

東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所

第二種廃棄物埋設事業許可申請

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第8条（遮蔽等）の適合性について

平成 30 年 1 月

日本原子力発電株式会社

本資料のうち、 は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

目 次

はじめに	1
I. 廃棄物埋設施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による周辺公衆の線量の評価の妥当性	
1. 評価の考え方	I-1
2. 評価の流れ	I-2
3. 廃棄物のグループ設定	I-3
4. 計算条件（共通）	I-12
5. 直接ガンマ線量の計算	I-17
6. スカイシャインガンマ線量の計算	I-27
7. 廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出及び移行による線量の評価	I-54
8. 直接ガンマ線量及びスカイシャインガンマ線量の評価結果	I-54
別添資料：計算に用いたパラメータとその根拠	I-別-1
II. 線量低減及び遮蔽その他適切な措置の適合性	
1. 線量低減等の基本的な考え方	II-1
2. 放射線防護上の措置を講じた設計	II-3
III. 放射性物質の飛散防止措置の適合性	
次回以降に、別途説明を行います	

はじめに

本資料は、東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所 第二種廃棄物埋設事業許可申請書の記載内容について、「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（以下「第二種埋設許可基準規則」という。）第 8 条第 1 項及び「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「第二種埋設許可基準解釈」という。）の第 8 条第 1 項の「平常時における廃棄物埋設施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による公衆の受ける線量の評価」の妥当性を説明するものである。

また、第二種埋設許可基準規則の第 8 条第 2 項、第二種埋設許可基準解釈の第 8 条第 2 項及び第 8 条第 3 項の「線量低減及び遮蔽その他適切な措置」、規則の第 8 条第 3 項、解釈の第 8 条第 4 項の「放射性物質の飛散防止措置のための措置」について、適合性を説明するものである。

第二種埋設許可基準規則及び第二種埋設許可基準解釈の要求事項を第 1 表に示す。

第1表 第二種埋設許可基準規則及び第二種埋設許可基準解釈の要求事項（第8条関連）

第二種埋設許可基準規則及び第二種埋設許可基準解釈の要求事項（第8条関連）

【第二種埋設許可基準規則 第1項】

廃棄物埋設施設は、当該廃棄物埋設施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による事業所周辺の線量を十分に低減できるよう、遮蔽その他適切な措置を講じたものでなければならない。

【第二種埋設許可基準解釈 第1項】

第1項に規定する「線量を十分に低減できる」とは、平常時における廃棄物埋設施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線により公衆の受ける線量が、廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出及び移行（第10条第1項）及び廃棄物埋設施設からの環境への放射性物質の放出（2条第1項）により公衆の受ける線量を含め、法令に定める線量限度を超えないことはもとより、As Low As Reasonably Achievable（ALARA）の考え方の下、合理的に達成できる限り十分に低いものであること（「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」（平成元年3月27日原子力安全委員会了承）を参考に、実効線量で50マイクロシーベルト／年以下を達成できるものであること。）。

【第二種埋設許可基準規則 第2項】

廃棄物埋設施設は、放射線障害を防止する必要がある場合には、管理区域その他事業所内の人が立ち入る場所における線量を低減できるよう、遮蔽その他適切な措置を講じたものでなければならない。

【第二種埋設許可基準解釈 第2項】

第2項に規定する「線量を低減できる」とは、次のことをいう。

- 一 管理区域においては、放射線業務従事者の受ける線量が、放射線業務従事者の線量限度を超えないものであること。
- 二 管理区域以外の人立ち入る場所に滞在する者の線量が、公衆の線量限度以下になるようにすること。

【第二種埋設許可基準解釈 第3項】

第1項及び第2項については、ALARAの考え方の下、放射線業務従事者の作業性等を考慮して、遮蔽、機器の配置、遠隔操作、放射性物質の漏えい防止、換気等、所要の放射線防護上の措置を講じた設計がなされていること。

【第二種埋設許可基準規則 第3項】

廃棄物埋設施設は、放射性物質の飛散防止のための措置を講じたものでなければならない。

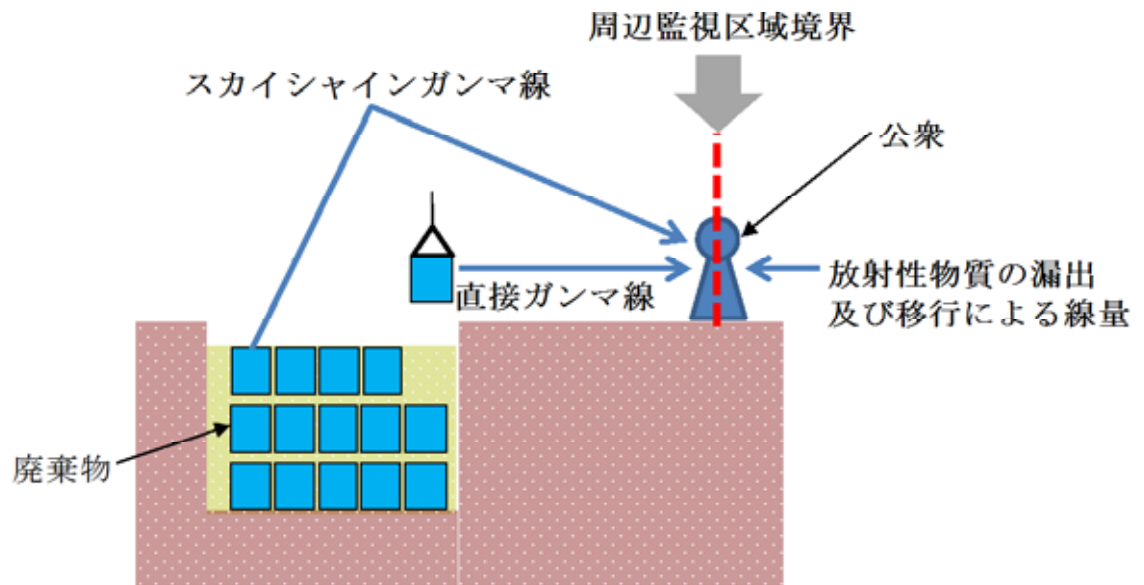
【第二種埋設許可基準解釈 第4項】

第3項に規定する「飛散防止のための措置」は、放射性固体廃棄物の落下防止のために必要な措置を含む。

I . 廃棄物埋設施設からの直接ガンマ線
及びスカイシャインガンマ線による
周辺公衆の線量の評価の妥当性

1. 評価の考え方

平常時における廃棄物埋設地からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線により公衆の受ける線量が，廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出及び移行により公衆の受ける線量を含め，法令に定める線量限度を超えないことはもとより，合理的に達成できる限り十分に低い，年間 $50 \mu\text{Sv}$ 以下となることを埋設される廃棄物の種類，埋設手順等をパラメータとして，計算コードを用いて計算，評価して確認する。



直接ガンマ線量
+
スカイシャインガンマ線量
+
放射性物質の漏出及び移行による線量

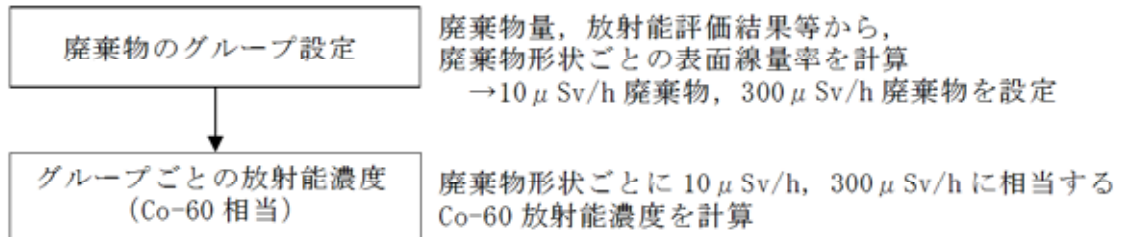
$$\leq \text{年間 } 50 \mu\text{Sv}^{\ast}$$

※「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」

(平成元年3月27日原子力安全委員会了承)を参考

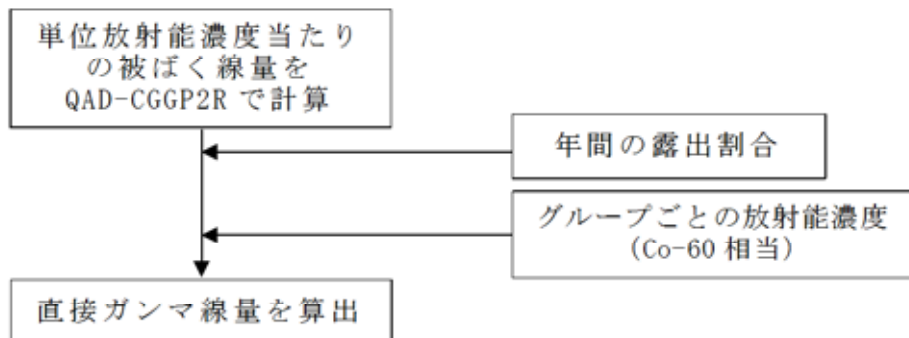
2. 評価の流れ

(1) 廃棄物のグループ設定



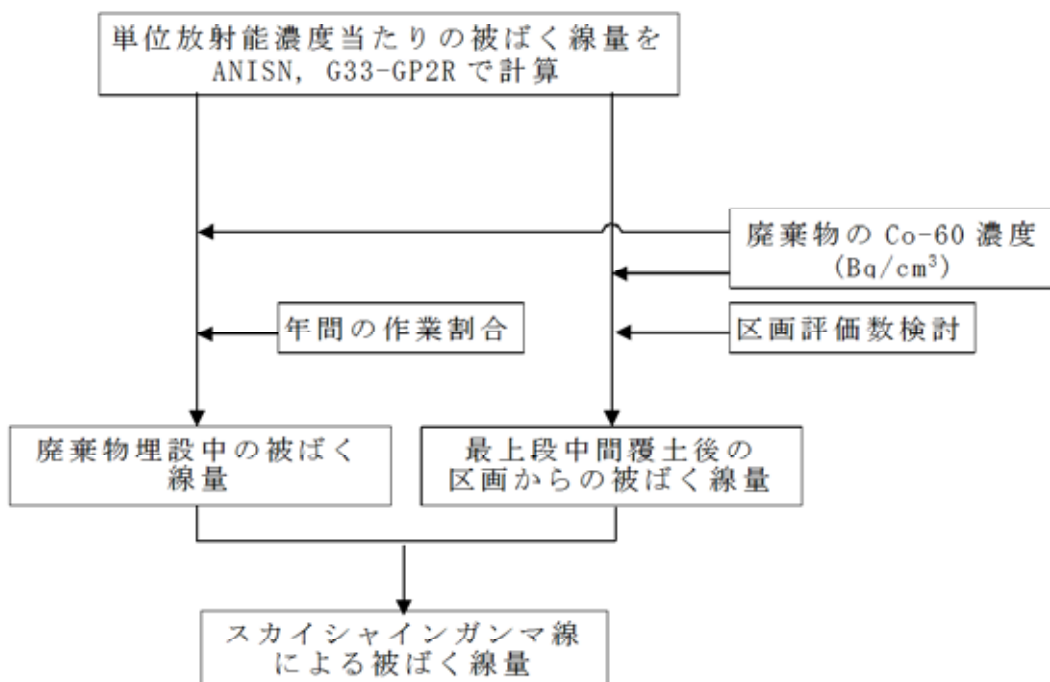
第1図 事前計算の流れ

(2) 直接ガンマ線量の計算



第2図 直接ガンマ線量計算の流れ

(3) スカイシャインガンマ線量の計算



第3図 スカイシャインガンマ線量計算の流れ

3. 廃棄物のグループ設定

(1) 廃棄物のグループ設定

a. 廃棄物の種類と形状の状態設定

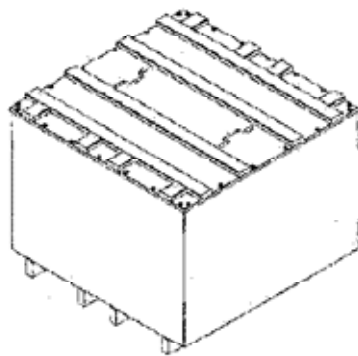
廃棄物の種類は、「添付書類六 3. 廃棄物埋設 3.1 埋設する廃棄物」に記載した通り、「金属」, 「コンクリートブロック」, 「コンクリートガラ」とする。

また、廃棄物の形状は、「添付書類五 第 2.5.1 表 容器等への廃棄物の収納例」に記載したとおりである。

廃棄物の種類と形状を第 4 図に示す。

○金属

(鉄箱)



容器材質：炭素鋼

○コンクリートブロック

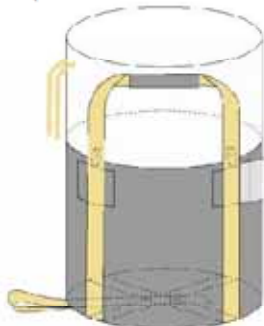
(シート梱包)



容器材質：ポリエチレン等

○コンクリートガラ

(フレキシブルコンテナ)



容器材質：ポリエチレン,
ポリプロピレン等

第 4 図 廃棄物の種類と形状

b. 表面線量率による廃棄物のグループ設定

直線ガンマ線量及びスカイシャインガンマ線量の計算に用いる線源を設定するため、評価済みの情報を用いて、表面線量率により廃棄物のグループを設定する。

廃棄物に含まれる放射性物質の核種、放射能濃度、L3 対象物ごとの重量等の物性については、「東海発電所廃止措置計画認可申請書」（平成 25 年 3 月 8 日認可）に基づいて、L3 対象物ごとに評価した放射性廃棄物の分類、物量及び放射能濃度（原子炉停止 20 年後に減衰補正）を用いて、放射性廃棄物の種類ごとに廃棄物の表面線量率を算出する。

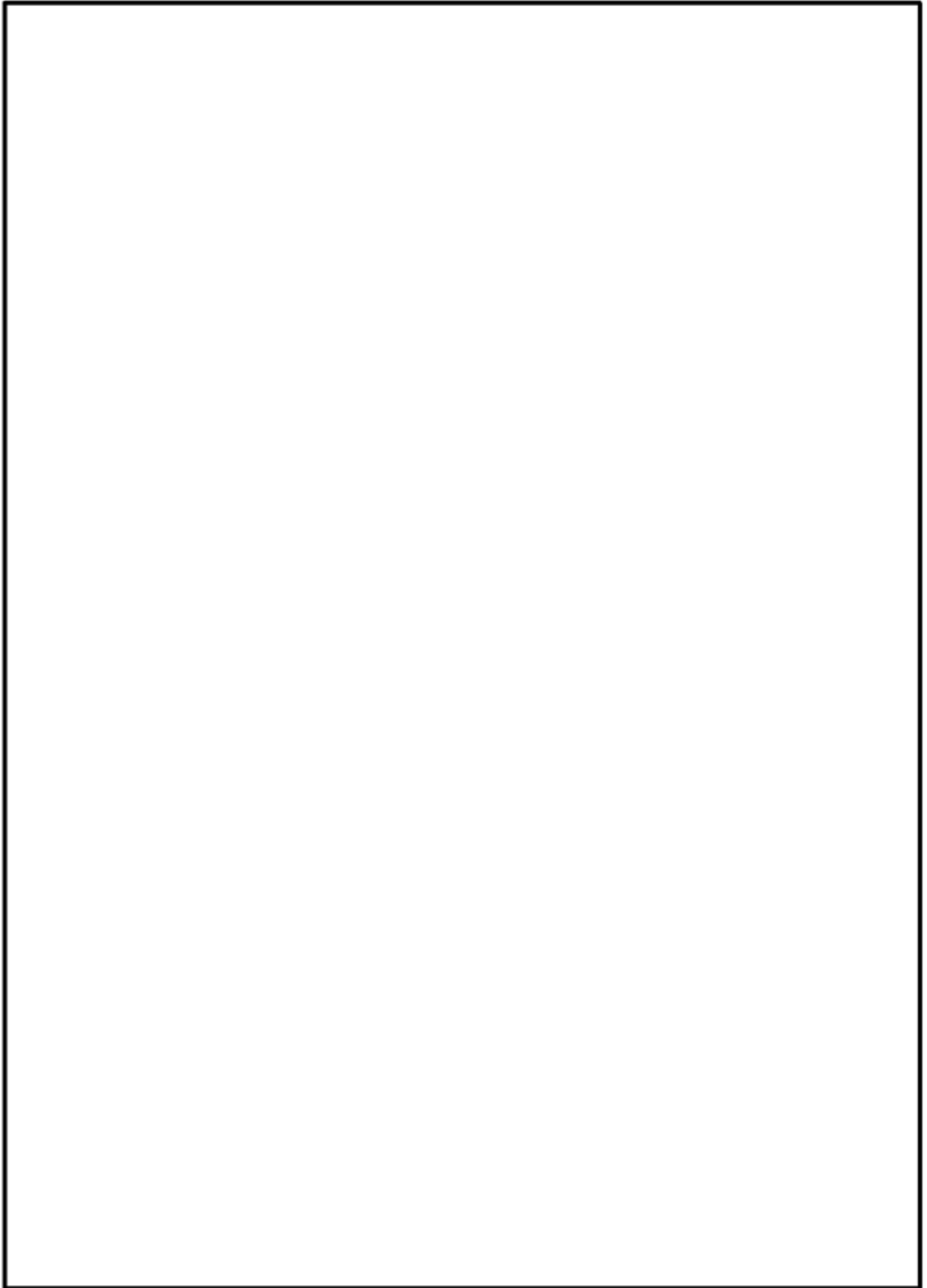
廃棄物の表面線量率の計算は、申請書の本文「三 廃棄する核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の性状及び量 ハ 第二種廃棄物埋設を行う放射性廃棄物に含まれる放射性物質の種類ごとの最大放射能濃度及び総放射能量」に示された廃棄物に含まれる放射性核種のうち、主なガンマ線放出核種である Co-60、Cs-137、Eu-152 及び Eu-154 の放射能濃度を用いて、核種ごとの表面線量率を点減衰核積分法コード QAD-CGGP2R を用いて計算した。計算結果を以下に示す。

核種ごとの表面線量率

単位：((μ Sv/h) / (Bq/cm³))

核種	鉄箱	コンクリート ガラ	コンクリート ブロック
Co-60			
Cs-137			
Eu-152			
Eu-154			

また、表面線量率の評価モデル（L3 対象物）を第 5 図に示す。



第 5 図 表面線量率の評価モデル (L3 対象物)

鉄箱，コンクリートブロック及びコンクリートガラの各放射性廃棄物 1 個の表面線量率 ($(\mu\text{Sv/h}) / (\text{Bq/cm}^3)$) とそれぞれの放射性廃棄物のかさ密度 (g/cm^3) を用いて，4 核種ごとの「単位濃度当たりの表面線量率 ($(\mu\text{Sv/h}) / (\text{Bq/g})$)」を算出した。

計算結果を以下に示す。

放射性廃棄物容器等の種類ごとの単位濃度当たりの表面線量率

		鉄箱	コンクリート ガラ	コンクリート ブロック
密度 (g/cm ³)				
充填率 (-)				
かさ密度 (g/cm ³)※				
単位濃度当たり の表面線量率 ((μSv/h) / (Bq/g))	Co-60	7.913E-01	8.249E-01	8.315E-01
	Cs-137	1.432E-01	1.712E-01	1.685E-01
	Eu-152	3.375E-01	3.769E-01	3.756E-01
	Eu-154	3.878E-01	4.239E-01	4.234E-01

