

# 東北の農業気象

Agricultural Meteorology in Tohoku

Vol. 45

Mar. 2001

## 論 文

- 1999年の稲作期間の高温が青森県の水稲作柄、乳白粒発生に及ぼした影響  
木野田憲久・成田真樹・小菅孝一・高城哲男 ..... 1
- 秋田県における1999年産水稻の生育経過と白粒発生状況  
佐藤雄幸・佐藤 馨・京谷 薫・児玉 徹 ..... 7
- 湛水土中直播栽培における播種後の水管理が地温と出芽に与える影響  
遠藤 貴司・酒井 博幸 ..... 13
- GMS衛星推定日射量データを用いた水田の地温の推定  
畑中 篤 ..... 17
- 窒素少量分施肥による養液土耕トマト個体群の葉面積制御  
細井徳夫 ..... 21
- 農地還元を目指した豚尿汚水の液肥化  
皆川秀夫・桐山千明 ..... 25

## 小 講 座

- リンゴ園の気象改良  
ト蔵建治 ..... 29

## 支部だより

- 平成12年度支部会報告 ..... 37
- 会員名簿 ..... 41

## 支部会案内

- 会 則 ..... 44
- 日本農業気象学会東北支部編集委員会規程 ..... 45
- 投稿について ..... 45
- 農業気象総目次（第56巻） ..... 52
- 編集後記 ..... 54

日本農業気象学会東北支部

(〒020-0198 盛岡市下厨川赤平4 東北農業試験場内)

1999・2000年度日本農業気象学会東北支部役員名簿

支部長	卜蔵 建治	弘前大学
理事	岡田 益己	東北農試
評議員	穴水 孝道	青森県農業試験場（永年功労会員表彰審査委員）
	◎皆川 秀夫	北里大学
	伊五沢正光	岩手県農業研究センター
	◎小沢 聖	東北農試（本部学会編集委員）
	◎佐々木忠勝	岩手県庁
	畠山 均	岩手県農業研究センター
	佐藤 雄幸	秋田県農業試験場
	児玉 徹	秋田県農業試験場
	大江 栄悦	山形県立農業試験場
	佐藤 晨一	山形県立農業試験場
	斉藤 満保	宮城農業短大
	日塔 明広	宮城県農業センター
	◎小林 弥一	福島県農業試験場
	渡辺 明	福島大学
会計監査	阿部 谷良	岩手県農政経済研究所
	高橋 康利	岩手県病害虫防除所
幹事	境谷 栄二	青森県農業試験場藤坂支場
（各県2名）	多田 久	青森県農業試験場
	一守 貴志	岩手県農業研究センター
	高橋 智宏	岩手県農業研究センター
	遠藤 貴司	宮城県農業センター農産部
	島津 裕雄	石巻地域農業改良普及センター
	宮川 英雄	秋田県農業試験場
	高山 真幸	秋田県農業試験場
	三浦 信利	山形県立農業大学校
	富樫 一幸	山形県農業研究研修センター
	本馬 昌直	福島県農業試験場冷害試験地
	荒井 義光	福島県農業試験場種芸部

◎がついている方は、支部選出本部学会評議員です。

# 1999年の稲作期間の高温が青森県の水稲作柄，乳白粒発生に及ぼした影響

木野田憲久・成田真樹・小菅孝一・高城哲男  
青森県農業試験場

Effect of high temperature in 1999 rice culture season on yield and occurrence of milky white rice kernel in Aomori Prefecture.

Norihisa KINOTA, Masaki NARITA, Koichi KOSUGA, Tetsuo TAKAGI  
Aomori Prefecture Agricultural Experiment Station

## 【要約】

1999年の青森県は，水稲の栄養生長期から登熟期まで全般に高温に経過した。特に，7月下旬以降9月までの高温と，8月上・中旬の多照は記録的で，そのために初期の登熟が早く，登熟の停止も早かった。また，7月中旬の少照により，1穂初数が減少し， $m^2$ 当たり初数が減少した。このため，登熟歩合が高かった割には津軽地域では作況指数100の「平年並み」とどまり，県全体では102の「やや良」となった。地域によっては乳白粒が発生したが，これには登熟初・中期の高温が関与しており，多肥栽培等で2次枝梗粒の着粒数が増加した場合には，発生を助長した。

キーワード：水稲，高温，収量，乳白粒

Keywords : Paddy rice, High temperature, Yield, Milky white rice kernel

## 1. はじめに

1999年の青森県の稲作期間は記録的な高温であったため，水稲の作柄・品質に通常年とは異なった特徴が見られた。その実態を明らかにし，高温時の良質米安定栽培のための対策技術の資料を得るために，県内のアメダスデータ及び青森県農業試験場の水稲作況試験等の材料を基に，1999年の気象の特徴と，水稲の作柄，乳白粒の発生を解析した。

## 2. 材料及び方法

### 2.1 気象データ

青森県内アメダス地点の気象観測データ。

農業試験場（以下，本場という）の気象要素は，アメダス地点「黒石」，農業試験場藤坂支場（以下，支場という）は「十和田」の観測データを用いた。

### 2.2 耕種概要

本場作況田

供試品種 「むつほまれ」，「つがるロマン」，「ゆめあかり」

施肥量（基肥＋幼形期追肥N kg/a）

「むつほまれ」，「ゆめあかり」 0.8+0.3

「つがるロマン」 0.6+0.2

現地ほ場

供試品種 「ゆめあかり」

施肥量 各地域の慣行

2. 3乳白粒発生要因解析

2. 3. 1 1株内の出穂日別乳白粒歩合及び日平均気温と乳白粒歩合の測定

本場作況田の「つがるロマン」, 「ゆめあかり」各20株の穂を, 出穂日を特定して成熟期に刈り取り, 出穂日別穂の粒厚1.9mm以上の玄米中の乳白粒を重量歩合で求めた。

2. 3. 2出穂後の積算気温と乳白粒歩合の測定

本場作況田の「つがるロマン」, 「むつほまれ」, 「ゆめあかり」を, 出穂後29日目からおよそ5日ごとに5株ずつ刈取り, 直ちに30℃で通風乾燥し, 粒厚1.9mm以上の玄米中の乳白粒を重量歩合で求めた。

2. 3. 3出穂後の積算気温と枝梗別乳白粒歩合の測定

県内30か所の生育観測田の「ゆめあかり」をそれぞれ2ないし3時期に5株ずつ刈取った76標本について, 1次枝梗と2次枝梗に分け, 粒厚1.9mm以上の玄米中の乳白粒を重量歩合で求めた。

3. 結果及び考察

3. 1 気象要因と作柄解析

1999年の青森県の稲作期間は記録的な高温であったため, 水稻の生育は初期から順調で, 登熟も良好であった。しかし, 作況指数は, 津軽では100, 県全体では102の「やや良」と気象条件の割には高収量とはならなかった。

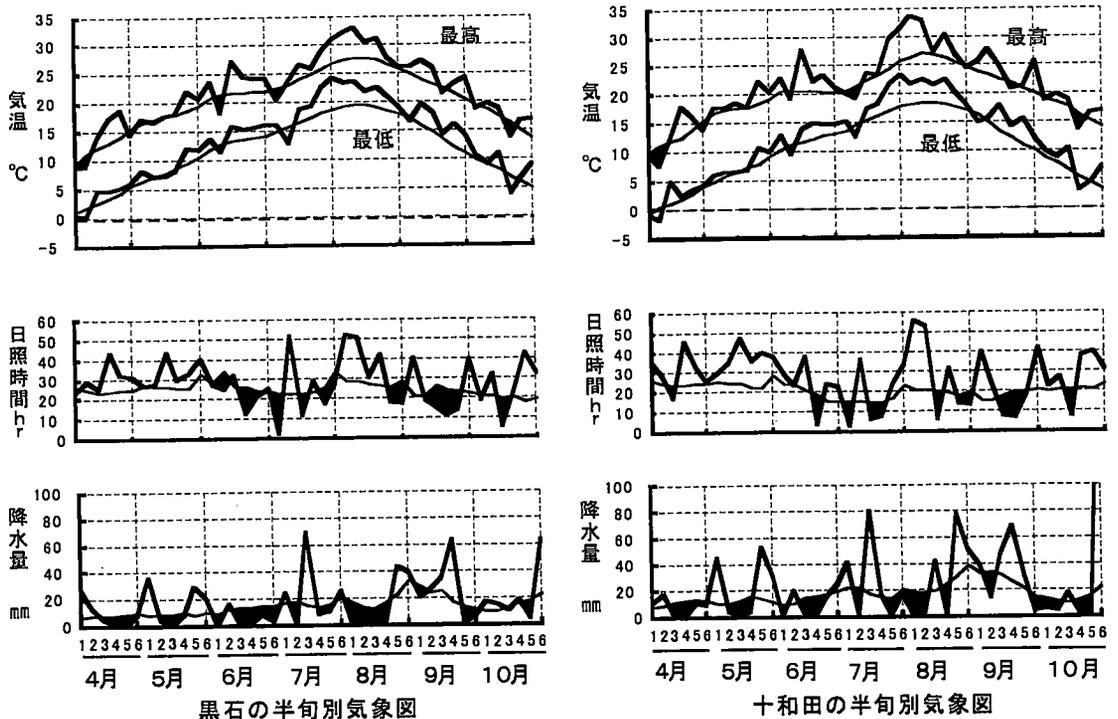


図1 1999年の黒石および十和田の半月別気象図

注) 日照時間の平年値は, 1979~1990年の期間内で, 異なる測器を太陽電池式日照計の値に換算して求めているため参考値。以下同様の扱いとする。—— 1999年 —— 平年

表 1. 1999年産水稻の収穫量

作柄 表示地帯	作付面積 (ha)	10a当 り収量 (kg)	予 想 収穫量 (t)	作 況 指 数	10a当たり(Kg)		前年収穫量 との差 (t)
					平年収量	前年収量	
県 平 均	57,700	591	341,000	102	578	554	16,900
青森地帯	4,800	588	28,200	107	551	512	3,300
津軽地帯	33,100	612	202,600	100	610	616	△2,800
南部地帯	19,100	559	106,800	104	535	466	16,200
下北地帯	710	478	3,390	110	434	388	220

注) 1999年12月16日 青森統計情報事務所公表資料. △印は減少を示す。

このことは収量構成要素のうち、1穂初数の減少によって 当たり初数が減少したことによる。その原因を明らかにするために重回帰分析を行った。

表 2. 作況田の初数、登熟歩合

場 所	品 種	1 穂初数 (粒)			m <sup>2</sup> 当初数 (× 10 粒)			登 熟 歩 合 (%)		
		1999 年	平 年	1998 年	1999 年	平 年	1998 年	1999 年	平 年	1998 年
本 場	むつほまれ つがるロマン	83.7	89.6	82.9	3778	4035	3332	82.0	79.0	88.0
		84.4	(81.5)	-	2915	(3303)	-	88.5	79.4	-
支 場	むつほまれ かけはし	74.0	84.6	83.5	3291	3711	3739	90.8	77.4	81.2
		59.0	(77.5)	69.3	2818	(3730)	(3788)	90.7	(75.7)	(72.4)

### 3.1.1.1 穂初数の減少

解析には1989～1999年（1993年を除く）までの青森農試本場作況田の「むつほまれ」のデータを供試した。

和田(1969)は穎花の分化は穎花分化終期における植物体の窒素保有量と、穎花退化は穎花分化期から出穂期の穎花当たりの乾物増加量と相関が高いことを報告している。また、石井ら(1987)は幼穂長1cm～穂揃期における個々の茎の乾物増加速度と退化初数の相関が高いとしているが、幼穂形成始期後10日後にあたる減分期頃にはほぼ初数は決まっており、出穂期あるいは穂揃期までの稲体の条件を初数決定の条件とするべきではなく、ここでは1穂初数を目的変数とし、幼穂形成始期以降10日までの要素のうち寄与率が高いと考えられる以下の要素を説明変数として解析した。

幼穂形成始期（以下幼穂形成期という）から10日間の気温、幼穂形成期から10日間の日射量、幼穂形成期から出穂期までの日数、幼穂形成期の乾物重、幼穂形成期の茎葉窒素含有率、幼穂形成期から減数分裂期までの茎葉窒素吸収量、幼穂形成期から減数分裂期までの稲体乾物増加量。

表 3. 1 穂初数を目的変数とした重回帰分析

説明変数名	偏回帰係数	F 値	偏相関係数	単相関係数
幼穂形成期乾物重 (m <sup>2</sup> )	0.151	14.206 **	0.838	0.524
幼穂形成始期から10日間の日射量	0.208	9.263 **	0.779	-0.032
幼穂形成始期から10日間の気温	-0.164	4.602	-0.659	0.186
定数項	34.68			
決定係数	R <sup>2</sup> = 0.715 重相関係数		R = 0.845	
自由度修正済み決定係数	R <sup>2</sup> ' = 0.572 自由度修正済み重相関係数		R = 0.756	

その結果、表3のように幼穂形成期の乾物重、幼穂形成期から10日間の日射量、幼穂形成期から10日間の気温が説明変数として選択された。偏回帰係数が有意であったのは幼穂形成期の乾物重、幼穂形成期から10日間の日射量であった。

このことから1穂初数の減少は、穂首分化期から幼穂形成期にかけての低温により、稲体への窒素吸収が抑制されたために幼穂形成期の乾物重が小さかったことと、幼穂形成期から10日間の日射量が少なかったことに起因すると考えられた。

### 3.2 気象要因と乳白粒の発生

8月は記録的な高温で、月平均気温の年平均偏差は、太平洋岸の年平均偏差の小さい地域で2℃以上、津軽及び南部平野内陸の地域では3℃以上あった。9月も同様に高温で、月平均気温の年平均偏差は、太平洋岸の小さい地域で1.5℃以上、南部平野内陸の大きい地域では2.5℃以上あった。

このため、作況田の登熟歩合は、本場・支場とも暦日で10日以上も平年より進んでいたが、出穂後の積算気温からみると、本場の場合は平年と大差なく、最終的な登熟歩合も平年よりもやや高い程度にとどまった。支場の場合はm<sup>2</sup>当たりの初数が少なかったこと、本場よりも高温の程度が小さかったことにより、積算気温に対して登熟の進みは早く、最終的な登熟歩合は平年比117%と、かなり高かった（データ省略）。

表4 作況田の出穂期と登熟期間の平均気温、日照時間

地点	要素	年次	出穂期 月・日	出穂後日数 (日)						
				1~10	11~20	21~30	31~40	1~20	21~40	1~40
本場	平均気温 (℃)	1999年	8.01	27.8	26.2	22.6	22.3	27.0	22.4	24.7
		平年	8.07	23.5	22.3	20.9	18.8	22.8	19.9	21.3
本場	日照時間 (hr)	1999年	8.01	102.6	67.2	28.5	59.6	169.8	88.1	257.9
		平年	8.07	55.1	51.5	44.5	44.2	106.6	88.7	195.3
支場	平均気温 (℃)	1999年	8.01	27.1	25.2	20.9	21.6	26.1	21.5	23.8
		平年	8.08	22.3	21.3	20.0	18.0	21.8	19.0	20.4
支場	日照時間 (hr)	1999年	8.01	97.1	40.2	18.7	64.4	137.3	83.1	220.4
		平年	8.08	39.4	35.1	31.1	34.8	74.5	65.9	140.4

注) 品種は本場が「つがるロマン」、支場が「むつほまれ」。

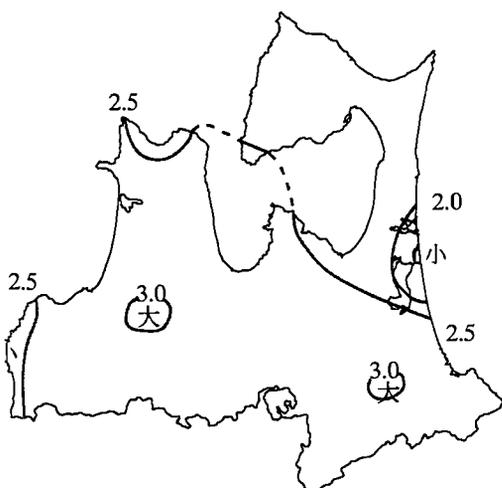


図2 8月気温の年平均偏差(℃)

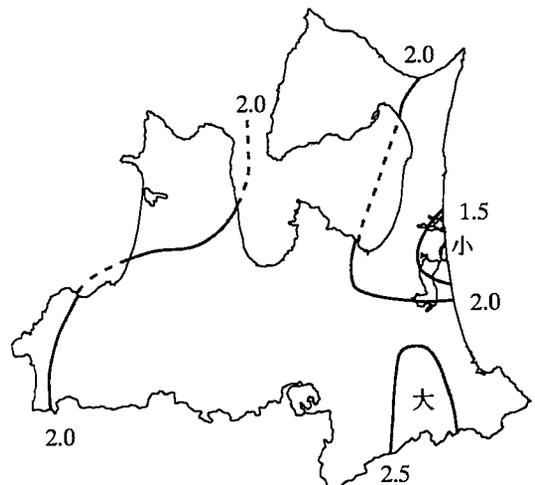


図3 9月気温の年平均偏差(℃)

### 3.2.1 出穂日別乳白粒発生

乳白粒は登熟期の高温で発生が多くなるのが長戸ら(1965)によって報告されているが、作況田の3品種の出穂日ごとの乳白粒歩合にも、出穂後6~15日(10日間)の平均気温と高い正の相関がみられた。出穂後6~15日の平均気温が26.5℃以上になると増加し、27~28℃までの間で直線的に増加した。(図4)

7月27日以降に出穂した穂について、出穂日別に乳白粒歩合を調査したところ、供試した3品種とも出穂が遅いほど乳白粒歩合が低い傾向であった。このことは、7月27日以降では、出穂日が遅くなるに従い出穂後6~15日の平均気温が低くなるためと考えられた。(図5)

### 3.2.2 出穂後の積算気温別の乳白粒発生

作況田の3品種について、異なる積算気温で刈取った玄米の乳白粒歩合は、いずれの品種でも出穂後の積算気温と相関が高く、700~900℃から1,300~1,400℃まで直線的に増加する傾向であった。

(図6)

### 3.2.3 枝梗別の入乳白粒発生

県内各地の材料について出穂後の積算気温からみた枝梗別乳白粒歩合は、1次枝梗粒、2次枝梗粒いずれも積算気温が増加するに従い高くなった。同じ積算気温では、木戸ら(1968)の報告と同様に、2次枝梗粒において1次枝梗粒よりも高かった。また、m<sup>2</sup>当たりの籾数が多いほど2次枝梗粒の乳白粒歩合が、より増加する傾向がみられた。(図7)

