

追加被ばく線量評価について(土地造成)

1. 被ばく評価に用いた計算コードの概要と評価モデル

- 今回の被ばく評価に用いた、クリアランスレベル評価コードPASCLR2は、原子炉施設やウラン取扱施設等を対象に、クリアランス後の産業廃棄物としての埋設処分と再生材としての利用のシナリオに関する作業者と公衆の被ばく経路を網羅した線量評価が可能なコードであり、炉規法等のクリアランスレベル、特措法における濃度規準等を評価した実績を有する。
- 上記計算に用いる外部被ばく線量換算係数は、原子力施設等の遮へい計算で実績のあるQAD-CGGP2RコードまたはMCNP5コードを使用して算出した。

評価に使用した主な評価モデル

○再生資材の使用に係る評価モデル

外部被ばく線量: D_{ext} ($\mu\text{Sv/y}$) 粉塵吸入による内部被ばく線量: D_{inh} ($\mu\text{Sv/y}$)

$$D_{ext} = C_s \cdot S_o \cdot t_o \cdot DF_{ext} \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda \cdot t_a)}{\lambda \cdot t_a} \quad D_{inh} = C_s \cdot C_d \cdot f_d \cdot B_o \cdot t_o \cdot DF_{inh} \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda \cdot t_a)}{\lambda \cdot t_a}$$

直接経口による内部被ばく線量: D_{direct} ($\mu\text{Sv/y}$)

$$D_{direct} = C_s \cdot f_c \cdot q \cdot t_o \cdot DF_{ing} \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda \cdot t_a)}{\lambda \cdot t_a}$$

○地下水移行に係る評価モデル

再生資材からの核種の漏出量: $J(t)$ (Bq/y)、漏出率: η (y^{-1})

$$J(t) = \eta \cdot C_s \cdot W \cdot \exp\{-(\lambda + \eta) \cdot t\}, \quad \eta = \frac{R_{IN}}{H_D \cdot (\varepsilon_w + \rho_w \cdot Kd_w)}$$

帯水層中の濃度: $C_{GW}(x, t)$ (Bq/m^3)

$$\frac{\partial}{\partial t} R_s \cdot C_{GW}(x, t) = D_x \cdot \frac{\partial^2 C_{GW}(x, t)}{\partial x^2} - U_s \cdot \frac{\partial C_{GW}(x, t)}{\partial x} - R_s \cdot \lambda \cdot C_{GW}(x, t)$$

$$R_s = 1 + \frac{1 - f_s}{f_s} \cdot Kd_s \cdot \rho_s, \quad D_x = D_{mx} |U_s| + D_d$$

井戸水の濃度: $C_{WW}(t)$ (Bq/m^3)

$$C_{WW}(t) = C_{GW}(x_w, t) \cdot R_w$$

井戸水の濃度 $C_{WW}(t)$ を用いて、飲料水摂取や井戸水を利用して育てた農作物、畜産物、淡水産物摂取に係る被ばく線量を計算。

C_s	再生資材の濃度 (Bq/g)
S_o	遮蔽係数 (-)
t_o	年間被ばく時間 (h/y)
DF_{ext}	外部被ばく線量換算係数 ($\mu\text{Sv/h per Bq/g}$)
λ	崩壊定数 (y^{-1})
t_a	被ばく中の減衰期間 (y)
C_d	空气中粉塵濃度 (g/m^3)
f_d	微粒子への放射性物質の濃縮係数(吸入) (-)
B_o	呼吸量 (m^3/h)
DF_{inh}	吸入被ばくに対する線量係数 ($\mu\text{Sv/Bq}$)
f_c	微粒子への放射性物質の濃縮係数(経口) (-)
q	粉塵の摂取率 (g/h)
DF_{ing}	経口摂取の内部被ばく線量係数 ($\mu\text{Sv/Bq}$)
W	再生資材の総量 (g)
R_{IN}	浸透水量 (m/y)
H_D	再生資材が使用される部材の厚さ (m)
ε_w	再生資材が使用される部材の空隙率 (-)
ρ_w	再生資材が使用される部材のかさ密度 (g/cm^3)
Kd_w	再生資材が使用される部材の分配係数 (ml/g)
R_s	帯水層遅延係数 (-)
D_x	地下水流方向の分散係数 (m^2/y)
U_s	地下水流速 (m/y)
f_s	帯水層空隙率 (-)
Kd_s	帯水層土壌に対する分配係数 (mL/g)
ρ_s	帯水層土壌真密度 (g/cm^3)
D_{mx}	地下水流方向の分散長 (m)
D_d	分子拡散係数 (m^2/y)
R_w	井戸水の混合割合 (-)

2. 土地造成を例とした検討経路(1/2)

