

温暖化進行に伴うチャ圃場での凍霜害リスクの時空間変動の可視化と解析

木村建介

(農研機構・農業環境研究部門)

1. はじめに

この度は、日本農業気象学会奨励賞を授与されることとなり、大変光栄に存じます。ご推薦くださった北野雅治先生(高知大学特任教授)をはじめこの研究を評価してくださった選考委員の先生方に厚く御礼申し上げます。私の所属する唯一の学会であり、学部生の頃から毎年参加している本学会の奨励賞受賞ということで、大変嬉しく、特別に感じています。

受賞の対象となった研究は、タイトルにある通り茶園における凍霜害に関する研究で、私が農研機構の任期付研究員だった際に行ったものです(Kimura *et al.*, 2021a)。その際、論文の共著者である上司の丸山篤志博士と埼玉県茶業研究所の工藤健氏には、試験計画やデータの収集等に関して支援をいただきました。心より感謝いたします。本稿では、この研究を行うに至った背景と研究内容、そして今後の展望を紹介させていただきます。

2. 研究を行うに至った背景

茶園における凍霜害の研究は、私が学生時代から続けている研究の一つです。私が在籍していた九州大学農学部では3年生の後期から研究室に配属されます。当時の所属研究室(気象環境学研究室)では、一つの学年に1つの部屋が割り当てられており、私はエアコンの効いたその部屋で何をすることもなく一日中ダラダラと過ごしていました。そんな私を見かねて(かどうかはわかりませんが)、指導教官であった北野先生(当時は九州大学教授)から、「お前ちょっと先輩の手伝い行って来んやあ」と言われ、先輩の卒論の手伝いで茶園に頻繁に通うようになりました。そうすると自然と私の研究テーマもチャ関係のものとなり、学位を取得するまでに、茶園防霜ファンの効果の時空間分布の評価(Kimura *et al.*, 2017)や、凍霜害を予測するためのチャ耐凍性消長のモデル化(Kimura *et al.*, 2021b)などに取り組みました。在学中、北野先生は、私の発想やアイデアを尊重してくださり、かなり自由に研究をさせていただきました。現在も楽しく研究生活を送れているのは、そのおかげだと思っています。

学位取得後、農研機構・農業環境変動研究センター(現在は農業環境研究部門)の任期付研究員のポストを得ました。そこで上司の丸山さんから、埼玉県茶業研究所の工藤さんを紹介していただきました。工藤さんと周辺の農家さんから、ここ数年で凍霜害の発生頻度が増加している感じがするという話を伺い、

温暖化に伴うチャ凍霜害リスクの評価を農環研での最初の研究に決めました。就職後の研究テーマはガラッと変わることが多く苦労するという話をよく聞きますが、最初は慣れているテーマのほうが良いだろうと、丸山さんが色々面倒を見てくださったおかげで、私の場合はスムーズに研究を行うことができました。工藤さんは、私と年齢が近いこともあり、気を遣わずにお願いや相談ができたことも大きかったと思います。このように、これまで周りの人に相当恵まれていたことは間違いありません。

