

Oral presentation | VII. Health Physics and Environmental Science : Health Physics and Environmental Science

📅 Thu. Sep 12, 2024 9:30 AM - 11:55 AM JST | Thu. Sep 12, 2024 12:30 AM - 2:55 AM UTC 🏢 Room C(Recture RoomsA 1FA105)

[2C01-09] Fukushima 1

Chair:Sakae Kinase(JAEA/Ibaraki Univ.)

9:30 AM - 9:45 AM JST | 12:30 AM - 12:45 AM UTC

[2C01]

Dose assessment for residents in the residential environment considering the transfer of substances between indoor and outdoor after nuclear accidents

(4) Assessment of the sheltering effect in the early phase of nuclear accident

*Jun Hirouchi¹, Masatoshi Watanabe^{2,1}, Naho Hayashi¹, Azusa Nagakubo¹, Yasuto Matsui³, Minoru Yoneda³, Shogo Takahara¹ (1. JAEA, 2. V.I.C., 3. Kyoto Univ.)

9:45 AM - 10:00 AM JST | 12:45 AM - 1:00 AM UTC

[2C02]

Dose assessment for residents in the residential environment considering the transfer of substances between indoor and outdoor after nuclear accidents

(5) Evaluation of resuspension coefficients based on experiments

*Azusa Nagakubo¹, Naho Hayashi¹, Jun Hirouchi¹, Yasuto Matsui², Minoru Yoneda², Shogo Takahara¹ (1. JAEA, 2. Kyoto Univ.)

10:00 AM - 10:15 AM JST | 1:00 AM - 1:15 AM UTC

[2C03]

Dose assessment for residents in the residential environment considering the transfer of substances between indoor and outdoor after nuclear accidents

(6) Dose assessment for staying indoors considering indoor resuspended particles

*Naho Hayashi¹, Azusa Nagakubo¹, Jun Hirouchi¹, Yasuto Matsui², Minoru Yoneda², Shogo Takahara¹ (1. JAEA, 2. Kyoto Univ.)

10:15 AM - 10:30 AM JST | 1:15 AM - 1:30 AM UTC

[2C04]

Development of analysis method for the releasing ALPS treated water

(1)The Fe-55 analysis method for ALPS treated water

*Tatsuya Shoji¹, Naoto Hatanaka², Hirokuni Sasaki¹, Masayoshi Goto¹, Masato Ishibashi¹, Hironobu Sato¹, Junichi Suzuki¹, Yuji Akimoto² (1. TEPCO HD, 2. Tokyo PT)

10:30 AM - 10:45 AM JST | 1:30 AM - 1:45 AM UTC

[2C05]

Development of analysis methods for the releasing ALPS treated water

(2) The Se-79 analysis method for ALPS treated water

*Yuu Ogaswara¹, Yoshinari Oshimi², Katsumi Nagasawa¹, Hirokuni Sasaki¹, Masayoshi Goto¹, Masato Ishibashi¹, Junichi Suzuki¹, Yuji Akimoto² (1. TEPCO HD, 2. Tokyo PT)

10:45 AM - 11:00 AM JST | 1:45 AM - 2:00 AM UTC

[2C06]

Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(1) Long-term changes in distribution and transfer rate of radiocesium in Fukushima forests

*Hiroaki Kato¹, Yuichi Onda¹, Hao Wang¹ (1. Univ. of Tsukuba)

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[2C07]

Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(2) Long-term changes in the depth distribution and downward migration of ^{137}Cs in forest soils

*Junko Takahashi¹, Shunsuke Mishima¹, Yuichi Onda¹ (1. Univ. of Tsukuba)

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[2C08]

Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(3) Effect of thinning on soil environment and Cs-137 dynamics in cedar forests

*Shuta Shimada¹, Jyunko Takahashi¹, Yuichi Onda¹ (1. University of Tsukuba)

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[2C09]

Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(4) Effect of thinning on the spatial distribution of ^{137}Cs in a cedar forest soils in Minamisoma

*Shunsuke Mishima¹, Junko Takahashi¹, Yuichi Onda¹ (1. Univ. of Tsukuba)

11:45 AM - 11:55 AM JST | 2:45 AM - 2:55 AM UTC

Time reserved for Chair

原子力事故後の居住環境における室内外の物質移行を考慮した住民の被ばく線量評価に関する研究

(4) 原子力事故初期時の屋内退避による低減効果の評価

Dose assessment for residents in the residential environment considering the transfer of substances between indoor and outdoor after nuclear accidents.