※ 密度 (g/cm^3) × 充填率 (-) = かさ密度 (g/cm^3)

表面線量率に寄与する γ 線源 4 核種のそれぞれの組成比を用いて，算出した L3 対象物ごとの放射能濃度 (Bq/g) に算出した単位濃度当たりの表面線量率 ($(\mu\text{Sv/h}) / (\text{Bq/g})$) を乗じて，4 核種それぞれの表面線量率 ($\mu\text{Sv/h}$) を以下に示す式を用いて算出した。

L3 対象物ごと 4 核種ごとの表面線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)

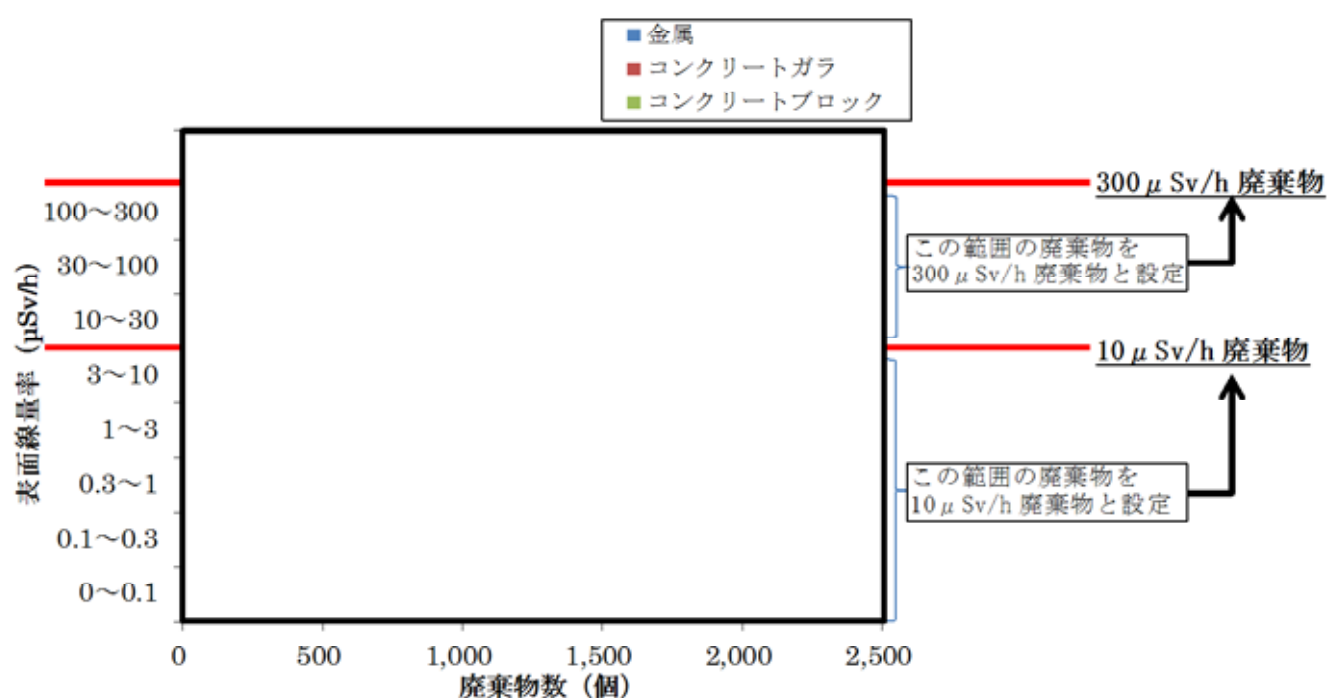
$$= \text{L3 対象物ごと放射能濃度 (Bq/g)} \times \\ \text{単位濃度当たりの表面線量率 } ((\mu\text{Sv/h}) / (\text{Bq/g}))$$

上式で算出した L3 対象物ごと 4 核種ごとの表面線量率を合算して L3 対象物ごとの表面線量率を算出した。

算出した結果を用いて、直線ガンマ線量及びスカイシャインガンマ線量の計算に用いる線源として、以下の要領で廃棄物をグルーピングした。

表面線量率の条件	計算に用いる 廃棄物グループ
10 μ Sv/h 未満の廃棄物	10 μ Sv/h 廃棄物
10 μ Sv/h 以上で 300 μ Sv/h 未満の廃棄物	300 μ Sv/h 廃棄物

グルーピングのイメージを第 6 図に示す。

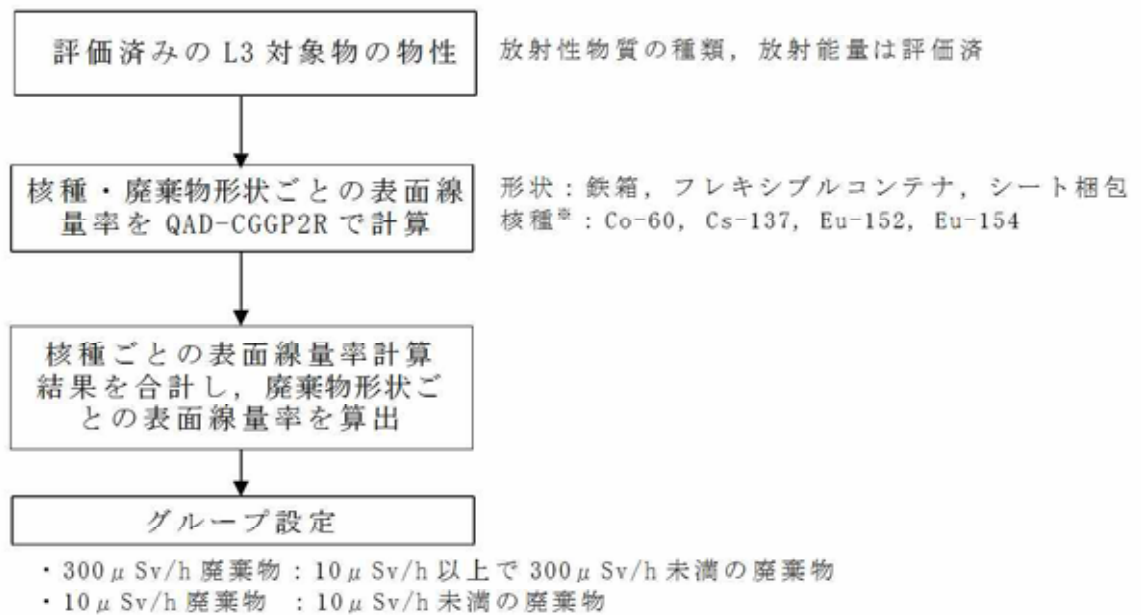


第 6 図 グルーピングのイメージ

表面線量率の算出フロー（L3 対象物）を第 7 図示す。

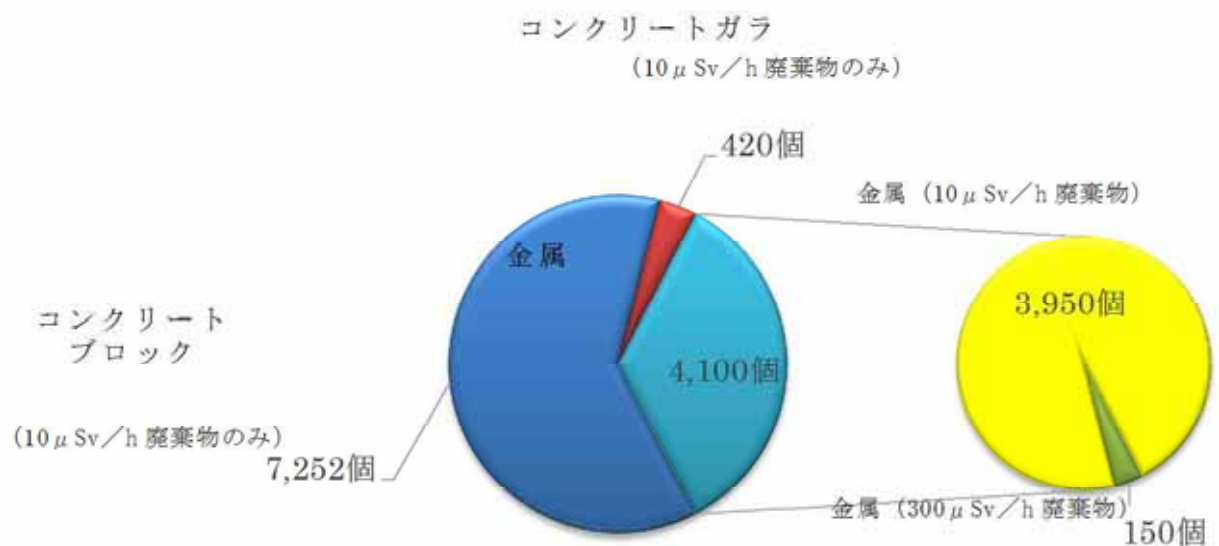
廃棄物の表面線量率のグループ設定結果を第 8 図に示す。

計算条件については、別添資料の計算に用いたパラメータに示す。



※申請書 本文三 ハ「第二種廃棄物埋設を行う放射性廃棄物に含まれる放射性物質の種類ごとの最大放射能濃度及び総放射エネルギー」で提示した核種のうち、ガンマ線を放出する核種

第 7 図 表面線量率の算出フロー（L3 対象物）



第 8 図 廃棄物の表面線量率のグループ設定結果

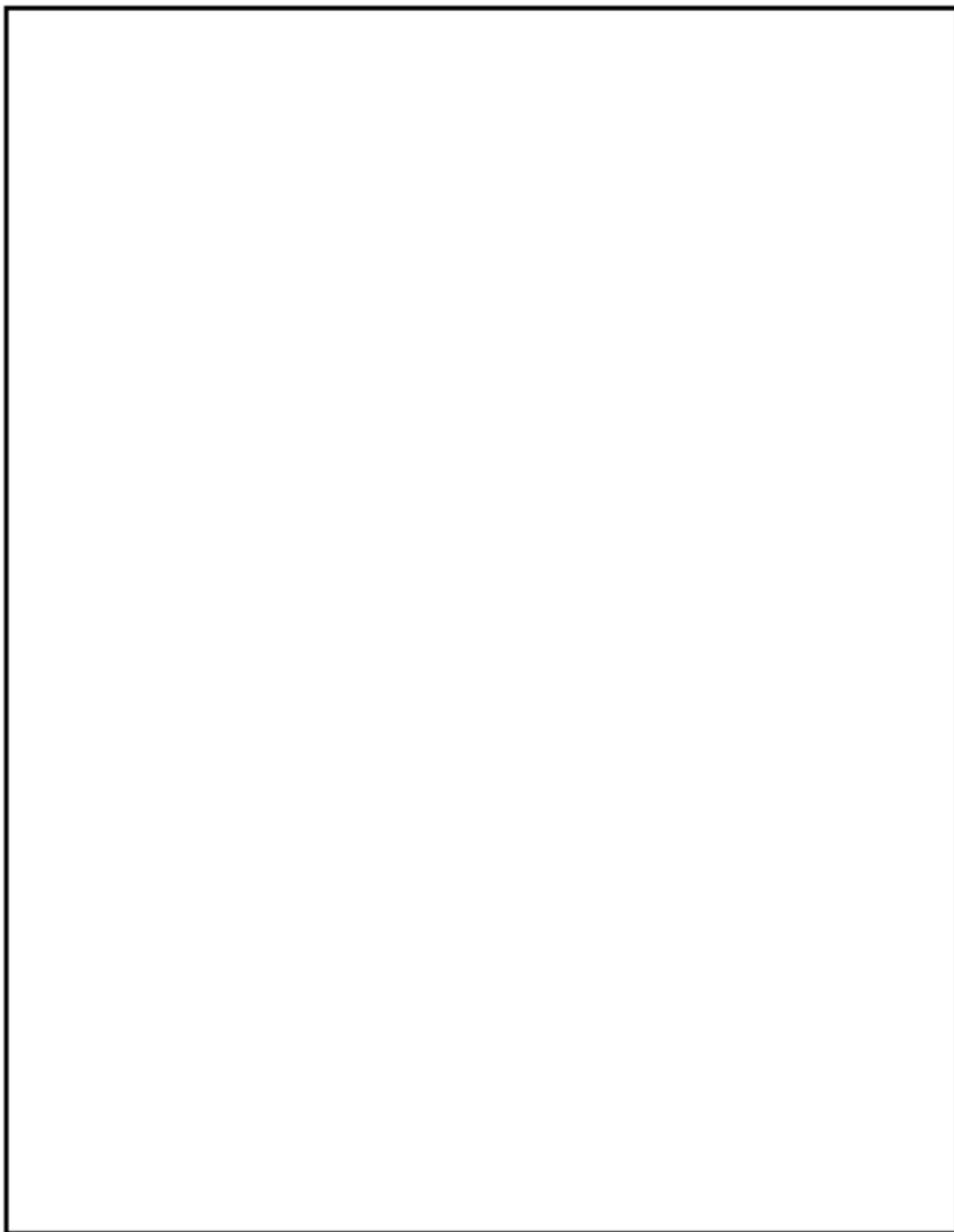
(2) グループごとの放射能濃度 (Co-60 相当)

直線ガンマ線量及びスカイシャインガンマ線量の計算に用いる線源を設定するため、鉄箱、コンクリートブロック及びコンクリートガラ等各廃棄物の表面線量率が、 $10\ \mu\text{Sv/h}$ 及び $300\ \mu\text{Sv/h}$ となる放射能濃度を QAD-CGGP2R を用いて計算した。

放射能濃度の計算においては、主なガンマ線放出核種である Co-60, Cs-137, Eu-152 及び Eu-154 の放射性核種のうち、エネルギーが高い核種として Co-60 を選択した。

また、解体工事においては、「東海発電所廃止措置計画認可申請書」(平成 25 年 3 月 8 日認可)に基づいて、機器等ごとに L3 対象物と分類した廃棄物を対象として、同じエリアで発生する廃棄物を容器に収納すること、容器に収納する際に、容器の表面線量率が $10\ \mu\text{Sv/h}$ 又は $300\ \mu\text{Sv/h}$ 以下であることを確認することから、廃棄物内で放射性物質の分布に大きな差はないと推定されることから、線源は均質の体積線源として設定した。

廃棄物ごとの表面線量率評価モデルを第 9 図に示す。



第 9 図 廃棄物ごとの表面線量率評価モデル

以下に計算結果を示す。

廃棄物種類		グループごとの放射能濃度 (Co-60 相当) (Bq/cm ³)
10 μ Sv/h 廃棄物	金属	
	コンクリートブロック	
	コンクリートガラ	
300 μ Sv/h 廃棄物	金属	

4. 計算条件（共通）

直接ガンマ線，スカイシャインガンマ線共通の計算条件を以下に示す。

（1）評価点

廃棄物埋設地端から，最も近い周辺監視区域境界上とする。

以下に評価点までの距離及び標高を示す。

項 目	値	備 考
評価点までの距離	150m	図面距離の約 157m の端数を切り捨て 150m に設定
評価点の標高	T.P. + 8m	直接線量評価時
	T.P. +11m	スカイシャイン線量評価時 計算上の評価点は地表 1m として，T.P. +10m+1m

- 埋設施設における線源（廃棄物）と周辺監視区域までの距離は，埋設する区画により異なるが，すべての区画の評価において，線源（廃棄物）から評価点までの距離を 150m と設定する。
- 評価点を設定する周辺監視区域境界は，標高が T.P. 約 +7m～9m と傾斜地形であるが評価点の標高は，評価上の保守性を考慮して設定する。

評価点の考え方を第 10 図に示す。

（2）評価時間

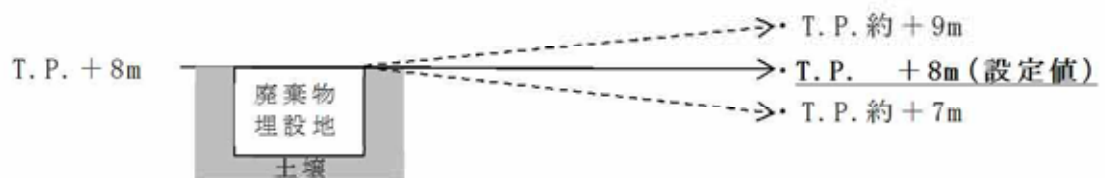
周辺の公衆が，年間を通じて評価点に留まっていると仮定して，評価時間は 1 年間とする。

評価時間の考え方を第 10 図に示す。



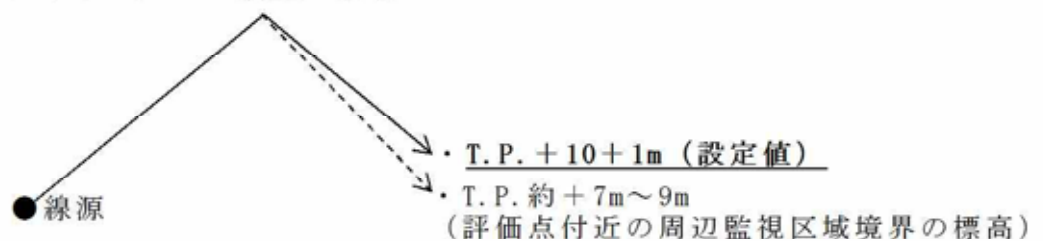
【評価点の標高の設定】

○直接ガンマ線量の計算



廃棄物埋設地と標高差が少ないほうが評価点までの距離は短い

○スカイシャインガンマ線量の計算



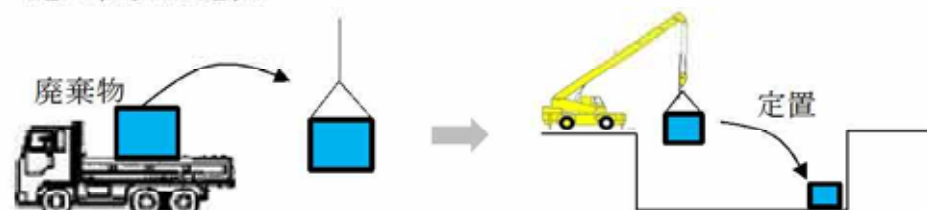
評価点の標高が高いほうが散乱距離は短い

第10図 評価点及び評価時間の考え方

(3) 廃棄物埋設に係る基本的な手順

① 区画の1段目に廃棄物を定置する。

- トラックにより輸送されてきた廃棄物の受け入れ
- 移動式クレーンにより輸送トラック上の廃棄物を吊り上げ、所定の位置に定置



② 区画の1段目の隙間への砂充填と中間覆土を施工する。

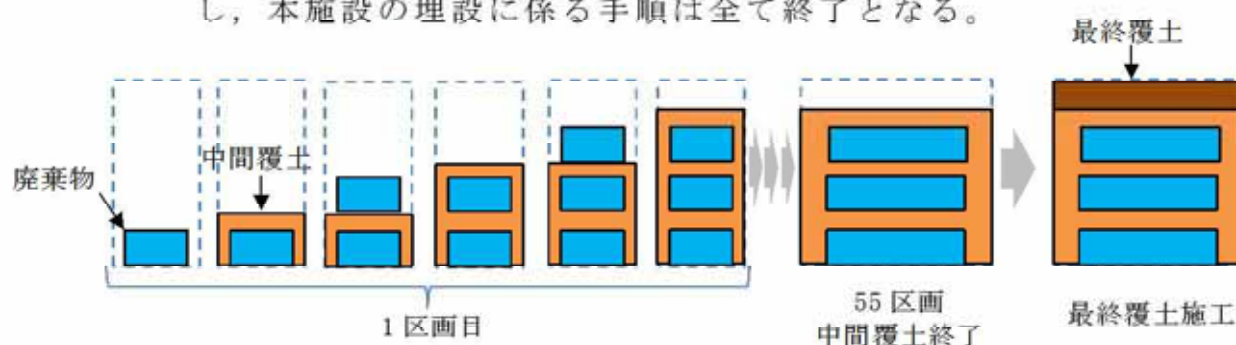
- 廃棄物と仕切板の間及び廃棄物間の隙間に砂を充填，廃棄物上面に中間覆土を施工



③ 次の段に移り，①及び②の手順を同様に繰り返す。

④ 最上段の中間覆土が終了するまで，上記手順を繰り返す。最上段の中間覆土の終了をもって，当該区画の埋設を終了する。

⑤ 次の区画に移り，55区画分の埋設が終了するまで上記①～④の手順を繰り返す。55区画分が終了した後，最終覆土を施工し，本施設の埋設に係る手順は全て終了となる。



(4) 想定する作業条件

a. 廃棄物埋設地に係る状態設定

本埋設計画では、 $15\text{m} \times 8\text{m}$ を一つの区画として管理することから、区画を1つの単位として評価を行う。廃棄物埋設地は、南側 25 区画、北側 30 区画の 55 区画で評価を実施する。

b. 埋設の進捗状況に係る状態設定

各区画は、埋設の進捗状況により、以下のように変化する。

- ・パターン A：廃棄物が定置されていない状態
- ・パターン B：廃棄物が定置されている途中の状態
- ・パターン C：廃棄物の定置後、中間覆土が施工された状態
- ・パターン D：最終覆土が施工された状態

