

# 東北の農業気象

Agricultural Meteorology in Tohoku

Vol. 54

Mar. 2010

## 支部大会シンポジウム要旨

東北における作物生産力の向上に向けて 荒川市郎	1
気候モデルデータの紹介－東北の気候特徴の具体的イメージを示すシナリオとして 菅野洋光	4
青森県におけるリンゴ栽培の温暖化対策 今村友彦	10
近年の気候変動に対応した大豆の安定・多収栽培 松波寿典	12

## 支部大会研究発表要旨

八ヶ岳南麓で観測される高標高斜面温暖帯について 田中博春	15
連作畑における土壌線虫の種類と密度 皆川秀夫・山本奈穂子・井上達博・田中勝千	18
低温が水稻の生育および光合成特性に及ぼす影響 皆川秀夫・岩崎悠・大浦良・田中勝千	20
水稻分げつ期の気温経過からみた「あきたこまち」の収量への影響 佐藤雄幸・金和裕・宮川英雄	22
2009年の気象経過からみた大豆生育の特徴 佐藤健介・松波寿典・佐藤雄幸	24
イネ穂分化における基本栄養生長相の評価 岡田益己・塩見泰平	26
霜害低減のための温度管理システムの開発 渡邊明	28
過去データに見られるダイズ生育への気象影響 鮫島良次	30

裏面に続く

## 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

気温メッシュ情報を用いた東北地方の作柄表示地帯別の水稻の出穂期予測 川方俊和・菅野洋光	32
--	----

#### 支部だより

2009年度支部大会報告	34
--------------	----

#### 支部会案内

会則・規程	36
投稿規程	40

東北における作物生産力の向上に向けて

荒川 市郎 (福島県農業総合センター)

1 はじめに

東北地方は、水稻を始めとした夏作物の生産力が高い地域である。かつて実施された米作日本一の記録の中には、東北地域の農家が多数入賞している。例えば、秋田県比内町の工藤雄一氏の10a当たり1,052kgという収量は、全刈り収量の日本記録である。また、試験研究機関においても秋田県農業試験場の1975年の試験例では、10a当たり1,000kgを超えている。

水稻の多収穫に関する研究は、東北の稲作が単収の向上から良食味米生産に移行するとともに減少しているが、近年イネのバイオマス利用や飼料米としての活用などが注目される中で、単収を向上させる生産技術として再度注目されている。

本稿では、これまでに東北地域で実施された水稻の単収と気象の関係や多収事例の解析に関する研究成果について、主に農業気象の面から検討してみたい。

2 試験研究方法

日本作物学会東北支部報および東北の農業気象の中から、気象と水稻の収量や多収穫について検討した文献を元に、地域の作柄や作況試験を基に豊凶と気象の関係を検討したものと、10a当たり900kgを超える超多収の事例解析を対象に検討した。

3 水稻の収量と気象

(1) 多収地帯の気象の特徴

東北地域の多収地帯は日本海側に偏在しており、登熟期間である8月・9月の気温に注目して類型化すると特定の温度の範囲に収束する(図1、内島)。また、収量を日照時間で除した数値と登熟期間の平均気温との2次回帰式から、気候登熟量示数の概念が生まれており、登熟期間の平均気温が21.4°Cの時、単位日照時間当たりの玄米生産効率が最も高くなる(図2、羽生)。これらのことから、東北の高収量は、登熟期間の気温が適温に近く、日射エネル

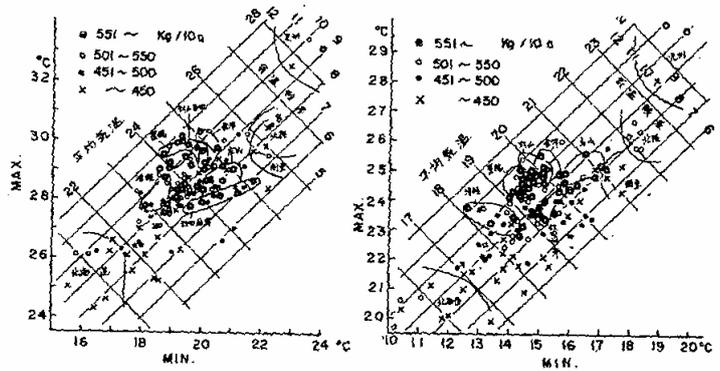


図1 各地の8, 9月気温条件と収量階層 (内島)  
左; 8月気温、右; 9月気温

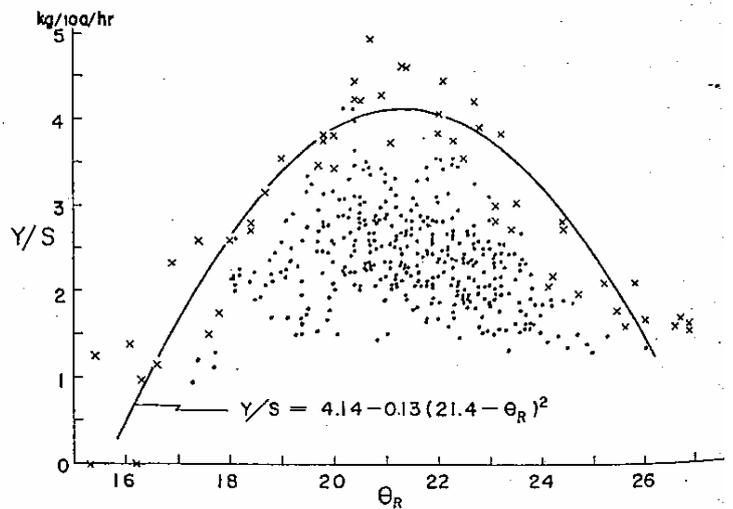


図2 登熟期間(出穂後40日間)の日照時間(S)

ギーを有効に活用できる登熟環境によって温 支えられていると考えられる。

(2) 超多収の事例から見た収量と気象

梅本らは、東北地域の試験研究機関の900kg を超える試験結果をデータベース化し、超多収の要因解析を試みている。これらによると、超多収事例は1984年から1987年に多いが(図3)、この時期は単収向上に関する品種の育成や栽培試験が注目された時期と気象条件が安定していた時期が重なっているためと考えられる。一方、注目すべきは、その前後の冷害年とされている年次でも多収の事例が報告されていることである。

同様のことは、たとえば、1975年の秋田県農業試験場や1994年の福島県

農業試験場冷害試験地の多収事例は、比較的高温多照の年次であるが、1993年の福島県農業試験場会津支場における「ふくひびき」の938kgの例は、冷害年であればこそ得られた収量である(表1)。このことは、東北地域の水稻の収量は、前述の羽生らの気候登熟量示数からみて、気温が低くとも障害不稔がなければ高い収量が期待できることを示唆している。

表1 超多収水稻の収量、収量構成要素

事例	年次	出穂期 (月日)	収量 (kg/10a)	m <sup>2</sup> 粒数 (100粒)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	品種
会津支場	1993	8.11	938	565	74.7	22.3	ふくひびき
冷害試験地	1994	7.29	1019	526	84.9	21.7	まいひめ
秋田農試	1975	7.31	1011	589	86.7	21.6	アキヒカリ
工藤雄一	1960	8.10	1052	409		24.2	オオトリ

(3) 超多収を支える栽培技術

内島は、m<sup>2</sup>あたり粒数と登熟条件(日照時間の積算値×日較差)の関係を指摘しており、地域の登熟環境に見合った最適粒数の存在を明らかにしている。

一方、梅本らの超多収解析によれば、m<sup>2</sup>あたり粒数は品種間差があるものの4万5千粒から6万粒の範囲にあり(図4)、他の事例でも幅が認められる。このことから、東北地域における超多収のための粒数は5万粒を目標にすれば良いと考えられる。

栽培技術の特徴としては、米作日本一の工藤の例では、晩生品種を早植するなどして、栄

1時間当たり全玄米生産(Y)と同期間の平均気(θR)との関係(羽生)

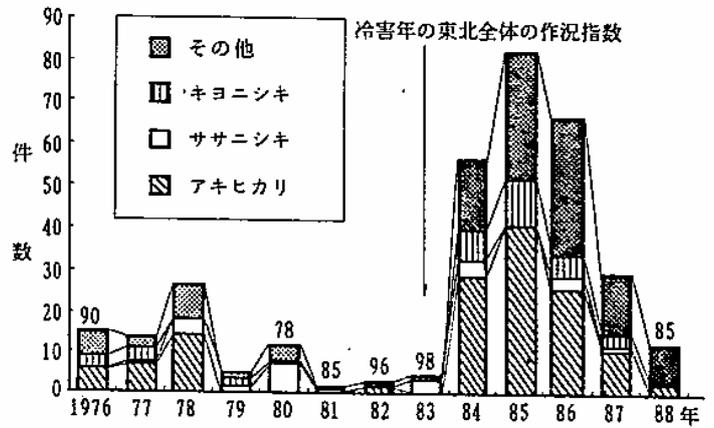


図3 多収事例の推移(梅本)  
1987、1988は未収録データあり

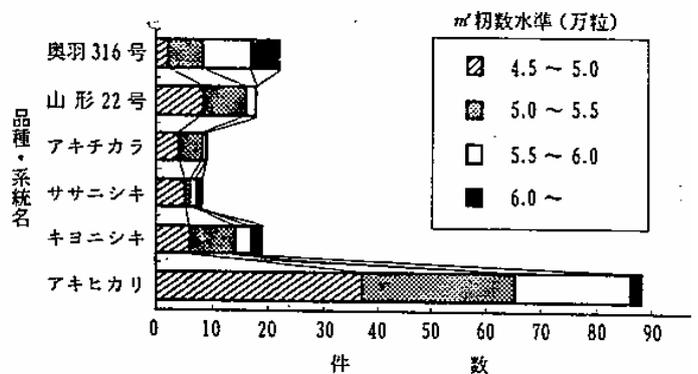


図4 多収事例における粒数水準(梅本)

養生長期間の生育量を確保しながら、出穂期を早めて登熟条件を確保するなどの戦略がみられ、機械移植以前の稲作が有する欠点を補っている。一方、1975年以降の多収事例は、アキヒカリ等の早生・強稈品種を用い、追肥等で籾数を確保しながら収量を上げる例も見られる。

生育期間の特徴としては、活着後の初期生育が旺盛で、生育中期に低温等による生育の抑制が若干見られ、出穂期以降が多照であるなどの特徴を有する。特に、登熟後期の気温が急に下がらず日照時間が多いことが多収の要因となっている。また、登熟期間が60日に達している。

以上のように、超多収の事例は、初期の生育量および適正な籾数の確保と、生育過剰による倒伏の防止、出穂期を8月上旬にして登熟条件を確保しながら、光合成に必要な葉面積を登熟期間の後半まで維持するという、相反する条件を成立させている。

#### 4 今後の方向

水稲の収量水準を向上させるには、籾数の確保が重要であるが、これまでの栽培事例や統計的な方法で作成した水稲の生育指標を元に達成できると考えられる。実際に地域の最適籾数を設定するためには、内島の報告のように地域が有する登熟期間の気候生産力について指標化する必要がある。羽生の気候登熟量示数はこの用途にかなった指標であるが、筆者の経験からみて福島県の太平洋沿岸では過小評価されることが多かった。したがって水稲の収量成立過程と気象の関係について、気温と日射量が独立したモデルで評価し、指標を作成する必要がある。岡田らは生育モデルを用いた気象の評価を試みているが、今後この分野の研究を推進する必要がある。特に、地球温暖化などこれまでの経験則とは異なる気象変動が予想されることから、気温や日射量と作物生産の関係に立脚したモデルの活用が必要である。

また、多収事例のなかに、生育中期や登熟期に冷水かんがいをを行い、水稲の生育制御や登熟期間の延長を図っている例が見られ、温暖化に伴う高温対策も含めて興味深い。

一方、超多収栽培では大量の窒素肥料を投入することになるが、施肥量の増加とこれによって得られる収量の関係についてもエネルギー収支を含めた検討が必要である。

#### 5 引用文献

- 荒川市郎 1994：93冷害をふまえて 東北の農業気象 39, 116
- 米作日本一東北ブロック審査委員会 1961：昭和35年度米作日本一東北ブロック多収穫一位賞候補審査報告書
- 羽生寿郎・内島立郎・菅原俐 1965：気候登熟量示数からみた昭和38、39年の東北地方の登熟気象 東北の農業気象 10, 41-44
- 石山六郎・須藤孝久・山本寅雄 1969：生育量からみた多収穫稲について 日本作物学会東北支部報 No.11 17-18
- 鎌田金英治・岡田晃治・山口邦夫 1978：早生水稲の多収栽培に関する研究  
1.多収稲の生育と収量構成要素 日本作物学会東北支部報 No.20 140-142
- 岡田益己 1990：生育モデルによる水稲収量変動の解析 東北の農業気象 35, 82-85
- 内島立郎 1971：東北地方における水稲多収地帯の8・9月気候の特徴について 東北の農業気象 16,16-19
- 梅本貴之・石川哲也・石倉教光 1989:水稲作における栽培管理支援エキスパートシステム 第2報 多収事例のデータベース化 東北農業研究 42,91-92

気候モデルデータの紹介  
—東北の気候特徴の具体的イメージを示すシナリオとして

菅野洋光（東北農研センター）

1. はじめに

本講演では、2つの気候シナリオモデルを用い、1kmメッシュデータの作成手順、およびそれらを用いたマッピング例を示す。使用した気候シナリオモデルデータは、以下の2つである。1)高分解能大気海洋結合モデル The Model for Interdisciplinary Research on Climate (MIROC)、SRES 排出シナリオは A1B、農環研により 1kmメッシュテキストデータ作成済み。2)気象庁地域気候モデルによる温暖化実験出力 (RCM20)、格子間隔:20km(各方向)、東西・南北ともに 103 格子、データ型:4バイト浮動小数、Big Endian、1年間 365日(閏年なし)の daily データ、SRES 排出シナリオは A2、配布年次:1981-2000年, 2031-2050年, 2081-2100年。

2. 計算方法

- 1)MIROC については、気温 1kmメッシュデータに、1kmメッシュ標高データを用いて気温減率  $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  で高度補正を施した。
- 2)RCM20 については、20km $\rightarrow$ 1kmメッシュへの内挿を行い(近隣4点を用いた距離による補正)、テキストデータとして整備した。気温に関しては MIROC と同様、気温減率  $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  で高度補正を施した。
- 3)モデルの出力値は、現在気候値と若干の差(バイアス)がみられる。そこで、以下の手順でバイアスを補正する。

アメダスデータより重回帰式により計算した 1kmメッシュ気候データを作成する。これは、1979~2008年までの30年日別平均値に、11日の移動平均をかけたものである。主な気象官署における平年値と比較すると、おおむね一致しており、実用に耐えると思われる(図1~8)。

気候シナリオデータに関しては、(1)現在気候値を作成し、(2)将来気候における各年の、現在気候値からの変化量を求める。そして、(3)1kmメッシュデータ平年値に、変化量を加えて将来気温値とする。

昇温量を求める際の現在気候値は、各モデルによる計算結果の、1981年~2000年までの20年平均値とした。日別20年平均値を求めた後、15日移動平均をかけて現在気候値とした。

3. 結果

現在気候値と観測値とを比較すると、日平均ではモデル間の差がみられ(図1~4)、冬季の最低気温、夏季の最高気温にも差が出ている。最高気温は、八戸ではおおむね良く再現されているが(図6)、内陸の盛岡ではモデル間の差が大きい(図5)。最低気温は明らかに系統的な差が生じている(図7,8)。

以上の差は、MIROCが約100km、RCM20が約20kmの格子点データであることから、詳細

な地形が効いてくる最高気温、最低気温の再現が難しいことが原因であると考えられる。1kmメッシュ気温(平均、最高、最低)平年値データに、気候シナリオモデル現在気候値と将来気温値との差(昇温量)を加えて、将来気温データとした。従って、モデルで生じている最低気温のバイアス等は、補正されていると見なせる。

夏季(6~8月)の東北地方における昇温量をみると、2031年~50年平均では、MIROCが大きく昇温する(図9)。MIROCで東西コントラストがみえるのに対して、RCM20では内陸部の昇温が大きく、沿岸部で小さい。2081~2100年平均では、両モデルとも北東部で昇温程度が大きい(図10)。昇温量はMIROCの方が2倍程度大きい。このように、気候モデルによって昇温量や再現性が異なる点は、データを使用するにあたって念頭に置いておくべきであると考えられる。

#### 4. データフォーマット

1行目の例:

5539220010443,1.030174,0.000000,0.000000,36.8333,139.2500,36.8375,139.2563,108  
2.7

内容:

3次メッシュコード(8文字)、都市コード(5文字)、メッシュ面積(km<sup>2</sup>)、水田面積、畑地面積、緯度(左下)、経度(左下)、緯度(中心)、経度(中心)

以下、1月~12月まで、1行が1月で並んでいる。閏年の2月29日は計算していない。

#### 5. MIROCを使用する際の引用文献

K-1 model developers 2004: K-1 coupled model (MIROC) description, K-1 technical report, 1, H. Hasumi and S. Emori (eds.), Center for Climate System Research, University of Tokyo, 34pp.

