

東北の農業気象

Agricultural Meteorology in Tohoku

Vol.56

Mar. 2012

報 文

- アメダス観測地を補正した日平均気温による水稻生育予測
木村利行 1
- 山形県における 2010 年の水田土壌窒素発現の特徴
横山克至・齋藤 寛・中川文彦・熊谷勝巳 6

支部大会研究発表要旨

- 東北地方の作柄表示地帯の刈取期の予測 川方俊和 12
- 日長時間の増減がイネ穂分化に及ぼす影響
岡田益己・加藤史之・有賀秀陽・横井修司・松嶋卯月・庄野浩資・鮫島良次 14
- 着莢期の水ストレスがダイズの子実重に及ぼす影響 熊谷悦史・鮫島良次 16
- 根域冷却開始時期の違いがトマトの収量・品質に及ぼす影響
岡田益己・白井克幸・松嶋卯月・庄野浩資 18
- 根域冷却処理がトマト葉の光合成色素含量ならびに光合成活性に与える影響
庄野浩資・吉田伊織・松嶋卯月・岡田益己 20
- 生体情報に基づくリモートセンシング指標 濱田 哲・皆川秀夫・田中勝千 22
- 一般気象観測データによる果樹園の日別融雪潜熱量の推定（続報）
伊藤大雄・石田祐宣 24
- ニンニクの収穫後の「シート乾燥」における換気方法と仕上がりとの関係
伊藤篤史・庭田英子・八谷 満・山崎博子 26
- 過去 100 年のイネ品種の生育とメタン放出に及ぼす二酸化炭素濃度上昇の影響
程 為国・小林理美・酒井英光・俵谷圭太郎・長谷川利弘 28
- 塩濃度が水稻の生育に及ぼす影響
渡邊翔太・岩崎 悠・皆川秀夫・田中勝千・杉浦俊弘・鈴木由美子 30
- 東北地方における水稻の移植栽培における晩限日の推定について
神田英司・菅野洋光・鮫島良次 32

支 部 だ よ り

- 2011 年度支部大会報告 34

支 部 会 案 内

- 会則・規程 36
- 投稿規程 42

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（2011・2012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	伊藤 大雄	弘前大学
本部評議員	皆川 秀夫	北里大学
	鮫島 良次	（転出：北海道大学）
評 議 員	菊池 晴志	青森県農林水産部
	清藤 文仁	青森県産業技術センター農林総合研究所
	臼井 智彦	岩手県農業研究センター
	岡田 益己	岩手大学
	小峰 正史	秋田県立大学
	五十鈴川寛司	山形県農林水産部
	横山 克至	山形県農業総合研究センター
	斎藤 満保	宮城大学
	日塔 明広	宮城県登米農業改良普及センター
	鈴木 幸雄	福島県農業総合センター
	手代木昌弘	会津農林事務所
	渡邊 明	福島大学
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
	島津 裕雄	宮城県大河原地方振興事務所
	高山 真幸	秋田県農林水産技術センター
	三浦 信利	山形県庁生産技術課
	永山 宏一	会津農林事務所
	鈴木 幸雄	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（会計担当）
	伊藤 大雄	弘前大学（編集担当）

報 文

アメダス観測値を補正した日平均気温による水稻生育予測

木村利行

青森県産業技術センター農林総合研究所

Growth prediction of paddy rice using the corrected value of AMeDAS daily mean air temperature

Toshiyuki KIMURA

Agriculture Reserch Institute, Aomori Prefectural

Industrial Technology Reserch Center, Kuroishi, 036-0522

青森県では、良質米の安定生産を支援するため、水稻の生育予測情報を提供してきたが、五所川原市周辺で予測精度が劣る事例がみられた。予測精度の低下は、五所川原アメダスと周辺水田圃場の立地環境による日平均気温の違いが原因と考えられたことから、アメダス観測地点とこれから 2 km離れた水田圃場における日平均気温を比較した結果、水田圃場では0.7 低かった。この差を補正值として日平均気温に加えることで、生育予測モデルの予測誤差は6.2日から3.0日に向上した。

キーワード：アメダス、水稻、生育予測、予測精度

keywords : AMeDAS, Growth prediction, Paddy rice, Predictive precision

1. はじめに

良質米を安定的に生産するためには、水稻の生育進度に応じたきめ細かな栽培管理が必要である。このことから、青森県は、生産者の適切な栽培管理を支援するため、日平均気温の推移から水稻の生育ステージを予測するホームページを作成し、この予測値を生育予測情報として提供してきた。しかし、これを運用するなかで、五所川原市周辺で予測精度が大幅に劣る事例が多く見受けられた。

五所川原市周辺は、津軽平野のほぼ中心に位置する主要な稲作地域である一方、青森湾から日本海へ吹き抜けるやませの影響を受ける地域でもある（二部；1989）。このため、減数分裂期の深水灌漑など、栽培管理に向けた精度の高い生育予測情報が求められている。

五所川原市周辺における生育予測情報には、五所川原アメダスで観測される日平均気温が予測値の算出に用いられているが、同アメダスは市街地に設置されており、水田圃場とは立地環境が大きく異なっている。

生育予測情報の精度が低下する原因としては、予測式が適合していないことや水田水温など気温以外の要因が影響していることも考えられる。ただし、前述のことから、五所川原アメダスと水田圃場の立地環境における差を検証するため、同アメダスとこれに近傍する水田圃場における

気温の観測を行った。また、より正確な生育予測情報を提供するため、同アメダス観測値を補正して利用する方法について検討した。

2. 材料および方法

2.1 アメダスと温度データロガーの観測値の比較

青森県産業技術センター農林総合研究所（十和田市：藤坂圃場、黒石市：田中圃場）には、十和田アメダス及び黒石アメダスが設置されている。2006年及び2011年に、同研究所内の水田圃場において、温度データロガー（T&D社製おんどりjr.RTR-52、サーミスタ温度センサー）で日平均気温を観測した。さらに、アメダスと温度データロガーとの日平均気温の観測値を比較し、温度データロガーの観測値の精度を確認した。温度データロガーは、標準温度計で校正をした。また、センサー部は、自然通風シェルター（クリマテック社製:CYG-41303）に格納した。日平均気温は、地上部150cm地点を10分間隔で観測し、正時の値を平均した。

2.2 五所川原アメダスと水田圃場の比較

五所川原アメダスと近傍の水田圃場における日平均気温を比較した。調査場所は、五所川原アメダスから 2 km離れた五所川原市太刀打地区（緯度41°49'47"、経度140°27'25"）の水田圃場とした。調査期間は、2006年及び2007年の5月下旬から8月中旬とした。気温の観測は、2.1と同様の方法で行った。また、水田圃場とアメダスで観測された平均気温の差を補正值とした。

水稻生育予測情報に用いられている予測式は、対話型ノンパラメトリックDVRプログラム（竹澤邦夫、職務作成プログラム登録番号P第7672号-1）により作成されたものである（図1）。なお、このDVRは、十和田及び黒石アメダスで観測された日平均気温と藤坂圃場、田中圃場及び黒石市境松圃場（旧青森県産業技術センター農林総合研究所）で得られた生育データから作成されている。

この水稻生育予測式により、アメダス観測値をそのまま用いた場合と補正值を加えた場合の予測精度を比較した。対象期間は、1998～2011年とした。予測精度は、同圃場における移植日から出穂期を予測して、実測された出穂期に対する誤差を算出した。

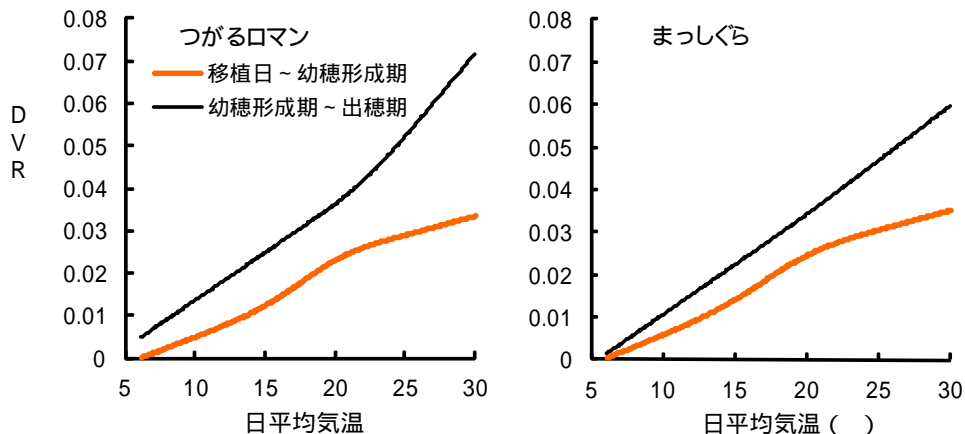


図 1 水稻生育予測式のD V R

2.3 補正値を用いた1kmメッシュ気候値の作成と検証

五所川原アメダスを五所川原市太刀打地区の水田圃場に置き換えた、日平均気温の1kmメッシュ気候値を作成した。日平均気温は、五所川原市に該当するメッシュのうち、土地利用情報をもとに水田面積が50%以上を占めるものを平均した。さらに、五所川原市における2010年及び2011年の田植最盛期から「つがるロマン」、「まっしぐら」の出穂期を算出した。なお、五所川原市では、「つがるロマン」と「まっしぐら」の両品種が作付けされている。

3. 結果

3.1 アメダスと温度データロガーの観測値の比較

5月下旬から8月中旬までの温度データロガーによる日平均気温の平均値は、藤坂圃場が19.0、田中圃場が22.0 とともにアメダス観測値と同値であった。日平均気温の標準誤差は、藤坂圃場が0.24、田中圃場が0.12であった。(図2)

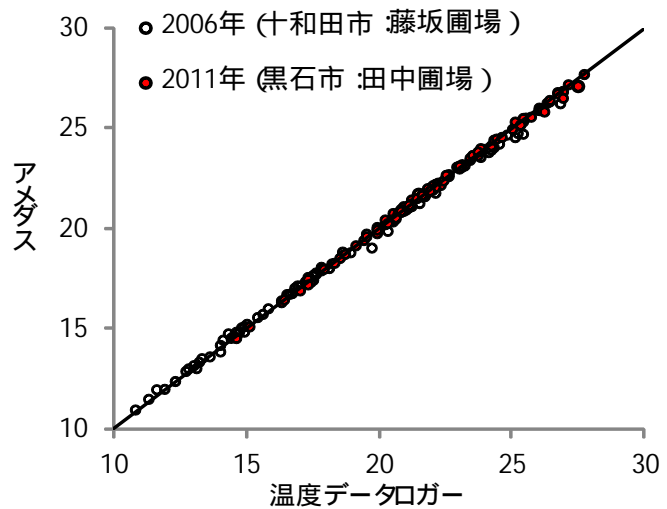


図2 アメダスと温度データロガーの日平均気温の比較 ()

3.2 五所川原アメダスと水田圃場の比較

五所川原市太刀打地区の水田圃場における5月上旬から8月中旬までの日平均気温の平均値は、五所川原アメダスより0.7 低かった(図3)。また、この差を五所川原アメダスの補正値とした。

水稻生育予測式を用いて、1998~2011年における水田圃場の出穂期を算出した結果、アメダス観測値

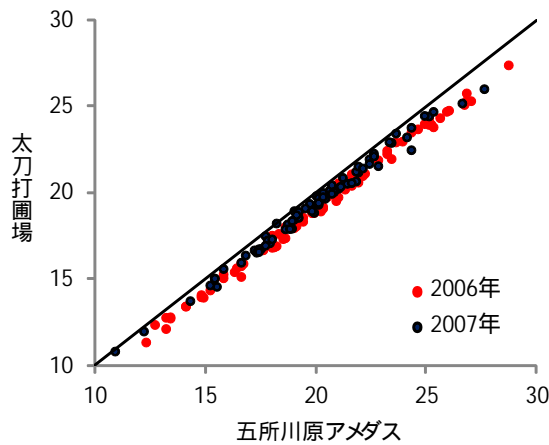


図3 五所川原アメダスと五所川原太刀打圃場の日平均気温 ()

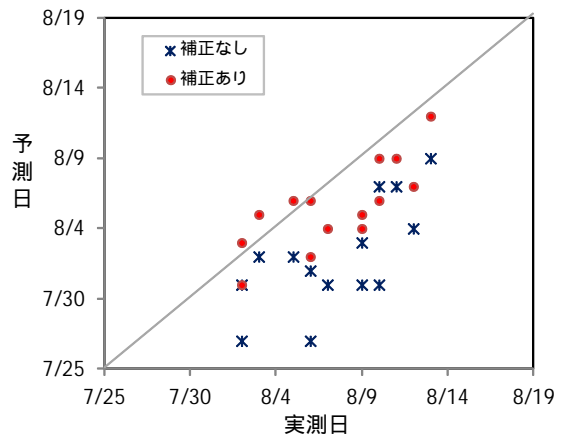


図4 五所川原太刀打圃場における出穂期の実測日と予測日の比較

をそのまま用いたときの標準誤差は6.2日、補正値を用いた場合の予測誤差は3.0日であった（図4）。

3.3 補正値を用いた1kmメッシュ気候値の作成と検証

五所川原アメダスを五所川原市太刀打地区の水田圃場に置き換えた日平均気温の1kmメッシュ気候値（図5）を用いて、五所川原市の田植最盛期から「つがるロマン」、「まっしぐら」の出穂期を算出した。その結果、両品種の出穂期は、五所川原アメダスをそのまま用いて作成した1kmメッシュ気候値に比べて、水田圃場に置き換えて作成した1kmメッシュ気候値の方が、実際の出穂最盛期に近い値を示した（表1）。

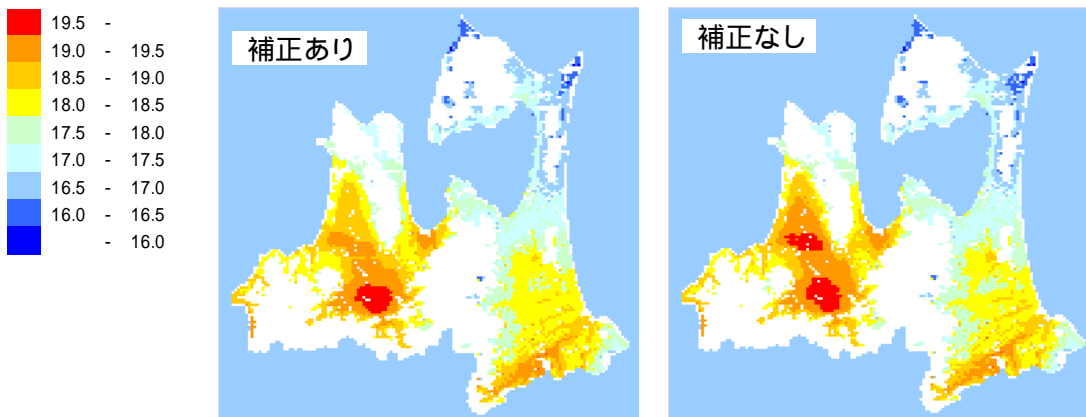


図5 五所川原アメダスを置き換えて作成した1kmメッシュ気候値
注) 2011年5月16日～8月10日の平均気温()

表1 1kmメッシュ気候値を用いたときの五所川原市における出穂最盛期の予測精度

年次	田植最盛期	出穂最盛期	補正あり		補正なし	
			つがるロマン	まっしぐら	つがるロマン	まっしぐら
2010年	5月18日	8月1日	8月1日	7月31日	7月30日	7月29日
2011年	5月22日	8月7日	8月6日	8月5日	8月4日	8月3日

注) 土地利用情報をもとに水田面積が50%以上を占めるメッシュについて算出した。

4. 考察

水稻の生育予測情報の精度が、五所川原市周辺で大幅に劣る事例が多く見られた。この原因として、市街地に設置されている五所川原アメダスが、水田圃場の気象条件を反映していないことが考えられたため、五所川原アメダスとこれに近傍する水田圃場との日平均気温を比較し、検証した。

本試験に用いた観測機器は、自然通風シェルターと温度データロガーであり、アメダスとは異なるものであったが、日平均気温を比較したところ、アメダス観測値との誤差は小さく、検証に利用できるものと考えられた。

この方法により、五所川原アメダスと五所川原市太刀打地区の水田圃場の日平均気温を比較し

たところ、水田圃場の平均気温はアメダスに対して0.7℃低かった。福山ら（2002）は、三重県津市周辺の安濃川流域において気象観測を実施した結果、水田域と市街地との間で気温差が観測され、農地では水の蒸発散に伴う冷却効果が著しく作用していることを報告している。五所川原アメダスと気温観測を行った水田圃場の距離は約2 kmであり、地理的に大きく離れていないため、この差は、周囲にアスファルトやコンクリート等の建造物がみられるアメダスと、蒸発散作用による気化熱などで温度上昇が抑えられる水田圃場の立地環境の違いによるものと考えられた。

また、五所川原アメダスの観測値を用いて、生育予測式により出穂期を算出した場合、予測値は実測値よりも早まる傾向であった。一方、補正值（アメダスと水田圃場における平均気温の差）を用いて算出した場合は、この傾向が解消されて、予測誤差は3.0日と実用的な水準に向上した。水稻の生育予測式は、図1のとおり平均気温が高いほど1日当たりの生長量は多くなる。このため、五所川原アメダスによる観測値をそのまま用いた場合は、生長量が多く評価されて、予測値が実測値よりも早まったものと考えられた。

アメダス観測値を用いて、水稻の栽培管理を支援するシステムは多く見られる。青森県で提供する水稻生育予測情報も同様に、恒常的にデータが提供されるアメダス観測値を利用してきたが、稲作向けの情報に利用することが難しい地点もみられた。しかし、数年程度の気温観測を行い、補正值を作成することで実用的な情報が提供可能となった。

また、メッシュ気候値を利用した情報として、水稻の乾田直播栽培や各品種の栽培可能地域を二次元的にマップなどで示すものがある。このような場合、青森県では五所川原アメダスを補正したメッシュ気候値を利用することで、より生産現場に適合した情報が提供できるものと考えられた。

5. 引用文献

- 1) 福山薫・高野直人・土屋誠一, 2002: ヒートアイランド現象を緩和する都市近郊農地の気象的効果について(予備観測), 農業土木学会全国大会講演要旨集, 146-147.
- 2) 二部濱男, 1989: あおもりの天気, pp104-106. 北方新社.

