

## 原子力関連施設の事故に伴う放射性物質の大気拡散に関する 数値予測情報の活用策について

日本気象学会「原子力関連施設の事故に伴う放射性物質拡散に関する作業部会」  
(岩崎俊樹, 石川裕彦, 近藤裕昭, 鈴木 靖, 関山 剛, 竹村俊彦,  
滝川雅之, 茅野政道, 鶴田治雄, 中島映至, 中村 尚, 新野 宏,  
三上正男, 山澤弘実, 余田成男, 渡邊 明)

### 要 旨

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による津波などのために、福島第一原子力発電所から多量の放射性物質が大気中に漏洩し、広い地域が放射能に汚染された。日本気象学会は、「原子力関連施設の事故に伴う放射性物質拡散に関する作業部会」を設置し、気象学・大気科学の立場から、被ばく被害軽減のための情報提供の在り方について検討してきた。本稿では、緊急時における、移流拡散数値モデルの予測情報の活用策について、検討結果を報告する。

一般に、緊急時に放射性物質の正確な放出情報を入手することは難しい。このため、本稿では、単位量放出の予測に限定し、活用策を検討する。この場合、数値モデルでは放射性物質濃度分布の絶対値は得られない。しかし、数値モデルから得られる時空間分布の予測情報は、相対値であっても、放射線被ばく被害の軽減に十分有益である。特に、モニタリングにより正確な実測と数値モデルによる予測情報は相互補完の関係にあり、両者を組み合わせた、緊急時の機動的な実況監視・予測体制を構築すべきである。

放射性物質の漏洩事故時の対策は、「地表面近くの大気中を浮遊する放射性物質」の場合と「降水により地表面などに湿性沈着した放射性物質」の場合で、大きく異なる。浮遊物質は、通常は一過性であり、吸引しないことが大事である。放射性物質の濃度が高まる地域と時間帯を事前に予知できれば、退避措置等により吸引量を低減することができる。また、安定ヨウ素剤の服用のタイミングをはかることもできる。他方、湿性沈着する放射性物質については、降水粒子が放射性物質を集めながら落下する「捕集効果」により、放射性物質が著しく濃縮されることがある。このため、浮遊する放射性物質に比べて、はるかに広い地域で警戒が必要である。本稿では、湿性沈着に対して、大気中の放射性物質の鉛直積算量の予測を利用することを提案する。鉛直積算量は最大可能湿性沈着量を意味し、雨が放射能で汚染されている可能性を示す情報である。汚染された雨の降る可能性のある地域を事前に知ることができれば、身体や衣服を汚染された雨に濡らさず、汚染された水や製品の利用を防ぐことなどに役立つ。また、降水分布の実測値が得られた後は、予測された鉛直積算量と重ね合わせれば、湿性沈着を起こした可能性のある地域がおおよそ推定され、効率的な機動的観測を実施するための情報として活用できる。本稿では、放射性物質の予測情報の活用策を、福島第一原子力発電所の事故の事例について速報的な検証を行う。

### 1. はじめに

福島第一原子力発電所事故においては、SPEEDIによる拡散予測情報が十分活用されなかった。その後改訂された「原子力災害対策指針」(平成24年10月31日(平成25年

9月5日全部改正)) (原子力規制委員会 2013) では、緊急時には空間線量率のモニタリング値等に基づいて対処し、大気拡散の数値モデルによる予測を参考とすることが記載されている。2014年10月8日、原子力規制委員会は、「放射性物質の放出が収まり沈着した段階以降において、防護措置以外の判断を行う場面等では、今後も、活用目的、活用するタイミング等を明確にした上で、SPEEDI から得られる情報を参考とする可能性があると考えている。しかしながら、原子力災害対策指針がその方針として示しているように、緊急時における避難や一時移転等の防護措置の判断にあたって、SPEEDI による計算結果は使用しない」との見解を示した (原子力規制委員会 2014)。モニタリング値は絶対値が得られる基本的で重要な防災情報である。ただし、モニタリング値で高い空間線量率が確認されたとしても、情報が提供された時点で放射性プルームはすでに通過し、吸引を防ぐことはできない、というケースも容易に想定される。モニタリングの情報だけではタイムリーな緊急措置をとることは難しい。また、既存のモニタリングポストは、数が限られるために、放射性物質の高濃度地域を見逃す危険も大きい。降水によって落下する上空の放射性物質を事前に捉えることも難しい。緊急時機器の故障や通信の切断などでデータが得られないことも考慮すべきである。モニタリングポストによる実測だけでは、緊急対応には決して十分とはいえない。

数値予測は、不確実性が大きいことが、その活用を阻む大きな要因とされている。数値モデルの予測情報は、さまざまな不確実性を含むことは事実だが、2次元、3次元の予測情報が事前に得られることは大きなメリットである。不確実性に十分配慮し、時間空間的に相対的な危険度を示す資料として利用すれば、被ばく線量の低減に十分役立つと考える。2節、3節では、「地表面近くの大気中を浮遊する放射性物質」と「降水により地表面などに湿性沈着した放射性物質」を、それぞれ区別して、予測情報の具体的な利用法を検討する。4節では、福島第一原子力発電所の事故の際に、どのような情報提供が可能であったのかについて検証する。

