

## 論文

## 福島県川俣町における環境放射線調査

伊藤哲夫<sup>1)</sup>、古川道郎<sup>2)</sup>、杉浦紳之<sup>1,3)</sup>、山西弘城<sup>1)\*</sup>、堀口哲男<sup>1)</sup>、芳原新也<sup>1)</sup>  
若林源一郎<sup>1)</sup>、稲垣昌代<sup>1)</sup>、小島 清<sup>1)</sup>、野間 宏<sup>4)</sup>

## Survey of Environmental radiation in Kawamata-machi, Fukushima-ken

Tetsuo ITOH <sup>1)</sup>, Michio FURUKAWA <sup>2)</sup>, Nobuyuki SUGIURA <sup>1,3)</sup>, Hirokuni YAMANISHI <sup>1)\*</sup>,  
Tetsuo HORIGUCHI <sup>1)</sup>, Sin-ya HOHARA <sup>1)</sup>, Genichiro WAKABAYASHI <sup>1)</sup>, Masayo INAGAKI <sup>1)</sup>,  
Kiyoshi KOJIMA <sup>1)</sup>, Hiroshi NOMA <sup>4)</sup>

Large amount of radioactive materials had released by the nuclear power plant accident at Fukushima Dai-ichi site. The level of radiation dose rate has been raised by the radioactive material on the ground. We measured the dose rates in Kawamata-machi, Fukushima-ken, Japan, which is located about 40 km from the power plant in north-west direction. We measured the Cs-137 concentration in soil samples by the Gediode detector. The result shows more than 90 % of Cs-137 exists the depth from the surface to 10 mm. The soil of shallow depth was sieved to 6 series by particle size. The radioactivity of the parts less than 1 mm diameter account for more than 80 % of the total. The Cs-137 in soil was not solved by water.

*Keywords: Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident, environmental radiation, Cs-137, soil, radiation dose.*

---

1) 近畿大学 Kinki University

2) 川俣町町長 Mayor of Kawamata-machi

3) 放射線医学総合研究所 National Institute of Radiological Sciences

4) ア・アトムテクノ近大 A Atomtechnol Kindai

\* Corresponding author, E-mail: yamanisi@kindai.ac.jp

## 1. 緒言

福島県川俣町は、浪江町の北西、飯館村の西に位置し、東京電力福島第1原子力発電所からは30kmを越えた距離にある。町の人口は15352人（2011年5月1日現在）で、農業産出額は31億円、葉タバコ、米、川俣シャモ、絹製品などが名産品である。原子力発電所の立地自治体でもなければ、隣接する自治体でもない。自らも地震にみまわれ、町役場の建物が使用不可になるなど被害は甚大であった。停電や寒さなどの困難な中で、浪江町からの避難民の受け入れなど力を注いできた。そんな中で、町の一部である山木屋地区（1188人、町民の約8%）が4月22日に計画的避難区域に指定された。

川俣町において、近畿大学原子力研究所は、川俣町と共同で、環境放射線の調査を行い、実態の把握と、対策の提言に資するデータの収集を始めた。具体的には、以下の3点を目的としている。（1）風評被害の拡大抑止、（2）農作物の安全な作付け再開に向けたデータ提供、（3）放射線量の低減を効果的に進める方策の提言である。

## 2. 調査内容と結果

4月30日、5月1日に川俣町を訪問して調査を開始した。町内の6つの場所（農村広場、川俣南小学校、飯坂小学校、山木屋中学校\*、山木屋小学校\*、体験農園\*）において、以下に記す3つの調査



図1 GPS機能を付加したNaIサーベイメータによる歩行サーベイ

を行った。\*を付した場所は、計画的避難区域内にある。（1）空間線量率の状況把握 GPS機能を付加したNaIサーベイメータを用いて、歩行サーベイにより、校庭全体を隈なく歩き、線量率の水平分布を得た（図1参照）。図2-1と図2-2に山木屋小