報 文

山形県における 2010 年の水田土壌窒素発現の特徴

横山克至*・齋藤 寛**・中川文彦***・熊谷勝巳*

*山形県農業総合研究センター

**山形県農業総合研究センター水田農業試験場

***山形県村山総合支庁

Characteristics of soil nitrogen mineralization at
paddy field of Yamagata prefecture in 2010

Katsushi YOKOYAMA*, Hiroshi SAITO**, Fumihiko NAKAGAWA***
and Katsumi KUMAGAI*

*Yamagata Integrated Agricultural Research Center, Yamagata, 990-2372

**Rice Breeding and Crop Science Experiment Station of Yamagata
Integrated Agricultural Research Center, Tsuruoka, 999-7601

***Murayama Area General Branch Administration Office,
Yamagata, 990-2492

2010 年は夏期が高温となり、水稻生育への影響が大きく、葉色の推移をみると夏期に例年にない葉色値の上昇が認められた。そこで、山形県農業総合研究センター内の稲体窒素吸収量の推移等を過去年次と比較し、また、速度論的解析により、県内各地の水田における土壌窒素発現の推定を行った。2010 年の稲体窒素吸収量は、6 月 30 日から穂揃期（8 月中旬）までの窒素吸収量が 2003～2009 年の平均値（以下、過去平均値と記す）と比較して多く、地温上昇効果により急速に窒素吸収量が増加したと推察された。また、速度論的解析による地温上昇効果由来分の土壌窒素発現量の推定でも、各地域とも過去平均値より多かった。このため、2010 年の夏期高温による水田土壌窒素発現量の変化は、初期生育が不良であったが m^2 当り籾数を平年並みとし、また、玄米中粗タンパク質含有率増加の一因となったと示唆された。

キーワード：高温、水稻、速度論的解析、窒素吸収量、土壌窒素発現量

Keywords : High air-temperature, Kinetic study, Nitrogen absorption, Rice, Soil nitrogen mineralization

1. はじめに

2010 年は水稻生育期間が記録的な高温となり、特に 6～8 月の 3 ヶ月間の平均気温は山形県内の气象台、測候所の観測開始以来の高温となっている（表 1）。一方、高温による水稻生育への影響は大きく、特に山形県の 2010 年産うるち玄米の 1 等米比率は 76.2%（東北農政局公表）となるなど玄米品質の低下が著しかった。窒素栄養の面では地温上昇効果によるとみられる葉色値の上昇が認められ、近年にない葉色推移であった。そこで、山形県農業総合研究センターの水田における 2010 年の稲体窒素吸収量の推移等について過去年次と比較検討した。また、温度による

土壌窒素発現量への影響を検討するため、速度論的解析により、山形県内各地の水田における土壌窒素発現量の推定を行った。

2. 材料および方法

2.1 稲体窒素吸収量の推移

山形県農業総合研究センター水稲作況圃(灰色低地土、山形市みのりが丘)

において、稲体窒素吸収量の推移を調

査し、2010年と過去年次(1994、1999、2003~2009年)との比較を行い、2010年の特徴について検討した。供試品種は「はえぬき」とし、標肥区の施肥は基肥として窒素成分で6kg/10a、幼穂形成期追肥として窒素成分で2kg/10a、N-0区は窒素無施用とした。稲体のサンプリング時期は各年次とも6月10日、6月20日、6月30日、7月10日、7月20日、穂揃期、成熟期を基準とし、稲体窒素含有量の分析は湿式分解法とした。

2.2 速度論的解析

速度論的解析により2008~2010年の農業総合研究センター(山形)の土壌窒素発現量の推定を行い、年次間の比較を行った。また、山形県内の各地点(山形、鶴岡、酒田、新庄、南陽)について2010年の土壌窒素発現量の推定を行い、地点間の比較を行った。速度論的解析法は上野ら(1990)の方法に準じた。解析に用いた山形、鶴岡、新庄、南陽の土壌窒素無機化パラメータは、実際の耕起後の水田土塊乾燥程度を反映させることとし、2008、2009年の山形は生土:乾土=6:4、2010年の鶴岡は9:1、その他は生土:乾土=8:2とした。酒田は固定のパラメータしかなかったため生土:乾土=7:3とした。解析に用いた気温データは各地点最寄のアメダスデータ(山形、鶴岡、酒田、新庄、高畠)とした。

3. 結果

3.1 稲体窒素吸収量の推移

2010年の山形県農業総合研究センター水稲作況圃の稲体窒素吸収量は、標肥区では生育初期から7月10日頃まで2003~2009年の平均値(以下、過去平均値と記す)と比較して少なく推移し、7月20日頃に過去平均値より多くなり、その後、穂揃期~成熟期にはほぼ過去平均値と同じになった(図1)。N-0区では、6月20日頃から穂揃期まで過去平均値より多く推移し、特に7月10~20日頃の差が大きかった(図2)。

表1 各アメダス地点における6~8月の平均気温

地点	年次	平均気温(°C)			
		6月	7月	8月	6~8月
山形	2008年	19.9	24.4	23.9	22.7
	2009年	20.4	23.3	23.6	22.5
	2010年	21.7	25.5	27.7	25.0
	平年値	19.8	23.3	24.9	22.7
鶴岡	2010年	21.0	25.7	27.9	24.9
酒田	2010年	20.8	25.5	27.9	24.8
新庄	2010年	20.6	24.7	26.7	24.0
高畠	2010年	20.7	24.4	26.8	24.0

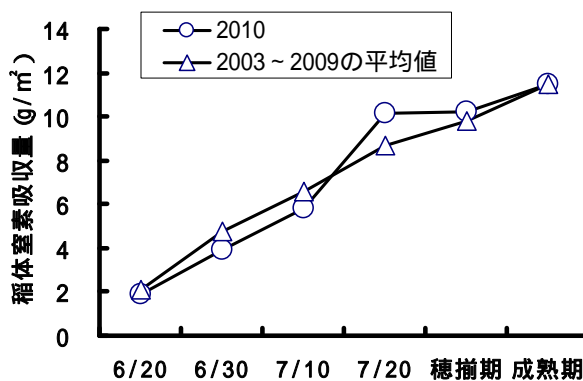


図1 稲体窒素吸収量の推移 (はえぬき標準区、山形市みのりが丘)

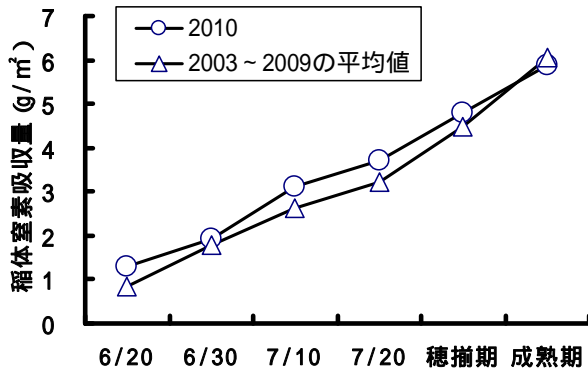


図2 稲体窒素吸収量の推移
(はえぬき N-0 区、山形市みのりが丘)

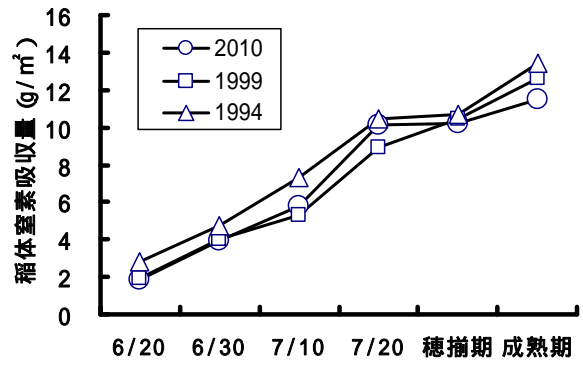


図3 高温年次の稲体窒素吸収量の推移
(はえぬき標準区、山形市みのりが丘)

また、高温年次である 1994、1999、2010 年の稲体窒素吸収量の推移を比較すると、各年次とも 7 月 10 日から 7 月 20 日の期間に窒素吸収量が急速に増加する傾向がみられ、特に 2010 年の増加量が多かった (図 3)。また、7 月 20 日から穂揃期の期間は増加量がやや少なくなる傾向がみられた。

3.2 速度論的解析

速度論的解析により、2008～2010 年の地温上昇効果由来分の土壤窒素発現量を推定したところ、2008、2009 年及び過去平均値と比較して 6 月中旬以降多く推移した (図 4)。また、県内各地点について土壤窒素発現量を推定したところ、地点間の地温上昇効果による発現量の差は大きいと推定され (図 5) 各地点とも 6 月下旬～7 月中旬及び 7 月下旬以降に過去平均値より土壤窒素発現量が多かったと推定された (図 6)。

4. 考察

稲作にとって窒素の供給源は主に地力によるものと施肥によるものに分けられる。このうち地力によるものは、春先の圃場の乾燥により発現する乾土効果由来分と水稻生育中に土壌から発現する地温上昇効果由来分とに分けられる。地温上昇効果由来分は高温年次には多く推移するため、高温年次の水稻の作柄品質への影響が大きいと考えられ、技術対応を難しくしている。

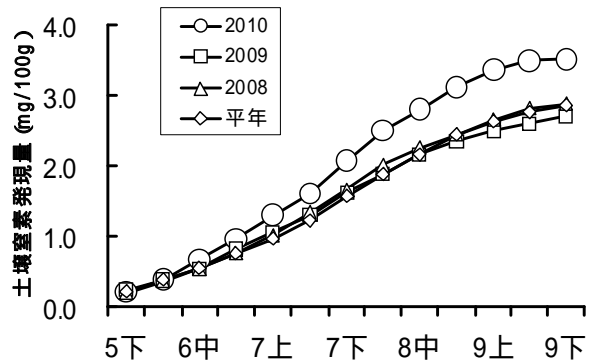


図4 速度論的解析による土壤窒素発現量 (地温上昇効果由来分) の推定値 (地点: 山形)

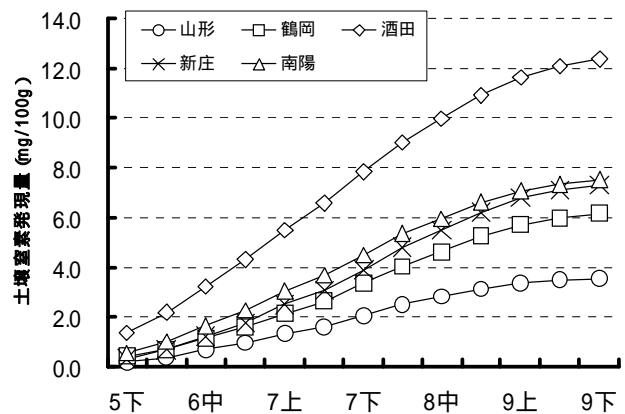


図5 速度論的解析による地点別の土壤窒素発現量 (地温上昇効果由来分) の推定値 (2010 年)

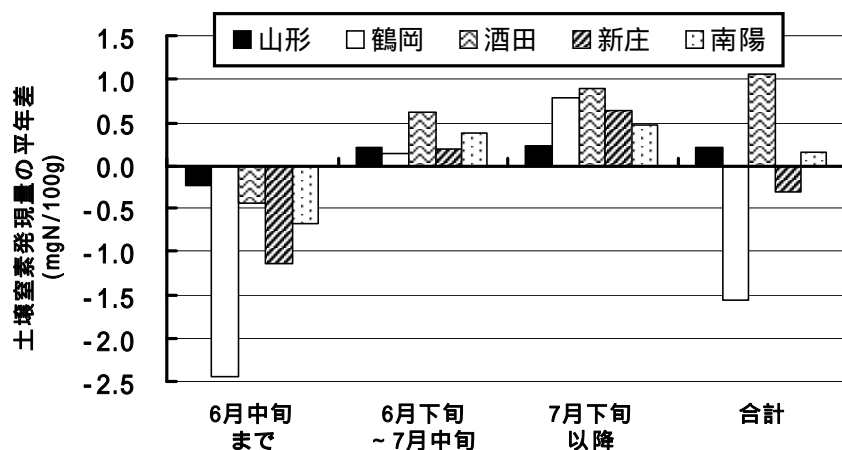


図 6 速度論的解析による地点別・時期別の土壌窒素発現量推定値（総量）の平年差（2010年）

注：2010年の土壌窒素無機化パラメータは山形、新庄、南陽が生土：乾土 = 8 : 2、鶴岡が9 : 1、酒田が7 : 3。平年値はパラメータを各地点とも生土：乾土 = 7 : 3とし、各地点の最寄りのアメダス地点の平年気温を用いて算出。

2010年は山形県内各地点とも4月の水田土壌の乾燥が進まなかったため、乾土効果による地力窒素の発現が平年より小さく、生育初期の稲体窒素吸収量は少なかった（表2）。一方、6月以降は高温となったため地温上昇効果による地力窒素の発現が増加し、稲体窒素吸収量が増加したと推察された。過去の高温年次である1994年や1999年は乾土効果が比較的大きい年次であり、初期生育は良好で生育も平年より早く推移している。一方、2010年は乾土効果が小さく、初期生育が不良で生育はやや遅めに推移し、過去の高温年次と異なった推移であった。

