

免除レベルとクリアランスレベルについて

日本原子力研究開発機構

山本 英明

1. 根拠となる文献

表 1 根拠となる文献

呼称	文献名（出版年）
BSS	Safety Series No. 115: International Basic Safety Standards for Protection against Ionising Radiation and for the Safety of Radiation Sources (1996)
RS-G-1.7	Safety Guide No. RS-G-1.7: Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance (2004)
Safety Report No.44	Safety Report Series No.44: Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance (2005)

2. 除外、免除及びクリアランスの概念の整理

2.1 IAEA の定義（RS-G-1.7 から引用）

除外（exclusion）

ある特定の種類の被ばくを、規制機関による管理の仕組みを使った管理によっては律することができないと考えられるという理由で、その管理の仕組みの適用範囲から意図的に除外すること。

免除（exemption）

線源または行為に起因する被ばく（潜在被ばくを含む）が非常に小さく、規制機関による管理事項の一部または全部を適用することが正当とは見なされないということを根拠に、その線源または行為は、そのような管理事項に従う必要がないと規制機関が決定すること。

クリアランス（clearance）

法的に許されている行為の中で扱われている放射性物質または放射性の物体を、その時点以降、規制機関による一切の管理からはずすこと。

なお、これらの定義の中で使われている線源及び放射性物質の IAEA による定義は以下のとおりである。

線源 (source)

放射線被ばくをもたらす可能性のあるあらゆるもので、防護と安全の目的で一体の物 (a single entity) と見なせるもの

放射性物質 (radioactive material)

その放射能のため、国の法令または規制機関によって、規制機関による管理に従うべきものと指定された物

2.2 免除レベルとクリアランスレベル

免除レベルは、法的な規制を適用しない範囲をあらかじめ設定するための数値規準であるのに対して、クリアランスレベルは、法的な規制の適用を既に受けているものを、その適用からはずすための数値規準である。

2.3 概念の適用例

免除されている線源は、使っているときも、廃棄するときも法的な規制を受けない。(免除レベルが判断規準となってこの線源は免除されている。)

使っているとき法的な規制を受けていた線源は、廃棄しようとするときにクリアランスされれば、そのあとは廃棄するときも、再利用するときも、規制を受けない。(クリアランスできるか否かの判断規準はクリアランスレベル)

ただし、これらの線源はどちらも、廃棄されたあとは法的な規制を受けていない状態になっているという点では同じである。

3. BSS 免除レベルと RS-G-1.7 免除レベル (クリアランスレベル) の違い

BSS はその付則 に免除レベル (放射能濃度と放射能) を示している。一方、RS-G-1.7 はクリアランスレベルとしても適用可能な免除レベル (放射能濃度) を示している。これらは、その適用範囲、レベル導出において考慮されている評価シナリオ等に相違がある。

なお、RS-G-1.7 は天然放射性核種への除外の適用に関する放射能濃度も示しているが、この資料では人工放射性核種に関する免除レベル、クリアランスレベルについて記述する。

3.1 適用範囲

BSS 免除レベルは線源に適用される。さらに、BSS 免除レベルは中位の量の線源への適用に限定されている。中位とは、多くても 1 トンのオーダーとされている。この量を超えると大量とみなされ、BSS 免除レベルを適用するのは不適切とされている。

一方、RS-G-1.7 免除レベルは大量のものの免除に適用される。さらに、RS-G-1.7 は、これらの数値を大量のもの (放射性物質) のクリアランスの根拠として規制機関が使用

することも想定している。

適用範囲に対するこのような量の上での差は、次節以降で詳述するようにレベル導出において想定している線源や放射性物質の大きさ・量に対応している。

3.2 レベル導出において考慮されている評価シナリオの前提条件

BSS 免除レベルを算出するために選択された、免除の対象となる行為は、少量の放射性物質の産業利用及び教育、研究並びに病院などの施設での小規模な使用としている。

これに対して RS-G-1.7 で提案されている免除レベルの算出においては、人工放射性物質を含有する、大量の物品の使用、処分等を想定している。

上記のような前提条件の相違により、以下に述べるような相違を生じている。

3.3 具体的な評価シナリオ

BSS 免除レベルの算出においては、表 2 に示すとおり、通常の作業時、事故時及び処分場における公衆の被ばくに対する 3 タイプ 7 つのシナリオについて、外部被ばく、経口摂取または吸入摂取の被ばく経路を考慮している。