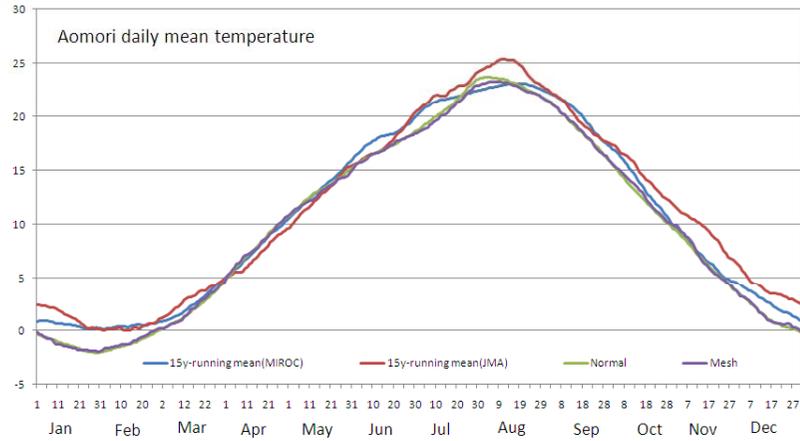


図1 青森における日平均気温.  
Normalは青森気象官署平年値(1971-2000年)、Meshは1kmメッシュ気温30年平均値(1979-2008年、11日の移動平均)、MIROC、JMAとも1981-2000年平均値で、15日移動平均をかけてある。

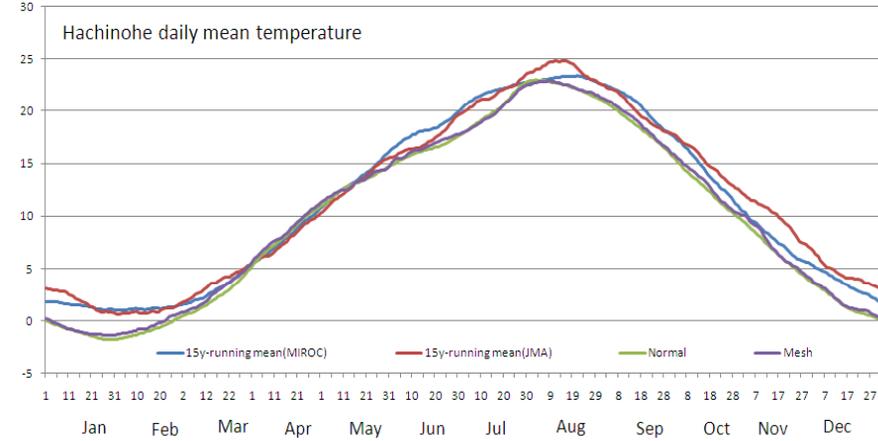


図2 八戸における日平均気温.

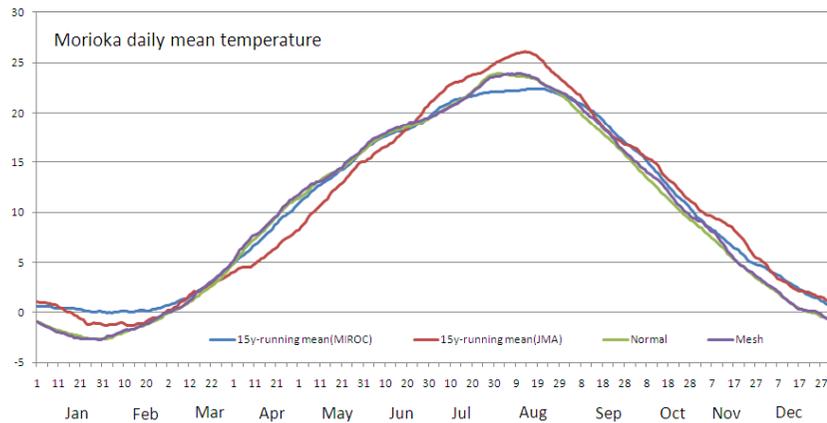


図3 盛岡における日平均気温.

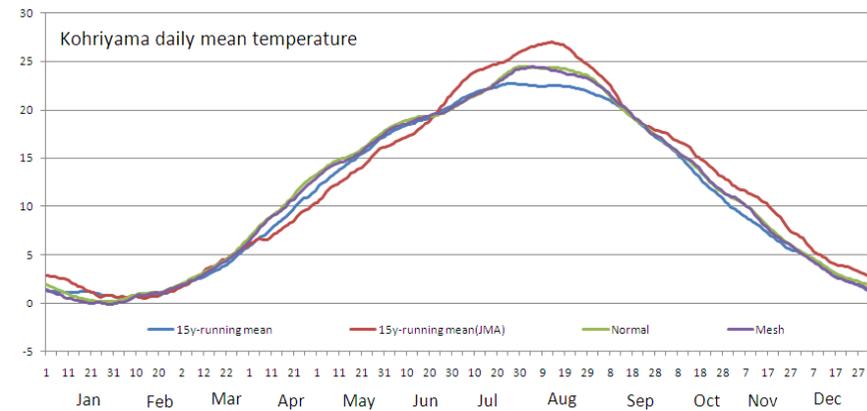


図4 郡山における日平均気温.

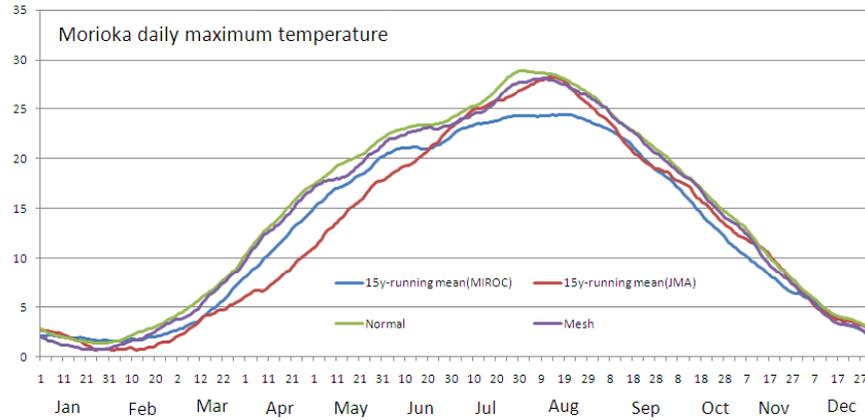


図5 盛岡における日最高気温.

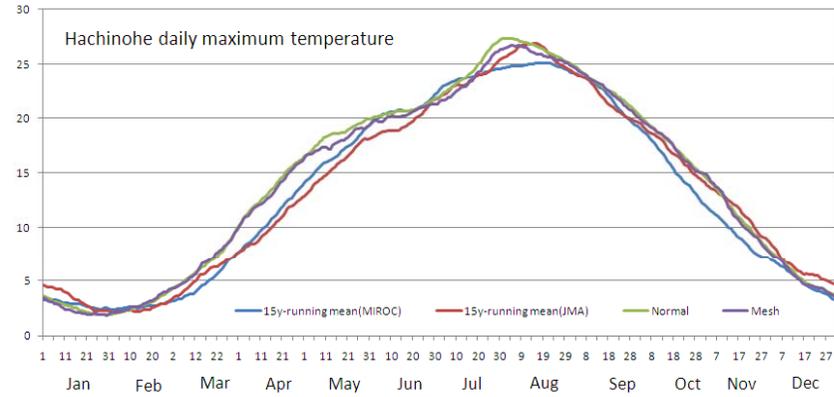


図6 八戸における日最高気温.

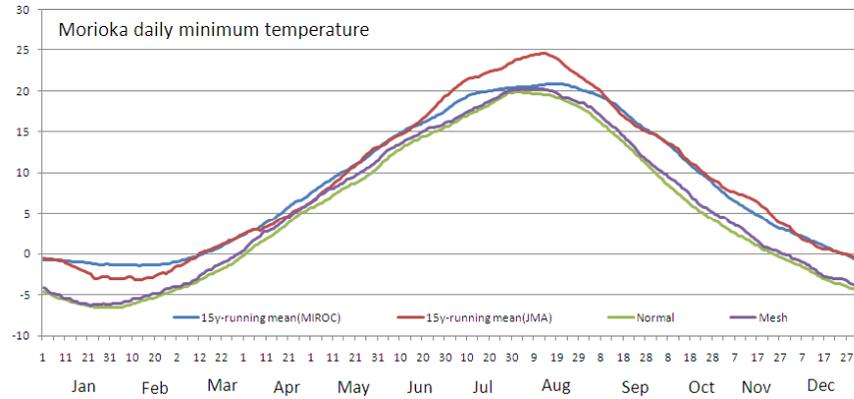


図7 盛岡における日最低気温.

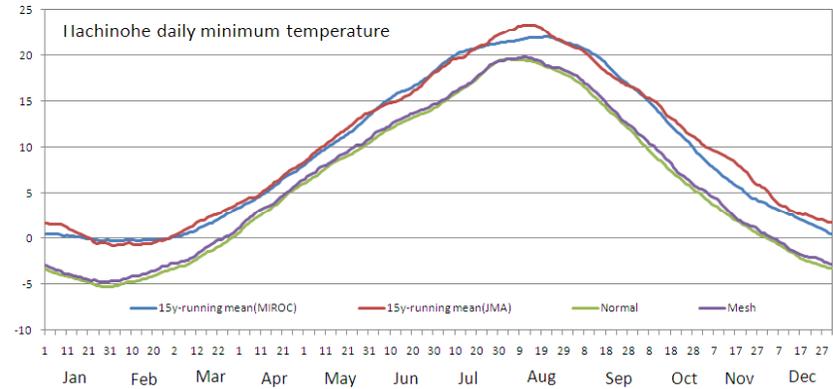


図8 八戸における日最低気温.

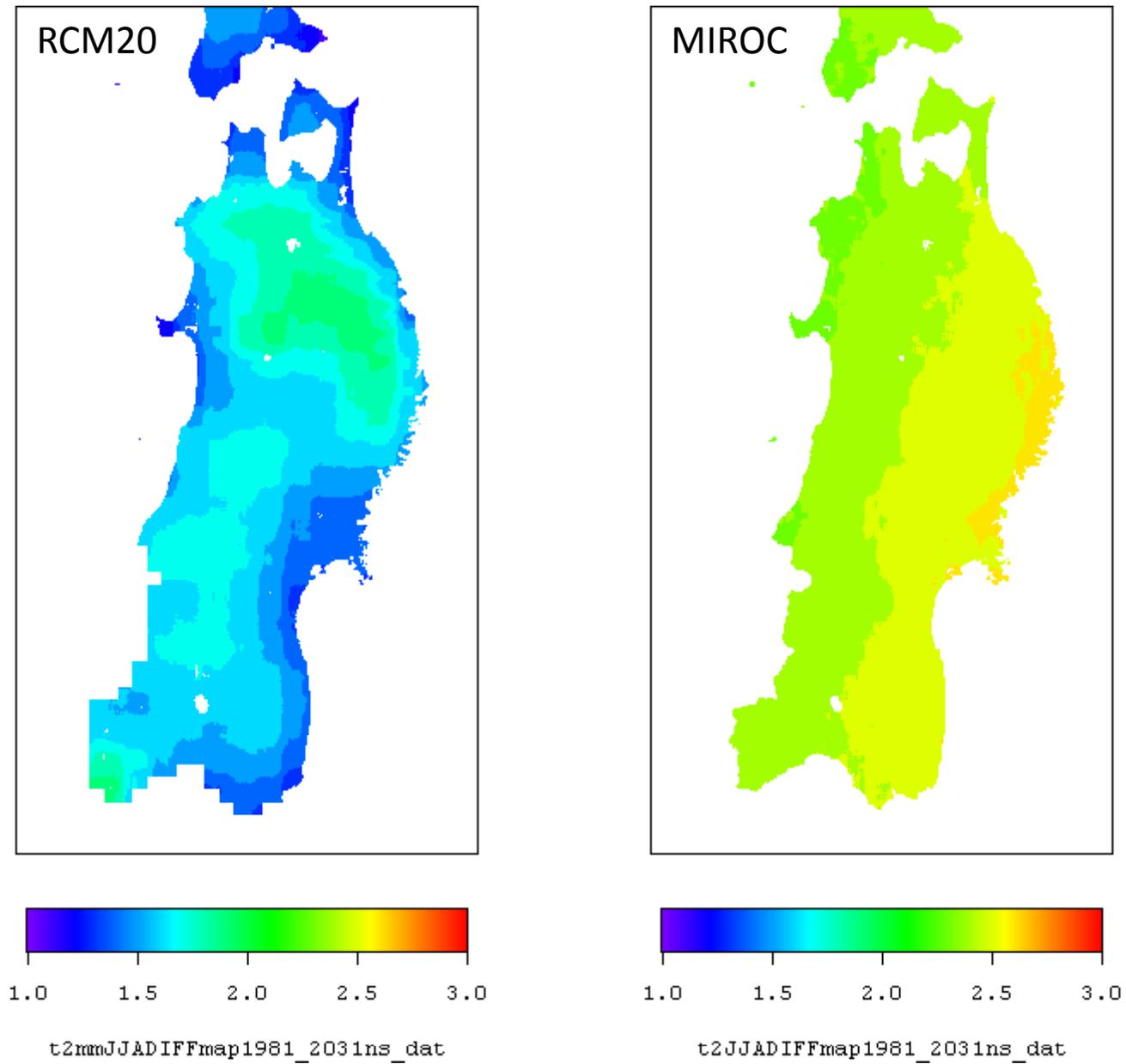


図9 夏季気温の変化量(2031~50年-1981~2000年平均、6月~8月)

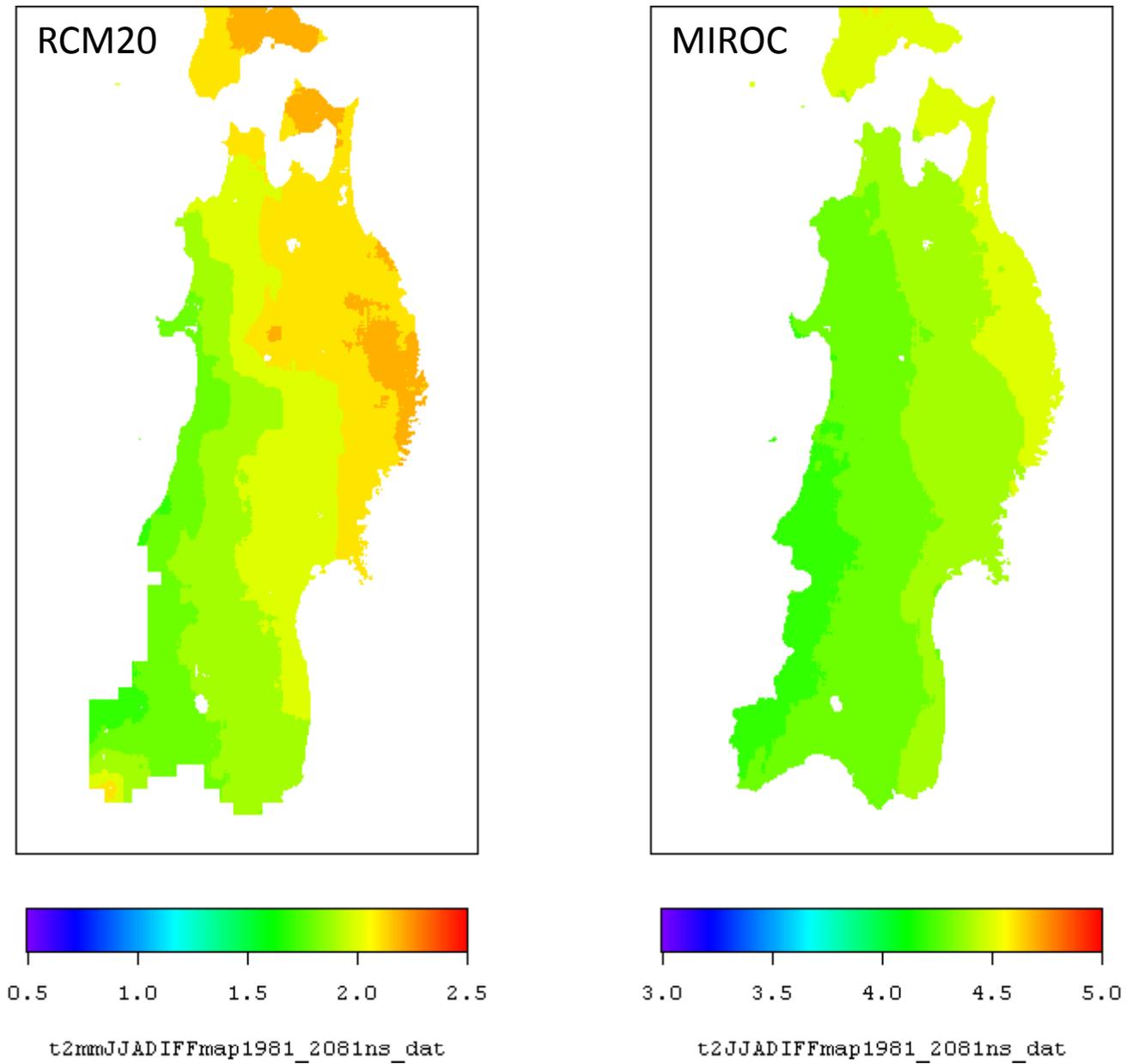


図10 夏季気温の変化量 (2081~2100年-1981~2000年平均、6月~8月)

