

研究プロフィールシート（中間評価）

研究課題名：大気物理過程の解明と物理過程モデルの開発に関する研究

（副課題1）高解像度数値モデルにおける線状降水帯等の激しい気象現象の再現性向上

（副課題2）雪氷物理過程の高度化に資する観測的研究

（副課題3）数値モデルの予測精度向上に向けた積雲対流・雲・放射スキームの精緻化

（副課題4）実験観測に基づくエーロゾル・雲・降水微物理素過程モデリングの改良
研究期間：令和6年度から5年間（5年計画第2年度）

研究費総額：259,478千円

研究代表者：中里真久（気象予報研究部長）

研究担当者：（副課題代表）橋本明弘、大河原望、関山剛、折笠成宏

（副課題1）副課題代表者：橋本明弘 担当研究者：林修吾、水野吉規、渡邊俊一、大泉伝、岸達郎、築地原匠、辻野智紀

（副課題2）副課題代表者：大河原望 担当研究者：谷川朋範、庭野匡思、豊田隆寛

（副課題3）副課題代表者：関山 剛 担当研究者：川合秀明、長澤亮二、吉村裕正、和田章義

（副課題4）副課題代表者：折笠成宏 担当研究者：田尻拓也、岩田歩、橋本明弘、足立光司、梶野瑞王

研究協力者：（氏名・機関） 畑中謙一郎・本庁気象技術開発室、伊藤純至・東北大学

1. 研究の背景・意義 ※現状、問題点、研究の必要性及び緊急性についても記載（社会的背景・意義）

近年、「平成29年7月九州北部豪雨」や「平成30年7月豪雨」のように、わが国では線状降水帯等による大雨によって毎年のように甚大な被害をもたらされており、顕著現象による気象災害の防止や軽減のために、高精度できめ細かく、十分なリードタイムを持つ気象情報の提供が強く求められている。また、地球温暖化の進行に伴って、気温が上昇するばかりでなく、極端な気象現象の頻度や強度がさらに増加すると予測されているなか、地球温暖化の社会への影響を小さくするために自治体や民間においては地球温暖化に対する適応策の策定が進められているが、温暖化予測の不確実性はまだまだ大きく、その低減が求められている。さらに、気象の影響を受ける産業は多く、気象データの産業での活用が推進されており、気象予測の高度化・精度向上により、気候リスク軽減や流通・生産計画の最適化をはじめ、社会経済活動における生産性向上への貢献が求められている。

これらの予測情報は数値予報モデルを基盤としており、予測精度の向上には数値予報モデルの改善が必要である。数値予報モデルには大気の様々な物理過程が組み込まれており、その再現性は予測精度を大きく左右する鍵の一つとなっている。

(学術的背景・意義)

顕著現象による気象災害の防止や軽減のためには、高精度できめ細かく十分なリードタイムを持つ気象情報の提供が求められ、これには数値予報モデルの高解像度化と予測精度の向上が欠かせない。領域モデルにおいては、数キロメートル解像度の数値予報モデルが実用化され、1キロメートル解像度の現業化はすでに計画されているが、次世代を見据えると、数百メートル以下の解像度での高度化された数値予報モデルの実現が課題となっている。このような解像度の数値計算では、積乱雲内の対流セルなど顕著現象の内部構造が詳細に表現されるようになる反面、解像度に依存して、対流セルの大きさや鉛直流の強さなどの表現特性に差が生じることが確認されている。一方、リモートセンシング技術の著しい進展により、高頻度高密度の多様な観測データをもとにした顕著現象の詳細な実態把握が可能となっており、それら観測データに基づいて、高解像度モデルによる顕著現象の再現性を検証できる環境が整ってきた。それと同時に、高頻度高密度の観測データと高解像度モデルを組み合わせ、顕著現象機構解明を進める上でも望ましい状況になっている。また、計算機性能の向上により、スケールの小さい現象も直接表現可能な超高解像度のLES実験をリファレンスとして、各解像度での数値モデルの特性を分析する手法も発達してきている。このような検証、分析に基づき、解像度に応じてグリッドスケールとサブグリッドスケールで表現されるべき現象を考慮しつつ物理過程を改良し、数値モデルによる顕著現象の再現性を向上させることが重要な課題となっている。これで得られる知見は、高解像度の現業モデルの改良にも活かされることが期待できる。また、気象庁の重点課題となっている線状降水帯の予測精度向上には、現象の詳細な実態把握、様々な現象や気象場の発生・形成のメカニズム解明、現状のモデルの課題の明確化が欠かせない。このようななか、線状降水帯の上昇流を引き起こし、その維持に不可欠な水蒸気を供給する地表面近傍の乱流については理解が進んでおらず、現状では気象モデル境界層過程の精度が高くない。このため、中立や安定成層のみならず、不安定成層における上昇流の発生、および地表面近傍に現れるその前兆現象をも対象として地表付近の乱流現象を明らかにすることが必要である。一方、積乱雲を構成する個々の雲の発生においては、エアロゾルの一部が雲核 (CCN) や氷晶核 (INP) として作用することで雲粒や氷晶を発生させ、雲・降水過程に影響を及ぼしている。また、数値予報モデルにおける正確な雲の表現は、雲の放射影響評価や気候変動の理解にとって重要である。現象が複雑であり理解が不十分なため、現在の数値予報モデルにはエアロゾルの影響は加味されていないが、将来のモデルの高度化や精度向上のために、エアロゾルから雲・降水に至るプロセスを考慮に入れることでモデルを精緻化していく重要性は高い。現実の大気エアロゾル粒子の多くは、様々な粒子タイプの内部混合からなるが、それらの物理化学特性、光学特性、CCN・INP特性の変動、起源や輸送過程などへの理解を深め、数値予報モデルへの導入、数値実験結果の検証により、エアロゾルの雲・降水への影響を定量的に精度良く再現できるモデルの開発・改良が必要となる。また、エアロゾル・雲・降水微物理のミクロスケールの素過程改善は予測精度向上への寄与が期待されることから、線状降水帯などの局地化された集中豪雨、広範囲に豪雨をもたらす台風、

中・高緯度におけるエーロゾルの雲を介した気候変動など、時空間的にスケールが異なる気象現象に対して、共通したプロセス研究を進める意義は大きい。

短期から週間予報、季節予報や地球温暖化予測に用いられる全球モデルの予測精度向上のために、これまで積雲対流スキームや層積雲スキーム、雲スキーム、放射スキーム等の物理過程の改良に取り組み、放射スキームにおける氷雲有効サイズ診断式の見直しや新しい層積雲スキーム等の成果が本庁の現業システムに導入されてきた。これらの物理過程は、大気加熱率・加湿率を適切に再現し、台風や温帯低気圧などの個々の擾乱における降水や雲の表現を担うのに加え、ハドレー循環などの全球的な循環場を維持する役割を持つ。また長期の予測やデータ同化において重要となる、放射収支やモデルバイアスに大きな影響がある。特に現行の気象庁全球モデルが予測する雲量や雲水量は過少であり、大気上端上向き長波放射が過剰となるなどの問題が生じ、今後の雲域での衛星データ同化の高度化において障壁となり得ることが知られている。このことから、モデルの予測性能を大きく左右する上記の物理過程をさらに精緻化する必要がある。さらに今後の方向性として示されている全球モデルの高解像度化が行われる際には、積雲の一部が格子平均場によって表現されはじめるとともに従来の近似（格子内に積雲が占める面積は小さい、フィードバックが格子内で閉じるなど）が不適切になる、積雲対流スキームのグレーゾーン問題への対応が必要である。また、放射収支の冷源として大気に大きく影響する雪氷圏は気候変動に対して脆弱であり、アイスアルベドフィードバックなどを通じて気候変動に大きな影響を与えることが知られている。このプロセスを含む雪氷物理過程の理解は十分に進んでおらず、気候変動予測等の精度向上に向けた数値モデルの改善のためには、積雪変質モデルや海氷モデルの更なる高度化を図る必要がある。特に、積雪変質モデルでは光吸収性不純物の影響の考慮が課題となっており、光吸収性不純物の積雪時空間変動への影響を陽に考慮した高度化が求められている。また、海氷モデルにおいては、海氷アルベド再現の不確かさが特に融解期における海氷面積再現の不確か性を大きくしており、不確か性軽減のため近年特に重要視されているメルトポンドの影響を考慮することが重要と認識されている。

（気象業務での意義）

気象庁では、気象災害の防止・軽減、社会経済活動における生産性向上に資するよう、交通政策審議会気象分科会提言「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」に示された方向性に基づき、防災分野を始め社会における情報サービス基盤である数値予報の技術開発を強力かつ着実に推進していくため、「2030年に向けた数値予報技術開発重点計画」を平成30年に策定した。そこでは、数値予報は、気象・気候予測の根幹であり、安全・安心で豊かな生活に不可欠な社会基盤であると位置づけており、気象庁はこの高度化・精度向上を強力に推し進めて、防災を始め社会のニーズに応える水準を達成することで、数値予報を、2030年の来るべき安全、強靱で活力ある社会を実現するための大きな柱・国民共有の新たな財産とすることを目指している。

「2030年に向けた数値予報技術開発重点計画」では、放射や雲などの物理過程の不確実性は依然として大きく予測精度向上のボトルネックとなっており、自然現象の理解に基づき、特に、激しい対流活動に着目して、放射、雲、積雲、乱流輸送、海面境界などの物理過程を大きく改善させる必要性を指摘している。また、数値モデルの高解像度化における「グレーゾーン問題」への対応として、高解像度モデルに適した物理過程開発の必要性が指摘されている。一方で、モデルの高度化と精緻化に伴い、モデルの細部まで、定式化、離散化、コーディング、コンポーネント間の相互作用などを十分に検討することが、予測精度向上を達成する上で重要になっていることも指摘されている。このため本課題では、他の研究課題や関係機関等との緊密な連携のもと、物理過程モデルの高度化を通じて気象庁の数値予報システムの予測精度向上に向けた研究を行う。

2. 研究の目的

(全体)

観測や実験により大気の種類物理過程を解明し、その物理過程モデルの高度化等を通じて、大雨等の顕著現象、台風の予測、季節予報、地球温暖化予測に用いられる数値予報モデルの予測精度の向上に寄与する。

(副課題1) 高解像度数値モデルにおける線状降水帯等の激しい気象現象の再現性向上
解像度数百 m 以下の数値モデルによる、顕著現象の詳細な構造分析に基づく機構解明・再現性の向上、及び、雲・乱流過程の高度化を通じて、線状降水帯をはじめとする激しい気象現象の予測精度向上に貢献する。

(副課題2) 雪氷物理過程の高度化に資する観測的研究

観測に基づき雪氷物理過程の理解の深化とその物理モデルの高度化を図り、雪氷にかかわるモデルの精度の向上及び現業プロダクトの改善に貢献する。

(副課題3) 数値モデルの予測精度向上に向けた積雲対流・雲・放射スキームの精緻化
将来の気象庁全球モデルの水平高解像度化への適合や、放射収支やモデルバイアスの改善のため、短期から週間予報、季節予報や地球温暖化予測に用いられる数値予報モデルの積雲対流、部分雲、放射スキームといった物理過程を精緻化し、予測精度向上に寄与する。

(副課題4) 実験観測に基づくエアロゾル・雲・降水微物理素過程モデリングの改良
室内実験や野外観測によるエアロゾル・雲特性から、エアロゾル・雲・降水の微物理素過程や相互作用を解明し、数値モデリングを精緻化することで降水や放射の予測精度向上に寄与する。

3. 研究の目標

(全体)

顕著現象の再現性や予測精度の向上及び雲・降水過程や放射過程などの不確実性やモデルバイアスの低減に資するよう、各種の観測成果や実験施設、観測装置を十分に活用しつつ、素過程の解明から物理過程モデルの高度化までに取り組むことにより、現業数値予報モデルで使用されている各種物理過程の問題点や将来に向けた課題を明らかにし、有効な改善方法を提案する。

(副課題 1) 高解像度数値モデルにおける線状降水帯等の激しい気象現象の再現性向上

解像度数百 m 以下の数値シミュレーション・実験・観測により、大雨、大雪、突風、線状降水帯、台風などの顕著現象から雲・乱流などの素過程にわたって、詳細な構造分析に基づく機構解明、及び、再現性向上を目指す。日本とその周辺の領域の様々な環境下で発生する激しい気象現象について、

