

仮置場原状回復後の跡地利用における被ばく線量評価

1. はじめに

2011年3月に発生した、東京電力福島第一原子力発電所事故による放射性物質の拡散に伴い、福島県をはじめとし、広範囲にわたる地域が汚染された。これら環境汚染からの回復のため、放射性物質汚染対処特措法に基づき、生活圏を中心とした除染が行われている。福島県内における除染は、図1のとおり、国が除染実施計画を策定し除染事業を進める地域（除染特別地域）と、市町村が除染実施計画を策定し除染事業を進める地域（汚染状況重点調査地域）で実施されている。面的除染については除染特別地域内の帰還困難区域を除き、2018年3月までに全てが終了している。¹⁾

福島県内の除染活動に伴い生じた除去土壌等は、仮置場等で一時保管された後、順次中間貯蔵施設への輸送が行われ、福島県外で最終処分するまでの間、安全かつ集約的に管理・保管される。輸送が完了した仮置場は、従前の土地利用を基本として原状回復（土地の機能を回復）される。原状回復作業では、除去土壌等の保管場所跡地において、仮置場を管理する市町村等が空間線量率等の測定を行い、除去土壌等の保管による明らかな汚染が無いことを確認し、仮に汚染が確認された場合は表土の除去等を行った上で、土地の所有者に返地することとなっている。^{2,3)}

原状回復後の仮置場を地権者へ返地する際、仮置場跡地の被ばく線量評価の結果を地権者に提示することで、仮置場跡地の安全性を効果的に伝えられると考えられる。県は市町村の支援を行う役割を担っていることから、特に汚染状況重点調査地域の仮置場跡地の利用者の将来的な追加被ばく線量を評価することが重要である。

本報では、評価シナリオ、計算モデル、パラメータを検討し、放射性セシウムの単位濃度（1 Bq/kg）あたりの追加被ばく線量（仮置場跡地の人工核種由来の被ばく線量）を計算することで、原状回復後の仮置場跡地の利用者の追加被ばく線量を様々な土地利用に応じて評価する手法を確立した。これにより、市町村や地権者からの要望に応じて、個々の仮置場における、表土の放射性セシウム濃度に応じた評価が可能となる。また、被ばく時間や食物摂取量等のパラメータに平均値を用いた計算結果と、保守的な値を用いた計算結果を比較することで、不確実性を評価した。更に、実際の仮置場跡地の表土のセシウム濃度や空間線量率の測定値を用いて、追加被ばく線量を事例的に計算し、追加被ばく線量の目標値である1 mSv/year^{*1}と比較した。これらは、IAEAの文書であるGeneral Safety Guide No. GSG-3⁴⁾（以下「GSG-3」という。）やSafety Guide No. WS-G-5.1⁵⁾（以下「WS-G-5.1」という。）を参考に、評価の背景、仮置場とその原状回復に関する情報を整理した上で、様々な可能性を考慮してシナリオを検討して評価を行った。GSG-3では、IAEAの文書であるGeneral Safety Requirements Part 5⁶⁾の安全要件を満たす推奨事項が示されている。また、GSG-3では、確率論的アプローチと決定論的アプローチを組み合わせることで、評価結果の信頼性を高めることができるとされている。しかしながら、確率論的アプローチを行うためには、パラメータ値の確率分布の把握が

*1 放射性物質汚染対処特措法に基づく基本方針では、追加被ばく線量（人工核種による被ばく）が1 mSv/year以下となることが長期的な目標として示されている。これは、ICRPが勧告する、公衆被ばくの線量限度1 mSv/yearと同じ値である。

必要であるが、そのようなデータの入手は困難である。そのため、本報では、GSG-3が推奨するアプローチとは異なるが、平均値等のパラメータ値を用いた評価と、それらのパラメータ値のばらつきを考慮した不確実性の検討の両方を行うことで、評価の信頼性を高めた。本報のフローを図2に示す。

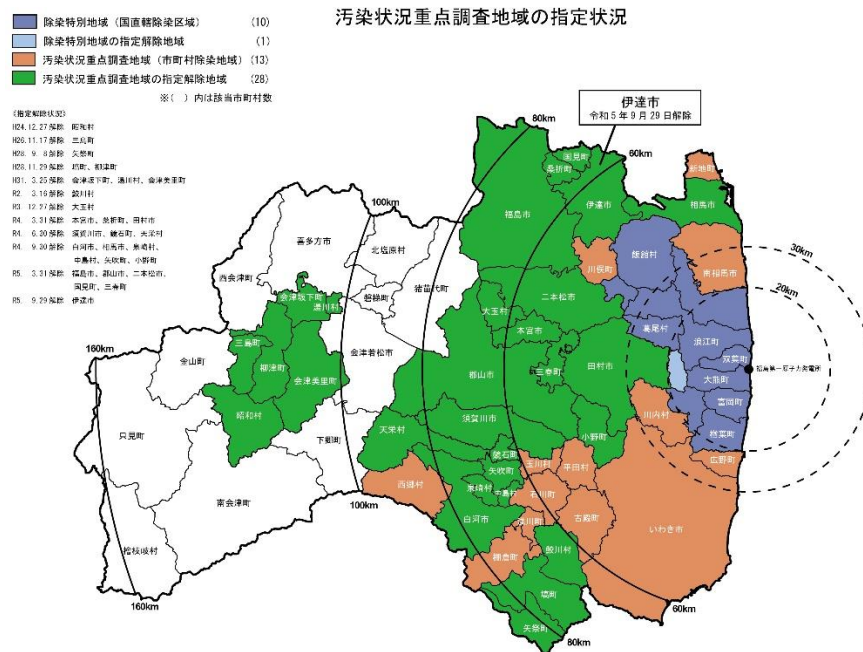


図1 福島県内の汚染状況重点調査地域⁷⁾

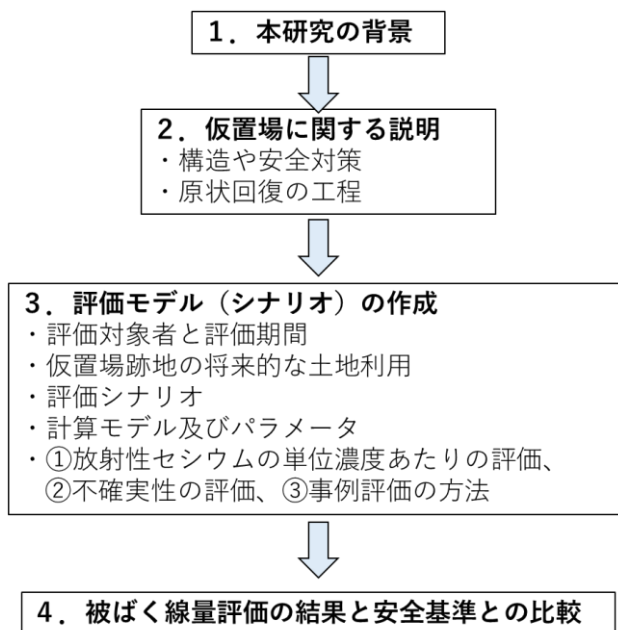


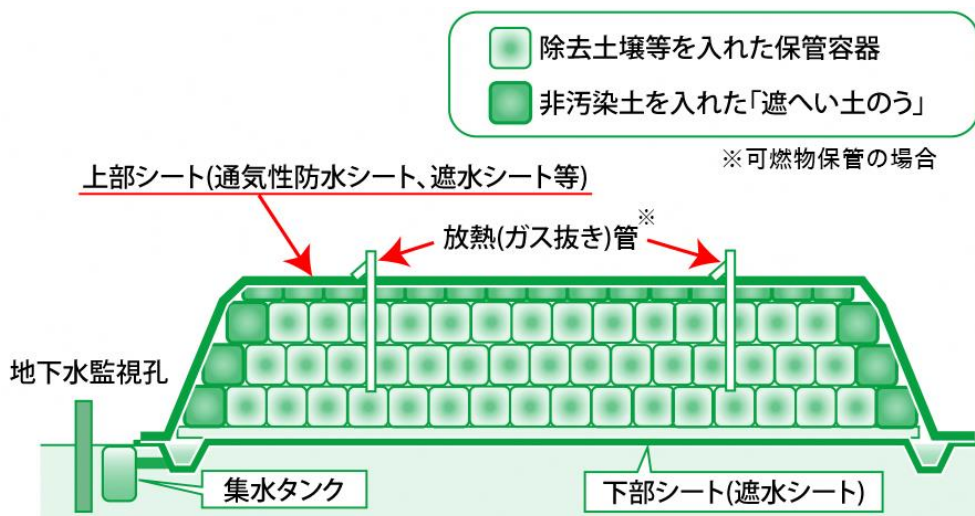
図2 被ばく線量評価のフロー

2. 仮置場の構造、安全対策及び原状回復

除去土壌等仮置場は、環境省が定める除染関係ガイドライン²⁾に従って設計・管理されている。同ガイドライン²⁾では、安全対策として7つの施設要件（①遮へいと離隔、②除去土壌の飛散防止、③雨水等の侵入の防止、④除去土壌及び放射性物質の流出防止、⑤放射性物質以外の成分による影響防止、⑥耐震等、⑦その他必要な措置）と3つの管理要件（①立入制限、②放射線量等の監視及び修復措置、③記録の保存）があり、安全に保管されている。図3に一般的な地上保管型の仮置場の構造を示す。仮置場では、除去土壌の保管開始前後や保管中に空間線量率等の測定が行われる。

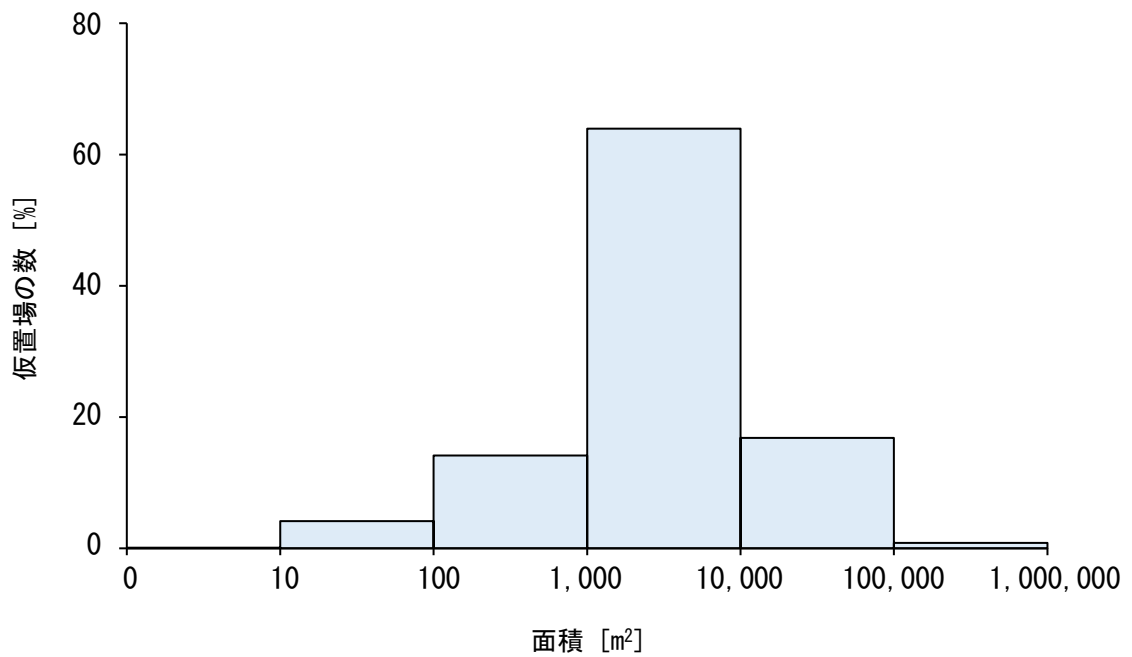
汚染状況重点調査地域の仮置場の面積分布は図4に示すとおり。仮置場の60%以上が1,000 m²から10,000 m²である。仮置場として整備する前の土地利用と、土地利用毎の面積は表1に示すとおり。水田や畑地等の農地、森林や公園等が仮置場に造成された。

仮置場から中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送や、仮置場の原状回復は進んでおり、県内の多くの仮置場において返地が完了している。汚染状況重点調査地域の仮置場数の推移を図5に示す。



出典：除染情報サイト - 仮置場について

図3 仮置場の基本構造⁸⁾



出典：福島県除染対策課（現：中間貯蔵・除染対策課）

図4 福島県の汚染状況重点調査地域の仮置場の面積の分布

表1 汚染状況重点調査地域の仮置場の元の土地利用と面積

元の土地利用	元の土地利用と面積が 明らかな仮置場の数	面積[m ²]		
		平均値	最小値	最大値
水田	232	8,511	182	129,079
畑地	282	5,333	10	55,853
牧草地	10	54,371	500	363,000
森林	104	11,775	15	122,000
公園	70	1,828	9	20,000
その他（駐車場等）	122	10,484	15	360,871
全体	821	8,204	9	363,000

出典：福島県除染対策課（現：中間貯蔵・除染対策課）

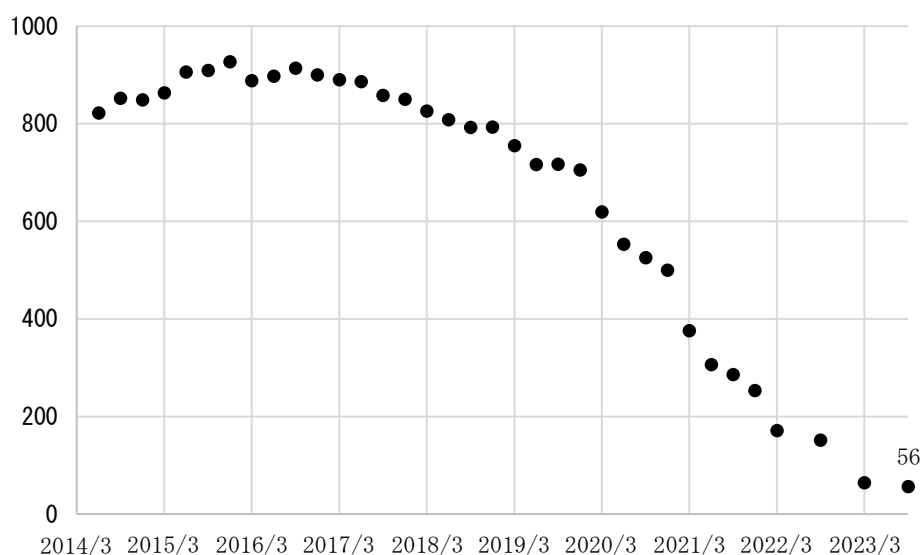


図5 汚染状況重点調査地域の仮置場箇所数の推移⁹⁾

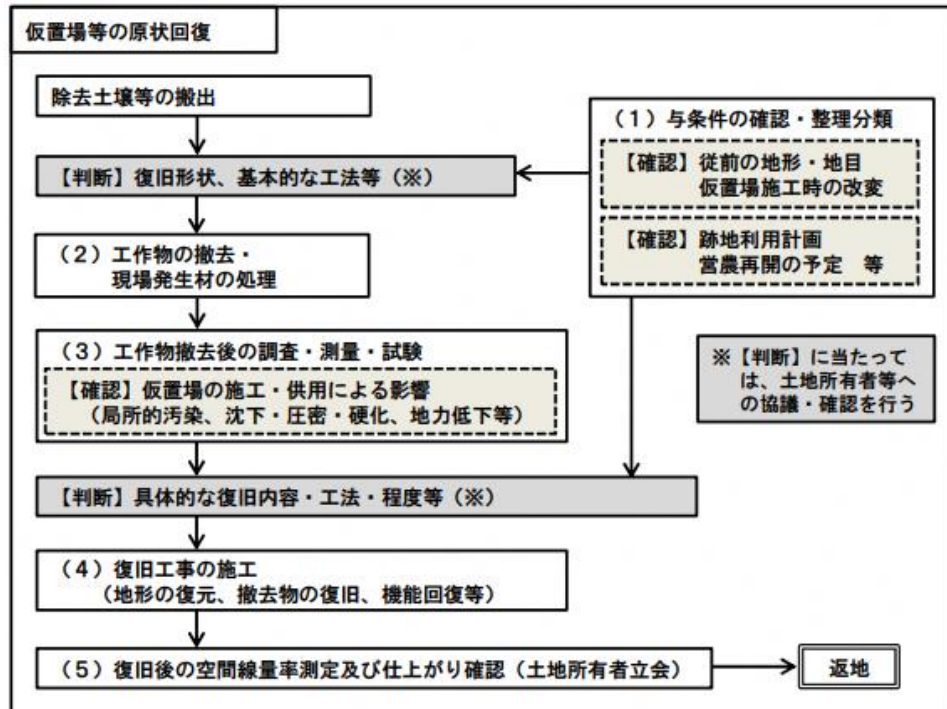
仮置場の原状回復は、環境省が定める除染関係ガイドライン²⁾や仮置場等の原状回復に係る現場手順書³⁾に従って実施される。保管していた除去土壌等の搬出が完了した仮置場では、図6に示す手順のとおり原状回復が行われ、土地の所有者へ返地される。原状回復は、仮置場に造成する前の土地利用に復旧することを基本とし^{*2}、仮置場としての利用に伴い変更された形状を元に戻すとともに、跡地利用に支障をきたさないよう機能回復を図ることとなっている。

仮置場は、表土層が放射性物質で汚染されない構造及び管理手法となっているが、万一、除去土壌等の搬入出中または保管中に放射性物質の漏出が発生した場合、表土層が放射性物質で汚染される恐れがある。除去土壌等及び工作物を撤去した後、空間線量率等の測定を行い、土地に局所的な汚染が生じていないか確認する。測定点は、基本的に、除去土壌等を置いていた範囲の中心及び各四隅1点ずつである。1つの仮置場の中に複数の保管場所があれば、それぞれの中心及び四隅を測定する。なお、汚染がないことを判断するための比較対象は、仮置場の設置前や管理時の空間線量率等、周囲の除染済みの同一地目の土地の空間線量率等である。局所的な汚染が確認された場合は表土の除去等を行う。更に、全ての復旧工事が完了した後、空間線量率等の測定を行う。

全ての空間線量率等の測定結果は記録され、原状回復終了後の返地時に必要に応じて土地所有者に提示される。

なお、除染関係ガイドラインで示されている原状回復のフローでは、空間線量率の測定は行われることになっているが、仮置場跡地の追加被ばく線量評価は含まれていない。

*2 土地の所有者の意向により、従前とは異なる形状に変更する場合もある。



出典:除染関係ガイドライン²⁾

図6 仮置場の原状回復のフロー

3. 追加被ばく線量評価モデルの検討

3. 1. 評価対象者と評価期間

汚染状況重点調査地域（市町村が仮置場の管理・原状回復を行っている）の仮置場跡地の利用者を評価対象とした。また、年齢によって線量換算係数や食物摂取量や被ばく時間等の値が異なるため、評価対象者の年齢区分を大人（20歳以上）及び未成年とし、未成年については1-6歳、7-14歳、15-19歳と細分化し、それぞれに適したパラメータ値を用いて評価を行った。放射性核種の物理減衰により、環境中の放射性核種濃度は一般に時間とともに低下する。一方、人々の被ばくは、放射性核種の濃度と仮置場跡地での活動の両方に依存する。このような状況を踏まえると、例えば林業では時間の経過とともに被ばく量が増加し、評価期間の初期の被ばく量が最大になるとは限らない。これらの理由から、経過毎年に被ばく線量を増加させ得る要因を考慮し、被ばく量が最大となる年を検討した。

