

東北の農業気象

Agricultural Meteorology in Tohoku

Vol. 39

Aug. 1994

巻頭言

最近感じていること 穴水孝道

論文

大規模冠水に伴うイネ黄化萎縮病の発生と防除

—1992年6月の大雨による冠水被害の実態調査— 齋藤弘文・久力 幸・小林祐一・鈴木陽子 1

秋田県における稲の生育特徴と気象の関係

第4報 日照時間と収量の関係からみた地帯区分 山本寅雄・畠山俊彦 8

レーザ・レーダによるやませ霧観測

—1992観測結果— 十文字正憲・伊藤 智・小林康志・奈良宜晋 13

Ecotypeを異にするイネの初期生育に及ぼす高CO₂濃度・高温下の影響

..... 手塚一清・P. Malano・K. Ingram 22

積算気温による水稻の幼穂発育モデル

..... 荒川市郎・本馬昌直・岡部清信 28

特別講演

「生保内だし」について 鎌田金英治 33

進む研究

良質米生産のための水稻の生育診断と予測技術 宮川英雄・児玉 徹 42

東北風土記

日本一の多いくに 工藤敏雄 49

小講座

湿度を測るには 濱崎孝弘 51

実証93冷害

海洋性寒冷氣流（ヤマセ）の特性と冷害地域の関係 卜歳建治 55

「百年に一度」か？ 平成5年水稻大冷害 島津裕雄 65

山形県における93水稻冷害の記録

..... 武田正宏 89

薬剤処理による障害不稔軽減の可能性

..... 多田 久・富田秀弘 99

青森県の野菜冷害とナガイモ

..... 北山美子 103

水稻冷害で損するのはどこか？

..... 小沢 聖・藤森英樹 109

93冷害をふまえて

..... 荒川市郎 113

新刊紹介

平成の大凶作 118

水環境の気象学 120

新しい農業気象・環境の科学 127

支部だより

平成5年度支部会報告 129

賛助会員名簿 130

支部会案内

平成6年度東北支部会の案内とプログラム 131

平成7年度功労賞受賞候補者推薦について 133

会 則 135

日本農業気象学会東北支部編集委員会規程 136

投稿について 136

農業気象総目次（第49巻） 146

編集後記 145

日本農業気象学会東北支部

(〒020-01 盛岡市下厨川赤平4 東北農業試験場内)

平成5・6年度日本農業気象学会東北支部役員顧問名簿（県別）

支 部 長	◎佐藤 忠 士	岩手県農試
評 議 員	◎穴水 孝 道	青森県農試藤坂支場
”	多田 久	青森県農試
”	◎ト蔵 健 治	弘前大学
”	◎井上 君 夫	東北農試
”	◎工藤 敏 雄	岩手大学
”	佐々木 忠 勝	岩手県農試県南分場
”	村田 孝 雄	岩手大学
”	鈴木 光 喜	秋田県農試
”	嶽石 光 進	秋田県農試
”	及川 俊 昭	宮城農業短大
”	田中 良	宮城農業センター
”	五十嵐 弘	山形大学
”	武田 正 宏	山形県農試
”	橋本 晃 衛	福島県農試
”	浜名 光 谷	福島県農試
監 査 幹 事	阿部 原 俐	
”	菅富 田 秀 弘	青森県農産物加工指導センター
”	皆川 秀 夫	北里大学
”	阿部 博 史	東北農試
”	伊五澤 正 光	岩手県農試
”	岡田 益 己	東北農試
”	小沢 聖 均	東北農試
”	小島 山 均	岩手県農試
”	平野 貢 雄	岩手県大学
”	宮川 英 雄	秋田県農試
”	島津 裕 雄	宮城農業センター
”	三浦 浩 浩	山形県農試
”	宗村 洋 一	福島県農試
編 集 幹 事	小沢 聖 夫	東北農試
編 集 委 員	皆川 秀 夫	北里大学
”	佐々木 忠 勝	岩手県農試県南分場
”	田中 良 喜	宮城県農業センター
”	鈴木 光 喜	秋田農試
”	谷藤 雄 二	山形農試
”	橋本 晃 衛	福島農試
顧 問	松原 茂 昌	東北農業試験場
”	土井 健 治郎	東北製粉共同組合技術顧問
”	梅田 三 郎	(財)日本気象協会東北本部嘱託
本 部 役 員	岡田 益 己	学会審査委員長 (支部選出)
”	穴水 孝 道	永年功労者選考委員 (”)
”	皆川 秀 夫	編集委員 (”)

【巻頭言】

最近感じていること

穴水孝道

昨年、久しぶりで、東北農業試験研究推進会議農業気象研究会に、出席させていただく機会を得た。何時頃を基点として「久しぶり」とするかは兎に角として、研究員のメンバーも大分若返り、また、研究の内容もかなり様相を異にしていることを痛感した。

特に、昨年は、80年ぶりの大冷害ということもあって、気象の特徴並びに冷害の要因、そして作物の生育・収量解析など盛沢山で、ほとんどが最新のOA機器を利用した膨大でしかも濃密な研究成果が紹介されていて、短時間での紹介では到底理解できないものもあった。

自分のことを申し上げて恐縮であるが、初めて農業気象研究に従事させていただいた東京オリンピックが開催された頃のこと、すなわち、棒状の温度計と日巻き・週巻き・長期巻きの記録温度計の記録紙などから、一々時間をかけて読み取り、その数字をソロバンとタイガー計算機を用いて、集計整理した時代を考えると、あれから30年間でこれほど進歩したとは、隔世の感じである。

ところで、30年間といえば気象の平年値を算出する場合の期間を思い起こすが、農業気象研究に没頭させていただいた昭和40年代は、気候的に温和な時代で軽微な冷害はあっても、ほとんどが平年作以上の作柄の年次であったのに対して、最近数年は、昨年の大冷害や平成3年、昭和63年の冷害など一年おきに冷害が頻発しているように感じてならない。

そこで、平成5年から溯って、過去30年間の東北地域における水稻作況指数の趨勢を調べてみると、30年間通して見た場合、凡そ67%が平年作以上で、残りの33%が平年作以下（そのうち凡そ17%が著しい不良）となっている。そして平年作以下になった冷害の主因は、大半が障害型冷害となっている。次に、30年間を半分に分けて前半15年間、後半15年間についてみると、前半は平年作以上が凡そ87%、残りの13%が平年作以下で冷害の発生頻度が非常に低い。特に、昭和39～48年までの10年間は90%が平年作以上で、稲作期間の気候が温和であったことを示している。これに対して、後半は平年作以上が凡そ47%で、平年作以下が53%と作柄の豊凶の割合が逆転し、中でも著しい不良が26.7%もあり、冷害気象が現われ易くなっていることがわかる。

したがって、農業気象研究者も冷害に立ち向かうため、鋭意努力しているところであるが、これら冷害年次の中には、現在の優れた農業技術を持ってしても、到底かなわない超一級の低温が現われたり、あるいは、技術はあっても農業を取り巻く環境と、

農業の多様化により、冷害対策のための周到な管理ができないでいるなどして、被害を大きくしている場合も少なくない。

このような状況下であるので、冷害に立ち向かう研究、すなわち、冷害要因の解析やその対策技術の研究の必要性は否定するものではないが、一方においては、冷害気象に甘んじて、逆に利用するための農業気象研究に力を注ぐことも大切であって、例えば、農家が実際にかつ有効に利用できる「メッシュ気候に関する研究」をより一層推進することも重要である。

因みに、最近10年間の支部会の研究発表の内容を調べてみると、以前に比べて畑作・野菜の発表課題が多くなったこと、気象環境の解明に関する研究の発表も多くなると同時に、コンピュータを駆使したメッシュ気候図に関する研究が、多くなったことなどは大いに歓迎するべきである。

大規模冠水に伴うイネ黄化萎縮病の発生と防除

—1992年6月の大雨による冠水被害の実態調査—

齋藤弘文・久力 幸*・小林祐一・鈴木陽子

(福島県農業試験場相馬支場)

Damage and Chemotherapy of Downy Mildew of Rice Plant

Hirohumi SAITO, Miyuki KURIKI*, Yuichi KOBAYASHI

and Yoko SUZUKI

Soma Branch, Fukushima Agricultural Experiment Station, Nittaki 979-25

*現在：相双農政事務所

*Present address : Soso Agriculture Regional Office

1992年6月21日の大雨により浸冠水し、7月3半旬以降イネ黄化萎縮病が多発した福島県新地区町内の「初星」圃場において、被害と薬剤による防除効果について検討した。その結果、本病罹病茎率の増加に伴い、穂数、一穂粒数は減少し、収量は罹病茎率と高い負の相関が認められた。一方、薬剤防除ではメタラキシル粒剤の浸冠水直後処理と初初後処理を検討したが、浸冠水直後処理で極めて高い防除効果が得られた。本調査のような分けつ後期感染の場合は、初発確認まで待たずに、浸冠水直後に予防散布することが重要であると言えた。

キーワード：イネ黄化萎縮病，気象災害，水害，水稻，メタラキシル粒剤

Keywords : Downy-mildew, Flood-damage, Metalaxyl Meteorological-disaster, Rice-plant

1. はじめに

1992年6月21日の大雨（アメダス相馬：219mm）により、福島県内では農作物を中心に大きな被害を受けた。特に水稻では浜通り北部を中心に、大部分の水田が浸冠水し、7月3半旬以降イネ黄化萎縮病（以下、黄化萎縮病）が多発した。最終的な県内の黄化萎縮病発生面積は1879haで、内98%が浜通りでの発生であった。

大谷ら（1993）によれば、最近10年間における福島県の黄化萎縮病発生面積は多発年で100ha程度、少発年には1ha未満で推移しているとしており、統計資料が無いので詳細はわからないが、県内では海岸部を中心とした常発地で毎年のように黄化萎縮病が散見されるものの、まとまった面積で発生したのは1960年代末が最後であったと思われる。

この間、栽培方法は成苗手植えから稚苗・中苗の機械移植へ移行しており、分けつ後期での感染、農業関係者の黄化萎縮病に対する経験の不足などが相まって、被害が大きくなったものと考えられた。

そこで、あらためて現行の栽培方法での黄化萎縮病による被害の程度及び薬剤による防除効果について検討した。

2. 材料及び方法

1992年6月21日の大雨により浸冠水し、7月3半旬以降大部分の圃場で黄化萎縮病が発生した福

1994年5月12日受理

島県相馬郡新地町埒浜地区を調査地点とし、水稻品種「初星」作付け圃場の中から①黄化萎縮病無防除、②浸冠水直後薬剤防除、③初発後薬剤防除の3筆を抽出し、調査した。

調査単位は1株当たりとし、最終データで罹病莖率ごとに区分し集計した。なお、罹病莖からの分けつは出穂直前になっても続いていたため、莖数調査は出穂約2週間後の8月26日に行った。

表1 調査区の構成

区名	薬剤名	散布時期	散布量	調査株数
無処理	-	-	-	100
浸冠水直後処理	メトラキシル粒剤	6月24日	6kg/10a	30
初発確認後処理	メトラキシル粒剤	7月12日	6kg/10a	50

注) ①調査地点：相馬郡新地町埒浜地区
 ②品種：初星，推定出穂期8月第3半旬
 ③いもち病防除は各区とも航空防除3回のみ

3. 結果及び考察

3.1 浸冠水時の生育状況及びその後の気象条件

調査地点では6月21～22日にかけてほぼ1昼夜浸冠水し、7月10日頃黄化萎縮病の発生が確認された。

浸冠水時の水稻の葉数は、福島農試相馬支場の「初星」で7.5葉であり、当場の隣接町村である新地町の調査地点でもほぼ同程度と推定された。

また、新冠水後1ヶ月間の気温の推移を半旬ごとにみると、12.8～24.8℃で経過した。

高士(1986)によれば、8～9葉期の新冠水及び10～25℃の気象条件とも黄化萎縮病の発生に対し正の相関を有するとしており、今回の浸冠水時の生育、気象条件とも黄化萎縮病の発生には適していたと推定された。

表2 生育の状況

品種名	年次	6月20日			幼穂形成期(月日)	出穂期(月日)
		草丈(cm)	葉数(葉)	莖数(本/m ²)		
初星	1992	27.9	7.5	538	7.18	8.8
	1991	36.9	8.8	583	7.8	7.31
	平年	35.9	8.2	696	7.15	8.6

注) 福島農試相馬支場 5月10日稚苗移植

表3 1992年6～7月の気温推移

月別	半旬	平均気温(℃)		最高気温(℃)		最低気温(℃)	
		本年	平年	本年	平年	本年	平年
6	5	15.3	18.4	17.6	21.5	13.3	15.5
	6	17.6	17.7	23.0	20.1	12.8	15.7
	1	20.7	18.5	24.8	21.2	17.0	15.9
7	2	20.8	19.8	24.7	23.0	18.0	17.0
	3	18.7	20.5	20.1	23.4	17.6	18.1
	4	21.2	21.2	24.6	24.3	18.2	18.5

注) ①観測場所は相馬市成田 福島農試相馬支場

②浸冠水した6月21日の降水量は219mm

3. 2 罹病莖率と莖数・穂数

罹病莖からの分けつは、健全株が分けつを終えた後も発生する。このため罹病株の莖数は健全株よりも多く、罹病莖率が高まるほど莖数は多くなった。

しかし、正常な穂数は罹病すると少なくなり、罹病莖率が高まるほど穂数は減少した。

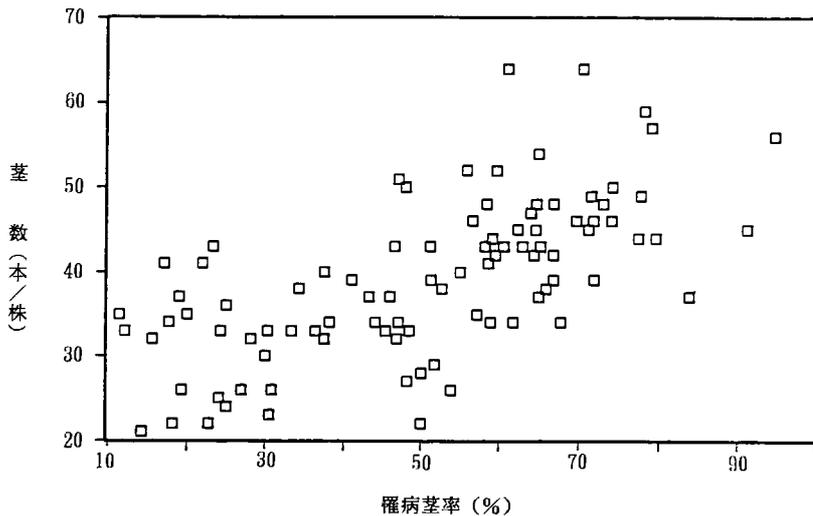


図1 罹病莖率と莖数の関係

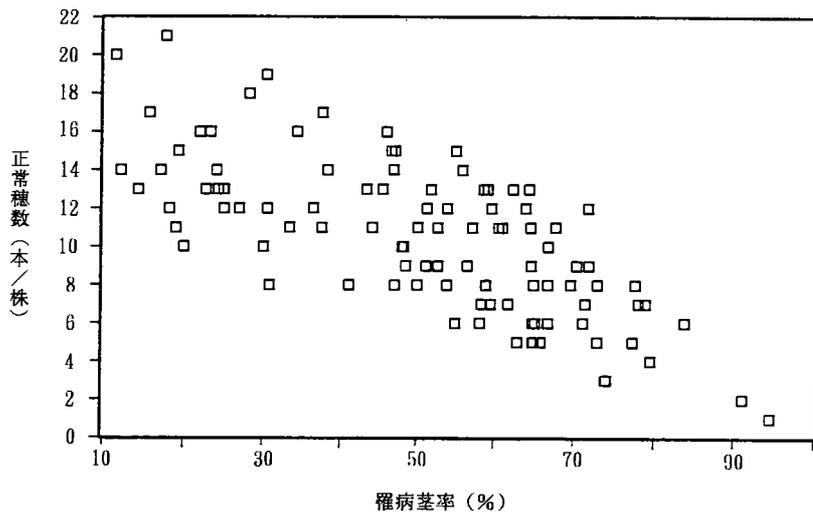


図2 罹病莖率と正常穂数の関係

一方、黄化萎縮病に罹病すると、籾が細長くなったり、ふ先部が鳥口のようになり、ほとんどの籾が不稔となる奇形穂が発生したが、罹病莖率と奇形穂の相関は明確でなかった。

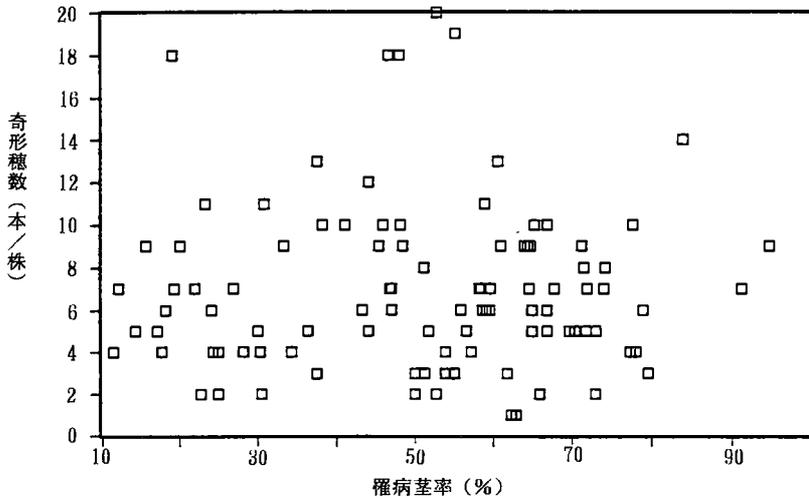


図3 罹病莖率と奇形穂数の関係

3. 3 罹病といもち病

調査地区の大部分の圃場で黄化萎縮病が発生したため、黄化萎縮病罹病とその後のいもち病の発病との関係は単純には比較できないが、後述の黄化萎縮病の発病の無かったメタラキシル粒剤浸冠水直後処理区と比較すると、明らかに黄化萎縮病の罹病株は葉いもちの発生が多く、同時に表5によれば黄化萎縮病罹病莖率が高まるほど葉いもちの発生は多くなる傾向が認められた。

一方、穂いもちは黄化萎縮病罹病莖率40%未満が少～中程度、同40%以上が微～少程度の発病と葉いもちと逆の傾向が認められたが、要因は明かでなかった。穂いもちは奇形穂では少なく、正常穂での発病が主であった。

なお、葉いもちが多発した場合にはズリ込み等により、分けつや有効化が阻害される傾向が観察された。

3. 4 罹病莖率と一穂粒数

罹病莖率の増加に伴い、一穂粒数は漸減する傾向が認められた。罹病莖では健全莖の幼穂形成以降も分けつを続け、栄養成長部と生殖成長部の栄養の競合が起るためと考えられる。

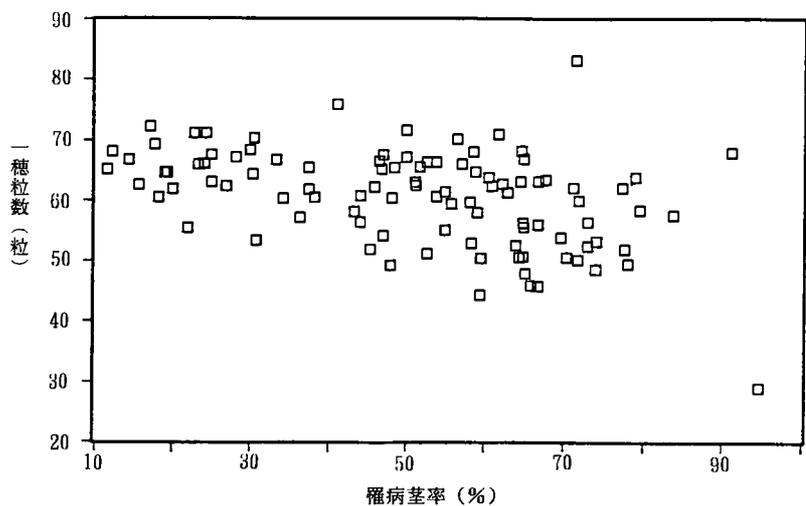


図4 罹病莖率と一穂粒数の関係

3. 5 罹病莖率と収量

収量と罹病莖率には高い負の相関が認められ、1株当たり収量Y(g)と罹病莖率X(%)により次式が得られた。

$$Y = -0.21980X + 24.16194 \quad (\gamma = 0.7456***)$$

この式の利用により、水稻の減収割合が推定可能となり、表4に示す結果が得られ、罹病莖率55%で50%の減収となった。

なお、稔実・登熟歩合とも罹病莖率に関わり無くほぼ一定していることから、減収の要因は、穂数及び一穂粒数の減少による面積当たり粒数の減少が主因であると判断された。

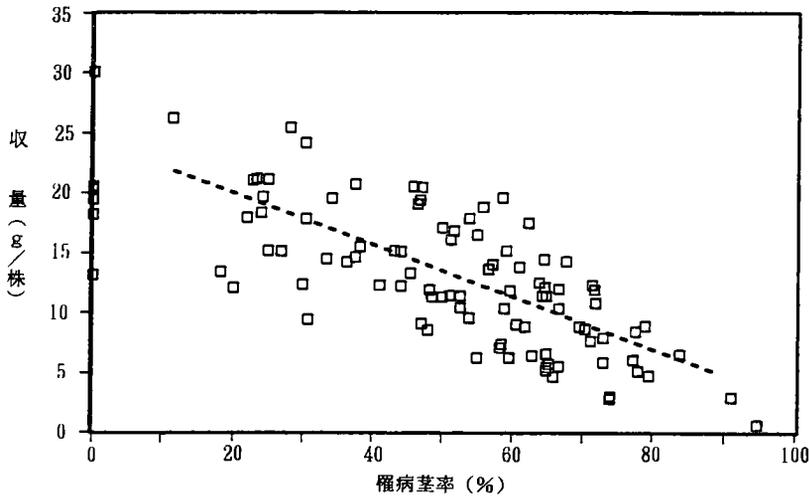


図5 罹病莖率と収量の関係

表4 減収の尺度

罹病莖率 (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
減収率 (%)	0	9	18	27	36	45	55	64	73	82

表5 無処理区の収量

罹病莖率 区分 (%)	調査 株数	平均罹病 莖率 (%)	いもち病 発病程度		株当たり収量 (g/株)		稔実 歩合 (%)	登熟 歩合 (%)
			葉	穂	精玄米	屑米		
20未満	9	16.0	2.8	2.4	20.1	1.1	92.7	83.8
30未満	10	24.0	3.0	2.3	18.7	0.9	91.5	83.6
40未満	10	34.2	2.9	2.5	16.3	0.9	89.9	80.3
50未満	13	45.9	3.3	1.2	14.5	0.7	92.2	84.1
60未満	19	55.1	3.6	1.4	13.2	0.6	90.2	83.1
70未満	21	63.8	4.0	0.9	9.8	0.5	91.1	82.7
80未満	14	73.8	3.9	0.7	7.7	0.5	92.2	83.6
90未満	2	81.5	4.0	0.8	5.6	0.4	97.1	84.3
90以上	2	93.1	4.0	1.0	1.8	0.1	95.2	91.5

注) ①いもちの発病程度は0(無), 1(微)~6(甚)

②精玄米は1.8mm以上とした。

3. 6 薬剤による防除効果

3. 6. 1 浸冠水直後処理

浸冠水3日後にメトラキシル粒剤を10a当たり6kg処理した区では、全株無発病で生育収量とも正常であり、防除効果は極めて高かった。

このように、メトラキシル粒剤の浸冠水直後の処理は黄化萎縮病の発生を完全に抑えたが、黄化萎縮病に対する関心の低さ、10a当たり6kg散布というコスト面、本剤の防除効果に対する認識の不足などが相まって、このような薬剤防除を実際に行った農家はわずかであったという点を今後の教訓にしたい。

表6 薬剤防除区の生育

区名	罹病茎率区分 (%)	調査株数	8月26日 (本/株)		平均罹病茎率 (%)	穂数 (本/株)			いもち病発病程度	
			全茎数	罹病茎		正常	遅れ	奇形	葉	穂
			無処理	全体	100	39.2	21.1	53.8	10.4	0.6
浸冠水直後処理	0	30	32.0	0.0	0.0	23.4	0.2	0.0	0.0	0.3
	0	1	38.0	0.0	0.0	14.0	12.0	0.0	0.0	1.0
初発確認後処理	10未満	15	38.7	2.4	6.2	11.6	14.7	0.0	0.4	0.8
	20未満	23	36.4	4.7	13.0	12.0	15.2	0.0	0.5	1.4
	30未満	10	36.0	8.1	22.5	11.0	15.1	0.0	0.3	1.3
	40未満	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	50未満	1	36.0	17.0	47.2	10.0	12.0	0.0	1.0	0.0
	全体	50	37.0	4.9	13.1	11.7	14.9	0.0	0.4	1.2

注) ①8月26日の全茎数には無効化した枯死分けつも含む。
 ②奇形穂は通常の形の籾を含まない穂で、ほとんどが不稔。
 ③いもちの発病程度は0(無), 1(微)~6(甚)

表7 薬剤防除区の収量

区名	罹病茎率区分 (%)	調査株数	株当り収量 (g/株)		稔実歩合 (%)		登熟歩合 (%)			
			精玄米	屑米	正常穂	遅れ穂	全体	正常穂	遅れ穂	全体
			無処理	全体	100	13.0	0.7	95.0	25.8	91.4
浸冠水直後処理	0	30	24.7	1.7	96.3	25.3	96.0	86.1	21.3	85.8
	0	1	23.9	4.1	95.4	94.8	95.2	84.1	44.4	71.8
初発確認後処理	10未満	15	18.9	3.9	95.3	89.4	93.0	86.7	35.7	66.4
	20未満	23	18.2	4.2	95.5	90.4	93.4	83.6	35.4	64.2
	30未満	10	16.8	4.0	94.7	90.9	93.2	82.4	34.6	63.0
	40未満	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	50未満	1	12.5	2.2	94.3	85.5	91.1	86.1	36.5	68.5
	全体	50	18.1	4.0	95.3	90.2	93.2	84.4	35.5	64.9

注) ①精玄米は1.8mm以上とした。

3. 6. 2 初発後処理

浸冠水3週間後の初発確認後に、メタラキシル粒剤を同様に処理した区では、正常穂数が無処理区並みに減少したが、罹病茎の治療効果が認められ、奇形穂の発現はほとんど無かった。

治療効果としての根拠は、本剤処理後に抽出した葉では病徴がほとんど消えており、かつ罹病茎でも有効化して出穂することが認められた等である。

しかし、罹病茎からの出穂は正常穂に比べ1週間程度遅れ、稔実歩合は高いものの、登熟歩合は低下し、屑米の割合が多かった。

高士(1986)によれば、幼穂形成期の24日前にメタラキシルを処理すると、幼穂の形成・分化は健全な稲と変わらないが、15または9日前に処理すると、幼穂の形成・分化の遅れる茎や未分化の茎が認められるとしており、本調査における初発後処理時は、ほぼ幼穂形成期であったと推定されるため、有効化した罹病茎からの出穂は遅れたものと考えられた。

メタラキシル粒剤の使用時期は収穫前90日までとなっており、本調査のような分けつ後期感染の場合は、初発確認まで待たずに、浸冠水直後の予防散布が重要であると言える。

引用文献

大谷裕行ら, 1993: 福島県浜通り地域におけるイネ黄化萎縮病の多発といもちの併発について, 北日本病中研報, 44, 210

高士祥助, 1986: イネ黄化萎縮病の発生生態とその化学的治療に関する研究, 滋賀農試特報, 14, 1-109

秋田県における稲の生育特徴と気象の関係

第4報 日照時間と収量の関係からみた地帯区分

山本寅雄・畠山俊彦

(秋田県農業試験場)

Relationship between Rice Growth Characteristics
and Climatic Condition in Akita Prefecture

4. Rice Area Classification Based on the Relationship between Sunshine Hours and Yields

Torao YAMAMOTO and Tosihiko HATAKEYAMA

Akita Agricultural Experiment Station, Akita 010-14

あきたこまちが奨励品種決定現地調査に供試されて1991年で10年経過したことから、1982年～1991年の田植え～成熟期等の積算日照時間の平均値と収量及び m^2 当たり穂数、玄米千粒重の関係を主成分分析法を用いて、県内の地域性について検討した。

その結果、I～IV地帯に区分でき、県北平坦・山沿い地帯は玄米千粒重がやや重く、日照時間は中位な地帯、県南平坦地帯は日照時間、玄米千粒重、収量とも中庸な地帯、県南山沿い地帯は日照時間は少ないが、玄米千粒重は最も重い地帯、日本海沿岸地帯は日照時間は最も多いが、玄米千粒重は軽く、収量もやや低い地帯とそれぞれ位置付けた。

キーワード：あきたこまち、地帯区分、主成分分析

Keyword: Cultivar Akitakomachi, Rice Area Classification Principal Component Analysis

1. はじめに

秋田県においては主に緯度、標高、気温を考慮して「稲作指導指針」では6気象類似区分に(1994年)、また、古くは冷害防止に関する研究の一環として冷害危険度を推定して、稲作地帯区分を行っている(1963年)。しかし、これらの区分は稲の生育データと合わせた地帯区分ではないことから、筆者らは、1954年から開始されて年次も累積し、しかも、県内21カ所にまんべんなく設置されている奨励品種決定現地調査の結果から、それまでの主要品種について、日照時間と生育・収量の関係の地域性を報告した(1991, 1992年)。

一方、秋田県の主力品種となったあきたこまちが奨励品種決定現地調査に供試されて1991年で10年経過したことから、1993年には出穂期と気温の関係の地域性について報告した。

主成分分析法を用いて渋谷らは大雄村の農業集落の類型区分を報告しており(1992年)、楠谷らは水稻品種の形質から品種について草型等を分類している(1990年)。そこで、第4報では同手法

1994年5月12日受理

を用いてあきたこまちについて、生育時期別日照時間と収量及び m^2 当たり穂数、玄米千粒重との関係についての地域性を検討し、若干の知見を得たので報告する。

2. 調査方法

(1) 調査品種：あきたこまち

(2) 調査場所

県北平坦・山沿い地帯：鹿角市，比内町，大館市，鷹巣町，森吉町（阿仁町）

県南山沿い地帯：矢島町，田沢湖町

日本海沿岸地帯：能代市，大潟村，秋田市，本荘市

県南平坦地帯：神岡町，大森町（大曲市），六郷町，平鹿町（横手市），中仙町（角館町），湯沢市

(3) 気象データ：秋田県気象月報（秋田地方気象台），1982～1991年

観測地点は（2）に示した場所，アメダス気象観測所のない地点については、最も近い（ ）内観測地の数値を使用。

(4) 栽培法：第3報に記した通り。

3. 結果及び考察

3.1 地帯別の指標（変数）

日照時間と収量及び m^2 当たり穂数、玄米千粒重との関連から地帯区分を試みるために、表1に示した田植え～出穂期から最後の品質までの11項目を変数とした。

表1 各地域の日照時間と生育特徴

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
地 名	田植～ 出穂期 の日射 時間 hr	出穂期～ 成熟期 の日射 時間 hr	田植～ 成熟期 の日射 時間 hr	穂数 本/ m^2	全重 kg/a	わら 重 kg/a	精籾 重 kg/a	籾/ わら kg/a	玄米 重 kg/a	千粒 重 g	品質 1～9
1 鹿角市	446.4	281.8	725.5	465	148.9	68.9	77.0	1.12	61.9	21.4	2.2
2 比内市	418.1	254.8	672.9	511	162.2	71.1	82.8	1.16	67.0	21.8	2.8
3 大館市	432.3	263.8	700.0	469	163.0	76.9	79.3	1.03	63.8	21.3	2.1
4 鷹巣市	432.4	266.3	698.8	490	175.9	89.1	82.2	0.92	66.2	21.4	2.8
5 森吉町	432.3	223.4	655.7	516	161.1	72.9	77.9	1.07	63.3	21.2	2.1
6 矢島町	415.4	223.3	623.5	446	143.2	70.5	64.6	0.92	52.3	21.6	3.3
7 田沢湖町	350.2	223.5	547.5	424	138.4	63.3	68.5	1.08	56.6	21.9	2.7
8 能代市	507.9	280.6	788.5	480	153.4	73.4	72.2	0.98	56.5	21.2	2.5
9 大潟村	491.8	305.5	797.3	439	156.2	71.0	76.3	1.07	60.3	21.0	3.2
10 秋田市	535.3	294.7	830.0	492	155.4	72.0	76.5	1.06	60.3	20.7	2.4
11 本荘市	482.1	299.2	781.3	500	147.9	69.8	74.1	1.06	59.3	21.1	2.7
12 神岡町	478.9	283.9	762.8	491	163.3	80.4	75.7	0.94	61.0	21.4	2.7
13 大森町	354.4	284.7	753.6	505	175.4	82.7	89.1	1.08	71.3	21.3	3.6
14 六郷町	432.1	260.0	692.0	456	151.0	75.5	72.4	0.96	58.6	21.6	2.4
15 平鹿町	433.3	235.5	662.2	523	154.0	71.5	75.6	1.06	61.3	21.6	2.6
16 中仙町	418.2	250.6	668.8	469	154.7	70.2	78.2	1.11	62.9	21.2	2.7
17 湯沢市	449.6	245.5	699.0	511	159.5	73.3	78.3	1.07	63.6	21.9	3.0

これら変数についての相関行列を表2にしめした。

表2 日射時間と収量特性の単相関

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 田植～出穂期の日射時間	1	0.591	0.769	0.139	-0.050	-0.004	-0.162	-0.179	-0.286	-0.625	-0.311
2 出穂～成熟期の日射時間		1	0.914	0.020	0.264	0.264	0.325	0.025	0.195	-0.655	0.088
3 田植～成熟期の日射時間			1	0.240	0.324	0.303	0.307	-0.050	0.160	-0.743	0.026
4 穂数				1	0.593	0.384	0.603	0.190	0.604	-0.064	-0.152
5 全重					1	0.870	0.866	-0.079	0.843	-0.167	0.188
6 わら重						1	0.576	-0.523	0.550	-0.131	0.183
7 精籾重							1	0.394	0.986	-0.156	0.143
8 籾/わら								1	0.414	0.011	-0.076
9 玄米重									1	-0.023	0.135
10 千粒重										1	0.173
11 品質											1

出穂期～成熟期と田植え～出穂期までの日照時間には5%水準の有意で相関関係がみられ、田植え～成熟期と田植え～出穂期、出穂期～成熟期までの日照時間には1%水準の有意で相関関係が見られる。さらに田植え～出穂期、出穂期～成熟期、田植え～成熟期までの日照時間と玄米千粒重の間にも1～5%水準の有意で負の相関関係が見られる。

収量及び収量に関連する項目の相関関係についてみると、玄米重では5%水準で m^2 当たり穂数と、1%水準で全重、精籾重と相関がある。さらに、全重は5%水準で m^2 当たり穂数、わら重の間に相関が認められるとともに1%水準で全重との間にも相関関係が認められる。

これらの相関関係から、当然のことではあるが、収量は m^2 当たり穂数が多ければ多い程全重、わら重、精籾重が重ければ重い程多収になることが理解される。

田植え～出穂期、出穂期～成熟期、田植え～成熟期の日照時間と玄米千粒重との間に負の相関関係が見られることについては、日照時間の多い日本海沿岸地帯の玄米千粒重が軽いことと逆に、日照時間の少ない矢島町、田沢湖町の玄米千粒重が重いことによる。

玄米千粒重と関係のある m^2 当たり粒数、登熟歩合のデータがないので推定の範囲になるが、収量構成要素としての玄米千粒重は最も遅い時期に決定されることや m^2 当たり粒数が多いと軽くなる場合が多いことが知られていることなどから、日照時期と玄米千粒重との間が負の相関になったものと推定できる。

3.2 主成分分析の結果

表3に主成分分析の結果について示した。

寄与率について見ると、第1主成分は38.5%の寄与率となり、全体の情報の38.5%を説明している。同様に第2主成分は26.7%となっており、第1主成分と第2主成分を合わせた累積寄与率は65.2%になる。

次に、これらの主成分がどんな意味をもつかについて見ると、第1主成分は全量、精糲重、わら重、玄米重と正の相関が高いこと、また、出穂期～成熟期、田植え～成熟期の日照時間とも正の相関があることから、収量そのものと、収量に關与する要因及び日照時間による地域性を表す因子と考えられる。

第2主成分は玄米千粒重とは正の相関が高く、田植え～出穂期、田植え～成熟期の日照時間とは負の相関が高いことから、地域性を表す因子と考えられる。

表4に地域別の主成分値を示した。

更に、それを第1主成分を横軸に、第2主成分を縦軸にとって図1に示した。

図1によれば、同一地帯とみなしていた地点が一、二はずれる地点もあるが、大きくはI～IVの地帯に区分でき、Iは県北平坦・山沿い地帯、IIは県南平坦地帯、IIIは県南山沿い地帯、IVは日本海沿岸地帯が属するとみなせる。

これら4地帯について考察すると、Iの県北平坦・山沿い地帯の比内町、森吉町、大館市、鷹巣町は玄米千粒重がやや重く、日照時間は中位な地帯と言えるがその中でも比内町は収量に關与する精糲重や収量が多く、玄米千粒重が重い地点と言える。鹿角市は同一地帯内では比較的日照時間が多いことから、少し離れた点に分布している。

IIの県南平坦地帯の平鹿町、中仙町、六郷町、湯沢市については全体的に中心に近く分布することから日照時間、玄米千粒重とも中位な地帯と言えるが、湯沢市は収量及び玄米千粒重の重い点、また、日照時間も比較的多い点に分布している。大森町につい

表3 主成分の固有ベクトルと寄与率

	第1主成分	第2主成分
1	0.112	-0.511
2	0.289	-0.377
3	0.318	-0.418
4	0.310	0.138
5	0.436	0.184
6	0.355	0.096
7	0.429	0.228
8	0.042	0.141
9	0.394	0.305
10	-0.216	0.417
11	0.053	0.145
固有値	4.238	2.938
寄与率	38.530	26.712
累積寄与率	38.530	65.242

表4 地帯別の主成分値

	第1主成分	第2主成分
1 鹿角市	-0.497	-0.666
2 比内町	0.855	2.220
3 大館市	0.941	0.306
4 鷹巣町	2.590	1.129
5 森吉町	0.142	0.982
6 矢島町	-3.929	-0.012
7 田沢湖	-4.795	1.764
8 能代市	-0.219	-2.444
9 大瀧村	0.523	-2.258
10 秋田市	1.354	-3.190
11 本荘市	0.180	-2.082
12 神岡町	1.144	-0.977
13 大森町	3.855	2.441
14 六郷町	-1.374	-0.313
15 平鹿町	-0.585	1.086
16 中仙町	-0.399	0.565
17 湯沢市	0.214	1.450

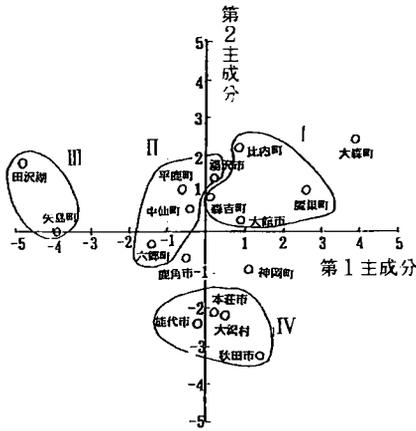


図1 主成分分析による地帯区分

ては収量及び全量，わら重，精籾重，日照時間ともこの地帯とはかけ離れた数値のため，大きくはずれた分布をしている。神岡町については，田植え～成熟期までの日照時間が多いことからII地帯とははずれた分布をしている。

IIIの県南山沿い地帯の田沢湖町，矢島町については日照時間は最も少ない地帯である反面，玄米千粒重は重い地帯と言える。玄米千粒重が重いことの1要因としては m^2 当たり穂数が少ないため，単位面積当たり粒数が少なくなることによると考えられる。従って，この地帯では玄米千粒重の重いことが収量の低下を防いでいると考察される。

IVの日本海沿岸地帯の能代市，大滝村，本荘市については，日照時間は最も多い地帯ではあるが，玄米千粒重は最も軽く，収量も比較的低い地帯と言える。このことは，収量と相関関係にある全重，精籾重が比較的軽いこと， m^2 当たり穂数も県南山沿い地帯に次いで少ないことがやや低い収量になっていると考察できる。

引用文献

秋田県農業試験場，1991：秋田県農業試験場百年史110-112.

秋田県農政部，1994：稲作指導指針，38-39.

楠谷彰人，三分一敬，1990：水稻の冷温登熟性に関する研究．第4報 登熟関連形質に対する主成分分析，日作紀59(4)，679-686.

渋谷 功，阿部健一郎，1992：パソコンを利用する農業経営及び地域農業の診断と計画，秋田県農業試験場研究報告，32, 16-45.

山本寅雄ら，1991：秋田県における稲の生育特徴と気象の関係，第1報 日照と稲の生育，東北の農業気象36，51-54.

_____，1992：_____，第2報 日照と収量及び収量構成要素，東北の農業気象，37，34-37.

_____，1993：_____，第3報 出穂期について，東北の農業気象，38，34-37.

レーザ・レーダによるやませ霧観測

— 1992観測結果 —

十文字正憲・伊藤 智*・小林康志**・奈良宜晋***

(八戸工業大学 電気工学科)

現在 :*(株)東北リコー,**日本原燃(株),*** (株)キンセキ

Laser Rader Observation of Yamase Fog

— Result of 1992 Observation —

Masanori JYUMONJI, Satoshi ITO*, Yasushi KOBAYASHI **

and Nobuyoshi NARA ***

Hachinohe Institute of Technology, Ohbiraki 88-1 Hachinohe 031

Present address : TOHOKU Ricoh, **Nippon Gennen LTD, ***Kinseki LTD

A laser rader apparatus has been developed in our institute for the purpose of the measurement of the Yamase fog. The observational results of laser rader echo from Yamase fog in 1992 are given, and analyzed with a personal computer by means of the fast fourrier transformation method.

Furthermore, the chracteristics of the Yamase fog observed are compared with the previous ones and discussed in detail.

キーワード : やませ霧, レーザ, 気象観測

Keywords : Yamase fog, laser, meteorological observation

1. はじめに

我々は、やませの実体を明らかにし、その対策に資するために、レーザ・レーダによるやませ霧観測を過去6年間に亘って行ってきた。レーザ・レーダは霧や雲をリアルタイムでしかも立体的にリモート・センシング出来る優れた観測方法であるが、装置が特殊で高価なため、これまであまり普及しなかった。我々は、安価で手軽に製作できるレーザ・レーダ装置を試作・開発し、実際に観測を実施し、多くのデータを収集できた。

本報告では、1992年度の観測結果とやませ霧の動的振舞の解析結果および過去のデータとの比較について報告する。

2. レーザ・レーダの原理および霧観測の際の問題点

レーザ・レーダは送信機に光波(レーザ)を用いるのが特徴で、基本的な動作原理、表示方式等はマイクロ波やミリ波のそれと同様のものであるが、光波を用いているため、光と物質の相互作用

1994年5月16日受理

により従来のレーダでは検知できない、雲、霧、エアロゾル、大気温度逆転層、大気中の原子・分子などを観測することが可能である。最近では、このほか、対流圏混合層、大気温度・湿度、視程などの観測も提案、実現されてきている。

ただし、マイクロ波レーダと違い、その気象観測への応用の評価は必ずしも定まっておらず、様々な動作方式の提案や問題点の指摘がなされており、現在発展途上の装置と言える。

さて、レーザ・レーダ方程式は次式で与えられる。

$$P_r = \frac{P_o \Delta I K_t K_r T^2(R) \beta(R) A_r Y(R)}{R^2} \dots\dots\dots (1)$$

- ここで、 P_o : 送信機出力, ΔI : 距離分解能,
- K_t, K_r : 送信系および受信系の光学系の効率,
- $T(R)$: 大気透過率,
- $\beta(R)$: 体積の後方散乱係数,
- A_r : 受信装置鏡の開口面積
- $Y(R)$: 送信ビームと受信視野の重なり,
- R : 散乱体までの距離

である。

いま、 $Y(R)=1$ (モノスタティック方式の場合), $T(R)=1$, $\beta(R)=$ 一定と仮定すると,

$$P_r = \frac{P_o \Delta I K_t K_r \beta(R) A_r}{R^2} \dots\dots\dots (2)$$

となり、受信電力は $1/R^2$ の距離依存性を示し、マイクロ波気象レーダと同じ形になる。したがって、 R^2 補正して表示すると $\beta(R)$ が求められる事になる。

散乱粒子が濃く、 $T(R)$ を無視できない場合は、

$$P_r \propto \left\{ \frac{T(R)}{R} \right\}^2 \dots\dots\dots (3)$$

となり、直接 $\beta(R)$ を求める事はできない。このため、様々な霧粒径や霧の型態に対し、散乱係数を実験的に求め、密度プロフィールを推定するしかないと思われる。次節で述べる、本観測では、 R^2 補正はしてあるが、この吸収の項を含んだ後方散乱係数を計測していることを断っておく。

3. 本学レーザ・レーダ・システムの概要および特徴

本学のレーザ・レーダ・システムの緒言は、Table 1 に示すとおりである。またシステムブロック図はFig. 1 に示すようになっている(十文字; 1987)。強力な色素レーザ光を放射し、「やませ」霧に当て、その後方散乱光を大口径望遠鏡で集め、光電子増幅管で電気信号に変え、トランジェントレコーダおよびコンピュータで信号処理し、グラフィックにディスプレイするようになっている。トランジェントレコーダはアナログ信号をサンプリングし、さらにデジタル信号に変え、高精度で信号を取り込むためのものであり、仕様はTable 2 示すようになっている。レーザ・レーダの距

Table 1 八戸工大のレーザ・レーダの緒元

・ドーム	直径 5 m 標高 100m	高さ30m
・送信機	視野 360°水平	90°垂直
	レーザ	フラッシュランプ励起色素レーザ
	波長	可変 (5088~6100 Å)
	出力	5 J 非同調時 1 J 同調時
	パルス幅	1 ~ 2 μsec
	ビーム拡がり	2 mrad
	スペクトル幅	0.02 Å ~ 10 Å
	繰り返し率	最大 1 Hz
・受信機	望遠鏡	50cm Cassegrain タイプ
	視野	50mrad
	フィルタバンド幅	15 Å
	フォト・マル	浜松フォトニクス(株) R374

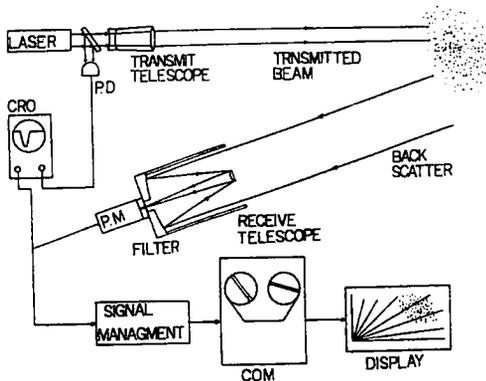


Fig. 1 本学レーザ・レーダ・システムのブロック図

Table 2 試作したトランジェントレコーダの仕様

◎トランジェントレコーダ	
サンプリングタイム	1 μsec
デッドタイム	300nsec
チャンネル数	256ch
○コンピュータ	PC-9801

離分解能は、トランジェントメモリとレーザ送信機のパルス幅によって規定され、本装置では約180 mである。また、レーダは原理的に距離2乗で感度が低下するが、距離に対してフラットな感度にする、いわゆるR²補正は、トランジェントレコーダに接いだパソコンのソフトによって行っている。本装置の特徴は、色素レーザを用いているため安価でしかも高感度なこと、また、可変波長特性を利用して、霧の粒径分布や温度分布の観測なども可能であるという事である。なお、レーザ光はFig. 2に示すように、水平、鉛直または任意の方向に向かって打てるようにした。同図(a)は水平観測用で、レーザ光は水平打ち出し用ミラーで折り曲げられ、窓に対して鉛直に発射される。同図(b)は、鉛直観測用で、レーザ光はまず水平打ち出しミラーで水平に打ち出され、鉛直打ち出しミラーで鉛直に打ち上げられる。散乱光は、大型ミラーで反射させ、小型望遠鏡に導く。同図(c)は、大型望遠鏡によるレーザ・レーダ観測用であり、レーザ光は望遠鏡の真下からドームに打ち上げ、望遠鏡に取り付けた打ち出しミラーで観測方向に打ち出す。この場合、水平360°、上下0~30°観測可能である。(十文字; 1988)

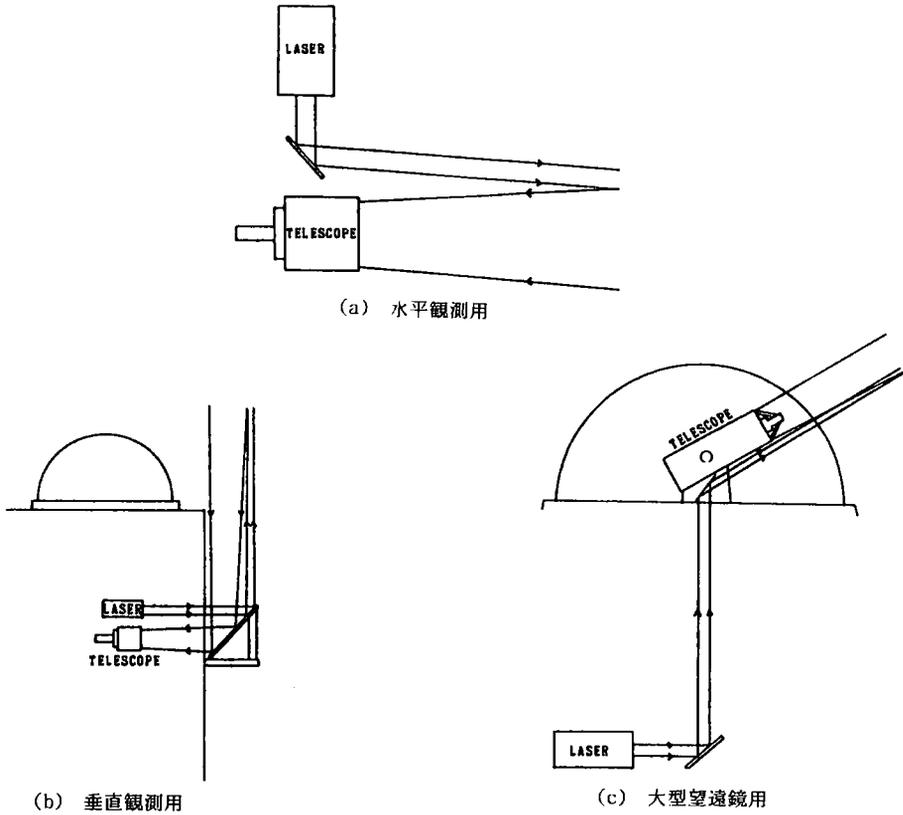


Fig. 2 レーザ光打ち出し装置の概要

4. “やませ”霧のレーザ・レーダ観測

4.1 レーザ・レーダ・エコーの水平方向プロフィール

やませ霧に向けて水平にレーザ光を打ち出したときの観測結果の一例を Fig. 3 に示す。縦軸に霧のエコーの相対信号強度、横軸に距離を取って示してある。観測日と時刻はグラフ上部に示してある。霧は例年と同様に、本学付近から海岸線方向 4 km 程度の場所に分布してい

