

東北の農業気象

Agricultural Meteorology in Tohoku

Vol. 50

Mar. 2006

論文

CReSSによるやませの再現実験

渡邊 明 1

春季の気温とリンゴの植物季節現象の長期的動向

今村友彦 10

水稻の北海道および東北品種の出穂に及ぼす生育地および年次の影響とその品種間差

森山真久・菅野洋光・中嶋美幸・村井麻理・佐々木華織・深堀協子 17

資料

近年における大豆収穫期の降水と大豆の被害

荒川市郎・丹治克男・二瓶直登 25

解説

北日本における夏季天候の周期変動と2003年冷夏について

菅野洋光 29

トピックス

総合技術としての農業気象 福島県農業総合センター（仮称）の発足を目前にして・・・

荒川市郎 41

訃報

工藤敏雄先生逝去 43

支部だより

2005年度支部会報告 44

会員名簿 49

支部会案内

日本農業気象学会東北支部会則 52

日本農業気象学会東北支部編集委員会規程 54

会誌「東北の農業気象」投稿規程 54

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)

2005・2006年度日本農業気象学会東北支部役員名簿

支部長	卜蔵 建治	弘前大学
理事	岡田 益己	東北農業研究センター
永年功労会員表彰審査委員	岡田 益己	東北農業研究センター
本部評議員 (定数 3)	川方 俊和	東北農業研究センター
	皆川 秀夫	北里大学
	渡辺 明	福島大学
評議員	多田 久	青森県農業大学校
	伊五沢正光	久慈農業改良普及センター
	高橋 政夫	岩手県農業研究センター
	畠山 均	盛岡農業改良普及センター
	児玉 徹	秋田県農業試験場
	佐藤 雄幸	秋田県農業試験場
	大江 栄悦	山形県企業振興公社
	横山 克至	山形県庁
	斉藤 満保	宮城農業短大
	日塔 明広	宮城県産業経済部
	小林 弥一	福島県農業試験場
会計監査	大谷 裕行	福島県農業試験場相馬支場
	大清水保見	岩手県農業研究センター県北農業研究所
幹事	菊池 晴志	青森県農林総合研究センター
	木村 利行	青森県農林総合研究センター
	沼田 芳宏	岩手県農業研究センター
	臼井 智彦	岩手県農業研究センター
	遠藤 貴司	東北農業研究センター
	島津 裕雄	宮城県古川農業試験場
	宮川 英雄	秋田県農業試験場
	高山 真幸	秋田県農業試験場
	三浦 信利	山形県立農業大学校
	富樫 一幸	山形県農業研究研修センター
	本馬 昌直	福島県立農業短期大学校
	鈴木 幸雄	福島県農業試験場種芸部

CReSS によるやませの再現実験

渡邊 明

福島大学理工学群共生システム理工学類

Reappearance experiment of Yamase in the Northeastern District
by Cloud Resolving Storm Simulator

Akira WATANABE

Faculty of Symbiotic Systems Science, Cluster of Science and Technology,
Fukushima University

1, Kanayagawa, Fukushima 960-1296, Japan

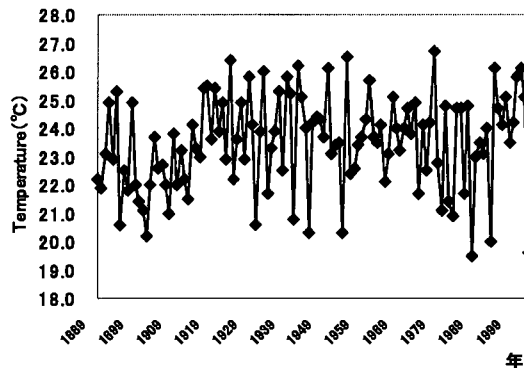
キーワード：やませ、下層雲、低温、CReSS

Keywords: Yamase, Low Cloud, Low Temperature, Cloud Resolving Storm Simulator

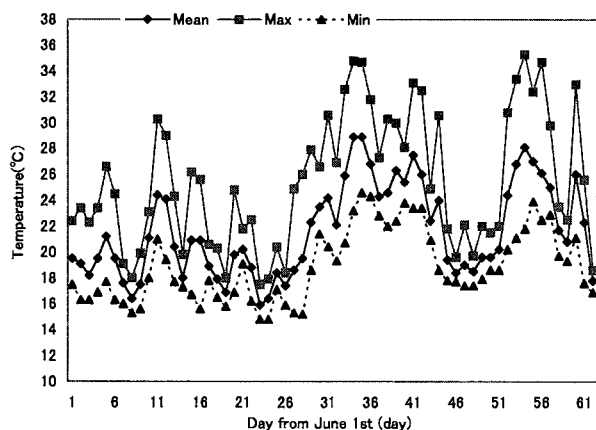
やませによる低温出現は、下層雲出現による寡照と寒気移流効果が大きく、地形による局地性が大きく関与している。そこで雲解像度が高い CReSS を用いて 2003 年の低温出現時の数値実験を行い、下層雲出現と低温出現の局地性の再現実験を行った。その結果、寒気移流効果を除いても、ほぼやませの下層雲が CReSS で再現できること、および低温出現の局地性も一定表現され、やませによる低温出現には地形効果が大きく効いていることを明らかにした。

1. はじめに

2003 年夏季は、オホーツク海高気圧の持続的な出現によって、低温と日照不足が顕著となり、福島県では 6 月 12 日に梅雨入りしたが、8 月上旬まで雨天の日が続き、梅雨明けが特定できない年となった。第 1 図は 1889 年から 2004 年までの福島市の 7 月の平均気温の変動を示したものである。6 月も平年値に比べて低温が出現していたものの、月平均気温としてはそれほど異常な低温ではなかった。しかし、7 月は過去 116 年間で 1988 年に次ぐ 2 番目の低温 (19.6°C) となった。また、第 2 図は福島市における低温の出現した 6 月から 7 月にかけての日最高気温、日最低気温、日平均気温の変動を示したものである。一般に水稻が障害型冷害を発生させる 17°C を境界としてみると、6 月の中旬を除くほとんどで 17°C 以下を示す日最低気温が出現している。



第 1 図 福島市における 7 月の平均気温の変動 (1889 年から 2004 年)

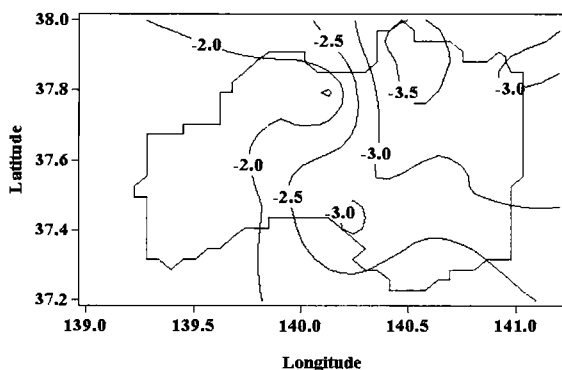


第2図 福島市における2003年6月から7月の日平均気温、日最高気温、日最低気温の変動

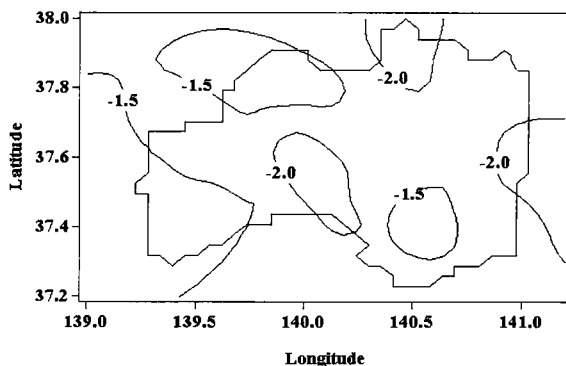
第3図は2003年7月の気温と平年値の偏差の分布を示したものである。福島県中通り地方を中心に平年偏差が大きくなっており、冷気が阿武隈山地と奥羽山系との間の低地を北から流入している様子が平均場として確認できる。また、奥羽山系より西部で偏差は相対的に小さく、2003年の低温化現象は同じやませでも渡邊(1990a,b)が指摘している背の低いやませの傾向が強いことがわかる。さらに、平均場として低温出現の局地性を理解するため、平年偏差を平年値で割ることによって渡邊(1981)が示した異常度UIを

$$UI = (X - \sigma) / \sigma$$

で求め、その分布を示したのが第4図である。ただし、Xは1971年から2000年までの7月の平均気温、 σ は同期間の標準偏差である。このように地域差を除去しても、基本的にUIの分布は偏差値の分布と同様で、県北東部、浜通り地方、中通り地方南部で相対的に低温異常であったことがわかる。これらの地域では、2003年の低温出現が、これまでより顕著であったことを示すものである。特に、浜通り地方で相対的に強い低温が出現している地点は、Coriolis力によって、阿武隈山地を障害物としてKelvien波的に寒気が南下しながら西へ寄せる地点と考えられる(木村、1995)。これらの低温出現の局地性を



第3図 福島における2003年7月の平均気温の偏差値の分布(°C)



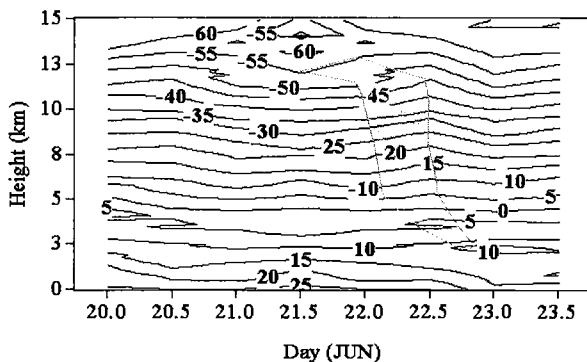
第4図 福島における2003年7月のUI値の分布

再現するため Cloud Resolving Storm Simulator (CReSS) を用いて数値実験を行い、下層雲の形成要因や低温出現の局地性を理解するとともに、その予測可能性について検証した。CReSS は、Tsuboki and Sakakibara (2001) によって開発された非静力学モデルで、特に雲解像を良くするために、「暖かい雨」と「冷たい雨」を区分し、雲・降水粒子と雲氷、雪、霰の数濃度の時間発展方程式を直接解いている。

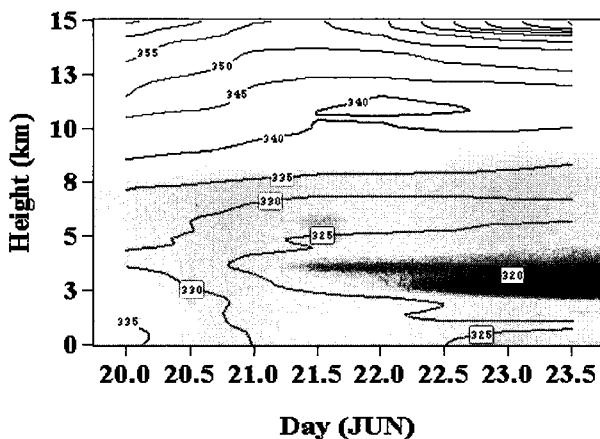
2. 低温出現時の総観場

寒気出現時の冷気流が出現し始める 6 月 20 日 9 時から 23 日 21 時までの仙台における気温の鉛直断面図を第 5 図に示す。この断面図から低温になり始めた 6 月 23 日 9 時には高度 3 km から 13 km 付近で不連続面が解析され、顕著な寒冷前線の通過があったと考えられる。この不連続面の構造は圏界面まで連続しており、synoptic scale の前線であることがわかる。すなわち、前線の南下で寒気側に仙台が入ったことを意味している。このため地上付近では 21 日 21 時に 25℃ 以上あった気温が 23 日 9 時から 16℃ と 10℃ 近くの気温低下が生じた。さらに、第 6 図に同期間の相当温位の鉛直断面を示す。相対的に低相当温位の大気が 20 日頃から高度 4 km 付近に侵入し、低温が地上で顕著になった 23 日には、ほぼ同様な大気が地上に達していることがわかる。こうした侵入状況を第 7 図に示した 6 月 24 日 6 時の地上天気図でみると、低気圧が朝鮮半島南部にあって、それより伸びる前線は、近畿地方を通り北緯 30 度、東経 148 度の低気圧へとつらなっている。従って、仙台は前線のはるか北に位置し、第 5 図で解析された synoptic scale の前線は天気図上の前線ではなく、むしろ、オホーツク海高気圧の南下に伴う不連続面が解析されているものと考えられる。

第 8 図は 6 月 23 日 21 時の仙台における東西方向と南北方向の水平風の鉛直分布である。下層 1 km 以下では南東風が出現しており、その上層 3 km までが南西風、3 km から 8 km までが南東風とやませに対応した北東風の出現は認められない。これは、日本海の低気圧に風場が影響されているためと考えられる。寒気の出現も第 6 図と比較すると南東風に対応しており、日本東部の太平洋から寒湿な大気が移流することによって寒冷化したと考えられる。しかし、この現象はい

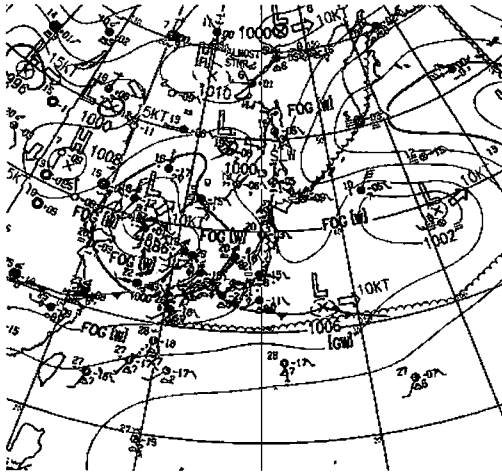


第 5 図 2003 年 6 月 20 日 9 時から 23 日 21 時までの仙台における気温の鉛直-時間断面(°C)

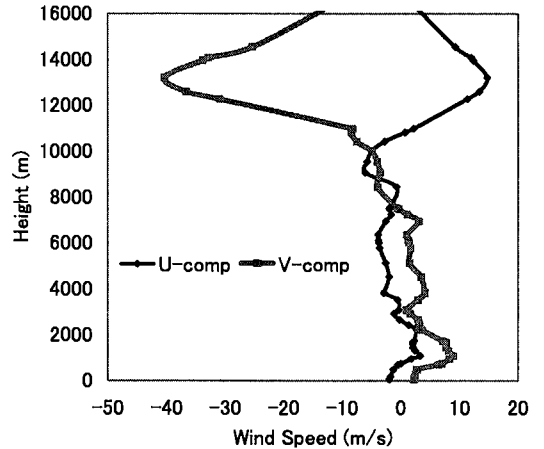


第 6 図 2003 年 6 月 20 日 9 時から 23 日 21 時までの仙台における相当温位の鉛直-時間断面(°K)

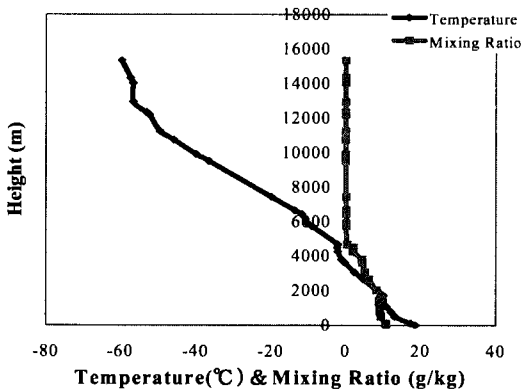
わゆるやませではなく、寒冷な天候をもたらされている例である。一方、7月に入り、寒冷になった22日9時の仙台における気温と混合比の鉛直分布を第9図に、また、風速の鉛直分布を第10図に示す。気温の鉛直分布では高度2km及び4.5km付近に顕著な安定層があり、高度4.5kmより上層では非常に乾燥している。これら2高度の安定層は、上層の断熱変化から推定すると、いずれも上層の方が高温位になっており、上層大気との連続性は確認できない。従って、2km以下の大気と2kmから4.5kmまでの大気の2つに区分されてそれぞれ移流しているものと考えられる。



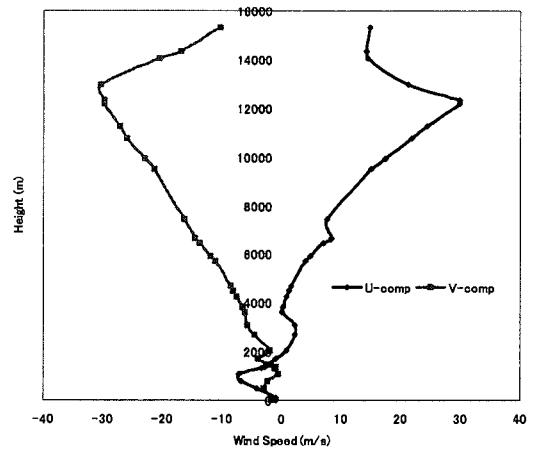
第7図 2003年6月24日6時の地上天気図



第8図 2003年6月23日21時の仙台における風の鉛直分布
U-comp: 風の東西成分、V-comp: 風の南北成分



第9図 2003年7月22日9時の仙台における気温と混合比の鉛直分布

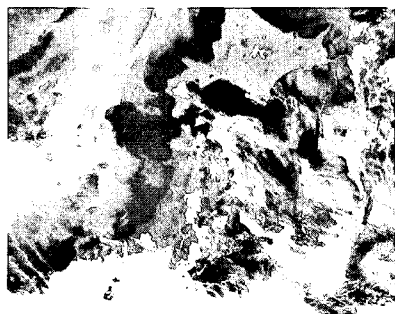


第10図 2003年7月22日9時の仙台における風の鉛直分布
凡例は第8図と同じ。

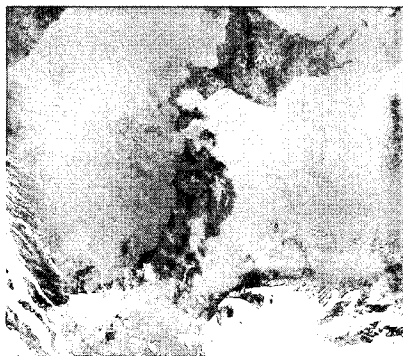
一方、第10図に示した風の鉛直分布では、明確に高度2km以下の北東風とそれより上層の北西風に区分でき、2km以下の下層大気が上層と異なった大気であることがわかる。高度2kmより上層の北西風も高度4.5kmまでは北系の風速が相対的に強く、それより上層の非常に乾燥している大気層とは風向がやや異なっている。すなわち、下層2km以下の層はいわゆるやませに対応しており、4.5kmまでの大気層も上層に比べて相対的に多湿低温位となっている。

