

東北の農業気象

Agricultural Meteorology in Tohoku

Vol.68

Mar.2024

支部大会特別講演要旨

青森県産業技術センターにおける気象変動に対応した試験研究の紹介

木村利行・藤澤春樹.....1

光植物学研究用LED人工太陽光光源システム

富士原和宏..... 6

支部大会研究発表要旨

気候変化に伴う降霜・霜害日数の予測

渡邊 明.....8

寒冷地の加温栽培でカーボンニュートラルは実現可能かーイチゴの促成栽培ー

伊藤篤史.....10

東北地方における農業気象諸活動の歴史と現状

井上聡・大久保さゆり.....12

森林点群データの機械学習による樹木個体部位セグメンテーションと応用

大場真・山田修吾・泉正寿・長谷川匡・中村省吾・大西悟.....14

Exploring Decadal Changes in Drought Characteristics in Indonesia from 1980 – 2020

Amalia Nafisah Rahmani IRAWAN and Daisuke KOMORI.....16

Assessing the Impacts of Climate Change and Elevation
on Agricultural Potential in Afghanistan

Mohammad Naser Sediqi and Daisuke KOMORI.....19

メッシュ農業気象気温データの地形と天候に基づく補正——三戸町の事例

伊藤大雄・石田祐宣.....21

作期分散を目的とした融雪水代かきによる早春湛直栽培技術の検討

及川聡子.....23

支部だより

2023年度支部大会報告.....25

支部会案内

会則・規則27

投稿規定33

日本農業気象学会東北支部

(〒020-0198 盛岡市下厨川赤平4 東北農業研究センター内)

日本農業気象学会東北支部役員名簿（2023・2024年度）

支 部 長	伊藤 大雄	弘前大学
理 事	井上 聡	農研機構東北農業研究センター
評 議 員	木村 利行	青森県産業技術センター農林総合研究所
	松嶋 卯月	岩手大学
	菅野 博英	宮城県古川農業試験場
	小峰 正史	秋田県立大学
	横山 克至	山形県農業総合研究センター
	鈴木 幸雄	福島県農林水産部農業振興課
	星 典弘	農研機構東北農業研究センター
	吉田 龍平	福島大学
会計監査	松嶋 卯月	岩手大学
	町田 創	青森県産業技術センター野菜研究所
幹事（庶務）	中嶋 美幸	農研機構東北農業研究センター
幹事（会計）	屋比久貴之	農研機構東北農業研究センター
幹事（編集）	石川大太郎	東北大学

青森県産業技術センターにおける気象変動に対応した試験研究の紹介

地方独立行政法人青森県産業技術センター 農林総合研究所 木村利行
野菜研究所 藤澤春樹

1 はじめに

青森県産業技術センターは、県産業の振興・発展をめざし、平成21年4月に県内唯一の地方独立行政法人として発足した。工業、農林業、水産業、食品加工業を支援する13研究所を統合した全国初の総合的な研究機関であり、部門ごとの研究はもとより、分野を横断した連携型の研究開発、研究成果を生かした新商品づくりなど、さまざまな取り組みを行なっている。ここでは、近年、農林部門である農林総合研究所、野菜研究所、りんご研究所が取り組んでいる地球温暖化に対応した試験研究の概要に触れた上で、青森県の特産野菜であるナガイモにおける「穴落ち」の技術対策の確立に向けた研究事例について紹介する。

2 地球温暖化に対応した試験研究の概要（農林総合研究所 木村利行）

(1) 青森県の平均気温の推移と稲作の変化

本州の最北端にある青森県における平均気温は、全国と同様に上昇傾向にある。青森県の稲作は、夏季冷涼な季節風であるヤマセに伴う障害型冷害や遅延型冷害に苛まれてきた。地球温暖化が進む中であっても警戒を怠ることはできないが、近年は水稻の生育が促進される傾向にあり、経営規模の拡大と労働力不足の影響からか、田植時期は遅くなっているものの、刈取時期は早まっている（図1）。また、担い手不足に対応しうる直播栽培の導入が着実に増加しており、全国的にみると秋冷が早い本県にあっても収量および品質が安定するため、直播栽培は経営的に導入可能な技術になっていることが窺える。

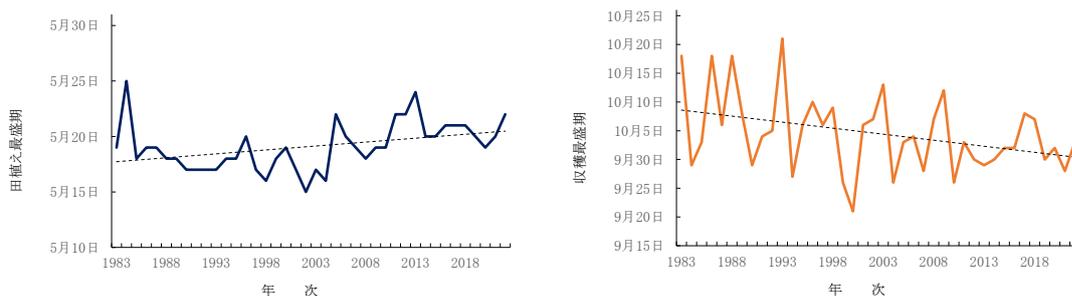


図1 青森県における田植え最盛期（左）と収穫最盛期（右）

注）青森県庁農林水産部農産園芸課調べ

その一方で、玄米品質への高温障害が顕在化しつつある。青森県の主力品種であった「つがるロマン」は、登熟初期の高温で発生が助長される胴割粒により、品質が低下する年次が多くなり、年々作付面積が減少している。そのため、青森県産業技術センター農林総合研究所では、高温年次での高品質米生産に寄与するため、高い胴割耐性を有する極良食味米品種「はれわたり」を育成し、普及を図っている（図2、写真1）。

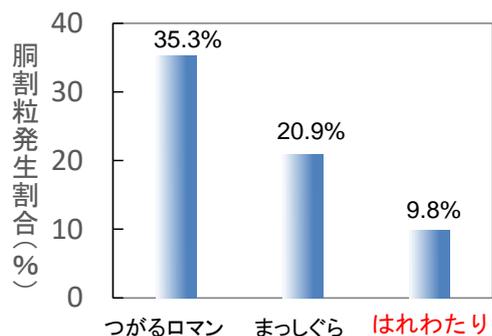


図2 胴割粒発生割合の品種間差異

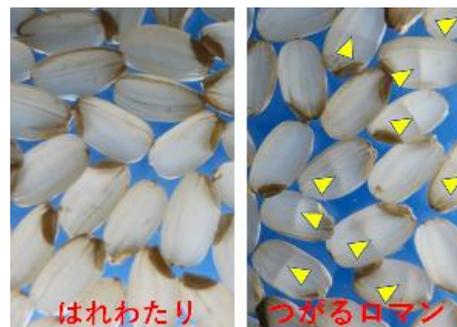


写真1 はれわたりとつがるロマンの胴割粒発生状況

注) △は胴割粒が発生した玄米

(2) 野菜・果樹における地球温暖化への適応策

地球温暖化の進行により、露地栽培可能な野菜、果樹が増えることが予測される。こうしたことから、野菜研究所、りんご研究所県南果樹部では、新作物・新品種のスクリーニング栽培に取り組んでいる。野菜については、サツマイモ、落花生、ダイショ、キクイモ、エンサイ、すいおう、サトイモ、ショウガについて検討した結果、サツマイモ（ベニアズマ・ベにはるか）、サトイモ（土垂（どだれ）・石川早生）が有望と考えられた。また、果樹については、大粒ぶどう（9品種）、もも（9品種）、すもも（9品種）について検討しており、今後、栽培性（熟期など）や果実品質から有望性を判断していく。

(3) 高温性病害虫への対策

青森県において産出額が多いリンゴ（全国1位）、ナガイモ（同2位）、ニンニク（同1位）、メロン（同6位）について、高温性病害虫への防除対策技術の開発を行っている。

りんご研究所では、りんごうどんこ病の発生生態と感染時期の解明を行い、伝染源の摘み取り効果の実証、新規系統うどんこ病防除剤の現地実証試験を実施している。また、春季および秋季の高温条件下ではアブラムシ類の発生量が増加することで、ナガイモやニンニクの病害感染リスクが高まることが予想される。野菜研究所では、弱毒ウイルス感染株から得られたナガイモの一年子を露地栽培し、症状の軽減効果と収量性について評価している。農林総合研究所では、主に暖地での発生が多かったメロン炭腐病が県内でも発生したことを受けて、発生生態と防除技術を確立した。

(4) リンゴにおける着色不良への対策

リンゴでは、高温による着色不良が懸念される。りんご研究所では、夏場が高温の年でも着色が良い紅色品種「紅はつみ」を育成した（写真2）。また、リンゴ栽培では人手による作業時間が多いことから（図3）、酷暑の中での作業負担を軽減するため、摘果・着色管理を省力化できる自家和合性の黄色品種の育成を目指している。



写真2 りんご品種「紅はつみ」

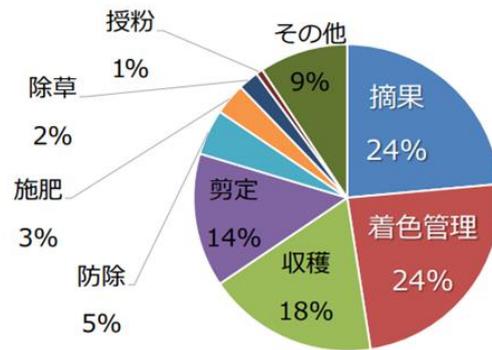


図3 りんご栽培における主要作業の割合

(5) 青森県の降水量と近年の水害発生

日本国内の年降水量には、明確な長期変化はみられないが、1970年代から2000年代までは年ごとの変動が比較的大きくなっている(図4)。青森地方気象台の降水量を暖候期(5~9月)、寒候期(10~4月)として比較すると、暖候期での年次変動が大きい傾向であった(データ略)。直近では、2021年に上北郡東北町の水田、2022年に津軽地域の水田、畑地、果樹園で冠水が発生している。

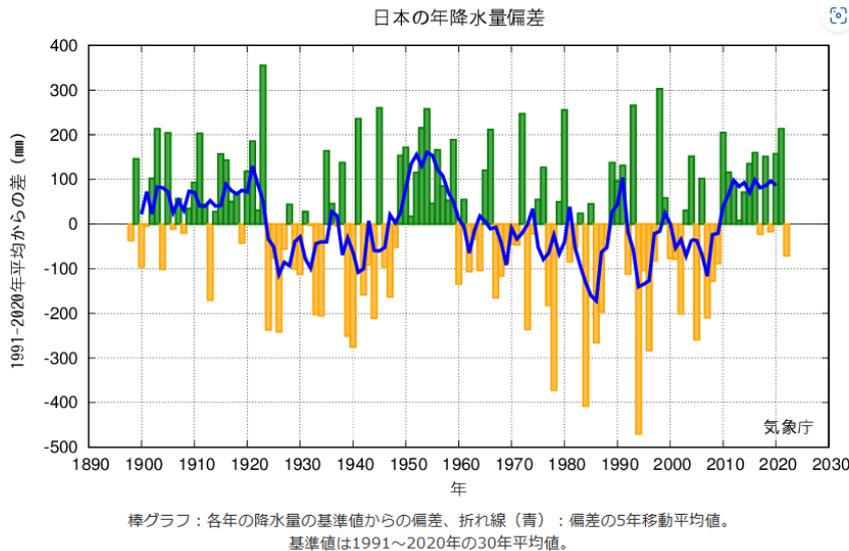


図4 日本の年平均気温偏差の経年変化(1890~2022年)

注) 気象庁より引用 (https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn_r.html)

3 大雨とナガイモ栽培の「穴落ち」について(野菜研究所 藤澤春樹)

近年、大雨が多くなっていることで、ナガイモ栽培では植え溝に空洞ができる「穴落ち」による品質低下や腐敗等が発生している(写真3)。ナガイモの種イモは、トレンチャー耕により土壌が膨軟になった溝に植付される。この植え溝は、長く、まっすぐ生長するナガイモの生産に効果的である一方、大雨の場合には土壌が沈降する穴落ちが発生して品質低下を招く。そこで、野菜

研究所では、生産者が取り組みやすい一般的な農業機械を利用した額縁明きよの設置や畝間サブソイラ等の実施による排水対策技術について検討している。



写真3 ナガイモ栽培における穴落ち（左：表層部、中央：植え溝内）と障害イモ（右）

(1) 額縁明きよの効果

額縁明きよ（幅 30cm, 深 30cm）を4月中旬に施工することで、表面流水の畝内侵入を抑制することができた（写真4）。



写真4 額縁明きよの効果

畝間サブソイラ（深 45~50cm：5月下旬植付直後、写真5）を施工することで土壌体積含水率は低下する傾向であったが、年次によって効果の持続は変化した（図5）。2021年では施工による表層部の穴落ち抑制効果がみられたが、2022年は穴落ちの発生がみられず、効果が判然としなかった。また、植え溝内の穴落ちについての効果は判然としなかった。これに関しては、横部からの浸透水や土壌構造による影響など他要因の影響があると推測された（データ略）。



写真5 サブソイラ施工の様子

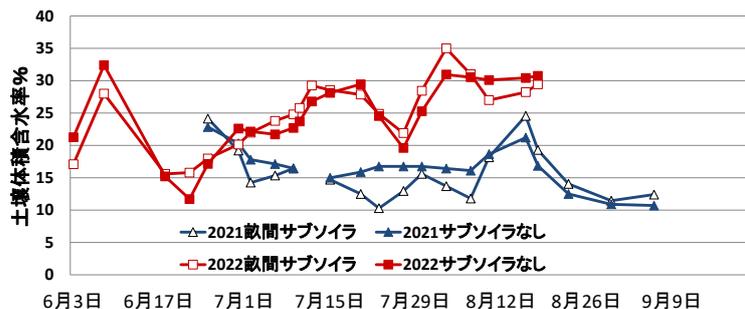


図5 畝間サブソイラによる表層部(0-15cm)の土壌体積含水率

(2) トレンチャー耕の影響

ホイール式およびチェーン式トレンチャー（写真 6）による土壌構造と穴落ち率の変化を確認した。



写真 6 ホイール式トレンチャー（左）とチェーン式トレンチャー（右）

トレンチャー耕速度と穴落ち率の関係では、トレンチャー耕起の方式と速度の違いが穴落ちに影響している可能性があった（図 6）。ホイール式トレンチャーの時速 367m に比べて他の条件では耕起速度の上昇（チェーンを除く）から土壌の密度低下によって土壌の保水力の低下が伴い、最大容水量時の土壌重量が低下することが想定された。以上のことから、深度 0-30cm までの最大容水時の土壌重量の低下は、土壌密度の低下による穴落ちの影響を評価していると考えられた。