経路	検討対象		線源	対象者	被ばく形態	備考	
1	建設現場への運搬	積み下ろし作業	再生資材	作業者	外部	※経路No.14~23は草本植栽の場合(○-1)と木本植栽の場合(○-2)の2通りを評価する。 ※木本植栽の場合(○-2)は、さらに樹木の種類及び保全方法により、針葉樹、広葉樹・間伐、広葉樹・無間伐の3通りを評価する。(計4ケース) ※木本植栽の場合(○-2)は、樹木生長等を考慮し、経時変化を評価する。	
2					粉塵吸入		
3					直接経口		
4		運搬作業		作業者	外部		
5		運搬経路 周辺居住			一般公衆(成人)		外部
6					一般公衆(子ども)		外部
7	土取場等の埋戻し	敷均し・締固め 作業	埋戻し材料	作業者	外部		
8					粉塵吸入		
9					直接経口		
10		周辺居住 (埋戻し中)		一般公衆(成人)	外部		
11					粉塵吸入		
12					一般公衆(子ども)		外部
13							粉塵吸入
14-1	植栽作業 (埋戻し後)	草本の植付	作業者	外部			
14-2		木本の植付	作業者	外部			
15-1	土取場等の環境回復後 (草本または木本植栽)	保全作業 (緑地・草刈り)	埋戻し材料	作業者	外部		
15-2		保全作業 (伐採等)	埋戻し材料、樹木、 伐採木(伐採前・後)、 堆積有機物層	作業者	外部		
16-2					樹木等由来の粉塵	粉塵吸入	
17-2			直接経口				
18-1		周辺居住 (草本植栽)	埋戻し材料	一般公衆(成人)	外部		
18-2		周辺居住 (木本植栽)	埋戻し材料、樹木、 伐採木(伐採前・後)、 堆積有機物層	一般公衆(成人)	外部		
19-1		周辺居住 (草本植栽)	埋戻し材料	一般公衆(子ども)	外部		
19-2		周辺居住 (木本植栽)	埋戻し材料、樹木、 伐採木(伐採前・後)、 堆積有機物層	一般公衆(子ども)	外部		

2. 土地造成を例とした検討経路(2/2)

経路	検討対象	線源	対象者	被ばく形態	備考
20-1	土取場等の環境回復後 (草本または木本植栽)	環境回復地利用 (草本植栽)	埋戻材料	一般公衆(成人)	外部
20-2		環境回復地利用 (木本植栽)	埋戻材料、樹木、 伐採木(伐採前・後)、 堆積有機物層	一般公衆(成人)	外部
21-2			樹木等由来の粉塵		吸入
22-1		環境回復地利用 (草本植栽)	埋戻材料	一般公衆(子ども)	外部
22-2		環境回復地利用 (木本植栽)	埋戻材料、樹木、 伐採木(伐採前・後)、 堆積有機物層	一般公衆(子ども)	外部
23-2			樹木等由来の粉塵		吸入
24	土取場等の環境回復後 の地下水移行 (井戸水利用)	飲料水摂取	井戸水	一般公衆(成人)	経口
25				一般公衆(子ども)	経口
26		農耕作業	井戸水で 灌漑した土壌	作業者	外部
27					粉塵吸入
28		農作物摂取	灌漑した土壌で生産された 農作物	一般公衆(成人)	経口
29				一般公衆(子ども)	経口
30		畜産物摂取	灌漑した土壌で生産された 畜産物	一般公衆(成人)	経口
31				一般公衆(子ども)	経口
32		畜産物摂取	井戸水で飼育された畜産物	一般公衆(成人)	経口
33				一般公衆(子ども)	経口
34		養殖淡水産物 摂取	井戸水で養殖された 淡水産物	一般公衆(成人)	経口
35				一般公衆(子ども)	経口

※経路No.14~23は草本植栽の場合(○-1)と木本植栽の場合(○-2)の2通りを評価する。
 ※木本植栽の場合(○-2)は、さらに樹木の種類及び保全方法により、針葉樹・広葉樹・間伐、広葉樹・無間伐の3通りを評価する。(計4ケース)
 ※木本植栽の場合(○-2)は、樹木生長等を考慮し、経時変化を評価する。

3-1. 土地造成を例とした条件設定の詳細（施工時）

➤ 500 m × 500 m × 高さ 5 m の床堀型の土取場等の環境回復に再生資材を埋戻材として利用し、植生に合わせた客土で被覆（覆土厚；草本類：0.3 m、木本類：1.0 m）後、植栽による緑地化を行った場合を想定。

