表 4-3 ピット処分の地盤 2 層ケースにおける評価経路毎の 97.5%線量の評価結果  
(概念設計における施設仕様)

評価経路		97.5%線量 ( $\mu$ Sv/y)						
		①-1 透水係数 10 倍 ケース		①-2 透水係数 100 倍 ケース		①-3 透水係数 1000 倍 ケース		
		管理 期間中	管理期間 終了後	管理 期間中	管理期間 終了後	管理 期間中	管理期間 終了後	
河川水利用	飲用	6.1E+00	2.9E-01	6.3E+00	2.9E-01	6.5E+00	3.0E-01	
	水産物摂取	5.8E+00	<u>1.1E+01</u>	1.2E+01	<u>1.2E+01</u>	1.3E+01	<u>1.2E+01</u>	
	農作業	1.4E-05	1.5E-02	1.7E-03	3.1E-02	4.8E-02	1.1E-01	
	牧畜作業	1.1E-05	1.3E-02	8.7E-04	2.3E-02	2.4E-02	6.1E-02	
	農作物摂取	5.0E-01	6.5E-02	5.3E-01	6.7E-02	8.5E-01	6.5E-02	
	飼料	畜産物摂取	2.9E+00	8.8E-02	3.0E+00	9.9E-02	3.0E+00	1.1E-01
	飼育水	畜産物摂取	4.0E-01	1.0E-02	4.1E-01	1.1E-02	4.1E-01	1.2E-02
河川岸利用	作業	5.5E-06	1.3E-03	3.3E-04	3.3E-03	7.9E-03	6.5E-03	
	農作物摂取	7.1E-01	1.0E-02	1.5E+00	1.7E-02	3.8E+00	3.2E-02	
	畜産物摂取	9.0E-02	1.6E-02	9.6E-02	1.8E-02	1.4E-01	1.7E-02	
帯水層土壌 (近傍掘削ケース)	建設作業	—	3.1E+00	—	1.4E+00	—	4.3E-01	
	居住	—	8.5E+00	—	3.1E+00	—	1.4E+00	
帯水層土壌 (地下水位 0.5m ケース)	建設作業	1.9E-03	3.8E+00	4.5E-02	1.8E+00	1.8E-01	8.2E-01	
	居住	3.4E+01	7.7E+00	2.7E+01	5.0E+00	3.9E+01	1.7E+00	
地下水(井戸水)利用	飲用**	<u>1.3E+02</u>	<u>4.3E+01</u>	<u>1.2E+02</u>	<u>3.1E+01</u>	3.2E+01	<u>2.7E+01</u>	
	農作業	5.0E-01	3.8E+00	2.3E+00	7.6E+00	5.6E+00	9.5E+00	
	牧畜作業	2.5E-01	2.9E+00	1.2E+00	5.1E+00	2.9E+00	6.5E+00	
	農作物摂取	1.5E+01	5.2E+00	4.3E+01	4.7E+00	1.8E+01	5.0E+00	
	飼料	畜産物摂取	<u>5.0E+01</u>	<u>1.5E+01</u>	4.1E+01	<u>1.1E+01</u>	1.4E+01	<u>1.0E+01</u>
	飼育水	畜産物摂取	6.6E+00	1.5E+00	4.0E+00	1.2E+00	1.5E+00	1.1E+00
海水利用	海産物摂取	5.1E-02	6.2E-02	5.8E-02	6.1E-02	5.8E-02	6.1E-02	

\* : 下線はめやす線量を超えている値

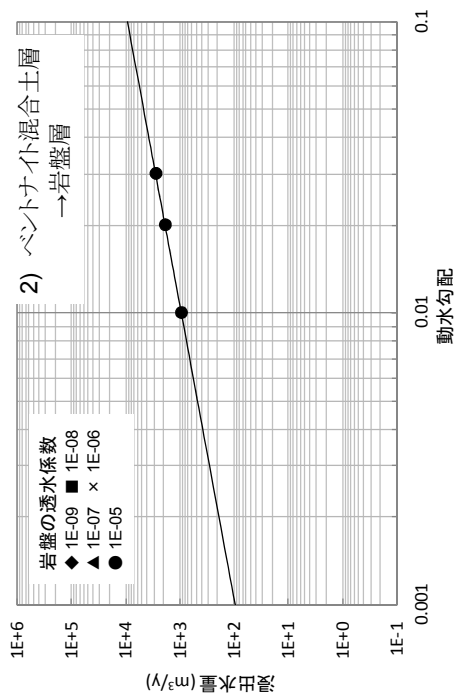
付表 4-4 設計対応後の再評価における評価経路毎の 97.5%線量の評価結果  
 ピット処分、地盤 2 層ケース  
 (上部及び側部に厚さ 4m のベントナイト混合土層設置)

評価経路		97.5%線量 ( $\mu$ Sv/y)					
		①-1 透水係数 10 倍 ケース		①-2 透水係数 100 倍 ケース		①-3 透水係数 1000 倍 ケース	
		管理 期間中	管理期間 終了後	管理 期間中	管理期間 終了後	管理 期間中	管理期間 終了後
河川水利用	水産物摂取	1.4E+00	7.2E+00	1.9E+00	7.2E+00	2.9E+00	7.4E+00
帯水層土壌 (近傍掘削ケース)	建設作業	—	1.2E+00	—	4.6E-01	—	2.3E-01
	居住	—	3.1E+00	—	1.4E+00	—	5.4E-01
帯水層土壌 (地下水位 0.5m ケース)	建設作業	1.3E-04	2.4E+00	3.1E-03	1.3E+00	2.5E-02	4.3E-01
	居住	4.8E-01	5.2E+00	7.2E-01	2.8E+00	1.3E+00	1.0E+00
地下水(井戸水)利用	飲用	8.2E+00	9.0E+00	5.3E+00	<u>1.0E+01</u>	3.9E+00	<u>1.2E+01</u>
	農作業	1.2E-01	9.7E-01	1.7E-01	1.5E+00	2.9E-01	2.3E+00
	牧畜作業	1.2E-01	1.2E+00	1.7E-01	1.9E+00	2.9E-01	2.7E+00
	農作物摂取	9.3E-01	1.3E+00	1.8E+00	2.4E+00	1.1E+00	4.3E+00
飼料	畜産物摂取	2.6E+00	2.9E+00	3.1E+00	3.6E+00	1.7E+00	3.8E+00
飼育水	畜産物摂取	3.0E-01	3.3E-01	2.0E-01	3.8E-01	1.3E-01	3.9E-01

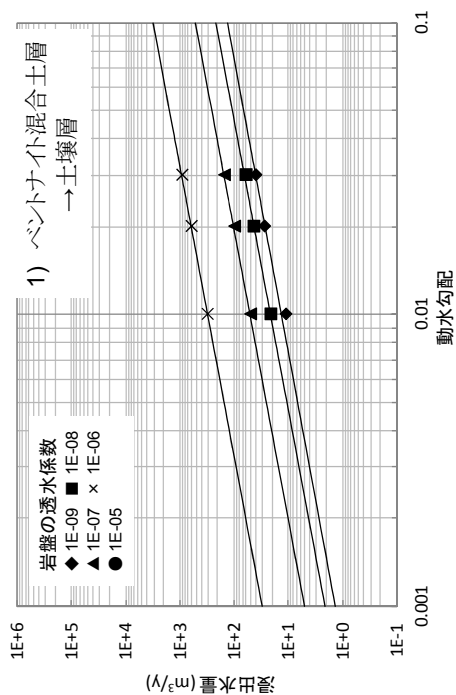
\*: 下線はめやす線量を超えている値

付表 4-5 2 回目の再評価における評価経路毎の 97.5%線量の評価結果  
 ピット処分、地盤 2 層ケース  
 (上部及び側部に厚さ 4m のベントナイト混合土層設置、  
 ベントナイトの混合割合を増加し、拡散係数を  $2.0 \times 10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$  に設定)

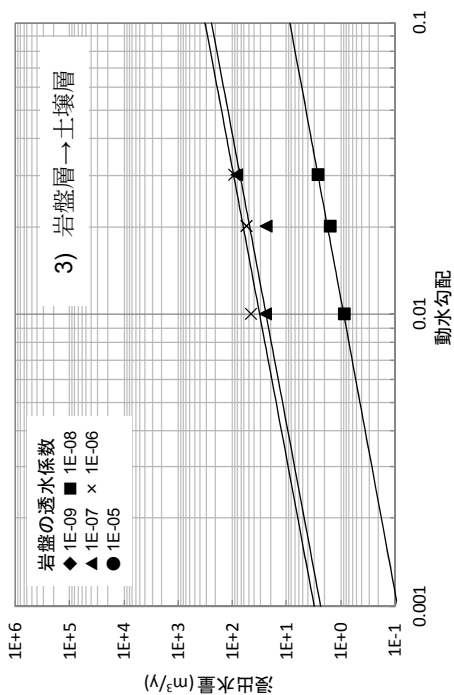
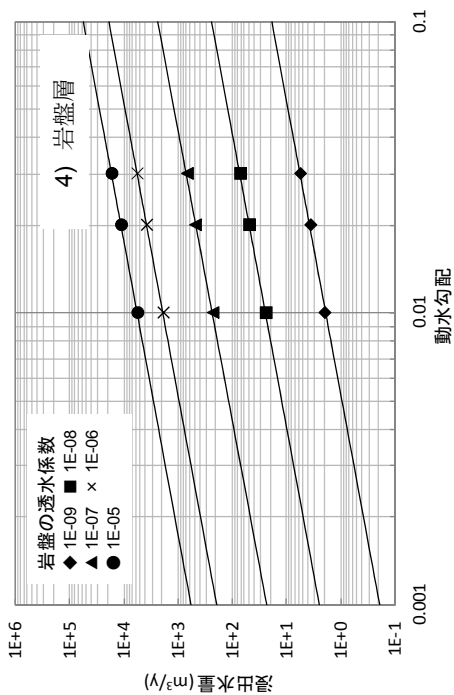
評価経路		97.5%線量 ( $\mu$ Sv/y)				
		①-2 透水係数 100 倍 ケース		①-3 透水係数 1000 倍 ケース		
		管理 期間中	管理期間 終了後	管理 期間中	管理期間 終了後	
地下水(井戸水)利用	飲用	3.5E+00	7.5E+00	1.8E+00	7.7E+00	
	農作業	1.4E-01	1.9E+00	2.5E-01	2.8E+00	
	牧畜作業	7.1E-02	1.5E+00	1.3E-01	2.1E+00	
	農作物摂取	1.1E+00	1.7E+00	5.1E-01	3.3E+00	
	飼料	畜産物摂取	2.3E+00	2.5E+00	9.2E-01	2.5E+00
	飼育水	畜産物摂取	1.6E-01	2.7E-01	7.2E-02	2.6E-01



\*岩盤の透水系数 1E-09、1E-08、1E-07 および 1E-06 (m/s)は 2)の経路の浸出水量はない。



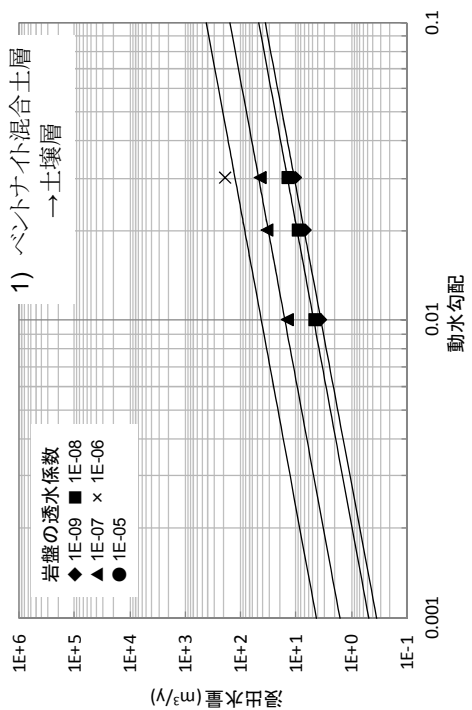
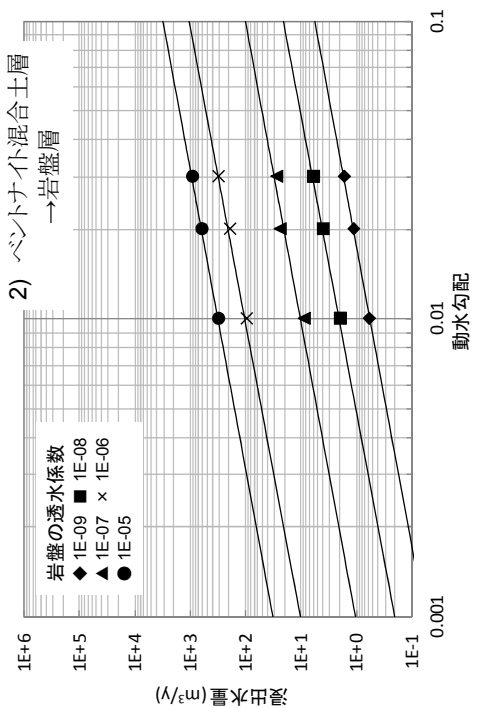
\*岩盤の透水系数 1E-05(m/s)は 1)の経路の浸出水量はない。



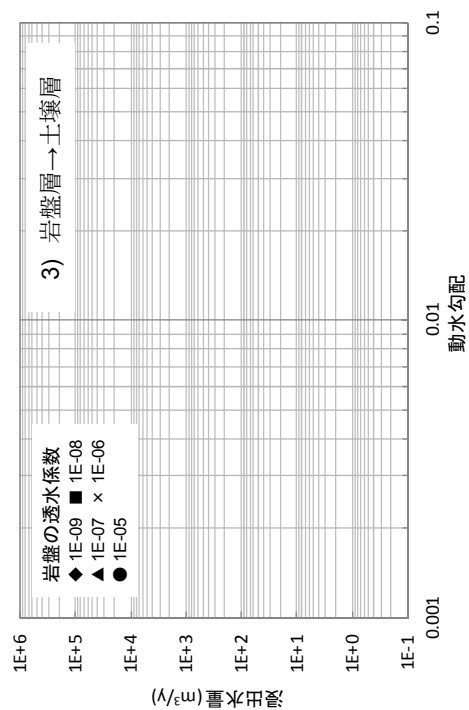
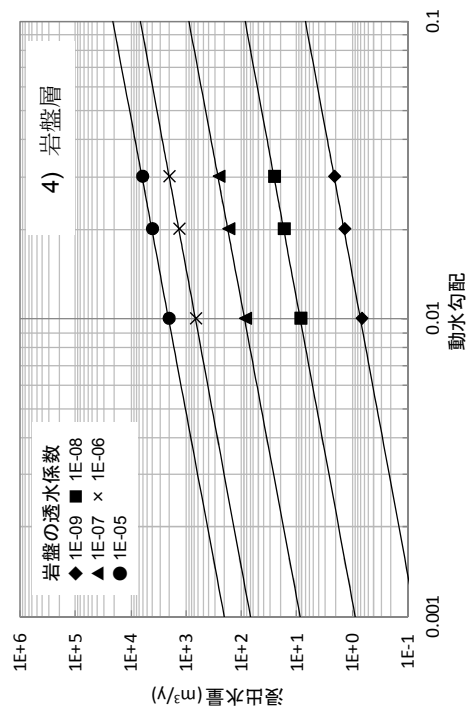
\*岩盤の透水系数 1E-09 および 1E-05(m/s)は 3)の経路の浸出水量はない。

付図 4-1 岩盤の透水系数ごとの動水勾配に対する経路毎の浸出水量の計算結果 (ベントナイト厚さ 2m)





\*岩盤の透水係数 1E-05(m/s)は、D)の経路の浸出水量はない。



\*3)の経路の浸出水量はない。

付図 4-2 岩盤の透水係数ごとの動水勾配に対する経路毎の浸出水量の計算結果 (ベントナイト厚さ4m)

## 2. 管理期間中の井戸水飲用の評価経路における追加検討

### 2.1. 検討の目的

トレンチ処分及びピット処分の地盤 2 層ケース①-1 透水係数 10 倍ケースにおいて、管理期間中の井戸水飲用の 97.5%線量は、付表 4-6 に示すように管理期間中のめやす線量 ( $50 \mu \text{ Sv/y}$ ) より低い結果となっているが、管理期間終了後のめやす線量である  $10 \mu \text{ Sv/y}$  より大きい結果となっている。これより、トレンチ処分及びピット処分の地盤 2 層ケース①-1 における管理期間中の井戸水飲用の 97.5%値が、管理期間終了後のめやす線量である  $10 \mu \text{ Sv/y}$  を下回るような線量低減の検討を行った。

### 2.2. 線量低減の方法

#### 2.2.1. トレンチ処分

トレンチ処分の管理期間中の井戸水飲用の線量の評価結果が管理期間終了後のめやす線量 ( $10 \mu \text{ Sv/y}$ ) を上回る計算ケースを付表 4-7 に示す。これより、 $10 \mu \text{ Sv/y}$  を上回る計算ケースにおいて線量への寄与が大きい核種は、ほぼ H-3 であることを確認した。

トレンチ処分は人工バリアを設置しない施設であるため、人工バリアによる設計対応により線量を低減させることは考慮しないこととした。したがって、H-3 は半減期が約 12 年と比較的短いので、廃棄体を数年間保管して H-3 の放射能インベントリが減衰してから埋設することを想定した。廃棄体を保管する年数は式(1)より求める。

$$AP = -\ln(\text{rate}) * \frac{T}{\ln(2)} \quad (1)$$

ここで、

$AP$	: 廃棄体の保管期間 (year)
$\text{rate}$	: H-3 の線量が $10 \mu \text{ Sv/y}$ となる割合 = H-3 線量 / $10 \mu \text{ Sv/y}$ (-)
$T$	: H-3 の半減期 = 12.33 (year)

式(1)より、管理期間中の井戸水飲用の 97.5%線量が  $10 \mu \text{ Sv/y}$  を下回るための最小の保管年数は 9 年となった。これより、付表 4-7 に示す計算ケースにおいて 9 年間保管して減衰した H-3 の放射能インベントリを設定して再計算を行った。

#### 2.2.2. ピット処分

ピット処分の地盤 2 層ケース①-1 の管理期間中の井戸水飲用において、管理期間終了後のめやす線量である  $10 \mu \text{ Sv/y}$  を上回る計算ケースを付表 4-8 に示す。付表 4-8 に示すように、 $10 \mu \text{ Sv/y}$  を上回る計算ケースにおいて線量への寄与の大きい核種はほぼ H-3 となっていることを確認した。また、C-14 及び Sr-90 の線量が最大線量への寄与率が 10%以上となる計算ケースが多くなっており、C-14 及び Sr-90 の線量のみで  $10 \mu \text{ Sv/y}$  を上回って計算ケースがあることも確認した。

ピット処分の地盤2層ケース①-1では、上部及び側部のベントナイト混合土層を厚さ4mとする設計対応によりめやす線量以下となる結果を得たが、更にベントナイトの割合を30%に増加させてベントナイトの拡散係数も低減させた状態の設計対応による線量評価を行った。その結果、管理期間終了後のめやす線量である $10\mu\text{Sv/y}$ を上回る計算ケースを付表4-9に示す。

これより、ピット処分の地盤2層ケース①-1における管理期間中の評価では、ベントナイトの拡散係数の低減させることによる線量の低減効果は小さいことが分かった。

更にH-3はトレンチ処分と同様に、廃棄体を数年間保管してH-3の放射能インベントリが減衰してから埋設することを検討した。廃棄体を保管する年数は式(1)より求めた。その結果、管理期間中の地下水飲用の97.5%線量が $10\mu\text{Sv/y}$ を下回るための最低限の保管年数は44年となった。操業スケジュールを考慮すると保管期間44年は長すぎるため、現実的ではないと考えられる。

ピット処分の地盤2層ケース①-1における管理期間中の井戸水飲用の97.5%線量が $10\mu\text{Sv/y}$ を上回るのは、ピット処分の地盤2層ケース①-2及び①-3よりコンクリートピット施設からの放射性物質の浸出量が多いためである。付表4-9に示す $10\mu\text{Sv/y}$ を上回る計算ケースの岩盤層の透水係数を確認すると、付表4-10に示す通り1ケースを除く41ケースで岩盤層の透水係数が $1\times 10^{-6}\text{m/sec}$ に設定されており、ピット施設からの放射性物質の浸出量が多い計算ケースとなっていることを確認した。

これより、コンクリートピット施設からの放射性物質の浸出量を低減させるために、ピットの上部及び側部の厚さ4mのベントナイト混合土層に加えて、底部にも厚さ2mのベントナイト混合土層を設置することとした。底部ベントナイト混合土層は、付表4-10に示す42ケースのうち岩盤層の透水係数が $1\times 10^{-6}\text{m/s}$ に設定されている41ケースを対象に設置することを想定し再計算を行った。

再計算を行うにあたって、ピットの上部及び側部には厚さ4m、底部に厚さ2mのベントナイト混合土層を設置した時における地下水流動解析を行った。地下水流動解析によるコンクリートピット施設からの浸出水量の計算結果を付表4-11及び付図4-3に示す。付図4-4に本解析におけるピットからの地下水の流跡線の解析結果を示す。

地下水流動解析の結果から、コンクリートピット施設からの浸出水量を他の計算ケースと同様の方法で設定し、線量評価を実施した。なお、ベントナイト混合土層をピット底部にも設置したため、底部ベントナイト混合土層内での拡散の影響を考慮する必要があるが、放射性物質が土壌層へ移行する量が多くなる方が保守側の評価であるため、本計算では考慮しなかった。

### 2.3. 線量の評価結果

1.2に示す線量低減の方法を実施したときの評価結果を付表4-12及び付図4-5に示す。付表4-12に示すように、トレンチ処分及びピット処分の地盤2層ケース①-1における管理期間中及び管理期間終了後の97.5%線量が、管理期間終了後のめやす線量である $10\mu\text{Sv/y}$ を下回ることを確認した。

付表 4-6 井戸水飲用の 97.5%線量の評価結果

評価経路		立地条件の累積割合が 97.5%となる時の被ばく線量			
		トレンチ処分		ピット処分 地盤 2 層ケース ①-1 透水係数 10 倍ケース	
		管理期間中	管理期間 終了後	管理期間中	管理期間 終了後
地下水（井戸水）	飲用	1.6E+01	2.3E+00	2.8E+01	8.9E+00

付表 4-7 トレンチ処分において井戸水飲用の管理期間中評価結果が 10  $\mu$  Sv/y を上回る計算ケースにおける線量の評価結果と線量に寄与する核種

No.	累積割合	最大線量 ( $\mu$ Sv/y)	寄与核種	寄与核種の線量 ( $\mu$ Sv/y)	No.	累積割合	最大線量 ( $\mu$ Sv/y)	寄与核種	寄与核種の線量 ( $\mu$ Sv/y)
1	94.4%	1.0E+01	H-3	1.0E+01	31	97.4%	1.6E+01	H-3	1.6E+01
2	94.5%	1.0E+01	H-3	1.0E+01	32	97.5%	1.6E+01	H-3	1.6E+01
3	94.6%	1.1E+01	H-3	1.1E+01	33	97.6%	1.6E+01	H-3	1.6E+01
4	94.7%	1.1E+01	H-3	1.1E+01	34	97.7%	1.6E+01	H-3	1.6E+01
5	94.8%	1.1E+01	H-3	1.1E+01	35	97.8%	1.6E+01	H-3	1.6E+01
6	94.9%	1.1E+01	H-3	1.1E+01	36	97.9%	1.7E+01	H-3	1.7E+01
7	95.0%	1.1E+01	H-3	1.1E+01	37	98.0%	1.7E+01	H-3	1.7E+01
8	95.1%	1.1E+01	H-3	1.1E+01	38	98.1%	1.7E+01	H-3	1.7E+01
9	95.2%	1.1E+01	H-3	1.1E+01	39	98.2%	1.7E+01	H-3	1.7E+01
10	95.3%	1.2E+01	H-3	1.2E+01	40	98.3%	1.7E+01	H-3	1.7E+01
11	95.4%	1.2E+01	H-3	1.2E+01	41	98.4%	1.8E+01	H-3	1.8E+01
12	95.5%	1.2E+01	H-3	1.2E+01	42	98.5%	1.8E+01	H-3	1.8E+01
13	95.6%	1.2E+01	H-3	1.2E+01	43	98.6%	1.8E+01	H-3	1.8E+01
14	95.7%	1.3E+01	H-3	1.3E+01	44	98.7%	1.8E+01	H-3	1.8E+01
15	95.8%	1.3E+01	H-3	1.3E+01	45	98.8%	1.9E+01	H-3	1.9E+01
16	95.9%	1.3E+01	H-3	1.3E+01	46	98.9%	1.9E+01	H-3	1.9E+01
17	96.0%	1.3E+01	H-3	1.3E+01	47	99.0%	2.0E+01	H-3	2.0E+01
18	96.1%	1.3E+01	H-3	1.3E+01	48	99.1%	2.3E+01	H-3	2.3E+01
19	96.2%	1.3E+01	H-3	1.3E+01	49	99.2%	2.3E+01	H-3	2.3E+01
20	96.3%	1.4E+01	H-3	1.4E+01	50	99.3%	2.5E+01	H-3	2.5E+01
21	96.4%	1.4E+01	H-3	1.4E+01	51	99.4%	2.7E+01	H-3	2.7E+01
22	96.5%	1.4E+01	H-3	1.4E+01	52	99.5%	2.9E+01	H-3	2.9E+01
23	96.6%	1.4E+01	U-234	6.3E+00	53	99.6%	2.9E+01	H-3	2.9E+01
24	96.7%	1.4E+01	H-3	1.4E+01	54	99.7%	3.3E+01	H-3	3.3E+01
25	96.8%	1.5E+01	H-3	1.5E+01	55	99.8%	4.3E+01	H-3	4.3E+01
26	96.9%	1.5E+01	H-3	1.5E+01	56	99.9%	4.7E+01	H-3	4.7E+01
27	97.0%	1.5E+01	H-3	1.5E+01	57	100.0%	4.8E+01	H-3	4.8E+01
28	97.1%	1.5E+01	H-3	1.5E+01					
29	97.2%	1.5E+01	H-3	1.5E+01					
30	97.3%	1.5E+01	H-3	1.5E+01					

付表 4-8 ピット処分、地盤 2 層①-1 ケースで井戸水飲用の管理期間中の線量が  $10 \mu \text{Sv/y}$  を上  
 回る計算ケースの線量の評価結果と線量に寄与する核種  
 (ピットの上部及び側部に厚さ 4m のベントナイト混合土層設置した条件)

No.	累積割合	最大線量 ( $\mu \text{Sv/y}$ )	最大寄与核種	最大線量への寄与率が 10%以上の核種	H-3 線量 ( $\mu \text{Sv/y}$ )	C-14 線量 ( $\mu \text{Sv/y}$ )	Sr-90 線量 ( $\mu \text{Sv/y}$ )
1	95.7%	1.0E+01	H-3	C-14	1.0E+01	6.7E+00	0.0E+00
2	95.8%	1.1E+01	H-3	C-14	1.1E+01	4.7E+00	0.0E+00
3	95.9%	1.2E+01	H-3		1.2E+01	9.3E-14	0.0E+00
4	96.0%	1.2E+01	H-3		1.2E+01	1.7E-11	0.0E+00
5	96.1%	1.2E+01	Sr-90		3.9E-01	4.2E-15	1.2E+01
6	96.2%	1.3E+01	H-3	C-14	1.3E+01	4.0E+00	0.0E+00
7	96.3%	1.4E+01	H-3	C-14	1.4E+01	7.4E+00	0.0E+00
8	96.4%	1.5E+01	H-3	Sr-90	1.5E+01	6.0E-12	3.8E+00
9	96.5%	1.5E+01	C-14	H-3、I-129	3.3E+00	1.4E+01	0.0E+00
10	96.6%	1.7E+01	I-129	H-3	9.0E+00	1.4E-10	0.0E+00
11	96.7%	1.9E+01	C-14	H-3	2.5E+00	1.9E+01	0.0E+00
12	96.8%	1.9E+01	H-3	C-14	1.9E+01	1.6E+01	0.0E+00
13	96.9%	2.1E+01	H-3	I-129	2.1E+01	2.9E-11	1.4E-15
14	97.0%	2.1E+01	H-3	C-14	2.1E+01	9.2E+00	0.0E+00
15	97.1%	2.2E+01	H-3	C-14	2.2E+01	7.8E+00	0.0E+00
16	97.2%	2.2E+01	H-3	C-14	2.2E+01	1.9E+01	0.0E+00
17	97.3%	2.5E+01	H-3	C-14	2.5E+01	1.1E+01	3.7E-17
18	97.4%	2.6E+01	H-3	C-14	2.6E+01	8.8E+00	0.0E+00
19	97.5%	2.6E+01	H-3	C-14	2.6E+01	2.1E+01	1.5E+00
20	97.6%	3.0E+01	H-3	C-14	3.0E+01	1.6E+01	0.0E+00
21	97.7%	3.0E+01	H-3	C-14	3.0E+01	4.9E+00	5.1E-01
22	97.8%	4.1E+01	H-3	C-14	4.1E+01	1.6E+01	0.0E+00
23	97.9%	4.1E+01	H-3		4.1E+01	1.9E-09	0.0E+00
24	98.0%	4.4E+01	H-3		4.4E+01	2.3E-05	1.6E-16
25	98.1%	5.4E+01	H-3		5.4E+01	5.5E-03	0.0E+00
26	98.2%	6.0E+01	H-3	C-14	5.9E+01	2.8E+01	2.0E-06
27	98.3%	6.2E+01	H-3		6.2E+01	7.2E-11	0.0E+00
28	98.4%	6.2E+01	H-3	C-14	6.2E+01	2.4E+01	0.0E+00
29	98.5%	7.1E+01	Sr-90		5.1E+00	5.7E+00	6.5E+01
30	98.6%	7.7E+01	Sr-90	H-3	2.8E+01	6.1E+00	7.7E+01
31	98.7%	1.1E+02	H-3	C-14	1.1E+02	2.5E+01	0.0E+00
32	98.8%	1.2E+02	H-3	Sr-90	1.2E+02	8.7E-11	5.7E+01
33	98.9%	1.2E+02	H-3		1.2E+02	3.9E-10	8.9E-17
34	99.0%	1.2E+02	H-3	C-14	1.2E+02	8.1E+01	8.9E-05
35	99.1%	1.2E+02	H-3	C-14	1.2E+02	7.7E+01	0.0E+00
36	99.2%	1.3E+02	H-3	C-14、Sr-90	1.3E+02	5.2E+01	1.5E+01
37	99.3%	2.4E+02	H-3	C-14、I-129	2.4E+02	2.3E+02	0.0E+00
38	99.4%	2.6E+02	H-3	C-14	2.6E+02	6.5E+01	5.8E+00
39	99.5%	2.8E+02	H-3	C-14	2.7E+02	7.8E+01	0.0E+00
40	99.6%	3.6E+02	Sr-90	H-3	5.7E+01	1.4E+01	3.5E+02
41	99.7%	3.8E+02	H-3	C-14	3.8E+02	7.9E+01	0.0E+00
42	99.8%	4.5E+02	Sr-90		3.8E+01	3.5E+01	4.4E+02
43	99.9%	5.0E+02	Sr-90	H-3	8.8E+01	1.8E+01	4.8E+02
44	100.0%	1.1E+03	Sr-90	H-3	2.3E+02	5.6E-11	1.1E+03