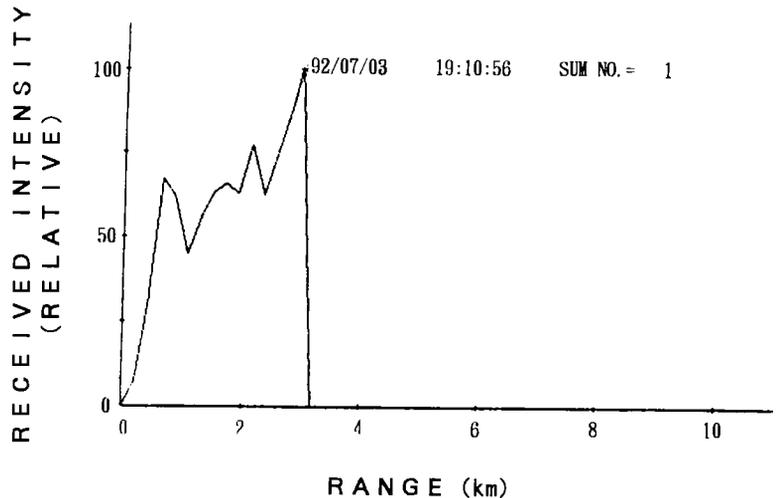


Fig. 3 やませ霧の水平方向エコー強度の一例

る。レーザ・レーダのエコーは、数箇所にピークが存在し、強くなったり弱くなったりしている様子が見られた。なお、観測地点の大学から海岸線までは約 7.5kmである。この時、海岸線付近及び海上数kmまでは霧は存在しない事がレーザ・レーダのほか目視によっても確かめられた。この事実は、やませ霧が移流霧によるものと考えられてきた事と必ずしも一致しない。この事は衛星画像による観測で下北半島の東半分のみ濃い下層雲がみられる状況に対応しているものと考えられる。

4. 2 レーザ・レーダ・エコーの鉛直プロフィール

やませ霧の垂直方向密度分布はバルーンのほか適当な観測方法がなかったが、これはレーザ・レーダのを用いると、リモートセンシングによりある程度の推定が可能となる。レーザ・レーダによるやませ霧の鉛直観測結果の一例をFig. 4に示す。横軸に霧のエコーの相対信号強度を、縦軸に高度を取って示してある。レーザ・レーダ・エコーのデータから、やませ霧は這うように侵入、または発生・停滞する事、霧の高度は、おおむね1km以下である事が明らかになった。

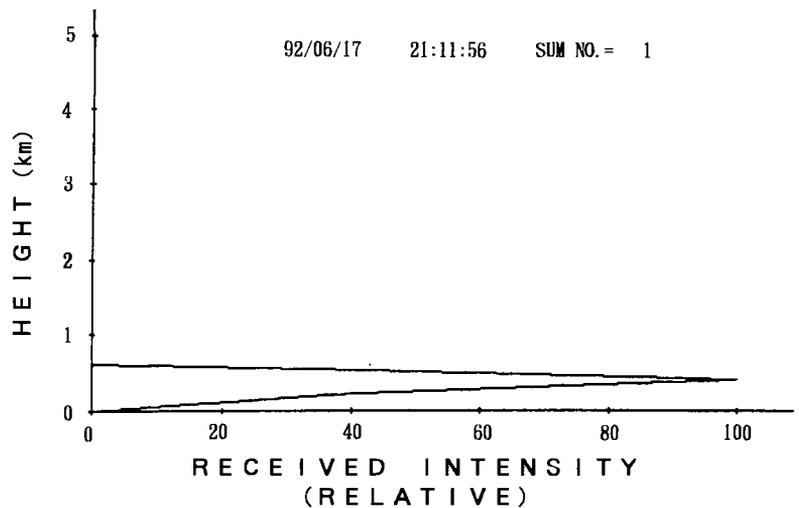


Fig. 4 やませ霧の垂直方向エコー強度の一例

5. 観測データの解析

5. 1 霧のスピードの時間変化

霧のスピードは、霧のピークの位置 d が毎秒どれだけ動くかを調べ、 $\Delta d / \Delta t$ から計算した。つまり、ここで言う霧のスピードとは、霧の見かけ上の鉛直スピードの事である。ここで、後述するフーリエ解析とも関連するが、サンプリング時

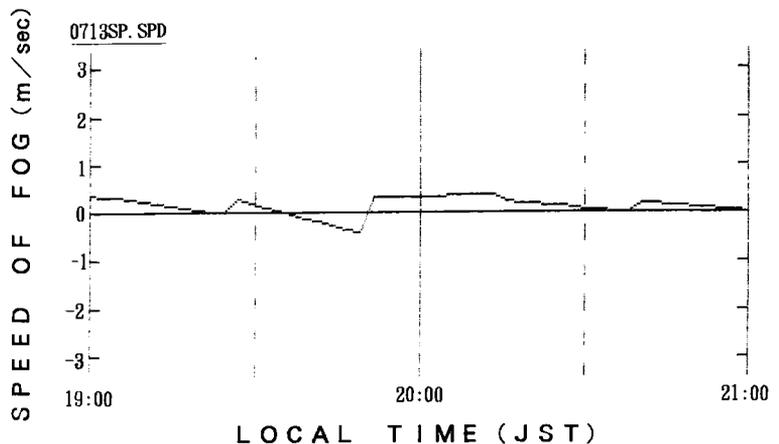


Fig. 5 やませ霧のスピードの時間変化の一例

間は10分毎とし、その間は直線近似とした。これは井上ら(1990)の久慈市侍浜でのやませ霧観測で霧水量の時間変化が最小で10分程度という観測結果を参考にしたためである。Fig. 5に解析結果の一例を示す。図は高度 500m 付近の霧のピークの動きを調べたものであり、霧の見かけ上のスピードは、鉛直方向の場合 $\pm 0.5\text{m/sec}$ 以下である事が判る。本年はシーズンを通じておおむね速くても $\pm 1.0\text{m/sec}$ であった。また、同一方向に小刻みに動くものと、ほとんど動かないものがみられた。

5. 2 霧のエコー強度の時間変化

やはり高度 500m 付近のエコーの強度の時間変化を調べたものの一例を Fig. 6 に示す。エコーは、かなり規則性のある周期を持って変動している様子が見て取れる。この挙動解析については後述の 6. 2 節で述べる。

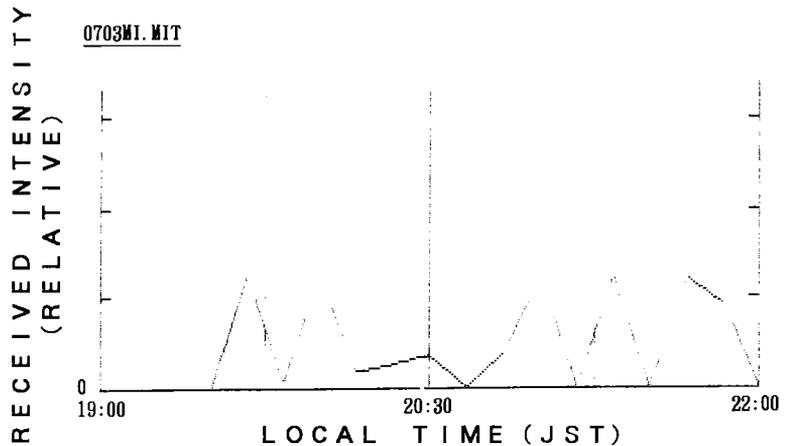


Fig. 6 やませ霧のエコー強度の時間変化の一例

6. フーリエ解析

6. 1 霧のスピードの時間変化の周期

FFT解析用プログラムに観測で得られたデータを入力し、霧のスピードの変化を時間領域から周波数領域に移してみた。解析結果の一例を Fig. 7 に示す。前述のように、生のデータは10分間隔であるが、途中は極端に変化しないものとして、1

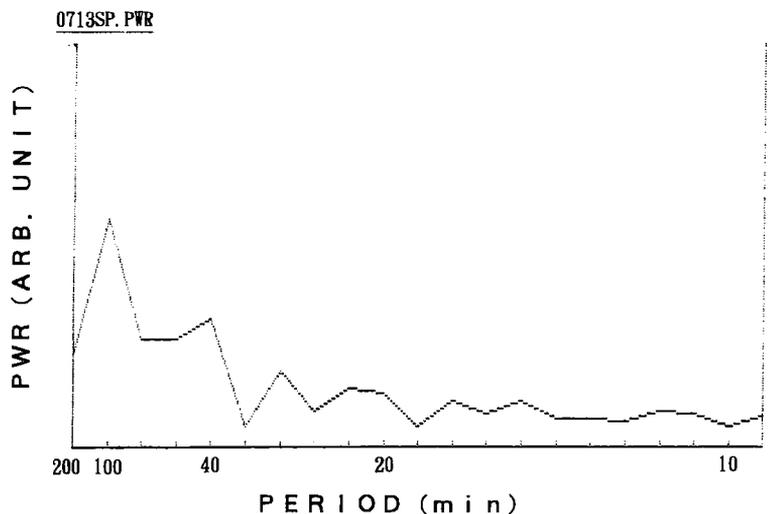


Fig. 7 やませ霧のスピードの時間変化の周期

分間隔、直線近似として夕方の19:00が21:00までの2時間のデータを入力した。卓越する周期は100分、40分という長い周期であり、その他30分、という比較的短い周期も見られた。Table 3に1992年度に観測したやませ霧の観測日別の霧のスピードの主な周期を示す。これより、霧のスピードの

Table 3 やませ霧のスピードの時間変化の主な周期

月日	卓越する周期
6月11日	80分, 30分
6月17日	40分, 36分, 20分
6月18日	40分, 28分
6月19日	100分, 24分
7月3日	60分, 36分, 28分, 20分
7月8日	38分, 32分, 24分, 20分
7月10日	36分, 20分
7月13日	100分, 40分, 32分, 24分

卓越する周期は、80分を越える比較的長い周期と30分程度の短い周期がある事が判る。

6. 2 霧のエコー強度の時間変化の周期

霧のスピードの時間変化と同様に、観測で得られた霧のエコーの時間変化をFFT解析し、周波数領域に移してみた。解析結果の一例をFig. 8に示す。

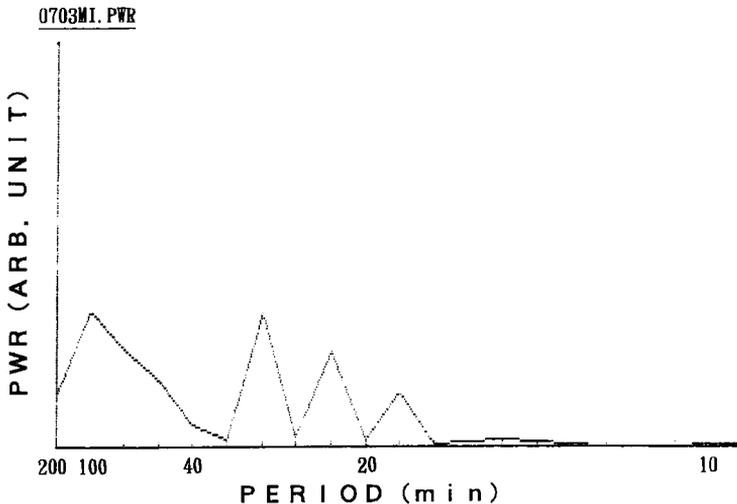


Fig. 8 やませ霧のエコー強度の時間変化の周期

これは前述のFig. 6に示した1992年7月3日のデータ(19:00から22:00までの3時間)をFFT解析したものであり、これより霧の密度の時間変化の卓越する周期は、100分、40分とであり、その他にも比較的弱いながらも、28分という短い周期も見られた。また、霧のスピードの時間変化の周期に比べ長い周期の方が卓越しているのが判る。

Table 4 やませ霧のエコー強度の時間変化の主な周期

月日	卓越する周期
6月11日	100分, 60分, 40分
6月17日	80分, 40分, 36分
6月18日	80分, 60分, 32分
6月19日	60分, 28分
7月3日	100分, 80分, 60分, 36分, 32分, 24分
7月8日	80分, 36分, 24分
7月10日	100分, 80分, 60分, 40分, 36分
7月13日	100分, 40分, 28分

Table 4は観測日別の霧のエコー強度の時間変化の主な周期を示すものである。これより、霧のエコー強度の変化の卓越する周期は、60分~80分という比較的長い周期である事が判る。

7. 検討および考察

レーザ・レーダ観測ならびにデータ解析により、次のことが判った。

(1) 霧の高さは、たかだか1kmであった。これは、バルーンや目視による観測とよく一致する。高さを決定する要因の一つの逆転層の高さとの相関は、残念ながら本観測地点に高層気象観測網がないため今後の課題として残った。三沢市におけるデータの利用を考えている。

(2) やませ霧の垂直方向の見かけ上のスピードは、±1m/sec以下であって、ゆっくりと上下に動いているときと、同一方向に細かく進み、しばらくすると逆方向にゆっくり進む場合とがある。

(3) 霧のスピードの時間変化の卓越する周期は、密度の時間変化の周期より短い。これは、霧が消えようとして上下方向に動こうとしても、上空の温度逆転層で押さえ付けられるため、比較的短い周期で上下方向に動くだけで、密度はほとんど変化しないことを意味している。

(4) 霧頂および霧底の時間変化の観測結果より、どちらの周期も 30~100分と長いが、霧底より霧頂の変化が大きいことが確認された。これは、一方の境界が変化する逆転層であり、もう一方はソリッドな地面であることから頷けることである。また、霧の層が全体的に持ち上がったたり、持ち下がったりする場合や、霧頂が持ち下がって、霧底が持ち上がり、一見凝縮されたように見える場合があることが認められた。実際に凝縮されているか否かは、今後霧水量の絶対値の測定を行うなど、データの蓄積が必要である。

(5) 過去6年間の観測結果との比較

Table 5 過去7年間のやませ霧の特徴

Table 5 は各年度別のやませ霧の主な特徴を示したものである。水平観測結果から、'86年度以降際だった変化はなく、毎年本学より約1kmのところに霧のピークがみられる。鉛直観測結果から、'86年度、'89年度は、接地型の霧が多く観測されたのに対して、'90年度以降は、接地型の霧が非常に少なくなり、離地型の霧が多く観測されているのが判る。また、今年度

1986年度	<ul style="list-style-type: none"> ◦ かなり濃い霧が長い期間続いた。 ◦ 本学から1km付近に霧が停滞していた。
1987年度	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 1986年度と同様にかなり濃い霧が長い期間続いた。 ◦ 本学から1km付近に霧が停滞していた。
1988年度	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 1986年度と同様にかなり濃い霧が長い期間続いた。 ◦ 本学から3km付近に霧が停滞していた。 ◦ 霧が地上に接地する「接地型」の霧が多く観測された。
1989年度	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 1986年度~1988年度に比べると若干霧の発生する時が少なくなった。 ◦ 霧が地上に接地しない「離地型」の霧が多く観測された。
1990年度	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 1989年度より霧の発生する時が少なくなった。 ◦ 霧が地上に接地しない「離地型」の霧が多く観測された。
1991年度	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 1990年度よりも、さらに霧の発生する時が少なくなった。 ◦ 梅雨雲とやませ霧が融合したものが多く観測された。 ◦ 霧が地上に接地しない「離地型」の霧が多く観測された。
1992年度	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 霧のピークの位置は上空500~800mであり、やや高い。 ◦ 「離地型」の霧が多く見られた。 ◦ 霧底、霧頂の変化を調べ変化の周期は30~100分と長い事が判った。

(1992年)は、今までにあまり観測されていない、やませ霧と上層の雲がはっきり別れているものが多く観測された。霧のエコー強度の時間的変化の周期は、各年度とも、水平、垂直とも、あまり差はなく、60分以上の比較的長い周期と、弱いながらも20分程度の短い周期が見られた。霧の見かけのスピードの時間変化の周期も、各年度、水平、垂直とも、あまり差はなく、20分程度の短い周期と60分以上の比較的長い周期で前後または上下に動いているのが判った。ただし、これらのデータは八戸市の海岸付近(内陸7.5km地点)における観測値であって、三陸から下北に渡って全ての地域に共通するとは言えないのは当然であり、今後レーザ・レーダの観測地点を増す必要があると考える。

(6) 今後の課題

92年度は、観測スタッフのスケジュールの都合とレーザ・レーダの不調があり、一晩を通してのデータをあまり得る事が出来なかった。今後レーザの安定化を図り、確実にデータが得られるようにして行きたい。

8. おわりに

試作・開発した色素レーザ・レーダによりやませ霧観測を行い、やませ霧の内部構造、動的振舞を調べた。しかしながら、本装置で得られる信号は霧のエコー強度分布そのものが得られているわけではなく、今後さまざまな型態の霧についてその散乱係数を実験的に求め、より精度の高い観測を行う必要がある。このために今後、さらに観測を続行してデータ蓄積をすると共に、他の様々な観測手段——バルーン、飛行機搭載、日射計、または通常の気象観測装置等による観測とデータをつき合わせて解析を行い、レーザ・レーダが霧観測に有用なことを確かめて行きたいと思っている。

引用文献

- 井上, 阿部(1990): 久慈海岸で観測されるやませ霧について。東北の農業気象, P 2-5.
 十文字正憲ほか, 1987: 昭和61年度文部省「環境科学」特別研究成果報告書。
 十文字正憲ほか, 1988: 第12回レーザ・レーダシンポジウム予稿集, A. 7.
 十文字正憲, 内山晴夫, 1989, レーザ・レーダによるやませ観測 —1988年観測結果— : 東北の農業気象, 34, 54-55.
 十文字正憲, 内山晴夫, 1991, レーザ・レーダによるやませ観測 —1989年観測結果— : 東北の農業気象, 36, 24-25.

参考文献

- 稲場, 小林ほか, 1968: 電気通信学会論文誌, 51-B, 417-424.
 稲場, 1974: 気象研究ノート, 116, 349-367.
 川村 宏, 枝松芳枝, 1990: 1989年7月上旬の東北地方の雲分布。SENAC (東北大学大型計算機センター広報), 23, 19-22.
 児玉安正, 鈴木英人, 佐藤栄作, 1990: 暖候期のオホーツク海・北西太平洋域にみられる下層雲の広域分布と変動特性。海洋, 22.
 十文字正憲, 内山晴夫, 1992, やませ時の日照量の観測と霧の光学的性質: 東北の農業気象, 37, 55-58.
 卜蔵建治, 安倍博史, 小林裕志, 杉浦俊弘, 1987: ヤマセ時の大気逆転層の観察。東北の農業気象, 32, 21-24
 柳沢善治, 石原正仁, 沢井哲滋, 1986: ミリ波レーダによる海霧の観測。天気, 33, 603-612.

Ecotypeを異にするイネの初期生育に及ぼす高CO₂濃度・高温下の影響

手塚一清¹⁾・Pacita Malano²⁾・Keith Ingram²⁾

(宮城県農業短期大学¹⁾・国際稲研究所²⁾)

Response of different rice ecotypes under high CO₂ concentration
and temperature on first growth

Kazukiyo TETSUKA¹⁾, Pacita MANALO²⁾ and Keith INGRAM²⁾

Miyagi Prefectural College of Agriculture¹⁾ Sendai 982-01

International Rice Research Institute²⁾

Increasing levels of CO₂ in the atmosphere are expected to raise global mean temperatures by 0 to 8°C within the next century. Knowledge of responses to high CO₂ and high temperature for different rice cultivars will enable us to evaluate potential tactics to mitigate the adverse effects of global climate change on rice production and thereby assure food security for the world's growing population.

The experiments show the following results.

- 1) In japonica ecotypes, high CO₂ and high temperature promoted leaf emergence rate, increased leaf blade and leaf sheath weight, and increased leaf blade nitrogen concentration. Among indica ecotypes, high CO₂ and high temperature increased dry matter production and nitrogen content of IR72, but had the same effect on IR64 as for japonica ecotypes. High CO₂ and high temperature increased the amount of leaf blade in an aman variety, but decreased leaf sheath dry matter weight in a boro variety.
- 2) Increases in dry matter weight with high CO₂ and high temperature correlated strongly with tissue nitrogen concentration and dry weight/plant height ratios.
- 3) KCO₃ resistance in paddy rice ecotypes seemed to be of particular utility in identifying varieties with better dry matter production and growth patterns under high CO₂ and high temperature condition.

キーワード ; エコタイプ, エコフェーン, 乾物生産, 葉の特性, 高CO₂濃度・高温

Keywords ; Dry matter production, Ecotype, Ecophene, High CO₂ concentration and high temperature, Leaf characteristics

1. はじめに

作物に対するCO₂施用試験は今世紀当初から行われ、CO₂施用濃度、施用時期と生長過程、収穫量に関する報告文は、今井(1988)によると1000を越すといわれ、現在では2000に達すると思われる

1994年5月12日受理

イネに対するCO₂施用試験も収穫量, 体内成分, 水利用等に関して報告されているが, ecophene の比較に関する報告は少ないようである。CO₂施用試験では, CO₂濃度が光合成研究のため現実とはるかに異なったり, 生育全期をとおしてCO₂を与えた例では, 生育に及ぼす胚乳依存度やCO₂が生育相の転換におよぼす作用, SinkとSourceに及ぼす影響が明らかでない。またCO₂施用によるイネの栄養状態, 葉の解剖学的特性, 日長反応の差に基づく乾物生産との関係も明らかでない。

地球上のCO₂濃度の上昇に伴う温室効果により, 播種期又は収穫期の拡大が予想される時, 日長反応を異にするecotypeを供試した実験を行い, 高CO₂濃度下における品種特性を知ることは重要である。イネの初期生育においては高温による伸長促進と高CO₂濃度による節間伸長が作物体にどのような影響をあたえるであろうか。

また, 高CO₂濃度条件では光合成が促進され, 蒸散は反対に抑制されるので, 作物の水利用効率は高まるが, 土壌水分の不足が世界でも問題になっている時, イネの水利用効率とともにイネの耐干性に関する知見も重要性をもっている。イネの耐干性の強さは, IndicaではKC₂O₃抵抗性と負の相関があり (Oka, 1958), Japonicaでは正の相関があるといわれている (山崎, 1929)。このような関係が存在する中で, ecotypeを異にすると, 種子のKC₂O₃抵抗性と高CO₂濃度・高温に基づく乾物重の増加率との関係はどのようになるであろうか。本実験では, USAの環境保全局が想定している2030-2050年のCO₂濃度, 温度条件で育苗または直播を行った時に生殖生長に至るまでのうち, 離乳期以後の初期生育についての資料を得るためecotypeを異にした品種を供試して行ったものである。

2. 実験材料および方法

供試品種は, チヨホナミ, コシヒカリ, 著者が育成した緑光 (Japonica), IRRI育成種のIR64, IR72 (Indica), SC6 (Aman), SC45 (Boro) である。フィリピンの国際稲研究所において1993年2月6日, 直径20cmのポットにN, P₂O₅, K₂O, それぞれ1.0g, 0.5g, 0.5gを施肥後, 直径15cmの円形になるように催芽種子20粒を播種した。第4葉が抽出した播種後10日にCO₂濃度及び湿度 (70%) をコントロールしたグロースキャビネットに移し, 当時, 分化していたとみられる第7葉がすべての品種/系統で抽出するまで15日間生育させた。生育環境条件は, 2030~50にはCO₂濃度が600ppmとなり, 気温が0~8℃上昇すると推定されることから (U. S. EPA. EPA プロジェクト資料 (1991)), CO₂濃度600ppm, 気温37/29℃ (昼間/夜間) とし, 自然光で生育させた。生育中の日長時間 (常用薄明) は, 12時間20~40分である。気温は, 現地の日平均気温の月別最高値より3.6℃高く, 日長は, 東京の3月上旬のそれに該当する。調査は, 播種後28日に行った。

IndicaとJaponicaとではKC₂O₃溶液に対する感受性が異なっているので, 供試品種のKC₂O₃溶液に対する抵抗性試験を行った。KC₂O₃溶液に対する抵抗性の試験は, 予備試験の結果から3%KC₂O₃溶液を30℃で48時間吸水させた後, 4日間置床して発芽数及び鞘葉または第1葉が褐変したものを調査し, 無処理区の発芽数に対する比率をもって発芽率および褐変率とした。

3. 実験結果及び考察

第7葉が抽出した時の生育結果を表1, 2に示した。高CO₂濃度・高温下における出葉速度は、Japonicaのうち緑光, Indicaが速まった。しかしIR72を除いてこの現象が草丈及び葉面積には影響をおよぼさなかった。またBoroのSC45では葉面積が減少した。乾物重は、葉身重が増加してIR72およびSC6が増加した。

表1 離乳期以降のイネに及ぼす高CO₂濃度・高温の影響 (播種後28日の生育)

品種/系統	出葉速度 (葉/日)		草 丈 (cm)		葉面積 (cm ² /株)	
	処理区	対称区	処理区	対称区	処理区	対称区
チヨホナミ	0.253 ^{ns}	0.248	35.9 ^{ns}	35.0	50.49 ^{ns}	30.20
コシヒカリ	0.206 ^{ns}	0.203	35.7 ^{ns}	36.7	50.04 ^{ns}	34.66
緑 光	0.241 [*]	0.213	45.6 ^{ns}	45.0	62.29 ^{ns}	50.94
IR 64	0.228 [*]	0.197	32.8 ^{ns}	33.7	77.06 ^{ns}	80.49
IR 72	0.240 [*]	0.204	40.7 ^{xxx}	35.2	131.00 ^{xx}	90.01
SC 6	0.282 ^{ns}	0.263	46.4 ^{ns}	46.2	84.40 ^{ns}	67.17
SC 45	0.218 ^{ns}	0.218	56.2 ^{ns}	55.8	109.56 [*]	136.50
LSD 5%	0.022		2.2		23.03	

x, xx, xxx: 有意水準それぞれ5, 1, 0.1% ns: 有意差なし

表2 離乳期以降のイネに及ぼす高CO₂濃度・高温の影響 (播種後28日の乾物重)

品種/系統	葉 身 (mg/株)		葉 鞘 (mg/株)		計 (mg/株)		
	処理区	対称区	処理区	対称区	処理区	対称区	対 比
チヨホナミ	111 ^{ns}	119	151 ^{xx}	106	262 ^{ns}	225	1.16
コシヒカリ	179 [*]	118	125 ^{ns}	102	304 ^{ns}	220	1.38
緑 光	202 ^{ns}	204	171 ^{ns}	185	373 ^{ns}	389	0.96
IR 64	155 ^{ns}	182	168 [*]	139	323 ^{ns}	321	1.01
IR 72	366 ^{xx}	291	254 ^{xxx}	139	620 ^{xx}	430	1.44
SC 6	229 ^{xx}	147	200 ^{ns}	177	429 [*]	324	1.32
SC 45	401 ^{ns}	391	309 ^{xxx}	390	710 ^{ns}	781	0.91
LSD 5%	49		24		94		

供試品種のKC₂O₃抵抗性試験の結果を表3に示した。高CO₂濃度区と対称区との乾物重の比とKC₂O₃溶液処理による発芽率を arcsin 変換した値との相関を求めてみると r = -0.717 の弱い相関が得られ、高CO₂濃度による乾物重の増加が KC₂O₃抵抗性に関係している可能性があるものとみられる。なお葉の褐変率と乾物重比との間には相関は認められなかった。

高CO₂濃度により、体内のN濃度が低下する傾向があるが (Porter, 1984), 本実験では表4にみられるように、このようなことは必ずしもみられなかった。コシヒカリでは葉身高N濃度の上昇が葉身の乾物重を増加させたと思われたが、SC6

表3 塩素酸カリ溶液抗毒性による品種間差異

品種/系統	発芽率(%)	鞘葉および第1葉褐変率(%)
チヨホナミ	97.5	13.0
コシヒカリ	93.0	9.4
緑 光	100.0	2.8
IR 64	89.5	54.6
IR 72	91.1	69.6
SC 6	85.8	24.2
SC 45	98.2	41.9

KC₂O₃溶液抗毒性試験法; KC₂O₃濃度3% 吸水時間:48時間 置床日数:4日 反応温度:30℃

では逆の結果がみとめられた。しかし株当たりのN含量と乾物重との間には $r = 0.99$ 以上の相関がみられている。葉鞘のN含有率は、対称区では乾物重と相関が認められなかったが、高CO₂濃度区では5%の有意水準で正の相関が認められた。コシヒカリでは葉身のN濃度の増加により、またSC6では減少により葉身の乾物重が増加したりして、ecotypeを異にすると両区とも葉身のN濃度と乾物重との間には相関が認められないが、高CO₂濃度区では葉身、葉鞘のそれぞれのN濃度と乾物重との間には10%の有意水準ではあるが、 $r = 0.783$ の重相関係数が認められ、CO₂施用による乾物生産はSinkとして葉鞘のN濃度も関与することが示唆された。

表4 離乳期以降のイネに及ぼす高CO₂濃度・高温の影響(播種後28日の窒素含有率および含量)

品種/系統	葉 身 (%)		葉 鞘 (%)		計 (mgN/株)	
	処理区	対称区	処理区	対称区	処理区	対称区
チヨホナミ	3.84 ^{ns}	3.69	2.49 ^{ns}	2.64	8.02 ^{ns}	7.19
コシヒカリ	3.66 ^x	3.37	2.48 ^{ns}	2.44	9.65 ^x	6.46
緑 光	3.78 ^{ns}	3.80	2.42 ^{ns}	2.40	11.77 ^{ns}	12.19
IR 64	4.44 ^{ns}	4.36	2.76 ^{ns}	2.70	11.51 ^{ns}	11.68
IR 72	4.28 ^{xx}	3.92	2.82 ^{ns}	2.66	22.82 ^{xxx}	15.10
SC 6	4.08 ^x	4.41	2.91 ^{ns}	3.13	15.16 ^x	12.02
SC 45	4.36 ^{ns}	4.29	3.05 ^{ns}	2.96	26.90 ^{ns}	28.31

表5は高CO₂濃度・高温による葉の特性と株の生育を示したものである。SLA(比葉面積)と単位葉面積当たりのN含量には高CO₂濃度区、対称区ともそれぞれ $r = -0.892^{xx}$, -0.916^{xx} の負の相関がみられた。ecotypeを異にした場合でもCO₂施用すると重い葉ほど面積当たりのN含量の値が高くなっていることがわかった。生長動態の指標となるLWR(葉重比)の値は、IR育成種およびチヨホナミが低くなった。草丈率(乾物重/草丈)は、葉身重の増加がみられたコシヒカリ、IR72、およびSC6が上昇し、ズングリした稲体になった。しかしLWRと草丈率との間には相関が認められず、葉身重の増大がズングリした稲体になるとは限らなかった。

表5 離乳期以降のイネに及ぼす高CO₂濃度・高温の影響(播種後28日の葉の特性および株の形態)

品種/系統	S L A (cm ² /g)		葉面積あたり窒素含量 (mg/dm ²)		LWR		草丈率 (mg/cm)	
	処理区	対称区	処理区	対称区	処理区	対称区	処理区	対称区
チヨホナミ	455 ^{xx}	254	8.44 ^{xx}	14.53	0.423 ^x	0.529	7.30 ^{ns}	6.42
コシヒカリ	313 ^{ns}	294	11.69 ^{ns}	11.46	0.589 ^{ns}	0.536	8.52 ^x	5.99
緑 光	308 ^{ns}	250	12.27 ^{ns}	15.20	0.542 ^{ns}	0.547	8.18 ^{ns}	8.64
IR 64	497 ^{ns}	442	8.93 ^{ns}	9.86	0.480 ^x	0.567	9.85 ^x	9.52
IR 72	358 ^{ns}	309	11.95 ^{ns}	12.69	0.590 ^x	0.677	15.23 ^{xx}	12.22
SC 6	367 ^{ns}	457	11.12 ^{ns}	9.65	0.504 ^{ns}	0.453	9.25 ^x	7.01
SC 45	273 ^{ns}	349	15.97 ^x	12.29	0.565 ^{ns}	0.501	12.63 ^{ns}	14.00
LSD 5%	95		2.98		0.072		1.83	

以上のごとくecotypeを異にした時のCO₂に対する反応は、Japonicaでも出葉速度のみ促進するもの(緑光)、葉身は薄くなるが葉鞘が増加するもの(チヨホナミ)、葉身のN含有率が高くなり葉身の乾物重の増加するもの(コシヒカリ)がある。しかし高温下での高CO₂濃度は株全体の乾物重の

増加にはむすびつかなかった。IR72は、出葉速度促進→草丈伸長→葉面積拡大→葉身重増加→乾物重増加の経過をたどり、高N濃度が葉身重を増加させたものと思われる。一方IR64は出葉促進が葉鞘重の増加にのみ結びつきLWRの低下をもたらし、Japonicaのチヨホナミと同様な傾向を示した。SC6は、IR72と同様に葉面積の促進が葉身重につながったと思われるが、N濃度が高まったことによるものではなかった。しかし株当たりのN含量が増加し、草丈率からみてツングリした株になったことはIR72と共通である。BoroのSC45は供試品種のうちで、最も草丈、葉面積、乾物重が高い値を示したが、高CO₂濃度・高温では葉面積、葉鞘重は減少した。しかし株全体の乾物重の減少が認められなかったのは葉面積当たりの高N濃度によるものとみられる。

4. おわりに

以上の如く本実験では、高CO₂濃度・高温下におけるイネの生体反応は、ecotypeによって異なっており、同じecotypeでもecopheneによって異なっていることが示された。離乳期からその時点で分化しつつある葉（第7葉）が抽出した時まで高CO₂濃度・高温下で生育したイネの乾物重はJaponicaがIndicaと比べて小さい値を示しており、すでに日長感応性が関係しているとみられるが、供試品種に共通していえることは、高CO₂濃度・高温区/対称区の株当たりN含量比と草丈率比の間には $r = 0.895^{**}$ の正の相関が認められ、高CO₂濃度・高温によりN含量が増加するほどツングリした幼植物体になることであった。

今井（1988）によれば、一般に作物が高CO₂濃度・高温で生育した場合、光合成効率はCO₂-光合成関係から期待される値より低下する例が多いという。BoroのSC45にみられるようにN含有率が比較的高い値を示すにもかかわらず、葉面積の減少と葉鞘重の減少で乾物重が増加しない例があり、今後はこのような高CO₂濃度・高温で育成された良苗と葉の光合成速度、老化、転流量等との関連を考察する必要がある。またIndicaは、Japonicaと比べてKC θ_3 に対して感受性が強く、Ecotype, KC θ_3 抵抗性、耐干性との間に逆説的な関係が存在する中で（Takahashi, 1984）、高CO₂濃度・高温に基づく乾物重の増加率と、種子のKC θ_3 抵抗性並びに作物体との関係は、今後、栽培技術や水利条件から品種を選択するにあたって注目すべきことになるとと思われる。

引用文献

- 今井 勝, 1988 : 日作紀 57, 380-389.
 Oka, H. 1958 : Indica J. Genet. Plant Breed. 18 ; 79-89.
 Porter, M. A. and B. Grodzinski, 1984 : Plant Physiol. 74, 413-416.
 Takahashi, N. 1984 : Biology of rice 31-67, Japan Sci. Soc. Press.
 山崎守正, 1929 : 日作紀 1 ; 57

摘 要

21世紀に予測されている高CO₂濃度・高温下ではイネの播種期または収穫期の拡大が予測されてい

る。本実験では, ecotypeを異にする品種を供試して, 離乳期に当時生長点で分化している葉が抽出するまでの期間にCO₂濃度600ppm, 日平均気温が月別最高値より約4℃高い条件下で生育させた。

得られた結果は, 下記の通りであった。

- 1) ecotypeの違いによって出葉速度, 葉面積, 葉身重又は葉鞘重のほか, N含有率やSLAにも差異が認められ, 同じecotypeでもecopheneによって差異の表れ方が異なった。
- 2) 概してイネの乾物重の増加する例は, 出葉速度の促進, 葉面積の拡大, 葉身重の増加によるものであった。
- 3) ecotypeを異にしてもN含量と草丈率との間には正の相関が認められ, 高CO₂濃度・高温下では初期生育はズングリした個体になるものと思われた。
- 4) KClO₃抵抗性が強いほど乾物重が増加することが示された。

積算気温による水稻の幼穂発育モデル

荒川 市郎・本馬 昌直・岡部 清信
(福島県農業試験場)

Model to the Growing Rice Young Panicle using Accumulated Temperature.

Ichiro ARAKAWA, Masanao HOMMA and Kiyonobu OKABE

Fukushima Prefecture Agricultural Experiment Station, Koriyama 963

水稻の幼穂発達過程を推定するモデルとして、4葉抽出期を0、出穂期を1とする発育モデルと、幼穂形成始期を0、出穂期を1とする発育モデルを作製した。両モデルともに、減数分裂期の推定精度は高かったが、幼穂形成始期を0とする発育モデルの精度がより高かった。

さらに、幼穂形成始期以降の積算気温を用いた幼穂伸長モデルを作製して検討したところ、幼穂形成始期を0とする発育モデルと同等の精度が得られ、簡便で実用性が高いと考えられた。

キーワード：積算気温，発育指数，発育モデル，幼穂長

Keywords : Accumulated Temperature, DVI, Growth Model, Young panicle Size

1. はじめに

幼穂の発達過程を予測することは、水稻の栽培管理を行う上で重要である。筆者ら(1991)は、堀江ら(1986)が提唱した発育指数の概念を用いて、毎日の日平均気温から水稻の幼穂形成始期や出穂期を推定するモデルを作成し、栽培管理の指標として利用してきた。このモデルは、幼穂形成始期や出穂期の推定が可能であるが、幼穂の発達過程を逐次推定することができないため、水稻の低温感受性が高い減数分裂期付近の発育ステージ推定ができなかった。

矢島ら(1989)、木村ら(1993)は、水稻の障害不稔発生の予測法として、出芽日を0、出穂期を1とする発育指数から、幼穂形成始期や減数分裂期のDVSを求め、気温との関係を考察している。また、中川ら(1987)は気温と日長を用いて、幼穂分化期以降の幼穂の発育段階を推定するモデルを開発しており、出芽期から出穂期を一つの過程として扱った従来のモデルよりも予測精度を向上させている。

しかし、発育指数は起点を0、終点を1と定義した指数であり、この間の数値を幼穂形成始期や減数分裂期に適用するのは疑問が残る。そこで、主稈の4葉抽出期を0、出穂期を1とした発育モデルによる減数分裂期推定法の精度確認と、幼穂形成始期を0とした発育指数による幼穂発育モデル並びに幼穂形成始期以降の積算気温による幼穂発育モデルについて検討したので報告する。

1994年7月14日受理

2. 材料および方法

2.1 4葉抽出期を0とした發育指数による減数分裂期推定モデル

水稻の本田における生育を一つの過程として扱ったモデルとして、4葉抽出期を0、出穂期を1とした發育モデル（モデル1）を作製し、減数分裂期の推定精度について検討した。發育モデルは、荒川・鈴木（1991）に従い、福島県農業試験場（郡山市）の水稻作況試験におけるササニシキおよびコシヒカリを対象として、1979年から1992年までの4葉抽出期および出穂期の実測値を基に、ノンパラメトリック法で作製した。

推定精度の検証は、上記のモデルに1987年から1992年の平均気温を代入し、減数分裂期の發育指数を求め、その標準偏差を日数に換算して評価した。なお、減数分裂期は、実測されていなかったため、作況試験の幼穂長の実測値から、星川（1975）により幼穂長が8cmに達した日とした。

2.2 幼穂發育モデルによる減数分裂期の推定

幼穂形成始期を0とした發育指数を利用して幼穂の發育過程を表すモデルとして、幼穂發育モデルを作製した（モデル2）。このモデルは、水稻作況試験のトヨニシキを対象とし、幼穂形成始期を0、出穂期を1として、1979年から1989年までの実測値から作製した。また、積算気温を用いて幼穂長を連続的に推定する幼穂伸長モデルを作製した（モデル3）。このモデルは、幼穂形成始期からの積算日平均気温（以下単に積算気温）と幼穂長の関係を、シンプレックス法で数式化したものである。この両者の関係式から、前項と同様に幼穂長8cmの時期を推定し、減数分裂期を推定した。

3. 結果

3.1 4葉抽出期を0とした發育モデルによる減数分裂期の推定精度

4葉抽出期を0としたモデル1では、減数分裂期を示す發育指数の標準偏差が、表1のように0.03で、日数に換算すると1.3~1.6日であった。この誤差は、同モデルの出穂期の推定誤差とほぼ等しかった。

表1 4葉抽出期を0とした發育指数による減数分裂期の推定誤差

品 種	幼穂形成始期の發育指数		減数分裂期の發育指数			出穂期の予測誤差（日）	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	同左日数	平均値	標準偏差
ササニシキ	0.634	0.03	0.806	0.03	1.3	0.93	1.43
コシヒカリ	0.668	0.02	0.846	0.03	1.6	-0.71	1.94

發育指数は、4葉抽出期を0、出穂期を1とし、1979年から1992年までのデータから計算した。幼穂形成始期および出穂期の標準偏差は、1979年から1992年までのデータ、減数分裂期は、1987年から1992年までのデータを使用した。

幼穂形成始期は、幼穂長1mm、減数分裂期は、幼穂長80mmの時とした。

減数分裂期の標準偏差の日数換算は、日平均気温を23.8℃として計算した。

3. 2 幼穂発育モデルによる減数分裂期の推定精度

本試験に使用した代表的な年次における幼穂形成始期後の日数および出穂前日数と幼穂長の関係は、図1に示した。幼穂形成始期後の日数または出穂前日数からみた減数分裂期（幼穂長8 cm）は、年次間差が大きく、日数による減数分裂期の推定は難しかった。

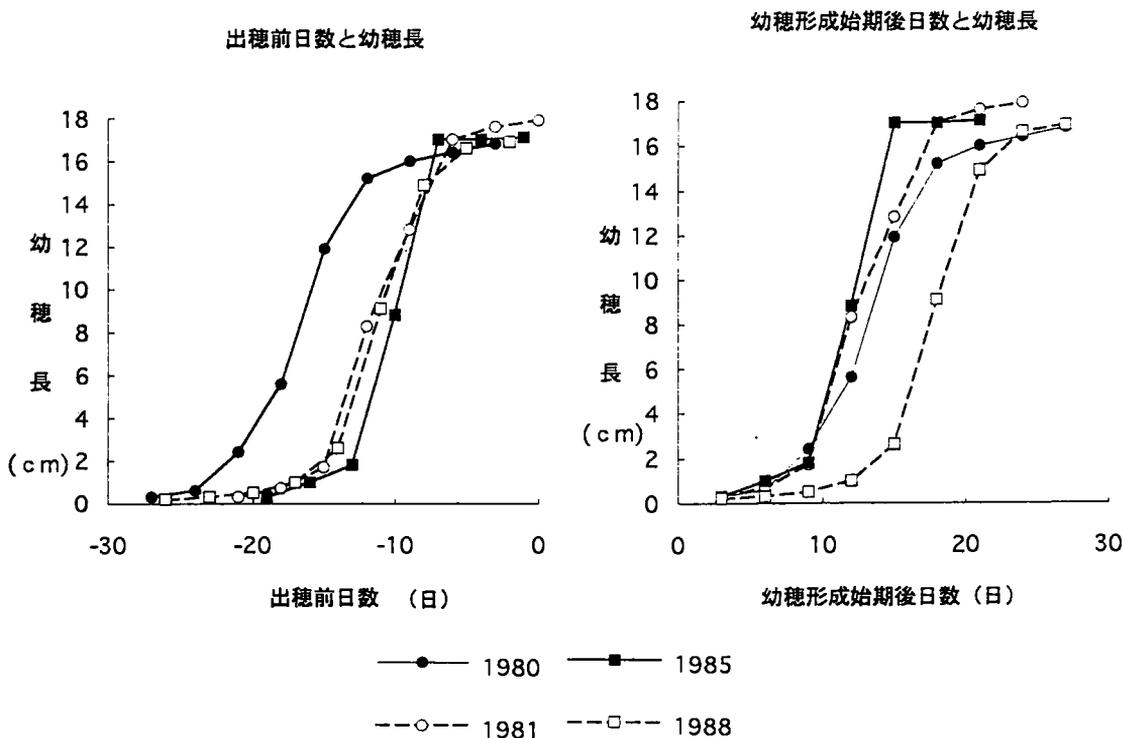


図1 幼穂形成始期後日数または出穂前日と幼穂長の関係

一方、幼穂形成始期を0、出穂期を1としたモデル2における発育指数と幼穂長の関係は、図2に示すとおり曲線となり、発育指数からみた幼穂長の年次間差が小さくなった。また、モデル3により発育指数の代わりに、幼穂形成始期からの積算気温を用いて幼穂長を推定すると、図3のようにモデル2と同様の曲線関係が認められた。この幼穂長と積算気温の関係を、ロジスティック曲線に近似した。

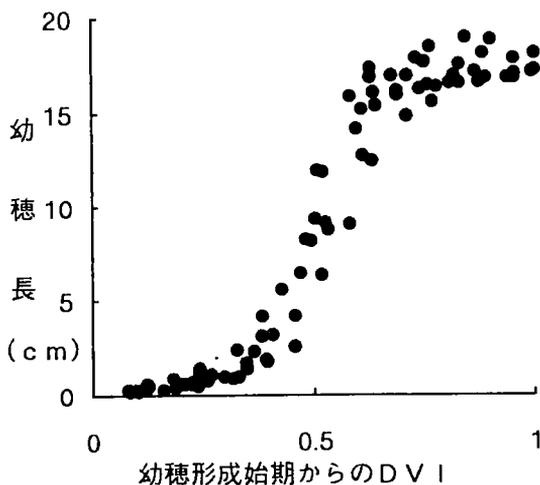


図2 幼穂形成始期を0とした発育指数と幼穂長の関係

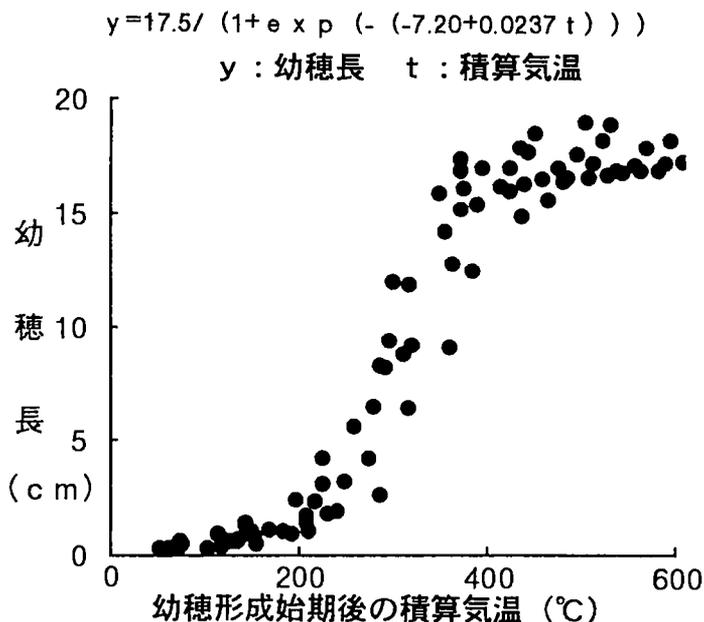


図3 幼穂形成始期後の積算気温と幼穂長の関係

モデル2およびモデル3による減数分裂期推定の標準偏差は、表2のように、日数に換算すると1日以内であった。これらのモデルの誤差は、前項のモデル1よりも小さく、減数分裂期の推定精度が高まった。

4. 考察

水稻の発育を一つの過程として扱ったモデル1による減数分裂期の推定は、出穂期の推定と同程度の精度が得られることを確認した。また、幼穂形成始期を0とするモデル2は、中川ら(1987)の結果と同様、モデル1よりもさらに高い精度が得られた。

さらに幼穂形成始期からの積算気温によるモデル3は、モデル2とほぼ同等の精度が得られた。モデル3において積算気温と幼穂長がロジスティック曲線で表せる理由は、この期間が分化した幼穂が伸長する過程であるためと考えられる。また、発育指数および積算気温が幼穂長に対し同様の関係を示すのは、発育指数の基になるこの期間の発育速度が、荒川・鈴木(1991)のように平均気温と直線的な関係にあるためと考えられる。

幼穂の発育過程を幼穂形成始期以降の積算気温でモデル化する方法は、幼穂長と積算気温という簡単に測定できるデータを使用することから、現場において利用しやすいモデルと考えられる。

表2 幼穂形成始期を0とした発育指数モデルおよび積算気温による幼穂伸長モデルの減数分裂期における推定誤差

項目	発育指数	積算気温(°C)
平均	0.496	298.1
標準偏差	0.034	24.5
日数換算	0.9	1.0

発育指数は、幼穂形成始期を0、出穂期を1として計算した。

積算気温は、幼穂形成始期以降の日平均気温を積算した。

日数換算は、推定誤差の標準偏差を、この期間の平均気温23.8°Cとして換算した。

今後、積算気温によるモデルを福島県的水稻に適用するためには、地域や品種に対する適応性について検討する必要がある。

5. 引用文献

- 1) 荒川市郎・鈴木幸雄(1991) 水稻の生育モデルに関する研究 第1報 発育指数を用いた生育ステージの予測, 日作東北支部報, 34, 93-94
- 2) 堀江 武・中川博視・吉良知彦(1986) イネの発育過程のモデル化と予測に関する研究 (1) 発育動態の気象的予測モデルについて 日本作物学会紀事, 55(別1), 214-215
- 3) 星川清親(1975) 解剖図説 イネの生長 農村漁村文化協会 232
- 4) 木村和則・大江栄悦・荒垣憲一・梅津敏彦・中野憲司・佐藤昌宏(1993) メッシュ気候値を活用した水稻適地区分 第2報 障害型冷害危険度の推定, 山形農試研報, 27, 23-30
- 5) 中川博視・堀江 武(1987) イネの発育過程のモデル化と予測に関する研究 第2報 幼穂の分化・発育過程の気象的予測モデル, 日作紀, 56(別1), 208-209
- 6) 矢島正晴・日塔明広・清野 豁(1989) 発育モデルを用いた水稻不稔歩合推定法, 農業気象学会1989年度大会講演要旨58-59

〔特別講演〕

「生保内だし」について

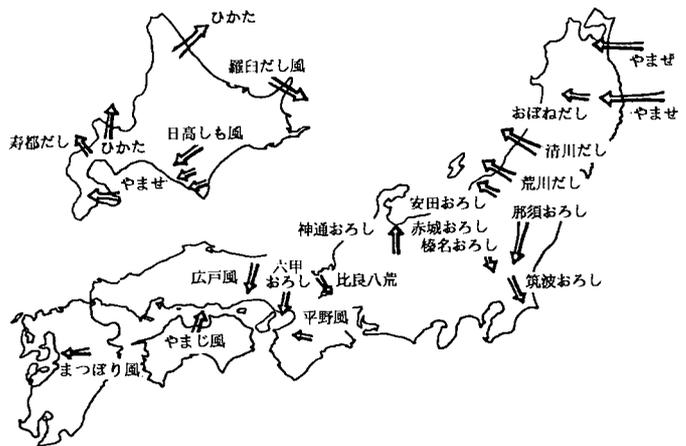
鎌田 金英治

(JA秋田中央会)

1. はじめに

秋田県の代表的な民謡に「生保内節」というのがある。一吹けや生保内だし／7日も8日も／吹けば宝風／いね実る。—これは秋田県内では近世初期から歌われて来たもとされ、祝いの席や酒席では必ずというほど歌われて来たものである。「生保内」は現在の仙北郡田沢湖町の中心部で、旧田沢村、神代村、生保内村が昭和31年に合併して誕生した町である。古くから秋田と南部を結ぶ要路であるが、その境界には仙岩峠があり交通の難所となっていた。ここに国道46号線が開通したのは昭和39年、汽車が通るようになったのは昭和41年のことでまだ新しい。「生保内だし」は主にこの仙岩峠を通して岩手県側から秋田県側に吹走する東風である。秋田県内で「だし」は一般に東風を称している。

