

6. 国際的なクリアランスレベルとの比較評価

原子力安全委員会において、原子炉等規制法に規定されているクリアランスレベルについての検討が行われた際、国際的なクリアランスレベルである SRS No.44 の放射能濃度値との比較は、再評価報告書において以下の2つの目的で行われている⁽⁶⁾。

第一の目的は、再評価結果の妥当性の確認である。再評価報告書では、RS-G-1.7に含まれる最新の知見などを取り入れて委員会報告書^{(4),(8),(9)}のクリアランスレベルの再評価を行ったが、その結果を SRS No.44 の放射能濃度値と比較することによって両者がほぼ同等であることを示し、再評価結果が妥当なものであるとの結論が示されている。

第二の目的は、国際的な整合化や規制の簡略化による運用上の便益の観点から、RS-G-1.7の値を我が国における原子炉等の解体廃棄物のクリアランスレベルとして採用することの可能性の検討である。この検討では、SRS No.44 の放射能濃度値と再評価値とを比較し、「これらの計算値の間に有意の差はなく、我が国における原子炉等の解体廃棄物のクリアランスレベルとしてRS-G-1.7の規制免除レベルを採用することは適切である」との結論が示されている。

放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルの設定に向けて、国内の法律に定められるクリアランスレベルの斉一化及び国際的なクリアランスレベルとの整合を目的として、本検討で算出したクリアランスレベルの暫定値についても、同様の検討を行うこととする。なお、RI 汚染物の一括クリアランスを想定して算出した暫定値と放射化物の大規模施設を想定して算出した暫定値を検討の対象として国際的なクリアランスレベルとの比較を行う。

6. 1 国際的なクリアランスレベル

RI 汚染物及び放射化物のクリアランスレベルとして今回算出した暫定値との比較を行う国際的なクリアランスレベルとしては、IAEA がRS-G-1.7を取りまとめた際にクリアランス等の判断に用いる放射能濃度の基準値の算出根拠として提示されている SRS No.44 の放射能濃度値を用いる。

今回、クリアランスレベルを設定する対象核種として選定した核種について、SRS No.44 の放射能濃度値及びその濃度値を踏まえたRS-G-1.7のクリアランスレベルを表6.1に示す。選定した計72核種（RI 汚染物53核種及び放射化物37核種の評価対象核種のうち、RI 汚染物と放射化物の両者に対して選定した核種については1核種としている。）のうち、64核種についてはSRS No.44の放射能濃度値が示されており、また、そのうち61核種についてはRS-G-1.7のクリアランスレベルが示されている。しかしながら、残りの8核種、Ti-44、V-49、Ga-67、Ge-68、Rb-81、Yb-169、W-188及びAu-195については、SRS No.44に放射能濃度値は示されていない。このため、これらの8核種については、SRS No.44の算出の考え方に基づいて放射能濃度を算出し、暫定値との比較を行う値とする。

表 6.1 選定した対象核種に対する SRS No.44 の放射能濃度値及び RS-G-1.7 のクリアランスレベルについて

核種	SRS No.44 (Bq/g)	IAEA RS-G-1.7 (Bq/g)	核種	SRS No.44 (Bq/g)	IAEA RS-G-1.7 (Bq/g)
H-3	30 (30.3)	100	Mo-99	20	10
Be-7	19	10	Tc-99	0.61	1
C-14	1.7	1	Tc-99m	620	100
F-18	350	10	Ag-108m	0.044	—
Na-22	0.039	0.1	Ag-110m	0.053	0.1
P-32	340	1000	Cd-109	1.1	1
P-33	580	1000	In-111	14	10
S-35	250	100	Sn-113	1.3	1
Cl-36	0.47	1	Sb-124	0.38	1
Ca-41	81	—	Sb-125	0.20	0.1
Ca-45	78	100	Te-123m	3.0 (2.95)	1
Sc-46	0.25	0.1	I-123	110	100
Ti-44	—	—	I-125	170	100
V-49	—	—	I-131	10	10
Cr-51	91	100	Cs-134	0.057	0.1
Mn-54	0.15	0.1	Cs-137	0.12	0.1
Fe-55	1000	1000	Ba-133	0.23	—
Fe-59	0.95	1	Ce-139	2.4	1
Co-56	0.14	0.1	Ce-141	40	100
Co-57	1.8	1	Pm-147	740	1000
Co-58	0.66	1	Eu-152	0.066	0.1
Co-60	0.031	0.1	Eu-154	0.060	0.1
Ni-59	140	100	Gd-153	3.9	10
Ni-63	59	100	Tb-160	0.56	1
Zn-65	0.26	0.1	Yb-169	—	—
Ga-67	—	—	Ta-182	0.26	0.1
Ge-68	—	—	W-188	—	—
Se-75	0.91	1	Re-186	340	1000
Rb-81	—	—	Ir-192	0.84	1
Rb-86	33	100	Au-195	—	—
Sr-85	1.4	1	Au-198	11	10
Sr-89	350	1000	Hg-203	5.7	10
Sr-90	0.55	1	Tl-201	110	100
Y-90	340	1000	Tl-204	0.58	1
Nb-93m	4.7	10	Am-241	0.30 (0.298)	0.1
Nb-94	0.044	0.1	Cm-244	0.49	1

注) SRS No.44 では有効数字 3 桁の値が記載されているが、「再評価報告書」にならって 3 桁目を四捨五入して表示した。ただし、四捨五入した値が 3×10^x (x は整数) となる数値については有効数字 3 桁の値を括弧内に示した。

6. 2 SRS No.44 の考え方に基づいたクリアランスに係る放射能濃度値の算出

6. 2. 1 SRS No.44 で用いられている被ばくシナリオ

SRS No. 44 においては、表 6.2 に示す被ばくのシナリオに基づいて、食料品と飲用水を除く、人工起源の核種を含むすべての物質について放射能濃度値を求める計算が行われている。

皮膚被ばくに係るシナリオ（以下、「SKIN シナリオ」という。）を除くシナリオについては、「現実的なパラメータを用いた評価（Realistic）」（以下、「現実的シナリオ」という。）と、「低確率なパラメータを用いた評価（Low Probability）」（以下、「低確率シナリオ」という。）の二通りの計算が行われ、それぞれ、 $10\mu\text{Sv/年}$ 及び 1mSv/年 の実効線量基準（Effective dose criterion）に対する放射能濃度値が求められている。

SKIN シナリオについては、低確率なパラメータを用いた計算のみが行われ、 50mSv/年 の皮膚の等価線量限度（Skin equivalent dose limit）に対する放射能濃度値が求められている。

これらのシナリオに基づいて求められた放射能濃度値のうち、最も小さい濃度値が、クリアランスレベルとして適用可能な放射能濃度値として示されている。

表 6.2 SRS No.44 で用いられている評価シナリオ

記号	シナリオ	被ばく対象者	被ばく形態
WL	処分場あるいはその他の施設（鋳物工場以外）の作業者の被ばく	作業員	外部、吸入、直接経口
WF	鋳物工場の作業員の被ばく	作業員	外部、吸入、直接経口
WO	その他の作業員（例：トラックの運転手）の被ばく	作業員	外部
RL-C	処分場あるいはその他の施設*近傍の居住者の被ばく	子ども	吸入、農作物摂取
RL-A		成人	吸入、農作物摂取
RF	鋳物工場近傍の居住者の被ばく	子ども	吸入
RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	成人	外部
RP	汚染された物質で建設された公共の場所近傍の居住者の被ばく	子ども	外部、吸入、直接経口
RW-C	個人の井戸からの水の利用あるいは汚染された河川でとれた魚類の消費	子ども	飲料水、農作物及び魚類の摂取
RW-A		成人	飲料水、農作物及び魚類の摂取
SKIN	スクラップ置き場、金属リサイクル施設、処分場などの作業場における作業員の被ばく（低確率シナリオのみ）	作業員	皮膚被ばく

※：WLと同様に、「その他の施設」は、鋳物工場以外とする。

6. 2. 2 被ばくモデル

SRS No.44 に示された被ばくモデルは以下のとおりである。

6. 2. 2. 1 外部被ばくに係るモデル (WL, WF, WO, RH, RP シナリオ)

外部被ばくによる実効線量は次式で計算される。

$$E_{ext,C} = e_{ext} \cdot t_e \cdot f_d \cdot e^{-\lambda \cdot t_1} \cdot \frac{1 - e^{-\lambda \cdot t_2}}{\lambda \cdot t_2} \dots\dots\dots (48)$$

ここで、

- $E_{ext,C}$: 物質中の単位放射能濃度あたりの外部被ばくによる実効線量 [(μSv/a)/(Bq/g)]
- e_{ext} : 物質中の単位放射能濃度あたりの実効線量率 [(μSv/h)/(Bq/g)]
- t_e : 被ばく時間 [h/a]
- f_d : 希釈係数 [-]
- λ : 崩壊定数 [1/a]
- t_1 : 被ばく開始までの減衰時間 [a]*¹⁹
- t_2 : 被ばく期間中の減衰時間 [a]

である。

6. 2. 2. 2 吸入による被ばくに係るモデル (WL, WF, RL, RF, RP シナリオ)

吸入による被ばくの実効線量は次式で計算される。

$$E_{inh,C} = e_{inh} \cdot t_e \cdot f_d \cdot f_c \cdot C_{dust} \cdot V \cdot e^{-\lambda \cdot t_1} \cdot \frac{1 - e^{-\lambda \cdot t_2}}{\lambda \cdot t_2} \dots\dots\dots (49)$$

ここで、

- $E_{inh,C}$: 物質中の単位放射能濃度あたりの吸入による実効線量 [(μSv/a)/(Bq/g)]
- e_{inh} : 吸入による実効線量係数 [μSv/Bq]
- t_e : 被ばく時間 [h/a]
- f_d : 希釈係数 [-]
- f_c : 濃縮係数 [-]
- C_{dust} : 空気中粉塵濃度 [g/m³]
- V : 呼吸率 [m³/h]
- λ : 崩壊定数 [1/a]
- t_1 : 被ばく開始までの減衰時間 [a]
- t_2 : 被ばく期間中の減衰時間 [a]

である。

6. 2. 2. 3 経口摂取による被ばくに係るモデル (WL, WF, RP, RL シナリオ)

汚染物質の偶然による直接経口摂取、又は汚染物質を含んだ土壌中で栽培された作物（核種は

*¹⁹: 6章で記載する各式で用いるパラメータの単位のうち、「a」の標記は単位年（ラテン語の「annus」の頭文字）を表すものであり、4章で記載する各式で用いるパラメータでは単位が「y」と標記している。

植物の根を通じて作物に入る。)の摂取による実効線量は次式で計算される。

$$E_{ing,C} = e_{ing} \cdot q \cdot f_d \cdot f_c \cdot f_i \cdot e^{-\lambda \cdot t_1} \frac{1 - e^{-\lambda \cdot t_2}}{\lambda \cdot t_2} \dots\dots\dots (50)$$

ここで、

- $E_{ing,C}$: 物質中の単位放射能濃度あたりの経口摂取による実効線量 [(μSv/a)/(Bq/g)]
- e_{ing} : 経口摂取による実効線量係数 [μSv/Bq]
- q : 年間の経口摂取量 [g/a]
- f_d : 希釈係数 [-]
- f_c : 濃縮係数 [-]
- f_i : 根からの移行係数 [-]
- λ : 崩壊定数 [1/a]
- t_1 : 被ばく開始までの減衰時間 [a]
- t_2 : 被ばく期間中の減衰時間 [a]

6. 2. 2. 4 地下水移行シナリオを考慮した被ばくに係るモデル (RW シナリオ)

RW-C, RW-A シナリオでは、汚染物質が地表付近の土壌中にあるとき(これを汚染層と呼ぶ)、核種が汚染層から放出され、不飽和層を通過して地下水に移行して、この汚染された地下水を利用することによる被ばくが想定されている。地下水を利用することによる被ばくとしては、以下に示す3つの被ばくが考慮されている。

