

2023 年度堀内賞の受賞者決まる

氏名：
塩竈秀夫

所属：
国立環境研究所 地球システム領域 地球システムリスク解析研究室

研究業績：
気候モデルを用いた将来気候変化の不確実性の理解と影響・対策評価を連携する学際研究

選定理由：
気候変動のメカニズムの理解を深め、その予測を精度良く行うための研究は、まさに気象学の中核となる研究分野の一つである。しかし、気候変動が様々なセクターにおいて及ぼす影響の評価に関する研究や、喫緊の課題として社会ニーズの高い気候変動適応緩和策の推進に資する研究は、気象学の範疇を超え、地球科学全般に加えて医学・農学・工学そして社会科学など、多様な学術領域との幅広い学際的な連携が必要な研究分野である。さらに、そういった連携研究を通じて、再度気候変動のメカニズム理解の深化と予測精度の向上につなげていくことは、気象学そのものの発展にとって極めて重要である。

塩竈秀夫氏は、気候モデルを用いて、過去の気候変動の要因分析と将来予測の不確実性に関する幅広い研究を行うとともに、気候変動の影響評価・適応策・緩和策そのものを研究対象としている様々な学術分野の研究者と連携した、学際的な研究を進めている。そのような学際的な連携研究活動を通じて、気候変動のメカニズム理解と予測のさらなる向上につなげることで、気象学そのものの発展に貢献している。その代表例が、観測データを用いた将来予測の拘束の手法を降水量変化に初めて適用し、21 世紀末までの降水量増加の予測幅の上限を引き下げることに成功した研究である（業績 1）。この研究は、今後の水害対策などの気候変動適応策の検討の根拠として、また、気温上昇を何℃に抑制すべきか検討する上での根拠としての、将来予測情報の不確実性を低減するものであり、政策的な意義が極めて大きいのみならず、気候変動予測研究そのものへの顕著な貢献である。その研究に至るまでに、大きく分けて 3 つ、すなわち「過去の気候変動の要因分析に関する研究」、「将来の気候変動予測への不確実性に関わる研究」、「気候変動適応策の推進に関わる研究」を進めており、それぞれ多数の成果に結びついている。

過去の気候変動の要因分析に関する研究では、気候モデルにおける外部因子に対する気候応答の特徴を抽出する手法の開発に取り組んでいる。具体的には、気候モデル MIROC を用いて様々な切り分け実験を行い、複数の単一外部因子に対するそれぞれの気候応答の加法性を証明した（業績 2）。この手法は、いわゆる Detection and Attribution の根拠の一つとなっているほか、塩竈氏は CMIP6 の DAMIP で共同議長として当該分野の国際的研究活動をリードし（業績 3）、IPCC AR6 における人間活動の寄与に関する記述の根拠となる研究成果につなげている（業績 4）。また、21

世紀初頭の温暖化停滞現象などに対する外部因子と内部変動の寄与に関する分析などにも貢献している（業績 5）。

将来の気候変動予測・影響予測とその不確実性の研究では、極端現象の変化予測に関して内部変動の不確実性を考慮するために、大規模なアンサンブル実験を用いた研究を進めてきている。塩竈氏は、過去の温暖化と 4°C 温暖化に関する大規模な大気モデル実験 d4PDF において、数値実験のデザインの面から貢献した（業績 6）ほか、パリ協定の気温上昇 1.5°C 目標と 2°C 目標の間で極端現象変化にどのような差が生じるかを調べる大規模アンサンブルのモデル相互比較計画（Half a degree additional warming, prognosis and projected impacts）を実施し、2°C から 1.5°C に抑えることのメリットが大きいことを示し、IPCC の 1.5°C 特別報告書に大きく貢献した（業績 7）。

気候変動適応策の推進に関わる研究・活動としては、影響評価研究者との連携を強化し、緩和策・適応策を推進するための研究を行っている。影響評価研究では、数十ある気候モデル全ての出力データを使うことは研究資源的に難しく、また政策決定者も少数の予測・影響評価を提示されることを好む傾向がある。そのため、影響評価でよく用いられる 8 つの気候変数の不確実性幅を網羅する 5 つの代表気候モデルを選択する手法を開発した（業績 8）。この代表気候モデルにバイアス補正を施したデータが公開され（業績 9）、日本の多くの影響評価研究で利用されている。また、気候予測と影響評価の連携推進に関する委員会で幹事として提言をまとめ（業績 10）、中央環境審議会、気候変動影響評価報告書 2020、気候予測データセット 2022 等へのインプットを行うなど、政策貢献も積極的に行っている。IPCC AR6 の WG1、WG2 には、塩竈氏の論文が主著 7 篇、共著 38 篇の計 45 篇引用されている。