青森県におけるリンゴ栽培の温暖化対策

° 今村友彦・福田典明・新谷潤一・長内敬明（（地独）青森県産業技術センターりんご研究所）

1. はじめに

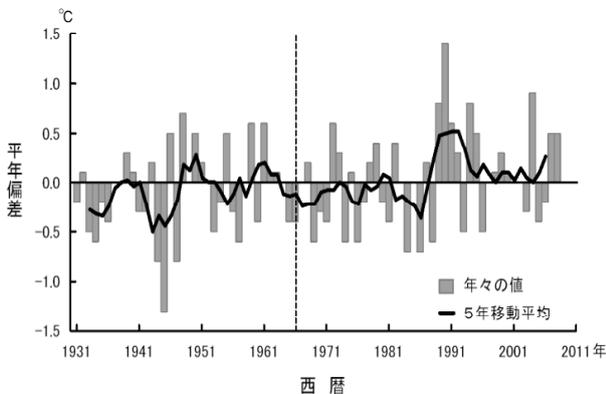
2001年に「気候変動に関する政府間パネル」(IPCC)の第3次温暖化評価報告書で気温が著しく上昇していることや温暖化は気象変動を伴いながら進行することなどが指摘されたことから、農業分野における温暖化の影響評価や対応技術の確立が求められた。

青森県では、主要農産物であるリンゴについて、一旦植え付けると同一の場所で数十年間に渡り果実生産を行うという果樹特有の性質から、特に温暖化等の気象変動の影響を受けやすい作物と位置づけ、温暖化の影響評価やそれに伴う気象変動に対応した栽培技術の確立を目指した取り組みを行ってきた。ここでは、これまで実施してきた取り組みを紹介する。

2. りんご研究所における気温の変化

りんご研究所（東経140° 37'、北緯40° 38'、海拔70m）では、1931年からほぼ同一の場所で気象観測を続けている。なお、1996年6月から自動気象観測装置を使用している。

りんご研究所における年平均気温の経年変化を見ると、1989年、1990年に急激に上昇し、その以降やや低下したものの平年値より高い傾向が続いている（図1）。また、1971年からの年代別月平均気温の推移をみると、冬季から春先にかけての期間及び秋季の昇温傾向が1990年代から続いているが、夏季の気温は、むしろ平年値より低下する傾向が続いている（図2）。



注) 1. 年平均気温の平年値は10.3°C (1961~1990年の30年平均)である。  
2. 図中の----は‘ふじ’の季節現象観測開始年を示す。

図1 年平均気温の経年変化

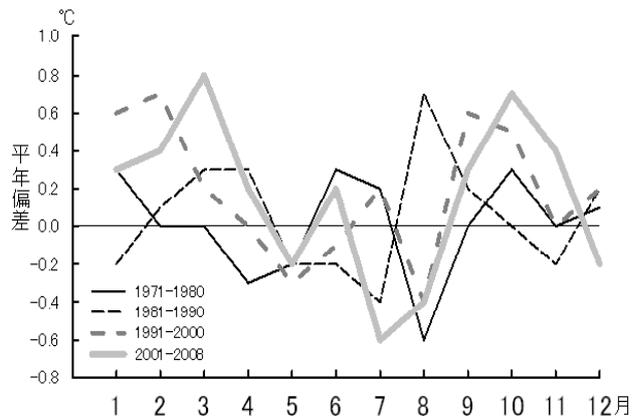


図2 年代別月平均気温の推移

3. リンゴにおける温暖化の影響評価

‘ふじ’は国内産リンゴの主要品種であり、青森県においてもリンゴ生産量の約52%を占めている。

りんご研究所では、1967年から‘ふじ’の季節現象を観測しているが、近年の春先の昇温傾向の影響で発芽日～落花日まで早まる傾向にある（表1）。

果実品質では、酸度が9月の昇温傾向の影響で低下する傾向にあるものの、温暖化の影響を受けやすいと考えられる果肉硬度や着色については明らかな傾向がなかった（図3）。また、‘ふじ’の貯蔵障害の一つである内部褐変が多発する年は、図2で示した1990年代以降の月平均気温の推移と類似したパターンを示すことや、黒石アメダスでの6～9月における

真夏日日数と内部褐変発生率には高い関連性があることを明らかにした。

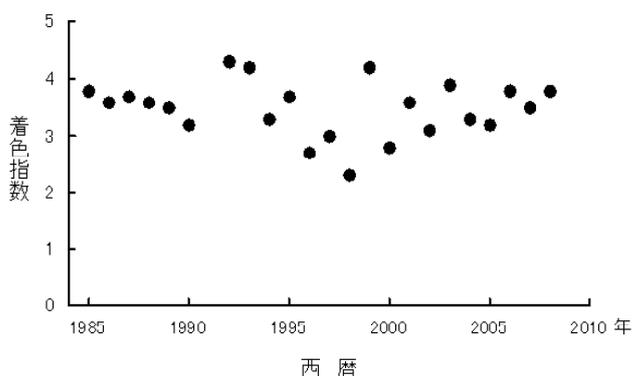
さらに、おい性台木‘M.9EMLA’を使用したリンゴ樹で、秋季及び冬季の昇温化の影響と推測される凍害が観察されたり、近年の紫外線増加傾向による影響と考えられる日焼け果の多発生も問題化している。

表1 ‘ふじ’の季節現象観測日の推移

調査期間	発芽日		展葉日		開花日		満開日		落花期	
	月/日	平年偏差								
1979-1988年	4月11日	0	4月23日	+2	5月10日	0	5月15日	+1	5月20日	+1
1989-1998年	4月8日	-3	4月18日	-3	5月9日	-1	5月13日	-1	5月18日	-1
1999-2008年	4月7日	-4	4月17日	-4	5月7日	-3	5月12日	-2	5月16日	-3
平年値	4月11日		4月21日		5月10日		5月14日		5月19日	

注) 1. 平年値は、1967～1996年の30年平均である。

2. +は平年より遅く、-は平年より早いことを示す。



注) 着色指数：0 [赤色なし]～5 [濃赤色]

図3 10月31日の‘ふじ’の着色指数の推移

#### 4. おわりに ー対応技術の確立を目指してー

これまでにリンゴの発芽や開花などの春季の季節現象が早まっているものの、発芽日から満開日にかけての期間の気温が低下している傾向を明らかにした。このことから、晩霜害に遭遇する危険性が高まっていることや、結実手段として利用しているマメコバチの活動時間が減少して減収や果実品質の低下が懸念されたため、「りんご生産指導要項」や生産情報、研修会等を通じて生産者に防霜対策や低温時の結実確保対策である人工授粉の準備・実施を呼びかけている。

また、黒石アメダスでの6～9月における真夏日日数から内部褐変発生の多少を予測し、研修会等で注意喚起を行うとともに、内部褐変の発生要因の解明や防止技術の確立を目指した試験研究を行っている。

さらに、平成21年度からは、県の新規重点事業である「地球温暖化に対応した農作物の高品質・安定生産技術の開発」において、問題化してきた凍害や日焼け果についての防止技術の確立を目指した試験研究を実施している。

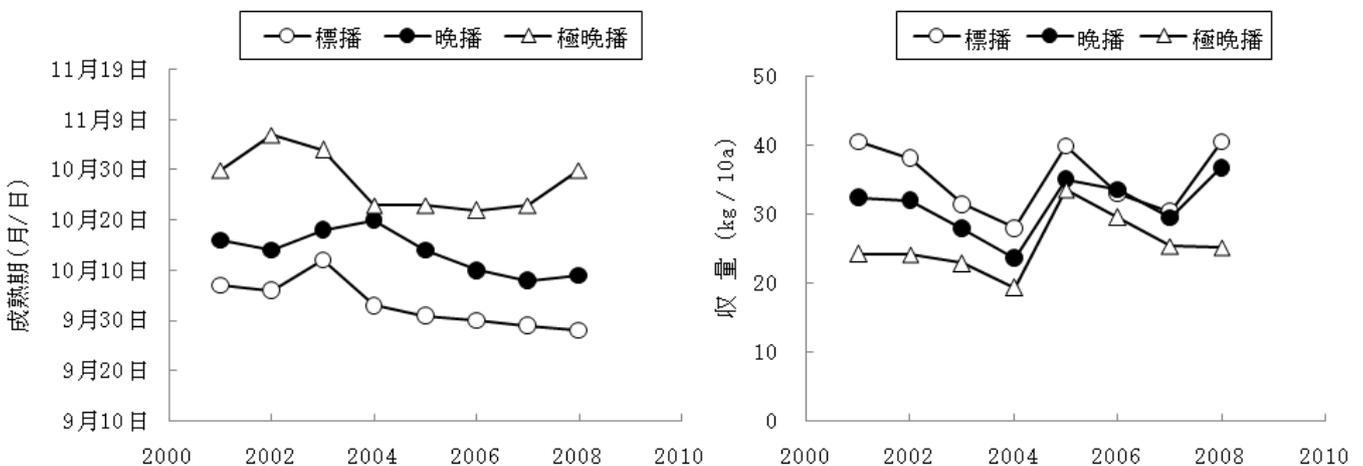
近年の気候変動に対応した大豆の安定・多収栽培

松波寿典（秋田県農林水産技術センター農業試験場）

産業革命以後、大気中の二酸化炭素をはじめとする温室効果ガス濃度が急増し、地球規模での気温上昇をもたらしている。全球の平均気温で見ると過去 100 年間で気温は 0.74℃ 上昇しており、その上昇程度は最近になり加速度的に増大し、世界の食糧を支えている作物生産への影響が懸念されている。

地球温暖化が国内外の作物生産に及ぼす影響に関しては様々な予測がなされ、イネに関して、低緯度地域では現在からのわずかな気温上昇で減収するのに対し、高・中緯度地域では 1~3℃ までの気温の上昇では収量を向上させることが報告されている（Esterling ら 2007）。ダイズに関しても、イネと同様に米国やインドの低緯度地域では気温上昇に伴い減収するのに対して、中国東北部などの高緯度地域では気温上昇に伴い収量は増加する傾向にあることが報告されている（Lobell ら 2003、Zheng ら 2009）。しかし、我が国では、イネに比べダイズの温暖化影響に関する研究事例は少なく、さらにダイズは温度に加えて降水量などの水分条件の影響を考慮する必要があり、具体的な影響予測が難しい作物の一つである。我が国において、主要作物の中でも食料自給率の少ないダイズは転換作物としてその作付面積は増加する傾向にあり、高度土地利用型の輪作体系という点からも、イネと同様に気象変動による影響を明らかにすることが重要である。

秋田県農林水産技術センター農業試験場（秋田市雄和）の過去 8 年間におけるダイズの生育、収量の経過から、ここ数年、1) ダイズの成熟期が早まっていること、2) 標播と晩播の収量差が小さくなってきていること（第 1 図）、3) 標播と極晩播ではダイズの外観品質の変動が大きくなる傾向が認められた。そこで、過去 8 年を前半（2001 年～2003 年）と後半（2006 年～2008 年）に分けて、ダイズの生育、収量および収量構成要素を比較した。その結果、後半のダイズの成熟期は前半よりも標播（5 月 25 日頃播種）と極晩播（7 月 10 日頃播種）では 9 日、晩播（6 月 20 日頃播種）では 7 日早まっていること、莢数は晩播では 11%、極晩播では 16% 増加し、収量は晩播で 8%、極晩播で 12% 増加している傾向がみられた（第 1 表）。



第 1 図 2001 年から 2008 年における播種期の異なるリュウホウの成熟期と収量の推移。

第1表 2001年から2003年および2006年から2008年までにおける播種期の異なるリュウホウの開花期、成熟期、収量および収量構成要素、外観品質。

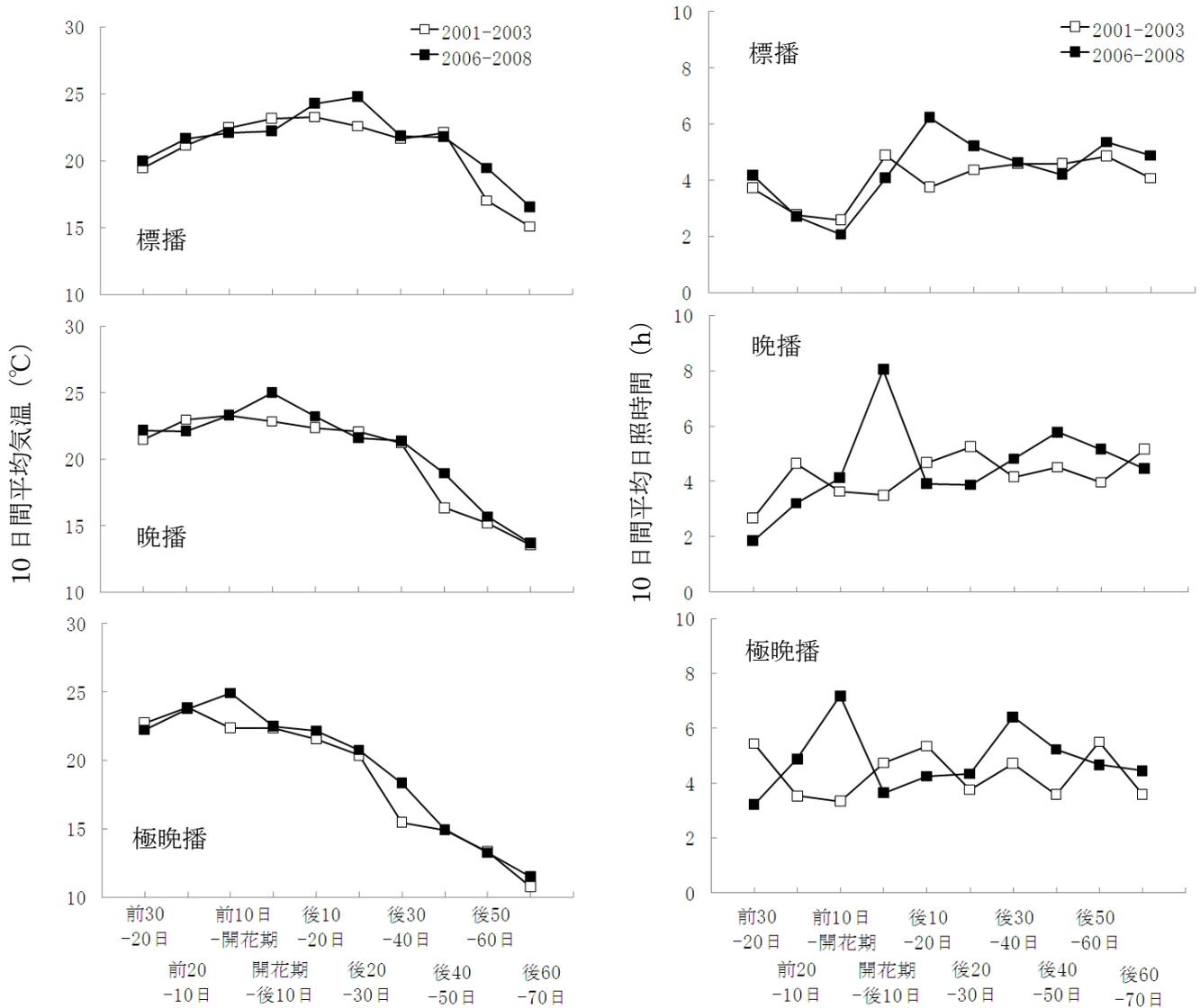
栽培年	播種期	開花期 (月/日)	成熟期 (月/日)	収量 (kg/a)	莢数 (/a)	百粒重 (g/100粒)	外観品質 (1-8)
2001-2003	標播	7月25日 a	10月8日 a	36.7 a	568 a	35.4 a	1.7 a
	晩播	8月6日 b	10月16日 b	30.8 ab	514 a	32.6 a	1.3 a
	極晩播	8月19日 c	11月2日 c	23.8 b	452 a	29.9 a	1.7 a
2006-2008	標播	7月23日 a	9月29日 a	34.6 a	587 a	32.7 a	2.7 a
	晩播	8月5日 b	10月9日 b	33.3 a	571 a	32.2 a	1.7 a
	極晩播	8月17日 c	10月25日 c	26.7 a	527 a	29.2 a	2.3 a
栽培年 比・差	標播	-2	-9	94	103	93	1.0
	晩播	-1	-7	108	111	99	0.3
	極晩播	-2	-9	112	116	98	0.7
分散分析	栽培年	n.s.	**	n.s.	*	n.s.	n.s.
	播種期	**	**	**	*	*	n.s.
	栽培年×播種期	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

表中の値は年次を反復とした平均値(n=3)を示す。異なるアルファベット間は各栽培年内において5%水準(Tukey法)で有意な差があることを示す。\*\*, \*はそれぞれ1%, 5%水準で有意であることを、n.s.は有意差がないことを示す。

次に、上記のような近年の晩播と極晩播の収量増加をもたらす気象要因を検討するため、生育期間を開花期を起点として前後10日毎に区切り、前半と後半のダイズの生育期間中の気象条件を比較した。その結果、晩播では開花期から開花10日後と開花40日後から50日後において、極晩播では開花前10日から開花期と開花30日後から40日後において、気温は2~4℃上昇し、日照時間は1.4~2.0倍増加していた(第2図)。そこで、このような気象変化と成熟期や収量との関係を見た結果、成熟期の早まりには気温の上昇が、収量の増加には日照時間の増加が関係していた。さらに、このような晩播と極晩播の各生育期における気温の上昇と日照時間の増加について、過去20年間における試験場最寄りの大正寺アメダスデータを解析した結果、気温の上昇はここ数年の一時的なトレンドであるのに対して、開花40日後から50日後の日照時間は一部大きな変動は見られるものの、過去20年間で増加している傾向がみられた。したがって、日照増加により増収している晩播は、近年の気象変動に適した播種期であると考えられ、晩播において多収技術を確立することが、近年の気象変動に適応した大豆生産のためには重要であると考えられた。