このような風は地形など局地的な原因によって狭い範囲で吹く風で「局地風」と言われている。全国的に見ても非常に多くの種類が知られている。その一例を図1に示した。この中で「清川だし(山形県)」、やまじ風(愛媛県)、広戸風(岡山県)は日本の3悪風と呼ばれている。「生保内だし」が宝風で、一方の「清川だし」が悪風と呼ばれていることから、気象に関



第1図 日本の主な局地風

係している方々にはかなり以前から関心と呼んでいた様であり、色々調査もされてきている。今回はこれまでに行われて来た「生保内だし」について調査されたもの2, 3に当たって見たので、その結果について報告する。

2. 加藤陸奥雄氏の調査

加藤氏は田沢湖町の仙岩峠を吹き抜ける「生保内だし」に吹きさらしになっている水稻の莖温と、同じ高さの気温を測定して、次のように言っている(表-1)。「生保内だし」で吹き倒れそうになっている稲株の間の、最も風の吹き抜けやすい水上1cmの莖温は、「蒸散が盛んなために気温よ

りも3℃近くも低くなっていること。昼間だと言うのに水面温度も地温より1℃低い」と指摘している。また、加藤氏によれば昔はこの地方には風を避けるための防風垣があったが、気温が高ければ実りが良いと言う考

第1表 秋田県生保内における強風下の水稻茎温と気温との比較（加藤）

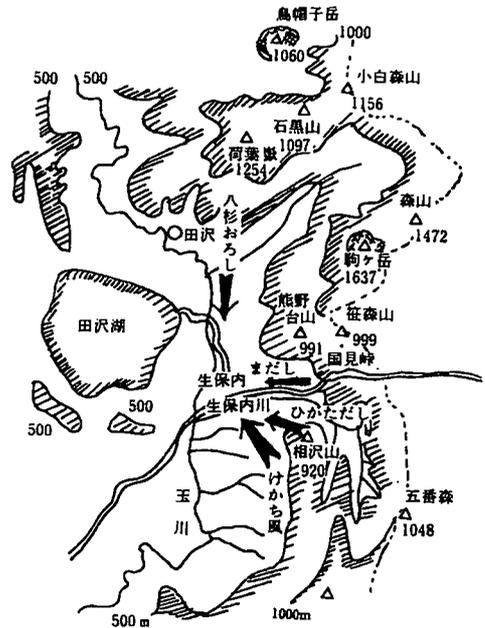
区 分	地温	水温	水面	水上1cm	水上2cm	風速
周囲の温度	28.1	27.5	27.1	26.4	26.2	E7.5m/s
茎の温度	—	—	27.1	23.5	25.8	
差	—	—	—	2.9	0.4	

えから取り払ってしまったそうである。そして“吹けや生保内だし7日も8日も・・・”と歌い込み有り難いものだとしており、この地方の稲の出来の悪いのは冷水のためだと信じていた。そこで加藤氏は低いと信じられていた水田水温をも測定し、これは下流地区と比べて決して冷水とは言えない事をも指摘している。生保内だしは一種のフェン現象であるが、この風が農業にとって注目される理由は、高温・低温そして強風と、蒸散蒸発にとっては3拍子そろった現象だからで、気温が高いと言っても油断の出来ない悪魔の風であるとしている。

3. 旧角館森林測候所、吉田重助氏の調査

1) だしの定義および種類

「生保内だし」は田沢湖町の南東約4kmにある「宿」付近に現れる東よりの風で、この地方の人々から聴取したところを総合すると、おおよそ4つの種類の風に別れているといっている。その特徴を図2表2に示した。ここでは仙岩峠を通ってくるのを「真だし」としており、これを一般に宝風と呼んでおり、「けかち風」「ひがただし」は南東の風であるが真だしよりは冷たい。そして最も低温を伴う風は「八杉おろし」と言う北風で、農作物にも有害である。としており宝風と悪風のあることを指摘している。



第2図 生保内付近の風の種類

第2表 だしの種類と性状

種 類	性 状
真 だ し	生保内方面から吹いてくる東よりの風で、場合によっては3日位吹き続けることもある。これを宝風と呼んでいる。
け か ち 風	低気圧の前面で吹く南東の冷たい強風で、回数も最も多く、農作物に有害である。(けかちとは方言で凶作を意味する)
ひ が た だ し	東南東の風で、強さ、冷たさの点も丁度真だしとけかち風の中間に位し、これは夏に多く現れ、夕方になると止むのが特徴である。
八 杉 お ろ し	低温を伴う北の強い風で、農作物に最も有害である。
その他 (NE風)	低温を伴うが、あまり風は強くない。

2) だしの初終時刻

昭和10年6月から10月までに観測した32回のだしについて、その初終時刻の頻度分布を見ると、吹き始めは6～8時、終わりは20～22時頃となっている。

3) 吹走時間と風速

吹走時間の平均は大体50～60時間で、梅雨期には4日以上も続く事がある。また生保内での通常平均風速は1.9m/sであるが、だしの吹走期間の平均風速の最大は7.8m/sとなっておりかなり強い風となっている。

4) 気温と湿度

だしのある日とない日の気温および風速を、だしの影響のないと見られる角館の気象との差から見ている。だしのある日は角館に比べて風速で1.7m強く、気温差は大きく、湿度も大きい。逆にだしのない場合には生保内の方が風が弱く、気温差は少なく、湿度も小さくなっている(第3表)。また、同じ方法で風向別に見ると、東風の真だしが最も風が弱く、気温の低下も少なく、湿度も少ないが、南東のけかち風および八杉おろしは、気温が低く、風速も強く湿度も高い。つまり真だしは比較的風速が弱く、気温の低下も僅かであり乾燥していることが分かり、真だし以外は農業上から見ても悪風となっている(第4表)。

第3表 だしの有無と気象

区別	風速m/s	気温℃	湿度%	回数
だしの無い日	-0.7	-0.9	-0.7	97
だしの吹続日	+1.7	-1.5	+1.0	48

生保内一角館(生保内標高218m, 角館84m)

第4表 だしの種類と気温差

区別	風速m/s	気温℃	湿度%	回数
真だし	+0.9	-0.4	-3	東
けかち風	+2.7	-2.7	+5	南東
八杉おろし	+3.2	-2.6	+4	北
その他	+1.9	-1.7	+4	北東

4. 秋田地方気象台 菊地隆氏の調査

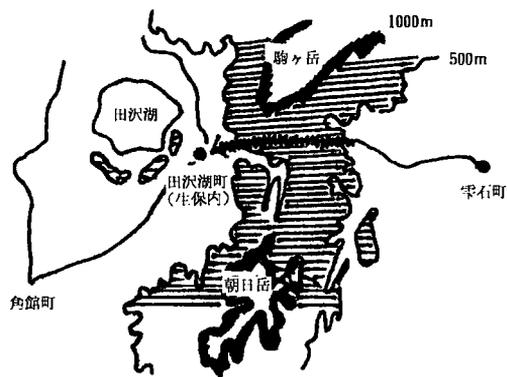
昭和52年から54年までの3カ年の農作物の生育期間(5月～10月)について、AMeDASを用いて調査を行っている。

1) 地形

仙岩峠は峠の北側に駒ヶ岳(1637m)、南側には朝日岳(1375m)に連なる山塊の中にある。生保内だしはこの峡谷を岩手県側から仙岩峠を越えて田沢湖町に吹き下りる地形になっている。第3図に簡単な東西断面を示したが、岩手県側、雫石方面ではややなだらかな斜面を上り、鞍部にある仙岩峠(894m)を越えて峡谷を急に吹き下りる。田沢湖は丁度風下山麓で谷間が急に開けたラップ状の所にある。清川だしと似ており局地風の強くなる位置にある(第4図)。



第3図 地形断面図



第4図 田沢湖町付近の地形

2) だしの定義と調査方法

だしの吹いた日…… 田沢湖での最多風向がEで、かつ最大風速もEの日をだしの日とした。期間は昭和52年から54年までの3カ年で、作物の生育期間である5月から10月までとした。

3) 生保内だしの特性

(1) 田沢湖の風…… 田沢湖における風の全体像をつかむために、期間中の風配図をみるとその殆どがSWとEに集中しており、このうち、だしに属するのはEの30%と、ESEの8%でそれ以外は殆ど出現していない。従って主風向はSWとEとなる。(第5図)

一方風速を見ると、風向別最大風速はEとWの場合で風の強弱がはっきりしており、Eでは7~8m/sに集中しているのに対してWでは3~4m/sと弱く、だしは田沢湖のひとびとが歌に託するような強い関心を持っていることが伺われた。(表略)

(2) だしの最大風速と平均風速…… 田沢湖ではだし風が最も強く、特にE風が強いことがわかったが、期間中10m/s以上の日は1回だけで、

清川だしの様な強風はなかった。また、だしの出現は月平均で12日、年による変動はあるが、9月は16日と多くなっている。風速は変動があるが5月は強く、秋は弱くなっている。

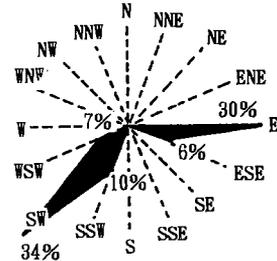
(3) 最大風速の出現時刻…… 5m/s以上のだしについての調査では、日の出頃から正午前後に多く10時頃にピークが現れる。この理由は田沢湖の斜面は西側で午前中は日射量が小さいのに比べ、平地では日射による昇温が大きく、対流現象が加わっているためと考えられている。(第6図)

(4) だしの継続日数…… 生保内節の中には「7日も8日も吹けば…」の1節がある。実際に1週間以上も続く事があるかを調査してみた結果、7日以上の回数は4回、10日続いた例が2回あった。継続して吹くことが農作物にとって有効かどうかは別にして、かなりの長い期間吹くことがわかった。(表略)

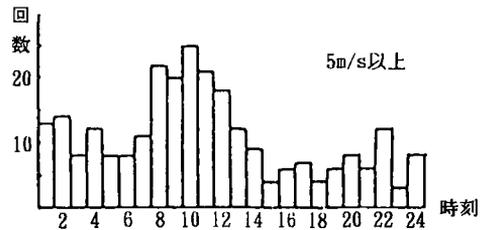
(5) 田沢湖と角館との比較……

角館と田沢湖は距離にして13km、標高差で170mあり、気温減率0.6℃/100mとして1℃位の温度差が考えられる。吉田氏はだしをE、SE、

N、NE別に細かく分けて特徴を出しているが、今回はEを除いた例数が少なく、特に風向によって特徴を見つけることは困難であった。そこでEとWの場合について、吉田氏の方法で角館と温度



第5図 風配図 (最多風向)



第6図 Ely風の最大風速の時刻別出現回数

第5表 角館-田沢湖 (最高気温の差)

風向	月	5	6	7	8	9	10	平均
Ely		2.3	2.3	2.5	2.4	2.0	1.5	2.2
Wly		1.7	1.7	2.0	2.0	1.7	1.4	1.7

差がどう違うかを最高気温を用いて調査した結果、いずれの月もE（だし）の場合は温度差が大きく、つまりこの結果だけから判断した場合、少なくともWの風よりも悪い影響があると見なければいけない。（第5表）

(6) だし風とW風との比較……

宝風の本題であるだし風による比較をしてみた結果、まず平均気温では、だし風はW風に比べて月平均で1℃高く、特に5月はかなり高く、ついで10月となっており、春秋に影響が大きい。また、日照時間もだし風の場合が多い。月平均で0.6時間多く、特に8月が多くなるが、6月には少なくなる傾向になっている。

第6表 平均気温

風向	月	5	6	7	8	9	10	平均
Ely		14.3	18.8	22.0	22.9	18.0	12.5	18.1
Wly		11.4	18.1	22.1	22.0	17.7	11.5	17.1

第7表 日照時間

風向	月	5	6	7	8	9	10	平均
Ely		6.5	5.6	7.1	8.1	6.1	6.3	6.6
Wly		6.0	6.1	6.7	6.3	6.0	5.2	6.0

(第6, 7表)

これは各月の出現回数が同一でないなど、この結果から直ちに論ずる事は出来ないが、少なくとも、だし風はW風に比べて宝風になりうる性格を持っているものと考えられる。

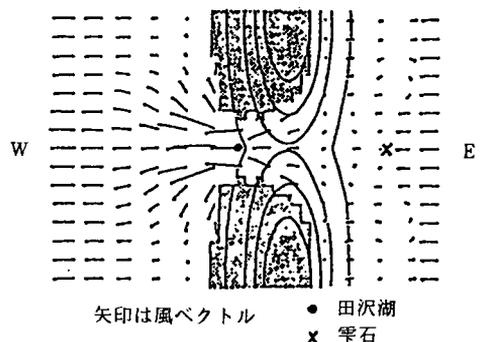
第8表 E風時の最高気温

月	5	6	7	8	9	10
田沢湖町	19.3	22.5	24.9	26.3	22.3	18.5
雫石町	18.8	21.8	24.8	26.1	21.9	18.3
差	0.5	0.7	0.1	0.2	0.4	0.2

(7) 雫石と田沢湖の比較…… おろし風の場合、山脈の風上側が問題になるので、山脈の東側にあたる岩手県雫石の最高気温と対比してみた。その結果、各月とも田沢湖が高く、特に5, 6月に差が大きい。また風については、風向はEとは限らず、風速は月平均で田沢湖の 3.0m/s に対し雫石は0.9m/s と非常に弱くなっている。（第8表）

4) 考察

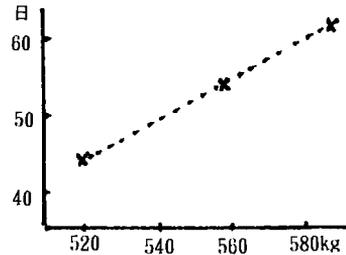
(1) 生保内だしの成因…… 生保内だしによる強風は、やませや清川だしと同じで、気圧配置が主に北高型の時に起こり、この種の風としては県内では最も強い風となっている。荒川氏は準2層モデルを使って流れと直角に峰、峠、峰が配置されている山脈を越える流れの数値計算を出している。この計算結果と田沢湖付近の地形を比べると、地形的によく一致しており、秋田の状況曲線を見ると北高型特有の下層に安定層があり、モデルに見られるように山脈東側の雫石では、だし期間中の平均風速が0.9m/s と弱く、条件を満足していると考えられる。このモデルに田沢湖の地形を重ねて



第7図 峠モデルの計算結果（荒川）

考えてみると、風上の岩手県側から仙岩峠に集中した気流が風下斜面を下降する際に加速されて峠の風下側で強風を作ることが成因になっていると考えられる。ただ、このモデルのように仙岩峠付近は峠と峠との標高差が大きいので清川だしのような強風にはならないとしている。(第7図)

(2) 農作物に対する影響…… 田沢湖町における水稻の平均収量(10a当たり)と期間中のだしの吹いた日数(最大風速5m/s以上)との関係を調査してみると、だしの日数が多いと収量も多くなる傾向がわかる。(第8図)しかし、この現象を細かく見ると必ずしも正相関になっていない月もあり、また期間も短い。水稻の生育・収量には外にも多くの要素があり、この結果からだけで断定することは出来ないが、(4)、(6)を裏付ける平均的にはよい影響のほうが勝っていると考えられる。



第8図 Ely風日数(5m/s)と平均収量

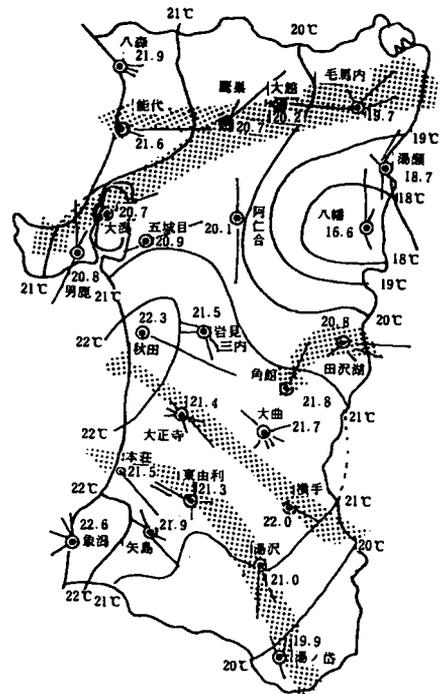
悪い風の代名詞の様にも言われているだし風も、生保内だしに関しては、極端に強い風が吹かないため強風による被害も少なく、概括的に見て、生保内だしに見られる宝風の要素を裏付ける結果となっている。

5. 55年夏期の偏東風と稲作被害の調査から

昭和55年には偏東風による稲作冷害の著しい年であったので、秋田県内での実態についてAMeDASを用いて調査した。

1) 秋田県における偏東風の吹走頻度と吹走方向

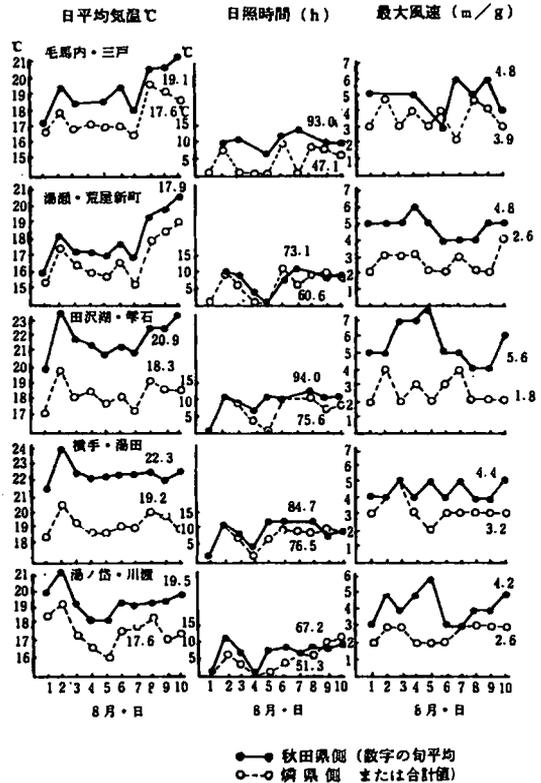
55年7~8月の偏東風の吹走頻度をみると、7月は43%、8月は59%であり、これは平年1.8~2.6倍であった。これを地域別で見ると奥羽山脈寄りと沿岸部で高い頻度が見られる。特に県北の毛馬内、田沢湖、横手、湯の岱などの奥羽山脈の鞍部と沿岸部(能代、秋田、本荘)の河口付近で強い風となっている。県内に入った偏東風の吹走方向はほぼ4つのルートになっており、毛馬内からのルートは大館、鷹巣、能代を経て日本海に抜けるコース。田沢湖から入って角館付近で消滅するコース、山内、横手から入って大曲、秋田へのコース。そして湯の岱、湯沢、本荘へのコースなどが見られるが、内陸では風向にかなりの変動も見られる。(第9図)



第9図 偏東風の吹走方向

2) 秋田県に入る偏東風の特徴

県内を吹走する偏東風の特徴を知るうえで、隣県の最寄り地点と比較して見たのが第10図である。これは8月1～10日について日平均気温、日照時間、最大風速について示している。平均気温について見ると秋田県側が一見して高いことが分かる。最も差の大きいのは横手、湯田間で次いで田沢湖、雫石間、湯の岱、川渡間であり、毛馬内、三戸間、湯瀬、荒屋新町間など北のルートではその差が少なくなっている。日照時間も平均で35%程度秋田側で多くなっており、岩手側で殆ど無い日でも秋田側では5～10時間程度の日照時間がある日がみられる。風速にしても秋田側で強くなっており、特に田沢湖では約3倍の強さになっている。



これをさらに延長して同一緯度上に

第10図 秋田県境における気象条件の比較 (昭和55年)

第9表 同一緯度・地点における気象状況 (昭和55年)

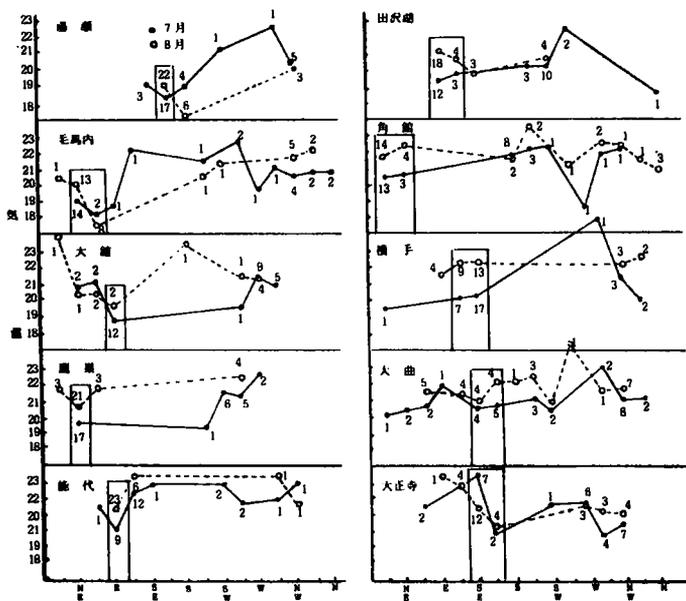
場所	緯度	標高	7 月 中 旬					8 月 上 旬				
			平均気温	最多風向	平均風速	日照時間	気温較差	平均気温	最多風向	平均風速	日照時間	気温較差
能代 大毛 三八 湯新 一 輕種 秋岩 田雫 零 宮本 東 橫 湯北 遠 釜 湯湯 川古 石	代 栗 館 内 戸 戸 瀬 屋 戸 米 市 田 内 湖 石 岡 馬 井 古 莊 利 手 田 上 野 石 沢 伏 渡 川 卷	22 29 59 126 38 27 236 310 120 153 20 9 35 228 208 155 620 206 42 117 59 250 60 273 100 96 320 200 23 38	21.0 19.8 19.9 19.5 18.4 17.3 18.4 17.8 18.4 17.3 16.3 20.8 20.3 19.2 18.1 19.1 16.4 17.6 17.4 20.1 20.4 18.4 19.4 18.3 17.8 18.4 18.0 19.0 18.7	E NE E NE NE ESE SSE S NNW ESE SE ESE SSE E ENE S WNW E NNE SE SE ESE SE SSE NNE S S SE ESE ESE NE	2.3 1.9 1.2 1.9 1.4 1.3 2.1 1.3 1.1 1.5 1.3 2.3 0.7 2.9 1.0 2.1 0.9 1.2 1.4 2.1 1.0 2.0 1.0 0.7 0.8 0.4 1.6 1.8 1.2 1.4 2.6	48.8 44.8 46.9 × 33.0 39.9 35.2 24.0 37.2 44.0 37.4 41.7 37.2 54.5 33.4 30.9 42.2 47.0 35.6 49.1 (23.5) 38.3 25.0 37.2 31.4 23.3 49.5 28.9 33.7 × 32.6	8.3 8.4 7.9 8.0 7.5 4.5 6.8 7.2 8.1 7.4 3.3 5.4 7.3 5.4 6.6 6.7 7.6 7.0 4.4 5.8 7.6 6.3 5.8 6.3 6.8 6.1 6.9 6.6 5.9 5.9 4.3	22.1 20.6 19.9 19.1 17.6 17.3 17.9 16.8 17.2 16.2 16.9 22.6 21.7 20.9 18.3 19.1 19.5 16.7 16.7 21.7 21.4 22.3 19.2 19.5 18.4 (17.1) 20.8 19.5 17.6 18.5 18.0	E NE E ENE ENE E SSE NNE E ESE ESE ESE SSE E ENE NNE E E NE ESE SE ESE SE SSE S S SE ESE ESE NE	3.4 3.0 1.8 2.5 1.2 2.0 3.1 1.1 1.1 1.3 1.2 2.3 0.8 3.8 1.1 2.6 1.0 1.2 1.6 2.8 1.6 2.8 1.4 0.8 0.7 0.6 1.9 2.6 1.1 1.1 2.2	98.9 97.6 98.7 93.0 47.1 66.1 73.1 60.6 46.2 64.4 (47.5) 92.6 88.1 94.0 75.6 80.7 72.8 69.4 65.5 100.4 75.7 54.7 76.5 74.9 72.8 53.0 88.2 67.2 51.3 61.0 59.9	11.3 10.7 10.2 10.6 9.3 7.0 9.7 10.6 9.8 10.0 5.7 9.3 12.1 8.5 11.6 10.6 11.9 8.3 6.0 9.3 11.3 9.4 9.3 9.4 10.7 10.3 7.7 7.8 7.1 5.6

() は欠測値を含む・気象月報による

ある日本海と太平洋側の地点に置ける状況を比較して見たのが第9表である。県北部、米代川沿いに入ってくる風系には八戸、三戸を通して十和田湖付近から毛馬内を通して米代川を下る場合と、種市、軽米方面から荒屋新町を経て湯瀬に入り米代川を下る場合がある。これを八戸、能代との比較で見ると、平均気温では3.7~4.8℃、日照時間は旬合計で9~33時間も能代で多い。そして風速は約2倍となっており、気温日較差も7月中旬では能代の8.3℃に対して八戸は4.5℃で約2倍となっている。秋田、宮古の比較においても平均気温で3.4~5.9℃も秋田が高く、風速が早く、日照時間も6~27時間も多く、気温日較差も1~3℃大きい。この傾向は釜石、横手、本荘間ではさらに拡大されている。このようにして三陸沿岸と日本海側では偏東風の性格は著しく異なったものとなり、三陸沿岸では低温、少照でしかも雨は少ないが気温較差の少ない陰湿な日となるが、県境付近からその様相が変わり、風速が早まり、日照時間も多くなり、気温の上昇も見られるなど太平洋側との温度差が拡大されている。特に県南部に入ってくる偏東風は岩手県内陸でかなり昇温してから秋田県内に入ってくるので、三陸

海岸との気温較差はますます拡大されている。

3) 県内における偏東風と気温差
 県内の各地点毎の平均気温と偏東風吹走日の平均気温の偏差から偏東風の気温差を求めて見た。その結果7月では0~1.6℃の差となっており、各地域の平均でも0.5℃の低下となっているが、8月は0.2℃とやや少ない値を示した。これは8月は吹走頻度が高く、そのため月平均気温そのものが低下したために、偏差としては少ない値になっている。(第11図)

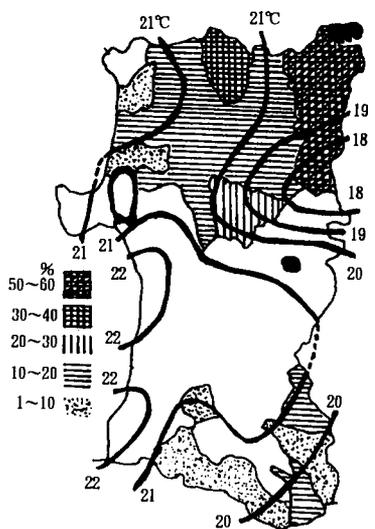


第11図 風向と平均気温 (図中の数字は風向の出現回数)

三陸側から直接秋田県内に入る米代川流域の湯瀬、毛馬内~能代では、他の風向よりも1~3℃の低下が見られるが、岩手の県の内陸を通して県内に入る雄物川流域の各地では米代川流域ほどの格差は見られず、角館、大曲、横手の例に見られるように、県南内陸部では偏東風はあっても気温の低下は極めて少ない場合があり、このことが気温の地域差を現していると考えられる。

4) 偏東風ルートと稲作の被害状況

昭和55年の偏東風による稲作被害には非常に大きな地域差が現れている。特に県北部では県境近くでは70%以上の不稔を示す地域が多く、200m以上の高冷地では収穫皆無の集落も多く見られた。また米代川中流~下流では10~50%程度の被害であり中程度の被害であった。これに対して県南部では岩手県側の侵入口である山内村、雄勝町ではやや不稔が見られたが平坦地では軽微であり、収量は平年作を大幅に上回る町村が多数あり、偏東風が宝風の様相を呈した年であった。(第12図)



第12図 8月の平均気温と減収率

6. まとめ

生保内だしについては、宝風か悪風かを巡って気象学者を中心に、かなり以前から論議がなされてきたようである。坪井氏は生保内だしは乾燥した風であることから、いもち病が少なかったのではないかと語っている（1986年）し、真木氏は清川だしは強い年は悪風になるが、弱い年は作況が良く、本質的には生保内だしに似ていると言っている（1989年）。これまでの調査に見られるように、生保内だしについては真だしなど4つの種類があるとされているが、真だし以外は悪風であるとされている。しかし、主流となっている真だしについては若干フェーン現象も加わっているが、大方の調査では余り悪風との結果とはなっていない。生保内だしの吹走する年は、秋田県全体の作柄に

どう影響を及ぼすかについて見ると、東側のやませ侵入地点では著しい被害を被り悪風の部類に入るが、内陸平坦部を中心とした稲作地帯では被害は少なく、昭和55年度のように登熟期間が比較的低温で経過することから、稲体の衰弱が少なく登熟に有利に作用している場合が多いことも特徴としてあげられる。

参考文献

- 1 宮沢清治（1978年）天気図と気象の本 国際地学協会
- 2 木村耕三（1977年）冷害と気象 総合科学出版（加藤陸奥雄 農業と微気象 河北新聞社）
- 3 秋田県厚生部（1961年）秋田県における風ならびに風害に関する調査 防災資料(2)
- 4 菊地 隆（1980年）生保内だし（局地風）について 秋田地方気象台
- 5 真木太一（1989年）風と自然 開発社
- 6 坪井八十二（1986年）気象と農業生産 養賢堂
- 7 鎌田金英治，嶽石 進（1981年）米代川流域における55年稲作冷害の特徴 東北農業研究 第29号 39～49
- 8 鎌田金英治，福田兼四郎（1982年）秋田県における55年夏期の偏東風と稲作被害 東北の農業気象 第27号 33～38

追補

その後地元紙「秋田さきがけ」が調査した結果によると、生保内だしの恩恵について解説している歌の歌詞として「よそで虫つき不作をとるに、なぜに生保内で虫つかぬ。東風のおかげで虫つきゃしまい、宝風とはこれのこと」。「東風のおかげで生保内村は、秋は早く霜おりぬ。秋の出で穂に東風吹くたびに黄金波うつ美しや」。（新撰生保内甚句）と言うのがあった。

進む研究

良質米生産のための水稻の生育診断と予測技術

宮川英雄・児玉 徹

(秋田県農業試験場)

Diagnosis and Forecast of Growth in Rice Plants

for Good Quality Rice Production

Hideo MIYAKAWA and Tooru KODAMA

Akita Agricultural Experiment Station, Akita 010-14

要約

うまい米の安定生産は地域別土壌条件と気象変動に対応しながら、目標収量に合わせた収量構成要素を生育時期別に、確実に確保しなければならない。しかし、水稻の生育・収量に關与する要因は気象、稻の生理、土壌などが複雑にからみ合っているため、単一要因による生育予測や生育・栄養診断は精度が十分でない。そこで、農家が簡単に、しかも出来るだけ正確に行えることを目的として、草丈、莖数の生育データと気象要因を組み合わせた生育予測と生育診断技術を一部、確立した。

キーワード：水稻，生育診断，生育予測

Keywords: Rice Plants, Diagnosis of Growth, Forecast of Growth

1. はじめに

時々刻々と変化する気象環境条件のなかで、的確に水稻の生育を予測し、さらに生育診断を可能にするシステムを開発し、良質米の安定生産に寄与することを目的として秋田県では1990年から水稻の生育診断システムの開発事業に取り組んでいる。本事業は1994年のシステム完成を目標に行政・普及・試験研究がプロジェクト・チームを結成し現在、開発進行中である。生育診断システムの概要は図1のとおりである。発育ステージ予測システムについては川方ら(1989)の方法により発育指数による予測システムを構築中であり、宮川ら(1991, 1992)が報告している。栄養診断システムは長野間ら(1989)、金田ら(1989)の考え方にに基づきシステムを構築し、パソコン用の試作プログラムの精度向上を図っている。ここでは生育診断システムおよび生育・収量予測システムのうち草丈・莖数の逐次予測について述べる。あわせて生育診断の考え方および草丈・莖数の逐次予測の考え方とその利用場面について述べる。

水稻の生育診断システム

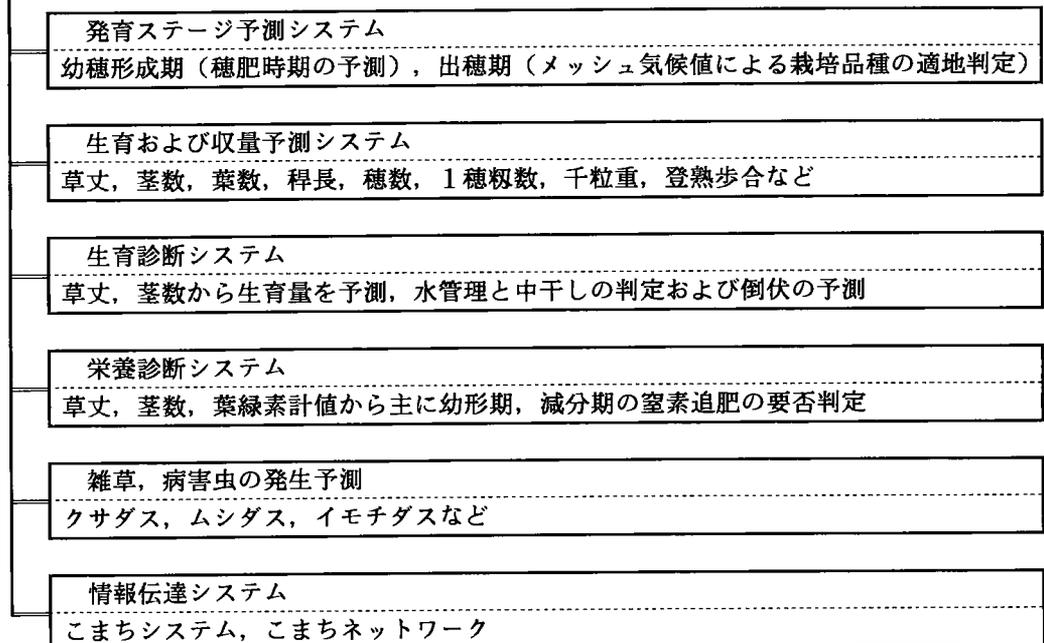


図1 水稻の生育診断システムの概要

2. 材料および方法

- 2.1 対象品種：あきたこまち
- 2.2 生育診断指標の策定

あきたこま치의目標収量水準を600kg～630kg/10aに設定し、目標収量達成のための収量構成要素の目標値と収量構成要素を得るための時期別理想生育の値をつぎのデータに基づき策定した。

- 2.2.1 1985年から1990年までのあきたこま치의秋田農試で実施した栽培試験データ。
- 2.2.2 県内12農業改良普及所的水稻生育定点調査データ。

- 2.3 生育予測式の作成

1985年から1991年までのあきたこま치의作況試験データと当該年の秋田の気象データ（平均気温、最高気温、最低気温、日照時間）を用い、目的変数を草丈・莖数とし、重回帰分析により予測式を決定した。

3. 生育診断について

- 3.1 生育診断の考え方

水稻の生育診断とは草丈と莖数など、水稻の形態的な情報を把握し客観的に判断する技術であり、

診断結果に基づききめ細かな技術対応が可能になり、生育を理想に近づけるようにコントロールすることである。草丈は稈長と倒伏の予測、茎数は穂数の予測、生育量（草丈×茎数）は倒伏や全重を予測し、理想生育と比較して生育を診断しようとするものである。生育診断を実施する時期は有効茎決定期、最高分けつ期および幼穂形成期である。

3.2 生育診断指標

あきたこまちの目標収量水準を600kg～630kg/10aに設定し、収量達成のための収量構成要素の目標値を表1に、収量構成要素達成のための時期別理想生育・形態の目標値を表2に示した。あきたこまちの目標収量が600kg～630kg/10aの場合、各生育時期の主な目標生育・形態は最高分けつ期の茎数600～650本/m²、成熟期の穂数450～480本/m²、幼穂形成期の草丈60cm、倒伏限界の稈長80cmであった。

表1 目標収量と収量構成要素および諸形質

品 種 名	あきたこまち
収 量 水 準 (kg/10a)	600～630
最 高 茎 数 (本/m ²)	600～650
幼穂形成期の草丈 (cm)	60
成 熟 期 の 稈 長 (cm)	78～80
有 効 茎 歩 合 (%)	70～80
穂 長 (本/m ²)	450～480
一穂当たり粒数	70～75
m ² 当たり全粒数	33千～36千
登 熟 歩 合 (%)	85～90
玄 米 千 粒 重 (g)	21～21.5
栽 植 密 度 (株/m ²)	23～25

表2 時期別理想生育量（暫定案）

生育量	時期別	分けつ期	分けつ盛期	有効茎決定期	最高分けつ期	幼穂形成期	減分裂期	出穂期	出穂後日
		6/10	6/20	6/28	7/5	7/15	7/25	8/5	8/25
草 丈 (cm)	理想	23	28	38	48	60	65	80	87
	下限	20	25	35	45	55	60	75	85
	上限	25	30	40	52	65	70	85	90
茎 数 (本/m ²)	理想	120	220	430	650	600	530	450	450
	下限	100	200	400	600	550	500	430	430
	上限	150	300	450	680	640	550	480	480
葉 数	6	7.5 ～8	8.5 ～9	10	11 ～11.5	12.5 ～13	—	—	—
葉 緑 素 計 値	理想	38	45	46	46	40	38	43	39
	下限	35	42	43	44	38	35	40	38
	上限	42	48	49	48	42	40	45	42
生育量 (×10 ⁴)	理想	0.3	0.7	1.6	3.2	3.6	3.4	—	—
	下限	0.2	0.5	1.4	3.7	3.0	3.0	—	—
	上限	0.4	0.9	1.8	3.5	4.2	3.8	—	—

(注) *は草丈×茎数

3.3 有効茎決定期の生育診断

有効茎決定期は9葉期に当たり、地域によって異なるが6月25日～28日頃になる。この時期の理想の草丈は38cm、茎数は430本～450本/m²、生育量は1.6～10⁴である。これを基にして図2に示したとおり生育量別にI型～VI型までの生育型を設定し、生育診断を行う。具体的な対策としては表3に示したが、中干しの時期と強さで生育をコントロールする。

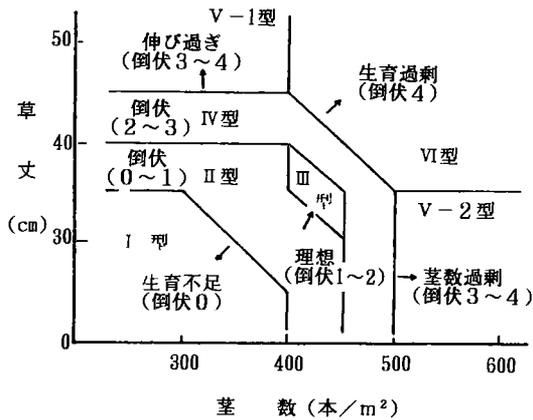


図2 有効茎決定期の生育量による生育診断指標図

表3 有効茎決定期の中干しの判定と水管理等の対策

生育型	水管理等の対策
I 型	生育促進, 通常の間断かんがい
II 型	有効茎を確保してから中干し
III 型	通常の中干しを実施する
IV 型	直ちに中干しを実施する
V-1 型	直ちに強めの中干しを実施する
V-2 型	直ちに強めの中干しを実施する
VI 型	直ちに強めの中干しを実施する

3.4 最高分けつ期間の生育診断

最高分けつ期は10葉期に当たり, 7月1日~5日頃である。理想の草丈は48cm, 茎数は600本~650本/m², 生育量は 3.2×10^4 である。これを基にして図3に示したとおり生育量別にI型~VI型までの生育型を設定し, 生育診断を行う。具体的な対策としては表4に示したが, 中干しと水管理で茎の充実を図る。生育过剩 (IV型) が予想される場合には, やむをえない手段として倒伏軽減剤などの生育調節剤を使用する。

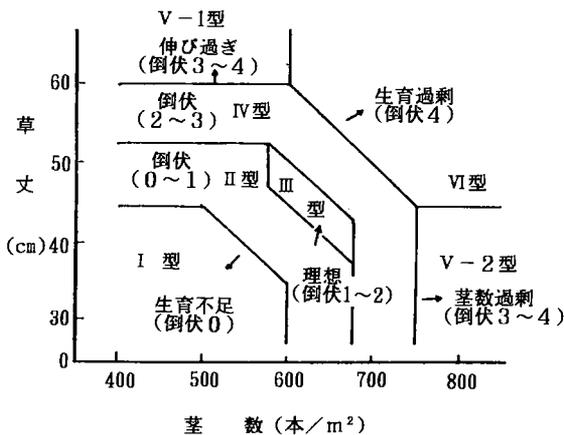


図3 最高分けつ期の生育量による生育診断指標図

表4 最高分けつ期の水管理等の判断と生育調節等の対策

生育型	水管理等の対策
I 型	生育促進, 通常の間断かんがい
II 型	通常の間断かんがい
III 型	通常の間断かんがい
IV 型	中干しを継続
V-1 型	強めの中干しを継続
V-2 型	強めの中干しを継続
VI 型	生育調節剤を考慮する

3.5 幼穂形成期の生育診断

幼穂形成期は幼穂長が2mm, 葉齢が11葉時期に相当し, 7月10日~15日頃である。この時期の生育は茎の減少, 葉色の低下, 倒伏の判断, 1穂粒数の減少, 出穂期以降の登熟度の向上等多くの要素を考慮しなければならず, 生育期間中最も重要な時期にあたる。生育診断では倒伏予測が重要と

なり、草丈は60cm、莖数は600本/m²、生育量は3.6×10⁴で、これ以上の場合には倒伏が著しくなる。これを基にして図4に示した生育量別にI型～VI型までの生育型を設定し、生育診断を行う。具体的な対策としては表5に示し、窒素追肥の時期と量の判定基準を定めた。

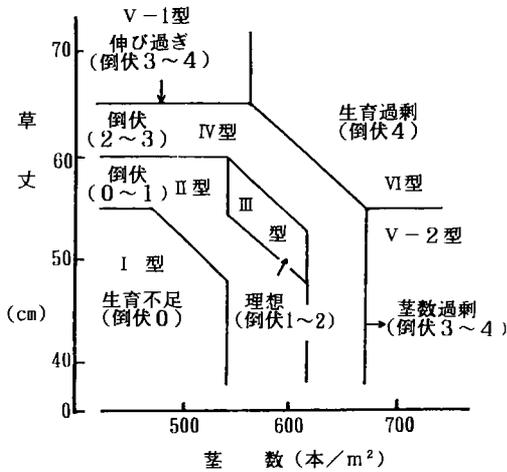


表5 幼穂形成期の生育診断による追肥の判定

生育型	窒素追肥 (kg/10a)		
	穂首分化期	幼穂形成期	減数分裂期
I 型	ムラ直し	2 kg	2 kg
II 型	なし	2 kg	2 kg
III 型	なし	ムラ直し 1 kg	2 kg
IV 型	なし	なし	2 kg
V-1型	なし	なし	ムラ直し 1 kg
V-2型	なし	なし	ムラ直し 1 kg
VI 型	なし	なし	なし

図4 幼穂形成期の生育量による生育診断指標図

4. 生育の逐次予測について

4.1 生育の逐次予測の考え方

生育の逐次予測の模式図を図5に示した。逐次予測とは現時点の生育のデータを基に、次期ステージの生育を予測するものである。予測開始時期をStage. Bとした場合、予測式の目的変数は次ステージ (Stage. C) の草丈・莖数、さらにはその次のStage. Dの草丈・莖数である。説明変数にはStage. Bの残存土壌窒素量 (X_1)、草丈 (X_2)、莖数 (X_3)、葉数 (X_4) を実測値として与え、Stage. BからStage. C (またはStage. D) までの気象要素の合計あるいは移植期 (Stage. A) からStage. C (またはStage. D) までの気象要素の合計を推定値として与える。予測開始時期は分けつ始期 (6/10)、分けつ中期 (6/8)、有効莖決定期 (6/25) および最高分けつ期 (7/5) である。また、予測しようとする生育時期は有効莖決定期、最高分けつ期および幼穂形成期 (7/15) である。

4.2 時期別生育の予測式と予測結果

時期別生育の予測式の例と1992年の予測結果を表6に示した。概ね、予測値と実測値の差が小さく予測精度は高かった。しかし、有効莖決定期から幼穂形成期の生育を予測した場合、莖数の予測値と実測値の差が大きく、説明変数の見直しと予測式の再構築が必要と考えられた。

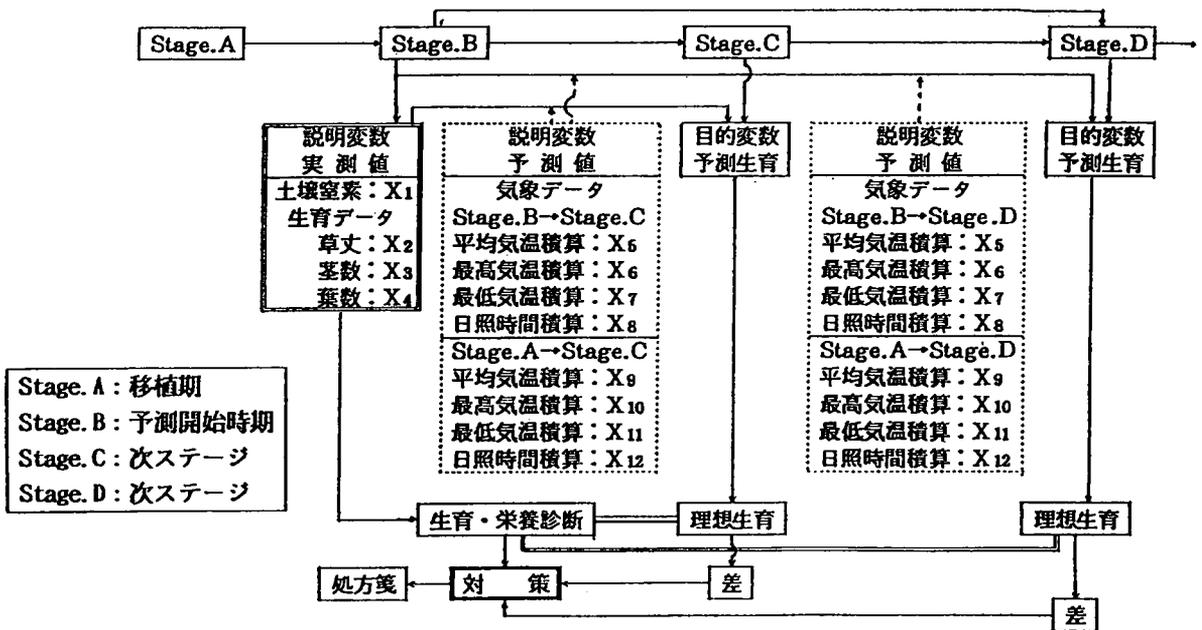


図5 生育の逐次予測の模式図

表6 時期別生育の逐次予測式の例と1992年の予測結果

予測開始時期	予測生育時期	予測項目と予測式の例	重相関係数	予測値	実測値	予測値 / 実測値
6月10日 分けつ始期	6月25日 有効茎決定期	草丈: $Y=0.6516X_2+0.2296X_5-45.41$	0.977	35.3	35.4	100%
		茎数: $Y=1.08X_3-2.959X_4+1291.1$	0.972	479	476	101
6月18日 分けつ中期	6月25日 有効茎決定期	草丈: $Y=-1.583X_1+0.4929X_2+0.3287X_7-6.629$	0.999	36.6	35.4	103
		茎数: $Y=X_3+1.667X_4+40.52$	0.973	453	476	95
6月25日 有効茎決定期	7月5日 最高分けつ期	草丈: $Y=1.29X_2+0.1035X_5-4.805$	0.975	49.3	47.3	104
	7月15日 幼穂形成期	茎数: $Y=X_3-1.605X_4+1567.9$	0.965	612	595	103
7月5日 最高分けつ期	7月15日 幼穂形成期	草丈: $Y=2.231X_1+1.013X_2+5.449X_4-39.09$	0.997	52.3	54.2	96
		茎数: $Y=-15.64X_2+142.4X_4-1.078X_8-52.81$	0.998	476	585	81
7月5日 最高分けつ期	7月15日 幼穂形成期	草丈: $Y=0.4158X_2+0.2953X_7-14.09$	0.977	58.6	54.2	108
		茎数: $Y=26.39X_1+0.9384X_3-2.165X_7+390.2$	0.995	585	585	100

注. *, *はそれぞれ5%, 1%水準で有意であることを示す。

4.3 生育の逐次予測の利用場面

生育の逐次予測とは現在の生育状況から、一つ先のステージあるいは2つ先のステージの生育を早めに予測することである。したがって、生育診断と組み合わせることにより、時期別の理想生育と予測される生育の差を前もって情報として得ることができるので、事前に水管理あるいは肥培管理など適切な対策を講ずることが可能になる。

5. 今後の課題

5. 1 生育診断指標は地域、土壌タイプによって多少異なるので、県内12農業改良普及所のシステム基準圃ごとに設けることが望ましく、今後、各農業改良普及所で実施している生育診断システム基準圃のデータで指標作成を予定している。

5. 2 生育予測式は秋田市における中苗あきたこまちを対象に作成したので、適用はこの範囲にとどまる。したがって、この予測式だけで全県を網羅することは困難であると考えられる。現場で利用する場合には地域性を考慮した予測式の作成が必要となる。そのためには、各農業改良普及所で実施している生育診断システム基準圃のデータや生育定点のデータを活用し、新たに予測式を構築することが望まれる。

5. 3 逐次予測は定期調査時の草丈、莖数などのデータを実測値として与え、気象データを推定値として、以後の生育の予測を行う結果、生育が大幅に進んだ場合、逆に大幅に遅れた場合には予測精度が低下することが考えられる。したがって、今後はこれらの問題を解決する必要がある。

6. 参考文献

金田吉弘・長野間宏・児玉 徹, 1989: 輪換水田における土壌窒素の無機化予測を組み入れた水稻生育栄養診断システム 第2報 診断プログラムによる栽培実証試験. 東北農業研究, 42, 89-90.

川方俊和・岡田益己, 1989: 発育指数を用いた水稻の幼穂形成始期と出穂期の推定. 農業気象, 45(3), 137-142.

宮川英雄・児玉 徹・矢島正晴, 1991: 良質米生産のための水稻の生育診断と予測技術 第1報 発育指数による水稻の発育ステージ予測, 東北農業研究, 44, 33-34.

宮川英雄・児玉 徹・矢島正晴, 1992: 良質米生産のための水稻の生育診断と予測技術 第2報 発育ステージ予測による「あきたこまち」の作期策定, 東北農業研究, 45, 49-50.

長野間宏・金田吉弘・児玉 徹, 1989: 輪換水田における土壌窒素無機化予測を組み入れた水稻生育栄養診断システム 第1報 診断プログラムの開発. 東北農業研究, 42, 87-88.