- 汚染された地下水が井戸に移行したときの井戸水飲用による被ばく
 - 汚染された地下水を農作物の灌漑用水として利用したときの農作物摂取による被ばく
 - 汚染された地下水が河川に移行して、その河川の魚を摂取することによる被ばく
- これらの被ばくでは、以降に示すモデルを用いて被ばくの実効線量が計算されている。

(1) 汚染層からの漏出率

汚染層からの漏出率は次式で計算される。

$$L_i = \frac{I}{\theta^{cz} \cdot z^{cz} \cdot R_i^{cz}} \dots\dots\dots (51)$$

ここで、

- L_i : 核種 i の漏出率 [1/a]
- I : 浸透率 [m/a]
- θ^{cz} : 汚染層の体積含水率 [-]
- z^{cz} : 汚染層の厚さ [m]
- R_i^{cz} : 汚染層における核種 i の遅延係数 [-]

である。

このうち、遅延係数 R_i^{cz} は次式で与えられる。

$$R_i^{cz} = 1 + \frac{\rho^{cz} \cdot K_{d,i}}{\theta^{cz}} \dots\dots\dots (52)$$

ここで、

- R_i^{cz} : 汚染層における核種 i の遅延係数 [-]
- ρ^{cz} : 汚染層の密度 [g/cm³]
- $K_{d,i}$: 核種 i の分配係数 [cm³/g]
- θ^{cz} : 汚染層の体積含水率 [-]

である。

(2) 汚染層から浸出する水中の核種の濃度

汚染層から浸出する水中の核種の濃度は次式で計算される。

$$C_i^s = \frac{M \cdot c_i \cdot L_i}{U^s} \dots\dots\dots(53)$$

ここで、

- C_i^s : 汚染層から浸出する水中の核種 i の濃度 [Bq/m³]
- M : 汚染物質の総量 [g]
- c_i : 汚染物質中の核種 i の濃度 [Bq/g]
- L_i : 核種 i の漏出率 [1/a]
- U^s : 汚染層を通過した浸出水の体積 [m³/a]

である。

このうち、浸出水の体積は次式で計算される。

$$U^s = I \cdot A^{cz} \dots\dots\dots(54)$$

ここで、

- U^s : 汚染層を通過した浸出水の体積 [m³/a]
- I : 浸透率 [m/a]
- A^{cz} : 汚染層の表面積 [m²]

である。

(3) 不飽和層の移行時間

不飽和層を通過する核種 i の移行時間は次式で与えられる。

$$t_i = \frac{z^{uz} \cdot R_i^{uz} \cdot p^{uz} \cdot R_s^{uz}}{I} \dots\dots\dots(55)$$

ここで、

- t_i : 核種 i の不飽和層の移行時間 [a]
- z^{uz} : 不飽和層の厚さ [m]
- R_i^{uz} : 不飽和層における核種 i の遅延係数 [-]
- p^{uz} : 不飽和層の有効空隙率 [-]
- R_s^{uz} : 不飽和層における飽和率 [-]
- I : 浸透率 [m/a]

である。

このうち、遅延係数 R_i^{uz} は次式で与えられる。

$$R_i^{uz} = 1 + \frac{\rho^{uz} \cdot K_{d,i}}{\theta^{uz}} \dots\dots\dots(56)$$

ここで、

- R_i^{uz} : 不飽和層における核種 i の遅延係数 [-]
- ρ^{uz} : 不飽和層の密度 [g/cm³]
- $K_{d,i}$: 核種 i の分配係数 [cm³/g]
- θ^{uz} : 不飽和層の体積含水率 [-]

である。

(4) 井戸水中の核種の濃度

地下水の量は次式で与えられる。

$$U^{gw} = z^{gw} \cdot w^{gw} \cdot v^{gw} \cdot p^{gw} \dots\dots\dots(57)$$

ここで、

- U^{gw} : 地下水の量 [m³/a]
- z^{gw} : 帯水層の厚さ [m]
- w^{gw} : 帯水層の流れに直行する方向の汚染層の幅 [m]
- v^{gw} : 帯水層における間隙水流速 [m/a]
- p^{gw} : 帯水層の有効空隙率 [-]

である。

この結果、井戸水中の核種の濃度は次式で計算される。

$$c_i^w = \frac{U^s}{U^{gw} + U^s} C_i^s \cdot e^{-\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots(58)$$

ここで、

- c_i^w : 井戸水中の核種 i の濃度 [Bq/m³]
- U^s : 汚染層を通過した浸出水の体積 [m³/a]
- U^{gw} : 地下水の量 [m³/a]
- C_i^s : 汚染層から浸出する水中の核種 i の濃度 [Bq/m³]
- λ_i : 核種 i の崩壊定数 [1/a]
- t_i : 核種 i の不飽和層の移行時間 [a]

である。

(5) 水から農作物への核種の移行係数

農作物への核種の移行は、葉面沈着による葉からの核種の農作物への取り込みと根からの核種の吸収が考慮される。水から農作物への核種の移行係数は、次式により計算される。

$$f_{t,k,i} = \frac{I_{rr} \cdot f_r \cdot T_{f,k} \cdot (1 - e^{-\lambda_w \cdot t_{e,k}})}{Y_{w,k} \cdot \lambda_w} + \frac{I_{rr} \cdot (1 - f_r) \cdot f_{tr,i} \cdot (1 - e^{-L_i \cdot t_{e,k}})}{\rho^e \cdot L_i} \dots\dots\dots(59)$$

ここで、

- $f_{t,k,i}$: 水からの農作物 k への核種 i の移行係数 [m³/kg]
- I_{rr} : 灌漑水量 [m/a]
- f_r : 農作物に沈着した核種が保持される割合 [-]

- $T_{f,k}$: 農作物 k の葉から可食部への移行係数 [-]
- λ_w : 風雨による除去係数 [1/a]
- $t_{e,k}$: 農作物 k の暴露時間 [a]
- $Y_{w,k}$: 農作物 k の栽培密度 [kg/m²]
- $f_{w,i}$: 核種 i の根からの移行係数 [-]
- L_i : 核種 i の漏出率 [1/a]
- ρ^e : 土壌の実効表面密度 [kg/m²]

である。

(6) 河川水中の核種の濃度

河川水中の核種の濃度は次式で計算される。

$$c_i^r = \frac{U^s}{U^r + U^s} C_i^s \cdot e^{-\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (60)$$

ここで、

- c_i^r : 河川水中の核種 i の濃度 [Bq/m³]
- U^s : 汚染層を通過した浸出水の体積 [m³/a]
- U^r : 河川水の量 [m³/a]
- C_i^s : 汚染層から浸出する水中の核種 i の濃度 [Bq/m³]
- λ_i : 核種 i の崩壊定数 [1/a]
- t_i : 核種 i の不飽和層の移行時間 [a]

である。

(7) 被ばく線量 (この式は SRS No. 44 に記載なし)

地下水移行経路の被ばく線量は次式で計算される。

$$E_{ing,C} = e_{ing} \left(c_i^w \cdot q_w \cdot f_w + c_i^w \cdot f_c \cdot \sum_k f_{t,k,i} \cdot q_{c,k} + c_i^r \cdot f_{t,f,i} \cdot f_f \cdot q_f \right) e^{-\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (61)$$

ここで、

- $E_{ing,C}$: 経口摂取による実効線量 [μSv/a]
- e_{ing} : 経口摂取による実効線量係数 [μSv/Bq]
- c_i^w : 井戸水中の核種 i の濃度 [Bq/m³]
- q_w : 飲料水の年間摂取量 [m³/a]
- f_w : 汚染した飲料水の割合 [-]
- f_c : 汚染した農作物の割合 [-]
- $f_{t,k,i}$: 水から農作物 k への核種 i の移行係数 [m³/kg]
- $q_{c,k}$: 農作物 k の年間摂取量 [kg/a]
- c_i^r : 河川水中の核種 i の濃度 [Bq/m³]
- $f_{t,f,i}$: 核種 i の魚類への移行係数 [m³/kg]
- f_f : 汚染した魚類の割合 [-]
- q_f : 魚類の年間摂取量 [kg/a]
- λ_i : 核種 i の崩壊定数 [1/a]
- t_i : 被ばく開始までの減衰時間 [a]

である。

6. 2. 2. 5 皮膚被ばくに係るモデル (SKIN シナリオ)

皮膚汚染による皮膚の等価線量は次式で計算される。

$$E_{skin,C} = e_{skin} \cdot t_e \cdot L_{dust} \cdot f_d \cdot f_c \cdot \rho \cdot e^{-\lambda \cdot t_1} \cdot \frac{1 - e^{-\lambda \cdot t_2}}{\lambda \cdot t_2} \dots\dots\dots(62)$$

ここで、

- $E_{skin,C}$: 単位物質中核種濃度あたりの皮膚汚染による皮膚の等価線量 [(μ Sv/a)/(Bq/g)]
- e_{skin} : 単位表面濃度あたりの皮膚の等価線量率 [(μ Sv/h)/(Bq/cm²)]
- t_e : 被ばく時間 [h/a]
- L_{dust} : 皮膚に堆積した粉塵の厚さ [cm]
- f_d : 希釈係数 [-]
- f_c : 濃縮係数 [-]
- ρ : 皮膚に堆積した粉塵の密度 [g/cm³]
- λ : 崩壊定数 [1/a]
- t_1 : 被ばく開始までの減衰時間 [a]
- t_2 : 被ばく期間中の減衰時間 [a]

である。

6. 2. 3 SRS No.44 で用いられた評価パラメータ

6. 2. 3. 1 元素・核種に依存しない評価パラメータ

SRS No.44 に示された評価パラメータのうち、元素・核種に依存しないパラメータを次に示すとおり表に取りまとめる。

- 外部被ばくに係るパラメータのうち現実的シナリオ及び低確率シナリオのパラメータを、それぞれ表 6.3 及び表 6.4 に示す。
- 吸入被ばくに係るパラメータのうち現実的シナリオ及び低確率シナリオのパラメータを、それぞれ表 6.5 及び表 6.6 に示す。
- 経口摂取被ばくに係るパラメータのうち現実的シナリオ及び低確率シナリオのパラメータを、それぞれ表 6.7 及び表 6.8 に示す。
- 地下水移行シナリオに係るパラメータを表 6.9 に示す。
- 皮膚被ばくに係るパラメータを表 6.10 に示す。

6. 2. 3. 2 元素・核種に依存する評価パラメータ

SRS No.44 に放射能濃度値が示されていない核種の元素依存のパラメータを表 6.11 に、核種依存のパラメータを表 6.12 に示す。

これらのパラメータについては、SRS No.44 に記載されているものについてはそれを採用し、記載がないものについては可能な限り SRS No.44 の設定手順に準拠して以下のとおり設定する。

(1) 根からの移行係数

根からの移行係数については、SRS No.44 に値が示されている元素についてはそれを採用する。Ti については、SRS No.44 に値が示されていないため、クリアランスレベルの暫定値の算出で用いた「葉菜、非葉菜及び果実への移行係数」の設定値を採用する。この値は、文献調査で得られたものであり、ORNL-5786⁽¹⁵⁾に示された値である。なお、この文献は、原子力安全委員会が取りまとめた「低レベル放射性固体廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について」（平成 19 年 5 月 21 日）でも引用されている。

(2) 分配係数

Rb については、SRS No.44 に示されている値を採用する。

Ge 及び Au については、SRS No.44 で参照されている文献である RESRAD のマニュアル⁽¹⁶⁾の最小値を採用する。

その他の元素については、SRS No.44 に示された根からの移行係数から求める式 (Eq.(6)) により計算して設定する。

(3) 魚類への移行係数

Ga、Rb 及び Au については、SRS No.44 で参照されている文献である SRS No.19⁽¹⁷⁾の値を採用する。その他の元素については、「第 2 次中間報告書」における設定値を使用する。

(4) 濃縮係数 (吸入被ばく経路)