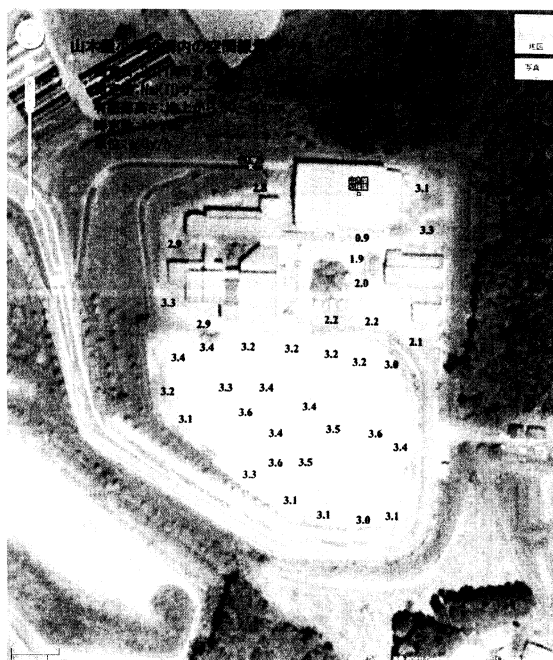


図2-1 歩行サーベイによる線量率測定結果  
(2011年5月1日、山木屋小学校)

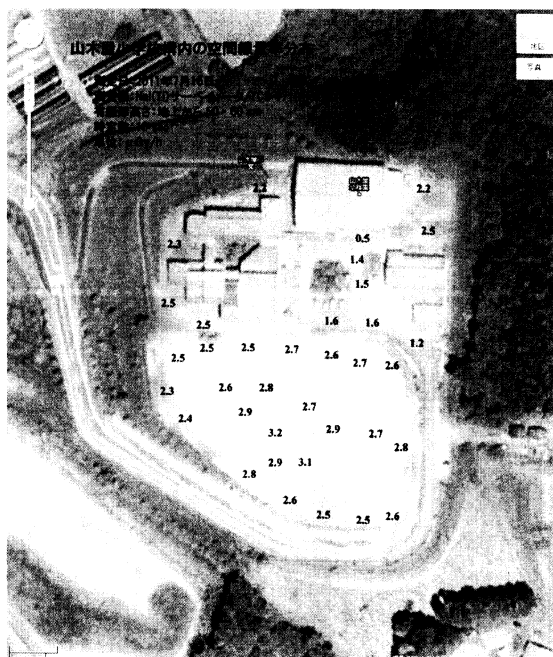


図2-2 歩行サーベイによる線量率測定結果  
(2011年7月16日、山木屋小学校)

学校校庭での測定結果を示す。校庭では線量率のばらつきが少ない一方、周辺の草地などで線量率が高い傾向が見られた。図2-1と図2-2の比較によって、7月の線量率が、5月のものよりも減少している様子がわかる。また、校庭を3×4の領域に等分割したその中心において、地上1m高さにNaI検出部をスタンドに固定して空間線量率を測定した。スタンドに固定したのは、地面からのガンマ線が人体によって遮へいされる量を極力減らすためである。地域によって線量率は異なる。計画的避難区域では、 $3.2 \sim 4.8 \mu\text{Sv/h}$ 、それ以外では、 $1.5 \sim 2.6 \mu\text{Sv/h}$ であった。(2) 土壌試料、植物試料の採取 降下した放射性Csは、地表付近にあることは想像がついた。しかし、3月と4月の降雨によって、どの程度の深さまで移行しているかはわからないので、採取して確かめたかった。校庭の中央付近にあって線量率の均一性が確認された地点で、土壌を深さ毎(0～0.5cm, 0.5～1cm, 1～3.5cm, 3.5～6cm)に採取した。浅いところは30cm×30cmの広さについて、スコップにより採取した。深いところは土壌採取器で採取した(図3参照)。採取土壌を持ち帰り、試料に含まれる放射性物質の量を高純度ゲルマニウム半導体検出器で定量した。図4-1、図4-2、図4-3に地面からの深さ別のCs-137濃度の変化を示す。5月、7月、10月と時間経過にしたがって、濃度は減少している。図4-2に示す体験農園



図3 土壌採取器によるサンプリング風景

は、山木屋小学校に隣接する畑である。校庭と畑地という異なる土質でも、地面から1cmまでの層に、降下した放射性Csの90%以上が存在することがわかった。図4-3の川俣南小学校では、校庭の表土

