

## 研究施設等廃棄物のトレンチ埋設施設における スカイシャイン線量評価

Skyshine Dose Evaluation of Trench Disposal Facilities for Waste Generated  
from Research, Industrial and Medical Facilities

中村 美月 出雲 沙理 小川 理那 仲田 久和  
天澤 弘也 坂井 章浩

Mizuki NAKAMURA, Sari IZUMO, Rina OGAWA, Hisakazu NAKATA  
Hiroya AMAZAWA and Akihiro SAKAI

バックエンド統括本部  
埋設事業センター

Radioactive Wastes Disposal Center  
Decommissioning and Radioactive Waste Management Head Office

December 2022

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Technology

本レポートは国立研究開発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。本レポートはクリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）  
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 JAEA イノベーションハブ 研究成果利活用課  
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方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.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).

Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under the same terms and conditions as CC-BY.

For inquiries regarding this report, please contact Institutional Repository and Utilization Section, JAEA Innovation Hub, Japan Atomic Energy Agency.

2-4 Shirakata, 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トレンチ埋設施設におけるスカイシャイン線量評価

日本原子力研究開発機構 バックエンド統括本部  
埋設事業センター

中村 美月、出雲 沙理、小川 理那、仲田 久和、天澤 弘也、坂井 章浩

(2022年9月20日受理)

日本原子力研究開発機構は、研究施設等廃棄物の埋設処分事業の実施主体として、浅地中処分の実施に向けた検討を進めている。研究施設等廃棄物の埋設処分事業では埋設施設の操業中の安全評価として、ピット施設、トレンチ施設及び受入検査施設からの直接 $\gamma$ 線及びスカイシャイン $\gamma$ 線による敷地境界での実効線量が、「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」に規定された $50\mu\text{Sv/y}$ 以下となることを示す必要がある。

概念設計において、各施設から敷地境界までの距離に応じた実効線量の変化を評価した結果、直接 $\gamma$ 線及びスカイシャイン $\gamma$ 線による実効線量が $50\mu\text{Sv/y}$ 以下とするためには、各施設から敷地境界までの距離を120m以上とする立地基準案が示された。

一方、令和元年に埋設対象廃棄体の物量調査を行い、その結果、トレンチ処分対象の廃棄体等本数が概念設計時に比べて増加し、トレンチ施設に係る施設規模等の設計が変更された。そこで、本報告書では2次元Sn輸送計算コードDOT3.5を用いて、設計変更後のトレンチ施設からの距離に応じた敷地境界でのスカイシャイン線量評価の感度解析を実施した。各トレンチ施設1基あたりの評価及び各トレンチ施設の重畳評価の結果、どちらの評価結果においても各施設から120m離れた敷地境界でのスカイシャイン $\gamma$ 線による実効線量が $50\mu\text{Sv/y}$ 以下となることを確認した。更に、付加機能型トレンチ施設において最上段の廃棄体上部の中間覆土厚さを5cm厚くして評価した結果、スカイシャイン線量を十分に低減させる効果があることを確認した。

**Skyshine Dose Evaluation of Trench Disposal Facilities for Waste Generated from Research,  
Industrial and Medical Facilities**

Mizuki NAKAMURA, Sari IZUMO, Rina OGAWA, Hisakazu NAKATA, Hiroya AMAZAWA  
and Akihiro SAKAI

Radioactive Wastes Disposal Center  
Decommissioning and Radioactive Waste Management Head Office  
Japan Atomic Energy Agency  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received September 20, 2022)

Japan Atomic Energy Agency (JAEA) has been establishing as the implementing body of the near surface disposal of low-level radioactive waste (LLW) generated from research facilities and other facilities in order to actualize the near surface disposal.

It is necessary to evaluate the effective doses by direct and skyshine  $\gamma$ -rays from disposal facilities and reduce the doses below the target dose ( $50\mu\text{Sv}/\text{y}$ ) at the site boundary for the safety assessment during operation.

It was shown at the results of conceptual design that the distance from the trench disposal facilities to site boundary needed to be kept more than 120m in order to satisfy the target dose. However, the design of trench disposal facilities was changed because of increasing amount of waste subject to the trench disposal. Therefore, the dose by skyshine  $\gamma$ -rays from trench disposal facilities was recalculated by use of two-dimensional discrete ordinates Sn code DOT 3.5.

As a result, it was evaluated that the dose by skyshine  $\gamma$ -rays from each trench facility at the site boundary whose distance was 120m from a trench facility was lower than  $50\mu\text{Sv}/\text{y}$ , respectively, and the dose added up the doses from trench facilities was also lower than  $50\mu\text{Sv}/\text{y}$ . In addition, it was suggested to reduce the target skyshine dose by thickening the covered soil on the top layer.

Keywords: Low Level Radioactive Waste, Trench Disposal Facility, Skyshine Dose

目次

1. はじめに-----	1
2. 本報告書の構成-----	2
3. トレンチ埋設施設の概要-----	3
3.1 トレンチ施設の種類と設計変更の概要-----	3
3.2 埋設対象廃棄体-----	3
4. 廃棄体等1本あたりの放射エネルギーの設定-----	4
4.1 廃棄体等の放射エネルギーの評価方法-----	4
4.2 解析に用いた計算コード-----	4
4.3 対象廃棄体等の設定-----	4
4.4 廃棄体等の放射エネルギーの評価結果-----	5
5. 各トレンチ施設からのスカイシャイン線量の評価方法-----	6
5.1 スカイシャイン線量の計算方法-----	6
5.2 トレンチ施設からの $\gamma$ 放射線束の計算モデルの考え方-----	6
5.3 トレンチ施設の $\gamma$ 放射線束の計算モデルの設定-----	7
5.3.1 中間覆土済みモデル-----	7
5.3.2 廃棄体等露出モデル-----	8
5.4 評価点におけるスカイシャイン線量の評価-----	9
5.4.1 評価点に対する線源領域の配置-----	9
5.4.2 スカイシャイン線量の計算体系-----	10
5.4.3 スカイシャイン線量の算出-----	10
6. スカイシャイン線量の評価結果-----	12
6.1 中間覆土済みモデルと廃棄体等露出モデルの評価結果-----	12
6.2 トレンチ施設からのスカイシャイン線量の評価結果-----	12
7. 各トレンチ施設からのスカイシャイン線量の重畳評価-----	13
7.1 重畳評価の条件設定-----	13
7.2 縦配置とした場合の評価結果-----	14
7.3 横配置とした場合の評価結果-----	15
8. 中間覆土厚さを変更した場合のスカイシャイン線量評価-----	16
8.1 中間覆土厚さを変更した場合の計算体系-----	16
8.2 中間覆土厚さを変更した場合のスカイシャイン線量の評価結果-----	16
8.3 最上段の中間覆土厚さを変更した場合の重畳評価-----	16
8.3.1 横配置における中間覆土厚さを変更した場合の評価条件-----	16
8.3.2 横配置における中間覆土厚さを変更した場合の評価結果-----	16
9. まとめ-----	18
参考文献-----	19
付録-----	61

Contents

1. Introduction	1
2. Outline of This Report	2
3. Outline of Trench Disposal Facility	3
3.1 Outline of Trench Disposal Facility Type and Changing Design	3
3.2 Trench Disposal Facilities for Waste Generated from Research, Industrial and Medical Facilities	3
4. Radioactivity Inventory per Waste Package	4
4.1 Evaluation Condition for Radioactivity Inventory of Waste Package	4
4.2 Calculation Code	4
4.3 Defining Waste Package	4
4.4 Evaluation Results from Radioactivity Inventory of Waste Package	5
5. Evaluation Condition for Skyshine Dose	6
5.1 Calculation Condition for Skyshine Dose	6
5.2 Way of Thinking for Calculation Model	6
5.3 Defining Calculation Model	7
5.3.1 Constructed Model Condition	7
5.3.2 Model Condition under Construction	8
5.4 Skyshine Dose Evaluation	9
5.4.1 Defining Region	9
5.4.2 Calculation System	10
5.4.3 Skyshine Dose Calculation	10
6. Evaluation Results of Skyshine Dose	12
6.1 Evaluation Results from Models	12
6.2 Evaluation Results from Trench Disposal Facility	12
7. Sensitivity Analysis	13
7.1 Evaluation Condition for Sensitivity Analysis	13
7.2 Vertical Site Layout	14
7.3 Horizontal Site Layout	15
8. Evaluation of Skyshine Dose by Thickening the Covered Soil on the Top Layer	16
8.1 Calculation System by Thickening the Covered Soil on the Top Layer	16
8.2 Evaluation Results by Thickening the Covered Soil on the Top Layer	16
8.3 Sensitivity Analysis by Thickening the Covered Soil on the Top Layer	16
8.3.1 Evaluation Condition by Thickening the Covered Soil on the Top Layer of Horizontal Site Layout	16
8.3.2 Evaluation Results by Thickening the Covered Soil on the Top Layer of Horizontal Site Layout	16
9. Conclusion	18
References	19
Appendix	61

表リスト

表 4.3.1	対象廃棄体等容器の寸法-----	20
表 4.3.2	遮蔽体物質の密度及び重量組成比-----	20
表 4.4.1	廃棄体等あたりの放射エネルギー及び放射能濃度-----	21
表 5.3.1	付加機能型トレンチ施設における領域数-----	22
表 5.3.2	安定型トレンチ施設における領域数-----	22
表 5.3.3	線源領域の密度及び重量組成比-----	23
表 5.3.4	中間覆土済みモデル（正方形領域 1 区画）におけるスカイシャイン $\gamma$ 線計算における線源領域 -----	24
表 5.3.5	廃棄体等露出モデルにおけるスカイシャイン $\gamma$ 線計算における線源領域-----	24
表 5.4.1	付加機能型トレンチ施設における被ばく時間-----	25
表 5.4.2	安定型トレンチ施設における被ばく時間-----	25
表 6.1.1	計算体系 1 個における単位放射能濃度（1Bq/g）あたりのスカイシャイン線量 -----	26
表 6.1.2	単位放射能濃度あたりのスカイシャイン線量に放射能濃度を積算した場合 -----	27
表 6.2.1	P埋設地におけるトレンチ施設のスカイシャイン線量 -----	28
表 6.2.2	S埋設地におけるトレンチ施設のスカイシャイン線量 -----	29
表 7.2.1	縦配置①の重畳によるスカイシャイン線量-----	30
表 7.2.2	縦配置②の重畳によるスカイシャイン線量-----	30
表 7.3.1	横配置①の重畳によるスカイシャイン線量-----	31
表 7.3.2	横配置②の重畳によるスカイシャイン線量-----	32
表 7.3.3	横配置③の重畳によるスカイシャイン線量-----	33
表 8.2.1	P埋設地における最上段の中間覆土厚さ変更後のスカイシャイン線量 -----	34
表 8.2.2	S埋設地における最上段の中間覆土厚さ変更後のスカイシャイン線量 -----	35
表 8.3.1	最上段の中間覆土厚さ変更後の横配置①の重畳線量 -----	36
表 8.3.2	最上段の中間覆土厚さ変更後の横配置②の重畳線量 -----	37
表 8.3.3	最上段の中間覆土厚さ変更後の横配置③の重畳線量 -----	38

図リスト

図 2.1.1	本報告書の評価フロー-----	39
図 3.1.1	事業所におけるトレンチ施設の配置-----	40
図 3.1.2	付加機能型トレンチ施設の断面図（P埋設地、S埋設地）-----	41
図 3.1.3	安定型トレンチ施設の断面図（P埋設地、S埋設地）-----	41
図 3.1.4	付加機能型トレンチ施設の廃棄体等の定置間隔-----	42
図 3.1.5	安定型トレンチ施設の廃棄体等の定置間隔-----	42
図 5.1.1	スカイシャイン線量の算出方法のイメージ-----	43
図 5.2.1	定置最終日の作業工程のイメージ-----	44
図 5.3.1	P埋設地における付加機能型トレンチ施設の模式構造図-----	45
図 5.3.2	S埋設地における付加機能型トレンチ施設の模式構造図-----	45
図 5.3.3	P埋設地における安定型トレンチ施設の模式構造図-----	46
図 5.3.4	S埋設地における安定型トレンチ施設の模式構造図-----	46
図 5.3.5	付加機能型トレンチ施設の間覆土済みモデルの計算体系（正方形領域1区画）-----	47
図 5.3.6	安定型トレンチ施設の間覆土済みモデルの計算体系（正方形領域1区画）-----	47
図 5.3.7	付加機能型トレンチ施設の廃棄体等露出モデルの計算体系-----	48
図 5.3.8	安定型トレンチ施設の廃棄体等露出モデルの計算体系-----	48
図 5.4.1	付加機能型トレンチ施設（中間覆土済みモデル）における線源の配置-----	49
図 5.4.2	安定型トレンチ施設（中間覆土済みモデル）における線源の配置-----	49
図 5.4.3	付加機能型トレンチ施設（廃棄体等露出モデル）における線源の配置-----	50
図 5.4.4	安定型トレンチ施設（廃棄体等露出モデル）における線源の配置-----	50
図 5.4.5	付加機能型トレンチ施設の間覆土済みモデルの線量評価を行う計算体系（正方形領域1区画）-----	51
図 5.4.6	安定型トレンチ施設の間覆土済みモデルの線量評価を行う計算体系（正方形領域1区画）-----	51
図 5.4.7	付加機能型トレンチ施設の廃棄体等露出モデルの線量評価を行う計算体系-----	52
図 5.4.8	安定型トレンチ施設の廃棄体等露出モデルの線量評価を行う計算体系-----	52
図 5.4.9	付加機能型トレンチ施設における状態①～③のモデルのイメージ-----	53
図 5.4.10	安定型トレンチ施設における状態①～③のモデルのイメージ-----	54
図 6.1.1	計算体系1個における単位放射能濃度（1Bq/g）あたりのスカイシャイン線量-----	55
図 6.1.2	単位放射能濃度あたりのスカイシャイン線量に放射能濃度を積算した場合-----	55
図 6.2.1	P埋設地における各トレンチ施設のスカイシャイン線量-----	56
図 6.2.2	S埋設地における各トレンチ施設のスカイシャイン線量-----	56
図 7.1.1	縦配置①におけるトレンチ施設の配置と評価点-----	57
図 7.1.2	縦配置②におけるトレンチ施設の配置と評価点-----	57
図 7.1.3	横配置①におけるトレンチ施設の配置と評価点-----	58
図 7.1.4	横配置②におけるトレンチ施設の配置と評価点-----	58



図 7.1.5	横配置③におけるトレンチ施設の配置と評価点	58
図 8.1.1	最上段の中間覆土厚さ変更後の計算体系（正方形領域 1 区画）	59
図 8.2.1	P埋設地における最上段の中間覆土厚さ変更後のスカイシャイン線量	60
図 8.2.2	S埋設地における最上段の中間覆土厚さ変更後のスカイシャイン線量	60

This is a blank page.

## 1. はじめに

日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という。）は、原子力機構法に基づき、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」という。）の埋設処分事業の実施主体に位置づけられている。このため、浅地中処分の実施に向けた検討として、平成 24 年に研究施設等廃棄物の廃棄体条件及び一般的な立地条件においてコンクリートピット埋設施設（以下、「ピット施設」という。）、トレンチ埋設施設（以下、「トレンチ施設」という。）及び受入検査施設等の関連施設の合理的な設備仕様、レイアウト等の検討を行った<sup>1)</sup>（以下、「概念設計」という。）。

研究施設等廃棄物の埋設処分事業では、操業中の安全評価としてピット施設、トレンチ施設及び受入検査施設からの直接 $\gamma$ 線及びスカイシャイン $\gamma$ 線による敷地境界での実効線量が、「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（以下、「許可基準規則の解釈」という。）に規定された $50\mu\text{Sv/y}$ 以下となることを確認する必要がある。原子力機構は、概念設計に基づき事業所の敷地面積の規模に係る立地基準案を検討するため、平成 25 年に各施設から敷地境界までの距離に応じた実効線量の変化を評価した<sup>2)</sup>（以下、「概念設計の感度解析」という。）。その結果、概念設計の施設設計及び配置においては、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 以上離れている場合、敷地境界における実効線量が $50\mu\text{Sv/y}$ 以下となる評価結果を得た。この結果をもとに、平成 26 年の埋設施設設置に関する技術専門委員会では、敷地面積に係る立地基準案（以下、「立地基準案」という。）として、各施設から敷地境界までの距離を 120m 以上とできる形状であることが示された。

その後、原子力機構は平成 30 年にバックエンドロードマップ<sup>3)</sup>を公表し、バックエンド対策に係る長期（約 70 年）の方針が策定されたことにより、今後発生する廃棄体数量の見直しを行った。そこで、原子力機構外の廃棄物発生者も含めて対象廃棄体数量の調査を行い、その結果を反映して、令和元年に埋設処分業務の実施に関する計画（以下、「実施計画」という。）を変更した。変更された実施計画では、ピット処分対象の廃棄体本数は約 22 万本と変動はなかったが、トレンチ処分対象の廃棄体本数が約 38 万本から約 53 万本に増加した。これに伴い、トレンチ施設の設計を見直し、廃棄体の定置間隔、積載段数、及び施設寸法を変更した。

そのため、設計変更後のトレンチ施設に係る敷地境界での直接 $\gamma$ 線及びスカイシャイン $\gamma$ 線による実効線量が許可基準規則の解釈において規定された $50\mu\text{Sv/y}$ を下回るか検討する必要がある。なお、変更後の設計では廃棄体が地表面より高い位置に定置されるトレンチ施設があるが、施工中は掘削土を敷地境界方向に盛土する等、敷地境界方向への直接 $\gamma$ 線の遮蔽対策を講ずることで、本検討では直接 $\gamma$ 線は考慮しないこととし、スカイシャイン $\gamma$ 線のみについて線量評価を実施した。スカイシャイン $\gamma$ 線による実効線量（以下、「スカイシャイン線量」という。）は、各トレンチ施設 1 基あたりの評価及び各トレンチ施設の重畳評価を行い、各トレンチ施設からの距離に応じたスカイシャイン線量を解析により算出し、その結果から許可基準規則の解釈において規定された $50\mu\text{Sv/y}$ 以下となるか検討した。また、解析モデルの条件を変更し、スカイシャイン線量の低減効果を検討した。

## 2. 本報告書の構成

本報告書の構成について図 2.1.1 に示す。

### ① トレンチ埋設施設の概要

本報告書で用いるトレンチ施設の仕様や、概念設計からの設計変更点を示す。

### ② 廃棄体等 1 本あたりの放射エネルギーの設定

トレンチ施設における対象廃棄体等の設定を示す。また、解析に用いた計算コードの条件を示し、廃棄体 1 本あたりの放射エネルギーを算出する。

### ③ 各トレンチ施設からのスカイシャイン線量の評価方法

スカイシャイン線量の算出方法を示す。また、トレンチ施設における年間の埋設作業の状態設定、スカイシャイン線量評価に用いる解析モデルの設定及び各トレンチ施設 1 基あたりの評価方法を示す。

### ④ 各トレンチ施設からのスカイシャイン線量の評価結果

解析モデル毎に年間のスカイシャイン線量を算出した後、トレンチ施設毎に年間のスカイシャイン線量を算出する。

### ⑤ 各トレンチ施設からのスカイシャイン線量の重畳評価

各トレンチ施設の重畳評価によるスカイシャイン線量を算出する。

### ⑥ 中間覆土厚さを変更した場合のスカイシャイン線量評価

中間覆土厚さを変更した場合の各トレンチ施設のスカイシャイン線量を算出した後、各トレンチ施設の重畳評価によるスカイシャイン線量を算出する。

### ⑦ まとめ

本報告書で算出したスカイシャイン線量の結果をもとに、許可基準規則の解釈に規定されている基準である  $50\mu\text{Sv/y}$  を満足する見通しがあるか等を含め、トレンチ施設設計における今後の課題を示す。

### 3. トレンチ埋設施設の概要

#### 3.1 トレンチ施設の種類の種類と設計変更の概要

概念設計の結果に対象廃棄体物量の変更を反映した各トレンチ施設の配置を図 3.1.1 に示す。

トレンチ施設は、2 つの廃棄物埋設地を設けて設置することを計画している。この 2 つの廃棄物埋設地は、埋設事業の操業期間 50 年のうち、前半の 25 年間に操業する廃棄物埋設地をプライマリ埋設地（以下、「P 埋設地」という。）、後半の 25 年間に操業する廃棄物埋設地をセカンダリ埋設地（以下、「S 埋設地」という。）として、2 段階に分けて操業する。また、トレンチ施設には安定 5 品目以外を埋設するトレンチ施設（以下、「付加機能型トレンチ施設」という。）と、安定 5 品目を埋設するトレンチ施設（以下、「安定型トレンチ施設」という。）があり、P 埋設地及び S 埋設地共に、付加機能型トレンチ施設 3 基、安定型トレンチ施設 6 基の計 9 基が設置される。付加機能型トレンチ施設及び安定型トレンチ施設の断面図を図 3.1.2 及び図 3.1.3 に示す。トレンチ施設の断面の寸法は、P 埋設地及び S 埋設地において共通である。

各トレンチ施設の平面方向の寸法は、P 埋設地の付加機能型トレンチ施設が約 20,270cm×4,320cm、安定型トレンチ施設が約 15,070cm×4,470cm で、S 埋設地の付加機能型トレンチ施設が約 28,970cm×4,320cm、安定型トレンチ施設が約 16,210cm×4,470cm である。対象廃棄体等の物量増加に伴う概念設計からの寸法の変更は、S 埋設地の付加機能型トレンチ施設のみについて行い、受入検査施設の方向に約 6,000cm 拡大した。

埋設する際の廃棄体の定置間隔を図 3.1.4 及び図 3.1.5 に示す。付加機能型トレンチ施設と安定型トレンチ施設共に廃棄体の定置間隔は 5cm に設計変更し、中間覆土の厚さは 25cm から設計の変更は行っていない。

また、廃棄体の積載段数は P 埋設地及び S 埋設地共に、付加機能型トレンチ施設は 4 段積みに設計変更した。なお、安定型トレンチ施設は 3 段積みとし、設計変更は行っていない。

#### 3.2 埋設対象廃棄体

概念設計より、付加機能型トレンチ施設は 200L ドラム缶、安定型トレンチ施設はフレキシブルコンテナ（以下、「フレコン」という。）及び角型容器が埋設対象廃棄体である（以下、総称して「廃棄体等」という。）。

## 4. 廃棄体等 1 本あたりの放射エネルギーの設定

### 4.1 廃棄体等の放射エネルギーの評価方法

トレンチ処分対象となる廃棄体等の放射エネルギーは、概念設計<sup>1)</sup>及び概念設計の感度解析<sup>2)</sup>と同様に、埋設対象廃棄体等の容器及び内容物の元素組成を設定し、廃棄体等の平均の表面線量当量率が  $10\mu\text{Sv/h}$  となる時の放射エネルギーを計算して、設定した。ここで、廃棄体等の平均表面線量当量率を  $10\mu\text{Sv/h}$  に制限することは、概念設計におけるトレンチ処分対象の廃棄体等の条件で、廃棄体の受入基準として想定している値である。