(4) Assessment of the sheltering effect in the early phase of nuclear accidents

*廣内 淳¹, 渡邊 正敏^{1,2}, 林 奈穂¹, 長久保 梓¹, 松井 康人³, 米田 稔³, 高原 省五¹

¹JAEA, ²V.I.C., ³京大

原子力発電所事故後の居住環境における被ばく評価は、汚染地域での住民生活を管理するために必要不可欠な情報の一つである。本研究では、日本の原子力施設を有するサイトを対象に確率論的リスク評価コードを用いて、事故後初期の屋内退避時における被ばく低減係数を計算し、サイト間で比較した。

キーワード: 屋内退避, 線量評価, 原子力事故

1. 緒言 原子力発電所事故後の居住環境における被ばく評価は、汚染地域での住民生活を管理するために必要不可欠な情報の一つである。特に、東京電力福島第一原子力発電所（1F）事故以降、原子力防災分野において、事故後初期に家屋への屋内退避が防災計画の主軸の一つとして位置づけられている。屋内退避を実施した場合にどのくらいの被ばくが想定されるか、また被ばく低減効果がどの程度見込まれるかの情報は、原子力防災計画や放射線防護対策を策定する国や自治体にとって重要な情報となる。そこで本研究では、日本の原子力施設を有するサイトを対象に、確率論的リスク評価コードの一つである OSCAAR^[1]を用いて、事故後初期の屋内退避における被ばく低減係数（屋内での被ばく線量/屋外での被ばく線量）を計算し、サイト間で比較した。

2. 計算条件 本研究では、OSCAAR と室内への侵入モデル^[2]を組み合わせ、被ばく低減係数を算出した。被ばく低減係数を算出するには、炉内インベントリ、放出シナリオ及び気象条件を設定する必要がある。

本来であれば、炉内インベントリは各サイトのデータを利用することが望ましい。しかし、全てのサイトでインベントリを入手できなかったため、本研究では全てのサイトで同一のインベントリとし、過去のシビアアクシデント研究でも利用されている本間他(2000)^[3]のインベントリデータを利用した。

放出シナリオは、過去のシビアアクシデント研究^[3]で利用された3つの放出シナリオ、原子力規制委員で定められている放出シナリオ^[4]、1F 事故を基にした放出シナリオの計5つとした。

気象条件は、2020 年の気象データを利用し、500 の気象シーケンス（一つの気象シーケンスの長さは最大で 10 日間）とした。なお、各気象シーケンスの開始時刻はサイトによらず同じとした。

3. 結果 被ばく低減係数はサイト間によって 20%~50%の違いが見られた。また、同じサイトでも気象シーケンスの違いによって被ばく低減係数の値は異なった。この主要因は風速の違いであり、風速が大きいくほど被ばく低減係数は大きくなった（図）。また、被ばく低減係数は放出シナリオによって約 50%の違いが見られた。この主要因は、希ガス核種からの被ばく線量への寄与割合の違いであり、希ガスの多い放出シナリオほど被ばく低減係数は大きくなった。

参考文献

[1] JAEA-Testing 2020-001 (2020). [2] Hirouchi et al., J. Radiol. Prot., 42, 041503 (2022). [3] 本間他, JAERI-Research 2000-060 (2000) [4] 原子力規制委員会, 緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について（案）(2014).

この研究は環境省委託事業「放射線健康管理・健康不安対策事業（放射線の健康影響に係る研究調査事業）」において実施したものです。

* Jun Hirouchi¹, Masatoshi Watanabe^{1,2}, Naho Hayashi¹, Azusa Nagakubo¹, Yasuto Matsui³, Minoru Yoneda³, Shogo Takahara¹

¹JAEA, ²V.I.C., ³Kyoto Univ.

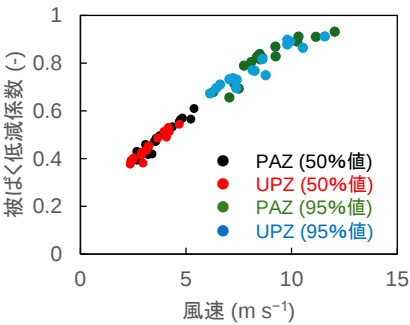


図 各サイトのPAZとUPZにおける被ばく低減係数と風速の50%値と95%値。

原子力事故後の居住環境における室内外の物質移行を考慮した住民の被ばく線量評価に関する研究

(5) 室内粒子再浮遊係数の実験を基にした評価

Dose assessment for residents in the residential environment considering the transfer of substances between indoor and outdoor after nuclear accidents.

(5) Evaluation of resuspension coefficients based on experiments

*長久保 梓¹, 林 奈穂¹, 廣内 淳¹, 松井 康人², 米田 稔², 高原 省五¹

¹JAEA, ²京大

原子力発電所事故後の居住環境下での被ばく線量評価では、室内に侵入した屋外再浮遊放射性核種による被ばくのうち、室内沈着核種の再浮遊は評価の対象となっていなかった。本研究では、室内沈着粒子の再浮遊係数を実験により求めた。実験では、実家屋フローリング床面に試験用ダストを散布し、様々な風速場に対して再浮遊係数を求め、風速場および粒径の違いに応じて $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.0 \text{ (m}^{-1}\text{)}$ の範囲を示した。

キーワード：再浮遊、屋内、原子力事故

1. 緒言 原子力発電所事故後の居住環境下における被ばく線量評価を行う際、屋外沈着核種による外部被ばくや室内浮遊・沈着核種による外部・内部被ばくが評価対象となる。室内浮遊核種濃度の算出には、コンパートメントモデル^[1]が用いられるが、室内沈着核種の再浮遊は考慮されていない。実際には、空調機器や人の動作等によって沈着核種の再浮遊が起こる^[2]が、これらの影響による再浮遊が被ばく線量評価にどの程度影響を及ぼすかは知られていない。そこで、被ばく線量評価で室内再浮遊粒子による影響を考慮できる様にするため、室内再浮遊係数を求めるための実験を行い、風速場や粒径等の条件ごとに整理した。