以上のような総観場でどのような下層雲が発生しているのかを東北大学ノアデータベース(JAIDAS)の赤外画像と可視画像で示す。第11図は6月23日4時頃の可視(a)と赤外(b)画像を示したものである。可視画像では宮城県から福島県にかけての奥羽山系と福島県の浜通り地方に大きな反射率を示す領域が存在している。この領域と赤外画像とを比較すると、赤外画像では奥羽山系に沿う雲は黒体放射温度が高く、下層雲として出現していることがわかる。また、浜通り地方の雲はほとんど赤外画像で認識されず、かなり地表に近い雲が存在していたものと考えられる。福島県南部から関東にかけては、前線や低気圧により発達した雲が出現しているものの、東北地方太平洋岸ではこの間こうした雲の発生状況が継続し、下層雲が明確に出現しているものの、風向は南西風で、いわゆるやませによる下層雲ではない例である。

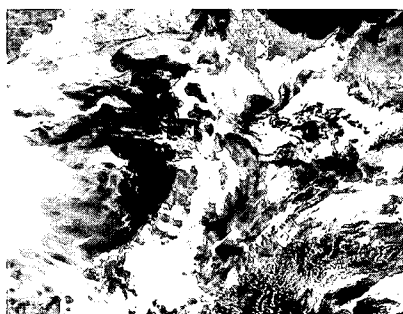
一方、7月22日4時頃の可視画像と赤外画像を第12図に示す。やませによってもたらされている雲の出現の1例と考えられ、可視画像の奥羽山系東側の東北地方一帯に反射率の高い領域が出現している。これを赤外画像と比較すると、ところどころ発達した雲を示し、相対的に低い黒体放射温度領域が存在するものの、全体として高い黒体放射温度を示し、東北地方の太平洋岸一帯に下層雲が出現していることを示している。



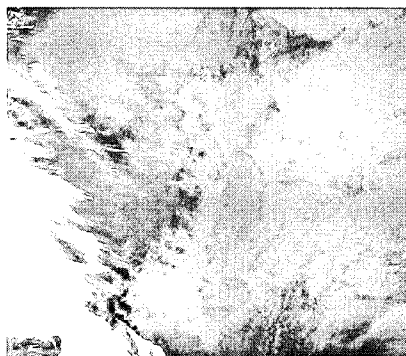
(a)



(b)



(a)



(b)

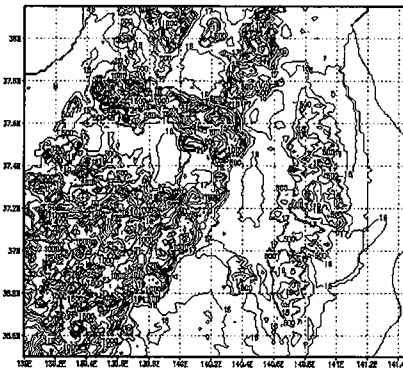
第11図 2003年6月23日4時のNOAAの可視画像(a)と赤外画像(b)JAIDASより引用 第12図 2003年7月22日4時のNOAAの可視画像(a)と赤外画像(b)JAIDASより引用

3. CReSS による数値実験

前述のような下層雲の出現機構を理解し、予測可能性を明らかにするとともに、やませに伴う低温出現の局地性を理解することを目的として数値実験を行った。このモデルは、雲解像度が大変よく、集中豪雨などの解析に多く用いられているが、下層雲の解析に用いられた例はない。

数値実験は、格子間隔を水平2km、鉛直はストレッチング座標で15kmまでを50層に区分し、最下層は1.5mで、座標系をZ系としている。水平grid数は100X100として北緯36.5度、東経139度を原点とし、200kmX200km領域を計算領域として設定した。使用した地形は同領域の1km毎の実地形を使用しているが、地表面条件は加味していない。Time stepはHE-V I法で最大2sec、最小0.1secとした。乱流過程は1.5-order closure modelで、雲物理過程は氷相を含むBulk法のparameterizationを用いた。降水の形成過程は大きく「暖かい雨」と「冷たい雨(氷相雨)」に分けて、0°Cを境に降水過程を変更した氷相を含むBulk法のparameterizationを使用している。氷相を含むparameterizationの定式化では、1次的、および2次的な氷相の核形成、水蒸気拡散による粒子の成長と消耗、粒子間の衝突成長、粒子の分裂(雨粒子の分裂)、別のカテゴリーへの変換(雲水→雨水、雲水→雪、雪→霰など)、凍結と融解、未凍結水の剥離、重力落下が含まれている。modelによって雲物理の変数の定義やその扱いは異なるが、ここでは各カテゴリーの混合比の時間発展方程式を解き、また雲水、雪、霰についての数濃度の時間発展方程式を解く氷相過程が含まれている。

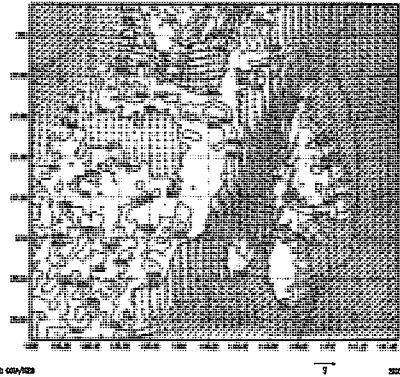
やませは、一般に移流効果が大きく、その地形依存性が重要であると考えられているが、ここでは総観場の移流効果を除いた下層雲の再現実験と低温出現の局地性を検証するため、初期条件を領域一様として実験を行った。実験は、いずれも低温出現が顕著になり始めた2003年6月23日21時の南西風時の事例と、7月22日9時のやませ出現時の北東風時の事例で、いずれも仙台管区气象台で観測された高層データを全領域一様として初期値を設定し、4時間積分した結果について考察することにする。



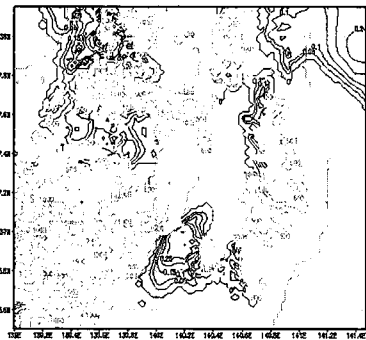
第13図 2003年6月23日21時を初期値として4時間積分した地上1.5mの温位の分布
ただし、温位から273.15°Kを差し引いた値(°C)で示してある。

第13図は6月23日21時を初期値として求めた4時間積分後の地上1.5mの温位(ここでは273.15°Kを引いて°Cで示す)の分布である。中通り地方と浜通り地方、および会津盆地、米沢盆地で16°C以下の低温が出現し、初期値より1.8°C低下している。一方、日本海側では18°Cと相対

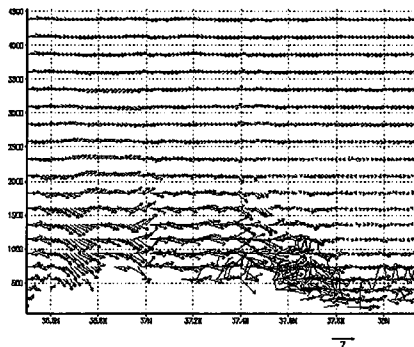
的に高温となっている。第14図は高度560mの水平風の分布を示したものである。全体的に南西風が卓越しており、福島県中通り地方では10m/s程度の強風になっている。また、16℃以下の低温を示した会津盆地では非常に弱い西風が出現しており、米沢盆地では地形による迂回効果で比較的強い西風が出現している。このmodelでは計算領域一様に行っていることもあり、総観規模の移流効果は低温出現の要因にはなっていない。第15図は高度560mにおける雲水量の水平分布を示したものである。全領域で高度1km以上では雲水量の存在は無く、model内での雲発生は、ほぼ560m付近の雲水量の分布に対応しているものと考えられる。雲水量は仙台湾から福島県北東部にかけて相対的に多く、次いで福島県中通り地方南部と日本海側北部、会津盆地で多くなっている。低温出現に放射冷却過程が関連しているとも考えられるが、この例では少なくとも雲の存在で放射冷却が押えられているという結果は出ていない。また、雲水量の分布は第11図に示したNOAAの画像とも比較的よく対応している。中通り地方に対応する東経140.7度の南北断面における南北鉛直風と雲水量の分布を第16図に示す。相対的に下降流域が卓越し、高度2kmより上層では定常的な南系の風が出現している。福島県北部に対応する北緯37.8度付近の相対的に雲水量の多いところでは、むしろ下降流が卓越し、雲水量は1kmより上層に存在していない。



第14図 2003年6月23日21時を初期値として4時間積分した高度560mの水平風の分布
コンターは標高(500mごと)を示す。

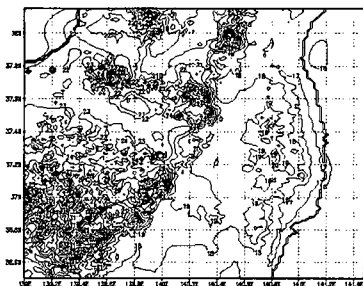


第15図 2003年6月23日21時を初期値として4時間積分した高度560mの雲水量(g/kg)の分布
薄いコンターは標高(500mごと)を示す。

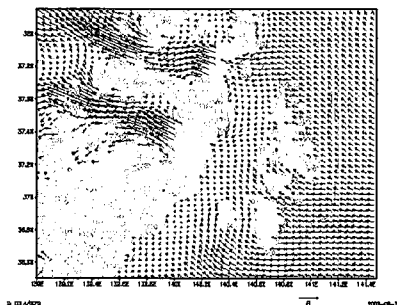


第16図 2003年6月23日21時を初期値として4時間積分した東経140.7度に沿った南北鉛直風と雲水量(g/kg)の南北断面
鉛直成分はベクトルを10倍で表示している。

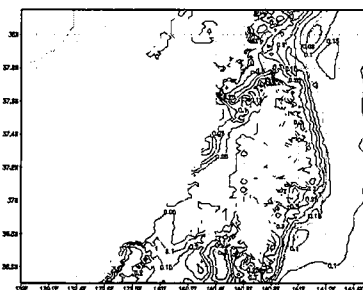
これに対して7月22日9時を初期値とした数値実験の結果、得られた高度1.5mの温位の分布を第17図に示す。modelには放射過程も入っており、計算結果は最高気温が出現する13時に対応するものの、中通り地方では約1℃、浜通り地方では約2℃低温になっている。しかし、会津地方や日本海側では21℃から22℃と昇温し、明確に異なっている。この実験でも全領域一様な初期値で積分を行い、地表状態の差異は含めていないので総観規模の移流効果は無視できるものと考えられる。第18図は高度560mの水平風の分布を示したものである。全領域で東系の風が卓越している。阿武隈山地の風下に対応する中通り地方のみ風が弱いが、会津地方は奥羽山脈の風下でも挟地風の的に10m/s以上の風が出現している。これは奥羽山脈によるおろし風の現象が出現していると考えられる。また、第19図に高度560mにおける雲水量の分布を示す。非常に明確に奥羽山脈東側のみに雲水量が出現し、西側にはほとんど出現していない。これは高度を高くしても同様で、約2km以上では雲水量はほとんど存在していない。第20図は東経140.7度に沿う南北一鉛直風と雲水量の分布を示したものである。雲水量の分布は明確に層状を示し、雲水の中心は約1km程度になっており、会津地方へも移流しにくい状態であったと考えられる。すなわち、7月22日の低温出現は、雲の分布とよく対応しており、下層雲が比較的厚く、日射がさえぎられたことが主要因で低温化していると考えられる。第12図に示したNOAAの雲画像と対応させると、山岳地帯の雲をのぞけば会津地方や日本海側で雲が出現していないことなど比較的良好に対応しており、CReSSは下層雲もよく表現しているものと考えられる。



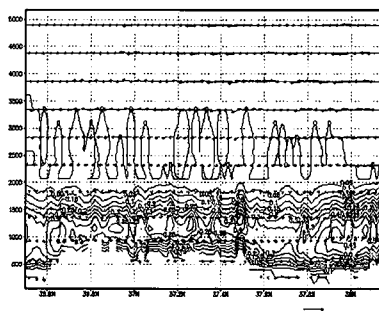
第17図 2003年7月22日9時を初期値として4時間積分した地上1.5mの温位の分布ただし、温位から273.15°Kを差し引いた値(°C)で示してある。



第18図 2003年7月22日9時を初期値として4時間積分した高度560mの水平風の分布コンターは標高(500mごと)を示す。



第19図 2003年7月22日9時を初期値として4時間積分した高度560mの雲水量(g/kg)の分布



第20図 2003年7月22日9時を初期値として4時間積分した東経140.7度に沿った南北一鉛直風と雲水量(g/kg)の南北断面鉛直成分はベクトルを10倍で表示している。

4. まとめ

2003年夏期の顕著に低温出現が始まった6月23日21時と7月22日9時の事例の客観解析と数値実験を行い、東北地方南部における下層雲出現の局地性と低温出現機構について考察した。その結果、総観規模での移流効果を考慮しなくとも相対的に低温が出現し、6月22日の場合は、高度3km付近の寒気に対応した冷却が領域全体に影響し、低温化したものと考えられる。一方、やませが本格化した、7月22日の例では、下層雲が日射を遮ることによって昇温しなかったこととあわせて、初期値より低温になった。その理由は、加藤(1985)が指摘している、下層雲の雲頂冷却等によって冷却され、低温化したものと考えられる。ここでは、全領域一様の初期値を設定し、さらに地表面状態をあえて考慮しない設定をしているため、他の低温化要因は考えられない。また、雲水量の分布からCReSSでは、こうしたやませの下層雲も表現されており、領域の拡張と、リアルタイムのネスティングによる初期値設定によって一定やませによる下層雲の予測が可能であると考えられる。

さらに、今回示した2事例では基本的に観測された低温に対応する値が計算された。低温出現機構では、大気鉛直構造として、上空での低温の存在は重要であるが、総観規模での移流効果を特別考慮しなくても局地的な低温が表現される事がわかった。また、その出現の局地性については、下層雲出現領域と対応しており、下層雲の出現領域が的確に表現されることが重要である。さらに、下層雲の出現は地形依存性が大きく、特に、大気安定度、およびその高度と地形の移流を妨げる効果が大きく関与して下層雲の分布を決定していることが明らかになった。

Tjernstrom(1988)は境界層付近の詳細な力学を用いて下層雲の表現できる過程について検討しているが、ほぼ境界層で1.5-order closure modelを用いることによって表現し得るものと考えられる。

引用文献

- 加藤内蔵進、1985：オホーツク海域における大気中の熱収支と下層気温の変動について、天気、32、425 - 433.
- 木村龍治、1995：ヤマセの地球流体力学的側面、気象研究ノート、No.183、91-105.
- Tjernstrom, M.,1988: Numerical simulations of stratiform boundary-layer cloud on the meso- γ - scale, Part I : The influence of a step change in surface roughness and surface temperature. Boundary-Layer Meteorol., 44, 207-230.
- Tsuboki, K. and Sakakibara, A., 2001: CReSS user's guide, Second Edition, 1-210.
- 渡邊 明、1981、福島県における最近の気温異常について、福島地理論集、Vo.25、12-18.
- 渡邊 明、1990、冷夏時の大気構造、海洋、Vol.241、395-400.
- 渡邊 明、1990、1980年、1988年冷夏時の大気構造について、東大海洋研究所大槌臨海研究センター報告、Vol.15、86-89.

春季の気温とリンゴの植物季節現象の長期的動向

今村友彦

青森県農林総合研究センターりんご試験場

Long-term Trends in Temperature and Phenology of Apple tree in Spring in Central Aomori

Tomohiko IMAMURA

Apple Experiment Station, Aomori Prefectural Agriculture
and Forestry Research Center, Kuroishi, 036-0332

近年、「地球温暖化」による植物季節現象の動向に関する報告が増えている。しかし、日本でのリンゴに関する報告はほとんど見当たらない。そこで、りんご試験場で観測している気温とリンゴ‘ふじ’の植物季節現象起日のデータを用いて、これらの経年変化を検討した。その結果、1990年代以降、1～4月にかけて月平均気温が平年（1961～1990年）よりも約0.5℃ほど高く経過する傾向が見られた。特に、3月の最低気温はリンゴの発芽に強い影響を与えており、この最低気温が昇温傾向にあることが近年の発芽日を早めている一因と考えられた。また、開花日から満開日までの平均気温が低下し、この期間の日数が長くなる傾向を示した。このことから、晩霜害の頻発や開花の不揃いによる収量および果実品質の低下が懸念された。

キーワード：地球温暖化、発芽日、‘ふじ’、満開日、リンゴ

Keywords：Apple, Date of Full Bloom, Date of Sprouting, ‘Fuji’, Global Warming

1. はじめに

近年、「地球温暖化」による植物季節現象の動向に関する報告が増えている（Bradley et al., 1999；Cayan et al., 2001；Chmielewski and Rötzer, 2001；Menzel, 2000；Schwartz and Reiter, 2000；Sparks et al., 2000）。しかし、果樹について報告しているものは少なく（Chmielewski et al., 2004；Jones and Davis, 2000；Roetzer et al., 2000；Wolfe et al., 2005）、日本では、ニホンナシ（本條ら, 2002；伊藤・市ノ木山, 2005）やカキ（伊藤・市ノ木山, 2004）についての報告があるものの、青森県の主要農作物であるリンゴに関する報告はほとんど見当たらない。

そこで、1931年（昭和6年）から今日まで、ほぼ同一の地点で気象やリンゴの植物季節現象を観測している青森県農林総合研究センターりんご試験場（以下、りんご試験場）のデータを用いて、これらの長期的動向について検討した結果を報告する。

2. 材料および方法

2.1 気温の観測

りんご試験場（東経 140° 37′、北緯 40° 38′、海拔 70 m）に設置した気象観測地点で観測された

1931～2004年までの74年間の最高および最低気温のデータを用いた。日平均気温は（日最高気温＋日最低気温）÷2で算出し、平年期間は1961～1990年までの30年間とした。なお、1996年6月からは自動気象観測装置での観測値を用いた。また、りんご試験場がある黒石市におけるこの40年間の人口は、1975年の約41,000人をピークに減少傾向であり、顕著な都市化は起こっていない。