	草本植栽	木本植栽（針葉樹・広葉樹）
運搬作業	<ul style="list-style-type: none"> ● 積み下ろし作業（外部・吸入・経口） <ul style="list-style-type: none"> ・評価点：大型トラックに積み込んだ線源の側面中央から1m ・被ばく時間 1,000 h/y ・遮へい係数 0.4 	<ul style="list-style-type: none"> ● 運搬作業（外部） <ul style="list-style-type: none"> ・評価点：大型トラックに積み込んだ線源の側面中央から1m ・被ばく時間 1,000 h/y ・遮へい係数 0.9 ● 運搬経路周辺居住者（外部） <ul style="list-style-type: none"> ・評価点：大型トラックに積み込んだ線源の側面の底辺中央から1m ・被ばく時間 450 h/y ・遮へい係数 1.0
敷均し・締固め作業	<p>覆土による遮へいなし</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 敷均し・締固め作業（外部・吸入・経口） <ul style="list-style-type: none"> ・評価点：回復地中央、高さ 1 m ・被ばく時間 1,000 h/y ・遮へい係数 1.0 	<ul style="list-style-type: none"> ● 周辺居住者（外部・吸入） <ul style="list-style-type: none"> ・評価点：回復地端から1m、高さ 1m ・被ばく時間 8,760 h/y ・遮へい係数 0.2 <p>掘削穴の深さは一律に5.0 mとし、そこから育成に必要な覆土厚を除いたものを埋戻材厚さとした。 草本植栽：4.7 m 木本植栽：4.0 m</p>
植栽作業	<p>覆土（0.3 m）による遮へいあり</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 植栽作業（外部） <ul style="list-style-type: none"> ・評価点：回復地中央、高さ 1 m ・被ばく時間 1,000 h/y ・遮へい係数 1.0 	<p>覆土（1.0 m）による遮へいあり</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 植栽作業（外部） <ul style="list-style-type: none"> ・評価点：回復地中央、高さ 0.5m ・被ばく時間 1,000 h/y ・遮へい係数 1.0

3-2. 土地造成を例とした条件設定の詳細（供用時）

➤ 草本と木本による植栽を設定。木本による植栽については、針葉樹および広葉樹を植栽した場合をそれぞれ想定。広葉樹では、間伐を行う場合と無間伐の場合を想定。

	草本植栽	木本植栽(針葉樹・広葉樹)
草刈・伐採等作業、環境回復地利用、周辺居住	<p>覆土(0.3 m)による遮へいあり</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 利用者(外部) <ul style="list-style-type: none"> ・評価点: 回復地中央、高さ1m ・被ばく時間 400 h/y ・遮へい係数 1.0 ● 草刈作業者(外部) <ul style="list-style-type: none"> ・評価点: 回復地中央、高さ1m ・被ばく時間 250 h/y ・遮へい係数 1.0 <p>1h/dの散歩を想定</p> <p>年3回草刈を実施</p> <p>1年間住み続けることを想定</p> <p>● 周辺居住者(外部) <ul style="list-style-type: none"> ・評価点: 回復地端から1m、高さ1m ・被ばく時間 8,760 h/y ・遮へい係数 0.2 <p>【かさ密度】埋戻材: 2.0 g/cm³, 地面: 1.7 g/cm³, 覆土: 1.5 g/cm³</p> </p>	<p>覆土(1.0 m)による遮へいあり</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 利用者(外部) <ul style="list-style-type: none"> ・評価点: 回復地中央、高さ1m ・被ばく時間 400 h/y ・遮へい係数 1.0 ● 周辺居住者(外部) <ul style="list-style-type: none"> ・評価点: 回復地端から1m、高さ1m ・被ばく時間 8,760 h/y ・遮へい係数 0.2 ● 保全作業者(吸入・経口) ● 利用者(吸入) <ul style="list-style-type: none"> Csを含む樹木等由来の粉塵 <p>1h/dの散歩を想定</p> <p>1年間住み続けることを想定</p> <p>● 保全作業者(外部) <ul style="list-style-type: none"> ・評価点: 回復地中央、高さ1m ・被ばく時間 1,000 h/y ・遮へい係数 1.0 </p> <p>植栽2年後から、樹木にCsが移行</p> <p>● 針葉樹 <ul style="list-style-type: none"> ・植栽後7年目から5年毎に伐採(保全作業) ・年間580.09g/m²のリターフォール*1 </p> <p>● 広葉樹(間伐) <ul style="list-style-type: none"> ・年間437.2 g/m²のリターフォール*2 ・植栽後9年目から10年毎に管理道の保全作業を実施 ・植栽後49年目に間伐(保全作業) </p> <p>● 広葉樹(無間伐) <ul style="list-style-type: none"> ・年間437.2 g/m²のリターフォール*2 ・植栽後9年目から10年毎に管理道の保全作業を実施 ・間伐は行わない </p> <p>樹木中のCs濃度が最大となる植栽後2年で評価</p>
地下水移行	<ul style="list-style-type: none"> ・再生資材を使用する部材のみをソースタームに設定 ・埋戻材への浸透水量: 0.4 m/y(日本の浸透水量平均値) 	<ul style="list-style-type: none"> ・盛土の空隙率: 0.25 ・盛土の収着分配係数: 270 mL/g (IAEA TRS No.364, 有機土壌、砂) ・環境回復地端から井戸までの距離: 0 m

*1 井川原弘一、中川一、岐阜県森林研研報、31 (2002) 7-12. *2 河原輝彦、林試研報 Bull. For. & For. Prod. Res. Inst., 334 (1985) 21-52.