Ti 以外の元素については、SRS No.44 に示されている値を採用する。Ti については、同族元素である Zr の値を設定する。

(5) 単位物質中核種濃度あたりの実効線量率 (外部被ばく実効線量換算係数)

SRS No.44 に記載されている表 6.13 に示す計算条件に基づき、QAD-CGGP2R コードにより計算した値を使用する。

(6) 内部被ばく実効線量係数

内部被ばく実効線量係数は、ICRP Publ.68⁽¹⁸⁾及び Publ.72⁽¹⁹⁾から設定する。

(7) 単位表面濃度あたりの皮膚の等価線量率 (皮膚被ばくの線量係数)

単位表面濃度あたりの皮膚の等価線量率については、SRS No.44 に値が示されている核種が一部あるものの、数値が示されていない核種については、その元となる文献である「Kocher 他⁽²⁰⁾」、「CEA-R-5441⁽²¹⁾」及び「Radiation Protection 65⁽²²⁾」においても値が示されていない。

そこで、これらの文献に示された評価手法に基づいた計算コードを整備して、その機能を確認のうえ、対象とする核種に対する値を計算した。評価ではこの値を使用する。

表 6.3 外部被ばくに係るパラメータの設定（現実的シナリオ）

パラメータ	単位	値				
		WL	RH	WF	WO	RP
被ばく時間	h/a	450	4,500	450	900	400
希釈係数	[-]	1	0.1	0.1	0.1	0.1
子どもの線量率の成人の線量率に対する比	[-]	-	-	-	-	1.2
被ばく開始までの減衰時間	d	30	100	30	30	100
被ばく期間中の減衰時間	d	365	365	365	365	365

表 6.4 外部被ばくに係るパラメータの設定（低確率シナリオ）

パラメータ	単位	値				
		WL	RH	WF	WO	RP
被ばく時間	h/a	1,800	8,760	1,800	1,800	1,000
希釈係数	[-]	1	0.5	1	1	0.5
子どもの線量率の成人の線量率に対する比	[-]	-	-	-	-	1.2
被ばく開始までの減衰時間	d	1	100	1	1	100
被ばく期間中の減衰時間	d	0	365	0	0	365

表 6.5 吸入被ばくに係るパラメータの設定（現実的シナリオ）

パラメータ	単位	値					
		WL	WF	RL-C	RF	RL-A	RP
被ばく時間	h/a	450	450	1,000	1,000	1,000	400
希釈係数	[-]	1	0.02	0.01	0.002	0.01	0.1
濃縮係数	[-]	4	1 - 70 (元素依存)	4	1 - 70 (元素依存)	4	4
空気中粉塵濃度	g/m ³	5E-4	5E-4	1E-4	1E-4	1E-4	1E-4
呼吸率	m ³ /h	1.2	1.2	0.22	0.22	1.2	0.22
被ばく開始までの減衰時間	d	30	30	30	30	30	100
被ばく期間中の減衰時間	d	365	365	365	365	365	365

表 6.6 吸入被ばくに係るパラメータの設定（低確率シナリオ）

パラメータ	単位	値					
		WL	WF	RL-C	RF	RL-A	RP
被ばく時間	h/a	1,800	1,800	8,760	8,760	8,760	1,000
希釈係数	[-]	1	0.1	0.1	0.01	0.1	1
濃縮係数	[-]	4	1 - 70 (元素依存)	4	1 - 70 (元素依存)	4	4
空气中粉塵濃度	g/m ³	1E-3	1E-3	5E-4	5E-4	5E-4	5E-4
呼吸率	m ³ /h	1.2	1.2	0.22	0.22	1.2	0.22
被ばく開始までの減衰時間	d	1	1	1	1	1	100
被ばく期間中の減衰時間	d	0	0	0	0	0	365

表 6.7 経口摂取被ばくに係るパラメータの設定（現実的シナリオ）

パラメータ	単位	値			
		RL-A	RL-C	WL/WF	RP
摂取量	g/a	88,000	68,000	10	25
希釈係数	[-]	0.01	0.01	1	0.1
濃縮係数	[-]	考慮しない	考慮しない	2	2
根からの移行係数	[-]	元素依存	元素依存	考慮しない	考慮しない
被ばく開始までの減衰時間	d	365	365	30	100
被ばく期間中の減衰時間	d	365	365	365	365

表 6.8 経口摂取被ばくに係るパラメータの設定（低確率シナリオ）

パラメータ	単位	値			
		RL-A	RL-C	WL/WF	RP
摂取量	g/a	264,000	204,000	50	50
希釈係数	[-]	0.1	0.1	1	1
濃縮係数	[-]	考慮しない	考慮しない	2	2
根からの移行係数	[-]	元素依存	元素依存	考慮しない	考慮しない
被ばく開始までの減衰時間	d	365	365	1	100
被ばく期間中の減衰時間	d	365	365	0	365

表 6.9 地下水移行シナリオに係るパラメータの設定

パラメータ	単位	値	
		現実的シナリオ	低確率シナリオ
浸透率	m/a	0.2	0.2
汚染層の体積含水率	[-]	0.16	0.16
汚染層の厚さ	m	5	5
汚染層の密度	g/cm ³	1.8	1.8
汚染物質の総量	g	4.5E+10	1.8E+11
汚染物質中の核種の濃度	Bq/g	1	1
汚染層の表面積	m ²	5,000	20,000
不飽和層の厚さ	m	2	0
不飽和層の有効空隙率	[-]	0.2	0.2
不飽和層における飽和率	[-]	0.4	0.4
不飽和層の密度	g/cm ³	1.8	1.8
不飽和層の体積含水率	[-]	0.16	0.16
帯水層の厚さ	m	5	5
帯水層の流れに直行する方向の汚染層の幅	m	100	100
帯水層における間隙水流速	m/a	1,000	500
帯水層の有効空隙率	[-]	0.25	0.25
灌漑水量	m/a	0.2	0.2
農作物に沈着した核種が保持される割合	[-]	0.25	0.25
葉から可食部への移行係数（非葉菜）	[-]	0.1	0.1
葉から可食部への移行係数（葉菜）	[-]	1	1
風雨による除去係数	1/a	20	20
農作物の暴露期間（非葉菜）	a	0.17	0.17
農作物の暴露期間（葉菜）	a	0.25	0.25
農作物の栽培密度（非葉菜）	kg/m ²	0.7	0.7
農作物の栽培密度（葉菜）	kg/m ²	1.5	1.5
土壌の実効表面密度	kg/m ²	225	225
河川水の量	m ³ /s	5	5

(次ページへ続く)

表 6.9 地下水移行シナリオに係るパラメータの設定 (つづき)

パラメータ	単位	値	
		現実的シナリオ	低確率シナリオ
飲料水の年間摂取量 (子ども)	m ³ /a	0.1	0.2
飲料水の年間摂取量 (成人)	m ³ /a	0.35	0.7
汚染した飲料水の割合	[-]	0.25	1
汚染した農作物の割合	[-]	0.25	1
農作物の年間摂取量 (非葉菜, 子ども)	kg/a	17	51
農作物の年間摂取量 (非葉菜, 成人)	kg/a	40	120
農作物の年間摂取量 (葉菜, 子ども)	kg/a	6	18
農作物の年間摂取量 (葉菜, 成人)	kg/a	13	39
汚染した魚類の割合	[-]	0.25	1
魚類の年間摂取量 (子ども)	kg/a	0.6	3
魚類の年間摂取量 (成人)	kg/a	1.5	7.5
被ばく開始までの減衰時間	a	1	1

表 6.10 皮膚被ばくに係るパラメータの設定 (低確率シナリオ)

パラメータ	単位	値
被ばく時間	h/a	1,800
皮膚に堆積した粉塵の厚さ	cm	0.01
希釈係数	[-]	1
濃縮係数	[-]	2
皮膚に堆積した粉塵の密度	g/cm ³	1.5
皮膚の等価線量率	(μ Sv/a) per (Bq/cm ²)	核種依存
被ばく開始までの減衰時間	d	0
被ばく期間中の減衰時間	d	0

表 6.11 元素依存パラメータの設定

No.	元素	根からの移行係数 [-]		分配係数 (cm ³ /g)		魚類への移行係数 (L/kg)		濃縮係数 [-] ^{*1}	
		設定値	出典	設定値	出典	設定値	出典	設定値	出典
1	Ti	0.0055	ORNL-5786	152	SRS No.44 の Eq.(6) ^{*2} で計算	1000	UCRL-50564 Rev.1	1	SRS No.44 の Zr の値と同一に設定
2	V	0.0005	SRS No.44	582	SRS No.44 の Eq.(6) で計算	10	UCRL-50564 Rev.1	10	SRS No.44
3	Ga	0.003	SRS No.44	213	SRS No.44 の Eq.(6) で計算	400	SRS No.19	70	SRS No.44
4	Ge	0.6	SRS No.44	0	RESRAD	3300	UCRL-50564 Rev.1	1	SRS No.44
5	Rb	0.2	SRS No.44	20	SRS No.44	2000	SRS No.19	1	SRS No.44
6	Yb	0.003	SRS No.44	213	SRS No.44 の Eq.(6) で計算	25	NUREG/CR-3585	10	SRS No.44
7	W	0.01	SRS No.44	109	SRS No.44 の Eq.(6) で計算	1200	UCRL-50564 Rev.1	10	SRS No.44
8	Au	0.1	SRS No.44	0	RESRAD	35	SRS No.19	7	SRS No.44

*1: WF, RF シナリオの吸入被ばく経路で使用する。

*2: SRS No.44 Eq.(6) : $\ln K_{di} = a + b \cdot \ln f_{i,i}$ (K_{di} = 求められる分配係数、 $f_{i,i}$ = 上記の根からの移行係数、 $a=2.11$ 、 $b=-0.56$) ; SRS No.44, p.37

表 6.12 核種依存パラメータの設定

No.	核種	単位物質中核種濃度あたりの実効線量率 [(μ Sv/h)/(Bq/g)]				内部被ばく実効線量係数 (Sv/Bq)				単位表面濃度あたりの皮膚の等価線量率 (Sv/a per Bq/cm ²)	考慮している子孫核種		
		吸入				経口摂取							
		WL, RP	WF, WO	RH		作業者 WL, WF	成人 RL-A	子ども RL-C, RF, RP	作業者 WL, WF			成人 RL-A, RW-A	子ども RL-C, RP, RW-C
1	Ti-44	4.7E-01	1.1E-01	3.2E-01		7.2E-08	1.2E-07	3.1E-07	6.2E-09	6.2E-09	3.3E-08	2.6E-02	Sc-44
2	V-49	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00		2.6E-11	3.4E-11	2.1E-10	1.8E-11	1.8E-11	1.4E-10	9.2E-05	
3	Ga-67	2.4E-02	6.4E-03	2.0E-02		2.8E-10	2.4E-10	1.0E-09	1.9E-10	1.9E-10	1.2E-09	7.9E-03	
4	Ge-68	1.9E-01	4.6E-02	1.4E-01		8.0E-09	1.4E-08	5.0E-08	1.4E-09	1.4E-09	8.7E-09	2.3E-02	Ga-68
5	Rb-81	1.2E-01	3.0E-02	9.0E-02		6.8E-11	3.4E-11	2.5E-10	5.4E-11	5.4E-11	3.2E-10	1.7E-02	
6	Yb-169	3.5E-02	9.8E-03	2.9E-02		2.4E-09	3.0E-09	9.8E-09	7.1E-10	7.1E-10	4.6E-09	1.4E-02	
7	W-188	1.0E-02	2.6E-03	7.7E-03		1.6E-09	1.1E-09	9.4E-09	3.7E-09	3.5E-09	2.6E-08	4.3E-02	Re-188
8	Au-195	5.2E-03	1.6E-03	4.7E-03		1.2E-09	1.7E-09	6.6E-09	2.5E-10	2.5E-10	1.7E-09	4.1E-03	

