

2011

# 環境アセスメント学会誌

Vol.9 No.2

特集「スモールアセス・簡易アセスの動向」  
小特集「東日本大震災・原発事故とアセスメント」



The Japan Society for Impact Assessment

技術・事例報告

## 福島原発事故に起因する放射性物質による 地域汚染の実態解明と汚染構造の把握 (速報)

青山 貞一\*, 鷹取 敦\*\*, 池田こみち\*\*\*

Clarification and examination of regional radioactive pollution and  
the structural mechanism caused by Fukushima Nuclear Power Plant

Teiichi AOYAMA\*, Atsushi TAKATORI\*\* and Komichi IKEDA\*\*\*

要旨：2011年3月11日、東北地方で発生した巨大地震とそれに続く津波により福島第一原発に壊滅的な事故が発生した。事故直後から福島県内を中心に周辺地域に各種の放射性物質が移流、拡散し、大気、土壌、水などを汚染するとともに人間を含む生物に放射線を被曝させた。本研究の一環として筆者らはSPEEDIに類する3次元流体計算シミュレーションを3月下旬より開始したが、各地に飛散する放射性物質は複雑な地形と地域固有の強烈な海風などの気象条件のため、各地の放射線量や汚染分布は原発からの距離で単純に表現できないことも分かった。他方、ひとたび原発から放出された放射性物質は各地に拡散したが、それらの大気中に対流する物質は事故直後の初期降雨により土壌、草地などに沈降、凝集した。地表面に滞留する放射能は、地表面から地上に向けそれぞれの半減期に対応し放射線を継続的に発することとなり、当該地域に居住する人々に積算放射線量（外部被曝）を増加させることになっている。筆者らは上記の仮説を検証するため、4月中旬（予備調査）と6月中旬（本調査）に福島県を中心に各地点において合計520カ所で放射線量を測定するとともに、国、自治体などが実施してきた空間放射線量と土壌中放射能の測定データを整理、分析し、時系列的にそれらと降雨量との関係を解析してきた。さらに国が設定した20km警戒区域の設定など政策についてもその妥当性を検証してみた。本論は研究途中の暫定報告であり、今後も継続する予定である。

### 1. 福島放射線量現地調査の概要

(1) 調査の目的：福島県を中心に福島原発事故に起因する空間放射線量率の測定を行い記録すること。

(2) 調査の実施年月日：2011年6月18日から20日

(3) 調査の方法：調査は、①固定測定として地上1mの高さ、地表5cmの高さ、側溝など溝は底から10cmでガンマー( $\gamma$ )線を測定、②移動測定として自動車で移動中、車窓で地上約1m高におけるガンマー( $\gamma$ )線を測定した。いずれもGPSを用いて位置を記録した。

(4) 放射線測定器：本調査には図1にある日本、

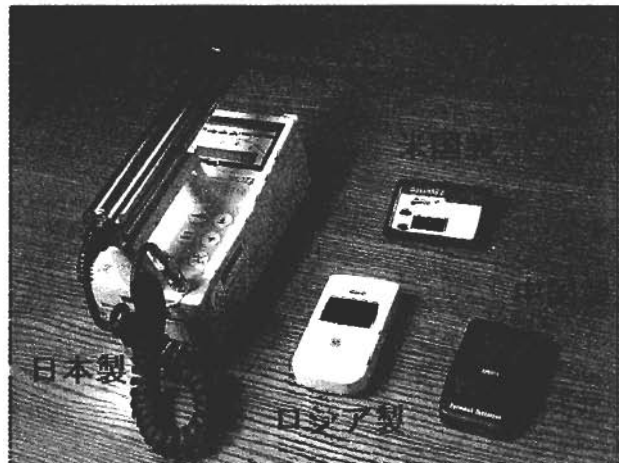


図1 現地調査で使用した放射線測定器

\* 東京都市大学大学院環境情報学研究科

\*\*、\*\*\* 株式会社-環境総合研究所 (東京都品川区)