## 2. 地表面近くの大気中を浮遊する放射性物質の場合

### <被害>

大気中に漂う放射性物質は風に流されるので、放出源の近くや風が一定の場合では高濃度状態が長時間続く場合もあるが、そのような場合を除けば濃度が高まるのは数時間程度の場合が多い。短時間に濃度が著しく高くなる場合は、浮遊する放射性物質からの外部被ばくより、汚染された大気を吸引し、放射性物質を体内に取り込むことによる内部被ばくの方が大きな問題となる。特に、若年層においては、放射性ヨウ素が甲状腺に集まりがんを引き起こすことに、注意しなければならない。

地表面近くを浮遊する放射性物質の濃度は、拡散により徐々に低下する。このため、災害対策指針 (原子力規制委員会 2013) では、UPZ (Urgent Protective action planning Zone : 緊急時防護措置を準備する区域) を30 km に設定している。ただし、放出量や気象条件によっては、30 km を越えても、放射性物質濃度が高くプルーム通過時の吸引による内部被ばくが問題となることも想定され、防護措置を実施する地域 (PPA : Plume Protection Planning Area) を別途広く設定する場合があるとしている。

### <対策>

吸引に伴う内部被ばくへの対策は、汚染された空気を吸引しないことが第一である。

事故の際には、5 km 圏の PAZ（予防的防護措置を準備する区域：Precautionary Action Zone）の居住者は直ちに圏外に退避し、UPZ 内の居住者は屋内退避し必要に応じて圏外に退避することになっている。しかし、大気中の放射性物質濃度が高い時間帯には、吸引の危険を避けるために屋外での行動を控えるべきである。即時退避とはいえ、風向等を調べて大気中の濃度が低いときに行動することが望ましい。また、若年層の放射性ヨウ素による内部被ばく対策としては、安定ヨウ素剤服用が検討されている。服用の是非の判断は医療関係者の議論に委ねるが、服用のタイミングは放射性物質の吸引直前がベストで、遅くとも吸引後数時間以内に服用しなければ効き目がないと言われている。安定ヨウ素剤の効能が持続するのは24時間程度である。副作用があるので、服用の回数も抑えるべきとも言われている。服用の効果を高めるためには、大気中濃度が高まるタイミングの予測が重要である。

#### <予測の利用>

大気下層の放射性物質濃度に関する予測情報が与えられれば、UPZ から比較的安全に退避することができる。放出源のごく近傍を除けば、大気中を浮遊する放射性物質の濃度の高まりは、通常、一時的である。放射性プルームが向かってくることが予想される場合には、屋内に退避して放射性プルームをやり過ごし、風向が変わり、濃度が低下することが予測されたときに、行動すべきである。また、安定ヨウ素剤に関しては、当該地点の大気中濃度が高くなる数時間前に、服用すべきである。モニタリングで大気中の放射性物質濃度が高いことを確認されてから情報を出していたのでは、吸引を避けることは難しい。危険性が高まる時間帯を事前に知るうえで、数値モデルによる予測情報は有効である。

#### <不確実性>

数値モデルの予測は、放出量についての情報が得られた場合でも、濃度の絶対値の利用は控え、放射性プルームが流れていく方向の適当な目安として利用すべきである。利用は相対値に限定されるが、それでも、予測情報は、被ばく被害の軽減のための対策を立てるのに十分に有効だと考えられる。それぞれの場所において、最も危険な時間帯と相対的に安全な時間帯を知ることができれば、退避行動に有効に活用できる。できるだけ早く情報を提供するために、第一報は単位量放出による予測を利用すべきである。実況情報が得られた場合は、予測情報の差に注意しながら、両方の情報を総合的に考慮して退避行動を取るべきである。なお、このような予測情報を緊急時に利用するには、事故がおきてから予測計算を行なうのではなく、常時単位量放出の計算を行なっておき、事故時にはその予測情報を利用することが有効である。

### 3. 降水により地表面などに湿性沈着した放射性物質の場合

#### <被害>

湿性沈着では、降水粒子が落下中に放射性物質を捕集するので、大気中の濃度がそれほど高くなくとも、地表面は著しい汚染が起こることがある。地表面に落下した放射性物質は放射線を出し続ける。湿性沈着に対する警戒地域は、30 km の UPZ では決して十分ではない。福島第一原子力発電所事故では、湿性沈着のために、30 km 圏外でも避難が必要となった地域があり、100 km を超えた地点でもさまざまな汚染被害が発生した。稲わらやお茶など、放出源から比較的離れたところで生産されたものでも汚染され、気づかないまま流通した。湿性沈着に対しては、広域の警戒態勢をとる必要がある。

