

報告

放射性物質を含んだ土壌等の仮置場における安全性の検討

新井 正一

純真学園大学 保健医療学部 放射線技術科学科

Examination of Safety in Temporary Storage such as Soil Containing Radioactive Materials.

Shoichi ARAI

Department of Radiological Science, Faculty of Health Sciences, JUNSHIN GAKUEN University

要旨： 2011年3月11日東日本大震災が発生し、地震による津波によって福島第一原子力発電所から大量の放射性物質が放出された。福島県双葉郡広野町における除染作業は2017年3月に完了した。本研究では現在の仮置場における空間線量率ならびに土壌中の放射性Csの割合を測定し、今後、仮置場で安全な場所になるには何年要するか検討した。

土壌中の¹³⁴-Csと¹³⁷-Csの比は1:2.81で、半減期はそれぞれ2.0648年と30.1671年とした場合、フレコンバッグ上での空間線量率は0.74 μ Sv/hであり、法令で定められる0.23 μ Sv/hを下回るのは38年後となった。

このまま放射性物質を放置すると復興は大きく妨げられることとなる。一刻も早い震災からの復興のためにも中間貯蔵施設並びに最終処分場の整備が進み、住民の元の生活が取り戻されることを期待する。

キーワード： 福島第一原子力発電所事故、土壌汚染、放射性セシウム、仮置場、除染廃棄物

Abstract： On March 11, 2011, the Great Japan Earthquake occurred, and a large amount of radioactive material was released from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant by the tsunami caused by the earthquake. Decontamination work in Hirono-cho, Futaba-gun, Fukushima Prefecture was completed in March 2017. In this study, we measured the air dose rate in the current temporary storage site and the ratio of radioactive cesium in the soil, and examined how many years it would take to become a safe place in the temporary storage site.

If the ratio of ¹³⁴-Cs and ¹³⁷-Cs in the soil is 1:2.81, and the half-life is 2.0648 years and 30.1671 years, respectively, the air dose rate on the flexible container bag is 0.74 μ Sv/h. It was 38 years later that it was below 0.23 μ Sv/h.

If radioactive materials are left as they are, reconstruction will be greatly hindered. It is hoped that the construction of intermediate storage facilities and a final disposal site will progress in order to recover from the earthquake as soon as possible, and that the original lives of the residents will be restored.

Keyword： Fukushima Daiichi nuclear power plant accident, soil contamination, radioactive cesium, temporary storage, contaminated waste

緒言

2011年3月11日東日本大震災が発生し、地震による津波によって福島第一原子力発電所から大量の放射性物質が放出された¹⁾。2019年現在震災から8年余りが経過し復興が進み、住民は徐々に元の生活を取り戻しつつある²⁾。一方で放出された放射性物質が仮置場として存在するため、その復興を妨げているのも現状である。福島第一原子力発電所の周辺には除染活動によって生じた放射性物質を含む土や植物などの除染廃棄物を一時的に

保管する仮置場が約250箇所設置されている³⁾。

この論文では、福島県双葉郡における仮置場での空間線量率について、住民が安心して暮らせるまでの線量に減衰するまでの期間について検討を行ったので報告する。

1. 研究目的

福島第一原子力発電所の事故によって近隣の土壌が大きく汚染されたが、福島県双葉郡広野町における行政としての除染作業は2017年3月に完了

した^{4,5)}。広野町内には除染廃棄物を一時的に保管してある仮置場が設けられている。福島県内では2017年10月に中間貯蔵施設の運用が始まり、約5万立方メートルの中間貯蔵施設を整備することができた。また、4万立方メートルの中間貯蔵施設を新たに福島県内に整備し同年中の運用を目指している⁶⁾。しかし、汚染土壌などは最大で2200万立方メートルあると推定されており、2045年までに県外に搬出して最終処分する予定だが、処分地は十分に確保できていない⁷⁾。中間貯蔵施設の面積は約1600ヘクタールを予定しているが平成29年9月末までで約654ヘクタールしか確保できておらず、約4割に過ぎない⁸⁾。また、最終処分場に関しても十分確保はできておらず、県内外に分散している仮置場の解消には時間がかかると考えられる^{7,9)}。

そこで、現在の仮置場における空間線量率ならびに土壌中の放射性Csの割合を測定することにより、今後、広野町の仮置場が安全となるには、何年程度、時間を要するのか検討する。