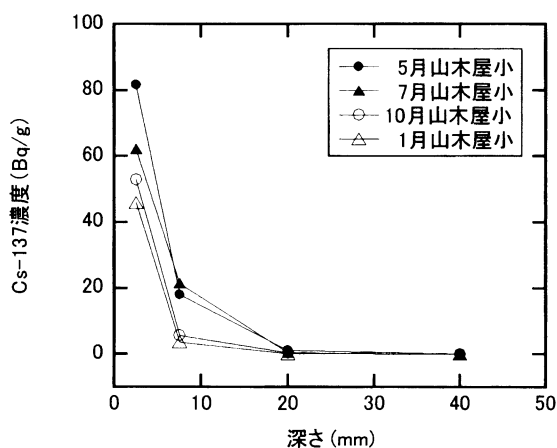


図4-1 Cs-137濃度の深さ分布(山木屋小学校)

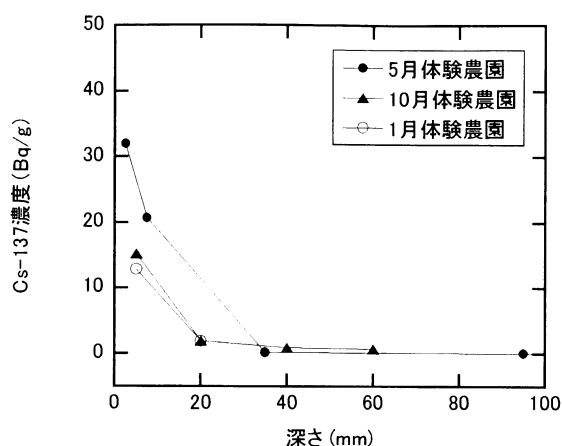


図4-2 Cs-137濃度の深さ分布(体験農園の畑地)

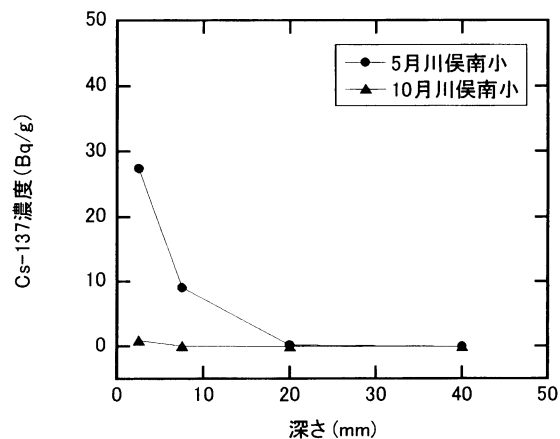


図4-3 Cs-137濃度の深さ分布(川俣南小学校)

除去を8月に行った。そのため、10月の濃度は、5月に比較して大きく減少している。(3) 表土の除去による空間線量率低減の確認 農村広場と山木屋中学校校庭で表土除去を行い、それに伴う線量率低減を確認した。地表面から0.5cmまでの表土を半径5m除去することで、地上1mでの空間線量率は79%に低減された(図5参照)。この低減量は、放射線源の幾何学的配置から予想されるものと一致した。点線源であれば線量率は距離の逆2乗にしたがって減少するけれども、均一面線源の場合、距離の短い線源を除去しても距離の長い線源が大量に残存しているため線量率の半減すら難しい。

表土の分析も進めている。山木屋中学校校庭の表土について、粒度をふるいによって、6段階に分類した(1; ~0.125mm、2; ~0.25mm、3; ~0.5mm、4; ~1.0mm、5; ~2.0mm、6; 2.0mm以上)。それぞれの粒度ごとに放射性Csの量を測定によって得た。その結果、粒度の小さな土壤の方が濃度が高い傾向を示した。粒径1mm以下の土壤は試料全体の39%の重量であるが、放射性Csとしては全体の80%であった(図2参照)。これは、校庭の表土について行った結果であるが、降下した放射性Csの土壤粒子への沈着が表面積あたりで均一であり、比表面積が大きいと沈着量も多いと考えらるなら、畑などの耕作地でも同様であると予想される。図6-1、図6-2、図6-3に土壤粒度別に分類