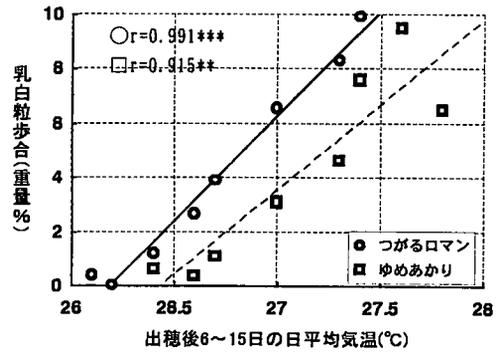


図4. 日平均気温と乳白粒歩合

\*\*\* 0.1%水準で有意  
\*\* 1%水準で有意

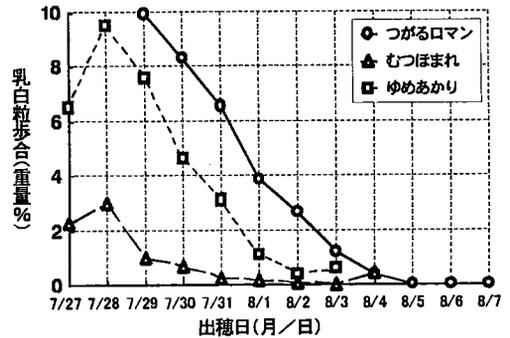


図5. 1株内の出穂日別乳白粒歩合

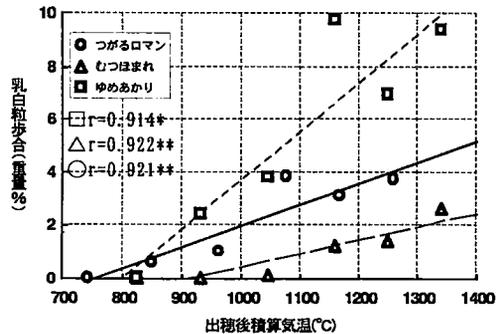


図6. 出穂後の積算気温と乳白粒歩合

\* 5%水準で有意  
\*\* 1%水準で有意

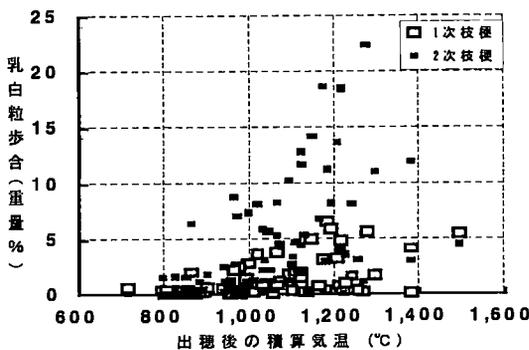


図7. 出穂後の積算気温と枝梗別乳白粒歩合

### 3.2.4 まとめ

青森県における1999年の乳白粒歩合は、出穂後6～15日までの10日間の平均気温が26.5℃以上で増加し始め、27～28℃までの間で平均気温とともに直線的に増加した。また、出穂後の積算気温が700～900℃から1,300～1,400℃までの間で直線的に増加したため、刈遅がこれを助長した。枝梗別では2次枝梗粒において1次枝梗粒よりも高く、 $m^2$ 当たりの粒数が多いほど2次枝梗粒の乳白粒歩合が、増加する傾向がみられた。

このようなことから、青森県においては、作期をずらして直接高温を避けるような栽培は冷害危険度が増すためにできないが、適正施肥による過剰粒数の回避、適期刈取り、高温時の水の入替えや間断灌漑等の水管理による根の活力の維持等によって高温時の乳白粒の発生を軽減することが可能と考えられる。

### 参考文献

- 石井康久・玖村敦彦(1985): 水稻の幼穂発育過程の生理学的研究. 第3報, 幼穂発育期の温度が個体のシンク・ソースの大きさおよび両者の比率に及ぼす影響. 日作紀, 54(別2), 138-139
- 石井康久・玖村敦彦(1987): 水稻の幼穂発育過程の生理学的研究. 第6報, 茎別にみた幼穂分化期および幼穂発育期の乾物生長と穎花分化・退化との関係. 日作紀, 56(別2), 17-18
- 木戸三夫・梁取昭三(1968): 腹白・基白, 心白状乳白, 乳白米の穂上に置ける着粒位置と不透明部のかたちに関する研究. 日作紀, 37, 534-538
- 長戸一雄(1952): 心白・乳白米及び腹白の発生に関する研究. 日作紀, 21, 26-27
- 長戸一雄・江幡守衛(1965): 登熟期の高温が穎花の発育ならびに米質に及ぼす影響. 日作紀, 34, 59-66
- 鈴木守(1980): 暖地水稻の収量成立過程の物質生産的特徴に関する研究. 九州農試報, 20(4), 429-494
- 和田源七(1969): 水稻収量成立におよぼす窒素栄養の影響. 農技研報, A16: 27-167

# 秋田県における1999年産水稻の生育経過と白粒発生状況

佐藤雄幸・佐藤馨・京谷薫・児玉徹

秋田県農業試験場

Plant Growth Process and Chalky Grain Occurrence of Rice Cultivars on  
Akita Prefecture in 1999

Yuko SATO, Kaoru SATO, Kaoru KYOYA, Toru KODAMA

Akita Agricultural Experiment Station.

## 【要約】

- 1) 稲作期間中の気象は平均気温が高く、特に 8月1日から10日までの10日間は極めて高温に経過した。
- 2) 水稻生育は、初期から旺盛になるとともにステージが早まり出穂期が大幅に前進した。
- 3) 白粒は、ササニシキ作付け地帯に加えてあきたこまち作付け地帯である内陸部でも多くみられた。白粒の種類は腹白や心白の発生に比べ、背白の発生比率が高く、強勢穎果にもみられた。
- 4) 白粒の発生は生育中期に葉色が著しく低下した地域で多くなった。
- 5) 1999年の白粒発生は、これまでの発生要因に加えて、生育中期の葉色低下、出穂後の異常高温、強勢穎果での発生などにより品質低下を助長した。

キーワード：白粒，高温，あきたこまち，葉色

Keywords : Chalky grain, High temperature, Akitakomachi, Leaf color

## 1. はじめに

1999年産の水稻作柄は102の「やや良」であったが、あきたこまちをはじめとする県内の主要品種は白粒，部分着色粒の発生により一等米比率が大幅に低下した。あきたこまちの白粒による全果的な品質低下は、デビュー以来はじめての事例であった。1999年の稲作期間中の気温経過は、4月から10月まで高めに経過して、特に7月から9月が平年に比べ最高、平均、最低気温とも極めて高い状態が続いた。過去10年間に限ると水稻生育期間が高温に経過したのは、1994年、そして1999年の2年であるが、今後とも気象経過は高温基調に推移すると予想されている。ここでは高温年であった1999年のあきたこまちの生育と白粒発生による品質低下の要因を検討して、高温条件下における良質米生産の資を得ることを目的とした。

## 2. 材料および方法

### 2.1. 生育経過

(1) 試験場所は、大館試験地、秋田県農業試験場、平鹿試験地。品種は、あきたこまちである。移植日は大館・秋田が1999年5月14日、平鹿は1999年5月21日である。

(2) 栽植密度は大館・秋田が25.6株/m<sup>2</sup>、平鹿が22.2株/m<sup>2</sup>。基肥(N・P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>・K<sub>2</sub>O)は、大館が各0.8kg/a、秋田は各0.6kg/a、平鹿は各0.5kg/a。追肥は3地点とも減数分裂期にN 0.2kg/aとした。

### 2.2. 水稻品種別の白粒調査

(1) 奨励品種現地調査、及び水稻定点調査は、農家慣行法により生産された玄米試料 25gを用いて、白粒を乳白粒，心白粒，腹白粒，基白粒，背白粒に分類し、調査全粒数に対する比率を算出し

た。なお、水稻定点調査として用いたデータは、県内の主要品種を対象に生育調査を実施しているもので、あきたこまちが44例、ひとめぼれが6例、ササニシキは5例である。発生部位を示す場合は、白粒を分類したが、それ以外は調査全粒数に対する被害粒の合計を発生率とした。検査等級に影響を与えた発生率は、白粒被害の大きい粒の発生比率である。

(2) 農業試験場展示圃産は、あきたこまち、ひとめぼれ、ササニシキについて玄米試料25gを用いて上記調査に順じて発生率を算出した。

### 2.3. 穎果別の発生比率

試料は、9月16日に5月10日、5月20日、5月31日移植の中庸な3株の最長稈の穂を抜き取った。強勢穎果として穂の先端から4粒、次位の一次枝梗から3粒ずつ計90粒、弱勢穎果として穂首節から最も近い2次枝梗の下位から3粒ずつ計90粒について粒別調査を実施した。

### 2.4. 気象データ

秋田市（農業試験場）は秋田地方気象台発表の秋田市による。その他の定点調査地点の気象データは、最寄のアメダスデータを用いた。

## 3. 結果

### 3.1. 気象経過の特徴

#### (1) 稲作期間の気象

秋田地方気象台発表の秋田市の気象経過は、4月から10月までの月平均気温は4月が10.3℃とかなり高く、5月・6月がやや高く、7月が24.6℃、8月が27.3℃9月が21.8℃、10月が14.4℃とかなり高くなった。特に7月3半旬～8月4半旬と9月2半旬～3半旬は最低気温が平均気温並の高温で経過した。

合計降水量は9月が平年よりやや多かったが、他の月は平年並であった。月合計日照時間は4月・6月・8月・10月が平年並、9月が120.1時間と平年よりかなり少なかった。7月26日から8月21日までは、30℃以上の最高気温が連続26日間を記録し、この間の無降雨日数は20日間（連続16日）であった。稲作期間である5月から10月までの平均気温は20.4℃で平年差+1.7℃、積算日照時間の平年比は96%、積算降水量の平年比は98%であった（図1）。

(2) 秋田市における出穂後40日間の平均気温は、26.4℃で過去10年では最も高く推移した。平均積算日照時間は6.7時間で平年比106%、平均積算日射量は17.9MJ/m<sup>2</sup>で平年比113%と高かった。さらに、出穂後10日間ごとの気象経過をみると、出穂直後10日間の平均気温が29.8℃で平年より5℃高く経過し、積算日照時間は118時間で平年比179%、積算日射量は256MJ/m<sup>2</sup>で平年比164%で経過した。登熟期間内では、出穂直後の10日間の気象経過が、これまでに比べ極めて高かった（表1）。

表1 登熟期間の気象推移(秋田市)

出穂後 の日数	積算平均気温(℃)			積算日照時間(hr)			積算日射量(mj/m <sup>2</sup> )		
	1999年	平年	平年差	1999年	平年	平年比	1999年	平年	平年比
10日	29.8	24.8	5.0	118	66	179	256	156	164
20日	28.2	24.7	3.5	187	133	141	447	341	131
30日	24.3	23.7	0.6	212	195	109	574	495	116
40日	23.2	21.9	1.3	266	252	105	714	631	113
50日	21.3	18.3	3.0	286	272	105	806	754	107
出穂40日 間の平均	26.4	23.8	2.6	6.7	6.3	106	17.9	15.8	113

注1. 出穂後日数は中苗あきたこまち(5月14日移植)の出穂期翌日から起算した。

2. 出穂期は1999年が7月31日、平年が8月5日である。

3. 秋田地方気象台発表の秋田の気象データによる。

4. 平年は1989年から1998年までの平均値である。

表2 出穂期の状況(1999年)

区分	1999年	平年差
県北	8/2	-6
中央	8/1	-6
県南	8/1	-7
全県	8/1	-7

秋田県農産園芸課調べ

### 3. 2. 生育経過の特徴

(1) 大館・秋田は生育初期から茎数が多く、最高分け時期が平年より早まるなど生育ステージの前進がみられた(図2a)。県内の出穂期は県北部が8月2日、中央部が8月1日、県南部が8月1日で、県平均は8月1日と平年に比べ7日早まった(表2)。葉緑素計値は3地点とも調査開始から低く経過し、7月上旬から中旬頃には40より大幅に低下した(図2b)。

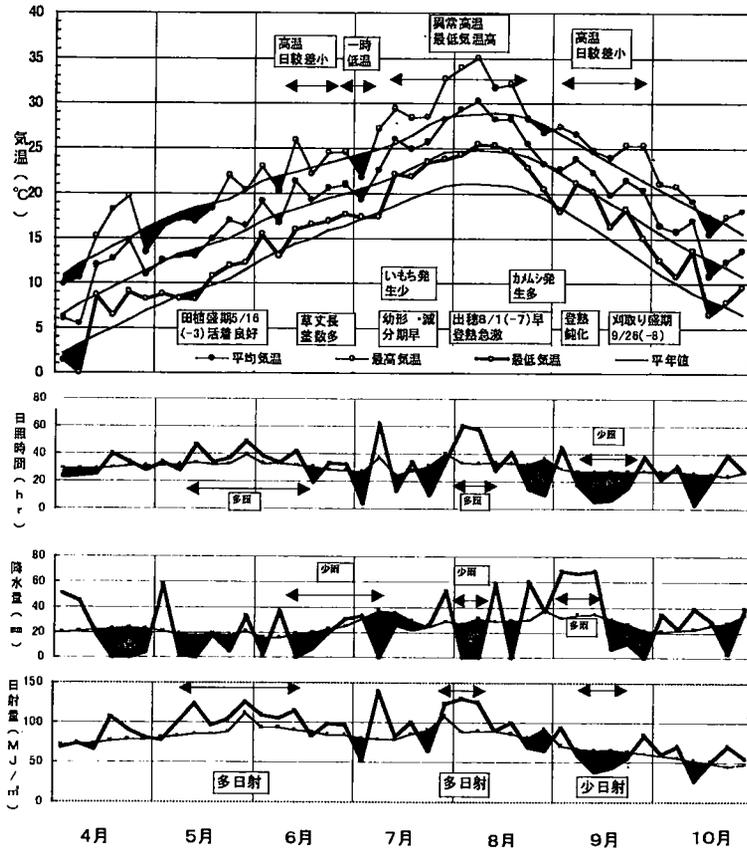


図1 1999年水稲生育期間の気象経過(秋田市)

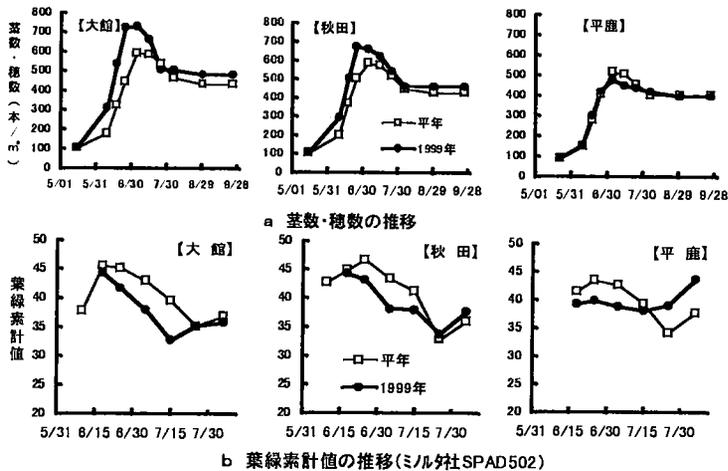


図2 1999年産あきたまこちの生育経過

注 平年は秋田、大館は1985~1998年までの平均値、平産は1988~1998年の平均値。  
出穂期は大館(8/2)、秋田(7/31)、平産(8/2)。

(2) 出穂後の乾物重の経過では、穂重は出穂10日目から平年より上回ったが、穂部の乾物重の増加は出穂後30日で停滞した。これに対して、茎葉重は、平年の経過と異なり30日以降も増加がみられた。(図3)

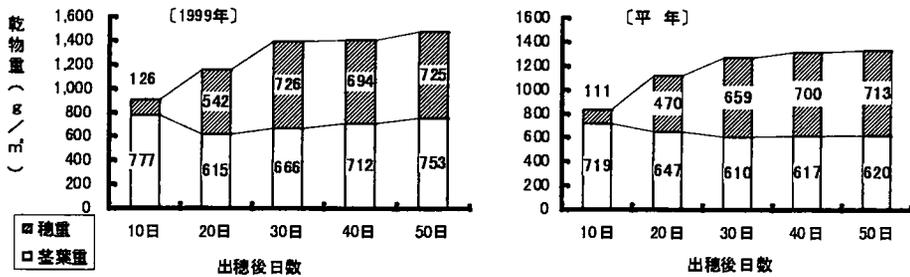


図3 出穂後の乾物重の経過(あきたこまち)  
平年は1989年～1998年までの平均値。

### 3.3. 白粒の発生状況

#### (1) 発生地域

県内の一等米比率は、大館68.6%、湯沢80.9%で比較的高かったが、沿岸部の能代、昭和、本荘、内陸部の大曲、角館、横手管内では60%以下であった。心白・乳白・腹白などの白粒による落等した地域は、本荘、大曲、角館、横手管内であった(表3)。特にササニシキ作付け地帯の由利・本荘地域、男鹿市周辺に加えて、県南内陸部で発生が多くみられた。

奨励品種現地調査圃産の玄米試料では、白粒が全ての現地試験で発生がみられた。発生率が高い地域は、県沿岸部と仙北、平鹿などであったが、標高が高い山内だけが発生率が低かった。乳白・心白の発生は、県北では森吉、県央では雄和、本荘、県南では神岡、田沢湖、仙北、六郷、大森、平鹿、湯沢、稲川で多かった。基白は県北の鹿角、比内、森吉、能代、県央の若美、雄和、本荘、県南の神岡、田沢湖、中仙などで発生がみられた。背白は、県北では能代、県央では若美、雄和、県南では仙北、六郷、平鹿などで発生がみられた(図4)。

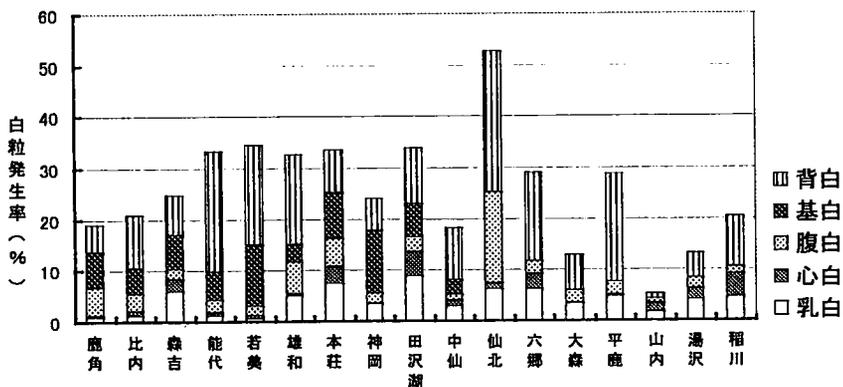


図4 あきたこま치의白粒発生状況(1999年奨励現地試験産)

#### (2) 発生様相

出穂10日間の平均気温と定点調査の白粒発生率との関係から、白粒は28℃以上で増加する傾向を示した。(図5)

m<sup>2</sup>当たりの籾数と白粒発生率は、あきたこまちでは判然としないが、ササニシキ、ひとめぼれで

は初数の増加により白粒の発生が助長される傾向にあった(図6)。旧農試(秋田市仁井田)展示圃の白粒発生率の部位別比率は、あきたこまちでは乳・心白粒、腹白粒、基白、背白粒がほぼ同じ比率で発生しているのに対して、ひとめぼれでは乳・心白粒の発生が多く、ササニシキでは腹白粒の発生が多く、白粒発生率は品種により異なることを示した(図7)。

移植時期による顕果別白粒発生は、5月10日移植では強勢顕果及び弱勢顕果にもみられるが、弱勢顕果での発生率が高かった。移植時期が遅い5月20日、5月31日移植では強勢顕果での発生が多くみられた。いずれの移植時期とも背白の発生率が高かった(図8)。

白粒発生率が15%以下に軽減された地域は、出穂前の7月中旬の葉緑素計値が40以上あり、白粒発生率が50%以上の地域に比べ葉緑素計値が高く経過した(図9)。また白粒が軽減された地域の平均出穂期は8月3日で、成熟期は白粒発生率50%以上の地域に比べて10日ほど遅かった。稈長及び玄米収量には大きな差はみられなかった。

