

V. 地球環境研究部門

1. メンバー

教授	田中博（センター勤務）、植田宏昭（学内共同研究員） 木村富士男（学外共同研究員 JAMSTEC）、鬼頭昭雄（学内共同研究員）
准教授	日下博幸（センター勤務）
助教	松枝未遠（センター勤務）、若月泰孝（学内共同研究員）
研究員	池田亮作（センター勤務）、秋本祐子（センター勤務）、 鈴木パーカー明日香（学内共同研究員）
学生	大学院生 29 名、学類生 5 名（田中・日下）

2. 概要

地球環境学部門における主な活動としては、文部科学省グリーン北極事業の北極温暖化研究プロジェクトに参加し、北極振動と北極温暖化増幅の関係を分析した。2000 年以降に北極温暖化増幅が強化され、同時に負の北極振動が顕在化した。その結果、北極圏が温暖化する一方で、シベリアを中心とする中緯度が寒冷化している。IPCC で報告されている気候モデルは、北極温暖化と平行して地球温暖化が進行すると予測しているが、実際には 1998 年以降は予測に反して既に 16 年も温暖化が停滞している。これは温暖化ハイエイタスと呼ばれている。気候モデルは温暖化で正の北極振動が現れると予測しているが、実際には負の北極振動が顕在化している。この矛盾がハイエイタスの原因のひとつと考えられることから、大気場の主要な自然変動としての北極振動の観点からハイエイタスの原因を究明している。また、線形傾圧モデル(LBM)を用いて北極振動の特異固有解理論を発展させ、北極振動指数(AOI)の正負に伴う傾圧不安定解の構造変化を解析した。

地球環境部門におけるもう一つの主な活動として、都市気象研究と将来の地域気候予測研究がある。都市気象研究については、文部科学省の気候変動適応推進プログラム(RECCA)に参加し、次世代の都市気象モデルを開発している。また、本センターと多治見市の連携協定に基づき、多治見の熱環境の緩和策に資する観測研究を行っている。地域気候の将来予測研究については、環境省の環境研究総合推進費(S-8)の課題代表を務め、地域気候の将来予測を GUI ベースで実行できるアプリケーションの開発を行っている。以下に、それぞれの研究成果の概要を記す。文科省の RECCA プロジェクトでは、前年度開発した建物間放射モデルと樹木モデルを結合させ、建物と樹木が混在する都市街区内における放射・熱環境をシミュレートできるモデルを開発した。夜間の都市熱環境に対する植生の効果を評価するための人工気象室(ポリエチレンチャンバー)を開発した。多治見市との共同プ

プロジェクトでは、多治見駅付近の熱環境を詳細に調査するとともに、人が感じる温度（体感温度）や人体生理測定（皮膚温など）を行い、ドライミスト、ウエットミスト、街路樹、高反射性舗装道路の効果を評価した。環境省の S8 プロジェクトでは、これまで開発してきた「温暖化ダウンスケアラ」をインドネシア気候・気象・地球物理庁（BMKG）に導入した。このソフトウェアの導入により、今後、途上国が独力で地域の温暖化予測ができるようになることが期待される。

3. 研究成果

【1】大気大循環研究

（1）北極低気圧の数値実験（田中）

文科省グリーン北極事業の北極温暖化研究プロジェクトに参加し、北極振動と北極温暖化の関係を分析した。2000 年以降に北極温暖化増幅が強化され、同時に負の北極振動が顕在化した。その結果、北極圏が温暖化する一方で、シベリアを中心とする中緯度が寒冷化している。北極圏の温暖化は急激な海氷の融解をもたらしているが、北極低気圧による海氷の攪乱もその重要な要因と考えられている。北極低気圧は上空の極渦による渦度が地上に達して出来る地上低気圧であり、対流圏内で寒気核を持つことから、温帯低気圧とは構造が異なるユニークな低気圧である。