これに対して、RS-G-1.7 免除レベルの算出においては、人工放射性核種を含有する固体状物質に対する表 3 に示すようなシナリオを考慮している。

3.4 評価パラメータの基本的考え方

BSS 免除レベルの算出においては、作業時間や呼吸率などの被ばく線量計算に用いるパラメータについては集団の平均的な値を用いている。また、線量規準は以下のようになっている。

- 通常時：10 μ Sv/y
- 事故時：1mSv/y(事故の発生確率：0.01 を考慮)

これに対して、RS-G-1.7 免除レベルの算出においては、以下のようなシナリオとパラメータの組み合わせの考え方が採用されている。

- 現実的なパラメータ値の場合には、規準線量が 10 μ Sv/y
- 保守的なパラメータ値の場合には、規準線量が 1mSv/y

3.5 評価モデル及び具体的なパラメータ

BSS 免除レベルについては、被ばく線量を評価するための計算モデル及び具体的パラメータの概要を、BSS の元文献である EC の Radiation Protection 65 を基に、参考資料 1 に示した。

また、RS-G-1.7 免除レベルの算出根拠を示した Safety Report No.44 を基に、計算モデル及び具体的パラメータの概要について参考資料 2 に示した。

表2 BSS 免除レベルの導出時に考慮された被ばく経路

シナリオ		放射能濃度に関する被ばく経路	放射能に関する被ばく経路
作業者	通常使用	A1.1 線源取扱いによる外部被ばく A1.2 1m ³ 線源からの外部被ばく A1.3 気体容器からの外部被ばく A1.4 ダストの吸入摂取 A1.5 汚染した手からの経口摂取	B1.1 点線源からの外部被ばく B1.2 線源取扱いによる外部被ばく
	事故	上記と同じ ただし、被ばく時間や発生確率を考えると、通常使用時の方が被ばく線量が高くなるため、計算を行っていない。	飛散 B2.1 汚染した手からの外部被ばく B2.2 汚染した顔からの外部被ばく B2.3 汚染した床面からの外部被ばく B2.4 汚染した手からの経口摂取 B2.5 再浮遊放射能の吸入摂取 B2.6 エアロゾル、ダスト雲からの外部被ばく 火災 B2.7 皮膚の汚染 B2.8 ダスト、揮発物質の吸入摂取 B2.9 燃焼生成物からの外部被ばく
公衆	処分場	A3.1 処分場からの外部被ばく A3.2 処分場からのダストの吸入摂取 A3.3 処分場での経口摂取	B3.1 処分場からの外部被ばく B3.2 処分場からの吸入摂取 B3.3 処分場の物の取扱いによる皮膚の被ばく B3.4 処分場での経口摂取

表3 RS-G-1.7 免除レベルにおいて考慮されている評価シナリオ

シナリオ番号	シナリオの内容	評価対象者	関連する被ばく経路
WL	処分場又は鋳物工場以外の施設の作業員	作業員	処分場での外部被ばく
			処分場での吸入摂取
			汚染した物質の直接摂取
WF	鋳物工場の作業員	作業員	装置又はスクラップの山からの鋳物工場での外部被ばく
			鋳物工場での吸入摂取
			汚染した物質の直接摂取
WO	その他の作業員(e.g. トラック運転手)	作業員	装置又はトラックの積荷からの外部被ばく
RL-C	処分場又は鋳物工場以外の施設の周辺居住者	子供(1-2歳)	処分場又は鋳物工場以外の施設の周辺での吸入摂取 汚染した土地で栽培した食物の経口摂取
RL-A		成人(>17歳)	処分場又は鋳物工場以外の施設の周辺での吸入摂取 汚染した土地で栽培した食物の経口摂取
RF	鋳物工場の周辺居住者	子供(1-2歳)	鋳物工場周辺での吸入摂取
RH	汚染した材料で建設した家の居住者	成人(>17歳)	家屋内での外部被ばく
RP	汚染した材料で建設した公共の場の周辺居住者	子供(1-2歳)	公共の場での外部被ばく
			汚染したダストの吸入摂取
			汚染した物質の直接経口摂取
RW-C	個人用井戸からの水を使用又は汚染した川からの魚を消費している居住者	子供(1-2歳)	汚染した飲料水、食物及び魚の経口摂取
RW-A		成人(>17歳)	

