

① 第29回放射線安全規制検討会（平成21年12月7日）

- ・資料第29－4号添付資料1「埋設処分の評価経路に係るクリアランスレベルの算出に用いる線量評価式について」、
- ・資料第29－4号添付資料2「再利用・再使用の評価経路に係るクリアランスレベルの算出に用いる線量評価式について」、
- ・資料第29－4号添付資料3「焼却処理の評価経路に係るクリアランスレベルの算出に用いる線量評価式について」

より抜粋

1. 埋設処分に係る経路の評価モデル

RI 汚染物及び放射化物をクリアランスした後に埋設処分する場合の評価経路に係るクリアランスレベルの算出に用いる被ばく線量評価式（以下、「線量評価式」という。）は、原子炉クリアランス報告書（平成11年3月17日 原子力安全委員会）において用いた線量評価式を使用する。ただし、原子炉クリアランス報告書で取りまとめられた線量評価式については、原子力安全委員会がとりまとめた再評価報告書（平成16年12月9日（平成17年3月10日一部訂正及び修正））において見直しが行われ、以下の(1)～(4)に示すように、線量評価式の変更及び被ばく形態の追加が行われた。そのため、今回行う放射化物を含めた RI 汚染物のクリアランスレベルの算出にあたっては再評価報告書において見直された線量評価式を用いる。

- (1) 操業の評価経路と跡地利用の外部被ばく経路、内部被ばく経路に対して被ばく期間中の放射能の減衰を考慮した。
- (2) 粉塵の吸入摂取による内部被ばくの線量評価式に、IAEA RS-G-1.7 の評価を参考とした吸入する粉塵への核種の濃縮係数を取り入れた。
- (3) 皮膚汚染による皮膚被ばくを考慮した。
- (4) 汚染物質の直接経口摂取による内部被ばくを考慮した。

外部被ばくに対する線量換算係数については、線源の幾何形状を模擬し、点減衰核積分法による遮へい計算コード QAD-CGGP2R により算出した。

1.1 操業の評価経路（経路 No.1～8）

この評価経路では、廃棄物そのものが線源となるので、被ばく評価にあたっては廃棄物の放射性核種（以下、「核種」という。）の濃度をそのまま用いる。ただし、クリアランス対象廃棄物は「放射性廃棄物でない廃棄物」と混合されるものとする。

1.1.1 クリアランスした廃棄物の積み下ろし作業、運搬作業及び埋立作業（直接線・外部被ばく）（経路 No.1、No.3、No.5）

$$D_{ext}(i) = C_w(i) \cdot S_o \cdot t_o \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (付 1)$$

※報告書本文の(1)式及び(2)式としても掲載。

1.1.2 クリアランスした廃棄物の積み下ろし作業、運搬作業及び埋立作業（粉塵吸入による内部被ばく）（経路 No.2、No.4、No.6）

$$D_{inh}(i) = C_w(i) \cdot C_{dust} \cdot f_{dust,inh} \cdot B_o \cdot t_o \cdot DF_{inh}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (付 2)$$

※報告書本文の(3)式としても掲載。

1.1.3 クリアランスした廃棄物の積み下ろし作業及び埋立作業（皮膚汚染による皮膚被ばく）（経路 No.2s、No.6s）

$$D_{skin}(i) = C_w(i) \cdot L_{dust} \cdot f_{dust,skin} \cdot \rho \cdot t_o \cdot DF_{skin}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (付 3)$$

1.1.4 クリアランスした廃棄物の積み下ろし作業及び埋立作業（直接経口摂取による内部被ばく）（経路 No.2d、No.6d）

$$D_{direct}(i) = C_w(i) \cdot f_{C,ing} \cdot q \cdot t_o \cdot DF_{ing}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (付 4)$$

※報告書本文の(4)式としても掲載。

1.1.5 埋立作業及び周辺居住者（トリチウム吸入による内部被ばく）（経路 No.7、No.8）

埋設作業中及び埋設後に、廃棄物中から空気中に飛散したトリチウムについて、その濃度と空気中に飛散したトリチウムを吸入することによる埋立作業及び周辺居住者の内部被ばく線量を次式により評価する。

1.1.5.1 空気中のトリチウムの濃度

$$C_T = \frac{C_w(T) \cdot W \cdot D_T}{H_e \cdot L_e \cdot U_w} \dots\dots\dots (付 5)$$

1.1.5.2 トリチウム吸入による内部被ばく線量

$$D_{inh}(T) = C_T \cdot B_T \cdot t_T \cdot DF_{inh}(T) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (付 6)$$