表 6.13 単位物質中核種濃度あたりの実効線量率の計算条件

シナリオ	計算条件
WL/RP	線源の密度：1.5g/cm ³ 線源の材質：コンクリート 線源の形状：半無限媒体を模擬（汚染された地表） 評価点の位置：地上 1m 照射ジオメトリ：ROT （RP シナリオは子どもが被ばく対象者であり、成人に対して得られた値を 1.2 倍する）
WF/WO	線源の密度：1.5 g/cm ³ 線源の材質：コンクリート 線源の形状：5m×2m×1m の平板 評価点の位置：2m×1m の面から 1m 照射ジオメトリ：AP
RH	線源の密度：1.5 g/cm ³ 線源の材質：コンクリート 線源の形状：3m×4m、高さ 2.5m の部屋における 2 つの壁と天井。厚さは 20cm。 評価点の位置：部屋の中心、地上 1m 照射ジオメトリ：ROT

ROT：回転照射ジオメトリ

AP：前方-後方照射ジオメトリ

6. 2. 4 SRS No.44 の考え方に基づいた放射能濃度値の算出結果

SRS No.44 の考え方に基づいて、「6. 2. 2 項」の計算モデル及び「6. 2. 3 項」の評価パラメータを用いて、基準となる実効線量（現実的シナリオ：10 μ Sv/年、低確率シナリオ：1mSv/年）に対して算出した Ti-44、V-49、Ga-67、Ge-68、Rb-81、Yb-169、W-188 及び Au-195 の放射能濃度の最小値を表 6.14 に示す。

Ti-44、Ge-68、Yb-169、W-188 及び Au-195 の決定経路は「処分場あるいはその他の施設（鋳物工場以外）の作業員の被ばくに係る現実的シナリオ」であり、V-49 の決定経路は「汚染された物質で建設された公共の場所の居住者の被ばくに係る現実的シナリオ」であり、Ga-67 及び Rb-81 の決定経路は「処分場あるいはその他の施設（鋳物工場以外）の作業員の被ばくに係る低確率シナリオ」であった。

なお、ここで算出した上記 8 核種の放射能濃度値についても以降は「SRS No.44 の放射能濃度値」として取り扱うこととする。

表 6.14 SRS No.44 に放射能濃度値が示されていない核種について SRS No.44 の考え方に
基づいて算出した放射能濃度値

No.	核種	基準線量 相当濃度 の最小値 (Bq/g)	決定シナリオ	
			記号	具体的なシナリオ
1	Ti-44	4.8E-2	WL (Realistic)	処分場あるいはその他の施設（鋳物工場以外）の 作業者の被ばく [現実的シナリオ]
2	V-49	2.5E+4	RP (Realistic)	汚染された物質で建設された公共の場所の居住者の 被ばく [現実的シナリオ]
3	Ga-67	2.9E+1	WL (Low prob.)	処分場あるいはその他の施設（鋳物工場以外）の 作業者の被ばく [低確率シナリオ]
4	Ge-68	1.9E-1	WL (Realistic)	処分場あるいはその他の施設（鋳物工場以外）の 作業者の被ばく [現実的シナリオ]
5	Rb-81	1.8E+2	WL (Low prob.)	処分場あるいはその他の施設（鋳物工場以外）の 作業者の被ばく [低確率シナリオ]
6	Yb-169	9.6E+0	WL (Realistic)	処分場あるいはその他の施設（鋳物工場以外）の 作業者の被ばく [現実的シナリオ]
7	W-188	1.1E+1	WL (Realistic)	処分場あるいはその他の施設（鋳物工場以外）の 作業者の被ばく [現実的シナリオ]
8	Au-195	8.8E+0	WL (Realistic)	処分場あるいはその他の施設（鋳物工場以外）の 作業者の被ばく [現実的シナリオ]

6. 3 国際的なクリアランスレベルとの比較

「4. 2. 5項」でも示したとおり、クリアランスレベルの暫定値の算出結果では、RI 汚染物において、一括クリアランスの方が個別クリアランスに比べて値が常に低く、放射化物においても、同様に大規模施設の方が小規模施設に比べて値が常に低くなっていることを確認した。このことから、ここでは、RI 汚染物の一括クリアランスを対象とした場合と大規模施設で発生する放射化物を対象とした場合のクリアランスレベルの暫定値について、RS-G-1.7 を取りまとめた際にクリアランス等の判断に用いる放射能濃度の基準値の算出根拠として提示されている SRS No.44 の放射能濃度値、又は SRS No.44 における放射能濃度の算出方法に基づいて算出した放射能濃度値との比較を行った。その結果を表 6.15 及び表 6.16 に示す。

まず、RI 汚染物について比較を行ったところ、一括クリアランスを想定して算出した各核種のクリアランスレベルの暫定値のうち、SRS No.44 の放射能濃度値より低くなった核種は I-125 であり、SRS No.44 の放射能濃度値との比率は約 0.1 となった。一方、SRS No.44 の放射能濃度値との比率が 100 を超える結果となった核種は F-18、Ca-45、Y-90、Rb-81、Tc-99m 及び Cd-109 であり、それぞれの比率は、60,000^{※20}、170、160、310、130 及び 140 となった。

次に、放射化物について比較を行ったところ、大規模施設において発生する放射化物を対象として算出した各核種のクリアランスレベルの暫定値のうち、Cl-36、Ni-59、Au-195 及び Hg-203 については SRS No.44 の放射能濃度値より低くなり、それぞれの SRS No.44 の放射能濃度値との比率が 0.73、0.25、0.78 及び 0.80 となった。一方、SRS No.44 の放射能濃度値との比率が 100 を超える結果となった核種は Nb-93m だけであり、その比率は、1,100 となった。これら以外の核種は SRS No.44 の放射能濃度値との比率が 1 から 10 の範囲に収まる結果となった。

※20：F-18 は、半減期が約 1.8 時間であり、今回のクリアランスレベルを設定する対象核種として選定した核種の中で、最も半減期が短い核種である。今回のクリアランスレベルの算出では、被ばく開始であるクリアランスまでの期間（1 日）の減衰と、被ばく期間中（1 年間）の減衰を考慮している。一方、RS-G-1.7 における決定経路である皮膚被ばくを想定した経路では、クリアランスまでの期間及び被ばく期間中の両方の減衰を考慮していない。このように、被ばくに係る期間の設定の違いにより、F-18 については、SRS No.44 の放射能濃度値との比率が極端に大きくなっている。

表 6.15 RI 汚染物の一括クリアランスを想定して本検討で算出したクリアランスレベルの暫定値と SRS No.44 の放射能濃度値との比較結果 (1/2)

No.	核種	本検討で算出したクリアランスレベルの暫定値			SRS No.44 の放射能濃度値			①/②
		決定経路	放射能濃度値 (Bq/g)	記号	決定経路		放射能濃度値 (Bq/g)	
					経路			
1	H-3	跡地(農作物)(子ども)	2.7E+02	RW-A	個人の井戸からの水の利用あるいは汚染された河川でとれた魚類の消費(成人)	3.0E+01	8.8	
2	C-14	地下水(養殖淡水産物)(子ども)	4.2E+01	RW-A	個人(成人)の井戸からの水の利用あるいは汚染された河川でとれた魚類の消費(成人)	1.7E+00	25	
3	F-18	可燃物(可燃物運搬-外部)	2.1E+07	SKIN	スクラップ置き場、金属リサイクル施設、処分場などの作業場における作業者の被ばく(低確率シナリオのみ)	3.5E+02	60000	
4	Na-22	可燃物(溶融固化物再利用壁材-外部)	1.8E-01	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	3.9E-02	4.6	
5	P-32	可燃物(焼却炉周辺-畜産物)(子ども)	6.5E+02	SKIN	スクラップ置き場、金属リサイクル施設、処分場などの作業場における作業者の被ばく(低確率シナリオのみ)	3.4E+02	1.9	
6	P-33	可燃物(焼却炉周辺-畜産物)(子ども)	5.2E+03	SKIN	スクラップ置き場、金属リサイクル施設、処分場などの作業場における作業者の被ばく(低確率シナリオのみ)	5.8E+02	9.0	
7	S-35	可燃物(焼却炉周辺-畜産物)(子ども)	1.2E+03	RL-C	処分場あるいはその他の施設近傍の居住者の被ばく(子ども)	2.5E+02	4.8	
8	Cl-36	可燃物(溶融炉周辺-畜産物)(子ども)	5.0E-01	RL-C	処分場あるいはその他の施設近傍の居住者の被ばく(子ども)	4.7E-01	1.1	
9	Ca-45	操業(積み下ろし)(直接経口) 可燃物(可燃物積み下ろし-直接経口)	1.3E+04	RL-C	処分場あるいはその他の施設近傍の居住者の被ばく(子ども)	7.8E+01	170	
10	V-49	操業(積み下ろし)(直接経口) 可燃物(可燃物積み下ろし-直接経口)	4.0E+05	RP	汚染された物質で建設された公共の場所の居住者の被ばく	2.5E+04	16	
11	Cr-51	可燃物(可燃物運搬-外部)	1.9E+02	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	9.1E+01	2.1	
12	Mn-54	可燃物(溶融固化物再利用壁材-外部)	1.1E+00	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	1.5E-01	7.1	
13	Fe-55	操業(積み下ろし)(直接経口)	1.7E+04	RP	汚染された物質で建設された公共の場所の居住者の被ばく	1.0E+03	17	
14	Fe-59	可燃物(可燃物運搬-外部)	3.8E+00	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	9.5E-01	4.1	
15	Co-57	可燃物(可燃物運搬-外部)	7.7E+00	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	1.8E+00	4.4	
16	Co-58	可燃物(可燃物運搬-外部)	2.8E+00	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	6.6E-01	4.3	
17	Co-60	可燃物(溶融固化物再利用壁材-外部)	1.3E-01	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	3.1E-02	4.2	
18	Ni-63	跡地(農作物)(子ども)	5.5E+02	RL-C	処分場あるいはその他の施設近傍の居住者の被ばく(子ども)	5.9E+01	9.2	
19	Zn-65	可燃物(溶融固化物再利用壁材-外部)	2.1E+00	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	2.6E-01	8.1	
20	Ga-67	可燃物(可燃物運搬-外部)	4.0E+02	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	2.9E+01	14	
21	Ge-68	可燃物(溶融固化物再利用壁材-外部)	1.1E+00	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	1.9E-01	5.7	
22	Se-75	可燃物(可燃物運搬-外部)	4.0E+00	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	9.1E-01	4.4	
23	Rb-81	可燃物(可燃物運搬-外部)	5.5E+04	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	1.8E+02	310	
24	Rb-86	可燃物(可燃物運搬-外部)	1.2E+02	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	3.3E+01	3.6	
25	Sr-85	可燃物(可燃物運搬-外部)	5.7E+00	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	1.4E+00	4.0	
26	Sr-89	再利用(金属スクラップ周辺居住-農作物)(子ども)	4.8E+03	SKIN	スクラップ置き場、金属リサイクル施設、処分場などの作業場における作業者の被ばく(低確率シナリオのみ)	3.5E+02	14	
27	Sr-90	跡地(農作物)(子ども)	2.9E+00	RL-C	処分場あるいはその他の施設近傍の居住者の被ばく(子ども)	5.5E-01	5.3	

表 6.15 RI 汚染物の一括クリアランスを想定して本検討で算出したクリアランスレベルの暫定値と SRS No.44 の放射能濃度値との比較結果 (2/2)