作業中の区画はパターン B であり、最上段定置後の中間覆土が終了することにより、その区画はパターン C に移る。1 度に作業する区画の数は1つで、55 区画分の埋設が終了するまで同様に実施する。

その後、55 区画を覆うように最終覆土を施工し、パターン D となる。

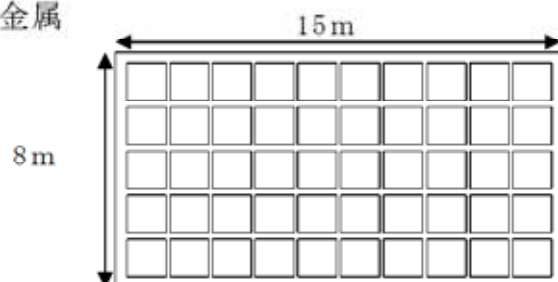
埋設の対象となる廃棄物のうち、 $300\mu\text{Sv/h}$ 廃棄物 (150 個) は、埋設方法の制限として、区画の 1 段目 (最下段) にのみ定置する。

$10\mu\text{Sv/h}$ 廃棄物 (11,622 個) は、定置する位置は制限しない。

(5) 計算上の配置例

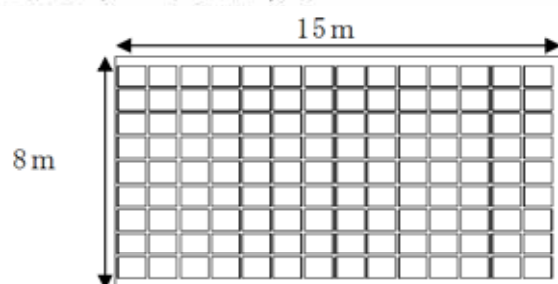
計算上の廃棄物種類ごとの廃棄物の定置パターンを第 11 図に示す。

○金属



1 段あたりの定置個数：50 個

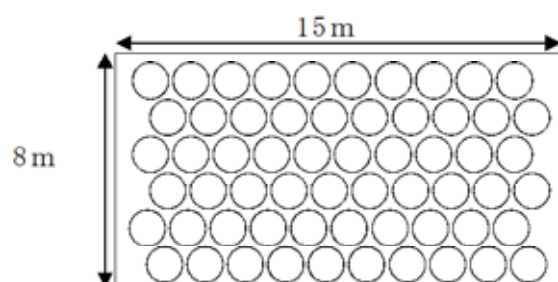
○コンクリートブロック



1 段あたりの定置個数：98 個
(最大 126 個※)

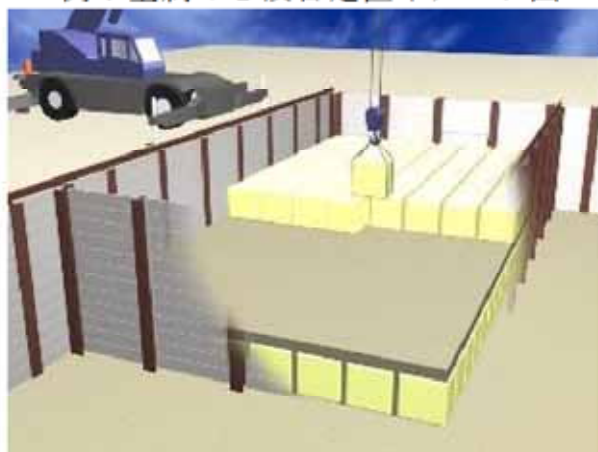
※直接ガンマ線評価では 126 個として計算

○コンクリートガラ



1 段あたりの定置個数：60 個

例：金属の 2 段目定置イメージ図



第 11 図 計算上の廃棄物種類ごとの廃棄物の定置パターン

5. 直接ガンマ線量の計算

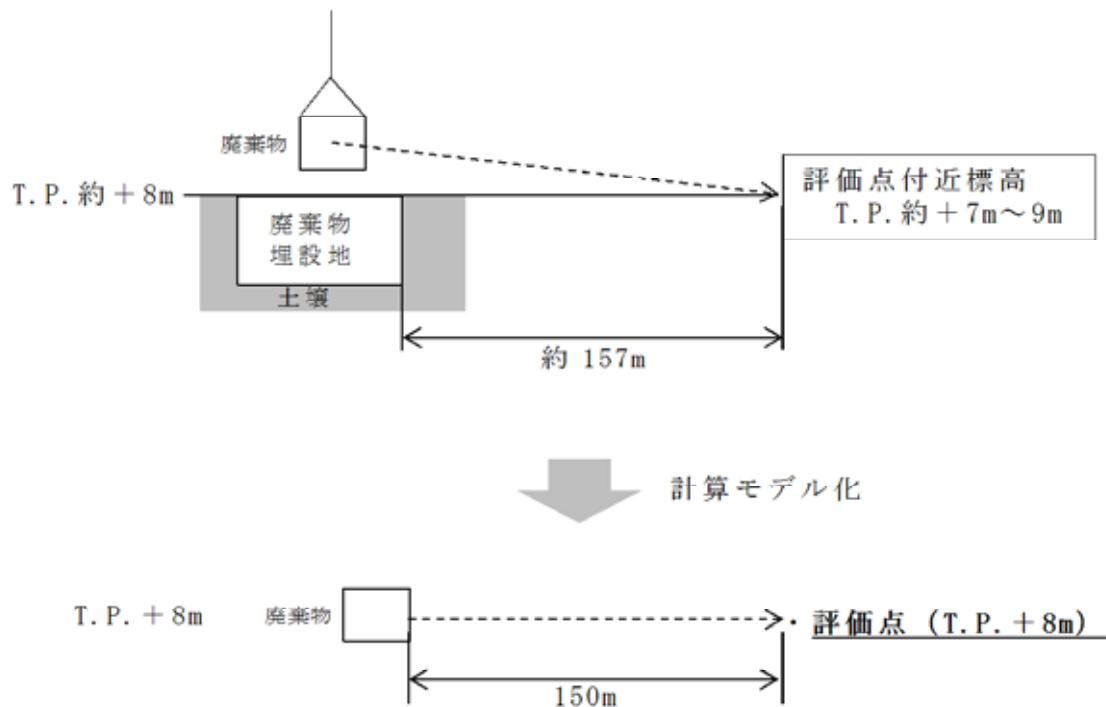
(1) 計算の考え方

直接ガンマ線の評価は、廃棄物からのガンマ線が評価対象者に直接到達する場合の被ばく線量を評価するものであることから、廃棄物が地表面より上で取り扱われている状態を対象として評価する。

廃棄物が廃棄物埋設地で受け入れられてから定置されるまでの間、廃棄物が地表面より上で取り扱われている状態で、その作業に係る時間を廃棄物 1 個当たりで設定する。

計算モデルでは、廃棄物表面から評価点までの距離を 150m とし、廃棄物と評価点の間には土壌はないものとする。

計算モデルのイメージを第 12 図に示す。



第 12 図 計算モデルのイメージ

なお、定置した廃棄物からの直接ガンマ線については、評価点と埋設地の標高差があるため、評価点から廃棄物を直視できないことから、定置した廃棄物からの直接ガンマ線を考慮しない。

(2) 計算の流れ

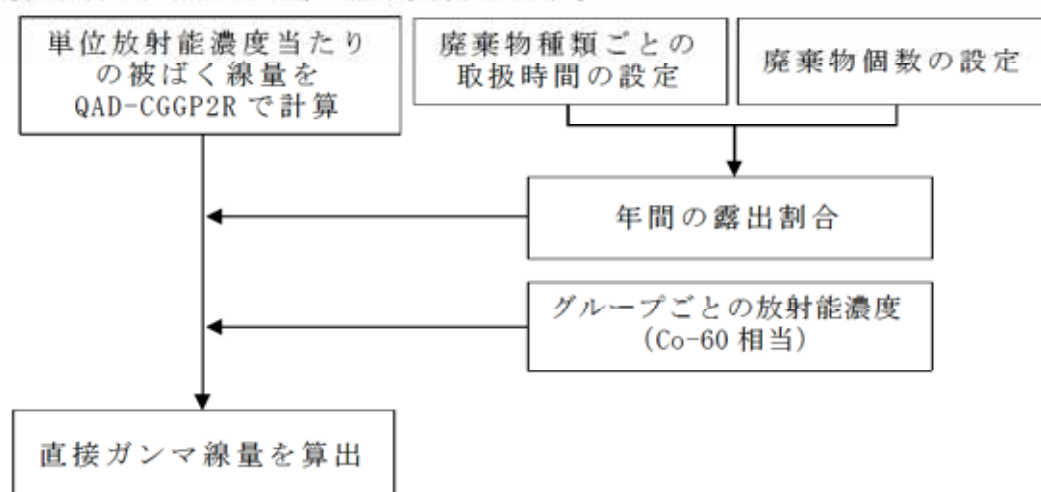
単位放射能濃度 ($1\text{Bq}/\text{cm}^3$) の各廃棄物 1 個を 1 年間、評価点から 150m 離れた位置に置いた状態で計算コードにて直接ガンマ線量を計算する。

次に、廃棄物種類ごとに、年間で取り扱う廃棄物数（廃棄物個数）と年間で地表面より上で取り扱う時間（取扱時間）から年間の露出割合を算出する。

年間の露出割合、 $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 及び $300\mu\text{Sv}/\text{h}$ に相当するグループごとの放射能濃度（Co-60 相当）及び計算コードの計算結果から、廃棄物種類ごとに直接ガンマ線量を算出する。

直接ガンマ線量の算出フローを第 13 図に示す。

計算条件については、別添資料に示す。



第 13 図 直接ガンマ線量の算出フロー

(3) 単位放射能濃度当たりの被ばく線量の計算

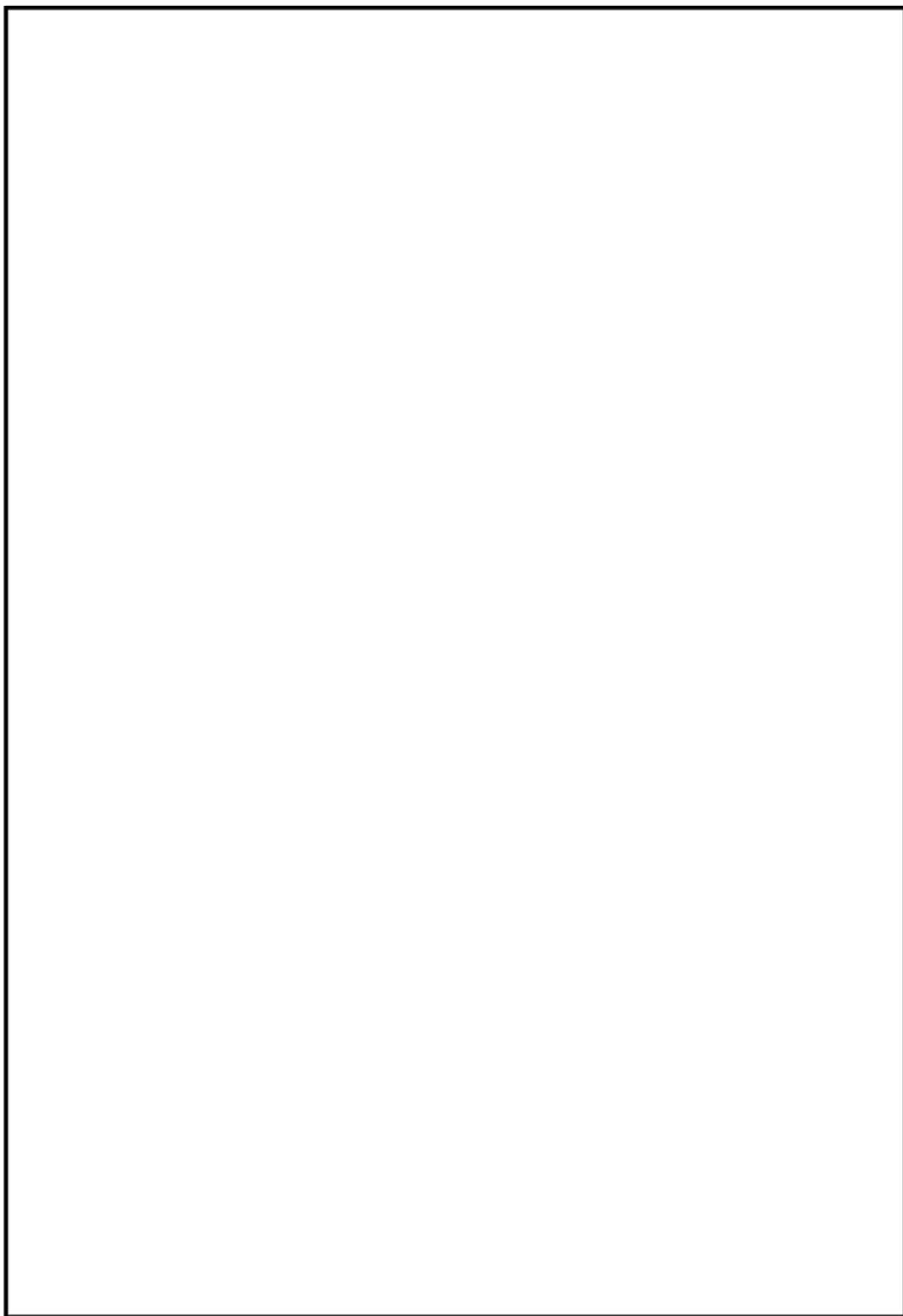
a. 計算に用いた計算コード

点減衰核積分法コード QAD-CGGP2R

b. 計算モデル

被ばく線量を評価する廃棄物の面については、保守的に線量が最も大きくなる表面積の一番大きい面を廃棄物種類ごとに選択する。

直接ガンマ線量の計算モデルを第 14 図に示す。



第 14 図 直接ガンマ線量の計算モデル

c. 計算コード計算結果

廃棄物種類	単位放射能濃度当たりの直接ガンマ線量 (μ Sv/y) / (Bq/cm ³)
金属	
コンクリートブロック	
コンクリートガラ	

(4) 年間の露出割合の算出

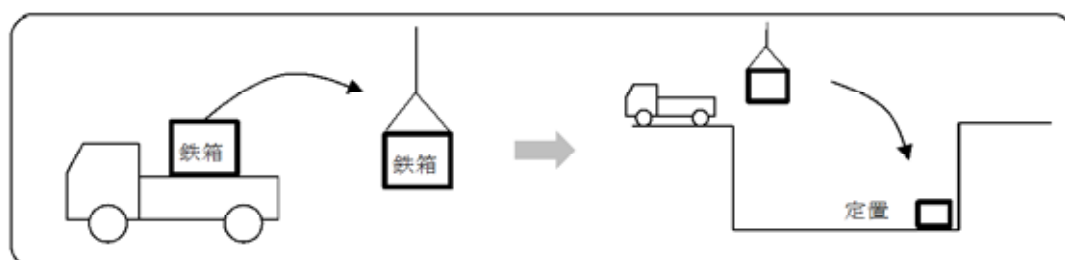
a. 廃棄物種類ごとの取扱時間*の設定

1日当たりの作業計画を基に、取扱時間を設定する。

*：廃棄物の吊り作業に当たり、クレーンフックを下げる行為を開始した時間から、廃棄物を定置しクレーンフックを元の位置まで戻すまでの時間

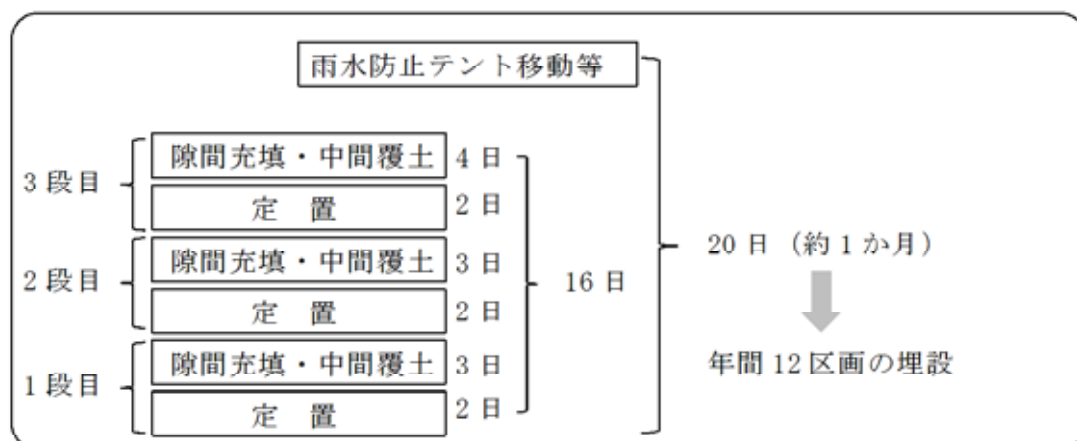
○金属

- ・鉄箱に封入した後、輸送トラックに1個積載して輸送し、移動式クレーンで定置
- ・取扱時間は1個当たり10分程度、1日に最大30個定置可能
- ・評価上、作業時間遅れ等を考慮し、取扱時間を20分に設定



第15図 輸送及び定置までの流れ

- ・1段に50個埋設する。1日当たり最大30個定置可能であるため、1段の定置は2日で終了する想定。その後、隙間の砂充填及び中間覆土に3日で、1段の埋設終了まで合計5日
- ・3段目（最上段）の中間覆土は0.5m以上となるため隙間充填と合わせて4日
- ・1区画の埋設終了まで16日必要。雨水浸入防止用テント（可動式）（以下「雨水防止テント」という。）の移動等を考慮して1区画の全ての作業が終了するまで20日
- ・年間12区画の埋設が可能



