

福島県飯舘村における農地除染対策実証試験圃場の空中放射線量の推移

Changes of Air Does Rate of Radiation in Decontaminated Paddy Field in Iitate Village, Fukushima Prefecture

木村 賢人[†] 辻 修[†] 米山 晶^{††}
 (KIMURA Masato) (TSUJI Osamu) (YONEYAMA Akira)

I. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災とその後の巨大津波により、東京電力福島第一原子力発電所は被災した。運転中であった1号機から3号機は、電源が喪失し、制御不能な状態に陥った¹⁾。その結果、これらの3つの発電施設および4号機において、炉心融解や水素爆発が起き、大量の放射性物質が環境中に放出された²⁾。事故直後の放出量は、チェルノブイリ原子力発電所事故の1割程度であったものの、国際原子力事象評価尺度 (INES) から、この事故はチェルノブイリと同じレベル7、すなわち「深刻な事故」と判断された³⁾。

大気中に放出された放射性物質は、チェルノブイリ事故のときと同様に、空中を拡散しながら移動し、雨や雪が降ると、それとともに落下し土壌に沈着した^{2), 4)}。今回の事故では、3月15日の2号機と4号機の爆発時の風向が南東方向であったため、大量の放射性物質が内陸方向に飛散した。さらに、それが降雨・降雪とともに降下し、浪江町、飯舘村、川俣町などの農地、宅地、山林などを汚染した^{5)~7)}。

降下した主な放射性物質は、ヨウ素131 (¹³¹I)、セシウム134 (¹³⁴Cs)、セシウム137 (¹³⁷Cs)であった²⁾。ただし、¹³¹Iの半減期は8日以内であるため、約3カ月ではほぼ消滅したと考えられる。一方、¹³⁴Csと¹³⁷Csの半減期は、それぞれ2年および30年と長い。さらに、これらの放射性物質は土壌中の粘土成分に吸着されることから、地表面に長く固定されることとなる。なお、地表面に固定された放射性セシウムは、初期において、下方への移動が予想外に大きかったという報告があるが⁸⁾、その大部分は表面約5cm以内に存在した。

そこで、土壌表層の放射性物質を除去するための除染技術が検討されてきた。農林水産省は関連機関と連携し、実証実験⁹⁾などの結果から、農地の除染技術の考え方および各技術についてまとめた¹⁰⁾。その後、農

林水産省は、施工方法などに関する基礎データの収集を目的に、福島県飯舘村および川俣町において、農地除染対策実証工事を行った。これらの結果は、除染作業を行うためのマニュアル形式の技術書として具体的にまとめられた¹¹⁾。現在、これに従い除染作業が行われている。しかし、除染は農地だけではなく山林も含まれる。そのため、作業面積が広大となり、これによって除染が計画どおりに進められていない。また、除染が完了した農地においても、山林から放射性物質が付着した枯葉などの飛翔による再汚染が心配されている。

本報はここに着目し、農地除染対策実証試験圃場となった飯舘村小宮地区および草野地区を対象に、除染後の経過について報告するものである。

II. 調査および解析方法

1. 調査圃場

農地除染対策実証試験圃場 (以下、「試験圃場」という) である小宮地区と草野地区は、それぞれ飯舘村役場から東南東に約4km、および北東に約2km離れた場所にある (図-1)。小宮地区は面積11.7ha、区画数42筆、一方草野地区は面積7.1ha、区画数27筆で、両地区ともに水田区であった。農地除染対策実証事業における農地の除染方法として、「表土剥取り」、「水による土壌攪拌・除去」、「反転耕」の工法がそれぞれ示された¹¹⁾。小宮、草野の両試験圃場では、表面から5cmまでの土壌を剥ぎ取る「表土剥取り工法」が実施

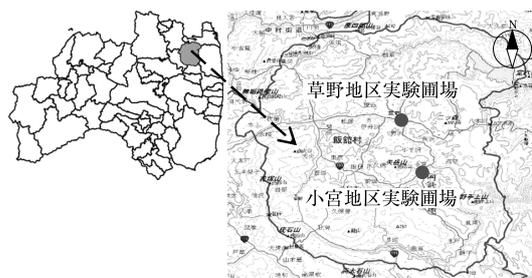


図-1 飯舘村と農地除染対策実証試験圃場の位置図



除染, 空中放射線量, 農地, 再汚染, 飯舘村

[†]帯広畜産大学

^{††} (株)ズコーシャ



写真-1 枯葉トラップ

された。また、除染後周辺山林から飛翔する茎葉によって再汚染が懸念されたことから、茎葉を捕捉するための枯葉トラップが圃場内に設置された(写真-1)。

2. 空中放射線量の調査

農林水産省¹¹⁾は、小宮、草野の両試験圃場において、除染前後の空中放射線量の測定を行った。なお、測定は水田の各区画の2または3地点において行われた。本報では、この農林水産省が行った放射線量の測定箇所に近い位置となるよう踏査し、GPS ガイガー(測定

