

浅地中処分の安全評価手法標準を活用した福島修復跡地や 除去土壌現場保管地における被ばく線量評価の事例解析

吉原恒一*1 新堀雄一*2 黒沢満*3

2011年3月の福島第一発電所の事故により放射能汚染された福島県地域の環境修復は、5年半経過した現在、かなり進展し、一部では住民の帰還も開始されているが、除染で発生した廃棄物を最終処分するまでの長期間において、安全に保管する方法や処分量軽減のための再利用の促進等が次の課題になっている。本調査検討では、これらの廃棄物の現場長期保管を継続した場合や防潮堤等に再利用した場合の周辺住民等の被ばく線量を評価し、その成果を国や自治体等に提供し、廃棄物の保管や再利用に係る施策の安全性を検討する際の技術的判断材料として活用していただくことを目的にして実施したものである。

平成27年度は、学校敷地内の地下保管を継続した場合と防潮堤材等への再利用に供した場合について、福島において現実的と考えられる評価モデルを設定して被ばく線量評価の事例解析を実施した。その結果、事故直後に約10mSv/yr程度の被ばく線量をもたらす地域からの汚染土壌を対象とした場合は、どちらについても覆土が健全に維持されている場合は児童や周辺住民等の追加被ばく線量は、1mSv/yrをかなり下回って推移すること、および異常豪雨等で覆土が全量喪失された場合では、1mSv/yrに近い追加被ばくが短期的には起こり得るが、迅速に覆土が修復されれば被ばく線量は安全なレベル以内に収まることがわかった。これらより、放射性物質濃度がある程度低い除去土壌等の現場地下保管を継続する方策や防潮堤等に再利用する方策は、放射線被ばくの面では安全性には大きな問題はなく、処分量を低減する観点からは有効な方策であることが示唆された。

Keywords: 福島第一発電所事故, 除染廃棄物, 現場保管, 除去土壌等の再利用, 覆土, 被ばく線量評価, 安全評価手法

1 緒言

2011年3月11日に発生した福島第一発電所の事故で放出された放射性物質によって汚染された福島県を中心とする地域の環境修復状況については、国および自治体の除染活動に加えて、放射能の減衰効果もあって、事故から5年3ヶ月経過した平成28年6月の時点で、以下に示す空間線量率の推移でもわかるようにかなりの進展をみせており、一時避難していた住民の方々の故郷への帰還が開始されつつある。

福島県主要7方部の空間線量率の事故直後(2011.03.15)と2016年6月末の比較(単位: $\mu\text{Sv/hr}$)

県北(福島市): 24.2→0.18, 県中(郡山市): 8.3→0.10,
県南(白河市): 7.7→0.08, 会津: 2.6→0.06,
南会津: 1.1→0.04, 相双(南相馬市): 5.2→0.09,
いわき市: 5.1→0.07

今後の課題としては、除染活動によって発生した多量の除去土壌等を最終処分するまでの間、安全に保管することであるが、中間貯蔵施設の建設について地権者や周辺住民の理解と協力を得ることが困難な状況になっている。

したがって、除染現場での一時保管や仮置き場保管は増大する傾向にあり、とくに宅地の裏庭や軒先等の現場保管

箇所は、平成27年8月の時点で102,000件を超えるほどに急増しており、住民からは一日も早く現場保管土壌等の搬出を要望する声が強くなっている。

このような状況への対策としては、今後実施する除染では、廃棄物の発生量を極力抑制する環境修復技術(例えば天地返しなど)を採用することに加えて、修復で発生する除去土壌等の減容化を推進し、中間貯蔵施設へ搬入する除染廃棄物量の低減化を図ることが肝要であり、その方策の検討においては、修復現場での安全な保管を継続することや被ばく線量評価によって問題ないことが確認されたものは再利用を可能な限り推進することが得策と考えられる。

2 本調査検討の目的および概要

この調査検討では、福一発電所の事故により発生した汚染の修復について、国内外の環境汚染修復技術を調査し、それらの技術の福島への適用性、修復後の安全性の確認および除染廃棄物等の一時保管における安全性の評価方法などを検討し、環境修復を担う国・自治体、および住民を含む除染実施者に活用していただくことにより早期の環境回復に貢献することを目的とするものである。