2.2 植物季節現象の観測

りんご試験場内のほ場に栽植された主力品種‘ふじ’（台木は‘マルバカイドウ’）の生育観測樹3樹における1967～2004年までの38年間の発芽日から落花日までの季節現象（表1）の起日のデータを用いた。なお、季節現象の起日は、生育観測樹3樹のうち2樹以上が季節現象を示した日とした。

表1 リンゴの季節現象

季節現象	定 義
発芽日	頂芽の頂部が破れ、青みの現れたものを3個以上認めたとき
展葉日	正しい葉形をした葉を1枚でも認めたとき
開花日	1～2花開花したとき
満開日	頂芽花の70～80%開花したとき
落花日	頂芽花の70～80%落花したとき

2.3 データの解析

気温の経年変化は、期間を5年とした移動平均による傾向線を用いて解析した。また、季節現象起日および季節現象間の平均気温と日数の経年変化は、セイルとセンの方法によるノンパラメトリック単回帰分析を用いて解析し、回帰分析で得られた回帰係数（勾配の中央値）に対する検定は、有意水準10%の両側検定で行った（田中・垂水、1999）。

3. 結果

3.1 気温の経年変化

年平均気温は、気象観測を始めた1931年から1940年代後半まで低温傾向で経過したが、その後1964年頃まで、年平均気温はやや温暖化する傾向を示した（図1）。植物季節現象の観測開始直前である1965年から1988年頃までの年平均気温は、再び低温傾向で経過した（図1）。しかし、1989年には年平均気温が11℃を超え、1990年には11.7℃と平年値より大幅に上昇し、その後の年平均気温も、平年値を上回る年が多く温暖化傾向にあった（図1）。

1991～2004年の月平均気温は、1月から4月にかけて、平年よりも約0.5℃ほど高く経過し、明らかに他の年代と異なった季節変動パターンを

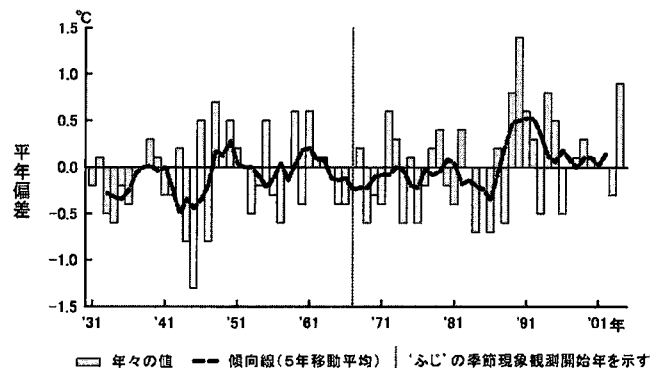


図1 年平均気温の経年変化（1931～2004年）
注）年平均気温の平年値は10.3℃である

示した（図2）。

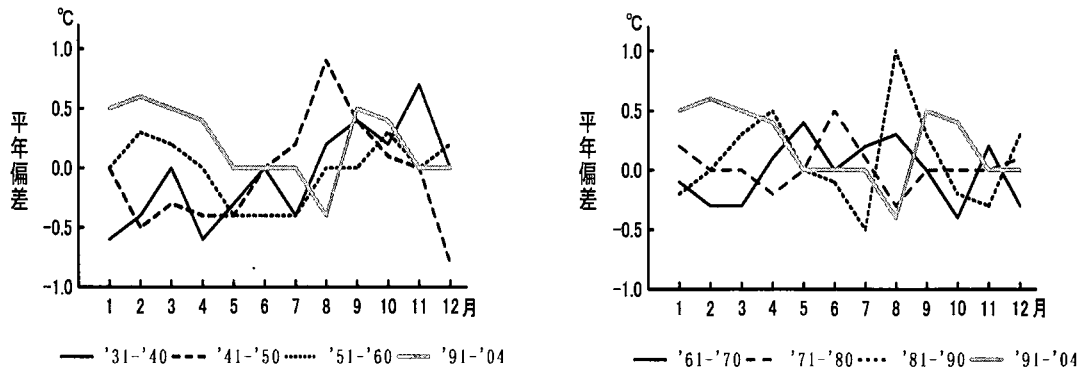


図2 年代別、月別平均気温の年間偏差

3.2 植物季節現象起日の経年変化

観測した植物季節現象のうち、満開日以外の起日の経年変化は統計的に有意で、いずれも早まる傾向を示した（表2）。

3.3 植物季節現象間の日数および気温の経年変化

発芽日と1～3月の月別気温を解析した結果、3月の気温が最も順位相関係数の絶対値が高く、回帰係数が小さかった（表3）。3月の最低気温は、3月の最高気温よりも順位相関係数の絶対値が高く、回帰係数が小さかった（表3）。また、3月の最高および最低気温とも、最近の15年間では温暖化傾向にあったが、最低気温は平年値を下回る年が少なく、最高気温より温暖化傾向にあった（図3）。

発芽日から展葉日までの平均気温に

は統計的に有意な経年変化はなかったが、展葉日から開花日までの平均気温の経年変化は統計的に有意であり、経年的に低下する傾向を示した（表4）。発芽日から開花日までの平均気温では、統計的に有意な経年変化はなかった（表4）。

発芽日から展葉日までの日数、展葉日から開花日までの日数および発芽日から開花日までの日数では、いずれも統計的に有意な経年変化はなかった（表4）。

表2 季節現象起日の経年変化に関する回帰分析結果

項目	発芽日	展葉日	開花日	満開日	落花日
回帰係数	-0.154	-0.167	-0.108	-0.071	-0.143
順位相関係数 ^y	-0.242	-0.295	-0.208	-0.133	-0.218
有意性 ^z	*	*	*	ns	*

注) 統計期間：1967～2004年までの38年間

y：ケンダールの順位相関係数（ τ ）

z：「ns」は有意性なし、「*」は有意性あり（有意水準は10%）

表3 発芽日と1～3月の月別気温に関する回帰分析結果

気温項目	1月	2月	3月
回帰係数	-1.515	-1.690	-2.963
平均順位相関係数 ^y	-0.304	-0.348	-0.568
有意性 ^z	*	*	*
最高回帰係数	-1.579	-1.667	-2.500
最高順位相関係数 ^y	-0.296	-0.334	-0.555
有意性 ^z	*	*	*
最低回帰係数	-1.250	-1.550	-3.333
最低順位相関係数 ^y	-0.289	-0.356	-0.562
有意性 ^z	*	*	*

注) 統計期間、y、z：表2と同じ

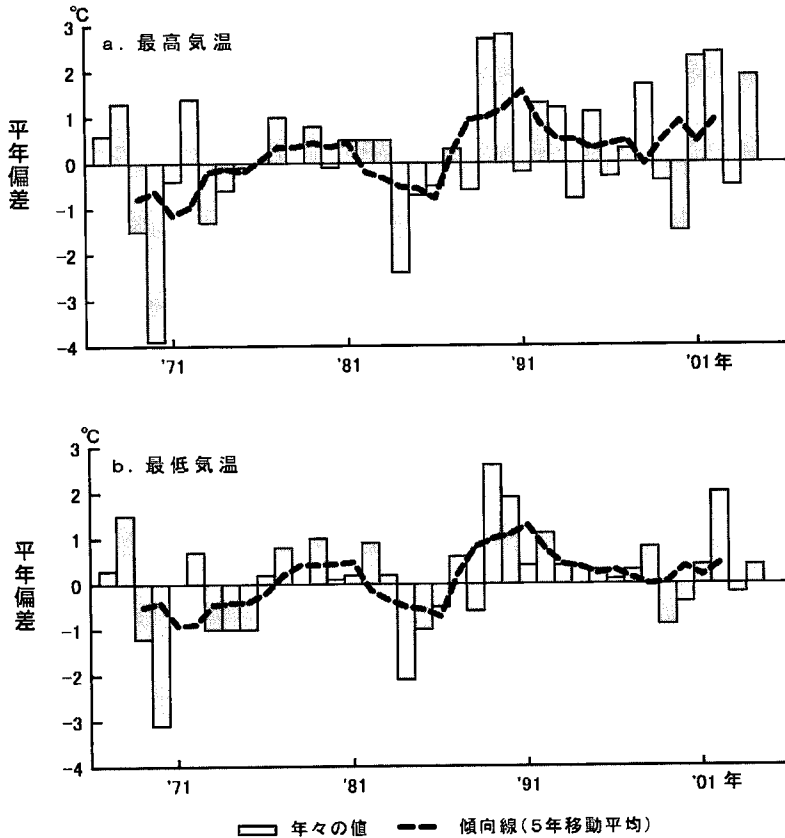


図3 3月の最高気温(a)および最低気温(b)の経年変化(1967～2004年)

注) 最高気温の平年値は5.7℃、最低気温の平年値は-2.7℃である

開花日から満開日までの平均気温の経年変化は統計的に有意で、経年的に低下する傾向を示した(図4 a)。しかし、満開日から落花日までの平均気温では、統計的に有意な経年変化はなかった(図5 a)。また、開花期間(開花日から落花日までの期間)の平均気温でも、統計的に有意な経年変化はなかった(表4)。

開花日から満開日までの日数の経年変化は統計的に有意で、経年的に増加する傾向を示した(図4 b)。また、満開日から落花日までの日数の経年変化も統計的に有意であったが、逆に経年的に減少する傾向を示した(図5 b)。開花期間の日数では、統計的に有意な経年変化はなかった(表4)。

表4 季節現象間の日数と平均気温の経年変化に関する回帰分析結果

季節現象間	項目	回帰係数	順位相関係数 ^z	有意性 ^z
発芽日～展葉日	日数	0.00	-0.042	ns
	平均気温	0.005	0.027	ns
展葉日～開花日	日数	0.050	0.106	ns
	平均気温	-0.031	-0.197	*
発芽日～開花日	日数	0.042	0.108	ns
	平均気温	-0.014	-0.119	ns
開花期間 (開花日～落花日)	日数	0.00	0.014	ns
	平均気温	-0.024	-0.112	ns

注) 統計期間、y、z: 表2と同じ

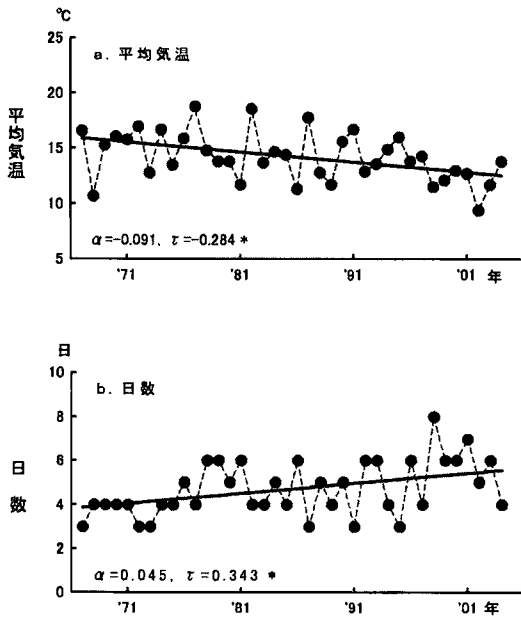


図4 開花日から満開日までの平均気温 (a) および日数 (b) の経年変化 (1967 ~ 2004 年)

注) α : 回帰係数 (勾配の中央値)
 τ : ケンドールの順位相関係数
 * : 有意水準 10% で有意性あり

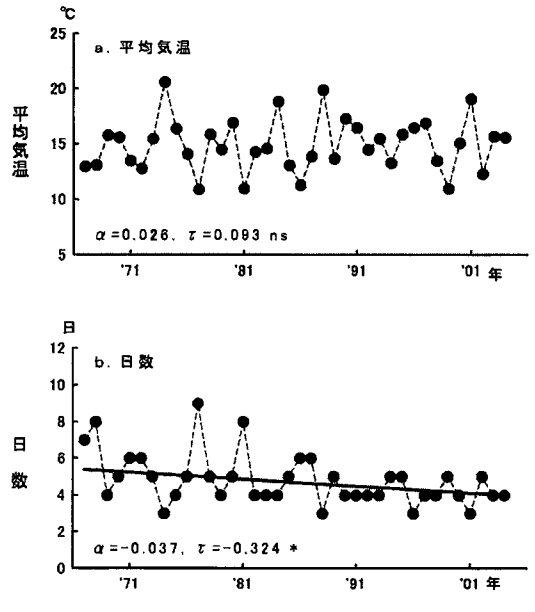


図5 満開日から落花日までの平均気温 (a) および日数 (b) の経年変化 (1967 ~ 2004 年)

注) α 、 τ : 図4と同じ
 * : 有意水準 10% で有意性あり
 ns : 有意水準 10% で有意性なし

4. 考察

図1で示したように、最近15年間の年平均気温は上昇傾向にあり、その主な原因としては、図2で示した1~4月の昇温傾向にあるものと考えられた。冬から春にかけての昇温傾向は、Chmielewski and Rötzer (2001)、野田ら (2003)、Schwartz and Reiter (2000) や Wolfe et al. (2005) も報告しており、ヨーロッパ、アメリカおよび日本においてほぼ一致した動向であり、今後もリンゴの初期生育に重要なこの時期の気温の動向を見守る必要があるものと思われた。

リンゴの発芽は、1~2月の気温の動向よりも3月の気温の動向に強い影響を受けることが表3で示した回帰分析結果から明らかとなった。特に、3月の最低気温は3月の最高気温よりも順位相関係数の絶対値が高く、回帰係数が小さかったことから、3月の最低気温の動向が、リンゴの発芽に大きな影響を与えるものと考えられ、図3で示した近年の3月の最低気温の昇温傾向が、発芽日を早めている一因と考えられた。

また、展葉日や開花日も経年的に早まる傾向であった。これらの季節現象の前進化傾向は、発芽日の前進化傾向と強い関係があるものと考えられ、表4で示したように、発芽日から開花日までの期間において、いずれの季節現象間の日数にも、有意な経年変化がなかったことから裏付けられるものと思われた。Chmielewski et al. (2004) や Roetzer et al. (2000) は、本報告と違うそれぞれ異なった定義で、リンゴの開花始め (beginning of flowering) を観測しているが、ヨー

ロッパでも、リンゴ(品種は不明)の開花始めが本報告と同様に早まっていることを報告している。また、Wolfe et al. (2005) は、アメリカ北東部において、‘Delicious’ と ‘Empire’ 等の中生品種の開花中央日 (mid bloom date) が早まっていることを報告している。しかし、本報告で供試した ‘ふじ’ では、満開日に有意な経年変化がなく、落花日が早まる傾向を示した。このことは、‘ふじ’ の開花期間に有意な経年変化がなかったものの、開花日から満開日までの日数が増え、満開日から落花日までの日数が減るという正反対の動向によるものと思われた。

開花期間中の平均気温や開花状況は、リンゴの生産量や果実品質に大きな影響を与える。本報告で明らかとなった ‘ふじ’ の開花日から満開日までの日数や平均気温の動向は、開花から満開までの期間中に、寒気や低温に遭遇する頻度が高まっていることを示すものと考えられた。このことから、①晩霜害の頻発によって収量が減少したり、さび果が多くなるなど果実品質が低下すること、②結実手段の主力であるマメコバチの活動時間の減少によって結実不良になったり、花粉が全部の雌しべに付着せず種子数が少なくなり、扁平果や肥大の劣る果実が多くなるなど果実品質が低下すること、③開花の不揃いによって、果実の大きさの揃いが悪化することが懸念された。このようなリンゴの生産量や果実品質の低下を防ぐためには、霜害防止対策、マメコバチの飼養管理や低温時における人工授粉など結実管理の徹底を図る必要があるものと考えられた。

謝 辞

本研究の遂行にあたって、ご協力をいただいた青森県農林総合研究センターりんご試験場栽培部の職員一同に感謝の意を表する。

引用文献

- 1) Bradley, N. L., Leopold, A. C., Ross, J. and Huffaker, W., 1999 : Phenological changes reflect climate change in Wisconsin, Proc. Natl. Acad. Sci. USA , 96, 9701-9704.
- 2) Cayan, D. R., Kammerdiener, S. A., Dettinger, M. D., Caprio, J. M. and Peterson, D. H., 2001 : Changes in the onset of Spring in the western United States, Bull. Amer. Meteorol. Soc., 82, 399-415.
- 3) Chmielewski, F. M. and Rötzer, T., 2001 : Response of tree phenology to climate change across Europe, Agricult. Forest Meteorol., 108, 101-112.
- 4) Chmielewski, F. M., Müller, A. and Bruns, E., 2004 : Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1996-2000, Agricult. Forest Meteorol., 121, 69-78.
- 5) 本條 均, 島田祐一, 金原啓一, 鈴木信男, 福井 糧, 杉浦俊彦, 2002 : 冬季の温暖化が落葉果樹栽培に及ぼす影響 (第2報) ニホンナシ ‘幸水’ 開花日の年次変動, 園学雑, 71 (別2), 288.
- 6) 伊藤 寿, 市ノ木山浩道, 2004 : カキ ‘前川次郎’ の生育相と気象要因との関係, 園学雑, 73 (別2), 345.
- 7) 伊藤 寿, 市ノ木山浩道, 2005 : ニホンナシ ‘幸水’ の生育相および果実品質の年次変動と

気象要因との関係, 園学研, 4, 329-333.

- 8) Jones, G. V. and Davis, R. E., 2000 : Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France, *Amer. J. Enology and Viticulture*, 51, 249-261.
- 9) Menzel, A., 2000 : Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996, *Int. J. Meteorol.*, 44, 76-81.
- 10) 野田 彰, 磯部英彦, 鬼頭昭雄, 佐藤康雄, 杉 正人, 西森基貴, 松本 淳, 2003 : 日本の異常気象と気候変動. 原沢秀雄, 西岡秀三編著「地球温暖化と日本 第3次報告」pp21-28. 古今書院.
- 11) Roetzer, T., Wittenzeller, M., Haeckel, H. and Nekovar, J., 2000 : Phenology in central Europe — differences and trends of spring phenophases in urban and rural areas, *Int. J. Meteorol.*, 44, 60-66.
- 12) Schwartz, M. D. and Reiter, B. E., 2000 : Changes in north American spring, *Int. J. Climatol.*, 20, 929-932.
- 13) Sparks, T. H., Jeffree, E. P. and Jeffree, C. E., 2000 : An examination of the relationship between flowering times and temperature at the national scale using long-term phenological records from the UK, *Int. J. Biometeorol.*, 44, 82-87.
- 14) 田中 豊, 垂水共之, 1999 : ノンパラメトリック単回帰分析—セイルの方法. 田中 豊, 垂水共之編「Windows 版統計解析ハンドブック ノンパラメトリック法」pp126-130. 共立出版.
- 15) Wolfe, D. W., Schwartz, M. D., Lakso, A. N., Otsuki, Y., Pool, R. M. and Shaulis, N. J., 2005 : Climate change and shifts in spring phenology of three horticultural woody perennials in northeastern USA, *Int. J. Biometeorol.*, 49, 303-309.

