

東北の農業気象

第 29 号

昭和59年 8 月 (1984)

〔 論 文 〕

1. 水稻の出穂期の予測法について 木村晶子・穴水孝道・多田 久 1
2. 水稻の穂ばらみ期における昭和57年の気象と障害不稔 穴水孝道・多田 久・木村晶子 6
3. 東北地方の新旧主要品種の低温発熱性 木野田憲久・山崎季好・三本弘乗
工藤聡彦・浪岡 実 10
4. 低温の連続及び継続処理が不稔発生に及ぼす影響 浪岡 実・高館正男・立田久善
中堀登示光・工藤聡彦・木野田憲久 14
5. 地震による浮菌発生モデル実験 春原嘉弘・鈴木 守・関 寛三 18
6. 寒冷地における多収性外国稲の気象反応 春原嘉弘・今内祥雅・関 寛三
鈴木 守 22
7. 水稻機械植成苗の育苗温度と生育について 寺中吉造・金子歳幸・千葉俊秀 26
8. 宮城県におけるかんがい用水温の特徴と水稻水管理法改善に関する
研究 第1報 稲作期間中の水温と気温の経過 日野義一 30
9. 宮城県におけるかんがい用水温の特徴と水稻水管理法改善に関する
研究 第2報 初期の水温と気温の関係 日野義一 34
10. 冷水地帯のかんがい水温と気温との関係 鈴木亀平・日野義一・日塔明広 38
11. 宮城県における稲作期間中の気象要素と水稻生育量に関する研究
第1報 本田前期の水稻生育と気象との関係 日塔明広・日野義一 42
12. 大曲における稲作期間の気象について 鈴木 守 50
13. 水稻の草型と気象との関係 鎌田金英治 54
14. 宮城県における水稻の登熟と気象 佐川久光・小林一重 59
15. 高冷地における着色米の発生について
第1報 気象条件と着色米の発生 浜名光衛・長島房吉 63
16. 気象要因に基づく稲作災害の被害特性
(2) 戦後の災害 宮本硬一・松村伸二 67
17. 外気追従型圃場気象制御装置(Fieldtron)の開発(第1報) 福田兼四郎・鎌田易尾 72
18. 青森県におけるダイズの結実期間の気温と収量 多田 久・穴水孝道・木村晶子 76
19. 主要野菜の生育・収量に及ぼす気象の影響
第1報 すいかの着果向上のための保温技術 佐藤亮一・山本忠志・市田忠夫
穴水孝道 80
20. 改良マルチ下の気・地温の推移とハナヤサイ・エダマメの生育 鹿野昭一 83
21. 家畜のエネルギー効率と微気象 皆川秀夫・立花一雄 88
22. 家畜の熱生産を考慮した畜舎の熱環境設計に関する研究
第2報 畜体の熱環境指標 皆川秀夫・立花一雄 92
23. 山地傾斜地の畜産の利用に関する研究
第3報 山地牧野における牧野樹林の配置 阿部博史・谷口利策・大谷一郎 97
- 〔特別講演〕 柳原一夫 101
- ◇ 支部記事 105
- ◇ 会員名簿 108
- ◇ 賛助会員名簿 108
- ◇ 「農業気象」第39巻総目次 108

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)

昭和58・59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	◎ 本	庄	一	雄	岩手大学農学部
評 議 員	◎ 小	野	清	治	青森農試
"	穴	水	孝	道	"
"	◎ 工	藤	敏	雄	宮古測候所
"	大	川		晶	岩手県庁
"	宮	部	克	巳	岩手農試
"	日	野	新	太	東北農政局岩手統計事務所作況試験室
"	◎ 谷	口	利	策	東北農試
"	鎌	田	金 英	治	秋田農試
"	鈴	木		守	東北農試
"	◎ 千	葉	文	一	宮城農業センター
"	寺	中	吉	造	宮城県農業短大
"	吉	田		浩	山形県庁
"	羽 根	田	榮 四	郎	山形大学農学部
"	川	島	嘉	内	福島農試
"	阿	部	貞	尚	"
監 査	阿	部	谷	良	岩手県庁
"	菅	原		伊	東北農試
幹 事	多	田		久	青森農試
"	阿	部	博	史	東北農試
"	細	井	徳	夫	"
"	佐 々	木	忠	勝	岩手農試
"	斉	藤	正	一	秋田農試
"	日	野	義	一	宮城農業センター
"	菅	原	道	夫	山形県藤島農業改良普及所
"	橋	本		晃	福島農試
顧 問	土	井	健 治	郎	岩手経済連
"	高	橋	慶	一	岩手農試
"	渡	辺	偉	夫	仙台管区气象台
"	梅	田	三	郎	日本気象協会東北支部
"	内	海	徳 太	郎	
"	輪	田		潔	
"	八	畝	利	助	
	小	野	清	治	学会賞審査委員（支部選出）
	寺	中	吉	造	永年功労者選考委員（ " ）
	谷	口	利	策	編 集 委 員 （ " ）

（◎本部学会評議員）

水稻の出穂期の予測法について

* 木村晶子・穴水孝道・多田 久

(青森県農業試験場 * 旧性高橋 黒石地区農業改良普及所)

1 はじめに

水稻の追肥や病害虫の防除を的確に行うためには、早期にしかも正確に出穂期を予測することが重要である。青森県における出穂予測に関する研究は、昭和30年代から開始されたが、当時は6月の平均最高気温を説明変数とする単回帰式¹⁾による予測であり、昭和40年代は移植時から6月30日までの気象資料(気温・水温)、水稻の生育状況(田植時の葉令、8葉展開日)及び3ヶ月予報から推定した7月の気温を説明変数として予測する重回帰式²⁾による方法で進められてきた。しかし、出穂期の早晚を左右する要因は複雑であり、単回帰式や重回帰式による予測の精度は必ずしも高くなかった。そこで、筆者等は、予測精度の向上を図るために重回帰式による方法を改良し、水稻の生育時期毎の草丈・茎数・葉令と気温・水田水温、日照時間等の中から、出穂期と相関の高い変数を選び出し、その変数を用いた重回帰分析による出穂予測式を求めたので、その結果を報告する。

2 試験方法

(1) 供試資料

1) 黒石(青森県農業試験場、日本海側地域の代表地点)と藤坂(青森県農業試験場藤坂支場、太平洋側地域の代表地点)の水稻作況試験田

イ) 対象品種と項目及び統計期間。フジミノリ、昭和36~41年、レイメイ、昭和42~58年、両品種とも成苗、畑苗代の草丈・茎数・葉令・出穂期

2) 黒石と藤坂の気象資料

イ) 気象要素。昭和36~58年の気温、水田水温、日照時間(ジュールダン)、有効温度、冷却量

3) 昭和42年から57年までの市町村別平均出穂期

(2) 方法

1) 相関分析及び重回帰分析(変数増加法)により黒石と藤坂の作況田の5月21日から6月30日までの生育状況及び5月21日から7月31日までの気象資料を変数として相関分析により、出穂期と相関の高い説明変数を求め、その変数を用いた重回帰分析による出穂予測式を求めた。

2) 昭和42年から57年までの黒石の作況田の出穂期を説明変数とし、同期間の日本海側35市町村の平均出穂期を目的変数とした単回帰式と藤坂の作況田の出穂期を説明変数とし、同期間の太平洋側32市町村の平均出穂期を目的変数とした単回帰式をそれぞれ求め、この式に1)で得られた、黒石藤坂の作況田の出穂期を代入して、67市町村の出穂期を予測した。

3 結果及び考察

(1) 黒石及び藤坂の作況田の出穂予測

相関の分析により、出穂期の早晚と相関の高い説明変数は、第1表に示したように黒石では23、藤坂では14の変数が得られた。この変数を用いて変数増加法による変数選択とその適合性について

検討した結果、第2表に示したように、黒石では7箇、藤坂では5箇の説明変数による重回帰式が得られ、その自由度調整済みの重相関係数 R^* と、その寄与率 R^{*2} は、黒石では $R^*=0.941$ 、 $R^{*2}=0.885$ で、藤坂では $R^*=0.931$ 、 $R^{*2}=0.882$ であった。この得られた重回帰式を用いて黒石と藤坂の過去23年間の作況田の出穂期を予測した結果、その予測値と実測値との差は、両地点とも最大で±3日以内、またその差の標準偏差は、黒石が1.14日、藤坂が1.47日であった。しかし、実用場面として出穂期の予測は6月30日頃に行われるため、黒石、藤坂とも重回帰式の説明変数 X_1 は、7月の1ヶ月天候予報から推定される予想気温の変数であり、仮に7月の予報がはずれた場合は、その予測精度は低下する。そこで、7月の1ヶ月予報を用いた説明変数を除いた6月30日までの気象と生育量だけの重回帰式を求めて、その予測精度について検討したが、第2表に示した重回帰式によって推定される予測値に比べ、全般に予測精度は低下し、実用的でなかった。(表省略)

第1表 作況田の出穂期の早晚に相関が高い説明変数

地点	要素	期間	相関係数	備考	要素	期間	相関係数	備考		
黒石の作況田	平均気温	6月1日～6月30日	-0.530 [*]	積算値	平均水温	5月21日～5月31日	-0.579 ^{**}	積算値		
	"	5月21日～6月30日	-0.526 [*]	"	16℃以上	6月1日～6月30日				
	平均気温 16℃以上	6月1日 ～6月30日	-0.581 [*]	"	平均水温 19℃以上					
	平均気温 13℃以上	5月21日 ～5月31日	-0.577 ^{**}	"	日照時間	5月21日～5月31日	-0.343	"		
	平均気温 16℃以上	6月1日 ～6月30日			日照時間	6月1日～6月30日	0.059	"		
	最低気温	6月1日～6月30日			-0.575 ^{**}	"	葉令	田植時	-0.508 [*]	枚
	平均水温 19℃以上	5月21日 ～6月30日	-0.510 [*]	"	8葉展開日	6月0日	0.609 ^{**}	日		
	平均水温 19℃以上	6月1日 ～6月30日	-0.547 [*]	"	草丈	6月10日	-0.639 ^{**}	cm		
	平均水温 16℃以上	5月21日 ～5月31日	-0.579 ^{**}	"	"	6月20日	-0.769 ^{**}	"		
	平均水温 19℃以上	6月1日 ～6月30日			"	6月30日	-0.747 ^{**}	"		
	平均水温 18℃ 以下の冷却量	7月1日 ～7月31日			0.506 [*]	"	茎数	6月10日	-0.507 [*]	本
	平均水温 16℃以上	5月21日 ～5月31日			草丈×茎数	6月10日	-0.560 ^{**}	cm×本		
	平均水温 19℃以上	6月1日 ～6月30日	"	6月20日	-0.586 ^{**}	"				
	平均水温 19℃以上	6月1日 ～6月30日	"	6月30日	-0.708 ^{**}	"				
平均水温 18℃ 以下の冷却量	7月1日 ～7月31日	0.506 [*]	"	葉令	6月30日	-0.704 ^{**}	枚			
藤坂の作況田	平均気温	6月1日～6月30日	-0.508 [*]	積算値	平均気温13℃ 以下の冷却量	5月21日～5月31日	0.610 ^{**}	積算値		
	平均気温	5月21日～6月30日	-0.516 [*]	"	平均気温16℃ 以下の冷却量	6月1日～6月30日	-0.723 ^{**}	"		
	平均気温16℃以上	6月1日～6月30日	-0.554 [*]	"	平均気温 13℃以上	5月21日～5月31日				
	平均気温13℃以上	5月21日～5月31日	-0.575 ^{**}	"	平均気温 16℃以上	6月1日～6月30日	0.315	"		
	平均気温16℃以上	6月1日～6月30日	-0.575 ^{**}	"	水温較差	5月21日～6月30日	0.315	"		
	平均気温13℃ 以下の冷却量	5月21日 ～5月31日	0.565 ^{**}	"	草丈	6月20日	-0.550 ^{**}	cm		
	平均気温16℃ 以下の冷却量	6月1日 ～6月30日	0.555 ^{**}	"	茎数	6月20日	-0.322	本		
	最高気温	5月21日～6月30日	-0.500 [*]	"	草丈×茎数	6月30日	-0.370	cm×本		
				葉令	6月30日	-0.471 [*]	枚			

統計期間(昭和36年～57年。但し、昭和36年～41年フジノリ、昭和42～57年レイメイ)

(2) 黒石、藤坂の作況田の出穂期から県内67市町村の出穂期の予測

昭和42年から57年までの黒石、藤坂の作況田（成苗、畑苗代、レイメイ）の出穂期を、それぞれ日本海側、太平洋側地域の説明変数（但し、黒石は日本海側35市町村、藤坂は太平洋側32市町村）として、市町村の平均出穂期を目的変数とした67市町村毎の単回帰式を求めた。

第2表 作況田の出穂期を予想するための重回帰式とその変数の内容

項目 地点	変数名	偏回帰 係 数	基本統計量		変 数 の 内 容 と そ の 期 間	備 考	
			平均値	標 準 偏 差			
黒 石 の 作 況 田	X ₁	0.446 ^{***}	3.61	4.24	平均気温18℃以下の冷却量	7月1日～7月31日	積算値
	X ₂	0.012	805.6	91.36	平均水温16℃以上 " 19℃以上	5月21日～5月31日 6月1日～6月30日	"
	X ₃	-0.046 [*]	77.5	17.75	日照時間	5月21日～5月31日	"
	X ₄	0.048 ^{***}	195.9	33.46	日照時間	6月1日～6月30日	"
	X ₅	0.015 [*]	439.1	154.34	草丈×莖数	6月20日	cm×本
	X ₆	-0.016 ^{***}	933.1	246.13	草丈×莖数	6月30日	cm×本
	X ₇	-4.537 ^{**}	10.2	0.49	葉 令	6月30日	枚
	定 数	43.274	-	-		-	-
	R [*]	0.941	-	-	重相関係数（自由度調整済）	-	-
	R ^{*2}	0.885	-	-	寄与率（自由度調整済）	-	-
藤 坂 の 作 況 田	X ₁	-0.081 ^{***}	653.9	47.85	平均気温	7月1日～7月31日	積算値
	X ₂	0.016 ^{**}	562.2	64.76	水温較差	5月21日～6月30日	"
	X ₃	-0.787 ^{**}	8.7	2.96	莖 数	6月20日	本
	X ₄	0.005	682.7	233.26	草丈×莖数	6月30日	cm×本
	X ₅	-3.674 [*]	9.6	0.55	葉 令	6月30日	枚
	定 数	90.838	-	-		-	-
	R [*]	0.939	-	-	重相関係数（自由度調整済）	-	-
	R ^{*2}	0.882	-	-	寄与率（自由度調整済）	-	-

注. 偏回帰係数有意水準, * 5%, ** 1%, *** 0.1%

その結果、日本海側市町村の場合、黒石の作況田の出穂期との相関係数は、最大で0.93^{***}、最小で0.69^{**}、平均で0.83^{***}、また太平洋側の市町村の場合、藤坂の作況田の出穂期との相関係数は最大で0.94^{***}、最小で0.69^{**}、平均で0.86^{***}でいずれも有意な正の相関が認められた。

次に、作況田の出穂期を予測する重回帰式の説明変数 X_i に、昭和50年から57年までの各年次の実測値（実際の気温）を代入し、これによって求められた黒石、藤坂の各年次ごとの作況田の出穂期をこの67市町村の単回帰式に代入して、それぞれの市町村の予想出穂期を求めた。この予想出穂期と実出穂期との差を、±2日以内、～±4日以内、±5日以上に分類し、該当する市町村数を示したのが第3表である。予想出穂期が実出穂期に±2日以内で近似した年次は、昭和50、51、54、56年等であるが、逆に52、55年は予想出穂期の誤差が±2日以内である市町村割合が50%以下で、

中でも太平洋側の市町村の予測精度が劣った。次に、作況田の出穂期を予測する重回帰式の説明変数Xに、昭和50年～57年の各年次の6月20日発表の3ヶ月予報から推定される7月の予想気温を代入して求めた作況田の予想出穂期を使って、各市町村の出穂期を推定した結果（表省略）、予想出穂期の誤差が±2日以内に40%以上該当する年次は、昭和50、56、57年でこれ等の年次の中でも、日本海側の市町村は70%以上該当しているのに対し、太平洋側では極めて少ない。さらに天候予報のはずれた昭和53年（異常高温年）や55年（異常低温年）では、予想出穂期と実出穂期の誤差は、かなり大きくなり、特に太平洋側で大きかった。従って7月の1ヶ月予報や週間予報を参考にしながら、もし予報がはずれた場合は、逐次その予報を修正する必要がある。以上の結果、7月の天候予報が的確であれば、6月30日現在での出穂予想は±2日以内の精度であり、実用性はきわめて高いが、7月が異常高温や異常低温の場合、その予測精度は低下する。そして、特に太平洋側で低下の程度が大きい。

第3表 黒石、藤坂の作況田の出穂期から推定した市町村の予想出穂期と実出穂期の差

地 域	市町村数	実出穂期との差			実出穂期との差				
		年次	±2日以内	～±4日以内	±5日以上	年次	±2日以内	～±4日以内	±5日以上
日本海側	35	昭50年	30	5	0	昭54年	33	1	1
太平洋側	32		32	0	0		20	9	3
県全体	67		62	5	0		53	10	4
日本海側	35	昭51年	29	4	2	昭55年	25	9	1
太平洋側	32		19	13	0		4	16	12
県全体	67		48	17	2		29	25	13
日本海側	35	昭52年	13	16	6	昭56年	27	5	3
太平洋側	32		13	17	2		19	13	—
県全体	67		26	33	8		46	18	3
日本海側	35	昭53年	26	9	0	昭57年	25	7	3
太平洋側	32		14	10	8		18	13	1
県全体	67		40	19	8		43	20	4

（注、表中の数字は市町村数）

4 要 約

(1) 日本海側の代表地点である黒石（青森県農業試験場）と太平洋側の代表地点である藤坂（青森県農業試験場藤坂支場）の作況田（成苗、畑苗代、フジミノリ及びレイメイ）の出穂期を予測する重回帰式を求めた。その予測精度は±2日以内であるが、7月の天候予報いかんによっては誤差が大きくなる。

(2) 作況田の予想出穂期の精度は±2日以内でも、これを用いて推定した市町村の予想出穂期の誤差はこれより拡大し、特にその傾向は太平洋側で大きかった。そして、7月の天候予報が的中した場合は±2日以内の精度で県内約70%の市町村の出穂期を予測することが可能である。また、も

し7月の天候予報がはずれた場合は逐次その予測を修正する必要がある。

(3) 重回帰式の説明変数については、生育時期ごとの有効温度や有効日射量等も検討し、さらに高精度の予測式を開発する必要がある。

引用文献

- 1) 阿部亥三, 他 1963 水稻の早期栽培の地域性確立に関する研究, 青農試総合業績 25 ~ 26
- 2) 永沼昌雄, 他 1981 稲作気象と生育収量に関する研究 青農試80年史 392 ~ 394

水稻の穂ばらみ期における昭和57年の気象と障害不稔

穴水孝道・多田 久・*木村晶子

(青森県農業試験場,*旧姓高橋, 黒石地区農業改良普及所)

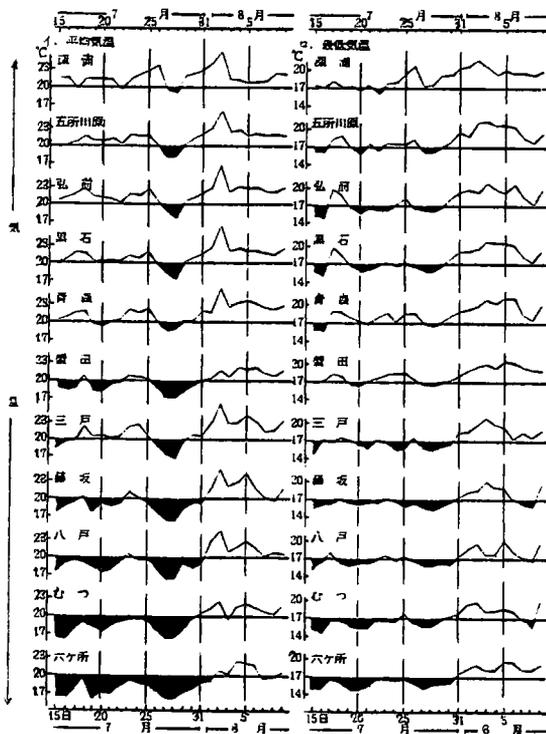
1 はじめに

青森県における昭和57年の水稻作況指数は、99で、辛じて平年作を確保した。しかし、作況指数を地帯別にみると、津軽地帯の102に対して、青森、南部、下北地帯は95~96であり、津軽を除く地帯では3年連続の冷害となった。作況指数低下の原因として、7月14日から8月12日にかけての弱いヤマセ型の天候による不良環境地帯の出穂遅延と、7月25日から31日にかけての異常低温と少照が、穂ばらみ期と合致したことによる障害不稔の多発が上げられる。

昭和38年以降の障害不稔の多発年は昭和38, 39, 40, 41, 54, 55, 57年の7か年であるが、これらの年次の穂ばらみ期間の気象特徴をみると、昭和57年は他の6か年に比べて、低温の程度が軽く、継続日数が短かいにもかかわらず、障害不稔の発生は予想に反して多かった。その原因について解析したので報告する。

2 試験方法

県内の農業改良普及所で調査した各市町村の程度別障害不稔発生面積と県内主要地点の気象観測値を用いて、穂ばらみ期の気象と不稔歩合との関係を解析した。



第1図 県内主要地点の幼穂形成期以降の日別気温 (昭和57年)

3 試験結果及び考察

1) 幼穂形成期から穂ばらみ期にかけての気象

昭和57年の幼穂形成期を品種別、地域別にみると、早生種のハマアサヒは、津軽及び南部地帯とも平年より5~6日遅れの7月15日であり、中生種のアキヒカリでは、津軽地帯は7月18日、南部地帯は7月20日で、両地帯とも平年より4~5日遅れであった。その結果、県平均出穂期は平年より4日遅れた8月14日であった。

幼穂形成期頃の7月14日から8月12日にかけての30日間の気象は、弱いヤマセ型の天候となり、中でも7月25日から30日にかけての低温・少照は顕著であった。7月15日から8月9日までの主要地点の平均気温と最低気温は第

1 図に示すとおりで、障害不稔が発生しはじめる平均気温20℃以下の出現日は、津軽地帯（深浦，他3地点）では7月27～28日の2日のみであったのに対し，津軽北部（蟹田）や南部（藤坂，他2地点），下北地帯（むつ，他1地点）では断続的に現われた。特に下北地帯では7月31日まで低温が連続し平均気温17℃以下の日もあった。また，最低気温17℃以下の日は，津軽・南部地帯とも断続的に出現しているが，その低温程度は軽微であった。更に，津軽，南部，下北地帯を代表する3地点（黒石，藤坂，むつ）において，特に低温となった7月26日～29日の4日間の時刻別温度についてみると（図省略），27日～28日の両日は藤坂，むつとも終日15～17℃の気温で推移し，日中の低温は黒石に比べて著しかった。

2) 障害不稔発生年の穂ばらみ期における気象

最近20年間で，障害不稔多発年次は第1表に示すとおり，昭和38，39，40，41，54，55年及び57年の7か年であるが，黒石と藤坂における穂ばらみ期間の気象の年次間差をみると，昭和57年の気象は，他の6か年に比べ低温・少照程度が軽く，その継続日数も短かいにもかかわらず障害不稔の発生面積が20,365haで多く，低温・少照以外の栽培条件（施肥窒素，追肥時期，水管理等）や基幹品種であるアキヒカリの耐冷性等も関与したものと考えられた。

第1表 障害不稔発生年次の穂孕期低温時の気象概況

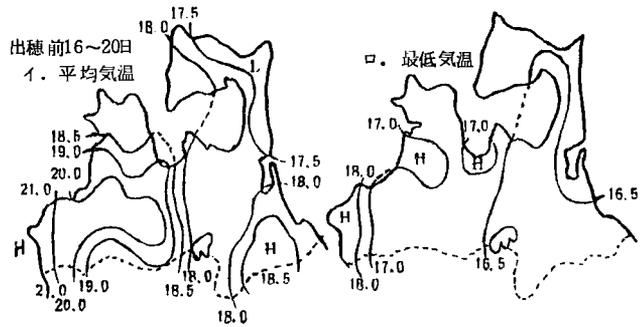
項目		年次	昭 38	39	40	41	54	55	57
低温の出現月・日 全上継続日数			7.15～21 7	7.15～21 7	7.19～26 8	7.22～30 9	7.14～20 7	7.15～ 出穂開花期	7.26～29 4
出穂前日数※			14～20 (16～22)	12～18 (18～24)	14～20 (18～24)	6～12 (15～21)	15～21 (17～23)	～23 (～27)	17～20 (17～20)
障害不稔発生面積ha			3,900	2,352	14,000	8,000	663	ほぼ全面積	(20,365)
※ 低温期間の 気温(℃)	最高		22.0 (19.8)	23.1 (22.0)	22.6 (22.3)	23.0 (25.2)	24.1 (21.0)	24.5 (22.4)	23.3 (20.4)
	最低		16.0 (15.4)	15.3 (14.4)	15.3 (13.3)	16.7 (16.7)	12.7 (12.2)	16.3 (12.9)	16.8 (15.8)
	平均		19.1 (17.6)	19.2 (18.2)	19.0 (17.8)	19.9 (21.0)	18.4 (16.6)	20.4 (19.0)	20.0 (18.1)
1日当り日照時間(h)※			2.0 (0.2)	3.2 (2.2)	4.7 (4.2)	3.9 (4.0)	10.3 (0.9)	5.5 (3.2)	3.5 (0.8)
県平均作況指数			100	103	99	94	106	47	99

- (注) 1. ※は調査地点，上段は黒石，下段()数値は藤坂。
2. 昭和57年の障害不稔発生面積は不稔歩合20%以上の推定面積。

3) 障害不稔発生の地域間差異とその発生の気象的要因

昭和57年の出穂期から逆算した穂ばらみ期間の気温についてみると，出穂前11～20日及び11～15日の期間の平均気温及び最低気温は，下北・上北地帯と津軽半島北部地帯以外では，障害不稔発生の限界気温（平均気温20℃，最低気温17℃）以上であった。

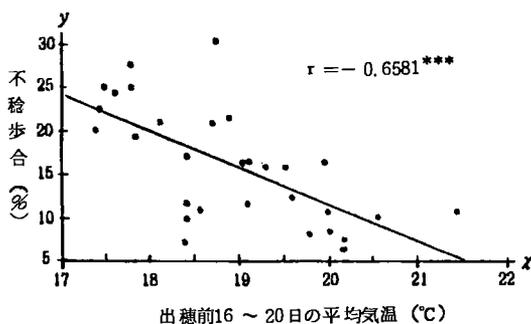
これに対して、出穂前16~20日の期間の平均気温及び最低気温は第2図に示すとおりで、西海岸（深浦，岩崎）と津軽中央地帯以外は、平均気温が20℃以下で、南部地帯は18℃を割り、下北地帯では17.5℃以下であった。また、最低気温は、津軽の一部（深浦，五所川原，青森）を除いて17℃以下で、太平洋側の内陸部地帯では16.5℃前後であった。



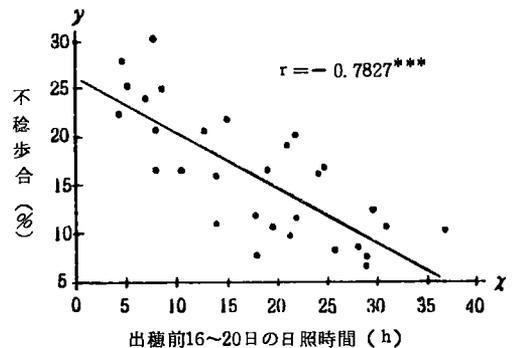
第2図 穂孕期の気温等温線図
注 H：高，L：低

さらに同期間の合計日照時間（図省略）は、日本海側では20時間以上であったが、太平洋側では八戸周辺を除いて10時間以下で、下北外海では5時間以下であった。

67市町村の障害不稔発生程度別面積から、市町村別の平均不稔歩合を求め、穂ばらみ期間（出穂前16~20日）の平均気温及び日照時間と不稔歩合との関係について示すと、第3，4図のとおりである。穂ばらみ期間の平均気温及び日照時間との間には、有意な負の相関が認められ、阿部等¹⁾と同様に、昭和57年においても、平均気温が20℃以下になると不稔歩合が10%以上となり、それより温度が低下するにつれて、不稔歩合も漸増した。また、日照時間は5日間合計で30時間（1日当たり6時間）以下になると不稔歩合は10%以上になり、15時間（1日当たり3時間）以下では、不稔歩合は15%以上となり、昭和57年の障害不稔多発の気象要因は、日中の低温・少照が影響したものと考えられる。内島は、水稻の障害不稔が生じない限界気温 $Q_c = 20℃$ として、ある時の気温を Q_i とした場合、 $Q_c > Q_i$ の場合は水稻が何らかの冷却をうけ、生育に対して負作用を受けるものとして、この冷却量と不稔歩合との関係を説明している。今回、ここで解析のために用いた冷却量 Q は、ある日（J日）のある時刻（i時）の気温（ T_{ij} ）が、障害不稔発生の限界気温の20℃に満たない不足分の冷却量（ $20 - T_{ij}$ ）の1日当りの合計値（但し $20℃ < T_{ij}$ の場合は計算から除く）をその日照時間（S）で除した（但し、日照時間（ S_j ）が3時間以上なら、不稔歩合発生条件としての冷却量が軽減されるものと判断し、その時間で、また3時間以下の場合は1時間として計算する）値を、穂ばらみ期間（昭和57年の場合、出穂前16~20日）合計し、その値を1日当りの総時間数24時間で



第3図 穂孕期の平均気温と不稔歩合



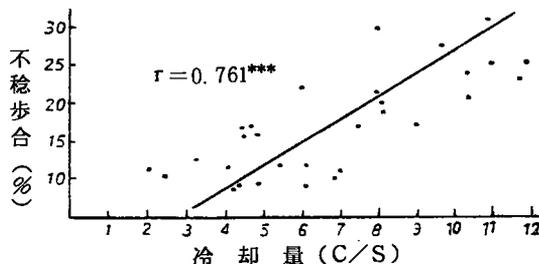
第4図 穂孕期の日照時間と不稔歩合

除した値である。なお、冷却量 (Q) は、

$$Q = 1/24 \left\{ \sum_{j=1}^N \left[\sum_{i=1}^{24} (20 - T_{ij}) / S_j \right] \right\}$$

 として現わされる。

この冷却量と不稔発生量との関係について解析してみると、第5図に示すとおりで、有意な高い正の相関が認められ、冷却量 (Q) が5以上になると不稔歩合も10%以上になる場合が多い。しかし、



第5図 冷却量と不稔歩合

冷却量による不稔歩合の推定精度が低い市町村もみられ、この原因としては品種、栽培条件、水管理の違いによるものと推測され、昭和57年度水稲障害不稔発生の実態とその要因解析³⁾でも、品種はアキヒカリで、減数分裂期の葉身窒素含有率は3.0%以上で、幼穂形成期の追肥量は0.6 kg/a以上で、 m^2 当り粒数は3万粒以上でそれぞれ不稔歩合が高かったことが明らかにされている。それにしても、市町村別平均不稔歩合の多少とその作況指数との間には、有意な負の相関が認められ、市町村の平均不稔歩合が20%以上発生した津軽半島のむつ湾沿岸地帯から上十三、下北地帯の作況指数は90%以下の市町村が多かった。

4 要 約

1) 障害不稔の発生原因は、主として7月25日から31日にかけての低温・少照によるもので、生育時期からみると、出穂前16~20日の穂ばらみ期間の低温と少照によるものであった。

2) 障害不稔の地帯別発生程度別分布をみると、津軽中央地帯は10%以下であったが、津軽半島のむつ湾沿岸、下北半島、上十三及び三戸盆地の各地帯は20%以上で、30%以上の地帯もみられた。また、不稔歩合20%以上の発生面積は20,365 haと推定された。

3) 穂ばらみ期間の平均気温が20℃以下及び同期間の合計日照時間30時間（1日当り6時間）以下になると不稔歩合が多くなる。また、低温・少照を示す冷却量と不稔歩合の間には、有意な正の高い相関が認められたが、冷却量による不稔歩合の推定精度が低い市町村もみられた。

4) 昭和57年の市町村別水稲作況指数と不稔歩合の間には、有意な負の相関が認められ、不稔歩合が20%以上発生した市町村の作況指数は、90%以下が多かった。

引用文献

- 1) 阿部亥三：1964，青森県における冷害危険度の推定に関する研究，農業気象 19(4)13-19
- 2) 内島一郎：1976，冷温条件と水稲不稔発生との関係についての一考察，農業気象 34(4)199-202
- 3) 青森農試：1983，昭和57年度水稲障害不稔発生の実態とその要因解析，青森農試研究資料 18-17

東北地方の新旧主要品種の低温登熟性

木野田憲久・山崎季好・三本弘乗*・工藤聡彦・浪岡 実

(青森県農業試験場, *大阪府立大学)

1 はじめに

近年の東北地方での水稲作付品種は、食味、品質に重点がおかれ、耐冷性については軽視されがちであり、そのため耐冷性が弱くなってきているとの指摘がある。加えて成苗から中、稚苗に転換したことにより冷害危険度はさらに増大しており、低温抵抗性の検討は重要な課題となっている。

ここでは昭和51年から53年にわたって試験を行い、耐冷性の実力を高く評価された藤坂5号などの旧著名品種と、近年東北地方において作付面積の多い主要品種の低温登熟性について検討したので、その結果について報告する。

2 試験方法

- (1) 供試品種：藤坂5号，レイメイ，フジミノリ，アキヒカリ，農林1号，キヨニシキ，トヨニシキ，陸羽132号，ササニシキ
- (2) 苗の種類：成苗（トンネル畑苗代），稚苗（ハウス畑苗代）
- (3) 移植日：早植（5月15日），遅植（6月5日）
- (4) 栽植密度：成苗 21.8 株/m² 2本植，稚苗 24.2 株/m² 5本植
- (5) 区制：品種9 × 苗質2 × 移植期2 × 反復2 × 年次3
- (6) 調査方法：各区の出穂期に出穂した個体をマーキングし，それらの個体を出穂後それぞれ30日，40日，50日（53年のみ20日も加える）に抜き取り登熟歩合を調査した。なお調査には各区各抜取日ごと1区10株を抜き取り，穂重，穂数の平均的な5株を供試した。

3 試験結果及び考察

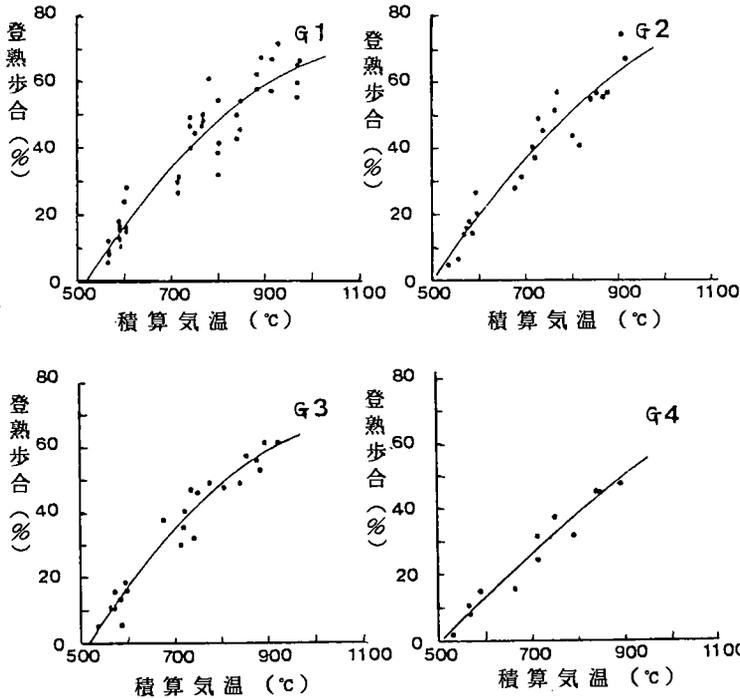
第1表 出穂期（8月・日）

年度 移植 の 種類	51 年		52 年				53 年					
	早 植		早 植		遅 植		早 植		遅 植			
	成苗	稚苗	成苗	稚苗	成苗	稚苗	成苗	稚苗	成苗	稚苗		
藤坂5号	6	13	19	24	3	6	8	18	7.29	4	4	10
レイメイ	7	15	20	25	4	7	9	18	7.31	5	5	11
フジミノリ	7	15	20	24	4	7	9	19	7.29	4	6	11
アキヒカリ	7	16	20	25	4	7	9	19	7.31	4	7	12
農林1号	14	20	21	25	7	11	12	22	3	7	7	12
キヨニシキ	15	21	23	28	8	12	14	23	4	6	10	14
トヨニシキ	17	22	25	9.1	9	14	18	29	4	10	9	15
陸羽132号	18	23	23	31	9	13	16	26	8	10	12	15
ササニシキ	19	24	25	9.2	12	15	18	27	6	9	10	15

(1) 気象条件

昭和51年は6月から7月にかけて低温であったため生育が遅延し、7月末に高温になったものの再び8月から9月前半まで低温、その後やや回復はしたが、登熟は大きく遅延した。

昭和52年は8月1半旬までは変動が大きかったが生育はほぼ平年並。8月2半旬から5



半旬まで出穂期間が低温であったが、それ以後はほぼ平年並であった。

昭和53年は田植から8月末まで高温、9月末に一時低温であったがその後回復した。

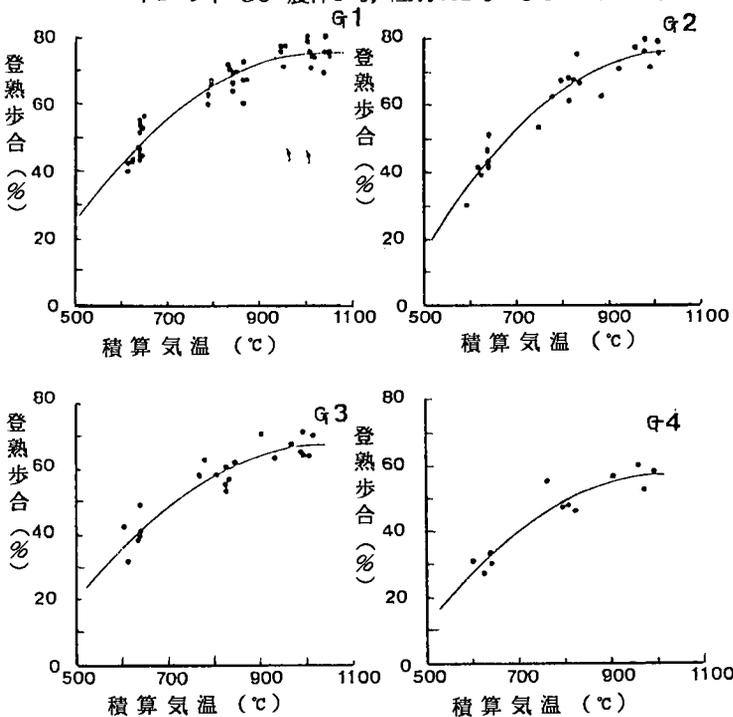
(2) 出穂期

品種間の出穂の早晩の傾向はほぼ一定であるが、早植-遅植、成苗-稚苗の出穂差は、出穂前及び出穂期間の気象条件により異なり、品種間には一定の傾向はみられなかった。

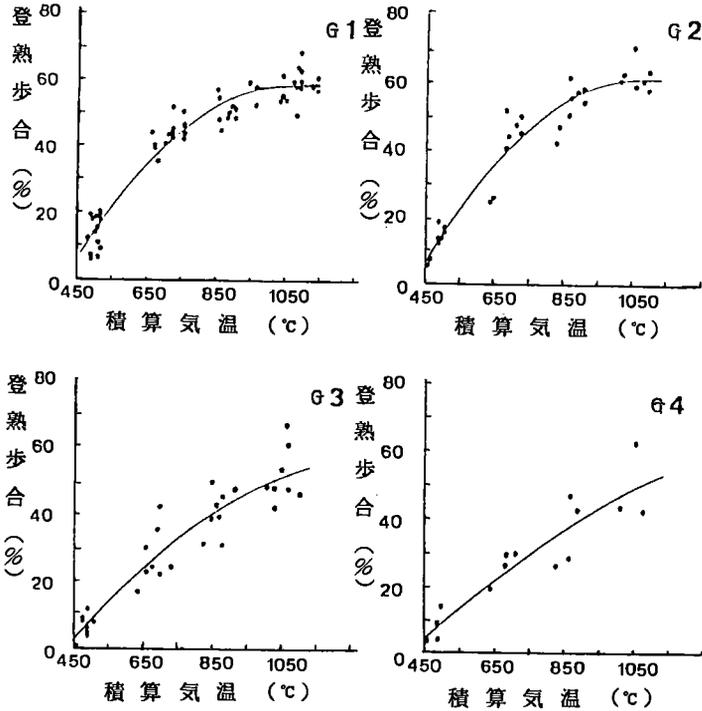
(3) 登熟進度

m^2 収数、出穂期を考慮せず、苗質、移植期をこみにして出穂後の積算気温から登熟歩合の進度をみると、本試験に供試した9品種は(藤坂5号、レイメイ、フジミノリ、アキヒカリ)(キヨニシキ、トヨニシキ)(農林1号、陸羽132号)(ササニシキ)の4群に区分ができ、それぞれの群をG1、G2、G3、G4として各年次ごとに2次曲線をあてはめたところよく適合した。その結果は第1、2、3図に示し、さらにそれらの回帰曲線を重ね合わせ第4図に示した。年次によって差はあるものの、出穂後の積算気温からみた登

第1図 昭和51年 出穂後積算気温と登熟歩合
(品種グループ G1 藤坂5号, レイメイ, フジミノリ, アキヒカリ G2 キヨニシキ トヨニシキ G3 農林1号, 陸羽132号 G4 ササニシキ)



第2図 昭和52年 出穂後積算気温と登熟歩合



第3図 昭和53年 出穂後積算気温と登熟歩合

第2表 出穂後積算気温と登熟歩合の2次曲線へのあてはめ

年次	項目群	n	R ²	a ($\times 10^{-4}$)	b	c	備考
51	G 1	48	0.8967	-1.664	0.3900	-157.57	xを出穂後積算気温(°C), yを登熟歩合(%)としたとき $y = ax^2 + bx + c$ の係数をそれぞれ a, b, c, nはデータ数 (ただし5個体の平均値), R ² は寄与率を示す。
	G 2	24	0.9193	-1.236	0.3295	-133.28	
	G 3	24	0.9486	-1.833	0.4138	-165.14	
	G 4	12	0.9443	-0.336	0.1728	-70.64	
52	G 1	48	0.9099	-1.635	0.3441	-105.46	同
	G 2	24	0.9274	-1.973	0.4148	-141.38	
	G 3	24	0.8900	-1.549	0.3264	-104.57	
	G 4	12	0.8843	-1.761	0.3558	-122.35	
53	G 1	48	0.9385	-1.368	0.2922	-97.63	同
	G 2	24	0.9343	-1.436	0.3079	-103.77	
	G 3	24	0.8848	-0.639	0.1770	-64.18	
	G 4	12	0.8563	-0.367	0.1284	-45.88	