このように塩竈氏は、気候変動の理解と予測に関する多くの先駆的な成果を挙げ、国内外の学際的な研究コミュニティの発展に寄与するとともに、社会科学を含む多様な分野の研究者と連携してその成果を気候変動の影響評価、適応策検討、緩和策検討につなげる学際研究に展開し、その連携を通じて気象学の発展に貢献してきた。

以上の理由により、日本気象学会は塩竈秀夫氏に 2023 年度堀内賞を贈呈するものである。

業績一覧

1. Shiogama, H., M. Watanabe, H. Kim, N. Hirota (2022) Emergent constraints on future precipitation changes. *Nature*, 602, 612-616
<https://doi.org/10.1038/s41586-021-04310-8>
2. Shiogama H., Stone DA, Nagashima T, Nozawa T, Emori S. (2013) On the linear additivity of climate forcing-response relationships at global and continental scales. *International Journal of Climatology*, 33 (11), 2542-2550. DOI: 10.1002/joc.3607
3. Gillett, N. P., Shiogama, H., Funke, B., Hegerl, G., Knutti, R., Matthes, K., Santer, B. D., Stone, D., and Tebaldi, C. (2016) The

Detection and Attribution Model Intercomparison Project (DAMIP v1.0) contribution to CMIP6, *Geosci. Model Dev.*, 9, 3685–3697, doi:10.5194/gmd-9-3685-2016, 2016.

4. Gillett N.P., M. Kirchmeier-Young, A. Ribes, H. Shiogama, G. Hegerl, R. Knutti, G. Gastineau, J. G. John, L. Li, L. Nazarenko, N. Rosenbloom, Ø. Seland, T. Wu, S. Yukimoto, T. Ziehn (2021) Constraining human contributions to observed warming since the pre-industrial period. *Nature Climate Change*, <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00965-9>
5. Kamae, Y., H. Shiogama, Y. Imada, M. Mori, O. Arakawa, R. Mizuta, K. Yoshida, C. Takahashi, M. Arai, M. Ishii, M. Watanabe, M. Kimoto, S.-P. Xie, and H. Ueda, 2016: Forced response and internal variability of summer climate over western North America. *Clim. Dyn.*, doi:10.1007/s00382-016-3350-x.
6. Shiogama H., Y. Imada, M. Mori, R. Mizuta, D. Stone, K. Yoshida, O. Arakawa, M. Ikeda, C. Takahashi, M. Arai, M. Ishii, M. Watanabe, M. Kimoto (2016) Attributing historical changes in probabilities of record-breaking daily temperature and precipitation extreme events. *SOLA*, 12, 225–231, doi:10.2151/sola.2016-045.
7. Shiogama, H, T Hasegawa, S Fujimori, D Murakami, K Takahashi, K Tanaka, S Emori, I Kubota, M Abe, Y Imada, M Watanabe, D Mitchell, N Schaller, J Sillmann, E Fischer, J. F. Scinocca, I. Bethke, L Lierhammer Jun'ya Takakura, Tim Trautmann, Petra Döll, Sebastian Ostberg, Hannes Müller Schmied, Fahad Saeed, Carl-Friedrich Schleussner (2019) Limiting global warming to 1.5oC will lower increases in inequalities of four hazard indicators of climate change. *Environ. Res. Lett.* 14, 124022.
8. Shiogama H., N. N. Ishizaki, N. Hanasaki, K. Takahashi, S. Emori, R. Ito, T. Nakaegawa, I. Takayabu, Y. Hijioka, Y. N. Takayabu, R. Shibuya (2021) Selecting CMIP6-based future climate scenarios for impact and adaptation studies. *SOLA*, 17, 57–62.
9. Ishizaki N.N., M. Nishimori, T. Iizumi, H. Shiogama, N. Hanasaki, K. Takahashi (2020) Evaluation of two bias-correction methods for gridded climate scenarios over Japan. *SOLA*, 16, 80–85.
10. 高薮出, 花崎直太, 塩竈秀夫, 石川洋一, 江守正多, 嶋田知英, 杉崎宏哉, 高橋潔, 仲江川敏之, 中北英一, 西森基貴, 橋爪真弘, 初鹿宏壮, 松井哲哉, 山野博哉, 横木裕宗, 渡部雅浩 (2021), 気候変動の予測情報を利用者まで届けるには, *水文・水資源学会誌*, 34 巻, 6 号, p. 377–385,