付表 4-9 ピット処分、地盤 2 層①-1 ケースの井戸水飲用の管理期間中の線量が  $10 \mu\text{Sv/y}$  を上回る計算ケースの線量の評価結果と線量に寄与する核種  
(上部及び側部に厚さ 4m のベントナイト混合土層設置、ベントナイトの混合割合を増加し、拡散係数を  $2.0 \times 10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$  とした設計)

No.	累積割合	最大線量 ( $\mu\text{Sv/y}$ )	最大寄与核種	最大線量への寄与率が 10%以上の核種	H-3 線量 ( $\mu\text{Sv/y}$ )	C-14 線量 ( $\mu\text{Sv/y}$ )	Sr-90 線量 ( $\mu\text{Sv/y}$ )
1	95.9%	1.1E+01	H-3	C-14	1.1E+01	4.8E+00	0.0E+00
2	96.0%	1.1E+01	H-3		1.1E+01	9.4E-14	0.0E+00
3	96.1%	2.8E-01	C-14	I-129	6.2E-03	2.4E-01	0.0E+00
4	96.2%	1.4E+01	H-3	C-14	1.4E+01	4.1E+00	0.0E+00
5	96.3%	1.4E+01	H-3	C-14	1.4E+01	7.5E+00	0.0E+00
6	96.4%	1.5E+01	H-3	Sr-90	1.5E+01	4.7E-12	3.8E+00
7	96.5%	1.5E+01	C-14	H-3、I-129	3.2E+00	1.4E+01	0.0E+00
8	96.6%	1.7E+01	C-14		1.6E+00	1.7E+01	0.0E+00
9	96.7%	1.7E+01	I-129	H-3	8.8E+00	1.0E-10	0.0E+00
10	96.8%	1.9E+01	H-3	C-14	1.9E+01	1.6E+01	0.0E+00
11	96.9%	2.1E+01	H-3	I-129	2.1E+01	2.4E-11	1.3E-15
12	97.0%	2.1E+01	H-3	C-14	2.1E+01	9.3E+00	0.0E+00
13	97.1%	2.2E+01	H-3	C-14	2.2E+01	7.9E+00	0.0E+00
14	97.2%	2.2E+01	H-3	C-14	2.2E+01	1.9E+01	0.0E+00
15	97.3%	2.4E+01	H-3	C-14	2.4E+01	1.1E+01	2.8E-17
16	97.4%	2.6E+01	H-3	C-14	2.6E+01	8.9E+00	0.0E+00
17	97.5%	2.6E+01	H-3	C-14	2.6E+01	2.2E+01	1.5E+00
18	97.6%	2.9E+01	H-3	C-14	2.9E+01	1.7E+01	0.0E+00
19	97.7%	3.0E+01	H-3	C-14	3.0E+01	4.9E+00	5.1E-01
20	97.8%	4.1E+01	H-3	C-14	4.1E+01	1.6E+01	0.0E+00
21	97.9%	4.1E+01	H-3		4.1E+01	1.8E-09	0.0E+00
22	98.0%	4.3E+01	H-3		4.3E+01	1.5E-05	1.1E-16
23	98.1%	5.4E+01	H-3		5.4E+01	4.5E-03	0.0E+00
24	98.2%	5.9E+01	H-3	C-14	5.8E+01	2.8E+01	1.3E-06
25	98.3%	6.2E+01	H-3		6.2E+01	6.7E-11	0.0E+00
26	98.4%	6.3E+01	H-3	C-14	6.3E+01	2.4E+01	0.0E+00
27	98.5%	7.1E+01	Sr-90		5.0E+00	5.8E+00	6.5E+01
28	98.6%	7.8E+01	Sr-90	H-3	2.8E+01	6.1E+00	7.8E+01
29	98.7%	1.1E+02	H-3	C-14	1.1E+02	2.5E+01	0.0E+00
30	98.8%	1.2E+02	H-3	Sr-90	1.2E+02	8.1E-11	5.7E+01
31	98.9%	1.2E+02	H-3		1.2E+02	4.3E-10	5.2E-17
32	99.0%	1.2E+02	H-3	C-14	1.2E+02	8.2E+01	8.9E-05
33	99.1%	1.2E+02	H-3	C-14	1.2E+02	7.8E+01	0.0E+00
34	99.2%	1.3E+02	H-3	C-14、Sr-90	1.3E+02	5.2E+01	1.6E+01
35	99.3%	2.4E+02	H-3	C-14、I-129	2.4E+02	2.3E+02	0.0E+00
36	99.4%	2.6E+02	H-3	C-14	2.6E+02	6.6E+01	5.8E+00
37	99.5%	2.8E+02	H-3	C-14	2.8E+02	7.9E+01	0.0E+00
38	99.6%	3.6E+02	Sr-90	H-3	5.7E+01	1.4E+01	3.5E+02
39	99.7%	3.8E+02	H-3	C-14	3.8E+02	7.9E+01	0.0E+00
40	99.8%	4.4E+02	Sr-90		3.6E+01	3.5E+01	4.3E+02
41	99.9%	5.0E+02	Sr-90	H-3	8.8E+01	1.8E+01	4.8E+02
42	100.0%	1.1E+03	Sr-90	H-3	2.3E+02	9.6E-11	1.1E+03

付表 4-10 ピット処分、地盤 2 層①-1 ケースの井戸水飲用の管理期間中の線量が  $10 \mu \text{Sv/y}$  を上回る計算ケースの線量と岩盤の透水係数の設定値

No.	累積割合	最大線量 ( $\mu \text{Sv/y}$ )	岩盤の透水係数 (m/sec)
1	95.9%	1.1E+01	1.0E-06
2	96.0%	1.1E+01	1.0E-06
3	96.1%	2.8E-01	1.0E-06
4	96.2%	1.4E+01	1.0E-06
5	96.3%	1.4E+01	1.0E-06
6	96.4%	1.5E+01	1.0E-06
7	96.5%	1.5E+01	1.0E-06
8	96.6%	1.7E+01	1.0E-07
9	96.7%	1.7E+01	1.0E-06
10	96.8%	1.9E+01	1.0E-06
11	96.9%	2.1E+01	1.0E-06
12	97.0%	2.1E+01	1.0E-06
13	97.1%	2.2E+01	1.0E-06
14	97.2%	2.2E+01	1.0E-06
15	97.3%	2.4E+01	1.0E-06
16	97.4%	2.6E+01	1.0E-06
17	97.5%	2.6E+01	1.0E-06
18	97.6%	2.9E+01	1.0E-06
19	97.7%	3.0E+01	1.0E-06
20	97.8%	4.1E+01	1.0E-06
21	97.9%	4.1E+01	1.0E-06
22	98.0%	4.3E+01	1.0E-06
23	98.1%	5.4E+01	1.0E-06
24	98.2%	5.9E+01	1.0E-06
25	98.3%	6.2E+01	1.0E-06
26	98.4%	6.3E+01	1.0E-06
27	98.5%	7.1E+01	1.0E-06
28	98.6%	7.8E+01	1.0E-06
29	98.7%	1.1E+02	1.0E-06
30	98.8%	1.2E+02	1.0E-06
31	98.9%	1.2E+02	1.0E-06
32	99.0%	1.2E+02	1.0E-06
33	99.1%	1.2E+02	1.0E-06
34	99.2%	1.3E+02	1.0E-06
35	99.3%	2.4E+02	1.0E-06
36	99.4%	2.6E+02	1.0E-06
37	99.5%	2.8E+02	1.0E-06
38	99.6%	3.6E+02	1.0E-06
39	99.7%	3.8E+02	1.0E-06
40	99.8%	4.4E+02	1.0E-06
41	99.9%	5.0E+02	1.0E-06
42	100.0%	1.1E+03	1.0E-06

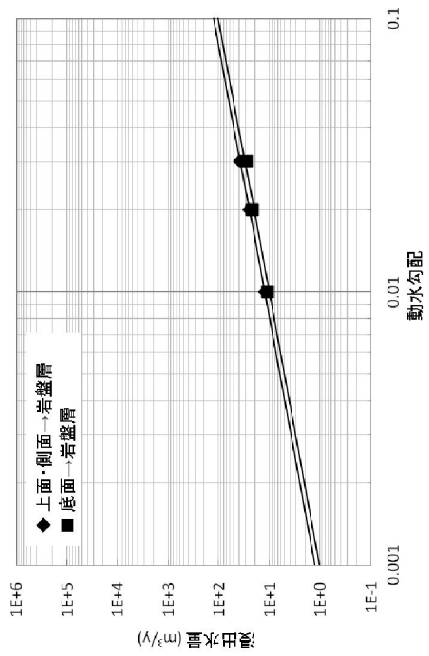
付表 4-11 ピット処分、地盤 2 層①-1 ケースにおいてピットの上部及び側部に厚さ 4m、底部に厚さ 2m のベンチトナイト混合土層を設置した時の地下水流動解析による移行経路毎の浸出水量の計算結果 (岩盤層の透水係数  $1 \times 10^{-6} \text{m/s}$ )

	動水勾配 (%)	岩盤層 透水係数 k1 (m/s)	土壌層 透水係数 k2 (m/s)	透水係数の比 k2 / k1	①			②		③		合計
					上面・側面 →覆土層	上面・側面 →岩盤層	底面 →覆土層	底面 →岩盤層	底面 →岩盤層			
Case 1	1	1.00E-06	1.00E-05	10	0.0E+00	1.3E+01	0.0E+00	0.0E+00	1.1E+01	1.1E+01	2.4E+01	
Case 2	2	1.00E-06	1.00E-05	10	0.0E+00	2.5E+01	0.0E+00	0.0E+00	2.2E+01	2.2E+01	4.7E+01	
Case 3	3	1.00E-06	1.00E-05	10	0.0E+00	3.9E+01	0.0E+00	0.0E+00	2.9E+01	2.9E+01	6.8E+01	

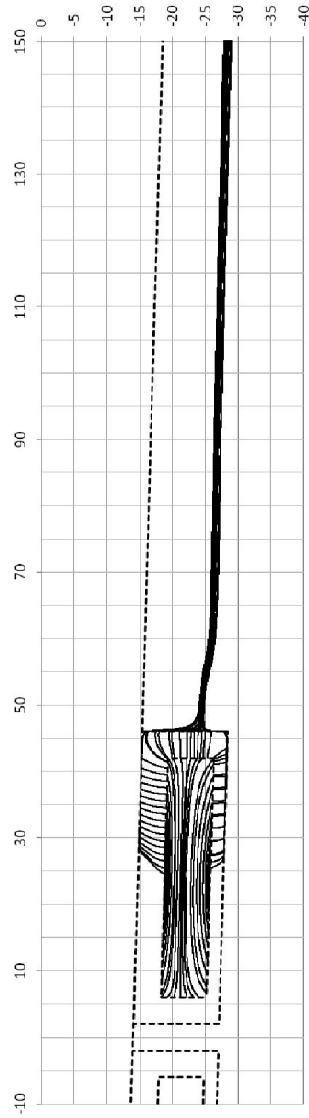
付表 4-12 設計対応後の井戸水飲用の 97.5%線量の評価結果

評価経路	トレンチ処分		ピット処分 地盤 2 層ケース ①-1 透水係数 10 倍ケース	
		H-3 の高い廃棄体の減衰期間を考慮 (9 年間)	H-3 の上部及び側部に厚さ 4m、底部に厚さ 2m のベンチトナイト混合土層 (拡散係数 $2.0 \times 10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$ ) を設置	
地下水	管理期間中	管理期間 終了後	管理期間中	管理期間 終了後
	9.8E+00	2.2E+00	1.5E+00	5.0E+00
飲用				

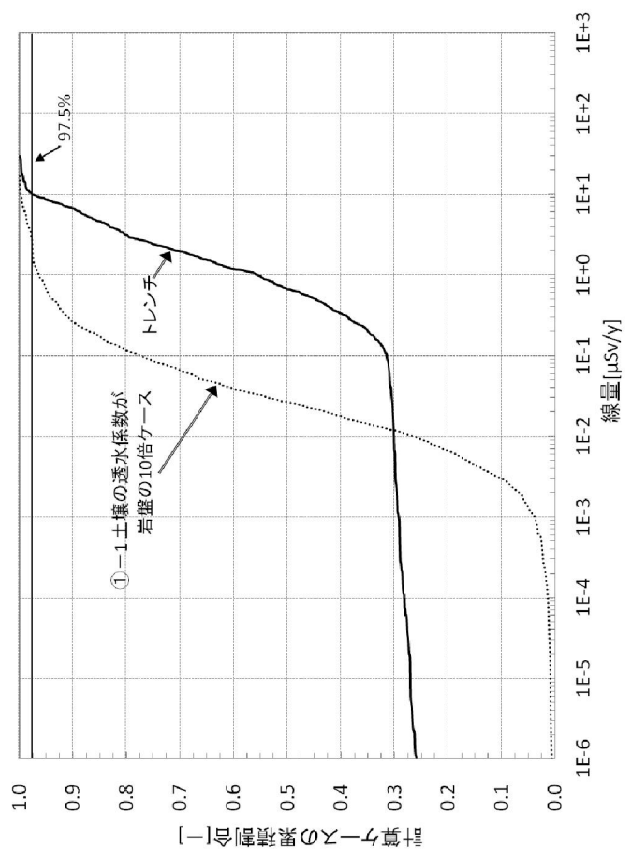




付図 4-3 底部ベントナイトを設置した時における経路毎の浸出水量の計算結果



付図 4-4 底部ベントナイトを設置時におけるピット外周からの地下水流跡線の解析結果  
(岩盤の透水係数  $1 \times 10^{-6} \text{m/s}$ 、動水勾配 3%)



付図 4-5 追加計算における管理期間中の井戸水飲用経路の線量の累積頻度分布  
(トレンチ処分、ピット処分、地盤2層①-1ケース)

### 3. 河川産物摂取の線量評価経路における追加検討

#### 3.1. 検討の目的

パラメータスタディでは、河川産物は川魚を摂取することを想定して線量評価を実施したが、原子炉 CL 報告書<sup>19)</sup>では、貝類のような無脊椎動物の同時に摂取することを想定している。パラメータスタディの線量評価結果では、河川産物摂取の評価経路が河川水利用シナリオでは高い線量となったことから、無脊椎動物の摂取量も加えた線量を確認した。

#### 3.2. パラメータの設定

無脊椎動物の摂取量は、原子炉 CL 報告書で設定された 0.25kg/y とした。濃縮係数は、原子炉 CL 報告書で引用されている文献の値を引用し、付表 4-13 のように設定した。

#### 3.3. 線量の評価結果

河川産物の魚類と無脊椎動物の摂取を考慮した、97.5%線量の評価結果を付表 4-14、付表 4-15 及び付図 4-6、付図 4-7 に示す。また、97.5%計算ケースの線量の経時変化を付図 4-8～付図 4-15 に示す。

付表 4-14 及び付表 4-15 に示すように、管理期間終了後の最大線量は、魚類だけを摂取した評価の 1.1 倍となったが、トレンチ処分及びピット処分の地盤 1 層ケースは設計対応なしでもめやす線量以下であることを確認した。また、表 4-15 に示すようにピット処分地盤 2 層の場合でも設計対応することにより、97.5%線量がめやす線量以下であることを確認した。

付表 4-13 河川産物（無脊椎動物）への濃縮係数

元素名	選定値(m <sup>3</sup> /kg)	選定値の設定根拠
H	9.0E-04	UCRL-50564 ReV.1 <sup>32)</sup>
Be	1.0E-02	UCRL-50564 ReV.1
C	9.1E+00	UCRL-50564 ReV.1
Al	6.3E-02	UCRL-50564 ReV.1
Cl	1.0E-01	UCRL-50564 ReV.1
Ca	3.3E-01	UCRL-50564 ReV.1
Co	1.0E+01	IAES S.S. No.57 <sup>24)</sup>
Ni	1.0E-01	IAES S.S. No.57
Se	1.7E-01	UCRL-50564 ReV.1
Sr	3.0E-01	IAES S.S. No.57
Zr	1.0E-01	IAES S.S. No.57
Nb	1.0E-01	IAES S.S. No.57
Mo	1.0E-02	UCRL-50564 ReV.1
Tc	5.0E-03	IAES S.S. No.57
Ag	7.0E-01	IAES S.S. No.57
Cd	2.0E+00	UCRL-50564 ReV.1
Sn	1.0E+00	UCRL-50564 ReV.1
I	4.0E-01	IAES S.S. No.57
Cs	1.0E+00	IAES S.S. No.57
Ba	2.0E-01	IAES S.S. No.57
Eu	1.0E+00	UCRL-50564 ReV.1
Ho	1.0E+00	UCRL-50564 ReV.1
Hf	6.7E-03	UCRL-50564 ReV.1
Pb	1.0E-01	IAES S.S. No.57
Po	2.0E+01	IAES S.S. No.57
Ra	3.0E-01	IAES S.S. No.57
Ac	1.0E+00	UCRL-50564 ReV.1
Th	5.0E-01	IAES S.S. No.57
Pa	1.0E-01	IAES S.S. No.57
U	1.0E-01	IAES S.S. No.57
Np	4.0E-01	IAES S.S. No.57
Pu	1.0E-01	IAES S.S. No.57
Am	1.0E+00	IAES S.S. No.57
Cm	1.0E+00	UCRL-50564 ReV.1

付表 4-14 河川産物として魚類と無脊椎動物の摂取を考慮した時の 97.5%線量の評価結果

評価経路		施設、立地条件	線量( $\mu$ Sv/y)		比率 (B/A)
			A: 魚類	B: 魚類+ 無脊椎動物	
河川水利用	水産物摂取	トレンチ処分	1.1E-01	1.2E-01	1.1
		ピット処分、地盤 2 層①-1	1.1E+01	1.2E+01	1.1
		ピット処分、地盤 2 層①-2	1.2E+01	1.3E+01	1.1
		ピット処分、地盤 2 層①-3	1.2E+01	1.3E+01	1.1
		ピット処分、地盤 1 層	3.3E+00	3.7E+00	1.1

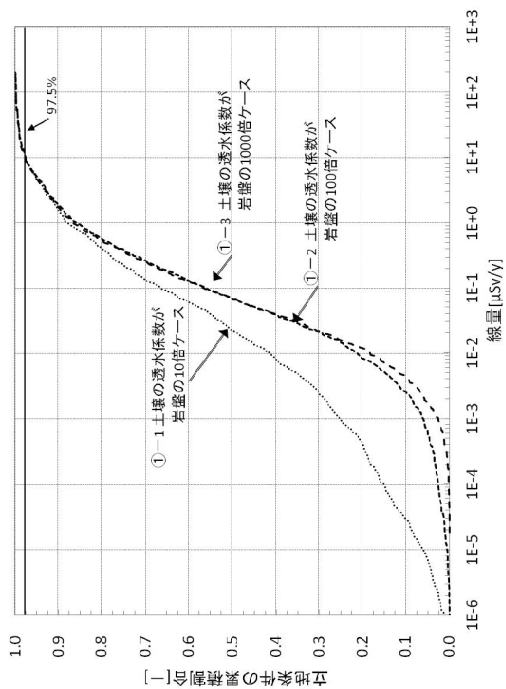
付表 4-15 設計対応後の河川産物の魚類と無脊椎動物の摂取を考慮した  
立地条件の累積割合が 97.5%となる時の線量の評価結果 (設計対応)

評価経路		施設、立地条件	線量( $\mu$ Sv/y)		比率 (B/A)
			A: 魚類	B: 魚類+ 無脊椎動物	
河川水利用	水産物摂取	ピット処分、地盤 2 層①-1	9.1E+00	9.8E+00	1.1
		ピット処分、地盤 2 層①-2	9.1E+00	9.8E+00	1.1
		ピット処分、地盤 2 層①-3	9.1E+00	9.8E+00	1.1

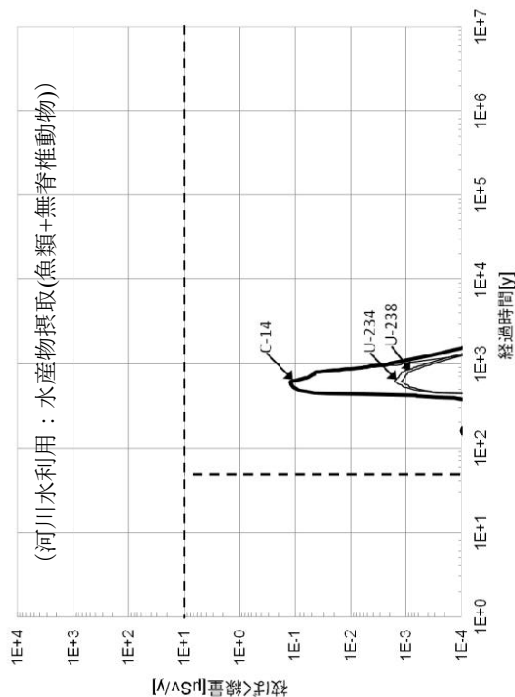
※1 ①-1: 土壌の透水係数が岩盤の 10 倍ケース (設計対応: 上部及び側部ベントナイト混合土層厚さ 4m)

※2 ①-2: 土壌の透水係数が岩盤の 100 倍ケース (設計対応: 上部及び側部ベントナイト混合土層厚さ 4m)

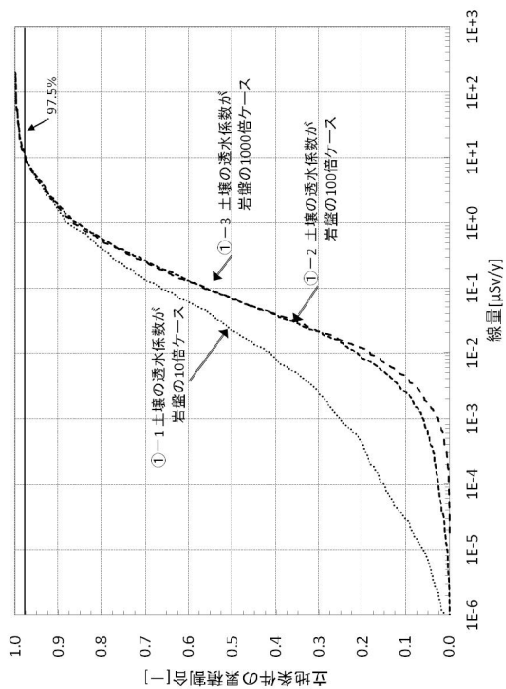
※3 ①-3: 土壌の透水係数が岩盤の 1000 倍ケース、(設計対応: 上部及び側部ベントナイト混合土層厚さ 4m  
拡散係数  $2.0 \times 10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$ )



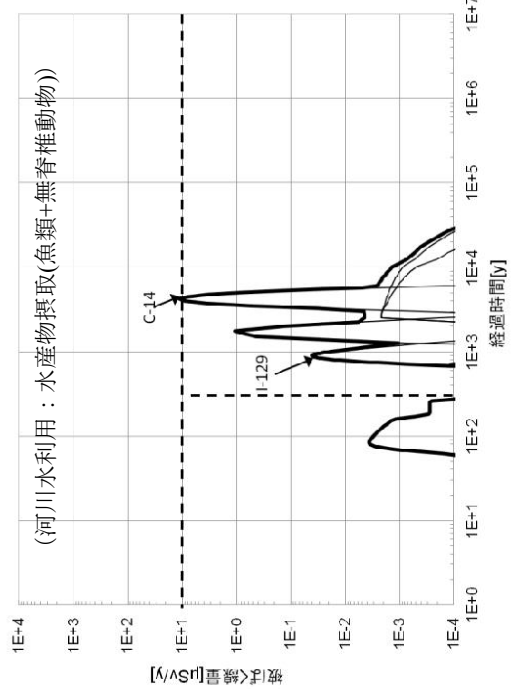
付図 4-6 トレンチ処分：水産物摂取（魚類+無脊椎動物）の評価結果



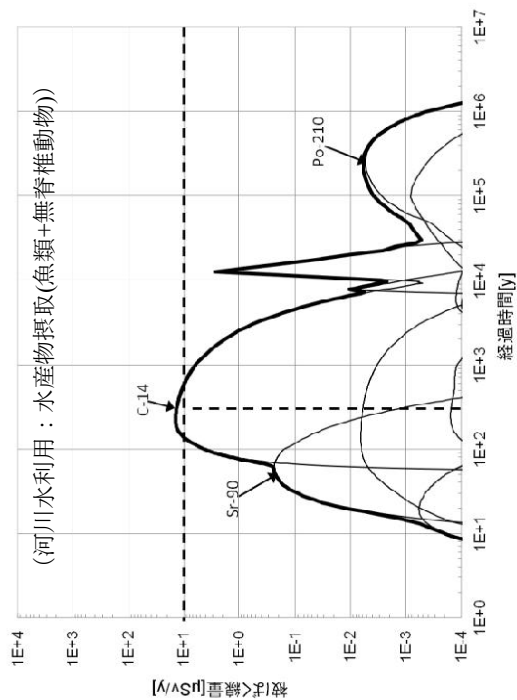
付図 4-8 トレンチ処分：立地条件の累積割合 97.5%値の経時変化



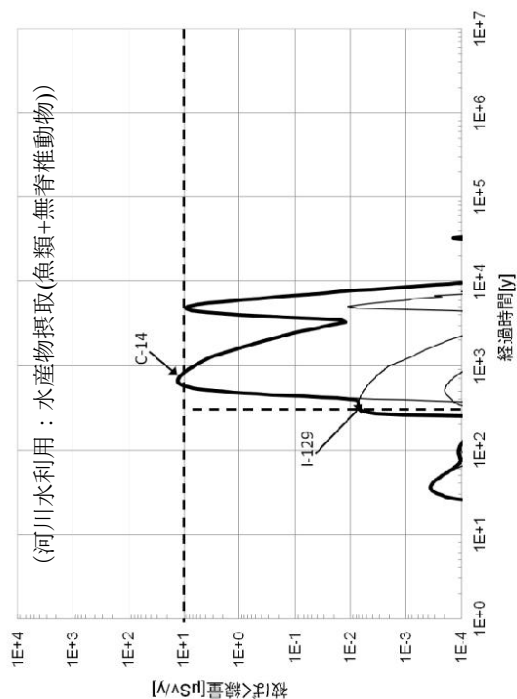
付図 4-7 河川水利用（設計対応）：水産物摂取（魚類+無脊椎動物）の評価結果



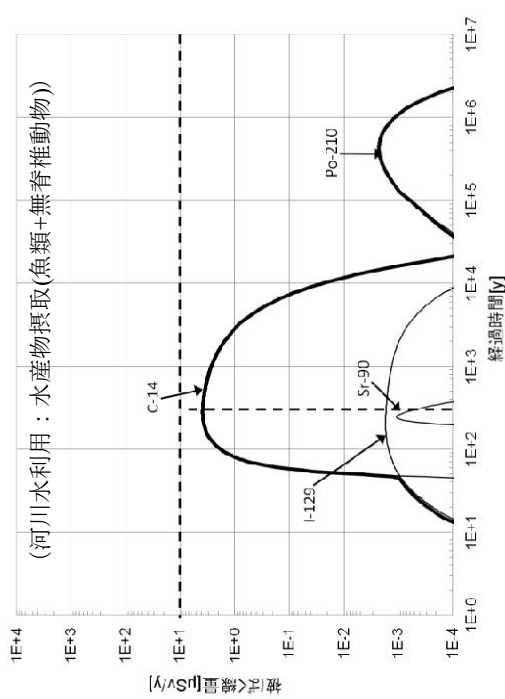
付図 4-9 ピット処分、地盤 2 層①-1：立地条件の累積割合 97.5%値の経時変化



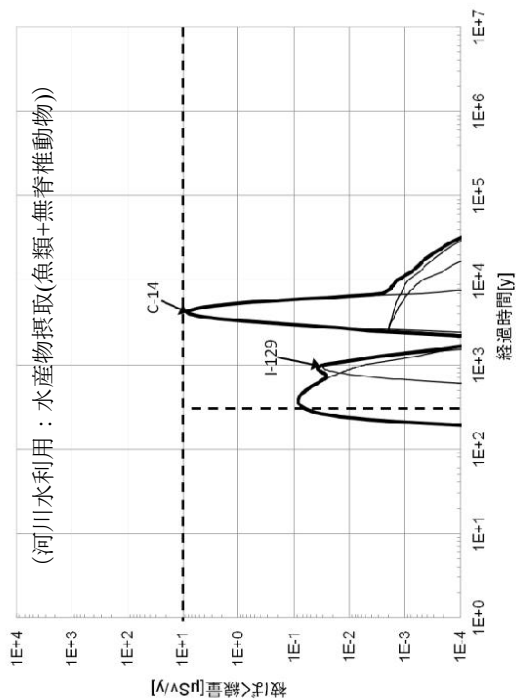
付図 4-11 ピット処分、地盤 2 層①-3 :  
立地条件の累積割合 97.5% 値の経時変化



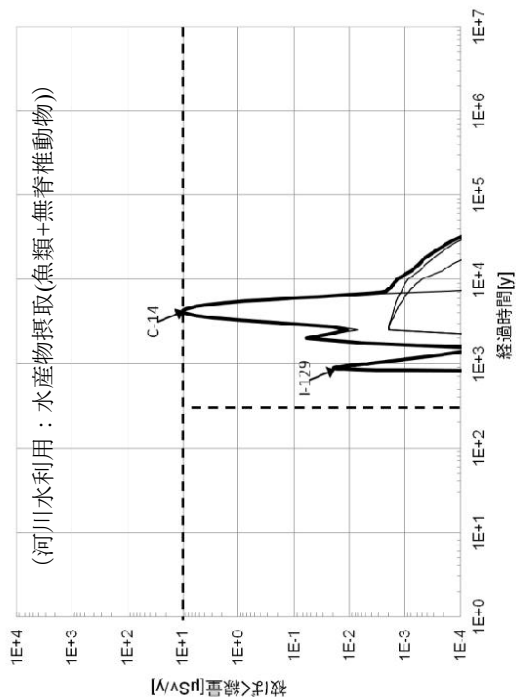
付図 4-10 ピット処分、地盤 2 層①-2 :  
立地条件の累積割合 97.5% 値の経時変化