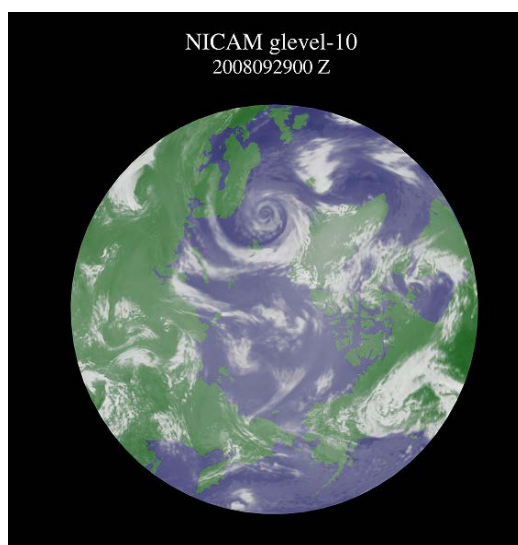


図1 NICAMによる北極低気圧の数値実験

図1は雲解像大気大循環モデルNICAMの7km格子モデルで再現された北極低気圧の雲画像である。アイスランドの風下低気圧がトリガーとなって急発達したものであるが、スパイラル状の雲が4重に巻き付いて見ごたえのある映像となっている。発達するにつれて中心付近は寒気核となり、熱帯低気圧やポーラーローとも異なる構造になる。

(2) 熱帯循環と季節内変動の理論的研究 (田中)

熱帯循環に特徴的な季節内振動(MJO)は、東西波数1の大規模な対流域が50日程度の周期で東進する特徴がある。本研究では、3次元スペクトルモデルから線形傾圧モデル(LBM)を導き、東西方向に変化する基本場における方程式の固有解を調べることで、MJOモードの検出を試みた。Tanaka and Seki (2013)による手法で南北鉛直に加えて東西方向に変化する気候値の基本場でプリミティブ方程式系を線形化し、固有振動を安定して求める手法が既に確立されている。中高緯度はポテンシャル渦度(PV)が力学を支配し、ロスビー波の世界となっているが、低緯度では速度ポテンシャル(VP)で表現される発散場が支配的で、重力波の世界となっている。本研究ではその特徴を考慮して、重力波だけで方程式を閉じて固有解を求めた。

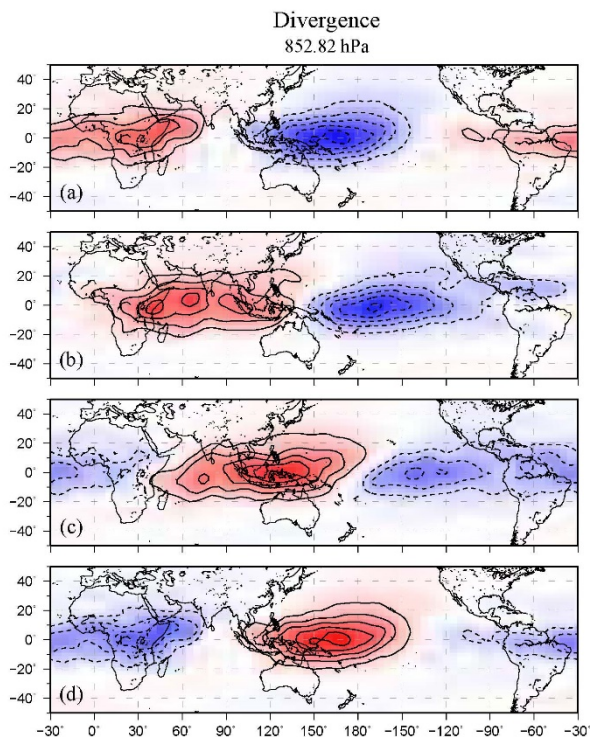


図2 MJOモードの下層発散場のライフサイクル (Yamagami)