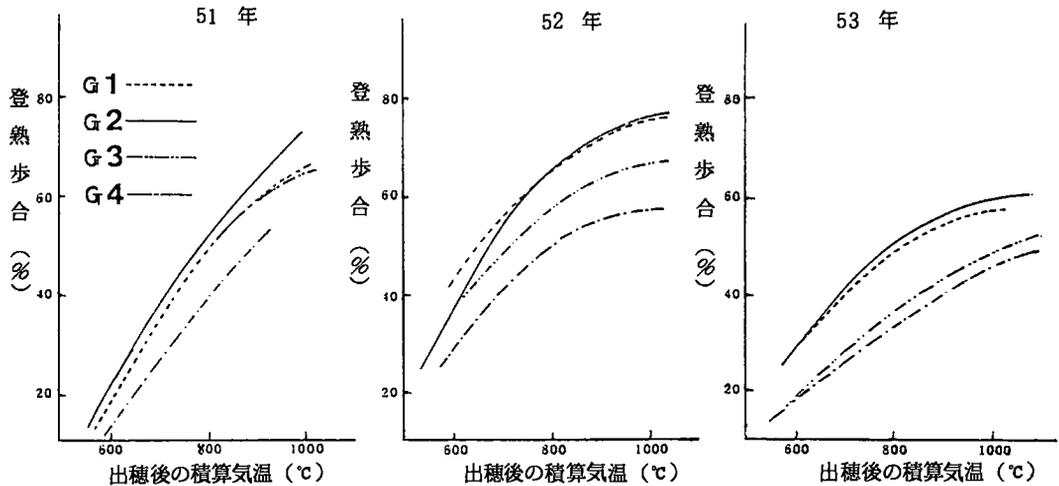
熟歩合の進捗は、G 2、G 1、G 3、G 4の順に早かった。なお移植日からの積算温度でみると、出穂の早晚が影響するため、G 2とG 1の順序は入れ替る。

(4) 登熟歩合と出穂後積算気温、 m^2 初数に関する重回帰式

苗の種類、移植時期、年次をこみにして、出穂後積算気温、 m^2 初数を説明変数にとり、出穂後40日目及び50日目の登熟歩合に関して重回帰式をあてはめた結果を第3表に示した。出穂後40日目のあてはめではフジミノリ、農林1号を除いた品種で重相関係数が大きかった。フジミノリについては、 m^2 初数や出穂後積算温度よりも出穂後日数で登熟歩合が決定される傾向がみられたこと、農林1号については稚苗と成苗で登熟歩合の水準に差がみられたことが重相関係数を小さくした原因と思われる。50日目では登熟の進行がほぼ停止の状態にはいるので、出穂後積算気温に関する偏相関係数は小さくなり、重相関係数も全体的に小さくなった。

(5) まとめ

東北地方の新旧主要9品



第4図 各年次における品種グループ別出穂後積算気温

第3表 登熟歩合と出穂後積算気温、初数に関する重回帰式

出穂後40日		重相関係数		自由度調整ずみ		偏相関係数			
	y :登熟歩合(%) x_1 :出穂後積算気温(°C) x_2 : m^2 初数+100	α_1	α_2	R^2	R	R^{*2}	R^*	r_{x_2y, x_1}	$r_{yx_1 - x_2}$
				藤坂5号	$y=0.0871^* x_1 - 0.1696^{***} x_2 + 49.90$	0.7614	0.8726	0.7083	0.8416
レイメイ	$0.0990^{**} x_1 - 0.1702^{***} x_2 + 39.92$	0.8959	0.9465	0.8728	0.9342	-0.8829 ^{**}	0.8904 ^{**}		
フジミノリ	$0.0848 x_1 - 0.0880 x_2 + 19.28$	0.3963	0.6295	0.2622	0.5120	-0.4469	0.5370		
アキヒカリ	$0.1071^{**} x_1 - 0.1448^{**} x_2 + 25.81$	0.7654	0.8749	0.8445	0.7133	-0.8265 ^{**}	0.7378 ^{**}		
農林1号	$0.1073 x_1 - 0.1558^* x_2 + 25.45$	0.4706	0.6860	0.3530	0.5941	-0.6784 [*]	0.5689		
キヨニシキ	$0.2043^{***} x_1 - 0.1711^{***} x_2 - 39.12$	0.8618	0.9284	0.8311	0.9117	-0.8924 ^{**}	0.9241 ^{**}		
トヨニシキ	$0.1800^{**} x_1 - 0.1302^* x_2 - 38.85$	0.6812	0.8254	0.6104	0.7813	-0.6703 [*]	0.8243 ^{**}		
陸羽132号	$0.1099^{**} x_1 - 0.1615^{***} x_2 + 24.80$	0.8132	0.9018	0.7717	0.8785	-0.8939 ^{**}	0.8331 ^{**}		
ササニシキ	$0.1663^{***} x_1 - 0.1539^{***} x_2 - 20.26$	0.8178	0.9043	0.7774	0.8817	-0.8758 ^{**}	0.8830 ^{**}		
出穂後50日									
藤坂5号	$y=0.0119 x_1 - 0.8750 x_2 + 89.10$	0.3396	0.5827	0.1928	0.4391	-0.5825	0.1283		
レイメイ	$0.0467 x_1 - 0.1200^* x_2 + 62.44$	0.5541	0.7444	0.4550	0.6745	-0.7309 [*]	0.5321		
フジミノリ	$0.0011 x_1 - 0.0768 x_2 + 95.72$	0.3182	0.5641	0.1667	0.4083	-0.5641	0.0115		
アキヒカリ	$0.0442 x_1 - 0.1197^* x_2 + 71.99$	0.6935	0.8328	0.6254	0.7908	-0.8067 ^{**}	0.5392		
農林1号	$0.0513 x_1 - 0.1234^{**} x_2 + 60.93$	0.4953	0.7038	0.3831	0.6190	-0.7010 [*]	0.4579		
キヨニシキ	$0.0852^* x_1 - 0.1502^* x_2 + 44.14$	0.5076	0.7125	0.3982	0.6310	-0.6581 [*]	0.6736 ^{**}		
トヨニシキ	$0.1083^{**} x_1 - 0.1330^* x_2 + 14.10$	0.6190	0.7867	0.5343	0.7310	-0.7160 [*]	0.7676 ^{**}		
陸羽132号	$0.0380^* x_1 - 0.0978^* x_2 + 63.55$	0.4417	0.6646	0.3176	0.5636	-0.6620 [*]	0.4393		
ササニシキ	$0.0766^* x_1 - 0.1612^{**} x_2 + 51.08$	0.6366	0.7979	0.5558	0.7455	-0.7963 ^{**}	0.6350 [*]		

種について成苗、稚苗、早植、遅植を組み合わせる3カ年にわたり低温登熟性を検討したところ、出穂後の積算気温から登熟の進度をみると供試品種は4つの群に分けることができ、それぞれに高い寄与率で二次曲線がよくあてはまった。その型は品種の新旧にかかわらず、草型の区分と相関が高かった。また、苗の種類、移植時期、年次をこみにして出穂後積算気温と m^2 初数を説明変数にとり、出穂後40日目と50日目の登熟歩合に関して重回帰式をあてはめると、40日目ではフジミノリ、農林1号をのぞいて重相関係数が大きかったが、50日目では、登熟の進行がほぼ停止してきているため重相関係数は小さくなった。

<参考文献省略>

低温の連続及び継続処理が不稔発生に及ぼす影響

浪岡 実・高館正男・立田久善・中堀登示光・工藤聡彦・木野田憲久
(青森県農業試験場)

はじめに

最近における青森県の稲作は、昭和51年以降58年までの8年間のうち、作況指数100を割ったのが実に5ヶ年もあり、いずれも冷災害である。しかも、55年に代表されるように、最近の異常低温は、1ヶ月～2ヶ月間の長期にわたる傾向がみられると共にその振幅の大きいのが特徴である。そのため、低温に遭遇する生育ステージによっては、致命的な大打撃を蒙る危険性が高くなっている。しかし、55年のような長期間の低温であっても、その低温期間の途中で、一時的に、平年気温又は高温に戻る日が何日かみられるのが普通であり、そのため、連続低温よりは、いく分被害の軽減が期待される場合もあるものと考えられる。

そこで、穂孕期及び開化期における低温による障害不稔の発生に対し、低温期間中の一時的低温の中断が、連続低温に比べどの程度障害を軽減出来るか、人工気象室を利用し、生育ステージ別に低温処理日数と中断日数を組み合わせて検討を行なった結果、若干の知見を得たので報告したい。

1 試験方法

(1) 実験 I (57年)

ア、供試品種：アキヒカリ イ、育苗法：中苗散播ハウス畑方式 ウ、播種日：4月14日、100g/箱 エ、移植日：5月15日、1ポット4本植1/5,000アールポット オ、施肥：全量基肥ポット当りN、P、K各成分0.5g カ、試験区の構成：処理温度17.5℃、処理時期、処理方法は次表のとおりである。1区2ポット

区No	処理開始期 処理方法	出穂前・後日数									
		-25	-20	-15	-13	-10	-5	0	+2	+5	+10
1	連続処理10日間		○	○		○	○	○		○	○
2	" 20日間	○	○	○		○	○	○		○	
3	断続処理 5-①-5										
4	" 5-②-5		○		○		○		○		
5	" 5-③-5										
6	" 5-①-5-①-5-①-5										
7	" 5-②-5-②-5-②-5	○	○		○		○		○		
8	" 5-③-5-③-5-③-5										
9	" 10-①-10										
10	" 10-③-10										
11	" 10-⑥-10	○	○		○		○		○		
12	" 10-⑨-10										

注)

① 出穂前・後日数の-は出穂前、0は出穂期、+は出穂後日数を示す。

② 処理方法の○内数字は、低温処理の中断日数(戸外放置)を示す。

(2) 実験Ⅱ (58年)

ア、供試品種、育苗法、施肥、播種日は実験Ⅰと同じ。イ、移植日：5月20日 1ポット4本植ウ、試験区の構成：低温処理開始期は穂孕期-出穂前15日、13日、12日、開花期-抽穂開始時
処理温度、処理方法は次表のとおりである。

区 番	低 温 処 理		中 断 処 理	
	温 度	日 数	温 度	日 数
1	17.5℃	10日	—℃	—日
2	"	13	—	—
3	"	5+5	25	3
4	"	"	30	"

2 試験結果及び考察

(1) 実験Ⅰ

同一低温処理日数(延日数)において、処理途中で低温処理を中断して、一定の日数戸外に放置した後、再び低温処理をくり返し行なった場合に、中断が不稔発生にどのような影響を及ぼすかについて検討を行なった結果、延低温日数が10日、20日間とも、処理時期によって傾向が大きく異なった。

即ち、穂孕期処理では、図-1に示したように、連続10日間処理(区No.1)に対し、5日間低温処理後、1日、2日、3日間戸外に放置したのち再び5日間低温処理を行なった断続処理区(区No.3, 4, 5)の不稔歩合は、中断によって軽減されず、むしろ連続処理区よりも高かった。しかも、中断日数が長いほど不稔の発生が多くなる傾向がみられた。

また、連続20日間処理(区No.2)に対し、5日間低温の4回断続処理(区No.6~8)及び10日間低温の2回断続処理(区No.9~12)の各区においても、中断によって不稔歩合が低くならず、むしろ多くなる傾向がみられた。

一方、出穂直前~開花期処理では、図-1に示したように、連続低温処理区より、いずれの断続処理区も不稔歩合が低く、しかも、中断日数の長いほど、中断回数の多いほど不稔の発生

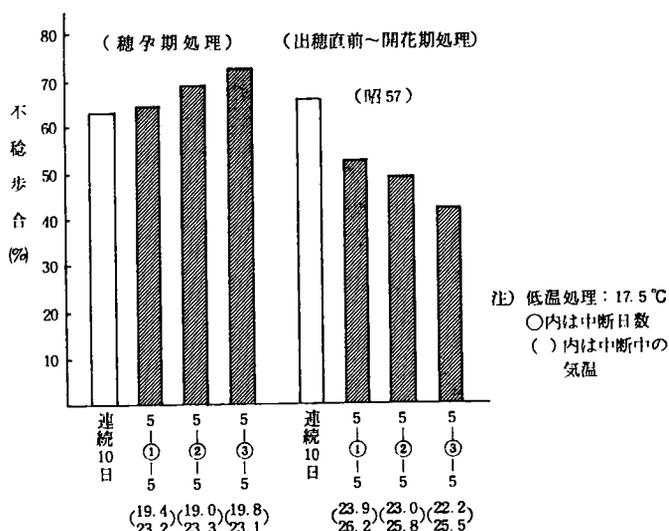


図-1 処理区別の不稔歩合

が軽減された。

以上のような不稔発生の傾向について、さらに、穂別に整理して、幼穂发育ステージ別不稔歩合を連続的に示したのが図-2である。これによると、連続低温に対し、断続処理

(区No.3~5混み)では、中断中の温度(戸外温度19~23℃)が、処理温度より若干高めのため、幼穂の发育がより進むことから、低温処理終了日から出穂迄日数で示すと、不稔歩合のピークが後にずれて表示される。従って、穂孕期においては、不稔歩合曲線のピークを合わせて検討する必要がある、その結果、断続処理は、連続処理区より、いずれのステージにおいても不稔歩合が高い。それに対し、処理終了日が、出穂日以降となる出穂直前~開花期処理では、連続低温よりも断続低温の不稔歩合が著しく低く、中断による不稔の発生が軽減された。

このように、穂孕期処理では、中断によって不稔歩合がむしろ高まる傾向が認められたのは、中断期間中の温度条件が19~23℃でそれほど高くなかったことから、中断がむしろ低温処理期間の延長として働いたためか、また、断続低温により、温度の激しい高低差が、稲の生理機能の変調を招いて不稔発生を助長したものか、今後、さらに検討を要する。それに対し、開花期では、中断により開花のチャンスが多くなること、しかも、花粉の授精能力の減退を防ぐ効果も加わって、中断が不稔発生の軽減に役立ったものと推察された。

(2) 実験Ⅱ
 中断中の温度条件を前年(戸外放置19~23℃)より高温(25℃及び30℃)に設定し、穂孕期においては、中断による不稔発生の軽減効果、開花期においては、開花及び稔実に及ぼす影響について検討した。

(2) 実験Ⅱ

中断中の温度条件を前年(戸外放置19~23℃)より高温(25℃及び30℃)に設定し、穂孕期においては、中断による不稔発生の軽減効果、開花期においては、開花及び稔実に及ぼす影響について検討した。

その結果、穂孕期処理では、図-3に示したように、中断温度が25℃では、処理ステージによ

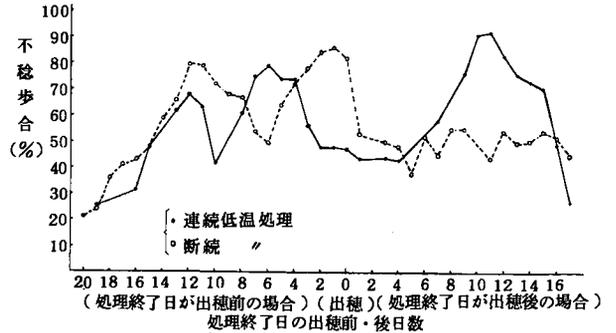


図-2 幼穂发育ステージ別不稔歩合曲線

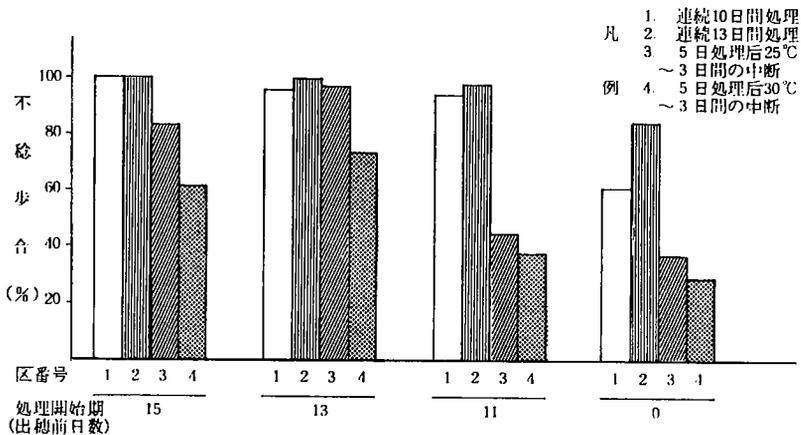


図-3 連・断続処理と不稔発生(昭58)

て反応が異なり、連続低温に比べ断続低温区の出穂前13日処理開始では、不稔歩合がやゝ多かったが、他の区では、中断により不稔の発生が少なかった。30℃の高温では、いずれのステージにおいても、明らかに断続低温で不稔が減少した。

また、開花期処理では、前年同様、連続処理に比べ断続処理で不稔発生が少なく、中断中の温度が高いほど不稔の発生は少なかった。

次に、開花期処理において、開花状況をみたところ、連続処理では、低温処理終了と同時に満開現象がみられ、3日間で60～80%開花するが、これらの顕花は不稔となる割合が高かった。一方、断続処理では、中断中に満開現象がみられ、中断中の温度が高い程開花数は多くなるが、不稔になる顕花割合は少なかった。これは、低温処理の中断によって、ダメージの少ない顕花の開花、授精が促進されるためと考えられる。

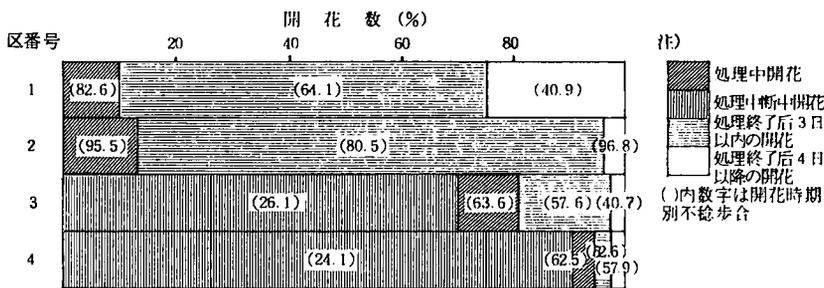


図-4 開花時期と不稔発生（昭58）

3 まとめ

一定の期間連続的に低温を受けるよりも、断続的に低温を受ける方が障害不稔の発生程度は軽くなる。その場合、中断中の温度条件とステージによって軽減程度が異なる。即ち、穂孕期の低温処理においては、中断中の温度が少なくとも25℃以上でないと障害軽減の効果が期待出来ない。それに対し、開花期処理においては、中断中の温度が22℃以上でも軽減効果が認められ、温度が高いほど、日数の長いほど障害不稔の発生が軽減された。

地震による浮苗発生モデル実験

春原嘉弘・鈴木 守・関 寛三

(東北農業試験場)

1 はじめに

1983年5月26日の日本海中部地震により青森県津軽地方及び秋田県北部の稲作地帯では、移植後間もない水田において浮苗、埋没苗が発生し、その被害面積は10千haを超えるものとなった。浮苗現象は1968年の十勝沖地震の際にも生じており、今回の被害調査とも併せてどのような条件下において発生しやすいかは大まかに推測されている。しかし、それは浮苗が発生した地帯の水田の被害実態調査にもとずいて行った推測にすぎなく、モデル実験によって裏付けられた報告は見当たらない。

そこで、著者らは考えられるいくつかの条件下で人工的に振動を与えることによって浮苗を発生させ、これら要因の浮苗発生に及ぼす影響について検討したのでその結果の概要を報告する。なお、実際の複雑な振動や水田における水の動きを実験的に再現するのは困難なので、本実験では苗を植えた容器を反復振動させるという単純化した条件下で行ったものである。

2 試験方法

東北農試・栽培第1部(大曲)の土壌を約30×40×20cmの容器に詰め、代かきして土壌の深さを12cmとした。代かき4日後トヨニシキの中苗を1株5本植えて3株移植し、硫安で窒素成分0.4gを施用した。移植は温度条件の異なる6月8日と8月2日に行った。また、土壌の硬さを違えるため1度代かきして供試した土壌を再び代かきすることによって軟かい土壌の区を設けた。土壌の硬さは、1mの高さから落下させたさげふり貫入深によって測定した。振動発生装置として一般の実験室で使われている振とう機を用い、容器が固定されるようにセットした。考えられるいくつかの条件下で浮苗発生までの時間に差がみられる程度の振動数(約80回/分)及び振幅(約6cm)になるように調整し、容器を120秒間振動させた。

浮苗発生の要因として、移植後日数(1, 5, 10日)、湛水深(0, 1, 2, 3, 4cm)、植付深度(2, 4cm)を設けた。苗を移植した容器は振動を与える直前までほとんど一定の深さの湛水状態に保った。振動を与える前後に土壌の硬さを測定し、振動を与えた後できる限り丁寧に苗を抜きとり活着根の根長を測定した。なお、浮苗発生に要する時間は、移植した3株のうち2株が浮いた時点とした。

3 結果及び考察

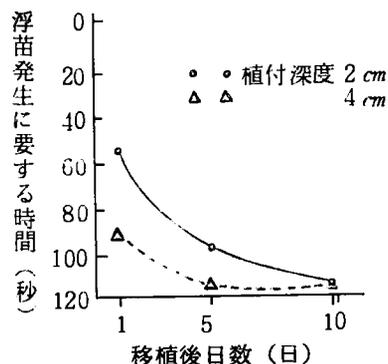
(1) 移植後日数

土壌の硬さが異なる2つの条件下での浮苗発生に要する時間を第1表に示した。表中における(一)を120秒と置きかえて移植後日数と浮苗発生に要する時間の関係を示したのが第1図であり、各湛水深、各植付深度及び土壌の硬さが異なる2条件をこみにして平均した値で表した。移植後日数が経つにつれ浮苗発生に要する時間は長くなった。植付深度2cmにおいて移植後1日では60秒ほ

第1表 浮苗発生に要する時間(秒)

移植後 日数	湛水深 (cm)		0		1		2		3		4		
	植付深度 (cm)		2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	
	土壌の硬さ												
一 日	(硬)		-	-	60	120	60	-	55	-	40	-	
	(軟)		75	90	55	75	40	75	20	30	20	25	
五 日	(硬)		-	-	-	-	-	-	100	-	45	-	
	(軟)		-	-	-	-	80	100	105	-	45	75	
十 日	(硬)		-	-	-	-	-	-	105	-	-	-	
	(軟)		-	-	-	-	-	-	70	70	-	-	

注：-は120秒でも浮苗が発生しないことを示す。



第1図 移植後日数と浮苗発生に要する時間の関係

どで浮苗が生ずるのに対し、10日後になると120秒の振動でも浮苗は生じなかった。

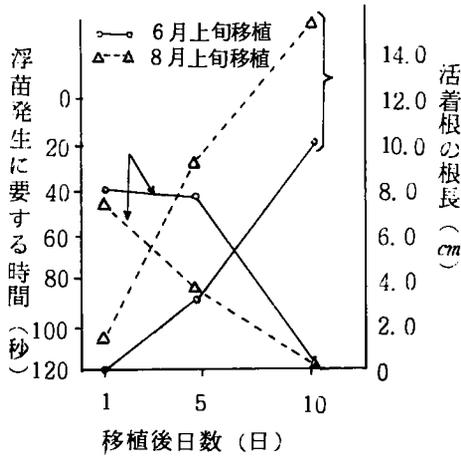
移植後日数が経つにつれ浮苗が発生しにくくなる理由としては2つの要因が考えられる。そのひとつは代かき後日数が経つことによって土壌が締って安定することであり、もうひとつは活着が進み根張りが強くなることによって倒れにくくなることである。そこで、活着根の伸長程度と浮苗発生に要する時間の関係を明らかにするため、温度条件の異なる8月上旬に移植した区と比較してみた。なお、土壌の硬さは6月に供試したものとほぼ同様であった(第2表)。苗の諸形質を第3表に示した。移植時の葉令は4.4及び4.2であり、草丈は8月移植苗が大きい、8月の移植では平均気温が高いため移植後の活着根の長さは5日後からは6月移植苗に比べ大きな差が生じた。湛水深4cm、植付深度2cmで浮苗発生に要する時間を比べてみると(第2図)、移植後1日ではほとんど差がなく、10日になると両者とも浮苗は生じなくなったが、5日では両者に大きな差がみられた。この結果を活着根の伸長程度と照らし合わせてみると、活着が進むことによって浮苗が発生しにくくなるのが推察される。

第2表 土壌の硬さ(さげふり貫入深(cm) Max. = 12.0)

	振動前			振動後		
	移植後 1日	移植後 5日	移植後 10日	移植後 1日	移植後 5日	移植後 10日
	6月移植(硬)	8.4	6.9	6.9	9.0	7.9
(軟)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
8月移植(硬)	8.8	7.9	7.9	-	-	-

第3表 苗の諸形質

	移植時の 草丈 (cm)	移植時の 葉令	移植後の活着根の長さ(cm)			移植後の積算平均気温(℃)		
			1日後	5日後	10日後	1日後	5日後	10日後
6月8日移植苗	13.6	4.4	0.0	3.2	9.7	16.0	82.3	176.4
8月2日移植苗	19.9	4.2	1.5	9.3	15.3	22.0	122.8	255.3



第2図 移植後日数と活着根の根長及び浮苗発生の関係

(灌水深 4 cm
植付深度 2 cm)

注) 矢印は浮苗発生に要する時間

(2) 灌水深

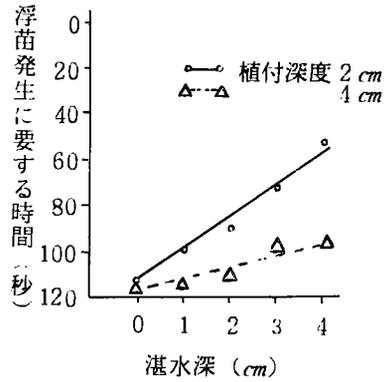
灌水深と浮苗発生に要する時間の関係を第1図と同様な方法で示したのが第3図である。灌水深が深くなるにつれ浮苗発生に要する時間は短くなった。灌水深 0 cmでは苗がほとんど倒れないのに対し、4 cmでは植付深度 2 cmにおいて50秒ほどで浮苗が生じた。これは灌水深が深いほど波の影響が大きいためであると考えられる。

(3) 植付深度

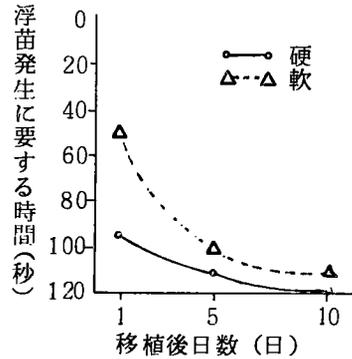
第1図及び第3図からわかるように、移植後日数、灌水深が異なる各区において植付深度 4 cmに対して 2 cmでは浮苗発生に要する時間は短かった。移植後日数が高い場合及び灌水深が浅い場合にはその差が小さいのに対し、移植後間もない場合及び灌水深が深い場合にはその差が大きくなった。

(4) 土壌の硬さ

6月に供試した代かきの違いによる硬い土壌と軟かい土壌の硬さは第2表に示したとおり、硬い土壌では移植後日数が経つにつれさげふり貫入深の値はやや小さくなったが、軟かい土壌では12cm(最大値)のまま一定であった。第4図は土壌の硬さの違いと浮苗発生に要する時間の関係を示したものであるが、軟かい土壌で浮苗発生に要する時間が短かった。移植後5日及び10日では大きな差はみられなかったが、移植後1日では軟かい土壌で120秒の振動に耐える区はなく、硬い土壌の区と大きな差が生じた。



第3図 灌水深と浮苗発生に要する時間の関係



第4図 土壌の硬さと浮苗発生に要する時間の関係

4 むすび

地震による浮苗発生の要因を検討するため、振とう機を用いて人工的に容器に振動を与えるというモデル実験を行った。

その結果、移植後日数が経過するほど、湛水深は浅いほど、植付深度は深いほど浮苗発生に要する時間は長かった。移植後日数が経つにつれ浮苗が発生しにくくなるのは、活着根が伸長し根張りが強くなるためと考えられた。

さて、青森及び秋田における地震発生前5日間の平均気温は、それぞれ12.4℃、12.6℃という低温で経過しており、当日も異常低温注意報が発令中であった。この低温で移植後間もない水田では活着が進まず、さらに低温から苗を保護するための深水管理が浮苗発生を助長したのではないかと推察される。

寒冷地における多収性外国稲の気象反応

春原嘉弘・今内祥雅*・関 寛三・鈴木 守

(東北農業試験場*農林水産省経済局)

1 はじめに

現在の水稻の収量性を大幅に向上させるためには、東北地方における既往の品種より一段と多収形質を備えた外国稲の利用が考えられている。半矮性インド稲は、受光態勢が良く、極短強稈で穎花数が確保しやすいなどの点が注目されており、その特性を生かす気象条件下にある暖地では好成績を得ている事例がある。また、イタリアの Arborio 系統は千粒重が大きいことが注目されている。

寒冷地においては、まだこれら多収有望外国稲の気象反応特性からみた適応性について検討された報告は少なく、著者らは、別枠研究「超多収作物の開発と栽培技術の確立」において1980～1982年にわたり寒冷地で栽培可能と思われる外国稲について作期を違えて栽培し、東北における適応性及びこれら品種の気象反応を検討してきた。このうち、半矮性インド稲の密陽23号及び大粒種 Arborio 系統についてその結果の概要を報告する。

2 試験方法

各年次の供試品種及び移植期は第1表のとおりである。栽植密度は $30 \times 15 \text{ cm}$ ($22.2 \text{ 株}/\text{m}^2$) で、中苗を1株3～4本移植した。施肥量は基肥として三要素成分で各 $0.7 \text{ kg}/\text{a}$ 、堆肥 $10 \text{ kg}/\text{a}$ とし、追肥は生育状況からその時期を判断し幼穂形成期から減数分裂期にかけて窒素を成分で $0.2 \text{ kg}/\text{a}$ 施用した。試験は各年次とも2反復で行った。

第1表 供試品種および移植期

年次	供試品種	移植期
1980	密陽23号 アキヒカリ	I : 5月20日 II : 6月3日
1981	密陽23号 Arborio J-1 アキヒカリ	I : 5月22日 III : 6月11日 II : 6月1日
1982	Arborio J-10 アキヒカリ	I : 5月21日 III : 6月10日 II : 5月31日

3 結果及び考察

(1) 各年次の気象と本田の生育

1980年：5月下旬から6月にかけての高温により生育は全般に旺盛に経過した。7月から8月にかけてはやや低温で経過し、密陽23号に障害不稔の発生がみられた。9月に入ると気温は平年並に推移した。この結果、出穂期は平年並となり、登熟も順調に進んだ。

1981年：7月を除くと出穂まで全般に低温で経過し、初期生育は遅れ穂数も少なかった。出穂は

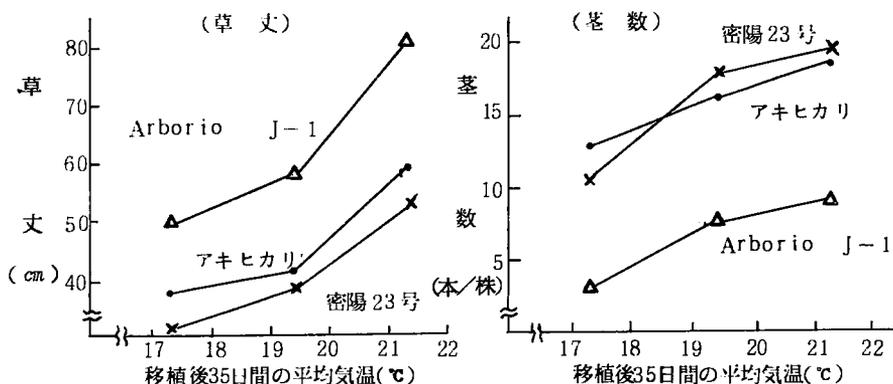
平年より5日ほど遅れ、その後も低温で経過したため登熟も全般に劣った。

1982年：6月下旬及び7月下旬の低温により出穂は平年に比べ7日ほど遅れた。しかし、登熟期間中は高温で経過し、出穂の遅れによる登熟歩合の低下はみられなかった。

(2) 初期生育

1981年の各作期の生育初期は、日照時数の差は小さく平均気温に差が生じた。そこで、1981年の移植後35日間の平均気温と草丈、茎数の関係を第1図に示した。草丈は密陽23号、Arborio J-1、アキヒカリとともに平均気温が高くなるとともに同様な傾向で伸長した。一方、茎数についてアキヒカリと密陽23号を比較してみると、作期Ⅰではアキヒカリが多いが、Ⅱ及びⅢでは密陽23号が多く、生育初期においては密陽23号は高温条件下では生育が旺盛となるが、低温条件下では日本稲に比べ生育が劣るものと考えられる。

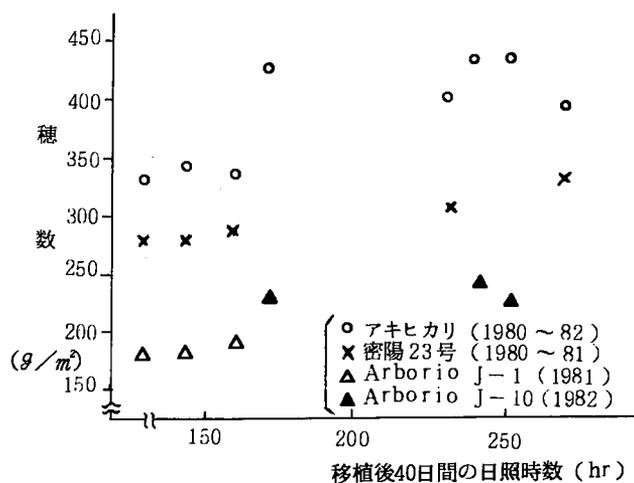
また、移植後40日間の日照時数と穂数の関係を第2図に示した。密陽23号、Arborio系統ともに正の相関がみられるが、密陽23号で282～335本、Arborio J-1で182～193本、Arborio J-10で228～245本とアキヒカリと比較してかなり少なかった。



第1図 移植後35日間の平均気温と草丈、茎数の関係 (1981)

(3) 出穂期

出穂期、移植から出穂までの積算気温、出穂後40日間の積算気温について第2表に示した。密陽23号の大曲における出穂は、平年で8月の第4半旬、低温年で第5半旬以降になると考えられ、よほど出穂後高温で経過する年でない限り出穂後40日間の積算気温860℃(平均気温で21.5℃)を確保するのは困難である。一方、Arborio系統は東北におけるトヨニシキ並の中晩生に相当し、出穂期に問題はない。3ヶ年のデータより移植から



第2図 移植後40日間の日照時数と穂数の関係

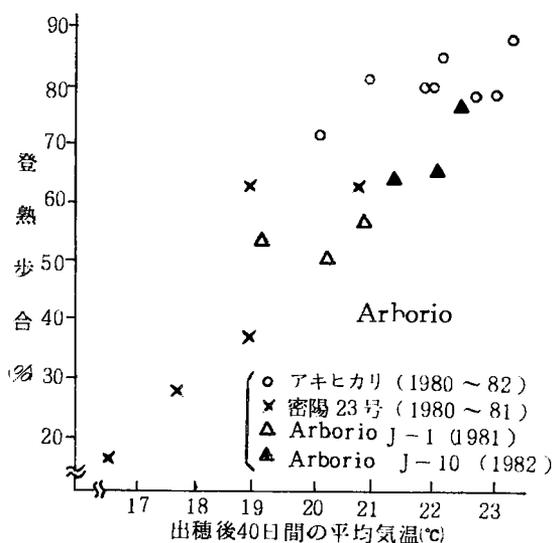
第2表 出穂期, 移植から出穂までの積算気温および出穂後40日間の積算気温

品 種 名	作期 (移植期)			出穂期 (月・日)			移植から出穂ま での積算気温(℃)			出穂後40日間の 積算気温(℃)			
	年 次			年 次			1980	1981	1982	1980	1981	1982	
	1980	1981	1982	1980	1981	1982							
アキヒカリ	I	5/20	5/22	5/21	8・2	8・6	8・9	1539	1600	1643	922	862	913
	II	6/3	6/1	5/31	8・11	8・11	8・12	1464	1578	1558	877	828	899
	III	-	6/11	6/10	-	8・17	8・17	-	1544	1508	-	799	867
密陽23号	I	5/20	5/22	-	8・17	8・23	-	1885	2004	-	824	751	-
	II	6/3	6/1	-	8・29	8・29	-	1877	2004	-	750	704	-
	III	-	6/11	-	-	9・3	-	-	1934	-	-	659	-
Arborio	I	-	5/22	(5/21)	-	8・11	(8・13)	-	1718	(1741)	-	828	(892)
	J-1	-	6/1	(5/31)	-	8・16	(8・15)	-	1697	(1634)	-	803	(876)
	(J-10)	-	6/11	(6/10)	-	8・22	(8・19)	-	1662	(1561)	-	760	(849)

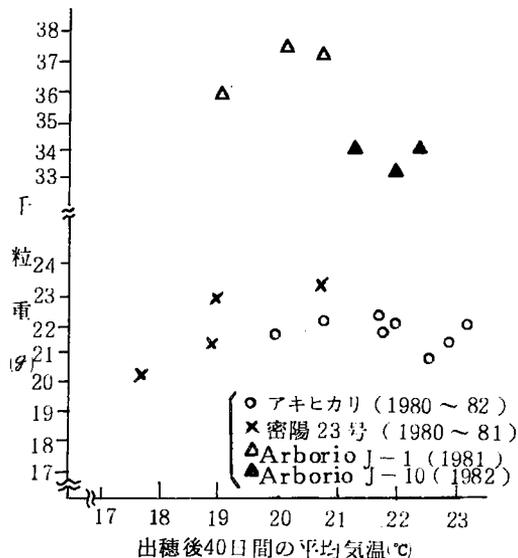
出穂までの積算気温を比較してみると、アキヒカリは高温条件下では1450~1550℃、低温条件下では1550~1600℃であるのに対し、密陽23号ではそれぞれ1850~1950℃、1950~2000℃、Arborio系統ではそれぞれ1550~1650℃、1650~1750℃になるのではないかと推察される。

(4) 登熟歩合、千粒度

3ヶ年の登熟歩合と出穂後40日間の平均気温の関係を第3図に示した。アキヒカリは1981年の作期Ⅲを除くといずれも出穂後40日間の平均気温が20℃を上廻っており、登熟歩合も79~89%と安定していた。密陽23号は1980年の作期Ⅰで出穂後40日間の平均気温が20.6℃となったが、それでも登熟歩合は63%と1981年のアキヒカリ作期Ⅱ(出穂後40日間の平均気温20.7℃、登熟歩合82%)、作期Ⅲ(同20.0℃、72%)と比べても著しく低く、日本稲に比べ低温条件下での登熟能力が低いことが認められる。1981年には出穂の遅延にともない登熟歩合はさらに低下し、37~15



第3図 出穂後40日間の平均気温と登熟歩合の関係



第4図 出穂後40日間の平均気温と千粒重の関係

％となった。Arborio系統については、1981年のArborio J-1はいずれの作期も50％台であり、1982年のArborio J-10では高温のため78～65％とやや高くなったが、それでもアキヒカリに比べると低かった。Arborio系統も低温条件下での登熟能力は密陽23号と同様に日本稲に比べると低いものと考えられる。

3ヶ年の玄米千粒重と出穂後40日間の平均気温の関係を第4図に示した。1981年のArborio J-1と1982年のArborio J-10では穎花の大きさに差があったものと考えられるが、Arborio系統、密陽23号ともに平均気温が20℃を下廻ると登熟歩合の低下と同様に千粒重も低下した。

(5) 粗玄米重

3ヶ年の粗玄米重と出穂後40日間の平均気温を第5図に示した。Arborio J-1及びArborio J-10は出穂後40日間の平均気温の高低による収量変動は小さかったが、400～450 g/m²の低収であった。また、密陽23号では1980年の作期Iで出穂後40日間の平均気温が20.6℃、粗玄米重580 g/m²という値もあり、出穂後の気温が高く推移すると日本稲並の収量に達すると考えられるが、気温の低下による収量低下が著しく、出穂が遅れる東北では多収は望めない。

4 要 約

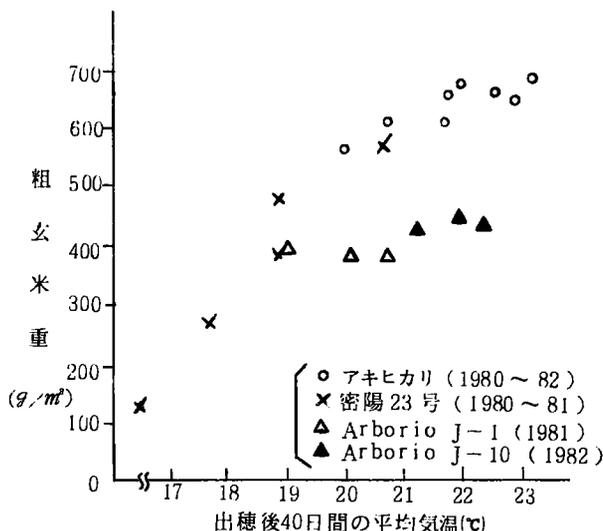
半矮性インド稲の密陽23号及び大粒種のArborio系統について作期を違えて栽培し、東北における適応性及びこれら品種の気象反応を検討した。

(1) 密陽23号の初期生育は低温条件下でアキヒカリに比べ劣った。

(2) 密陽23号は東北においては極晩性であることが登熟歩合を低下させる大きな要因ではあるが、出穂後40日間の平均気温が20℃程度での比較でも密陽23号はアキヒカリに比べ登熟歩合が低く、低温条件下での登熟能力は低いものと考えられる。

(3) Arborio系統は東北におけるトヨニシキ並の中晩性に相当するが、アキヒカリに比べ登熟歩合は低かった。粗玄米重は出穂後の平均気温の高低による変動は小さかったが、低収であった。

以上の結果、東北においてはこれら外国稲によって安定多収を図ることは困難であり、育種による日本稲への優良形質の導入が期待される。



第5図 出穂後40日間の平均気温と粗玄米重の関係

水稻機械植成苗の育苗温度と生育について

寺中吉造・金子歳幸・千葉俊秀

(宮城県農業短期大学)

1 まえがき

近年に頻発する東北地域の冷害に対する稲作の栽培的対応として、現行稚苗のような若齡苗よりも、さらに葉令の進んだ成苗をもちうる体系が有効である。この育苗法は手植成苗に準じて、比較的低温で育苗されているが、好的な温度管理は、人工気象内下の有底箱使用の場合、報告³⁾されている他、実用的な箱下利用の場合、育苗方式の多様である事もあり、まだ定量的な報告は少ないようである。著者らは、いわゆる低温育苗で苗素質を向上させる反面、苗代日数の過度の延長は、移植期の晩植化を招き、多収安定に関わる熟苗の利点を滅殺すると考えている。将来の効率的な育苗からも、低温性病害に対する不安定性を増すことから過度の低温育苗は問題である。他方、高温育苗は、苗代日数の短縮には有利であるが、徒長による苗素質の劣化が懸念される。したがって、低温、高温という定性的な論議でなく、適温管理を育苗時期別に明らかにすることが基本と考える。

本試験は、上記の見地から、箱下利用のポット苗方式の成苗につき、好適育苗温度管理の概要を把握しようとしたものである。

2 実験材料および方法

品種はササニシキをもちいた。育苗方式はみのる方式で、播種後1孔3本立て、箱下施肥は μ 当り $N-P_2O_5-K_2O$ として20-40-20 μ 施用し、床土は覆土とも人工培土(三井合成培土)を使用した。育苗温度は、平張り有孔ポリで出芽揃後、高温、中温、低温の3水準を設定した。高温、中温区はガラス室にて、低温区は網室にて育苗した。期間中の日射量は戸外の約80%に推移した。温度の調節は、高温、中温区では、各々日中に30 $^{\circ}C$ 、25 $^{\circ}C$ 以上にならないよう天窓開閉による自然換気をおこない、夜間は、5 $^{\circ}C$ 以下にならないようジェットヒーターによる加温をおこない、さらに換気扇による4ステップの日変化を与える強制換気も併用した。育苗時期は、前期(出芽揃~1葉期)、中期(1~2葉期)および後期(2葉~4葉期)の3時期にわけ、各時期に高温、中温および低温区を設定したので、時期別温度処理の完全な組合せは計27区となる。温度は草冠直上の気温をサーミスター自記温度計で記録し、1日24回観測の日平均気温の育苗時期別処理期間中の平均は、第1表のようであった。播種期は1983年4月2日で5月24日に移植した。