平成27年度は、浅地中処分の安全評価手法標準[1]を活用し、また、平成25~26年度に実施した合理的な修復法採用時の修復地や現場保管地における安全評価の事例解析結果を踏まえて、1) 修復現場において地下保管を継続した場合、2) 修復で発生した除去土壌等を他場所において防潮堤材等の再利用に供した場合のそれぞれのケースについて、被ばく線量評価モデル事例を設定し、100年程度までの中長期的な被ばく線量評価の事例解析を行い、福島の実状に即した安全性の説明などに資するデータを整備した。

また、これらの成果については、HP 公開あるいはセミナー等での発表により、環境修復を推進する公的機関、当該修復現場の所在地がある地町村の自治体および住民、除染作業の実施者等へ提供した。

Several Analysis Cases of Dosage Evaluation at the Restoration place model in Fukushima by utilizing the Standard of Safety Evaluation Method for Shallow Land Disposal by Koichi YOSHIHARA (yoshihara.kouichi@genanshin.jp), Yuichi NIIBORI, Mitsuru KUROSAWA

*1 一般社団法人原子力安全推進協会 施設運営本部技術運営部

Technical Support Department, Japan Nuclear Safety Institute
〒108-0014 東京都港区芝 5-36-7 三田ベルジュビル 14 階

*2 東北大学大学院工学研究科 量子エネルギー工学専攻

Department of Quantum Science and Energy Engineering,
Graduate School of Engineering, Tohoku University
〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01-2

*3 三菱マテリアル(株) エネルギー事業センター

Energy Project & Technology Center, Mitsubishi Materials Corp.
〒330-8508 埼玉県さいたま市大宮区北袋町 1-297

本稿は、日本原子力学会バックエンド部会主催第32回バックエンド夏期セミナーにおける講演内容に加筆したものである。

3 調査検討の実施項目

3.1 除去土壌の一時保管状況および再利用を想定した状況の評価モデルの設定

(1) 一時保管状況の継続を想定した場合

学校などの敷地内除染において、天地返しを採用によって発生した除去土壌を、校庭の地下に一時保管している状況が継続することを想定した。

(2) 再利用を想定した場合

放射性セシウムが分布した土地を除染し、その除去土壌を防潮堤の中込材として再利用する場合を想定した。

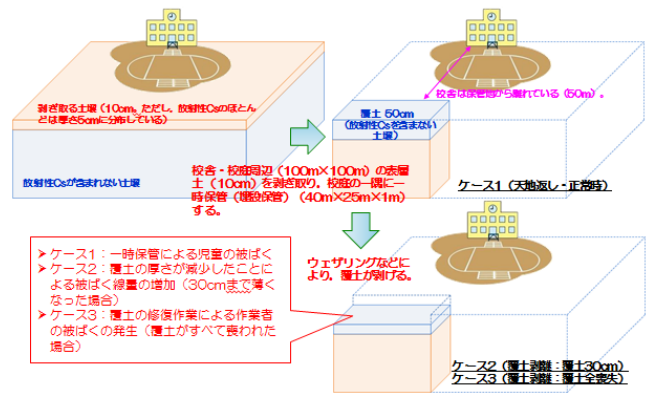


図1 一時保管状況: 学校の校庭における一時保管を継続した場合の児童の低線量被ばく線量評価モデルの事例

3.2 除去土壌の一時保管状況の継続および再利用を想定した場合の評価パラメータの検討

(1) 一時保管状況の継続を想定した場合

学校などの敷地内において除去土壌の一時保管を継続した場合の児童等の被ばく線量評価を行う際に必要となる保管土壌の放射性セシウム濃度、地下保管場所の規模・性状・物性・校舎からの距離等に係るパラメータおよび児童の学校生活等に係るパラメータを検討する。

(2) 再利用を想定した場合

除去土壌を防潮堤の中込材に再利用する場合の周辺住民等の被ばく線量評価を行う際に必要となる再利用中込材の放射性セシウム濃度、防潮堤の規模・構造・物性・居住地からの距離等に係るパラメータおよび周辺住民の生活パターン等に係るパラメータを検討する。