水稲の北海道および東北品種の出穂に及ぼす生育地 および年次の影響とその品種間差

森山真久・菅野洋光・中嶋美幸・村井麻理・佐々木華織・深堀協子
東北農業研究センター

Influences of growth year and location on heading date of Hokkaido and Tohoku rice cultivars

MORIYAMA Masahisa, KANNO Hiromitsu, NAKAJIMA Miyuki, MURAI Mari, SASAKI Kaori
and FUKABORI Kyoko

National Agricultural Research Center for Tohoku Region
Morioka-si, Simokuriyagawa, Akahira 4, 020-0198, Japan

岩手県北部太平洋側のやませ地帯において、水稲の北海道および東北品種の生育経過を2003年および2004年の両年にわたって調査した。両年の気温は大きく異なったため、出穂期は生育地や年次により大きく変動したが、低温だった2003年における出葉の遅延程度と止葉展開期から出穂期までの期間の延長程度とは品種によりそれぞれが異なり、両者の間に一致した傾向は見られなかった。このことは、従来の葉齢による生育評価手法は、低温時の出穂遅延の予測には必ずしも適当ではないことを示している。

キーワード：イネ、出穂期、東北、品種、不稔、北海道、やませ

Keywords: Cultivar, Heading stage, Hokkaido, Rice, Sterility, Tohoku, Yamase.

1. 緒言

岩手県北部太平洋側地域は夏季にやませの影響を強く受けるため、水稲の障害型不稔が頻発する地域である。この地域の久慈市と山形村の農家水田において水稲の生育経過を調査し、冷害に見舞われた2003年と暑夏だった2004年とで比較した結果、出穂期の試験地および年次による変動に品種間差が認められたので報告する。

2. 材料および方法

水稲北海道品種を4品種(ゆきまる:早生/耐冷性やや強~強、きらら397:中生/やや強、ほしのゆめ:中生/強、ななつぼし:中生/強、以上北海道での基準)、東北品種を2品種(あきたこまち:中生の早/耐冷性中、かけはし:早生の早/強、以上東北での基準)供試した。2003年は北海道・東北の6品種について調査し、2004年は東北の2品種についてのみ調査した。岩手県久慈市砂子(以下、砂子と表記)および岩手県山形村岡堀(以下、岡堀と表記)の農家圃場(図1)において、機械移植された水稲の苗を引き抜き、その同じ位置に東北農業研究センター(岩手県盛岡市下厨川:以下、下厨川と表記)で育苗した上記品種の苗を1株3本で手植えた。移植日は両年とも5月26日で、栽植密度は1㎡あたり19.2~19.6株であった。施肥は、農家に

よって以下のとおり施用された。砂子：化成肥料 (N-P-K=14-20-16) 4kg/a およびケイ酸カルシウム 10kg/a を全量元肥で施用した。なお、前年の秋にコンバイン収穫後の稲わらを全量すき込んだ。岡堀：化成肥料 (N-P-K=13-20-20) 4kg/a を全量元肥で施用し、加えて硫酸アンモニア (21% N) 0.33kg/a および塩化カリ (60.5% K) 0.66kg/a を活着時に施用した。なお正確な量は不明であるが、堆肥約 200kg/a を施用した。

調査は草丈、葉齢、茎数について週に1度行った。また収穫時に稈長、穂長、穂数、1穂粒数、不稈率について調査した。稈実粒と不稈粒の判別は触診により行い、玄米の形成が認められない粒を不稈粒とし、登熟不良粒は稈実粒とした。

下厨川においても現地圃場と同様に調査した。ただし移植日は2003年および2004年とも5月19日で、栽植密度は1㎡あたり11.1株とした。肥料は化成肥料 (N-P-K=10-25-15) を全量元肥で10kg/a 施用した。

現地圃場の気温と、全調査地点の水田水温および用水温について、小型のデータロガー (ティーアンドディー社・TR-52) を用いて測定した。水田水温の測定は土壌表面から5cm 上部の位置で行った。なお下厨川の気温は東北農業研究センター気象観測所の数値を用いた。調査水田からの距離はおおよそ50mであった。

3. 結果および考察

3.1 気象経過

現地試験地点の2003年夏季の気象概況は、6月下旬以降低温傾向となり、7月はほぼ連日やませに見舞われ極端な低温・寡照であった(図2)。久慈アメダスの観測では、7月の平均気温は平年値より3℃低い16.1℃、日照時間は22.5時間と典型的なやませ型の気象であった。やませ日の日数は、岩手県の判定基準による久慈の観測では6月に6日、7月に18日、8月に6日(木野田; 2004)、青森県の判定基準による八戸の観測では6月に15日、7月に26日、8月に17日であった(高橋; 2004)。8月に入ると一時的に平年並みの気温になったものの、中旬以降は再び低温になり、9月上旬までその傾向が続いた(図2)。一方2004年は、6月から8月上旬にかけては高温・多照(久慈アメダスの7月の平均気温は21.3℃、日照時間は174.5時間)であった。8月中旬から下旬にかけては気温が平年値を下回ったが、それ以降はおおむね高温傾向で推移した。この結果8~9月の月平均気温は平年値を上回った(図3)。

両年の気温の差異は各地点とも7月が最も大きく、月平均気温の年次間差異は下厨川が4.3℃、砂子が5.4℃、岡堀が6.2℃であった。

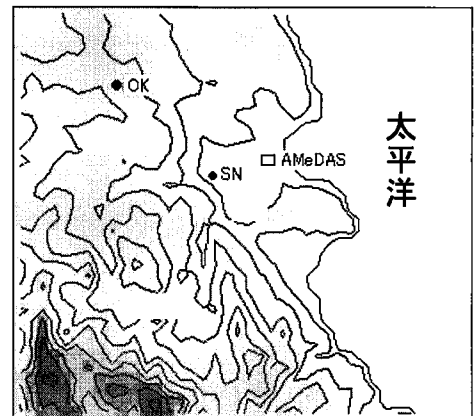


図1 現地調査圃場の位置
SN：久慈市砂子 OK：山形村岡堀
□：アメダス観測点(久慈市役所)

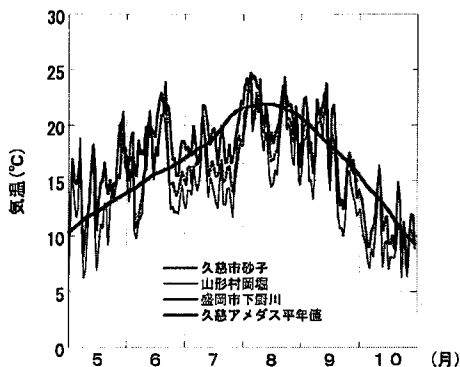


図2 調査地点の2003年日平均気温の推移

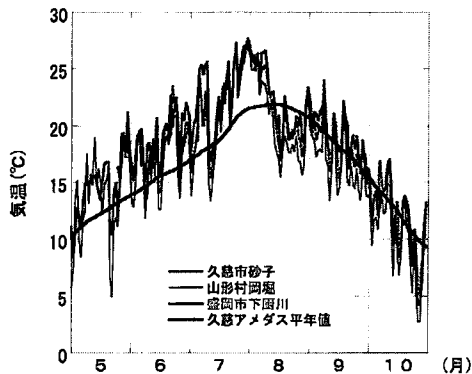


図3 調査地点の2004年日平均気温の推移

図4および5には砂子および岡堀の水田水温・用水温の日平均値の推移を示した。両年の水田水温には6月下旬から8月上旬にかけて大きな差があった。年次間差異は岡堀が砂子より大きく、これは岡堀の値が2003年には砂子より低く、2004年には逆に高いことに因るものであった。

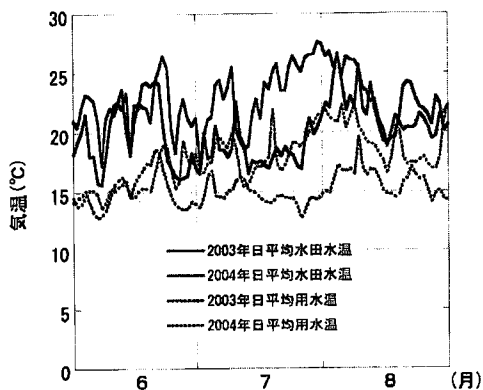


図4 久慈市砂子の日平均水田水温・用水温の推移

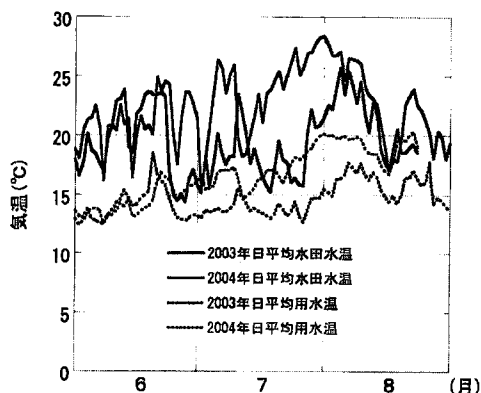


図5 山形村岡堀の日平均水田水温・用水温の推移

3.2 生育経過

2か年にわたって調査した東北2品種について両年の生育経過を見ると、草丈は両品種とも7月に入って両年の伸長に違いが生じ、以後その差は徐々に増大した(図6・7)。これは両年の気温差が7月に最も大きかったこと(図2・3)と一致する。最終的な草丈・稈長には両年で10～20cmの差が見られた(図6・7、表2)。また草丈の伸長停止時期も両年で大きく異なり、その差は両品種とも下厨川では9日、砂子では20日前後、岡堀では30日であった(図6・7)。

葉齢は、草丈と同じく7月以降に両年の違いが顕著となった(図8・9)。止葉展開期にも両年で大きな相違があり、それぞれの地点ごとの年次間差異は「あきたこまち」が16～28日、「かけはし」

が7～31日であった(表1)。出穂期の違いはさらに大きく、その差異は「あきたこまち」が13～37日、「かけはし」が7～33日であった(表1)。

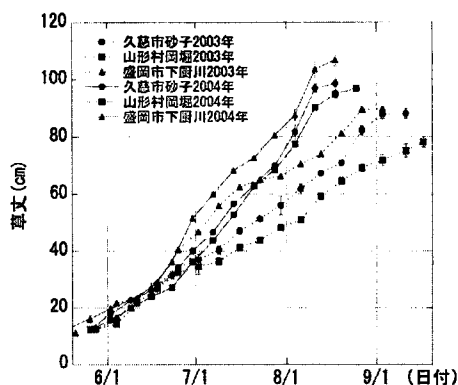


図6 「あきたこまち」の草丈の推移

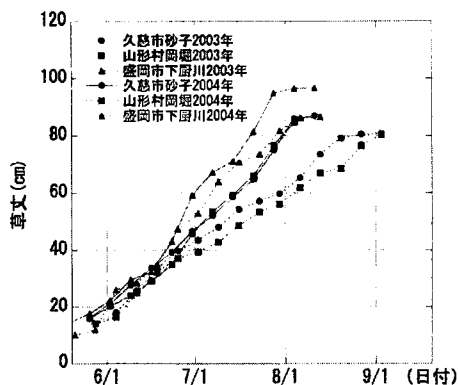


図7 「かけはし」の草丈の推移

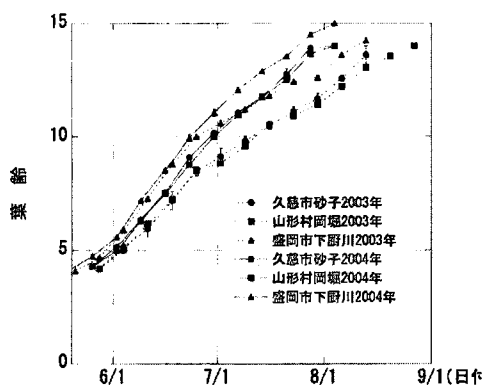


図8 「あきたこまち」の葉齢の推移

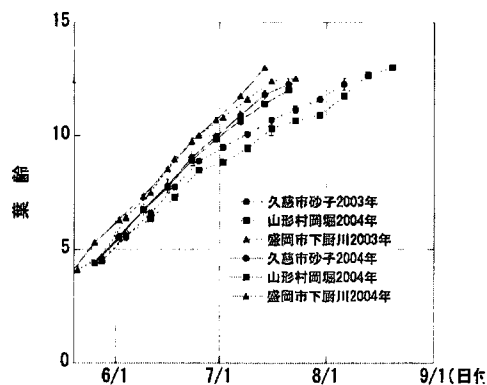


図9 「かけはし」の葉齢の推移

表1 水稻供試品種の試験地別の止葉展開期、出穂期、最高分けつ期および最高分けつ数の年次比較

試験地	調査項目	あきたこまち		かけはし	
		2003	2004	2003	2004
盛岡市 下厨川	出穂期	8/18	8/5	8/1	7/25
	止葉展開期	8/13	7/28	7/23	7/16
	最高分けつ期	7/16	7/7	7/16	7/14
	分けつ数(本 m^{-2})	344	344	344	411
久慈市 砂子	出穂期	9/1	8/8	8/16	7/28
	止葉展開期	8/13	7/28	8/6	7/17
	最高分けつ期	7/30	7/14	7/16	7/7
	分けつ数(本 m^{-2})	497	643	497	623
山形村 岡堀	出穂期	9/14	8/8	9/2	7/31
	止葉展開期	8/27	7/30	8/20	7/20
	最高分けつ期	8/6	7/7	7/16	7/7
	分けつ数(本 m^{-2})	339	504	387	504

表2 水稻供試品種の試験地別の稈長、穂長、穂数、1穂粒数および不稔率の年次比較

試験地	調査項目	あきたこまち		かけはし	
		2003	2004	2003	2004
盛岡市 下厨川	稈長 (cm)	72.8	78.5±8.9	67.3	75.7±1.2
	穂長 (cm)	14.1	14.8±0.8	14.5	15.0±0.0
	穂数 (本 m ⁻²)	311	367±60	302	360±35
	1穂粒数	79	76±11	68	73±1
	不稔率 (%)	13.8	4.0±0.2	14.8	6.5±0.9
久慈市 砂子	稈長 (cm)	69.3±0.2	82.3±2.2	64.8±1.2	72.3±0.6
	穂長 (cm)	13.4±0.1	15.5±0.2	13.0±0.1	14.1±0.2
	穂数 (本 m ⁻²)	358±23	409±3	409±23	482±37
	1穂粒数	71±2	75±1	49±2	64±3
	不稔率 (%)	26.3±6.8	6.8±0.6	28.3±7.2	8.6±4.4
山形村 岡堀	稈長 (cm)	56.4±1.2	78.8±0.7	58.8±1.2	66.4±2.0
	穂長 (cm)	13.0±1.0	15.2±0.1	12.6±0.5	14.5±0.1
	穂数 (本 m ⁻²)	304±2	407±9	342±12	407±9
	1穂粒数	61±5	71±3	52±1	67±1
	不稔率 (%)	99.4±0.4	3.8±0.2	71.7±13.5	5.5±0.2

3.3 不稔率

2003年の不稔率は、北海道4品種は幼穂形成～減数分裂期が7月から8月上旬の低温期と重なったことから、砂子および岡堀においては69～98%と著しく高く、下厨川では13～21%であった(表3)。東北2品種は、砂子においては生育が遅れたことにより平年並みの気温であった8月上旬頃に幼穂形成～減数分裂期を迎えたことから、不稔率は26～28%と北海道4品種より著しく低かった(表3)。一方、岡堀では生育が砂子よりさらに遅れたことから、幼穂形成～減数分裂期が8月中旬以降の低温期と重なり、不稔率は72～99%と著しく高かった(表3)。2004年の不稔率は、東北2品種のいずれにおいても3.8～8.6%であった(表2)。

表3 水稻供試品種の2003年における試験地別の稈長、穂長、穂数、1穂粒数および不稔率

試験地	調査項目	あきたこまち	かけはし	ゆきまる	きらら397	ほしのゆめ	ななつぼし
盛岡市 下厨川	稈長 (cm)	72.8	67.3	55.0	58.7	66.1	68.5
	穂長 (cm)	14.1	14.5	13.0	13.1	13.6	14.7
	穂数 (本 m ⁻²)	311	302	472	446	406	449
	1穂粒数	79	68	50	51	54	68
	不稔率 (%)	13.8	14.8	21.2	20.1	12.6	15.8
久慈市 砂子	稈長 (cm)	69.3±0.2	64.8±1.2	51.3±2.7	56.9±1.0	63.6±4.0	65.0±0.4
	穂長 (cm)	13.4±0.1	13.0±0.1	10.2±0.2	9.9±0.2	10.7±0.8	11.4±0.4
	穂数 (本 m ⁻²)	358±23	409±23	909±51	966±96	891±137	596±28
	1穂粒数	71±2	49±2	37±2	33±2	37±5	43±1
	不稔率 (%)	26.3±6.8	28.3±7.2	93.8±1.7	91.4±1.7	80.2±9.5	72.3±5.7
山形村 岡堀	稈長 (cm)	56.4±1.2	58.8±1.2	45.9±0.4	48.3±0.2	56.6±1.0	53.8±1.4
	穂長 (cm)	13.0±1.0	12.6±0.5	10.2±0.1	10.5±0.1	11.1±0.5	11.8±0.1
	穂数 (本 m ⁻²)	304±2	342±12	682±69	515±2	510±55	369±0
	1穂粒数	61±5	52±1	39±0.4	35±1	38±2	51±3
	不稔率 (%)	99.4±0.4	71.7±13.5	97.9±1.1	86.5±6.2	69.1±12.0	77.7±10.7

3.4 2003年生育調査結果の試験地間での比較

3.1および3.2に示したように、生育期間を通して高温であった2004年は気温・水温の試験地による相違は小さく、止葉展開期や出穂期の差異も小さかった。これに対して出穂までのほぼ全期間にわたり低温であった2003年は気温・水温の試験地による相違が大きく、止葉展開期や出