本田は前記27区を1区制で、 μ 当り22.2株、1株3本植で学内水田に移植した。施肥は基肥のみで、 $N-P_2O_5-K_2O$ として5-10-5 $kg/10a$ であり穂肥は施さなかった。調査は、苗および本田の生育、収量と育苗温度につきおこなった。なお、葉齡は不完全葉を除いて数えた。

第1表 育苗時期別処理温度(平均気温, $^{\circ}C$)

区別	生育段階	温度		
		初期	中期	後期
高	温	18.6	20.6	22.1
中	温	17.8	19.0	19.9
低	温	12.4	15.8	17.1
外	気	11.7	15.3	17.0

3 実験結果および考察

育苗時期別の温度の高低の苗生育、本田生育への影響を概観するため、全27区を、温度の前歴、後歴を無視して、各育苗時期別に高、中、低温であった6区を平均して、その時期の高、中、低温区として以降述べることにする。

1) 苗の生育

第2表にしめした。苗の草丈は育苗初、中期（以降単に初、中期とする）には、中温が最大であるが、後期には高温が最大であった。苗の葉齢と茎数は明らかに初期では低温が、中、後期に至るほど高温が大きくなった。しかし、苗の地上部乾物重（以降単に乾物重とする）、乾物重/草丈では中温が良く少なくとも高温は良くないこと、中期では温度による傾向は明らかでなかった。

2) 移植後20日の生育

第3表にしめした。後期に高温であった苗は、むしろ生育が鈍化し、低温であった苗で生育の増大が著しく、後期の高温は初期生育には必ずしも有利でないようであった。以上は、本年の初期生育が低温気象により抑制されたことに関わるようで、本田初期が低温の場合、低温育苗された苗が、活着、初期生育に有利なることをしめすものと考えられる。

3) 移植後48日の生育

第4表にしめした。茎数については、移植後28日の傾向と同様に、初期低温で後期高温の苗が良かったが、草丈、葉齢については、これ迄の傾向と変り、初期高温の苗が良くなった。

4) 移植後67日の生育

第5表にしめした。この時期の特徴は、葉齢を除き、育苗各期で高温であった苗の本田生育が良い傾向が良くなることであり、とくに初期の高温が、本田生育に好影響を与えた。

5) 最高茎数と成熟期生育

第6表にしめした。移植後48日からみられ初めた、育苗各期が高温であった苗の本田生育が良い

第2表 移植時苗の生育

形 質	生育段階		初 期	中 期	後 期
	区 別				
草 丈 (cm)	高	温	11.7	9.4	14.6
	中	温	14.3	15.8	12.9
	低	温	13.6	14.8	12.5
葉 齢	高	温	4.0	3.9	4.2
	中	温	4.1	4.2	4.0
	低	温	4.3	3.9	4.1
茎 数	高	温	1.1	1.1	1.3
	中	温	1.2	1.4	1.2
	低	温	1.4	1.2	1.1
地 上 部 乾 物 重 (mg)	高	温	37.8	33.9	50.7
	中	温	48.8	46.4	38.0
	低	温	41.9	48.1	39.8
地上部 乾物重 草丈 (mg/cm)	高	温	3.22	3.59	3.54
	中	温	3.44	2.90	2.97
	低	温	3.03	3.21	3.19

第3表 移植後20日の生育

形 質	生育段階		初 期	中 期	後 期
	区 別				
草 丈 (cm)	高	温	33.3	33.0	32.5
	中	温	33.3	32.7	33.2
	低	温	32.3	33.2	33.1
葉 齢	高	温	7.1	7.3	7.2
	中	温	7.4	7.3	7.3
	低	温	7.4	7.3	7.3
茎 数	高	温	11.9	13.8	14.1
	中	温	13.2	14.3	14.4
	低	温	17.3	14.9	14.5

傾向がより明らかとなった。この傾向は収量に至る迄変らなかつた。なお、止葉葉数は12葉、出穂期は8月12日でありいずれも区間差は小さかつた。

一方、第1図に最高莖数と有効莖歩合との関係をしめした。図によると、中、後期で温度の違いの差はみられないが、初期においてのみ、高温であつた苗が中、低温にあつた苗に比べ最高莖数の割合には有効莖歩合が高い状態で、穂数が最も多かつたことがわかる。初期高温の苗は本田中期～成熟期に至る迄、良好な生育をしめした。

苗の素質の指標として、苗の乾物重／草丈をもちいて、穂数との関係を見ると第2図のように、初期高温であつた苗は、中、低温であつた苗に比べ、同じ苗の乾物重／草丈の割合には穂数の多い系列をしめしている。

本実験の育苗温度の設定は、第1表にみられるように、高温区で期間中の平均気温が20℃近辺であつたことより、全体に低すぎたため、高温区の結果が良かったのは、適温に近かつたと考えられる。機械植成苗の育苗法として、ゆっくり低温で育苗するといつても、20℃以下の場合には、活着～初期生育迄の比較的早期の本田生育を除けば必ずしも得策でない。機械植成苗の苗代日数を慣行手植成苗なみかさらに短いことが望ましいこと。低温（17℃以下）で低温性病害に不安定であることなどの見地からも、育苗適温は少なくとも20℃以上と推定され、とくに初期には必要と考える。

散播成苗（4.5葉苗）については、有底箱方式であるが、育苗前期（出芽揃～2葉）、後期にわけ、さらに昼、夜温を別にした広汎な育苗温度の組合せ112区を人工気象室で育苗した結果は、光

第4表 移植後48日の生育

形質	生育段階		初期	中期	後期
	區別				
草丈 (cm)	高	温	44.4	42.9	41.7
	中	温	40.8	40.8	42.1
	低	温	40.2	41.7	41.4
葉齡	高	温	8.6	8.5	8.3
	中	温	8.4	8.5	8.6
	低	温	8.4	8.3	8.5
莖数	高	温	19.8	19.7	19.5
	中	温	17.0	18.5	18.8
	低	温	20.7	19.1	18.9

第5表 移植後67日の生育

形質	生育段階		初期	中期	後期
	區別				
草丈 (cm)	高	温	64.4	63.2	61.7
	中	温	59.5	60.7	61.2
	低	温	60.1	60.1	61.1
葉齡	高	温	10.5	10.5	10.4
	中	温	10.5	10.6	10.5
	低	温	10.5	10.5	10.5
莖数	高	温	20.5	20.0	19.1
	中	温	16.6	17.8	18.3
	低	温	18.2	17.6	18.0

第6表 成熟期の成育

形質	生育段階		初期	中期	後期
	區別				
最高莖数	高	温	21.3	21.0	20.5
	中	温	17.2	18.9	19.2
	低	温	20.8	19.3	19.6
稈長 (cm)	高	温	71.8	70.5	68.8
	中	温	67.5	68.0	68.4
	低	温	65.4	67.1	67.4
穂数	高	温	16.0	15.6	15.1
	中	温	13.5	15.6	14.3
	低	温	14.2	13.9	14.4

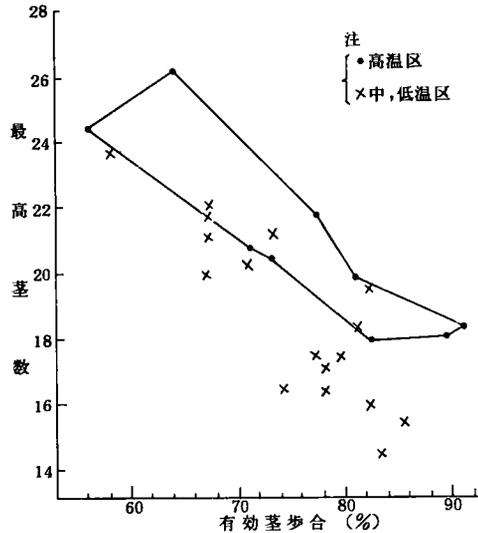
量にかかわらず、日平均気温20℃であれば40日でえられ、日較差の付与は苗素質を向上させ、また育苗前期は15~30℃と幅が広く、後期は19~20℃なることをしめした(寺中, 1982³⁾)しかし、この場合前期の低温は、少照下で苗の葉齢の変動が大きいことから、CV20%以下にはおよそ17℃以上を要するため前期は30~17℃、すなわち23±6.5℃とみてよい。育苗の現場でビニールハウス、トンネルや二重被覆資材を使用した場合、佐々木ら(1981¹⁾)は出芽揃以降22℃以下、6℃以上とし、育苗形質の指標化もおこない、須藤ら(1982²⁾)は25℃以下、5℃以上とし、いずれも45~50日で4.5葉の成苗が得られると報じている。本報告では20℃以上を設定してないが、ポット苗の適温も20℃を大きくは上まわらないと思う。

4 まとめ

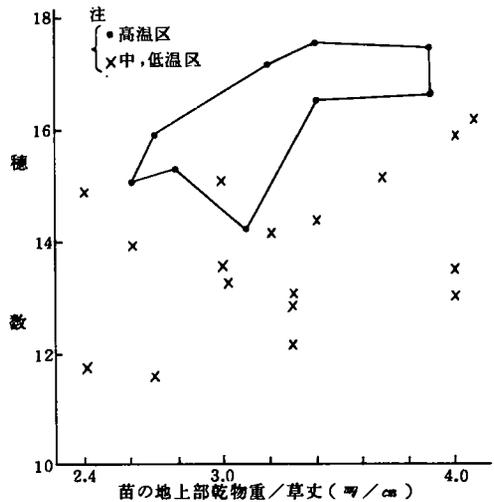
- (1) 機械植ポット成苗をもちい、育苗初、中、後期の育苗温度の違いと苗、本田生育への影響を調べた。
- (2) 移植20日後の生育および収量は、育苗各期の日平均気温で、高温(19~22℃)が低温(12~17℃)よりもまされた。
- (3) 育苗初期(出芽揃~1葉期)の高温は、低温に比べ、苗の地上部乾物重/草丈の割合に穂数多く、また最高茎数の割合に有効茎歩合が高かった。
- (4) 機械植成苗の育苗気温は、日平均20℃位迄は高いことが必要で、とくに初期で影響が大きい。

引用文献

- 1) 佐々木信夫ら(1981) 東北農業研究, 29, 61 - 62 2) 須藤孝久ら(1982) 東北農業研究 31, 25 - 26 3) 寺中吉造(1982) 農林水産省研究成果シリーズ 145, 101 -



第1図 最高茎数と有効茎歩合(育苗初期温度)



第2図 苗の地上部乾物重/草丈と穂数(育苗初期温度)

宮城県におけるかんがい用水温の特徴と水稻水管理法改善に関する研究

第1報 稲作期間中の用水温と気温の経過

日野 義一

(宮城県農業センター)

1 はじめに

宮城県の水稲は、最近異常気象が頻発し、昭和55年から4年連続して冷害を受けている。今後も一層その傾向が強いと判断されるので、本報では冷害の受けやすい、奥羽山間高冷地および北部海岸地帯の不良環境地域における稲作期間中のかんがい用水温の特徴を解明し、合理的な水管理の技術対策を確立するため、調査を進めて来たので、その結果の概要を報告する。なお本調査にあたって、御協力いただいた宮城県中新田および本吉農業改良普及所、宮崎農協の方々には、深く感謝の意を表します。

2 調査の方法

時期：昭和57年5月～9月

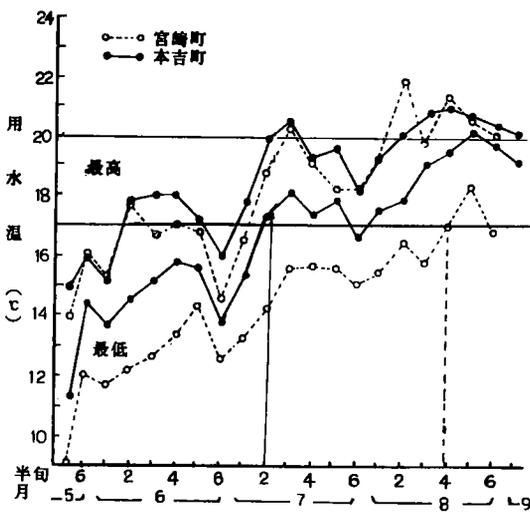
場所：宮城県加美郡宮崎町三ヶ内（県北部奥羽山間高冷地）

宮城県本吉郡本吉町小泉（県北部海岸沿い）

測定項目：用水温、気温は、移動式総合微細気象観測装置を水田用水路に隣接するところに設置し、稲作期間中を測定した。

3 調査結果と考察

1) 用水温の経過：稲作期間中におけるかんがい用水温の経過を、宮崎町（県北部奥羽山間高冷地）と本吉町（県北部海岸沿い）を半月別の値で比較した結果は、第1図に示したとおりである。これによると、宮崎町の場合と本吉町でかなり異なった用水温の経過である。すなわち、最高温度

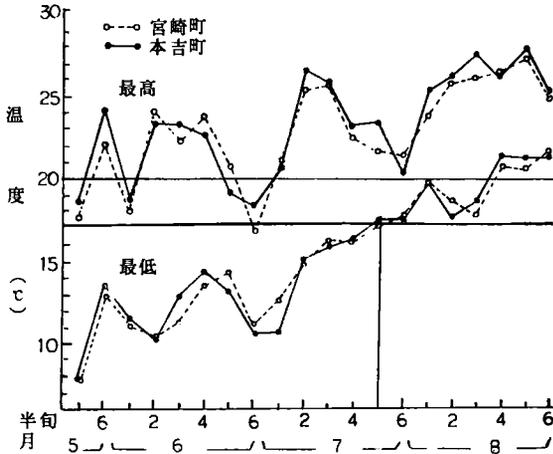


第1図 稲作期間中におけるかんがい用水温の変化の比較 (昭57)

でみると、全期間宮崎町は約14～22℃、本吉町が約15～21℃の範囲で、全体的にはあまり大きな差はなかった。しかし、最低温度でみると、かなり宮崎町と本吉町の用水温にちがいがあり、宮崎町が約9～18℃の範囲に対して本吉町は約11～20℃までとなつて、奥羽山間の宮崎町の用水は、北部海岸の本吉町より約2～3℃低く経過していることが認められる。なお用水温の時期的な特徴を最低温度でみると、宮崎町の5月5半月が10℃以下であるが、その他は、それ以上の用水温となっている。しかし、8月4半月までがかなり低水温で、穂ばらみ期の低温障害危険温度である17℃以下を示し、丁度穂ばらみ

期にあたる7月末から8月初めは、15℃内外の極めて低い水温でこの時期の掛流しは稲にとって好ましくない。なお本吉町の水温は、ほぼ7月2半旬までが17℃以下で、その後はかなり高水温を示している。したがってこの地帯では昭和57年の場合では問題ないことになる。

2) 気温の経過：前述の水温観測地における気温の経過をみたのが、第2図である。これによると、宮崎町と本吉町で多少温度に相違があり、最高気温は宮崎町が全期間中約16~26℃



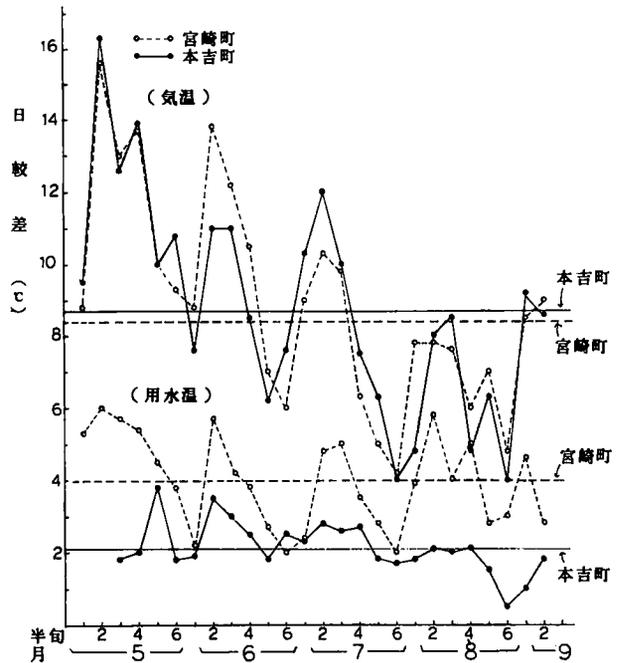
第2図 各地における稲作期間中の気温の経過 (昭57)

に対して、本吉町は約17~28℃となつて、半旬別の値では約1~2℃奥羽山間高冷地の宮崎の方が低い結果を示していた。一方最低気温で見ると、宮崎町、本吉町いずれも全期間約8~21℃の範囲で、その間に宮崎町が本吉町より高くなったり、低くなったりしているが、それほど大きな差がなく、1℃内外である。なお穂ばらみ期における低温障害危険温度を示す17℃以下の時期をみると、気温では、両方とも7月5半旬までとなつて、その後穂ばらみ期となつても、昭和57年の場合は問題とならない。いずれにしても気温の場合用水

温のような温度のちがいがあまりない。

つぎに水温と気温の経過を日較差の面からみたのが第3図である。これによると、水温の奥羽山間宮崎町の場合、全期間約2~6℃の範囲内となつて、全平均の値では約4℃となつていた。ところが北部海岸沿い本吉町の水温は、約0.5~4℃で日中と夜間の温度変化が宮崎町より小さく、全期間の平均では、約2℃と極めて水温の変化が小さいことも特徴としてあげられる。

ところが気温の場合をみると、宮崎町、本吉町いずれも水温とかなり異なつた、日較差の経過を示していることがわかる。すなわち、時期的変動が非常に大きく全期間中の値では、宮崎町が約4~15.8℃の日較差を示している。一方本吉町でも約4~16.5℃となつて、いずれも5月2

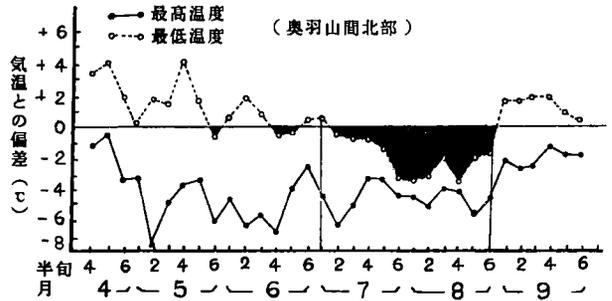


第3図 稲作期間中における気温、水温の日較差の経過 (昭57)

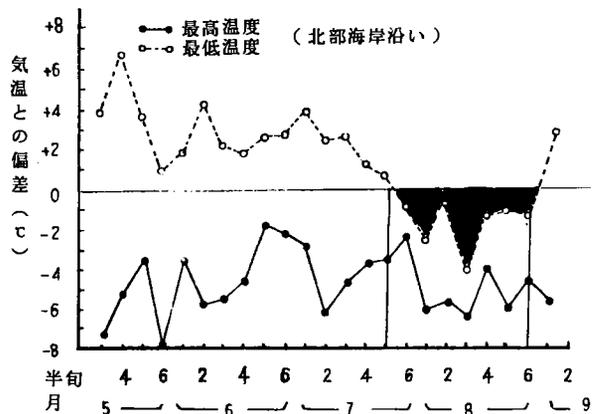
半旬がもっとも大きく7月6半旬が小さい結果を示した。しかし全期間の平均値で見ると、宮崎町が約8.4℃、本吉町約8.7℃で、あまり両者に差がない。なおこれら気温を用水温の日較差と比べれば、気温の方が宮崎町で約4℃、本吉町では約7℃それぞれ大きいことがわかる。

3) 気温と用水温との関係：稲作期間中のかんがい用水温について、気温との偏差からその経過の特徴をみると、第4、5図にあげたようになる。まず奥羽山間宮崎町の場合をみると、最高温度は、全期間用水温の方が気温より低く、特に4月から6月半ばまでの本田前期が約1～8℃でも低く経過している。ところが、その後6月末から8月末までは、約4～6℃低く、更に9月に入ると約2℃内外気温より用水温が低い値となっていた。ところが最低温度では、4月から6月の本田前期は、気温より用水温の方が約2～4℃も高い値で経過している。しかし7月から8月の盛夏期では、気温の方が用水温より高く、特に8月では4℃も用水温が低くなっている。したがって、この時期は日中、夜間とも気温の方が用水温より高いことがわかる。ところが9月に入ると再び用水温の方が本田前期と同様気温より高温を示す。

つぎに北部沿岸沿い本吉町の場合をみると、これもほぼ奥羽山間宮崎町と同様な経過を示している。すなわち最高温度は全期間気温より用水温が約2～8℃低く、最低温度は逆に5月から7月半ばまでが用水温が気温より約1～7℃高く、その後急に7月末から8月末までが用水温の方が低くなって、盛夏期は、日中、夜間とも用水温の方が低く、9月は再び高いので、奥羽山間宮崎町の場合とほぼ同様な特徴を示している。以上稲作期間中の用水温の経過から、日中の掛流しは冷水かんがいになるので不利と思われる、本田前期の夜間、早期かんがうは有利と判断され、7～8月の盛夏期は、日中、夜間とも気温より低いことから節水かんがいや水温上昇による水管理を実施することが極めて大切な事である。なお調査年次での稲作期間中のかんがい用水温と気温の極大、極小値をみると、第1表に示したとおりである。これによると最高温度の用水温、宮崎町の極大値は、25℃、極小値11.3℃に対し、本吉町では、24℃と12℃で宮崎町が約1℃それぞれ低い値を示している。なおこの場合の気温で宮崎町の極大値29.3、極小値11.8℃となっているのに対し、本吉町32.0と



第4図 稲作期間中におけるかんがい用水温の気温との偏差による経過 (昭57) 宮崎町三ヶ内



第5図 稲作期間中におけるかんがい用水温と気温との偏差による経過 (昭57) 本吉町小泉

第1表 稲作期間中におけるかんがい水温および気温の極大、極小値の比較

地名	最高温度 (°C)						最低温度 (°C)						観測 年次
	用水温			気温			用水温			気温			
	極大	極小	差	極大	極小	差	極大	極小	差	極大	極小	差	
宮崎北部山間	25.0	11.3	13.7	29.3	11.8	17.5	20.5	8.9	11.6	22.5	3.2	19.3	昭.57
本吉北部海岸	24.0	12.0	12.0	32.0	12.3	19.7	20.6	10.0	10.6	22.6	3.8	18.8	昭.57

注) 5月10日～9月20日まで

12.3°Cで、極大値で約3°C本吉町が高いが、極小ではほとんど差がなかった。一方最低温度の極大、極小についてみると、用水温、宮崎町では20.5°Cと8.9°Cに対し本吉町20.6と10.0°Cを示し、用水の最低温度では、宮崎町と本吉町の差があまりみられない。つぎに最低気温でみると、これは、宮崎町22.5と3.2°C、本吉町22.6と3.8°Cとなって大きな相違がない。そこで用水温と気温の極小値についてみると、宮崎町の用水温8.9°Cに対し気温は3.2°Cであるから用水温は気温より5.7°Cも高い。本吉町でも用水10°Cに対して、気温3.8°Cで6.2°C用水が高温となっていることは、前述の気温と水温の経過からも言えるように、かなり夜間の水温は高い場合があるので、冷水かんがい地帯での水管理上注目すべきことである。

4 むすび

宮城県における冷水かんがい地帯の水温と気温の特徴を稲作期間中調査した。その結果は次のとおりである。県北部奥羽山間宮崎町と北部沿岸沿い本吉町の水温と気温の経過では、最高温度は、全期間気温より水温が低い。最低温度の本田前期(4～6月)は水温の方が気温より高い。しかし、7～8月の盛夏期は水温が気温より低い。9月に入ると再び水温が気温より高く経過している。これらの特徴から考えられる水管理として、本田前期は、早朝、夜間かんがい、盛夏期は、節水かんがいや水温上昇による水管理が重要と思われる。

穂ばらみ期に低温障害危険温度を示す17°C以下を半旬別の経過からみると、奥羽山間宮崎町の水温は、8月4半旬までが17°C以下で、特に穂ばらみ期にあたる7月末から8月初めは15°C内外の低水温であるから掛流しかんがいは不利である。北部海岸沿い本吉町は、7月2半旬までが17°C以下で、その後は比較的水温が上昇しているので、問題とならない。気温では宮崎町、本吉町いずれも7月5半旬までとなっているから、昭和57年の場合気温ではかなり高かった。

水温の日較差は、気温に比べて小さく、宮崎町では全期間の平均で水温が約4°C、気温8.4°Cであり、本吉町は水温約2°Cに対し気温が約8.7°Cでかなり相違のあることが認められた。

期間中の水温極大、極小値について気温と比べてみると極大値は小さく、反対に極小値は気温より水温がかなり高く、宮崎町は気温より5.7°C、本吉町で6.2°C高温を示しているので、夜間の用水は、気温より高い場合があるので、冷水地帯での合理的な水管理として注目に値する。

なお水温の特徴を生かした水管理については、更に検討して行きたい。

宮城県におけるかんがい用水温の特徴と水管理法改善に関する研究

第2報 初期の気温と用水温の関係

日野 義一

(宮城県農業センター)

1 はじめに

本田初期における効果的な水管理対策として、かんがい用水温の特徴を明らかにしておくことが極めて重要と思われ、ここでは、主な県内各地のかんがい用水温と気温について調査を進めてきたので、その結果の概要について報告する。なお調査にあたって御協力をいただいた宮城県中新田、本吉、仙台の各農業改良普及所および関係市町、農協の方々に深く感謝の意を表します。

2 調査の方法

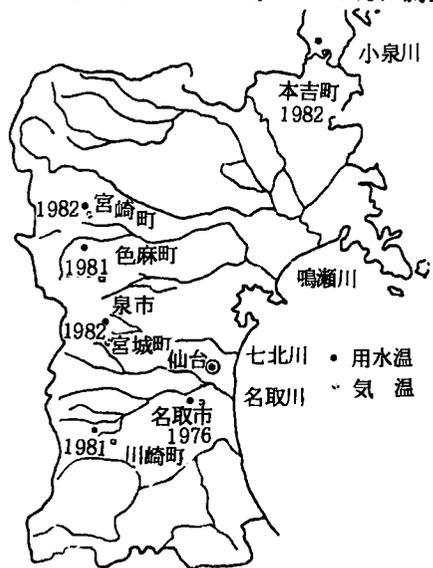
調査場所および年次：名取市高館（昭51年）、加美郡色麻町鷹の巣、柴田郡川崎町腹帯（昭56年）、加美郡宮崎町三ヶ内、泉市根白石朴沢、本吉郡本吉町小泉（昭57年）について、4～6月に調査した。なお調査地点の概要は、第1図に示したとおりである。すなわち、北部海岸沿いは小泉川水系、奥羽山間高冷地北部の鳴瀬川水系、奥羽山間中央部は七北川水系、奥羽山間南部および県中央平野部における名取川水系についての用水温を調査した。

測定項目：用水温、気温は、移動式総合微細気象観測装置および電子管式自記記録温度計を各地に設置して、連続観測を行った。

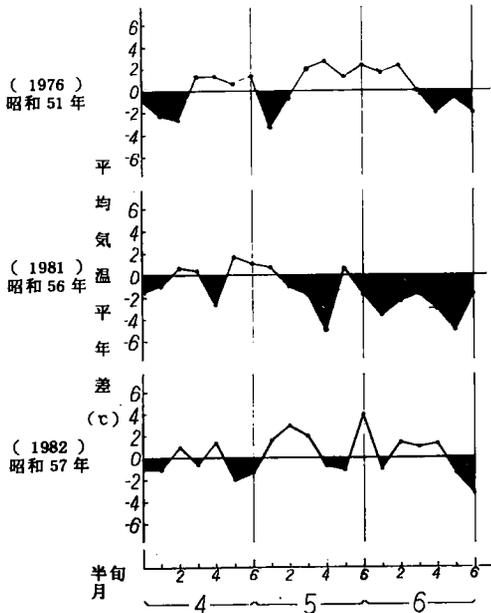
3 調査結果と考察

1) 調査年次における気象の特徴

本田初期の気象経過を平均気温の平年偏差を仙台の値を用いて、その特徴をみると、第2図にあげたとおりである。これによると名取市の用水温調査における昭和51年では、4月初めには平年より低い日があったが、半ばから高温となり、5月に入って一時低温の日があったが、その後6月半ばまでは、かなり平年より高い日が多くなって、全体的には、本田初期としては、高温、多照年と言える。一方昭和56年の色麻町、川崎町の調査年次は、昭和51年と反対に、本田前期は、低温となり、特に5月半ばから6月は非常に低く、異常低温注意報の続出した年で、平年より4℃以上低い日がしばしばあらわれた年で、遅延型冷害の低温年であった。つぎに昭和57年の宮崎町、本吉町、泉市の調査時では、4月から6月まで、それほど低温の日もなく、やゝ平年より高温の日があって、全期間を通してみれば、平年より高目に経過した年と言える。以上各地の調査年次にお



第1図 宮城県内各地におけるかんがい用水温と気温の観測地点



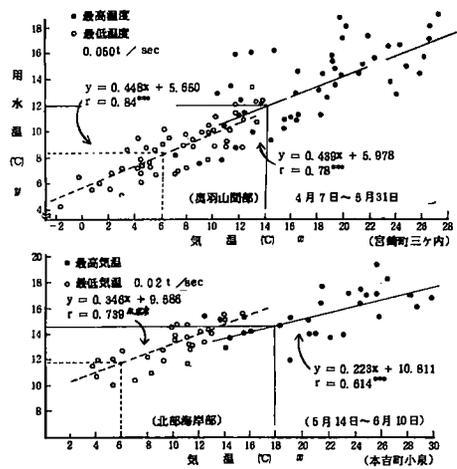
第2図 調査年次における本田初期気温の経過 (仙台)

気温より2℃高いことが特徴としてあげられる。したがって本田初期の用水温は、日中気温より低い、夜間は気温より高い。これは、第1報の気温と用水温の経過で述べておいた。つぎに北部沿岸沿い本吉町の場合を5月14日から5月10日までの日別から、その関係をみると、最高温度の場合、気温と用水温との相関は、 $r = 0.61$ と低い相関係数を示している。しかしお、よその用水温は、知ることが出来る。すなわち気温18℃の時用水温は14.5℃であるから日中は用水温は気温より3.5℃低いことになる。つぎに最低温度でみると、これは、 $r = 0.74$ の値を示し、気温6℃のとき用水温が12℃となって、気温に比べて用水温の方が6℃も高いことが認められ、両地域において、日中の用水温は気温より低い、夜間は高温であることがみられるので、これらの特徴を生かした水管理法はぜひ必要である。そこでこれら地域における、本田初期における晴天日の用水温と気温の日変化を比較してみると、第4、5図に示したとおりである。これによると奥羽山間高冷地宮崎町の場合、4月24日では、日中9時～17時ごろまでが用水温に比べて気温はかなり高く経過し、その他の時刻は気温より用水温の方が高いことが認められ、一日の半分は用水温は気温より高いことがわかる。一方北部海岸沿い本吉町の場合で5月15日についてみると、この日は早朝から好天に恵まれたこともあって、日中の約6～19時ごろまでは、気温の

ける気温的特徴での用水温を観測した結果から次に述べる。

2) 本田初期におけるかんがい用水温と気温との関係

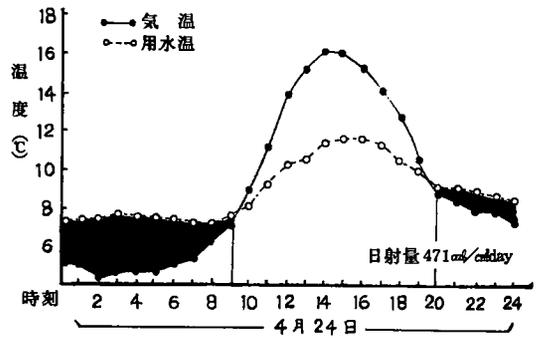
奥羽山間高冷地北部の宮崎町と北部海岸沿い本吉町の場合から、日別の用水温と気温との関係をみたのが、第3図である。これによると、奥羽山間高冷地宮崎町の4月7日から5月31日までの値で最高温度の用水温と気温との関係は、 $r = 0.78$ となつて、精度は高くないが、あらかじめ気温から用水温の推定は可能と思われる。すなわち最高気温14℃の場合用水温は12℃となつて、日中は気温より用水温は2℃低い値を示す。一方最低温度でみると、これは $r = 0.84$ で、最高温度より相関が高く、しかも気温6℃のときに用水温は、約8℃となつて、最高温度と反対に用水温の方が最低



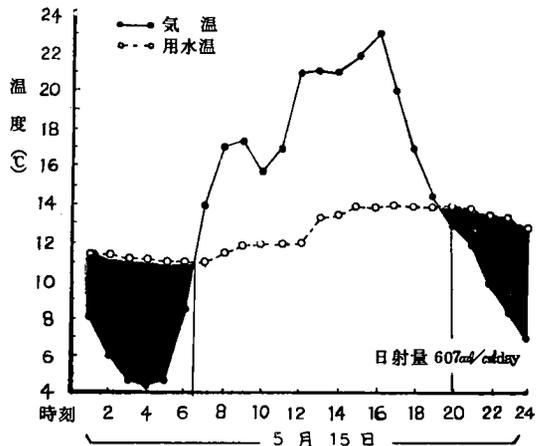
第3図 初期におけるかんがい用水温と気温との関係 (昭57)

方が用水温よりかなり高く経過し、その他の時刻は、反対に用水温の方が高くなって、これは奥羽山間高冷地宮崎町と、ほぼ同様な傾向を示していた。なお一日の温度変化は、宮崎町の場合、用水温約7~12℃、気温約4~17℃となって用水温の日変化は極めて小さかった。これは本吉町の場合も言えることで、用水温約11~14℃に対し気温は約4~24℃となって、用水温は日中、夜間の温度変化が小さいことがわかる。

以上二つの地域における本田初期の用水温と気温との関係について述べてきたが、更に県内各地で実施した用水温と気温との関係を、第1表にあげてみた。これによると、各地域によって用水温と気温との関係は異なっているが、山間冷水地帯は、前述の地域とほぼ類似している関係はみられる。なお調査年次に相違があるが、奥羽山間高冷地南部の川崎村の最高、最低気温で気温と用水温との関係では、 $r=0.73\sim0.79$ 、奥羽山間高冷地色麻町では、 $r=0.75\sim0.81$ を示し、奥羽山間高冷地中央部泉市で、 $r=0.68\sim0.71$ となり、また県中央の平野部名取市が、 $r=0.70\sim0.98$ の値を示し、いずれの地域においても、ほぼ気温から用水温は、精度は高くないけれどもあらかじめの値



第4図 かんがい用水温と気温の日変化
(昭57) 宮崎町三ヶ内



第5図 かんがい用水温と気温の日変化
(昭57) 本吉町小泉

第1表 各地の本田初期におけるかんがい用水温と気温との関係

場所(年次)	温度	関係式	相関係数	調査期間	流量
川崎町 (1981)	最高	$y = 0.869x + 2.154$	$r = 0.795$	5月25日~6月10日	0.02t/sec
	最低	$y = 0.435x + 6.556$	$r = 0.732$		
色麻町 (1981)	最高	$y = 0.414x + 5.220$	$r = 0.757$	4.27~5.31	0.04t/sec
	最低	$y = 0.439x + 5.024$	$r = 0.821$		
泉市 (1982)	最高	$y = 0.324x + 9.012$	$r = 0.675$	4.17~5.16	0.01t/sec
	最低	$y = 0.320x + 8.457$	$r = 0.710$		
宮崎町 (1982)	最高	$y = 0.439x + 5.978$	$r = 0.780$	4.7~5.31	0.05t/sec
	最低	$y = 0.448x + 5.650$	$r = 0.840$		
名取市 (1976)	最高	$y = 0.685x + 2.154$	$r = 0.795$	4.7~5.31	0.40t/sec
	最低	$y = 0.936x + 4.045$	$r = 0.763$		
本吉町 (1982)	最高	$y = 0.223x + 10.811$	$r = 0.614$	5.14~6.10	0.02t/sec
	最低	$y = 0.346x + 9.686$	$r = 0.739$		

y = かんがい用水温 x = 気温

を知ることが可能と思われる。なお、各地域における気温と用水温との関係式による回帰直線は第6図に示してみた。これによると最高温度の場合は、気温と用水温との関係で、県中央平野部名取市（昭51）を除いては、大巾な相違がなく類似した直線式を示していることが認められた。しかし、最低温度でみると、これは各地によって気温と用水温との関係が、それぞれかなり異なった値を示していることが、明らかに認められる。

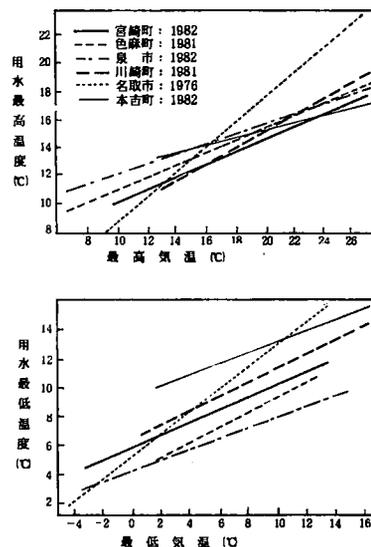
以上本田初期における気温と用水温について述べたが、これら用水温は、その日の流量の多少によっても大きくかわるので、今後更に検討を加えて行きたい。

4 むすび

宮城県における稲作期間中の主な地域のかんがい用水温の実態を調査した。ここでは本田初期の用水温と気温との関係についてみると、次のとおりである。

調査年次の気象概況を4～6月仙台の値でみると、昭和51年（名取川水系）名取市の調査では、高温、多照年であり、昭和56年（名取川水系）川崎町（鳴瀬川水系）色麻町の場合は低温、少照年であり、昭和57年（鳴瀬川水系）宮崎町（七北川水系）泉市（小泉川水系）本吉町では、平年並からやゝ高温で経過した年で、各調査年次で、かなり異なった気象を示した。

本田初期のかんがい用水温と気温との関係では、各地域や水系によって用水温は異なるが、その地域の気温からあらかじめ用水温の推定は可能である。最高温度は、約 $r = 0.61 \sim 0.78$ の範囲内にある。最低温度は、 $r = 0.71 \sim 0.84$ 以内に各地とも含まれる。なお最高温度に比べて最低温度の方が気温と用水温との相関が高い結果を示した。地域的な特徴で、最高温度を用水温と気温との関係式で比較すると、それほど大きなちがいがなく、ほぼ同じ直線式に並び、県中央の平野部名取川水系の名取市だけ異なった回帰直線を示した。最低温度では地域による差がみられ、回帰直線がかなり異なっていた。なお、平野部名取川水系の名取市は、他の地域と大きく異なって、気温が高くなるにつれて用水温も上昇し、山間冷水地帯に比べて気温にも大きく左右されると思われた。いずれにしても、本田初期の用水温は、日中気温より用水温が低く、夜間は反対に用水温の方が気温より高いことが特徴で、これは各地域とも共通して言える。今後は、本田中期における用水温と気温との関係を解明したい。



第6図 各地におけるかんがい用水温と気温との関係の比較

冷水地帯のかんがい水温と気象との関係

鈴木亀平・日野義一*・日塔明広*

(宮城県宮崎農協*宮城県農業センター)

1 はじめに

山間冷水地帯における、水温の上昇法として、すでに著者らは、休耕田利用による用水迂回の上昇効果について述べてきたが、本報では、水温上昇田内のかんがい水温と気象との関係を本田前期について調査したので、それらの概要を報告する。

2 調査の方法

- 1) 時期：昭和58年5月～6月
- 2) 場所：宮城県加美郡宮崎町三ヶ内

3) 水温上昇田の概要：休耕大区画水田27.3aを縦に4区画し、延べ270m迂回水を設け、冷水路を堰止め、全用水を大区画水田内に流入迂回させ、再びその下流用水路に戻す方法を実施し、迂回水を各水田内にかん水する方法で、この迂回水内の水面差は、地表面上用水入口の方から10cm、8cm、5cmの3地点に落差板を設けて迂回させた。

4) 測定項目

用水温度：休耕田用水入口、迂回（水温上昇）出口および迂回水距離別を電子管式自記記録温度計とサーミスター温度計を用いて測定した。

気温、日射量：移動式総合微細気象観測装置を休耕田から約200mのところ設置して観測を行った。

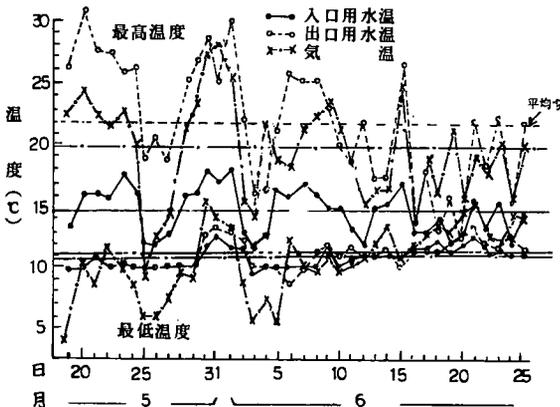
3 調査結果と考察

1) 本田前期の休耕水温上昇田における水温と気温の経過

休耕田内延べ270m迂回水を5～6月に用水入口、迂回出口の水温と気温の経過を比較した結果

は、第1図に示したとおりである。これによると、最高温度の場合では、用水入口と迂回出口の水温をみると、その日によって異なるが、用水入口は全期間約11～18℃の範囲に対して迂回出口は約17～31℃とかなり高く、全期間平均で約7℃入口より高くなっている。なお気温は約9～28℃の範囲で経過し、全期間平均でみると約20℃を示した。したがって入口用水は気温より約5℃低くなり、反対に迂回出口は約2℃高くなっていることが認められた。

一方最低温度についてみると、かんがい用水温は、入口、迂回出口でほとんど差がなく経過していることがみられ、しかもその日に

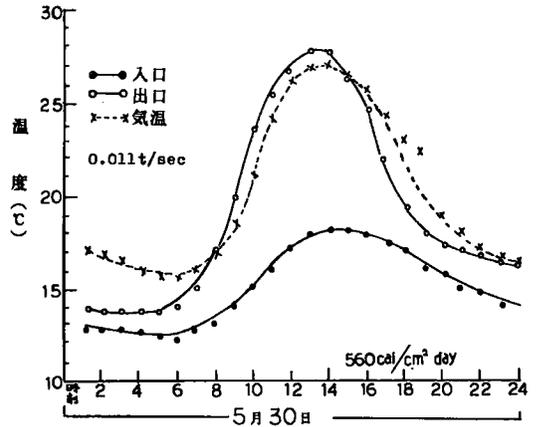


第1図 本田前期の水温上昇田における迂回入口と出口の水温と気温の経過 (昭58) 宮崎町三ヶ内

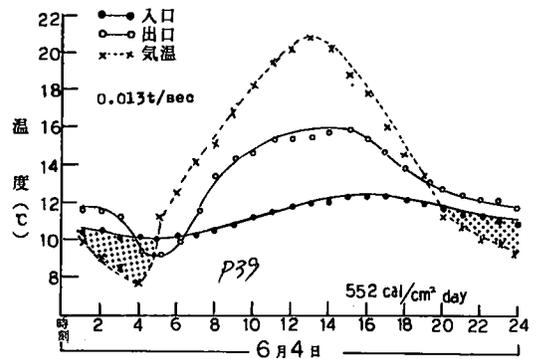
よって、多少入口が出口より高い場合と出口が入口より高い場合があるが、その差は1℃以内である。なお、全期間の平均では、入口と出口では同じ値を示した。

