

SPEEDI を真に原子力防災に 生かすために

茅野 政道

Chino Masamichi

東日本大震災に起因して発生した、東京電力(株)福島第一原子力発電所事故(以下、福島第一原発事故)では、多くの周辺住民が現在も避難生活を余儀なくされる事態に至った。事故当時の国の住民避難への対応を巡っては多くの批判が出されたが、その中でも SPEEDI (スピーディ: 原子力発電所等から放射性物質が大量に放出される事態に備えて大気拡散状況を迅速に予測する計算システム) の活用を巡る問題は、避難対応の失敗の代表のようにマスメディアや国会で批判され続けた。その内容は、放出源情報がなく、防護対策の指標線量と比較できる絶対値になっていないという理由で避難・退避等の対策に使わなかったことと、予測結果を公開することで起きるかもしれないパニックを恐れ情報公開が遅れたことに集約される。これらの批判は、放射性物質の大気拡散傾向の推測であっても、適切に公開されれば避難行動の参考として活用できたはずという考えに基づいている。

これについて、当時の政府は「原子力安全に関する IAEA 閣僚会議に対する日本国政府の報告書—東京電力福島原子力発電所の事故について—」¹⁾の中で、教訓として「放出源情報に基づく予測ができないという制約下では、一定の仮定を設けて、SPEEDI により放射性物質の拡散傾向等を推測し、避難行動の参考等として本来活用すべきであったが、現に行われていた試算結果は活用されなかった。また、SPEEDI の

計算結果については、現在は公開されているものの、当初段階から公表すべきであった。」と述べている。また、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(政府事故調)²⁾福島原発事故独立検証委員会(民間事故調)³⁾も、ほぼ同様の判断を示しており、政府事故調は報告書の中で避難行動への活用の具体例まで示している。他方、東京電力福島原子力発電所事故調査委員会(国会事故調)⁴⁾は、放出量の逆推定やモニタリング計画の策定、ベント時期や人名救助活動の可否の判断への活用の可能性を示す一方、計算予測のみで避難区域設定の根拠とするには不確実性が大きく、緊急時モニタリングの充実が必要としている。

こうした SPEEDI の活用法の議論はその後も継続したが、ともすると原子力防災対策に計算予測は使えるのか使えないのかといった二者択一の極端な議論が多く、事故対応の科学的検証に基づいて、原子力事故時にどのような活用が可能又は非現実的なのかが丁寧に議論されてきたとは言い難い。

ここでは、今回の事故で SPEEDI はどのように利用され、その精度はどうであったのか、さらに今後の具体的活用法はどうあるべきかについて解説する。

1. 福島第一原発事故における SPEEDI の利用の実態

福島第一原発事故において、SPEEDI はあらかじめ決められた旧 原子力安全委員会の「環

* 放射能測定・除染技術等に関する調査検討専門委員会

境放射線モニタリング指針」に従って、平成23年3月11日の事故当初からその役割を果たしてきた。同指針に記載されている SPEEDI の使用方法を要約すると、以下のとおりである。

i) 初期段階に放出源情報を定量的に把握することが困難な場合、単位放出量又はあらかじめ設定した値による計算を行い、これを基に、監視を強化する方位や場所及びモニタリングの項目等の緊急時モニタリング計画を策定する。

ii) 放出源情報が入手できた場合、防護対策を検討するために早期入手が望まれる外部被ばくによる実効線量分布等の図形の作成・配信を行う。

iii) 緊急時モニタリングの結果が得られた場合には、当該結果と予測図形を用いて、防護対策の検討、実施に用いる各種図形を作成する。

今回の事故では、放出源情報が、原子炉の状態把握などを行う緊急時対策支援システム (ERSS) や排気筒の放射線モニターから入手できなかったため、i) に従い、3月11日の事故直後から緊急時モニタリング計画に資するための単位放出計算を関係各所に提供している。文部科学省の検証報告書 (第2章)⁵⁾ によれば、3月15日に高線量を記録した浪江町山間部のモニタリングは、文部科学省が SPEEDI の単位放出結果に基づき指示したものであり、モニタリング計画に的確に活用されている。また、緊急時モニタリングの結果が得られるようになった16日以降は、iii) に従い、モニタリング結果と単位放出の SPEEDI の結果から放出量を逆推定して、3月23日までには甲状腺内部被ばく線量の図形作成、引き続きこれに基づく小児の甲状腺被ばくのスクリーニング検査を行う一連の活動がなされた。さらに、日本原子力研究開発機構は SPEEDI の世界版である WSPEEDI を用いて、厚生労働省に農作物検査の指標のための東日本の放射能汚染マップを提供している。