穂期の差異も同様に大きかった。すなわち 2003 年に見られた止葉展開期や出穂期の試験地による相違は、圃場条件などは異なっているものの、大まかには気温・水温の違いに因って生じたと考えられる。そこで品種ごとに止葉展開期および出穂期の試験地による相違を見ると、北海道 4 品種はその差が小さく、東北 2 品種は差が大きかった (表 4)。最も差の大きい下厨川と岡堀とで比較すると、北海道品種の止葉展開期の差異は「ゆきまる」の 0 日から「きらら 397」の 14 日で、出穂期の差異は「ななつぼし」の 18 日から「ほしのゆめ」の 20 日であったのに対して、東北 2 品種の止葉展開期の差異は「あきたこまち」が 14 日、「かけはし」が 28 日であり、出穂期の差異は「あきたこまち」が 27 日、「かけはし」が 32 日であった (表 4)。この結果から、品種間のばらつきは止葉展開期の方が出穂期に比べて大きく、また東北品種のばらつきは北海道品種に比べて大きかったことがわかる。一方、北海道品種および東北品種同士で見した場合、岡堀の下厨川に対する出穂期の遅れには品種間で 3～5 日の相違しかなかったが、止葉展開期の遅れには 14 日の相違があった。そこで、止葉展開期から出穂期までの日数を見ると (表 5)、下厨川では 2～9 日の範囲であったのに対し、砂子および岡堀では 8～20 日であり、より低温条件にあった地点で日数が長かった。また「あきたこまち」、「ゆきまる」、「ほしのゆめ」は試験地間での差異が大きく、低温条件下では止葉展開期から出穂期までの日数が長くなる傾向が認められたが、「かけはし」および「きらら 397」は試験地間での差異が小さく、低温条件下でも止葉展開期から出穂期までの日数は 4～5 日の延長にとどまった。「ななつぼし」は「かけはし」および「きらら 397」と同様の傾向を示したが、下厨川とその他の地点との差異はやや大きかった。

表 4 水稲供試品種の 2003 年における試験地別の止葉展開期、出穂期および最高分け時期

試験地	調査項目	あきた こまち	かけ はし	ゆき まる	きらら 397	ほしの ゆめ	ななつ ぼし
盛岡市 下厨川	出穂期	8/18	8/1	7/19	7/22	7/23	7/25
	止葉展開期	8/13	7/23	7/16	7/16	7/16	7/23
	最高分け時期	7/16	7/16	7/16	7/16	7/23	7/9
久慈市 砂子	出穂期	9/1	8/16	8/5	8/7	8/6	8/9
	止葉展開期	8/13	8/6	7/16	7/30	7/23	7/30
	最高分け時期	7/30	7/16	7/23	7/16	7/16	7/16
山形村 岡堀	出穂期	9/14	9/2	8/5	8/10	8/12	8/12
	止葉展開期	8/27	8/20	7/16	7/30	7/23	7/30
	最高分け時期	8/6	7/16	7/23	7/16	7/23	7/16

表 5 水稲供試品種の 2003 年における試験地別の止葉展開期から出穂期までの日数

試験地	あきた こまち	かけ はし	ゆき まる	きらら 397	ほしの ゆめ	ななつ ぼし
盛岡市下厨川	5	9	3	6	7	2
久慈市砂子	19	10	20	8	14	10
山形村岡堀	18	13	20	11	20	13

3.5 止葉展開期および出穂期の変動要因

イネの出葉速度は幼穂分化の前後で異なり、1枚の葉の展開には幼穂分化前で4～5日、分化後で7～8日を要する(吉田;1980-1)。これは気温が20～25℃のときの数値であり、気温が低ければ出葉は遅くなる。一般に品種の早晚性は発芽から幼穂分化までの期間の長短で決まるので(吉田;1980-2)、低温による止葉展開期の遅れは出葉数の多い晩生品種で大きく、出葉数の少ない早生品種では小さくなる。このことは、本調査において見られた北海道品種(早生)と東北品種(晩生)の違いと矛盾しない。しかし3.4で述べたように、東北品種においては早生の「かけはし」の方が中生の「あきたこまち」より止葉展開期の変動が大きく(最大28日、表4)、また北海道品種においては早晚性すなわち出穂期の差異(最大7日、表4)より止葉展開期の差異(最大14日、表4)の方が大きかった。これらのことは、低温による出穂の遅延には、出葉速度の低下による止葉展開期の遅延と、止葉展開期から出穂期までの期間の遅延とが関係しており、それぞれの遅延程度には品種により相違があり、両者の傾向は必ずしも一致しないことを示している。すなわち「ゆきまる」や「ほしのゆめ」は、低温下では出葉速度はあまり低下せずに穂の発育や伸長自体が遅延するのに対して、「きらら397」や「かけはし」は出葉速度の低下によって止葉展開期が遅延し、これにともなう形で出穂が遅延すると推察される。

「きらら397」は、北海道品種の中では遅延型冷害に対する耐性が高いとされており、これには本調査で見られたように、止葉展開期から出穂期までの期間が低温下においてもそれほど延長しないことが要因の一つになっている可能性がある。「きらら397」は低温による穂の発育や伸長の遅延が起きにくいのか、出葉速度の方が穂の発育に比べてより遅延しやすい性質を持っているのかもしれない。これと同様に東北品種では「かけはし」が「あきたこまち」との対比において「きらら397」と類似した性質を持っていると思われる。一般に幼穂分化から出穂までの期間は30～32日で、品種による違いや気象条件の影響はわずかであるとされるが(吉田;1980-2)、厳密には少なからぬ違いがあるものと推察される。

3.6 低温年・高温年の調査結果の冷害回避への適用

生育予測を冷害回避の一助とするには、とりわけ幼穂形成～減数分裂期と出穂期とを正確に予測することが不可欠である。水稻の出穂期に至るまでの生育評価については葉齢の進展をその指標とすることがほとんどであると思われるが、本調査から、葉齢を用いた生育評価は低温時の出穂期の予測には必ずしも適当な方法ではないことがわかった。葉齢による出葉遅延の把握のみならず、止葉展開期から出穂期までの期間の延長とその品種間差異とを生育予測に反映させることができれば、出穂期の予測精度は向上すると考えられる。また2003年のように出穂までのほぼ全期間が低温で推移した年と、2004年のように逆に高温で推移した年との調査結果を比較することにより、低温による生育の遅延をよりの確に評価できると思われる。通常、生育の遅れは平年値との比較で論じられるが、高温年の平均値との比較を検討することも必要であろう。また主要作付け品種や奨励品種の交代に際しては、新品種の高温・低温下における生育反応をあらかじめ把握しておくことにより、生育予測の精度向上を図ることができると思われる。

謝辞

本試験で供試した北海道産水稻品種の種子は、北海道立道南農業試験場より分譲していただきました。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- 1) 木野田憲久, 2004: 各県における 2003 年の生育収量の特徴と被害様相 (1) 青森県, 東北地方における平成 15 年異常気象による被害の実態と解析, pp14. 東北農業研究センター.
- 2) 高橋政夫, 2004: 平成 15 年の気象経過の特徴 (2) やませの吹走と作柄, 岩手県における平成 15 年水稻冷害の技術的解析, pp7. 岩手県農業研究センター.
- 3) 吉田昌一 (村山登ら訳), 1986: 稲作科学の基礎. pp24. 博友社.
- 4) 吉田昌一 (村山登ら訳), 1986: 稲作科学の基礎. pp46. 博友社.

近年における大豆収穫期の降水と大豆の被害

荒川市郎・丹治克男*・二瓶直登

福島県農業試験場・*福島県北農林事務所

水田転作の増加により、転換畑を活用した大豆の栽培が増加しているが、従来の湿害等生育初期から中期にかけての降雨に伴う生育不良に加えて、コンバイン収穫の普及に伴い成熟期以降の降雨による品質低下が発生している。特に、最近の雪害および降雨による変質粒の発生について報告する。

1 2002年の早期積雪と大豆の被害

1.1 2002年度の気象と大豆の特徴

標播では、播種後の降雨は極めて少なく、出芽期は8日遅れ、初期生育が劣った。梅雨入り以降降雨が多く、気温は低く経過したため、主茎長・主茎節数・L A I・乾物重のいずれも平年より少なく経過した。

晩播では、播種適期に降雨が続き、平年に比べ播種日は9日遅れた。開花期後降雨が多く、その後高温で経過した。

登熟後半の10月1日から2日にかけて台風21号が通過し、倒伏を助長した。

10月中旬以降、降雨の日が多く、10月28日には会津地方の山間部を中心に積雪が観測された。

10月28日の初雪は、会津若松で平年より20日早く、猪苗代であれば20年～50年に一度という再現期間である。

その後、11月10日に会津若松で2 cm、猪苗代で7 cm、田島で51 cm、11月28日には、会津若松で6 cm、猪苗代で14 cm、田島で18 cmの積雪を観測している。

1.2 現地の刈取り状況および品質

会津平坦を中心に刈遅れがみられた。会津平坦では「スズユタカ」のコンバイン収穫適期が10月25日頃となり、10月28・29日の降雪とその後の降雨によって収穫作業ができなかった(図1)。

南会津(会津山間)ではほとんどが人力または刈払い機による収穫のため、刈遅れは少なかった。しかしコンバイン収穫の生産者は、試験栽培の「おおすず」は収穫できたものの、「スズユタカ」「タチナガハ」は積雪により収穫できなかった(図1)。

現地では、秋の長雨の影響や早期の降雪により品質が低下した。

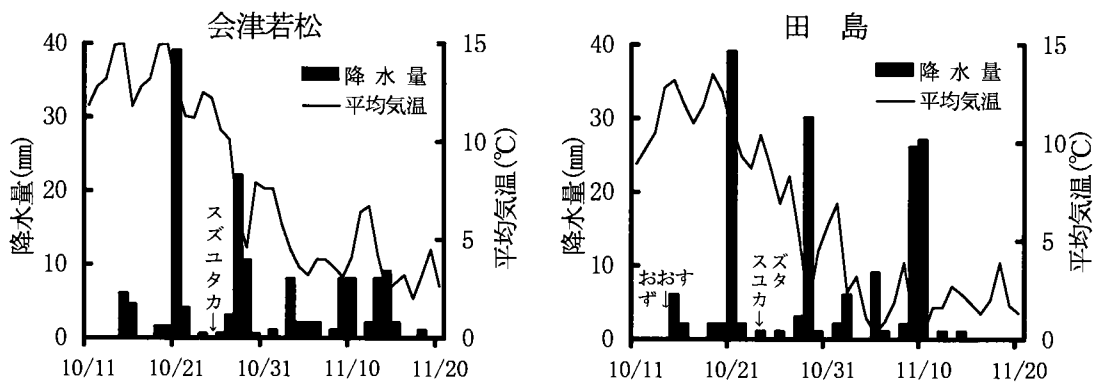


図1 大豆成熟期の気象

注) ↓は各品種のコンバイン収穫適期

表1 時期別刈取り面積

地帯区分	地区名		整粒	裂皮	しわ	腐敗	被害粒 合計
平坦(適期刈)	会津若松市 神指 ふくいぶき		84.5	2.8	1.9	0.0	15.5
	会津若松市 神指 スズユタカ		56.4	22.8	5.5	0.7	43.6
平坦	会津若松市 神指		62.4	22.6	2.1	0.6	37.6
	会津若松市 高野		58.5	1.2	34.1	1.0	41.5
中山間	会津若松市 湊 雪の上		83.7	0.0	7.5	2.1	16.3
	会津若松市 湊 雪の下		77.3	0.0	20.1	0.0	22.7
	猪苗代町 直立		97.1	1.1	0.0	0.0	2.9
	猪苗代 埋没		85.1	0.6	5.7	0.0	14.9

表2 大豆の等級比率(%)

品 種	普 通 大 豆				特定加工用	
	一等	二等	三等	規格外	合格	規格外
スズユタカ	3.7	21.1	68.2	7.0	99.1	0.9
タチナガハ	16.2	33.4	50.4	0.0	91.4	8.6
コスズ	-	100.0	-	-	-	-

1.3 被害発生要因

会津平坦のスズユタカでは、適期収穫でも裂皮粒が多く、整粒歩合は低かった。降雨による刈遅れによってしわ粒の増加がみられた。

山間部では積雪により成熟期後雪に埋没したが、埋没した部分ではしわ粒が増加した。

現地における品質の低下は、主に降雨による裂皮粒、しわ粒の発生によるものである。

品質の低下は、気温がやや高い状態で降雨に遭遇した会津平坦部に多い。

高冷地は、品質低下は軽度であるが、積雪により収穫ができなかった。

表3 地域別の被害粒

	作付面積 (ha)	11月1日現在		11月15日現在		11月30日現在	
		刈取面積	刈取割合	刈取面積	刈取割合	刈取面積	刈取割合
県計	3,941	1,235	31.3	2,893	73.4	3,624	92.0
中通り	2,116	950	44.9	1,798	85.0	2,104	99.4
浜通り	885	38	4.3	719	81.2	885	100.0
会津	801	132	16.5	240	30.0	499	62.3
南会津	139	115	82.7	136	97.8	136	97.8

注) 平坦(適期刈)は、11月1日収穫、その他は11月29日収穫



図2 早期積雪による大豆の倒伏
(会津若松市湊地区)

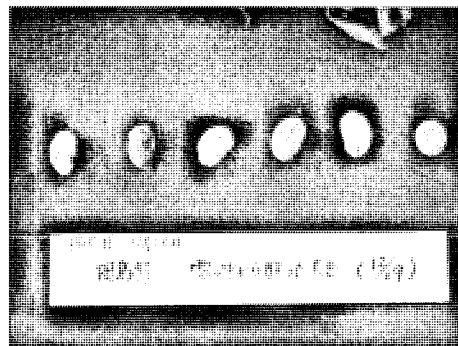


図3 積雪による大豆の品質低下(田島町)

2 2004年の降雨と大豆の品質低下

2.1 被害の状況

2004年は、大豆標播の成熟期前後に降雨の日が多く、変質粒が多発した。特に、浜通りでは、「ふくいぶき」の成熟期と長雨の時期が重なり、変質粒が多発し、商品化率が著しく低下した。

農業試験場の大豆関連試験の供試品種・系統のなかでは、10月上旬から中旬にかけて成熟期に達したものに被害が集中した(図4)。

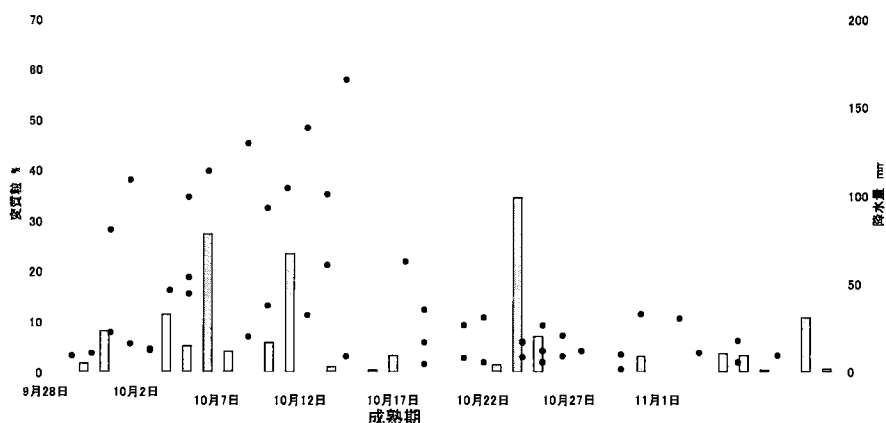


図4 2004年の降雨と大豆の変質粒の発生(福島県農業試験場)

3 今後の対策

本年度南会津の現地において、早生品種として収穫時期の前進化が証明された「おおすず」を、中山間地向け大豆の奨励品種に採用し普及を図る。また、コンバイン収穫を早めるため、茎水分が低下しやすい栽培法を開発する必要がある。さらに、成熟期後の気象条件によっては、茎水分が高い状態で収穫せざるを得ないので、汚粒の軽減のための機械・施設の導入を図る必要がある。このためには、生産の組織化・団地化とロットの確保が急務である。

北日本における夏季天候の周期変動と 2003 年冷夏について

菅野 洋光

東北農業研究センター

1. はじめに

近年の北日本の夏季の天候をみると、1970 年代後半以降、年々の変動が大きくなっており、冷夏の後に暑夏となる傾向がみられる。特に 1993 年冷夏と 1994 年暑夏については、社会的なインパクトも大きく、その発生原因についての総合的な研究報告がなされている（安成、1997）。西森（1997,1999）は、特徴的な大気循環パターンから北日本夏季気温の年々変動を説明した。また、花輪（1997）は 1970 年代半ば以降、北日本太平洋沿岸域において夏季気温の年々変動が増加していること、及び、Nitta and Yamada（1989）により指摘された気候ジャンプとの関係を議論している。最近では、Kurihara（2003）が、北日本において暑夏と冷夏が交互に出現しており、ほぼ 6 年の周期で変動していることを明らかにした。また、Kanno（2004）によれば、1982 年以降については、北日本の夏季天候には 5 年周期が明瞭に現出している。本節では、このような北日本の夏季天候に認められる周期性に焦点を当て、2003 年冷夏との関係を論じていきたい。

北日本の冷夏・冷害は、主に「ヤマセ」と呼ばれる低温の北東風によってもたらされる（例えば、Ninomiya and Mizuno, 1985）。ヤマセに関しては多くの研究がなされており、ここでは詳しくは述べないが、一般的な解説としては、川村（1995）、ト藏（2001）、松本（2002）、菅野（2004）などを参考にされたい。さて、ヤマセは、オホーツク海に高気圧、本州付近に前線や低気圧の存在する北高型の気圧配置下で吹走する（例えば、工藤 1981）。この点から、北日本の南北気圧差が、ヤマセの吹走と北日本の夏季天候を示すインデックスとして適当であると考えた。気圧差インデックスに関しては、松村・謝（1998）が、イルクーツクと根室の気圧差を冬季モンスーンのインデックスとして用い、また、佐藤・高橋（2001）が富山と稚内の気圧差を使って気圧場の年々変動を明らかにしている。

北日本の南北気圧差を求めるにあたり、稚内と仙台の地上気圧を用いた。日本の北東端に位置する根室と仙台の気圧差も試みたが、5～6 年スケールの周期変動は稚内を用いた方により明瞭であった。また、仙台より南の気象官署については、本州南岸に位置する低気圧や前線の影響を受けることが懸念されたために使わなかった。