4 . 免除レベルとクリアランスレベルの関係

BSS は、免除レベルとクリアランスレベルとの関係について以下のように記述している。

「クリアランスレベルは、(BSS の) 付則 に示されている免除規準(線量規準)を斟酌したものでなければならず、また、規制当局により別途承認されない限り、付則 に示された免除レベルまたは付則 に示されている(線量)規準に基づいて規制当局が定める免除レベルよりも高いものであってはならない。」(2.19 節)

参考資料 1 EC Radiation Protection 65 に示されている評価モデル、パラメータ等

1) 被ばく計算上の共通事項

各被ばく経路における被ばく線量の計算では、共通した前提条件、計算方法及び評価パラメータの値を用いる。

外部被ばく線量評価

(1) 皮膚等価線量の評価深さ： 線 (7 mg/cm²)、線 手のひら (40 g/cm²) その他、顔など (4 mg/cm²)

(2) 線源と接触している場合の皮膚の等価線量評価方法

皮膚の等価線量 = $A_s \times T \times R$ (線及び線の両者による被ばくがある場合は両者の和)

$$\begin{aligned} A_s : \text{放射能面密度 [Bq/cm}^2] &= \text{放射能濃度} \times \text{線源物質の質量} / \text{接触面積} \\ &= \text{放射能} / \text{接触面積} \\ &= \text{放射能} \times \text{移行割合} / \text{汚染面積} \end{aligned}$$

T : 被ばく時間 [時/年] R : 線量換算係数 [(Sv/年)/(Bq/cm²)]

線源と皮膚との接触面積は、被ばく形態に応じて以下のように評価する。

(ア) 線源取扱時

$$\text{接触面積} = \frac{M}{\rho \cdot (t/2)}$$

M : 線源物質の質量 [g] ρ : 線源物質の密度 [g/cm³] t : 線源の厚さ [cm]

(イ) 皮膚汚染時

$$\text{接触面積} = \frac{m}{\rho \cdot t}$$

m : 付着した線源物質の質量 [g] (= 線源の質量 × 移行係数)

ρ : 付着物の密度 [g/cm³] t : 付着物の厚さ [cm]

(3) 皮膚被ばくによる実効線量の計算

$$\text{実効線量 (皮膚)} = \text{皮膚等価線量} \times \text{組織荷重係数} \times \frac{\text{接触面積}}{\text{全身皮膚面積}}$$

皮膚についての組織荷重係数 (W_t): 0.01 (ICRP Publ.60)

全身皮膚面積: 1×10^4 cm² (作業員、成人)

(4) 全身被ばくの実効線量計算

(ア) 被ばく距離: 1 m

(イ) 被ばく経路により、線源形状を点線源、無限厚平板、無限平板または半無限雲に近似し、それらの単位放射能濃度あたりの実効線量 (皮膚を含む) への換算係数を、線源の1壊変あたりの平均エネルギーを考慮して設定する。

無限厚平板 線: 3×10^{-7} [(Sv/時)/((Bq/g) · MeV)]

線：エネルギーに依存する。

半無限雲 線： $1.6 \times 10^{-6} [(Sv/年)/((Bq/m^3) \cdot MeV)]$

線： $2 \times 10^{-6} [(Sv/年)/((Bq/m^3) \cdot MeV)]$

(ウ) 体積線源や有限面積線源の場合、無限平板等の換算係数に幾何学的補正係数を乗じて評価する。

(I) 線は、場合により遮へい効果を考慮するが、線については遮へいを考慮しない。

内部被ばくによる預託実効線量

(1) 呼吸率：1 m³/時（作業員、公衆）

(2) 預託実効線量係数：ICRP Publ.60に基づくNRPBの計算値

事故の発生確率と被ばく時間

(1) 事故の発生確率は、0.01 /年とする。

(2) 作業場所における事故時の被ばく時間は、10分とする。

2) シナリオ別計算内容

A 放射能濃度に関する免除レベル算出のための被ばく経路

A1 作業場所における通常使用シナリオ

A1.1 線源取扱による外部被ばく

作業員が作業日の1～5%の時間、線源を手で取扱う場合における手のひら皮膚の年等価線量及び皮膚被ばくによる年実効線量を算出する。計算条件等は以下のとおりである。

被ばく時間：25 時間/年

線源物質の質量：30 g (固体) 6.15 × 10⁻⁴ g (気体)