3.3 除去土壌の一時保管状況の継続および再利用を想定した場合の被ばく線量評価の事例解析

(1) 一時保管状況の継続を想定した場合

校庭の地下に一時保管を継続した場合の児童、および覆土を修復する作業員の被ばく線量を評価する。

(2) 再利用を想定した場合

防潮堤の中込材として再利用した場合における周辺の住民の被ばく線量を評価する。

4 評価モデルの設定

4.1 学校等の修復地における一時保管所状況の継続を想定

学校などの敷地内除染において、天地返しを採用によって発生した除去土壌を、校庭の地下に一時保管している状況が継続することを想定して、以下のケースおよび条件により被ばく線量評価の検討を行う。(図1参照)

(1) 評価ケース

- 【評価ケース1】: 一時保管状況が継続する場合における児童の被ばく
- 【評価ケース2】: 覆土がウェザリング等により薄くなった場合の児童の被ばく
- 【評価ケース3】: 覆土が失われた場合の児童および土壌修復作業員の被ばく

(2) 評価条件

天地返し規模: 100 m×100 m×厚さ 10 cm (この内、放射性セシウム含有土壌 100 m×100 m×厚さ 5 cm) を 40 m×25 m×厚さ 1 m の規模で、覆土 50 cm を設けて埋設保管する。

児童の被ばく時間: 通学日数を 200 日/年, 1 日当たり校舎内にいる時間を 6 時間/日 (遮へい係数 0.4), 屋外にいる時間を 4 時間/日 (遮へい係数 1) と想定する。

評価ケース 2 では、覆土厚さが 30 cm となった場合を想定する。評価ケース 3 では、保守的に全覆土喪失 (覆土喪失後は遮水シート等の遮へいを考慮しない) を想定する。評価期間は、5~100 年とする。

4.2 除去土壌の再利用を想定した状況

放射性セシウムが分布した土地を除染し、その除去土壌を防潮堤の中込材として再利用する状況を想定し、以下の被ばく線量評価の検討を行う。(図2参照)

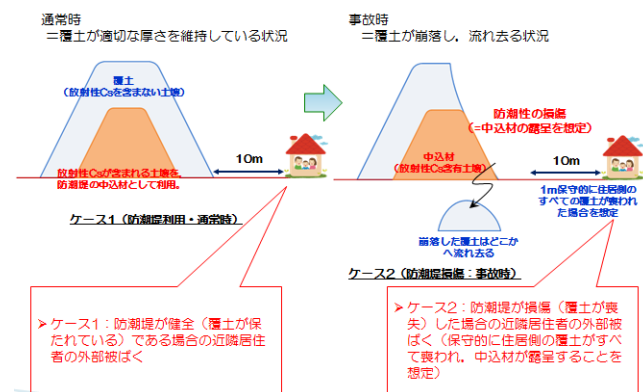


図2 再利用想定状況: 除去土壌を防潮堤の中込材に再利用した場合の周辺住民の低線量被ばく評価の事例

(1) 評価ケース

評価ケース 1: 防潮堤の覆土が適切な厚さを維持している状態 (通常時) における近隣居住者の外部被ばくを評価。

評価ケース 2: 防潮堤の住居側のすべての覆土が失われた状態 (事故時) における近隣居住者の外部被ばくを評価。

(2) 評価条件

- ・ 防潮堤の規模: 十分な大きさを持つ防潮堤と想定し、延長 100 m, 高さ 5 m を想定する。

- ・ 居住する一般公衆の被ばく時間：毎日防潮堤の近傍で生活すると想定し、屋外に8時間（遮へい係数1）、屋内に16時間（遮へい係数0.4）と想定する。
- ・ 防潮堤から居住地までの距離は10mとする。
- ・ 外部被ばく線量換算係数の設定においては、中込材の形状は直方体と見立てる。

