

6.8.1 項「計算科学技術の視点からの分析」関連資料

(Rev.1 2014年11月20日)

(1) 「SPEEDI(System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information)とは」

SPEEDIは、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、周辺地形や時・空間的に変動する気象場を考慮しつつ放射性物質の大気拡散状況を詳細に計算し、大気中濃度や被ばく線量などを迅速に予測する計算システムである。1979年の米国スリーマイル島原子力発電所事故を契機に旧日本原子力研究所（現在の日本原子力研究開発機構）で大気拡散予測および線量計算のモデル開発が開始され、1984年までに野外拡散実験との比較による精度検証を含む基本開発が終了し、1986年に（財）原子力安全技術センターに移管され、現在は国のシステムとして実運用されている。基本開発の終了から現在まで、国の関係部署、地方公共団体等との間での予測情報の配信およびモニタリング情報等の収集を行うための通信機能の拡充、及び気象予測や大気拡散・線量計算モデルの改良・強化が、継続的に行われている。

(2) 「環境放射線モニタリング指針とそれに従い果たしてきた役割」

- 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、単位放出量又は予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。

(3) 「3月15日朝の時点における夕方の北西部での地表汚染予報について」

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日未明2時頃に、OFCは緊急時モニタリング計画作成にあたり参考にするための計算を依頼し、2時32分に結果を受信した。図1にSPEEDIから送信された15日1時から24時間の外部被ばくによる実効線量当量の分布図と、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。図1の放出条件は、朝1時から24時間連続放出、放出高度は120m、放出率は希ガス 8.33×10^{14} Bq/h、ヨウ素 2.75×10^{13} Bq/h一定としている。この比較から、当日朝の時点ですでに夕方に北西部で地表汚染が発生することをSPEEDIが予報できていたことがわかる。

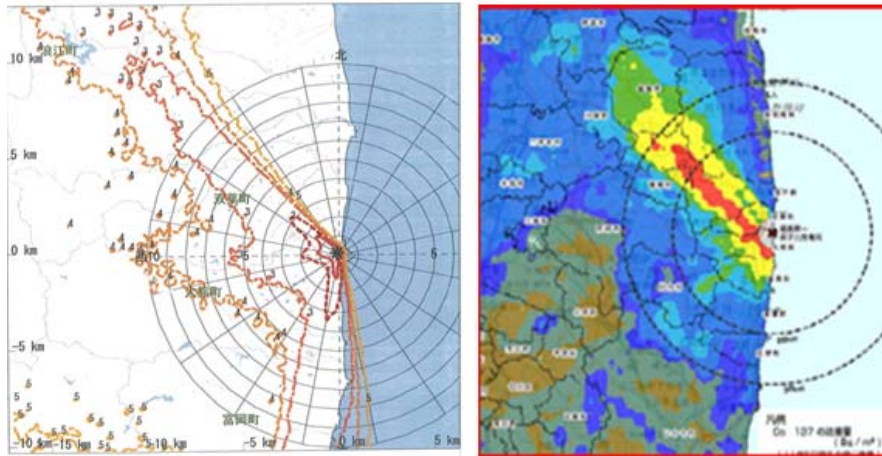


図1 3月15日にSPEEDIが提供した24時間先までのヨウ素沈着量分布予報図と、後の航空機サーベイによる ^{137}Cs の沈着量分布測定との比較

(4) 「放射性物質の大気拡散や沈着量予測モデル、放出量逆推定のシステム化、気象情報や環境モニタリング情報の集約化、システムの多重化等の技術開発の具体的項目について」

1) 放出量逆推定のシステム化

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無い。一方で、今回行われた放出量逆推定は、その後の国内外の研究機関による推定と大きな隔たりはなく、その有効性が証明されている。今後は、ERSSとSPEEDIという計算シミュレーションの組み合わせではなく、予測線量分布図等を有効に利用しつつ、空間放射線量率の実測結果と併せて総合的に現状判断するという前述のモニタリング指針の原点に戻る必要がある。そのため、放出量逆推定をできる限り、リアルタイムに近づけるための技術開発が必要である。

2) 気象情報や環境モニタリング情報の集約化

環境汚染の現状把握や、放出量逆推定には、様々な機関で行われた環境モニタリングの迅速な収集が重要であるが、今回の事故では、それらが個別のWebサイトに点在し、検索とデータベース化に多大な時間を要した。そのため、各機関が行う測定結果の統合データベースをオンラインで作るためのIT技術開発は、SPEEDIでの利用に限らず今後、必須である。特に原子力防災関係者の発想からは、気象情報の重要性の意識が抜けがちであるが、放射性物質の環境動態のほとんどは、気象状況で決まるため、単にモニタリングポストの気象観測だけでなく、降雨レーダー、天気図、広域数値予報など様々な検討情報をオンライン収集する必要がある。

3) システムの多重化

SPEEDIの運用は東京で行われているが、今後、自然災害で原子力事故が発生する場合、東京も被災してSPEEDIが機能しなくなる可能性もある。このような状況に備えて、東京から離れた地域

にバックアップのための運用センターを設置しておくことも将来の課題となる。また、予測結果の信頼性確認のためには、大気汚染予測等に使われている大学や国立研究所の大気拡散シミュレーションモデルによる予測結果も即時に入手して相互比較できるような、学术界からのバックアップの仕組みづくりも重要である。