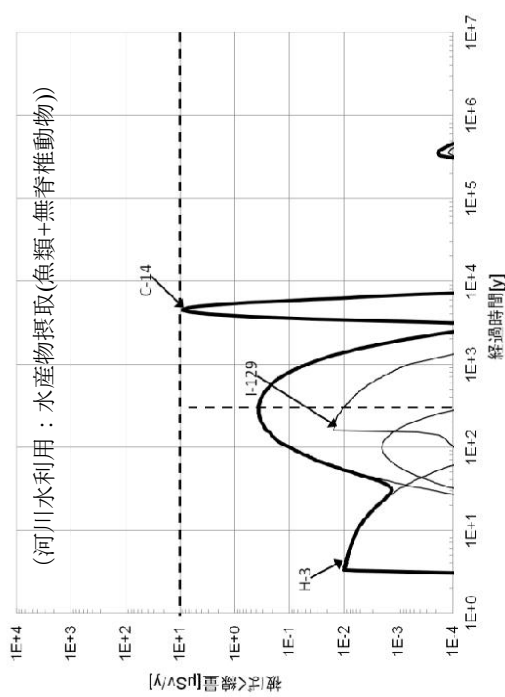
付図 4-12 ピット処分、地盤 1 層 :  
立地条件の累積割合 97.5% 値の経時変化



付図 4-14 ピット処分、地盤 2 層①-2 (設計対応) :  
立地条件の累積割合 97.5% 値の経時変化



付図 4-13 ピット処分、地盤 2 層①-1 (設計対応) :  
立地条件の累積割合 97.5% 値の経時変化



付図 4-15 ピット処分、地盤 2 層①-3 (設計対応) :  
立地条件の累積割合 97.5% 値の経時変化



#### 4. 畜産物摂取の線量評価経路における追加検討

##### 4.1. 検討の目的

管理期間終了後の安全評価では、畜産物摂取は牛乳を摂取することを想定して線量評価を実施したが、原子炉 CL 報告書では、牛肉、豚肉、鶏肉、鶏卵及び牛乳を同時に摂取することを想定している。よって、原子炉 CL 報告書と同様に牛肉、豚肉、鶏肉、鶏卵の摂取量も加えた線量を確認した。

##### 4.2. パラメータの設定

肉牛、豚、鶏の飼料及び飼育水摂取量と牛肉、豚肉、鶏肉、鶏卵の年間摂取量は原子炉 CL 報告書で設定された値を使用した。それぞれの値を付表 4-16 及び付表 4-17 に示す。

飼料から畜産物への移行係数は、概念設計の「畜産物（牛乳）への移行係数」と同じ考え方に基つき、それぞれ付表 4-18 から付表 4-19 のように設定した。

##### 4.3. 線量の評価結果

牛乳、豚肉、鶏肉、鶏卵及び牛乳の摂取を考慮した、97.5%線量の評価結果を付表 4-20、付表 4-21 及び付図 4-16～付図 4-21 に示す。

付表 4-20 及び付表 4-21 に示すように、97.5%線量は、牛乳だけを摂取した評価の 2.1 倍～3.3 倍となった。トレンチ処分ではめやす線量以下であることを確認した。また、付表 4-19 に示すようにピット処分地盤 2 層及びピット処分地盤 1 層ケースの場合でも設計対応することにより、97.5%線量がめやす線量以下であることを確認した。

付表 4-16 家畜（肉牛、豚、鶏）の飼料及び飼育水摂取量

	飼料摂取量 (kg/d)	飼育水摂取量 (L/d)
肉牛	7.2	50
豚	2.4	10
鶏	0.07	0.3

付表 4-17 畜産物（牛肉、豚肉、鶏肉、鶏卵）の年間摂取量

	畜産物の年間摂取量 (kg/y、L/y(牛乳))
牛肉	8
豚肉	9
鶏肉	7
鶏卵	16

付表 4-18 飼料・飼育水から畜産物（牛肉）への移行係数

元素名	選定値(d/kg)	選定値の設定根拠
H	2.9E-02	IAEA TECDOC-1380 <sup>23)</sup>
Be	6.6E-04	IAEA TECDOC-1380
C	1.2E-01	IAEA TECDOC-1380
Al	1.5E-03	ORNL-5786 <sup>28)</sup>
Cl	2.0E-02	IAEA TRS No.364 <sup>10)</sup>
Ca	2.0E-03	IAEA TECDOC-1380
Co	1.0E-02	IAEA TECDOC-1380
Ni	5.0E-03	IAEA TECDOC-1380
Se	1.0E-01	IAEA SRS No.19 <sup>29)</sup>
Sr	8.0E-03	IAEA TECDOC-1380
Zr	1.0E-06	IAEA TECDOC-1380
Nb	3.0E-07	IAEA TECDOC-1380
Mo	1.0E-02	IAEA SRS No.19
Tc	1.0E-04	IAEA TECDOC-1380
Ag	3.0E-03	IAEA TECDOC-1380
Cd	1.0E-03	IAEA SRS No.19
Sn	1.9E-03	IAEA TECDOC-1380
I	4.0E-02	IAEA TECDOC-1380
Cs	5.0E-02	IAEA TECDOC-1380
Ba	2.0E-03	IAEA SRS No.19
Eu	4.7E-04	IAEA TECDOC-1380
Ho	5.0E-03	PNL-3209 <sup>35)</sup>
Hf	2.0E-02	Zr と同じとした
Pb	4.0E-04	IAEA TECDOC-1380
Po	5.0E-03	IAEA TECDOC-1380
Ra	9.0E-04	IAEA TECDOC-1380
Ac	1.6E-04	IAEA TECDOC-1380
Th	2.7E-03	IAEA TECDOC-1380
Pa	5.0E-05	IAEA TECDOC-1380
U	3.0E-04	IAEA TECDOC-1380
Np	1.0E-03	IAEA TECDOC-1380
Pu	1.0E-05	IAEA TECDOC-1380
Am	4.0E-05	IAEA TECDOC-1380
Cm	2.0E-05	IAEA SRS No.19

付表 4-19 飼料・飼育水から畜産物（豚肉）への移行係数

元素名	選定値(d/kg)	選定値の設定根拠
H	8.0E-02	PNL-3209
Be	1.0E-02	PNL-3209
C	1.7E-01	PNL-3209
Al	1.5E-03	牛肉と同じとした
Cl	2.2E-01	DOE/RW/88.083 <sup>42)</sup>
Ca	5.2E-02	DOE/RW/88.083
Co	2.0E-03	IAEA TRS No.364
Ni	4.1E-02	DOE/RW/88.083
Se	3.2E-01	IAEA TRS No.364
Sr	4.0E-02	IAEA TRS No.364
Zr	3.5E-03	DOE/RW/88.083
Nb	2.0E-04	IAEA TRS No.364
Mo	2.0E-02	PNL-3209
Tc	1.5E-04	IAEA TRS No.364
Ag	2.0E-02	IAEA TRS No.364
Cd	1.5E-02	IAEA TRS No.364
Sn	9.9E-04	PNL-3209
I	3.3E-03	IAEA TRS No.364
Cs	2.4E-01	IAEA TRS No.364
Ba	1.0E-02	PNL-3209
Eu	5.0E-03	PNL-3209
Ho	5.0E-03	PNL-3209
Hf	3.5E-03	Zrと同じとした
Pb	3.1E-02	DOE/RW/88.083
Po	3.1E-02	Pbと同じとした
Ra	3.5E-02	DOE/RW/88.083
Ac	1.7E-04	DOE/RW/88.083
Th	4.6E-03	DOE/RW/88.083
Pa	1.1E-04	DOE/RW/88.083
U	4.0E-02	NUREG/CR-2976 <sup>43)</sup>
Np	1.0E-02	PNL-3209
Pu	8.0E-05	IAEA TRS No.364
Am	1.7E-04	IAEA TRS No.364
Cm	1.0E-02	PNL-3209

付表 4-20 牛肉、豚肉、鶏肉、鶏卵及び牛乳の畜産物摂取をを考慮した  
立地条件の累積割合が 97.5%となる時の線量の評価結果

評価経路	施設、立地条件	線量( $\mu$ Sv/y)		比率 (B/A)	
		A : 牛乳	B : 全種類		
河川水利用	畜産物摂取 (飼料)	トレンチ処分	3.1E-03	7.5E-03	2.4
		ピット処分、地盤 2 層①-1	8.9E-02	2.0E-01	2.3
		ピット処分、地盤 2 層①-2	1.0E-01	2.3E-01	2.3
		ピット処分、地盤 2 層①-3	1.1E-01	2.6E-01	2.3
		ピット処分、地盤 1 層	3.1E-02	7.3E-02	2.3
	畜産物摂取 (飼育水)	トレンチ処分	1.6E-04	4.8E-04	3.1
		ピット処分、地盤 2 層①-1	1.0E-02	3.3E-02	3.2
		ピット処分、地盤 2 層①-2	1.2E-02	3.7E-02	3.1
		ピット処分、地盤 2 層①-3	1.3E-02	4.0E-02	3.1
		ピット処分、地盤 1 層	3.3E-03	1.0E-02	3.2
河川岸利用	畜産物摂取 (飼料)	トレンチ処分	2.7E-04	5.9E-04	2.1
		ピット処分、地盤 2 層①-1	1.6E-02	3.8E-02	2.4
		ピット処分、地盤 2 層①-2	1.7E-02	4.1E-02	2.4
		ピット処分、地盤 2 層①-3	1.8E-02	4.3E-02	2.3
		ピット処分、地盤 1 層	5.2E-03	1.2E-02	2.3
地下水利用	畜産物摂取 (飼料)	トレンチ処分	2.2E-01	5.9E-01	2.6
		ピット処分、地盤 2 層①-1	1.2E+01	3.3E+01	2.9
		ピット処分、地盤 2 層①-2	1.2E+01	2.7E+01	2.3
		ピット処分、地盤 2 層①-3	1.0E+01	2.9E+01	2.9
		ピット処分、地盤 1 層	4.6E+00	1.0E+01	2.2
	畜産物摂取 (飼育水)	トレンチ処分	1.8E-02	4.0E-02	2.2
		ピット処分、地盤 2 層①-1	1.6E+00	5.3E+00	3.3
		ピット処分、地盤 2 層①-2	1.3E+00	4.2E+00	3.2
		ピット処分、地盤 2 層①-3	1.1E+00	3.5E+00	3.3
		ピット処分、地盤 1 層	5.1E-01	1.6E+00	3.1

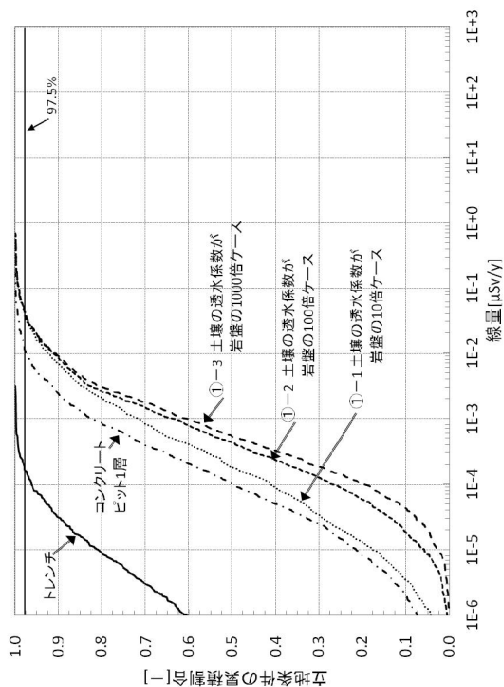
付表 4-21 牛肉、豚肉、鶏肉、鶏卵及び牛乳の畜産物摂取をを考慮した  
立地条件の累積割合が 97.5%となる時の線量の評価結果 (設計対応)

評価経路	施設、立地条件	線量( $\mu$ Sv/y)		比率 (B/A)	
		A : 牛乳	B : 全種類		
地下水利用	畜産物摂取 (飼料)	ピット処分、地盤 2 層①-1 <sup>※1</sup>	3.0E+00	6.9E+00	2.3
		ピット処分、地盤 2 層①-2 <sup>※1</sup>	4.1E+00	9.1E+00	2.2
		ピット処分、地盤 2 層①-3 <sup>※2</sup>	3.4E+00	7.8E+00	2.3
		ピット処分、地盤 1 層 <sup>※3</sup>	3.0E+00	6.7E+00	2.2

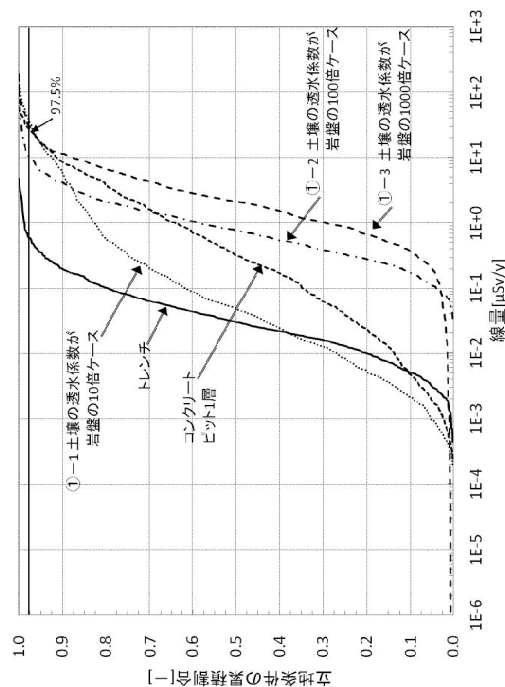
※1 設計対応：上部及び側部ベントナイト混合土層厚さ 4m

※2 設計対応：上部及び側部ベントナイト混合土層ベントナイト厚さ 4m、ベントナイト混合土の拡散係数  $2 \times 10^{-10}$  ( $m^2/s$ )

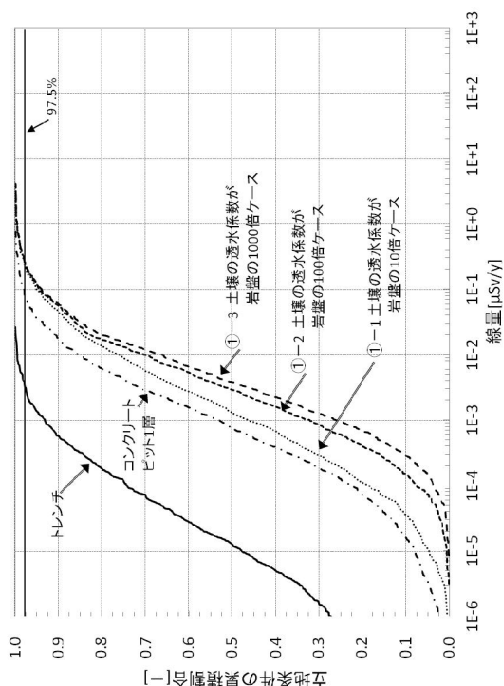
※3 設計対応：上部、側部及び底部ベントナイト混合土層厚さ 4m



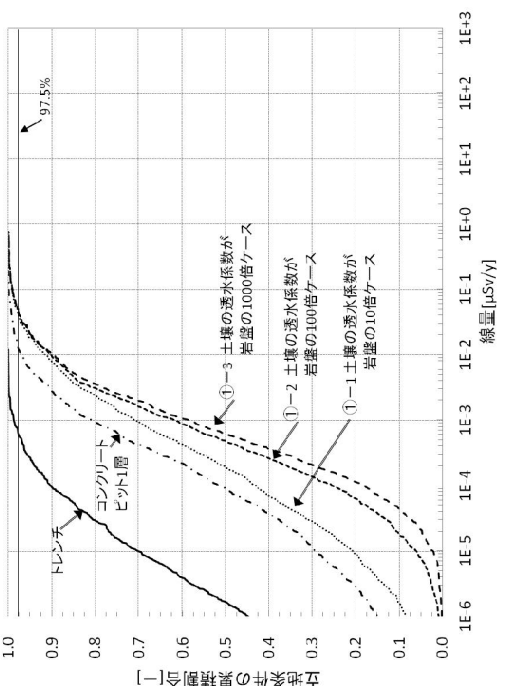
付図 4-16 線量の累積頻度分布の評価結果  
河川水利用：畜産物摂取（飼料）（全種類）



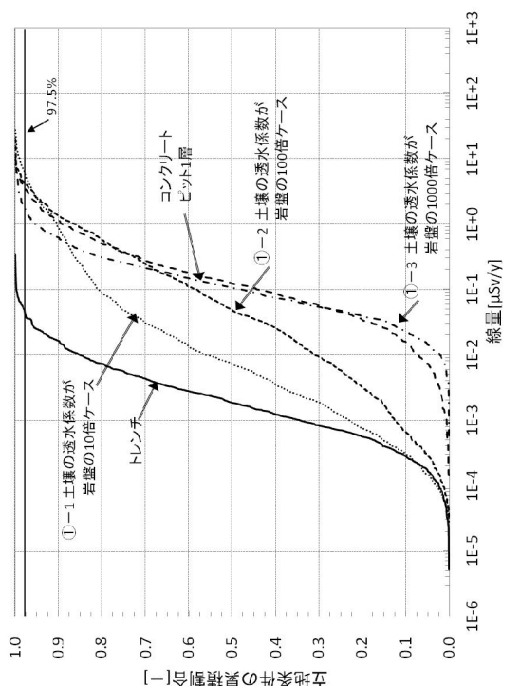
付図 4-17 線量の累積頻度分布の評価結果  
河川水利用：畜産物摂取（飼料）（全種類）



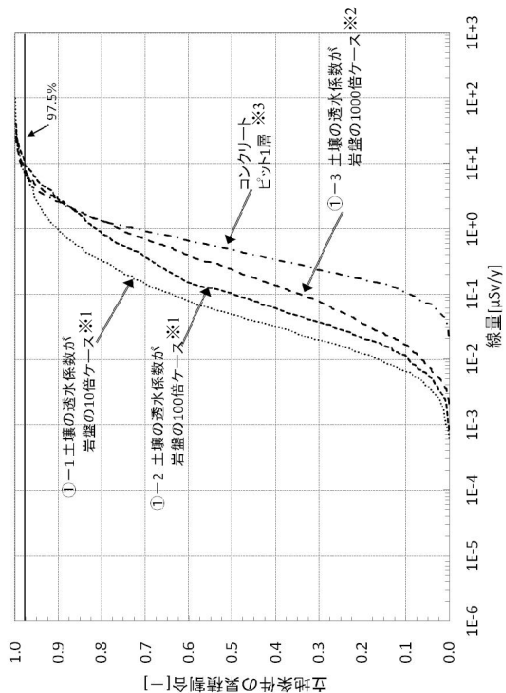
付図 4-18 線量の累積頻度分布の評価結果  
河川岸水利用：畜産物摂取（飼料）（全種類）



付図 4-19 線量の累積頻度分布の評価結果  
河川岸水利用：畜産物摂取（飼料）（全種類）



付図 4-20 線量の累積頻度分布の評価結果  
地下水利用：畜産物摂取（飼育水）（全種類）



付図 4-21 設計対応後の再評価における線量の累積頻度分布の評価結果  
地下水利用：畜産物摂取（飼料）（全種類）

- ※1 設計対応：上部及び側部ベンチトナイト混合土層厚さ 4m
- ※2 設計対応：上部及び側部ベンチトナイト混合土層ベンチトナイト厚さ 4m、ベンチトナイト混合土の拡散係数  $2 \times 10^{-10}$  (m<sup>2</sup>/s)
- ※3 設計対応：上部、側部及び底部ベンチトナイト混合土層厚さ 4m

付録 5

操業期間中の安全評価に係るパラメータスタディにおける線量計算について

1. はじめに

本資料は、操業期間中の安全評価に係るパラメータスタディで実施した受入検査施設、コンクリートピット施設及びトレンチ施設（以下、「処分施設等」という）からの距離毎の直接 $\gamma$ 線及びスカイシャイン $\gamma$ 線の線量評価、及びその結果を用いて、埋設施設等からめやす線量を満足するために必要な敷地境界までの距離の評価の方法について示す。

操業期間中の安全評価におけるめやす線量は、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」（昭和 50 年原子力委員会決定）を周辺監視区域境界（＝事業所境界）に示された線量目標値  $50 \mu \text{Sv/y}$  とした。

2. 埋設施設等からの直接 $\gamma$ 線及びスカイシャイン $\gamma$ 線による線量評価

2.1. 評価条件

2.1.1. 対象施設、設備及び評価項目

受入検査施設は、廃棄体の受入、一時保管及び払出は地上階にて行うこととしていることから、直接 $\gamma$ 線とスカイシャイン $\gamma$ 線の評価を行った。

コンクリートピット施設及びトレンチ施設は、廃棄体を地表面よりも低い位置に定置することから、直接 $\gamma$ 線は周囲の地形によって遮られるため、敷地境界における寄与は考慮しないものとし、スカイシャイン $\gamma$ 線についてのみ評価を行った。

2.1.2. 計算コード

直接 $\gamma$ 線及びスカイシャイン $\gamma$ 線の評価は、以下の計算コードを使用した。

- 直接 $\gamma$ 線計算 : QAD-CGGP2R
- スカイシャイン $\gamma$ 線計算 : DOT3.5

また、DOT3.5 に関する基本的条件を以下に示す。

- 断面積ライブリ : DLC-23E
- 散乱成分のルジャンドル展開次数 :  $P_3$
- 角度分点数 : 16

2.1.3. 線源条件

評価上の $\gamma$ 放射線線源となる廃棄体の線源物質組成、線源密度及び $\gamma$ 線エネルギースペクトルは以下のように設定した。なお、線源のモデル化を行う際は、線源形状を点、球及び円筒等の単純形状にモデル化した。

(1) 線源物質（廃棄体）の組成

埋設対象の廃棄体は、溶融体（可燃物）、溶融体（難燃物）、充填固化体（金属）、コンクリート類、雑固体、均一・均質固化体（液体等）等の多様な性状である。

これらの多様な性状の廃棄体を考慮し、密度が小さい元素で構成された物質は $\gamma$ 線を透過しやすいことを踏まえ、線源物質の組成を水とした。

## (2) 線源物質（廃棄体）の密度

コンクリートピット及びトレンチ埋設対象廃棄体の密度については、これまでの調査結果等により、下記のとおりである。

(コンクリートピット)	: JAEA : 2.6~3.1 g/cm <sup>3</sup> 、他発生者 : 1.1~2.9 g/cm <sup>3</sup>
(トレンチ)	: JAEA : 1.0~2.4 g/cm <sup>3</sup> 、他発生者 : 1.1~2.9 g/cm <sup>3</sup>

これより、廃棄体の密度は、保守側の設定となるように 1.0g/cm<sup>3</sup>とした。

## (3) 線源の $\gamma$ 線エネルギースペクトル

施設の遮へい設計においては、 $\gamma$ 線のエネルギーが高いほど遮へい体透過率が大きくなるため、遮へい計算の評価結果が保守側となるように $\gamma$ 線エネルギーの高い核種を選定する必要がある。概念設計の検討結果と同様に、廃棄体中に含まれる放射性物質のうち $\gamma$ 線エネルギーが高く、作業期間中である初期時に放射エネルギーが多い Co-60 を遮へい設計用線源核種とし、 $\gamma$ 線のエネルギースペクトルは 1.25MeV、200%とした。なお、六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センターの許可申請においても、施設の遮へい設計の評価に 1.25MeV、200%（Co-60 相当）を用いている。

## (4) 放射能濃度

廃棄体表面の線量当量率は、概念設計の検討結果に基づき以下に示すとおり設定した。

- コンクリートピット埋設対象廃棄体  
廃棄体表面の線量当量率が 2mSv/h となる放射能濃度  
※ 受入検査施設に一時保管された最上段と壁側側面の廃棄体については、1mSv/h とする。
- トレンチ埋設対象廃棄体  
廃棄体表面の線量当量率が 10 $\mu$  Sv/h となる放射能濃度

廃棄体あたりの放射エネルギー及び放射能濃度の算出にあたっては、取扱量の多い廃棄体として、200 $\ell$ ドラム缶型廃棄体、フレキシブルコンテナ及び角型容器を評価対象とした。角型容器は、200 $\ell$ ドラム缶型廃棄体換算で半数以上を占める S-1 容器で代表した。

廃棄体表面の線量当量率（AP 照射条件データ（ICRP Pub.74））を 2mSv/h、1mSv/h 及び 10 $\mu$  Sv/h に規格化し、この線量を与えるような放射エネルギー及び放射能濃度を計算コードごとに逆算して求めた。各廃棄体の線源モデル並びに計算結果を付表 5-1 に示す。

### 2.1.4. 遮へい体物質組成

計算に用いる遮へい体物質種類ごとの密度及び重量組成比を付表 5-2 に示す。



## 2.2. 線量評価

### 2.2.1. 受入検査施設

#### (1) 直接 $\gamma$ 線

受入検査施設に係る直接 $\gamma$ 線の評価を以下に示す。

##### ① 評価方法

受入検査施設の直接 $\gamma$ 線の評価は、以下の手順により実施した。

- 1) 一時保管された廃棄体が満杯であるような状況を想定し、複数の廃棄体を均一な体積線源とした線源モデルを設定する。
- 2) 受入検査施設建屋の側壁の厚み等の設計値から計算モデルを設定し、計算モデル毎に線源からの距離応じた直接 $\gamma$ 線による実効線量率を求める。
- 3) 距離に応じた直接 $\gamma$ 線による1年間の実効線量率を算出する。

なお、受入検査施設に一時保管される廃棄体の位置を考慮して評価手の距離を設定して、受入検査施設の上下左右方向の実効線量率を求めた。上下左右方向の実効線量率を求める時には、付表 5-3 に示すように受入検査施設の壁側からの線源位置を考慮した。

##### ② 線源となる廃棄体

線源となる廃棄体は、操業条件を考慮して付図 5-1 及び付図 5-2 に示す廃棄体線源が満杯の保管状況を想定し、線量評価に用いる廃棄体数量が安全側になるように付表 5-4 に示す線源を評価対象とした。

##### ③ 計算体系

直接 $\gamma$ 線の計算体系を付図 5-3 に示す。各線源について、廃棄体を1箇所に集約して体積等価な球形状となるように線源のモデル化を行った。また、球形状の各線源は、付表 5-4 に示した本数の廃棄体が均一に分布しているものとし、線源[1]～[4]については、最上段と壁側側面の廃棄体（表面線量当量率 1mSv/h）がその他の廃棄体（表面線量当量率 2mSv/h）を覆っているものとした。線源モデルの条件を付表 5-5 に示す。

受入検査施設の仕切り壁及び外壁を考慮すると 60cm 以上の遮へい体厚みとなるが、保守的に受入一時保管室及び検査室において仕切り壁のない外壁厚を用いて、各線源の遮へい体厚みを 50cm とした。また、評価点の距離は、付図 5-1 に示す線源位置から外壁までの距離を考慮しており、受入検査施設の上下左右方向の実効線量を求めた。

なお、評価点の高さは、計算結果が安全側となるように線量的に最も高くなる線源の中心と同じ高さとした。

##### ④ 評価結果

受入検査施設の上下左右方向の直接 $\gamma$ 線による1年間の実効線量を付表 5-6 及び付図 5-4 に示す。なお、1年間の実効線量については、保守的に最大保管量の線源が常時保管されているものとした。

## (2) スカイシャイン $\gamma$ 線

受入検査施設に係るスカイシャイン $\gamma$ 線の評価を以下に示す。

### ① 評価方法

受入検査施設のスカイシャイン $\gamma$ 線に係る評価は、以下の手順により実施した。

- 1) 受入検査施設に一時保管された廃棄体が満杯であるような状況を想定し、複数の廃棄体を均一な体積線源とした線源モデルを設定する。
- 2) 1)で設定した線源モデルを使用して、天井面での $\gamma$ 線フラックスを求める。
- 3) 2)で求めた $\gamma$ 線フラックスを線源として、空気散乱領域でのスカイシャイン $\gamma$ 線による受入検査施設から距離に応じた実効線量率を算出する。

### ② 線源となる廃棄体

線源として想定した廃棄体は、直接 $\gamma$ 線の評価と同じとした。ただし、線量当量率 1mSv/h の廃棄体は最上面のみとした。線源となる廃棄体を付表 5-7 に示す。

### ③ 計算体系

受入一時保管室の線源[1]は1つの線源モデルとし、検査室の線源[2]～線源[5]はまとめて1つに集約して線源モデルとした。線源は、廃棄体（水）と収納容器（鉄）が均一に分布した物質とした。その際、線源における鉄の割合を計算するに当たっては、S-1 容器の厚さを 0.5cm、200ℓドラム缶廃棄体の厚さを 0.15cm とした。また、どちらの線源モデルにおいても、最上段の廃棄体は表面線量当量率 1mSv/h とした。

線源モデルの条件を付表 5-8 に示す。受入一時保管（線源[1]）の計算体系を付図 5-5 に、検査室（線源[2]～[5]）の計算体系を付図 5-6 に示す。

### ④ 評価結果

受入検査施設からの距離毎のスカイシャイン $\gamma$ 線による1年間の実効線量を付表 5-9 及び付図 5-7 に示す。なお、1年間の実効線量については、保守的に最大保管量の線源が常時保管されているものとした。

## (3) 直接 $\gamma$ 線及びスカイシャイン $\gamma$ 線の合算

受入検査施設からの距離毎の直接 $\gamma$ 線及びスカイシャイン $\gamma$ 線を合計した1年間の実効線量を付表 5-10 及び付図 5-8 に示す。

## 2.2.2. コンクリートピット施設

### (1) 評価方法

コンクリートピット施設のスカイシャイン $\gamma$ 線に係る評価は以下の手順により実施した。

- a) ピットの区画毎に以下に示す6ケースを状態を想定し、それぞれについて複数の廃棄体を均一な体積線源とした線源モデルを設定する。

- 1) 定置中（天井開放）
  - 2) 定置後のモルタル充填
  - 3) モルタル充填後のポーラスコンクリート層施工中
  - 4) ポーラスコンクリート層施工後の多い施工
  - 5) 各施工間の期間（仮蓋）
  - 6) 施工済み（覆い設置済み）
- b) a)で設定した線源モデルを使用して、天井（蓋）や側壁の厚み等を考慮して天井面からの $\gamma$ 線フラックスを求める。
- c) b)で求めた $\gamma$ 線フラックスを線源として、空気散乱領域でのスカイシャイン $\gamma$ 線よりピットからの距離(20m～500m)に応じた実効線量率を求める。
- d) c)で求めた実効線量率に各ケースの状態に応じた施工時間、基数及び区画数を乗じて、1年間の実効線量を求める。施工時間、基数及び区画数の条件を付表 5-11 に示す。

## (2) 線源となる廃棄体

線源となる廃棄体は、ピットの1区画についてモデル化した。200lドラム缶廃棄体とS-1容器をそれぞれ別々にピット1区画内に満杯に定置された状態での天井面の線量を比較すると、蓋(覆い又は仮蓋)の有無の条件に関わらず、線量はともに200lドラム缶廃棄体の方が高いことから、200lドラム缶廃棄体を評価対象とした。

## (3) 計算体系

ピットの状態として6ケース想定したが、線源モデルでは「定置後のモルタル充填」と「各施工間の期間（仮蓋）」、「モルタル充填後のポーラスコンクリート層施工中」と「ポーラスコンクリート層施工後の覆い施工」はほぼ同じ施工状態と想定し、線源モデルを統一した。よって、ピットの線源モデルは4通り設定した。