では SPEEDI の予測情報の精度はどうだったのだろうか。SPEEDI が提供した予測情報は、“定期実行”と“依頼計算”に分けられる。定

期実行は、毎正時に単位量の放出 (1 Bq/h) が始まったと仮定して、1時間ごとの放射性プルームの動きを空間線量率分布等の形で提供したものである。今回の事故では、3月11日16時から定期実行が開始され、毎正時に関係機関に情報を提供し続けた。

依頼計算は、旧 原子力安全・保安院の緊急時対応センター (ERC) やオフサイトセンター (OFC) 及び旧 原子力安全委員会等が、事象進展に伴う環境影響確認や緊急時環境モニタリング計画の立案、放出量の逆推定とそれに基づく線量評価のために予測条件を指定して行ったものである。ERC は3月11日21時12分に配信を受けた予測結果を最初に、3月16日までに45件の予測計算を依頼した。文部科学省でも3月12日2時48分を最初に38件、OFCでは3月中に73件の計算を依頼している。

筆者は、これらの予測計算の結果と、平成24年9月21日に、福島県がホームページ上で公開した環境モニタリングポストのデータの比較から、当時、SPEEDI が関係機関に提供した情報の時間的適切さや精度を検証した⁶⁾。それによれば、定期実行については、最大2~3時間の誤差があるものの時々刻々の放射性プルームの動きを時・空間的に俯瞰できている。政府事故調の報告書は、サイト北西地域について、15日は屋内退避し16日に避難する等、避難時期の判断に SPEEDI の結果は活用できたとしているが、そのような利用が可能な精度はあったと考えられる。また定期実行は、ベントや水素爆発による放射性物質の放出、炉内圧力低下の懸念に起因する試算計算であるが、3月12日の1号機のベントと水素爆発や、15日の2号機からの漏えいの影響の空間的な広がりなど、測定結果と極めて近い予測結果が事象発生以前に把握できるものが複数含まれている。福島第一原子力発電所北西部に大規模な汚染をもたらしたとされる3月15日を例にとると、15日6時頃の爆発音後に、ERCは当時想定された2号機サプレッションチェンバ破損による影響確認の

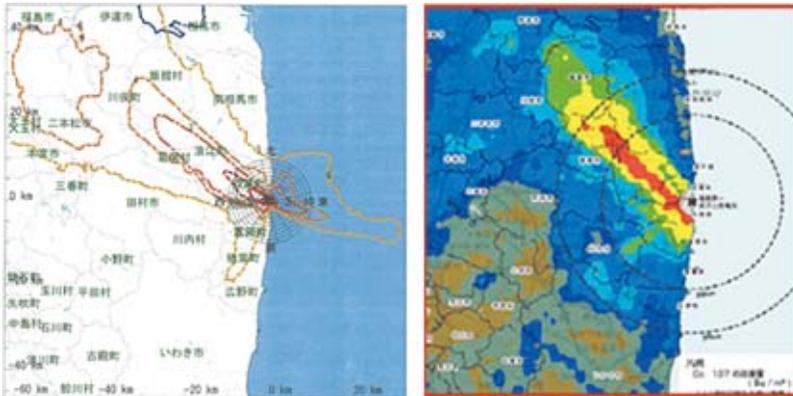


図1 3月15日朝にSPEEDIが提供した24時間先までのヨウ素沈着量分布予報図(左)⁷⁾と、後の航空機サーベイによる¹³⁷Csの沈着量分布測定との比較(右)⁸⁾

ための計算を依頼し、6時51分に結果を受信した。図1にSPEEDIから送信された15日9時から24時間のヨウ素地表蓄積量の分布図と、後に行われた航空機サーベイによるセシウムの地表沈着量分布測定結果の比較を示す。この比較から、当日朝の時点で既に夕方の北西部での地表汚染をSPEEDIが予報できていたことが分かる。

