

東北の農業気象

Agricultural Meteorology in Tohoku

Vol. 60

Mar. 2016

報 文

青森県における水稻品種「ほっかりん」の湛水直播栽培適地 木村 利行…………… 1

支部大会特別講演会要旨

秋田県における冬期農業への取り組み—施設栽培の推進事業の紹介—
小峰正史 …………… 9

支部大会研究発表要旨

水稻の出穂期を面的に予測する数値モデルの開発と最近5年間の検証 川方俊和…………… 11
圃場栽植リンゴ樹における夜間呼吸速度と気温ならびに日中純光合成量との関係
伊藤大雄・石田祐宣 …………… 12
分子動力学法による温度がタンパク質の構造と機能に及ぼす影響の解析
皆川秀夫・田中勝千・鈴木由美子 …………… 14
気候予測の downscale 方法の開発 渡邊 明…………… 16
アンサンブルダウンスケール予報データを用いたイネ葉面濡れ予測
菅野洋光・山崎 剛・大久保さゆり・神田英司・岩崎俊樹 …………… 18
北日本における 1998 年以降の 4 月 8 月気温の強い負の相関関係と熱帯の対流活動
菅野洋光・遠藤洋和・Bayu Dwi Apri Nugroho …………… 20

支 部 だ よ り

2015 年度支部大会報告 …………… 22

支 部 会 案 内

会則・規程 …………… 24
投稿規程 …………… 30

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（2015・2016年度）

支 部 長	皆川 秀夫	北里大学
理 事	庄野 浩資	岩手大学（2016年3月まで）
	伊藤 大雄	弘前大学（2016年3月から）
永年功労会員 表彰審査委員	岡田 益己	岩手大学
本部評議員	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
評 議 員	伊藤 大雄	弘前大学
	臼井 智彦	岩手県農業研究センター
	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	岩手県農林水産部
	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	山形県庁生産技術課
	永山 宏一	福島県農業総合センター
	川方 俊和	東北農業研究センター（庶務担当）
	熊谷 悦史	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）

青森県における水稲品種「ほっかりん」の湛水直播栽培適地

木村利行

青森県産業技術センター農林総合研究所

Suitable area for direct seeding cultivation in flooded paddy field of rice cultivar "Hokkarin" in Aomori Prefecture

Toshiyuki KIMURA

Agriculture Reserch Institute, Aomori Prefectural Industrial Technology Reserch Center

Kuroishi 036-0522

水稲早生品種「ほっかりん」について、鉄コーティング種子による湛水表面播種（以下、鉄直播）と過酸化カルシウムコーティング種子による湛水土中播種（以下、過酸化カルシウム直播）の栽培適地を 1km 四方メッシュ化した日平均気温の平年値と日平均気温で動作する DVR 式で算出した。過酸化カルシウム直播の栽培適地は、津軽平野及び青森市周辺、三八地域における平野部のほぼ全域と上北地域の平野部の一部と推定された。一方、鉄直播の栽培適地は旧稲垣村以南の津軽平野と西海岸地域、青森市及び三八地域の一部と推定され、ヤマセの影響を受けやすい津軽平野の北部、上北地域、三八地域の大部分では、過酸化カルシウム直播が可能であっても、鉄直播による安定生産が困難であることが示唆された。

キーワード：過酸化カルシウムコーティング、水稲直播栽培、DVR、鉄コーティング、ほっかりん

keywords : Calcium-peroxide-coating, Direct-seeding-cultivation, DVR, Hokkarin, Iron-powder-coating

1 はじめに

水稲直播栽培は、育苗作業を省略するための軽労化や移植栽培との組み合わせによる作期分散など、営農規模を拡大するためのキーテクノロジーとして重要な役割を担っている。青森県でも水稲の大規模経営や野菜、果樹等との複合経営のために水稲直播栽培を積極的に導入している生産者は多い。

青森県における 2015 年の水稲直播栽培面積は、約 1,300ha で年々増加傾向にある。湛水直播の栽培面積は約 770ha であるが、鉄コーティング種子を用いた表面播種（以下、鉄直播）方式が約 8 割を占め、その栽培面積は近年急増している（2015 年青森県農林水産部調べ）。

鉄コーティングを施した種子は、長期間の保存が可能のため、春季の農繁期前に種子コーティング作業を行うことができるメリットがあるが、種子予措を浸種のみとするため（山内；2010）、催芽剤を用いる過酸化カルシウムコーティング種子に比べて出芽期や出穂期

などの生育ステージに差異が生じることが予想される。また、青森県は、ヤマセの影響を受けやすい寒冷地であり、熟期の面から直播栽培の導入が困難な地域も想定される。

このことから、熟期の早い早生品種「ほっかりん」を対象として、鉄直播と過酸化カルシウムコーティング種子による土中播種（以下、過酸化カルシウム直播）について、それぞれの主要生育ステージ到達日の差異を DVR（発育速度）式を用いた生育予測により検討し、安定生産を促すための栽培適地を推定した。

2 材料および方法

2.1 DVR式の作成

「ほっかりん」について、過酸化カルシウム直播と鉄直播の DVR 式を作成した。解析に供した生育データは、表 1 のとおりである。

表 1 DVR 式の解析に用いた生育データ

栽培方式	品種	年次	播種日	1葉期	幼穂形成期	出穂期
過酸化カルシウム 直播	ほっかりん	2015年	5月8日	5月25日	7月13日	8月4日
		2015年	5月22日	6月1日	7月18日	8月7日
		2015年	6月5日	6月15日	7月28日	8月17日
鉄直播	ほっかりん	2014年	5月15日	5月30日	-	-
		2014年	5月9日	5月30日	7月16日	8月6日
		2014年	5月30日	6月10日	7月25日	8月16日
		2015年	5月8日	5月28日	7月16日	8月6日

解析に供する生育データを得るための試験は、青森県産業技術センター農林総合研究所（黒石市田中）で行った。供試種子は、過酸化カルシウム直播では催芽籾、鉄直播では積算水温で約 50℃・日の浸種籾を用い、種子処理は、過酸化カルシウム直播ではカルパー粉粒剤 16 を乾籾重量の等倍量を粉衣し、鉄直播では鉄粉を乾籾重量の 0.5 倍重を粉衣した。2014 年の播種日は、5 月 9 日、5 月 20 日、5 月 30 日とし、鉄直播のみを実施した。2015 年の播種日は、5 月 8 日、5 月 22 日、6 月 5 日とし、鉄直播ならびに過酸化カルシウム直播を実施した。播種量は、各年次各区とも乾籾で約 5kg/10a とした。施肥量や播種後の水管理については、慣行通りに行った。調査項目は、1 葉期、幼穂形成期、出穂期の到達月日とした。試験面積は約 180 m²で、2014 年は 2 区制、2015 年は 1 区制とした。

また、播種日から 1 葉期までの日数には「ほっかりん」と「まっしぐら」で品種間差がないものとして、「まっしぐら」を用いた過酸化カルシウム直播の生育データを 1 点加えて DVR 式を作成した。

DVR 式は「多項式・関数式 DVR の計算表示プログラム」（機構－L02、川方）を用いて、播種日（DVI=0、ここで DVI（発育指数）は播種日から毎日の DVR の積算値である）から 1 葉期（DVI=1）、1 葉期翌日から幼穂形成期（DVI=2）、幼穂形成期翌日から出穂期

(DVI=3)の各生育ステージ間ごとに作成した。播種日から1葉期のDVR式については、鉄コーティング種子と過酸化カルシウムコーティング種子では種子予措が異なるため個々に作成した。DVR式の解析に用いた日平均気温は、黒石アメダスの観測値を用いた。

2. 2 DVR式の精度検証

2. 1で作成したDVR式の精度検証を行った。精度検証に用いた生育データは、表2のとおりである。精度検証に用いた気象データとして、「メッシュ農業気象データ」

表2 DVR式の精度検証に用いた生育データ

栽培方式	年次	場所	播種日	出穂期
過酸化カルシウム 直播	2012年	五戸町倉内	5月12日	8月16日
	"	青森市小橋	5月25日	8月23日
	"	外ヶ浜町中小国	5月27日	8月23日
鉄直播	2013年	五戸町倉内	5月13日	8月18日
	2014年	黒石市田中	5月20日	8月12日
	2015年	黒石市田中	5月22日	8月13日
	"	"	6月5日	8月22日

((独)中央農業総合研究センター情報利用研究領域、大野；2014)の日平均気温を用いた。

2. 3 播種早限、播種晩限、播種可能日数の推定

2. 1で作成したDVR式と「メッシュ農業気象データ」における日平均気温の平年値を用いて、1km四方メッシュ地点毎に播種早限、播種晩限、播種可能日数を推定した。播種早限は、播種後10日間の日平均気温の平均値が13℃以上(三石ら；1982、嶽石ら；1985)となる初日とした。播種晩限は、DVR式から推定される出穂期から算出した登熟気温の平均気温が20℃以上(和田；1992)となる終日とした。播種可能日数は、播種晩限と播種早限の差とした。