### 4.2 解析に用いた計算コード

廃棄体等 1 本あたりの放射エネルギーの計算には、概念設計の感度解析と同様に 2 次元 Sn 輸送計算コード DOT3.5<sup>4)</sup> を用い、断面積ライブラリは DLC-23E、散乱成分のルジャンドル展開次数  $P_3$ 、角度分点数  $S_{16}$  とした。

### 4.3 対象廃棄体等の設定

概念設計では、付加機能型トレンチ施設と安定型トレンチ施設ともに、底面積が小さく、開口部面積が大きい角錐台の構造で設計されているため、全てのトレンチ施設では最上段の定置本数が最大となる。このため、付加機能型トレンチ施設では底部から 4 段目、安定型トレンチ施設では底部から 3 段目の定置本数が最大となる。

付加機能型トレンチ施設の埋設対象廃棄体等は 200L ドラム缶のみであるため、200L ドラム缶を解析対象とした。

安定型トレンチ施設の埋設対象廃棄体等はフレコンと角型容器であり、下段及び中段には角型容器又はフレコン、最上段にはフレコンを埋設する設計である。本検討では、モデルを簡略化するため、スカイシャイン線量への寄与の大きい最上段に定置する廃棄体等はフレコンであることから、安定型トレンチ施設では廃棄体等をフレコンで代表させて解析を実施した。

対象廃棄体等の容器の寸法を表 4.3.1 に示す。200L ドラム缶とフレコンを円柱形状でモデル化した。概念設計に基づき、寸法は 200L ドラム缶で  $\Phi 58.2\text{cm} \times \text{H}87.2\text{cm}$ 、フレコンで  $\Phi 115\text{cm} \times \text{H}100\text{cm}$  とした。200L ドラム缶の鋼材の厚みは  $0.15\text{cm}$  とした。なお、フレコン部材は遮蔽計算では考慮しないこととした。

廃棄体等の計算モデルは以下の通りとした。

#### ① 廃棄物（線源物質）の組成

対象廃棄体等は、金属、コンクリートの他、液体廃棄物を固型化した均一・均質固化体、可燃物等の熔融体、雑固体の充填固化体、圧縮した金属の充填固化体等の多様な性状を想定しているため、本検討では概念設計と同様に線源物質の代表組成は、密度が小さく  $\gamma$  線を透過しやすい水とした。

#### ② 物質の元素組成

線源物質の代表組成とした水、200L ドラム缶の材料である鉄、覆土等の密度及び重量

組成比は、文献 5), 6), 7) を引用して表 4.3.2 に示す通り設定した。

### ③ 線源密度

概念設計では対象廃棄体等の線源物質の密度を以下の調査結果に基づき  $1.0\text{g/cm}^3$  として検討を行っている。

- ・原子力機構からの廃棄体等の密度： $1.0\sim 2.4\text{g/cm}^3$
- ・他発生者からの廃棄体等の密度： $1.1\sim 2.9\text{g/cm}^3$

本検討においても、廃棄体等の線源物質の密度を  $1.0\text{g/cm}^3$  として評価を行った。なお、廃棄体等の線源物質の密度を変化させた場合のスカイシャイン線量は付録で触れる。

### ④ 線源の $\gamma$ 線エネルギースペクトル

スカイシャイン線量の算出においては、 $\gamma$  線を放出する核種を設定する必要がある。廃棄体等に含まれる様々な  $\gamma$  線放出核種を設定して線量評価を行う方法もあるが、線量への寄与の大きい核種を代表させて設定して線量評価を行う方法もある。

本評価では、最大表面線量当量率が一定で、その表面線量当量率に寄与する核種の放射能濃度を設定するため、複数の核種を設定すると現実的な評価となるが、スカイシャイン線量への寄与が大きい核種で代表することで放射能濃度を集中させることができ、保守的な評価となると考えられる。遮蔽体における透過率は、 $\gamma$  線のエネルギーが高いほど大きくなるため、保守的な計算結果を得るために  $\gamma$  線エネルギーの高い核種を選定することとし、廃棄体等中に含まれる放射性物質のうち  $\gamma$  線エネルギーが高く、かつ初期の放射エネルギーが高い Co-60 で代表させてスカイシャイン線量評価を実施した。Co-60 で代表させる方法は、日本原燃(株)のピット処分施設についても採用されている<sup>8)</sup>。評価に用いる  $\gamma$  線の条件は、エネルギーを Co-60 から放出される 2 本の  $\gamma$  線のエネルギーの平均値である  $1.25\text{MeV}$  とし、放出率を 200%とした。

## 4.4 廃棄体等の放射エネルギーの評価結果

廃棄体等あたりの放射エネルギー及び放射能濃度を表 4.4.1 に示す。計算の結果、200L ドラム缶 1 本当たりの Co-60 の放射能は  $6.3\times 10^6\text{Bq}$ 、フレコン 1 体当たりの Co-60 の放射能は  $2.0\times 10^7\text{Bq}$  に設定する。

## 5. 各トレンチ施設からのスカイシャイン線量の評価方法

### 5.1 スカイシャイン線量の計算方法

スカイシャイン線量算出方法のイメージを図 5.1.1 に示す。2つのモデルによる計算を組み合わせ、スカイシャイン線量を求める。スカイシャイン線量の計算手順は以下の通りである。

#### ① トレンチ施設からの $\gamma$ 放射線束の算出

第1段階の計算として、DOT3.5を用いて、トレンチ施設上部から漏洩する線束分布（以下、「 $\gamma$ 放射線束」という。）を算出する。断面積ライブラリはDLC-23E、散乱成分のルジャンドル展開次数 $P_3$ 、角度分点数 $S_{16}$ とした。

#### ② 評価点におけるスカイシャイン線量の算出

第2段階の計算として、①で求めた施設上部の $\gamma$ 放射線束を面線源として、DOT3.5により、評価点までのスカイシャイン線量を算出した。計算条件は同様に断面積ライブラリをDLC-23E、散乱成分のルジャンドル展開次数を $P_3$ 、角度分点数を $S_{16}$ とした。

$\gamma$ 放射線束の評価とスカイシャイン線量の評価の接続計算は、(株) ヴィジブルインフォメーションセンターが開発したBCGVICを使用して実施した。

### 5.2 トレンチ施設からの $\gamma$ 放射線束の計算モデルの考え方

トレンチ埋設処分の作業は、付加機能型トレンチ施設と安定型トレンチ施設それぞれ1基ずつに廃棄体等を埋設し（以下、「施工中」という。）、その他のトレンチ施設については定置をしていない状態（以下、「未施工」という。）、あるいは施工が終了して上部覆土まで完了した状態（以下、「施工済み」という。）を想定している。ここで、施工済みのトレンチ施設からの線量は、トレンチの上部覆土まで終了しており、 $\gamma$ 線が十分に遮蔽されることから、評価では考慮しないこととした。

施工中の状態では、トレンチ施設に埋設された廃棄体等の数量は1基のトレンチ施設の定置作業の経過に伴って増加していくと考えられる。そこで、トレンチ1基内の定置済みの廃棄体等の数量が最大となる定置の最終日（以下、「定置最終日」という。）が、最もスカイシャイン線量が高くなる状態と考えられるため、本検討では、スカイシャイン線量を過小評価しないモデルとして、施工中の状態をこの定置最終日の状態で代表した。

定置最終日のトレンチ施設の埋設作業は、以下の通りに分けて考慮する。

状態①：定置済みの廃棄体等が露出し、その他は中間覆土されている状態。

状態②：定置済みと定置中の廃棄体等が露出し、その他は中間覆土されている状態。

状態③：定置済みの廃棄体等に中間覆土され、定置済みの廃棄体等のみ露出している状態。

定置最終日の作業工程のイメージを図 5.2.1 に示す。

定置最終日の状態①から状態③におけるスカイシャイン線量を評価するため、本報告書ではトレンチ施設からの $\gamma$ 放射線束を計算するモデルを2種類設定した。1つは、トレンチ施設に定置済みの廃棄体等が中間覆土されているモデルとした（以下、「中間覆土済みモデル」という。）。



もう 1 つは、トレンチ施設のうち、1 日分の廃棄体等が定置され、中間覆土されずに露出しているモデルとした（以下、「廃棄体等露出モデル」という。）。

なお、1 段目の定置終了以降は、中間覆土済みの廃棄体等の平面的な広がりには定置最終日と同じとなり、最上段以外の廃棄体等からの  $\gamma$  線は、上段の廃棄体等によって遮蔽されることを考慮すると、安定型トレンチ施設では 3 段積みの 2 段目以降、付加機能型トレンチ施設では 4 段積みの 2 段目以降の期間におけるスカイシャイン線量の差は小さいと考えられる。

### 5.3 トレンチ施設の $\gamma$ 放射線束の計算モデルの設定

各トレンチ施設の模式構造図を図 5.3.1～図 5.3.4 に示す。

#### 5.3.1 中間覆土済みモデル

##### (1) 中間覆土済みモデルの考え方

中間覆土済みモデルは、1 基のトレンチ施設に全ての廃棄体等が埋設されて、中間覆土が施工された状態を想定した。4.3 節より、全てのトレンチ施設では最上段の定置本数が最大となる。これを踏まえて、本解析ではスカイシャイン線量を過小評価しないように計算体系を簡略化し、最上段の定置本数が全段に定置されている直方体としてモデル化した。

更に、用いた計算コード DOT3.5 では、立方体や直方体のモデルを扱うことが出来ないため、 $\gamma$  線の放出面であるトレンチ上部の矩形領域と円形領域の面積が同じで、かつ直方体と同体積となる円柱を用いて対象箇所のモデル化を行った。トレンチ施設は非常に細長い直方体モデルのため、同体積を 1 つの円柱としてモデル化をした場合、トレンチ施設の短辺の長さでモデル化した円柱の直径の長さが大きく異なり、評価点の位置によって線量が大きく異なる。そこで、各トレンチ施設の廃棄体定置範囲の短辺を 1 辺とする複数の正方形に分割して、正方形ごとに線源領域とした。図 5.3.1 から図 5.3.4 に示す通り、付加機能型トレンチ施設の場合は短辺が 2,530cm であるため、2,530cm×2,530cm、安定型トレンチ施設の場合は短辺が 2,515cm であるため 2,515cm×2,515cm の正方形（以下、「正方形領域」という。）に分割した。その後、正方形領域に対して同体積の円柱でモデル化した。正方形領域の数を領域数として表 5.3.1 及び表 5.3.2 に示す。正方形領域の数は、各トレンチ施設の廃棄体定置範囲の長辺を短辺で割った数とし、余剰分は 1 つの円柱としてモデル化した。

##### (2) 中間覆土済みモデルの計算体系

中間覆土済みモデルにおける 1 つの正方形領域の計算体系を図 5.3.5 及び図 5.3.6 に示す。計算体系は、廃棄体等が含まれる線源領域、線源領域の周りを囲む中間覆土等の土壌領域、及び空気領域の 3 つの領域から構成した。線源領域については廃棄体等の間の土壌も含め、1 つの段が 1 つの線源領域となるように設定した。概念設計では、付加機能型トレンチ施設は廃棄体定置範囲の外側に遮水シート固定工を設置するため 200cm の土壌を設計しており、安定型トレンチ施設においてもこれに倣って廃棄体定置範囲の外側に 200cm の土壌を設計している。このため、計算体系においても線源領域の外側に 200cm の土壌領域を設定した。

### (3) 中間覆土済みモデルの線源の設定

中間覆土済みモデルにおける 1 つの正方形領域の付加機能型トレンチ施設及び安定型トレンチ施設の線源領域の密度と重量組成比を表 5.3.3 に示す。廃棄物の代表組成は 4 章と同様に水を想定し、土壌領域と空気領域の密度は概念設計を参照して設定した。

付加機能型トレンチ施設は対象廃棄体等を 200L ドラム缶としているため、線源領域の物質として、廃棄物（水）、定置間隔間の土壌、200L ドラム缶の鋼材の混合物として  $1.178 \text{ g/cm}^3$  と設定した。

安定型トレンチ施設は対象廃棄体等をフレコンとしているため、線源領域の物質として、廃棄物（水）、定置間隔間の土壌の混合物として  $1.097 \text{ g/cm}^3$  と設定した。

また、線源領域の対象廃棄体等と数量、体積及び放射エネルギーの設定を表 5.3.4 に示す。

付加機能型トレンチ施設は 200L ドラム缶が 4 段積みとなっているため、1 段毎に線源（以下、「線源 1」という。）を作成した。1 段あたり 39 本×39 本の 200L ドラム缶が含まれるため、これに表 4.4.1 で求めた 200L ドラム缶の表面線量当量率が  $10 \mu\text{Sv/h}$  となる時の放射エネルギー（Co-60 で代表）を乗じることで、線源 1 の放射エネルギーを求めた。

安定型トレンチ施設はフレコンが 3 段積みとなっているため、1 段毎に線源（以下、「線源 2」という。）を作成した。1 段あたり 21 体×21 体のフレコンが含まれるため、これに表 4.4.1 で求めたフレコンの表面線量当量率が  $10 \mu\text{Sv/h}$  となる時の放射エネルギー（Co-60 で代表）を乗じることで、線源 2 の放射エネルギーを求めた。

## 5.3.2 廃棄体等露出モデル

### (1) 廃棄体等露出モデルの考え方

廃棄体等露出モデルは 1 日あたりに取り扱う廃棄体等の本数から解析条件を設定した。

概念設計では、各年に取り扱う廃棄体等について受入本数の変動を考慮し、50 年間で取り扱う平均的な数量を 1.5 倍し、200L ドラム缶で 12,000 本/年を最大の年間取扱い本数として設定している。上記の最大年間取扱い本数は、トレンチ処分対象の増加後の総本数である約 53 万本を包含することから、本検討では、概念設計で設定された年間取扱い本数と同様に設定した。

1 日あたりの廃棄体等の取扱量は、概念設計と同様に、付加機能型トレンチ施設は 200L ドラム缶で 60 本/日、安定型トレンチ施設はフレコンで 20 体/日を定置することとした。

5.3.1 (1) 項と同様に用いた計算コード DOT3.5 では、立方体や直方体のモデルを扱うことが出来ないため、直方体と同体積で、 $\gamma$  線の放出面である上部の矩形領域と円形領域の面積が同じとなる円柱を用いることで対象箇所のモデル化を行った。

### (2) 廃棄体等露出モデルの計算体系

廃棄体等露出モデルの計算体系を図 5.3.7 及び図 5.3.8 に示す。計算体系は 5.3.1 項の中間覆土済みモデルと同様に、線源領域、土壌領域、及び空気領域の 3 つの領域から構成し、線源領域は廃棄体等の間の土壌を含め、1 つの線源領域となるように設定した。線源領域は各トレンチ施設の廃棄体定置範囲の短辺の中心線上にあると仮定し、線源領域から廃棄体定置範

囲の端までを空気領域としてモデル化した。また、5.3.1 (2) 項と同様に、概念設計では各トレンチ施設の廃棄体定置範囲の外側に 200cm の土壌を設計しているため、計算体系においても線源領域の外側に 200cm の土壌領域を設定した。

### (3) 廃棄体等露出モデルの線源の設定

廃棄体等露出モデルにおける線源領域の密度と重量組成比を表 5.3.3 に示す。廃棄物の代表組成は 4 章と同様に水を想定し、土壌領域と空気領域の密度は概念設計を参照して設定した。付加機能型トレンチ施設は対象廃棄体等を 200L ドラム缶としているため、線源領域の物質として、廃棄物（水）、定置間隔間の土壌、200L ドラム缶の鋼材の混合物として 1.175 g/cm<sup>3</sup> と設定した。

安定型トレンチ施設は対象廃棄体等をフレコンとしているため、線源領域の物質として、廃棄物（水）、定置間隔間の土壌の混合物として 1.093 g/cm<sup>3</sup> と設定した。

また、線源領域の対象廃棄体等と数量、体積及び放射エネルギーの設定を表 5.3.5 に示す。

付加機能型トレンチ施設は 1 日あたりの 200L ドラム缶の最大取扱量である 60 本と、その間の 5cm 厚さの土壌を均一線源とみなし、線源（以下、「線源 3」という。）を作成した。線源 3 の放射エネルギー（Co-60 で代表）は 5.3.1 (3) 項と同様の方法で求めた。

安定型トレンチ施設は 1 日あたりのフレコンの最大取扱量である 20 体と、その間の 5cm 厚さの土壌を均一線源とみなし、線源（以下、「線源 4」という。）を作成した。線源 4 の放射エネルギー（Co-60 で代表）は 5.3.1 (3) 項と同様の方法で求めた。

## 5.4 評価点におけるスカイシャイン線量の評価

### 5.4.1 評価点に対する線源領域の配置

#### (1) 中間覆土済みモデル

5.3 節より正方形領域の数は、各トレンチ施設の廃棄体定置範囲の長辺を短辺で割った数とし、余剰分は 1 つの円柱としてモデル化した。余剰分を 1 つの円柱としてモデル化した線源領域も含め、正方形領域が連なるような範囲を分割領域とし、線源領域の配置を図 5.4.1 及び図 5.4.2 に示す。分割領域における線源領域の配置は以下の通りである。

- ・付加機能型トレンチ施設における線源の配置

a : 分割領域の長辺の中心に線源領域の外径が接するように配置する。

b~d : 各正方形領域と評価点との距離が最短となる点に線源領域の外径が接するように配置する。

- ・安定型トレンチ施設における線源の配置

e : 分割領域の長辺の中心に線源領域の外径が接するように配置する。

f~g : 各正方形領域と評価点との距離が最短となる点に線源領域の外径が接するように配置する。

#### (2) 廃棄体等露出モデル

各トレンチ施設における線源領域の配置について、図 5.4.3 及び図 5.4.4 に示す。各トレン

チ施設の短辺の中心線上のうち、評価点との距離が最短となる部分に線源領域の中心を配置した。

#### 5.4.2 スカイシャイン線量の計算体系

5.3節で設定した計算体系より求めた $\gamma$ 放射線束を面線源として、大気及び地面を含む媒質中における $\gamma$ 線の輸送計算を行い、スカイシャイン線量を求めた。この時、各トレンチ施設の上覆土範囲からの距離（以下、これを「評価距離」という。）が20mから500mまで10m毎になるように評価点を設定し、それぞれスカイシャイン線量を評価した。評価点の高さは、概念設計に基づき地表面から100cmの位置とした。

スカイシャイン線量評価を行う計算体系を図5.4.5～図5.4.8に示す。

#### 5.4.3 スカイシャイン線量の算出

##### (1) 計算体系1個あたりのスカイシャイン線量

まず、各トレンチ施設における中間覆土済みモデル（正方形領域1区画）と廃棄体等露出モデルの線源領域を単位放射能濃度（1Bq/g）とした時のスカイシャイン線量を算出し、各モデルの計算体系1個あたりのスカイシャイン線量について考察した。

次に、各モデルの線源領域の放射能濃度を乗じてスカイシャイン線量を算出し、放射エネルギーを考慮したスカイシャイン線量について考察した。

##### (2) 各トレンチ施設における1年あたりのスカイシャイン線量

各トレンチ施設からの年間のスカイシャイン線量を算出するため、5.4.3(1)項の放射エネルギーを考慮したスカイシャイン線量に表5.3.1及び表5.3.2の領域数を積算した後、各トレンチ施設の年間の被ばく時間を積算し、立地基準案と比較した。

ここで、各トレンチ施設の定置最終日に係る状態①～③について中間覆土済みモデルと廃棄体等露出モデルを用いて図5.4.9及び図5.4.10のように表した。廃棄体等露出モデルについては、定置済みと定置中の廃棄体等をそれぞれ表すため、2種類考慮した。

更に、安定型トレンチ施設は概念設計においてトレンチ施設の両端からフレコンと角型容器を埋設作業する計算条件となっており、本検討もこれに倣った。すなわち、安定型トレンチ施設では1日に取り扱う廃棄体等本数は20体/日であるが、土留がなく当日に中間覆土を行うことが出来ない廃棄体等が施設両端に常に20体/日ずつあるため、廃棄体等露出モデル（定置済み）を2つ評価した。

被ばく時間の算出にあたっては、中間覆土済みモデルは24時間365日間（8,760 [h/y]）継続するものとし、廃棄体等露出モデル（定置済み）は定置後24時間365日間（8,760 [h/y]）露出するものとして計算した。

また、廃棄体等露出モデル（定置中）は1日8時間作業するものとして評価した。概念設計に基づいて作業日数は年間200日とした。ここで、概念設計より各トレンチ施設の年間取扱い本数を1日あたりの取扱い本数で除した日数割合として、付加機能型トレンチ施設は1/3の66.66日（533 [h/y]）、安定型トレンチ施設は2/3の133.33日（1,067 [h/y]）に分けて考慮した。

付加機能型トレンチ施設は表 5.4.1、安定型トレンチ施設は表 5.4.2 の被ばく時間を積算し、各トレンチ施設からの年間のスカイシャイン線量を算出した。

## 6. スカイシャイン線量の評価結果

### 6.1 中間覆土済みモデルと廃棄体等露出モデルの評価結果

5.4.3 (1) 項より、各トレンチ施設における中間覆土済みモデル（正方形領域 1 区画）と廃棄体等露出モデルの線源領域を単位放射能濃度（1Bq/g）とした時のスカイシャイン線量を表 6.1.1 及び図 6.1.1 に示す。

全てのトレンチ施設において中間覆土済みモデルと廃棄体等露出モデルでは、中間覆土済みモデルの方が高い結果となった。各トレンチ施設間のスカイシャイン線量の差は、各モデルにおける線源領域の大きさの差によるためと考えられる。

また、4.3 節より対象廃棄体等として、付加機能型トレンチ施設は 200L ドラム缶、安定型トレンチ施設はフレコンが用いられており、物質の元素組成が異なる。中間覆土済みモデルで比較した場合、表 5.3.3 より付加機能型トレンチ施設の方が安定型トレンチ施設より密度が高いため、廃棄体等の自己遮蔽が大きくなることでスカイシャイン線量が低くなると考えられる。

次に、各トレンチ施設における中間覆土済みモデル（正方形領域 1 区画）と廃棄体等露出モデルの単位放射能濃度あたりのスカイシャイン線量に線源領域の放射能濃度を乗じて算出したスカイシャイン線量を表 6.1.2 及び図 6.1.2 に示す。中間覆土済みモデルの場合、評価距離 30m 地点以降において付加機能型トレンチ施設と安定型トレンチ施設で逆転が起きている。表 5.3.4 より付加機能型トレンチ施設と安定型トレンチ施設の放射能濃度には差があり、付加機能型トレンチ施設の放射能濃度が高い。このため、評価距離 30m 地点以降で付加機能型トレンチ施設のスカイシャイン線量が、安定型トレンチ施設よりも高くなったと考えられる。

### 6.2 トレンチ施設からのスカイシャイン線量の評価結果

5.4.3 (2) 項より、各トレンチ施設における年間のスカイシャイン線量を表 6.2.1 及び表 6.2.2、図 6.2.1 及び図 6.2.2 に示す。

表 6.2.1 及び表 6.2.2 より、立地基準案であるトレンチ施設から 120m 離れた地点のスカイシャイン線量は、P 埋設地より S 埋設地の方が高く、最も高いスカイシャイン線量は S 埋設地の付加機能型トレンチ施設からのスカイシャイン線量で  $41.1\mu\text{Sv/y}$  となった。したがって、全てのトレンチ施設において、立地基準案であるトレンチ施設から 120m 離れた地点でのスカイシャイン線量は、敷地境界における一般公衆の線量めやす値である  $50\mu\text{Sv/y}$  以下となる結果が得られた。