5 学校等の修復地における一時保管所状況の継続を想定した場合の児童等の被ばく線量評価

5.1 評価の前提条件および評価パラメータの設定

(1) 前提条件の設定

被ばく線量評価の前提条件を以下のとおり設定した。

- ・ 学校などの敷地内除染において、天地返しを採用によって発生した除去土壌を一時保管する。
- ・ 放射性セシウムが地表の浅い部分に分布していることを考慮し、除去対象土壌は100m×100m×5cmとする。ただし、施工上の問題から、表土剥ぎは100m×100m×10cmの規模で行うものと想定する。
- ・ 除去土壌は、事故直後において空間線量率が2.5μSv/hrであった場所の表層から掘削除去した土壌と想定。
- ・ 一時保管は、校庭の一隅で行うものとする。一時保管のための埋設規模は40m×25m×1mであり、50cmの覆土を設ける。除去土壌はベントナイトシートなどの遮水性のシートで覆われているものと想定する。
- ・ 被ばく線量評価の対象は児童を想定する。児童の活動パターンとして、通学日数を年間200日とし、1日当たりの屋内活動時間を6時間、屋外活動時間を4時間と想定する。
- ・ 評価ケース2の覆土剥離ケースでは、ウエザリング等により覆土が削られ、厚さが30cmになった場合を想定する。
- ・ 評価ケース3の覆土喪失ケースでは、ウエザリングや間違った掘り返しなどにより、覆土が喪われた場合の、学校に通う児童および修復作業に従事する作業者の被ばく線量を評価する。この評価では、保守的に、すべての覆土が喪失したと想定する。すなわち遮水シートによる遮へいは考慮しない。また、修復に係る時間は1ヶ月程度と想定する。修復中は児童が近寄らないような配慮は考慮しない。作業者については粉じん吸入による内部被ばくおよび外部被ばく線量を評価する。

(2) 評価パラメータの設定

- ① 除去土壌の放射性セシウム濃度：23,200 Bq/kg（事故後の空間線量率が2.5μSv/hrであった土地の土壌中の放射性セシウム濃度は、JNESの関係式[2]を用いると23,200 Bq/kgとなる）。
- ② 放射性セシウムの分布範囲：100m×100m×0.05mの直方体（放射性Csは、地表の5cmに分布するとし、除染する学校の敷地範囲を100m×100mと想定）。
- ③ 修復時に剥ぎ取られた土壌の範囲：100m×100m×0.1mの立方体（施工上の技術的問題等から10cmの厚さで剥ぎ取られたと想定）

- ④ 埋設土の保管規模：40m×25m×1mの直方体
- ⑤ 上部覆土の厚さ：ケース1は0.5m、ケース2は0.3m、ケース3は0m（保管開始時は0.5mの厚さで施工）
- ⑥ 保管場所から校舎までの距離：50m
- ⑦ 除去土壌・埋設土・覆土の密度：1.5g/cm³（農地土壌等の高密度1.3~1.6g/cm³より多少の締固めを想定）
- ⑧ 児童の年間被ばく時間：1,280 hr/yr（1年間の通学日数：200日/年、1日の校舎内での活動時間：6時間/日、1日の校舎外（校庭）での活動時間：4時間/日、校舎内における遮へい係数：0.4、校舎外（校庭）における遮へい係数：1）
- ⑨ 校舎内での被ばく位置：3階で7.5m（実在の校舎の例や建築基準などを参考に3階床の高さを地上7mと想定）
- ⑩ 修復作業者の被ばく時間：240 hr（修復所要日数30日、1日の作業時間8hr、作業時の遮蔽係数1）
- ⑪ 修復作業時空気中ダスト濃度：5E-4 g/m³（NUREG/CR-3585[3]に示されたOPEN DUMP時とIAEA-TECDOC-401[4]に示された埋設処分場での埋め立て作業時における空気中ダスト濃度を採用）
- ⑫ 修復作業時の空気中ダスト濃度（児童）：6×10⁻⁶ g/m³（IAEA-TECDOC-401[4]で提案されている値を採用。この濃度は自然大気相当の粒子状物質濃度相当である）。
- ⑬ 呼吸量（修復作業者）：1.2 m³/hr（IAEA-TECDOC-401[4]）
- ⑭ 呼吸量（児童）：0.96 m³/hr（ICRP Publ. 23[5]）
- ⑮ 微粒子への放射性セシウムの濃縮係数：4（IAEA Safety Reports Series No.44[6]）
- ⑯ 外部被ばく換算係数：QAD-CGGP2Rを用いて算出
- ⑰ 吸入による内部被ばく換算係数：児童はICRP Publ.72[7]を、修復作業者はICRP Publ.68[8]を参照して設定