第16図 1区画あたりの工程イメージ

○コンクリートブロック

- ・プラスチックシートで梱包した後、輸送トラックに2個積載して移動し、移動式クレーンで定置
- ・取扱時間は2個当たり15分程度、1日に最大60個定置可能
- ・評価上、作業時間遅れ等を考慮し、取扱時間を20分に設定
- ・標準体の場合は、1段に98個埋設する。1日当たり最大60個定置可能であるため、1段の定置は2日で終了する想定。その後、隙間の砂充填及び中間覆土に3日で、1段の埋設終了まで合計5日
- ・3段目（最上段）の中間覆土は0.5m以上となるため隙間充填と合わせて6日（廃棄物種類ごとの高さの差を考慮）
- ・1区画の埋設終了まで18日必要。これに雨水防止テントの移動等を考慮して1区画の全ての作業が終了するまで20日
- ・年間12区画の埋設が可能

○コンクリートガラ

- ・フレキシブルコンテナに封入した後，輸送トラックに 2 個積載して移動し，移動式クレーンで定置
- ・取扱時間は 2 個当たり 15 分程度，1 日に最大 60 個定置可能
- ・評価上，作業時間遅れ等を考慮し，取扱時間を 20 分に設定
- ・1 段に 60 個埋設する。1 日当たり最大 60 個定置可能であるため，1 段の定置は 1 日で終了する想定。その後，隙間の砂充填及び中間覆土に 3 日で，1 段の埋設終了まで合計 4 日
- ・3 段目（最上段）の中間覆土は 0.5m 以上となるため隙間充填と合わせて 7 日（廃棄物種類ごとの高さの差を考慮）
- ・1 区画の埋設終了まで 16 日必要。これに雨水防止テントの移動等を考慮して 1 区画の全ての作業が終了するまで 20 日
- ・年間 12 区画の埋設が可能

b. 廃棄物個数の設定

○金属

- ・1 区画につき，1 段に 50 個，3 段で 150 個埋設する。
- ・年間 12 区画の埋設で，年間 1,800 個の埋設が可能である。
- ・ $10 \mu \text{ Sv/h}$ 廃棄物は，事前計算で想定した埋設個数は 3,950 個であることから，年間最大埋設個数を 1,800 個とする。
- ・ $300 \mu \text{ Sv/h}$ 廃棄物は，事前計算で想定した埋設個数は 150 個であることから，年間最大埋設個数を 150 個とする。

○コンクリートブロック

- ・1 区画につき，1 段に 98 個，3 段で 294 個埋設する。
- ・年間 12 区画の埋設で，年間 3,528 個の埋設が可能である。
- ・標準体の 1 段の最大埋設個数が 126 個であることから，保守的に 1 段 126 個，1 区画 3 段で 378 個埋設し，年間 12 区画で 4,536 個埋設可能とする。

- ・ $10\ \mu\text{Sv/h}$ 廃棄物は、事前計算で想定した埋設個数は 7,252 個であることから、年間最大埋設個数を 4,536 個とする。
- ・ $300\ \mu\text{Sv/h}$ 廃棄物は、埋設しない。

○コンクリートガラ

- ・ 1 区画につき、1 段に 60 個、3 段で 180 個埋設する。
- ・ 年間 12 区画の埋設で、年間 2,160 個の埋設が可能である。
- ・ $10\ \mu\text{Sv/h}$ 廃棄物は、事前計算で想定した埋設個数は 420 個であるが、 $10\ \mu\text{Sv/h}$ 廃棄物の年間最大埋設個数を保守的に 2,160 個とする。
- ・ $300\ \mu\text{Sv/h}$ 廃棄物は、埋設しない。

c. 廃棄物種類ごとの年間の露出割合

廃棄物種類		年間最大埋設個数 (個/y)	廃棄物 1 個当たりの年間時間割合	年間の露出割合 (-)
$10\ \mu\text{Sv/h}$ 廃棄物	金属	1,800	3.81×10^{-5}	6.85×10^{-2}
	コンクリートブロック	4,536		1.73×10^{-1}
	コンクリートガラ	2,160		8.22×10^{-2}
$300\ \mu\text{Sv/h}$ 廃棄物	金属	150		5.71×10^{-3}

- ・ 年間最大埋設個数は、1 段あたりの定置個数に、段数、年間区画数を乗じたもの
 例) 金属 $50(\text{個/段}) \times 3(\text{段/区画}) \times 12(\text{区画}) = 1,800$ 個
- ・ 廃棄物 1 個当たりの年間時間割合は、廃棄物 1 個当たりの取扱時間 20 分を 1 年間で除した割合に設定
 例) $20 / (365 \times 24 \times 60) \simeq 3.81 \times 10^{-5}$
- ・ 年間の露出割合は、年間最大埋設個数に年間時間割合を乗じたもの

(5) グループごとの放射能濃度 (Co-60 相当)

事前計算で算出した値を用いる。

廃棄物種類		放射能濃度 (Bq/cm ³) C o - 60 濃度相当
10 μ Sv/h 廃棄物	金属	
	コンクリートブロック	
	コンクリートガラ	
300 μ Sv/h 廃棄物	金属	

(6) 廃棄物種類ごとの直接ガンマ線量の算出

○10 μ Sv/h 廃棄物

廃棄物種類	直接ガンマ線量 (単位放射能濃度) (μ Sv/年)/(Bq/cm ³)	年間の 露出割合 (-)	10 μ Sv/h 相当放射能濃度 (Bq/cm ³)	直接ガンマ線量 (μ Sv/年)
金属		6.85×10^{-2}		3.7×10^{-2}
コンクリート ブロック		1.73×10^{-1}		<u>4.6×10^{-2}</u>
コンクリート ガラ		8.22×10^{-2}		2.8×10^{-2}

--

○300 μ Sv/h 廃棄物

廃棄物種類	直接ガンマ線量 (単位放射能濃度) (μ Sv/年)/(Bq/cm ³)	年間の 露出割合 (-)	300 μ Sv/h 相当放射能濃度 (Bq/cm ³)	直接ガンマ線量 (μ Sv/年)
金属		5.71×10^{-3}		<u>9.2×10^{-2}</u>

--

10 μ Sv/h 廃棄物で最大となる被ばく線量及び金属の 300 μ Sv/h 廃棄物の被ばく線量を直接ガンマ線の被ばく線量とする。

10 μ Sv/h 廃棄物で最大となる被ばく線量は、コンクリートプロ

ックの $4.6 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/年}$ であり，金属の $300 \mu\text{Sv/h}$ 廃棄物の被ばく線量は， $9.2 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/年}$ であるため，それらの合計値である $1.4 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/年}$ を直接ガンマ線の評価値とする。

6. スカイシャインガンマ線量の計算

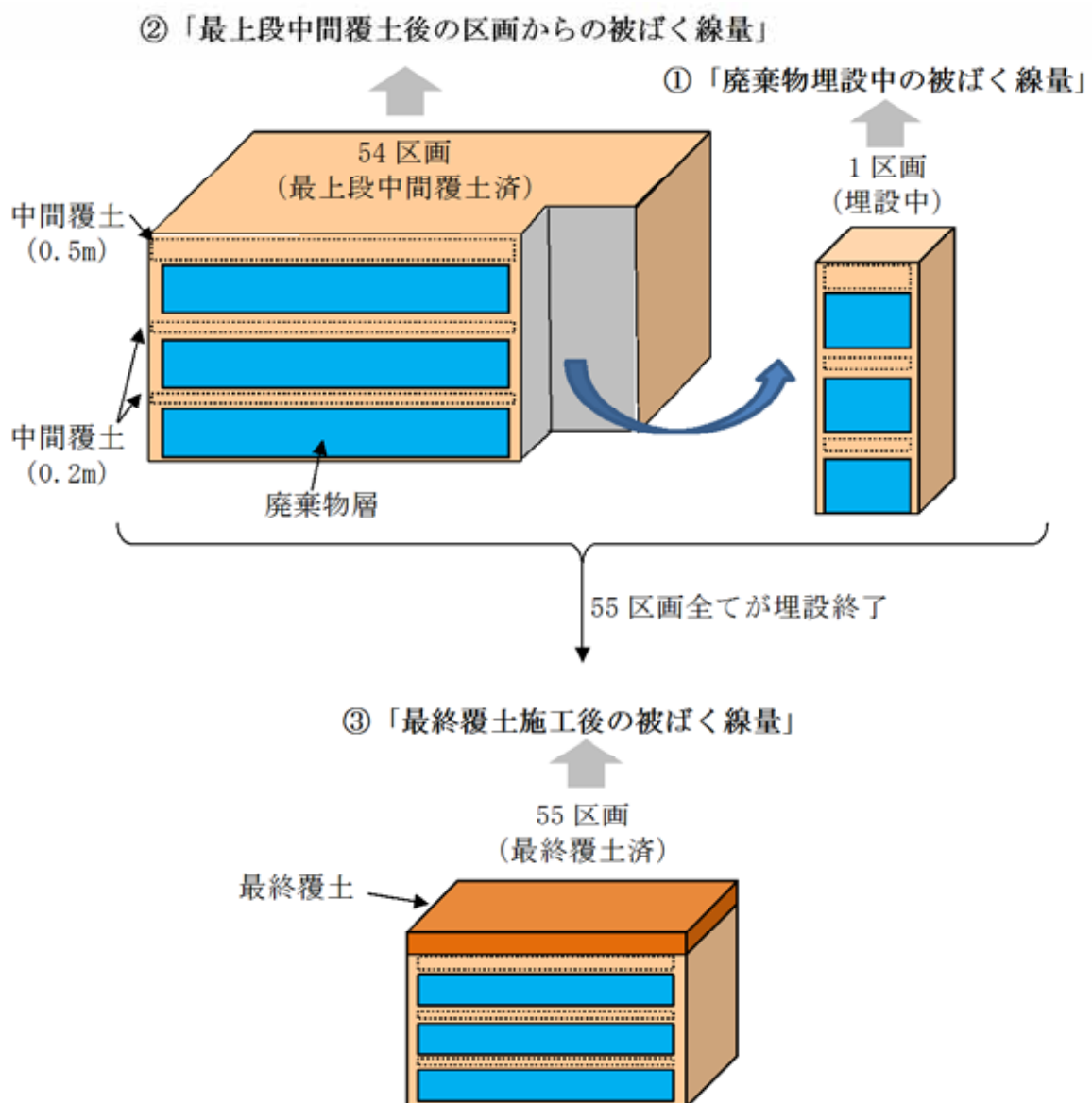
(1) 計算の考え方

スカイシャインガンマ線の評価は、定置した廃棄物を対象とする。

線源となる廃棄物の状態及び遮蔽となる廃棄物と中間覆土の状態を設定して影響を評価する。

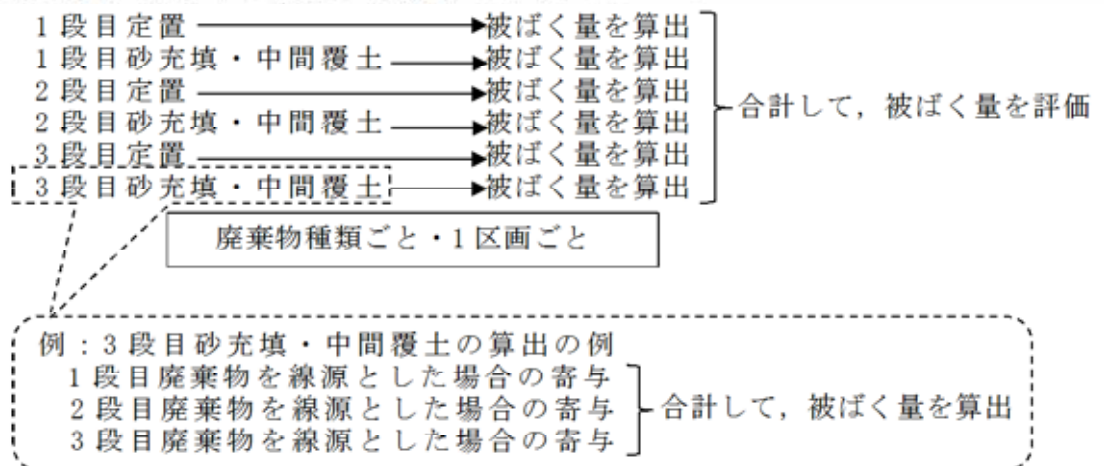
計算においては、廃棄物埋設中の被ばく線量、最上段中間覆土後の区画からの被ばく線量、最終覆土施工後の被ばく線量を算出する。

計算イメージを第 17.1 図及び第 17.2 図に示す。

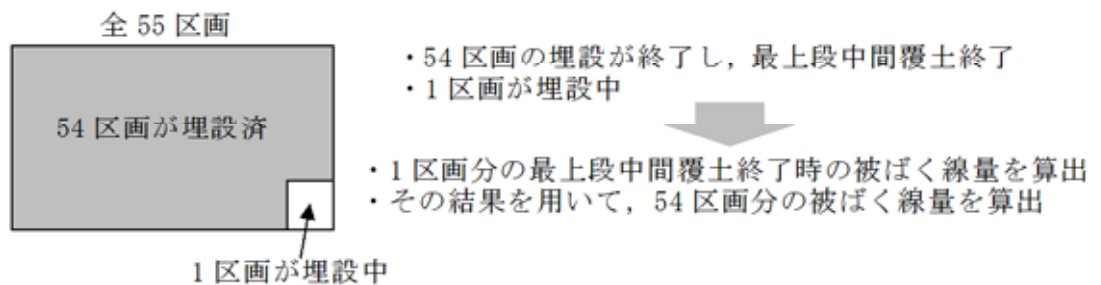


第 17.1 図 計算イメージ (その 1)

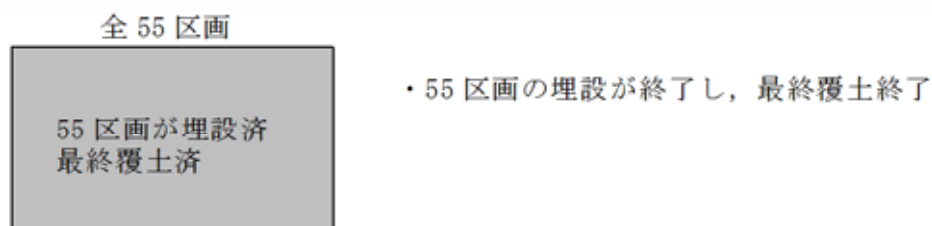
① 廃棄物埋設中の被ばく線量の計算イメージ



② 最上段中間覆土後の区画からの被ばく線量の計算イメージ



③ 最終覆土施工後の被ばく線量の計算イメージ



第 17.2 図 計算イメージ（その 2）

（2） 計算の流れ

廃棄物種類ごとに、廃棄物高さ及び中間覆土厚さに基づき、計算に用いる廃棄物高さ及び中間覆土厚さの遮蔽条件を設定する。

廃棄物の定置作業、隙間の砂充填作業、中間覆土作業及び雨水防止テントの移動等より、廃棄物及び遮蔽の状態設定を行う。

設定に基づき、単位放射能濃度（1Bq/cm³）にて、区画の地表面を

結合点として、1次元輸送計算コード（ANISN）とガンマ線1回散乱線計算コード（G33-GP2R）を組み合わせ、単位放射能濃度当たりのスカイシャインガンマ線を計算する。

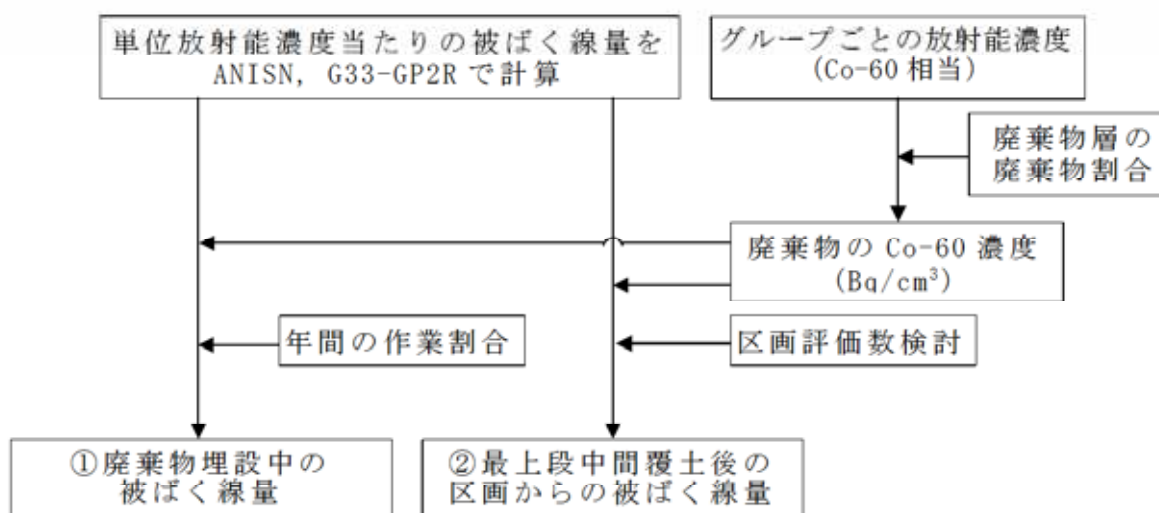
10 μ Sv/h 及び 300 μ Sv/h に相当するグループごとの放射能濃度（Co-60 相当）、廃棄物層の廃棄物割合より、廃棄物の Co-60 濃度を求める。

単位放射能濃度当たりのスカイシャインガンマ線計算結果、廃棄物の Co-60 濃度及び年間の作業割合より、廃棄物埋設中のスカイシャインガンマ線による被ばく線量を算出する。

単位放射能濃度当たりのスカイシャインガンマ線計算結果、廃棄物の Co-60 濃度及び区画評価数検討結果より、最上段中間覆土後の区画からのスカイシャインガンマ線による被ばく線量を算出する。