3-3. 評価時期ごとの線源の設定

草本植栽

- ・ 埋戻材のみを線源とした。
- ・ 環境回復直後の0年のみ評価を行った。

評価時期	線源
0年	埋戻材のみ

木本植栽

- ・ 環境回復直後は、埋戻材のみを線源とした。
- ・ 根系の伸長速度(4 cm/月)より、植栽後2年で根が埋戻材に達するとし、経根吸収により放射性Csがとりこまれた樹木も線源として設定した。

針葉樹

- ・ 植栽後7年目から5年毎に伐採を行うこととし、地表に均一に分布した伐採木も線源として設定する。なお、評価は5年ごと47年までとし、伐採の前後で評価した。
- ・ Csを含むリターフォール等で形成される堆積有機物層も線源として設定した。
- ・ Csが含まれる樹木等由来の粉塵を吸入・経口摂取した場合について評価した。

広葉樹(間伐)

- ・ Csを含むリターフォール等で形成される堆積有機物層も線源として設定した。
- ・ 植栽後49年目に間伐を行うこととし、地表に均一に分布した間伐木も線源として設定した。
- ・ Csが含まれる樹木等由来の粉塵を吸入・経口摂取した場合について評価した。

広葉樹(無間伐)

- ・ Csを含むリターフォール等で形成される堆積有機物層も線源として設定した。
- ・ Csが含まれる樹木等由来の粉塵を吸入・経口摂取した場合について評価した。

評価時期

線源

0年

埋戻材のみ

植栽後2年

埋戻材+樹木

植栽後7年・伐採前

埋戻材+樹木
+堆積有機物層

植栽後7年・伐採後

埋戻材+樹木
+伐採木
+堆積有機物層

植栽後12,17,22,27,32,
37,42,47年
(伐採前・後)

植栽後2年

Csを含む樹木等由来の
粉塵

評価時期

線源

0年

埋戻材のみ

植栽後2年

埋戻材+樹木

植栽後9,19,29,39,49年
(間伐前)

埋戻材+樹木
+堆積有機物層

植栽後49,59,69,79年
(間伐後)

埋戻材+樹木+堆積有
機物層+間伐木

植栽後2年

Csを含む樹木等由来の
粉塵

評価時期

線源

0年

埋戻材のみ

植栽後2年

埋戻材+樹木

植栽後9,19,29,39,
49,59,69,79年

埋戻材+樹木
+堆積有機物層

植栽後2年

Csを含む樹木等由来の
粉塵

3-4. 施設設計（覆土等の厚さ）による追加被ばく線量の更なる低減

- 評価対象は、供用時における一般公衆の決定経路となる周辺居住の子どもとした。
- 1 mSv/y相当の放射能濃度レベル 4,000 Bq/kg 及び 7,000 Bq/kgとした結果を下表に示す。
- 供用時の一般公衆の被ばく線量低減のための覆土厚*を検討し、覆土厚を40 cm以上とすると、外部被ばく線量が0.01 mSv/yを下回ることが確認できた。

経路	用途先	覆土等	再生資材の放射能濃度	覆土等の厚さに応じた一般公衆の追加被ばく線量 (外部被ばく) [mSv/y]			
			[Bq/kg]	30 cm	40 cm	50 cm	100 cm
一般公衆の外部被ばく	埋立材	草本類	4,000	0.016	0.0052	0.0018	—
			7,000	0.027	0.0091	0.0031	—
		木本類 (針葉樹)	4,000	0.016	0.0052	0.0018	0.00079
			7,000	0.027	0.0091	0.0031	0.00140
		木本類 (広葉樹・間伐)	4,000	0.016	0.0052	0.0018	0.00038
			7,000	0.027	0.0091	0.0031	0.00067
		木本類 (広葉樹・無間伐)	4,000	0.016	0.0052	0.0018	0.00037
			7,000	0.027	0.0091	0.0031	0.00065

*: 覆土厚は、国土交通省都市局公園緑地・景観課「植栽基盤の整備手順(案)」等を参考に設定した

4. 災害・復旧時（火災）の被ばく評価モデル

- 消防士：プルームからの被ばくは半無限線源（サブマージョンモデル）、地表からの被ばくは無限平板線源からの被ばくと想定し、被ばく線量を評価した。
- 一般公衆：火災によるプルームが大気条件に従ってガウスプルームモデルで拡散し、地表に至った濃度を用いて被ばく線量を評価した。