1.2 跡地利用の評価経路（経路 No.9～18）

跡地利用の評価経路では、廃棄物処分場に廃棄物が定置され、隙間に埋め戻しがなされ、さらに覆土された状態が出发点となる。ここでは、処分場跡地における建設作業に従事する者の被ばく、建設作業に伴って発生した残土の上で居住する者の被ばくを評価する。また、農耕作業または牧畜作業による跡地の掘り返しに伴う被ばく、また、処分場跡地直上で栽培された農作物を摂取する者またはその農作物で飼育された畜産物を摂取する者の被ばくを評価する。

1.2.1 建設作業（経路 No.9～10）

1.2.1.1 掘削土壌中の核種の濃度

建設作業によって発生する、廃棄物を混入した掘削土壌中の核種の濃度は、廃棄物の隙間に埋め戻された土砂及び覆土の存在を考慮して、次式によって求める。なお、掘削土壌中の放射性核種濃度の計算にあたっては、放射性崩壊による減衰のみを考慮し、地下水への漏出は考慮しないものとする。

$$C_M(i) = C_W(i) \cdot \frac{T_U - T_C}{T_U} \cdot \frac{W}{L_D \cdot W_D \cdot H_D \cdot \rho_D \cdot 10^6} \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_{dist}) \dots\dots\dots (付 7)$$

1.2.1.2 建設作業（土壌直接線・外部被ばく）（経路 No.9）

$$D_{ext}(i) = C_M(i) \cdot S_C \cdot t_C \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (付 8)$$

1.2.1.3 建設作業（粉塵吸入による内部被ばく）（経路 No.10）

$$D_{inh}(i) = C_M(i) \cdot C_{dust,C} \cdot f_{dust,inh} \cdot B_C \cdot t_C \cdot DF_{inh}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (付 9)$$

1.2.1.4 建設作業（皮膚汚染による皮膚被ばく）（経路 No.10s）

$$D_{skin}(i) = C_M(i) \cdot L_{dust} \cdot f_{dust,skin} \cdot \rho \cdot t_C \cdot DF_{skin}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (付 10)$$

1.2.1.5 建設作業（直接経口摂取による内部被ばく）（経路 No.10d）

$$D_{direct}(i) = C_M(i) \cdot f_{C,ing} \cdot q \cdot t_C \cdot DF_{ing}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (付 11)$$

1.2.2 居住者（経路 No.11～12）

1.2.2.1 居住者（土壌直接線・外部被ばく）（経路 No.11）

この経路は子どもについても評価する。

$$D_{ext}(i) = C_M(i) \cdot S_L \cdot t_L \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (付 12)$$

1.2.2.2 居住者（粉塵吸入による内部被ばく）（経路 No.12）

この経路は子どもについても評価する。

$$D_{inh}(i) = C_M(i) \cdot C_{dust,L} \cdot f_{dust,inh} \cdot B_L \cdot t_L \cdot DF_{inh}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots(付 13)$$

1.2.2.3 居住者（子どもの直接経口摂取による内部被ばく）（経路 No.12d）

居住者のうち、子どもが土壌を直接経口摂取することによる内部被ばく線量を評価する。

$$D_{direct}(i) = C_M(i) \cdot f_{C,ing} \cdot q_{LC} \cdot t_{LC} \cdot DF_{ing}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots(付 14)$$

1.2.3 農耕作業（経路 No.13～14）

1.2.3.1 掘削土壌中の核種の濃度

農耕作業者は、処分場跡地を農地とするために掘削することにより、廃棄物が地表面に露出することによる被ばくを評価する。その線源となる廃棄物を含んだ土壌中の核種の濃度は、次式により求める。

$$C_M(i) = C_W(i) \cdot \frac{T_A - T_C}{T_A} \cdot \frac{W}{L_D \cdot W_D \cdot H_D \cdot \rho_D \cdot 10^6} \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_{dist}) \dots\dots\dots(付 15)$$

1.2.3.2 農耕作業（土壌直接線・外部被ばく）（経路 No.13）

$$D_{ext}(i) = C_M(i) \cdot S_A \cdot t_A \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots(付 16)$$

1.2.3.3 農耕作業（粉塵吸入による内部被ばく）（経路 No.14）

$$D_{inh}(i) = C_M(i) \cdot C_{dust,A} \cdot f_{dust,inh} \cdot B_A \cdot t_A \cdot DF_{inh}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots(付 17)$$

1.2.4 牧畜作業（経路 No.15～16）

牧畜作業場所における掘削土壌中の核種の濃度は、農地土壌中の核種の濃度（（付 15）式）と等しいものとする。

1.2.4.1 牧畜作業（土壌直接線・外部被ばく）（経路 No.15）

$$D_{ext}(i) = C_M(i) \cdot S_F \cdot t_F \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots(付 18)$$

