

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 (2)

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 (2)

Teiichi AOYAMA*, Atsushi TAKATORI**, 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。前稿では現地における放射線量率実測調査結果、降雨と地面に沈着した放射性物質およびそれによる現在の空間線量率の関係、土壌中放射性物質濃度と空間放射線量率の関係等について述べた。その後、6月の現地調査に続き8月、10月、12月と空間放射線量の現地調査を敢行した。本報告においては、福島県内を中心としたモニタリングポストにおいて観測された放射線量率の時系列データとアメダス等の気象データ（風向・風速・降雨）の時系列的な関係を詳細に検討し、筆者が行った3次元流体モデルを用いたシミュレーションと合わせて示し、3月に生じた汚染の構造を解明した。

1. 目的

2011年3月の福島第一原発の事故により、福島県や岩手県、宮城県の一部から首都圏の都県にいたるまで地域によって上昇の程度は異なるものの、空間放射線量率が大きく上昇している。

各地の放射線モニタリングポスト（以下、MPと表記）等のデータや同時期のアメダスの気象データ（風向、降水量）を詳細に検討すると、2011年3月15日、3月21～22日に福島第一原発から大きな放出があり、降雨によりフォールアウトして地表面に沈着し、現在の空間線量の主な要因となっていることが推察される。

前稿（環境アセスメント学会誌 Vol.9 No.2 掲載）において、各地の空間線量率の上昇と風向、風速、降水量データの関係の一部を数値で示した。

本稿では、福島第一原発から放出された放射性物質がどのような経過を経て各地に到達し、放射線量

率の上昇を招いたか、理解を容易にするために、地図を用いて時系列的に整理した。

2. 手法

南相馬市、福島市、飯舘村、会津若松市、郡山市、白河市、いわき市、東京都新宿区のMPにおける2011年3月11日以降の空間線量率の測定データより、最も線量率が高くなった時間（ピーク時間）を特定し、その時間帯近辺における風向、降水量、ピーク時間以降の線量率の低下傾向等を比較する。

MP毎のピーク時間の違いおよびアメダスによる風向の変化を比較することにより、放射性物質が到達した順番と風向の関係を把握する。また、降水の有無および程度と線量率の低下傾向を比較することにより、降雨によるフォールアウトの影響を把握する。

なお地震等の影響で、震災直後から観測・記録を停止しているアメダスがある。その場合には、地域の気象をある程度代表していると考えられる他のア

* 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4 地形条件：関東～福島～宮城・岩手の地形

号機建屋において水素爆発（15:36）があった3月12日にも放出の影響が観測されている。

図5に南相馬市MPのピークデータと気象条件を示す。20 $\mu\text{Sv/h}$ まで上昇したものの降水がなかったため翌朝には（事故前より相当高い水準であるものの）3.6 $\mu\text{Sv/h}$ まで大きく低下したものと考えられる。



図5 南相馬市MPデータ(3/12)

3-5. 3月15日の放出による影響

(1) 3月15日の放出による影響の全体像

3月15日には、2号機ドライベント（0:00）、圧力抑制室異常（6:10）、白煙（8:25）3号機 煙発生（6:14）、周辺で400 $\mu\text{Sv/h}$ （10:22）4号機 壁一部破損（6:14）、火災（9:38）等があった。MPのデータを見ると福島県内における顕著な汚染は主にこの時に生じたものと考えられる。