○消防士

- ・外部被ばく線量（プルーム）： D_1 (μ Sv/y) ・外部被ばく線量（地表）： D_2 (μ Sv/y)
$$D_1 = \frac{C_{surf} \cdot r}{H} \cdot DF_1 \cdot T \cdot 1000$$

$$D_2 = C_{surf} \cdot DF_2 \cdot T \cdot 1000$$
- ・内部被ばく線量（クラウド）： D_3 (μ Sv/y) ・内部被ばく線量（再浮遊）： D_4 (μ Sv/y)
$$D_3 = \frac{C_{surf} \cdot r}{H} \cdot K_{in} \cdot M \cdot T$$

$$D_4 = C_{surf} \cdot K_{in} \cdot F \cdot M \cdot T$$

C_{surf}	地表面のCs濃度 (Bq/m ²)
r	延焼速度と風速の比 (-)
H	線源の高さ方向の拡がり (m)
DF_1	半無限体積の線源に対する線量係数 (Sv/s per Bq/m ³)
T	被ばく時間 (s)
DF_2	無限平板の線源に対する線量係数 (Sv/s per Bq/m ²)
K_{in}	内部被ばく実効線量係数 (成人) (mSv/Bq)
M	呼吸率 (成人) (m ³ /s)
F	再浮遊率 (m ⁻¹)

○一般公衆

- ・ $\chi(x, y, z)$: 点 (x, y, z) における放射性物質の濃度 (Bq/m³)
$$\chi(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot U} \cdot \exp\left(-\lambda \frac{x}{U}\right) \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \left[\exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right]$$
- ・外部被ばく線量（プルーム）： D_1 (μ Sv/y) ・外部被ばく線量（地表）： D_2 (μ Sv/y)
$$D_1 = K \cdot \frac{E_\gamma}{0.5} \cdot Q_{Cs} \cdot \frac{D}{Q} \cdot 1000$$

$$D_2 = K_{ex} \cdot Q_{Cs} \cdot \frac{\chi}{Q} \cdot V \cdot f \cdot T \cdot 1000$$
- ・内部被ばく線量（クラウド）： D_3 (μ Sv/y) ・内部被ばく線量（再浮遊）： D_4 (μ Sv/y)
$$D_3 = M \cdot K_{in} \cdot Q_{Cs} \cdot \frac{\chi}{Q}$$

$$D_4 = M \cdot K_{in} \cdot F \cdot Q_{Cs} \cdot \frac{\chi}{Q} \cdot V \cdot f \cdot T$$

Q	放出率 (Bq/s) (=汚染濃度 × 汚染飛散率 × 積算延焼面積 ÷ 延焼時間)
U	放出源高さを代表する風速 (m/s)
λ	放射性物質の物理的崩壊定数 (1/s)
H	放出源の高さ (m)
σ_y	濃度分布のy方向の拡がりのパラメータ (m)
σ_z	濃度分布のz方向の拡がりのパラメータ (m)
K	空気カーマから実効線量への換算係数 (Sv/Gy)
E_γ	γ 線実効エネルギー (MeV)
Q_{Cs}	火災によるCsの大気放出量 (Bq)
D/Q	相対線量 (Gy/Bq)
K_{ex}	地表沈着による実効線量係数 (成人) (Sv/s per Bq/m ³)
χ/Q	相対濃度 (s/m ³)
V	沈着速度 (m/s)
f	残存割合 (-)

5. 土地造成を例とした災害・復旧時被ばく経路(1/2)

<津波>

経路	評価対象	線源	対象者	被ばく形態	備考
1	復旧作業	土壌侵食により 露出した 埋戻材	作業者	外部	降雨により発生した洪水で 地面の表層30 cmが流出し、 埋戻材が露出した場合を想定した。
2				粉塵吸入	
3				直接経口	
4	周辺居住		一般公衆(成人)	外部	
5				粉塵吸入	
6			一般公衆(子ども)	外部	
7				粉塵吸入	

<火災時>

経路	評価対象	線源	対象者	被ばく形態	備考
1	消火作業	プルームに含まれるCs	消防士	外部	木本植栽の火災を想定。 対象は、供用時と同様に、 以下の3ケースとした。
2		地表面沈着したCs		外部	
3		プルームに含まれるCs		粉塵吸入	
4		地表面沈着したCsの再浮遊		粉塵吸入	
5	周辺居住	プルームに含まれるCs	一般公衆	外部	
6		地表面沈着したCs		外部	
7		プルームに含まれるCs		粉塵吸入	
8		地表面沈着したCsの再浮遊		粉塵吸入	

5. 土地造成を例とした災害・復旧時被ばく経路(2/2)