本節で示す図を作成するにあたり、北海道と東北地方における気象官署データ、および NCEP/NCAR の再解析等圧面高度、SST (Surface Skin Temperature)、OLR データ (Kalney et al., 1996) を用いた。北日本夏季平均気温は、北海道と東北地方における気象官署の月平均気温を用いて求めた。日照時間に関しては、1986 年以降、順次ジョルダン式から回転式に変わっており、統計値としては切断されている。しかしながら経年変化を見るために、気象庁（1991）に

示されている補正式を用いて、月積算日照時間が75時間以上の場合には15時間マイナスし、それよりも少ない場合には0.75倍して補正した。また、いくつかの図は、NOAA-CIRES/Climate Diagnostic Centerのウェブサイト (<http://www.cdc.noaa.gov/>) で作成したものを元としている。

2. 北日本の夏季南北気圧差に認められる周期変動

はじめに稚内と仙台の気圧差（以下PDWS {Pressure Difference between Wakkanai and Sendaiより}と略す）と、北日本の気象要素との関係を述べる。図1には、PDWSと夏季平均気温（JJA）との相関係数分布を示す。全地点で危険率5%以下で、統計的に有意である。全域で負の相関を示し、特に北海道の北東部～オホーツク海沿岸、東北地方北東部および福島県の一部で相関が高い。一方、日本海側では-0.5よりも値が小さい。このような分布はヤマセ吹走時の気温分布と良く一致している。図2には、PDWSと夏季平均日照時間（JJA）との相関係数分布を示す。太平洋側で負の相関が高く日本海側で低いが、日照時間の方が東西コントラストは強い。また、等値線は南北の走行が明瞭であり、脊梁山脈による下層雲のせき止め効果が現れていると推測される。以上のように、PDWSは気温・日照時間と高い相関を示し、北日本の夏季天候を示すインデックスとして適当である。

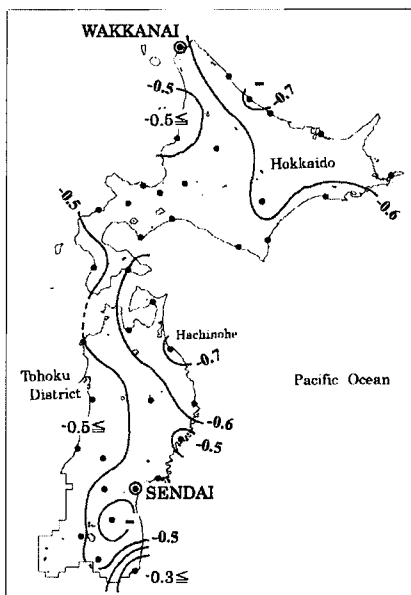


図1：稚内と仙台における気圧差（PDWS）と東北地方の地上気温との相関係数。気圧差・気温ともに夏季平均値（JJA）を1950～2002年について用いている。稚内と仙台の気圧は地上気圧を用い、黒丸は気温データを用いた気象官署を示す。全地点で危険率5%以下で統計的に有意。Kanno（2004）より引用。

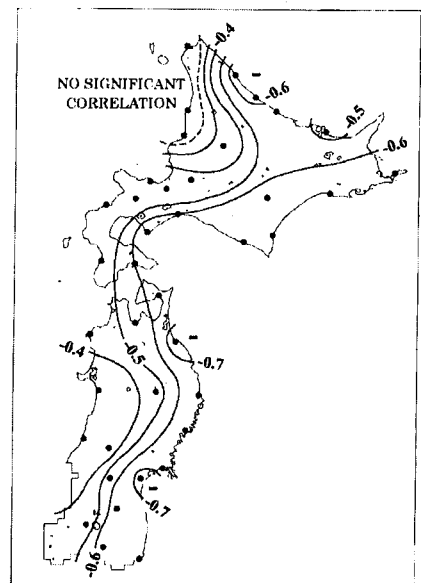


図2：PDWSと東北地方の日照時間との相関係数。Kanno（2004）より引用。

つぎに、PDWSの経年変化をみる。図3には、月平均PDWSの1950～2003年の時間変化を示す。冬季にしばしば負になるが、これは、西高東低の冬型の気圧配置になると、北海道の北で低気圧が発達するため、北の方が低圧になることによる。暖候期にはほとんど正の値となっており、特に6月～8月の夏季に値が高まっている。夏季のPDWSの変化に注目すると、1980年代以前では、明瞭な周期性は認められない。1950年代半ばに値が高くなっているが、それ以降は1966～67年の夏前後に高い他は、顕著な高まりは見られない。ところが、1980年代以降になると、周期的に夏季のPDWSが高まっていることがわかる。1983年、1988年、および1998年では6月～9月にかけて4hPa以上となっており、このほか1980年は7・8月が、また1993年は6・7月が、さらに2003年は7月の値が高まっている。これらの間隔をみると、1983年以降5年に一回の割合でPDWSが高まっていることがわかる。そこで、つぎに夏季に限定したPDWSの時間変化をみることにする。

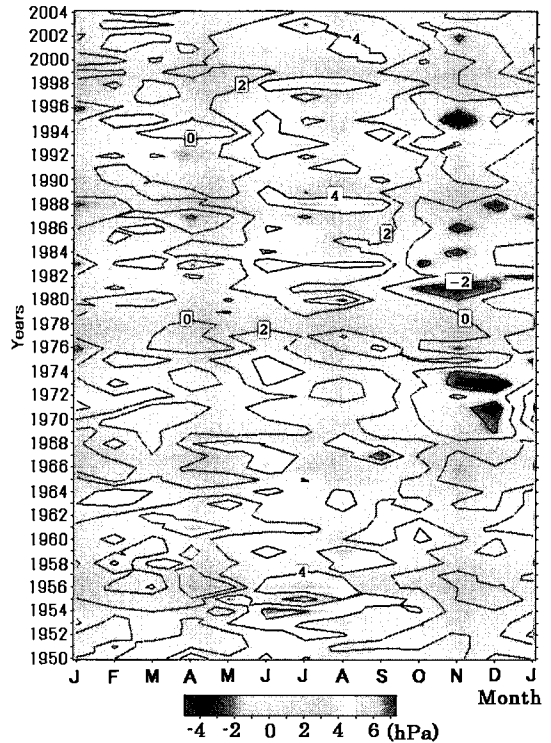


図3：月平均PDWSの時間変化。縦軸は西暦年で1950年から2003年までを、横軸は月で1月～12月を、右端の1月は翌年の1月を示す。

図4には、PDWSの7月および6～8月平均値の時間変化を示す。PDWSは1950年代に変動が大きく、値も高まっているが、その後1970年代前半まで年々の変動は小さい。ところが1970年代後半以降になると、年々の変動が大きくなり、周期的な変化も明瞭に認められるようになる。

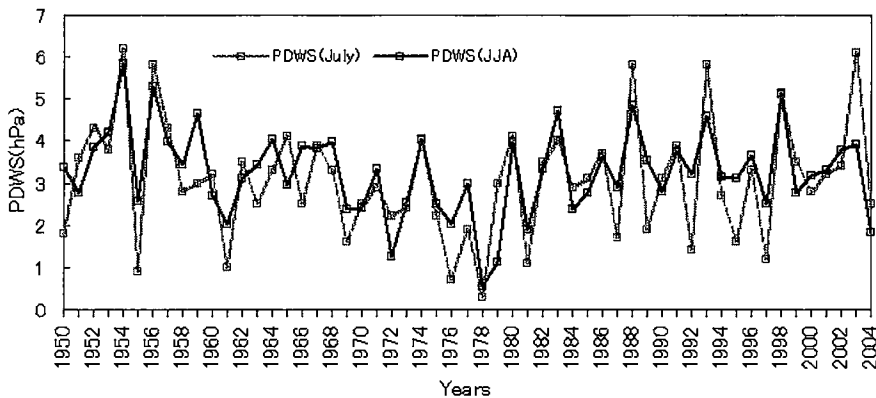


図4：PDWSの7月および6～8月平均値の時間変化（1950～2004年）。

特に1983年以降は、5年間隔でPDWSの3ヶ月平均値もしくは7月平均値が大きくなっている。そこで1982年を起点とする5年周期に着目して解析を行うこととする。1980年もPDWSが高く冷夏年であったが、1983年の高PDWS年の3年前で、以降の5年周期にはあてはまっておらず、5年周期変動の解析からは除外した。

図5には、ヤマセの影響を最も強く受ける青森県八戸の夏季平均気温と夏季平均PDWSの1982年を起点として5年ごとに重ね合わせたものを示す。このように1982年以降の期間を5年で区切って重ね合わせるにより、北日本の夏季天候にみられる固有の周期変動が明瞭に把握できる。その特徴は以下の通りである。

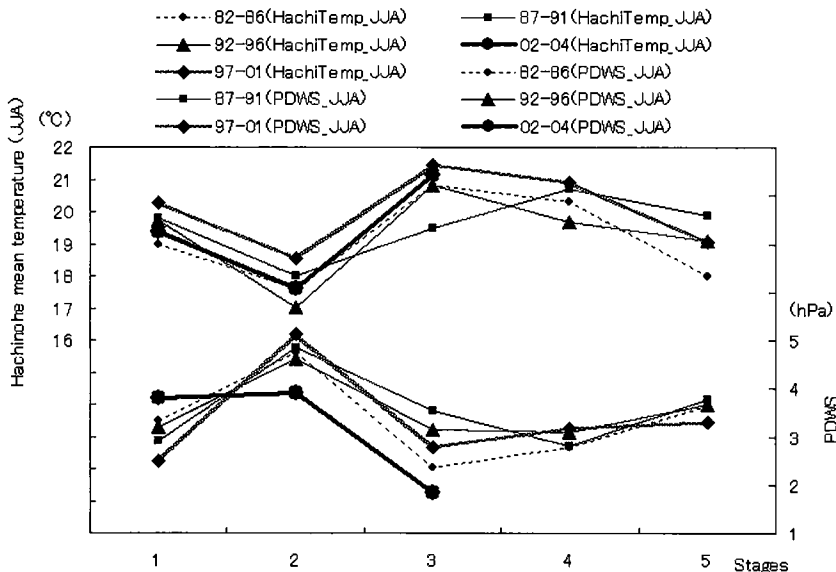


図5：青森県八戸の夏季平均気温（JJA）と夏季平均PDWS（JJA）の1982年を起点とした5年ごとの重ね合わせ（1982～2004年）。以下では1年目から5年目までをステージ1～5と呼ぶ。

5年周期1年目のステージ1では、八戸の気温はほぼ平年並みで、年々の差が小さい。PDWSは、2002年を除いて、気温と同様に年々の差が小さい。翌2年目は低温のステージで、1983年、88年、93年、98年および2003年の全てが全国もしくは北日本冷夏であった。PDWSは2003年のみ値が小さいが、それ以外の4例は値が大きく、気温と同様に年々の差が小さい。3年目のステージ3になると一転して高温になり、1989年を除いた全ての年が暑夏となっている。2004年も含めた4例の気温の年々差は極めて小さい。一方、PDWSに関しては年々の差が大きく、特に2004年は値が小さい。翌ステージ4も高温傾向だが、気温の年々差が若干大きく、一方でPDWSは年々差が小さい。最終ステージ5は、気温の年々の差が大きく、平年並みの夏もあればステージ2に匹敵する低温年（1986年）も含まれているが、PDWSの年々差はステージ4と同様に小さい。

これら5つのステージについて、ステージごとに地上気圧偏差を平均してその傾向をみたところ

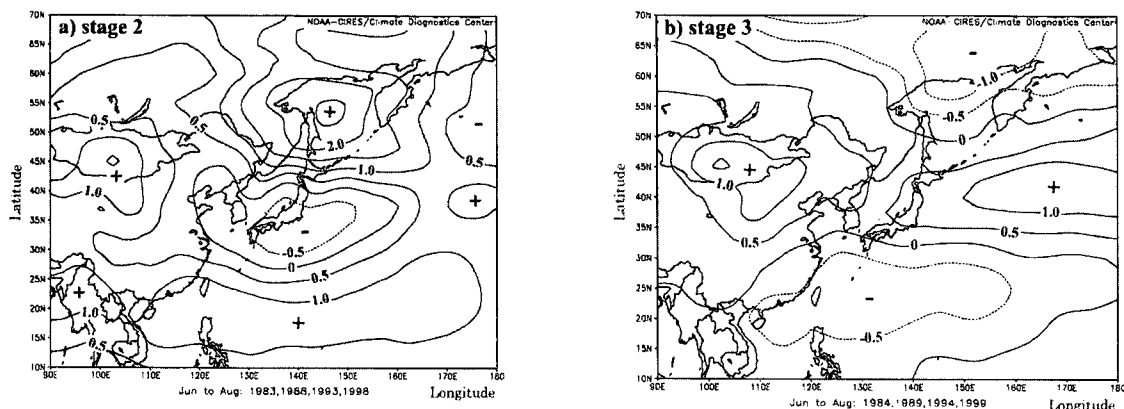


図 6：ステージ 2 と 3 における地上気圧偏差のコンポジット。ステージ 2 (左) は 1983、88、93、98 年の 4 年分を、ステージ 3 (右) は 1984、89、94、99 年の 4 年分を平均した。平年値は 1968～96 年平均値。Kanno (2004) より引用。

ろ、ステージ 2 と 3 では年による差が小さく、類似の分布が認められた。そこで両ステージ各 4 年分を平均して図 6 に示す。ステージ 2 では、オホーツク海に正の、日本の本州南岸を中心に負の偏差が明瞭であり、優勢なオホーツク海高気圧と日本付近の前線帯の存在を示している。また、南シナ海～フィリピン東方海域にかけての太平洋西部熱帯海域では正の偏差となっており、対流活動が抑制されていることを示唆している。ステージ 3 になると、一転してオホーツク海では負の偏差が明瞭となり、北日本では北太平洋に中心を持つ正偏差域に覆われる。また、南シナ海～フィリピン東方にかけての海域では負の偏差となり、対流活動が活発なことを示唆している。このようにステージ 2 から 3 にかけての変化は正負のパターンが逆転したものであり、冷夏の翌年に暑夏となる気圧配置の変化が明瞭に確認できる。

3. PDWS の周期変動と SST・500hPa 高度との関係

はじめに PDWS と SST との相関関係を見る。図 7～9 には、1982 年～2002 年の PDWS (JJA) と、1 年前の JJA (図 7)、半年前の DJF (図 8)、当年の JJA (図 9) の 3 ヶ月平均 SST との相関分布を示す。1 年前の夏には、熱帯太平洋中部海域で最大で +0.6 以上の正の相関が認められる (図 7)。この正の相関域は、半年前の冬になると東へ移動し、ペルー沖に到達する (図 8)。また、アラビア海にも正の相関域が認められる。PDWS と同年の夏になると、ペルー沖およびアラビア海の正の相関域は消失しており、南シナ海に +0.6 以上の正の相関が認められる。以上の時間変化は、PDWS が正の場合で考えると、エルニーニョ現象が夏から冬にかけて発生し、当年の夏に終息する場合に PDWS が高まると認識できる。また、PDWS が負の場合にはラニーニャ現象の発生・終息との対応が予想される。そこで、1982 年以降のエルニーニョ現象とラニーニャ現象の発生期間と北日本の冷夏・暑夏との対応を表 1 に示す。これにより、北日本の 5 回の冷夏 (1983 年、88 年、93 年、98 年および 2003 年) には、いずれもその前の冬か当年の夏までにエルニーニョ現象

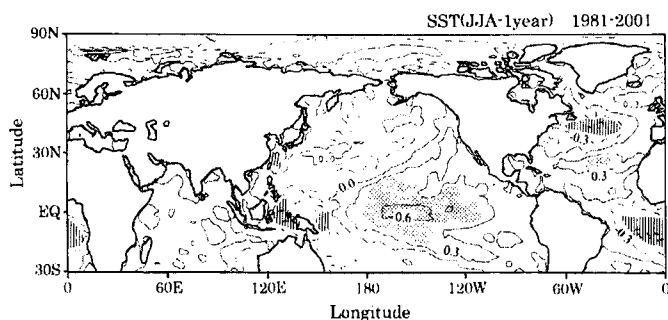


図 7 : PDWS (JJA) と 1 年前の JJA 平均 SST との相関分布。陰影域は危険率 5% 以下で統計的に有意。PDWS は 1982 ~ 2002 年の、SST は 1981 ~ 2001 年の値を用いている。Kanno (2004) より引用。

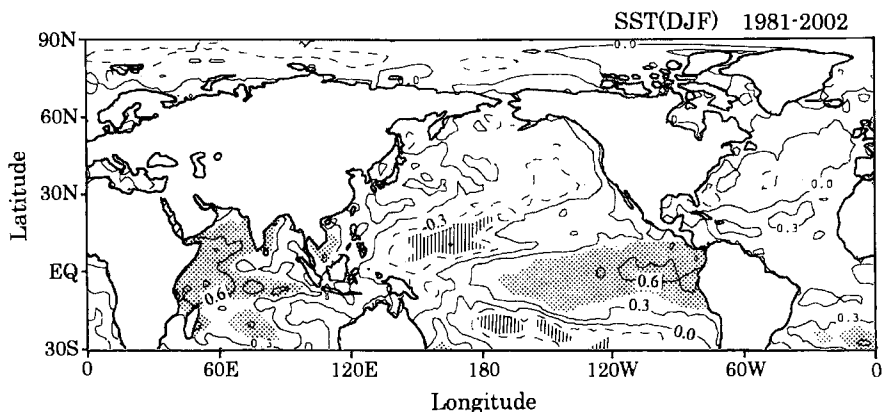


図 8 : PDWS (JJA) と半年前の DJF 平均 SST との相関分布。PDWS は 1982 ~ 2002 年の、SST は 1981 ~ 2002 年の値を用いている。Kanno (2004) より引用。