なお、本論文で使用する地域名、市町村名とその位置を図1に示した。

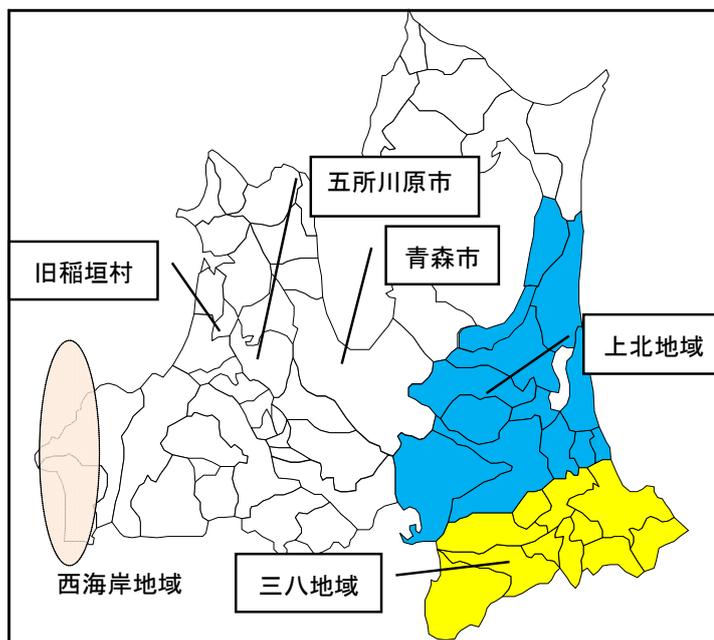


図1 本文中で示す地域名、市町村名
黄色の色塗りが三八地域、青色の色塗りが上北地域

3 結果

3. 1 DVR式の作成

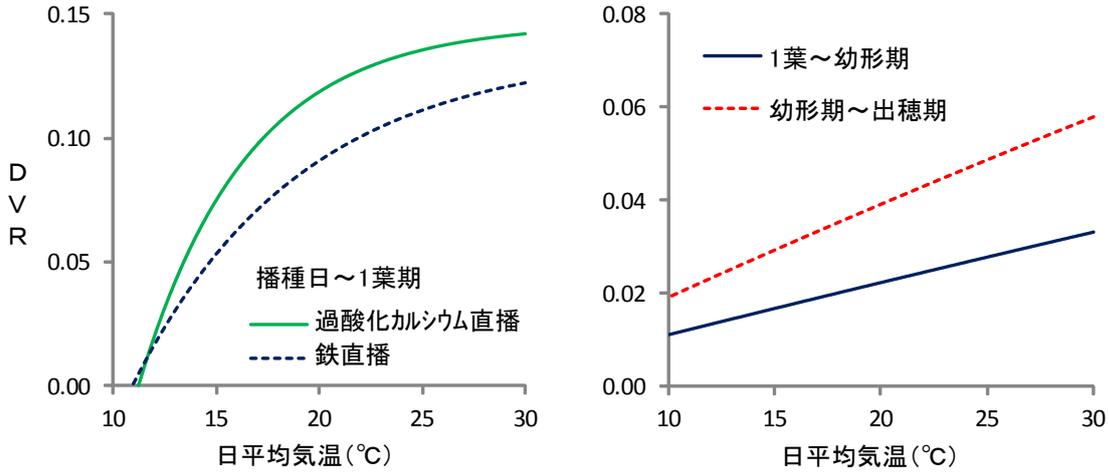


図2 各生育ステージ間の DVR

図2は、播種日から1葉期、1葉期翌日から幼穂形成期、幼穂形成期翌日から出穂期のDVRである。

DVR式の解析に出現

した日平均気温は、播種日から1葉期が9.8～22.4℃、1葉期翌日から幼穂形成期が12.1～27.1℃、幼穂形成期翌日から出穂期が18.7～28.3℃の範囲であった。

表3は、作成したDVR式と黒石アメダスにおける日平均気温の平年値から生育ステージ到達日を算出した結果である。鉄直播では、過酸化カルシウム直播と比べて1葉期が5日、幼穂形成期及び出穂期が4日遅くなった。また、過酸化カルシウム直播と鉄直播の播種日から1葉期までに要する日数を日平均気温別に試算した結果、鉄直播は日平均気温が低いほど過酸化カルシウム直播に比べて、播種日から1葉期までの日数が多くなった(表4)。

表3 黒石アメダスの平年値から算出した生育ステージ到達日

栽培方式	1葉期	幼穂形成期	出穂期
鉄直播(A)	6月2日	7月21日	8月13日
過酸化カルシウム直播(B)	5月28日	7月17日	8月9日
差(A-B)	5	4	4

播種日は5月12日とした。

表4 日平均気温に対する播種日から1葉期までに要する日数(日)

日平均気温(℃)	鉄直播 A	過酸化カルシウム直播 B	差 A-B
14	23.6	16.5	7.0
17	14.1	10.2	3.9
20	11.0	8.4	2.6

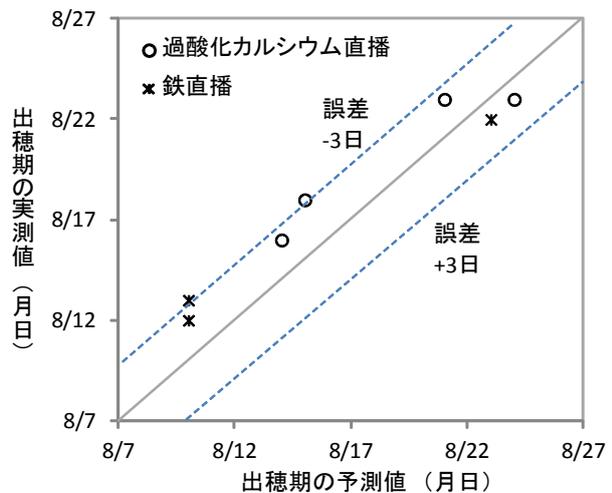


図3 DVR式の予測精度

3. 2 DVR 式の精度検証

精度検証に供した全地点における出穂期の実測値と DVR 式から算出した予測値を図 3 に示した。全地点の RMSE（二乗平均平方根誤差）は 2.0 日（n=7）であった。栽培方式別の RMSE は、過酸化カルシウム直播が 2.0 日（n=4）、鉄直播が 2.0 日（n=3）であった。

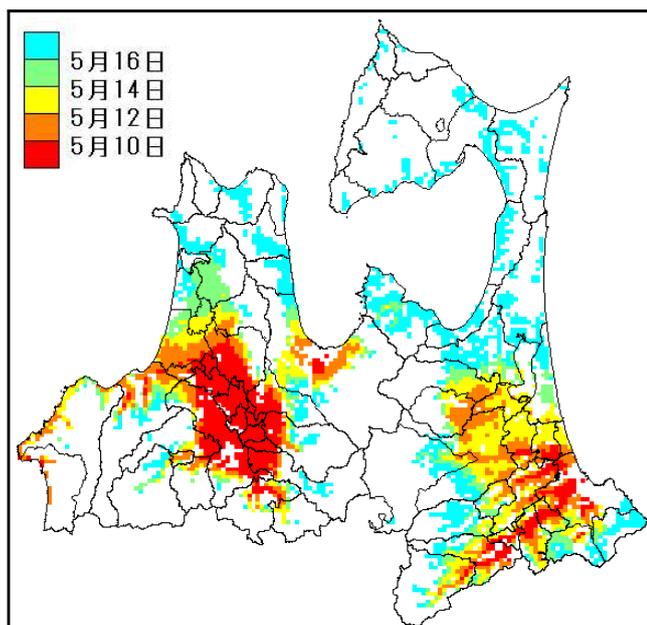


図 4 播種早限

田を含む 1km 四方メッシュのみを対象に色分けした。（図 5～6 も同様）

3. 3 播種早限、播種晩限、播種可能日数の推定

播種早限は、五所川原市以南の津軽平野、上北地域ならびに三八地域の内陸を中心とした平野部で早く、ヤマセの影響を受けやすい津軽半島北部や下北半島で遅い傾向であった（図 4）。

播種晩限は、五所川原市以南の津軽平野で遅く、上北地域、三八地域で早い傾向であった。なお、津軽半島北部や下北半島などでは登熟期間の平均気温が確保されず、播種晩限は設定されなかった。また、栽培方式別では、鉄播種が過酸化カルシウム播種よりも播種晩限が早く、播種晩限を設定できる地点が少なかった（図 5）。