<異常降雨(豪雨)>

経路	評価対象	線源	対象者	被ばく形態	備考
1	飲料水摂取	井戸水	一般公衆(成人)	経口	原子炉等規制法に基づくクリアランス*の評価において浸透水量の分布の最大値とされた1 m/yを用いて評価した。
2			一般公衆(子ども)	経口	
3	農耕作業	井戸水で灌漑した土壌	作業者	外部	
4				粉塵吸入	
5	農作物摂取	灌漑した土壌で生産された農作物	一般公衆(成人)	経口	
6			一般公衆(子ども)	経口	
7	畜産物摂取	灌漑した土壌で生産された畜産物	一般公衆(成人)	経口	
8			一般公衆(子ども)	経口	
9	畜産物摂取	井戸水で飼育された畜産物	一般公衆(成人)	経口	
10			一般公衆(子ども)	経口	
11	養殖淡水産物摂取	井戸水で養殖された淡水産物	一般公衆(成人)	経口	
12			一般公衆(子ども)	経口	

* 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第61条の2第4項に規定する精錬事業者等における工場等において用いた資材その他の物に含まれる放射性物質の放射能濃度についての確認等に関する規則第2条

6-1. 土地造成を例とした災害・復旧時検討条件の詳細

火災

植栽した樹木が全焼した場合を想定

延焼面積: 20 ha

風速: 1.0 m/s

●消防士(外部・吸入)

被ばく時間 24.0 h

ブルームからの被ばく

→ 半無限線源(サブマージョンモデル)

地表からの被ばく

→ 無限平板線源

線源の高さ方向の広がり

→ 100 m、200 m、500 m、1,000 m

●周辺公衆(外部・吸入)

被ばく時間 24.0 h

ブルーム、地表からの被ばく

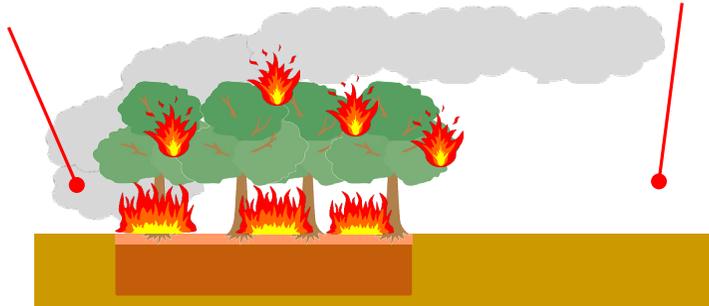
→ ガウスブルームモデル

<大気安定度>

→ A型、D型、F型

火災ブルームの上昇高さ

→ 100 m、200 m、500 m



火災は、植栽された樹木中の放射性セシウムの総量が最も多くなる時期に発生したものとした。

		針葉樹	広葉樹 (間伐)	広葉樹 (無間伐)
発生年(評価時期)		42	59	59
樹木中の 総Bq数	Cs-134	4.5E+1	6.3E-2	6.5E-2
	Cs-137	2.3E+7	6.7E+6	7.0E+6

(単位再生資材中濃度あたり)

津波

【かさ密度】埋戻材: 2.0 g/cm³、地面: 1.7 g/cm³

●復旧作業員(外部・吸入・経口)

評価点:

環境回復地中央、高さ1 m

被ばく時間 500 h/y

遮へい係数 1.0

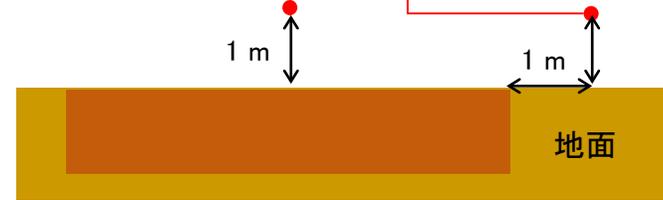
●周辺居住者(外部)

評価点:

埋戻材上端から1.0 m、高さ1.0 m

被ばく時間 2,160 h/y

遮へい係数 0.2



木本植栽の場合にも表面侵食による覆土の減少は考えられるが、覆土が1.0 mと厚く、線源の露出の可能性が低いこと、また、より線源が大きくなることから、草本植栽の評価で代表するものとした。

復旧に要する期間は、道路鉄道盛土等を参考に3ヶ月とした。

作業員が、復旧期間3ヶ月のうち、1日8時間・60日を当該作業に従事すると被ばく時間は480 h/yとなる。この結果から500 h/yと設定した。

周辺居住者の被ばく時間は復旧期間の3ヶ月とした。

●評価対象核種:

Cs-134、Cs-137(存在比 0.209:1)

●処理に伴う希釈は考慮しない。

異常降雨(豪雨)

地下水移行

浸透水量の分布の最大値とされる1 m/yを用いて線量評価を行った。

6-2. 土地造成を例とした災害・復旧時の被ばく線量の検討 (火災)

