

国際共同研究事業 令和2（2020）年度実施報告書

令和 3年 3月 31日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[代表者所属機関・部局]

国立大学法人東京大学・生産技術研究所

[職・氏名]

教授・芳村 圭

1. プログラム名 ドイツとの国際共同研究プログラム（JRPCs-LEAD with DFG）

2. 研究課題名

（和文）大気データ解析における非断熱加熱の代替指標としての水蒸気同位体情報の高度応用（英文）Testing Isotopologues as Diabatic Heating Proxy for Atmospheric Data Analyses

3. 共同研究実施期間（全採用期間）

平成 31 年 3 月 1 日 ～ 令和 4 年 2 月 28 日（ 3 年 0 ヶ月）

4. 研究参加者（代表者を含む）

(1) 日本側参加者 21 名

(2) 相手国側参加者 5 名

5. 主要な物品明細書（一品又は一組若しくは一式の価格が50万円以上のものを購入した場合は記載）

物品名	仕様 型・性能等	数量	単価(円)	金額(円)	設置研究機関名	備考
該当なし						

※本事業の委託費と他の経費とを合算使用する際は、合算使用した旨を備考欄に記載した上で、金額は本事業の委託費で負担した額のみ記載してください。

※再委託先/共同実施先における支出である場合は、備考欄にその旨を記載してください。

7. 渡航実施状況

(1) 当該年度に相手国又は相手国以外の国を訪問した日本側参加者（委託費から支出した出張のみ記載。相手国以外の国における用務先には下線を付すこと。）

氏名	旅行期間*	用 務 (用務先・用務内容)
竹島 滉 庄司 悟	8月1日～9月14日	海洋地球研究船「みらい」に乗船し、 <u>西部熱帯太平洋上</u> にて、降水活動に係る水循環過程の理解向上を目指した、レーザー分光水蒸気同位体比分析装置を用いた表層大気の水蒸気安定同位体の連続測定を行った。
計 2 名 (延べ人数)		

* 旅行期間の欄の記入例：「6月10～19日」（旅行開始日～旅行終了日）

(2) 当該年度に受入れた相手国側参加者

氏名	旅行期間*	用 務 (用務先・用務内容)
該当なし		
計 名 (延べ人数)		

* 旅行期間の欄の記入例：「6月10～19日」（旅行開始日～旅行終了日）

8. 研究実施状況

※当該年度実施計画書の「5. 本年度実施計画の概要」の内容と対応させつつ、当該年度の研究の実施状況を簡潔に記載してください。再委託又は共同実施を行った場合は、それぞれの研究の実施状況がわかるように記載してください。

※年度途中で当初計画を変更した場合にはその内容及び理由も記載してください。特に、各費目の増減が研究経費の50%（この額が300万円を超えない場合は300万円）に相当する額を超えた場合は、変更理由と費目の内訳を変更しても研究の遂行に支障がなかった理由を記載してください。

2019年度に引き続き、欧州人工衛星 MetOp 搭載の分光センサーIASI から得られた水蒸気同位体比の観測情報を、全球同位体大気大循環モデル IsoGSMによるシミュレーション結果とデータ同化し、より精度良く水蒸気同位体比分布を推計するとともに、それにより風速や気温・比湿などの大気環境場がどの程度改善するか否かを確かめた。具体的には、IASIによる水同位体の観測数は既存の運用されている観測データの数に比べ50分の1程度であるが、追加で水同位体比を同化した場合、理想実験上で対流圏中層において風速、比湿、温度場が10%以上改善することを確認した。次いで、熱帯の熱構造へのインパクトを解析し、同位体の効果は対流活動が活発なハドレー循環の上昇部で卓越し、大規模循環を通して非局所的な改善をもたらしていることを示した。さらに、データ同化の変数局所化法を応用し、同位体比の力学的プロセス（輸送）に比べ、熱力学的プロセス（相変化）の方が予測の精度向上に重要であることを解明した。これら一連の研究結果を、

Toride, K., K. Yoshimura, M. Tada, C. Diekmann, B. Ertl, F. Khosrawi, M. Schneider, 2021: Potential of mid-tropospheric water vapor isotopes to improve large-scale circulation and weather predictability, *Geophys. Res. Lett.*, 48, e2020GL091698, doi: 10.1029/2020GL091698
として論文にまとめ、出版された。なおこの論文は、*Science* 誌 371 巻 6534 号 (2021年3月12日発行) の Editors' Choice に選出された。

ただし、理想化実験による精度向上は顕著に見られるものの、実際に観測されたデータを用いるとあまり良い結果が得られていない。特に IASI が感度を持つ熱帯域での観測結果をあまりうまく利用できていないという問題が浮上した。この原因として、IsoGSMによる熱帯域の降水の再現精度がそもそもあまり良くないことを懸念しており、2020年度には、熱帯域の降水過程の再現性がより良いとされる NICAM-iso を用いた実験を開始した。2021年3月時点では、全球的な性能評価を行っている段階となっている。

共同研究先のカールスルーエ大学 Schneider 博士及び研究室メンバーとは、随時メールによる情報交換を行った。また、6/23, 7/23, 9/10, 10/29, 12/8, 1/29, 3/6 の7回、Web会議を開催し、研究を推進した。コロナ対応により、全球雲解像大気モデル NICAM を用いたデータ同化研究に実績のある理化学研究所への研究訪問は行わなかったが、京コンピュータ並びに後継機の富岳コンピュータの利用は、リモートアクセスにより不自由なくできている。学内でリサーチアシスタントを募集したところ3名の応募があり、それぞれデータ同化手法改良、陸面モデル開発、データ同化を利用した古気候復元に関するテーマの研究を担当し、順調に進捗している。加えて、2020年8月1日～9月14日に、研究船みらいにリサーチアシスタントを務める学生2名が乗り込み、熱帯洋上での連続気象観測の一環として水蒸気同位体比と降水同位体比の観測を行い、貴重なデータを得ることができた。