る。放射能を含んだ降水に濡れれば、付着した放射性物質により外部被ばくを受ける。水や農林水産品は一定以上汚染されれば飲用・食用できなくなる。生産基盤となる土壌や海洋が汚染されれば、放射性物質が植物やそれを捕食する動物に移行し、そこで生産される農林水産品の汚染被害はなかなか解消しない。また、住環境の放射能汚染が深刻になれば、居住者が外部被ばくを受けるので、退避が必要となる。

#### <対策>

緊急対策としては、身体や衣服は汚染された雨に濡らさず、汚染された可能性のある産品は安全が確認されるまで流通を止める。環境汚染が深刻な場合は退避しなければならない。ただし、UPZを大幅に超えた広い地域で多くの住民が事前に退避することは、現実的に不可能である。汚染の可能性のある降水が発生した際には、汚染の実態を確認するためにできるだけ早くモニタリングを実施し、汚染の程度に応じて対策を講ずることが現実的である。

#### <予測の利用>

予測情報は、湿性沈着に対しても、事前の備えとして有効である。予測情報により地表面の沈着量を減らせるわけではないが、降水が汚染されていることを想定し、事前に準備すれば、被ばく被害を減らすことができる。汚染された可能性のある雨で身体や衣類などを濡らさない、汚染された可能性のある飲料水の使用を止め産品の流通を止める、などの対策が可能である。汚染された可能性のある地域が数値モデルによって分かれば、機動的モニタリングを効率よく集中的に実施できる。

ただし、湿性沈着量を正確に予測することは大変難しい。湿性沈着量の予測には、放射性物質の濃度分布と降水量の両方が正確に予測される必要があるためである。両者とも原理的には予測は可能ではあるが、降水をピンポイントで予測することは大変難しい。降水を正しく予測できなければ、湿性沈着を見逃すことになる。そこで、当作業部会では、予測情報として放射性物質の鉛直積算量を活用することを提案する。大気中の放射性物質の鉛直積算量は降水が発生した場合の最大可能沈着量を意味する。すなわち、最大可能沈着量が多い場合、降水が汚染されていることを警戒しなければならない。該当する時間帯に降水が無ければ、警戒を解けばよい。降水があった場合には、身体・衣服を濡らさないように注意し、飲料水の取水を止め、雨に濡れた産品の流通を止める。直ちに詳細なモニタリングを実施し、モニタリングの結果に応じて、他地域への避難や汚染された産品の利用停止などの措置をとることができる。

#### <不確実性>

鉛直積算量（最大可能沈着量）の予測は、数値モデルで予測された降水量に依存しないので、湿性沈着量より不確実性を減らすことができる。また、見逃しも発生しにくく、最悪に備えるという防災の見地からも望ましい情報である。現在ではレーダー・アメダスシステムなどにより、詳細な降水分布の実測値が得られる。最大可能沈着量が大きく、かつ、降水があった地点からモニタリングを集中的に実施すれば、効率的な実況把握が可能である。

## 4. 事例解析

本節では、福島第一原子力発電所事故に関連して、実際に予測情報をどのように利用できるか検証する。多量の放射性物質が大気中に放出された期間（2011年3月12日から4月上旬頃）は西寄りの風が卓越したため放射性物質の多くは太平洋側へ流れていっ

た。しかし、その間に下層風が東寄りになった時期が何度かあり、3月15日には福島県を中心に広い地域で放射能汚染が発生し、3月21日には首都圏を汚染した。以下、その2つのケースで数値モデルはどのような予測計算を行うことができるかを示す。

予測計算に用いられた数値モデルは、非静力学メソ気象モデルとエアロゾル（大気中の微粒子）の移流拡散モデルを組み合わせたもので（日本学術会議 2014, Science Council of Japan 2014）、シミュレーションの初期条件と境界条件には気象庁の数値予報結果が用いられ、モデルの計算領域は東日本、水平解像度は3 km に設定されている。

この計算では湿性沈着や乾性沈着が起きないと仮定している。この場合、地上付近の濃度も鉛直積算量も沈着を含む場合に比べて多くなるので、最悪のシナリオを知ることができる。

#### 4.1 2011年3月15日の事例

3月15日の事例について、3月14日午後9時を初期値とし、放射性物質の分布の時間変化を予測した。ここで福島第一原子力発電所からの放射性物質の放出量は、数日前から一定であるとし（単位量放出=1 Bq/hour）、湿性沈着や乾性沈着は起こさないという簡単な仮定の下で計算を行った。

図1 a は、地上付近（高度20 m）の放射性物質濃度の相対値である。福島第一原子力発電所付近では3月15日未明には下層風が北風で、徐々に時計回りに風向を変え、正午頃には東風となることが予測された。その後、南東風がしばらく続き、3月16日に日付が変わる頃には再び北寄りの風に戻る。放射性プルームの動きは風の変化をそのまま反映する。15日は風が時計回りに回転するので、放出源の周辺（UPZ等の数十km圏内）では、高濃度の放射性プルームがいつか通過する可能性が高く、戸外では吸引の危険が高まることが予測される。これに対して、16日の日中には、放射性物質は太平洋の方向