表 2 各高温年次の水稲作況解析試験圃場の乾土効果（山形市みのりが丘）

年次	乾土効果の概況
1994年	大きい
1999年	平年並～やや大きい
2010年	やや小さい

注）山形県立農業試験場（1994、1999）、山形県農業総合研究センター（2011）より作成。

山形県ではこれまで夏期の異常高温による水稲被害が多く報告されている。その被害の主体は白粒の発生による玄米品質の低下であり、水稲の登熟期間である8～9月の高温による影響が大きいとされている（松田ら；1993、長谷川ら；1996、横山ら；2000、2002）。一方、松田ら（1993）、長谷川ら（1996）、横山ら（2000）はそれぞれ玄米品質低下の要因として籾数が過剰であったことも指摘しており、寺島ら（2001）も1999年の玄米品質低下の要因の一つとして籾数過剰を指摘している。水稲の登熟においてはシンク（ m^2 当り籾数等）とソース（登熟量）のバランスが重要であり、過剰な籾数は1籾当たりの登熟量の減少につながり、玄米品質低下を助長すると考えられる。籾数の多少は幼穂形成期である7月の気象条件や栄養条件の影響が大きく、特に稲体の窒素含有率が高いと籾数が多くなりやすい。しかし、2010年は、全体的には初期生育が不良であったため穂数が少なく、一方で7月は地温上昇効果により地力窒素は多くなった。このため、幼穂形成期の茎数当りの吸収窒素量は多く、一穂籾数が多くなったが、全体的には m^2 当り籾数は平

年並みにとどまった。乾土効果が大きく、籾数が多くなった場合、玄米品質低下はさらに助長されたと考えられる。

一方で、2010 年は玄米中の粗タンパク質含有率がやや高い傾向にあった。山形県農業総合研究センター（2011）によると、水稻作況解析試験の「はえぬき」で、山形市の圃場では玄米中粗タンパク質含有率（乾物当たり）が 7.6%（平年値 7.4%）、鶴岡市の圃場では 7.8%（平年値 7.4%）であった。このことは速度論的解析による土壌窒素発現量が 6 月下旬以降で平年より多いことから、玄米への窒素移行量が多くなったためと考えられる。また、 m^2 当り籾数が全般的に平年並みであり、さらに籾数がほぼ確定した 7 月下旬以降の土壌窒素発現量が多かったと推定されることから、稲体の 1 籾当りの窒素量が大きくなったことも玄米粗タンパク質含有率が高くなった要因の可能性もある。

安定した食味と品質を確保するため、幼穂形成期の追肥を行うに当たっては葉色の診断を行い、稲体中の窒素濃度を勘案して施肥量を決定する。2010 年においては、幼穂形成期に葉色が上昇する事例が各地で観察され、施肥量決定の判断を難しくしていた。本研究の中でも 2010 年を含め、1994 年、1999 年の高温年次は 7 月に稲体窒素吸収量の急激な上昇が認められ、一方で、その後再び平年並みの吸収量に近づいていく現象がみられている。このことは、高温により地温上昇効果による土壌中の窒素発現が早まり、前倒しになるような形で稲体の窒素吸収が行われたと考えられる。幼穂形成期の籾数制御の面からは追肥窒素量を減らさなければならぬ場面があったと考えられるが、追肥窒素量を減らした場合にその後の窒素吸収量の推移からみると高温条件であった登熟期間の特に後半の窒素量が不足した場合もあったと考えられる。

一方で速度論的解析の結果、2010 年の地温上昇効果には土壌条件により窒素発現量に違いがあったことが推察された。いわゆる地力が高いといわれる地域では、窒素施肥量を減らした場合でもそれを上回る地温上昇効果による窒素発現と稲体窒素吸収量があったと考えられる。このことは、籾数過剰による玄米品質低下の助長と玄米中粗タンパク質含有率の上昇を同時に引き起こすことを示しており、高温対策が施肥対応だけでは困難であることを表している。

今後の稲作における高温対策としては、これまで言われているような耐暑性の品種開発、適期移植、土づくり、適切な施肥量などがあげられるが、本研究では 2010 年のような地温上昇効果が極端に大きくなるような高温年次では、土壌条件ごとに窒素発現を推定して施肥等の対応を行う必要があることが示唆された。

5. 引用文献

- 1) 長谷川 愿・小南 力・藤井 弘志・松田 裕之・柴田 康志, 1996: 平成 6 年度の高温による水稻の品質低下（白粒発生）要因, 農業技術 51(3), 121-125.
- 2) 松田 裕之・斉藤 正志・小南 力・大淵 光一・柴田 康志, 1993: 庄内地域における平成 4 年産ササニシキの白粒発生要因, 東北農業研究, 46, 43-44.
- 3) 寺島 一男・齋藤 祐幸・酒井 長雄・渡辺 富雄・尾形 武文・秋田 重誠, 2001: 1999 年の夏期高温が水稻の登熟と米品質に及ぼした影響, 日作紀, 70, 449-458.
- 4) 上野 正夫・佐藤 之信・熊谷 勝巳・大竹 俊博, 1990: 速度論的解析法による土壌窒素発現予測システム, 土肥誌, 61, 273-281.

- 5) 山形県農業総合研究センター, 2011: 平成 22 年度水稻・畑作物作況解析試験成績書.
- 6) 山形県立農業試験場, 1994: 平成 6 年度水稻作況解析試験成績書.
- 7) 山形県立農業試験場, 1999: 平成 11 年度水稻作況解析試験成績書.
- 8) 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.
- 9) 横山克至・高取 寛・藤井弘志・渡部幸一郎・安藤 正・小南 力・松田裕之・柴田康志・長谷川愿, 2002: 庄内地域における登熟期の高温条件が米粒品質に及ぼす影響, 山形農試研報, 36, 51-66.

講演要旨

東北地方の作柄表示地帯の刈取期の予測

川方俊和 (農研機構 東北農業研究センター)

1. はじめに

冷害等の農業気象災害を軽減するためには、被害を受けやすい作物の発育ステージを把握し、予測することが重要である。これまで、発育速度 (DVR) を用いたモデルで、水稻の出穂期予測モデルを作成してきた。予測のために用いた耕種期日には、刈取期が含まれている。刈取は、実際に農業者が収穫し、収量を決定することから、栽培支援、収量予測において、刈取期を予測するモデルを構築することが必要である。気象データから成熟期を予測する場合は、これまで積算気温が用いられていたが、刈取期の予測は、これまで行われてこなかった。そこで、東北地方の気象台、アメダスのデータと、各県内の作柄表示地帯の耕種期日のデータから、水稻の刈取期の予測を検討した。

2. 方法

1) 1984 年から 2005 年までの東北地方の作柄表示地帯の耕種期日 (農水省統計情報部作物統計) と作柄表示地帯を代表する気象台、アメダスの日平均気温を用いて (表 1)、出穂期から刈取期までの日数 (図 1)、出穂期から刈取期までの積算気温 (図 1)、それらの平均値、標準偏差、変動係数を求めた。

2) 気温に成熟期晩限温度 (15) 以下の気温を加えた積算値を求め、さらに、この温度を 1 刻みで変化させたときの積算値を求めた。

3) 発育速度 (DVR) の形に、日数、積算気温、気温に基準温度以下の気温を加えた積算値を変形させて、出穂日から刈取期を予測するモデルを作成した。

4) これまで作成した出穂期予測モデルに、このモデルを加えて、刈取期の予測を行った。

表 1 作柄表示地帯と気象台・アメダス地点

	作柄表示地帯の耕種期日 (作物統計)	気象台とアメダス
青森	1 青森	青森
	2 津軽	弘前
	3 南部・下北	八戸
岩手	4 北上川上流	盛岡
	5 北上川下流	北上
	6 東部 (東南部)	遠野
	7 北部	二戸
宮城	8 南部	白石
	9 中部	仙台
	10 北部	古川
	11 東部	石巻
秋田	12 県北	鷹巣
	13 中央	秋田
	14 県南	横手
山形	15 村山	山形
	16 最上	新庄
	17 置賜	米沢
	18 庄内	酒田
福島	19 中通り (北部)	福島
	20 浜通り	上野原
	21 会津	若松

3. 結果の概要

1) 出穂期から刈取期までの日数の平均、標準偏差、変動係数は、それぞれ 56.0 日、3.77 日、0.0674 であった。出穂期から刈取期までの積算気温の平均、標準偏差、変動係数は、それぞれ 1176.5 日、93.55 日、0.0795 であった。日数を発育速度に変形させて出穂日から刈取期を予測した場合の予測誤差は 3.8 日、積算気温を変形させた場合の予測誤差は 5.9 日となり、積算気温よりも日数による予測の方が予測精度は高かった。

2) 日数の予測精度が高い原因として、冷害年には成熟期までの積算気温に至らずに刈取りが行われることが推察された。そのため、作季策定法で用いる成熟期晩限温度 (日平均気温 15) を使用し、これ以下の気温が続けば、成熟に至らずとも刈取りが行われると仮定した。この考え方で、基準温度を 15 から 1 刻みで変化させ、基準温度以下の気温の重み付けを 0.1 刻みで変化させて、予測誤差が最小になる発育速度を求めた (図 2)。基準温度が 21、重み付けが 1.2 で予測誤差が 3.4 日で最小になり (表 2)、日数の予測よりも予測精度が高まった。

3) これまでの出穂期予測モデルで、出穂日を予測し、それを初期日として、刈取期を予測したところ、刈取期の予測誤差は 3.6 日であった。

2) 以上のことから、東北地方における刈取期の予測は、積算気温を用いるよりも、日数の方が精度がよく、さらに、低温で増加する発育速度で刈取期を予測すると予測精度がよくなることが判明した。

3) 今後は、最近までの気象データを加えて、さらなる検証を行いたい。

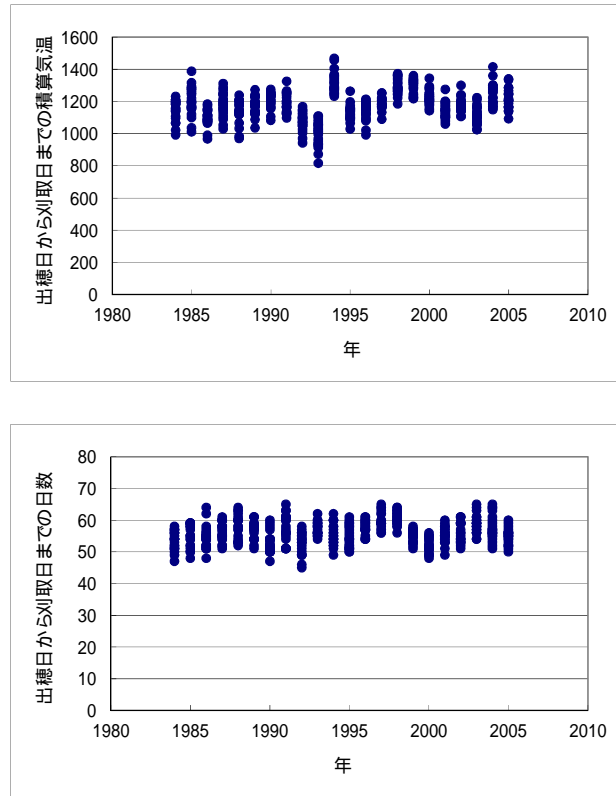


図1 出穂期から刈取期までの積算気温と日数

表2 出穂日から刈取日の予測

保存量	初期日 (出穂日)				予測誤差
	平均	標準偏差	変動係数	DVR	
1	56.01	3.772	0.0674	1/56.01	3.772
T	1176.52	93.55	0.0795	T/1176.524	5.901
$T+0.9 \cdot \max(0.22-T)$	1284.295	72.965	0.0568	$[T+0.9 \cdot \max(0.22-T)]/1184.51$	3.424
$T+1.2 \cdot \max(0.21-T)$	1284.468	74.204	0.5775	$[T+1.2 \cdot \max(0.15-T)]/1192.49$	3.370

成熟期晩限を1 刻み
重み付け0.1刻み

初期日 (田植日)	
DVR	予測誤差
1/56.01	3.913
T/1176.524	6.250
$[T+1.2 \cdot \max(0.15-T)]/1192.49$	3.625

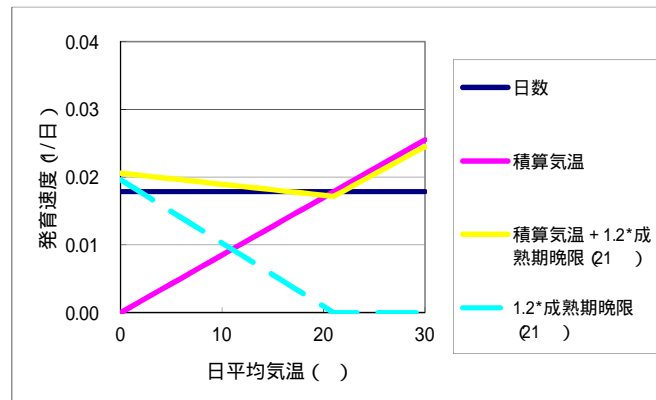


図2 出穂期から刈取期までの発育速度

日長の増減がイネの穂分化に及ぼす影響

岡田益己・加藤史之・有賀秀陽・横井修司・

松嶋卯月・庄野浩資（岩手大学）・鮫島良次（東北農研）

【キーワード】イネ 穂分化 日長感応 日長変化 Hd3a

1. はじめに

日長感応に関するこれまでの多くの研究では、日長を一定時間に維持して花芽の形成を観察してきた。しかし自然日長は一年周期で変化しており、春から夏至にかけて日長が増大する時期の日長下（昇り勾配）と、夏至を越えて日長が減少する時期の日長下（降り勾配）とで、花芽分化の反応が異なると考えられる結果も観察されている。そこで、人工的に日長を増加あるいは減少させた条件でイネを栽培し、こうした日長の変化に対するイネ穂分化の反応解明を試みた。また、この結果を遺伝子レベルで確認するために、花芽形成促進因子（Hd3a）発現の解析を試みた。

2. 実験装置及び実験方法

【実験 1】2 棟の日長制御ハウスを利用し、一方を 16 時間日長（以下、16h）に、他方を 14 時間日長（以下、14h）に制御した。各ハウスに 2 台の水槽を設置し、水温を 25℃ に制御した。隣接する 2 台の水槽の上に 90W のレフ型白熱球を 2 個および 40W 蛍光灯を 2 本設置した。光量子束密度を光量子計で測定し $10 \sim 20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ であった。水温とハウス内の気温の測定には白金抵抗温度計を使用した。日長時間、水温・気温の計測と制御は、データロガー（CR-1000、Campbell）システムで行った。

イネ品種、あきたこまち、ひとめぼれ、コシヒカリ、日本晴を使用した。イネの種子を 8 月 25 日にセルトレイに播種し、8 月 28 日に出芽させた。8 月 31 日から苗を日長制御ハウス内の水槽で管理した。9 月 8 日に 1/10000 ワグネルポットに 10 個体ずつ移植した。各水槽に 1 品種につき 4 ポットずつ配置し、出芽後 13 日目、20 日目、27 日目に各水槽から各品種 1 ポットを 16h 14h あるいは 14h 16h と移動させた。このようにして移動日ごとに 16h 一定、14h 一定、16h 14h、14h 16h の 4 処理を設けた。さらに出芽後 34 日目に両ハウスの日長時間を 12 時間に短縮して、強制的に穂分化を誘発した。この強制短日処理後 10 日目頃から、イネを 1～3 日間隔で順次採取し、幼穂長を調査した。幼穂長の経日変化を内外挿して、幼穂長が 1.5mm に達した日を幼穂形成期（PI）とした。

【実験 2】イネ（品種：コシヒカリ、日本晴）を使用し、10 月 26 日に播種した。播種後、実験室内で出芽させ、10 月 29 日にガラス温室に移動し、10 月 29 日より温室の暖房温度を 15℃ に設定した。

角形水槽を温室内に 6 個設置し、直上に 90W のレフ型白熱球を各 1 個設置した。内 3 水槽を 16h 一定区とし、他の 3 水槽を 14h 一定区とした。両日長区の各水槽に 2 品種を配置した。イネの草丈で測定した光量子束密度は $10 \sim 47 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ であった。

日長の移動処理を実験 1 と同様に行った。移動日の翌日、翌々日の 2 回、Hd3a 遺伝子が最も多く発現する考えられる明期開始時の 5am に、葉をサンプリングした。各ポット 2 個体から最大展開葉の先端を約 5cm 切り取り、計 2 枚の葉を 1 サンプルとした。サンプルはサンプルチューブに入れ、直ちに液体窒素で瞬間凍結させ、その後 -80℃ のフリーザーで冷凍保存した。Hd3a の解析はサンブ