線源物質の密度：1.12 g/cm³ (樹脂)

線源の厚さ：0.3 cm

遮へいなし

A1.2 1 m³線源からの外部被ばく

作業員が約1 m³の線源から1 mの地点で被ばくする場合の年実効線量を算出する。計算条件等は以下のとおりである。

被ばく時間：100 時間/年

線源からの距離：1 m

線源容器による線遮へい係数：0.1

線量換算係数：無限厚平板用

幾何学補正係数：0.02 (無限厚平板を体積線源に補正)

A1.3 気体容器からの外部被ばく

作業員が気体容器から1 mの地点で被ばくする場合の年実効線量を算出する。

計算条件等は以下のとおりである。

被ばく時間：100 時間/年

線源からの距離：1 m

線源容器により は完全に遮へいされる。

線量換算係数：無限厚平板用

幾何学補正係数： 3×10^{-3} （無限厚平板を体積線源に補正）

気体容器：0.1 m³の固体線源に近似する。

A1.4 ダストの吸入摂取

作業者が適切に空調された室内で、汚染されたダストを吸入摂取して被ばくする場合の1年間の預託実効線量を算出する。計算条件等は以下のとおりである。

吸入時間：2000 時間/年

ダスト濃度：0.04 mg/m³

呼吸率：1 m³/時

A1.5 汚染した手からの経口摂取

作業者が適切に空調された室内で、汚染されたダストの沈着した床または壁を手で触れることにより汚染物質を経口摂取して被ばくする場合の1年間の預託実効線量を算出する。計算条件等は以下のとおりである。

摂取時間：250 日/年（2000[時間/年]/8[時間/日]）

ダスト沈着量：1.28 mg（室内の全ダストが床または壁に沈着すると仮定する。）

ダスト摂取量：32 mg/年（沈着ダストの10%が口に入ると仮定する。）

A2 作業場所における事故シナリオ

作業場所において事故時の被ばくは、発生確率等を考慮すると、通常作業時における被ばくを超えることは想定でされないので、評価を省略する。

A3 処分場での公衆被ばく

公衆が、放射線源が廃棄された処分場に立ち入って被ばくする。処分場は、小規模なものを想定（面積0.01 km²、処分量 1.5×10^4 トン）する。

線源の使用終了から処分場への廃棄まで24時間かかるとする。

A3.1 処分場からの外部被ばく

公衆が処分場の上を歩いているときに、地面から被ばくする場合の年平均実効線量を算出する。計算条件等は以下のとおりである。

被ばく時間：300 時間/年

線源からの距離：1 m

発生確率：0.01/年

線量換算係数：無限厚平板用

放射能濃度計算：

$$\text{放射能濃度 [Bq/g]} = \text{線源濃度} \times \frac{\text{線源重量}}{\text{廃棄物重量}} \times \text{減衰補正係数}$$

線源濃度：1 Bq/g、線源重量：100 g

廃棄物重量： 1.5×10^{10} g、減衰補正時間：24 時間

A3.2 処分場からのダストの吸入摂取

公衆が処分場の上を歩いているときに、線源で汚染されたダストを吸入摂取して被ばくする場合の年平均預託実効線量を算出する。計算条件は以下のとおりである。

被ばく時間：1 時間/年

発生確率：0.01/年

空气中ダスト濃度：1 mg/m³

呼吸率：1 m³/時

放射能濃度計算：

$$\text{放射能濃度 [Bq/g]} = \text{線源濃度} \times \frac{\text{線源重量}}{\text{廃棄物重量}}$$

線源濃度：1 Bq/g、線源重量：100 g

廃棄物重量： 1.5×10^{10} g

A3.3 処分場での経口摂取

公衆が処分場の上を歩いているときに、線源の一部をまたは汚染された土壌に触れた手から経口摂取して被ばくする場合の年平均預託実効線量を算出する。計算条件は以下のとおりである。