区画内部の線源は、概念設計の評価と同様に、廃棄体（水）と収納容器（鉄）及びモルタル（コンクリート）が均一に分布した体積線源とした。ピット1区画分の各線源のモデル条件を付表 5-12 に示す。

ピットの施工状況及び線源モデルに基づき設定した各ケースの計算体系を付図 5-9～付図 5-12 に示す。図中の上が、天井面からの $\gamma$ 線フラックスを求める計算体系を表し、下が評価した $\gamma$ 線フラックスを線源として空気散乱領域でのスカイシャイン $\gamma$ 線を求める計算体系を表している。

## (4) 評価結果

P埋設地及びS埋設地のコンクリートピット施設のスカイシャイン $\gamma$ 線による1年間の実効線量を付表 5-13、付表 5-14 付図 5-13 及び付図 5-14 にそれぞれ示す。なお、評価距離はのり面からの距離を表している。

### 2.2.3. トレンチ施設

#### (1) 評価方法

トレンチ施設は、廃棄体が満杯状態となって別のトレンチに施工が移る前に、必ず上部覆土（2.5m）を実施することとしているため、付加機能型トレンチ施設と安定型トレンチ施設の各 1 基が施工中の状態を想定して、それ以外のトレンチからの寄与はないものとしてスカイシャイン $\gamma$ 線に係る線量評価を実施した。トレンチ施設の状態は、以下に示す 4 ケースを想定した。

- 1) 上部覆土まで施工済み
- 2) 中間覆土まで施工済み
- 3) 施工中（定置中）
- 4) 施工中（定置後翌日まで中間覆土なし）

トレンチは非常に長い長方形であるため、全線源を 1 つの体積等価な円柱形状に近似すると、評価上過度に安全側の設定になる可能性がある。したがって、長いトレンチの短辺を 1 辺とする正方形領域（2000 ドラム缶廃棄体 34×34×1 段）に分割し、この分割領域を線源として計算を行う。評価は以下の手順により実施した。

- a) 付加機能型トレンチ施設と安定型トレンチ施設の各 1 基に廃棄体等を定置中の状態を想定し、それぞれについて複数の廃棄体を均一な体積線源とした線源モデルを設定する。
- b) a) で設定した線源モデルを使用して、トレンチ埋設設備の天井（蓋）や側壁の厚み等を考慮して天井面からの $\gamma$ 線フラックスを求める。
- c) b) で求めた $\gamma$ 線フラックスを線源として、空気散乱領域でのスカイシャイン $\gamma$ 線によるトレンチ施設からの距離(20m～500m) に応じた実効線量率を求める。
- d) c) で求めた実効線量率に各ケースの状態に応じた施工時間及び領域数を乗じて、1 年間の実効線量を求める。施工時間及び領域数の条件を付表 5-16 及び付表 5-17 に示す。

#### (2) 線源となる廃棄体

線源は、P 埋設地の安定型 1 基及び付加機能型 1 基、S 埋設地の安定型 1 基及び付加機能型 1 基に定置される廃棄体をモデル化した。

#### (3) 計算体系

線源は、概念設計の評価と同様に廃棄体（水）と収納容器（鉄）及び土壌が均一に分布した体積線源とした。各線源のモデル条件を付表 5-15 に示す。付加機能型と安定型トレンチの分割した領域数及び施工時間を付表 5-16 と付表 5-17 に示す。

トレンチの施工状況及び線源モデルに基づき設定した計算体を付図 5-15 及び付図 5-16 に示す。図中の上の図が、天井面からの $\gamma$ 線フラックスを求める計算体系を表し、下の図が求めた $\gamma$ 線フラックスを瀬源として空気散乱領域でのスカイシャイン $\gamma$ 線を求める計算体系を表している。

(4) 評価結果

トレンチ施設のスカイシィン $\gamma$ 線による1年間の実効線量を付表 5-18 及び付図 5-17 に示す。  
なお、評価距離はのり面からの距離を表している。

### 3. 埋設施設等からめやす線量を満足するために必要な敷地境界までの距離の評価

#### 3.1. 概念設計の各施設の形状

受入検査施設（駐車場等を含む）は、付図 5-18 に示すように、概念設計の結果に基づき、施設が 67m×70m、駐車場等を含めると 120m×160m とした。

2.2.1 章の計算では、受入検査施設からの距離で示していたが、3 章では、駐車場等の境界から距離で示す。したがって、3 章で示す距離は、2.2.1 章で示した距離より駐車場等の幅の分だけ引いて示している。

トレンチ施設の形状を付図 5-19 に示す。トレンチ施設は概念設計における P 埋設地及び S 埋設地ともに 3 行×3 列の配列に加え、2 行及び 1 行の配列も想定した。トレンチ施設からの距離は、2.2.2 章及び 3 章の評価ともに作業エリアを含む外周（付図 5-19 におけるトレンチ施設の網掛け部分の外周）からの距離で示す。

コンクリートピット施設の形状を付図 5-20 に示す。コンクリートピット施設は概念設計における P 埋設地 2 行×5 列、S 埋設地 2 行×4 列の配列に加え P 埋設地及び S 埋設地ともに 1 行の配列も想定した。コンクリートピット施設からの距離は、2.2.3 章及び 3 章の評価ともに法面の外周（付図 5-20 におけるコンクリートピット施設の網掛け部分の外周）からの距離で示す。

#### 3.2. 評価条件

##### 3.2.1. 検討ケース

施設が近接する場合は線量が重畳し、めやす線量を満足するために必要な距離が個々の施設だけで評価した距離より長くなるため、施設が近接する配置での条件でめやす線量を満足するために敷地境界までの必要な距離を評価した。施設間の配置は、それぞれの施設からの線量が重畳により敷地境界における線量が高くなるように、ピット、受入検査施設、トレンチの順に近接して配置し、以下の 3 モデルについてパラメータスタディを行った。

モデル 1：受入検査室を中央、トレンチ 3 列、ピット 2 列で配置  
（概念設計のモデルを近接して配置）

モデル 2：受入検査室を中央、トレンチ 2 列、ピット 1 列で配置

モデル 3：受入検査室を中央、トレンチ 1 列、ピット 1 列で配置

受入検査施設は、敷地の長辺方向と短辺方向で線量が異なることから、配置の向きを考慮して、以下に示す 4 ケースを検討した。

検討ケース 1： 受入検査施設を横向きに配置

検討ケース 2： 受入検査施設を縦向きに配置

検討ケース 3： 受入検査施設を横向きに配置し、コンクリートピット施設の P 埋設地と S 埋設地の位置を検討ケース 1 と逆に配置

検討ケース 4： 受入検査施設を横向きに配置し、コンクリートピット施設の P 埋設地と S 埋設地の位置を検討ケース 2 と逆に配置

よって、パラメータスタディは12ケース（モデル：3×検討ケース：4）について行った。パラメータスタディの検討ケースの一覧を付表 5-19 に示す。

### 3.2.2. 各施設からの距離毎の実効線量

受入検査施設、コンクリートピット施設及びトレンチ施設からの距離に応じた1年間の実効線量は、2章で求めた付表 5-10、付表 5-13、付表 5-14、付表 5-18 の値をそれぞれ用いる。ただし、受入検査施設では、付表 5-10 で示した距離より駐車場等の幅の分だけ引いた距離を用いる。

### 3.2.3. 評価ポイント・線源位置

各検討ケースの評価ポイント・線源位置は、報告書図 7.3～図 7.8 に示したとおりである。受入検査施設の線源は、評価点の実効線量率が最大となるよう上下左右方向を考慮して配置した。

トレンチ施設及びコンクリートピット施設ともにP埋設地又はS埋設地のどちらかが操業していることを想定した。

トレンチ施設では操業中の1基ずつの付加機能型及び安定型のトレンチからの線量を評価した。それ以外のトレンチは、施工前か上部覆土まで施工済みであり線量への寄与はないと想定した。評価点に対し、操業状況を考慮して、1基ずつの付加機能型及び安定型のトレンチの位置を設定した。それらの操業中のトレンチにおける中間覆土なしの状態の線源と中間覆土ありの状態の線源は、評価点に対して最短距離の同じ位置にあるとして評価した。

コンクリートピット施設は、それぞれの埋設地において、最後の1基が操業中であり、それ以外は施工済みであると想定し、操業中及び施工済みのピットの両方を線源として設定した。操業中及び施工済みの全てのピットは、評価点の実効線量率が最大となる位置にあると想定した。

### 3.2.4. 受入検査施設の配置

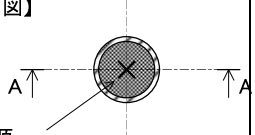
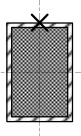
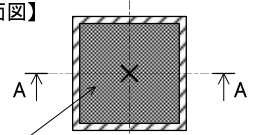
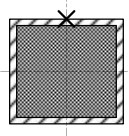
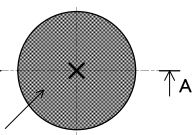
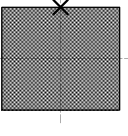
各検討ケース、各モデルの受入検査施設とトレンチ施設及びコンクリートピット施設の位置関係を付図 5-21 に示す。

## 3.3. 評価結果

評価点から一番近い施設までの距離を付表 5-20 に、評価点における実効線量率を付表 5-21 に示す。各パラメータスタディの評価結果を付表 5-22～付表 5-25 に示す。また、配置図を付図 5-22～付図 5-25 に示す。

付表 5-1 廃棄体あたりの放射エネルギー及び放射能濃度 (1/2)

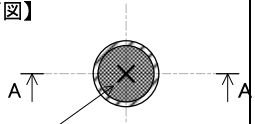
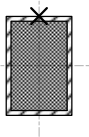
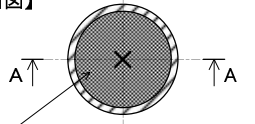
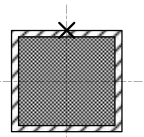
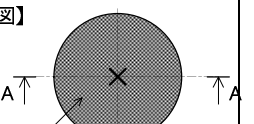
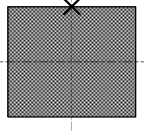
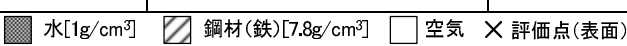
【QAD-CGGP2R】

		200Lドラム缶型廃棄体	S-1 容器	フレコン	
線源モデル		<p>【平面図】</p>  <p>線源 φ58.2cm × H87.2cm ドラム缶鋼材厚み(上下、側面) 0.15cm</p> <p>【断面図】 (A-A矢視)</p> 	<p>【平面図】</p>  <p>線源 L101.8cm × W101.8cm × H93.5cm S1容器鋼材厚み(上下、側面) 0.5cm</p> <p>【断面図】 (A-A矢視)</p> 	<p>【平面図】</p>  <p>線源 φ115cm × H100cm フレコン部材はないもの として評価</p> <p>【断面図】 (A-A矢視)</p> 	
		<p>■ 水[1g/cm<sup>3</sup>]    ▨ 鋼材(鉄)[7.8g/cm<sup>3</sup>]    □ 空気    × 評価点(表面)</p>			
1Bq/線源あたりの表面線量当量率		2.5E-6[μ Sv/h]	6.0E-7[μ Sv/h]	7.7E-7[μ Sv/h]	
線源体積		2.3E+5[cm <sup>3</sup> ]	9.7E+5[cm <sup>3</sup> ]	1.0E+6[cm <sup>3</sup> ]	
放射エネルギー	表面線量当量率	2mSv/h	8.0E+8[Bq]	3.3E+9[Bq]	—
	1mSv/h	4.0E+8[Bq]	1.7E+9[Bq]	—	
	10 μ Sv/h	4.0E+6[Bq]	1.7E+7[Bq]	—	
放射能濃度	表面線量当量率	2mSv/h	3.4E+3[Bq/cm <sup>3</sup> ]	3.5E+3[Bq/cm <sup>3</sup> ]	—
	1mSv/h	1.7E+3[Bq/cm <sup>3</sup> ]	1.7E+3[Bq/cm <sup>3</sup> ]	—	
	10 μ Sv/h	1.7E+1[Bq/cm <sup>3</sup> ]	1.7E+1[Bq/cm <sup>3</sup> ]	—	



付表 5-1 廃棄体あたりの放射エネルギー及び放射能濃度 (2/2)

DOT3.5

		200Lドラム缶廃棄体	S-1 容器	フレコン廃棄体
線源モデル		<p>【平面図】</p>  <p>線源 φ58.2cm × H87.2cm ドラム缶鋼材厚み(上下、側面) 0.15cm</p> <p>【断面図】 (A-A矢視)</p> 	<p>【平面図】</p>  <p>線源 φ114.8cm × H93.5cm (水平断面が元のL101.8cm × W101.8cmと面積等価な円柱に近似 S1容器鋼材厚み(上下、側面) 0.5cm</p> <p>【断面図】 (A-A矢視)</p> 	<p>【平面図】</p>  <p>線源 φ115cm × H100cm フレコン部材はないもの として評価</p> <p>【断面図】 (A-A矢視)</p> 
				
1Bq/cm <sup>3</sup> 線源あたりの表面線量当量率		8.0E-07[μ Sv/h]	1.8E-07[μ Sv/h]	2.6E-07[μ Sv/h]
線源体積		2.3E+05[cm <sup>3</sup> ]	9.7E+05[cm <sup>3</sup> ]	1.0E+06[cm <sup>3</sup> ]
放射エネルギー	表面線量当量率	2mSv/h	1.3E+09[Bq]	5.7E+10[Bq]
	1mSv/h	6.3E+08[Bq]	2.8E+09[Bq]	—
	10 μ Sv/h	6.3E+06[Bq]	—	2.0E+07[Bq]
放射能濃度	表面線量当量率	2mSv/h	5.4E+03[Bq/cm <sup>3</sup> ]	5.9E+03[Bq/cm <sup>3</sup> ]
	1mSv/h	2.7E+03[Bq/cm <sup>3</sup> ]	2.9E+03[Bq/cm <sup>3</sup> ]	—
	10 μ Sv/h	2.7E+01[Bq/cm <sup>3</sup> ]	—	1.9E+01 Bq/cm <sup>3</sup> ]

付表 5-2 遮へい体物質の密度及び物質組成

遮へい体物質	密度 g/cm <sup>3</sup>	重量組成比	設定根拠
普通 コンクリート	2.1	H: 4.1600E-003 O: 5.0740E-001 Mg: 1.1500E-003 Al: 4.4600E-003 Si: 3.8606E-001 S: 7.0000E-004 Ca: 6.8690E-002 Fe: 2.7380E-002	既設の類似施設（六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センター）の埋設許可申請に記載の埋設設備のコンクリート密度を参考とした。
モルタル (充てん材)	1.6	普通コンクリートと同じ	既設の類似施設の埋設許可申請に記載の埋設設備のセメント系充てん材密度を参考とした。
覆土	1.35	O: 5.3257E-001 Si: 4.6743E-001	放射線施設のしゃへい計算実務マニュアル記載の土の密度（砂地平均）1.35g/cm <sup>3</sup> を引用した。
鉄	7.8	Fe: 1.0000E+000	鉄の元素密度 7.86g/cm <sup>3</sup> （理科年表）及び熱間圧延鋼板の密度値 7.85g/cm <sup>3</sup> （JIS-G3193）を包絡する 7.8g/cm <sup>3</sup> とした。
空気	1.1894E-3	H: 1.0000E-005 C: 1.3000E-004 N: 7.6451E-001 O: 2.3535E-001	JAERI-M6928(1977.2)から引用した。

付表 5-3 各方向の受入建屋の壁側からの各線源の距離

	上方向	下方向	右方向	左方向
線源 1	45m	0m	15m	0m
線源 2	15m	40m	15m	45m
線源 3	10m	45m	35m	35m
線源 4	0m	50m	40m	15m
線源 5	35m	30m	50m	10m

付表 5-4 受入検査施設からの直接γ線の評価対象とした廃棄体数量

線源	部屋名称	評価対象廃棄体	廃棄体数量		備考
			1mSv/h <sup>※1</sup>	2mSv/h <sup>※2</sup>	
[1]	受入一時保管室	輸送容器に収納されたS-1容器	1mSv/h <sup>※1</sup>	234 体	最上面と壁側側面の廃棄体
			2mSv/h <sup>※2</sup>	486 体	その他の廃棄体
			合計	720 体	S-1 容器 2 体収納の改造 LLW-1 輸送容器 3 ヶ月分となる 360 基を 9×10×4 段の配列とし、S-1 容器を配置
[2]	検査室	S-1 容器	1mSv/h <sup>※1</sup>	42 体	最上面と壁側側面の廃棄体
			2mSv/h <sup>※2</sup>	28 体	その他の廃棄体
			合計	70 体	S-1 容器をピット 1 区画分である 64 体以上となる配列 7×5×2 段とし、S-1 容器 70 体を配置
[3]	検査室	2000ドラム缶廃棄体	1mSv/h <sup>※1</sup>	70 本	最上面と壁側側面の廃棄体
			2mSv/h <sup>※2</sup>	98 本	その他の廃棄体
			合計	168 本	線源[3],[4]でピット 1 区画分の 360 本を保管するものとし、2000ドラム缶廃棄体 8 本ごとに保管する 2000ドラム缶廃棄体用スロットを 7×1×3 段で配置
[4]	検査室	2000ドラム缶廃棄体	1mSv/h <sup>※1</sup>	72 本	最上面と壁側側面の廃棄体
			2mSv/h <sup>※2</sup>	120 本	その他の廃棄体
			合計	192 本	2000ドラム缶廃棄体用スロットを 4×2×3 段で配置
[5]	検査室	2000ドラム缶廃棄体	合計	12 本	操業にて想定 of 最大受入数 (3 日分 12 本) を 2×6×1 段で配置 (表面線量当量率 2mSv/h)

※1：廃棄体表面の線量当量率が 1mSv/h の廃棄体

※2：廃棄体表面の線量当量率が 2mSv/h の廃棄体

付表 5-5 受入検査施設からの直接γ線の評価対象とした線源モデル

線源	部屋名	評価対象廃棄体	廃棄体数量		線源物質	線源密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	モデル化前		モデル化後		
							形状	体積 [cm <sup>3</sup> ]	形状	体積 [cm <sup>3</sup> ]	放射能量 [Bq]
[1]	受入一時保管室	輸送容器に収納されたS-1容器 <sup>※1</sup>	1mSv/h <sup>※3</sup>	234 体	水	1.0	直方体	2.3E+08	中空球	2.3E+08 (r=550)	3.9E+11
			2mSv/h <sup>※4</sup>	486 体	水	1.0	直方体	4.7E+08	球	4.7E+08 (r=482.5)	1.6E+12
[2]	検査室	S-1 容器	1mSv/h <sup>※3</sup>	42 体	水	1.0	直方体	4.1E+07	中空球	4.1E+07 (r=253)	7.0E+10
			2mSv/h <sup>※4</sup>	28 体	水	1.0	直方体	2.7E+07	球	2.7E+07 (r=186.5)	9.4E+10
[3]	検査室	2000ドラム缶廃棄体	1mSv/h <sup>※3</sup>	70 本	水	1.0	円柱	1.6E+07	中空球	1.6E+07 (r=210)	2.7E+10
			2mSv/h <sup>※4</sup>	98 本	水	1.0	円柱	2.3E+07	球	2.3E+07 (r=175.7)	7.6E+10
[4]	検査室	2000ドラム缶廃棄体	1mSv/h <sup>※3</sup>	72 本	水	1.0	円柱	1.7E+10	中空球	1.7E+07 (r=220)	2.8E+10
			2mSv/h <sup>※4</sup>	120 本	水	1.0	円柱	2.8E+07	球	2.8E+07 (r=188)	9.3E+10
[5]	検査室	2000ドラム缶廃棄体	2mSv/h <sup>※4</sup>	12 本	水	1.0	円柱	2.8E+06	球	2.8E+06 (r=87)	9.6E+09

※1：S-1 容器の寸法 = 101.8 × 101.08 × 93.5(H) (単位：cm)

※2：2000ドラム缶廃棄体 = 58.2(φ) × 87.2(H) (単位：cm)

※3：廃棄体表面の線量当量率が 1mSv/h の廃棄体

※4：廃棄体表面の線量当量率が 2mSv/h の廃棄体

付表 5-6 受入検査施設の直接γ線による1年間の実効線量

評価距離 (m)	実効線量[μ Sv/y]				評価距離 (m)	実効線量[μ Sv/y]			
	上方向	下方向	左方向	右方向		上方向	下方向	左方向	右方向
20	5.5E+02	1.0E+03	1.1E+03	5.2E+02	270	2.2E+00	2.7E+00	2.8E+00	2.5E+00
30	3.2E+02	5.6E+02	6.1E+02	3.3E+02	280	2.0E+00	2.4E+00	2.5E+00	2.2E+00
40	1.9E+02	3.1E+02	3.4E+02	2.1E+02	290	1.7E+00	2.1E+00	2.2E+00	1.9E+00
50	1.3E+02	2.1E+02	2.2E+02	1.5E+02	300	1.5E+00	1.8E+00	1.9E+00	1.7E+00
60	9.2E+01	1.4E+02	1.5E+02	1.0E+02	310	1.4E+00	1.6E+00	1.7E+00	1.5E+00
70	7.0E+01	1.0E+02	1.1E+02	8.0E+01	320	1.2E+00	1.4E+00	1.5E+00	1.3E+00
80	5.3E+01	7.5E+01	8.1E+01	6.0E+01	330	1.1E+00	1.3E+00	1.3E+00	1.2E+00
90	4.2E+01	5.8E+01	6.3E+01	4.8E+01	340	9.6E-01	1.1E+00	1.2E+00	1.1E+00
100	3.3E+01	4.5E+01	4.8E+01	3.8E+01	350	8.6E-01	1.0E+00	1.1E+00	9.5E-01
110	2.7E+01	3.6E+01	3.9E+01	3.1E+01	360	7.7E-01	9.1E-01	9.5E-01	8.5E-01
120	2.2E+01	2.9E+01	3.1E+01	2.5E+01	370	6.9E-01	8.1E-01	8.5E-01	7.6E-01
130	1.8E+01	2.4E+01	2.5E+01	2.1E+01	380	6.2E-01	7.3E-01	7.6E-01	6.8E-01
140	1.5E+01	1.9E+01	2.1E+01	1.7E+01	390	5.6E-01	6.5E-01	6.8E-01	6.1E-01
150	1.3E+01	1.6E+01	1.7E+01	1.4E+01	400	5.0E-01	5.8E-01	6.1E-01	5.5E-01
160	1.1E+01	1.4E+01	1.4E+01	1.2E+01	410	4.5E-01	5.3E-01	5.5E-01	4.9E-01
170	9.1E+00	1.1E+01	1.2E+01	1.0E+01	420	4.0E-01	4.7E-01	4.9E-01	4.4E-01
180	7.7E+00	9.7E+00	1.0E+01	8.7E+00	430	3.7E-01	4.3E-01	4.5E-01	4.0E-01
190	6.7E+00	8.3E+00	8.8E+00	7.5E+00	440	3.3E-01	3.8E-01	4.0E-01	3.6E-01
200	5.7E+00	7.1E+00	7.5E+00	6.4E+00					
210	5.0E+00	6.1E+00	6.5E+00	5.6E+00					
220	4.3E+00	5.3E+00	5.6E+00	4.8E+00					
230	3.8E+00	4.6E+00	4.9E+00	4.2E+00					
240	3.3E+00	4.0E+00	4.2E+00	3.7E+00					
250	2.9E+00	3.5E+00	3.7E+00	3.2E+00					
260	2.5E+00	3.1E+00	3.2E+00	2.8E+00					

付表 5-7 受入検査施設からのスカイシャインγ線の評価対象とした廃棄体数量

線源	部屋名称	評価対象 廃棄体	廃棄体数量		備考
[1]	受入一時 保管室	輸送容器に 収納された S-1 容器	1mSv/h <sup>※1</sup>	180 体	最上面の廃棄体
			2mSv/h <sup>※2</sup>	540 体	その他の廃棄体
			合計	720 体	S-1 容器 2 体収納の改造 LLW-1 輸送容器 3 ヶ月分となる 360 基を 9×10×4 段の配列とし、S-1 容器を配置
[2]	検査室	S-1 容器	1mSv/h <sup>※1</sup>	35 体	最上面の廃棄体
			2mSv/h <sup>※2</sup>	35 体	その他の廃棄体
			合計	70 体	S-1 容器をピット 1 区画分である 64 体以上となる配列 7×5×2 段とし、S-1 容器 70 体を配置
[3]	検査室	2000 <sup>リットル</sup> ドラム缶 廃棄体	1mSv/h <sup>※1</sup>	56 本	最上面の廃棄体
			2mSv/h <sup>※2</sup>	112 本	その他の廃棄体
			合計	168 本	線源[3],[4]でピット 1 区画分の 360 本を保管するものとし、2000 <sup>リットル</sup> ドラム缶廃棄体 8 本ごとに保管する 2000 <sup>リットル</sup> ドラム缶廃棄体用スケットを 7×1×3 段で配置
[4]	検査室	2000 <sup>リットル</sup> ドラム缶 廃棄体	1mSv/h <sup>※1</sup>	64 本	最上面の廃棄体
			2mSv/h <sup>※2</sup>	128 本	その他の廃棄体
			合計	192 本	2000 <sup>リットル</sup> ドラム缶廃棄体用スケットを 4×2×3 段で配置
[5]	検査室	2000 <sup>リットル</sup> ドラム缶 廃棄体	合計	12 本	操業にて想定最大の最大受入数 (3 日分 12 本) を 2×6×1 段で配置 (表面線量当量率 2mSv/h)

※1：廃棄体表面の線量当量率が 1mSv/h の廃棄体

※2：廃棄体表面の線量当量率が 2mSv/h の廃棄体

付表 5-8 受入検査施設からのスカイシャインγ線の評価対象とした線源モデル

線源	評価対象 廃棄体	廃棄体数量		線源 物質	線源 密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	形状	体積 [cm <sup>3</sup> ]	放射能量 [Bq]	
受入 一時 保管室	輸送容器に 収納された S-1 容器 <sup>※1</sup>	1mSv/h <sup>※1</sup>	180 体	混合物 (水+鉄)	0.52	円 柱	7.2E+08 (1312r×134h)	5.1E+11	
		2mSv/h <sup>※2</sup>	540 体	混合物 (水+鉄)	0.52	円 柱	2.2E+09 (1312r×402h)	3.1E+12	
検査室	S-1 容器 及び 2000ドラム缶 廃棄体	1mSv/h <sup>※1</sup>	S-1 容器	35 体	混合物 (水+鉄)	0.52	円 柱	1.4E+08 (765r×77.3h)	1.7E+11
			2000ドラム缶	120 体					
		2mSv/h <sup>※2</sup>	S-1 容器	35 体	混合物 (水+鉄)	0.52	円 柱	2.1E+08 (765r×112.8h)	5.1E+11
			2000ドラム缶	252 体					

※1：廃棄体表面の線量当量率が 1mSv/h の廃棄体

※2：廃棄体表面の線量当量率が 2mSv/h の廃棄体

付表 5-9 受入検査施設からの距離毎のスカイシャインγ線による 1 年間の実効線量

評価距離 (m)	実効線量[μSv/y]			評価距離 (m)	実効線量[μSv/y]		
	受入一時保 管室	検査室	合計		受入一時保 管室	検査室	合計
20	3.0E+01	1.5E+01	4.5E+01	270	7.2E-01	3.7E-01	1.1E+00
30	2.5E+01	1.3E+01	3.7E+01	280	6.3E-01	3.3E-01	9.6E-01
40	2.0E+01	1.0E+01	3.1E+01	290	5.6E-01	2.9E-01	8.5E-01
50	1.7E+01	8.7E+00	2.6E+01	300	5.0E-01	2.6E-01	7.5E-01
60	1.4E+01	7.3E+00	2.1E+01	310	4.4E-01	2.3E-01	6.7E-01
70	1.2E+01	6.2E+00	1.8E+01	320	3.9E-01	2.0E-01	5.9E-01
80	1.0E+01	5.2E+00	1.5E+01	330	3.5E-01	1.8E-01	5.3E-01
90	8.5E+00	4.4E+00	1.3E+01	340	3.1E-01	1.6E-01	4.7E-01
100	7.3E+00	3.8E+00	1.1E+01	350	2.7E-01	1.4E-01	4.1E-01
110	6.2E+00	3.2E+00	9.5E+00	360	2.4E-01	1.3E-01	3.7E-01
120	5.4E+00	2.8E+00	8.1E+00	370	2.2E-01	1.1E-01	3.3E-01
130	4.6E+00	2.4E+00	7.0E+00	380	1.9E-01	1.0E-01	2.9E-01
140	4.0E+00	2.1E+00	6.1E+00	390	1.7E-01	8.9E-02	2.6E-01
150	3.5E+00	1.8E+00	5.3E+00	400	1.5E-01	7.9E-02	2.3E-01
160	3.0E+00	1.6E+00	4.6E+00	410	1.4E-01	7.1E-02	2.1E-01
170	2.6E+00	1.4E+00	4.0E+00	420	1.2E-01	6.3E-02	1.9E-01
180	2.3E+00	1.2E+00	3.5E+00	430	1.1E-01	5.7E-02	1.7E-01
190	2.0E+00	1.0E+00	3.0E+00	440	9.7E-02	5.1E-02	1.5E-01
200	1.7E+00	9.0E-01	2.6E+00	450	8.7E-02	4.5E-02	1.3E-01
210	1.5E+00	7.9E-01	2.3E+00	460	7.8E-02	4.0E-02	1.2E-01
220	1.3E+00	6.9E-01	2.0E+00	470	7.0E-02	3.6E-02	1.1E-01
230	1.2E+00	6.1E-01	1.8E+00	480	6.2E-02	3.2E-02	9.5E-02
240	1.0E+00	5.4E-01	1.6E+00	490	5.6E-02	2.9E-02	8.5E-02
250	9.2E-01	4.7E-01	1.4E+00	500	5.0E-02	2.6E-02	7.6E-02
260	8.1E-01	4.2E-01	1.2E+00				