なお、スカイシャイン線量は P 埋設地と S 埋設地共に、評価距離 20m 地点で付加機能型トレンチ施設より安定型トレンチ施設が高くなるが、評価距離 30m 地点以降では安定型トレンチ施設より付加機能型トレンチ施設が高くなる。これは、6.1 節で考察した理由によると考えられる。

## 7. 各トレンチ施設からのスカイシャイン線量の重畳評価

各トレンチ施設の配置の方法によって敷地境界におけるスカイシャイン線量は変動するため、付加機能型トレンチ施設と安定型トレンチ施設の配置を検討し、施設からのスカイシャイン線量の合計（以下、「重畳」という。）を算出した。

概念設計の感度解析では、各施設からの重畳の結果が評価距離 120m 地点で  $50\mu\text{Sv/y}$  以下となることを示し、この結果をもとに各施設を敷地境界から 120m 以上離すことを立地基準案としている。したがって、本報告書においてもトレンチ施設から 120m 離れた地点で  $50\mu\text{Sv/y}$  となることを評価の指標とした。

概念設計では、P 埋設地全体の上部覆土が完了した後に S 埋設地への廃棄体等の定置を開始するため、P 埋設地と S 埋設地を同時に操業することは計画されていない。本報告書においても P 埋設地と S 埋設地を同時に操業することは想定しないため、P 埋設地と S 埋設地の重畳評価は考慮しない。6 章の結果より S 埋設地のスカイシャイン線量が P 埋設地より高かったため、重畳評価については S 埋設地について実施した。

### 7.1 重畳評価の条件設定

トレンチ施設の配置は、立地場所によって変更する可能性がある。このため、重畳評価では S 埋設地の付加機能型トレンチ施設と安定型トレンチ施設について、2 種類の配置方法を検討した。

1 つは、付加機能型トレンチ施設と安定型トレンチ施設が、敷地境界に対し前後する配置（以下、「縦配置」という。）での評価を行った。縦配置は付加機能型トレンチ施設と安定型トレンチ施設の並び順を変えて検討した。

もう 1 つは、付加機能型トレンチ施設と安定型トレンチ施設が、敷地境界に対し横方向に隣接する配置（以下、「横配置」という。）における評価を行った。横配置は評価点の位置を変えて 3 パターン検討し、付加機能型トレンチ施設の廃棄体定置範囲の中心、端及びこの 2 点の midpoint について、それぞれ延長線上で評価を行った。

縦配置及び横配置における施設の配置と評価点までの距離については以下の通り設定した。配置方法のイメージを図 7.1.1～図 7.1.5 に示す。

#### 縦配置①：

図 7.1.1 に示すように、敷地境界に近い方を安定型トレンチ施設、遠い方を付加機能型トレンチ施設として、両トレンチ施設の上部覆土範囲が 12m 離れるように配置した。安定型トレンチ施設を敷地境界から立地基準案である 120m に配置した際に、付加機能型トレンチ施設の上部覆土範囲は敷地境界から約 177m に位置する。このため、付加機能型トレンチ施設は表 6.2.2 の結果を用いて、保守的に考慮し評価距離 170m 地点の線量を重畳評価に用いた。

#### 縦配置②：

図 7.1.2 に示すように、敷地境界に近い方を付加機能型トレンチ施設、遠い方を安定型トレンチ施設として、両トレンチ施設の上部覆土範囲が 12m 離れるように配置した。付加機能型トレン

チ施設を敷地境界から立地基準案である 120m に配置した際に、安定型トレンチ施設の上部覆土範囲は敷地境界から約 175m に位置する。このため、安定型トレンチ施設は表 6.2.2 の結果を用いて、保守的に考慮し評価距離 170m 地点の線量を重畳評価に用いた。

#### 横配置①：

図 7.1.3 に示すように、付加機能型トレンチ施設と安定型トレンチ施設の上部覆土範囲が 12m 離れるように配置した。評価点の位置は付加機能型トレンチ施設の長辺の中心位置で、上部覆土範囲からの距離が 20m から 500m まで 10m 毎にスカイシャイン線量を評価した。

#### 横配置②：

図 7.1.4 に示すように、付加機能型トレンチ施設と安定型トレンチ施設の上部覆土範囲が 12m 離れるように配置した。評価点の位置は付加機能型トレンチ施設の廃棄体定置範囲の長辺の中心と、安定型トレンチ施設側の端との中点の位置で、上部覆土範囲からの距離が 20m から 500m まで 10m 毎にスカイシャイン線量を評価した。

#### 横配置③：

図 7.1.5 に示すように、付加機能型トレンチ施設と安定型トレンチ施設の上部覆土範囲が 12m 離れるように配置した。評価点の位置は付加機能型トレンチ施設の廃棄体定置範囲の長辺における安定型トレンチ施設側の端の位置で、上部覆土範囲からの距離が 20m から 500m まで 10m 毎にスカイシャイン線量を評価した。

## 7.2 縦配置とした場合の評価結果

付加機能型トレンチ施設と安定型トレンチ施設を縦配置した際の重畳の評価結果について、敷地境界側を安定型トレンチ施設とした縦配置①の結果を表 7.2.1 に、敷地境界側を付加機能型トレンチ施設とした縦配置②の結果を表 7.2.2 に示す。

縦配置①では立地基準案である評価距離 120m 地点で  $46.9\mu\text{Sv/y}$  となり、敷地境界において一般公衆に対する線量めやす値である  $50\mu\text{Sv/y}$  より低くなった。一方、縦配置②では立地基準案である評価距離 120m 地点で  $53.9\mu\text{Sv/y}$  となり、 $50\mu\text{Sv/y}$  より低くなるためには敷地境界から付加機能型トレンチ施設までの距離が 130m 以上必要なことが分かった。

縦配置①と縦配置②の結果を比較すると、付加機能型トレンチ施設が敷地境界に近い方となる配置の縦配置②の結果が高くなった。これは敷地境界により近い位置にあるトレンチ施設のスカイシャイン線量が、重畳結果に影響を与えられ、6 章より、S 埋設地では全ての評価距離において安定型トレンチ施設より付加機能型トレンチ施設のスカイシャイン線量が高い結果となっていることに起因している。

以上の結果から、縦配置では、安定型トレンチ施設を敷地境界側に配置する縦配置①とすることで、立地基準案である 120m 地点で  $50\mu\text{Sv/y}$  を満足する結果が得られた。



### 7.3 横配置とした場合の評価結果

付加機能型トレンチ施設と安定型トレンチ施設を横配置した際の重畳評価の結果を表 7.3.1～表 7.3.3 に示す。横配置①～③の条件では、立地基準案である 120m 地点で横配置①は 46.5 $\mu$ Sv/y、横配置②は 48.1 $\mu$ Sv/y、横配置③は 46.3 $\mu$ Sv/y となり、いずれも一般公衆に対する線量めやす値である 50 $\mu$ Sv/y を下回る結果が得られた。

また、横配置①～③によるスカイシャイン線量の差は、評価点の位置によるものであるが、本報告書における施設設計では、横配置②のスカイシャイン線量の重畳結果が最も高い結果となることがわかった。

## 8. 中間覆土厚さを変更した場合のスカイシャイン線量評価

### 8.1 中間覆土厚さを変更した場合の計算体系

6章及び7章において設計変更後のトレンチ施設からのスカイシャイン線量を評価した結果、いずれも  $50\mu\text{Sv/y}$  に近い結果となった。そこで、スカイシャイン線量を低減させるためにトレンチ施設的设计対応を検討した。

6章より中間覆土済みモデルと廃棄体等露出モデルでは、中間覆土済みモデルの方がスカイシャイン線量に与える影響が大きかった。そこで、中間覆土済みモデルの計算体系で最上段の中間覆土厚さを  $25\text{cm}$  から  $30\text{cm}$  へ変更し、スカイシャイン線量の低減効果を評価した。

6.2節よりスカイシャイン線量は、P埋設地とS埋設地共に評価距離  $30\text{m}$  以降では安定型トレンチ施設より付加機能型トレンチ施設の方が高かったため、付加機能型トレンチ施設の評価を行った。中間覆土厚さ変更後の計算体系を図8.1.1に示す。計算手順については5章と同様とし、安定型トレンチ施設については6.2節の結果を用いた。

### 8.2 中間覆土厚さを変更した場合のスカイシャイン線量の評価結果

付加機能型トレンチ施設の最上段の中間覆土厚さを変更した場合の評価結果についてP埋設地を表8.2.1、S埋設地を表8.2.2に示す。また、これらのグラフを図8.2.1及び図8.2.2に示す。

P埋設地とS埋設地ともに、現在の立地基準案である評価距離  $120\text{m}$  地点の付加機能型トレンチ施設のスカイシャイン線量は、6.2節ではP埋設地は  $30.4\mu\text{Sv/y}$ 、S埋設地は  $41.1\mu\text{Sv/y}$  であったが、最上部の中間覆土厚さを  $25\text{cm}$  から  $30\text{cm}$  に厚くしたことでP埋設地は  $21.6\mu\text{Sv/y}$ 、S埋設地は  $28.9\mu\text{Sv/y}$  となり、スカイシャイン線量を十分低減出来ることを確認した。

この結果より、最上段の中間覆土厚さを  $5\text{cm}$  厚くすることで、スカイシャイン線量が最大で  $30\%$  程度低減する効果があることが示された。

### 8.3 最上段の中間覆土厚さを変更した場合の重畳評価

付加機能型トレンチ施設の最上段の中間覆土厚さを  $25\text{cm}$  から  $30\text{cm}$  に変更した場合の付加機能型及び安定型トレンチ施設のスカイシャイン線量の重畳評価を行った。7.2節及び7.3節より、縦配置①と横配置①～③の中では横配置②が最もスカイシャイン線量が高くなった。このため、横配置について重畳評価を実施した。

#### 8.3.1 横配置における中間覆土厚さを変更した場合の評価条件

7章と同様の横配置①～③を想定した。安定型トレンチ施設については6.2節の結果を用いた。

#### 8.3.2 横配置における中間覆土厚さを変更した場合の評価結果

最上段の中間覆土厚さを変更した付加機能型トレンチ施設と、安定型トレンチ施設を横配置した際のスカイシャイン線量の重畳について、横配置①～③の評価結果を表8.3.1～表8.3.3に示す。付加機能型トレンチ施設の最上段の中間覆土厚さを  $30\text{cm}$  に変更した場合、横配置①～③の全ての条件が評価距離  $100\text{m}$  地点で  $50\mu\text{Sv/y}$  以下となる結果が得られた。また、立地基準案である

120m 地点で、横配置①は 34.3 $\mu$ Sv/y、横配置②は 37.0 $\mu$ Sv/y、横配置③は 38.2 $\mu$ Sv/y となり、50 $\mu$ Sv/y より十分に低い結果が得られた

この結果より、各トレンチ施設の重畳評価においても、付加機能型トレンチ施設の最上段の中間覆土厚さを 5cm 厚くすることで、スカイシャイン線量が最大で 25%程度低減する効果があることが分かった。

## 9. まとめ

研究施設等廃棄物の埋設施設のうち、P埋設地及びS埋設地の付加機能型トレンチ施設及び安定型トレンチ施設の設計が変更されたことに伴い、各トレンチ施設からのスカイシャイン線量について2次元Sn法輸送計算コードDOT3.5を用いて評価した。

各トレンチ施設における1年間のスカイシャイン線量を評価した結果、P埋設地よりS埋設地のスカイシャイン線量が高くなった。また、安定型トレンチ施設より付加機能型トレンチ施設のスカイシャイン線量が高くなった。

このため、スカイシャイン線量が高いS埋設地を対象とし、付加機能型トレンチ施設と安定型トレンチ施設について縦に配置する場合と横に配置する場合について、それぞれ重畳を評価した。この結果、縦配置とする場合、安定型トレンチ施設を敷地境界側に配置する縦配置①としてスカイシャイン線量を低減させる必要があることが分かった。一方、横配置とする場合では、横配置②のスカイシャイン線量が最も高くなることが分かった。

縦配置①、横配置②のいずれも立地基準案であるトレンチ施設から120m地点のスカイシャイン線量は、敷地境界における一般公衆の線量めやす値である $50\mu\text{Sv/y}$ より低い結果が得られた。

更に、スカイシャイン線量を低減させるため、付加機能型トレンチ施設において最上段の中間覆土厚さを25cmから30cmに厚くした場合の追加評価を行った。その結果、横配置②の重畳評価においては $10\mu\text{Sv/y}$ 以上の低減が見られ、最上段の中間覆土厚さを厚くすることで、スカイシャイン線量を十分に低減させることが可能であることを確認した。

これらの結果から、埋設施設の立地場所における検討事項として以下のことが挙げられる。

- ・ 立地場所における施設配置及び施設設計を検討する際には、敷地境界までの距離とスカイシャイン線量の評価結果の目安線量( $50\mu\text{Sv/y}$ )に対する裕度を考慮して、最上段の覆土を厚くする等の設計検討を行うことが必要である。
- ・ また、立地場所においては、各施設からのスカイシャイン線量の重畳を考慮した施設配置及び施設設計が必要である。

参考文献

- 1) 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, 338p.
- 2) 坂井章浩他, 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, JAEA-Technology 2013-039, 2014, 228p.
- 3) 日本原子力研究開発機構, バックエンドロードマップ, 2018, [https://www.jaea.go.jp/about\\_JAEA/backend\\_roadmap/s02.pdf](https://www.jaea.go.jp/about_JAEA/backend_roadmap/s02.pdf) (参照: 2022年5月17日).
- 4) RHODES W. A., DOT3. 5, Two dimensional discrete ordinates radiation transport code, RSIC-CCC-276, 1975, 316p.
- 5) 原子力安全技術センター, 放射線施設の遮蔽計算実務(放射線)データ集, 2015, 230p.
- 6) 山野直樹, JSD 1000:Multi-Group Cross Section Sets for Shielding Materials, JAERI-M 84-038, 1984, 116p.
- 7) 原子力安全技術センター, 放射線施設のしゃへい計算実務マニュアル, 2007.
- 8) 日本原燃株式会社, 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第八条 遮蔽等 (1号, 2号及び3号廃棄物埋設施設), 2021.

表 4.3.1 対象廃棄体等容器の寸法

容器名称	計算寸法 (cm)
200L ドラム缶	Φ58.2×H87.2※
フレコン	Φ115×H100

※容器の鋼材の厚みは 0.15cm

表 4.3.2 遮蔽体物質の密度及び重量組成比

遮蔽体物質	密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	重量組成比	設定根拠
水	1.00	H: 1.119E-01	放射線施設の遮蔽計算実務（放射線）データ集 <sup>5)</sup> を引用
		O: 8.881E-01	
鉄	7.86	Fe: 1.000E+00	放射線施設の遮蔽計算実務（放射線）データ集 <sup>5)</sup> を引用
空気	0.001189	H: 1.013E-05	JAERI-M 84-038 <sup>6)</sup> を引用
		C: 1.272E-04	
		N: 7.645E-01	
		O: 2.354E-01	
覆土	1.35	O: 5.326E-01	放射線施設のしゃへい計算実務マニュアル <sup>7)</sup> を引用
		Si: 4.674E-01	

表 4.4.1 廃棄体等あたりの放射エネルギー及び放射能濃度

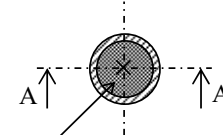
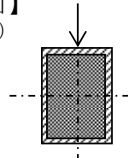
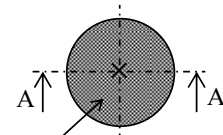
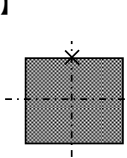



線源モデル		200Lドラム缶	フレコン
		【平面図】  線源 Φ58.2cm×H87.2cm ドラム缶鋼材厚み（上下、側面） 0.15cm 【断面図】 (A-A矢視) 	【平面図】  線源 Φ115cm×H100cm フレコン部材はないものとして評価 【断面図】 (A-A矢視) 
		 水 [1.0g/cm <sup>3</sup> ]  鋼材(鉄) [7.86g/cm <sup>3</sup> ]  空気                     × 評価点(表面)	
1Bq/線源あたりの表面線量当量率 [μSv/h]		1.6E-06	5.1E-07
線源体積 [cm <sup>3</sup> ]		2.3E+05	1.0E+06
放射エネルギー [Bq] (表面線量当量率)	10μSv/h	6.3E+06	2.0E+07
放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ] (表面線量当量率)	10μSv/h	2.7E+01	1.9E+01

表 5.3.1 付加機能型トレンチ施設における領域数

付加機能型トレンチ施設	P 埋設地 (領域数)	S 埋設地 (領域数)
中間覆土済みモデル (中間覆土済み)	7	11
廃棄体等露出モデル (定置済み)	1	1
廃棄体等露出モデル (定置中)	1	1

表 5.3.2 安定型トレンチ施設における領域数

安定型トレンチ施設	P 埋設地 (領域数)	S 埋設地 (領域数)
中間覆土済みモデル (中間覆土済み)	6	6
廃棄体等露出モデル (定置済み)	1	1
廃棄体等露出モデル (定置中)	1	1



表 5.3.3 線源領域の密度及び重量組成比

各線源領域	密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	重量組成比
線源 1 付加機能型トレンチ施設 中間覆土済みモデル (正方形領域 1 区画)	1.178	H: 6.269E-02
		O: 6.994E-01
		Si: 1.771E-01
		Fe: 6.082E-02
線源 2 安定型トレンチ施設 中間覆土済みモデル (正方形領域 1 区画)	1.097	H: 7.390E-02
		O: 7.674E-01
		Si: 1.587E-01
線源 3 付加機能型トレンチ施設 廃棄体等露出モデル	1.175	H: 6.393E-02
		O: 7.027E-01
		Si: 1.714E-01
		Fe: 6.203E-02
線源 4 安定型トレンチ施設 廃棄体等露出モデル	1.093	H: 7.527E-02
		O: 7.717E-01
		Si: 1.530E-01

表 5.3.4 中間覆土済みモデル（正方形領域 1 区画）におけるスカイシャイン  $\gamma$  線計算における線源領域

評価対象	評価対象廃棄体等	廃棄体数量	線源領域物質	形状	体積 [cm <sup>3</sup> ]	放射エネルギー [Bq]
線源 1 付加機能型トレンチ施設 中間覆土済みモデル	200L ドラム缶	39×39×1 段	水+鋼材+土壌	円柱	5.6E+08	9.6E+09
線源 2 安定型トレンチ施設 中間覆土済みモデル	フレコン	21×21×1 段	水+土壌	円柱	6.3E+08	8.8E+09

表 5.3.5 廃棄体等露出モデルにおけるスカイシャイン  $\gamma$  線計算における線源領域

評価対象	評価対象廃棄体等	廃棄体数量	線源領域物質	形状	体積 [cm <sup>3</sup> ]	放射エネルギー [Bq]
線源 3 付加機能型トレンチ施設 廃棄体等露出モデル	200L ドラム缶	60 本	水+鋼材+土壌	円柱	2.2E+07	3.8E+08
線源 4 安定型トレンチ施設 廃棄体等露出モデル	フレコン	20 体	水+土壌	円柱	2.8E+07	4.0E+08

表 5.4.1 付加機能型トレンチ施設における被ばく時間

付加機能型トレンチ施設	被ばく時間 [h/y]
中間覆土済みモデル（中間覆土済み）	8,760
廃棄体等露出モデル（定置済み）	8,760
廃棄体等露出モデル（定置中）	533

表 5.4.2 安定型トレンチ施設における被ばく時間

安定型トレンチ施設	被ばく時間 [h/y]
中間覆土済みモデル（中間覆土済み）	8,760
廃棄体等露出モデル（定置済み）※	8,760
廃棄体等露出モデル（定置済み）※	8,760
廃棄体等露出モデル（定置中）	1,067

※安定型トレンチ施設は設備の長手方向の端部2箇所からの定置を想定

表 6.1.1 計算体系 1 個における単位放射能濃度 (1Bq/g) あたりのスカイシャイン線量

評価 距離 [m]	中間覆土済みモデル [μSv/h] (正方形領域 1 区画)		廃棄体等露出モデル [μSv/h]	
	付加機能型 トレンチ施設	安定型 トレンチ施設	付加機能型 トレンチ施設	安定型 トレンチ施設
20	2.07E-04	3.48E-04	7.77E-05	1.29E-04
30	1.48E-04	1.70E-04	5.97E-05	9.38E-05
40	1.23E-04	1.39E-04	4.73E-05	7.09E-05
50	9.89E-05	1.08E-04	3.86E-05	5.53E-05
60	7.62E-05	8.07E-05	3.13E-05	4.32E-05
70	6.67E-05	7.04E-05	2.62E-05	3.53E-05
80	5.71E-05	6.01E-05	2.18E-05	2.88E-05
90	4.75E-05	4.98E-05	1.85E-05	2.42E-05
100	3.79E-05	3.95E-05	1.56E-05	2.03E-05
110	3.32E-05	3.50E-05	1.35E-05	1.74E-05
120	2.96E-05	3.12E-05	1.16E-05	1.49E-05
130	2.60E-05	2.73E-05	1.00E-05	1.29E-05
140	2.24E-05	2.35E-05	8.70E-06	1.11E-05
150	1.88E-05	1.97E-05	7.62E-06	9.70E-06
160	1.67E-05	1.76E-05	6.65E-06	8.46E-06
170	1.50E-05	1.58E-05	5.86E-06	7.43E-06
180	1.33E-05	1.40E-05	5.14E-06	6.52E-06
190	1.15E-05	1.21E-05	4.55E-06	5.76E-06
200	9.82E-06	1.03E-05	4.02E-06	5.08E-06

表 6.1.2 単位放射能濃度あたりのスカイシャイン線量に放射能濃度を積算した場合

評価 距離 [m]	中間覆土済みモデル [μSv/h] (正方形領域 1 区画)		廃棄体等露出モデル [μSv/h]	
	付加機能型 トレンチ施設	安定型 トレンチ施設	付加機能型 トレンチ施設	安定型 トレンチ施設
20	3.51E-03	4.73E-03	1.34E-03	1.78E-03
30	2.51E-03	2.31E-03	1.03E-03	1.29E-03
40	2.09E-03	1.89E-03	8.16E-04	9.78E-04
50	1.68E-03	1.47E-03	6.67E-04	7.63E-04
60	1.29E-03	1.10E-03	5.41E-04	5.96E-04
70	1.13E-03	9.57E-04	4.52E-04	4.87E-04
80	9.69E-04	8.17E-04	3.75E-04	3.98E-04
90	8.06E-04	6.77E-04	3.19E-04	3.34E-04
100	6.44E-04	5.37E-04	2.70E-04	2.81E-04
110	5.64E-04	4.76E-04	2.32E-04	2.40E-04
120	5.02E-04	4.24E-04	1.99E-04	2.05E-04
130	4.41E-04	3.72E-04	1.73E-04	1.77E-04
140	3.80E-04	3.19E-04	1.50E-04	1.53E-04
150	3.18E-04	2.67E-04	1.31E-04	1.34E-04
160	2.83E-04	2.39E-04	1.15E-04	1.17E-04
170	2.54E-04	2.15E-04	1.01E-04	1.03E-04
180	2.25E-04	1.90E-04	8.88E-05	9.00E-05
190	1.96E-04	1.65E-04	7.86E-05	7.94E-05
200	1.67E-04	1.40E-04	6.93E-05	7.01E-05