No.	核種	本検討で算出したクリアランスレベルの暫定値			SRS No.44 の放射能濃度値			①/②
		決定経路	放射能濃度値 (Bq/g)	記号	決定経路		放射能濃度値 (Bq/g)	
					経路	経路		
28	Y-90	再利用(金属スクラップ/周辺居住-農作物)(子ども)	5.3E+04	SKIN	スクラップ置き場、金属リサイクル施設、処分場などの作業場における作業者の被ばく(低確率シナリオのみ)	3.4E+02	160	
29	Mo-99	可燃物(可燃物運搬-外部)	3.1E+02	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	2.0E+01	15	
30	Tc-99	跡地(農作物)(子ども)	5.2E+00	RL-C	処分場あるいはその他の施設(近隣の居住者の被ばく(子ども))	6.1E-01	8.5	
31	Tc-99m	可燃物(可燃物運搬-外部)	7.8E+04	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	6.2E+02	130	
32	Cd-109	可燃物(焼却炉補修-外部)	1.4E+02	RW-C	個人の井戸からの水の利用あるいは汚染された河川でとれた魚類の消費(子ども)	1.1E+00	140	
33	In-111	可燃物(可燃物運搬-外部)	1.8E+02	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	1.4E+01	13	
34	Sb-125	可燃物(溶融固化物再利用壁材-外部)	1.0E+00	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	2.0E-01	4.9	
35	I-123	可燃物(可燃物運搬-外部)	6.6E+03	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	1.1E+02	62	
36	I-125	可燃物(溶融炉周辺-畜産物)(子ども)	1.6E+01	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	1.7E+02	0.095	
37	I-131	可燃物(溶融炉周辺-畜産物)(子ども)	1.2E+01	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	1.0E+01	1.2	
38	Cs-134	可燃物(可燃物運搬-外部)	5.5E-01	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	5.7E-02	9.7	
39	Cs-137	可燃物(溶融固化物再利用壁材-外部)	1.1E+00	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	1.2E-01	9.0	
40	Ba-133	可燃物(溶融固化物再利用壁材-外部)	9.6E-01	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	2.3E-01	4.1	
41	Ce-141	可燃物(可燃物運搬-外部)	6.7E+01	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	4.0E+01	1.7	
42	Pm-147	可燃物(焼却炉補修-吸入)	7.5E+03	SKIN	スクラップ置き場、金属リサイクル施設、処分場などの作業場における作業者の被ばく(低確率シナリオのみ)	7.4E+02	10	
43	Eu-152	可燃物(溶融固化物再利用壁材-外部)	2.6E-01	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	6.6E-02	4.0	
44	Gd-153	可燃物(可燃物運搬-外部)	1.3E+01	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	3.9E+00	3.3	
45	Yb-169	可燃物(可燃物運搬-外部)	1.8E+01	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	9.6E+00	1.8	
46	W-188	可燃物(可燃物運搬-外部)	4.4E+01	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	1.1E+01	4.0	
47	Re-186	可燃物(可燃物運搬-外部)	3.1E+03	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	3.4E+02	9.0	
48	Ir-192	可燃物(可燃物運搬-外部)	2.9E+00	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	8.4E-01	3.5	
49	Au-198	可燃物(可燃物運搬-外部)	2.1E+02	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	1.1E+01	18	
50	Tl-201	可燃物(可燃物運搬-外部)	7.9E+02	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	1.1E+02	7.5	
51	Tl-204	跡地(農作物)(子ども)	3.6E+01	RW-C	個人の井戸からの水の利用あるいは汚染された河川でとれた魚類の消費(子ども)	5.8E-01	62	
52	Am-241	可燃物(焼却炉補修-吸入)	8.6E-01	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	3.0E-01	2.9	
53	Cm-244	可燃物(焼却炉補修-吸入)	1.4E+00	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	4.9E-01	2.8	

表 6.16 大規模施設において発生する放射化物品に係り本検計で算出したクリアランスレベルの暫定値とSRS No.44 の放射能濃度値との比較結果

No.	核種	本検計で算出したクリアランスレベルの暫定値			SRS No.44 の放射能濃度値			①/②
		決定経路	放射能濃度値 (Bq/g)	記号	決定経路		放射能濃度値 (Bq/g)	
					経路	経路		
1	H-3	跡地(農作物)(子ども)	6.7E+01	RW-A	個人の利用あるいは汚染された河川でとれた魚類の消費(成人)	3.0E+01	2.2	
2	Be-7	操業(埋立-外部)	2.0E+01	WL	個人の利用あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	1.9E+01	1.1	
3	C-14	地下水(養殖淡水産物)(子ども)	5.3E+00	RW-A	個人の利用あるいは汚染された河川でとれた魚類の消費(成人)	1.7E+00	3.1	
4	Na-22	再利用(壁材-外部)(子ども)	1.0E-01	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	3.9E-02	2.7	
5	Cl-36	地下水(飼料畜産物)(子ども)	3.4E-01	RL-C	処分場あるいはその他の施設近傍の居住者の被ばく(子ども)	4.7E-01	0.73	
6	Ca-41	地下水(農作物)(子ども)	1.0E+02	RL-C	処分場あるいはその他の施設近傍の居住者の被ばく(子ども)	8.1E+01	1.3	
7	Ca-45	再利用(金属スクラップ周辺居住-農作物)(子ども)	6.0E+02	RL-C	処分場あるいはその他の施設近傍の居住者の被ばく(子ども)	7.8E+01	7.7	
8	Sc-46	操業(埋立-外部)	3.4E-01	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	2.5E-01	1.4	
9	Ti-44	再利用(壁材-外部)(子ども)	7.3E-02	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	4.8E-02	1.5	
10	Mn-54	操業(埋立-外部)	3.7E-01	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	1.5E-01	2.5	
11	Fe-55	操業(積み下ろし)(直接経口) 再利用(コンクリート再処理)(直接経口)	4.3E+03	RP	汚染された物質で建設された公共の場所の居住者の被ばく	1.0E+03	4.2	
12	Fe-59	操業(埋立-外部)	1.0E+00	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	9.5E-01	1.1	
13	Co-56	操業(埋立-外部)	2.1E-01	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	1.4E-01	1.5	
14	Co-57	操業(埋立-外部)	2.6E+00	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	1.8E+00	1.5	
15	Co-58	操業(埋立-外部)	8.0E-01	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	6.6E-01	1.2	
16	Co-60	再利用(壁材-外部)(子ども)	7.3E-02	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	3.1E-02	2.3	
17	Ni-59	地下水(農作物)(子ども)	3.6E+01	RL-C	処分場あるいはその他の施設近傍の居住者の被ばく(子ども)	1.4E+02	0.25	
18	Ni-63	跡地(農作物)(子ども)	1.4E+02	RL-C	処分場あるいはその他の施設近傍の居住者の被ばく(子ども)	5.9E+01	2.3	
19	Zn-65	操業(埋立-外部)	6.0E-01	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	2.6E-01	2.3	
20	Nb-93m	跡地(居住-子ども)(直接経口)	4.9E+03	RW-C	個人の利用あるいは汚染された河川でとれた魚類の消費(子ども)	4.7E+00	1100	
21	Nb-94	再利用(壁材-外部)(子ども)	9.9E-02	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	4.4E-02	2.3	
22	Ag-108m	再利用(壁材-外部)(子ども)	9.9E-02	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	4.4E-02	2.3	
23	Ag-110m	操業(埋立-外部)	1.2E-01	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	5.3E-02	2.3	
24	Sn-113	操業(埋立-外部)	1.9E+00	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	1.3E+00	1.5	
25	Sb-124	操業(埋立-外部)	5.1E-01	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	3.8E-01	1.4	
26	Sb-125	操業(埋立-外部)	5.6E-01	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	2.0E-01	2.7	
27	Te-123m	操業(埋立-外部)	3.5E+00	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	3.0E+00	1.2	
28	Cs-134	操業(埋立-外部)	1.6E-01	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	5.7E-02	2.8	
29	Cs-137	再利用(壁材-外部)(子ども)	2.9E-01	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	1.2E-01	2.4	
30	Ba-133	再利用(壁材-外部)(子ども)	5.5E-01	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	2.3E-01	2.4	
31	Ce-139	操業(埋立-外部)	3.2E+00	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	2.4E+00	1.3	
32	Eu-152	再利用(壁材-外部)(子ども)	1.5E-01	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	6.6E-02	2.3	
33	Tb-154	再利用(壁材-外部)(子ども)	1.4E-01	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	6.0E-02	2.4	
34	Th-160	操業(埋立-外部)	6.9E-01	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	5.6E-01	1.2	
35	Ta-182	操業(埋立-外部)	4.2E-01	RH	汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく	2.6E-01	1.6	
36	Au-195	操業(埋立-外部)	6.9E+00	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	8.8E+00	0.78	
37	Hg-203	操業(埋立-外部)	4.6E+00	WL	処分場あるいはその他の施設(鋳物工場以外)の作業者の被ばく	5.7E+00	0.80	

6. 3. 1 SRS No.44 の放射能濃度値との比較の結果に係る考察

「6. 3 節」に示した SRS No.44 の放射能濃度値との比較において、RI 汚染物の一括クリアランスを想定して算出したクリアランスレベルの暫定値及び大規模施設において発生する放射化物を対象として算出したクリアランスレベルの暫定値では、ほとんどの核種のクリアランスレベルの暫定値が SRS No.44 の放射能濃度値と同等となる結果が得られた。しかしながら、これらの RI 汚染物及び放射化物に関するクリアランスレベルの暫定値の算出結果において、SRS No.44 の放射能濃度値を下回った核種と、逆に 2 桁以上大きくなった核種もあるため、その理由について考察を行った。

6. 3. 2 今回のクリアランスレベルの暫定値の算出結果が SRS No.44 の放射能濃度値より小さくなった核種について

本検討で得られたクリアランスレベルの暫定値の算出結果（放射能濃度 (Bq/g)）が、SRS No.44 の放射能濃度値 (Bq/g) より小さくなった核種は、RI 汚染物（一括クリアランス）では I-125 であり、一方、放射化物（大規模施設）では Cl-36、Ni-59、Au-195、Hg-203 であり、合計 5 核種である。その理由の考察を以下に示す。

(1) I-125 について

本検討における I-125 の決定経路は、可燃物等の焼却処理に係る評価経路の熔融炉周辺における畜産物摂取経路である。SRS No.44 における計算では、鋳物工場の周辺居住者の吸入による被ばくは想定しているものの、畜産物摂取による被ばくは想定していない。また、決定経路が同様となる核種 (Cl-36、I-131) について、崩壊形式、元素・核種に依存するパラメータを比較したところ、I-125 については、Cl-36 と比べて焼却灰の熔融時の排気への移行割合が大きく、経口摂取の内部被ばく線量係数も大きいなどの特徴がある。さらに、I-131 は、その半減期が I-125 よりも短いために物理的減衰の効果により畜産物中の核種の濃度が I-125 よりも小さくなる。このようなことから、これらの 3 つの核種の中で、I-125 だけが SRS No.44 の放射能濃度値を下回ったものと考えられる。

(2) Cl-36 について

本検討における Cl-36 の決定経路は、地下水移行シナリオの畜産物摂取経路である。SRS No.44 における計算では、このような畜産物を摂取する経路は選定されていない。さらに、Cl（塩素）の飼料作物への移行係数は、他の核種と比べて大きくなっている。これらの点が、Cl-36 の算出結果が SRS No.44 の放射能濃度値を下回る理由であると考えられる。

(3) Ni-59 について

本検討における Ni-59 の決定経路は、地下水移行シナリオの農作物摂取経路であり、SRS No.44 における計算でも同様の被ばく経路（地下水移行経路からの一般公衆の被ばく経路）が考慮されている。この経路について、井戸水飲用経路の評価パラメータ等を比較したところ、漏出率が異なり、本検討では関連の評価パラメータと(7)式の関連式を基に 1.2×10^{-3} (1/y) と設定しているのに対して、SRS No.44 における計算では 2.22×10^{-5} (1/y) と設定されている。すなわち、両者を比較すると、本検討の方が、核種が移行しやすい条件（SRS No.44 における計算の約 60 倍の移行量）