- 火災時の被ばく線量の検討経路は以下のとおり。
- 再生資材濃度7,000 Bq/kgで試算した結果を示す。伐採木の燃焼も考慮した。
- 被ばく線量が最大となる経路は、消防士のプルームによる内部被ばくであるが、3ケースとも1 mSv/y を下回った。

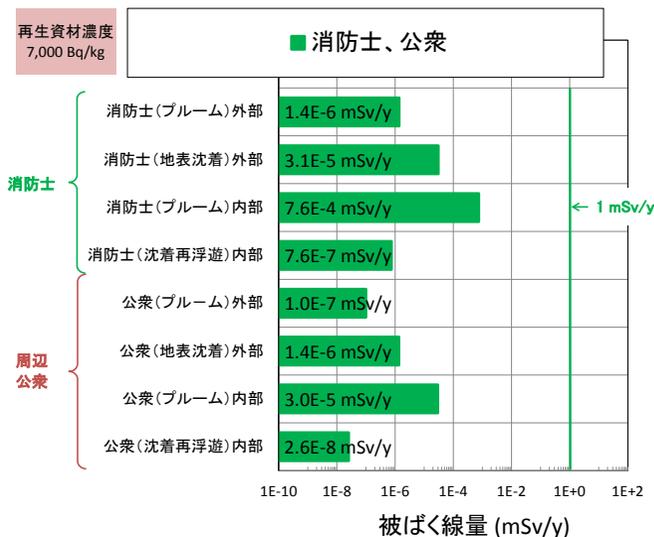
① 消防士の経路

経路	対象者	線源	被ばく形態
1	消防士	放出されたプルーム	外部
2		地表沈着したCs	外部
3		放出されたプルーム	粉塵吸入
4		地表沈着したCs	粉塵吸入

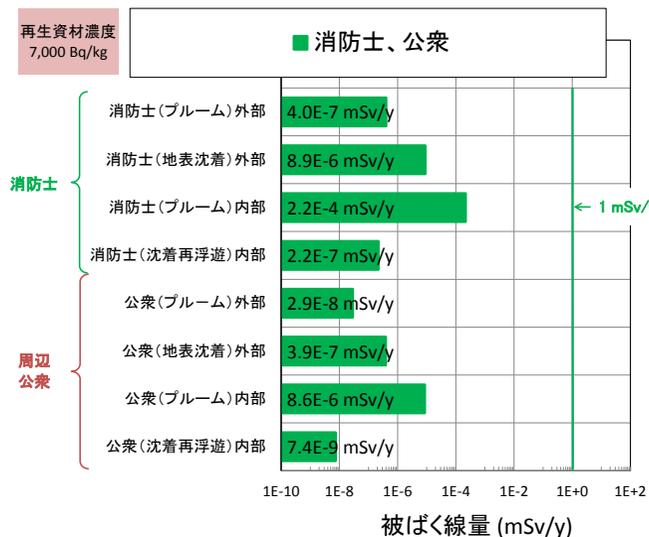
② 周辺公衆の経路

経路	対象者	線源	被ばく形態
5	周辺公衆	放出されたプルーム	外部
6		地表沈着したCs	外部
7		放出されたプルーム	粉塵吸入
8		地表沈着したCs	粉塵吸入

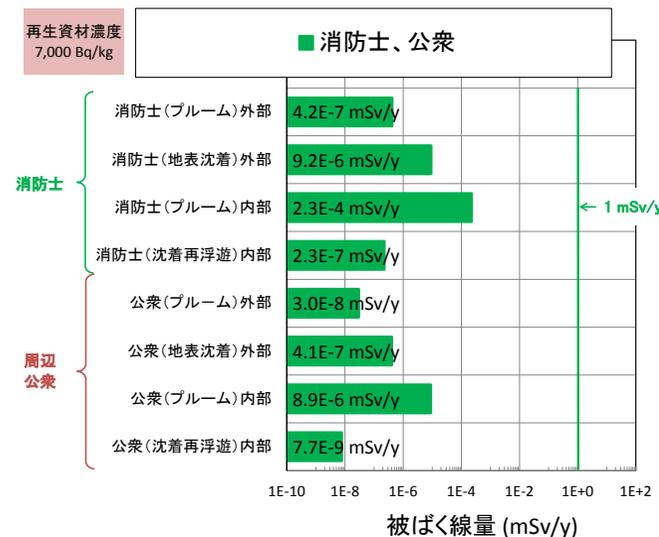
針葉樹(42年目)



広葉樹・間伐(59年目)



広葉樹・無間伐(59年目)



6-3. 土地造成を例とした災害・復旧時の被ばく線量の検討 (津波・異常降雨(豪雨))

- 津波と異常降雨(豪雨)時の被ばく線量の検討経路は以下のとおり。
- 再生資材濃度7,000 Bq/kgで試算した結果を示す。
- 被ばく線量が最大となる経路は、復旧作業時の外部被ばくであるが、1 mSv/yを下回った。