3. 2. 評価シナリオ

GSG-3及びWS-G-5.1で推奨されているとおり、被ばく線量評価を行うにあたり評価シナリオを検討した。また、評価シナリオで潜在的な危険性を考慮すべきとされているため、様々な可能性を考慮した。

仮置場跡地の土地利用に応じた評価シナリオを作成するため、仮置場跡地で想定される土地利用を検討した。仮置場の原状回復は、仮置場設置前の土地利用を基本として行

われるが、土地の所有者の意向により、従前とは異なる形状に変更する場合もある。そのため、従前の土地利用である農地、森林、公園、駐車場だけではなく、住宅、工場、商業施設、資材置場といった想定される土地利用についても図7のとおり検討した。

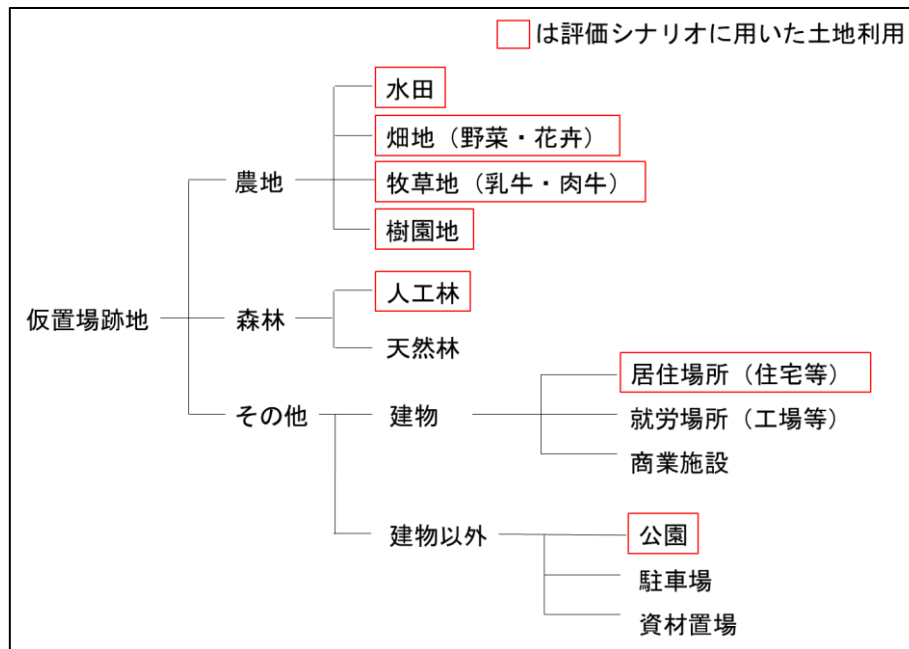


図7 評価にあたり想定した仮置場跡地の土地利用

農地シナリオは、水田、畑地、牧草地、樹園地シナリオに分類した。畑地シナリオは、食物摂取による内部被ばくを伴う野菜シナリオと、労働時間が長く外部被ばくが大きくなる花卉シナリオの2通りに細分化した。牧草地シナリオは、代表的に乳牛、肉牛シナリオの2通りに細分化した。森林シナリオは、人工林、天然林シナリオを想定したが、仮置場跡地が天然林に近い状態になるには、非常に長い時間を要し、その間に放射性核種が物理減衰するため、人工林シナリオのみ評価した。その他の土地利用のうち、建物については、居住場所（住宅等）、就労場所（工場）、商業施設シナリオを想定したが、最も滞在時間が長い住宅シナリオのみを評価した。建物以外のシナリオについては、公園、駐車場、資材置場シナリオを想定したが、建物と同様に、最も滞在時間が長い公園シナリオのみを評価した。これら9種類のシナリオを表2に示す。

各シナリオにおいて、土地利用に応じた被ばく経路を、(一社)日本原子力学会の文書である日本原子力学会標準 浅地中処分の安全評価手法:2016¹⁰⁾(以下、「学会標準」という。)と、IAEAの文書である Safety Reports Series No. 44¹¹⁾(以下、「SRS No. 44」という。)を参照し検討した。全てのシナリオに共通する被ばく経路として、仮置場跡地での活動時・滞在時における外部被ばく、意図しない仮置場跡地の土壌摂取による内部被ばく、仮置場跡地から発生するダストの吸入による内部被ばくを設定した。仮置場跡地由来の食物摂取による内部被ばくについて、水田シナリオ、畑地(野菜)シナリオ

及び樹園地シナリオにおける作物摂取、牧草地（乳牛）シナリオにおける牛乳の摂取、住宅シナリオにおける家庭菜園での作物摂取を想定し設定した。福島県の飲料水（井戸水含む）のモニタリング¹²⁾では、放射性セシウムが検出されていないため、仮置場跡地由来の水の摂取による被ばくは考慮しなかった。各被ばく経路のイメージを図 8 に示す。

牧草地（肉牛）シナリオにおいては、牛肉の摂取が考えられるが、法律上、許認可を受けたと畜場以外ではと畜できないため、酪農家が牛肉を自家消費するのは現実的ではないと判断し、食物摂取による内部被ばくは設定しなかった。また、仮置場跡地に牛舎を建て、牛を育てている事例が無いことがわかっている（福島県除染対策課調べ(2021)）。しかしながら、将来的に牛舎を建てる事例が発生する可能性を否定できないため、牧草地（乳牛・肉牛）シナリオでは、仮置場跡地内で牛を育てる仮定を置くこととした。

森林シナリオにおいては、キノコや山菜の摂取が考えられるが、これらの採取は主に天然林で行われる¹³⁾ため、本報では評価の対象外とした。

なお、農地や人工林といった、労働を伴う土地利用について、未成年者も大人に同行する場合がありますと考え、上記のシナリオ及び被ばく経路は、全年齢区分で共通とした。

表 2 仮置場跡地の土地利用毎の活動内容・被ばく経路

No.	土地利用	仮置場跡地での活動	被ばく経路
1	水田	仮置場跡地を「水田」に原状回復した後、現地で稲を育て、育ったお米を摂取する。	①：稲を育てる際の「外部被ばく」 ②：育ったお米を摂取する際の「内部被ばく」 ③：稲を育てる際の土壌摂取による「内部被ばく」 ④：稲を育てる際のダストの吸入による「内部被ばく」
2	畑地 (野菜)	仮置場跡地を「畑地」に原状回復した後、野菜を育て、育った野菜を摂取する。	①：作物を育てる際の「外部被ばく」 ②：育った作物を摂取する際の「内部被ばく」 ③：作物を育てる際の土壌摂取による「内部被ばく」 ④：作物を育てる際のダストの吸入による「内部被ばく」
3	畑地 (花卉)	仮置場跡地を「畑地」に原状回復した後、花卉を育てる。	①：作物を育てる際の「外部被ばく」 ②：作物を育てる際の土壌摂取による「内部被ばく」 ③：作物を育てる際のダストの吸入による「内部被ばく」
4	樹園地	仮置場跡地を「樹園地」に原状回復した後作物を育て、育った作物を摂取する。	①：作物を育てる際の「外部被ばく」 ②：育った作物を摂取する際の「内部被ばく」 ③：作物を育てる際の土壌摂取による「内部被ばく」 ④：作物を育てる際のダストの吸入による「内部被ばく」

5	牧草地 (乳牛)	仮置場跡地を「牧草地」に原状回復した後、跡地内で乳牛を育てる。育てた牛からの牛乳を摂取する。	①：乳牛を育てる際の「外部被ばく」 ②：育てた牛から牛乳を摂取する際の「内部被ばく」 ③：乳牛を育てる際の土壌摂取による「内部被ばく」 ④：乳牛を育てる際のダストの吸入による「内部被ばく」
6	牧草地 (肉牛)	仮置場跡地を「牧草地」に原状回復した後、跡地内で肉用牛を育てる。	①：肉用牛を育てる際の「外部被ばく」 ②：肉用牛を育てる際の土壌摂取による「内部被ばく」 ③：肉用牛を育てる際のダストの吸入による「内部被ばく」
7	人工林	仮置場跡地を「人工林」に原状回復し、林業を行う。	①：作業を行う際の「外部被ばく」 ②：作業を行う際の土壌摂取による「内部被ばく」 ③：作業を行う際のダストの吸入による「内部被ばく」
8	住宅	仮置場跡地を更地化した後、その場所に住宅を建てて生活する。また、家庭菜園 ^{*3} を行い、育てた作物を摂取する。	①：屋内で生活する際の「外部被ばく」 ②：家庭菜園を行う際の「外部被ばく」 ③：家庭菜園で育てた作物を摂取することによる「内部被ばく」 ④：家庭菜園を行う際の土壌摂取による「内部被ばく」 ⑤：家庭菜園を行う際のダストの吸入による「内部被ばく」
9	公園	仮置場跡地を更地化した後、その場所を公園にして利用する。	①：公園内で活動する際の「外部被ばく」 ②：公園内で活動する際の土壌摂取による「内部被ばく」 ③：公園内で活動する際のダストの吸入による「内部被ばく」

*3 住宅の敷地内の屋外作業は様々なものが考えられるが、今回の評価では代表的に家庭菜園を仮定した。

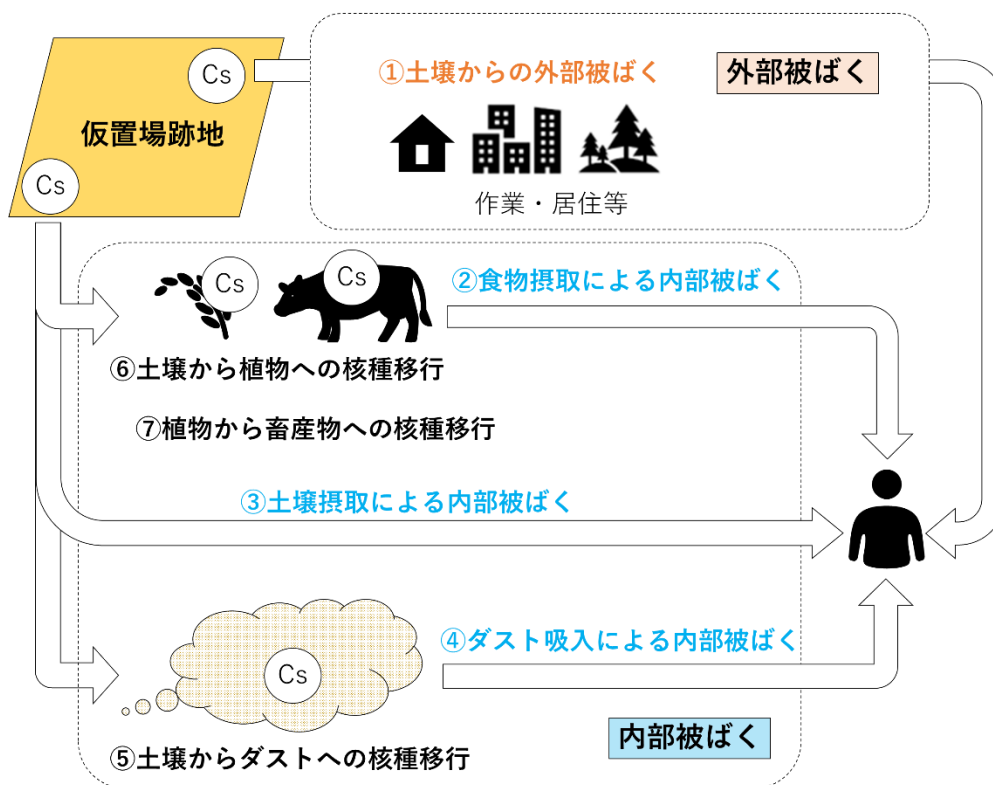


図8 被ばく経路のイメージ

3. 3. 計算モデル及びパラメータ

追加被ばく線量評価を行うにあたり、学会標準及びSRS No. 44を参照し、使用する計算モデルを式(1)～(8)のとおり検討した。③土壌摂取による内部被ばくモデルは、②食物摂取による内部被ばくモデルを参考に検討した。③土壌摂取による内部被ばくモデル及び⑤土壌からダストへの核種移行モデルについては、SRS No. 44を参照し、粒子が微細であるほど放射性核種濃度が高い傾向があることを考慮するためのパラメータを追加した。

①土壌からの外部被ばくモデル

$$D_{ext}(i) = C_s(i)S_s(i)t_s D_{CF,EXT}(i) \quad \dots \text{式(1)}$$

$D_{ext}(i)$: 放射性核種 i による外部被ばく線量 [Sv/year]

$C_s(i)$: 放射性核種 i の土壌中濃度 [Bq/kgDW]

$S_s(i)$: 放射性核種 i の遮へい係数[-]

t_s : 被ばく時間 [h/year]

$D_{CF,EXT}(i)$: 放射性核種 i の外部被ばく線量換算係数 [(Sv/h) / (Bq/kgDW)]

②食物摂取による内部被ばくモデル

$$D_{ing,f}(i) = C_f(i)M_f G_f D_{CF,ING}(i) \cdots \text{式 (2)}$$

$D_{ing,f}(i)$: 放射性核種 i の経口摂取による内部被ばく線量 [Sv/year]

$C_f(i)$: 食物中の放射性核種 i の濃度 [Bq/kgFW]

M_f : 食物の年間摂取量 [kgFW/year]

G_f : 食物の市場希釈係数 [-]

$D_{CF,ING}$: 放射性核種 i の経口内部被ばく線量換算係数 [Sv/Bq]

③土壌摂取による内部被ばくモデル

$$D_{ing,s}(i) = C_s(i)f_{c,s}M_s t_{s,ing} D_{CF,ING}(i) \cdots \text{式 (3)}$$

$D_{ing,s}(i)$: 放射性核種 i の経口摂取による内部被ばく線量[Sv/year]

$C_s(i)$: 土壌中の放射性核種 i の濃度[Bq/kgDW]

$f_{c,s}$: 土壌摂取に係る微細な土壌粒子における比放射能の濃度係数[-]

M_s : 土壌の時間あたり摂取量[kgDW/h]

$t_{s,ing}$: 仮置場跡地で土壌を摂取する時間[h/year]

$D_{CF,ING}(i)$: 放射性核種 i の経口内部被ばく線量換算係数[Sv/Bq]

④吸入による内部被ばくモデル

$$D_{inh}(i) = C_a(i)B_A t_{s,inh} D_{CF,INH}(i) \cdots \text{式 (4)}$$

$D_{inh}(i)$: 放射性核種 i の吸入による内部被ばく線量 [Sv/year]

$C_a(i)$: 大気中の放射性核種 i の濃度 [Bq/m³]

B_A : 呼吸率 [m³/h]

$t_{s,inh}$: 仮置場跡地でダストを吸入する時間 [h/year]

$D_{CF,INH}(i)$: 放射性核種 i の吸入内部被ばく線量換算係数 [Sv/Bq]

⑤土壌からダストへの核種移行モデル

$$C_a(i) = C_s(i)f_{c,d}d_R \cdots \text{式 (5)}$$

$C_a(i)$: 大気中の放射性核種 i の濃度 [Bq/m³]

$C_s(i)$: 放射性核種 i の土壌中の濃度 [Bq/kgDW]

$f_{c,d}$: ダスト吸入に係る微細な土壌粒子における比放射能の濃度係数[-]

d_R : 大気中ダスト濃度 [kgDW/m³]

⑥土壌から米・野菜への核種移行モデル

$$C_{V,f}(i) = C_s(i)T_{R,f}(i) \quad \dots \text{式 (6)}$$

$C_{V,f}(i)$: 農作物中の放射性核種 i の濃度 [Bq/kg FW]

$C_s(i)$: 放射性核種 i の土壌中の濃度 [Bq/kg DW]

$T_{R,f}(i)$: 土壌から農作物への放射性核種 i の移行係数 [(Bq/kg FW) / (Bq/kg DW)]

⑦土壌から牧草への核種移行モデル

$$C_{V,p}(i) = C_s(i)T_{R,p}(i) \quad \dots \text{式 (7)}$$

$C_{V,p}(i)$: 牧草中の放射性核種 i の濃度 [Bq/kg DW]

$C_s(i)$: 放射性核種 i の土壌中の濃度 [Bq/kg DW]

$T_{R,p}(i)$: 土壌から牧草への放射性核種 i の移行係数 [(Bq/kg DW) / (Bq/kg DW)]

⑧牧草から畜産物への核種移行モデル

$$C_{Ca}(i) = C_{V,p}(i)M_g f_r T_{AM}(i) \quad \dots \text{式 (8)}$$

$C_{Ca}(i)$: 放射性核種 i の畜産物中の濃度 [Bq/kg FW]

$C_{V,p}(i)$: 牧草中の放射性核種 i の濃度 [Bq/kg DW]

M_g : 家畜の牧草摂取量 [kg DW/day]

f_r : 牧草の市場希釈係数 [-]

$T_{AM}(i)$: 摂取する放射性核種 i が畜産物に移行する割合 [day/kgFW]

各パラメータ値は基本的に平均値とし、年齢区分毎（大人、1-6 歳、7-14 歳、15-19 歳）に適した値を用いた。換算係数や移行係数等は Satoh らの報告¹⁴⁾や IAEA や ICRP の文書^{15, 16)}に記載されている値を用いた。また、平均値が不明なパラメータについては、（一社）日本原子力学会の文書^{10, 17)}や IAEA の文書である Technical Reports Series No. 472¹⁸⁾に記載されている値を用いた。評価に用いた各パラメータ値を付録 A の表 A1 ~A10 に示す。

評価対象核種は、事故で放出された他の放射性核種より半減期が長く、国の報告書¹⁹⁾より、環境への放出量が多いと推計されているセシウム 134 及びセシウム 137 とした。セシウム 134 とセシウム 137 の存在比は、国の報告書¹⁹⁾より、原子力発電所事故発生時点の比を 1:1 とし、物理減衰を考慮して計算した。仮置場跡地の土壌中の放射性セシウムの分布は、仮置場の造成方法、跡地の土地利用や事故からの経過時間等によって異なると考えられる。

式(1)で使用した外部被ばく線量換算係数 $D_{CF,EXT}(i)$ は放射性セシウムの深度分布に依存する。放射性セシウムの深度分布は、人為的な攪拌が無い場合、指数関数的に分布