ルから RNA 単離、cDNA 合成の工程を経て、Real-time PCR で発現量を測定した。Hd3a の発現量をユビキチン発現量で除して真の Hd3a の発現量とした。

3. 結果と考察

表 1 に、供試 4 品種の各処理における PI を、図 1 に、日本晴における日長間移動処理と PI の関係を示した。過去の知見から予測された通り、日本晴では 14h が長日条件であり、14h 一定区、16h 一定区とも同一の PI となった。一方、日長減少区 (16h 14h) で穂分化が早まり、日長増加区 (14h 16h) では穂分化が遅れた。他の 3 品種にも同様の結果が得られた。これらの結果を総合すると、たとえ 14h といった長日条件でも日長の減少によって、イネの穂分化が促進されること、一方、増加によって穂分化が遅れることが明らかになった。

図 2 にコシヒカリの Hd3a 発現量を示した。縦軸に Hd3a 発現量 (Hd3a μ / Ubiquitin μ)、横軸にサンプル採取日を出芽後日数で示した。いずれの移動処理においても 14h 一定区、16h 一定区、日長増加区では、Hd3a の発現に大きな変化がなかった。これに対して日長減少区では、2 回目と 3 回目の移動後に、Hd3a 発現量の顕著な増加が認められた。日本晴でもほぼ同様の結果が得られた。

短日条件で葉に形成された Hd3a シグナルが成長点に移動し、その蓄積量がある値に達すると、茎頂のシグナル受容体と結合して、花芽が形成されると考えられている。1 回目の実験では、強制短日処理によって Hd3a の蓄積が進んだが、それ以前の長日条件においても 16 時間から 14 時間の日長減少によって Hd3a が発現し、茎頂の蓄積が早く進んで、穂分化が促進されたと考察できる。なお今回の実験では、日長増加による穂分化の遅れを示すデータは得られなかった。

以上から、日長が増加する夏至前と減少する夏至後では、イネの日長反応が異なる可能性があることが示唆された。

表 1. 供試 4 品種の各処理における PI (月/日)

	14一定	16 14	16 14	16 14	16一定	14 16	14 16	14 16
あきたこまち	10/14	10/12	10/12	10/14	10/15	10/18	10/18	10/18
ひとめぼれ	10/17	10/13	10/14	10/15	10/17	10/19	10/19	10/19
コシヒカリ	10/16	10/12	10/12	10/13	10/16	10/18	10/18	10/19
日本晴	10/16	10/14	10/14	10/14	10/16	10/18	10/18	10/18

: 出芽後 13 日目移動、 : 出芽後 20 日目移動、 : 出芽後 27 日目移動

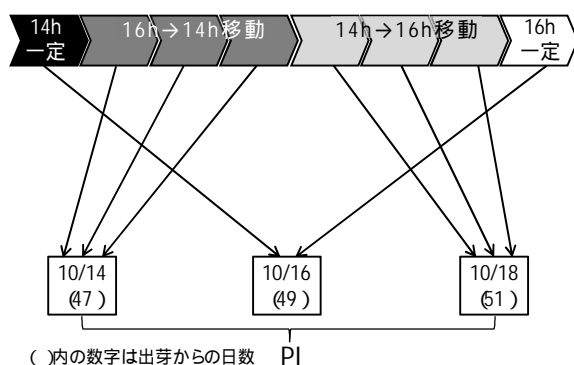


図 1. 日本晴の各処理と PI の関係

~ の説明: 表 1 を参照

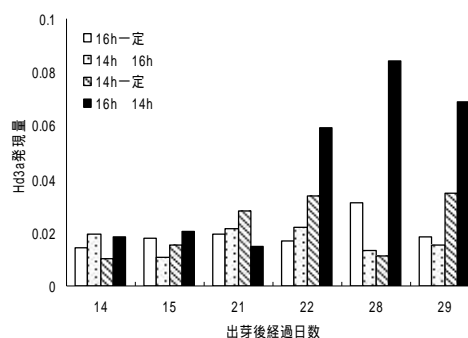


図 2. コシヒカリの Hd3a 発現量

講演要旨

着莢期の水ストレスがダイズの子実重に及ぼす影響

○熊谷悦史・鮫島良次（農研機構・東北農業研究センター）

はじめに

近年、気候変動の拡大に伴う高温・干ばつが原因と考えられるダイズの落花・莢や小粒化による減収、品質低下等が多く見られるようになった。我々は指導・普及機関へ高温・干ばつによる障害リスクが少ない作期・品種配置の情報を提供することを考えている。例えば、ある地点で品種 A を〇月×日に播種すると、開花後 2 週間の日平均降水量が 3mm となり、収量 150kg/10a 見込めるが、播種日を△日遅らせると、開花後 2 週間の日平均降水量が 6mm になり、それから 10%増収する。さらに、品種 B を変えると、15%増収する。このような情報提供のためには、開花期を予測する発育モデルと土壌水分 - 収量応答モデルの整備が不可欠である。本研究では、後者の基礎として、土壌水分が収量に作用する時期とその作用量を明らかにすることを目的に、着莢期～子実肥大初期の土壌乾燥状態と収量構成要素の関係を調査した。

材料および方法

試験は 2011 年に東北農業研究センター内のビニルハウスで行った。品種エンレイを 6 月 21 日に園芸培土を詰めたセルトレイに播種した。播種後 10 日目（初生葉展開時）に、予め組合化成（N:P₂O₅:K₂O=3:10:10）10g、苦土石灰 5g を施肥した黒ボク土 4kg を充填した 5L ポットに 1 本立てで移植した。土壌水分処理は、着莢始（R3）の 4 日後（8 月 16 日）から 10 日間実施した。処理開始前日の夕刻に十分に灌水した後に一晩落水したポットの重量（初期値）を測定し、7,13,18 時に初期値の 100、95、85%まで灌水する区（対象区、乾燥区 1、乾燥区 2）と蒸散が停止するまで全く灌水しない区（乾燥区 3）を設けた。なお、処理期間以外の灌水は十分に行った。蒸発を防ぐためにポット上面はアルミホイルで覆い、重量法によりポット当たりの蒸散量を推定した。土壌乾燥の指標として FTSW（Fraction of Transpirable Soil Water）¹⁾を $FTSW = (\text{灌水前のポット重量} - \text{乾燥区 3 で蒸散が停止した時のポット重量}) / (\text{初期値} - \text{乾燥区 3 で蒸散が停止した時のポット重量})$ で算出した。また、処理開始 5 日後（8 月 21 日）の正午頃に、主茎最上位完全展開葉を対象に、気孔伝導度 (g_s) と光化学系 II の最大量子収率 (F_v/F_m) を測定した。収穫後に莢数、子実数、子実重および平均 1 粒重を調査した。

結果および考察

- 1) 対象区、乾燥区 1 および乾燥区 2 の平均 FTSW はそれぞれ 0.913、0.708 および 0.444 であった（図 1）。処理期間の蒸散量は、対象区と乾燥区 1 との間に差は無かったが、乾燥区 2 では対象区の 65%まで抑制された。対象区の蒸散量に対する乾燥区 3 の蒸散量の割合（NTR）と FTSW の関係は 2 つの直線モデルで表され（図 2）、NTR が減少し始める FTSW は 0.475 であった。
- 2) FTSW の低下に伴い、 g_s と F_v/F_m の低下がみられた（表 1）。土壌乾燥により気孔が閉鎖し、光化学系 II の光阻害が進行することが示唆された。

- 3) 平均 FTSW が 0.913 から 0.708 までは、莢数、子実数、平均 1 粒重および子実重は変化しなかったが、平均 FTSW が 0.444 まで低下すると全パラメータは減少し、子実重は FTSW が 0.918 の時の 76%まで減少した (図 3)。
- 4) 着莢期～子実肥大初期の FTSW が 0.444 になる条件下では、莢数、子実数の減少および小粒化を介して子実重が減少することが明らかになった。今後は、圃場に近い条件 (水田転換畑、群落状態) で FTSW と収量構成要素との関係を調査するとともに、気候データから FTSW を推定する方法を検討する必要がある。

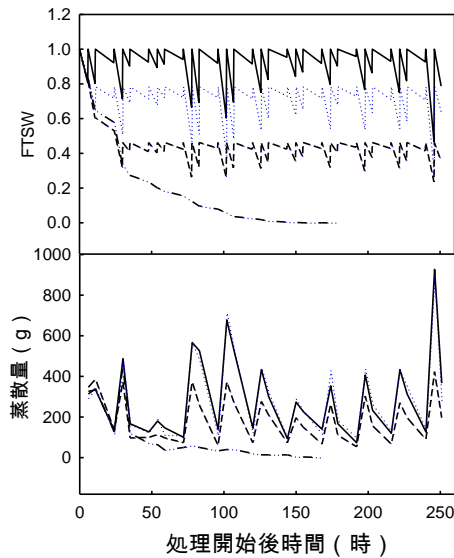


図 1. 各処理区における FTSW とポット当たりの蒸散量の経時変化. 数値は 3 個体の平均値.

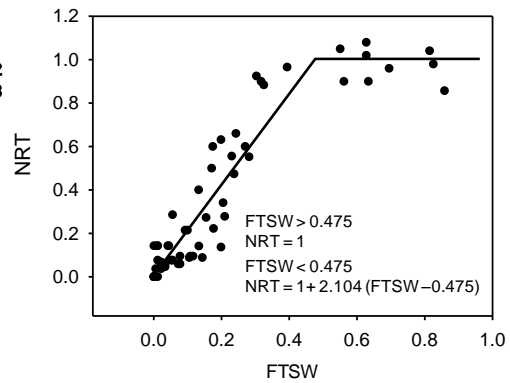


図 2. 対象区の蒸散量に対する乾燥区 3 の蒸散量の割合 (NRT) と FTSW との関係.

表 1. 各処理区における気孔伝導度 (gs) および光化学系 II の最大量子収率 (F_v/F_m). 数値は平均値±標準誤差 (n=3)

	対象区	乾燥区1	乾燥区2
気孔伝導度 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	738.9 ± 108.5	260.6 ± 112.2	46.1 ± 17.8
PSII最大量子収率 F_v/F_m	0.782 ± 0.006	0.725 ± 0.033	0.636 ± 0.018

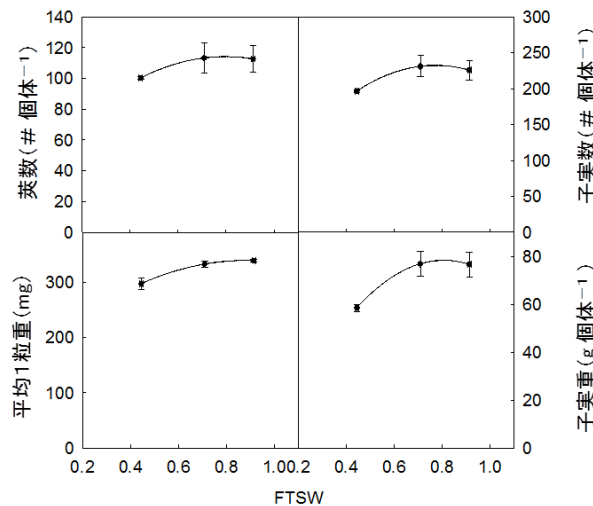


図 3. FTSW と莢数、子実数、平均 1 粒重および子実重との関係. 平均値±標準誤差 (n=3).

引用文献

- 1) Sinclair and Ludlow, 1986, *Aust. J. Plant Physiol.* 13: 329-341.

講演要旨

根域冷却開始時期の違いがトマトの収量・品質に及ぼす影響

岡田益己・白井克幸・松嶋卯月・庄野浩資（岩手大学）

[キーワード] トマト、根域冷却、糖度、水ストレス、気孔コンダクタンス

1. はじめに

トマト果実の糖度は、果実肥大過程における継続的な水ストレスにより上昇することが知られており、現在は灌水制限や塩ストレスなどの手段で高糖度トマトが生産されている。高糖度トマトの新しい栽培法として、根域を12~13℃に冷却する方法が最近開発された（Fujimura *et al.* 2012）。しかし同じように根域を冷却しても糖度上昇効果が一樣でないことが判明してきた。本研究では、根域冷却開始期の植物体の大きさの違いが、その後の冷却効果すなわち水ストレス・糖度上昇に作用すると考え、この仮説を証明するために実験を行った。

2. 実験方法

(1) 栽培及び処理方法

トマト種子（品種：桃太郎8）を2010年5月23日にセルトレイ（72穴）へ播種し、人工気象室（昼25℃、夜15℃）で発芽させた後、岩手大学のハウス内で4~5葉期まで育苗した。6月17日に水温を20℃に制御した水耕栽培槽に苗を移植した。20℃の水温で栽培した個体を、6月24日から7月15日まで1週間間隔で計4回にわたって、順次水温13℃の根域冷却ベッドに移動した。この処理により、移動時期が遅いほど冷却開始時の個体が大きくなる。毎回、9個体をランダムに選び、3個体を1グループとして根域冷却ベッドの3カ所にランダムに配置した。6月24日に移動したものをステージ1とし、以降、順にステージ2、3、4（以下、ST1~ST4）とした。

(2) 実験装置

育苗用の水耕栽培装置として、プラスチックコンテナ（900mm×600mm×245mm）を2つ用意し、冷却水循環装置とヒーターを用いて水温を20℃に制御した。水耕液は大塚A処方でECを約1.2 ms/cm、pHは約5.5に保った。

根域冷却には、(株)エッグデリカ（八幡平市）が所有するNFT水耕装置（17.5cm幅×9cm高×10m長）を利用した。ここでは養液槽内の熱交換パイプに約11℃の湧水を流して、水温を約13℃に制御し、トマトの根域冷却栽培を実施している。水耕液は大塚A処方ECを処理開始時から7月15日まで約2 ms/cm、以降、実験終了時まで約3 ms/cmに管理した。

(3) 測定

各処理の根域冷却開始時に育苗槽から5個体を採取して、部位別生体重や乾物重などを測定した。また実験終了時の9月7日にも各処理3個体×3反復について同様の測定を行った。成熟した果実については生体重と糖度を測定した。糖度は果実を破砕・ろ過した後、屈折式糖度計（MASTER-20α、アタゴ）で測定した。気孔コンダクタンスを7月23日にリーフポロメータ（SC-1、DECAGON DEVICES）で測定した。

3. 結果と考察

図 1 に各処理における根域冷却開始時の茎葉、根の生体重、葉齢を示した。ST1とST4では冷却開始時の生体重が約20倍異った。このため冷却開始が早い処理ほど、根の発達が不十分で、根域の冷却によって強い水ストレスを受けると予想された。図 2 に各処理の気孔コンダクタンスを示した。ST1では冷却開始が早いため、強い水ストレスを受けるが、ST4では水ストレスが小さいことが分かる。図 3 に気孔コンダクタンスと収量および糖度との関係を示した。糖度と気孔コンダクタンスには正の相関が、一方、収量と気孔コンダクタンスには負の相関が得られた。これは水ストレスが大きいほど、収量が低下し、糖度が上昇することを示す。図 4 に実験終了時の茎葉根生体重と果実収量ならびに成熟果の平均糖度を示した。ST1とST4の茎葉根生体重に約 3 倍、収量に約10倍の差が現れた。一方、糖度はST1で有意に高かった。ST2とST3は、ST1とST4の中間の値を示したが、糖度や気孔コンダクタンスにおけるST2とST3の関係が、冷却開始時の個体の大きさでは統一的に説明できなかつた。これはST3の移動日だけが快晴で、冷却ベッドへの移植当日に著しく萎凋し、強い水ストレスを受けたことが影響したためと考えられる。