2. 実験条件 本研究では、再浮遊係数は室内床表面沈着量に対する室内空气中核種濃度の比で定義される。本実験では、一般的な住宅と設備・規模・構造が同じ実建屋内床面（5.35 m × 5.35 m）のフローリングの床面に JIS 試験用粉体 15 種を散布し、自然換気、エアコン稼働（下向き、上向き）、歩行、掃除機掛け等を行い、それぞれの条件ごとに空气中粒子個数濃度を測定した。粒子個数濃度は米国 TSI 社製の Optical Particle Sizer (OPS)を使用した。OPS の吸気ホースの口を室内中央の床面 50 cm と 150 cm に固定し、高さごとのデータを取得した。

3. 結果 歩行と掃除機掛けを行った場合の再浮遊係数は粒径が大きくなるに従い増大し、それぞれ $1.0 \times 10^{-4} \sim 1.0 \text{ (m}^{-1}\text{)}$ 、 $1.0 \times 10^{-4} \sim 0.1 \text{ (m}^{-1}\text{)}$ の範囲を示した。エアコンを下向きで稼働した場合は粒径ごとの変化は歩行等に比べて小さく、 $10^{-4} \sim 10^{-3} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ の範囲であった。

エアコンは風向を天井に対して平行（上向）と床面に向かう方向（下向）を比較したが、再浮遊係数に大きな差は見られなかった。また、高さによる再浮遊係数の違いについては、50 cm 高さの再浮遊係数の方が 150 cm の再浮遊係数の 1.0～数倍程度大きくなった。今後は、カーペットや畳等の床材に対する評価を行う。

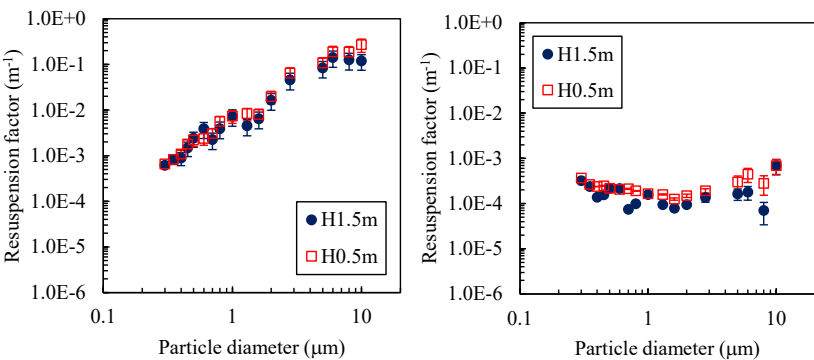


図 粒径ごとの室内再浮遊係数（左）歩行、（右）エアコン（下向き）

参考文献

[1] Hirouchi et al., J. Radiol. Prot., 42, 041503 (2022). [2] Kubota et al., Aerosol Science and Technology, 47(2) (2013)

この研究は環境省委託事業「放射線健康管理・健康不安対策事業（放射線の健康影響に係る研究調査事業）」において実施したものです。

*Azusa Nagakubo¹, Naho Hayashi¹, Jun Hirouchi¹, Yasuto Matsui², Minoru Yoneda², and Shogo Takahara¹

¹JAEA, ²Kyoto Univ.

原子力事故後の居住環境における室内外の物質移行を考慮した住民の被ばく線量評価に関する研究

(6) 室内再浮遊粒子を考慮した室内滞在時の被ばく線量評価

Dose assessment for residents in the residential environment considering the transfer of substances between indoor and outdoor after nuclear accidents.

(6) Dose assessment for staying indoors considering indoor resuspended particles

*林 奈穂¹, 長久保 梓¹, 廣内 淳¹, 松井 康人², 米田 稔², 高原 省五¹

¹JAEA, ²京大

原子力発電所事故後の居住環境における被ばく評価のうち、室内滞在時については、室外の沈着核種からの外部被ばく及び室内に侵入した浮遊・沈着核種による外部・内部被ばく線量で評価される。本研究では、これらに加えて、床面に沈着した核種の再浮遊による外部被ばく及び内部被ばくを考慮した被ばく線量評価を行い、室内での再浮遊の考慮の有無による被ばく線量を比較した。

キーワード：屋内退避，線量評価，原子力事故，室内再浮遊

1. 緒言 原子力発電所事故後の居住環境における被ばく線量評価は事故後の生活復旧や帰還の判断を行うために重要な情報となる。居住環境滞在時の線量評価では、室外に沈着した核種による外部被ばく、再浮遊した核種が家屋内に侵入し、それらを吸入することによる内部被ばく、及び家屋内に沈着した核種による外部被ばくが考慮されている。室内の放射性核種の濃度変化をモデル化する際、これまでは、室内の床面に沈着した核種の再浮遊による影響は考慮されてこなかった。そこで、本研究では、実験により得られた室内再浮遊係数を用いて、室内再浮遊を考慮した場合と考慮しない場合の被ばく線量を比較し、その影響について考察を行った。