^{20, 21)}、またはある深さにピークを持つとされている²²⁾。農地等の人為的な攪拌がある場合は平均化される²⁰⁾。地表から指数関数的に放射性セシウムが分布している場合、重量深度 ζ (g/cm²) における放射能濃度 $A_m(\zeta)$ (Bq/kg) は、地表面の放射能濃度 $A_{m,0}$ (Bq/kg)、重量深度 ζ (g/cm²) 及び重量緩衝深度 β (g/cm²) により、式(9)に示す指数関数式²³⁾で表せる。

$$A_m(\zeta) = A_{m,0} \exp(-\zeta/\beta) \cdots \text{式 (9)}$$

重量深度 ζ は土の深さ (cm) と密度 (g/cm³) の積で定義される。重量緩衝深度 β は、放射性セシウムの深度分布を表すパラメータであり、値が小さいほど地表付近に放射能濃度が集中していることになる。Kato ら²¹⁾により、事故直後の人為的な攪拌が無い土地での重量緩衝深度 β は 1 g/cm² 程度であることが報告されている。一方、事故から約9年後に行われた原子力規制委員会の調査²⁴⁾では重量緩衝深度 β が4程度であったと報告されている。本報では、保守的にほとんどのセシウムが地表面に存在していると仮定し、重量緩衝深度 β が 1 g/cm² の場合の外部被ばく線量換算係数 $D_{CF,EXT}(i)$ を設定した。

3. 4. 放射性セシウムの単位濃度あたりの追加被ばく線量の評価方法

3. 4. 1. 平均値や標準的なパラメータ値を用いた評価方法

3. 1. ～ 3. 3. で設定したシナリオやパラメータ等に基づき、土壌中の放射性セシウムの単位濃度あたりの追加被ばく線量を計算した。放射性セシウム濃度について、セシウム 134、セシウム 137 のうち、半減期が長く長期的に残存するセシウム 137 の濃度を 2022 年 6 月時点で 1 Bq/kg とした。セシウム 134 の濃度については、事故発生時点のセシウム 134 とセシウム 137 の存在比を 1:1 とし、2022 年 6 月までの物理減衰を考慮して計算し、0.03 Bq/kg とした。

ただし、人工林シナリオにおいては、作業時間とセシウムの物理減衰を考慮すると、植樹してから 45 年後^{*4}以降に行われる伐採を想定した評価結果が、作業時間が最も長くなり、保守的となるため、物理減衰を考慮して 45 年後 (2067 年 6 月) の放射性セシウム濃度を算出し、セシウム 137 の濃度を 0.36 Bq/kg、セシウム 134 の濃度を 8.2×10^{-9} Bq/kg とした。

3. 4. 2. 不確実性の検討方法

GSG-3 では、被ばく線量評価を行うにあたり、不確実性の検討は不可欠であるとされている。不確実性は評価シナリオ、計算モデル、パラメータそれぞれに存在している。評価シナリオについては、様々な可能性を考慮した様々なケースを網羅しており、将来的に土地利用の変更があったとしても、3. 2. で検討したシナリオでカバーできると思われるため、不確実性は考慮できていると考えた。また、計算モデルは国内学会の文

*4 福島県におけるスギの標準伐齢期は 45 年とされている。^{25, 26, 27, 28)}

書である学会標準を参照し、且つ一部の計算式においては、IAEA の文書¹¹⁾を参照し保守的に改変していることから、不確実性は考慮できていると考えた。

3. 4. 1. の追加被ばく線量評価を行うにあたり設定したパラメータ値は、基本的に平均的または標準的な値を用いているが、各パラメータにはばらつきがあり、その不確実性を検討する必要がある。そのため、3. 4. 1. の放射性セシウムの単位濃度あたりの追加被ばく線量評価に用いたパラメータを保守的に設定して追加被ばく線量を評価することで、不確実性を検討した。ただし、GSG-3 では、保守的な評価は現実に即していない結果を示す可能性があるとしており、注意が必要である。検討対象のパラメータは、条件 (a)、(b) の両方または (c) に合致するものとした。

- (a) 4つの年齢区分のいずれかで、追加被ばく線量全体の5%以上を占める被ばく経路のパラメータ。(表7~10を参照。)
- (b) 平均値や標準的な値を用いていること。
- (c) 条件 (a)、(b) の両方に合致するパラメータのばらつきを考慮することで、連動して値が変化するパラメータ。

条件 (a)、(b) 両方に合致するパラメータは、外部被ばく時間 (t_s)、食物の年間摂取量 (M_f)、食物の市場希釈係数 (G_f) であった。条件 (c) に合致するパラメータは、仮置場で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$) 及び牧草の市場希釈係数 (f_r) であった。不確実性を考慮して保守的に設定したパラメータの一覧を表3~6に示す。ばらつきを考慮した各パラメータの設定方法は付録Bのとおり。

表3 各シナリオの不確実性を考慮したパラメータ（大人）

シナリオ	不確実性の検討対象となるパラメータ	標準的なパラメータ値	保守的なパラメータ値
水田	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)	183 h/year	640 h/year
	仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	53 h/year	186 h/year
	食物の年間摂取量 (M_f)	54 kgFW/year	98 kgFW/year
	食物の市場希釈係数 (G_f)	0.5	1
畑地 (野菜)	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	858 h/year	1,069 h/year
	食物の年間摂取量 (M_f)	102 kgFW/year	191 kgFW/year
	食物の市場希釈係数 (G_f)	0.5	1
畑地 (花卉)	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	852 h/year	989 h/year
樹園地	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	540 h/year	781 h/year
	食物の年間摂取量 (M_f)	37 kgFW/year	113 kgFW/year
	食物の市場希釈係数 (G_f)	0.5	1
牧草地 (乳牛)	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	1,244 h/year	2,284 h/year
	食物の年間摂取量 (M_f)	23 kgFW/year	70 kgFW/year
	食物の市場希釈係数 (G_f)	0.5	1
	牧草の市場希釈係数 (f_r)	0.12	0.18
牧草地 (肉牛)	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	928 h/year	1,686 h/year
人工林	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	313 h/year	313 h/year
住宅	外部被ばく時間 (屋内) (t_s)	5,778 h/year	8,618 h/year
公園	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	178 h/year	518 h/year

表 4 各シナリオの不確実性を考慮したパラメータ (1-6 歳)

シナリオ	不確実性の検討対象となるパラメータ	標準的なパラメータ値	保守的なパラメータ値
水田	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)	183 h/year	640 h/year
	仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	53 h/year	186 h/year
	食物の年間摂取量 (M_f)	35 kgFW/year	51 kgFW/year
	食物の市場希釈係数 (G_f)	0.5	1
畑地 (野菜)	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	858 h/year	1,069 h/year
	食物の年間摂取量 (M_f)	47 kgFW/year	75 kgFW/year
	食物の市場希釈係数 (G_f)	0.5	1
畑地 (花卉)	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	852 h/year	989 h/year
樹園地	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	540 h/year	781 h/year
	食物の年間摂取量 (M_f)	34 kgFW/year	68 kgFW/year
	食物の市場希釈係数 (G_f)	0.5	1
牧草地 (乳牛)	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	1,244 h/year	2,284 h/year
	食物の年間摂取量 (M_f)	52 kgFW/year	107 kgFW/year
	食物の市場希釈係数 (G_f)	0.5	1
	牧草の市場希釈係数 (f_r)	0.12	0.18
牧草地 (肉牛)	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	928 h/year	1,686 h/year
人工林	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	313 h/year	313 h/year
住宅	外部被ばく時間 (屋内) (t_s)	6,998 h/year	8,618 h/year
公園	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	232 h/year	515 h/year

表5 各シナリオの不確実性を考慮したパラメータ (7-14歳)

シナリオ	不確実性の検討対象となるパラメータ	標準的なパラメータ値	保守的なパラメータ値
水田	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)	183 h/year	640 h/year
	仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	53 h/year	186 h/year
	食物の年間摂取量 (M_f)	61 kgFW/year	92 kgFW/year
	食物の市場希釈係数 (G_f)	0.5	1
畑地 (野菜)	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	858 h/year	1,069 h/year
	食物の年間摂取量 (M_f)	88 kgFW/year	133 kgFW/year
	食物の市場希釈係数 (G_f)	0.5	1
畑地 (花卉)	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	852 h/year	989 h/year
樹園地	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	540 h/year	781 h/year
	食物の年間摂取量 (M_f)	27 kgFW/year	61 kgFW/year
	食物の市場希釈係数 (G_f)	0.5	1
牧草地 (乳牛)	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	1,244 h/year	2,284 h/year
	食物の年間摂取量 (M_f)	92 kgFW/year	147 kgFW/year
	食物の市場希釈係数 (G_f)	0.5	1
	牧草の市場希釈係数 (f_r)	0.12	0.18
牧草地 (肉牛)	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	928 h/year	1,686 h/year
人工林	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	313 h/year	313 h/year
住宅	外部被ばく時間 (屋内) (t_s)	5,315 h/year	6,991 h/year
公園	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	217 h/year	593 h/year

表6 各シナリオの不確実性を考慮したパラメータ (15-19歳)

シナリオ	不確実性の検討対象となるパラメータ	標準的なパラメータ値	保守的なパラメータ値
水田	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)	183 h/year	640 h/year
	仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	53 h/year	186 h/year
	食物の年間摂取量 (M_f)	78 kgFW/year	118 kgFW/year
	食物の市場希釈係数 (G_f)	0.5	1
畑地 (野菜)	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	858 h/year	1,069 h/year
	食物の年間摂取量 (M_f)	89 kgFW/year	145 kgFW/year
	食物の市場希釈係数 (G_f)	0.5	1
畑地 (花卉)	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	852 h/year	989 h/year
樹園地	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	540 h/year	781 h/year
	食物の年間摂取量 (M_f)	24 kgFW/year	64 kgFW/year
	食物の市場希釈係数 (G_f)	0.5	1
牧草地 (乳牛)	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	1,244 h/year	2,284 h/year
	食物の年間摂取量 (M_f)	36 kgFW/year	88 kgFW/year
	食物の市場希釈係数 (G_f)	0.5	1
	牧草の市場希釈係数 (f_r)	0.12	0.18
牧草地 (肉牛)	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	928 h/year	1,686 h/year
人工林	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	313 h/year	313 h/year
住宅	外部被ばく時間 (屋内) (t_s)	5,315 h/year	6,991 h/year
公園	外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)	210 h/year	526 h/year

4. 放射性セシウムの単位濃度あたりの追加被ばく線量の評価結果

4. 1. 平均値や標準的なパラメータ値を用いた評価結果

土壌中の放射性セシウムの単位濃度あたりの追加被ばく線量を計算した結果を表7～10に示す。追加被ばく線量の合計は、いずれの年齢区分においても住宅シナリオが最大であり、1-6歳の住宅シナリオが 4.1×10^{-4} (mSv/year)/(Bq/kg)で全ての年齢区分のシナリオにおいて最大であった。水田シナリオを除く各シナリオで、外部被ばく線量が追加被ばく線量の合計値の大半を占めていた。住宅シナリオは、仮置場跡地での滞在時間(在宅時間)が長いため、外部被ばく線量が他のシナリオより大きくなり、追加被ばく線量の合計値が最大となった。水田シナリオは、仮置場跡地での滞在時間(労働時間)が比較的短いため、大人及び15～19歳の年齢区分においては、外部被ばく線量と内部被ばく線量の差が小さかった。土壌摂取やダストの吸入による内部被ばく線量はいずれのシナリオにおいても小さかった。各被ばく経路の追加被ばく線量について、年齢区分間で多少の違いがみられたものの、合計値が大きく異なることはなかった。

なお、市町村や仮置場の地権者の要望に応じて追加被ばく線量評価を行う際は、表土中の放射性セシウム濃度だけではなく、仮置場跡地の利用時間や食物摂取量等の各種パラメータに、実際の値を当てはめることで、より現実に即した評価を行うことも可能である。また、本報では、セシウム134とセシウム137の存在比を、2022年6月を基準として決定したが、実際の測定日を考慮して存在比を変更することも可能である。ただし、2022年6月の時点でセシウム134の存在比が非常に小さいため、将来的に実際の測定日を考慮して存在比を変更してもほとんど影響がないと考えられる。

表7 各シナリオの放射性セシウムの単位濃度あたりの追加被ばく線量 (大人)

(mSv/year)/(Bq/kg)

シナリオ	土壌からの 外部被ばく	内部被ばく (食物摂取)	内部被ばく (土壌摂取)	内部被ばく (ダスト吸入)	合計
水田	1.9×10^{-5} 56.9%	1.5×10^{-5} 43.1%	2.1×10^{-9} 0.0%	6.1×10^{-10} 0.0%	3.4×10^{-5} 100.0%
畑地 (野菜)	9.1×10^{-5} 76.6%	2.8×10^{-5} 23.4%	9.7×10^{-9} 0.0%	9.9×10^{-9} 0.0%	1.2×10^{-4} 100.0%
畑地 (花卉)	9.1×10^{-5} 100.0%	— —	9.6×10^{-9} 0.0%	9.8×10^{-9} 0.0%	9.1×10^{-5} 100.0%
樹園地	5.7×10^{-5} 85.2%	9.9×10^{-6} 14.7%	6.1×10^{-9} 0.0%	6.2×10^{-9} 0.0%	6.7×10^{-5} 100.0%
牧草地 (乳牛)	1.3×10^{-4} 97.8%	3.0×10^{-6} 2.2%	1.4×10^{-8} 0.0%	1.4×10^{-8} 0.0%	1.4×10^{-4} 100.0%
牧草地 (肉牛)	9.9×10^{-5} 100.0%	— —	1.0×10^{-8} 0.0%	1.1×10^{-8} 0.0%	9.9×10^{-5} 100.0%
人工林	1.1×10^{-5} 100.0%	— —	2.7×10^{-11} 0.0%	1.2×10^{-9} 0.0%	1.1×10^{-5} 100.0%
住宅	2.6×10^{-4} 97.6%	6.4×10^{-6} 2.4%	1.6×10^{-9} 0.0%	1.6×10^{-9} 0.0%	2.7×10^{-4} 100.0%
公園	1.9×10^{-5} 100.0%	— —	2.0×10^{-9} 0.0%	2.1×10^{-9} 0.0%	1.9×10^{-5} 100.0%

(下段は追加被ばく線量の合計値に占める割合を示す。)

表8 各シナリオの放射性セシウムの単位濃度あたりの追加被ばく線量 (1-6歳)

(mSv/year)/(Bq/kg)

シナリオ	土壌からの 外部被ばく	内部被ばく (食物摂取)	内部被ばく (土壌摂取)	内部被ばく (ダスト吸入)	合計
水田	2.5×10^{-5} 74.4%	8.7×10^{-6} 25.6%	7.6×10^{-9} 0.0%	7.2×10^{-10} 0.0%	3.4×10^{-5} 100.0%
畑地 (野菜)	1.2×10^{-4} 90.9%	1.2×10^{-5} 9.0%	3.6×10^{-8} 0.0%	1.2×10^{-8} 0.0%	1.3×10^{-4} 100.0%
畑地 (花卉)	1.2×10^{-4} 100.0%	- -	3.5×10^{-8} 0.0%	1.1×10^{-8} 0.0%	1.2×10^{-4} 100.0%
樹園地	7.5×10^{-5} 89.8%	8.5×10^{-6} 10.2%	2.2×10^{-8} 0.0%	7.3×10^{-9} 0.0%	8.3×10^{-5} 100.0%
牧草地 (乳牛)	1.7×10^{-4} 96.4%	6.4×10^{-6} 3.6%	5.2×10^{-8} 0.0%	1.7×10^{-8} 0.0%	1.8×10^{-4} 100.0%
牧草地 (肉牛)	1.3×10^{-4} 100.0%	- -	3.9×10^{-8} 0.0%	1.3×10^{-8} 0.0%	1.3×10^{-4} 100.0%
人工林	1.4×10^{-5} 100.0%	- -	9.8×10^{-11} 0.0%	1.4×10^{-9} 0.0%	1.4×10^{-5} 100.0%
住宅	4.1×10^{-4} 99.4%	2.3×10^{-6} 0.6%	5.9×10^{-9} 0.0%	1.9×10^{-9} 0.0%	4.1×10^{-4} 100.0%
公園	3.3×10^{-5} 100.0%	- -	1.0×10^{-8} 0.0%	3.2×10^{-9} 0.0%	3.3×10^{-5} 100.0%

(下段は追加被ばく線量の合計値に占める割合を示す。)

表9 各シナリオの放射性セシウムの単位濃度あたりの追加被ばく線量 (7-14歳)

(mSv/year)/(Bq/kg)

シナリオ	土壌からの 外部被ばく	内部被ばく (食物摂取)	内部被ばく (土壌摂取)	内部被ばく (ダスト吸入)	合計
水田	2.1×10^{-5} 62.9%	1.3×10^{-5} 37.0%	4.8×10^{-9} 0.0%	4.9×10^{-10} 0.0%	3.4×10^{-5} 100.0%
畑地 (野菜)	1.0×10^{-4} 84.6%	1.8×10^{-5} 15.4%	2.2×10^{-8} 0.0%	7.9×10^{-9} 0.0%	1.2×10^{-4} 100.0%
畑地 (花卉)	1.0×10^{-4} 100.0%	— —	2.2×10^{-8} 0.0%	7.9×10^{-9} 0.0%	1.0×10^{-4} 100.0%
樹園地	6.3×10^{-5} 91.8%	5.6×10^{-6} 8.1%	1.4×10^{-8} 0.0%	5.0×10^{-9} 0.0%	6.9×10^{-5} 100.0%
牧草地 (乳牛)	1.5×10^{-4} 93.9%	9.4×10^{-6} 6.0%	3.2×10^{-8} 0.0%	1.2×10^{-8} 0.0%	1.6×10^{-4} 100.0%
牧草地 (肉牛)	1.1×10^{-4} 100.0%	— —	2.4×10^{-8} 0.0%	8.6×10^{-9} 0.0%	1.1×10^{-4} 100.0%
人工林	1.2×10^{-5} 100.0%	— —	6.1×10^{-11} 0.0%	9.9×10^{-10} 0.0%	1.2×10^{-5} 100.0%
住宅	2.6×10^{-4} 98.6%	3.7×10^{-6} 1.4%	2.2×10^{-9} 0.0%	1.3×10^{-9} 0.0%	2.6×10^{-4} 100.0%
公園	2.6×10^{-5} 100.0%	— —	5.7×10^{-9} 0.0%	2.0×10^{-9} 0.0%	2.6×10^{-5} 100.0%

(下段は追加被ばく線量の合計値に占める割合を示す。)

表 10 各シナリオの放射性セシウムの単位濃度あたりの追加被ばく線量 (15-19 歳)

(mSv/year)/(Bq/kg)