図5 校庭の表土除去の様子

したCs-137濃度を示した。図6-1は、山木屋小学校の校庭の土壤で、採取月の経過、採取深さによって異なる様子がわかる。図6-2は、畑地での様子である。校庭と同様に細かな粒径の方が濃度が高い傾向にある。図6-3は、砂場と校庭の土との比較である。やはり、細かな粒径で濃度が高いけれども、粒径の大きなところでの濃度が異なる。飯坂小学校の校庭も8月に表土を除去した。除去後の濃度は大きく減少した。細かな粒径の土壤を除去した結果である。また、土壤の水洗い等による脱着試験をおこなった。土壤と水を試験管に入れて攪拌した後、1日間静置し、上澄み液を採取して遠心分離機にかけ、孔径0.2μmのろ紙でろ過した。ろ過後の水試料をゲルマニウム半導体検出器で測定した。その結果、土壤に付いた放射性Csは水によって洗はれないことを確認した。降下した放射性Csが地下水に移行することが懸念されるけれども、現時点では土壤中の放射性Csは水に溶け出しにくい状態である。しかしながら、植物などによって放射性Csが溶出しやすい形に変わるかもしれないので、継続的な研究が必要である。また、NaI検出器による試料測定結果でI-131やCs-137が検出されるケースが出てくると予想されるけれども、天然放射性核種

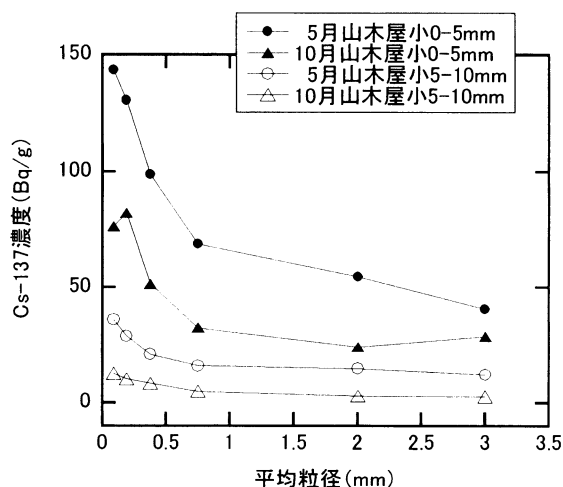


図6-1 土壤粒度別に分類したCs-137濃度  
(山木屋小学校 深さ0~5mmと深さ5~10mm)

Rn-222由来のBi-214やPb-214が発するガンマ線を検出している可能性も高いので、その場合は、ゲルマニウム検出器で確認測定が必要である。

体験農園の畑地で成長したひまわりを8月19日に採取して、部位別にCs-137濃度を測定した。ひまわり1本約500gに含まれていたCs-137の量は、根、茎、葉、花、種で、それぞれ570Bq、5Bq、20Bq、19Bq、0.6Bqであった。ひまわりの根の周りの土に含まれるCs-137濃度は、250Bq/kg、地面から5cmまでの深さの濃度は、6800Bq/kgであった。これらから、土壌の除染にひまわりは有効ではないと考えられる。

落葉の採取も行った。8月に採取した川俣幼稚園の園庭の桜の落葉のCs-137濃度は、650Bq/kgであった。10月には山木屋小学校に隣接する林の内部と入口付近で落葉を採取した。それぞれ濃度は、292000Bq/kg、142000Bq/kgであった。川俣幼稚園付近の表土に含まれる放射性セシウムの濃度は、山木屋小学校の表土の約3分の1である。山木屋小学校の落葉の濃度が大きいのは、降下したセシウムが表面に着いていたためであると考えられる。一方で、桜の葉は4月以降に出てきたもので、降下したセシウムが着いていない。測定で得た放射性セシウムは根からの吸収によるものである。

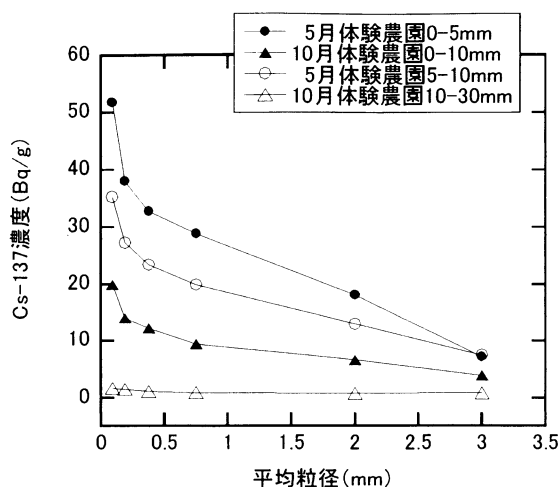


図6-2 土壌粒度別に分類したCs-137濃度  
(体験農園)