2. 研究方法

仮置場に置かれた除染廃棄物はフレコンバッグに入っており、3段に重ねられている。そのフレコンバッグの周りには土が盛られ遮蔽がされている。さらにその上にゴムラバーで覆われている(図1)。現状では、雨水が溜まっている状態である(図2, 図3)。

フレコンバッグ内の放射能測定することが困難であるため、ゴムラバー上で測定した空間線量率より比放射能を推定した。同じ時期に調査した福島県内の違う場所での空間線量率がフレコンバッグの上で測定した空間線量率とほぼ同程度の場所を選定し、そこでの比放射能を仮置き場の比放射能と仮定した。求められた比放射能より、1cm線量当量率定数を用いて1年後、2年後、3年後の空間線量率を求めていき、134-Csと137-Csのそれぞれの空間線量率の和が $0.23 \mu\text{Sv/h}$ を下回った時期に安全に暮らせる場所になると仮定した。

なお、空間線量率の測定は2017年8月26日10時55分にフレコンバッグ上1mの高さの場所でNaIシンチレーション式サーベイメータとポケット

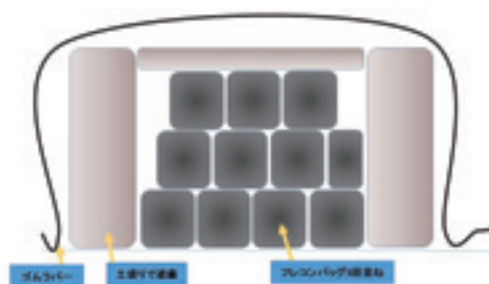


図1 仮置場に設置されたフレコンバッグ



図2 仮置場の現状 (土盛りをする前のフレコンバッグ)



図3 仮置場の現状 (土盛り、ゴムラバーで覆われたフレコンバッグ)

サーベイメータ2機種の計3台の測定器を使用して測定を行った。測定値は3つの測定器の平均の値とした。今回仮置場の空間線量率と近い空間線量の場所は2箇所あり、仮置場の比放射能は2箇所の比放射能の平均の値とした。なお、比放射能測定は地表から5cmまでの深さの場所で2017年8月25日から26日にかけて採取した2箇所の土を十分乾燥させた後、Ge半導体検出器を用いて測定時間600秒でそれぞれ測定を行った。

3. 使用機器

Ge 半導体検出器：GMX-23195

解析装置：ガンマスタジオ SEIKO EG & GMCA7700

NaI シンチレーション式サーベイメータ：日立ア
ロカメディカル株式会社 TCS-171

ポケットサーベイメータ MYRATE：株式会社 日
立製作所 PDR-111

ポケットサーベイメータ Radi：株式会社堀場製
作所 通信機能付環境放射線モニタ PA-1100



図4 使用した測定機器（左より NaI シンチレーション式サーベイメータ、ポケットサーベイメータ MYRATE、ポケットサーベイメータ Radi）

4. 研究結果

フレコンバッグ上での空間線量率は $0.74 \mu\text{Sv/h}$ であった。この空間線量率の値と近い空間線量率を示した2箇所の比放射能を以下に示す（表1）。

表1. 土壌の比放射能

	134-Cs [Bk/kg]	137-Cs [Bk/kg]
採取地①	1.36×10^3	1.04×10^4
採取地②	1.63×10^3	1.22×10^4
平均	1.50×10^3	1.13×10^4

計算に使用する1cm 線量当量率定数および半減期を以下に示す（表2）¹⁰⁾。

表2. 1cm 線量当量率定数および半減期

	134-Cs	137-Cs
1cm 線量当量率定数 [$\mu\text{Sv} \times \text{m}^2 \times \text{MBq}^{-1} \times \text{h}^{-1}$]	0.249	0.0927
半減期 [年]	2.0648	30.1671

134-Cs, 137-Cs の1cm 線量当量率定数より1kg あ

たりの空間線量率を算出する。

134-Cs

$$1.50 \times 10^3 \text{ Bq/kg} \times 0.249 \mu\text{Sv} \times \text{m}^2 \times \text{MBq}^{-1} \times \text{h}^{-1} \times 10^{-6} = 3.72 \times 10^{-4} (\mu\text{Sv/h})/\text{kg}$$

137-Cs

$$1.13 \times 10^4 \text{ Bq/kg} \times 0.0927 \mu\text{Sv} \times \text{m}^2 \times \text{MBq}^{-1} \times \text{h}^{-1} \times 10^{-6} = 1.05 \times 10^{-3} (\mu\text{Sv/h})/\text{kg}$$