播種可能日数が 5 日以上となった地点は、過酸化カルシウム直播では、津軽平野及び青森市周辺、三八地域における平野部のほぼ全域と上北地域の平野部の一部であった。鉄

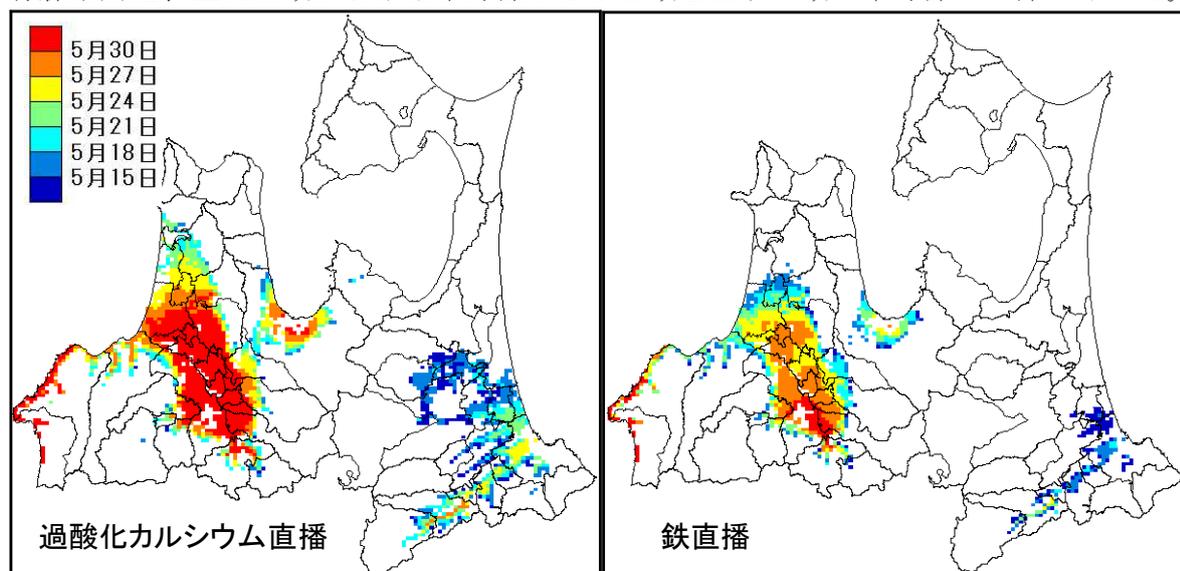


図 5 播種晩限

播種晩限が播種早限よりも遅い 1km 四方メッシュ地点のみを色分けした。

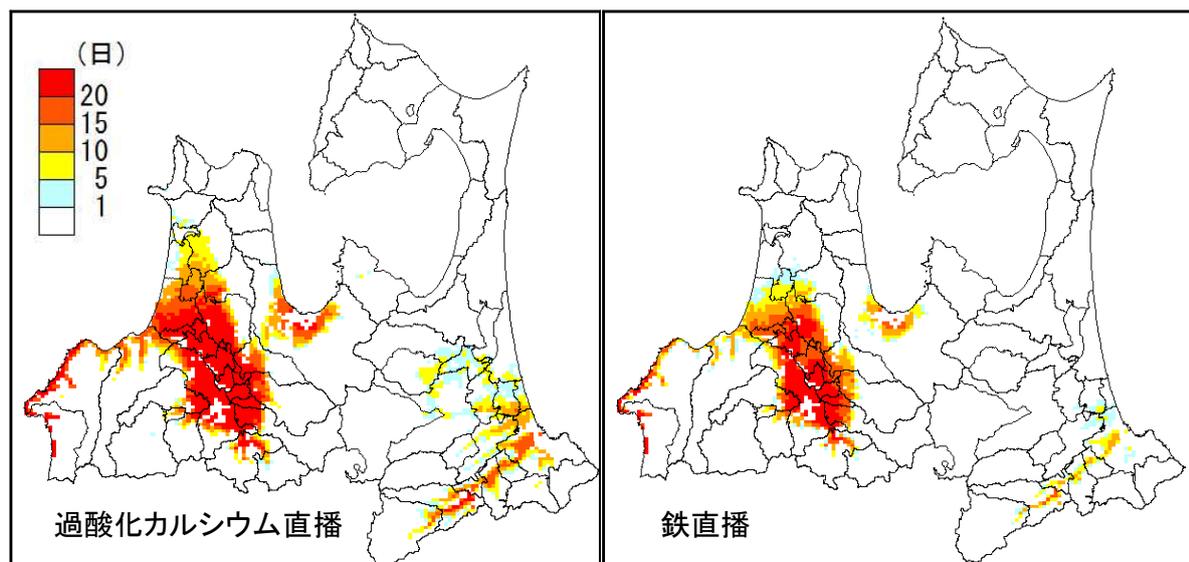


図6 播種可能日数

直播で播種可能日数が5日以上となった地点は、旧稲垣村以南の津軽平野、青森市及び三八地域における平野部の一部で過酸化カルシウム直播より少なかった（図6）。

4 考察

作成したDVR式の予測誤差は2日程度で予測精度が高かったことから、栽培適地の推定に利用可能であると判断した（図3）。

作期が設定されなければ営農が困難であることから、播種可能日数が5日以上となる地点を栽培適地とすると、過酸化カルシウム直播の栽培適地は、津軽平野及び青森市周辺、三八地域における平野部のほぼ全域と上北地域の平野部の一部と推定される（図6）。一方、鉄直播の栽培適地は旧稲垣村以南の津軽平野と西海岸地域、青森市及び三八地域の一部と推定され（図6）、ヤマセの影響を受けやすい津軽平野の北部や上北地域の大部分では過酸化カルシウム直播が可能であっても、鉄直播では安定生産が困難であることが示唆された。なお、栽培方式による栽培適地の相違は、鉄直播と過酸化カルシウム直播における種子予措の違いで生じる出芽速度の差と考えられる（表3）。

図7には、青森地方気象台における1986～2015年の5～9月の平均気温を示した。近年の平均気温は、平年値よりも高い年次が多い傾向にあるが、青森県で直播栽培の取り組みが拡大している背景には、分けつ期の生育促進や良好な登熟条件が得られやすい年次が多くなっていることも一因として考えられる。本研究は、平年値による解析結果であることから、今後は地球温暖化等に伴う気候変動を考慮した検討が必要である。

また、鉄直播における播種から1葉期までの日数は、日平均気温が低いほど過酸化カルシウム直播よりも多くなると試算され、播種後の気温が低い年次や地域では、鉄直播で出芽及び出穂期の遅れが顕著になりやすいことが示唆された（表4）。これに関して、古畑ら（2009年）は、鉄コーティング種子は低温条件では過酸化カルシウムコーティング

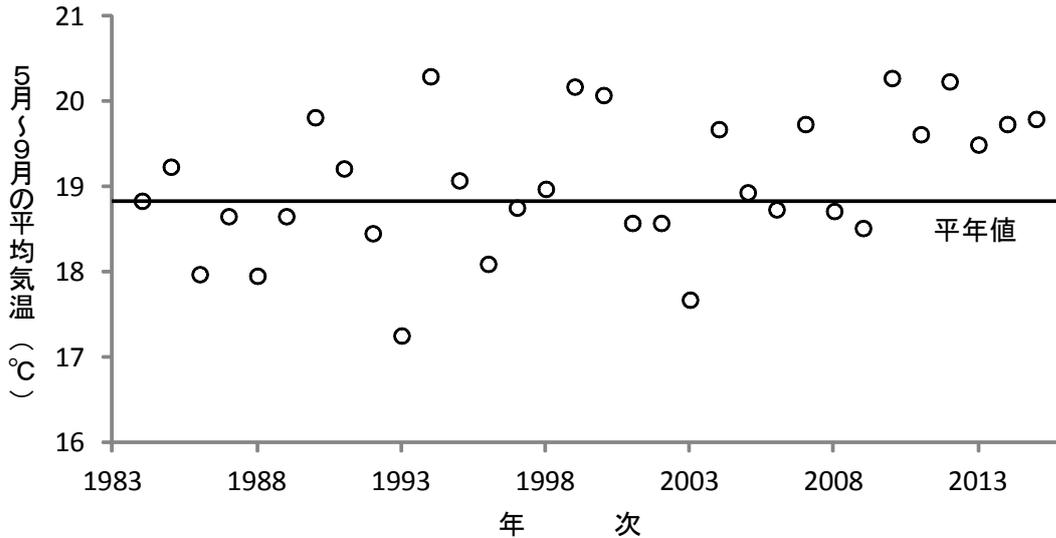


図7 青森地方気象台の5～9月の平均気温

5月～9月の平均気温の平年値における統計期間は1981～2010年

種子に比べ出芽・苗立ちが明らかに遅れることを報告しており、本研究でも一致した結果が示された。

鉄コーティングは、鉄が酸化する過程で生じる発熱で発芽率が著しく低下することを避けるために浸種剤を用いるが、コーティング資材に酸化鉄を使用し、これを浸種剤にコーティングすることで発熱のリスクを低減し、出芽・苗立ちを早めることができるとの報告もある（古畑ら；2010）。今後は、異なるコーティング資材と種子予措による組み合わせで出芽を促進させる技術の検討が必要である。

なお、DVR式は水稻の主要な生育ステージ到達日を示すように作成した（図2）。水稻の1葉期は除草管理における一発除草剤の散布時期、幼穂形成期は追肥時期、出穂期は出穂前後における病虫害防除剤の散布時期の目安となるため、日平均気温から水稻の生育予測ステージ到達日を予想するwebシステム等に本研究で作成したDVR式を導入することで、「ほっかりん」における湛水直播の栽培管理支援情報が提供可能になる。

引用文献

- 1) 古畑昌巳, 帖佐直, 松村修, 湯川智行, 2009: 鉄資材のコーティングが湛水直播水稻の出芽・苗立ちに及ぼす影響—酸素発生資材との比較—, 日本作物学会記事, 78(2), 170-179
- 2) 古畑昌巳, 帖佐直, 松村修, 大角壮弘, 2010: 酸化鉄コーティング種子における種子予措が湛水直播水稻の出芽・苗立ちに及ぼす影響, 日本作物学会記事, 79(3), 363-371
- 3) 嶽石進, 福田兼四朗, 1985: 湛水土壤中直播栽培の安定化—早生品種を対象とした播種期について—, 日本作物学会東北支部会報, 28, 39-41
- 4) 三石昭三, 井村光夫, 1982: 水稻の湛水直播における諸問題—湛水土壤中播種法を

中心にしてー，農業および園芸，57，1493-1498

- 5) 大野宏之，2014：メッシュ農業気象データ利用マニュアル，中央農業総合研究センター研究資料，9，1-77
- 6) 和田定，1992：水稻の冷害，pp138-141. 養賢堂.
- 7) 山内稔，2010：鉄コーティング湛水直播マニュアル 2010，pp5. 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 近畿中国四国農業研究センター

秋田県における冬期農業への取り組み

－施設栽培の推進事業の紹介－

小峰 正史

秋田県立大学生物資源科学部

1. はじめに ー秋田県の農業の現状ー

秋田県は農業県、特に稲作県であるとされている。実際、図 1 に示すように東北六県の作物別作付面積を見ると秋田県はイネの作付面積が際立って高いことがわかる。また、2010 年農林業センサスによれば、秋田県の農家人口比率は 18.0 %で、東北六県中 1 位、全国でも 1 位である。一方、農家 1 戸あたりの所得では、所得に対する農業依存度は 26.9%で、東北全体の 40.2%、全国の 42.6%に比べて低い水準である(農林水産省 H23 年度「農業経営統計調査経営形態別経営統計」)。今後、TPP などの自由貿易協定への参加が拡大すれば農産物の競争自由化は避けられず、稲作の割合が高く、農業依存度が低いことに加え、高齢化率が全国一位の秋田県では産業としての農業が成り立たなくなる可能性が高い。このため、県としても稲作偏重の現状を打破すべく、エダマメ等畑作物への転換、園芸作物の栽培拡大、施設栽培を利用した周年栽培の実現など、様々な施策をおこなっている。演者は、平成 23 年より秋田県が実施したいくつかの植物工場、周年農業実証試験に関わる機会を得たため、その内容を紹介する。

2. 秋田県における施設栽培による周年栽培における課題

秋田県は典型的な東北日本海側の気候を示し、特に冬期における降雪、低温、低日照が特徴である。気温については特に内陸の県北大館市、県南横手市ともに 12 月から 2 月にかけて日平均気温が氷点下になり、降雪量も多い。このため、ハウス栽培をおこなう場合、ハウスの構造強化、除雪、保温暖房が必須である。また日照時間が短いことも問題である。図 2 に示すように、最近 10 年間の冬期間(12 月～3 月)における全日照時間は秋田県(秋田市)が最も短く、平均日照時間は一冬で約 250 時間である。県南内陸の横手市、湯沢市では、チンゲンサイなどの葉菜類の冬期ハウス栽培がおこなわれているが、低温と低日照のため冬期間一作程度が限界となっている。補光、暖房等にコストがかかることから、意欲の高い一部農家がおこなっているのみであり、冬期ハウス栽培を広く普及させるには至っていない。

3. 秋田県の周年栽培プロジェクトの紹介

表 1 に最近 5 年間に秋田県でおこなわれた周年栽培実証試験を示す(以下、各プロジェクトは表中の番号で示す)。冬期の日照不足への対応から、②の他は人工光型植物工場による試験となっている。①では薬用植物、アイスプラント、③では低カリウム野菜、高糖度トマトなど付加価値の高いものを栽培対象としており、再生可能エネルギーを使って系統電源の使用量を減らし、ランニングコストの低減をはかっている。②についても地下水熱、太陽光発電を用いて冷暖房、補光等をおこなっている。栽培は、葉菜類とダリアなどの花き類のほか、キノコ類(シイタケ)の栽培がおこなわれている。

実証試験の結果については、①についてはアイスプラントの生産・出荷により事業化を達成しているが、②、③については実証試験が続いており、結果が注目される。しかし、①、③の人工光型植物工場はもちろんとし、②についても施設は県の予算で作られており、一般の生産者が導入できるものではない。周年栽培の実現のためには、低コストで構築、運用できる施設の提案が必要である。また、ある程度のコストをかけても許容される魅力ある生産品の創出こそが最も重要な課題であろう。

