

東北の農業気象

Agricultural Meteorology in Tohoku

Vol. 58

Mar. 2014

報 文

気象確率予測資料を用いた水稻刈取適期の予測 横山克至 1

支部大会研究発表要旨

- 量子化学的手法による植物の光合成色素および水の電磁波吸収スペクトルの解析と
そのリモートセンシングへの応用 御子柴大河・尾崎和磨・皆川秀夫・田中勝千..... 7
- リンゴ園における土壌呼吸速度の季節変化・年次間差とその要因
伊藤大雄・石田祐宣 9
- 水田圃場における土壌炭素・窒素量の年次変動に及ぼす温度上昇の影響
程 為国・湯 水栄・笠原勝也・俵谷圭太郎・長谷川利拓 11
- 気象要素を用いた水稻疎植栽培の幼穂形成期における生育量の推定
木村利行・石岡将樹・野沢智裕 12
- 水稻の耕種期日の早晚を面的に予測するプログラムの開発 川方俊和 14
- 低温下におけるダイズの発芽および初期生育反応の品種間差異
熊谷悦史・持田秀之・菊池彰夫 16
- リンドウこぶ症が地上部の生育状態に及ぼす影響
安藤康一郎・庄野浩資・高橋幸子・松嶋卯月・岡田益己 18
- 東北地域におけるタマネギの秋播き作型と春播き作型の比較
古野伸典・伊藤聡子・山崎 篤 20
- 四季成り性イチゴ品種の温度特性の評価
岡田益己・岡田小百合・神保美紗子・伊藤篤史・庭田英子・伊藤聡子・由比 進 22

小 講 座

古代国家における『コメ作りの実態』Part 2 ト蔵建治 24

支 部 だ よ り

2013 年度支部大会報告 30

支 部 会 案 内

会則・規程 32
投稿規程 38

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（2013・2014年度）

支 部 長	皆川 秀夫	北里大学
理 事	菅野 洋光	東北農業研究センター
永年功労会員		
表彰審査委員	菅野 洋光	東北農業研究センター
本部評議員	岡田 益己	岩手大学
	伊藤 大雄	弘前大学
評 議 員	臼井 智彦	岩手県農業研究センター
	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
	古野 伸典	山形県庄内総合支庁
	斎藤 満保	宮城大学
	日塔 明広	宮城県古川農業試験場
	鈴木 幸雄	福島県農業総合センター
	渡邊 明	福島大学
	佐藤 睦人	福島県農業総合センター
会計監査	伊五澤 正光	岩手県農産物改良種苗センター
	庄野 浩資	岩手大学
幹 事	木村 利行	青森県産業技術センター農林総合研究所
	沼田 芳宏	岩手県農業研究センター
	高山 真幸	秋田県農林水産技術センター農業試験場
	島津 裕雄	宮城県大河原地方振興事務所
	三浦 信利	山形県村山総合支庁
	永山 宏一	福島県農業総合センター
	菅野 洋光	東北農業研究センター（事務局担当）
	川方 俊和	東北農業研究センター（会計担当）
	伊藤 大雄	弘前大学（編集担当）

気象確率予測資料を用いた水稻刈取適期の予測

横山克至

山形県農業総合研究センター

Forecast of paddy rice optimum harvesting time using weather stochastic prediction data

Katsushi YOKOYAMA

Yamagata Integrated Agricultural Research Center, Yamagata, 990-2372

山形県で一般に用いられている出穂後積算気温による水稻刈取適期の推定方法について、気象庁で提供している確率予測資料を活用することによる予測精度の向上を図った。その結果、8月20日を予測開始日とし4週間分の確率予測資料を用いることにより、実用上有効な予測精度が得られた。

キーワード：確率予測資料、水稻刈取適期、積算気温

Keywords : accumulated air temperature, paddy rice optimum harvesting time, stochastic prediction data

1. はじめに

気象庁は「異常天候早期警戒情報」や「1か月予報」の気温予測値の数値情報（確率予測資料）についてホームページ上での提供を開始した。一方、これまで農業分野において様々な予測・推定技術が開発されているが、気象データについては平年値等を用いて予測するしかなかった。気象条件の違いは作物の生育や農作業、病虫害の発生等に大きな影響があることから、これらの予測値を活用することにより、農作物の安定生産や高付加価値生産が図られると考えられる。

米生産において適期に収穫することは、特に玄米品質を確保するために必須であり、収穫が遅れると、茶米の発生等による検査等級の低下を招き、生産者の収入減となるだけでなく、地域的な品質低下は産地全体の評価の低下に結びつきかねない。このような品質低下を避けるため、山形県では出穂期からの日平均気温の積算値により刈取適期を推定する方法で収穫作業を準備・計画するよう取り組んでいる（表1）。特に水稻作付面積が大きい経営体では、天候による収穫可能日数をふまえて収穫開始時期から終了時期までを適期内で作業することが必要となるため、収穫開始時期を的確に捉えることが重要となる。また、山形県の水稻作付面積の約4割の収穫物が乾燥調製される共同乾燥調製施設では、施設の準備や雇用等からも、収穫開始時期をできるだけ的確に予測することが施設運営にとって重要なこととなっている。

ところが、出穂後の積算気温による刈取適期の予測方法は一般に予測

表1 山形県の主要品種別の水稻刈取適期の目安

品種	刈取り適期 (出穂後積算気温)	品種	刈取り適期 (出穂後積算気温)
はえぬき	950~1,200℃	あきたこまち	950~1,100℃
コシヒカリ	1,000~1,200℃	ひとめぼれ	950~1,100℃
つや姫	1,000~1,200℃	ササニシキ	950~1,150℃

注1)実際の刈取りにあたっては青籾歩合や籾水分等を確認し総合的に判断する。

注2)登熟期が高温の場合、表中の時期より刈取り適期が早まる。

開始日以降は日平均気温の平年値を用いて積算するが、近年は9月でも異常高温となるような年次がみられるようになり、平年値を用いた予測では実際の刈取り適期より遅れた予測となり問題となる事例がみられるようになっている。高温年次に対応した出穂後積算気温についても検討されているものの（横山ら；2000）、これまでは収穫間近になってからの収穫適期判断を前提とせざるを得なかった。

そこで、出穂後の平均気温の積算による水稲刈取適期の推定方法に気象庁で提供している確率予測資料を活用し、水稲刈取適期の予測精度の向上について検討したので報告する。

2. 材料および方法

2.1 気象データ

検討に使用した日平均気温は、山形県農業総合研究センター（山形市、以下研究センターと略）及び同研究センター水田農業試験場（鶴岡市、以下水田試と略）における1985～2012年の観測値を用いた。また、平年値として同地点の1981～2010年の日平均気温平均値を用いた。

確率予測資料は、気象庁地球環境・海洋部で作成された東北日本海側ガイダンス（4週間分の7日間平均気温予測値）の1985～2012年のハインドキャスト（再予報値）を用いた。

2.2 出穂期データ

出穂後積算気温の計算の起点となる出穂期については、研究センター及び水田試の作柄解析圃場の「はえぬき」の出穂期を用い、「はえぬき」の作付けが始まる以前の1985～1991年は比較的「はえぬき」と出穂期が近い「ササニシキ」の出穂期を用いた。なお、1985～2012年の出穂期は、研究センターで7月31日～8月15日、水田試で8月2日～8月17日と約2週間の変動があった。

2.3 水稲刈取適期予測方法

山形県稲作指針（山形県；2010）（図1）の方法に準じ、出穂期の1日後から日平均気温を積算し、950℃に到達した日を収穫開始時期とした。また、出穂後30日間の平均気温が25℃以上となった場合は900℃に達した日を収穫開始時期とした。

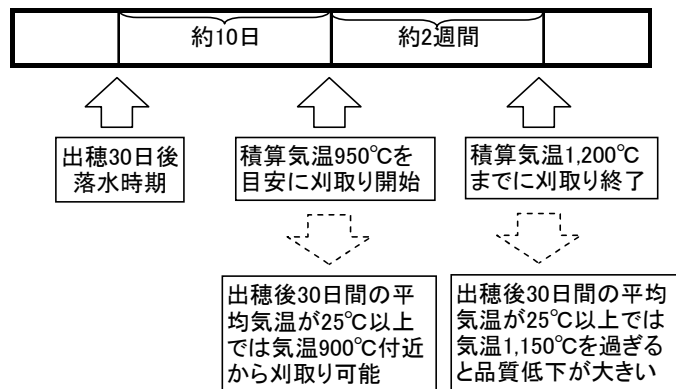


図1 山形県の「はえぬき」における出穂後積算気温による刈取適期の考え方

注) 山形県稲作指針(山形県；2010)より作図

確率予測資料を用いた予測については、8月10日及び8月20日のそれぞれの時期を予測開始日に設定し、出穂期の1日

後から予測開始日までは、観測地点の日平均気温、予測開始日翌日以降は、確率予測資料を2週間分（異常天候早期警戒情報の利用を想定）または4週間分（1か月予報の利用を想定）用い、その後は平年値を用いて日平均気温の積算を行った。予測結果については、最後まで日平均気温の観測値を積算した場合の結果と比較し、予測精度について検討した。また、それぞれの予測開始日以降について平年値だけで積算した場合についても算出し、確率予測資料を用いた場合と比

較した。なお、検討については、出穂後積算気温 950°C到達日の予測精度と、刈取り開始時期の予測精度のそれぞれについて行った。

3. 結果

3.1 出穂後積算気温 950°C到達日の予測

研究センター及び水田試における確率予測資料及び平年値を用いた出穂後積算気温 950°C到達日と観測値を用いた 950°C到達日との関係を図2～3に示した。研究センター及び水田試とも、950°C到達日が早い年次は観測値を用いた到達日より予測データを用いた到達日が遅くなる傾向がみられた。また、研究センター、水田試とも到達日が9月19日以降となる年次で観測を用い

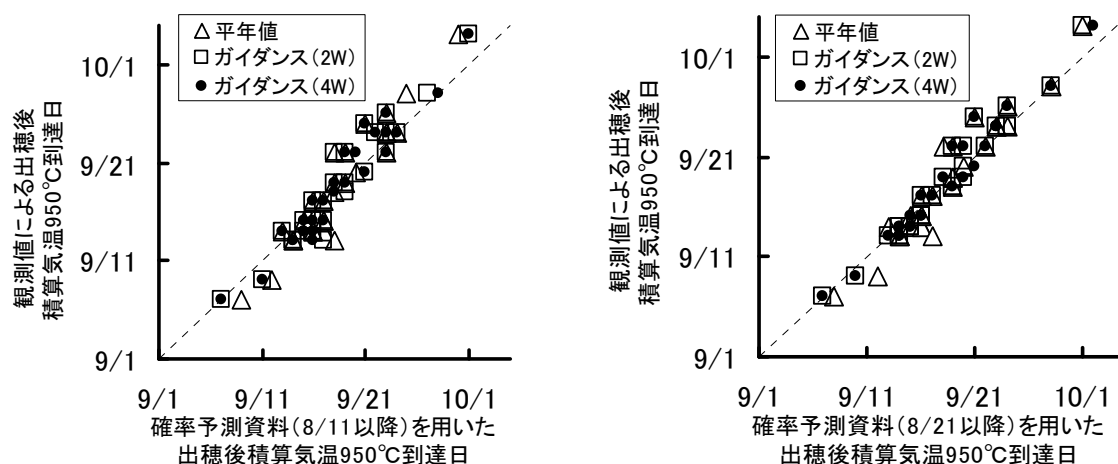


図2 観測値及び確率予測資料（予測開始日：8月10日及び8月20日）を用いた水稲出穂後積算気温 950°C到達日の比較（山形県農業総合研究センター、2001～2012年、「はえぬき」想定）

注）凡例の平年値は予測開始日後日平均気温平年値を用いたことを示し、ガイダンス（2W）は予測開始日後2週間、ガイダンス（4W）は4週間の確率予測資料を用い、その後日平均気温平年値を用いたことを示す。

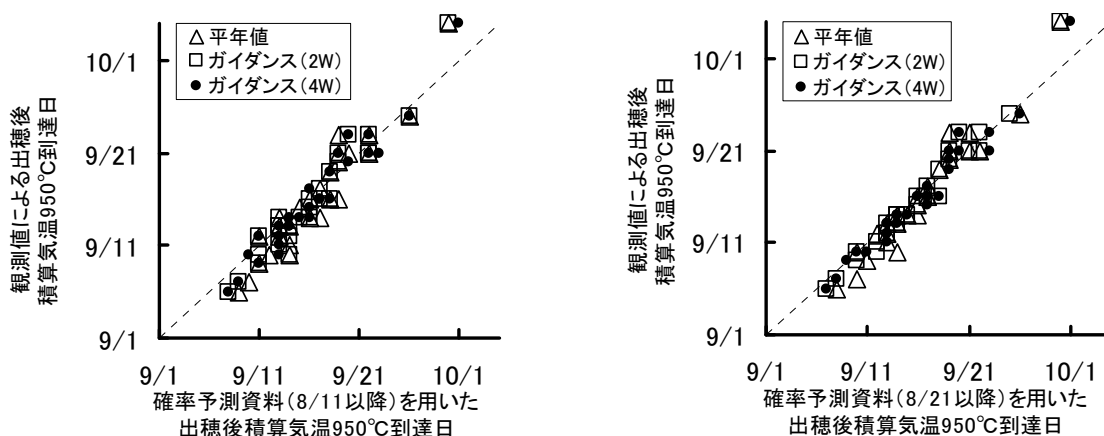


図3 観測値及び確率予測資料（予測開始日：8月10日及び8月20日）を用いた水稲出穂後積算気温 950°C到達日の比較（山形県水田農業試験場、2001～2012年、「はえぬき」想定）

注）凡例の平年値は予測開始日後日平均気温平年値を用いたことを示し、ガイダンス（2W）は予測開始日後2週間、ガイダンス（4W）は4週間の確率予測資料を用い、その後日平均気温平年値を用いたことを示す。