- ① 数値モデルによる積乱雲・降雪雲内の鉛直流や雲・降水粒子特性など詳細な内部構造を観測データと比較することで検証する。
- ② 高解像度数値シミュレーションを活用した解像度に応じた物理過程の検討などに基づき、数値モデルの課題を抽出し、再現性向上のための方策を示す。
- ③ 大気境界層において線状降水帯の発生や維持に特に重要な以下の乱流現象を 1. 数値計算、2. 風洞実験、3. 野外観測により明らかにする：
 - (a) 不安定成層における上昇流の発生、及び地表面近傍に現れるその前兆現象
 - (b) 潜熱（水蒸気）の供給に寄与する鉛直輸送と地表面近傍の水平輸送
 - (c) 顕熱、運動量の鉛直輸送と地表面近傍の水平輸送
- ④ 得られた知見を統合し、境界層過程の改善策を取りまとめて、乱流輸送に関する新たなスキームを構築する。風洞実験や野外観測による検証を経て、気象モデル asuca に実装し数値実験による検証を行う。
- ⑤ 関連課題との連携により課題を抽出するとともに解決法を検討する。

(副課題 2) 雪氷物理過程の高度化に資する観測的研究

① 地上観測に基づく雪氷物理過程の解明

雪氷物理量観測の基盤技術を開発しつつ放射・気象・積雪の地上観測を国内（札幌・北見・長岡）において実施し、観測データに基づいた雪氷物理過程の解明を進める。また、観測データを活用して、雪氷圏を対象にした放射伝達モデルの開発を行う。

② 雪氷に関する衛星リモートセンシングアルゴリズムの開発及びデータ利活用

地上観測データから得られた知見や、雪氷圏を対象にした放射伝達モデルを活用して衛星リモートセンシングアルゴリズムを開発・改良し、雪氷圏変動の面的な実態把握を行う。また、次期衛星を含む静止衛星ひまわりによる積雪・海氷の質的な雪氷プロダクトの充実及び現業利活用の検討を行う。

③ 雪氷物理過程モデルの高度化

観測データの検証データとしての利用や、観測から得られた積雪・海氷に関す

る物理過程の知見を活用することにより、これまで開発を行ってきた積雪変質モデルや海氷モデルの高度化を図る。特に世界的に見てもアルベド再現の不確実性に係る課題となっている積雪変質モデルにおける光吸収性不純物の積雪時空間変動への影響考慮、及び、海氷モデルにおける融解期のメルトポンドの影響考慮について改善を進める。さらに、積雪変質モデルの現業予測情報への高度利用を進め、海氷モデルの海洋モデルへの組み込みを行う。

(副課題3) 数値モデルの予測精度向上に向けた積雲対流・雲・放射スキームの精緻化

① 積雲対流スキームの精緻化

将来の気象庁全球モデル (GSM) の水平高解像度化や気象庁メソモデル (MSM) による顕著現象などの予測精度向上に向け、対応する格子間隔に適合が必要となる積雲対流スキームなどの物理過程の問題点を抽出し、改善のための方策を示す。

② 雲・放射スキームの精緻化

長期の予測やデータ同化において重要となる放射収支やモデルバイアスの改善に向け、関連する雲・放射スキームといった物理過程の問題点を抽出し、改善のための方策を示す。

(副課題4) 実験観測に基づくエアロゾル・雲・降水微物理素過程モデリングの改良

① 雲核・氷晶核の特性解明と定式化

世界的にみて未解明かつ雲生成にインパクトが大きいエアロゾル粒子を対象とした室内実験や多様な地点での野外観測によるエアロゾル物理・化学分析データから、エアロゾルタイプ別の雲核 (CCN)・氷晶核 (INP) の特性を解明し、定式化を図る。

② 雲物理パラメタリゼーションの改良

実大気で見られるエアロゾル粒子の混合・変質過程に基づき、野外観測と室内実験との比較、ボックスモデル数値実験との比較検証から雲粒・氷晶発生過程に関する雲物理パラメタリゼーション改良を行い、雲生成過程の解明を進める。

③ 詳細微物理モデルの改良

室内実験や野外観測の結果を基に、詳細微物理モデルによる数値実験との比較検証を行い、CCN・INP 特性、エアロゾル粒子の混合・変質過程を含めた詳細微物理モデルの改良を図る。

④ エアロゾル・雲・降水モデリングの精緻化

詳細微物理モデルを導入した3次元改良モデルによる数値実験を大気汚染によるインパクトの高精度な評価等を観点に実施し、エアロゾル・雲・降水モデリングの精緻化を進める。

中間評価時の到達目標

(全体)

各副課題で研究対象とする物理過程の解明と物理過程モデルの開発に向けて、解析ツールの整備・開発、課題の整理、問題点の抽出、改善のための方策の提示を行う。課題毎の到達目標は次のとおり。

(副課題 1) 高解像度数値モデルにおける線状降水帯等の激しい気象現象の再現性向上

- ① 激しい気象現象の再現性分析のための数値モデル出力・各種観測情報および解析ツールを整備するとともに、多角的検証法により激しい気象現象の再現性向上に向けた課題を整理する。
- ② 解像度数百 m 以下の高解像度から数 km の低解像度にわたる比較実験を行い、顕著現象の内部構造の解像度依存性を明らかにするとともに、高解像度・低解像度それぞれの課題を整理する。
- ③ 数値計算、風洞実験、野外観測から得られた結果を統合して、現在の境界層過程スキームの課題を整理する。
- ④ 顕熱、運動量の輸送について成果の一部を本庁数値予報課に共有する。
- ⑤ 関連課題との連携を通じて課題を整理する。

(副課題 2) 雪氷物理過程の高度化に資する観測的研究

- ① 雪氷物理量観測の基盤技術を開発しつつ放射・気象・積雪の地上観測を着実に実施する。また、観測データに基づいた雪氷物理過程の実態把握及び雪氷を対象にした放射伝達モデルの開発を行い、精度向上のための課題を整理する。
- ② 実態把握が難しい海氷面積について、海氷モデルの計算精度を正しく評価するための衛星海氷プロダクトと海氷モデル計算結果との相互比較手法の検討し、課題を整理する。
- ③ 観測データ及び観測から得られた知見に基づき、光吸収性不純物の積雪時空間変動への影響を陽に考慮した積雪変質モデルの開発を行い、課題を整理する。また、メルトポンドの影響を考慮した海氷モデルの開発を行い、課題を整理する。

(副課題 3) 数値モデルの予測精度向上に向けた積雲対流・雲・放射スキームの精緻化

① 積雲対流スキームの精緻化

将来の GSM の水平高解像度化や気象庁メソモデル (MSM) による顕著現象などの予測精度向上に向け、対応する格子間隔に適合が必要となる積雲対流スキームなどの物理過程の問題点を抽出し、改善のための方策を示す。

② 雲・放射スキームの精緻化

長期の予測やデータ同化において重要となる放射収支やモデルバイアスの改善に向け、関連する雲・放射スキームといった物理過程の問題点を抽出し、改善のための方策を示す。

(副課題 4) 実験観測に基づくエアロゾル・雲・降水微物理素過程モデリングの改良

- ① 特にインパクトが大きいとされる土壌粒子やバイオエアロゾル等の室内実験や野外観測を基に、CCN・INP 特性の定式化を進めていること。
- ② 人為的に発生させた混合粒子の特性と野外観測で採取されたエアロゾル粒子の特性を比較し、その相違点等から発生方法の工夫を進めて実験手法が確立されていること。ボックスモデル（詳細微物理スキーム（ビン法））による数値実験との比較を行い、モデル側の問題点が明らかになっていること。
- ③ 主要なエアロゾル粒子タイプ別での室内実験と数値実験との比較検証を行い、詳細微物理スキーム（ビン法、バルク法）の改良を進めていること。
- ④ 現在の雲スキームにおける問題点と改良すべき項目が整理されていること。エアロゾル粒子タイプ別の実験観測結果を参考にして、現実に近いエアロゾルパラメータの定式化及び妥当性確認が行われ、従来の方法による雲・降水特性および放射特性の予測結果との違いが明らかになっていること。

4. 研究成果

(1) これまで得られた成果の概要

(全体)

課題毎に、下記のとおり「中間評価時の到達目標」に沿って、解析ツールの整備・開発、課題の整理、問題点の抽出、改善のための方策の提示等に関する成果を得た。

(副課題 1) 高解像度数値モデルにおける線状降水帯等の激しい気象現象の再現性向上

① 2014 年 8 月広島豪雨をもたらした線状降水帯について

- ・ 高解像度 ($\Delta h=125\text{m}$) の実験結果を 3 次元可視化することで、**積乱雲の発生要因が海沿いの山地であること、個々の積乱雲が集合して列をなすこと、積乱雲が急発達する発生域がある**ことを定性的に示した。
- ・ 航空機ドロップゾンデ観測を実施した台風 T2519 を対象に再現実験 (asuca, $\Delta h=1\text{km}$, MYNN3) を行い、最盛期の中心付近のドロップゾンデ観測とアンサンブル実験を比較した結果、**asuca は本事例では観測と同様の最大風速半径 (30 km) で薄い境界層 (最大風速高度 500 m) を再現できる**ことを示した。
- ・ 大雪をもたらしたいくつかの冬季事例において、日本海上空の降水システム (JPCZ・筋状雲・地形性降雪雲等) の**降雪粒子分布の再現性を確認するとともに降雪形成過程の特徴**を明らかにした。

数値予報モデルによる**線状降水帯の再現性を客観的に評価する手法を開発し**、異なるモデルや解像度間の比較を可能にした。この手法を用い、令和 2 年 7 月豪雨を対象に、2km から 250m の異なる解像度で再現実験を行い、主に九州付近で発生した**線状降水帯の再現性を客観的に比較・評価**した。

- ② LES を用いて積雲対流の理想化実験を行い、対流中のサーマルに着目して**エントレインメント率 E を定量評価する手法を開発**した。その結果、サーマルの E は 0.5km^{-1} 程度であった。物理量ごとに周囲の環境場との混合効率が異なることを明らかにした。

- ③ 高解像度モデルにおける**現行の地表面フラックスの診断・予測スキームの問題点を抽出**しこれを定量的に評価した。特に現行のスキームでは表現できないフラックスの局所ゆらぎの予測の重要性に着目し、**運動量輸送ゆらぎとグリッドスケールの大規模な流れの構造との関係を明らかにした**。また、線状降水帯や対流混合層の数値シミュレーションを通して、乱流変動や輸送の空間スペクトルの評価や、乱流変動量の逆勾配輸送を表現するためのクロージャの検討を行った。
- ④ 高解像度モデルにおいてグリッドスケールの現象となる、不安定成層時に顕著に表れる比較的大きな空間スケールの**渦運動に由来する地表面フラックスの予測手法を構築**するとともに、風洞実験データによるパラメータ同定とアプリオリテストを実施し、良好な結果を得た。ステレオ PIV (粒子画像流速測定法) で測定した風洞実験の風データをもとに検討している**運動量フラックスの予測手法**では、不安定度：大、空間フィルタ幅：大、かつ、下層ほど予測精度が高い可能性を示した。これらの知見・結果を、asuca ミーティング等で本庁数値予報課にも共有した。対流性大気境界層の LES のデータをもとに、グレーゾーンで重要な運動量輸送のゆらぎに着目してマルチスケール展開による物理的な解析を行い、**格子スケール近傍のサブグリッド成分の寄与が大きい**ことを示した。また、LES を学習データとした**拡散モデルを構築**し、特にグレーゾーンでは平均だけでなくゆらぎまで高精度で再現することを確認した。
- ⑤ 副課題 2 との連携により、積雪予測精度向上に向けて、**大気モデルが出力する降雪粒子特性を、積雪変質モデルの積雪粒子特性の初期値に関連付けるための手法を検討する必要がある**ことが分かった。降雪粒子のタイプ別に異なる積雪初期密度を与える等の手法を検討している。

(副課題 2) 雪氷物理過程の高度化に資する観測的研究

- ① 雪氷物理量観測の基盤技術を開発しつつ放射・気象・積雪の地上観測を国内 (札幌・北見・長岡) において実施し、**観測データに基づいたアルベドに影響する要素等の雪氷物理過程の解明を進めた**。更に、積雪変質モデルの高度化のためマルチスキャン積雪深センサーによる積雪深や高標高域での積雪水当量の観測を行った。また、海氷モデルのアルベド改良を目的として、海氷放射観測および海氷物理量観測を開始した。海氷に含まれる気泡やブラインなどの微物理量、ならびに海氷面ラフネスの観測データを活用し、雪氷圏に特化した放射伝達モデルの高度化を進め、とくに**表面ラフネスのモデル化**を行った。
- ② 地上観測データから得られた知見等に基づき開発した**衛星光学センサーによる積雪粒子と光吸収性不純物の混合状態を変数とした積雪プロダクトの作成**を進めた。また、マイクロ波センサーによる海氷プロダクトにより、**広域かつ長期のデータセットの作成**を進めた。さらに、近年顕著となっている海氷の薄氷化に対応し、海氷厚や海氷面ラフネスといった新たな海氷物理量の観測を推進するため、**薄氷域を対象としたマイクロ波海氷放射伝達モデルの開発**を行った。