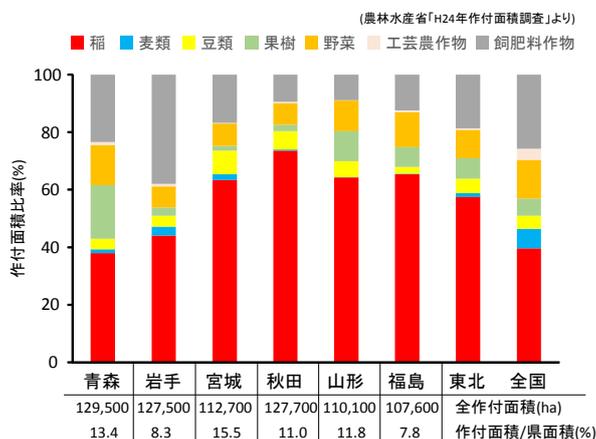


図1 東北六県における作物別作付面積比率の比較(H24年度)

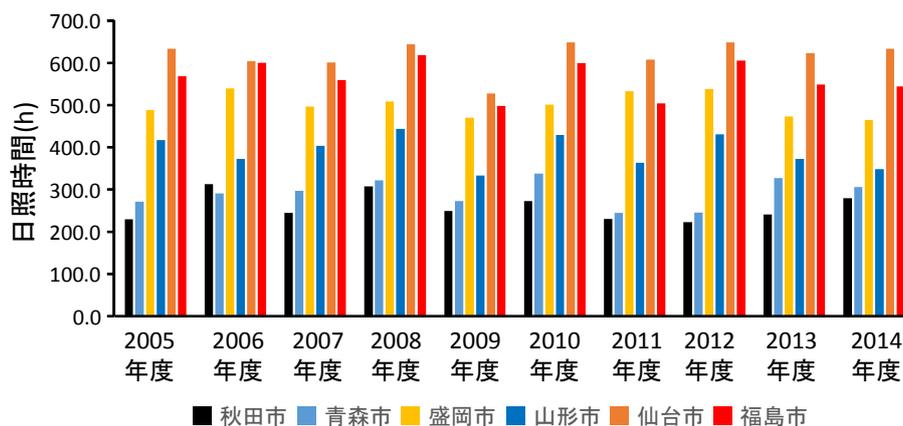


図2 東北6県の県庁所在地における2005～2014年度の12月から3月までの全日照時間

表1 秋田県の周年栽培実証試験

プロジェクト名	実施年度	概要
① ふるさと秋田元気創造プラン 低炭素型社会対応実践プロジェクト事業 「自立型植物工場検証事業」	H23～25年	太陽光発電、小水力発電などを活用した薬用植物を栽培する植物工場の開発
② 新エネルギー活用型周年農業実証事業	H24～26年	地中熱、太陽光発電を用いた周年施設栽培施設の実証試験
③ 先端農業産業化実証事業 (経済産業省地域新成長産業創出促進事業費補助金事業)	H24～27年	空工場での省エネルギー型植物工場による先端アグリビジネスシステムの実証、太陽光発電による系統電源使用量抑制を実施

講演要旨

水稻の出穂期を面的に予測する数値モデルの開発と最近 5 年間の検証

川方俊和

農研機構 東北農業研究センター

【研究目的】

大気中の二酸化炭素濃度の増加に伴う地球温暖化が懸念されている。本研究は、気象データから、作物の生育を面的に把握し、予測する数値モデルを開発することである。本モデルが実現すれば、これまで以上に、適切な時期と場所で農作業を行うことが可能になり、二酸化炭素排出量の削減に貢献できる。これまで、面的に水稻の出穂期を予測する数値モデルの雛形を作成し、作物統計値と似た傾向があることを示した。本数値モデルを精密化し、1981 年から 2010 年の 30 年間、さらに、2011 年から 2015 年の 5 年間の予測精度を検証したので報告する。

【方法】

1) 気象データと水稻の発育予測モデル (DVI モデル) と平年田植期、平年出穂期から、出穂期を予測する数値モデルを開発した。2) 東北地方のメッシュ気象データを用いて、作柄表示地帯の出穂期を推定した。3) 1981 年から 2010 年までの 30 年間について、推定した出穂期と実際の出穂期の二乗平均平方根誤差 (Root Mean Square Error、略称 RMSE) を計算し、本数値モデルの予測精度を検証した。2011 年から 2015 年までの最近 5 年間について、予測精度を検証した。4) 東北地方の出穂期のメッシュ図を作成し、本手法の有効性を検討した。

【結果と考察】

1981 年から 2010 年までの 30 年間について、作柄表示地帯 21 地帯の推定した出穂期と実際の出穂期を比較した。推定した日数は実際の日数から大きく外れていない (図 1)。推定した日数と実際の日数の RMSE は、2 日前後であり、作期移動試験から得た、発育予測モデルに比べても、見劣りしない精度である。2011 年から 2015 年までの 5 年間の RMSE は、30 年間の RMSE よりも大きな値もあったが、今後、改善の余地はある (図 2)。出穂期のメッシュ図は、冷害年 (1993 年) と高温年 (2010 年)、本年度 (2015 年) を含めて、作柄表示地帯の出穂期をよく表現し、本数値モデルが有効であることが明らかになった。

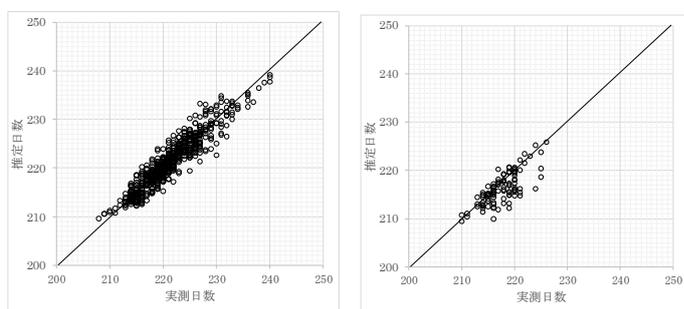


図 1 実際と推定の出穂期の比較
(左 : 1981~2010 年、右 : 2011~2015 年)

県	作柄表示地帯	RMSE(日) (1981年~ 2010年)	RMSE(日) (2011年~ 2015年)
青森	青森	2.1	0.9
青森	津軽	1.8	0.9
青森	南部・下北	1.5	0.8
岩手	北上川上流	1.5	3.6
岩手	北上川下流	1.4	1.8
岩手	東部	1.7	1.8
岩手	北部	1.9	1
宮城	南部	1.8	3
宮城	中部	1.4	2.8
宮城	北部	1.7	3.2
宮城	東部	1.4	3.1
秋田	県北	1.5	1.3
秋田	中央	1.6	1.1
秋田	県南	1.7	1.2
山形	村上	1.6	1.3
山形	最上	2.2	4.4
山形	置賜	1.9	3.6
山形	庄内	2	2.8
福島	中通り	2	2.1
福島	浜通り	2.8	3
福島	会津	3.1	4.8
全体	RMSE	1.9	2.6
推定日-実測日の平均		0.04	-1.28

図 2 推定した出穂期と実際の出穂期の二乗平均平方根誤差 (RMSE)

圃場栽植リンゴ樹における夜間呼吸速度と気温ならびに
日中純光合成量との関係伊藤大雄¹・石田祐宣²

1 弘前大学農学生命科学部 2 弘前大学大学院理工学研究科

演者らは、圃場のリンゴ樹を丸ごと収容できる大型同化箱を制作してCO₂交換速度の測定を4年間実施し、現在までに純光合成速度の日中低下現象や、1日の純光合成量と日射量の関わりについて報告した。純光合成速度は総光合成速度から呼吸速度を差し引いたものであるから、呼吸速度を個別にとりあげて気象要因との関わりを追究することは、物質生産機能のより深い理解に結びつく。

植物個体の暗呼吸速度 (R_{plant}) は成長呼吸速度 (R_g) と維持呼吸速度 (R_m) に分解できる。 R_g は純光合成速度 (P_n) あるいは乾物成長速度に比例し、比例係数 (k) に温度依存性はない。一方 R_m は乾物現存量 (M) に比例し、比例係数 (m) は温度 (T) に指数関数的に依存するとされる。すなわち、

$$R_{plant} = R_g + R_m = k P_n + m(T) M \quad \dots\dots\dots(1)$$

本講演では、大型同化箱で夜間に測定されるCO₂交換速度をリンゴ樹の R_{plant} とみなす。そして生育ステージを区分して R_{plant} と気温・光合成量との関わりを解析し R_g や R_m の寄与について考察する。

【材料と方法】

本学藤崎農場内のリンゴ園において、樹間2m、樹列間4mで栽植されたリンゴ成木1樹(品種: 王林)を大型同化箱(縦2.0m、横2.4m、高さ3.5m)に封入し、給気ファンにより圃場内の大気を0.118(日中)あるいは0.053 m³s⁻¹(夜間)で導入しつつ、4箇所の排気口から自然排気させた。導入空気とチャンパー内空気の一部を採取してそのCO₂濃度を赤外線ガス分析計で測定し、光合成速度(日中)あるいは呼吸速度(夜間)を30分毎に計算した。測定は2012年9月~2015年11月の生育期間中、約3週間ごとに5日間程度連続して実施したが、本講演では2013~2015年の182日分を解析対象とした。供試樹の着果強度は年次によって大きく変え、2013年は少着果、2014年は多着果、2015年は無着果とした。

【結果と考察】

開花日から収穫直後までの R_{plant} について、測定時の気温との関係を年次毎に検討した(図1)。 R_{plant} と気温の関係は一見不明瞭であったが、生育ステージをI(開花日~6月15日)、II(6月16日~7月10日)、III(7月11日~落葉期)に3区分すると、多くの場合、 R_{plant} は気温とともに指数関数的に増加する傾向が認められた。同一の気温で比較すると、 R_{plant} は生育ステージの進行と共に低下した。また、いずれの生育ステージでも、夜半後より夜半前の方が R_{plant} がわずかに高い傾向があった。年次間で比較すると、特にステージIIIにおいて、多着果年(2014年)の R_{plant} が他の年を上回る傾向にあった。

ところで(1)式より、 M と T を一定に保って P_n だけを変化させながら R_{plant} を測定すると、両者の関係は直線的で、直線の傾きは k になる。そこでステージIとステージIIIに関し、同一年次で気温差4℃以内に曇天日と晴天日の両方を含む4つ以上のデータが存在する全ての事例について、当日日中の純光合成量 P_{nd} (図2) と R_{plant} の間で直線回帰分析を行い、その傾きの加重平均から k を推定した。その結果は表1の通りであり、ステージIIIでは k 値がほぼゼロであった。