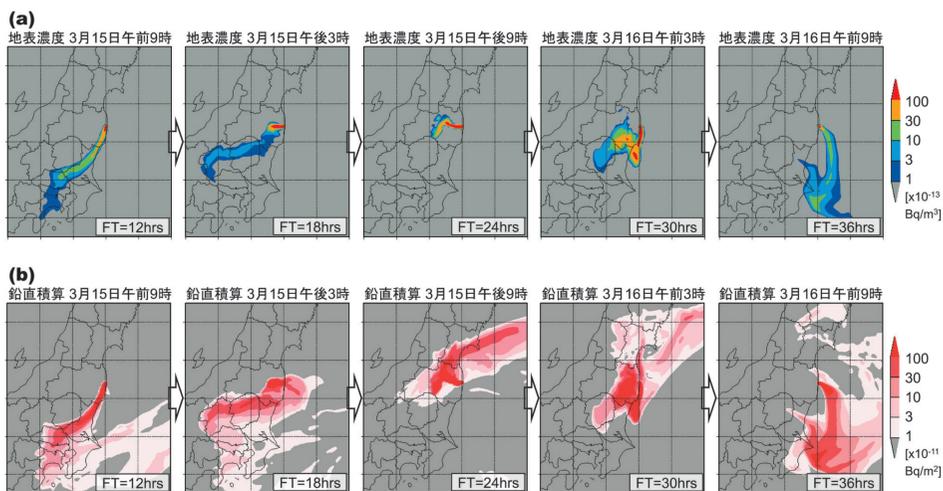


図1 2011年3月15日午前9時から16日午前9時にかけての (a) モデル最下層における放射性物質の相対濃度, (b) 放射性物質の大気上端から地表面までの鉛直積算量相対値。どちらも3月14日午後9時を初期値としたモデル予測値である。福島第一原子力発電所からの放射性物質放出量は常に一定値とし（1 Bq/hour）、等値線はその相対値として描画している。

に流れるため吸引の危険は大幅に減る。

図1bは、放射性物質の鉛直積算量の相対値である。3月15日の午前中の関東地方における分布は比較的図1aと似ているが、夕方以降は宮城県にかけて広く分布しており、地上の分布とは大きく異なった分布を予測している。これは、放射性プルームが暖気側にあり、北側の寒気に乗り上げて高く舞い上がり、上空の風で流されるため、地上付近の濃度分布と大きく異なるものと考えられる。数値予測の解析結果から、福島県北部から宮城県にかけては、放射性物質は、主に高度1.5 km 付近に分布していたと推定される。同地域では、浮遊する放射性物質を多量に吸い込む危険性はそれほど高くはないが、タイミング悪く雨が降れば、多量に沈着を起こす可能性が高いことを示唆している。降水が発生すれば、地表面を汚染し、ホットスポットなどの形成の恐れが予測できる。

<一般向け情報の例>

15日は、福島第一原子力発電所周辺(数十 km 圏内)では、地表付近で放射性プルームが通過する恐れがあります。放射性物質を吸引する恐れがあるので、戸外での活動を控えてください。圏外への退避等は、風向きが変わる16日以降が望ましいと予想されます。

上空の放射性物質は、地表付近の放射性物質よりも広く分布し、15日の午前中は関東地方全域まで、午後には宮城県方面まで広がります。これらの地域では、雨が汚染されている可能性が高いので、雨の場合には、身体や衣類を濡らさないように注意し、飲料水の取水等を控えてください。また、雨に濡れた農産物などの流通は、汚染状況が確認されるまで控えてください。

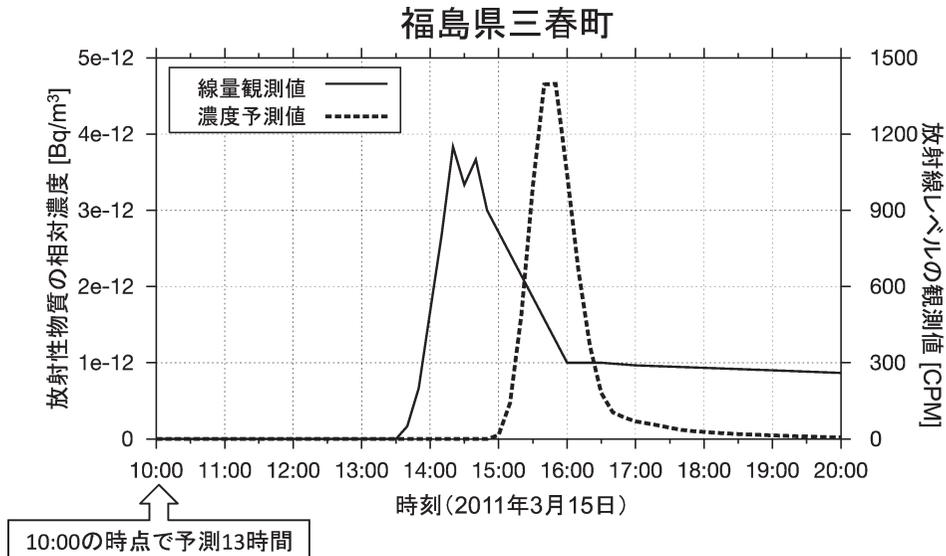


図2 モデル最下層における放射性物質の相対濃度予測値と福島県三春町で観測された放射線レベル (Koike *et al.* 2014) の時間変化 (2011年3月15日午前10時~午後8時)。ここで予測値は3月14日午後9時を初期値としている。福島第一原子力発電所からの放射性物質放出量は常に一定値 (1 Bq/hour) としている。