図2は方程式の固有解として得られた波数1の構造を持つMJOモードの大気下層の発散場を、ライフサイクルの位相角0度から180度まで描いたものである。したが

って、a 図と d 図は符号が反転した同じ分布となる。周期は 12.5 日と観測される MJO より短い、対流圏上層と下層で収束と発散が反転するケルビン波が、地域性を示しながら東進する特徴は MJO と類似している。

【2】都市気候の将来予測

(1) 温暖化影響評価研究者のためのダウンスケーリング（日下）

環境省の環境研究総合推進費（S-8）の研究課題である、「温暖化影響評価研究者のためのダウンスケーラシステム（ダウンスケーラ）」の開発を行った。平成 25 年度に開発したユーザ支援システムをベースに、S-8 の影響評価研究者や、自治体の研究者、環境省の研究企画課などより提示された課題と要望をダウンスケーラに反映させ、影響評価研究者と気候研究者の双方にとってより使いやすく有用なシステムとして完成させた。

また、ダウンスケーラの初心者ユーザのための講習会を S-8 の参画者向けに開催した。その後、ダウンスケーラの利用を希望する S-8 の参画機関に、ダウンスケーラの最新版を配布した。これと並行して、S-8 に参画していない自治体（兵庫県）からの要望に応える形で、兵庫県農政環境部温暖化対策課および環境省地球環境局総務課研究調査室に配布した。