1.2.4.2 牧畜作業（粉塵吸入による内部被ばく）（経路 No.16）

$$D_{inh}(i) = C_M(i) \cdot C_{dust,F} \cdot f_{dust,inh} \cdot B_F \cdot t_F \cdot DF_{inh}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots(付 19)$$

1.2.5 農作物摂取者（経路 No.17）

1.2.5.1 農作物中の核種の濃度

農作物栽培は処分場の跡地の直上で行われるとし、跡地における核種の量の減衰は崩壊によるもののみとする。核種は、根を経由して、農作物に移行するものとする。農業用水には放射能が

含まれていないものとする。

$$C_{vk}(i) = T_k(i) \cdot K_N \cdot C_W(i) \cdot \frac{W}{L_D \cdot W_D \cdot H_D \cdot \rho_D \cdot 10^6} \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_{dist}) \dots\dots\dots (付 20)$$

※報告書本文の(5)式としても掲載。

1.2.5.2 農作物摂取者（経口摂取による内部被ばく）（経路 No.17）

この経路は子どもについても評価する。

$$D_{ing,v}(i) = \sum_k C_{vk}(i) \cdot 10^3 \cdot Q_k \cdot G_k \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_i \cdot t_{vk}}{365}\right) \cdot DF_{ing}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (付 21)$$

※報告書本文の(6)式としても掲載。

市場係数と輸送時間をそれぞれ保守的に 1 及び 0 と選定しているの、上式は以下のようになる。

$$D_{ing,vk}(i) = \sum_k C_{vk}(i) \cdot 10^3 \cdot Q_k \cdot DF_{ing}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (付 21')$$

※報告書本文の(6')式としても掲載。

1.2.6 畜産物摂取者（経路 No.18）

1.2.6.1 飼料中の核種の濃度

$$C_{vF}(i) = T_F(i) \cdot K_N \cdot C_W(i) \cdot \frac{W}{L_D \cdot W_D \cdot H_D \cdot \rho_D \cdot 10^6} \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_{dist}) \dots\dots\dots (付 22)$$

1.2.6.2 畜産物中の核種の濃度

農作物（飼料）を摂取することによる畜産物中の核種の濃度を次式で計算する。農業用水及び飼育に使われる用水には核種が含まれていないものとする。畜産物の種類としては卵、牛乳、牛肉、豚肉及び鶏肉を想定する。なお、飼料中の核種 i の濃度は、(付 22)式により求める。

$$C_{Fn}(i) = T_n(i) \cdot M_F \cdot C_{vF}(i) \cdot 10^3 \cdot Q_{vn} \dots\dots\dots (付 23)$$

1.2.6.3 畜産物摂取者（経口摂取による内部被ばく）（経路 No.18）

この経路は子どもについても評価する。

$$D_{ing,F}(i) = \sum_n C_{Fn}(i) \cdot Q_n \cdot G_n \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_i \cdot t_{Fn}}{365}\right) \cdot DF_{ing}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (付 24)$$

市場係数と輸送時間をそれぞれ保守的に 1 及び 0 と選定しているの、上式は以下のようになる。

$$D_{ing,F}(i) = \sum_n C_{Fn}(i) \cdot Q_n \cdot DF_{ing}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (付 24')$$

1.3 地下水移行の評価経路（経路 No.19～27）

地下水移行の評価経路では、埋設された廃棄物から核種が浸透水中に漏出し、帯水層へ移行するものとする。この核種を含む地下水を飲用、灌漑、飼育及び養殖に利用することを考慮する。なお、各経路において被ばく線量が最大となる時点の線量を評価するものとする。

1.3.1 井戸水飲用（経路 No.19）

1.3.1.1 処分場からの漏出モデル

政令濃度上限値の計算方法と同様に、IAEA 技術文書「TECDOC-401」における放出係数モデルを用いて、処分場からの核種の漏出量を次式により求める。

$$J(t,i) = \eta_i \cdot C_w(i) \cdot W \cdot \exp\{-(\lambda_i + \eta_i) \cdot t\} \dots\dots\dots (付 25)$$

※報告書本文の(7)式としても掲載。

1.3.1.2 帯水層中の核種の移動

処分場から漏洩した核種は、処分場と同一の幅を有する帯水層に流入するものとする。帯水層の厚さ（ h_s ）は一定で、土壌の空隙率、密度は同様とし、地下水流方向のみに一定速度で流れているものとする。基礎式は次式で表される。

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} R_s(i) \cdot C_{GW}(x,t,i) = D_x \cdot \frac{\partial^2 C_{GW}(x,t,i)}{\partial x^2} - U_s \cdot \frac{\partial C_{GW}(x,t,i)}{\partial x} \dots\dots\dots (付 26) \\ - R_s(i) \cdot \lambda_i \cdot C_{GW}(x,t,i) \end{aligned}$$