表3 1999年産の一等米比率と格付け理由

	一等米比率				検査数量に対する 白粒発生率	カラムシ 発生率
	1等	2等	3等	規格外		
大館	68.6	25.2	4.9	1.3	2.7	18.5
能代	33.1	49.3	12.5	5.2	10.0	42.0
昭和	43.9	42.1	12.5	1.6	15.1	27.3
地域課*	46.3	44.8	7.4	1.4	9.5	26.0
本荘	24.7	58.6	13.4	3.3	47.8	18.7
大曲	38.9	48.3	10.0	2.7	25.1	22.4
角館	52.3	34.9	8.1	4.7	14.5	26.0
横手	54.5	36.1	7.1	2.3	18.8	20.6
湯沢	80.9	15.0	2.7	1.4	3.2	12.3
合計	48.5	39.9	8.9	2.7	17.1	23.7

1999年12月20日現在の秋田食糧事務所発表資料より作成。

\*秋田市地域

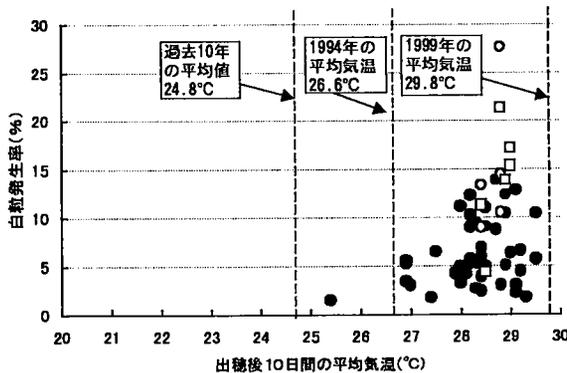


図5 水稲定点調査における出穂後10日間の平均気温と検査等級に影響する白粒発生率  
注 ●あきたこまち ○ササニシキ □ひとめぼれ

□内の平均気温は秋田市

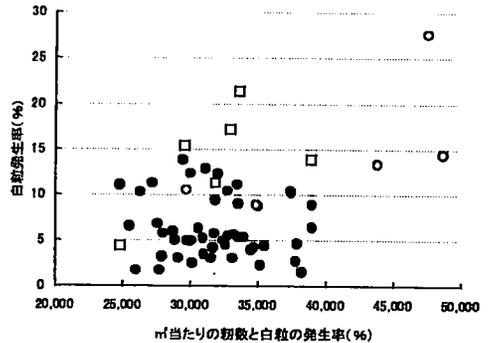


図6 水稲定点調査における㎡当たり粒数と検査等級に影響する白粒発生率

注: ●あきたこまち ○ササニシキ □ひとめぼれ

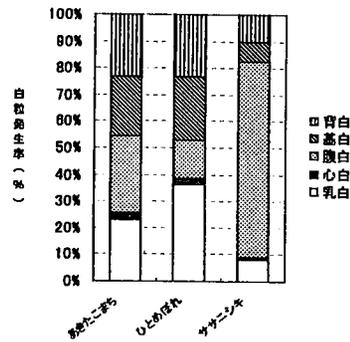


図7 水稲主要品種における白粒発生状況

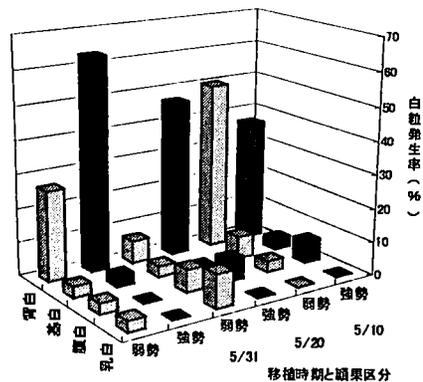


図8 移植時期による顕果別白粒発生比率(%)

注: 品種あきたこまち、施肥(7-0-2)

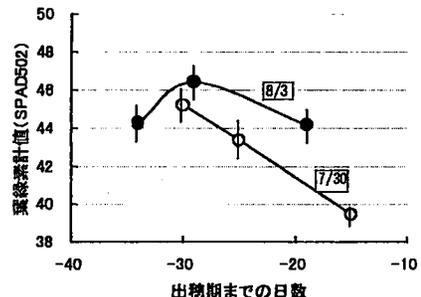


図9 白粒発生率の違いによる葉色の経過(1999年産水稲定点調査より)

●白粒発生率15%以下 ○白粒発生率50%以上

□は出穂期、シンボルの上下は標準誤差を示す。

## 4. 考察

### 4.1. 1999年の気象経過と白粒

7月から9月の平均気温は平年よりもかなり高く、8月1日から10日間は気温が著しく高く多照で経過した。8月下旬から9月中旬は、多雨・少照で経過した。

県平均の出穂期は8月1日で、出穂直後の稲体は全県的に出穂後10日間の異常高温に遭遇したとみられ、平均気温が28℃以上になると白粒発生率は高まる傾向にあった。背白粒の多発生に対しては、登熟初期の高温（松本;1991）の影響も考えられるが、登熟後期に発生（星川;1975）が多いこともあり、発生部位と気象条件に関して今後さらに検討が必要である。

### 4.2. 1999年産の発生要因

これまでの白粒の発生要因は、品種間差や登熟期間の最低気温と籾数との関係（長谷川;1996）、高夜温による稲体消耗や倒伏（児玉;1996）等により同化産物の生成・転流・移行不足等とみられている。稲体の窒素栄養面からは、登熟期間中の葉色（長谷川;1996）、穂揃い期の上位3葉の葉身窒素濃度（金田;2000）との関係が指摘され、登熟期間中の稲体窒素栄養を維持することが発生防止になるとみられる。また土壌タイプとしては強グライ土で発生が少ない（児玉;1996）ことは、後期の土壌窒素の発現なども考えられる。

今回の調査から、白粒発生要因を整理すると①高温に伴う初期茎数の増加、②生育ステージの前進化、③出穂期前の葉緑素計値の低下、④出穂直後の異常高温、⑤強勢穎果における白粒発生、⑥登熟後期の日照不足等が上げられた。一方、白粒が少ない地域は、生育ステージが大幅に前進化することなく、高温条件下でも出穂前の窒素栄養を確保していたものと推察された。

したがって高温が予想される場合は、これまでの技術に加えて①生育ステージの進行の抑制や②窒素栄養を維持する技術の必要性が示唆された。

白粒は検査等級を低下させるだけでなく、搗精した場合に碎米を増やすことになり、実需者からは嫌われる形質である。今後とも高温基調の気象経過が予想されることから、白粒発生防止対策として、生育ステージにあった稲体栄養の維持管理が求められる。さらに窒素追肥を極端に抑制した食味一辺倒の栽培だけでなく、稲体栄養を維持することで良質米の生産を図り実需者ニーズに応える必要がある。

## 引用文献

- 金田吉弘・進藤勇人，2000：高温条件下における水稻窒素吸収パターンが白粒発生に及ぼす影響，日本作物学会東北支部報，43，73-75。
- 児玉徹・宮川英雄，平成6年度（1996）：ササニシキの白粒（乳白・腹白・背白・基白・心白）発生要因の解析，実用化できる試験研究成果，秋田県農業技術開発推進会議，27-28。
- 長谷川・小南力・藤井弘志・松田裕之・柴田康志，1996：平成6年度の高温による水稻の品質低下（白粒発生）要因，農業技術，51(3)，121-125。
- 星川清親，昭和50年（1975）：Ⅺ米の品質，イネの生長，pp297-305，農山魚村文化協会。
- 松本顕，1991：Ⅲ玄米の形状・形質と品質，稲作大百科Ⅰ総説 品質と食味，pp241-252，農山魚村文化協会。

# 湛水土中直播栽培における播種後の水管理が 地温と出芽に与える影響

遠藤 貴司・酒井 博幸

宮城県農業センター

Effects of Drainage after Seeding on Soil temperature and Emergence of  
rice plants in Direct Underground Sowing in Submerged Paddy Field

Takashi ENDO, Hiroyuki SAKAI

Miyagi Prefecture Agricultural Research Center Miyagi, 981-1243

## 【要約】

水稻の湛水土中直播栽培において、播種後の水管理の違いが出芽・苗立ちや地温等に及ぼす影響について調査を行なった。播種から出芽開始までの落水管理では、播種後10～15日間の積算地温は湛水管理より低かったが、苗立ち率は高かった。湛水管理の苗立ち率が低下した主な要因は、出芽から苗立ちに至る過程で浮き苗や転び苗が多く発生するためであった。本試験条件のように、播種後比較的高い温度条件の下では、湛水管理では出芽後の浮き苗や転び苗の発生が多くなり苗立ちが低下した。一方、落水管理では出芽後そのようなことが無く、湛水管理より出芽に要する日数が長くなる傾向があるが安定した苗立ちを示すことが明らかとなった。

キーワード：湛水土中直播栽培，落水管理，地温

Keywords : Direct underground sowing in submerged paddy field, Drainage after seeding on emergence, Soil temperature

## 1. はじめに

水稻の湛水土中直播栽培において、出芽・苗立ちを安定化させるために播種から出芽までの期間に落水管理を行なう方法が有効であり、湛水直播栽培技術に積極的に取り入れられている（大場；1997）。さらに、落水管理を行なうと、苗立ちを安定化させるだけでなく、播種期の前進化が可能であるとの報告（菊池ら；1999）もある。そこで、本試験では、落水管理を行なった場合の苗立ちに至るまでの推移を、湛水管理と比較しながら、出芽や温度条件等について調査を行なったのでその結果を報告する。

## 2. 材料及び方法

2000年に宮城県農業センター（名取市）水田圃場にて、以下の試験をおこなった。

### 2.1. 試験 ①打込式代掻き同時播種機による苗立ち状況について

打込式代掻き同時播種機（パティローシター、（株）コバシ）により0.45kg/aの種籾を播種した。播種深の設定は1cmとし、播種後の株立ち密度の測定値は15.9株/m<sup>2</sup>である。「こころまち」と「ひとめ

ぼれ」の2品種を各々5月2日と5月15日に播種し、播種後直ちに圃場を波板で仕切って、落水区と湛水区を設置した。湛水区は水深が5cm程度になるように維持し、落水区は5月2日に播種した圃場では出芽が開始した5月15日まで、5月15日に播種した圃場は5月23日まで各々落水管理し、同日以後は湛水とした。5月2日に播種した初は4月30日、5月15日に播種した初は5月14日に、乾籾重の2倍量の過酸化石灰の被覆処理をおこなった。基肥窒素施用量は4.8kg/10a、除草剤はピラゾスルフロンエチル・エドベンザニド1キロ粒剤を処理した。苗立ち率の調査は、6月1日と6月15日に行い、本葉1葉期まで達しているものを苗立ち個体とした。

## 2.2. 試験②出芽経過と苗立ちについて

水稻移植用育苗箱(30cm×60cm)に水田土壌を敷き詰め、5cm四方を1区画として50区画に区切り、試験①と同量の過酸化石灰を被覆処理した種籾(品種:ひとめぼれ)を各区画に1粒ずつピンセットで地表下1cmの深さに播種した。その育苗箱を落水区と湛水区に各々3箱ずつ育苗箱の土壌の上面が水田の地表面と水平になるように埋設した。播種日は5月15日で、落水区は出芽が開始した5月23日まで落水し、同日以後湛水とした。調査は育苗箱の1区画ごとの出芽日を調査し、各試験区の出芽率を算出した。また6月13日に苗立ちを調査し、苗立ち個体については出芽深を測定した。

試験①、②における圃場の気温、地温、水温及び日射量の測定は次のように行なった。地温センサーは、白金抵抗体センサーを用い、各区の地表面下1cmを測定した。水温は、湛水区に同センサーを設置して測定し、落水区を湛水してから同じ位置で測定した。また、気温、日射量のデータは、隣接する圃場に設置した気象観測装置(Weather ROBO, クリマテック(有))により測定した。温度、日射量は、毎正時データを使用して解析した。

## 3. 結果及び考察

### 3.1. 試験①打込式代掻き同時播種機による苗立ち状況について

5月15日に播種した圃場における地温、水温、日射量の推移を図1に示す。地温と水温は日射量の推移に伴って変動し、落水区の地温は、湛水区より上昇が早く、明け方から午前10時頃までは湛

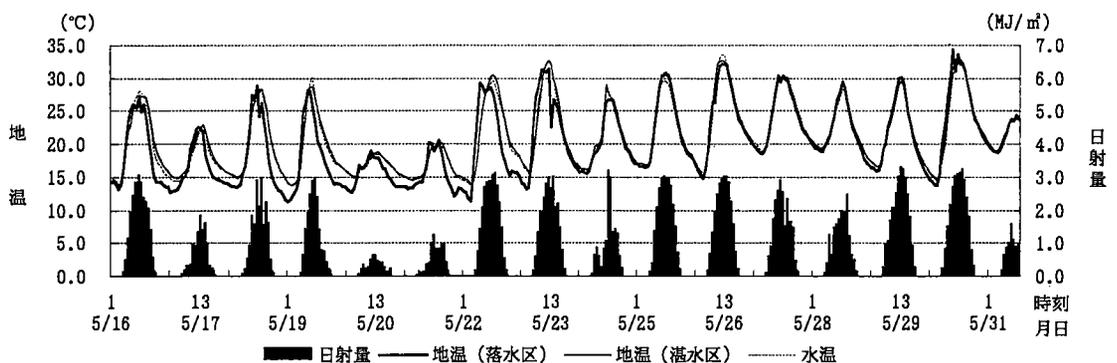


図1 播種後の地温、水温、日射量の時刻変化  
(宮城県農業センター水田ほ場, 2000年5月3日~5月17日)

水区の地温を上回ることが多く、正午から翌日の明け方までは湛水区を下回った。湛水区の水温は、最高水温については、最高地温をわずかに上回って推移した。落水区も湛水した5月23日以降の地温は落水区湛水区ともほぼ同様の推移を示した。苗立ち率と、播種翌日からの積算地温を表1に示す。両播種期とも播種後は平年より気温が比較的高く、播種時の温度条件は恵まれた。5月2日に播種した落水区のころまちとひとめぼれの苗立ち率は、各々77%、61%となり、湛水区に比べて10~15%高くなった。5月15日播種した落水区における苗立ち率は、ころまちは70%、ひとめぼれでは59%となり、水区に比べて、ひとめぼれは同程度であったが、ころまちでは10%高かった。播種翌日からの積算地温は、5月2日播種の場合、落水区は10日間では150~165℃、15日間では240~255℃であり、湛水区に比べて10~15℃低かった。5月15日播種の場合も同様の傾向であり、落水区は湛水区よりも積算地温が明らかに低かった。

表1 苗立ち率と播種後の積算地温

試験区	品種	播種日	苗立ち率 (%)	転び苗率 (%)	浮き苗率 (%)	積算地温(℃)*	
						~10日間	~15日間
湛水区	ころまち	5月2日	67	—	—	177	273
	ひとめぼれ	5月2日	46	—	—	168	264
	ころまち	5月15日	60	22	5	225	317
	ひとめぼれ	5月15日	59	—	—	225	317
落水区	ころまち	5月2日	77	—	—	162	255
	ひとめぼれ	5月2日	61	—	—	151	243
	ころまち	5月15日	70	7	0	221	304
	ひとめぼれ	5月15日	59	—	—	221	304

\* ) 積算地温は、播種翌日からの平均地温の積算値を示す

また、5月15日播種のころまちはの調査した落水区と湛水区における浮き苗や転び苗の発生率は、落水区のほうが明らかに低かった。以上のことから、落水区のほうが地温が低いにも関わらず、苗立ち率が高かったのは、浮き苗や転び苗の発生率が少ないためであると推定される。

三石ら(1982)も、湛水直播における苗立ち不良は、水の浮力により種子根が土壤中へ進入するための支点を失って定着できないことが一つの要因であると報告している。したがって、水管理の違いによる苗立ち率を解析するには、出芽経過も把握する必要があると考えられた。

### 3. 2. 試験②出芽経過と苗立ちについて

水管理の違いによる出芽率の推移を図2に示す。落水区における出芽開始日は5月23日となり、湛水区より1日遅かった。その後、両試験区ともに出芽率は上昇したが、播種後2週間までは、落

表2 出芽・苗立ち率と積算地温

試験区	出芽率 (%)	苗立ち率 (%)	転び苗 (%)	浮き苗 (%)	積算地温(℃)*	
					~10日間	~15日間
湛水区	92	33	7	58	225	317
落水区	87	82	1	7	221	304

\* ) 積算地温は、播種翌日からの平均地温の積算値を示す

水区が湛水区よりも出芽率が約20%下回り、同じ出芽率を得るのに落水区の方が日数を要した。しかし、6月2日の播種後18日目では、出芽率は落水区において87%、湛水区において92%となり、両試験区の差は小さかった。播種後15日間の積算地温は落水区において304℃、湛水区において317℃となり落水区の方が13℃低かった。また苗立ち率は、表2に示すように落水区で82%、湛水区では33%となった。落水区における浮き苗率は7%、転び苗率は1%であったのに対して、湛水区ではそれぞれ58%、7%となり、落水区の苗立ち率が高かったのは、出芽後に浮き苗や転び苗の発生が湛水区に比べてかなり少ないことによるものと考えられた。

落水区と湛水区における苗立ちした個体の出芽深を図3に示した。落水区の出芽深は、1cm前後に分布していたのに対して、湛水区では大部分が1cm以下に分布しており、落水区では出芽深が大きく、湛水区が小さい傾向があり、このことも湛水区の浮き苗や転び苗が多かった要因であると考えられる。これまでも、過酸化石灰を被覆した籾は湛水により籾が浮上することが指摘されており（藤井ら；1984）、本試験からも湛水区で出芽深が設定よりも浅い条件になることが確認された。

本試験のような出芽に好適な温度条件下の場合には、播種後の落水管理は湛水管理に比べて出芽日数が長くなるものの、出芽後の浮き苗や転び苗の発生が少なくなり苗立ちの安定化に役立つことがわかった。これまで宮城県では直播栽培用適品種としては登熟気温確保の面から早生品種を主に推奨してきたが、中生良質銘柄米品種である「ひとめぼれ」を直播栽培に供したいとの意向も強まってきていることから、早期播種に伴う低温条件下での出芽・苗立ちについてさらに検討を行う必要がある。

### 引用文献

- 大場茂明, 1997: 落水出芽法の由来, 農業技術, 52, 33-34.
- 菊池栄一, 大江 栄悦, 1999: 水稻湛水散播栽培の落水出芽による播種始期と対応技術, 東北農業研究成果情報, 13, 37-38.
- 三石昭三, 井村光夫, 1982, 水稻の湛水直播における諸問題(1)―湛水土壤中直播を中心にして―, 農業及び園芸57, 1265-1268.
- 藤井薫・佐藤久悦, 1984: 湛水土壤中直播における出芽・苗立ち, 東北農業研究, 35, 53-54.