東北風土記

日本一の多いくに

工藤敏雄

岩手大学農学部

昭和26年の秋、私の所属する職場の東北地方研究会が上ノ山で開催されたことがあった。夜の懇親会は現在のように酒の豊富な時代ではなかったので、ほどなくごはんが出された。そのごはんの美味しかったこと。美味しいとほめるとすかさず地元の職員はお米のPRをする。もちろん庄内米だが、まだ増産一途の時代に「うまい米」についてのPRはさすが山形県だけのことがあるわいと思った。まさにうまい米推進の先進地は山形県なのである。

山形県はそのほぼ中央部を、出羽丘陵と越後山脈が南北に連なり、内陸と庄内に二分している。このような地理的環境を背景に、気候的にも庄内は日本海の影響を受け、夏は降雨量多く、多照の海洋性気候。冬は季節風が強く、降り積った雪が下から舞い上がってくるほど。一方、内陸地方は盆地気候で、気象の変化が激しい。このため、農作物も庄内の方が全国的に知られた庄内米の単作地帯であるのに対し、内陸地方は米作、果樹、野菜と多様化している。

米作中心の庄内地方では、極端に言えば春に田植えをし、秋に収穫をすると一年の仕事は終わる。ところが内陸では、田植えのあとはサクランボを取り入れ、冬は温室栽培の仕事と一年中働きづくめだ。この農作業形態の是非はともかく、この環境から生れたものが忍耐強さや粘りだといわれている。

さて、これは米沢盆地の晩秋の話題だが、小春日和の快晴、無風のある日、眞綿を引き伸ばしたような白い糸が青空を飛ぶ現象がみられるという。正体はクモの糸で、これがみられると雪が近いことから、「雪迎え」と呼んでいるが、感覚的には北海道にもいる雪虫と同じであろう。

晩秋の暖かさにさそわれて、枯草や小枝のさきにのぼった小グモが、しりを上に向けて糸を伸ばす。2～3メートル伸びたところで、ぱっと脚を離すと、わずかな上昇気流に乗って空の彼方へ飛んで行く。上昇気流が強いとグライダーのように大空を飛行し、ときにはジェット気流に乗って太平洋を渡るものもあると聞く。誠に勇壮な話である。

ところでこちらは最上川船唄の一節に、「やませ風だよあきらめじゃんせ、おれをうらむな風うらめ」とある。これは太平洋の冷害をもたらす「やませ」とはちがい、山からふきおいてくる風で、いわゆる東寄りの強風で、漁船がひっくりかえる場合もある。ともあれ、古い民謡の中に歌い込んでいるところからみても、農業、漁業などの人間の生産活動にねぎした「やませの名称」は、こちらが先輩と考えるのが自然であろう。

さて話をさきにもどそう。庄内米のおいしさをかみしめてから43年になるが、一貫して山形勢の食べ物のご自慢を聞いてきた。

山形県の人達は、なぜか食べ物「おらが国が一番」という自信をもっている。山形県にはそのような伝統的な風土の特性があるようだ。

江戸初期の1629年に上山に流された高僧沢庵禪師が、雪国の冬に副食物の少ないことから、野菜に塩を加えて保存したのがタクアンの始まりとか。従って上山はタクアン発祥の地といわれ、毎年秋に「全国沢庵まつり」が行われている。そして食べ物ではないが、「全国案山子大会」の行われるのもこの上山の特徴。いずれ漬物では青菜（せいさい）、果物のサクランボ、里芋、米沢牛に紅花と、いずれも東北一、いや全国に名のとおっているものが多い。

これらの産物を今日あらしめたのは、その県民性にあり、粘り強くて抒情性豊かな内陸、そして開放的で商売巧みな庄内の気質にあるとしているが、それもしだいにカクテル化されつつある。今後そのテンポは益々速くなり、“新気質”が生まれ、産業にも庄内サクランボが生まれるようになるのではなかろうか。



湿度を測るには

濱 寄 孝 弘

(東北農業試験場)

はじめに

湿度は、気象要因の中でも測定が難しいものの一つである。実際の気象観測でも、測定機器の取り扱いやメンテナンスが繁雑であるためか、温度や日射などの他の気象要因に比べ、測定項目から外されることが多い。しかし、湿度は、熱の輸送や霧の発生、結露などの現象を解析する際、または、蒸発散や水収支を通して作物の生育を解析する際には、測らなくてはならない気象要因の一つである。今回は、農業気象分野でよく使われる湿度計について、測定原理と取扱上の留意点について述べる。

1. 「湿度」の表し方

湿度は、空気中に含まれる水蒸気の量を表す値で、様々な表現方法がある。以下に、主なものを挙げる。

(1) 水蒸気圧

大気圧のうち、水蒸気分圧。単位はmmHg, Pa, mbなど。

(2) 相対湿度

ある空気中の水蒸気圧 e と、その空気と同じ温度の飽和水蒸気圧（その温度の空気が含み得る最大の水蒸気圧） e_s との比： $e/e_s \times 100$ 。単位は%。一般に「湿度」という場合、相対湿度を指すことが多い。

(3) 絶対湿度

水蒸気を含んだ空気（湿り空気） 1m^3 中に含まれる水蒸気の質量。単位は g/m^3 など。工学系では「水蒸気密度」と呼ばれるので注意が必要。工学系の絶対湿度は、湿り空気のうち、乾き空気 1kg に対する水蒸気の質量を指し、この数値は気象学では「混合比」と呼ばれる。「比湿」は混合比と違い、湿り空気 1kg 当たりなので注意が必要。

(4) 飽差

上記 e_s と e との差（ $e_s - e$ ）。水面や土壌面、植物体表面からの蒸発散量を説明あるいは計算するときによく用いられる。単位は水蒸気圧と同じ。

(5) 露点温度

湿り空気の温度を低下させたとき、水蒸気が凝結を始める温度。単位は $^{\circ}\text{C}$ 。

これら湿度諸量を求める計算式は岡田（1985）や「農業気象の測器と測定法」（1988）に、良くまとめられている。

2. 湿度計の種類と測定原理

湿度計は多種多様であり、測定原理も様々である。その内、良く使われる湿度計いくつかについて、測定原理と特性を述べる。

(1) 乾湿球式

温度計の感温部を薄い水膜で覆い、水の蒸発によって冷却した結果得られた温度、すなわち湿球温度と、乾球温度（気温）を測定し、二つの温度から湿度を求める測定法。強制通風する方法と、無通風の場合があり、通風した方が精度が高い。直読式としては、水銀温度計に通風用のファンを取り付けたアスマン乾湿計が代表的である。アスマン乾湿計は、手軽な割に精度が比較的高い（気温0℃以上において±2%）ので、広く用いられており、他の湿度計の校正をするときの標準に使われることも多い。熱電対やサーミスタ、白金抵抗測温体など電気式温度計を用いた乾湿計は、遠隔測定や自記録が可能であり、連続測定に使われる。

(2) 毛髪湿度計

毛髪の、相対湿度によって伸縮する性質を利用した湿度計。電源不用で自記式（1日～1週間）のため、古くから良く使われている。しかし、精度が低く、狂いを生じ易いので、時々検定しなければならない。毛髪以外の素材を使った、同様な湿度計もある。

(3) 塩化リチウム露点湿度計

測温体をガラスウールなど絶縁性の資材で覆い、その表面に電極線（金線あるいは金メッキ銀線）を巻き、さらに塩化リチウム溶液を塗布したもの。商品名の「デューセル（Dew-cell）」で呼ばれることもある。電極線に交流を流してセンサを加熱すると、塗布した溶液の水分が温度上昇に伴って蒸発し、電気抵抗が増すため徐々に加熱し難くなり、塩化リチウム溶液の露点温度（溶液からの蒸発と、溶液への凝結が釣り合う温度）まで達したところで平衡状態となる。この塩化リチウム溶液の露点温度から空気露点温度を求める。測定原理上、測定可能域は、相対湿度およそ20%以上であり、測定精度は±1℃以内と言われる。なお、塩化リチウム露点湿度計は露点温度しか測定しないので、相対湿度を測るには気温を別に測定しておかなければならない。

(4) 静電容量・電気抵抗・インピーダンス式

湿度によって静電容量や電気抵抗、インピーダンスが変化する物質を利用した湿度計。様々な素材を用いたセンサがあり、現在でも新しいものが開発されている。センサを小型化でき、また面倒な保守作業をあまり必要としない。

1) 高分子膜センサ

「静電容量式」としてごく一般に見られる湿度センサ。二つの電極の間に有機高分子膜をはり、電極間の静電容量から相対湿度を求める。測定範囲は-40～80℃、相対湿度0～100%、精度±3%、時定数10秒、ヒステリシス（加湿過程と減湿過程での測定値のずれ）は2%程度以下である。

2) セラミックセンサ

多孔質セラミックの抵抗値が、セラミックの細孔壁に吸着した水分子の量に依存することを利用して、相対湿度を求める。汚れや結露に弱いので、自己加熱によるクリーニングや特殊なガラス層で

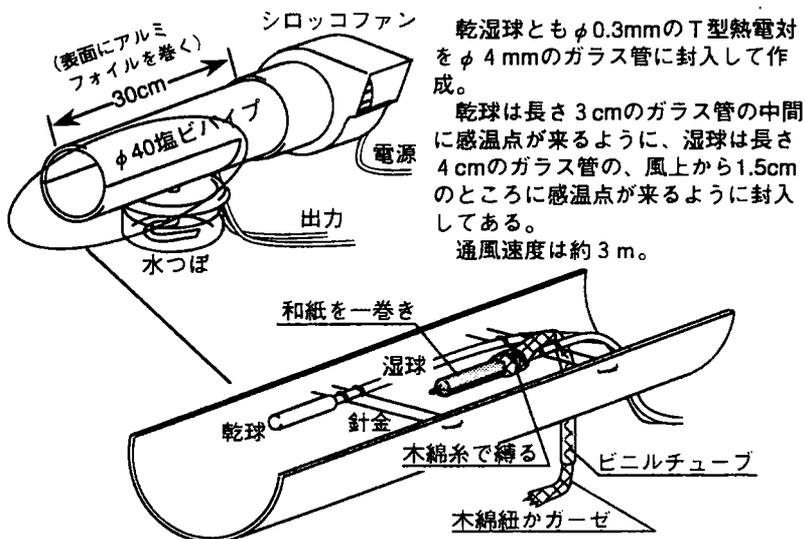
細孔壁を覆うなどの対策が講じられている。測定範囲は0～60℃，相対湿度15～95%，精度±3%，時定数20秒であり，ヒステリシスは小さい。

直読の乾湿計と毛髪湿度計を除き，以上に述べた湿度計はすべて測定に電気計測式の記録計が必要である。

3. 湿度計利用上の留意点

上に挙げた湿度計の精度は，検定用の装置内の静穏な環境下での値であり，変動がはげしい屋外での精度を必ずしも保証していない。特に日射が当たると測器が加熱し，大きな誤差が生じるので，放射よけと換気は必須で，場合によっては強制通風を行う必要がある。また，ほこりによる「汚れ」や，特に乾湿球式以外の湿度計は，結露や雨に濡れると乾いた後でも狂いが生じることがあり，十分注意しなければならない。

乾湿球計の精度は，いかに湿球表面全体に水膜を作り，速やかに蒸散させて湿球を冷却するかによって決る。筆者は，図のような通風乾湿計を自作し，ごく普通の気象条件下ではアスマン乾湿計を基準として±0.15℃の満足な結果を得ている。湿球は薄い和紙やガーゼで全体をまんべんなく覆うが，その際，厚くすると水の移動や伝熱を妨げることになるので，二重に被覆しないよう注意する。しかし，湿度が極端に低い場合は，被覆があまり薄いと水の供給が追いつかず，湿球温度が測定できなくなるので，調整が難しい。また，水つぼから湿球までの間のロスを少なくし，なるべく湿球の高さと水面の高さに差がつかないような工夫も必要だろう。湿球の大きさにもよるが，湿度を求める計算式が適用できるような湿球温度を得るには，通風速度は最低でも2.5m/sが必要とされ，3m/s以上が望ましい。通風式の乾湿計は，湿球表面が非常に汚れやすく，蒸散が阻害されて精度を落すので，週一回程度はガーゼや和紙を交換する。



乾湿球ともφ0.3mmのT型熱電対をφ4mmのガラス管に封入して作成。

乾球は長さ3cmのガラス管の中間に感温点が来るように、湿球は長さ4cmのガラス管の、風上から1.5cmのところの感温点が来るように封入してある。

通風速度は約3m。

図 通風乾湿計作成例

塩化リチウム式露点計は、加熱しながら測定しているため、センサを通風すると露点温度が実際より低く出るので、注意が必要である。気象庁の観測指針では、通風速度を約 15cm/sと決めている。また、測器のメンテナンスとして、同指針は、最低1カ月に1回、塩化リチウム溶液を塗りなおすこととしている。

静電容量式センサなどは、ほこり避けや機械的な保護のため、通気性のケースに入れてあるのが一般的であるが、このケースが換気・通風を妨げ、時間遅れや誤差を生むことがある。また、これら電子式の小型センサは、乾湿計や毛髪湿度計と違い、メンテナンスの必要がないが、逆に、校正しなおし程度ですまないような大きな狂いが生じた時には、新しいものと交換する以外にない。最近では一個数千円の使い捨て可能なものも出てきている。

以上、思い付くままに幾つかの湿度計について述べてきたが、この中で最も使いやすく、様々な条件下でも信頼がおけるのは、やはりアスマン通風乾湿計だろう。その他の測器を使う場合は、使用前に実際に測るのとできるだけ近い条件で、アスマン乾湿計との差をチェックしておくとういだろう。

引用及び参考文献

磯部誠之，1982：湿度の測定法．農業気象，38(2)，189-191．

気象庁，1993：地上気象観測指針．日本気象協会

日本農業気象学会関東支部，1988：農業気象の測器と測定法．農業技術協会

岡田益己，1985：湿度および関係諸量の計算法．農業気象，40(4)，407-409．

大政謙次，1986：湿度センサとトレーサビリティ．農業気象，42(2)，149-151．

実証93冷害

海洋性寒冷気流（ヤマセ）の特性と冷害地域の関係

弘前大学農学部

ト 蔵 健 治

1 ヤマセの正体

ヤマセはオホーツク海高気圧から吹き出す冷湿な偏東風であり、初夏の親潮海域で形成される冷氣団で、この冷氣団から吹き出す気流であるとするれば、厚さは1km、水平方向には1,000kmの規模となる。冷湿な気流の厚さが1kmであり、地表近く（大気下層）の流れ（現象）にとらえると、地形の影響を受け易いことと、地面からの熱の影響を受け易く、日変化があることになる。この点がヤマセがローカル（局地的）なものとして考えられる原因であろう。以上のことからヤマセを要約すると、

- 1) ヤマセは夏になると毎年、東北地方の太平洋側で吹く。
- 2) 1500m級の山塊が連なる奥羽山系の風下側にあたる日本海側には影響が及ぶことは少ない。
- 3) ヤマセによる冷害が生じたりそうでなかったりするのには、ヤマセの発生時期、持続期間と水稻の生育時期の組み合わせによる。

と言えよう。

これらの項目は多くの冷害年に実証されており、1)については東北地方の太平洋側では、ヤマセ常襲地帯＝冷害常襲地帯と呼ばれる地帯がある。

2)は緯度が同じでも太平洋側では大被害を受けるが、日本海側の被害は軽症で、江戸時代の昔から「米どころ」として知られている。

1), 2), を東北地方の冷害年の県別作況指数で示すと図-1のようである。太平洋側と日本海側の差は東北地方北部三県において特に顕著であり、ほぼ同緯度に位置する岩手、秋田両県の作況指数

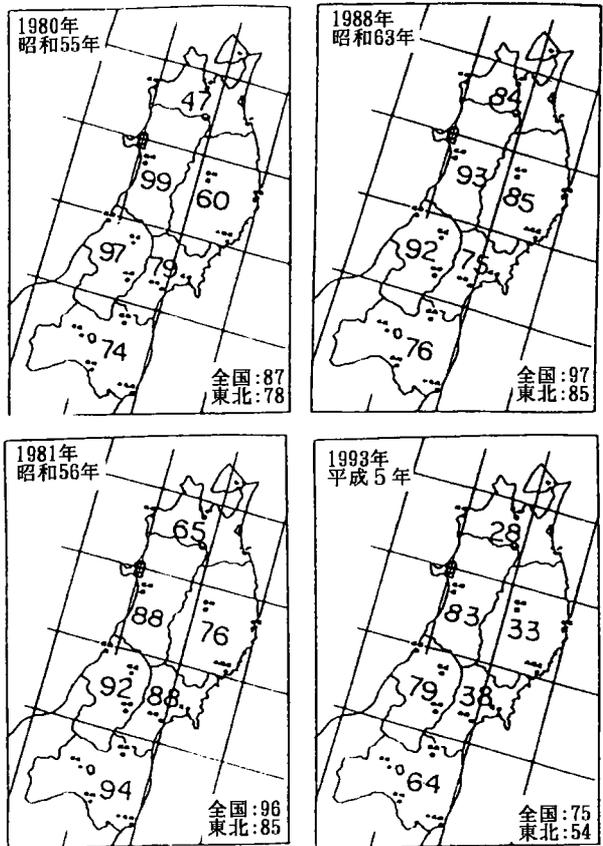


図-1 冷害年の水稻の作況指数

でそれを見ることが出来る。青森県でも太平洋側の三八上北地方と津軽地方でも作況が大きく異なるがこの点についての詳細は後述する。

同じ太平洋側の各県についてヤマセの影響を見ると高緯度に位置するほどその影響は大きいと言えるが、東北地方南部は低温による直接の影響は北部ほどではない。しかし、オホーツク海高気団と南からの気団の境に形成される前線（梅雨前線）の影響による悪天候によるイモチ病の多発による減収が加わる。

日本海側は太平洋から吹きつけるヤマセが背りょう山脈でせき止められてその影響が少なく江戸時代から「米どころ」として知られており、津軽、秋田、庄内平野などが安定した米作地帯と言えよう。青森、秋田の両県は水田が標高200m以上に分布することが少ないのに対し、同じ日本海側でも山形県では水田が中山間地にまで分布しており低温の影響は複雑である。3)は冷害のタイプに遅延型と障害型があることで理解されよう。

3)についてはヤマセの主因がオホーツク海高気圧の出現であるとするなら日本付近の夏の気候としてはかなり一般的な現象と言えよう。冷害は主として低温の継続によるもので、冷害年には低温が2カ月近くも継続する。

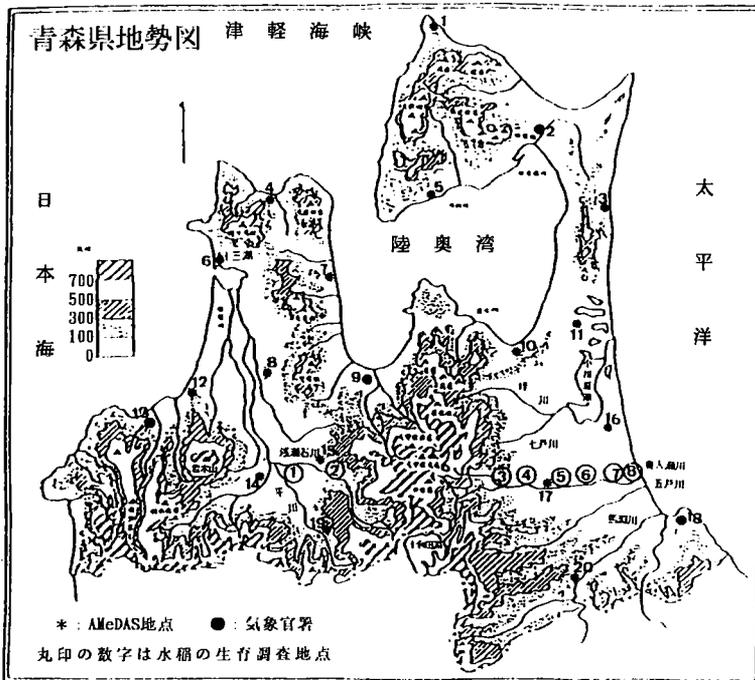


図-2 青森県の地形の概略と観測地点

番号	地名	番号	地名	番号	地名	番号	地名
1	大間	6	市浦	11	六ヶ所	16	三沢
2	むつ	7	蟹田	12	鯉ヶ沢	17	十和田
3	小田野沢	8	五所川原	13	深浦	18	八戸
4	今別	9	青森	14	弘前	19	碓ヶ関
5	脇野沢	10	野辺地	15	黒石	20	三戸

2 ヤマセによる水稻被害の実態 -青森県における1993年の冷害の地域差-

ヤマセの気象特性と冷害の関係を把握するには、ヤマセが水田地帯でどのように変化するかを理解する必要がある。ヤマセの影響が強い青森県において陸上を吹走する過程で各気象要素の変化について観測がなされている。図-2には青森県の地形の概略とAMeDASの観測点および1993年の水稻の生育調査がおこなわれた奥入瀬河流域の平野と津軽平野の各調査地点が示されている。これらの調査地帯は過去にもヤマセと冷害の関係を検討するための調査が行われている。図-2における①-⑧において6月12日から9月29日まで水稻の生育調査を行った(図-3)。これらの地点付近のAMeDASの気温の推移

を図-4に示す。①-⑧までの観測水田は国道102号線に沿っており、⑧、⑦、⑥、③は川口、染谷、上吉田、小沢口の近くであり⑤、④は十和田市郊外で市街地を挟んで④がヤマセの風上、⑤は風下位置している。

6月12日：青森県全域で田植え後約1カ月で活着の終わった頃である。

太平洋側では6月上旬に強いヤマセが吹き、日平均気温が10℃以下になった(図-4)。日平均気温が10℃以下と言うのはこの地域で田植え前の値であり、季節が1カ月も後戻りしたことになる。6月6日には八戸の日最高気温は9.4℃で約100年に一度と言うこの時期としては異常低温を記録している。この異常低温の出現は1993年の冷害の前兆と言え水稻の生育調査を行う直接の動機となった。

①地点は弘前市郊外で品種はツガルオトメで、周辺の水田より2週間遅れて5月下旬に田植えが行われており、草丈は24cmと短く、生育の遅れが目立つ。

②地点は黒石市郊外で国道102号線が八甲田山系にかかる手前で山沿いの水田であり、草丈は28cmで、この時点では生育が進んでいるとは言い難い。

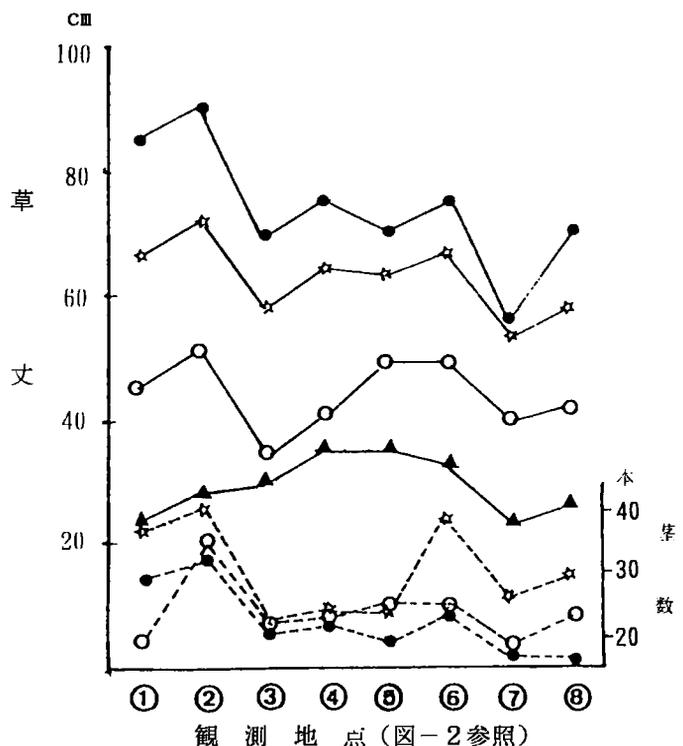


図-3 ヤマセが水稻の生育に及ぼす影響

▲：6月12日 ○：7月10日
☆：8月10日 ●：9月29日
9月の茎数は穂数

③地点は奥入瀬溪流が平坦地に出たところで、ここも山沿いの水田でヤマセが地形の影響を受け収斂し上空で雲厚が増し日射量が平野に較べて少なくなる地点である。

④⑤⑥地点は三本木平野の中央部で生育はこの時点では順調に進み、草丈は30cmを越えている。

⑦地点は海岸から約5km内陸で強いヤマセや海陸風の影響もあるが、水回りが遅く田植えも平野中央部に較べ10-15日は遅くなる地帯である。

⑧地点は海岸から数10mの水田でヤマセの影響が最も大きい地帯である。

②~⑧地点の品種はムツホマレである。

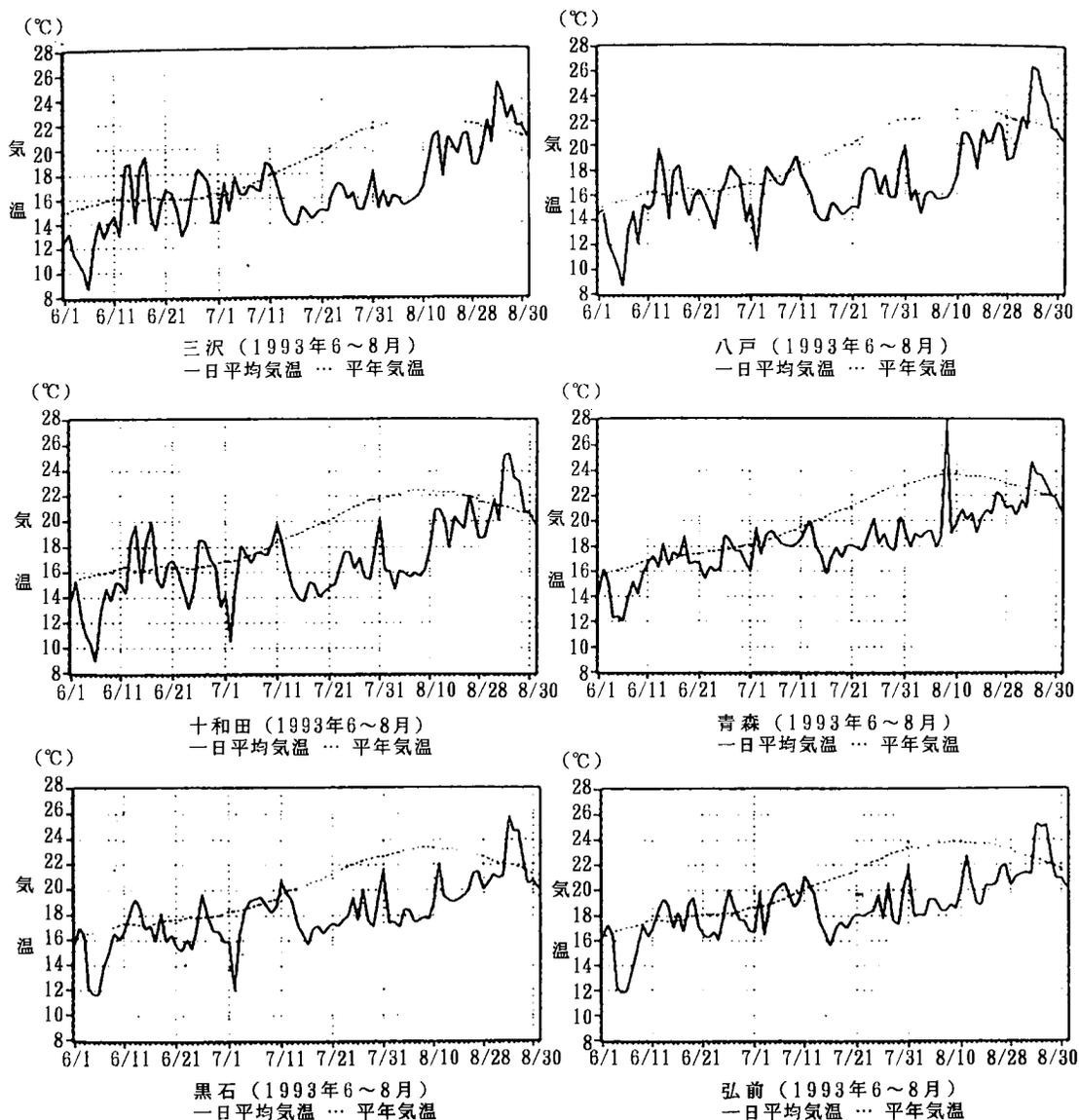


図-4 水稻の生育調査地点付近の気温の推移

7月10日：分けつ最盛期で7月に1，2日に強い低温があったが，その後は平年並みかやや高めで気温は推移している。草丈は50cmを越えるところもあるが，地点によっては低温の影響がかなり明確になっている。生育は2地点が草丈，分けつともに進んでいる。

8月10日：平年なら出穂期を迎える頃であるが，この年の冷害を決定づける低温が7月下旬から続いて観測地点全域で出穂は認められない（図-5）。各地点の稲を解体して幼穂，穂の原器を示したのが図-6である。

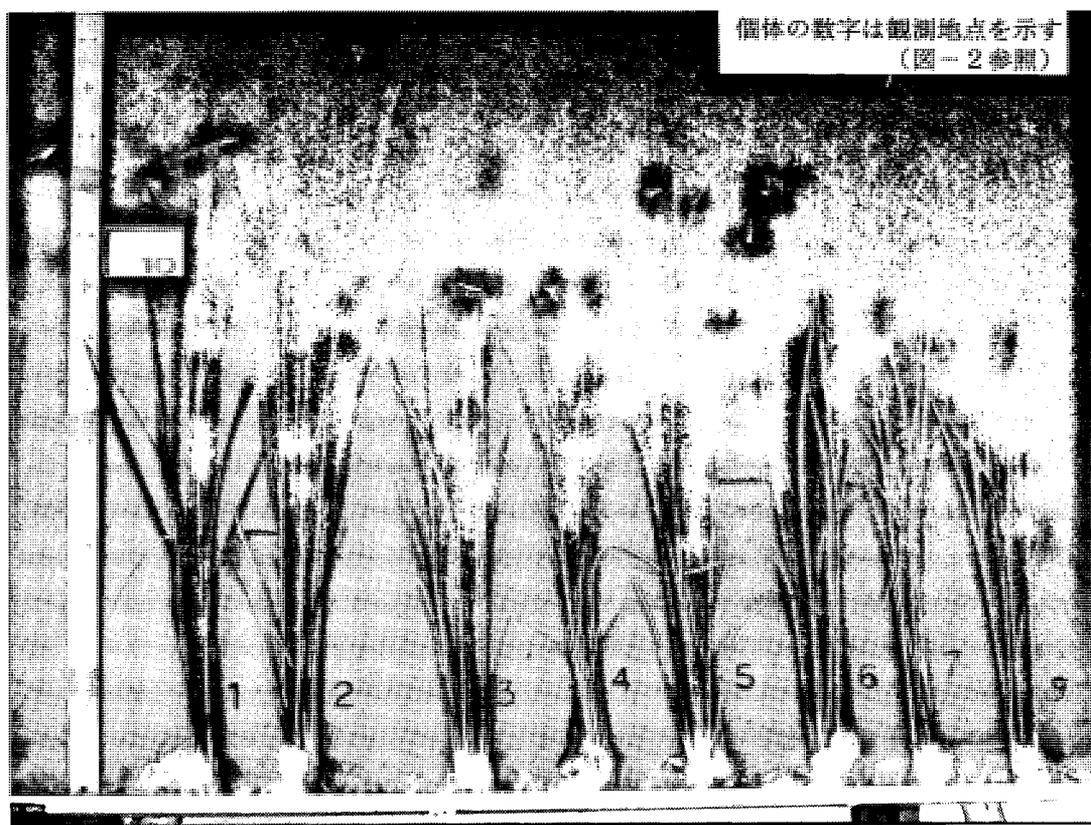


図-5 水稻の生育調査（1993年8月10日）

草丈は②地点が73cmと最も大きく穂の生長も進んでいる。ムツホマレで草丈が60cmに満たない③⑦⑧地点の稲体では幼穂は認められない。また、①のツガルオトメの草丈は67cmとかなりあるが肉眼で認められるような幼穂は育っていない。

図-5において全般に認められるカラーの位置（高さ）と図-6の幼穂分化の進み具合とはかなり良く対応しており、カラーの位置の高いものは幼穂が大きい。

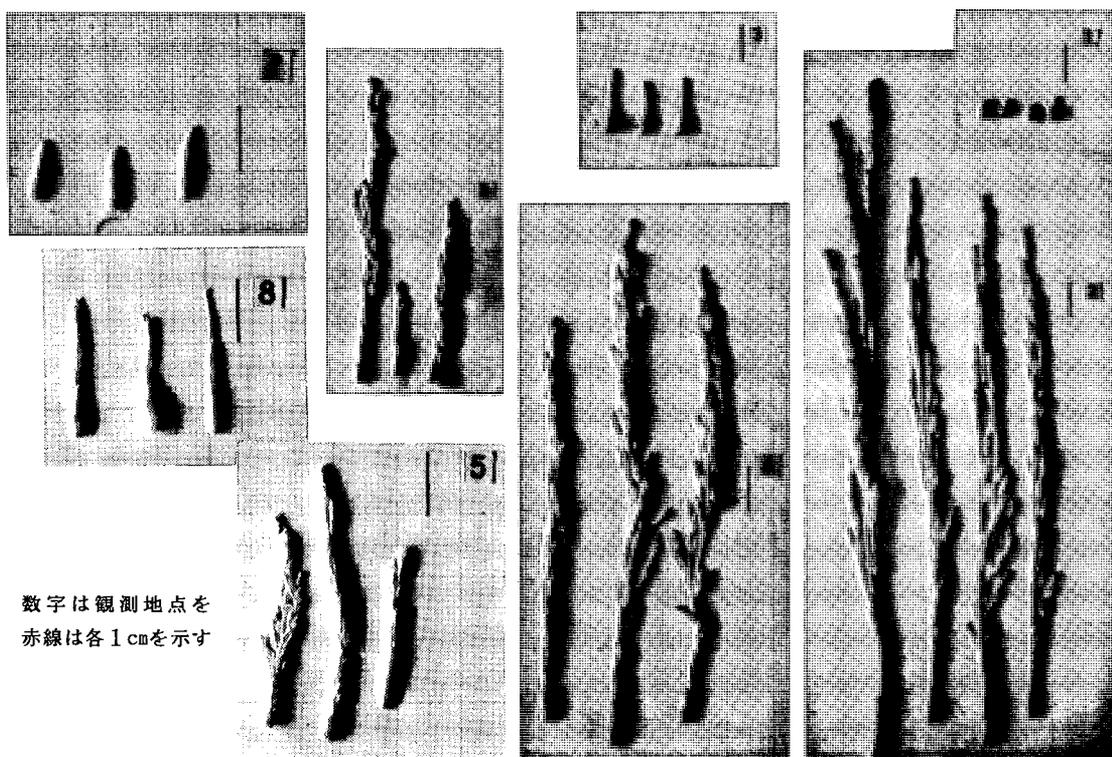


図-6 水稻の解体調査（8月10日）

いずれにしろ、平年ならこの時期は出穂、開花期であることを考えると生育の遅れは少ない地点でも5日間、多い地点では15日間以上の遅れと考えられ、①地点では田植え期の遅れがその後の生育の遅れにつながっていると言えよう。ヤマセの影響の強い⑦⑧地点では生育が劣るのに加え葉イモチの様相を呈している(図-5)。

9月29日：平年なら刈り取り期に入る時期であるが、どの地点でもそこまでは達していない(図-7)。②地点では穂、葉が黄色を呈し穂も垂れ下がっているものも見え刈り取り期に最も近いと言えよう。①地点のものは②地点に次いで草丈も大きく、穂、葉の色もかなり②地点の稲に近づき8月10日時点での生育の遅れをかなり挽回しているかに見えるが、垂れ下がった穂は見えない。

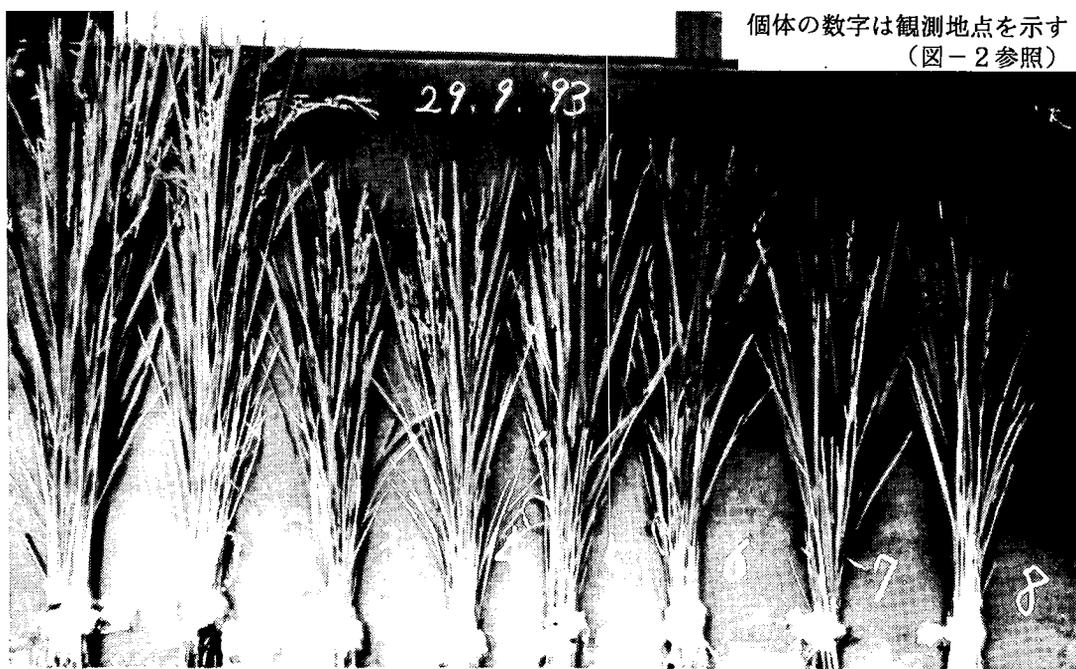


図-7 水稻の生育調査(9月29日)

③～⑧までの太平洋側の稲はほとんど緑色であり、葉イモチにより茶色がかっている葉があるほか、穂に菌核が認められるものも(③, ⑤)あった。平野中央部の④⑤⑥の穂数は20本前後と津軽地方のものに較べて10本近く少ない。さらに、⑦⑧の穂数は15本前後と少ない。津軽地方で8月15日前に出穂が認められた一部の地域を除いて、青森県全域で出穂は8月20日過ぎからで、太平洋側では9月に入ってから地域もあった。この時点で穂を調査した結果を表-1に示す。

③, ⑤地点は稔実歩合は0, ⑥, ⑦地点では5%以下で, ④, ⑧地点でも20%以下と太平洋側一帯で収穫が皆無に近いと考えられる。津軽地方(①, ②)では稔実歩合は60-80%あり, 収穫が半作以上確保できる見通しを示している。しかし, 津軽地方において作柄がこのように落ち込んだのは近年の冷害では見られないことである。この調査結果と青森県内の最終的な作況指数とは良く対応している(図-8)。稔実歩合と草丈の関係がかなり良く対応していると言うこと(図-9)は, 稔実歩合の低さそのものは障害型冷害を示すが草丈も低いと言う事は生育の遅れ(遅延型冷害)もあり, 青森県の太平洋側一帯では混合型の冷害であったと言えよう。

表-1 穂の調査

地点	1種重	穂数	稔実歩合
1	2.59g	121	62%
2	2.94	121	82
3	0.86	103	0
4	0.95	105	19
5	0.87	127	0
6	0.82	102	5
7	0.56	76	4
8	1.03	80	16

(1993年 9月29日)
地点番号は図-2参照

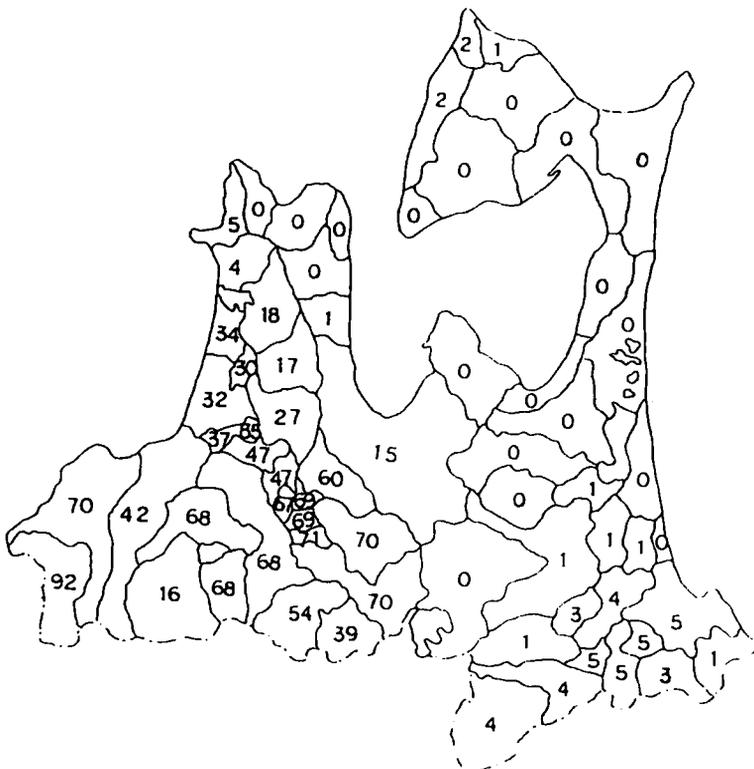


図-8 青森県の水稲の作況指数(1993年)

青森県内で水田が開けているのは標高100m以下の地帯であり、ここにAMeDASの観測点は20地点ある(図-2)。これらの観測点が属する市町村の水稻収量と7、8月の気温との関係を検討したのが図-11である。100kg/10a以上が確保されたのはいずれも津軽地方であり、300kg/10a以上の地域は八甲田山系の風下にあたり、作況指数が60を越える市町村である(図-10)。平年作なら青森県内の収量は550kg/10aを越えることを考えると1993年の冷害の被害がいかに大きかったかが理解されよう。1993年で東北地方の稲作に最も影響したとされる低温は7月下旬から8月上旬と考えられているが、図-10では収量が確保された地点に限れば7月下旬の低温と収量の関係はかなり明らかである。しかし、7月下旬に限るよりもそれ以前の低温も含めて7月中の気温の推移がこの年の収量を決定づけたと考えられる。8月の気温は収量確保の限界を示すものと考えられ、8月上旬の平均気温は18℃以上、8月中の平均気温としては20℃と言えよう。

400kg/10a以上の収量が確保された弘前、黒石では気温の値が低いにもかかわらずこうした高い収量をあげていることについては、日照時間など他の気象要素、土壌条件だけでなく栽培技術全般にわたり検討する必要もあろう。

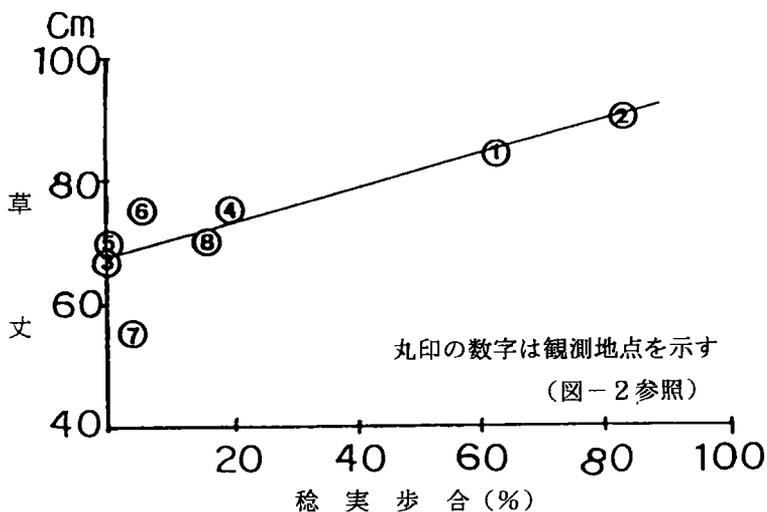


図-9 草丈と稔実歩合の関係

いずれにしろ、1993年の夏季の低温は青森県内の稲作に大きな被害をもたらしており、県内の半数近い市町村の作況指数が0ないし1ケタであり（図-10）、太平洋側においては沿岸部、内陸などの差はほとんど議論できない状態である。ただ、このような壊滅状態の内であっても六戸町では400kg/10aの収量を確保した農家もいることは記憶にとどめたい。

津軽地方では八甲田山系（標高1500m）によりヤマセが遮られた地帯の作況指数は60以上となったが、津軽半島の標高500mクラスの中山山脈の影響は小さく昭和55年の冷害より地形による差は少ない。

ヤマセが吹く時には奥羽山系の東側に南北に走る気温、日照等の偏差線が著しいことから山塊がヤマセを遮ると言われる一方で、山地の低くなった鞍部や地峡では地形に沿って内陸深くまで寒冷気流が吹走し、冷害域を拡げている。これはヤマセの本体が背の低い海洋性寒冷気流であることを示している。この低層の気流と地形の関係を把握する事がヤマセによる冷害の地域差を理解するためには必要である。

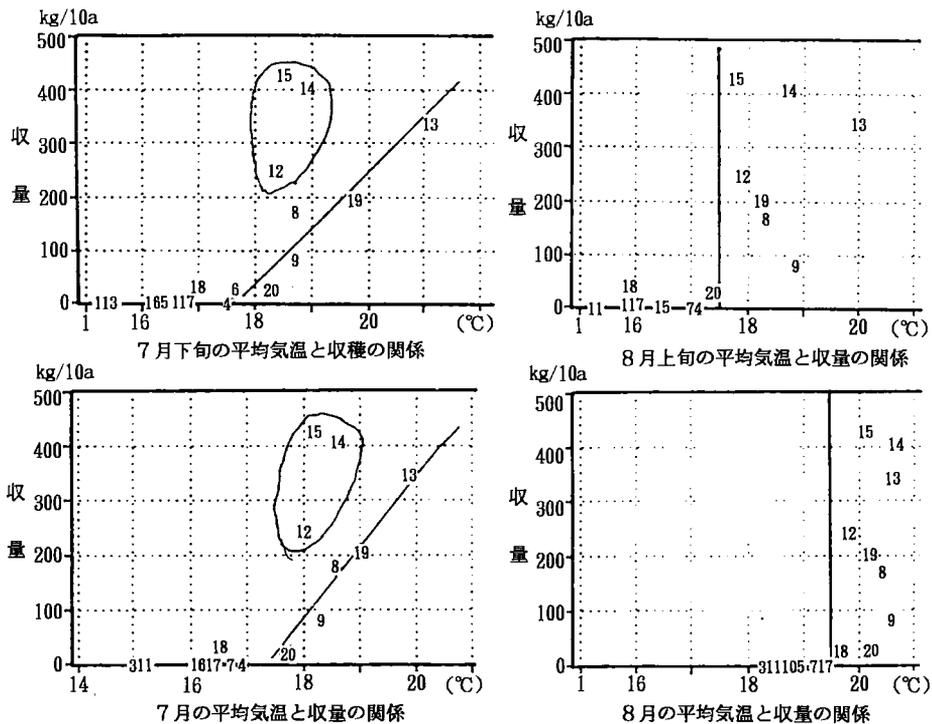


図-10 青森県内における7、8月の気温が水稻の収量に及ぼす影響

数字はAMEDASの観測地点（図-5参照）

実証93冷害

「百年に一度」か？ 平成5年水稻大冷害

島津裕雄

(宮城県農業センター)

はじめに

平成5年の冷害による宮城県の農作物被害額は、全体で約1,342億円、うち最も被害を受けた水稻は、被害面積が全作付面積に当たる102,200ha、被害額は、1,281億円にのぼり、被害額全体の95.5%を占めている。この水稻の被害額は作況指数101の平成4年産米の粗生産額1,672億円の76.6%にも及ぶ甚大なものである。

10a当たり収量は187kgとなり、作況は昭和23年、作況指数を使い始めてから最低の数字、37の「著しい不良」、品質も過去10カ年間では最低の一等米比率45.6%であった。

このことにより、県内の関係者の間では、平成5年のことを「百年に一度の大凶作年」と表現することが多い。

以下、宮城県におけるこの水稻大冷害の実態と、要因についてまとめてみた。

(なお、一部の図表に「本年」としてあるものは、「平成5年」と読み変えてください。)

1. 気象経過の特徴

1) 稲作期間の気象経過

4月

一般に高気圧におおわれ晴れの日が多かった。気温は上旬後半から中旬前半にかけてかなり低い日が続き、仙台での月平均気温では平年よりやや低かった。

降水量は少なく、特に、仙台では4月2～27日の26日間、降水量1mm未満の無降水日が続いた。

発達した低気圧が通過した4月18日、25、27日は強風が吹き、特に25日は仙台で日最大風速19.2m/s、日最大瞬間風速34.0m/sを記録し、ともに4月としての極値を更新した。

5月

4月末から5月はじめ、5月中旬半ば頃が低温となった。気温は上旬が低く、中旬、下旬は平年並みとなった。仙台での月降水量は平年よりやや多く、日照時間は平年並みであった。

6月

月を通じて雨や曇りの日が多かった。仙台では気温・月降水量とも平年並み、6月の日照時間は101時間で平年の73%となった。

梅雨入りは戦後3番目に早い6月3日(平年より9日早い)となった。

7月

月を通じて梅雨型の気圧配置が続いた。上旬の終わりから月末までオホーツク高気圧の影響で、著しい低温となった。気温は月を通して低く、特に中旬と下旬は著しく低かった。仙台の月平均気温は18.5℃で、観測開始以来第1位の低温となった。月降水量は、平年の150～200%のところが多

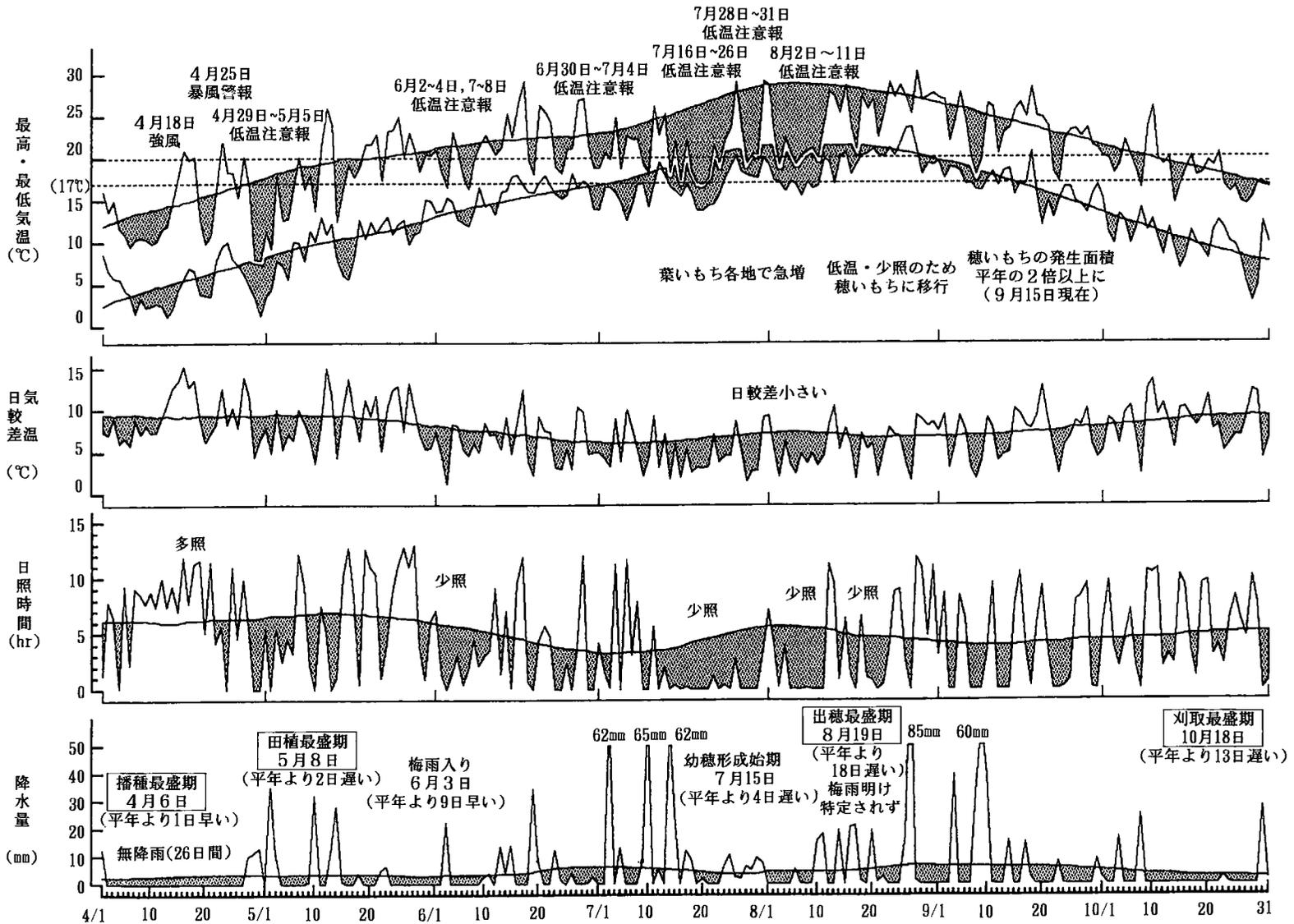


図-1 平成5年稲作期間の気象経過(仙台管区気象台)