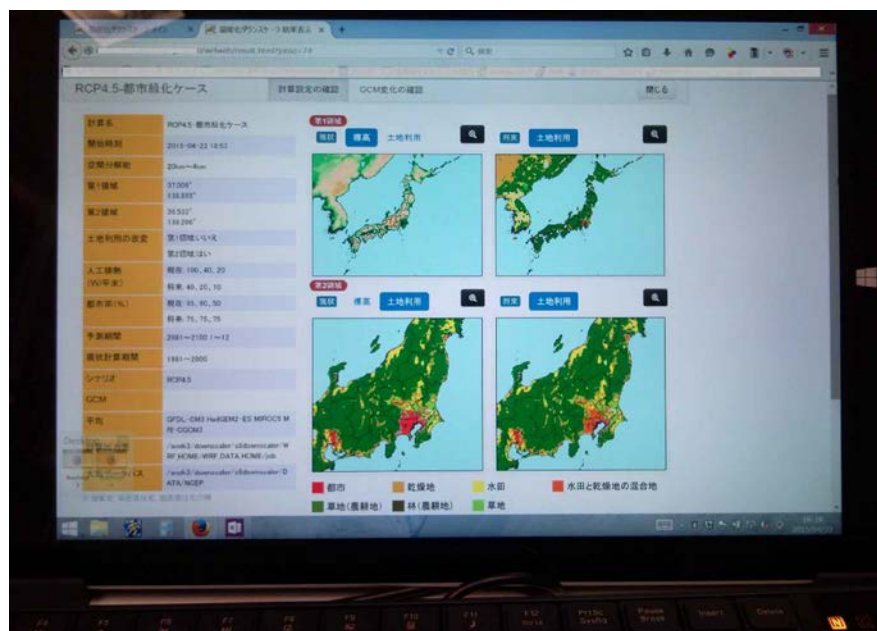


図 3 開発したダウンスケーラ

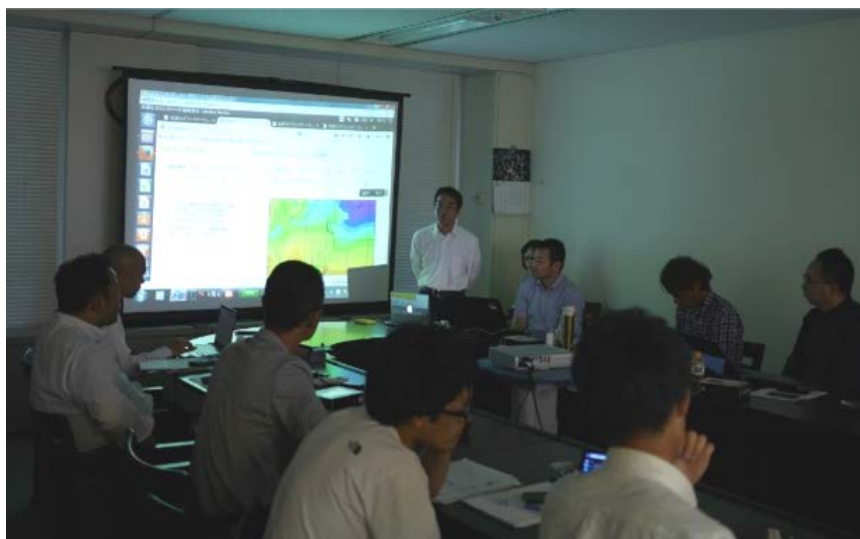


図 4 ダウンスケーラ講習会の様子。JAMSTEC 東京事務所にて開催。

(2) 建物解像並列LESモデルの共同開発

本研究課題で開発した街区・建物周辺微気象モデル (Large Eddy Simulation モデル) を用いて、将来の夏の典型日を対象とした名古屋中心街 (栄地区) と多治見中心街 (多治見駅周辺) の暑熱環境 (気温、湿度、放射等) の将来予測を行った。さらに、これらの地域で暑熱環境緩和策・適応策を実施した場合の気温及び暑さ指数への影響を解析・評価した。暑さ指数は熱中症を予防する目的で提案された WBGT (Wet Blue Globe Temperature) を用いた。

暑熱環境緩和策・適応策の 1 つ目は都市緑化 (街路樹設置) のケースで、昨年度開発した植生モデル (樹木 1 本 1 本が表現可能) を用いて高さ 10m、樹冠幅 4m の街路樹を歩道に設置して計算を行った。2 つ目はミスト散布のケースで、高さ 3m、4m 間隔で噴霧量 50ml/分のドライミストを設置して計算を行った。

その結果、街路樹設置は、樹木の蒸散及び日陰による気温低減効果もあるが、それ以上に暑さ指数 (WBGT) の低減効果が大きいことが分かった。一方、ミスト散布は、集中的に配置・散布することで気温低減効果は大きくなるが、WBGT 低減効果は街路樹設置よりも小さいものとなった。