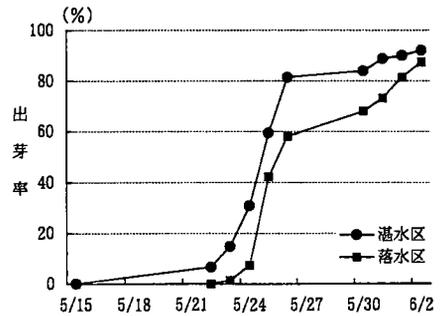


図2 出芽率の推移  
(落水区の灌水日：5月23日)

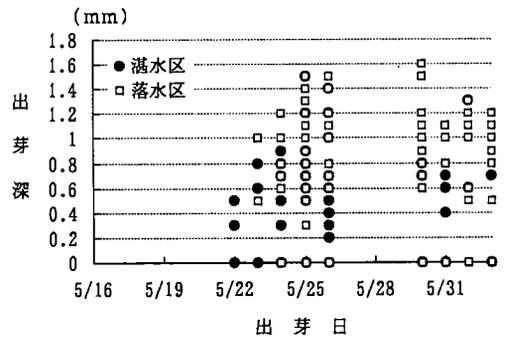


図3 出芽深と出芽日

# GMS衛星推定日射量データを用いた 水田の地温の推定

畑 中 篤  
(宮城県農業センター)

Estimation of soil temperature on paddy fields using GMS insolation estimate  
Atsushi HATANAKA  
(Miyagi Prefectural Agricultural Research Center)

## 【要約】

水稻生育期間中の水田の平均地温は、GMS衛星推定日射量と圃場の2日間の平均気温の移動平均値を説明変数に用いた重回帰式で求められることが明らかとなった。また、アメダス気温メッシュデータを組み合わせることで圃場を個別にモニタリングすることなく広範囲に水田の地温が推定できる可能性が示唆された。

キーワード：一致限界、GMS衛星推定日射量、重回帰分析、地温

Keywords : GMS (Geostational Meteorological Satellite) insolation estimate, Limits of agreement, Multiple regression analysis, Soil temperature,

## 1. はじめに

水稻の生育期間の土壌窒素の無機化量は、杉原(1986)らの反応速度論的な方法により推定が可能である。肥効調節型肥料の溶出率の推定に、アメダス気温メッシュデータを利用する例もあるが(池田; 1996)、その重要なパラメーターである地温データは測定事例も少なく、平年値に類したものがないため、個別にモニタリングする必要がある。

高見ら(1989)の水田の水温と地温の推定法では4つのパラメーター(葉面積指数、気温、湿度、日射)を用いているが、その報告の中で、パラメーターを気温と日照時間に集約できる可能性を示唆している。

本研究では、広域的に地温を把握することを目的にいくつかの気象パラメータについて検討したところ、GMS衛星の推定日射量データと平均気温の組み合わせで精度よく地温の推定が可能であるとの知見を得たので報告する。

## 2. 材料及び方法

### (1) 地温、気温の測定地点及び測定方法

地温、気温の測定は慣行的な栽培管理を行っている宮城県内の8圃場で実施した(図1)。

地温の測定位置は平均的な作土深15cmのほぼ中央の7cm深とし、気温は田面から1mの高さで、畦畔から3ないし5mの圃場内で、いずれも熱電対を用い毎正時に測定し、自動記録装置に記録した。

なお、日平均値は地温、気温とも毎正時の測定値を単純平均し算出した。(以下、それぞれ「平均地温」、「平均気温」と記す)

## (2) 日射量

地温、気温の測定圃場の緯度経度に相当するGMS衛星の1kmメッシュ推定日射量(単位: MJ/day)を当該圃場の日射量(以下、単に「日射量」と記す)とした。

## (3) 平均地温の推定式の作成

平均地温の推定式は目的変数を平均地温とする重回帰分析により求めた。説明変数の一つを日射量に固定し、もう一つの説明変数には平均気温の移動平均値を用い、移動平均の期間をそれぞれ変えて検討した。すなわち、重回帰①(当日=平均気温)、重回帰②(2日間、当日~前日)、重回帰③(3日間、当日~2日前)、重回帰④(4日間、当日~3日前)の4つである(表1)。また、比較のため平均気温と平均地温の単回帰分析についても検討した。

表1 回帰分析の変数

	目的変数	説明変数1	説明変数2
重回帰①	$T_s$	$S_r$	$t_0$
重回帰②	$T_s$	$S_r$	$T_{0-1}=(t_0+t_{-1})/2$
重回帰③	$T_s$	$S_r$	$T_{0-2}=(t_0+t_{-1}+t_{-2})/3$
重回帰④	$T_s$	$S_r$	$T_{0-3}=(t_0+t_{-1}+t_{-2}+t_{-3})/4$
単回帰	$T_s$	$t_0$	-

注  $T_s$ : 平均地温(℃),  $S_r$ : 日射量 (MJ/m<sup>2</sup>),  
 $T_{0-n}$ : 当日からn日前までの平均気温の移動平均(℃)  
 $t_n$ : 平均気温(℃), ただし  $n=0$ : 当日,  $n=-1$ : 前日  
 $n=-2$ : 2日前,  $n=-3$ : 3日前



図1 地温気温の測定地点

なお、平均地温の推定式の作成には1997年と1998年2年間の6圃場(角田、巨理、小野田、中田、河南、本吉)の測定値を用いた(図1)。

## (4) 推定精度の検証

推定値と実測値の比較はBland and Altmanの方法によった。この方法では、まず、推定値( $y_i$ )と実測値( $x_i$ )の組み合わせの差  $d_i=(x_i-y_i)/2$  の平均  $\bar{d}=\sum d_i/n$  と標準偏差  $SD=\sqrt{\sum(\bar{d}_i-\bar{d})^2/(n-1)}$  を求める。ここで、推定値の約95%は実測値の  $d-2SD \sim d+2SD$  の範囲に入ると考えることができ、この両端の値を一致限界という(三輪ら; 1999)。

なお、推定式の検証には、回帰分析に用いなかった1998年(古川、鹿島台)と1999年(角田、巨理、中田、河南、古川、鹿島台)のデータ( $n=565$ )を供した。

## 3. 結果及び考察

回帰分析の結果を表2に示した。単回帰でも比較的高い相関が認められたが、日射量の情報を説明変数に加えた重回帰分析ではより決定係数が高くなる傾向がみられた。一方、もう一つの説明変数の平均気温の移動平均の期間は、重回帰②の2日が最も決定係数が高く、期間が長くなると低下する傾向にあった。

表2 回帰分析の結果

区分	回帰式	R <sup>2</sup>	AIC
重回帰①	$T_a = 0.037S_r + 0.551t_0 + 9.621$	0.774	2944
重回帰②	$T_a = 0.067S_r + 0.596T_{0-1} + 8.257$	0.837	2601
重回帰③	$T_a = 0.086S_r + 0.606T_{0-2} + 7.792$	0.806	2785
重回帰④	$T_a = 0.092S_r + 0.606T_{0-3} + 7.707$	0.762	3002
重回帰	$T_a = 0.536t_0 + 9.890$	0.764	

R<sup>2</sup>:自由度調整済み決定係数, AIC:赤池の情報量基準値

データ数:1048個

測定期日:

角田(1997年6/11~8/12, 1998年5/29~9/14)

亘理(1997年6/11~8/27, 1998年5/29~9/14)

小野田(1997年6/11~9/11, 1998年5/30~9/16)

河南(1997年6/11~7/22, 1998年5/29~9/16)

中田(1997年6/11~8/22, 1998年5/29~9/16)

本吉(1997年6/12~9/11, 1998年5/24~9/16)

赤池の情報量基準はその値が最小のものを最適なモデルとして評価するものであるが、これによれば重回帰式②が最もあてはまりの良いモデルと考えられた。

重回帰式②の実測値と推定値は図2に示したとおり、年次や圃場による偏りもみられず、1:1の関係にあることがわかる。Bland and Altmanの方法による一致限界は重回帰式②で  $(d - 2SD, d + 2SD) = (-0.694, 0.838)$  と算出され、単回帰式の  $(-0.884, 1.162)$  よりも一致限界の範囲が狭く、精度が向上している。

ところで、広域的に地温データを把握するためには、目的圃場内の気温を個々にモニタリングするよりも既存の気象情報システム等を利用できれば効率的である。図3, 4は、実測値に換えてインターネット上で公開されている、アメダス気温メッシュデータ(菅野ら; 1998. 以下、「メッシュデータ」と記す)を用いたものである。実測気温を用いた場合とメッシュデータを用いた場合の一致限界は、亘理の実測気温では  $(-0.365, 0.762)$ 、メッシュデータが  $(-0.500, 0.708)$ 、中田の実測気温では  $(-0.333, 0.531)$ 、メッシュデータが  $(-0.354, 0.634)$  となり、メッシュデータでわずかに範囲が広がるが実用上は問題ないと考えられた。

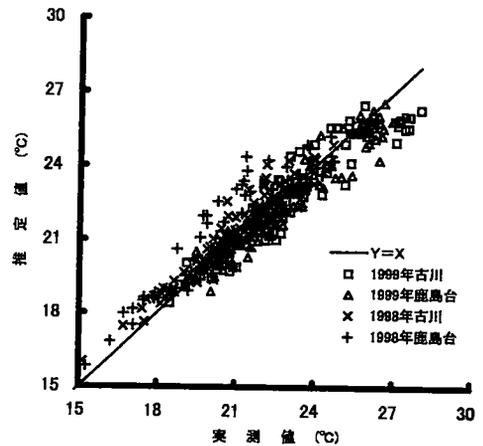


図2 平均地温の実測値と重回帰による推定値

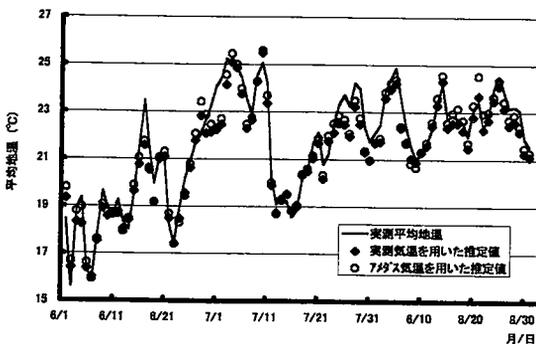


図3 平均地温の推移  
(1998年亘理圃場)

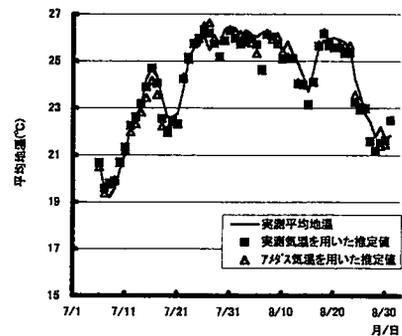


図4 平均地温の推移  
(1999年中田圃場)

以上から、水稻生育中の水田の平均地温は、GMS衛星の推定日射量と圃場の2日間の平均気温の移動平均を変数とする重回帰式(式1)で、精度よく推定できる。また、GMS推定日射量データとアメダス気温メッシュデータを組み合わせることで圃場を個別にモニタリングすることなく広範囲に水田の地温が推定できる可能性が示唆された。

平均地温 =  $0.067 \times (\text{GMS 推定日射量}) + 0.596 \times (\text{当日, 前日の平均気温の平均値}) + 8.257$

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ (式1)

※単位：GMS推定日射量(MJ/day), 当日と前日の平均気温の平均値(°C)

**謝辞** 本研究に用いたGMS衛星推定日射量データは通信・放送機構仙台リサーチセンターの遊佐裕行研究員に、また、アメダス気温メッシュデータは東北農業試験場気象評価制御研究室の菅野洋光室長にご提供いただきました。記して感謝の意を表します。

### 引用文献

池田彰弘, 1997:アメダス気温メッシュデータを用いた肥効調節型肥料の溶出率の推定, 平成8年度関東東海農業の新技术, 55-60

菅野洋光, 1997:東北地方メッシュ気温データの自動作成・表示システム, 平成10年度研究成果情報(東北農業), 109-110

三輪哲久・袴田共之, 1999:土壌肥料学における数理統計手法の応用上の問題点. 5. 回帰と相関の問題点, 土肥誌, 70, 332-334

杉原進・金野隆光・石井和夫, 1986:土壌中における有機態窒素無機化の反応速度論的解析法, 農環研報, 1, 127-166

高見晋一・菅谷博・鳥山和伸, 1989:水田水・地温の簡易推定法, 農業気象, 45, 43-47

# 窒素少量分施肥による養液土耕トマト個体群の葉面積制御

細井徳夫（野菜茶業試験場 施設生産部）

Leaf area regulation of tomato plants cultivated in soil with  
dripping nitrogen as a liquid fertilizer

Norio Hosoi (National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea)

## 【要約】

市販の養液土耕装置は、灌漑量が多いと施肥量も増す機構となっている。そこで、灌漑量及び施肥量を個々に制御可能な簡易養液土耕装置を開発した。この装置を用い、養液栽培において開発した窒素少量分肥施用に基づくトマト個体群葉面積制御法を養液土耕に応用し、土耕トマト個体群の葉面積制御が可能か否か検討した。

Keywords : Fertilization, Leaf area control, Tomato community, Daily regulation of nitrogen

キーワード：簡易養液土耕装置、葉面積制御、トマト個体群、窒素量日調節

## 1. はじめに

さきに長段養液栽培トマト個体群の葉面積制御法(細井：2000)と個体群を破壊しない葉面積調査法について報告した(細井：1998)。また、高さ2mの長段周年栽培トマト個体群の収量と品質に好適な葉面積指数(LAI)は4であると指摘した(細井：2001投稿中)。

一方、トマトの施設栽培は、土耕栽培が90%以上占めている。土耕栽培トマトの個体群葉面積を観ると、ほとんど過繁茂の状態にある。この過繁茂状態での栽培は、収量と品質の低下、病虫害発生や気象安定性の欠如を付帯し、農家間の収量・品質較差の拡大を助長している。しかし、土耕栽培トマト個体群の葉面積制御法は開発されていない。そこで先に開発した窒素少量分肥施用を養液土耕に応用し、簡便で確実な土耕トマト栽培の葉面積制御法を開発したので紹介する。

## 2. 材料及び方法

- 1) 機材 ① 10aあたりに1m<sup>3</sup>の水タンク、② 低圧自給式ポンプ10aあたり400W、③ 灌水チューブ(点滴チューブ、エバーフロ等)、④ 水道メータ、⑤ 1インチ塩化ビニル管、13mm塩化ビニル管、⑥ フィルター(120メッシュ)、⑦ 稼働時間制御付きタイマー、⑧ フロート止水弁(13mm)
- ⑨ 止水弁(13mm) 2個

### 2) トマト個体群葉面積制御用・養液土耕システム

機材①～⑨を図-1に示すよう設定する。機材以外に電源100V、10Aと一日あたり最大7トンの灌漑水を必要とする。

### 3) トマト栽培法

- ① 育苗から定植まで従来の方法でよい。

- ② 栽培圃場への元肥窒素は基本的に施さない。
- ③ 灌水間隔、灌水時刻および1回あたり灌水量は既存の方法を踏襲する。
- ④ その他栽培管理は既存あるいは従来の方法を踏襲する。

4) 葉面積制御方法

- ① 灌水間隔、一回の灌水量および灌水時刻をトマトの生育と季節に合わせタイマーで設定する。
- ② PとKは元肥として施肥する。あるいは養液栽培用P、K肥料を窒素供与時に計量施肥してもよい。

残留肥料の存在する熟畑ではトマトが目標の草型になるまで窒素肥料は施用しない。

③ 窒素肥料としてあらかじめ溶液とした硝酸カルシウム、または硝酸マグネシウム、あるいは硝酸カルシウムと硝酸マグネシウムの混入溶液を1日一回メスシリンダーを用いトマト個体群の葉面積を観察しつつ適量計量し、灌水タンクへ施肥する。

④ 窒素以外の肥料要素は、窒素少量分肥施用法にて開発した養液栽培用肥料、大塚1号(改)(大塚1号から窒素を除いたもの、表-1)を窒素施肥時に混入する方法もある。

表-1 培養液組成 (ppm)

培養液の組成と濃度													
NO <sub>3</sub> -N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	MnO	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe	Cu	Zn	Mo	Na	Cl	SO <sub>4</sub>
基液 <sup>1)</sup> *	120	400	*	66	1.5	1.5	2.5	0.03	0.09	0.03	-	126	311

<sup>1)</sup> 基準培養液: EC2.2, pH5.8      \*Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> : 30~60mg(N):62.7~125.4mg(CaO)/個体/日

⑤ 高さ2m、目標とする葉面積指数(LAI) 3~4、3本/m<sup>2</sup>程度の植え付け密度の条件では、毎日供与する個体あたりの窒素量は30~60mg程度である。目標とする葉面積指数・季節(生育の早さ・果実の着果数)によって個体あたり窒素供与量を適当に可変する。

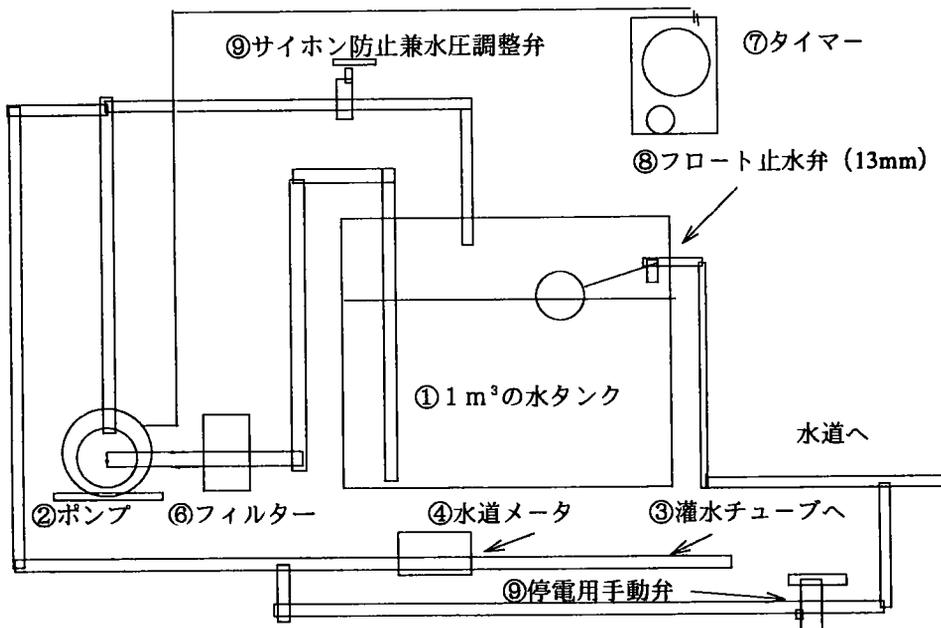


図-1 養液土耕葉面積制御システム

### 3. 実証試験結果

1) 栽培条件：50m<sup>2</sup>ガラス温室に設置されている前作にメロンを栽培した幅0.8×深さ0.4×長さ9.5mの隔離ベット2本を用いた。2月15日播種，第1花段開花期のトマト62本を1999年4月22日各ベットに定植した(2.44本/m<sup>2</sup>)。

2) 肥料・灌水条件：磷酸とカリ肥料はトマト促成栽培程度を元肥として施用した。窒素は定植以後も無施肥で第3花段開花期までは2日間隔，その後は毎日灌水し，トマトに前作の残留窒素を吸収させた。1回あたり灌水量はベットの底にある水抜き口から灌水が滴る程度に制御し，午前6時に灌水した。この灌水量は，トマト個体あたり第3花段開花期までは0.5 /日，その後は0.7～2 /日程度である。