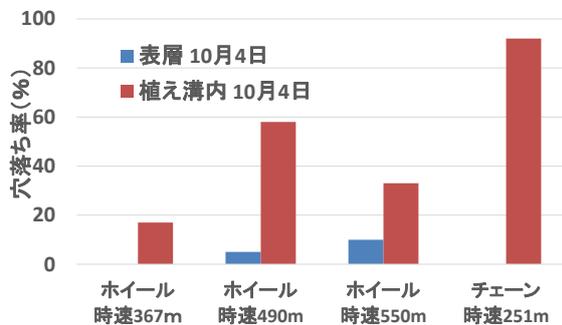


図 6 トレンチャー方式及び速度別の穴落ち率

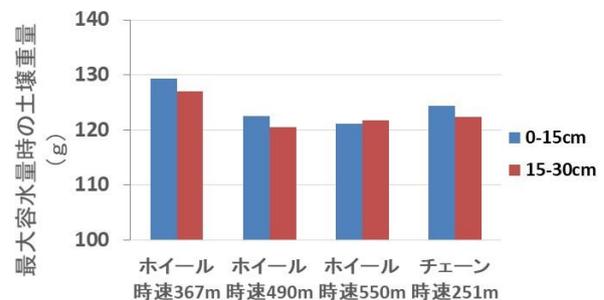


図 7 トレンチャー方式及び速度別の最大容水時の土壌重量

4 最後に

以上のように、日本農業気象学会 2023 年東北支部大会における青森県産業技術センターからの講演内容を要約した。現在、研究に取り組んでいる課題については、成果が得られた後、成果情報として生産現場で利活用されることになる。青森県産業技術センターの農林部門における成果情報については、下記の Web サイトで公開しているので参考としていただきたい。

青森県庁ホームページ「普及に移す研究成果・参考となる研究成果について」
<https://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/nourin/nosui/hukyuugi.jutu.html>

光植物学研究用 LED 人工太陽光光源システム

富士原和宏（東京大学大学院農学生命科学研究科）

1. 植物栽培用および研究用光源への LED 利用

発光ダイオード (light-emitting diode: LED) を植物栽培用光源として利用することを意識した研究が増え始めたのは、1995 年頃からである。切掛は青色 LED の市販化である。ちなみに青色 LED の発売当時の価格は、1000 個まとめて購入しても 1 個あたり 1000 円程度であったと記憶している。現在では、電子部品の通販サイトで、発売当時のそれよりも遙かに発光効率（消費電力 [W] あたりに得られる光束 [lm]）の大きい砲弾型青色 LED が 1 本 50 円程度で購入できる。急激な低価格化と高発光効率化が進んだ現在では、赤色 LED と青色 LED を組み合わせた LED 光源、あるいは青色 LED チップを利用した蛍光体利用白色 LED を用いた光源が、植物栽培用として人工光型植物工場で広く使用されるようになった。またそれらは、温室での補光用光源にも海外を中心に利用されている。

蛍光灯や高圧ナトリウムランプを光源とする植物栽培では、明期照射光の分光分布を制御することはなく、結果的に栽培期間中はほぼ一定であった（ランプ点灯直後、ランプ周囲気温変化時には変化する）。これに対して、LED を光源とする植物栽培では、ピーク波長の異なる LED を複数種用いることで、照射光の分光分布を 1 日の明期中に時間変化させることが可能なだけでなく、明期中とは異なる波長帯光での暗期中の弱光照射（暗期とは呼べないかもしれない）や、日ごとに分光分布を変えるような制御も可能である。さらには、ピーク波長の異なる LED を多数種組み合わせ設置した光源を用いることで、多様な分光分布の光を照射することも可能となる。

2. パルス光照射が植物の純光合成速度に及ぼす影響

LED への電力供給を短い時間間隔でオン・オフすることで、点滅光を照射することができる。1 組のオンとオフの合計時間は周期、周期の逆数は周波数、1 周期の時間に対するオンの時間の比をデューティ比（百分率で表現されることが多い）と呼ばれる。一般に、1 秒程度以下の短い周期で点滅を繰り返す光をパルス光と呼んでいる。このパルス光照射については、不思議な誤解がとくに日本国内で蔓延している。ある特定の周波数とデューティ比を組合せた条件でパルス光照射を行うと、照射光点滅中の平均 PPF_D が連続光と同じであっても、連続光照射よりも純光合成速度を大きくすることができるという誤解である。そうはならないことを明示している圧倒的多数の論文・著書の存在は、なぜか日本国内では無視され続けている。例えば、Rabinowitch (1956) (*Photosynthesis and Related Processes*. New York, Interscience Publishers) は、照射光点滅中の平均 PPF_D が連続光と同じなら、連続光照射に比較してパルス光照射で純光合成速度が大きくなることはないことを、今から 65 年以上前に、単純な思考実験で明快に説明している。

3. 光植物学研究用 LED 人工太陽光光源システム

自然環境下での植物栽培や植物を利用した有用物質生産の効率を高めるための研究、さらにはそのための基礎となる植物の環境応答を調べる研究では、自然環境下で観察されるレベルの環境要素（例えば気温、相対湿度、CO₂ 濃度など）の影響を調べる必要がある。ところが、光についての環境要素の一つである分光分布については、これまで自由に制御できる光源システムが

存在しなかったため、分光分布の影響を詳細に調べる実験を行うことができなかった。とくに、自然環境下における環境要素の時間変化の影響を調べようとしたときに、その他の環境要素については比較的容易にその時間変化を再現可能であるのに対して、分光分布については不可能であった。つまり、地表面における太陽光（自然光）の分光分布の時間変化（時間変動）に対する植物あるいは生物の応答を、ある程度以上の精度で調べる実験を行うことを可能とする光源システムがなかったのである。

そこで、筆者らは植物への照射光の分光分布を自由に制御できる LED 人工太陽光光源システムの開発に取り組んできた。2006年には、直径 30 mm の被照射面積に対して、390~970 nm の波長範囲について快晴時の地表面における太陽光の放射照度（約 750 W m^{-2} ）の約 1/50 の放射照度を作出可能なプロトタイプ（Fujiwara and Sawada (2006) *Journal of Light and Visual Environment* 30(3): 170–176）を開発した。2013年には、380~940 nm の波長範囲について快晴時の地表面における放射照度をフルに作出可能で、かつ光源システムの操作性および制御性を改良した第 2 世代光源システム（Fujiwara *et al.* (2013) *Proc. 7th LuxPacifica*, 140–145）を開発した。そして、2021年には、直径 30 mm の被照射面積に対して、380~940 nm の波長範囲について快晴時の地表面における放射照度の 2 倍の放射照度を作出可能で、しかもその時間変化をも高い自由度で精密に再現できる、世界に類を見ない光源システム（Fujiwara *et al.* (2022) *Journal of Agricultural Meteorology* 78(3): 101–112）が完成した。

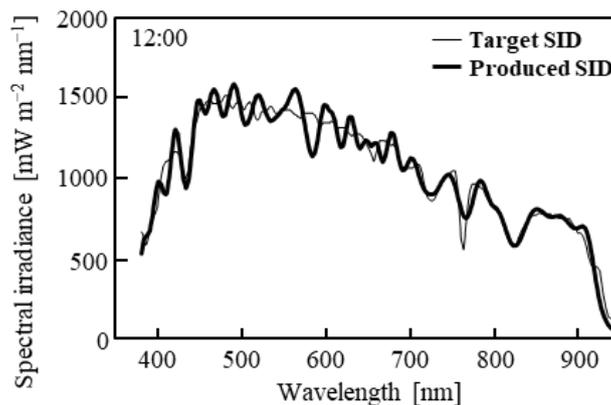


Fig. 1 Spectral irradiance distribution (SID) of ground-level sunlight obtained at 12:00 on a bright, clear September day in Tokyo (target SID), presented along with the best-approximated SID at the light outlet produced with the improved LED artificial sunlight source system for each target SID (produced SID) (Fujiwara *et al.*, 2022).

本光源システムは、苗などの小さな植物個体あるいは個葉を対象とすることに限定すれば、光植物学研究に利用可能な光源システムとなっている。すでに、自然光の変動光影響解明（Matsuda *et al.* (2021) *Frontiers in Plant Science* 12: 675810）、消費電力当たりの純光合成速度が高い LED の探索用プロトコル開発（Chen *et al.* (2022) *Journal of Agricultural Meteorology* 78(1): 8–18）などに利用されている。

他に、植物学、生物学、農学系の研究者が容易に取り扱える光源システムとして、光源に設置する LED の種類を制限し、さらにいくつかの高度な分光放射照度制御機能を割愛しているが、照射面積 0.28 m^2 の多波長帯光混合照射用 LED 光源システム（例えば、Fujiwara *et al.* (2011) *Journal of Light and Visual Environment* 35(2): 117–122）も開発している。この光源システムであれば、セルトレイで栽培中の移植苗などをもそのセルトレイごと光照射対象とすることができる。

気候変化に伴う降霜・霜害日数の予測

Prediction of number of days of frost and frost damage associated with climate change

渡邊 明 (気候変動研究所)

Akira Watanabe

(Institute for Climate Change)

1. はじめに

地球温暖化の進行に伴い、気候リスクを適切に評価し、適応策を検討することが全ての分野で求められている。果樹生産地である福島県では近年温暖化によりモモ（あかつき）やリンゴ（ふじ）などの発芽や開花が早期化している。安達ほか（2018）によればモモで2.1/10年、リンゴで1.7日/10年の割合で発芽日は早期化し、収穫盛日はモモで1.9日/10年早期化している一方、リンゴは1.9日/10年遅くなっていることが報告されている。しかし、こうした早期化や晩期化の結果、近年霜による被害も増加している。福島県（2020）では1965年から2023年まで記録に残る霜害が27日存在しており、その52%が2000年以降に出現している。また、各年の霜害発生初日の経年変化を見ると、霜害発生日が2000年以前は大半が5月に発生していたものの、2000年以降は4月に発生している。勿論、これは霜害を受ける作物の変化も含まれる。対象期間で最大の被害額を出した1981年の霜害は、5月31日に出現し、葉たばこが中心で、気候変化だけの問題ではないことが分かる。

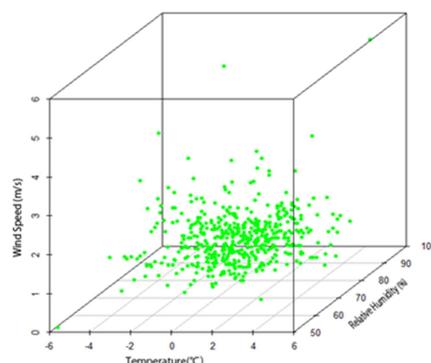
こうした気候変化に伴い適応策の一つとして温州ミカンなどの果樹栽培の可能性が指摘されているが、この適応地の設定として年平均気温が15℃～18℃の範囲で、かつ年最低気温が-5℃以下が5年に1回未満という条件で設定している。しかし、中川ほか（1975）は、温州ミカンでは、-1.4℃で2時間曝露されても全く被害が出現しないが、-2.6℃から-2.9℃で2時間曝露されると著しい被害が発生すること、-2.5℃が霜害発生の限界温度であることを示している。また、この温度は新芽そのものの温度で、屋外で測定している気温と比較すると平均-1℃低くなっていることを示し、気温の場合は-1.5℃以下で2時間曝露されると霜害が発生することを示した。

こうした現状を考慮し、新たに降霜条件を加えて、MIROC-CMIP6のデータを用いて降霜や霜害の発生状況を解析したのでその結果を報告する。

2. 降霜条件の検討

一般に、霜は空気と接触している物体の表面の温度が0℃以下になって、その時の露点温度以下（過飽和状態）になると空気中の水蒸気が昇華し、物体の表面で氷が成長することを霜としている。従って、降霜現象は、気温だけではなく、水蒸気量が重要な要素になる。また、放射冷却などで地表付近が低温化する時は、冷気が下層に蓄積しやすい条件の一つとして風速が重要な要素となる。放射冷却は地形にも依存し、盆地状の地形を有する場所では風が弱い日に降霜を発生することが多い。風が強かったり、雨や雪が降っていたりすると地表の冷却が進まず、霜の成長が阻害されるため、気温が低くても霜が観測されないことが多い。また、積雪状態では霜そのものの観測が確認できず、気象庁の日原簿等に霜の記事がないことが多い。

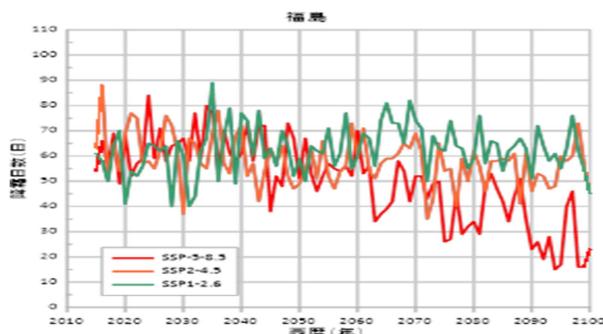
第1図は福島地方気象台で1989年4月1日から自動観測に変更された2020年1月まで526回の降霜が観測された時の最低気温、湿度、風速の関係を示したものである。発現時の最低気温の平均値は-0.3℃と0℃に近い値を示すものの、発現時の最高気温は4.2℃と比較的高温でも出現している。しかし、この時の風速は0.4m/sと弱く、湿度も85%と高い。気温は高度1.5mで測定されているが、放射冷却時は地表面との温



第1図 福島地方気象台における降霜時の最低気温、相対湿度、風速の関係

度差も大きくなり、気温が 0℃以上でも降霜が発生していることを示している。また、降霜時の平均湿度は 82.0%で地表での過飽和が発生し易い状況になっている。降霜発現時の最低湿度は 53%であるが、この時の風速は 3.3m/s と降霜時の平均風速 1.0m/s より相対的に強い風速で出現している。これは基本的に synoptic scale の寒気流入による降霜発現で、降霜メカニズムの差異に依存するものと考えられる。なお、降霜発現時の最大風速は 5.3m/s と相対的に強い風速時でも出現している。これも前述の通り synoptic scale の寒気移流に起因している。同様な解析を福島県内の会津若松、小名浜、白河で行い、MIROC では日平均気温 2℃以下の日の降水を降雪と表現している関係から、平均気温が 2℃以上で最低気温が 2℃以下の日として設定した。

第 2 図は石崎 (2021) によって公開された CMIP6-MIROC のデータを、1981 年から 2014 年までの AMeDAS データを用いて再補正を行ったデータにより、福島市の 2015 年から 2100 年までの降霜日数を示したものである。最も温暖化が予測される SSP5-8.5 シナリオの 2100 年でも 30 日程度の降霜日が予測された。



第 2 図 CMIP6 におけるシナリオ毎の 2015 年から 2100 年までの福島市における降霜日数の変化

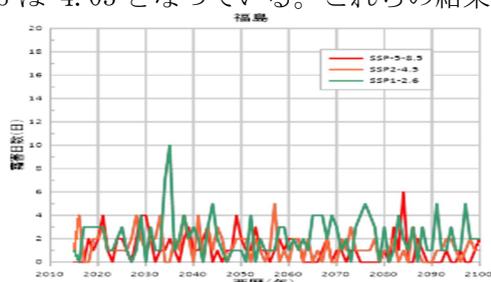
3. 霜害予測

霜害については多くの研究がある。佐久間ほか (2013) は、ロジスティック回帰モデルを用いた凍霜害危険度 (y) を示す式 (1) を提案している。

$$y = 1 / (1 + \exp\{-(aT + b)\}) \text{----- (1)}$$

ここで、T (℃) は地上気温、a, b はそれぞれ果樹種ごとに发育段階に応じたて求められた定数となっている。例えばモモあかつきの発芽では a は -1.01, b は -4.03 となっている。これらの結果によれば -2℃程度が霜害の危険が顕在化する気温となる。

安達ほか (2018) では、DVR (Developmental Rate) モデルを用いて発芽日予測などもされているが、毎時間ごとの気象データが必要で、全球気候モデル MIROC の出力データを用いて发育状況を予測することが困難なため、100 年で約 20 日早く発芽することを想定し、3 月 20 日を起点として、平均気温が 2℃以上で、最低気温が -2℃以下になる日を霜害発生の日として推定することとした。第 3 図に 2015 年から 2100 年までの各シナリオにおける霜害発生日数を予測したものである。SSP5-8.5 シナリオにおける霜害出現日数は福島市で 1 日、小名浜で 0.5 日と少なくなるものの、出現する可能性を示している。



第 3 図 CMIP6 におけるシナリオ毎の 2015 年から 2100 年までの福島市における霜害日数の変化

3. まとめ

温暖化に伴う適応策の一つとして温州ミカンなど常緑果樹の移行が指摘されているが、特に常緑果樹は霜害によるリスクが大きく、霜害の観点から MIROC-CMIP6 の予測データを基に、降霜日数や霜害日数の変動傾向を検討した。その結果、確かに温暖化で降霜日数は大きく減少するものの、霜害はなくなり、適応策としての温帯域の果樹の移行についてはより慎重な検討が必要である。

引用文献

- 安達義輝, 志村浩雄, 額田光彦, 斎藤祐一, 桑名篤, 安部充, 2018, 温暖化傾向における果樹の发育速度(DVR) モデルの検証, 福島農総セ研報, NO.9, 11-22.
- 石崎 紀子, 2021: CMIP6 をベースにした CDFDM 手法による日本域バイアス補正気候シナリオデータ(NIES2020), Ver.1, 国立環境研究所, doi:10.17595/20210501.001.
- 岡崎ほか, 1977 年: <https://www.pref.hiroshima.lg.jp/uploaded/attachment/785.pdf>
- 福島県, 2020, 県内要災害(昭和 40 年~令和元年) 2020, <https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025b/zensuyousaigai.html>.
- 中川行夫, 下大迫三徳, 本条均, 1975: ウンシュウミカンのほう芽期の霜害発生限界温度, 農業気象, Vol.31, NO.3, 149-152.

