

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 佐 谷 茜

2011 年 3 月に発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故により放出された大量の放射性物質は、大気中を移流し、東日本の広範囲の地表面に沈着した。そのような放射性物質の移流拡散を再現するための数値シミュレーションには、いまだ大きな不確実性が多く存在する。中でも大きなもののひとつは、湿性沈着にまつわる降水過程に起因する不確実性である。佐谷茜氏の博士論文「放射性物質移流拡散モデルによる湿性沈着量分布の再現に関する研究」では、そのような放射性物質の移流に関する数値シミュレーションにおける、特に湿性沈着時の不確実性の問題に取り組んだものである。本論文は 5 章から構成されている。

第 1 章では福島第一原発事故において放射性物質が大気中に放出されるに至った経緯および放出後どのように大気中を輸送され沈着したかをまとめ、さらに、こうした放射性物質による分布状況を把握するための手法として広く使われている放射性物質移流拡散モデルによるシミュレーションを使った既往研究をレビューしている。佐谷氏は、地表面での湿性沈着量の時空間分布がモデルごとに大きく異なること、すなわち大きな不確実性をはらんでいることに着目した。なかでも、現実の降水量分布に近づけるような高性能なデータ同化手法を取り入れてみても、放射性物質の沈着の空間分布や時間変動がかならずしも改良しない事例を取り上げ、本来三次元構造をもっている降水過程に対して、地表面の水平二次元の情報しかない観測降水分布でデータ同化すると、水蒸気量や雲水量などの状態量の鉛直構造が正しく拘束されず、どの高度で凝結したかに強く依存する湿性沈着過程には良い影響とならなかったのだと結論づけた。そこで本研究では、地表面での湿性沈着量の推計を改善させることを目的として、観測された降水量を数値モデルに与える際に、比較的再現精度の高い大気鉛直柱中の放射性物質質量に応じて水平二次元で再分布させるという、極めて大胆かつ簡素な手法を用いることを考案した。

第 2 章では、本研究で扱うモデルの詳細と利用した放射性物質の観測データや観測降水量のデータおよびモデルの計算設定を述べている。本研究で用いたのは、 $^{137}\text{Cs}$  と  $^{131}\text{I}$  をトレーサーとして組み込んだ IsoRSM である。事故直後から 3 月末までを計算対象期間に、主に関東地方における放射性物質の沈着量分布の再現を試みた。また、使用するデータとして、文部科学省から公開されて

いる関東地方 7 地点における定時降下物測定値と、気象庁により公開されている解析降水を用いた。

第 3 章では、第 4 章以降の前段階として行ったモデル中の沈着過程パラメータの感度実験について述べられている。数値実験の結果、湿性沈着過程のパラメータの感度は乾性沈着過程のパラメータよりも高いことが確認され、それぞれ最適な値となるようなパラメータを決定した。

第 4 章では、二種類の側方大気境界条件に関する実験を行った結果が述べられている。まず、時空間解像度の異なる二種類の側方大気境界条件を用いて沈着量分布を推計し、次にそれぞれの推計結果に対して、本研究で考案した湿性沈着の再分布手法を適用した結果、側方大気境界条件の時空間解像度が細かい場合には、湿性沈着の再分布手法による良い効果が明らかに現れる一方、解像度が粗い側方大気境界条件を用いている場合は湿性沈着量の再現精度が悪化したことが確認された。その結果、再分布手法による効果は、大気中の放射性物質の水平方向の移流をどの程度正確にシミュレートできているのかということにも依存することがわかった。ただし、高解像度な側方大気境界条件を用いた実験に再分布手法を適用しても、一部の検証地点においては日毎の積算沈着量の値自体が観測値より大幅に少ないなど、手法の限界も示された。さらに、文部科学省が公開している測定データの日界が切り替わるタイミングと放射線量が急上昇した時刻がおおむね一致することに着目し、モデル内で大気中の放射性物質が特定の観測地点に到達する際、わずかな時間程度の誤差が湿性沈着の再現精度に大きく影響することについても言及している。

終章である第 5 章では、論文のまとめと今後の展望が述べられている。

このように本論文では、いまだ困難とされる数値モデルによる放射性物質の湿性沈着分布の再現に関し、新たな補正方法を考案し、注意深い検証作業を通じて、その効果を実証した。重要性の極めて高い研究であり、その研究成果は放射性物質や化学汚染物質の移流拡散シミュレーションのさらなる精度向上だけでなく、数値気象モデルの降水過程そのものに内在する不確実性を工学的にどのように低減させることができるか、といったことにも役立つことが期待される。このように、佐谷氏の研究成果は、水文学や数値気象モデリングの分野に大きく貢献するものである。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。

(2025 字)