スカイシャインガンマ線量の算出フローを第18図に示す。

計算条件については、別添資料の計算に用いたパラメータに示す。

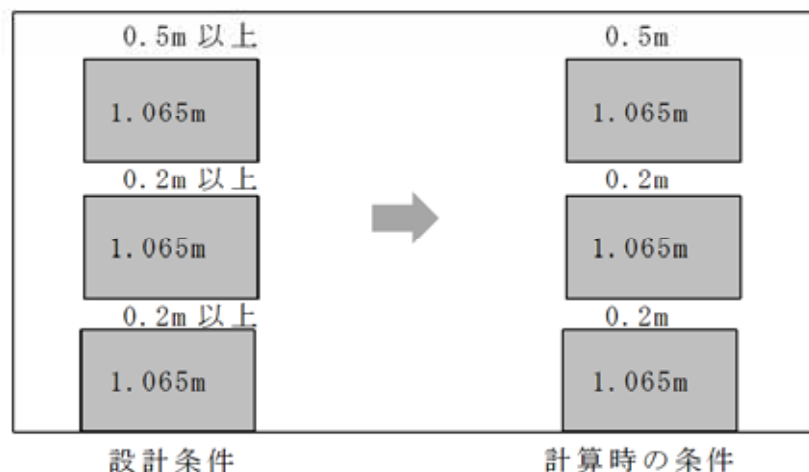


第18図 スカイシャインガンマ線量の算出フロー

(3) 計算に用いる廃棄物高さ及び中間覆土厚さの遮蔽条件の設定

a. 金属

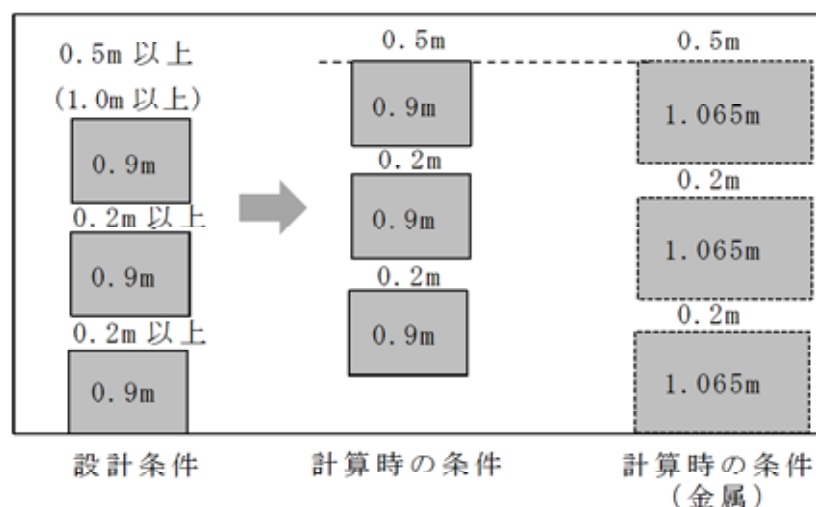
設計条件より，計算時の条件は，廃棄物高さを 1.065m，1 段目及び 2 段目の中間覆土高さを 0.2m，3 段目（最上段）の中間覆土高さを 0.5m とする。



第 19.1 図 金属の遮蔽条件

b. コンクリートブロック

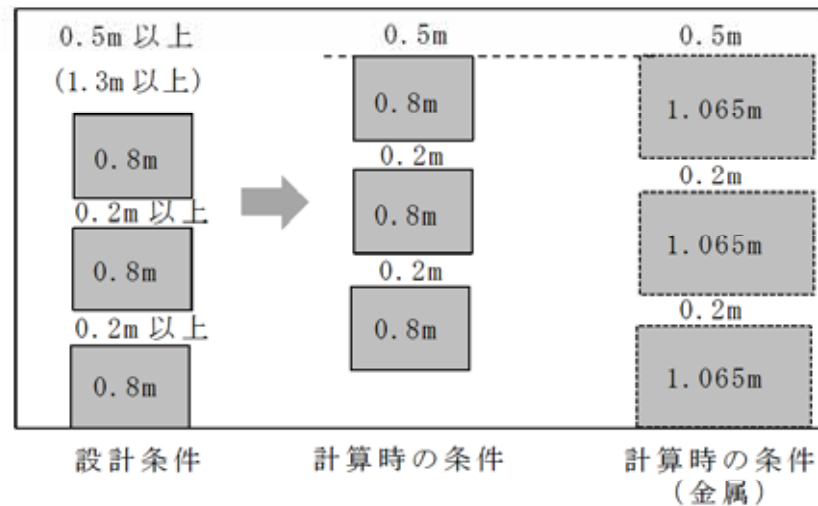
設計条件は，廃棄物高さを 0.9m，1 段目及び 2 段目の中間覆土高さを 0.2m 以上，3 段目（最上段）の中間覆土高さを 0.5m 以上（金属との高さの差を考慮すると 1.0m 以上）であるが計算時の条件では，1 段目及び 2 段目の中間覆土高さを 0.2m，3 段目の中間覆土高さを 0.5m と設定する。



第 19.2 図 コンクリートブロックの遮蔽条件

c. コンクリートガラ

設計条件は，廃棄物高さを 0.8m，1 段目及び 2 段目の中間覆土高さを 0.2m 以上，3 段目（最上段）の中間覆土高さを 0.5m 以上（金属との高さの差を考慮すると 1.3m 以上）であるが，計算時の条件では，1 段目及び 2 段目の中間覆土高さを 0.2m，3 段目の中間覆土高さを 0.5m と設定する。



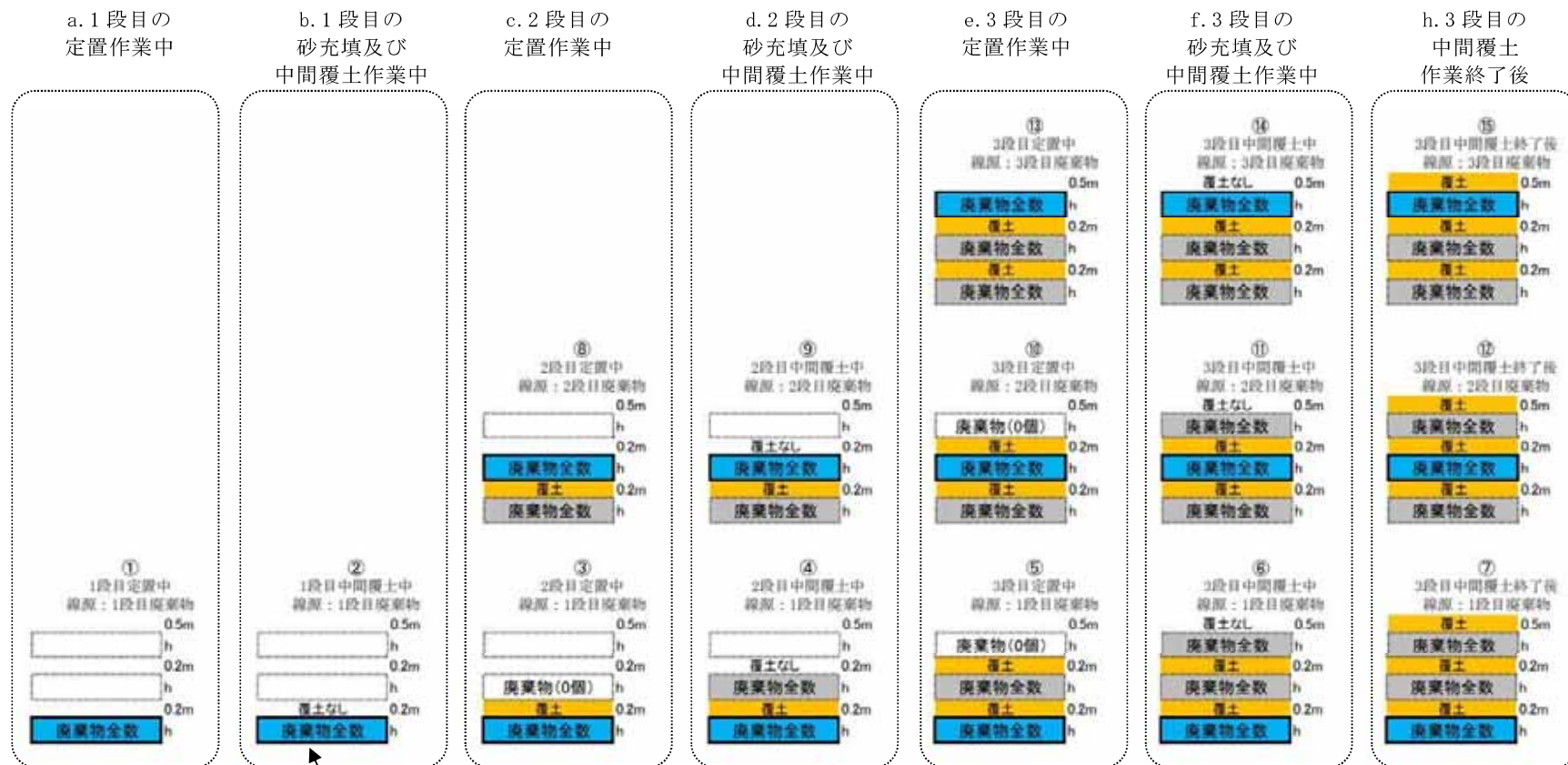
第 19.3 図 コンクリートガラの遮蔽条件

(4) 廃棄物及び遮蔽の状態設定

廃棄物の取扱い状態は，廃棄物の定置作業，隙間の砂充填作業，中間覆土作業及び雨水防止テントの移動等の作業に分けられることから，以下のように作業ステップごとに廃棄物及び遮蔽の状態設定を設定する。

- 1 段目の定置作業中
- 1 段目の砂充填及び中間覆土作業中
- 2 段目の定置作業中
- 2 段目の砂充填及び中間覆土作業中
- 3 段目の定置作業中
- 3 段目の砂充填及び中間覆土作業中
- 雨水防止テントの移動等のその他の作業
- 3 段目の中間覆土作業終了後

廃棄物及び遮蔽の状態設定のまとめを第 20 図に示す。



h：廃棄物の高さ

廃棄物	高さ[h] (m)
金属	1.065
コンクリートブロック	0.9
コンクリートガラ	0.8

第 20 図 廃棄物及び遮蔽の状態設定のまとめ

作業ステップごとに廃棄物及び遮蔽の状態設定の詳細を以下に示す。

a. 1 段目の定置作業中

廃棄物は保守的に全数定置されているものとして設定する。



h : 廃棄物の高さ

廃棄物	高さ[h] (m)
金属	1.065
コンクリート ブロック	0.9
コンクリート ガラ	0.8

以下, 同じ

 : 線源として想定した部分

以下, 同じ

①1 段目廃棄物からの影響評価 : 1 段目定置中

b. 1 段目の砂充填及び中間覆土作業中

廃棄物は全数定置されており, 中間覆土は保守的にないものとして設定する。



②1 段目廃棄物からの影響評価 : 1 段目中間覆土中

c. 2 段目の定置作業中

2 段目の廃棄物は、放射線源になる場合と 1 段目の廃棄物の遮蔽になる場合では保守性が異なるため、別々に設定する。



③1 段目廃棄物からの影響評価：2 段目定置中



⑧2 段目廃棄物からの影響評価：2 段目定置中

d. 2 段目の砂充填及び中間覆土作業中

1 段目の廃棄物は全数定置されており，中間覆土は保守的でないものとして設定する。

1 段目及び 2 段目廃棄物からの影響を別々に評価し加算する。



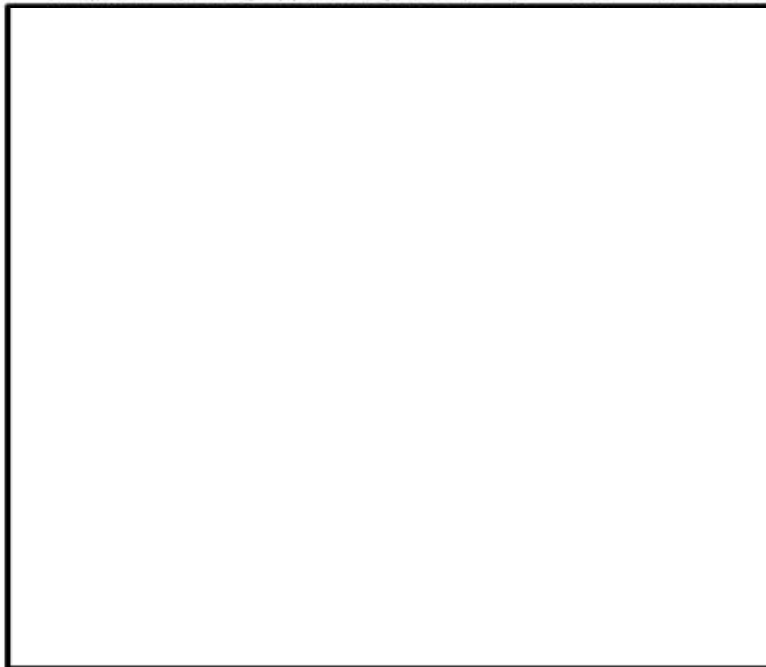
④ 1 段目廃棄物からの影響評価：2 段目中間覆土中



⑤ 2 段目廃棄物からの影響評価：2 段目中間覆土中

e. 3 段目の定置作業中

3 段目の定置作業においては、「2 段目の定置作業中」と同様に放射線源になる場合は全数定置されているものとして設定し、遮蔽になる場合は定置されていないものとして設定する。



⑤ 1 段目廃棄物からの影響評価：3 段目定置中



⑩ 2 段目廃棄物からの影響評価：3 段目定置中



⑬3 段目廃棄物からの影響評価：3 段目定置中

f. 3 段目の砂充填及び中間覆土作業中

1 段目から 3 段目の廃棄物は全数定置されており，中間覆土は保守的にないものとして設定する。

1 段目から 3 段目廃棄物からの影響を別々に評価し加算する。



⑥1 段目廃棄物からの影響評価：3 段目中間覆土中



⑪ 2 段目廃棄物からの影響評価：3 段目中間覆土中



⑫ 3 段目廃棄物からの影響評価：3 段目中間覆土中

g. 雨水防止テントの移動等のその他の作業

3 段目の中間覆土が終了している状態であるが、保守的に 3 段目の中間覆土がないものと設定するため、「3 段目の砂充填及び中間覆土作業中」と同様の状態に設定する。

h. 3 段目の中間覆土作業終了後

廃棄物は全数定置及び全中間覆土施工済みの状態と設定する。

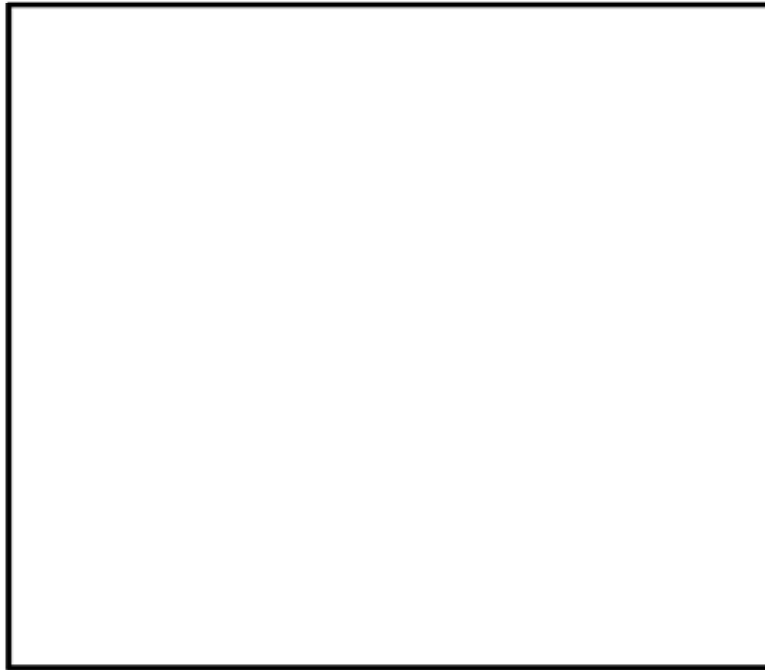
1 段目から 3 段目廃棄物からの影響を別々に評価し加算する。



⑦ 1 段目廃棄物からの影響評価：3 段目中間覆土終了後



⑫ 2 段目廃棄物からの影響評価：3 段目中間覆土終了後

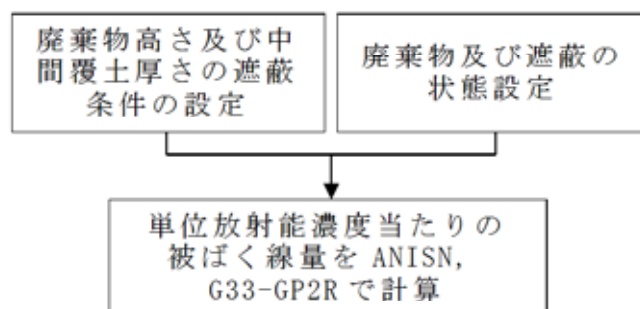


⑮ 3 段目廃棄物からの影響評価：3 段目中間覆土終了後

(5) 単位放射能濃度当たりの被ばく線量の計算

単位放射能濃度 ($1\text{Bq}/\text{cm}^3$) にて, 区画の地表面を結合点として, 1 次元輸送計算コード (ANISN) とガンマ線 1 回散乱線計算コード (G33-GP2R) を組み合わせて計算する。

単位放射能濃度 ($1\text{Bq}/\text{cm}^3$) 当たりの線量率の計算フローを第 21 図に示す。計算条件については, 別添資料に示す。



第 21 図 単位放射能濃度 ($1\text{Bq}/\text{cm}^3$) 当たりの線量率の計算フロー

a. 計算に用いた計算コード及び計算方法

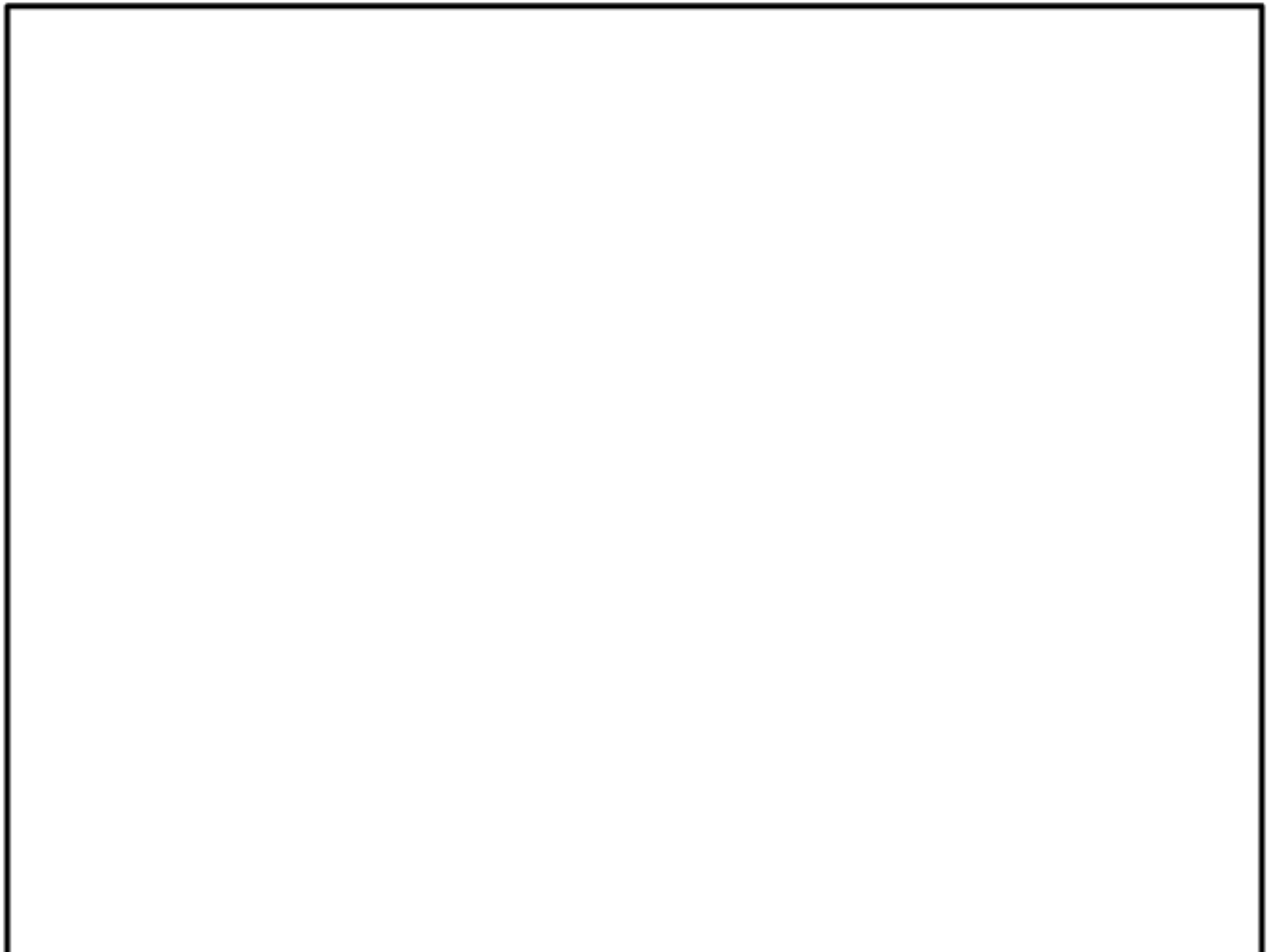
- ① 区画の地表面におけるガンマ線の角度束を 1 次元輸送計算コード ANISN により算出する。