以上より、処理開始時の植物体の大きさが異なると、根域冷却時の水ストレスが変化し、個体が小さいほど収量が減少し、糖度は増加することが明らかになった。

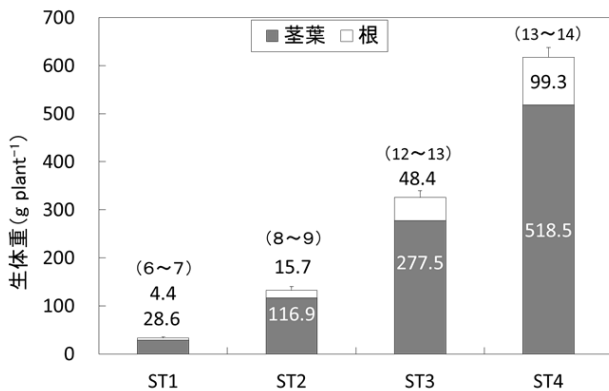


図1. 処理開始時の部位別生体重. ()内は葉齢

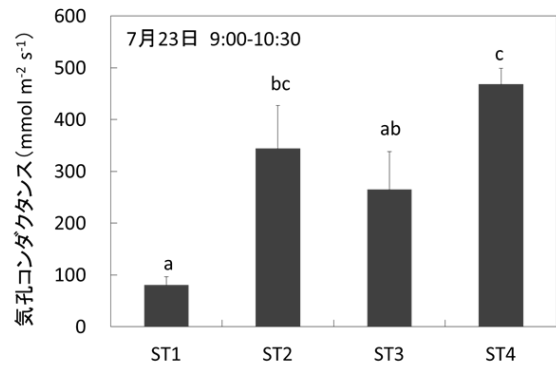


図2. 気孔コンダクタンス

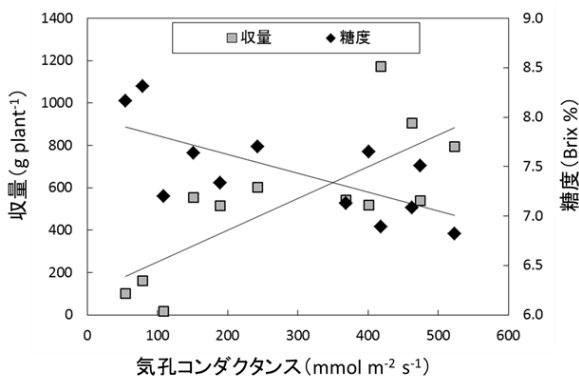


図3. 平均収量・糖度と気孔コンダクタンスの関係

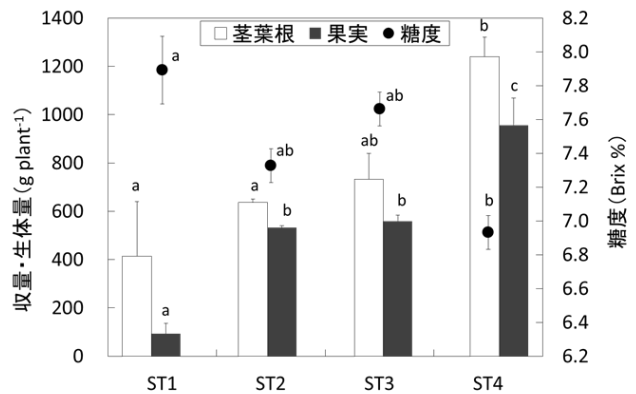


図4. 実験終了時の茎葉根生体重、果実収量および平均糖度

a, b, c : 異なる記号間に5%水準で有意差あり(Tukey-KramerのHSD検定)

[参考文献] Fujimura, S., Suzuki, K. and Okada, M. (2012) : Adaptation to root chilling increases sugar concentrations in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits. Scientia Horticulture (submitted).

講演要旨

根域冷却処理がトマト葉の光合成色素含量ならびに
光合成活性に与える影響庄野浩資¹⁾・吉田伊織²⁾・松嶋卯月¹⁾・岡田益己¹⁾(¹⁾岩手大農、²⁾千葉県)

【キーワード】高糖度トマト、根域冷却処理、光合成色素含量、光合成活性

1. はじめに

近年、高糖度トマトは青果物市場において高付加価値・高品質果実として注目度が高まりつつある。その栽培方法には、灌水制御による水ストレス負荷栽培、塩類蓄積土壌による塩ストレス負荷栽培などがあるが、いずれも高度な栽培技術が必要なため、同トマト栽培を一般の栽培者が商業的に実現することは容易ではない。そこで岡田ら(2006)は、より実現の容易な同トマトの栽培方法として、水耕栽培における根域冷却処理による栽培法を考案した。根域冷却処理が果実の高糖度化をもたらす主な要因は、低温による根の吸水制限をもたらす水ストレスと考えられるが、実際に葉などの地上部各器官にどのような生理的影響が生じ、果実の高糖度化が実現するかなどの機序は必ずしも十分解明されていない。そこで本研究では、根域冷却処理によってトマト葉にどのような生理的影響が生じるか、特に光合成色素含量ならびに光合成活性に注目し、検討した。

2. 材料

本研究では、供試材料として‘桃太郎はるか’を用いた。具体的な栽培方法は以下の通りである。すなわち、水耕ベッドを 4 個使用し(それぞれ 1、2、3、4 番ベッドと呼称)、2010 年 10 月 15 日に幼苗(本葉展開数約 5 枚程度)を各ベッドに 3 株ずつ合計 12 株を定植した。定植から約 1 ヶ月間は各ベッドの水温を 20℃ に制御して順応させ、さらに、同年 11 月 19 日から 1、3 番ベッド(以下、処理区)の水温を 12℃ に冷却する一方、2、4 番ベッドを 20℃ 一定のまま(以下、対照区)とした。すなわち、同日を根域冷却処理の開始日とし、その時点で既に展開していた処理前展開葉と、処理後に新たに展開した処理後展開葉を以下の実験に供試した。

3. 方法

測定は合計 6 回行い、前半 4 回は約 1 週間間隔で既存展開葉の小葉を測定し、後半 2 回は新規展開葉の小葉を測定した。測定時、サンプル葉(1 回あたり処理区 6 小葉、対照区 6 小葉)は 1 時間以上圃場で暗順応させた後切除し、密閉保湿容器に入れて室温に順応させた。測定ではまず光合成活性を以下の様に計った。すなわち 2,000 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ の飽和光を数分間連続照射し、その際の 680nm 付近のクロロフィル蛍光の挙動から R_{Fd} (Chlorophyll fluorescence decrease ratio) を、800~850nm の反射光の挙動から P700⁺(閉鎖した PSI 反応中心)の増加状況を同時に観察した。また光合成色素含量は、各サンプル葉からリーフディスク(1cm²)を採取し、DMF に浸して各色素を抽出、さらにその後分光器で必要波長の吸光度を測定し Wellburn(1994)の換算式によって、クロロフィル a(C_a)、クロロフィル b(C_b)、総カロテノイド(C_{c+x})各含量($\mu\text{g/cm}^2$)を算出した。さらに、各サンプル葉の生体重

を計った後、乾燥機(80)で 3 日間乾燥して乾物重を測定し含水率を算出した。

4 . 結果および考察

根域冷却処理前に展開していた処理前展開葉では、含水率、光合成色素含量、光合成活性に有意な処理間差が見られず、同処理の影響がほとんど現れないことが明らかになった。

一方、根域冷却処理後に新たに展開した処理後展開葉では、含水率は処理区の方が有意に低く、光合成色素含量は C_a 、 C_{c+x} が共に処理区の方が有意に大きかった。図 1 に含水率の結果を示す。これらから処理区では根域冷却処理による水ストレスにより、本葉展開時の細胞拡大に必要な水量が十分供給されず、結果として光合成系の濃縮が生じている可能性が伺われる。実際、光合成活性において、 R_{Fd} では処理区の方が対照区より高い傾向が見られ、また、図 2 に示す様に $P700^+$ のプールサイズも処理区が有意に大きかった。以上から、処理区では光合成活性が高まっていると判断できる。今回の結果から、根域冷却処理は処理以前にすでに展開した葉にはほとんど影響を与えない一方、処理後に展開した葉の光合成系には水ストレスを通じて明確に影響することが示唆される。

5 . 今後の課題

今回の研究は秋・冬作トマトにおける検討であるため、日射量などの栽培環境の異なる夏作トマトでも同じ傾向となるか否かに関しては今後検討を行う必要がある。また、サンプル数を増やしつつ、測定装置の改良などにより、実験結果の精度向上を図るとともに、今後は、実際に葉の光合成色素含量ならびに光合成活性の向上が果実の糖度上昇にどの様に関連しているかについても検討する必要がある。

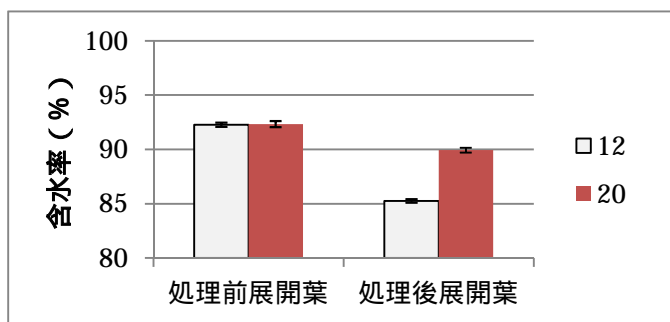


図 1 根域冷却処理が含水率に与える影響
(新規展開葉に有意な処理間差有り：P<0.05)

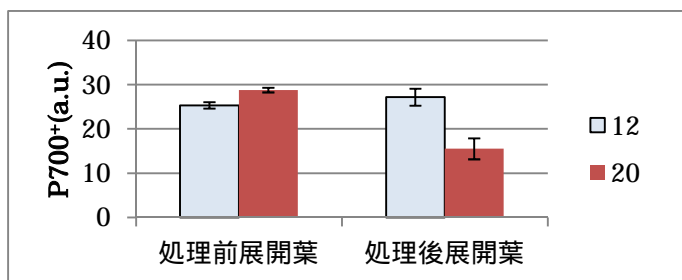


図 2 根域冷却処理が $P700^+$ に与える影響
(新規展開葉に有意な処理間差有り：P<0.05)

生体情報に基づくリモートセンシング指標

濱田 哲¹・皆川秀夫²・田中勝千²

(1 北里大学・大学院、2 北里大学・獣医学部)

【目的】人工衛星や航空機を使って地球の情報を瞬時かつ広範囲に取得できるリモートセンシングが発展している。農業分野でも産業用無人ヘリコプタやトラクターを用いて作物の生育や収量を推定する近接リモートセンシング技術が注目されている。しかし、正規化植生指数(以下 NDVI)などのリモートセンシング指標において 2 つの無視できない問題がある。分光放射計(HSR-8100, マキ製作所)における指標を構成する光スペクトルの反射率が 1 を超える問題、作物の水分や栄養素の程度を特定波長の回帰式で推定する場合、その特定波長の根拠に関わる問題である。いずれも生体の発する電磁波に起因する問題と推定される。そこで本研究では、分光放射計における反射率が 1 を超える原因の解明を通じて生体情報からリモートセンシング指標を基礎づけることを目的とした。

【方法】1) 屋外実験：太陽光の下で、3 種の光学機器、FieldSpec HandHeld2 Spectroradiometer (以下 HH2)、ハイパースペクトルイメージングセンサ(Specim, Inspector V10, 以下ハイパー)、分光放射計を用いて、機器ごとの反射率を調べた。ハイパーの計測は 30×30cm のコドラートを用いて行った。イネ科、マメ科牧草を供試試料とした。

2) 屋内実験：太陽光の下では光源が不安定なので、光源を一定とした実験装置(図 1)を用いて、分光放射計と HH2 の比較実験を行った。本来反射率は 1 以下であるが、計測の際に分光放射計の反射率が 1 以上になることから、この反射率を用いて算出した NDVI には誤差が含まれていると考えられる。そこで誤差を調べるため、反射率が 1 以下になる HH2 の値を正と仮定して比較した。実験装置は内側を黒ペンキで塗装、標準光源として白熱電球(60W)を用い、光ファイバーは側面 30cm に俯角 45°で設置した。リファレンス計測の際は白色版を光ファイバーに取り付け計測した。供試試料は北里大学 FSC 十和田農場第 1 圃場のイネ科牧草を用いた。実験後、誤差伝播法則を用いて誤差を算出し相対誤差を求めた。また、白色反射板と試料の位置の違いを考慮して $\text{COS}45^\circ$ でリファレンスの値を補正した際の誤差も算出した。

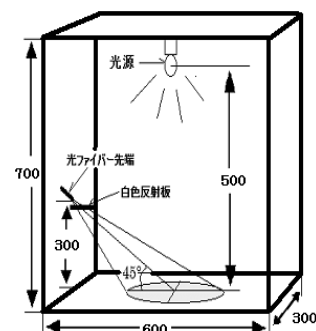


図 1. 反射率計測装置

3) 分子軌道法による光合成色素および水分子の光吸収・振動の解析：リモートセンシングで植物の水分などを推定する場合、特定波長の回帰式で相関を求め、高い相関を示す波長を用いて推定を行う場合がある。しかし毎回同じ波長が選択されるとは限らないので、特定波長を用いた推定の根拠とはなりにくい。そこで、量子力学の Schrödinger の波動方程式を用いた分子軌道法計算ソフト「WinMOPAC2009」を用いて、クロロフィル a の吸収スペクトルについて、また植物に不可欠で様々な解析に用いられる水についての解析を行った。

【結果・考察】1) 屋外実験：機器ごとの反射率を図 2 に示した。分光放射計のみ反射率 1 を超え 8 に達する異常な値を示した。

2) 屋内実験：光源が一定の実験装置で反射率を測定したところ図3のようになり反射率は1以上となった。図4に示すように牧草の反射強度が700nm付近から急速に増加し白色反射板の反射強度より著しく大きくなるからである。この場合、牧草の見かけのNDVIは0.776であるが、反射率が1を超えていることから誤差伝播の法則で相対誤差を求めると±78%にもなった。信頼性に欠ける値である。そこで白色反射板の位置が牧草の位置と異なることを考慮し点光源からの入射角補正を施し、補正後の反射率を図5に示した。近赤外域(700nm以降)の反射率を下げることはできたが、表1に示したように相対誤差は±31%と半減したものの依然高い。結論として、分光放射計の反射率が1を超える問題は、植物と白色反射板との光反射強度分布の差異と光ファイバーの光伝達特性との複合要因によるものではないかと推定した。