### <検証>

実際に、どの地域で地上の放射性物質濃度が高まり吸引の恐れがあったのか、モニタリングデータが少ないので厳密な検証は難しい。当時、福島県の三春町で、時間解像度の高い大気中放射線レベルのモニタリングが行われていた (Koike *et al.* 2014)。図2は、数値モデルによる予測結果をモニタリング結果と比較したものである。放出量は一定値としたので、あくまでも時系列における相対値が比較の対象である。三春町は福島第一原子力発電所の西およそ50 km の中通り地方に位置する。数値モデルによる予測計算では、15時頃に放射性プルームが到達し、15時半過ぎに最大濃度を示している。実況では13時30分頃に放射性プルームが到着し、14時30分頃に最大線量を記録している。三春町では、この時、実況値に基づく判断で、40歳未満の住民に安定ヨウ素剤を服用させている (Koike *et al.* 2014)。予測と実況の約1時間半のずれ(遅れ)は、この数値

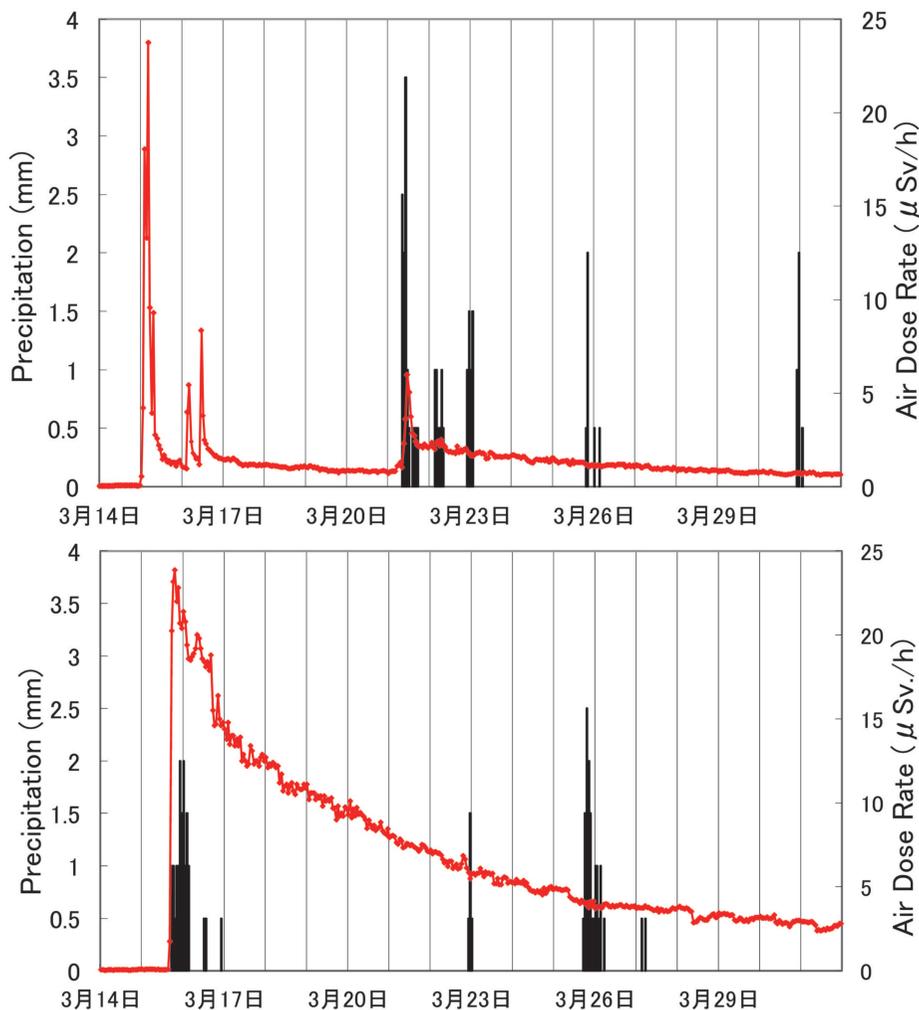


図3 空間線量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ : 赤) と降水量 (mm/h: 黒) の時間経過。どちらの図も、時間目盛は3月14日00JSTから12時間間隔。上: いわき, 下: 福島。