近年、全国各地において晩播栽培による障害粒の軽減や品質改善、子実タンパク含有率の向上、イソフラボン含量の向上が報告されている(遠藤ら2004、内川ら2006)。このことから、晩播栽培は高品質大豆の安定生産技術として有効であると考えられる。しかし、晩播栽培は生育量の不足に伴う低収化が懸念されていることから、晩播において多収技術を確立するためには生育量の不足に陥らない播種・栽培法を選択する必要がある。そこで、晩播における大豆多収技術としての狭畦密植栽培の可能性を検討した。その結果、3カ年の実証試験において晩播狭畦密植栽培の収量は平均300kg/10aに達し、標播慣行栽培よりも27.8%も高い収量水準と優れた外観品質を示した。九州や北関東、中部地域では既に晩播狭畦密植栽培は多収技術として確立されつつある(内川ら2009)。今後は、寒冷地である秋田でも西南暖地と同様に晩播が多収技術となる可能性がある。このように全国各地で大豆栽培は標播から晩播に移行する事例が

多く見られることから、本県と同様の気象変化が全国各地で起こっている可能性が疑われる。このことから、今まで進展の遅れがみられた気候変動がダイズに及ぼす影響の解明には、今、現場で起こっている気象の変化とダイズの変化を明らかにすることが重要であると考える。



第2図 前半(2001~2003年)と後半(2006~2008年)の10日間毎の平均気温と平均日照時間の推移。

引用文献

Easterling ら(2007) IPCC 4<sup>th</sup> report.  
 遠藤ら(2004) 日本作物学会記事 74: 156-164.  
 Lobell ら(2003) Science 299: 1032.  
 内川ら(2006) 日本作物学会記事 75: 23-27.  
 内川ら(2009) 日本作物学会記事 78: 163-169.  
 Zheng ら(2009) Plant Prod. Sci. 12: 526-532

# 八ヶ岳南麓で観測される高標高斜面温暖帯について

田中 博 春

(東北農業研究センター・やませ気象変動研究チーム)

## 1. はじめに

一般に、平野や盆地に面した山地斜面の中腹には、その上下よりも相対的に温度の高い、「斜面温暖帯」が静穏な夜間に形成される。吉野は国内外の斜面温暖帯の研究を広く集め、共通する特徴を(吉野 1961; Yoshino 1975; 吉野 1982)などにまとめた。これに対して、筆者らは上記の研究地域に隣接する八ヶ岳南麓において、従来の斜面温暖帯と比較してより高い標高に形成される、斜面温暖帯的な高温部を捉える観測を継続して行ってきた(Tanaka et al., 1998, 田中ほか, 2000)。そして、この高標高に生じる気温逆転現象は斜面温暖帯と発生標高が異なるだけでなくその成因も異なることを明らかにした。そして、この現象によって生じる大気中の高温部を「高温層」(High-temperature layer)、山地斜面上の高温部を「高標高斜面温暖帯」(High-altitude thermal belt)と名付けた。

## 2. 高標高斜面温暖帯と高温層の鉛直構造と時間変化

図1は、研究対象地域である八ヶ岳南麓斜面の可視画像とサーモグラフィにて夜間撮影した熱赤外面像である(1993年11月4日3時)。山地斜面中腹以上で輝度温度が高く、これが高標高斜面温暖帯に相当する。高標高斜面温暖帯の下限はシャープであり、その上下で輝度温度の差が大きい。

図2に、1993年11月2日21時の地上観測の結果を示した。尾根線上に配置した自然通風式温度計によ

る気温観測では、斜面中腹に 6.6℃の気温逆転が観測された。中でも、標高 1200m 地点と標高 1300m 地点の間の温度差が大きく、標高差 100m で 4.6℃の気温逆転が観測された。これは、このときの熱赤外面像から推定される高標高斜面温暖帯の下限高度と概ね一致しており、両者は同じ現象を捉えたものと思われる。

筑波山に発生する斜面温暖帯は夜を通してほぼ一定の高度を保つ(堀ほか, 2006)。しかし、八ヶ岳で観測された高標高斜面温暖帯の発生標高は日によって異なり、また一晩の間でも高さが変動するという特徴があっ

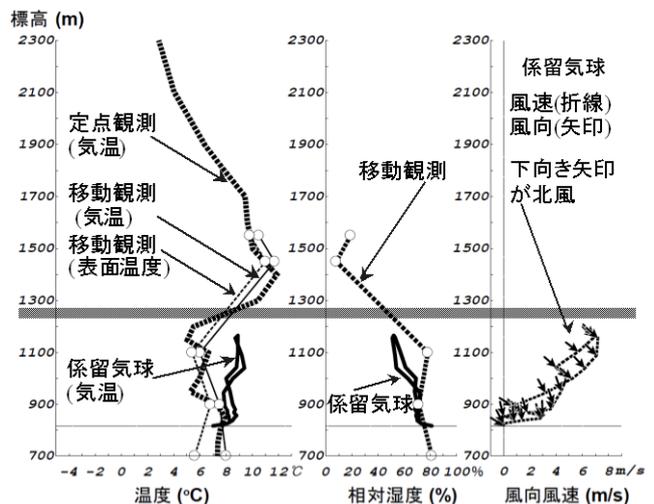
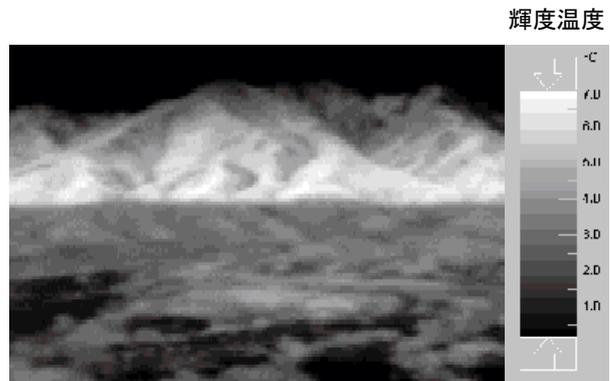
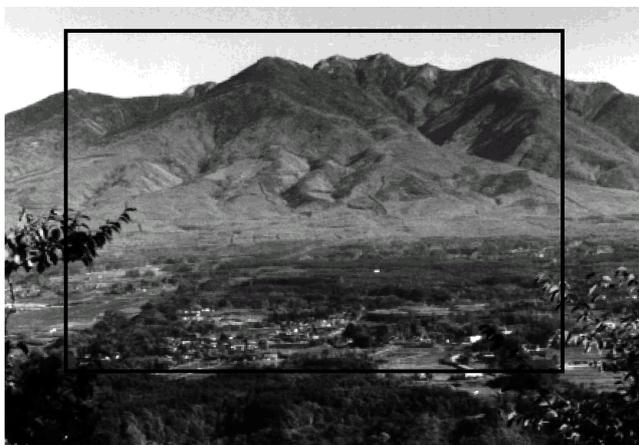


図2 八ヶ岳南麓で観測された気温(左)、相対湿度(中)、風向風速(右)の鉛直分布(1993年11月2日21時)。図中の横線は図1から推定された高標高斜面温暖帯の推定高度。田中ほか(2000) p.708 図4を加筆修正。



↑ Thermal Infrared Image  
← Visible Image

図1 八ヶ岳南麓の可視画像(左)と熱赤外面像(右:1993年11月4日3時)。田中ほか(2000)口絵6を加筆修正。

た(田中ほか, 2000)。

1997年11月には、上述の1993年11月と同じ観測地にて、ラジオゾンデ、タワーゾンデ等を用いた集中観測を実施した(図3)。図4(左)は、1997年11月2日4時の各種鉛直観測から得られた気温鉛直分布である。サーモグラフィでは、このときも斜面上部に明瞭な高標高斜面温暖帯が捉えられた(図略)。画像から推定される高標高斜面温暖帯の下限高度は標高1800m付近であり、その上に輝度温度が高い領域が認められた。図4(左)より、斜面最下部の標高700m地点から上げたラジオゾンデにより得られた気温は、標高1800mで気温逆転を開始し、標高2000mまでの間に気温差4.3°Cの気温逆転を観測した。逆転層の下限高度で鉛直方向の温度差が大きいことは、サーモグラフィで捉えた高標高斜面温暖帯の特徴と一致する。斜面中腹の標高1100m地点から上げたタワーゾンデからも、ラジオゾンデとほぼ同じ高度で気温逆転が観測され、八ヶ岳南麓では大気中の高温部の下限高度が水平になっていることが確認された。また、ラジオゾンデによる観測からは、逆転層下限で相対湿度および比湿の急激な低下が認められ、逆転層下限より上空は乾燥していた。ラジオゾンデとタワーゾンデの標高の低い部分の気温鉛直分布をみると、いずれも地表付近に接地逆転が生じている。逆転層の高さが200~300mの接地逆転であること、逆転層上端の高度が地表高度に依存していることから、これは従来の斜面温暖帯を生ずる気温逆転層であると想定された。

図4(右)は同じ日の朝9時の観測結果である。4時に観測された逆転層は9時も継続して存在しており、標高

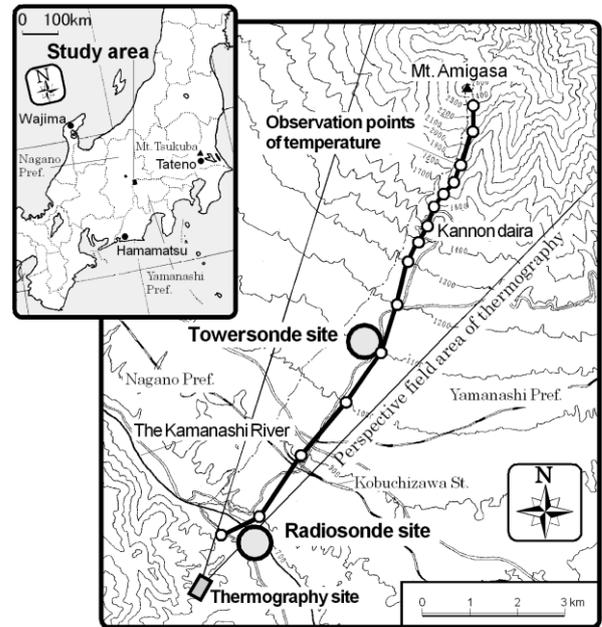


図3 観測地域図(1997年11月観測)。図中の太線は気温観測点の測線を示す。Tanaka et. al.(1998) p.23 Fig.1 より。

2234mを気温の正の極大とする4.2°Cの気温逆転が観測された。9時には気象庁による高層気象観測が実施される。八ヶ岳近隣の浜松と館野の高層観測結果と比較すると、若干の差はあるものの、両地点ともに八ヶ岳と同程度の標高に逆転層の存在が認められた。浜松では2311mで気温が正の極大となり逆転強度は3.6°Cであった。八ヶ岳を挟んだ東西で同様の気温逆転層が存在することから、八ヶ岳南麓で観測される高温層は中部山岳地帯全体を覆っていると推定された。図5は、以上の観測結果を基に作成した八ヶ岳南麓での観測結果概念図である。

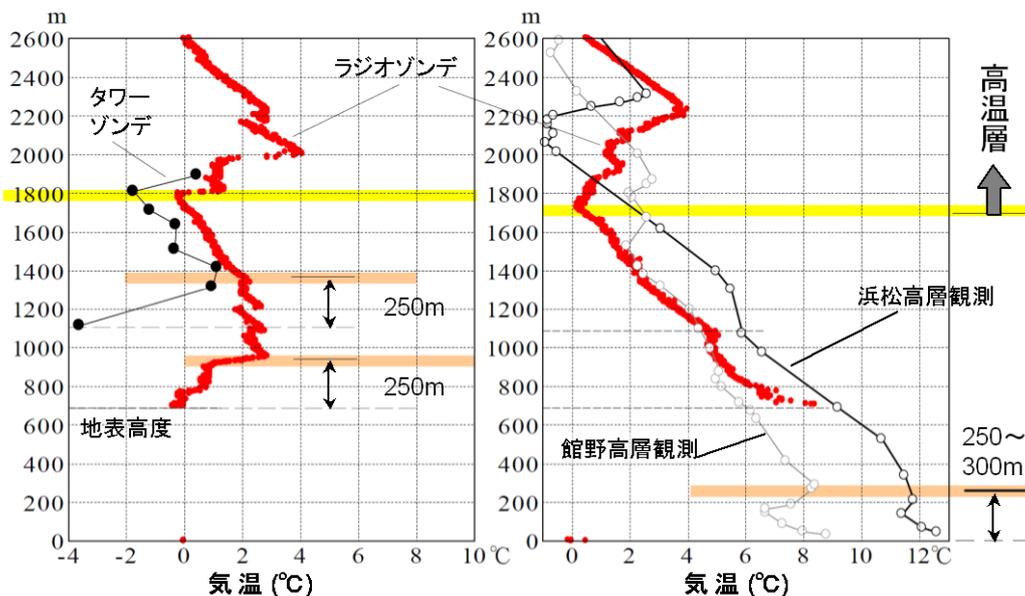


図4 八ヶ岳南麓と近隣の高層気象観測点の気温鉛直分布 (左: 1997年11月2日4時、右: 1997年11月2日9時)。Tanaka et. al.(1998) p.28 Fig.7 を加筆修正。

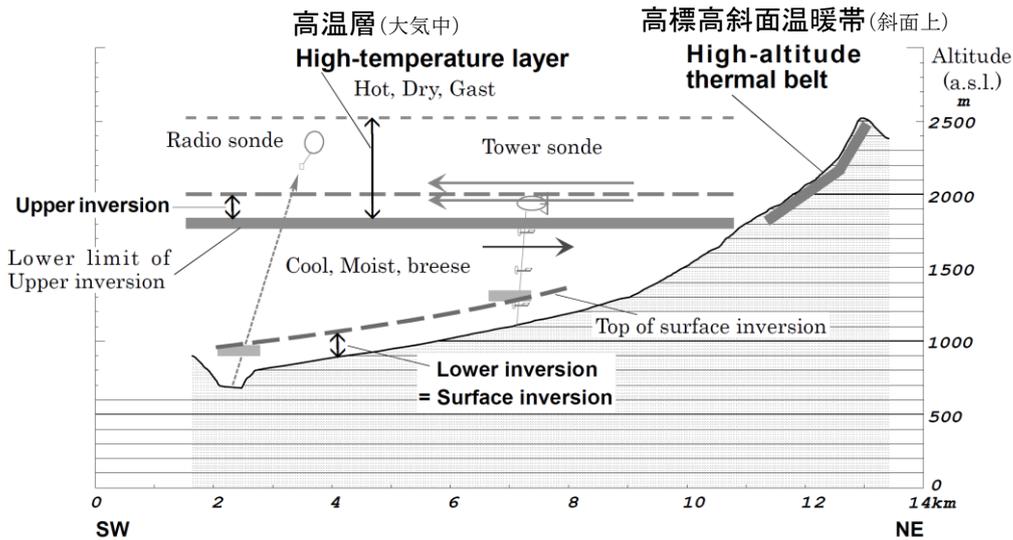


図5 八ヶ岳南麓での観測結果概念図。1997年11月の集中観測より。Tanaka et. al.(1998) p.30 Fig.8を加筆修正。

3. 従来の斜面温暖帯と高標高斜面温暖帯の比較

吉野は国内外 18 例の斜面温暖帯を比較し、斜面温暖帯の中心高度と周辺山地の平均高度の関係を示す図を作成した(吉野, 1986)。その図に基づき、八ヶ岳で観測された高標高斜面温暖帯の該当位置を書き加えてみると、従来の斜面温暖帯とは明らかに異なる位置にプロットされることがわかる(図6)。高標高斜面温暖帯は、従来の斜面温暖帯と比べてより山頂に近い高度に発生する。また、気温の極大値が現れる高度自体の(絶対的な)標高も高い。

4. まとめ

以上の観測結果に、日本国内 20 地点実施されていたゾンデによる高層気象観測の解析結果を加味した結果(田中, 2007)、八ヶ岳南麓の高標高地帯に発生する「高標高斜面温暖帯」は、高気圧圏内に生じる沈降流によって断熱昇温した大気(高温層)が、山地斜面にかかることによって、斜面上に高温部が生じる現象であると推定された。従って、山地斜面中腹に高温部が生じるという点で「斜面温暖帯」と類似した現象であるが、その鉛直構造・時間変動からこれとは発生メカニズムの異なる現象であることがわかった。また、高温層は八ヶ岳固有の局地的な現象ではなく、高気圧スケールの広域的な現象であることも、高層気象観測データから明らかになった(田中, 2007)。

文献:

堀正岳・植田宏明・野原大輔(2006): 筑波山西側斜面における斜面温暖帯の発生頻度と時間変化特性. 地理学評論, 79, 26-38.