### 3. 川俣町の取り組みと近畿大学のサポート

#### 3.1 線量の把握

##### 3.1.1 空間線量率の継続的な測定

川俣町では、学校の校庭や公民館の前などの主だった場所で、1日1回サーベイメータを用いて空間線量率を測定し、測定結果を中央公民館に掲示し、ホームページにも掲載している。

##### 3.1.2 ガラスバッジの配布

線量率の測定は、場の状況把握という点で重要である。そして、その人個人の受ける線量の把握も重要である。なぜなら、人の行動は、人それぞれなので、線量も人それぞれで異なる。個人線量を把握することで将来の健康不安に対処できるようになる。

近畿大学は、川俣町に対して放射線測定器を寄贈した。サーベイメータ4台、ポケット線量計50個、そしてガラスバッジである。ガラスバッジを、幼稚園園児と小中学校の生徒、そして教師の一部に対して配布し、3ヶ月間の測定を4回行う予定にしている。この測定主体は町の教育委員会であり、得られたデータは町のものである。近畿大学は町の依頼に基づいてデータの分析をお手伝いしている。第1回目の着用期間6月22日～9月30日の線量計が回収され、測定結果が出た。関係者の努力があって回収率

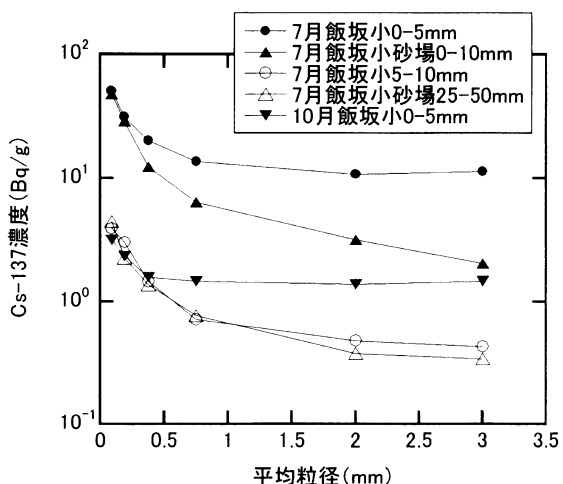


図6-3 土壌粒度別に分類したCs-137濃度  
(飯坂小学校の校庭と砂場)

が90%を越えている。教育委員会と近畿大学は、測定結果返却を前に、学校関係者への理解を深めるための勉強会を開催したり、説明資料を用意するなどの準備を整えた。測定結果は、11月上旬に、学校から保護者に対面して説明を加えた上で手渡しされた。そして、11月13日にガラスバッジの測定結果の説明会を中央公民館で開催し、不安に応えるべく健康相談の時間も確保した。

### 3.2 プールの利用に向けた測定

夏、小中学校のプールの利用の可否について議論になった。学校の屋外プールにも、放射性Csは降下したので、プールの水には放射性Csが含まれていた。その濃度を測定して、排水が可能なレベルかどうかを判断しなければならない。測定の結果、放射性Csの量は微量であり、排水に問題ないことを確認した。これによって、プールの水は排水され、プールの利用ができるようになった。

### 3.3 空気中のダスト

5月、で夏を前にして、学校の窓を開放するかどうかの問題となっていた。屋外空気中に放射性物質が浮遊していてそれが教室に入ってくることを懸念する声があったためである。教育委員会では、窓の開閉によって線量率に変化がないことをサーベイメータを用いた測定で確認していた。これに加えて、近畿大学は、6月に川俣南小学校校庭において空気中のダストをサンプラーで採取し、ダストを捕集したろ紙をGMサーベイメータで測定した。空気中のダストには、放射性物質が含有されているけれども、計数の減衰の傾向から、天然の放射性物質ラドンの娘核種であることがわかった。この結果から、学校の窓を開放しても問題がないことを確認した。