図6に3月15日のMP毎のピーク線量率レベルを示す。あわせて第一次航空機モニタリングによる2011年4月29日時点の地上空間線量率のマップを

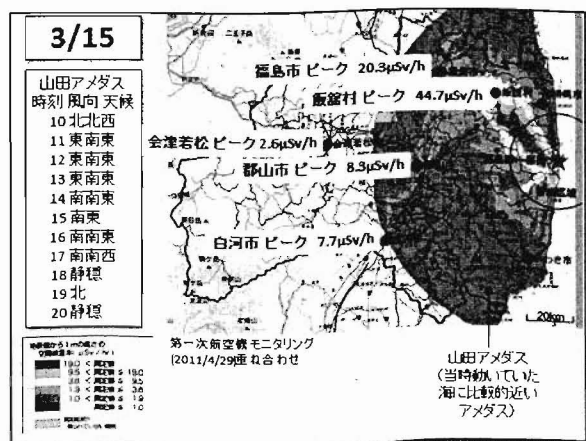


図6 3月15日のMPピークレベルと航空機モニタリングによる4月29日の線量率

示した。3月15日のピークレベルと4月29日時点の空間線量率の相対的な高さはおおむね一致している。

このことも福島県内のその後の放射性物質による汚染が3月15日の放出によって主に生じたものであることを示唆している。

図7以降に3月15日にMPの線量率の上昇が生じた順番、上昇の程度、気象条件（風向、降水の有無）等を示す。

(2) いわき市への到達

いわき市MPは4:00にピーク（23.7 $\mu\text{Sv/h}$ ）を記録した。その後11:00には事故前よりは相当高いレベルであるものの2.0 $\mu\text{Sv/h}$ まで大きく低下している。風向きは福島第一原発からいわき市の方向であった。

当時気象を記録していた山田アメダスでは0mmの降水が観測されているものの、いわき市において降水はほとんど無かったものと思われる。

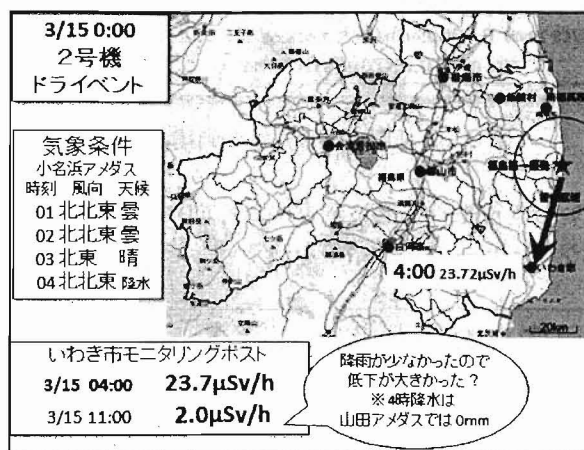


図7 いわき市への到達

いわき市に到達する風向による3次元流体シミュレーションを実施し、図8にその結果を示す。

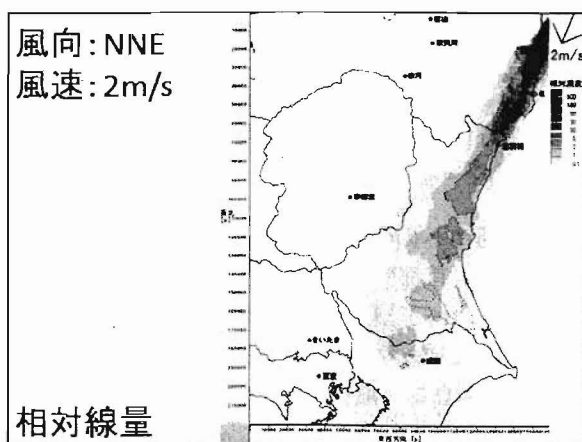


図8 いわき市に到達する風向における3次元流体シミュレーション

(3) 東京への到達

いわき市の次に到達したのは、東京を含む首都圏である。東京都新宿区MPは10:00にピーク（時間平均 $0.496 \mu\text{Sv/h}$ 、ピーク $0.809 \mu\text{Sv/h}$ ）を記録した。風向きは福島第一原発から首都圏の方向であった。翌日の9:00には事故前の倍以上であるものの $0.0870 \mu\text{Sv/h}$ まで大きく低下している。この間、東京アメダスでは降水は記録されていない。