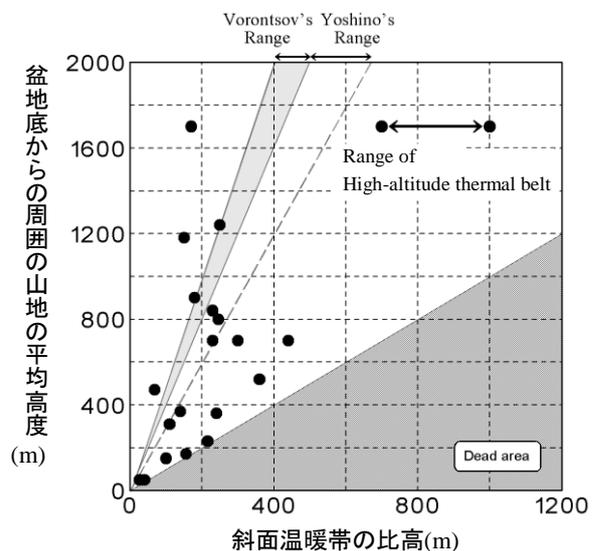


図6 斜面温暖帯の中心高度と周辺山地の平均高度との関係。吉野(1986) p.280 図 5.56 を加筆修正。

Tanaka, H. R., Tanimoto, Y. and Mikami, T. (1998): The relationship between double thermal inversions and thermal belt in the Mt. Yatsugatake area, central Japan. Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University, 33, 21-31.  
 田中博春(2007): 中部山岳地帯に現れる高標高斜面温暖帯. 第46回気候影響・利用研究会要旨集, 10-13.  
 田中博春・谷本陽一・三上岳彦(2000): 八ヶ岳南麓における高標高気温逆転現象. 地学雑誌, 109: 703-718.  
 吉野正敏(1961): 小気候. 地人書館, 274pp.  
 Yoshino, M. M. 1975. Climate in small area, Tokyo: Univ. of Tokyo Press, 549pp.  
 吉野正敏(1982): 冷気流と冷気湖のモデルについて. 筑波大学気候学・気象学研究報告, 6, 37-39.  
 吉野正敏(1986): 新版小気候. 地人書館, 298pp.

連作畑における土壌線虫の種類と密度

○皆川秀夫・山本奈穂子・井上達博・田中勝千（北里大学獣医学部）

【目的】青森県南部地方では夏季冷涼な気候を利用してナガイモ、ニンニク、長ネギなどの根茎野菜の栽培が盛んである。しかし、同じ場所で同じ作物を5年以上続けて栽培する畑作農家が多く、農薬や化学肥料の過剰施用による作物の連作障害が大きな問題となっている。連作障害が比較的起こりにくいと考えられるニンニクでも近年、土壌線虫による連作障害が多発している。

本研究では、畑作物の連作障害メカニズムの解明と有機農業によるその防止対策の確立とをめざし、連作障害に関わる土壌線虫に注目、ニンニクおよび飼料用トウモロコシの2種類の連作畑を対象に、その種類と密度から土壌の健康度の推定を試みた。

【材料・方法】

1) 採取土壌

- ① 十和田市内のニンニク畑（連作7年目）において、収穫後（10～11月）の畑を4区画に分け（図1）、1区画につき5箇所（5cm深）の土壌を1回につき数100gずつ採取した。
- ② 北里大学附属十和田農場の飼料用トウモロコシ畑（毎年連作）より、収穫後（10～11月）の畑6箇所（5cm深）および中層（50cm深）からそれぞれ土壌を採取した。

2) 土壌線虫の採取と分類

<ベールマン法による土壌線虫の採取>

採取土壌を10gずつガーゼに包み、ガーゼが浸る程度に水を入れたプラスチック製50mL遠心管に浸漬、これを25℃に保った恒温装置に24時間以上静置した後、土壌線虫を遠心管に落下沈殿させた。この後、蒸留水を満たしたシャーレに落下沈殿物を移し、土壌と線虫とを分離、肉眼または実態顕微鏡で土壌線虫を確認しつつパスツールピペットを用いて土壌線虫を吸引、採取した。ベールマン法は、恒温状態では採取土壌の上部が乾燥するので、土壌線虫が乾燥を嫌い、ガーゼの隙間を通り抜け水のある遠心管に集まる性質を利用している。

<ホルマリンによる土壌線虫の固定>

採取した土壌線虫をガラス瓶に移し、これに高温10%ホルマリン液を注入、24時間以上浸漬し、タンパク質を変性させ土壌線虫を固定した。低温のホルマリン液では土壌線虫が丸まってしまうため、内部構造の観察が困難になるため、温湯などで60～80℃に加温した10%ホルマリン液を用いた。

<ラクトフェノールによる土壌線虫の透過処理>

土壌線虫を固定後、ラクトフェノール液を4倍希釈、2倍希釈、原液にしたもの順に土壌線虫を浸漬した。濃度の薄い液体からはじめるのは浸透圧の影響を土壌線虫が受けないようにするためである。ラクトフェノール液に浸漬することで土壌線虫の体内を透過でき、その内部構造の観察が容易になった。ラクトフェノール液処理が終わった土壌線虫の内部構造を観察し、種類の同定をした。

【結果・考察】

1) 土壌線虫の種類

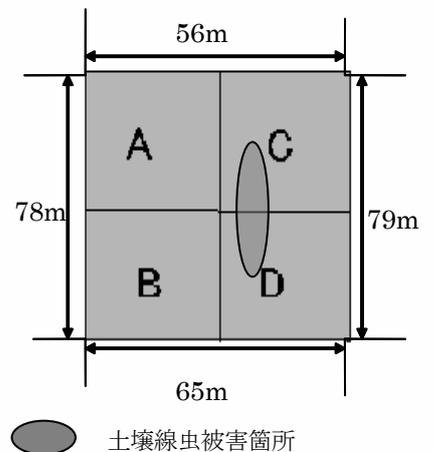


図1. ニンニク畑の採土箇所

- ① ニンニク畑の土壤線虫 (図 1) : 体色が無色で口針を持ち、側帯が 6 本、かつ尾が丸みを帯びていることなどからイモグサレセンチュウ (*Ditylenchus destructor* Thorne) が同定された。イモグサレセンチュウはニンニクの球根に寄生し連作障害を起こす。體の形態より、本土壌線虫は全て雌であった。この結果は土壤線虫の雄が一般的に 700 匹に 1 匹の割合で現れることを裏付ける。
- ② 飼料用トウモロコシ畑の土壤線虫 (図 2) : 口針および胃袋の形態より、ドリライムス目 (*Dorylaimida*) 1 種類が認められた。この土壤線虫は雑食性土壤線虫で淡水および土壤中に生息している。雑食性土壤線虫は植物食性土壤線虫や藻類を食べて生息しているので飼料用トウモロコシに何らかの被害があった場合、それは土壤線虫ではなく別の要因と考えられる。

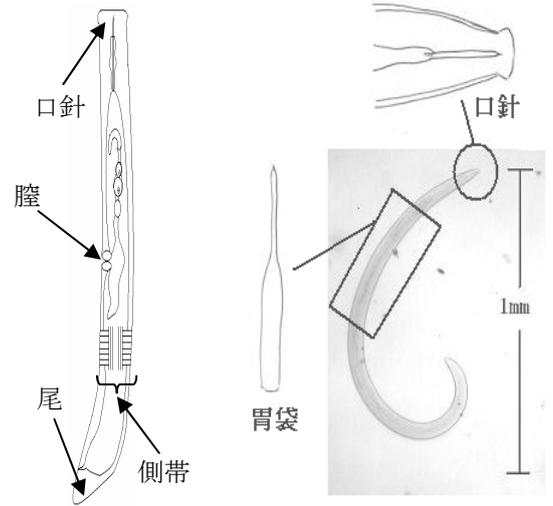


図 1. ニンニク畑で確認されたイモグサレセンチュウの内部構造  
 図 2. 飼料用トウモロコシ畑で確認されたドリライムス目土壤線虫

2) 土壤線虫の密度

- ① ニンニク畑 : 各区画の平均密度を表 1 に示した。土壤線虫は区画 C が最も多く存在し区画 A が少なく 8 倍以上の差が生じた。このことから同一の畑でも場所によって土壤線虫の密度に差が認められる。この結果と図 1 と比較すると被害が起きた所は密度が高いことがわかる。土壤線虫被害が起きた所の平均密度は 8 匹以上であった。また週が経つにつれて平均密度は全体的に減少傾向がみられた。これは気温が下がってきたために、土壤線虫が土壌の下方に移動したためではないかと考えられる。
- ② 飼料用トウモロコシ畑 : 土壤線虫は寄生する植物がいなくなると地下にもぐり、また寄生できる植物が植えつけられた時に地表付近まで上ってくるので収穫後に 50cm の穴を掘り密度を調査した結果を表 2 に示した。土壤線虫は地表面より地下へと移動し、飼料用トウモロコシを作付けした際に地表面へと出てくる可能性が高い。表層密度で比較すると、土壤線虫被害箇所ニンニク畑に比し、飼料用トウモロコシ畑の土壤線虫の密度は少ないことがわかった。

表1. 土壌内の線虫密度 (匹/10g湿土)

区画	A	B	C	D	週平均
1回目(10/30)	1±1	4±2	9±4	8±4	5.6±3.7
2回目(11/13)	1±1	4±2	8±4	5±2	4.7±3.0
3回目(11/27)	1±1	4±2	8±2	4±3	4.3±2.9
区画平均	1.1±0.1	4.2±0.2	8.6±0.5	5.5±2.1	

表 2. 表層と地下との線虫密度の差

測定場所	合計	平均値 (匹/土壌40gWM)	標準偏差	平均密度 (匹/gWM)
②表層(5cm)	6	2	2.1	0.05
②地下(50cm)	14	4	1.1	0.10
④表層(5cm)	20	5	1.9	0.13
④地下(50cm)	30	8	2.2	0.20

3) 土壌の健康度

ニンニク畑および飼料用トウモロコシ畑ともに土壤線虫が 1 種類のみ発見された。健康的な土壌は線虫を細菌食・菌食・植物食・雑食・肉食の 5 種類に分類したとき多くの種が共生していることが望ましい (岡田, 2007)。しかし同一種類の土壤線虫しか認められず多くの種との共生はみられなかった。よっていずれの土壌も不健康と考えられる。土壤線虫の種類に偏りが出たのは農薬の過剰施用のためと考えられる。

【まとめ】ニンニク連作畑ではイモグサレセンチュウが確認でき連作障害の原因の一つと考えられた。飼料用トウモロコシ連作畑ではドリライムス目 1 種類のみが認められた。種類の少なさから対象畑はいずれも不健康と推定された。土壤線虫被害箇所が認められるニンニク畑は飼料用トウモロコシ畑に比し土壤線虫の密度は高かった。

【文献】岡田 浩明, 2007 : 線虫群衆を利用して土壌の健康度を評価する. 化学と生物, 45(1) : 43-50.

## 低温が水稻の生育および光合成特性に及ぼす影響

皆川秀夫・〇岩崎 悠・〇大浦 良・田中勝千（北里大学獣医学部）

【目的】青森県上十三地域では梅雨期から盛夏期にかけて発生するオホーツク海高気圧の張り出しに伴う低温・寡照のヤマセ気象から作物を守るため品種分散・深水灌漑・防風ネット・施肥管理などの冷害対策を駆使してきた。しかし、1993年や2003年の大冷害が示すように「強いヤマセ」の場合は作物の被害を防止できないのが現状である。強いヤマセを克服するには気象と作物生理反応との関係を検討することが基本である。本研究では植物の光合成活動に着目し、光合成色素の中でもすべての陸上植物や藻類に見られ、光合成の主色素でもあるクロロフィルに注目した。すなわち、光合成の時に光エネルギーを主として吸収するクロロフィルの働きを解明することによってさらに詳しい作物生育の解析が行えると考えた。そのことにより作物の生育に必要な気温、日照量の重要性の再認識、冷害に対する新たな栽培技術や生育管理の発見に役立てることを目的とする。

## 【材料・方法】

- 1) 供試土・施肥：黒ボク土を採取し 4.75mm で振るい分けをした。その土をワグネルポット 1/5000a (約 3.8L) の中に 2.8L ずつ入れた。肥料は N:P:K=8:14:8 (kg/10a) にし、そのうちの 70%を基肥、残り 30%を追肥とした。
- 2) 供試稲：耐冷性が強い青森県の食料米「まっしぐら」および耐冷性が中位の青森県の発酵飼料米「うしゆたか」の 2 種類を供試、各品種 2 ポット、4 株/ポットで栽培した。
- 3) 低温・寡照処理：低温反応をみるため、供試稲の穂ばらみ期を選び、播種 105 日後、気温 16℃、湿度 80%、照度 3000 Lux に設定した人工気象室に各 1 ポットを 2 週間入れ栽培、これを「低温環境」区とした。残りの 1 ポットは屋外環境で栽培、これを「通常環境」区とした。
- 4) 測定項目：1 週間に 1 回、草丈、草高、茎径、SPAD 値（葉緑素濃度）、Fv/Fm（蛍光収率）、計 5 種類の測定を行った。SPAD 値は SPAD 計を用い、1 ポット 4 株あるうちのそれぞれ 1 葉を選び計測した。Fv/Fm の測定は、光合成活性度を測定するために、クロロフィル蛍光測定装置（Li-6400、Li-Cor 社）を用いて測定した。Fv/Fm とは最大量子収率のことであり、これは植物の指標として用いられ、その植物がもつ最大光吸収能力を示す。

## 【結果・考察】

1) 草丈と草高 (図 1.a,b) : 「うしゆたか」、「まっしぐら」とともに通常環境が高く、低温環境はほとんど変化しないことがわかった。草高と草丈とを比較すると低温環境で大きく現れ、葉が萎れていることから、低温による生長阻害を受けたと推定される。

2) SPAD (図 1.c) : 播種 97 日後に追肥をした影響で通常環境、低温環境ともに値が上がったが、出穂の影響は通常環境が低くなっている。この結果は、出穂に使う栄養も生成しづらく、葉の吸光度も低くなると稲自体が枯死する可能性があるため、穂よりも葉を優先したのではないかと考えられる。

3) Fv/Fm (図 1.d) : 追肥の影響で低温環境においた稲も播種 120 日後までは高い数値であったが、両種とも播種 127 日後には低下し、播種 134 日後には最大になった。これは、数値としては小さい変化であるが、低温環境の稲はいずれも同時期にこの変化が生じており、播種後 127 日の低下が低温の影響を決定づけたものと推定される。

4) 相関 (表 1.2) : 草丈および草高との相関はなかった。一方、SPAD 値との相関は高い。このことから Fv/Fm はクロロフィルの吸光度に深く関与していると推定できる。よって暗反応下ばかりではな

く常態での光の吸収からも光合成阻害の判別が可能である、もしくはFv/Fmから判別する光合成阻害の要因を探る一助としてクロロフィル蛍光計測の意義が考えられる。

5) 蛍光収率 (図 2) : 播種後 125 日は、すでに低温環境に置いて低温への影響の現れるとされる 2 週間以上が経過した段階のものである。FoおよびFmの波形はいずれも類似するものの、低温環境はFsの値がやや大きくなった。またFv'およびFv'/Fm'における差異はなかった。よって光化学系 II に限らない光合成電子伝達系の異常、および光化学系 II 以降の反応の異常、が推察された。

【まとめ】低温環境におかれた水稻は、通常環境のそれに比し、Fv/Fm (蛍光収率) で顕著な差が認められた。また低温の影響により、光化学系 II に限らない光合成電子伝達系の異常、および光化学系 II 以降の反応の異常が推察された。よってクロロフィル蛍光計測は、水稻の低温・寡照に対する影響評価を簡易に測定できる可能性がある。

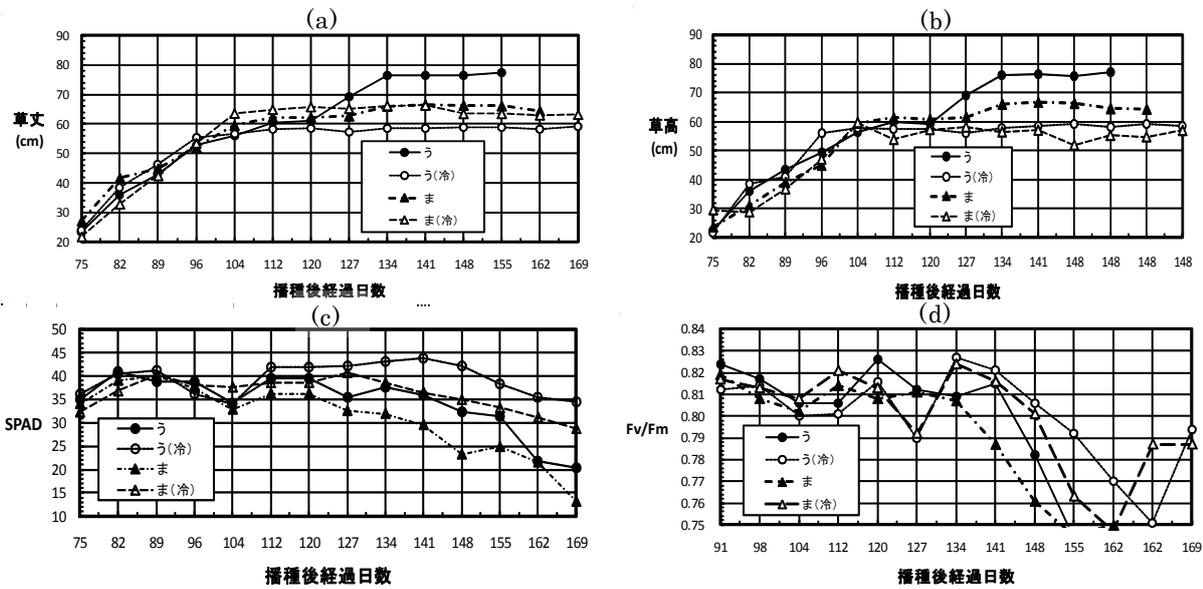


図 1. 草丈・草高・SPAD 値・FV/Fm の変動

表 1. SPAD と各因子との相関

	草丈		草高		茎径		FV/Fm	
	通常環境	低温環境	通常環境	低温環境	通常環境	低温環境	通常環境	低温環境
決定係数(まっしぐら)	0.32	0.01	0.38	0	0.14	0.02	0.91	0.49
相関の有無	弱	無	弱	無	無	無	高	有
決定係数(うしゆたか)	0.38	0.15	0.41	0.02	0.23	0.07	0.87	0.41
相関の有無	弱	無	有	無	弱	無	高	有