5.2 一時保管継続の場合の被ばく線量評価結果

(1) 安定継続のケース1および覆土剥離のケース2

ケース1の覆土が安定した状態で存続した場合の評価結果は、図3に示すように、一時保管の安定した継続のケースでは、保管土壌は覆土で覆われており、被ばく線量は最大で、 9.6×10^{-3} mSv/yrであった。ケース2の覆土が削剥した場合には、図4に示すように覆土が薄くなることで覆土の遮へい効果が低減し、被ばく線量は 8.0×10^{-2} mSv/yrに上昇している。

(2) 異常豪雨等により覆土が全量喪失したケース3

ある時点（ある経過年数後）で覆土の喪失により埋設土が露呈し、その直後1ヶ月程度（30日）で修復された場合における児童と修復作業員の被ばく線量評価結果を、図5、図6に示す。これらの図より、早い時期に保管土壌が露呈する場合には、被ばく線量は大きくなるのがわかる。ただし、評価上「保管土壌は、修復工事の実施期間中のすべての時間（30日）で露呈している」と想定している。これを考慮すれば、被ばく線量はより低くなる。たとえば、修復工事の最初の10日間で覆土30cmを確保できるならば、10日間は露呈していたと仮定しても、被ばく線量は約1/3

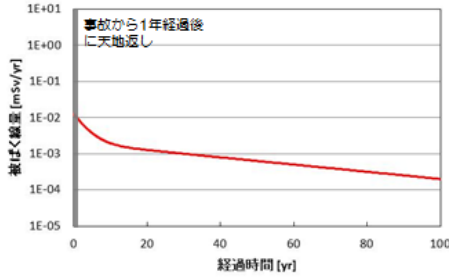


図3 一時保管が安定して継続された場合の児童の被ばく線量の推移 (ケース 1)

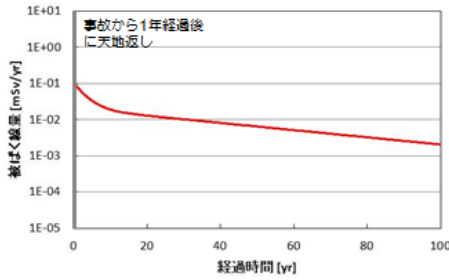


図4 覆土が剥離した場合の児童の被ばく線量の推移 (ケース 2)

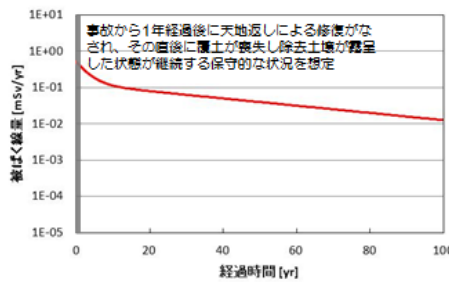


図5 異常豪雨等により覆土が全量喪失し保管土壌が露呈した場合の児童の被ばく線量の推移 (ケース 3)

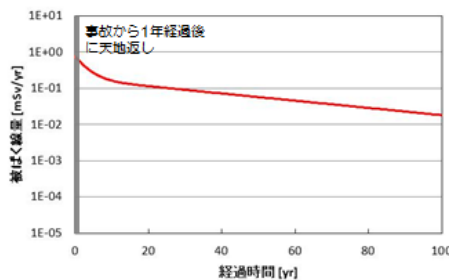


図6 異常豪雨等により覆土が全量喪失し保管土壌が露呈した場合の修復作業員の被ばく線量の推移 (ケース 3)

まで低下する。また、天地返しから1年間で覆土が喪失されて保管土壌の露呈に至ることは考えにくく、また、そのような事態が起これば児童については立ち入りの制限がなされると考えられる。なお、児童が受ける被ばく線量の単位は[mSv/年]としているが、この[年]は「覆土の修復に30日を要する埋設土の露呈が、1回だけ発生した1年」という意味である。たとえば、一時保管開始から4年後に埋設土が露呈したならば、この露呈による児童の受けるその年