次に、134-Cs を1としたときの空間線量率の比を算出する。

134-Cs : 137-Cs

$$= 3.72 \times 10^{-4} / 3.72 \times 10^{-4} : 1.05 \times 10^{-3} / 3.72 \times 10^{-4} \\ = 1 : 2.81$$

134-Cs, 137-Cs それぞれの空間線量率を算出する。

$$134\text{-Cs} \quad 0.74 \mu\text{Sv/h} \times 1 / (2.81+1) = 0.194 \mu\text{Sv/h}$$

$$137\text{-Cs} \quad 0.74 \mu\text{Sv/h} \times 2.81 / (2.81+1) = 0.543 \mu\text{Sv/h}$$

これにより仮置場での空間線量率に影響を与える放射性物質を含む土や草木などの重さを算出する。

$$134\text{-Cs} \quad 0.194 \mu\text{Sv/h} / 3.72 \times 10^{-4} (\mu\text{Sv/h}) / \text{kg} = 520\text{kg}$$

$$137\text{-Cs} \quad 0.543 \mu\text{Sv/h} / 1.05 \times 10^{-3} (\mu\text{Sv/h}) / \text{kg} = 520\text{kg}$$

最後に放射能を算出する。

$$134\text{-Cs} \quad 1.50 \times 10^3 \text{ Bq/kg} \times 520\text{kg} = 7.77 \times 10^5 \text{ Bq}$$

$$137\text{-Cs} \quad 1.13 \times 10^4 \text{ Bq/kg} \times 520\text{kg} = 5.86 \times 10^6 \text{ Bq}$$

これにより放射能および空間線量の減衰の様子を推定する。

134-Cs, 137-Cs それぞれの半減期は2.0648年, 30.1671年であるため1年後の放射能はそれぞれ以下に示す通りである。

$$134\text{-Cs} \quad 7.77 \times 10^5 \text{ Bq} \times (1/2)^{1/2.0648} = 5.56 \times 10^5 \text{ Bq}$$

$$137\text{-Cs} \quad 5.86 \times 10^6 \text{ Bq} \times (1/2)^{1/30.1671} = 5.73 \times 10^6 \text{ Bq}$$

またそのときのそれぞれの空間線量率は以下に示す通りである。

$$134\text{-Cs} \quad 5.56 \times 10^5 \text{ Bq} \times 0.249 \mu\text{Sv} \times \text{m}^2 \times \text{MBq}^{-1} \\ \times \text{h}^{-1} \times 10^{-6} = 0.138 \mu\text{Sv/h}$$

$$137\text{-Cs} \quad 5.73 \times 10^6 \text{ Bq} \times 0.0927 \mu\text{Sv} \times \text{m}^2 \times \text{MBq}^{-1} \\ \times \text{h}^{-1} \times 10^{-6} = 0.531 \mu\text{Sv/h}$$

空間線量率の和, すなわち仮置場での空間線量率

は0.669 $\mu\text{Sv/h}$ となる。

これを2年後3年後と同様の手順で行うと38年後に空間線量率の和が0.227 $\mu\text{Sv/h}$ となり0.23 $\mu\text{Sv/h}$ を下回る。

5. 考察

医療被ばく及び自然放射線による被ばくを除いた追加被ばく線量を年間1mSv以下に抑えるべきだと震災後、国によって定められた¹¹⁻¹³⁾。これは1日のうち屋外に8時間、屋内に16時間滞在するという生活することを仮定して定められた^{14, 15)}。震災前、大地からの自然放射線は0.04 μSv であり、この自然放射線と追加被ばく線量の合計を1mSvとするための空間線量率は0.23 $\mu\text{Sv/h}$ となる¹⁴⁻¹⁶⁾。ただし、屋内では屋外に比べ遮蔽効果により0.4倍になるものとして計算してある¹⁶⁾。以下に計算式を示す。

$$\{0.19 \mu\text{Sv/h} \times 8\text{h} + (0.19 \mu\text{Sv/h} \times 0.4) \times 16\text{h}\} \times 365 \text{日} \\ = \text{約}1\text{mSv} \quad 14-16)$$