かった。日照時間は仙台で平年比44%と、かなり少なかった。

8月

上旬はオホーツク海高気圧や梅雨前線の影響で、曇りや雨の日が多く、気温もかなり低く経過した。中旬も低気圧の影響で雨や曇りの日が多かった。下旬は高気圧におおわれて晴れた日が多くなったが、27日は台風11号の影響で暴風雨になった。気温は月のはじめから下旬のはじめまで低く経過し、特に上旬は著しい低温になった。月平均気温は仙台で21.6℃と低い値の第3位を記録した。月降水量は230mmと平年よりかなり多かった。日照時間の月合計は平年並みであった。

8月12日にはいったん「梅雨明け宣言」なされたが、同月31日に「梅雨明けが特定できない」として撤回された。

9月

上旬から中旬にかけては秋雨前線や台風の影響で曇りや雨の日が多かったが、下旬以降は晴れの日が多かった。気温は上旬が低く、中旬～下旬はやや高めであった。

降水量は上旬がかなり多く、中旬～下旬は少なかった。月降水量は仙台で平年比118%であった。日照時間は上旬と下旬は少なく、中旬は多めであった。仙台での月合計は平年比88%と少なめであった。

10月

全般に移動性高気圧に覆われて晴れの日が多かった。気温は、上旬が平年並み、中旬がやや低く、下旬は平年並みであった。降水量は月合計では平年より少なかった。日照時間は上旬～下旬が多く、仙台では月合計で114%となった。

2) 7月中旬後半～8月上旬の異常低温と少照

7月中旬以降はヤマセが入り込みやすい気圧配置となって、曇雨天日が連続し、気温が平年より大きく下回る日が続いた。

19～21日は特に気温が低く、仙台で最高気温が18℃を下回るとともに最低気温が13～14℃台となり、異常な低さであった。

8月に入っても低温・少照の天候が続き、仙台では3日と6日には最高気温が20℃を下回り、7

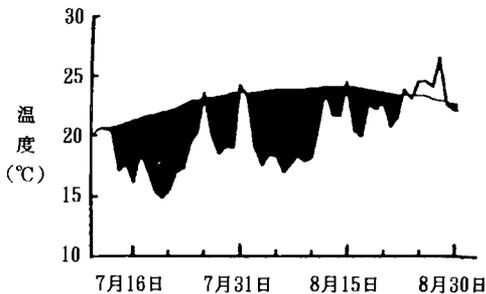


図-2 7月中旬～8月下旬の平均気温の推移 (仙台)

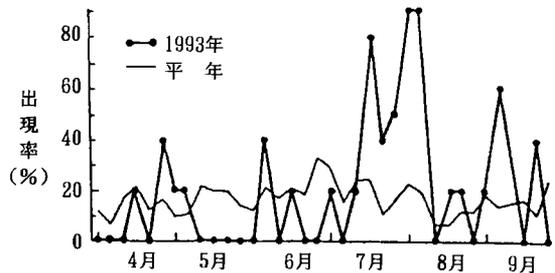


図-3 ヤマセの半旬別出現率 (仙台)

注) ①江の島での日最多風向がN～Eで、仙台での日最高気温が平年値よりも標準偏差の2倍以上低下した日をヤマセとした。
②平年値：1979～1991年(13ケ年)平均。

日には最低気温が15.4℃にまで低下するなど8月としては異常な低温となった。

この期間中低温注意報は7月16～26日，同28～31日，8月2日～11日に発令された。

なお，仙台における7月16日～8月10日の平均気温は18.7℃で平年より5.1℃低く，日照時間は23.4時間で平年比21%であった。

異常低温が続いた7月中旬後半から8月上旬のヤマセ出現率は平年を大きく上回り，特に8月上旬はほぼ連日ヤマセの吹走が続いた（図-3）。

表-1 稲作期間の旬別，月別気象の特徴（仙台）

月旬	平均気温		日照時間		降水量		概況
	本年	平年差	本年	平年比	本年	平年比	
4月上	7.9℃	-0.4℃	61.3h	98%	12.5mm	50%	高気圧に覆われて晴れの日が多く，気温は低め，18日，25日，27日は強風。
中	10.0	+0.1	88.7	145	0.0	0	
下	10.5	-1.3	52.3	81	34.0	99	
月	9.5	-0.5	202.3	108	46.5	50	
5月上	11.1	-2.6	44.9	67	80.5	235	前半は低温傾向。降水量やや多く，日照時間平年並み。
中	15.1	+0.1	69.0	105	46.0	111	
下	16.7	+0.7	82.6	114	138.0	127	
月	14.4	-0.5	196.5	96	138.0	127	
6月上	16.2	-1.3	24.8	45	24.5	67	上旬低温傾向，3日梅雨入り（平年より9日早い）。
中	19.1	+0.9	38.0	84	78.5	234	
下	19.0	-0.2	28.5	78	21.0	33	
月	18.1	-0.2	91.3	67	124.0	93	
7月上	17.8	-2.2	39.4	124	148.0	270	オホーツク海高気圧の影響で著しい低温が続く，日照時間は少なく，降水量は多い。
中	18.0	-3.7	8.2	23	115.0	200	
下	19.6	-4.4	7.7	14	50.5	132	
月	18.5	-3.5	55.3	44	313.5	208	
8月上	18.8	-5.7	15.5	27	22.0	45	上旬は著しい低温，少照。中旬も低温，少照，下旬は晴れの日が多い。
中	22.2	-2.3	37.6	77	100.0	241	
下	23.5	0.0	62.8	128	107.5	144	
月	21.6	-2.5	115.9	75	229.5	139	
9月上	20.3	-1.7	29.8	77	170.0	271	上旬ぐずつき雨の日が多く，中，下旬は気象が周期的に変化。
中	20.6	+0.5	46.4	118	33.5	54	
下	18.4	+0.2	30.4	71	17.5	28	
月	19.8	-0.3	106.6	88	221.0	118	
10月上	16.0	-0.2	55.9	123	44.5	107	移動性高気圧に覆われ晴れの日が多い。
中	13.9	-0.6	61.3	131	0.0	0	
下	12.6	0	53.1	94	33.5	102	
月	14.1	-0.3	170.3	114	78.0	75	

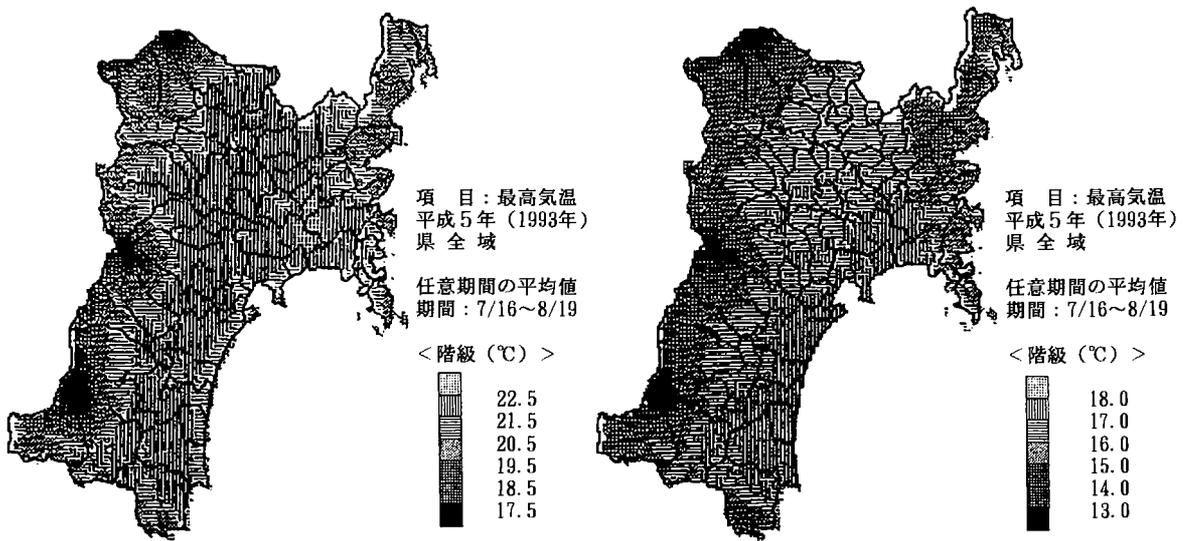


図-4 メッシュ気候値による気温の推定（7月16日～8月20日）

地域的には、最高気温では山間高冷地を除いて大きな違いは無かったが、最低気温では南部平田地帯と仙台湾沿岸地帯が北部平田地帯や三陸沿岸地帯より高い傾向が見られた（図-4）。

II. 水稲冷害の要因解析

平成5年の宮城県の水稲の総作付面積は102,200haで前年より1,600ha増加した。

うちササニシキの作付割合は66.2%，ひとめぼれは23.9%であり，このふたつの中生品種で90.1%を占めている。

1. 生育経過の概要

(1) 育苗期

苗の生育は低温により遅れ気味となったが，苗質はおおむね良好だった。

(2) 田植期～分けつ期

4月下旬後半から5月上旬にかけて低温と強風が続いたため，5月の連休時の田植作業はやや遅れ，田植最盛期は平年より2日遅い5月8日となった。

田植期間の初期は13℃以下になる日が多く，その後も寒暖の差が大きく日照時間も少なく経過したため，全般に活着はやや遅れ気味だったが，田植後の気温は平年並みで日照時間が多かったため，生育はほぼ平年並みに回復した。

6月は上旬と下旬は低温・少照で経過したため，出葉は遅れ（表-2），農業センターにおける最高分裂期は平年並み～やや遅れとなった（表-3）。

また，6月中旬が高温・多照であったため分けつが旺盛となり，県内生育調査圃では，草丈は短い茎数は多めとなった（図-5）。

表-2 主稈出葉状況（農業センター作況試験・稚苗ササニシキ）

年次	葉位別発生日（月/日）									幼穂形成期	出穂期
	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
本年	5/22	5/29	6/5	6/11	6/17	6/24	7/7	7/20	8/1	7/16	8/20
前年	5/26	6/3	6/8	6/15	6/24	7/3	7/12	7/22	7/27	7/18	8/10
平年	5/19	5/26	5/31	6/6	6/13	6/20	6/28	7/9	7/18	7/12	8/7
平年差	3	3	5	5	4	4	9	11	14	4	13

注）平年：昭和62年～平年4年（昭和63年を除く）。

表-3 最高分けつ期における生育状況（農業センター作況試験）

苗種類	品種	最高分けつ期			草丈			茎数			主稈葉数		
		本年	前年	平年	本年	前年	平年	本年	前年	平年	本年	前年	平年
		月日	差	差	cm	%	%	本/m ²	%	%	枚	差	差
稚苗	ササニシキ	7/1	-8	-1	46.5	104	98	973	88	99	8.9	-1.0	-0.7
中苗	ササミノリ	7/1	-9	+2	46.1	97	97	768	80	86	8.8	-1.4	-0.8
稚苗	ササニシキ	7/7	-3	+3	50.3	102	96	827	73	83	9.7	-0.5	-0.5
中苗	ササミノリ	7/7	-3	+4	52.5	102	98	813	88	98	10.3	0.3	0.1

注）稚苗は5月10日植，中苗は5月15日植。平年：昭和62年～平成4年（昭和63年を除く）
月日の+は遅いこと，-は早いこと，葉数の-は少ないことを表す。

（3）幼穂形成期～出穂期

農業センター及び古川農試における稚苗ササニシキの生育ステージの平年比較を図-6に，幼穂形成期以降の生育状況を表-4に示した。稚苗ササニシキで比較すると，幼穂形成期は農業センター，古川農試とも平年より4日遅れであったが，その後の長期間にわたる異常低温と少照の影響で幼穂の伸長は著しく遅れ，幼穂発育期間は農業センターで9日，古川農試で10日間長くなった。出穂期は，農業センターは13日，古川農試は14日遅れとなった。県全体の出穂期は8月19日，前年より8日，平年より10日遅れであった。

7月中旬～8月上旬の長期にわたる著しい低温のもと，県内全域のほとんどの品種の減数分裂期がこの時期に遭遇したため，障害不稔が多発した。品種別では，ひとめばれは他の品種に較べて明らかに不稔率が低く，地帯別では，山間高冷地帯がもっとも高く，南部平坦地帯と仙台湾沿岸地帯が北部平坦地帯や西部丘陵地帯よりやや低い傾向がみられる等，品種や地域による発生程度の差が認められた。

（4）登熟期

農業センター作況試験における登熟要素の増加状況を図-7に示した。

沈下籾数歩合，粗玄米粒数歩合及び登熟歩合は前・平年よりかなり低く推移した。

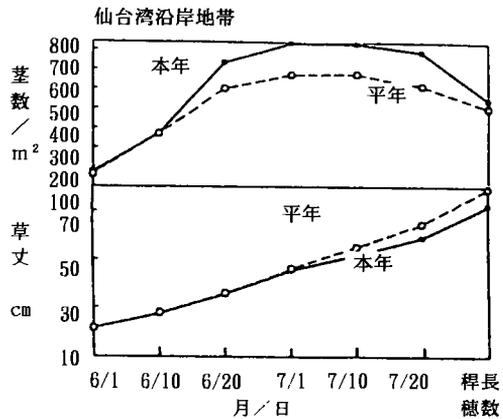
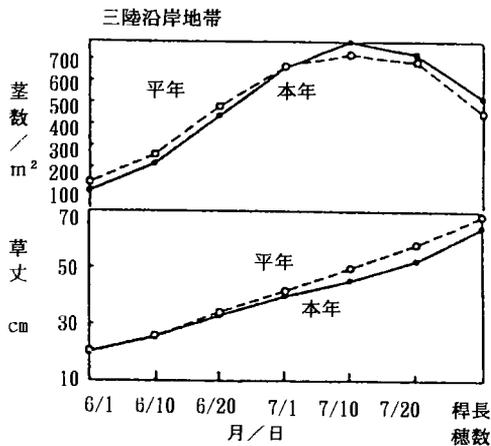
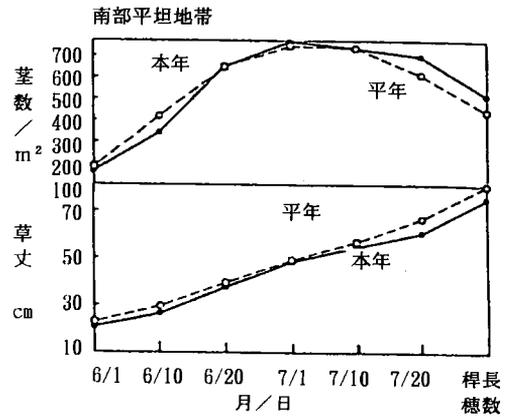
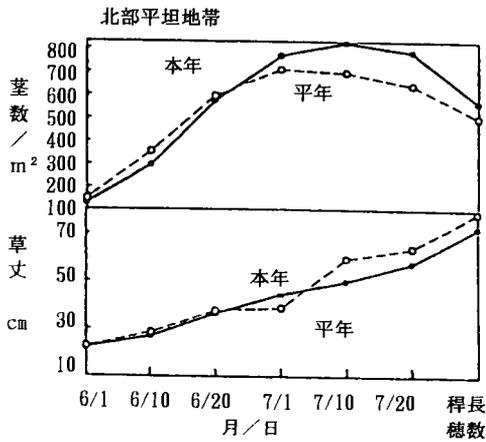
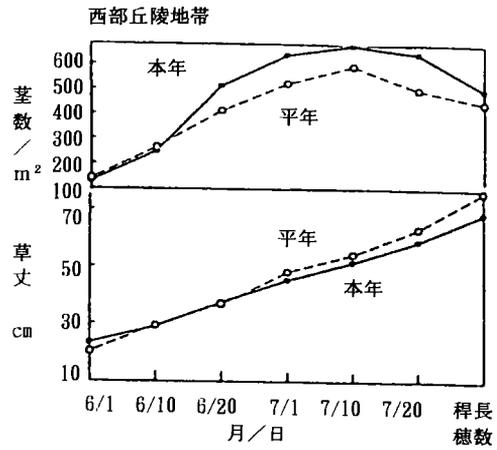
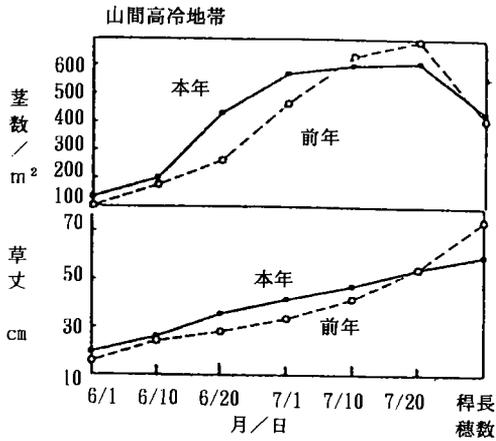


表-5 稲作地帯別の草丈, 茎数の推移 (生育調査圃)

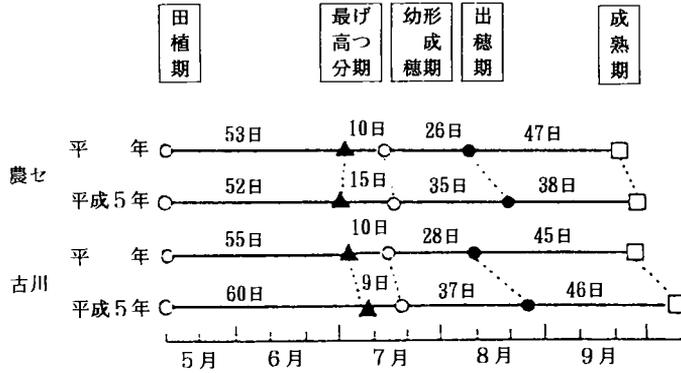


図-6 生育ステージの平年比較（稚苗ササニシキ）

表-4 幼穂形成期以降の生育状況の比較（作況試験）

苗種類	品種名	幼穂形成期			出穂期			穂揃日数			幼穂～出穂日数		
		本年	前年差	平年差	本年	前年差	平年差	本年	前年差	平年差	本年	前年差	平年差
農業センター	稚ササニシキ	7/16	-2	+4	8/20	+10	+13	7	+3	0	35	+12	+9
	苗ササミノリ	7/13	-1	+4	8/17	+9	+13	12	+8	+6	35	+10	+9
	中ササニシキ	7/15	-1	+2	8/20	+11	+13	10	+6	+3	36	+8	+11
	苗ササミノリ	7/14	+1	+6	8/17	+9	+14	14	+10	+6	34	+8	+8
古川農試	稚ササニシキ	7/18	-1	+4	8/24	+11	+14	9	+5		37	+11	+10
	苗サトホナミ	7/18	0	+4	8/25	+12	+15	10	+2		38	+12	+12
	中苗ササニシキ	7/17	-1	+2	8/21	+9	+12	7	+2		35	+10	+9

注) 稚苗は5月10日植，中苗は5月15日植。+は遅い，-は早いことを示す。
平年：昭和62年～平成4年（昭和63年を除く）。

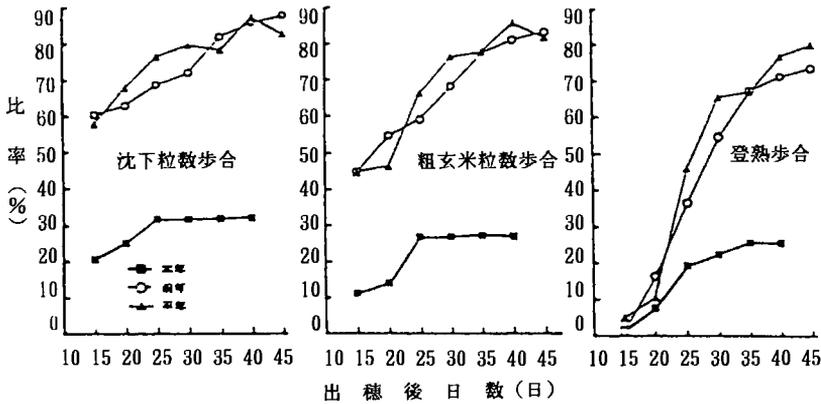


図-7 登熟要素の増加状況

注) 農業センター稚苗ササニシキ（5月10日植，出穂期8月20日）
平年：昭和62～平4（昭63を除く）。
沈下粒数歩合：水に沈んだ粳の割合。
粗玄米粒数歩合：全粳に対する粗玄米の割合。

また、粗玄米千粒重及び玄米千粒重の増加も終始平年を上回って推移し、成熟期における稚苗ササニシキの千粒重は18.2gで平年よりかなり軽かった(図-8)。

(5) 収量構成要素

収量構成要素の平年比較を図-9及び表-5に示した。m²当たり有効穂数は多く、1穂当たり粒数は少なめであったがm²当たり粒数はやや多かった。登熟歩合は、不稔歩合が著しく高かったため平年を大きく下回った。玄米千粒重も穂ばらみ期の異常低温と登熟期間の低温・少照で平年を下回った。

稲作地帯別の収量構成要素の平年比もほぼ同様な傾向を示したが、南部平坦と仙台湾沿岸の登熟歩合が他の地帯よりやや高く、両地帯ではこれを反映して収量が他の地帯を相対的にやや上回った(表-6)。

品種別ではひとめぼれの千粒重がやや重くかつ登熟歩合も高かったが(表-7, 図-10, 11),

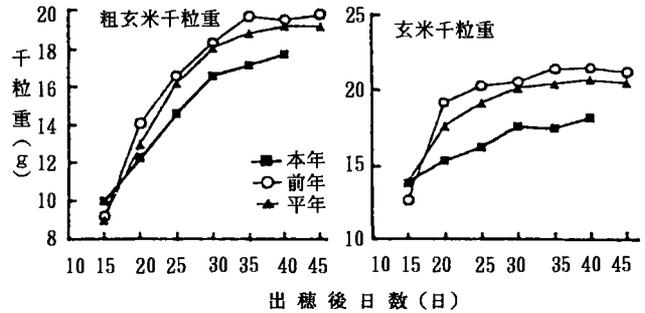


図-8 千粒重の増加状況

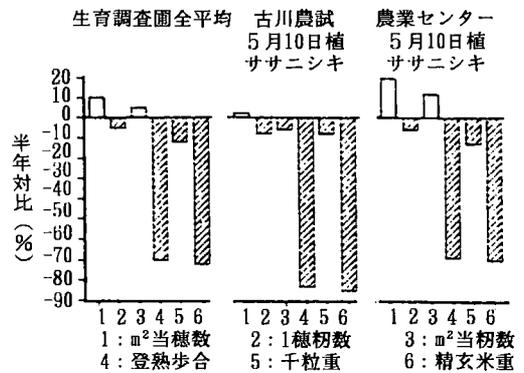


図-9 収量構成要素の平年比較

表-5 収量構成要素の平年比較(農業センター作況試験)

苗種類	品種名	年次	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/m ²	m ² 当たり 粒数 ×百粒	登熟 歩合 %	玄米 千粒重 g	玄米 重 kg/a	不稔 歩合 %
稚苗	ササニシキ	本年	76.0	15.5	596	364	23.4	18.2	15.5	64.3
		(平年差・比)	91	91	119	112	31	87	30	473
	ササミノリ	本年	69.9	16.8	507	267	24.5	20.8	13.6	72.1
		(平年差・比)	85	98	109	103	28	91	26	949
中苗	チヨホナミ	本年	68.6	17.4	520	352	46.8	18.6	30.6	39.7
		ひとめぼれ	本年	72.9	16.6	551	290	54.3	20.2	32.1
	ササニシキ	本年	75.6	16.0	502	370	29.3	18.5	20.1	57.6
		(平年差・比)	87	92	99	100	44	89	39	457
ササミノリ	本年	76.3	16.6	478	298	26.2	20.7	16.1	64.4	
	(平年差・比)	90	93	109	103	31	92	30	767	
中苗	チヨホナミ	本年	72.9	17.8	485	365	46.6	20.4	34.6	44.1
		ひとめぼれ	本年	74.8	17.5	496	295	74.4	20.5	39.8

表-6 地帯別収量と収量構成要素の年次比較（生育調査圃平均）

稲作地帯	圃場数	m ² 当穂数			m ² 当初数			精玄米重			千粒重			登熟歩合		
		(本)			(×100粒)			(kg/a)			(g)			(%)		
		本年	前年	平年	本年	前年	平年	本年	前年	平年	本年	前年	平年	本年	前年	平年
山間高冷	4	443	108	-	274	102	-	2.0	2	-	17.9	84	-	3.9	-81.4	-
西部丘陵	11	500	114	112	309	102	102	13.0	27	20	18.6	86	83	23.0	-56.1	-60.3
北部平坦	30	569	113	108	355	108	105	20.2	35	24	19.1	89	89	28.7	-51.1	-58.2
南部平坦	16	517	116	112	334	112	108	24.7	45	38	19.3	87	89	39.6	-43.5	-47.7
三陸沿岸	6	521	115	110	321	104	108	11.2	21	15	18.7	86	87	19.0	-62.8	-68.3
仙台湾沿岸	7	548	108	116	321	96	99	22.3	41	36	18.7	88	86	42.3	-34.9	-44.2
県平均	74	535	114	110	333	106	105	18.6	34	28	18.9	88	88	29.4	-50.3	-55.1

表-7 品種別収量構成要素の年次比較（生育調査圃平均）

品種名	圃場数	m ² 当穂数			m ² 当初数			精玄米重			千粒重			登熟歩合		
		(本)			(×100粒)			(kg/a)			(g)			(%)		
		本年	前年	平年	本年	前年	平年	本年	前年	平年	本年	前年	平年	本年	前年	平年
ササニシキ	29	565	116	109	368	109	104	17.8	33	30	18.5	87	88	25.0	-49.4	-51.6
ササミノリ	4	502	118	111	290	106	104	8.3	15	16	19.6	86	87	14.3	-73.1	-69.5
サトホナミ	5	560	114	115	365	110	108	15.4	27	26	18.7	86	87	23.0	-55.8	-59.7
チヨホナミ	11	510	114		319	105		13.5	24		19.0	88		21.8	-63.4	
ひとめぼれ	20	527	108		306	103		28.7	52		19.6	89		49.5	-34.8	
ヤマウタ	2	431	99		284	106		3.0	2		18.9	87		5.6	-78.1	
こころまち	3	452			269			6.4			18.1			11.6		

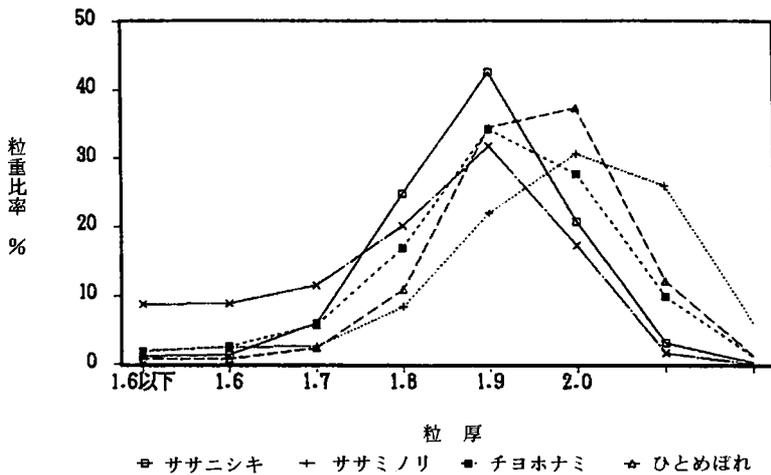


図-10 生育調査圃品種別の粒厚別粒重比

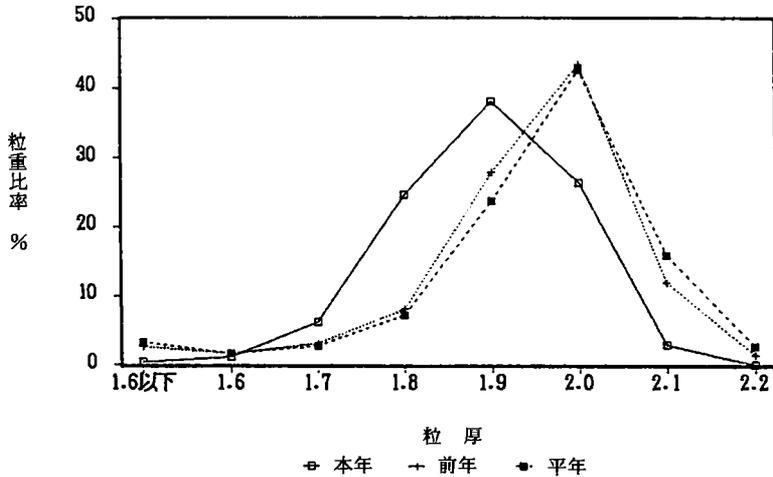


図-11 粒厚別粒重比の年次比較（農業センター，稚苗ササニシキ）

これは耐冷性の差が反映したものと推察される。

(6) 地域別作柄

地帯別の作柄は、北部の作況指数が33，東部が41，南部が42と，いずれも「著しい不良」となった。

市町村別水稻の作柄を図-12に示した。平成5年は作柄が著しく低下したことから，市町村別の作況も作況指数1～66と大きく変動した。県内71市町村の中で作況指数10未満が2町村，10～20未満が10市町，20～30未満が12市町，40～50未満が28市町で，半作の50以上となったのは4市町のみであった。稲作地帯区分別では作柄の低下が著しかったのは山間高冷地，西部丘陵地帯，三陸沿岸地帯で，次いで北部平坦地帯が低かった。

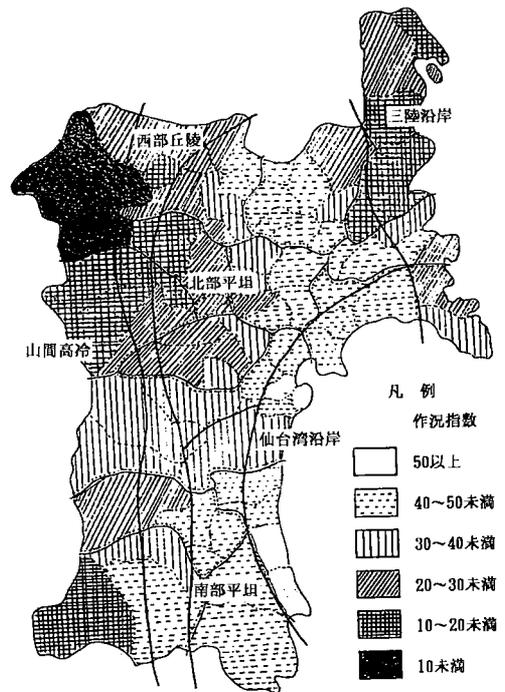


図-12 平成5年市町村別作況

2. 被害要因解析

1) 障害不稔

(1) 減数分裂期の低温と障害不稔

平成5年の県内水稻の幼穂発育期間は著しい低温に見舞われた。県内の出穂最盛期から判断すると，減数分裂期間は最低気温17℃，平均気温20℃以下になる日が続いた。

農業センターにおける出穂期（穂抽出日）別の不稔の発生状況を図-13に示した。出穂期と不稔歩合には明らかに一定の傾向が見られ，8月15日前後と8月25日以降に出穂したものは比較的不稔

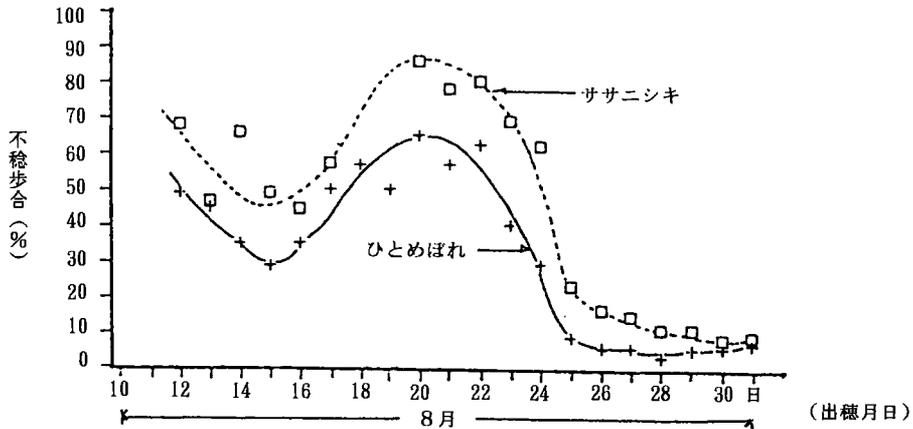
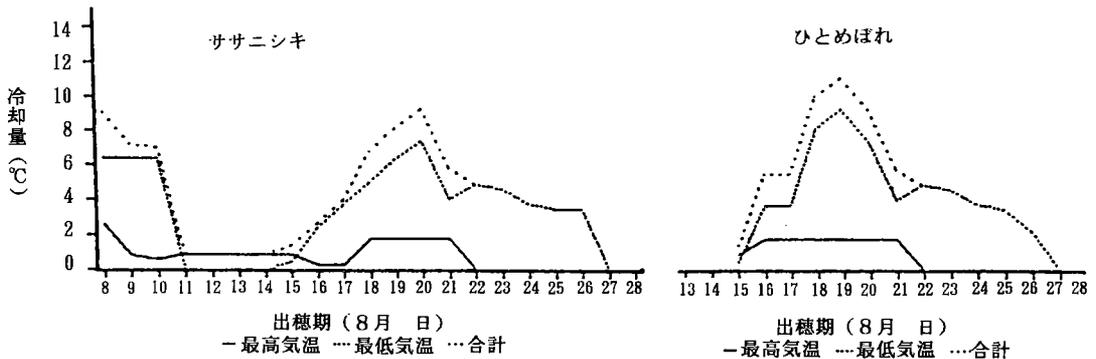


図-13 出穂時期と不稔発生程度の違い



注) 冷却量の算出

1) 減数分裂期間

葉耳間長0日とその前後3日の合計7日間

2) 最高気温は20°C, 最低気温は17°Cを基準

とし, 実際の気温との偏差積算値

図-14 出穂期別減数分裂期間の冷却量 (農業センター)

歩合が低い傾向を示し, 8月20日前後に収穫したものが高い不稔歩合となった。

これら不稔発生の傾向は, 葉耳間長 (止葉の葉耳と下の葉の葉耳との間隔が0の頃が減数分裂最盛期) から求めた各出穂期別稲の減数分裂期の冷却量の傾向とよく一致した (図-14, 表-8)。

また, 収穫8月25日以降でかなりの冷却量があるにも関わらず不稔歩合が低かったのは, 減数分裂始期にあたる8月12日から最低気温が低かったものの, 最高気温が回復したためと考えられる (図-1)。

古川農試における気温経過及び生育ステージと不稔との関係を図-15に示したが, 程度の差はあるものの農業センターと同様の傾向がみられた。

表-8 品種別・出穂期別減数分裂最盛期と出穂前日数（農業センター）

出穂期 (月日)	ササニシキ		ひとめぼれ	
	葉耳間長 0日 (日)	同出穂前 日 (日)	葉耳間長 0日 (日)	同出穂前 日 (日)
8.13	7.29	15		
14	30	15	7.30	15
15	31	15	31	15
16	8.1	15	8.2	14
17	1	15	2	14
18	3	15	4	14
19	4	15	6	15
20	6	14	6	14
21	9	12	9	12
22	11	11	11	11
23	12	11	12	11
24	13	11	13	11
25	15	10	15	10
26	15	11	16	10
27	17	10	17	10
28	17	11	18	10

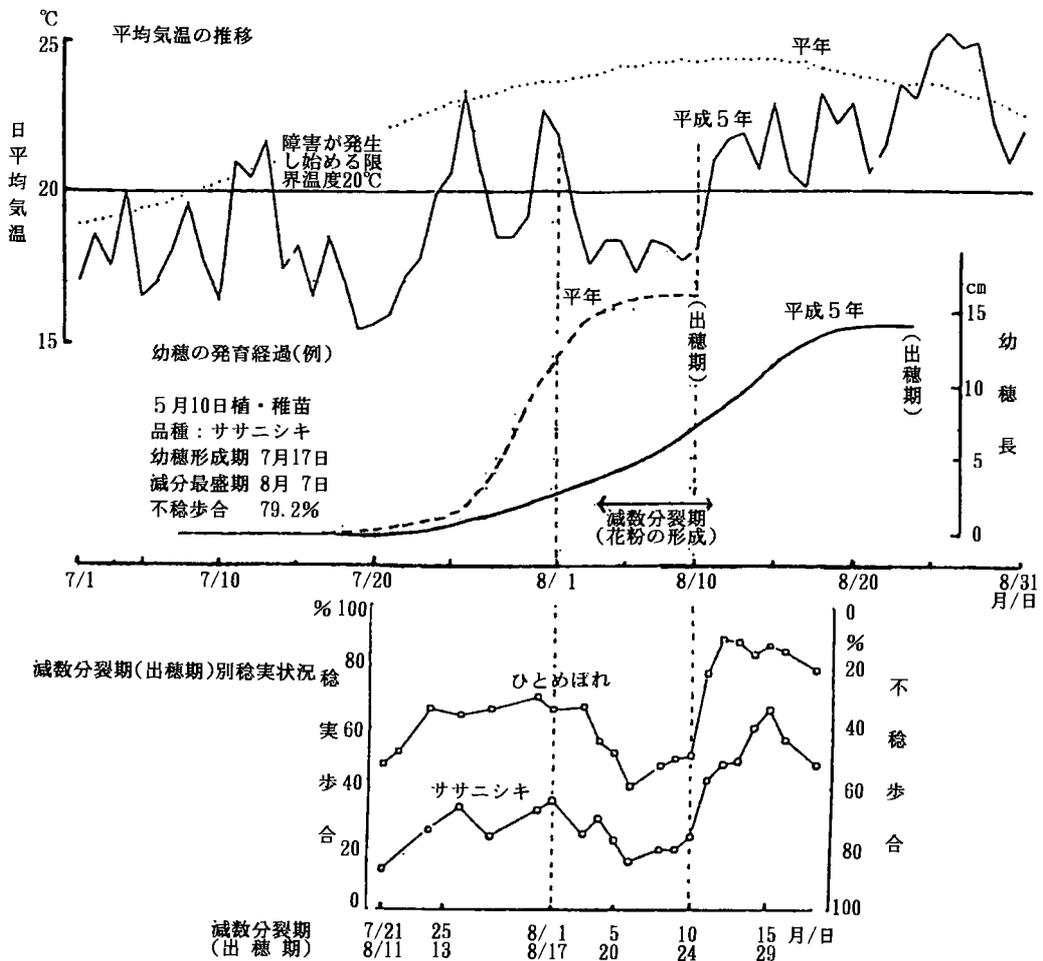


図-15 減数分裂期の低温経過と障害不稔との関係（古川農試）

(2) 減数分裂期から出穂開花期にかけての低温の影響

低温・少照傾向は減数分裂期に限らず出穂期まで続いた。表-9に減数分裂期頃にあたる稲をポットに移植し低温の影響がない条件で出穂させたものは、圃場で低温に遭遇したものより、稈実粉割合がササニシキで約12%、ひとめぼれで24%増加し、減数分裂最盛期の低温による不稈のみならず減数分裂終期から開花期にかけての低温による不稈もかなりあったものと推察される。

(3) 地域別障害不稈

奨励品種決定調査現地調査圃場における不稈発生状況を図-16に示した。

品種別では、ひとめぼれは他の品種に較べて明らかに不稈歩合が低く、地帯別では、山間高冷地帯及び西部丘陵地帯の調査圃場が最も高く、仙台湾沿岸地帯が最も低かった。北部平坦地帯でも東部より県北部の調査圃場で不稈歩合は高かった。

県内各地で実施された調査結果でも地帯別の不稈発生状況は同様な結果であった(表-10)。

表-9 出穂・開花期の気象条件と不稈との関係(古川農試)

品 種	処理条件	出穂期 (月/日)	種 数		籾 数		稈実 籾 (%)	不稈 籾 (%)	稈実籾数 (籾/m ²)
			(本/株)	(本/m ²)	(粒/穂)	(籾/m ²)			
ササニシキ	圃 場(ポット)	8/24	28.3	628	47	295	20.3	79.7	60
	ハウス(ポット)	8/20	28.3	628	47	295	31.9	68.1	94
	圃 場(一般)	8/24	27.3	606	55	333	19.6	80.4	65
ひとめぼれ	圃 場(ポット)	8/24	28.0	622	49	305	20.0	80.0	61
	ハウス(ポット)	8/20	27.0	599	43	258	44.0	56.0	114
	圃 場(一般)	8/24	28.7	637	54	344	20.1	79.9	69

注) 8月9日にポットに移植し、一部ハウス内(日中30℃, 夜間25℃)で出穂した。

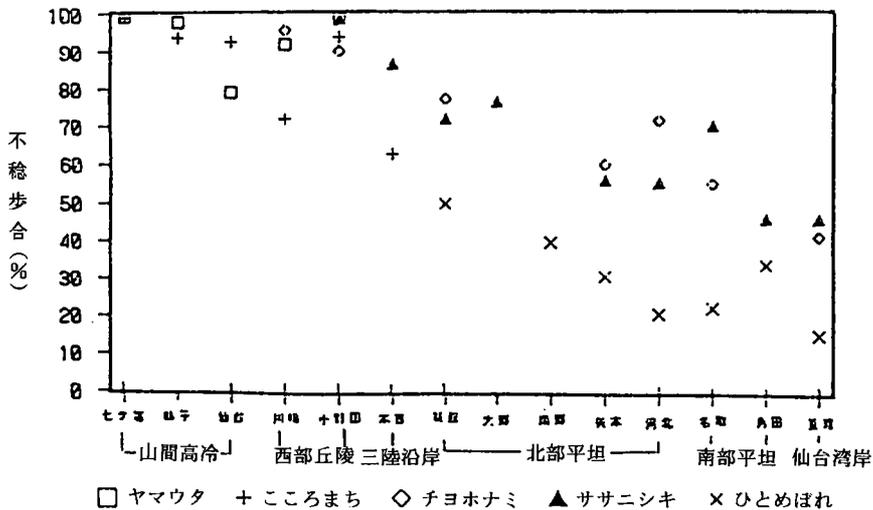


図-16 地帯別・品種別不稈発生状況(奨励品種決定調査県内現地圃場)

仙台湾沿岸地帯では最低気温は他地帯に比較してやや高めに推移したことから不稔の発生が低くなったものと考えられ、また面積的には8月15日前後の比較的不稔歩合が低かった時期に出穂した圃場が多かったこと等の要因が重なり県内では最も不稔発生が少なかったものと推察される（表-11）。

2) 出穂遅延

表-12に出穂後40日間の気象条件を示した。各出穂期とも平年に比較して不良であり、不稔が発

表-10 地帯別不稔状況

地帯	点数	不稔歩合(%)		
		平均	最高	最低
山間高冷	31	85.7	99.1	44.7
西部丘陵	69	75.6	99.3	30.3
北部平坦	176	55.6	97.4	11.7
南部平坦	62	46.6	93.3	18.0
三陸沿岸	28	59.9	85.1	34.0
仙台湾沿岸	41	44.4	77.5	11.8

農政課調

表-11 県内の出穂状況

地帯別	作付面積 (ha)	出穂期の達した面積の推移(%)					
		8月10日	15日	20日	25日	30日	9月3日現在
山間高冷	1,735	0.0	0.1	1.6	14.8	73.2	96.0
西部丘陵	7,523	0.0	0.1	8.7	56.7	89.7	97.9
北部平坦	66,565	0.0	0.2	46.3	93.9	98.6	99.9
南部平坦	8,311	0.0	11.4	80.5	94.2	99.1	100.0
三陸沿岸	2,736	0.0	0.0	0.3	19.4	67.1	88.5
仙台湾沿岸	13,735	0.0	8.6	77.4	98.9	99.9	100.0
県平均	100,605	0.0	2.3	48.6	88.4	96.9	99.4

農政課調

表-12 出穂後40日間の平均気温と日照時間(仙台)

出穂期 (月日)	平均気温(℃)		平均気温積算(℃)		日照時間積算(h)	
	本年	平年	本年	平年	本年	平年
8.10	21.7	22.6	869	904	167	175
8.15	21.2	21.9	846	876	152	169
8.20	20.8	21.1	831	844	169	167
8.25	19.9	20.2	798	796	169	166
8.30	18.9	19.3	755	772	163	167

生しなかったとしても登熟に影響したと思われる。また8月25日以降に出穂したものは概ね障害不稔を回避したが、これらの水田でも出穂後40日間の平均気温と作況指数の関係(図-17)から、10ポイント弱の指数低下が推定された。

3) いもち病の激発

(1) 葉いもち

葉いもちの発生状況は37,817ha(平年比210%)で、最近10カ年のうちでは、多発年の昭和63年を上回り、平成3年に次いで多かった(図-18)。

本田における初期発生量は全般に少なかった。全般発生時期は平年並みの7月第3半旬であったが、7月第4半旬になって急激な病勢進展が県南部の大川原、仙台地方を中心に認められた。7月第6半旬には県内各地でズリコミ症状が多発した。

葉いもち激発の要因としては、初期防除の適期に当たる7月上旬に60mm前後の大雨が2回あり、防除間隔が延びたため、十分な防除効果が上げ得なかったことと、薬剤の流亡が薬効の低下を助長したことが考えられる。

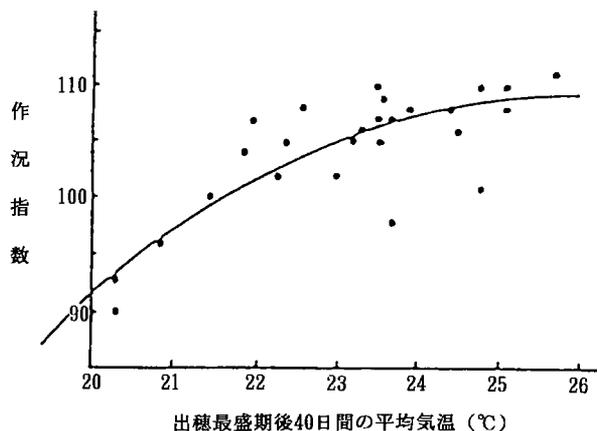


図-17 出穂最盛期後40日間の平均気温と作況指数
(前5カ年平均収量比)

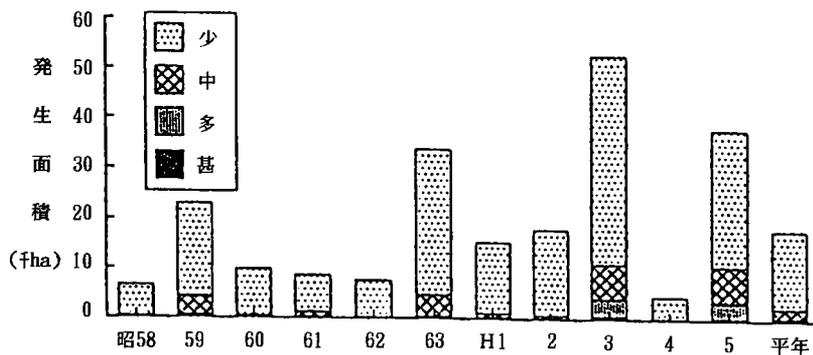


図-18 葉いもち発生面積の年次推移

(2) 穂いもち

穂いもちは発生面積28,553ha（平年比265%）で、多発生した昭和63年、平成3年に次いで多く、発生程度も高かった（図-19）。

平成5年は出穂遅延のため、穂いもち初発生時期も平年より遅かったが、初期の発生量は多く、出穂期が感染に好適な気象条件と重なったため、病勢進展も急激であった。

9月第3半旬に発生最盛期となったが、障害不稔の大発生によって、9月第5半旬になっても新たな発病穂が認められた。

穂いもちの発生は葉いもち同様に地域間差が顕著で、葉いもちが多発生した県南部で発生程度も高かった（図-20）。

品種別には、ひとめぼれでのいもち病発生はササニシキに比べ、極めて少なかった（図-21）。

4) 玄米千粒重の低下

籾殻発育期の低温により、籾がらが小さくなり、千粒重が小さくなった。出穂遅延と登熟期の気象が平年より不良であったこと、いもち病が多発したこと等による稔実籾の充実不足も影響しているものと考えられる（表-13）。

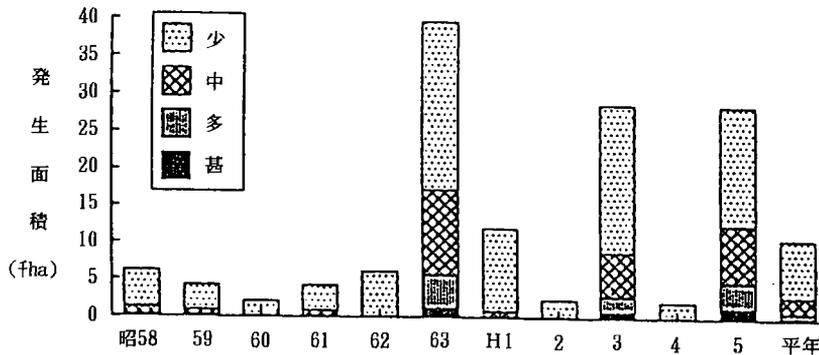


図-19 穂いもち発生面積の年次別推移

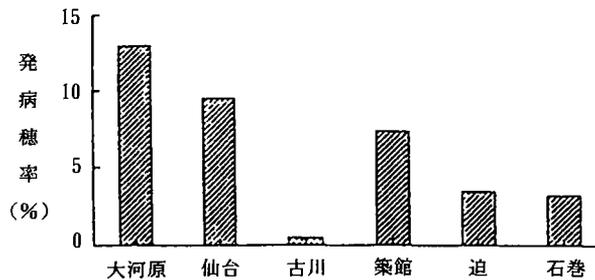
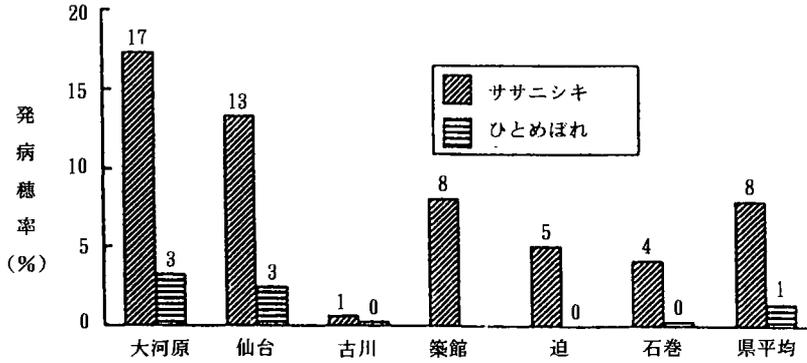