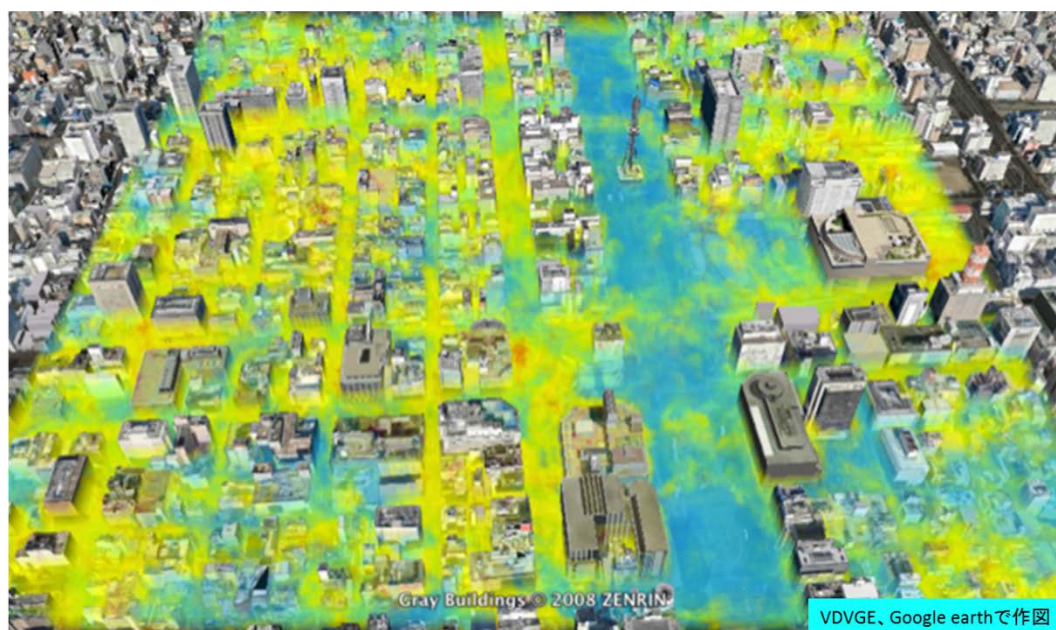


図 5 街区・建物都市気象モデルで計算した名古屋市栄地区の地上気温分布

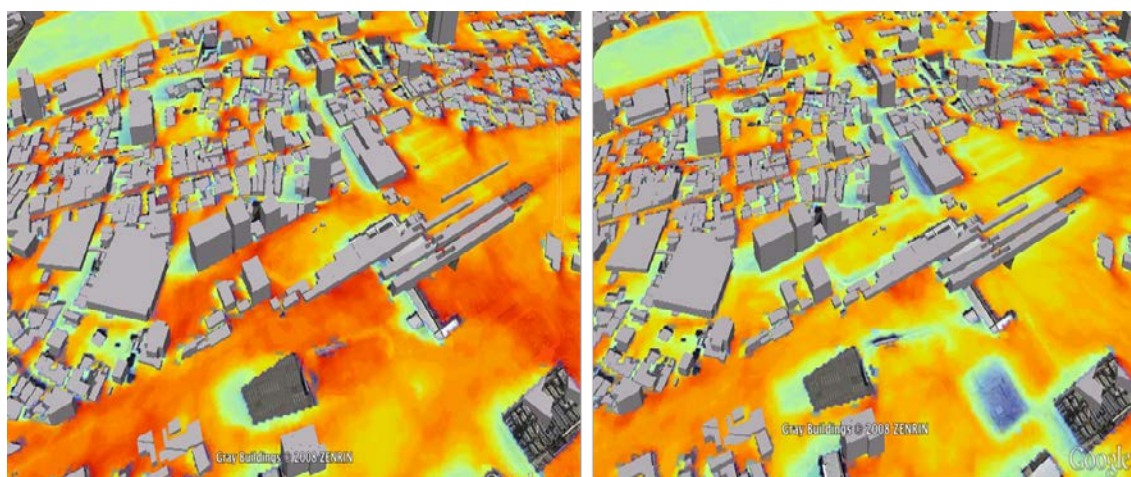


図 6 LES モデルによる多治見駅周りの地上気温分布。左図は、暑さ対策（街路樹設置、ドライミスト散布）なし、右図は暑さ対策ありの実験

4. 教育

指導学生（田中）

D 3（地球）：相澤

D 2（地球）：山上、小柴

M 1（地球）：新井、田村

指導学生（日下）

D 3（地球）：加藤、豊田、ドアン

D 2（地球）：西

M 2（地球）：大高、柿沼、浩、一澤、小堀

（環境）：高橋、渡辺

M 1（地球）：荒井、今井、佐藤、中村

（環境）：小久保、沖、静居、名和、前田、三浦

B 4（地球）：畔上、猪狩、矢部

他大学等での集中講義等

放送大学放送講師・地球科学客員教授（田中）

国立極地研究所客員教授（田中）

5. 受賞、外部資金、知的財産権等

受賞

数値風工学に関する国際シンポジウム 2014 ポスター賞、日下（共同受賞）

“Mechanisms of foehn wind and a recent record-breaking high temperature in the Tokyo metropolitan area using the WRF model”、2014 年 6 月 10 日

外部資金

文科省 気候変動適応推進プログラム、研究課題名「フィードバックパラメタリゼーションを用いた詳細なダウンスケールモデルの開発と都市暑熱環境・集中豪雨適応策への応用」、H22～H26 年度、9,200 千円（H26）、日下