結果に示した通り、今回調査した広野町の仮置場では空間線量率が0.23 $\mu\text{Sv/h}$ まで減衰するのに約38年の時間を要する。福島県内のすべての仮置場に置かれたすべての除染廃棄物は2045年までに最終処分場にて処分されることとなっているが、最終処分場は十分に確保できておらず、中間貯蔵施設も目標の約4割の用地しか確保できていない。今回調査を行った広野町の仮置場では38年後に安全に生活できるまで減衰すると推定されるが福島県に点在するほかの仮置場では38年よりも長い年月を要するところもあると考えられる¹⁷⁾。復興のために一刻も早く中間貯蔵施設ならびに最終処分場の整備を急ぐ必要がある。

6. 結論

2019年10月現在、東日本大震災から8年半経過した。8年半の間、行ってきた除染により徐々に住民の生活範囲は取り戻されつつある²⁾。一方で福島第一原子力発電所より放出された放射性物質が復興を大きく妨げている。福島県内に点在する仮置場に除染廃棄物は集められているが、最終的な処分場は十分に確保できておらず、また中間貯

蔵施設も用地の確保が不十分である⁹⁾。今回調査した広野町の仮置場の空間線量率が0.23 $\mu\text{Sv/h}$ まで減衰するには約38年の期間が必要と推察され、このまま放射性物質を放置すると復興は大きく妨げられることとなる。一刻も早い震災からの復興のために中間貯蔵施設並びに最終処分場の整備が進み、住民の元の生活が取り戻されることを期待する。

文献

- 1) 福島第一原子力発電所の事故の概要 東京電力ホールディングス (2019/10/12)
(http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/review/review1_1-j.html)
- 2) 新井正一 東日本大震災・福島第一原子力発電所事故への復興支援 被災地への地域貢献と今後の展望 純真学園大学雑誌 15-31 Vol.7 2017.3
- 3) 除染特別地域（直轄除染）における除染仮置場等の箇所数、保管物数及び搬出済数について 環境省 (2017/10/27)
(http://josen.env.go.jp/plaza/info/weekly/pdf/weekly_171027d.pdf)
- 4) 広野町の除染実施状況 福島復興ステーション (2019/10/12)
(<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/hirono-201709.html>)
- 5) 除染実施区域（市町村除染）の概要・進捗 環境省 (2019/10/12)
(http://josen.env.go.jp/zone/details/fukushima_hirono.html)
- 6) 中間貯蔵施設が本格稼働、用地確保は4割 日本経済新聞 (2019/10/12)
(<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO22848630Y7A021C1000000/>)
- 7) 中間貯蔵施設の概要 環境省 (2019/10/12)
(<http://josen.env.go.jp/chukanchozou/about/>)
- 8) 中間貯蔵施設用地の状況について 環境省 (2019/10/12)
(http://josen.env.go.jp/chukanchozou/situation/pdf/situation_youchi_1711.pdf)
- 9) 指定廃棄物の最終処分場が稼働 福島・富岡 毎日新聞 (2019/10/12)
(<https://mainichi.jp/articles/20171117/k00/00e/040/229000c>)
- 10) 公益社団法人日本アイソトープ協会 アイソトープ手帳11版 丸善出版株式会社 主な放射性同位元素の表 2012年出版
- 11) 新井正一、土井亮介ほか 福島県内の意における空気

- 浮遊塵中の放射影同位元素の解析および内部被ばくの算出 純真学園大学雑誌 75-80 Vol.5 2015
- 12) 仲地真穂, 日浦諒大, 新井正一 タブレット端末を用いた連続空間線量率測定—福島第一原発からの距離と空間線量率との相関性の検討— 純真学園大学雑誌 37-43 Vol.8 2018
- 13) 追加被ばく線量年間1ミリシーベルト つくば市 (2012/3)
(https://www.city.tsukuba.ibaraki.jp/dbps_data/_material/_files/000/000/016/628/houkoku23.pdf)
- 14) 毎時0.23マイクロシーベルトつくば市 (2012/3)
(https://www.city.tsukuba.ibaraki.jp/dbps_data/_material/_files/000/000/016/628/houkoku23.pdf)
- 15) 古田定昭 除染基準0.23 $\mu\text{Sv/h}$ は本当に年間1mSv なのか? Isotope News 46-49 No.718 2014.2
- 16) 追加被ばく線量年間1ミリシーベルトの考え方 災害廃棄物安全評価検討会・環境回復検討会 第1回合同検討会資料 (2019/10/10)
(http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=18437&hou_id=14327)
- 17) 除染実施計画に基づく除染の結果 (双葉町) 仮置場の概況 環境省 (2019/10/12)
(<http://josen.env.go.jp/area/data/futaba.html>)