

序

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震は、マグニチュード Mw9.0 という日本観測史上最大の超巨大地震であった。この地震動と津波は未曾有とも言える甚大な被害を東日本の各地にもたらした。東京電力福島第一原子力発電所では、国際原子力事象評価尺度 (INES) でレベル7に分類される深刻な事故が発生し、大量の放射性物質が大気と海洋に放出された。気象庁は、環境緊急対応 (Environmental Emergency Response: EER) 地区特別気象センター (Regional Specialized Meteorological Center: RSMC) として、国際原子力機関 (IAEA) の要請に応じて、事故直後から大気中に放出された放射性物質の拡散予測情報を作成し、5月23日まで提供した。この業務は世界気象機関(WMO)の「全球データ処理・予報システムに関するマニュアル」に基づくもので、気象庁予報部数値予報課が中心となって行われる。全球大気移流拡散数値モデルを用いて行うため、約100km四方の格子を一単位とする分解能となっており、放射性物質の放出条件も単純なものが仮定されているため、日本国内での放射性物質の拡散・沈着を予測・推定するためのものではない。

上記の気象庁の正式業務としての環境緊急対応とは別に、2011年8月にWMOから気象庁長官宛に福島第一原子力発電所事故に関する気象データと解析に関する協力要請があった。この要請は、原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation=UNSCEAR) が作成する福島第一原発事故に関する評価報告書に関して UNSCEAR が WMO に対し行った気象解析に関する協力要請に基づくものであった。気象庁では、総務部企画課国際室、予報部 (業務課、数値予報課) と気象研究所で対応を協議し、WMO が設置するタスクチームに気象研究所からメンバーを出すとともに、予報部数値予報課が中心となって事故期間中の気象庁メソ解析や解析雨量のデータを WMO の国際気象通報式で用いられている標準書式である二進形式格子点資料気象通報式 (第2版) (GRIB2) に変換し、関連ツールの整備を行った。気象庁が行った WMO タスクチームに関わる活動とその背景は、気象研究所と気象庁数値予報課のスタッフが主な著者となって気象庁業務に関する刊行物である「測候時報」に2014年6月にまとめられている。タスクチーム活動に関連して行われた気象庁領域拡散モデルの改良の一部は、気象庁のオキシダント予測業務及び降灰予報業務の改善にも貢献した。

本技術報告は、タスクチーム活動に係る気象庁の貢献について技術的な部分を中心により詳細に英文で記述するとともに、タスクチームメンバーや WMO 事務局、日本原子力研究開発機構からも共著執筆を頂いて、放出源推定や放射性物質の移流拡散沈着モデル計算について記述している。また関連する気象研究所と気象庁での大気輸送拡散沈着モデリングとして、前述の EER モデルや日本学術会議による大気輸送拡散沈着モデルの相互比較などについても記述している。本報告がタスクチーム活動に関する技術的な資料として出版されることに関して、関係者の労を多とし協力頂いた多くの方々に改めて感謝したい。

2015年6月

研究調整官
竹内 義明

WMO福島第一原発事故に関する気象解析技術タスクチーム活動と 気象研究所の大気拡散モデリング

斉藤和雄^{*1}、新堀敏基^{*2}、Roland Draxler^{*3}
原旅人^{*4}、豊田英司^{*5}、本田有機^{*4}、永田和彦^{*6}、藤田司^{*6}、坂本雅巳^{*4}
加藤輝之^{*1}、梶野瑞王^{*7}、関山剛^{*7}、田中泰宙^{*7}、眞木貴史^{*7}
寺田宏明^{*8}、茅野政道^{*8}、岩崎俊樹^{*9}
Matthew C. Hort^{*10}、Suzan J. Leadbetter^{*10}、
Gerhard Wotawa^{*11}、Delia Arnold^{*11}、Christian Maurer^{*11}
Alain Malo^{*12}、Rene Servranckx^{*12}、Peter Chen^{*13}

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震とそれに伴って発生した津波は、東日本大震災と呼ばれる大きな災害を各地にもたらした。東京電力福島第一原子力発電所（福島第一原発）は、地震とこれに伴う津波によって被災し、極めて重大で広範囲に影響を及ぼす原子力事故が発生した。原子放射線の影響に関する国連科学委員会（United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation=UNSCEAR）は、2011年5月に行われた第58回総会において、東日本大震災による福島第一原発事故に関する放射線被曝のレベルと影響に関する評価報告書を作成することを決定し、世界気象機関（WMO）に対し放射性物質の移流拡散沈着を評価するための気象解析に関する協力を求めた。これに対応するため、WMOでは5か国（米国、英国、カナダ、オーストリア、日本）からのメンバーによる「福島第一原発事故に関する気象解析についての技術タスクチーム」（Technical Task Team on Meteorological Analyses for Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident、以下「タスクチーム」）を設置することを決め、気象庁に対してタスクチームへの専門家の推薦を含めた協力についての要請を行った。タスクチームの主目的は、気象解析の利用がどのように移流拡散沈着計算を改善できるかを調べることであった。