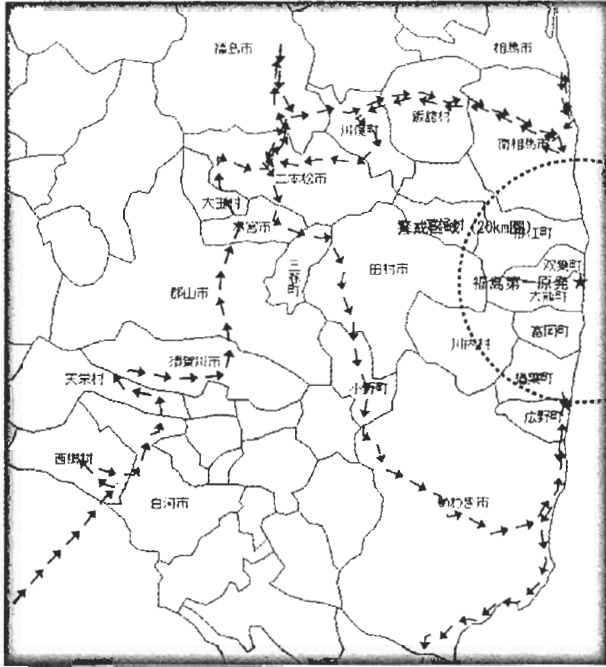


図2 調査ルートと測定対象市町村

ロシア、米国、中国製の4台の測定器を使用した。日本製は東京都市大学原子力研究所の公式測定器(γSurvey Meter TCS-171B)を公式キャリブレーション(校正)後、現地調査に持参した。

(5) 調査ルートと対象市町村: 現地調査ルートは概ね次の通りである(図2参照)。横浜市出発(6



図4 放射線の測定(固定測定: 地表面)



図3 放射線の測定(固定測定: 地上1m)



図5 放射線の測定(移動測定: 地上1m)

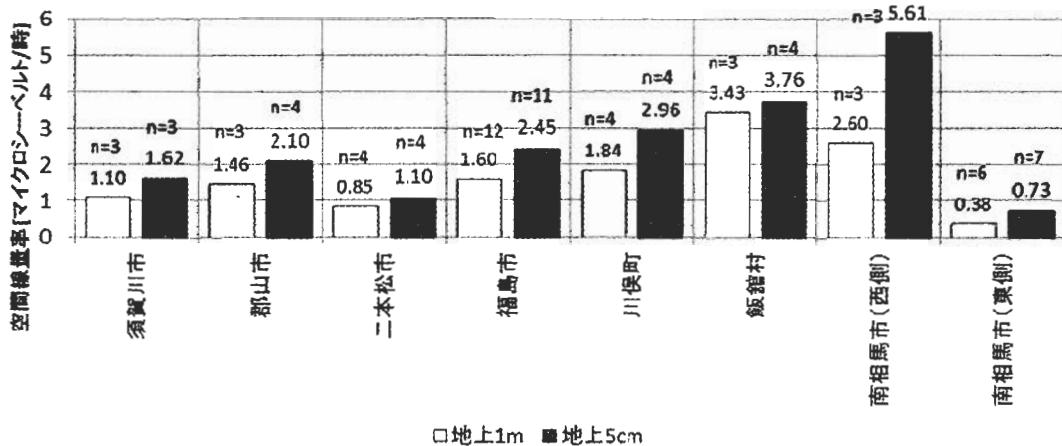
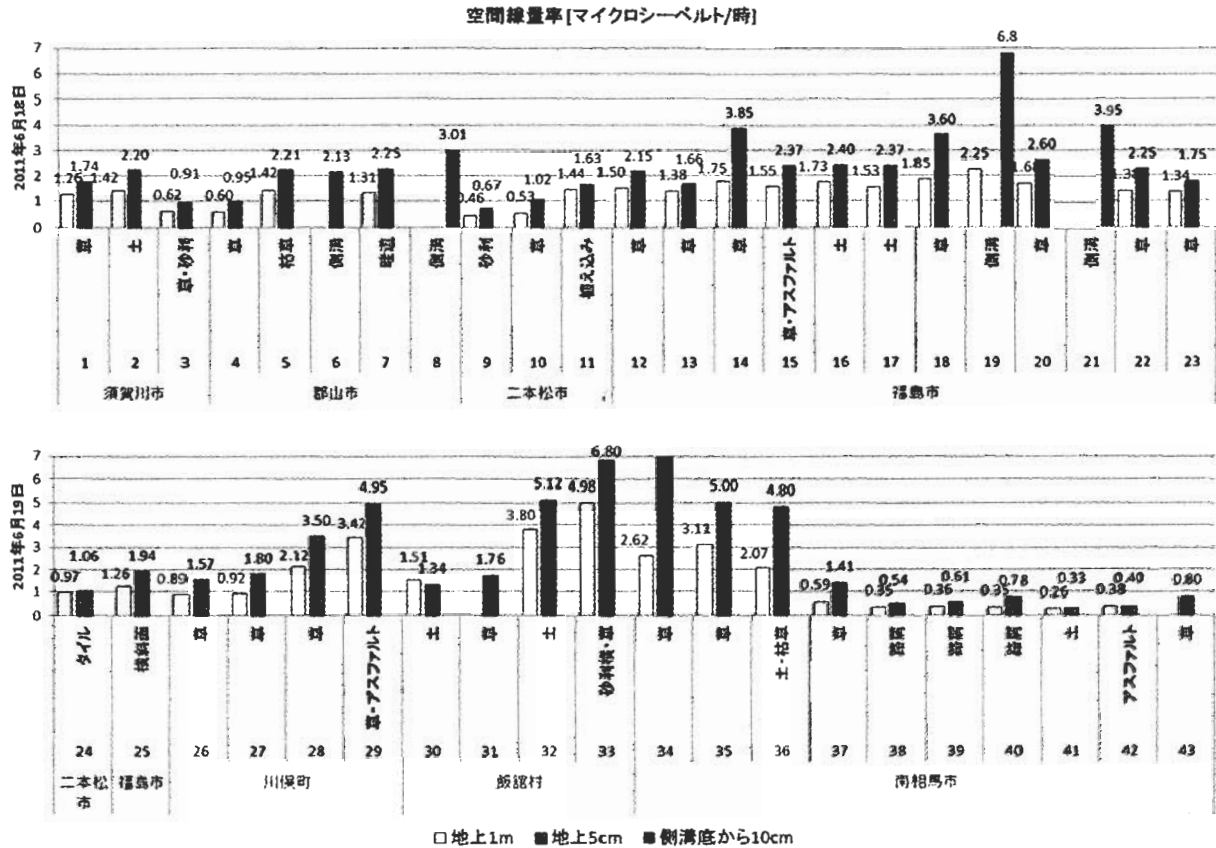