環境省 環境研究総合推進費（S-8）プロジェクト、研究課題名「温暖化ダウンスケールの開発とその実用化」、H22～H26 年度、20,760 千円（H26）、日下

NEDO 電力系統出力変動対応技術研究開発事業、研究課題名「電力系統出力変動対応技術研究開発／風力発電予測・制御高度化」、H26～H30 年度、25,537 千円（H26）、日下

農水省 戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）、研究課題名「フェーンの発生実態の解明とリスク情報の創出」、H26～H30 年度、3,000 千円（H26）、日下

J S P S 科研費 基盤研究（A）、研究課題名「東京首都圏における夏季ヒートアイランドと熱的低気圧・局地的豪雨の発生要因解明」、H25～H28 年度、200 千円（H26）、日下

東芝 共同研究、研究課題名「気象シミュレーション技術の産業応用に関する研究（H26

- 年度)」、2,000 千円 (H26)、日下
- ウエザーニューズ 共同研究、研究課題名「首都圏に影響をおよぼす雷雨、降雪、霧等に関する気象現象の解析と予測の改善に関する研究(H26 年度)」、1,100 千円 (H26)、日下
- J I C A H26 年度インドネシア国別研修 気候変動対策能力強化プロジェクト「脆弱性評価 (ダウンスケーリング)」、2,092 千円 (H26)、日下
- J I C A H26 年度インドネシア国別研修 気候変動対策能力強化プロジェクト「脆弱性評価 (ダウンスケーリング) 2」、2,092 千円 (H26)、日下
- J I C A H26 年度インドネシア国別研修 気候変動対策能力強化プロジェクト「脆弱性評価と土地利用計画」、929 千円 (H26)、日下
- 文科省 GRENE 北極プロジェクト、研究課題名「北極温暖化のメカニズムと全球気候への影響評価」(代表: 浮田甚朗)、分担金、H23~27 年度、493,080 千円、田中
- JST/JICA SATREPS 防災プロジェクト、研究課題名「火山噴出物の放出に伴う災害の軽減に関する総合研究」(代表: 井口正人)、分担金、H25~31 年度、1 億円/年、田中

6. 研究業績

研究論文 (査読付き、国際発表、他)

1. Kusaka, H., K. Nawata, A. Suzuki-Parker, Y. Takane, and N. Furuhashi, 2014: Mechanism of precipitation increase with urbanization in Tokyo as revealed by ensemble climate simulations. *J. Appl. Meteor. Clim.*, 53, 824-839.
2. Okada, M., M. Okada, and H. Kusaka, 2014: A Polyethylene Chamber for Use in Physical Modelling of the Heat Exchange on Surfaces Exposed to a Radiation Regime. *Boundary-Layer Meteorology*, 153(2), 305-325.
3. Akimoto, Y., H. Kusaka, 2015: A climatological study of fog in Japan based on event data. *Atmos. Res.*, 151, 200-211.
4. 鈴木パーカー明日香, 日下博幸, 2015: WBGTT に基づいた日本の暑熱環境の将来予測. *日本生気象学会雑誌*, 52(1), 59-72.
5. Kusaka, H., A. Suzuki-Parker, T. Aoyagi, S. A. Adachi, and Y. Yamagata, 2014: Urban Climate Projection in Tokyo for the 2050's August: Impact of Urban Planning Scenarios and RCMs. 3rd International Lund Regional-scale climate modeling workshop, 122-123, Lund, Sweden.
6. Suzuki-Parker, A., I. Takayabu, R. Mizuta, H. Kusaka, K. Dairaku, S. Ham, S. A. Adachi, and N. N. Ishizaki, 2014: An overview of the SOUSEI multi GCM/RCM

