

日本の農耕地における温暖化モニタリングと農業分野への影響評価のための気候シナリオの作成および普及

西森基貴

(農研機構・農業環境研究部門)

Global warming monitoring in agricultural lands and developments of regional climate scenarios for assessing the climate impacts of various agricultural sectors.

Motoki NISHIMORI

(Institute for Agro-Environmental Sciences, National Agriculture and Food Research Organization)

1. はじめに

このたび、栄えある日本農業気象学会賞普及賞を頂くこととなり、誠に光栄に存じます。ご推薦を頂きました杉浦俊彦博士のほか、ご審査いただいた学会賞審査委員会、および共同研究やご支援を頂きました会員各位に深く感謝いたします。受賞理由として、標題にあるように気候変動・地球温暖化関係の2つのテーマを挙げて頂いております。演者自身の気候変動問題への取り組みは長く、学位論文指導教官の筑波大学地球科学系安成哲三教授(現京都気候変動適応センター長)のもとで助手として勤めていた時代にまでさかのぼり、当時、連携大学院教授であった気象研究所の鬼頭昭雄博士に、気象研究所全球気候モデルデータの解析依頼と「統計的ダウンスケーリング」技術を紹介されたことが契機となりました。しかし研究を開始した直後の2000年4月に当時の農業環境技術研究所(農環研)に異動となり、そこで現在も研究の中心である気候変動とその影響・適応策評価の研究に本格的に取り組むこととなりました。

2. 日本の農耕地における温暖化モニタリング

当時の農環研では、演者が採用された地球環境研究チーム(のちの食料生産変動研究チーム)では、林陽生(その後、鳥谷均)チーム長と、横沢正幸博士(現早稲田大学教授)を中心に日本全国を対象とする広域かつ空間詳細なコメの気候変動影響評価に取り組んでいました。いっぽう環境資源部気象管理科(のちの地球環境部気象研究グループ)では、圃場スケールでの微気象・小気候と作物応答の研究が進んでいました。全国を対象とする研究では、使える気象データはやはりアメダスとなりますが、ご存じのようにアメダス観測点は都市部に多いため、都市気候の影響を受けている地点が多いと考えられました。実際、気象庁は日本の平均気温を算出するためにアメダスよりも長期データのある気象官署を用いているのですが、全国150地点余りの気象官署のうち、気象庁の判断でも都市の影響を受けて

いない地点は当時、17しかありませんでした。また気象庁によれば、日本の平均地上気温は1990年から、あたかもジャンプするような形で高温期を迎えています。2000年代ではまだ、気温上昇は都市だけの問題であり地方部や水田農耕地の気温は上がっていない、という実態やデータも、地域センターや農業従事者からは上がっていました。そこで、将来の影響評価のためにも、農耕地・水田地域の気候変動・気温上昇の実態を明らかにする必要がある、との観点から桑形恒男博士を中心に上記2つの研究グループが連携し、都市地域と農耕地地域における気温変動の実態解明(西森ら, 2009)および農耕地における気温変動を代表できる「農耕地モニタリング地点」の選定を行いました(村上ら, 2011; 西森, 2013)。またこのモニタリング地点の気温上昇トレンドを地域別・月別に解析すると、秋期や初夏の大きな上昇トレンドのほか、2月の高温と、春期および12月の相対的な低温が明らかであり、またそれぞれ、今まさに問題となっている農業影響に関連していることが示されました。この解析図は今でも各県・地域の依頼講演で紹介しており、多くの関心を持っていただいています。

なお、このモニタリング地点データは桑形恒男博士が開発した農研機構「モデル結合型作物気象データベース」(<https://metecrop.dc.affrc.go.jp/real/top.php>)にて公開されています。選定から10年以上が経過し、一部地点に廃止や移動がみられ、演者らも定期的な確認と更新の必要性は認識していますが、派生的な研究を大いに歓迎いたします。

3. 農業分野への影響評価のための気候シナリオの作成および普及

2000年代に入り、気温上昇や短時間強雨(集中豪雨)の増加による影響・災害が目立ってきたことから、気候変動の緩和(温室効果ガス排出削減)策の具体化が加速化するとともに、それでは間に合わないとの危機感から、「適応」に関する研究の重要性が高まって来ました。農環研では、本稿2.の研究を進めていく一方で、日本の各地域におけるコメ影響評価が急務となり、また行政からは影響の空間マップ作成の要望があったことから、横沢正幸博士を中心に「農環研アメダスメッシュデータ」(清野, 1993)をベースにした将来気候のメッシュシナリオが急