付表 5-10 受入検査施設からの距離毎の直接γ線及びスカイシャインγ線の  
合計の1年間の実効線量

評価距離 (m)	実効線量[ $\mu$ Sv/y]				評価距離 (m)	実効線量[ $\mu$ Sv/y]			
	上方向	下方向	左方向	右方向		上方向	下方向	左方向	右方向
20	5.9E+02	1.1E+03	1.2E+03	5.6E+02	270	3.3E+00	3.8E+00	3.9E+00	3.6E+00
30	3.6E+02	6.0E+02	6.5E+02	3.7E+02	280	2.9E+00	3.3E+00	3.4E+00	3.1E+00
40	2.2E+02	3.4E+02	3.7E+02	2.4E+02	290	2.6E+00	2.9E+00	3.0E+00	2.8E+00
50	1.6E+02	2.3E+02	2.5E+02	1.7E+02	300	2.3E+00	2.6E+00	2.7E+00	2.5E+00
60	1.1E+02	1.6E+02	1.7E+02	1.3E+02	310	2.0E+00	2.3E+00	2.4E+00	2.2E+00
70	8.8E+01	1.2E+02	1.3E+02	9.8E+01	320	1.8E+00	2.0E+00	2.1E+00	1.9E+00
80	6.8E+01	9.0E+01	9.6E+01	7.6E+01	330	1.6E+00	1.8E+00	1.9E+00	1.7E+00
90	5.5E+01	7.1E+01	7.6E+01	6.1E+01	340	1.4E+00	1.6E+00	1.7E+00	1.5E+00
100	4.4E+01	5.6E+01	6.0E+01	4.9E+01	350	1.3E+00	1.4E+00	1.5E+00	1.4E+00
110	3.6E+01	4.5E+01	4.8E+01	4.0E+01	360	1.1E+00	1.3E+00	1.3E+00	1.2E+00
120	3.0E+01	3.7E+01	3.9E+01	3.3E+01	370	1.0E+00	1.1E+00	1.2E+00	1.1E+00
130	2.5E+01	3.1E+01	3.2E+01	2.8E+01	380	9.1E-01	1.0E+00	1.1E+00	9.7E-01
140	2.1E+01	2.6E+01	2.7E+01	2.3E+01	390	8.2E-01	9.1E-01	9.4E-01	8.7E-01
150	1.8E+01	2.1E+01	2.3E+01	2.0E+01	400	7.3E-01	8.2E-01	8.4E-01	7.8E-01
160	1.5E+01	1.8E+01	1.9E+01	1.7E+01	410	6.6E-01	7.3E-01	7.6E-01	7.0E-01
170	1.3E+01	1.5E+01	1.6E+01	1.4E+01	420	5.9E-01	6.6E-01	6.8E-01	6.3E-01
180	1.1E+01	1.3E+01	1.4E+01	1.2E+01	430	5.3E-01	5.9E-01	6.1E-01	5.7E-01
190	9.7E+00	1.1E+01	1.2E+01	1.1E+01	440	4.8E-01	5.3E-01	5.5E-01	5.1E-01
200	8.4E+00	9.7E+00	1.0E+01	9.1E+00	450	4.6E-01	5.2E-01	5.3E-01	4.9E-01
210	7.3E+00	8.4E+00	8.8E+00	7.9E+00	460	4.5E-01	5.0E-01	5.2E-01	4.8E-01
220	6.3E+00	7.3E+00	7.6E+00	6.9E+00	470	4.4E-01	4.9E-01	5.1E-01	4.7E-01
230	5.6E+00	6.4E+00	6.7E+00	6.0E+00	480	4.2E-01	4.8E-01	5.0E-01	4.6E-01
240	4.9E+00	5.6E+00	5.8E+00	5.2E+00	490	4.1E-01	4.7E-01	4.9E-01	4.5E-01
250	4.3E+00	4.9E+00	5.1E+00	4.6E+00	500	4.1E-01	4.6E-01	4.8E-01	4.4E-01
260	3.8E+00	4.3E+00	4.4E+00	4.0E+00					

付表 5-11 コンクリートピット施設の線源条件

施工状態	評価対象 廃棄体	線源の評価条件	施工時間 / 年間時間 [h/y]	備考
定置中 (天井開放)	2000ドラム缶 廃棄体	<b>P 埋設地</b> ピット基数：1 基 ピット区画数：18 区画	16	線源モデル 1
定置後のモルタル充填中			8	線源モデル 2
モルタル充填後の ポーラスコンクリート層施工中			8	線源モデル 3
ポーラスコンクリート層施工後の 覆い施工			4	線源モデル 3
各施工間の期間 (仮蓋)			8760	線源モデル 2
施工済み (覆い設置済み)	2000ドラム缶 廃棄体	<b>P 埋設地</b> ピット基数：10 基 ピット区画数：36 区画 <b>S 埋設地</b> ピット基数：8 基 ピット区画数：36 区画	8760	線源モデル 4

※1 区画：40 本/段×9 段=360 本

付表 5-12 コンクリートピット施設のスカイシヤインγ線評価における線源モデル

評価対象	評価対象 廃棄体	線源 物質	線源密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	形状	体積 [cm <sup>3</sup> ]	放射能量[Bq]
線源モデル 1	2000ドラム缶 廃棄体	混合物 (水+鉄)	0.73	円柱	1.3E+08 (297r×459h)	4.5E+11
線源モデル 2		混合物 (水+鉄)	0.73	円柱	1.3E+08 (297r×459h)	4.5E+11
線源モデル 3		混合物 (水+鉄+モルタル)	1.3	円柱	1.3E+08 (297r×459h)	4.5E+11
線源モデル 4		混合物 (水+鉄+モルタル)	1.3	円柱	1.3E+08 (297r×459h)	4.5E+11

付表 5-13 コンクリートピット施設 P 埋設地のスカイシヤインγ線による 1 年間の実効線量

評価 距離 (m)	実効線量[μ Sv/y]						評価 距離 (m)	実効線量[μ Sv/y]							
	※1	※2	※3	※4	※5	※6		合計	※1	※2	※3	※4	※5	※6	合計
20	9.1E+00	2.5E+01	3.3E-02	1.8E-01	8.9E-02	3.6E+01	7.0E+01	270	2.2E-01	7.4E-01	7.9E-04	4.4E-03	2.2E-03	8.6E-01	1.8E+00
30	7.1E+00	1.9E+01	2.5E-02	1.4E-01	7.0E-02	2.8E+01	5.4E+01	280	1.9E-01	6.6E-01	7.0E-04	3.9E-03	2.0E-03	7.6E-01	1.6E+00
40	5.6E+00	1.5E+01	2.0E-02	1.1E-01	5.5E-02	2.2E+01	4.2E+01	290	1.7E-01	5.9E-01	6.2E-04	3.5E-03	1.7E-03	6.8E-01	1.4E+00
50	4.7E+00	1.2E+01	1.7E-02	9.2E-02	4.6E-02	1.8E+01	3.6E+01	300	1.5E-01	5.3E-01	5.5E-04	3.1E-03	1.5E-03	6.0E-01	1.3E+00
60	3.9E+00	1.1E+01	1.4E-02	7.7E-02	3.9E-02	1.5E+01	3.0E+01	310	1.3E-01	4.8E-01	4.9E-04	2.7E-03	1.4E-03	5.3E-01	1.1E+00
70	3.4E+00	9.1E+00	1.2E-02	6.6E-02	3.3E-02	1.3E+01	2.6E+01	320	1.2E-01	4.3E-01	4.3E-04	2.4E-03	1.2E-03	4.7E-01	1.0E+00
80	2.9E+00	7.9E+00	1.0E-02	5.7E-02	2.8E-02	1.1E+01	2.2E+01	330	1.0E-01	3.9E-01	3.9E-04	2.2E-03	1.1E-03	4.2E-01	9.2E-01
90	2.5E+00	6.8E+00	8.8E-03	4.9E-02	2.4E-02	9.7E+00	1.9E+01	340	9.3E-02	3.5E-01	3.4E-04	1.9E-03	9.6E-04	3.8E-01	8.2E-01
100	2.1E+00	5.9E+00	7.6E-03	4.2E-02	2.1E-02	8.3E+00	1.6E+01	350	8.3E-02	3.1E-01	3.1E-04	1.7E-03	8.6E-04	3.3E-01	7.3E-01
110	1.8E+00	5.2E+00	6.6E-03	3.6E-02	1.8E-02	7.2E+00	1.4E+01	360	7.3E-02	2.8E-01	2.7E-04	1.5E-03	7.7E-04	3.0E-01	6.6E-01
120	1.6E+00	4.5E+00	5.7E-03	3.1E-02	1.6E-02	6.2E+00	1.2E+01	370	6.5E-02	2.5E-01	2.4E-04	1.4E-03	6.8E-04	2.7E-01	5.9E-01
130	1.4E+00	4.0E+00	4.9E-03	2.7E-02	1.4E-02	5.4E+00	1.1E+01	380	5.8E-02	2.3E-01	2.2E-04	1.2E-03	6.1E-04	2.4E-01	5.3E-01
140	1.2E+00	3.5E+00	4.3E-03	2.4E-02	1.2E-02	4.7E+00	9.4E+00	390	5.2E-02	2.1E-01	1.9E-04	1.1E-03	5.5E-04	2.1E-01	4.7E-01
150	1.0E+00	3.1E+00	3.7E-03	2.1E-02	1.0E-02	4.1E+00	8.2E+00	400	4.6E-02	1.9E-01	1.7E-04	9.8E-04	4.9E-04	1.9E-01	4.2E-01
160	9.0E-01	2.7E+00	3.2E-03	1.8E-02	9.0E-03	3.5E+00	7.2E+00	410	4.1E-02	1.7E-01	1.5E-04	8.7E-04	4.4E-04	1.7E-01	3.8E-01
170	7.8E-01	2.4E+00	2.8E-03	1.6E-02	7.8E-03	3.1E+00	6.3E+00	420	3.7E-02	1.5E-01	1.4E-04	7.8E-04	3.9E-04	1.5E-01	3.4E-01
180	6.8E-01	2.1E+00	2.5E-03	1.4E-02	6.9E-03	2.7E+00	5.5E+00	430	3.3E-02	1.4E-01	1.2E-04	7.0E-04	3.5E-04	1.3E-01	3.1E-01
190	6.0E-01	1.9E+00	2.2E-03	1.2E-02	6.0E-03	2.4E+00	4.9E+00	440	2.9E-02	1.3E-01	1.1E-04	6.3E-04	3.1E-04	1.2E-01	2.8E-01
200	5.2E-01	1.7E+00	1.9E-03	1.1E-02	5.3E-03	2.1E+00	4.3E+00	450	2.6E-02	1.1E-01	9.9E-05	5.6E-04	2.8E-04	1.1E-01	2.5E-01
210	4.6E-01	1.5E+00	1.7E-03	9.3E-03	4.6E-03	1.8E+00	3.8E+00	460	2.4E-02	1.0E-01	8.8E-05	5.0E-04	2.5E-04	9.7E-02	2.2E-01
220	4.0E-01	1.3E+00	1.5E-03	8.2E-03	4.1E-03	1.6E+00	3.3E+00	470	2.1E-02	9.4E-02	7.9E-05	4.5E-04	2.3E-04	8.7E-02	2.0E-01
230	3.5E-01	1.2E+00	1.3E-03	7.2E-03	3.6E-03	1.4E+00	2.9E+00	480	1.9E-02	8.5E-02	7.1E-05	4.0E-04	2.0E-04	7.8E-02	1.8E-01
240	3.1E-01	1.0E+00	1.1E-03	6.4E-03	3.2E-03	1.3E+00	2.6E+00	490	1.7E-02	7.8E-02	6.4E-05	3.6E-04	1.8E-04	7.0E-02	1.6E-01
250	2.8E-01	9.3E-01	1.0E-03	5.6E-03	2.8E-03	1.1E+00	2.3E+00	500	1.5E-02	7.0E-02	5.7E-05	3.3E-04	1.6E-04	6.2E-02	1.5E-01
260	2.4E-01	8.3E-01	8.9E-04	5.0E-03	2.5E-03	9.8E-01	2.1E+00								

※1：施工済み終了

※2：定置中（天井開放）

※3：定置後のモルタル充填中

※4：モルタル充填後のポーラスコンクリート層施工

※5：ポーラスコンクリート層施工後の覆い施工

※6：各施工間の期間（仮蓋）



付表 5-14 コンクリートピット施設 S 埋設地のスカイシヤイン $\gamma$ 線による 1 年間の実効線量

評価 距離 (m)	実効線量[ $\mu$ Sv/y]						評価 距離 (m)	実効線量[ $\mu$ Sv/y]						
	※1	※2	※3	※4	※5	※6		合計	※1	※2	※3	※4	※5	※6
20	7.3E+00	2.5E+01	3.3E-02	1.8E-01	8.9E-02	3.6E+01	270	1.7E-01	7.4E-01	7.9E-04	4.4E-03	2.2E-03	8.6E-01	1.8E+00
30	5.7E+00	1.9E+01	2.5E-02	1.4E-01	7.0E-02	2.8E+01	280	1.5E-01	6.6E-01	7.0E-04	3.9E-03	2.0E-03	7.6E-01	1.6E+00
40	4.5E+00	1.5E+01	2.0E-02	1.1E-01	5.5E-02	2.2E+01	290	1.4E-01	5.9E-01	6.2E-04	3.5E-03	1.7E-03	6.8E-01	1.4E+00
50	3.7E+00	1.2E+01	1.7E-02	9.2E-02	4.6E-02	1.8E+01	300	1.2E-01	5.3E-01	5.5E-04	3.1E-03	1.5E-03	6.0E-01	1.3E+00
60	3.1E+00	1.1E+01	1.4E-02	7.7E-02	3.9E-02	1.5E+01	310	1.1E-01	4.8E-01	4.9E-04	2.7E-03	1.4E-03	5.3E-01	1.1E+00
70	2.7E+00	9.1E+00	1.2E-02	6.6E-02	3.3E-02	1.3E+01	320	9.4E-02	4.3E-01	4.3E-04	2.4E-03	1.2E-03	4.7E-01	1.0E+00
80	2.3E+00	7.9E+00	1.0E-02	5.7E-02	2.8E-02	1.1E+01	330	8.4E-02	3.9E-01	3.9E-04	2.2E-03	1.1E-03	4.2E-01	9.0E-01
90	2.0E+00	6.8E+00	8.8E-03	4.9E-02	2.4E-02	9.7E+00	340	7.4E-02	3.5E-01	3.4E-04	1.9E-03	9.6E-04	3.8E-01	8.0E-01
100	1.7E+00	5.9E+00	7.6E-03	4.2E-02	2.1E-02	8.3E+00	350	6.6E-02	3.1E-01	3.1E-04	1.7E-03	8.6E-04	3.3E-01	7.2E-01
110	1.5E+00	5.2E+00	6.6E-03	3.6E-02	1.8E-02	7.2E+00	360	5.9E-02	2.8E-01	2.7E-04	1.5E-03	7.7E-04	3.0E-01	6.4E-01
120	1.3E+00	4.5E+00	5.7E-03	3.1E-02	1.6E-02	6.2E+00	370	5.2E-02	2.5E-01	2.4E-04	1.4E-03	6.8E-04	2.7E-01	5.8E-01
130	1.1E+00	4.0E+00	4.9E-03	2.7E-02	1.4E-02	5.4E+00	380	4.7E-02	2.3E-01	2.2E-04	1.2E-03	6.1E-04	2.4E-01	5.2E-01
140	9.5E-01	3.5E+00	4.3E-03	2.4E-02	1.2E-02	4.7E+00	390	4.2E-02	2.1E-01	1.9E-04	1.1E-03	5.5E-04	2.1E-01	4.6E-01
150	8.2E-01	3.1E+00	3.7E-03	2.1E-02	1.0E-02	4.1E+00	400	3.7E-02	1.9E-01	1.7E-04	9.8E-04	4.9E-04	1.9E-01	4.2E-01
160	7.2E-01	2.7E+00	3.2E-03	1.8E-02	9.0E-03	3.5E+00	410	3.3E-02	1.7E-01	1.5E-04	8.7E-04	4.4E-04	1.7E-01	3.7E-01
170	6.3E-01	2.4E+00	2.8E-03	1.6E-02	7.8E-03	3.1E+00	420	3.0E-02	1.5E-01	1.4E-04	7.8E-04	3.9E-04	1.5E-01	3.4E-01
180	5.5E-01	2.1E+00	2.5E-03	1.4E-02	6.9E-03	2.7E+00	430	2.6E-02	1.4E-01	1.2E-04	7.0E-04	3.5E-04	1.3E-01	3.0E-01
190	4.8E-01	1.9E+00	2.2E-03	1.2E-02	6.0E-03	2.4E+00	440	2.4E-02	1.3E-01	1.1E-04	6.3E-04	3.1E-04	1.2E-01	2.7E-01
200	4.2E-01	1.7E+00	1.9E-03	1.1E-02	5.3E-03	2.1E+00	450	2.1E-02	1.1E-01	9.9E-05	5.6E-04	2.8E-04	1.1E-01	2.4E-01
210	3.7E-01	1.5E+00	1.7E-03	9.3E-03	4.6E-03	1.8E+00	460	1.9E-02	1.0E-01	8.8E-05	5.0E-04	2.5E-04	9.7E-02	2.2E-01
220	3.2E-01	1.3E+00	1.5E-03	8.2E-03	4.1E-03	1.6E+00	470	1.7E-02	9.4E-02	7.9E-05	4.5E-04	2.3E-04	8.7E-02	2.0E-01
230	2.8E-01	1.2E+00	1.3E-03	7.2E-03	3.6E-03	1.4E+00	480	1.5E-02	8.5E-02	7.1E-05	4.0E-04	2.0E-04	7.8E-02	1.8E-01
240	2.5E-01	1.0E+00	1.1E-03	6.4E-03	3.2E-03	1.3E+00	490	1.4E-02	7.8E-02	6.4E-05	3.6E-04	1.8E-04	7.0E-02	1.6E-01
250	2.2E-01	9.3E-01	1.0E-03	5.6E-03	2.8E-03	1.1E+00	500	1.2E-02	7.0E-02	5.7E-05	3.3E-04	1.6E-04	6.2E-02	1.5E-01
260	2.0E-01	8.3E-01	8.9E-04	5.0E-03	2.5E-03	9.8E-01								

※1：施工済み終了

※2：定置中（天井開放）

※3：定置後のモルタル充填中

※4：モルタル充填後のポーラスコンクリート層施工

※5：ポーラスコンクリート層施工後の覆い施工

※6：各施工間の期間（仮蓋）

付表 5-15 トレンチ施設のスライシヤインγ線計算における線源モデル

評価対象	評価対象 廃棄体	廃棄体 数量	線源 物質	線源密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	形状	体積 [cm <sup>3</sup> ]	放射能量 [Bq]
線源モデル1 (施工済み)	2000ドラム缶 廃棄体	34×34×3段 (1段:1156本)	水+鋼材+土壌	1.2	円柱	5.4E+08 (1401r×262.5h)	7.2E+09 (1段当り)
線源モデル2 (施工中)	フレコン 廃棄体	20体	水	0.65	円柱	3.2E+07 (319r×100h)	3.9E+08

付表 5-16 付加機能型トレンチ施設における領域の分割数及び施工時間

	P埋設 (分割数)	S埋設 (分割数)	施工時間 [h/y]
施工済み (中間覆土済み)	7	8	8760
施工中 (定置後翌日まで中間覆土なし)	1	1	8760
施工中 (定置中)	1	1	533

付表 5-17 安定型トレンチ施設における領域の分割数及び施工時間

	P埋設 (分割数)	S埋設 (分割数)	施工時間 [h/y]
施工済み (中間覆土済み)	6	6	8760
施工中1 (定置後翌日まで中間覆土なし)	1	1	8760
施工中 (定置中)	1	1	1067
施工中2 (定置後翌日まで中間覆土なし)	1	1	8760

付表 5-18 トレンチ施設のスカイシャイン $\gamma$ 線による1年間の実効線量

評価距離 (m)	実効線量[ $\mu$ Sv/y]				評価距離 (m)	実効線量[ $\mu$ Sv/y]			
	付加 機能型 (P 埋設)	安定型 (P 埋設)	付加 機能型 (S 埋設)	安定型 (S 埋設)		付加 機能型 (P 埋設)	安定型 (P 埋設)	付加 機能型 (S 埋設)	安定型 (S 埋設)
20	2.3E+02	2.1E+02	2.6E+02	2.1E+02	270	3.4E+00	3.3E+00	3.8E+00	3.3E+00
30	1.7E+02	1.6E+02	1.9E+02	1.6E+02	280	3.0E+00	2.9E+00	3.3E+00	2.9E+00
40	1.3E+02	1.2E+02	1.4E+02	1.2E+02	290	2.6E+00	2.6E+00	3.0E+00	2.6E+00
50	9.9E+01	9.2E+01	1.1E+02	9.2E+01	300	2.3E+00	2.3E+00	2.6E+00	2.3E+00
60	7.8E+01	7.3E+01	8.9E+01	7.3E+01	310	2.1E+00	2.1E+00	2.3E+00	2.1E+00
70	6.4E+01	6.0E+01	7.2E+01	6.0E+01	320	1.8E+00	1.8E+00	2.1E+00	1.8E+00
80	5.2E+01	4.9E+01	5.9E+01	4.9E+01	330	1.6E+00	1.6E+00	1.8E+00	1.6E+00
90	4.4E+01	4.1E+01	4.9E+01	4.1E+01	340	1.5E+00	1.5E+00	1.6E+00	1.5E+00
100	3.7E+01	3.5E+01	4.1E+01	3.5E+01	350	1.3E+00	1.3E+00	1.5E+00	1.3E+00
110	3.1E+01	2.9E+01	3.5E+01	2.9E+01	360	1.2E+00	1.2E+00	1.3E+00	1.2E+00
120	2.6E+01	2.5E+01	3.0E+01	2.5E+01	370	1.0E+00	1.0E+00	1.2E+00	1.0E+00
130	2.2E+01	2.1E+01	2.5E+01	2.1E+01	380	9.2E-01	9.4E-01	1.0E+00	9.4E-01
140	1.9E+01	1.8E+01	2.2E+01	1.8E+01	390	8.2E-01	8.4E-01	9.3E-01	8.4E-01
150	1.7E+01	1.6E+01	1.9E+01	1.6E+01	400	7.4E-01	7.5E-01	8.3E-01	7.5E-01
160	1.4E+01	1.4E+01	1.6E+01	1.4E+01	410	6.6E-01	6.7E-01	7.4E-01	6.7E-01
170	1.2E+01	1.2E+01	1.4E+01	1.2E+01	420	5.9E-01	6.0E-01	6.6E-01	6.0E-01
180	1.1E+01	1.0E+01	1.2E+01	1.0E+01	430	5.3E-01	5.4E-01	5.9E-01	5.4E-01
190	9.4E+00	9.1E+00	1.1E+01	9.1E+00	440	4.7E-01	4.9E-01	5.3E-01	4.9E-01
200	8.2E+00	8.0E+00	9.3E+00	8.0E+00	450	4.2E-01	4.4E-01	4.7E-01	4.4E-01
210	7.2E+00	7.0E+00	8.1E+00	7.0E+00	460	3.8E-01	3.9E-01	4.2E-01	3.9E-01
220	6.3E+00	6.1E+00	7.1E+00	6.1E+00	470	3.3E-01	3.5E-01	3.7E-01	3.5E-01
230	5.5E+00	5.4E+00	6.2E+00	5.4E+00	480	3.0E-01	3.1E-01	3.3E-01	3.1E-01
240	4.9E+00	4.8E+00	5.5E+00	4.8E+00	490	2.6E-01	2.8E-01	2.9E-01	2.8E-01
250	4.3E+00	4.2E+00	4.8E+00	4.2E+00	500	2.3E-01	2.5E-01	2.6E-01	2.5E-01
260	3.8E+00	3.8E+00	4.3E+00	3.8E+00					

付表 5-19 パラメータスタディの検討ケース

No.	検討ケース	条件	施設モデル
1	検討ケース 1	受入検査施設を横向きに配置	モデル 1
2			モデル 2
3			モデル 3
4	検討ケース 2	受入検査施設を縦向きに配置	モデル 1
5			モデル 2
6			モデル 3
7	検討ケース 3	受入検査施設を横向きに配置し、コンクリートピット施設の P 埋設地と S 埋設地の位置を検討ケース 1 と逆に配置	モデル 1
8			モデル 2
9			モデル 3
10	検討ケース 4	受入検査施設を縦向きに配置し、コンクリートピット施設の P 埋設地と S 埋設地の位置を検討ケース 2 と逆に配置	モデル 1
11			モデル 2
12			モデル 3

付表 5-20 評価ポイントから一番近い施設までの距離

ポイント	施設名	距離 (m)												
		検討ケース 1			検討ケース 2			検討ケース 3			検討ケース 4			
		モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 1	モデル 2	モデル 3	
a	受入検査施設	140	140	120	120	100	120	120	110	110	110	110	110	90
b	トレンチ(P付加機能型)	120	120	140	140	150	110	130	130	130	130	120	140	140
c	トレンチ(S付加機能型)	100	110	100	110	100	100	110	100	100	100	100	110	100
d	トレンチ(S安定型)	90	90	80	90	80	90	90	90	90	80	90	90	80
e	トレンチ(P安定型)	100	110	100	100	100	100	110	100	100	100	100	110	100
f	トレンチ(P付加機能型)	120	140	140	120	140	150	130	130	130	130	120	140	140
g	トレンチ(P付加機能型)	110	140	130	120	140	140	130	120	130	120	110	140	130
h	受入検査施設	130	130	110	120	110	90	120	110	100	100	110	100	80
i	ピット	100	120	40	100	120	40	90	110	40	110	40	90	40
j	ピット	40	40	110	40	110	110	40	40	110	40	40	40	110
k	ピット	100	120	60	110	120	60	90	110	60	110	100	110	60

P : P埋設地、S : S埋設地

付表 5-21 評価ポイントにおける実効線量率

ポイント	実効線量率 ( $\mu$ Sv/y)											
	検討ケース 1			検討ケース 2			検討ケース 3			検討ケース 4		
	モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 1	モデル 2	モデル 3
a	44.1	44.6	44.8	48.1	45.9	46.1	49.9	43.9	44.8	48.5	46.1	47.3
b	43.1	46.3	44.4	46.2	49.4	45.9	45.5	49.0	49.3	42.6	46.4	49.9
c	42.8	48.8	48.4	42.8	48.8	46.7	48.4	48.8	46.7	42.8	48.8	46.7
d	41.8	45.5	49.0	41.8	45.5	49.0	41.8	45.5	49.0	41.8	45.5	49.0
e	43.3	43.7	44.6	44.4	43.7	43.8	43.7	43.7	43.8	44.2	43.7	43.8
f	48.6	49.6	48.7	49.1	49.1	49.5	48.2	49.2	48.4	48.4	49.6	49.7
g	48.6	43.5	48.1	43.8	46.3	44.5	46.0	46.4	49.3	47.2	43.0	47.5
h	48.6	44.1	46.6	45.2	45.2	46.6	46.2	48.6	49.6	44.9	45.2	46.5
i	44.6	41.7	41.3	45.7	44.7	41.3	41.2	40.8	42.4	41.5	44.6	42.4
j	41.3	41.3	45.5	41.3	41.3	48.1	42.4	42.4	45.4	42.4	42.4	44.7
k	49.1	45.1	44.6	46.0	45.6	45.5	43.4	43.1	44.0	44.2	43.6	43.9

付表 5-22 検討ケース1の評価結果

モデル	ポイント	横方向 (m)	受入検査施設	線量[ $\mu$ Sv/y]						合計	施設名	距離(m)		
				ピット		トレンチ		P埋設地 付加機能型	P埋設地 安定型				S埋設地 付加機能型	S埋設地 安定型
				P埋設地	S埋設地	P埋設地	S埋設地							
モデル1	a	—	19.0	5.5	—	19.2	0.3	—	—	—	44.1	受入検査施設	140	
	b	—	13.8	2.3	—	26.2	0.8	—	—	—	43.1	トレンチ(P付加機能型)	120	
	c	—	0.0	—	0.0	—	—	—	8.1	34.7	42.8	トレンチ(S付加機能型)	100	
	d	—	0.0	—	0.0	—	—	—	0.6	41.2	41.8	トレンチ(S安定型)	90	
	e	—	0.5	0.0	—	8.2	34.7	—	—	—	43.3	トレンチ(P安定型)	100	
	f	80	8.8	1.1	—	36.6	2.1	—	—	—	48.6	トレンチ(P付加機能型)	120	
	g	—	14.2	2.6	—	30.9	0.8	—	—	—	48.6	トレンチ(P付加機能型)	110	
	h	—	19.6	6.3	—	22.4	0.3	—	—	—	48.6	受入検査施設	130	
	i	—	22.6	16.4	—	5.5	0.0	—	—	—	44.6	ピット	100	
	j	—	0.0	—	41.3	—	—	—	0.0	—	41.3	ピット	40	
	k	250	5.8	42.4	—	—	0.9	0.0	—	—	49.1	ピット	100	
	a	—	19.0	4.3	—	14.3	7.0	—	—	—	44.6	受入検査施設	140	
	b	—	16.2	1.8	—	19.2	9.1	—	—	—	46.3	トレンチ(P付加機能型)	120	
c	—	0.0	—	0.0	—	—	—	35.0	13.8	48.8	トレンチ(S付加機能型)	110		
d	—	0.0	—	0.0	—	—	—	4.3	41.2	45.5	トレンチ(S安定型)	90		
e	—	0.0	0.0	—	14.3	29.4	—	—	—	43.7	トレンチ(P安定型)	110		
f	150	4.4	0.5	—	30.9	13.8	—	—	—	49.6	トレンチ(P付加機能型)	140		
g	—	14.2	1.4	—	9.4	18.4	—	—	—	43.5	トレンチ(P付加機能型)	140		
h	—	19.6	6.3	—	6.3	12.0	—	—	—	44.1	受入検査施設	130		
i	—	22.6	12.4	—	3.8	2.9	—	—	—	41.7	ピット	120		
j	—	0.0	—	41.3	—	—	—	0.0	—	41.3	ピット	40		
k	250	2.1	42.4	—	—	0.3	0.3	—	—	45.1	ピット	120		
a	—	26.9	5.5	—	12.4	0.0	—	—	—	44.8	受入検査施設	120		
b	—	22.6	2.6	—	19.2	0.0	—	—	—	44.4	トレンチ(P付加機能型)	140		
c	—	0.0	—	0.0	0.0	0.0	—	41.4	7.0	48.4	トレンチ(S付加機能型)	100		
d	—	0.0	—	0.0	0.0	0.0	—	0.0	49.0	49.0	トレンチ(S安定型)	80		
e	—	0.0	0.0	—	36.6	8.0	—	—	—	44.6	トレンチ(P安定型)	100		
f	50	16.2	1.6	—	30.9	0.0	—	—	—	48.7	トレンチ(P付加機能型)	140		
g	—	23.1	2.6	—	22.4	0.0	—	—	—	48.1	トレンチ(P付加機能型)	130		
h	—	27.6	8.2	—	10.8	0.0	—	—	—	46.6	受入検査施設	110		
i	—	0.0	—	41.3	0.0	0.0	—	0.0	—	41.3	ピット	40		
j	100	13.8	30.1	—	1.6	0.0	—	—	—	45.5	ピット	110		
k	260	1.9	42.4	—	0.3	0.0	—	—	—	44.6	ピット	60		