- ② 区画の地表面を点線源の位置として、①で求めたガンマ線の角度束をガンマ線 1 回散乱線計算コード G33-GP2R に入力し、単位面積当たりのスカイシャインの実効線量率を算出する。
- ③ ②で求めた単位面積当たりのスカイシャインの実効線量率に散乱線の放出面積（区画の底面積）を乗じてスカイシャインの実効線量率を算出する。

b. 計算モデル

ANISN によるの計算モデルは、廃棄物及び遮蔽の状態設定で示した状態設定図である。

G33-GP2R による 1 回散乱線の計算モデルを第 22 図に示す。



第 22 図 G33-GP2R による 1 回散乱線の計算モデル

c. 単位放射能濃度当たりの被ばく線量の計算結果

ANISN 及び G33-GP2R を組み合わせて計算した単位放射能濃度 ($1\text{Bq}/\text{cm}^3$)

当たりの 1 区画からの被ばく線量を以下に示す。

○金属

作業項目		1 区画当たり，単位放射能濃度当たりの被ばく線量 ($\mu\text{Sv}/\text{y}$) / (Bq/cm^3)			
		1 段目から	2 段目から	3 段目から	合計
1	1 段目定置	8.06×10^{-1}	—	—	8.06×10^{-1}
2	1 段目砂充填・中間覆土	8.06×10^{-1}	—	—	8.06×10^{-1}
3	2 段目定置	1.73×10^{-1}	8.12×10^{-1}	—	9.85×10^{-1}
4	2 段目砂充填・中間覆土	4.01×10^{-3}	8.12×10^{-1}	—	8.16×10^{-1}
5	3 段目定置	1.12×10^{-3}	1.74×10^{-1}	8.18×10^{-1}	9.92×10^{-1}
6	3 段目砂充填・中間覆土	2.57×10^{-5}	4.00×10^{-3}	8.18×10^{-1}	8.22×10^{-1}
7	埋設後	5.82×10^{-7}	9.15×10^{-5}	1.40×10^{-2}	1.41×10^{-2}

○コンクリートブロック

作業項目		1 区画当たり，単位放射能濃度当たりの被ばく線量 ($\mu\text{Sv}/\text{y}$) / (Bq/cm^3)			
		1 段目から	2 段目から	3 段目から	合計
1	1 段目定置	4.04×10^{-1}	—	—	4.04×10^{-1}
2	1 段目砂充填・中間覆土	4.04×10^{-1}	—	—	4.04×10^{-1}
3	2 段目定置	7.02×10^{-2}	4.06×10^{-1}	—	4.76×10^{-1}
4	2 段目砂充填・中間覆土	3.60×10^{-5}	4.06×10^{-1}	—	4.06×10^{-1}
5	3 段目定置	6.59×10^{-6}	7.04×10^{-2}	4.09×10^{-1}	4.80×10^{-1}
6	3 段目砂充填・中間覆土	3.05×10^{-9}	3.62×10^{-5}	4.09×10^{-1}	4.09×10^{-1}
7	埋設後	3.97×10^{-11}	4.80×10^{-7}	5.38×10^{-3}	5.38×10^{-3}

○コンクリートガラ

作業項目		1 区画当たり，単位放射能濃度当たりの被ばく線量 ($\mu\text{Sv}/\text{y}$) / (Bq/cm^3)			
		1 段目から	2 段目から	3 段目から	合計
1	1 段目定置	8.19×10^{-1}	—	—	8.19×10^{-1}
2	1 段目砂充填・中間覆土	8.19×10^{-1}	—	—	8.19×10^{-1}
3	2 段目定置	1.42×10^{-1}	8.26×10^{-1}	—	9.68×10^{-1}
4	2 段目砂充填・中間覆土	5.86×10^{-3}	8.26×10^{-1}	—	8.32×10^{-1}
5	3 段目定置	1.08×10^{-3}	1.43×10^{-1}	8.31×10^{-1}	9.75×10^{-1}
6	3 段目砂充填・中間覆土	4.28×10^{-5}	5.88×10^{-3}	8.31×10^{-1}	8.37×10^{-1}
7	埋設後	5.66×10^{-7}	8.01×10^{-5}	1.09×10^{-2}	1.10×10^{-2}

(6) 廃棄物の Co-60 濃度の算出

廃棄物の Co-60 濃度は、グループごとの放射能濃度 (Co-60 相当) と廃棄物層の廃棄物割合から算出する。

a. グループごとの放射能濃度 (Co-60 相当)

事前計算にて算出した以下の値を用いる。

廃棄物種類		放射能濃度 (Bq/cm ³) Co-60 濃度相当
10 μ Sv/h 廃棄物	金属	
	コンクリートブロック	
	コンクリートガラ	
300 μ Sv/h 廃棄物	金属	

b. 廃棄物層の廃棄物割合の算出

廃棄物層の廃棄物割合は、廃棄物 1 個の内容積に 1 区画 1 段の廃棄物定置数を乗じ、1 区画 1 段の埋設体積で除した値である。

パラメータ	単位	金属	コンクリートブロック	コンクリートガラ
廃棄物 1 個の内容積	m ³			
1 区画 1 段の廃棄物定置数	個	50	126	60
1 区画の幅	m	15	15	15
1 区画の奥行	m	8	8	8
廃棄物層の高さ	m	1.065	0.90	0.80
廃棄物層の廃棄物割合	-			

--

c. 廃棄物の Co-60 濃度の算出

10 μ Sv/h 及び 300 μ Sv/h 廃棄物のグループごとの放射能濃度に廃棄物層の廃棄物割合を乗じて算出した値である。

廃棄物種類		放射能濃度 (Bq/cm ³) Co-60 相当	廃棄物層の 廃棄物割合 (-)	廃棄物の Co-60 濃度 (Bq/cm ³)
10 μ Sv/h 廃棄物	金属			7.52×10 ⁰
	コンクリートブロック			1.83×10 ¹
	コンクリートガラ			8.71×10 ⁰
300 μ Sv/h 廃棄物	金属			2.26×10 ²

(7) 年間の作業割合の算出

a. 10 μ Sv/h 廃棄物

10 μ Sv/h 廃棄物の取扱いは、年間を通じて行われることから、各作業項目の作業日数を作業日数の総和で除して算出する。

作業項目		作業日数 (日)	作業割合 (-)	備 考
1	1 段目定置	2	1.0×10^{-1}	作業日数 ÷ 作業日数の総和
2	1 段目砂充填・中間覆土	3	1.5×10^{-1}	
3	2 段目定置	2	1.0×10^{-1}	
4	2 段目砂充填・中間覆土	3	1.5×10^{-1}	
5	3 段目定置	2	1.0×10^{-1}	
6	3 段目砂充填・中間覆土	8	4.0×10^{-1}	

b. 300 μ Sv/h 廃棄物-金属

年間で3区画分を計算することから、各作業項目の作業日数に区画数の3を乗じて、365日で除して算出する。

作業項目		作業日数 (日)	区画数	作業割合 (-)
1	1 段目定置	2	3	1.6×10^{-2}
2	1 段目砂充填・中間覆土	3	3	2.5×10^{-2}
3	2 段目定置	2	3	1.6×10^{-2}
4	2 段目砂充填・中間覆土	3	3	2.5×10^{-2}
5	3 段目定置	2	3	1.6×10^{-2}
6	3 段目砂充填・中間覆土	8	3	6.6×10^{-2}

(8) 区画評価数の検討

55 区画分の埋設が終了した後，55 区画を覆うように盛土状の最終覆土を施工する。埋設終了後の区画からのスカイシャインガンマ線の影響を考えた場合，廃棄物を埋設した区画の数が多くなるほど，大きくなるため，54 区画で埋設が終了し，最後の 1 区画を埋設中の場合が最も線量影響が大きくなる。

線量評価上の状態設定としては，保守的に 54 区画で埋設が終了している状態が 1 年間継続するとして評価する。

(9) 廃棄物埋設中の被ばく線量の算出

廃棄物埋設中の被ばく線量は，単位放射能濃度当たりの被ばく線量に作業割合を乗じた値の総和に，廃棄物の Co-60 濃度を乗じて算出する。

a. $10 \mu\text{ Sv/h}$ 廃棄物-金属

		①	②	③	④	③×④
作業項目		単位放射能濃度 当たりの 被ばく線量 ($\mu\text{ Sv/y}$)/(Bq/cm ³)	作業割合 (-)	①×② 合計	廃棄物の Co-60 濃度 (Bq/cm ³)	廃棄物 埋設中の 被ばく線量 ($\mu\text{ Sv/y}$)
1	1 段目定置	8.06×10^{-1}	1.0×10^{-1}	8.50×10^{-1}	7.52×10^0	6.4×10^0
2	1 段目砂充填 中間覆土	8.06×10^{-1}	1.5×10^{-1}			
3	2 段目定置	9.85×10^{-1}	1.0×10^{-1}			
4	2 段目砂充填 中間覆土	8.16×10^{-1}	1.5×10^{-1}			
5	3 段目定置	9.92×10^{-1}	1.0×10^{-1}			
6	3 段目砂充填 中間覆土	8.22×10^{-1}	4.0×10^{-1}			

b. $10 \mu\text{Sv/h}$ 廃棄物-コンクリートブロック

		①	②	③	④	③×④
作業項目		単位放射能濃度 当たりの 被ばく線量 ($\mu\text{Sv/y}$)/(Bq/cm ³)	作業割合 (-)	①×② 合計	廃棄物の Co-60 濃度 (Bq/cm ³)	廃棄物 埋設中の 被ばく線量 ($\mu\text{Sv/y}$)
1	1 段目定置	4.04×10^{-1}	1.0×10^{-1}	4.21×10^{-1}	1.83×10^1	7.7×10^0
2	1 段目砂充填 中間覆土	4.04×10^{-1}	1.5×10^{-1}			
3	2 段目定置	4.76×10^{-1}	1.0×10^{-1}			
4	2 段目砂充填 中間覆土	4.06×10^{-1}	1.5×10^{-1}			
5	3 段目定置	4.80×10^{-1}	1.0×10^{-1}			
6	3 段目砂充填 中間覆土	4.09×10^{-1}	4.0×10^{-1}			

c. $10 \mu\text{Sv/h}$ 廃棄物-コンクリートガラ

		①	②	③	④	③×④
作業項目		単位放射能濃度 当たりの 被ばく線量 ($\mu\text{Sv/y}$)/(Bq/cm ³)	作業割合 (-)	①×② 合計	廃棄物の Co-60 濃度 (Bq/cm ³)	廃棄物 埋設中の 被ばく線量 ($\mu\text{Sv/y}$)
1	1 段目定置	8.19×10^{-1}	1.0×10^{-1}	8.59×10^{-1}	8.71×10^0	7.5×10^0
2	1 段目砂充填 中間覆土	8.19×10^{-1}	1.5×10^{-1}			
3	2 段目定置	9.68×10^{-1}	1.0×10^{-1}			
4	2 段目砂充填 中間覆土	8.32×10^{-1}	1.5×10^{-1}			
5	3 段目定置	9.75×10^{-1}	1.0×10^{-1}			
6	3 段目砂充填 中間覆土	8.37×10^{-1}	4.0×10^{-1}			

d. 300 μ Sv/h 廃棄物-金属

		①	②	③	④	③×④
作業項目		単位放射能濃度 当たりの 被ばく線量※ (μ Sv/y)/(Bq/cm ³)	作業割合 (-)	①×② 合計	廃棄物の Co-60 濃度 (Bq/cm ³)	廃棄物 埋設中の 被ばく線量 (μ Sv/y)
1	1 段目定置	8.06×10^{-1}	1.6×10^{-2}	3.59×10^{-2}	2.26×10^2	8.1×10^0
2	1 段目砂充填 中間覆土	8.06×10^{-1}	2.5×10^{-2}			
3	2 段目定置	1.73×10^{-1}	1.6×10^{-2}			
4	2 段目砂充填 中間覆土	4.01×10^{-3}	2.5×10^{-2}			
5	3 段目定置	1.12×10^{-3}	1.6×10^{-2}			
6	3 段目砂充填 中間覆土	2.57×10^{-5}	6.6×10^{-2}			

※ 1 段目からの単位放射能濃度当たりの被ばく線量

e. 廃棄物埋設中の被ばく線量の算出のまとめ

廃棄物埋設中の被ばく線量のまとめを以下に示す。

評価項目		年間被ばく線量 (μ Sv/年)
10 μ Sv/h 廃棄物	金属 (鉄箱)	6.4×10^0
	コンクリートブロック	<u>7.7×10^0</u>
	コンクリートガラ	7.5×10^0
300 μ Sv/h 廃棄物	金属 (鉄箱)	<u>8.1×10^0</u>

10 μ Sv/h 廃棄物の場合，廃棄物種類の中で最大となるのはコンクリートブロックの 7.7μ Sv/年であり，300 μ Sv/h 廃棄物の金属（鉄箱）の 8.1μ Sv/年とともに，廃棄物埋設中のスカイシャインガンマ線の被ばく線量として選択する。

(10) 最上段中間覆土後の区画からの被ばく線量の算出

最上段中間覆土後の区画からの被ばく線量は、単位放射能濃度当たりの被ばく線量に、廃棄物の Co-60 濃度、区画数を乗じて算出する。

a. 金属

計算項目	単位放射能濃度 当たりの被ばく線量 ($\mu\text{Sv/y}$) / (Bq/cm^3)	廃棄物の Co-60 濃度 (Bq/cm^3)	区 画 数	最上段 中間覆土後の 被ばく線量 ($\mu\text{Sv/y}$)
1 区画からの 被ばく線量	1.41×10^{-2}	7.52×10^0	1	1.1×10^{-1}
54 区画からの 被ばく線量			54	5.7×10^0
300 $\mu\text{Sv/h}$ 廃棄物の 被ばく線量への寄与	5.82×10^{-7}	2.26×10^2	—	1.3×10^{-4}

b. コンクリートブロック

計算項目	単位放射能濃度 当たりの被ばく線量 ($\mu\text{Sv/y}$) / (Bq/cm^3)	廃棄物の Co-60 濃度 (Bq/cm^3)	区 画 数	最上段 中間覆土後の 被ばく線量 ($\mu\text{Sv/y}$)
1 区画からの 被ばく線量	5.38×10^{-3}	1.83×10^1	1	9.9×10^{-2}
54 区画からの 被ばく線量			54	5.3×10^0

c. コンクリートガラ

計算項目	単位放射能濃度 当たりの被ばく線量 ($\mu\text{Sv/y}$) / (Bq/cm^3)	廃棄物の Co-60 濃度 (Bq/cm^3)	区 画 数	最上段 中間覆土後の 被ばく線量 ($\mu\text{Sv/y}$)
1 区画からの 被ばく線量	1.10×10^{-2}	8.71×10^0	1	9.6×10^{-2}
54 区画からの 被ばく線量			54	5.2×10^0

d. 最上段中間覆土後の区画からの被ばく線量の算出のまとめ

最上段中間覆土後の区画からの被ばく線量のまとめを以下に示す。

評価項目	金属 (鉄箱)	コンクリート ブロック	コンクリート ガラ
1区画からの 年間被ばく線量 (μ Sv/年)	1.1×10^{-1}	9.9×10^{-2}	9.6×10^{-2}
54区画からの 年間被ばく線量 (μ Sv/年)	<u>5.7×10^0</u>	5.3×10^0	5.2×10^0
300 μ Sv/h 廃棄物 の年間被ばく 線量への寄与 (μ Sv/年)	1.3×10^{-4}	—	—

廃棄物種類ごとで最大となるのは金属（鉄箱）の 5.7μ Sv/年であり，これを最上段覆土後の区画からの被ばく線量として選択する。

(11) 最終覆土施工後の被ばく線量の算出

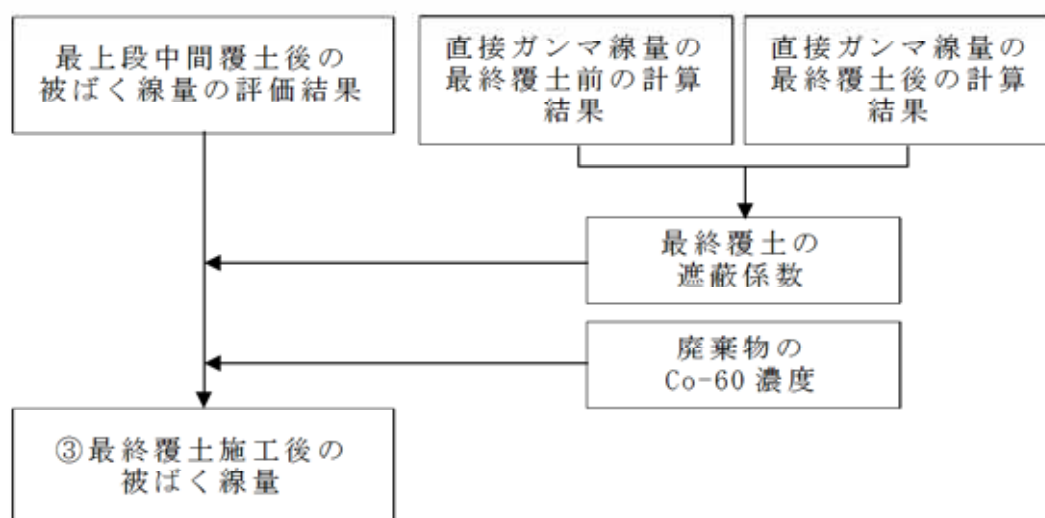
トレンチ施設の構造は、廃棄物を3段に埋設し、その廃棄物間には中間覆土(0.2m)を敷設する。最上段の廃棄物上には最上段中間覆土(0.5m)を敷設し、さらに最上段覆土上に最終覆土(2m)を敷設する形となる。

a. 計算の考え方

直接ガンマ線量の最終覆土前後の計算結果より、最終覆土の遮蔽係数を算出し、最上段中間覆土後の被ばく線量の評価結果に最終覆土の遮蔽係数を乗じることで、最終覆土後のスカイシャインガンマ線量を算出する。

