

WRF-Chem を用いた都市型豪雨の将来予測実験

Enhancing Urban Rainfall Predictions through Coupled Atmospheric and Chemical Modeling in WRF-Chem

河野なつ美

埼玉県環境科学国際センター

1. 研究目的

都市型豪雨は、短時間かつ狭い範囲で強い降雨をもたらす、深刻な都市型水害を引き起こすが、その発生特性のため数値シミュレーションによる再現性が低いという課題がある。これまでに、高解像度の気候再解析データの利用や、大気汚染物質による雲粒生成、都市化に伴う建物形態や排熱による乱流・熱輸送といった要因を考慮した領域科学モデルの精緻化が進められてきた。しかし、それらを踏まえても降雨域が観測と一致しない、降水開始時刻が遅れるなどの課題が未だに指摘されていることから、水災害リスクの予測評価には大きな不確実性がある。

また、気候変動に伴う都市型豪雨の発生頻度増加が示唆される一方で、都市化の進展や脱炭素化によるエアロゾル減少が雲生成や降雨に与える影響は十分に解明されていない。本研究では、それらの要因を統合的に考慮した予測技術を開発し、関東地方で発生した都市型豪雨の再現性向上を図るとともに、2050年の脱炭素社会を想定した将来シナリオに基づき、降水量や強雨域、降水開始時刻の変化を定量的に評価する。

2. 研究成果の内容

今年度の実施課題においては、実在都市の影響と大気質効果を詳細に反映した WRF-Chem モデルの開発と、それを用いた都市型豪雨の再現性および影響要因の解析を行った。まず WRF-Chem モデル開発では、都市キャノピーモデルを改良し、建物高さや建蔽率などの三次元建物情報と人工排熱を 1 km 解像度で導入することで、都市の摩擦や熱的影響を精緻に表現することを可能とした。また、大気質効果として人為起源由来および植物起源由来のエミッションを組み合わせ、複数ケースの化学メカニズムを比較した結果、最も再現性に優れていた MOZART+MOSAIC を採用するように決定した。その際に雲微物理過程として、大気中エアロゾルと雲粒の相互作用を考慮するスキームを新たに採用した。その結果、PM_{2.5}の再現性は夏季で比較的良好であったが、全体として過小評価や沿岸部での不一致が課題として残った。

次に、関東域で発生した 9 事例の都市型豪雨の再現実験を行った結果、都市型豪雨を概ね再現できる事例と再現が困難な事例が混在していた。特に再現できる事例である 2020 年 6 月 6 日に発生した豪雨事例においては、都市発展効果および大気質効果を考慮することで、降水域の位置や開始時刻、最大降水量に達する時刻が変化することが示された。本事例では、都市効果により都市域の対流が強化され降水が増加する一方、大気質効

果は郊外域で降水を増加させる傾向が見られた。また大気質効果に伴い、エアロゾルの粒径分布が変化し、雲粒成長過程への影響も WRF-Chem 内で再現されていることが確認された。

以上より、都市発展と大気質の両効果が都市型豪雨の発生位置や時間変化に重要な影響を及ぼすことが明らかとなった。

3. 学際共同利用プログラムが果たした役割と意義

研究プロジェクトを実施するにあたり、2点課題があった。①課題代表者の所属機関は本プロジェクトを実施可能な計算資源を所有していなかったこと、②都市型豪雨を対象とした領域化学輸送モデルを用いたシミュレーションでは、大量の入力データや化学・物理過程の計算で多くの計算資源が必要になること。本プログラムに参加することになり、2点の課題を解決し、研究プロジェクトを推進することができた。

4. 今後の展望

降水量の過小評価などの課題が残されていることから、排出インベントリや入力データの高精度化を通じたモデル改善が求められる。その上で次年度は、将来予測を実施するために入力データの整備を行う。

5. 成果発表

(1) 学術論文

該当なし

(2) 学会発表

○学会・シンポジウム等における発表（国内 6 件、国外 1 件）

<口頭発表>

1) Andal, M. D. C., Varquez, A. C. G., Kanda, M., Nagata, S., et al. 12th International Conference on Urban Climate (2025). Investigating the influence of distributed anthropogenic heating to simulated ozone formation

2) 河野なつ美、Alvin C.G. VARQUEZ、Doan Quang-VAN、山上晃央、Maria Deandra ANDAL、Zeyu CHEN、TSUKUBA CONFERENCE (2025) Model Development for Enhancing Urban Flood Resilience

3) Chen, Z., Andal, M. D. C., Ramos, R., Varquez, A. C. G., et al. 日本気象学会 2025 年度秋季大会(2025)、Investigating Anthropogenic Factors Influencing Kanto's Localized Heavy Rainfall

<ポスター発表>

1) 河野なつ美、Alvin C.G. VARQUEZ、Doan Quang-VAN、山上晃央、Maria Deandra ANDAL、Zeyu CHEN、第 66 回大気環境学会年会(2025) WRF-Chem

を用いた都市型豪雨の予測実験

2) Andal, M. D. C., Varquez, A. C. G., Kanda, M., Griggiths, P., et al. 日本ヒートアイランド学会第 20 回全国大会(2025)、MODELING THE IMPACT OF ANTHROPOGENIC HEAT ON SUMMER NEAR-SURFACE OZONE IN THE KANTO REGION

3) Chen, Z., Andal, M. D. C., Ramos, R., Varquez, A. C. G., et al. 日本ヒートアイランド学会第 20 回全国大会(2025)、INVESTIGATING ANTHROPOGENIC FACTORS INFLUCING KANTO' S LOCALIZED HEAVY RAINFALL

4) Ramos, R., Varquez, A. C. G., Andal, M. D. C., Inagaki, A., et al. 日本ヒートアイランド学会第 20 回全国大会(2025)、MACHINE LEARNING-BASED REGRESSION MODELING FOR PREDICTING SURFACE PM2.5 IN KANTO REGION, JAPAN

(3) その他

○「国民との科学・技術対話」の実施（6 件）

1) 河野なつ美、蕨市立中央公民館、2025 年、気候変動によって変化する地域環境を予測するには？

2) 河野なつ美、埼玉県立伊奈学園中学校、2025 年、気候変動によって変化する地域環境を予測するには？

3) 河野なつ美、明星大学、2025 年、気候変動によって変化する地域環境を予測するには？

4) 山上晃央、さいたま市浦和美園公民館市民、2025 年、地球温暖化（影響と対策）

5) 河野なつ美、日本工業大学、2026 年、気候変動によって変化する地域環境を予測するには？

6) 河野なつ美、川鶴公民館、2026 年、地球温暖化（影響と対策）

7) 河野なつ美、埼玉会館、2026 年、水害リスクを最小化する！都市防災における気象予測技術の開発（ポスター）

○新聞・雑誌記事等（その他の発表 1 件）

1) 株式会社 ぶぎん地域経済研究所、ぶぎんレポート、2025 年 8・9 月号、28-29 頁、「どうすれば都市に迫る豪雨を予測できる？」（レポートへの寄稿）

使用計算機	使用計算機に○	配分リソース※		
		当初配分	移行*	一般利用による追加

筑波大学計算科学研究センター 2025 年度学際共同プログラム利用報告書

Pegasus				
Miyabi-G				
Miyabi-C	○	4320		
	※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。 *バジェット移行を行った場合、「+2000」「-1000」のように記入			