2. 計算条件 本研究では、室内での空気中濃度と沈着量を求めるために、コンパートメントモデルを用いた。このコンパートメントモデルは、室外空気、室内空気、室内床面から成る。各コンパート間移行は、換気率、浸透率、沈着率、再浮遊係数を用いて表現される。室外の風速は、東海第二発電所近隣の水戸気象観測所における風速データの最頻値である 1.5 ms^{-1} とし、風速に応じた換気率と浸透率を算出した^[1]。室外の再浮遊係数は沈着後からの経過日数によって変化するため、本研究では廣内ら^[2]による実測値のフィッティング式を参照して計算した。室内の再浮遊係数は実験により得られた $3.4\times10^{-4}\text{ m}^{-1}$ を使用した。室内での再浮遊は室内の沈着量が大きくなるに従い、増大するため、室内で再浮遊した核種による被ばく線量は事故発生から線量評価時点までの沈着期間に大きく影響される。そのため、沈着期間に対する感度解析を行った。被ばく線量評価は事故後沈着期間を経過した時点を中心とした7日間の積算実効線量とした。

3. 結果 全被ばく経路の合計線量に対する室内核種による被ばく線量の割合は沈着期間に応じて、0.0825%～0.804%であった。室内での再浮遊物質の吸入被ばく線量を考慮した場合の被ばく線量は考慮しない場合に対して、1.03 倍から 7.02 倍大きくなった。

参考文献

[1] Hirouchi et al., J. Radiol. Prot., 42, 041503 (2022). [2] 廣内ら, 原子力事故後の居住環境における室内外の物質移行を考慮した住民の被ばく線量評価に関する研究 (2) 室外で再浮遊した物質の室内への侵入, 原子力学会 2023 秋の年会

この研究は環境省委託事業「放射線健康管理・健康不安対策事業（放射線の健康影響に係る研究調査事業）」において実施したものです。

* Naho Hayashi¹, Azusa Nagakubo¹, Jun Hirouchi¹, Yasuto Matsui², Minoru Yoneda², Shogo Takahara¹

¹JAEA, ²Kyoto Univ.

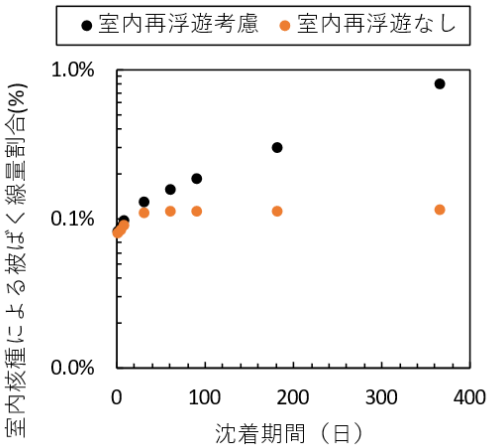


図 沈着期間と吸入被ばく線量寄与割合の関係

ALPS 処理水の海洋放出に向けた分析技術の確立について
(1) ALPS 処理水中の Fe-55 分析手法

Development of analysis methods for the releasing ALPS treated water

(1) The Fe-55 analysis method for ALPS treated water

*東海林 達也¹, 畑中 直人², 佐々木 宏訓¹, 後藤 真佳¹, 石橋 将人¹, 佐藤 博信¹, 鈴木 純一¹, 秋元 友寿²
¹東京電力 HD、²東京パワーテクノロジー

ALPS 処理水の海洋放出前に、H-3 および測定・評価対象核種の他、自主的な確認も含め計 69 核種を評価している。このうち Fe-55 の分析手法の適用に至る検討内容とその結果を報告する。

キーワード : Fe-55、低エネルギー光子スペクトロメトリー、イオン交換クロマトグラフィー

1. 緒言

Fe-55 は、原子炉構造材が放射化することで生成し、福島第一原子力発電所の滞留水や汚染水処理系統水中に有意に存在する放射性物質である。東京電力 HD では Fe-55 を測定・評価対象核種の 1 つに選定し、ALPS 処理水の海洋放出前に濃度を確認することとした。今回、当社ではこれまで Fe-55 を分析した経験がなかったため、ALPS 処理水を対象とした Fe-55 の分析手法について、固相抽出、および低エネルギー光子用 Ge 半導体検出器 (LEPS) を組み合わせて検討したので紹介する。

2. 検討内容 (分析フローの検討)

一般的な Ge 半導体検出器の最小レンジが 40keV ほどに対し、Fe-55 は放射線エネルギーが 5.9keV と低いため、LEPS を用いて計測した。前処理方法としては、沈殿分離によりセシウム、ストロンチウムを分離後、陰イオン交換樹脂 (Dowex 1x8 100-200 メッシュ) を充填したクロマトカラムによりコバルト等の夾雑物を分離し、塩酸で溶離後に pH10 程度に調整して、ろ過により水酸化鉄沈殿を回収後に成形、乾燥させたものを LEPS 測定の線源とした。なお、鉄回収率は ICP-AES で算出した。検討した分析フローを図 1 に示す。Fe-55 分析では、ALPS 処理水の放出計画に支障をきたさぬよう可能な限り分析時間を短縮し、かつ告示濃度限度の 100 分の 1 である 20Bq/L の検出精度を確保できるよう試料量を 500mL とした。

