福島周辺における大規模環境測定(1) - どのような測定が行われてきたか-



斎藤 公明*

1. はじめに

福島第一原子力発電所事故(以下、福島事故) の直後から多くの機関や個人により環境測定 が行われた。この中で、国からの委託により 実施されてきた通称「放射性物質等分布状況 調査」(以下、分布状況調査)と呼ばれる調査 では、信頼のおける手法により継続的に大規 模な環境調査が行われてきた¹⁻⁶⁾。事故から 5年が経過した現在、継続して行われた環境 測定結果の解析により、福島周辺の空間線量 率や放射性物質の分布の特徴、さらにこれら の経時変化の特徴が明らかになりつつある。

「福島周辺における大規模環境測定」と題す る本連載記事では、上記分布状況調査に主に 焦点を当て、福島事故以降どのような調査が 行われて、その結果何がわかってきたのかを 3回にわたり紹介する。第1回目の本稿では、 どのような環境測定がどのような意図で行わ れたのか、それぞれの測定がどのような特徴 を有するかについてまとめて紹介し、第2稿 と第3稿では調査により明らかになった福島 周辺の放射性核種沈着量や空間線量率の分布 の特徴と経時変化傾向について紹介する。

2. 測定の概要

事故直後からこれまでに分布状況調査等で 実施された環境測定の項目と実施時期を表1 にまとめる。この中には分布状況調査の枠外 で実施された航空機モニタリングも示されてい る。この表に示されるように、土壌沈着量及び 空間線量率の測定が継続的に実施されてきた。

これらの調査の基本的な考え方としては、 信頼のおける統一手法を用いて精度の確かな 測定を継続的に実施しようというものである。 このために、必要に応じて事前調査を行い、 適切な手法・機器を選択し、マニュアルを作 成して同じ質の測定が行えるよう徹底すると ともに、各測定期間の最初に測定精度を確認 する作業を実施している。さらに、得られた 結果の妥当性について有識者により組織され る検討会で検討し、データの信頼性を担保し ている。

調査時期	平和	成23年	(2011	年)	平)	成24年	(2012	(年)	平月	成25年	(2013	年)	平	成26年	(2014	年)	平	成27年	(2015	年)
調査項目	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7-9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12
土壤沈着量测定																				
(1) 土壌試料採取と分析		+	•																	
(2) Ge検出 in-situ測定				-		•				+					++				-	•
(3)深度分布测定				-		•	++	++		+	-	++			**					
空間線量率測定																				
(1) 平坦地測定		+		+		+				+	-				++				++	
(2) 走行サーベイ		**								+	•	**		2	++				++	
(3) 步行測定										+	-	++			++	++			++	**
(4) 無人へり測定							•	•		+	•					-	-			
(5) 航空機モニタリング*			-			**						**			++				+	

表1 放射性物質等分布状況調査における調査実施時期

^{*} Kimiaki SAITO 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 福島環境安全センター 上級嘱託

3. 各測定の特徴と留意事項

3.1 土壌沈着量の測定

土壌試料の採取と測定

土壌への放射性核種の沈着量を測定するた めの標準的な方法である。第1次分布状況調 査¹⁾においては、事前調査の結果に基づきマ ニュアルを作成し⁷⁾、福島周辺の約2,200地点 にて1箇所で5個の土壌試料をU8容器によ り採取し分析した。試料の採取と分析に関し 800名近くの方の協力を得た⁸⁾。

Ge検出器を用いた土壌の分析を22の機関で 実施したが、この中には環境試料の分析を専 門としない機関も存在していた。そのために 共通の土壌試料を用いた測定結果の相互比較 を実施した。1カ所で測定した5試料の平均 濃度での比較によれば、図1に示すように、 標準となる日本分析センターの測定結果に対 し標準偏差10%程度で全ての測定機関の結果 が一致することが確認された¹⁾。