3) 窒素供与量：第1果段収穫後，各個体の第6花段の付着茎が10mm前後となり，ほぼ適当な茎径と1葉葉面積および1段あたり花数と認めためたので窒素施肥を7月1日開始した。毎日の窒素施用量は標準区と少肥区を設定し，標準区は成熟期の果実に木漏れ日が当たる程度に毎日供与する窒素量を制限した。少肥区の窒素施肥量は標準区の半量とした。各肥料区の葉面積調査結果を表-2に示す。

トマト個体の葉面積は，メロン栽培後の残留窒素のため，個体葉数の増加に伴い，4月0.02m<sup>2</sup>，5月は0.1m<sup>2</sup>，6月は0.43m<sup>2</sup>と拡大し，窒素無施用条件にて7月初旬の2段果房収穫期まで，十分な葉面積を確保した。

50m<sup>2</sup>の温室に栽培ベットが2本のため，トマト個体の空間的配置が悪く，個体群の背の高さ1.5m，トマト個体の葉面積が6月の0.4m<sup>2</sup>にて相互遮蔽が強く，各ベット内の光透過が悪く，成熟期の果実に木漏れ日が当たらず個体も存在するほど過繁茂の状態を示した。

7月1日以後窒素施用を毎日制御して栽培したところ，個体群の背の高さ2m，標準区の個体葉面積は7月は0.55m<sup>2</sup>，8月は0.58m<sup>2</sup>に落ち着いた。すなわち窒素施用量制御が開始されるとその後伸長・展開する葉の葉面積と茎径はほぼ一定となり，成熟期の果房段位も逐次上昇し，各ベット内の成熟期果実に木漏れ日が当たる程度の葉面積に制御できた。

一方，窒素少肥区の個体あたり葉面積は6月と比較し7月は増加したが，8月の個体葉面積は7月と比較し明らかに減少した。すなわち，下位葉の窒素が上位葉に再転流し，下位葉の枯れあがり現象に伴う青葉数の減少を認めた。

表-2 個体当たりの葉面積(cm<sup>2</sup>)

	月				
	4	5	6	7	8
標準区	203	1009	4286	5523	5797
少肥区	229	1384	4441	5295	4870

\* 定植時調査，各月の調査は15日前後，定植密度(2.44本/m<sup>2</sup>)

このような個体の月別収量を表-3に示す。残留窒素を利用して生育した6月の収量はベット間

の収量的な差異はない。毎日の窒素供与量を変えた7月以後、個体葉面積として適当と判断した窒素標準区の収量は、少肥区と比較し安定的に多い。一方、少肥区の果実は、比重1、糖度5を7月以後継続的に維持し、標準区と比較し玉揃いもよく上質であった。

しかし、標準区と少肥区の果実は、盛夏期にもかかわらず受光体勢よく、光合成産物は果実に効率よく転流し、充実した果実を生産した。灌漑水を十分供与したので草勢よく、尻腐れなく、果実割れ少なく、栽培管理は容易であった。

栽培ベット等、制限培地では前作の残留窒素を比較的短期間に吸収し、個体あるいは個体群葉面積を毎日供与する窒素量の調節によって制御可能なことを実証した。すなわち、窒素少量分肥施用に基づくトマト個体群葉面積制御法は、養液土耕法に適用可能であると結論された。

表-3 個体あたり月別収量 (Kg/個体)

	月		
	6	7	8
標準区	0.38	2.01	1.30
少肥区	0.36	1.82	0.87

#### 4. 終わりに

日本のトマト栽培は施肥量および肥料残留量が多く、必然的に個体当たりの葉面積が拡大し、面積当たりの個体数が多い(3000個体/10a)圃場では過繁茂で収量少なく、過繁茂の回避のため面積当たりの個体数を減らした(1500本/10a)圃場では、果実数(花房数)が減少して必然的に少収となる。目標収量(面積当たりの果実数)の確保可能な個体数を定植し、本装置を用い個体群の葉面積を光合成に好適な水準に維持して栽培すると、過繁茂個体群と比較し、気象災害(寡照)に強く、光合成量は多く、転流率が高く、良質・多収となる。

養液土耕法(灌漑同時施肥法)は、灌漑と施肥が自動化され、省力と省肥料、灌水量の節減技術として注目されている。紹介した養液土耕法は、トマトの生体情報(個体群葉面積)を毎日の窒素施用量に反映させることによって、個体群の葉面積量を好適に保つシステムである。なお、灌漑時間とその量および施肥量を半自動化した新しい簡易養液土耕装置を開発(野・茶試・平成12年度成果情報、投稿予定)し、本分野の研究を進めている。

#### 参考文献

- 細井徳夫(1997): トマト個体群の持続的維持が可能な葉面積調査法. 農業気象東海支部会報 55, 13~16.
- 細井徳夫(2000): 窒素少量分施による養液栽培トマトの葉面積制御. 野菜茶業試験場報告 15, 79~93.
- 細井徳夫(2001): 養液利用による施設長段トマト個体群の収量に好適な葉面積指数に関する研究. 野菜茶業試験場報告 16, (掲載予定)

# 農地還元を目指した豚尿汚水の液肥化

皆川秀夫・桐山千明  
北里大学獣医畜産学部

Making a Liquid Fertilizer from Swine Liquid Manure for Land Application  
Hideo MINAGAWA, Chiaki KIRIYAMA  
Kitasato University, School of Veterinary Medicine and Animal Sciences,  
Towada 034-8628, Japan.

## 【要約】

大規模養豚場に設置された豚尿汚水の液肥化処理施設に注目し、その肥料成分を分析、さらに土壌を媒介とした液肥の肥培効果を調べた。同施設はビニルハウス内の地中に掘削した容積が異なる2種類の水槽（大75m<sup>3</sup>、小37m<sup>3</sup>）2槽ずつ計4槽からなり各槽には曝気装置とバイオリアクタが設置されている。7日毎に第1槽から順に隣接槽に浄化汚水を5t移動させた。第1槽には豚舎から固液分離して排出される原尿汚水5tを加え、最終の第4槽では浄化汚水を貯留、それを液肥として作物や土壌に散布した。原尿汚水は4槽の処理により20～30日間で有機物を分解した。液肥成分は多量元素ではカリウム（K）が著しく、微量元素では植物に有用なホウ素（B）、亜鉛（Zn）、モリブデン（Mo）、マンガン（Mn）を含んでいた。液肥の土壌への肥培効果は水素イオン指数（pH）、電気伝導度（EC）、Kで認められた。

キーワード：養豚農場、尿汚水、液肥、ミネラル、農地還元

Keywords : Swine farm, Liquid manure, Liquid fertilizer, Mineral, land application.

## 1. はじめに

畜産は飼養規模の拡大と農場周辺の宅地化の進展によって環境問題が深刻化する傾向にあり、大量に発生する家畜糞尿を適切に処理し、農地還元を基本とした生産・流通のシステムを構築していくことが重要である。すなわち家畜糞尿を貴重な農業生産資源としてとらえ「家畜糞尿—土壌—作物」の物質循環を確立するとともに、悪臭や水質汚濁などの環境汚染の防止をはかることが重要となる。本報では大規模養豚場で試みられている豚尿汚水の液肥化処理施設に注目し、その肥料成分を分析するとともに、土壌を媒介とした液肥の肥培効果を調べた。

## 2. 材料および実験方法

十和田市内の大規模養豚場が1998年2月に設置した豚尿汚水の液肥化処理施設を対象とした。この養豚場では観測時、繁殖母豚1,600頭、肥育豚6,300頭、子豚6,300頭の豚が飼育されていた。豚舎内で糞尿を個液分離した後の豚尿汚水排出量は約37t/日で、そのうち5tを1週間毎に液肥化処理施設で利用していた。豚尿汚水の液肥化処理施設を図1に示した。

この施設はビニルハウス内の地中に掘削された、容積が異なる2種類の水槽(大75m<sup>3</sup>,小37m<sup>3</sup>)2槽ずつ計4槽からなり、各槽に曝気装置とバイオリアクタが設置され、これらにより豚尿污水はおよそ20日から1ヶ月かけて有機物が無機物に分解される。バイオリアクタは、豚尿污水と岩石を栄養源として微生物を大量に増殖させ、污水を浄化するとともに、最終的に有用な微生物やミネラルを含んだ液肥を生成する(長崎, 1993)。各槽の役割は第1槽では少量の曝気により酸素の含有量を増やし、第2, 3槽では多量の曝気により好気性菌の活動を早め、第4槽では微生物の活動を静止させる。また下部層では攪拌・曝気せず嫌気性菌の層を作り、好気性菌の死骸や好気性菌では分解できない有機物などを分解する。各槽には常時7割の尿污水が入っていた。

調査は施設の尿污水处理能力と臭気の変化を知るため、4槽の尿污水を7月から12月まで毎月1回採取し水質と、臭気の指標として各水槽表面のアンモニアガス濃度をそれぞれ測定した。水温は微生物の関与が考えられるため毎日、午前と午後の計2回、各層の水温と室温を測定した。土壌中の液肥の肥培効果を調べるため、液肥と同農場で作られた豚糞堆肥とを比較し、それぞれ1倍から5倍まで濃度を変化させ、黒ボク土壌に添加、無処理と合わせ計11の供試土壌のイオン量、多量元素、微量元素をそれぞれ分析した。表1に供試土壌の液肥、豚糞堆肥の添加量を示した。なお液肥および堆肥の添加量は、黒ボク土壌の比重を0.75、添加物が深土5cmまで及ぶと仮定した場合、例えば供試土壌Aは液肥を1,000ℓ/10a、供試土壌aは豚糞堆肥を150kg/10aそれぞれ散布した量に相当する。

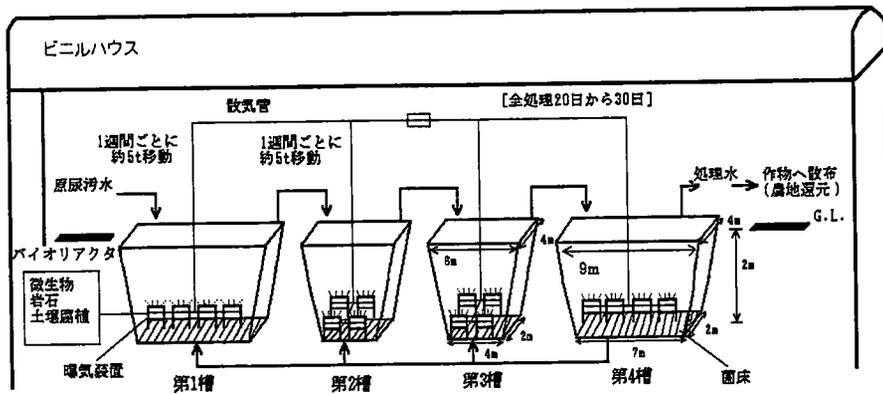


図1. 豚尿の液肥化処理施設

表1. 供試土壌の液肥・堆肥添加量

S : 黒ボク土壌(300g)	
A : S+液肥 8mℓ(1倍: 1000ℓ/10a)	a : S+堆肥1.2g(1倍: 150kg/10a)
B : S+液肥16mℓ(2倍: 2000ℓ/10a)	b : S+堆肥2.4g(2倍: 300kg/10a)
C : S+液肥24mℓ(3倍: 3000ℓ/10a)	c : S+堆肥3.6g(3倍: 450kg/10a)
D : S+液肥32mℓ(4倍: 4000ℓ/10a)	d : S+堆肥4.8g(4倍: 600kg/10a)
E : S+液肥40mℓ(5倍: 5000ℓ/10a)	e : S+堆肥6.0g(5倍: 750kg/10a)

### 3. 結果および考察

#### (1) ハウス内気温と水温の変化

室内気温と水温の変化を図2に示した。豚尿污水を移動した翌日、室温に影響されるものの、水温が0.2℃~2℃上昇した。これは、補給された豚尿污水により微生物が活発に反応したためと推定

される。

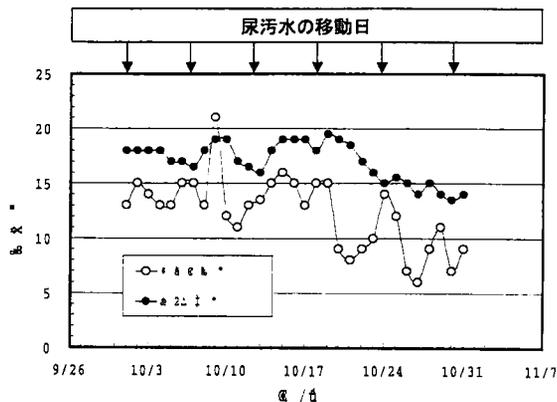


図2. 気温と水温の変化(10月, 午前)

(2) 水質と臭気の変化

7月から11月の水質と臭気の変化の平均値を表2に示した。第1槽から第4槽ではBOD濃度が約1/90, COD濃度が約1/7, リン(P)濃度が約1/20, カリウム(K)濃度が約1/4に減少した。BOD濃度, SS濃度については, 水質汚濁防止法に基づく排水基準を満たし, 窒素は硝化反応が進んでいると推定される。臭気は徐々に減少し, 第3, 4槽では臭気を感じない値までになった。

第4槽から採取した液肥のイオン量, 多量元素, および微量元素を表3に示した。多量元素ではNO<sub>3</sub>-Nの値は小さいものの, Kが著しく多い。植物に有用な微量元素(竹村, 1996), 特にホウ素(B), 亜鉛(Zn), モリブデン(Mo), マンガン(Mn)を含むことがわかった。

なお, 有害元素としてカドミウム(Cd)は検出されなかったものの, 鉛(Pb)が検出された。

表2. 水質と臭気の変化

測定項目	第1槽	第2槽	第3槽	第4槽
BOD (生物化学的酸素要求量) [mg/l]	9060 ± 4230*	1760 ± 940	360 ± 310	100 ± 60
COD (化学的酸素要求量) [mg/l]	1930 ± 210	1280 ± 130	830 ± 310	260 ± 40
SS (浮遊物質) [mg/l]	5740 ± 2990	12000 ± 9510	10250 ± 13030	90 ± 40
NH <sub>4</sub> -N (アンモニア体窒素) [mg/l]	1820 ± 240	670 ± 350	260 ± 250	—
NO <sub>2</sub> -N (亜硝酸体窒素) [mg/l]	— **	20 ± 20	30 ± 50	—
NO <sub>3</sub> -N (硝酸体窒素) [mg/l]	—	930 ± 250	250 ± 80	420 ± 270
PO <sub>4</sub> -P (リン酸) [mg/l]	750 ± 1090	480 ± 470	260 ± 240	40 ± 10
K (カリウム) [mg/l]	11520 ± 7230	5330 ± 5140	3190 ± 1550	3130 ± 1920
pH (水素イオン指数)	8.8 ± 0.5	8.0 ± 1.5	8.3 ± 0.3	8.8 ± 0.2
NH <sub>3</sub> (アンモニアガス) [ppm]	32.0 ± 16.0	6.5 ± 1.5	2.2 ± 0.2	2.5 ± 2.5

\* : 1998年7月~12月の平均値±標準偏差  
\*\* : 微量

表3. 液肥のイオン量, 多量元素, および微量元素

イオン量		微量元素	
pH	8.1	B (mg/l)	0.3
EC (mS/cm)	7.0	Mn (mg/l)	0.3
多量元素		Cu (mg/l)	3.4
CaO (mg/l)	1.0	Zn (mg/l)	1.5
MgO (mg/l)	30	Fe (mg/l)	7.2
K <sub>2</sub> O (mg/l)	2000	Ni (mg/l)	1.5
PO <sub>4</sub> (mg/l)	120	Mo (mg/l)	1.7
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	245	有害元素	
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	0.0	Pb (mg/l)	2.2
		Cd (mg/l)	0.0

「土壤環境基準」(環境庁, 1991)によれば, 鉛の環境基準は検液 1ℓにつき 0.01mg以下であることが定められている。約200倍と高濃度のPbが検出されたことから, この由来や植物・人間への影響を今後, 調査する必要がある。

### (3) 液肥散布土壤と無処理土壤との成分比較

液肥を散布した供試土壤と無処理土壤との成分の変化を図3に示した。pHは, 表3に示した液肥の成分では 8.1と作物に害を与える高い値であったが, 供試土壤では無処理土壤との差は僅少で, 基準値の6.0~7.0以下になった。電気伝導度(EC)は液肥を散布することで増加し, 散布の目安とされる $0.2\sim 0.5\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ を満たした。またECは一般に硝酸体窒素( $\text{NO}_3\text{-N}$ )と相関があるが,  $\text{NO}_3\text{-N}$ が土壤に吸着されにくいいためその関係は認められなかった。

供試土壤における多量元素のリン(P)とカリウム(K)の変化を図4に示した。Kは液肥, 堆肥ともに増加したが, 堆肥は液肥の約2倍になった。Pは液肥で変化みられず, 堆肥で急激な増加を示した。黒ボク土壤は一般にPを吸着しやすいが, 堆肥での応答より, ある濃度以上ではPの吸着が飽和するものと推定される。微量元素として亜鉛(Zn), マンガン(Mn), ホウ素(B)の変化を図5に示した。多量元素と同様に液肥では微量元素の影響は認められなかった。

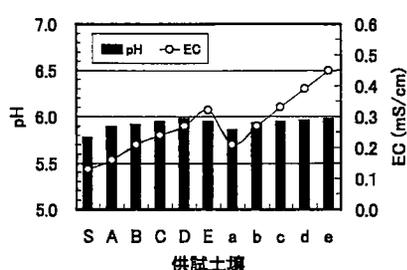


図3. 土壤のpHとECの変化

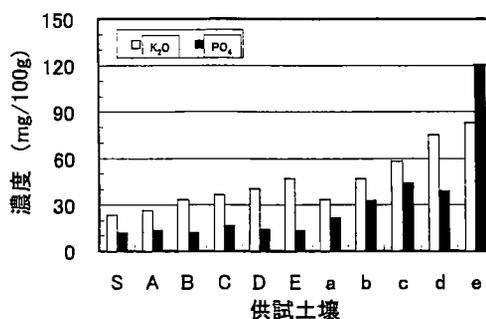


図4. 土壤のK<sub>2</sub>OとPO<sub>4</sub>の変化

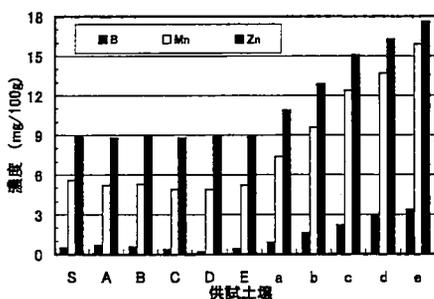


図5. 土壤のZn・Mn・Bの変化

## 1. まとめ

豚尿汚水をバイオリアクタで液肥にし, その成分を調べた結果は次のようである。

- 1) 液肥成分には植物物に有用な多量元素および微量元素が含まれていた。
- 2) 液肥の土壤への肥培効果はpH, EC, Kで認められた。
- 3) 肥培効果を増すには液肥と堆肥とを併用することが望ましい。

## 引用文献

環境庁, 1991: 土壤の汚染に係る環境基準について, 平成3年8月23日環境庁告示第46号 ([http://www.env.go.jp/ki\\_jun/dt1.html](http://www.env.go.jp/ki_jun/dt1.html))。