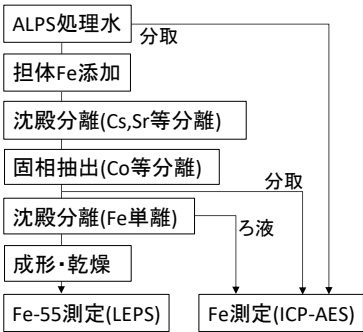


図 1 Fe-55 の分析フロー

3. 検証結果

図 2 に LEPS より得られた Fe-55 スペクトルを示す。Fe-55 の特性 X 線の 5.9keV のピークが妨害なく検出できている。本ピークから検出下限を定量すると 6.1Bq/L であり、目標検出下限値 20Bq/L も満足した。また、3 回繰り返し測定を行い、トレーサーとして添加した鉄担体の回収率も 96.6~98.6% で安定した結果が得られた。加えて、社外機関との比較検証も行ったところ、当社の分析値が 29.9±6.6Bq/L に対して、社外機関の分析値が 35.1±2.1Bq/L となり、双方の不確かさの範囲で包含された。

これら検証の結果、分析手法は妥当性を有すると判断した。

4. 結論

ALPS 処理水の希釈放出前に放出基準濃度を満足しているかを確認する放射性核種のうち、当社で分析実績がなかった Fe-55 の分析手法を検討し、目標検出下限値を満足したうえで Fe-55 スパイク試料に対しても良好な分析値が得られたことから、本手法を ALPS 処理水の放出前分析に適用した。

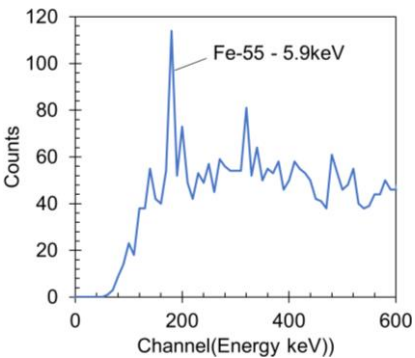


図 2 LEPS による Fe-55 スペクトル

*Tatsuya Shoji¹, Naoto Hatanaka², Hirokuni Sasaki¹, Masayoshi Goto¹, Masato Ishibashi¹, Hironobu Sato¹, Junichi Suzuki¹, Yuji Akimoto²

¹TEPCO HD、²Tokyo PT

ALPS 処理水の海洋放出に向けた分析技術の確立について
(2) ALPS 処理水中の Se-79 分析手法

Development of analysis methods for the releasing ALPS treated water
(2) The Se-79 analysis method for ALPS treated water

*小笠原 優¹, 押見 吉成², 長澤 克己¹, 後藤 真佳¹, 石橋 将人¹, 佐々木 宏訓¹, 鈴木 純一¹, 秋元 友寿²
¹東京電力 HD, ²東京パワーテクノロジー

ALPS 処理水の海洋放出前に、H-3 および測定・評価対象核種の他、自主的な確認も含め計 69 核種を分析している。このうち Se-79 の分析手法の適用に至る検討内容とその結果を報告する。

キーワード：Se-79, Te-125m, 液体シンチレーションカウンタ

1. 緒言

東京電力 HD では、2023 年 8 月より ALPS 処理水を海洋放出している。放出前に、測定・評価対象核種の告示濃度限度比の総和が 1 未満であることを確認しており、それらに Se-79 を含む。Se-79 は、核分裂生成物 (FP) であり、福島第一原子力発電所の滞留水や汚染水処理系統水中に存在するが、その量は Cs-137 に比べて 10⁻⁶ 程度と微量である。今回、ALPS 処理水中の極微量な Se-79 の分析方法を検討した。

2. 分析方法の検討結果

Se-79 は 150.6 keV の β 線を放出する純 β 核種であることから、炭酸塩沈殿や固相抽出剤など複数の分離操作で妨害核種を取り除いた後に液体シンチレーションカウンタ (以下「LSC」という。) で測定する手法を検討した (図 1 参照)。本検討では、Se 沈殿生成前の調整で L-アスコルビン酸を還元剤として用いたところ、図 2 (左側) に示す通り、共存する Te-125m を分離できず計測時の妨害となったため、還元剤を塩酸ヒドロキシルアミンに変更して Te-125m の還元反応を抑えた手法として確立した。

3. 検証と結論

図 2 (右側) の通り妨害なく Se-79 を計測でき、且つ本分析に求められる検出限界値 (2 Bq/L) を達成したこと、また Se のトレーサーによる回収率も 60 %で安定していることに加えて、JAEA 殿と比較検証試験を実施して不確かさの範囲に納まったことから、ALPS 処理水中の Se-79 分析方法として妥当であると判断した。