た到達日より予測データを用いた到達日が早くなる傾向がみられた。

950°C到達日が早い年次についてみると、予測開始日が8月10日の場合、平年値のみを用いた950°C到達日は、観測値を用いた到達日より研究センターで最大5日、水田試で最大4日早かった。同様に予測開始日が8月20日の場合は、研究センター、水田試ともに最大4日早かった。一方、確率予測資料を用いた到達日は、予測開始日が8月10日の場合、2週間分を用いた到達日は研究センター、水田試ともに最大4日、4週間分を用いた到達日は研究センター、水田試ともに最大3日早かった。また、予測開始日が8月20日の場合、2週間分を用いた到達日は研究センターで最大1日、水田試で最大2日、4週間分を用いた到達日は研究センターで最大1日、水田試で最大2日早かった。

なお、950°C到達日が遅い年次については、各地点、各予測開始日について平年値のみを用いた場合と確率予測資料を用いた場合の差は小さい年次が多く、いずれの場合も観測値を用いた到達日より最大4~5日早い結果となった。

3.2 出穂後積算気温による刈取り開始時期の予測

図1に示した方法に準じた刈取り開始時期について、研究センター及び水田試における確率予測資料及び平年値を用いた結果の比較を図4~5に示した。なお、図1の方法で高温条件の判定に用いられる出穂後30日間の平均気温が25°C以上となった年数は、28年間のうち研究センターは4年、水田試は12年であった。また、図2~3と同様に、図4~5においても、研究センター及び水田試とも、刈取り開始時期が早い年次は観測値を用いた到達日より予測データを用いた到達日が遅くなる傾向がみられ、研究センター、水田試とも到達日が9月19日以降となる年次で観測を用いた到達日より予測データを用いた到達日が早くなる傾向がみられた。

刈取り開始時期が早い年次についてみると、予測開始日が8月10日の場合、平年値のみを用いた刈取り開始時期は、観測値を用いた到達日より研究センターで最大7日、水田試で最大6日

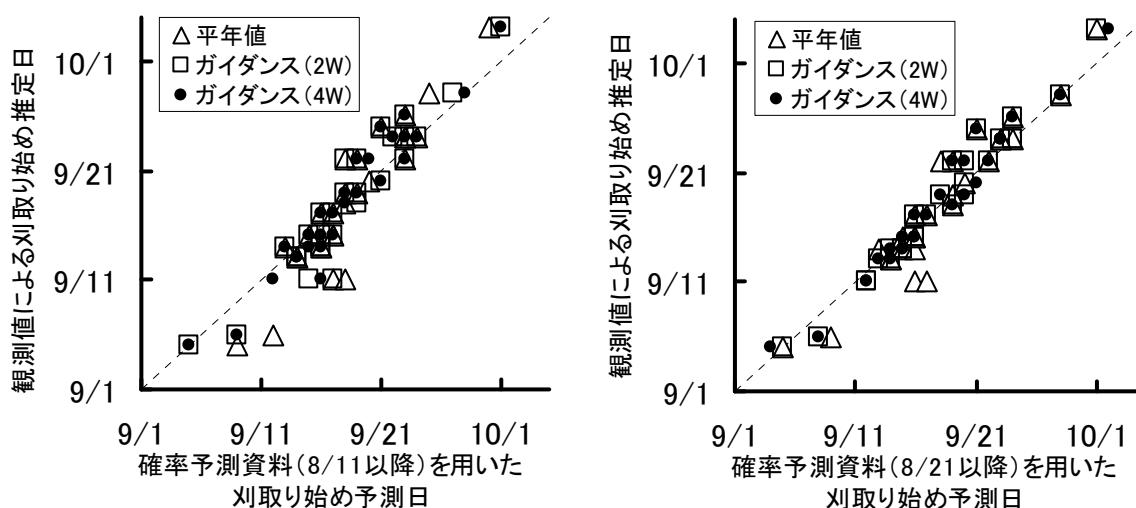


図4 観測値及び確率予測資料（予測開始日：8月10日及び8月20日）を用いた水稻出穂後積算気温による刈取り始め推定日の比較（山形県農業総合研究センター、2001~2012年、「はえぬき」想定）

注）凡例の平年値は予測開始日後日平均気温平年値を用いたことを示し、ガイダンス（2W）は予測開始日後2週間、ガイダンス（4W）は4週間の確率予測資料を用い、その後日平均気温平年値を用いたことを示す。

早かった。同様に予測開始日が8月20日の場合は、研究センター、水田試ともに最大6日早かった。一方、確率予測資料を用いた到達日は、予測開始日が8月10日の場合、2週間分を用いた到達日は研究センター、水田試ともに最大6日、4週間分を用いた到達日は研究センターでは最大5日、水田試では最大3日早かった。また、予測開始日が8月20日の場合、2週間分を用いた到達日は研究センターで最大2日、水田試で最大4日、4週間分を用いた到達日は研究センターで最大2日、水田試で最大4日早かった。

刈取り開始時期が遅い年次については、950°C到達日と同様に各地点、各予測開始日について平年値のみを用いた場合と確率予測資料を用いた場合の差は小さい年次が多く、観測値を用いた到達日より最大4~5日早い結果となった。

4. 考察

出穂後積算気温950°C到達日の予測についての検討では、8月10日及び8月20日を予測開始日としたいずれの場合でも、平年値のみを用いて予測するより、確率予測資料、特に4週間分を用いたほうが950°C到達日の予測精度が高いと考えられた。このことは、水稻刈取時期の予測において、平均気温の積算値について確率予測資料を用いることによる精度の向上が図られることを示している。ただし、950°C到達日が遅い年次については予測精度の向上効果が小さく、確率予測資料を用いた期間以降の平年値を用いる期間が長くなると、平年値のみを用いた場合との差が小さくなると考えられた。

また、出穂後30日間の平均気温による判断を含めた刈取り開始時期の予測についての検討では、950°C到達日の予測の場合と同様に、8月10日及び8月20日を予測開始日としたいずれの場合でも、平年値のみを用いて予測するより、確率予測資料、特に4週間分を用いたほうが刈取り開始時期の予測精度が高いと考えられた。刈取り開始時期が9月18日以前となる年次につい

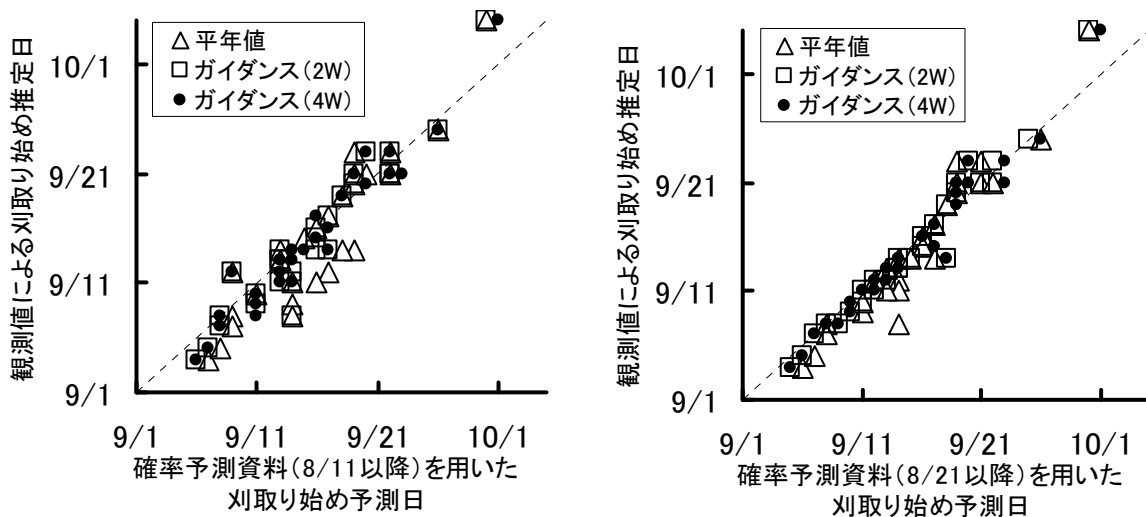


図5 観測値及び確率予測資料（予測開始日：8月10日及び8月20日）を用いた水稻出穂後積算気温による刈取り始め推定日の比較（山形県水田農業試験場、2001~2012年、「はえぬき」想定）

注) 凡例の平年値は予測開始日後日平均気温平年値を用いたことを示し、ガイダンス(2W)は予測開始日後2週間、ガイダンス(4W)は4週間の確率予測資料を用い、その後日平均気温平年値を用いたことを示す。

てみると、特に8月20日の予測では、研究センター及び水田試の両地点とも確率予測資料を用いた場合と観測値を用いた場合の差は1～2日程度となったのに対し、平年値のみを用いた場合は研究センターで7日、水田試で6日の差がみられる年次があった。これは、平年値を用いる場合は出穂後30日間の平均気温により高温を判断することが困難なためであり、確率予測資料では出穂後30日間の平均気温を比較的予測できていることを示している。なお、刈取り開始時期が遅い年次については、950℃到達日と同様に各地点、各予測開始日について平年値のみを用いた場合と確率予測資料を用いた場合の差は小さい年次がみられ、同様に確率予測資料を用いた期間以降の平年値を用いる期間が長くなることによると考えられた。

以上のことから、確率予測資料を用いた水稻刈取適期の予測は、気温の平年値を用いた予測と比較して、観測値による出穂後積算気温の結果との誤差が小さく、実用上有効であると考えられた。確率予測資料は2週間分用いた場合と4週間分用いた場合では、4週間分用いたほうがより有効であると考えられたため、実際の利用にあたっては、気象庁で提供している「異常天候早期警戒情報」及び「1か月予報」のガイダンスを併用する必要がある。また、予測の時期については、8月10日より8月20日を予測開始日としたほうが予測精度が高い傾向であった。なお、刈取り開始時期が遅い年次については、8月20日に予測した後、一定期間後に再度予測することが望ましいと考えられた。

山形県における水稻登熟期の水管理では、収穫前の落水時期は出穂30日後を目安に行うこととしている。しかし、高温年次には登熟期間が40日未満となる場合があり、落水後に圃場の乾燥が進まずに適期に刈取りを開始できない事例がみられている。8月20日頃に刈取り始めの時期が予測できれば、刈取り始めの時期から逆算して水管理が可能となり、作業計画も立てやすくなる。また、乾燥調製施設では施設の準備や雇用等を計画的に実施でき、経営的に有効であるだけでなく、地域の適期刈取りを推進する上での効果も期待できる。さらにこれらについて指導機関等が適期刈取を推進するための情報提供も効果的に実施できると考えられる。

謝辞

気象庁の野津原昭二氏、伊藤明氏から、確率予測資料のハインドキャスト（再予報）データを提供していただきました。厚く感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 山形県農林水産部編，2010；「稲作指針」，p56-58.
- 2) 横山克至・高取寛・藤井弘志・安藤正・渡部幸一郎，2000；1999年の山形県庄内地域における「はえぬき」の白粒発生要因と被害の特徴，東北農業研究，53，25-26.

量子化学的手法による植物の光合成色素および 水の電磁波吸収スペクトルの解析とそのリモートセンシングへの応用

Analysis of Electromagnetic Wave Absorption Spectrums for Photosynthetic Pigments and Water Molecule with
a Method of Quantum Chemistry and its Application to Remote Sensing

○御子柴大河^{1*}・尾崎和磨²・皆川秀夫²・田中勝千²
(1 北里大学大学院獣医学研究科、2 北里大学獣医学部)

1 Graduate School of Veterinary Medicine, Kitasato University. 2 School of Veterinary Medicine, Kitasato
University. 23-35-1 Higashi, Towada, Aomori 034-8628, Japan.

*me12004t@st.kitasato-u.ac.jp

【背景・目的】

生命科学において、個々の分子の構造や機能から生命を理解することは生体機能を理解するために重要である。

1950年代後半にコンピュータを用いた解析が報告され、そこから徐々に複雑な分子の解析が可能となっていた。そして近年では計算能力の向上により、コンピュータシミュレーションで生体分子の構造や機能を電子や原子核の動きとして捉えて予測・分析することが可能となった。そのため、生命科学での研究には欠かせないものとなってきた。

本研究では分子軌道法および分子動力学法を使用したコンピュータシミュレーションを用い、植物を対象に解析を行うことにした。その中でも、植物の生育において重要な分子である光合成色素、生命維持において重要である水を解析対象とし、それぞれの構造や機能をシミュレーションから求めることにした。また、解析結果の応用例としてリモートセンシングへの関連についても検討した。

【方法】

1) 解析対象

・クロロフィル a ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$)：分子量：893.49、原子数：137。二重結合が存在し Mg が中心金属のポルフィリン環に、鎖状のフィトールが結合した脂溶性物質であり、全ての陸上植物や藻類に見られる光合成の主色素である (図 1)。ポルフィリン環単体も対象とした。

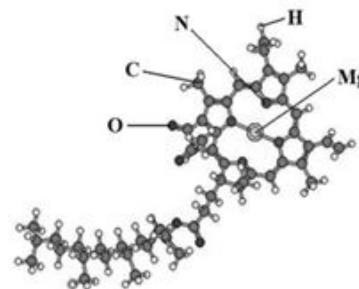


図 1. クロロフィル a の立体構造

2) 解析手法

・分子軌道法：①半経験的分子軌道法：積分などを解かず実験で得られた数値を代入し簡略化して解く方法。そのため計算時間は比較的短い。大きな分子を扱うことができる。

②非経験的分子軌道法 (*ab initio* 法)：シュレディンガー方程式の積分などを数学的近似のみで解く方法。実験値には一切頼らないため非常に計算に時間がかかるが、数学的に厳密であり、半経験的分子軌道法で得られた値より精度が高くなる。大きな分子を扱うことが難しいという欠点を持つ。

・密度汎関数法 (DFT 法)：数原子の小分子から数千原子の大規模分子まで一括して、高精度かつ高速に計算することを可能にした理論。タンパク質など生体高分子の立体構造決定や機能解析を行う手法として、さらなる貢献が期待されている。

・シュレディンガー方程式 ($H\psi = E\psi$)：分子軌道法は分子内の電子の運動を、分子力学法は分子を構成する原子核の運動を、いずれも量子力学の基礎方程式であるシュレディンガー方程式 (Schrödinger, 1926) を用いて解く近似法である。同方程式は、対象粒子の運動エネルギーとポテンシャルエネルギーとの全エネルギー (H =ハミルトニアン)、波動関数 (ψ)、および全エネルギーの固有値 (E) からなり、これを近似的に解くことで電子の運動や原子核の振動から電磁波吸収スペクトルを求めることができる。