付表 5-23 検討ケース 2 の評価結果

モデル	ポイント	横方向 (m)	受入検査施設	線量[ $\mu$ Sv/y]						合計	施設名	距離(m)		
				ピット		トレンチ		P埋設地 付加機能型	P埋設地 安定型				S埋設地 付加機能型	S埋設地 安定型
				P埋設地	S埋設地	P埋設地	S埋設地							
モデル 1	a	—	18.1	7.2	—	22.4	0.4	—	—	—	48.1	受入検査施設	120	
	b	—	15.4	3.8	—	26.2	0.8	—	—	—	46.2	トレンチ(P付加機能型)	120	
	c	—	0.0	—	0.0	—	—	—	8.1	34.7	42.8	トレンチ(S付加機能型)	100	
	d	—	0.0	—	0.0	—	—	—	0.6	41.2	41.8	トレンチ(S安定型)	90	
	e	—	2.3	0.2	—	7.2	34.7	—	—	—	44.4	トレンチ(P安定型)	100	
	f	100	8.4	1.4	—	36.6	2.6	—	—	—	49.1	トレンチ(P付加機能型)	120	
	g	—	13.1	3.8	—	26.2	0.8	—	—	—	43.8	トレンチ(P付加機能型)	120	
	h	—	15.2	7.2	—	22.4	0.4	—	—	—	45.2	受入検査施設	120	
	i	—	21.1	16.4	—	8.2	0.0	—	—	—	45.7	ピット	100	
	j	—	0.0	—	41.3	—	—	—	0.0	—	41.3	ピット	40	
	k	240	2.9	42.4	—	0.7	0.0	—	—	—	46.0	ピット	110	
	モデル 2	a	—	18.1	5.5	—	14.3	8.0	—	—	—	45.9	受入検査施設	120
		b	—	18.1	2.9	—	19.2	9.1	—	—	—	49.4	トレンチ(P付加機能型)	140
c		—	0.0	—	0.0	—	—	—	35.0	13.8	48.8	トレンチ(S付加機能型)	110	
d		—	0.0	—	0.0	—	—	—	4.3	41.2	45.5	トレンチ(S安定型)	90	
e		—	0.0	0.0	—	14.3	29.4	—	—	—	43.7	トレンチ(P安定型)	110	
f		180	3.8	0.6	—	30.9	13.8	—	—	—	49.1	トレンチ(P付加機能型)	140	
g		—	15.2	3.3	—	9.4	18.4	—	—	—	46.3	トレンチ(P付加機能型)	140	
h		—	17.9	6.3	—	7.2	13.8	—	—	—	45.2	受入検査施設	110	
i		—	21.1	12.4	—	4.3	7.0	—	—	—	44.7	ピット	120	
j		—	0.0	—	41.3	—	—	—	0.0	—	41.3	ピット	40	
k		260	2.3	42.4	—	0.5	0.5	—	—	—	45.6	ピット	120	
モデル 3		a	—	25.5	6.3	—	14.3	0.0	—	—	—	46.1	受入検査施設	100
		b	—	25.5	3.8	—	16.6	0.0	—	—	—	45.9	トレンチ(P付加機能型)	150
	c	—	0.0	—	0.0	0.0	0.0	—	25.3	21.4	46.7	トレンチ(S付加機能型)	100	
	d	—	0.0	—	0.0	0.0	0.0	—	0.0	49.0	49.0	トレンチ(S安定型)	80	
	e	—	0.0	0.0	—	22.4	21.4	—	—	—	43.8	トレンチ(P安定型)	100	
	f	100	11.3	1.6	—	36.6	0.0	—	—	—	49.5	トレンチ(P付加機能型)	150	
	g	—	21.1	4.3	—	19.2	0.0	—	—	—	44.5	トレンチ(P付加機能型)	140	
	h	—	25.1	7.2	—	14.3	0.0	—	—	—	46.6	受入検査施設	90	
	i	—	0.0	—	41.3	0.0	0.0	—	0.0	—	41.3	ピット	40	
	j	110	15.4	30.1	—	2.6	0.0	—	—	—	48.1	ピット	110	
	k	250	2.6	42.4	—	0.5	0.0	—	—	—	45.5	ピット	60	

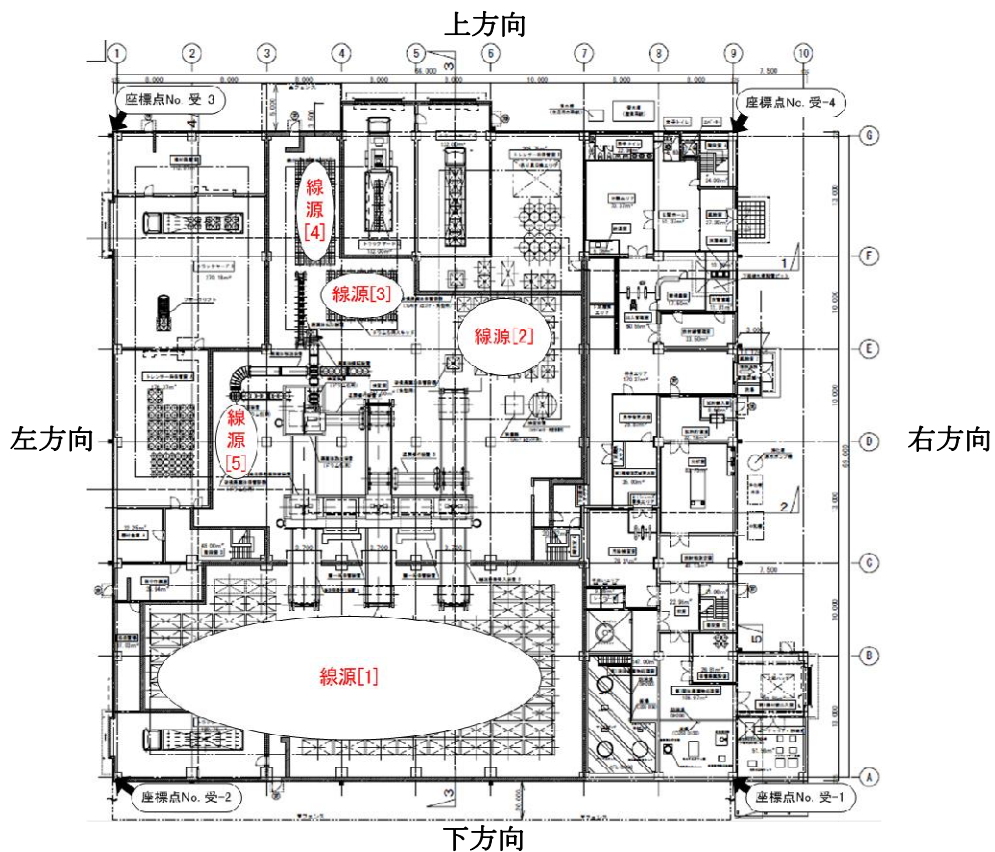
付表 5-24 検討ケース3の評価結果

モデル	ポイント	横方向 (m)	受入検査施設	線量[ $\mu$ Sv/y]								合計	施設名	距離(m)	
				P埋設地		S埋設地		P埋設地		S埋設地					
				機能型	安定型	機能型	安定型	付加機能型	安定型	付加機能型	安定型				
モデル1	a	—	26.9	0.3	—	22.4	0.3	—	—	—	—	—	—	受入検査施設	120
	b	—	13.8	0.0	—	30.9	0.8	—	—	—	—	—	—	トレンチ(P付加機能型)	110
	c	—	0.0	—	0.0	—	—	—	—	41.4	—	—	—	トレンチ(S付加機能型)	100
	d	—	0.0	—	0.0	—	—	—	—	0.6	—	—	—	トレンチ(S安定型)	90
	e	—	1.9	0.0	—	7.2	34.7	—	—	—	—	—	—	トレンチ(P安定型)	100
	f	50	10.2	0.0	—	36.6	1.5	—	—	—	—	—	—	トレンチ(P付加機能型)	110
	g	—	14.2	0.0	—	30.9	0.8	—	—	—	—	—	—	トレンチ(P付加機能型)	110
	h	—	23.1	0.3	—	22.4	0.3	—	—	—	—	—	—	受入検査施設	120
	i	—	22.6	—	18.6	—	—	—	—	0.0	—	—	—	ピット	90
	j	—	0.0	42.4	—	0.0	0.0	—	—	—	—	—	—	ピット	40
	k	240	2.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ピット	90
モデル2	a	—	22.6	0.0	—	14.3	7.0	—	—	—	—	—	—	受入検査施設	120
	b	—	16.2	0.0	—	22.4	10.4	—	—	—	—	—	—	トレンチ(P付加機能型)	130
	c	—	0.0	—	0.0	—	—	—	—	35.0	—	—	—	トレンチ(S付加機能型)	110
	d	—	0.0	—	0.0	—	—	—	—	4.3	—	—	—	トレンチ(S安定型)	90
	e	—	0.0	0.0	—	14.3	29.4	—	—	—	—	—	—	トレンチ(P安定型)	110
	f	140	4.4	0.0	—	30.9	13.8	—	—	—	—	—	—	トレンチ(P付加機能型)	130
	g	—	14.2	0.0	—	10.8	21.4	—	—	—	—	—	—	トレンチ(P付加機能型)	130
	h	—	27.6	0.0	—	7.2	13.8	—	—	—	—	—	—	受入検査施設	110
	i	—	26.9	—	13.9	—	—	—	—	4.3	—	—	—	ピット	110
	j	—	0.0	42.4	—	0.0	0.0	—	—	—	—	—	—	ピット	40
	k	250	1.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ピット	110
モデル3	a	—	32.4	0.0	—	12.4	0.0	—	—	—	—	—	—	受入検査施設	110
	b	—	26.9	0.0	—	22.4	0.0	—	—	—	—	—	—	トレンチ(P付加機能型)	130
	c	—	0.0	—	0.0	—	—	—	—	25.3	—	—	—	トレンチ(S付加機能型)	100
	d	—	0.0	—	0.0	—	—	—	—	0.0	—	—	—	トレンチ(S安定型)	80
	e	—	0.0	0.0	—	22.4	21.4	—	—	—	—	—	—	トレンチ(P安定型)	100
	f	70	11.8	0.0	—	36.6	0.0	—	—	—	—	—	—	トレンチ(P付加機能型)	130
	g	—	23.1	0.0	—	26.2	0.0	—	—	—	—	—	—	トレンチ(P付加機能型)	120
	h	—	33.0	0.0	—	16.6	0.0	—	—	—	—	—	—	受入検査施設	100
	i	—	0.0	42.4	—	0.0	0.0	—	—	—	—	—	—	ピット	40
	j	80	16.2	—	—	—	—	—	—	29.3	—	—	—	ピット	110
	k	220	2.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ピット	60

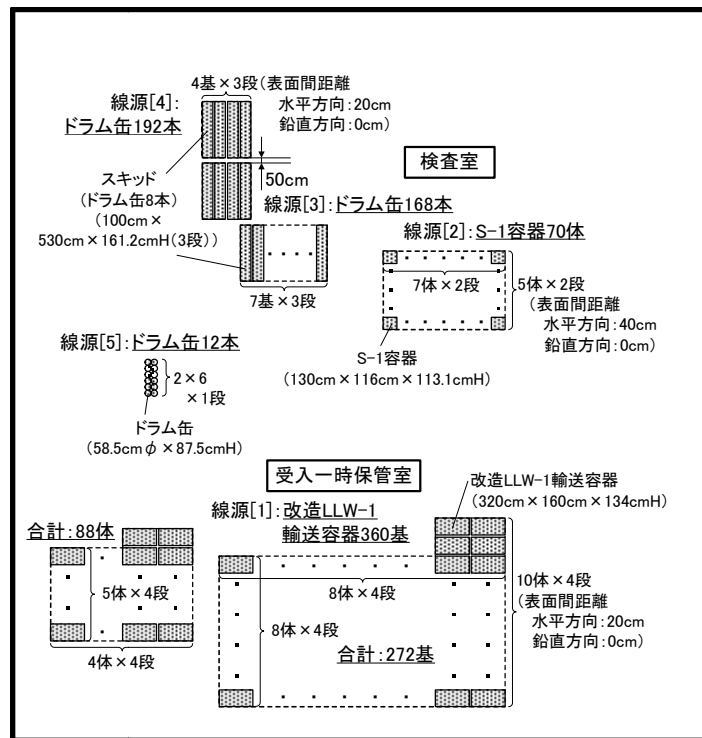
付表 5-25 検討ケース4 の評価結果

モデル	ポイント	横方向 (m)	受入検査施設	線量[ $\mu$ Sv/y]								合計	施設名	距離(m)	
				ピット		トレンチ		トレンチ							
				P埋設地	S埋設地	P埋設地 機能型	P埋設地 安定型	S埋設地 付加機能型	P埋設地 安定型	S埋設地 付加機能型	S埋設地 安定型				
モデル1	a	—	21.5	0.4	—	26.2	0.4	—	—	—	—	—	48.5	受入検査施設	110
	b	—	15.4	0.2	—	26.2	0.8	—	—	—	—	—	42.6	トレンチ(P付加機能型)	120
	c	—	0.0	—	0.0	—	—	—	8.1	34.7	—	—	42.8	トレンチ(S付加機能型)	100
	d	—	0.0	—	0.0	—	—	—	0.6	41.2	—	—	41.8	トレンチ(S安定型)	90
	e	—	2.3	0.0	—	7.2	34.7	—	—	—	—	—	44.2	トレンチ(P安定型)	100
	f	80	9.7	0.0	—	36.6	2.1	—	—	—	—	—	48.4	トレンチ(P付加機能型)	120
	g	—	15.2	0.2	—	30.9	0.8	—	—	—	—	—	47.2	トレンチ(P付加機能型)	110
	h	—	17.9	0.4	—	26.2	0.4	—	—	—	—	—	44.9	受入検査施設	110
	i	—	25.5	—	16.0	—	—	—	0.0	0.0	—	—	41.5	ピット	90
	j	—	0.0	42.4	—	0.0	0.0	—	—	—	—	—	42.4	ピット	40
	k	240	2.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	44.2	ピット	100
モデル2	a	—	21.5	0.0	—	16.6	8.0	—	—	—	—	—	46.1	受入検査施設	110
	b	—	18.1	0.0	—	19.2	9.1	—	—	—	—	—	46.4	トレンチ(P付加機能型)	140
	c	—	0.0	—	0.0	—	—	—	35.0	13.8	—	—	48.8	トレンチ(S付加機能型)	110
	d	—	0.0	—	0.0	—	—	—	4.3	41.2	—	—	45.5	トレンチ(S安定型)	90
	e	—	0.0	0.0	—	14.3	29.4	—	—	—	—	—	43.7	トレンチ(P安定型)	110
	f	150	4.9	0.0	—	30.9	13.8	—	—	—	—	—	49.6	トレンチ(P付加機能型)	140
	g	—	15.2	0.0	—	9.4	18.4	—	—	—	—	—	43.0	トレンチ(P付加機能型)	140
	h	—	21.1	0.0	—	8.2	15.9	—	—	—	—	—	45.2	受入検査施設	100
	i	—	30.7	—	13.9	—	—	—	0.0	0.0	—	—	44.6	ピット	110
	j	—	0.0	42.4	—	0.0	0.0	—	—	—	—	—	42.4	ピット	40
	k	250	2.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	43.6	ピット	110
モデル3	a	—	30.7	0.0	—	16.6	0.0	—	—	—	—	—	47.3	受入検査施設	90
	b	—	30.7	0.0	—	19.2	0.0	—	—	—	—	—	49.9	トレンチ(P付加機能型)	140
	c	—	0.0	—	0.0	—	—	—	25.3	21.4	—	—	46.7	トレンチ(S付加機能型)	100
	d	—	0.0	—	0.0	—	—	—	0.0	49.0	—	—	49.0	トレンチ(S安定型)	80
	e	—	0.0	0.0	—	22.4	21.4	—	—	—	—	—	43.8	トレンチ(P安定型)	100
	f	80	13.2	0.0	—	36.6	0.0	—	—	—	—	—	49.7	トレンチ(P付加機能型)	140
	g	—	25.1	0.0	—	22.4	0.0	—	—	—	—	—	47.5	トレンチ(P付加機能型)	130
	h	—	29.9	0.0	—	16.6	0.0	—	—	—	—	—	46.5	受入検査施設	80
	i	—	0.0	42.4	—	0.0	0.0	—	—	—	—	—	42.4	ピット	40
	j	110	15.4	—	29.3	—	—	—	0.0	0.0	—	—	44.7	ピット	110
	k	250	2.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	43.9	ピット	60

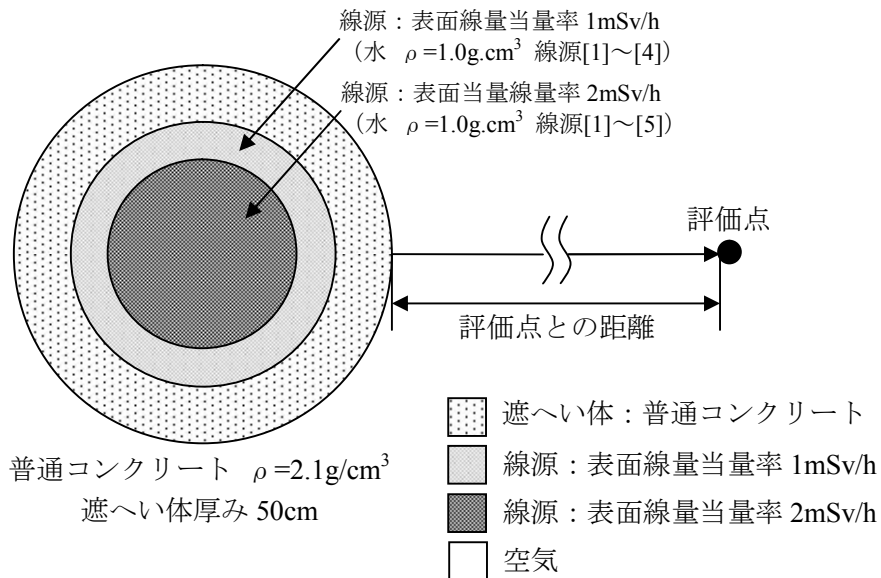




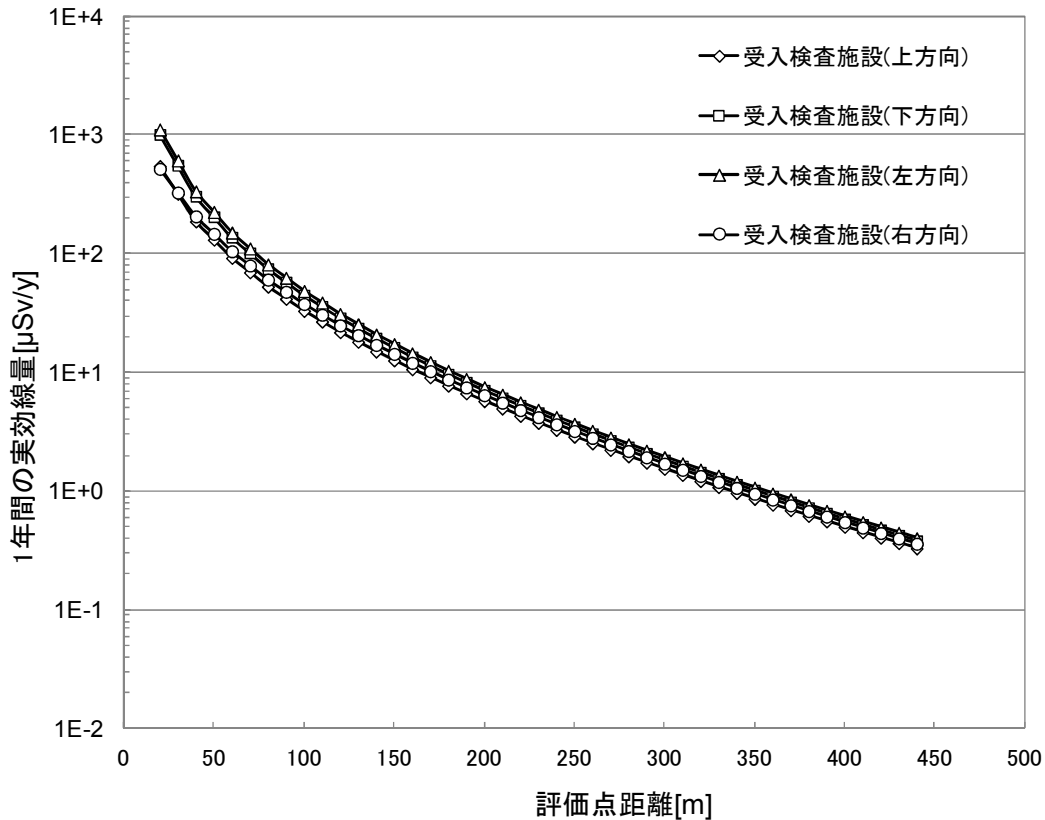
付図 5-1 受入検査施設：評価対象として廃棄体の保管位置



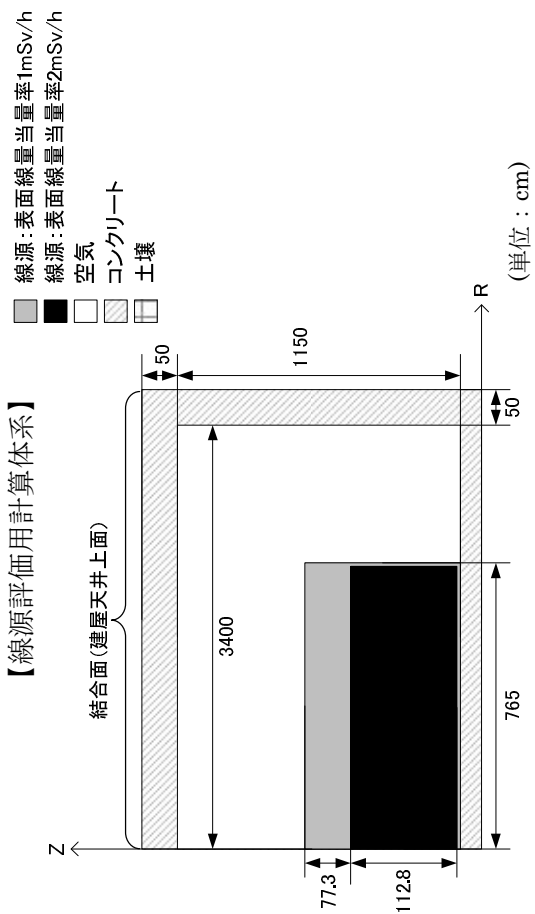
付図 5-2 受入検査施設：評価対象とした廃棄体の位置の模式図



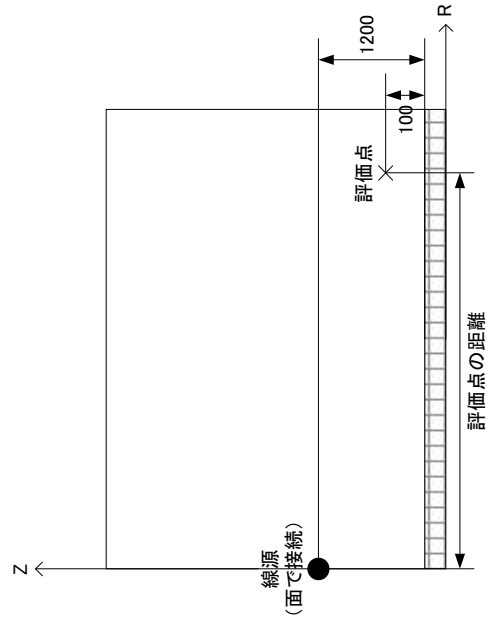
付図 5-3 受入検査施設の直接  $\gamma$  線計算における計算体系



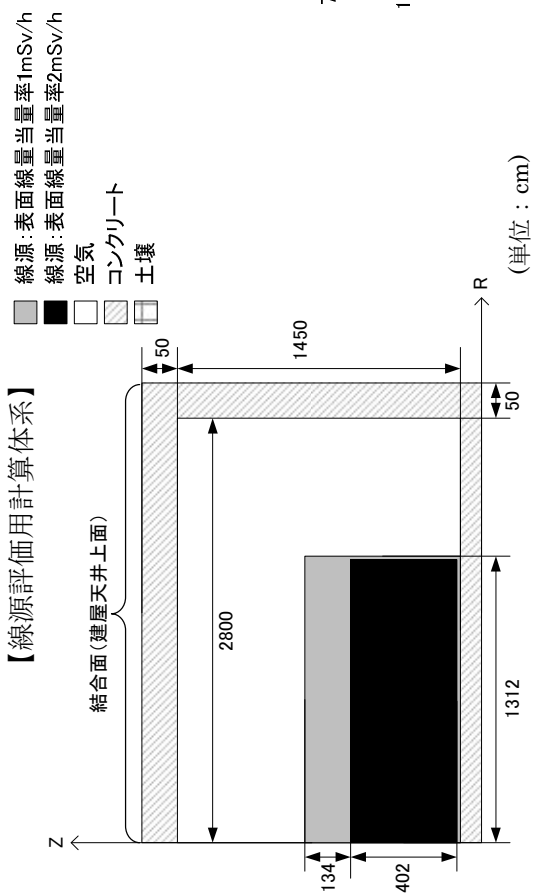
付図 5-4 受入検査施設の直接  $\gamma$  線による 1 年間の実効線量