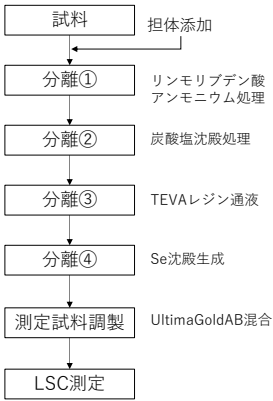


図 1 Se-79 分析フロー

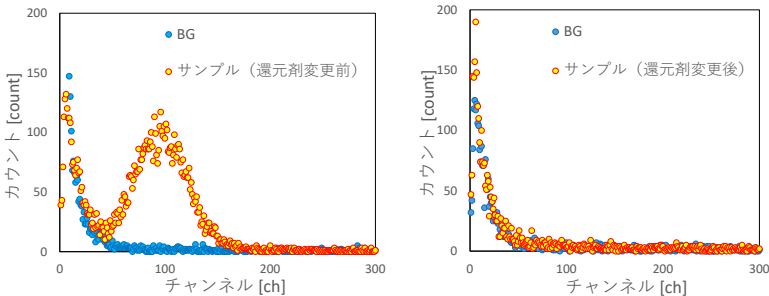


図 2 還元剤変更前 (左側) と変更後 (右側) の LSC スペクトル

※ 1 チャンネル=0.5 keV

*Yuu. Ogasawara¹, Masato. Ishibashi¹, Katsumi. Nagasawa¹, Masayoshi. Goto¹, Hirokuni Sasaki¹ and Junichi. Suzuki¹
Yoshinari. Oshimi², Yuji. Akimoto²
¹ TEPCO HD, ² Tokyo PT

福島における放射性物質分布調査

(1) 福島の森林における放射性セシウムの分布及び移行速度の長期変化

Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(1) Long-term changes in distribution and transfer rate of radiocesium in forests in Fukushima

*加藤 弘亮¹, 恩田 裕一¹, 王 昊¹

¹筑波大

福島第一原子力発電所事故（以後、「福島原発事故」）から 13 年間の森林環境中の放射性セシウムの分布・移行状況の長期モニタリングデータの解析に基づいて、林内での主要な移行経路と森林-雨水間での移行速度の時間変化について報告する。

キーワード：福島第一原子力発電所事故，森林，放射性セシウム，移行速度

1. 緒言

森林に降下した放射性セシウムは、樹冠の枝葉に捕捉され、その後の雨水や落葉等にもなって徐々に林床に移行する。森林内の放射性セシウムの長期動態予測においては、林内の分布状況と主要な移行経路の時間変化を長期観測により把握する必要がある。本研究では、福島県の森林の長期モニタリングデータの解析により、主要な移行経路でのフラックスを算出したほか、セシウム 137 及びセシウム 133 の濃度比を比較することにより、主要な樹種からなる林内での放射性セシウムの循環速度の違いについて考察した。

2. 方法

本研究では、福島県伊達郡川俣町山木屋地区（以後、「山木屋サイト」）及び浪江町赤宇木地区（以後、「浪江サイト」）のスギ林及び広葉樹混交林を調査対象に選定した。各調査サイトの森林において、樹冠の枝葉や外樹皮のほか、樹冠通過雨、樹幹流、落葉等に含まれる放射性セシウム濃度を測定し、樹冠から林床への移行フラックスを推定した。なお、山木屋サイトでは 2011 年 7 月から観測を開始し、一方の浪江サイトの観測は 2018 年 6 月から開始した。雨水及び落葉等の試料は実験室に持ち帰り、雨水は 100 μ m のステンレスメッシュを通過させて粗大有機物を除去した。落葉等は炉乾燥させた後に粉碎機で細かく粉碎し、均一化した。それらの試料を U8 容器（100 ml）もしくはマリネリ容器（2000 ml）の測定容器に封入し、高純度ゲルマニウム半導体ガンマ線検出器を用いてセシウム 137 の測定誤差が 10% 以下になるまで測定した。放射性セシウム 137 に加えて、セシウム 133 濃度を定量し、それらの濃度比を算出した。

3. 結果と考察

福島原発事故により森林に降下した放射セシウムについて、樹冠（枝葉及び樹皮）と森林雨水成分（樹冠通過雨及び樹幹流）の濃度の時間変化を比較した。それにより、樹体から雨水への移行係数は沈着初期に移行速度が速いが、時間経過とともに指数関数的に移行速度が低下することが明らかになった。スギ林においては、旧葉と当年葉のセシウム 137 とセシウム 133 の濃度比は事故初期に旧葉で顕著に高かったのに対し、事故から 8～10 年が経過すると同様の濃度比を示した。このことは、樹冠から林床に移行するセシウム 137 が、初期遮断に由来する成分から徐々に内部転流あるいは根根吸収に由来する成分に変化していること示唆している。本研究により、実際の森林において、樹体から雨水への移行係数や、樹体内での樹冠遮断由来のセシウム 137 の時間変化のデータが得られたことで、森林樹冠での大気降下物質の滞留時間の推定や、事故初期から長期にかけての森林放射能汚染の時間変化の予測精度向上につながる新たな知見が得られた。