以上のことから、果実が肥大を続けているものの新梢伸長が停止しているステージIIIでは、少なくとも夜間には R_g がほとんど存在せず、これが低い R_{plant} の原因と考えられた。一方新梢伸長が盛んで P_{nd} も多いステージIでは R_g が存在し、これがステージIIIより高い R_{plant} を示す原因と考えられた。しかし、推定された k 値(表1)に基づくと、ステージIの R_g は当 P_{nd} が30gCO₂ m⁻²でも0.012~0.027mgCO₂ m⁻²s⁻¹にとどまると考えられ、ステージIIIとの R_{plant} の差を十分には説明できない。ステージIでは、前日~数日前の光合成産物や前年の貯蔵炭水化物など、当日日中の光合成活動以外に起因する R_g が存在するか、 R_m がステージIIIより高い可能性が示唆される。

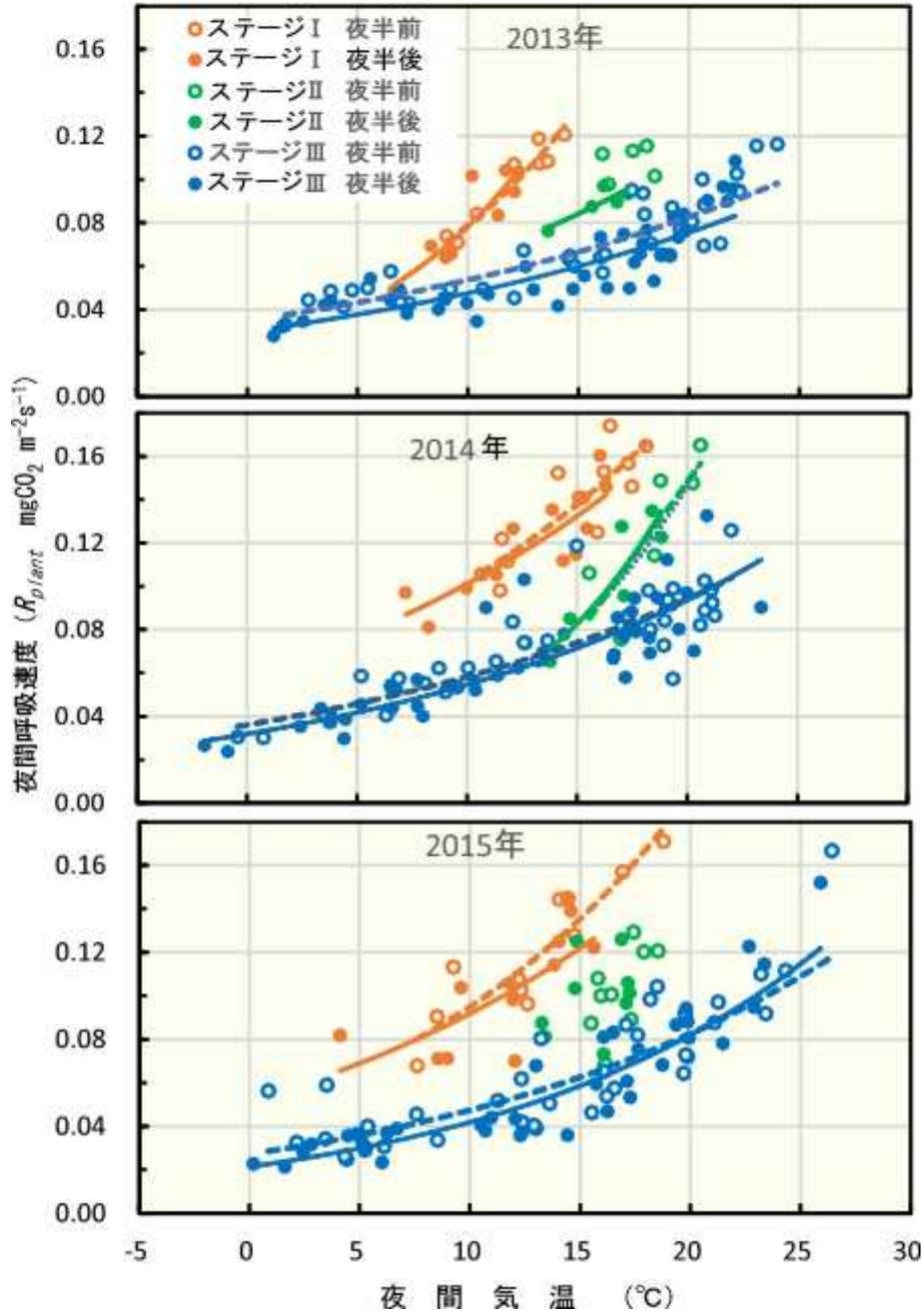


図1 気温とリンゴ個体の呼吸速度 (R_{plant}) の関係
 ステージ□は開花日～6月15日、ステージ□は6月16日～7月10日、ステージIIIは7月11日～落葉期。図中の曲線は指数関数近似式。寄与率が0.5以下の場合には表示していない。

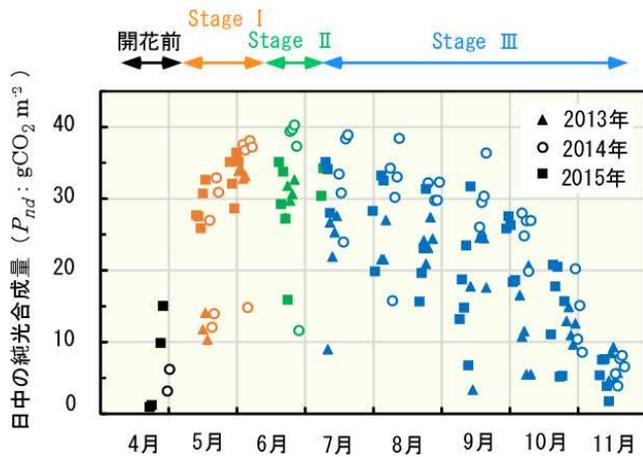


図2 各年の日中の純光合成量 (P_{nd}) の季節変化
 日中とは日射量がゼロ以上の時間帯を指す。

表1 R_{plant} と P_{nd} の直線関係を利用して求めた R_g の比例係数 (k)
 個々の回帰直線の傾きをデータ数で重み付けして加重平均。

生育ステージ	時間帯	使用した回帰直線数	使用したデータの総数	回帰直線の傾き(k) ($\text{mg s}^{-1}\text{g}^{-1}$)
I	夜半前	4	18	0.0009
	夜半後	4	18	0.0004
III	夜半前	16	88	0.0000
	夜半後	13	76	-0.0003

分子動力学法による温度がタンパク質の構造と機能に及ぼす影響の解析

○皆川秀夫・田中勝千・鈴木由美子
北里大学獣医学部

1. はじめに

農業気象は植物や動物への気象要素の影響を主な研究対象としてきた。とりわけ温度の影響は重視され、積算気温を基にした DVI (発育指数) や DVR (発育速度) は、水稻の生育段階を予測する数値として広く営農活動に利用されている。また、温室や畜舎は、植物や動物に対し、気温をはじめ湿度や風を最適に制御する施設として発展してきた。しかし、タンパク質や光合成色素、DNA などの生体高分子がどのように温度に影響されるのか、最適な温度範囲はいかほどかというミクロなレベルの研究はほとんどない。地球の温暖化対策をはじめ植物工場の最適環境制御など農業気象が貢献する分野では生体高分子と温度との関係の理解は極めて重要である。本研究では、原子の運動を解析する分子動力学法を用いて温度がタンパク質の構造と機能に及ぼす影響を考察し、農業気象の新たな研究方向の可能性を探ることを目的とした。

2. 方法と材料

1) 方法：分子動力学法 (Molecular Dynamics, MD) とは、分子シミュレーション法の一つで物質を構成する N 個の原子の質量粒子 m_i おおのに対する次の Newton 運動方程式を基礎式とし、

$$m_i \frac{d^2 \mathbf{X}_i}{dt^2} = - \frac{\partial F_i}{\partial \mathbf{X}_i}, \quad i = 1 \sim N$$

これに温度 T や圧力 P などの条件を与えた場合の粒子の初期速度 $d\mathbf{X}_i/dt$ 、初期位置 \mathbf{X}_i および各種力場 F_i (化学結合力・静電気力・分子間力のポテンシャルエネルギー) を与え、コンピュータを使って数値計算 (差分近似) し、個々の原子の位置、速度、エネルギー、エンタルピー、エントロピーなど熱・統計力学的量の時間変化を追跡する手法である。原子の時間変化や構造変化を可視化できる点が大きな特徴で、現在、AMBER, GROMACS など信頼性の高い有料・無料の各種ソフトが開発され、水溶液中のタンパク質でも、廉価なパソコン (PC) を使って容易に計算、表示できる。

2) 材料：供試タンパク質は Crambin と EnHD である (図 1)。両者ともアミノ酸残基数がほぼ等しく、2 箇所 α -ヘリックス構造がみられる。Crambin はエチオピア原産の Abyssinian cabbage (アブラナ科) の種子から発見されたタンパク質で種子の保存に関与しているとされる。アミノ酸残基配列 3 箇所にイオウ原子の S-S 結合があり、強固な構造のタンパク質である。他方、EnHD (Engrailed homeodomain) はショウジョウバエから発見されたタンパク質で DNA に結合しその発現を調節する、集合体がギザギザのあるタンパク質で、S-S 結合はない。表 1 に分子動力学計算に用いた PC のハード、ソフト、データベースを示した。

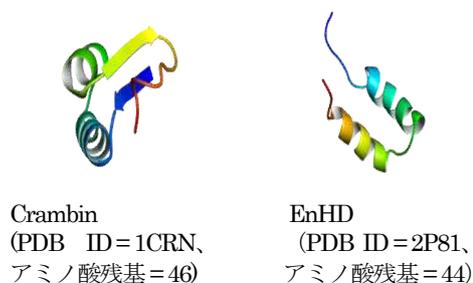


図 1. 供試タンパク質 (C₀鎖) の基本構造

表1. 分子動力学計算に用いたPCのハード、ソフト、データベース

ハードウェア	
・CPU	Intel Core i7-481 (64 bits, 2.8 GHz, 8コア)
・RAM	16.0 GB
ソフトウェア	
・分子動力学法(無料)	AmberTools ver.15 (AMBER Software Administrator; University of California, San Francisco, USA)
・可視化ソフト(無料)	VMD ver.1.9.2 (Visual Molecular Dynamics) (University of Illinois at Urbana-Champaign, USA)
・OS	Windows 7 (Professional), Linux (VMware Workstation Player 12.1+Ubuntu 14.0) (無料)
データベース	
・タンパク質	PDBj (Protein Data Bank Japan, 大阪大学)
・化学物質	PubChem (National Institutes of Health, USA)