となっている。このため、本検討における Ni-59 の算出結果が SRS No.44 の放射能濃度値を下回ったと考えられる。

(4) Au-195、Hg-203 について

Au-195 及び Hg-203 については、SRS No.44 における計算結果の決定シナリオである「処分場あるいはその他の施設（鋳物工場以外）の作業者の被ばく」に含まれる経路のうち、外部被ばく経路が支配的であり、本検討の決定経路（埋設作業者の外部被ばくの経路）と類似している。これらの経路の評価パラメータ等について着目したところ、Au-195 及び Hg-203 の算出結果が SRS No.44 の放射能濃度値を下回る理由は、比較的半減期が短いために被ばく開始までの期間の違い（本検討では 1 日の減衰、SRS No.44 における計算では 30 日の減衰を考慮）が影響しているためと考えられる。

(5) まとめ

以上の検討をまとめると、いずれの核種についても、本検討と SRS No.44 における計算とのシナリオの考え方や評価パラメータの設定の違いが顕著に現れたものと考えられる。

これらの核種に関する本検討におけるクリアランスレベルの暫定値の算出結果と SRS No.44 の放射能濃度値の比は、概ね 1 桁以内の範囲にある。

原子力施設から発生する放射性廃棄物を対象にしたクリアランスレベルの算出結果の値と SRS No.44 の放射能濃度値との乖離については、「再評価報告書」における以下の記述がある。

(5) 概して言えば、対象物を特に限定しない一般的なレベルは、考慮すべきシナリオに、一般性、すなわち国際間の流通等のきわめて多様なシナリオを包絡することが特段に要求されるため、核種組成などの対象物に固有の性質に着目しつつそれぞれに対応したシナリオを想定した上で算出されるレベルに比べ、その値は低くなる。実際、RS-G-1.7 の規制免除レベルの導出にあたっては、そのようなシナリオの包絡性が特に考慮されており、原子炉等の解体廃棄物に固有の性質に着目した再評価と RS-G-1.7 の一般的な規制免除レベルの計算値を比較すると、概して再評価の方が高いことが、確認されている。一部、逆に RS-G-1.7 の規制免除レベルの計算値の方が高い核種もあるが、その違いのほとんどは数倍以下の範囲内にある。

(6) 推定年線量が $10 \mu \text{Sv/y}$ のオーダー以下であるという、評価の保守性の観点からみれば、再評価値と RS-G-1.7 の規制免除レベルの計算値との間には有意の差はないものと見なすことができ、その意味では、RS-G-1.7 の規制免除レベルを我が国における原子炉等解体廃棄物のクリアランスレベルにも採用することに不都合はないものと考えられ、したがって、国際的整合性などの立場からは、RS-G-1.7 の規制免除レベルを採用することは適切と考えられる。

【再評価報告書より抜粋（P.22 の 9～24 行目）】

上述の考え方を参考に、今回の、一括クリアランスを想定して算出した値及び大規模施設において発生する放射化物を対象として算出した値と SRS No.44 の放射能濃度値との乖離についても、設定した評価経路や評価モデルの保守性からみて、RS-G-1.7 の規制免除レベルと異なる数値を取って放射線障害防止法に係る RI 汚染物や放射化物のクリアランスレベルとして設定することを正当化できるほどの大きさであるとは考えがたい。

6. 3. 3 今回のクリアランスレベルの暫定値の算出結果が SRS No.44 の放射能濃度値より 2 桁以上大きくなった核種について

表 6.15 及び表 6.16 に示すとおり、F-18、Ca-45、Y-90、Rb-81、Tc-99m、Cd-109 及び Nb-93m の 7 核種については、クリアランスレベルの暫定値（放射能濃度、単位：Bq/g）が SRS No.44 の放射能濃度値に対して 2 桁以上大きくなる結果が得られた。これらの核種の算出結果に関する考察を以下に示す。

(1) F-18、Y-90 について

これらの核種は、今回の対象核種の中でも半減期が短い（F-18：約 1.8 時間、Y-90：約 64 時間）核種である。そのため、被ばく開始までの期間や被ばく期間中の減衰の設定の影響が大きい核種である。

今回のクリアランスレベルの暫定値の算出では、クリアランスまで（被ばく開始まで）の期間である 1 日の減衰と、被ばく期間中の減衰（1 年間の被ばく期間中の核種の濃度の減衰）を考慮している。

一方、これらの核種の SRS No.44 における計算（決定経路である皮膚被ばくを想定した経路）では、クリアランスまでの期間及び被ばく期間中の両方の減衰を考慮していない。そのため、めやす線量の違い（本検討の決定経路となった外部及び内部被ばく経路では $10 \mu\text{Sv}/\text{年}$ 、SRS No.44 における計算の皮膚被ばく経路では $50\text{mSv}/\text{年}$ ）の影響以上に、これらの減衰の効果が大きく、今回の算出結果の方が SRS No.44 の放射能濃度値に比べて値が大きくなったものと考えられる。

(2) Rb-81、Tc-99m について

Rb-81 及び Tc-99m も、今回の対象核種の中では半減期が短い（Rb-81：約 4.6 時間、Tc-99m：約 6.1 時間）核種である。そのため、(1) と同様に、被ばく開始までの期間や被ばく期間中の減衰の設定の影響が大きい核種である。

SRS No.44 における計算の結果、これらの核種の決定経路（処分場あるいはその他の施設（鋳物工場以外）の作業者の被ばくの経路）では、低確率シナリオを想定した場合、被ばく開始までの期間を 1 日としているが、被ばく期間中の減衰は考慮していない。そのため、めやす線量の違い（本検討では $10 \mu\text{Sv}/\text{年}$ 、SRS No.44 における計算の低確率シナリオでは $1\text{mSv}/\text{年}$ ）の影響以上に被ばく期間中の減衰の影響が大きく、本検討の算出結果の方が SRS No.44 の放射能濃度値に比べて値が大きくなったものと考えられる。

(3) Ca-45 について

SRS No.44 における計算で Ca-45 の決定シナリオは、処分場周辺における子どもの吸入及び農作物摂取による被ばく経路であり、そのうち農作物摂取経路の被ばく線量が支配的である（吸入： $3.5 \times 10^{-12}\text{Sv}/\text{年}$ 、農作物摂取： $1.3 \times 10^{-7}\text{Sv}/\text{年}$ ）。本検討のクリアランスレベルの暫定値の算出における類似経路として処分場跡地における子どもの農作物摂取経路を対象に、評価パラメータ等を比較したところ、Ca-45 も半減期が約 0.45 年と比較的短いため、被ばくが起こるまでの期間の違い（本検討では 10 年、SRS No.44 における計算では 1 年）が土壌及び農作物中の濃度に及ぼす影響が大きく、本検討の算出結果の方が SRS No.44 の放射能濃度値に比べて値が大きくなったものと考えられる。

(4) Cd-109 について

SRS No.44 における Cd-109 の決定経路は地下水移行経路となっている。SRS No.44 における計算と本検討で用いた地下水移行経路のモデルは異なるが、核種の移行に関するめやすとなるパラメータである分配係数を比較すると、SRS No.44 における計算では Cd-109 に対して、核種移行過程におけるすべての媒体の分配係数を 0mL/g と保守的に設定している（土壌への吸着がなく、すべて液層に存在するとしている）。

一方、本検討におけるクリアランスレベルの暫定値の算出では、分配係数に 74mL/g を用いている。すなわち、RS-G-1.7 の設定よりも核種が土壌に吸着しやすい設定であり、水中の Cd-109 の核種の濃度が SRS No.44 における計算よりも低くなる条件となっている。さらに、処分場に埋設される対象物の量も SRS No.44 における計算に比べて小さいため、本検討の算出結果の方が SRS No.44 の放射能濃度値に比べて値が大きくなったものと考えられる。

(5) Nb-93m について

Nb-93m は、外部被ばく及び吸入による内部被ばくよりも経口摂取による被ばくの影響が大きいが、農作物・畜産物への移行係数は比較的小さい核種である。そのため、今回の計算では、直接経口摂取に係る経路が決定経路となり、SRS No.44 における計算では飲料水摂取経路を考慮している地下水シナリオが決定シナリオとなる。

今回の計算においても、飲料水摂取経路を含めた地下水移行シナリオを評価しているが、Nb については地下水中の核種移行に関するパラメータの設定に違いがある。具体的には、分配係数の設定が、本検討は 160mL/g であるのに対し、SRS No.44 における計算は 0mL/g（土壌への吸着がなく、すべて液層に存在する）としている。したがって、本検討と比べると土壌中の核種移行に関するパラメータの設定が、核種が移行しやすく、水中の核種の濃度が高くなる条件となったためと考えられる。

なお、Nb-94 は外部被ばくの影響が大きい核種であり、本検討では壁材への再利用にともなう外部被ばく経路、SRS No.44 における計算では RH シナリオ（汚染された物質で建設された家屋の居住者の被ばく）の外部被ばく経路という、同様の経路が決定経路となっている。そのため、Nb-93m と同じ元素ではあるが、上記の地下水移行シナリオに関するパラメータ設定の影響はみられない。

(6) まとめ

本検討におけるクリアランスレベルの暫定値の算出結果で、上述の 7 核種について、その値が SRS No.44 の放射能濃度値よりも 2 桁以上大きくなった理由は、以下のとおりまとめられる。

- ・本検討と SRS No.44 における計算が想定している被ばく開始までの期間や被ばく期間中の減衰に対する考え方が異なるため、半減期の短い核種は、特に減衰の効果が大きく影響している。
- ・Cd-109 及び Nb-93m については、SRS No.44 における計算に比べて本検討の方が地下水移行に係るパラメータの設定がより現実的なものとなっている。

6. 3. 4 国際的なクリアランスレベルとの比較の結果

算出したクリアランスレベルの暫定値のうち、RI 汚染物の一括クリアランスを想定して算出したクリアランスレベルの暫定値及び大規模施設において発生する放射化物を対象として算出したクリアランスレベルの暫定値と、SRS No.44 の放射能濃度値とをそれぞれ比較すると、核種によっては値の大小関係はあるが、大多数の核種において SRS No.44 の放射能濃度値の方が RI 汚染物及び放射化物に対する暫定値を下回った。また、上回った核種も含めて大部分の核種について値の差は概ね 1 桁以内となっており、両者の乖離は RS-G-1.7 に示された値と異なる値を放射線障害防止法のクリアランスレベルとして採用することを正当化するほど大きいとは考えられない。

7. 放射線障害防止法に規定するクリアランスレベル

放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルの設定に係る検討として、ここまで、4章では、RI汚染物及び放射化物の発生状況を踏まえてクリアランス対象物量を設定し、RI汚染物及び放射化物のそれぞれに対してクリアランスレベルを規定する核種を選定し、原子力安全委員会がクリアランスレベルの算出に係る検討を行った考え方に基づいて、RI汚染物及び放射化物に起因して現実的に起こると考え得る評価経路を抽出するとともに、我が国における現実的なパラメータを用いたうえで、決定論的な方法によりRI汚染物及び放射化物を対象とした各核種のクリアランスレベルの暫定値を算出した。

また、5章では、確率論的解析を行い、クリアランスレベルの暫定値の算出のために選定した評価パラメータが適切かつ保守的な選定となっていること、評価経路及び評価パラメータを組み合わせ設定したシナリオが適切かつ保守的に選定されていることを確認した。

さらに、6章では、国際的なクリアランスレベルとの比較評価として、RI汚染物の一括クリアランスを想定して算出したクリアランスレベルの暫定値及び大規模施設において発生する放射化物を対象として算出したクリアランスレベルの暫定値のそれぞれに対して、SRS No.44の放射能濃度値との比較を行い、両者の値はほぼ同等、又は同等でない場合でも暫定値の方が高い値となったことから、RS-G-1.7に示された値と異なる値を放射線障害防止法のクリアランスレベルとして採用することを正当化するほどの相違があるとは考えられないとの検討結果を示した。

以上のような検討結果を踏まえたうえで、放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルの設定に係る検討に資するため、