ぎ作成されました。ただこのころは、気候変動を予測する全球気候モデル(GCM)出力に対する信頼性の判断が揺れ、また計算資源の制約もあり、2次メッシュ(約 10km)・月別・バイアス補正平均値のみ(Yokozawa *et al.*, 2003)、3次メッシュ(約 1km)・日別・補正なし(Okada *et al.*, 2009)と、気候シナリオに対する重点の置き方はまちまちです。このあたりバイアス補正や空間補間、統計的ダウンスケール手法の学術的な側面は、飯泉仁之直博士が非常にわかりやすく解説しています(飯泉ら, 2010)。

そもそも GCM が出力する日別データに対する信頼性がまだ弱い時代、農環研では並行して、GCM が出力する月別データのみ利用し、ウェザージェネレータ手法により日別値を生成した地域気候シナリオも開発してきました(アメダス地点では Iizumi *et al.*, 2012; 3次メッシュでは Ishigooka *et al.*, 2017)。しかしながら対象地点・メッシュごとに確率計算を行うウェザージェネレータ手法では、隣接する地点においても別の天候・気象となっている可能性が高く、影響についてもその空間的広がりを評価することができません。そこで演者が文科省 SI-CAT プロジェクトで新たな気候シナリオ開発に取り組む際には、3次メッシュで GCM の日別値を利用し、バイアスは平均値に加え分散も補正することとしました。なお現在では、GCM による気候変動予測もアンサンブルで複数メンバの出力が存在します。GCM の出力する日値には、季節変化を含めてまだ不確実性が大きいので、本来は複数アンサンブルで整備すべきでしたが、人的・計算資源の関係と、ユーザー側での計算負荷も考慮し、1つの GCM/RCP シナリオに対しては、1つのアンサンブルしか用意していません。

これ以上の技術的なことは省きますが、こうして開発された「日本全国 1km 地域気候予測シナリオデータセット(農研機構地域気候シナリオデータセット)」は、5種類の GCM 出力値を日本域で3次メッシュに高解像度化したものであり、出力要素は日平均・日最高・日最低気温、日降水量、日積算日射量、日平均の相対湿度と地上風速の7要素を持つ、時空間詳細な地域気候変動予測情報のデータセットです。気温上昇度に関しては、おおむね GCM のものを保持していますが、若干、高温側を過大評価している場合もあります。いっぽう降水量に関しては現在、例えどのような気候モデル(全球・領域)であっても、特に強い雨の再現は難しいとされていますが、今回、バイアス補正を平均値だけでなく分散に対しても行ったことで、概して降水強度の弱いモデル降水量が、観測値に近いように補正された場合があります(西森, 2021)。ただもともと正規分布を取らない日降水量に対し、分散補正を適用することは議論の残るところであり、強雨に着目した気象災害研究などでの利用には、細心の注意が必要です。

本データセットは、文科省プロジェクトを中心に開発されたこともあり、データ統合・解析システム(DIAS)に搭載されています。ただ DIAS はデータの検索が難しく、データの詳細を知らない方が一から探すのは大変な労苦です。これに関連しては、2022年12月に「気象予測データセット(DS2022)」が DIAS 上で公開されたことで、本データセットの認知も高まると期待されます。いっぽう、いずれにせよ DIAS 上のデータは日本域一括であり、解析にはやや高度なプログラミング知識と GIS の利用が必要となります。このため、大野宏之博士、佐々木華織上級研究員ら

にご尽力いただき、「農研機構メッシュ農業気象データシステム」に、本体の過去値・予報値と同一形式で搭載していただきました。これで、「メッシュシステム」の豊富なサンプルプログラムを利用して、自分のテリトリーでの解析が飛躍的に容易になりました。

4. 今後の展望

2020年代に入り、気候変動そのものとその影響はますます顕在化してきました。日本では年平均気温の上位4年はすべて、直近の2019~2022年で占められているほか、これまで統計的に有意な変化は見られないとされていた短時間強雨についても、有意に増加していることが示されてきています。気候変動適応法により、都道府県だけでなく市町村レベルで適応計画が策定されようとしており、地域詳細な気候予測シナリオの重要性はますます高まっております。地域気候予測の様々な不確実性に対応した影響・適応策評価のためには、オールジャパンでの取り組みが必要であり、本務として地域気候シナリオを開発する国立環境研究所気候変動適応センターに対し「農研機構メッシュ農業気象データシステム」過去値とバイアス補正技術(飯泉ら, 2010)を提供して、地域気候シナリオ NIES2019 (Ishizaki *et al.*, 2020)および最新の NIES2020 の開発に全面協力しました。