- ③ 本副課題で取得した観測データを用いて**積雪変質モデルの検証**を行うとともに、同モデルを組み込んだ当庁の解析積雪深・降雪量及び降雪短時間予報の高度化や、複数官署で取り組んでいる融雪を考慮した流域・土壌・表面雨量指数開発への技術的なサポートを行った。積雪変質モデルにおいて光吸収性不純物の積雪時空間変動を正確に考慮するために、**領域化学—気象モデルと積雪変質モデルの結合に関する研究を実施**した。2020-2021 冬期の東アジア領域における面的計算を実施し、積雪内部の光吸収性不純物の観点で検証をおこなったところ、許容できる精度を得た。また、観測から得られた積雪・海氷に関する物理過程の知見を活用することにより、**海氷上メルトポンドを考慮した海氷モデルの開発**を進めた。

(副課題3) 数値モデルの予測精度向上に向けた積雲対流・雲・放射スキームの精緻化

① 積雲対流スキームの精緻化

- ・ 積雲対流スキームの雨/雪判別において気温ではなく**湿球温度を基準とする改良**を施し、CMIP7 向け計算に反映させた。
- ・ 対流の揺らぎ効果を導入し、陸域における雲水量の変換効率の調整を行った結果、下層雲バイアスと降水分布が改善した。これを CMIP7 向け計算に反映させた。
- ・ 積雲対流スキームの水平高解像度化を目指して、**対流活動を診断量のみとせず一部を予報変数化するための文献調査**を進めた。この予報変数化の実現性と機械学習の利用可能性を比較検討した。

② 雲・放射スキームの精緻化

- ・ 雲フィードバック（温暖化時の雲の変化による放射収支変化）の**鉛直構造を従来手法よりも詳細に解析できる手法を開発**した(Kawai et al., 2024)。この手法はモデル開発においてモデルの物理過程を変更した際、放射収支が変わった原因を定量的に理解するために使うこともでき、有用性が高い。
- ・ MRI-ESM3 において、**雲の側面からの蒸発の扱いを改良**した。従来、積雲対流から吐き出される雲の蒸発の計算は極めて簡易的な方法で処理されていたが、そのやり方を廃止し、**物理過程としてより精緻化された方法を導入**することができた。
- ・ MRI-ESM3 において、数値予報課の協力を得て**雲過程の飽和調節方法を精緻化**した。この改良により中高緯度の下層雲の再現精度が向上し、下層雲を維持するために浅い積雲対流を広い領域で抑え過ぎていた状況も改善できた。
- ・ 気象庁全球モデルで使われている**雲スキームの改良方法を考案**した。この方法は「光学的に薄く雲量が多い状態」をモデルで表現できない問題を軽減可能である。この方法の実験結果やプログラムコードを数値予報課担当者に提供した。
- ・ モデル空間解像度が TL159 から TL959 と上がっていくにつれて雲が減少するという**空間解像度依存性について原因を詳しく調査**し、気象学会大会で発表

した。

- ・ 気象庁全球モデルの雲量オーバーラップ仮定(COA)と雲水量水平非一様性仮定(CHIA)を改良する手法(ICA)を開発した。ICAは計算精度が高い一方で計算コストが高いため、リファレンスとしての利用に適している。そこで、計算精度はやや落ちるものの**高速な近似手法(McICA)**の開発も進めた。
- ・ 本研究のICAを用いることで、先行研究のCHIAの中には**大気放射計算におけるモデル格子内の雲水量の水平方向揺らぎ鉛直相関の取り扱いに問題がある**ことを明らかにできた。
- ・ MRI-ESM3 および気象庁全球モデルで使われている**大気放射エアロゾル直接効果スキームの問題点**について調査し、その修正案と修正によるインパクト実験結果を数値予報課担当者と共有した。この修正を気象庁全球モデルに組み込む方向で作業を進めている。その過程で、エアロゾル光学特性の一次散乱計算ツールを最新の計算機環境で動作させるための作業も行った。

(副課題4) 実験観測に基づくエアロゾル・雲・降水微物理素過程モデリングの改良

① 雲核(CCN)・氷晶核(INP)の特性解明と定式化

- ・ 北極域でのエアロゾル、雲残渣中の粒子分析から、**バイオエアロゾルのINP形成への寄与を明らかにした**。森林火災から発生した光吸収有機エアロゾルの発生量等を見積もることで気候影響に関する知見を得た。また、**森林火災由来と海塩由来のエアロゾルが混合することで物理化学特性やCCN特性が大きく影響を受ける**ことを明らかにした。
- ・ **複数の測定手法によるバイオエアロゾル観測を筑波山頂等で実施し**、粒径分布や数濃度の変動傾向を捉え、エアロゾル物理化学特性やINP濃度等の変動との関連の解析を進めた。
- ・ 大西洋沖の航空機観測や太平洋沖の船舶観測データから、**鉍物粒子や海塩粒子から求めたINP濃度の推定値と実測値を比較解析し、高温領域での過少推定に対する改善法を提示した**。
- ・ 海洋起源エアロゾル、ジェットオイル、煤等のCCN・INP特性の室内実験も進めたが、追試等を行った上で定式化を図る。

② 雲物理パラメタリゼーションの改良

- ・ 雲生成チェンバーの実験条件や測定要素を拡張改善するため、**高温高湿な環境場の実現、上昇速度の制御範囲の拡張、エアロゾル・雲センサーの追加**などを行った。熱帯海洋上の対流雲において、吸湿性粒子の外部混合が雲粒生成に及ぼす影響に関する実験を進め、上昇速度の低下に伴うCCN活性化比の減少、高温高湿条件での10 μ m以上の雲粒数濃度の増加など定量的に評価し、詳細微物理スキーム(ビン法)に基づくボックスモデル数値実験と比較検証を行った。過飽和度が相対的に抑制されるより小さい上昇速度の事例では、CCN活性がより競合的になるため、**エアロゾル種の数濃度だけでなく粒径分布を考慮し比較検証する必要がある**ことが分かった。

- ・ 人為起源エアロゾル粒子として、ジェットオイルや煤を対象にした氷晶発生実験を行い、ダスト粒子との外部混合による実験も合わせて行った。単独では均質核形成の温度で氷晶発生するとしても、**外部混合によって雲粒・氷晶発生が大きく変わる**ことが分かり、現実大気での航空機からの排出量、外部混合の量も考慮した混合実験を検討する。
 - ・ 層状性の暖かい雨の事例のシミュレーションを行い、**ダブルモーメント雲微物理スキームの雲粒粒径分布パラメータを観測に基づいて決定した場合**をオリジナルの値を適用した場合と比較し、**地上降水の再現性が向上すること**を示した。
- ③ 詳細微物理モデルの改良
- ・ 複数の吸湿度 (CCN 能) を持つエアロゾルの外部混合を扱えるようにするため、**ボックスモデル (詳細微物理スキーム (ビン法)) を改良**した。
 - ・ 台風発生環境下を想定した条件での背景エアロゾルや付加エアロゾル (吸湿性粒子) の数濃度や平均粒径、上昇速度を段階的に変化させた場合において、暖かい雨の生成プロセスへの影響を詳細微物理スキーム (ビン法) による数値実験から調査し、**付加エアロゾルの数濃度や平均粒径がある程度大きくなると暖かい雨が抑制される**ことが分かった。
 - ・ **野外観測データを用いて、領域化学輸送モデル (NHM-Chem) に実装された詳細微物理スキーム (パルク法) のエアロゾル素過程の評価と改良**を行った。エアロゾルの累積モードへ自動変換する粒径を変更したことにより、累積モードの不自然な縮退を避けることができ、その結果、**エアロゾル素過程パラメータの予測精度が 20-30%程度向上**した。
- ④ エアロゾル・雲・降水モデリングの精緻化
- ・ 夏季における東京の都市型豪雨事例について、NHM-Chem により CCN・INP 数濃度を変化させる感度実験を行い、**エアロゾル増減に対して地上降水は数 10%程度の増減となり非線形な応答**を示した。
 - ・ エアロゾル濃度が日本の 10 倍以上でエアロゾルと降水の間に優位な関連が示唆される南アジア域を対象として、**エアロゾルの質量濃度の予測精度を向上**した論文を発表した。その発展として、NHM-Chem への**エアロゾル・雲・放射相互作用過程の実装**と、南アジア域における相互作用についての評価論文を投稿準備中である。
 - ・ 過去の台風事例において、各エアロゾル種による雲システムへの影響評価のほか、吸湿性エアロゾル付加による台風への影響可能性に関する調査を行った。地上降水へのインパクトとして、**人為起源粒子や鉱物ダストの変化は相対的に大きく影響する**のに対して、海塩粒子の変化は影響が小さかったものの、**吸湿性エアロゾル付加によって、台風の中心気圧の弱化、水平風速の軸対称性の崩れなどの傾向を確認**した。エアロゾル付加の条件 (場所、量など) を変えた場合も影響が大きいことを確認した。

(2) 当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

(副課題 1) 高解像度数値モデルにおける線状降水帯等の激しい気象現象の再現性向上
変更なし。

(副課題 2) 雪氷物理過程の高度化に資する観測的研究
変更なし。

(副課題 3) 数値モデルの予測精度向上に向けた積雲対流・雲・放射スキームの精緻化
近年の気象学における著しい AI の躍進動向を踏まえ、当初計画の物理アルゴリズムによる積雲対流スキーム精緻化は既存モデルのブラッシュアップに留めることとする。それにより余裕が発生した業務エフォートを「AI を用いたデータ駆動型モデル」による積雲対流スキームの新規開発に振り替え、従来モデルと AI の比較検証を行う。

(副課題 4) 実験観測に基づくエアロゾル・雲・降水微物理素過程モデリングの改良
近年の研究動向や分科会提言、計算機資源の制約等を踏まえた上で、従来の微物理モデル開発に加え、計算コストが軽量化された AI 高速微物理モデルの開発も喫緊の課題と考えて令和 7 年度後期から開発に着手する。次年度以降も開発を継続し、従来の 3 次元改良モデルとの費用対効果を明らかにする。

(3) 成果の他の研究への波及状況

(副課題 1) 高解像度数値モデルにおける線状降水帯等の激しい気象現象の再現性向上
ムーンショット型研究開発事業目標 8 研究開発プロジェクト「海上豪雨生成で実現する集中豪雨被害から解放される未来」における「富岳」への NHM 移植に貢献するとともに、雲・降水過程に関する知見をもとに観測計画へ助言を行っている。

(副課題 2) 雪氷物理過程の高度化に資する観測的研究

副課題 2 において開発・改良を行っている積雪変質モデルを組み込んだ当庁の解析積雪深・降雪量及び降雪短時間予報の高度化への技術支援を行った。また、複数官署で取り組んでいる融雪を考慮した流域・土壌・表面雨量指数開発への技術支援を行った。

M2 課題で進めている海洋モデルの物理プロセス改良のため、副課題 2 において開発・改良を行っている海氷アルベドモデルとその活用による海氷上メルトポンドを考慮した海氷モデルの導入に向けて、当該課題担当者と連携した開発を進めた。

(副課題 3) 数値モデルの予測精度向上に向けた積雲対流・雲・放射スキームの精緻化
副課題 3 で考案された雲スキームの改良方法をベースにして数値予報課と気象研究所全球大気海洋研究部が気象庁全球モデルへ導入するための新しい雲スキームの開発を進めている。

副課題 3 で修正した大気放射エアロゾル直接効果スキームは気象庁全球モデルへ導入する計画で移植作業が進んでいる。

副課題 3 の成果 (Kawai et al., 2017) で提案した「推定雲頂エントレインメント

指数」を特徴量の一つとして使用する海上霧ガイダンスが本庁予報課で現業化された。また、この指数を使った層積雲スキーム (Kawai et al., 2019) が日本の二つの主要な気候モデルのうちの一つである MIROC7 (東京大、国環研、JAMSTEC) でも採用されることが決まった。導入に当たり、情報提供やアドバイスをを行った。