寒冷地の加温栽培でカーボンニュートラルは実現可能か —イチゴの促成栽培—

伊藤篤史（青森県産業技術センター農林総合研究所）

1 はじめに

施設園芸における冬期加温栽培は、燃油及び電気料金の高騰により、経営費全体に占める暖房費の割合が高まり経営を圧迫している。さらに、温暖化の影響が深刻化する中、化石燃料は環境負荷が高いことから代替技術が求められている。これまでに地下水を熱源としたハウス内温度制御技術の検討を行い、寒冷地である青森県において、地下水水温 15°C程度と自作熱交換器を用いた冬期の加温で熱交換器 1 台当たり 3kW 以上の放熱量により 140m² のパイプハウスを内外気温差 10°C程度に保つことが可能であることを明らかにしてきた。ここでは、地下水を熱源としたハウス内温度制御の温度条件において、イチゴ促成栽培を行い冬期間の収量性を調査した。さらに、収量性の向上を目指して、CO₂施用及び地温制御の効果について検討した。

2 試験方法

試験場所は、青森県黒石市（標高 30m）に所在する農林総合研究所内のパイプハウスで、供試品種に「とちおとめ」、「さちのか」、「よつぼし」を用いて促成栽培を行った。1 作目は 2021 年 9 月 14 日定植、2 作目は 2022 年 9 月 19 日定植。各作とも定植年の翌年 6 月まで収量調査を行った。温度管理は、農 P0 内張りカーテン 1 層で、加温はネポンショウオンボイラを用い、最低気温 3°Cに設定して自作熱交換器により温水を温風に変換して加温。地温制御はネポンショウオンボイラを用い、設定温度 13°Cに設定して畝内地下部 10 cm深へ埋設した温湯管で加温。処理期間は 2021 年 12 月 17 日～3 月 31 日及び 2022 年 11 月 2 日～2023 年 3 月 31 日。CO₂施用は、ダイニチ園芸専用暖房機 RA-329 で行い、ビニールダクトで条間の株元へ常時施用し、ハウス内の CO₂濃度がセンサー位置で 1000ppm を超えないように ON/OFF 制御、処理期間は 2021 年 11 月 1 日～2022 年 3 月 1 日及び 2022 年 11 月 1 日～2023 年 3 月 1 日の 9:00～14:00。電照処理なし。耕種概要は、土耕栽培、株間 25cm、条間 15cm、2 条千鳥植え、うね幅 135cm、株数 5,925 株/10a、土壌改良資材は粒状苦土石灰 M-10 300 kg/10a、苦土重焼燐 300 kg/10a。施肥管理は OAT アグリオ社タンクミックス F&B で灌水同時施肥し、窒素施用量 15mg/株/日を目安とした。試験区の構成は、温風加温のみを無処理区として、CO₂処理区、地温制御区、CO₂処理+地温制御の組み合わせ区とした。

3 結果および考察

2021-2022 年の結果 収量は、「よつぼし」が無処理区 316.5g/株であり、CO₂施用もしくは地温制御により無処理対比で 30%以上向上し、処理を組み合わせた場合には 53%の大幅な向上であった。「さちのか」が無処理区 286.9g/株であり、CO₂施用もしくは地温制御により無処理対比で 40%以上向上し、処理を組み合わせた場合には 78%の大幅な向上であった。「とちおとめ」が無処理区 180.2g/株であり、地温制御により無処理対比で 19%向上した。最低気温 3°Cに設定した栽培試験では、供試品種により収量性が異なった。休眠が深い「とちおとめ」は、厳冬期のわい化により収量が低く、休眠が浅い「よつぼし」は、わい化程度が浅く収量が高かった。

2022-2023 年の結果 収量は、「よつぼし」が無処理区で 633.9g/株であり、地温制御により無処理対比で 19%向上した。「さちのか」が無処理区で 442.4g/株であり、地温制御により無処理対比で 30%向上し、処理を組み合わせた場合には 67%の大幅に向上した。「とちおとめ」が無処理区で 391.8g/株であり、CO₂施用により無処理対比で 12%向上し、処理を組み合わせた場合には 23%向上した。

品種によらず、CO₂施用単独では効果が低い処理区があり、CO₂濃度が収量向上の律速要因ではなく、温度が律速要因になっていると考えられた。

CO₂施用有無によるハウス内気象は、CO₂施用有りでは、CO₂濃度が施用機の ON/OFF により急激に上下した。これは CO₂施用面積に対して施用機の CO₂発生量が多く、CO₂濃度を基に施用機 ON/OFF 制御を行ったことが原因である。CO₂施用無しでは、日の出直後から日没までの日射のある時間帯にハウス内 CO₂濃度は外気よりも低下した。外気 CO₂濃度よりも低下した要因には、CO₂センサーに温度補正機能が無いことも影響していた。

4 まとめ及び今後の課題

寒冷地の加温栽培でカーボンニュートラルを実現可能にするためには、低温条件に適した品種の選定が重要であることが明らかになった。また、CO₂施用もしくは地温制御それぞれ単独よりも、処理を組み合わせた場合に安定した収量の向上が確認された。

今後の課題として、CO₂施用及び地温制御を行う方法として、寒冷地の加温栽培でカーボンニュートラルを実現するための化石燃料に依存しない代替技術の確立が必要である。

表1 青森県におけるイチゴの促成栽培での収量 (2021-2022年)

品種	地温 制御	CO ₂ 施用	全果収量 (g/株)								11-3月 計	全期間計	無処理 対比
			2021年				2022年						
			11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月			
よつぼし	-	-	11.1	12.6	21.7	19.9	46.6	123.6	76.6	4.5	112.0	316.5	100%
	-	○	21.8	10.3	20.7	28.7	47.8	135.6	135.8	9.9	129.3	410.6	130%
	○	-	6.8	11.6	16.6	23.7	65.2	155.5	133.1	8.0	123.9	420.6	133%
	○	○	24.4	15.4	15.3	30.5	63.5	152.1	178.6	5.4	149.2	485.2	153%
さちのか	-	-	-	-	13.0	19.7	16.4	140.7	59.4	37.6	49.2	286.9	100%
	-	○	-	-	10.5	23.7	26.8	213.6	122.0	21.7	61.0	418.2	146%
	○	-	-	-	17.1	11.3	26.7	182.7	159.7	19.3	55.0	416.7	145%
	○	○	-	-	5.6	30.0	32.0	206.6	223.2	11.8	67.6	509.2	178%
とちおとめ	-	-	-	1.4	22.5	10.9	3.8	33.8	66.9	40.9	38.6	180.2	100%
	-	○	-	-	0.6	7.4	9.3	23.4	95.6	25.1	17.3	161.4	90%
	○	-	-	-	7.3	9.6	7.5	60.5	108.5	20.5	24.4	213.9	119%
	○	○	-	-	8.6	10.5	12.7	62.2	101.1	28.0	31.8	223.1	124%

表2 青森県におけるイチゴの促成栽培での収量 (2022-2023年)

品種	地温 制御	CO ₂ 施用	全果収量 (g/株)								11-3月 計	全期間計	無処理 対比
			2022年				2023年						
			11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月			
よつぼし	-	-	3.1	26.6	24.3	61.5	118.0	184.6	148.8	67.1	233.5	633.9	100%
	-	○	9.2	27.9	34.1	87.3	110.0	145.9	112.5	107.5	268.5	634.4	100%
	○	-	7.8	21.1	41.5	63.7	177.3	182.9	139.7	120.6	311.3	754.5	119%
	○	○	-	37.4	25.0	68.1	193.2	240.4	187.9	46.1	323.7	798.1	126%
さちのか	-	-	-	-	4.8	16.3	55.3	166.3	176.7	22.9	76.4	442.4	100%
	-	○	-	-	0.5	22.0	49.4	197.2	156.3	49.2	71.9	474.6	107%
	○	-	-	-	14.0	85.7	200.3	164.1	109.0	99.6	573.1	130%	
	○	○	-	-	26.8	78.9	338.3	243.7	51.9	105.7	739.6	167%	
とちおとめ	-	-	-	22.8	42.7	13.3	16.2	45.6	145.2	106.1	95.0	391.8	100%
	-	○	1.1	18.6	33.8	20.6	13.8	59.8	163.9	127.9	87.9	439.5	112%
	○	-	-	14.4	13.9	14.2	39.8	112.4	98.5	129.7	82.3	422.9	108%
	○	○	0.6	23.0	18.3	14.2	31.4	104.6	180.8	107.5	87.5	480.4	123%

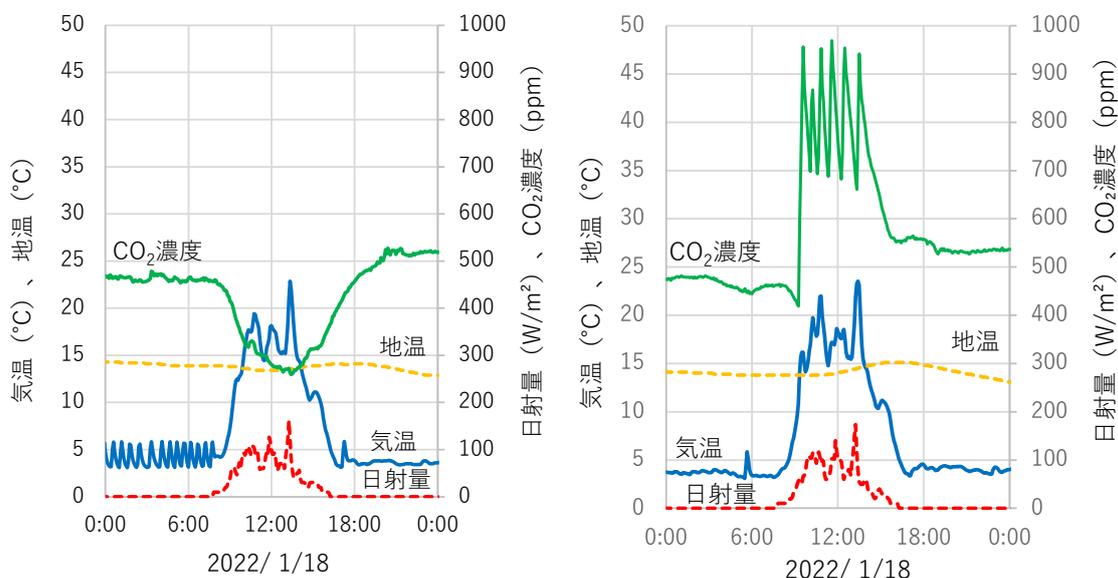


図3 CO₂施用有無による施設内環境データ (左: 施用無、右: 施用有)

東北地方における農業気象諸活動の歴史と現状

農研機構東北農業研究センター 井上 聡・大久保さゆり

東北地方において、農業気象の重要性は論を待たない。歴史的には、冷害による凶作の頻発にはじまり、近年は気候変動、異常気象、極端気象など、研究開発・行政・生産現場レベルでの対応が求められている。通常の研究発表とは趣を異にするが、東北地方における農業気象諸活動の歴史を振り返り、現状やビジョンを共有する目的で本発表を行う。

I. 1880～1920年

日本農業気象学会 30 周年記念誌によると、日本の農業気象学の進歩は 3 期に分けることができ、このうち第 1 期（1880～1920 年代）は、主として北日本の夏の冷害と長期予報の研究が行われたとのことである（川村, 1982）。これが、東北地方における農業気象の先駆けとみられる。前田直吉（多度津測候所長）、関豊太郎（盛岡高等農林学校）、稲垣乙丙（盛岡高農→東京帝国大学農科大学農林物理気象学講座）、安藤広太郎（農事試験場）、大脇正諄（青森農試）らが、東北地方の凶作の原因や相関をもつ現象について議論した。

II. 1925 年～終戦、気象庁での歴史

中央気象台農業気象掛が 1925 年に誕生し、同産業気象課が 1940 年、東北地方長期予報研究会が 1941 年に創設された。1945 年に終戦し「戦後における気象事業再整備計画」が立てられた。その対応として、気象庁産業気象研究所（霧が峰、駿東、酒匂、大和田、菊池、広島、各務原、盛岡、美瑛、岩見沢）が設置されたが、1950 年頃までに廃止されてしまった。1952 年には、IBM パンチ統計を採用した農業気象月報に改正され、気象庁の取り扱う農業気象情報は、気象・災害データのみとなった。

III. 1940 年代以降の農業試験研究体制

第二次大戦中の 1942 年に日本農業気象学会が創立された。1944 年に農事試験場農業気象部（東北支場 1 名）とのこと。1950 年に農業試験研究機関整備統合があり、青森県農試農業気象科（1948 年・木村吉郎）、東北農試作物気象研究室（1950 年・小宮書之助）、宮城県立農試農業気象係（1953 年・宮本硬一）が整備された。日本農業気象学会東北支部は 1947 年に創立され、1956 年に東北支部会誌第 1 号が刊行された。

IV. 農業気象協議会

1958 年「農林水産業に関する気象業務諮問」、1959 年「農業気象業務実施要領（気管第三四二号）」等による（と考えられるが当時の書類は保管期限を過ぎたため無く詳細は不明）1961 年 7 月 17 日に岩手県農業気象協議会が設立された。現在も継続しており、盛岡地方気象台、東北農政局岩手県拠点、岩手県農林水産部、岩手県病虫害防除所、岩手県農業研究センター、農研機構東北農業研究センター、J A 等農業団体がメンバーとなり、気象経過や生育状況を情報交換している。