図6 福島県内の主要市町村別放射線量の平均値 (但し、南相馬市は西側と東側を分けている)

月 17 日)→東京特別区縦断→東北自動車道→宇都宮市 (1 泊)→那須塩原→白河市→西郷村→白河市→天栄村→須賀川市→郡山市→本宮市→大玉村→二本松市→福島大学→福島市街地→二本松市 (2 泊目)→福島市→川俣町→飯館村→南相馬市→相馬市→南

相馬市→川俣町→山木屋 (川俣町)→二本松市 (3 泊目)→本宮市→三春町→田村市→小野町→いわき市→広野町→楢葉町→いわき市→北茨城市→常磐自動車道→つくば市→柏市→東京特別区。

(6) 測定地点数：固定測定数は 64 地点, 130 カ



2011年6月18日

市区町村	No	天候	地点名
須賀川市	1	曇	須賀川市歴史民俗資料館
	2	曇	北作付近
	3	曇	茶畑 (地名) 付近
郡山市	4	曇	県道 355 号・新幹線交差, 八雲神社付近
	5, 6	小雨	4 号バイパス・県道 296 号交差点
二本松市	7, 8	小雨	磐越自動車道・国道 4 号が交差北側
	9	小雨	県道 30 号・二本松市入り, 馬場平付近
	10	小雨	県道 30 号から国道 459 号, 岳温泉付近
福島市	11	小雨	国道 459 号・県道 355 号合流交差点
	12	小雨	福島大学 守衛前
	13	小雨	福島大学 敷地入り口
	14	小雨	大仏橋の南側土手下
	15	小雨	渡利太橋北側土手
	16	曇	福島県庁本庁舎隣の紅葉山公園
	17	曇	清明町 8 付近
	18, 19	曇	信夫橋の北側土手
	20, 21	曇	清明小校庭の南側フェンス敷地外
	22	晴	国道 4 号 (福島南バイパス), 岩田付近
	23	晴	国道 4 号, 二本松市との市境