- 今回算出したクリアランスレベルの暫定値
- SRS No.44の放射能濃度値又はSRS No.44の方法等に基づいて算出した放射能濃度値
- RS-G-1.7に示されたクリアランスレベルとして適用可能な大量の固体状物質に対する濃度基準値
- 放射線障害防止法に取り入れられている免除レベルの放射能濃度^{※21}

を、RI汚染物及び放射化物に関して、それぞれ表7.1及び表7.2にまとめる。

放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルとしては、今回の検討結果を踏まえるとともに、クリアランスされた物の国際的な流れにおける影響や原子炉等規制法に基づきクリアランスされた物との取扱実務の整合性を考慮すると、すべての核種に対して、放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルとして国際的なクリアランスレベルを採用するという結論に至ったことから、放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルとして、

- RS-G-1.7にクリアランスレベルが示されている核種については、その値を採用する
- SRS No.44にのみ放射能濃度値が示されている核種については、その値を対数的に処理^{※22}した値を採用する
- SRS No.44に放射能濃度値が示されていない核種については、SRS No.44に示された方法に基づいて新たに算出した放射能濃度値を対数的に処理した値を採用する

ことが適切であると考える。

具体的には、RI汚染物を対象とした核種のクリアランスレベルは、表7.1の「放射線障害防止法に規定すべきクリアランスレベル(Bq/g)」の欄に記載された値とし、放射化物を対象とした核

※21：「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」（平成十二年科学技術庁告示第五号、最終改正、平成十八年十二月二十六日 文部科学省告示第百五十四号）の別表一の第三欄の値

※22： 3×10^x から $3 \times 10^{x+1}$ までの値を $1 \times 10^{x+1}$ と端数を処理する方法⁽⁶⁾。

種のクリアランスレベルは、表7.2の「放射線障害防止法に規定すべきクリアランスレベル(Bq/g)」の欄に記載された値とすることが適切であると考え。

表 7.1 放射線障害防止法に定めるクリアランスレベルの設定に係る検討(RI 汚染物) (1/2)

No.	核種	クリアランス レベルの 暫定値 (Bq/g)	IAEA のクリアランスレベル		(参考) BSS 免除 レベル (Bq/g)	放射線障害防 止法に規定す べきクリアランス レベル (Bq/g)
			SRS No.44 の放射能濃度値 (Bq/g)	RS-G-1.7 の クリアランスレベ ル(Bq/g)		
1	H-3	2.7E+02	3.0E+01	100	1000000	100
2	C-14	4.2E+01	1.7E+00	1	10000	1
3	F-18	2.1E+07	<u>3.5E+02</u>	10*	10	10
4	Na-22	1.8E-01	3.9E-02	0.1	10	0.1
5	P-32	6.5E+02	3.4E+02	1000	1000	1000
6	P-33	5.2E+03	5.8E+02	1000	100000	1000
7	S-35	1.2E+03	2.5E+02	100	100000	100
8	Cl-36	5.0E-01	4.7E-01	1	10000	1
9	Ca-45	1.3E+04	7.8E+01	100	10000	100
10	V-49	4.0E+05	(2.5E+04)	(10000)	10000	(10000)
11	Cr-51	1.9E+02	9.1E+01	100	1000	100
12	Mn-54	1.1E+00	1.5E-01	0.1	10	0.1
13	Fe-55	1.7E+04	1.0E+03	1000	10000	1000
14	Fe-59	3.8E+00	9.5E-01	1	10	1
15	Co-57	7.7E+00	1.8E+00	1	100	1
16	Co-58	2.8E+00	6.6E-01	1	10	1
17	Co-60	1.3E-01	3.1E-02	0.1	10	0.1
18	Ni-63	5.5E+02	5.9E+01	100	100000	100
19	Zn-65	2.1E+00	2.6E-01	0.1	10	0.1
20	Ga-67	4.0E+02	(2.9E+01)	(10)	100	(10)
21	Ge-68	1.1E+00	(1.9E-01)	(0.1)	10	(0.1)
22	Se-75	4.0E+00	9.1E-01	1	100	1
23	Rb-81	5.5E+04	<u>(1.8E+02)</u>	(10)*	10	(10)
24	Rb-86	1.2E+02	3.3E+01	100	100	100
25	Sr-85	5.7E+00	1.4E+00	1	100	1
26	Sr-89	4.8E+03	3.5E+02	1000	1000	1000
27	Sr-90	2.9E+00	5.5E-01	1	100	1
28	Y-90	5.3E+04	3.4E+02	1000	1000	1000
29	Mo-99	3.1E+02	2.0E+01	10	100	10
30	Tc-99	5.2E+00	6.1E-01	1	10000	1
31	Tc-99m	7.8E+04	<u>6.2E+02</u>	100*	100	100
32	Cd-109	1.4E+02	1.1E+00	1	10000	1
33	In-111	1.8E+02	1.4E+01	10	100	10
34	Sb-125	1.0E+00	2.0E-01	0.1	100	0.1
35	I-123	6.6E+03	1.1E+02	100	100	100
36	I-125	1.6E+01	1.7E+02	100	1000	100
37	I-131	1.2E+01	1.0E+01	10	100	10

※括弧内の数値は、IAEA の報告書では値が示されていないため、SRS No. 44 の評価モデルに基づいて算出した放射能濃度値及びその放射能濃度値を対数的に処理した値。

※下線は、BSS 免除レベルより濃度が大きいことを示す。(短半減期核種であるため)

※IAEA SS No.115(BSS)では、免除レベルとして各放射性核種の放射能濃度(Bq/g)と放射能(Bq)が示されているが、本表では放射能濃度のみを示す。

*:半減期が 1 日未満の核種(免除レベルの数値が適用されているもの)

表 7.1 放射線障害防止法に定めるクリアランスレベルの設定に係る検討(RI 汚染物) (2/2)

No.	核種	クリアランス レベルの 暫定値 (Bq/g)	IAEA のクリアランスレベル		(参考) BSS 免除 レベル (Bq/g)	放射線障害防 止法に規定す べきクリアランス レベル (Bq/g)
			SRS No.44 の放射能濃度値 (Bq/g)	RS-G-1.7 の クリアランスレベ ル(Bq/g)		
38	Cs-134	5.5E-01	5.7E-02	0.1	10	0.1
39	Cs-137	1.1E+00	1.2E-01	0.1	10	0.1
40	Ba-133	9.6E-01	2.3E-01	(0.1)	100	(0.1)
41	Ce-141	6.7E+01	4.0E+01	100	100	100
42	Pm-147	7.5E+03	7.4E+02	1000	10000	1000
43	Eu-152	2.6E-01	6.6E-02	0.1	10	0.1
44	Gd-153	1.3E+01	3.9E+00	10	100	10
45	Yb-169	1.8E+01	(9.6E+00)	(10)	100	(10)
46	W-188	4.4E+01	(1.1E+01)	(10)	100	(10)
47	Re-186	3.1E+03	3.4E+02	1000	1000	1000
48	Ir-192	2.9E+00	8.4E-01	1	10	1
49	Au-198	2.1E+02	1.1E+01	10	100	10
50	Tl-201	7.9E+02	1.1E+02	100	100	100
51	Tl-204	3.6E+01	5.8E-01	1	10000	1
52	Am-241	8.6E-01	3.0E-01	0.1	1	0.1
53	Cm-244	1.4E+00	4.9E-01	1	10	1

※括弧内の数値は、IAEA の報告書では値が示されていないため、SRS No. 44 の評価モデルに基づいて算出した放射能濃度値及びその放射能濃度値を対数的に処理した値。

※Ba-133 は、SRS No.44 の放射能濃度値が示されているが RS-G-1.7 には値が示されていない核種。ただし、原子炉等規制法では、SRS No.44 の放射能濃度値を対数的に処理した数値がクリアランスレベルとして定められている。

※IAEA SS No.115(BSS)では、免除レベルとして各放射性核種の放射能濃度(Bq/g)と放射能(Bq)が示されているが、本表では放射能濃度のみを示す。

表 7.2 放射線障害防止法に定めるクリアランスレベルの設定に係る検討(放射化物)

No.	核種	クリアランス レベルの 暫定値 (Bq/g)	IAEA のクリアランスレベル		(参考) BSS 免除 レベル (Bq/g)	放射線障害防 止法に規定す べきクリアランス レベル (Bq/g)
			SRS No.44 の放射能濃度値 (Bq/g)	RS-G-1.7 の クリアランスレベ ル(Bq/g)		
1	H-3	6.7E+01	3.0E+01	100	1000000	100
2	Be-7	2.0E+01	1.9E+01	10	1000	10
3	C-14	5.3E+00	1.7E+00	1	10000	1
4	Na-22	1.0E-01	3.9E-02	0.1	10	0.1
5	Cl-36	3.4E-01	4.7E-01	1	10000	1
6	Ca-41	1.0E+02	8.1E+01	(100)	100000	(100)
7	Ca-45	6.0E+02	7.8E+01	100	10000	100
8	Sc-46	3.4E-01	2.5E-01	0.1	10	0.1
9	Ti-44	7.3E-02	(4.8E-02)	(0.1)	10	(0.1)
10	Mn-54	3.7E-01	1.5E-01	0.1	10	0.1
11	Fe-55	4.3E+03	1.0E+03	1000	10000	1000
12	Fe-59	1.0E+00	9.5E-01	1	10	1
13	Co-56	2.1E-01	1.4E-01	0.1	10	0.1
14	Co-57	2.6E+00	1.8E+00	1	100	1
15	Co-58	8.0E-01	6.6E-01	1	10	1
16	Co-60	7.3E-02	3.1E-02	0.1	10	0.1
17	Ni-59	3.6E+01	1.4E+02	100	10000	100
18	Ni-63	1.4E+02	5.9E+01	100	100000	100
19	Zn-65	6.0E-01	2.6E-01	0.1	10	0.1
20	Nb-93m	4.9E+03	4.7E+00	10	10000	10
21	Nb-94	9.9E-02	4.4E-02	0.1	10	0.1
22	Ag-108m	9.9E-02	4.4E-02	(0.1)	10	(0.1)
23	Ag-110m	1.2E-01	5.3E-02	0.1	10	0.1
24	Sn-113	1.9E+00	1.3E+00	1	1000	1
25	Sb-124	5.1E-01	3.8E-01	1	10	1
26	Sb-125	5.6E-01	2.0E-01	0.1	100	0.1
27	Te-123m	3.5E+00	3.0E+00	1	100	1
28	Cs-134	1.6E-01	5.7E-02	0.1	10	0.1
29	Cs-137	2.9E-01	1.2E-01	0.1	10	0.1
30	Ba-133	5.5E-01	2.3E-01	(0.1)	100	(0.1)
31	Ce-139	3.2E+00	2.4E+00	1	100	1
32	Eu-152	1.5E-01	6.6E-02	0.1	10	0.1
33	Eu-154	1.4E-01	6.0E-02	0.1	10	0.1
34	Tb-160	6.9E-01	5.6E-01	1	10	1
35	Ta-182	4.2E-01	2.6E-01	0.1	10	0.1
36	Au-195	6.9E+00	(8.8E+00)	(10)	100	(10)
37	Hg-203	4.6E+00	5.7E+00	10	100	10

※括弧内の数値は、IAEA の報告書では値が示されていないため、SRS No. 44 の評価モデルに基づいて算出した放射能濃度値及びその放射能濃度値を対数的に処理した値。

※Ca-41、Ag-108m 及び Ba-133 は、SRS No.44 の放射能濃度値が示されているが RS-G-1.7 には値が示されていない核種。ただし、原子炉等規制法では、SRS No.44 の放射能濃度値を対数的に処理した数値がクリアランスレベルとして定められている。

※IAEA SS No.115(BSS)では、免除レベルとして各放射性核種の放射能濃度(Bq/g)と放射能(Bq)が示されているが、本表では放射能濃度のみを示す。

8. おわりに

今回、放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルの技術的検討の結果、放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルとして、