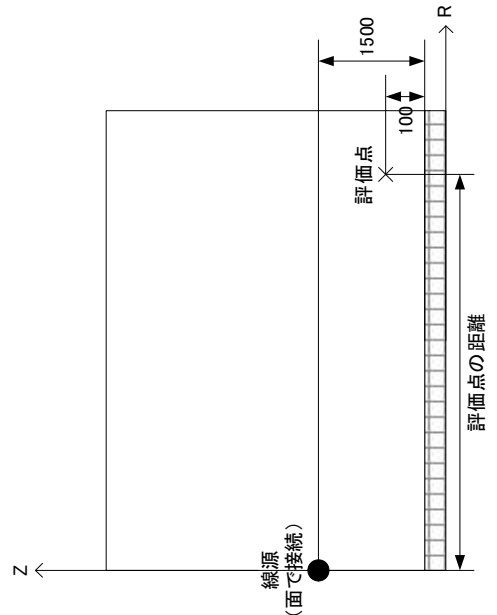
【スカイライン線量評価用計算体系】



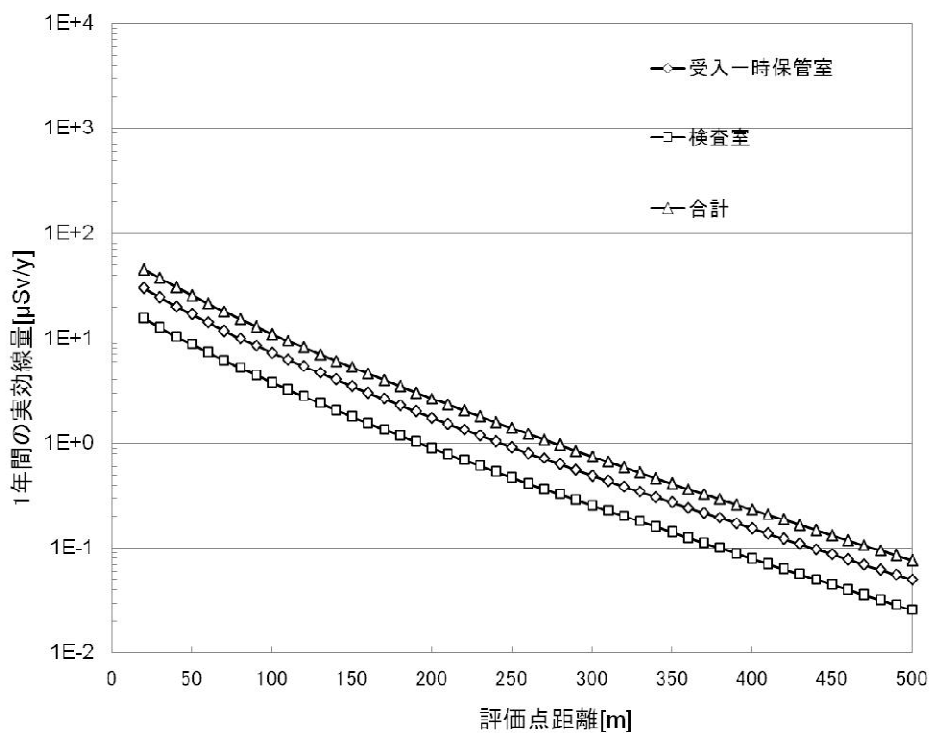
付図 5-6 検査室のスカイライン $\gamma$ 線における計算体系



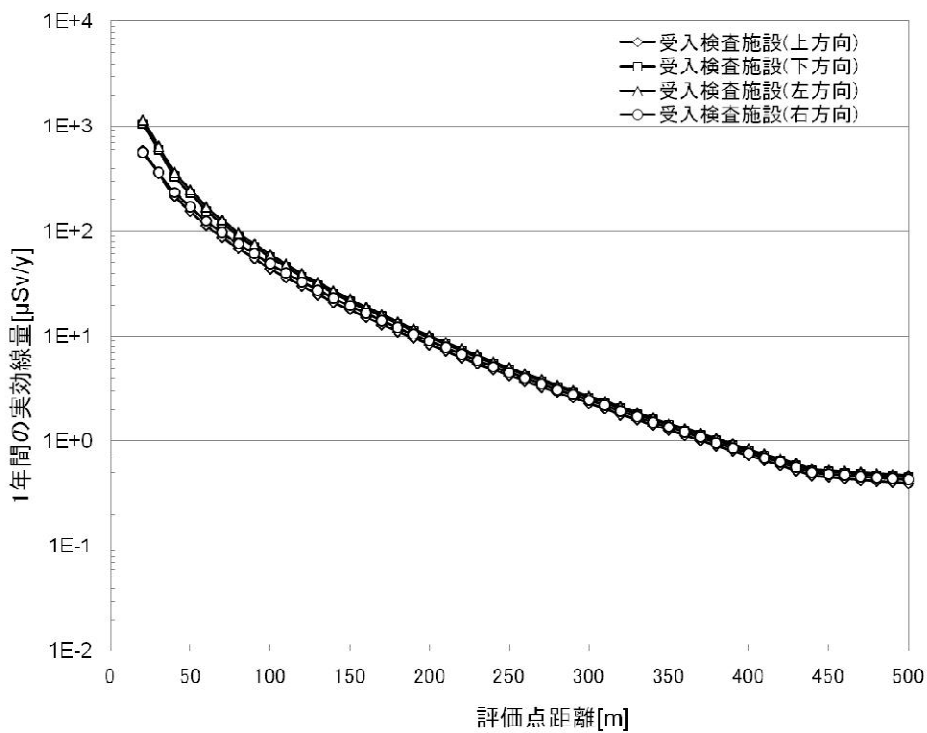
【スカイライン線量評価用計算体系】



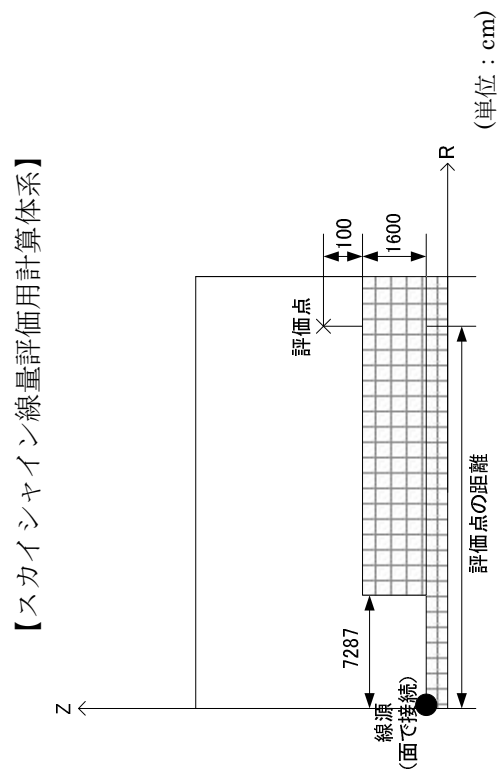
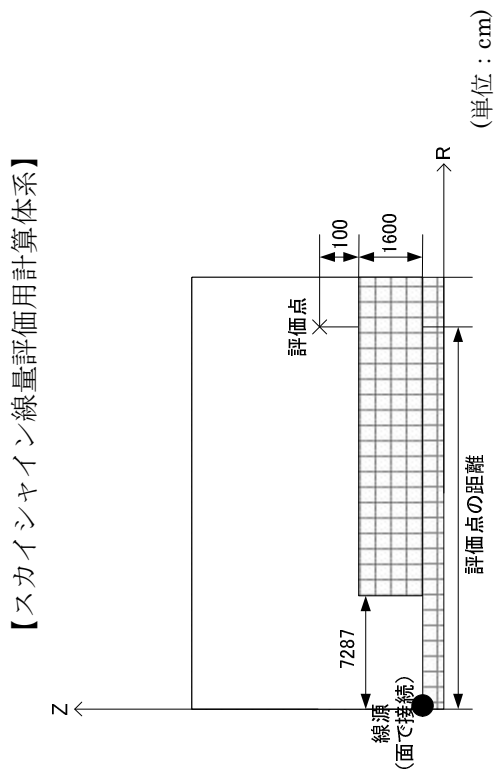
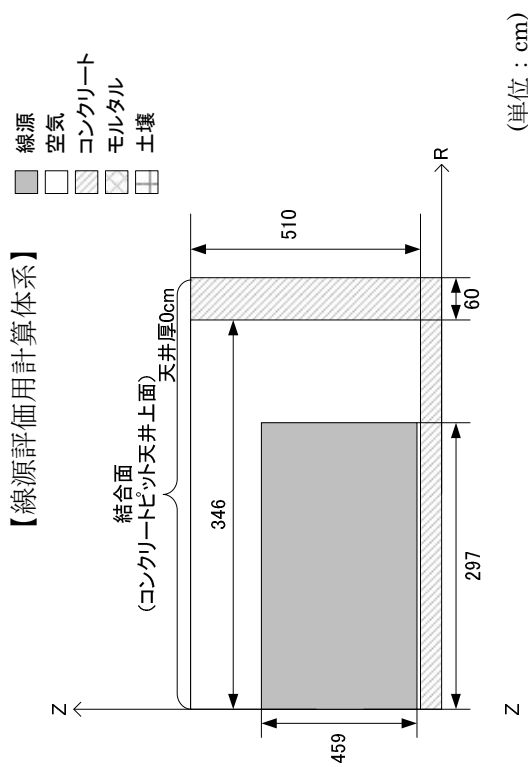
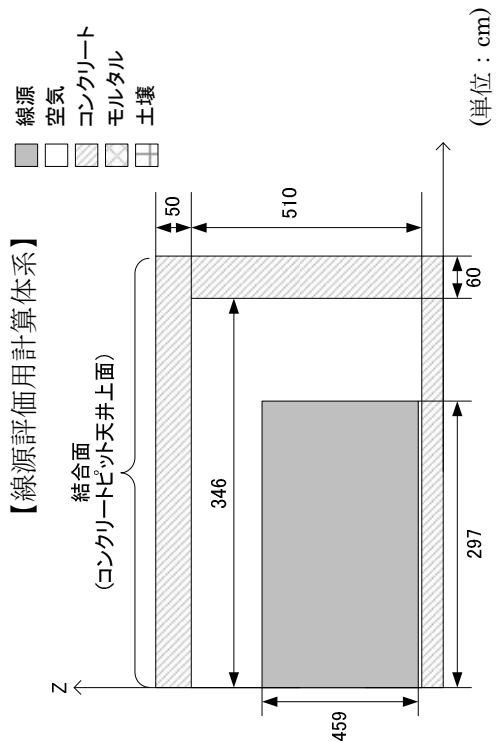
付図 5-5 受入一保管室のスカイライン $\gamma$ 線における計算体系



付図 5-7 受入検査施設のスカイシャインγ線による1年間の実効線量

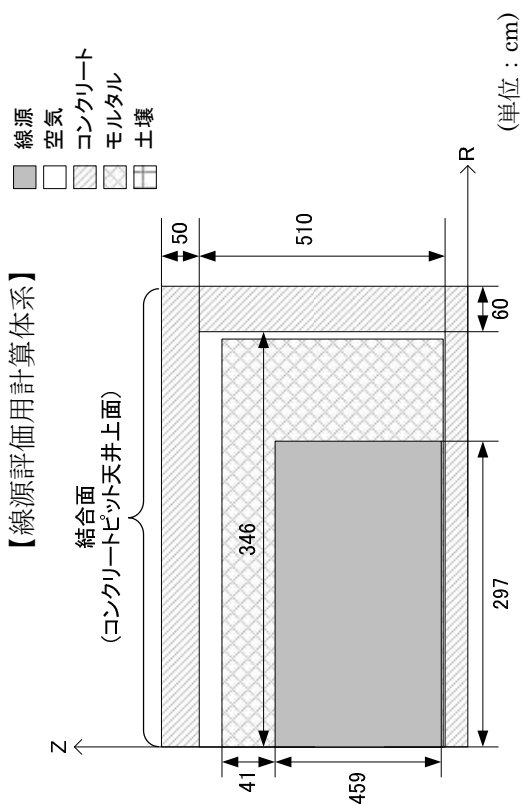


付図 5-8 受入検査施設からの直接γ線及びスカイシャインγ線による実効線量

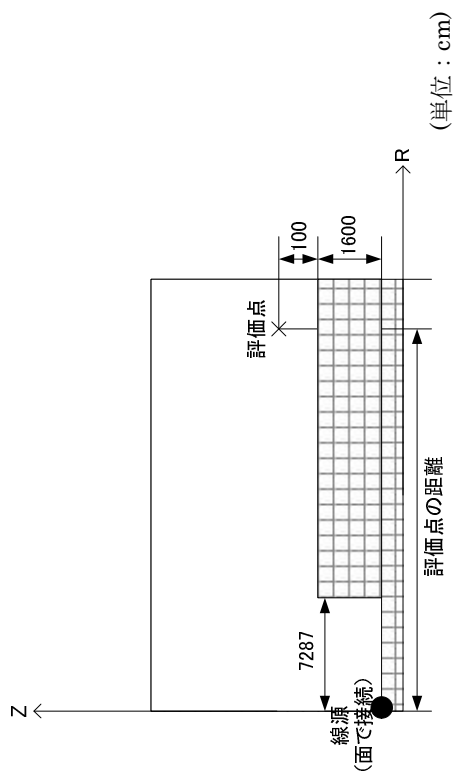


付図 5-10 線源モデル 2 の計算体系

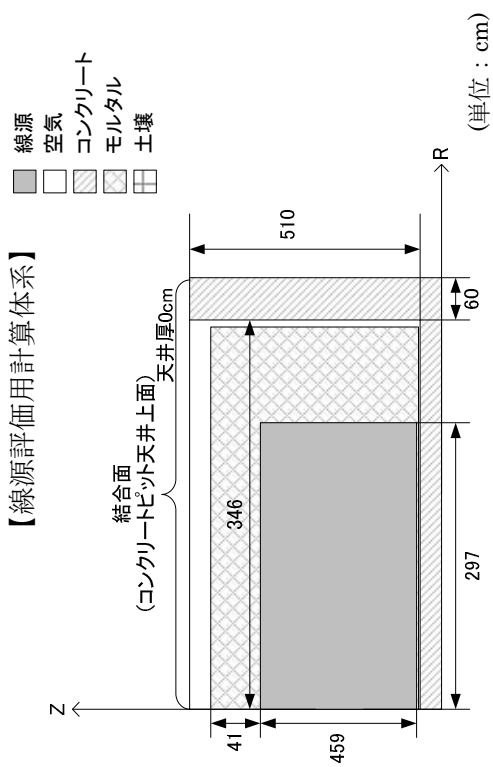
付図 5-9 線源モデル 1 の計算体系



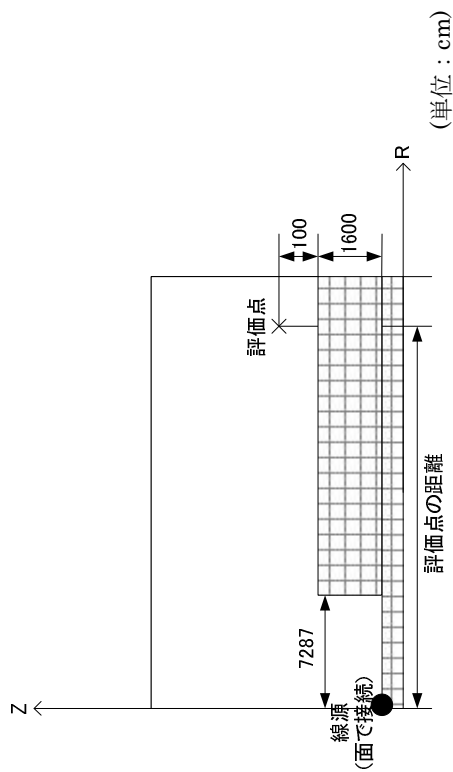
【スカイシャイン線量評価用計算体系】



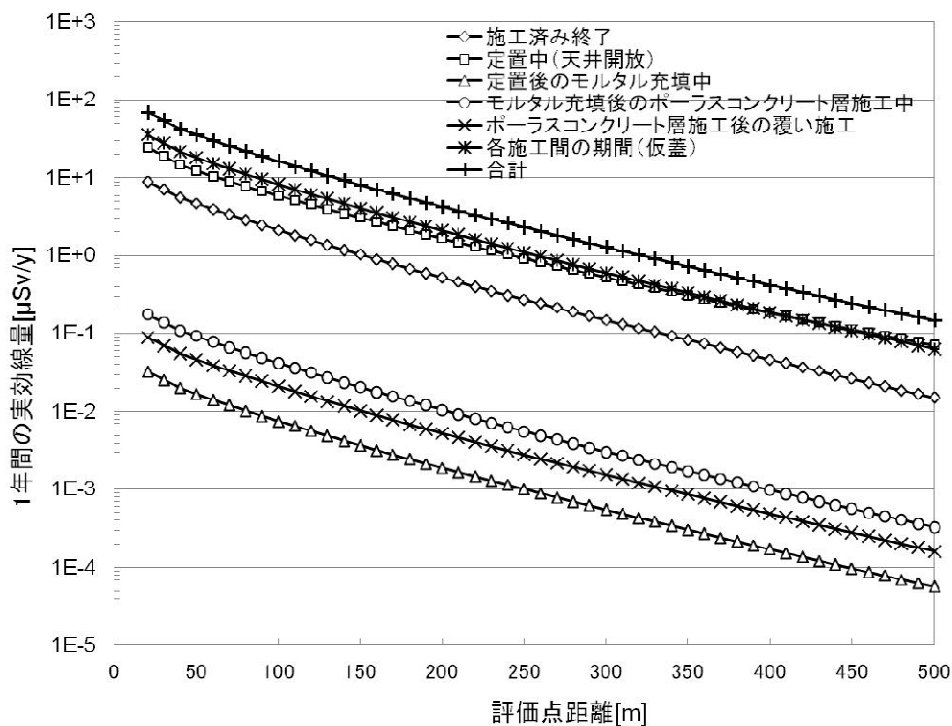
付図 5-12 線源モデル 4 の計算体系



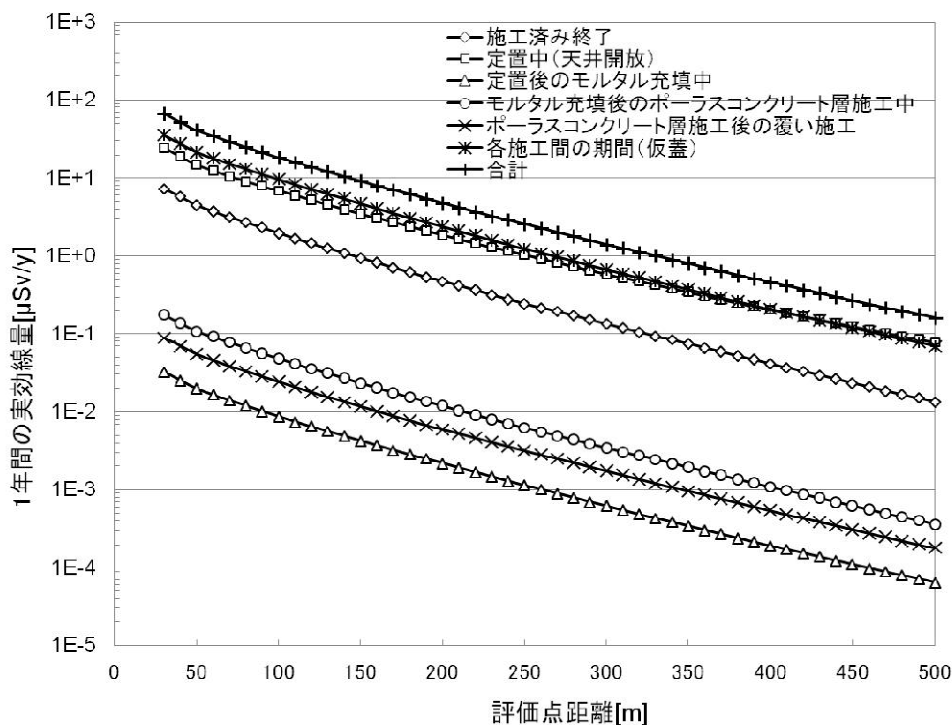
【スカイシャイン線量評価用計算体系】



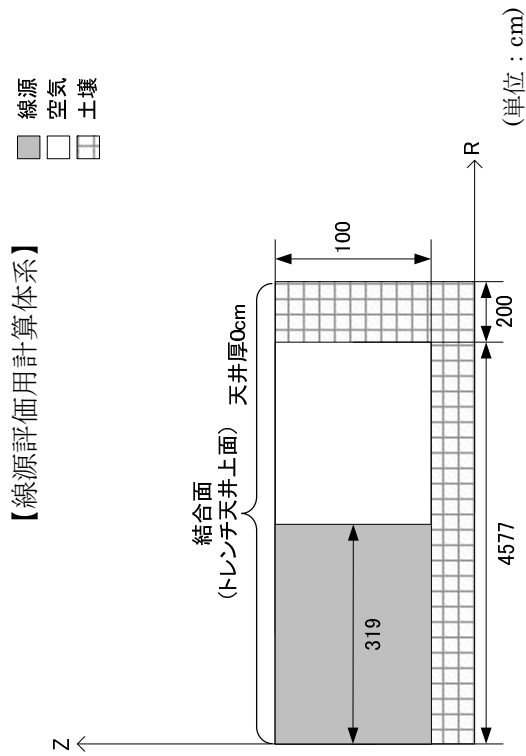
付図 5-11 線源モデル 3 の計算体系



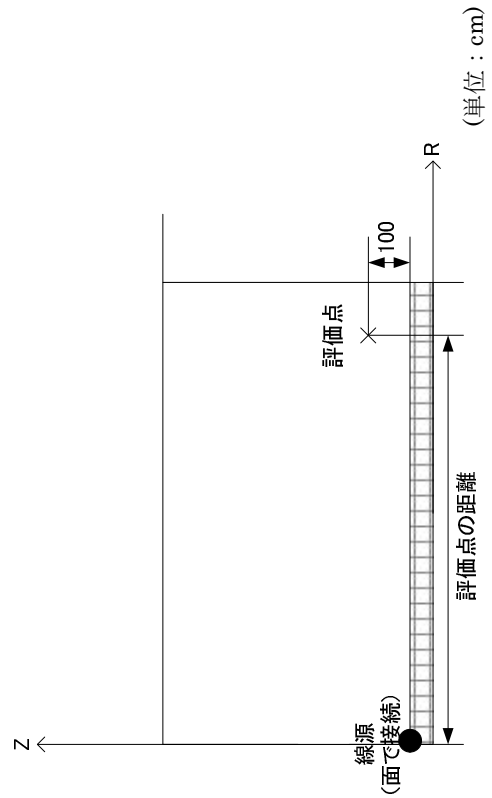
付図 5-13 P埋設地のコンクリートピット施設からのスカイシャイン $\gamma$ 線量



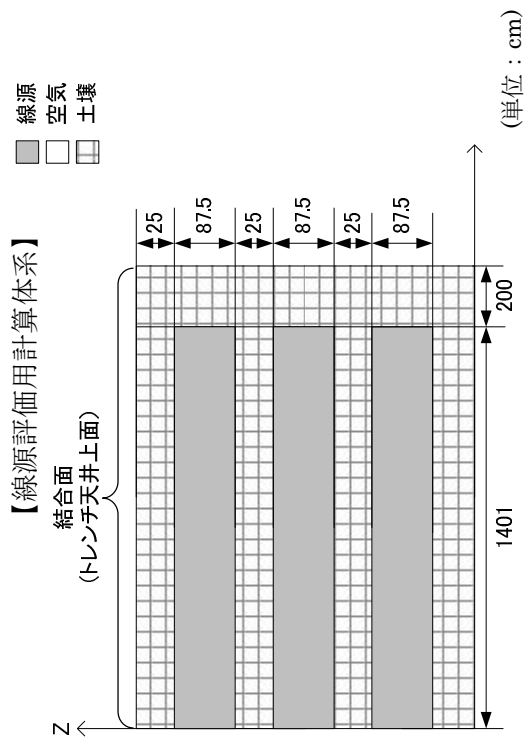
付図 5-14 S埋設地のコンクリートピット施設からのスカイシャイン $\gamma$ 線量



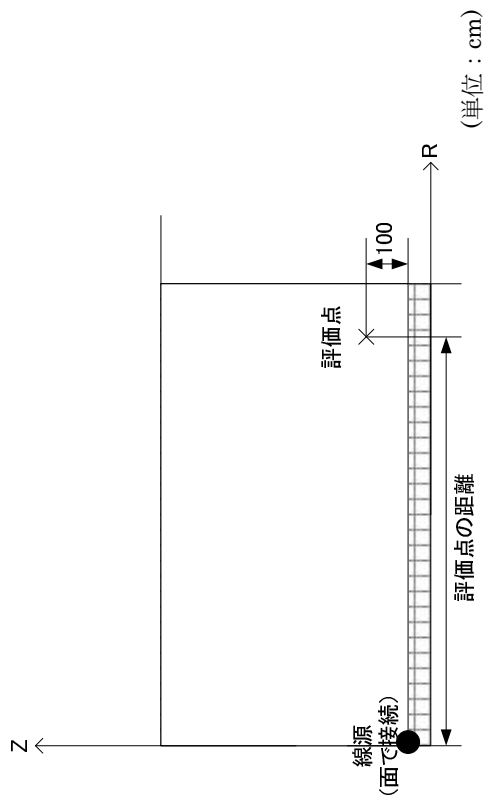
【スカイライン線量評価用計算体系】



付図 5-16 線源モデル 2 の計算体系

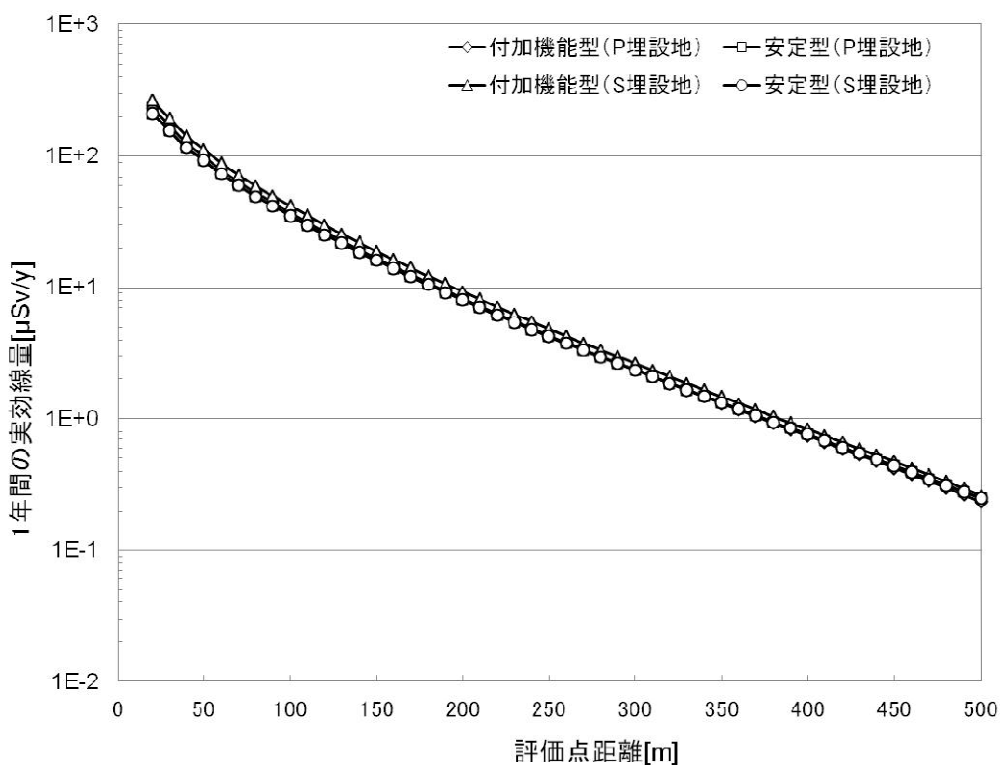


【スカイライン線量評価用計算体系】

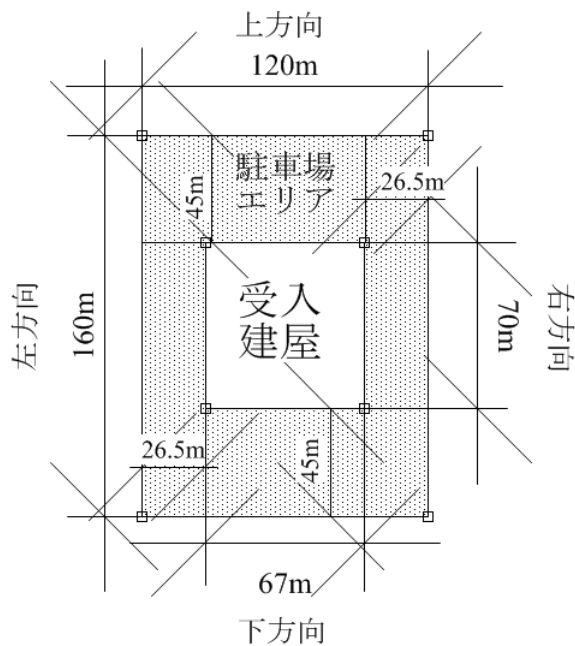


付図 5-15 線源モデル 1 の計算体系

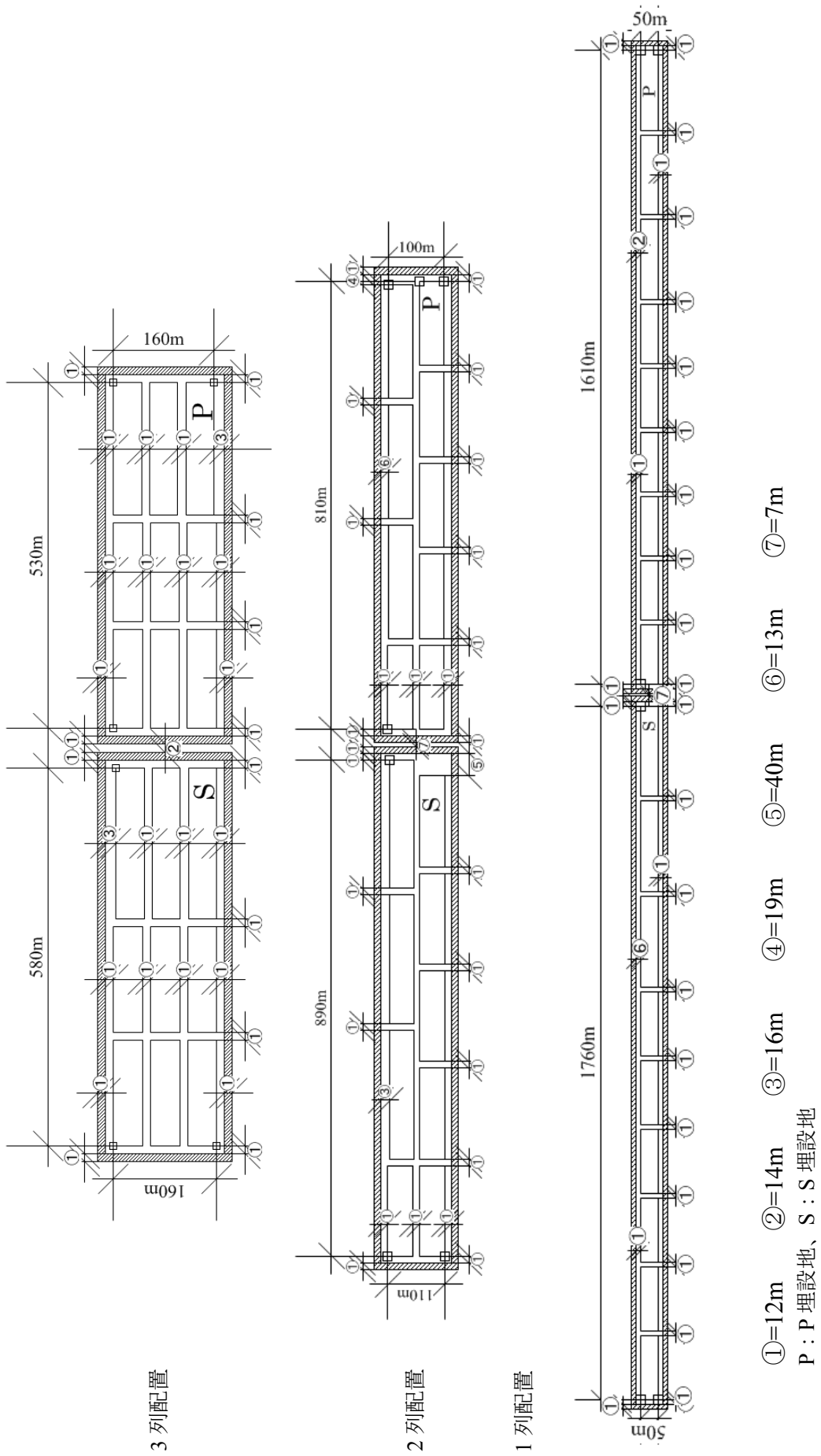




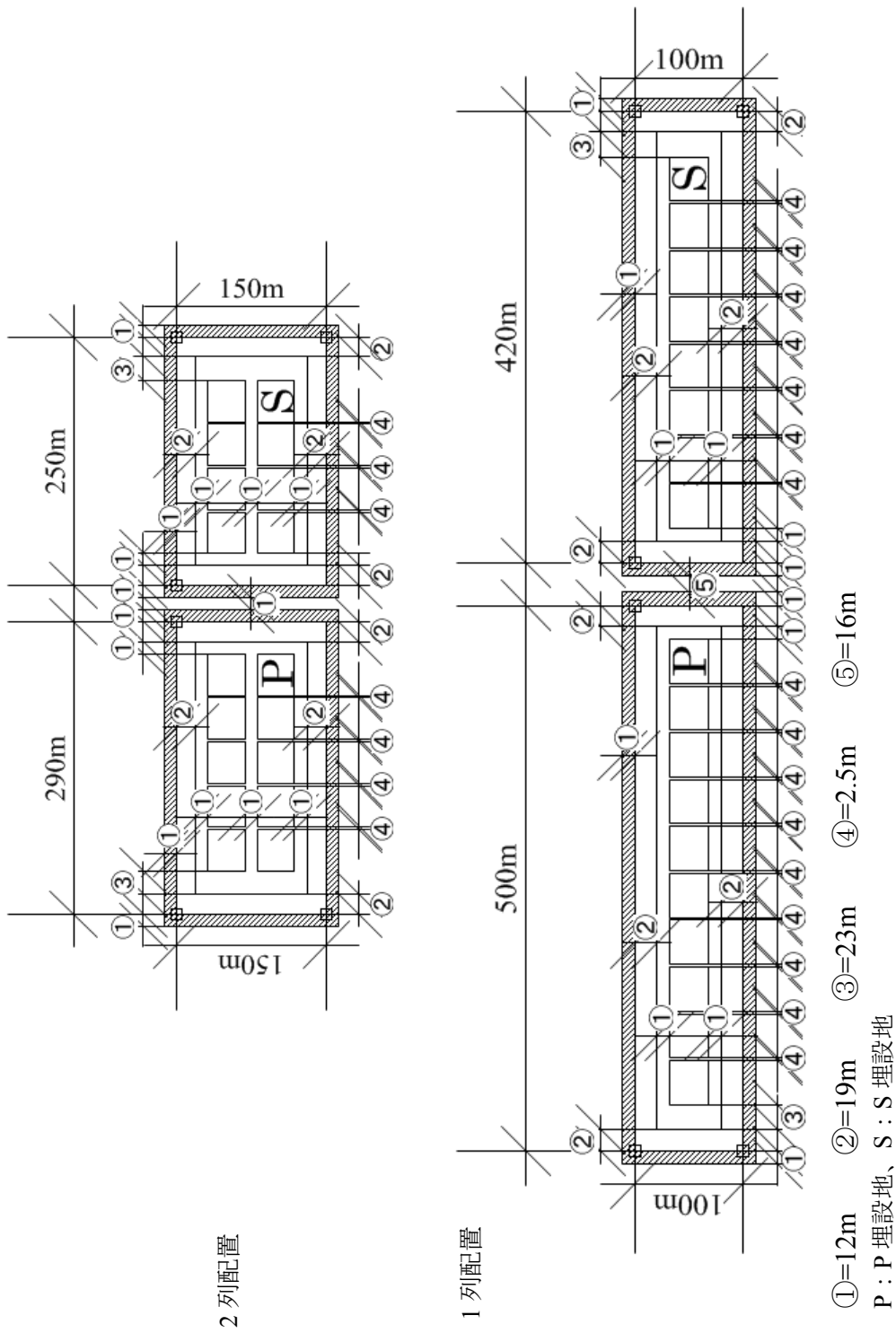
付図 5-17 トレンチ施設のスカイシャイン $\gamma$ 線による 1 年間の実効線量