年間摂取量：1 g/年

B 放射能に関する免除レベル算出のための被ばく経路

B1 作業場所における通常使用シナリオ

B1.1 点線源からの外部被ばく

作業者が小線源から 1 m の地点で被ばくする場合の年実効線量を算出する。計算条件は以下のとおりである。

被ばく時間：100 時間/年（液体及び飛散性固体）

：200 時間/年（非飛散性固体、カプセル、箔）

線源からの距離：1 m

線量換算係数：点線源用

B1.2 線源取扱による外部被ばく

作業者が毎日約 2 ~ 3 分間線源を取扱うことにより被ばくする場合の手のひら皮膚における年等価線量及び皮膚被ばくによる年実効線量を算出する。計算条件は以下のとおりである。

被ばく時間：10 時間/年（全ての線源）

ガラスバイアル（液体線源容器）による 線遮へい係数：SF

$$SF = \exp(-\mu d)$$

$$\mu : 0.017 \times E_{\max}^{-1.14}, d : 150 \text{ mg/cm}^2$$

B2 作業場所における事故シナリオ

B2.1 飛散：汚染した手からの外部被ばく

作業者が事故的に線源を全量こぼしたことによる被ばくする場合の手の皮膚における年平均等価線量及び皮膚被ばくによる年平均実効線量を算出する。計算条件は以下のとおりである。

被ばく時間：10 分

発生確率：0.01/年

放射能面密度計算：

液体：飛散前の線源重量 10 g、密度 1 g/cm³、

手への移行割合 0.1、手の汚染した厚さ 0.01 cm

接触面積 100 cm²

粉末：飛散前の線源重量 30 g、密度 0.5 g/cm³、

手への移行割合 0.1、手の汚染した厚さ 0.01 cm

接触面積 600 cm²

B2.2 飛散：汚染した顔からの外部被ばく

作業者が事故的に線源を全量こぼしたことにより被ばくする場合の顔の皮膚における年平均等価線量及び皮膚被ばくによる年平均実効線量を算出する。計算条件は以下のとおりである。

被ばく時間：10 分

発生確率：0.01/年

放射能面密度計算：

液体：飛散前の線源重量 10 g、密度 1 g/cm³、

顔への移行割合 0.01、顔の汚染した厚さ 0.001 cm

接触面積 100 cm²

粉末：飛散前の線源重量 30 g、密度 0.5 g/cm³、

顔への移行割合 0.01、顔の汚染した厚さ 0.001 cm

接触面積 600 cm²

B2.3 飛散：汚染した床面からの外部被ばく

作業者が事故的に線源を全量床にこぼしたことにより被ばくする場合の年平均実効線量を算出する。計算条件は以下のとおりである。

被ばく時間：10 分
線源からの距離：1 m
発生確率：0.01/年
汚染面積：7 m² (半径 1.5 m の円状)
線量換算係数：無限平板用
幾何学補正係数：0.1

B2.4 飛散：汚染した手からの経口摂取

作業者が事故的に液体または粉末の線源をこぼし、手に付着した放射性物質を経口摂取することにより被ばくする場合の年平均預託実効線量を算出する。計算条件は以下のとおりである。

発生確率：0.01/年
摂取量：全放射能の 1×10^{-5}

B2.5 飛散：再浮遊放射能の吸入摂取

作業者が事故的に液体または粉末の線源をこぼし、発生した汚染ダストを吸入摂取することにより被ばくする場合の年平均預託実効線量を算出する。計算条件は以下のとおりである。

吸入時間：10 分
発生確率：0.01/年
線源の質量：100 g
ダスト濃度：5 mg/m³
呼吸率：1 m³/時

B2.6 飛散：エアロゾル、ダスト雲からの外部被ばく

作業者が事故的に液体または粉末の線源をこぼし、発生したエアロゾルまたはダストの雲により被ばくする場合の年平均実効線量を算出する。計算条件は以下のとおりである。

被ばく時間：10 分
発生確率：0.01 y⁻¹
線量換算係数：半無限雲用
放射能濃度計算：
液体：放射能(1 Bq) × 飛散率 × 揮発割合 / 部屋の容積
固体：放射能(1 Bq) × 飛散率 / 部屋の容積
飛散率：1 (液体) 5.3 × 10⁻³ (固体)
部屋の容積：32 m³

B2.7 火災：皮膚の汚染

火災により発生した灰や液滴が沈着して汚染を形成し、これが作業者の顔や手の甲に付着して皮膚が被ばくする場合の年平均等価線量及び皮膚被ばくによる年平均実効線量を算出する。計算条件は以下のとおりである。