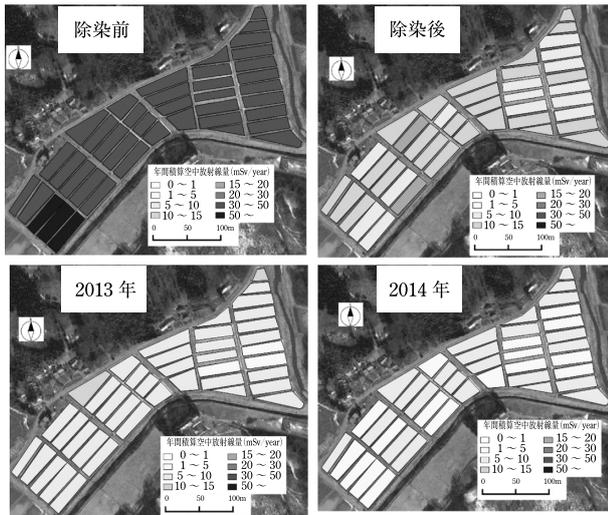


図-2 小宮地区の試験圃場における除染前後および2013年、2014年の年間積算空中放射線量の主題図

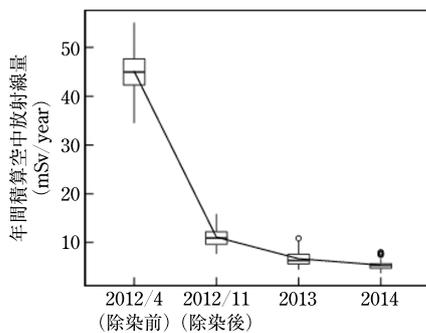


図-3 小宮地区の試験圃場における年間積算空中放射線量のBoxPlotと平均値の経時変化

方式GM管、(株)シリアルゲームズ)を用いて空中放射線量の測定を行った。測定日は2013年10月13日と2014年11月22日であった。

3. 年間積算空中放射線量主題図の作成

小宮、草野の両試験圃場の各区画で測定された2または3地点の空中放射線量を平均し、これを各区画の平均空中放射線量とした。年間積算空中放射線量は、この各区画の平均空中放射線量に24時間と365日をかけて簡易的に算出した。

算出した年間積算空中放射線量から、GISソフト(ArcView ver.10:ESRI ジャパン社)を使用し主題図を作成した。主題図は、衛星画像(Google Map:2010年1月20日撮影)から作成した小宮・草野両地区の区画ポリゴンデータと、これらのポリゴンデータに属性データとして年間積算空中放射線量を付加し、作成された。