2011年6月19日

市区町村	No	天候	地点名
二本松市	24	曇	二本松駅前ロータリー
福島市	25	曇	県道 51 号, 浜子付近
	26	曇	県道 39 号から国道 114 号へ右折
川俣町	27	曇	国道 114 号, 道の駅川俣
	28	晴	国道 114 号, 船形石付近
	29	晴	国道 114 号, 県道 62 号への分岐, 山木屋
飯館村	30, 31	曇	川俣町との境, 水境妙見初發神社
	32	晴	国道 399 号, 二枚橋交差点より 800 m
	33	晴	県道 12 号から県道 268 号に入ったところ
	34	晴	飯館村・南相馬市の境 道路脇
南相馬市	35	晴	県道 12 号, 地蔵木付近
	36	晴	県道 12 号, 原町区深野 馬場田付近
	37	晴	南相馬市役所 壁際
	38	晴	海岸に向かう途中, 穴田付近
	39	晴	県道 260 号, 原町区泉 館前付近
	40	晴	県道 74 号, 鹿島区南右田 大古内
	41	晴	鹿島区南海老 釜前付近, 海岸
	42, 43	晴	20 km 圏 (警戒区域) 境, 原町区大覺 山岸付近

図 7 福島放射線測定調査 (固定測定) における主要地点別の放射線量

出典：東京都市大学青山研究室 + 環境総合研究所

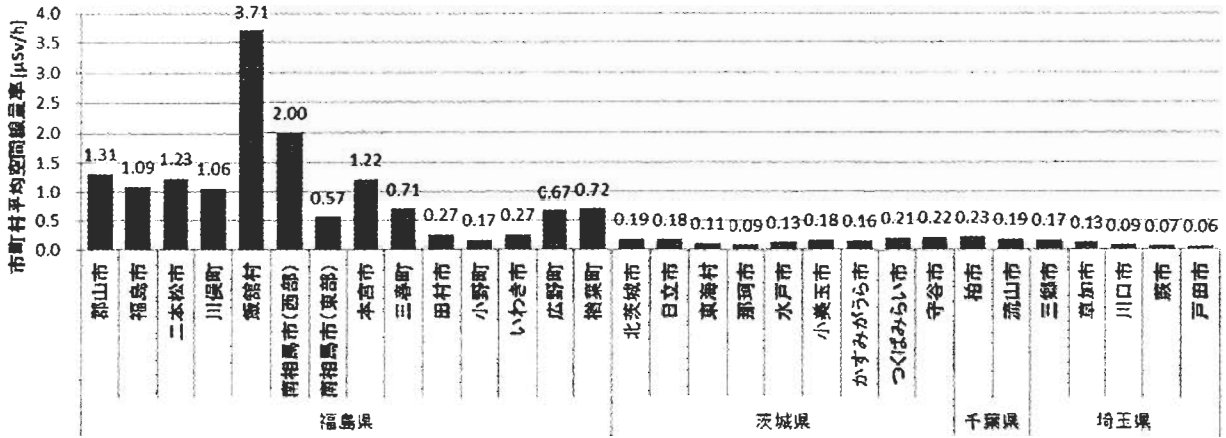


図8 移動測定(地上1m)の結果を市町村単位での平均濃度

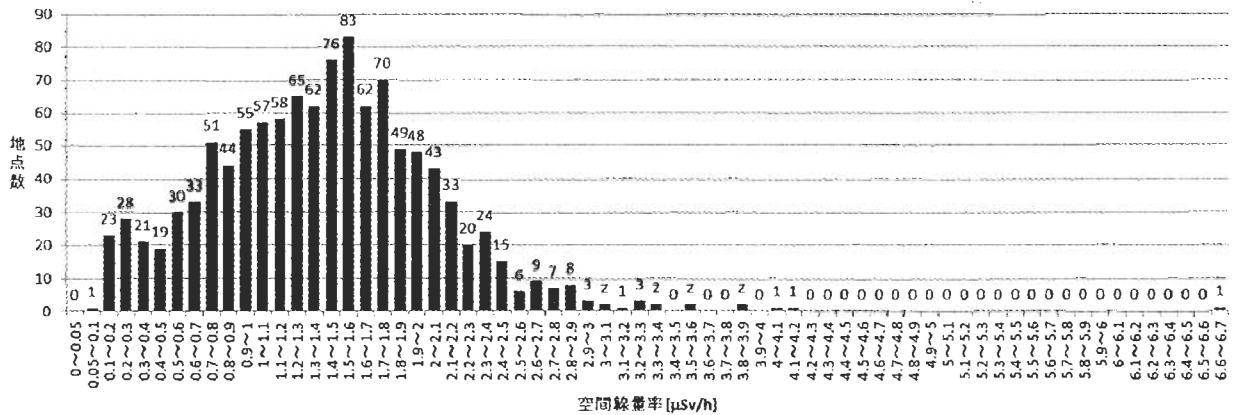


図9 福島市一斉放射線量測定結果(平成23年6月17日, 20日)環境総合研究所が集計

所(地上1m, 5cm, 側溝の底10cmで測定)。移動測定数は390カ所(福島県内350カ所, 県外40カ所, 地上1mで測定), 合計520カ所である。

### 2. 福島放射線量現地調査(概要)

図6に福島県内主要市町村別の放射線量平均値を示す。また図7は主要地点別測定値, さらに図8は移動測定の結果を市町村単位での平均濃度で示したものである。