①復旧作業者の経路(津波)

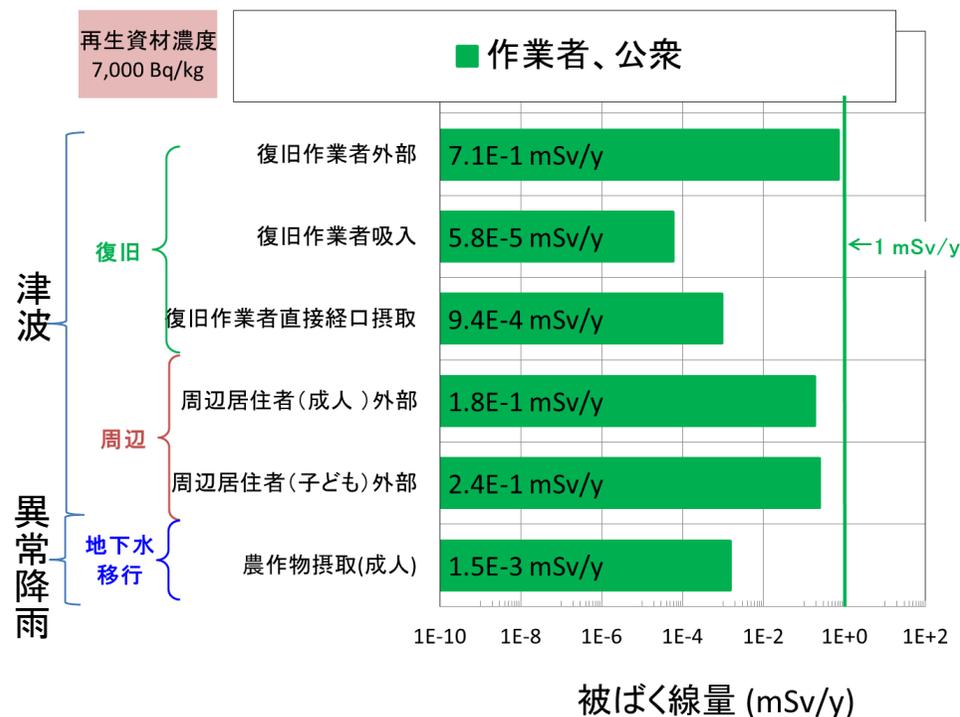
対象者	線源	被ばく形態
復旧作業者	露出した埋戻材	外部
		粉塵吸入
		直接経口

②周辺居住者の経路(津波)

対象者	線源	被ばく形態
周辺居住者(成人)	露出した埋戻材	外部
周辺居住者(子ども)		外部

③地下水移行の経路(異常降雨(豪雨))

対象者	線源	被ばく形態
一般公衆(成人)	地下水で灌漑された土壌で生産された農作物	農作物摂取

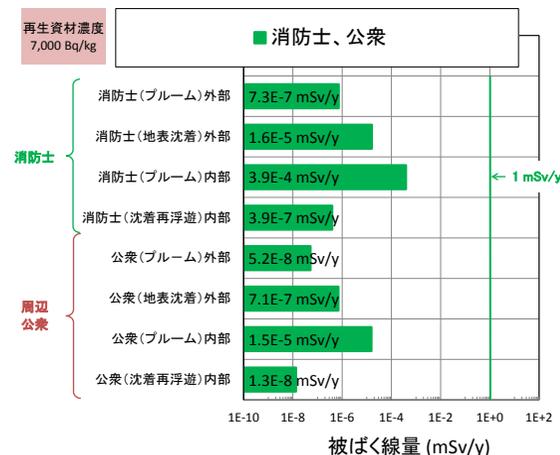


6-4. 火災評価における伐採木考慮の有無による評価結果比較 (針葉樹)

- 既往の海岸防災林の火災評価では、立木の燃焼のみを想定し、伐採木の燃焼は考慮していない。
- 本評価では、伐採木も燃えたとした評価を行った。
- 対象は伐採木の材積が多く、最も影響が大きい針葉樹とした。
- 火災は対象の樹木中の総Bq数が最大となる時期に発生するとした。
- 表に単位再生資材濃度の場合に樹木中の総Bq数が最大となる時期とその時のBq数を示す。
- より保守的に伐採木を考慮したケースの被ばく線量は、立木だけのケースに比べて約2倍高くなる結果となった。
- ただし、どちらのケースにおいても、最大となる消防士のプルーフによる内部被ばくの線量は、十分に1 mSv/yを下回ることが確認できた。

		立木のみ	立木+伐採木
評価年(再生利用開始から災害発生年までの経過年数)		37	42
樹木中の総Bq数	Cs-134	1.1E+2	4.5E+1
	Cs-137	1.2E+7	2.3E+7

立木のみ



(単位再生資材中濃度あたり)

立木+伐採木