気象庁は、事故当事国の気象センターとしてタスクチーム活動に中心的に協力し、4次元変分法データ同化に基づく現業メソ解析と解析雨量データをWMOの標準書式であるGRIB2に変換してタスクチームへ提供した。タスクチームでは、3回の会合と4回の電話会議を行い、気象解析場の評価のための大気輸送拡散沈着モデル実験を行い、UNSCEARに気象解析場として気象庁メソ解析と解析雨量を提供するとともに、タスクチームとしての最終報告書を2013年2月に作成した。気象庁は、大気汚染気象センターのオキシダント予測や地震火山部から発表される降灰予報業務に用いられている領域移流拡散モデルをタスクチーム活動で使用するために改良し、放射性物質の半減期・沈着性ガスの湿性沈着や軽量粒子の重力落下

*1 気象研究所予報研究部

*2 気象研究所火山研究部

*3 米国海洋大気庁大気資源研究所

*4 気象庁予報部数値予報課

*5 気象庁予報部業務課

*6 気象庁予報部アジア太平洋気象防災センター

*7 気象研究所環境・応用気象研究部

*8 日本原子力研究開発機構

*9 東北大学大学院理学研究科

*10 英国気象局

*11 オーストリア地球気象力学中央研究所

*12 カナダ気象局

*13 世界気象機関

の取り扱いなどを新たに追加した。この改良モデルを用いてタスクチームで定めた実験手順に従って、格子間隔 5km で単位放出に対する放射性物質の濃度と沈着の計算を行った。

UNSCEAR の福島第一原発事故に関する評価報告書は 2014 年 4 月に刊行され、上記に述べたタスクチーム活動については、2014 年 6 月に発行された気象庁測候時報の第 81 巻に和文でまとめられている。この技術報告では、タスクチーム活動に係る気象庁の貢献について GRIB2 フォーマットのファイルやその変換ツールの詳細も含めて詳しく英文で記述するとともに、測候時報で簡単に触れた気象研究所での大気輸送拡散沈着モデル実験などについて記述した。

本報告の構成は以下のとおりである。B 章ではタスクチームについての概論と会合について記述した。C 章では、タスクチームへの気象庁の貢献について述べ、現業メソ解析と解析雨量についての説明とそれらのデータを取り扱うために開発された関連ツールについて記述した。D 章では、タスクチームが行った大気輸送拡散沈着モデル実験について述べた。E 章には、気象庁の領域移流拡散モデルとその改良について記述し、放出源高度や計算粒子数、湿性沈着に関する係数や乾性沈着の高度に関する感度実験の結果を載せた。F 章では、他のタスクチームメンバー国の大気輸送拡散沈着モデルについて紹介し、それらの計算結果をセシウム-137 についての大気濃度と沈着についての測定結果に対するモデル検証とともに示した。G 章には、関連する気象研究所と気象庁での大気輸送拡散沈着モデリングについて紹介し、日本学術会議による大気輸送拡散沈着モデルの相互比較への参加や放出源の逆推定についても言及した。東北大学理学研究科の岩崎俊樹教授による大気輸送拡散沈着モデル計算の必要性に関する特別寄稿も含めている。参考文献は H 章にまとめている。I 章に WMO からの厚意により、タスクチーム会合報告の写しを付録として付した。

タスクチーム活動と本報告の作成に関連して、多くの方々の協力を頂いた。気象庁予報部数値予報課には竹内義明課長（当時）の理解のもと多くの協力を頂いた。片山桂一予報官からはモデル計算に関する情報を、佐藤芳昭数値予報モデル開発推進官には原稿についての丁寧なコメントを頂いた。また総務部企画課の長谷川直之課長（当時）、吉田隆技術開発調整官（当時）と郷田治稔技術開発調整官、国際室の木村達哉室長、予報部業務課の石田純一調査官（当時）にも様々な助力・手配の労を頂いた。気象研究所では、三上正男研究総務官（当時）、中村誠臣研究調整官（当時）や企画室から様々な助力・助言を頂いた。露木義気候研究部長（当時）には、原稿全体を閲読頂き丁寧なコメントを頂いた。予報部数値予報課の根本昇技官（当時）はメソ解析と解析雨量データの提供用 GRIB2 への変換の実施に関して C-3 節と C-6 節に、米国海洋大気庁（NOAA）の Glen Rolph 博士は D-4 節の NOAA のタスクチームウェブサイト、予報研究部の国井勝研究官は G-4 節の気象研究所のモデル計算に、それぞれ大きな貢献をしている。タスクチーム第 1 回会合での日本からの報告に際して、東京大学大気海洋研究所の中島映至教授、鶴田治雄特任研究員、京都大学防災研究所の竹見哲也准教授、名古屋大循環研究センターの加藤雅也研究員、坪木和久教授、産業技術総合研究所の近藤裕昭博士、海洋研究開発機構の滝川雅之博士の各位からは、気象学会秋季大会スペシャルセッションでの発表資料の提供を頂いた。また主著者の講演発表に関わる出張において、文部科学省 HPCI 戦略プログラム「超高精度メソスケール気象予測の実証」の補助を受けた。これらに深く感謝するものである。