予測システムの持つ誤差である。時間的にも空間的にもある程度の誤差を想定しなければならぬ。しかし、誤差はあるものの、数値モデルによって放射性プルームの到達を事前に予測することができているので、その予測情報を住民の安全確保に活用することが可能である。

降水による湿性沈着は、この日、福島県のみならず、宮城県から栃木県・群馬県の広い範囲で起こったことが、観測から確認されている。とりわけ、飯館、川俣などでは原子力発電所から30 km 圏外であるにもかかわらず、激しい沈着が起こった。これは降水による捕集効果が大きく寄与していると考えられる。図3は、いわきと福島の間空間線量率の時系列である。いわきの場合は、3月15日午前中に約 $20\mu\text{Sv/h}$ まで上昇しているが、午後には $1\mu\text{Sv/h}$ 程度まで減少している。地上付近を濃度の高い放射性プルームが通過したが、降水がほとんどなかったために、沈着量は少なかった。地上濃度が高まることは、数値モデルで十分予測されていた。福島の方は、3月15日夜に最大値(約

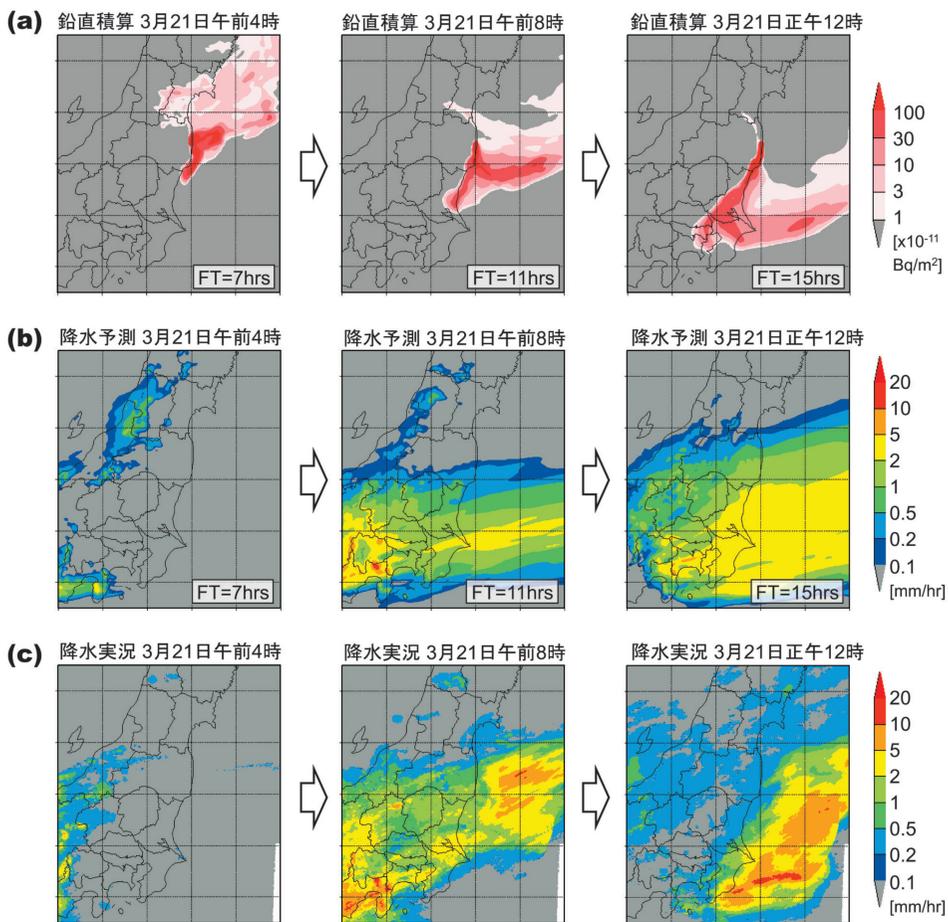


図4 2011年3月21日午前4時から正午12時にかけての (a) 移流拡散予測モデルで計算された放射性物質の鉛直積算量予測値, (b) 気象予測モデルで計算された降水量予測値, (c) レーダー解析雨量実況値。予測値はどちらも3月20日午後9時を初期値としている。福島第一原子力発電所からの放射性物質放出量は常に一定値とし ( $1\text{ Bq/hour}$ ), 鉛直積算量の等値線は  $1 \times 10^{-11}\text{ Bq/m}^2$  を単位として描画している。

25 $\mu$ Sv/h) に達した後は、その線量率のレベルを保っている（徐々に減少しているのは半減期約 8 日のヨウ素131が減少しているためである）。これは、地上付近を浮遊する放射性物質は少なく、降水に伴って上空の放射性物質が地表面に沈着し、放射線を出し続けていたためと考えられる。上記のような予測情報が出ていれば、汚染された飲料水の飲用を避け、野菜や物産の流通を止めることができる。また、予測情報を利用できれば、汚染された可能性のある地域を絞ることができ、効率的に機動的モニタリングを実施でき、実況を早く把握することができる。