シナリオ	土壌からの 外部被ばく	内部被ばく (食物摂取)	内部被ばく (土壌摂取)	内部被ばく (ダスト吸入)	合計
水田	2.0×10^{-5} 48.5%	2.1×10^{-5} 51.5%	2.1×10^{-9} 0.0%	5.8×10^{-10} 0.0%	4.1×10^{-5} 100.0%
畑地 (野菜)	9.3×10^{-5} 79.5%	2.4×10^{-5} 20.5%	9.7×10^{-9} 0.0%	9.4×10^{-9} 0.0%	1.2×10^{-4} 100.0%
畑地 (花卉)	9.3×10^{-5} 100.0%	— —	9.6×10^{-9} 0.0%	9.4×10^{-9} 0.0%	9.3×10^{-5} 100.0%
樹園地	5.9×10^{-5} 89.9%	6.6×10^{-6} 10.0%	6.1×10^{-9} 0.0%	5.9×10^{-9} 0.0%	6.5×10^{-5} 100.0%
牧草地 (乳牛)	1.4×10^{-4} 96.5%	4.8×10^{-6} 3.4%	1.4×10^{-8} 0.0%	1.4×10^{-8} 0.0%	1.4×10^{-4} 100.0%
牧草地 (肉牛)	1.0×10^{-4} 100.0%	— —	1.0×10^{-8} 0.0%	1.0×10^{-8} 0.0%	1.0×10^{-4} 100.0%
人工林	1.1×10^{-5} 100.0%	— —	2.7×10^{-11} 0.0%	1.2×10^{-9} 0.0%	1.1×10^{-5} 100.0%
住宅	2.4×10^{-4} 98.0%	4.8×10^{-6} 2.0%	9.6×10^{-10} 0.0%	1.6×10^{-9} 0.0%	2.5×10^{-4} 100.0%
公園	2.3×10^{-5} 100.0%	— —	2.4×10^{-9} 0.0%	2.3×10^{-9} 0.0%	2.3×10^{-5} 100.0%

(下段は追加被ばく線量の合計値に占める割合を示す。)

4. 2. 不確実性の検討結果

パラメータの不確実性を考慮するため、3. 4. 2で検討した保守的なパラメータ値を用いて、放射性セシウム単位濃度あたりの追加被ばく線量を計算した結果を表 11～14 に示す。追加被ばく線量の合計は、いずれの年齢区分においても住宅シナリオが最大であり、1-6 歳の住宅シナリオが 5.0×10^{-4} (mSv/year)/(Bq/kg) で全ての年齢区分のシナリオにおいて最大であった。平均値や標準的なパラメータ値を用いて計算した結果と比較すると、追加被ばく線量の合計値が、最大で 3.6 倍(大人における水田シナリオ)になることがわかった。平均値や標準的なパラメータ値を用いた評価値と保守的なパラメータ値を用いた評価値の比が、年齢区分によって大きく異なることはなかった。なお、人工林シナリオにおいては、標準的な計算と保守的な計算方法でのパラメータが全て同じ値となっている。

表 11 不確実性を考慮した放射性 Cs 単位濃度あたりの追加被ばく線量 (大人)
(mSv/year) / (Bq/kg)

シナリオ	計算方法	外部被ばく	内部被ばく	合計	保守的/標準的
水田	標準的	1.9×10^{-5}	1.5×10^{-5}	3.4×10^{-5}	3.6
	保守的	6.8×10^{-5}	5.3×10^{-5}	1.2×10^{-4}	
畑地 (野菜)	標準的	9.1×10^{-5}	2.8×10^{-5}	1.2×10^{-4}	1.8
	保守的	1.1×10^{-4}	1.0×10^{-4}	2.2×10^{-4}	
畑地 (花卉)	標準的	9.1×10^{-5}	1.9×10^{-8}	9.1×10^{-5}	1.2
	保守的	1.1×10^{-4}	2.3×10^{-8}	1.1×10^{-4}	
樹園地	標準的	5.7×10^{-5}	9.9×10^{-6}	6.7×10^{-5}	2.1
	保守的	8.3×10^{-5}	6.2×10^{-5}	1.4×10^{-4}	
牧草地 (乳牛)	標準的	1.3×10^{-4}	3.0×10^{-6}	1.4×10^{-4}	2.0
	保守的	2.4×10^{-4}	2.7×10^{-5}	2.7×10^{-4}	
牧草地 (肉牛)	標準的	9.9×10^{-5}	2.1×10^{-8}	9.9×10^{-5}	1.8
	保守的	1.8×10^{-4}	3.8×10^{-8}	1.8×10^{-4}	
人工林	標準的	1.1×10^{-5}	1.3×10^{-9}	1.1×10^{-5}	1.0
	保守的	1.1×10^{-5}	1.3×10^{-9}	1.1×10^{-5}	
住宅	標準的	2.6×10^{-4}	6.4×10^{-6}	2.7×10^{-4}	1.5
	保守的	3.8×10^{-4}	6.4×10^{-6}	3.9×10^{-4}	
公園	標準的	1.9×10^{-5}	4.1×10^{-9}	1.9×10^{-5}	2.9
	保守的	5.5×10^{-5}	1.2×10^{-8}	5.5×10^{-5}	

(計算方法について、平均値や標準的なパラメータ値を用いた計算を「標準的」、ばらつきを考慮したパラメータ値を用いた計算を「保守的」とした。)

表 12 不確実性を考慮した放射性 Cs 単位濃度あたりの追加被ばく線量 (1-6 歳)
(mSv/year) / (Bq/kg)

シナリオ	計算方法	外部被ばく	内部被ばく	合計	保守的／標準的
水田	標準的	2.5×10^{-5}	8.7×10^{-6}	3.4×10^{-5}	3.4
	保守的	8.8×10^{-5}	2.6×10^{-5}	1.1×10^{-4}	
畑地 (野菜)	標準的	1.2×10^{-4}	1.2×10^{-5}	1.3×10^{-4}	1.4
	保守的	1.5×10^{-4}	3.7×10^{-5}	1.9×10^{-4}	
畑地 (花卉)	標準的	1.2×10^{-4}	4.7×10^{-8}	1.2×10^{-4}	1.2
	保守的	1.4×10^{-4}	5.4×10^{-8}	1.4×10^{-4}	
樹園地	標準的	7.5×10^{-5}	8.5×10^{-6}	8.3×10^{-5}	1.7
	保守的	1.1×10^{-4}	3.4×10^{-5}	1.4×10^{-4}	
牧草地 (乳牛)	標準的	1.7×10^{-4}	6.5×10^{-6}	1.8×10^{-4}	2.0
	保守的	3.2×10^{-4}	3.8×10^{-5}	3.5×10^{-4}	
牧草地 (肉牛)	標準的	1.3×10^{-4}	5.1×10^{-8}	1.3×10^{-4}	1.8
	保守的	2.3×10^{-4}	9.3×10^{-8}	2.3×10^{-4}	
人工林	標準的	1.4×10^{-5}	1.5×10^{-9}	1.4×10^{-5}	1.0
	保守的	1.4×10^{-5}	1.5×10^{-9}	1.4×10^{-5}	
住宅	標準的	4.1×10^{-4}	2.4×10^{-6}	4.1×10^{-4}	1.2
	保守的	5.0×10^{-4}	2.4×10^{-6}	5.0×10^{-4}	
公園	標準的	3.3×10^{-5}	1.3×10^{-8}	3.3×10^{-5}	2.2
	保守的	7.2×10^{-5}	2.9×10^{-8}	7.2×10^{-5}	

(計算方法について、平均値や標準的なパラメータ値を用いた計算を「標準的」、ばらつきを考慮したパラメータ値を用いた計算を「保守的」とした。)

表 13 不確実性を考慮した放射性 Cs 単位濃度あたりの追加被ばく線量 (7-14 歳)
(mSv/year) / (Bq/kg)

シナリオ	計算方法	外部被ばく	内部被ばく	合計	保守的／標準的
水田	標準的	2.1×10^{-5}	1.3×10^{-5}	3.4×10^{-5}	3.3
	保守的	7.5×10^{-5}	3.8×10^{-5}	1.1×10^{-4}	
畑地 (野菜)	標準的	1.0×10^{-4}	1.8×10^{-5}	1.2×10^{-4}	1.5
	保守的	1.3×10^{-4}	5.6×10^{-5}	1.8×10^{-4}	
畑地 (花卉)	標準的	1.0×10^{-4}	3.0×10^{-8}	1.0×10^{-4}	1.2
	保守的	1.2×10^{-4}	3.5×10^{-8}	1.2×10^{-4}	
樹園地	標準的	6.3×10^{-5}	5.6×10^{-6}	6.9×10^{-5}	1.7
	保守的	9.2×10^{-5}	2.5×10^{-5}	1.2×10^{-4}	
牧草地 (乳牛)	標準的	1.5×10^{-4}	9.4×10^{-6}	1.6×10^{-4}	2.0
	保守的	2.7×10^{-4}	4.4×10^{-5}	3.1×10^{-4}	
牧草地 (肉牛)	標準的	1.1×10^{-4}	3.3×10^{-8}	1.1×10^{-4}	1.8
	保守的	2.0×10^{-4}	6.0×10^{-8}	2.0×10^{-4}	
人工林	標準的	1.2×10^{-5}	1.0×10^{-9}	1.2×10^{-5}	1.0
	保守的	1.2×10^{-5}	1.0×10^{-9}	1.2×10^{-5}	
住宅	標準的	2.6×10^{-4}	3.7×10^{-6}	2.6×10^{-4}	1.3
	保守的	3.4×10^{-4}	3.7×10^{-6}	3.4×10^{-4}	
公園	標準的	2.6×10^{-5}	7.8×10^{-9}	2.6×10^{-5}	2.7
	保守的	7.1×10^{-5}	2.1×10^{-8}	7.1×10^{-5}	

(計算方法について、平均値や標準的なパラメータ値を用いた計算を「標準的」、ばらつきを考慮したパラメータ値を用いた計算を「保守的」とした。)

表 14 不確実性を考慮した放射性 Cs 単位濃度あたりの追加被ばく線量 (15-19 歳)
(mSv/year) / (Bq/kg)

シナリオ	計算方法	外部被ばく	内部被ばく	合計	保守的／標準的
水田	標準的	2.0×10^{-5}	2.1×10^{-5}	4.1×10^{-5}	3.3
	保守的	7.0×10^{-5}	6.4×10^{-5}	1.3×10^{-4}	
畑地 (野菜)	標準的	9.3×10^{-5}	2.4×10^{-5}	1.2×10^{-4}	1.7
	保守的	1.2×10^{-4}	7.9×10^{-5}	2.0×10^{-4}	
畑地 (花卉)	標準的	9.3×10^{-5}	1.9×10^{-8}	9.3×10^{-5}	1.2
	保守的	1.1×10^{-4}	2.2×10^{-8}	1.1×10^{-4}	
樹園地	標準的	5.9×10^{-5}	6.6×10^{-6}	6.5×10^{-5}	1.8
	保守的	8.5×10^{-5}	3.5×10^{-5}	1.2×10^{-4}	
牧草地 (乳牛)	標準的	1.4×10^{-4}	4.8×10^{-6}	1.4×10^{-4}	2.0
	保守的	2.5×10^{-4}	3.4×10^{-5}	2.8×10^{-4}	
牧草地 (肉牛)	標準的	1.0×10^{-4}	2.1×10^{-8}	1.0×10^{-4}	1.8
	保守的	1.8×10^{-4}	3.8×10^{-8}	1.8×10^{-4}	
人工林	標準的	1.1×10^{-5}	1.2×10^{-9}	1.1×10^{-5}	1.0
	保守的	1.1×10^{-5}	1.2×10^{-9}	1.1×10^{-5}	
住宅	標準的	2.4×10^{-4}	4.8×10^{-6}	2.5×10^{-4}	1.3
	保守的	3.1×10^{-4}	4.8×10^{-6}	3.2×10^{-4}	
公園	標準的	2.3×10^{-5}	4.7×10^{-9}	2.3×10^{-5}	2.5
	保守的	5.8×10^{-5}	1.2×10^{-8}	5.8×10^{-5}	

(計算方法について、平均値や標準的なパラメータ値を用いた計算を「標準的」、ばらつきを考慮したパラメータ値を用いた計算を「保守的」とした。)

5. 事例評価の方法

3. 4. のとおり求めた放射性セシウムの単位濃度あたりの追加被ばく線量 (mSv/year)/(Bq/kg) に、仮置場跡地の表土中のセシウム濃度や空間線量率から算出したセシウム濃度を乗じて、追加被ばく線量 (mSv/year) を事例的に評価した。更に、評価した追加被ばく線量を長期的な目標値 (1 mSv/year) と比較した。

5. 1. 仮置場跡地の放射性セシウム濃度を用いた追加被ばく線量の評価方法

3. 4. 1. のとおり求めた標準的な放射性セシウムの単位濃度あたりの追加被ばく線量と、3. 4. 2. のとおり求めた保守的な追加被ばく線量に、実際の仮置場跡地の表土中のセシウム ^{137}Cs 濃度の実測値を乗じて事例的に計算した。標準的な事例評価では、実測値の平均値を、保守的な事例評価では、実測値の最大値を用いた。計算に用いた仮置場跡地の実測値は、表 15 のとおり。様々な状況の仮置場跡地を評価するため、想定される土地利用や立地する地域が異なる仮置場 A、B、C を選択した。想定される土地利用は、仮置場跡地が立地する市町村へ聞き取りを行った。各仮置場跡地における放射性セシウム濃度の測定日は異なるが、全て 2022 年 6 月時点の値として評価した。

土壌採取は、表面から 5 cm 深さ以内で行った。仮置場 A の土壌の採取地点は、1 つの区画が 1,000 m^2 以内になるよう仮置場全体を 3 つに分画し、各分画の中心及び四隅の 5 地点を選定した。仮置場 B、C の土壌の採取地点は、除去土壌等を置いていた複数の区画とした。除去土壌等を置いていた区画の面積が 20 m \times 20 m を超えない場合は、中心及び四隅を土壌採取地点とし、20 m \times 20 m を超える場合は、中心及び四隅に加え、10 m 程度のメッシュに区切り、各メッシュの中心及び四隅を土壌採取地点とした。採取した土壌のセシウム ^{137}Cs 濃度はゲルマニウム半導体検出器により測定した。なお、上記の土壌採取は、詳細に汚染状況を把握できるよう除染関係ガイドライン²⁾に記載されている方法より地点数を増やした。

なお、仮置場 A の表土中のセシウム ^{137}Cs 濃度は、仮置場 B、C と比較し高い値を示している (表 15)。仮置場 B、C のセシウム ^{137}Cs 濃度が非常に低いのは造成時に切土されたためと考えられる。

表 15 土壌中のセシウム ^{137}Cs 濃度の実測を行った仮置場跡地の基礎情報と測定結果

	想定される 土地利用	面積 [m^2]	土壌採取 地点数	^{137}Cs 濃度 [Bq/kg]		地域
				平均値	最大値	
仮置場 A	農地 (牧草地除く)	2.3×10^3	11	160	636	浜通り
仮置場 B	森林	7.5×10^3	400	6	38	中通り
仮置場 C	建物、公園等	1.0×10^3	38	4	13	会津

(^{137}Cs 濃度の平均値は検出限界値未満の値を除いて計算した。)

5. 2. 仮置場跡地の空間線量率を用いた追加被ばく線量の評価方法

5. 1. の事例評価の代表性を確認するため、福島県内の汚染重点調査地域の市町村のうち、29市町村（仮置場跡地は794箇所）を対象にアンケート調査を行い、各仮置場跡地の空間線量率を把握した。調査期間は2022年2月16日～3月31日、調査項目は原状回復工事完了後に市町村等が測定した仮置場の1m高さ空間線量率（図6の（5）の測定結果）と測定日（原状回復工事完了後に測定していない場合は、除去土壌撤去後の空間線量率（図6の（3）の測定結果））とした。（多くの市町村は、表土中の放射性セシウム濃度ではなく、空間線量率で汚染の有無を把握している。）測定日が数日にわたる場合は最終日とし、不明である場合は同市町村の他の仮置場跡地の測定日のうち、最も新しい日付とした。

各仮置場跡地の空間線量率から表土中のセシウム137濃度へ換算し、3. 4. で求めた放射性セシウムの単位濃度あたりの追加被ばく線量に乗じることで、追加被ばく線量の確率分布を求めた。空間線量率から表土中のセシウム137濃度への換算は、付録Cの式(C1)及び式(C2)により行った。また、求めた確率分布と5. 1. の事例評価の結果を比較した。

6. 事例評価の結果

6. 1. 実際の仮置場の放射性セシウム濃度を用いた追加被ばく線量の評価結果

実際の仮置場跡地の表土中のセシウム137濃度の実測値を用いて追加被ばく線量を計算した結果を表16～19に示す。

- ・ 平均値や標準的なパラメータ値を用いた計算では、仮置場Aの1-6歳における畑地（野菜）シナリオの追加被ばく線量が、 2.1×10^{-2} mSv/yearで最大値となった。
- ・ ばらつきを考慮した保守的なパラメータ値を用いた計算では、仮置場Aの大人における畑地（野菜）シナリオの追加被ばく線量が、 1.4×10^{-1} mSv/yearで最大値となった。

これらの値は、1 mSv/yearを大きく下回っていることから、仮置場A、B、Cは安全に利用できると考えられる。また、仮置場A、B、Cと同様の土地利用で、放射性Cs濃度が同程度またはそれ以下の仮置場跡地であれば安全に利用できると考えられる。

表 16 実際の仮置場の表土中 ^{137}Cs 濃度を用いた追加被ばく線量 (大人)

(mSv/year)					
仮置場	シナリオ	計算方法	外部被ばく	内部被ばく	合計
仮置場 A	水田	標準的	3.1×10^{-3}	2.4×10^{-3}	5.5×10^{-3}
		保守的	4.3×10^{-2}	3.4×10^{-2}	7.7×10^{-2}
	畑地 (野菜)	標準的	1.5×10^{-2}	4.5×10^{-3}	1.9×10^{-2}
		保守的	7.2×10^{-2}	6.6×10^{-2}	1.4×10^{-1}
	畑地 (花卉)	標準的	1.5×10^{-2}	3.1×10^{-6}	1.5×10^{-2}
		保守的	6.7×10^{-2}	1.4×10^{-5}	6.7×10^{-2}
	樹園地	標準的	9.2×10^{-3}	1.6×10^{-3}	1.1×10^{-2}
		保守的	5.3×10^{-2}	3.9×10^{-2}	9.2×10^{-2}
仮置場 B	人工林	標準的	7.3×10^{-5}	8.4×10^{-9}	7.3×10^{-5}
		保守的	4.2×10^{-4}	4.8×10^{-8}	4.2×10^{-4}
仮置場 C	住宅	標準的	1.6×10^{-3}	3.8×10^{-5}	1.6×10^{-3}
		保守的	4.9×10^{-3}	8.3×10^{-5}	5.0×10^{-3}
	公園	標準的	1.1×10^{-4}	2.5×10^{-8}	1.1×10^{-4}
		保守的	7.1×10^{-4}	1.5×10^{-7}	7.1×10^{-4}

(計算方法について、平均値や標準的なパラメータ値を用いた計算を「標準的」、ばらつきを考慮したパラメータ値を用いた計算を「保守的」とした。)

表 17 実際の仮置場の表土中 ^{137}Cs 濃度を用いた追加被ばく線量 (1-6 歳)

(mSv/year)