このように、大気拡散予測とそのベースとなる気象予測の精度は、長年の技術の蓄積により格段に向上しており、“天気予報は当たらない”的な固定観念は捨てるべきである。しかしながら、現在の最先端の気象モデルや拡散モデルでも、複雑な自然現象を完全に再現することは困難であり、計算シミュレーションが一定の不確実性を持つことも事実である。したがって、ブルームの飛来時期の予測にSPEEDIを活用する上では、時・空間的にピンポイントで情報が得られると考えるのではなく、ある時空間の幅をもって判断に用いる必要がある。その幅は、気象条件等により異なるため、事前にSPEEDIの精度と気象状況の関係等を理解するとともに、予報結果を時々刻々入手される実測データで常に補正することが重要である。

2. 防護措置等に有効に活用するために

防災の基本は今後の災害の進展を予見しつつ最悪の場合に備えて対策を講ずることであり、台風、豪雪、洪水などの気象災害への対応でも計算シミュレーションに相当する数値予報が即時対応の中核的手段となっている。ここで行われる気象の数値予報も不確実性を持つが、それを理解した専門家が実際に得られる気象観測データや過去の統計情報、さらに災害時におけるこれまでの経験を加えた上で被害状況を予見し、住民避難等の対策に生かしている。

一方、今回の事故では、不確実性が大きいことを理由に避難対策に数値予報を使うことを控えたが、実際にはどの程度の不確実性があるかを判断し、それを専門的洞察やモニタリングデータで補う知識と経験、データ収集能力が欠如していたことが使用できなかった原因と考えられる。ほぼ毎年起きる気象災害への対応との経験値の差は大きいですが、今後、緊急時において原子力防災対策の司令塔となる原子力規制庁に、一元的に気象情報や環境モニタリングデータを集約する仕組みを構築するとともに、大気拡散モデルの開発や実測による検証研究等の経験を持つ専門家を招集することが重要である。

計算予測と環境モニタリングにはどんな特徴があるだろうか。表1に計算シミュレーション

表1 計算シミュレーションと環境モニタリングの得失

	モニタリング	計算予測
数値の精度	◎	
予報性		◎
迅速性		○
全体把握		○
理解の容易さ	○	

と環境モニタリングの得失を示す。

表1に示すように、両者の長所と短所は補完的な関係にある。すなわち、モニタリングは、数値の正確性では計算予測よりも明らかに優れるが、緊急時防護措置を準備する区域の目安となる30 km圏で最大線量地点や分布状況まで正確に把握できるようなモニタリング体制を構築するには、地震や豪雪などの悪天候に阻まれるとかなりの時間を要するであろう。他方、計算予測は将来予報と即時の全体把握という大きな特徴を持つが、入力データやモデルに起因する不確実性を含めた理解が必要であり、常に気象情報や環境モニタリングデータ及び専門家の経験に基づき、解釈や修正を加える必要がある。今回の事故でも、地震から約18時間後には1号機でベント操作が始まり、約24時間後に1号機が水素爆発を起こすなど、周辺住民の避難中に意図的または想定外の大気放出が発生している一方、緊急時モニタリングが体系化されたのは地震から4日後の15日夕方ごろからであり、事故当初は、11日から起動したSPEEDIが適時性をもって防災対策やモニタリング計画立案の判断材料を提供できた唯一の情報源であった。しかしながら、相対的な分布予測については一定の信頼性のある結果を提供していたものの絶対値は不明であり、環境専門家の投入により、旧原子力安全委員から絶対値の評価が出されたのは、23日のことである。

このような状況を踏まえると、今後、緊急時モニタリングや放出量推定の迅速性が改善されたとしても、モニタリング又は計算予測のどち

らか一方だけで、事故当初から対策に必要な十分な情報が得られるとは考え難く、両者の補完関係を生かした効率的な汚染状況の把握が必要であることは明白である。

更にいえば、計算予測とモニタリングは効率的な汚染状況把握のためのツールであり、これを使いこなし総合的な判断ができる専門家の存在なしではツールに意味はない。今後は事故当初から行われるであろうSPEEDIの予測結果の公開についても、今回のようなWeb上への単純なアップではなく、科学的かつ分かりやすい解説を加えて予測結果の意味や精度を説明できる専門家が不可欠になる。このような専門家は原子力界には少ないが、気象や環境科学分野には有用な人材が多数おり、原子力界に閉じない協力要請が必要である。