5 試料間の放射性セシウム濃度のばらつき は大きく、変動係数(標準偏差を平均値で除 した値)は37%であった。5 試料を採取した



図1 共通の土壌試料を用いて行った 相互比較測定の結果

日本分析センターでの測定値を標準値とし、その他の分析機 関で測定した放射能量の比率を示した。1地点で採取した5 試料の平均放射能量を比較した。

3m平方程度の狭い地域においても沈着量が 有意に変化しており、放射性物質の沈着量分 布の不均一さを示唆している。

(2) 可搬型Ge検出器による in situ (現場) 測定

第2次分布状況調査以降は、沈着量の測定 に可搬型Ge検出器を用いた*in situ*測定を用い てきた(図2)。本手法は、現地の地上1mに Ge検出器を設置して測定を行い広い範囲から やってくるy線を測定することで、その地点の 平均的な沈着量を測定することができる特徴 を有している。但し、沈着量が大きな地点で は不感時間が大きくなるため適切な定量がで きないという欠点もある。放射性核種が比較的 均一に分布している地点においては、土壌試 料を採取し求めた沈着量と*in situ*測定による沈 着量はほぼ一致することが確かめられている¹⁾。

本手法では、放射性核種が地中の深さ方向 に指数関数に従って分布し、水平方向には無 限に同じ分布が続くことを仮定して解析を行う。 指数関数の深さ方向の広がり、すなわち放射 性核種の地中への浸透の指標となる重量緩衝 深度 β (g/crd)が解析上の基本的な情報となる。 後述するスクレーパープレートを用いた深度 分布測定により β を決定するのが理想的であ るが、過去の事例をもとに条件ごとの代表的 な β 値が国際放射線単位測定委員会(ICRU) のレポートに示されており⁹⁾、これを用いるこ とも可能である。

Ge検出器は個体ごとに異なる感度特性を持っため、in situ 測定に必要な基礎データをそれ ぞれのGe検出器に対して用意する必要がある。 分布状況調査においては、測定に使用する複 数のシステムを同一地点に設置して相互比較 測定を実施し、同様の沈着量が得られること



図2 可搬型Ge検出器を用いたin situ 測定の様子



図3 可搬型Ge検出器によるin situ測定の結果から評価した空間線量率とサーベイメータによる測定値の比較

を確認している。例えば、平成25年6月に行った相互比較測定においては、標準偏差6%程度で全てのチームの放射性セシウム沈着量測定値は一致した¹⁰。

図3は、in situ測定結果で求めた放射性セシウム沈着量から評価した空間線量率と、サーベイメータを用いて直接に測定した空間線量率の、福島周辺における関係を示している。ここでは、測定の適否の確認のために、ICRUのレポートに示されている線量換算係数を使用し、空気カーマ(Gy)に関する比較を行った。良い一致が見られることから、可搬型Ge検出器の測定が適切に行われていることが確認出来る。分布状況調査においては80km圏内の約400地点にて測定を行っている。

(3) 土壌中深度分布の測定

土壌中の放射性セシウムの深度分布を調べ



図4 スクレーパープレートによる深度別土壌試 料採取の様子

るのに、分布状況調査ではスクレーパープレー トを用いて深さ別の土壌試料を採取し分析し ている(図4)。スクレーパープレートによる 土壌採取は、試料間のクロスコンタミネーショ ン(相互汚染)を小さく抑えることができる優 れた方法であるが、土壌採取に経験が必要で かつ1カ所での試料採取に数時間を要する。 分布状況調査においては、福島第一原発から 80km圏内の約85地点で土壌採取を行っている。

3.2 空間線量率の測定

(1)かく乱のない平坦地上の測定

人の手が入りにくいある程度の広さを持った 平坦な地点を選び、地上1mに置ける空間線 量率を標準的なサーベイメータにより測定して きた。この測定においては、降雨等の自然要 因による空間線量率の減少(ヴェザリング効 果)について調べることを主な目的とし、現在 80km圏内の約6,500地点での測定を行っている。 (2)自動車サーベイ