仮置場	シナリオ	計算方法	外部被ばく	内部被ばく	合計
仮置場 A	水田	標準的	4.0×10^{-3}	1.4×10^{-3}	5.4×10^{-3}
		保守的	5.6×10^{-2}	1.6×10^{-2}	7.3×10^{-2}
	畑地 (野菜)	標準的	1.9×10^{-2}	1.9×10^{-3}	2.1×10^{-2}
		保守的	9.4×10^{-2}	2.4×10^{-2}	1.2×10^{-1}
	畑地 (花卉)	標準的	1.9×10^{-2}	7.5×10^{-6}	1.9×10^{-2}
		保守的	8.7×10^{-2}	3.5×10^{-5}	8.7×10^{-2}
	樹園地	標準的	1.2×10^{-2}	1.4×10^{-3}	1.3×10^{-2}
		保守的	6.9×10^{-2}	2.1×10^{-2}	9.0×10^{-2}
仮置場 B	人工林	標準的	9.5×10^{-5}	1.0×10^{-8}	9.5×10^{-5}
		保守的	5.5×10^{-4}	5.9×10^{-8}	5.5×10^{-4}
仮置場 C	住宅	標準的	2.4×10^{-3}	1.4×10^{-5}	2.5×10^{-3}
		保守的	6.4×10^{-3}	3.0×10^{-5}	6.4×10^{-3}
	公園	標準的	2.0×10^{-4}	7.9×10^{-8}	2.0×10^{-4}
		保守的	9.3×10^{-4}	3.7×10^{-7}	9.3×10^{-4}

(計算方法について、平均値や標準的なパラメータ値を用いた計算を「標準的」、ばらつきを考慮したパラメータ値を用いた計算を「保守的」とした。)

表 18 実際の仮置場の表土中 ^{137}Cs 濃度を用いた追加被ばく線量 (7-14 歳)

(mSv/year)

仮置場	シナリオ	計算方法	外部被ばく	内部被ばく	合計
仮置場 A	水田	標準的	3.4×10^{-3}	2.0×10^{-3}	5.5×10^{-3}
		保守的	4.8×10^{-2}	2.4×10^{-2}	7.2×10^{-2}
	畑地 (野菜)	標準的	1.6×10^{-2}	2.9×10^{-3}	1.9×10^{-2}
		保守的	8.0×10^{-2}	3.5×10^{-2}	1.2×10^{-1}
	畑地 (花卉)	標準的	1.6×10^{-2}	4.8×10^{-6}	1.6×10^{-2}
		保守的	7.4×10^{-2}	2.2×10^{-5}	7.4×10^{-2}
	樹園地	標準的	1.0×10^{-2}	9.0×10^{-4}	1.1×10^{-2}
		保守的	5.8×10^{-2}	1.6×10^{-2}	7.4×10^{-2}
仮置場 B	人工林	標準的	8.1×10^{-5}	7.0×10^{-9}	8.1×10^{-5}
		保守的	4.6×10^{-4}	4.0×10^{-8}	4.6×10^{-4}
仮置場 C	住宅	標準的	1.6×10^{-3}	2.2×10^{-5}	1.6×10^{-3}
		保守的	4.4×10^{-3}	4.7×10^{-5}	4.4×10^{-3}
	公園	標準的	1.6×10^{-4}	4.7×10^{-8}	1.6×10^{-4}
		保守的	9.1×10^{-4}	2.7×10^{-7}	9.1×10^{-4}

(計算方法について、平均値や標準的なパラメータ値を用いた計算を「標準的」、ばらつきを考慮したパラメータ値を用いた計算を「保守的」とした。)

表 19 実際の仮置場の表土中 ^{137}Cs 濃度を用いた追加被ばく線量 (15-19 歳)

(mSv/year)

仮置場	シナリオ	計算方法	外部被ばく	内部被ばく	合計
仮置場 A	水田	標準的	3.2×10^{-3}	3.4×10^{-3}	6.6×10^{-3}
		保守的	4.4×10^{-2}	4.1×10^{-2}	8.5×10^{-2}
	畑地 (野菜)	標準的	1.5×10^{-2}	3.9×10^{-3}	1.9×10^{-2}
		保守的	7.4×10^{-2}	5.0×10^{-2}	1.2×10^{-1}
	畑地 (花卉)	標準的	1.5×10^{-2}	3.0×10^{-6}	1.5×10^{-2}
		保守的	6.8×10^{-2}	1.4×10^{-5}	6.8×10^{-2}
	樹園地	標準的	9.4×10^{-3}	1.1×10^{-3}	1.0×10^{-2}
		保守的	5.4×10^{-2}	2.2×10^{-2}	7.6×10^{-2}
仮置場 B	人工林	標準的	7.5×10^{-5}	8.0×10^{-9}	7.5×10^{-5}
		保守的	4.3×10^{-4}	4.6×10^{-8}	4.3×10^{-4}
仮置場 C	住宅	標準的	1.4×10^{-3}	2.9×10^{-5}	1.5×10^{-3}
		保守的	4.0×10^{-3}	6.2×10^{-5}	4.1×10^{-3}
	公園	標準的	1.4×10^{-4}	2.8×10^{-8}	1.4×10^{-4}
		保守的	7.4×10^{-4}	1.5×10^{-7}	7.4×10^{-4}

(計算方法について、平均値や標準的なパラメータ値を用いた計算を「標準的」、ばらつきを考慮したパラメータ値を用いた計算を「保守的」とした。)

6. 2. 仮置場跡地の空間線量率の実測値を用いた追加被ばく線量の評価結果

市町村へのアンケートの結果、23 市町村から回答があり、571 か所の仮置場跡地の空間線量率（図 6 の（5）の測定結果）の値が得られた（うち、138 箇所が除去土壌等搬出直後の空間線量率（図 6 の（3）の測定結果））。空間線量率（天然核種由来の空間線量率を除く）の平均値は $0.07 \mu\text{Sv/h}$ 、最大値は $0.31 \mu\text{Sv/h}$ であった。仮置場跡地の空間線量率の確率分布を図 9 に示す。

アンケートで得られた 571 か所の仮置場跡地の空間線量率と付録 C の式 (C1) 及び (C2) により、表土中のセシウム 137 濃度を求めた結果、平均値が 353 Bq/kg 、最大値が $1,434 \text{ Bq/kg}$ となった。算出したセシウム 137 濃度から、各仮置場跡地における追加被ばく線量を求めた結果は次のとおり。

- ・平均値や標準的なパラメータ値を用いた計算（セシウム 137 濃度も平均値）では、大人における住宅シナリオの追加被ばく線量が $9.4 \times 10^{-2} \text{ mSv/year}$ であった。
- ・平均値や標準的なパラメータ値を用いた計算（セシウム 137 濃度は最大値）では、1-6 歳における住宅シナリオの追加被ばく線量が $5.9 \times 10^{-1} \text{ mSv/year}$ で最大値となった。
- ・ばらつきを考慮した保守的なパラメータ値を用いた計算（セシウム 137 濃度は最大値）では、1-6 歳における住宅シナリオの追加被ばく線量が、 $7.1 \times 10^{-1} \text{ mSv/year}$ で最大値となった。

各仮置場跡地における、各年齢区分の追加被ばく線量の平均値及び最大値を表 20～23 に示す。標準的なパラメータ、または保守的なパラメータ値を用いた大人の追加被ばく線量の確率分布を図 10～18 に示し、5. 1. の仮置場 A、B、C の事例評価結果が、どの範囲に位置するか示した。空間線量率から求めた追加被ばく線量の確率分布の中で、仮置場 A は中央付近から高線量側、仮置場 B、C は低線量側に位置することがわかった。

なお、仮置場 A の空間線量率（天然核種由来の空間線量率を除く）の実測値の平均は $0.06 \mu\text{Sv/h}$ であり、この値を用いて算出した表土中のセシウム 137 濃度は 313 Bq/kg となる。仮置場 A の表土中のセシウム 137 濃度の実測値の平均は 160 Bq/kg であり、計算値が実測値の約 2 倍であった。このことから、付録 C の式 (C1)、(C2) を用いた計算は保守的であると考えられる。

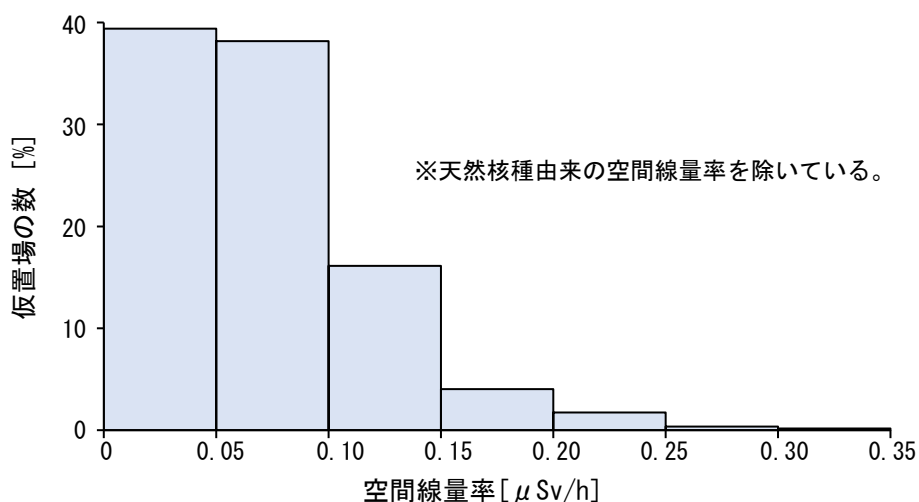


図9 仮置場跡地の空間線量率の確率分布

表20 空間線量率から算出した¹³⁷Cs濃度を用いた追加被ばく線量 (大人)
(mSv/year)

シナリオ	計算方法	推計 ¹³⁷ Cs濃度	
		平均値 (353 Bq/kg)	最大値 (1,434 Bq/kg)
水田	標準的	1.2×10^{-2}	4.9×10^{-2}
	保守的	4.3×10^{-2}	1.7×10^{-1}
畑地 (野菜)	標準的	4.2×10^{-2}	1.7×10^{-1}
	保守的	7.7×10^{-2}	3.1×10^{-1}
畑地 (花卉)	標準的	3.2×10^{-2}	1.3×10^{-1}
	保守的	3.7×10^{-2}	1.5×10^{-1}
樹園地	標準的	2.4×10^{-2}	9.7×10^{-2}
	保守的	5.1×10^{-2}	2.1×10^{-1}
牧草地 (乳牛)	標準的	4.8×10^{-2}	1.9×10^{-1}
	保守的	9.5×10^{-2}	3.9×10^{-1}
牧草地 (肉牛)	標準的	3.5×10^{-2}	1.4×10^{-1}
	保守的	6.3×10^{-2}	2.6×10^{-1}
人工林	標準的	3.9×10^{-3}	1.6×10^{-2}
	保守的	3.9×10^{-3}	1.6×10^{-2}
住宅	標準的	9.4×10^{-2}	3.8×10^{-1}
	保守的	1.4×10^{-2}	5.6×10^{-1}
公園	標準的	6.8×10^{-3}	2.7×10^{-2}
	保守的	2.0×10^{-2}	7.9×10^{-2}

(計算方法について、平均値や標準的なパラメータ値を用いた計算を「標準的」、ばらつきを考慮したパラメータ値を用いた計算を「保守的」とした。)

表 21 空間線量率から算出した ^{137}Cs 濃度を用いた追加被ばく線量 (1-6 歳)
(mSv/year)

シナリオ	計算方法	推計 ^{137}Cs 濃度	
		平均値 (353 Bq/kg)	最大値 (1,434 Bq/kg)
水田	標準的	1.2×10^{-2}	4.9×10^{-2}
	保守的	4.0×10^{-2}	1.6×10^{-1}
畑地 (野菜)	標準的	4.6×10^{-2}	1.9×10^{-1}
	保守的	6.5×10^{-2}	2.7×10^{-1}
畑地 (花卉)	標準的	4.2×10^{-2}	1.7×10^{-1}
	保守的	4.8×10^{-2}	2.0×10^{-1}
樹園地	標準的	2.9×10^{-2}	1.2×10^{-1}
	保守的	5.0×10^{-2}	2.0×10^{-1}
牧草地 (乳牛)	標準的	6.3×10^{-2}	2.6×10^{-1}
	保守的	1.3×10^{-1}	5.1×10^{-1}
牧草地 (肉牛)	標準的	4.5×10^{-2}	1.8×10^{-1}
	保守的	8.2×10^{-2}	3.3×10^{-1}
人工林	標準的	5.0×10^{-3}	2.0×10^{-2}
	保守的	5.0×10^{-3}	2.0×10^{-2}
住宅	標準的	1.4×10^{-1}	5.9×10^{-1}
	保守的	1.8×10^{-1}	7.1×10^{-1}
公園	標準的	1.2×10^{-2}	4.8×10^{-2}
	保守的	2.5×10^{-2}	1.0×10^{-1}

(計算方法について、平均値や標準的なパラメータ値を用いた計算を「標準的」、ばらつきを考慮したパラメータ値を用いた計算を「保守的」とした。)

表 22 空間線量率から算出した ^{137}Cs 濃度を用いた追加被ばく線量 (7-14 歳)
(mSv/year)

シナリオ	計算方法	推計 ^{137}Cs 濃度	
		平均値 (353 Bq/kg)	最大値 (1,434 Bq/kg)
水田	標準的	1.2×10^{-2}	4.9×10^{-2}
	保守的	4.0×10^{-2}	1.6×10^{-1}
畑地 (野菜)	標準的	4.2×10^{-2}	1.7×10^{-1}
	保守的	6.4×10^{-2}	2.6×10^{-1}
畑地 (花卉)	標準的	3.5×10^{-2}	1.4×10^{-1}
	保守的	4.1×10^{-2}	1.7×10^{-1}
樹園地	標準的	2.4×10^{-2}	9.9×10^{-2}
	保守的	4.1×10^{-2}	1.7×10^{-1}
牧草地 (乳牛)	標準的	5.5×10^{-2}	2.2×10^{-1}
	保守的	1.1×10^{-1}	4.5×10^{-1}
牧草地 (肉牛)	標準的	3.9×10^{-2}	1.6×10^{-1}
	保守的	7.0×10^{-2}	2.8×10^{-1}
人工林	標準的	4.3×10^{-3}	1.7×10^{-2}
	保守的	4.3×10^{-3}	1.7×10^{-2}
住宅	標準的	9.3×10^{-2}	3.8×10^{-1}
	保守的	1.2×10^{-1}	4.9×10^{-1}
公園	標準的	9.1×10^{-3}	3.7×10^{-2}
	保守的	2.5×10^{-2}	1.0×10^{-1}

(計算方法について、平均値や標準的なパラメータ値を用いた計算を「標準的」、ばらつきを考慮したパラメータ値を用いた計算を「保守的」とした。)

表 23 空間線量率から算出した ^{137}Cs 濃度を用いた追加被ばく線量 (15-19 歳)
(mSv/year)

シナリオ	計算方法	推計 ^{137}Cs 濃度	
		平均値 (353 Bq/kg)	最大値 (1,434 Bq/kg)
水田	標準的	1.5×10^{-2}	5.9×10^{-2}
	保守的	4.7×10^{-2}	1.9×10^{-1}
畑地 (野菜)	標準的	4.1×10^{-2}	1.7×10^{-1}
	保守的	6.9×10^{-2}	2.8×10^{-1}
畑地 (花卉)	標準的	3.3×10^{-2}	1.3×10^{-1}
	保守的	3.8×10^{-2}	1.5×10^{-1}
樹園地	標準的	2.3×10^{-2}	9.4×10^{-2}
	保守的	4.2×10^{-2}	1.7×10^{-1}
牧草地 (乳牛)	標準的	5.0×10^{-2}	2.0×10^{-1}
	保守的	1.0×10^{-1}	4.1×10^{-1}
牧草地 (肉牛)	標準的	3.6×10^{-2}	1.4×10^{-1}
	保守的	6.5×10^{-2}	2.6×10^{-1}
人工林	標準的	4.0×10^{-3}	1.6×10^{-2}
	保守的	4.0×10^{-3}	1.6×10^{-2}
住宅	標準的	8.7×10^{-2}	3.5×10^{-1}
	保守的	1.1×10^{-1}	4.6×10^{-1}
公園	標準的	8.1×10^{-3}	3.3×10^{-2}
	保守的	2.0×10^{-2}	8.3×10^{-2}

(計算方法について、平均値や標準的なパラメータ値を用いた計算を「標準的」、ばらつきを考慮したパラメータ値を用いた計算を「保守的」とした。)

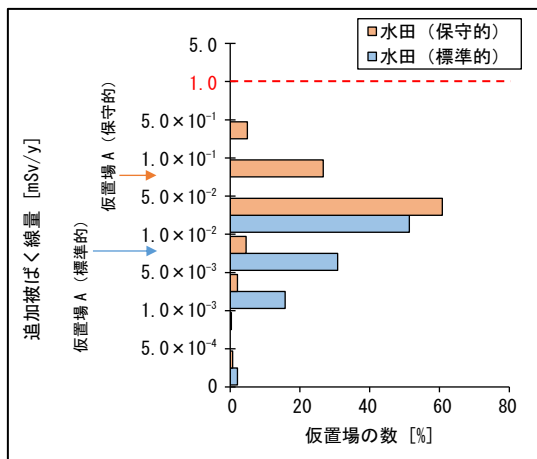


図 10 推計 ^{137}Cs による追加被ばく線量の確率分布 (水田シナリオ (大人))

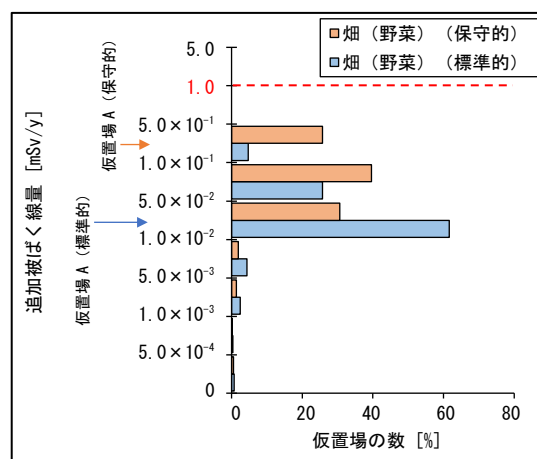


図 11 推計 ^{137}Cs による追加被ばく線量の確率分布 (畑 (野菜) シナリオ (大人))

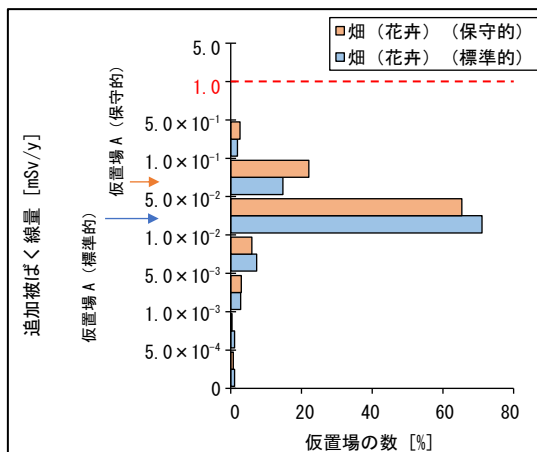


図 12 推計 ^{137}Cs による追加被ばく線量の確率分布 (畑 (花卉) シナリオ (大人))