9. 研究発表（当該年度の研究成果）

【雑誌論文】 計（ 8 ）件 うち査読付論文 計（ 8 ）件

通番	共著の有無*1	論文名、著者名等*2
1	○	<u>Toride, K., K. Yoshimura, M. Tada, C. Diekmann, B. Ertl, F. Khosrawi, M. Schneider.</u> Potential of mid-tropospheric water vapor isotopes to improve large-scale circulation and weather predictability. <i>Geophysical Research Letters</i> , 48(5), 2021
2		Nagashima, K., J. Addison, T. Irino, T. Omori, K. Yoshimura, N. Harada, Aleutian Low variability for the last 7,500 years and its relation to the westerly jet, <i>Quaternary Research</i> , pp. 1 – 19, 2021
3		Miriam C. Jones, Max Berkelhammer, Katherine J. Keller, Matthew J. Wooller, Kei Yoshimura, High sensitivity of Bering Sea winter sea ice to winter insolation and carbon dioxide over the last 5500 years, <i>Science Advances</i> , Vol 6, no.36, 2020
4		Sengupta, S. K. Bhattacharya, A. Parekh, Nimya S S, K. Yoshimura, A. Sarkar, Signatures of monsoon intra-seasonal oscillation and stratiform process in rain isotope variability in northern Bay of Bengal and their simulation by isotope enabled general circulation model, <i>Climate Dynamics</i> , 55, 1649-1663, 2020
5		G. Xu, X. Liu, W. Sun, P. Szejner, X. Zeng, K. Yoshimura, V. Trouet, Seasonal divergence between soil water availability and atmospheric moisture recorded in intra-annual tree-ring $\delta^{18}O$ extremes, <i>Environmental Research Letters</i> 15 (9), 2020
6		John C. H. Chiang, Michael J. Herman, Kei Yoshimura, and Inez Y. Fung, Enriched East Asian oxygen isotope of precipitation indicate reduced summer seasonality in regional climate and westerlies, <i>PNAS</i> 117 (26), 2020
7		庄司悟・岡崎 淳史・芳村圭, 気候プロキシンの同位体比データ同化による千年解析値の作成に向けた比較検討, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.76, I_121-I_126, 2020 年
8		Nitta, T., T. Arakawa, M. Hatono, A. Takeshima, K. Yoshimura, Development of Integrated Land Simulator. <i>Prog. Earth Planet. Sci.</i> , 7, 68, 2020.

【学会発表】 計（ 6 ）件 うち招待講演 計（ 1 ）件

通番	共著の有無*1	標題、発表者名等*2
1		Kino, K., A. Okazaki, A. Cauquoin and K. Yoshimura , LGM simulation with MIROC5-iso and impacts of the Southern Annular Mode on stable water isotopes

		in the Antarctic ice cores, Paleoclimate Modelling Intercomparison Project - Nanging Conference, Sensitivity I_013 (Nanging, 2020)
2		Yoshimura, K., X. Wang, Data assimilation of historical weather using Gaussian transformation, MIS28-01, JpGU2020
3		Harada, A., K. Yoshimura, T. Mizutani, Quantification and Application of "Climate-Risk" based on the tree-ring proxy data, MIS28-08, JpGU2020, [Invited]
4		Masuda, K., P. Neluwala, K. Toride, K. Yoshimura, H. Tanaka, S. Miyazaki, S. Nozawa, M. Ichino, Y. Okubo, J. Hirano, Atmospheric data assimilation which accomodates weather descriptions as observations of solar radiation: Evaluation of performance with a modern one-year case, MIS28-P05, JpGU2020 [Poster]
5		Eguchi, N., K. A. Walker, N. Saitoh, Y. Yoshida, K. Yoshimura, K. Toride, M. Fujiwara, Y. Kawatani, Y. Eguchi Yamashita, R. Nassar, D. Jones, D. Plummer, K. Strong, FTS satellite observation mission for understanding chemical and dynamical processes in the upper atmosphere, MSD47-P05, JpGU2020, [Poster]
6		Kino, K., A. Okazaki, A. Cauquoin and K. Yoshimura, Investigation of the response of water isotope records to the changes in orbital forcing with the isotope-enabled AGCM MIROC5-iso, EGU General Assembly 2020, EGU2020

【図 書】 計 (1) 件

通 番	共著の有無*1	題名、著者名等*2
1		芳村圭、データ同化技術による古気候データと地球システムモデルとの統合, 中塚武 (監) 「気候変動から読み直す日本史 2 古気候の復元と年代論の構築」 臨川書店, pp. 187-199. 2021

*1 相手国側参加者との共著 (共同発表) がある場合は○、相手国側参加者との共著であり謝辞等に事業名を明記している場合は◎と記入。

*2 当該発表等を同定するに十分な情報を記載すること。例えば学術論文の場合は、論文名、著者名、掲載誌名、巻号や頁等、発表年 (西暦)、学会発表の場合は標題、発表者名、学会等名、発表年 (西暦)、著書の場合はその書誌情報、など (順番は入れ替わってもよい)。相手国側参加者との共著となる場合は、著者名が複数であっても省略せず、その氏名を記入し下線を付すこと。

*3 足りない場合は適宜行を追加すること。