また、警戒区域である浪江町に向けて行き来する車両が巻き上げる粉塵に放射性Csが含まれているのではないかと懸念があった。これについても、

川俣南小学校の前の道端で、空気中ダストを捕集し測定した結果、放射性Csは不検出であった。

### 3.4 井戸水や野菜の放射性Cs検査

公民館などで井戸水の利用を行っている。37箇所の井戸水の放射性Csを測定した。全ての試料で不検出であった。現時点で、放射性Csは表土にあり水に溶けないので、井戸水への移行はないと考えられる。

野菜（にんじん、じゃがいも、たまねぎの3種類、5サンプル）を測定した結果、放射性Cs濃度は1～23Bq/kgで、食品の暫定規制値500Bq/kgを大きく下回る値であった。これに対して、試料中の天然の放射性カリウム濃度は300～1500Bq/kgであった。

ひまわりは、土壌の放射性Csを吸収する効果があると期待された。7月に体験農園のひまわりを採取し、そのなかに含まれる放射性Csの量を部位別に測定した。ひまわり1本に含まれる放射性Csの量はせいぜい30Bqであった。土壌での存在量に比較してひまわりが吸収する量は少なく、期待されたほどではなかった。ひまわりの根が深くはるのに対して、放射性Csは地表面にあるため吸収されなかったと考えられる。

### 3.5 園庭、校庭の表土除去

教育委員会は、4月30日に富田小学校の校庭の表土を除去し、その線量率低減効果を確認していた。近畿大学の土壌測定結果から表土を1cm程度除去することで効果が上がることが示唆された。準備を整えた後、8月中旬に幼稚園園庭と小中学校校庭の表土除去を行った。これによって、空間線量率のレベルは1 $\mu$ Sv/hから0.3 $\mu$ Sv/hに減少した。表土除去によって、文部科学省が掲げる学校での線量を年間1mSv以内にするという目標は、達成される見通しを得た。

#### 4. 結言

復興に向けて、生活場所での線量率の低減が重要課題である。線源である放射性Csが表土に存在していることから、線量率低減には表土除去が有効である。表土除去や土壌改良を行うにあたって、放射性Csの土壌・植物への沈着・結合状況を把握することは、今後の土壌への吸脱着や再浮遊、地下水への移行を予測するのに必要な情報である。また、脱着方法を検討し、廃棄土壌の減容・固定化に向けた基礎データを取得していきたいと考えている。これからは除染が課題になる。山林からの表土流入も問題である。川俣町では一般環境に放射性Csがある状況なので、放射線管理で通常行われている（１）線源管理、（２）個人管理、（３）環境管理を行うことになる。放射線管理の考え方やノウハウが活用されて、放射線とうまく付き合っていく術を私たちは伝えていきたい。川俣町で日々闘っている方々の支えになり、少しでも力添えができるように、皆さんの熱い支援を期待している。避難された方々が帰宅して以前の生活を取り戻し、農業が復興するという、復興への道筋が１日でも早く見えるように、がんばっていききたい。がんばろう、福島！

#### 謝 辞

本調査にご助力いただきました川俣町の神田紀教育長、佐藤光正氏、仲江泰宏氏に感謝申し上げます。調査活動に理解と支援を頂きました近畿大学前理事長世耕弘昭先生、現理事長世耕弘成先生に謝意を表します。また、近畿大学総務課をはじめとした大学関係者に感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) Chino, M., Nakayama, H., Nagai, H., Terada, H., Katata, G., and Yamazawa, H. 2011. Preliminary estimation of release amount of  $^{131}\text{I}$  and  $^{137}\text{Cs}$  accidentally discharged from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant into the atmosphere. *J. Nucl. Sci. Tech.*, 48, (2011) 1129-1134.
- 2) 芳原新也, 伊藤 真; 可搬型GPS機能搭載環境放射線測定システムの構築とその応用、近畿大学原子力研究所年報45 (2008) 1-10.
- 3) 塚田祥文, 鳥山和伸, 山口紀子, 武田 晃, 中尾 淳, 原田久富美, 高橋知之, 山上 睦, 小林大輔, 吉田 聡, 杉山英男, 柴田 尚; 土壌-作物系における放射性核種の挙動, *日本土壌肥科学雑誌*, 82 (5), (2011) 408-418.