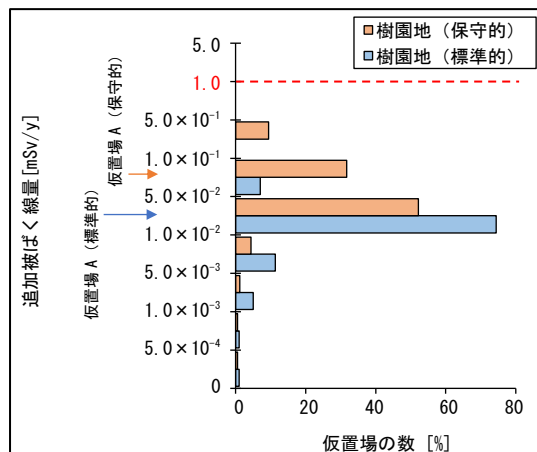


図 13 推計 ^{137}Cs による追加被ばく線量の確率分布 (樹園地シナリオ (大人))

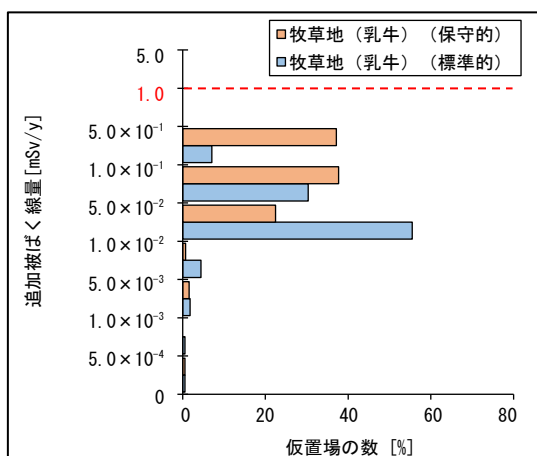


図 14 推計 ^{137}Cs による追加被ばく線量の確率分布 (牧草地 (乳牛) シナリオ (大人))

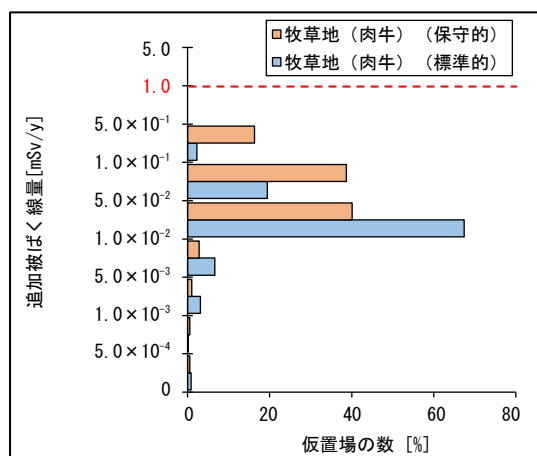


図 15 推計 ^{137}Cs による追加被ばく線量の確率分布 (牧草地 (肉牛) シナリオ (大人))

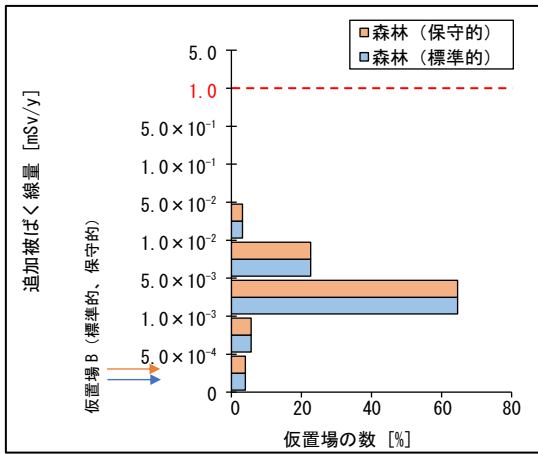


図 16 推計 ¹³⁷Cs による追加被ばく線量の確率分布 (人工林シナリオ (大人))

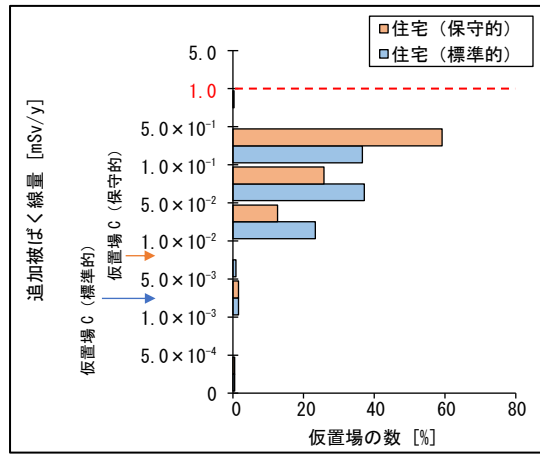


図 17 推計 ¹³⁷Cs による追加被ばく線量の確率分布 (住宅シナリオ (大人))

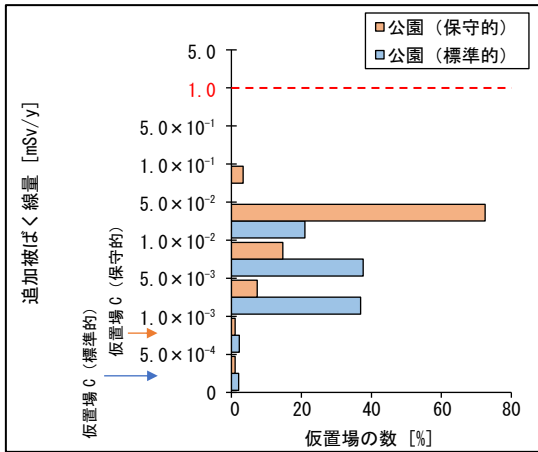


図 18 推計 ¹³⁷Cs による追加被ばく線量の確率分布 (公園シナリオ (大人))

7. まとめ

土壌中の放射性セシウムの単位濃度（1 Bq/kg）あたりの追加被ばく線量評価を、仮置場跡地の土地利用毎に行った。結果、1-6歳の住宅シナリオの将来的な追加被ばく線量が最大となった。上記の土壌中の放射性セシウムの単位濃度あたりの追加被ばく線量に、実際の土壌中の放射性セシウム濃度を乗じることで、将来的な土地利用に応じた追加被ばく線量进行评估することが可能となった。

事例評価として、実際の仮置場（仮置場 A、B、C）の放射性セシウム濃度を用いて追加被ばく線量进行评估した。また、実際の仮置場跡地の空間線量率から放射性セシウム濃度を計算し、この計算値を用いて追加被ばく線量进行评估した。結果、全ての年齢区分のシナリオにおいて、予想される被ばく線量は 1 mSv/year を大きく下回った。また、保守的なパラメータ値を用いて得られた値も、検討した全ての仮置場で 1 mSv/year を下回った。このことは、仮置場跡地由来の被ばく線量が、長期的な目標値（1 mSv/year）を超える可能性が極めて低いことを示している。なお、本評価は、複数のパラメータ値を保守的に設定しているため、極めて保守的な評価となっている。

上記の結果は、住民へ提供することが可能であり、特に仮置場を管理する市町村等や仮置場跡地の利用に懸念を持つ人々への支援に有効であると思われる。また、本報における評価方法は一般的であり、仮置場跡地以外の線量評価にも適用できる。

謝辞

一般財団法人電力中央研究所 井上正 氏、福井工業大学 野村直希 氏、IAEA G. Bruno 氏、D. G. Bennett 氏、外部専門家（IAEA が招へい）の R. Avila 氏、D. Bugai 氏、R. Kemp 氏、S. Mobbs 氏に多くの助言をいただきましたので、ここに謝意を表します。なお、本評価は IAEA の支援により実施されましたが、本報に記載された見解は、福島県環境創造センターの見解であり、必ずしも IAEA や外部専門家の見解を反映したものではありません。

参考文献

- 1) 環境省・除染事業誌編集委員会（2018），東京電力福島第一原子力発電所事故により放出された放射性物質汚染の除染事業誌。
http://josen.env.go.jp/archive/decontamination_project_report/（2024年3月1日最終閲覧）
- 2) 環境省（2018）除染関係ガイドライン 第2版（平成25年5月（平成30年3月追補））。
<http://josen.env.go.jp/material/>（2024年3月1日最終閲覧）
- 3) 福島地方環境事務所（2021）仮置場等の原状回復に係る現場手順書 令和3年4月。
<http://josen.env.go.jp/material/>（2024年3月1日最終閲覧）
- 4) IAEA（2013）The Safety Case and Safety Assessment for the Predisposal Management of Radioactive Waste, General Safety Guide, No. GSG-3 .

- 5) IAEA (2006) Release of Sites from Regulatory Control on Termination of Practices, Safety Guide, No. WS-G-5.1 .
- 6) IAEA (2009) Predisposal Management of Radioactive Waste, General Safety Requirements Part 5, No.GSR Part 5 .
- 7) 福島県 除染特別地域及び汚染状況重点調査地域の指定.
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16045d/tiikisitei.html> (2024年3月1日最終閲覧)
- 8) 環境省 除染情報サイト - 仮置場について.
http://josen.env.go.jp/soil/temporary_place.html (2024年3月1日最終閲覧)
- 9) 福島県 ふくしま復興ステーション - 除去土壌等の保管状況.
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/jyokyojyotou.html> (2024年3月1日最終閲覧)
- 10) (一社) 日本原子力学会 (2005) 日本原子力学会標準 浅地中処分の安全評価手法 : 2016.
- 11) IAEA (2005) Safety Reports Series No. 44.
- 12) 福島県 飲料水モニタリング検査結果・関連情報.
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-drinkingwater-monitoring.html>
(2024年3月1日最終閲覧)
- 13) 杉村ら 森林生態系サービスの活用におけるアジア的特性の解析, H22 年度 環境研究総合推進費 終了成果報告集.
https://www.env.go.jp/policy/kenkyu/suishin/kadai/syuryo_report/h22/h22_suishin_report.html (2024年3月1日最終閲覧)
- 14) Daiki Satoh, et al. (2016) Age-dependent dose conversion coefficients for external exposure to radioactive cesium in soil, Journal of Nuclear Science and Technology Volume 53, 2016 - Issue 1, p.69-81.
- 15) ICRP (1996) Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients, ICRP PUBLICATION 72 .
- 16) IAEA (2001) Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, Safety Reports Series No.19 .
- 17) (一社) 日本原子力学会 (2014) 日本原子力学会標準 浅地中トレンチ処分の安全評価手法 : 2013.
- 18) IAEA (2010) Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments, Technical Reports Series No. 472 .
- 19) 原子力災害対策本部 (2011) 原子力安全に関する IAEA 閣僚会議に対する日本国政府の報告書 - 東京電力福島原子力発電所の事故について - .
https://www.kantei.go.jp/jp/topics/2011/iaea_houkokusho.html (2024年3月1日最終閲覧)

- 20) 塩沢ら (2011) 福島県の水田土壌における放射性セシウムの深度別濃度と移流速度, RADIOISOTOPES, 60, 323-328.
- 21) Kato, et al. (2012) Depth distribution of ¹³⁷Cs, ¹³⁴Cs, and ¹³¹I in soil profile after Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant Accident, Journal of Environmental Radioactivity, Volume 111, Pages 59-64.
- 22) Matsuda, et al. (2015) Depth profiles of radioactive cesium in soil using a scraper plate over a wide area surrounding the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant, Japan, Journal of Environmental Radioactivity, Volume 139, Pages 427-434.
- 23) ICRU (1994) Gamma-ray spectrometry in the environment, International Commission on Radiation Units and measurements (ICRU) report: 53, 84p.
- 24) 原子力規制委員会 令和2年度東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約事業成果報告書.
<https://radioactivity.nra.go.jp/ja/list/584/list-1.html> (2024年3月1日最終閲覧)
- 25) 福島県 阿武隈川地域森林計画書 (阿武隈川森林計画区)
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/36055a/chiikishinrinkeikaku.html> (2024年3月1日最終閲覧)
- 26) 福島県 奥久慈地域森林計画書 (奥久慈森林計画区)
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/36055a/chiikishinrinkeikaku.html> (2024年3月1日最終閲覧)
- 27) 福島県 会津地域森林計画書 (会津森林計画区)
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/36055a/chiikishinrinkeikaku.html> (2024年3月1日最終閲覧)
- 28) 福島県 磐城地域森林計画書 (磐城森林計画区)
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/36055a/chiikishinrinkeikaku.html> (2024年3月1日最終閲覧)

追加被ばく線量評価に用いたパラメータ（平均値または標準的な値）

表 A1 追加被ばく線量評価に用いたパラメータ（全シナリオ共通）

No.	パラメータ		式中記号	単位	設定値	設定根拠
①	放射性核種濃度	¹³⁴ Cs	$C_a(i)$	Bq/kgDW	-	事故発生時点のセシウム 134 とセシウム 137 の存在比を 1:1 とし、物理減衰を考慮して計算した。
②		¹³⁷ Cs			-	
③	外部被ばくに対する遮へい係数（屋外）		$S_S(i)$	-	1	日本原子力学会標準 浅地中処分の安全評価手法：2016（2017）より設定した。
④	セシウム 134 の外部被ばく線量換算係数	大人	$D_{CF,EXT}(i)$	Sv/h per Bq/kgDW	2.7×10^{-10}	Satoh ら（2016）により、土壌中のセシウム 134 及びセシウム 137 の重量緩衝深度が 1 g/cm^2 である場合の外部被ばく線量換算係数（mSv/h per kBq/m ² ）が、年齢別に報告されている。Bq/kg 単位での被ばく線量換算係数（Sv/h per Bq/kgDW）を求めるにあたり、土の密度⑫とサンプリングする土壌深さ（0.05 m）を乗じた。
⑤		1-6 歳			3.4×10^{-10}	
⑥		7-14 歳			2.9×10^{-10}	
⑦		15-19 歳			2.7×10^{-10}	
⑧		大人			9.8×10^{-11}	
⑨		1-6 歳			1.3×10^{-10}	
⑩		7-14 歳			1.1×10^{-10}	
⑪	15-19 歳	1.0×10^{-10}				
⑫	仮置場跡地の土の密度		-	kgDW/m ³	1,600	US NRC 「Regulatory Guide 1.109. Revision 1」（1977）に記載されている土の密度を用いた。
⑬	セシウム 134 の経口内部被ばく線量換算係数	大人	$D_{CF,ING}(i)$	Sv/Bq	1.9×10^{-8}	ICRP publ. 72(1996) にセシウム 134 及びセシウム 137 の経口内部被ばく線量換算係数が年齢別に記載されている。大人、1 歳、10 歳、15 歳の値をそれぞれ用いた。
⑭		1-6 歳			1.6×10^{-8}	
⑮		7-14 歳			1.4×10^{-8}	
⑯		15-19 歳			1.9×10^{-8}	
⑰	セシウム 137 の経口内部被ばく線量換算係数	大人	$D_{CF,ING}(i)$	Sv/Bq	1.3×10^{-8}	ICRP publ. 72(1996) にセシウム 134 及びセシウム 137 の経口内部被ばく線量換算係数が年齢別に記載されている。大人、1 歳、10 歳、15 歳の値をそれぞれ用いた。
⑱		1-6 歳			1.2×10^{-8}	
⑲		7-14 歳			1.0×10^{-8}	
⑳		15-19 歳			1.3×10^{-8}	
㉑	土壌の時間あたり摂取量	大人	M_S	kgDW/h	4.2×10^{-4}	土壌の 1 日当たり摂取量㉑～㉔を 24 時間で除した。
㉒		1-6 歳			1.7×10^{-3}	
㉓		7-14 歳			1.3×10^{-3}	
㉔		15-19 歳			4.2×10^{-4}	

②⑤	土壌の1日当たり摂取量	大人	-	mgDW/day	10	米国環境保護庁「Exposure Factors Handbook」(2011)(2017年10月15日、第5章改訂)より設定した。大人及び15-19歳の区分に、12歳~大人の値を、7-14歳の区分に6~12歳の値を用いた。
②⑥		1-6歳			40	
②⑦		7-14歳			30	
②⑧		15-19歳			10	
②⑨	微細な粒子における比放射能の濃度係数(土壌摂取)		$f_{c,s}$	-	2	IAEA SRS No. 44 (2005)より設定した。
③⑩	セシウム134の吸入 内部被ばく線量換 算係数	大人	$DCF_{INH}(i)$	Sv/Bq	6.6×10^{-9}	ICRP publ. 72(1996)に記載されているセシウム134及びセシウム137の吸入内部被ばく線量換算係数のうち大人、1歳、10歳、15歳の値をそれぞれ用いた。
③⑪		1-6歳			7.3×10^{-9}	
③⑫		7-14歳			5.3×10^{-9}	
③⑬		15-19歳			6.3×10^{-9}	
③⑭	セシウム137の吸入 内部被ばく線量換 算係数	大人			4.6×10^{-9}	
③⑮		1-6歳			5.4×10^{-9}	
③⑯		7-14歳			3.7×10^{-9}	
③⑰		15-19歳			4.4×10^{-9}	
③⑱	呼吸率		B_A	m^3/h	1.2	日本原子力学会標準 浅地中処分の安全評価手法:2016(2017)より軽作業時の値を用いた。
③⑲	大気中ダスト濃度		d_R	$kgDW/m^3$	5.0×10^{-7}	IAEA SRS No. 44 (2005)より設定した。
④①	微細な粒子における比放射能の濃度係数(ダスト吸入)		$f_{c,d}$	-	4	IAEA SRS No. 44 (2005)より設定した。

表 A2 水田シナリオの追加被ばく線量評価に用いたパラメータ

No.	パラメータ	式中記号	単位	設定値	設定根拠	
①	外部被ばく時間及び土壌を摂取する時間	t_s $t_{s,ing}$	h/year	183	稲作に係る年間労働時間③に、仮置場跡地での労働時間の割合④を乗じた。 210 h/year×0.75=183 h/year	
②	仮置場跡地の面積	-	m ²	8,511	福島県除染対策課の調査結果から、県内の元の土地利用が水田である仮置場面積の平均値である 8,511 m ² とした。	
③	稲作に係る年間労働時間	-	h/year	210	農林水産省「農業経営統計調査_令和元年営農類型別経営統計」より、稲作における面積区分別の労働時間をのべ人数で除して、面積区分別の 1 人あたり労働時間を算出した。仮置場跡地の面積②が該当する面積区分の値を平均的な年間労働時間とした。	
④	仮置場跡地での労働時間の割合	-	-	0.75	農林水産省「農業経営統計調査_令和元年産農産物生産費」より、稲作における作業別労働時間から、水田での作業時間の割合を求めた。	
⑤	米の年間摂取量	M_f	kgFW/year	54	厚生労働省「国民健康・栄養調査(令和元年)」より、年齢区分毎の 1 日あたりの米の平均摂取量に、365 を乗じることで米の年間摂取量を求めた。更に、この値は調理済みの重量であるため、炊飯後の重量であると仮定し、0.5 を乗じた値とした。大人は 20 歳以上の平均値とした。大人以外の年齢区分については、それぞれ該当する年齢区分の平均値とした。	
⑥				大人		35
⑦				1-6 歳		61
⑧				7-14 歳		78
⑨	土壌から米への放射性核種 i の移行係数	$T_{R,f}(i)$	Bq/kgFW per Bq/kgDW	0.04	IAEA SRS No19 (2001) より設定した。 なお、福島県では、福島県「農作物の放射性セシウム対策に係る除染及び技術対策の指針」により、交換性カリウムの施肥による放射性セシウムの吸収抑制対策等が奨励されているが、左記の移行係数はそれらの対策を考慮していない。	
⑩	摂取する米が仮置場跡地由来である割合	G_f	-	0.5	日本原子力学会標準 浅地中処分の安全評価手法：2016 (2017) より、農作物の希釈係数を用いた。	