表 6.2.1 P埋設地におけるトレンチ施設のスカイシャイン線量

評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [ $\mu\text{Sv/y}$ ]		評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [ $\mu\text{Sv/y}$ ]	
	P埋設地 付加機能型 トレンチ施設	P埋設地 安定型 トレンチ施設		P埋設地 付加機能型 トレンチ施設	P埋設地 安定型 トレンチ施設
20	157	184	270	4.63	3.75
30	128	122	280	4.12	3.34
40	108	98.9	290	3.62	2.94
50	89.4	78.9	300	3.15	2.56
60	74.2	63.7	310	2.86	2.32
70	64.5	54.8	320	2.59	2.10
80	54.7	46.3	330	2.31	1.88
90	46.1	38.3	340	2.04	1.66
100	38.6	31.9	350	1.78	1.45
110	34.3	28.3	360	1.62	1.32
120	30.4	25.0	370	1.47	1.19
130	26.6	21.8	380	1.31	1.07
140	22.8	18.7	390	1.16	0.951
150	19.6	16.0	400	1.02	0.834
160	17.6	14.4	410	0.929	0.760
170	15.7	12.8	420	0.843	0.689
180	13.9	11.3	430	0.757	0.620
190	12.0	9.81	440	0.672	0.551
200	10.4	8.46	450	0.591	0.485
210	9.40	7.63	460	0.538	0.443
220	8.44	6.84	470	0.489	0.402
230	7.49	6.07	480	0.441	0.362
240	6.54	5.31	490	0.392	0.323
250	5.68	4.60	500	0.345	0.285
260	5.14	4.17			

表 6.2.2 S埋設地におけるトレンチ施設のスカイシャイン線量

評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [ $\mu\text{Sv/y}$ ]		評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [ $\mu\text{Sv/y}$ ]	
	S埋設地 付加機能型 トレンチ施設	S埋設地 安定型 トレンチ施設		S埋設地 付加機能型 トレンチ施設	S埋設地 安定型 トレンチ施設
20	183	184	270	6.69	3.75
30	152	122	280	5.93	3.34
40	131	98.9	290	5.23	2.94
50	110	78.9	300	4.63	2.56
60	93.2	63.7	310	4.19	2.32
70	82.2	54.8	320	3.77	2.10
80	71.0	46.3	330	3.36	1.88
90	60.9	38.3	340	2.97	1.66
100	51.9	31.9	350	2.63	1.45
110	46.2	28.3	360	2.39	1.32
120	41.1	25.0	370	2.16	1.19
130	36.2	21.8	380	1.92	1.07
140	31.5	18.7	390	1.70	0.951
150	27.5	16.0	400	1.51	0.834
160	24.7	14.4	410	1.37	0.760
170	21.9	12.8	420	1.24	0.689
180	19.4	11.3	430	1.11	0.620
190	17.0	9.81	440	0.987	0.551
200	15.0	8.46	450	0.877	0.485
210	13.5	7.63	460	0.799	0.443
220	12.0	6.84	470	0.725	0.402
230	10.6	6.07	480	0.650	0.362
240	9.37	5.31	490	0.577	0.323
250	8.26	4.60	500	0.513	0.285
260	7.46	4.17			

表 7.2.1 縦配置①の重畳によるスカイシャイン線量

評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]	評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]	重畳線量
	S埋設地 安定型 トレンチ施設		S埋設地 付加機能型 トレンチ施設	
110	28.3	160	24.7	53.0
120	25.0	170	21.9	46.9
130	21.8	180	19.4	41.2

表 7.2.2 縦配置②の重畳によるスカイシャイン線量

評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]	評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]	重畳線量
	S埋設地 付加機能型 トレンチ施設		S埋設地 安定型 トレンチ施設	
110	46.2	160	14.4	60.6
120	41.1	170	12.8	53.9
130	36.2	180	11.3	47.5



表 7.3.1 横配置①の重畳によるスカイシャイン線量

評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]			評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]		
	S埋設地 付加機能型 トレンチ施設	S埋設地 安定型 トレンチ施設	重畳線量		S埋設地 付加機能型 トレンチ施設	S埋設地 安定型 トレンチ施設	重畳線量
20	183	8.75	192	270	6.69	1.59	8.29
30	152	8.56	161	280	5.93	1.45	7.38
40	131	8.31	139	290	5.23	1.32	6.56
50	110	8.02	118	300	4.63	1.21	5.83
60	93.2	7.68	101	310	4.19	1.10	5.29
70	82.2	7.30	89.5	320	3.77	1.00	4.78
80	71.0	6.94	77.9	330	3.36	0.918	4.28
90	60.9	6.58	67.5	340	2.97	0.834	3.80
100	51.9	6.20	58.1	350	2.63	0.757	3.38
110	46.2	5.80	52.0	360	2.39	0.688	3.08
120	41.1	5.43	46.5	370	2.16	0.628	2.78
130	36.2	5.07	41.2	380	1.92	0.572	2.50
140	31.5	4.73	36.3	390	1.70	0.521	2.22
150	27.5	4.41	32.0	400	1.51	0.472	1.98
160	24.7	4.08	28.7	410	1.37	0.428	1.80
170	21.9	3.76	25.7	420	1.24	0.389	1.63
180	19.4	3.47	22.9	430	1.11	0.355	1.47
190	17.0	3.18	20.2	440	0.987	0.323	1.31
200	15.0	2.94	17.9	450	0.877	0.293	1.17
210	13.5	2.70	16.2	460	0.799	0.266	1.06
220	12.0	2.48	14.5	470	0.725	0.241	0.965
230	10.6	2.27	12.9	480	0.650	0.219	0.869
240	9.37	2.08	11.5	490	0.577	0.200	0.777
250	8.26	1.90	10.2	500	0.513	0.182	0.695
260	7.46	1.74	9.20				

表 7.3.2 横配置②の重畳によるスカイシャイン線量

評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]			評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]		
	S埋設地 付加機能型 トレンチ施設	S埋設地 安定型 トレンチ施設	重畳線量		S埋設地 付加機能型 トレンチ施設	S埋設地 安定型 トレンチ施設	重畳線量
20	170	22.4	192	270	6.26	2.40	8.66
30	140	21.2	161	280	5.59	2.16	7.75
40	119	19.9	139	290	4.95	1.95	6.90
50	100	18.8	119	300	4.36	1.77	6.13
60	84.7	17.7	102	310	3.94	1.60	5.54
70	74.5	16.4	91.0	320	3.56	1.44	4.99
80	64.6	15.2	79.8	330	3.18	1.29	4.48
90	55.1	14.0	69.1	340	2.83	1.17	3.99
100	46.9	12.8	59.7	350	2.50	1.06	3.56
110	41.9	11.7	53.6	360	2.26	0.956	3.22
120	37.4	10.6	48.1	370	2.04	0.863	2.90
130	33.0	9.75	42.8	380	1.83	0.776	2.61
140	28.9	8.88	37.7	390	1.63	0.700	2.33
150	25.1	8.08	33.2	400	1.45	0.635	2.08
160	22.6	7.29	29.9	410	1.31	0.575	1.89
170	20.2	6.61	26.8	420	1.19	0.518	1.70
180	17.9	5.98	23.9	430	1.06	0.467	1.53
190	15.8	5.43	21.2	440	0.949	0.421	1.37
200	13.8	4.92	18.7	450	0.844	0.382	1.23
210	12.4	4.44	16.9	460	0.767	0.345	1.11
220	11.2	4.00	15.2	470	0.694	0.312	1.01
230	9.94	3.60	13.5	480	0.624	0.281	0.904
240	8.77	3.27	12.0	490	0.557	0.254	0.811
250	7.71	2.96	10.7	500	0.496	0.230	0.726
260	6.96	2.67	9.63				

表 7.3.3 横配置③の重畳によるスカイシャイン線量

評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]			評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]		
	S埋設地 付加機能型 トレンチ施設	S埋設地 安定型 トレンチ施設	重畳線量		S埋設地 付加機能型 トレンチ施設	S埋設地 安定型 トレンチ施設	重畳線量
20	109	71.7	181	270	5.19	3.21	8.40
30	91.2	61.8	153	280	4.65	2.87	7.52
40	79.0	53.5	133	290	4.15	2.55	6.69
50	68.1	45.2	113	300	3.70	2.28	5.98
60	58.6	39.7	98.2	310	3.35	2.05	5.40
70	51.9	34.5	86.5	320	3.02	1.84	4.86
80	45.7	30.3	76.0	330	2.70	1.65	4.35
90	39.7	26.2	65.9	340	2.42	1.47	3.89
100	34.6	23.1	57.8	350	2.16	1.31	3.47
110	31.1	20.6	51.7	360	1.96	1.19	3.15
120	27.9	18.4	46.3	370	1.77	1.07	2.84
130	24.9	16.1	41.0	380	1.58	0.957	2.54
140	22.0	14.3	36.3	390	1.42	0.855	2.27
150	19.4	12.6	32.1	400	1.27	0.767	2.04
160	17.5	11.4	28.9	410	1.15	0.696	1.85
170	15.8	10.1	25.9	420	1.04	0.627	1.67
180	14.1	8.99	23.1	430	0.935	0.561	1.50
190	12.5	7.94	20.4	440	0.837	0.502	1.34
200	11.1	7.04	18.1	450	0.750	0.451	1.20
210	10.0	6.34	16.4	460	0.681	0.410	1.09
220	9.01	5.67	14.7	470	0.617	0.370	0.987
230	8.06	5.04	13.1	480	0.555	0.332	0.887
240	7.17	4.48	11.6	490	0.497	0.297	0.794
250	6.38	3.98	10.4	500	0.446	0.267	0.713
260	5.77	3.58	9.35				

表 8.2.1 P埋設地における最上段の中間覆土厚さ変更後のスカイシャイン線量

評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]		評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]	
	P埋設地 付加機能型 トレンチ施設	P埋設地 安定型 トレンチ施設		P埋設地 付加機能型 トレンチ施設	P埋設地 安定型 トレンチ施設
20	113	184	270	3.25	3.75
30	91.7	122	280	2.90	3.34
40	77.3	98.9	290	2.54	2.94
50	63.8	78.9	300	2.22	2.56
60	53.0	63.7	310	2.01	2.32
70	45.9	54.8	320	1.81	2.10
80	38.9	46.3	330	1.62	1.88
90	32.8	38.3	340	1.43	1.66
100	27.4	31.9	350	1.25	1.45
110	24.4	28.3	360	1.13	1.32
120	21.6	25.0	370	1.03	1.19
130	18.8	21.8	380	0.920	1.07
140	16.1	18.7	390	0.815	0.951
150	13.9	16.0	400	0.714	0.834
160	12.5	14.4	410	0.649	0.760
170	11.1	12.8	420	0.589	0.689
180	9.80	11.3	430	0.529	0.620
190	8.50	9.81	440	0.470	0.551
200	7.36	8.46	450	0.413	0.485
210	6.63	7.63	460	0.376	0.443
220	5.95	6.84	470	0.341	0.402
230	5.27	6.07	480	0.307	0.362
240	4.60	5.31	490	0.273	0.323
250	4.00	4.60	500	0.240	0.285
260	3.61	4.17			

表 8.2.2 S埋設地における最上段の中間覆土厚さ変更後のスカイシャイン線量

評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]		評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]	
	S埋設地 付加機能型 トレンチ施設	S埋設地 安定型 トレンチ施設		S埋設地 付加機能型 トレンチ施設	S埋設地 安定型 トレンチ施設
20	131	184	270	4.66	3.75
30	109	122	280	4.13	3.34
40	93.1	98.9	290	3.64	2.94
50	78.2	78.9	300	3.22	2.56
60	66.0	63.7	310	2.91	2.32
70	58.1	54.8	320	2.62	2.10
80	50.1	46.3	330	2.33	1.88
90	43.0	38.3	340	2.06	1.66
100	36.6	31.9	350	1.82	1.45
110	32.6	28.3	360	1.65	1.32
120	28.9	25.0	370	1.49	1.19
130	25.4	21.8	380	1.33	1.07
140	22.2	18.7	390	1.18	0.951
150	19.3	16.0	400	1.04	0.834
160	17.3	14.4	410	0.950	0.760
170	15.4	12.8	420	0.860	0.689
180	13.6	11.3	430	0.770	0.620
190	11.9	9.81	440	0.681	0.551
200	10.5	8.46	450	0.605	0.485
210	9.41	7.63	460	0.551	0.443
220	8.40	6.84	470	0.499	0.402
230	7.43	6.07	480	0.448	0.362
240	6.54	5.31	490	0.397	0.323
250	5.76	4.60	500	0.353	0.285
260	5.20	4.17			

表 8.3.1 最上段の中間覆土厚さ変更後の横配置①の重畳線量

評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]			評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]		
	S埋設地 付加機能型 トレンチ施設	S埋設地 安定型 トレンチ施設	重畳線量		S埋設地 付加機能型 トレンチ施設	S埋設地 安定型 トレンチ施設	重畳線量
20	131	8.75	139	270	4.66	1.59	6.26
30	109	8.56	117	280	4.13	1.45	5.58
40	93.1	8.31	101	290	3.64	1.32	4.97
50	78.2	8.02	86.3	300	3.22	1.21	4.42
60	66.0	7.68	73.7	310	2.91	1.10	4.01
70	58.1	7.30	65.4	320	2.62	1.00	3.63
80	50.1	6.94	57.1	330	2.33	0.918	3.25
90	43.0	6.58	49.6	340	2.06	0.834	2.89
100	36.6	6.20	42.8	350	1.82	0.757	2.58
110	32.6	5.80	38.4	360	1.65	0.688	2.34
120	28.9	5.43	34.3	370	1.49	0.628	2.12
130	25.4	5.07	30.5	380	1.33	0.572	1.90
140	22.2	4.73	26.9	390	1.18	0.521	1.70
150	19.3	4.41	23.7	400	1.04	0.472	1.52
160	17.3	4.08	21.4	410	0.950	0.428	1.38
170	15.4	3.76	19.1	420	0.860	0.389	1.25
180	13.6	3.47	17.1	430	0.770	0.355	1.12
190	11.9	3.18	15.1	440	0.681	0.323	1.00
200	10.5	2.94	13.4	450	0.605	0.293	0.899
210	9.41	2.70	12.1	460	0.551	0.266	0.817
220	8.40	2.48	10.9	470	0.499	0.241	0.740
230	7.43	2.27	9.71	480	0.448	0.219	0.667
240	6.54	2.08	8.62	490	0.397	0.200	0.597
250	5.76	1.90	7.66	500	0.353	0.182	0.535
260	5.20	1.74	6.94				

表 8.3.2 最上段の中間覆土厚さ変更後の横配置②の重畳線量

評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]			評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]		
	S埋設地 付加機能型 トレンチ施設	S埋設地 安定型 トレンチ施設	重畳線量		S埋設地 付加機能型 トレンチ施設	S埋設地 安定型 トレンチ施設	重畳線量
20	122	22.4	144	270	4.37	2.40	6.77
30	99.7	21.2	121	280	3.90	2.16	6.05
40	85.1	19.9	105	290	3.45	1.95	5.40
50	71.4	18.8	90.2	300	3.04	1.77	4.81
60	60.1	17.7	77.8	310	2.74	1.60	4.34
70	52.8	16.4	69.3	320	2.47	1.44	3.91
80	45.7	15.2	61.0	330	2.21	1.29	3.50
90	39.0	14.0	52.9	340	1.96	1.17	3.13
100	33.1	12.8	45.9	350	1.74	1.06	2.79
110	29.6	11.7	41.3	360	1.57	0.956	2.53
120	26.4	10.6	37.0	370	1.42	0.863	2.28
130	23.2	9.75	33.0	380	1.27	0.776	2.04
140	20.3	8.88	29.2	390	1.13	0.700	1.83
150	17.7	8.08	25.7	400	1.00	0.635	1.64
160	15.9	7.29	23.1	410	0.908	0.575	1.48
170	14.2	6.61	20.8	420	0.820	0.518	1.34
180	12.6	5.98	18.6	430	0.736	0.467	1.20
190	11.1	5.43	16.5	440	0.656	0.421	1.08
200	9.67	4.92	14.6	450	0.583	0.382	0.965
210	8.71	4.44	13.1	460	0.529	0.345	0.875
220	7.81	4.00	11.8	470	0.478	0.312	0.790
230	6.95	3.60	10.5	480	0.430	0.281	0.711
240	6.12	3.27	9.40	490	0.384	0.254	0.637
250	5.38	2.96	8.34	500	0.342	0.230	0.571
260	4.85	2.67	7.52				

表 8.3.3 最上段の中間覆土厚さ変更後の横配置③の重畳線量

評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]			評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]		
	S埋設地 付加機能型 トレンチ施設	S埋設地 安定型 トレンチ施設	重畳線量		S埋設地 付加機能型 トレンチ施設	S埋設地 安定型 トレンチ施設	重畳線量
20	79.5	71.7	151	270	3.63	3.21	6.84
30	66.1	61.8	128	280	3.25	2.87	6.12
40	57.0	53.5	111	290	2.90	2.55	5.45
50	49.0	45.2	94.2	300	2.58	2.28	4.86
60	42.0	39.7	81.7	310	2.33	2.05	4.39
70	37.2	34.5	71.7	320	2.10	1.84	3.95
80	32.6	30.3	62.9	330	1.88	1.65	3.53
90	28.3	26.2	54.5	340	1.68	1.47	3.15
100	24.6	23.1	47.8	350	1.50	1.31	2.82
110	22.1	20.6	42.7	360	1.36	1.19	2.55
120	19.8	18.4	38.2	370	1.23	1.07	2.30
130	17.6	16.1	33.7	380	1.10	0.957	2.06
140	15.6	14.3	29.8	390	0.984	0.855	1.84
150	13.7	12.6	26.4	400	0.881	0.767	1.65
160	12.4	11.4	23.7	410	0.799	0.696	1.49
170	11.1	10.1	21.2	420	0.722	0.627	1.35
180	9.91	8.99	18.9	430	0.648	0.561	1.21
190	8.80	7.94	16.7	440	0.580	0.502	1.08
200	7.80	7.04	14.8	450	0.519	0.451	0.970
210	7.04	6.34	13.4	460	0.471	0.410	0.881
220	6.33	5.67	12.0	470	0.426	0.370	0.796
230	5.65	5.04	10.7	480	0.384	0.332	0.715
240	5.03	4.48	9.50	490	0.343	0.297	0.640
250	4.47	3.98	8.45	500	0.308	0.267	0.574
260	4.04	3.58	7.62				