これらを気温との比較でみると、5月から6月初めは、気温より用水温の方が高い場合が多かったが、6月半ば以降はあまり差がない。なお全期間の平均では、用水温の方が約0.5℃気温より高くなっていた。

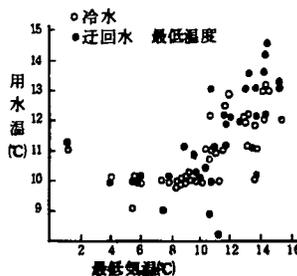
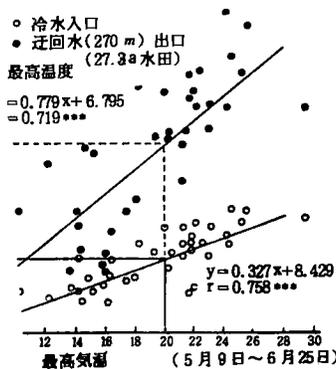
つぎに用水温と気温の日変化を晴天日についてみたのが、第2、3図である。まず5月30日の場合でみると、日中、夜間とも入口用水温が出口迂回水温より低くなっていることが特徴となっている。これを気温との比較では、日中、8～16時までは用水迂回出口は気温より1～3℃高くなっていたが、その他の時刻は気温より低く経過していた。なお、用水入口では、日中、夜間いずれも迂回水出口や気温より低くなっていることが認められた。ところが、6月4日の日変化をみると、この日は、5月30日の場合と異なった温度の日変化を示している。すなわち、日中の気温は迂回出口よりかなり高く、夜間は反対に入口、出口の水温は、気温より高くなって経過していることがみられ、また、この日の入口用水温は、4～6時頃には出口より高温を示している。これは、出口までの迂回水は、気温に大きく影響され、日中と反対に低くなるものと判断される。これらのことから水温上昇田内の用水温は、その日の気象条件によって異なった日変を示すことが認められた。



第2図 水温上昇田入口、出口の用水温と気温の日変化(昭,58)宮崎町三ヶ内



第3図 水温上昇田入口、出口の用水温と気温の日変化(昭,58)宮崎町三ヶ内



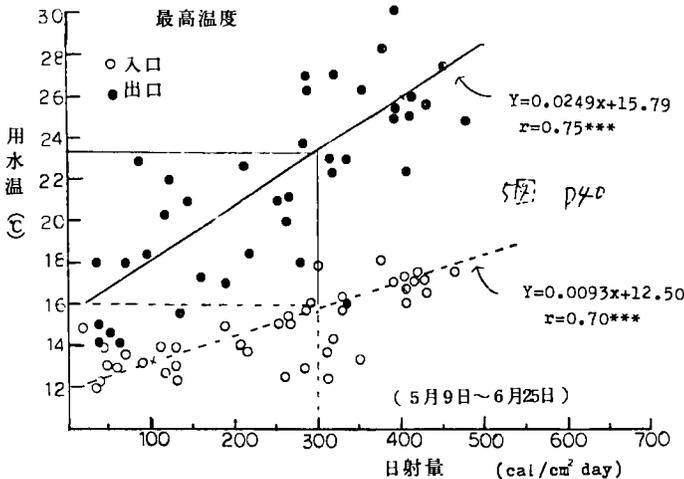
第4図 本田前期のかんがい用水温と気温との関係 (昭58) 宮崎町三ヶ内

2) 本田前期のかんがい用水温と気象との関係

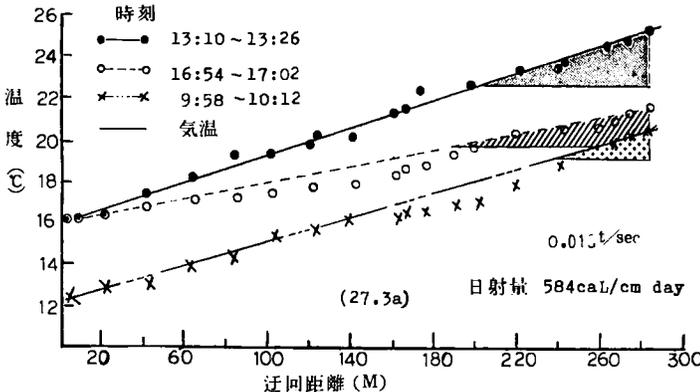
冷水(入口)と迂回(水温上昇出口)と気温との関係を5月9日～6月25日までの日別の値でみたのが、第4図である。これによると、最高温度の場合、水温(入口)と気温との関係では $r = 0.75$ 、迂回(出口)との関係では $r = 0.72$ となつてあ

る程度の相関は認められ、精度は高くないが、あらかじめ、最高気温から最高温度の用水温の推定は可能と思われる。すなわち、最高気温20℃の場合でみると、冷水（入口）は15℃、迂回水（出口）が約23℃となって、冷水（入口）は気温より低くなるが迂回水は気温より高い関係は明らかに認められる。最低温度では、気温が用水温より高い場合と低いときがあって、冷水（入口）、迂回水（出口）との関係は明らかにされなかった。

つぎに用水温と日射量との関係についてみたのが、第5図である。これによると、冷水（入口）、



第5図 水温上昇田入口、出口の用水温と日射量との関係 (6月8日) (昭58) 宮崎町三ヶ内



第6図 水温上昇田内迂回距離の時刻別水温 (昭58) 宮崎町三ヶ内

および迂回水（出口）いずれの最高温度も日射量が多くなるにつれて水温は高くなっていることが認められる。なお冷水（入口）の方は、迂回（出口）より昇温の少ないことがみられる。したがって、休耕田内の迂回による水温上昇は日射量にも大きく左右されていることがみられる。すなわち日射量 300 cal/cm day の用水温についてみると、冷水（入口）は約16℃に対し迂回（出口）は約23℃を示し、同じ日射量で 8℃昇温が認められている。なお、これらの相関は気温の場合と同様精度はあまり高くないが、あらかじめ、その日の日射量から用水温（冷水入口： $r=0.70$ ）（迂回出口： $r=0.75$ ）の最高温度の推定は可能となる。

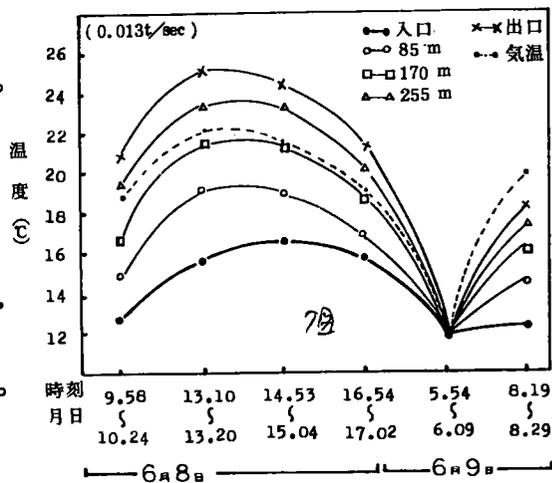
3) 休耕田内の迂回距離別の水温と気温

晴天日6月8日の休耕田迂回水の距離別水温の上昇と気温について、日中の時刻のちがいで測定し

た結果は、第6図に示したとおりである。これによると、9時58分から10時12分の場合では、冷水入口の約12℃から出口の20℃となって、8℃の昇温が認められた。この時刻の気温をみると18℃となって、出口の用水温より約2℃低く、丁度気温と同じ温度を示す迂回用水温は250m地点となっていることが観察された。なお、13時10分から13時26分の調査では、この時刻の用水温はかなり上昇し、冷水（入口）の16℃から迂回（出口）の26℃と10℃の昇温がみられ、この時の気温をみると、22℃となって、出口より4℃低いことで迂回距離と同じ温度を示すところは約200m地点であった。

つぎに、16時54分から17時2分の測定結果からみると、この時刻は13時ごろに比べて、用水温、気温とも低下しているが冷水（入口）の16℃から出口の約21℃となって、5℃の昇温がみられ、気温と同じ値を示す。迂回距離は190m地点となっていた。これらのことから、日中の迂回水で冷水（入口）より迂回水は、かなり昇温するが、気温と同じ温度まで昇温させるためには、少なくとも用水の迂回距離は、200mはぜひ必要であると思われるので、迂回水による水温上昇田設置にあたっては、この点を充分考慮すべきである。

なお、休耕田4区画迂回の入口、出口、および各区画1地点の迂回距離別における用水温と気温の変化を各時刻別について、第7図にあげてみた。これによると、6月8日9時58分から翌日8時29分までの間に測定した結果、冷水（入口）では約12~16℃、85m地点約12~19℃、170mで約12~21℃、255mの場合が約12~23℃で出口がもっとも昇温で約12~25℃となっているのに対し気温は、ほゞ日中は170~255mの間となっていたが、8時19~29分では気温がもっとも高温を示していた。なお、5時54~6時9分では、各地点の用水温、気温いずれもほゞ同じ温度を示していることが特徴となっていた。



第7図 水温上昇田内温度の変化 (昭和58年) 宮崎町三ヶ内

4 むすび

冷水地帯の休耕田利用による水温上昇のかんがい水温と気象との関係について、大区画休耕田(27.3a)での迂回水温の特徴を気象との関係からみた結果は次のとおりである。

本田前期(5~6月)の用水温と気温の経過を比較してみると、その日の流量によっても異なるが、最高温度は、迂回延べ270m出口の水温は気温より約2℃高い。しかし用水入口(冷水)は、気温より約5℃低い結果を示した。したがって、入口と出口で約7℃の昇温はみられた。最低温度は、5月から6月初めは気温より水温の方が、入口、出口とも高温を示したが、全期間の平均では、あまり差がなかった。用水温と気温の日変化を晴天日でみると、気温に比べて、用水入口が日中低いが迂回出口用水は高い場合と低いときがある。夜間も水温が気温より高いときと低いときが測定され、気温が極端に低い日は、夜間水温は高い場合がある。

かんがい水温と気象との関係では、用水入口(冷水)、出口(迂回)と気温で最高温度では、気温が高くなるほど水温が上昇し、また日射量が多いほど水温が高くなり、それが冷水より迂回水が大きく左右され、いずれも相関が認められ、精度は高くないが、あらかじめ、気温、日射量からかんがい水温の推定が可能であった。

水田上昇田内の迂回距離別を日中晴天日の時刻別でみると、入口から出口まで時刻によって異なるが約4~10℃の昇温がみられ、気温より高い温度を示す水温は、迂回180m以上となるので、迂回距離設置に当たって、注目すべきである。

宮城県における稲作期間中の気象要素と水稻生育量に関する研究

第1報 本田前期の水稻生育と気象との関係

日塔明広・日野義一

(宮城県農業センター)

1 はじめに

最近、東北地方の稲作は異常気象の頻発でしばしば冷害を受けており、このような不良気象条件にも対応できる安定した生産技術の確立が望まれるところである。そうした中で、特に水稻の生育予測とそれに基づく栽培技術が重要視されている。

生育予測を実施するにあたって不可欠と思われる要因は、気象、土壌、栄養状態および病害虫の発生状況など多岐にわたるが、これらの中でも気象要素の位置づけが大きいと判断される。したがって、生育に及ぼす気象要素の影響を把握することが急務である。

実際、気象要素と水稻生産量との関係については多少の研究¹⁾²⁾³⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾がなされているが、本報で著者らが行った試験は、各種気象の値と水稻の生育増加量との関係を明らかにし、どの気象要素が水稻生育にもっとも大きく影響するのかを求めるとともに、気象条件から生育・収量の予測がどの程度可能なのかを検討するものである。

また、著者の一人は、これまでに作季のちがいによる気象と生育・収量について若干の検討を加えてきたが⁴⁾⁵⁾これに関連した試験から、まず初段階として本田前期における気象要素と生育増加量との関係について調査したので、それらの概要を報告する。

2 試験方法

1) 試験場所と期間

宮城県名取市、宮城県農業センター水田圃場で、昭和58年4月20日から同年6月30日までの本田前期について調査した。

2) 試験区と耕種概要

試験区の構成は第1表に示したとおりである。肥料条件は各区に10 a 当り成分量でN : 6 kg, P : 9 kg, K : 7 kgを基肥として施し、追肥は6月14日に各区それぞれN : 0.5 kgを施した。

なお、かん水は毎日午前9~10時に行い、水深は2~3 cmとした。

第1表 試験区の構成 (昭58 宮城県農業センター)

試験区	育苗法	田植時期 (月日)	品 種	栽植様式 (cm)	植付本数 (本)	播種時期 (月日)	播種量 (g)
早植区	稚苗	4.20	ササニシキ	30×15	5	3.31	180
準早植区	稚苗	5.2	ササニシキ	30×15	5	4.10	180
普通植区	稚苗	5.10	ササニシキ	30×15	5	4.20	180
晩植区	稚苗	5.20	ササニシキ	30×15	5	5.2	180

3) 気象および水稲生育量の測定項目と方法

気象要素の測定項目は、日照時数、全天日射量、気温、水田温度 { 地表温、地温 (深さ 5 cm, 10 cm, 15 cm) } とした。

日照時数、日射量、気温は試験田に隣接する気象観測露場での値を用いた。水田温度は電子管式自記記録温度計を用いて測定した。

水稲生育量については、各区とも田植後から10日間隔に平均的な生育を示す株を抜き取り、草丈、出葉数、茎数、乾物重量 (80℃, 72時間乾燥) を測定した。

4) 解析方法

生育量はサンプリング時の値から田植時の値を差し引いた増加量で表し、この生育量と田植時からサンプリング時までの気象要素積算値との関係について単回帰分析を行った。

3 試験結果の概要

1) 調査期間中における気象経過

調査期間中の気象経過を第1図に示した。これによると4月下旬から5月上旬にかけては気温が高く、平年に比べ最高気温が約3℃、最低気温は約2℃高くなっていた。また、この時期の日照時間は、平年より約15%多かった。5月中旬から6月上旬にかけては気温は平年並みであったが、日照時間は平年より約35%も多くなっており、4月下旬から5月にかけての本田初期は高温・多照の好天で経過した。

しかし、6月中旬以降は急に低温・寡照となっていた。すなわち、平年に比べ最高気温が約3.5℃、最低気温は約1.7℃低く、日照時間では約30%少ない値となった。

以上が調査期間中の気象の特徴としてあげられる。

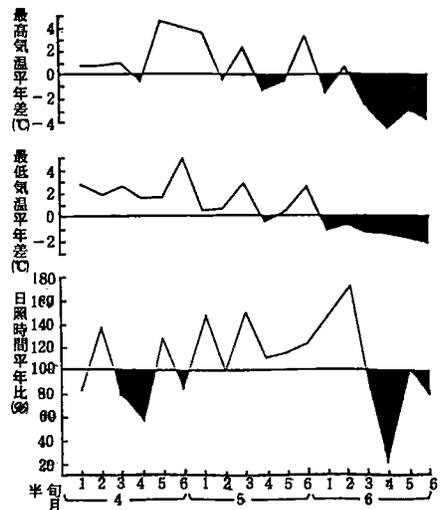
2) 本田前期における水稲生育の経過

4月20日から6月30日までの生育経過を第2, 3, 4, 5図に示した。

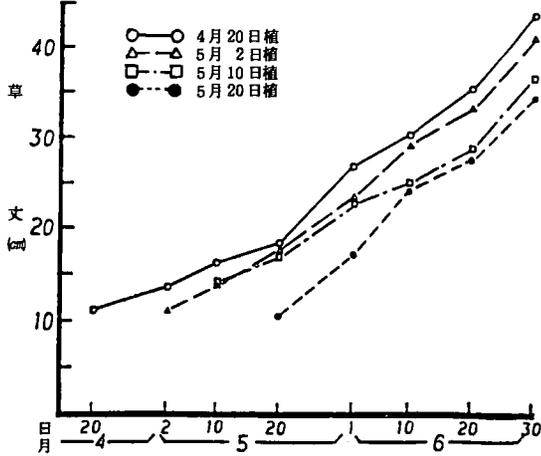
まず、草丈の伸長経過をみると、第2図のように生育のごく初期では早植区が普通植区や晩植区に比べかなり緩慢な伸長を示したが、6月中旬以降は各区ともほぼ同様の伸長経過となった。なお、同一時期の草丈は田植時期の早いものほど優っており、6月30日の値では早植区が約45cm、晩植区が約35cmとなって、約10cmの違いがあった。

つぎに、第3図で出葉数の経過をみると、田植時期の早いものほど多い葉数となっていたが、出葉の速度は早植区がやや緩慢であった。また、第10葉出葉日 (最高分けつ期) は、早植区が6月20日で晩植区の7月3日より約2週間早かった。

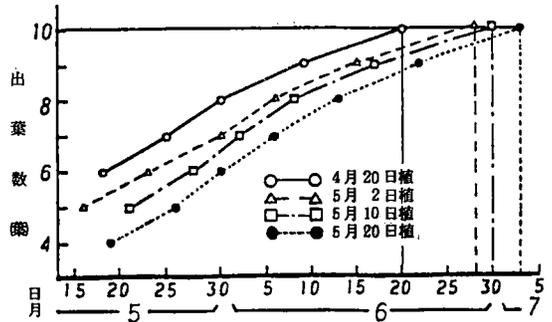
なお、第2表に示すように田植時から第10葉出葉日までの各気象要素積算値は、田植時期の早いものほど多い値となっており、早植区は普通植区より平均気温で約140℃ (16.7%)、平均地表



第1図 生育前期の気象経過 (昭58 仙台)



第2図 生育前期における草丈の伸長経過
(昭58 宮城県農業センター)



第3図 生育前期における出葉日の経過
(昭58 宮城県農業センター)

第2表 田植時から第10葉出葉日までの各気象要素積算値と1日当り平均値
(昭58 宮城県農業センター)

田植 月日	出葉 月日	田植後 日数	積算平均温度 (°C)				積算 日照 時数 (h)	積算日射量 (Kcal/cm ²)
			気 温	地表温	地温5cm	地温10cm		
4.20	6.20	61	979.1 (16.1)	1,172.9 (19.2)	1,122.2 (18.4)	1,059.2 (17.4)	399.5 (6.5)	25.5 (0.42)
5.2	6.28	57	923.9 (16.2)	1,112.5 (19.5)	1,069.7 (18.8)	1,016.3 (17.8)	345.8 (6.1)	22.7 (0.40)
5.10	6.30	51	839.3 (16.5)	1,012.3 (19.8)	975.1 (19.1)	928.9 (18.2)	288.0 (5.6)	19.4 (0.38)
5.20	7.3	44	733.2 (16.7)	881.2 (20.0)	853.1 (19.4)	815.9 (18.5)	216.8 (4.9)	15.5 (0.35)

注) 1. ()内数字は、1日当り平均値
2. 平均温度: (max + min) / 2

温で約 160°C (15.9%), 日射量で約 6.0 Kcal/cm² (31.4%) 多い結果となった。一方、積算値を田植後の日数で除した1日当り平均値は、平均気温、平均水田温度が逆に田植時期の早いものほど少なく、早植区は普通植区より平均気温で約 0.4°C、平均地表温で約 0.6°C 低い値となった。しかし、1日当りの日照時数、日射量は早植ほど多く、早植区は普通植区より日照時数で約 0.9 時間、日射量で約 38 cal/cm² 多くなっていた。

つぎに、茎数の経過を第4図でみると、早植区が田植後1ヶ月を過ぎた頃から増加が始まり、第10葉出葉日の6月20日前後に最高茎数となったのに対し、晩植区では田植後10日頃から茎数の増加が始まっており、6月30日でも増加の傾向にあった。また、6月30日の㎡当り茎数は、早植区が約 1,060 本、普通植区が約 840 本、晩植区が約 690 本となって、田植時期の早いものほど多い値を示した。

なお、茎数と気象要素との関係については、各区とも最高分けつ期を迎えた後に検討することとし、ここでは省略する。

乾物重の経過は第5図に示したように、前述した草丈、出葉数、茎数と同様に田植時期の早いものほどごく初期の増加の速度は緩慢であったが、茎数増加の始まる時期からは急激な増加を示しており、同一時期の乾物重はいずれも早植ほど多い値となっていた。

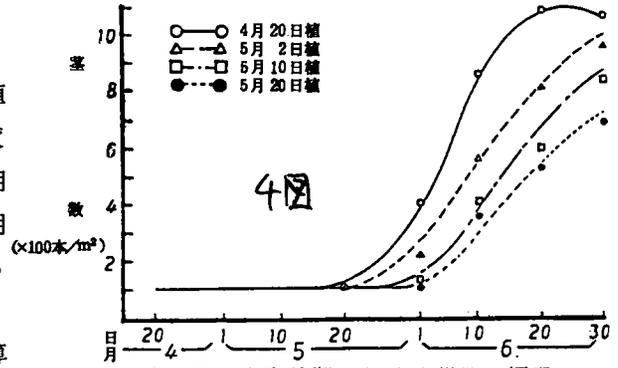
3) 田植後の生育増加量と気象要素積算値との関係

草丈伸長量と積算日射量および積算平均水田温度（地温10cm）との関係を田植時期別にみたものが第6、7図である。これによると、いずれの区の草丈伸長量も気象要素積算値との間に高い正の相関が認められた。

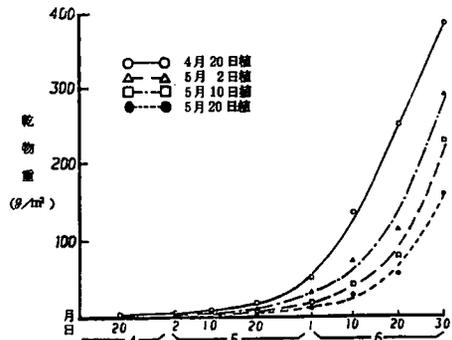
また、回帰直線は早植区、準早植区、および普通植区の3区では、ほぼ近似した直線となったが、晩植区は回帰係数が大きく、他区のものとは異なる直線式となった。この傾向は平均気温や深さ別水田地温の積算値との関係でも同様に認められた。なお、得られた関係式を用い、田植後から草丈が20cm伸長するまでに要した日射量および平均水田温度（地温10cm）の積算値を算出すると、早植区では日射量：約22 Kcal/cm²、地温10cm：約870℃であるのに対し、晩植区は日射量：約13 Kcal/cm²、地温10cm：約670℃となり、田植時期が遅いほど少ない値で生育量が増大する傾向があるように思われた。これは、田植後に遭遇する温度、日長条件などが異なることが大きく影響しているものと考えられる。なお、これらについては更に検討する必要がある。

また、出葉や乾物重増加量の場合にも以上のような傾向が認められた。

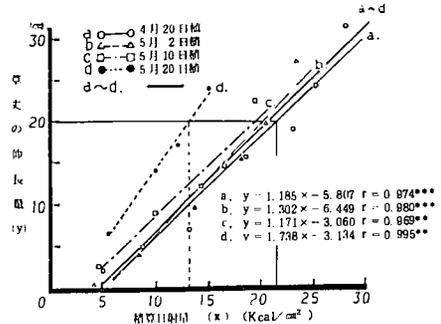
つぎに第6図（a～d）、第8図、第3



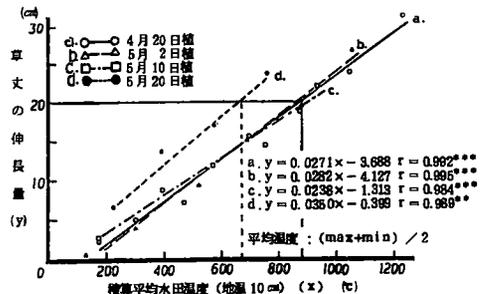
第4図 生育前期における茎数の経過 (昭58 宮城県農業センター)



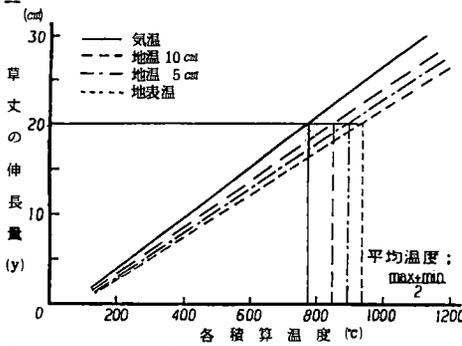
第5図 生育前期における乾物重の経過 (昭58 宮城県農業センター)



第6図 田植後の草丈伸長量(y)と積算日射量(x)との関係 (昭58 宮城県農業センター)



第7図 田植後の草丈伸長量(y)と積算平均水田温度（地温10cm）(x)との関係 (昭58 宮城県農業センター)



第8図 田植後の草丈伸長量(y)と各種算温度(x)との関係 (昭58 宮城県農業センター)

表は、各田植時期別を合せた場合の草丈伸長量と気象要素積算値との関係およびその関係式をまとめたものであるが、これら田植時期全体の場合でも高い有意な正の相関が認められた。

また、草丈の伸長に及ぼす気象要素の影響の大小を相関の高さから推定すると、水田温度 (地温15cm>10cm>5cm>水田地表温)>気温>日射量の順となった。

第3表 田植後の草丈伸長量(y)と気象要素積算値(x)との関係式 (昭58 宮城県農業センター)

項目	関係式	相関係数
日射量	$y = 1.102x - 2.180$	$r = 0.906$
平均気温	$y = 0.0283x - 1.741$	$r = 0.949$
平水 地表	$y = 0.0236x - 1.873$	$r = 0.954$
均田 地温 5cm	$y = 0.0246x - 1.852$	$r = 0.955$
温 地温 10cm	$y = 0.0259x - 1.772$	$r = 0.958$
度 地温 15cm	$y = 0.0258x - 1.720$	$r = 0.959$

注) 平均温度: $(\max + \min) / 2$

なお、得られた関係式を用い田植後から草丈が20cm伸長するまでに要した気象要素の積算値を算出すると、日射量: 約20Kcal/cm², 平均気温: 約770℃, 平均地温: 約930℃, 平均地温(10cm): 約840℃となり、気温と水田温度とでは大きな違いがみられた。

第4表 田植後の出葉数(y)と気象要素積算値(x)との関係式 (昭58 宮城県農業センター)

項目	関係式	相関係数
日射量	$y = 0.270x + 0.492$	$r = 0.943$
平均気温	$y = 0.00690x + 0.638$	$r = 0.975$
平水 地表	$y = 0.00580x + 0.563$	$r = 0.982$
均田 地温 5cm	$y = 0.00606x + 0.558$	$r = 0.984$
温 地温 10cm	$y = 0.00632x + 0.601$	$r = 0.982$
度 地温 15cm	$y = 0.00636x + 0.594$	$r = 0.985$

注) 平均温度: $(\max + \min) / 2$

つぎに、出葉数と乾物重増加量について、各田植時期を合せた場合の気象要素積算値との関係を述べる。

第5表 田植後の乾物重増加量(y)と気象要素積算値(x)との関係式 (昭58 宮城県農業センター)

項目	関係式	相関係数
日射量	$y = 1.216 \cdot 1.253^x$ ($\log y = 0.098x + 0.085$)	$r = 0.938$
平均気温	$y = 1.429 \cdot 1.006^x$ ($\log y = 0.00246x + 0.155$)	$r = 0.961$
平水 地表温	$y = 1.374 \cdot 1.005^x$ ($\log y = 0.00206x + 0.138$)	$r = 0.969$
均田 地温 5cm	$y = 1.384 \cdot 1.005^x$ ($\log y = 0.00215x + 0.141$)	$r = 0.971$
均度 地温 10cm	$y = 1.049 \cdot 1.005^x$ ($\log y = 0.00226x + 0.149$)	$r = 0.972$

注) 平均温度: $(\max + \min) / 2$

第4表に出葉数と気象要素積算値との関係式を示したが、両者の間には草丈伸長量の場合以上に高い正の相関々係が認められた。さらに相関の高さから出葉に及ぼす影響の大きさは、水田温度>気温>日射量の順となり、草丈伸長量の場合と同じ傾向がみられた。なお得られた関係式から1葉出葉するのに要した気象要素の積算値を算出すると、

日射量：約 3.7 Kcal/cm²，平均気温：約 145℃，平均地表温：約 170℃，平均地温（10cm）：約 160℃であった。

一方、第 5 表は乾物重増加量と気象要素積算値との関係式を示したものである。生育前期の乾物重増加量を対数値で表すとほぼ直線となり、この期間の乾物重量の生長曲線は指数曲線としてとらえることが可能である。そこで乾物重増加量の対数値と気象要素積算値との関係について解析したところ、第 5 表に示すようにかかなり高い相関が得られた。さらに、相関の高さから乾物重の増加に及ぼす気象要素の影響の大きさをみると、水田温度>気温>日射量の順となり、草丈伸長量や出葉数と全く同様であった。

4 考 察

以上のように、本田前期の生育増加量と各気象要素の積算値との間には、かなり高い有意な正の相関 ($r > 0.90^{***}$) が認められ、この期間の水稲生育量は気象要素だけでもある程度予測できると思われる。特に、生育の要素の中でも出葉数と気象要素との相関がもっとも高かったことから、葉齢で生育ステージを表す場合には気象要素だけでもかなりの精度で予測が可能と思われた。なお、村上（1973）⁸⁾らは、初期の生育は日照より気温要因によって大きく影響されるとした上で、生長量を日最高最低平均気温積算値の関数として表示することは困難であるが、有効温手法により、気象と生長量の推移関係を定量的に表示し得るとしている。そこで今後は、有効温度およびその経時的総和なども考慮し、更に検討を加えていきたい。

一方、この期間の生育に影響を及ぼす気象要素の順位は、生育増加量との相関の高さから水田温度>気温>日射量の順となった。

松島（1964）⁷⁾は、水稲の初期生育には気温よりも水田水温が大きく影響することを指摘しており、また鈴木・中村（1977）¹⁾らによれば、田植後から出穂 6 週間前までの本田前期の生育には、日射量の多少よりも気温の高低による影響が大きく、更に羽生・内島（1970）²⁾らも、生育前半期の気象生産力の要素としては、気温が日照より大きいとしている。今回著者らが行った試験の結果もこれらの研究結果とほぼ一致することから、本田前期の水稲生育においては、水田温度の及ぼす影響がもっとも大きく、次いで気温、日射量の順であることは確認できた。しかし、本田前期の水田温度の上昇は、気温よりも日照時間、日射量によるところが大きいと考えられるから、日照時間、日射量の多少は水田温度の上昇という点で注目すべきことである。

ところで、水田温度の中でも深部の温度ほど生育増加量との間に高い相関が認められたが、今回は積算温度を算出するのに観測値をそのまま用いたため、温度の上下変動の小さい深部が高い相関を示したと考えられる。しかし、水田水温や地表温よりも生長点や根群が位置する部位の温度が生育に及ぼす影響が大きいことは十分に考えられることでもあり、今後はこれらの点を明らかにするため、有効温度の積算値を用い検討していきたい。

本田前期の田植時期別の水稲生育については次のように考えることができる。田植時期が早いほど気象要素の積算値は大となるが、これは生育日数の長さによるもので、1日当りの平均値は日照時間、日射量を除き、各平均温度は早植ほど低くなる。したがって、早植では1日当りの日射量は

十分に確保できるが、気温、水田温度がやや低いため、ごく初期の生育は緩慢となる。一方、晩植では1日当りの日射量はやや少ないものの、気温、水田温度は早植に比べかなり高くなっているため、田植後まもなく生育量の増加が始まる。つまり、田植時期によるごく初期の生育のちがいは、日射量の多少よりも温度条件のちがいによるものと思われる。

また、同一時期の生育量は早植ほど優っていたが、そうした傾向について林(1972)³⁾、鈴木・中村(1977)¹⁾らは、早植は普通植に比べ太陽エネルギー効率は劣るが、葉面積指数は全般的にはるかに高く、積算日射量が多いことと相まって乾物増加量は普通植よりも有意に大となるという結果を得ており、また堀江(1983)⁶⁾は水稻のような垂直葉型個体群の光合成の有利性は葉面積指数が大きいほど顕著となるとしている。今回の実験では葉面積指数は測定しなかったが、生育量の増加が始まる時期は早植ほど早かったことから、同一時期の葉面積指数は常に早植で勝っていたと考えられる。つまり、早植ほどごく初期の生育は緩慢であるが、葉面積指数が大きいために生育量が大きくなったと思われる。これら作季のちがいからの気象要素と生育量との関係については、更に研究を進めていきたい。

5 摘要

昭和58年の本田前期における水稻生育量と気象要素との関係および田植時期別の生育について調査した結果は、次のとおりである。

1) 本田前期の水稻生育は、草丈伸長量、出葉数、乾物重増加量とも、日射量、気温、および水田温度の積算値との間に高い有意な正の相関($r > 0.90^{***}$)が認められ、特に出葉数と各気象要素積算値との間にもっとも高い相関関係が認められた。

2) 各種生育量との相関の高さは水田温度(地温 $15\text{cm} > 10\text{cm} > 5\text{cm} > \text{地表温}$) $>$ 気温 $>$ 日射量の順となり、本田前期の生育においては水田温度が最も大きく影響した。しかし、水田温度は日照時間、日射量に左右されるので、これらの関係については更に検討が必要である。

3) 田植時期のちがいによる生育経過は、ごく初期では早植ほど緩慢な生育を示したが、同一時期の生育量の絶対値は早植ほど優り、かつ積算日射量が多かった。

引用文献

- 1) 鈴木守・中村公則, 1977: 暖地における水稻の乾物生産と気象要因ならびに太陽エネルギー利用率について, 日本作物学会紀事, 46, 530 ~ 536
- 2) 羽生寿郎・内島立郎, 1970: 北日本における水稻気候生産性についての一考察, 農業気象, 25, 37 ~ 42
- 3) 林健一, 1972: 水稻品種の日射エネルギー利用効率に関する研究, 農業技術研究所報告, D23号, 1 ~ 63
- 4) 日野義一, 1980: 宮城県における早植の効果について, 農業気象, 35, 229 ~ 234
- 5) 日野義一, 1980: 南東北太平洋側地域の気候特性に基づく水稻作季の改善に関する研究, 農業センター研究報告, 第46号

- 6) 堀江武, 1983: 作物の物質生産と気象 - モデルと測定法 -
1. 作物-環境間の物質, エネルギーの交換と光合成, 蒸散, 農業及び園芸, 58 - 7, 3 ~ 8
 2. 日射および作物個体群の構造と光合成, 農業及び園芸, 58 - 8, 8 ~ 14
 3. 作物の生長と呼吸, 農業及び園芸, 58 - 9, 20 ~ 24
 4. 作物の生長の気象的予測モデル, 農業及び園芸, 58 - 10, 33 ~ 38
- 7) 松島省三・田中孝幸・星野孝文, 1964: 水稻収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究, 第70報, 生育各期の気温, 水温の各種組み合わせが水稻の収量および収量構成要素におよぼす影響, 日本作物学会紀事, 33, 53 ~ 58
- 8) 村上利男・和田道宏・吉田善吉, 1973: 寒冷地における水稻生育の気象反応に関する定量的研究, 東北農業試験場研究報告, 第45号, 33 ~ 100

大曲における稲作期間の気象について

鈴木 守

(東北農試)

大曲における気象観測は明治31年より当時の農事試験場奥羽試験地で開始され、以後今日まで継続されている。著者は昭和54年9月より大曲に在住し、稲作期間も4カ年経過しているが、近年は連続して異常気象年が続いているとされているので、ここ4年間だけの経験だけで大曲の稲作期間の気象を理解するのは適切でないと考え、明治31年以降の気象観測値から、日最高気温の月平均値、日最低気温の月平均値、月間日照時間、月降水量の稲作期間の各月の平均値、標準偏差、極大値、極小値を調べ、さらに、日最高気温30℃以上日数および日最低気温25℃日数の年次変動および極値、および日最高気温30℃以上日数の5年移動平均の推移を明らかにすることなどから大曲における稲作期間の気象の概略を知ろうとした。その結果、若干の知見が得られたのでその概要を報告する。

結果および考察

表-1に、日最高気温の月平均値を、表-2に日最低気温の月平均値を、標準偏差、極値(極大値、極小値、それぞれ3位まで)ならびに極値を記録した年とともに示した。月平均値で見ると、両者とも8月が最も高く、続いて7月、9月、6月、5月、10月、4月の順であった。月平均値の標準偏差は日最高気温の4月、7月、8月が大きかった。月別の日最高気温の極値についてみると、8月の場合、極大値1位の大正5年の32.9℃、2位の明治40年の32.3℃、3位の明治41年の32.1℃のように暖地並みの年があるかと思えば、極小値1位の昭和51年の25.4℃、2位の昭和9年の25.9℃、3位の明治38年の26.0℃のように、30℃をはるかに下まわる年もある。7月の場合、極大値1位の昭和18年の31.4℃、2位の昭和53年の31.2℃、3位の昭和30年の30.1℃に対し、極小値は1位が昭和6年の23.8℃、2位が昭和58年の24.2℃、3位が明治35年の24.4℃で、昭和53年、昭和58年が極大値、極小値のそれぞれ2位になっているのが注目される。また、明治末期から大正初期にかけては、明治35年、明治38年、大正2年のように冷害年として有名な低温年と同時に、明治40年、明治41年、大正5年のように暖地並の高温年もあったことが注目される。

表-1 日最高気温の月平均値(明31~昭58)

	平均値	標準偏差	極 値	
			極 大 値	極 小 値
4月	13.8℃	1.8℃	①18.3℃(明34) ②17.5℃(昭58) ③17.3℃(明36)	①9.5℃(昭40) ②10.0℃(昭19, 昭28)
5月	20.2℃	1.2℃	①23.2℃(大3) ②23.1℃(昭45) ③22.8℃(明44)	①17.4℃(昭6) ②17.6℃(昭56) ③18.1℃(昭19)
6月	24.0℃	1.0℃	①28.0℃(大5) ②28.0℃(明37, 大4)	①21.6℃(昭22) ②21.8℃(昭29) ③22.2℃(昭6)
7月	27.4℃	1.7℃	①31.4℃(昭18) ②31.2℃(昭53) ③30.1℃(昭30)	①23.8℃(昭6) ②24.2℃(昭58) ③24.4℃(明35)
8月	29.3℃	1.6℃	①32.9℃(大5) ②32.3℃(明40) ③32.1℃(明41)	①25.4℃(昭51) ②25.9℃(昭9) ③26.0℃(明38)
9月	24.6℃	1.1℃	①26.9℃(明36, 昭29) ②26.7℃(明34, 昭14)	①22.4℃(昭2) ②22.7℃(昭39) ③22.8℃(昭46)
10月	18.3℃	1.0℃	①20.2℃(大4, 昭52) ②20.1℃(昭54)	①16.1℃(明42) ②16.4℃(昭37) ③16.6℃(昭46)

表-2 日最低気温の月平均値

	平均値	標準偏差	極大値			極小値		
			極大値	極大値	極大値	極小値	極小値	極小値
4月	3.0℃	1.2℃	① 7.4℃ (昭39)	② 5.5℃ (昭50)	③ 5.0℃ (明44, 昭48, 58)	① 0.8℃ (昭40)	② 0.9℃ (昭9)	③ 1.2℃ (大12)
5月	8.4℃	1.0℃	① 11.5℃ (昭23)	② 10.7℃ (昭45)	③ 10.3℃ (昭24)	① 6.1℃ (明34)	② 6.4℃ (大6)	③ 6.7℃ (昭15)
6月	14.2℃	1.1℃	① 17.7℃ (大5)	② 17.5℃ (昭54)	③ 16.8℃ (昭21)	① 11.8℃ (明35)	② 11.9℃ (大15)	③ 12.2℃ (明39)
7月	18.9℃	1.3℃	① 21.6℃ (昭23)	② 21.1℃ (昭12)	③ 21.0℃ (昭53)	① 15.8℃ (明35)	② 15.9℃ (明36)	③ 16.5℃ (昭20)
8月	19.8℃	1.2℃	① 21.6℃ (昭26)	② 21.5℃ (昭25)	③ 21.4℃ (昭18)	① 16.1℃ (明38)	② 16.9℃ (大2)	③ 17.4℃ (明35)
9月	14.7℃	1.1℃	① 17.7℃ (昭18) ② 17.6℃ (昭23, 53)			① 11.8℃ (明41)	② 12.2℃ (昭32)	③ 12.5℃ (昭38)
10月	7.8℃	1.1℃	① 10.9℃ (大4)	② 10.1℃ (大6)	③ 9.9℃ (昭47)	① 5.6℃ (大15)	② 5.7℃ (明31, 明40)	

表-3 月間日照時間 (明39~昭58)

	平均値	標準偏差	CV	極大値			極小値		
				極大値	極大値	極大値	極小値	極小値	極小値
4月	157.0 h	25.1 h	16.0%	① 202.8 (昭17)	② 195.4 (昭10)	③ 195.2 (昭36)	① 103.1 (昭22)	② 103.9 (昭4)	③ 107.6 (昭52)
5月	175.4	28.3	16.1	① 236.8 (昭15)	② 221.9 (昭37)	③ 219.2 (大11)	① 99.7 (昭20)	② 107.2 (昭4)	③ 109.5 (大9)
6月	162.0	35.0	21.6	① 271.9 (昭12)	② 238.1 (大11)	③ 225.6 (昭18)	① 75.1 (昭25)	② 92.1 (昭54)	③ 103.5 (昭56)
7月	152.0	46.1	30.3	① 299.3 (昭18)	② 274.3 (大8)	③ 240.4 (昭53)	① 63.8 (明44)	② 71.1 (昭15)	③ 74.7 (昭58)
8月	183.1	42.9	23.4	① 311.9 (大5)	② 266.3 (昭3)	③ 263.6 (大7)	① 89.2 (昭51)	② 99.0 (昭33)	③ 117.6 (昭27)
9月	138.5	24.1	17.4	① 197.1 (大3)	② 194.0 (大9)	③ 188.4 (昭8)	① 76.7 (昭33)	② 94.7 (大5)	③ 99.2 (大6)
10月	128.4	22.4	17.4	① 184.9 (昭30)	② 175.6 (昭15)	③ 168.4 (昭17)	① 83.1 (昭30)	② 83.2 (昭20)	③ 90.6 (昭23)

表-3 に月間日照時間の平均値、標準偏差、CV、極大値、極小値を示した。明治39年以降昭和58年までの平均値でみると、最も多いのは8月で、次いで5月、6月、4月、7月、9月、10月の順であった。標準偏差、CVは7月が最も大きかった。7月が日長の割に日照時間が少なく、CVが大きいのは梅雨と関係があると考えられる。月間日照時間の極大値は大正5年8月の311.9時間であり、極小値は明治44年の63.8時間である。月別の極値で近年の値をみると、昭和53年7月が極大値3位、昭和54年6月、昭和56年6月がそれぞれ極小値の2位、3位、昭和58年7月が極小値の3位、昭和51年の8月が極小値の1位である。

表-4 に月降水量の平均値、標準偏差、CV、極大値、極小値で示した。明治31年以降、昭和58年までの平均値でみると、月降水量の最も多いのは7月で、次いで8月、9月、10月、6月、4月、5月の順であり、4月から6月までの降水量に比較して、7月以降の降水量が多い傾向が認められた。月降水量の極大値の1位は昭和15年7月の514.2mm、2位は昭和22年7月の509.6mm、3位は昭和11年8月の461.5mmである。これに対し、極小値の1位は昭和3年8月の8.6mm、2位は昭和18年7月の12.6mm、3位は大正5年の17.9mmであり、極大値と極小値の開きが大きいのが月降水量の特長である。このことは、月間日照時数に比較して、月降水量のCVが大きいことから理解されることである。