の追加被ばく線量は0.18 mSvであり、追加被ばくを受けるのは、埋設土が露呈したこの1年だけである。

6 除去土壌等の再利用を想定した場合の周辺住民等の被ばく線量評価

6.1 評価の前提条件および評価パラメータの設定

(1) 前提条件の設定

被ばく線量評価の前提条件を以下のとおり設定した。

- ① 放射性セシウムを含む土壌を、防潮堤の中込材として再利用することを想定。
- ② 再利用する土壌は、事故直後において空間線量率 2.5 $\mu\text{Sv/hr}$ であった土地の土壌と想定。
- ③ 防潮堤は延長 100 m、高さ 5 m (外部被ばく線量の評価においては十分に大きな規模)を、表面は 1 m の覆土(放射性セシウムを含まない)で覆われると想定。
- ④ 被ばく線量評価の対象は、防潮堤の近傍に居住する一般公衆(居住者)を想定する。居住者の1日のうちの活動時間を、屋外で 8 時間、屋内で 14 時間と想定。(1日中防潮堤の近傍に居ると想定)。
- ⑤ 防潮堤から居住地までの距離は 10 m と仮定。
- ⑥ 通常ケースでは、上記の前提条件に即した防潮堤近傍に居住する住民の被ばく線量を評価。
- ⑦ 事故時ケースでは、何らかの理由(自然災害、経年劣化など)により、覆土が削れるなどして中込材が露呈した場合における防潮堤の近傍に居住する人の被ばく線量を評価する。このケースでは保守的にすべての覆土が喪失したと想定し、居住者の粉じん吸入による内部被ばく線量、および外部被ばく線量を評価する。

(2) 評価パラメータの設定

除去土壌の放射性セシウム濃度、土壌や覆土の密度、空気中のダスト濃度、呼吸率および線量換算係数は、5で述べた一時保管継続の場合の被ばく線量評価と同じ値を用い、その他の評価パラメータは以下のとおりに設定した。

- ① 放射性セシウムの分布範囲: 100 m \times 100 m \times 5 m の直方体(放射性セシウムは、防潮堤の中込材として再利用された除去土壌の中に一様に分布することを想定。中込材は直方体の形状であると仮定)
- ② 覆土の厚さ: 通常時 1 m、事故時 0 m (通常時は防潮堤の施工時の覆土厚さ 1 m が維持され、事故時にはこの覆土のすべてが喪失されると想定)
- ③ 防潮堤から居住地までの距離: 10 m
- ④ 居住者の年間居住時間: 8,760 hr (保守的に1年間絶えず防潮堤の近傍に居住していると想定)
- ⑤ 居住時の遮蔽係数: 0.2 (IAEA-TECDOC-401[4]より、居住時間の20%を屋外で過ごすとは仮定)

6.2 再利用を想定した場合の被ばく線量評価結果

(1) 通常時ケース(覆土の健全状態が継続の場合)

覆土が健全に維持され、中込材に再利用した除去土壌が露呈しない場合における周辺住民成人の被ばく線量の推移を図7に、子供の場合を図8に示す。通常時の覆土の厚さ

が十分である場合には、その遮へい効果によって被ばく線量はきわめて低くなる。また、再利用土壌が飛散しないため、内部被ばくが生じない。被ばく線量は最大で 2.8×10^{-5} mSv/yr (成人), 3.6×10^{-5} mSv/yr (子供) である。

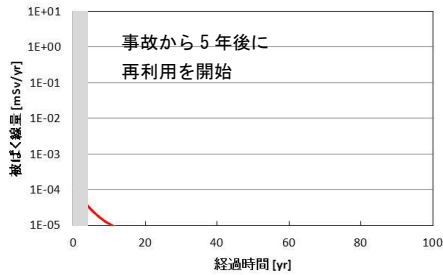


図7 覆土健全時の周辺住民成人の被ばく線量の推移

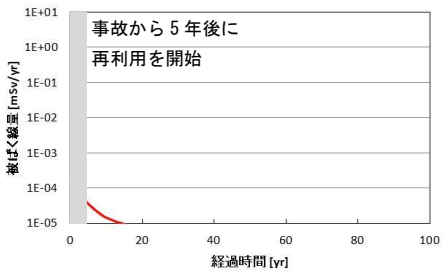


図8 覆土健全時の周辺住民子供の被ばく線量の推移

(2) 事故時ケース（覆土喪失状態が発生した場合）

異常豪雨や津波などの事故時に覆土が喪失され、中込材に再利用した除去土壌が露呈した場合における周辺住民成人の被ばく線量の推移を図9に、子供の場合を図10に示す。

これらの図からわかるように覆土が喪失された場合には、遮へいによる線量低減がなくなり、被ばく線量は高くなる。被ばく線量は最大で 5.4×10^{-1} mSv/yr (成人), 7.1×10^{-1} mSv/yr (子供) である。なお、除去土壌の飛散により内部被ばくが生じるが、住居が防潮堤から十分に離れており空気中の粉塵の濃度が低い（通常の生活空間と同じ）と見込んだ場合には、全体の被ばく線量への寄与は小さい。また、修復時間を1年としているが、迅速に覆土が修復されれば被ばく時間は小さくなり、被ばく線量は低くなる。