※報告書本文の(8)式としても掲載。

なお、以降の計算では、(付 26)式の $-L_D \leq x \leq 0$ （ L_D は処分場の長さ）の範囲における境界条件として、(付 25)式により計算した $J(t,i)$ を、処分場の幅（ W_D ）、帯水層の厚さ（ h_s ）及び地下水流速（ U_s ）の積で割った値を与えた場合の解を使用する。

1.3.1.3 井戸水中の核種の濃度

井戸水中の核種の濃度は、井戸の汲み上げによる周囲の核種を含まない地下水の流入を考慮している。

$$C_{WW}(t,i) = C_{GW}(x_w,t,i) \cdot R_w \dots\dots\dots (付 27)$$

※報告書本文の(9)式としても掲載。

1.3.1.4 井戸水飲用者（経口摂取による内部被ばく）（経路 No.19）

この経路は子どもについても評価する。

$$D_{ing,w}(t,i) = C_{WW}(t,i) \cdot Q_w \cdot DF_{ing}(i) \dots\dots\dots (付 28)$$

1.3.2 灌漑利用（経路 No.20～25）

放射性核種を含む井戸水を灌漑用水として散布した農地で農耕作業や牧畜作業を行う者の、灌漑土壌からの直接線による外部被ばくや粉塵吸入による内部被ばく線量を評価する。また、灌漑した農地で作られた飼料を食べた畜産物や農作物、灌漑水を飼育水として育った畜産物を摂取した者の内部被ばく線量を評価する。

1.3.2.1 灌漑土壌の核種の濃度

灌漑用水中の核種は蓄積するものとする。また、核種の浸透による減衰効果を考慮する。

$$C_{S,k}(t,i) = F_R \cdot \int_0^t \frac{V_{Ik} \cdot C_I(t',i)}{P_k} \cdot e^{-E_{Ik}(i)(t-t')} dt' \dots\dots\dots (付 29)$$

灌漑用水中の核種の濃度は、井戸水中の核種の濃度に等しいものとしている。

$$C_I(t,i) = C_{GW}(x_w, t, i) \cdot R_w \dots\dots\dots (付 30)$$

1.3.2.2 農耕作業（灌漑水、土壌直接線・外部被ばく）（経路 No.20）

$$D_{ext}(t,i) = C_{S,k}(t,i) \cdot 10^{-3} \cdot S_I \cdot t_I \cdot DF_{ext}(i) \dots\dots\dots (付 31)$$

1.3.2.3 農耕作業（灌漑水、粉塵吸入による内部被ばく）（経路 No.21）

$$D_{inh}(t,i) = C_{S,k}(t,i) \cdot C_{dust,I} \cdot f_{dust,inh} \cdot 10^{-3} \cdot B_I \cdot t_I \cdot DF_{inh}(i) \dots\dots\dots (付 32)$$

1.3.2.4 牧畜作業（灌漑水、土壌直接線・外部被ばく）（経路 No.22）

$$D_{ext}(t,i) = C_{S,k}(t,i) \cdot 10^{-3} \cdot S_B \cdot t_B \cdot DF_{ext}(i) \dots\dots\dots (付 33)$$

1.3.2.5 牧畜作業（灌漑水、粉塵吸入による内部被ばく）（経路 No.23）

$$D_{inh}(t,i) = C_{S,k}(t,i) \cdot C_{dust,B} \cdot f_{dust,inh} \cdot 10^{-3} \cdot B_B \cdot t_B \cdot DF_{inh}(i) \dots\dots\dots (付 34)$$

1.3.2.6 農作物摂取者（灌漑水、経口摂取による内部被ばく）（経路 No.24）

(1) 灌漑農作物中の核種の濃度

農作物（穀類、葉菜、非葉菜、果物）中の核種の濃度は、灌漑土壌からの経根吸収と灌漑水の葉面沈着を考慮する。

$$C_{vk}(t,i) = T_k(i) \cdot C_{S,k}(t,i) + \frac{C_I(t,i) \cdot V_{Ik} \cdot F_{IEk} \cdot (1 - e^{-\lambda_{ei} \cdot T_I})}{\lambda_{ei} \cdot Y_{Bk}} \dots\dots\dots (付 35)$$

(2) 農作物摂取による内部被ばく線量

この経路は子どもについても評価する。

$$D_{ing,v}(t,i) = \sum_k C_{vk}(t,i) \cdot Q_k \cdot G_k \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_i \cdot t_{vk}}{365}\right) \cdot DF_{ing}(i) \dots\dots\dots (付 36)$$

市場係数と輸送時間をそれぞれ保守的に 1 及び 0 と選定しているので、上式は以下のようになる。

$$D_{ing,v}(t,i) = \sum_k C_{vk}(t,i) \cdot Q_k \cdot DF_{ing}(i) \dots\dots\dots (付 36')$$