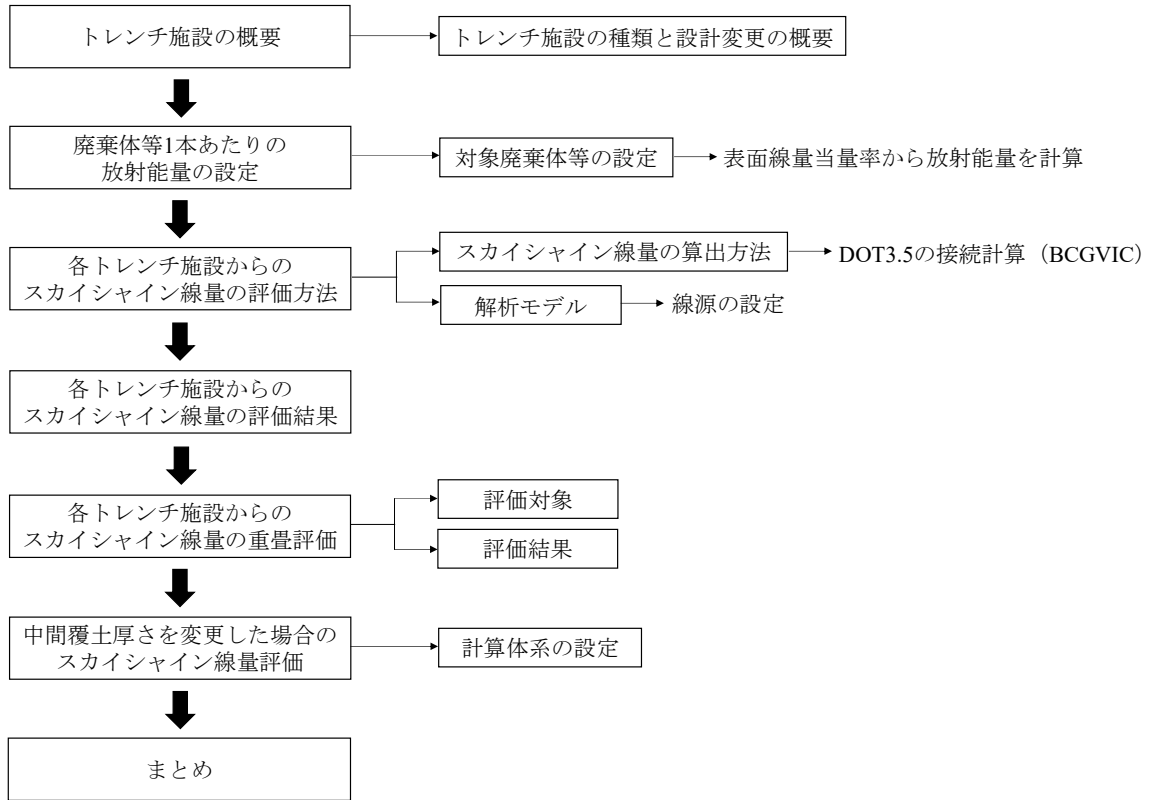


図 2.1.1 本報告書の評価フロー

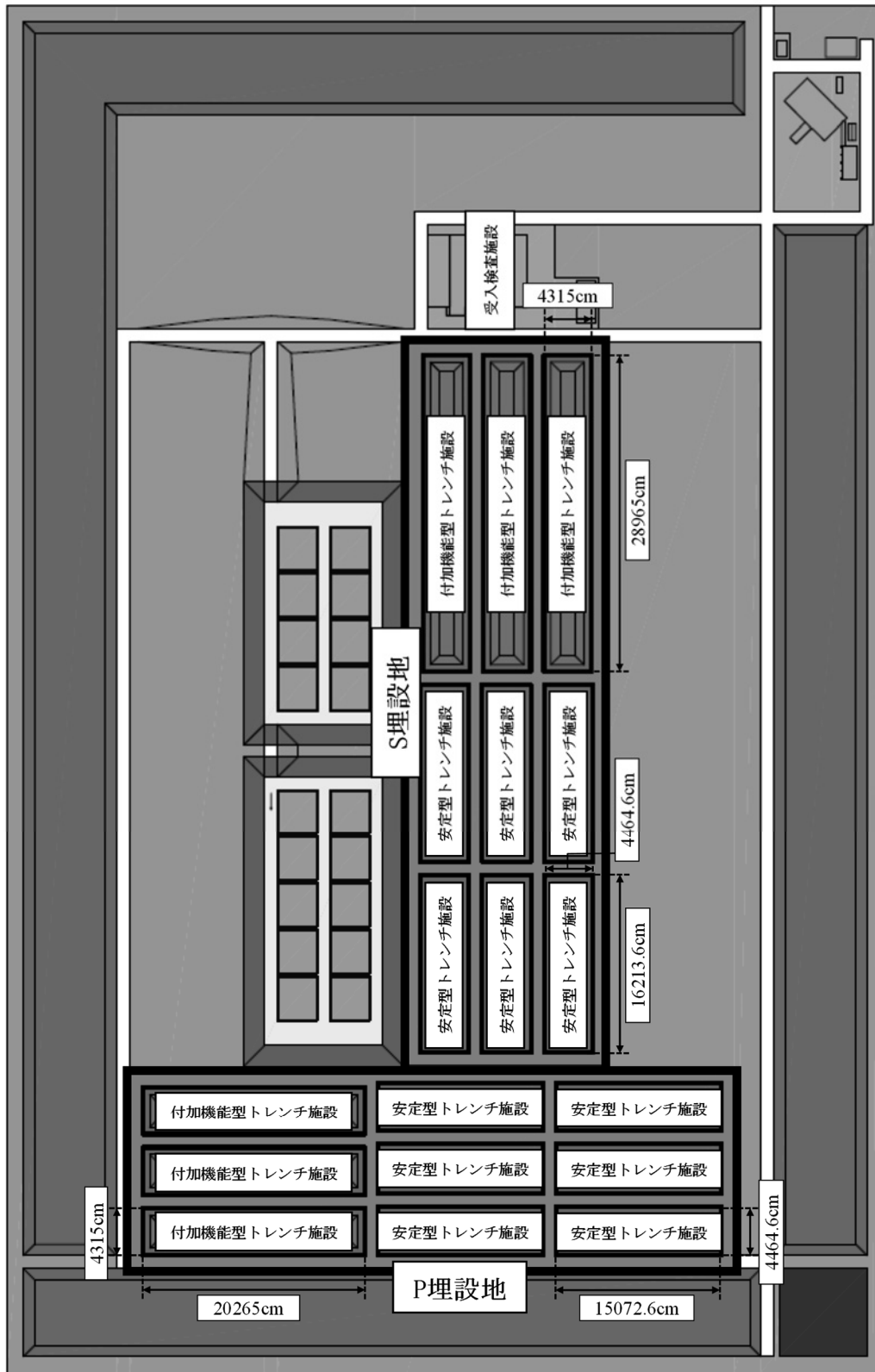
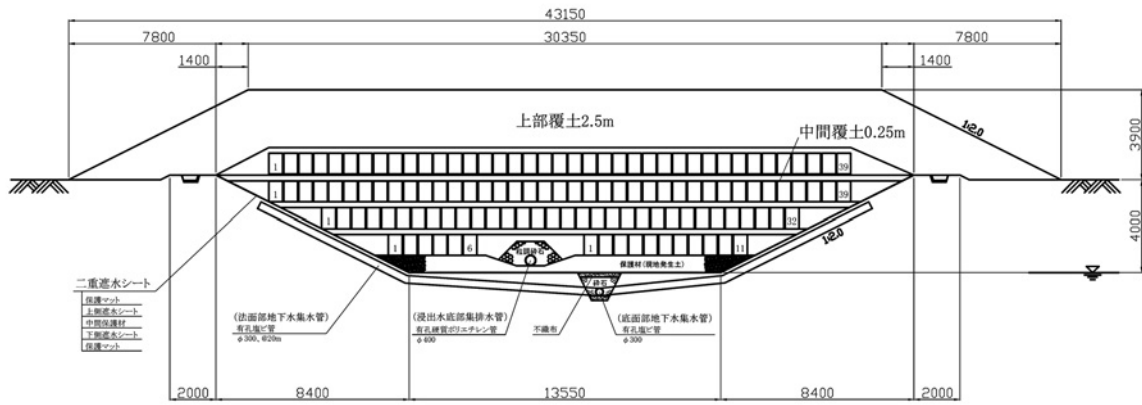
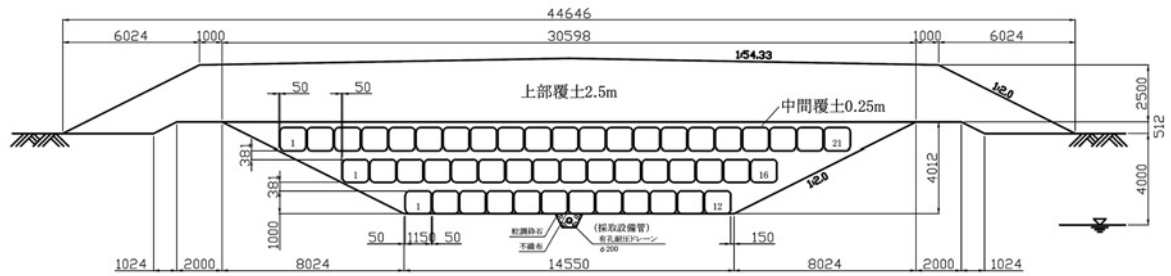


図 3.1.1 事業所におけるトレンチ施設の配置



寸法単位：mm

図 3.1.2 付加機能型トレンチ施設の断面図 (P 埋設地、S 埋設地)



寸法単位：mm

図 3.1.3 安定型トレンチ施設の断面図 (P 埋設地、S 埋設地)

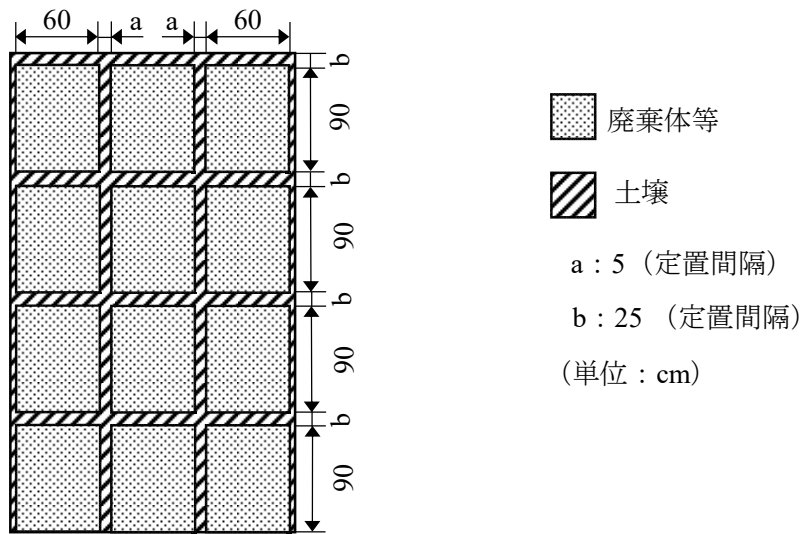


図 3.1.4 付加機能型トレンチ施設の廃棄体等の定置間隔

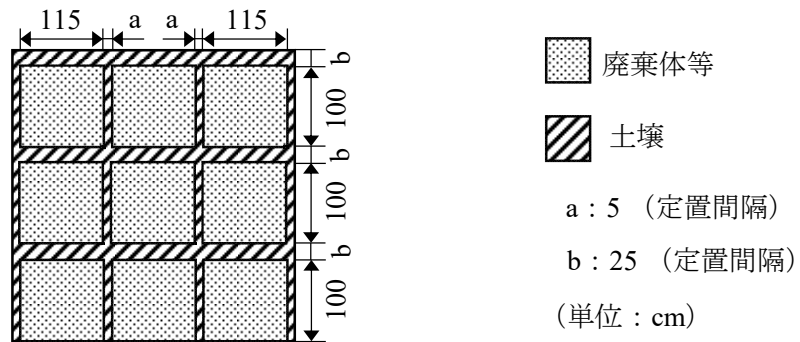


図 3.1.5 安定型トレンチ施設の廃棄体等の定置間隔

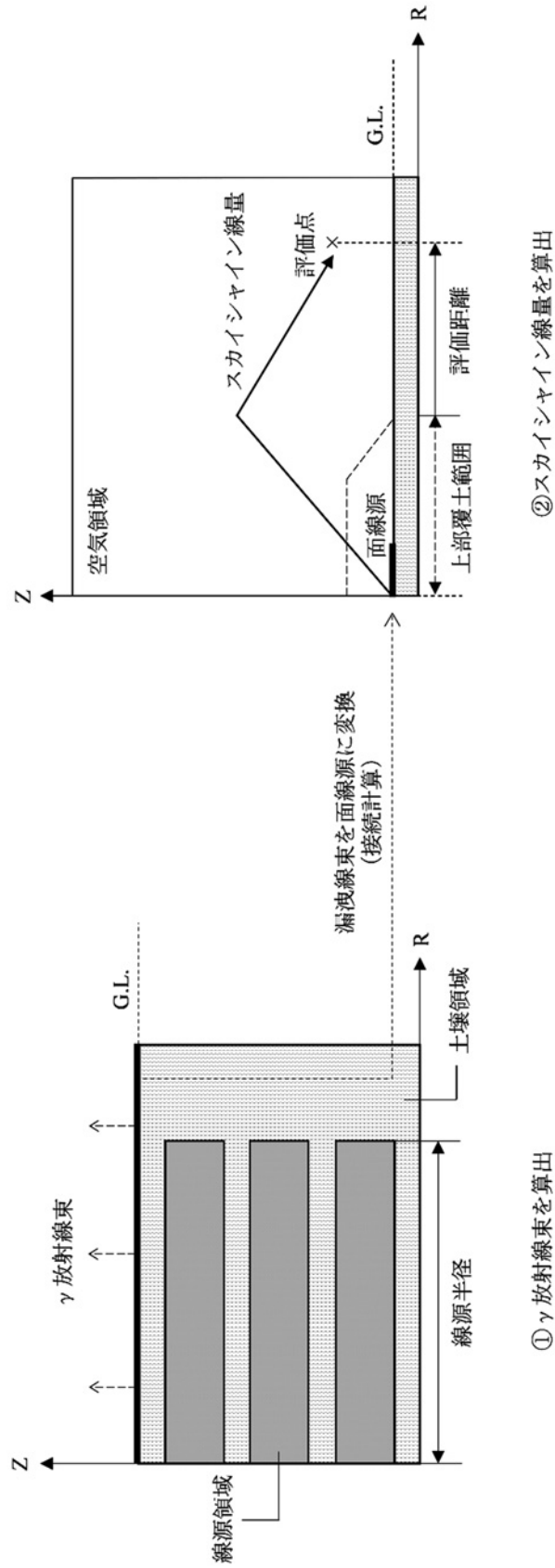


図 5.1.1 スカイシャイン線量の算出方法のイメージ

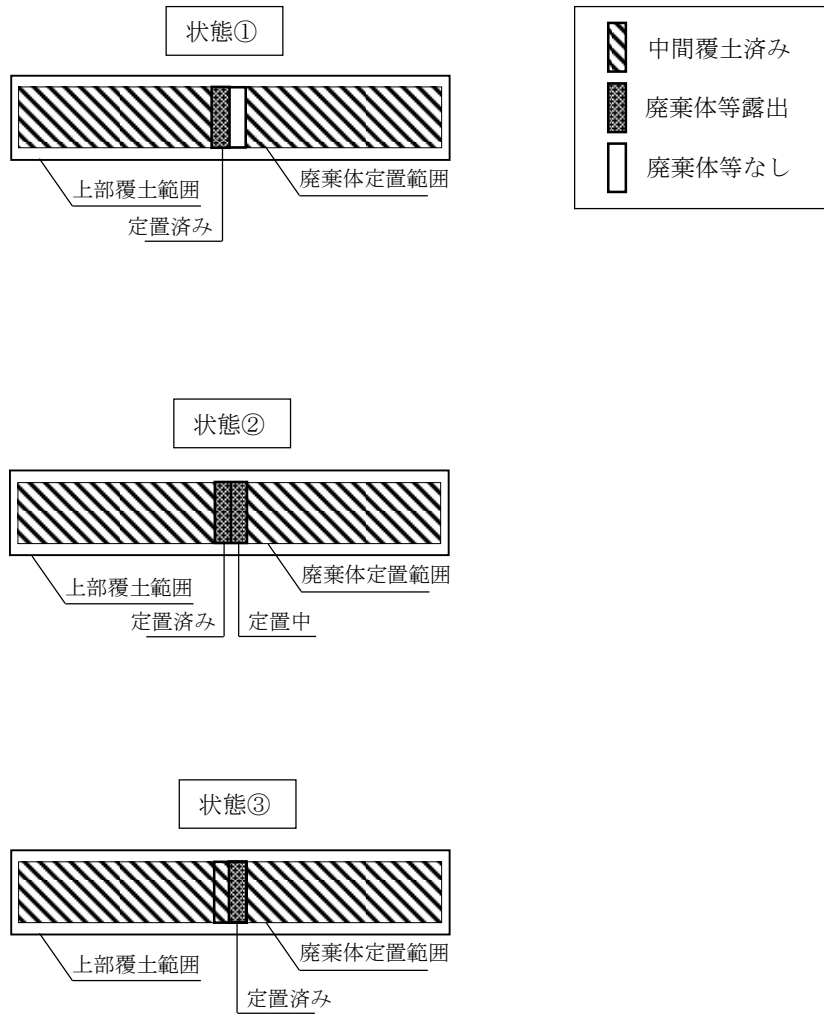


図 5.2.1 定置最終日の作業工程のイメージ

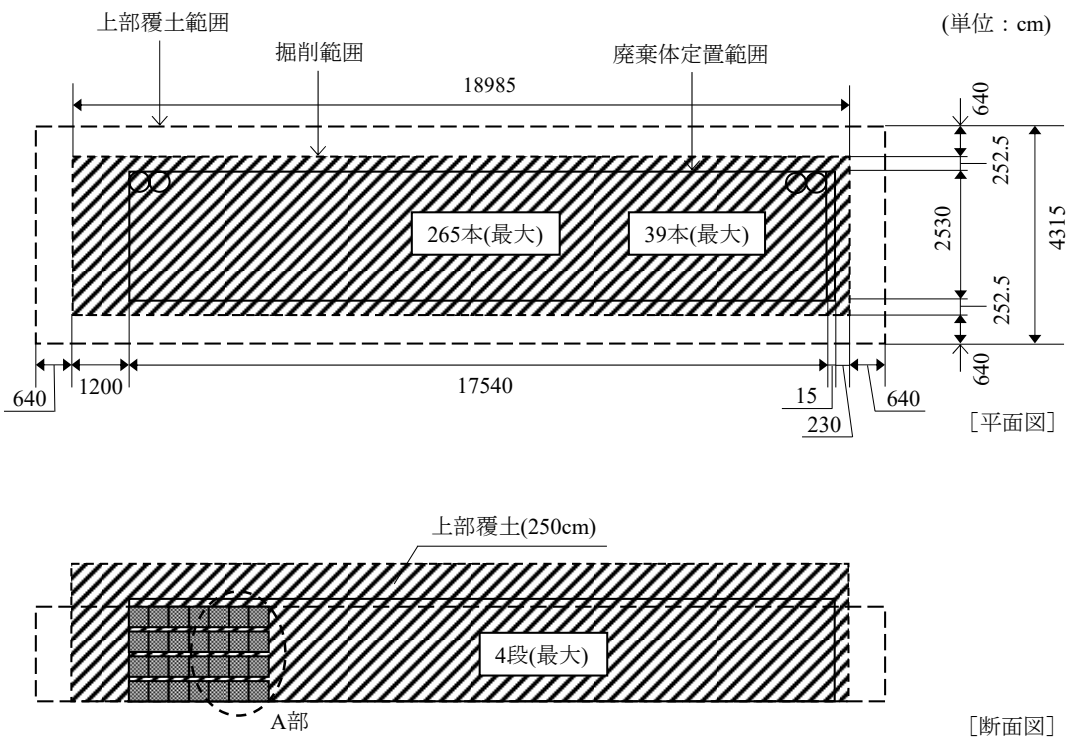


図 5.3.1 P埋設地における付加機能型トレンチ施設の模式構造図

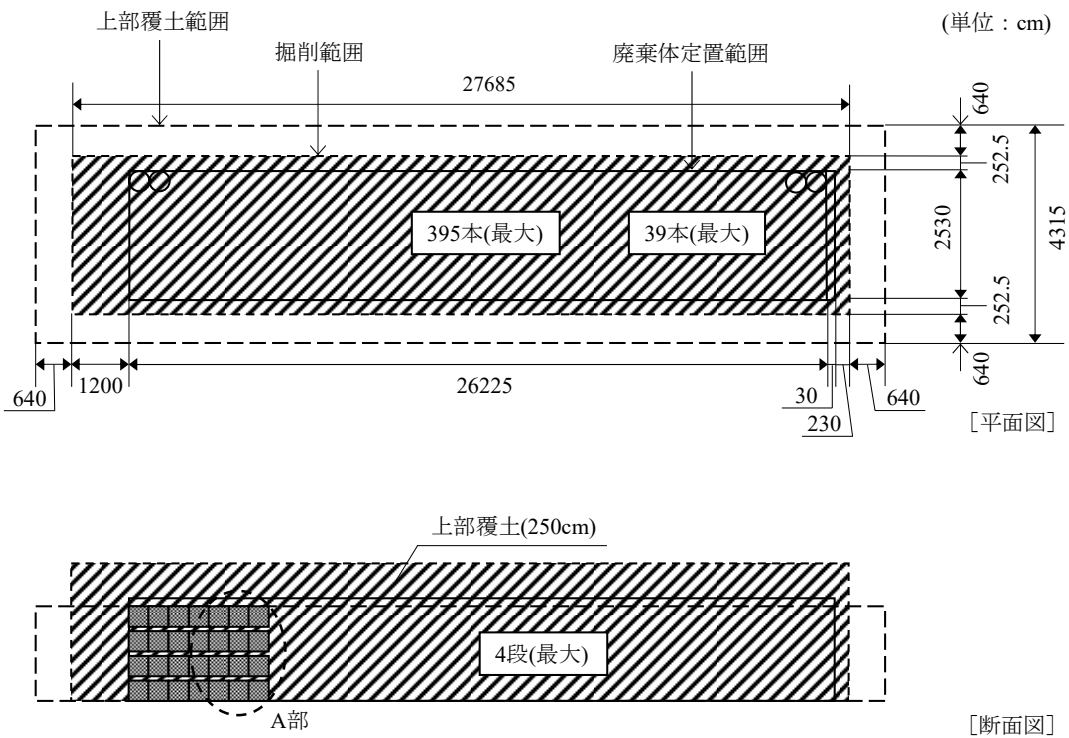


図 5.3.2 S埋設地における付加機能型トレンチ施設の模式構造図

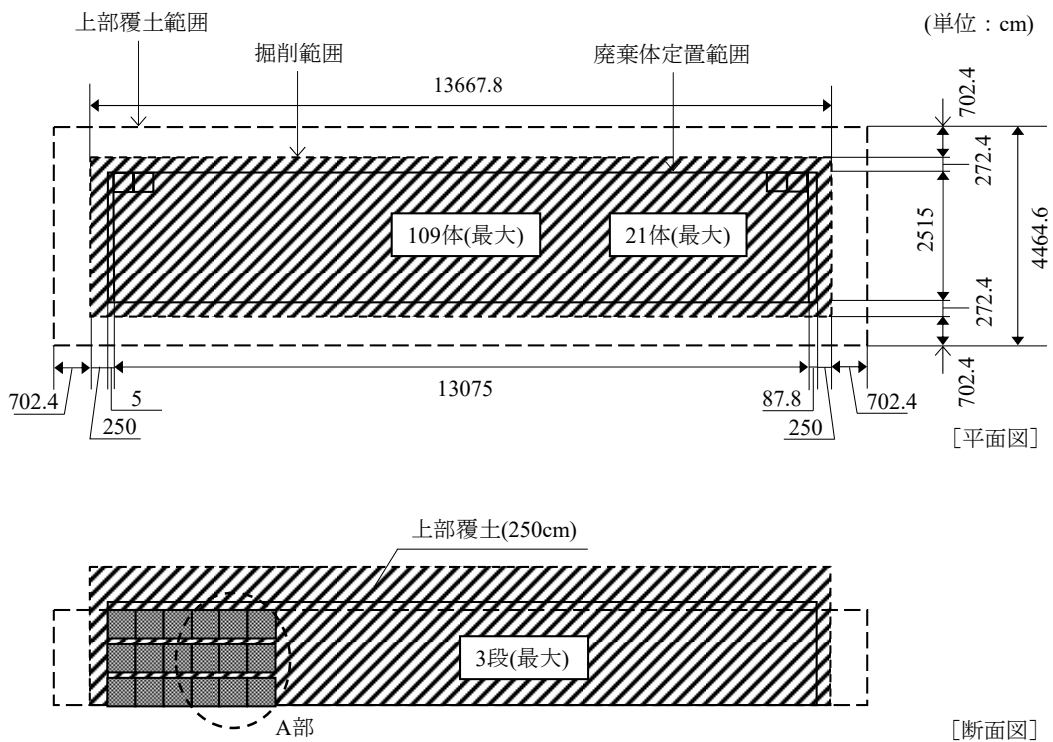


図 5.3.3 P埋設地における安定型トレンチ施設の模式構造図

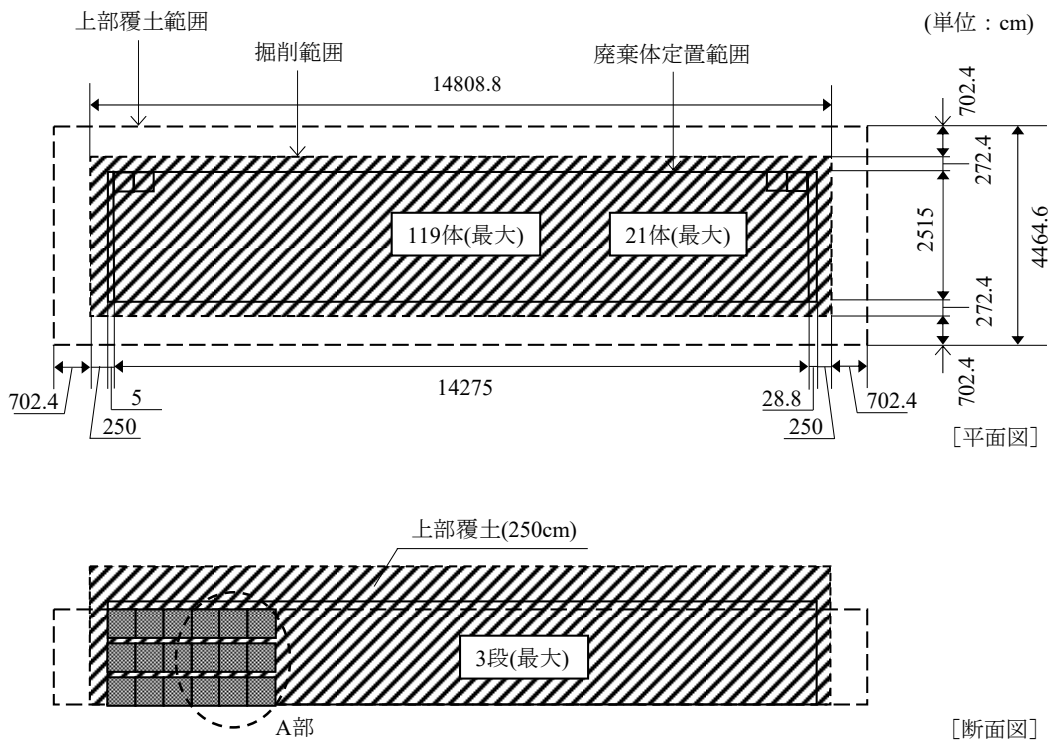


図 5.3.4 S埋設地における安定型トレンチ施設の模式構造図



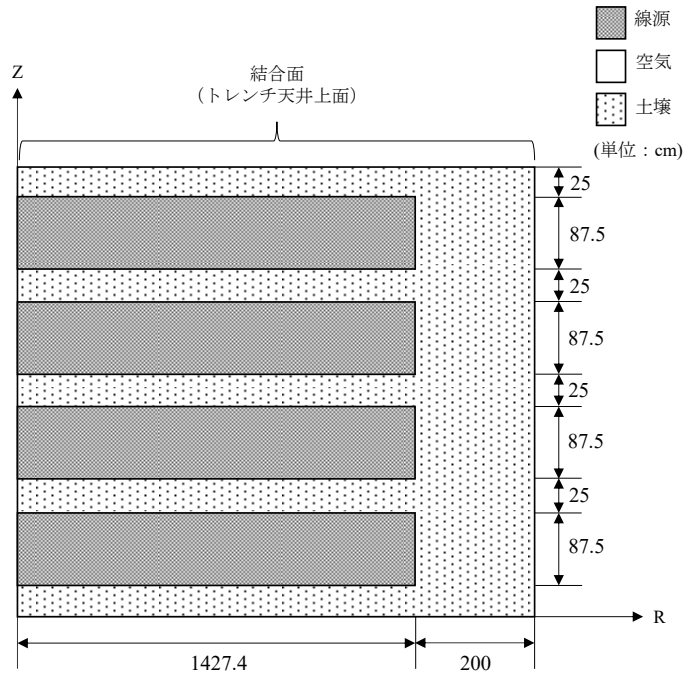


図 5.3.5 付加機能型トレンチ施設の中間覆土済みモデルの計算体系  
(正方形領域 1 区画)