7 考察

7.1 学校の校庭における一時保管を継続した場合の児童の被ばく線量評価の事例

福島事故直後の空間線量率が $2.5 \mu\text{Sv/hr}$ 程度の地域に所在する学校の敷地（汚染土壌の放射性 Cs 濃度は約 $23,000 \text{ Bq/kg}$ と算定される）を天地返しにより修復し、表層の汚染土を学校敷地内（運動場）の下部に一時的に地下保管し、その上部をクリーンな土壌（下層にあった非汚染土）で覆土し、空間線量率を低下させた状態で授業を再開し、そのような状況が、数年間あるいはさらに長期間継続されることを想定した場合の児童の被ばく線量評価を実施した結果を以下に示す。

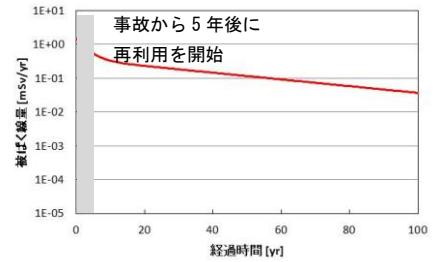


図9 事故時（覆土喪失状態の場合）の周辺住民（成人）の被ばく線量の推移

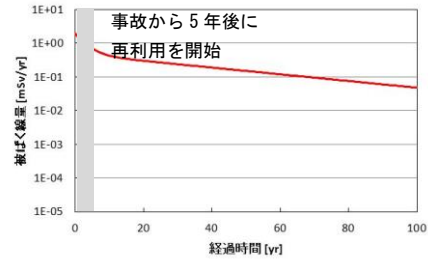


図10 事故時（覆土喪失状態の場合）の周辺住民（子供）の被ばく線量の推移

① 覆土が健全に維持された場合は、児童の追加被ばく線量は以下のように低い値で推移する。

事故から1年～10年～100年 $\Rightarrow 9.6 \times 10^{-3} \text{ mSv/yr} \sim 2.0 \times 10^{-3} \text{ mSv/yr} \sim 2.0 \times 10^{-4} \text{ mSv/yr}$ (*評価の都合上、100年経過時の被ばく線量を示しているが、学校敷地内保管が100年継続されるということではない。)

② 修復直後(1年)で覆土が20cm剥離し、その状態が継続する場合は、遮蔽機能が若干低下するため、以下に示すように児童の追加被ばく線量は①に比して、約10倍上昇する。

事故から1年～10年～100年 $\Rightarrow 8.0 \times 10^{-2} \text{ mSv/yr} \sim 1.9 \times 10^{-2} \text{ mSv/yr} \sim 2.1 \times 10^{-3} \text{ mSv/yr}$

③ 修復直後(1年)で覆土が全量喪失した場合の児童の追加被ばく線量は、以下に示すように①に比して、100倍程度高めに推移するが、この評価条件限りにおいては、 1 mSv/yr を上回ることはないという結果になった。

事故から1年～10年～100年 $\Rightarrow 4.0 \times 10^{-1} \text{ mSv/yr} \sim 1.1 \times 10^{-1} \text{ mSv/yr} \sim 1.3 \times 10^{-2} \text{ mSv/yr}$

ただし、上記③は、かなり保守的な評価であり、万一覆土が喪失されれば、学校は一時休校などの措置がとられるはずで、露出した除去土壌に起因する児童の被ばくが何年も続くとは考えられない。

7.2 除去土壌を防潮堤の中込材として再利用した場合の周辺住民などの被ばく線量評価の事例

福島事故直後の空間線量率が $2.5 \mu\text{Sv/hr}$ の地域の土壌を掘削除去により修復し、発生した除去土壌（汚染土壌の放射性 Cs 濃度は、約 $23,000 \text{ Bq/kg}$ と算定される）を、福島事故から5年経過後に防潮堤の中込材として再利用し、その場所から10mの近接地域に住民が居住している状況が、5