*Hiroaki Kato¹, Yuichi Onda¹ and Hao Wang¹

¹Univ. of Tsukuba

福島における放射性物質分布調査 (2) 森林土壌中 ^{137}Cs の深度分布と下方移行の長期変化

Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(2) Long-term changes in the depth distribution and downward migration of ^{137}Cs in forest soils

*高橋 純子¹, 三嶋駿介¹, 恩田 裕一¹

¹筑波大

森林土壌中の ^{137}Cs が下方移行することで、空間線量率や樹木への ^{137}Cs 吸収量が減少することが期待され、その動態把握が重要である。本研究では、これまでの ^{137}Cs 深度分布調査の結果を取りまとめ、その移行速度や土壌型による差異について検討する。

キーワード： 移行速度、スクレーパープレート、長期モニタリング

1. はじめに

福島第一原子力発電所事故後、森林リター層から土壌表層への ^{137}Cs 移行はチェルノブイリ事故の影響を受けた森林よりも早いことが明らかとなったが、鉍質土壌中の ^{137}Cs 下方移行についてはチェルノブイリとの差や土壌型による差は未だ明確にはされていない。一方で、わずかでも ^{137}Cs が下方移行することで、林内の空間線量率や樹木による ^{137}Cs 吸収量が減少することが示され (Takahashi et al., 2024) [1]、下方移行速度や ^{137}Cs 深度分布の長期的な変化を把握することが重要である。そこで、本研究では、福島県川俣町山木屋地区の森林で 2011 年から実施している深度分布調査の結果を取りまとめるとともに、いくつかの土壌型や地質の異なる森林土壌の ^{137}Cs 深度分布と比較することを目的とした。

2. 調査地および方法

旧計画的避難区域に位置する川俣町山木屋地区の 3 地点の森林（混交林、スギ壮齢林、スギ若齢林）において、2011 年および 2012 年は年に 2 回、2013 年以降は年に 1 回の土壌採取を行なった。リターおよび土壌は、スクレーパープレートを用いて 0-5cm を 0.5cm 間隔、5-10cm を 1cm 間隔、10-20cm を 5cm 間隔で採取し、乾燥・篩別後 Ge 半導体検出器で ^{137}Cs 濃度を測定した。同様の方法で、川内村、南相馬市、郡山市などの森林土壌について調査した。

3. 結果

山木屋地区の森林におけるリター層中の ^{137}Cs 濃度は 2023 年時点でも依然として指数関数的な減少を続けており、リター層中の ^{137}Cs 存在量は林床（リター層+0-20 cm 土壌）の ^{137}Cs 存在量の 0.1~0.2%まで減少した。 ^{137}Cs 濃度の深度分布は、2020 年頃より濃度のピークが最表層 0-0.5 cm から下方に移行しており、指数関数式よりも双曲線正割関数式でより精度よくフィッティングされた。2023 年には、土壌 0-3 cm の ^{137}Cs 存在量は減少し、3-6 cm および 6-10 cm の割合が増加する傾向にあり、下方への移行が確認された。山木屋地区以外の調査地については、放射性セシウム補足ポテンシャル (RIP) の低い蛇紋岩を母材とする土壌で緩衝深度や 1/10 深度が大きい傾向にあり、下方への移行が進んでいる可能性が示唆された。

参考文献

[1] Takahashi, J., Iguchi, S., Sasaki, T., Onda, Y., 2024. Downward migration of ^{137}Cs promotes self-cleaning of forest ecosystem by reducing root uptake of Japanese cedar in Fukushima. Sci. Total Environ. 945, 174010. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174010>

*Junko Takahashi¹, Shunsuke Mishima¹, Yuichi Onda¹

¹ Univ. of Tsukuba

福島における放射性物質分布調査

(3) スギ林における土壤環境及び Cs-137 動態に対する間伐の影響

Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(3) Effect of thinning on soil environment and Cs-137 dynamics in cedar forests

*嶋田 柊太¹, 高橋 純子¹, 恩田 裕一¹

¹筑波大学

間伐を行うと土壤の表層に残存していた Cs-137 が下方へと移行し、林内の空間線量率が低減する可能性が示唆されている。本研究では日射計・地温計・土壤水分計等を用いて間伐による林床土壤及び Cs-137 動態への影響を考察する。

キーワード： 福島第一原子力発電所事故、間伐、森林除染

1. はじめに

2011 年に発生した福島第一原子力発電所により大量の放射性物質が環境中に放出された。そのうち、Cs-137 の沈着域の約 7 割が森林であった。森林に沈着した Cs-137 は、樹木の枝葉やリター層に付着したが、そのほとんどが土壤の表層へと移行した。土壤表層の Cs-137 は粘土鉱物に強く吸着しており、ほとんど移動しないことが分かっている。

しかし、間伐を行うことで Cs-137 の土壤下方への移行が促進される可能性がある。間伐を行うと、林床へ到達する日射量や降雨浸透量が増加し、土壤環境が変化する。間伐による土壤環境の変化が、有機物分解によるリターからの溶出といった Cs-137 動態にも影響を与えることで、下方移行が促進されると考えられる。しかしながら、間伐による土壤環境の変化と Cs-137 動態を結び付けた研究や、間伐列のうち、残存列付近での土壤環境について取り上げた研究は少ない。