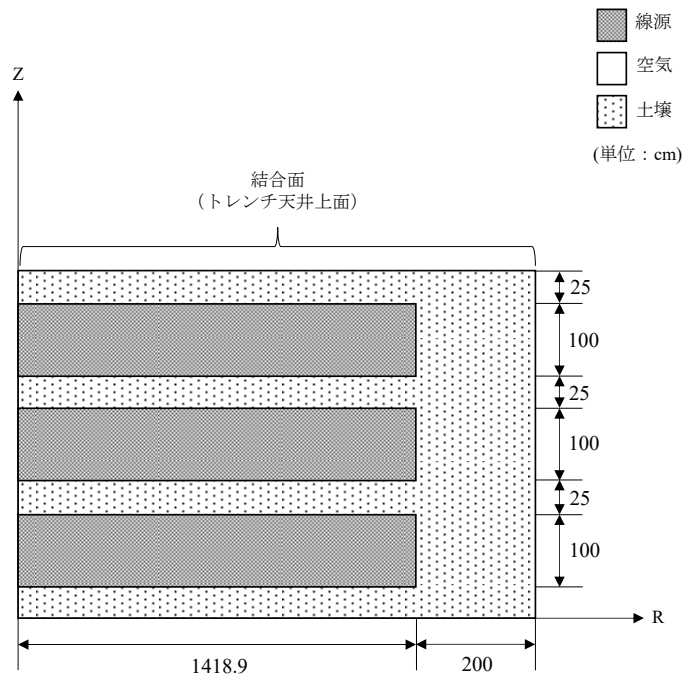


図 5.3.6 安定型トレンチ施設の中間覆土済みモデルの計算体系  
(正方形領域 1 区画)

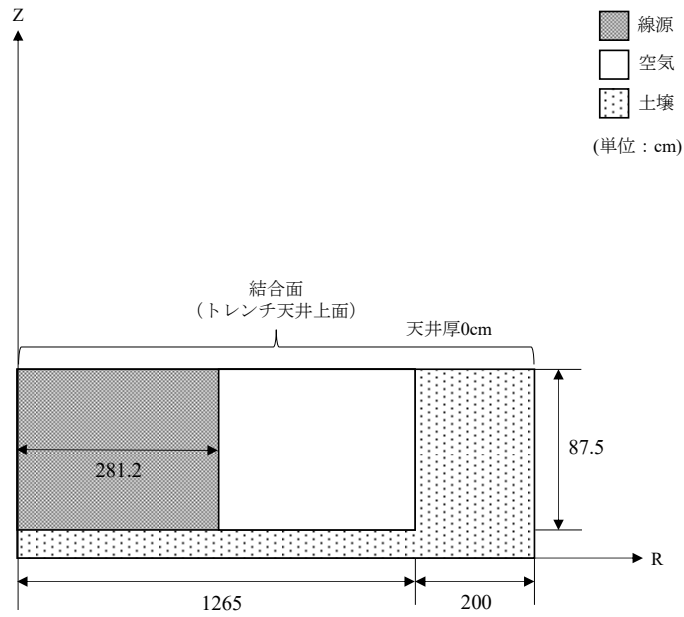


図 5.3.7 付加機能型トレンチ施設の廃棄体等露出モデルの計算体系

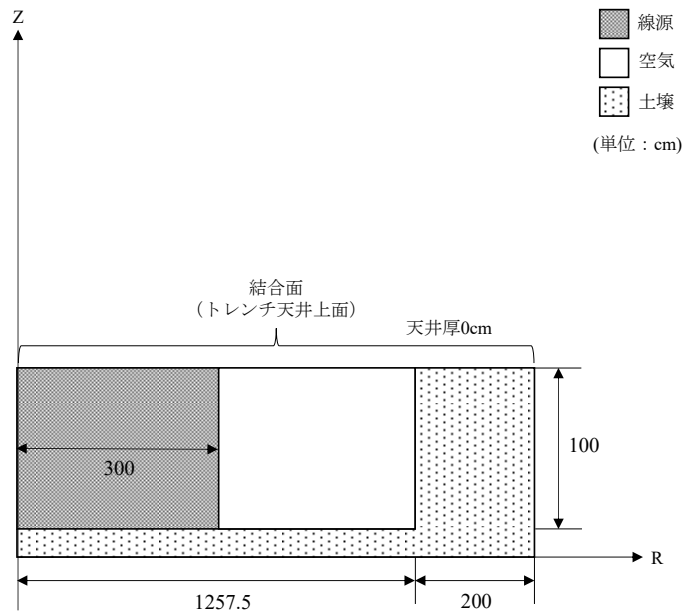


図 5.3.8 安定型トレンチ施設の廃棄体等露出モデルの計算体系

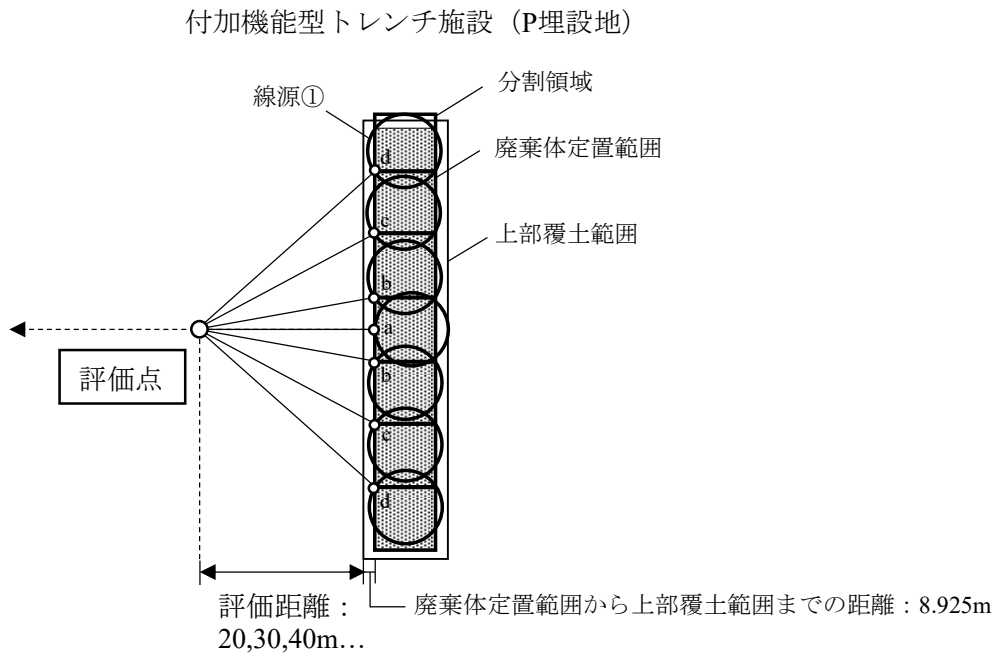


図 5.4.1 付加機能型トレンチ施設 (中間覆土済みモデル) における線源の配置

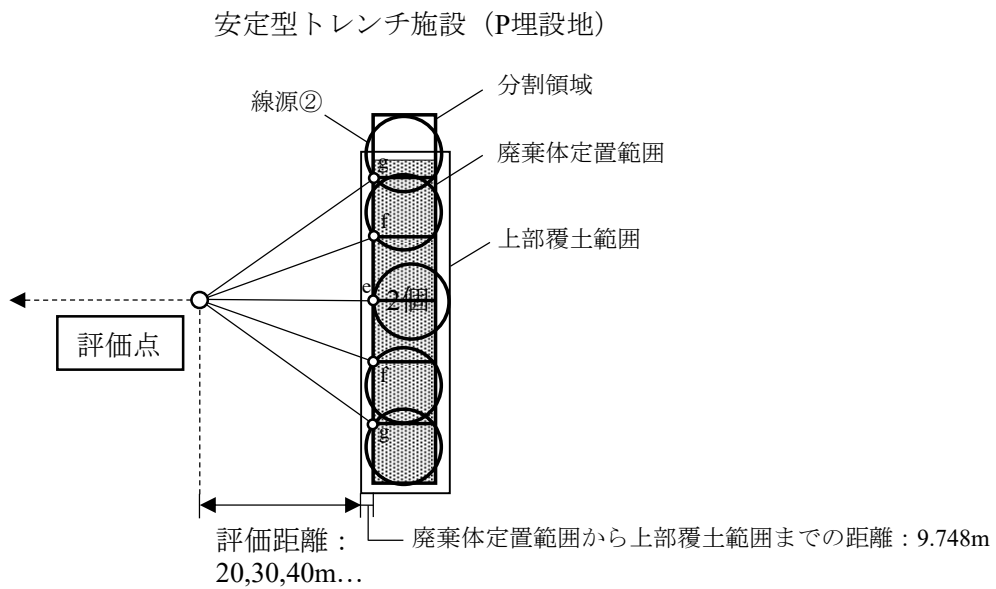


図 5.4.2 安定型トレンチ施設 (中間覆土済みモデル) における線源の配置

付加機能型トレンチ施設 (P埋設地)

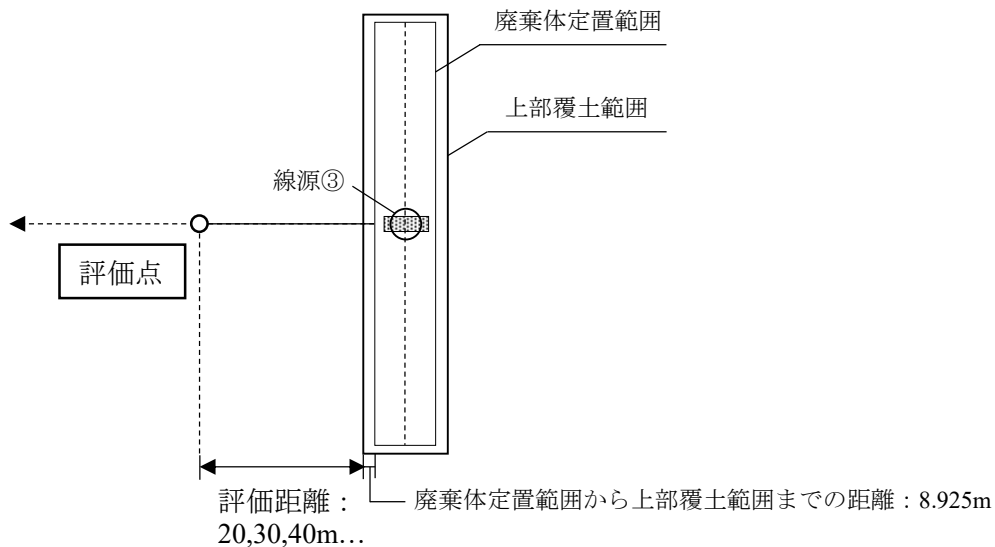


図 5.4.3 付加機能型トレンチ施設 (廃棄体等露出モデル) における線源の配置

安定型トレンチ施設 (P埋設地)

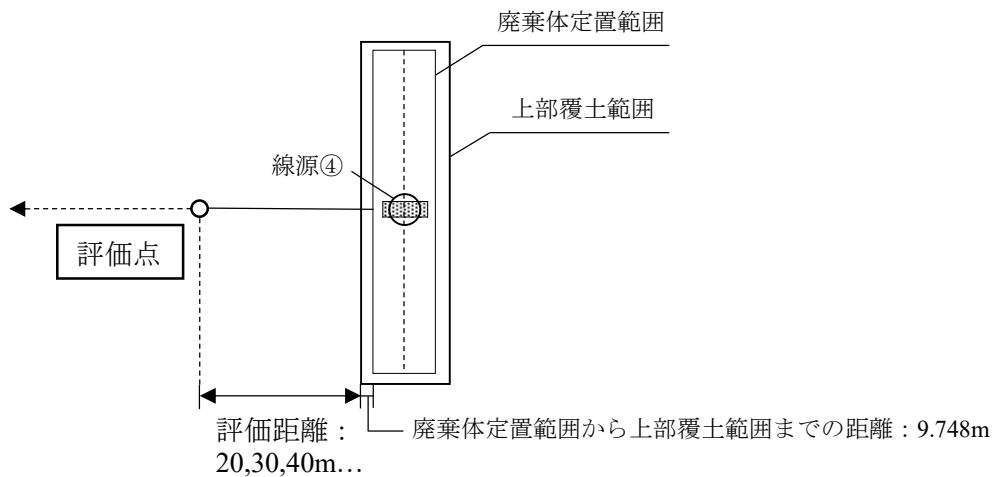


図 5.4.4 安定型トレンチ施設 (廃棄体等露出モデル) における線源の配置

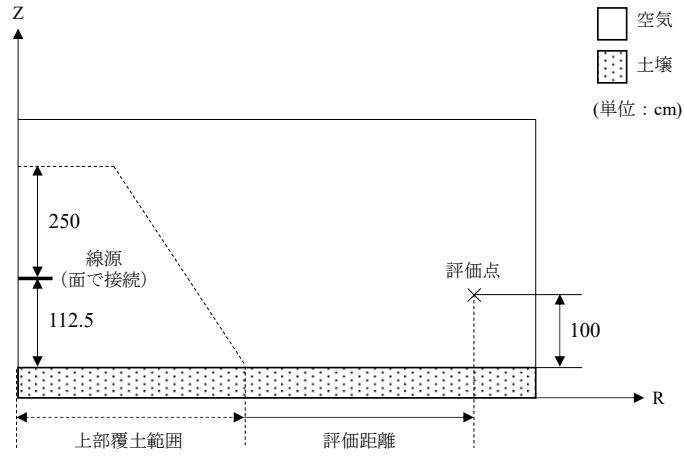


図 5.4.5 付加機能型トレンチ施設の中間覆土済みモデルの線量評価を行う計算体系  
(正方形領域 1 区画)

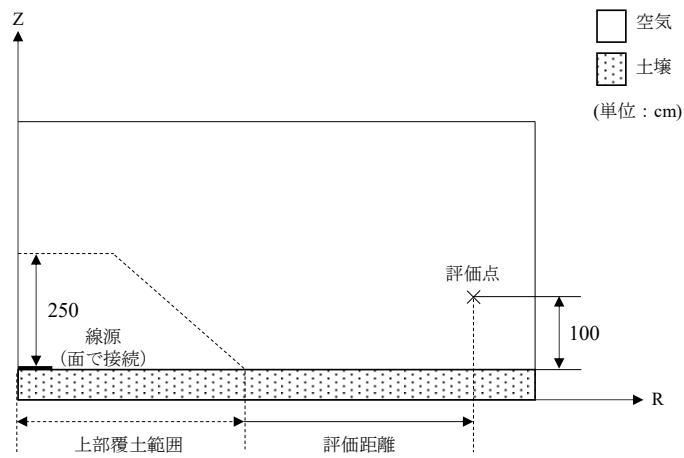


図 5.4.6 安定型トレンチ施設の中間覆土済みモデルの線量評価を行う計算体系  
(正方形領域 1 区画)

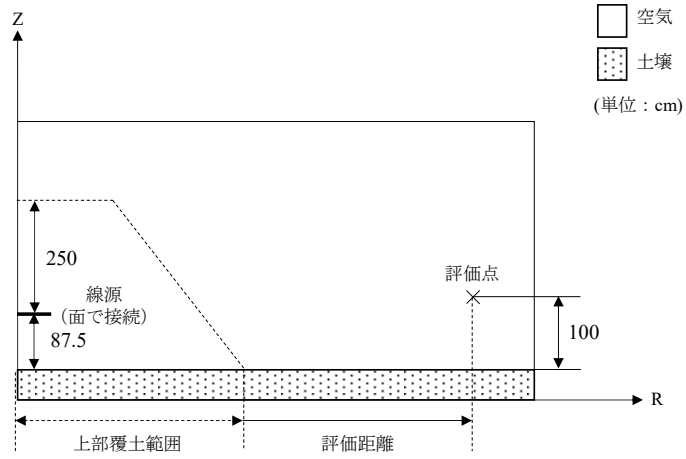


図 5.4.7 付加機能型トレンチ施設の廃棄体等露出モデルの線量評価を行う計算体系

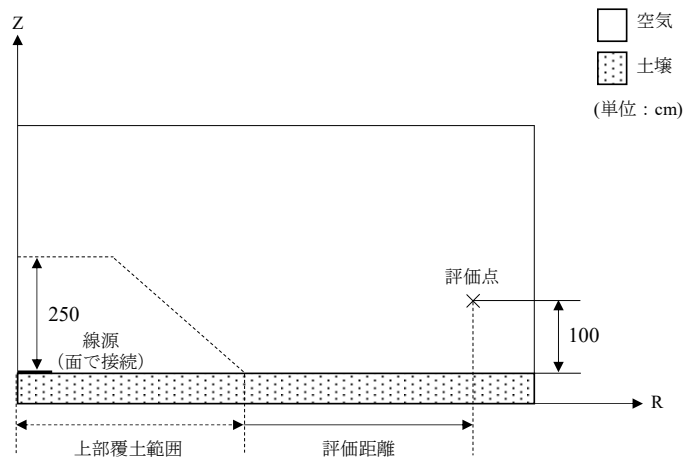

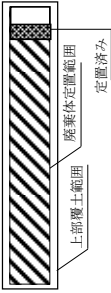
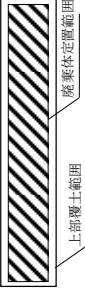
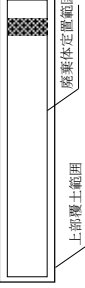
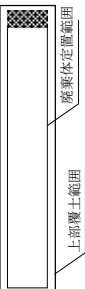
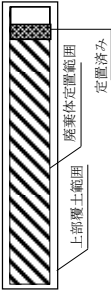
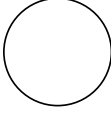
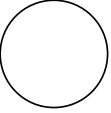
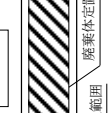

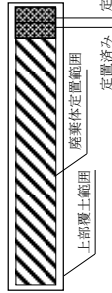
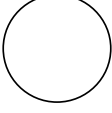
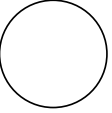
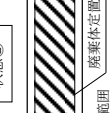

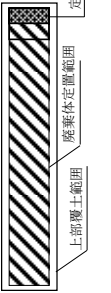
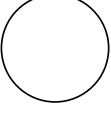
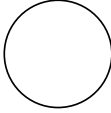
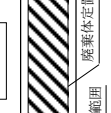



図 5.4.8 安定型トレンチ施設の廃棄体等露出モデルの線量評価を行う計算体系

 <p>中間覆土済み 廃棄体等露出 廃棄体等なし</p>	 <p>状態①</p>	 <p>中間覆土済みモデル</p>	 <p>露出モデル (定置済み)</p>	 <p>露出モデル (定置中)</p>
				
				
				

○：状態①～③のスカイライン線量評価に使用したモデル

図 5.4.9 付加機能型トレンチ施設における状態①～③のモデルのイメージ

<p>中間覆土済み 廃棄体等露出 廃棄体等なし</p>	<p>中間覆土済みモデル</p> <p>上部覆土範囲 廃棄体定置範囲</p>	<p>廃棄体等露出モデル (定置済み) *</p> <p>上部覆土範囲 廃棄体定置範囲</p> <p>※前々日までの露出された廃棄体等も含む</p>	<p>廃棄体等露出モデル (定置中)</p> <p>上部覆土範囲 廃棄体定置範囲</p>
<p>状態①</p> <p>上部覆土範囲 定置済み 廃棄体定置範囲 定置済み</p>			
<p>状態②</p> <p>上部覆土範囲 定置済み 廃棄体定置範囲 定置済み</p> <p>定置中</p>			
<p>状態③</p> <p>上部覆土範囲 定置済み 廃棄体定置範囲 定置済み</p> <p>定置中</p> <p>※定置済みは定置最終日に中間覆土せず露出したままとする</p>			