III. 農地除染対策実証試験圃場における空中放射線量の経時変化

1. 小宮地区

図-2は、小宮地区の試験圃場における除染前後および2013年、2014年の年間積算空中放射線量の主題図である。また、図-3は各区画の年間積算空中放射

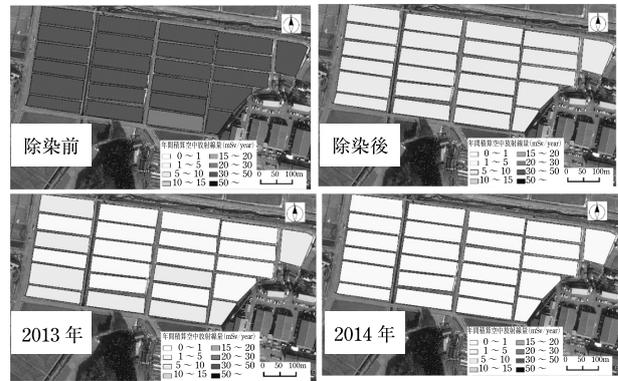


図-4 草野地区の試験圃場における除染前後および2013年、2014年の年間積算空中放射線量の主題図

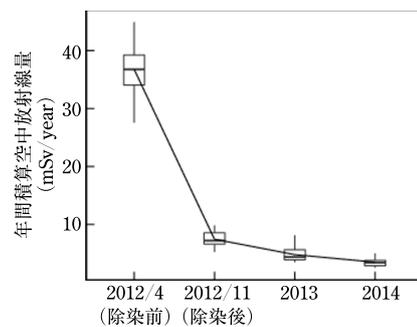


図-5 草野地区の試験圃場における年間積算空中放射線量のBoxPlotと平均値の経時変化

線量から作成したBoxPlotと、各年の平均値の経時変化を示したものである。

これらの図に示すように、除染前（2012年4月）は、すべての区画で年間積算空中放射線量が30 mSv/year以上（平均：45.1 mSv/year）と非常に高い状態にあった。しかし、除染後、年間積算空中放射線量はすべての区画で大幅に低下し、平均値は11.1 mSv/year、最大値は15.9 mSv/year、最小値は7.7 mSv/yearとなった。その後、本報が行った2013年および2014年の調査においても、年間放射線量の低下が続いた。さらに、空中放射線量の調査時に枯葉トラップを確認したところ、茎葉はなかった。したがって、これらの結果から周辺山林からの茎葉の飛翔による再汚染はなかったことが示唆された。また、主題図に示すように、各区画の空中放射線量に顕著な差および減少傾向の違いは見られず、すべての区画で一様に低下した。なお、2013年は、平均値が6.7 mSv/year、最大値が10.9 mSv/year、最小値が4.5 mSv/yearとなった。2014年は平均値が5.7 mSv/year、最大値が8.0 mSv/year、最小値が3.7 mSv/yearとなった。

2. 草野地区

図-4は、草野地区の試験圃場における除染前後および2013年、2014年の年間積算空中放射線量の主題図である。また、図-5は各区画の年間積算空中放射線量から作成したBoxPlotと、各年の平均値の経時変化を示したものである。

これらの図に示すように、除染前（2012年4月）は、ほぼすべての区画で年間積算空中放射線量が30 mSv/year以上（平均：36.8 mSv/year）と非常に高い状態にあった。しかし、除染後は小宮地区と同様に、すべての区画で年間積算空中放射線量は大幅に低下し、平均値は7.4 mSv/year、最大値は9.8 mSv/year、最小値は5.3 mSv/yearとなった。さらに、その後も、周辺山林からの茎葉の飛翔などの再汚染はみられず、年間積算空中放射線量は低下した。また、主題図に示すように、各区画の空中放射線量に顕著な差および減少傾向の違いは見られず、すべての区画で一様に低下した。なお、2013年は、平均値が4.8 mSv/year、最大値が8.2 mSv/year、最小値が3.5 mSv/yearとなった。2014年は、平均値が3.9 mSv/year、最大値が5.0 mSv/year、最小値が2.5 mSv/yearとなった。

IV. 考察

1. 除染の効果

小宮、草野の両地区の試験圃場において行われた除染作業によって、年間積算空中放射線量は大幅に低下

した。図-2, 4に示すように、除染後の線量域は、両試験圃場のすべての区画で「避難指示解除準備区域」である20 mSv/year以下となった。これは、放射性セシウムは土壤中の粘土鉱物に吸収され、表土の5 cm以内に大部分が存在するため、「表土剥取り工法」によって大量の放射性セシウムが除去されたためである¹¹⁾。さらに、除染後も茎葉の飛翔およびそれによる再汚染はみられず、両試験圃場の年間積算空中放射線量の低下が続き、平均4.8 mSv/yearとなった。その低下率は、除染後2年で約48%であった。この要因として、全放射性セシウムに対する¹³⁴Csの割合が自然減により大幅に低下したためであると考えられる。したがって、適切な除染方法とその後の再汚染がなければ、十分に空中放射線量を低下させることは可能であることが示唆された。

2. 除染後の課題

上述したように、除染によって年間積算空中放射線量が「避難指示解除準備区域」レベルまで低下した。このことから、「表土剥取り工法」によって、表層の汚染土壌が確実に除去できることが確認された。したがって、除染が農地を含めた宅地、森林で確実に行うことができれば、帰村が可能になるのではないかと考えられる。

しかし、「表土剥取り工法」は、大量の汚染土壌を発生させるという問題がある^{3), 12)}。そのため、現在飯館村では、写真-2に示すように、汚染土壌などが入った大量の汚染袋が農地などに積み重ねられ、保管されている。現在、これらの汚染土壌から放射性セシウムを除去する方法が検討されているが、実用化には至っていない¹³⁾。したがって、これらを保管する中間および最終貯蔵施設が必要となるが、その対応も遅れている。

また、小宮、草野の両試験圃場ではみられなかったが、森林に近い農地では、汚染された茎葉の飛翔による再汚染の可能性は拭いきれない。さらに、落葉広葉樹の生葉から放射性セシウムが検出され、その要因の



写真-2 汚染土壌などを入れた汚染袋の保管状況
(2014年11月22日に飯館村にて撮影)

一つとして経根吸収の可能性があるという報告もある¹⁴⁾。したがって、森林の除染も農地と同様に、十分に行う必要がある。しかし、森林については、住居および農地から20mの範囲についてのみ、枝打ちや落葉の除去などを行うとされている¹⁵⁾。したがって、これでは十分な放射線量の低下が見込めず、2次汚染が懸念されている¹⁶⁾。