その後、1979年「農業気象業務実施要領（気管第三九六号）」の頃、1976年4月16日に東北地域農業気象協議会が設立された。現在も継続しており、仙台区気象台、東北農政局、農研機構東北農業研究センターがメンバーとなり、気象経過や東北地域の農業気象問題について情報交換している。

また、1993年の大冷害を契機として、東北地域水稲安定生産推進連絡協議会が1994年に発足した。これは東北農業研究センター水稲冷害研究チームが事務局となって東北6県関係者が冷害予察と対策の情報交換を行うものであり、集約した情報をウェブサイト「水稲冷害早期警戒システム」で発信していた。本協議会は現在、組織されていないが、上記ウェブサイトは「東北農業気象『見える化』システム」として継続している。

V. 農業気象推進会議

1953年に農業気象試験研究連絡会が発足し、その後、国の農業試験場が中心となって、公設試と農業気象に関する試験研究の情報交換が行われてきた。現在でも、農研機構東北農業研究センターが事務局となって、東北6県および国の試験研究機関の情報交換の場として、東北農業試験研究推進会議生産環境研究部会農業気象研究会が運営されている。以下に話題の一例を示す。

2022年夏季の東北地方における高温や多雨の特徴と要因

気象庁 大気海洋部気候情報課 佐藤 均 予報官

2021年夏季の気温変化の要因および気象台季節予報の現状

気象庁 仙台区気象台気象防災部 地球環境・海洋課 金濱 晋 予報官

VI. まとめ

以上のとおり、東北地方の農業気象問題は、東北ローカルのみならず、全国的な関心事としても注目されてきた。そしてそれらの中心として東北農業試験場・東北農業研究センターの農業気象の研究組織が対応してきた。しかし、2021年からの農研機構第5期中期では、1950年からの歴史の中で初めて、農業気象を専門とする研究単位が消滅してしまった。また、東北6県の大学にも、農業気象を専門とする研究単位はない。今回、農業気象に関して今まで別々の目的や組織の組み合わせで行われてきた諸活動を総括した。今後、それらについて運営上支障のない範囲で相互乗り入れを模索し、活性化を高めていきたい。日本農業気象学会東北支部としても、東北地方の農政あるいは生産現場での農業気象の情報ニーズが高まっている現状において、存在感が問われている。本発表はJSPS科研費JP22K05944の助成を受けた。

文献

河村武(1982) 天気 29.12 23-33

鈴木義則(2019) 生物と気象 19:1-9

宮本硬一(1987) 農業技術 42(3) 131-135, 42(4) 179-182, 42(5) 223-227, 42(6) 275-277, 42(7) 321-325

宮本硬一(1989) 農業技術 44(1) 32-35, 44(2) 80-82, 44(3) 131-134, 44(4) 173-176, 44(5) 227-229, 44(6) 269-272, 44(7) 316-318, 44(8) 365-367

鳥越陽一(1997) https://doi.org/10.20725/tjcs.40.0_75

研究発表要旨

森林点群データの機械学習による樹木個体部位セグメンテーションと応用

○大場真¹・山田修吾¹・泉正寿²・長谷川匡²・中村省吾³・大西悟³ (¹東北工大、²株式会社ふたば、³国環研)

1. はじめに

植物の成長に関する個体モデルには長い歴史があるが、近年、レーザー計測や写真測量による点群取得が容易となり、個体サイズ計測と個体群におけるサイズ統計値の推定が容易となった。これら大量に取得可能な実測データは、個体モデル開発や応用について新たな展開をもたらす可能性があり、一次産業のDX化に貢献が期待できる。

データを分析する側にも進展があった。2次元画像を用いた機械学習はCNN(Convolutional Neural Network)やViT(Vision Transformer)によって、日常生活でも使うツールとなった。一方、3次元点群を用いた機械学習は、ここ10年ほどである程度使えるようになったと言って良い(金崎ら,2022)。3次元点群を用いた機械学習は、当初2次元画像の延長として研究されたが、目立った成果が上げられず(Liu et al., 2021)、PointNet(Qi et al., 2017a)が3次元点群データ(つまり3次元座標の集合)を直接認識する手法として登場してから、本格的な実用化が始まった。

樹木個体ベースモデル研究の基礎となる、個体パラメーター(樹高、胸高直径)を計測・推定するために必要な、樹木個体における部位の機械学習によるセグメンテーション技術を開発したことを報告する。また人工林管理・施業への応用に際した、本技術のポジションを整理した。

2. 方法

2.1 森林点群データとデータ加工

人工林データとして、既報(大場ら,2023)の福島県三島町浅岐地区における地上、および同県田村市都路町岩井沢地区(北緯 37.27°, 東経 140.45°)における上空からの、それぞれレーザー計測による点群データを用いた。データ分析を既報の通り、R(4.2.2, R Core Team)の解析パッケージ(LiDAR)を用いた独自スクリプトをR-Studio(2022.07.2 Build576, PBC)上にて実行し、地表面の推定、樹冠の分布、樹頂点・樹高の推定を行った。

点群から樹木個体への分割は、三島町データは樹幹代表点によるボロノイ分割、田村市データは推定された樹冠によって行った。分割された樹木個体を樹幹、それ以外の部分(葉群、枝)、樹木個体ではない部分へ3分割した(部位セグメンテーション)。分割はCloudCompare(2.13a)によって手動で行った。各データ約100個体程度の部位セグメンテーションを行い、機械学習のデータセットとして整備した。

2.2 機械学習によるセグメンテーション

本研究では、複数のPointNetを組み合わせて、近傍点だけでなく離れた点群構造をも認識する機械学習法である、PointNet++(Qi et al., 2017b)を使用した。ものが置かれた文脈(構造)を自動認識できると言われている(Liu et al., 2021)。

本研究への適用したPointNet++は、Matlab(2023a, The MathWorks, Inc.)の実装を使った。また、同じく公開されている点群データをPointNet++に学習させるドキュメンテーションを、本研究の目的に合わせたスクリプトに修正開発し使用した。学習パラメーターは、エポック数以外は同ドキュメントのままとした。機械学習用データには、手動セグメンテーション整備データのうち、セグメンテーションが信頼できると目視で確認した、概ね1/4の連続領域を選び使用した。そのうち1/3を検証用データ、全体を検証データとして用いた。

3. 結果と考察

手動での部位セグメンテーションの結果については一部既に報告したが、ハンディレーザー計測器による三島町データは、点群の反射強度による分類により、熟練していない作業者でも、比較的容易に樹幹が認識できた。しかし、同じように田村市データでも反射強度による分類を試みたが、この場合は上空からのレーザー計測だったため、樹幹が容易に認識できるほど計測されておらず、樹幹とそれ以外の分類はそれほど容易ではなかった。

機械学習においては、三島町データは手動の分類が容易であることもあり、良好な結果が得られた。300エポック程度が最適であり(図1、表)、intel-i9(3GHz) NVIDIA Quadro GV100で30分の学習時間であった。学習しても幹がそれ以外に分類されてしまう場合があったが、幹の連続性などの別の点群補間を行うことによって、この誤差は解消されると考えられる。逆に地上計測であるため、樹冠等のデータが地上から見える部分のみが点群化されていた。葉量などを求める際に、何らかの補正が必要と考えられた。

田村市データは前述したように樹幹の判別が、樹幹の点が少ないため、困難であった。さらに林床植物も少なくないた

め、それと樹幹の判別は機械学習でも困難であった(図2)。逆に樹冠の判別は容易であった。

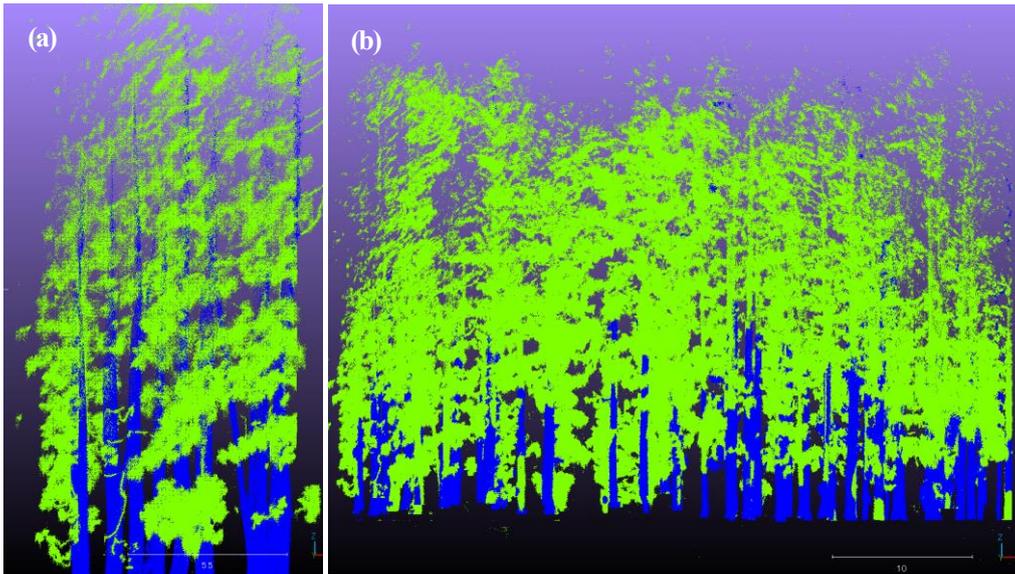


図1 三島町データによる部位セグメンテーション(a)学習データ(手動分類)(b)自動分類結果

表 三島町データ機械学習プロセスと精度

学習反復 (エポック)	学習時間 (分)	部位	正答精度	IoU*
30	2:24	trunk	0.57	0.55
		branch	0.98	0.80
100	13:26	trunk	0.64	0.57
		branch	0.94	0.79
300	28:23	trunk	0.76	0.65
		branch	0.90	0.80
1000	91:28	trunk	0.71	0.63
		branch	0.94	0.81

* Intersection over Union

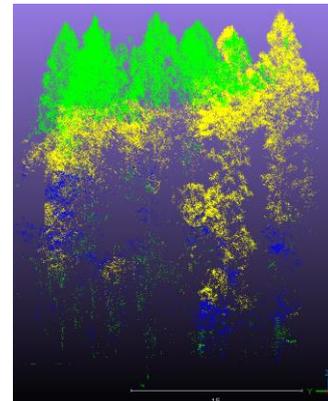


図2 田村市データ自動分類結果

4. まとめ

もともとの計測データや教師データ(手動セグメント)の質により、機械学習の精度が変わることが本研究でも確かめられた。今後は実用的な技術となるように、計測から出力までの作業工程の確立と精度検証を行う予定である。部位セグメンテーションは、計測範囲の幹材積量をすぐに推定可能とするだけでなく、葉量などの成長に関わる個体パラメーターが非破壊で推定可能である。従来の光学的な測定との比較の上で、個体モデルと組み合わせ個体成長の推定、間伐効果の検証などに利用可能であると考えられた。これは樹木個体ごとの森林立地計画を可能とする技術となるだろう。

参考文献

- 金崎朝子, 秋月秀一, 千葉直也(2022)『詳解:3次元点群処理:Pythonによる基礎アルゴリズムの実装』(講談社)
- Liu, S., Zhang, M., Kadam, P. (2021) 3D Point Cloud Analysis: Traditional, Deep Learning, and Explainable Machine Learning Methods. p. 160. Springer.
- MathWorks「PointNet++ 深層学習を使用した航空LiDARのセマンティックセグメンテーション」<https://jp.mathworks.com/help/lidar/ug/aerial-lidar-segmentation-using-pointnet-network.html> (2023.8.22 閲覧)
- 大場ら(2023)森林点群データを用いた樹木個体モデルの開発. 日本農業気象学会 2023年全国大会要旨集, p. 84.
- Qi, C.R., Su, H., Mo, K., Guibas, L.J.(2017a) Pointnet: Deep learning on point sets for 3d classification and segmentation. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 652-660.
- Qi, C.R., Yi, L., Su, H., Guibas, L.J.(2017b) PointNet++: Deep hierarchical feature learning on point sets in a metric space. ArXiv:1706.02413 [Cs], June 7, 2017. <https://arxiv.org/abs/1706.02413>.
- 謝辞 現地調査において福島県三島町および同町浅岐地区の方々に支援を受けた。環境研究総合推進費(JPMEERF20211002), 福島県令和 2-4 年度地域復興実用化開発等促進事業「地域資源循環を促進するドローンと AI を活用した森林資源推定・予測システムの開発」の支援を受けた。東北工業大学生生活デザイン学科の学生諸君には点群に関する技術的な支援をいただいた。

Exploring Decadal Changes in Drought Characteristics in Indonesia from 1980 – 2020

Amalia Nafisah Rahmani IRAWAN¹ & Daisuke KOMORI^{1,2}

¹Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, Miyagi 980-0845, Japan.

²Green Goals Initiative, Tohoku University, Miyagi 980-8572, Japan.

*E-mail: amalia.nafisah.rahmani.irawan.q3@dc.tohoku.ac.jp

As per the findings of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), it is anticipated that the global temperature will experience a rise of approximately 1.5°C by the year 2030. This increase in temperature will result in an uneven distribution of rainfall patterns and amounts, resulting in an elevated risk of drought-related disasters in specific geographical areas. Droughts have a significant impact on water availability, both surface and groundwater, which in turn affects human activities that heavily rely on water such as domestic, industrial, and agricultural purposes. To evaluate drought occurrences, various indices have been developed, such as the Standardized Precipitation Index (SPI) founded by McKee et al., in 1993. The advantage of employing SPI lies in its utilization of long-term precipitation data as input, uses probability distribution and normalization to evaluate wet and dry conditions.

In this study, the focus was on the implementation of SPI-3, commonly employed by researchers to characterize agricultural drought situations. The objective was to assess various drought indicators including frequency, duration, severity, and intensity in Indonesia from 1981 – 2020. Furthermore, this research also focused on the change of agricultural drought on alterations in agricultural drought indicators arising from shifting climatic conditions, which have the potential to impact agricultural operations. The dataset for precipitation was sourced from the Multi-Source Weighted-Ensemble Precipitation (MSWEP), supplying monthly precipitation data at a resolution of 0.1° from 1979 to the present.

The outcomes of the assessment unveiled that the drought frequency, duration, severity, and intensity tend to increase in the recent decade especially in South Sumatra and Java Island which is known as the main producer of paddy crops. However, the worst drought event occurred in 1991 – 2000 where the precipitation was recorded as the lowest compared to the other decades. This research also offers simple approach to determine the hotspot region of agricultural drought by utilizing the information of drought's frequency and intensity. These findings offer valuable insights for identifying hotspots warranting strategic drought mitigation and preparedness measures.

Keywords: Agricultural Drought; SPI; Decadal Variation; Indonesia; Climate Change.

1. INTRODUCTION

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) reported that the world's temperature is expected to increase by around 1.5°C in 2030. One of the impacts of this temperature increase is the variability of the rainfall pattern and the distribution, which is not evenly distributed globally. This condition can lead to more severe drought disasters in some parts of the world. The Food and Agriculture Organization (FAO) mentioned that the agricultural area absorbs around 80% of drought direct's impact with multiple effects on agricultural production, food security, and rural livelihood, especially in developing countries.

This study focused on assessing the agricultural drought characteristics in Indonesia from 1981 – 2020, with paddy as the main agricultural product, the country reported that historically the agricultural area have been affected by drought. With the objectives to assessing the drought characteristics in Indonesia from 1981 – 2020, we used Standardized Precipitation Index (SPI) during the dry cropping season to obtain various drought indicators including frequency, duration, and intensity.