被ばく時間：10 分

発生確率：0.01/年

線量換算係数：半無限雲用

放射能面密度計算：放射能(1 Bq) × 移行割合 / 汚染面積

移行割合：1 (液体) 0.01 (その他)

汚染面積：2000 cm² (液体) 200 cm² (その他)

汚染面積の計算条件

線源重量：100 g、密度：0.5 g/cm³

汚染への移行割合：1 (液体) 0.01 (その他)

汚染の厚さ：0.01 cm

B2.8 火災：ダスト、揮発性物質の吸入摂取

火災により発生したダストや揮発性物質が部屋に充満し、これを作業者が吸入することにより被ばくする場合の年平均預託実効線量を算出する。計算条件は以下のとおりである。

被ばく時間：10 分

発生確率：0.01/年

呼吸率：1 m³/時

放射能濃度計算：放射能(1 Bq) × 移行割合 / 部屋の容積

移行割合：1 (液体) 0.01 (その他)

B2.9 火災：燃焼生成物からの外部被ばく

火災により発生したダストが部屋に充満したことにより作業者が被ばくする場合の年平均実効線量を算出する。計算条件は以下のとおりである。

被ばく時間：10 分

発生確率：0.01/年

線量換算係数：半無限雲用

放射能濃度計算：放射能(1 Bq) × 移行割合 / 部屋の容積

移行割合：1 (液体) 0.01 (その他)

B3 処分場での公衆被ばく

B3.1 処分場からの外部被ばく

公衆が処分場の上を歩いているときに被ばくする場合の年平均実効線量を算出する。計算条件等は以下のとおりである。

被ばく時間：300 時間/年 線源からの距離：1 m

発生確率：0.01/年

線量換算係数：無限厚平板用

放射能濃度計算：

$$\text{放射能濃度 [Bq/g]} = \frac{\text{線源放射能}}{\text{廃棄物重量}} \times \text{減衰補正係数}$$

線源放射能：1 Bq、廃棄物重量： 1.5×10^{10} g

減衰補正時間：24 時間

B3.2 処分場からのダストの吸入摂取

(1) 事故

公衆が処分場の上を歩いているときに、無希釈線源 1 g から発生したダストを吸入摂取して被ばくする場合の年平均預託実効線量を算出する。計算条件は以下のとおりである。

吸入時間：1 時間

発生確率：0.01/年

空气中ダスト濃度：1 mg/m³

呼吸率：1 m³/時

放射能濃度計算：

$$\text{放射能濃度 [Bq/g]} = \frac{\text{線源放射能}}{\text{線源重量}} \times \text{減衰補正係数}$$

線源放射能：1 Bq、線源重量：1 g

減衰補正時間：24 時間

(2) 通常

処分場の近くに居住する公衆が、土壌で希釈された線源から発生したダストを吸入摂取して被ばくした場合の年預託実効線量を算出する。計算条件は以下のとおりである。

吸入時間：5000 時間/年

空气中ダスト濃度：0.2 mg/m³

呼吸率：1 m³/時

放射能濃度計算：

$$\text{放射能濃度 [Bq/g]} = \frac{\text{線源放射能}}{\text{土壌の重量}} \times \text{減衰補正係数}$$

線源放射能：1 Bq、土壌の重量： 1×10^5 g

減衰補正時間：24 時間

B3.3 処分場の物の取扱いによる皮膚の被ばく

公衆が処分場の上を歩いているとき、汚染された物を拾い、それをポケットに入れた状態で被ばくした場合の皮膚の年平均等価線量及び皮膚被ばくによ

る年平均実効線量を算出する。計算条件は以下のとおりである。

被ばく時間：8 時間

発生確率：0.01/年

放射能面密度計算：

汚染物の重量 30 g、密度 1.12 g/cm³ (樹脂)

汚染の厚さ 0.3 cm、接触面積 178 cm²

B3.4 処分場での経口摂取

公衆が処分場で汚染された土壤に触れた手から経口摂取するか子供が誤って汚染物を呑み込んだことにより被ばくする場合の年平均預託実効線量を算出する。計算条件は以下のとおりである。