そこで、本研究では福島県の列状間伐が実施されたスギ林において、日射量や地温、土壤水分等を測定し、間伐による林床土壤および Cs-137 動態への影響を考察する。

2. 調査地および方法

調査地は 3 伐 6 存の列状間伐が実施された、飯舘村飯樋事業地と南相馬市冬住事業地である。それぞれに間伐区および対照区を設定した。照度計 (HOBO MX2202) ・地温計 (おんどとり TR42A) ・土壤水分計 (CDC-EC-5 / Odyssey Xtream Multi-Profile Soil Moisture Logger) を間伐列と垂直に、残存列と重なるように直線状に設置した。また、リターを 10g ずつ入れたリターバッグを各調査地に設置し、有機物の分解量と Cs-137 濃度を 50 日間隔で測定する。加えて、土壤サンプルを採取し、土壤溶液から Cs-137 濃度等を測定する。

3. 結果

2024 年 5 月 8 日 0 時から 5 月 20 日 0 時までの飯樋事業地におけるデータについて、地温は 2.5 cm 深度で平均 1.5℃、5cm 深度では平均 1.3℃ほど間伐区で高い値を示した。土壤水分は 5 cm 深度で間伐区が平均 1.9%、高くなっていた。日射量・有機物分解量・Cs-137 濃度等についても、今後測定・分析を進めていく。

*Shuta Shimada¹, Junko Takahashi¹, Yuichi Onda¹

¹ Univ. of Tsukuba.,

福島における放射性物質分布調査

(4) 南相馬市スギ林土壌における ^{137}Cs 濃度の空間的不均一性に対する土壌特性の影響

Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(4) Effect of thinning on the spatial distribution of ^{137}Cs in a cedar forest soils in Minamisoma*三嶋 駿介¹, 高橋 純子¹, 恩田 裕一¹¹筑波大学

本研究では南相馬市のスギ人工林で、土壌中 ^{137}Cs 濃度や飽和透水係数を調査し、土壌中 ^{137}Cs の空間分布に対する選択流の影響を明らかにすることを目的とした。その結果、 ^{137}Cs 濃度と飽和透水係数等の土壌の理化学性の間に相関が確認されたことから、11 年経過しても選択流の経路は大きく変化せず、土壌中 ^{137}Cs の不均一性に寄与した可能性が示唆された。

キーワード：Cs-137, 福島第一原子力発電所, 選択流, 飽和透水係数

1. 緒言

森林土壌内の ^{137}Cs 存在量にはばらつきがあることが確認された。これは面移行係数の推定に影響を及ぼし、植物の吸収量や ^{137}Cs 移行の将来予測の精度が落ちる可能性があるため土壌中 ^{137}Cs の動態の研究を行う上で非常に重要である。しかし、そのばらつきに対する選択流の影響について調べた研究は少ない。そこで、本研究では南相馬市のスギ人工林で、 ^{137}Cs と飽和透水係数、孔隙率等を測定することで土壌中 ^{137}Cs の空間分布に対する選択流の影響を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

南相馬市のスギ人工林において、間伐が施業される前後に 30 cm の区画を設定し、100mL コアを縦と横に 5 個ずつ並べ土壌採取を 0-5、10-15、20-25 cm の三深度で行った。採取した土壌はコアサンプルを 24 時間以上水に浸し、毛管上昇により飽和した気相と液相を細孔隙、それ以外の孔隙を粗孔隙とし計算した。その後、変水位法で飽和透水係数を測定し、風乾後に ^{137}Cs 濃度と全炭素濃度を測定した。

3. 結果

間伐前のスギ人工林において、他深度と比べ 10-15 cm では ^{137}Cs 濃度と飽和透水係数の分散が大きく、さらに ^{137}Cs 濃度と飽和透水係数、仮比重、粗孔隙率の間に正の相関が確認された。この結果から ^{137}Cs 濃度のばらつきが福島第一原子力発電所事故以降の選択流の働きとすると、11 年経過しても選択流の経路は大きく変化しない可能性が示唆された。一方、0-5 cm では選択流量のばらつきが小さいか、選択流の経路が変わりやすい傾向にあり関係が弱く、20-25 cm では選択流量と比較して 20 cm 以下まで ^{137}Cs の到達量が少ないため相関が認められなかったと考えられた。また、10-15、20-25 cm で ^{137}Cs 濃度と交換態 ^{137}Cs 濃度の間に正の相関が確認された一方で、0-5 cm では関係が確認されなかった。これは 0-5 cm の交換態 ^{137}Cs 濃度割合と全炭素量の間に関連が確認されたことから、表層の交換態 ^{137}Cs 割合の分布は新鮮有機物等由来の土壌炭素が影響を及ぼしている可能性が示唆された。今後、間伐後に採取したサンプルにおいても同様の調査を行い、選択流や ^{137}Cs 濃度の空間分布に及ぼす間伐の影響について調査を行う予定である。

*Shunsuke Mishima¹, Junko Takahashi¹ and Yuichi Onda¹¹Univ. of Tsukuba