・紫外可視吸収スペクトル：可視吸収スペクトルは電子の運動によって生じ、紫外および可視光を吸収することで得られるスペクトルである。可視域の波長は 380~780nm、紫外域の波長は可視域よりも低波長の 200~380nm である。

・振動スペクトル：振動スペクトルとは、赤外域の吸収スペクトルのことである。分子に赤外線

与えると、原子核同士の振動により、分子は振動エネルギーに対応した赤外線のみを吸収する。

・**構造最適化**：分子の結合について、結合距離や結合角を変えた様々な全エネルギーを計算し、最も低いエネルギー状態（その分子にとって最も安定な構造）を求める。

・**溶媒効果**：分子軌道法は孤立した分子が対象であるため、気相中の計算が行われる。そのため、溶液中での計算を行うためには溶媒効果を考慮する必要がある。

3)解析ソフト

・**解析環境**：VersaProVD-D(NEC)、IntelCorei7 CPU=2 つ(2.80GHz 2.80GHz)、RAM メモリ 4.00GB、システム 64 ビット、Windows7

・**MOPAC**：MOPAC は様々な分子の予測や構造解析に利用され、半経験的分子軌道法を行う計算プログラムソフト。高分子の分子軌道計算を高速に行うことが可能。

・**GAMESS**：非経験的分子軌道法で分子の電子状態を計算することができるプログラム。計算に時間がかかるが精度は高い。

・**Winmostar**：分子のモデリングや軌道計算、そしてそれを Windows 上で表示するためのソフトであり、MOPAC や GAMESS を使用するために必要となる。

【結果・考察】

今回は MOPAC での解析結果から考察を行っている。

1)クロロフィル a：紫外可視吸収スペクトルは 400nm 付近（青）と 600nm 付近（赤）で高い吸収率を示すことがわかる（図 2）。しかし、いずれも実験値と比べると 50~100nm ほどスペクトルの値が小さくなっている。この原因は、計算値は真空状態中、実験値は水などの外部要因がある中でスペクトルを求めたため起こったと考えられる。

2)溶媒効果：ポルフィリン環について溶媒効果を計算値に考慮し、物質が水中に存在すると仮定して計算を行ったが、大きな違いは見られなかった。溶媒効果を加えても最大波長が実験値（400nm 付近）には近付かなかったため、実験値での結果には水以外の物質が影響していると考えられる（図 3）。

3)水：水の吸収スペクトルは赤外域に存在するため、紫外可視域の光を吸収しないが、水の 3 つの基準振動を組み合わせることで短い波長の光を吸収できるようになる。このときの組み合わせの考え方が倍音である（表 1）。求めた基準振動の値を倍音計算することで短い波長が得られ、水の吸収帯を算出することができる。一般に水の吸収帯は 900nm 付近と言われ、リモートセンシングによる水分推定にもこの波長が使われている。しかし、倍音計算で求められた値は 900nm 付近よりも 600nm 付近に集中している（図 4）。そのため 900nm 付近には水以外の別の影響が与えられており、水分推定での特定波長になっていると考えることができる。

【まとめ】

コンピュータシミュレーションで光合成色素の構造・機能解析を行い、青と赤波長で高い値を得ることができた。しかし計算と実測の環境の違いから値には差が生じた。水の振動スペクトルから倍音計算を利用することで水の吸収帯を求められた。求められた値は一般的な吸収帯である 900nm 付近よりも 600nm 付近に集中していることがわかった。

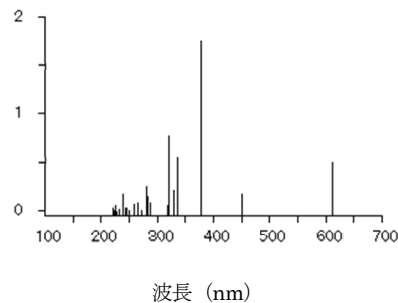


図 2.クロロフィル a の吸収スペクトル

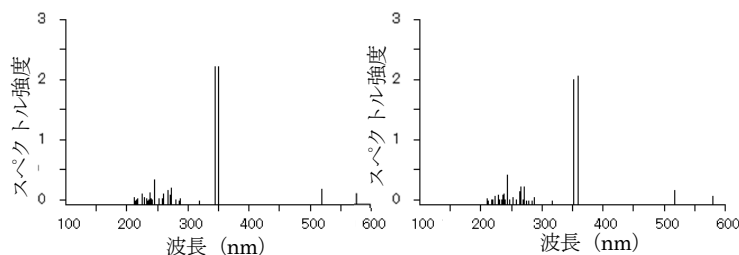


図 3.ポルフィリン環の吸収スペクトル
(左：溶媒効果なし 右：溶媒効果あり)

表 1.水の倍音

倍音計算（一例）		波数 cm^{-1} (波長 nm)
基準振動	ν_1	3850 (2600)
	ν_2	1750 (5700)
	ν_3	4000 (2500)
倍音	$3\nu_1+\nu_3$	15550 (640)
	$\nu_1+3\nu_3$	15850 (630)
	$3\nu_1+\nu_2+\nu_3$	17300 (580)
	$\nu_1+\nu_2+3\nu_3$	17600 (570)
	$3\nu_3+2\nu_2+\nu_1$	19350 (520)
	$2\nu_1+\nu_3$	11700 (850)

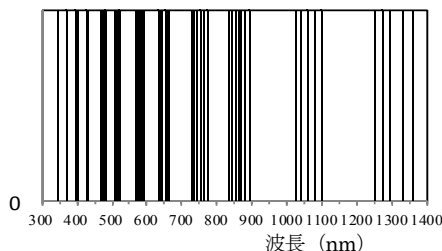


図 4.倍音計算後の水の波長吸収帯

リンゴ園における土壌呼吸速度の季節変化・年次間差とその要因

伊藤大雄*・石田祐宣**

*弘前大学農学生命科学部, **弘前大学大学院理工学研究科

演者らはリンゴ園上で二酸化炭素フラックスを計測しているが、リンゴ個体群の光合成速度を正確に知るには、リンゴ園上のフラックスに地面からのフラックス（土壌呼吸速度）を加えなければならない。また土壌呼吸は農地の二酸化炭素収支を大きく左右するため、温暖化に伴う土壌呼吸量の変化に重大な関心が寄せられている。そこで、リンゴ園の土壌呼吸速度を4年間にわたって測定し、年間土壌呼吸量やその年次間差を明らかにするとともに、土壌呼吸速度の律速要因を追究した。

【材料と方法】

土壌呼吸速度は、フラックスを計測している弘前大学藤崎農場内の草生栽培リンゴ園（沖積土、埴壤土）において、2006年9月から2010年7月まで、オープンチャンバー法により約1ヶ月おきに、毎回5日間程度実施した。図1に示すような直径20cmの円筒状のチャンバーを4個供試したが、1個は解析対象から除外した。空気の供給速度と吸引速度はそれぞれ 2.5L min^{-1} 、 2.2L min^{-1} とし、チャンバー内が陰圧にならないよう工夫するとともに、測定時以外は蓋を外して周囲の環境と調和させた。積雪期の測定では、一旦チャンバーの周囲を除雪し、内部に雪を残して蓋をした後、雪を埋め戻した。土壌呼吸測定と並行して、白金抵抗温度計によりチャンバー近傍における地下3cmの地温を4年間測定した。また、フラクスタワーで観測した日射量、気温、湿度、風速と藤崎農場内で観測した降水量を演者らのモデル*に入力し、表層土壌のpFを4年間にわたって推定した。さらに2008年と2009年には、供試園内に 35m^2 のプロットを3反復で設定し、草刈り直後に刈られた草をすべて回収して新鮮重と乾物割合を調査し、新鮮重×乾物割合×0.4により刈草炭素量を推定した。供試園の草刈りは年5回であるが、プロット内では積雪前の11月に6回目の草刈りを実施した。

*伊藤・石田・遠藤（2013）東北の農業気象 57

【結果と考察】

46回・237日間にわたる土壌呼吸速度の測定結果を1日毎に平均し、日平均地温との関係を調べたところ、両者の関係は指数回帰式で近似でき（図2）、回帰式のべき乗係数から Q_{10} を求めると2.3（= $e^{0.0828 \times 10}$ ）となった。しかし、土壌呼吸速度には相当な年次間差が認められたので、べき乗係数を0.0828に固定したまま指数回帰式を年次別に求めると、比例係数は年次によって0.294から0.561の間を変動した（表1）。次に、年次別回帰式に地温を代入して日々の基準値を算出し、基準値に対する実測値の比 f とpFの関係を検討すると、両者の相関関係は有意ではなく、 f を変動させる主要因はpFではないと考えられた。しかし f は、pFが1.8を超えるとpFの増大と共に減少し、最乾燥時は湿润時の80%程度となることが示唆された（図3）。

以上を踏まえ、非測定日の土壌呼吸速度 R_s ($\text{gC m}^{-2}\text{day}^{-1}$) は、次式によって推定することとした。

$$R_s = a \cdot \exp(0.0828 \cdot T_s) \cdot f(pF) \quad (1)$$

ただし、 T_s は地下3cmの地温（ $^{\circ}\text{C}$ ）、 a は年次別の比例係数（表1）、 $f(pF)$ は図3に示した2次曲線である。(1)式によって非測定日の土壌呼吸速度を補完し、2007年～2009年の3年間の土壌呼吸速度の推移を示したのが図4である。年間土壌呼吸量は年次別比例係数の大小を反映して2007年>2009年>2008年の順になり、平均すると 677gC m^{-2} であった。

一方、2008年と2009年の刈草炭素量の調査結果をもとに、両年の生育始期（4月15日）から第6回刈り取り日までの刈草生産速度を比較すると図5のようになった。2008年の刈草生産速度は特に4～7月に低く、その原因は表層土壌の乾燥と推察された。2008年の年間刈草炭素量は2009年を 130gCm^{-2} 下回った。刈草は比較的速やかに分解されて土壌呼吸のソースとなることを考えると、両年の年間土壌呼吸量の差（ 72gC m^{-2} ）は、刈草生産量の差で十分説明できる。

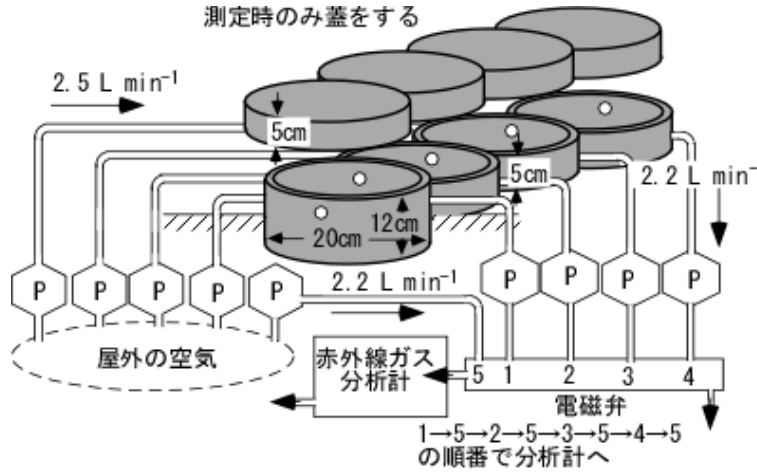


図1 土壌呼吸測定装置の概要 Pはポンプを示す。

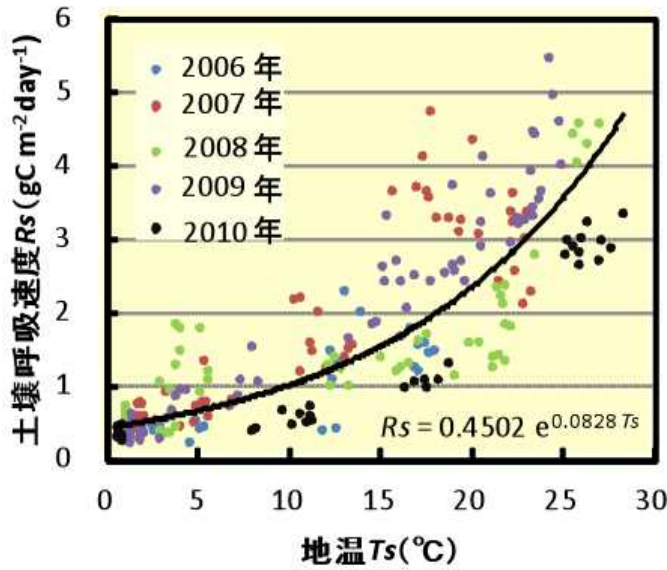


図2 日別土壌呼吸速度と日平均地温の関係

表1 土壌呼吸速度 (R_s) の指数回帰式*における年次別比例係数 (a)