3. 結果と考察

供試タンパク質に水分子を配置し、標準圧力で水温が -10°C から $+50^{\circ}\text{C}$ に温度変化させたときの主鎖(C_{α})の構造変化例を図2に示す。Crambinは、各部位で変位はあるものの、温度差($\Delta T = 60^{\circ}\text{C}$)による原子間変位の根平均2乗誤差(RMSD)の最大値は 1.2\AA 、平均値 0.8\AA となり、構造変化は僅少であった。

これはS-S結合が温度変化の影響を減じているためと推定される。他方、EnHDは、アミノ酸主鎖の末端、CおよびNの両末端同士に大きな変位を生じ、そのRMSDは最大値 3.7\AA 、平均値 2.6\AA となり、Crambinに比し最大値、平均値ともに3倍の変位が生じた。

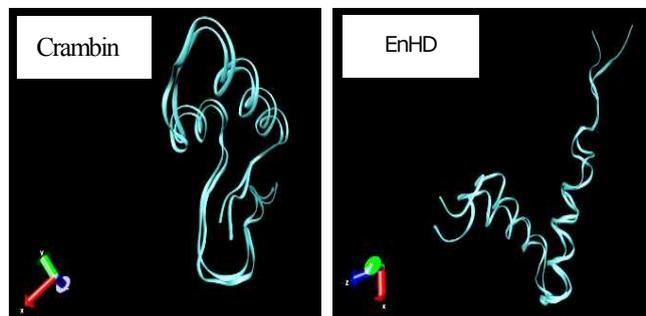


図2. 水温を -10°C から $+50^{\circ}\text{C}$ に変化したとき($\Delta T = 60^{\circ}\text{C}$)のタンパク質(C_{α} 鎖)の構造変化の比較

4. まとめ

温度はタンパク質の構造に影響を与えるが、タンパク質のアミノ酸組成によってその影響に差が生じることがわかった。

気候予測のDownscale方法の開発

Development of the downscale method of climate prediction

渡邊 明 (福島大学共生システム理工学類)

Akira Watanabe

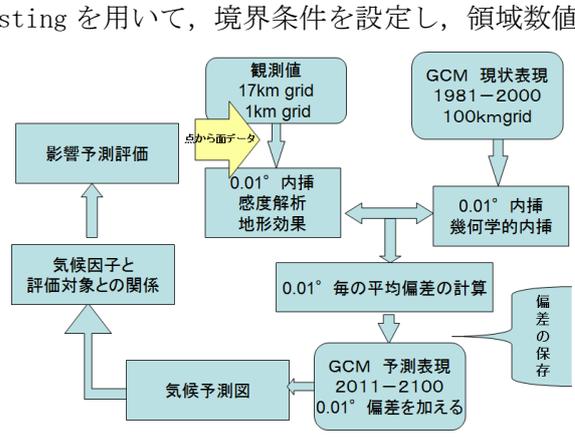
Graduate School of Symbiotic Systems Science, Fukushima University

1. はじめに

Stocker *et al.* (2013) は、気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change, 略称: IPCC) の第一作業部会 (自然科学的根拠) の第 5 次報告として、温暖化の現状について、確実に地球の温暖化が進行していること、その支配的要因が人間活動であること、さらに、今世紀末までに、全球的な平均気温が 0.3°C から 4.8°C 上昇し、抜本的かつ持続的な温室効果ガスの排出削減が必要であることを示した。しかし、身近な緩和策や適応策を検討するためには、身近な気候変化の実態とその予測が必要であり、全球気候予測結果から、県や自治体単位の予測に downscaling して示す必要が生じている。ここでは福島県を対象に 1km (0.01°) 格子の空間分解能で、気候変化の現状と予測を理解するために、全球モデル MIROC (Model for Interdisciplinary Research On Climate) から downscaling を行った。その downscaling 方法と予測結果について報告する。

2. 予測方法

気候予測の downscale には、全球数値モデルから nesting を用いて、境界条件を設定し、領域数値モデルを使用する力学的的方法と統計的手法とがある。また、数値モデルを用いた力学的的方法では、観測値との比較をする必要があり、モデルの偏差補正 (バイアス補正) をする必要がある。第 1 図は気温に関する統計的手法による downscaling 方法の flowchart を示したものである。気温予測では、grid の差異による地形標高の差異が大きく、気温予測に大きく影響している。したがって適切に気温減率を評価して、高度補正を行うことで一定の有効な downscale が可能になる。しかし、最高気温や最低気温は標高の差異に加えて、盆地や海岸地域など、特有な地形や位置により補正が必要であり、最高・最低気温の出現状況が大きく異なり、観測地点ごとにモデル結果を補正して活用することが必要になる。

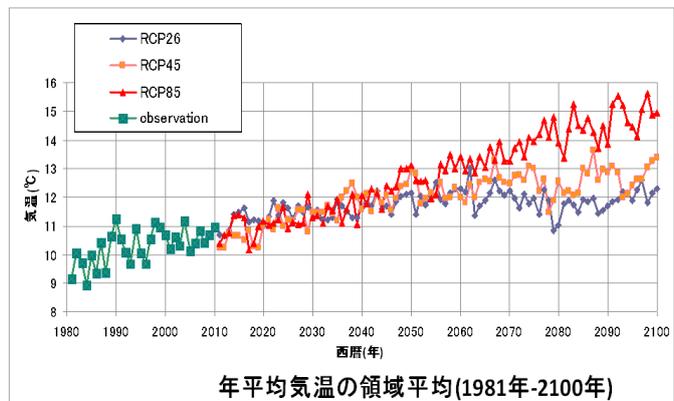


第 1 図 統計的手法による downscale

降水量、降雪量予測では、基本的に降水地域の補正は統計的手法ではできない。したがって、モデルと実測地の偏差はモデル偏差値として将来にわたって同じであるとの仮定から補正を行った。

3. 予測結果

第 2 図は計算領域 (北緯 36.5° から 38.0° , 統計 139° から 141.5°) の 1981 年から 2100 年までの年平均気温変動を示したものである。なお、2011 年から 2100 年までは予測シナリオ RCP (Representative Concentration Pathway) 2.6, RCP4.5, RCP8.5 を示したものである。一般に地球の気温変動は全球平均で 4.8°C であるが、相対的に高緯度ほど気温上昇が大きいことが指摘されている。福島県では最も温室効果ガスの排出量が少ない RCP2.6 で 2040 年ごろ気温上昇の最大値 2.5°C 程度を示すが、今世紀末では 1.7°C 程度の上昇になる。一方、最も温室効果ガスの排出量の多い RCP8.5 では今世紀末の最大値で、5.3°C 程度の上昇が予測された。

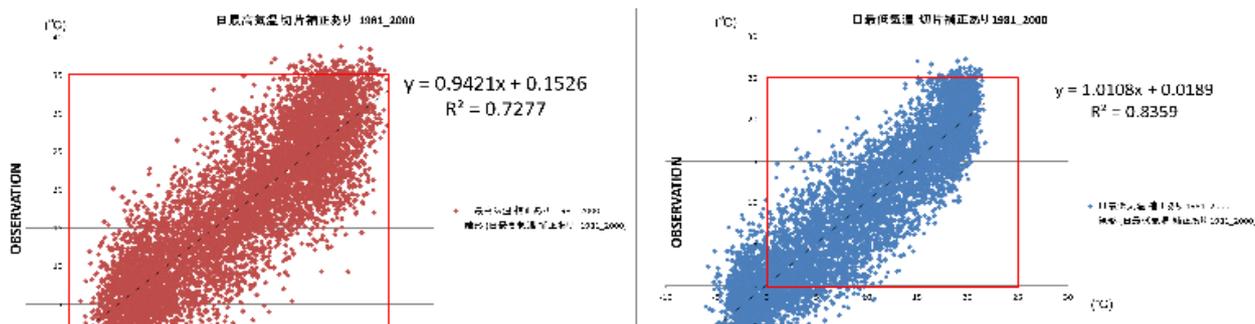


第 2 図 福島県領域平均気温の変化と予測結果

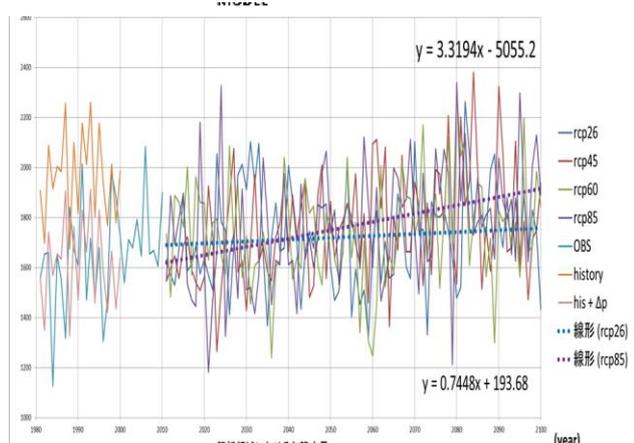
また、最高気温、最低気温の福島市における観測値と予測結果を第 3 図に示す。両者の相関は大変良く、傾きも 1 に近い値を示すものの、偏差が大きく、かつ予測値は最高値、最低値ともカットされた状況で分布しているのが分かる。従って、最高・最低気温の表現は分布としてみるのではなく、地点補正をすることによって、夏日や冬日の計算をする

必要があると思われる。

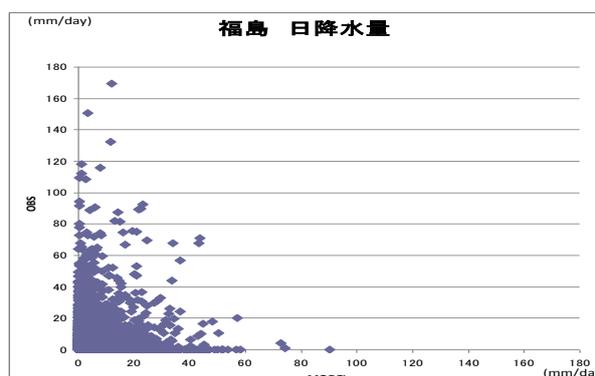
第4図は計算領域の降水量の変動を示したものである。1981年から2000年までの観測年代における数値モデルの結果では、おおよそ観測値と400mm程度の差異が出現している。しかし、観測値の幾何学



第3図 観測年代の最高気温と最低気温のモデル値と観測値の相関分布



第4図 降水量変動と予測結果



第5図 観測年代のモデル値と観測値の相関

的空間補正を行い、その差異を0.01°毎に補正し、計算領域の降水量を求めると、年々の変動の差異はあるが、オーダーとしてほぼ一致してくることが分かる。この偏差を用いて2011年から2100年までの計算領域の降水量を見ると、今世紀末ではRCP2.6で74mm、RCP8.5で332mm増加することが予測された。しかし、降水日毎の相関を見ると第5図のように、モデル値が0mmでも降水量が観測されていたり、観測値が0mmでも降水が出現したりしていることが分かる。これは全球モデルの初期値が1月1日ではなく、一定の平均値を使用していることと関連している。なお、Stocker *et al.* (2013)では気温上昇量の大きいモデルほど降水量が多くなる傾向がある。