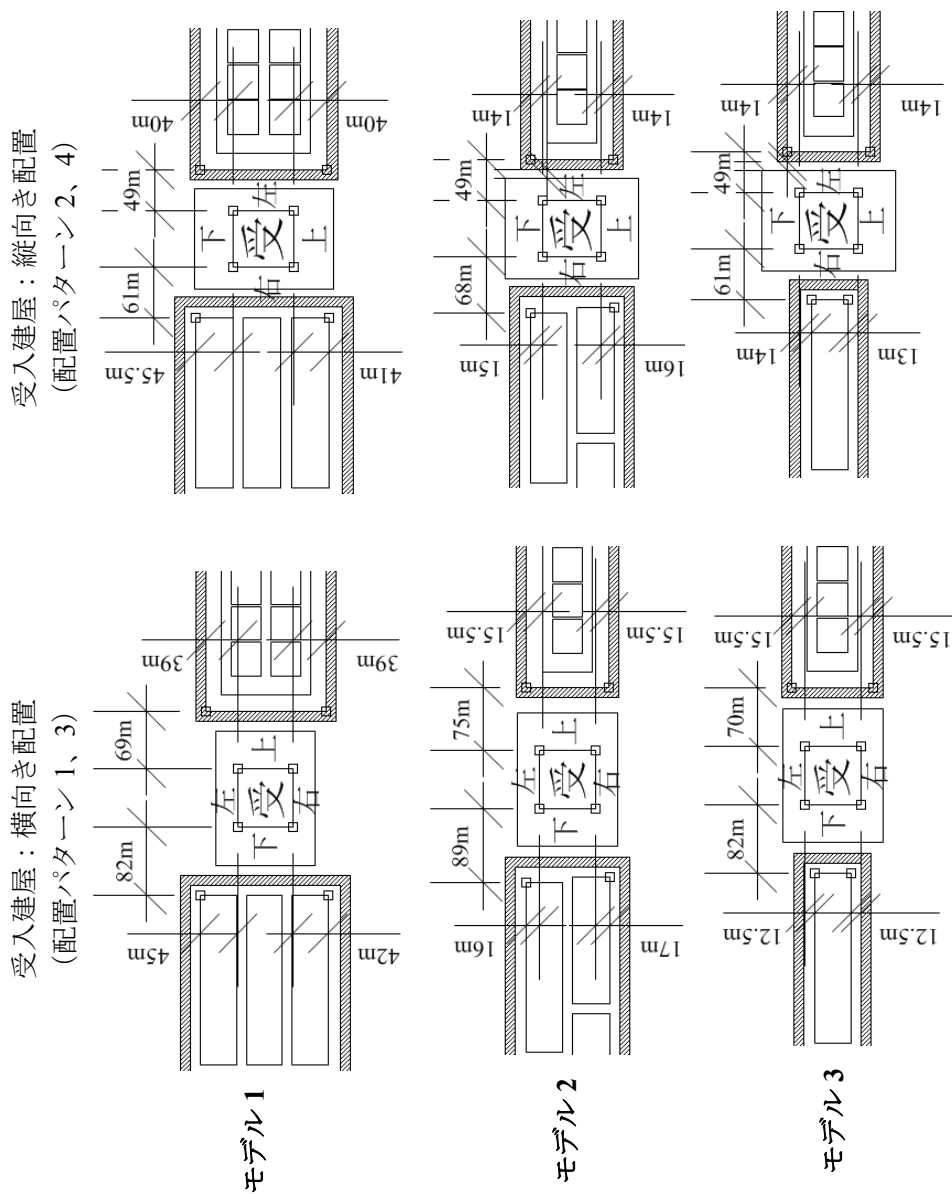
付図 5-18 受入検査施設（駐車場を含む）の形状



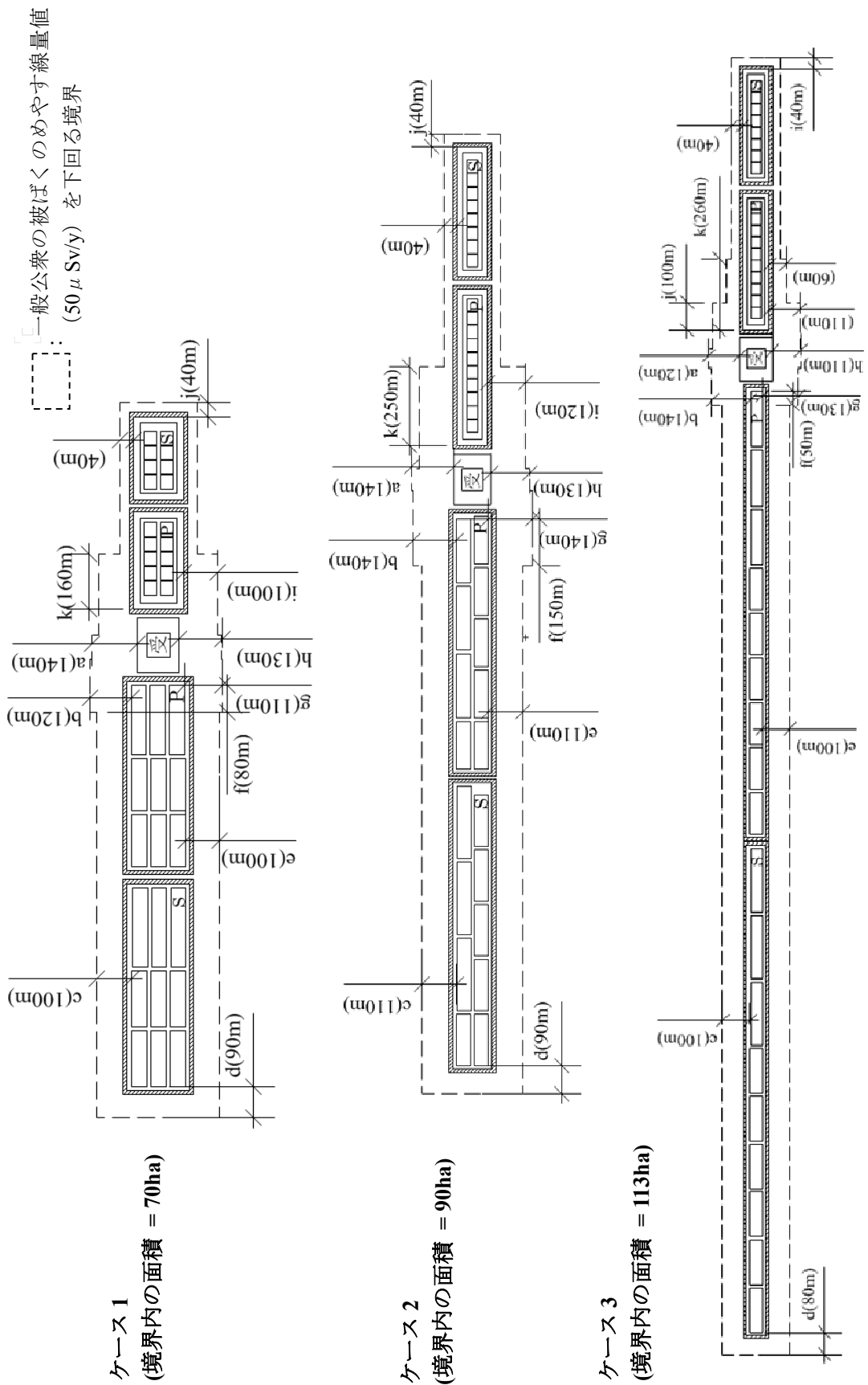
付図 5-19 トレンチ施設の形状



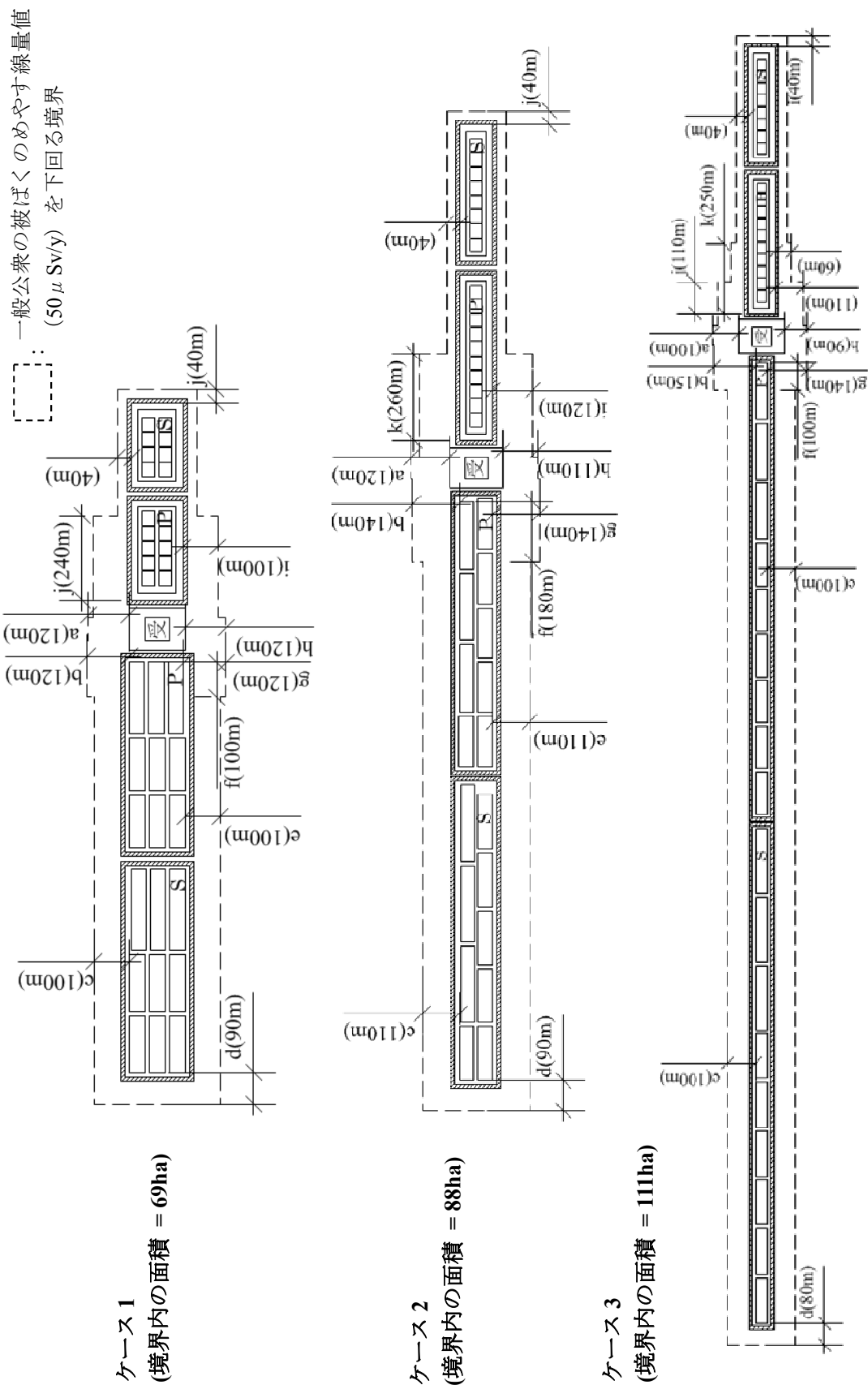
付図 5-20 コンクリートピット施設の形状



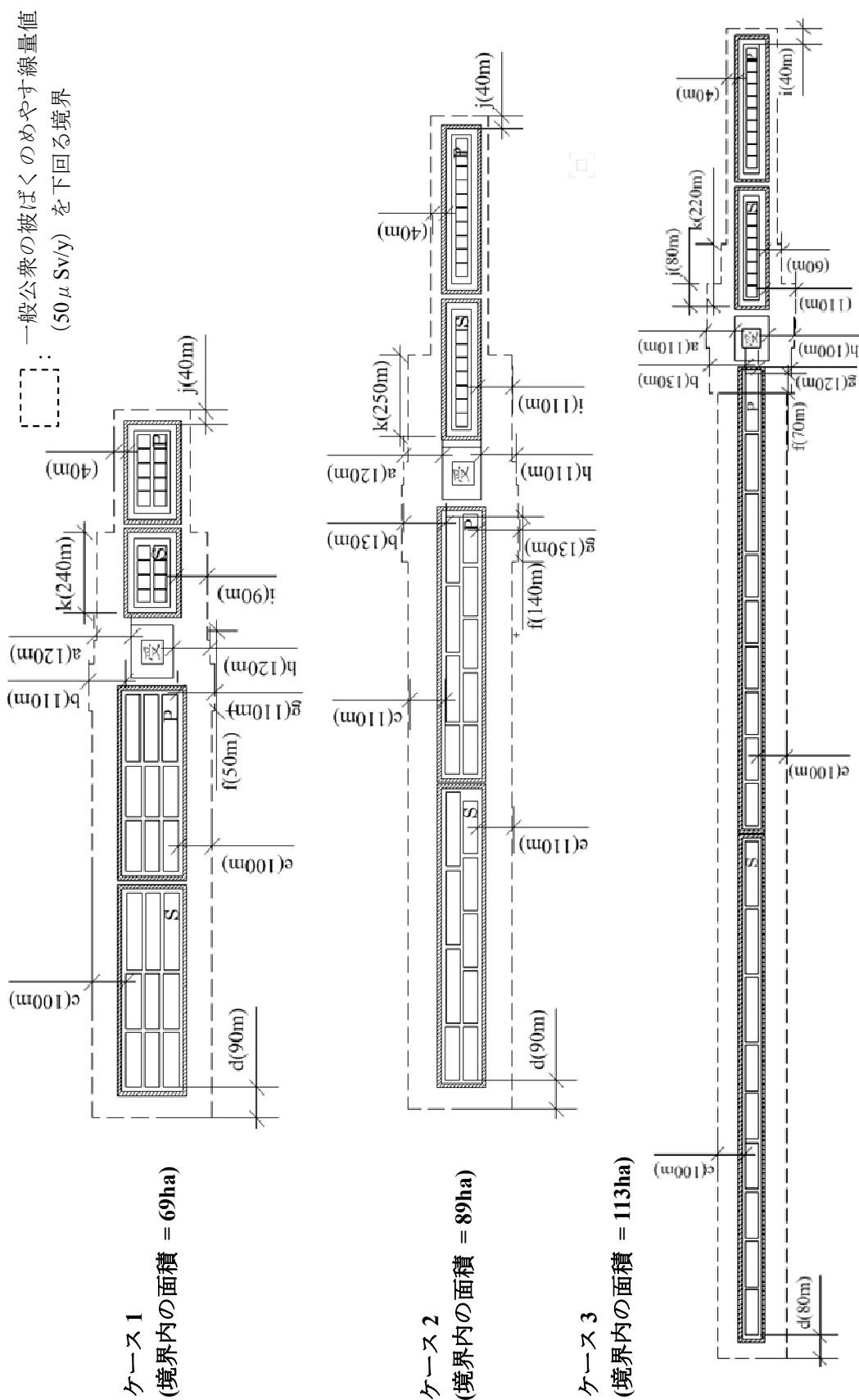
付図 5-21 受入検査施設とトレンチ施設及びコンクリートピット施設の位置関係



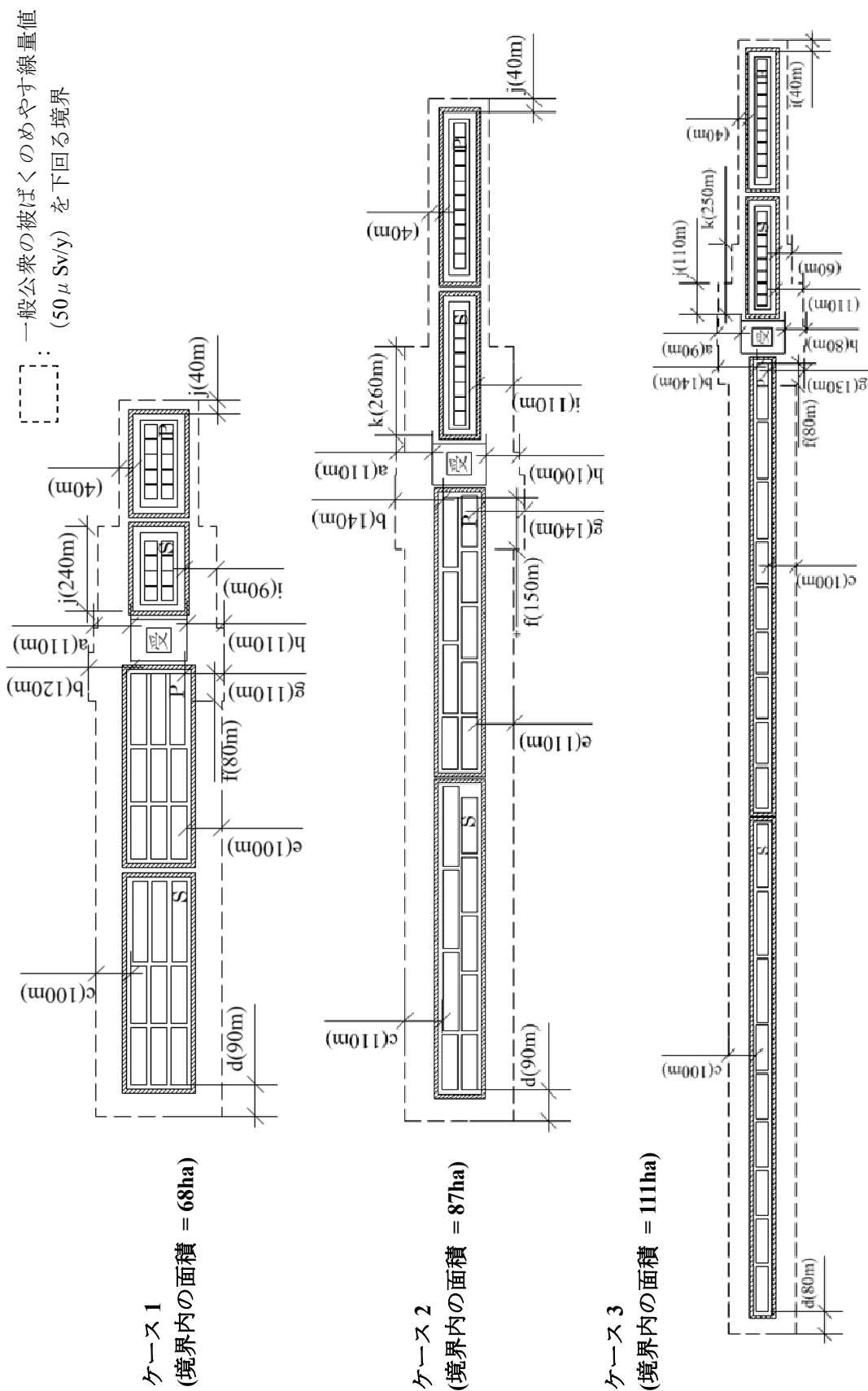
付図 5-22 検討ケース 1 の評価結果



付図 5-23 検討ケース 2 の評価結果



付図 5-24 検討ケース 3 の評価結果



付図 5-25 検討ケース 4 の評価結果



参考文献

- 1) 梅田浩司：“日本の地盤を対象とした透水係数データベースの作成”，PNC TN7450 96-002, (1996).
- 2) 日比谷啓介他：“我が国の地下水流動特性に関する研究”，JNC TN7400 99-004, (1999).
- 3) 土木学会：“水理公式集”，(1971).
- 4) 建設産業調査会：“改訂 地下水ハンドブック”，(1998).
- 5) 佐藤稔紀他：“文献調査によるわが国の岩石の物理的特性に関するデータの収集(その 2)”，JNC TN7400 99-011, (1999).
- 6) 産業技術総合研究所 地球科学情報研究部門：“地盤データベース 日本列島を構成する岩石の密度とその分布” (online) available from < [http://riodb02.ibase.aist.go.jp/jiban\\_db/index.html](http://riodb02.ibase.aist.go.jp/jiban_db/index.html) >(accessed on 2012-06-25).
- 7) 産業技術総合研究所 地球科学情報研究部門：“日本列島を構成する岩石の密度とその分布－岩石物性データベース PROCK に基づく推定の試み－” (online) available from < <http://riodb02.ibase.aist.go.jp/jibandb/indexd.html> > (accessed on 2012-06-25).
- 8) 陶山忠弘他：“収着データベース(JAEA-SDB)の開発：土壌及びセメント系を含む収着データの拡充”，JAEA-Data/Code 2011-022, (2011).
- 9) 日本原子力研究開発機構 地層処分研究開発部門：“熱力学・収着・拡散データベース” (online) available from < <http://migrationdb.jaea.go.jp/>> (accessed on 2011-06-25).
- 10) IAEA：“Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments”，IAEA Technical Reports Series No.364 , (1994).
- 11) 農業用地下水研究グループ「日本の地下水」編集委員会編，：“日本の地下水”，(1986).
- 12) 国土交通省 土地・水資源局 国土調査課：“地下水資料台帳” (online) available from < <http://tochi.mlit.go.jp/tockok/inspect/landclassification/water/basis/underground/F9/exp.html>> (accessed on 2012-06-25).
- 13) 天澤弘也他：“研究施設等廃棄物の概念設計に供する前提条件の調査及び設定”，JAEA-Technology 2010-043, (2011).
- 14) 国土交通省：“水文水質データベース” (online) available from < <http://www1.river.go.jp/>> (accessed on 2012-06-25).
- 15) 自然科学研究機構 国立天文台編：“理科年表 平成 22 年”，(2010).
- 16) 日本原燃株式会社：“六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センター 廃棄物埋設事業変更許可申請書”，(平成 9 年 1 月) .
- 17) 電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構：“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, (2005).
- 18) 天澤弘也他：“研究施設等廃棄物浅地中処分施設の概念設計”，JAEA-Technology 2012-031, (2012).
- 19) 原子力安全委員会：“主な原子炉施設におけるクリアランスレベルについて”，平成 11 年 3 月.
- 20) U.S.NRC：“Draft Environmental Impact Statement on 10 CFR Part 61 -Licensing Requirements for Land Disposal of Radioactive Waste-”，NUREG-0782, Vol.4 (1981).
- 21) 原子力安全委員会：“ウラン取扱施設におけるクリアランスレベルについて”，平成 21 年 10 月.
- 22) 日本原子力学会：“日本原子力学会標準 極めて放射能レベルの低い放射性廃棄物処分の安全評価手法：2006”，AESJ-SC-F007, (2006).

- 23) IAEA: “DERIVATION OF ACTIVITY LIMITS FOR THE DISPOSAL OF RADIOACTIVE WASTE IN NEAR SURFACE DISPOSAL FACILITIES”, IAEA-TECDOC-1380(2003).
- 24) IAEA : “Generic of Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides from Routine Releases” , IAEA Safety Series No.57(1985).
- 25) IAEA : “Exemption of Radiation Sources and Practices from Regulatory Control – INTERIM REPORT” , IAEA-TECDOC-401 (1987).
- 26) IAEA : “Clearance of materials resulting from the use of radionuclides in medicine, industry and research” , IAEA-TECDOC-1000(1998).
- 27) NCRP : “Recommended Screening Limits For Contaminated Surface Soil and Review of Factors Relevant To Site-Specific Studies”, NCRP No.129(1999).
- 28) C. F. Baes III, R. D. Sharp, A. L. Sjoreen, R.W. Shor : “A Review and Analysis of Parameters for Assessing Transport of Environmentally Released Radionuclides through Agriculture “ , ORNL-5786(1984).
- 29) IAEA : “Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment” , IAEA-SRS No.19(2001).
- 30) U.S.Nuclear Regulatory Commission : “De Minimis Waste Impacts Analysis Methodology” , NUREG/CR-3585(1984).
- 31) Ng, Y. C., C. A. Burton, S. E. Thompson, R. K. Tandy, H. K. Kretner, and M. W. Pratt. : “Prediction of the maximum dosage to man from the fallout of nuclear devices” , UCRL-50163(1968).
- 32) S.E.Thompson, C.A.Burton, D.J.Quinn, Y.C.Ng : “Concentration Factors of Chemical Elements in Edible Aquatic Organisms” , UCRL-50564, Rev.1, 1972.
- 33) NCRP : “Screening Models for Releases of Radionuclides to the Atmosphere, Surface Water, and Ground”, NCRP No.123(1996).
- 34) 原子力安全委員会放射性廃棄物・安全基準専門部会 : “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準値について” , (平成 12 年 9 月) .
- 35) B.A.Napier, W.E.Kennedy Jr., J.K.Soldat : “Assessment of Effectiveness of Geologic Isolation System” , PNL-3209, 1980.
- 36) 日本原子力学会 : “余裕深度処分の安全評価手法” , AESJ-SC-F012-2008, (2008).
- 37) Project SAFE : “Compilation of data for radionuclide transport analysis” , SKB R-01-14, 2001.11.
- 38) 核燃料サイクル開発機構 : “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, (1999).
- 39) 日本原子力学会 : “極めて放射能レベルの低い放射性廃棄物処分の安全評価手法 : 2006” , 2006.
- 40) 原子力安全委員会 : “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” , 平成 19 年 5 月.
- 41) H. Kimura : “THE MIG2DF COMPUTER CODE USER'S MANUAL” , JAERI-M 92-115, (1992) .
- 42) Ashton, J., Sumerling, T. J : “Biosphere Database for Assessments of Radioactive Waste Disposals” , UKDOE Report No. DOE/RW/88.083(1988).
- 43) Y. C. Ng, C. S. Colsher, S. E. Thompson : “Transfer Coefficients for Assessing the Dose from Radionuclides in Meat and Eggs” , NUREG/CR-2976, Lawrence Livermore National Laboratory (1982).

# 国際単位系 (SI)

表1. SI基本単位

基本量	SI基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質の量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m <sup>2</sup>
体積	立法メートル	m <sup>3</sup>
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s <sup>2</sup>
波数	毎メートル	m <sup>-1</sup>
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m <sup>2</sup>
比体積	立方メートル毎キログラム	m <sup>3</sup> /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m <sup>2</sup>
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 <sup>(a)</sup> , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m <sup>3</sup>
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m <sup>2</sup>
屈折率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	1
比透磁率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。  
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI組立単位		
	名称	記号	他のSI単位による表し方
平面角	ラジアン <sup>(b)</sup>	rad	1 <sup>(b)</sup>
立体角	ステラジアン <sup>(b)</sup>	sr <sup>(c)</sup>	1 <sup>(b)</sup>
周波数	ヘルツ <sup>(d)</sup>	Hz	s <sup>-1</sup>
力	ニュートン	N	m kg s <sup>-2</sup>
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s
電荷, 電気量	クーロン	C	s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	Vs
磁束密度	テスラ	T	Wb/m <sup>2</sup>
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度 <sup>(e)</sup>	°C	K
光照度	ルーメン	lm	cd sr <sup>(c)</sup>
放射線量	グレイ	Gy	J/kg
放射性核種の放射能 <sup>(f)</sup>	ベクレル <sup>(d)</sup>	Bq	s <sup>-1</sup>
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト <sup>(g)</sup>	Sv	J/kg
酸素活性化	カタール	kat	s <sup>-1</sup> mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。  
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。  
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。  
 (d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。  
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の間には同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。  
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。  
 (g) 単位シーベルト (PV.2002.70,205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI組立単位	
	名称	記号
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s
表面張力	ニュートンメートル	N m
角速度	ニュートン毎メートル	N/m
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s <sup>2</sup>
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m <sup>2</sup>
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>
電荷密度	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>
電表面電位	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>
電束密度, 電気変位	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>
誘電率	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>
透磁率	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎キログラム	C/kg
吸収線量率	ジュール毎キログラム	C/kg
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s
放射線輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr
酵素活性濃度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m <sup>2</sup> sr)
	カタール毎立方メートル	kat/m <sup>3</sup>

表5. SI接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 <sup>24</sup>	ヨタ	Y	10 <sup>1</sup>	デシ	d
10 <sup>21</sup>	ゼタ	Z	10 <sup>2</sup>	センチ	c
10 <sup>18</sup>	エクサ	E	10 <sup>3</sup>	ミリ	m
10 <sup>15</sup>	ペタ	P	10 <sup>6</sup>	マイクロ	μ
10 <sup>12</sup>	テラ	T	10 <sup>9</sup>	ナノ	n
10 <sup>9</sup>	ギガ	G	10 <sup>12</sup>	ピコ	p
10 <sup>6</sup>	メガ	M	10 <sup>-15</sup>	フェムト	f
10 <sup>3</sup>	キロ	k	10 <sup>-18</sup>	アト	a
10 <sup>2</sup>	ヘクト	h	10 <sup>-21</sup>	ゼプト	z
10 <sup>1</sup>	デカ	da	10 <sup>-24</sup>	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
リットル	L, l	1 L=11=1 dm <sup>3</sup> =10 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
トン	t	1 t=10 <sup>3</sup> kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 <sup>-19</sup> J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 <sup>-27</sup> kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 <sup>11</sup> m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1 MPa=100 kPa=10 <sup>5</sup> Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322 Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1 nm=100 pm=10 <sup>-10</sup> m
海里	M	1 M=1852 m
バイン	b	1 b=100 fm <sup>2</sup> =(10 <sup>12</sup> cm) <sup>2</sup> =10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>
ノット	kn	1 kn=(1852/3600) m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的関係は、 対数量の定義に依存。
ベール	B	
デジベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 <sup>-7</sup> J
ダイン	dyn	1 dyn=10 <sup>-5</sup> N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm <sup>-2</sup> =0.1 Pa s
ストークス	St	1 St=1 cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> =10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>
スチルブ	sb	1 sb=1 cd cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> cd m <sup>-2</sup>
フオト	ph	1 ph=1 cd sr cm <sup>-2</sup> 10 <sup>4</sup> lx
ガリ	Gal	1 Gal=1 cm s <sup>-2</sup> =10 <sup>-2</sup> ms <sup>-2</sup>
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm <sup>2</sup> =10 <sup>-8</sup> Wb
ガウス	G	1 G=1 Mx cm <sup>-2</sup> =10 <sup>-4</sup> T
エルステッド <sup>(c)</sup>	Oe	1 Oe <sub>e</sub> =(10 <sup>3</sup> /4π) A m <sup>-1</sup>

(c) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「△」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 <sup>10</sup> Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 <sup>-4</sup> C/kg
ラド	rad	1 rad=1 cGy=10 <sup>-2</sup> Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 <sup>-2</sup> Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 <sup>-9</sup> T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 <sup>-15</sup> m
メートル系カラット		1 メートル系カラット=200 mg=2×10 <sup>-4</sup> kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858 J (「15°C」カロリ), 4.1868 J (「IT」カロリ), 4.184 J (「熱化学」カロリ)
マイクロ	μ	1 μ=1 μm=10 <sup>-6</sup> m