### 3. 気象条件(特に初期降雨)と空間線量率の関係

現在の空間線量率が空中に浮遊しているガス状・粒子状の放射性物質に主に起因するものであれば, その時々気象条件, 特に風向の影響を大きく受けて変化するはずである。しかしながら国, 自治体や研究機関, 団体, 個人等によって公表されている空間線量率のデータを見るとそのような大きな変化は見られない。

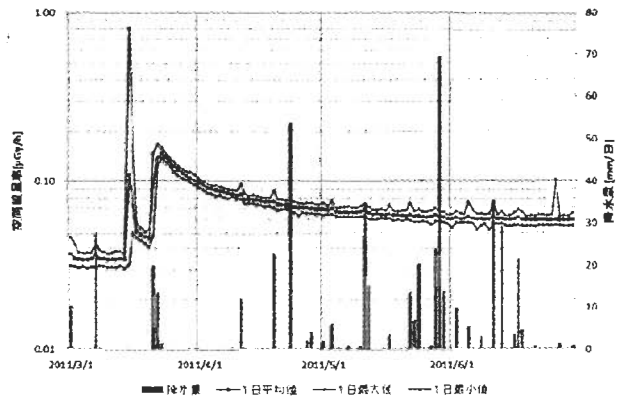


図10 東京都モニタリングポストにおける空間放射線量率と東京管区気象台における降雨量

#### (1) 東京モニタリングポストのデータの解析

一例として東京都が新宿区百人町の「東京都健康安全研究センター」に設置しているモニタリングポストによる空間放射線量率データより作成した2011年3月から6月のグラフを図10に示す。なお, 参考として気象庁の東京管区気象台における降雨量のデータを合わせて示した。なお, グラフでは

空間放射線量率の単位を $\mu\text{Gy/h}$ として示しているが、ここでは事実上 $\mu\text{Sv/h}$ と同じである。グラフをみると3月15日に大きく空間放射線量率が上昇しているものの翌日にはおおむね元の水準に戻っている。3月21~22日の上昇時後には大幅な減少は見られない。おもに半減期が8日のヨウ素の減少に伴う減衰が見られるだけである。この違いは降雨量にあると推察される。3月15日の上昇の際には降雨はなく3月21~22日には降雨があった。その後のデータをみても、わずかながら上昇している時には全て降雨が観測されている。

このことから、3月15日のように放射性物質を含むガスが通過しただけでは空間放射線量率の上昇は一時的なものにとどまり、3月21~22日のように同時に降雨があった場合には、空中の放射性物質が地面に降下し、その後地面上の放射性物質が放射線を発し続けることにより、空間放射線量率が上昇しているものという仮説が成り立つ。