4. まとめ

全球モデルからのdownscaleについては、すでにNHMやWRFなどの領域モデルを使用する力学的方法が用いられている。Kusaka *et al.* (2012)、WRFを用いて都市域の気候変動予測をしているが、必ずしもモデルだけでは適切な表現がされていない。Ueyama *et al.* (2012)はモデルには必ずバイアス補正が必要で統計的手法の必要性を指摘している。ここでは力学的モデルを利用して、観測値との比較でバイアス補正が必要になり、バイアス補正も含めて統計的手法を活用する観点からdownscalingを行った。統計的手法では平均値をシフトさせ、分散を同じにするような方法や、モデルと観測値の比率で補正することなどが提案されているが、気象要素の分布関数が将来とも同じになる保証はなく、力学的モデルの結果を生かしながら、一定のバイアス補正をすることで将来予測を行うことが当面の妥当な手法と考えられる。今後さらにこれらの手法の検証を行い、より高精度の地域特性を生かしたdownscaleの方法を開発したいと考えている。

引用文献

Ueyama, H., Adachi, S., Kimura, F., 2012: Compilation method for 1km grid data of monthly mean air temperature for quantitative assessments of climate change impacts. *Theoretical and Applied Climatology* 101: 421-431.
 Kusaka, H., Hara, M., Takane, Y., 2012: Urban climate projection by the WRF model at 3-km horizontal grid increment: Dynamical downscaling and predicting heat stress in the 2070's August for Tokyo, Osaka, and Nagoya metropolies. *J. Meteor. Soc. Japan.*, 90B, 47-63.
 Stocker, T.F., D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.), 2013: *Climate Change, The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, 1-1535.

アンサンブルダウンスケール予報データを用いたイネ葉面濡れ予測

菅野洋光¹ ・ 大久保さゆり² ・ 岩崎俊樹³ ・ 山崎 剛³ ・ 神田英司⁴
 1 農研機構中央農業総合研究センター 2 農研機構東北農業研究センター
 3 東北大学 4 鹿児島大学

1. はじめに

近年は数値予報の精度向上により、気象予報データを多方面に用いて予測情報を活用することが可能となっている。一方で、バタフライ効果（大気の運動にある特徴的な性質「初期値の小さな差が将来大きく増大する」というカオス的な振る舞い）により、気象の予測不確実性をゼロにすることは理論的に不可能である。そこで、数値モデルの初期値を複数用いて計算し、統計的に不確実性を減じて予測を行うアンサンブル予報が日々の天気予報始め一般的に用いられるようになった。しかしながら、アンサンブル予報の農業分野での利活用は未だなされていない。そこで本研究では、病害の発生に直接的に関連する葉面の濡れについて、アンサンブル予報データに物理モデルを導入することで予測を行い、その精度の検証・実用性の評価を行うことを目的とする。

2. データと方法

アンサンブル気象予報データは、気象庁と（社）日本気象学会との間で結成されている「気象研究コンソーシアム」よりダウンロードし、気象庁静力学モデルNHM を用いて10km x 10km の格子点データにダウンスケールした。濡れを予測するための物理モデルは Yamazaki et al (2004) による植生熱収支モデル2LMを用い、アンサンブル27メンバーの気温、風速、降水量、相対湿度、日射量、長波放射量を用いてイネ葉面の保水率を計算した。現地気象観測は宮城県内4カ所（鹿島台、名取、古川、川渡）で実施し、上記気象要素のほか、葉面濡れセンサー（DECAGON,LWS）を用いたイネ葉面濡れ観測も行った。これらの現地圃場において、アンサンブル予測値と観測値とから2LMを用いてイネ葉面濡れデータを計算し、センサーによる実測値と比較・検証を行った。

3. 結果および考察

図1には、名取気象観測点における日平均気温と湿度の2015年5月28日～9月30日の時間変化を示す。2015年の夏は、8月上旬まで高温が続いたが、8月中旬以降低温となり、同月平均気温は負偏差となった。名取では8月6日に最高値を記録してから低温となり、特に8月25日以降は日平均気温20℃を下回っている。図2には名取気象観測点における降水量、BLASTAM および水田内の葉面濡れ観測値の時間変化を5月28日～8月31日について示す。5月および8月下旬の一時期を除いて、水田中では定常的に濡れが観測されている。特に7月下旬～8月上旬の晴天時においても、明瞭な日変化とともに濡れが認められるのは興味深い。図3には、名取観測点における7月15日13時からの葉面保水率予測データを、27メンバー及びアンサンブル平均の時間変化で示す。また図4には同期間のアンサンブル葉面保水率予測平均値、水田内葉面濡れセンサー観測値、および降水量観測値の時間変化を示す。BLASTAM は18～19日にかけて10（感染好適）の葉いもち病発生予察結果が示されていた。各メンバーの予測値は、17日まではばらつきが小さく、メンバー間の差がほとんど無いが、18日以降ばらつきが大きくなり、特にBLASTAM で感染好適情報が出ている期間に大きい（図3）。これは、17日までは予測計算開始からの計算時間が短いので予測精度が高いことと、図4にみられる16日の降水を全メンバーが予測していたためばらつきが小さかったこと、一方、18日以降はあまりはっきりしていない降水があったので、その予測にメンバー間でばらつきがあり、予測値の差が大きくなったことが原因として考えられる。なお、21日の一時的な乾燥状態はほぼ全メンバーで予測しており、降水を伴わない等の天候によって予測精度も変化している可能性がある。図4より葉面濡れセンサー観測値と比較すると、16日のまとまった降水後、アンサンブル予測は17日まで最高値を維持しているが、葉面の

濡れ観測値は減少している。これは、風速が大きく（17 日正午前後で 6m/s 以上）、葉面から水滴が振り落とされた可能性がある。BLASTAM も 17 日までは風速が大きいことで感染好適条件と判定されなかった可能性がある。アンサンブル平均葉面保水率の値をみると、19 日以前の降水時および BLASTAM による感染好適条件日では、おおよそ 0.1 以上が対応している。すなわち、降水による十分な濡れは葉面保水率 0.1 以上で予測できる可能性があることがわかった。本研究は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「次世代農林水産業創造技術」（管理人：農研機構生物系特定産業技術研究支援センター）の支援を受けて行った。本研究で使用した気象庁データは気象庁と（社）日本気象学会の研究協力の枠組みである「気象研究コンソーシアム」を通じて提供されました。

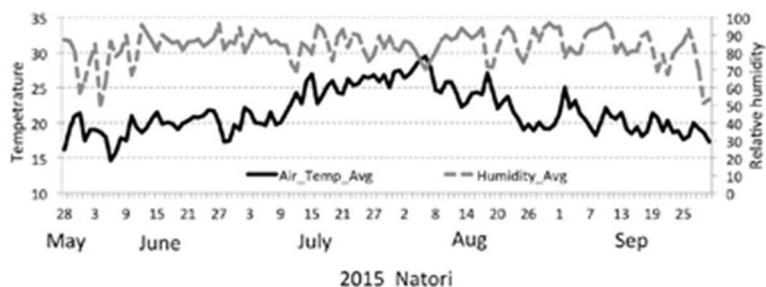


図 1 名取気象観測点における日平均気温と湿度 (2015 年 5 月 28 日～9 月 30 日)

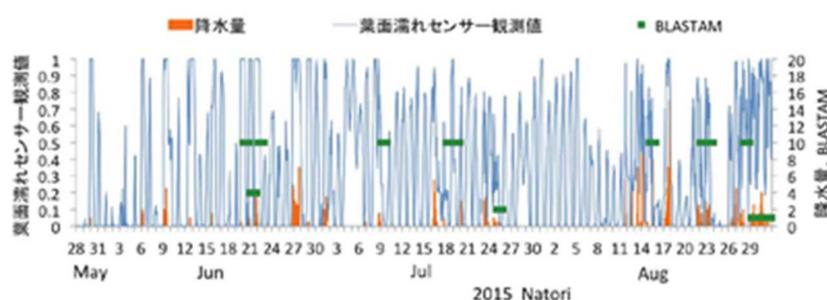


図 2 名取気象観測点における降水量、BLASTAM および水田内の葉面濡れ観測値 (2015 年 5 月 28 日～8 月 31 日)

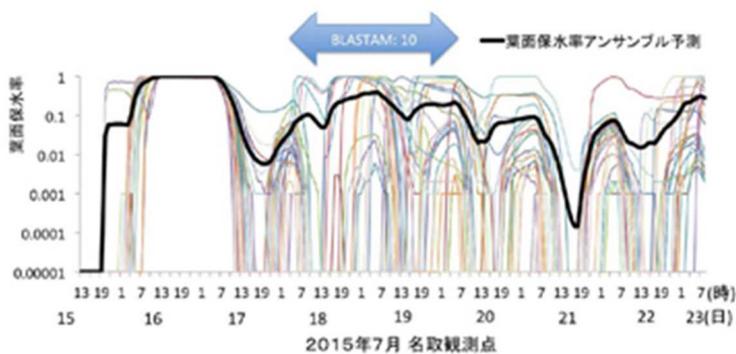


図 3 名取観測点における 2015 年 7 月 15 日 13 時からアンサンブル 27 メンバー葉面保水率予測値およびアンサンブル平均値の時間変化

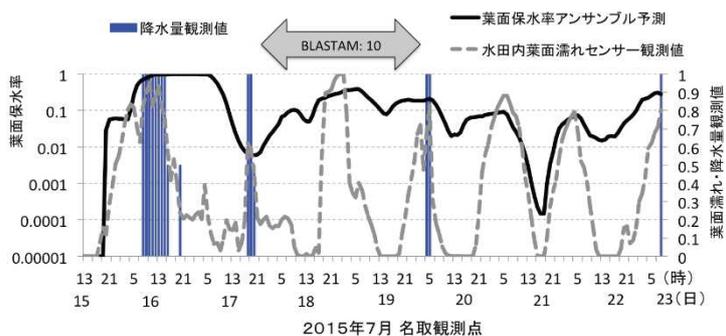


図 4 名取観測点における 2015 年 7 月 15 日 13 時からアンサンブル葉面保水率予測平均値、水田内葉面濡れセンサー観測値、および降水量観測値の時間変化。降水量 1mm 以上は図の範囲外