3. 研究内容

チャのような越冬性の植物は、秋から冬にかけての低温に徐々に馴れていき(低温馴化)、耐凍性を獲得していきます。こうすることで冬の寒さに耐えることができるようになりますが、耐凍性を獲得したまま成長することはできません。そこで、冬から春にかけて暖かくなるにつれて、耐凍性は徐々に消失し、再度成長できるようになります(脱馴化)。温暖化によって気温が上昇すると、多くの種で耐凍性の消失が早まると考えられています。そのため、たとえ気温が上昇したとしても、それ以上に耐凍性の消失が早まれば、凍霜害リスクは増大します。したがって、温暖化による凍霜害リスクの変動を調べるためには、気温(正確には植物体温ですが)と植物の耐凍性の両方を評価する必要があります。そこで本研究ではまず、日最低気温と、耐凍性と相関があるとされる萌芽率を用いて、チャの凍霜害リスクの指標を新たに提案しました。萌芽率は、現場で比較的簡単にデータが取れるため、評価に凍結試験が必要で時間と手間のかかる耐凍性を用いる指標と比較して、実用的な点が本指標の利点です。次に、気温の変動からチャの萌芽率を予測する数理モデルの構築を行いました。これは、次に行う凍霜害リスクの時空間変動を評価するために必要です。チャの低温馴化と脱馴化およびそれらの競合をモデル化し、過去15年の萌芽率の変動に対して妥当性を検証しました。検証の結果、9%程度の誤差で萌芽率を予測できるモデルが完成しました。最後に、構築した凍霜害リスクの指標と萌芽率モデル、および農研機構メッシュ農業気象データを用いて、チャ産地である埼玉県入間市周辺における過去40年間の凍霜害リスクの時空間変動を評価しました。その結果、凍霜害のリスクは、標高が50mから300mの地点で増加していることが示されました。これは、この標高帯では温暖化による気温上昇速度よりも萌芽期(=耐凍性の消失)の前進速度のほうが大きいことが原因と考えられます。また、この標高帯は現在チャが栽培されている標高帯と一致しており、既存の凍霜害対策の改良や新しい対策の構築の必要性を示唆し

<https://agrmet.jp/wp-content/uploads/2023-H-2.pdf>

2023年9月8日 受付

Copyright 2023, The Society of Agricultural Meteorology of Japan

ています。本来亜熱帯性作物であるチャにおける凍霜害リスクの評価事例は少なく、本研究で得られた情報は、今後、気候変動に適応した凍霜害対策を構築する上で重要になるものと考えられます。

4. 今後の展望

本研究で評価した凍霜害リスクの空間解像度は1kmで、これは地域スケールのリスクを評価するには十分な解像度と言えます。しかしながら、実際にチャが栽培されている丘陵地などの複雑地形を持つ農地では、夜間の放射冷却によって発生する冷気流の影響で、日最低気温は数 m のスケールで大きく変動します。実際に、本研究を行った埼玉県入間市の茶園においても、数十 m しか離れていないにもかかわらず、日最低気温に約7°Cの差が生じる場所がありました。この地点間の標高差はわずか10mです。したがって、実際の生産現場で凍霜害リスクを正確に評価しようとする、冷気流の影響を考慮した高空間解像度の気温データを用いる必要がありますが、残念ながら配信されているデータでこれに当てはまるものはありません。そこで、私は現在、冷気流の影響を考慮し、数 m の空間解像度で日最低気温を推定できる手法の開発に取り組んでいます (Kimura *et al.*, 2023)。この手法が完成すれば、生産者が自分の圃場の凍霜害リスクをピンポイントで把握することが可能です。実現にはまだまだ大きなハードルがありますが、丸山さん工藤さんをはじめとした研究者と共同で実用化を目指しています。会員のみならず、学会でお会いした際に助言等いただけますと幸いです。今後とも、どうぞよろしくお願いいたします。

引用文献

- Kensuke Kimura, Daisuke Yasutake, Kentaro Nakazono, Masaharu Kitano, 2017: Dynamic distribution of thermal effects of an oscillating frost protective fan in a tea field. *Biosystems Engineering* **164**, 98–109.
- Kensuke Kimura, Ken Kudo, Atsushi Maruyama, 2021a: Spatiotemporal distribution of the potential risk of frost damage in tea fields from 1981-2020: A modeling approach considering phenology and meteorology. *Journal of Agricultural Meteorology* **77**, 224–234.
- Kensuke Kimura, Daisuke Yasutake, Takahiro Oki, Koichiro Yoshida, Masaharu Kitano, 2021b: Dynamic modelling of cold-hardiness in tea buds by imitating past temperature memory. *Annals of Botany* **127**, 317–326.
- Kensuke Kimura, Atsushi Maruyama, Kaori Sasaki, Ken Kudo, Eri Tanaka, Erina Fushimi, Hiroshi Nakagawa, 2023: Fine-scale mapping of daily minimum temperature in a cropland with complex terrains through the combination of a cold flow accumulation model with inversion strength. *Agricultural and Forest Meteorology* **329**, 109247.