ところで、演者の大学時代の所属研究室は農学部・農業気象学でなく、自然科学類(理学部)地球科学専攻の気候学・気象学でした。そのため日本地理学会や日本気象学会には大学院学生のうちに入会しましたが、農業気象学会への入会は遅れました。また主著の英文論文もなく学会の要職もあまり務めていない中で、学会賞を受賞して良いものか、若干の躊躇があったことは正直、否めません。しかしながら、本推薦にご尽力いただいた方々、上記のみならず演者の全ての研究・社会実装活動に協働、ご尽力いただいたみなさまのためにも、改めて表彰の場に立つこと決意いたしました。30年余りの研究者生活の中でも、最大の喜びをもってこの瞬間を迎えているとともに、この賞に恥じない成果の創出と社会実装をさらに進めなければ、とのプレッシャーも感じております。引き続きご指導、ご鞭撻を賜りますよう、切にお願い申し上げます。

なお本稿では、時間と紙面の関係上、指導者、共同研究者および協力者の方々の氏名や業績、ならびに引用すべき文献や謝すべき研究資金名を大幅に割愛させていただいております。また「普及賞」でありながら、地域シナリオの利用例や社会実装の観点からの労苦や問題点の記載が不十分かと思いますが、ご容赦のほど、重ねてお願い申し上げます。

引用文献

- 飯泉仁之直・西森基貴・石郷岡康史・横沢正幸, 2010: 統計的ダウンスケールリングによる気候変化シナリオ作成入門. 農業気象 **66**, 131-143. <https://doi.org/10.2480/agrmet.66.2.5>
- Iizumi T, Semenov MA, Nishimori M, Ishigooka Y, Kuwagata T, 2012: ELPIS-JP: a dataset of local-scale daily climate change scenarios for Japan. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* **370**, 1121-1139. <https://doi.org/10.1098/rsta.2011.0305>

- Ishigooka Y, Fukui S, Hasegawa T, Kuwagata T, Nishimori M, Kondo M, 2017: Large-scale evaluation of the effects of adaptation to climate change by shifting transplanting date on rice production and quality in Japan. *Journal of Agricultural Meteorology* **73**, 156-173. <https://doi.org/10.2480/agrmet.D-16-00024>
- Ishizaki NN, Nishimori, M, Iizumi T, Shiogama H, Hanasaki N, Takahashi K, 2020: Evaluation of Two Bias-Correction Methods for Gridded Climate Scenarios over Japan. *SOLA* **16**, 80-85. <https://doi.org/10.2151/sola.2020-014>
- 村上雅則・桑形恒男・石郷岡康史・西森基貴* (2011): 農耕地モニタリング地点の選定とその気温変化傾向に関する地域的な特性. *生物と気象* **11**, 41-50. (*責任著者) <https://doi.org/10.2480/cib.11.41>
- 西森基貴, 2013: 温暖化研究のために, 農耕地を代表するアメダス気象観測点として「農耕地モニタリング地点」を選定. 農業環境研究所主要成果, https://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/sinfo/result/result29/result29_20.html (アクセス日: 2023/09/20).
- 西森基貴, 2021: 地域気候変動適応策評価のための「農研機構地域気候シナリオデータセット」の利用標準作業手順書. https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/naro/sop/139234.html (アクセス日: 2023/09/20).
- 西森基貴・桑形恒男・石郷岡康史・村上雅則, 2009: 都市化の影響を考慮した近年の日本における気温変化傾向とその地域的・季節的な特性について. *農業気象* **65**, 221-227.
- Okada M, Iizumi T, Nishimori M, Yokozawa M, 2009: Mesh Climate Change Data of Japan Ver. 2 for Climate Change Impact Assessments Under IPCC SRES A1B and A2. *Journal of Agricultural Meteorology* **65**, 97-109.
- 清野 裕, 1993: アメダスデータのメッシュ化について, *農業気象* **48**, 379-383.
- Yokozawa M, Goto S, Hayashi Y, Seino H, 2003: Mesh Climate Change Data for Evaluating Climate Change Impacts in Japan under Gradually Increasing Atmospheric CO₂ Concentration. *Journal of Agricultural Meteorology* **59**, 117-130.