年～100年継続されることを想定した場合における住民の被ばく線量評価を実施した結果を以下に示す。

① 除去土壌の中込材を1mの厚さで被覆している表層の覆土が健全に維持された場合は、周辺住民（成人と子供）の追加被ばく線量は以下のように低い値で推移する。

成人：5年～10年～30年～100年⇒ 2.8×10^{-5} mSv/yr～ 1.2×10^{-5} mSv/yr～ 4.7×10^{-6} mSv/yr～ 9.4×10^{-7} mSv/yr

子供：5年～10年～30年～100年⇒ 3.6×10^{-5} mSv/yr～ 1.4×10^{-5} mSv/yr～ 6.1×10^{-6} mSv/yr～ 1.2×10^{-6} mSv/yr

② 防潮堤の工事完了直後に津波や豪雨などにより覆土が全量喪失した場合の周辺住民の追加被ばく線量は、①に比して、10000倍程度高めに推移するが、この評価条件限りにおいては、1mSv/yrを上回らない結果となった。

成人：5年～10年～30年～100年⇒ 5.4×10^{-1} mSv/yr～ 3.3×10^{-1} mSv/yr～ 1.8×10^{-1} mSv/yr～ 3.7×10^{-2} mSv/yr

子供：5年～10年～30年～100年⇒ 7.1×10^{-1} mSv/yr～ 4.3×10^{-1} mSv/yr～ 2.4×10^{-1} mSv/yr～ 4.8×10^{-2} mSv/yr

ただし、上記②はかなり保守的な評価であり、万一想定外の津波や豪雨などにより覆土が全量喪失するような事故が起こった場合には、ただちに防潮堤の復旧工事が行われるはずであり、その際には、残存している除去土壌を再被覆する覆土が施工されるので、上記のような住民の被ばくが、何年も何十年も継続することは現実的にはありえないと思われる。

8 まとめ

福島において現実的にあり得るモデルを設定して、除染で発生した除去土壌を学校等の敷地内における地下保管を継続するケースと防潮堤等の中込材として再利用するケースについて被ばく線量評価の事例解析を実施した。

その結果、事故直後の空間線量率が $2.5 \mu\text{Sv/hr}$ であった汚染地の除去土壌（約 10 mSv/年 の被ばくに相当）を対象とした場合は、どちらのケースにおいても除去土壌を覆う覆土が健全に維持されておれば、児童や周辺住民等の追加被ばく線量は、 1 mSv/yr を大きく下回って推移することが予見された。また、異常豪雨や津波等によって、覆土が全量喪失された場合は、そのままでは 1 mSv/yr に近い追加被ばくが起り得る結果が示されたが、短期間(数か月以内)のうちに覆土が修復されると考えれば、児童や住民の被ばくは安全なレベル以内に収まることがわかった。

これらの結果より、比較的放射性セシウム濃度が低い汚染地から出た除去土壌に対して、覆土して現場地下保管を継続する方策および防潮堤等に再利用する方策は、放射線被ばくの面では安全性が確保され、また最終処分量を低減する観点からは有効な方策であることが示唆された。

参考文献

[1] 一般社団法人 日本原子力学会, “日本原子力学会標準 AESJ-SC-F024:2013 浅地中トレンチ処分の安全評価

手法”, (2013).

- [2] JNES「災害廃棄物の放射能汚染状況の調査報告書（平成23年度）」, JNES-EV-2011-9007, (2011).
- [3] De Minimis waste impacts analysis methodology. IMPACTS - BRC user's guide and methodology for radioactive wastes below regulatory concern. Draft report for comment.- Report Number(s): NUREG/CR-3585-Vol.2, (1986).
- [4] Exemption of Radiation Sources and Practices from Regulatory Control: Interim Report. IAEA TECDOC Series No. 401, (1987).
- [5] Report on the Task Group on Reference Man, ICRP Publication 23, (1975).
- [6] Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance. Safety Reports Series No. 44, (2005).
- [7] Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients. ICRP Publication 72. Ann. ICRP 26 (1), (1995).
- [8] Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers. ICRP Publication 68. Ann. ICRP 24 (4), (1994).