- dynamical downscaling ensemble. 3rd International Lund Regional-scale climate modeling workshop, 374-375, Lund, Sweden.
7. Suzuki-Parker, A., I. takayabu, H. Kusaka, K. Dairaku, S. Ham, S. Adachi, and N. Noriko, 2014: Muti GCM/RCM ensemble dynamical downscaling experiments for Japan. AOGS 2014, 118, Sapporo, Japan.
 8. Kusaka, H., A. Suzuki-Parker, T. Aoyagi, S. Adachi, and Y. Yamagata, 2014: Urban climate projection in Tokyo for the 2050's August by the 4-km horizontal grid spacing RCMs: Impact of RCM and urban scenario. AOGS 2014, 119, Sapporo, Japan.
 9. Suzuki-Parker, A., H. Kusaka, 2014: Future projection of heat-related indices for Tokyo and Osaka. 20th international congress on biometeorology
 10. 日下博幸, 原政之, 2014: 気象と気候, 気象予測と気候予測の違い. 電力土木, 373(9), 66-70.
 11. 池田亮作, 日下博幸, 2014: 気象の力学モデル. 電力土木, 374(11), 101-105.
 12. 秋本祐子, 日下博幸, 2015: 気象の物理モデル. 電力土木, 375(1), 85-88.
 13. Yamagami, A. and H.L. Tanaka, 2014: Analysis of Unstable Solution with an MJO Structure Using a Three-Dimensional Spectral Linear Baroclinic Model. SOLA, 10, 103-107.
 14. 田中博、2014: 地球温暖化 そのメカニズムと不確実性. 朝倉書店, 日本気象学会地球環境問題委員会編、分担執筆、160 pp.
 15. 田中博、伊賀啓太、2015: はじめての気象学、放送大学教育振興会、NHK 出版、共著、250 pp.
 16. 田中博、2014: 地学基礎、文部科学省検定済教科書高等学校理科用、実教出版、森本、天野、黒田他 9 名分担執筆 (改訂)、192 pp.

7. 異分野間連携・国際連携・国際活動等

産学官連携：岐阜県多治見市と連携協定（日下）

AOGS2014 国際会議 研究発表（日下）

第 2 回 U G E C 国際会議 研究発表（日下）

I S G C 2014 国際会議 研究発表（日下）

J I C A 研修講師（日下）

香港大学訪問、ベトナム国家大学ハノイ自然科学大学訪問、バンドン工科大学訪問、インドネシア気候・気象・地球物理庁訪問、インドネシア公共事業省訪問（日下）

アラスカ大学フェアバンクス校、国際北極圏研究センター(IARC)との大学間協定(田中)

インドネシア気候・気象・地球物理庁との共同研究、SATREPS 火山灰追跡モデル（田中）

スロベニア・リュブリアーナ大学との共同研究、MODES プロジェクト（田中）

8. シンポジウム、研究会、スクール等の開催実績

WRF 講習会開催（日下）

気象学会夏季大学開催（田中）

気象学会公開気象講演会（田中）

9. 管理・運営

学生生活支援室長・T-ACT 推進室長、副学長補佐、評議員、紫峰会顧問（田中）

10. 社会貢献・国際貢献

国際都市気候学会（IAUC）理事（日下）

気象庁 気象大学校 非常勤講師（日下）

気象庁 気候変動懇談会検討部会 委員（日下）

環境省 風力発電等分散型エネルギーの広域運用システムに関する実証研究検討会
委員（日下）

国交省 ヒートアイランド対策に資するデータと分析システムに係る検討委員会
委員（日下）

NEDO 発電量予測技術委員会・発電量予測技術研究会 委員（日下）

熱中症予防声かけプロジェクト 実行委員（日下）

日本ヒートアイランド学会理事、気候影響利用研究会幹事（日下）

（公社）日本気象学会理事（田中）

（公社）日本地球惑星科学連合代議員（田中）

IASC（国際北極科学会議）AWG（大気部門）副議長（田中）

気象庁 気象研究所評議委員（田中）

気象予報士 CPD 制度運営委員長（田中）

11. その他