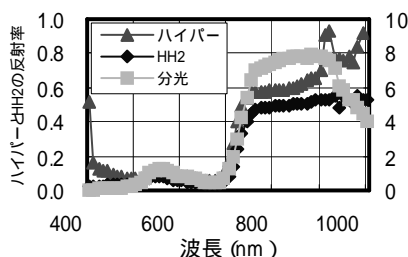


図2. 機器ごとの反射率

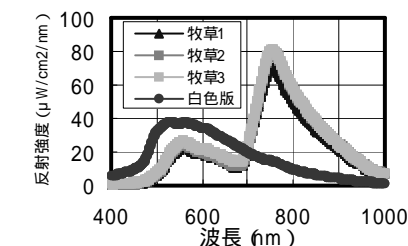


図4. 牧草と白色反射板の反射強度

表1. 補正後の誤差

平均NDVI	平均 NDVI	平均相対誤差
0.776	1.02	±31%

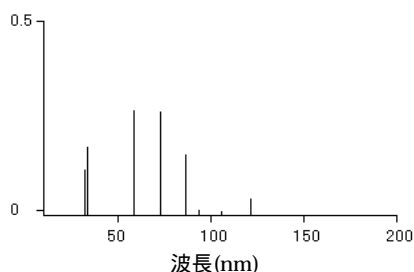


図7. 水の吸収スペクトル

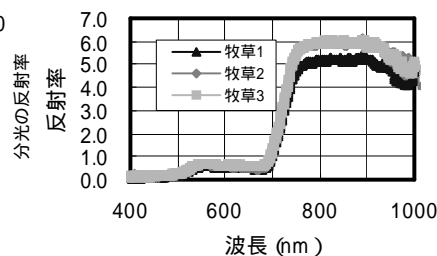


図3. 牧草反射率

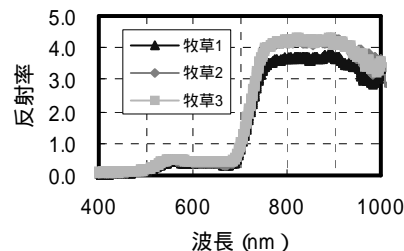


図5. 補正した反射率

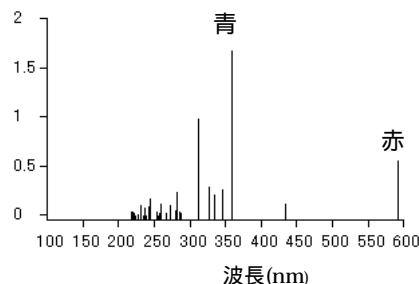


図6. クロロフィル a の吸収スペクトル

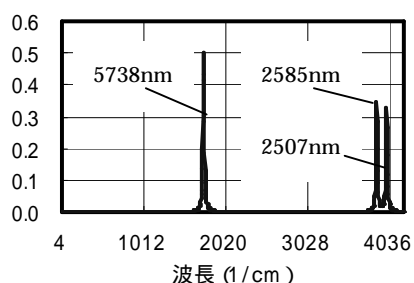


図8. 水の振動解析

3) 分子軌道法による光合成色素および水分子の光吸収・振動の解析：クロロフィル a の吸収スペクトル(図6)を求めた。実測値によればクロロフィル a の可視域吸収スペクトルは450nm付近と650nm付近で強い反応を示すが、結果は50~100nmの差が生じ、350nmと600nm付近で強い吸収が見られた。計算値は真空中を仮定し、実測値は水などの溶媒が存在するときの値である。実測値との差は溶液効果が原因と考えられる。水の吸収スペクトルについては図7、8のように求めることができたが、2500nm付近と長波長なので960nm付近の波長を検出できれば、特定波長を用いた推定の際の根拠足りえらると思える。【まとめ】分光放射計の反射率が1を超える問題は植物と白色反射版との光反射特性差に光ファイバーの光伝達特性が絡む複合原因と推定した。分子軌道法によりクロロフィル a の可視域吸収スペクトルの近似値を求めることができた。

一般気象観測データによる果樹園の日別融雪潜熱量の推定 (続報)

伊藤大雄¹・石田祐宣² (1弘前大学農学生命科学部, 2弘前大院理工学研究科)

演者らはリンゴ園で渦相関法と熱収支ボーエン比法による長期フラックス観測を実施しているが、熱収支に大きく影響する融雪期の融雪熱量を正確に把握することにより、観測の高精度化を図る必要に迫られている。また落葉果樹の生産現場では、消雪を待って施肥や農薬散布が行われることから、限られた気象情報をもとに相応の精度で日々の融雪熱量を予測し、消雪日予想の高精度化を図ることが求められる。そこで本研究では、熱収支理論に立脚した果樹園の日別融雪熱量 M ($\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$) の予測式を導出するとともに、説明変数を絞り込んだ簡易な予測式もあわせて考案し、式中のパラメータの値を実際の観測に基づいて決定するとともに、各予測式の予測精度を比較検討した。

材料と方法

【予測式】まず、熱収支理論に立脚して次の予測式 I を導出した。

$$M = h[(1 - \alpha)S - A(S/S_{max}) + B + CU(T + 0.5) - DU\Delta q] \quad \dots\dots\dots(\text{I})$$

説明変数となる気象要素は5個で、 α が雪面アルベド、 S が全天日射量 ($\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$)、 T が日平均気温 ($^{\circ}\text{C}$)、 Δq が大気あるいは雪面の飽和比湿に対する日平均比湿差 (kg kg^{-1})、 U が日風程積算 (m)である。また S_{max} は可能日射量 ($\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$)で、大気圏外日射量から天文学的に計算する。 A, B, C, D, h はパラメータである。次に、予測式 I を簡略化した式として、下記のII~IVを考案した。 $f(d)$ は日付 d のみに依存する雪面アルベドの折れ線関数 (図1) である。

$$M = h[(1 - f(d))S - A(S/S_{max}) + B + CU(T + 0.5) - DU\Delta q] \quad \dots\dots\dots(\text{II})$$

$$M = h[(1 - f(d))S + B + C(T + 0.5)] \quad \dots\dots\dots(\text{III})$$

$$M = C(T + 0.5) \quad \dots\dots\dots(\text{IV})$$

【観測に基づくパラメータの決定】弘前大学藤崎農場では、(独)防災科学技術研究所によって積雪重量が観測されており、積雪重量の減少から融雪熱量 M を把握できる。消雪日は隣接する果樹園と大差ない。本研究では2006年~2008年の1月から消雪日まで、延べ85日分の観測結果を使用して、以下の手順でパラメータの最適値を決定した。すなわち、予測式 I のパラメータ A~D にとにかく適当な数値を与え、藤崎農場のリンゴ園内で演者らが観測した $\alpha, S, T, \Delta q, U$ を代入して右辺 [] 内を85日分計算し、右辺 [] 内と M との比例回帰分析を行った。A~D に与える数値を変更しながらこの操作を84回繰り返す、相関係数が最も高かった A~D の組み合わせを最適な A~D、その時の比例回帰係数を最適な h とした。予測式 II~IV のパラメータの決定も同様に行った。

結果と考察

決定した各予測式の最適パラメータセットを表1に示した。また、最適パラメータセットの下での M の実測値と計算値の関係を、寄与率、二乗平均平方根誤差 (RMSE) とともに図2に示した。寄与率が最も高く、RMSE が最も小さい予測式は、理論的に導出した予測式 I であった。予測式 II は、予測式 I の雪面アルベドを観測値から折れ線関数に変更しただけであるが、最適パラメータセットは全く異なるものとなり、RMSE が 0.839 MJ m^{-2} から 0.967 MJ m^{-2} へと増大した。予測式 III は、予測式 II から説明変数として $U, \Delta q, S_{max}$ を除外した簡易式であるが、寄与率、RMSE 共にわずかに悪化しただけであった。予測式 IV は、説明変数から更に S を除外して T のみから予測する有効積算温度法であるが、予測精度は予測式 III より格段に劣った。以上より、気象観測が詳細に実施されているフラックス観測現場では予測式 I を利用すべきであるが、雪面でアルベドや長波放射を直接観測すれば更に精度の高い予測が可能になると推察される。一方、果樹の生産現場では予測式 IV より III の利用が望ましいが、利用の前提となる S の地上観測データは少なく、日照時間データや衛星観測データから推定する必要がある。また、現場の実情に応じた h や $f(d)$ の調整も必要になると考えられる。

表1 予測式の概要と決定された最適パラメータの値

予測式	説明変数		パラメータの最適値				
	気象要素	その他	h	A	B	C	D
I	T S α Δq U	S_{max}	0.614	3.45	0.2	3.36×10^{-6}	5.56×10^{-3}
II	T S	Δq U S_{max} $f(d)$	0.418	-1.60	1.6	6.48×10^{-6}	1.12×10^{-2}
III	T S	$f(d)$	0.395	-	2.7	2.0	-
IV	T		-	-	-	1.11	-

備考: M ; 融雪熱量 ($\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$)

T ; 日平均気温 ($^{\circ}\text{C}$)

S ; 日射量 ($\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$)

α ; 雪面アルベド

Δq ; 日平均比湿差 (kg kg^{-1})...日平均気温が 0°C 以上なら雪面 (0°C) に対する、 0°C 以下なら飽和比湿に対する大気の比湿差

U ; 日風程積算 (m)

S_{max} ; 可能日射量 ($\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$)...緯度と月日から天文学的に計算される大気圏外日射量の75%

$f(d)$; 日付に応じて雪面アルベドを与える折れ線関数

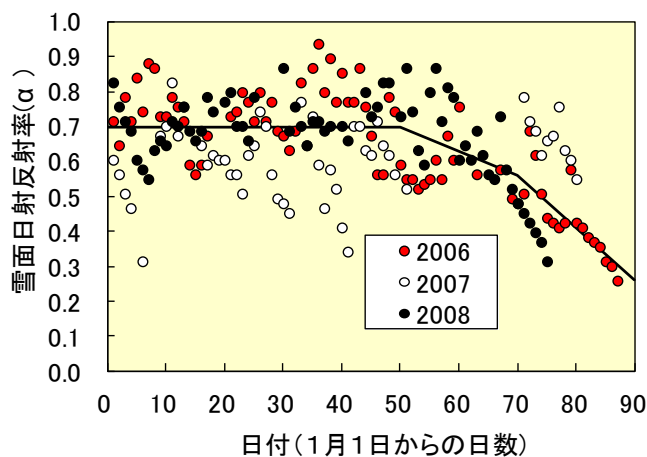


図1 2006~2008年における果樹園内の雪面アルベドの季節変化

藤崎農場リンゴ園の高度9mにおけるアルベドの観測結果から、いくつかの仮定を設けて計算した。折れ線は目視による近似。予測式IIとIIIでは、パラメータの決定に際してこの折れ線を使用した。

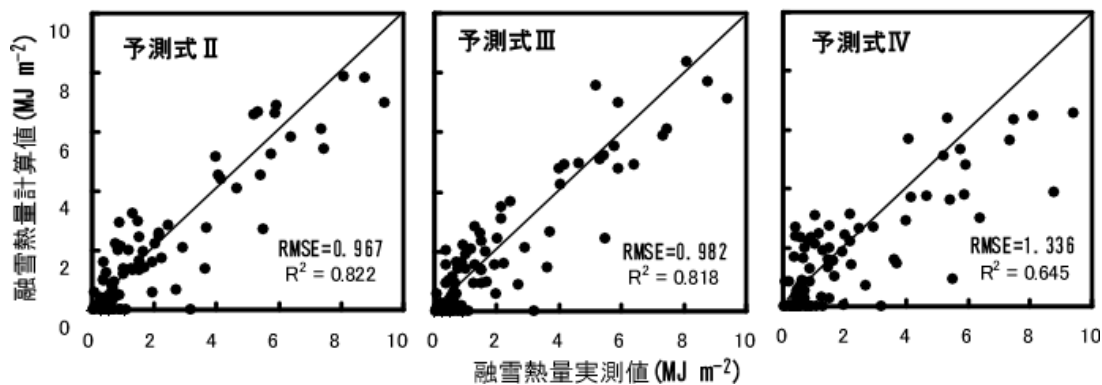


図2 最適パラメータの下での予測式I~IVによる融雪熱量計算値と実測値の関係
 R^2 は寄与率、RMSEは二乗平均平方根誤差 ($\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$)

講演要旨

ニンニクの収穫後の「シート乾燥」における
換気方法と仕上がりとの関係

○伊藤篤史・庭田英子（（地独）青森県産業技術センター野菜研究所）
八谷満（（独）農研機構生研センター）
山崎博子（（独）農研機構東北農業研究センター）

1. はじめに

昼夜の乾燥条件が異なるテンパリング乾燥は、ニンニクを氷点下貯蔵する際に発生する貯蔵障害（くぼみ症等）を軽減させることが明らかとなった。これまで青森県産業技術センター野菜研究所で行ってきたテンパリング乾燥は、倉庫内でコンテナを井桁積みして行うもので、近年、青森県の現地農家で普及しているコンテナを隙間なく積層するシート乾燥とは乾燥の環境が異なっている。そのため、野菜研究所のテンパリング乾燥と同様に乾燥が行えるか検証したところ、吸引式によるシート乾燥で同等か高い効果があった。

テンパリングによるシート乾燥を普及させるためには、現地農家が行っている連続加温乾燥に比べて乾燥期間が長引くことや、青森県で定めている乾燥仕上がり基準に達しないなどの問題点を改善する必要があるため、ここでは、テンパリング乾燥の有効性を再現することと、乾燥期間を短縮する方法について検討した。

2. 供試材料と方法

野菜研究所内のパイプハウスに収穫後のニンニクをりん茎から上部の花茎を約 5cm に調製して、コンテナ（240×900×250mm）に充填した。1 区につき 20～30 a 分（コンテナ当たり約 20.0kg（乾燥前）詰めしたもの）を積層し、シートで覆い吸引式によるシート乾燥を行った。試験区の構成は、テンパリング乾燥で排気方法を全排気する区と乾燥期間中～後期にハウス内に循環させる区、連続乾燥で同じくハウス内に循環させる区を設けた（表 1）。調査項目は入気、排気の温度及び湿度。入気側、排気側のりん茎盤茎部の水分含量（105 24 時間乾燥法）及びりん茎の重量変化を測定。灯油使用量を記録した。

表 1 試験区の構成

区番	排気方法	加温方法
	全排気	テンパリング
	全排気	ハウス内循環
	全排気	ハウス内循環
		連続

注（1）テンパリングの設定は昼（8:00～18:00）を 35℃ 設定とし、夜（18:00～翌 8:00）は 20℃ 設定。

（2）シート乾燥 1 セットは、7×2×15（縦×横×奥）の 210 コンテナ。

（3）送風用のファンはソーワテクニカ社 DF-40ESD1（風量 60m³/min、直径 40cm）を使用、乾燥期間中パイプハウスに 90% 遮光シートを展張した。

（4）パイプハウスの換気は送風用のファンに加え、温度センサにより自動でパイプハウスのサイドを開閉させた。

3. 結果と考察

- （1）乾燥初期にはどの試験区も入気と排気に温度差があった。乾燥が進むにしたがい入排気の温度差が小さくなり、乾燥中～後期に夜間の排気をハウス内に循環させると夜間の最低温度が上昇した。一方、全排気すると比較的速やかに外気温までシート内の温度が下がった（図 1）。
- （2）飽差も温度と同様の傾向が認められ、乾燥中～後期に排気をハウス内循環した場合でも、シート内の空気が十分に乾燥しており、温度と同時に飽差も上昇する傾向が認められた（図 1）。
- （3）乾燥中～後期にかけて夜間の排気をハウス内循環にすることにより、りん茎の盤茎部水分含量をテンパリング乾燥で全排気するよりも低下させることができた（図 2）。
- （4）灯油使用量は、テンパリング乾燥でハウス内循環をすると、テンパリング乾燥で全排気に比べ約 4 割減となり、連続加温乾燥でハウス内循環に比べ約 6 割減となった（図 3）。
- （5）以上のことから、農家規模のテンパリングによるシート乾燥で、乾燥中～後期のハウス内循環は乾燥期間の短縮と灯油使用量の削減に有効であった。

4. まとめ

テンパリングによるシート乾燥を行う目的は、高品質なニンニクを周年供給することである。そのためには貯蔵障害の軽減が必要であり、本研究で行った乾燥の改善だけではその良否を判断することはできない。今後、貯蔵品質の確認を行うことで、乾燥方法として有効であったか判断する。