年	a
2006	0.351
2007	0.561
2008	0.450
2009	0.505
2010	0.294

* $R_s = a \cdot \exp(0.0828 \cdot T_s)$,
単位は本文参照

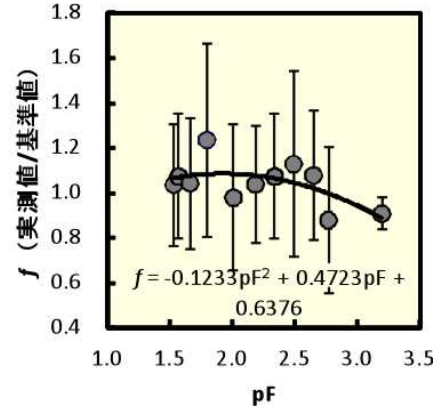


図3 地温で基準化した相対土壌呼吸速度 f と pF の関係

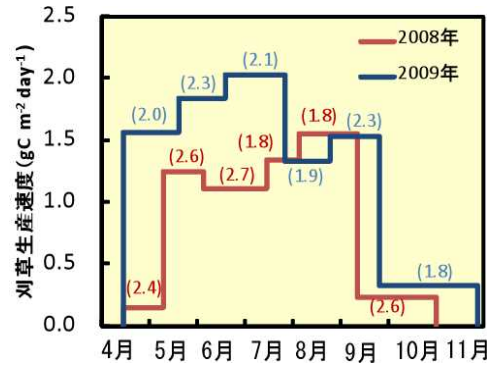


図5 2008年と2009年の刈草生産速度の季節変化 ()内は当該期間の平均 pF。

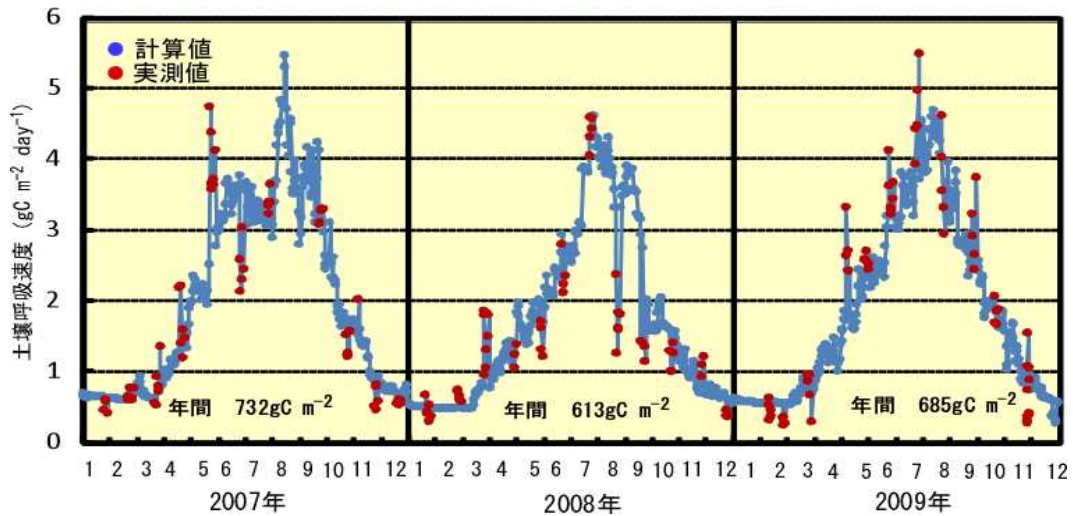


図4 2007~2009年の日別土壌呼吸速度 実測されていない日は地温と pF から計算。年ごとの土壌呼吸量も示す。

水田圃場における土壌炭素・窒素量の年次変動に及ぼす 温度上昇の影響

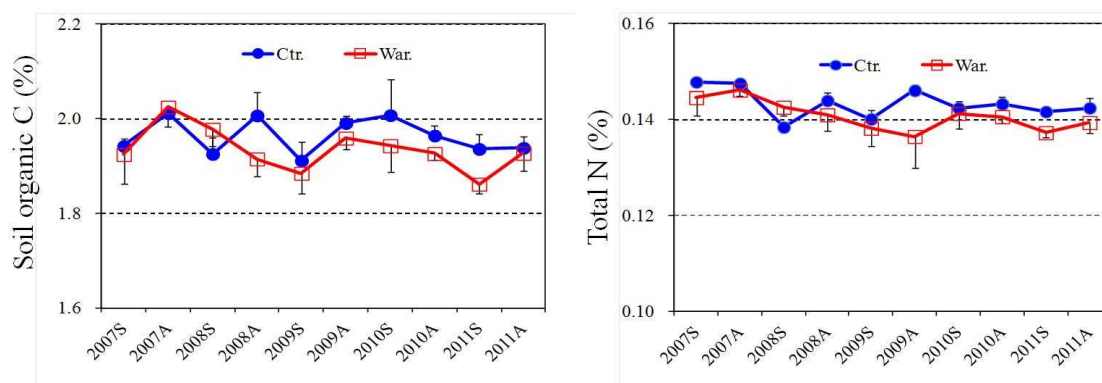
程 為国¹・湯 水栄¹・笠原勝也¹・俵谷圭太郎¹・長谷川利拡²

1 山形大学農学部・2 農業環境技術研究所

【目的】土壌中の炭素・窒素の量と質の動態変化は、植物生産に関わる土壌地力に与える影響から、地球規模の温暖化までに及ぼしている。土壌有機物の分解が温度上昇に促進されると、土壌炭素量の減少はさらに地球温暖化を加速すると危惧される。この背景に踏まえて、本研究は、アジアの代表的な農耕地生態系である水田での炭素・窒素の量と質の長期間の年次変動は、どのように温度上昇に影響されるかを実験的に検討した。

【方法】茨城県つくば市にある農業環境研究所内水田に、4反復の温暖化区と対照区を設けた。水稻生育期間は、温暖区の水温が対照区よりも2℃高くなるように設定し、収穫後の非作付期間は、赤外放射反射シートを用いて、夜間の放射冷却を抑制することにより夜間の地温を上昇させた。実験は2007～2011年の5年間行なった。水稻の栽培前と収穫後の春と秋に年2回土壌サンプリングを行なった。その後、風乾試料を用いて、土壌炭素・窒素量を求めると同時に、嫌気培養による易分解性炭素量・可給態窒素量、さらに常温水・熱水抽出による可溶性炭素・窒素量を測定した。

【結果・考察】すべての測定結果に関して、年次変動はあったが、処理区の間または春と秋の季節の間には規則性がなかった。土壌炭素・窒素量については、対照区の方が温暖区よりやや多い傾向にあったが、有意な差ではなかった。また、嫌気培養による易分解性炭素量・可給態窒素量も、両処理区間の差はなかった。土壌中に変動しやすいと考えられる常温水溶性と熱水溶性の炭素・窒素量は、反復間の誤差がさらに大きく、特定の傾向さえ見られなかった。以上の5年間の実験結果から、水田圃場における土壌炭素・窒素の量と質の変動は温度上昇に影響されなかったと考えられる。



図：通年温暖化圃場(War.)と対照圃場(Ctr.)における土壌有機態炭素(左)と全窒素(右)の年次変動(2007S-2011A)。SとAは春と秋のサンプルを指す。

講演要旨

気象要素を用いた水稲疎植栽培の幼穂形成期における
生育量の推定

○木村利行・石岡将樹・野沢智裕
青森県産業技術センター・農林総合研究所

1 目的

移植時の株間を広くする水稲疎植栽培は、育苗に要する労働時間及び経費が削減できる省力・低コスト技術である。しかし、水稲の生育期間が冷涼な地域では、疎植化により m^2 当たり籾数の不足などで収量が不安定になることが懸念されるため、気象条件に応じた栽植株数の限界値を明らかにすることが求められている。

また、疎植栽培における m^2 当たり籾数は、幼穂形成期の生育量から推定できることが明らかとなっている(図1)。

このことから、 m^2 当たり籾数の目標値を確保することが可能な栽植株数を明らかにするため、本研究では気象要素から幼穂形成期の生育量を推定する方法を検討した。

2 方法

1) 圃場試験は、青森県産業技術センター農林総合研究所で行った。供試品種は「まっしぐら」とした。試験年次は平成22~25年で、移植は5月上旬から6月上旬に行い、各年4作期設けた。移植作業は手植えで行い、移植苗は中苗、1株当たりの植え付け本数は4本とした。施肥量は、a当たり成分量で窒素0.7kg(基肥0.5+追肥0.2)、りん酸1.0kg、カリ1.0kgとした。栽植株数は、坪70株(条間30cm×株間15.7cm)、坪50株(同30cm×22cm)、坪37株(同30cm×30cm)の3水準を設けた。試験は、2反復で行った。

調査項目は、幼穂形成期(幼穂長1.5mmに達した日)の到達日と草丈及び m^2 当たり茎数とした。生育調査は、1区当たり10株について行った。気象要素は、黒石アメダスの平均気温及び日照時間を用いた。

圃場試験の結果から、気象要素等から幼穂形成期の草丈及び m^2 当たり茎数を推定する推定式を作成した

2) 所外の栽培事例を用いて、1)で作成した推定式の当てはまりを検証した。

3 結果

1) 幼穂形成期の草丈と移植翌日から幼穂形成期までの平均気温には、有意な正の相関関係($r=0.6203^{**}$ 、 $n=48$)が認められたことから、図2の1次式を幼穂形成期における草丈の推定式とした。

幼穂形成期の m^2 当たり茎数については、表1のとおり坪当たり栽植株数と各生育期間の平均気温及び日照時間(活着期は平均値、分けつ期は積算値)を説明変数とした重回帰式を作成し、最も決定係数が高かった重回帰式(表2)を推定式とした。

2) 所外の栽培事例を用いて、幼穂形成期における生育量(幼穂形成期における草丈と m^2 当たりの茎数の積)の推定値と実測値を比較した(図3)。幼穂形成期の生育量における標準誤差は5,619で、図1からの換算では m^2 当たり籾数にして約2,000粒の誤差であった。

4 まとめ

気象要素から幼穂形成期における生育量を推定する方法について検討した。その結果、坪当たり栽植株数と平均気温及び日照時間から推定した幼穂形成期の生育量は、標準誤差が約5,600(m^2 当たり籾数に換算して約2,000粒)と実用可能と思われる水準で推定可能であった。

なお、アメダス平年値等の気象要素と本研究で作成した推定式及び生育ステージを特定する生育予測式を用いることで、目標とする m^2 当たり籾数を確保するための栽植株数が算出可能である。

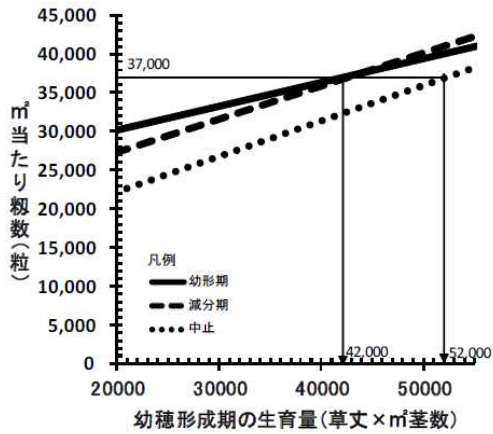


図1 追肥対応別の幼穂形成期の生育量と㎡当たり籾数の関係

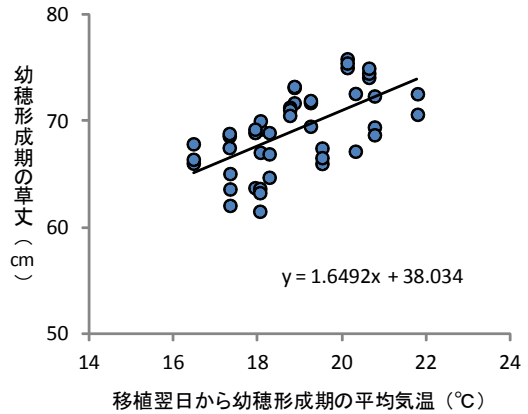


図2 幼穂形成期の草丈と移植日から幼穂形成期までの日平均気温

※ 平成24年度青森県指導参考資料「水稻疎植栽培における「つがるロマン」「まっしぐら」の生育診断基準に基づく追肥対応」より抜粋

表1 幼穂形成期の㎡当たり莖数を目的変数とした重回帰式の決定係数と採択された変数

活着期	分けつ期	修正済み決定係数	説明変数				
			栽植株数	活着気温	活着日照	分けつ気温	分けつ日照
移植翌日～穂首分化期		0.7320	**	-	-		**
移植翌日～幼穂形成期		0.7039	**	-	-		**
移植翌日～5日間	移植6日後～穂首分化期	0.7967	**	**			**
	移植6日後～幼穂形成期	0.7618	**	**			**
移植翌日～10日間	移植10日後～穂首分化期	0.8373	**	**	**		**
	移植10日後～幼穂形成期	0.8007	**	**	**		**
移植翌日～15日間	移植16日後～穂首分化期	0.8260	**	**	**		**
	移植16日後～幼穂形成期	0.7886	**	**	**		**

注) 説明変数の**は1%水準で有意

表2 幼穂形成期の㎡当たり莖数を目的変数とした重回帰分析 (移植翌日～10日、移植11日後～穂首分化期)

変数名	偏回帰係数	F値	単相関	偏相関	修正済み重相関係数	修正済み決定係数
栽植株数	5.163	138.1**	0.6245	0.8094	0.9150	0.8373
移植翌日～10日の平均気温	16.724	17.9**	-0.3125	0.1400		
移植翌日～10日の日照時間	10.962	15.6**	0.1858	0.3924		
移植後11日～穂首分化期の日照時間	1.474	96.1**	0.5569	0.8403		
定数項	-379.36	16.9**				

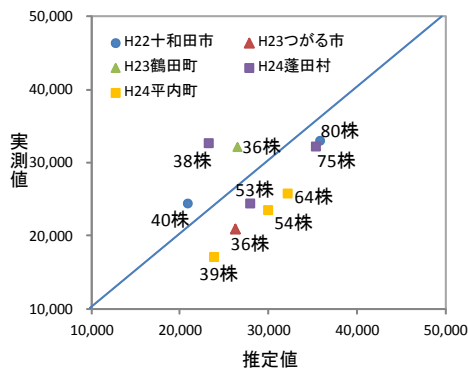


図3 所外の栽培事例における幼穂形成期の生育量の推定値と実測値

注) 各プロット毎に付されている数値は坪当たり栽植株数

5 今後の課題

水稻疎植栽培における登熟性の検討を行い、本研究で作成した推定式と疎植栽培における登熟条件から、青森県内各地域の気象条件に応じた必要栽植株数（疎植栽培可能地域）を明らかにする。

水稻の耕種期日の早晚を面的に予測するプログラムの開発

川方俊和

農研機構 東北農業研究センター

1. はじめに

大気中の二酸化炭素濃度の増加に伴い、気候変動が懸念されている。また、二酸化炭素の主要な発生源である化石燃料は有限な資源であるため、地域の自然エネルギーが見直されつつある。このような背景の元、これから、地域の気象や風土に適応した農業とは何かを模索し、地域の農業生産を把握していく必要がある。そのために、気象メッシュ情報と組み合わせて、面的な作物の発育、収量を予測する数値モデルの開発が望まれる。近年、気象メッシュ情報の発達により、面的な気象予測とその情報提供が進展しつつある。しかしながら、面的な作物の発育、収量の予測には至っていない。この理由として、面的な作物の品種の情報と播種日、移植日等の初期日の情報が必要であり、これらの情報の入手が中々困難なことがある。一方、水稻については、過去の作物統計値は整備されており、発育を予測する数値モデルを作成し、大まかであっても面的な作物の発育予測の情報を提供する可能性が生まれる。ここでは、面的な水稻の出穂期、刈取期の予測と平年からの早晚を提供することが可能なサブモデルの作成を進めた。

2. 方法

1) 気象値は、中央農研が開発しているメッシュ農業気象データを利用した。東北地方を含む領域の日平均気温、1980年から2009年の30年間の平年日平均気温を切り出し、気象ファイルを作成した。