(副課題 4) 実験観測に基づくエアロゾル・雲・降水微物理素過程モデリングの改良

雲生成チャンバー等による吸湿性粒子やヨウ化銀の室内実験の成果は、ムーンショット型研究開発事業目標 8 コア研究「安全で豊かな社会を目指す台風制御研究」での数値シミュレーションによる研究にも活用されている。気象研でのエアロゾル地上観測データは、所内緊急研究で導入された水蒸気・風ライダーの評価機検証用にも活用されている。

(4) 事前評価の結果の研究への反映状況

下記の事前評価をいただいております、それぞれ研究に反映させた。

1. 「**風洞実験や露場観測から高解像度数値モデルの再現性向上に結び付けていただくことを期待する。**」
 - 風洞実験や露場観測等の成果を元に物理過程の解明に取り組み、その成果を踏まえて診断・予測手法の開発に繋げるべく研究・開発を進めることとし、高解像度数値モデルの再現性向上に資する成果を挙げつつある。
2. 「**予測精度向上を評価指標とするだけでなく、物理過程そのものの解明にも、重点を置く必要がある。**」
 - 観測・室内実験・数値実験を組み合わせる物理過程そのものを解明することにより、予測精度向上を図ることとした。
3. 「**改善を目指すだけで、目標があいまいである。副課題 2, 3 は新規性がわからない。モデルの高解像度化は不可欠だが、モデル内の物理過程がバランスよく改善される必要がある。モデルの高解像度化は副課題 1 が担っているが、ほかの副課題がどのように連携していくのか、各副課題の成果をどのように活かすのか、方針を示すべきである。副課題 4 は雲チャンバーを用いた研究が中心だが、国際的な研究協力も進めるべきである。」「素過程の探求に満足することなく、予測精度の向上が社会から見て明確に認識できるところまでたどり着いてほしい。」**」
 - 各副課題の成果が副課題 1 のモデルに組み込まれることにより、予測精度の改善を図ることとし、ご指摘の趣旨・問題意識に沿う形で研究を進めている。これまでに、副課題 2 で得られた積雪変質過程や副課題 3 で得られた下層雲スキームが、現業数値モデル、解析積雪深・解析降雪量、降雪短時間予報などの気象庁のプロダクトに組み込まれており、それぞれ令和 7 年度の日本気象学会堀内賞、日本気象学会賞を受賞するなど学術的にも高く評価されている。また、副課題 4 については、WMO などの国際的な枠組み等も活用して、最新の研究成果の発表・情報交換や協力関係の構築を図る。

4. 「雲・放射スキーム改善においては積雲対流のみならず、地球の放射収支にも重要な影響を与え、かつ沿岸域の太陽光発電効率にも影響する下層雲も全球モデル・領域モデルともに対象に含めるべきである」

➤ 雲・放射スキーム改善について、現時点では全球モデルへの貢献が主であるが、領域モデルへの応用も考慮しながら研究を進めている。また、地球の放射収支に対するエアロゾルの影響については未解明な点が多いことから、既存の研究設備も活用して研究を進める。

5. 「どのような物理プロセスで境界条件が作られているのかを考察することは、スケール間相互作用を考える上で重要であり、M 課題、C 課題と緊密な連携を図って進めていただきたい。」「D・T 課題とも連携し、大学・研究機関と共同した現場観測の機会を模索して頂きたい。」

➤ 線状降水帯の予測精度向上に向けたマイクロ波放射計の全庁的な活用などの例に見られるように、課題に囚われることなく各研究者の強みを生かした課題間や他機関との連携を適宜行っている（「4. 研究成果（3）成果の他の研究への波及状況」、「6. 自己点検（3）研究の効率性」の項も参照）。

5. 今後の研究の進め方

（全体）

課題全体として概ね計画どおりに進んでいる。今後も気象学の発展や AI 技術などの最新技術の動向を注視し、成果を取り入れながらも、基本的に当初計画に沿って研究を進める。各副課題の具体的な進め方は下記のとおり。

（副課題 1）高解像度数値モデルにおける線状降水帯等の激しい気象現象の再現性向上

- ① 広領域・高解像度実験の結果を解析できる環境を構築し、線状降水帯をもたらす積乱雲の急発達に関するメカニズムを明らかにするとともに、異なる解像度での数値実験により再現された線状降水帯の内部構造を比較し、線状降水帯の位置ずれをはじめ、再現性に影響を与える要因を調査する。台風境界層については、次年度以降に実施予定の航空機観測から得られるデータも利用し、これまでと同様の比較を継続して行う。
- ② 解像度に応じた物理過程の検討をさらに進めるため、異なる環境場における積雲対流を評価し、鉛直シアや環境場の相対湿度がサーマルに与える影響を評価する。
- ③ 境界層乱流の解明とモデル化に向けて、より多くの風速・温度成層条件での風洞実験を実施し、様々な条件で適用可能な地表面フラックス予測・診断手法を開発・改良しつつ、asuca への実装検証を行う。また、高解像度モデルに適したサブグリッドの乱流輸送ゆらぎを予測する手法の構築を目指し、乱流のグリッドスケール-サブグリッドスケール間の相互作用の研究を進める。さらに、マルチスケール展開を用いてサブグリッドスケールでの乱流の揺らぎを解析することによって、渦粘性近似を用いないグレーゾーンでも適用可能なモデルを開発するとともに、より広範な気象条件（大気安定度等）に対して拡散モデルの学習を進め、実際の

数値予報モデルへ組み込む。

(副課題 2) 雪氷物理過程の高度化に資する観測的研究

次の3つのテーマについて引き続き研究を推進する。

- ① 札幌・北見・長岡における放射・気象・積雪観測を継続し、雪氷物理過程の解明を進める。また、新たに開始したマルチスキャン積雪深センサーによる積雪深や高標高域での積雪水当量の観測データを活用した積雪変質モデルの高度化、海氷面のラフネスの観測データを活用した雪氷圏に特化した放射伝達モデルの高度化を進める。
- ② ①で得られた地上観測データからの雪氷物理過程に関する知見や、雪氷圏に特化した放射伝達モデルを活用し、衛星光学センサーによる積雪粒子と光吸収性不純物の混合状態を変数とした積雪プロダクトおよびマイクロ波センサーによる新規海氷プロダクト開発を進める。また、広域・長期データセットの作成を進め、雪氷圏変動の面的な実態把握および次期衛星を含む静止衛星ひまわりによる積雪・海氷の質的な雪氷プロダクトの充実及び現業利活用の検討を行う。
- ③ ①で得られた知見、①②で得られた検証データを活用して光吸収性不純物の積雪時空間変動への影響等を考慮した積雪変質モデルの高度化、及び融解期のメルトポンドの影響を考慮した海氷モデルの高度化を進める。これらモデルと大気・海洋モデルとの結合を行い、これらの影響考慮による雪氷に係るモデル算出結果の改善を図る。また、当庁の防災情報の精度向上に資するため、積雪変質モデルを組み込んだ本庁の解析積雪深・降雪量及び降雪短時間予報の高度化や、複数官署で取り組んでいる融雪を考慮した流域・土壌・表面雨量指数開発への技術的なサポートを継続する。

(副課題 3) 数値モデルの予測精度向上に向けた積雲対流・雲・放射スキームの精緻化

① 積雲対流スキームの精緻化

積雲対流パラメタリゼーションの水平高解像度化について、文献調査済みの当初計画案(グレーゾーン対応の新規方程式開発)を一旦留保し、人工知能/機械学習による代理モデリングを利用した高解像度化手法の開発に着手する。

② 雲・放射スキームの精緻化

研究は順調に進捗しており、全球モデルにおいて様々な種類の雲の再現性を上げるためのスキーム改良を続ける。特に、過少バイアスを持つ陸上雲の再現性向上に取り組む。

リファレンスと比較することで全球モデルの放射スキームの問題点をさらに抽出し、引き続き改良を目指す。特に、長波放射における雲の散乱効果の再現性向上に取り組む。

(副課題 4) 実験観測に基づくエアロゾル・雲・降水微物理素過程モデリングの改良

- ① バイオエアロゾル、海洋起源エアロゾル等の CCN・INP 特性の定式化を進め、ボッ

クスモデル（詳細微物理スキーム（ビン法））改良による数値実験の再現性を高める。

- ② 標準的な混合粒子を対象とした予備実験の結果を基に、実大気のエロゾル粒子の混合・変質過程を模した本実験に着手し、雲生成に与える影響を定量的に評価する。
- ③ これらによって得られた知見に基づき、雲生成パラメタリゼーションを改良し、その成果を反映して改良された領域化学輸送モデルによる降水・放射予測精度向上につなげるとともに、大雨や台風等に対するエロゾルの影響を様々な事例で評価・検証する。
- ④ 従来の詳細微物理スキーム（バルク法）の改良に加えて、計算コストが軽量化された AI 高速微物理モデルも同時に開発して費用対効果を明らかにする。

6. 自己点検

（1）到達目標に対する進捗度

副課題毎に設定した中間評価時の到達目標を概ね達成、もしくは達成の見込みが得られており、課題全体として到達目標を概ね達成している。

副課題毎の進捗度は以下のとおり

（副課題 1）高解像度数値モデルにおける線状降水帯等の激しい気象現象の再現性向上

以下のことから、中間評価時の到達目標を概ね達成しており、事前評価時に設定した中間評価時（3年度目）の目標に対し、現時点（計画2年度目）として概ね十分な進捗度であると考えられる。

激しい気象現象の再現性評価ツールを整備・活用し、再現性向上に向けた課題の検討・整理を進めた他、LES をもとにサーマル挙動の解像度に対する依存性を明らかにした。また、LES・風洞実験をもとに、地表面フラックスの診断・予測スキームの課題を抽出し、改善策を具体的に検討しながら新たな手法のテストを進めるとともに、顕熱、運動量輸送に関して得た知見を asuca ミーティング等で本庁数値予報課に共有している。副課題 2 との連携により、積雪予測精度向上に向け、積雪変質モデルの積雪粒子特性の初期値の与え方について課題を整理し、新たな手法を検討している。

（副課題 2）雪氷物理過程の高度化に資する観測的研究

以下のことから、中間評価時の到達目標を概ね達成している。

積雪域における各種地上観測および海水での放射・物理量観測を計画通り実施するとともに、観測データに基づきアルベドに影響する要素等の雪氷物理過程の解明や雪氷圏に特化した放射伝達モデルの高度化を進め、精度向上のための課題を整理した。また、地上観測データから得られた知見等に基づき、マイクロ波センサーによる海水プロダクトの作成を進めて、海水モデル精度評価に係る課題を整理した。さらに、積雪変質モデルに光吸収性不純物の積雪時空間変動を正確に考慮するため領域化学—

気象モデルと積雪変質モデルを結合して2020-2021冬期の東アジア領域における面的計算を実施した他、海氷上メルトポンドを考慮した海氷モデルの開発を進め、モデル精度向上のための課題の整理を行った。

以上の成果から、中間評価時の到達目標に概ね到達している。

(副課題3) 数値モデルの予測精度向上に向けた積雲対流・雲・放射スキームの精緻化

以下のことから、中間評価時の到達目標を達成、もしくは概ね達成している。

- ① 積雲対流スキームの精緻化：グレーゾーンに対応するための新規方程式について詳細な文献調査を終えた。また、特に重要と考えられる積雲対流スキーム改善については方向性を示すだけでなく、すでにプログラム改良を進めて CMIP7 向けの計算に反映させることができた。したがって中間評価時の到達目標に概ね到達している。
- ② 雲・放射スキームの精緻化：観測データ・リファレンスとの比較や文献調査を行うだけでなく、雲スキームや放射スキームの改善に資するプログラム改良を進める段階に進んだ。一部は現業モデルへの移植作業が始まっている。したがって中間評価時の到達目標に到達している。

(副課題4) 実験観測に基づくエアロゾル・雲・降水微物理素過程モデリングの改良

以下のことから、中間評価時の到達目標を概ね達成（ある程度達成）しており、事前評価時に設定した中間評価時（計画3年目）の目標に対し、現時点（計画2年目）で概ね十分な進捗度であると考ええる。

雲生成にインパクトがあるバイオエアロゾル等の物理化学特性、CCN・INP 特性の知見を室内実験や野外観測から得た。人為的に発生させた外部混合粒子の雲生成予備実験のデータ取得を行い、ボックスモデル（詳細微物理スキーム（ビン法））との相互比較を行った。モデル側で初期雲粒粒径分布の時間変化で室内実験と比べて定性的な一致を確認した。公表された文献資料も含めて、雲スキームの現状と問題点、改良すべき項目を整理した。改良中の詳細微物理スキームを実装した領域化学輸送モデル等を用いて、都市型豪雨や台風事例でエアロゾルを付加した場合の降水インパクトを調べた。様々な事例において従来の雲スキームによる数値実験結果との違いを整理するとともに、詳細微物理スキームの改良を引き続き進めている。