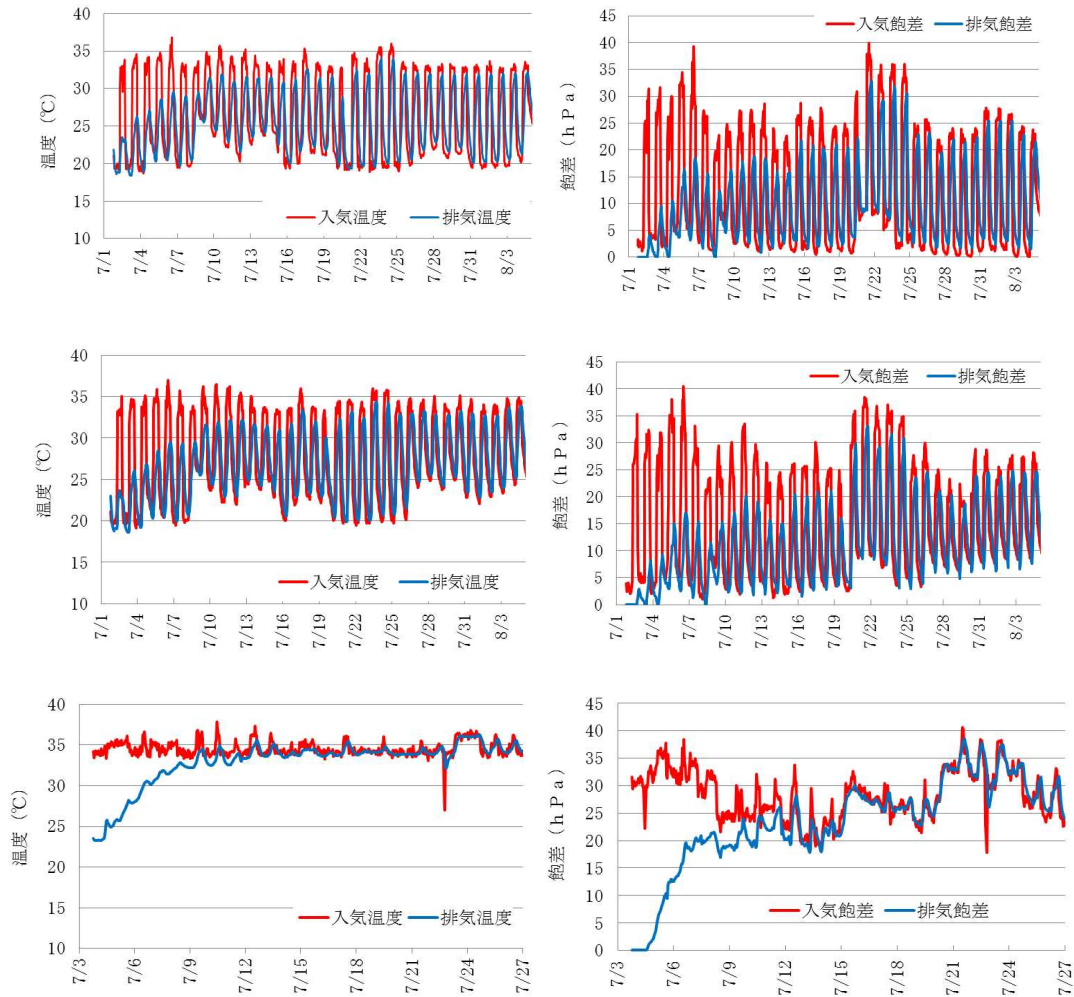


図 1 入排気の温度と飽差
(上段：テンパ・全排気 中段：テンパ・内循環 下段：連続・内循環)

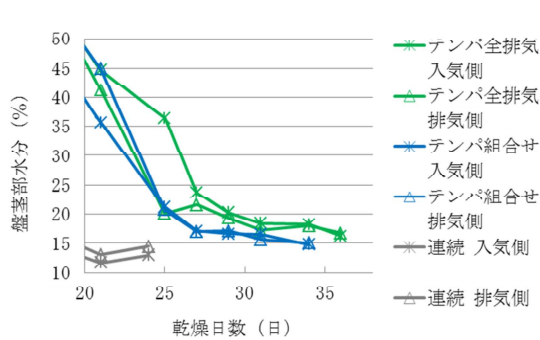


図 2 盤茎部水分

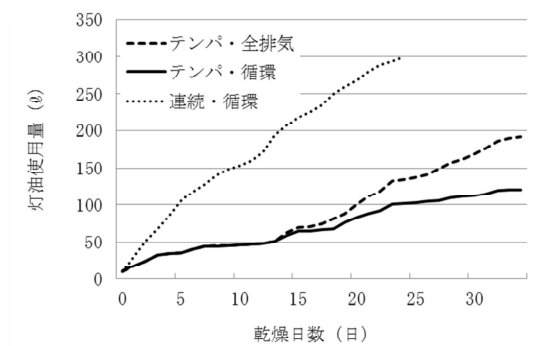


図 3 灯油消費量

本研究は、青森県重点事業（平成 21～22 年）及び新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（平成 21～23 年）により実施しました。

講演要旨

過去 100 年のイネ品種の生育とメタン放出に及ぼす 二酸化炭素濃度上昇の影響

○程 為国¹・小林理美¹・酒井英光²・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】

イネの組織的な交雑育種が始まって 100 年余りが経過した。この間に品種改良によって、収量性、肥料応答性、食味などは大きく改善された。しかし、この 100 年余りで大気中の二酸化炭素(CO₂)濃度は約 80ppm も上昇したが、イネの CO₂への応答性が遺伝的に改良されたかは明らかではない。また、水田からイネを経由して放出されるメタン(CH₄)は CO₂に次いで地球温暖化に影響を与えている。本研究の目的は CO₂濃度上昇が 1 世紀に渡るイネ品種の CH₄放出量に与える影響、および現在の環境において、これらのイネ品種の生育がどのように変化したかを明らかにすることである。

【材料と方法】

1. イネ品種

本研究では、明治時代から現在までに登録された以下の5品種を用いた。

品種名	品種登録年	本研究で略称
愛国	1882 (M15)	AI
農林8号	1934 (S9)	NR
コシヒカリ	1956 (S31)	KS
アキヒカリ	1976 (S51)	AK
あきだわら	2009 (H21)	AD

2. 実験Ⅰ:過去 100 年の 5 品種のメタン放出に及ぼす二酸化炭素濃度上昇の影響

本実験は、2010 年の夏に、大気 CO₂濃度を 380ppm(標準区)と 680ppm(高 CO₂区)に設定した環境制御チャンバー(つくば市農業環境技術研究所の敷地内)を用いて、上記の 5 品種を4反復でポット栽培した。実験に用いた土壌は茨城県つくばみらい市谷和原の水田から採集した沖積土壌であった。そして各品種の幼穂形成期と出穂期において、それぞれの CH₄放出量測定を行なった。

3. 実験Ⅱ:過去 100 年の 5 品種の生育および収量構成要素の比較

本実験は、山形大学農学部敷地内(鶴岡市)に、上記の 5 品種を4反復でポット栽培した。実験に用いた土壌は山形大学農学部フィールド科学センターの水田から採集した土壌でポット栽培を行ない、生育、収量および収量構成要素の調査を行なった。

【結果と考察】

実験Ⅰ：過去100年の5品種のメタン放出に及ぼす二酸化炭素濃度上昇の影響

各品種の幼穂形成期のCH₄放出は、殆ど検出されなかった。出穂期のCH₄放出量の結果は、図1に示した。5品種とも標準区と高CO₂区のCH₄放出量に有意な差は見られなかった。また晩生品種、すなわち生育速度が遅い品種ほどCH₄放出量が多くなり、これは、時間の経過と共に土壌の還元が進み、土壌中のCH₄生成量が増えたためと考えられる。

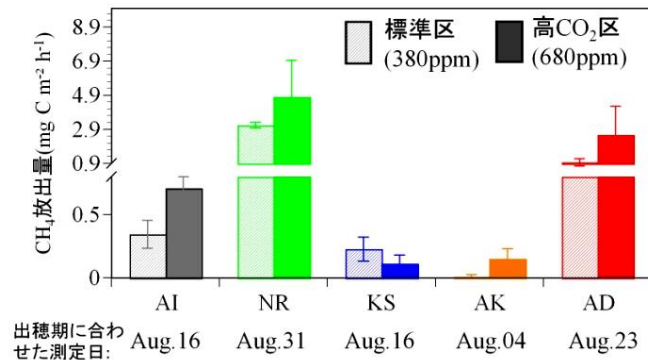


図1 出穂期における5品種イネからCH₄放出量 (n=4)。

実験Ⅱ：過去100年の5品種の生育および収量構成要素の比較

現在の環境で、栽培された過去100年の5品種の穂数はほぼ変わらなかったが、登録が新しくなるにつれ、1穂あたりの粒数が増え、1粒重が軽くなる傾向が見られた(図2)。また、旧品種ほど不稔率が高く、これは新品種よりも2010年の夏の高温の影響をより強く受けたためと考えられる。このため、大気CO₂濃度上昇に伴う温暖化に適応できる品種の改良が今後さらに重要になってくる。

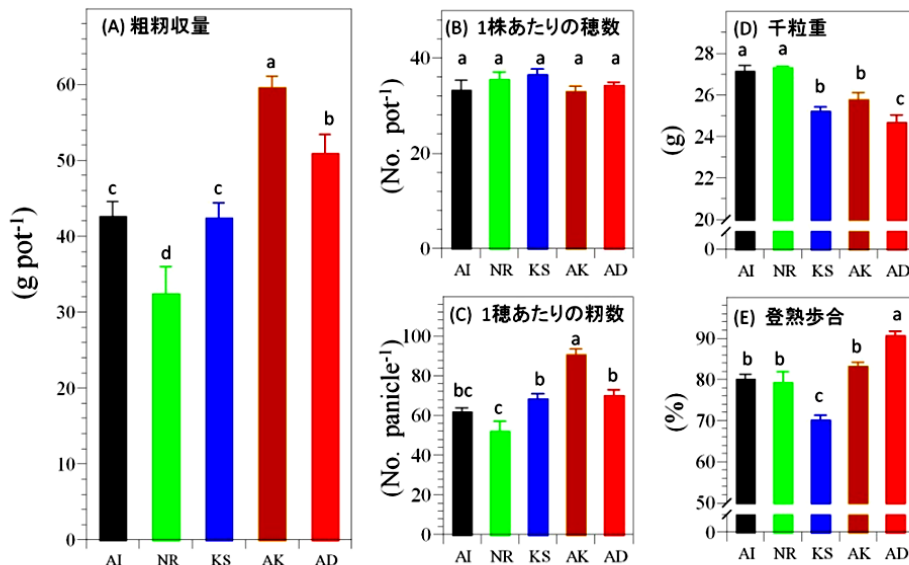


図2 5品種の粗粒収量(A)と収量構成要素(B,C,D,E)。a,b,cは5%で有意を示す (n=4)。

講演要旨

塩濃度が水稲の光合成及び生育に及ぼす影響

○渡邊翔太¹・岩崎悠²・皆川秀夫³・田中勝千³・杉浦俊弘³・鈴木由美子³

(¹北里大学・学生, ²北里大学・院, ³北里大学獣医)

【背景及び目的】平成23年3月11日,東北地方太平洋沖地震による津波で,青森県では76haの水田が塩害に遭った.一部の水田では震災後に代掻きによる除塩作業が成された.

しかし,代掻きによる除塩は対策として確立してきたものの,その後の生育に関しての良し悪しの判別については未だ確立していないものがあると考えられる.

そこで本研究では光合成活性を詳細に捕らえられるクロロフィル蛍光計測を用い,水稲に生じる塩濃度による被害を光合成活性の見地から解析すること目的とした.

【材料及び方法】

1)供試土及び施肥:黒ボク土を採取し,4.75mmの篩で篩分けを行った.篩分けを終えた土を1/5000a(約3.8L)の中に2.8Lずつ加えた.施肥はN:P:K=0.14:0.245:0.14(g/2.8L)とし,そのうちの70%を基肥,残りの30%を追肥とした.

2)供試水稲:青森県の主要品種である「まっしぐら」を対象にした.

3)設定:1ポット当たり4株の3区制とした.濃度設定は水稲の生育限界である1000ppmを基準とし,対象区(0ppm),500ppm,1000ppm,2000ppm,4000ppmとした.

4)塩濃度調整:初期のみ,塩(NaCl)を風乾土重当たりに対し0%,0.05%,0.1%,0.2%,0.4%の添加を行った.

5)測定項目:生育量の評価・光合成活性の評価・収量の評価の3つの項目を測定した.

①生育量の評価:草丈・草高・茎径・根重:各々1ポットずつの平均を計測値として採用した.

②光合成活性の評価:SPAD値,クロロフィル蛍光,蒸散量を計測した.

SPAD値:計測にはSPAD計を用い,4株植えたうちのすべてから1葉ずつ適当なものを選抜し,この平均値を計測値として採用した.

クロロフィル蛍光(図1):光合成蒸散測定装置(Li-6400, Li-Cor社)を用いた.

計測はSPADの計測と同様に適当な葉を選抜し,蛍光収率から得られる光合成指標(Φ_{II} , qP , F_v/F_m' , qN , NPQ , F_v/F_m , E_{TR})を測定し,区ごとに平均値を算出した.

③収量の評価:稔実歩合・登熟歩合を調査し,区ごとの平均値を算出した.

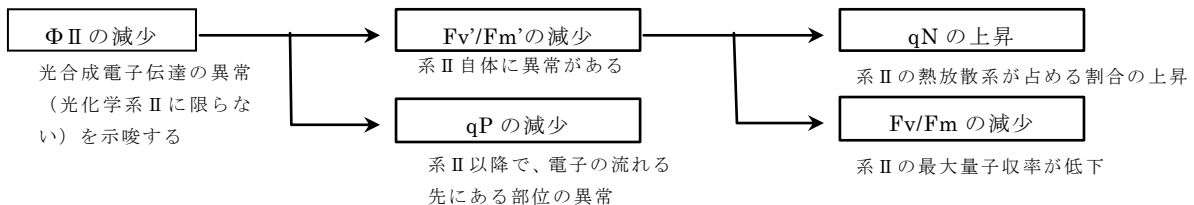


図1 光合成指標の意味

【結果及び考察】1)生育量の影響:茎径及び草丈では栄養生長期において塩濃度が増加することにより,生育量が低下するという影響が見られた(図2,3).またその期間に見られた生育量の低下はその後の生育量にも影響をもたらした.

これは,塩によるカリウム及びリンの吸収阻害が起こり,根の生育が抑制されることが要因と考えられる.

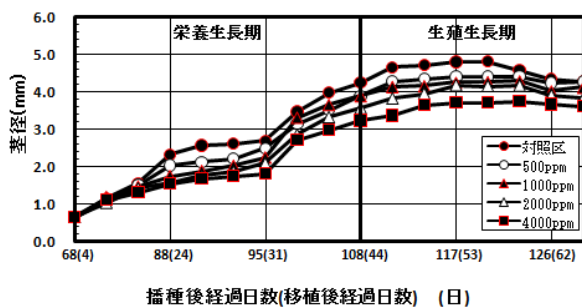


図 2 経過日数毎の茎径の変化

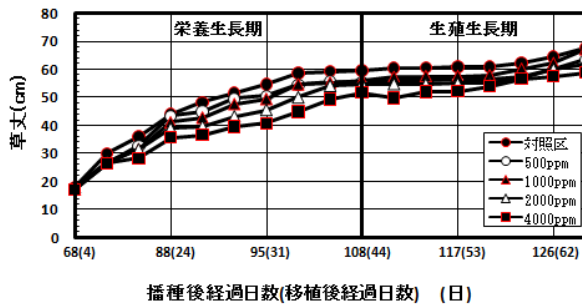


図 3 経過日数毎の草丈の変化

2)光合成活性の影響:光合成活性では光化学系 II (F_v'/F_m')並びに熱放散系(q_N)の異常が栄養生長期~生殖生長期において確認された(図 4,5). 異常が確認されたものは 1000ppm~4000ppm であり,いずれも減収に至ったものである(表 1).

光化学系 II に異常が確認されたことは,系 II における電子伝達反応に支障が来たされていること示唆する.また,熱放散系に異常が確認されたことは,系 II において許容出来るエネルギー量に対して過敏になった可能性が考えられる.その為,通常の水稲では光合成として利用可能なエネルギー量の何割かが,許容量を超過したエネルギーとなり熱として放出されてしまっていると推測できる.通常,系 II において電子伝達はほぼ 100%の効率で行われているが,光化学系 II と熱放散系の異常によりプラストキノンへと伝達される電子量が低下していることが考えられる.その為,系 II 以降においても通常よりも電子量が低下しており,結果として光合成能力が低下すると予測出来る.