表-5には、日最高気温30℃以上日数および日最低気温25℃以上日数の合計値、平均値、極大値、極小値を日最高気温30℃以上日数の場合は月別および合計値で、日最低気温25℃以上の場合には年合計値のみを示した。日最高気温30℃以上の日、いわゆる真夏日は、明治31年以降、昭和58年までの86年間の平均によると、大曲では年間24.3日あり、月別では8月が13.6日、7月が7.7日、9月が2.0日、6月が0.8日、5月が0.2日である。年合計の真夏日日数の極大値1位は大正5年の55日、2位は昭和18年、昭和25年の50日であり、暖地並の値である。これに対し、極小値1位は昭和9年の2日、2位は昭和16年の4日、3位が明治35年、昭和34年、昭和51年の6日である。真夏日日数の月別の極大値、極小値についてみると、5月の場合は1位が昭和55年の3日、2位が大正3年、大正11年の2日であり、86年のうち、77年次は0で真夏日がない。6月の場合は、極大値1位が大正5年の10日、2位が明治34年の7日、3位が昭和53年、昭和55年の4日であり、86年のうち、54年次は真夏日日数0である。7月の場合は、極大値1位が昭和18年の24日、2位が昭和30年の19日、3位が昭和25年の18日であり、86年のうち、10年次は真夏日0である。8月の場合は、極大値1位が明治40年、大正5年の29日、3位が昭和13年の27日、極小値は明治35年、明治38年、昭和51年の真夏日0である。9月の場合は、極大値1位が昭和3年の10日、2位が昭和14年、昭和25年の9日であり、86年のうち、36年次は真夏日0である。

日最低気温25℃以上の日数、いわゆる熱帯夜の日数は明治31年から昭和58年までの86年間に僅か

表-4 月降水量 (mm)

	平均値	標準偏差	CV	極 値	
				極 大 値	極 小 値
4月	112.1 mm	42.1 mm	37.6%	①275.2 (昭39) ②191.7 (昭54) ③189.6 (昭5)	①26.2 (明34) ②32.7 (明38) ③54.4 (大14)
5月	104.2	36.9	35.4	①213.5 (昭30) ②178.1 (明40) ③170.6 (昭12)	①37.5 (昭45) ②38.8 (明37) ③39.5 (昭42)
6月	123.7	57.8	57.8	①304.2 (明32) ②303.7 (明30) ③286.3 (昭21)	①22.6 (昭2) ②37.2 (昭12) ③49.3 (昭 ¹⁵ ₄₃)
7月	202.5	111.9	55.3	①514.2 (昭15) ②509.6 (昭22) ③436.7 (大12)	①12.6 (昭18) ②28.1 (昭53) ③29.2 (昭48)
8月	177.8	97.8	55.0	①461.5 (昭11) ②455.5 (大15) ③394.3 (昭2)	①8.6 (昭3) ②17.9 (大5) ③24.5 (昭29)
9月	176.7	64.6	36.6	①395.0 (明43) ②343.7 (大11) ③331.2 (昭20)	①49.5 (昭5) ②63.4 (昭43) ③66.4 (昭31)
10月	150.4	55.2	36.7	①341.1 (明32) ②291.4 (昭41) ③279.8 (昭30)	①46.7 (大10) ②49.1 (昭52) ③66.9 (明43)

表-5 日最高気温30℃以上日数および日最低気温25℃以上日数 (明31~昭58)

		合計	平均	標準偏差	CV	極 大 値	極 小 値
日最高気温 30℃以上 日数	5月	13	0.2			①3 (昭55) ②2 (大3, 大11)	①0 (77年次)
	6月	69	0.8			①10 (大5) ②7 (明34) ③4 (昭53, 昭55)	①0 (54年次)
	7月	664	7.7			①24 (昭18) ②19 (昭30) ③18 (昭25)	①0 (10年次)
	8月	1,167	13.6	7.3	53.7%	①29 (明40, 大5) ②27 (昭13)	①0 (明35, 明38, 昭51)
	9月	173	2.0			①10 (昭3) ②9 (昭14, 昭25)	①0 (36年次)
合計		2,086	24.3	11.8	48.6%	①55 (大5) ②50 (昭18, 昭25)	①2 (昭9) ②4 (昭16) ③6 (明35, 昭34, 昭51)
日最低気温25℃ 以上日数		27	0.3			①8 (昭23) ②3 (昭58) ③2 (昭5)	①0 (69年次)

27日しかなく、年平均0.3日となり、真夏日日数に比較して著しく少なく、大曲では、真夏日はかなりの頻度であるが、熱帯夜はめったにないことを示している。熱帯夜の日数の極大値1位は昭和23年の8日、2位が昭和58年の3日、3位が昭和5年の2日であり、86年のうち69年次は熱帯夜は0である。

図-1に日最高気温30℃以上日数、すなわち真夏日日数の推移を示した。年次間の変動が大きく明らかな傾向が認め難いので、図-2に5年移動平均の日最高気温30℃以上日数の推移を示した。第2図によると、明治44年頃、昭和9年頃、昭和33年頃を谷とする22~23年ぐらいの周期で推移する傾向が認められ、近年は比較的真夏日日数が少ないが、ほぼ谷に近い位置にあると思われるので、この周期で今後も推移するとすれば、夏の低温傾向が続くのはそれほど長期間続かず、再び低温年が出現する頻度が低下する年代が来るのではないかと推察される。

以上述べてきたように、大曲の気象の年次間変動はきわめて大きい。おそらく、東北地域の各地とも、気象の年次変動は大きいと思われるので、東北地域では気象変動に対応できる稲作技術の確立が望まれる。

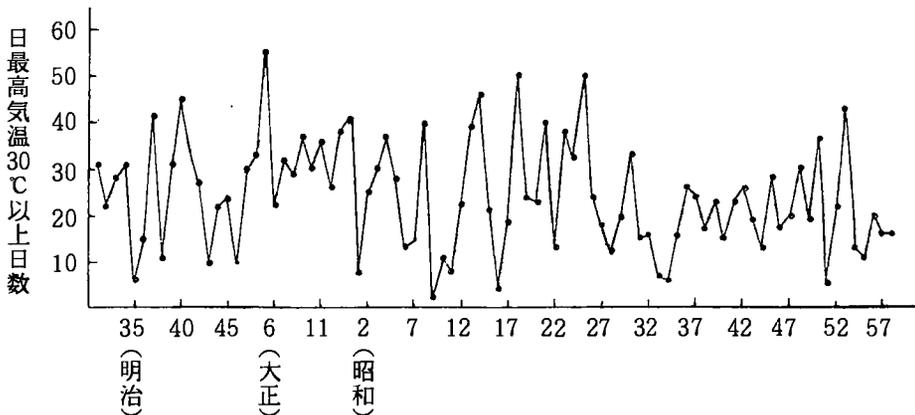


図-1 日最高気温30℃以上日数の推移

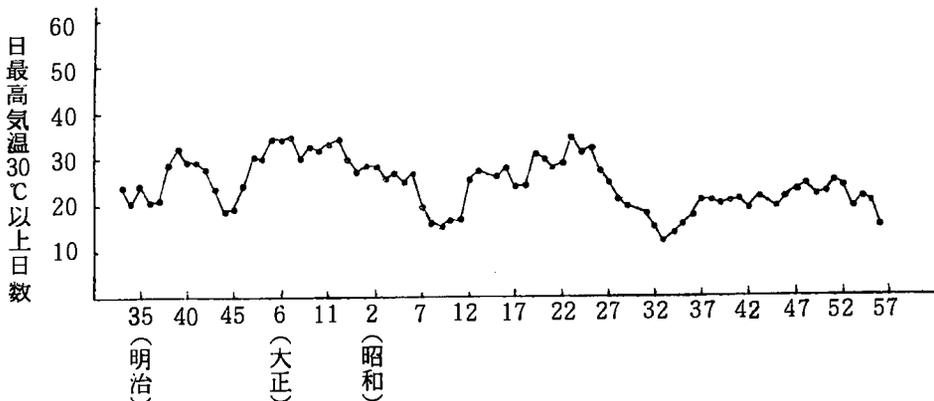


図-2 日最高気温30℃以上日数の推移 (5年移動平均)

水稻の草型と気象との関係

鎌田 金英治

(秋田県農業試験場)

最近気象の変動が続き、稲の生育過程における障害も多くみられ、中でも冷害の頻度が高く、これに直接関係する気象条件の解明は多くなされている。最近、田植から分けつ期頃にかけての気象変動も目立っており、秋田県においては、初期生育の良好な年は比較的安定して作柄の良い年となっていることから、初期生育確保の問題が見直されている。分けつの多少は、分けつ期間の水温に大きく影響されること¹⁾また、気温の高い時は伸長が、低い時は茎数の増加が大きくなることが知られている²⁾このようなことから初期の生育状態を現わす言葉として、短かん多げつ、長稈少げつ、などと呼ばれ、古くから短かん多げつ型は冷害年の生育相とされて来た。しかし、最近では、むしろ安定多収型だとする向きもある。分けつの多少は、収量構成要素の中でも、穂数を決定する大切な要素であることから、この早い時期の予測が可能になれば、以後の栽培管理を進める上からも大切な条件となる。ここでは、分けつ期における草型の発現を主に6月の気象との関連で検討したので、その結果を報告する。

1 試験方法

秋田農域内において実施した豊凶考照試験のうち、昭和42年以降のものについて調査とりまとめたものである。ただし苗別、品種別では供試年数が異なり、畑苗ヨネシロは42～57年、全トヨニシキは45～57年、稚苗はヨネシロ、トヨニシキ共に48年以降、中苗は50年以降である。田植は5月15日、栽植密度は畑苗19.4、稚苗・中苗は25.6株/m²である。

本田施肥量は畑苗NPK夫々0.6kg追肥なし、稚、中苗はNPK夫々0.6kgに活着期に0.2kgのN追肥、1株当り苗数は、畑苗2、稚苗5、中苗4本植である。

2 試験結果

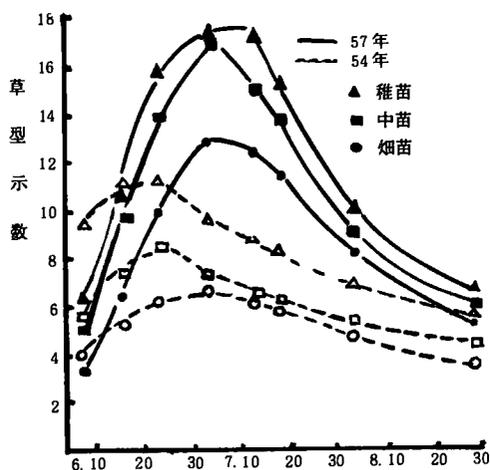
1. 草型示数

第1表に昭和54年と57年の時期別の生育を示した。54年は6月～7月にわたり、草丈長く、茎数の少ない、長かん少げつ型の年であり、57年は逆に、短かん多げつ型の年であったことがわかる。この草丈と茎数の相対的指標として草型示数¹⁾について示すと、年次の違いは一層明らかになる。草型示数は、一般的には分けつ発生の旺盛な6月末～7月初めにかけてピークになり、分けつの停滞、

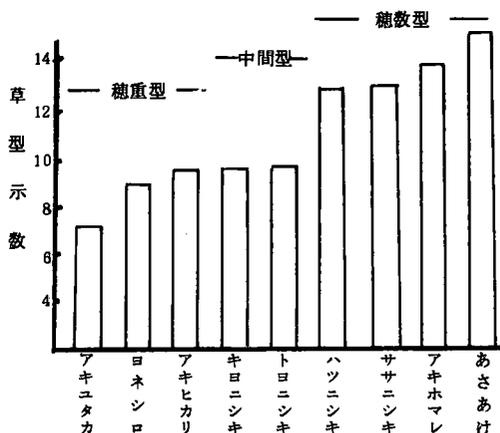
第1表 年次による生育差

月日	昭和54年			昭和57年		
	草丈	茎数	草型示数	草丈	茎数	草型示数
6.10	25.2 ^{cm}	236 ^本	9.2	23.8 ^{cm}	151 ^本	6.3
18	34.1	374	11.0	27.9	297	10.6
25	43.4	486	11.2	34.9	550	15.8
7.5	56.9	540	9.5	41.4	717	17.3
15	61.4	545	8.9	53.9	932	17.3
20	62.6	522	8.3	60.2	916	15.2
8.4	71.1	499	7.0	73.2	737	10.1
30	73.8	417	5.7	82.8	552	6.7

※ 草型示数：m²当り茎数/草丈



第1図 苗の種類と草型示数の推移



第2図 品種と草型示数 (最高分げつ期) 53～57年の平均値

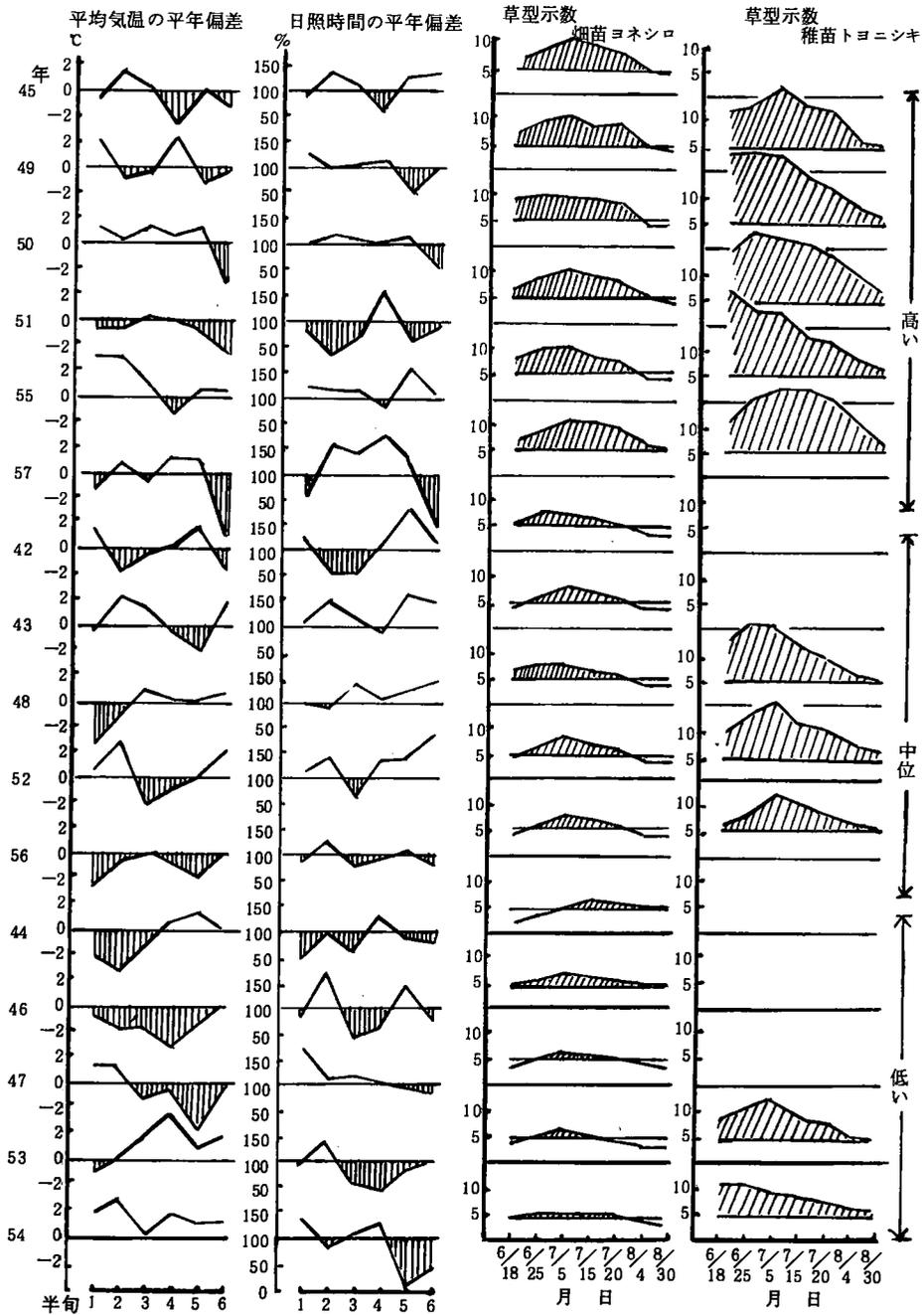
草丈の伸長によって徐々に低下する。生育時期別の草型示数の推移を苗の種類別に示したのが第1図だ。いずれの年次でも雑苗が最も大きく、中苗、畑苗の順に小さくなる。54年の草型示数のピークが6月25日とやや早い時期にあるのは、この年は草丈の伸長が早い時期から大きかったことによる。このように草型示数のピークは年によって若干異なり、早いものでは51年の雑苗トヨニシキで6月18日、最も遅い年では44年の7月20日(畑苗ヨネシロ)となっている。第2図には品種について示したが、穂重型品種は小さく、穂数型品種は大きい。これまで当農試での調査結果から、この最も大きいのはIR-36(インド産)の41.8、最も小さいのはアルポリオ(イタリー産)の4.3であった。稲の草型は主に成熟期の穂相、草姿などから判断しているが、これは分げつ期の草型示数に極めてよく現われていることがわかる。

2. 6月の気象と草型示数

草型示数はほぼ7月5日頃にピークになることから、これには6月中の気象が大きく関係していることが考えられる。第3図には6月の半月別の平均気温、日照時間の年平均偏差と、草型示数について、対比させながら示した。また、大まかに草型示数の大きい年次を上段に、小さい年次を下段に区分してみた。これによると、大きい年次は45, 49, 50, 51, 55, 57年であり、小さい年次は44, 46, 47, 53, 54年であり、他は中位の年であった。

草型示数の大きい年次の気象をみると、気温は全般的に高目であるが、月の初めの方に高い時期がみられ、日照時間は長期間連続して多い特徴がある。50, 55年がその好例である。反対に小さい年は、気温は高い年と低い年が混在しているが、日照時間が2半月以上連続して少ない傾向にあり、44年は低温少照、54年は高温少照の年であり、少照の影響が大きい。中位の年次は、日照時間は多目であるが、分げつ期間中に強い低温がみられる年のようなものである。このように草型示数の表現には日照時間の方が強く関係しているようにみられる。

つぎに、草型示数の大きさを年次の平均値で品種、苗の種類別に示したのが第2表であり、草型示数の程度間に2～4の開きがみられ、苗別では雑苗が最も大きく、中苗は畑苗に近く、畑苗は最



第3図 6月の気温、日照時間と草型示数の年次間差

も小さい。トヨニシキを例にみると雑苗で大きい年の平均は18.4，中位の年は14.6，小さい年は12.0となっている。

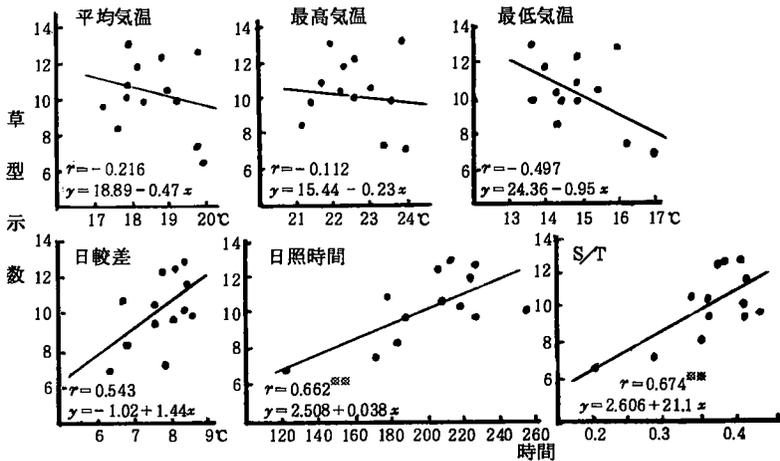
第4図には6月中の主な気象要素と草型示数との関係について示した。気温では、平均気温、最

高気温とは相関々係は認められなかったが、最低気温、日気温較差とは相関係数は前者よりは高まるが、有意差はなかった。また、日照時間とは有意差（5%危険率）が認められ、さらにS/T（日照時間/積算気温）で若干相関係数の向上がみられた。このようなことから草型示数の発現には日照時間が最も大きく関係しており、しかも気温が相対的に低い晴冷型の天候の場合に草型示数が大きくなり、逆に日照時間の少ない場合には小さくなる。

第2表 草型示数の程度別区分

程 度	トヨニシキ			ヨネシロ			アキヒカリ
	畑苗	中苗	稚苗	畑苗	中苗	稚苗	中苗
大	12.0	14.8	18.4	10.2	13.6	17.2	14.4
中	9.3	12.0	14.6	8.1	10.1	12.8	10.8
小	8.5	9.4	12.0	6.4	9.1	11.6	9.1

(夫々の年次の平均値で示した)



第4図 6月の気象と7月5日の草型示数（畑苗，トヨニシキ，昭和45～57年）

3. 草型示数と収量構成要素

7月5日における草型示数と収量に関する要素との関係を第5図に示した。

出穂期：特殊年次を除くと、草型示数の大きい年は、出穂期が遅れる傾向にあり、その程度は、畑苗よりも稚苗に大きいようにみられる。年次のフレをみると、草型示数が小さくとも出穂の遅れる年があるが、大きくて早まる年はない。

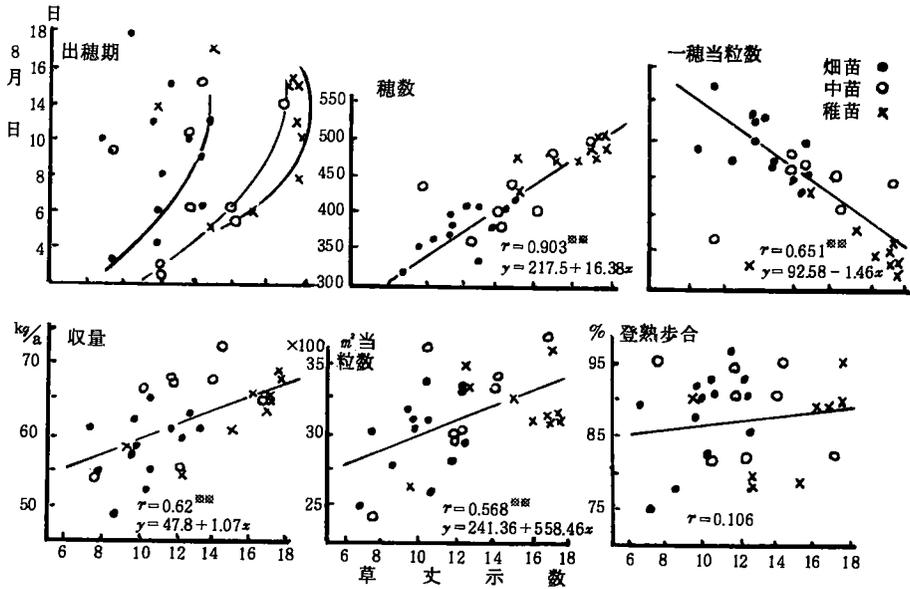
穂数：各要素の中で最も相関が高く、各苗の種類を混みにしてみても0.9以上の有意な相関が得られ、7月5日の草型示数で、ほぼ決まることを示している。

一穂当り粒数：これは穂数の場合と逆に負の相関が高く、これも7月5日の草型示数で、ほぼ決まることが示される。

m²当り全粒数：苗の種類を混みにしてみると有意な相関が得られているが、育苗法別にみると、稚苗での相関が少し乱れており、穂数、一穂当り粒数ほど明確でない。

登熟歩合：ほとんど相関が認められない。

収量：草型示数の高い年は、ほぼ多収の年次になっている。



第 5 図 7 月 5 日の草型示数と収量構成要素との関係 (トヨニシキ)

4. まとめ

稲の草型は、分けつ期の気象の影響を強く受け、秋田県内では、日照時間の多いほど草型示数が大きく、短かん多げつ型になる。この草型示数は、7 月 5 日頃にはばピークとなり、この時点の大きさで、収量のおおよその傾向が判断される事が明らかになった。これらの収量を支配する要素の中で、穂数、一穂粒数については、7 月 5 日頃ではば決まり、出穂期についても、早晚の傾向の判断資料となるが、出穂期については、出穂直前の気象に強く支配されることから、フレも大きい。

登熟歩合については、主にその後の気象条件の支配を強く受けることから、早期の判断は不可能であった。第 3 図に示した草型示数の高い年次の県の平均収量は 558 kg、中位の年次は 544、小さい年次は 531 kg であり、秋田県では、草型示数の高い年次は多収年になる。

このようにして、7 月はじめに、その年のおおよその収量および構成要素の方向がわかることは、それ以降の肥培管理に有効に活用出来る。

引用文献

- 1) 阿部貞尚 (1983) 分けつ期の気温と水稻の草型について, 日作紀東北支部会報, 第 26 号
- 2) 佐本啓智 (1966) 水稻の早期, 早植栽培の生態に関する研究, 東海近畿農業試験場研究報告: 第 15 号
- 3) 角田公正 (1964) 水温と稲の生育, 収量との関係に関する実験的研究, 農業技術研究所報告: A11 号

宮城県における水稻の登熟と気象

佐川久光・小林一重

(東北農政局統計情報部作況試験室)

1 はじめに

近年、田植えの機械化に伴い、生育・登熟が、手植えの時代と比較して変化してきたことがうかがわれる。また、昭和50年代に入って気象の変動が大きくなってきている。

こうした気象、栽培環境下において、気象と登熟の関係がどのようになっているのか過去10か年間の作況標本筆調査成績を用いて検討した。

2 調査材料及び検討方法

1) 資料：最高気温・最低気温・平均気温・気温日較差・日照時間……仙台管区気象台
粗玄米粒数歩合・玄米粒数歩合・玄米千粒重・千もみ当たり収量……作況標本筆

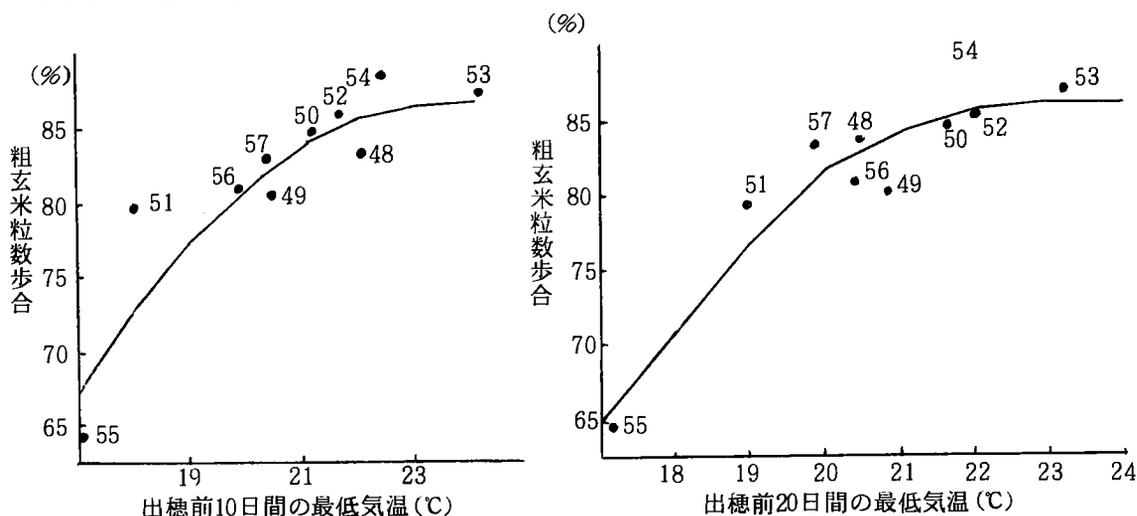
2) 検討方法：気象要素別に出穂前及び出穂後10日間ごとに区切り、その平均又は積算と、登熟要素との関係をみた。さらに出穂前及び出穂後20日、30日、40日間の平均又は積算との関係も検討した。検討期間は、昭和48年～57年の10か年間である。

3 結果及び考察

1) 出穂期前後の気象と粗玄米粒数歩合

出穂前及び出穂後の気象で最も有意な相関があるのは、出穂前10日及び11～20日の気温で、気温日較差、日照時間との相関は、高くない。

気温のうち有意水準の高い最低気温との関係は第1図のとおりであり、最低気温が19℃以下になると、粗玄米粒数歩合の低下が大きくなる。出穂前に相関が高くするのは、全生育期間で最も生理的变化の複雑な穂孕期に当たっているからと思われる。



第1図 最低気温と粗玄米粒数歩合

第1表 最低気温と粗玄米粒数歩合

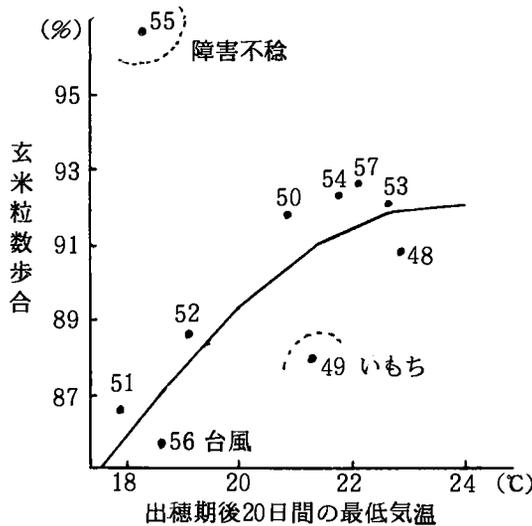
区分	回帰式	h	Sd	Fo
出穂前10日	$y = -181.597 + 22.986x - 0.492x^2$	0.91	3.1	17.5**
" 20日	$y = -271.703 + 31.498x - 0.692x^2$	0.95	2.3	35.2***

2) 出穂期前後の気象と玄米粒数歩合

出穂前後の気象と玄米粒数歩合との関係を検討してみた結果、昭和55年は障害不稔が多発し、その補償作用で玄米粒数歩合が高まったことが影響し、出穂前及び出穂後の気象との関係は明確でない。この年を除いて出穂期後20日の最低気温と玄米粒数歩合との関係をみたのが第2表で、今回検討した気象要素の中では最も有意であった。

3) 出穂前後の気象と玄米千粒重

玄米千粒重は、出穂前11～20日の最高気温・気温日較差との関係が密接である。この時期は、顕花発達（顕花始原体分化期）～減数分裂期に当たっており、もみ殻の大きさに影響するためと思われる。なお、使用したデータには、55・57年の異常年が含まれており、平年の気象の推移であれば、出穂後の気象との間にも関係がみられるものと思われる。



第2図 最低気温と玄米粒数歩合

第2表 出穂期後20日の最低気温と玄米粒数歩合

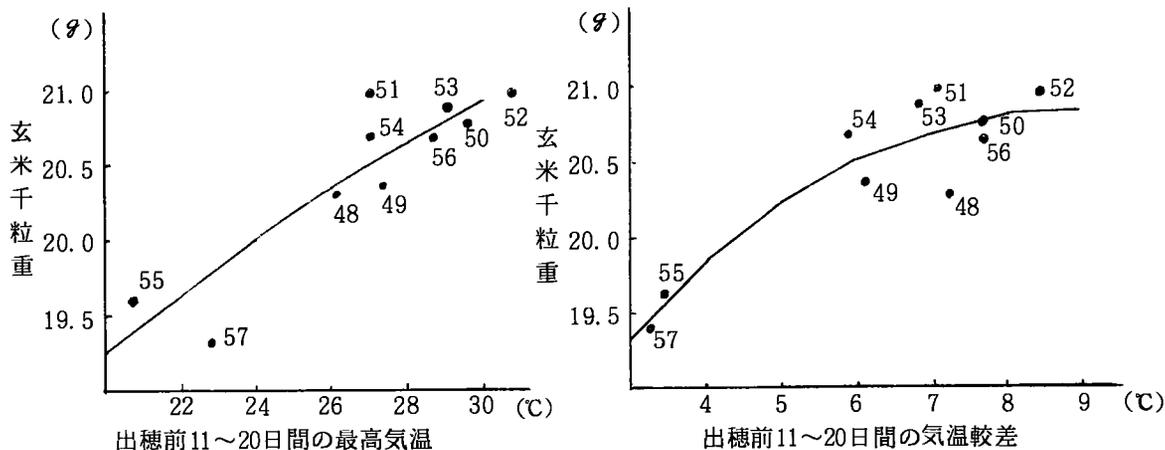
回帰式	h	Sd	Fo
$y = 6.363 + 8.212x - 0.171x^2$	0.84	1.7	6.9*

注) 昭和55年を除く

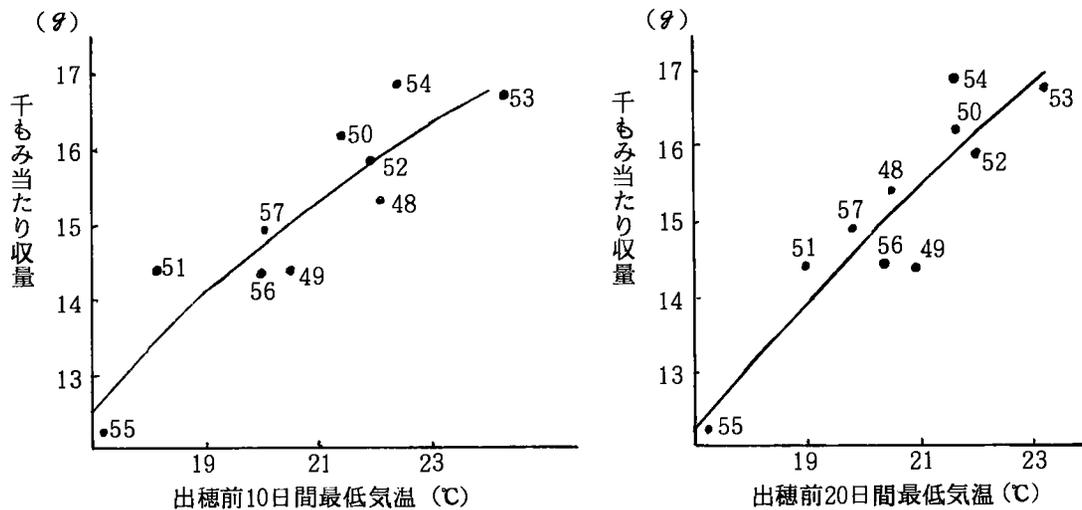
4) 出穂期前後の気象と千もみ当たり収量
千もみ当たり収量は、出穂前10日、20日の最低気温との関係が密接であり、粗玄米粒数歩合の場合と似ている。この時期の気象がわると粗玄米粒数歩合、玄米千粒重がともに低下するためである。

第3表 最高気温、気温較差と玄米千粒重

区分	回帰式	h	Sd	Fo
出穂前11～20日最高気温	$y = 13.487 + 0.361x - 0.0037x^2$	0.90	0.3	14.9**
" 気温較差	$y = 17.097 + 0.889x - 0.0527x^2$	0.93	0.3	20.7**



第3図 最高気温・気温較差と玄米千粒重



第4図 最低気温と千もみ当たり収量

第4表 最低気温と千もみ当り収量

区分	回帰式	h	Sd	Fo
出穂前10日	$y = - 11.930 + 2.019x - 0.034x^2$	0.91	0.7	16.8**
“ 20日	$y = - 14.384 + 2.139x - 0.034x^2$	0.92	0.6	19.7**

4 要 約

宮城県における昭和48～57年の作況標本筆調査成績を用いて、気象と登熟との関係を検討した。

粗玄米粒数歩合，玄米千粒重，千もみ当たり収量は，出穂前の気温との相関が密接であり，また，玄米粒数歩合は，出穂後の気温とも相関が高い。日照時間との関係では高い相関々係が認められなかった。

出穂前の気象との関係が大きいのは，昭和55・57年のような異常気象年があるためと思われる。すなわち出穂前に異常な気象に遭えば，その後の天候が良くなっても回復できないためと考えられる。

なお，今回の検討は供試年数が少ないので，今後年次を重ねて更に検討する必要がある。

高冷地における着色米の発生について

第1報 気象条件と着色米の発生

浜名光衛・^{*}長島房吉

(福島農試冷害試験地^{*}同, 昭和58年3月退職)

はじめに

近年, 異常気象が続くなかで高冷地の稲作は収量の不安定と, 産米の品質低下を招いている。

品質低下の要因を当猪苗代地方の産米でみると, その大部分が着色米の発生にあり着色米発生の要因解析, 防除技術の確立が急がれている。

1 着色米発生の実態

当冷害試験地が存する猪苗代町の水田(昭和58年水稻作付面積約2.5千ha)は猪苗代湖岸(湖面水位標高514m)を最低標高位として標高650m間に大部分が広がっている。

1) 1等米比率の低下

猪苗代町の産米格付1等米比率を表-1でみると過去5年間平均で30%以下と, 会津平坦部(標高200m台)に比べ極端に低い。

特に, 穂ばらみ期低温で障害不稔粒が多発生した昭和55年は1%, 57年は4%と県下で最も1等米比率の低い地域となった。

2) 着色米の発生状況

高冷地産米の等級低下要因を食糧事務所が行う格付理由書(2等米以下の格付理由)でみると, その約45%が着色米(茶米, 着色粒)によって占められ, 平坦部で最も多い胴割米の比率とはほぼ同率である。

表-1 1等米比率と玄米格付理由別比率(%)

項目	昭54年~58年平均		猪苗代 [*] 平常年 ^{**} 等級低下年	
	平坦部	猪苗代		
整粒不足	28.3	33.8	43.2	19.6
形質不良	6.2	5.6	8.2	1.9
被害粒				
内胴割粒	38.2	12.6	14.7	9.3
内茶米	0.7	2.3	3.9	0.1
着色粒	18.5	43.0	25.9	68.8
内全面	3.3	10.2	9.4	11.4
内一部	15.2	32.8	16.5	57.4
その他	3.2	2.0	3.0	0.3
1等米比率	68.5	28.9	46.6	2.6

注: 福島食糧事務所会津若松支所調,

^{*}昭54, 56, 58年平均, ^{**}昭55, 57年平均

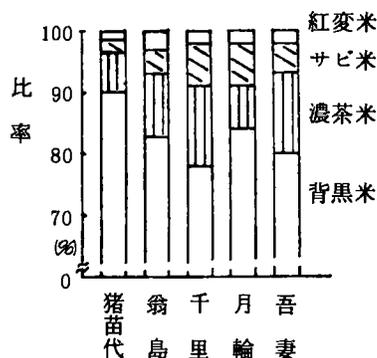


図-1 猪苗代地区内の着色米の種類別比率(昭57年)

また, 年次別にみると1等米比率の低かった昭和55年と57年は約70%が着色米によって等級が低下している。

着色米の種類は図-1にも示したように玄米の一部が着色する背黒米が全体の約80%を占めている。

なお, 1等米比率の比較的高い昭和54年は平坦部と同様胴割米, 56年, 57年は登熟不良による整粒不足が等級低下理由の1位であった。

3) 出穂前後の気温差

着色米の発生要因を探るため出穂前後の気温をみると、猪苗代は平坦部に比べ出穂前顕花発育時の気温が極端に低く、出穂後の登熟初期は差が小さくなる。

このため出穂前の気温（20日間日平均気温）と出穂後の気温比は平坦部より猪苗代が高くなる。

また、猪苗代の着色米多発生年と少発生年の比較でも同傾向がみられる。

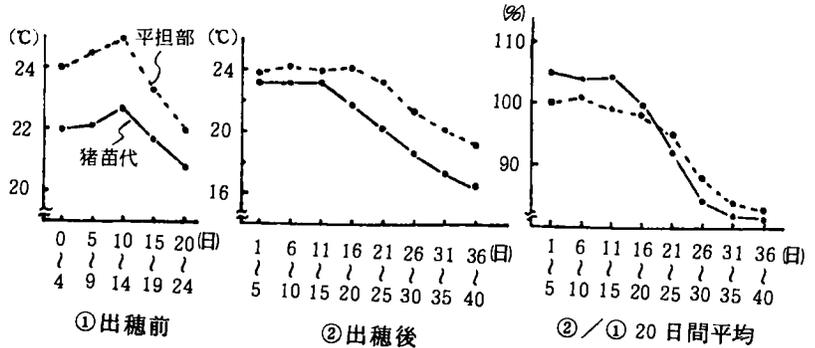


図-2 猪苗代と平坦部の出穂前後の日平均気温

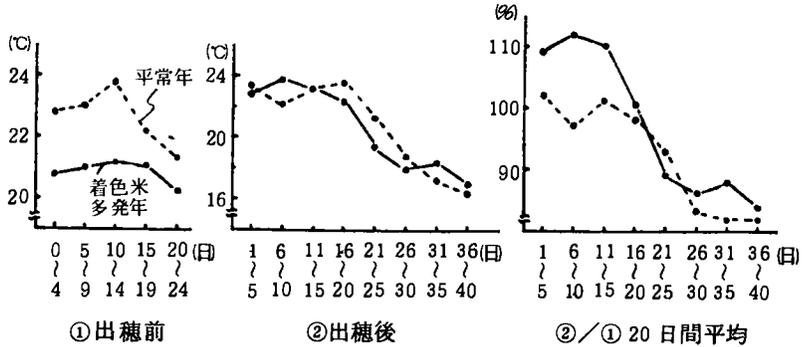


図-3 猪苗代の等級下位年と平常年の出穂前後の日平均気温

この気温の差は顕花の発育と玄米の登熟に関係し、着色米発生に関与しているものと考えられ次の試験を行った。

2 出穂前後の気象条件と着色米発生に関する試験

1) 試験方法

- (1) 供試材料； 1 / 5,000a ポットに5本植したハツニシキを供試した。
- (2) 試験区の構成と処理法

		区の構成		
		高温区	常温区	遮光区
出穂前	出穂後	○	○	○
	高温区	○	○	○
	常温区	○	○	○
低温区	○	○	○	

処 理 法

出穂前=出穂前15日～5日，出穂後=出穂後5日～40日
(出穂前4日～出穂後4日は全区露場管理)

設置場所と方法

高温区=出穂前，後ともガラス室内管理
 常温区=出穂前，後とも露場管理
 低温区=出穂前，稲株元より20cm深の流水水そう内管理
 遮光区=出穂後，露場で白カンレンシャ被覆（日射量20%カット）

(3) 処理時の温度 (℃)

処理区 (出穂前後)	出穂前			出穂後		
	最高	最低	平均	最高	最低	平均
高温区	34.1	20.2	27.2	31.1	17.8	24.5
常温区	28.4	19.7	24.1	23.7	15.3	19.5
低温遮光区	22.0	18.2	20.1	27.4	15.8	21.6

2) 試験の結果と考察

(1) 処理条件と着色米, 割れ粳の発生

着色米の発生と温度処理との関係を表-2でみると, 出穂前の処理では低温区が出穂後各処理区とも着色米の発生が最も多い。出穂後の温度処理では高温区が最も多く, 他の区は出穂前後の処理条件によって異なり一定の傾向が認められなかった。

表-2 処理条件と着色米発生率 (%)

出穂後 出穂前	高温	常温	遮光	平均
	高温	28.3	12.3	21.5
常温	23.7	17.3	18.8	20.0
低温	37.9	31.5	26.3	32.3
平均	30.1	20.4	22.4	24.2

表-3 処理条件と割れ粳発生率 (%)

出穂後 出穂前	高温	常温	遮光	平均
	高温	69.4	33.6	42.4
常温	68.8	46.0	35.9	49.8
低温	89.2	81.8	68.4	80.0
平均	76.2	52.6	48.4	58.8

割れ粳 (鈎合が開いた開穎粳) の発生は着色米の発生と同様に 出穂前処理では低温区, 出穂後処理では高温区が明らかに他区より多く, 着色米の発生より顕著な区間差が生じた。また他の区も着色米の発生と同様に 出穂前後の処理条件によって異なった。

このように着色米と割れ粳は出穂前低温, 出穂後高温条件で発生が多くなる。また, 割れ粳の発生と着色米の発生との間には正の高い相関が認められる。

着色米の種類は現地の実態調査 (図-1) で示したと同様に背黒米が多い。また, 着色米全体に占める背黒米の比率は割れ粳が多くなるほど着色米が多くなるのと同様により高い正の相関で高まる。このことは割れ粳の発生が背黒米や他の着色米発生の誘因になっているものと考えられた。