このように除染は行われているものの、帰村および復興するためには、解決しなければならない課題はある。しかし、飯館村では平成28年3月を避難指示解除の目標とし、復興に向けた計画・準備が行われている¹⁷⁾。また、除染についても、長泥地区を除く、すべての行政区において行われている。2015年3月31日時点の進捗状況は、宅地が96%、農地が34%、森林が39%で、西部の二枚橋・須萱と白石の両地区では除染が終了した。そのため、ほかの地区の除染の早期完了と飯館村の復興に向けた対策が望まれる。

V. おわりに

本報では、「表土剥取り工法」によって除染された農地の空中放射線量を把握するため、年間積算空中放射線量の主題図を作成した。作成した主題図から、除染後、空中放射線量は大幅に低下したことが確認された。したがって、「表土剥取り工法」は有効な除染方法の一つであった。さらに、除染後2年経過しても、再汚染は確認されず、空中放射線量の低下が続いた。

なお、飯館村の復興にはいくつかの課題がある。その一つは、除染に伴って大量に発生する汚染土壌の処理・保管についてである。したがって、今後は早期の除染完了を目指すとともに、汚染土壌などの処理および保管方法に対する取組みが重要となる。

引用文献

- 1) 大瀧 慈ほか：福島第一原子力発電所事後の東日本での空間放射線量率の時空間分布，日本統計学会誌 42(1)，pp. 91~101 (2012)
- 2) 星 正治：福島における原子力発電所の事故の経過と今後，医学物理 32(4)，pp. 197~201 (2013)
- 3) 関 勝寿：福島原発事故による土壌の放射能汚染対策，経営論集 78，pp. 13~26 (2011)
- 4) Bunzl, K. et al. : Interception and retention of Chernobyl-derived ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs and ¹⁰⁶Ru in Spruce stand, Sci. Total Environ. 78, pp. 77~87 (1989)
- 5) 長縄弘親ほか：ポリイオンコンプレックスを固定化剤として用いる土壌表層の放射性セシウムの除去，日本原子力学会和文論文誌 10(4)，pp. 227~234 (2011)
- 6) Chino, M. et al. : Preliminary Estimation of Release Amounts of ¹³¹I and ¹³⁷Cs Accidentally Discharged

from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant into the Atmosphere, J. Nucl. Sci. Techno. 48 (7), pp. 1129~1134 (2011)

- 7) 森口祐一：総論：福島第一原子力発電所事故の影響—汚染状況と対応，今後の課題—，エネルギー・資源 35(2)，pp. 81~86 (2014)
- 8) 塩沢 昌ほか：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，RADIOISOTOPE 60，pp. 323~328 (2011)
- 9) 中 達雄ほか：農地の物理的除染対策技術の開発，水土の知 80(7)，pp. 19~22 (2012)
- 10) 農林水産省：農地土壌の放射性物質除去技術（除染技術）作業の手引き 第1版，<http://www.s.affrc.go.jp/docs/press/120302.htm> (2012)
- 11) 農林水産省：農地除染対策の技術書，<http://www.maff.go.jp/j/nousin/seko/josen/> (2013)
- 12) 大内公安：農地と斜面・のり面の除染について現状の対応と今後の課題，日本緑化工学会誌 38(2)，pp. 282~287 (2012)
- 13) 高橋勇介ほか：汚染土壌からの放射性セシウムの除去・回収，生産研究 66(4)，pp. 403~409 (2014)
- 14) 黒島碩人ほか：福島県浪江町の里山に大気沈着した放射性セシウムの森林内分布と挙動，大気環境学会誌 49(2)，pp. 93~100 (2014)
- 15) 環境省：除染関係ガイドライン 第2版，http://www.env.go.jp/jishin/rmp/attach/josen-gl-full_ver2.pdf (2013)
- 16) 川崎興太：福島県における市町村主体の除染計画・活動の実態と課題—福島第一原子力発電所事故後の最初期の記録—，都市計画論文集 48(2)，pp. 135~146 (2013)
- 17) 飯館村：いいたて まていな復興計画（第4版），170p. (2014)

[2015.7.5.受理]

木村 賢人 (正会員)



1977年 茨城県に生まれる
2010年 北海道大学大学院博士課程修了
帯広畜産大学助教
現在に至る

略 歴

辻 修 (正会員・CPD 個人登録者)



1955年 香川県に生まれる
1980年 帯広畜産大学大学院修士課程修了
1982年 帯広畜産大学助手
助教・准教授を経て、
2009年 帯広畜産大学教授
現在に至る

米山 晶 (CPD 個人登録者)



1972年 北海道に生まれる
1994年 北星学園大学経済学部卒業
(株)ズコーシャ入社
現在に至る