2) 作物統計値から、東北地方の上記30年間の平年田植日5月16日、平年出穂日8月10日が得られた。この期間における、特定年の気温と平年気温の差(平年差)を計算するプログラムを作成し、GMTソフトウェアにより、気温の平年差の分布を図化した。

3) 日平均気温と平年日平均気温、上記の平年耕種期日、並びに発育指数(DVI)モデルから、出穂日と平年出穂日の差(平年差)を計算するプログラムを作成した。この計算結果の分布を図化した。

3. 結果の概要

1) 2012年の出穂日の平年差の分布図が得られた。この図は、気温の平年差の分布図とほぼ同様な結果になった。気温と発育速度の関係は直線で記述されているため、地域分布がほぼ同様な原因であると思われる。本手法で計算した分布図は、東北地方の作柄表示地帯の出穂日の平年出穂日(5年平均)との差によく似ていた。

2) 2008年から2012年の5年間について、同じプログラムで計算を行い、平年に対する出穂期の分布図と作物統計値を比較した。2011年を除く4年間については、この分布図は、作物統計の出穂の状況(対平年)と似ていた。2011年は東日本大震災が発生した年であり、この年の東北地方の田植日は平年に比べ5日遅れていたため、田植日の遅れが原因と推察された(図1)

3) 平年田植日の代わりに、特定年の田植日から出穂日を予測するモデルに修正した。2011年の気温は平年に比べ高い傾向が見られたが(図2)、出穂日の平年差の分布は、作物統計の出穂の状況(対平年)とよく似た結果が得られた(図3, 図4)。他年度についても同様な結果が得られたことから、本手法は、平年に対する出穂期分布の予測において有効であることが示唆された。

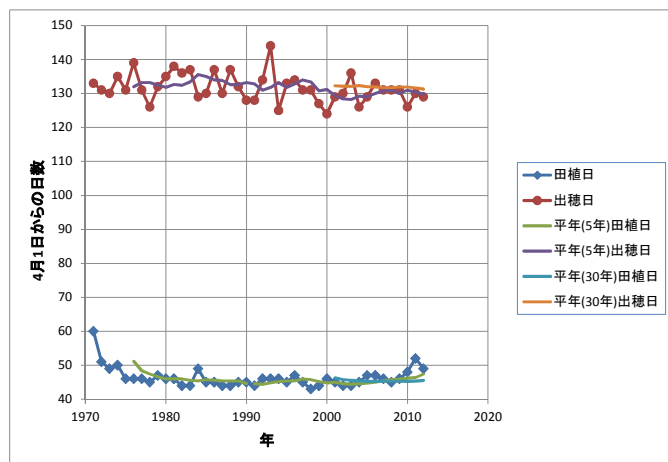


図1 東北の田植期と出穂期の経年変化

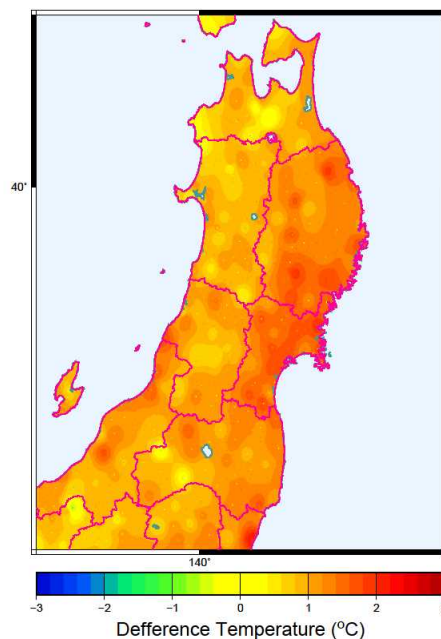


図2 気温の平年差の分布(2011年)

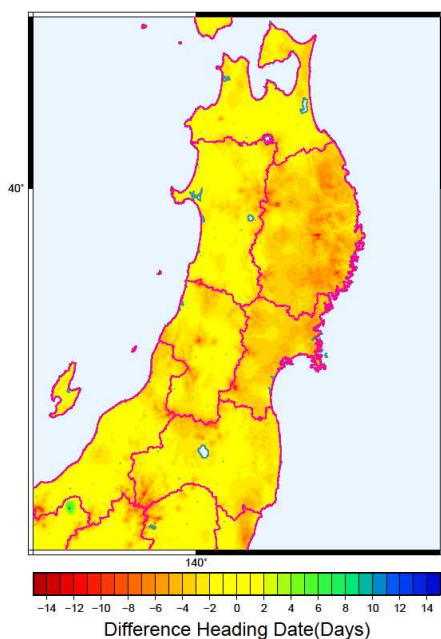


図3 平年に対する出穂期早晩の分布推定(2011年)

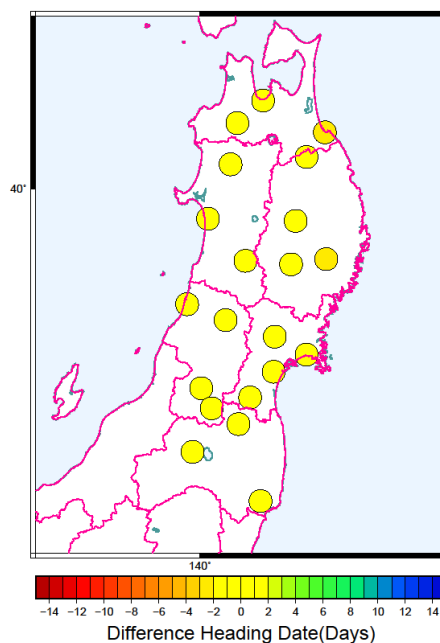


図4 2011年の出穂の状況(対平年)

4. まとめ

メッシュ農業気象データと水稻の発育指数モデルから平年に対する出穂期の早晩を推定するプログラムを作成した。作物統計とよく似た分布図が得られ、本手法の有効性が示唆された。今後は、作物統計値の細かな入力による予測精度の検証と、出穂期の分布図の作成を進める。

講演要旨

低温下におけるダイズの発芽および初期生育反応の品種間差異

熊谷悦史・持田秀之・菊池彰夫

農研機構東北農業研究センター

はじめに

我が国のダイズ収量は、過去 30 年にわたって低迷が続いている。一方、米国中南部のダイズ生産現場では、早期播種が奨励されており、それが近年の単収向上に貢献しているとされている。我が国の寒冷地における播種期は、5 月下旬～6 月上旬とされており、それより早期の播種は低温・遅霜による苗立ち不良や生育障害のリスクが高まること、水稻の移植時期と競合することなどから実施されていない。本研究では、寒冷地での早期播種による増収技術の確立を目的として、東北地域における実用品種および育成系統の発芽および初期生育の低温反応性を明らかにすることを試みた。

材料および方法

発芽試験：2011 および 2012 年度産の 17 品種・系統の種子を用いた（図 1）。濾紙を敷いたシャーレに種子 20 粒を入れ、蒸留水を加え、15℃（慣行播種期の平均気温）、13℃、11℃（早播時の平均気温、2012 年産は 10℃）に設定したインキュベータ内に保管した。蒸留水添加後 5 日目の発芽種子数を調査し、発芽率とした。

初期生育試験：「リュウホウ」（低温発芽不良）、「ふくいぶき」（低温発芽良）、「刈系 879 号」（低温発芽良、無限伸育型）、「刈系 881 号」（低温発芽は不明、無限伸育型）を供試した。東北農研（盛岡）の温度勾配型温室内の温度 3 水準（高温区（慣行栽培の気温を模擬、以下、HT と略す）、中温区（以下、MT と略す）、低温区（2 週間早播した時の気温を模擬、以下、LT と略す））に配置した 5L ポット（黒ボク土充填、N:P₂O₅:K₂O=0.3:2:1g）に、2013 年 5 月 28 日に播種した。生育期間中、温室内の植物体直上の気温とポット内（深さ 5cm）の地温を計測した。播種後 30、44、57 日目に地上部を刈取り、地上部重と葉面積を調査した。また、播種後 56 日目には、主茎中位葉を対象に、光合成速度、SPAD を計測した。

結果および考察

発芽率は温度の低下に伴い低下し、その傾向は 2011 年度産より 2012 年度産で顕著であった（図 1）。早播時の地温における発芽率には品種間差異が認められ、全品種の中で「リュウホウ」、「ワセズナリ」、「ワセシロゲ」が低かった。さらに、11/9℃の設定条件（2012 年度産）で発芽率の品種間差異が明瞭になり、「東北 169 号」、「刈系 879 号」、「ふくいぶき」等が高かった。発芽試験を通して注目される点として、「リュウホウ」の発芽率が低温域で直線的に低下していることが挙げられた。

播種後 60 日間の平均気温（地温）は、LT、MT、HT でそれぞれ 17.6 (20.8)、19.0 (21.7)、20.4 (22.9)℃であった。播種後 60 日間を通じて、地上部重と葉面積は、HT>MT>LT であった（図 2）。また、LT において、「リュウホウ」が他の 3 品種・系統と比較して、播種後 44 日目に葉面積が小さくなり、播種後 57 日目に地上部重と葉面積が小さくなる傾向を示した。一方、「刈系 879 号」は、LT でも播種後 57 日目の地上部重や葉面積が高かった。光合成速度については、LT は

HT よりも低かった (図 3)。さらに、LT では、「リュウホウ」の光合成速度が他の 3 品種より低かった。SPAD については、生育気温の影響を受けなかったが、LT で「リュウホウ」が他の 3 品種よりやや低い傾向を示した。その他、「リュウホウ」でのみ、LT および MT の個体に縮葉や脈間黄化の生理障害が観察された (写真)。

以上のように、ダイズの発芽や初期生育の低温反応には遺伝的変異がある可能性が示された。特に、「リュウホウ」が示した特性 (低温下での発芽不良、葉面積抑制、光合成能低下) については、今後、その要因を検討する必要があると考えられた。

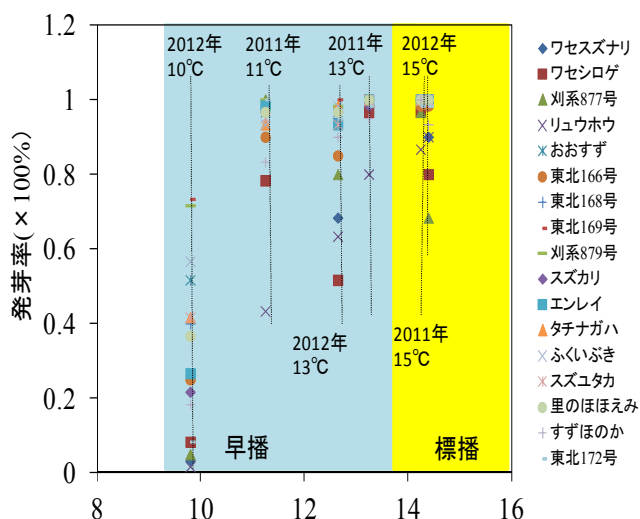


写真. 低温区 (LT) のリュウホウで見られた縮葉と脈間黄化.

図 1. 各品種における発芽率と温度の関係 (2 カ年込). 各プロットは 3 反復の平均値.

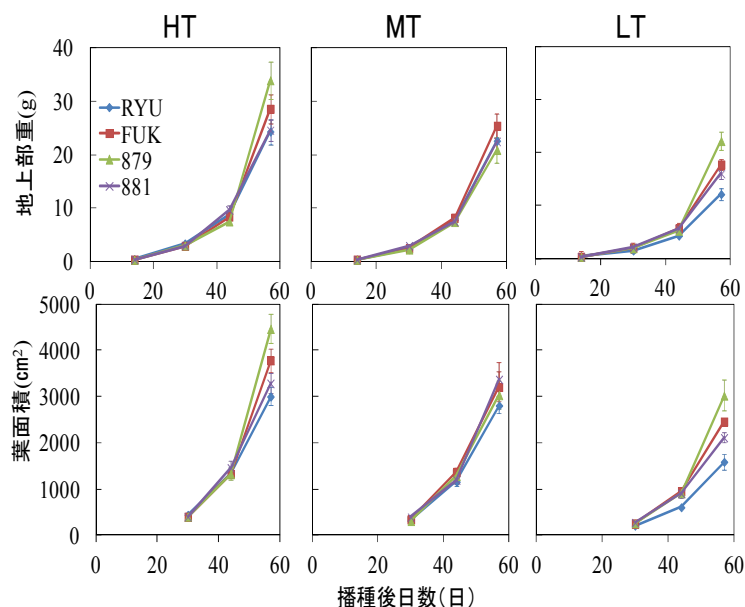


図 2. 高温区 (HT)、中温区 (MT)、低温区 (LT) における地上部重と葉面積の経時変化. RYU,リュウホウ; FUK,ふくいぶき; 879,刈系 879 号; 881,刈系 881 号. バーは標準誤差 (n=4).

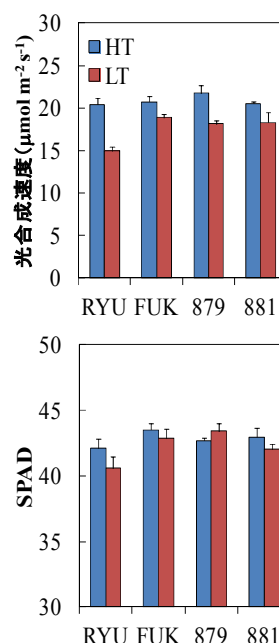


図 3. 高温区 (HT)、低温区 (LT) における光合成速度と SPAD. 品種の略称は図 2 と同じ. バーは標準誤差 (n=4).