摂取割合：0.001

参考資料 2 RS-G-1.7 に示されている評価モデル、パラメータ等

1. 評価に共通なパラメータ

表 1 にシナリオに共通なパラメータを示す。

表 1 被ばくシナリオの一般的パラメータ

パラメータ	単位	ケース	WL	WF	WO	RL	RF	RH	RP
			処分場の 作業員	鋳物工場 の作業員	その他の 施設の作 業員	処分場周 辺の居住 者	鋳物工場 周辺の居 住者	汚染した 材料で建 設した家 の居住者	汚染した 材料で建 設した公 共の場の 周辺居住 者
被ばく時間(t _e)	時間/年	現実的	450	450	900	1000	1000	4500	400
		低頻度	1800	1800	1800	8760	8760	8760	1000
シナリオが開始までの 減衰時間(t ₁)	日	現実的	30	30	30	30	30	100	100
		低頻度	1	1	1	1	1		
シナリオ期間中の減衰 時間(t ₂)	日	現実的	365	365	365	365	365	365	365
		低頻度	0	0	0	0	0		
経口摂取シナリオまで の減衰時間(t _{f1})	日	現実的	N/A	N/A	N/A	365	N/A	N/A	N/A
経口摂取シナリオ期間 中の減衰時間(t _{f2})	日	現実的	N/A	N/A	N/A	365	N/A	N/A	N/A

2. 被ばく経路のモデリング

以下には、使用し被ばくモデルおよびパラメータを考慮した被ばくシナリオに関連する全ての経路について述べる。

2.1 外部被ばく

外部被ばくを受ける被ばく状況は実に多様で、規制管理から外れた廃棄物が処分されている処分場や菜園（処分場作業員）で、クリアランスされた大量の機器の近くで作業していることや、規制管理から外れた建設廃材などの物質（例えばスラグやフライアッシュ）を新しいコンクリートの骨材やコンクリート中のセメント代替物として使用して建設された建物の中に住んでいて被ばくする場合などがある。考慮したシナリオは、これらおよびこれらと似た状況をカバーするように設定している。

(1) 外部被ばく

外部被ばくの評価においては、以下の3種類のシナリオが評価されている。

これらのシナリオを評価するための計算式として、次式が使用されている。

$$H_{ext,C} = h_{ext} \cdot t_e \cdot f_d \cdot e^{-\lambda t_1} \frac{1 - e^{-\lambda t_2}}{\lambda \cdot t_2} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、

- $H_{ext,C}$ 単位放射能濃度あたりの年間実効被ばく線量[(μ Sv/a)/(Bq/g)]
- h_{ext} 外部被ばく線量換算係数[(μ Sv/h)/(Bq/g)]
- t_e 被ばく時間[h/a]
- f_d 希釈係数[-]
崩壊定数[1/a]
- t_1 被ばく開始までの放射能の減衰期間[a]
- t_2 被ばく期間中の放射能の減衰期間[a]

表2 外部照射シナリオのパラメータ

パラメータ	単位	ケース	WL	WF/WO	RH	RP
			処分場の作業者	鋳物工場またはその他の施設の作業者	汚染した材料で建設した家の居住者	汚染した材料で建設した公共の場の周辺居住者
希釈係数(f_d)	[-]	現実的	1	0.1	0.1	0.1
		低確率	1	1	0.5	0.5
材料の密度	g/cm ³		1.5	1.5	1.5	1.5
幾何形状			地表1m、半無限媒体	1m離れた5×2×1m ³ の大きさの平板状積荷等、遮蔽なし	天井、壁2面3×4m ² 、高さ2.5m、壁の厚さ20cm	地表1m、半無限媒体
線量係数率(e_{ext})	μ Sv/h/(Bq/g)		成人	成人	成人	子供(1~2歳)
			核種と幾何形状に依存			

2.2 吸入摂取

汚染ダストの吸入摂取は多くの被ばく状況で起こる可能性がある。したがって、作業場所および一般的な集団について、代表的な被ばくを検討する。子供(年齢グループ1~2歳)を後者の標準年齢グループとする。

これらのシナリオを評価するための計算式として、次式が使用されている。

$$H_{inh,C} = h_{inh} \cdot t_e \cdot f_d \cdot C_{dust} \cdot V \cdot e^{-\lambda t_1} \frac{1 - e^{-\lambda t_2}}{\lambda \cdot t_2} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、

- $H_{inh,C}$ 単位放射能濃度あたりの年間実効被ばく線量[(μ Sv/a)/(Bq/g)]
- h_{inh} 吸入摂取被ばく線量係数[μ Sv/Bq]
- t_e 被ばく時間[h/a]
- f_d 希釈係数[-]
- C_{dust} 空気中のダスト濃度[g/m³]