#### (2) 福島県内のモニタリングポストのデータの解析

次に福島県内の主な地点について降水量と空間放射線量率の関係について検討する。表1~3は福島県内で比較的放射線量率が高く、かつ2011年3月15日に近隣のアメダスデータが記録されている地点(飯館村、福島市、郡山市)である。いずれも放射線量率が上昇しているあたりで降雨があることが分かる。(降水量の欄が「--」は降水なし、「0」は降水あり。)したがって原発から距離があるにも関わらず空間放射線量率が比較的高いことが知られて

表1 降水量・風向と空間線量 (飯館村 2011/3/15)

時刻	降水量 (mm)	風向・風速 (m/s)		空間線量率 [ $\mu\text{Sv/h}$ ] (時間最大値)
		風速	風向	
12	0	1.1	東南東	0.12
13	0	1.6	東	0.12
14	0	1.2	東南東	0.14
15	0	0.9	東	3.44
16	0	1.1	東南東	22.7
17	0.5	0.8	東南東	33.2
18	0	0.8	東	44.7
19	0.5	0.1	静穏	39.5
20	0.5	0.4	東	33.2
21	1	0.1	静穏	33.4
22	1.5	0	静穏	38.7
23	1.5	0	静穏	38.8
24	1.5	欠測	欠測	38.3

いるこれらの地域では、降雨によって地面に降下した放射性物質が現在の高いレベルの原因となることが示唆され、東京のモニタリングポストにおける仮説が裏付けられている。ちなみに東京で3月15日に上昇した時刻は9~10時であり福島県内の上記地域より早い。これはアメダスのデータによると当初は北~北東の風がふいており関東地方に向かって放射性物質が流れていたものが、正午から午後にかけて東~南の風に変わり、浪江町、飯館村、福

表2 降水量・風向と空間線量率 (福島市 2011/3/15)

時刻	降水量 (mm)	風向・風速 (m/s)		空間線量率 [ $\mu\text{Sv/h}$ ] (時間最大値)
		風速	風向	
12	--	2.5	北北東	0.06
13	0	2.2	東	0.05
14	0	3.3	北北東	0.07
15	0	2.6	北北東	0.86
16	0	3.2	北東	17.14
17	1	2.4	北東	23.12
18	1	2.9	北東	24.24
19	0.5	2.1	北北東	24.08
20	1	1.8	北東	22.60
21	1	2.1	東北東	23.10
22	2	2.9	北北東	20.70
23	1.5	1.4	北北西	23.90
24	2	0.6	北北東	21.40

表3 降水量・風向と空間線量率 (郡山市 2011/3/15)

時刻	降水量 (mm)	風向・風速 (m/s)		空間線量率 [ $\mu\text{Sv/h}$ ] (時間最大値)
		風速	風向	
12	0	2.8	北	0.06
13	0	2	北東	0.06
14	0	1.2	北東	5.57
15	0	1.8	北北西	4.31
16	0	1.1	北西	3.81
17	0.5	0.1	静穏	3.42
18	0	0.4	西南西	3.62
19	0	1.6	南南東	3.49
20	0	0.7	東北東	3.52
21	0	0.8	東	3.57
22	0	2.3	北	3.53
23	0	3.1	北	3.54
24	1.5	2.9	北北東	2.92

出典：福島県調査

島市の方へ流れていったため、と考えられる。さらに福島市、郡山市等の「中通り」ではアメダスの風向データに現れているように、地形に沿って北からの風が流れているため、これらの地域に放射性物質が流れ、降雨によって地面に降下したものと考えられる。

#### 4. 空間線量率と土壤中放射線物質濃度との関係

福島第一原発事故発生以来、土壤中の放射性物質の濃度（単位 Bq/kg）が日本原子力開発機構によって調査され、文部科学省が毎日公表している。ここでは2011年6月28日現在までに1,356地点において土壌調査結果と空間線量率が合わせて示されている。6月28日までに公表された全データを用いて、土壤中放射性物質の濃度と空間線量率の統計的解析を行った。なお、放射性物質としては $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ については全地点で調査され、他に $^{129}\text{mTe}$ 、 $^{132}\text{Te}$ 、 $^{136}\text{Cs}$ 、 $^{140}\text{La}$ 、その他の核種も調査されているが、ここでは全地点に共通している $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ の合計濃度を対象とした。