(2) 処理条件と粳穀, 玄米重との関係

出穂前後の温度処理条件と粳穀重との関係を表-4でみると, 出穂前の処理では低温区が他区より10%以上軽い, 出穂後の処理では明らかな差がみられない。

(4) 調査方法

同一日に 出穂 (8月20日) した穂を成熟期に各区30穂採取し, 室内乾燥後に調査。

調査は常法により行ない, 着色粒の判定は白カルトンで判明したものを区分けした。

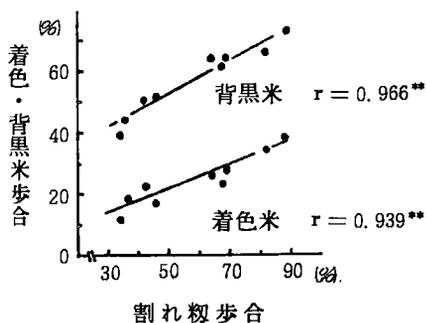


図-4 割れ粳歩合と着色米, 着色米中の背黒米歩合

一方、玄米千粒重は出穂前処理では籾殻重の軽い低温区が小差ながら他区より劣り、出穂後処理では高温区>常温区>遮光区の順になる。

この結果、玄米重に対する籾殻重比は、出穂前に低温処理し出穂後に高温処理した区が最も劣り、出穂前に高温処理し出穂後に遮光処理や常温処理した区が優った。

玄米重に対する籾殻重比と割れ籾歩合との関係を図-5でみると、両者に高い負の相関が認められ玄米重に対する籾殻重比が低いと割れ籾の発生が多くなる。

以上の結果は、出穂前低温下で発育した稲体の籾殻(穎花)は高温下で生育した籾殻より大きさや充実等が劣り、出穂後高温下で登熟が進むと玄米の発育に耐えきれず銜合がはずれ開穎し割れ籾になるものと考えられた。

表-4 処理条件と籾殻重 (g/1000)

出穂後 出穂前	高 温	常 温	遮 光	平 均
高 温	4.35	4.50	4.37	4.41
常 温	4.36	4.42	4.41	4.40
低 温	3.91	3.89	4.01	3.93
平 均	4.20	4.27	4.27	4.25

表-5 処理条件と玄米千粒重 (g)

出穂後 出穂前	高 温	常 温	遮 光	平 均
高 温	21.9	21.5	21.6	21.6
常 温	22.2	21.6	21.0	21.6
低 温	21.5	21.1	20.9	21.2
平 均	21.9	21.4	21.2	21.5

表-6 玄米重と籾殻重比
(籾殻重/玄米重×1000)

出穂後 出穂前	高 温	常 温	遮 光	平 均
高 温	198	209	202	204
常 温	196	205	210	203
低 温	182	184	192	186
平 均	192	200	201	198

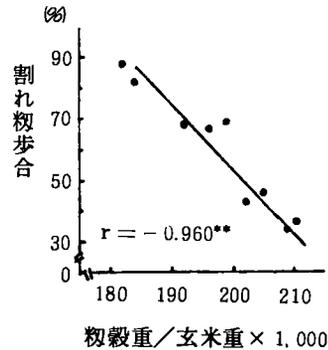


図-5 玄米重対籾殻重と割れ籾歩合

むすび

近年、異常気象が続くなかで高冷地の産米は平坦部に比べ品質が低下し1等米比率が極端に低い。品質低下の要因は着色米の発生にあり穂ばらみ期低温年に特に多い。高冷地は平年でも平坦部より出穂前の気温が低く出穂後は平坦部と同気温になる。この出穂前後の気温の差が高冷地で着色米発生が多い要因と考えられ出穂前後の気温を変え着色米発生の要因を検討した。

この結果、出穂前低温にあった稲の籾殻は発育が悪く、出穂後高温にあい登熟が進むと割れ籾が発生し着色米、特に背黒米が多くなった。このように高冷地の着色米は籾殻の発育と玄米の登熟とのバランスがくずれた時に割れ籾が発生し、開穎部から各種の菌類が付着しやすくなり着色米が多発生するものと考えられた。

気象要因に基づく稲作災害の被害特性

(2) 戦後の災害

宮本硬一・松村伸二

(香川大学農学部)

1 はじめに

前報(宮本, 1983)に引き続き, 戦後の稲作災害について, 作物統計調査の全国組織が確立して以来の被害統計を用いて水稲災害の実態を数量的に示そうとした。これに関連したものは一部みられるが(阿部, 1983), ここでは, 水稲災害の種類別動向と被害程度の地域分布を組合わせて災害の特徴を浮きぼりにすることを意図した。用いた資料は農水省の関連統計書で, 特に都道府県別の水稲被害統計がその中心である。(統計調査部, 1950~'84)。また, 解析の対象とした災害の多発した年次の選択は総被害量の累年平均(昭26~55)を基準として行い, 各年次について, 総被害量がこの平均値より著しく多かった年を“災害多発年”と名づけ, 各災害年ごとに, 主体をなす気象要因によってタイプ別の分類を行うと共に被害程度の地域分布も求めた。

その結果, 昭和40年を境にして戦後の災害の傾向は2分している事が判明した。すなわち, 終戦後から40年までの前年においては台風を主たる原因とする風水害が統発して水稲災害の主流をなしていたが, 40年以降は冷夏による災害が頻発し, 特に55年からは連続して冷害が発生して今日に至っている。また, 水稲災害を主たる被害要因によって分類すれば, 風水害型, 冷害型およびいもち病型となり, それぞれのタイプによって被害程度の地域分布が著しく異なることも明示できた。

以下, それらについて順次, 解析の結果をのべる。

2 水稲災害の概況

昭和26年からの30か年平均で被害状況を示すと表1のようになる。総被害量の平均は128万トン(11%)で, 災害の種類別の

順序では風水害>いもち病>虫害>その他となつて, 風水害から冷害までは稲作の3大災害となる。

また, 30年間を3期に分けて被害の特徴をみると, 前期では風水害が全被害の1/3を占めて著しく, いもち病がそれに続いている。中期も前期と傾向的には類似しているが, 後期になると冷害が多くなり, 風水害の比重は著しく低下し

表1 水稲被害の概況

種類	総平均		被害の種類別比較			
	被害量	被害率	全期	前期	中期	後期
風水害	(千t) 320	(%) 3.0	(%) 25	33	26	18
冷害	250	2.0	20	14	16	28
干害	50	0.4	4	3	5	3
病害	430	4.0	34	34	30	40
(いもち病)	(295)	(2.6)	(23)	(23)	(21)	(26)
虫害	170	1.4	13	17	15	8
その他	110	1.1	4	3	8	3
総計	1,280	11.0	100	100	100	100

注. 総平均=全期(昭26~55),
前期~後期は昭26より10年ずつ。

てくる。つまり、30年間の大勢は風水害の漸減と冷害の漸増といえよう。

3 災害多発年の出現とその被害

1) 災害多発年と水稻作況の動向

先に定義づけた“災害多発年”は昭和28年を皮切りに58年まで計15か年を数え、それを水稻の作況と共に示すと図1のようになる。それによると昭和23から58年に至る36年間に、大きな水稻災害は2.4年ごとに発生した

ことになる。また、北日本の冷害時には全国の作況水準が平年より大幅に低下して、いわゆる不作の年になっている。こうした傾向は戦前にも現われていた(宮本, 1982)。

2) 災害多発年の被害

要因による年次区分

災害多発年の被害量を年次ごとに示すと表2のようになり、災害の種類別被害量の比重は、年次によってかなり異なっている。そこで、各年次ごとに、最大の被害を示した災害の種類によって区

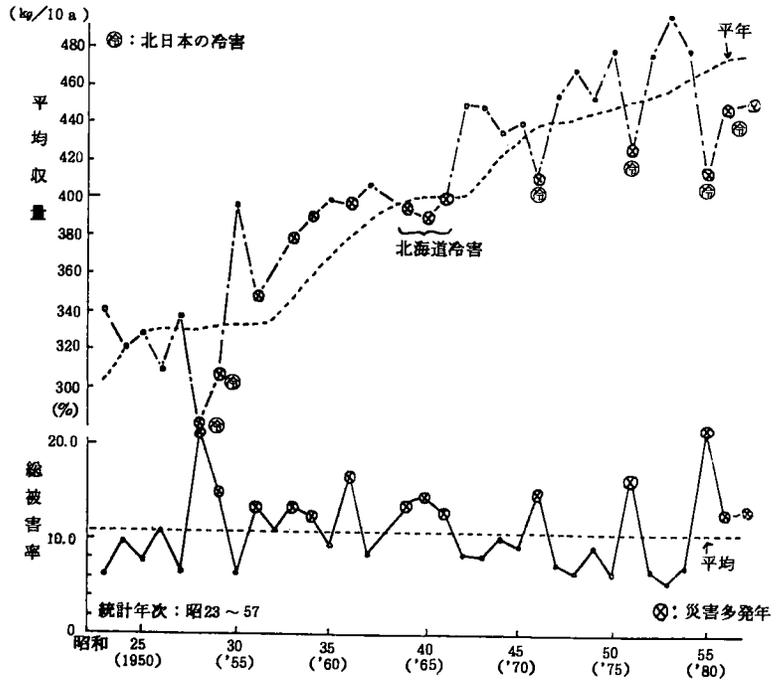


図1 戦後における水稻災害と作況の変遷(全国)

表2 災害多発年における水稻被害率と災害の種類別比較

年次	種類	被害率(%)							主な災害の比率(%)					
		総被害	風水害	冷害	干害	病害	いもち病	虫害	総被害	風水害	冷害	いもち病	他病害	虫害
昭和28		21.2	4.9	5.7	0.0	7.9	(7.3)	2.5	100	21	27	34		
" 29		15.1	5.9	3.9	0.1	2.4	(1.4)	2.5	"	39	26	9		
" 31		13.6	3.0	3.3	0.2	5.2	(4.0)	1.7	"	22	24	29		
" 33		13.4	5.6	0.4	1.3	4.2	(2.5)	1.8	"	42		19	13	
" 34		12.5	6.8	0.3	0.2	3.7	(1.9)	1.5	"	55		15	14	
" 36		16.6	9.4	0.0	0.5	4.5	(2.2)	2.1	"	57		13	14	
" 39		13.8	3.9	2.7	0.9	4.7	(2.6)	1.0	"	28	20	19		
" 40		14.5	4.9	3.7	0.5	4.1	(2.4)	0.6	"	34	26	17		
" 41		13.1	2.5	3.0	0.2	3.7	(1.9)	3.4	"	19	23	15		19
" 46		15.2	3.1	5.3	0.1	4.8	(2.6)	0.9	"	20	35	17		
" 51		16.6	2.1	8.4	0.0	5.4	(4.3)	0.5	"		51	26		
" 55		22.0	1.5	13.0	0.0	6.6	(5.2)	0.8	"		59	24		
" 56		13.0	3.1	5.7	0.1	3.3	(1.8)	0.7	"	24	45	14		
" 57		13.5	3.1	4.4	0.4	4.4	(2.7)	0.6	"	23	33	20		
平均		15.2	4.3	4.3	0.3	4.7	(3.1)	1.4						

表3 稲作における災害多発年のタイプ別区分

年次タイプ	被害を構成する主な災害の種類と比率(%)	該当年次
風水害型	A 風水害(34), 冷害(23), いもち病(15)	昭29, 39, 40
	B 風水害(51), いもち病(16), 他病害(13)	昭33, 34, 36
冷害型	A 冷害(34), 風水害(21), いもち病(15)	昭41, 46, 56, 57
	B 冷害(55), いもち病(25),	昭51, 55,
いもち病型	いもち病(32), 冷害(26), 風水害(22)	昭28, 31

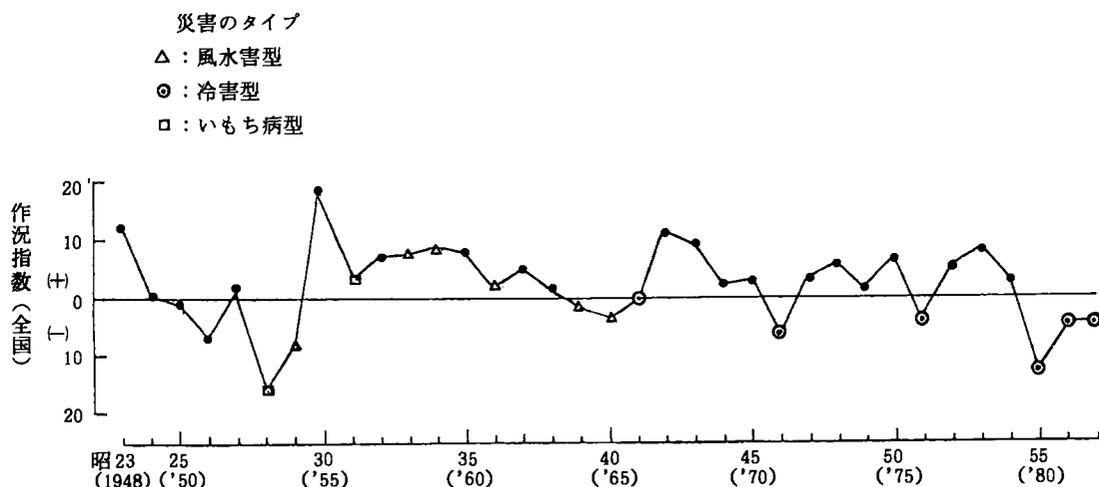


図2 稲作におけるタイプ別災害多発年の動向

分すると表3のようになる。それによると災害多発年は大きく3分され、風水害型、冷害型およびいもち病型となり、前2者はさらに、それぞれAとBに2分される。

3) タイプ別災害多発年の発生状況

災害多発年のタイプ別発生状況は図2のようになる。それによると昭和40年を中心に災害の年次タイプは大きく二つに分けられ、前半には風水害が頻発しており、後半では冷害が主体をなしている。

このように、戦後30余年における災害が昭和40年を境にはっきりそのタイプを別れていることは、その気象的要因である台風や夏季低温の発生傾向によるものであろう。つまり、本邦に上陸・近接した台風の数 は 1940年代の後半から漸次増加したが、'60年代の前半をピークにその後は漸減したこと(朝倉, 1982), また, '50年代以降, 温暖化を示していた暖候期の気温の動向も'70年代には寒冷化に転じたこと(勝山, 1982)など、戦後における本邦の気候変動とこのような災害の発生タイプとがよく対応している点に注目する必要がある。

4 タイプ別災害多発年における被害程度の地域性

1) 災害の種類別被害程度の分布概況

災害多発年の全平均で災害の種類別被害程度の分布を示すと図3のようになる。

被害率が6%以上を示す災害の多発地帯の分布をみると次のようになる。

(a) 総被害：被害の総量で程度別の地域性をみると、本土全体が6%以上に入り、被害率が10%を越す強い災害地域は北海道、四国および九州の全域と、本州では青森から島根に至る32府県がそれに該当する。一方、災害の多発地帯(26%)を水稻の作付面積で示すと全作付面積の63%(223万ha)に当たる。

(b) 風水害：災害の多発地帯は神奈川以西の、主として太平洋側の2府12県に当たり、作付面積では14%(42万ha)を占めている。

(c) 冷害：北海道と東北地方の太平洋側で被害が大きく、災害の多発地帯を作付面積で示すと22%(50万ha)で、風水害の場合よりやや広範囲である。

(d) いもち病：被害の発生は北海道の南部から九州に至る全国規模の範囲であるが、被害の程度は比較的限られて、6%を越す地帯は存在しない。

2) タイプ別災害多発年の特性

先に分類した災害のタイプのうち、冷害型といもち病型について、被害の地域性をのべる。

(a) 冷害型(6か年)：これは図4のとおりで、冷害による被害が6%以上の地帯は1道9県で、水稻面積で示すと37%(82万ha)になり、風水害型における風水害の多発地帯の場合(84万ha)にほぼ匹敵する広さである。また、災害多発年の全平均における冷害地帯の1.6倍にも達する。このタイプでは風水害も伴

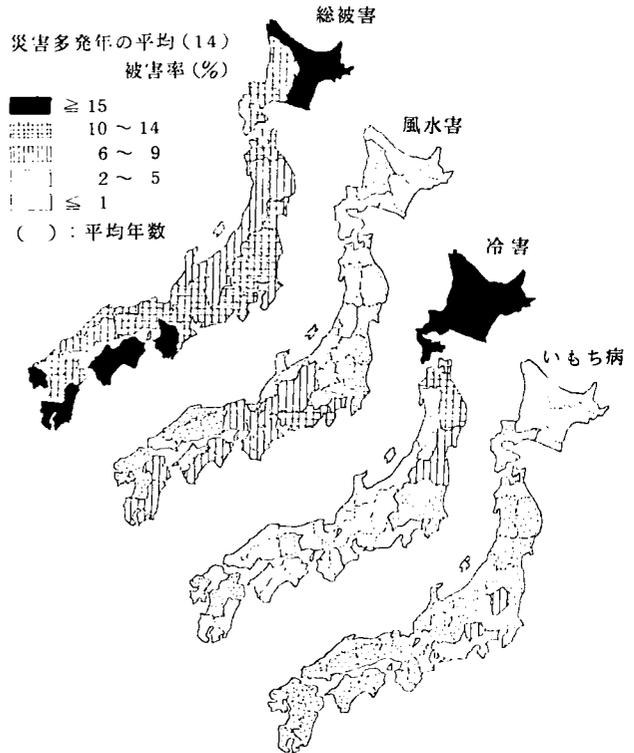


図3 水稻災害の種類別被害程度の地域性(1)

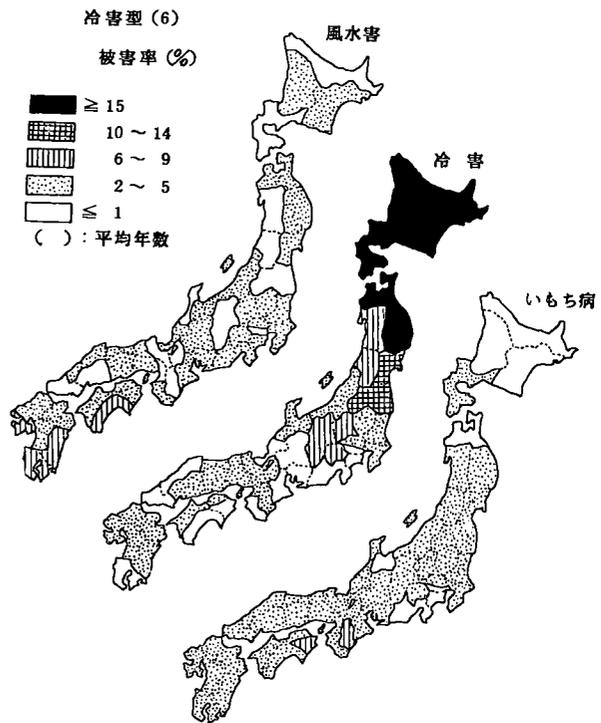


図4 水稻災害の種類別被害程度の地域性(2)

うが、6.0%以上の多発地帯は九州と四国の一部に限られている。しかし、5%以下の地域は北海道を含む全国に分布し、いもち病も被害の程度は低いが、その分布は全国的である。

(b) いもち病型(2か年)：いもち病が主体となる災害年は少なく、昭和28年と31年の2か年だけで、図5に被害程度の分布を示した。それによるといもち病の被害は関東と中部で著しく、その多発地帯は17県、14%(90万ha)に及んで、かなりの範囲で大きな被害が発生している。このようなタイプの年には冷害の発生も顕著で、多発地帯は1道8県に及び、水稲面積では33%(74万ha)を数え、冷害型における冷害地帯に次いでいる。さらに風水害による被害もかなりの面積で見られ、このタイプにおける災害は多様性が強い。

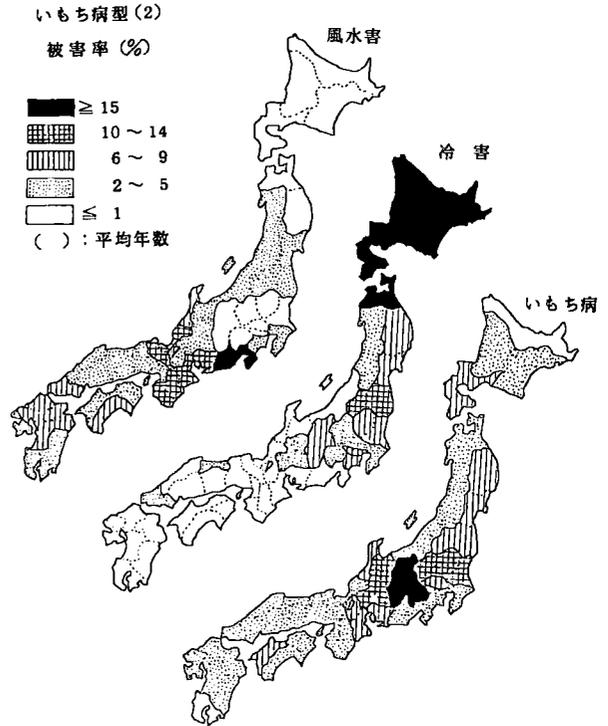


図5 水稲作害の種類別被害程度の地域性(3)

5 むすび

敗戦当時(1945),水稲の収量は全国平均でようやく300キロ(10a)に達した程度であったが、38か年を経過した現在ではそれが480キロに近づこうとしている。これは年率1.6%の増加であり、戦前の増加率1.1%に比較して、かなり急速な進歩といえる。しかし、水稲収量の年次変動は近年、度重なる冷害の連続から著しく増大していることも事実であり、高度化したはずの稲作技術の意外な脆弱性を示している。特に冷害の程度が北海道より東北地方で著しい年次も多く出現するようになったことや、不作の頻度が関東地方でも高くなり、冷害の影響が東日本全体に及んでいるように思われてきたことなどはきわめて重大視しなければならない。

また、昭和55年からの連続している冷夏の出現は長期的気候変動の中で如何なる意味をもつものかは必ずしも明白にされていないが、「年々の天候は変動が大きく、引き続き異常気象は発生しやすい」と推定している気象庁の長期見通し(真野,1984)は稲作関係者にとってきわめて重みのある警告とうけとるべきであり、特に「北日本等の一部にみられる低温傾向はしばらく続き……」という点には特に重大な関心をよせてしかるべきであろう。

引用文献

- 阿部玄三(1983):昭58日本農業気象学会全国大会講演要旨,89
 統計調査部(1950~'59):農林統計表(第25次~34次),農林省
 (1959~'84):作物統計,№1~25(昭33~57),農林省
 真野裕三(1984):天気,28(4),4~13
 宮本硬一(1983):香川大学農学術報告,34(1),35~46

外気追従型圃場気象制御装置 (Fieldtron) の開発 (第1報)

福田兼四郎・鎌田易尾

(秋田県農業試験場)

はじめに

筆者らは、圃場での冷害対応技術を検討するため、稲の生育期間中任意の時期に低温環境を作り出す研究を昭和56年から行い、先に障害型冷害発生装置を開発した²⁾しかし、この装置は地下水の噴霧によった主として顕熱冷却法を採用したために、本県でよくみられる晴冷型の障害不稔の検討ができないこと、あるいは長期的な冷涼気象を水稻に再現させることができないことなど、多くの欠点がある。そこで、できるだけ稲を自然状態におき、気温だけ所期の処理をするために、岡野氏ら¹⁾が開発した水膜、向流形熱交換機を用い、地下水を熱交換して冷風循環による装置の開発を試み、一応の成果が得られたので試作機の概要と熱交換膜面積の決定について報告する。

1 装置の概要

(1) 冷媒および冷却法

冷 媒；地下水（夏期約 13.5 °C）

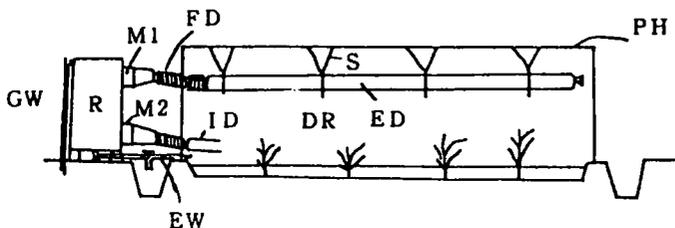
熱交換方式；水膜・向流形熱交換機（水量 $0.5 \text{ l m}^{-2} \text{ min}^{-1}$ ，熱交換係数 $14 \text{ K cal m}^{-2} \text{ hr}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ）
4 機

(2) 圃場規模および冷風循環方式

圃場規模； 75 m^2 （ $5 \text{ m} \times 15 \text{ m}$ ）

閉鎖方式；パイプハウス（高さ 3 m，表面積約 168 m^2 ，体積 214 m^3 ）

冷風循環方式；強制循環法を用い、圃場の温度ムラをなくするために $\phi 400 \text{ mm} \times 1,500 \text{ mm} \times 0.07 \text{ mm}$ ポリエチレンチューブに、チューブ断面積と合計穴面積を等しくなるように $\phi 10 \text{ mm}$ の穴をあけ、水平方向および 45° 下方向に吹き出す吹出穴とした。吸気は $200 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \times 1,800 \text{ mm}$ 角型透明合成樹脂の筒を用いた。



GW：地下水送水パイプ
 R：熱交換機
 M1：送風ファン
 M2：吸気ファン
 FD：フレキシブルダクト
 ID：吸気ダクト
 EW：排水パイプ
 S：ダクトリング固定紐
 ED：吹出しダクト
 PH：パイプハウス
 DR：ダクトリング

第1図 気象制御装置概念図

2 熱収支と冷却面積の検討

(1) 熱負荷

ビニール被覆圃場内の熱収支に関与する要素は、日射量、気温、ビニールの熱貫流、土中への熱

貫流，植物体吸収，各種反射，動力発熱量およびビニールハウスの気密性などによる損失を考慮しなければならぬが，ここでは次のようにした。

$$Q_1 = I_s \times S_f + (T_{out} - T_{in}) \times A \times K_u \dots\dots\dots ①$$

I_s = 日射量， S_f = 圃場面積， T_{out} = 外気温， T_{in} = ハウス内気温， A = ハウス表面積

K_u = ビニールの熱貫流率， Q_1 = 熱負荷

ここでは夏期多照 ($780 \text{ kcal m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$)，高温 (30°C) の場合に室温 25°C とすることを条件としたので，その場合の熱負荷は次のようになる。

$$Q_1 = I_s \times S_f + (T_{out} - T_{in}) \times A \times K_u = 780 \text{ kcal m}^{-2} \text{ hr}^{-1} \times 75 \text{ m}^2 + 5^\circ\text{C} \times 168 \text{ m}^2 \times 6 \text{ kcal m}^{-2} \text{ hr}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} = 63,540 \text{ kcal/hr}$$

(2) 熱交換膜面積の決定

$$Q_2 = K_r \times S_r \times (T_{in} - T_w) \dots\dots\dots ②$$

K_r = 熱交換係数， S_r = 熱交換膜面積， T_{in} = ハウス内気温， T_w = 地下水温

Q_2 = 冷却能力

水量 $0.5 \text{ l m}^{-2} \text{ min}^{-1}$ ，熱交換機内風速 $3 \sim 4 \text{ m}$ の稼働で，前記多照，高温時にハウス内気温を 25°C とするためには， $Q_1 = Q_2$ とする必要があるので①，②より

$$S_r = \frac{Q_1}{(T_{in} - T_w) \times 14 \text{ kcal m}^{-2} \text{ hr } ^\circ\text{C}} = \frac{63,540}{(25^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C}) \times 14 \text{ kcal m}^{-2} \text{ hr } ^\circ\text{C}} = 412.6 \text{ m}^2$$

約 400 m^2 となる。圃場の形状から熱交換機を4機とし，1機当たり熱交換面積を約 100 m^2 となるよう， $1,000 \text{ mm} \times 2,000 \text{ mm} \times 0.07 \text{ mm}$ の大きさのポリエチレン製の袋，25枚を縦に並べ木製の箱に納め，送風機 DF-60GT-A を箱の上下につけ，上部送風機には，吹出しダクトを，下部の送風機には吸気ダクトを取付けた。箱内風速は約 3 m sec^{-1} ，ダクト内，吹出部の風速は等しく 11 m sec^{-1} ，パイプハウス内換気率は 2.2 回/min となる。

3 試験結果および考察

圃場には，稚苗，中苗，五葉苗を機械作業，機械移植によって通常の作付を行った。装置内の温度経過を，夏期高温，多日照の1982年8月18日～8月19日に測定した。ハウス内の部位別の気温を第1表に，実測値と理論値を第2図に示した。

第1表で，部位別の温度ムラをみると，熱交換機側（前部）の高さ 1 m の温度は，他の部位とくらべて，約 $1 \sim 2^\circ\text{C}$ 高いが，他の部位はほぼ 1°C 程度の差に止っている。前部高さ 1 m の位置の気温が高いのは，吸気ダクトがハウス内 1.8 m の位置から断面積 400 cm^2 の吸気口4箇で吸引しているため，前部 1 m の高さでの換気率がわるくなっていることによると思われる。今後吸気部の改良が

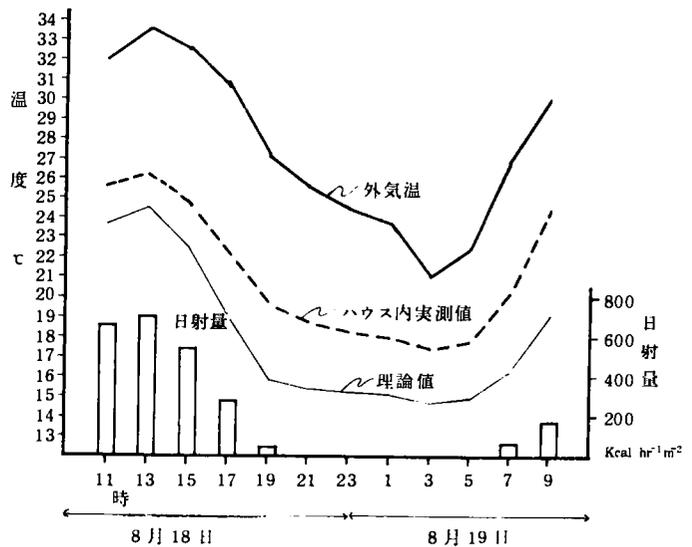
必要となる。

第1表 1982. 8. 18 ~ 8. 19 の温度経過

計測時間	日射 (Kcal/hr m ²)	外気温 ℃	排気温 ℃	前部高さ 1 m	中央高さ 1 m	中央高さ 30 cm	後部高さ 1 m	後部高さ 30 cm
11時	654	32.0	21.2	28.0	25.6	25.8	26.0	25.0
13時	698	33.5	22.2	28.8	26.2	26.2	27.4	26.5
15時	537	32.5	21.5	26.0	24.8	24.8	25.8	24.8
17時	273	30.6	20.5	24.0	22.2	22.8	23.2	22.8
19時	36	27.2	19.0	21.0	19.7	20.0	20.3	20.0
21時	0	25.7	18.3	20.0	18.8	19.0	19.2	19.0
23時	0	24.5	18.2	19.5	18.3	18.5	18.8	18.5
1時	0	23.8	17.9	19.0	18.0	18.2	18.5	18.2
3時	0	21.1	17.4	18.5	17.5	17.8	18.0	17.8
5時	0	22.5	17.3	18.9	17.8	18.0	18.2	18.0
7時	58	26.8	19.6	21.5	20.2	19.8	21.0	20.0
9時	269	30.0	20.0	25.4	24.5	23.0	24.5	23.2
平均	210	27.5	19.3	22.5	21.1	21.2	21.7	21.2

第2図で実測値と理論値を比較してみると、全般に理論値より高く経過しているが、その差は一定でなく、最高気温時（午後1時）には、その差は1.7℃と少ないが、むしろ、夕方から翌朝にかけてその差が大きくなる。これは最高気温時は、ハウス内→地中方向へと熱貫流がみられるが、夕方から翌朝にかけては、逆に地中→ハウス方向に熱貫流がみられるためと考えるが、今後更に検討したい。

一方外気温とハウス内の温度とを較べると、最高気温時には7.3℃であるが、最低気温時21.1℃（午前3時）には3.6℃と、その降温程度は少なくなっている。日中の熱負荷が高いにもかかわらず



第2図 理論値と実測値

むしろ夜間の降温程度が少ないのは、本装置の冷却効率が②式でみられるように室温と地下水温で決まるので、室温が高い日中は冷却効率が高く、室温が低い夜間はその効率が下るためと考える。このため、結果的には特に温度調節をしなくとも、ハウス内温度は日中と夜間では降温程度に多少差はあれ、ほぼ外気に追従した温度変化を示すものとする。これら熱量の詳細な検討は今後にまたねばならないが、本装置の設計に当たり、上記①式および②式によって決定した熱交換膜面積でおおまかに所期の目的を果せることが判明したので、今後は障害型冷害の発生が可能な日射量 $780 \text{ Kcal/m}^2 \text{ hr}^{-1}$ 、最高気温 30°C 、最低気温 24°C 前後の条件のとき、ハウス内気温の日平均気温 20°C 以下、最低気温 17°C 以下に制御可能な装置の試作をしたい。

終りに本装置の開発に際し、多くの御教示を載いた現農林水産省環境技術研究所気象管理科長内嶋善兵衛氏、北陸農業試験場農業気象研究室長堀江武氏、電力中央研究所緑地部応用生物研究室岡野利明氏に謝意を表します。

4 引用文献

- 1) 岡野利明・山本雄二郎・青木 清 (1979) ; 水蓄熱式太陽熱暖房温室に関する研究 中央電力研究所研究報告 47 90 12, 1 ~ 21
- 2) 福田兼四郎・鎌田易尾 (1982) ; 障害型冷害発生装置について 東北の農業気象 27, 43 ~ 46

青森県におけるダイズの結実期間の気温と収量

多田 久・穴水孝道・木村晶子*

(青森県農業試験場, *青森県黒石地区農業改良普及所)

1 はじめに

青森県におけるコムギ、ダイズの作付面積は、水田利用作付対策の特定作物として再び増加した。しかし、両作物とも連作されることが多く、また、コムギの場合は、その前後作に適した作物もないことから裸地のまま放置されることも多い。その改善作として、すなわち連作防止、土地利用の効率化等からコムギの前後にダイズを作付する「ダイズ-コムギ-ダイズ」の2年3作型作付体系の開発が必要と考えられるが、本県のような寒冷地ではこれまで検討されたことがなく、東北各県でも検討中である。しかし、ダイズにとっては生育、収量が気象に制約されることが予想され、中でも開花、結実期間が気温の低下する秋季にあたるため、この期間の気温が収量に与える影響は大きいものと思われる。そこで播種期試験を基に生育、収量と気温、特に開花期以降結実期間の気温と収量について検討し、併わせて気温からみた県内各地のコムギ後作としての作期を推定した。

2 試験方法

1) 播種期試験

- (1) 供試品種 : ワセスズナリ(早生), オクシロメ(晩生)
- (2) 播種月日 : 5月10日, 6月10日, 7月5日, 7月10日, 7月15日, 7月20日,
- (3) 栽植様式 : ワセスズナリ, 畦幅70cm, 株間15cm, 952株/a, 1株2本立,
オクシロメ, 畦幅70cm, 株間15cm, 952株/a, 1株1本立,
- (4) 施肥量(kg/a) : 堆肥100, 石灰20, N 0.5, P₂O₅ 1.5, K₂O 1.2
- (5) 区制, 面積 : 1区21㎡, 2区制
- (6) 収量と積算気温の解析法, 積算気温の解析期間は開花期後70日間, また, 畑作部, 畑作科の資料(1981)も使用した。

2) 県内のコムギ後作での作期と収量

- (1) 使用資料 : 青森県農業気象10年報からの平年値(1951年から1980年までの30年間)
- (2) 播種日の算出法 : 各積算気温に達する開花晩限日を求め, 播種日から開花期までの日数との気温の関係から播種日を推定した。
- (3) 対象地点 : 気象官署及び地域気象観測所の主要14地点

3 試験結果および考察

1) 播種期試験の結果

播種期を異にした各区の開花期までの日数, 結実日数(開花期から成熟期までの日数)および生育日数(播種日から成熟期までの日数)とその間の平均気温は表-1に示すとおりである。播種日から開花期までの日数はワセスズナリ, オクシロメとも晩播区ほど短縮され, この間の気温は晩播ほど積算気温は少なくなるが, 平均気温は高くなった。結実日数は両品種とも晩播区で短縮された

表-1 ダイズの播種期の早晚と開花成熟に必要な日数

品種名	項目 播種期	開花期	播種から	同左期間	成熟期	結実日数	同左期間	生育日数	同左期間
		(月日)	開花まで 日数 (日)	の平均気 温 (°C)	(月日)	(日)	の平均気 温 (°C)	(日)	の平均気 温 (°C)
ワセズナリ	5月10日	7.16	67	17.1	9.29	75	21.8	142	19.6
	6月10日	31	51	19.8	10.7	68	20.8	119	20.4
	7月5日	8.10	36	22.4	12	63	19.9	99	20.8
	7月10日	15	36	22.5	16	62	19.4	98	20.5
	7月15日	20	36	22.9	23	64	18.3	100	20.0
	7月20日	23	34	23.3	25	63	17.7	97	19.6
オクシロメ	5月10日	8.4	86	18.5	10.17	74	19.8	160	19.1
	6月10日	12	63	20.5	20	69	19.3	132	19.9
	7月5日	15	41	22.5	22	68	18.9	109	20.2
	7月10日	20	41	22.9	24	65	18.2	106	20.0
	7月15日	25	41	23.0	31	67	17.1	108	19.3
	7月20日	27	38	23.2	11.2	67	16.7	105	19.0

注1. 結実日数は開花期から成熟期までの日数

2. 生育日数は播種日から成熟期までの日数

が、7月播種の各区间差は判然としなかった。気温は晩播ほど積算気温は少なく、平均気温も低くなり、7月播種区では低下の度合いが大きかった。生育日数も晩播区ほど短縮されたが、7月播種区の区间差は小さかった。この間の気温は積算気温は晩播区で少なくなったが、平均気温は7月5日播種区で最も高く、それより早播でも晩播でも低くなる。生育日数を気温との関係でみると、開花期までの日数は高温で短縮され、この間の平均気温が23°C程度でワセズナリは35日、オクシロメは40日程度で開花することが推定される。これに対し結実日数は早播と晩播の差は少ないが、その間の気温は晩播ほど低く、気温の低下は結実日数の短縮や停止をもたらすことが予想される。

表-2 ダイズの播種期の早晚と収量

品種名	項目 播種期	分解調査				収量調査		
		主茎長 (cm)	分枝数 (本)	着莢数 (莢/株)	粒数 (粒/株)	茎重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	百粒重 (g)
ワセズナリ	5月10日	78.2	2.5	98.4	205.6	41.9	36.4	26.6
	6月10日	88.7	3.2	130.2	268.2	29.0	34.3	24.5
	7月5日	72.5	3.1	90.4	200.4	19.1	24.5	21.8
	7月10日	70.9	2.6	68.2	148.0	18.6	24.8	22.5
	7月15日	58.1	3.2	71.2	147.6	17.1	26.7	22.3
	7月20日	59.5	2.3	60.2	128.0	12.9	20.5	21.2
オクシロメ	5月10日	104.5	6.5	114.9	230.7	41.2	35.1	22.5
	6月10日	99.8	5.5	110.0	224.2	35.6	34.7	23.7
	7月5日	81.9	4.5	59.3	129.6	21.4	25.8	22.8
	7月10日	69.8	4.4	58.7	128.4	21.7	25.1	23.0
	7月15日	54.4	5.2	62.0	139.6	18.9	27.0	24.3
	7月20日	46.6	4.0	50.0	109.5	14.3	22.1	22.4

成熟期における収量構成要素および収量の調査結果は表-2に示すとおりで、主茎長は両品種とも晩播区で短縮し、分枝数はオクシロメの晩播区で減少する傾向がみられた。着莢数および粒

数は、ワセズナリの6月10日播種区、オクシロメの5月10日播種区で最も多く、晩播になるほど両品種とも減少する傾向が認められた。また百粒重は、ワセズナリの晩播区で減少したが、オクシロメでは明瞭な区間差は認められなかった。茎重は、両品種とも晩播区ほど低下した。収量(子実重)

は、両品種とも、晩播区ほど明らかに低下する傾向が認められた。これは開花までの日数、結実日数の長短およびこの間の気温が着莢数、百粒重等に影響を与え、収量を増減するが、その程度には品種間差がみられる。そこで結実期間の積算気温と収量について検討したが、両者の間には図-1

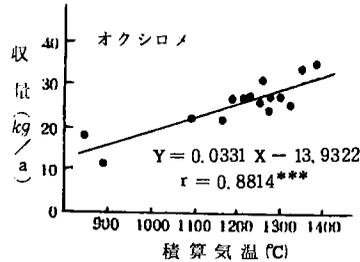
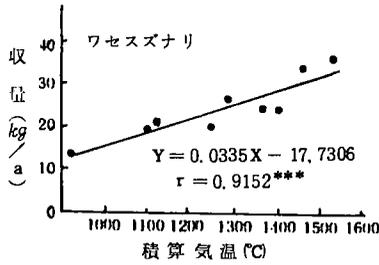


図-1 開花期後70日間の積算気温と収量

に示すとおり、両品種とも高い正の有意な相関関係が認められ、ワセズナリは $r = 0.9152^{***}$, $Y = 0.0335X - 17.7306$ (Y: 収量, X: 積算気温), オクシロメでは $r = 0.8814^{***}$, $Y = 0.0331$

X - 13.9322の相関係数および回帰式が得られた。これらの結果から、結実期間の気温は収量を支配する重要な要因であると考えられる。本回帰式を用いて所定の収量 (a 当たり) を得るために必要な積算温度を算出すると、ワセズナリでは30kgを得るに1,425℃, 25kgでは1,276℃, 20kgでは1,126℃, オクシロメでは30kgを得るには1,327℃, 25kgでは1,176℃, 20kgでは1,025℃となり、ワセズナリの結実に要する温度はオクシロメより多くを要するものと考えられ、品種間に差のあることが推定された。

2) 県内のコムギ後作での作期と収量

表-3 積算気温とダイズの播種限界

品種名	積算気温(°C)	地点名								
		項目	黒石	弘前	五所川原	鱒ヶ沢	深浦	碓ヶ関	青森	
ワセズナリ	1200	播種日	7.14	7.16	7.14	7.15	7.19	-	-	
		開花日	8.18	8.20	8.18	8.19	8.23	-	-	
	1100	播種日	7.22	7.23	7.21	7.23	7.27	7.18	7.21	
		開花日	8.26	8.27	8.25	8.27	8.31	8.22	8.25	
	1000	播種日	7.29	7.30	7.29	7.30	8.3	7.25	7.29	
		開花日	9.2	9.3	9.2	9.3	9.7	8.29	9.2	
オクシロメ	1100	播種日	7.17	7.18	7.16	7.18	7.22	-	7.16	
		開花日	8.26	8.27	8.25	8.27	8.31	-	8.25	
	1000	播種日	7.24	7.25	7.24	7.25	7.29	7.20	7.24	
		開花日	9.2	9.3	9.2	9.3	9.7	8.29	9.2	

品種名	積算気温(°C)	地点名							
		項目	蟹田	八戸	三沢	野辺地	十和田	三戸	むつ
ワセズナリ	1200	播種日	-	-	-	-	-	7.13	-
		開花日	-	-	-	-	-	8.17	-
	1100	播種日	-	7.22	7.22	7.21	-	7.21	-
		開花日	-	8.26	8.26	8.25	-	8.25	-
	1000	播種日	7.25	7.30	7.30	7.29	7.26	7.28	7.25
		開花日	8.29	9.3	9.3	9.2	8.30	9.1	8.29
オクシロメ	1100	播種日	-	-	-	-	-	7.16	-
		開花日	-	-	-	-	-	8.25	-
	1000	播種日	7.20	7.25	7.25	7.24	7.21	7.23	7.20
		開花日	8.29	9.3	9.3	9.2	8.30	9.1	8.29