図-20 穂いもちの地域別発生状況（9月第5半旬）
注）発病穂率はくびいもち，枝梗1/3以上の合計穂率



(9月第5半旬巡回調査)

図-21 地方別、品種別穂もち発生状況

表-13 玄米千粒重及び玄米の大きさの比較 (農セ, 原種苗科)

品種名	年次別	枝梗別	玄米千粒重 (g)	籾殻重 (mg)	玄米の大きさ (mm)			
					長さ	幅	厚さ	
ひとめぼれ	平2年	1次	22.3	5.0	5.2	3.1	2.3	
		2次	22.0	4.4	4.9	2.9	2.1	
		全体	22.2	4.8				
	平3年	1次	22.1	4.9	5.2	3.1	2.2	
		2次	21.9	4.2	4.9	2.9	2.1	
		全体	22.0	4.6				
	平4年	1次	22.1	5.0	5.3	3.1	2.3	
		2次	21.9	4.4	4.9	2.9	2.1	
		全体	22.0	4.8				
	平5年	1次	21.4	4.6	5.1	2.8	2.1	
		2次	20.3	4.0	4.9	2.7	2.0	
		全体	21.2	4.4				
	ササニシキ	平2年	1次	22.2	4.8	5.1	3.1	2.2
			2次	20.4	4.3	4.9	2.9	2.0
			全体	21.5	4.6			
平3年		1次	21.4	4.5	5.1	3.0	2.1	
		2次	20.1	4.1	4.9	2.8	1.9	
		全体	20.9	4.3				
平4年		1次	22.8	4.7	5.2	3.1	2.1	
		2次	20.0	4.2	4.9	2.9	1.9	
		全体	21.6	4.5				
平5年		1次	19.8	4.0	5.0	2.7	2.0	
		2次	18.4	3.6	4.9	2.6	1.9	
		全体		3.8				

注) 玄米水分は5%換算

III. 過去の冷害年との比較

夏作期間中の不順天候による冷害は過去にもしばしばあり、特に昭和50年以降、51、55、56、57、58、63年と発生し、発生頻度は高い傾向にある。そのうちとくに被害の大きかった昭和55年と63年について、図-22に7月～9月までの気温の経過、図-23に出穂期別障害不稔の発生状況を示すとともに、その概略を記す。

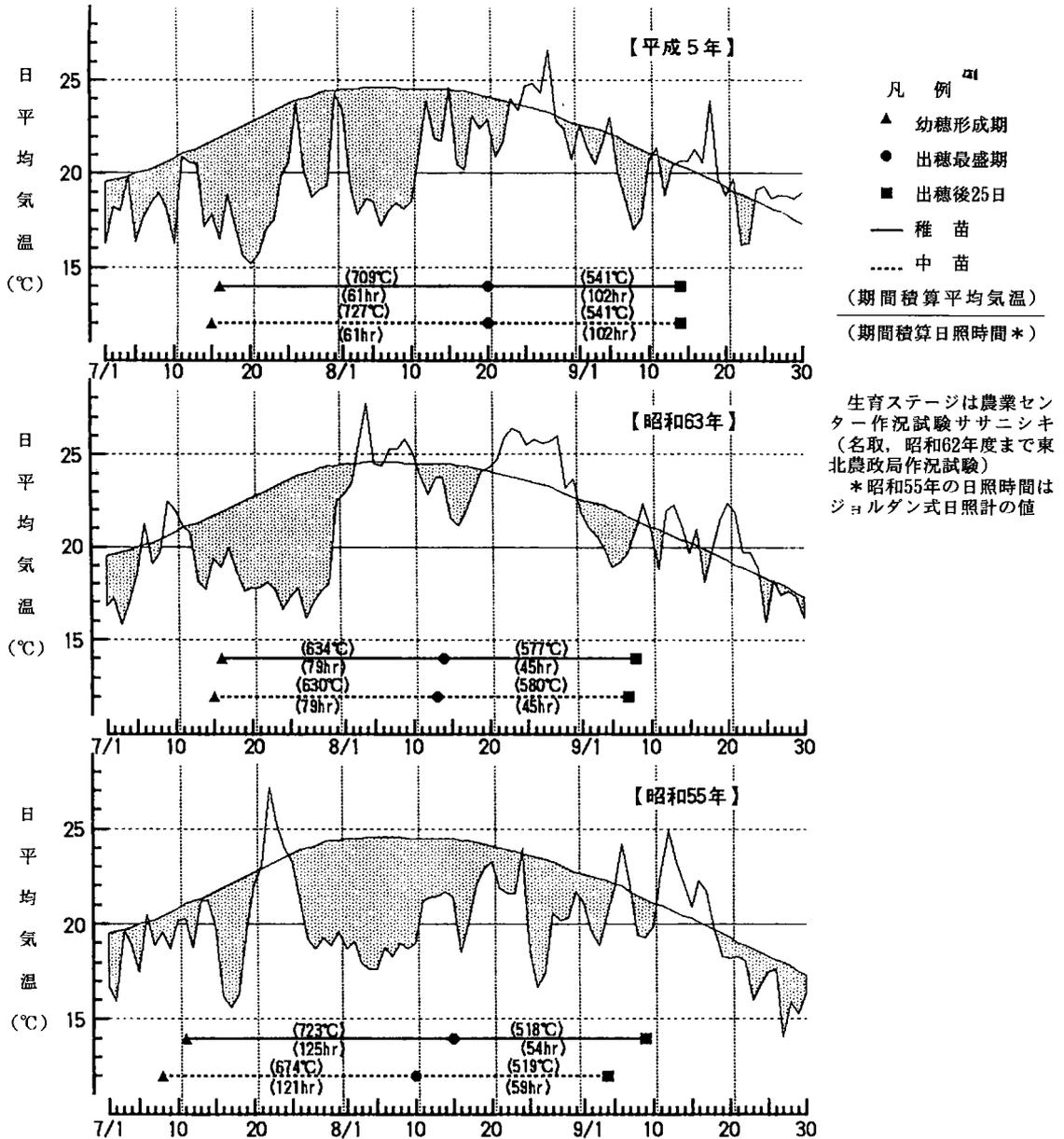


図-22 冷害年における7月～9月の平均気温の経過(仙台管区気象台)
 平年値: 1961(昭和36)年～1990(平成2)年の30カ年平均値

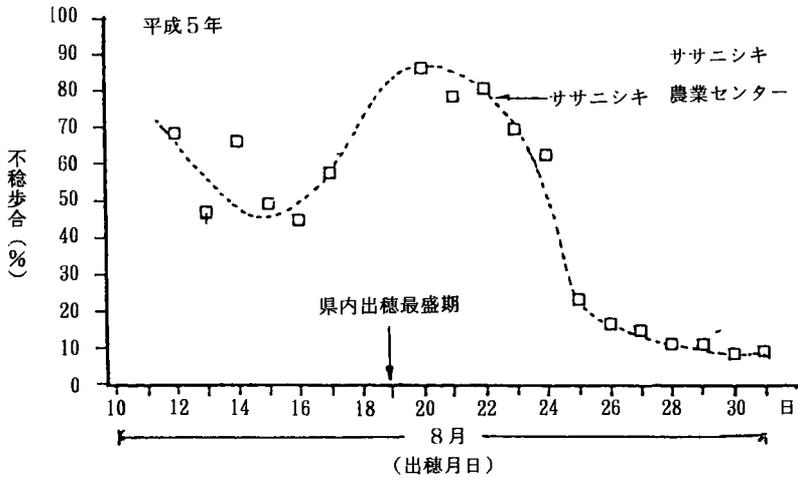
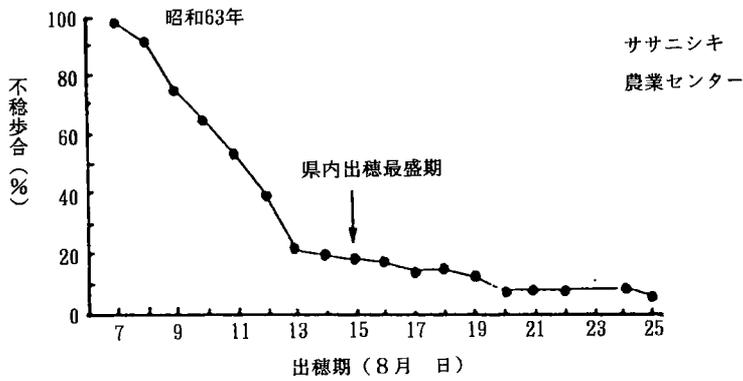
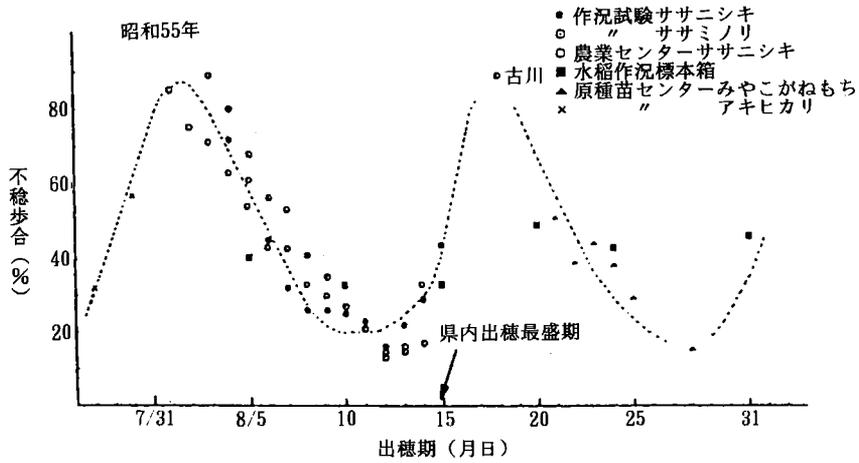


図-23 冷害年における出穂期別障害不稔の発生状況

(1) 昭和55年 (作況指数79)

田植直後から高温多照に経過したが、7月下旬前半の低温により早生種が、8月はじめの低温により晩生種が著しい障害を受け、不稔の程度は出穂期のわずかの違いによって大きく異なった。ま

た、連続した低温により幼穂の発育日数が著しく長かったことも特徴であった。

とくに7月11日～18日及び8月2日～10日頃に減数分裂期となったものは著しい低温に遭遇しており、その結果8月5日に出穂した早生種及び8月18日前後に出穂した晩生種に大きな被害が発生した。

註) 昭和55年の主な品種の作付面積率：ササニシキ（中生）77.3%，ササミノリ（早生）14.2%，みやこがねもち（晩生）4.6%等。

(2) 昭和63年（作況指数75）

田植直後から6月前半まで天候は大きく変動したが、この期間の気温はほぼ平年並み、日照時間はやや少なめであった。6月後半以降、低温・少照傾向が強まり、7月後半から8月上旬は著しい低温となった。この低温によって幼穂の発育日数が長引いたほか、減数分裂期の障害不稔が多発した。

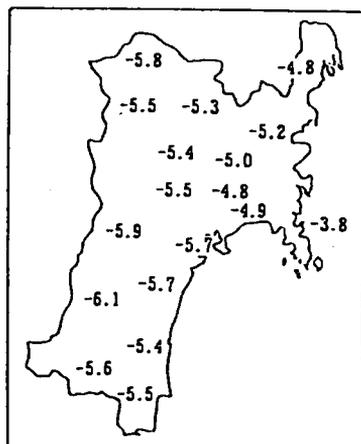
7月17日～27日にかけて強い低温に遭遇しており、障害不稔は品種を問わず、8月13日以前に出穂したものに多発した。

註) 昭和63年の主な品種の作付面積率：ササニシキ（中生）80.0%，サトホナミ（中生）6.9%，ササミノリ（早生）6.4%等。

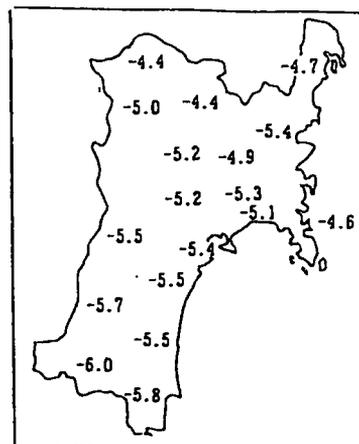
(3) 平成5年と昭和55，63年との比較

図-24に障害不稔が多発した昭和55年及び昭和63年における異常低温時期の平均気温平年差を、図-25には平成5年における7月中旬～8月上旬の旬別平均気温の平年差を示した。

平均気温は、8月上旬がもっとも平年差が大きく、その低温の程度は平年差から見ると昭和55年



昭和63年7月21～31日



昭和55年8月1～10日

図-24 過去の冷害年の異常低温時におけるアメダス地点平均気温平年差

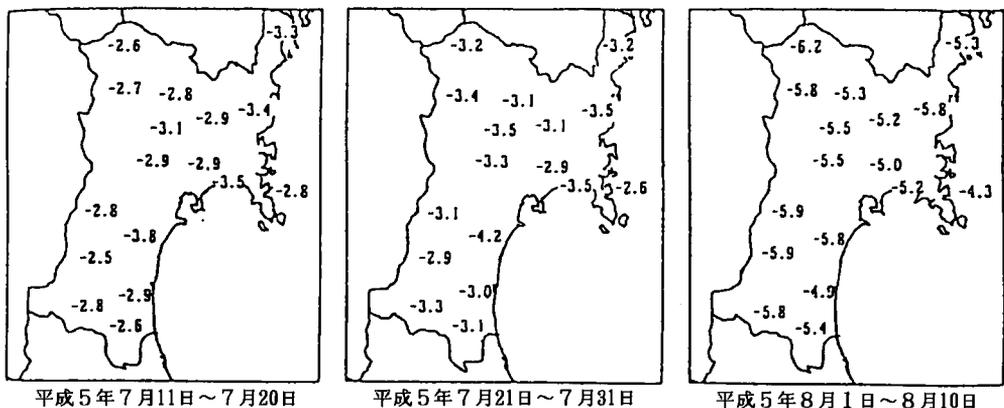


図-25 平成5年のアメダス地点平均気温旬別平年差

の8月上旬や昭和63年の7月下旬とほぼ同程度であった。

しかし7月中旬以降の異常低温と少照の影響で水稻の生育が大きく遅れ、県内全域のほとんどの品種の減数分裂期がこの8月上旬の異常低温に遭遇し、県内全域で著しい障害不稔が発生した。

昭和55、63年の県内の出穂最盛期はいずれも8月15日と厳しい低温を回避したのに対し、平成5年の出穂最盛期は8月19日であったため、県内の大半の水稻がもっとも厳しい減数分裂期に遭遇し、「障害型冷害」の被害を大きくした。

不稔の程度は、品種間差よりも出穂期（減数分裂期）の早晩によって左右され、昭和55年と同じように出穂期のわずかな違いで不稔歩合は大きく異なった。

しかし幼穂発育期間が長引き、出穂期が平年より10日も遅れたため登熟期間の積算温度が不足し、さらに出穂期後の気温日較差が小さく、日照時間がかかなり少なかったため、減数分裂期の低温を回避したのも登熟に不良な条件におかれたため、典型的な「遅延型冷害」の様相を呈した。

いもち病も、低温少照の影響で7月中旬以降、県中南部を中心に葉いもちが多発し、さらに、出穂期後の少照・多雨の気象条件などにより穂いもちが激発し、この「いもち型冷害」の被害も減収に影響した。

平成5年はこれら三つの冷害型の複合した「混合型冷害」年となり、作況指数は戦後最低を記録した。

(4) 穂ばらみ危険期の出現頻度

古川農試で行った昭和45年～平成5年までの24年間の気象データ（アメダス、古川）の統計解析によると、7月中旬～8月上旬までの1カ月の平均気温は昭和45年以降、わずかに低温化している傾向がみられる（図-26）。

この期間の気温の頻度分布はほぼ正規分布しているが、低温の頻度がやや高まっており、さらに最低気温に比べて最高気温の変動幅が大きく低温化傾向が明らかであり（図-27、図-28）、このため幼穂形成期から出穂期にかけての時期に低温が発生する頻度が高まっていることが指摘された（図-29）。

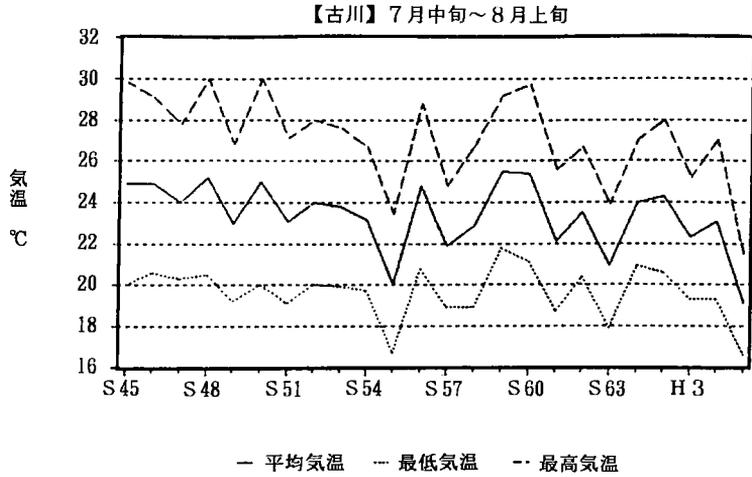


図-26 穂ばらみ期間気温の年次推移

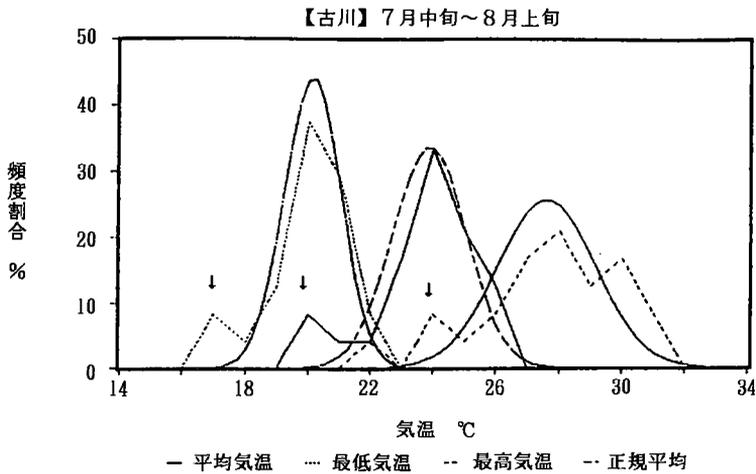


図-27 穂ばらみ期間気温の頻度分布（↓印箇所の頻度は正規分布より特異的に高い。）

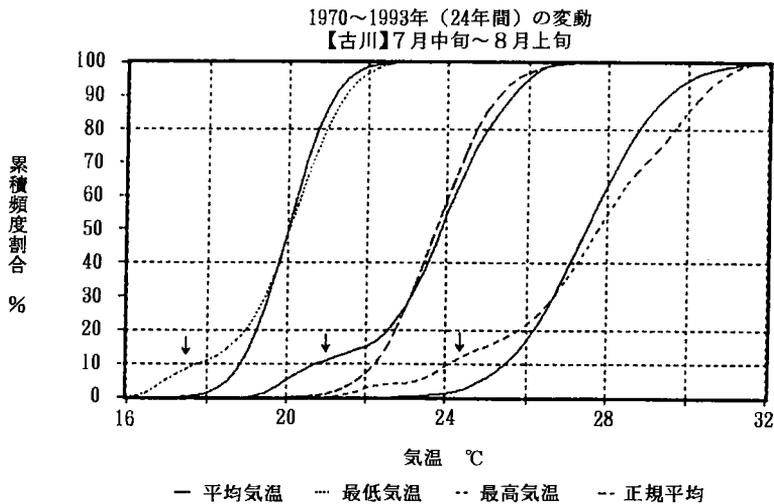


図-28 穂ばらみ期間気温の累積頻度（↓印箇所の頻度は正規分布より特異的に高い。）

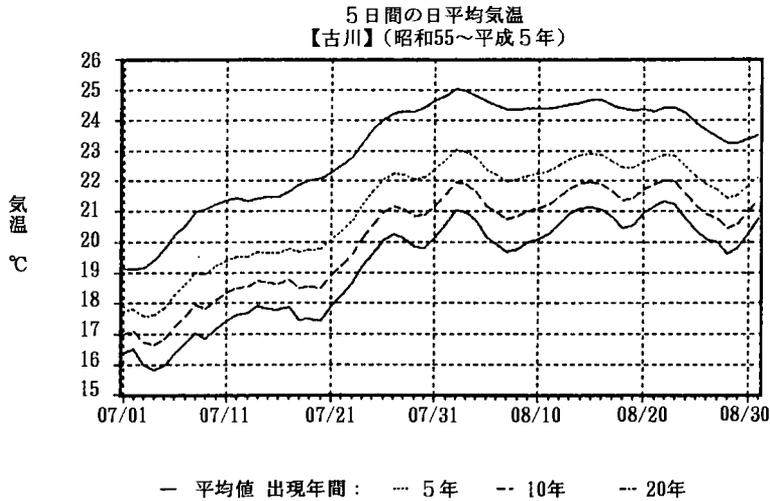


図-29 穂ばらみ期間平均気温の再現期間の推移

おわりに

平成6年の県内の水稲作付面積率はひとめぼれの割合が大幅に増える見込みである。5年産のササニシキの種籾が不足した一方、5年の冷害でひとめぼれの耐冷性の強さが実証されたため、物理的にも心理的にもひとめぼれへのシフトがおこったためである。

本県では今世紀初頭、1905（明治38）年の27kg/10aというのが記録上の最低収量で、木村の修正作況指数によると「12」とされている。指数の上では平成5年の「37」はこれに次ぐ。

「百年に一度」の妥当性はともかく、「冷害年は数年連続して起こる」という通説や、前出の冷夏傾向や異常低温が現れる頻度等を考慮すると、本県においては、平成5年の様な気象条件にも対応可能な品種や作付技術の開発は急務であると考えられる。

実証93冷害

山形県における93水稲冷害の記録

武田正宏

(山形県立農業試験場)

1. 水稲の作況と被害の実態

山形県の作況指数は79の著しい不良であり、比較的作柄の安定している庄内地域でも作況指数が90を下回ったほか、最上地域は56と大きく低下した。この指数は、現在のような手法で作況指数を算出するようになった昭和28年以降最も低い指数であった。

作況は地域、地帯、品種の差が極めて大きくなっているが不稔籾の発生にともなう登熟不良の差によるものであり、県下全域で程度の差はあれ併発して作況を低下させている。また、不稔籾の発生による稔実歩合の低下、出穂遅延による登熟歩合の低下、千粒重の低下は、品質、食味まで影響した。

表1 平成5年産水稲作柄表示地帯別収穫量(山形統計情報事務所)

区分	作付面積	10a当たり収穫量	収穫量	作況指数	10a当たり		対前年差		
					平年収量	前年収量	10a当たり収量	収穫量	
	ha	kg	t		kg	kg	kg	t	
県計	88,100	459	404,400	79	583	576	△117	△93,800	
作柄表示地帯	村山	21,200	454	96,200	78	583	566	△112	△22,700
	最上	13,700	308	42,200	56	552	550	△242	△32,600
	置賜	19,000	455	86,500	79	577	579	△124	△21,800
	庄内	34,100	526	179,500	88	599	591	△65	△16,700

表2 水稲の主要被害面積と被害量(山形統計情報事務所)

区分	被害面積	被害量	被害面積率		被害率	
			本年	対前年差	本年	対前年差
	ha	t	%	%	%	%
被害合計	167,800	173,600	190.5	71.1	33.8	24.6
気象被害	106,800	153,800	121.2	48.2	29.9	23.4
(冷害)	88,100	151,700	100.0	63.0	29.5	25.4
病害	42,000	18,500	47.7	14.3	3.6	1.3
虫害	17,300	1,210	19.6	8.4	0.2	△0.1

注) 1 被害面積の合計は、主要被害種類別の延べ面積であり内訳と一致しない。

2 被害率=被害量÷平年収量×100により算出した。

2. 水稲被害におよぼした気象背景

1) 93の気象的特徴

本年の気象の大きな特徴は、4月以降気温は低温傾向に転じ、その傾向は9月の初めまで続いた。特に、7月中旬から8月半ばまでは、平年より4～5℃も平均気温の低い日が続き、7～8月の平均気温は21.2℃で山形地方気象台観測史上（統計開始明治22年）明治35年に次いで2番目に低かったことから、水稲の生育・収量にたいして史上最悪の被害をもたらした。

6～8月の降水量は平年並であったが、東北地方南部は平年より10日早い6月2日に梅雨入りし、梅雨前線は8月半ばまでの長期間本州南岸に停滞し、梅雨明けは特定されなかった。

日照時間は、6月から8月までの長期間にわたり、平年よりかなり低い状態が続き、この間の日照時間は、309.7時間で山形地方気象台観測史上（統計開始明治28年）最少の年となった（日照時間は1986年にジョルダン式日照計から回転式日照計日照観測機器が変更になったため、それ以前の値は回転式日照計の値に換算して順位を求めた。

2) 稲作期間の気象経過

ア. 育苗期

4月中は若干低温ぎみではあったものの、天候はおおむね平年並に経過した。4月末に入りオホーツク海高気圧の張り出しとともに上空に強い寒気が流れ込み、高い山では、風雪となるなど日中

表3 地域別、品種別の品質（山形食糧事務所，平成6年1月末現在）

地域	検査等級(制度内 %)				はなの舞	どまんなか	ササニシキ	はえぬき
	一等	二等	三等	規格外				
村山	78.2	20.7	0.8	0.3	—	—	—	—
最上	64.5	33.3	1.9	0.3	—	—	—	—
置賜	51.3	46.7	2.0	0	—	—	—	—
庄内	65.4	32.6	1.3	0.7	—	—	—	—
県計	64.6	33.6	1.4	0.4	53.3	64.7	64.1	70.5

表4 山形地方気象台における順位

要素	観測値	順位	本年より低い値の最も近い年
7月の平均気温の低い値	20.5℃	4	1945年
8月の平均気温の低い値	21.9℃	6	1980年
7～8月の平均気温の低い値	21.2℃	2	1902年
6月の日照時間の低い値	118.1時間	7	1981年
7月の日照時間の低い値	95.8時間	9	1988年
8月の日照時間の低い値	96.8時間	4	1958年
7～8月の日照時間の低い値	191.6時間	2	1902年
6～8月の日照時間の低い値	309.7時間	1	

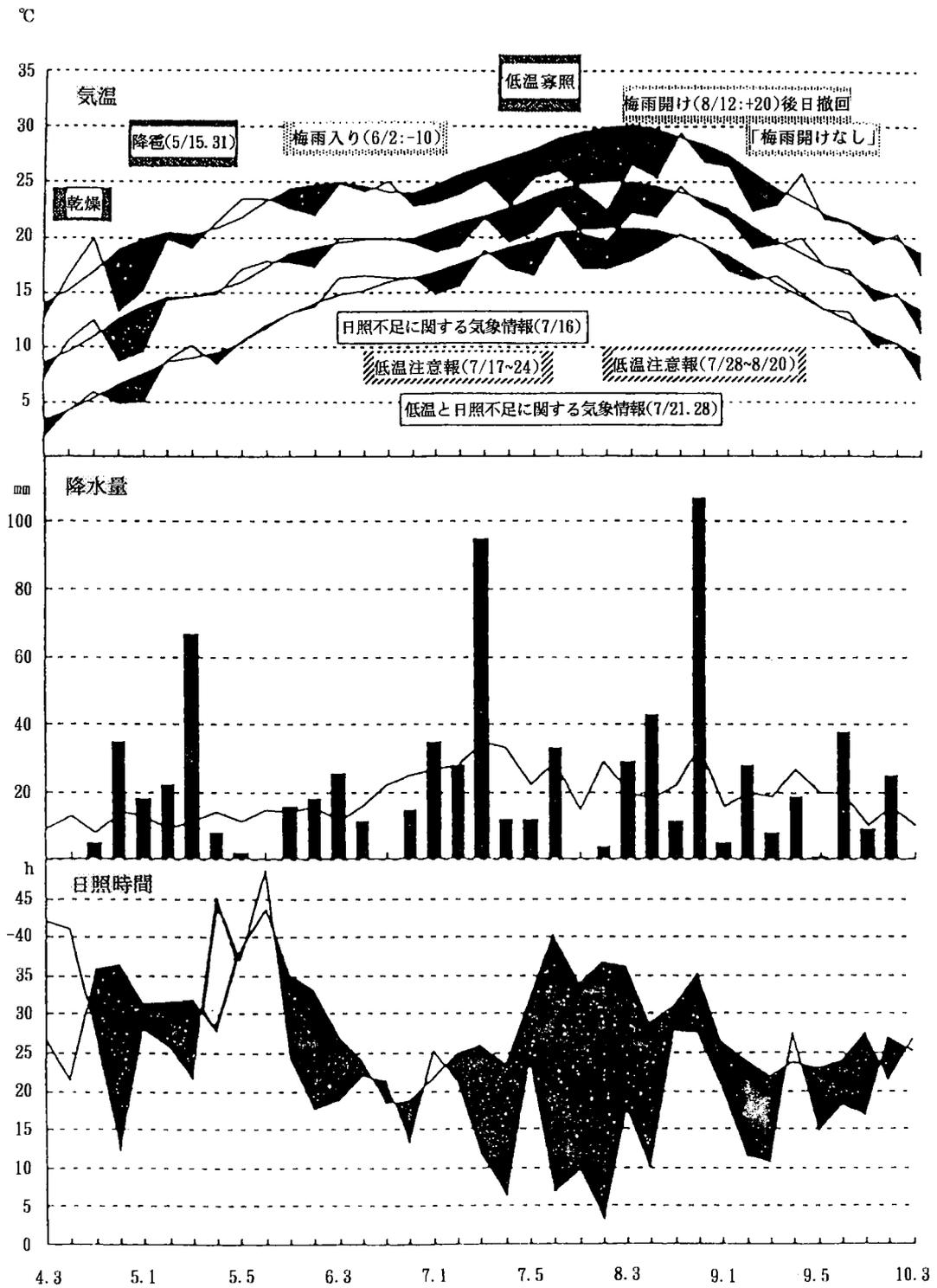


図1 気象推移

の気温が平年より低い日が5月5日頃まで続いた。それ以降天候はやや回復したものの低温傾向は5月14日まで続いた。このため苗の生育は平年より遅れた。

イ. 活着期

平均気温は平年より若干低かったものの、天候はおおむね平年並に経過した。ただし、5月16日前後に降霜があり、この時期に活着期にあった地域では活着が停滞した。

ウ. 分けつ期

6月、東北地方南部は平年より10日早い2日に梅雨にはいり、時を同じくして大陸から寒気が南下し県下全般に低温傾向になり、奥羽山系沿いなどでヤマセの流入した地域がみられた。中旬になり寒気が抜け、気温は平年並に回復したが、梅雨前線は本州南岸に停滞し活動し、日照時間は平年の60～70%程度であった。その傾向は、6月いっぱい続いた。7月に入り、梅雨前線は依然本州南部に停滞したが活動はやや弱まり、日照時間は平年並となった。反面、北日本は高気圧帯となったため晴れの日が多いが、気温はかなり低い日が続いた。そのため、稲の生育は遅れ、初期分けつも抑制されたため、最高分けつ期は平年より遅れた。

エ. 幼穂形成期～出穂期

7月中旬、オホーツク海高気圧がしだいに勢力を増し、上空にシベリヤ方面から寒気が流れ込み7月半ばから下旬にかけ気温が平年よりかなり低い日が続き（低温注意報17～24日）、日照時間は平年の半分以下であった。そのため稲の生育は停滞を余儀なくされ、生育は遅延した。

24日以降台風の影響によって、梅雨前線は一旦東北地方まで押し上げられたが7月末に再びオホーツク海高気圧が勢力をまして、東北地方まで張り出し、梅雨前線の本州南岸に押し戻し、7月28日に再度低温注意報（～8月20日）が発令され、気温は県内全般に4～6℃も低い日が続いた。この間日照時間は引き続き平年の半分以下で経過した。この時期に県内の稲のほとんどは穂ばらみ期を迎えたため、障害不稔の多発生を招いた。特に中山間～山間にかけて、奥羽山系沿いのヤマセの吹走する地帯は絶対温度が低いため、収穫皆無になった地帯もあった。また、この低温により遅れていた稲の生育がさらに遅れ、出穂盛期は、平坦部で8月19日と平年より11日の遅れとなった。これまで県内平坦部での限界出穂期は8月20～25日と考えられることから、県内平坦部でも限界出穂期ぎりぎりの出穂であった。中山間～山間部にかけての出穂期はさらに遅い時期であったことから限界出穂期以降の出穂となった。

オ. 登熟期

9月、本州南部に秋雨前線が現れ、気温は引き続き低く、日照時間も平年より少なく経過した。中旬に入り、移動性高気圧が現れ天気は2日くらいの周期で変わり、気温は平年並に戻ったものの、日照時間は依然平年より低く経過した。10月に入っても気温は平年を上回る気温に至らなかった。

2) 被害の気象要因解析

① 被害の発生状態

被害は収量、品質の両面に発生した。県内全域で出穂遅延、不稔の多発、登熟低下がみられた。また、庄内は風害、最上や置賜では穂いもち病があり被害を助長した。

県全体の出穂の状況は、出穂盛期で8月19日になり平年より11日の遅れであった。これは、機械

表5 地域・地帯別出穂期（農業改良普及所調べ）

	村山		最上		置賜		庄内		県計	
	月日	平年比								
平坦	8.19	11日	8.20	14日	8.18	10日	8.18	12日	8.18	11日
中山間	8.21	11	8.21	14	8.20	11	8.20	12	8.20	12
山間	8.24	14	8.25	16	8.20	11	8.20	9	8.22	12
管内	8.20	11	8.21	14	8.18	10	8.18	11	8.19	11

表6 時期別出穂割合（農業改良普及所調べ）

普及所名	作付面積 ha	時期別累積出穂割合（％）					
		8月9日 まで	8月12日 まで	8月16日 まで	8月20日 まで	8月25日 まで	8月30日 まで
山形	7,700	1	3	23	66	96	100
寒河江	4,600	1	3	29	64	96	100
村山	4,200	0	1	6	50	94	100
尾花沢	4,800	0	0	7	41	94	100
新庄	13,800	0	5	22	42	93	100
置賜	12,400	6	14	28	81	97	100
長井	6,700	2	5	18	61	96	100
藤島	13,000	0	2	15	36	99	100
鶴岡	8,700	0	11	62	88	99	100
酒田	12,100	0	1	14	72	98	100
集計	88,000	0	5	23	60	97	100

移植栽培が確立された昭和40年代後半からの冷害年次の中でも突出している。また、出穂始期から終期までの期間は11日かかっており、平年より3日長かった。時期別出穂状況を見ると8月20日で60％であり、出穂が遅れた最上では約40％、庄内の清川ダシの影響を強く受けた地帯では40％を下回った。

これは、安全出穂晩限（出穂後40日間の平均気温）は平坦部15～20日、中山間部で12～15日、山間部で10日ころとされており、平坦部の中晩生品種や中山間部以上の地帯ではこの晩限を越えており、登熟遅延による被害が大きくなった。

これを山形県立農業試験場の作況はより見ると、育苗期間は低温少照に経過したため、全般に苗は短く、充実度は劣り、5月3半旬の低温の時期に移植されたものは活着が劣り、分けつ期も引き続き低温、少照に経過したことから生育量少なく経過し、葉齢の展開も生育期間の経過とともに拡大して行った。

7月19日時点の出穂期の予想は、早生のはなの舞は平年並、中生～中生晩のどまんなか、はえぬ

表7 生育量の平年比（ササニシキ：標準区）

（％）

場 所	6/10	6/18	6/30	7/9	7/20
本 場	68	59	76	83	85
庄 内 支 場	89	91	94	86	86
最 北 支 場	87	91	87	77	79
置 賜 分 場	83	74	69	75	82
平 均	82	78	81	80	83

表8 葉齢の展開（平年差，ささにしき）

	5/28	6/10	6/18	6/30	7/5	7/9	7/20
本 場	-0.3	-0.5	-0.6	-0.6	-0.4	-0.8	-0.7
庄 内	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.4
最 北	-	-0.3	-0.7	-0.8	-0.9	-0.8	-1.1
置 賜	0.1	-0.2	-0.1	0.1	0.1	0.0	-0.2
平 均	-0.1	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6

表9 出穂期の予想と遅延（農試：本場）

品 種	7月19日の 予想出穂期	7月19日現在の 予想出穂遅延日数	本年の出穂 遅延日数	穂孕期間の 出穂遅延日数
はなの舞	8月1日	0日	+1日	1日
どまんなか	8月9日	+3日	+3日	0日
ササニシキ	8月11日	+4日	+7日	3日
はえぬき	8月12日	+2日	+5日	3日

きは2～3日，ササニシキは4日の遅れであった。しかし，7月17～24日，8月1～9日の異常低温により，生育は停滞し，出穂期の中生晩のはえぬき，ササニシキは更に3日遅れた。また，障害不稔が発生した。

② 障害不稔の発生実態と解析

出穂の遅延と幼穂形成期から出穂開花期までの長期にわたる低温経過で，県下全域で減数分裂期低温に遭遇し，障害不稔が発生した。ことに，絶対温度が低い中山間から山間部にかけては，障害不稔の発生が多く被害は甚大であった。また，地域，地帯，品種別不稔歩合調査結果の山間部の調査対象以外の高標高地帯は収穫皆無となっている。

調査対象の中で，地域とともに品種の耐冷特性が顕著に現れ，ササニシキ，どまんなかの不稔が高く，はなの舞，はえぬきが比較的低い。ことに，中山間～山間地帯は早生品種を作付けしているが出穂期が8月20日以降になったことが被害を助長した。耐冷極強の基準品種のはなの舞でも，最北地域の中山間部では40%の不稔歩合となり，品種の対応力を越えた低温の襲来であった。耐冷性

表10 地域、地帯、品種別不稔歩合

地域	地帯	品 種 名	サンプル 数	出 穂 期 (M/D)	不稔歩合 (平均, %)	標 高 (平均, m)	
村	平坦	はなの舞	6	8.13	6.5	125	
		どまんなか	13	8.17	21.8	123	
		ササニシキ	62	8.18	18.4	118	
		はえぬき	88	8.20	11.2	115	
		コシヒカリ	2	8.27	21.9	—	
			雪化粧	5	8.15	15.4	114
	中山間	はなの舞	24	8.15	21.7	237	
		どまんなか	26	8.21	36.2	229	
		ササニシキ	15	8.20	22.9	213	
		はえぬき	19	8.21	16.1	217	
あきたこまち		2	8.20	20.1	230		
山	山間	はなの舞	49	8.21	46.7	395	
		どまんなか	27	8.24	63.0	370	
		ササニシキ	3	8.23	38.8	300	
最	平坦	はなの舞	11	8.15	13.9	—	
		どまんなか	6	8.21	31.5	—	
		ササニシキ	7	8.22	31.3	—	
		はえぬき	4	8.25	7.1	—	
	中山間	はなの舞	61	8.18	43.7	201	
		どまんなか	43	8.20	60.6	199	
		ササニシキ	14	8.23	46.7	186	
	北	山間	あきたこまち	29	8.19	75.5	198
			はなの舞	31	8.22	75.8	253
			あきたこまち	22	8.25	88.4	263
置	平坦	はなの舞	15	8.13	10.2	—	
		どまんなか	14	8.17	19.1	—	
		ササニシキ	32	8.19	20.4	—	
		はえぬき	23	8.20	15.4	—	
		雪化粧	3	8.20	8.5	—	
	中山間	はなの舞	24	8.10	12.3	253	
		どまんなか	26	8.18	24.6	250	
		ササニシキ	34	8.19	21.9	228	
		はえぬき	26	8.21	11.4	223	
		キヨニシキ	7	8.13	21.4	217	
賜	山間	雪化粧	7	8.13	15.2	214	
		あきたこまち	9	8.16	10.3	268	
		美山錦	2	8.18	6.9	265	
		はなの舞	47	8.15	19.3	374	
		どまんなか	7	8.22	40.2	310	
庄	平坦	ササニシキ	7	8.21	36.2	325	
		あきたこまち	10	8.18	28.2	386	
		どまんなか	12	8.16	14.6	15	
		ササニシキ	48	8.19	14.5	20	
		はえぬき	34	8.22	7.1	20	
	中山間	コシヒカリ	3	8.25	9.6	15	
		雪化粧	17	8.13	14.7	15	
		でわのもち	4	8.22	50.7	10	
		はなの舞	3	8.14	8.8	147	
		どまんなか	10	8.19	21.6	150	
内	山間	ササニシキ	9	8.19	22.9	176	
		雪化粧	2	8.12	6.9	—	
		はなの舞	9	8.21	34.2	334	
		どまんなか	6	8.25	37.0	268	

注) 各農業改良普及所, 農協, 市町村調査による。

中のどまんなかは中山間部の適応地帯で不稔歩合60%となり適地を越えたところでは更に被害を広げることになった。しかし、はえぬきは比較的不稔少なく、障害不稔に対する強い抵抗力を示した。

障害不稔発生程度の推定を昭和63年に用いた冷却度から検討した結果、減数分裂期を中心とした5日間の冷却度が不稔歩合との相関高く適合性が認められた。各品種の冷却度と不稔歩合の関係をみると、冷却度が同じでも、どまんなか、ササニシキがはなの舞、はえぬきより不稔歩合が高い。また、不稔歩合が20%発生する5日間の冷却度は、どまんなか、ササニシキでは7、はなの舞、はえぬきは10程度であった。ただし、各品種とも推定誤差の標準偏差が10%以上生じ、葉色、日照時間など条件を考慮する必要がある。

条件の中では、施肥、基肥の絶対量、追肥の量、回数、時期、幼穂形成期の稲体窒素濃度の影響が解析される。また、水管理と不稔歩合の関係をみると、深水管理が障害不稔の発生を軽減する効果が認められ、特に不稔歩合が10%を越えるような場合の軽減効果が高い。

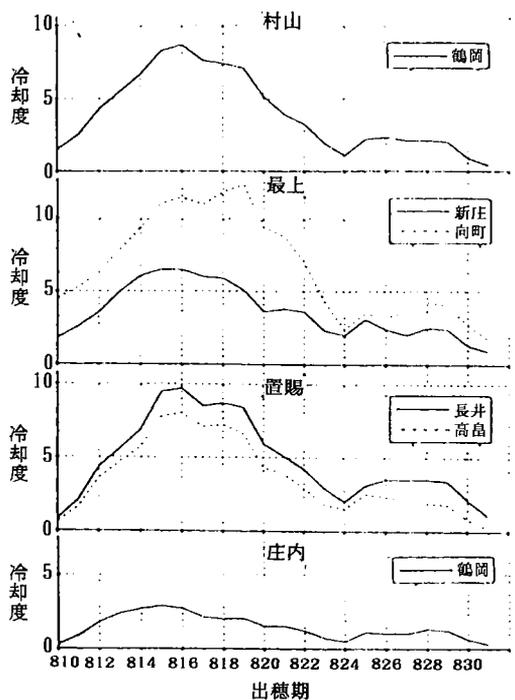


図2 地域別冷却度の推移

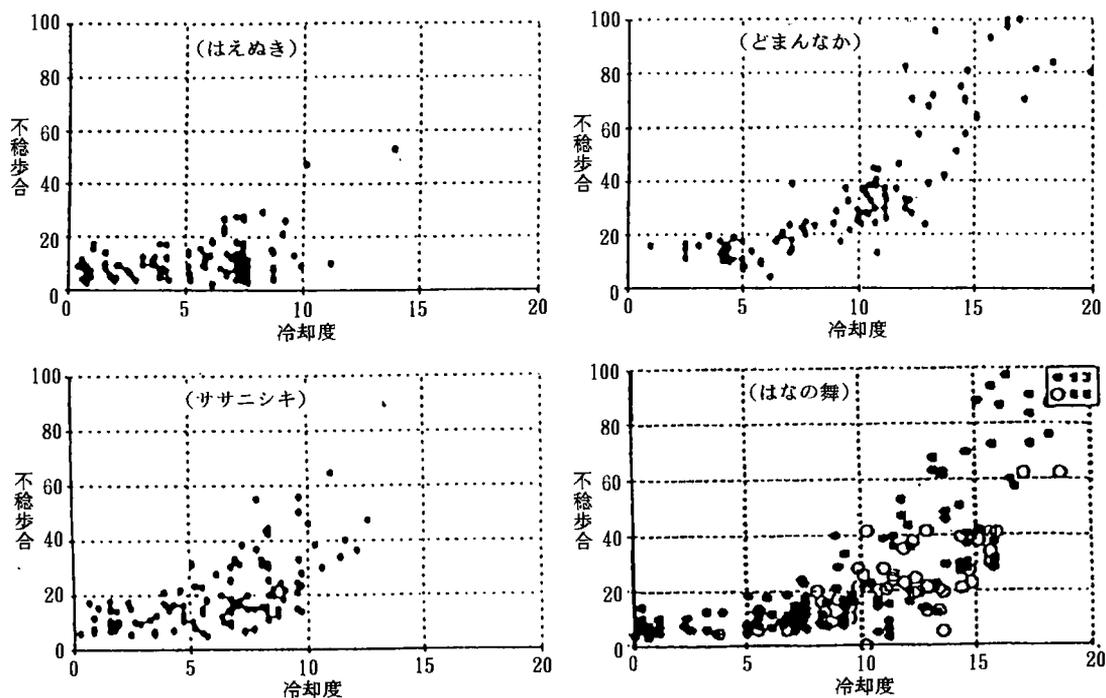


図3 減数分裂期中心5日間冷却度と不稔歩合

表11 穂ばらみ期深水と不稔歩合（置賜分場）

品 種	水管理	出 穂 日 (月/日)	不稔歩合 (%)
ササニシキ	深 水	8/19	7.2
	慣 行	8/19	5.9
	深 水	8/23	12.2
	慣 行	8/23	21.1
どまんなか	深 水	8/16	12.0
	慣 行	8/16	16.8
	深 水	8/19	12.3
	慣 行	8/19	14.7
	深 水	8/23	18.3
	慣 行	8/23	27.2

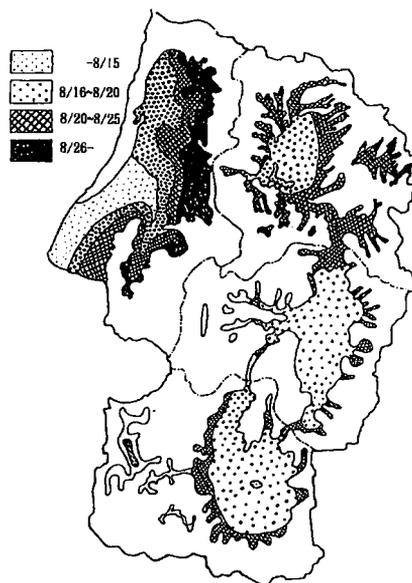


図4 県内の出穂状況(ササニシキ・1993)
(最北地域は平坦:どまんなか,
中山間～山間:はなの舞)

③ 登熟遅延の実態と解析

遅延型冷害は、登熟期間の低温が直接影響するがこれは出穂が遅延すると登熟停止温度が出現するまでに十分な積算気温が得られず収量、品質が低下する。

県内の出穂状況は、村山、置賜地域でササニシキが8月16～20日中心で、平年に比較して10日前後遅れた。庄内地域の平坦部ササニシキは南部が8月15日頃、北部は8月16～20日の出穂となった。最北地域では、平坦部のどまんなかで8月16～20日出穂、中山間～山間のはなの舞は8月21日以降の出穂となりいずれも平年に比べ大幅に遅れた。

出穂から40日間の平均気温は、山形と酒田で20℃を僅かに上回った程度であり、新庄、高島では20℃に達していない。これを平年と比べると山形2.2℃、新庄2.6℃、高島2.1℃、酒田2.4℃それぞれ低かった。このように出穂遅延による登熟期間の日平均気温の低下は、収量、品質に大きく影響した。

表12 出穂後40日間の日平均気温

地 域	出穂期	平均気温
村 山 (山形)	平成5年 8/20	20.2
	平 年 8/ 9	22.4
	偏 差 +11	-2.2
最 上 (新庄)	平成5年 8/21	19.4
	平 年 8/ 7	22.0
	偏 差 +14	-2.6
置 賜 (高島)	平成5年 8/18	19.7
	平 年 8/ 8	21.8
	偏 差 +10	-2.1
庄 内 (酒田)	平成5年 8/18	20.8
	平 年 8/ 7	23.2
	偏 差 +11	-2.4

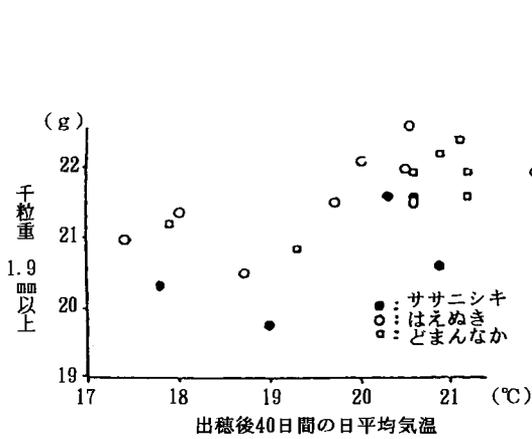


図5 出穂後40日間の日平均気温と千粒重
(平3, 平5 庄内支場)

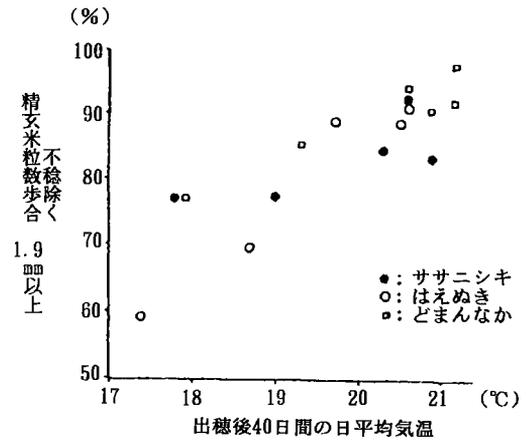


図6 出穂後40日間の日平均気温と精玄米粒数歩合(不稔除く)
(平5 庄内支場)

表13 近年の冷害年次の収量と気温

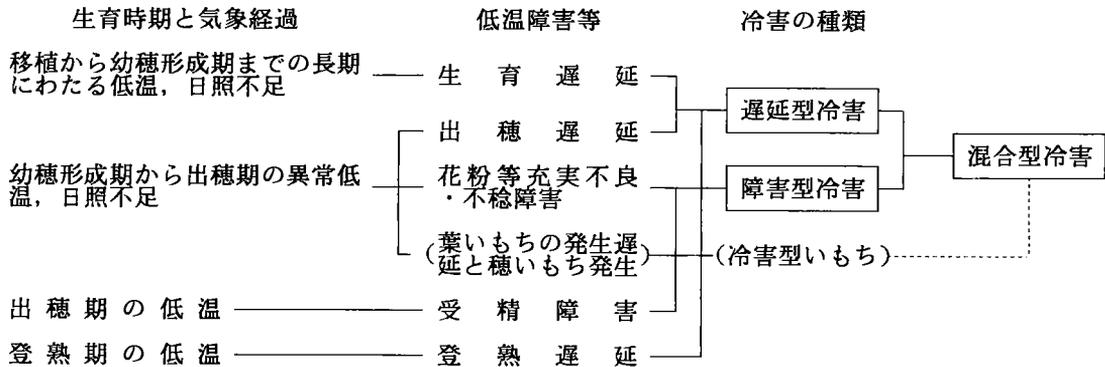
	収 量 (kg/a)	気 温		冷害の型
		7 月	8 月	
平成5年	459 (79)	20.5	21.9	混合型
昭和63年	536 (92)	20.5	25.1	障害型
昭和56年	525 (92)	24.6	23.6	遅延型
昭和51年	511 (92)	22.6	22.1	混合型