長崎 浩, 1993: 自然の自浄作用を活かすBMW糞尿・廃水処理システム, 農文協, pp.174

竹村達男(編), 1996: やさい花き栽培の手引-総論編-, 青森県経済連, pp.325



## リンゴ園の気象改良

農学生命科学部 生物生産科学科

ト蔵建治

### 1) はじめに

リンゴ栽培において経営の合理化を目指し高収穫・品質を目標に多くの努力がなされてきた。津軽地方ではいかに【大きくて美しいリンゴ】を生産するか先人は情熱を注いできた。その結果が外国産リンゴから市場を守り抜いて居るのが現状とも言えよう。春から手塩にかけて育てるリンゴだが、収穫を向かえるまでには幾多の気象災害の試練を乗り越えなければならないのも、この地の宿命とも言える。

リンゴ栽培にとって重要な気象要素は日射（日照時間）、気温、降水量、風であり、これらの気象要素を積極的に取り入れる（アクティブ）技術と、その影響を出来るだけ少なくして（パッシブ）栽培を有利にする技術とがある。市場性の高いリンゴを生産するために園地の気象条件を積極的に改良しようとする技術の代表がシルバーシートの利用であるが、リンゴのハウス栽培もその一つに挙げられる。

市場性の高いリンゴを安全に生産するために、園地の気象改良策として設けられたのが防風施設や防霜対策である。前者はリンゴ園の気象に対する積極的な栽培技術であり、後者は気象災害に対する防災技術である。これらの技術の理論とその実態について検証しよう。

### 2) 積極的な気象改良（アクティブ技術）

#### a: 美しいリンゴ

見た目にも美しいリンゴとは着色の充分に進んだリンゴであり、着色を良くするための収穫期直前の作業は袋は

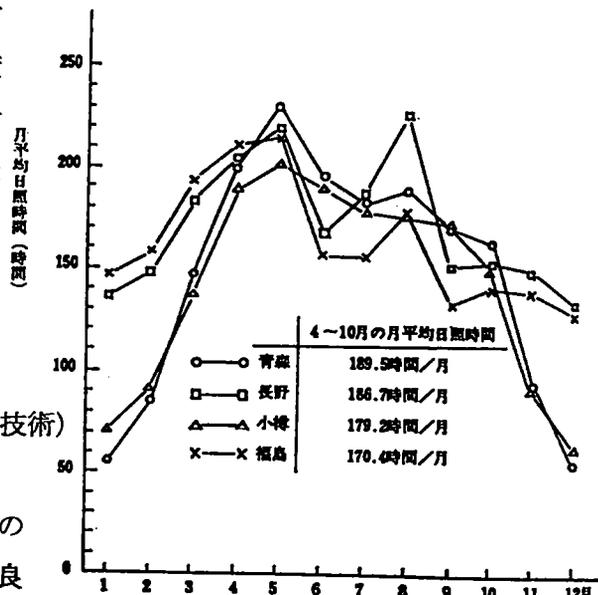


図1 リンゴ産地における日照時間

ぎ、玉回し、葉摘み、シルバーシートの利用など様々な作業が行われてきた。

いずれもそれなりの効果があり、リンゴ果実に日射が多く当たることは事実である。津軽地方は4 - 10月までの期間の日照時間は他の山地と比べて少ないとは言えない。しかし、晩性種（ふじ）の収穫期頃になると日照時間が急激に減少する（図1）。これは大陸からの高気圧の張り出しによる時雨模様の天候によるもので日本海側に特有の気候によるものである。同じ日本海側でも高緯度（北）に位置するために、この頃になると気温の低下も大きく、低温が着色の促進を妨げることにもなり、晩性種（ふじ）の着色は不十分になりがちである。こうした限界に近い条件下にあるから少しの条件改良が着実に効果として現れるとも言える。

「ふじ」の着色の適温は15 - 20℃にあり、津軽地方の日最高気温がこの温度レベルにあるのは除袋直後の10月上旬から中旬にかけてである（図2）。

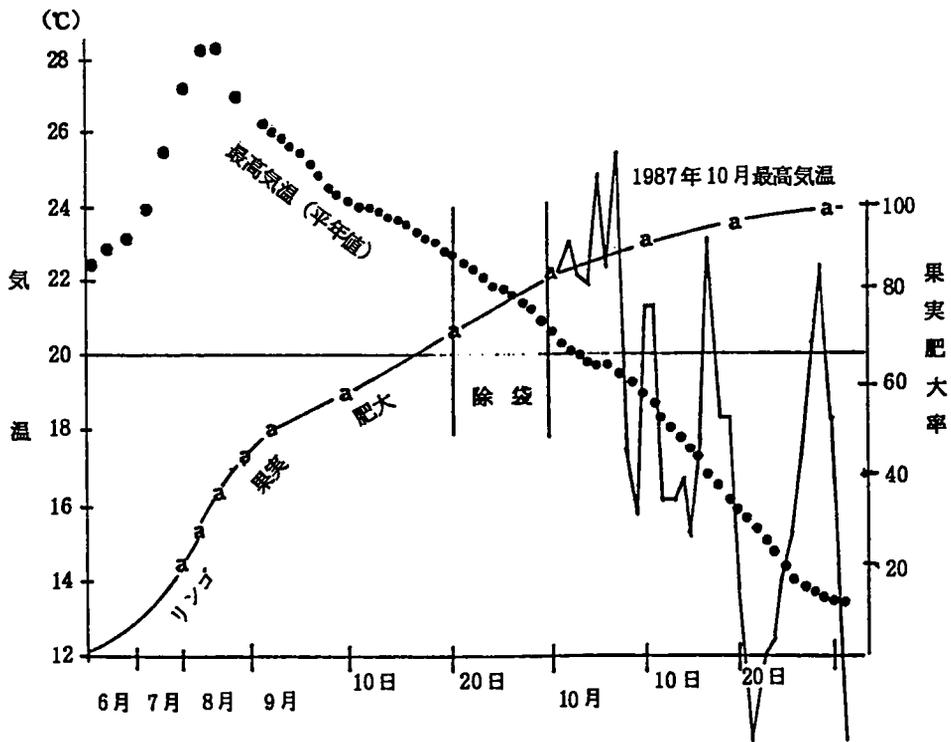


図2 最高気温の推移と「ふじ」の肥大

「ふじ」の着色が日々大きく変動する気温の影響を受けることは確かだが、着色を

示すアントシアニンの生成に直接関与するのは太陽光であり、この太陽光がどのような温度条件かで作用するかにより着色が決まるものと考えた。

AMeDASの気象観測では太陽光は日照時間として観測されているので、ここでは日照時間と気温の組み合わせから「ふじ」に関する【有効日照時間】を検討した(表1)。

着色に有効な日照時間と気温を日単位で評価すると日照時間と日平均気温の関係を検討することになるが、日照は昼間だけと限定されているので日最高気温について考えるのが、より妥当と言えよう。

表1に示すように、月単位で最高気温、平均気温、日照時間について各地点毎に検討すると、気温で1.5℃以下、日照で約30%の差に過ぎず、年毎についても差異は同程度である。

しかし、有効日照時間について検討するとその差は2-3倍になることが明らかである。こうした差異が直接産地間の着色差(品質差→価格差)につながるものと考えられ、さらにこの差異を拡大するのが玉回しや葉摘み作業と言えよう。

一方、除袋する時期には果実の肥大も進み(図2)枝がたわむことから、樹間の透過光が急増する。一度樹間を透過した光を再び樹間に戻してやることにより、樹間内の光量を高め、この光が着色に有効利用されることを期待した。これを実現するために、反射率の高い面(アルミ泊など)を樹下に敷き、樹間の光量を測定した(図3)。期待したように樹間の光量は増加し着色は促進した【この実験結果に基づいてシルバーシートが作られた】

表1 地域、年による有効日照時間の差

1985年10月						
地名	最高気温 20℃以上		平均気温 15℃以上		最高平均月間	
	日数	日照時間	日数	日照時間	気温	日照時間
青森	7	37.6	10	49.6	16.9	165.2
弘前	7	40.7	9	50.8	16.8	158.0
黒石	8	41.5	8	39.5	16.3	160.8
十和田	7	32.3	7	31.9	16.7	176.8
碓ヶ関	6	18.9	5	10.3	16.2	131.6
三戸	7	28.4	110	41.1	17.6	141.5

1986年10月						
地名	最高気温 20℃以上		平均気温 15℃以上		最高平均月間	
	日数	日照時間	日数	日照時間	気温	日照時間
青森	3	20.4	5	22.9	15.3	116.5
弘前	7	51.6	5	34.5	15.6	145.9
黒石	4	26.1	5	32.5	15.0	152.3
十和田	4	21.9	4	14.2	15.0	119.0
碓ヶ関	3	23.2	3	15.7	14.7	125.9
三戸	6	37.4	3	11.0	15.7	158.0

1987年10月						
地名	最高気温 20℃以上		平均気温 15℃以上		最高平均月間	
	日数	日照時間	日数	日照時間	気温	日照時間
青森	11	80.8	10	71.6	17.0	164.3
弘前	12	86.4	10	59.8	17.9	151.4
黒石	11	90.5	11	54.7	17.5	145.8
十和田	8	83.7	10	64.8	17.5	165.3
碓ヶ関	11	67.2	8	36.3	17.2	128.6
三戸	13	90.8	9	50.4	18.3	158.0

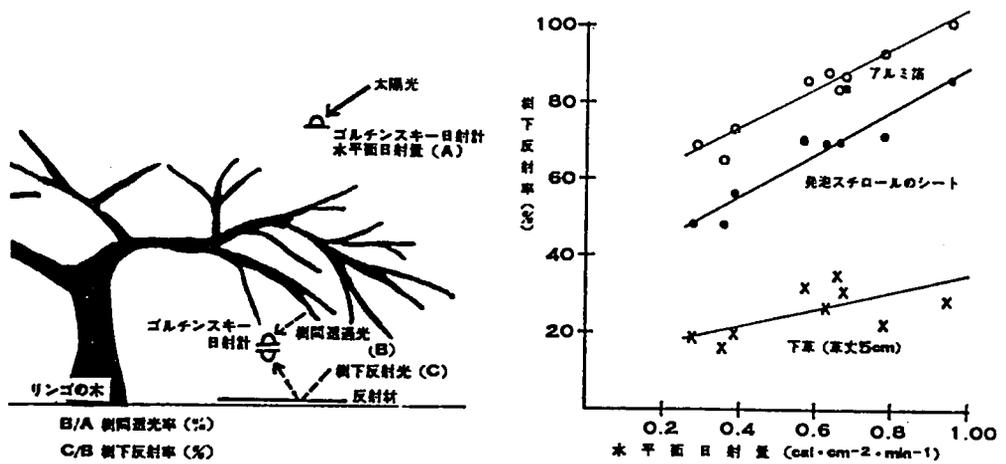


図3 リンゴ園の光条件の改良 (シルバースートの効果)

さらに、秋の台風防災対策として「支柱立て」や「枝つり」が行われるがこうした作業も果実に光が充分当たる結果となり光環境の改善になる。9月以降は樹体の反発も少ないので樹間の小枝(徒長枝)など光の透過を妨げる枝の除去も有効である。

晩性種の「ふじ」の着色は日射(光)と気温の低下が問題にされたが、早生種の「つがる」では日射は充分にあるが気温が高すぎて(30℃以上)着色に悪影響がでることが懸念される。近年、残暑が厳しくなる傾向にあり着色だけでなく軟化も含めて問題にされる。この場合、風通しを良くすることは果実に日射が当たり過ぎてかえってマイナスになりかねない。気温低下の対策としてはスプリンクラー、レインガンを用いての樹上散水の効果は大きいと言われている。しかし、こうした施設が無くてもスピードスプレーヤーによる【樹間散水】も十分に効果を上げると考えられる。いずれの場合も樹体が根を通じて吸収する水分を補給するのではなく(干ばつ時は別問題)、樹間に水分を散布することにより、その水分の蒸発の潜熱(気化熱=-597cal/g)により樹間内の気温を低下させることを目標にする。

太陽高度が高くなる 10 時過ぎから 15 時頃にかけて葉や果実が濡れる程度の散水を行う。

b: 早期出荷のリンゴ（リンゴのハウス栽培）

果物に限らず多くの促成（早出し）農産物は市場で歓迎されている。リンゴとて例外ではない。リンゴのハウス栽培も技術的には既に完成している。

- 1) この地で無加温によるパイプハウス栽培を目指すなら 3 月上旬にハウスを設置し、ハウス内気温を 0 - 25 °C 以内に保つ。諸設備運転用の電源、灌水用の水源の確保。
- 2) ハウスを設置後 25 - 30 日で開花を迎えるが、この頃になると日中はハウス内気温が 30 °C にもなるが換気を充分に行い、高温による受粉障害を防がねばならない。人工授粉は必ず行う。中心花だけに受粉するとハチなどの他の昆虫による受粉がないため、摘果が省力できる。
- 3) 換気扇の始動を 25 °C に設定する。4 月になると快晴日にはハウス内気温が急上昇するので天窓や肩換気なども充分に行える構造にする。リンゴは寒冷地の植物であるから高温の障害を受けやすい。
- 4) 露地の開花期頃には外気の最高気温は 20 °C を越えるのでハウス内の温度を 25 °C 以下に維持することが困難になるのでビニールなどの被覆材を取り外し、一般の露地栽培に移す。徒長枝が多くなるので切り棄て、樹間内部まで光を充分に導入する。
- 5) 収穫期が盛夏となり高温による着色障害が生じやすいので樹間散水などにより気温の低下を図る。

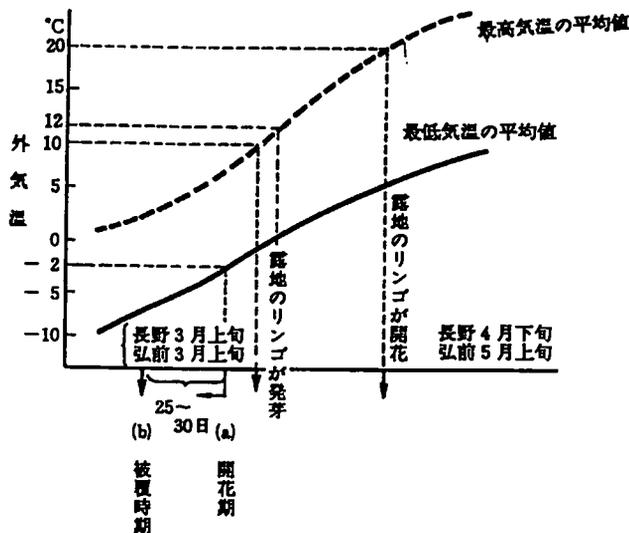


図 4 リンゴのハウス栽培と気温の推移

### 3) 災害対策としての気象改良 (パッシブ技術)

#### a: 防風対策

強い風がリンゴ栽培に及ぼす被害は図5に示される。風の持つ運動 (物理的) のエネルギーの他に、強風により運ばれた塩分 (化学的物質) や訪花昆虫の飛来阻止 (生物的要件) や病虫害の伝搬などさまざまだが、風速が大きくなるほど被害は大きくなる。

なかでも、台風による被害は落果、樹体被害だけにと止まらず、防風ネット、トレリスなどの施設にも被害を与えることから最も恐れられている。

園地の強風対策としては防風施設の設置が効果的であり、防風ネットと防風林がある。前者は促成的であり設置した直後から効果を発揮する。経済的に見て 30 m/s の強風に耐えられるようには設計されている。防風林も含めて防風施設の効果はその風下の風速を 0 にするのではなく約半分にするにある。したがって、風上側の風速が 30 m/s を越えると園内の風速も 15 m/s を越えることになり、園内では防風施設があるにもかかわらず落果が始まるので、高い金を出してこれ以上の風速に耐える防風ネットを設置しても意味がないと言えよう。30m/s の強風が吹いたときネットの取り付け金具が壊れてワイヤーからネットがはずれる構造になったものが本来の防風ネットの構造である。ネット、ワイヤー、支柱など何れも化学製品であり、散布する農薬などの作用により耐用年数が短くなる。

防風林にあってはこうした作用により耐用年数が縮まることもなく、長年の使用に耐える。経済的負担も少ないが、樹が十分に生長し、効果を発揮するまでには数年を要する。防風林の樹種の選定に当たっては園地の付近で大きく生長しているもので、リンゴの病虫害の寄主、中間機種にならないものを選ぶ。

防風施設が【30m/s 以上の強風には効果が期待できない】のなら設置する必要はないのではという意見も聞かれる。しかし、災害の原則として【小さい災害は度々

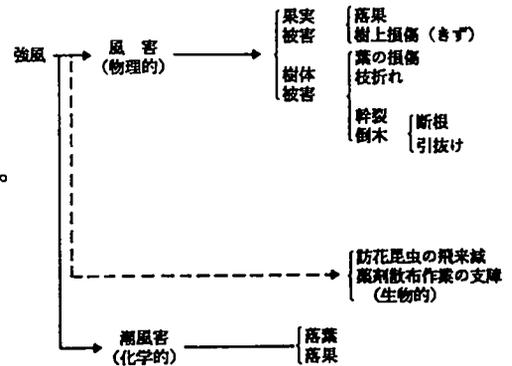


図5 リンゴ園の強風による被害

起こるが、大きな災害は減多に生じない】とされているので、防風施設の効果は揺るがない。また、台風などの強風災害の防止効果の他に、春先に園内に流入する冷気の阻止にも効果（防霜対策）が期待できる。

b: 防霜対策

開花期に霜が降りるような低温に見舞われると花器が障害を受け受粉が行われないう事になるとその年の収穫が懸念されて大騒ぎになる。しかし、地形の関係で冷氣湖とか霜道が形成される一部を除いて、津軽地方が広い範囲にわたり霜害を受けることは少ない。長野、福島より北に位置するのに津軽では霜害の発生が少ないのは4月の気温が低く開花期が遅い（八十八夜の別れ霜＝5月3、4日以後）ためである。霜害の防止対策もほぼ確立しており、低温の予知から対策まで地域を挙げて取り組んでいる県もある。

対策は園内の気温を上昇させることにあり、燃烧法が最も一般的な防霜法だが、近年、他県のまねをした送風法も見られる。

燃烧法

昔は古タイヤ、剪定枝などを燃したが、重油、灯油、専用の固形燃料が用いられる。燃烧開始条件としては開花期前後で園地内で地上1m付近で0.5℃に下がった時点で点火する。

石油は10a当たり60～80 l/時間を目標に燃烧させる。

石油缶を半切にしたものを10a当たり

20個を配置する。日頃から設置場所を決めておき、短時間に作業を行う必要がある。重油は安価であるが民家の付近で使用する場合、ばい煙による公害が問題になるので、灯油、固形燃料の方がよい。固形燃料のとしては、おがくずやきのご培地の残さ2に灯油1（容量比）を混ぜたものをポリ袋などに詰め（1.0～1.5kg/袋）用意しておく。点火数は10a当たり60個を目安とし低温の度合いにより数を増やす。