図11に土壤中放射線濃度と空間線量率の関係を統計解析した結果を示す。

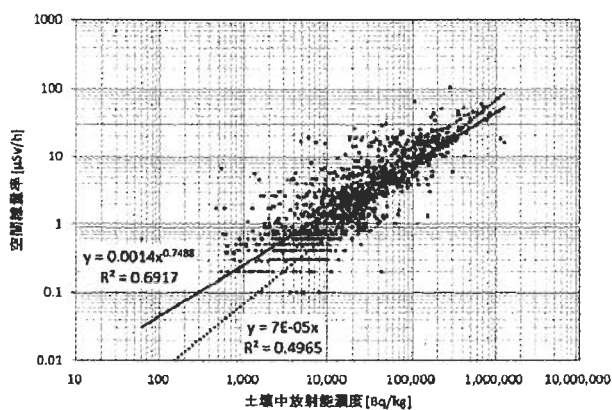


図11 土壤中放射線濃度と空間線量率の関係

図には累乗近似と線形近似(切片を0とした場合)の近似曲線、近似式および決定係数 $R^2$ を示した。統計解析の結果、 $x$ :土壤中放射性濃度 [Bq/kg],  $y$ :空間放射線率 [ $\mu\text{Sv/h}$ ] とすると、 $y=0.0014x^{0.7488}$  あるいは  $y=7\times 10^{-5}x$  という関係があることが分かった。相関係数  $R=\sqrt{0.6917}=0.8317$  であり強い相関があることが分かった。すなわち現在の福島県内の空間放射線率は空中に浮遊しているガス状・粒子状の放射性物質ではなく、主に地面(土壌)に降下した放射性物質(いわゆるフォールアウト)によるものであると推察される。ちなみに簡易に土壌と空

間放射線率の関係を換算するため、後者の式を変形すると(ばらつきが大きいことから係数を有効桁数が1桁で表し)

$$\text{空間線量率} [\mu\text{Sv/h}] = \text{土壤中放射性濃度} [\text{Bq/kg}] \div 1 \text{万}$$

という関係が成り立つことが分かる。

#### 5. 土壤中放射線物質濃度の減衰

2011年3月15日に福島第一原発から放出され、土壌に沈着した放射線物質が、どのように減衰してきたか、今後どのように減衰するか、推計する。

先に示した文部科学省公表(日本原子力開発機構実施)土壌調査は3月15日当時のデータは無いが、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ の割合と3月15日からの日数を統計解析することにより、3月15日当時のそれぞれの核種の構成率を推定することが出来る。

実測濃度の近似曲線におおむね一致するように核種の割合を仮定した結果、3月15日当時の土壌中の核種の平均的な構成割合は $^{131}\text{I}$ :88%、 $^{134}\text{Cs}$ :5.5%、 $^{137}\text{Cs}$ :6.3%であったということが推定された。以上の仮定に基づいて、3月15日時点をも100%とした時の放射性物質濃度合計の減衰を図12に示す。3月15日直後に急激に減少するものの、その後はおおむね10%近辺で横ばいとなっている。今後の大きな減衰は見込まれず、1年経過してもほぼ10%、2年で9%、5年経過しても2011年3月15日に対して7%にしか減衰しない。

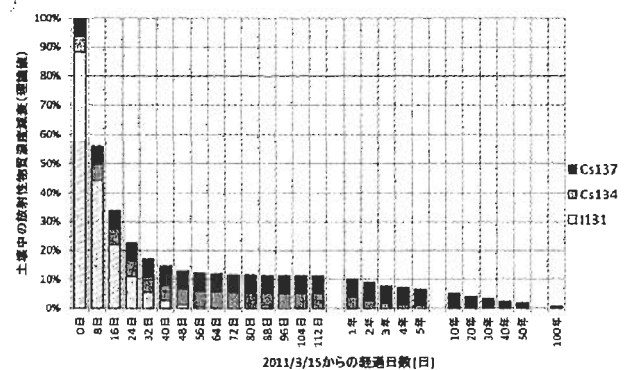


図12 土壤中放射性物質の減衰(計算値)