表 2. Fv/Fm と各因子との相関

	草丈		草高		茎径		SPAD値	
	通常環境	低温環境	通常環境	低温環境	通常環境	低温環境	通常環境下	低温環境
決定係数(まっしぐら)	0.29	0.06	0.26	0.04	0.02	0.27	0.91	0.49
相関の有無	弱	無	弱	無	無	弱	高	有
決定係数(うしゆたか)	0.32	0.05	0.32	0.04	0.04	0.05	0.94	0.42
相関の有無	弱	無	弱	無	無	無	高	有

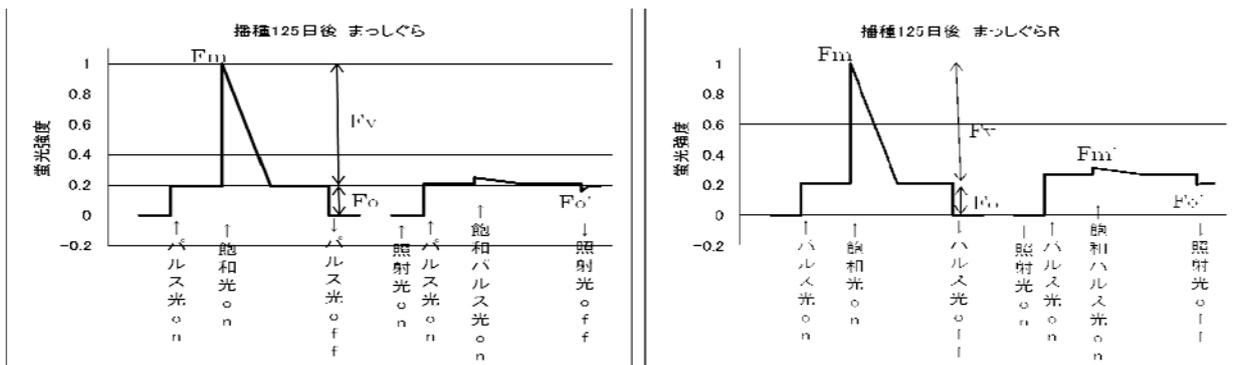


図 2. 通常環境 (左) および低温環境 (右) における水稻の蛍光収率 (F) の変化

水稲分げつ期の気温経過からみた「あきたこまち」の収量への影響

佐藤雄幸・金和裕・宮川英雄(秋田県農林水産技術センター農業試験場)

はじめに

県南内陸部は「あきたこまち」の作付比率が90%を超え、水稲生育期間の気象は穏やかな地域である。しかし近年では、秋田県内の水稲生産現場においても、登熟期間中の高温による乳白粒の発生がみられて品質低下の要因となっている(佐藤ら2001)。下野(2008)は地球温暖化により、北日本の昇温は春(5~6月)は大きく、夏(7~8月)は小さい傾向にあり、この冷害強度の上昇を介し、収量変動を高める可能性があることを指摘している。筆者らは1988年から2007年までの水稲分げつ期における横手市の気温経過と「あきたこまち」の生育関係から、生産現場における温暖化の影響について検討した。分げつ期に気温が高い場合は、生育の特徴として葉数の展開が早まり、 $m^2$ 当たり茎数や乾物重の増加とともに、幼穂形成期や減数分裂期、出穂期が早まり、生育ステージも前進化がみられ、水田作土は土壌残存窒素量の発現が多く、7月中旬以降は急速に消失することから、生育凋落対策を要することが明らかとなった(佐藤ら2009)。ここでは、水稲分げつ期の気温経過が、出穂期以降の生育と収量に及ぼす影響を検討した。

材料および方法

1. 供試品種：あきたこまち。

2. 生育データは、1988年から2007年までの横手市平鹿町に設置した豊凶考照試験平鹿試験地の生育、収量成績を用いた。葉数は不完全葉の次葉を第1葉として計測した。

3. 耕種概要は、5月19~23日移植(平均移植日5月20日)、施肥量は窒素成分 $7 \sim 8 \text{ g m}^{-2}$ (基肥 $5 \sim 6 \text{ g m}^{-2}$  減数分裂期追肥 $2 \text{ g m}^{-2}$ )、栽植密度は $22 \sim 19 \text{ 本 m}^{-2}$ である。

4. 気温データは、試験地から約4.6km離れた横手市アメダス地点(東経 $140^\circ 33.3$ , 北緯 $39^\circ 19.2$ )の観測データを用いた。

3. 分げつ期の気温は、移植翌日から7月5日(最高分げつ期頃)までの積算気温に基づいて、その平均値から20以上で経過した場合(以下、20)、19以上20未満の場合(以下、19)、18以上19未満の場合(以下、18)の3段階に各年次を区分した。

4. 同一区分内の年次別データを反復として、乾物重、窒素吸収量、収量の計算を行った。

5. 代表穂は5株から1株について全長の長い順に1, 3, 5, 7番目の穂を4本採取して、5株につき計20本を調査した。

結果及び考察

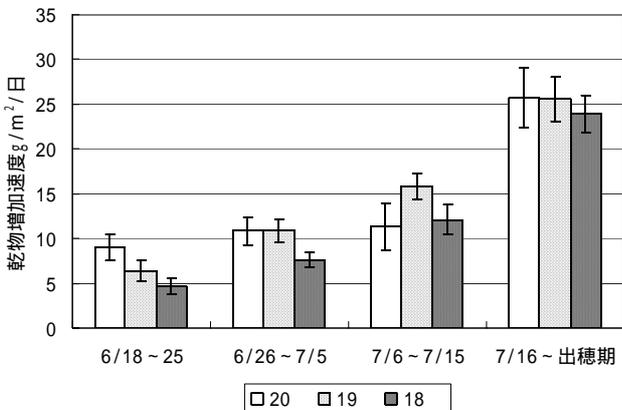


図1 出穂期前の乾物増加速度

バーは標準誤差

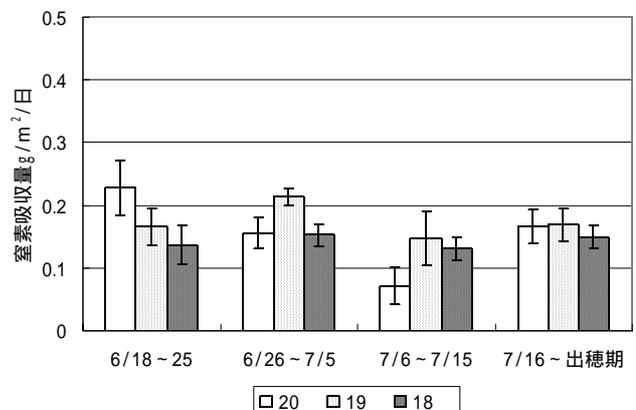


図2 出穂期前の日別窒素吸収量

バーは標準誤差

表1 分けつ期の気温経過別代表穂の分解調査結果

分けつ期の 平均気温	穂長 (cm)	節間長(cm)					合計	枝梗数(本)		着粒数(粒)	
		1	2	3	4	5		1次	2次	1次	2次
18 (n=8)	17.1	31.3	19.6	16.2	8.4	1.5	76.9	10.1	14.5	54.9	40.3
19 (n=7)	17.5	31.8	19.4	16.1	9.2	2.3	78.9	9.7	13.6	53.2	37.1
20 (n=5)	17.2	31.0	19.4	16.9	8.7	1.9	77.9	9.4	12.8	51.3	34.8
分散分析	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	*	n.s	n.s	n.s

\*は5%は有意差，n.sは有意差はない

表2 分けつ期の気温経過別収量調査結果

分けつ期 の平均気 温	全重(b) (Kg/a)	玄米重(a) (Kg/a)	収穫指数 (a/b*100)	±SD	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	1穂粒重 (粒)	m <sup>2</sup> 当り全粒数 (千粒/m <sup>2</sup> )	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)
18 (n=8)	147.4	59.6	40.5	1.9	383	76.7	29.1	89.2	22.4
19 (n=7)	151.8	59.3	39.2	3.3	411	71.7	29.4	90.2	22.2
20 (n=5)	152.9	58.3	38.4	4.2	404	69.3	28.0	91.5	22.2
分散分析	n.s	n.s	n.s		n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

n.sは有意差はない

(1) 乾物増加速度は、20 で経過した場合に6月18日～25日までは高く、7月6日～15日までは最も小さくなった(図1)。また日別窒素吸収量は、20 で経過した場合に6月18日～25日までは高く、7月6日～15日までは最も小さくなった(図2)。

(2) 代表穂の分解調査では、20 で経過した場合は稈長・穂長に大きな差は認められず、1次枝梗数では低下する傾向にあり、枝梗別粒数は減少する傾向にあった(表1)。

(3) 収量は20 で経過した場合は、全重がわずかに増える傾向にあるが、粒重、玄米重には明らかな差はみられなかったものの、収穫指数は変動が大きい傾向を示した。1穂粒数は低下して、m<sup>2</sup>当たり粒数も低下する傾向を示すため、登熟歩合は高まる傾向にあるが、千粒重については明瞭な差はみられなかった(表2)。

以上、移植から7月5日までの分けつ期に20 の高温で経過した場合は、乾物増加速度や日別窒素吸収量は有効茎決定期頃の6月25日まで多いが、その後7月6日～15日の低下が著しく、生育停滞を裏付ける結果となった。収穫指数は、下野(2008)が指摘しているように変動が大きくなる傾向にあったものの、粒重、玄米重には明らかな差はみられていないことから、秋田県横手市における「あきたこまち」の収量への影響は小さかったものとみられた。

### 引用文献

佐藤雄幸・佐藤馨・京谷薫・児玉徹，2001：秋田県における1999年産水稻の生育経過と白粒発生状況，東北の農業気象45，7-12。

佐藤雄幸・金和裕・宮川英雄，2009：秋田県横手市における20年間の水稻生育期間の気温経過からみた「あきたこまち」の生育特性，東北の農業気象53，36-37。

下田裕之，2008：地球温暖化が北日本のイネの収量変動に及ぼす影響，日作紀77(4)489-497。

2009年の気象経過からみた大豆生育の特徴  
 ○佐藤健介・松波寿典・佐藤雄幸(秋田県農林水産技術センター農業試験場)

はじめに

2009年の秋田県における気象経過の特徴として、7月の集中的な降雨と低日照、さらに9月の少雨と低温経過があげられる。それらの期間は秋田県内で作付されている標準的な大豆作型における開花前後と登熟期間にあたり、県内各地の生産現場では大豆生育量の不足や枯れ上がりの早まり等が確認された。そこで、秋田県農林水産技術センター農業試験場において生育時期別の技術情報の提供を目的に実施している大豆の作況調査の生育データをもとに、本年の気象経過と大豆生育との関連について考察した。

材料および方法

1. 供試品種:リュウホウ
2. 大豆生育データは、秋田県農林水産技術センター農業試験場で実施している作況調査結果を用い、平年値は2000年から2008年までの9ヶ年間の平均値とした。
3. 耕種概要は、5月25日播種、栽植密度は畦幅75cm、株間20cm、2粒播き、13.3粒/m<sup>2</sup>である。中耕1回、培土2回、施肥量は窒素成分0.25kg/a(基肥のみ)とした。
4. 開花期:7月25日、成熟期:9月25日
5. 本年及び平年の気象データは、大正寺地区のアメダス地点の観測データを用いた。

結果および考察

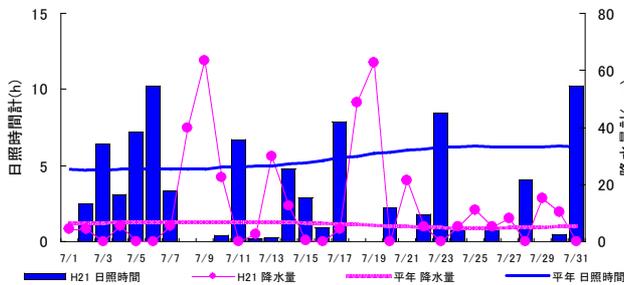


図1. 2009年と平年における7月の降水量及び日照時間推移

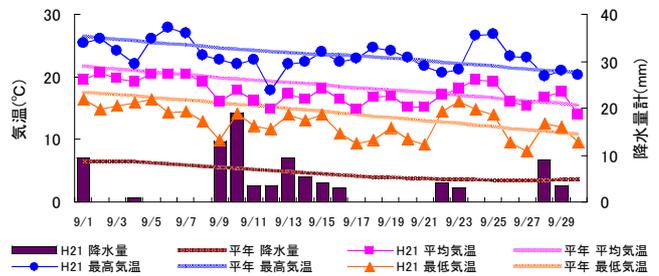


図2. 2009年と平年における9月の気温推移

表1. 大豆作況調査ほ場における2009年の生育調査結果

	草丈 (cm)			本葉数 (枚)			分枝数 (本)		
	H21	平年	平年比	H21	平年	平年比	H21	平年	平年比
6月30日	31	30	102	6.2	6.0	104	0.0	0.0	-
7月10日	43	49	88	8.9	8.5	104	0.3	0.4	62
7月21日	66	70	94	12.0	11.3	106	1.1	1.8	59
7月30日	88	93	95	15.0	14.2	105	2.3	3.9	57
8月10日	105	107	98	15.7	14.8	106	2.5	4.5	55
8月20日	106	109	98	15.6	14.9	105	2.5	4.5	54
8月30日	106	109	98	15.6	14.7	106	2.5	4.7	52
9月10日	106	112	95	15.6	15.0	104	2.5	4.9	51

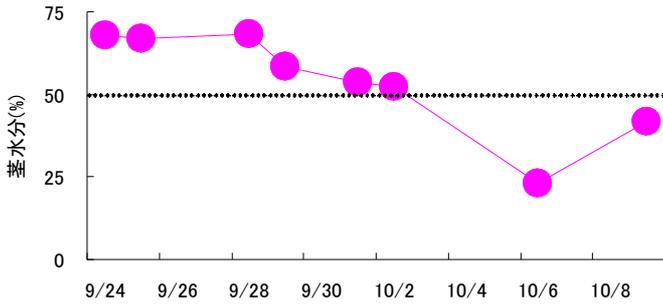


図3. 成熟期前後の茎水分の推移

表2. 県内各地区の生育状況(開花始期及び成熟始期)

		開花盛期	成熟盛期
		本年	8月2日
県北	平年との差	+1日	-9日
中央	本年	7月31日	10月12日
	平年との差	+3日	0日
県南	本年	7月31日	10月1日
	平年との差	+1日	-5日
全県	本年	7月31日	10月5日
	平年との差	+1日	-6日

県水田総合利用課資料より作成

- 7月には平年値を大きく上回る降雨日が数日間あり、日照時間も短い日が多かった(図1)。期間中における積算値の平年比はそれぞれ降水量が202%、日照時間は55%となった。
- 9月の気温は最高・平均・最低とも期間を通じ平年を下回る日が多く(図2)、なかでも最低気温は平年値を大きく下回った。期間中におけるそれぞれの積算値の平年比は最高気温が94%、平均気温は99%、最低気温は88%となった。
- 9月の降水量は平年を大きく下回る日が多く、期間中における積算値の平年比は47%となった(図2)。
- 大豆作況調査ほ場における草丈及び本葉数は、生育期間を通じて平年並からやや多く経過した(表1)。分枝数は期間を通じて増加の幅が小さく、最終的に平年値より2.4本少ない平年比51%となった(表1)。
- コンバイン収穫が可能となる茎水分50%以下となった時期は、平年の10月4半旬に比べ大幅に早まり、10月6日頃となった(図3)。
- 県内各地区における生育状況(県水田総合利用課資料より)は各地区とも開花盛期が平年より1~3日遅かったのに対し、成熟始期は平年並~9日早くなった(表2)。

以上、本年の大豆生育の特徴として分枝数の減少、茎水分の低下促進による枯れ上がりの早期化があげられる。分枝の発生については、7月下旬頃から発生が抑制されていることから、7月中の多雨及び少照が大きく影響しているものと考えられる。また、茎水分の低下が早まったことは、分枝の発生が抑えられたことによる生育量の減少に加え、9月中の低温経過と、これまでにはないほど降雨量が少ない乾燥条件下で登熟期間を経過したことが影響しているものと考えられる。

## イネ穂分化における基本栄養生長相の評価

岡田益己・塩見泰平（岩手大学農学部）

## 1. はじめに

地球温暖化に対する農作物栽培の適応技術として、南の品種を北に導入する可能性が検討されている。しかし品種の早晩性には、日長反応の違いが大きく作用し、温度が上昇したとしても日長時間の長い北に南の品種が適応するかは疑問である。イネの早晩性は、基本栄養生長性、日長感応性（プラス感温性）の違いで評価されるが、その評価方法は必ずしも定量的ではない。いつから日長感応を始めるか、日長の長短によってどのくらい感応速度が変化するかなどについて、南北の品種特性を定量的に評価する必要がある。