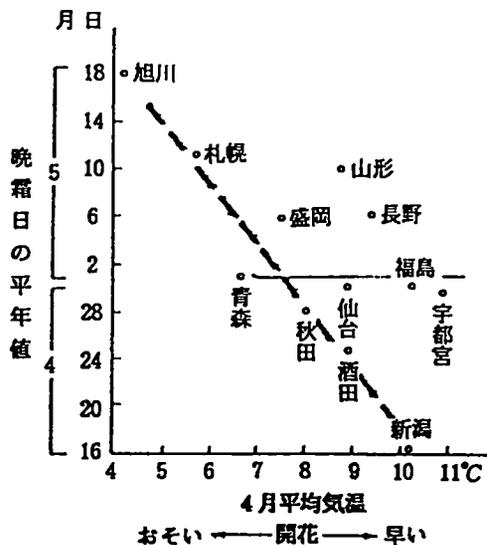


図6 北日本各地の平年晩霜日と4月の平均気温の関係（中川）

園地が防風垣に囲まれていると効果は大きくなる。燃焼法の場合、火力の大きさより点火数を増すことで園地の昇温をはかる方がよく、大火力のものを使用して付近の樹体を焦がすことがないように注意する。

### 送風法（防霜ファン）

霜が降りるような風が無く晴れて冷え込む時は地面付近の空気より高いところの空気の方が温度が高くなっている（接地逆転層の形成）。この高いところにある気層の高温の空気を地上6－10 mに取り付けたファン（扇風機）を使って、低温の下層の空気と混合することにより樹間の気温の上昇を図ることを目的としている。

実際に組織の凍結が生じる $-2^{\circ}\text{C}$ 以下に地上10 m付近の気温が低下したり、樹間でファンの風速より早い $1\text{m/s}$ 以上の寒風の吹く条件下では効果は期待できない。

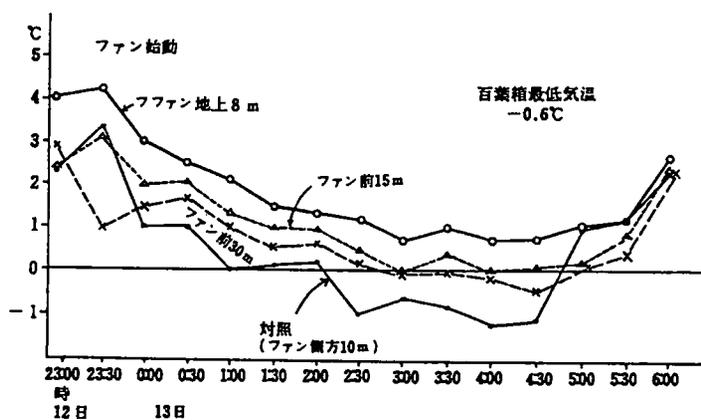


図7 防霜ファンによる昇温効果

ファンの羽根径は60－100cmまであり3枚羽根で出力は1～3 kw程度で高さ6～10 mにコンクリート、木製の柱に取り付ける。気温の検知器と連動し完全自動化されている。気温は1.5 m付近で検知し、設定温度は $1^{\circ}\text{C}$ とする場合が多い。茶どころの静岡県でこれが普及したのは防霜効果もさることながら、降霜を期待しなくてファンを運転させたところ生育促進効果が認められ、高値の一番茶の早取りが可能になったことにある。しかし、静岡県における設置経費の試算によると約39万円/10a、さらに、必要経費として償却費（7年間）、修繕費、電気料、利子などが約9万円/10aとされている。

## ◇◇◇ 支 部 だ よ り ◇◇◇

### 1. 平成12年度支部大会

平成12年度日本農業気象学会東北支部大会が宮城県古川市「宮城県古川農業試験場」において、平成12年7月27日～28日に開催された。一般研究発表では9課題の研究発表があり、活発な討論が繰り広げられた。エクスカージョンは古川農試耐冷性検定ほ場の見学であった。

### 2. 会員動静

〔入会者〕池田昌晃、吉田 宏

〔退会者〕阿部貞尚、小原 繁、渡辺和弘、芳賀静雄、葛西久四郎、多田 徹、米田 豊、この他会費滞納による自然退会者が3名おられます。

2000年2月1日現在の会員数：名誉会員2名、会友1名、会員151名

### 3. 寄贈図書

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

### 4. 平成13年度功労賞受賞候補者推薦のお願い

日本農業気象学会東北支部功労賞規定に基づき、平成13年の功労賞受賞候補者をご推薦下さい。締切は平成13年6月15日です。評議員会にて審査・承認の後、受賞者には賞状と日本農業気象学会東北支部謹製の賞牌が贈呈されます。受賞にふさわしい方がおられましたら、綴じ込みの推薦書にご記入後、東北支部会事務局宛ご送付下さい。

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：： 錆 色



（裏）

なお、これまでに功労賞を受賞されたのは以下の方々です（順不同、敬称略）。

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

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

1992年（平成4年）：菅原人利，細井徳夫

1993年（平成5年）：阿部谷良，永沼昌雄

1995年（平成7年）：佐藤忠士，橋本 晃

1996年（平成8年）：井上君夫，嶽石 進

1999年（平成11年）：前田 昇，石田末広，阿部博史，浜名光衛

2000年（平成12年）：穴水孝道

（1994年，1997年，1998年については，推薦がありませんでした）

## 5. 決算報告及び予算

### (1)平成11年度決算報告

#### a 収支決算

収 入			支 出		
項 目	予 算	決 算	項 目	予 算	決 算
個人会費	442,000円	502,500円	印 刷 費	400,000円	370,000
支部補助費	50,000	50,000	通 信 費	70,000	51,150
雑 収	210,000	104,065	事 務 費	70,000	36,313
繰 越 金	△30,865	△30,865	大 会 費	50,000	50,000
			大 雑 費	10,000	17,440
			予 備 費	71,135	0
合 計	671,135円	625,700円	合 計	671,135円	524,903円

b余剰金の算出	収 入	625,700円
	支 出	524,903円
	余 剰 金	100,797円

### (2)特別会計報告

特別会計決算 103,912円

(3)平成12年度予算

収 入		支 出	
項 目	予 算	項 目	予 算
個人会員会費	397,500円	印刷費	370,000円
支部補助費	50,000	通信費	70,000
雑収	120,000	事務費	70,000
繰越金	100,797	大会費	50,000
		雑費	10,000
		予備費	98,297
合 計	668,297円	合 計	668,297円

6. 平成13・14年度の評議員と、支部長・理事・本部評議員（支部選出）・永年功労会員表彰審査委員の選出結果について

支部会則第9条(1)(2)に規定された選挙により、平成13・14年度の表記役員を以下の通り選出いたしましたので、ご報告いたします。

支部長	卜蔵 建治	弘前大学
理 事	岡田 益己	東北農試
永年功労会員表彰審査委員	小林 弥一	福島県農業試験場
本部評議員（定数3）	菅野 洋光	東北農試
	佐々木忠勝	岩手県農業研究センター
	皆川 秀夫	北里大学
評議員	多田 久	青森県農業試験場
	伊五沢正光	花巻農業改良普及センター
	畠山 均	岩手県農業研究センター
	児玉 徹	秋田県農業試験場
	佐藤 雄幸	秋田県農業試験場
	斎藤 博行	山形県庁
	佐藤 晨一	山形県立農業試験場庄内支場
	斉藤 満保	宮城農業短大
	日塔 明広	宮城県農業センター
	渡辺 明	福島大学

# 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
平成8年	10月7日	同
平成12年	7月27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評価制御研究室におく。

## 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日に終わる。

## 第3章 会 則

第6条(会員): 本会の会員は正会員、賛助会員、名誉会員とする。

(1) 正会員は本会の趣旨に賛同し、入会を申込んだ者。

(2) 賛助会員は本会の目的事業に賛同する個人または団体で別に定めるところによる。

(3) 本会の発展に著しい貢献をした者のうち評議員が推薦し総会が承認した者を名誉会員とする。

## 第4章 役 員

第7条(役員): 本会に次の役員をおく。

支部長 1名 評議員 若干名

監査 2名 幹事 若干名

第8条(任務):

(1) 支部長は支部の会務を総理し支部を代表する。支部長事故あるときまたは欠けたときは支部長があらかじめ指名した評議員がその職務を代行する。

(2) 評議員は評議員会を構成し重要な会務を評議決定する。

(3) 監査は本会議の会計を監査する。

(4) 幹事は支部長の命を受け本会の事務を執行する。

第9条(選出):

(1) 支部長は評議員会が選出し、総会に報告する。

(2) 評議員は東北地方在住の正会員のうちから選挙により決める。うち1名を本部理事、若干名を本部評議員として互選する。

(3) 監査は支部長が会員の中から2名を委嘱する。

(4) 幹事は支部長が会員中から委嘱する。

第10条(任期): 役職の任期は2年とし、重任を妨げない。

第11条(解任): 役員または顧問が東北地方を離れた場合には、自然解任となる。

## 第5章 顧 問

第12条(顧問): 本会に顧問をおくことができる。顧問は支部長が委嘱する。

## 第6章 会 議

第13条(会議): 本会には総会と評議員会をおく。

(1) (総会): 年1回開催し支部長が招集する。但し臨時に招集することができる。

(2) (評議員会): 必要に応じ支部長が招集する。幹事は評議員会に出席し発言することができる。

## 第7章 会 計

第14条(会計年度): 本会の会計年度は事業年度と同じである。

第15条(経費): 本会の経費は会員の会費および寄付金などによる。

第16条(会費): 支部年会費は次のとおり前納とする。

正会員 2,500円

賛助会員については別に定める。

第17条(決算): 会計の決算は会計年度終了後速やかに監査を経てその後最初に行われる総会に報告しなければならない。

第18条 その他は本部会則に従う。

第19条(会則の改正): この会則の改正は総会の決議により行う。

## 日本農業気象学会東北支部功労賞規程

(平成2年4月1日制定)

1. 会則第2章4条(3)に基づき本規程を設ける。
2. 功労賞は支部の活動、運営等に永年貢献のあった会員に贈る。
3. 功労賞受賞者には賞状と賞牌を贈る。
4. 功労賞は原則として毎年贈る。
5. 功労賞受賞者を次の手続きで決定する。

(1) 功労賞受賞候補者の推薦は会員が行う。推薦者は5名以上の推薦人(役員1名以上を含む)と推薦理由を本会誌閉じ込みの推薦書に記入し、事務局へ届け出る。

(2) 推薦書の届けは事業年度内に開催される東北支部会の2ヶ月前までとする。

(3) 支部長は受賞候補者を評議員会にはかり受賞者を決定する。

6. 授賞式は総会で行う。

(1) 15年以上の会員で、原則として役員を努めた会員。

(2) 支部長がとくに功績を認め推薦した会員。

(付則) 本規程は平成2年度から適用する。

## 日本農業気象学会東北支部編集委員会規程

当編集委員会は、以下の手順で「東北の農業気象」の編集作業にあたる。この作業は、投稿論文の内容を読者に理解しやすくすることを目的とする。

1. 大会で口頭発表されたすべての課題の投稿を依頼する。
2. 編集委員会は、投稿規程に基づいて投稿された原稿を審査する。
3. 編集幹事は、投稿原稿の内容に応じて編集委員1名に査読を依頼する。
4. 適切な査読者が編集委員にいない場合、編集委員以外に査読を依頼できる。
5. 査読者は、査読表に従って査読結果を編集幹事に報告する。
6. 査読結果を吟味したうえで、編集幹事は投稿者に原稿の修正を依頼することもある。
7. 「進む研究」、「ぐるっと東北」、「研究レビュー」、「トピックス」、「小講座」などの記事を企画し、評議委員会の承諾をえて、編集にあたる。

### 会誌「東北の農業気象」投稿規程

#### 1. 投稿

- 1.1 著者は、必要事項を記入した投稿票と原稿と一緒に、原本1部とコピー2部を編集幹事に送付する。
- 1.2 ワープロを用いた投稿には、A4サイズの用紙を縦置き、横書きに使い、24字22行とし、行間を十分に開けて原稿を作成する。積極的に再生紙を利用し、両面印刷する。これらの原稿4枚で、A4サイズ縦置き2段組の刷上がり1ページになる。手書きの場合、市販のA4サイズ400字づめ原稿用紙を用いる。
- 1.3 原稿本文の右肩に、1, 2, 3, 4と通し番号を記す。図表は同様に、和文の場合は、図1, 図2, 図3および表1, 表2, 表3と、英文の場合はFig.1, Fig.2, Fig.3, Table1, Table2, Table3とする。
- 1.4 投稿原稿は大会の終了日から2月末日まで受け、受理日は編集幹事が原稿を受理した日とする。

#### 2. 投稿の種類

- 2.1 「論文」、「短報」の他に「進む研究」などの記事を設ける。
- 2.2 「論文」は比較的完成度の高い研究結果を報告するもので、刷上りを原則として6ページ以内とする。
- 2.3 「短報」は有益な研究結果を速報するもので、刷上りを原則として4ページ以内とする。
- 2.4 「論文」、「短報」は、他の雑誌に掲載したもの（投稿中も含む）と同一であってはならない。すでに掲載された内容を一部重複して投稿する場合には、投稿原稿の40%以下に重複内容を圧縮する。
- 2.5 「進む研究」は実用に近づきつつある研究成果を紹介するもので、刷上りを4ページ以内とする。
- 2.6 このほか、著者は「資料」「解説」など、投稿内容に相応しいジャンルの設置を、編集幹事に要請できる。

#### 3. 「論文」、「短報」の執筆要領

##### 3.1 投稿票

- 3.1.1 機関誌に綴じ込まれた投稿票に以下の例にしたがって、表題・著者名・所属を和文と英文で書く。表題は内容を的確かつ簡潔に表現するものとし、副題はできるだけ避ける。所属は研究の主たる部分を遂行した場所とし、現在の所属が異なる場合は脚注に現所属を記す。

(例) 水温と地温が水稻の生育に及ぼす影響  
佐藤忠士\*・工藤敏雄\*\*  
\*岩手県農業試験場  
\*\*岩手大学農学部

Effect of water and soil temperature on paddy rice growth  
Tadashi SATOH\* and Toshio KUDOH\*\*

\*Iwate Agricultural Experiment Station, Takizawa 020-01

\*\*Iwate University, Faculty of Agriculture, Morioka 020

-----  
\*現在：佐藤農場（株）

\*Present address : The Satoh Farm

### 3.2 本文

3.2.1 本文には数字で見出しをつけて、「1. はじめに」、「2. 材料および方法」などとする。これらを細分するには1.1, 1.2を、さらに細分するには1.1.1, 1.1.2を用いる。ただし、要約、謝辞には見出しはつけない。

3.2.2 本文は原則として以下の順に構成する。

#### 要約

本論の内容を簡潔にわかりやすく、和文か英文で書く。和文は350字以内、英文は150語以内とする。文頭に「要約」とせず、直接書き始める。末尾に改行して和英キーワード5語程度を、それぞれ五十音順、アルファベット順につける（例参照）。

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

キーワード：浄化、水耕栽培、セルリ、豚尿

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

#### はじめに（緒言、まえがき）

研究の背景（問題の性質、範囲）、これまでの研究の大要との関係、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%以上の方がまずいと感じる米の粒厚は、1992年産で1.52mm以下、1993年産で1.71mm以下であった。

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

## 謝 辞

必要に応じて書く。

3.2.3 和文は平仮名まじりとし、数式の上には1行づつスペースをとる。

3.2.4 文章中の式は、 $a/b$ ,  $\exp(t/r)$  のように書く。

3.2.5 単位は統一して使用する限り、SI単位、CGS単位、MKH単位のどれでもよい。

## 3.3 図表

3.3.1 図・表は、要約に合わせて和文か英文にする。写真は図として扱い、図1, Fig. 1のように表現する。

3.3.2 図・表の説明は、要約に合わせて和文か英文にする。本文中での引用は「図1, 表1によれば」あるいは「Fig. 1, 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ロッタでA4サイズ上質紙にうちだしたのもよい。

3.3.4 原図の大きさは、原則としてA4サイズ以下で、刷上りの2倍とする。特に、図中の文字や数字の大きさは縮小を考慮して記入する。刷上りの図の幅が、1段分か、2段分かを考慮する。

3.3.5 表は、本文とは別のA4サイズの紙に書く。刷上りの表の幅が、1段分か、2段分かを考慮する。複数の表を同じ用紙に記入してもよい。

3.3.6 迅速に理解できない表は使わない。複雑な表は、簡略化あるいは図形化に努める。例えば、考察に利用しない数値は、その数値自体が特別な意味を持たないかぎり削除する。

3.3.7 本文中の図・表の挿入箇所に、上下各1行づつスペースをあけて説明文を記入し、これを朱で囲む。

## 3.4 引用文献

3.4.1 著者名のABC順に論文の末尾に一括する。

3.4.2 「著者, 年: 題目名, 誌名(略), 巻, ページ。」の順に例に従って書く。

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

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

3.4.3 本文中での引用は番号でなく、「菅野(1994)によれば」, 「これらの報告は多い(井上; 1994).」などとする。

## 4. 「進む研究」などの記事の執筆要領

4.1 機関誌に綴じ込まれた投稿票に「論文」と同様に、表題・著者名・所属を和文で書く。投稿を希望するジャンルを選択または記述する。英文で併記してもよい。

4.2 本文の構成は著者の自由とする。内容に適した理解しやすい構成をとること。

4.3 仮名使い, 数式の記述, 単位, 図表の書き方は, 「論文」, 「短報」の執筆要領に従う。

4.4 「引用文献」と「参考文献」の使い分けを明確にし, 書き方は, 「論文」, 「短報」の執筆要領に従う。

## 5. 著者校正

5.1 著者は初稿を校正する。再校以後は事務局で校正する。校正の際の加除筆は原則として認めない。

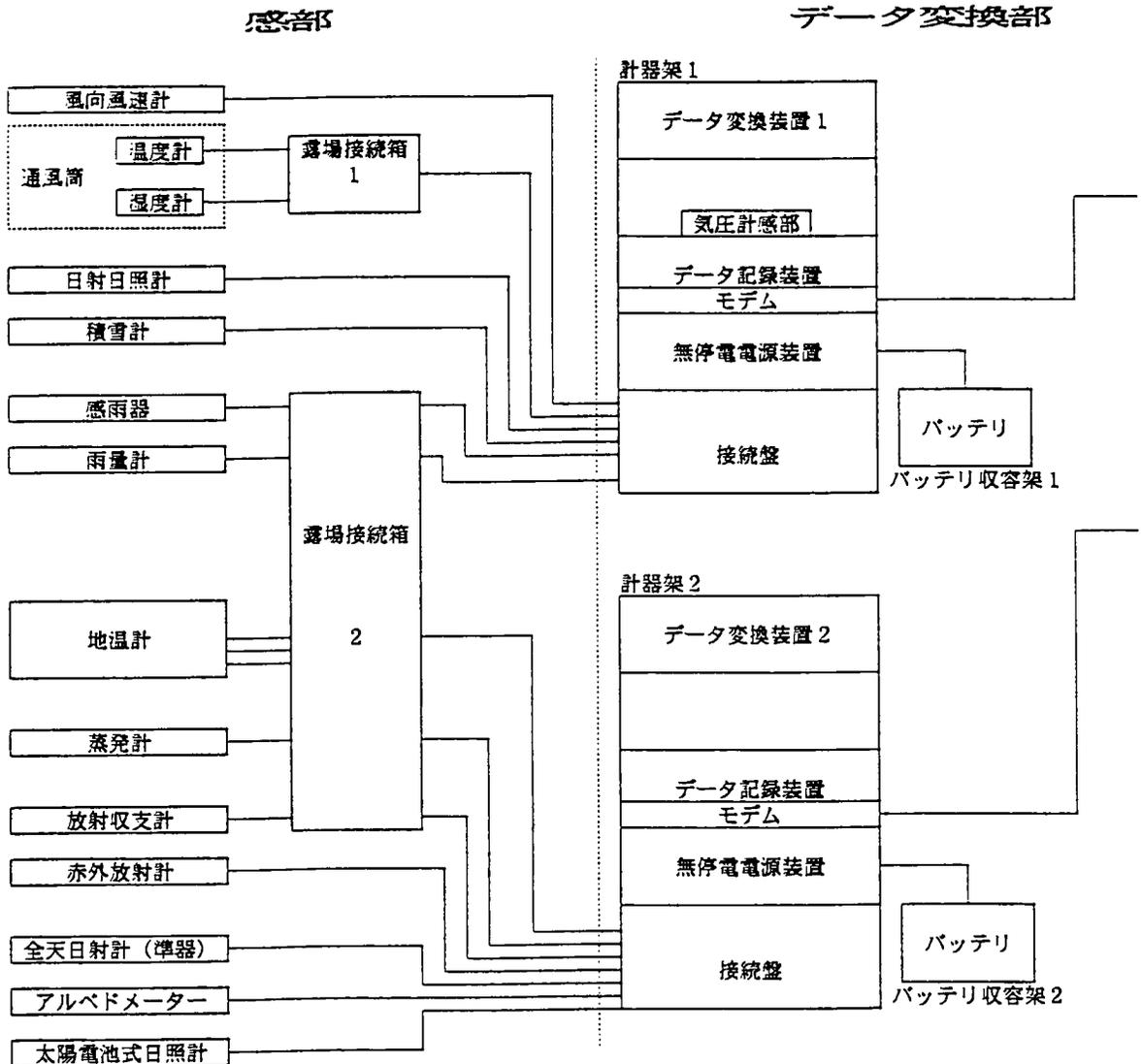
## 6. 別刷

6.1 別刷の必要部数は投稿票に記入する。

6.2 依頼原稿以外の別刷代はすべて実費とする。

# 農 業 総 合 気

明星電気株式会社は、気象庁で展開しているアメダス、地上気象観測装置、航空気象観測装置等  
 いただいております。本農業総合気象観測装置についても、これらの実績を充分考慮したものであ  
 配信等最新の技術を駆使したシステムです。