⑪	ダストを吸入する時間	$t_{s,inh}$	h/year	53	稲作に係る年間労働時間③に、仮置場跡地での労働時間の割合④、ダストが発生し得る労働時間の割合⑫を乗じた。 210 h/year \times 0.75 \times 0.29 = 53 h/year
⑫	稲作に係る年間労働時間のうちダストが発生し得る労働時間の割合	-	-	0.29	農林水産省「農業経営統計調査_令和元年産農産物生産費」の稲作における作業別労働時間から、水田が乾燥している状態での作業時間の割合を求めた。

表 A3 畑地（野菜）シナリオの追加被ばく線量評価に用いたパラメータ

No.	パラメータ	式中記号	単位	設定値	設定根拠	
①	外部被ばく時間、土壌を摂取する時間及びダストを吸入する時間	t_s $t_{s,ing}$ $t_{s,inh}$	h/year	858	作物の育成に係る年間労働時間③に、仮置場跡地での労働時間の割合④を乗じた。 1,112 h/year × 0.73 = 858 h/year	
②	仮置場跡地の面積	-	m ²	5,333	福島県除染対策課の調査結果から、県内の元の土地利用が畑地である仮置場面積の平均値である 5,333 m ² とした。	
③	作物の育成に係る年間労働時間	-	h/year	1,112	農林水産省「農業経営統計調査_令和元年営農類型別経営統計」より、野菜を栽培する際の面積区分別の労働時間をのべ人数で除して、面積区分別の1人あたり労働時間を算出した。仮置場跡地の面積②が該当する面積区分の値を平均的な年間労働時間とした。	
④	仮置場跡地での労働時間の割合	-	-	0.77	農林水産省「農業経営統計調査_平成19年産品目別経営統計」より、きゅうりの栽培に係る作業別労働時間から、畑地での作業時間の割合を求めた。（福島県で生産している野菜の中で、きゅうりの作付面積が最も大きいため。）	
⑤	野菜の年間摂取量	M_f	kgFW/year	102	厚生労働省「国民健康・栄養調査(令和元年)」より、年齢区分毎の1日あたりの野菜類の平均摂取量に、365 を乗じることで野菜の年間摂取量を求めた。大人は20歳以上の平均値とした。大人以外の年齢区分については、それぞれ該当する年齢区分の平均値とした。（調理済みの重量であるが、調理方法は多種多様であることから、水分量は考慮せず、保守的にそのままの値を用いた。）	
⑥				大人		47
⑦				1-6歳		88
⑧				7-14歳		89
⑧	15-19歳					
⑨	土壌から作物への放射性核種 i の移行係数	$T_{R,f}(i)$	Bq/kgFW per Bq/kgDW	0.04	IAEA SRS No19 (2001) より設定した。 なお、福島県では、福島県「農作物の放射性セシウム対策に係る除染及び技術対策の指針」により、交換性カリウムの施肥による放射性セシウムの吸収抑制対策等が奨励されているが、左記の移行係数はそれらの対策を考慮していない。	

⑩	摂取する野菜が仮置場跡地由来である割合	G_f	-	0.5	日本原子力学会標準 浅地中処分の安全評価手法：2016（2017）より、農作物の希釈係数を用いた。
---	---------------------	-------	---	-----	---

表 A4 畑地（花卉）シナリオの追加被ばく線量評価に用いたパラメータ

No.	パラメータ	式中記号	単位	設定値	設定根拠
①	外部被ばく時間、土壌を摂取する時間及びダストを吸入する時間	t_s $t_{s,ing}$ $t_{s,inh}$	h/year	852	作物の育成に係る年間労働時間③に、仮置場跡地での労働時間の割合④を乗じた。 1,119 h/year × 0.76 = 852 h/year
②	仮置場跡地の面積	-	m ²	5,333	福島県除染対策課の調査結果から、県内の元の土地利用が畑地である仮置場面積の平均値である 5,333 m ² とした。
③	作物の育成に係る年間労働時間	-	h/year	1,119	農林水産省「農業経営統計調査_令和元年営農類型別経営統計」より、花卉を栽培する際の面積区分別の労働時間をのべ人数で除して、面積区分別の1人あたり労働時間を算出した。仮置場跡地の面積②が該当する面積区分の値を平均的な年間労働時間とした。
④	仮置場跡地での労働時間の割合	-	-	0.76	農林水産省「農業経営統計調査_平成19年産品目別経営統計」より、菊の栽培に係る作業別労働時間から、畑地での作業時間の割合を求めた。（福島県で生産している花卉の中で、切り枝の作付面積が最も大きい、作業別労働時間が明らかでないため、2番目に作付面積が大きい菊を選択した。）

表 A5 樹園地シナリオの追加被ばく線量評価に用いたパラメータ

No.	パラメータ	式中記号	単位	設定値	設定根拠	
①	外部被ばく時間、土壌を摂取する時間及びダストを吸入する時間	t_s $t_{s,ing}$ $t_{s,inh}$	h/year	540	作物の育成に係る年間労働時間③に、仮置場跡地での労働時間の割合④を乗じた。 597 h/year × 0.90 = 540 h/year	
②	仮置場跡地の面積	-	m ²	5,333	福島県除染対策課の調査結果から、県内の元の土地利用が畑地である仮置場面積の平均値である 5,333 m ² とした。	
③	作物の育成に係る年間労働時間	-	h/year	597	農林水産省「農業経営統計調査_令和元年営農類型別経営統計」より、果樹を栽培する際の面積区分別の労働時間をのべ人数で除して、面積区分別の1人あたり労働時間を算出した。仮置場跡地の面積②が該当する面積区分の値を平均的な年間労働時間とした。	
④	仮置場跡地での労働時間の割合	-	-	0.90	農林水産省「農業経営統計調査_平成19年産品目別経営統計」より、ももの栽培に係る作業別労働時間から、樹園地での作業時間の割合を求めた。(福島県で生産している果物のうち、ももの作付面積が最も大きいため。)	
⑤	果物の年間摂取量	大人	M_f	kgFW/year	厚生労働省「国民健康・栄養調査(令和元年)」より、年齢区分毎の1日あたりの果実類の平均摂取量に、365を乗じることで果実の年間摂取量を求めた。大人は20歳以上の平均値とした。大人以外の年齢区分については、それぞれ該当する年齢区分の平均値とした。	
⑥		1-6歳				34
⑦		7-14歳				27
⑧		15-19歳				24
⑨	土壌から果物への放射性核種 <i>i</i> の移行係数	$T_{R,f}(i)$	Bq/kg FW per Bq/kg DW	0.04	IAEA SRS No19 (2001) より設定した。 なお、福島県では、福島県「農作物の放射性セシウム対策に係る除染及び技術対策の指針」により、交換性カリウムの施肥による放射性セシウムの吸収抑制対策等が奨励されているが、左記の移行係数はそれらの対策を考慮していない。	
⑩	摂取する果物が仮置場跡地由来である割合	G_f	-	0.5	日本原子力学会標準 浅地中処分の安全評価手法：2016 (2017) より、農作物の希釈係数を用いた。	

表 A6 牧草地（乳牛）の追加被ばく線量評価に用いたパラメータ

No.	パラメータ	式中記号	単位	設定値	設定根拠	
①	外部被ばく時間、土壌を摂取する時間及びダストを吸入する時間	t_s $t_{s,ing}$ $t_{s,inh}$	h/year	1,244	農林水産省「農業経営統計調査_令和元年営農類型別経営統計」より、乳牛を育成する際の飼養頭数区分別の労働時間をのべ人数で除して、飼養頭数区分別の1人あたり労働時間を算出した。乳牛の飼養頭数②が該当する飼養頭数区分の値を被ばく時間とした。	
②	乳牛の飼養頭数	-	頭	41.7	農林水産省「畜産統計調査（令和3年）」から、福島県の酪農家における、1戸あたりの乳牛の飼養頭数の平均値とした。	
③	牛乳の年間摂取量	M_f	kgFW/year	23	厚生労働省「国民健康・栄養調査(令和元年)」より、年齢区分毎の1日あたりの牛乳の平均摂取量に、365を乗じることで牛乳の年間摂取量を求めた。大人は20歳以上の平均値とした。大人以外の年齢区分については、それぞれ該当する年齢区分の平均値とした。	
④				大人		52
⑤				1-6歳		92
⑥				7-14歳		36
⑦	土壌から牧草への放射性核種 <i>i</i> の移行係数	$T_{R,p}(i)$	Bq/kg DW per Bq/kg DW	1	IAEA SRS No19 (2001) により設定した。なお、福島県では、福島県「農作物の放射性セシウム対策に係る除染及び技術対策の指針」により、交換性カリウムの施肥による放射性セシウムの吸収抑制対策等が奨励されているが、左記の移行係数はそれらの対策を考慮していない。	
⑧	牛1頭あたり牧草摂取量	M_g	kgDW/day	16	IAEA TRS No. 364 (1994) より設定した。	
⑨	牧草の市場希釈係数	f_r	-	0.12	牧草の年間生産量⑪を牧草の年間必要量⑩で除して求めた。	
⑩	牧草の年間必要量	-	kgDW/year	243,528	牛1頭あたりの飼料摂取量⑧、乳牛の飼養頭数②から以下のとおり求めた。 16 kgDW/day × 42 × 365 day = 243,528 kgDW/year	
⑪	牧草の年間生産量	-	kgDW/year	29,741	牧草を播種する面積⑫、牧草の年間の収量⑬及び牧草の水分率⑭から、以下のとおり求めた。 54,142 m ² × 3.37 kgFW/m ² × (1-0.837) = 29,741 kgDW/year	

⑫	牧草を播種する面積	-	m ²	54,142	仮置場跡地の面積⑬と牛舎の面積⑭の差とした。
⑬	仮置場跡地の面積	-	m ²	54,371	福島県除染対策課の調査結果から、県内の元の土地利用が牧草地である仮置場面積の平均値である 54,371 m ² とした。
⑭	牛舎の面積	-	m ²	229	(一社)日本草地畜産種子協会「草地開発整備事業計画設計基準」(2021)により、月齢16~24の乳牛1頭当たりに必要な面積が5.5 m ² とされている。これに、福島県の酪農家における、1戸あたりの乳牛の飼養頭数②である41.7頭を乗じて算出した。
⑮	牧草の年間の収量	-	kgFW/m ²	3.37	農林水産省「作物統計調査_令和2年産作物統計(普通作物、飼料作物、工芸作物)」(2020)における、牧草の1000 m ² あたり収量の全国平均値から求めた。
⑯	牧草の水分率	-	-	0.837	山下ら(1968)により、イタリアン・ライグラスの場合、稈・葉鞘の水分率が84.6%、葉身が82.8%とされていることから、平均値である83.7%とした。
⑰	摂取した放射性核種 i が畜産物に移行する割合	$T_{AM}(i)$	day/kgFW	0.01	IAEA SRS No19 (2001) により設定した。
⑱	摂取する牛乳が仮置場跡地由来である割合	G_f	-	0.5	日本原子力学会標準 浅地中処分の安全評価手法:2016 (2017) より、農作物の希釈係数を用いた。

表 A7 牧草地（肉牛）シナリオの追加被ばく線量評価に用いたパラメータ

No.	パラメータ	式中記号	単位	設定値	設定根拠
①	外部被ばく時間、土壌を摂取する時間及びダストを吸入する時間	t_s $t_{s,ing}$ $t_{s,inh}$	h/year	928	農林水産省「農業経営統計調査_令和元年営農類型別経営統計」より、肉用牛を育成する際の飼養頭数区分別の労働時間をのべ人数で除して、飼養頭数区分別の1人あたり労働時間を算出した。肉用牛の飼養頭数②が該当する飼養頭数区分の値を被ばく時間とした。
②	肉用牛の飼養頭数	-	頭	28.9	農林水産省「畜産統計調査（令和3年）」から、福島県の酪農家における、1戸あたりの肉用牛の飼養頭数の平均値とした。

表 A8 人工林シナリオの追加被ばく線量評価に用いたパラメータ

No.	パラメータ	式中記号	単位	設定値	設定根拠
①	外部被ばく時間、土壌を摂取する時間及びダストを吸入する時間	t_s $t_{s,ing}$ $t_{s,inh}$	h/year	313	農林水産省「林業経営統計調査_平成30年林業経営統計調査報告」より、面積規模別の1経営体あたりの労働者数と、育林、素材生産（伐採等）及びその他の作業を行う場合の労働時間から、面積規模別に1人あたりの労働時間を求めた。元の土地利用が森林であった仮置場の平均面積は11,775 m ² であったが、これに合致する面積区分が無いいため、上記の統計資料における200,000~500,000 m ² の値を用いた。（放射性セシウムの物理減衰を考慮しても、伐採を想定した評価が最も保守的な結果となる。）
②	仮置場跡地の面積	-	m ²	11,775	福島県除染対策課の調査結果から、県内の仮置場面積の平均値である11,775 m ² とした。

表 A9 住宅シナリオの追加被ばく線量評価に用いたパラメータ

No.	パラメータ	式中記号	単位	設定値	設定根拠
①	外部被ばく時間 (屋内)	大人	t_s	h/year	年間在宅時間⑤～⑧から外部被ばく及びダスト吸入に係る被ばく時間 (屋外、家庭菜園) ⑨～⑫を除いた値を、屋内での外部被ばく時間とした。
②		1-6 歳			
③		7-14 歳			
④		15-19 歳			
⑤	年間在宅時間	大人	-	h/year	NHK 放送文化研究所「国民生活時間調査 (2020)」より、年齢・性別区分及び職業毎の平日・土曜日・日曜日の1日あたりの平均在宅時間に、2020年度の平日・土曜日・日曜日 (祝日は日曜日としてカウント) をそれぞれ乗じて年齢・性別区分及び職業別の年間在宅時間を算出した。大人の区分については、40代男性・女性以上の区分で、値が大きい40代女性とした (国立社会保障・人口問題研究所「人口統計資料集 (2021年版)」により福島県の平均年齢が49.4歳であることがわかっているため)。7-14歳及び15-19歳の区分については、10代男性・女性のうち、値が大きい10代男性とした。1-6歳については、常に親と共に過ごすとして仮定し、主婦の在宅時間とした。年度間のばらつきを考慮するため、1の位で切り上げを行った。
⑥		1-6 歳			
⑦		7-14 歳			
⑧		15-19 歳			
⑨	外部被ばく時間、土壌を摂取する時間及びダストを吸入する時間 (屋外、家庭菜園)	大人	t_s $t_{s,ing}$ $t_{s,inh}$	h/year	高取ら「平成28年度国土政策関係研究支援事業 研究成果報告書 国土の適切な管理に向けた景域管理作業量の算出と可視化—中部8県を対象として」より、年代別の家庭菜園に係る年間作業時間の平均値とした。大人は40代の値を用いた (国立社会保障・人口問題研究所「人口統計資料集 (2021年版)」により福島県の平均年齢が49.4歳であることがわかっているため)。1-6歳は、該当する年代が無い場合、大人に同行していると仮定し、40代の値とした。7-14歳、15-19歳の区分は10代の値とした。
⑩		1-6 歳			
⑪		7-14 歳			
⑫		15-19 歳			

⑬	外部被ばくに対する遮へい係数（屋内）		$S_S(i)$	-	0.4	原子力安全委員会「原子力施設等の防災対策について」（1980）より設定した。
⑭	野菜の年間 摂取量	大人	M_f	kgFW/year	102	厚生労働省「国民健康・栄養調査（令和元年）」より、年齢区分毎の1日あたりの野菜類の平均摂取量に、365を乗じることで野菜の年間摂取量を求めた。大人は20歳以上の平均値とした。大人以外の年齢区分については、それぞれ該当する年齢区分の平均値とした。（調理済みの重量であるが、調理方法は多種多様であることから、水分量は考慮せず、保守的にそのままの値を用いた。）
⑮		1-6歳			47	
⑯		7-14歳			88	
⑰		15-19歳			89	
⑱	土壌から野菜への放射性核種 i の移行係数		$T_{R,f}(i)$	Bq/kg FW per Bq/kg DW	0.04	IAEA SRS No19（2001.9）により設定した。
⑲	摂取する食物が仮置場跡地由来である割合		G_f	-	0.1	日本原子力学会標準 浅地中トレンチ処分 の安全評価手法：2013（2014）より、家庭菜園の場合の市場希釈係数を用いた。

表 A10 公園シナリオの追加被ばく線量評価に用いたパラメータ

No.	パラメータ		式中記号	単位	設定値	設定根拠
①	外部被ばく時間、土壌を摂取する時間及びダストを吸入する時間	大人	t_s $t_{s,ing}$ $t_{s,inh}$	h/year	180	国土交通省「平成 26 年度都市公園利用実態調査」(2015) より、街区公園の平日・休日の年齢区分別の 1 日あたり在園時間の平均値に、来園日数を乗じて、年間在園時間を求めた。
②		1-6 歳			240	来園日数は、来園頻度の平均が週 2~3 回であったため、週に休日 2 回・平日 1 回来園すると仮定して算出した。大人の区分については、大人 (19-64 歳) の値を用いて被ばく時間を設定した。1-6 歳の区分については、学齢前の値とした。7-14 歳の区分については、小学校下級生 (1~3 年生)、小学校上級生 (4~6 年生)、中学・高校生等 (12~18 歳) のうち、年間在園時間が最大となる小学校上級生 (4~6 年生) の値とした。15-19 歳の区分については、中学・高校生等 (12~18 歳) の値とした。年度間のばらつきを考慮するため、1 の位で切り上げを行った。
③		7-14 歳			220	
④		15-19 歳			210	

保守的なパラメータ値の設定方法

○外部被ばく時間 (t_s)、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$)、仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$)

シナリオ毎に次のとおり検討した。なお、仮置場跡地で土壌を摂取する時間 ($t_{s,ing}$) 及び仮置場跡地でダストを吸入する時間 ($t_{s,inh}$) は外部被ばく時間 (t_s) と連動しており、水田、住宅シナリオ以外はこれら 3 つのパラメータが同じ値となる。

水田シナリオ

農林水産省の統計資料^{1, 2)}における、面積区分毎の年間総労働時間 (平均) とのべ人数 (平均) 及び作業別労働時間の割合 (平均) から、面積区分毎に 1 人あたりの仮置場跡地内での労働時間を算出し、外部被ばく時間及び土壌を摂取する時間とした。ダストを吸入する時間は、外部被ばく時間及び土壌を摂取する時間の計算方法に加え、水田が乾燥している時間 (ダストが発生し得る時間) の割合 (平均値) を更に乗じた値とした。

上記のとおり算出した面積区毎の 1 人あたり労働時間のうち、363,000 m² (仮置場面積の最大値) 以下の面積区分で最も長い、300,000~500,000 m² の時間を保守的に用いた。なお、パラメータ値の導出に係る計算式は次のとおり。