京都大学が開発したKURAMAシステム¹¹⁾ を使用し、東日本広域にわたる自動車サーベイ を実施してきた。本測定では、大量の空間線 量率分布データを繰り返し取得し、統計解析 により変化傾向の特徴を明らかにし、将来予測 モデルの開発等に役立てることを目指した。

KURAMAは取得したデータをリアルタイム で携帯電話回線を介して転送して共有できる 特徴があり、これにより従来の手法に比べて 測定の効率や信頼性が大きく向上した。また、 13×13×20mdのCsI(Tl)シンチレータを搭載 したKURAMA-IIはコンパクトで操作が容易 であるため、100台規模のシステムを準備して 地方自治体の協力を得ることで、東日本全域 における測定を短時間に実施することが可能 となった(図5)。

KURAMA-IIを用いた精度の良い測定を実施するために、スペクトルを線量に高精度で換算できるG(E)関数を独自に開発し組み込むとともに¹²⁾、毎回、測定前に全システムの測定精度の確認を行っている。右側後部座席の後ろに検出器を設置して測定した値を車外地上1mの空間線量率に変換するために、図6に示す1.3という換算係数を用いる¹⁾。測定結果のまとめに関しては、統計精度等を考慮し、100m四方



図5 KURAMA-IIを用いた大規模走行サーベイの概念図







図7 歩行測定の様子

の領域の平均値として結果 を表している。

分布状況調査では東日本 の広域にわたり、当初8万 kmを超える自動車サーベイ を行ってきた。時間ととも に空間線量率のレベルがイ の範囲を縮小してきており、 平成27年度は4~5万km程 を放射線医学総合研究所¹³⁾も Ge検使用したシステムを が成功のグループ¹⁴⁾も独自の システムを用い自動車サー

ベイを実施してきた。 (3) 歩行測定

住民が最も知りたいのは人々が多くの時間 を費やす生活環境における空間線量率である との視点から、KURAMA-IIシステムを人間 が背負い測定対象地域を歩き回って測定する 歩行測定を実施している(図7)。歩行測定は 自動車サーベイに比べて単位時間当たりの移 動距離が短く、狭い地域の線量率の変化を的 確に測定できることを考慮し、20m四方の領域 毎に測定データを平均して表している。80km 圏内全体を均一にカバーするように500を超え る地域(1km四方単位)での測定を行っている。 (4) 無人へリコプターによる測定

人の立ち入りが難しい福島第一原発から5km 以内の地域の空間線量率を、無人へリコプター により測定してきた¹⁵(図8)。無人へリコプター



図8 無人ヘリコプター測定の様子



図9 無人へリコプターによる測定値と地上にお けるサーベイメータによる空間線量率測定 値の比較

による測定は通常の航空機モニタリングに比べ て飛行高度を低く設定できるため、位置の分解 能が良くなるという特徴を有している。分布状 況調査においては、飛行高度80m、側線間隔 80mでの測定を行っている。

放射線測定には1.5" φ×1.5"のLaBr₃(Ce) 検出器3本を使用し、測定した総計数率を地 上1mの空間線量率に換算する。校正用の測 定を複数箇所で実施し、標準高度の計数率か ら地上の空間線量率を計算する換算係数、並 びに高度による変化を補正するための高度補 正係数を取得する。図9に、無人へリコプター による測定と地上でのサーベイメータの測定 結果の比較を示す。

(5) 航空機モニタリング

分布状況調査とは別に文部科学省及び原子 力規制庁では事故直後から航空機モニタリン グを実施してきた¹⁶⁾。基本的なデータ処理の 考え方は無人へリコプター測定と同様である が、放射線測定には大型のNaI(TI)検出器 を使用し、飛行高度は300mを標準としている。 シミュレーション結果によれば、300m高度の 空間線量率の90%に寄与する線源の半径は 470m程度である¹⁷⁾。従って、航空機モニタリ ングで測定した結果をその直下の結果と結び つけることは難しい。一方、広域の平均的な 空間線量率の分布を測定する手法としては優 れていることがわかる。