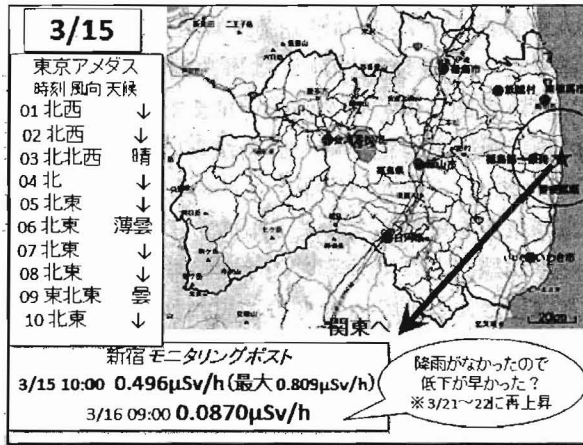


図9 首都圏（東京）への到達（3/15）

いわき市や首都圏に到達する風向による3次元流体シミュレーション結果を図10に示す。

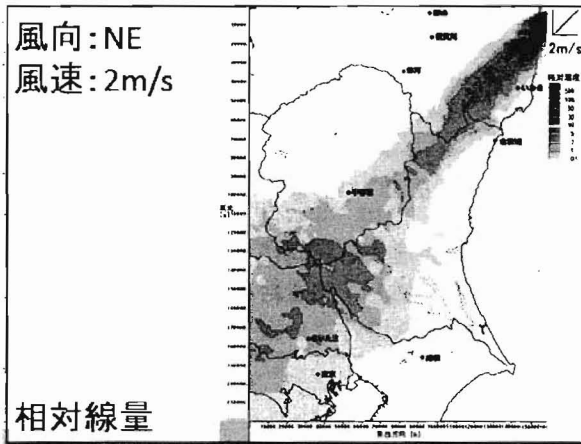


図10 首都圏に到達する風向における3次元流体シミュレーション

(4) 白河市への到達

いわき市、首都圏の次に到達したのは、白河市MPである。白河市MPは13:15には $4.0 \mu\text{Sv/h}$ に上昇、20:50にピーク（ $7.7 \mu\text{Sv/h}$ ）を記録した。

風向きは福島第一原発から白河市の方向であった。

翌日3月16日の9:00に $4.1 \mu\text{Sv/h}$ 、3/17の9:00に $3.3 \mu\text{Sv/h}$ と低下の程度は小さい。3/15の夕方から霧雨が続いたことから、降雨によるフォール

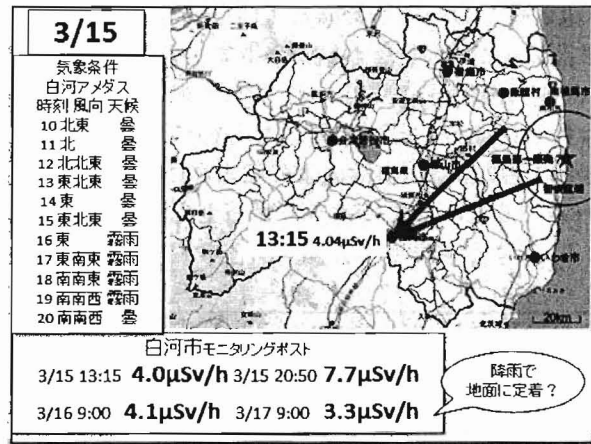


図11 白河市への到達

アウトが生じたものと考えられる。

(5) 郡山市への到達

白河市の次に到達したのは、郡山市MPである。郡山市MPは14:05にピーク（ $8.26 \mu\text{Sv/h}$ ）を記録した。

郡山アメダスにおける風向きは福島第一原発から直接到達する向きではないものの、間に山間地を挟むなど地形が複雑なこと、郡山市は中通りにあり南北の谷沿いの風向が出現しやすいことから、福島第一原発から到達する風の流があった可能性が推察される。

翌日3月16日の9:00に $2.9 \mu\text{Sv/h}$ 、3/17の9:00に $2.71 \mu\text{Sv/h}$ と低下の程度は小さい。0.0~0.5mmと小さいものの3/15に降水は観測されているため、雨によるフォールアウトが生じたものと考えられる。