(2) 到達目標の設定の妥当性

「(1) 到達目標に対する進捗度」の記載のとおり、概ね計画に沿って進捗しており、研究計画時に設定した到達目標は妥当であったと考えている。

(3) 研究の効率性（実施体制、研究手法等）について

以下のとおり、効率性を意識した実施体制を構築し、各人が効率性を意識して研究を進めている。

◆気象研究所が所有する研究施設や観測測器の活用

当課題の遂行のために、気象研究所が所有する大型気象風洞施設、低温実験施設等の既存の施設を研究の目的に応じて改修・機能追加しながら効率的に研究を進めている。これらの研究施設や観測測器の利用にあたっては、施設の特徴や優位性を十分検討し、他の手段では知りえない事項を重点的に研究対象として研究を進めている。

◆副課題間の連携

本研究課題は、現代の気象予報で考慮すべき物理過程をできるだけ重複がないように4つの副課題に分けて研究を進めることにより効率性を高めている。一方で、物理過程間の相互作用の知見や研究成果の共有、(人的資源も含めた)研究資源の活用等については最新の情報処理環境も積極的に利用して必要な情報の共有を密に行うことで研究課題の一体性や効率性を高めている。

◆他の課題間の連携

M5 課題(大気微量成分の監視予測技術と気象・気候影響に関する研究)で開発された実験環境を活用して数値予報モデルにおけるパラメタリゼーションの改善を進めるなど、他の研究課題の成果を活用することにより、少ない人員で効率的に研究を進めている。また、課題を問わず進められている人工知能/機械学習に関する知見や成果を活用して今後の研究効率をさらに高める方向で研究を進めている。

◆外部資金の活用・他機関との協力

科研費等の外部資金の活用や国内外の機関との協力連携を積極的に行うことで先進的な研究を遂行しており、研究資金の調達、人員の効率的な配置、そこで得られた手法や成果の活用によって、効果的に研究を遂行するよう努めている。気象庁業務の改善に密接する項目に関しては、関連する本庁内の技術開発部門とも密に連携している。

(4) 成果の施策への活用・学術的意義

◆施策への活用

激しい気象現象に関する機構解明・モデル検証/改良、乱流境界層の解明/地表面フラックス診断予測手法の開発や雲・放射に関する研究成果は、気象庁現業予報モデルや気候変動予測モデル等の精度向上に寄与することが期待でき、これまでの成果の一部は既に季節予報モデルに組み込まれている。

副課題2における積雪変質モデルに関する技術的なサポートにより、令和7年寒候期から当庁で運用している積雪変質モデルが改良され、当庁の解析積雪深・降雪量及び降雪短時間予報の精度向上や融雪を考慮した流域・土壌・表面雨量指数開発の進展に貢献した。

◆学術的意義

副課題3で行った下層雲に関わる雲スキーム精緻化の研究は、その学術的重要性が認められ、2025年度の日本気象学会賞を受賞した。また、副課題2で行った大気―雪氷相互作用に関する研究は、2025年度の日本気象学会堀内賞を受賞した。

大型風洞、LES (Large Eddy Simulation)、及び観測をあわせて利用した境界層乱流の解明や地表面フラックス診断・予測手法の開発は、数値予報モデルが高解像度化されていく流れの中で不可避なグレーゾーン問題に関して本質的な知見を与えると期待でき、大きな学術的意義を備えている。

前中期計画 (R1-R5) で開発・論文発表を行なった雲降水素過程追跡手法は、理研SCALEに導入され、今中期計画 (R6-R10) の中で行われた連携研究を通じて、冬季北海道の降雪粒子特性の将来変化に関する学術的成果 (Sato et al., 2024) に繋がっており、その他の連携研究でも利用が拡大しつつある。

筑波山頂や気象研サイトにおけるエアロゾル・CCN・INPの地上観測は、東アジア域の一地点でエアロゾルの時空間分布を計算するモデル検証用の基盤データとして有用なものである。また、電子顕微鏡を用いたエアロゾル研究結果は、気候変動の鍵となる地域 (北極、アマゾン、森林火災など) や日本近海でのエアロゾル粒子の実態を明らかにする世界的に貴重な成果である。

(5) 総合評価

集中豪雨、台風等激しい気象現象や季節予報・気候変動予測などの気象予測に用いられる数値予報モデルの予測精度向上は社会的なニーズが大きく、そのための数値モデル技術の改善には、当課題で研究対象としている物理プロセスの解明や再現性向上が必要とされている。この研究分野には未解明の部分が多く残されており、その実態を解明することは気象業務の高度化だけでなく、学術的にも重要性が高いため、成果を積み重ねることを通じて地球科学の発展にも寄与できる。また、予測精度向上や計算機コストの軽量化の観点からAI活用による高速化モデルの開発も急務である。

本中間評価の時点では、研究は概ね計画どおりに進んでおり、今後も本研究課題を計画に沿って着実に進捗させていきたい。

7. 参考資料

7.1 研究成果リスト

(1) 査読論文：47件

1. Iwata, A., A. Matsuki, W.-C. Kuo, H. Kobayashi, A. Shimizu, T. Kameda, and N. Orikasa, 2025: A Field-Based Evaluation of Low-Cost Pollen Sensors for their Applicability To Asian Dust Detection. SOLA. (accepted)
2. Iwata, A., S. G. M. Horwitz, K. Kurihara, A. Matsuki, and T. Okuda, 2026: Variability of submicron ice-nucleating particles at urban and rural sites in Japan related to aerosol chemical components. *Atmospheric Research*, 327, 108386.
3. Mangaraj, P., Y. Matsumi, T. Nakayama, A. Biswal, K. Yamaji, K., H. Araki, N. Yasutomi, M. Takigawa, P. K. Patra, S. Hayashida, A. Sharma, A. P. Dimri, S. K. Dhaka, M. S. Bhatti, M. Kajino, S. Mor, R. Khaiwal, S. Bhardwaj, V. J. Vazhathara, R. K. Kunchala, T. M. Mandal, P. Misra, T. Singh, K. Vatta, and S. Mor, 2025: Weak coupling of observed surface PM_{2.5} in Delhi-NCR with rice crop residue burning in Punjab and Haryana. *npj Clim. Atmos. Sci.*, <https://doi.org/10.1038/s41612-025-00901-8>, 8:18, 9 pp.
4. Chen, N., S. Stamnes, W. Li, T. Aoki, T. Tanikawa, M. Hori, R. Shimada, and K. Stamnes, (submitted): Snow parameter retrieval algorithm enhanced by optimal estimation (SPR-OE) and its validation over Greenland. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*.
5. Suzuki, T., A. Iwata, K. Yamashita, W.-C. Kuo, H. Kobayashi, N. Orikasa, R. Misumi, H. Kusaka, S. Shima, and M. Kajino, 2025: Seasonal Variation of Atmospheric Aerosol Particles and Ice-Nucleating Particles at Mt. Tsukuba. SOLA. (submitted)
6. Kinase, T., F. Taketani, Y. Tobo, M. Takigawa, K. Adachi, T. Miyakawa, C. Zhu, and Y. Kanaya, 2025: Contribution of bioaerosols from terrestrial ecosystems to ice-nucleating particles over the Arctic Ocean. *npj Climate and Atmospheric Science*. (in press)
7. Kazuhiko, M., T. Tanikawa, K. Naoki, M. Nakayama, and K. Cho, 2025: Effect of ice surface roughness on polarized emissivity in the microwave region. *IEEE Transactions: Geoscience and Remote Sensing*. (submitted)
8. Watanabe, S. I., H. Niino, 2025: On the initiation point of the Japan-Sea Polar-Airmass Convergence Zone: A case study. SOLA, 21, 431-438.
9. Adachi, K., Yoshida, A., Mori T., Moteki, N., Ohata, S., Kita, K., Kawai, Y., and M. Koike, 2025: Individual particle compositions and aerosol mixing states at different altitudes over the ocean in East Asia. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 25, 12599-12613.
10. Watanabe, S. I., K Sueki, 2025: Momentum and tracer budget of the convective

- thermal by entrainment. *Journal of the Atmospheric Sciences*. (submitted)
11. Koike, M., M. Takigawa, S. Morimoto, K. Adachi, T. Aizawa, N. Chandra, R. Fujita, D. Goto, S. Ishidoya, K. Ishijima, A. Ito, K. Kawai, Y. Kanaya, Y. Kim, T. Kinase, Y. Kondo, T. Machida, H. Matsui, T. Miyakawa, M. Mochida, T. Mori, N. Moteki, et al, 2025: Studies of atmospheric climate forcers in the Arctic during the ArCS II project. *Polar Science*, 45.
 12. Sztipanov, M., T. Kindervatter, S. Stamnes, Y. Hu, X. Zeng, T. Tanikawa, F. Yang, and K. Stamnes, 2025: Accurate and computationally efficient method for atmospheric heating rate computations. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*. (submitted)
 13. Kajino, M., K. Ishijima, J. Ching, K. Yamaji, R. Ishikawa, T. Kajikawa, T. Singh, T. Nakayama, Y. Matsumi, K. Kojima, T. Machida, T. Maki, P. K. Patra, and S. Hayashida, 2025: Impact of post-monsoon crop residue burning on PM_{2.5} over northern India: optimizing emissions using a high-density in situ surface observation network. *Atmos. Chem. Phys.*, 25, 7137–7160, <https://doi.org/10.5194/acp-25-7137-2025>.
 14. Koike, M., Y. Kawai, K. Adachi, H. Aiki, Y. Kanaya, H. Kawai, K. Kita, F. Kondo, T. Koshiro, H. Matsui, T. Miyakawa, A. Miyamoto, T. Miyasaka, Y. Miyazaki, M. Mochida, T. Mori, N. Moteki, T. Murayama, H. Nakamura, S. Ohata, E. Oka, S. Okajima et al, 2025: Integrated aircraft and research vessel observational studies of aerosols and clouds in summer over the western North Pacific. *Progress in Earth and Planetary Science*, 12.
 15. Archie Veloria, Yuuki Wada, Hitoshi Hirose, Daichi Kitahara, Syugo Hayashi, and Tomoo Ushio, 2025: Introduction of Lightning into the GSMaP Rainfall Measurements through Optimized Power-Law Model. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 42–6, 637–656.
 16. Sho Kawazoe, Yousuke Sato, Syugo Hayashi, 2025: Investigating the uncertainties in future lightning activity over eastern Japan using convective-permitting climate simulations. *SOLA*, 21B, 003.
 17. Kindervatter, T., W. Li, N. Chen, Y. Huang, Y. Hu, S. Stamnes, X. Lu, B. Harume, J. J. Stamnes, T. Tanikawa, J. Lee, C. Weimer, X. Zeng, C. K. Gatebe, and K. Stamnes, 2025: Average optical path length estimation in a slab of arbitrary finite thickness. *Frontiers in Remote Sensing*, 6, 1565245.
 18. Tanikawa, T., K. Masuda, H. Ishimoto, T. Aoki and K. Stamnes, 2025: Modeling of ice albedo: A quantitative study of the impact of surface roughness. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 345, 109543
 19. Chen, N., W. Li, Y. Fan, Y. Zhou, T. Aoki, T. Tanikawa, M. Niwano, M. Hori, R. Shimada, S. Matoba, and K. Stamnes, 2025: Snow parameter retrieval (SPR) algorithm for the GCOM-C/SGLI sensor: Validation over the Greenland Ice Sheet.