In this research, SPI-3 was chosen as the drought index that represent not only the rainfall deficiency but also as the appropriate temporal scale to examine drought impact to vegetation (Ali., 2000, Ji&Peters., 2003, Patel et al., 2007, Irawan et al., 2023). Even though this research was focused on agricultural drought, for the hazard assessment it was assessed for a whole Indonesia because drought affecting a large area, so understanding the drought condition over the whole system is also important.

2. METHODOLOGY AND DATASET

The SPI analysis was conducted using monthly precipitation obtained from the MSWEP dataset over Indonesia with 0.1° resolution from January 1979 – July 2022. Then various drought indicators were assessed as follows:

1. Frequency

Frequency is the total number of drought event. According to McKee et al., 1993 drought event is defined as a period when the SPI value is -1 until it becomes positive.

2. Duration

According to Spinoni et al., 2014, the duration of a drought event can be calculated as the number of months between its start (included) and end month (not included).

3. Intensity

Drought intensity can be defined as the ratio between drought severity and drought duration for each drought event (Tan et al., 2017) where the drought severity is the absolute value of the cumulative SPI values during the drought event. The larger the drought intensity value means more severe drought event.

3. RESULT AND DISCUSSION

Figure S1 in the appendix shows the result of this study in the form of comparison between the recent decade (2011 – 2020) and the first decade (1981 – 1990) as the baseline, in general the following explanation can be concluded from this study:

(1) Drought Frequency

According to **Figure S1 (a)**, drought event becomes more frequent in the recent decades, especially in West Kalimantan, South Sumatra, and Java Island which known as the main producer of rice. This result indicates the higher exposure of agricultural drought in recent decades.

(2) Drought Duration

Figure S1 (c) shows that drought event tends to be longer in recent decades including in the region with high percentage of agricultural area, especially in Java Island, Sulawesi Island, and South Sumatra. The result showed that those regions suffered from drought condition with a total of 45 – 65 months or around 37.5 – 55% of its months is a drought month within a decade.

(3) Maximum Drought Duration

If the previous section showed the total duration of all drought event, this section will talk about the maximum drought duration within one event of drought. **Figure S1 (d)** shows that the maximum drought duration within one event also tends to be longer in recent decades, especially in southern part of Java Island which still depends on the local water resources (e.g., river or wells) as water irrigation sources. This can become more threatening considering that prolonged drought can lead to hydrological drought that can also disrupt water supply including for irrigation.

(4) Drought Intensity

Lastly, from **Figure S1 (b)** it can be seen that recently, in the region with high intensity of agricultural area, drought tends to becomes more severe.

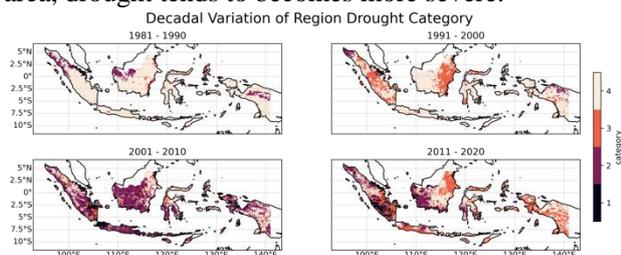


Figure 1 Drought category region

Lastly, to determine the hotspot region of agricultural drought, we utilize the information about the frequency and intensity to categorize each region into following category: (1) region with high intensity and high frequency, (2) region with low intensity and high frequency, (3) region with high intensity and low frequency, and (4) region with low intensity and low frequency. It can be seen that recently, more region with a high percentage of agricultural area are exposed to severe drought condition. However, in the last decade, the drought condition seems to be “*in recovery*” stage which indicated by less region belong to the first category, but how about in the future?

4. CONCLUSION

This drought assessment was conducted to examine the drought frequency, duration, and intensity in Indonesia from 1981 – 2020. The result showed that the frequency, duration, and intensity of drought events tends to be longer and bigger in recent years indicating more severe drought condition. Additionally, the integration of information between drought frequency and intensity is adequate to determine the hotspot region of agricultural drought. However, further assessment of water supply condition is important to assist the potential of agricultural drought hazard and its characteristics.

REFERENCES

- (1) Ali, U.K. (2001). Using the SPI to Analyze Spatial and Temporal Patterns of Drought in Turkey. *Drought Network News* (1994- 2001). Paper 49.
- (2) Irawan, A. N. R., Komori, D., & Hendrawan, V. S. A. (2023). Correlation analysis of agricultural drought risk on wet farming crop and meteorological drought index in the tropical-humid region. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-14.
- (3) Ji, L., & Peters, A. J. (2003). Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices. *Remote Sensing of Environment*, 87(1), 85–98. doi:10.1016/s0034-4257(03)00174-3.
- (4) McKee, T. B., Doesken, N. J. and Kleist, N. J. (1993): The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proceedings, 8th Conference on Applied Climatology*, 17-22 January, 1993, Anaheim, pp. 179-184.
- (5) Patel, N. R., Chopra, P., & Dadhwal, V. K. (2007). Analyzing spatial patterns of meteorological drought using standardized precipitation index. *Meteorological Applications: A journal of forecasting, practical applications, training techniques and modelling*, 14(4), 329-336.
- (6) Spinoni, J.; Naumann, G.; Carrao, H.; Barbosa, P.; Vogt, J. World drought frequency, duration, and severity for 1951–2010. *Int. J. Climatol.* **2014**, *34*, 2792–28.
- (7) Tan, C., Yang, J., & Li, M. (2015). Temporal-spatial variation of drought indicated by SPI and SPEI in Ningxia Hui Autonomous Region, China. *Atmosphere*, 6(10), 1399-1421.

APPENDIX

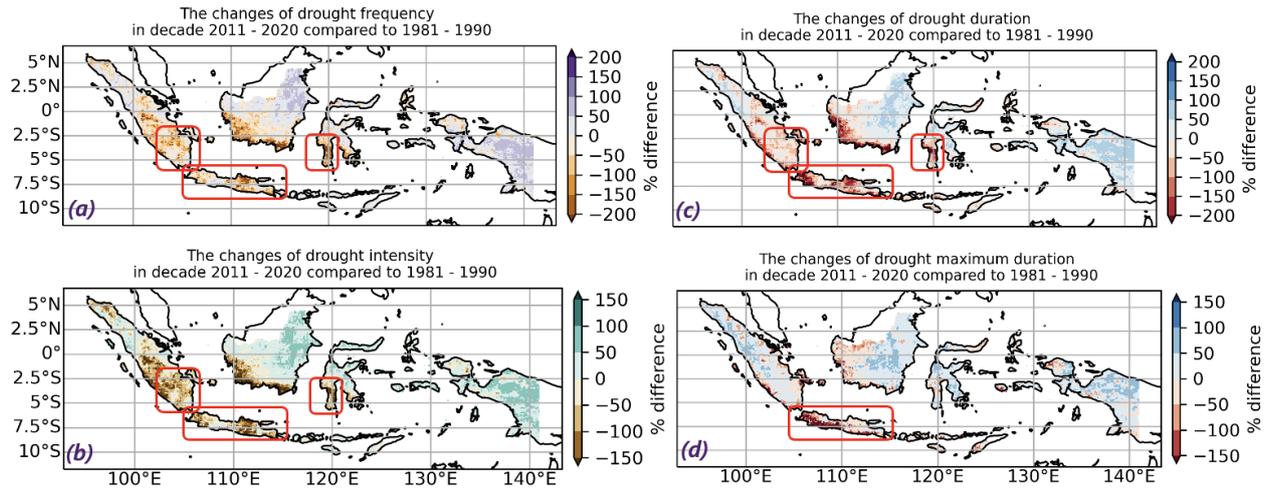


Figure S1 The comparison of various drought indicators between the last decade (2011 – 2020) and the first decade (1981 – 1990) as baseline including (a) Drought frequency, (b) Drought intensity, (c) Drought duration, and (d) Maximum drought duration

Assessing the Impacts of Climate Change and Elevation on Agricultural Potential in Afghanistan

Mohammad Naser Sediqi¹, Daisuke Komori^{1,2}

1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, Sendai 980-8579, Japan
2. Green Goal Initiative, Tohoku University, Sendai 980-8579, Japan

1. INTRODUCTION

Climate change significantly affects global agriculture, impacting crop productivity due to altered precipitation patterns and temperature fluctuations, leading to reduced yields and water scarcity (Ghazal et al., 2021). The shift in agricultural zones necessitates adaptation, with potential opportunities for extended growing seasons and the development of drought-resistant and heat-tolerant crop varieties (Nainggolan et al., 2023).

Traditional methodologies like Crop Simulation Models and Soil Testing help assess agricultural potentials, but the future shifts in climate boundaries for crops, especially considering elevation, remain underexplored (Yalew et al., 2016). In Afghanistan, a country with diverse climatic zones and a strong agricultural dependency, understanding these shifts is crucial.

Our study focuses on Afghanistan's agricultural climate boundaries, especially for winter wheat and rice, using GIS and CMIP6-GCMs datasets under the SSP5-8.5 scenario, considering historical and future projections. We aim to understand how maximum temperature (Tmx) and precipitation, influenced by elevation, will redefine agricultural zones. This research intends to provide actionable insights for sustainable agriculture and climate adaptation strategies in Afghanistan.

2. STUDY AREA AND DATASETS

Afghanistan, covering approximately 652,000 km² in Central Asia, is dominated by the Hindu Kush mountains (Fig.1), creating diverse climate zones classified under the Köppen-Geiger system (Fig.2). These range from arid deserts to polar tundra, influenced by the country's varied topography and altitude. Precipitation varies significantly across the region, with the northeast receiving over 1000 mm annually, contrasting with the arid southwest (Qutbudin et al., 2019). Despite climate vulnerabilities, agriculture remains vital, contributing to 25% of GDP and employing over 60% of the population, with only 12% of the land cultivable.

This study uses CMIP6-GCMs multi-model ensembles and geospatial data from the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) and the European Space Agency's Climate Change Initiative (ESA CCI) to assess future climate shifts and their impact on Afghanistan's agriculture. The data, standardized to a 1 km spatial resolution, spans historical (1975-2014) and future (2060-2099) periods under the SSP5-8.5 scenarios, focusing on the nation's agrarian dynamics and potential challenges due to climate change.

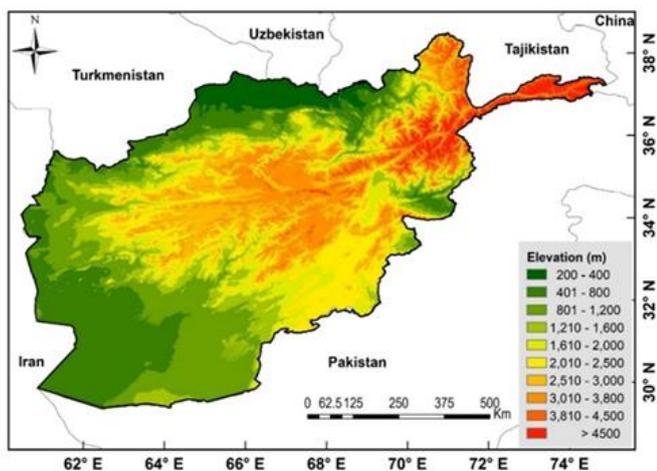


Fig.1 - Location of Afghanistan with its topography.

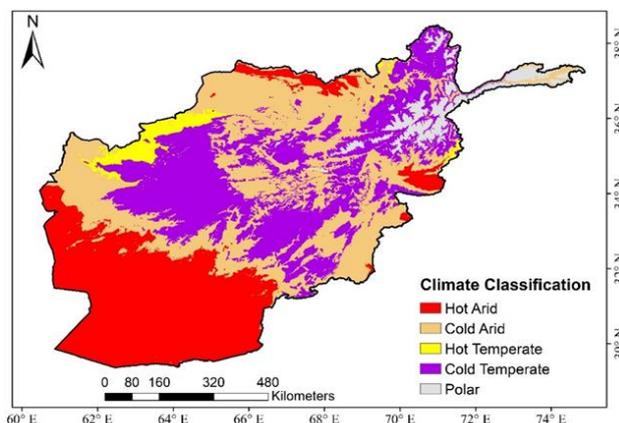


Fig.2 - Köppen-Geiger climate classification of Afghanistan, illustrating the diversity of climates present in the country.

3. METHODOLOGY

3.1. Assessment of Climate Boundary Shifts and Agricultural Potential under Climate Change in Afghanistan

This section assesses the impact of climate change on the climatic boundaries and agricultural potential in Afghanistan, focusing on winter wheat and rice due to their importance for national food security. The analysis examines climate variables, particularly maximum temperature (Tmx) and precipitation (Pre), across two time periods: historical (1975-2014) and future (2060-2099) under the SSP5-8.5 scenario. The study aims to identify shifts in climatic boundaries and potential agricultural areas by comparing historical and projected climate data within each climate zone and elevation range in Afghanistan. Areas where projected climate conditions match historical patterns are identified as potential future agricultural zones, while those with divergent climate conditions may face challenges for farming. This methodology provides insights into how elevation and climate change could influence agricultural viability in different regions of Afghanistan.

Table 1: Cropping calendar of major crops in Afghanistan

Crops	Sowing	Growing	Harvesting
Maize	May	Jun-Aug	Sep
Rice	May-Jun	July-Sep	Oct-Nov
Spring Wheat	Mar-Apr	May-July	Aug-Sep
Winter Wheat	Oct-Nov	Dec-Apr	May-Jun
Barely	Nov-Dec	Jan-Apr	May

3.2. Suitability Classification of Agricultural Areas Using Multi-Criteria Decision Making

This methodology is designed to further verify the agricultural potential assessment by examining more closely the future suitability of areas for wheat and rice cultivation in Afghanistan. This methodology employs Multi-Criteria Decision Making (MCDM) to evaluate the future suitability of areas in Afghanistan for wheat and rice cultivation. Utilizing agro-climatic indicators such as maximum temperature (Tmx), the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI), and precipitation, the MCDM approach classifies agricultural areas into suitability classes from 1 (high potential) to 5 (low potential) based on their impact on crop yields. These classifications are informed by previous research and are used to determine the overall agricultural potential of an area. The overall suitability is calculated as the average of the potential classes for Tmx, SPEI, and precipitation, providing a comprehensive assessment of the land's agricultural viability for these crops.

$$\text{Suitability} = \text{suitability of } (Tmx, \text{SPEI} - 7, \text{ and Pre}) / 3 \quad (1)$$

4. RESULTS

4.1. Elevation-Dependent Climatic Variations: Historical Insights and Future Projections for Agriculture Areas

Our study revealed a significant inverse relationship between maximum temperature (Tmx) and elevation. Figure 3 illustrates that, during both wheat and rice growing seasons, future Tmx projections (red lines) under the SSP5-8.5 scenario often surpassed historical averages (blue lines), as indicated by the 95% confidence interval (dashed lines). This trend suggested that agricultural climatic zones were moving upwards with elevation, impacting Afghanistan's agriculture. Regions with future Tmx above historical averages might struggle with unfamiliar climatic conditions, posing challenges to current farming methods and necessitating adaptive strategies.

Figure 4 provided a geographic representation of areas predicted to encounter new climate extremes during the wheat and rice growing seasons. This figure clarified the methodology used to identify these regions. Red areas represented those facing temperature extremes, orange for precipitation extremes, and yellow for both. Uncolored regions remained within historical climate norms, primarily at higher elevations.