リンドウこぶ症が地上部の生育状態に及ぼす影響

○安藤康一郎⁽¹⁾・庄野浩資⁽²⁾・高橋幸子⁽²⁾・松嶋卯月⁽²⁾・岡田益己⁽²⁾

(1)岩手大院農, (2)岩手大農

キーワード：リンドウ、こぶ症、気孔コンダクタンス、光合成活性、SPAD 値

1. はじめに

リンドウは岩手県を代表する花卉作物である。国内市場での需要は安定しており、県内各所で盛んに栽培されているが、特に八幡平市はその生産量・生産額・栽培面積共に日本一である。しかし、1980年代後半に、外観を異様化して商品価値を大きく毀損する深刻な病気、“リンドウこぶ症”が長野県で初めて発見された。その後、岩手県でも本症は確実に拡大しており、リンドウ農家の栽培意欲を減退させつつある。本症は未だに原因不明のため、効果的な防除方法がなく、現状ではできる限り早期に発見し、株ごと除去するしか対策が存在しない。こぶ症株の地上部の外観的特徴は、基本的に末期でのみ判別可能であり、それによる早期発見は事実上不可能である。一方、外観的特徴ではなく、気孔コンダクタンス等の地上部の様々な生理生態学的項目にこぶ症の兆候が現れるか否かに関しては、これまで検討例がほとんど見られない。そこで本研究では、こぶ症株、次年度株(次年度以降、こぶ症の発症する可能性の高い株)、正常株、生育不良株(こぶ症以外の障害株)を対象に、様々な生理生態学的項目を経時的に調査することで、こぶ症の影響がそれらに発現するか否か、最終的には早期発見にそれらが有望か否かを検討した。

2. 材料および方法

生育調査は2012年6月20日から8月1日までの約一ヶ月半の間、経時的に7回調査した。調査間隔は一週間とし、調査時刻は全て午後1時頃から3時頃までとした。供試材料には、個人所有のリンドウ圃場(八幡平市平館)で栽培されるお盆用のエゾリンドウ(*Gentiana triflora* var. *japonica*)系品種を用いた。具体的には、こぶ症の発症が確認された同圃場の畝から、上述のこぶ症株、次年度株、正常株、生育不良株をそれぞれ3茎選択し、それらの最大展開葉を後述の方法で現地調査した。その後、各茎を採取し、研究室に持ち帰り、翌日、後述する項目の室内調査を行った。以下に、主な調査項目を記述する。

(1) 現地調査項目

現地では、圃場の画像撮影、温湿度等を測った後、以下に述べる調査項目を測定した。

- ・ 気孔コンダクタンス

測定装置として、Leaf Porometer SC-1(DECAGON社、米国)を用い、各茎の最大展開葉を測定した。

- ・ F_v'/F_m' (明順応下での光合成活性)

測定装置として、FP-100(PSI社、チェコ)を用い、上記と同じ葉を測定した。

- ・ 葉温 (現地)

測定装置として、放射温度計 IT-550(HORIBA社、東京)を用い、上記と同じ葉を測定した。

以上の現地調査後、各茎を根本から切断し、研究室に移送、さらに水切り後、切り口を水に浸して常温保存した。その翌日、以下に述べる項目を室内で生育調査した。

(2) 室内調査項目

- ・ SPAD 値

測定装置として、SPAD-502plus(コニカミノルタ社、東京)を用い、常温保存した各茎の最大展開葉(現地調査時と同じ葉)を測定した。

- ・ F_v/F_m (暗順応下での光合成活性)

常温保存した各茎を約1時間ほど暗順応させた後、上記の測定葉を前日と同じ方法で測定した。

- ・ 形態計測

常温保存した各茎の全長、節数などの形態的特徴をスケールなどを用いて適宜測定した。

・葉温（室内）

常温保存している各茎を対象に、室内蛍光灯下で、現地での測定葉を現地と同じ方法で測定した。

3. 結果および考察

図 1~4 に、気孔コンダクタンス、SPAD 値、 F_v'/F_m' （明順応下での光合成活性）の全平均、ならびに 8 月 2 日における葉温（室内）の結果をそれぞれ示す。各図には Tukey-Kramer の HSD 検定法（有意水準 5%）による有意差検定結果を示している。また、各図とも誤差バーは標準誤差である。

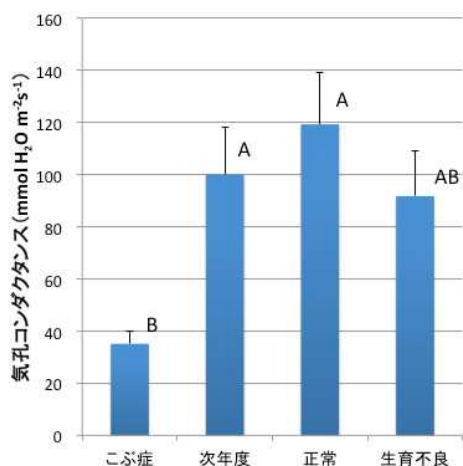


図 1 気孔コンダクタンスの全平均

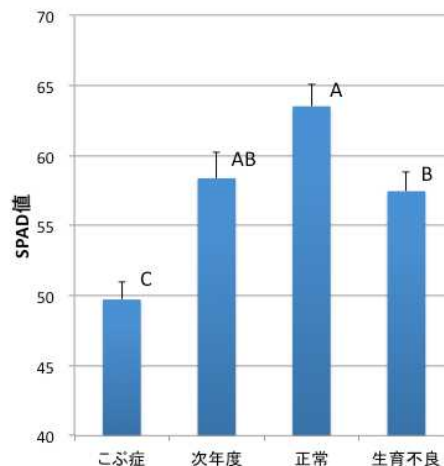


図 2 SPAD 値の全平均

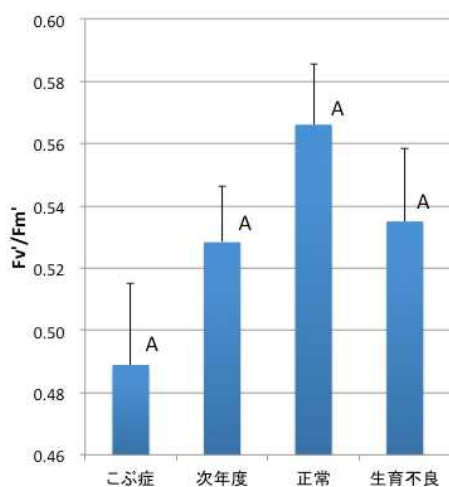


図 3 F_v'/F_m' の全平均

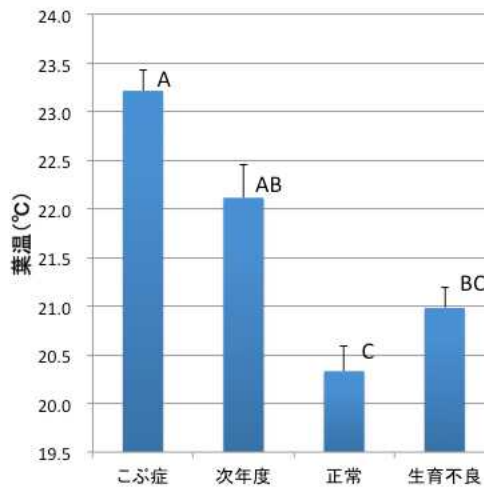


図 4 葉温（室内、8月2日）

上記の 4 項目には、それぞれ、こぶ症の影響が見て取れる。但し今回は、生育不良株と次年度株を有意に識別することは難しい結果となった。また、例えば SPAD 値の様に、サンプル数を増やすなどの方策で、少なくとも次年度株を有意に識別可能と期待できる調査項目もあった。あるいは、 F_v'/F_m' の様に、有意差は認められないものの、正常株からこぶ症株まで全平均が素直に並び、有用性を期待させる項目もあった。同項目の場合、測定値のばらつきの大きさが原因となり有意差に結びつかなかったと思われる。ばらつきの要因は、測定当日の測定葉の受光状態の多様性に起因すると考えられることから、今後は、さらなるサンプル数の確保はもちろんのこと、例えば測定葉をあらかじめ固定して各葉の受光状態のばらつきを低減するなどの方策の有効性を検討する必要があると思われる。また今回の生育調査は主に高ストレス環境下で行ったが、今後は、例えば早朝などの低ストレス環境下における生育調査の有効性も検討する必要がある。

東北地域におけるタマネギの秋播き作型と春播き作型の比較

○古野伸典*・伊藤聡子*・山崎篤**

*山形県庄内産地研究室，**東北農業研究センター

1. はじめに

日本におけるタマネギの主産地は、春播き栽培を行っている北海道と、秋播き栽培を行っている兵庫県(淡路島)、佐賀県等の関東以西に大別される。また、作型や緯度に応じてりん茎肥大の早晩性の異なる品種が作付けされている。一方、東北地方においては、秋播き栽培が主流となっているが、積雪寒冷地域では越冬率が低いことや、融雪遅れ等による生育不良、早期抽台の発生などにより収量が低いことが課題となっている。そこで、りん茎肥大の早晩性が異なる品種を用いて東北地方における春播き栽培の可能性について検討した。

2. 材料および方法

試験には極早生種(秋播き用品種)、早生種(秋播き用品種)、中生種(秋播き用品種)、晩生種(春播き用品種)の4品種を供試し、2008年9月19日に播種し11月26日に定植した秋播き栽培と、2009年2月10日に播種し4月23日に定植した春播き栽培を行った。試験は、山形県庄内総合支庁農業技術普及課産地研究室(酒田市浜中、旧山形県立砂丘地農業試験場)内の露地圃場(砂丘未熟土)で行った。

基肥は、秋播き栽培、春播き栽培ともに $N:P_2O_5:K_2O=14.4:18.0:12.6$ ($kg\ 10a^{-1}$)とした。栽培期間が長い秋播き栽培の追肥は、 $12.0:8.0:10.5$ ($kg\ 10a^{-1}$)、栽培期間が短い春播き栽培の追肥は、 $8.0:5.2:7.0$ ($kg\ 10a^{-1}$)とした。栽植密度は、うね幅140cm、ベッド幅100cmに4条植えで株間10cmとした。チェーンポット(CP303)により育苗し、簡易定植機械(ひっぱりくん、HP-6)を用いて定植した。なお、土壌表面のマルチ被覆は行わなかった。

3. 結果および考察

秋播き栽培の越冬率は、極早生種が低かった(表1)。これは、主に西日本での栽培を想定して育成されている極早生種は耐寒性が低いためと考えられる。また、晩生になるほど越冬率が高い傾向がみられたが、最も高かった晩生種でも80%を下回った。秋播き栽培の越冬後の草丈と葉鞘径は、極早生種、早生種が最もよかった。

春播き栽培の苗は、いずれの品種とも秋播き栽培の越冬後よりも大きかった。また、剪葉3日後であったが早生種ほど草丈が大きかった。剪葉の影響を受けない葉鞘径も早生種ほど大きかった(表2)。

りん茎肥大開始時期と倒伏期は、概ね早生種ほど早く、作型による違いは判然としなかった(表3)。りん茎重は、早生種ほど小さかった。茎葉の生育期である4~5月下旬の試験を行った酒田市の日長は、13時間程度でありいずれの

品種ともりん茎肥大に必要な日長に達していたと推察される。より低温でもりん茎肥大が進む極早生種、早生種では茎葉が十分生育する前にりん茎肥大が始まったため、りん茎重が小さかったと考えられる。一方、中生種、晩生種では茎葉が十分生育した5月下旬以降にりん茎肥大が始まったと考えられる。秋播き栽培の商品収量は、越冬率が低かったために、いずれの品種とも低水準であった。春播き栽培の商品収量は、中生種の春播き栽培で4.8t 10a⁻¹と最も多かった。晩生種では、腐敗や裂皮の発生がみられたため商品収量が少なかった(図1、表3)。

以上のことから、東北地方では一般的に秋播き用とされる中生品種を春播き栽培することで5t 10a⁻¹程度の商品収量が得られ、作型として成立する可能性が示唆された。今後、播種・定植時期と収量の関係や施肥条件、乾燥方法等について検討する必要がある。

表1 秋播き栽培の越冬後の生育(4/22調査)

	越冬率	草丈 (cm)	生葉数 (枚)	葉鞘径 (mm)
極早生種	43.4	10.8	2.8	5.2
早生種	72.4	15.8	2.9	7.2
中生種	60.5	9.1	2.4	5.6
晩生種	78.9	11.5	2.8	6.6

表2 春播き栽培の苗の生育(4/16調査)

	草丈 (cm)	生葉数 (枚)	葉鞘径 (mm)
極早生種	20.6	2.9	8.2
早生種	21.3	2.3	5.9
中生種	18.1	2.4	4.7
晩生種	17.7	2.7	4.0

表3 生育の経過と収穫物の構成割合

品種	作型	りん茎肥大 開始時期	倒伏期 ^a	収穫日	りん茎重 (g)	商品 ^b (%)	腐敗 (%)	裂皮 (%)	規格外 (%)
極早生種	秋播き	4月下旬	5月下旬	6月9日	25	10.0	90.0	0.0	0.0
	春播き		5月下旬	6月19日	54	22.2	22.2	0.0	55.5
早生種	秋播き	5月中旬	6月8日	6月19日	114	87.5	12.5	0.0	0.0
	春播き	5月上旬	6月9日	6月19日	90	100.0	0.0	0.0	0.0
中生種	秋播き	5月下旬	6月16日	6月29日	145	85.7	0.0	0.0	0.0
	春播き	5月下旬	6月16日	7月10日	207	100.0	0.0	0.0	0.0
晩生種	秋播き	5月中旬	6月下旬	7月10日	189	55.6	22.2	22.2	0.0
	春播き	6月上旬	6月下旬	7月10日	189	60.0	20.0	20.0	0.0

^a 80%の株が倒伏した時期

^b 横径が4cm以上

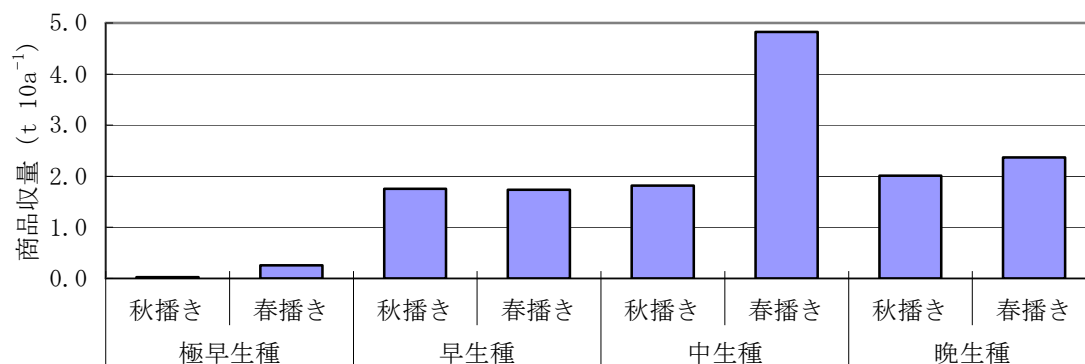


図1 品種別、作型別の商品収量

四季成り性イチゴ品種の温度特性の評価

岡田益己¹・岡田小百合¹・神保美紗子¹・伊藤篤史²・庭田英子²・
伊藤聡子³・由比進⁴

1 岩手大, 2 青森野菜研, 3 庄内産地研, 4 東北農研

1. はじめに

イチゴの夏どり栽培は夏期冷涼な地域に適している。筆者らは東日本大震災被災地における新しい作目として、未経験者でも取り組める栽培技術を開発してきた。その骨子は、1) もみ殻培地と不織布を用いた高設栽培システムと2) 四季成り性イチゴ品種の利用である。岩手県三陸沿岸地域は平年値から見ると夏期冷涼だが、一方で気温変動が国内でもとくに大きい地域である。こうした気候に適する四季成り性品種を探索するために、東北農業研究センターの温度勾配チャンバーを使用して、数種品種の温度特性評価を試みた。