1.3.2.7 畜産物摂取者（灌漑水、経口摂取による内部被ばく）（経路 No.25）

(1) 飼料中の核種の濃度

$$C_{vF}(t,i) = T_F(i) \cdot C_{S,k}(t,i) + \frac{C_I(t,i) \cdot V_{Ik} \cdot F_{IEk} \cdot (1 - e^{-\lambda_{ei} \cdot T_I})}{\lambda_{ei} \cdot Y_{Bk}} \dots\dots\dots (付 37)$$

(2) 畜産物中の核種の濃度

$$C_{Fn}(t,i) = T_n(i) \cdot M_F \cdot C_{vF}(t,i) \cdot Q_{vn} \dots\dots\dots (付 38)$$

(3) 畜産物摂取による内部被ばく線量

この経路は子どもについても評価する。

$$D_{ing,F}(t,i) = \sum_n C_{Fn}(t,i) \cdot Q_n \cdot G_n \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_i \cdot t_{Fn}}{365}\right) \cdot DF_{ing}(i) \dots\dots\dots (付 39)$$

市場係数と輸送時間をそれぞれ保守的に 1 及び 0 と選定しているため、上式は以下のようになる。

$$D_{ing,F}(t,i) = \sum_n C_{Fn}(t,i) \cdot Q_n \cdot DF_{ing}(i) \dots\dots\dots (付 39')$$

1.3.3 飼育水利用（経路 No.26）

1.3.3.1 畜産物中の核種の濃度

核種を含む井戸水を飼育水として利用して生産される肉や牛乳などの畜産物中の核種濃度は、その家畜が摂取する飼育水中の核種の濃度に依存するものとし、次式により求める。

$$C_{FWn}(t,i) = C_{FW}(t,i) \cdot 10^{-3} \cdot Q_{Wn} \cdot T_{Wn}(i) \dots\dots\dots (付 40)$$

なお、飼育水中の核種の濃度は、井戸水中の核種の濃度に等しいものとし、次式により求める。

$$C_{FW}(t,i) = C_{GW}(x_w, t, i) \cdot R_w \dots\dots\dots (付 41)$$

1.3.3.2 畜産物摂取者（飼育水、畜産物摂取による内部被ばく）（経路 No.26）

この経路は子どもについても評価する。

$$D_{ing,F}(t,i) = \sum_n C_{FWn}(t,i) \cdot Q_n \cdot G_n \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_i \cdot t_{Fn}}{365}\right) \cdot DF_{ing}(i) \dots\dots\dots (付 42)$$

市場係数と輸送時間をそれぞれ保守的に 1 及び 0 と選定しているため、上式は以下のようになる。

$$D_{ing,F}(t,i) = \sum_n C_{FWn}(t,i) \cdot Q_n \cdot DF_{ing}(i) \dots\dots\dots (付 42')$$

1.3.4 養殖水利用（経路 No.27）

1.3.4.1 養殖淡水産物中の核種の濃度

養殖淡水産物中の核種の濃度は、養殖水中の核種の濃度に依存し、両者の濃度の間に平衡関係が成立しているものとする濃縮係数法によって求める。なお、養殖水中の核種の濃度は、井戸水中の核種の濃度と養殖淡水産物の地下水利用率を考慮して計算する。

$$C_{Sm}(t,i) = C_{wW}(t,i) \cdot R_{Sw} \cdot 10^{-3} \cdot T_{Sm}(i) \dots\dots\dots (付 43)$$

※報告書本文の(10)式としても掲載。

1.3.4.2 養殖淡水産物摂取者（養殖淡水産物摂取による内部被ばく）（経路 No.27）

この経路は子どもについても評価する。

$$D_{ING}(t,i) = \sum_m C_{Sm}(t,i) \cdot Q_m \cdot G_m \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_i \cdot t_{Sm}}{365}\right) \cdot DF_{ing}(i) \dots\dots\dots (付 44)$$

※報告書本文の(11)式としても掲載。

市場係数と輸送時間をそれぞれ保守的に 1 及び 0 と選定しているので、上式は以下のようになる。

$$D_{ING}(t,i) = \sum_m C_{Sm}(t,i) \cdot Q_m \cdot DF_{ing}(i) \dots\dots\dots (付 44')$$