3.3 まとめ

福島事故以来、分布状況調査等で異なる手 法を用いた大規模測定が行われてきた。各手 法はそれぞれ特徴を有しており、測定結果も 異なる特徴を持つ結果となっている。目的に 応じて適切な手法を選んであるいは組み合わ せて用いることが事故後のモニタリングには 必要である。福島周辺の環境測定で得られた 貴重な知見は、27年度から進められつつある 国の放射能測定法シリーズの改定において活 用されて行く予定である。

謝 辞

分布状況調査を支援していただいた多くの 方々に心より感謝いたします。

— 参考文献 —

- 文部科学省:第1次分布状況調査報告書 http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/6000/ 5235/view.html
- 2) 文部科学省:第2次分布状況等調査報告書 http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat03/ entry02.html
- 3) 文部科学省:第3次分布状況調査報告書 http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat03/ entry05.html
- 4)原子力規制庁:平成25年度分布状況調査報告書 http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/504/list-1. html
- 5)原子力規制庁:平成26年分布状況調査報告書 http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/560/list-1. html
- 6)原子力規制庁:平成27年度分布状況調査報告書(準備中)
- 7) O. Yuichi, et al.; J. Environ. Radioactivity, 139, 300-307 (2015).
- 8)東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う土壌汚染に関する文部科学省大規模調査プロジェクトに 関する資料RADIOISOTOPES, 62 (2013).
- 9) ICRU Report 53 (1994).
- S. Mikami, et al.: Jpn. J. Health. Phys, 50, 182-188 (2015).
- M. Tanigaki, et al.: Nucl. Instr. Meth. In Phys. Res. A, 781, 57-64 (2015).
- 12) S. Tsuda, et al.: J. Environ. Radioactivity., 139, 260-265 (2015).
- 13) S. Kobayashi, et al.: J. Environ. Radioactivity, 139, 281-293 (2015).
- 14) 大橋敏明:日本原子力学会2013年春の年会(2013)
- 15) Y. Sanada, T. Torii: J. Environ. Radioactivity, 139, 294-299 (2015).
- 16) 眞田幸尚、他: JAEA-Research 2015-006 (2015)
- 17) A. Malins, et al.: arXiv:1509.09125 (2015).

福島周辺における大規模環境測定(2) -土壌沈着量の分布と経時変化-



斎藤 公明*

1. はじめに

本連載記事の第1回では、福島事故後に分 布状況調査¹⁻⁶⁾の中で行われた大規模環境測 定の種類や特徴についてまとめた。本稿では、 この調査により明らかになった放射性核種土壌 沈着量の分布と経時変化の特徴について紹介 する。この中で、異なる核種間の沈着量比の地 域的分布の特徴、事故直後の被ばくにおいて 重要な寄与をしたと考えられる¹³¹Iの土壌沈着 量マップの詳細化、土壌中の放射性セシウムの 深度分布の調査結果等も含めて紹介する。

2. 事故直後の土壌沈着量の特徴

2.1 沈着量マップの作成

事故直後に行われた第1回の分布状況調査¹⁾ では福島第一原発周辺の約2,200地点において 約11,000個の土壌試料を採取し、Ge検出器によ る y 線スペクトル解析を行った。さらにストロ ンチウムとプルトニウムに関しては、土壌試料 を化学処理した後にβ線測定あるいはα線測定 を実施したが、化学処理に時間と労力を必要と したため、汚染が高い地域を中心に100程度の 土壌試料を選んで分析を行った。これらの結 果を基に、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、¹³¹I、^{129m}Te、^{110m}Ag、 ²³⁸Pu、²³⁹⁺²⁴⁰Pu、⁸⁹Sr、⁹⁰Srに対する土壌沈着量 マップを作成した。図1は2011年6月の時点の ¹³⁷Csの土壌沈着量マップである^{1,7)}。福島原発 から北西方向に沈着量の高い地域が存在する とともに、郡山盆地の沈着量が相対的に高いと いう、よく知られた特徴が見られている。