- V 呼吸率[m³/h]
- 崩壊定数[1/a]
- t₁ 被ばく開始までの放射能の減衰期間[a]
- t₂ 被ばく期間中の放射能の減衰期間[a]

表3 吸入摂取シナリオのパラメータ

パラメータ	単位	ケース	WL	WF	RL-A	RL-C	RF	RP
			処分場の作業 者	鋳物工場の 作業 者	処分場周辺の居住者		鋳物工場周 辺の居住者	汚染した材 料で建設し た公共の場 の周辺居住 者
希釈係数(f _d)	[-]	現実的	0.1	0.02	0.01	0.01	0.002	0.1
		低確率	1	0.1	0.1	0.1	0.01	1
空気中のダスト 濃度(C _{dust})	g/m ³	現実的	5 × 10 ⁻⁴	5 × 10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴
		低確率	10 ⁻³	10 ⁻³	5 × 10 ⁻⁴	5 × 10 ⁻⁴	5 × 10 ⁻⁴	5 × 10 ⁻⁴
濃縮係数(f _c)	[-]		4	1-70	4	4	1-70	4
呼吸率(V)	m ³ /時間		1.2	1.2	1.2	0.22	0.22	0.22
線量係数(e _{inh})	μ Sv/Bq		5 μm, 作業 者、 3.1.1項参照	5 μm, 作業 者、 3.1.1項参照	成人、3.1.1 項参照	子供(1~2 歳)3.1.1項 参照	子供(1~2 歳)3.1.1項 参照	子供(1~2 歳)3.1.1項 参照

2.3 経口摂取

経口摂取では二種類の被ばく経路を検討する。

- ・ 不注意によるダストの直接経口摂取（例えば、手から口への経路）
- ・ 当該の物質（例えば土壌）の中で成長し、核種が植物の根から入っていく作物の経口摂取

規制管理から外れた物質を含有する土壌で植物が成長するのは、次の状況で起こるかもしれない：解放された建設廃材が土壌中に少量存在する、原子力施設から解放された土壌が菜園に使用される、あるいは古い処分場の覆土として使用され、その後、その場所がレクリエーションエリアとして使用される、あるいは旧原子力サイトが一般目的で再使用される。食物シナリオ RL-A は、その物質中で成長した野菜を消費する成人の被ばくを、RL-C は同じ状況での子供の被ばくを取り扱う。これらのシナリオを評価するための計算式として、次式が使用されている。

$$H_{ing,C} = h_{ing} \cdot q \cdot f_d \cdot f_1 \cdot e^{-\lambda t_1} \frac{1 - e^{-\lambda t_2}}{\lambda \cdot t_2} \dots \dots \dots (3)$$

ここで、

H_{ing,C} 単位放射能濃度あたりの年間実効被ばく線量[(μ Sv/a)/(Bq/g)]

h_{ing}	経口摂取被ばく線量係数 [μ Sv/Bq]
q	年間摂取量 [g/a]
f_d	希釈係数 [-]
f_1	経根移行係数 [-]
	崩壊定数 [1/a]
t_1	被ばく開始までの放射能の減衰期間 [a]
t_2	被ばく期間中の放射能の減衰期間 [a]

表4 経口摂取シナリオのパラメータ

パラメータ	単位	ケース	WL/WF	RP	RL-A	RL-C
			処分場または 鋳物工場の作 業者	汚染した材料 で建設した公 共の場の周辺 居住者	処分場周辺の居住者	
希釈係数 (f_d)	[-]	現実的	0.1	0.1	0.01	0.01
		低確率	1	1	0.1	0.1
濃縮係数 (f_c)	[-]		2	2	N/A	N/A
根からの移行係数 (f_t)	[-]		N/A	N/A	[12]	[12]
年間摂取量 (q)	g/年 or kg/年	現実的	10g/年	25g/年	88kg/年	68kg/年
		低確率	50g/年	50g/年	264kg/年	204kg/年
線量係数 (e_{inh})	μ Sv/(Bq/g)		作業員、3.1.1 項参照	子供(1~2歳) 3.1.1項参照	成人、3.1.1項 参照	子供(1~2歳) 3.1.1項参照

(注)：上記以外に地下水経路も評価対象となっているが、評価モデル及びパラメータについては、割愛する。