最終覆土施工後の被ばく線量の計算フローを第23図に示す。

計算条件については、別添資料の計算に用いたパラメータに示す。



第23図 最終覆土施工後の被ばく線量の計算フロー

b. 最終覆土の遮蔽係数の算出

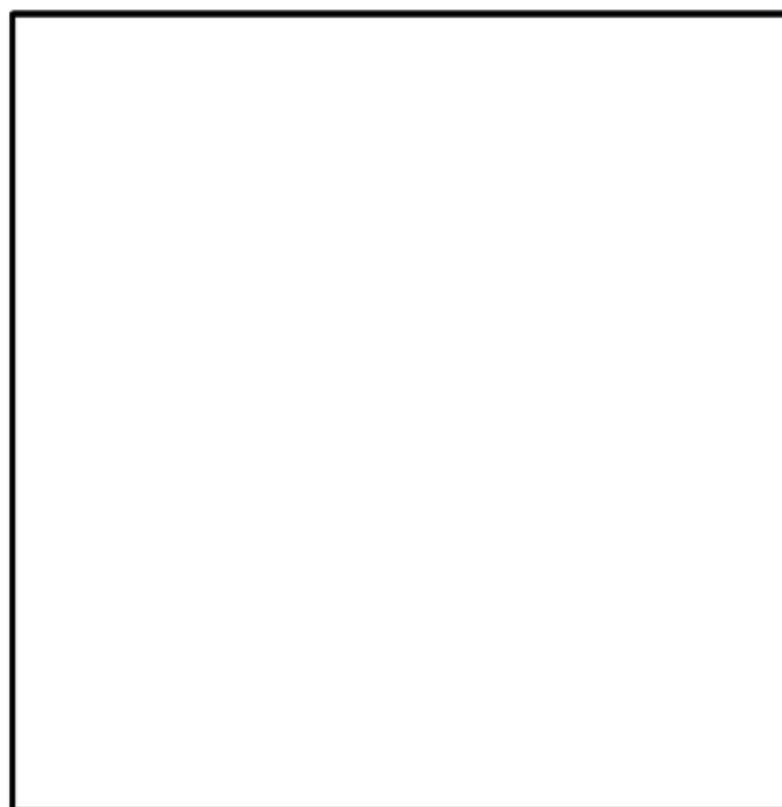
直接ガンマ線量と同様の算出方法にて，最終覆土施工前後の実効線量率を QAD-CGGP2R にて計算する。

計算モデルは，廃棄物が 1 段目～3 段目の各部に埋設された状態とし，線源 ($1\text{Bq}/\text{cm}^3$) の設定位置と最上段の覆土状態でケース分けを行った。

各ケースの計算条件を以下に示す。

ケース	線源の設定位置	最上段の覆土状態
1	1 段目	最終覆土 2m
2	2 段目	
3	3 段目	
4	1 段目	最上段中間覆土 0.5m
5	2 段目	
6	3 段目	

計算モデルの例として，ケース 1 の計算モデルを第 24 図に示す。



h : 廃棄物の高さ

廃棄物	高さ[h] (m)
金属	1.065
コンクリート ブロック	0.9
コンクリート ガラ	0.8

廃棄物の網掛け部分は線源の領域を表す。

第 24 図 計算モデル例（ケース 1）

計算結果を以下に示す。

	実効線量率 $(\mu\text{Sv/h}) / (\text{Bq/cm}^3)$		
	金属	コンクリートガラ	コンクリートブロック
ケース 1			
ケース 2			
ケース 3			
ケース 4			
ケース 5			
ケース 6			

上記の計算結果を用いて、以下のように遮蔽係数を算出した。
 なお、計算では、1 段目を $300\mu\text{Sv/h}$ 廃棄物、2,3 段目を $10\mu\text{Sv/h}$ 廃棄物を埋設したと想定した。

廃棄物の位置	覆土の状況	鉄箱	コンクリートガラ	コンクリートブロック	備考
1 段目	最終覆土 2m を 施工後				
2 段目					
3 段目					
300 μ Sv/h 廃棄物を考慮					
最終覆土後の実効線量率 ((μ Sv/h) / (Bq/cm ³))					

廃棄物の位置	覆土の状況	鉄箱	コンクリートガラ	コンクリートブロック	備考
1 段目	最終覆土施工前 (最上段中間覆土 0.5m)				
2 段目					
3 段目					
300 μ Sv/h 廃棄物を考慮					
最終覆土前の実効線量率 ((μ Sv/h) / (Bq/cm ³))					

	鉄箱	コンクリートガラ	コンクリートブロック	備考
遮蔽係数				

⇒ 上記より、最終覆土の遮蔽係数を 2.5×10^{-8} と設定した。

c. 最終覆土施工後の被ばく線量の計算

○金属（鉄箱）

廃棄物の位置	最上段中間覆土後の被ばく線量 ($\mu\text{Sv/y}$)/(Bq/cm ³)	廃棄物のCo-60濃度 (Bq/cm ³)	最上段中間覆土後の年間被ばく線量 ($\mu\text{Sv/y}$)
1 段目	5.82×10^{-7}	2.26×10^2	1.32×10^{-4}
2 段目	9.15×10^{-5}	7.52×10^0	6.88×10^{-4}
3 段目	1.40×10^{-2}	7.52×10^0	1.05×10^{-1}
1 区画の最上段中間覆土後の年間被ばく線量の合計($\mu\text{Sv/y}$)			1.06×10^{-1}
55 区画の最上段中間覆土後の年間被ばく線量($\mu\text{Sv/y}$)			5.84×10^0
遮蔽係数 (-)			2.50×10^{-8}
最終覆土後の年間被ばく線量($\mu\text{Sv/y}$)			1.46×10^{-7}

最上段中間覆土後の被ばく線量は、先に計算した ANISN 及び G33-GP2R を組み合わせて計算した単位放射能濃度当たりの 1 区画からの被ばく線量の値である。

○コンクリートブロック

廃棄物の位置	最上段中間覆土後の被ばく線量 ($\mu\text{Sv/y}$)/(Bq/cm ³)	廃棄物のCo-60濃度 (Bq/cm ³)	最上段中間覆土後の年間被ばく線量 ($\mu\text{Sv/y}$)
1 段目	3.97×10^{-11}	5.49×10^2	2.18×10^{-8}
2 段目	4.80×10^{-7}	1.83×10^1	8.78×10^{-6}
3 段目	5.38×10^{-3}	1.83×10^1	9.85×10^{-2}
1 区画の最上段中間覆土後の年間被ばく線量の合計($\mu\text{Sv/y}$)			9.85×10^{-2}
55 区画の最上段中間覆土後の年間被ばく線量($\mu\text{Sv/y}$)			5.42×10^0
遮蔽係数 (-)			2.50×10^{-8}
最終覆土後の年間被ばく線量($\mu\text{Sv/y}$)			1.35×10^{-7}

○コンクリートガラ

廃棄物の位置	最上段中間覆土後の被ばく線量 ($\mu\text{Sv/y}$)/(Bq/cm ³)	廃棄物のCo-60濃度 (Bq/cm ³)	最上段中間覆土後の年間被ばく線量 ($\mu\text{Sv/y}$)
1 段目	5.66×10^{-7}	2.61×10^2	1.48×10^{-4}
2 段目	8.01×10^{-5}	8.71×10^0	6.98×10^{-4}
3 段目	1.09×10^{-2}	8.71×10^0	9.50×10^{-2}
1 区画の最上段中間覆土後の年間被ばく線量の合計($\mu\text{Sv/y}$)			9.59×10^{-2}
55 区画の最上段中間覆土後の年間被ばく線量($\mu\text{Sv/y}$)			5.27×10^0
遮蔽係数 (-)			2.50×10^{-8}
最終覆土後の年間被ばく線量($\mu\text{Sv/y}$)			1.32×10^{-7}

最終覆土施工後の区画からの被ばく線量のまとめを以下に示す。

評価項目	金属	コンクリート ブロック	コンクリート ガラ
55 区画からの 年間被ばく線量 (μ Sv/年)	<u>1.5×10^{-7}</u>	1.4×10^{-7}	1.4×10^{-7}

廃棄物種類ごとで最大となるのは金属（鉄箱）の $1.5 \times 10^{-7} \mu$ Sv/年であり，廃棄物定置作業中のスカイシャインガンマ線による被ばく線量に比べ十分に小さい。

(12) スカイシャインガンマ線量のまとめ

評価項目			被ばく線量 (μ Sv/y)	合計 被ばく線量 (μ Sv/y)
廃棄物定置 作業中の 被ばく線量	廃棄物埋設中の 被ばく線量	10 μ Sv/h 廃棄物 コンクリートブロック	7.7×10^0	2.16×10^1
		300 μ Sv/h 廃棄物 金属（鉄箱）	8.1×10^0	
	最上段中間覆土 後の被ばく線量	10 μ Sv/h 廃棄物 54 区画 金属（鉄箱）	5.7×10^0	
最終覆土施工後の区画からの 被ばく線量		金属（鉄箱）	1.5×10^{-7}	1.5×10^{-7}

最終覆土施工後の区画からの被ばく線量は，廃棄物定置作業中のスカイシャインガンマ線による被ばく線量に比べ十分に小さいことから，廃棄物定置作業中の被ばく線量である $2.16 \times 10^1 \mu$ Sv/y をスカイシャインガンマ線量とする。

7. 廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出及び移行による線量の評価

添付書類六「4.3 廃棄物埋設地からの漏出及び移行による線量評価」に示すとおり，廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出及び移行により公衆の受ける線量は，約 5.3μ Sv/年と評価している。

8. 直接ガンマ線量及びスカイシャインガンマ線量の評価結果

直接ガンマ線量の評価結果は $1.4 \times 10^{-1} \mu$ Sv/年，スカイシャインガンマ線量の評価結果は， $2.16 \times 10^1 \mu$ Sv/年となり，合計は約 22μ Sv/年となる。

廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出及び移行による線量の評価結果と合わせても、約 $27\mu\text{Sv}/\text{年}$ となり、「第二種埋設許可基準解釈」の基準値（年間 $50\mu\text{Sv}$ ）を十分に下回る。

また、計算の考え方、パラメータの設定、計算条件等については、本資料で示した通りであり、妥当であるとする。

計算に用いたパラメータとその根拠

1. 放射性物質の種類ごとの最大放射能濃度及び総放射エネルギー

放射性物質の種類	最大放射能濃度 (Bq/t)	総放射エネルギー (Bq)
H-3	3.0×10^9	1.4×10^{12}
C-14	5.0×10^7	1.2×10^{10}
Cl-36	1.0×10^8	4.6×10^{10}
Ca-41	2.0×10^7	3.4×10^9
Co-60	8.0×10^9	1.3×10^{11}
Ni-63	3.0×10^9	6.6×10^{10}
Sr-90	1.0×10^7	1.7×10^9
Cs-137	7.0×10^6	9.1×10^8
Eu-152	3.0×10^8	5.6×10^{10}
Eu-154	9.0×10^6	2.5×10^9
アルファ線を放出する放射性物質	4.0×10^6	1.4×10^8

2. 廃棄物形状

収納容器	寸法	備考
金属 (鉄箱)	1.35m × 1.35m × 1.065m	設計値
コンクリートブロック	0.9m × 0.7m × 0.9m	設計値
コンクリートガラ (フレキシブルコンテナ)	φ 1.3m × 0.8m	設計値

3. 廃棄物の内容積，充填率及び定置数

収納容器	内容積 m ³	充填率 %	定置数 (1区画あたり)	備 考
金属 (鉄箱)			150 (50 × 3 段)	設計値
コンクリートブロック			294(98 × 3 段) 378(126 × 3 段)最大	設計値
コンクリートガラ (フレキシブルコンテナ)			180 (60 × 3 段)	設計値

- ・ 1区画あたりの定置数は，1段の埋設個数に埋設段数の3を乗じたもの
- ・ 1段の埋設個数は，埋設施設設計に基づく値に設定。コンクリートブロックは標準体の場合の個数で，最大は標準体を隙間が最小となるように並べた場合の個数。

4. 埋設区画の大きさ

名 称		値	備 考
区画の大きさ	縦	15 m	設計値より
	横	8 m	設計値より

5. 遮蔽体の材質と密度

収納容器・遮蔽体	材質	密度 kg/m ³
鉄箱	鉄	
コンクリートブロック	コンクリート	
フレキシブルコンテナ	コンクリート	
覆土	砂質岩の平均値	
空気	—	

6. 遮蔽体の材質と密度

廃棄物の種類	廃棄物 1 個の密度 (kg/m ³)
金属	
コンクリートブロック	
コンクリートガラ	

7. 廃棄物層の廃棄物（容器）密度

パラメータ	単位	金属 (鉄箱)	コンクリート ブロック	コンクリート ガラ
廃棄物密度	kg/m ³			
廃棄物充填率（個積）	%			
廃棄物 1 個の密度	kg/m ³			
廃棄物 1 個の内容積	m ³			
1 区画 1 段の 廃棄物定置数	個	50	126	60
1 区画の幅	m	15	15	15
1 区画の奥行	m	8	8	8
廃棄物層の高さ	m	1.065	0.9	0.8
廃棄物層の廃棄物割合	-			
廃棄物層の廃棄物 （容器）密度	kg/m ³			

8. 廃棄物層の廃棄物（容器）の原子個数密度_金属

元素	組成 wt%	廃棄物層の密度 g/cm^3	原子個数密度 個/ cm^3

9. 廃棄物層の廃棄物（容器）の原子個数密度_コンクリートブロック

元素	組成 wt%	廃棄物層の密度 g/cm ³	原子個数密度 個/cm ³

10. 廃棄物層の廃棄物（容器）の原子個数密度_コンクリートガラ

元素	組成 wt%	廃棄物層の密度 g/cm ³	原子個数密度 個/cm ³

11. 原子個数密度_覆土

元素	組成 wt%	密度 g/cm ³	原子個数密度 個/cm ³

12. 原子個数密度_空気

元素	組成 wt%	密度 g/cm ³	原子個数密度 個/cm ³

13. 単位放射能濃度当たりの廃棄物 1 個の表面線量率 (μSv/h) 計算結果

核種	鉄箱	コンクリートブロック	フレキシブルコンテナ
Co-60	7.804×10^{-1}	3.615×10^{-1}	7.173×10^{-1}
Cs-137	1.412×10^{-1}	7.325×10^{-2}	1.489×10^{-1}
Eu-152	3.328×10^{-1}	1.633×10^{-1}	3.277×10^{-1}
Eu-154	3.824×10^{-1}	1.841×10^{-1}	3.686×10^{-1}

単位 : (μSv/h) / (Bq/cm³)

14. 廃棄物の分類と収納容器

廃棄物の分類	収納容器
汚染金属ガス系	鉄箱
汚染金属廃液系 ^{※1}	鉄箱
放射化金属	鉄箱
放射化金属+汚染金属ガス系	鉄箱
汚染コンクリートガス系	フレキシブルコンテナ
汚染コンクリート廃液系 ^{※2}	フレキシブルコンテナ
放射化コンクリート	コンクリートブロック

※1 汚染金属廃液系の内、架台（1,880kg）はフレキシブルコンテナへ収納する。

※2 汚染コンクリート廃液系の内、ライナー部（1,560kg）は鉄箱へ収納する。

15. 計算に使用する原子量(g/mol)

元素	原子量	元素	原子量

16. アボガドロ定数

17. 覆土厚さ

名 称	値	備 考
最終覆土	2m	設計値より
上部覆土	0.5m	設計値より
中間覆土	0.2m	設計値より

Ⅱ．線量低減及び遮蔽その他適切な措置の 適合性

1. 線量低減等の基本的な考え方

(1) 基本方針

- 平常時，周辺監視区域外の公衆及び放射線業務従事者の受ける線量が線量告示に定められている線量限度を超えないことはもとより，合理的に達成できる限り低くなる設計とする。
- 廃棄物埋設地からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線により事業所周辺の公衆の受ける線量が，廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出及び移行により公衆の受ける線量を含め，法令に定める線量限度を超えないことはもとより，合理的に達成できる限り低くなる設計とする。
- 廃棄物埋設地は，放射線障害を防止する必要がある場合には，管理区域その他事業所内の人立ち入る場所における線量を低減できるよう，適切な措置を講じる。
- 放射線から放射線業務従事者等を防護するため，放射線業務従事者等の出入管理を行う設備及び個人被ばく管理に必要な機器を有する設計とする。
- 事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量を監視し，測定できる設備を有する設計とする

(2) ALARAの考え方

経済的及び社会的要因を考慮して、被ばくの発生確率、被ばくする人の数、及び個人線量の大きさのいずれをも合理的に達成できる限り低く抑えるためのプロセスであるALARAへの取り組みは、長年の原子炉施設の管理にて培ったものと同様の姿勢で、想定される状況に応じて予め設計上の対策を講じていくとともに、事業許可後においても継続して対応していく。

廃棄物埋設地の線量低減対策においては、取り扱う廃棄物の放射能レベルが極めて低いこと等を考慮し、最新の知見や先行例である廃棄物埋設実地試験等の国内外の実績を参考として、「実効線量で50マイクロシーベルト/年以下」という数値的な基準を超えないことはもとより、合理的な範囲でできる限り線量を低減する措置を採用していく。

廃棄物埋設地にて受け入れる廃棄物は、搬出元である東海発電所内において、大気中に放射性物質が飛散しないように容器に封入又は梱包し、廃棄物埋設地では容器を開封又は開梱せず、廃棄物埋設地では新たに気体、液体及び固体の放射性廃棄物は発生しないことから、受け入れた廃棄物を線源とした線量低減対策を実施していく。

2. 放射線防護上の措置を講じた設計

(1) 遮蔽等の機能に関する安全設計

- ・ 廃棄物に含まれる放射性物質からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線により事業所周辺の公衆の受ける線量が、廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出及び移行による公衆の受ける線量を含め、法令に定める線量限度を超えないことはもとより、合理的に達成できる限り低減し、実効線量で年間 $50 \mu\text{Sv}$ 以下となるよう以下のとおり設計する。
 - a. 移動式クレーンによる廃棄物の取扱い時間を合理的に達成できる限り短くし、廃棄物は埋設トレンチに定置することで、直接ガンマ線により事業所周辺の公衆の受ける線量を低減する。
 - b. 廃棄物の定置作業は区画ごとに実施し、埋設区画 1 段分の廃棄物を定置後は速やかに中間覆土を施し、覆土されていない廃棄物の数を少なくすることで、スカイシャインガンマ線により事業所周辺の公衆の受ける線量を低減する。
 - c. 廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出及び移行により公衆の受ける線量は、天然バリアの移行抑制の機能により低減する。
- ・ 管理区域において、放射線業務従事者の受ける線量が放射線業務従事者の線量限度を超えないものであること及び管理区域以外の人立ち入る場所に滞在する者の線量が公衆の線量限度以下になるよう以下のとおり設計する。
 - a. 移動式クレーンによる廃棄物の取扱い時間を合理的に達成できる限り短くし、廃棄物は埋設トレンチに定置することで、直接ガンマ線により放射線業務従事者及び管理区域以外の人立ち入る場所に滞在する者が受ける線量を低減する。
 - b. 廃棄物の定置作業は区画ごとに実施し、埋設区画 1 段分の廃棄物を定置後は速やかに中間覆土を施し、覆土されていない廃棄物の数を少なくすることで、スカイシャインガンマ線により放射線業務従事者及び管理区域以外の人立ち入る場所に滞在する者が受ける線量を低減する。

- ・ 覆土を施すまでの期間は、1区画ごとに作業を行う。
- ・ 表面線量率が $10\mu\text{Sv/h}$ 以上で $300\mu\text{Sv/h}$ 未満の廃棄物（金属のみ）は、1段目にのみ定置する。
- ・ コンクリートブロック及びコンクリートガラ（廃棄物）については、 $10\mu\text{Sv/h}$ 未満の廃棄物のみ、埋設する。