シロイヌナズナでは、葉で形成された日長感応シグナルが生長点に移行し、そこにある受容体を刺激して花芽を形成することが明らかになった（例えば、Blázquez, 2005）。受容体は植物体がある大きさに達してから形成されるので、この受容体を形成するまでの期間が、従来の基本栄養生長相に相当すると考えられる。すなわち生長点の分化状態から、基本栄養生長期の長さを判断することができるだろう。幸い水稻では穂が分化する時期まで、生長点が水中にあるので、水温を制御することで生長点の分化速度を調節でき、またその状態を葉齢から判断することが可能である。本発表では、基本栄養生長相の終了時期を判断する実験手法を確立し、温度による変動の評価を試みた。

## 2. 実験方法

品種あきたこまちを2009年8月24日に448セルの株播き用トレイに1粒ずつ播種し、出芽日（8月28日）からプラスチック製角型水槽（内寸：760mm×910mm×高200mm）で湛水育苗した。9月1日に1/10,000ワグネルポットに6個体ずつ移植し、9月2日から20℃、25℃、30℃の水温処理を開始した。各水温処理水槽1台計3台を1組とし、一方を短日処理区、他方を長日処理区に配した。移植時には、短日区の各水槽に2ポット、長日区の各水槽に10ポットを設置し、生長点が水に浸るように約5cmの水深を維持した。葉齢が5, 7, 9, 11, 13葉に達したときに、同じ水温処理区の長日区から短日区に2ポットを移動した。幼穂形成期前後に各ポット6個体を2~4日間隔で順次採取し、幼穂長を調査した。幼穂長が1.5mmに達した日を幼穂形成期とした。

水槽には熱交換用のフレキシブルパイプ（16mm×2m）を配置し、三方電磁弁を介して冷水機から約10℃の水を循環した。また加温用のヒーターも水槽内に設置した。各水槽の直上に60Wのレフ型白熱ランプを設置し、短日区は13.5時間、長日区は24時間の日長とした。水温と温室内気温の測定には白金抵抗温度計（Pt100）を使用した。温度の計測、三方電磁弁、ヒーター、白熱ランプのOn-Offを、データロガー（CR-1000, Campbell社製）システムで制御した。

3. 結果と考察

基本栄養生長相の終了時期は、以下の操作で判断できると考えた。すなわち基本栄養生長相の終了以前に、長日区から短日区に移動した個体は、長日による穂分化抑制作用を受けないので、最初から短日区に置いた個体と幼穂形成期が変わらないはずである。一方、基本栄養生長相の終了後に、長日区から短日区に移動した個体は、穂分化抑制作用により幼穂形成期が遅れる。

図 1 に、横軸に長日区から短日区に移動した日の葉齢、縦軸に出芽から幼穂形成期までの日数を示した。いずれの水温区においても、葉齢が 5 葉期までは長日による穂分化の抑制が起こらないこと、さらに 30℃区では、7 葉期でも長日による抑制が起こらないこと、25℃区は 20℃区と 30℃区の間のような反応を示すことが明らかになった。これらの結果から、水温（生長点温度）が高いほど日長感応の開始葉齢が遅くなることが示唆された。一方、図の横軸を出芽から移動日までの日数に置き換えると（図 2）、水温に関わらず出芽 20 日頃までは日長感応が開始しないという結果が得られた。

これらの真偽を確認するには、さらなるデータの蓄積が必要となるが、今回考案した手法が、基本栄養生長相の終了時期すなわち日長感応の開始時期を把握するのに有効であることが判明した。

引用文献

Blázquez, M.A. (2005) The right time and place for making flowers. *Science*, 309: 1024-1025.

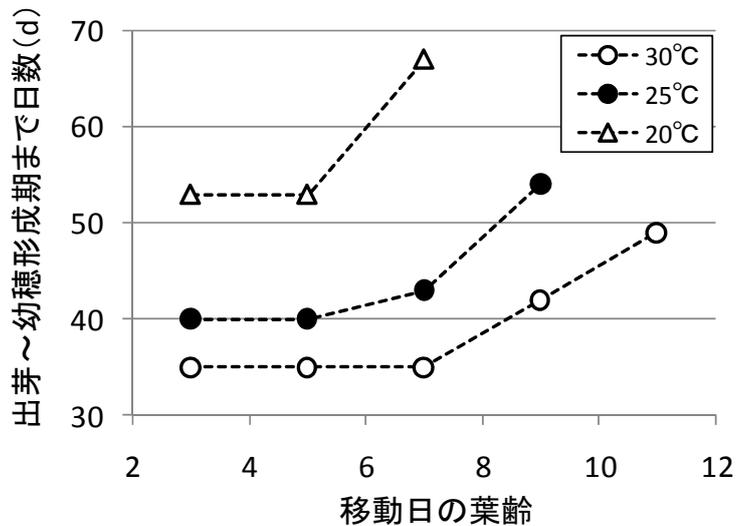


図 1. 長日区から短日区へ移動した日の葉齢と出芽から幼穂形成期までの日数の関係

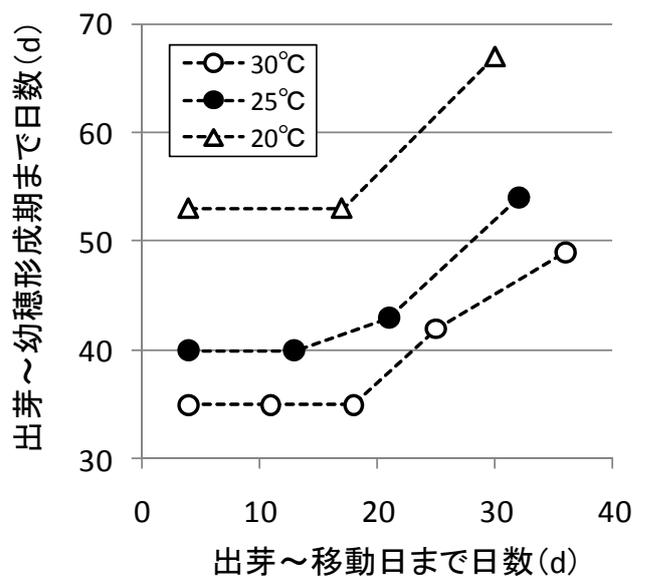


図 2. 出芽から移動日と出芽から幼穂形成期までの日数の関係

## 霜害低減のための温度管理システムの開発

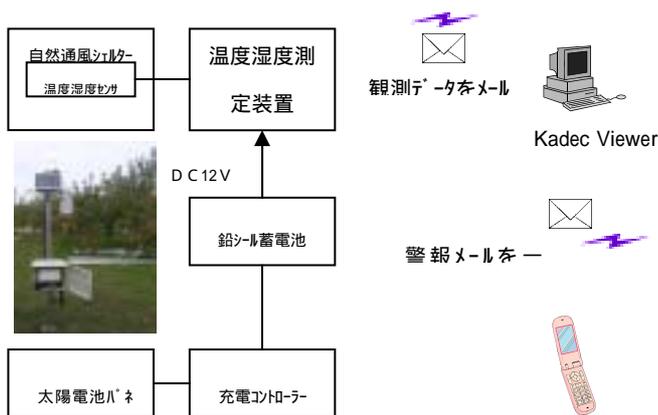
渡邊 明 (福島大学・理工)

### 1. はじめに

近年の温暖化にともない果樹の発芽や開花が早くなっている。東北地方では Watanabe(2009a)が指摘しているように 1970 年ごろから年々変動の標準偏差が 1970 年代以前の 1.7 倍にもなり、特に春季の温度上昇が大きいことを指摘している。また、藤沢、小林 (2007)は、過去 30 年の福島県果樹研究センターのリンゴの発芽日や開花日のデータを基に、発芽が 2.3 日/10 年の率で、開花は 2.7 日/10 年の率で早期化していることを指摘している。このため、福島県では春季に時々南下する寒気によって霜害がもたらされ、特に 2000 年以降果樹関連に大きな被害を発生させている。このため渡邊 (2009)は霜害低減を目的に約 10kmX10km 領域の果樹園を対象に 2 次元気温分布監視システムを開発し、草野ほか (2009)は 10 分毎の現地気温の監視システムと警報通報システムを実現した。ここではさらに精度向上のための観測を行い、気温の 2 次元監視システムを開発するとともに、予測システムの開発を行っている。ここでは主に地表面の差異による気温変動、監視システムへの影響について検討したのでその結果について報告する。

### 2. 温度表示システムの開発手法

実際の果樹園地帯で、特に低温が出現する地点に補正した温度ロガを地上 1.5m 設置し、10 分間毎の計測



第 1 図 温度管理システムの構造図

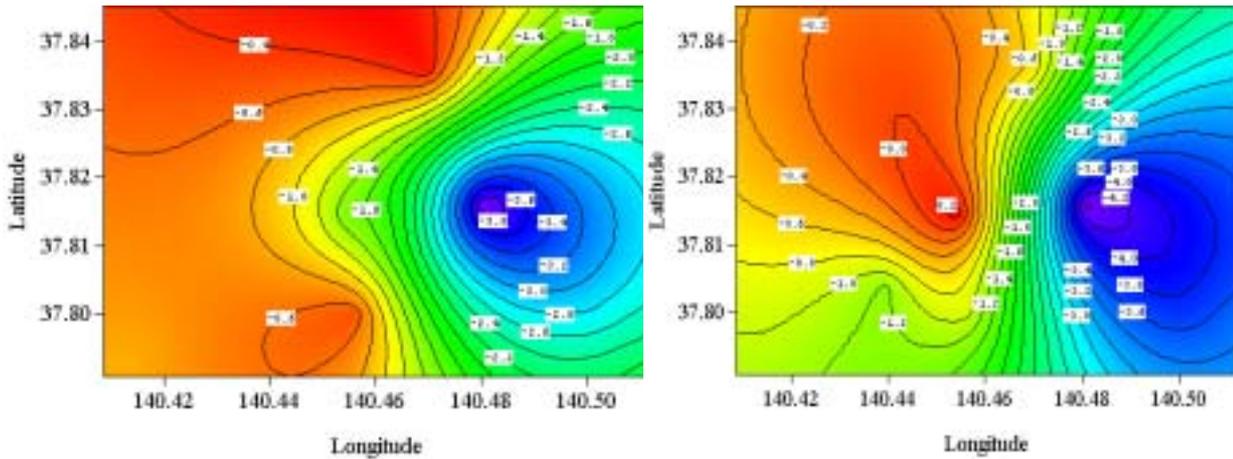
を行い、全地点との相互相関が最もよい地点を基準点として、カディック社製の自動気温・湿度測定装置を設置した。この基準点と併せて 2008 年と同様な地点で気温観測を行い、最低気温が表示できるマップファクターを 50m 四方で求め、ベース地点の温度観測を行うことで 2 次元の温度分布が監視できるようにした。その構造図を第 1 図に示す。基準地点の計測地点からモバイル通信で表示システムにデータを送信し、それを受けたことを確認して表示、予測を表示し、多くの地点で霜害発生が懸念される気温

になった時には自動的に user に mail を送信できるシステムになっている。

### 3. 表示システムの精度

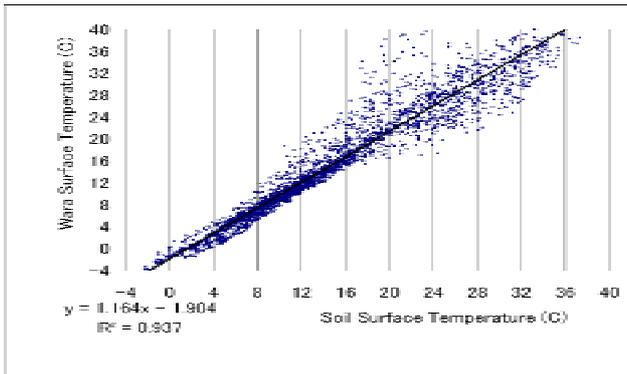
事前に測定した果樹園内の各地点の温度と基準点との温度を用い、最低気温出現時刻を中心に 1 次回帰を行い、基準点との関係を 1 次関数としてもとめ、それを 50m 格子の分解能として、Kriging Method によって内挿し、Trend と Constant の Map factor として使用することにした。もし、観測地点での多くの不都合があれば、その地点での観測を充実することによって、より精度の高い監視システムが構築できる。第 2 図は 2009 年 4 月 6 日 5 時 30 分の観測値による温度分布と Map factor を用いた監視システムによる温度分布を示したものである。渡邊 (2009)は Map factor を標高との関数で補正し、ひとつの監視システムを提案しているが、観測値ほど温度差が表現できていなかった。しかし、今回の手法では、果樹園内で 5 以上の温度差が出現しているにも関わらず、低温出現域も類似し、精度も  $\pm 1$  の間に表現されている。

境界層では、これまで斜面から低地への寒気流入が指摘され、低地ほど冷気が蓄積することによって相対的に霜害が深刻化する例が多く報告されている。しかし、対象地域では裸地面での放射冷却が相対的に大き

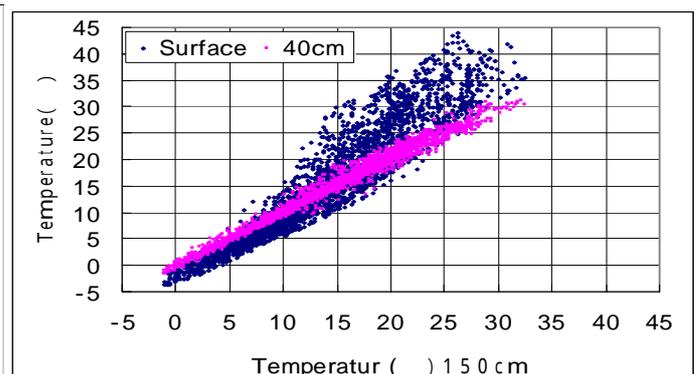


第2図 2009年4月6日5時30分の観測値（左図）とMap factorを用いた監視システムによる温度（右図）分布  
 く、冷気が形成されると考えられるような観測結果が得られている。また、風速との関係では、2m/s程度まで強くなると急激に温度上昇が2.5程出現するのに対して、2m/s以下になると2.5程低下する例が観測されている。強風時の昇温は安定成層の攪拌による昇温効果と考えられるが、弱いときの温度下降量が斜面からの冷氣移流で説明できる値ではない。

また、第3図に敷き藁した果樹園と土壌面の果樹園での地表面温度の相関を示したものである。敷き藁は土壌面より平均2程低温になることがわかったが、逆に日中潜熱の差異により高温化することも示された。



第3図 敷き藁表面温度と土壌表面温度の関係



第4図 観測高度による温度相関の差異

さらに、第4図に1.5mの高度の気温と地表、地上40cmの気温の関係を示す。高度毎の気温の相関では地上面での相関は良くないが、地上40cm程度になると比較的空間代表性が大きくなり、1.5mの気温ではあまり土壌表面に左右されない観測結果が得られた。

#### 4. まとめ

霜害低減のための実用化可能な温度管理システムを開発し、J A北福島で試行実験を行った。今回さらにmap factorを改良し精度1程度で監視できるシステムが作成できた。これまで地表面状態が比較的複雑で、冷気の蓄積が異なることが指摘されているが、高度1.5m程度の気温は比較的空間代表大きいことが分かった。今後これらの観測値を使用して予測システムを開発する予定である。この研究は独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構の委託研究として実施している。

藤沢茉莉子, 小林和彦, 2007: 日本におけるリンゴの発育早期化にみられる温暖化の影響, 農業気象, Vol. 63, No.4, 185-191.

草野智樹, 藤岡岳之, 渡邊 明, 2009: 気象監視システムの開発, 日本農業気象学会講演要旨, 47.

渡邊 明, 2009: 霜害監視システムの開発, 東北の農業, Vol.53, 29 - 30.

Watanabe, A., 2009a: Global warming and climate change, Farming Japan, Vol.42-6, 9 - 12.

Watanabe, A., 2009b: Development of the prediction method of the minimum temperature for frost damage prevention, International Symposium on Agricultural Meteorology, 83.