変数リスト（埋設処分に係る経路の計算モデル式）

※変数はアルファベット順に記載

小文字

$f_{C,ing}$	: 微粒子への放射性物質の濃縮係数（経口摂取）（－）
$f_{dust,inh}$	: 微粒子への放射性物質の濃縮係数（吸入摂取）（－）
$f_{dust,skin}$	: 微粒子への放射性物質の濃縮係数（皮膚被ばく）（－）
q	: 粉塵の摂取率（g/h）
q_{LC}	: 汚染物質の摂取率（子ども）（g/h）
t_A	: 農耕作業における年間作業時間（h/y）
t_B	: 牧畜作業における年間作業時間（h/y）
t_C	: 建設作業における年間作業時間（h/y）
t_{dist}	: 処分場閉鎖後から評価時点までの期間（y）
t_F	: 牧畜作業における年間作業時間（h/y）
t_{Fn}	: 畜産物 n の輸送時間（d）
t_i	: 被ばく中の減衰期間（y）（1年）
t_I	: 農耕作業における年間作業時間（h/y）
t_L	: 年間居住時間（h/y）
t_{LC}	: 年間被ばく時間（子ども）（h/y）
t_O	: 年間作業時間（h/y）
t_{Sm}	: 養殖淡水産物 m の輸送時間（d）
t_T	: 年間被ばく時間（h/y）（埋立作業者と居住者について個別に選定）
t_{vk}	: 農作物 k の輸送時間（d）
x_w	: 処分場下流端から井戸までの距離（m）

大文字

B_A	: 農耕作業者の呼吸量（m ³ /h）
B_B	: 牧畜作業者の呼吸量（m ³ /h）
B_C	: 建設作業者の呼吸量（m ³ /h）
B_F	: 牧畜作業者の呼吸量（m ³ /h）
B_I	: 農耕作業者の呼吸量（m ³ /h）
B_L	: 居住者の呼吸量（m ³ /h）
B_O	: 作業者の呼吸量（m ³ /h）
B_T	: 呼吸量（m ³ /h）（埋立作業者と居住者について個別に選定）
C_{dust}	: 作業時の空气中粉塵濃度（g/m ³ ）
$C_{dust,A}$	: 農耕作業時の空气中粉塵濃度（g/m ³ ）
$C_{dust,B}$	: 牧畜作業時の空气中粉塵濃度（g/m ³ ）
$C_{dust,F}$	: 牧畜作業時の空气中粉塵濃度（g/m ³ ）
$C_{dust,I}$	: 農耕作業時の空气中粉塵濃度（g/m ³ ）

$C_{dust,L}$	: 居住時の空气中粉塵濃度 (g/m^3)
$C_{dust,C}$	: 建設作業時の空气中粉塵濃度 (g/m^3)
$C_{Fn}(i)$	: 畜産物 n 中の核種 i の濃度 (Bq/kg または Bq/L)
$C_{Fn}(t,i)$	: 時間 t における畜産物 n 中の核種 i の濃度 (Bq/kg または Bq/L)
$C_{FWn}(t,i)$	: 時間 t における畜産物 n 中の核種 i の濃度 (Bq/kg または Bq/L)
$C_{FW}(t,i)$	: 時間 t における飼育水中濃度 (Bq/m^3)
$C_{FWn}(t,i)$	: 時間 t における畜産物 n 中の核種 i の濃度 (Bq/kg または Bq/L)
$C_{GW}(x,t,i)$	: 地下水中の核種 i の濃度 (Bq/m^3)
$C_I(t,i)$	: 時間 t における灌漑用水中の核種 i の濃度 (Bq/m^3)
$C_I(t',i)$	: 時間 t' における灌漑用水中の核種 i の濃度 (Bq/m^3)
$C_M(i)$	: 掘削土壌中の核種 i の濃度 (Bq/g)
$C_{S,k}(t,i)$	: 時間 t における農作物 k を生産する灌漑土壌中の核種 i の濃度 (Bq/kg)
$C_{Sm}(t,i)$	: 時間 t における養殖淡水産物 m 中の核種 i の濃度 (Bq/kg)
C_T	: 空気中のトリチウムの濃度 (Bq/m^3)
$C_{vF}(i)$	: 飼料中の核種 i の濃度 (Bq/g)
$C_{vF}(t,i)$	: 時間 t における飼料中における核種 i の濃度 (Bq/kg)
$C_{vk}(i)$	: 農作物 k 中の核種 i の濃度 (Bq/g)
$C_w(i)$	: 「放射性廃棄物でない廃棄物」とクリアランス対象廃棄物を混合した廃棄物中の核種 i の濃度 (Bq/g)
	$C_w(i) = C_{wo}(i) \cdot F_{wc}$
	$C_{wo}(i)$: クリアランス対象廃棄物中の核種 i の濃度 (Bq/g)
	F_{wc} : 廃棄物中に占められるクリアランス対象廃棄物の割合 (—)
$C_{GW}(x_w,t,i)$	: 地下水中の核種 i の濃度 (Bq/m^3)
$C_{WW}(t,i)$	: 時間 t における井戸水の核種 i の濃度 (Bq/m^3)
$D_{direct}(i)$	: 核種 i による直接経口摂取被ばく線量 ($\mu \text{ Sv/y}$)
$D_{ext}(i)$	: 核種 i による外部被ばく線量 ($\mu \text{ Sv/y}$)
$D_{ING}(t,i)$	: 時間 t における養殖淡水産物摂取による内部被ばく線量 ($\mu \text{ Sv/y}$)
$D_{ing,v}(i)$	: 農作物の摂取に伴う核種 i による内部被ばく線量 ($\mu \text{ Sv/y}$)
$D_{ing,F}(i)$	: 畜産物摂取に伴う核種 i による内部被ばく線量 ($\mu \text{ Sv/y}$)
$D_{ing,F}(t,i)$	: 時間 t における畜産物摂取に伴う核種 i による内部被ばく線量 ($\mu \text{ Sv/y}$)
$D_{ing,w}(t,i)$	: 時間 t における核種 i による飲料水摂取での内部被ばく線量 ($\mu \text{ Sv/y}$)
$D_{inh}(i)$	: 核種 i による吸入被ばく線量 ($\mu \text{ Sv/y}$)
$D_{inh}(T)$	: トリチウムによる吸入被ばく線量 ($\mu \text{ Sv/y}$)
$D_{skin}(i)$	: 核種 i による皮膚汚染による皮膚被ばく線量 ($\mu \text{ Sv/y}$)
$DF_{ext}(i)$	: 核種 i の外部被ばくに対する線量換算係数 ($\mu \text{ Sv/h per Bq/g}$)
$DF_{ing}(i)$	: 核種 i の経口摂取の内部被ばく線量係数 ($\mu \text{ Sv/Bq}$)
$DF_{inh}(i)$	: 核種 i の吸入被ばくに対する線量係数 ($\mu \text{ Sv/Bq}$)
$DF_{inh}(T)$	: トリチウムの吸入内部被ばく線量係数 ($\mu \text{ Sv/Bq}$)
$DF_{skin}(i)$	: 核種 i の皮膚汚染による皮膚被ばく線量換算係数 ($\mu \text{ Sv/h per Bq/cm}^2$)