水田 ($t_s, t_{s,ing}$) : 水田シナリオにおける外部被ばく時間及び土壌を摂取する時間

$$\text{水田 } (t_s, t_{s,ing}) = \text{年間総労働時間} \div \text{のべ人数} \times \text{圃場にいる時間割合}$$

水田 ($t_{s,inh}$) : 水田シナリオにおけるダストを吸入する時間

$$\text{水田 } (t_{s,inh}) = \text{年間総労働時間} \div \text{のべ人数} \times \text{圃場にいる時間割合} \times \text{乾燥時間割合}$$

畑地 (野菜・花卉)、樹園地シナリオ

農林水産省の統計資料^{1, 3)}の面積区分毎の年間総労働時間 (平均) とのべ人数 (平均) 及び作業別労働時間の割合 (平均) から、面積区分毎に 1 人あたりの仮置場跡地内での労働時間を算出し、外部被ばく時間、土壌を摂取する時間及びダストを吸入する時間とした。

上記のとおり算出した面積区毎の 1 人あたり労働時間のうち、363,000 m² (仮置場面積の最大値) 以下の面積区分で、最も長い時間 (畑地 (野菜) シナリオは 100,000~150,000 m²、畑地 (花卉) シナリオは 30,000 m² 以上、樹園地シナリオは 30,000~50,000 m² の値) を保守的に用いた。なお、パラメータ値の導出に係る計算式は次のとおり。

畑地、樹園地 ($t_s, t_{s,ing}, t_{s,inh}$) : 畑地、樹園地シナリオにおける外部被ばく時間等

$$\text{畑地、樹園地 } (t_s, t_{s,ing}, t_{s,inh}) = \text{年間総労働時間} \div \text{のべ人数} \times \text{圃場にいる時間割合}$$

牧草地（乳牛・肉牛）シナリオ

農林水産省の統計資料¹⁾の1経営体あたりの飼養頭数区分毎の総労働時間（平均値）とのべ人数（平均値）から、飼養頭数区分毎に1人あたりの仮置場跡地内での労働時間を算出し、外部被ばく時間、土壌を摂取する時間及びダストを吸入する時間とした。総労働時間のうち牧草地内外での労働時間の割合が不明であるため、労働中は常に牧草地にいと仮定した。

上記のとおり算出した飼養頭数区分毎の1人あたり労働時間のうち、乳牛シナリオは「200頭以上」以下の区分、肉牛シナリオは「500頭以上」以下の区分で、最も長い時間（乳牛は200頭以上、肉牛は500頭以上の値）を保守的に用いた*。なお、パラメータ値の導出に係る計算式は次のとおり。

牧草地 ($t_s, t_{s,ing}, t_{s,inh}$) : 牧草地シナリオにおける外部被ばく時間等

牧草地 ($t_s, t_{s,ing}, t_{s,inh}$) = 年間総労働時間 ÷ のべ人数

人工林シナリオ

農林水産省の統計資料⁴⁾により、面積区分毎の育林、伐採及びその他の作業に係る総労働時間とのべ人数から、面積区分毎に1人あたりの仮置場跡地内での労働時間を算出し、外部被ばく時間、土壌を摂取する時間及びダストを吸入する時間とした。総労働時間のうち森林内外での労働時間の割合が不明であるため、労働中は常に森林内にいと仮定した。

上記のとおり算出した面積区毎の1人あたり労働時間のうち、363,000 m²（仮置場面積の最大値）以下の面積区分で、最も長い時間を保守的に用いた。しかし、同資料における最小の面積区分は200,000～500,000 m²であるため、標準的なパラメータと保守的なパラメータが同値となった。なお、パラメータ値の導出に係る計算式は次のとおり。

人工林 ($t_s, t_{s,ing}, t_{s,inh}$) : 人工林シナリオにおける外部被ばく時間等

人工林 ($t_s, t_{s,ing}, t_{s,inh}$) = 作業別年間総労働時間 ÷ のべ人数

住宅シナリオ

NHK放送文化研究所の統計資料⁵⁾により、年齢・性別区分及び職業毎の平日・土曜日・日曜日の1日あたりの在宅時間（平均値）から年間在宅時間を算出し、更に、家庭菜園に係る年間活動時間（平均値）（高取らの調査⁶⁾）を除いた値を、屋内での外部被ばく時間とした。在宅時間を保守的に設定すれば、住宅シナリオ全体として十分に保守的であると考えられる。

同資料には1日あたり在宅時間の平均値と標準偏差が示されているため、平均値+標準偏差の値を保守的な被ばく時間とした。大人の区分については、同資料の20代以上の区分で、平均値+標準偏差の値が大きい70代女性の値を保守的な年間在宅時間とし

* 福島県内で200頭以上の乳牛、500頭以上の肉牛を飼養する経営体が存在することが分かっている⁷⁾。

た。7-14 及び 15-19 歳の区分については、10 代男性・女性のうち、平均値+標準偏差の値が大きい 10 代男性の値を保守的な年間在宅時間とした。1-6 歳については、常に親と共に過ごすとして仮定し、主婦の在宅時間の平均値+標準偏差の値を保守的な年間在宅時間とした。大人及び 1-6 歳の区分については、平均値+標準偏差の値が、1 年間の総時間である 8,760 h を超過したため、8,760 h を保守的な年間在宅時間とした。なお、パラメータ値の導出に係る計算式は次のとおり。

住宅 (t_s) : 住宅シナリオにおける屋内での外部被ばく時間

住宅 (t_s) = 平日・土曜・日曜・祝日の年間在宅時間 - 家庭菜園に係る年間活動時間

平日の年間在宅時間 = 平日の 1 日あたり在宅時間 × 年間平日数

土曜日の年間在宅時間 = 土曜日の 1 日あたり在宅時間 × 年間土曜日数

日曜・祝日の年間在宅時間 = 日曜・祝日の 1 日あたり在宅時間 × 年間日曜・祝日数

※土壌の摂取とダストの吸入は屋内では発生しないと仮定している。

公園シナリオ

国土交通省の統計資料⁸⁾により、年齢区分毎の平日、休日の在園時間(平均値)と来園頻度から、年間在園時間を算出し、外部被ばく時間、土壌を摂取する時間及びダストを吸入する時間とした。

同資料では、ほぼ毎日来園する層が各年齢区分で一定割合存在することが示されているため、毎日来園するという仮定で年間在園時間を算出し、保守的な値とした。大人の区分については、同資料における大人(高齢者)の値を用いた。1-6 歳の区分については、学齢前の値を保守的な値とした。7-14 歳の区分については、小学校下級生(1~3 年生)、小学校上級生(4~6 年生)、中学・高校生等(12~18 歳)のうち、年間在園時間が最大となる小学校上級生(4~6 年生)の値を保守的に用いた。15~19 歳の区分については、中学・高校生等(12~18 歳)、大人(19~64 歳)のうち、年間在園時間が最大となる中学・高校生等(12~18 歳)の値を保守的に用いた。なお、パラメータ値の導出に係る計算式は次のとおり。

公園 ($t_s, t_{s,ing}, t_{s,inh}$) : 公園シナリオにおける外部被ばく時間等

公園 ($t_s, t_{s,ing}, t_{s,inh}$) = 平日の年間在園時間 + 休日の年間在園時間

平日の年間在園時間 = 平日の 1 日あたり在園時間 × 年間平日数

休日の年間在宅時間 = 休日の 1 日あたり在園時間 × 年間土曜・日曜・祝日数

○食物の年間摂取量 (M_f)

水田、畑地（野菜）、樹園地、牧草地（乳牛）シナリオにおいて、厚生労働省の統計資料⁹⁾の年齢区分毎の食物種別1日あたり摂取量（平均値）から、年齢区分毎に食物の年間摂取量を算出した。水田シナリオは米、畑地（野菜）は野菜類、樹園地は果実類、牧草地（乳牛）は牛乳の摂取量とした。米については炊飯後の重量であることを考慮し、2分の1の値とした¹⁰⁾。厚生労働省の統計資料⁹⁾には平均値と標準偏差が示されていることから、平均値+標準偏差の値を保守的な食物摂取量とした。大人の区分については、20歳以上で最も平均値+標準偏差が大きくなる年齢区分の値を保守的な食物摂取量とした（米は20-29歳、野菜及び果物の場合は70-79歳、牛乳は80歳以上）。大人以外の年齢区分については、それぞれ1-6歳、7-14歳、15-19歳の平均値+標準偏差の値を保守的な食物摂取量とした。なお、パラメータ値の導出に係る計算式は次のとおり。

水田 (M_f) : 水田シナリオの年間食物摂取量

$$\text{水田 } (M_f) = 1 \text{ 日あたり摂取量} \times 365 \div 2$$

水田以外 (M_f) : 畑地（野菜）、樹園地、牧草地（乳牛）シナリオの年間食物摂取量

$$\text{水田以外 } (M_f) = 1 \text{ 日あたり摂取量} \times 365$$

○食物の市場希釈係数 (G_f)

水田、畑地（野菜）、樹園地、牧草地（乳牛）シナリオにおける、摂取する食物が仮置場跡地由来である割合 (G_f) は、日本原子力学会標準 浅地中処分の安全評価手法：2016¹¹⁾に示されている「食物/飲料水摂取による内部被ばくモデルのパラメータ値である農作物の市場希釈係数0.5」を標準的な値としているのに対し、保守的な値は、年間で摂取する特定の食物が全て仮置場跡地由来であると仮定し1とした。

○牧草の市場希釈係数 (f_r)

乳牛シナリオにおける保守的な外部被ばく時間の検討において、乳牛の飼養頭数を200頭以上としている。乳牛の一日あたりの牧草摂取量を16 kgDW¹²⁾とすると、年間で1,168,000 kgDWの牧草が必要となる。

牧草を栽培できる面積は、仮置場面積から牛舎の面積を除いたものになる。牛舎において、月齢16~24の乳牛1頭あたりに必要な面積が5.5 m²¹³⁾とされているため、200頭の場合は1,100 m²となる。仮置場跡地の最大面積は363,000 m²であるため、牧草を播種できる面積は361,900 m²となる。

牧草の単位面積あたりの年間平均収量は、農林水産省の統計資料^{14, 15, 16, 17, 18, 19, 20)}によると、2014~2019年のうち最大で3.54 kgFW/m²とされている。山下らの調査²¹⁾で、イタリアン・ライグラスの場合、稈・葉鞘の水分率が84.6%、葉身が82.8%とされている。これらの平均値である83.7%を牧草の水分率と仮定し、牧草の単位面積あたり

の年間平均収量を 0.58 kgDW/m²とした。

361,900 m²において、牧草の年間平均収量を 0.58 kgDW/m²とすると、年間の収穫量は 208,824 kgDW となる。これは、年間で必要な牧草の量である 1,168,000 kgDW の 18 % であるため、保守的な牧草の市場希釈係数を 0.18 とした。

参考文献

- 1) 農林水産省 農業経営統計調査_令和元年営農類型別経営統計
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500201&tstat=000001013460&cycle=7&year=20190&month=0&tclass1=000001150647&tclass2=000001156387&tclass3=000001156388>
(2024年3月1日最終閲覧)
- 2) 農林水産省, 農業経営統計調査_令和元年産農産物生産費
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500201&tstat=000001013460&cycle=7&year=20190&month=0&tclass1=000001013651&tclass2=000001019774&tclass3=000001152427>
(2024年3月1日最終閲覧)
- 3) 農林水産省, 農業経営統計調査_平成19年産品目別経営統計
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500201&tstat=000001013460&cycle=7&year=20070&month=0&tclass1=000001013649&tclass2=000001020117&tclass3=000001034993>
(2024年3月1日最終閲覧)
- 4) 農林水産省, 林業経営統計調査_平成30年林業経営統計調査報告
<https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/rinkei/#r> (2024年3月1日最終閲覧)
- 5) NHK 放送文化研究所, 国民生活時間調査 (2020)
<https://www.nhk.or.jp/bunken/yoron-jikan/> (2024年3月1日最終閲覧)
- 6) 高取ら, 平成28年度 国土政策関係研究支援事業 研究成果報告書 国土の適切な管理に向けた景域管理作業量の算出と可視化—中部8県を対象として
https://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku_fr1_000048.html (2024年3月1日最終閲覧)
- 7) 農林水産省, 令和3年度畜産統計_令和3年畜産統計
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500222&tstat=000001015614&cycle=7&year=20210&month=0&tclass1=000001020206&tclass2=000001161726> (2024年3月1日最終閲覧)
- 8) 国土交通省, 平成26年度都市公園利用実態調査
https://www.mlit.go.jp/toshi/park/toshi_parkgreen_tk_000039.html (2022年9月1日最終閲覧)

- 9) 厚生労働省, 国民健康・栄養調査 (令和元年)
https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kenkou_eiyouchousa.html (2024年3月1日最終閲覧)
- 10) 小川 (1995) 赤飯の調理特性に関する研究 (第2報) 赤飯の炊飯条件の検討, 日本家政学会誌 Vol. 46 No. 6 531~537.
- 11) (一社) 日本原子力学会 (2017) 日本原子力学会標準 浅地中処分の安全評価手法: 2016
- 12) IAEA (1994) Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments, Technical Report Series 364, Technical Reports Series No. 364.
- 13) 一般社団法人 日本草地畜産種子協会 (2021) 草地開発整備事業計画設計基準
- 14) 農林水産省 作物統計調査_令和2年産作物統計 (普通作物、飼料作物、工芸作物) (2020)
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=7&year=20200&month=0&tclass1=000001032288&tclass2=000001032753&tclass3=000001150347>
(2024年3月1日最終閲覧)
- 15) 農林水産省, 作物統計調査_令和元年産作物統計 (普通作物、飼料作物、工芸作物) (2019)
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=7&year=20190&month=0&tclass1=000001032288&tclass2=000001032753&tclass3=000001137506>
(2024年3月1日最終閲覧)
- 16) 農林水産省, 作物統計調査_平成30年産作物統計 (普通作物、飼料作物、工芸作物) (2018)
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=7&year=20180&month=0&tclass1=000001032288&tclass2=000001032753&tclass3=000001125936>
(2024年3月1日最終閲覧)
- 17) 農林水産省, 作物統計調査_平成29年産作物統計 (普通作物、飼料作物、工芸作物) (2017)
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=7&year=20170&month=0&tclass1=000001032288&tclass2=000001032753&tclass3=000001112815>
(2024年3月1日最終閲覧)
- 18) 農林水産省, 作物統計調査_平成28年産作物統計 (普通作物、飼料作物、工芸作物) (2016)
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=7&year=20160&month=0&tclass1=000001032288&tclass2=000001032753&tclass3=000001095996>
(2024年3月1日最終閲覧)
- 19) 農林水産省, 作物統計調査_平成27年産作物統計 (普通作物、飼料作物、工芸作物) (2015)
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=7&year=20150&month=0&tclass1=000001032288&tclass2=000001032753&tclass3=000001085996>

search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=7&year=20150&month=0&tclass1=000001032288&tclass2=000001032753&tclass3=000001068075

(2024年3月1日最終閲覧)

- 20) 農林水産省, 作物統計調査_平成26年産作物統計(普通作物、飼料作物、工芸作物)(2014)

[https://www.e-stat.go.jp/stat-](https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=7&year=20140&month=0&tclass1=000001032288&tclass2=000001032753&tclass3=000001068111)

[search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=7&year=20140&month=0&tclass1=000001032288&tclass2=000001032753&tclass3=000001068111](https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=7&year=20140&month=0&tclass1=000001032288&tclass2=000001032753&tclass3=000001068111)

(2024年3月1日最終閲覧)

- 21) 山下(1968) 牧草の乾燥特性(第1報)-部位別, 切断長別の乾燥速度-, Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery and Food Engineers, Volume 30 Issue 1 Pages 24-28, 41.

仮置場跡地の空間線量率から表土中のセシウム 137 濃度への換算方法

仮置場跡地のセシウム 137 由来の空間線量率を、式(C1)のとおり、事故からの経過時間 t における仮置場跡地の空間線量率やセシウム 137 とセシウム 134 の存在比から算出した。次に、セシウム 137 濃度を、式 (C2) のとおり、セシウム 137 由来の空間線量率を土壌中のセシウム 137 濃度から空間線量率への換算係数で除することで算出した。本報では、仮置場跡地のセシウムの分布について、重量緩衝深度 β を 1 g/cm^2 と仮定している。Satoh らの報告¹⁾ より、 β が 1 g/cm^2 である場合のセシウム 137 の空間線量率への換算係数を $2.11 \times 10^{-6} \text{ mSv/h per kBq/m}^2$ とし、これに土の密度 1.6 gDW/cm^3 ²⁾、土の深さ 5.0 cm を乗じて、換算係数を $1.7 \times 10^{-10} \text{ (Sv/h) / (Bq/kgDW)}$ とした。

$$D_{137}(t) = (D(t) - D_{BG}) \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{137}}}}{k \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{134}}} + \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{137}}}} = (D(t) - D_{BG}) \frac{1}{k \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{134}}}}{\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{137}}}} + 1} \quad \dots \text{式 (C1)}$$

$$C_{s137} = \frac{D_{137}(t)}{D_{CF,ADR}} \quad \dots \text{式 (C2)}$$

ただし、 $D(t) < D_{BG}$ のとき $C_{s137} = 0$ とする。

$D_{137}(t)$: 時間 t におけるセシウム 137 由来の 1 m 高さ空間線量率 [Sv/h]

C_{s137} : セシウム 137 の土壌中濃度 [Bq/kgDW]

$D(t)$: 時間 t における空間線量率 (アンケート調査で得られた値) [Sv/h]

D_{BG} : 天然核種由来の空間線量率 (安藤らの報告³⁾ における市町村ごとの値) [Sv/h]

k : 同一濃度の場合のセシウム 134 のセシウム 137 に対する空間線量率比 2.7 [-]

t : 事故 (2011 年 3 月 15 日) からの経過時間 (アンケート調査で得られた値) [y]

T_{134} : セシウム 134 の半減期 2.0648 y ⁴⁾

T_{137} : セシウム 137 の半減期 30.1671 y ⁴⁾

$D_{CF,ADR}$: セシウム 137 濃度からの空間線量率への換算係数 $1.7 \times 10^{-10} \text{ (Sv/h) / (Bq/kgDW)}$

参考文献

- 1) Daiki Satoh, et al. (2016) Age-dependent dose conversion coefficients for external exposure to radioactive cesium in soil, Journal of Nuclear Science and Technology Volume 53, 2016 - Issue 1, p. 69-81.
- 2) US Nuclear Regulatory Commission (1977) Calculation of annual doses to man from routine release of reactor effluents for the purpose of evaluating compliance with 10 CFR Part 50, Appendix I, (Regulatory Guide 1.109. Revision 1).

- 3) 安藤ら (2017) KURAMA-II を用いた走行サーベイ測定による東日本での天然放射性核種の空間線量率評価, 日本原子力学会和文論文誌, Vol. 16, No. 2, p. 63-80.
- 4) ICRP (2008) Nuclear Decay data for Dosimetric Calculations, ICRP Publication 107.