(5) 「SPEEDI にかかわるその他の参考文献」

参考文献

a) 文部科学省 HP:

http://www.mext.go.jp/component/a_menu/other/detail/__icsFiles/afieldfile/2012/07/26/1323887_01.pdf

b) 原子力災害対策本部「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」2011年6月、XII-9頁。

c) 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

<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/icanps/post-3.html>

d) 福島原発事故独立検証委員会：福島原発事故独立検証委員会調査・検証報告書，2012年3月

e) 国立国会図書館 <http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3856371/naiic.go.jp/index.html>

(6) 「地震動にかかわる最先端の研究開発の一例」

一例として、Jacob Bielik (Carnegie Mellon University) や Jerosen Tromp (Princeton University)、Eric Heien (University of California, Davis)、ACES (APEC Cooperation for Earthquake Simulation)、堀宗雄 (東京大学) 等の研究がある。

ちなみに、断層やプレートの状態を仮定し地震波を模擬する技術として、「地震の予見をする」コードとして、統計解析ではあるが、CSEP (Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability) の共同研究成果がある。

(7) 「3つの現象からなる津波現象の理解の仕方の現状」

1) 津波とその計算手法概要

津波が沿岸に伝播するまでに、発生と海洋伝播と陸上遡上の3つの過程を経る。発生については、しかるべき断層の規模とその発生形式を規定する断層パラメータが与えられた場合に、弾性変形理論に基づく解析解もしくは数値計算により津波の直接の発生源である海底地殻変動が推計される。また、その地殻変動によって発生した津波は海底地形の影響を受けて、浅水変形、屈折、反射、回折といった現象が繰り返しながら伝播・減衰していく。そのために必ずしも波源に近い沿岸に大きな津波が到達するとは限らない。よって、地形の影響を反映して評価する必要があり、波動理論を基にした数値計算手法が用いられている。沿岸に到達した津波は、陸上を遡上し、時

には取水や放水などの水路を通じて浸水する。これらについても、流体力学に基づく数値計算等により一定の評価が可能である。

2) 津波評価の小史

1990年代以前、原子力施設を対象とした場合については、個別地点毎に、当時の最新の知見を基にして、既往最大の歴史津波および活断層から想定される最も影響の大きい津波を数値計算等により求めて設計津波水位を設定し、これをもとに設計が行われてきた。

1998年に発表された「地域防災計画における津波対策強化の手引き」において、既往最大の津波のみならず“想定しうる最大規模の地震津波”を考慮に入れる必要が指摘された。これに対応して、土木学会原子力土木委員会の津波評価部会で検討が進められ、原子力施設の設計津波の設定方法として「原子力発電所の津波評価技術」（2002年）が刊行された。この成果は、（社）日本電気協会の原子力発電所耐震設計指針に記載された「津波評価技術指針」の基盤となった。また、IAEAや米国NRCに参照・引用されている。なお、同部会は、その後も津波水位の確率論的評価や津波による地形変化等を課題として継続されている。また、同部会では確率論的津波ハザード評価について検討を進め、2011年にその成果を公開した。

日本原子力学会では、東日本大震災を受けて、津波PRA標準の策定を2011年5月に開始し、2012年2月に刊行した。これには、津波PRAを実施する場合の考え方、満足すべき要件及び具体的な方法について規定されている。津波評価部会が公開した確率論的な津波ハザード評価手法がこの標準に反映されている。

(8) 「米国における直流電源を含む全電源の長期間喪失の対策とは」

我が国の原子炉施設における過酷事故（シビアアクシデント）の対策は原子炉設置者（電力会社）が自主的に実施することになっていた。ただし、電源喪失に対しては、「短時間の全交流動力電源喪失に対する安全確保（原子炉停止と冷却）を設計において考慮すること」が安全設計審査指針において要求されていた【1990年8月30日、原子力安全委員会決定】。この指針の解説として「長期間の全交流動力電源喪失は、送電線の復旧又は非常用交流電源設備の修復が期待できるので考慮する必要はない」と明記されている。1991年10月22日には、電力会社の専門家および学識経験者等の有識者で構成される「全交流電源喪失事象検討ワーキング・グループ」が原子力安全委員会の中に設置され、全交流電源喪失時の対策が検討・評価された。電力会社は、上記の経緯を受けて設計段階で考慮済みの対策に加えて代替注水や電源供給手段等についてもアクシデントマネジメント策として決定した。この中で直流電源喪失も検討されたが、その対策は当然、上記指針を反映した迅速な電源確保が最優先であった。

福島第一原子力発電所では、地震発生後の巨大津波によって運転中の1～3号機において全交流電源が喪失し、加えて1, 2号機ではバッテリーも水没して直流電源も喪失した。東京電力は電源車の調達を優先的に実施したが、海水中に水没し機能を喪失した電源盤の仮設も必要となり、結果として全電源喪失が長期間続いたことが事故拡大の大きな要因となった。

一方米国では、2001年9月11日の同時多発テロ事件の翌年2月25日に原子力規制委員会(USNRC)はテロ防護対策を米国の電力会社に指示した(B5bと略称)。その中で、直流電源も含む全電源喪失の対策として可搬ポンプによる炉心注水や可搬バッテリーによる弁操作、および冷却機器・弁などの手動操作も可能としておくこと、等が指示された。当時の原子力安全・保安院(NISA)はUSNRCからB5bの説明を受けていたが、テロ対策の一環でもあることから機密情報の扱いとされ、その内容は産業界に開示されなかった。また、NISAではB5bを参考に我が国のシビアアクシデント対策を見直す動きも見られなかった。なお、B5bそのものは非公開であるが、その意図するところは後にUSNRCの規制基準に組み込まれた。

以上