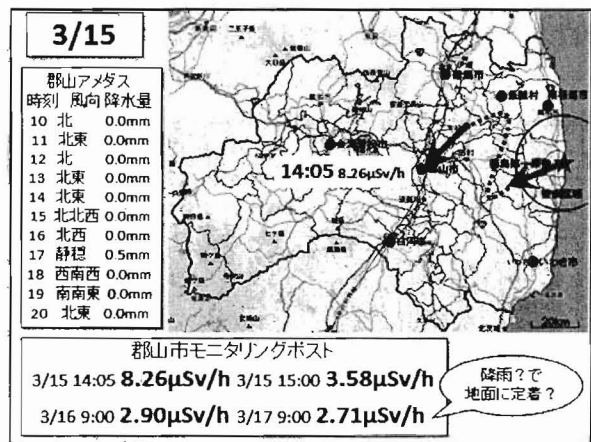


図12 郡山市への到達

白河市や郡山市に到達する風向による3次元流体シミュレーションを実施し、図13にその結果を示す。

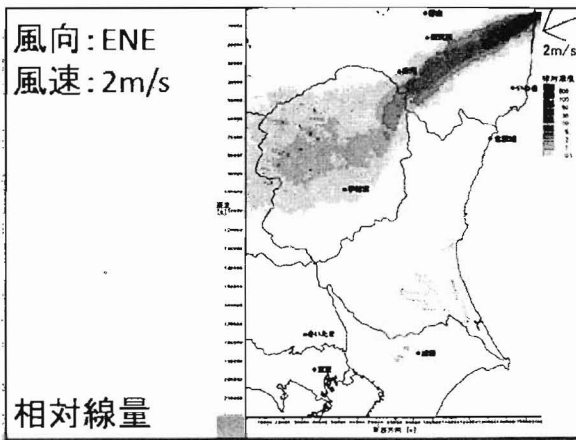


図 13 白河市、郡山市に到達する風向における 3 次元流体シミュレーション

(6) 福島市への到達

郡山市の次に到達したのは、福島市 MP である。福島市 MP は 16:10 には $4.1 \mu\text{Sv/h}$ に上昇, 17:00 にピーク ($20.3 \mu\text{Sv/h}$) を記録した。風向きはおおむね福島第一原発から福島市の方角であった。

翌日 3 月 16 日の 9:00 に $19.8 \mu\text{Sv/h}$, 3/17 の 9:00 に $13.9 \mu\text{Sv/h}$ と低下の程度は小さい。

3 月 15 日の午後から 0.0~1.0 m の降水があったことから、降雨によるフォールアウトが生じたものと考えられる。

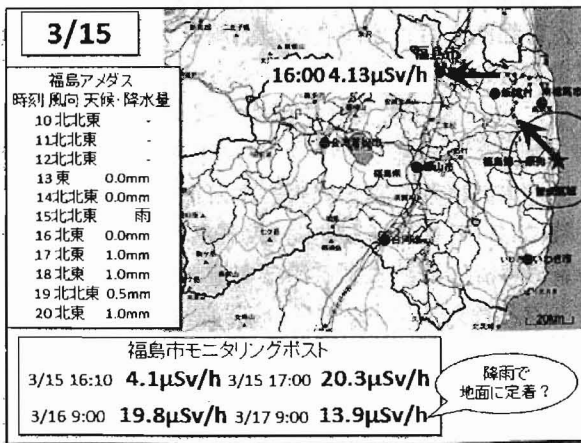


図 14 福島市への到達

(7) 飯舘村への到達

福島市の次に到達したのは、その後、計画的避難区域に指定された飯舘村 MP である。飯舘村 MP は 16:00 には $22.7 \mu\text{Sv/h}$ に上昇, 18:20 にピーク ($44.7 \mu\text{Sv/h}$) を記録した。風向きはおおむね福島第一原発から飯舘村の方角であった。

翌日 3/16 の 9:00 に $31.0 \mu\text{Sv/h}$, 3/17 の 10:10 に $23.4 \mu\text{Sv/h}$ と低下の程度は小さい。3/15 の夕方から 0.0~1.5 mm の降水があったことから、降雨に