2. 実験方法

(1) 栽培と温度処理

実験には、東北農業研究センターが育成した「なつあかり」、「デコルージュ」、山形県が育成した「サマーティアラ」、宮崎県が育成した「みやぎきなつはるか」の4品種を用いた。

前年度に育成した苗を用いて、青森県産業技術センター野菜研究所で生育初期の栽培を行った。2012年4月20日に発泡スチロールのコンテナ(内寸 深さ19cm、縦27cm、横34cm)に1品種4個体ずつを定植した。培地にはもみ殻培地(容積比: もみ殻70%、赤玉土小粒25%、粉炭5%)を使用した。この培地に肥効調節型肥料(エコロング424-180日タイプ)を1個体当たり窒素で2g相当と、高ケイ酸熔リン5gを加えた。5月31日に温度勾配チャンバー内に移設した。温度勾配チャンバーは入口から奥にかけて温度が高くなるハウスであり、入り口から2m、7.5m、13m、16.5mの位置にコンテナを配置した。以降、それぞれ温度1、温度2、温度3、温度4と記す。6月1日から収穫終了の10月19日までの平均気温は、外気温21.3℃に対して、温度1で20.3℃、温度2で21.9℃、温度3で23.8℃、温度4で24.7℃であり、温度1と4の差は4.4℃であった。温度区ごとに1品種2コンテナを設置し、2反復とした。高温期(7~9月)の収量に着目して、6月15日まで摘花を行い、以降に着果させた。チャンバー内には授粉用のミツバチを放飼した。

(2) 測定項目

7月7日から収量調査を開始し、10月19日まで行った。果実重、果実数、果実品質を数日おきに、また収穫終了後に生体重、乾物重、花房数、芽数などを調査した。果実重は、収穫した果実の重さを1粒ずつ電子天秤で測定した。果実品質は、正常果と異常果に分類し、異常果は奇形果や扁平果、虫害果などに分類した。

3. 結果と考察

ここでは1果重が1g以上の正常果の収量について検討する。全期間収量については、みやぎきなつはるかが最大で、次いでサマーティアラが大きく、なつあかりとデコルージュでは小さかった。収穫期間を4週間ごとに4期間に分けると(図1)、みやぎきなつはるかは温

度に対する反応が顕著で、第1期は低温区から高温区にかけて収量が増加するのに対し、第2期以降は低温区から高温区にかけて収量が大きく減少した。また第2期以降の収量低下も他品種に比べて顕著であった。一方、デコルージュは温度に対する反応が鈍感で、収量に大きな違いが見られなかった。サマーティアラは生育後期にかけて高温区の収量減少が顕著であったが、低温区では期間を通して比較的安定した収量が得られた。なつあかりの低温区では、生育中後期に収量が増加するという、他品種とは異なる反応が得られた。

果実の大きさ（平均果実重）では、サマーティアラが他の品種に比べて有意に大きかった（表1）。また、いずれの品種も低温で果実が大きくなった。

以上の結果、温度特性に大きな品種間差のあることが分かった。デコルージュは温度影響が極端に小さく、年々の気温変動が大きい地域でも収量が安定しやすい品種と言える。サマーティアラも比較的に温度影響が小さく、また果実が大きいという特徴がある。なつあかりは収穫期後半の収量減が小さく、低温であればむしろ上昇するという特徴を持つ。

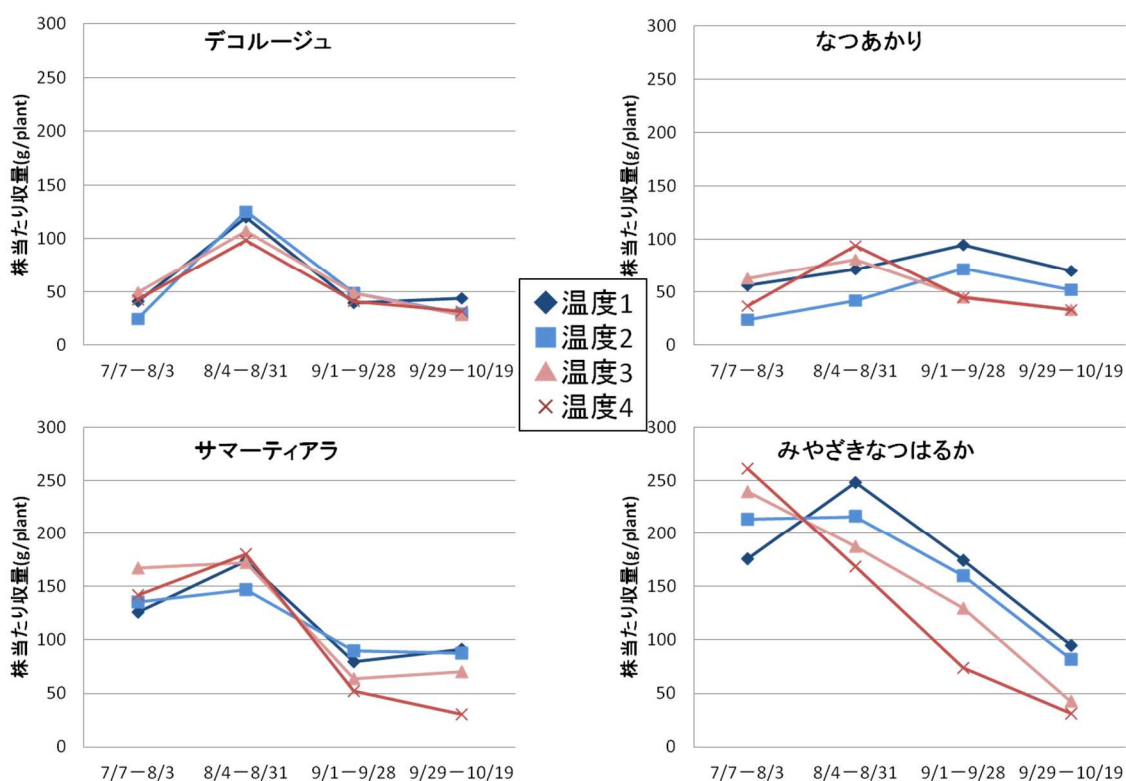


図1. 4週間収量の推移

表1 平均果実重 (g) ±以下の数字は標準誤差

品 種	温度 1	温度 2	温度 3	温度 4
サマーティアラ	12.4±0.04	11.1±0.24	9.7±0.06	9.3±0.49
デコルージュ	8.9±0.87	6.4±0.17	6.1±0.09	5.9±0.12
なつあかり	8.2±0.07	6.2±0.51	6.4±0.06	6.6±0.07
みやざきなつはるか	6.9±0.55	6.5±0.36	5.7±0.00	5.7±0.15

古代国家における『コメ作りの実態』Part 2

ト蔵 建治

名誉会員 弘前大学名誉教授 (現在 埼玉県北足立郡伊奈町)

1. 古代における農業気象災害

我が国は稲作地帯の宿命だろうか、科学技術の発達により堤防の強化やダムによる流量調整などが行われている今日でさえ、豪雨に伴う洪水により水田一面が泥水に浸かる光景を多く目にする。古代においてはさぞ洪水による大災害が多発しただろうと考えられやすい。しかし河川が氾濫しやすい土地で農耕を避ければ洪水の被害は避けられる。洪水による災害の歴史を見ると現代より古代の方が少ない。古代の人達は洪水を恐れて大河川から離れた土地に生活の根拠を置いた。彼等は利水の中心を小河川に求めていたことが奈良盆地における貴族の暮らしからもうかがい知れる。

佐保川の 水を塞き上げて 植ゑし田を 刈る早飯は 独りなるべし

大伴家持 (万葉集)

しかし稲作では水を有効利用することで生産性が向上することから、利水に有利な水辺に近づかざるを得ない一面もあった。中世以降に、水運による物流が盛んになると大河川の近くに、さらに近代になると氾濫原として恐れられていた河口付近の低湿地にまで生活圏(水田)を拡げてきた。これは降水量(自然条件)が同じでも人間の対応により水害が拡大する歴史的事実を示していると言えよう。

古代(7, 8世紀)の稲作における自然災害の実態を理解するために『日本災異誌』(小鹿島、1894)と『日本凶荒史考』(西村・吉川、1936)を中心に検討した。両書とも古代の記述は「日本書紀」「続日本記」などを中心に文語体で書かれている。『日本災異誌』の目次には当時の【災害】を以下のように分類している。

目次

飢饉之部	大風之部	火災之部	旱魃之部	霖雨之部
洪水之部	疫病之部	噴火之部	地震之部	海嘯之部
虫害之部	彗星之部	太陽内最大及最小黒点表		

当時の一般人の生活に直接関わる悲惨な事態は“飢饉”で出現回数も多く目次の最初にも上げられている。しかし“飢饉”はこの項目以後に掲げられている自然災害の項目が幾つか重なって生じることが多い。したがって自然災害事態を詳細に理解するにはむしろ“飢饉”以外の項目から直接その実態を検討した方が当時における自然災害を理解しやすいと言えよう。火災は都人にとっては直接生命・財産を脅かされる災害だが人災的な要素が強いと考えられるので触れない。

2. 霖雨による災害

7, 8世紀に生じた自然災害のなかで稲作に大きな影響を与えた災害(霖雨・旱魃・洪水・大

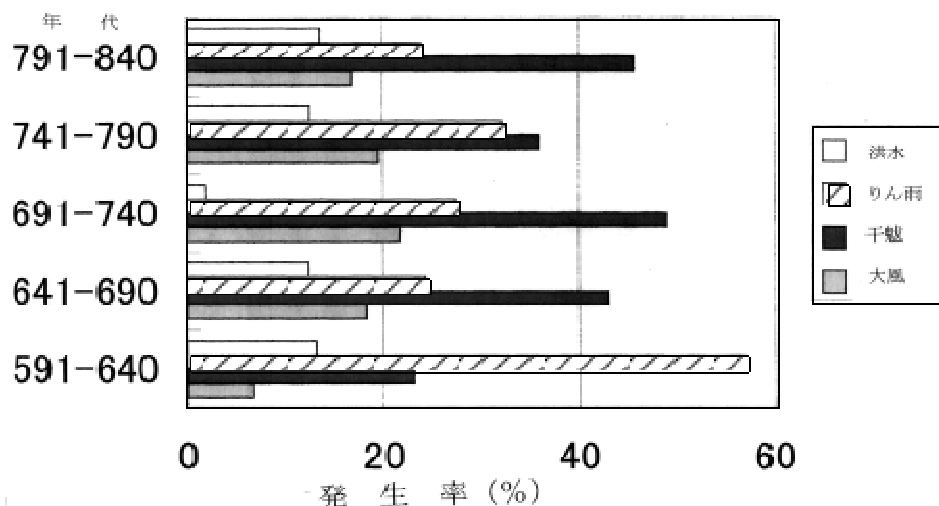


図1 古代における災害（日本災異誌より作図）

風)を50年単位でまとめ、出現頻度を図1に示した。

600年代の前半は霖雨による災害が最も多いが、次の年代からは旱魃が1位になる。大風とは台風による暴風によるものが主で発生時期が9月以降(月は現代暦以下同じ)であることや大風、大雨、洪水と並記されている場合もあり、今日の台風時の災害の様相をそのまま示す記述もある。しかし当時の稲作に大きな影響を与えた災害で現在には無い霖雨による災害について検討した。

霖雨大水、五穀不登 [推古天皇31年自春至秋 日本書紀]
(623年2月8日乃至10月30日)

ここで記されている“霖雨(りんう)”とは霖は雨冠に林と書くが、林に木が沢山続いているように雨の日が沢山続くという意味からこの字が生まれたとされ、漢和辞典では「長雨とか三日以上降り続く雨」とある。したがって“霖雨”とは長雨のことで漢詩的表現とされ“梅雨”はその代表的なものである。現代の生活から言うと“雨模様の日が続くこと”を指しておりこの時代特有の気象ではない。また“梅雨”という言葉に“菜種梅雨”があるが、春に長雨が続き、秋の長雨を同様に“秋霖”とも言う。両者とも漢詩的表現とされている。霖雨は4月から10月末までに生ずることが多く、稲作期間と重なっている。霖雨による災害の詳細を検討すると、停滞する梅雨前線に沿って低気圧が移動してきて大雨を降らす場合と、停滞する秋雨前線の活動が台風により活発化し大雨になる場合があり、両者とも洪水が発生する機会が多い。日本書紀で『霖雨洪水』と記された文で、発生した時期を見ると6月の場合は前者で、9月以降の場合の多くは後者であろう。

しかし、シトシトと降り続く長雨(霖雨)だけでは現代の稲作は大減収には到らず、とくに今日では関東以南で大雨による水害(洪水)を除けば霖雨により稲作が直接悪

表1 イネの災害(昭和24-28年)

種類	被害面積	減収量
総数	224,214ha	1,065,060t
風水害	27.2%	28.7%
旱害	2.4%	3.2%
冷害	12.4%	14.7%
病害	31.7%	34.3%
内訳 (稲熱病)	(73.2%)	(85.4%)
虫害	22.9%	16.8%
内訳 (ニカメイ虫)	(59.3%)	(57.7%)
内訳 (ウンカ)	(23.0%)	(29.6%)
その他	3.6%	2.3%

影響を受けることは考え難い。ただ有効な農薬がなかった 1950 年代の稲作の災害を見ると（表 1）、気象災害に匹敵するほどの病害、その中でも 70%以上が“稲熱病”による被害である。