D_T	: 処分場からの平均飛散率 (s^{-1})
D_x	: 地下水流方向の分散係数 (m^2/y)
	$D_x = D_{mx} U_s + D_d$
	D_{mx} : 地下水流方向の分散長 (m)
	D_d : 分子拡散係数 ($3.15 \times 10^{-2} \text{ m}^2/y$)
$E_{Lk}(i)$	: 農作物 k を生産する土壤中核種 i の実効減衰係数 (y^{-1})
	$E_{Lk}(i) = \lambda_i + R_{MSk}(i)$
	$R_{MSk}(i)$: 核種 i の浸透による灌漑土壌からの減衰係数 (y^{-1})
	$R_{MSk}(i) = \frac{R_{IN} + V_{Ik}}{\alpha \cdot \{f_u \cdot s_{uk} + (1 - f_u) \cdot \rho_u \cdot Kd_u(i)\}}$
	R_{IN} : 浸透水量 (m/y)
	α : 実効土壌深さ (m)
	f_u : 灌漑土壌空隙率 (—)
	s_{uk} : 土壌水分飽和度 (—)
	ρ_u : 灌漑土壌真密度 (g/cm^3)
	$Kd_u(i)$: 灌漑土壌の分配係数 (mL/g)
F_{IEk}	: 核種の農作物 k 表面への沈着割合 (—)
F_R	: 核種の土壌残留係数 (—)
G_k	: 農作物 k の市場係数 (—)
G_m	: 養殖淡水産物 m の市場係数 (—)
G_n	: 畜産物 n の市場係数 (—)
H_e	: 有効高さ (m)
H_D	: 処分場の深さ (m)
$J(t,i)$	: 時間 t における核種 i の漏出量 (Bq/y)
K_N	: 根からの核種の吸収割合 (—)
L_{dust}	: 皮膚に堆積した粉塵の厚さ (cm)
L_D	: 処分場の長さ (m)
L_e	: 断面方向長さ (m)
M_F	: 核種を含む飼料の混合割合 (—)
P_k	: 農作物 k を生産する土壌実効表面密度 (kg/m^2)
Q_k	: 農作物 k の年間摂取量 (kg-wet/y)
Q_m	: 養殖淡水産物 m の摂取量 (kg/y)
Q_n	: 畜産物 n の摂取量 (kg/y または L/y)
Q_{vn}	: 畜産物 n を生産する家畜の飼料摂取量 (kg-dry/d)
Q_W	: 人の年間飲料水摂取量 (m^3/y)
Q_{Wn}	: 畜産物 n の飼育水摂取量 (L/d)
$R_s(i)$	: 帯水層遅延係数 (—)
	$R_s(i) = 1 + \frac{1 - f_s}{f_s} \cdot Kd_s(i) \cdot \rho_s$