（２）放射線防護に関する安全設計

- ・ 放射線業務従事者等の出入管理を行う設備を設置し、管理区域への立入りを管理する。
- ・ 放射線業務従事者等に警報付の個人線量計を着用させることで個人被ばく線量を監視及び管理する。
- ・ 廃棄物を容器等に封入又は梱包した状態で取り扱うことにより、放射性物質の飛散を防止する。
- ・ 管理区域境界、事業所及びその境界付近に積算線量計を設置し、外部放射線に係る線量当量を測定する。
- ・ 管理区域内の作業環境を管理するため、放射線サーベイ機器にて線量当量率を測定し、線量当量率の測定結果を管理区域に立ち入る者が安全に認識できる場所に表示する。
- ・ 廃棄物埋設地近傍に、廃棄物埋設地の外に漏出し生活環境に移行する放射性物質の濃度等を監視するための地下水位等監視設備を設置し、地下水位を監視するとともに地下水を採取し、発電所内の放射能測定装置にて地下水中の放射性物質の濃度を測定する。

以 上

ALARA について

➤ ALARA とは^{※1}

As Low As Reasonably Achievable ; 「防護の最適化」と同義。被ばくの発生確率, 被ばくする人の数, 及び個人線量の大きさのいずれをも合理的に達成できる限り低く抑えるためのプロセス。

※1 出典「廃棄物埋設（中深度処分）に係る放射線防護基準について」平成 29 年 2 月 15 日
廃棄物埋設の放射線防護基準に関する検討チーム
<https://www.nsr.go.jp/data/000178700.pdf>

➤ 防護の最適化の原則^{※2}「ICRP2007 年勧告」ICRP Publ.103 (2007)

最適化の原則は, 「経済的及び社会的要因を考慮して, (被ばくすることが確実でない場所での) 被ばくの発生確率, 被ばくする人の数, 及び個人線量の大きさのいずれをも合理的に達成できる限り低く抑えるための線源関連のプロセスである」と委員会は定義している。

※2 出典「国際放射線防護委員会の 2007 年勧告」

ICRP Publication 103 邦訳版 日本アイソトープ協会

➤ ICRP 勧告における最適化の原則の歴史^{※3}

- ・ 最適化の概念の導入は, 1940 年代, 不可逆の効果に閾値が存在するかしないかを証明することが不可能なことから合わせ, 「確定的影響」を認めたことの直接的な結果であった。
- ・ 「すべてのタイプの電離放射線の被曝を最低限のレベルに減らすようにあらゆる努力がなされること」を勧告するようになった。(ICRP, 1955, VI 項)
- ・ この採用により, 被ばくの正当化の問題が提起され, 「すべての線量を実行できる限り低く保ち, どんな不必要な被ばくも避けるべきである」との勧告するようになった。(ICRP, 1959, 45 項)
(As Low As Practicable : ALAP)
- ・ 次の展開は, 「実行できる限り低く」の被ばくレベルの基準作成であり, pub.9 にて以下が導入
「どんな被ばくでもある程度リスクを伴うことがあるので, 委員会は, 経済的及び社会的な考慮を計算に入れたうえ, いかなる不必要な被ばくを避けるべきであること, および, すべての線量を容易に達成できる限り低く保つべきであることを勧告する」(ICRP, 1966b, 52 項)
(As Low As Readily Achievable ; ALARA)
- ・ 原則の進展における重要なステップとして, pub.22 で費用-便益モデルを導入した。
「ある線量をもっと低減することの経済的及び社会的な利得が, この低減を達成するための経済的及び社会的な費用と等しいように線量を選ぶことによって, この線量が経済的及び社会的考慮を計算に入れたうえ, 容易に達成できる限り低いものだと言えるような点を決めることは可能である。」(ICRP, 1973, 11 項)
- ・ さらに, 「容易に」(readily) という副詞は「合理的に」(reasonably) に書き換えられた (ICRP, 1973, 20 項)
(As Low As Reasonably Achievable ; ALARA)
- ・ Pub.26 の中で, 「考慮」が「要因」に置き換えられた。

以下に、ALARA の言葉遣いの進展の要約を示す。

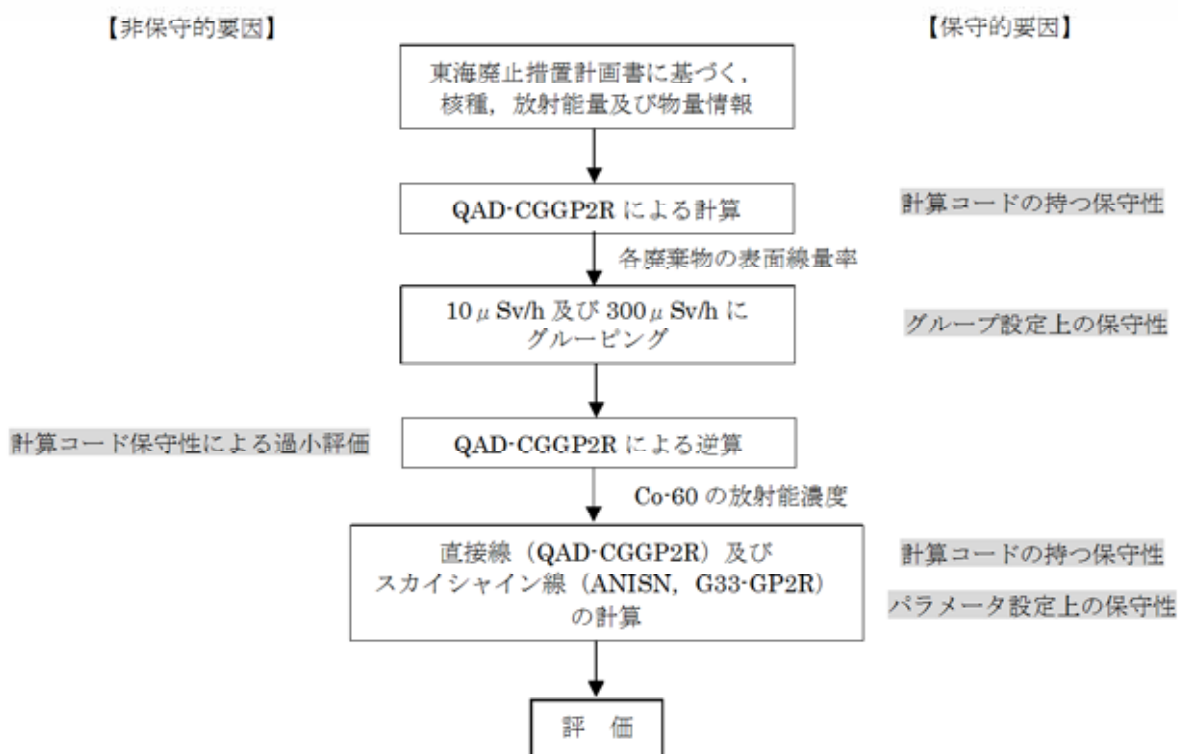
被ばくを減らすために	可能なレベル	最低に		(ICRP, 1955)
被ばくを保つために	実行できる限り	できるだけ低く		(<i>Publication 1</i> ; ICRP, 1959)
被ばくを保つために	容易に達成できる限り	できるだけ低く	経済的・社会的考慮を勘案して	(<i>Publication 9</i> ; ICRP, 1966b)
被ばくを保つために	合理的に達成できる限り	できるだけ低く	経済的・社会的考慮を勘案して	(<i>Publication 22</i> ; ICRP, 1973)
被ばくを保つために	合理的に達成できる限り	できるだけ低く	経済的・社会的要因を勘案して	(<i>Publication 26</i> ; ICRP, 1977)

※ 3 出典

「公衆の防護を目的とした代表的個人の線量評価・放射線防護の最適化：プロセスの拡大」
ICRP Publication 101b 邦訳版 日本アイソトープ協会

計算の保守性について

- 表面線量率による廃棄物のグループ設定では、「東海発電所廃止措置計画認可申請書」に基づいて、L3 廃棄物の機器毎の分類、物量及び放射能濃度を用いて、放射性廃棄物の種類ごとに廃棄物の表面線量率を QAD-CGGP2R を用いて、算出している。
- その計算結果を用いて、 $10\ \mu\text{Sv/h}$ 以上で $300\ \mu\text{Sv/h}$ 未満の廃棄物を「 $300\ \mu\text{Sv/h}$ 廃棄物」、 $10\ \mu\text{Sv/h}$ 未満の廃棄物を「 $10\ \mu\text{Sv/h}$ 廃棄物」とグルーピングしている。
- ANISN コード等を用いた計算で使用するために、廃棄物の表面線量率の「 $10\ \mu\text{Sv/h}$ 」及び「 $300\ \mu\text{Sv/h}$ 」から、廃棄物中の Co-60 の放射能濃度を逆算して求めている。



(参考) QAD-CGGP2R コードの保守性

- ビルドアップ係数を用いることで、着目している厚さ以降の遮蔽体における後方散乱により線量の増加が見込まれることから、一般的に安全側（過大評価）の線量評価となる。
- QAD-CGGP2R では遮蔽体後方での空気の吸収線量率から線量当量率あるいは実効線量率への実効換算係数を導入することにより、安全側の線量当量率あるいは実効線量率を評価できるようになっている。

出典 「放射線遮蔽ハンドブック ー基礎編ー」2015 年 3 月

(「遮蔽ハンドブック」研究専門委員会一般社団法人 日本原子力学会)

ANISN と G33-GP2R の接続計算（角度分点の扱い）

埋設地におけるスカイシャイン線による実効線量率の計算方法は、1 次元輸送計算コード ANISN を用いて、地表面までの散乱を計算し、その計算結果をガンマ線 1 回散乱線計算コード G33-GP2R に接続して、スカイシャインガンマ線量の計算を行っている。

本資料では、接続計算時の角度分点の扱いについて説明を行う。

今回の計算においては、角度分点を 32 と設定している。

以下に、角度分点 Sn32 の場合の ANISN の角度束と G33-GP2R の放出角を示す。



角度分点数 : Sn32 の場合の ANISN の $\cos(\mu)$ と G33-GP2R の θ との関係を次ページに示す。

ANISN の $\cos(\mu)$ と G33-GP2R の θ との関係



以下に，G33 計算時の放出角の境界値（角度分点 Sn32 の場合）を示す。



直接線計算におけるコンクリートブロックの個数設定について

直接ガンマ線量の計算では、年間で取り扱う廃棄物数と年間で地表面より上での取扱時間から年間の露出割合を算出し、QAD-CGGP2Rの計算結果に乗じることで直接ガンマ線量を算出する。年間の露出割合は以下のように計算を行う。

$$\boxed{\text{1区画あたりの埋設個数}} \times \boxed{\text{年間の区画数}} \times \frac{\boxed{\text{1個あたりの取扱時間}}}{\boxed{365 \times 24 \times 20}} = \boxed{\text{年間の露出割合}}$$

年間で取り扱う廃棄物数 取扱時間

コンクリートブロックは、発生側の切り出し形状に差があることを考慮し、計算に保守性を持たせるため、1段あたりの埋設個数について、年間の区画数を決定する際には98個、1区画あたりの埋設個数を設定する際には126個と異なった値を設定している。

本資料では、一段あたりの埋設個数の設定方法について補足説明を行う。

➤ 年間の区画数の設定

・98個の場合

1日に60個の定置を想定し、1段の定置は約2日、1区画あたりの定置が18日、雨水防止テント移動と合わせ、1区画あたり20日（1か月）となる。

したがって、年間で12区画の定置ができると想定

・126個の場合

1日に60個の定置を想定し、1段の定置は約3日、1区画あたりの定置が21日、雨水防止テント移動と合わせ、1区画あたり23日（1.15か月）となる。

したがって、年間で10区画の定置ができると想定

年間の区画数が大きいほうが、計算結果が大きくなるため、98個の場合を選択

➤ 1区画あたりの埋設個数の設定

・98個の場合

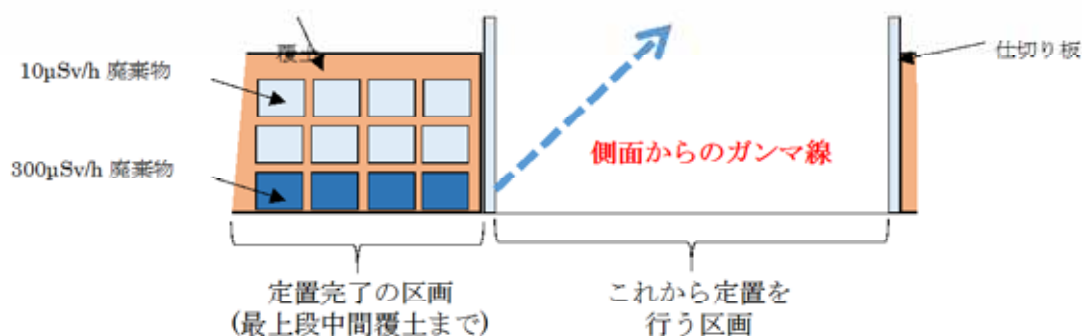
1区画あたり、3段の廃棄物を埋設することから、1区画あたりの埋設個数は、
 $98 \text{ (個/段)} \times 3 \text{ (段/区画)} = 294 \text{ (個/区画)}$

・126個の場合

1区画あたり、3段の廃棄物を埋設することから、1区画あたりの埋設個数は、
 $126 \text{ (個/段)} \times 3 \text{ (段/区画)} = 378 \text{ (個/区画)}$

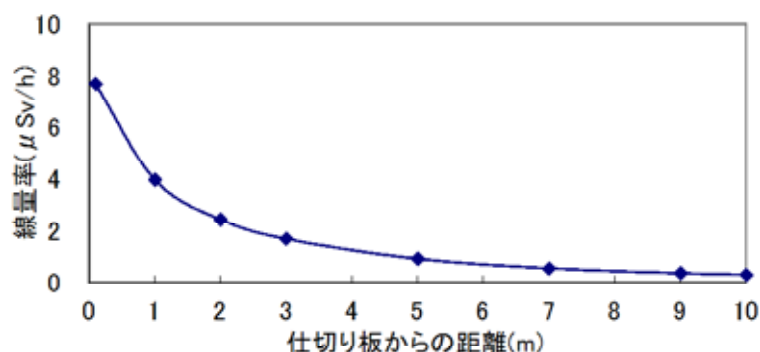
1区画あたりの埋設個数が大きいほうが、計算結果が大きくなるため、126個の場合を選択

廃棄物側面からのガンマ線について



- 未定置の隣接区画における最下段に定置した $300 \mu\text{Sv/h}$ 廃棄物の影響の程度
 廃棄物を定置後に、隙間には砂を充填、上部には覆土を施工する。

未定置に最も隣接する廃棄物と仕切り板の隙間には、 300 mm の砂が充填されることから、QADコードを用いて、砂の充填による遮へい効果を計算した。なお、計算においては、鋼製の仕切り板の遮へいは考慮していない。



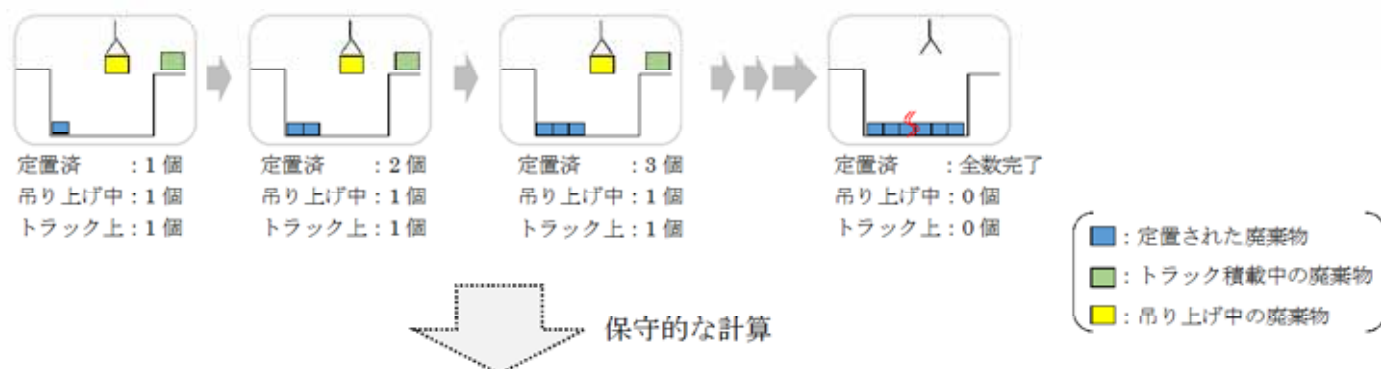
仕切り板表面 : $7.7 \mu\text{Sv/h}$
 仕切り板から 1 m : $4.0 \mu\text{Sv/h}$
 仕切り板から 5 m : $0.9 \mu\text{Sv/h}$
 仕切り板から 10 m : $0.3 \mu\text{Sv/h}$

吊り上げ中及びトラック上にある廃棄物のスカイシャインガンマ線量

今回の計算では、定置された廃棄物に起因したスカイシャインガンマ線量のみを評価しており、吊り上げ中の廃棄物や1台のトラックに2個積載された廃棄物のうち、1個目の定置作業中にトラック上に積載された状態の廃棄物の線量は計算していない。

これは、実作業においては、廃棄物は順次所定の場所に定置していくのに対し、計算上の設定として、線源となる廃棄物が始めから全数定置されているとした状態でスカイシャインガンマ線量を評価していることから、吊り上げ中の廃棄物やトラック上の廃棄物からの線量については、全数の計算に包含されているとしているためである。

【実際の作業】



【計算上の設定】



コンクリートブロックの1段目への定置を例として、吊り上げ中やトラック積載中の廃棄物を考慮して順次定置を行った際の線量を簡易的に計算し、廃棄物が始めから全数定置された際の線量との比較を行う。

【計算】

- ・ コンクリートブロックを1段目に126個を定置すると想定。
- ・ ANISN と G33-GP2R コードを用いたスカイシャインガンマ線量の計算結果の単位は、「 $\mu\text{Sv/h/cm}^2$ 」であることから、順次定置していく廃棄物のスカイシャインガンマ線量については、接続点側の表面積から計算する。
- ・ 吊り上げ中の廃棄物及びトラック上に積載された状態の廃棄物は、同じ高さであるとする。
- ・ 吊り上げ中の廃棄物及びトラック上に積載された状態の廃棄物のスカイシャイン

ガンマ線量については、最上段の3段目に定置した際の廃棄物からのスカイシャインガンマ線量の計算結果を簡易的に用いる。

- ・ 1個から126個までの順次定置した際の定置廃棄物に起因したスカイシャインガンマ線量を計算する。(①)
- ・ 吊り上げ中の廃棄物及びトラック上に積載された状態の廃棄物の2個分の廃棄物に起因したスカイシャインガンマ線量を計算する。(②)
- ・ 各段階の①に②を加えて、各段階におけるスカイシャインガンマ線量を計算する。
- ・ 各段階での計算結果を合計する。

【結果】

項 目	スカイシャインガンマ線量 $\mu\text{Sv/y}$
吊り上げ中やトラック積載中の廃棄物を考慮して 順次定置を行った際の計算結果	3.8E-01
廃棄物が始めから全数定置された際の計算結果	7.4E-01

廃棄物が始めから全数定置された際の計算結果は、吊り上げ中やトラック積載中の廃棄物を考慮して順次定置を行った際の計算結果に比べて、約1.95倍となった。

(参考) 評価のイメージ (接続点側の表面積)