Specifically, for wheat (Fig 4a), most regions were expected to experience temperature extremes, potentially affecting yields and quality, especially during the grain formation stage. In contrast, rice cultivation (Fig. 4b) presented a broader range of regions facing new climate extremes. This difference was attributed to rice's unique growing season (May to November) and its heavy dependence on water.

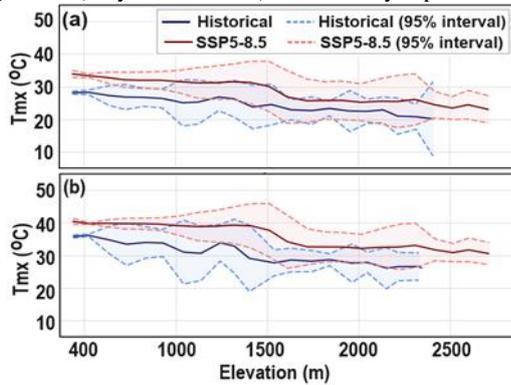


Fig.3 - Correlation between Elevation and Tmx during (a) wheat and (b) rice crop season.

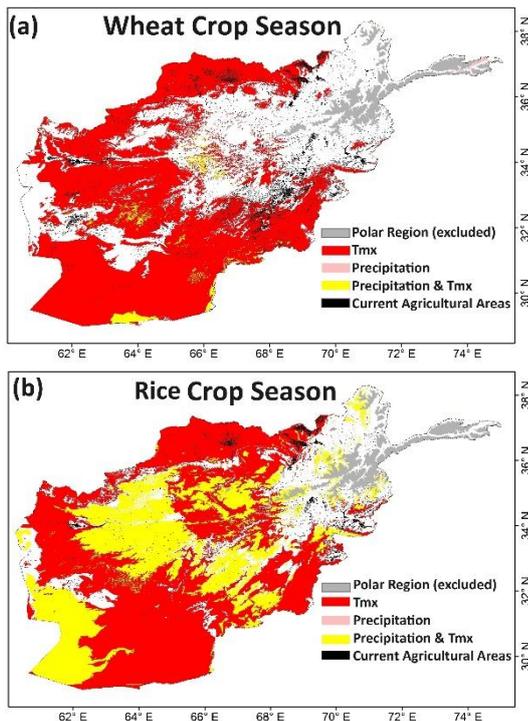


Fig.4 - Climate Boundary Shifts for (a) Wheat and (b) Crop.

4.2. Spatial Variation in Future suitability of agricultural area

Figure 5 shows the future suitability of existing agricultural areas situated within the delineated potential agricultural areas identified in the previous section. This figure reinforces and validates the precision of identified regions poised for optimal agricultural productivity.

For pivotal crops like wheat and rice, the suitability classes presented are highly promising. Specifically, over 84% of areas for wheat and 68% for rice are characterized as 'optimal,' falling within the 'very good' and 'good' categories. This demonstrates a high likelihood of successful cultivation in these regions, given the predicted future climate conditions.

Interestingly, when analyzing elevation-based suitability, higher elevations predominantly show favorable outcomes. However, at lower elevations, a minor proportion of areas, 13.2% for wheat and 6.4% for rice, are denoted as 'not suitable.' These areas fall within the 'poor' and 'very poor' classifications, indicating potential challenges for agriculture in these specific zones.

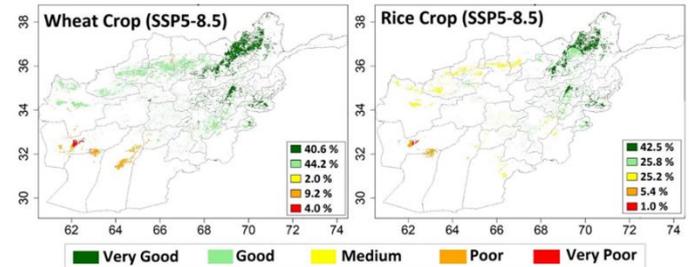


Fig. 5 - Future suitability of existence agriculture area that located inside the future potential agricultural areas.

5. CONCLUSION

This study provides an assessment of the impacts of climate change on wheat and rice cultivation in Afghanistan, highlighting the potential for shifts in agricultural zones due to variations in climate across different elevations. Key observations include the likely upward shift in climatic boundaries for farming, pushing potential agricultural areas to higher altitudes, which suggests future crops may need to be grown at higher elevations. Farmers in regions with higher future temperatures might need to adapt to unfamiliar climates. Precipitation changes reveal regional differences, implying the need for region and crop-specific strategies. Despite rainfall changes showing no significant correlation with elevation, these changes could potentially influence agricultural viability, as rainfall is crucial for crop growth.

In summary, our research offers valuable insights into the future of cereal cultivation in Afghanistan in the context of climate change. The findings emphasize the importance of integrating these insights into policy and agricultural practices to enhance sustainability and resilience.

REFERENCE

1. Lubna Ghazal, Syed Jamil H. Kazmi, & Sheeba Afsar. (2021). Spatial Appraisal of the Impacts of Drought on Agricultural Patterns in Karachi. *Journal of Basic & Applied Sciences*, 9(May), 352–360. <https://doi.org/10.6000/1927-5129.2013.09.46>
2. Nainggolan, D., Abay, A. T., Christensen, J. H., & Termansen, M. (2023). The impact of climate change on crop mix shift in the Nordic region. *Scientific Reports*, 13(1), 1–10.
3. Qutbudin, I., Shiru, M. S., Sharafati, A., Ahmed, K., Al-Ansari, N., Yaseen, Z. M., Shahid, S., & Wang, X. (2019). Seasonal drought pattern changes due to climate variability: Case study in Afghanistan. *Water (Switzerland)*, 11(5).
4. Yalaw, S. G., van Griensven, A., Mul, M. L., & van der Zaag, P. (2016). Land suitability analysis for agriculture in the Abbay basin using remote sensing, GIS and AHP techniques. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(2), 1

研究発表要旨

メッシュ農業気象気温データの地形と天候に基づく補正——三戸町の事例

○伊藤大雄（弘前大農生）・石田祐宣（弘前大院理工）

1 はじめに

演者らは、青森県三戸町内の5地点で約1年間、独自気象観測を実施し、メッシュ農業気象データ（農研機構）との整合性を検討した。その結果、日最低気温の実測値が谷筋ではメッシュデータより低く、丘陵上では高くなり、その傾向は晴天日に顕著であることなどを明らかにした（石田ら、2022）。本講演では、三戸町内のメッシュ日最高気温およびメッシュ日最低気温を、メッシュ毎の地形因子と日毎の天候に応じて補正し、実測値に整合させる試みについて報告する。

2 方法

(1) 気象データの取得・・・2021年6～11月と2022年4～8月に町内5地点（表1）で気温を観測するとともに、各地点のメッシュ最高気温とメッシュ最低気温を取得して、実観測値との差 $\Delta TMAX(i,d)$ 、 $\Delta TMIN(i,d)$ ならびにメッシュ日較差 $TD(i,d)$ を、地点毎に算出した（ i は地点、 d は日付）。また、各地点のメッシュ日射量を取得して、最大可能日射量（大気圏外日射量の75%と仮定）との比（メッシュ晴天率） $Rs(i,d)$ を地点毎に算出した。

(2) 地形因子の取得・・・国土数値情報に基づく200mメッシュ標高データから各地点の標高、 $H(i)$ を取得した。さらに、各地点の開放度 $OP(i)$ と南北傾斜 $SL(i)$ を、以下の手順で算出した。 $OP(i)$ は観測地点を中心とする東西・南北各5kmの区画内にある625グリッドのうち観測地点より標高が低いグリッドの割合とした。 $SL(i)$ は観測地点を中心とする東西・南北各3kmの区画内にある225グリッドについて $\text{atan}((\text{北隣メッシュの標高}-\text{南隣メッシュの標高})/400)$ を計算し、その平均値とした。

(3) 最高気温補正量の取得・・・ $\Delta TMAX$ を説明変数、 Rs を独立変数とする直線回帰分析を地点ごとに実施して、回帰式 $\Delta TMAX=A(i) \cdot Rs+B(i)$ を得た。次に A を説明変数、 SL を独立変数とする直線回帰分析により回帰式 $A=k \cdot SL+l$ を、さらに B を説明変数、 H を独立変数とする直線回帰分析により回帰式 $B=p \cdot H+q$ を得た。そして次式により最高気温補正量 $CTMAX(i,d)$ を取得した。

$$CTMAX(i,d)=(k \cdot SL(i)+l) \cdot Rs(i,d)+(p \cdot H(i)+q) \quad \cdots \cdots (1)$$

なお、気象データを4,5月、6～8月、9～11月に分割し、季節毎に異なる回帰式を求めた。

(4) 最低気温補正量の取得・・・ $\Delta TMIN$ を説明変数、 TD を独立変数とする直線回帰分析を地点ごとに実施して、回帰式 $\Delta TMIN=C(i) \cdot TD+D(i)$ を得た。次に C を説明変数、 OP を独立変数とする直線回帰分析により回帰式 $C=m \cdot OP+n$ を、さらに D を説明変数、 OP を独立変数とする直線回帰分析により回帰式 $D=r \cdot OP+s$ を得た。そして次式により最低気温補正量 $CTMIN(i,d)$ を取得した。

$$CTMIN(i,d)=(m \cdot OP(i)+n) \cdot TD(i,d)+(r \cdot OP(i)+s) \quad \cdots \cdots (2)$$

3 結果と考察

計算された地形因子を観測地点間で比較すると、 H は山腹に位置する丁塚で最も高く、丘陵に位置する梅内がこれに次ぎ、谷筋に位置する他の3地点で低かった。 SL は丁塚で 3° を示したが他地点は 0° 前後であった。 OP は梅内で最も高く、谷筋の3地点、とりわけ猿辺で低かった（表1）。

$\Delta TMAX$ と全観測点で高い相関を示す気象要素は見当たらなかったが、丁塚では $\Delta TMAX-Rs$ 間に $R^2=0.31 \sim 0.40$ の相関が認められた（図1）。丁塚は最も南傾斜で標高が高いことから、 SL や H が Rs を介して $\Delta TMAX$ に影響すると思った。実際、各観測点の回帰直線（図1青線）の傾きは SL と、Y切片は H との間に相応の相関（ $R^2=0.37 \sim 0.90$ ）が認められた（表2）。式(1)でメッシュ最高気温を補正したところ、実測値との差（RMSE）が丁塚で31%、全地点を通じて16%減少した（表3）。

$\Delta TMIN$ は TD との間に弱い相関が認められ、その回帰直線の傾きは OP が最も高い梅内でマイナス、最も低い猿辺ではプラスであった（図2）。これは、 TD の大きい日ほど $\Delta TMIN$ が放射冷却の影響を受けやすく、その放射冷却の強度が OP に応じて変化するためと考えた。実際、各観測点の回帰直線（図2青線）の傾きは OP との間に相応の相関（ $R^2=0.57 \sim 0.75$ ）が認められた（表2）。式(2)でメッシュ最低気温を補正したところ、実測値との差（RMSE）が目時では増大したが、 OP が小さい斗内と猿辺で28～42%減少し、全地点を通じて19%減少した（表4）。

表1 各観測地点の地形因子

地点名	地形概要	標高	開放度	南北傾斜
		<i>H</i> (m)	<i>OP</i>	<i>SL</i> (°)
梅内	丘陵上	135	0.58	-0.35
目時	谷筋	70	0.11	0.18
斗内	谷筋	80	0.19	0.80
猿辺	谷筋	95	0.02	0.07
丁塚	山の中腹	270	0.32	2.72

表2 直線回帰分析で決定した気温補正のパラメータ

	最高気温関連				最低気温関連			
	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>p</i>	<i>q</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>s</i>
4-5月	-0.987	0.337	0.002	-0.300	-0.372	0.075	2.388	-0.162
	(R ² =0.69)		(R ² =0.78)		(R ² =0.62)		(R ² =0.68)	
6-8月	-1.356	-0.195	0.011	-0.984	-0.274	0.111	1.289	-0.351
	(R ² =0.90)		(R ² =0.74)		(R ² =0.57)		(R ² =0.30)	
9-11月	-0.941	0.047	0.003	0.007	-0.417	0.070	1.840	0.450
	(R ² =0.87)		(R ² =0.37)		(R ² =0.75)		(R ² =0.22)	

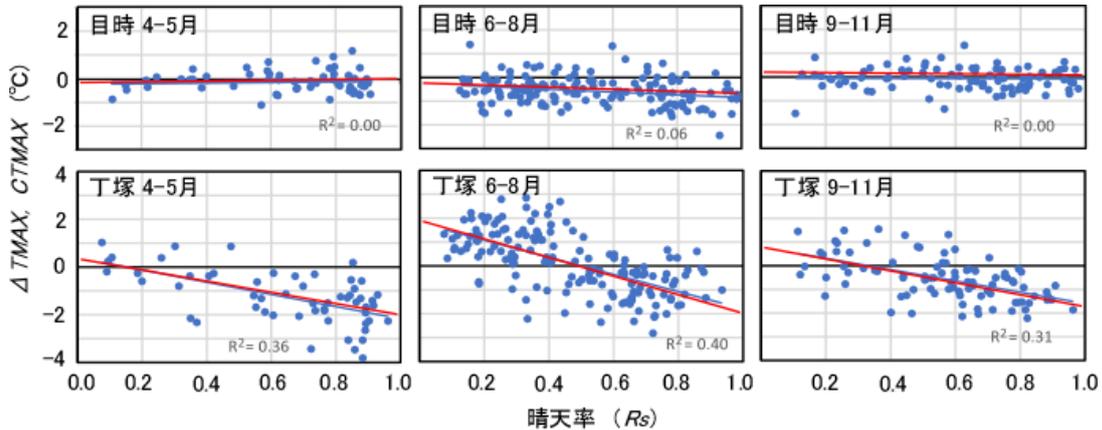


図1 目時と丁塚におけるメッシュ最高気温と実測値の乖離 ($\Delta TMAX$, 青点) と、地形因子をもとに計算された最高気温補正量 ($CTMAX$, 赤線)。青線と R^2 は $\Delta TMAX$ - R_s 間の回帰直線と寄与率。

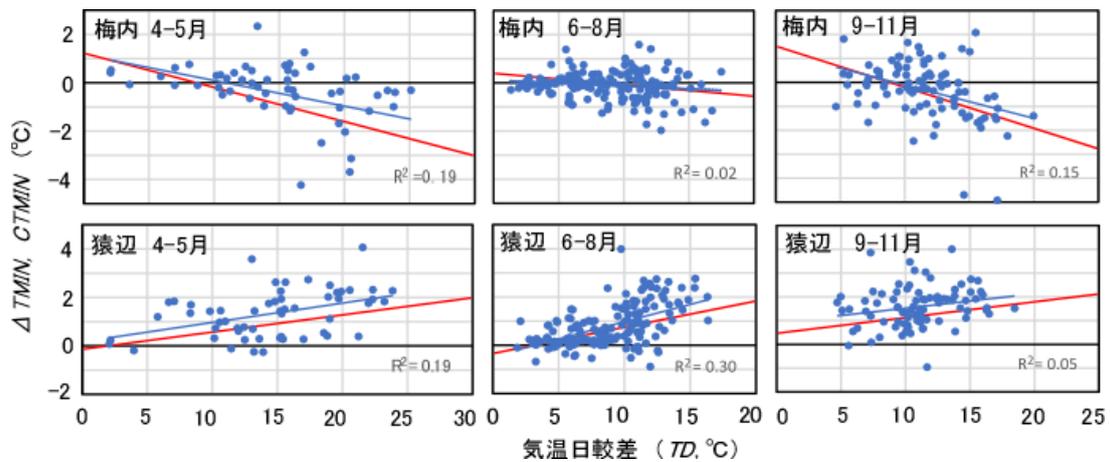


図2 梅内と猿辺におけるメッシュ最低気温と実測値の乖離 ($\Delta TMIN$, 青点) と、地形因子をもとに計算された最低気温補正量 ($CTMIN$, 赤線)。青線と R^2 は $\Delta TMIN$ - TD 間の回帰直線と寄与率。