稲熱病の発生時期は“霖雨”の時期と一致しており、稲作の大敵と恐れられてきた。稲熱病に対する有効な農薬が無かった時代に農民がいかにかこの病気に恐怖を抱いていたかを昭和 7 年（1932 年）に宮沢賢治が世に出した『グスコーブドリの伝記』の一部で紹介する。

…ある朝、主人はブドリを連れて、自分の沼畑（水田）を通りながらにわかにか「あっ」と叫んで棒立ちになってしまいました。見ると唇の色まで水色になって、…「病気が出んだ」…「おれでないよ、オリザ（稲）よ。それ」…主人はだまって布を水でしばって、頭にのせると、そのまま板の間に寝てしまいました。…

稲熱病で稲が全滅する様子を記したもので、稲熱病の発生が稲作農家にとっていかに大惨事であり、絶望的な事態であったかが理解できる。苗や田植え間もない頃に“霖雨”（梅雨）と言う気象条件下で若い葉に稲熱病が大発生すると赤く焼けたようになり枯れてしまう。秋の長雨（秋霖）の頃出穂したばかりの稲穂の基の部分に稲熱病が集中的に発生すると穂は枯れて稔らない稲となる。霖雨のなかで、この稲熱病が主因となり稲作農家に壊滅的な被害を与えたことは古代の稲作では当然だろう。人体や家畜などの病原菌が相次いで発見されたのは 18 世紀以後のことで、病原体が不明の中で霖雨の続く天候の下で稲が枯れていくのを見て、当時の人達は『霖雨により稲が枯れた』として稲作に壊滅的な被害を及ぼす要因の一つに“霖雨”を挙げたと考えられる。したがって、ここでは霖雨による被害が全て稲熱病の被害と断定しているのではないことを断っておく。

近代科学の進歩により“稲熱病の正体”は明らかにされたが、稲熱病防除が本格的に取り上げられたのは昭和 13 年（1938 年）の国による食糧増産計画に取り上げられたのが始まりで、水田に農薬（ボルドウ液）が散布されるようになったがボルドウ液の効果は限定的であり、戦後の食糧難時代にも稲熱病防除は大きな課題であった（表）。昭和 28 年『セレサン石灰の稲熱病防除効果に関する研究』が世に出て、我が国における稲作で大きな被害を被ってきた稲の病気に対する防除の道が開けた。日本の稲作史上の偉業とも言える。しかしこの時から『有機水銀が水田生態系に及ぼす影響』という新たな問題を抱えることにもなった。農薬被害の軽減を目指し今なお耐稲熱病品種の開発に多くの国家予算が投入されている。

霖雨は稲熱病の発生・伝播に関与する良好な気象条件を作り出しているだけでなく、稲作以外の作物に寄生する病原菌の発生・伝播にとっても好都合な条件である。『この歳 霖雨、五穀登らず』と言う記述もある。奈良時代は『雨は五穀の恵み』と言う考えが優先していた。しかし平安時代になり長雨が続きと市中の人達の生活に悪影響を及ぼすことから『日和乞い』が行われるようにもなった。

3. 旱魃

いつの時代も雨水は稲作にとって大自然の恵みであり、雨の日が少ないと【雨乞い】がおこなわれており、降雨日数が少ないと旱魃により減収する。

大旱、五穀不登、百姓飢乏、 [天武天皇夏 日本書紀]

676 年 5 月 18 日から 8 月 14 日まで約 3 ヶ月にわたり雨が降らなかったため、水不足により稲

だけではなく畑作物の多くが枯死したため『五穀登らず』と表現された。稲作を国家の基本に置く大和朝廷にとっては稲作に重要な用水確保のために雨乞いをする事は朝廷の重要なイベントになっていた。

我が欲りし 雨は降り来ぬ かくしあらば 言挙せずとも 年は栄えむ

大伴家持（万葉集）

「雨が欲しかった頃に幸いにも雨が降ってくれたので雨乞いの祭をせずともこの年稔りはうまくいくだろう」と大伴家持が万葉集に詠んだものである。

春先から雨が少ないと苗代の用水確保が出来ず播種が遅れ、苗の育ちが不十分となる。カラ梅雨だと田植えが遅れたり、その後の生育が遅れ茎数減で、穂の数が減り減収する。出穂の頃に水不足になると、籾数の減少と不稔籾が多発し減収となる。しかし1960年代になると各地にコンクリートの多目的ダムが建設され稲作の水不足は大幅に軽減され、今日では水田の水不足より都市の上水不足が真っ先に問題となる。

稲作にとって雨水は不可欠なものと考えた古代の人達は「困ったときの神頼み」として各地の神社で祈禱を盛んに行った。しかし7, 8世紀になると農業用水確保のため貯水池が建設されており現存するものもある。例として、香川県：満濃池、兵庫県：昆陽池、大阪府：狭山池、大阪府：久米田池などがある。

満濃池は大宝年間（701~704年）に創築されたがその後決壊を繰り返し空海が812年に改修したことで後世に語り継がれており、日本最大の農業用のため池として現在に至る。狭山池は日本最古のダム式ため池であり、日本書紀に

「農は天下の大本なり…今河内の狭山の田植水少なし。是を以て其の国の百姓、農の事を怠る。其れ多に池溝を開きて民業を寛かにせよ。」

とある。

当時のカリスマ的土木技術者として僧行基は久米田池・昆陽池の工事に係わったとされ、現存する古いため池の構築には当時の名僧・高僧がかかわっていることが多く、彼等の土木技術だけでなく、農民への説得力、動員力が必要とされた面もある。昔は我が国の農業にとって大きな障害であった「日照りによる水不足」も地方によっては「干天に不作無し」とまで言われるようになっている。[上記のため池についてはインターネットで詳細を検索]

4. メイチュウの害

水田にひび割れが生ずると言った干天が続くと気温や地温が上昇しやすいだけでなく、前年秋からの土の表面が雨に乱されることが少ないため害虫卵のふ化率が高まり、イナゴなどの害虫が多発することも早魃年の特徴と言われた。

農薬のない時代はこうした害虫の防除は重大事であり、各地に伝わる神社の“お札”や“虫送り”の行事に見られる。近代科学が発達しつつあるなかで、農薬の有効性を検討してきた先人の著「農薬ことはじめ」を基に話を進める。

昔は害虫の大量発生は「神の祟り」と考えられ、今日ではイナゴと読む（蝗）この字を当て（イナムシ）と読み稲全体に着く害虫を指した。古代からの口伝えを文字に書き留めた古語拾遺（807年）によれば、神代、大地主神が田を作る際、農奴に牛肉を食わせたことを息子の知らせで知っ

た大歳神は、その戯れた行為を怒って、

その田に蝗（イナムシ）を放ちき。苗の葉は忽ち損なわれ篠竹に似たり。……白猪、白馬、白鶏を献じて、其の怒りを解くべし……

と言う一節がある。

文中に（蝗）の文字が見えるが、後に続く『苗の葉』を考えると秋に発生する今日のイナゴではないことが判る。時期は田植え後で、苗が枯れる様子は葉が巻き上がっているのも、これは何かの幼虫が茎のなかに進入し枯れる現象を現している。文の後部で『白』のつく家畜を献上するようにとあるから、『白』に関係づけると、この時期に田圃を飛び回る白い虫＝ニカメイチュウが大発生したのを「神の祟り」と思った。この蛾は日本中に分布し、年に2回発生する。第1化期は苗代初期から田植え後間もなく（6月中・下旬）で、その後は8月中旬である。有効な殺虫剤などがなかった過去にニカメイチュウによる被害がいかに恐れられていたかを知るものとして香川県の1932年の県条例を見てみよう。

「害虫駆除法規則により県下一円に対し 月 日より苗代の苗を本田に移植終了迄毎晩日没より翌朝日出迄に誘蛾灯を点し、メイ蛾を誘蛾すべし。これに違反した者は拘留又は科料に処する。」

この時代の誘蛾灯は電灯によるものは少なく、アセチレンや石油による明かりが大部分である。さらに昭和22～23年頃（著者が小学生の頃）、苗代に行きニカメイチュウを捕まえたり、苗の葉に生み付けられた卵塊を葉ごと切り取って学校に持っていくと、蛾は1匹：X銭、卵塊は1個：X十銭で買い取ってくれた記憶がある。小学生の小遣い稼ぎにもなったニカメイチュウもその後の強力な殺虫剤の出現により激減した。さらに今日では機械移植に伴う育苗施設による苗作りで多くの病虫害の発生が嚴重に管理され撲滅の道をたどっている。

5. 実盛の亡霊＝ウンカの被害

昔から稲作農家に恐れられた害虫にウンカを挙げねばならない。「ウンカの如く湧いてくる」と言われ忽然として大発生し稲作に大被害を及ぼす。ウンカのなかで我が国の稲作に大きな被害を及ぼすのはセジロウンカとトビイロウンカが良く知られている。古代からの記録は定かではないが、江戸時代（1732年）にウンカが大発生し九州諸藩では平年作の1割7分で、九州地方で数十万人の餓死者が出た。日本各地に伝わる「虫送り」や「虫追い」の起源はこの頃に由来するものが多い。西日本各地ではウンカやヨコバイのことを一括して古くは「サネモリムシ」と呼ぶが、これは源平合戦（1183年）で平家方の老雄斎藤別当実盛が源氏の若武者手塚太郎光盛と戦った際、実盛は老いの悲しさ、稲株に躓いて倒れ光盛に討ち取られたが、その際に実盛は

「私の死後は、亡霊必ず悪虫と変じ、行く末永く源氏の世を呪い、五穀の成熟を妨げん」

と言い残し、稲株は変じて虫となった、との言い伝えに由来する。

近年では1966年にセジロウンカが西日本一帯から東北地方の日本海側にかけて、トビイロウンカは関東地方で大きな被害をもたらした。この年、鹿児島県出水市で一晩にセジロウンカが215万匹、谷山市でトビイロウンカが20万匹も誘蛾灯で誘殺された。これを機会にウンカに関する本格的な調査研究が始まった。この頃までは、ウンカは我が国の何処かで卵か幼虫で越冬し

翌年に大発生するものと考えられていたが、その確証はなかった。調査、研究が進むなかで「ウンカの発生と梅雨前線、低気圧の進路」との関係が取り沙汰され「ウンカは中国大陸から海を渡ってくる」という結論が得られた（桐谷、2002）。我が国に大陸から飛来するウンカによる被害は、稲作伝来以後に毎年繰り返す数千年の間続いていたが、その本質が明らかにされたのは、つい最近のことと言える。「実盛の亡霊」の正体も判明したが、一方「ウンカの如く湧いてくる」と言われるこの虫の被害を根絶するには、我が国一国だけの対策では道が開けないことも明らかになった。

謝辞

掲載に当たり大変な御足労をお掛けした編集委員長の伊藤大雄先生に感謝の意を表します

参考文献

- 1) 桐谷圭治 2002 : 「昆虫と気象」、成山堂
- 2) 近藤頼巳・松尾孝嶺・江口康雄 監修 1958 : 「作物栽培事典」、博友社
- 3) 日本特殊農薬製造出版 1966 : 「農薬ことはじめ」
- 4) 西村真琴・吉川一郎 編 1936 : 「日本凶荒史考」、有明書房
- 5) 小鹿島 果 編 1894 : 「日本災異誌」、日本鉱業会

>>>支 部 だ よ り<<<

1. 2013（平成25）年度支部大会

2013年度支部大会は、アイーナいわて県民情報交流センター（岩手県盛岡市）において、8月31日、9月1日に開催されました。31日には、シンポジウム「第1部：セミナー【新しい研究・技術の展開】、第2部：温暖化フォーラム【気候変動への適応と対策】」が開催されました。1日の一般研究発表会では10題の発表があり、活発な討議が行われました。今号には研究発表の要旨を掲載しました。

2. 会員動静(2013年3月31日)

[入会] 庭田 英子、松田 裕之、吉田 龍平

[退会] 齋藤 弘文、高橋 康利、野田 正浩、戸松 秀之、鳥山 敦

会員数（2013年3月31日）：119名

名誉会員： 1名

会 員：105名（内支部のみ52、本部のみ42、本部（管外）11）

図書館等： 13名（内支部6、本部のみ7）

3. 寄贈図書

日本農業気象学会各支部から会誌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. 2014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、2014年度の候補者をご推薦ください。締め切りは2014年8月15日です。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. 2014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、2014年度の候補者をご推薦ください。締め切りは2014年8月15日です。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。

6. 決算報告および予算

(1) 2012年度決算報告(2012.4.1~2013.3.31)

収 入			支 出		
項 目	予 算	決 算	項 目	予 算	決 算
個人会費	42,000円	73,000円	印刷費	5,000円	4656円
支部補助費	28,000	30,800	通信費	40,000	26,240
雑収入	0	27	事務費	20,000	11,363
繰越金	653,080	653,080	大会費	50,000	62,500
			雑 費	23,000	3,760
			予備費	585,080	0
合 計	723,080円	756,907円	合 計	723,080円	108,519円

余剰金の算出 収 入 756,907円
 支 出 108,519円
 余剰金 648,388円

(2) 2013年度予算(2013.4.1~2014.3.31)

収 入		支 出	
項 目	予 算	項 目	予 算
個人会費	19,500円	印刷費	5,000円
支部補助費	29,400	通信費	30,000
雑収入	0	事務費	20,000
繰越金	648,388	大会費	50,000
		雑 費	5,000
		予備費	587,238
合 計	697,238円	合 計	697,238円

7. 2014年度支部大会のお知らせ

2014年度支部大会は福島県にて開催予定です。後日案内をお送りしますので、多くの方の研究発表をお願いします。

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

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）：独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター生産環境研究領域（農業気象グループ）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に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、事務局へ届け出る。
 - (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. 「進む研究」、「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

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。但し、ホームページを参照できない会員や、特別に求めのある会員については、会誌 PDF ファイルの電子メールによる送付、もしくは印刷物の郵送を行うものとする。
 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独会員）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」、の他に「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、刷上がりを原則として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、刷上がりを原則として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、刷上がりを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、刷り上がりを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、結果と考察を箇条書きにする(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 数式の上下には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。

最終改正：平成24年11月1日

東北の農業気象 第58号

2014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 019-643-3594
振替口座 02270-7-4882