3. 今後更に検討すべき事項

今回の事故で、もしERSSが動作していたとしても、SPEEDIと組み合わせて定量的に妥当な結果を出せるか検証されたことはない。事故後にも様々な過酷事故解析コードで放出量推定が行われたが、その結果はまだ定まっていない。その点で、環境放出が始まる前に、炉内状況解析から放出量の推移を予測し、それを基にした大気拡散予測に基づき避難地域を決めることは非現実的であろう。福島第一原発事故後に原子力規制委員会の策定した原子力災害対策指針⁹⁾では、大気中拡散予測の活用として、大気放出量の逆推定を行うこと、ベント等の計画放出に伴う避難やモニタリング計画の立案と結果の解析・評価、及び避難・一時移転の実施の判断への参考とすることを挙げている。これらは相対的な大気中濃度や線量の分布予測の活用を想定しており、妥当なものと考えられる。

今後、新しい指針を真に生かすために更に必要な検討事項を3点指摘する。1つ目は、指針の具体化である。実際の事故時に計算予測を参考情報として生かすためには、更に具体的にどのような予測情報（予測時間の長さ、予測すべ

き項目、タイミングなど)が上記のような利用に有効なのか、モニタリングとの連携はどう進めたいかなど、より具体的な検討を進める必要がある。

2つ目は、プルーム通過時の被ばくを避けるための屋内退避や安定ヨウ素剤の服用等の防護措置についてである。これらは、放射性プルームの飛来以前に実施する必要があるが、プルームの飛来予測はSPEEDIのような計算予測でのみ可能であり、そのことは明記されるべきであろう。

最後は、想定外への対応である。緊急時防護措置を準備する区域においては緊急時モニタリングに基づく防護措置の実施を規定しているが、緊急時モニタリング体制が整う以前に大量放出が始まるようなケースにおいて、限られた定点モニタリングと計算予測による総合的な状況把握に基づき、防護措置の内容と対策地域を決めざるを得ない可能性もあると考えるべきである。ある程度の蓋然性を持って高線量地域形成の可能性が予測できた場合でも、緊急時モニタリングの展開まで防護措置の検討を控えることが妥当な選択かは議論の余地がある。悪い状況を予見して早目に念のための防護措置を取るとは防災の考え方として妥当なものであり、空振りを恐れることなく臨機応変な対応が望まれる。

SPEEDI活用の問題は、マスメディアに大きく取り上げられたこともあり、冷静かつ丁寧な議論が必ずしも行われていないように感じられ

る。事故から3年を経過した今、今回の事故対応を踏まえて、計算予測が原子力事故時にどのように活用できるのか、どのような限界があるのかを科学的検証に基づいて再度、議論すべき時期であろう。

参考文献

- 1) 経済産業省, 原子力安全に関する IAEA 閣僚会議に対する日本国政府の報告書—東京電力福島原子力発電所の事故について—, <http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/backdrop/20110607001.html>
- 2) 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 (政府事故調), <http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/icanps/>
- 3) 福島原発事故独立検証委員会 (民間事故調), <http://rebuildjpn.org/project/fukushima/>
- 4) 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会 (国会事故調), <http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3856371/naic.go.jp/index.html>
- 5) 文部科学省, 東日本大震災からの復旧・復興に関する文部科学省の取組についての検証結果のまとめ (第二次報告書), http://www.mext.go.jp/component/a_menu/other/detail/__icsFiles/afieldfile/2012/07/26/1323887_01.pdf
- 6) 茅野政道, 日本原子力学会誌, **55**, 220-224 (2013)
- 7) 原子力規制委員会, http://www.nsr.go.jp/archive/nisa/earthquake/speedi/erc/speedi_erc_index.html
- 8) 文部科学省, http://radioactivity.mext.go.jp/ja/1910/2011/12/1910_1216.pdf
- 9) 原子力規制委員会, 原子力災害対策指針, 平成24年10月31日 (平成25年6月5日全部改定)

((独)日本原子力研究開発機構)