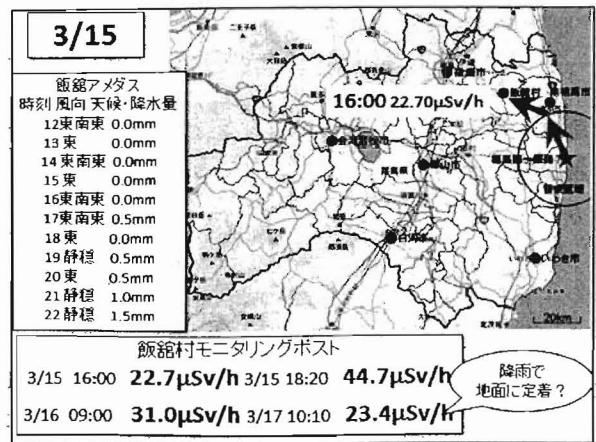


図 15 飯舘村への到達

よるフォールアウトが生じたものと考えられる。

福島市や飯舘村に到達する風向による 3 次元流体シミュレーションを実施し、図 16、図 17 にその結果を示す。図 18 にシミュレーション結果の拡大図

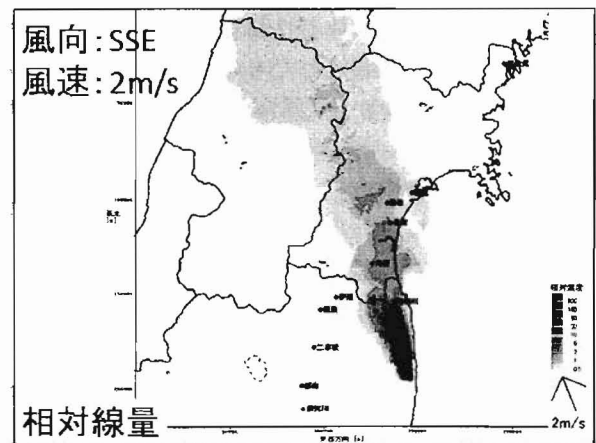


図 16 飯舘村に到達する風向における 3 次元流体シミュレーション

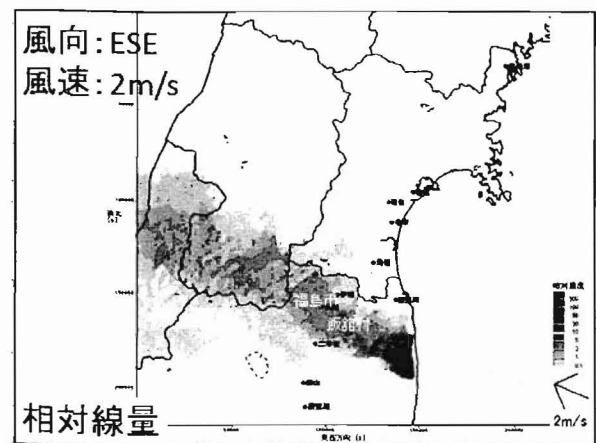


図 17 福島市、飯舘村に到達する風向における 3 次元流体シミュレーション

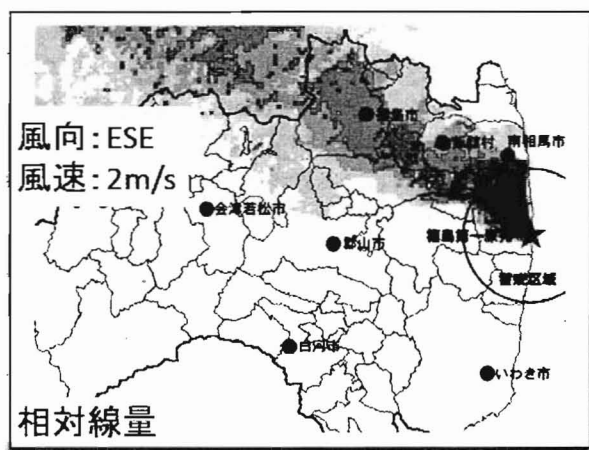


図 18 福島市、飯館村に到達する風向におけるシミュレーションと MP の位置関係

に MP とシミュレーション結果の位置関係を重ね合わせたものを示す。

(8) 3 月 15 日の放出による影響のまとめ

図 19 に 3 月 15 日の放出による影響を整理した。

福島第一原発からの放射性物質は、いわき市、首都圏（東京）にまず到達したものの、これらの地域では降雨の影響がなかったため、その後大きく空間線量率は低下したことが推察された。