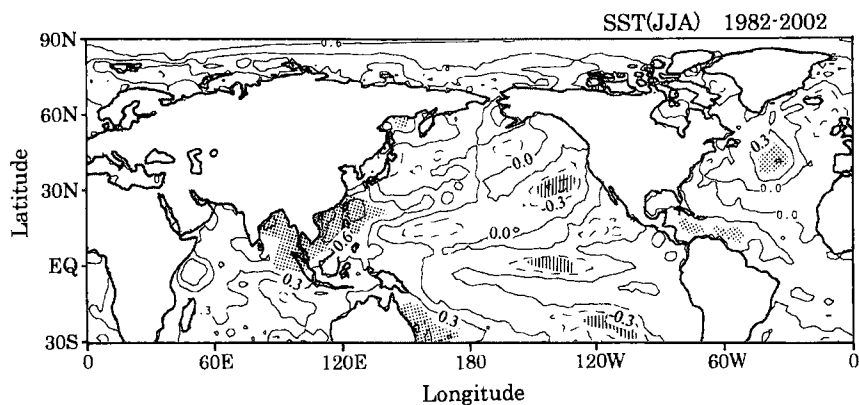


図 9 : PDWS (JJA) と同年 JJA 平均 SST との相関分布。Kanno (2004) より引用。

表1：1982年以降のエルニーニョ現象とラニーニャ現象の発生期間と北日本の冷夏・暑夏との対応。気象庁ホームページより引用したものに加筆。

エルニーニョ現象		ラニーニャ現象		
82年春～ 83年夏	83年冷夏	84年秋～ 85年夏	85年暑夏	
86年秋～87/88年冬	88年冷夏	88年春～ 89年春		
91年春～ 92年夏				
93年春～ 93年夏	93年冷夏			
97年春～ 98年夏	98年冷夏	98年秋～ 99年春	99年暑夏	
		99年夏～ 2000年春	00年暑夏	
2002年春～ 02/03年冬	03年冷夏			

が終息していることが分かる。エルニーニョ現象の終息と冷夏が対応していないのは1992年夏の一例のみである。一方、ラニーニャ現象に関しては、発生数も少ないが、ステージ3の暑夏に対応しているのは1999年のみで、ステージ4の暑夏には2例対応しているものの、1989年のラニーニャ終息後は暑夏になっていないなど、エルニーニョ現象ほど対応は良くない。

次に、PDWSと500hPa高度との関係を見る。図10には、PDWS (JJA) と500hPa高度 (JJA) との相関係数分布を、1950～81年 (a) および1982～2002年 (b) について計算したものを示す。

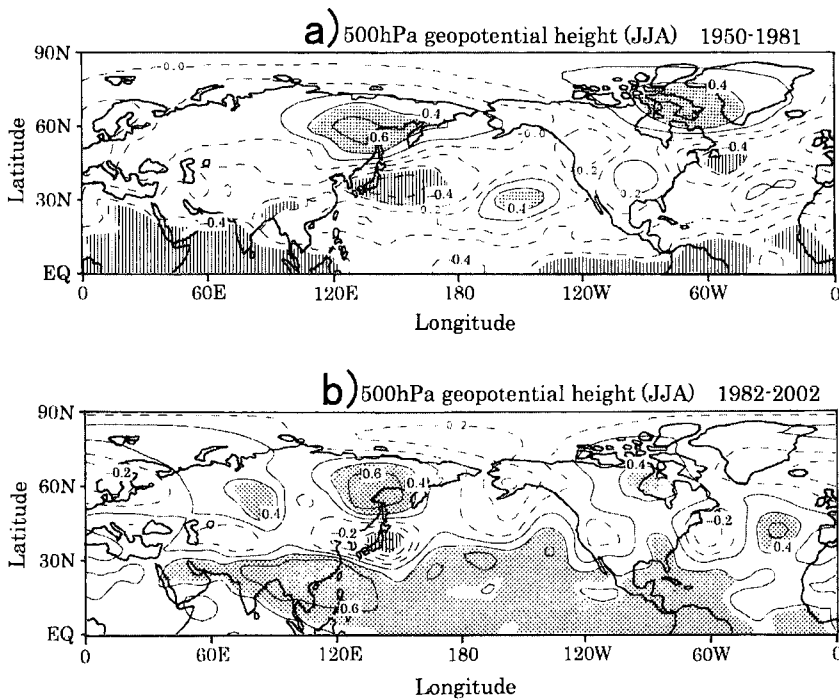


図10：PDWS (JJA) と500hPa高度 (JJA) との相関係数分布。(a) 1950～81年、(b) 1982～2002年。陰影域は危険率5%以下で統計的に有意。Kanno (2004) より引用。

1981年以前においては、オホーツク海に正の、日本の本州付近から北西太平洋にかけて負の相関が認められる。これは、PDWSが北日本の南北気圧差であることから、当然出てくるパターンである。それ以外の地域では、カナダのバフィン島を中心として正の、ニューファンドランド島付近に負の相関域が認められる。これにより、1981年以前においては、北米大陸北東部での偏西風の蛇行が日本付近と同調しているように見えて興味深い。熱帯太平洋では有意な相関域はほとんど認められない。

1982年以降についてのPDWSと500hPa高度の相関分布を見ると（図10-b）、オホーツク海から日本にかけての正負分布パターンは1981年以前と同様であるが、太平洋熱帯域の広い範囲で正の相関が認められる点が大きく異なっている。特にベンガル湾北部～インドシナ半島～南シナ海～フィリピン東方海域にかけては、+0.6以上の高い相関を示している。ここから日本付近～オホーツク海に連なる正負の波列パターンは、Nitta（1987）により提示されたPJパターンと類似している。すなわち、PDWSが大きく（小さく）北日本冷夏（暑夏）の際には、熱帯域での対流活動が抑制（強化）されてロスビー波の伝播が弱まる（強まる）ことを示唆していると考えられる。また、1981年以前にベンガル湾北部～フィリピン東方海域で相関が認められない点については、Nitta and Yamada（1989）が指摘したように、熱帯域のSSTが1970年代後半から上昇し、対流活動の及ぼす影響がそれ以降強まっていることから、1981年以前は同地域のSSTの影響が弱いことを示していると考えられる。

4. 北日本夏季気温とSSTとの関係

ここでは、熱帯海域における対流活動に焦点を当てて、北日本夏季平均気温との関係を見ることにする。はじめに北日本夏季平均気温（JJA）とOLRとの相関分布を図11に示す。OLRに関しては、PDWSよりも気温の方が相関が高い。統計的に有意な地域はそれ程多くはないが、日本付近では、関東東方海域で正の相関が認められる。熱帯域ではフィリピンの北で負の相関が高く、台湾とフィリピンの間では-0.6以下になっている。このように、1982年以降に関しては、同海域での対流活動と北日本の夏季気温とが高い相関を示している。そこで、同海域での対流活動

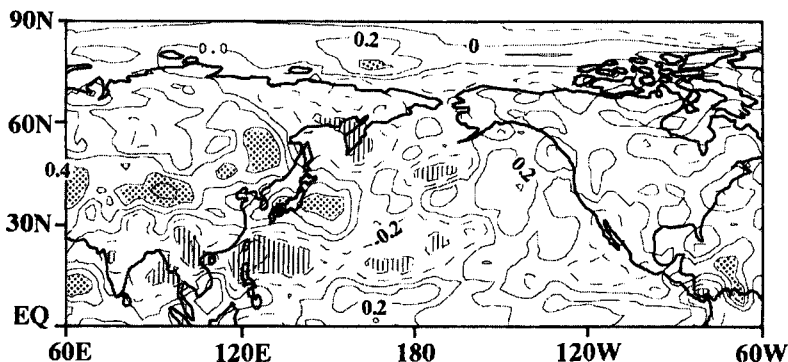


図11：北日本夏季平均気温（JJA）とOLR（JJA）との相関分布（1982～2004年）。陰影域は危険率5%以下で統計的に有意。

と関係が深いと考えられる SST について、その時間変化を見ることにする。

熱帯海域での対流活動は、SST そのものの高低にも影響されるが、熱源の配置によっても大きく影響を受ける（例えば Gill, 1980）。Kawamura et al. (1998) は、フィリピン付近の対流活動を、南シナ海とフィリピン東方海域との間に形成される SST 東西傾度で説明した。図 11 に認められるフィリピンの北の OLR 負相関域の対流活動を説明するにあたって、その南の海域での SST 東西傾度を用いるのが適当と考えられる。これは、南シナ海 SST が同時期の PDWS と高い相関を示すことから支持される（図 9）。そこで、南シナ海とフィリピン東方に 2 つの領域を設定した。

図 12 には、SST を平均した 2 つの領域 A と B を示す。A と B は、図 11 の -0.6 以下の高相関域を南からはさむように配置した。Kawamura et al. (1998) では、SST の東西傾度を求めるにあたり、図 12-AB よりもやや東に位置する領域 (5-15N, 110-130E および 5-15N, 140-160E) を設定している。両者を比較したところ、PDWS および北日本平均気温に関して、図 12-AB の方が若干相関が高かったが、その差は小さく、本質的な違いは無いと考えて差し支えない。

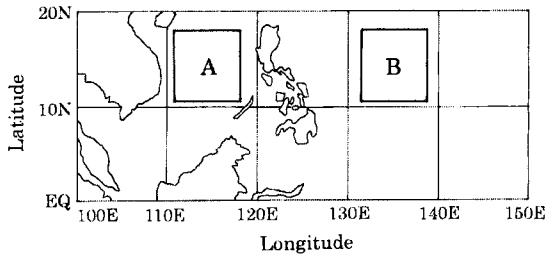


図 12：SST を平均した 2 つの領域 A と B。

A : (10.476N ~ 18.095N, 110.625E ~ 118.125E)、
 B : (10.476N ~ 18.095N, 131.25E ~ 138.75E)。
 Kanno (2004) より引用。

図 13 には、SST 東西差（領域 A マイナス B、以下 SSTD と略）と北日本夏季平均気温の時間変化を示す。北日本平均気温は、1950 年代には年々変動が大きかったが、1960 年代以降 1970 年代前半まで年々変動が小さく、夏季気温は安定していた。ところが 1970 年代後半以降、年々変動が大きくなり、極端な冷夏・暑夏が頻発している。SSTD についてみると、1980 年代よりも前は年々変動が小さく、北日本の気温の変動とも一致していない。ところが 1980 年代以降は一転

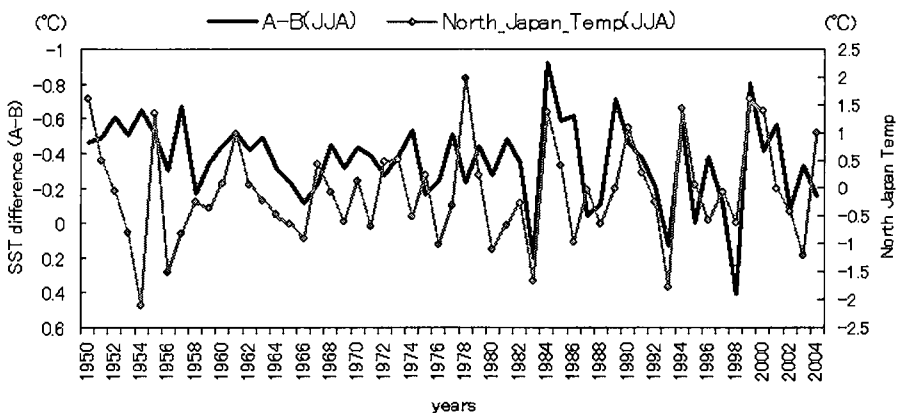


図 13：SST 東西差（A マイナス B、以下 SSTD と略）と北日本夏季平均気温の時間変化（1950 ~ 2004 年）。

して年々変動が大きくなり、逆符合で北日本気温と良く対応した変動をするようになる。1982年～2004年までの両者の相関係数は-0.6である。特に1983～84年、93～94年および98～99年の、冷夏の後に暑夏となった事例では非常に良く一致した変化を示している。また、1988年～89年にSSTDが正から負へ急変している事例も含めるならば、以上のSSTD急変事例はステージ2から3への共通の変化としてみなすことができ、これまで述べてきた5年周期で冷夏～暑夏が頻出する傾向はSSTDの年々変動で説明できる可能性がある。ただし、2003～04年の冷夏～暑夏は、A-Bではよく合わなくなってきている。また、NCEP再解析SSTデータの質が、1980年代以降変わっている可能性もあるが、ここでは検討していない。

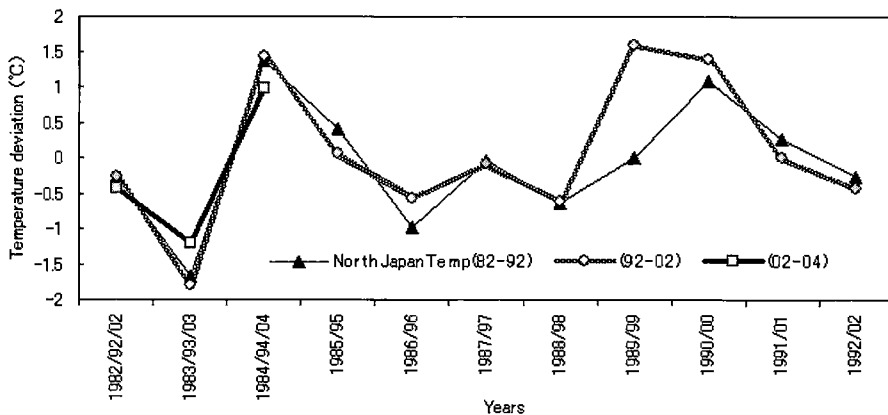


図 14 :北日本夏季平均気温 (JJA) の、1982 年を起点とした 10 年ごとの重ね合わせ (1982 ～ 2004 年)。

最後に、これまで5年の周期変動に焦点を当ててきたが、北日本夏季気温を10年ごとに重ね合わせても興味深い対応がみられたので、参考までに図だけ紹介したい。図14には、北日本夏季平均気温 (JJA) を、1982年を起点として10年ごとに重ね合わせたものを示す。1982-91年と1992-01年については、非常によく一致した年々変化を示しており、唯一1989年と99年が大きく異なっているのみである。2002年からの3周期目でも、2004年暑夏まで変化傾向は一致している点が興味深い。

5. 考察

北日本の夏季に認められる5年周期変動は、それとほぼ一致した変動が太平洋西部熱帯海域SST東西差に認められたことから、フィリピン付近の対流活動の変動に大きく影響されていることが推測される。また、本報告でのステージ2の冷夏は、全てエルニーニョ現象の終息と一致していた。エルニーニョ終息と冷夏については、2.4節で述べられているので、そちらをご参考いただきたいが、エルニーニョ終息時の、南シナ海にまだ暖水が残っている時にフィリピンの北の対流活動が抑制され (ステージ2)、北日本は冷夏となる、そしてその翌年にラニーニャ傾向に推移

して、フィリピン付近の SST 東西傾度が前年と逆になったときに対流活動が強化され（ステージ 3）、北日本は暑夏となるのではないかと考えられる（寺尾・久保田、2003 参照）。2003 年冷夏は、この 5 年周期の冷夏ステージに属し、2004 年暑夏も暑夏ステージに属していた。

5 年の周期について、エルニーニョ現象および ENSO と関連した周期をみると、Jiang et al. (1995) や Zhang et al. (1998) により約 2 年と約 4 年の周期が示されている。また、Tomita (2000) は 51-68 ヶ月の SST 周期変動を指摘している。さらに、Fedorov et al. (2003) は、エルニーニョ現象が 1982 年以降、明瞭な 5 年周期を持っていることを指摘している。従って、北日本夏季天候に認められる 1982 年以降の 5 年周期変動は、同時期にエルニーニョ現象が示している 5 年周期変動とはほぼ同調するものであると考えられる。一方、エルニーニョ現象の強弱に関わらず、北日本夏季天候の 5 年周期がそれ自体非常に明瞭なのは興味深い点であり、今後も、このような視点から、監視・解析を続ける予定である。

文 献

- ト藏建治, 2001: ヤマセと冷害 - 東北稲作のあゆみ. 成山堂書店, 148pp.
- Fedorov, A.V., S.L. Harper, S.G. Philander, B. Winter, and A. Wittenberg, 2003: How predictable is El Nino? *Bull. Amer. Met. Soc.*, 84, 911-919.
- Gill A. E., 1980: Some simple solutions for heat-induced tropical circulation. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 106, 463-484.
- 花輪公雄, 1997: 東北日本の夏季の気温の長期変動特性 - 気温変化率の数十年スケール変動 -. 気象研究ノート, 189 号, 192-198.
- 気象庁編, 1991: 日本気候表. Vol.1, 478pp.
- Jiang, N., J. D. Neelin and M. Ghil, 1995: Quasi-quadrennial and quasi-biennial variability in the equatorial Pacific. *Clim. Dyn.*, 12, 101-112.
- Kalnay, E. and Coauthors, 1996: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Met. Soc.*, 77, 437-471.
- Kanno H., 2004: Five-year cycle of north-south pressure difference as an index of summer weather in northern Japan from 1982 onwards. *J. Met. Soc. Japan*, 81, 711-724.
- 菅野洋光, 2004: 冷夏 (ヤマセ). 日本の気候 II - 気候気象の災害・影響・利用を探る -, 吉野正敏監修, 二宮書店, 338pp.
- 川村 宏, 1995: ヤマセ. 気象研究ノート, 183 号, 179pp.
- Kawamura, R., M. Sugi, T. Kayahara and N. Sato, 1998: Recent extraordinary cool and hot summers in East Asia simulated by an ensemble climate experiment. *J. Met. Soc. Japan*, 76, 597-617.
- 工藤泰子, 1981: ヤマセの立体構造とそれに及ぼす山地の影響. 東北地理, 33, 204-211.
- Kurihara, K., 2003: Quasi-year fluctuation in summer surface air temperatures in Japan. *J. Met. Soc. Japan*, 81, 1289-1297.

- 松本 淳, 2002: 日本の気候の特徴とその支配要因. 日本の気候 I - 最新データでメカニズムを考える -, 吉野正敏監修, 二宮書店, 275pp.
- 松村伸治, 謝 尚平, 1998: 日本列島および日本海上の経年気候変動に及ぼす冬期季節風の影響. 天気, 45, 781-790.
- Ninomiya, K. and H. Mizuno, 1985: Anomalous cold spell in summer over Northeastern Japan caused by northeasterly wind from polar maritime air-mass. Part1. EOF analysis of temperature variation in relation to the large-scale situation causing the cold summer. *J. Met. Soc. Japan*, 63, 845-857.
- 西森基貴, 1997: 日本における夏期気温変動と 1993・94 年の冷夏・暑夏. 気象研究ノート, 189 号, 199-216.
- 西森基貴, 1999: 日本における冷夏・暑夏の出現特性に関する解析. 天気, 46, 269-279.
- Nitta, T., 1987: Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern Hemisphere summer circulation. *J. Met. Soc. Japan*, 65, 373-390.
- Nitta, T. and S. Yamada, 1989: Recent warming of tropical sea surface temperature and its relationship to the Northern Hemisphere circulation. *J. Met. Soc. Japan*, 67, 375-383.
- 佐藤尚毅, 高橋正明, 2001: 日本付近における盛夏期の気圧場の年々変動. グロースベッター, 39, 49-60.
- 寺尾 徹, 久保田拓志, 2003: ElNino 終息後のインド洋・太平洋海面水温の東西コントラストと台風生成抑制メカニズム. 日本気象学会 2003 年度春季大会講演予稿集, 83, 156.
- Tomita, T., 2000: The longitudinal structures of interannual variability observed in sea surface temperature of the equatorial oceans. *J. Met. Soc. Japan*, 78, 499-507.
- 安成哲三, 1997: 1993/94 年夏の異常気象の解明. 気象研究ノート, 189 号, 290pp.
- Zhang, X., J. Sheng and A. Shabbar, 1998: Modes of interdecadal variability of Pacific SST. *J. Clim.*, 11, 2556-2569.