- Frontiers in Environmental Science, 13, 1541041.
20. Sahu, L. K., M. Gupta, N. Tripathi, R. Yadav, T. G. Malik, and M. Kajino, 2025: Effect of different sources and meteorological processes on the variability of VOC composition in a metropolitan city of western India during summer season. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 130, e2024JD040867, <http://doi.org/10.1029/2004JD040867>.
 21. Iinuma, Y., and M. Kajino, 2025: Typhoon-enhanced BVOC and pollutants drive highly oxidized SOA formation in subtropical evergreen forests in Okinawa, Japan. *ACS Earth Space Chem.*, 9, 699–714, <https://doi.org/10.1021/acsearthspacechem.4c00374>.
 22. Ohata, S., Moteki, N., Adachi, K., Tobo, Y., Matsui, H., Kita, K., Mori, K., and M. Koike, 2025: Aircraft – based observation of mineral dust particles over the western North Pacific in summer using a complex amplitude sensor. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 130, e2024JD043063.
 23. S. Hayashi, Y. Hirockawa, S. I. Watanabe, and A. Hashimoto, 2025: An Object-Based Approach for Quantitative Verification of Quasi-Stationary Band-Shaped Precipitation Systems, “Senjo-Kousuitai,” *Forecasts. SOLA*, 21A, 1–5.
 24. Zhou, Y., W. Li, N. Chen, T. Toyota, Y. Fan, T. Tanikawa, and K. Stamnes, 2025: Spatiotemporal variations of sea ice albedo: a study of the dynamics of sea ice albedo in the Sea of Okhotsk. *Remote Sensing*, 17–5, 772.
 25. Stamnes, K., T. Kindervatter, W. Li, N. Chen, Y. Huang, Y. Hu, S. Stamnes, X. Lu, B. Hamre, T. Tanikawa, J. Lee, C. Weimer, X. Zeng, C. Gatebe, J. Stamnes, 2024: Two-stream approximation in radiative transfer: Average Optical Path Length Estimation. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 82–5, 943–953.
 26. Sekiyama, T. T., and M. Kajino, 2025: Dispersion simulation using the 1-km gridded wind fields constructed by super-resolution surrogate downscaling. *J. Meteor. Soc. Japan*, 103(3), 321–333, <https://doi.org/10.2151/jmsj.2025-016>.
 27. Tsushima, A., N. Esashi, S. Matoba, Y. Iizuka, R. Uemura, K. Adachi, T. Kinase, M. Hirabayashi, K. Kawakami, R. B. Kayastha, and K. Fujita, 2025: Contrasting responses of ion concentration variations to atmospheric patterns in central Himalayan ice cores. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 130.
 28. Adachi, K., C., Sun, R., Onchang, and N. Takegawa, 2025: Homogeneous Mixing of Sea Spray and Biomass Burning Tracer Elements Within Single Particles Observed Over Southeast Asia. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 130.
 29. Rawat, V., N. Singh, S. K. Dhaka, P. K. Patra, Y. Matsumi, T. Nakayama, S. Hayashida, M. Kajino, and S. Kimothi, 2025: Insights into aerosol vertical distribution, subtype, and secondary particle formation in central Himalayas: A COVID-19 lockdown perspective. *Atmos. Environ.*, 343, 121015, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2024.121015>.

30. Ishihara, Y., M. Kajino, Y. Iwamoto, Y. Nabetani, T. Okuda, M. Kono, and H. Okochi, 2025: Impact of artificial sunlight aging on the respiratory effects of polyethylene terephthalate microplastics through degradation-mediated terephthalic acid release in male mice. *Toxicol. Sci.*, <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfael135>, 203(2), 242–252.
31. Freitas, G., Kojoj, J., Mavis, C., Creamean, J., Mattsson, F., Nilsson, L., Schmidt, L. S., Adachi, K., ?antl-Temkiv, T., Ahlberg, E., Mohr, C., Riipinen, I., and P., Zieger, 2024: A comprehensive characterisation of natural aerosol sources in the high Arctic during the onset of sea ice melt. *Faraday discussions*, 258.
32. Misumi, R., and A. Hashimoto, 2024: Impacts of Observation-Based Cloud Droplet Size Distributions on the Simulation of Warm Stratiform Precipitation Using a Double-Moment Microphysics Scheme. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, 18, 100572.
33. Kawai, H., T. Koshiro, and S. Yukimoto, 2024: Vertical Profile Analysis of Cloud Feedbacks. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 129.
34. Adachi, K., J.E. Dibb, J.M. Katich, J.P. Schwarz, H. Guo, P. Campuzano-Jost, J.L. Jimenez, J. Peischl, C.D. Holmes, and J. Crawford, 2024: Occurrence, abundance, and formation of atmospheric tarballs from a wide range of wildfires in the western US. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 24, 10985.
35. Noda, A. T., N. Hirota, T. Koshiro, and H. Kawai, 2024: Robustness of the relationship between tropical high-cloud cover and large-scale circulations. *Climate Dynamics*.
36. Moteki, N., and K. Adachi, 2024: Measuring the polarized complex forward-scattering amplitudes of single particles in unbounded fluid flow: CAS-v2 protocol. *Optics Express*, 32, 36500.
37. Tobo, Y., K. Adachi, K. Kawai, H. Matsui, S. Ohata, N. Oshima, Y. Kondo, O. Hermansen, M. Uchida, J. Inoue, and M. Koike, 2024: Surface warming in Svalbard may have led to increases in highly active ice-nucleating particles. *Communications Earth & Environment*, 5, 516.
38. Yoshida, A., Y. Tobo, K. Adachi, N. Moteki, Y. Kawai, K. Sasaoka, and M. Koike, 2024: Analysis of oceanic suspended particulate matter in the western North Pacific using the complex amplitude sensor. *Scientific Reports*, 14, 20055.
39. Masuda, K., H. Ishimoto, T. Tanikawa, and K. Stamnes, 2024: Absorption properties by irregularly shaped particles with inclusions at visible and near-infrared wavelength regions. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 321, 108998.
40. Kuo W.-C., K. Yamashita, M. Murakami, T. Tajiri, and N. Orikasa, 2024: Numerical Simulation on Feasibility of Rain Enhancement by Hygroscopic Seeding over Kochi

- Area, Shikoku, Japan in Early Summer. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 102, 429–443.
41. Inomata, Y., A. Matsuki, M. Kajino, Y. Chigira, H. Kaneyasu, and T. Seto, 2024: Decreased trend of PM_{2.5} and BC concentrations observed on central and western Japanese islands. *Atmos. Pollut. Res.*, 15, 102258, <https://doi.org/10.1080/j.apr.2024.102258>.
 42. Beeler, P., J. Kumar, J. Schwarz, K. Adachi, L. Fierce, A. E Perring, J. Katich, and R. Chakrabarty, 2024: Light absorption enhancement of black carbon in a pyrocumulonimbus cloud. *Nature Communications*, 15, 6243.
 43. Yamashita, K., W.-C. Kuo, M. Murakami, T. Tajiri, A. Saito, N. Orikasa, and H. Ohtake, 2024: Physical Properties of Background Aerosols and Cloud Condensation Nuclei Measured in Kochi City in June 2010 and Its Implication for Planned and Inadvertent Cloud Modification. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 102, 353–363.
 44. Pereira Freitas, G., B. Kopec, K. Adachi, R. Krejci, D. Heslin-Rees, K.E. Yttri, A. Hubbard, J.M. Welker, and P. Zieger, 2024: Contribution of fluorescent primary biological aerosol particles to low-level Arctic cloud residuals. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 24, 5479–5494.
 45. Kono, M., N. Ishihara, Y. Nabeatni, M. Kajino, T. Okuda, C. Koriyama, C. F. A. Vogel, M. Tsuji, and Y. Ishihara, 2024: Enhancement of keratinocyte survival and migration elicited by interleukin 24 upregulation in dermal microvascular endothelium upon welding-fume exposure. *J. Toxicol. Environ. Part A*, 87(19), 792–810, <https://doi.org/10.1080/15287394.2024.2372403>.
 46. 足立光司, 2025: 森林火災から生じるエアロゾル粒子と電子顕微鏡分析. エアロゾル研究. (in press)
 47. 足立光司, 2025: エアロゾル粒子の電子顕微鏡分析と大気観測への応用. *大気化学研究*, 53, 053A01.

(2) 査読論文以外の著作物 (翻訳、著書、解説等) : 7件

1. 足立光司, 2024: Transmission Electron Microscopy for Studying Atmospheric Soot Particles. *Microanalysis of Atmospheric Particles*, 163–175.
2. R. Nagasawa, 2024: The impact of the cloud overlap and cloud horizontal inhomogeneity assumptions on radiation calculation in JMA global NWP model. *WGNE Research Activities in Earth System Modelling*.
3. Nakagawa, M., H. Yoshimura, K. Matsubayashi, 2024: Testing a Cumulus Parameterization Scheme for the Convective Gray Zone in JMA's Global Model. *WGNE Research Activities in Earth System Modelling*, 54.

4. von Storch, H., F. Feser, R. Blender, S. J. Camargo, L. Cavicchia, A. Di Luca, G. Fu, L. F. Gozzo, E. Koks, M. Messmer, N. Mori, M. D.K. Priestley, T. Roy, D. M. Schultz, S. Watanabe, and R. Weisse, 2024: Storms as Forming and Threatening Factors for Coasts. Oxford Research Encyclopedia of Climate Science. (in press)
5. Hashimoto, A., 2025: Numerical experiments on snow particle characteristics in Furano, Japan. CAS/JSC WGNE Research Activities in Earth System Modelling. (submitted)
6. 山下克也, 橋本明弘, 岡本創, 鈴木賢士, 篠田太郎, 高見和弥, 梅原章仁, 2025: 2024 年度秋季大会専門分科会「観測による雲・降水の微物理過程解明」報告. 天気, 72, 337-339.
7. 谷川朋範, 2025: 日射に対する積雪の波長別反射・透過特性, 2025: 太陽エネルギー, 51-2, 29-34.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表: 63件

・国際的な会議・学会等: 11件

1. Shunichi Watanabe, and Kenta Sueki, Entrainment rate of convective thermal, The 7th International Workshop on Nonhydrostatic Models (NHM-WS 2025), 2025 年 11 月, Japan, Morioka
2. Tatsuro Kishi, Multi-Scale Analysis of Convective Boundary Layer LES for Developing Improved Grey-Zone Turbulence Parameterizations, The 7th International Workshop on Nonhydrostatic Models (NHM-WS 2025), 2025 年 11 月, Japan, Morioka
3. Murakami, M., R. Yoshida, H. Fudeyasu, Y. Kitano, N. Orikasa, T. Tajiri, A. Iwata, and W.-C. Kuo, Development of typhoon modification methods based on MRI cloud chamber and numerical simulation experiments, 19th International Conference on Clouds and Precipitation (ICCP 2024), 2024 年 7 月, 大韓民国, 西帰浦市
4. Murakami, M., R. Yoshida, H. Fudeyasu, Y. Kitano, N. Orikasa, T. Tajiri, A. Iwata and W.-C. Kuo, Numerical experiments on typhoon modification by invigorating non-axisymmetric convection using a cloud seeding method, 11th WMO Scientific Conference on Weather Modification, 2025 年 11 月, India, Pune
5. Orikasa, N., T. Tajiri, W.-C. Kuo, A. Iwata, M. Murakami, and R. Yoshida, Cloud droplet formation experiments by hygroscopic particle seeding under pristine maritime conditions, 11th WMO Scientific Conference on Weather Modification, 2025 年 11 月, India, Pune
6. Kawai, H., K. Yoshida, T. Koshiro, and S. Yukimoto, What determines climate

- model performance? Physics or ...?, Climate Hotpots in Action (CHiA) webinar, 2025年1月, 台湾, オンライン
7. Yokoyama, N., and Y. Mizuno, Vertical fluxes of streamwise momentum and heat in homogeneous shear turbulence under stable stratification, 1st European Fluid Dynamics Conference, 2024年9月, Germany, Aachen
 8. Adachi, K., Individual aerosol particles from wildfires: transmission electron microscopy analysis revealing tarball, ash, and potassium-salt particles, 2024 iCACGP-IGAC Science Conference, 2024年9月, マレーシア, Kuala Lumpur
 9. Murakami, M., T. Tajiri, and N. Orikasa, MRI cloud simulation chamber - Recent scientific results and possible future directions -, Workshop on Scientific Directions for Cloud Chamber Research, 2024年7月, 韓国, 西帰浦市
 10. N. Ohkawara and T. Tanikawa, Development of a new ground based spectral radiometer system for albedo and flux (GSAF), 18th BSRN Scientific Review and Workshop, 2024年7月, 東京
 11. Adachi, K., Physical States of Aerosol Particles Revealed by Transmission Electron Microscopy, AOGS2024 21st annual meeting, 2024年6月, Korea, Pyeongchang