表3 補正前後における最高気温のRMSE

		梅内	目時	斗内	猿辺	丁塚	全地点
4-5月	補正前	1.03	0.46	0.80	0.90	1.67	1.05
	補正後	0.82	0.46	0.62	0.97	0.89	0.78
6-8月	補正前	0.67	0.81	0.88	0.77	1.26	0.90
	補正後	0.85	0.57	0.81	0.78	0.98	0.81
9-11月	補正前	0.93	0.48	0.71	0.80	1.07	0.82
	補正後	0.58	0.51	0.61	0.71	0.76	0.64
4-11月	補正前	0.83	0.67	0.82	0.80	1.30	0.91
	補正後	0.77	0.53	0.72	0.80	0.90	0.76

網掛けは補正により RMSE が増大した事例

表4 補正前後における最低気温のRMSE

		梅内	目時	斗内	猿辺	丁塚	全地点
4-5月	補正前	1.41	0.94	1.32	1.64	1.57	1.40
	補正後	1.31	1.05	1.07	0.97	1.50	1.20
6-8月	補正前	0.58	0.43	1.00	1.18	0.73	0.83
	補正後	0.58	0.74	0.69	0.76	0.64	0.68
9-11月	補正前	1.22	0.59	1.88	1.84	0.88	1.38
	補正後	1.10	1.14	1.31	0.91	0.88	1.08
4-11月	補正前	0.99	0.60	1.38	1.49	0.98	1.13
	補正後	0.92	0.94	0.99	0.84	0.92	0.92

網掛けは補正により RMSE が増大した事例

作期分散を目的とした融雪水代かきによる早春湛直栽培技術の検討

○及川聡子

((地独) 青森県産業技術センター 農林総合研究所)

1. はじめに

農業生産者の減少と農地集約が急速に進んでおり、耕地面積の大規模化を支える技術の研究開発が求められている。その技術の一つとして直播栽培や作期分散があり、春に集中する農作業を分散させるために、前年初冬期に直播きした種子を越冬させる「初冬直播き栽培」や2月頃の乾いた圃場に直播きする「早期播種栽培」がある。青森県の場合、秋冷が早く、播種機が圃場に入れる圃場条件を満たせないことにより初冬直播き栽培の適期を逃す可能性が考えられたり、2月頃に雪解けする年がほぼ無いため早期播種栽培を行うことが出来ないといった気象の制約を受けやすい。青森県内で広く普及している不耕起V溝乾田直播栽培では、融雪水を圃場に溜めて3月頃に代かきを行い、圃場を固結させて4月下旬以降に播種を行う方法がある。本研究では、この融雪水代かきに着目し、播種を3月頃に前倒しで行う湛水直播栽培(以下、早春湛直)の実用性について検討した。

2. 材料および方法

試験は、2022年に農林総合研究所内(以下、農総研)の水田圃場(青森県黒石市)にて行った。早春湛直の耕種概要は、2021年11月中旬頃にワラ全量を鋤き込み、2022年3月29日に融雪水で代かきをした。播種床の柔らかさは、ゴルフボールを地上1mの高さから落下させた場合、ボールが半分以上土中に埋まるぐらいの固さに仕上げた。品種「まっしぐら」(2021年産、農総研水田圃場で採種し、2.2mm篩で選別)にキヒゲンR2フロアブル(米澤化学社)を塗抹し、続けて鉄コーティング(乾籾種子重の0.5倍量)を行った。播種は3月29日に行い、乾籾播種量7.1kg/10a、栽植密度70株/坪、表層点播とした。施肥はLPSコート60日タイプとLPSコート80日タイプを1:1で混和し、窒素成分11.2kg/10aで側条施用した。播種後は落水管理し、5月13日に出芽を促すための走り水を行った。6月5日に湛水した。

対照区として慣行時期に播種を行った湛直栽培区(以下、慣行湛直)を設けた。ただし、播種後に鳥害を受けたり、気象条件や肥料の溶出時期の影響により著しく倒伏したため、参考値として示す。種子は「まっしぐら」(2021年産、購入種子)を用いて、スポルタックスターナSEで消毒後、積算温度約60℃で浸種し、鉄コーティング処理(乾籾種子重の0.5倍量)を行った。播種は、5月23日に行い、乾籾播種量8.6kg/10a、栽植密度70株/坪、表層点播とした。施肥は、「てまいらずみらい505」(速効性窒素、LPコート70日タイプ、LPSコート60日タイプを配合)を全量基肥一発施肥した。播種後は湛水して初期除草剤を散布し、自然落水させ、その後は落水管理とした。カラス避けのため、6月5日に湛水した。

播種機は、いずれの播種時期も湛水直播用播種機(ST8G、ヤンマー社)を用いた。調査項目は、出芽率、生育、各生育ステージ、収量、収量構成要素、玄米品質とした。気温データは黒石アメダスより取得し、地温データは小型データロガー(サーモレコーダーミニRT-31S、エスペックミック社)のセンサー一部を地中1cm程度に設置して測定した。

3. 結果および考察

播種後30日間(3月30日～4月28日)のうち、日最低気温および地温が0℃以下になった日数は、気温が9日間、地温が1日間であった。気温と地温の推移に関して、日平均と日最低ともに地温の変動が小さい傾向であった。

播種日から出芽始めの期間は47日間であり、浸種を行わなかったこと、播種後は落水管理としたことで出芽適期まで芽を動かさない状態を維持できたと考えられた。出芽始めから揃いまでの期間には、

早春湛直が5月15日～21日(6日間)、慣行湛直が5月30日～6月2日(3日間)であり、慣行湛直に比べ所要日数が3日程度長かった。早春湛直は浸種処理を行わないため、出芽がバラついたと考えられた。早春湛直の苗立率は68.9%、苗立ち数が183本/m²であり、目標苗立数100～140本/m²(稲作改善指導要領、青森県)を十分確保できた。

幼穂形成期の生育について、慣行湛直と比較すると、草丈は短く、茎数は少なく、SPAD値は高かった。早春湛直の生育ステージの到達日は、幼穂形成期が7月21日、出穂期が8月12日で、慣行湛直より各3日程度早かった。

早春湛直の精玄米重は624kg/10a、玄米蛋白質含有率(乾物換算)が8.0%、検査等級が2中であった。収量は移植栽培並みであった。玄米品質は劣ったが、今回施用した肥料とは異なる溶出パターンや溶出時期の緩効性肥料を組み合わせることで改善できると考えられる。

過去18カ年(2006～2023年)の根雪期間終日と根雪終日後(終日～4月30日)の最低気温0℃以下日数の関係から、終日が早い年に終日直後に播種をすると低温に遭遇し苗立率が低下する可能性があり、3月下旬に播種を想定すると融雪水を維持できずに播種作業が出来ない可能性が考えられた。

本研究は、農研機構生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業(30018BC2)」の支援を受けた。

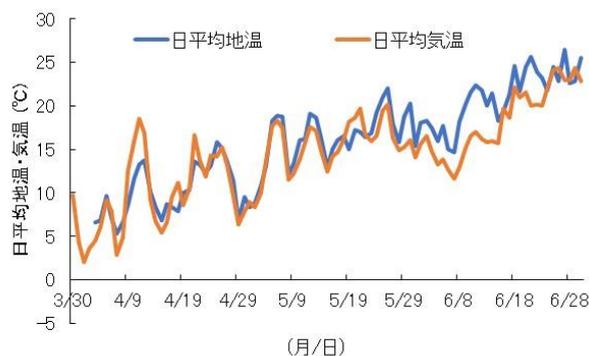
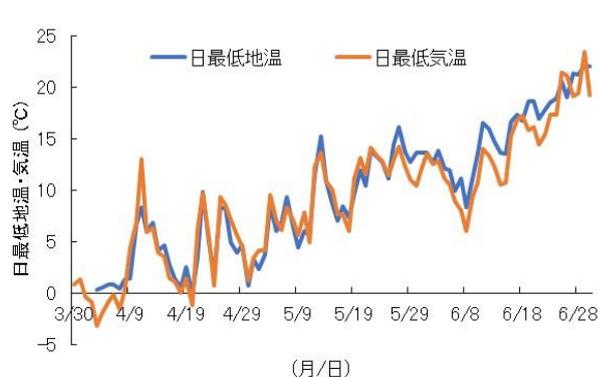


図1. 地温と気温の推移.

注) 日最低(上段)、日平均(下段)

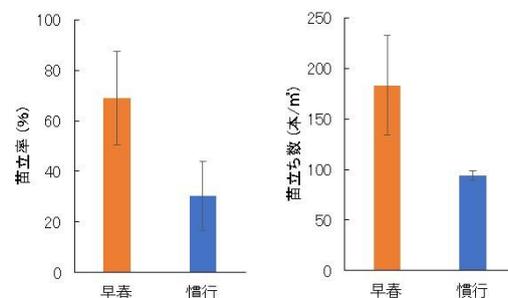


図2. 苗立率(左)と苗立ち数(右).

表3. 根雪期間終日と最低気温0℃以下日数

根雪期間終日	根雪終日後の最低気温0℃以下日数(日)	根雪期間終日	根雪終日後の最低気温0℃以下日数(日)
2006/3/23	8	2015/3/27	3
2007/2/25	32	2016/3/3	21
2008/3/18	8	2017/4/1	4
2009/3/6	31	2018/3/15	13
2010/3/14	21	2019/4/4	4
2011/3/30	9	2020/3/1	18
2012/4/12	1	2021/3/20	8
2013/4/7	2	2022/3/26	10
2014/3/29	10	2023/3/16	12

注) 日数は根雪終日後～4/30の期間で算出.

表1. 各生育ステージと幼穂形成期の生育

播種時期	出芽			幼穂形成期			出穂期
	始め	期	揃い	到達日	草丈(cm)	茎数(本/m ²)	
早春	5/15	5/18	5/21	7/21	68.9	323	40.6
慣行	5/30	5/31	6/2	7/24	80.8	578	37.2

表2. 収量および収量構成要素、玄米品質

播種時期	精玄米重(kg/10a)	穂数(本/m ²)	総粒数(粒/m ²)	一穂粒数(粒)	登熟歩合(%)	千粒重(g)	玄米蛋白(%)	整粒歩合(%)	検査等級
早春	624	517	34,116	66.1	77.6	23.5	8.0	79.5	2中
慣行	748	590	43,359	73.5	74.5	23.2	7.5	67.9	2上

注1) 精玄米重は1.9mm目で篩った. 2) 玄米蛋白質含有率はインフラテックNOVAにより測定した(乾物換算).

3) 整粒歩合は品質判定機(SATAKE社RGQI20)により測定した.

>>>支 部 だ よ り<<<

1. 2023（令和5）年度支部大会

2023年度支部大会は、ユートリー（八戸地域地場産業振興センター、青森県八戸市一番町一丁目9-22）において8月24日に開催されました。特別講演「青森県産業技術センターにおける気象変動に対応した試験研究の紹介」、「光植物研究用LED人工太陽光光源システム」の2題および一般研究発表8題があり、活発な討議が行われました。今号には特別講演および一般研究発表の要旨を掲載しました。

2. 会員動静(2022年4月1日～2023年3月31日)

[入会] 青木正敏、大久保さゆり

[退会] 小笠原宣好、荒川市郎、庄野浩資、高橋正美、近将史、佐藤守、
大久長範

会員数（2023年4月17日）：99名

名誉会員： 1名

会 員： 86名（内支部のみ33名、本部40名、本部（管外）13名）

図書館等： 12名（内支部6名、本部6名）

3. 寄贈図書

日本農業気象学会北海道支部から講演論文集の寄贈がありました。ご利用の節は支部事務局までご連絡ください。

4. 2024年度功労賞受賞候補者推薦のお願い

日本農業気象学会東北支部功労賞規程に基づき、2024年度の候補者をご推薦ください。締め切り日および手続きの詳細については事務局までお問い合わせください。

5. 2024年度奨励賞受賞候補者推薦のお願い

日本農業気象学会東北支部奨励賞規程に基づき、2024年度の候補者をご推薦ください。締め切り日および手続きの詳細については事務局までお問い合わせください。

日本農業気象学会東北支部会則

昭和30年 4月 1日 実施
昭和31年12月19日 一部改正
昭和35年12月22日 同
昭和37年12月 4日 同昭
和39年 1月31日 改正
昭和42年 1月27日 一部改正
昭和45年12月19日 同
昭和49年 9月13日 同
昭和53年10月28日 同
昭和59年 9月27日 同
平成 2年 8月28日 同平
成 8年10月 7日 同平成
12年 7月27日 同平成
14年 7月31日 同
平成19年11月 8日 改正
平成22年 8月20日 改正
平成23年11月 7日 改正
平成24年11月 1日 改正
令和 3年 8月23日一部改正

第1章 総則

- 第1条（名称）：本会は、日本農業気象学会会則（以下、本部会則）第3章第7条に基づき、日本農業気象学会東北支部とする。
- 第2条（目的）：本会は日本農業気象学会の趣旨に則り、東北における農業気象学の進歩、知識の向上並びに農業気象学を活用した農林水産業の振興と発展をはかることを目的とする。
- 第3条（事務局）：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター水田輪作研究領域内におく。

第2章 事業

- 第4条（事業）：本会は第2条の目的を達成するために次の事業を行う。
- (1) 農業気象についての研究発表会、講演会、談話会などの開催。
 - (2) 機関誌「東北の農業気象」の発行。
 - (3) その他必要と認める事業。
- 第5条（事業年度）：本会の事業年度は毎年4月1日に始まり翌年3月31日に終わる。

第3章 会員

第6条（会員）：本会の会員は、本部会則に基づき東北支部に所属する日本農業気象学会会員（以下、本部会員）ならびに支部会員、賛助会員、名誉会員とする。

- (1) 支部会員は本会の趣旨に賛同し、入会した者。
- (2) 賛助会員は本会の目的に賛同する個人または団体で別に定めるところによる。
- (3) 本会の発展に著しい貢献をした者のうち評議員会が推薦し総会が承認した者を名誉会員とする。

第4章 役員

第7条（役員）：本会に次の役員をおく。

支部長 1名 評議員若干名 監査 2名 幹事若干名

第8条（任務）：

- (1) 支部長は支部の会務を総理し支部を代表する。
- (2) 評議員は評議員会を構成し重要な会務を評議決定する。
- (3) 監査は本会の会計を監査する。
- (4) 幹事は支部長の命を受け本会の事務を執行する。

第9条（選出）：

- (1) 支部長は評議員会が選出し、総会に報告する。
- (2) 評議員は本部会員ならびに東北地方在住の支部会員のうちから選挙により各県ごとに決める。東北地方に在住しない支部会員は評議員選挙権および被選挙権を有しない。各県ごとの評議員定数は、選挙年の前年度末における各県の会員数に依り、以下のとおりとする。