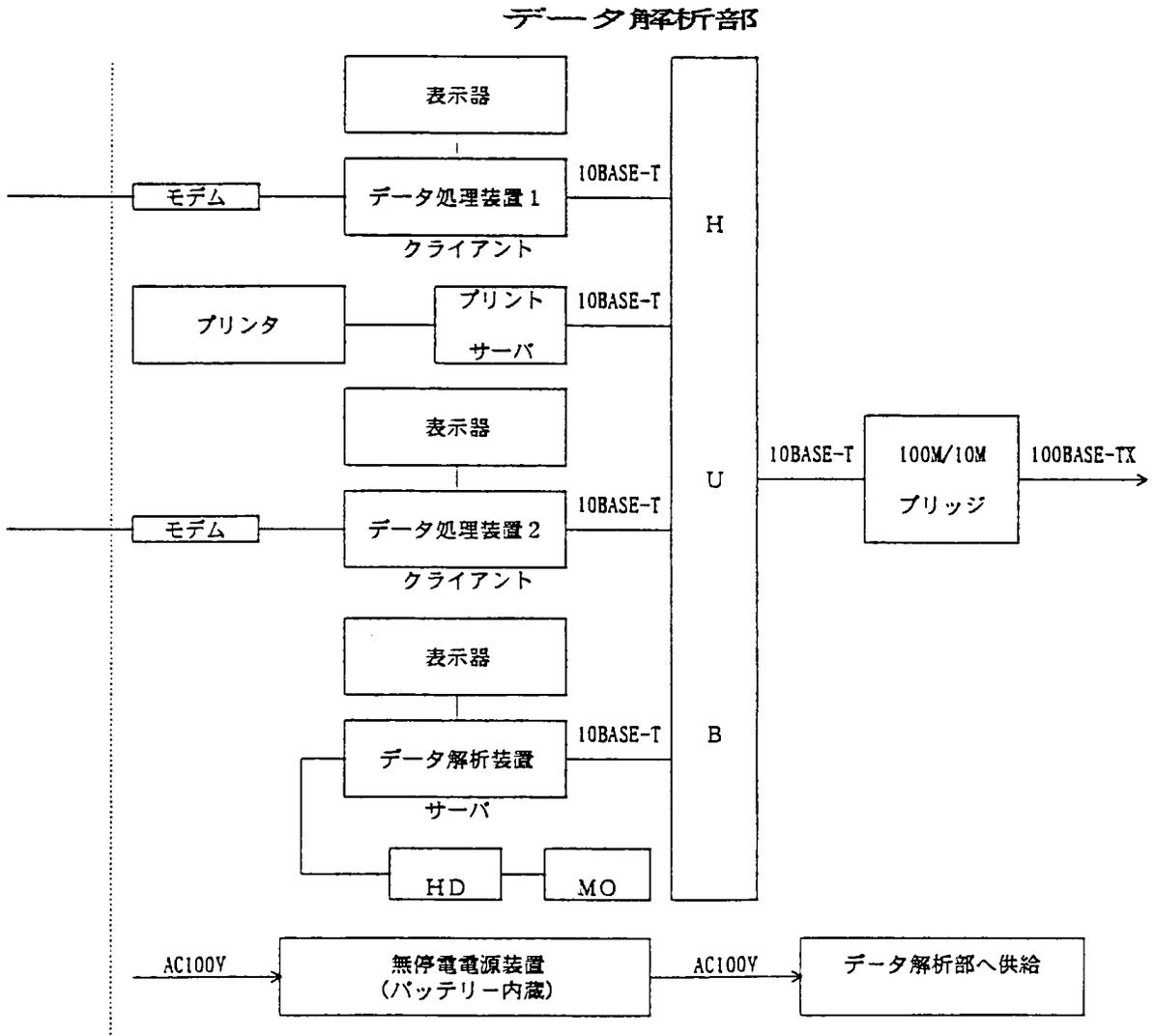


(主な製品)

- 計測震度計
- ウィンドプロファイラー
- 気象観測装置 (WINS)
- 航空気象観測装置

# 象 観 測 装 置

で培った技術を基盤に開発された、品質、信頼性、操作性に富んだ気象観測機材を提供させて  
り、各センサは、気象庁検定を受けたものを用い各部の状態監視、無停電化、自動処理、自動

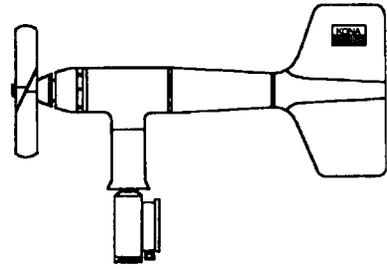
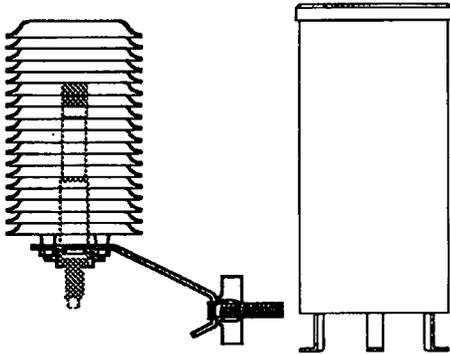


**Meisei**

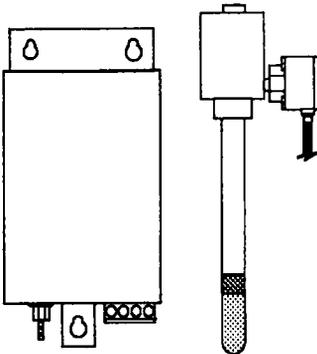
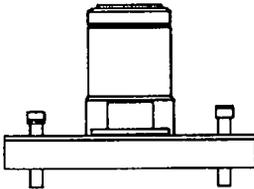
こころをつたえる確かな技術  
**明星電気株式会社**

本社/☎112-8511 東京都文京区小石川2-5-7  
気象機器営業部  
TEL 03(3814)5123

# KADEC-UM



## NEWバッテリー型マルチロガー

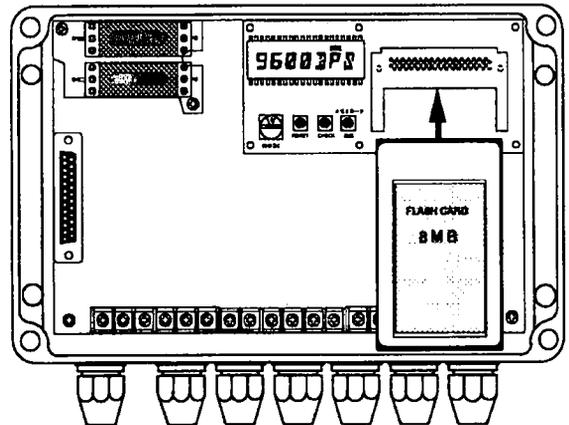


### 対応センサー

風向・風速  
雨量計  
気圧計  
その他

温度・湿度  
日射計  
土壌水分計

- ・各種センサー直結可能
- ・バッテリー駆動
- ・ICカード（フラッシュメモリ）対応
- ・ $-25^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$ で動作可能



●お問い合わせは下記までご連絡ください。

コーナシステム株式会社

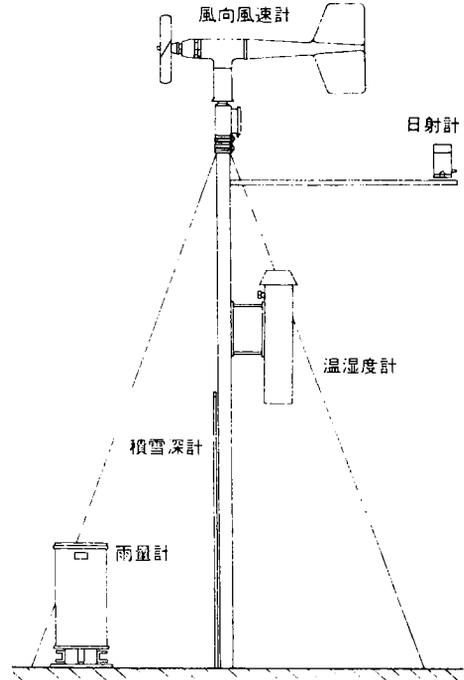
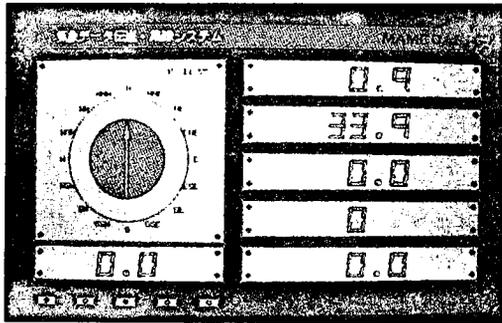
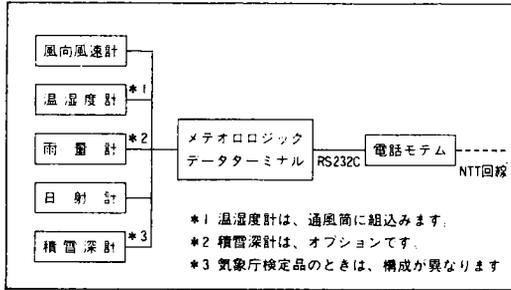
札幌営業部 〒004-0015 札幌市厚別区下野幌テクノパーク1丁目2番11号  
 東京支店 〒171-0014 東京都豊島区池袋2丁目55番13号 合田ビル  
 福岡営業所 〒814-0006 福岡市早良区百道2丁目17番21号ア'グ'林百道202

TEL:011(897)8000 FAX:011(897)8001  
 TEL:03(3983)8297 FAX:03(3983)8298  
 TEL:092(844)6371 FAX:092(844)6372

# 気象データ伝送・集録システム(マメダス)

気象データ伝送・集録システム(マメダス)は、総合気象観測ステーションとして、風向・風速・気温・湿度・日照・日射・雨量・積雪深の各データを集録し、電話回線(一般回線)を利用して遠隔地にデータを伝送し、集中処理するシステムです。

## ●マメダス構成図



## ●各センサの仕様

センサ/測定項目	検出方法	測定範囲	測定分解能	その他
風向風速計	風向 ポテンシオメータ	16方位	1方位	精度・5°
	風速 発信方式	0~60%	0.1%	起動風速 1.0m/s
温湿度計	温度 白金測温抵抗	-50~+50℃	0.1℃	精度・0.5℃
	湿度 静電容量	0~100%RH	0.1%RH	精度・3%
日射計	日射 フォトダイオード	0~2kwm <sup>-2</sup>	0.01kwm <sup>-2</sup>	応答時間 500μs
	日照 フォトダイオード	0~60min	1min	日射量から算出
雨量計	転倒ます	0.5ミリパルス	0.5ミリ	受水口径 200mm
積雪深計	雪面反射光	128cm/ユニット	1cm	最大増設 640cm

■一般電話回線で気象ネットワークができる

■1ヵ月分データ保存

本装置が測定したデータはICメモリに1ヵ月分記憶しておくことができます。また、メモリは内部電池でバックアップされていますので、AC100V電源がダウンしたときでもデータは守られます。

■入力変換ソフトが不要

■操作方法が簡単

■特別な変換器が不要

■更に16ch増設可能

価格 **¥1,800,000**

一式(各種センサー・データターミナル・モデム・処理ソフト)

企画・発売元

開発・製造元

**コーナシステム株式会社**

**リンクシステム株式会社**

本社・営業部 〒004 札幌市厚別区下野幌テクノパーク1丁目2番11号

TEL (011)897-8000 FAX (011)897-8001

東京支店 〒171 東京都豊島区池袋2丁目55番13号 合田ビル

TEL (03)3983-8297 FAX (03)3983-8298

福岡営業所 〒814 福岡市早良区百道2丁目17番21号 デグネス百道202

TEL (092)844-6371 FAX (092)844-6372

論 文

低湿地において土壌畝内へ投入した籾殻燻炭の量がサツマイモの生育に及ぼす影響 (英文)  
 …A. F. M. S. イスラム・北宅善昭・平井宏昭・梁瀬雅則・森源治郎・清田 信 1

ヤマセと海風の地域的な気象特性と中山間地(岩手県久慈市～山形村)への侵入  
 …菅野洋光・徐 健青・小沢 聖 11

幅と密度の異なった防風林における風速分布の観測  
 …佐藤隆光・浦野慎一・武田知己 25

久住山麓の草地斜面上で観測された冷気の流下層(CADL)の構造とシアフロー不安定性  
 …野田美香・小林哲夫・薦田廣章・武政剛弘・森 牧人・園田裕虎 93

埋設パイプ内通水による畝内地温制御時の地温分布に関する数値シミュレーション  
 …田中逸夫・石井征亜 101

北海道に冬期・夏期の最低気温極値をもたらす総観場の特徴  
 …千葉 晃 111

大気-植生-土壌系モデルによる高温・高CO<sub>2</sub>濃度条件下のダイズ群落におけるCO<sub>2</sub>収支の解析  
 …吉本真由美・原蘭芳信・河村哲也 163

光合成葉の葉面CO<sub>2</sub>濃度境界層および通気細胞層側CO<sub>2</sub>移動係数の解析的推算法  
 …小森友明・池本良子 181

暖温帯草原上での二酸化炭素・水蒸気交換過程の季節変化 (英文)  
 …戸田 求・三枝信子・及川武久・木村富士男 195

一定湿度条件下で重力が測定原理の異なる湿度センサの出力におよぼす影響 (英文)  
 …谷 晃・北宅善昭・後藤英司・齋藤高弘・高橋秀幸 209

鳥取砂丘におけるアルベドの特徴 (英文)  
 …古 松・大槻恭一・神近牧男 217

緑地熱環境評価のための2次元k-eモデルの検証  
 …本條 毅・高倉 直 243

都市緑地のスケール、配置変化に関する影響のシミュレーション解析  
 …本條 毅・高倉 直 253

人工衛星データを使用した地域蒸発散量の推定  
 …岡田啓嗣・浦野慎一・町村 尚・堀口郁夫 261

生育時期別の潮風処理が水稻の収量に与える影響  
 …丸山篤志・大場和彦・黒瀬義孝 275

衛星データによる日平均気温推定のための基礎的研究 一地上で測定した表面温度と日平均気温の関係について  
 …王 秀峰・川角妙子・谷 宏 283

キャベツ凍害防止のためのべたがけ用資材の開発  
 …五十嵐大造・植松 斉・三浦泰昌 295

2次のクロージャモデルを用いたソルゴー群落内外の乱流特性に関する研究  
 …辻 多聞・早川誠而・神近牧男・大槻恭一・高山 成 303

短 報

8月から9月に中国トルファンに吹く強風の特徴  
 …黒瀬義孝・唐 立松・大場和彦・丸山篤志・真木太一 123

総 説

都市緑地の熱環境 ……本條 毅 227

局地風(2) 冷気の流れ  
 ……日本農業気象学会局地気象研究部会 311

資 料

CO<sub>2</sub>泉源を利用した高濃度CO<sub>2</sub>長期暴露研究の日本における可能性 (英文)  
 ……アンドレア C. クック・ジョージ L. ボラリテイス・原蘭芳信 31

標高と気温の関係による山麓傾斜域の可能蒸発量と消費水量の評価 ……鈴木 純 41

1999年(平成11年)の日本の気候の特徴  
 ……板東恭子 129

国際会議報告

IGBP-GCTE フォーカス3会議(英国レディング大学) ……北宅善昭・小林和彦 47

研究部会報告

シンポジウム  
 「耕地環境における新しい計測・解析手法」  
 一若手研究者による耕地における新しい計測手法の展開一 ……耕地気象改善研究部会 51

新刊紹介	10, 24, 100, 110, 122, 252	農業気象投稿論文等の審査に関する指針	85
本会記事	317	会員異動	87, 155, 238, 342
支部だより	54, 327	投稿前のチェックをどうぞ	194
お知らせ	66, 137, 234, 329	雑誌名の新しい略記法について	208
関連研究会の予定	46, 160, 180, 340	賛助会員名簿	89, 158, 239, 344
投稿規程	78	編集後記	92, 161, 242, 347
和文原稿作成要領	79		

## 編集委員会

編集委員長	皆川秀夫	北里大学
編集委員	多田久	青森県農業試験
〃	佐々木忠勝	岩手県農業研究センター
〃	田中良	石巻地域農業改良普及センター
〃	鈴木光喜	秋田県生物資源総合開発利用センター
〃	庄野浩資	岩手大学
〃	濱崎孝弘	東北農業試験場

### 編集後記

いよいよ21世紀。子供の頃に夢を馳せた未来に自分か立っていることに驚きを感じるとともに、新しい時代の幕開けに漠然とはしているが、やはり期待を感じている。

しかし新しい世紀に入ったからと言って、山積している農業問題を解決する、すばらしいアイデアがいきなり降ってくるわけではない。新しい情報にアンテナを張りつつ、地道な研究を続けることに変わりはない。そして、その結果が今世紀の農業を支えるすばらしい成果を生み出すことを願いたい。

---

## 東北の農業気象 第45号

2001年3月発行

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

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

---