総合技術としての農業気象

福島県農業総合センター（仮称）の発足を目前にして・・・

荒川市郎
福島県農業試験場

福島県農業試験場は、2006年3月をもって109年の歴史に終止符を打ち、4月から「福島県農業総合センター（仮称）」として、再編整備され再スタートする。「総合」というキーワードは流行語になっており、IPM（総合防除；私はこの訳語に違和感がある）や〇〇総合農業試験場、〇〇総合研究など身近なところでお目にかかることができる。

当県の農業総合センター設立の趣旨は、「農業に関連する生産者および消費者の複雑多様化・高度化するニーズに迅速に対応するため」と私は受けとめており、単なる組織のリストラではないと信じている。農業総合センターの組織は、総合部門（共通部門）と専門部門に大別され、企画・経営・作業技術・環境（土壌肥料・病害虫防除）・育種等は前者に、作物・園芸・畜産等は後者に区分される予定である。しかし、「農業気象」というキーワードは、どのセクションにも直接出てこない。

私は、当県の農業総合センターに「農業気象を専門に研究する部門」が無くともやむを得ないと考えている。ただし、農業気象の研究スタンスや研究者が培ってきた技術・手法・考え方は、是非受け継いでほしいと考えている。「水・大気・環境」や「バイオマス」など新たなテーマに直接関連する専門分野は、どちらかというところ「分析的・解析的」手法に走り、総合的なアプローチが後回しになりがちである。こういった課題を効率よく解決するためには、農業生産から生産物の利用、後処理を含めて総合的に面倒をみるコーディネーターが必要であり、農業気象の分野の研究者こそ適任ではないかと考えている。かつて、東北農試の小沢さんが、当支部会で根圏環境に関する研究発表をしておられ、当時の私は土壌肥料の分野ではないかと違和感を持ったが、その後平成5年の冷害や寒締め菜っばの研究を通じて地温や水の吸収などの根圏環境の重要性に注目が集まり、むしろ農業気象の分野だからこそこのようなアプローチが出来るのだと再認識した次第である。こういった研究者や技術者を育てるために農業気象の果たす役割は大きいと考えている。

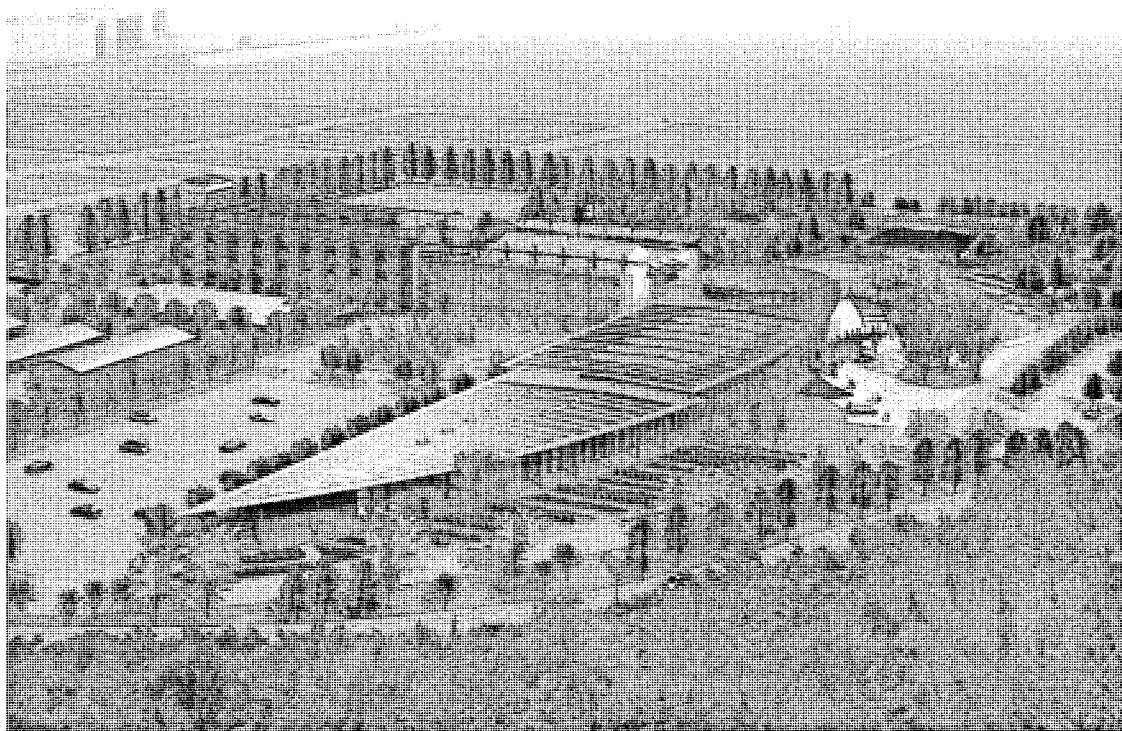
東北における農業気象関連の学会や研究会は、昔からこぢんまりとしており、出席者同士の顔が見える集まりである。それでも内容やメンバーが多彩であり、30年ほど前駆け出しの研究者だった私は、出席するのが楽しみであった。当時、東北農業試験場の3階の隅の会議室でのブロック会議は、上座に坪井場長が座り、気象の研究室を有する青森県や宮城県と東北農試の議論の場であり、場内の気象観測担当だからという理由で会議に出席した私にとっては新鮮な課題が多く、自らのふがいなさを反省するとともに相手の研究手法を盗む場でもあった。当時は、昭和51年の冷害を踏まえ気象変動が現実のものとなる時期であり、農業気象の専門スタッフがいなない県においても、作物特に水稻と気象の関係は話題となった。

しかし、現在では農業気象の看板を掲げている試験場を見つけることが難しく、研究会と支部会をドッキングして夏季に開催するなどの工夫にもかかわらず、支部会や研究会の発表課題や参加者の減少が顕在化している。だからといって、この研究分野を水田作等に安易に統合すべきでは無いと思う。この際、農業気象の分野から積極的なテーマの提言を行い、他の専門分野を巻き込んだ総合的な討議をする場（問題解決型の研究会）を作るべきである。たとえば、水稻の高温登熟による品質低下は、栽培、土壌肥料と農業気象が連携して取り組むテーマであり、野菜栽培における施肥の環境負荷や果樹における温暖化対策なども興味深いテーマである。当支部会が、本業が農業気象でない研究者の集まりという特性を逆手にとって、総合研究のための現状分析や研究方向の整理などリード役を担ってほしいものである。このような課題の企画・運営は、誰か

がお膳立てするのを待つのではなく、会員自らが発案するものであり、少人数の家族的な組織こそやりやすいと考えている。

農業総合センターでは、農業気象に関連する課題は、企画・経営、生産環境、作物園芸の各部、果樹、会津地域、浜地域の各研究所など多岐にわたる予定である。これらの組織とりわけ企画・経営に配置される研究者には、上記のような視点での活躍を期待したい。この部門は、作物や専門研究の領域より上位の立場で、野菜や花き、果樹はもとより、畜産や環境問題に関する課題のコーディネーター役を積極的に担ってほしい。また、このような研究者を育成する場として、農業気象学会や農業気象の研究会が活用されることを願う。かつて東北農試岡田さんから支部報のタイトルを「東北の農業と気象」と変えてはという提言があった。農業気象が総合的な研究のコーディネーターになれば、自ずからこのようなタイトルになるであろう。

新たな組織「農業総合センター」に「研究」の2文字が入っていないことにお気づきかもしれない。この意図はわからないが、筆者は「研究をやるな」という意味ではなく、「研究だけやってはだめよ」と捉えている。研究者であると同時に、地域の農業や環境、流通や消費者ニーズへの対応などができる「技術者集団」になることが求められている。このような期待に応えるには、トップレベルの農家や流通業界、消費者の目線で話しが聞ける実力を身につける必要があるが、たぶんこの技術は学校でいくら勉強しても身に付かないであろう。当支部会が率先してこのような役割を担い、外部の人と意見交換をする機会を作れば、学会の活性化につながると考えている。そして、その中から見つけたテーマで研究が行われ、成果が役に立つと同時に、研究は楽しいという研究員が1人でも多くなってほしい。自らの未熟さを顧みず投稿することに多少気が引けるが、批判を含めて多くの意見が寄せられることにより、支部会の活性化に役立てば幸いである。



福島県農業総合センター（仮称）完成イメージ（福島県農林水産部 HP より）



本会支部名誉会員 工藤敏雄先生は、病氣御療養中のところ平成 17 年 10 月 22 日御逝去されました。まことに哀惜に堪えません。先生は幹事 9 年（昭和 39～47 年）、評議員 24 年（昭和 48～平成 8 年）の長きにわたり支部の運営と発展に大きな貢献をされました。

先生は大正 14 年盛岡市にお生まれになり、中央気象台技術官養成所を卒業され、盛岡地方気象台を振り出しに福島地方気象台、仙台管区気象台など要職を歴任され昭和 59 年宮古測候所長、昭和 61 年 3 月気象庁をご退官、同年岩手大学農学部非常勤講師として応用気象学を担当され、多くの人材を育てられました。

気象庁から岩手大学まで 50 年以上の長きにわたり研究、教育に当たられ、支部会誌への論文 12 編、特別講演 1 編、さらに東北風土記と題して 7 編が掲載されており、ユニークで精力的な研究は高く評価されています。また、文部省科学研究の研究分担者として参加され、東北地方の気象状況について取りまとめるなど気象学者としての専門を十分活かしながら気象と作物の境界領域の分野まで研究を広げておられます。さらに気象を中心とした東北地方の民族風土の研究者でもあり、その著書「いわて気象風土記」は広く愛読されています。

先生が円満な人格と高潔な識見をもって研究、教育にその生涯を捧げられ、東方地域の農業と学会の発展に尽力され巨大な足跡を残された御功績と御人徳を回顧する時、深い敬意と感謝の念を覚えます。慎んで哀惜の意を表すとともに御冥福を心よりお祈り申し上げます。

（平成 17 年 12 月 日本農業気象学会東北支部名誉会員 本庄一雄）

主な研究業績（支部会報）

1. 地面状況の差異による気温分布観測（第 5 号）
2. 福島県における稲作と桜の季節について（第 7 号）
3. 昭和 48 年暖候期における東北地方の異常小雨について（第 19 号）
4. オホーツク海高気圧による凍霜害（第 22 号）
5. 岩手県沿岸地方における海霧と稲作について（第 24 号）
6. 1980 年冷害における「やませ」の振舞（第 27 号）
7. 第 2 種冷夏型の天候時における東北地方の気温分布（第 32 号）

主な著書

- | | | |
|-------------|--------------|-------------|
| ・冷害（共著） | 家の光協会 | 昭和 57 年 6 月 |
| ・農業気象情報（共著） | 日本農業気象学会東北支部 | 平成元年 7 月 |
| ・いわて気象風土記 | 岩手日報社 | 平成 2 年 10 月 |
| ・平成コメ凶作（共著） | 家の光協会 | 平成 6 年 6 月 |
| ・続いわて気象風土記 | 岩手日報社 | 平成 6 年 11 月 |

◇◇◇ 支 部 だ よ り ◇◇◇

1. 2005（平成 17）年度支部大会

2005 年度日本農業気象学会東北支部大会は秋田市の「秋田県農業試験場」において、7 月 22 日に開催されました。一般研究発表では 6 題の発表があり、活発な討議がなされました。エクスカーションでは秋田県農業試験場の圃場見学が行われました。

2. 会員動静

〔入会者〕 今村友彦、佐藤 隆、岩手県立図書館、小林ひとみ

〔退会者〕 玉川和長、櫻井一男、鈴木良則、佐藤 誠、萩原武雄

2006 年 1 月 27 日現在の会員数：名誉会員 1 名、会友 2 名、会員 120 名、図書館 7

3. 寄贈図書

日本農業気象学会本部及び各支部より会誌の寄贈がありました。ご利用の節は当支部事務局へご連絡ください。

4. 2006 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定に基づき、2006 年度の功労賞受賞候補者をご推薦ください。締切は 2006 年 6 月 15 日です。評議員会にて審査・承認の後、受賞者には賞状と日本農業気象学会東北支部謹製の賞牌が贈呈されます。受賞にふさわしい方がおられましたら、綴じ込みの推薦書にご記入し、事務局までご送付ください。

大きさ：直径 90 mm，厚さ 10 mm

形体：文 鎮

材質：鑄 鉄

色： 鎔 色



功労賞（表）



（裏）

なお、これまでに功労賞を受賞されたのは以下の方々です（順不同、敬称略）。

1990年（平成2年）：阿部貞尚、吉田 浩、小野清治、寺中吉造、大沼 濟、千葉文一、
川島喜内、宮部克己、工藤敏雄、日野義一、石山六郎

1991年（平成3年）：本庄一雄、菅原並夫、関 寛三、斉藤正一、鎌田金英治、
内島立郎

1992年（平成4年）：菅原人利、細井徳夫

1993年（平成5年）：阿部谷良、永沼昌雄

1995年（平成7年）：佐藤忠士、橋本 晃

1996年（平成8年）：井上君夫、嶽石 進

1999年（平成11年）：前田 昇、石田末広、阿部博史、浜名光衛

2000年（平成12年）：穴水孝道

2001年（平成13年）：佐々木忠勝

2003年（平成15年）：多田 久、高橋康利、小林弥一

2004年（平成16年）：荒川市郎

2005年（平成17年）：大谷裕行、宮川英雄

（1994年、1997年、1998年、2002年については、推薦がありませんでした。）

5. 2006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定に基づき、2006年度の奨励賞受賞候補者をご推薦ください。締切は2006年6月15日です。評議員会にて審査・承認の後、受賞者には賞状と金一封が贈呈されます。受賞にふさわしい方がおられましたら、綴じ込みの推薦書にご記入し、事務局までご送付ください。なお、これまでの受賞者は以下の方です（敬称略）。

2003年（平成15年）：横山克至

6. 決算報告及び予算

(1) 2004年度決算報告

a 収支決算

収 入			支 出		
項 目	予 算	決 算	項 目	予 算	決 算
個人会費	310,000円	265,000円	印刷費	240,000円	252,050円
支部補助費	41,500	23,700	通信費	70,000	47,230
雑 収	0	1,500	事務費	70,000	34,565
繰越金	310,727	310,727	大会費	50,000	50,000
			雑 費	20,000	20,236
			予備費	212,227	0
合 計	662,227円	600,927円	合 計	662,227円	404,081円

b 余剰金の算出	収 入	600,927円
	支 出	404,081円
	余 剰 金	196,846円

(2) 2005年度予算

収 入		支 出	
項 目	予 算	項 目	予 算
個人会員会費	317,500円	印刷費	220,000円
支部補助費	23,700	通信費	60,000
雑 収	0	事務費	60,000
繰越金	196,846	大会費	50,000
		雑 費	20,000
		予備費	128,046
合 計	538,046円	合 計	538,046円

7. 2006年度支部大会のお知らせ

2006年度の大会は山形県にて開催される予定です。後日案内をお送りしますが、多くの方の研究発表をお願いいたします。

日本農業気象学会東北支部功労賞候補者推薦書

氏 名

所属機関

推薦者

功労賞候補者

氏 名

所属機関

主な推薦理由（東北の農業気象研究の進展に功績のあったこと等を分かり易く書いて下さい）

[Empty box for writing the main recommendation reasons]

日本農業気象学会東北支部奨励賞候補者推薦書

氏 名

所属機関

推薦者

奨励賞候補者

氏 名

所属機関

主な推薦理由（東北の農業気象研究の進展に功績のあったこと、論文題名と
その内容）を分かり易く書いて下さい。

[Empty box for writing the main recommendation reasons]

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

第1章 総 則

第1条（名称）：本会は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振興をはかることを目的とする。

第3条（事務局）：独立行政法人農業技術研究機構東北農業研究センター農業気象研究室内におく。

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日に終る。

第3章 会 則

第6条（会員）：本会の会員は正会員、賛助会員、名誉会員とする。

- (1) 正会員は本会の趣旨に賛同し、入会を申込んだ者。
- (2) 賛助会員は本会の目的事業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。支部長事故あるときまたは欠けたときは支部長があらかじめ指名した評議員がその職務を代行する。
- (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) 評議員は東北地方在住の会員のうちから選挙により決める。うち1名を本部理事、若干名を本部評議員として互選する。
- (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）：役職の任期は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）：本会の経費は会員の会費および寄付金などによる。

第16条（会費）：支部年会費は次のとおり前納とする。

正会員 2,500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。

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. 受賞式は総会で行う。

(1) 15年以上の会員で、原則として役員を努めた会員。

(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えて、編集にあたる。

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と一緒に、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サイズの用紙を縦置き、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サイズ縦置き2段組の刷上がり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、投稿原稿の40%以下に重複内容を圧縮する。
- 2.5 「進む研究」は実用に近づきつつある研究成果を紹介するもので、刷上りを4ページ以内とする。
- 2.6 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）、これまでの研究の概要との関係、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に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%以上の方がまずいと感ずる米の粒厚は、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、MKH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、コンピュータのプリンタやプロッタでA4サイズ上質紙にうちだしたものでよい。

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。」の順に例に従って書く。

(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。

東北の農業気象 第50号

2006年3月発行

編集・発行 日本農業気象学会東北支部
振替口座 02270-7-4882
盛岡市下厨川字赤平4 東北農研センター内
TEL (019) 643-3461
郵便番号 020-0198

印刷所 盛岡市本町通二丁目8-37
(株)阿部謄写堂
TEL (019) 623-2361