#### 4.2 2011年3月21日の事例

3月21日の事例について、3月20日午後9時を初期値とし、単位量放出で放射性物質の分布の時間変化を予測した。

図4 a は、鉛直積算量の相対値である。3月21日未明に風向が北東に変わり、福島県沿岸地域から茨城県方面に放射性ブルームが流れ出し、午前中には東関東上空に分布することを予測した。図4 b のように雨も予測されており、湿性沈着の危険は十分に高まっている。このような資料に基づけば、21日には、一般向けに次のような説明が可能である。

##### <一般向け情報の例>

21日は、早朝に、福島県沿岸から茨城県、東関東全域で上空に放射性ブルームが飛来する危険があります。21日は朝から雨が予想されていますが、この雨は放射性物質を含んでいる可能性があるため戸外での活動をできるだけ控えてください。雨が降った場合には、身体や衣類を濡らさないように注意し、飲料水の取水等を控えるとともに、濡れた農産物などの流通を控えてください。また、できるだけ早くモニタリングを実施し、汚染の状況を確認してください。

##### <検証>

東関東地域では、降水による湿性沈着が広く発生した。図5は、東京大学の柏キャンパスでの空間線量率と我孫子のアメダスで観測された降水量の時系列である。我孫子で

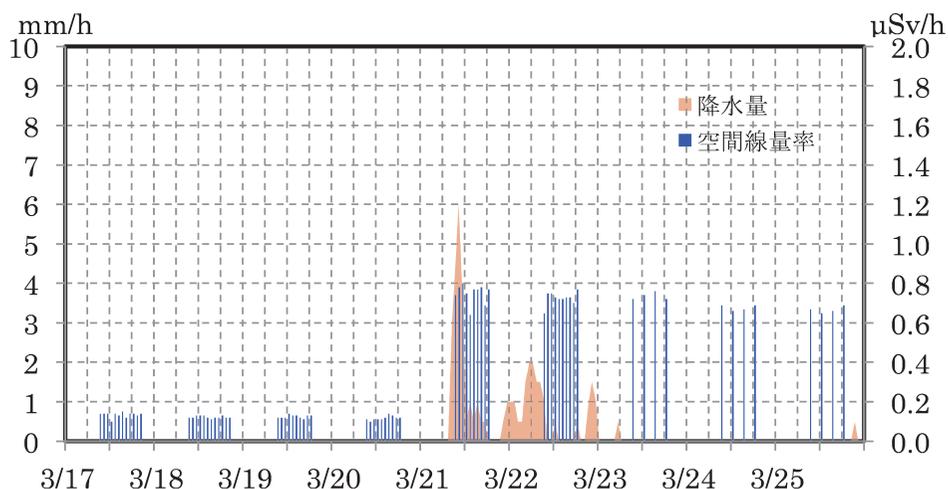


図5 2011年3月17日から25日にかけての東京大学柏キャンパスにおいて観測された空間線量率と約8 km離れた我孫子（気象庁アメダス観測点）の1時間降水量。空間線量率の測定は日中だけマニュアル測定された。

は午前7時過ぎから降水があり、放射線量は前日より高いレベルでほぼ一定である。柏キャンパスでの放射線量モニタリングは日中のみで、21日の最初の観測の時点ですでに降水による湿性沈着が完了したと推定される。千葉県稲毛区の日本分析センターのモニタリングデータでは、空間線量率は21日にスパイク状の変動を記録した後に、ベースの上昇がみられた。スパイクは比較的下層の大気中に放射性物質が存在していたことを意味する。また、ベースの上昇は降水による沈着を起したことを示唆する。放射性プルームは南下しながら暖気の下に入り込み、下層の放射性物質濃度を上昇させるとともに、降水によって地表面に沈着を起したと推定される。一般向けに上記のような情報が出れば、汚染された飲料水の取水を止め、野菜や物産の流通を止めることができる。実際に、東京都では水道水が汚染されたことを25日に発表している。放射線の鉛直積算量の予測情報と降水分布の実測が得られれば、機動的モニタリングを効率的に実施し、湿性沈着による汚染の実態を早く把握することができる。

## 5. まとめと議論

単位量放出の数値予測は絶対値の情報は利用できないが、事例解析は相対的な時空間分布が緊急対策に有益であることを示唆している。地上付近の濃度予測が提供されれば、30 km 圏のUPZに居住する住民に対して、吸引の危険をできるだけ避け、屋内退避やUPZからの退避、安定ヨウ素剤の服用のタイミング等の判断に利用できる。また、広い範囲で発生する恐れのある湿性沈着に対しては、放射性物質の鉛直積算量（最大可能沈着量）を予測情報として利用することを提案した。数値モデルでは、湿性沈着も計算できるが、降水予報に依存するため、見逃しの危険が大きくなる。また、降水粒子による粒子状物質の捕捉過程の計算はたいへん複雑で、湿性沈着量は数値モデル依存性が大きい（日本学術会議 2014）。その点、放射性物質の鉛直積算量は、最大可能沈着量を意味し、降水に影響もされずモデル依存性も少ないので、最悪を想定する上で有効に活用できる資料である。予想された鉛直積算量が多い場合でも、実際に降水が無ければ警戒を解いてよい。しかし降水があれば、身体・衣服を濡らさない、汚染された可能性のある飲料水の利用を控え、汚染された可能性のある製品の流通を一旦止める。また、汚染の可能性のある降水があった地域では、直ちに機動的なモニタリングを実施し、汚染の程度に応じて、適切に処置することができる。