北日本における1998年以降の4月8月気温の強い負の
相関関係と熱帯の対流活動菅野洋光¹・遠藤洋和²・吉田龍平³・Bayu Dwi Apri Nugroho⁴

1 農研機構中央農業総合研究センター 2 気象庁気象研究所 3 福島大学 4 Gadjah Mada大学

1. はじめに

北日本における4月と8月の月平均気温は、季節が異なっているにもかかわらず、1998年以降、強い負の相関関係を示している(Kanno,2013)。すなわち、4月高温—8月低温もしくは4月低温—8月高温の組み合わせが1998年以降顕著にみられるようになった。Kanno(2013)は北日本月平均気温と大規模場との関係から、北半球高度および風速の波列パターンによりもたらされる亜熱帯ジェット気流の変動が直接的な原因であること、また、特異値分解(SVD)から1998年頃を大規模な気候シフト時期として位置づけられることを明らかにした。さらに、それらの変動をもたらしている原因として、北大西洋振動(NAO)により励起されるテレコネクションパターンおよびエルニーニョ南方振動(ENSO)を有力な候補として抽出した。ここで、ENSOは比較的早く予測可能であることから、4月8月気温変動を予測するためには、熱帯からの影響を定量的に把握することが必要である。そこで本研究では、近年の北日本4月8月気温変動にもたらす熱帯地方の影響について多面的に解析し、その原因を明らかにすることを目的とする。

2. データと方法

北日本の月平均気温偏差は、気象庁 HP(<http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/cgi-bin/view/index.php>) よりダウンロードした。客観解析データにはJRA55を、OLRはNOAAのデータ(http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.interp_OLR.html)を用いた。現地気象観測は、Bayu et al. (2013)により、降水量変動とENSOおよび赤道太平洋SSTの変動との関連が指摘されているインドネシアジャワ島のグンヌンギドゥール地方ウォノサリで行なっている。使用している機材はヴァイサラウェザートランスミッター520で、風速、風向、降水量、気圧、気温、相対湿度、日射量(外付け)を30分インターバルで観測している。また、局地気象モデルにはWRFを用いている。

3. 結果および考察

図1には北日本における4月と8月平均気温偏差の年々変動(1950~2015年)を示す。両者の変動の同期性をみるため、8月については右のy軸で値を反転させてある(上がマイナス偏差)。1998年以降、両者の逆位相の変動が良く一致していることが明瞭に把握できる。また、1998年から2010年頃までは5~7年程度の周期で変動していること、2010年以降は、4月は高温に、8月は低温にシフトしていく傾向がみえる。図2には1998~2015年の4月気温偏差を横軸に、8月気温偏差を縦軸にとった散布図を示す。18年間の4月と8月気温の相関係数は-0.81、決定係数(R²)は0.67と高い値となっており、両者の関係が統計的にも十分に有意である。2015年の夏は8月上旬まで高温であったが、中旬以降低温に変化し、8月平均気温はマイナス偏差となった。その結果、2015年についても引き続き4月高温8月低温の関係が認められた。図3には、8月の北日本平均気温偏差と同年4月の850ha東西風速の相関関係を示す。インドネシアを中心とした海洋大陸~インド洋北部にかけて明瞭な正の相関域が認められる。u成分の平年値と比較すると、南北2本の偏東風の軸の間に形成されている弱い西風域に対応している。OLRと比較すると、オーストラリア北部を中心として負の相関が見られ、対流活動を伴っていることが示唆される(図は当日示す)。5月には8月気温とu成分、OLRとも同地域の相関関係が消失しており、また対流活動の中心が移動していることから、4月と5月の間に生じる大規模場の変動を把握

する必要がある。第4 図にはウォノサリにおける2014年11月～2015年8月の風向の時間変化を示す。風向は4月と5月の間で不連続的に変化しており、4月までの北西風が不明瞭になり、南南東の風が定常的に吹くようになることがわかる。当日はこのほかの気象要素の季節変化と合わせて考察を進める。本研究は JSPS 科研費26350412 の助成を受けたものです。

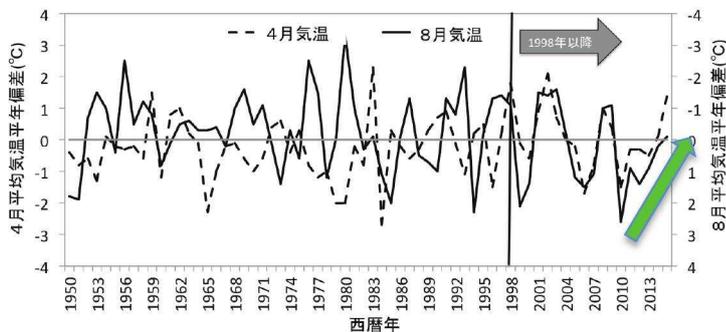


図1 北日本における4月と8月平均気温偏差の時間変化(1950年～2015年)。8月の気温は右のy軸で正負を上逆転してある。

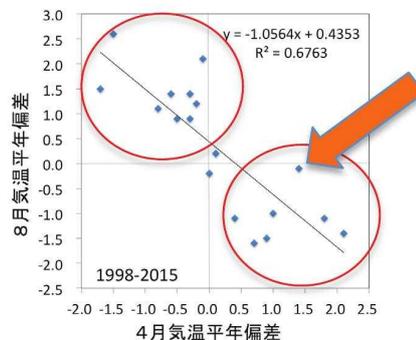


図2 北日本における4月と8月の平均気温平年偏差の散布図(1998～2015年)。矢印は2015年を示す。

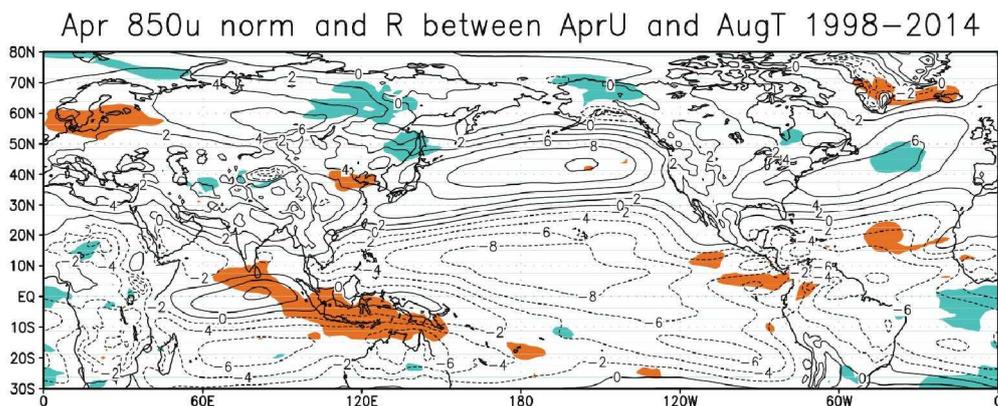


図3 8月の北日本平均気温偏差と先行する同年4月の850hPa 東西風速との1998年～2014年の相関係数分布。実線は東西風速の平年値。オレンジ域は正、青域は負で危険率5%以下で統計的に有意。

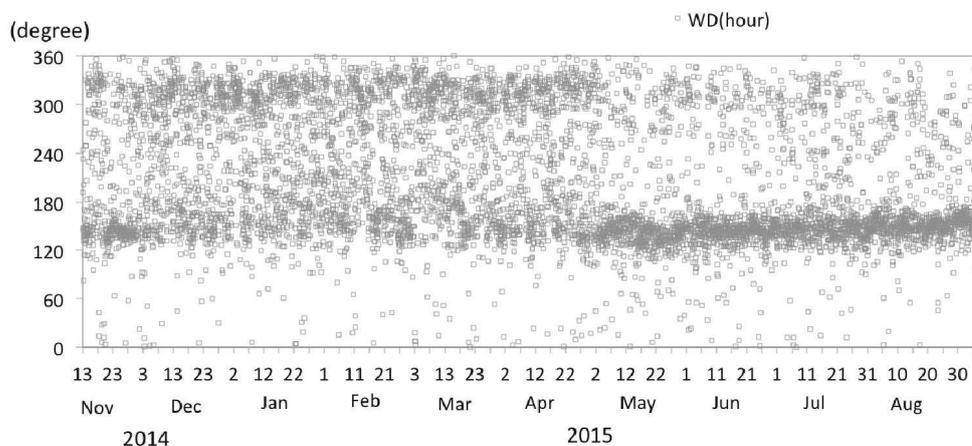


図4 インドネシアジャワ島グンヌンギドゥール地方ウォノサリにおける特別風向の時間変化(2014年11月～2015年8月)。

>>>支 部 だ よ り<<<

1. 2015（平成 27）年度支部大会

2015 年度支部大会は、カレッジプラザ大講義室(秋田市中通 2 丁目 1-51 明德館ビル 2 階)において、12 月 12 日に開催されました。特別講演会「秋田県における冬期農業への取り組みー施設栽培の推進事業の紹介ー」が開催されました。一般研究発表会では 7 題の発表があり、活発な討議が行われました。菅野洋光会員が 2015 年度功労賞を受賞しました。今号には研究発表の要旨を掲載しました。

2. 会員動静(2015 年 3 月 31 日)

[入会] 西山 学、石田 祐宣、石川 大太郎

[退会] 石原 敏之

会員数 (2015 年 3 月 31 日) : 121 名

名誉会員 : 1 名

会 員 : 106 名 (うち支部のみ 50 名、本部 43 名、本部(管外) 13 名)

図書館等 : 14 名 (内支部 6, 本部のみ 8)

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. 2016 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、2016 年度の候補者をご推薦ください。締め切りは 2016 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. 2016 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、2016 年度の候補者をご推薦ください。締め切りは 2016 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) 2014年度決算報告(2014. 4. 1～2015. 3. 31)

収入			支出		
項目	予算	決算	項目	予算	決算
個人会費	25,500	26,500	印刷費	5,000	1,240
支部補助費	28,700	30,100	通信費	20,000	22,546
雑収	0	37	事務費	20,000	17,926
大会費(本部)	0	0	大会費	50,000	48,402
繰越金	659,111	659,111	雑費	5,000	2,650
			予備費	613,311	0
合 計	713,311	715,748	合 計	713,311	92,764

余剰金の算出 収 入 715,748 円
 支 出 92,764 円
 余剰金 622,984 円

(2) 2015年度予算(2015. 4. 1～2016. 3. 31)

収入		支出	
項目	予算	項目	予算
個人会費	25,000	印刷費	5,000
支部補助費	30,100	通信費	20,000
雑収	0	事務費	20,000
大会費(本部)	0	大会費	50,000
繰越金	622,984	雑費	5,000
		予備費	578,084
合 計	678,084	合 計	678,084

7. 2016 年度支部大会のお知らせ

2016 年度支部大会は青森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解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「グスコーブドリの伝記」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60号

2016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