・国内の会議・学会等：52件

1. 郭威鎮, 村上正隆, 田尻拓也, 折笠成宏, Numerical simulation of cloud modification by hygroscopic seeding under pristine maritime conditions, 日本気象学会 2025年春季大会, 2025年5月, 横浜
2. 渡邊俊一, 末木健太, Entrainment rate of convective thermal, JpGU meeting 2025, 2025年5月, 千葉県千葉市&オンライン
3. Kuo, W-C., M. Murakami, T. Tajiri, and N. Orikasa, Numerical simulation of cloud modification by hygroscopic seeding under pristine maritime conditions, 日本気象学会 2025年春季大会, 2025年5月, 横浜
4. 白川龍生, 的場澄人, 橋本明弘, 山崎紋人, Furano bonchi powder project, 降雪・積雪のふわサラ度Rを統合した雪質評価 一富良野スキー場での応用一, 寒地技術シンポジウム, 2025年11月, 札幌市
5. 松木篤, 岩田歩, 折笠成宏, 村上正隆, 氷晶核として働く大気エアロゾルの特性解明にむけて, 第54回結晶成長国内会議, 2025年11月, 石川県金沢市
6. 田尻拓也, 折笠成宏, 岩田歩, 郭威鎮, 村上正隆, 吉田龍二, 雲生成チェンバーによる吸湿性粒子シーディング実験, 日本気象学会秋季大会 2025, 2025年11月, 福岡
7. 鈴木珠生, 岩田歩, 山下克也, Wei-Chen KUO, 日下博幸, 梶野瑞王, 筑波山に

- おける氷晶核粒子とバイオエアロゾル粒子濃度の季節変動, 日本気象学会
2025 年秋季大会, 2025 年 11 月, 福岡市
8. 橋本明弘, 冬季日本海における降雪粒子特性に関する数値実験 –事例 2021 年
1 月 1 日–, 日本気象学会 2025 年度秋季大会, 2025 年 11 月, 福岡
 9. 小池真, 高橋暢宏, 菊地亮太, 篠田太郎, 坪木和久, 村上正隆, 折笠成宏,
成岡優, 天廣慎一, 安田篤史, 地球観測専用の航空機の導入による航空気象
研究の展開, 日本気象学会 2025 年度秋季大会, 2025 年 11 月, 福岡市
 10. 岸 達郎, 拡散モデルによる大気境界層乱流パラメタリゼーションの試み, 第
01 回 地球科学における AI 応用研究ワークショップ, 2025 年 10 月, 石川県金
沢市
 11. 足立光司, 吉田淳, 森樹大, 茂木信宏, 大畑祥, 北和之, 川合義美, 小池真,
航空機と船の同時観測による西部太平洋上 エアロゾル粒子の組成と混合状態
分析, 大気化学討論会, 2025 年 10 月, 千葉県柏市
 12. 岸 達郎, 対流性大気境界層乱流 LES における乱流応力のスケール展開による
解析, 日本流体力学会 年会 2025, 2025 年 9 月, 大阪府堺市
 13. 田尻拓也, 折笠成宏, 岩田歩, 郭威鎮, 村上正隆, 吉田龍二, 高温・高湿な雲
生成環境下における外部混合実験, 第 41 回エアロゾル科学・技術研究討論会,
2024 年 8 月, 東京都八王子市
 14. 橋本明弘, 北西グリーンランドの局地気象と気圧パターンとの関係, グリー
ンランド南東ドームアイスコアに関する研究集会, 2025 年 7 月, 北海道札幌市
 15. 足立光司, 航空機を用いたアジアでの大気観測 ASIA-AQ2024 キャンペーンと
個別粒子分析結果, 日本地球惑星科学連合 2025 年大会, 2025 年 5 月, 千葉県
千葉市
 16. 橋本明弘, 高木朗充, 新堀敏基, 衛星観測と前方流跡線解析を用いた火山ガ
ス放出率推定, JpGU meeting 2025, 2025 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
 17. 鈴木 珠生, 岩田 歩, 山下 克也, Kuo Wei-Chen, 日下 博幸, 梶野 瑞王, 筑
波山における氷晶核粒子濃度の変動, JpGU meeting 2025, 2025 年 5 月, 千葉
県千葉市&オンライン
 18. 足立 光司, アジアで観測された森林火災由来のエアロゾル粒子の個別粒子分
析および海塩成分との混合, 日本地球惑星科学連合 2025 年大会, 2025 年 5 月,
千葉県千葉市
 19. 川合秀明, 日本気象学会賞受賞記念講演: なかなかおもしろい下層雲研究, 日
本気象学会 2025 年春季大会, 2025 年 5 月, 横浜
 20. 田尻拓也, 折笠成宏, 岩田歩, 郭威鎮, 村上正隆, 吉田龍二, 高露点大気条
件下における雲生成チェンバー実験(その 2), 2024 年日本気象学会秋季大会,
2024 年 11 月, 茨城県つくば市
 21. 築地原匠, 水野吉規, ステレオ PIV を用いた大型風洞における乱流境界層の運
動量フラックスの予測可能性, 日本気象学会 2025 年春季大会, 2025 年 5 月,
横浜

22. 大泉伝、川畑拓矢、安井良輔、中村洸貴，高解像度実験（125m）の3次元可視化の取り組み，日本気象学会 2025 年春季大会，2025 年 5 月，横浜
23. 川合秀明，神代剛，行本誠史，雲フィードバックの鉛直プロファイル解析（その 2），日本気象学会 2025 年春季大会，2025 年 5 月，横浜
24. 橋本明弘，北海道における降雪粒子特性の地域性に関する数値実験，降雪・積雪系ワークショップ（富良野・2025），2025 年 4 月，富良野市
25. 橋本明弘，ロールワリン領域の局地気象再現実験，世界の氷河氷床変動の理解に向けた研究集会「現地観測-衛星観測-モデル計算の連携」，2025 年 1 月，札幌
26. 橋本明弘，ロールワリン領域を対象とした 局地気象シミュレーション，ヒマラヤ降水研究会，2024 年 12 月，名古屋
27. 佐藤 陽祐，橋本明弘，鎌田萌花，加藤真奈，稲津将，丹治和博，川添祥，雲微物理プロセスの将来変化から読み解く、北海道における将来の降雪粒子特性，北海道気候変動影響研究シンポジウム，2024 年 12 月，札幌市
28. 谷川朋範，積雪の光学特性とその応用，一般社団法人日本太陽エネルギー学会 太陽光発電部会第 39 回セミナー「積雪 PV」，2024 年 12 月，オンライン
29. 毛利英明，大気境界層乱流の応用研究:現状と展望，同志社大学エネルギー変換研究センター技術セミナー，2024 年 12 月，京田辺市
30. 白川龍生，的場澄人，橋本明弘，山崎紋人，Furano bonchi powder project，「ふわサラ度」を用いた北海道富良野における降雪の特徴分析，寒地技術シンポジウム，2024 年 11 月，札幌市
31. 折笠成宏，村上正隆，斎藤篤思，田尻拓也，山下克也，大竹秀明，財前祐二，篠田太郎，岩田歩，松木篤，戸田雅之，航空機観測データから得られたエアロゾル・雲の微物理特性，2024 年日本気象学会秋季大会，2024 年 11 月，茨城県つくば市
32. 高見和弥，鈴木賢士，橋本明弘，勝山祐太，丘陵地形を越える雪雲の変化に関する研究，日本気象学会 2024 年度秋季大会，2024 年 11 月，つくば市
33. 足立恭将，出牛真，浦川昇吾，吉村裕正，行本誠史，吉田康平，川合秀明，気象研究所地球システムモデルにおける地表面熱収支問題，日本気象学会 2024 年度秋季大会，2024 年 11 月，つくば市
34. 川畑拓矢，佐谷茜，西暁史，清野直子，林修吾，伊藤純至，幾田泰醇，瀬古弘，Jules Finot，RDP Paris 2024 に向けた超高解像度シミュレーション及び高解像度アンサンブル実験，2024 年日本気象学会秋季大会，2024 年 11 月，茨城県つくば市
35. 村上正隆，吉田龍二，筆保弘徳，北野湧斗，折笠成宏，田尻拓也，岩田歩，郭威鎮，雲シーディング手法を用いた非軸対称対流の活性化による台風制御（弱化）に関する数値実験，2024 年日本気象学会秋季大会，2024 年 11 月，茨城県つくば市
36. 川合秀明，出牛真，吉村裕正，神代剛，行本誠史，長澤亮二，新藤永樹，吉

- 田康平, 足立恭将, 大島長, 水田亮, 浦川昇吾, 平原翔二, 庭野匡思, 渡辺泰士, 保坂征宏, 石井正好, 地球システムモデルにおける大気モデルの入れ替え, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
37. 毛利英明, 大気境界層乱流の基礎研究:現状と展望, 同志社大学エネルギー変換研究センター 技術セミナー, 2024 年 11 月, 京田辺市
 38. 足立 光司, 森林火災から生じるエアロゾル粒子の電子顕微鏡解析, 第 29 回大気化学討論会, 2024 年 10 月, 兵庫県神戸市
 39. 川合秀明, 地球温暖化をどうやって予測するか?, 出前授業 (東京都立戸山高等学校 SSH 地学クラス), 2024 年 10 月, 新宿
 40. 橋本明弘, 数値実験から得られた山岳地域の降雪粒子特性の分布, 非静力学モデルに関するワークショップ, 2024 年 9 月, 京都市
 41. 松木篤, 大野耕平, 戸田雅之, 福間剛士, 岩田歩, 岩本洋子, 濱崎恒二, 折笠成宏, 村上正隆, 個別粒子レベルの混合状態が物性に与える影響: 海洋性エアロゾルの事例から, 2024 年度 日本地球化学会 第 71 回年会, 2024 年 9 月, 金沢
 42. 谷川朋範, 増田一彦, 石元裕史, 青木輝夫, 裸氷面の狭帯域・広帯域アルベドに対する表面ラフネスの影響, 雪氷研究大会 (2024・長岡), 2024 年 9 月, 長岡市
 43. 青木輝夫, 八久保晶弘, 西村基志, 谷川朋範, 積雪粒径測定装置 HISSGraS の測定精度・限界・改善法, 雪氷研究大会 (2024・長岡), 2024 年 9 月, 長岡市
 44. 西村基志, 青木輝夫, 庭野匡思, 大山元夢, 島田利元, 鈴木拓海, 梶川友貴, 的場澄人, 谷川朋範, 山口悟, 山崎哲秀, グリーンランド北西部 SIGMA-B サイトにおける 10 年間の表面熱収支と表面質量収支の変動, 雪氷研究大会 (2024・長岡), 2024 年 9 月, 長岡市
 45. 毛利英明, 1/f 雑音と乱流の流体力学, 「非平衡な乱流」研究会, 2024 年 7 月, 京都
 46. 横山直人, 水野吉規, 温度成層下の一様剪断乱流における鉛直フラックスと秩序構造, 京都大学数理解析研究所 RIMS 共同研究 (公開型) 「非平衡な乱流」, 2024 年 7 月, 京都市
 47. 川合秀明, 気象研究所の研究官が教える! 「雲のはなし」, 千代田区立図書館で学ぼう! 夏のわくわく課外授業 2024, 2024 年 7 月, 千代田区
 48. 橋本明弘, 降雪粒子特性の空間分布に対する山岳地形効果に関する数値実験, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
 49. 渡邊俊一, 川瀬宏明, 廣川康隆, 今田由紀子, 野坂真, 線状降水帯発生に対する地球温暖化の影響, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
 50. 川合秀明, 水田亮, 地球システムモデルの雲量の水平解像度依存, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
 51. 川合秀明, 齊藤慧, MRI-ESM3 の雲過程の改良, GCM 検討会, 2025 年 6 月, 仙台

市

52. 中川雅之, 吉村裕正, 気象庁全球モデルにおけるグレーゾーンに対応した積雲対流スキームの開発(4), 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン

イ. ポスター発表: 50 件

・国際的な会議・学会等: 14 件

1. Tanikawa, T., M. Nakayama, T. Toyota, T. Toyoda, and N. Ohkawara, Validation of a sea ice radiative transfer model (ARTMASS2): albedo and transmittance in Saroma-ko lagoon, Japan, AGU Annual Meeting, 2025 年 12 月, アメリカ, ニューオーリンズ
2. Kawai, H., T. Koshiro, and S. Yukimoto, Vertical Profile Analysis of Cloud Feedbacks, AGU Fall Meeting 2025, 2025 年 12 月, 米国, ニューオーリンズ
3. Tsutao Oizumi, Takuya Kawabata, Le Duc, Kenichiro Kobayashi, Kazuo Saito, and Takuma Ota, Quantifying Flood Risk Using Large Ensemble Weather Forecasts, International Workshop on Hydrometeorological Predictions, 2025 年 11 月, 神戸
4. Tanikawa, T., K. Masuda, H. Ishimoto, T. Aoki and K. Stamnes, Modeling of spectral and broadband albedo of ice, The Eighth International Symposium on Arctic Research (ISAR8), 2025 年 10 月, 八王子
5. Kawai, H., T. Koshiro, and S. Yukimoto, Vertical Profile Analysis of Cloud Feedbacks, CFMIP-CloudSense Meeting, 2025 年 7 月, イギリス, エクセター
6. Hashimoto, A., Numerical simulations of mountain topography effects on characteristics of snow particles, Asian Conference on Meteorology 2024, 2024 年 11 月, Japan, Tsukuba
7. Iwamoto, Y., Y. Okamoto, A. Iwata, K. Ono, A. Matsuki, Y. Obayashi, K. Hamasaki, Influence of Organic Matter from Algae on Cloud Condensation Nucleus Characteristics of Sea Spray Aerosol, 13th Asian Aerosol Conference, 2024 年 11 月, Malaysia, Sarawak
8. Kawai, H., K. Yoshida, T. Koshiro, and S. Yukimoto, Importance of minor-looking treatments in cloud physics for GCM simulations, 気候変動における不確実性の起源に関するワークショップ, 2024 年 10 月, ワイオミング, 及びオンライン
9. Kawai, H., K. Yoshida, T. Koshiro, and S. Yukimoto, Importance of minor-looking treatments for ESM performances, 気象・気候予測におけるモデルの不確実性に関するワークショップ, 2024 年 9 月, オクスフォード
10. Tajiri, T., N. Oriyasa, A. Iwata, W.-C. Kuo, M. Murakami, and R. Yoshida, , Cloud chamber experiments measuring cloud condensation nuclei activation properties under tropics conditions, 19th International Conference on

- Clouds and Precipitation (ICCP 2024), 2024年7月, 大韓民国, 西歸浦市
11. Orikasa, N., M. Murakami, A. Iwata, A. Matsuki, M. Toda, and HIWC Science Team, CCN and INP abilities of aerosol particles measured during HIWC-2022 and CPEX-CV flight campaigns, 19th International Conference on Clouds and Precipitation (ICCP 2024), 2024年7月, 大韓民国, 西歸浦市
 12. Kawai, H., K. Yoshida, T. Koshiro, and S. Yukimoto, What determines earth system model performance? Physics or ...?, 第9回全球エネルギー水循環プロジェクト国際会議, 2024年7月, 札幌
 13. Hashimoto, A., H. Fujinami, and K. Fujita, Numerical simulations of diurnal variation of precipitation in Rolwaling region, Nepal, 第9回全球エネルギー水循環プロジェクト国際会議, 2024年7月, 札幌
 14. Kawai, H., and T. Koshiro, Do Low-level Clouds Strengthen Summertime Subtropical Highs?, CFMIP Meeting on Clouds, Precipitation, Circulation, and Climate Sensitivity, 2024年6月, アメリカ, ボストン

・国内の会議・学会等：36件

1. 郭威鎮, 村上正隆, 田尻拓也, 折笠成宏, Numerical simulation of cloud modification by hygroscopic seeding under pristine maritime conditions, 日本気象学会 2025年度秋季大会, 2025年11月, 福岡市
2. 岩田歩, Wei-Chen Kuo, 山下克也, 小林拓, 折笠成宏, つくば市での集中観測における 氷晶核粒子の変動: バイオエアロゾルと鉱物粒子の影響, 第42回 エアロゾル科学・技術研究討論会, 2025年11月, 兵庫県姫路市
3. 川合秀明, 齊藤慧, MRI-ESM3の雲過程の改良, 日本気象学会 2025年度秋季大会, 2025年11月, 福岡
4. 渡邊俊一, 末木健太, サーマルに着目したエントレインメント率, 日本気象学会 2025年秋季大会, 2025年11月, 福岡
5. Hashimoto, A., A. Takagi, and T. Shimbori, Estimation of Volcanic Sulfur Dioxide Emission Rates Using Satellite Observation and Forward Trajectory Analysis, Volcanology in Practice, 2025年10月, 新潟市
6. 伏見暁洋, 折笠成宏, 田尻拓也, 岩田歩, 梶野瑞王, 猪俣敏, 雲凝結核計と雲生成チェンバーを用いた航空機エンジンオイルの雲凝結核能と氷晶核能の評価, 第30回 大気化学討論会, 2025年10月, 千葉県柏市
7. 岩田歩, Wei-Chen Kuo, 山下克也, 小林拓, 折笠成宏, つくば市における氷晶核と雲凝結核の観測, 第30回 大気化学討論会, 2025年10月, 千葉県柏市
8. 橋本明弘, 数値実験から得られた降雪粒子特性の空間分布に対する山岳地形効果, 第11回メソ気象セミナー, 2025年10月, 北海道旭川市
9. 岩田歩, Wei-Chen Kuo, 折笠成宏, 松木篤, 能登・つくばにおけるエアロゾル粒子雲核活性の季節変動比較, 第66回 大気環境学会年会, 2025年9月, 愛知県名古屋市

10. 白川龍生, 的場澄人, 橋本明弘, 山崎紋人, Furano bonchi powder project, パウダースノー評価指標「ふわサラ度 R」の積雪版の開発, 雪氷研究大会 (2025・津), 2025年9月, 三重県津市
11. 橋本明弘, 冬季日本海における降雪粒子特性の広域分布に関する数値実験 -事例 2021年1月1日-, 雪氷研究大会 (2025・津), 2025年9月, 三重県津市
12. 田尻拓也, 折笠成宏, 岩田歩, 郭威鎮, 村上正隆, 吉田龍二, 高温・高湿な雲生成環境下における外部混合実験 (その2), 第42回 エアロゾル科学・技術研究討論会, 2025年8月, 兵庫県姫路市
13. 鈴木珠生, 岩田歩, 山下克也, Wei-Chen KUO, 日下博幸, 梶野瑞王, 大気エアロゾル粒子が氷晶核形成過程に及ぼす影響 : 筑波山における観測と数値モデルによる検証, 第42回 エアロゾル科学・技術研究討論会, 2025年8月, 兵庫県姫路市
14. 松木篤, 岩田歩, 折笠成宏, 小林拓, 低コスト花粉センサーによる黄砂イベントの検出可能性, 第42回 エアロゾル科学・技術研究討論会, 2025年8月, 兵庫県姫路市
15. 松本彩乃, 岩田歩, 大野耕平, 岩本洋子, 濱崎恒二, 猪股弥生, 畑光彦, 古内正美, 松木篤, 西部北太平洋上におけるサブミクロン海洋起源エアロゾルの挙動と変動要因, 第42回 エアロゾル科学・技術研究討論会, 2025年8月, 兵庫県姫路市
16. 田尻拓也, 折笠成宏, 岩田歩, 郭威鎮, 村上正隆, 吉田龍二, 高露点大気条件下における雲生成チェンバー実験 (その3), 日本気象学会 2025年春季大会, 2025年5月, 横浜
17. 橋本明弘, 2020年年末年始大雪時の日本海上空の降雪形成機構に関する数値実験, 日本気象学会 2025年春季大会, 2025年5月, 横浜
18. Kuo, W-C., M. Murakami, T. Tajiri, and N. Oriyasa, Numerical simulation of cloud modification by hygroscopic seeding under pristine maritime conditions, 2024年日本気象学会秋季大会, 2024年11月, 茨城県つくば市
19. 岩田歩, 大野耕平, 松本彩乃, 戸田雅之, 梶野瑞王, 岩本洋子, 大林由美子, 濱崎恒二, 松木篤, 西部北太平洋上の氷晶核粒子濃度とその予測における不確実性, 日本気象学会 2024年度秋季大会, 2024年11月, 茨城県つくば市
20. 橋本明弘, 中井専人, 山下克也, 本吉弘岐, 2022年12月長岡・柏崎大雪事例の降雪粒子特性に関する数値実験, 日本気象学会 2024年度秋季大会, 2024年11月, つくば市
21. 山下克也, 宇治靖, 鶴見優作, 三隅良平, 岩田歩, 野尻幸宏, 島伸一郎, 梶野瑞王, 筑波山山頂でのエアロゾル・雲・降水の粒径分布観測, 日本気象学会 2024年度秋季大会, 2024年11月, 茨城県つくば市
22. 橋本明弘, 高木朗充, 新堀敏基, 衛星観測と前方流跡線解析による二酸化硫黄放出率推定 その2, 日本火山学会 2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道

札幌市

23. 岩田歩, 折笠成宏, 梶野瑞王, 村上正隆, 戸田雅之, 松本彩乃, 大野耕平, 岩本洋子, 濱崎恒二, 大林由美子, 松木篤, フィルター上液滴凍結法を用いた氷晶核粒子濃度調査 —西部・東部北大西洋および西部北太平洋上空における研究一, 第 29 回大気化学討論会, 2024 年 10 月, 兵庫県神戸市
24. 橋本明弘, 北海道の降雪粒子特性に関する数値実験, 第 10 回メソ気象セミナー, 2024 年 9 月, 松江市
25. 坂井亜規子, 小林綺乃, 小野誠仁, 青木輝夫, 大畑祥, 上田紗也子, 的場澄人, 竹内望, Khalzan Prevdagva, 長田和雄, 谷川朋範, 黒崎豊, 小川隼輝, ポターニン氷河消耗域におけるアルベド 2023, 雪氷研究大会 (2024・長岡), 2024 年 9 月, 長岡市
26. 杉浦幸之助, 堀雅裕, 青木輝夫, 北爪正希, 岩沢啓太, 谷川朋範, 融雪期における弥陀ヶ原高原での表面積雪粒径の広域分布, 雪氷研究大会 (2024・長岡), 2024 年 9 月, 長岡市
27. 白川龍生, 的場澄人, 橋本明弘, Furano bonchi powder project, 「ふわサラ度」を用いた北海道富良野の雪環境の評価, 雪氷研究大会 (2024・長岡), 2024 年 9 月, 長岡市
28. 橋本明弘, 藤波初木, 佐々木織江, 坂井亜規子, 藤田耕史, ヒマラヤ山岳域の局地気象日変化の再現実験 その 3, 雪氷研究大会 (2024・長岡), 2024 年 9 月, 長岡市
29. 橋本明弘, 白川龍生, 的場澄人, 雪水比と降雪過程との関係性に関する数値実験, 雪氷研究大会 (2024・長岡), 2024 年 9 月, 長岡市
30. 岩田歩, 折笠成宏, 村上正隆, 戸田雅之, 松木篤, 大西洋上空における個別粒子組成と氷晶核粒子との関係, 第 65 回大気環境学会年会, 2024 年 9 月, 神奈川県横浜市
31. 岩田歩, 大野耕平, 松本彩乃, 戸田雅, 岩本洋子, 大林由美子, 濱崎恒二, 松木篤, 西部北太平洋上の氷晶核粒子濃度と海洋起源有機物の氷晶形成に与える影響, 第 41 回 エアロゾル科学・技術研究討論会, 2024 年 8 月, 東京都八王子市
32. 渡邊俊一, サーマルに着目した対流の格子間隔依存性, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 7 月, 茨城県つくば市
33. 折笠成宏, 村上正隆, 岩田歩, 米国 HIWC サイエンスチーム, 2022 年高濃度氷晶雲キャンペーンでのエアロゾル・雲の航空機観測: エアロゾルの雲核・氷晶核特性, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市
34. 三隅良平, 橋本明弘, JMA-NHM2 モーメント雲微物理スキームへの観測に基づく雲粒粒径分布の導入実験, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
35. 田尻拓也, 折笠成宏, 岩田歩, 郭威鎮, 村上正隆, 吉田龍二, 高露点大気条件下における雲生成チェンバー実験, 2024 年日本気象学会春季大会, 2024 年 5

- 月，東京
36. 折笠成宏，村上正隆，岩田歩，米国 HIWC サイエンスチーム，高濃度氷晶雲プロジェクトでのエアロゾル・雲の航空機観測（その4），2024年日本気象学会春季大会，2024年5月，東京

（4）投稿予定論文：0件

7.2 報道・記事

- NHK 報道「クローズアップ現代、線状降水帯 VS. 科学者 予測はどこまで可能か？」（令和7年9月30日）
- 共同報道発表「北極域での気温上昇によって氷晶形成にかかわるエアロゾルは増加する」（令和6年10月1日）
- NHK 水戸「いば6、気象研究所 気象庁附属の研究機関」（低温実験施設の紹介）（令和7年5月16日）

7.3 その他（4.（4）「成果の他の研究への波及状況」関連）