2.2 被ばく線量の概算

検出された複数の放射性核種の重要度を判 断するために、第1次分布状況調査で観測さ れた最大土壌沈着量を基に、IAEAの報告書に 示された線量換算係数⁸⁾を利用して、50年間 に人間が受ける被ばく線量の概算が行われた。 この係数は外部被ばく及び地表面からの再浮 遊核種を吸入することによる内部被ばくの合計 の線量を安全側に評価する。

結果を表1に示す¹⁾。この概算によれば、被 ばく線量に寄与する最も重要な核種は¹³⁷Csで、 50年間に人間が受ける実効線量は2,000mSv、 2番目は¹³⁴Csで線量は710mSv^{*1}、3番目は ^{110m}Agで線量は3mSvであった。ここでは沈着 量が最も高い地点に人間が直立し続けるとい う、実際にはありえない想定の基に線量評価を 行っており、現実にはこのような高い被ばくは 起こらなかったことに注意する必要がある。

ストロンチウムとプルトニウムによる線量は 他の核種からの線量に比べて顕著に低いこと が確認された。同位体比等から福島事故に起 因すると判断されるストロンチウムとプルトニ ウムが検出されたが、土壌沈着量自体は事故

- *1線量換算係数の値が訂正されたのに伴い再 計算した値。報告書に示された値と異なる。
- * Kimiaki SAITO 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 福島環境安全センター 上席嘱託



		旱十 十撞沙 美昌	50年間の積算実効線量				
核種名	半減期	取入上現化有里 (Bq/m)	換算係数 (µSv/h)/(Bq/m)	計算結果 (mSv)			
Cs-134	2.065年	1.4×10^{7}	5.1×10^{-2}	710			
Cs-137	30.167年	1.5×10^{7}	1.3×10^{-1}	2000 (2.0Sv)			
I-131	8.02日	5.5×10^{4}	$2.7 imes 10^{-4}$	0.015			
Sr-89	50.53日	2.2×10^{4}	2.8×10^{-5}	0.00061 (0.6 µ Sv)			
Sr-90	28.79年	5.7×10^{3}	2.1×10^{-2}	0.12			
Pu-238	87.7年	4	6.6	0.027			
Pu-239+240	2.411×104年	15	8.5	0.12			
Ag-110m	249.95日	8.3×10^{4}	3.9×10^{-2}	3.2			
Te-129m	33.6日	2.7×10^{6}	2.2×10^{-4}	0.6			

表1	最大土壌沈着量	を基に安全側に評価	した50年間の積算実効線量

以前に観測されていた大気核爆発実験に起因 する同じ核種の沈着量と同じ程度であった。

2.3 ¹³¹ I のマップの精緻化

第1次分布状況調査で¹³¹ I が有意に検出され たのは約2,200地点のうち400地点程度であった。 ¹³¹ I は事故直後の被ばく線量に重要な寄与を した可能性のある核種であることを考慮し、 長半減期同位体である¹²⁹ I をAMS(加速器質 量分析法)により定量し、¹³¹ I 沈着量マップで データのない部分の沈着量を推定し、マップ を精緻化する作業が村松らにより行われた^{4,9)}。

土壌中の¹²⁹ I と¹³¹ I が有意な相関関係を持ち、 ¹²⁹ I を介した¹³¹ I 沈着量推定が適切に行えるこ とを確認した後、第1次分布状況調査にて採 取した土壌を対象に¹²⁹ I の定量を行い、¹³¹ I と の相関関係を利用して沈着量を推定した。



り、放出から沈着にいた る経路を明らかにする手 掛りが得られる可能性が ある。

沈着量の比率の解析に より、いくつか特徴的な 地域分布が明らかになっ た。¹³¹ I と¹³⁷Cs、および ^{129m}Teと¹³⁷Csとの沈着量 の比率をみると、福島第 一原発の南方海岸線地域 の比率が双方のケースと も相対的に高くなってお り、この地域の沈着過程 が他の地域と異なること が示唆される^{1、7)}。また、 ^{110m}Agと¹³⁷Csの比率は、 福島の郡山盆地から群馬、 栃木と続く広い範囲でよ い相関を示しており^{2,10)}、 この地域の汚染が同じプ ルームにより起きた可能 性を示唆している。