(注) 気温は山形観測値の月平均気温, 収量は県平均値, ()は作況指数。

出穂後40日間の平均気温の低下は、不稔を除いた精玄米粒数歩合に影響し収量が低下する。また、千粒重も低下する。その影響は20℃以下になると大きくなる。

3) 平成5年水稲冷害の発生機構

平成5年の冷害は混合型冷害であり、つぎの発生機構であり、近年の冷害年次ではない収量低下であった。



実証93冷害

薬剤処理による障害不稔軽減の可能性

多田 久*・富田 秀弘**

(*青森県農業試験場, **青森県農産物加工指導センター)

1993年の夏は記録的な低温で、青森県では県平均の作況指数が28、10 a 当たり収量は159kgの著しい減収になった。この原因についてはこれまで多方面で解析されており（井上；1993，多田；1994），7月中旬から8月中旬にかけての低温により障害不稔が多発したことが大きい。

現在、穂ばらみ期の低温対策としては水管理が主であるが、かんがいに要する手間や大面積での用水量確保などの問題がある。そこで、予備的に薬剤処理による障害不稔の軽減効果について検討した結果、再確認の必要があるが、障害不稔軽減の可能性がみられたので紹介する。

1. 試験方法

試験は青森農試ほ場で行い、調査に用いた品種は中生の「むつほまれ」, 供試薬剤は4-C P A液剤（成分：パラクロルフェノキシ酢酸0.15%）である。薬剤処理時期は開花期（8月22日）のみの1回処理と、出穂始め（8月17日）+開花期（8月22日）の2回処理である。処理は100倍液を穂が濡れる程度に霧吹きで散布した。処理株数は1区20株である。

調査は成熟期に分解調査を行った。不稔歩合，登熟歩合については穂ごとに出穂日毎に分けて調査した。

供試した水稻の耕種方法は以下のとおりである。

播種が4月15日，移植が5月20日，栽植株数が m^2 当たり24.2株である。堆肥施用量はa当たり100kg，施肥量はa当たり基肥として窒素0.8kg，燐酸1.0kg，加里1.0kgを，追肥として幼穂形成期に窒素0.3kgを施用した。

2. 結果と考察

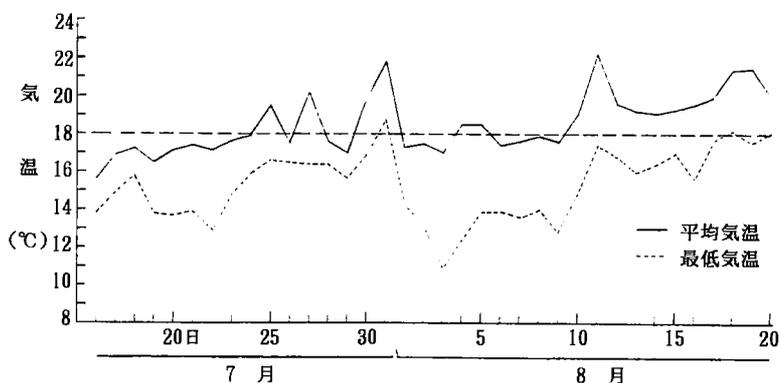


図1 7月16日～8月20日までの平均気温・最低気温の推移

図1には7月16日～8月20日にかけての日別気温を示した。平均気温は7月末や8月10日以降に一時的に20℃以上になっているが、8月10日までの大半の日は18℃以下である。最低気温も7月末や8月17日以降が17℃以上であったが、それ以外の期間は17℃以下で、特に8月上旬は12～14℃程度であった。本試験の出穂期は8月19日であるので、出穂前10日以前は大半の日は平均気温18℃以下、最低気温は出穂前3日以前が17℃以下であった。

出穂は8月14日～22日頃で、この期間の気温は17日までが最高気温22℃前後、平均気温19～20℃であったが、大半が出穂・開花した18日以降は最高気温が24℃前後からそれ以上、平均気温が21℃前後からそれ以上であった。なお、開花したのは出穂3～5日後で、平年より日数を要した。

表1には成熟期の生育調査結果を示した。無処理区に比べ出穂始め+開花期処理区で稈長が長い傾向がみられたが、開花期処理区では差がなかった。また、穂数は開花期処理区で、籾数は無処理区で多かったがその差は小さかった。

不稔歩合は図2に示した。無処理区では14～19日出穂で不稔歩合は77.9～87.7%と高いが、それ以降、出穂が遅くなるほど低くなった。しかし、最も低かった23日出穂でも44%程度であった。

これに対し、4-CPA液剤の開花期及び出穂始め+開花期の両処理区とも出穂日別の不稔発生の傾向は無処理区と同様であった。しかし、それぞれの出穂日ごとの不稔歩合をみると、開花期処理区で最も高かったのは16日出穂の61.8%であるが、無処理区での同日出穂の不稔歩合に比べると

表1. 成熟期の生育調査結果

区名	全長	稈長	穂長	第1節間長	株当り穂数	株当り籾数
	cm	cm	cm	cm	本	粒
無処理区	79.5	64.3	15.2	24.7	15.3	1617
開花期処理区	80.8	65.1	15.7	25.9	16.3	1522
出穂始+開花期処理	84.6	69.1	15.5	26.0	15.5	1566

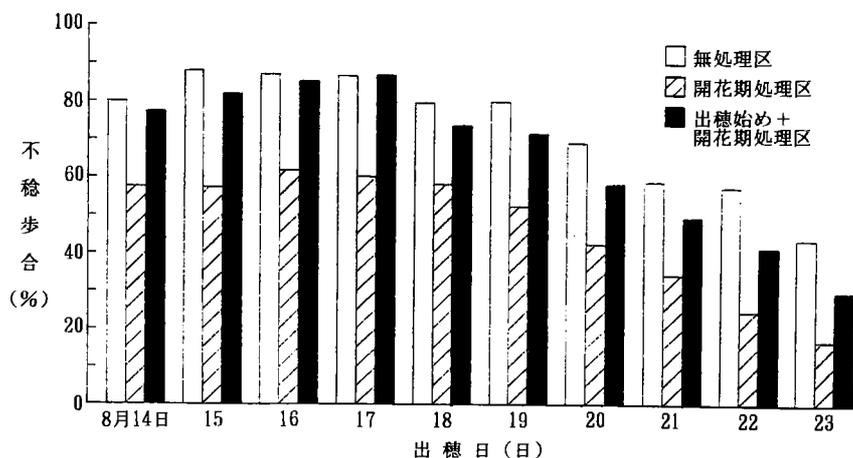


図2. 出穂日別の無処理区と薬剤処理区の不稔歩合

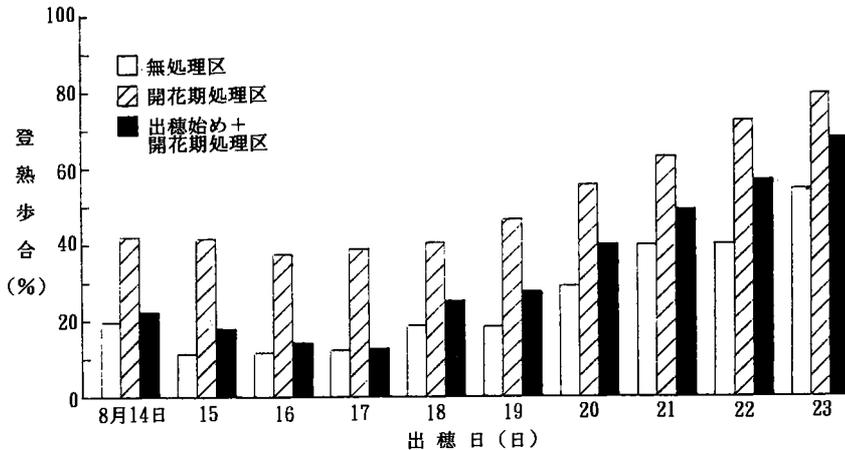


図3. 出穂日別の無処理区と薬剤処理区の登熟歩合

25.3%も低く、他の出穂日でも15日出穂の30.4%を最高にいずれの出穂日でも20~30%程度無処理区より低かった。一方、出穂始め+開花期処理では、18日出穂までは無処理区と大差ないものの、19日以降の出穂では無処理区に比べ10~15%程度低くなった。

4-CPA液剤は単為結果を誘発する作用があり、本試験でも単為結果の発生は無処理区は各出穂日とも全粒数の1~5%程度であるが、開花期処理区では18日までに出穂したものは50~55%、それ以降の出穂では漸減するが、22日の出穂でも11%と多かった。また、出穂始め+開花期処理では8月14日~17日に出穂した穂では60~75%でそれ以降の出穂では漸減するが、22日出穂でも13%と4-CPA処理で多発した。しかし、単為結果になった籾をみると、デンプンが蓄積されず不稔籾数になったものと思われる。

出穂日別の登熟歩合は図3に示した。各出穂日とも開花期処理の登熟歩合が最も高く、18日以降では開花期処理に次いで出穂始め+開花期処理が高かった。

本試験の結果、開花期処理区では無処理区に比べ不稔歩合が20~30%少ないこと、出穂始め+開花期処理区では出穂が18日(開花が22日)以降の穂で不稔歩合が低くなったことから開花期の4-CPA液剤処理により障害不稔の軽減効果があったものと考えられる。

しかし、開花期処理区では散布以前に出穂・開花した穂でも不稔歩合が低くなったのに対し、出穂始め+開花期処理区では不稔歩合が低くなったのは2回目の開花期処理以降に開花した穂だけであったこと、その程度も開花期のみの処理に比べ小さく、両処理法で不稔軽減の傾向は異なった。したがって、出穂始め散布の影響や開花時期と処理時期との関係がここでははっきりしなかった。これは処理時期や2回処理による処理量が多くなったことなどによると考えられるが、今後詳細な検討が必要である。さらに、単為結果した籾はいずれも不稔になったものとみられ、どのような仕組みで不稔が軽減されたのか不明で、今後この点を明らかにしなければならない。

一方、熟期促進作用があることから登熟向上も期待されたが、稔実歩合と登熟歩合の差をみると、両処理区とも無処理区とほとんど差がなかったことから、登熟向上効果はないものと判断された。

これまでイネの穂ばらみ期の低温に対してホルモン剤などの処理効果については、T I B A やエスレル、I A A、ブラシノステロイドなどの処理で効果が認められたとする報告（西山；1975，田島；1975，田代；1989）とジベレリン，アブジジン酸，インドール醋酸，カイネチンのいずれでも効果が認められなかったとする報告（江幡；1989）とがあり，効果についてははっきりしていない。また，本試験も1年のみであり，効果をもたらす作用機作がはっきりしていないことから，今後この点が明らかにならなければ効果の有無についての判断も難しいと思われる。

引用文献

- 江幡守衛 1988：イネの冷温障害に関する研究 -冷温障害と植物ホルモン-，日作紀 57（別号1），p 161-162
- 井上君夫 1993：東北地方における1993年冷夏と冷害の実態 -低温による水稻被害-，農業気象，49，p 193-196
- 西山岩男 1975：イネの小孢子初期冷温処理による雄性不稔 第11報 化学物質による不稔防止，日作紀，44，. p 397-402
- 多田 久 1994：北日本の水稻被害の実態 東北地方北部，日本農業気象学会編「平成の大凶作」，p 87-92
- 田代 亨 1989：ブラシノステロイドの投与が冷温障害による不稔発生におよぼす影響について，水稻の冷害における被害推定に関する基礎的研究 昭和63年度科学研究費補助金研究成果報告書，p 19-26
- 田島公一・雨宮 昭 1975：イネ減数分裂期の低温障害による不稔の科学的制御（予報），日作紀 44（別1），p 79-80

実証93冷害

青森県の野菜冷害とナガイモ

北山美子

(青森県畑作園芸試験場)

1. 青森県の野菜栽培と冷害

青森県の野菜栽培は、昭和40年代後半から急速な伸びをみせてきたが、ここ数年は作付面積22,000ha程度で落ち着いている。品目としてはダイコン、ナガイモ、ニンニク、ニンジン、パレシヨの作付面積が特に大きく、これら5品目で全野菜の約5割を占めている。なかでもナガイモは、最も生産額が多く、本県野菜の中核をなす重要品目で、産地は十和田市、三沢市を中心とする上北地域や八戸市近辺の三戸地域といった太平洋側の畑作地帯に広がっている。

平成5年の冷夏により、青森県の野菜栽培も大きな打撃を受け、その被害総額は9,946百万円にも達し、なかでもナガイモの被害は4,046百万円と全体の約4割を占めた。昭和63年の冷害でも被害総額5,431百万円のうちナガイモは4,190百万円にも達しており、本県の野菜冷害では常にナガイモのウエイトが非常に大きい。

2. ナガイモ作況試験

青森県畑作園芸試験場では県内の主要野菜であるナガイモ、ニンニク、ダイコン、ニンジンにつ

表1 年次別萌芽揃い期と収量、及び気象条件

年次	萌芽揃期 (月.日)	収量 (kg/a)	積算気温(°C)		積算日照(時間)		降水量 (mm)
			植付～	萌芽～	植付～	萌芽～	
S59	6.28	423.2	2975.7	2339.8	908.8	693.3	488.0
S60	7.1	363.2	2956.6	2359.3	884.9	634.0	398.9
S61	7.20	270.5	2747.0	1838.2	778.7	519.1	641.5
S62	7.2	328.8	2958.8	2238.5	768.2	494.8	765.8
S63	7.14	252.5	2749.3	1898.1	643.6	428.6	660.4
H1	7.9	306.6	2934.6	2182.0	1000.5	660.2	781.1
H2	6.27	462.0	3143.8	2455.5	1112.9	783.4	690.3
H3	7.4	301.4	3064.2	2235.4	964.1	618.1	701.1
H4	7.14	319.0	3163.6	2253.0	998.4	600.3	365.9
H5	7.23	259.9	2778.6	1732.7	926.8	521.5	684.0
平年	7.9	321.6	2947.4	2147.4	903.8	592.7	640.8

- 注) 1. 平年は収量最高・最低年を除く8カ年の平均値
 2. 積算気温は平均気温の積算、計算は全て10月31日まで
 3. 降水量は植え付け後からの積算

いて、作況試験を実施しており、今回の冷害についてもいろいろ生育解析を試みたが、ここでは最も被害の大きかったナガイモをとりあげ、生育経過と冷害要因を検討してみたい。

ナガイモの作況試験は、開始してからはほぼ10年になる。種いもは150gの切りいもを使用しており、子いも栽培に比べると、萌芽が遅いなどの欠点もあるが、揃った種いもを数多く準備できる。平成5年の収量は260kg/aと低収であったが、過去10年間の調査結果をみると（表1）、低収年は昭和63年が253kg/aで、今回とほぼ同程度の被害となり、昭和61年も271kg/aと低収であった。

3. 過去10年間の豊凶年の生育経過

過去の冷害年の生育状況をみると、昭和61年は植え付け後の地温が低かったため、萌芽が遅れ、萌芽揃いは平年より11日遅れた。また、萌芽後の気温も低く推移し、8月中旬まで天候は不順であった。9月以降10月上旬にかけては高温で推移したが、生育の遅れは取り戻せなかった。また、10月以降の気温が低かったため、収量は平年比84.1%となった。品質は、4L規格が全く無く、S規格が平年より多かった。

昭和63年は、61年ほどではないが地温は低く、萌芽揃いは平年より5日遅れた。61年より早く萌芽したものの、萌芽後も低温、寡日照で経過し、特に、7月の低温は記録的で、日照時間も平年の36.7%であった。8月は月上旬まで高温で推移し、天候の回復がみられたが、生育の遅れを取り戻すことができなかった。その後、9月後半が高温であった他は、平年並みに推移したが、いもの伸長肥大期に十分な地上部生育量を確保できず、地下部の肥大が遅れ、大幅に減収した。当試験場ほ場では病害虫の発生はほとんど見られなかったが、現地では病害の発生が著しく、炭そ病が9月に多発し、葉洗病も平年よりは多発生となった。収量は平年比78.5%にとどまり、品質的にも3L級以上の大いもの比率が著しく低下した。

平成5年は、植え付け後の気温が低く、萌芽が遅れ、萌芽揃いは7月23日と過去10年間で最も遅かった。低温による萌芽遅れと萌芽後も引き続いた低温のため、昭和61、63年と同様の地上部の生育様相を示した。また、植え付け後から10月31日までの積算気温は昭和61、63年とそれほど大差なかった。しかし、これらの冷害年と比べた場合、植付け後から萌芽までの地温がこれらより比較的

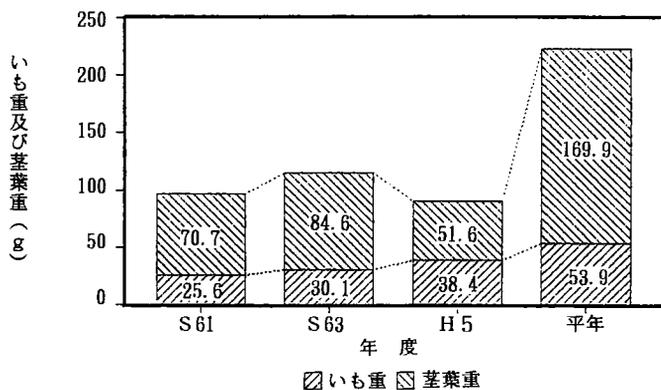


図1 8月10日時点でのいも重及び茎葉重

高く、萌芽揃い期は最も遅かったものの、8月10日時点の調査では、地下部の生育が進んでおり、昭和61、63年の同時期の生育に比べて地下部のいもの生長が比較的進んでいたのが平成5年の特徴であった（図1）。また、平年より約2週間も萌芽期が遅くなったため、萌芽から8月20日頃までの日数も少なく、積算気温も極めて少なかった。したがって、地上部の茎葉重は、平年の30～40%で推移した（図2）。

これらの冷害年に比べ、平成2年は過去10年間で最も収量が上がり、収量は対照的に462.0 kg/aであった。この年は萌芽は6月27日で、気温も平均して高く、地上部重は順調に伸び、平年や低温年では9月10日となる茎葉重のピークが早まって、8月20日でピークとなった。ピーク時の茎葉重は538.1g（平年比144%）にもなった。地下部重も8月10日頃から急激に増加しており、10月20日の最終調査では一本重が1538.3gにも達した。品質的にも4L規格の大いもや、平いもが多く、冷害年とは全く異なる様相を見せている（図3、4）。

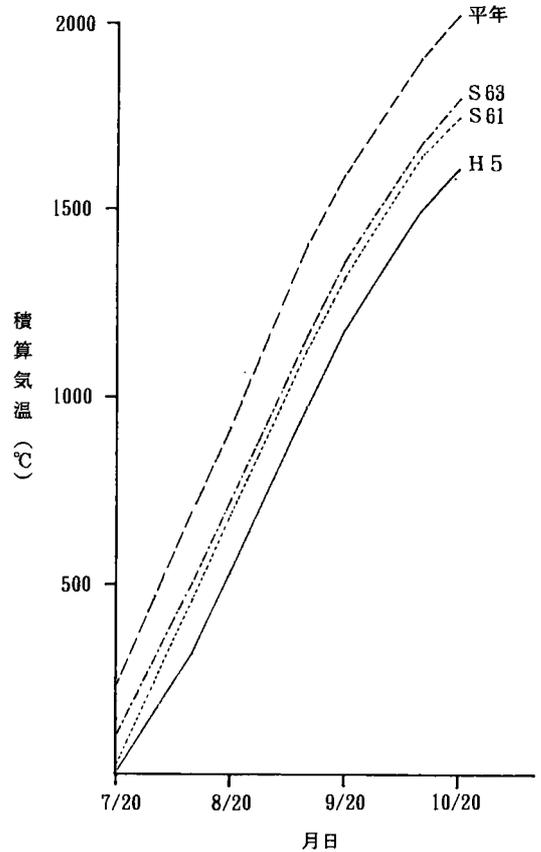


図2 萌芽後の積算気温の推移

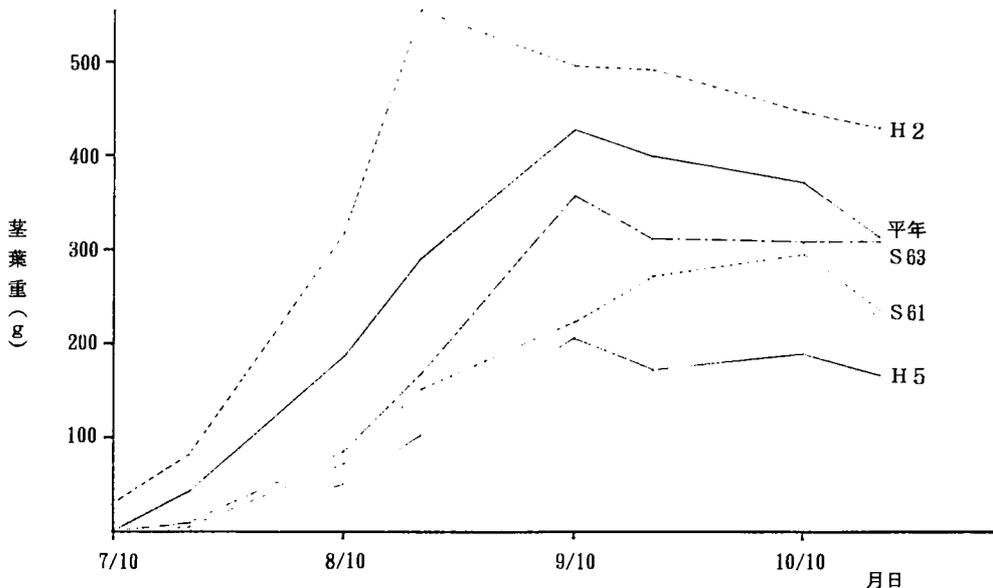


図3 茎葉重の推移

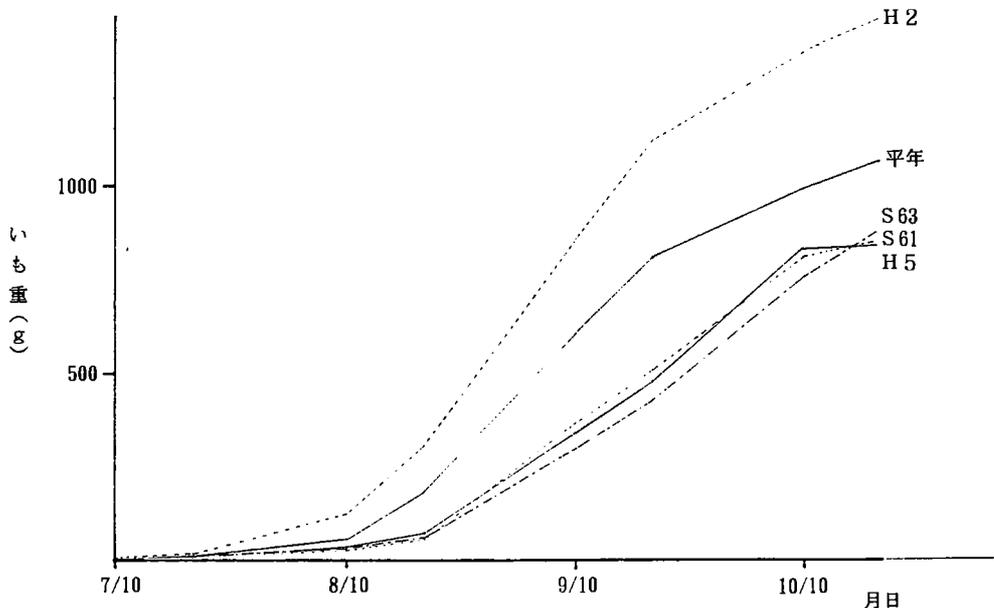


図4 いも重の推移

4. 気象要因とナガイモの収量

過去10年間の結果から植え付け後から萌芽までの日数と地温を見ると、萌芽に要する日数は、植え付け後からの平均地温とは相関が見られず、土壌水分などの種々の要因が複雑に関係していると思われる(図5)。収量と気象要因との関係を調べてみると、降水量との関係はあまりみられず、植え付けからの平均気温の積算及び日照時間の積算との相関も、8月20日までのものを除くとほとんどみられなかった。しかし、萌芽からの平均気温の積算及び日照時間の積算との相関は非常に高かった(表2)。ここで、いも長の伸びが頭打ちとなる9月10日までと、それ以降10月20日までについて、それぞれの積算気温と収量について見ると、前者は高い相関関係にあるが、後者は、平年との差が多い年で10%と、年によっての変動が少なく、相関も見られなかった(図6)。また、収量と茎葉重を見ると、8月20日までの茎葉重との相関が高く、8月20日の茎葉重から収量を予想できると考えられる。そして、その時の茎葉重も萌芽からの平均気温及び日照時間の積算と相関が高い(表3)。

平成5年のナガイモでは最も遅かった萌芽と、萌芽してからの8月末までの積算気温の不足が低収をもたらした最も大きな原因であると考えられる。しかし、萌芽遅れから茎葉重が過去最低の水準で推移したにもかかわらず、最終的な収量は昭和63年と同等の結果となった。平成5年が貧弱な茎葉の繁茂の割には収量が平年の8割程度にも確保できたのは、萌芽前の早期から、地下部の生育が進んでいたなどの他、病害虫も少なく、また、この年はムカゴの着生がほとんどなかったため、地下部への養分の転流がさらに進んだのではないかと考えられる。

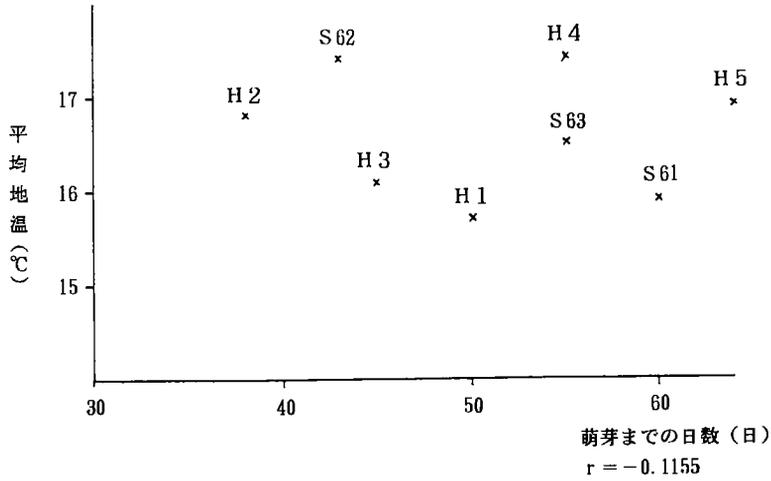


図5 萌芽までの平均地温と萌芽までの日数

表2 収量と気象要因の積算との相関関係

期 間	植付からの積算			萌芽からの積算		
	平均気温	日照時間	降水量	平均気温	日照時間	降水量
～7/20まで	0.5911	0.3393	-0.2723	0.8506**	0.8842**	0.5094
～8/20まで	0.8524**	0.5561	-0.4352	0.8568**	0.8159**	-0.1171
～9/20まで	0.7124*	0.5033	-0.4943	0.8570**	0.7872**	-0.2549
～10/20まで	0.7026*	0.5395	-0.4769	0.8733**	0.8308**	-0.2240

* 5%で有意差あり
** 1%で有意差あり

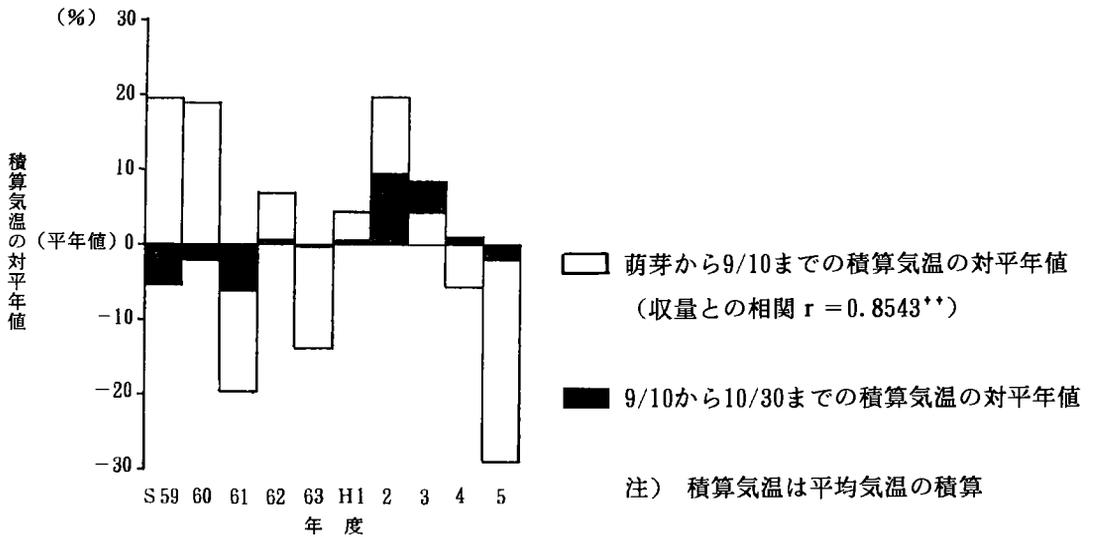


図6 萌芽からの積算気温の対平年値

表3 各時期の莖葉重と、収量及び萌芽からの積算気温、積算日照との相関

	収量との相関	積算気温との相関	積算日照との相関
～7/20まで	0.8520 ⁺	0.9538 ^{**}	0.8598 ^{**}
～8/10まで	0.8777 ⁺	0.9284 ^{**}	0.8690 ^{**}
～8/20まで	0.9333 ⁺	0.9033 ^{**}	0.8678 ^{**}
～9/10まで	0.6396 ⁺	0.7503 ⁺	0.6600 ⁺
～9/20まで	0.6291	0.6965 ⁺	0.6209
～10/10まで	0.6485 ⁺	0.6243	0.5242

⁺ 5%で有意差あり

^{**} 1%で有意差あり

これらのことから、ナガイモの収量を確保するためには、できるだけ植え付け後、萌芽を早める耕種対策をとり、萌芽から8月20日頃までの積算気温をなるべく高め、莖葉を十分繁茂させることが重要である。

5. ヤマセ常襲地域のナガイモ栽培

青森県では太平洋側を中心にヤマセによる冷害は全県にも及ぶ。水稻や果菜類のように受精を前提とする作物では皆無作に至るほどの極端な被害をもたらすことも度々である。

しかしながら、ナガイモは開花、受精に関係なく、地下部の肥大が進む野菜であるから、地域的に夏場のヤマセを直接に受ける野菜ではあるけれども、莖葉の繁茂が平年の約半量の冷害年でも収量は7～8分作を確保できる。この点は水稻や果菜類のような作物とちがい極端な被害に至らず、冷害地帯の野菜作りにとっては大きな強みである。

青森県では、ナガイモはヤマセの影響をまともに受ける太平洋側の畑地帯に広く栽培されているが、このようにこれらの地域では、ナガイモは収量への影響度の小さい基幹作物として、農業経営には重要な作物である。

実証93冷害

水稲冷害で損するのはどこか？

小沢 聖¹⁾・藤森英樹²⁾

(東北農業試験場¹⁾, 中国農業試験場²⁾)

1. はじめに

1993年の冷害による米不足で、やみ米が横行し、消費者は非常に高い国産米を買う結果となった。これは、国家管理下におかれていたはずの米の流通システムにとって、異常な状況であったといえる。しかし、米をとりまく最近の世情を考えると、1993年は、流通に市場競争原理が導入された後の試金石であったともいえる。したがって、1993年の米による農家の損益を解析することは、今後の冷害が農家・地域経済に及ぼす影響を推察するために有益といえる。そこで、1993年冷害による農家1戸当たりの平均所得変化を市町村ごとに、米価の上昇を仮定して、解析した。

2. 所得変化の計算方法

1993年の水稲による農家1戸当たりの所得変化を、東北地方の市町村別に、以下の式で計算した。

$$1 \text{戸当り所得変化} = (1993 \text{年単位収量} \times \text{米価} \times \text{米価上昇係数} - \text{平均単位収量} \times \text{米価}) \times \text{一戸当り栽培面積}$$

ここで、平均単位収量は、1986から1992年の平均とし、「市町村別水陸稲収穫量」（農林水産省情報統計部）によった。米価には、稲わら等の副産物価額も含め、「平成2年産米及び麦類の生産費」（農林水産省情報統計部）の東北平均粗収益の18506円/60kgを用いた。また、農家1戸当たり栽培面積は、「1990農業センサス」から求めた。米価上昇係数は、1.0, 1.2, 1.4と仮定した。なお、この計算式には、乾燥など収穫量に比例する費用、共済による補填、品質低下による米価低下は考慮しなかった。作図には、九州農業試験場農村計画部で開発したソフトMPP-QBを用いた。

3. どうする太平洋側の規模拡大

図1に、1戸当たりの稲作面積を、図2から4に、米価上昇を0割、2割、4割と仮定した場合の所得変化の試算を、各市町村ごとに示す。米価上昇0割では(図2)、秋田県金浦町を除いて、すべての市町村で所得が低下した。特に、100万円以上低下した地域は、青森県の西南部と恐山周辺部を除く全域、岩手県の北上川上流域と同中流域の奥羽山脈沿い、宮城県の北部に集中し、これらは1戸当たり栽培面積の広い市町村と奥羽山脈沿いの市町村であった。このほか、秋田県大瀧村、山形県最上町・新庄市、福島県猪苗代町・西郷村・長沼町・岩瀬町・磐梯町・飯舘村でも同様に低下した。一方、恐山周辺部、岩手県の北上山地山間部と太平洋沿岸部、福島県の阿武隈山地山間部では、作況指数は著しく低かったものの、栽培面積が少ないために、所得の低下は少なかった。

米価上昇を2割、4割と高めると(図3・4)、秋田県、山形県および福島県の会津地方で所得低下が減少し、逆に所得増加に転じると試算された市町村も多くあった。特に、1戸当たりの栽培規模が大きく、作況指数もさほど悪くない大瀧村は、米価がわずかに上昇しただけでも所得は大幅

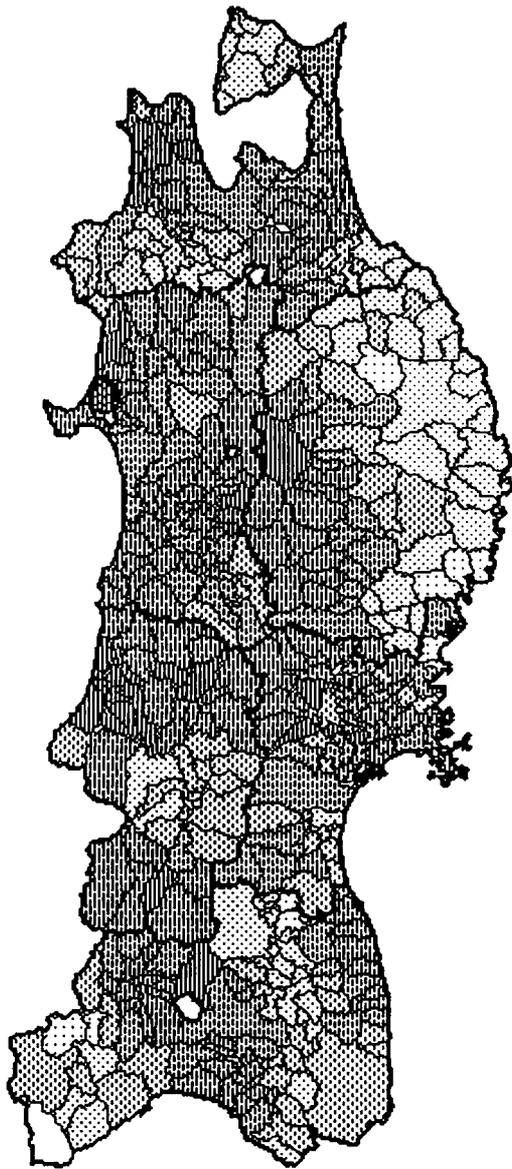


図1 農家一戸当たり
の作付面積
(単位：a)

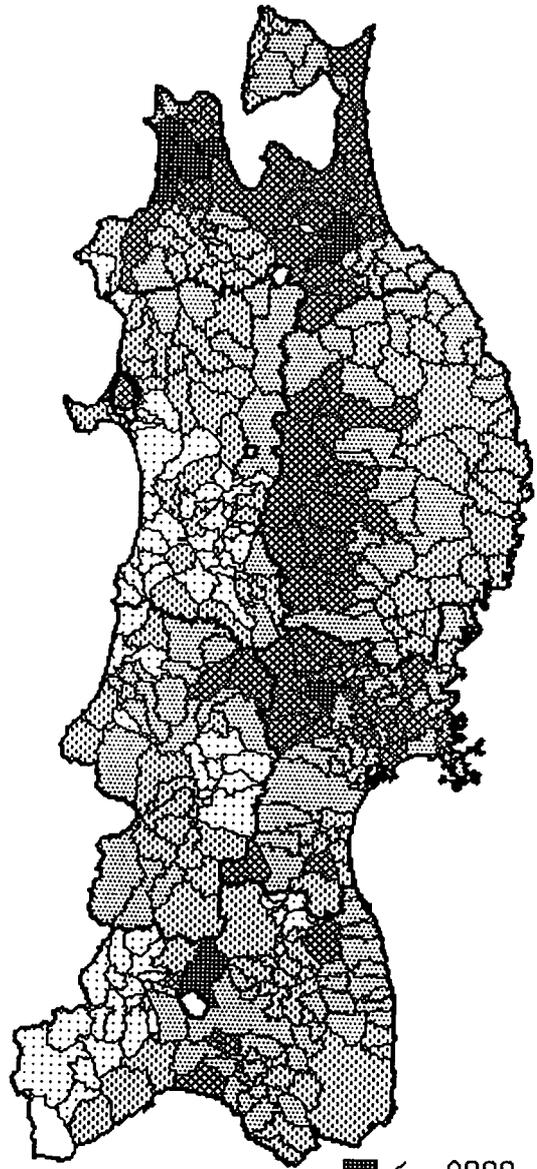
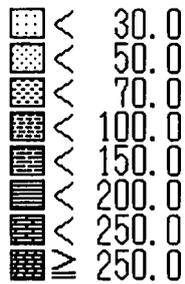
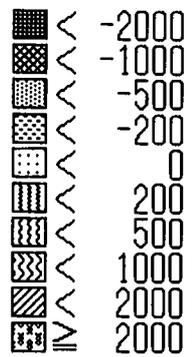


図2 米価1割増での
農家一戸当あた
りの所得変化
(単位：千円)



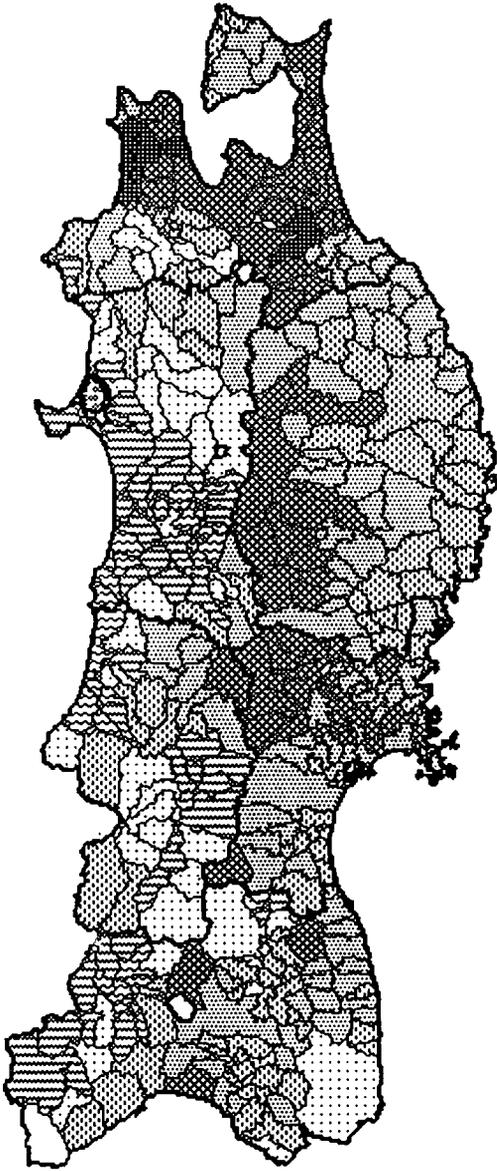


図3 米価2割増での
農家一戸当たり
の所得変化
凡例は図2と同じ

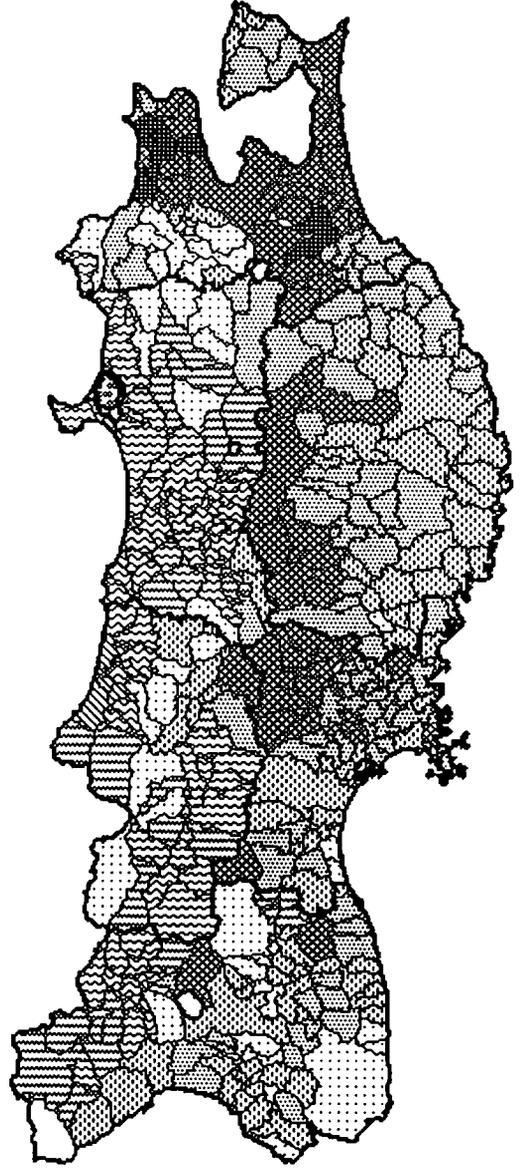


図4 米価4割増での
農家一戸当たり
の所得変化
凡例は図2と同じ

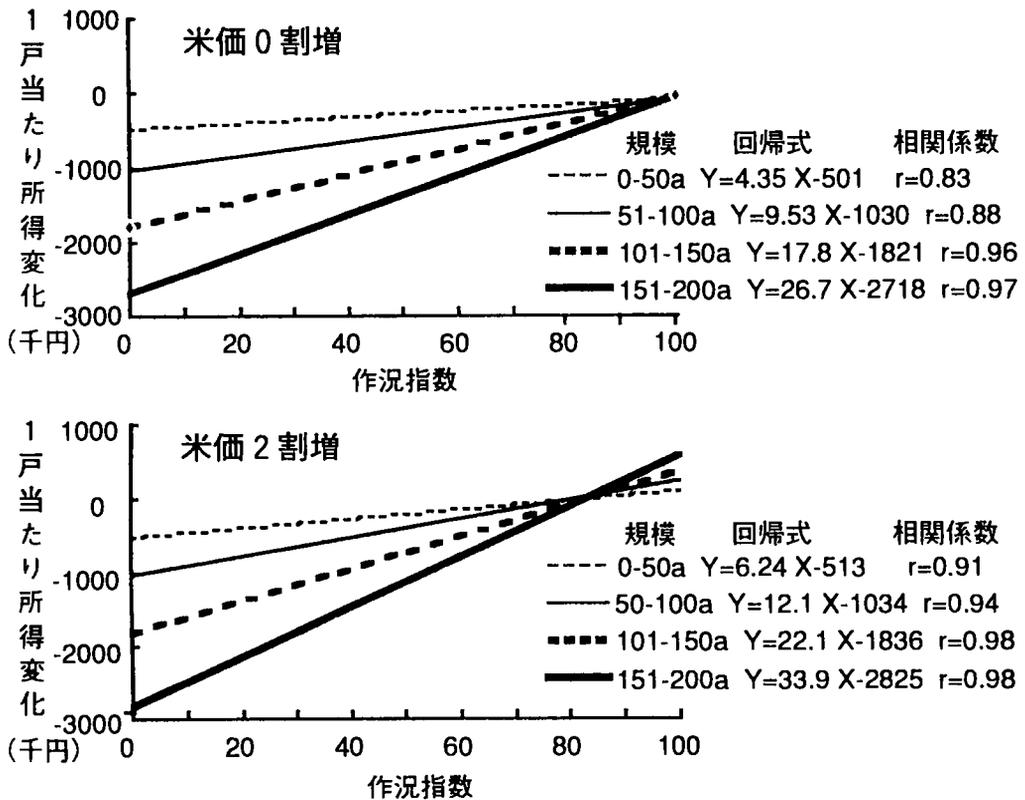


図5 栽培規模と米価が作況指数と農家1戸当たりの所得変化の関係に及ぼす影響

に上昇した。一方、青森県および太平洋側の地域では、作況指数が低いので価格上昇の影響が少なく、増加に転じる市町村はなかった。

市場競争原理に従えば、供給が減少すると、消費ニーズが高まり、価格は上昇し、農家の減益に補填される。しかし、出荷する米を持たない限り、この補填は分配されない。99冷害でこの補填があったとしても、多くは日本海側平野部の比較的規模の大きな農家に還元されて、太平洋側にはあまり還元されないといえる。この影響を具体的にみるために、仮に1993年に米価が2割上昇したとして、上昇しない場合と比較し、図5に示す。これは、400市町村を、栽培規模50aごとに200aまで4段階に分け、作況指数と1戸当たり所得変化の関係を求め、直線で回帰した結果である。米価が上昇しないと、作況指数が100から低下するにともなって所得は低下し、この低下傾度は、栽培規模が大きくなるほど大きい。一方、価格が上昇すると作況指数に比例して損失が補填されるので、米価2割増では、作況指数83%前後で所得低下がなくなり、それ以上で所得は増加した。この回帰式 $Y = aX + b$ の a を比較すると、価格上昇により、規模の大きい農家で、いかに損益が明確になるかがうかがえる。1000a、2000aと栽培規模が大きくなるとこの影響はさらに高まる。これが、市場原理が導入された後の、規模拡大の宿命である。豊作年に米価が逆に低下すると考えれば、太平洋側の地域にとっては非常に厳しい状況になるといえ、冷害対策技術の確立は急務といえる。

実証93冷害

93冷害をふまえて

荒川市郎
(福島県農業試験場)

93冷害と農業気象研究

1993年の冷夏は、筆者にとって一生に一度あるかないかと思われる大冷害であった。福島県の水稲作況指数は、戦後最低であった。また、この冷害は、我々農業気象の研究者に対して多くのテーマを与えてくれた。93冷害の福島県における実態については、他に譲り、本稿では、この冷害を契機に、福島県における農業気象研究の今後の方向について、感じた点を思い付くままに書いてみたい。なお、本稿の一部は、平成5年度東北地域農業研究会において話題提供したものである。

1 現在の技術で冷害は防げるか

1.1 品種の耐冷性の強化

福島県の'93年水稲市町村別作況指数は、一桁台から100に近いところまで、多様であった。この中で、作況指数が一桁台であった地域は、阿武隈山系に属しており、この凶作の要因は、95%を越える障害不稔と出穂遅延による登熟不良である。これらの地域は、図1のように、出穂早限と安全出穂晩限の間隔が短く、特に標高500mを越えると、出穂期の許容幅がほとんど無いのが特徴であ

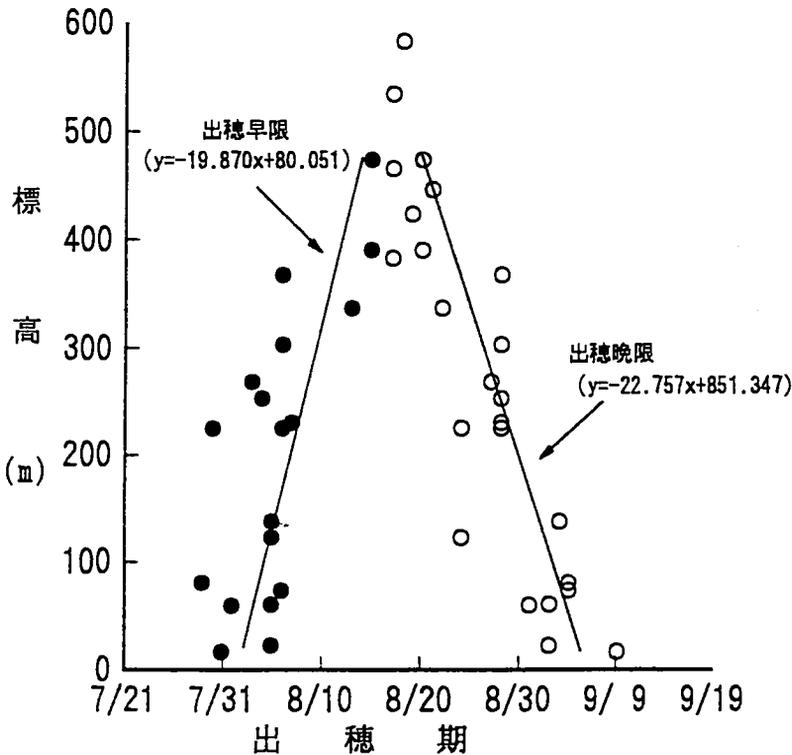


図1 標高と出穂期の許容幅 (1994, 佐藤)

る。このような地域において冷害を克服するためには、これまでよりも耐冷性の強い品種の育成が必要なことは言うまでもない。

1. 2 土地基盤の整備

障害不稔から幼穂を保護する方法に深水管理がある。しかし、山間高冷地の多くは、源流水温が低く、用水の流れが早く、傾斜地であるため漏水田が多い。このような条件では、深水管理をしようとすると、掛け流しとなり、用水による保温効果は期待しにくいのが実態である。したがって、このような地域では、用水の昇温対策や土地基盤の整備が必要となるが、これらの地域を特定するためには、気温と日射量を地域毎に求めたメッシュ気候図が利用できると思われる。

2 栽培法と障害不稔の発生

2. 1 生育量と障害不稔

本県の山間高冷地は、前記のように冷害による壊滅的被害を受けた。しかし、山間高冷地よりも標高の低い山沿い地帯や平坦部では、同一品種でも不稔の発生にかなりのほ場間差が認められた。これは、小沢(1994)が1993年の冷害の地域区分のなかで、北東北の太平洋岸を対象に不稔を調査した際に指摘している「グレイゾーン」に一致している。この地域では、栽培技術の改善により冷害をある程度回避することが可能な地域である。この地域では、深水管理や施肥量の多少によって、障害不稔の発生に差がでており、一般には施肥量が少ないほど、言い換えると生育量が少ないほど障害不稔が少ない特徴がみられた。山沿い地帯は、初期生育の多少が、収量に反映するため、多肥栽培になりやすいと考えられる。

2. 2 品種の耐冷性と障害不稔

グレイゾーンでは、品種の耐冷性の強弱が不稔発生を左右している。たとえば、出穂期がほぼ同じササニシキとひとめばれでは、不稔の発生に大きな差が見られた。また、コシヒカリの不稔歩合は、他の品種より低いことから、この品種を多く栽培している県北地方の作況指数は、県南地方よりも高くなっている。