したがって土壌から発する放射線による人体等への曝露は年単位でわずかずつ減少していく程度である、ということが分かった。

#### 6. 総括

以下に本調査研究で判明したことを概括する。

(1)測定高による放射線量の違い:地表面(5cm)の放射線量は地上1mに比べ平均1.6倍高か



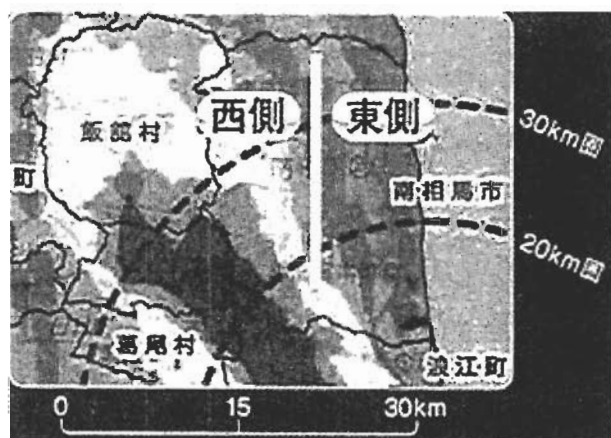


図13 南相馬市の西側・東側と20 km 警戒区域

った。幼児や小中学生を考慮すると、地表面測定を重視する必要がある。

(2) 降雨の影響：地表面放射線量が高い主な理由は、放射線量と降雨の相互関係を解析した結果、原発から各地に飛んだ放射性物質が降雨により地表面に沈降し、その後、地表に留まり放射線を出し続けていることにある。現在、測定される空間線量の多くは地表に再放出によるものである。

(3) 20 km 警戒区域設定問題：現在原発から20 km 圏内が警戒区域となっており住民らは避難し許可無く立入出来ない。だが南相馬市の場合、図6, 7, 8より明らかなように市の西側は飯舘村同様に平均 $2.60 \mu\text{Sv/h}$ と高く、一方同じ市内の東側(海側)は20 km 境界線上でも0.38と一桁低い。このように警戒区域の設定は汚染実態と著しく乖離している。理由は南相馬市長が指摘するように特異な気象、地形によるものであるが、128億円以上使っているSPEEDIは最も重要な政策決定に役に立たず住民は路頭に迷うことになっている。

(4) 福島市は南相馬市より平均2倍以上高い：福島原発より約60 km離れた福島市の平均線量率は、20 km 警戒区域が設定されている南相馬市より

高い。図9は今回の調査と同時期に福島市で一斉に行われた1118地点(1 m高)の測定結果を集計したものである。平均値は $1.4 \mu\text{Sv/h}$ 、図9を見ると最頻値は $1.5 \sim 1.6 \mu\text{Sv/h}$ と高く、 $2 \mu\text{Sv/h}$ を越す地点が180以上あることも分かった。これは郡山市でも同様である。福島市は29万人、郡山市は34万人の人口があり、この間、小中学校校庭、プール使用問題で母親らが文科省などに抗議運動をしてきた。測定値から見てもこれは当然のことである。

(5) 積算放射線量推定：今回の現地調査を元に福島市における事故後の積算放射線量を推計してみた。結果は2011年6月15日ですでに約7 mSvを受けており、来年3月15日までに約17 mSvの外部被曝を受けることが推察される。ただしこの推計は終日野外にいることを前提している。

## 終わりに

本稿は本研究の途中経過を暫定報告するものである。今後、別途実施している3次元流体計算シミュレーションによる解析を含めた研究報告を執筆する予定である。

## 参考文献及び資料

- 青山貞一 (2011), 放射線はどこに落ちた ～速報! 520カ所放射線量測定調査結果, 週刊金曜日, 854号, 19-21.
- 青山貞一 (2011), 放射線・放射能・放射性物質に関する基本的事項について(1)～(5), <http://eritokyo.jp/independent/aoyama-fnp038.html>
- 青山貞一 (2011), 福島第一原発周辺地域から関東各地における累積被曝線量シミュレーションについて, <http://eritokyo.jp/independent/aoyama-fnp060.html>
- 青山貞一 (2011), いわき市現地調査時の放射線量について, <http://eritokyo.jp/independent/aoyama-fnp048.html>