注1. : 小麦の後作として、可能な月日

2. 積算気温: 開花期以後70日間の積算気温

県内各地のコムギ後作を考えた場合の播種日、開花日と積算気温についてみたものが表-3である。コムギの成熟期は平年では津軽地帯で7月15日前後、南部地帯では7月20日前後で、津軽地帯は7月20日前後、南部地帯は7月20日以降をコムギ後作としてのダイズの播種可能な早限とした。その結果表-3に示した黒枠内の播種日は平年のコムギの熟期からみて可能な播種日である。また、積算気温は播種期試験で得られた回帰式よりワセズナリの1,100℃、オクシロメの1,000℃はやや少ないものの20kg/aに相当する。これをみると、県内の大部分の地帯はワセズナリで1,100℃、オクシロメで1,000℃の確保がやっとなり、津軽半島のむつ湾沿岸部、南部地帯の内陸部、下北等ではワセズナリの1,100℃の確保もむづかしくなっている。これを収量からみると県内の大部分の地帯は両品種とも20kg/aがやっとなり、一部では20kg/aもむづかしく、コムギ後作大豆の収量はあまり期待できないようである。

以上は平年並の気温で推移した場合であるが、実際は結実期間の気温に変動が考えられ、高目あるいは低目に経過した場合の黒石（津軽地帯）、十和田（南部地帯）について検討した。県内で気象環境が良好な黒石の場合、ワセズナリで1,100℃確保するには、平年並もしくは0.5℃低い気温で推移した場合まで可能であるが、十和田では平年並の気温で推移した場合でもむづかしく、オクシロメの1,000℃確保は黒石では平年より1.0℃低温でも可能であるが、十和田では平年並でなければ確保はむづかしい。また、結実期間の気温を確保する場合、両品種とも播種晩限は黒石では十和田より3～4日遅くても可能で、コムギの熟期と考え合わせれば、播種可能な期間の幅は地域によってなお差があるようであるが、いずれにしても高い収量は望めないようである。

4 まとめ

ダイズの播種期試験を行い、気温と生育・収量、特に結実期間の気温と収量について解析し、ダイズのコムギ後作としての可能性を検討した。

- (1) 生育は気温により大きく影響され、開花は高温で促進され、結実日数は低温で短縮あるいは停止することが予想された。
- (2) 収量は晩播で減収するが、収量構成要素への影響は品種間差がみられた。
- (3) 収量と結実期間（開花期後70日間）の積算気温との間には高い正の相関関係がみられ、積算気温（X）と収量（Y）との回帰式は、ワセズナリで $Y = 0.0335 X - 17.7306$ （ $r = 0.9152^{***}$ ）、オクシロメで $Y = 0.0331 X - 13.9322$ （ $r = 0.8814^{***}$ ）が得られた。
- (4) 前述の回帰式を基に県内各地のコムギ後作としての播種可能な播種日と収量を推定したが、ワセズナリ、オクシロメともa当たり収量は20kg程度かそれ以下であった。
- (5) 結実期間の気温の変動を考えた場合、地域により播種期間に差はみられ、コムギの後作としての気温からみた収量の上限は20kg/aとみなされた。しかし、これ以上の多収を得るためには栽培方法の検討が必要である。

参考文献

省 略

主要野菜の生育・収量に及ぼす気象の影響

第1報 すいかの着果向上のための保温技術

佐藤亮一・山本忠志・市田忠夫・穴水孝道

(青森県農業試験場)

青森県のすいかは、日本海側の屏風山地域を中心に栽培されており、近年作付面積が減少しているものの、特産のながいもに次いで多いことから、作柄の良し悪しは直接農業経営に大きく影響し、農家の関心も高いものがある。

ところが、昭和55年から本県のすいかは連続して不作が続いており、特に58年は出荷の遅れとともに出荷率が例年の50%まで落込んだため、問題が大きくなり、不作の原因究明とその対策が急がれている。このため、昨年度から農試が主体となり、普及所の協力を得ながら試験を実施した結果成果が得られたので、指導上の参考としてとりまとめた。

1 試験方法

(1) 本県のすいかの作型は、トンネルマルチによる早熟栽培であり、5月上旬定植、7月下旬収穫開始となっており、早期着果・早期出荷を目標にしている。そこで、既存の気象観測資料から、すいかの開花及び着果期にあたる6月の低温傾向及び出現割合を計算した。

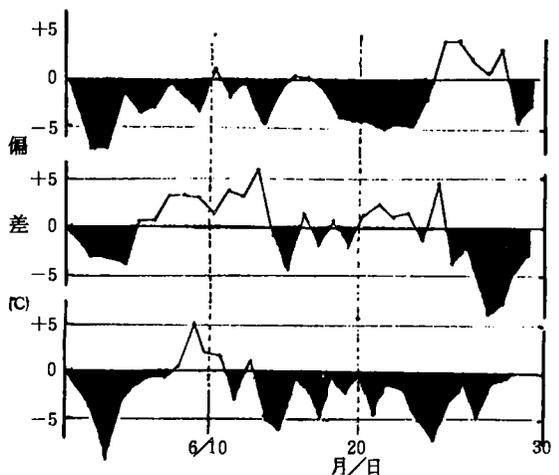
(2) すいかの収量及び品質を確保するためには、まず着果の安定、つまり一定の時期に一定の果数を確保することである。その方法としてのトンネル被覆期間の延長効果について検討するため、慣行区(定植～6月10日まで被覆)、改善区Ⅰ(定植～6月20日)、改善区Ⅱ(定植～6月30日)の3区を設け、生育収量及び床内温度を比較した。尚、耕種概要はうね幅2.5m、植床幅1.2m、株間0.8m(450株/10a)、品種は縞王マックス(ゆうがお台)、定植は5月2日とした。

2 結果と考察

(1) 不作の原因

本県のすいかは、5月上旬の定植であれば6月10日頃から雌花の開花が始まり、この時期の着果率が収量を左右することになるため気象と栽培管理の2つの面から原因を調査した。

すいかの開花及び着果時期にあたる6月の最近年次の最高気温の年偏差をみたものが第1図である。昭和57年に6月前半が高温に経過している以外は、いずれも低温の日が多いことがわかる。すいかの雌花の開花あるいは受精は、開花前日の気温特に最高気温に影響され、その適温は23～30℃であるとの報告



第1図 6月の最高気温の年偏差図

があり、また開花当日の最低気温が13℃以上の時には開花が早まり、かつ受精率が高まるという。しかし、特に58年についてみると、開花適温である最高気温23℃以上の日が6月中旬に1日もなく、最低気温もかなり低く、極めて不順であることがわかる。

次に、すいかの着果期にあたる6月について着果適温といわれる最高・最低気温の出現割合について、過去30年間の平均値と標準偏差から求めたものが第2図である。最高気温23℃以上の出現率は6月中旬までは30%前後と低く、

出現率が50%に達するのは6月5半旬頃となり、温度の面からみればかなり厳しい条件下にあり、この時期の保温対策の重要性がわかる。

栽培面について見ると、農家は作業慣行から6月2～3半旬にはトンネルを除去するため、トンネル被覆の日数は約40日と短い。早目にトンネルを除去する理由としては、すいかの生育調整のために重要な作業であるつる下げが省略できること、薬剤散布・敷きワラ

などの作業がしやすいなどであるが、すいかの生育からみれば最も保温を必要とする時期のトンネル除去は、開花あるいは着花に必要な温度の確保が困難になり、低温の影響をまともに受けることになり、開花遅延や落花及び早期落果の大きな原因となっている。

以上の検討から、すいかの不作の原因は温度管理にあることが明らかである。

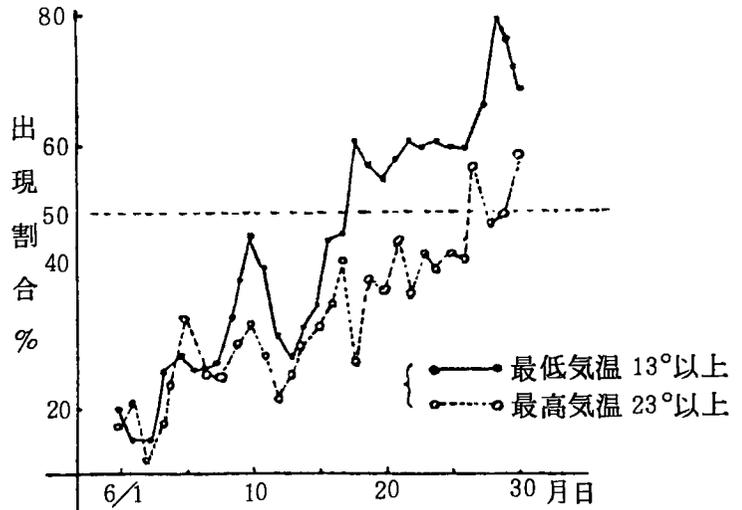
(2) 保温技術

本年は、5月は異常高温で風の日が多く、また6月は低温・日照となり、かなり変動の大きい気象経過となったため、すいかは軟弱な生育相であった。

トンネル被覆による保温効果については、すでに多くの作物で明らかにされている。58年6月2～5半旬のトンネル内床内気温を第3図に示した。この期間中の最高気温の平均は29.3℃、最低気温の平均は12.9℃であった。すいかの着果率を安定させるための最高気温23℃以上、最低気温13℃以上の温度確保は十分であり、むしろ床内温度が30℃以上では花芽の分化、発育が抑制されるという報告もあることから、6月中旬以降は適切な換気が必要となった。

トンネル被覆期間の延長が時期別着果数及び収量に及ぼす影響については、第1表のとおりである。早期出荷（7月下旬）のための着果の限界を6月20日とすれば、6月20日以降の除覆区では慣行に比べて、いずれも着果数が優り、収量・品質とも安定していた。

尚、トンネルマルチ栽培では、被覆期間の延長効果の他に、トンネルの幅やフィルムの厚さの改善により、保温・雨よけ効果も大きくみられた他、栽培管理上からは、つる決め・整枝などについ

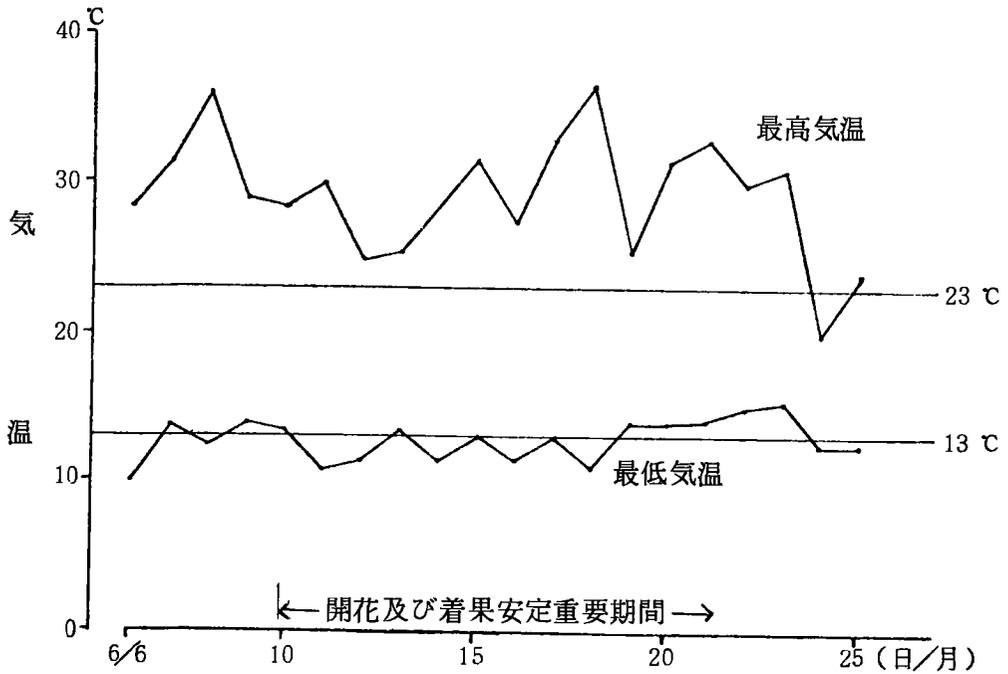


第2図 一定温度以上の出現割合（6月）

ては適期作業を進めると共に、人工受粉，着果促進剤の処理を必ず行うなどの適切な管理により，すいかの着果が安定化することを明らかにした。

第1表 被覆期間と着果数・収量(昭58)

試験区	トンネル除去期	処 理	着 果 数 (10株)					収 量 (a当たり)
			6/15	6/20	6/25	6/30	計	
慣行区	6月10日	無交配	0	1	5	12	18	102.0 ^{Kg}
慣行区	10	交 配	0	0	1	20	21	120.0
改善Ⅰ区	20	交 配	0	2	4	17	23	162.0
改善Ⅱ区	30	交 配	4	6	10	4	24	174.0



第3図 トンネル被覆による保温効果

改良マルチ下の気・地温の推移とハナヤサイ・エダマメの生育

鹿野 昭一

(宮城県農業短期大学)

1 はじめに

春先の気象は寒暖がめまぐるしく変化し、異常乾燥などと相まって作物の生育に支障を与えることが多い。野菜の露地栽培においては、そのためトンネル被覆などをおこなうが、コモのかけはずしやトンネルの開閉などの温度管理労力、強風によるトンネルの飛散などに悩まされ、また多くの資材を要す。改良マルチ栽培法は、トンネルなどの資材を用いずに露地よりも早く作付を可能とする栽培法で1968年頃、葉タバコ栽培用として開発され、その後各地で実用化試験がおこなわれ、葉タバコや加工トマトの栽培に広くとり入れられている。しかし、その他の野菜類についての報告はみえていない。本報告は、南東北における春播ハナヤサイとエダマメについて改良マルチ栽培試験をおこない、露地との比較で気・地温の推移、生育を検討したものである。

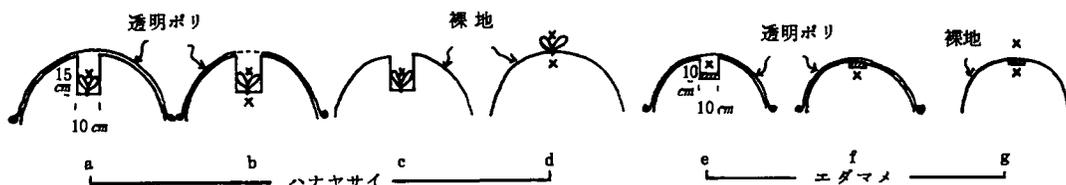
2 材料と方法

1) ハナヤサイについて

1980年3月15日に温床播種して42日間育苗したハナヤサイの野崎早生とアーリースノーボールX(中生種)を第1図のa, b, c, dに示す方法で、4月26日、本学内露地畑に定植した。うね間を80cm, うね幅45cm, うね高25cmとし、a区は穴植後うね面を透明ポリエチレンフィルム(厚さ0.02mm)で覆った改良マルチ, b区は植穴部分のマルチフィルムを切開した穴植マルチ, c区は穴植無マルチ, d区は慣行地上植無マルチで、株間はいずれも45cmとした。各区の植物体生長点付近の気温(穴植の場合は底部から10cm上部)と、根部の地温(穴植の場合は底部より5cm下部, 地上植の場合は地表下5cm)の測定を隔測自記温度計を用いておこなった。施肥は、10aあたり成分量で窒素25kg, 燐酸16kg, 加里24kgとし、CDU化成で全量基肥とし全層に施した。

2) エダマメについて

1981年春に、エダマメの極早生小袖振と三保白鳥(早生種)を用い、4月24日と5月1日と播種で第1図e, f, gに示す方法で直播栽培をおこなった。使用畑はハナヤサイと同じ圃場である。うね間は70cm, うね高20cm, 株間20cmとし、種子は1カ所3粒播として、発芽ぞろい後1カ所2本



第1図 定植、播種の方法と温度測定点(×印)

立ちとした。e区は改良マルチ区で、うねの中央部に幅10cm、深さ10cmの連続みぞをつくり、マルチ下の気温は、みぞのほぼ中央部を測るようにした。f区は普通マルチ、g区は無マルチである。その他の温度測定は、ハナヤサイと同様である。施肥は10aあたり成分量で窒素5kg、リン酸5kg、加里7kgとし、窒素、加里は5分の3を、リン酸は全量を基肥に施した。用いた肥料は、基肥にCDU化成、過石、塩加、追肥にNK化成である。マルチフィルムの切開は、e区においてはマルチ内気温が40℃を越えるようになったとき、普通マルチでは、幼植物がフィルムをもちあげるようになったときとした。なお、マルチフィルムは、6月下旬の追肥、土寄せの際除去した。

3 結果および考察

1) ハナヤサイについて

④ 改良マルチ下の気・地温の推移

第1表に気・地温の推移を示した。

改良マルチのa区は、定植後の1週間はマルチフィルムによって植穴が密閉されていたため、4月中のマルチ内気温は露地のものに比して平均で10℃も高い22.3℃であった。晴天日には最高45℃にも達することもあり、40℃を越

第1表 気・地温の推移 (1980 4.26 ~ 6.17)

区	平均温度(℃)			低温・高温の出現日数				
	4月	5月	6月	5℃以下	10℃以下	35℃以上	40℃以上	
気	a	22.3	21.1	24.4	1	11	9	6
	b	15.6	19.5	24.1	1	14	5	0
	c	14.6	18.7	23.3	3	15	2	0
	d	12.3	18.3	23.3	8	22	7	0
地	b	14.4	24.3	24.0	0	5	0	0
	d	12.2	18.2	24.0	1	10	0	0

えた日は6日を数えた。はじめから通気穴をもうけて穴植したb区では、4月中は露地より3.3℃高い15.6℃、穴植無マルチのc区でも2.3℃高くなった。5月、6月と気温が上昇し、植物体の成長が進むにつれて、各区間の温度差は少なくなった。地温でも当然のことながら、マルチ区は無マルチ区より平均で4月中は2.2℃高く、5月中は6.1℃高く保たれた。茎葉の繁茂につれ、その後は差はみられなくなった。4月中、地温でマルチ区と無マルチ区の差が小さいのは、定植と同時にマルチングしたため、4月中というのはこの場合5日しかなく、マルチの地温上昇効果があらわれるのに日数を要したためである。6月中旬までの各区の低温出現日数をみると、植物体付近の気温が5℃以下になった日数は、地上植無マルチのd区で8日だったのに対し、改良マルチのa区とb区では1日のみで、穴植無マルチのc区も3日のみであった。10℃以下でみても、それぞれ22日11日、14日、15日と差がでた。高温の出現日数では、改良マルチのa区で35℃以上9日と多かったが、地上植無マルチのd区も7日とやや多く、穴植無マルチc区が2日と少なかった。

このように、改良マルチは、定植直後の保温という点ですぐれるが、問題となるのは高温による障害の回避で、作物の大きさに応じて、高温になる場合、あらかじめフィルムを切開して降温してやる必要が生じる。この場合、外気温を目安にでき、改良マルチ下では外気温の+15℃~20℃となるとの報告がある²⁾。定植時の地温の確保のためには、あらかじめ数日前からマルチングをしておくことが望ましい。積雪地帯や春の消雪の遅い地帯では前年のうちにうねをつくり、マルチングをしておくという方法もあるが、古いフィルムでは有滴性が失なわれ、高温障害を受けやすいので、定植時に新しいフィルムと交換する必要があるとの指適もある²⁾。

② 生育および収穫物について
 定植後40日目（6月4日）のハナヤサイの生育状態を第2表に示した。両品種とも、改良マルチのa区およびb区の生育促進効果は著しく、地上植無マルチのd区に比し、草丈、展開葉数、茎径、全重のいずれでも大幅に上回った。穴植無マルチのc区の生育はマルチ区には遠く及ばないものの、d区に比して、はるかに良かった。

収穫物の調査でも第3表に示すように、生育時の差がほぼ同じ傾向であらわれ、6月30日までの時点で、改良マルチ区の収穫株率が高く、無マルチのc、d区では低かった。調製重でも改良マルチ区がすぐれた。異常花蕾の発生がみられたが、これ

は花蕾の間に葉片が混じるリーフィーと呼ばれるものが主で、花蕾発育段階で高温に遭遇することによって生じるものとされる。品種および各区分間で差がみられるのは、品種の高温感受性の差、および高温遭遇時の花芽の発育ステージの差によるものと考えられる。収穫物調査を6月30日で打切ったのは、ハナヤサイは中温を好む作物で、7月に入ると軟腐病などの発生や異常花蕾が多くなり収穫が望めなくなるからである。通常、熟畑なら、本試験での播種期なら、無マルチ区でもほとんどの株が収穫に至るはずであるが、本学の圃場は、旗立層とよばれる不良火山性埴壤土の未熟畑であったため、無マルチ区の収穫株率が低かったものである。

春播ハナヤサイ栽培において改良マルチが有効であることが明らかとなった。当初より通気穴を設けて穴植する改良マルチの変法でも、改良マルチに次ぐ効果が認められた。無マルチでも穴植すれば生育が良い。穴植をした場合は、根の位置が下るので地温の面では不利と考えられるが、春先のように乾燥や強風などに遭遇する時期には、穴の部分の水分が保たれ、また穴の中なので強風から保護されて、活着や生育が良くなるのであろう。

2) エダマメについて

① 気・地温の推移

1981年も異常気象年で、5～6月に異常低温、日照不足に見舞われた。第4表に4月下旬～5月中旬のエダ

第2表 ハナヤサイの生育状態（6月4日）

品種	区	草丈	葉数	茎径	全重
野崎早生	a	34.9 cm	16.6枚	12.4 mm	273.2 g
	b	34.9	15.1	11.1	254.6
	c	33.1	15.0	11.5	204.6
	d	25.0	11.9	9.4	86.7
アイボリースノ	a	42.9	19.3	14.3	377.6
	b	41.9	17.1	12.2	343.6
	c	35.8	17.0	14.0	235.1
	d	31.8	15.5	10.5	140.9

(各区5株平均)

第3表 ハナヤサイ収穫物調査（6月30日まで）

品種	区	供試株数	収穫株数	同率	収穫始日	調製重	異常花蕾数	同率
野崎早生	a	23	23	100.0%	6.12	277.0 g	4	17.4%
	b	25	20	80.0	6.19	246.7	7	35.0
	c	25	4	16.0	6.19	198.7	1	25.0
	d	27	5	18.5	6.19	156.0	2	40.0
アイボリースノ	a	25	21	84.0	6.16	293.6	6	28.6
	b	27	18	66.7	6.16	235.5	5	27.8
	c	26	8	30.8	6.12	219.2	1	12.5
	d	27	5	18.5	6.16	212.9	0	0

第4表 気・地温の推移（1981.4～5）

区	4.24～4.30			5.1～5.10			5.11～5.20		
	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均
気温 g	31.4	10.8	21.1	30.1	13.6	21.9	22.7	11.9	17.4
	23.1	5.7	14.4	22.4	8.2	15.3	19.0	7.2	13.1
地温 f g	25.3	15.0	20.1	25.0	16.7	20.8	24.3	15.4	19.8
	14.6	9.8	12.2	16.0	11.6	13.8	15.4	10.5	12.9

第5表 エダマメの収穫時の生育・収量

品種	区	播種日	草丈	葉数		莖径	全重	莢数	莢重	充実歩合*	播種後収穫までの日数
				主枝	側枝						
極早生 小袖振	e f g	4.24	42.8 cm	6.8	25.8	0.9 cm	139.8 g	45.9	42.1 g	69.1%	92.5
			31.0	6.7	25.0	0.9	141.2	41.3	47.5	70.2	98
			24.0	5.7	9.6	0.6	62.2	27.9	32.3	68.8	104
	e f g	5.1	45.8	7.5	24.8	0.9	129.6	42.5	47.0	70.4	94
			26.9	5.9	21.0	0.8	94.7	36.1	33.1	47.1	96
			23.9	5.7	13.3	0.7	76.7	34.5	40.4	64.1	98
三保白鳥	e f g	4.24	49.9	9.1	30.3	0.9	190.4	52.1	68.0	56.6	105
			46.6	7.6	23.3	1.0	201.4	43.5	80.8	86.2	117
			30.3	6.9	12.2	0.7	87.5	30.5	53.5	84.3	118
	e f g	5.1	45.8	9.0	26.3	1.1	246.0	60.0	125.2	82.2	111
			39.7	7.6	28.6	1.3	281.9	55.8	137.5	91.4	115
			34.3	6.2	15.3	0.7	153.9	38.3	65.8	88.5	116

(各区20株平均) * 1~3粒莢の実の入るべきところに充実種子が入っている割合

マメ栽培下の気・地温を示した。4月下旬~5月上旬の改良マルチ下気温は、露地より平均6℃前後高く保持され、最低でも10℃を割ることはなかった。地温については、裸地と普通マルチとの比較であるが、マルチ下では無マルチに比し、7~8℃高く保持された。

② 生育および収量について

第5表にエダマメの収穫時の生育、収量を示した。草丈、葉数では改良マルチのe区が最もすぐれたが、莖径では極早生種では勝ったが、早生種では普通マルチのf区が勝る傾向がみられた。播種後収穫までの日数では、改良マルチ区が最も短く、次いで普通マルチ区、無マルチ区であった。その差は、品種、播種期で異なり、極早生の場合、4月24日播きで無マルチ区が104日で収穫に達したのに対し、改良マルチ区は11.5日、普通マルチ区で6日早まり、5月1日播きでは、無マルチ区が98日を要し、改良マルチ区でそれより4日早く、普通マルチでは2日早まったにすぎなかった。莢重などからみた場合、極早生種では、改良マルチによる早播きが有効と思われるが、早生種では極端な早播きでは収量があがらないことを示している。改良マルチで生育が良いのは、初期の保温によるところが大きい、それとともに、溝の部分に水分が集る¹⁾ことも関係するものと思われる。本試験での改良マルチ区ではやや過繁茂の傾向がみられたので、株間や施肥量等の検討が必要であろう。改良マルチ区でさらに特筆すべきことは、直播にもかかわらず鳥害が皆無であった。

4 まとめ

南東北において、春播ハナヤサイとエダマメの改良マルチ栽培試験をおこない、マルチ下の気・地温の推移と生育・収穫物について調査した。

1) ハナヤサイの場合、改良マルチ下の気温は露地のそれよりも平均で10℃高く保持され、初期の生育を促進した。改良マルチ区は収穫株率や調製重でもすぐれた。

2) エダマメにおいても、改良マルチ下の気温は平均で露地より6℃前後高く保たれ、最低でも10℃を割ることはなかった。地温でも、無マルチに比し、7~8℃高く保たれた。改良マルチによ

る早播きは、極早生種において効果がみられたが、早生種では、極端な早播きでは収量があがらなかった。また、改良マルチによる直播栽培では、鳥害が皆無であった。

引用文献

- 1) 秋本嘉彦・喜田村俊明 1974 タバコの被覆栽培に関する研究 第11報 改良マルチ栽培下におけるタバコの生育 岡山たばこ試報 34 : 1 - 10
- 2) 萩原博司 1972 葉タバコ改良畦面被覆栽培の実用化 長野園試報 10 : 43 - 47
- 3) 加藤 徹 1972 農業技術大系野菜編6 ハナヤサイ 基 43 - 44 農文協

家畜のエネルギー効率と微気象

皆川秀夫・立花一雄
(北里大学獣医畜産学部)

1 はじめに

家畜の熱産生量は正味の飼料エネルギー、すなわち〔(摂取エネルギー) - { (排泄エネルギー) + (外部仕事) }〕のうち生産物とならない損失エネルギーであるとともに、体温を外界よりも高く維持して体内の化学反応を正常に行う役割をもつから、畜舎の断熱・換気など環境調節の手法によって熱産生量を適切に保つことはエネルギー効率、生産効率の上で重要である。とくに寒地では飼料効率を高めるための畜産施設のあり方と深い関連をもつと思われる。

放散する損失エネルギーは顕熱形態では皮膚または被毛面温度と外界温度との差およびその間の熱抵抗に依存し、潜熱形態では発汗および呼吸中の水蒸気に依っているが、寒地では顕熱による損失が大であるから、ここでは顕熱量のみを考えることとする。このとき、放牧では外界温度は外気温と放射の有効温度および風による対流熱伝達係数から形成され、舎内では家畜にとっての外界温度は内気温、舎内放射の有効温度、換気率、対流熱伝達係数から形成される。外気温と放射の有効温度の和を外界有効温度、内気温と舎内放射有効温度の和を舎内有効温度とすると、畜舎の顕熱損失に関する意義は、高すぎる或いは低すぎる外界有効温度に対して、家畜に適切な舎内有効温度を与えることである。トタン屋根程度の遮へい物でも、放射を遮断するため夜間の損失エネルギーを著しく減少することができる(立花・皆川, 1982)。

本報告では、エネルギー効率の資とするために、温室の伝熱マトリクス法(立花, 1981)を畜舎に拡張して、畜舎屋根壁体の断熱性能、換気率、外気温と夜間の顕熱損失量との関係を求めるとともに、家畜に重要な夜間の舎内温度、舎内有効温度と断熱性などとの関係を算出した。使用したデータには実測値に乏しいものがあり、そのため顕熱損失量はやゝ低い計算値を得たが定性的には妥当な結果を示していると思われる。これらの結果に東北地方の寒気の気象データを入れて夜間の顕熱損失量と舎内温度を示した。なお家畜としては牛を対象とし飼養密度は $5\text{ m}^2/\text{頭}$ を想定した。

2 畜舎の温度と断熱性

立花は温室伝熱の節点を被覆面・床面・内部空気・外気として、各節点間の伝熱係数を用いて伝熱マトリクスを構成した(立花, 1981)。同様な手法を畜舎に適用すると第1図の伝熱モデルを得る。こゝで節点 O , w_o , w_i , i , f , s , c はそれぞれ、外界、屋根外面、屋根内面、舎内空気、床面、被毛面、畜体内部を表わす。各 h は節点間の放射、対流、換気、その他による伝熱係数である。また屋根というとき壁体も含むものとする。これらの伝熱係数を用いて伝熱系の連立方程式を構成し、それを解いて h_{ww} と舎内温度との関係を求めた(方程式省略)。 h_{ww} は屋根材の熱伝達率である。第2図は換気回数2.5と20の場合を示す。なお大気放射は通常値を仮定した。

断熱性の大きい木毛セメントなどの材料を屋根材に用いると、夜間、屋根外面の長波放射が大で温度が低下しても屋根内面の温度低下は小で、畜体との放射熱交換が軽減され、畜体の熱産生量の大部分は対流熱伝達によって舎内空気へ流れて内気温を高める。断熱性大、中、小の木毛セメント、スレート、トタンではスレートとトタン間の内気温の差は極めて小さく、木毛セメントとスレート

間の差が大きい。この関係は換気回数が小なるほど、外気温が低いほど、また舎内有効温度は舎内気温よりも、著しく現われる。

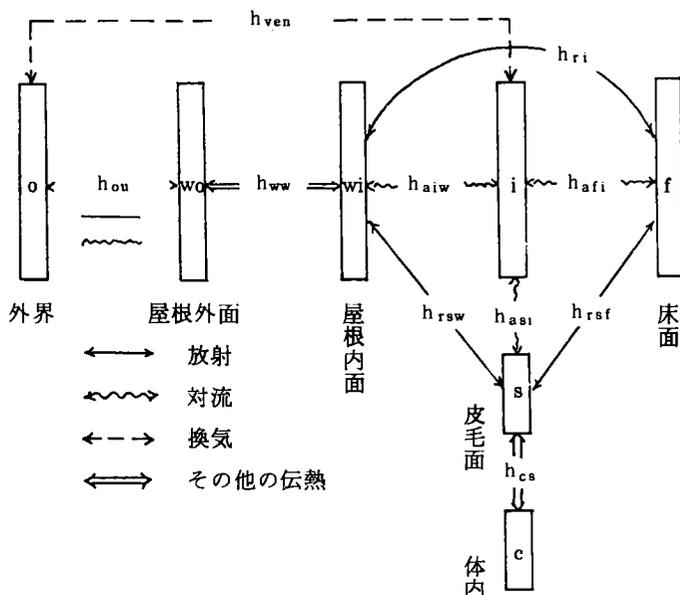
有効温度と内気温の関係は舎内の結露とからんで興味ある内容を示している。換気回数が多い場合は有効温度が内気温より高い。これは畜体からの熱放射で屋根内面が温まるのに対し、内気温は換気のために外気温に接近するため、断熱性が高く外気温が低いときほど著しい。このため畜体から水分蒸泄があっても、屋根内面温度は舎内空気の露

点温度より高く結露が起り難い。天井のある場合も同様である。これに対し、換気が少ない場合は断熱性が中、小のスレート、トタンでは有効温度が内気温より低く、断熱性の大きい木毛セメントでは逆転している。換気小のときは畜体からの対流伝熱を受けた暖気が舎内に滞留するため、断熱性が低いと屋根内面温度は舎内温度より低く、露点温度に達し易く結露が生ずる可能性がある。換気

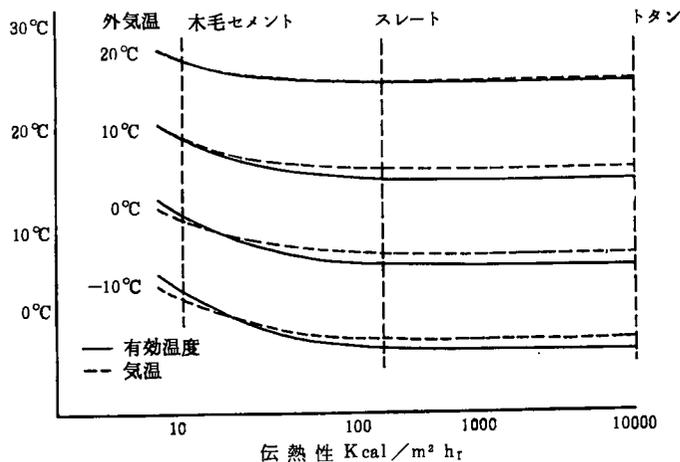
回数が多くとも、外気温が高いときに有効温度と内気温が接近して結露を生じ得るが、高温時は戸口等が開放され換気は大であるから、地形上の要因で換気が遮ぎられるとき留意すべき事項であろう。

3 畜舎の断熱性と顕熱損失

前節と同様の手法を用いて、畜体の顕熱損失量を計算した。結果を第3図に示す。これらの値は従来の測値に比してやや小さいがその誤差は大きなものではない。第2図と対比すると明らかなように外気温よりも舎内温度は大で、この温度で損失熱量を従来の値と対



第1図 畜舎の伝熱モデル



第2図 (a) 伝熱性と舎内温度 (換気回数 2.5)

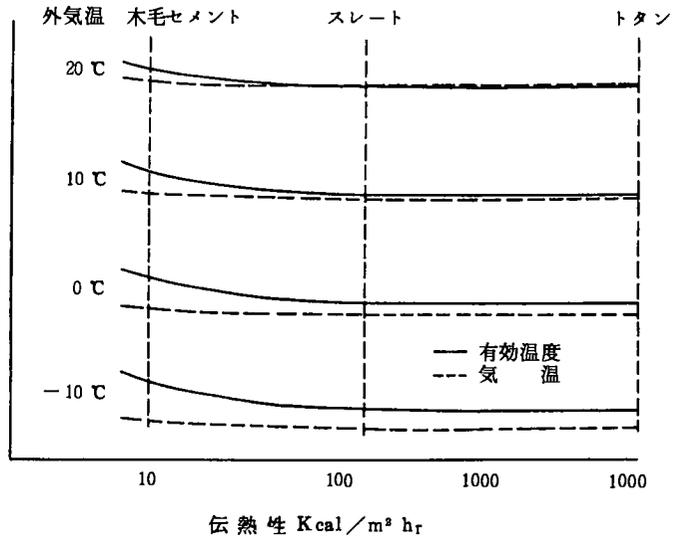
照すべきだからである。同じ外気温下でも、換気回数が小なるときは舍内気温が著しく高く、熱損失量が少ないのは当然であるが、屋根材断熱性が大のとき顕熱損失量は著しく少なく、中と少ではほとんど差異がない。これは舍内気温と同様である。トタン板1枚でも畜体放射熱の遮断効果が著しいことを第2図、第3図の換気回数20の場合について示そう。第2図から外気温0℃のときのトタン屋根の舍内有効温度は約4℃であるが、第3図からトタンで4℃のときは0℃より10数 $Kcal/m^2 hr$ も損失熱

量が少く、この値は0℃時の損失顕熱量の10%に相当する。すなわち、トタン屋根によって外気より上昇した有効温度の分だけ顕熱損失が減少し、家畜の熱産生量は少くてすむのである。

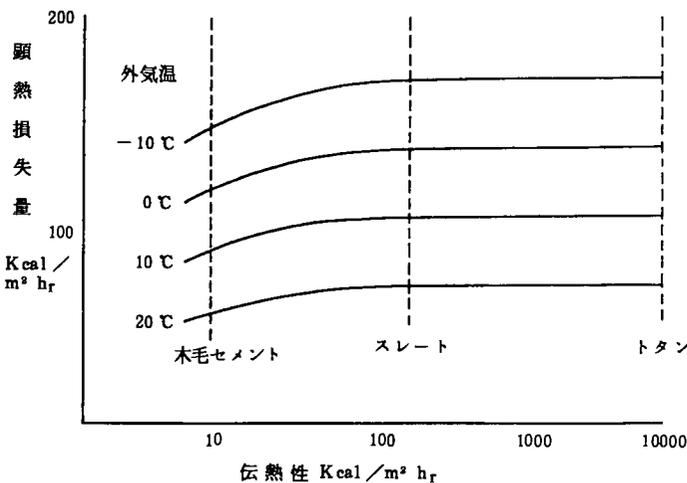
4 八戸を例とした畜舎のエネルギー損失の算定

年間の寒夜を例として家畜の顕熱エネルギー損失（顕熱産生量）の計算を示す。最寒日はわが国では西高東低の冬型気圧配置で等圧線の最も込み合う時に出現する。このとき500 mb 天気図では-40℃以下の寒気団が存在するのが通常である。東北の気温データはこの日に必ずしも最低値を示

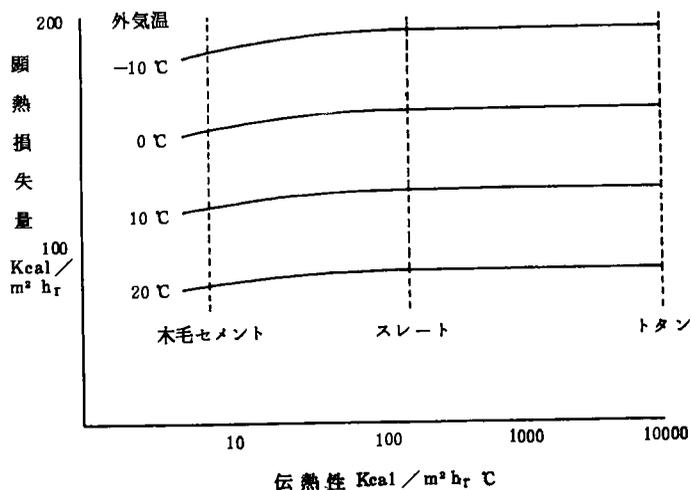
さず、その前後の1~2日に最低になっていることが多い。これは地形的要因による雲量の差に帰因することであろう。よって、このような気圧配置の2~3日間の気温をプロットして、最低気温の出現した日の夜間を選んで、舎飼時の夜間顕熱損失を算出した。使用したデータは八戸の1982年1月15~16日の夜間でAMeDASの値である。第4図は計算結果である。換気の多いほど断熱性による差は少いが、換気2.5回では木毛セメントとトタンの差は損失顕熱の13%にも達している。気象条件によ



第2図 (b) 伝熱性と舍内温度 (換気回数 20)



第3図 (a) 伝熱性と顕熱損失量 (換気回数 2.5)



第3図 (b) 伝熱性と顕熱損失量 (換気回数20)

5 まとめ

伝熱マトリックス法を畜舎に適用して次の結果を得た。

(i) 舎内気温は屋根壁体の断熱性が大のとき高くなるが、断熱性が中、小のときは差異がほとんどない。これは換気が小なるほど、外気温が低いほど、舎内有効温度の方が舎内気温よりも、著しく現われる。

(ii) 換気が小のとき、屋根壁体の断熱性が大でないと結露が生ずる可能性が高い。

(iii) 屋根壁体の断熱性が大のときは家畜の顕熱損失は少いが、断熱性が中と小ではほとんど差異がない。

(iv) 八戸の寒夜の気温から木毛セメント屋根とトタン屋根の畜舎の顕熱損失量を算出した。

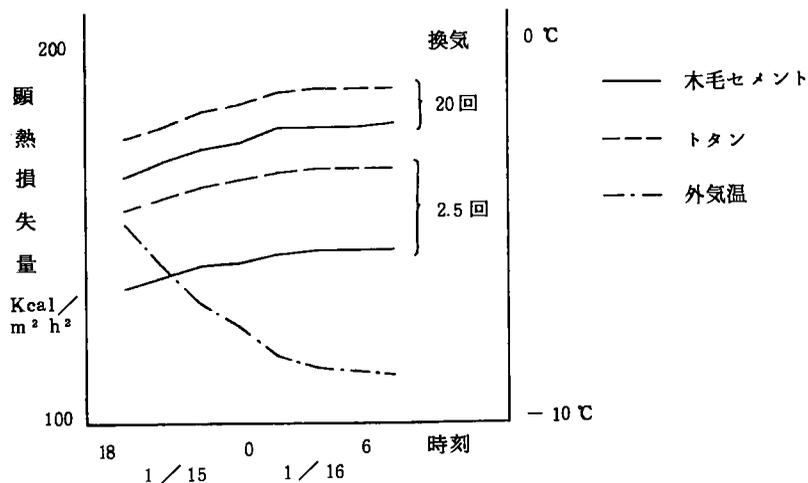
(v) 低温下では家畜の被毛が厚くなるため、以上の差異は縮小する。

引用文献

立花一雄 (1981) : 温室の伝熱マトリックスと暖房, 換気 農業気象, 37(1), 19 ~ 27

立花一雄・皆川秀夫 (1982) : 畜舎システムのエネルギーフロー 昭57年度農業土木学会講演集

って断熱性を考慮する必要があるを示すものである。しかし実際の家畜飼養においてはこの差はかなり縮小するであろう。被毛は温度の低下によって厚くなり、家畜は生理的に温度環境に適應するからである。



第4図 八戸の顕熱損失量

家畜の熱産生を考慮した畜舎の熱環境設計に関する研究

第2報 畜体の熱環境指標

皆川秀夫・立花一雄

(北里大学獣医畜産学部)

1 まえがき

家畜は恒温性を有し、エネルギー代謝による熱産生を行い、外界環境に熱放散することで体温を一定に維持している。熱産生は基礎代謝や維持の他、生産に伴う代謝により生じ、熱放散は外界気象条件、畜体の熱抵抗に依存する。家畜は通常、熱産生と熱放散の均衡を保ち生産を行っており、熱環境と密な関係にある。