次に白河市、郡山市、会津若松市（影響が小さかったので上記では触れなかったがピークとして 14:00 に $0.11 \mu\text{Sv/h}$ が記録されている）、福島市、郡山市の順番に到達したことが分かる。

これらのピークレベルはその後の影響（第一次航空機モニタリング調査 4 月 29 日現在の分布を重ね合わせた）とも一致しているため、福島県内における影響は、3 月 15 日の放出と降雨による影響が大きいものと推察された。

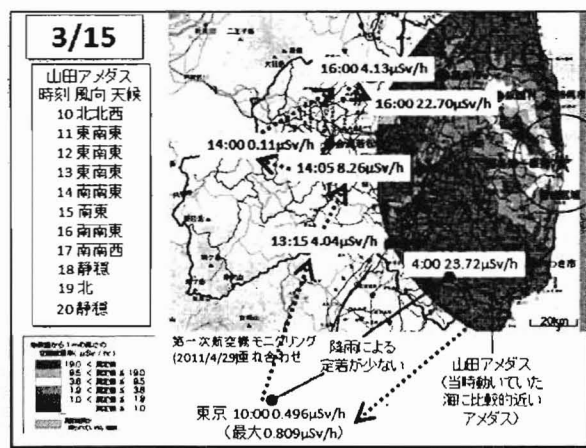


図 19 3 月 15 日の影響のまとめ

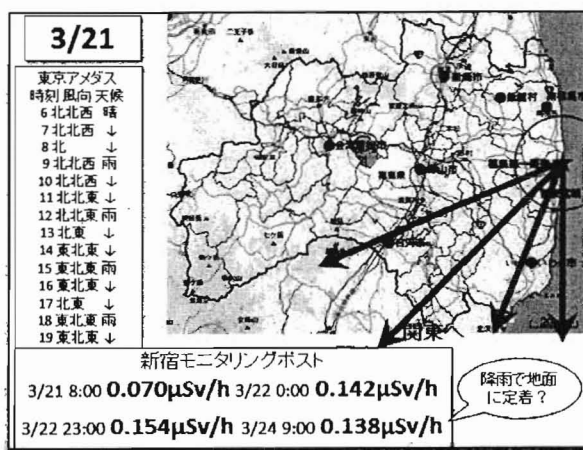


図 20 首都圏（東京）への到達 (3/21～)

3-6 3 月 21 日の放出による影響

3 月 21 日は主に関東地方で降雨があり、その後の空間線量率の原因となっている。

東京都新宿区 MP において 3/21 に 8:00 には $0.07 \mu\text{Sv/h}$ (3 月 15 日の影響を受け事故前よりやや高い) であったのが、3/22 0:00 には $0.142 \mu\text{Sv/h}$ 、同 23:00 に $0.154 \mu\text{Sv/h}$ とピークを記録し、3/24 9:00 に $0.138 \mu\text{Sv/h}$ と低下の程度が小さい。3 月 21 日の午前中から雨が続いたことから、降雨によるフォールアウトが生じたものと考えられる。風向きはおおむね福島第一原発から首都圏の方向であった。首都圏における現在の空間線量率はこの時に起因するものと考えられる。

4. まとめ

都合 4 回に及ぶ現地調査と本研究により事故初期段階における福島及び北関東から東京に至る放射性物質の移流、拡散による汚染構造がかなり解明できたものと考えられる。

5. 参考文献

- 日本原子力研究所 (1980), 換気塔から放出される放射性雲からの γ 線照射線量率.
- 日本原子力研究所 (1983), SPEEDI モジュラー・コード・システム.
- 日本原子力研究所 (1982), 緊急時環境放射能予測計算コード ARAC の M200 への変換.
- 青山貞一, 鷹取敦 (2007), 究極のパソコン活用, 3 次元流体計算の可能性と課題, 武蔵工業大学環境情報学部, メディアセンタージャーナル No.8.
- 青山貞一 (2011), 日本弁護士連合会福島原発シンポジウム講演録, 福島市公会堂.
- 青山貞一 (2011), パソコンで SPEEDI ①～③, 環境総合研究所 (東京品川).