- RS-G-1.7にクリアランスレベルが示されている核種については、その値を採用する
- SRS No.44 にのみ放射能濃度値が示されている核種については、その値を対数的に処理した値を採用する
- SRS No.44 に放射能濃度値が示されていない核種については、SRS No.44 に示された方法に基づいて新たに算出した放射能濃度値を対数的に処理した値を採用する

という結論に至った。

RS-G-1.7 では、ICRP が示した考え方^{※23}に基づき、クリアランスに関する規準として、個人に対する実効線量が $10\mu\text{Sv}$ /年のオーダー以下であるとしており、我が国でもこの考え方に基づいたクリアランスレベル設定の検討が行われてきた。また、RS-G-1.7 で示されたクリアランスに対するレベルは、 $10\mu\text{Sv}$ /年の実効線量基準を適用した現実的な評価パラメータ等の条件を用いた方法に加え、 1mSv /年の実効線量基準及び 50mSv /年の皮膚等価線量限度を適用した低確率の非常に保守的な評価パラメータ等の条件を用いた方法⁽¹¹⁾で算出された SRS No.44 の放射能濃度値に基づいて定められている。さらに、今回の検討のために採用したパラメータは、RI 汚染物の一括クリアランス及び大規模施設の解体等で発生するクリアランス対象物量として現状で考えられる最大物量を想定しているなど、確率論的評価の結果に現れているように保守的なものとなっている。これに加え、材質毎に算定したクリアランス対象物量の合計量を各材質の物量として想定している点、発生するクリアランス対象物が1つの埋設処分場に集積されることを想定している点、農作物等を採取してから摂取されるまでの時間を考慮していない点など、採用した評価シナリオ及び評価モデルについても多くの点で保守的なものとなっている。これらの結果、RS-G-1.7 のクリアランスレベルの採用は、我が国の実情を考慮すると、結果としてクリアランスの規準に対して相当の余裕を持ったものとなっている。

なお、RS-G-1.7におけるクリアランスに対するレベルは、その値の厳密性よりも評価の保守性を重視しつつ規制の簡明化を図る観点から、最終的には上述の SRS No.44 の放射能濃度値を対数的に処理して⁽⁶⁾、0.01、0.1、1、10、100、又は $1000(\text{Bq/g})$ の様に示されている。このような経緯から IAEA では、RS-G-1.7 のクリアランスに対するレベルについては、必ずしも厳密に踏襲する必要はなく、1桁程度の違いは同等のものとして扱い、各国の規制の実状に応じて、例えば、10倍まで高い値をクリアランスレベルとして定めてもさしつかえないとされている^{(5),(6)}。

以上のような状況を踏まえると、放射線障害防止法に規定する各核種のクリアランスレベルについては、現実的に起こり得ると考えられるシナリオを考慮してもクリアランスの規準に対して相当の余裕を持ったレベルとなっており、将来、今回想定したクリアランス対象物量や国際的な評価パラメータ等に変更があった場合でも、放射線障害防止法に定めるクリアランスレベルは直

※23：放射線審議会基本部会により平成22年1月に取りまとめられた報告書⁽⁷⁾では、「クリアランスに係る規準については、ICRP が Pub.46 (1985年) においてクリアランスにつながる放射性廃棄物の規制免除に係る個人線量の規準として 10 マイクロシーベルト/年を示している。この規準は、まず個人が自分の行動を決定する際に考慮に入れないリスクレベル 10^{-6} /年オーダーに相当する、被ばくした個人にとって無視できる線量を 100 マイクロシーベルト/年オーダーとし、さらに現在又は将来において複数の規制免除された線源から被ばくする可能性を考慮して $1/10$ の値としたものである。」と示されている。

ちに再検討を必要とするようなものではなく、国際的整合性の観点から国際的動向を見極めつつ、適時にその対応を図っていくことで十分である。

なお、「4. 2. 1. 4項」でも示したように、本検討で選定した対象核種以外の核種については、今後も必要に応じてクリアランスレベルの設定に係る検討を行うこととする。

本文中の参考文献

- (1) : 放射線安全規制検討会クリアランス技術検討ワーキンググループ、「放射線障害防止法におけるクリアランス制度の整備に係る技術的検討について（中間報告書）」、平成 18 年 6 月
- (2) : 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会廃棄物安全小委員会、「原子力施設におけるクリアランス制度の整備について、平成 16 年 9 月 14 日（平成 16 年 12 月 13 日改訂）」
- (3) : 文部科学省 研究炉等安全規制検討会、「試験研究用原子炉施設等の安全規制のあり方について」、平成 17 年 1 月 14 日
- (4) : 原子力安全委員会、「主な原子炉施設におけるクリアランスレベルについて」、平成 11 年 3 月 17 日
- (5) : International Atomic Energy Agency, “Application of the Concept of Exclusion, Exemption and Clearance（規制除外、規制免除及びクリアランス概念の適用）”, Safety Guide No. RS-G-1.7, (2004)
- (6) : 原子力安全委員会、「原子炉施設及び核燃料使用施設の解体等に伴って発生するもののうち放射性物質として取り扱う必要のないものの放射能濃度について」、平成 16 年 12 月 16 日（平成 17 年 3 月 17 日一部訂正及び修正）
- (7) : 放射線審議会基本部会、「放射性固体廃棄物埋設処分及びクリアランスに係る放射線防護に関する基本的考え方について」、平成 22 年 1 月
- (8) : 原子力安全委員会、「重水炉、高速炉等におけるクリアランスレベルについて」、平成 13 年 7 月 16 日
- (9) : 原子力安全委員会、「核燃料使用施設（照射済燃料及び材料を取り扱う施設）におけるクリアランスレベルについて」、平成 15 年 4 月 24 日
- (10) : 原子力安全委員会、「ウラン取扱施設におけるクリアランスレベルについて」、平成 21 年 10 月 5 日
- (11) : International Atomic Energy Agency, “Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance（規制除外、規制免除及びクリアランスの放射能濃度値の導出）”, IAEA Safety Reports Series No.44, (2005)
- (12) : International Atomic Energy Agency, “Clearance levels for radionuclides in solid materials（固体状物質に含まれる放射性核種のクリアランスレベル）”, IAEA-TECDOC-855, (1996)
- (13) : International Atomic Energy Agency, “Clearance of materials resulting from the use of radionuclides in medicine（医療、産業及び研究における放射性核種の使用によって生じる物質のクリアランス）”, IAEA-TECDOC-1000, (1998)
- (14) : 原子力安全委員会、「原子炉施設におけるクリアランスレベル検認のあり方」、平成 13 年 7 月 16 日
- (15) : Oak Ridge National Laboratory, “A Review and Analysis of Parameters for Assessing Transport of Environmentally Released Radionuclides through Agriculture”, ORNL-5786, (1984)
- (16) : YU, C., et al., “User's Manual for RESRAD Version 6”, Argonne Natl. Lab., (2001)
- (17) : International Atomic Energy Agency, “Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment”, No.19, (2001)
- (18) : International Commission on Radiological Protection, “Dose Coefficients for Intake of Radionuclides by Workers, Replacement of ICRP Publication 61”, ICRP Publication 68, (1994)
- (19) : International Commission on Radiological Protection, “Age-Dependent Dose to Members of Public from Intake of Radionuclides : Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients”,

ICRP Publication 72, (1996)

- (20) : D.C. Kocher and K. F. Eckerman, "Electron Dose-Rate Conversion Factors for External Exposure of the Skin from Uniformly Deposited Activity on the Body Surface", Health Physics Vol. 53, No.2, pp.135-141, (1987)
- (21) : CEA-R-5441, "DOSIMETRIE ET THERAPEUTIQUE DES CONTAMINATIONS CUTANEEES", (1988)
- (22) : European Commission, "Principles and Methods for Establishing Concentrations and Quantities (Exemption values) Below which Reporting is not Required in the European Directive", RP-65, (1993)

放射線安全規制検討会 委員名簿

(平成 22 年 11 月 現在)

大森 佐與子	大妻女子大学社会情報学部 元教授
長見 萬里野	(財) 日本消費者協会 参与
木村 英雄	(独) 日本原子力研究開発機構 安全研究センター 廃棄物安全研究グループ 研究主幹
日下部 きよ子	東京女子医科大学医学部画像診断学・核医学講座 名誉教授
草間 朋子	大分県立看護科学大学 学長
◎ 小佐古 敏荘	東京大学大学院工学系研究科 教授
○ 近藤 健次郎	高エネルギー加速器研究機構 名誉教授
田中 勝	鳥取環境大学サステイナビリティ研究所 所長 環境マネジメント学科 特任教授
反保 浩一	第一三共(株) 品川研究開発センター 研究開発総務部 総務労務品川グループ 主査
蜂谷 みさを	(独) 放射線医学総合研究所緊急被ばく医療研究センター 被ばく医療部主任研究員
東 泰彦	富士電機システムズ(株) 産業ソリューション事業部 東京工場 放射線装置部 主席
古川 修	(社) 日本アイソトープ協会 環境整備部 部長
山口 一郎	国立保健医療科学院生活環境部 環境物理室長
山本 幸佳	大阪大学 名誉教授
山本 英明	(独) 日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター 原子力科学研究所 放射線管理部 次長
米原 英典	(独) 放射線医学総合研究所 放射線防護研究センター 規制科学総合研究グループ グループリーダー

◎：座長

○：座長代理

(敬称略、50 音順)

開催日

第 25 回	平成 21 年 4 月 21 日
第 26 回	平成 21 年 5 月 21 日
第 27 回	平成 21 年 6 月 22 日
第 28 回	平成 21 年 7 月 30 日
第 29 回	平成 21 年 12 月 7 日
第 30 回	平成 22 年 1 月 20 日
第 31 回	平成 22 年 4 月 14 日
第 32 回	平成 22 年 10 月 12 日
第 33 回	平成 22 年 11 月 1 日

クリアランス技術検討ワーキンググループ 委員名簿

(平成 22 年 11 月 現在)

- | | |
|-----------|--|
| 飯本 武志 | 東京大学 環境安全本部 准教授 |
| 石田 正美 | (財) 原子力安全技術センター 理事 |
| 上叢 義朋 | (独) 理化学研究所 仁科加速器研究センター 安全業務室長 |
| 木村 英雄* | (独) 日本原子力研究開発機構 安全研究センター
廃棄物安全研究グループ 研究主幹 |
| ◎ 近藤 健次郎* | 高エネルギー加速器研究機構 名誉教授 |
| 反保 浩一* | 第一三共(株) 品川研究開発センター 研究開発総務部
総務労務品川グループ 主査 |
| 服部 隆利 | (財) 電力中央研究所 原子力技術研究所 上席研究員 |
| 古川 修* | (社) 日本アイソトープ協会 環境整備部 部長 |
| 森本 隆夫 | (財) 日本分析センター 理事 |
| 山本 英明* | (独) 日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター
原子力科学研究所 放射線管理部 次長 |

◎主査

*放射線安全規制検討会の委員

(敬称略、50 音順)

開催日

- | | |
|--------|-------------------|
| 第 7 回 | 平成 21 年 6 月 10 日 |
| 第 8 回 | 平成 21 年 7 月 24 日 |
| 第 9 回 | 平成 21 年 8 月 25 日 |
| 第 10 回 | 平成 21 年 9 月 15 日 |
| 第 11 回 | 平成 21 年 10 月 2 日 |
| 第 12 回 | 平成 21 年 10 月 21 日 |
| 第 13 回 | 平成 21 年 11 月 6 日 |
| 第 14 回 | 平成 21 年 11 月 25 日 |
| 第 15 回 | 平成 21 年 12 月 16 日 |
| 第 16 回 | 平成 22 年 1 月 8 日 |
| 第 17 回 | 平成 22 年 3 月 18 日 |
| 第 18 回 | 平成 22 年 6 月 30 日 |
| 第 19 回 | 平成 22 年 8 月 5 日 |
| 第 20 回 | 平成 22 年 8 月 31 日 |
| 第 21 回 | 平成 22 年 9 月 29 日 |