¹³⁴Cs/¹³⁷Csの比率の頻 度分布をみると、2つの ピークが観察されるが¹⁰⁰、 これらのピークは炉内解 析により得られた2号機 と3号機のセシウムの放

図2¹²⁹IのAMS測定により精緻化された¹³¹I土壌沈着量マップ

図2に精緻化された¹³¹ I 沈着量マップを示 す⁴⁾。80km圏内全域をカバーする詳細なマッ プが作成されている。

2.4 異なる核種の間の沈着量の比率

放射性物質の放出を起こした福島第一原発 の1~3号機の間で放射性核種の放出比率が 異なる。さらに、同じ原子炉でも放出経路に より放射性核種の放出比率が異なることがあ りうる。この核種間の放出比率の違いは、沈 着量分布にも反映されるはずであるため、異 なる核種間の沈着量比率を解析することによ 出比率にそれぞれ符合している。この比率を 手掛りにして、2号機からのプルームによる沈 着が重要である地域と、3号機が重要である 地域を分類する試みが進行中である¹¹⁰。図3 は東日本広域にわたる¹³⁴Cs/¹³⁷Cs比率の分布を 示しているが、地域により明らかな偏りがある ことがわかる。

2.5 土壌沈着量と空間線量率の関係

可搬型Ge検出器を用いたin site 測定により求 めた¹³⁷Cs土壌沈着量と、同じ場所でサーベイ メータにより測定した空間線量率の関係の例を



ていることを表している。 2.6 土壌試料の保管・

管理

事故直後に採取された 多数の土壌試料は、放射 性核種の量だけでなく化 学的な形態等、事故直後 の放射性核種と十壌の状 態の情報を残す重要な試 料である。このため、分 布状況調査の中で採取さ れた土壌試料は、厳重に 密封され採取場所の情報 や分析等の経歴に関する 情報とともに保管・管理 されている。適切な目的 がある場合には、これら の土壌試料を用いた分析 を再度行うことができる。 実際に2.3で述べた¹³¹ I マップの精緻化は、この 土壌試料を用いて行われ たものである。

3. 土壌に沈着した放 射性セシウムの経 時変化

3.1 土壌沈着量の変化 繰り返し行われた沈着 量の測定により放射性セ

図4に示す¹⁰⁾。¹³⁴Cs及び¹³⁷Csの土壌沈着量と 空間線量率との間に強い相関関係が見られる。 このことは、放射性セシウムが空間線量率に主 に寄与していることを示唆している。一方、土 壌試料から求めた土壌沈着量と空間線量率の 間には、in situ測定結果ほどの強い相関関係は 得られない¹⁾。これは、放射性セシウムの沈着 量が局所的に変動すること、一方、in situ測定 では測定地点周辺の沈着量平均値を測定でき

シウム沈着量の経時変化の特徴が明らかに なってきた。80km圏内の平均土壌沈着量の時 間変化を図5に示す⁶⁾。この図からわかるよう に、土地の状況があまり変化しない平坦地に おいては、¹³⁴Csについても¹³⁷Csについても土 壌沈着量がほぼ物理減衰に従って減少してき ている。このことは、放射性セシウムの水平方 向への動きが小さいことを示すものである。

放射性セシウムの移行研究によれば、土壌



図4 ¹³⁴Cs及び¹³⁷Csの沈着量と空間線量率の関係

粒子に付着した放射性セシウムは、水の動き に伴う移動が環境移行を考える上で重要であ るものの、その年間の移行量は人の手の加わ らない場所においては沈着量に比べて極くわ ずかであることが確認されており^{1,2)}、このこ とと上記の沈着量の経時変化の傾向は符合し