f_s	: 帯水層空隙率 ()
ρ_s	: 帯水層土壌真密度 (g/cm ³)
$Kd_s(i)$	: 帯水層土壌に対する核種 i の分配係数 (mL/g)
R_{SW}	: 養殖淡水産物の地下水利用率 (—)
R_w	: 井戸水の混合割合 (—)
S_A	: 農耕作業時の遮へい係数 (—)
S_B	: 牧畜作業時の遮へい係数 (—)
S_C	: 建設作業時における遮へい係数 (—)
S_F	: 牧畜作業時の遮へい係数 (—)
S_I	: 農耕作業時の遮へい係数 (—)
S_L	: 居住時における遮へい係数 (—)
S_O	: 外部被ばくに対する遮へい係数 (—)
T_A	: 耕作深さ (m)
T_C	: 覆土厚さ (m)
$T_F(i)$	: 土壌から飼料への核種 i の移行係数 (Bq/g-dry per Bq/g-dry)
T_I	: 灌漑水年間生育期間 (y)
$T_k(i)$	: 土壌から農作物 k への核種 i の移行係数 (Bq/g-wet per Bq/g-dry)
$T_n(i)$	: 飼料から畜産物 n 中への核種 i の移行係数 (d/kg または d/L)
$T_{Sm}(i)$	: 核種 i の養殖淡水産物 m への濃縮係数 (L/kg)
T_U	: 建設掘削深さ (m)
$T_{Wn}(i)$	: 核種 i の飼育水から畜産物 n への移行係数 (d/L または d/kg)
U_s	: 地下水流速 (m/y)
U_w	: 風速 (m/s)
V_{Ik}	: 農作物 k に対する灌漑水量 (m ³ /m ² /y)
W	: 廃棄物の総量 (g) (クリアランス対象物量+放射性廃棄物でない廃棄物量)
W_D	: 処分場の幅 (m)
Y_{Bk}	: 農作物 k の栽培密度 (kg/m ²)

ギリシア文字小文字

η_i	: 核種 i の漏出率 (y ⁻¹)
$\eta_i = \frac{R_{IN}}{H_D} \cdot R_c(i)$	
R_{IN}	: 浸透水量 (m/y)
$R_c(i)$	: 放出係数 (—)
H_D	: 処分場の深さ (m)
λ_{ei}	: 沈着した核種 i の実効減衰係数 (y ⁻¹)
$\lambda_{ei} = \lambda_i + \lambda_{wi}$	
λ_{wi}	: weathering 効果による植物表面沈着核種 i の除去係数 (y ⁻¹)
λ_i	: 核種 i の崩壊定数 (y ⁻¹)

λ_i	: 核種 i の崩壊定数 (y^{-1}) $\lambda_i = \ln 2 / T_{1/2}(i)$
	$T_{1/2}(i)$: 核種 i の半減期 (y)
ρ	: 皮膚に堆積した粉塵の密度 (g/cm^3)
ρ_D	: 処分場嵩密度 (g/cm^3)

2. 再利用・再使用に係る経路の評価モデル

RI 汚染物及び放射化物をクリアランスした後に再利用する場合の評価経路に係るクリアランスレベルの算出に用いる線量評価式は、原子炉クリアランス報告書（平成11年3月17日 原子力安全委員会）において用いた線量評価式を使用する。ただし、原子炉クリアランス報告書で取りまとめられた線量評価式については、原子力安全委員会が取りまとめた再評価報告書（平成16年12月9日（平成17年3月10日一部訂正及び修正））において見直しが行われ、以下の(1)～(4)に示すように、線量評価式の変更及び被ばく形態の追加が行われた。そのため、今回行う放射化物を含めた RI 汚染物のクリアランスレベルの算出にあたっては再評価報告書において見直された線量評価式を用いる。

- (1) 日常生活時と就業時の内部被ばく経路に対して被ばく期間中の放射能の減衰を考慮した。
- (2) 粉塵の吸入摂取による内部被ばくの線量評価式に、IAEA RS-G-1.7 の評価を参考とした、吸入する粉塵への放射性核種の濃縮係数を取り入れた。
- (3) 就業時の金属再利用処理の運搬作業を除く経路とコンクリート再利用処理の経路について、皮膚汚染による皮膚被ばくを考慮した。
- (4) 就業時の金属再利用処理の運搬作業を除く経路とコンクリート再利用処理の経路について、汚染物質の直接経口摂取による内部被ばくを考慮した。

外部被ばくに対する線量換算係数については、線源の幾何形状を模擬し、点減衰核積分法による遮へい計算コード QAD-CGGP2R により算出した。