- 1) 会員 10名未満：定数 1
- 2) 会員 10名以上 20名未満：定数 2
- 3) 会員 20名以上 30名未満：定数 3
- 4) 会員 30名以上：定数 4

選出された評議員のうちから本部会則に基づく本部理事ならびに本部評議員を互選する。

- (3) 監査は支部長が会員の中から 2名を委嘱する。
- (4) 幹事は支部長が会員の中から委嘱する。

第10条（任期）：役員任期は 2年とし、重任を妨げない。

第11条（解任）：役員または顧問が東北地方を離れた場合には自然解任となる。

第5章 顧問

第12条（顧問）：本会に顧問をおくことができる。顧問は支部長が委嘱する。

第6章 会議

第13条（会議）：本会には総会と評議員会をおく。

- (1)（総会）：年1回開催し支部長が招集する。但し臨時に招集することができる。
- (2)（評議員会）：必要に応じ支部長が招集する。幹事は評議員会に出席し発言することができる。

第7章 会計

第14条（会計年度）：本会の会計年度は事業年度と同じである。

第15条（経費）：本会の経費は支部補助費（本部経費）、支部会員ならびに賛助会員の会費および寄付金などによる。

第16条（会費）：本部に所属しない会員の年会費は次のとおりとし、役員選出時に2年分を納入する。

支部会員500円／年（2014年以降、2012年・2013年は750円／年）

賛助会員については別に定める。

第17条（決算）：会計の決算は会計年度終了後速やかに監査を経てその後最初に行われる総会に報告しなければならない。

第18条 その他は本部会則に従う。

第19条（会則の改正）：この会則の改正は総会の決議により行う。

（付則） 本会則は平成22年度から適用する。

日本農業気象学会東北支部功労賞規程

平成2年4月1日 制定

1. 会則第2章第4条(3)に基づき本規程を設ける。
2. 功労賞は支部の活動、運営等に永年貢献のあった会員に贈る。
3. 功労賞受賞者には賞状と賞牌を贈る。
4. 功労賞は原則として毎年贈る。
5. 功労賞受賞者を次の手続きで決定する。
 - (1) 功労賞受賞候補者の推薦は会員が行う。推薦者は5名以上の推薦人(役員1名以上を含む)と推薦理由を本会誌閉じ込みの推薦書に記入し、事務局へ届ける。
 - (2) 推薦書の届けは事業年度内に開催される東北支部会の2ヶ月前までとする。
 - (3) 支部長は受賞候補者を評議員会にはかり受賞者を決定する。
6. 授賞式は総会で行う。
 - ① 15年以上の会員で、原則として役員を務めた会員。
 - ② 支部長がとくに功績を認め推薦した会員。(付則) 本規程は平成2年度から適用する。

日本農業気象学会東北支部奨励賞規程

平成15年4月1日 制定

1. 会則第2章第4条(3)に基づき本規程を設ける。
2. 奨励賞は原則として前年度の支部会誌に論文を表し、東北の農業気象研究の進展に功績のあった会員若干名に贈る。
3. 奨励賞受賞者には賞状と金一封を贈る。
4. 奨励賞は原則として毎年贈る。
5. 奨励賞受賞者を次の手続きで決定する。
 - (1) 奨励賞受賞候補者の推薦は評議員および幹事が行う。
 - (2) 支部長は受賞候補者を評議員会にはかり受賞者を決定する。
6. 授与式は総会で行う。
(付則) 本規程は平成15年度から適用する。

日本農業気象学会東北支部編集委員会規程

当編集委員会は、以下の手順で「東北の農業気象」の編集作業にあたる。この作業は、投稿論文の内容を読者に理解しやすくすることを目的とする。

1. 大会で口頭発表されたすべての課題の投稿を依頼する。
2. 編集委員会は、投稿規程に基づいて投稿された原稿のうち、「論文」ならびに「短報」を審査する。
3. 編集幹事は、投稿原稿の内容に応じて編集委員1名に査読を依頼する。
4. 適切な査読者が編集委員にいない場合、編集委員以外に査読を依頼できる。
5. 査読者は、査読結果を編集幹事に報告する。
6. 査読結果を吟味したうえで、編集幹事は投稿者に原稿の修正を依頼することもある。
7. 「進歩研究」、「ぐるっと東北」、「研究レビュー」、「トピックス」、「小講座」などの記事を企画し、評議委員会の承諾を得て、編集にあたる。

最終改正：平成 24 年 11 月 1 日

日本農業気象学会東北支部Web ジャーナル 「東北の農業気象」利用規程

平成21年4月1日制定

令和5年8月24日一部改正

1. 日本農業気象学会東北支部会誌「東北の農業気象」は PDF ファイルによって刊行する。
 2. 支部会員への配布は、日本農業気象学会東北支部ホームページ上において、各会員が会誌PDF ファイルを閲覧あるいは保存することを基本とする。
 3. 日本農業気象学会東北支部ホームページは一般にも公開し、会誌 PDF ファイルを閲覧および保存可能とする。ファイルの取り扱いについては、次のような権限付与によって、支部会員（本部会員および支部単体会員）と非支部会員とに差を設ける。
 - (1) 支部会員についてはパスワードを配布し、閲覧、保存および印刷可能とする。図表およびテキストのコピーは不可とする。
 - (2) 非支部会員についてはパスワード不要で、ホームページでの閲覧および保存のみ可能とする。印刷、図表およびテキストのコピーは不可とする。
 4. 図書館等は、支部会員と同等の扱いとし、支部会費は徴収しない。図書資料の保存を目的とする場合に限り、刊行物の全部を印刷、または媒体に複写することができる。また利用者の求めに応じ、調査研究のため、刊行物の一部を印刷することができる。他図書館から求めがあった場合、刊行物の一部を印刷して提供することができる。
- (付則) 本規程は平成 21 年 4 月 1 日から施行する。

会誌「東北の農業気象」投稿規程

1. 投稿

1. 1 著者は、投稿の種類(下記)を明記の上、原稿1部を原則として電子ファイルで編集幹事に送付する。
1. 2 投稿原稿は大会の終了日から2月末日まで受付け、受理日は編集幹事が原稿を受理した日とする。

2. 投稿の種類

2. 1 「論文」、「短報」、他に「進む研究」、「講演要旨」などの記事を設ける。
2. 2 「論文」は比較的完成度の高い研究結果を報告するもので、刷上りを原則として6ページ以内とする。
2. 3 「短報」は有益な研究結果を速報するもので、刷上りを原則として4ページ以内とする。
2. 4 「論文」、「短報」は、他の雑誌に掲載したもの(投稿中も含む)と同一であってはならない。すでに掲載された内容を一部重複して投稿する場合には、投稿原稿の40%以下に重複内容を圧縮する。
2. 5 「進む研究」は実用に近づきつつある研究成果を紹介するもので、刷上りを4ページ以内とする。
2. 6 「講演要旨」は当該年度に支部大会で行われた講演の要旨を紹介するもので、刷り上りを2ページ以内とする。
2. 7 このほか、著者は「資料」「解説」など、投稿内容に相応しいジャンルの設置を、編集幹事に要請できる。

3. 「論文」、「短報」の執筆要領

3. 1 原稿の作成

3. 1. 1 ワードプロを用いた投稿には、A4サイズの内紙を縦置き、横書きに使い、34字33行とし、上下左右に30ミリ以上の余白をとって原稿を作成する。原稿左端に通し行番号を記入する。これらの原稿3枚で、刷りあがり2ページになる。文字サイズは12ポイント程度が望ましい。
3. 1. 2 原稿本文の右肩に、1, 2, 3, 4と通し番号を記す。図表は同様に、和文の場合は、図1, 図2, 図3および表1, 表2, 表3と、英文の場合はFig.1, Fig.2, Fig.3, Table1, Table2, Table3とする。

3. 2 表紙

3. 2. 1 表紙は別ページとし、以下の例にしたがって、表題・著者名・所属を和文と英文で書く。表題は内容を的確かつ簡潔に表現するものとし、副題はできるだけ避ける。所属は研究の主たる部分を遂行した場所とし、現在の所属が異なる場合は脚注に現所属を記す。

(例) 水温と地温が水稻の生育に及ぼす影響

佐藤忠士*・工藤敏雄**

*岩手県農業試験場

**岩手大学農学部

Effect of water and soil temperature on paddy rice growth

Tadashi SATOH* and Toshio KUDOH**

*Iwate Agricultural Experiment Station, Takizawa 020-01

**Iwate University, Faculty of Agriculture, Morioka 020

*現在：佐藤農場(株)

*Present address : The Satoh Farm

3.3 本文

3.3.1 本文には数字で見出しをつけて、「1. はじめに」「2. 材料および方法」などとする。これらを細分するには、1. 1, 1. 2を、さらに細分するには1. 1. 1, 1. 1. 2を用いる。ただし、要約、謝辞には見出しはつけない。

3.3.2 本文は原則として以下の順に構成する。

要約

本論の内容を簡潔にわかりやすく、和文か英文で書く。和文は350字以内、英文は150語以内とする。文頭に「要約」とせず、直接書き始める。末尾に改行して和英キーワード5語程度を、それぞれ五十音順、アルファベット順につける(例参照)。

(例) 畜産廃棄物の中でも特に廃棄処理にコストがかかる豚尿を、培養液として利用し、サラダナ、コマツナ、セルリの生育に及ぼす影響を解析した。その結果、サラダナ、コマツナで生育は劣ったものの、セルリの生育に市販の培養液との差は認められなかった。このことから、作物の種類によっては、豚尿を浄化しながら作物生産に利用する水耕栽培システムの開発が可能といえた。

キーワード：浄化、水耕栽培、セルリ、豚尿

Keywords: Celery, Pig-urine, Purify, Solution-culture.

はじめに(緒言、まえがき)

研究の背景(問題の性質・範囲)、これまでの研究の大要との関係、研究を開始した動機、研究の目的・意義などを説明する。特に、著者自身の過去の成果を踏まえて進めた研究の場合、これまでに解明した点と未解明の点を整理した、研究に至った経緯等を説明する。

材料および方法

実験や測定に使った作物や機材、処理方法・測定方法や分析方法を説明する。

結果

実験結果を、主観的判断を交えずに、図表を用いて忠実に表現する。考察の材料となる結果の説明は省かない。逆に、考察材料にならない結果には、特別な理由がないかぎり、ふれない方が望ましい。

考察

実験結果を、引用文献などを用いて、様々な角度から理論的に解析する。また、この最後に「実験結果から何がいえるのか」を結論づける。

まとめ(摘要)

要約で英文を書く場合のみ必要(和文で書く)。研究の背景等を簡単に書き、結果と考察を簡条書きにする(例参照)。

(例) 米の粒厚が食味に及ぼす影響はこれまで明らかにされていない。そこで、収穫1ヶ月後の1992年産と1993年産ササニシキを用いて、粒厚別の食味官能試験を実施した。なお、1992年は豊作、1993年は凶作であった。

(1) 1992年産米の粒厚は平均2.09mm、標準偏差0.14mmであった。また、1993年産米の粒厚は平均1.79mm、標準偏差0.26mmであった。

(2) 1992年産では、粒厚が1.65mm以下に低下すると食味が急激に低下した。一方、1993年産では、粒厚の低下に伴い食味は直接的に低下した。

(3) 1993年産の食味は1992年産に比べて著しく低く、50%以上の人がまずいと感じる米の粒厚は、1992年産で1.52mm以下、1993年産で1.71mm以下であった。

(4) これらのことから、粒厚の低下により食味が低下することが明らかになった。しかし、同じ粒厚でも、1993年産が1992年産の食味より劣ったことから、凶作だった1993年産米の食味の悪さは、粒の小ささだけでは説明できないといえた。

謝辞

必要に応じて書く。

3.3.3 数式の上には1行づつスペースをとる。

- 3.3.4 文章中の式は、 a/b 、 $\exp(t/r)$ のように書く。
- 3.3.5 単位はSI単位を原則とする。ただし、非SI単位での表現が妥当であることが明らかな場合はこの限りでない(例:分、時、日、リットル、トン)。
- 3.4 図表
 - 3.4.1 図・表は、要約に合わせて和文か英文にする。写真は図として扱い、図1、Fig.1のように表現する。
 - 3.4.2 図・表のタイトルと説明は、要約に合わせて和文か英文にする。本文中での引用は「図1、表1によれば」あるいは「Fig.1、Table1によれば」とする。
 - 3.4.3 図は本文とは別のA4サイズの紙に1つずつ、タイトルや説明文とともに書き、引用文献の後に添付する。ワープロを用いた投稿では、原稿ファイルに電子化して貼り付ける。その際、不鮮明になるなど品質が低下しないように気をつける。刷上がりの図の幅は8cm程度か16cm程度が望ましい。
 - 3.4.4 表は、本文とは別のA4サイズの紙に1つずつ、タイトルや説明文とともに書き、図の後に添付する。刷上がりの表の幅は8cm程度か16cm程度が望ましい。
 - 3.4.5 迅速に理解できない表は使わない。複雑な表は、簡略化あるいは図形化に努める。例えば、考察に利用しない数値は、その数値自体が特別な意味を持たないかぎり削除する。
 - 3.4.6 本文中の図・表の挿入箇所は原稿の右側余白に赤字で示し、これを赤線で囲む。
- 3.5 引用文献
 - 3.5.1 著者名のABC順に本文の末尾に一括する。
 - 3.5.2 「著者, 年: 題目名, 誌名 (略), 巻, ページ.」の順に従って書く。
(例)
ト蔵建治, 1991: 冷害と宮沢賢治「グスコブドリの伝記」の背景, 農業気象, 35, 35-41.
小林和彦, 1994: 影響評価モデル. 日本農業気象学会編「新しい農業気象・環境の科学」pp190-206. 養賢堂.
 - 3.5.3 本文中での引用は番号でなく、「菅野(1994)によれば」、「これらの報告は多い(井上; 1994)。」などとする。
4. 「進む研究」などの記事の執筆要領
 - 4.1 「論文」と同様、表紙に表題・著者名・所属を和文で書く。投稿を希望するジャンルを選択または記述する。英文で併記してもよい。
 - 4.2 本文の構成は著者の自由とする。内容に適した理解しやすい構成をとること。
 - 4.3 仮名使い、数式の記述、単位、図表の書き方は、「論文」、「短報」の執筆要領に従う。
 - 4.4 「引用文献」と「参考文献」の使い分けを明確にし、書き方は、「論文」、「短報」の執筆要領に従う。
5. 講演要旨
 - 5.1 A4用紙を縦置き横書きに使い、上下左右に25mm程度の余白をとって原稿を作成する。冒頭には演題名を14ポイント程度の文字で書き、続けて著者名・所属を書く。
 - 5.2 本文の構成は著者の自由とする。ただし、原則としてそのまま掲載されるので、体裁や図表の品質に気をつける。文字サイズは10.5ポイントが望ましい。
6. 著者校正
 - 6.1 著者は初稿を校正する。再校以後は事務局で校正する。校正の際の加除筆は原則として認めない。

東北の農業気象 第68号

2024年3月発行

編集・発行 日本農業気象学会東北支部
〒020-0198 盛岡市下厨川字赤平 4
東北農業研究センター内
電話 019-643-3462
振替口座 02270-7-4882