図5 平均土壌沈着量の経時変化



ている。

3.2 深度分布の特徴と経時変化

放射性セシウムの土壌中深度分布について 3つの特徴的な例を図6に示す。a) は典型的 な指数関数分布である。地表面から深さ方向 に放射性セシウム濃度が指数関数に従って減 少する分布で、チェルノブイリ事故において も多くの地点で観察された。

b)は地中のある深さに濃度の最大値(ピー ク)が存在する分布である。ピーク位置より 深い深度における濃度分布は指数関数に漸近 的に近づく性質を示している¹³⁾。福島での分 布状況調査においては、この種類の深度分布 の割合が時間とともに増加してきた。

沈着した核種は徐々に地中に浸透してきて いる。指数関数分布では深さ方向への広がり

> を示すパラメータとして 重量緩衝深度β (g/cm) がしばしば用いられる。 80km圏内の85地点で継続 的に行ってきた調査の結 果では、このβが時間と ともに増加してきた。

> 深度分布の広がり具合 のより直感的な指標とし て90%深度がある。これ

レーションなどと連携しなが ら、沈着経路を明らかにする ための試みが進められている。

撹乱のない平坦地において は放射性セシウムの沈着量は ほぼ物理減衰に従って減少し てきており、水平方向への放 射性セシウムの動きは一般に 小さいと考えられる。深さ方向 へは放射性セシウムは時間と ともに着実に浸透していってい るが、5 cm以内に90%の放射 性セシウムが残っているケー スがまだ大半を占めている。



図 7 ¹³⁷Csの90%が含まれる地中深度(90%深度)の経時変化

は沈着量の90%の放射性セシウムが含まれる 深さ(cm)で定義される。図7は90%深度の 経時変化を表している。全ての測定地点の 90%深度を記号で示すとともに、90%深度の 各時期における平均値の変化を破線で加えて いる。この図からわかるように、事故後の時間 経過とともに平均90%深度が徐々に増加して きたが、事故から4年が経過した時点におい ても、まだ表面から5cm以内に放射性セシウ ムが存在する地域が半数以上存在することが わかる。

4.まとめ

where the description of the des

事故直後の2011年6月の時点では、複数の 放射性核種が環境中に広く存在したが、すで にその時点で被ばく線量の観点からは放射性 セシウムが主要な核種であることが確認された。 事故初期に大きな線量寄与をしたと考えられる ¹³¹Iについては事故直後の線量再構築は重要 な課題であり、今後も関連した研究の推進が 必要である。

線量への寄与とは別に、各放射性核種の地 域的な分布は沈着経路に関する重要な情報を 与えるものであり、炉内解析や大気拡散シミュ

— 参考文献 —

- 文部科学省:第1次分布状況調査報告書 http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/ contents/6000/5235/view.html
- 2) 文部科学省:第2次分布状況等調查報告書 http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat03/ entry02.html
- 3) 文部科学省:第3次分布状況調査報告書 http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat03/ entry05.html
- 原子力規制庁:平成25年度分布状況調査報告書 http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/504/list-1. html
- 5) 原子力規制庁:平成26年分布状況調査報告書 http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/560/list-1. html
- 6)原子力規制庁:平成27年度分布状況調査報告書 (準備中)
- K. Saito, et al.: J. Environ. Radioactivity, 139, 308-319 (2015).
- 8) IAEA:IAEA-TECDOC-1162, http://www-pub. iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1162_prn. pdf (2013).
- 9) Y. Muramatsu, et al.: J. Environ. Radioactivity, 139, 344-350 (2015).
- S. Mikami, et al.: J. Environ. Radioactivity, 139, 320-343 (2015).
- 11) M. Chino, et al.: Under submission.
- 12) K. Yoshimura, et al.: J. Environ. Radioactivity, 139, 362-369 (2015).
- N. Matsuda, et al.: J. Environ. Radioactivity., 139, 427-434 (2015).