○：状態①～③のスカイライン線量評価に使用したモデル

図 5.4.10 安定型トレンチ施設における状態①～③のモデルのイメージ



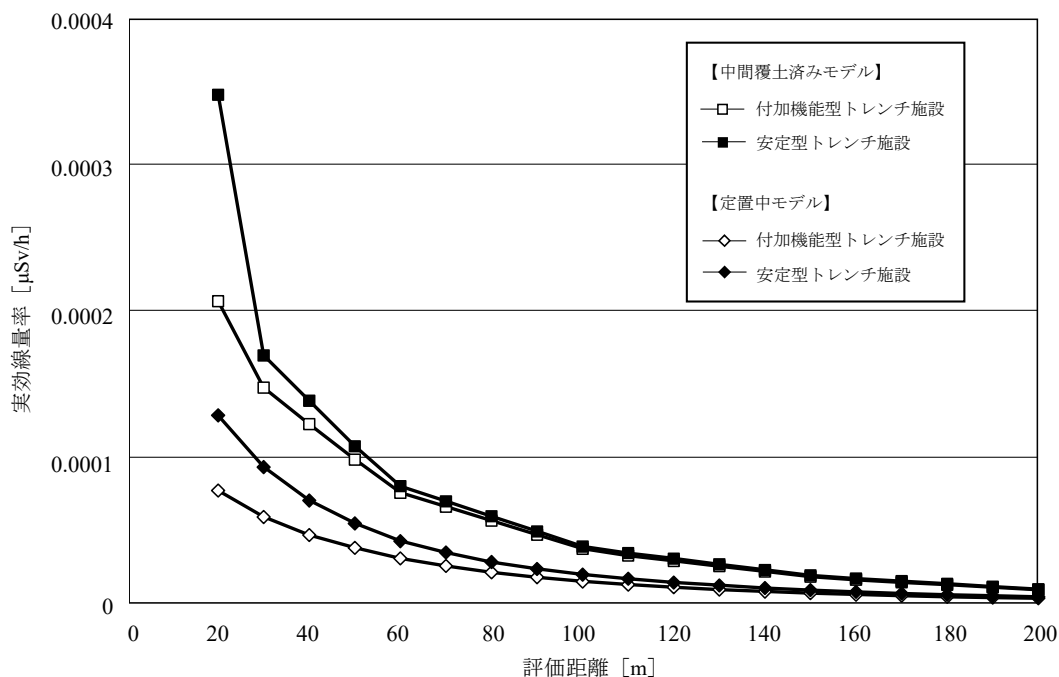


図 6.1.1 計算体系 1 個における単位放射能濃度 (1Bq/g) あたりのスカイシャイン線量

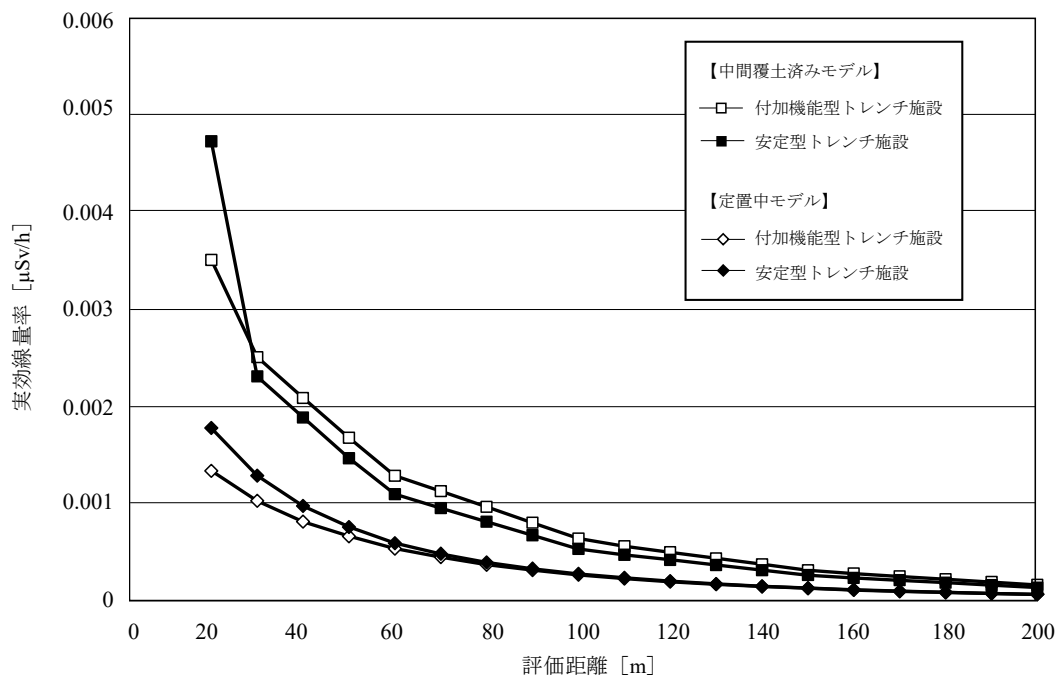


図 6.1.2 単位放射能濃度あたりのスカイシャイン線量に放射能濃度を積算した場合

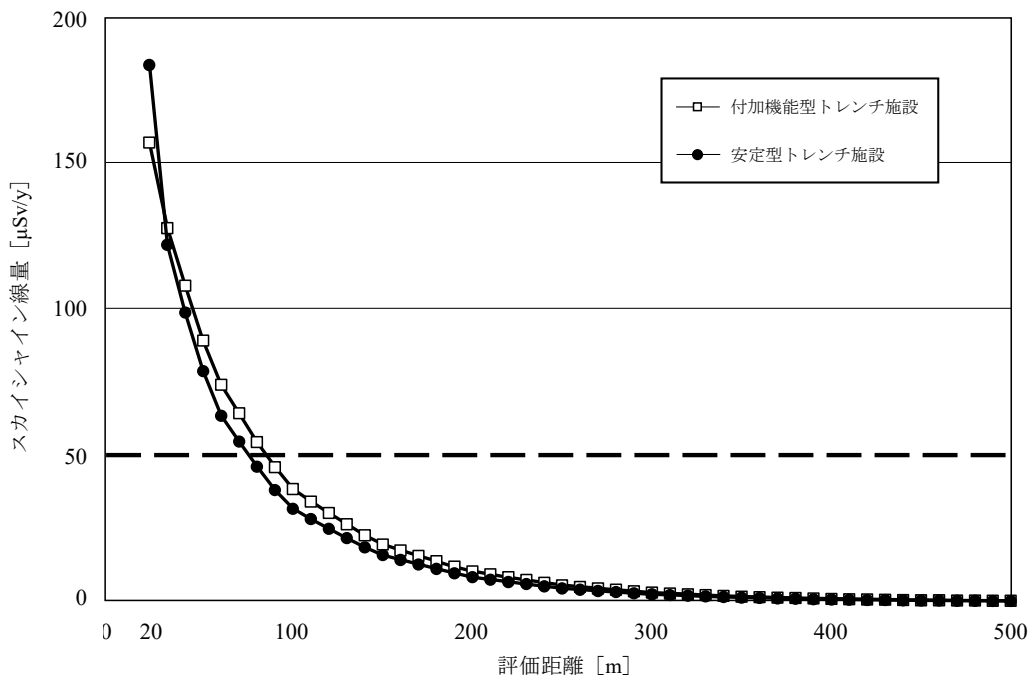


図 6.2.1 P埋設地における各トレンチ施設のスカイシャイン線量

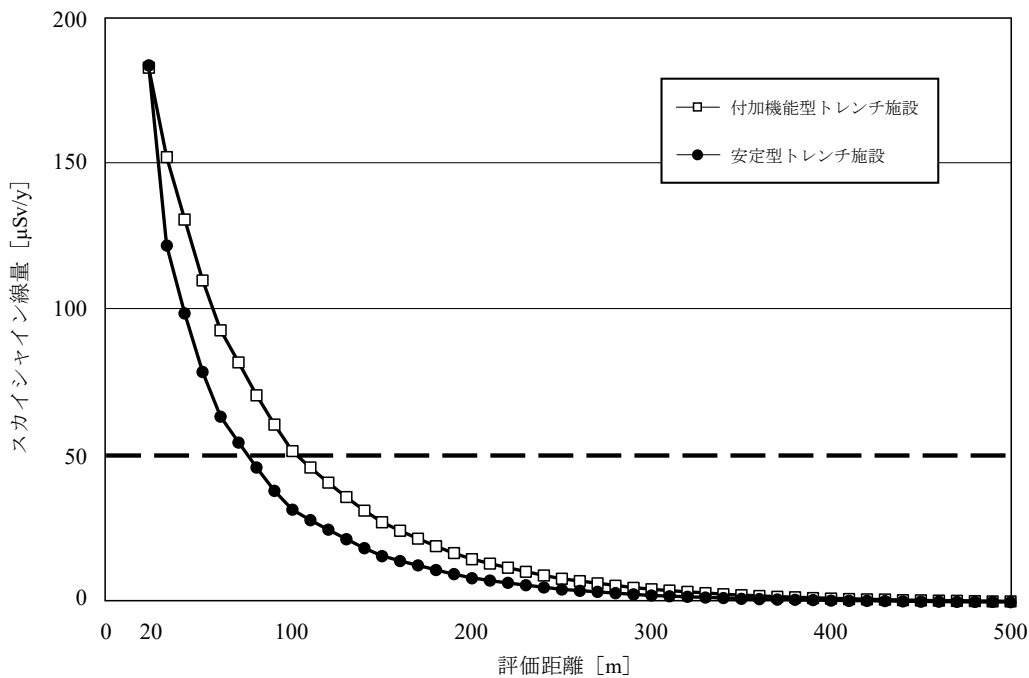


図 6.2.2 S埋設地における各トレンチ施設のスカイシャイン線量

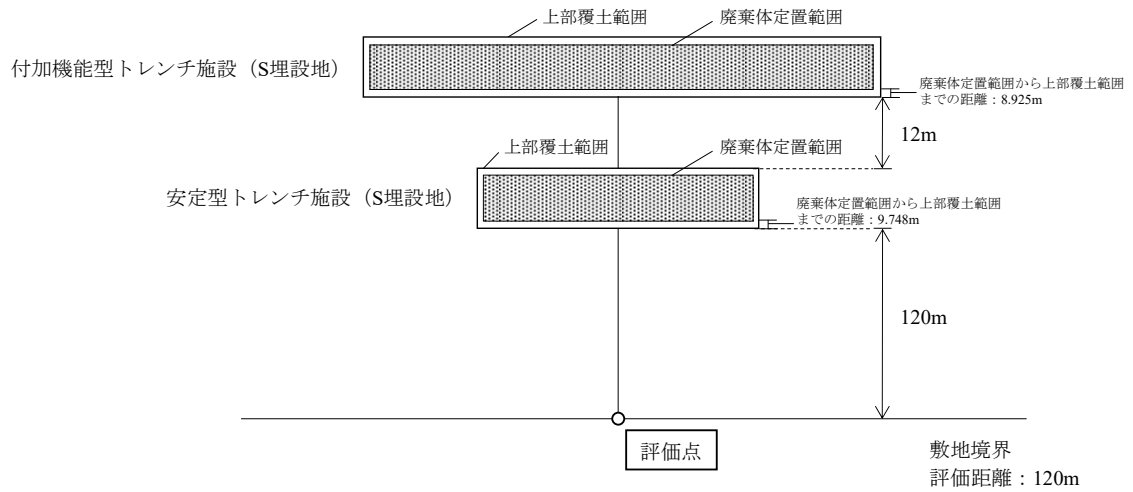


図 7.1.1 縦配置①におけるトレンチ施設の配置と評価点

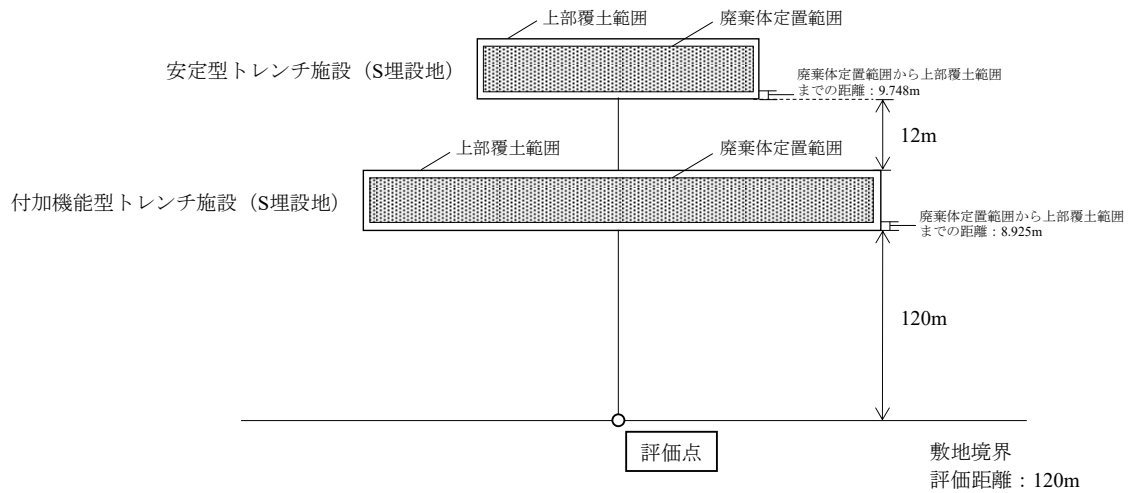


図 7.1.2 縦配置②におけるトレンチ施設の配置と評価点

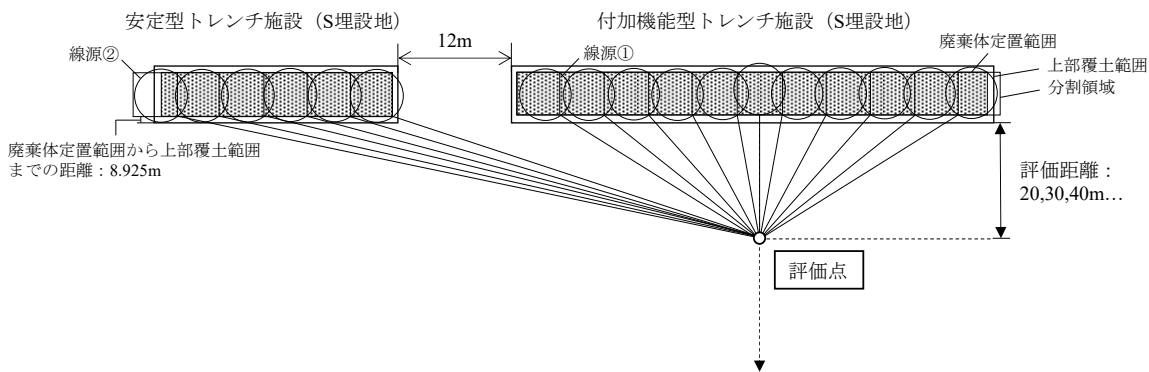


図 7.1.3 横配置①におけるトレンチ施設の配置と評価点

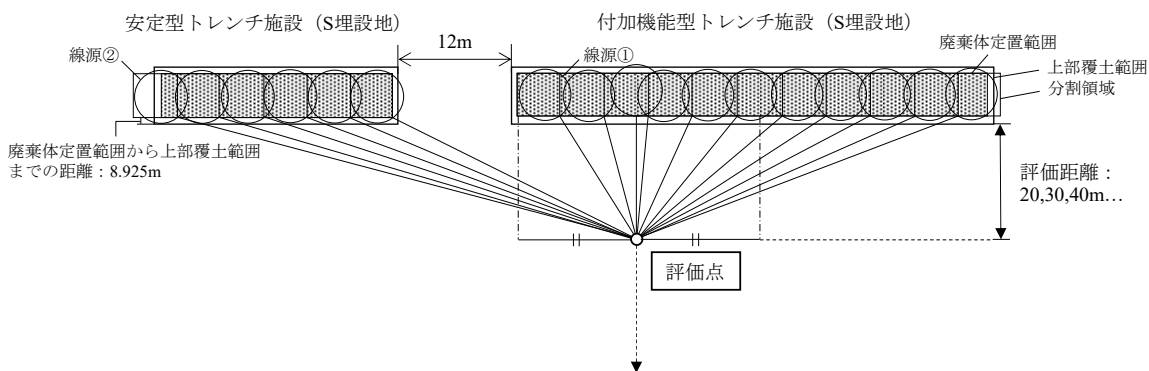


図 7.1.4 横配置②におけるトレンチ施設の配置と評価点

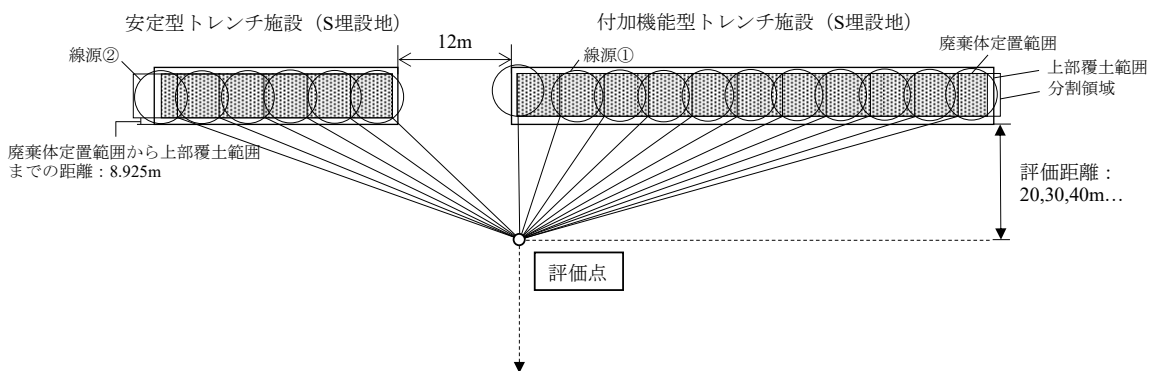


図 7.1.5 横配置③におけるトレンチ施設の配置と評価点

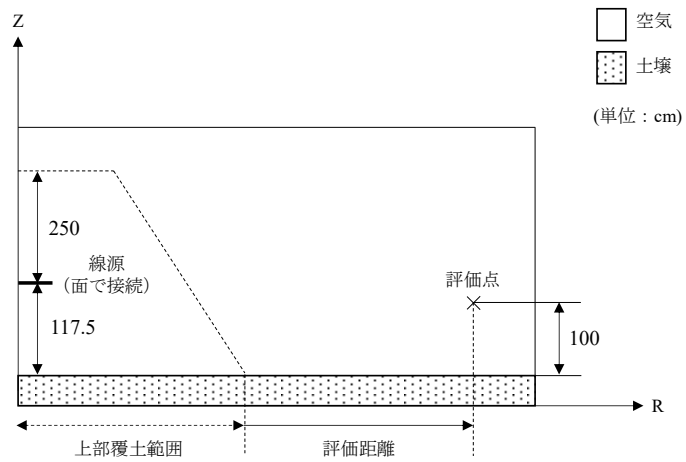
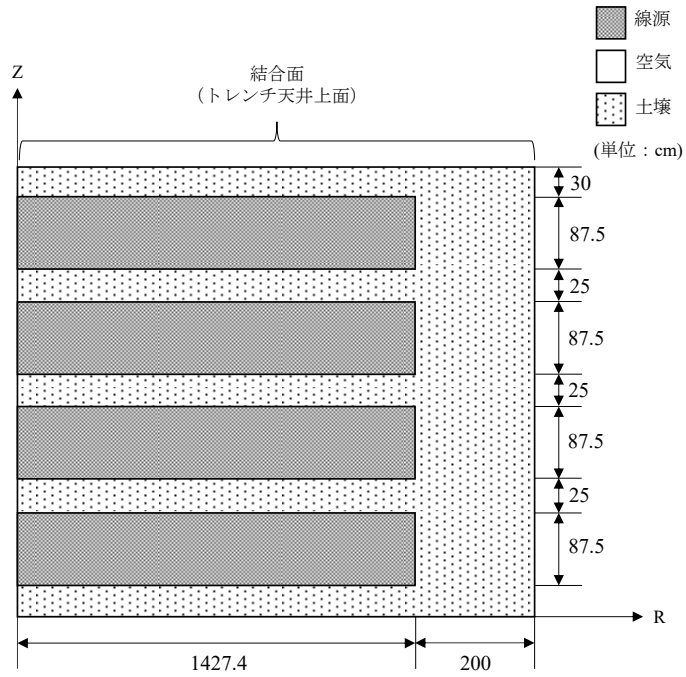


図 8.1.1 最上段の中間覆土厚さ変更後の計算体系  
(正方形領域 1 区画)

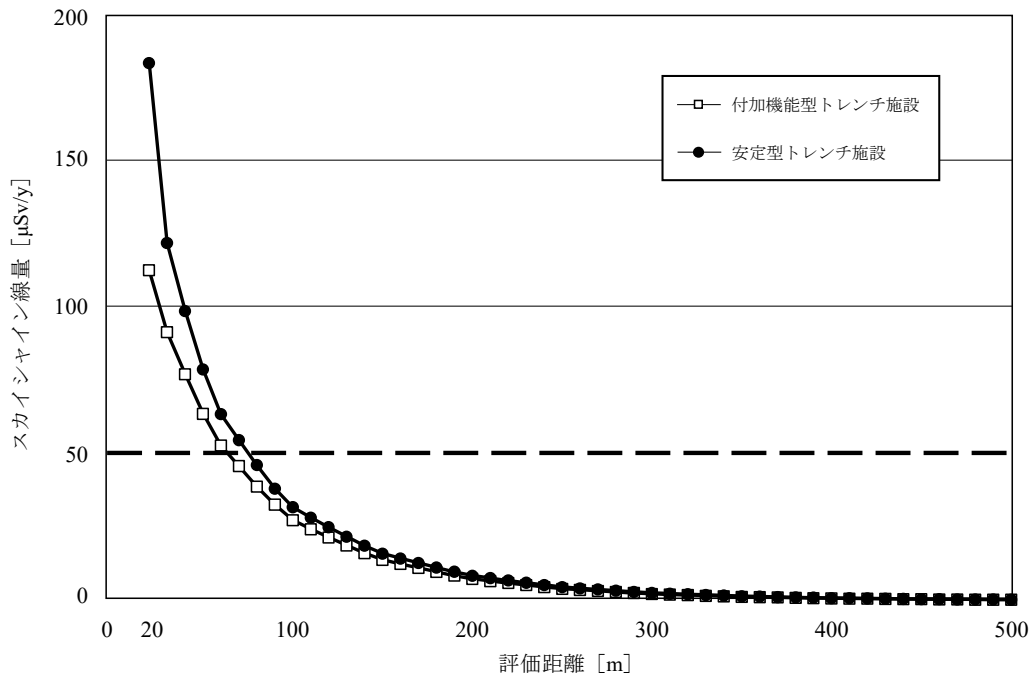


図 8.2.1 P埋設地における最上段の中間覆土厚さ変更後のスカイシャイン線量

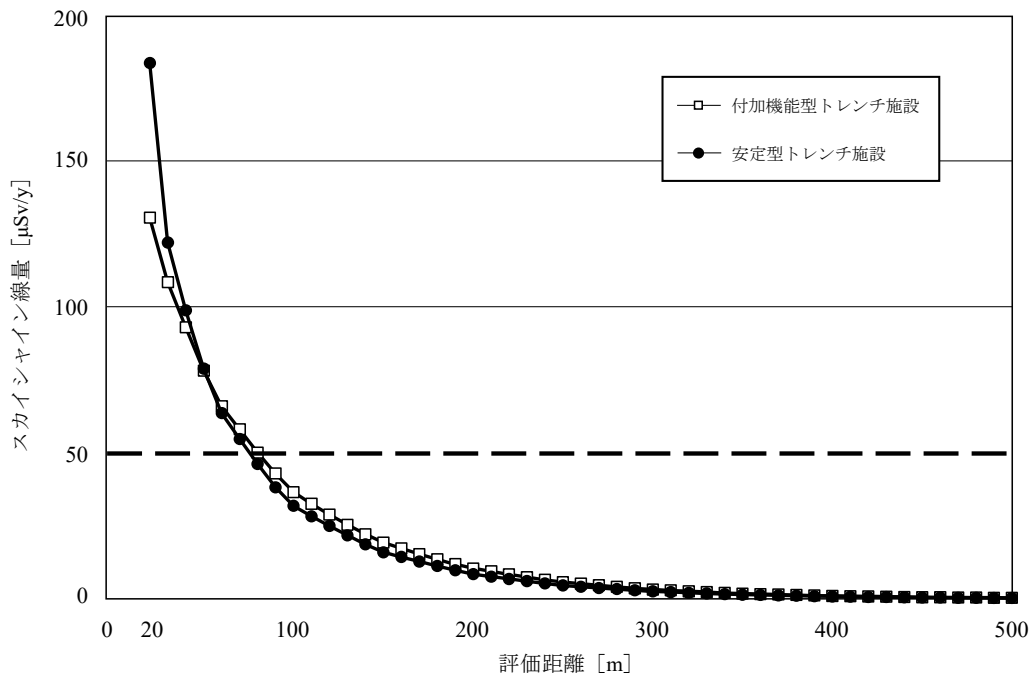


図 8.2.2 S埋設地における最上段の中間覆土厚さ変更後のスカイシャイン線量

## 付録

## 廃棄体等の密度変更によるスカイシャイン線量の変化

## 1. はじめに

本報告書では、4章で廃棄体等の線源物質の密度を  $1.0\text{g/cm}^3$  と設定してスカイシャイン線量を評価した。一方、概念設計<sup>1)</sup>ではトレンチ処分対象となる廃棄体等の線源物質の密度に係る調査結果は以下となっている。