2. 3 冷害年に対応する栽培技術では通常年に低収量となる

以上のように、冷害を克服するためには、水稻の生育量を制限し、耐冷性が強い品種を作付する必要がある。しかし、気象条件が通常年には、生育量が旺盛である方が多収となることが多く、初期生育が確保しにくい山沿い地帯ほどその傾向が顕著である。また、ひとめばれやコシヒカリは、通常年には、収量が低いレベルにある品種である。このように、冷害年に必要な現行の対策技術は、通常年には、ややもすると減収する技術となる。したがって、冷害を契機にこのような対策技術が見直されて普及したとしても、数年間にわたって好天が続くと施肥量が多くなり、耐冷性が低い多収品種へ移行する恐れがある。この現象は、冷害のたびに指摘される品種の山登りと同じで

あり、肥培管理にも同じことが言える。

3 全天候型イネ作りと生育予測・栄養診断

3.1 全天候型イネ作り

「全天候型イネ作り」は、広島県の前重（1983）が提唱した栽培技術で、過剰なシンクを制限し、気象変動に対応できる適正な籾数を確保して、収量を安定させる技術である。岡部（未発表）は、福島県における水稻の各収量構成要素が収量に与える影響は、手植えの時代と機械移植の今日で大きく異なっていると述べている。すなわち、手植えの時代は、いわゆる「入れ物」となる穂数と籾数の大小が収量を支配していたのに対して、機械移植では、登熟歩合や千粒重に示される「中身」が収量を支配している。これは、機械移植になって、田植時期が早まり栄養生長期が伸びたこと、密植が可能になったこと、苗の植付け本数が増えたこと等により栄養生長期の生育量が確保できるようになったためと考えられる。反面、このことから生育ステージが早まり、梅雨期の低温で障害不稔を受け易くなり、高温年においては生育過剰で倒伏を生じやすい条件となっている。これらの視点からも、全天候型イネ作りは、冷害年の対応だけでなく、通常年においても必要な技術であると考えられる。全天候型イネ作りは、籾数を制限する点で、多収になりにくいと考えられがちであるが、これは、適正な籾数と登熟の予測技術が不完全なためである。

3.2 水稻の生育モデルの開発

全天候型イネ作りの第一ポイントは、まず基肥としての施肥量を籾数確保が可能な最低限の量とすることである。言い換えると追肥が可能な基肥量に制限して出発し、7月中旬以降の天候を見ながら追肥の量と時期、方法を定める技術が必要となる。この場合、基肥量の最適化をはかるには、気象および土壌条件からみた地域別の生育量を推定するモデルが必要である。また、それぞれの生育量に対して追肥等の対応技術が定量的に評価できるモデルが必要である。

基肥量は、多くの場合数年間のほ場試験と経験的な試行錯誤で決められることが多く、客観的にモデル化されたものは無い。また、追肥施用の判断に関しては、栄養診断法があるが、追肥の効果について定量的に示されていない。栄養診断法は、倒伏等によって登熟歩合が低下しない範囲において、最大の籾数を確保することに主眼をおいて技術である。したがって、籾数を制限して、各籾の容量を大きくし、千粒重に期待するようなイネ作りには適用できない。それは、現状の栄養診断法がある理想型のイネの生育パターンを想定して、それに接近させるための診断をしているためと考えられる。水稻の生育モデルによって、多種多様なイネの生長をシミュレーションすることができれば、気象の予想に基づく対応技術の定量的評価が可能になると期待している。これらのモデルは、幼穂形成期の追肥が収量に与える効果、穂ばらみ期が低温になった場合の障害不稔のリスク、登熟期間の気象による登熟の変動、あるいは穂いもち感受性のリスクなどを総合的に判断できるものでなければならない。このようなモデルを構築するには、まず登熟のメカニズムの解明と同時に、登熟を積極的に向上させるための技術を確立する必要がある。1992年秋の高温多照下において、乾

田直播栽培が千粒重の増加によって、移植栽培以上の収量を確保し、次いで1993年の冷害下でそれほど減収しなかったのは、興味深い現象であった。これらのイネ生育システムモデルが完成すると、前記の事例のように気象を有効に活用した全天候型イネ作りが可能になると考えられる。

4 水稻の登熟期間の高温と低温を利用

4.1 登熟期間の高温多照の有効利用

1993年の冷害年において、会津支場内では、表1のように早生品種の一部でかなりの多収を記録した。このような現象は、1980年の冷害年に際しても認められた。会津盆地では、ヤマセの影響が少なく、穂ばらみ期の気温が、障害不稔になるほど低下せず、むしろ稈長の抑制にプラスに作用していると思われる。また、登熟期間の冷温は、稲体の消耗を抑えて、好適な登熟条件が長い期間にわたって持続して、日射エネルギーの有効利用を助けているものと推察される。この現象は、山内（未発表）が指摘したように、会津盆地の平年における高温障害にみられており、環境だけをみると同様の現象は、日照時間が会津支場とほぼ同じで高冷地にある冷害試験地の気象環境が、登熟に好適となる例にみられる。

会津盆地は、登熟期間の日照時間が多い地域である。しかし、同時に登熟気温も高くなり、高温登熟の弊害が発生し、豊富な日射エネルギーを有効に活用できない。会津盆地において、高温登熟の要因が解明され、夏季の高温多照を有効に利用する栽培法が確立できれば、通常年の収量は現在よりもさらに多収となると考えられる。今後、会津地方で大規模稲作を推進するためには、収穫期に安定した気象条件が得られ易い早生品種を導入せざるを得ない。早生品種は、7月下旬に出穂することがあり、高温登熟が収量・品質の両面から問題となる。したがって、高温下での登熟向上技術についても研究を進める必要がある。

表1 会津支場におけるふくひびきの収量

年次	出穂期 (月日)	穂数 (本/㎡)	稈数 (*100粒/㎡)	不稔歩合 (%)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	精玄米重 (kg/a)
1993	8.11	492	565	13.1	74.7	22.3	93.8
1992	8.8	437	544	—	68.9	23.5	87.2

注) 会津支場 超多収系統選抜試験より

4.2 低温登熟性の研究

福島県の浜通り地域は、春と秋の日照時間が多く、田植が早いと、特に早生品種が障害不稔に遭遇しやすい。表2は、1993年の大規模稲作農家の品種構成と収量を比較したものである。冷害による減収は、中通り、浜通りが顕著で、品種別では初星・ひとめばれの収量が低かったと考えられる。浜通り地域において大規模稲作を推進するには、冷害の克服が課題となる。この地域において水稻の穂ばらみ期に冷温に遭遇しないようにするには、現在の品種より晩生種を導入する必要がある。

る。この地域は、登熟期間の気温は低くなるが日照時間が多く、かつてセキミノリに代表される晩生品種が作付された。このことから、これまでよりも低温で登熟する晩生種または低温で登熟させる技術を確認すれば、収量が安定するだけでなく、秋作業時の気象条件の有利性を生かした大規模稲作が可能になると考えられる。

表2に示したように、大規模稲作農家は複数の品種を作付している。大面積を経営するには、作業の分散をはかるためにも、特定の単一品種を作付することは困難である。地域の気象条件や作付面積、機械装備にあった品種構成について農業気象の立場から支援するシステムが必要と考えられる。

表2 1993年における大規模稲作農家の作付け品種および収量

地域	平均作付面積 (ha)	調査戸数 (戸)	収量 (t/ha)				品種構成 (%)			
			平均	最高	最低	前年平均	初星	ひとめぼれ	ササニシキ	コシヒカリ
中通り	13.2	8	2.2	3.2	1.0	5.3	21.9	27.5	4.7	27.6
浜通り	13.1	10	2.1	3.4	0.6	4.8	16.1	21.6	0	41.2
会津	10.5	16	5.0	6.1	4.1	5.8	13.1	17.2	20.2	43.6

5 おわりに

異常気象に遭遇するたびに、長期予報が当たらないことが問題となる。しかし、仮に1993年の冷夏があらかじめ予測できたとしたら、対策技術として何ができたのであろうか。我々が研究してきた技術は、常に最適の条件を揃えた上で、最大の効果があがるものを目指してきた。それは、天気予報が、台風の進路や規模の予測の僅かなずれで大きく外れるように、栽培技術もその基になる前提条件の気象がずれた時、予想もしない結果になることと良く似ている。常に直線コースで山頂を極める技術も大切であるが、迂回しながら山頂を目指し、場合によっては9合目で引き返す技術も必要と考える。

6 引用文献

- 1) 小沢 聖 (1994) 大冷害と気候変動期の農業「北東北における冷害の実態」平成5年度気象環境研究会資料 27-37
- 2) 前重道雅 (1983) 気象変動に対応する「全天候型イネづくり」の提唱 [1] 農業および園芸, 58 (5), 661-666
- 3) 前重道雅 (1983) 気象変動に対応する「全天候型イネづくり」の提唱 [2] 農業および園芸, 58 (6), 783-789

新刊紹介

平成の大凶作，日本農業気象学会編，農林統計協会，平成6年7月5日発行，PP. 234，
定価2000円

平成5年は全国で異常気象が相次ぎ，水稻を中心とする作物に様々な被害が発生した。全国的水稻の作況指数74は，米の緊急輸入をもたらし，長雨は畑作物を直撃し，ねぎが食卓にのぼらないという事態となった。異常気象および作物の被害の調査・解析については，多くの国・公立試験場はじめ大学や行政機関で既に実施され，とれまとめがされている。水稻の場合，その成果は本年の肥培管理や水管理およびいもち病対策にいかされている。

今回，「平成の大凶作」にまとめられている内容は異常気象という座標軸で日本全体で起こった現象を整理し，解析し，考察したものとなっている。全体は第I章から第IV章となっており，以下のとおりである。

序

第I章 大凶作をもたらした1993年の異常気象

1. 1993年冷夏の総観気象的特徴
2. 北日本のヤマセのメソ気象的特徴
3. 西日本の長雨・台風のメソ気象的特徴
4. 1993年異常気象の歴史的意味

第II章 大凶作の被害実態

1. 異常気象下の植物生産力と水温
2. 水稻の生長・収量の農業気象的予測
3. 北日本の水稻被害の実態
4. 東日本の水稻被害の実態
5. 西日本の水稻被害
6. 果樹の異常気象被害
7. 飼料用トウモロコシの異常気象被害と技術対策
8. 西南日本の野菜類の1993年異常気象被害

第III章 対策技術の実際と効果

1. 基本対策
2. 水田の水管理
3. 防風施設による微気象環境の改良
4. 水稻の土壌・肥培管理

第IV章 結論－問題と今後の課題

付録 ヤマセと異常気象に関する最近の文献目録

あとがき

第Ⅰ章では、冷夏の直接的原因はオホーツク海高気圧の頻繁な出現や北太平洋高気圧の張り出しが弱かったこと、全線の長期にわたる停滞・活発化などであることや7月中旬から8月上旬に及ぶヤマセの吹走とその高さの推定、台風の接近と通過、降雨のメソ気象解析、冷夏の間接的要因であるENSO、雪氷変動、火山噴火などについて考察をしている。

第Ⅱ章では、浅い水体の平衡水温モデルの説明と東北・北関東の水温予想、障害不稔歩合推定モデルの説明と1993年への適用、作期移動による冷害軽減の可能性の検討、北海道、青森、岩手、福島などの被害実態、果樹や飼料用トウモロコシの被害などについて詳細に記述している。

第Ⅲ章では、品種の耐冷性温度と今後の育種目標、安全作期のねらい、水田の水管理と診断型自動水管理装置の利用、窒素吸収と不稔、有機物施用の影響、などについて述べている。

第Ⅳ章は編集委員会のまとめによる「一問題と今後の課題」があり、最後に230編以上の文献が掲載されている。東北支部長はじめ多くの支部会員が編集に、執筆にあたった労作である。是非、ご一読をお願いしたい。

(井上君夫)

水環境の気象学—地表面の水収支・熱収支, 近藤純正編著, 朝倉書店, 1994年4月発行, PP.348, 定価5974円

作物の生産活動において, 水は必須な物質であり, 生育や収量を大きく左右する。日本は瑞穂の国といわれ, 耕地全体に水が満々と満ち溢れている。しかし, 地球上をみれば, 砂漠が広がり, 旱魃が発生し, 目を覆いたくなる飢餓の光景がみられる。著者は気象学者であり, 地表面上の熱収支といったミクロの問題から地球温暖化といったマクロの問題までを物理学的手法でもって見事に説明してくれる。本書では水循環を媒体として大気-植物-土壌間にみられる様々な現象を説き明かしてくれる。しかし, 著者が述べているように地球環境の諸現象について定性的よりも定量的に捉えなければならない時期にきており, そのためか理論式が数多くでてくる。文章で内容を理解する読者には煩わしいかもしれないが, たくさんの図表が用意されており, 理解の手助けになろう。

目 次

1章 水の働き	[近藤 純正]	1
1.1 エネルギーの循環		1
1.2 植物と積雪		5
1.3 都市温暖化		10
1.4 森林破壊		12
1.5 森林における雨水の循環		15
1.6 温室効果		17
1.7 地球上の水の量		20
2章 水蒸気と断熱変化	[近藤 純正]	23
2.1 大気組成		23
2.2 状態方程式		23
2.2.1 乾燥空気		24
2.2.2 湿潤空気		25
2.3 水蒸気含有量		26
2.4 断熱過程		28
2.4.1 乾燥断熱過程		29
2.4.2 飽和湿潤空気の断熱過程		29
2.5 断熱図		30
2.6 気圧と高度の関係		32
2.7 静力学不安定と鉛直流速		34
2.7.1 無限小変位の不安定性		34
2.7.2 潜在不安定		34
2.7.3 非局所的な定義による不安定性		36

3章 雲と降水	[近藤 純正]	38
3.1 雲の生成機構による分類		38
3.2 凝結による微水滴の成長		38
3.2.1 液滴半径と平衡蒸気圧の関係		40
3.2.2 微水滴の成長速度		40
3.2.3 雨滴の落下速度		42
3.3 衝突・併合による水滴の成長		43
3.4 降水機構		44
3.4.1 氷晶雨		44
3.4.2 暖かい雨		44
3.4.3 対流雲と降水		46
3.5 集中豪雨		46
3.6 雨と雪の判別		48
3.7 降水継続時間		50
3.8 流域平均降水量		51
4章 日射と大気放射	[近藤 純正]	55
4.1 黒体放射		56
4.2 大気上昇における日射量		57
4.3 日射の減衰		58
4.3.1 ベールの法則		59
4.3.2 レイリー散乱とミー散乱		60
4.3.3 日射の吸収		62
4.4 大気の混濁係数と日射量		62
4.5 長波放射と遠隔探査		65
4.5.1 放射伝達の式		65
4.5.2 大気の遠隔探査の原理		68
4.5.3 放射のフラックス		69
4.6 放射図		70
4.6.1 山本の放射図		70
4.6.2 補正		73
4.6.3 混合層内の放射の近似計算		74
4.7 大気放射冷却		76
4.7.1 計算例		76
4.7.2 近似計算法		78
4.8 放射の観測		79
4.8.1 代表的な放射計		80
4.8.2 下向き長波放射量の観測		83
4.8.3 全天日射量の観測		84
4.8.4 日中の長波放射量の観測		85
4.9 放射量の推定式		86
4.9.1 快晴時の全天日射の瞬間値		87

4.9.2	直達日射の瞬間値	88
4.9.3	快晴日の全天日射の日平均値	88
4.9.4	雲があるときの全天日射の日平均値	89
4.9.5	快晴日の下向き長波放射の日平均値	90
4.9.6	雲があるときの下向き長波放射の日平均値	90
5章	地表面付近の風と乱流 [近藤 純正]	93
5.1	自由大気中の風速	94
5.1.1	運動方程式	95
5.1.2	地衡風と傾度風	95
5.2	乱流輸送	96
5.3	接地境界層	99
5.3.1	安定度が中立に近いとき	99
5.3.2	モニン-オブコフの相似則	103
5.4	バルク式	108
5.4.1	無次元抵抗の表示	109
5.4.2	自然対流のときの顕熱輸送	111
5.5	大気の安定度	114
5.5.1	乱流の運動エネルギー	114
5.5.2	安定度	115
5.6	エクマン層	116
5.7	ロスビー数相似則	118
5.7.1	境界層の高さのスケール	118
5.7.2	抵抗則	119
5.7.3	温度風の影響	122
5.8	地上風の推定	122
5.8.1	乱流の強さ	122
5.8.2	広域平均の粗度	123
5.8.3	平野部における地上風	124
5.8.4	内陸部における地上風	125
5.8.5	台風内の海上風速	125
6章	地表面の熱収支の基礎 [近藤 純正]	128
6.1	空気と水蒸気の特徴値	129
6.2	エネルギー配分の原理	132
6.2.1	熱収支式	132
6.2.2	放射平衡のときの熱収支式	135
6.2.3	風速が非常に大きいときの熱収支式	136
6.2.4	蒸発がないときの熱収支式	136
6.2.5	乾湿計定数	138
6.3	地表面熱収支の特徴	138
6.3.1	地表面の蒸発効率と熱収支	138

6.3.2	植生地や裸地	139
6.3.3	融雪	140
6.4	平衡蒸発量と飽和時の熱収支	142
6.4.1	平衡蒸発量	142
6.4.2	飽和時の熱収支とボーエン比	144
6.5	放射冷却	146
6.5.1	平坦地	146
6.5.2	盆地	148
6.5.3	傾斜地	148
6.5.4	人工熱の効果	149
6.6	地表層の熱物理係数	150
6.6.1	地中温度の微分方程式	150
6.6.2	地中伝導熱	151
6.6.3	地域平均の熱物理係数	152
6.7	地表面温度の日変化	153
7章	水面の熱収支 [近藤 純正]	160
7.1	水の物理的特性	161
7.1.1	水面アルベド	161
7.1.2	光の透過	163
7.1.3	海面の飽和比湿	164
7.2	海洋表層	164
7.2.1	表皮層と流速	165
7.2.2	表皮水温	167
7.2.3	海洋混合層	168
7.3	バルク輸送係数	168
7.3.1	広い水面	169
7.3.2	有限水面	172
7.4	水温と熱収支の日変化	174
7.4.1	混合層と水温日変化	175
7.4.2	熱収支	176
7.4.3	海上気象の日変化	176
7.5	定常時の熱収支特性	178
7.6	湖の熱収支	180
7.6.1	貯熱量	180
7.6.2	蒸発量の季節変化	180
7.7	海洋の運搬熱	181
8章	土壌面の熱収支 [三枝 信子]	185
8.1	土壌と含水率	186
8.1.1	土壌の粒径組成	186
8.1.2	含水率	187

8.1.3	土壤の水分ポテンシャル	188
8.2	土壤のアルベードと含水率	192
8.3	蒸発量と土壤表層の含水率の関係	194
8.3.1	蒸発量と含水率	194
8.3.2	表層土壤の蒸発モデル	196
8.4	土壤中の水分輸送	199
8.4.1	液体水の輸送	199
8.4.2	水蒸気の輸送	200
8.4.3	土壤中での水の蒸発	200
8.5	土壤の数値計算モデル	201
8.5.1	方程式系	201
8.5.2	土壤パラメータ	202
8.5.3	境界条件	203
8.5.4	乾燥過程における蒸発量の時間変化	204
8.5.5	土壤の簡単化モデル	205
9章	植物と大気 [渡辺 力]	208
9.1	グローバル大気と植生	209
9.2	蒸発しやすさの表現方法	211
9.3	森林内部の気象	212
9.3.1	日射	212
9.3.2	長波放射	214
9.3.3	葉面の熱収支	214
9.3.4	乱流	216
9.3.5	風速分布	217
9.3.6	気温・湿度分布	220
9.4	植物群落のモデル化	222
9.4.1	多層モデル	222
9.4.2	植物群落のバルク輸送係数	223
9.4.3	輸送パラメータの実験式	227
9.4.4	植生地の蒸発効率	228
9.4.5	フラックスの評価法	229
9.4.6	ペンマン-モンティースの式	231
9.4.7	遮断蒸発のモデル	233
9.5	水収支法による蒸発散量の評価	234
9.5.1	水収支法	234
9.5.2	流域内貯留のモデル化	234
10章	積雪と大気 [山崎 剛]	240
10.1	積雪の特徴	240
10.2	積雪の熱収支と融雪	242
10.2.1	基本式	242

10.2.2	バルク輸送係数	244
10.2.3	底面融雪と雨による熱量	244
10.2.4	融雪係数	245
10.2.5	流域からの流出	246
10.3	積雪の性質変化	246
10.3.1	アルベード	246
10.3.2	性質変化を記述する式	248
10.3.3	積雪の物理量とそのパラメータ化	250
10.3.4	汚れの問題	252
10.3.5	アルベードの実験式	252
10.4	森林地の積雪面熱収支	253
10.4.1	樹木のまわりの融雪	253
10.4.2	積雪面の熱収支	254
10.5	積雪地の森林と大気加熱	257
11章	複雑地形と大気	[桑形 恒男] 261
11.1	大気循環の実例	261
11.2	斜面風と盆地循環	262
11.2.1	斜面風	263
11.2.2	盆地の冷却と省温過程	267
11.2.3	盆地の熱収支	268
11.3	海風循環と熱収支	270
11.3.1	観測	270
11.3.2	シミュレーション	271
11.4	中部日本域における熱的局地循環	273
11.4.1	広域局地風と熱収支	273
11.4.2	熱的高・低気圧	276
12章	都市大気のシミュレーション	[木村富士男] 281
12.1	乱流境界層の支配方程式	282
12.1.1	支配方程式	282
12.1.2	地表面の境界条件	284
12.1.3	地表面温度の予報式	285
12.1.4	乱流拡散のパラメータ化	286
12.2	水平一様な大気境界層	287
12.2.1	顕熱輸送と混合層高度	287
12.2.2	風の日変化と慣性振動	292
12.3	一様でない地表面上の境界層	294
12.3.1	粗度の急変による内部境界層	295
12.3.2	地表面温度の急変による内部境界層	298
12.4	都市の境界層	299
12.5	複雑地形上の混合層	303

13章 世界の水文気候	[近藤 純正]	308
13.1 水収支と気候文		308
13.2 蒸発量の気候学的評価法		309
13.2.1 広域陸面の蒸発量		309
13.2.2 海洋からの蒸発量		311
13.3 蒸発と降水と流出		312
13.4 極域		318
14章 日本の水文気候	[近藤 純正]	323
14.1 日本の気候		323
14.1.1 四季の変化		323
14.1.2 降水		324
14.2 地域代表風速		325
14.3 放射量		327
14.4 蒸発散量		328
14.4.1 湖面蒸発と森林蒸発散量の比較		328
14.4.2 浅い水面からの蒸発量		329
14.4.3 水面蒸発の敏感度		330
14.4.4 森林蒸発散量		331
14.5 顕熱輸送量		332
あ と が き		339
索 引		349

新しい農業気象・環境の科学, 日本農業気象学会編, pp 329, 養賢堂1994年2月28日発行, 定価4635円

日本農業気象学会は、農業気象災害や収量の解析・予測を直接の動機として戦中の1942年に発足した。その後は水温上昇や冷害対策、作物気象、光合成、環境調節、植物工場などと次第に研究対象を拡大し、着実に成果を生み、人材を生み、技術を生み、確かな評価を受けてきた。近年は地球環境やリモートセンシング、人工知能、生体情報、高度環境制御システムなどの新しい研究領域が強化され、新しい手法が導入されている。

21世紀のはじまりを間じかにひかえた1992年に、学会は創立50周年を迎えた。この事業の一つとして企画・刊行されたのが本書である。本書は21世紀に展開をみせるであろう関連の研究テーマを選び、最新情報を盛り込みながら第1線の研究者が書いている。文字どおり、農業気象の最近の成果を集め、解説を加えたものであるが、数式なども使われており、専門以外の読者には十分な理解が得られない箇所もあると思うが、人工知能の研究や情報研究の現状を即座に知ることができる点は一読をお薦めする。

第1章 リモートセンシング

1. 地上測定法とその利用
2. 航空機データの利用
3. 人工衛星データの利用

第2章 メッシュデータ

1. メッシュ気候値の概要
2. アメダス観測値のメッシュ化
3. メッシュデータの利用

第3章 情報ネットワーク

1. データ通信
2. ISDN
3. ローカルリエリアネットワーク (LAN)
4. ネットワークの具体例
5. 農業分野での応用例

第4章 人工知能

1. 人工知能 (AI) とは
2. エキスパートシステムの応用事例
3. ファジィ理論の応用
4. ニューラルネットワークの応用事例

第5章 生体情報

1. 野外分光計測
2. 超音波・磁気診断法
3. 植物生体画像

第6章 植物生育シミュレーション

1. 生育モデル
2. 影響評価モデル

第7章 高度環境制御システム

1. 植物組織培養苗の高速大量生産システム
2. 植物工場
3. 宇宙での植物生産施設
4. 畜舎における経済的最適制御

第8章 パッシブシステム

1. パッシブシステムの定義
2. 自然環境高度利用型パッシブシステム
3. 生物機能高度利用型パッシブシステム
4. 相互利用型パッシブシステム

第9章 環境にかかる問題

1. 防風施設による砂漠化防止
2. 熱帯多雨林生態系の炭素動態のシミュレーション
3. 赤外放射活性気体
4. 酸性雨
5. オゾン層の破壊

◇◇◇◇支部だより◇◇◇◇

1. 平成5年度支部大会

平成5年度日本農業気象学会東北支部大会が秋田県田沢湖町「田沢湖ハイツ」において8月19、20日の両日開催された。1日目は研究発表（12課題）と特別講演「生保内（オボネ）だし」について、JA秋田中央会鎌田金英治氏より講演をいただいた。また、役員会、総会、懇親会が同所において行なわれた。総会においては平成2年度に制定された日本農業気象学会東北支部永年功労賞が下記の会員に授与された。

青森県 永 沼 昌 雄 会員

岩手県 阿 部 谷 良 会員

2日目は水深日本一の田沢湖、角館町武家屋敷、仙北町水稻乳苗移植田及びはとむぎ栽培田、大曲市県立農業科学館等を周り大曲駅で解散した。

当支部大会の開催に際し、秋田県農業試験場関係各位にご協力いただき厚く御礼申し上げます。

2. 会員動静

新入会員

氏 名	所 属
遊 佐 美 和	福島県農業試験場
須 田 江	東北農業試験場

退会者

一戸貞光、高田隆剛、石倉教光、青木信夫、小笠原安見、菊地次男、佐々木信夫、菅野広義、佐々木祥吉、小針久男、高橋栄蔵、米田秋作、村上哲太郎、北田金美、高橋辰見、吉田寿吉、藤田徳男、宮沢篤、及川慶一、谷田部一、田中稔、菅原道夫、沢村修、鈴木雅子、後藤久太郎の各会員。

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。ご利用の節は支部事務局へ連絡下さい。

4. 郵便振替口座の変更について

郵便振替事務電算化に伴い当支部会の口座番号が変更となりましたのでお知らせいたします。

新口座番号 02270-7-4882（従来のものは平成8年末まで使用可）

5. 決算報告及び予算

(1) 平成5年度決算報告

a. 収支決算

(平成6年3月31日)

収 入			支 出		
項 目	予 算	決 算	項 目	予 算	決 算
個人会員会費	360,000円	392,000円	印刷費	360,000円	359,170円
賛助会員会費	40,000	25,000	通信費	32,000	34,700
支部補助費	40,000	44,000	振替費	5,000	3,650
雑 収	60,000	58,000	事務費	6,000	5,047
繰 越 金	28,000	28,000	会議費	60,000	60,000
			事務局費	35,000	35,000
			雑 費	10,000	9,800
			予 備 費	20,000	30,000
合 計	528,000	547,000	合 計	528,000	537,367

b. 余剰金の算出

収 入	547,000円
支 出	537,367円
余 剰 金	9,633円

(2) 平成6年度予算(案)

収 入		支 出	
項 目	予 算	項 目	予 算
個人会員会費	400,000円	印刷費	360,000円
賛助会員会費	10,000	通信費	40,000
支部補助費	40,000	振替費	5,000
雑 収	90,000	事務費	6,000
繰 越 金	9,633	会議費	60,000
		事務局費	35,000
		編集費	30,000
		雑 費	3,633
		予 備 費	10,000
合 計	549,633	合 計	549,633

6. 賛助会員名簿

会 員 名	住 所	主たる事業
美和電気工業株式会社 (株)成瀬機械	仙台市太白区長町3丁目37-13 盛岡市上田1丁目14-33	計測機器販売 理化学, 計測器販売

平成6年度日本農業気象学会東北支部会日程

日 時：7月19日（火）12：30分～ 20日（水）14時

場 所：山形市蔵王温泉

地方職員共済組合蔵王保養所 “やまびこ荘”

☎0236-94-9225

日 程：7月19日（火）

オリエンテーション 12時20分～13時

役 員 会 12時00分～13時

研 究 発 表 13時～17時30分

研 究 討 議 17時30分～18時

総 会 18時～18時20分

懇 親 会 18時30分～

7月20日（水） エクスカーション

蔵王温泉 → 山形農試ほ場 → 西川町大井沢 山形農試現地試験 →
 (高度耐冷性品種緊急選定試験)
 8:30 9:10～9:30 10:10～10:20

→ 大井沢自然と匠の伝承館 → 慈恩寺 → 道の駅チェリーランド →
 (昼食. サクランボ会館)
 10:30～11:10 12:00～13:00 13:20～14:00

→ 解 散 → J R山形駅
 14:00 14:40

会 費：参加費（懇親会費，昼食代込み） 13,000円

◆交通の御案内

山形駅出発

山形新幹線（上り福島，東京）

15:22

16:21

17:16

仙山線（上り仙台，東北新幹線）

15:20（快速仙山12号）

16:32

17:47（快速仙山14号）

奥羽本線（下り秋田）

17:28（L特急こまくさ13号秋田）

平成6年度日本農業気象学会東北支部大会研究発表プログラム

(発表12分, 質疑応答3分)

I 研究発表

座長 菅野 洋光 (東北農試) 13:00~14:00

1. レーザ・レーダおよび日照計による「やませ」気象観測
十文字正憲・岡沼 州修・内山 晴夫 (八戸工大電気工学科・同エネルギー工学科)
2. 海洋性寒冷気流(ヤマセ)の特性と冷害地域の関係
ト蔵 建治 (弘前大学)
3. 東北地方における水稻冷害の解析
井上 君夫・菅野 洋光 (東北農試)
4. 1993年夏季におけるメッシュ現況気温の推定精度
荒川 市郎・本間 昌直 (福島県農試)

座長 宮田 秀弘 (青森県農産物加工指導センター) 14:00~15:15

5. 宮城県における平成5年度水稻凶作気象に関する研究
—第1報 地域的气象の特徴と収量—
日野 義一 (クミアイ化学工業(株) 技術普及室)
6. 宮城県における平成5年度水稻凶作気象に関する研究
—第2報 登熟期,刈取期の気象と収穫の実態—
日野 義一 (クミアイ化学工業(株) 技術普及室)
7. 93年産稲がらを使った育苗培地で稲の生育が悪かった
小沢 聖 (東北農試)
8. 1994年1月29日三陸沿岸北部の雪害から見たパイプハウスの問題点と対策
濱崎 孝弘 (東北農試)
9. 田中 良 (宮城県農業センター)

座長 谷藤 雄二 (山形農試) 15:25~16:25

10. 青森県南部地域における1993年水稻冷害の解析
高城 哲男・木野田憲久・浪岡 実 (青森農試, 青森農試藤坂支場)
11. 岩手県南部における標高別不稔発生と地域間差異について
佐々木忠勝 (岩手県南分場)
12. 秋田県における稲の生育特徴と気象の関係
—第5報 奨励品種決定現地調査からみた平成6年冷害の収量と不稔—
山本 寅雄・京谷 薫・畠山 俊彦 (秋田農試)
13. 福島県における平成5年水稻冷害の実態と解析
—第5報 浜通り地方における冷害の実態—
齋藤弘文・久力 幸・小林祐一・鈴木陽子 (福島農試相馬支場, 福島県相双農政事務所)

座長 畠山 均 (岩手農試) 16:25~17:25

14. アメダス気温を利用した障害不稔発生程度の推定
木村 和則・中野 憲司・高瀬 絃一 (山形県酒田農業改良普及所, 山形農試)
15. TGCによる1993年の水稻障害不稔発生解析
本間 昌直・荒川 市郎・岡部 清信 (福島農試)
16. 登熟期の気温と水稻品種「はえぬき」, 「どまんなか」の品質, 食味変動
今野 周・加藤賢一・一戸每子・武田正宏 (山形農試・山形県置賜農業改良普及所)
17. 沖縄県石垣島における「岩手34号」, 「岩手36号」の栽培経過
菅原 邦典・佐藤 忠士・畠山 均・佐々木忠勝
(盛岡普及所・岩手農試・岩手農試県南分場)

II 総合討論

1993年冷害を踏えた今後の冷害研究と技術開発の展開方向 (17:25~17:55)

会員の皆さまへ

日本農業気象学会東北支部

平成7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、平成6年度の功労賞受賞候補者を、下記により御推薦下さるようお願いいたします。

記

- (1) 推薦方法：日本農業気象学会東北支部功労賞規程に従い、閉じ込みの推薦書で御推薦下さい。
- (2) 締 切：平成7年度6月15日（書留便）必着のこと。
- (3) 宛 先：020 - 01 盛岡市下厨川赤平四 東北農業試験場
気象特性研究室内
日本農業気象学会東北支部事務局

以 上

日本農業気象学会東北支部功労賞の受賞者には賞状と賞牌が総会において贈呈される。賞牌は東北各県の地図と太陽、植物、そして土がデザインされ、中に功労賞の文字が刻まれている。



功労賞（表）

大きさ：直径90mm，厚さ10mm
形 体：文 鎮
材 質：鑄 鉄
色： 鋳 色



（裏）

日本農業気象学会東北支部功労賞候補者推薦書

	氏 名	所属機関名
推 薦 者（代表者）	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____

被推薦者 氏 名 _____

所属機関名 _____

主な推薦理由（東北支部会の運営，活動等に貢献したことをわかり易く 400 字以内で書いて下さい）

役員歴

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

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) : 農林水産省東北農業試験場気象特性研究室におく。

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に別に定めるところによる。
- (3) 本会の発展に著しい貢献をした者のうち評議員が推薦し総会が承認したものを名誉会員とする。

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) i 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4名を本部評議員として互選する。
ii 支部長は自動的に本部ならびに支部評議員の資格をもつ。

(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、またはその職場を退い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 2,000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。
7. 功労賞受賞者の資格は次のとおりとする。
 - (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サイズの内紙を縦向き、横書きに使い、24字22行とし、行間を十分に開けて原稿を作成する。積極的に再生紙を利用し、両面印刷する。これらの原稿4枚で、A4サイズ縦向き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字詰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、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、結果と考察を簡条書きにする（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%以上の人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、S I単位、C G S単位、M K H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, Table 1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リンタで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) ト藏健治, 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。

好評発売中

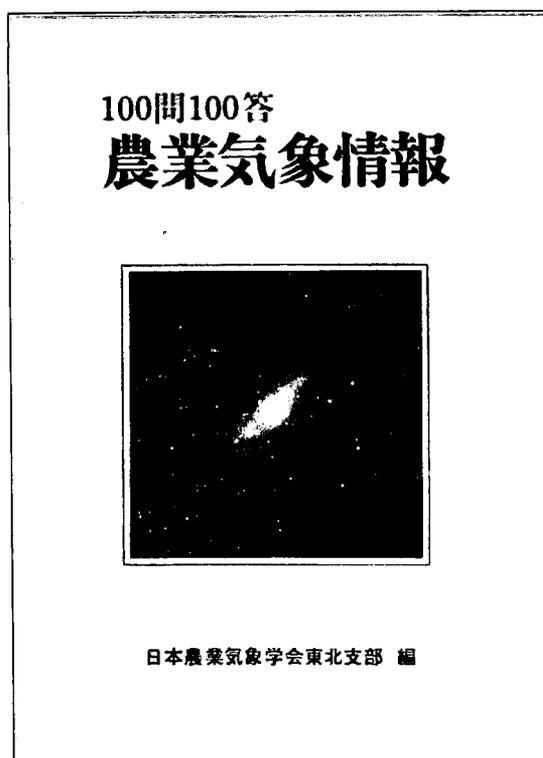
残部僅少 !!!

Q & A

農業気象情報100問100答

東北支部創立40周年記念事業

B6判 290頁 定価1,500円 送料260円



申込先

日本農業気象学会東北支部事務局

東北農試・気象特性研

〒020-01 盛岡市下厨川赤平四 Tel. 0196-43-3461 (239)

郵振 仙台7-4882 日本農業気象学会東北支部

全天候型測定データ記録装置KADEC-Uシリーズは、厳しい自然環境下（雨、雪、低温から高温）で使用可能なコンパクトでしかも高性能な測定データ記録装置です。

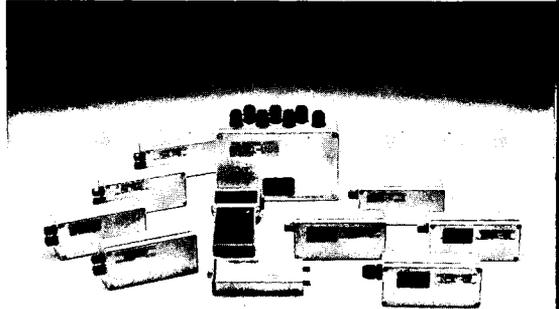
KADEC-U has no Limits in Operation in the Field under Various Weather Conditions from the Antarctic to Tropical Areas.

南極から砂漠までKADEC-Uはフィールドを選ばない！！

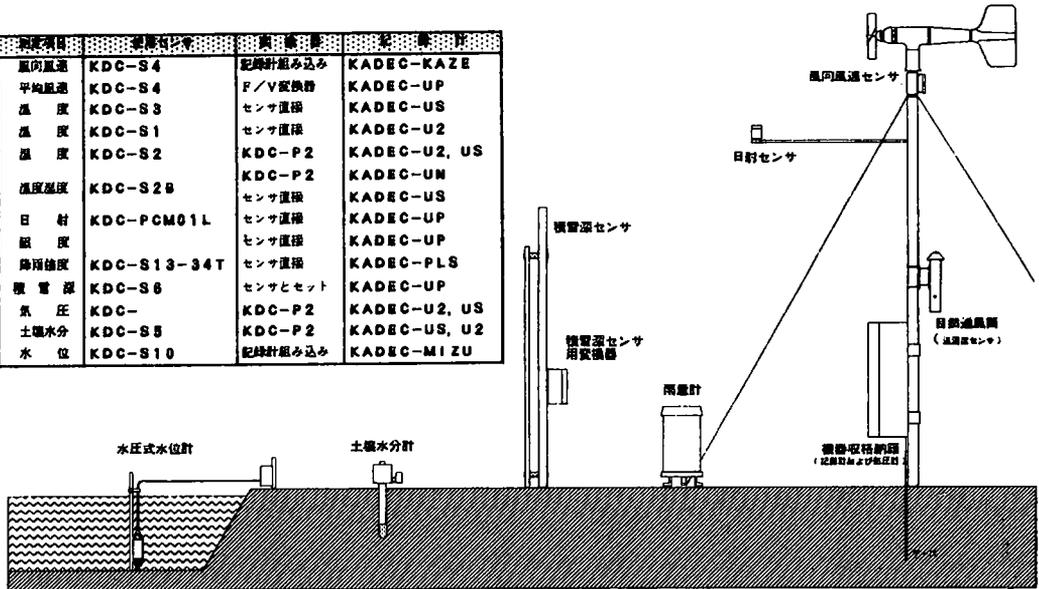
自南極至砂漠地帯KADEC-U設置不必遠慮場外工作！！

南極부터 砂漠까지 KADEC-U는 장소를 선택하지 않음 !!

- 設置条件を選ばずしかも長期無人測定を実現。
- 極めて低温に強く消費電力の少ないコンパクト設計。
- 変換器を通さずに各種センサーをダイレクト入力。
- 記録計の電池だけで7カ月間以上連続測定。(10分間隔測定)
- 低温から高温全域で仕様精度保証。(−25℃から+80℃の範囲)
- 記録した測定データは、パソコンで簡単に日報月報処理。



測定項目	標準型仕様	備 考	記 号
風向風速	KDC-S4	記録計組み込み	KADEC-KAZE
平均風速	KDC-S4	F/V変換器	KADEC-UP
風 速	KDC-S3	センサ直接	KADEC-US
風 速	KDC-S1	センサ直接	KADEC-U2
風 速	KDC-S2	KDC-P2	KADEC-U2, US
風速風度	KDC-S2B	KDC-P2	KADEC-UN
		センサ直接	KADEC-US
日 射	KDC-PCM01L	センサ直接	KADEC-UP
照 度		センサ直接	KADEC-UP
露降検度	KDC-S13-34T	センサ直接	KADEC-PLS
積 雪 深	KDC-S6	センサとセット	KADEC-UP
気 圧	KDC-	KDC-P2	KADEC-U2, US
土壌水分	KDC-S5	KDC-P2	KADEC-US, U2
水 位	KDC-S10	記録計組み込み	KADEC-MIZU



上の図と表は、全天候型測定データ記録装置KADEC-Uシリーズのおもな用途例です。

コーナシステム株式会社 KONA system Co.,LTD

本 社 〒004 札幌市厚別区下野幌テクノパーク1丁目31番40号 TEL(011)897-8000 FAX(011)897-8001
 開 発 部 〒004 札幌市厚別区厚別中央2条1丁目4-21 大吉ビル TEL(011)894-6333 FAX(011)894-6335
 札幌営業所 〒004 札幌市厚別区下野幌テクノパーク1丁目31番40号 TEL(011)897-8000 FAX(011)897-8001
 東京営業所 〒171 東京都豊島区池袋2丁目55-13 合田ビル TEL(03)3983-8297 FAX(03)3983-8298

あらゆる **気象観測**, 用計測器

各種 **温度**, の検出端, 測定機器

PH, 濁度, 他 **水質**, 監視用計器

指示記録, から **データー処理**, まで

業界のトップレベルの機器を駆使してお客様にご満足いただける
計測器・計測システムをお届けさせていただきます。

お問合せは当社セールスサービスネットワークをご利用下さい。

横河電機・横河ウエザック 東北・北海道地区代理店

美和電気工業株式会社

東北地区支店、出張所

仙台支店	〒980 仙台市太白区長町南3丁目	TEL. 022-249-8111 FAX. 022-249-8110
八戸営業所	〒031 八戸市下長八丁目 1-13	TEL. 0178-20-4303 FAX. 0178-20-4230
盛岡支店	〒020-01 盛岡市前九年 3-19-52 武藤ビル2階	TEL. 0196-46-4341 FAX. 0196-45-3426
秋田営業所	〒010 秋田市大町 3-4-39 大町3丁目ビル1階	TEL. 0188-63-6081 FAX. 0188-23-6340
本荘営業所	〒015 本荘市出呂町水林 372	TEL. 0184-22-0431 FAX. 0184-22-0427
山形営業所	〒990 山形市青田5丁目15-26	TEL. 0236-32-0221 FAX. 0236-24-3044
郡山支店	〒963-01 郡山市安積町荒井東六兵衛田13番3	TEL. 0249-47-1331 FAX. 0249-47-1332
いわき営業所	〒974 いわき市植田町南町 1-5-6	TEL. 0246-63-2059 FAX. 0246-62-5228
福島営業所	〒960 福島市腰浜町20-14	TEL. 0245-31-6320 FAX. 0245-31-8409

本 社 〒160 東京都新宿区新宿2丁目 8-1
新宿セブンビル 4階

TEL. 03-341-2101
FAX. 03-341-4426

気象を制するものは、農業を制す……

ハイテク農業は気象データの活用から



横河ウェザックは、センサからデータ処理装置までフルラインアップし、目的に合わせてシステムを構築して必要な情報を提供します。

■現場観測

フィールドデータをその場で記録します

■オフライン観測

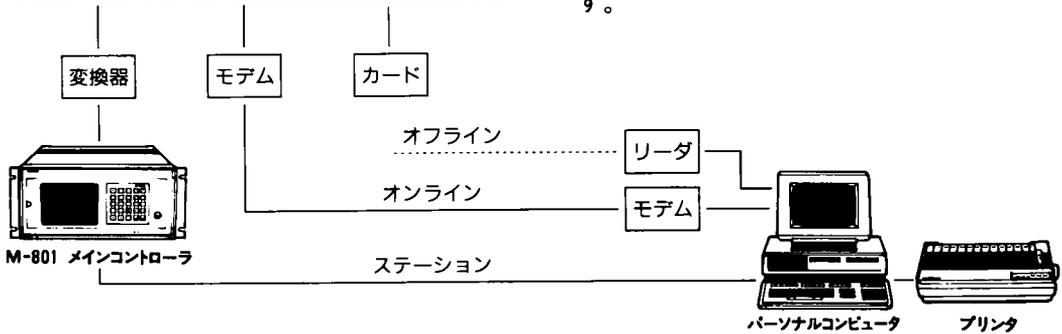
メモ리카ードに記録したデータをパソコンにて解析処理します

■オンライン観測

フィールドデータをモデムを介して直接パソコンに入力し、解析処理します

■ステーション観測

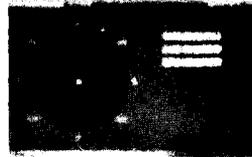
専用のコントローラにより解析処理します。



データモニタ



データ表



風向頻度グラフ

横河ウェザック株式会社

(旧社名 中浅測器株式会社)

- 本社・営業本部 〒104 東京都中央区新川1-5-13
TEL.03 3552-6231代 FAX.03 3552-6200
- 第3営業部(足利) 〒326 栃木県足利市久松町85
TEL.0284 42-8121代 FAX.0284 42-8129
- 北海道営業所 〒053 北海道札幌市西区琴似1条3丁目3-12
TEL.011 644-2460代 FAX.011 644-2430
- 東北営業所 〒980 宮城県仙台市青葉区二日町6-26
TEL.022 214-4302代 FAX.022 214-4303
- 関西営業所 〒564 大阪府吹田市垂水町3丁目16-3
TEL.06 388-7277代 FAX.06 388-7530
- 九州営業所 〒830 福岡県久留米市六ツ門町21-6
TEL.0942 31-3800代 FAX.0942 31-3815

農業気象 第49巻 総目次

論 文	3	11	19	27	81	91	149	159	169	227	237	247	257	263	要 報	
日長および水温を考慮した水稻の出穂予測モデル 川方俊和・矢島正晴	3														農業教育におけるコンピュータ支援学習ソフトウ ェアの開発 狩野 敦・永谷奈々美	35
四国地域を対象にした熱画像情報による冬期・放 射冷却条件下の気温分布の把握 黒瀬義隆・林 陽生		11													津市における降水量の永年変化と変動特性につい て 岩切 敏	177
湛水深の異なる水稻群落上の乱流フラックス 塚本 修			19												雲仙普賢岳火山灰の土壌への堆積がキュウリの成長 長および根圏ガス環境に与える影響 平野高司・関 和雄	273
ダイズのマルチ栽培における地温の水平分布とマ ルチ効果 鈴木晴雄・大呂 肇				27											ポリプロピレン不織布のべたがけとマルチのホウ レンソウの生育におよぼす影響 浜本 浩	279
冬季の成木茶園における温度分布と樹体の凍結・ 融解 高市益行・米谷 力					81										資 料	
冬穫りキャベツの凍害発生および耐凍性獲得にお よぼす気温の影響 五十嵐大造・中山敬一・坂本英介															1992(平成4)年の日本の天候の特徴... 北村 修	41
..... 伊藤喜誠・大林延夫						91									メッシュデータによるダイコンの簡易被覆栽培適 地の判定 吉本真由美・原園芳信	99
国産放射温度計の特性と天空長波放射の補正法 王 秀峰・堀口郁夫・町村 尚							149								1993(平成5)年夏の日本の異常天候 北村 修	183
中国トルファンの乾燥地における防風ネットによ る微気象改良と飛砂防止 真木太一・潘 伯荣															東北地方における 1993 年冷夏と冷害の実態 — 大気およびヤマセの構造 — 菅野洋光	189
..... 杜 明遠・上村賢治								159							東北地方における 1993 年冷夏と冷害の実態 — 低温による水稻被害 — 井上君夫	193
エキスパートシステムによる水田の水管理 井上君夫									169						ジベレリン散布によるニホンナシの晩霜害軽減対 策 猪俣雄司・八重垣英明・鈴木邦彦	105
近接圃場画像に対するテクスチャ解析手法の有効 性 — 牧草混生群落の草種割合推定を例として — 庄野浩資・岡田益己・樋口誠一郎										227					1993 年台風 13 号による九州・山口地方の農業災 害 山本晴彦・鈴木義則・早川誠而	285
反射スペクトルおよび熱赤外計測に基づく植生か らのポテンシャルな日蒸散量のリモートセンシ ング — 理論と予備的検証 — (英文) 井上吉雄・M. Susan MORAN															1993 年夏の異常天候による果樹栽培への影響 本篠 均・杉浦俊彦・菅谷 博	291
..... Paul J. PINTER JR.											237				講 座	
中国トルファンの乾燥地における 2 列の防風林に よる微気象、堆砂、作物への影響 真木太一・潘 伯荣															電子メール入門 後藤英司(情報システム研究部会)	111
..... 杜 明遠・上村賢治															電子メールを使おう 狩野 敦(情報システム研究部会)	197
暗期冷房処理によるコショウランの花茎出現促進 技術の開発 狩野 敦・坂口公敏															商用ネットワークの利用法 渡邊勝吉(情報システム研究部会)	297
サクラの開花史料による 11 世紀以降の京都の気 温の推定 青野靖之・小元敬男															国際会議報告	
															変動気候下での緑資源と食糧生産に関する国際シ ンポジウム ... 変動気候下での緑資源と食糧生産に関する 国際シンポジウム事務局	49

1993年ASAE-CSAE国際夏期合同集会参加報告	小峰正史	201	HEIFE (HEIthe river Field Experiment ; ヘイフェ)	塚本 修	205
研究部会報告			科学技術振興調整費による「砂漠化機構の解明に 関する国際共同研究」		
シンポジウム「農業限界地における気象改良— 低温気象の改良」	耕地気象改善研究部会	115	学会長就任の挨拶		1
施設園芸研究部会報告	施設園芸研究部会	119	書 評	10, 110, 114, 168, 176, 236	
シンポジウム「農業限界地における気象改良— 雪害と利雪」	耕地気象改善研究部会	301	新刊紹介	18, 26, 128, 182, 256, 278	
シンポジウム報告			討 論		307
1993年度合同シンポジウム「地球環境と農業気 象・環境工学」		121	支部だより		207, 309
プロジェクト研究紹介			本会記事		53, 132, 209, 319
環境資源・環境保全プロジェクト研究紹介	真木太一	129	お知らせ	2, 40, 62, 134, 200, 212, 284, 324	
			投稿規程		66
			会員移動	71, 142, 220, 344	
			賛助会員名簿	76, 144, 222, 346	
			正誤表		80
			関連研究会の予定	48, 141, 211, 304	
			編集後記	80, 148, 226, 350	

編 集 後 記

昨年は大冷害、今年は猛暑、どうなってるんだと文句も言いたくなる。もしこれが、世間でいわれているように、気象の不安定期に入った影響だとしたら、我々研究者・技術者にとっても他人事ではない。これまでの気象安定期に構築された技術の見直しも考えねばならないであろう。その材料として、今号に特集した「実証93冷害」が役立てば幸いである。

東北の農業気象 第39号

平成6年8月発行

編集・発行 日本農業気象学会 東北支部
振替口座仙台7-4882番
盛岡市下厨川赤平4 東北農試内
TEL (0196) 43-3461
郵便番号020-01

印刷所 盛岡市本町通二丁目8-37
(株)阿部 騰 写 堂
TEL (0196) 23-2361