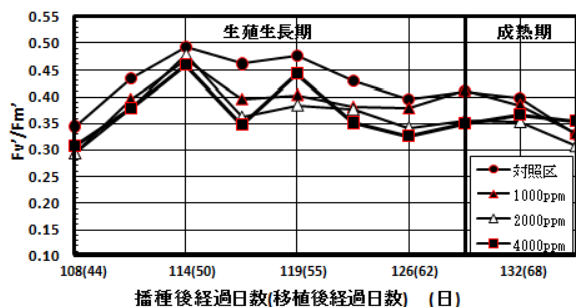


図 4 経過日数毎の F_v'/F_m' の変化

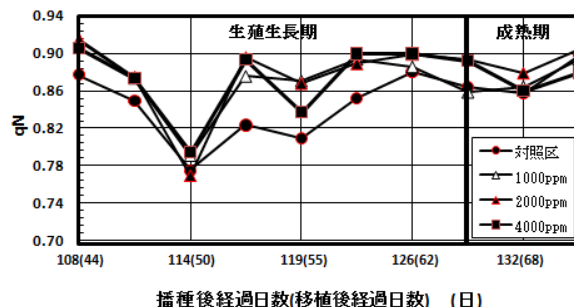


図 5 経過日数毎の q_N の変化

表 1 塩濃度別収量調査

	塩濃度				
	対照区	500ppm	1000ppm	2000ppm	4000ppm
稈実歩合 (%)	77±8	79±3	71±3	74±4	51±12
相対値	1.0	1.0	0.9	1.0	0.7
登熟歩合 (%)	33±7	33±9	24±10	17±7	4±7
相対値	1.0	1.0	0.7	0.5	0.3

【まとめ】

塩濃度の被害による影響は光化学系 II において強く現れ,光合成能力を低下させるものである.その為,被害を受けた水稲は光合成能力が低下するものとなる.

光合成能力の異常が見られた生殖生長期ではその後も値は推移し続け,完全に修復されることはない.その為,生殖生長期に見られる光合成能力の低下は減収と関係があるのではないかと考えられる.また,本研究では光合成能力の低下と減収を併発する可能性がある塩濃度は生育限界である 1000ppm 以上の濃度であると推測される.

東北地方における水稻の移植栽培における晩限日の推定について

神田英司・菅野洋光・鮫島良次（東北農業研究センター）

はじめに 2011年3月11日の東日本大震災により、被災地および被災地周辺の農耕地において、海水の冠水、パイプライン等の灌漑設備の損傷が生じました。それら農業インフラの損傷および諸般の事情により、水稻作付が可能であっても移植期の遅れが生じる地域が相当面積に及ぶことが懸念されました。そこで、気象データと生育予測モデルを用いて、東北地域を対象に、移植晩限日の推定を試みました。

材料と方法

(1) 安全成熟期晩限日に基づく移植期の晩限

- ・東北の主要品種について算出した。
- ・1981年～2010年の30年間の日平均気温平年値を使用した。
- ・内島(1983)の方法に基づき、気温平年値が15以下となる初日を安全成熟期晩限日(M_L)とした。次いで、安全成熟期晩限日から遡って日平均気温を積算し、品種固有の登熟に必要な積算温度に達する日を出穂期晩限日(H_L)とした。さらに、出穂期晩限日から出穂期予測モデルを使用して遡及的に移植期晩限日(TP_L)を算出した。
- ・登熟に要する積算温度は、各県の指導情報を参考に早生(まっしぐら、つがるロマン、いわてっこ：950日)、中生(あきたこまち、ひとめぼれ、はえぬき：1000日)、晩生(コシヒカリ：1050日、福島県浜通り：1100)とした。
- ・出穂期の推定には、神田ら(2000,2002)の主稈葉齢進捗モデル、幼穂の発育モデルを使用した。モデルのパラメータは盛岡での栽培データを用いて決定し、品種の早晩により主稈総葉数を調整した。ただし、稚苗移植を対象としてパラメータを決定した。

(2) 移植期の遅れに伴う冷温による登熟不全発生リスク分析

- ・東北の主要品種について算出した。
- ・1991～2010年の20年間の年々の気象データを使用した。
- ・日平均気温が連続する3日間で12未満になると登熟が停止すると仮定し、そのような条件を満たす最初の日を成熟晩限日とした。その日から遡って積算温度を計算し、各品種固有の登熟に要する積算温度に達する日を出穂期とした。ただし、登熟相に要する積算温度は、方法(1)と同様とした。
- ・さらに、出穂日から(1)と同様に移植期予測モデルで遡及的に移植日を算出した。その翌日以降の移植日では、登熟相後半の冷温により成熟期に至らず、登熟不全になると仮定できる。以下、生育の種々の時期の温度条件によって生育が遅れ、登熟相後半に冷温に遭遇し、登熟不全となることを単に登熟不全と呼ぶことにする。
- ・以上の計算を20年間の毎年について行い、様々な移植日に対する登熟不全発生リスクを算出した。また、計算結果をもとに、登熟不全発生リスク0、10、20、30%を与える移植日(それぞれ、 $TP_{0\%}$ 、 $TP_{10\%}$ 、 $TP_{20\%}$ 、 $TP_{30\%}$)を推定した。

結果と考察

TP_L 、 H_L 、 M_L (図1)および $TP_{10\%}$ 、 $TP_{20\%}$ 、 $TP_{30\%}$ (図2)について、稲作地帯区分別の代表品種を用いた計算結果をメッシュ図で示した。 TP_L は、気象平年値に基づいて算出した移植晩限日であるため、1993年のような冷害年には登熟不全が発生する危険性が残されているが、移植晩限日として TP_L を採用した場合、過去の20年の気象条件では、多くの地点で登熟不全発生リスクは10%以下の低い確率であった。過去20年間の気象条件で登熟不全を発生しないと推定された移植日が $TP_{0\%}$ であるが、東北では、そのような日が存在しない、すなわち登熟不全発生リスクを0にできない地点が存在する(データ省略)。また、リスク10%以下にできない地点も多数存在する(図2)。したがって、実際的な移植晩限日としては TP_L が現実的である。

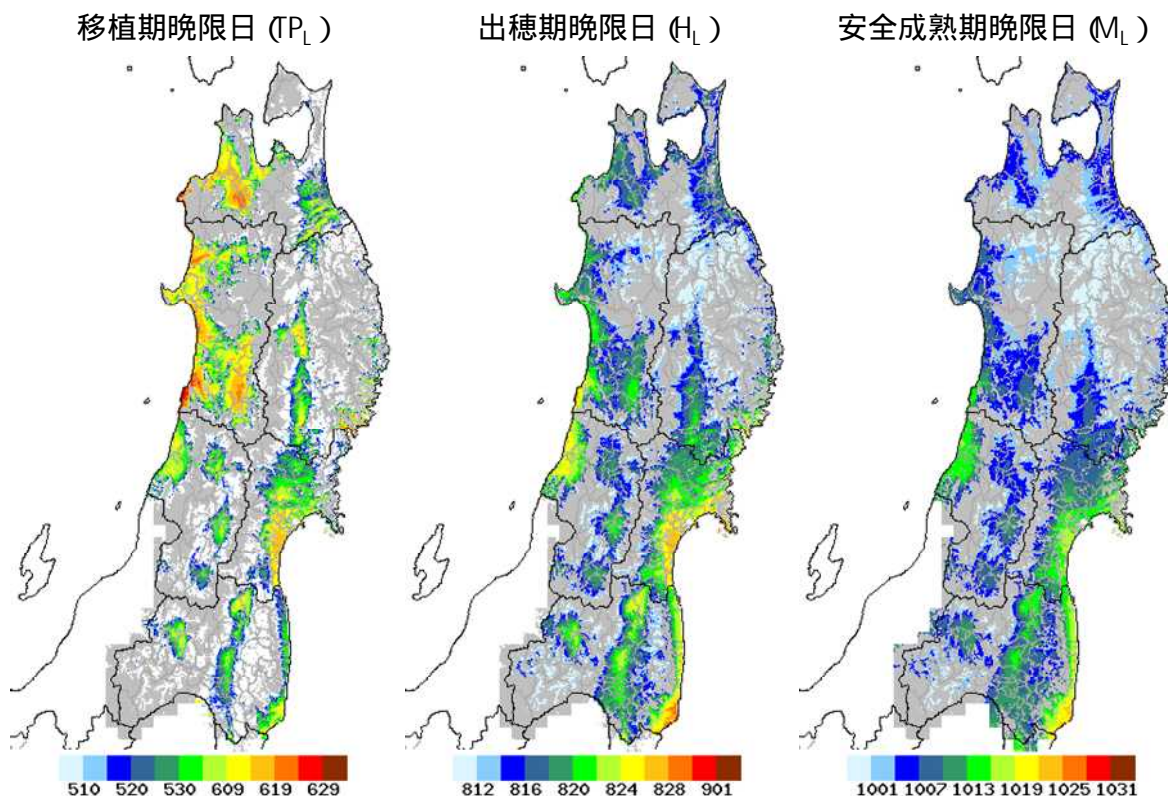


図 1 . 方法 (1) で算出した東北地方の移植期晩限日 (TP_L) 出穂期晩限日 (H_L) 安全成熟期晩限日 (M_L) のメッシュ図。白は低温により移植期晩限が設定できないメッシュ、灰色は水稲栽培が行われていないメッシュを示している。

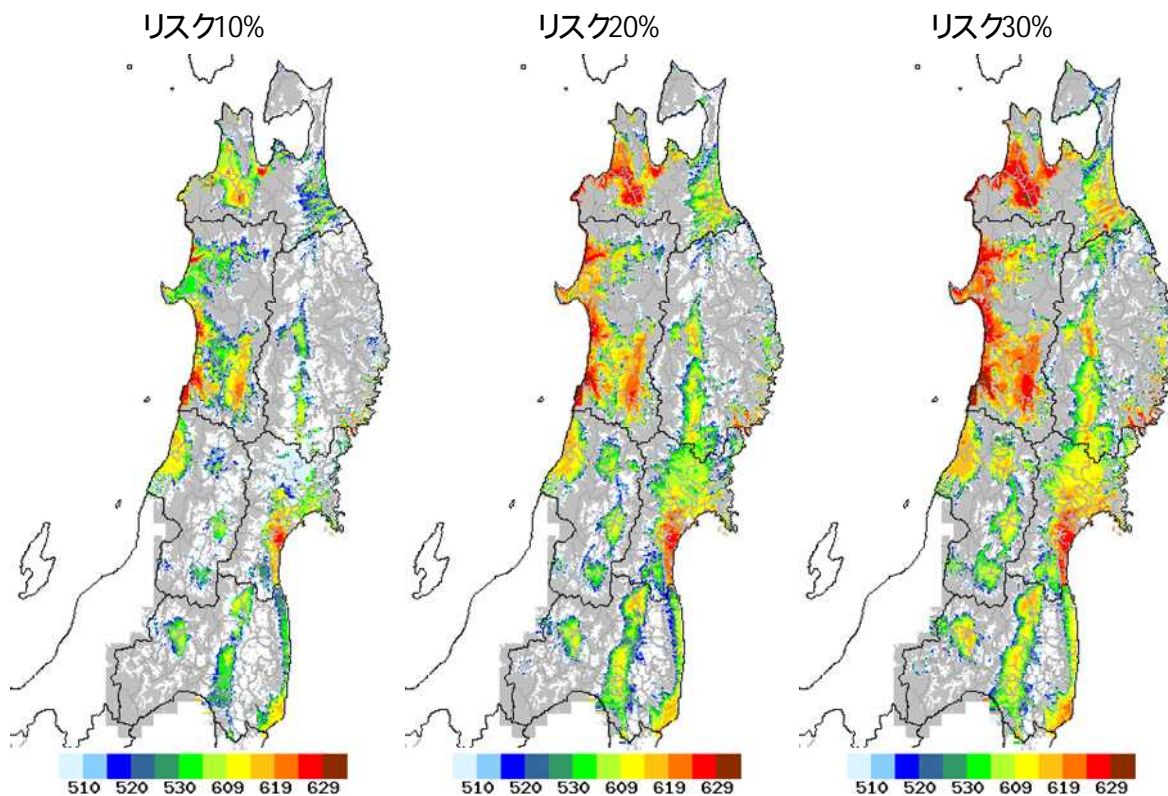


図 2 . 方法 (2) で算出した東北地方の登熟不全発生リスク 10、20、30% を与える移植日 (それぞれ、 $TP_{10\%}$ 、 $TP_{20\%}$ 、 $TP_{30\%}$) 白は低温により該当日が存在しないメッシュ、灰色は水稲栽培が行われていないメッシュを示している。
 1) リスク 10% の移植日では、10 年に 1 回の確率で成熟期に到達しない可能性がある。

> > > 支部だより < < <

1 . 2011 (平成 23) 年度支部大会

2011 年度支部大会は山形テルサ (山形市) において、11 月 7・8 日に開催されました。7 日には一般研究発表会が行われ、13 題の発表があり、活発な討議が行われました。その後、震災関連の情報交換が行われました。8 日には山形県園芸試験場見学が行われました。

7 日の総会において、総則第 3 条の改定案が事務局より提案され了承されました。

2 . 会員動静

(2010.4.1~2011.3.31)

[入会] 熊谷悦史、程為国、岩崎悠、大久保さゆり

[退会] 浅利欣一、大谷裕行、越水幸男、佐々木忠勝、諏訪充、高橋政夫、
田村晃、森山真久

会員数 (2011 年 8 月 1 日): 126

名誉会員: 1 名

会友: 0 名

会員: 112 名 (支部のみ 60、本部のみ 43、本部 (管外 9))

図書館等: 13 (支部のみ 4, 本部購読会員 7、本部賛助会員 2)

3 . 寄贈図書

日本農業気象学会本部および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 . 2012 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、2012 年度の候補者をご推薦ください。締め切りは 2012 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 . 2012 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、2012 年度の候補者をご推薦ください。締め切りは 2012 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。

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

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): 役員の任期は 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会費は次のとおりとし、前納とする。

支部会員 1,500 円

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、査読表に従って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。

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、必要事項を記入した投稿票と原稿を一緒に、原本1部とコピー2部を編集幹事に送付する。
- 1.2 ワードプロを用いた投稿には、A4サイズの内紙を縦向き、横書きに使い、24字22行とし、行間を十分に開けて原稿を作成する。積極的に再生紙を利用し、両面印刷する。これらの原稿4枚で、A4サイズの縦向き2段組の刷りあがりページになる。手書きの場合、市販のA4サイズ400字づめ原稿用紙を用いる。
- 1.3 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。
- 1.4 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」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 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 投稿票

- 3.1.1 機関誌に綴じ込まれた投稿票に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

3.2 本文

3.2.1 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。

3.2.2 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%以上の人は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。

- 3.2.3 和文は平仮名まじりとし、数式の上下には1行づつスペースをとる。
- 3.2.4 文章中の式は、 a/b 、 $\exp(t/r)$ のように書く。
- 3.2.5 単位は統一して使用する限り、S単位、CGS単位、MHK単位のどれでもよい。
- 3.3 図表
 - 3.3.1 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。
 - 3.3.2 図・表の説明は、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。
 - 3.3.3 図は原則としてA4サイズのトレーシング用紙に墨書きとする。鮮明であれば、コンピューターのプリンタやプロッタでA4サイズ上質紙にうつだしたものでよい。
 - 3.3.4 原図の大きさは、原則としてA4サイズ以下で、刷上がりの2倍とする。特に、図中の文字や数字の大きさは縮小を考慮して記入する。刷上がりの図の幅が、1段分か、2段分かを考慮する。
 - 3.3.5 表は、本文とは別のA4サイズの紙に書く。刷上がりの表の幅が、1段分か、2段分かを考慮する。複数の表を同じ用紙に記入してもよい。
 - 3.3.6 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。
 - 3.3.7 本文中の図・表の挿入箇所に、上下各1行づつスペースをあけて説明文を記入し、これを朱で囲む。
- 3.4 引用文献
 - 3.4.1 著者名のABC順に論文の末尾に一括する。
 - 3.4.2 「著者、年、題目名、誌名(略)、巻、ページ。」の順に従って書く。

(例)

上蔵建治,1991 冷害と宮沢賢治「ヴスコブド」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.
 - 3.4.3 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 機関誌に綴じ込まれた投稿票に「論文」と同様に、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. 著者校正
 - 5.1 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。
6. 別刷
 - 6.1 別刷の必要部数は投稿票に記入する。
 - 6.2 依頼原稿以外の別刷代はすべて実費とする。

東北の農業気象 第 56 号

2012 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 - 3408
振替口座 02270 - 7 - 4882