## 過去データに見られるダイズ生育への気象影響

° 鮫島良次（東北農業研究センター）

### 目的

同一地点で長期間行われたダイズの栽培試験データを、最寄りのアメダス地点の気象データを用いて解析し、ダイズ生育・収量への気象影響を明らかにする。

### 方法

- ・秋田県大仙市刈和野において1979年から2006年までの27年間に行われた、ダイズ（品種スズユタカ）の奨励品種決定試験データと、農業環境技術研究所の「モデル結合型作物気象DB（東日本）」に収納されているアメダス大曲（南東に12km離れている）におけるデータ。このデータには日射量の推定値も含まれている。
- ・6月1日から9月28日までの期間（120日間）を15日づつに8期間（および30日づつ4期間）に区切り、各期間における気象要素（平均気温、平均日射量、積算降水量）のうち、収量に影響をおよぼしている要素を調べた。

### 結果と考察

- ・播種日と開花日の平均は5月28日と8月5日であった。収量は、24.3kg/aから30.8kg/aに増加した（図1）。
- ・6月16日から6月30日までの気温は収量に影響した（図2）。この期間の気温は上昇傾向にあり（図3）、収量増加の一因と考えられた。
- ・8月15日から8月29日までの降水量は収量に影響した（図4）。この期間は概ね開花後10日からの期間である。シンク容量の決定に水分が影響したとも考えられたが、収穫指数には降水量との関係は認められなかった。
- ・影響はやや小さいが、収量に対して7月1日から7月15日までの気温（負、図5）と降水量（正、図6）の影響が見られた。
- ・全期間を通して、日射量の影響は見られなかった。日射量が制限要因となるほどには収量レベルが高くなったのかもしれない。
- ・開花期を基準として、気象要素の影響を調べたところ、高温で収量が低下する傾向が見られた。今後、開花期など生育ステージを基準とした期間の時期別気象要素と収量の関係解析を進めたい。

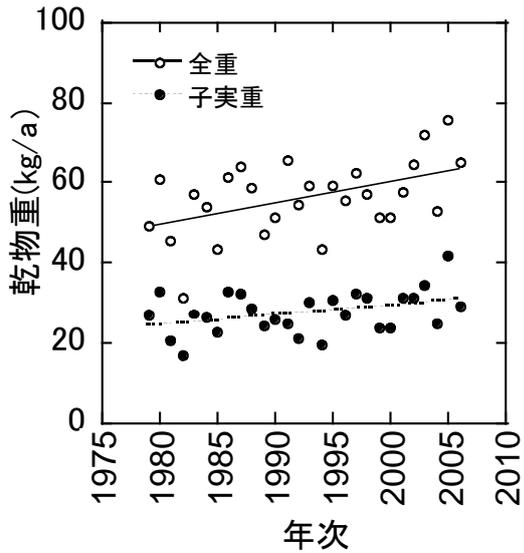


図1. 全重と子実重の推移

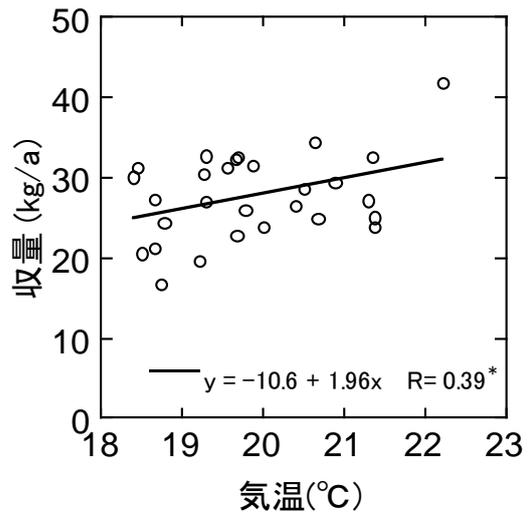


図2. 6月16日から6月30日までの平均気温と収量

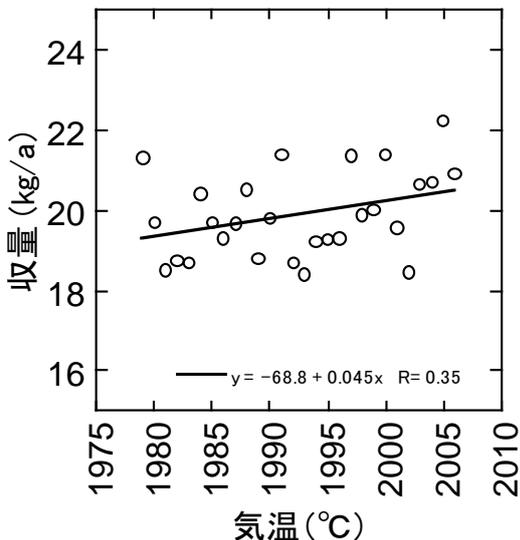


図3. 6月16日から6月30日までの平均気温の推移

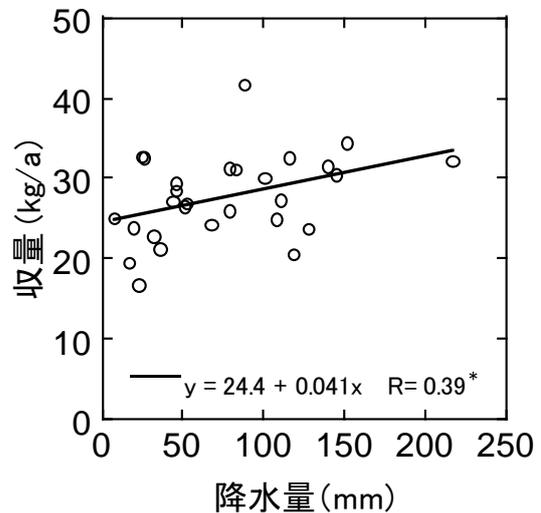


図4. 8月15日から8月29日までの降水量と収量

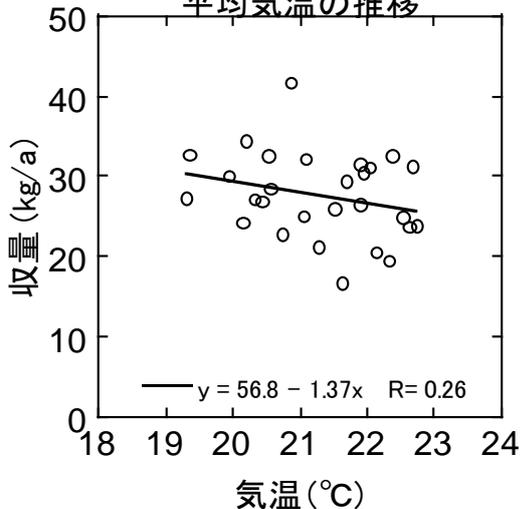


図5. 7月1日から7月15日までの気温と収量

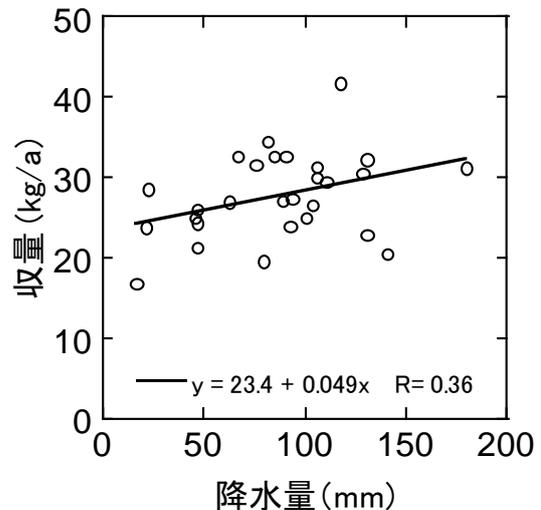


図6. 7月1日から7月15日までの降水量と収量

気温メッシュ情報を用いた東北地方の作柄表示地帯別の  
水稲の出穂期予測

○川方俊和・菅野洋光(東北農研)

### 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、いくつかの発育予測モデルが報告されているが、リアルタイム気象値、さらには気象予測値を用いた発育予測モデルとそれを用いた発育ステージ予測は報告されていない。そこで、発育指数のモデルの計算方法を工夫したモデルを作成し、国土数値情報の土地利用ファイルとメッシュ気象情報ファイルから、作柄表示地帯の田の平均気温を推定し、東北地方の作柄表示地帯の出穂期の予測と精度の検証を行った。同時に、その地帯内の気象台、アメダスの日平均気温を用いた場合と比較し、出穂期予測に用いる気温データについて検討した。

### 2. 方法

1) 発育指数 (DVI) のモデルは、出芽日を 0 として、気象要素の関数である発育速度 (DVR) を日々積算して、その積算値である発育指数 (DVI) が出穂期等で 1 になるものである。この際、田植日の DVI を与えることは容易ではないため、過去数年間の気象要素並びに田植日、出穂日のデータから、田植日の DVI を推定し、この値を初期値として、当該年の気象要素から出穂期を推定するモデルを考案した。

2) 国土数値情報土地利用ファイルと作柄表示地帯 (農水省作物統計) と気温メッシュ情報ファイル (メッシュコード、緯度、気温等) を結びつけ、作柄表示地帯の田の平均気温と田の平均緯度を計算するプログラムと、その地帯の田の平均気温のファイル (1979 年から 1997 年、2000 年から 2007 年、年月日、メッシュコード、平均緯度、平均気温) を作成した (表 1)。

3) 気象台、アメダスの日平均気温を用いる場合、気象メッシュ情報から推定した田の平均気温を用いる場合の水稲の出穂日予測の精度を比較した。

### 3. 結果と考察

(1) 作柄表示地帯内の気象台、代表的なアメダスの日平均気温を用いて、出穂期予測のモデルの予測精度 (ROOT MEAN SQUARE ERROR, 二乗平均平方根誤差) を検証した。検証期間は、1984 年から 1997 年の 14 年と、2000 年から 2005 年の 6 年、計 20 年間であり、以下の検証期間も同じである。その予測精度は 1.97 日であった。

(2) 作柄表示地帯の全てのアメダス地点について、出穂期予測を行い、予測

精度が最小になる、適切なアメダス地点を選択した場合は、予測精度は 1.74 日であった。

(3) 気温メッシュ情報から作柄表示地帯の田の平均気温の推定値を用いた場合は、予測精度は 1.80 日であった。

(4) (1) の気象台のうち、海岸部（深浦、大船渡、宮古、小名浜）の気象台を内陸部のアメダス地点に置き換えた場合、予測精度は 1.77 日であった。

(5) 以上のことから、作柄表示地帯の水稲の出穂期を予測するために用いる気温は、その地帯の水田の平均気温を推定することが必要であるが、それが難しい場合は、その地帯の海岸の気象台を除いた気象台、代表的なアメダス値を用いても同程度の予測精度があることが判明した。

表 1 作柄表示地帯の田の平均気温、平均緯度の推定式

$$\text{作柄表示地帯の田の平均気温} = \frac{\sum(\text{3次メッシュの田面積}) \times (\text{3次メッシュの気温})}{\sum(\text{3次メッシュの田面積})}$$

$$\text{作柄表示地帯の田の平均緯度} = \frac{\sum(\text{3次メッシュの田面積}) \times (\text{3次メッシュの緯度})}{\sum(\text{3次メッシュの田面積})}$$

( $\sum$  は作柄表示地帯内で積算する)

表 2 出穂日を予測場合の気温データの比較

(検証年は、1984年～1997年、2000年～2005年の計20年)

	作柄表示地帯 の耕種期日 (作物統計)	気象台と アメダス	予測精 度(日)	予測精度 が最小の 適切なア メダス	予測精 度(日)	海岸部を除い た気象台とア メダス	予測精 度(日)	作柄表示地帯 の田の平均気 温の推定値	予測精 度(日)
青森	青森	青森	1.8	蟹田	1.7	青森	1.8	青森	1.7
	津軽	深浦	2.7	碓ヶ関	2	碓ヶ関	2.0	津軽	1.8
	南部・下北	八戸	1.8	三戸	1.8	八戸	1.8	南部・下北	1.7
岩手	北上川上流	盛岡	1.2	盛岡	1.2	盛岡	1.2	北上川上流	1.5
	北上川下流	北上	1.3	大迫	1.2	北上	1.3	北上川下流	1.5
	東南部	大船渡	2.4	遠野	1.7	遠野	1.7	東南部	1.5
	下閉伊	宮古	2.5	川井	1.8	川井	1.8	下閉伊	2
宮城	北部	二戸	1.2	二戸	1.2	二戸	1.2	北部	1.8
	南部	白石	1.9	白石	2	白石	1.9	南部	1.9
	中部	仙台	2.0	新川	1.9	仙台	2.0	中部	1.8
	北部	古川	1.9	大衛	1.7	古川	1.9	北部	1.8
	東部	石巻	2.1	気仙沼	2	石巻	2.1	東部	1.6
秋田	県北	鷹巣	1.3	鷹巣	1.3	鷹巣	1.3	県北	1.5
	中央	秋田	1.6	五城目	1.6	秋田	1.6	中央	1.6
	県南	横手	1.5	角館	1.3	横手	1.5	県南	1.8
山形	村山	山形	1.4	山形	1.4	山形	1.4	村山	1.5
	最上	新庄	2.3	新庄	2.3	新庄	2.3	最上	2.3
	置賜	米沢	1.5	米沢	1.5	米沢	1.5	置賜	1.9
	庄内	酒田	1.8	鶴岡	1.7	酒田	1.8	庄内	1.6
福島	中通り	福島	2.0	二本松	1.9	福島	2.0	中通り	2.4
	浜通り	小名浜	3.4	上遠野	2.1	上遠野	2.1	浜通り	2
	会津	若松	2.1	若松	2.1	若松	2.1	会津	2.2
	全体		1.97		1.74		1.77		1.80

## >>>支 部 だ よ り<<<

### 1. 2009（平成21）年度支部大会

2009 年度支部大会は秋田県立大学秋田キャンパスにおいて、11 月7・8日に開催されました。7日には「温暖化する東北でめざす作物生産の安定と向上」と題してシンポジウムが行われ、4氏による講演と討議が行われました。8日の一般研究発表会では10題の発表があり、活発な討議が行われました。今号には大会シンポジウム・研究発表の要旨を掲載しました。

8日の総会において、会誌「東北の農業気象」Web ジャーナル利用規程が事務局より提案され了承されました。内容は39ページをご参照ください。

### 2. 会員動静

[入会] 木村善明、五十鈴川寛司

[退会] 齋藤信弥、高館正男、高橋智宏、鶴田正明、井上君夫

[逝去] 本庄一雄、石田末広、手塚一清

[名誉会員] ト蔵建治

2010年1月31日現在の会員数：141

名誉会員：1名

会友：0名

会員：126名（支部のみ73、本部のみ24、支部+本部29）

図書館等：14（支部のみ4、本部購読会員9、本部賛助会員1）

### 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. 2010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、2010年度の候補者をご推薦ください。締め切りは2010年6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. 2010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、2010年度の候補者をご推薦ください。締め切りは2010年6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) 2008年度決算報告

○収支決算

収 入			支 出		
項 目	予 算	決 算	項 目	予 算	決 算
個人会費	121,500 円	85,000 円	印刷費	50,000円	50,000円
支部補助費	24,500	24,500	通信費	50,000	35,770
雑収入	0	187	事務費	10,000	1,590
繰越金	385,932	385,932	大会費	50,000	50,000
			雑 費	23,000	18,247
			予備費	348,932	0
合 計	531,932 円	495,619 円	合 計	531,932 円	155,607 円

○余剰金の算出

収 入	495,619 円
支 出	155,607 円
余剰金	340,012 円

(2) 2009年度予算

収 入		支 出	
項 目	予 算	項 目	予 算
個人会費	109,500 円	印刷費	5,000 円
支部補助費	24,500	通信費	50,000
雑収入	0	事務費	10,000
繰越金	340,012	大会費	50,000
全国大会残金繰入	101,970	雑 費	23,000
		予備費	437,982
合 計	575,982 円	合 計	575,982 円

7. 2010年度支部大会のお知らせ

2010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

### 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やませ気象変動研究チーム内におく。

### 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決める。うち本部会則に基づく本部理事ならびに本部評議員を若干名互選する。
- (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20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、または媒体に複製することができる。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、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サイズの縦置き2段組の刷りあがり1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、刷上りを原則として6ページ以内とする。

2.3 「短報」は有益な研究結果を速報するもので、刷上りを原則として4ページ以内とする。

2.4 「論文」、「短報」は、他の雑誌に掲載したもの（投稿中も含む）と同一であってはならない。すでに掲載された内容を一部重複して投稿する場合には、登校原稿の40%以下に重複内容を圧縮する。

2.5 「進む研究」は実用に近づきつつある研究成果を紹介するもので、刷上りを4ページ以内とする。

2.6 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5語程度を、それぞれ五十音順、アルファベット順につける（例参照）。

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

キーワード：浄化、水耕栽培、セルリ、豚尿

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

#### はじめに（緒言、まえがき）

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

#### 材料および方法

実験や測定に使った作物や機材、処理方法・測定方法や分析方法を説明する。

#### 結果

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

ぎり、ふれない方が望ましい。

#### 考察

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

#### まとめ (摘要)

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

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

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

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

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

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

#### 謝辞

必要に応じて書く。

3.2.3 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、SI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サイズのトレース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サイズ上質紙にうちだしたのもよい。

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)

ト蔵建治，1991：冷害と宮沢賢治「グスコブドリの伝記」の背景，農業気象，35，35-41.

小林和彦，1994：影響評価モデル．日本農業気象学会編「新しい農業気象・環境の科学」pp190-206．養賢堂.

3.4.3 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。

## 日本農業気象学会東北支部役員名簿（2009・2010年度）

支 部 長	皆川 秀夫	北里大学
理 事	皆川 秀夫	北里大学
永年功労会員		
表彰審査委員	川方 俊和	東北農業研究センター
本部評議員	菅野 洋光	東北農業研究センター
	鮫島 良次	東北農業研究センター
評 議 員	菊池 晴志	青森県産業技術センター農林総合研究所
	清藤 文仁	青森県産業技術センター農林総合研究所
	岡田 益己	岩手大学
	臼井 智彦	岩手県農業研究センター
	小峰 正史	秋田県立大学
	佐藤 雄幸	秋田県農林水産技術センター農業試験場
	富樫 一幸	山形県庄内総合支庁産業経済部
	横山 克至	山形県庄内総合支庁産業経済部
	斎藤 満保	宮城大学
	日塔 明広	宮城県産業経済部
	渡邊 明	福島大学
	手代木昌弘	福島県農業総合センター
会計監査	伊五沢正光	岩手県立農業大学校
	大谷 裕行	元福島県農業総合センター
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	本吉農業改良普及センター
	高山 真幸	秋田県農林水産技術センター農業試験場
	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
	鈴木 幸雄	福島県農業総合センター

---

---

東北の農業気象 第54号

2010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

---

---