- ・原子力機構からの廃棄体等の密度： $1.0\sim 2.4\text{g/cm}^3$
- ・他発生者からの廃棄体等の密度： $1.1\sim 2.9\text{g/cm}^3$

この調査結果から、取り扱う廃棄体等の線源物質の密度は  $1.0\text{g/cm}^3$  より大きくなる可能性が考えられる。そこで、付録では廃棄体等の線源物質の密度を  $2.0\text{g/cm}^3$ 、 $3.0\text{g/cm}^3$ 、 $4.0\text{g/cm}^3$  と変化させた時の各トレンチ施設からのスカイシャイン線量について感度解析を行った。

線源物質の密度を高くする場合、スカイシャイン線量の値の変化については2つの可能性が考えられる。1つは、廃棄体等の自己遮蔽が大きくなることでスカイシャイン線量が低くなること、もう1つは、廃棄体等の表面線量当量率から逆算して放射エネルギーを算出しているため、廃棄体等の放射エネルギーが大きくなることでスカイシャイン線量が高くなることが考えられる。そこで、線源物質の密度を大きくした場合、どちらの条件がよりスカイシャイン線量の結果に影響を与えるかについて検討を行った。

## 2. 廃棄体等の密度変更による評価条件

線源物質の密度変更による廃棄体等の放射エネルギーの計算結果を付表 2.1.1～付表 2.1.3 に示す。廃棄体等の線源物質の密度以外のトレンチ施設及び対象廃棄体等の計算条件は本報告書 4章と同じとした。

各線源の密度と重量組成比を付表 2.1.4～付表 2.1.6 に示す。各トレンチ施設の作業中の状態設定及びスカイシャイン線量の評価方法は本報告書 5章と同じとし、各トレンチ施設からのスカイシャイン線量評価を行った。

## 3. 廃棄体等の密度変更によるスカイシャイン線量の評価結果

線源物質の密度を  $2.0\text{g/cm}^3$ 、 $3.0\text{g/cm}^3$ 、 $4.0\text{g/cm}^3$  とした場合の各トレンチ施設におけるスカイシャイン線量の評価結果を、本報告書の表 6.2.1 及び表 6.2.2 の密度  $1.0\text{g/cm}^3$  の結果と併せて、付表 3.1.1～付表 3.1.4 に示す。

全てのトレンチ施設では、線源物質の密度が高くなることによってスカイシャイン線量も高くなる結果となった。S 埋設地の付加機能型トレンチ施設では増加幅が最も大きく、立地基準案である 120m 地点で密度  $1.0\text{g/cm}^3$  の場合は  $41.1\mu\text{Sv/y}$  であったが、密度  $4.0\text{g/cm}^3$  の場合は  $46.2\mu\text{Sv/y}$  となり、 $5.13\mu\text{Sv/y}$  の増加となった。

これより、本報告書の計算モデルでは、廃棄体等の密度が高くなる場合、自己遮蔽による影響よりも、放射エネルギーが大きくなることの影響が、スカイシャイン線量の結果により影響を与えることが分かった。

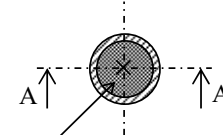
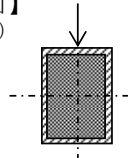
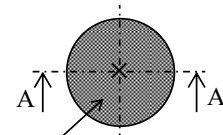
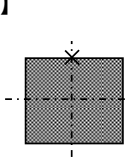



今後の立地場所においてスカイシャイン線量評価を行う際は、線源物質の密度を考慮したトレンチ施設的设计及び配置を検討する必要があると考えられる。



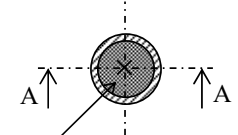
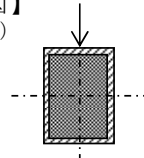
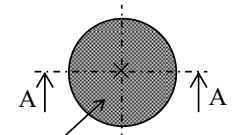
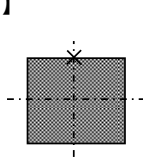




参考文献

- 1) 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, 338p.

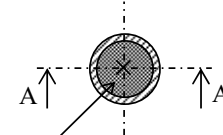
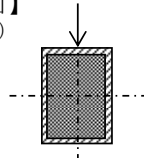
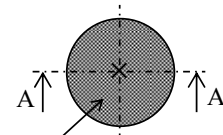
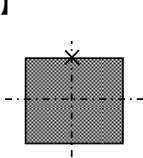



付表 2.1.1 線源物質の密度  $2.0\text{g/cm}^3$  の時の廃棄体等あたりの放射エネルギー及び放射能濃度

線源モデル		200Lドラム缶	フレコン
		<p>【平面図】</p>  <p>線源  <math>\Phi 58.2\text{cm} \times \text{H}87.2\text{cm}</math>                      ドラム缶鋼材厚み（上下、側面）  <math>0.15\text{cm}</math></p> <p>【断面図】                      (A-A矢視)</p> 	<p>【平面図】</p>  <p>線源  <math>\Phi 115\text{cm} \times \text{H}100\text{cm}</math>                      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> 
		 水 [ $2.0\text{g/cm}^3$ ]  鋼材(鉄) [ $7.86\text{g/cm}^3$ ]  空気                     × 評価点(表面)	
1Bq/線源あたりの表面線量当量率 [ $\mu\text{Sv/h}$ ]		9.9E-07	2.7E-07
線源体積 [ $\text{cm}^3$ ]		2.3E+05	1.0E+06
放射エネルギー [Bq] (表面線量当量率)	10 $\mu\text{Sv/h}$	1.0E+07	3.6E+07
放射能濃度 [ $\text{Bq/cm}^3$ ] (表面線量当量率)	10 $\mu\text{Sv/h}$	4.4E+01	3.5E+01

付表 2.1.2 線源物質の密度  $3.0\text{g/cm}^3$  の時の廃棄体等あたりの放射エネルギー及び放射能濃度

線源モデル		200Lドラム缶	フレコン
		<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 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> 
		 水 [ $3.0\text{g/cm}^3$ ]  鋼材(鉄) [ $7.86\text{g/cm}^3$ ]  空気  評価点(表面)	
1Bq/線源あたりの 表面線量当量率 [ $\mu\text{Sv/h}$ ]		6.9E-07	1.9E-07
線源体積 [ $\text{cm}^3$ ]		2.3E+05	1.0E+06
放射エネルギー [Bq] (表面線量当量率)	10 $\mu\text{Sv/h}$	1.5E+07	5.4E+07
放射能濃度 [ $\text{Bq/cm}^3$ ] (表面線量当量率)	10 $\mu\text{Sv/h}$	6.3E+01	5.2E+01

付表 2.1.3 線源物質の密度  $4.0\text{g/cm}^3$  の時の廃棄体等あたりの放射エネルギー及び放射能濃度

線源モデル		200Lドラム缶	フレコン
		<p>【平面図】</p>  <p>線源  <math>\Phi 58.2\text{cm} \times \text{H}87.2\text{cm}</math>                      ドラム缶鋼材厚み (上下、側面)  <math>0.15\text{cm}</math></p> <p>【断面図】                      (A-A矢視)</p> 	<p>【平面図】</p>  <p>線源  <math>\Phi 115\text{cm} \times \text{H}100\text{cm}</math>                      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> 
		 水 [ $4.0\text{g/cm}^3$ ]  鋼材(鉄) [ $7.86\text{g/cm}^3$ ]  空気                     × 評価点(表面)	
1Bq/線源あたりの表面線量当量率 [ $\mu\text{Sv/h}$ ]		5.2E-07	1.4E-07
線源体積 [ $\text{cm}^3$ ]		2.3E+05	1.0E+06
放射エネルギー [Bq] (表面線量当量率)	10 $\mu\text{Sv/h}$	1.9E+07	7.1E+07
放射能濃度 [ $\text{Bq/cm}^3$ ] (表面線量当量率)	10 $\mu\text{Sv/h}$	8.2E+01	6.8E+01

付表 2.1.4 線源物質の密度  $2.0\text{g/cm}^3$  の時の線源領域の密度及び重量組成比

各線源領域	密度 [ $\text{g/cm}^3$ ]	重量組成比
線源 1 付加機能型トレンチ施設 中間覆土済みモデル (正方形領域 1 区画)	1.838	H: 8.036E-02
		O: 7.671E-01
		Si: 1.135E-01
		Fe: 3.898E-02
線源 2 安定型トレンチ施設 中間覆土済みモデル (正方形領域 1 区画)	1.821	H: 8.902E-02
		O: 8.154E-01
		Si: 9.560E-02
線源 3 付加機能型トレンチ施設 廃棄体等露出モデル	1.847	H: 8.138E-02
		O: 7.701E-01
		Si: 1.091E-01
		Fe: 3.947E-02
線源 4 安定型トレンチ施設 廃棄体等露出モデル	1.828	H: 9.000E-02
		O: 8.185E-01
		Si: 9.149E-02

付表 2.1.5 線源物質の密度 3.0g/cm<sup>3</sup> の時の線源領域の密度及び重量組成比

各線源領域	密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	重量組成比
線源 1 付加機能型トレンチ施設 中間覆土済みモデル (正方形領域 1 区画)	2.499	H: 8.870E-02
		O: 7.991E-01
		Si: 8.353E-02
		Fe: 2.868E-02
線源 2 安定型トレンチ施設 中間覆土済みモデル (正方形領域 1 区画)	2.545	H: 9.553E-02
		O: 8.361E-01
		Si: 6.840E-02
線源 3 付加機能型トレンチ施設 廃棄体等露出モデル	2.518	H: 8.951E-02
		O: 8.016E-01
		Si: 7.999E-02
		Fe: 2.895E-02
線源 4 安定型トレンチ施設 廃棄体等露出モデル	2.563	H: 9.628E-02
		O: 8.385E-01
		Si: 6.525E-02

付表 2.1.6 線源物質の密度 4.0g/cm<sup>3</sup> の時の線源領域の密度及び重量組成比

各線源領域	密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	重量組成比
線源 1 付加機能型トレンチ施設 中間覆土済みモデル (正方形領域 1 区画)	3.159	H: 9.355E-02
		O: 8.177E-01
		Si: 6.607E-02
		Fe: 2.269E-02
線源 2 安定型トレンチ施設 中間覆土済みモデル (正方形領域 1 区画)	3.269	H: 9.915E-02
		O: 8.476E-01
		Si: 5.324E-02
線源 3 付加機能型トレンチ施設 廃棄体等露出モデル	3.190	H: 9.423E-02
		O: 8.198E-01
		Si: 6.315E-02
		Fe: 2.285E-02
線源 4 安定型トレンチ施設 廃棄体等露出モデル	3.298	H: 9.976E-02
		O: 8.495E-01
		Si: 5.071E-02

付表 3.1.1 線源物質の密度を変化させた時のスカイシャイン線量  
(P埋設地付加機能型トレンチ施設)

評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]				評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]			
	線源物質の密度 1.0 [g/cm <sup>3</sup> ]	線源物質の密度 2.0 [g/cm <sup>3</sup> ]	線源物質の密度 3.0 [g/cm <sup>3</sup> ]	線源物質の密度 4.0 [g/cm <sup>3</sup> ]		線源物質の密度 1.0 [g/cm <sup>3</sup> ]	線源物質の密度 2.0 [g/cm <sup>3</sup> ]	線源物質の密度 3.0 [g/cm <sup>3</sup> ]	線源物質の密度 4.0 [g/cm <sup>3</sup> ]
20	157	162	171	178	270	4.63	4.76	5.00	5.19
30	128	132	139	145	280	4.12	4.24	4.45	4.62
40	108	112	118	122	290	3.62	3.72	3.91	4.06
50	89.4	92.2	97.1	101	300	3.15	3.24	3.41	3.54
60	74.2	76.6	80.6	83.8	310	2.86	2.94	3.09	3.21
70	64.5	66.5	70.0	72.8	320	2.59	2.66	2.79	2.90
80	54.7	56.3	59.3	61.7	330	2.31	2.37	2.49	2.59
90	46.1	47.5	50.0	52.0	340	2.04	2.09	2.20	2.28
100	38.6	39.8	41.8	43.5	350	1.78	1.83	1.92	2.00
110	34.3	35.4	37.2	38.7	360	1.62	1.66	1.75	1.81
120	30.4	31.3	33.0	34.3	370	1.47	1.51	1.58	1.64
130	26.6	27.4	28.8	29.9	380	1.31	1.35	1.42	1.47
140	22.8	23.5	24.7	25.6	390	1.16	1.20	1.26	1.30
150	19.6	20.2	21.3	22.1	400	1.02	1.05	1.10	1.14
160	17.6	18.1	19.1	19.8	410	0.929	0.953	1.00	1.04
170	15.7	16.2	17.0	17.7	420	0.843	0.865	0.908	0.943
180	13.9	14.3	15.0	15.6	430	0.757	0.777	0.816	0.847
190	12.0	12.4	13.0	13.5	440	0.672	0.690	0.725	0.752
200	10.4	10.7	11.3	11.7	450	0.591	0.606	0.637	0.661
210	9.40	9.67	10.2	10.6	460	0.538	0.553	0.580	0.602
220	8.44	8.68	9.12	9.48	470	0.489	0.502	0.527	0.547
230	7.49	7.70	8.09	8.41	480	0.441	0.452	0.475	0.493
240	6.54	6.72	7.07	7.34	490	0.392	0.402	0.422	0.439
250	5.68	5.84	6.14	6.38	500	0.345	0.354	0.372	0.386
260	5.14	5.28	5.55	5.76					



付表 3.1.2 線源物質の密度を変化させた時のスカイシャイン線量  
(P埋設地安定型トレンチ施設)

評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]				評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]			
	線源物質の密度 1.0 [g/cm <sup>3</sup> ]	線源物質の密度 2.0 [g/cm <sup>3</sup> ]	線源物質の密度 3.0 [g/cm <sup>3</sup> ]	線源物質の密度 4.0 [g/cm <sup>3</sup> ]		線源物質の密度 1.0 [g/cm <sup>3</sup> ]	線源物質の密度 2.0 [g/cm <sup>3</sup> ]	線源物質の密度 3.0 [g/cm <sup>3</sup> ]	線源物質の密度 4.0 [g/cm <sup>3</sup> ]
20	184	206	218	224	270	3.75	4.20	4.42	4.53
30	122	137	145	149	280	3.34	3.74	3.94	4.04
40	98.9	111	117	121	290	2.94	3.29	3.46	3.55
50	78.9	88.7	93.6	96.2	300	2.56	2.86	3.01	3.09
60	63.7	71.5	75.5	77.5	310	2.32	2.60	2.74	2.81
70	54.8	61.6	64.9	66.7	320	2.10	2.35	2.47	2.53
80	46.3	51.9	54.8	56.3	330	1.88	2.10	2.21	2.27
90	38.3	42.9	45.3	46.5	340	1.66	1.86	1.95	2.00
100	31.9	35.8	37.7	38.7	350	1.45	1.62	1.71	1.75
110	28.3	31.7	33.5	34.4	360	1.32	1.48	1.55	1.59
120	25.0	28.0	29.6	30.3	370	1.19	1.34	1.41	1.44
130	21.8	24.5	25.8	26.5	380	1.07	1.20	1.26	1.29
140	18.7	21.0	22.1	22.7	390	0.951	1.06	1.12	1.15
150	16.0	17.9	18.9	19.4	400	0.834	0.933	0.982	1.01
160	14.4	16.1	17.0	17.4	410	0.760	0.850	0.894	0.917
170	12.8	14.3	15.1	15.5	420	0.689	0.771	0.811	0.832
180	11.3	12.6	13.3	13.7	430	0.620	0.693	0.729	0.748
190	9.81	11.0	11.6	11.9	440	0.551	0.616	0.648	0.665
200	8.46	9.47	9.98	10.2	450	0.485	0.543	0.571	0.585
210	7.63	8.54	9.00	9.24	460	0.443	0.495	0.520	0.534
220	6.84	7.66	8.07	8.28	470	0.402	0.449	0.473	0.485
230	6.07	6.79	7.15	7.34	480	0.362	0.405	0.426	0.436
240	5.31	5.94	6.26	6.42	490	0.323	0.361	0.379	0.389
250	4.60	5.15	5.43	5.57	500	0.285	0.318	0.334	0.343
260	4.17	4.66	4.91	5.04					

付表 3.1.3 線源物質の密度を変化させた時のスカイシャイン線量  
(S埋設地付加機能型トレンチ施設)

評価距離 [m]	スカイシャイン線量 [ $\mu\text{Sv/y}$ ]				評価距離 [m]	スカイシャイン線量 [ $\mu\text{Sv/y}$ ]			
	線源物質の密度 1.0 [ $\text{g/cm}^3$ ]	線源物質の密度 2.0 [ $\text{g/cm}^3$ ]	線源物質の密度 3.0 [ $\text{g/cm}^3$ ]	線源物質の密度 4.0 [ $\text{g/cm}^3$ ]		線源物質の密度 1.0 [ $\text{g/cm}^3$ ]	線源物質の密度 2.0 [ $\text{g/cm}^3$ ]	線源物質の密度 3.0 [ $\text{g/cm}^3$ ]	線源物質の密度 4.0 [ $\text{g/cm}^3$ ]
20	183	189	199	207	270	6.69	6.88	7.22	7.50
30	152	157	166	172	280	5.93	6.09	6.40	6.64
40	131	135	142	148	290	5.23	5.37	5.65	5.86
50	110	114	120	124	300	4.63	4.75	4.99	5.18
60	93.2	96.0	101	105	310	4.19	4.30	4.52	4.69
70	82.2	84.7	89.1	92.6	320	3.77	3.88	4.07	4.23
80	71.0	73.1	76.9	80.0	330	3.36	3.45	3.62	3.76
90	60.9	62.7	66.0	68.6	340	2.97	3.05	3.20	3.32
100	51.9	53.4	56.2	58.4	350	2.63	2.70	2.83	2.94
110	46.2	47.6	50.1	52.0	360	2.39	2.45	2.57	2.67
120	41.1	42.3	44.5	46.2	370	2.16	2.21	2.32	2.41
130	36.2	37.2	39.1	40.7	380	1.92	1.98	2.07	2.15
140	31.5	32.5	34.1	35.5	390	1.70	1.75	1.83	1.90
150	27.5	28.3	29.8	31.0	400	1.51	1.55	1.63	1.69
160	24.7	25.4	26.7	27.7	410	1.37	1.41	1.48	1.54
170	21.9	22.6	23.7	24.6	420	1.24	1.28	1.34	1.39
180	19.4	19.9	21.0	21.8	430	1.11	1.14	1.20	1.25
190	17.0	17.5	18.4	19.1	440	0.987	1.01	1.06	1.10
200	15.0	15.4	16.2	16.8	450	0.877	0.899	0.944	0.980
210	13.5	13.8	14.5	15.1	460	0.799	0.820	0.861	0.893
220	12.0	12.4	13.0	13.5	470	0.725	0.743	0.780	0.810
230	10.6	10.9	11.5	11.9	480	0.650	0.667	0.700	0.727
240	9.37	9.63	10.1	10.5	490	0.577	0.592	0.621	0.645
250	8.26	8.48	8.91	9.26	500	0.513	0.526	0.553	0.573
260	7.46	7.66	8.05	8.36					

付表 3.1.4 線源物質の密度を変化させた時のスカイシャイン線量  
(S埋設地安定型トレンチ施設)

評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]				評価 距離 [m]	スカイシャイン線量 [μSv/y]			
	線源物質の密度 1.0 [g/cm <sup>3</sup> ]	線源物質の密度 2.0 [g/cm <sup>3</sup> ]	線源物質の密度 3.0 [g/cm <sup>3</sup> ]	線源物質の密度 4.0 [g/cm <sup>3</sup> ]		線源物質の密度 1.0 [g/cm <sup>3</sup> ]	線源物質の密度 2.0 [g/cm <sup>3</sup> ]	線源物質の密度 3.0 [g/cm <sup>3</sup> ]	線源物質の密度 4.0 [g/cm <sup>3</sup> ]
20	184	206	218	224	270	3.75	4.20	4.42	4.53
30	122	137	145	149	280	3.34	3.74	3.94	4.04
40	98.9	111	117	121	290	2.94	3.29	3.46	3.55
50	78.9	88.7	93.6	96.2	300	2.56	2.86	3.01	3.09
60	63.7	71.5	75.5	77.5	310	2.32	2.60	2.74	2.81
70	54.8	61.6	64.9	66.7	320	2.10	2.35	2.47	2.53
80	46.3	51.9	54.8	56.3	330	1.88	2.10	2.21	2.27
90	38.3	42.9	45.3	46.5	340	1.66	1.86	1.95	2.00
100	31.9	35.8	37.7	38.7	350	1.45	1.62	1.71	1.75
110	28.3	31.7	33.5	34.4	360	1.32	1.48	1.55	1.59
120	25.0	28.0	29.6	30.3	370	1.19	1.34	1.41	1.44
130	21.8	24.5	25.8	26.5	380	1.07	1.20	1.26	1.29
140	18.7	21.0	22.1	22.7	390	0.951	1.06	1.12	1.15
150	16.0	17.9	18.9	19.4	400	0.834	0.933	0.982	1.01
160	14.4	16.1	17.0	17.4	410	0.760	0.850	0.894	0.917
170	12.8	14.3	15.1	15.5	420	0.689	0.771	0.811	0.832
180	11.3	12.6	13.3	13.7	430	0.620	0.693	0.729	0.748
190	9.81	11.0	11.6	11.9	440	0.551	0.616	0.648	0.665
200	8.46	9.47	9.98	10.2	450	0.485	0.543	0.571	0.585
210	7.63	8.54	9.00	9.24	460	0.443	0.495	0.520	0.534
220	6.84	7.66	8.07	8.28	470	0.402	0.449	0.473	0.485
230	6.07	6.79	7.15	7.34	480	0.362	0.405	0.426	0.436
240	5.31	5.94	6.26	6.42	490	0.323	0.361	0.379	0.389
250	4.60	5.15	5.43	5.57	500	0.285	0.318	0.334	0.343
260	4.17	4.66	4.91	5.04					

This is a blank page.