正確なモニタリングによる実況把握はたいへん重要であり、定点および機動的なモニタリングの体制強化を図るべきである。ただし、モニタリングだけでは、防災情報として不十分であることを認識すべきである。第一に、実測されてから対策を立てていたのでは時間的に遅れを生じることである。大気中を浮遊する放射性物質は一過性であることが多く、吸引を避けるための指示を間に合うように伝えることは難しい。第二に、モニタリングポストや機動的モニタリングは基本的には点における計測であり、空白域が避けられない。特に、湿性沈着の場合は、30 km 圏より遠く離れた地域を著しく汚染することもあり、広域モニタリングが必要である。第三に、湿性沈着では上空の放射性物質を集めて落下するので、地上のモニタリングでは、実際に落下してくるまで、放射性物質の分布はわからない。事例1では、地上の分布と上空の分布では相当に異なっていた。

緊急時における適切な防災対策や防災情報提供のために、モニタリングによる放射線量の正確な実況値と気象庁等の気象観測データ・最先端の数値モデルによる予測とを組

み合わせて実況監視・予測を行う仕組みを構築すべきである。

福島第一原子力発電所の事故の際には、放射性物質の放出情報が得られないことが、予測情報を提供できない理由の一つとされた。現実問題として、緊急時に精度の高い放出情報を得ることは難しい。むしろ、単位量放出の条件で常時予測を行なっておき、緊急時にその予測値をどのように利用するかを検討すべきであろう。IAEA/WMOでの環境緊急対応では、放出量の情報が得られない場合は、単位量放出の条件での予測情報の提供を義務付けている。ここで紹介した事例解析では、単位量放出による予測結果でも十分役に立つことを示した。

放出情報が得られる場合は、それを利用すれば、より正確な予報が期待できる。ただし、放出情報の他にも、気象予測本来の持つ誤差があり、さらに輸送モデル特有の移流拡散過程の誤差などが加わり、様々な量的な基準に対する絶対値の利用は難しいであろう。むしろ、相対的な時空間分布の予測情報の活用法を積極的に検討すべきである。

本稿で示したのは限られた事例研究であり、予測可能性についてはさらに研究を深める必要がある。不確実性を低減させ信頼性を増す方法として、アンサンブル予報の利用が考えられる。日々の天気予報で利用されている週間アンサンブル予報を初期値・境界値とする数値予報により、気象の予測可能性に伴う不確実性を推定することができる。また、一定の信頼性が担保されている他の予報システムによる拡散予測結果と比較検討することも有効である。個々の予報システムや予測モデルの誤差を推定し情報の信頼性を評価することができる。

最後に、利用法に関する教育と啓発の重要性を指摘したい。数値モデルによる放射性物質の拡散予測はモニタリングでは得られない事前の情報であり、被ばく被害の軽減にたいへん有効に活用できる。ただし、絶対値の利用は通常は難しく、有効活用できるのは時空間分布などの相対値である。数値だけが独り歩きしないように、適切な活用法について十分周知される必要がある。

#### 参 考 文 献

- 原子力規制委員会, 2013: 原子力災害対策指針, 平成24年10月31日 (平成25年9月5日全部改正)。  
 原子力規制委員会, 2014: 緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム (SPEEDI) の運用について, 平成26年10月8日。  
 原子力安全委員会原子力施設等防災専門部会防災指針検討ワーキンググループ, 2012: 「原子力施設等の防災対策について」の見直しに関する考え方について中間とりまとめ (抄) (平成24年3月22日)。  
 原子力規制庁原子力防災課, 2013: 安定ヨウ素剤の配布・服用に当たって (地方公共団体用) (平成25年7月19日作成) (平成25年10月9日修正)。  
 Koike, T. *et al.* 2014: Comprehensive data on ionising radiation from Fukushima Daiichi nuclear power plant in the town of Miharu, Fukushima prefecture: The Misho Project, *J. Radiol. Prot.*, **34**, 675, doi:10.1088/0952-4746/34/3/675。  
 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会, 2012: 最終報告。  
 日本学術会議, 2014: 報告「東京電力福島第一原子力発電所事故によって環境中に放出された放射性物質の輸送沈着過程に関するモデル計算結果の比較」, 103pp. (Science Council of Japan, 2014: Report “A review of the model comparison of transportation and deposition of radioactive materials released to the environment as a result of the Tokyo Electric Power Company’s Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident”, 103pp.)。  
 日本気象学会, 2012: 原子力関連施設の事故発生時の放射性物質拡散への対策に関する提言。  
 日本分析センター, 2011: 空間放射線量率の測定結果について。