畜舎の熱環境を考察する場合、家畜は体内温度一定の放熱体とみなすことができる。たとえば、体重 500 kg の成牛は周囲温度が 0 °C のとき約 1,000 Kcal/h の熱放散量があるといわれ、周囲温度の上昇に伴い熱放散量は漸減する (Yeck and Stewart, 1959)。畜体からの放熱は、寒冷環境下においては畜舎熱環境を改善する要因となりうるものの、体温を維持するため熱産生量を増大させ、放散熱量が給与飼料エネルギーに近づけば畜体の増体は期待できない。暑熱環境下においては畜体の放熱は抑制され、発汗等で熱産生に見合う放熱ができなければ体温、呼吸速度が上昇し、食欲は低下し産乳量等の生産性は減少する。家畜に快適温度環境を提供する畜舎の熱環境設計では、生産に影響を及ぼす畜体の熱産生や体感温度を考慮する必要がある。本研究は家畜の体温調節反応に基づく畜舎の保温、換気、暑熱防止の設計指針算定を目的とするが、本報では家畜の熱環境指標を考察し、畜体の熱収支を検討し皮膚表面温度を体感温度ととらえ、牛体皮膚温と熱環境の関係を測定した。なお、前報 (皆川・立花, 1983) は昭和58年度農業気象全国大会にて報告した。

2 畜体の熱収支

家畜に影響を及ぼす熱環境を単一の指標で表わすことができれば実用上有用である。熱環境指標には、熱収支分析によるもの、生理的観察、温感の尺度が考えられるが、家畜の場合は熱収支分析や生理的観察が主に適用される。体感温度は熱環境に対する生体の温度生理反応とみなすことができ、熱環境の変化に鋭敏に反応するものであれば熱環境の指標になりうる。そこで、畜体の熱収支を検討し、体温調節反応に基づく体感温度を検討した。

定常状態を仮定し、畜体の顕熱移動に関する熱収支を考察すると、快適と感ずる熱的中性域では熱産生量が一定とみなせるから(1)、(2)式が、また低温域では体内熱抵抗が最大値をとるとして(3)、(4)がそれぞれ成立する。ここで、 H_s = 畜体の顕熱放散量 (Kcal/m² hr)、 T_c = 直腸温に代表される体内温度(°C)、 T_s = 畜体の平均皮膚表面温

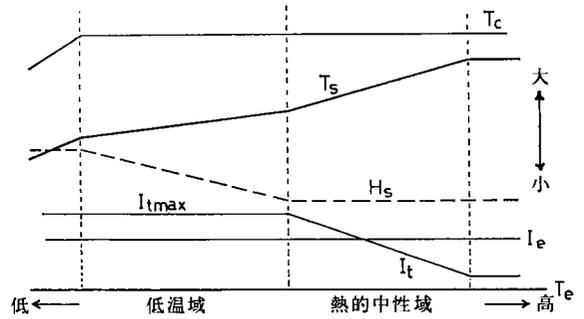
$$H_s = (T_c - T_s) / I_t = (T_s - T_e) / I_e \dots\dots (1)$$

$$T_s = T_e + I_e H_s \dots\dots\dots(2)$$

$$H_s = (T_c - T_s) / I_{tmax} = (T_s - T_e) / I_e \dots\dots(3)$$

$$T_s = I_e T_c / (I_{tmax} T_e) + I_{tmax} T_e / (I_{tmax} + I_e) \dots\dots\dots(4)$$

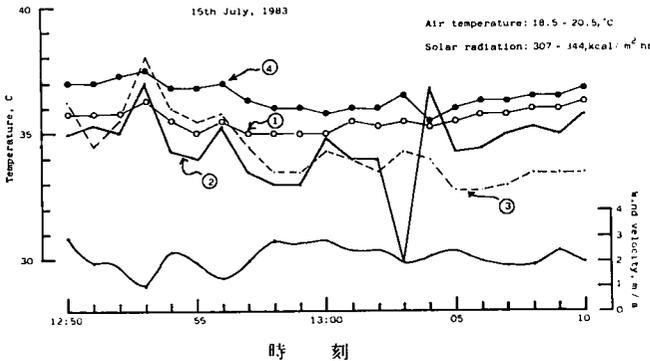
度(°C), T_e = 気温及び放射の等価温度を合わせた環境温度(°C), I_t, I_{tmax} = 血流の抑制, 皮下組織・脂肪などによる体内熱抵抗 ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2\text{h}/\text{Kcal}$), I_e = 被毛の熱抵抗を含めた環境熱抵抗 ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2\text{h}/\text{Kcal}$) である。 T_c, I_e を一定と仮定して(1)~(4)式の関係を任意のスケールで図示すると図1になる。畜体の皮膚温度 T_s は、環境温度 T_e の影響を常に受け、 I_e の低下に伴い降下し、体内温度 T_c との差は拡大する。また T_s は熱的中性域と低温域でその勾配を異にし、変曲点がみられる。これより、体感温度として畜体の皮膚温度を考えることができ、皮膚温度は熱環境指標になりうる。また、皮膚温の他被毛表面温度、被毛の熱抵抗を測定すれば熱放散量の推定が可能となる。本実験では、主として顕熱移動を考察し、熱環境指標として牛体の皮膚温度特性を測定し、気象要因との関係を検討した。



第1図 環境温度と畜体の熱特性

3 材料及び実験方法

日本短角種の成牛(体重約600kg, ♀)1頭を供試対象とし野外、畜舎内に係留し、種々の気象条件下で牛体皮膚表面温度、直腸温、被毛表面温度を測定した。このとき気象要因として、通風型熱電対温度計で気温、湿度を、熱線風速計および三杯型風速計で地上1.5mの平均風速、さらにネオ日射計で水平面日射量をそれぞれ測定した。



第2図 熱電対の接着方法の違いによる牛体皮膚表面温度の比較

牛体の皮膚表面温度は熱電対やサーミスタ温度計などで測定されるが(山本・山本, 1983), それらセンサーの牛体皮膚表面への接着方法に基準がなく検討を要する。図2は日中、野外に係留した成牛の横腹部の皮膚温度を、0.1mmφのC-C熱電対を用いて3種の接着方法で測定した結果である。①、④はセンサーが皮膚に密着し易いように被毛を除去した場合で、①は数mm被毛を除去し、④は必要最小限数mm²被毛を切除して測定した。②、③は被毛を除去せず、被毛の隙間にセンサーをそう入した場合である。

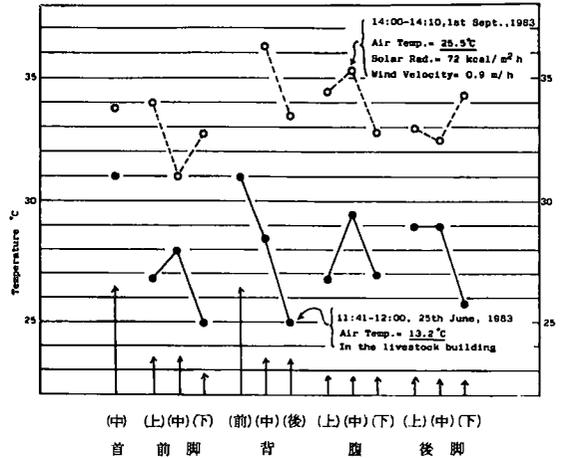
①~④はいずれも測定箇所をアルコールで消毒、脱脂した。②~④はエキシポ系接着剤でセンサーを皮膚面に固定させ、①は白色サージカルテープでセンサーを被覆接着した。図によれば、②、③は皮膚面へのセンサーの接着が不良と思われる、温度変化が①、④に比べて大きい。他方、①、④は比較的安定した温度変化を示すが、①は被毛の除去が大きいので④に比べて数度皮膚温度が低く経過した。この結果、牛体皮膚温度測定には④の方法を採用し、首部、腹部など部位別に計10ヶ所以上を測定することとした。直腸温度は熱電対で、被毛表面温度は放射温度計と熱電対を併用してそ

それぞれ測定した。牛体皮膚温度測定は1983年6月から12月にかけて、北里大学獣医畜産学部付属農場で行われた。

4 実験結果及び考察

4-1 牛体の皮膚温度分布

気温が25℃と13℃の場合における牛体皮膚温度分布の測定例を図3に示す。気温が25℃の比較的高温時の皮膚温度分布は、腹部、脚部など部位内で温度差が2～3℃の範囲に収まるが、13℃の冷涼下では3～7℃にもなり部位内の温度分布にばらつきが増大した。部位間のばらつきをみると、25℃の気温下で約5℃、13℃で約6℃となり、気温の変化に対して部位間の温度分布のばらつきに大差は認められなかった。13℃の気温下では、前脚下部、背後部、後脚下部の末端部で皮膚温度の低下が顕著であった。なお、直腸温は両者の気温下でほぼ38.5℃と一定であった。

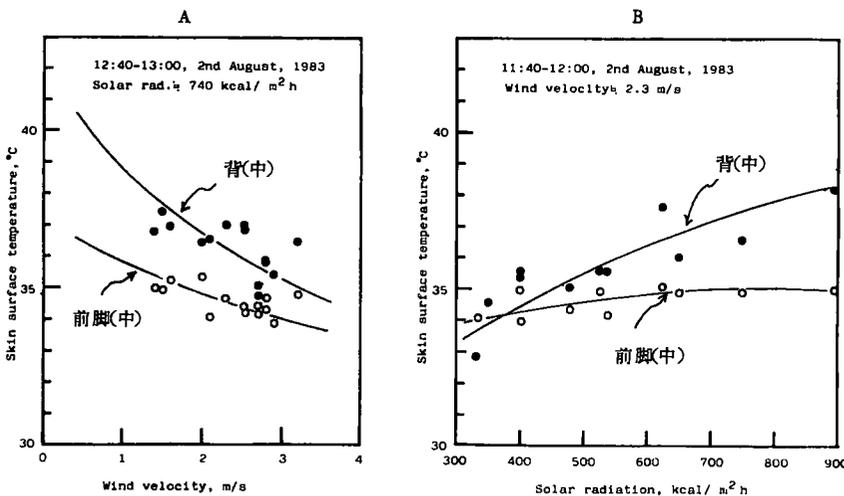


第3図 牛体の皮膚表面温度分布

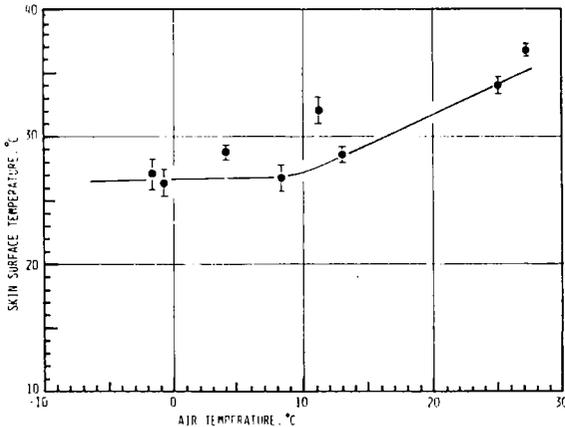
環境温度の変化に対して体内温度はほぼ一定に保たれるが、手足の組織や胴体の周辺組織は一定でない (Blaxter, 1962)。畜体全体としての熱放散、皮膚温度感覚の総量について検討する場合は、各部位の体表面積を考慮して平均皮膚温を算出する必要がある。また、皮膚温度を体温調節機能への入力刺激と考えれば、部位における温度感覚の差異が問題となる。

4-2 牛体皮膚温度に及ぼす風速、日射、気温の影響

畜体の皮膚温度は風速、放射、気温、温度の気象要因の影響を受けると考えられる。図4に牛体皮膚表面温度に及ぼす風速、日射の影響を示す。(A)が皮膚温と風速、(B)が皮膚温と水平面日射量の関係である。それぞれ日射量、風速がほぼ一定である時を選んだ。なお、



第4図 牛体皮膚温に及ぼす風速 (A図)、日射 (B図) の影響



第5図 牛体平均皮膚温に及ぼす気温の影響
(1983年6月～12月測定)

牛体平均皮膚温は気温とほぼ直線的相関を示したが、10℃付近の気温を境にして皮膚温に変化がみられ、低温域では、気温の低下度に比べ皮膚温の低下度は僅少であった。低温下では体内熱抵抗、被毛の熱抵抗、熱産生量の増大が考えられる。

4-3 牛体平均皮膚温に及ぼす気温、日射、風速の影響評価

畜体の皮膚温は畜体内外の熱的条件を反映し、(2)、(4)式に示すように環境温度 T_a や環境熱抵抗 I_a の影響を大きく受ける。 T_a には気温(T_a)、日射 R が含まれ、 I_a には風速(V)が含まれる。そこで、平均皮膚温(T_s)が T_a 、 R 、 V の線形関係にあると仮定し(Yamamoto, 1983)、本実験で得られたデータをもとに重回帰分析を適用し、 T_s に及ぼす気象要因 T_a 、 R 、 V の影響評価を行った。計算の結果、重回帰式は $T_s = 0.35 T_a - 0.014 R + 6.7 V + 20$ となり、 T_a 、 R 、 V 各気象要因が T_s に及ぼす寄与率はそれぞれ0.28、0.68、-0.074となって日射、気温の影響が大であった。これらの計算結果は測定8回、しかも弱光、弱風の気象条件におけるものであり、測定回数を多くすることにより精度の高い皮膚温度予測式が得られよう。

5 むすび

畜体の熱収支を考察し、畜体の皮膚温が熱環境指標になりうることを示した。これをもとに、種々の気象条件下で日本短角成牛の皮膚温度特性を測定し、気象要因と牛体皮膚表面温度の関係を考察した。牛体の皮膚温度は部位によって異なり、低温下でその分布は顕著であった。皮膚温は気温、日射、風速と相関が認められ、特に気温、日射の皮膚温に及ぼす影響が大であった。

引用文献

- 1) Blaxter, K. L., 1967: The Energy Metabolism of Ruminants, Hutchinson & Co. Ltd., 118 - 119
- 2) 皆川秀夫・立花一雄, 1983: 家畜の熱産生を考慮した畜舎の熱環境設計に関する研究(1), 昭和58年度日本農業気象学会講演要旨, 30
- 3) 山本あや, 山本禎紀, 1983: 乳牛に及ぼす日射の体感表示について, 家畜の管理, 19(1),

- 4) Yamamoto , S. , 1983 : The Assessment of Thermal Environment for Farm Animals .
V WCAP vol. I . , 197 -204 .
- 5) Yeck', R.G. and Stewart , R.E. , 1959 : A ten - year summary of the
psychroenergetic laboratory dairy cattle research at the University of Missouri , Trans.
Agr. Eng. 2, 77-77.

山地傾斜地の畜産的利用に関する研究

第3報 山地牧野における牧野樹林の配置

阿部博史・谷口利策・大谷一郎*

(東北農業試験場・*農業研究センター)

1 はじめに

東北地方には農業的に利用の行なわれていない未利用地が60万haにおよんでおり、これらのうち北上山地を主体とする北上、奥羽山系の両地域に約6万haの畜産的利用が可能な地域が存在している。

しかし、これらの広大な地域は標高700～1,200mと高く、とくに北上山地や、奥羽山脈北部の地域は夏期偏東風(ヤマセ)の影響を強くうける。また冬期には寒冷な季節風が卓越し、降雪は強風のため地表に堆積せず吹き飛ばされてしまう。このため地表は寒冷な環境におかれ、土壌は深部まで凍結が進み、その深さは100cmに達することがあり春期の地温上昇を妨げるなどきびしい気象条件下にある。

これらの地域は古くから牛馬の放牧が行なわれていたところで、現在は我国で数少ない野草地および野草と牧草の混在する放牧地として、肉用牛、乳用牛の放牧に供されている。

本報告に先だち山地傾斜地の畜産的利用に関する研究、第1報では高標高山地において牧野樹林とそれに隣接する草地に微気象観測装置を配置して、牧野樹林のもつ気象緩和機能を解明した。また第2報では山地における実用規模の放牧実験のために造成された山地の放牧地において、牧野樹林の家畜保護機能について家畜の行動面から解析を行った。

以上の結果に加えて山地における大規模放牧地を地形モデルに、地形別の風向および風速強度分布を調べ、山地牧野における牧野樹林の配置について検討を行ったので報告する。

2 観測場所および使用機器

観測場所は岩手県岩手郡玉山村藪川に所在する岩手県畜産試験場外山分場小石川放牧地(669ha)で、外山分場は明治9年に県営牧野として開放され以後宮内省御料牧場、農林省種畜牧場などの変遷を経て現在にいたり、小石川放牧地はその間民有牛馬のための県営模範牧場として整備され、それ以後一貫して預託放牧に使われてきた。戦前には火入れや低かん木類の除去などがなされていたが、昭和20年に入って中止された。その後昭和49年に高標高地に広がる天然広葉樹林帯を対象に人工草地だけにたよらない山地固有の野草資源を有効に活用する開発方式を実施するため、放牧地の造

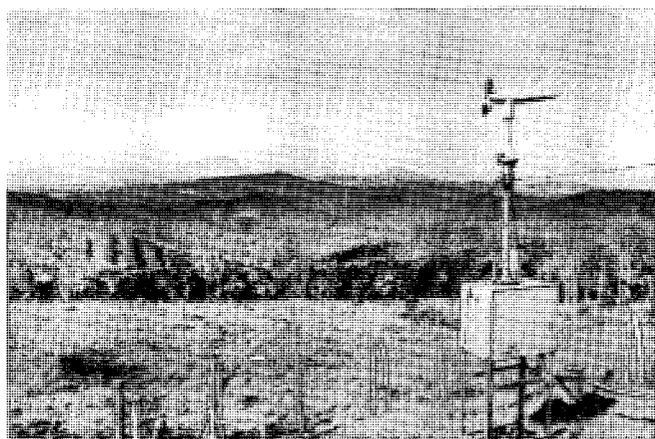


図-1 プロペラ型自記風向、風速計の配置
(小石川牧野 定点 950 m)

成等を行ない牧野内は多面積にわたり手が加えられた。

観測に使用された小石川牧野は約 669 ha と広大な面積を有するため、主としてほぼ用地外周に沿う牧野内農道周辺での観測にとどまった。

観測に用いた機器は牧野内西向斜面上部標高 950 m 地点に、プロペラ型自記風向、風速計を設置して定点観測点とした。また、牧野内の斜面、尾根筋、谷部および山頂部などの異なった地形に、地上約 100 ~ 120 cm の高さに森式風向風速自画器を配置し、牧野内 24 地点について風向、風速強度を測定した。さらに冬期間牧野内の積雪堆積状況並びに積雪表面の流跡状況から、冬期間の地形別の風向を推定した。

3 観測結果

(1) 定点における風向、風速

牧野内西向斜面上部標高 950 m 地点における月別の風向、風速は表-1 に示すように、1 月~12 月まで年間を通じて高標高地帯ではほぼ西寄りの風系出現で推移した。しかし 5 月~8 月にかけて、オホーツク海高気圧の出現による夏期偏東風（ヤマセ）の吹走による東寄りの風向頻度も西寄りの風向に次いで多く出現していた。

月別の平均風速は 7 月~9 月にかけて 5 m/s 前後と弱く、冬期の季節風の吹走期には 10 m/s 以上の強い風が卓越している。

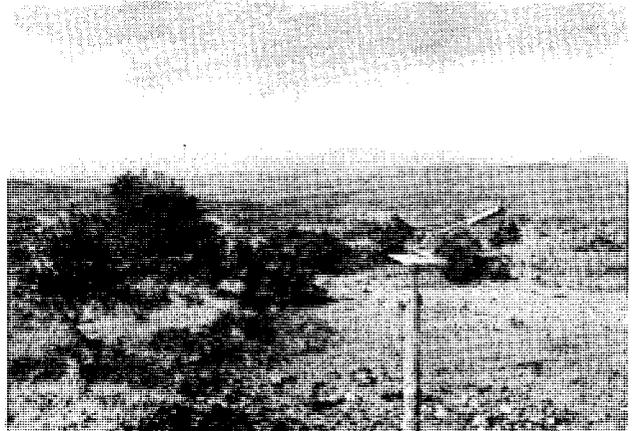


図-2 森式風向風速計の配置（山頂部 975 m）

表-1 定点における風向、風速（950 m）

項目	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
最多風向		W	NW	NW	W	W	W	WSW	WSW	W	SW	NW	WNW
平均風速 m/s		11.0	10.5	12.1	10.3	11.0	7.9	4.6	5.7	5.8	7.0	9.3	9.9

(2) 牧野内地形別風向、風速強度

牧野内の特徴的な地形を 24 地点選定し森式風向風速自画器を用い、預託放牧牛退牧後の 10 月下旬に数日間観測を行った。（斜面 9、尾根部 6、谷部 8、山頂 1 の合計 24 地点、図-3 参照）

定点における卓越風が西（西北西~西南西の風向変動を含む）の地形別風向は次のようである。

(イ) 谷部（谷筋）

主谷が西に開いている谷部は西風が吹走して、支谷へと流れを変えて吹走する。一方支谷の西側に尾根がある場合風向方位が大きくかわり、主谷からの吹走風ではなく、尾根を吹き越えて支谷下部に吹走する。支谷上部は（西側尾根よりも高い地域）卓越風の西風となって現れた。

(ロ) 斜面

斜面下部は谷筋の吹走方向による影響を大きくうけている。斜面上部はほぼ卓越風向を示していたが、牧野南端の 975 m 山頂部背斜面は、主谷筋から吹走風が吹き上ってくるため、山頂部卓越風とほぼ反対方向からの風向が観測された。

(イ) 尾根部

尾根部の6地点は主谷と山頂部のほぼ中間より高い位置にあり、主に卓越風の風が吹走していた。しかし尾根上の鞍部については鞍部の特徴的な地形関係から、反対側谷筋を吹き上げる風が存在し、卓越風に対向する風系が認められた。

(ニ) 山頂部

山頂部は斜面上部と同様卓越風の風向と一定であった。特に弧立峰の背斜面は周辺の谷筋の影響が風向に強く現れていた。

以上の牧野内地形別風向測定結果にみられるように、主谷の開放方向が卓越風の場合、卓越風は主谷に沿って流入し、さらに支谷、傾斜面沿いに吹走する一般的な吹走型を呈することが解った。

(ホ) 牧野内地形別風速強度は、通常山頂部、斜面上部、谷筋狭窄部、谷部

(支谷)の順に風速強度が強く認められた。しかし尾根状鞍部、斜面中腹等で谷筋の方向によっては、風速強度中～弱の吹走が断続的な吹走を示す地点も認められた。

(ヘ) 冬期の牧野内積雪表面における吹走風流跡よりみた風向の推定

牧野内主要地点の地形別風向を知るために、積雪表面に現れる強い卓越風系による雪面状況(吹走風にそって雪面に風の流跡が現れる)を観察すると同時に、地表面に堆積した降雪の状況等を観測し地形別の風向を推定した。

冬期の卓越風は定点におけるプロペラ型風向、風速計によりおおむね西風であり、暖候期よりも風速強度が大であったため地形別の風向の識別は明瞭であった。地形別にみると森式風向風速自画器で得られた結果とほぼ同様な値が得られた。このため、前述の森式風向風速自画器を用いて観測をした地形以外の地形による風向変動をは握するため積雪表面の流跡状況から地形別の風向を推定した。その結果一般的には斜面下部では谷筋方位の影響を強くうけ、また斜面上部では卓越風を直接うけるため、ほぼ卓越風の方位をしめしていた。ここで特徴的なことは積雪の堆積状況から観察した結果、不均一な積雪堆積(一般的には卓越風の吹走方向にほぼ均一に積もる)が認められ、これは卓越風系に対向する(谷筋からまわりこんでくる風系)があるために出現したもので、これらの地点は森式風向風速自画器で観測をし、対向風の記録を示した地形とほぼ一致した。

4 牧野樹林の配置

北上山地の高標高地域は前述したとおり厳しい気象条件下にある。冬期は強い季節風が吹走し降雪は吹きはらわれて地表にあまり堆積しない。このため寒気の影響を強くうけ地面は深部まで凍結が進み、早春の牧草の生育を妨害している。

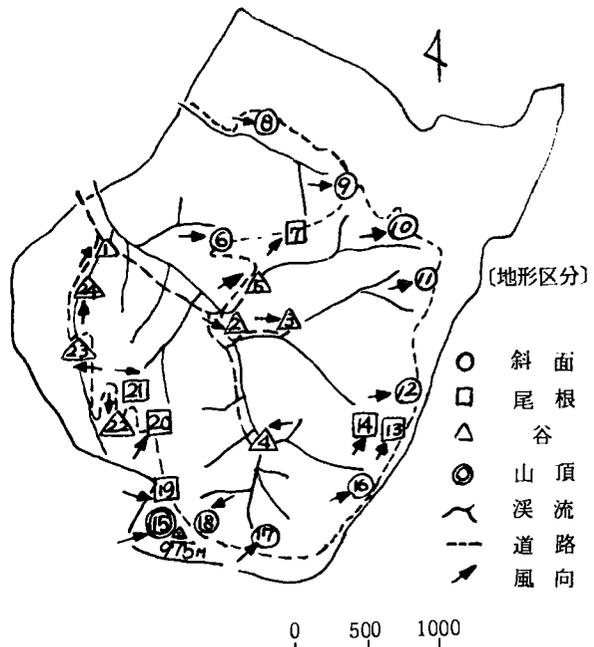


図-3 牧野内地形別風向(卓越風 西, 1983.10)

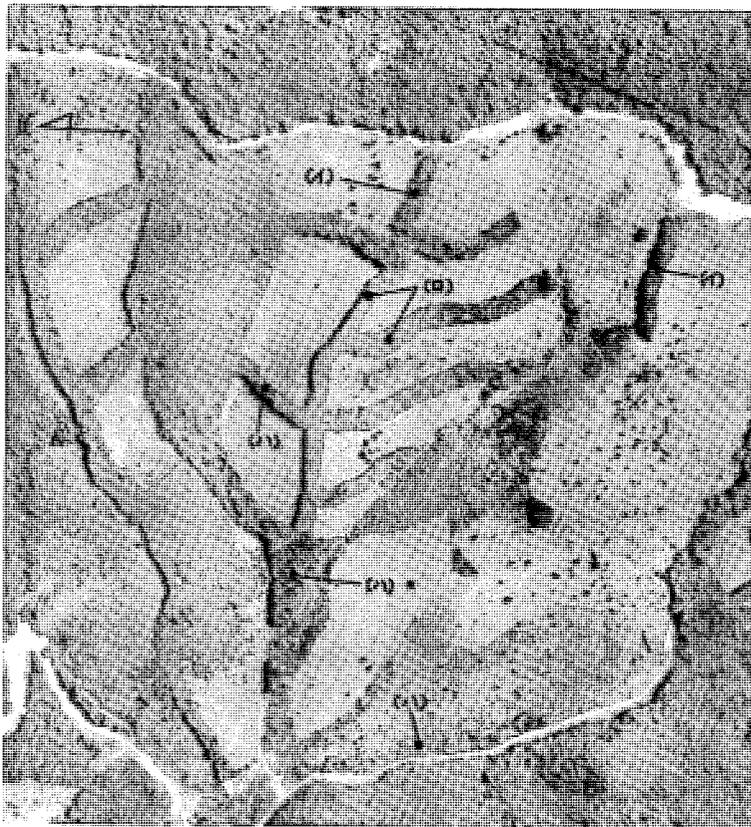


図-4 山地における牧野樹林の望ましい配置
(小石川牧野 航空写真)

春期は平地よりも気温の上昇は遅く、入牧期まで降雪をみることがある。初夏にはオホーツク海高気圧の出現による夏期偏東風の影響をうけるとともに、盛夏時は30℃にも達する高温に見舞われ家畜害虫の発生、飛来が多くなり放牧牛の疾病も多発する。秋期は寒気の到来が早く、しばしば氷点下となる。

これらの気象環境下におかれている高標高牧野に家畜の保護を主体とする牧野樹林の配置を検討した結果、次のような地点に配置することが望ましい。(図-4参照)。

(1) 尾根筋の配置

盛夏期の高温は家畜害虫の畜体への寄生が増えるこのため日射を22%程度しか透過しない樹林内は林外よりも2～

3℃冷涼な環境条件下にあり、庇蔭効果が大きい。さらに風通しも良く畜体温の上昇を防ぐ効果がある。

(ロ) 等高線状、尾根筋し字型の配置

西向斜面の等高線上の配置は、冬期の強い卓越風を防ぎ樹林帯背後に降雪を蓄め地表を寒気から保護することにより、早春の初期生育を促進し、入牧初期の牧草量を確保する効果がある。また防風効果のあるこれらの配置は、初夏のヤマセ、春期、秋期の寒気から家畜を守る保護林の効果が大きい。

(イ) 溪流部の配置

盛夏期高温の度合いが強い場合は家畜の行動からみて溪流下部の溪畔林の利用が多く認められた。しかし高温の度合いが弱い場合は中腹部の源流部にとどまり、採食行動が多く体力の消耗を最少限にとどめていた。これらのことより中腹部の源流附近に溪畔の保護をかねた樹林帯の配置が望ましい。

5 おわりに

北上山地の高標高山地牧野はきびしい気象条件下にあり、放牧家畜保護のために有効な牧野樹林帯を配置し、家畜の疾病率を低くしまた畜体の増体に効果の大きい樹林帯の配置が望まれる。

参考文献省略

〔特別講演〕

太陽活動と気象

東京管区気象台長 理学博士 柳原 一夫*

1. 地球上の諸現象の多くは太陽からのエネルギーを受けて生成・変化している。気象もまたその一つであることは論をまたない。その太陽に活動の変化があれば、気象を含む地球物理諸現象に変化があることを期待するのも当然であろう。過去、太陽活動のいろいろの変化に対応して気象以外の多くの地球物理諸現象に関連した変化のあることが認められてきた。

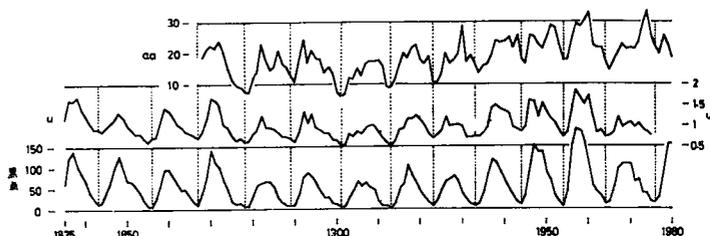
気象は現象そのものが太陽エネルギー入射に大きく依存していて、季節変化に代表されるように太陽地球間の関係位置に由来するような地球的規模の大変化は明白である。しかし太陽活動の変化に連動した変化があると確認されているとはいい難い。太陽活動の変化が長期にわたって観測記録されているものにおよそ11年の周期の変化がある。気象にこれと連動した変化があるかどうかは古くからの興味ある問題として多数の研究者の関心をそそってきた。いまなおあるものは連動した変化が明白にあるといい、あるものは全く認められないといい、混沌として問題は生きつづけている。太陽活動と気象の関係はもしあるとしても複雑なものであろう。単純でないとするなら、およそ11年という周期から考えて気象における100年程度のデータ期間は短かすぎるかもしれない。

気象の問題に入る前に、他の地球物理現象で太陽活動変化と連動した変化があると認められ関係の物理的機構も考えやすいもののいくつかについて考えてみよう。

2. 太陽活動変化に連動した変化があると認められているものの例に地磁気がある。地磁気変化は地球の一番外側で太陽風によってひきおこされるものであるから物理的機構も考えやすい。地球内部から発した地球磁場磁力線はもし太陽風がなければ宇宙空間に無限にひろがっているはずである。太陽風は磁力線を押して太陽側で地球半径の10倍くらいのところまで押し縮め、反対側では吹き流している。太陽風からみると地球のまわりに入り込めない空洞ができる。地球磁場の磁力線はこの中に押し込められ太陽風の圧力と釣合っている。そこで太陽風に変化があれば地磁気にも変化が生じると考えられる。

地磁気変化の活動度を測る目安としていろいろの指数が提案されているが、それらのうち長期間のデータのえられるものとして u 指数と aa 指数をとり上げた。両指数と太陽黒点数の長年の変化を第1図にならべて示した。

一目してわかることは u 指数と太陽黒点数との相関が極めてよいことである。黒点周期毎に相関係数を求めてみると最高は0.96、最低でも0.81である。一方 aa 指数の方は相関のかなり



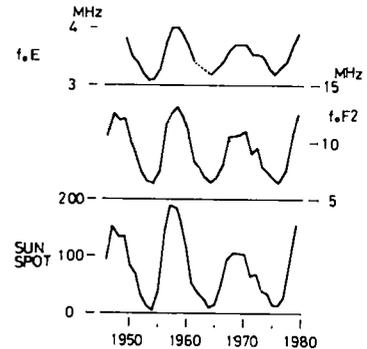
第1図 地磁気 aa 指数および u 指数の変化

* 前仙台管区気象台長：昭和58年10月26日 日本農業気象学会東北支部会特別講演

よい期間もあるが、あまりよくない期間もありとくに最近のサイクルではよくない。1964 - 1976年のサイクルに対しては相関係数-0.04であってほとんど関係ないに等しい。

u 指数は磁気嵐などの大規模じょう乱の目安で低緯度の変化にウェイトがかかっているが、 aa 指数はむしろ高緯度の変化にウェイトがかかっているという内容の相違がある。太陽活動変化と連動した変化があるといわれている地磁気変化についても、変化のとり上げ方によりあるいはまた期間の選択により関係に相違のあることは留意しなければならない。 aa 指数において1920年代以降相関関係が悪くなっていることは、後に述べる気温と太陽活動との関係の推移と類似して興味深い。

3. 太陽活動変化に連動したもう一つの例として電離層をあげよう。電離層は太陽放射のうち主として紫外線などにより地上およそ百軒から数百軒の層が電離したものである。代表的な定常層であるE層、F層をとり上げ、東京国分寺のそれぞれの層の臨界周波数 f_oE 、 f_oF2 の変化を太陽黒点数とともに第2図に示した。図にみられる通り関係は極めてよく、相関係数は f_oE で0.97、 f_oF2 で0.99である。地磁気ではデータ期間によって関係に相違がありとくに最近のサイクルで悪かったことを考えると、電離層のように最近のデータしかないものについて決定的な考えをもつことは危険な面がないでもないが、このくらいよい関係が持続していれば太陽活動変化のコントロールはまずまちがいないものと思われる。なお、各層の最大電子密度は臨界周波数の二乗に比例する。



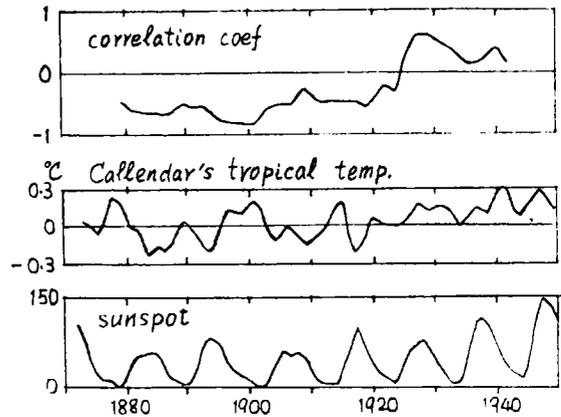
第2図 電離層の変化

電離層と大気層の中間域の現象としてはオゾンが太陽活動変化と連動した変化があるともいわれるが気象同様まだ確立されたものとはいえない。

4. さて問題の気象であるが、いままでに発表された多数の論文では太陽活動変化に連動した変化があるとするもの、ないとするもの共に数多く諸説粉粉である。ありとする代表的な肯定論者 King (1975) によれば「どんなに疑り深い科学者でも文献を十分調査すれば、下層大気のみならず重要なものは各タイムスケールにわたる太陽活動変化と連動していることを認めざるをえない」ということになり、一方詳細な検討を行った Pittcock (1978) によれば「太陽活動と気候の関係の事実として発表されているものの大部分は何等かの落とし穴にはまったものであって決してその関係の存在を証明するものではない」ということになる。

太陽活動と気候の関係を厳密に証明しようというならば、まことに Pittcock のいう通りであろう。データ期間の限定、地域的局在、データの質、安易な統計などなど厳密な批判に堪えられる証明は確かにない。なお悪いことに不利なデータは伏せ関係ありそうな部分だけとり出す傾向のあることも事実である。しかもなお関係ありとする報告があとを絶たないのは何故だろうか。切れ切れの断片的ではあるが関係の事実として極めて魅力的なものの存在することもまた事実である。

このような連動の事実としてよくとり上げられる熱帯気温について考えてみよう。Gallender (1961)の気温データから計算した熱帯気温の3年移動平均値を太陽黒点数およびそれら間の相関係数(期間15年)と共に第3図に示した。よくいわれるように1920年までの連動は魅力的であり、かなり高い負相関が持続している。しかし多くの人が指摘する通り、それ以後相関が消滅したかあるいは正相関に移行したこともまた明らかである。



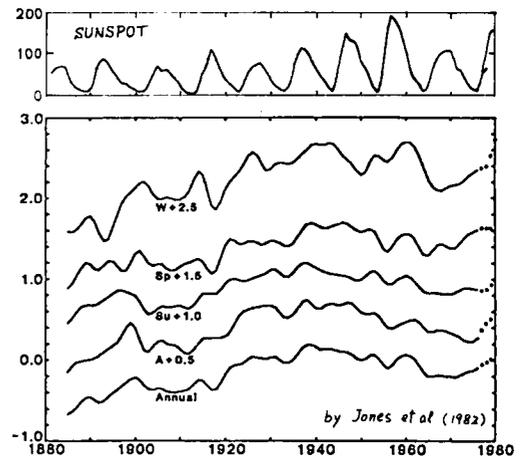
第3図 熱帯気温の変化

相関の消滅または反転に明快な必然的理由が与えられない限り、熱帯気温が太陽活動と連動して変化するといいきる訳にはいかない。予測の手段としては無力である。いつ何時相関の様相が変わるかわからない。

古典的関係例としてもう一つよくとり上げられるものにビクトリア湖の水位がある。これがまた1920年代まで太陽黒点数と平行して変化していたのが1930年以後関係がわからなくなっている。

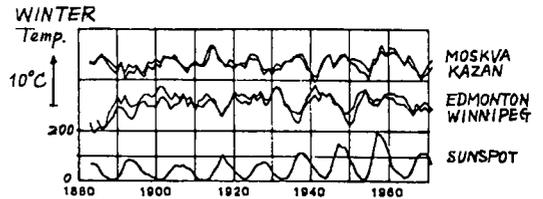
限られた期間内だけの連動の事実をもって証拠とすることは許されないが、また一方かなりの期間(熱帯気温の場合は4サイクル以上)にわたって相当程度のあるものまでも偶然の所産と決めつけることはこれまた行き過ぎであろう。地磁気の場合も期間によって関係の様相が違い、偶然か aa 指数は1920年代まで相関がよかったものがそれ以後相当に悪くなっている。

5. 最近山元・星合(1980), Jones 等(1982)によって相ついで過去100年の北半球気温変化が解析報告された。太陽活動周期程度のタイムスケールの変化に注目すれば、両者の変化ともに前述の熱帯気温にみられた太陽活動に連動するらしくみえる変化が認められる。いずれも1920年代まで負相関がいちじるしく以後不明瞭になっている点も同様である。山元・星合の緯度帯別の変化によれば、山元(1980)の指摘するように、低緯度よりも中緯度30°-60°Nに顕著であって0°-30°Nでは僅かに認められる程度でむしろ誤差の範囲内である。Jones 等は月別の変化の標準偏差は冬季にもっとも大きく、タイムスケール10年程度の変動は冬季にのみ顕著に認められ他の季節では不明瞭であると述べている(第4図)。図の季節別変化は、冬、春、夏、秋の順にそれぞれ2.5℃, 1.5℃, 1℃, 0.5℃ずつ上方にずらして示されている。年平均の変化では僅かに認められるか認められないかの程度である。



第4図 季節別の気温変化

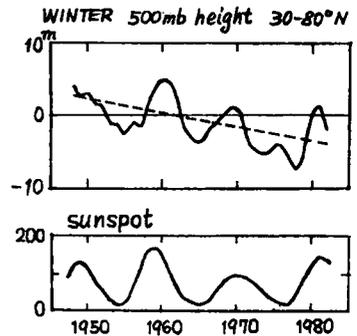
タイムスケール10年程度の気温変動が冬季に顕著であって年平均気温ではそれが薄められてみえたりみえなかったりする程度のもとなるということは柳原(1982)の指摘と一致する。北半球の冬気温変化のスペクトル分析によればこの種の変動には地域的分布があり東ヨーロッパと北米中央部でもっとも顕著である。中緯度でもっとも大きいという点では山元・星合の結果と一致するが、それぞれの地域で変化傾向はむしろ反対である。2地点づつを選んで冬の気温変化を第5図に示した。相反する変化の傾向は1930-1960年の間で顕著であって、前述の1920年代以降の関係消失の原因であるかもしれない。



第5図 中緯度の冬気温変化

気象の変化は地表の修飾を受けるので複雑である。太陽活動変化の影響だけが地球上一様におこるといった必然性はない。大気大循環の変化によりある地域で気温降下ある地域で上昇となるように太陽活動変化が地域により反対の効果を与えたとしても不思議はないかもしれない。これが連動の証拠とならないのは勿論であるが、いま問題のタイムスケールの変動に別の合理的理由が与えられない限り、太陽活動との連動は一つの仮設として追求する価値がありそうである。

6. 気温変化が大気大循環の変動に大きく依存していることは明らかである。とくに冬がいちじりしい。北半球 30° - 60° Nの68地点について1月および2月の月平均気温とそれぞれの地点に近いところの500 mb 高度偏差との相関を求めると、大部分が0.6ないし0.9の間であって緯度経度にかかわらない。とすれば気温変化を高層気象に還元して太陽活動との連動を考察することが必要となる。残念ながら高層気象のデータは最近のものに限られて期間が短いので緯度経度に分けて考察する程の精度がない。冬の北半球(30° N以北)平均の500 mb高度偏差の変動を3年移動平均で平滑して第6図に示した。破線で示した長期トレンドは別として、太陽活動との連動が極めて魅力的にみえる。



第6図 冬500 mb 面の変化

しかしこの期間は気温に連動の認められないときである。第6図の変動幅を年々変動における係数を使って気温の変動幅に換算すると 0.2°C 以下であるので検出が困難であったものかもしれない。気温が連動していた過去にさかのぼって高層気象のデータをうることはできないが、今後種々の角度から検討してゆくことが必要であろう。

- Callendar (1961) : Q. J. R. M. S. , 87 Jones et al (1982) : M. W. R. , 110
 King (1975) : Aero Astro. , 13 Pittock (1978) : R. G. S. P. , 16
 柳原 (1982) : 東北技術だより , 2 山元 (1980) : グロースベッター , 19
 山元・星合 (1980) : J. M. S. J. , 58

支 部 記 事

1 昭和58年度支部会について

昭和58年度の支部会は、宮城県農業短期大学をはじめ、仙台管区气象台、宮城県農業センター等のご尽力によりまして、下記日程で開催することができました。

発表課題23と特別講演がありました。会員多数の参加を得まして、盛会裡に終ることができました。

これもひとえに、宮城県農業短期大学、仙台管区气象台、宮城農業センターの方々のお力添えの賜と厚くお礼を申し上げます。

また、御多忙中にもかかわらず、特別講演をお引受け下さいました柳原先生に対し、心より厚くお礼を申し上げます。

本大会には管外から宮本硬一会員（香川大学）が参加されました。

記

日時 10月25日（火）～10月26日（水）、 場所 宮城県農業短期大学

13:00～15:20 研究発表

15:30～17:00 特別講演「太陽活動と気象」

仙台管区气象台長 理学博士 柳原一夫先生

18:00～20:00 懇親会（茂庭荘）

（17:10～17:40 役員会（茂庭荘））

10月26日（水）

9:00～9:30 総会

9:30～13:00 研究発表

2 昭和59年度支部会開催の御案内

昭和59年度支部会は、福島県農業試験場のお力添えによりまして、下記日程で開催することになりました。会員多数のご参加をお願いします。

記

①日 時 9月27日（木） 13:00～ 28日（金） 12:00

②場 所 福島県農業試験場相馬支場（相馬市成田字五郎右衛門橋100、常盤線相馬駅より3km、タクシー6分） Tel 02443-5-2633

③研究発表 13:00～15:00（27日）、9:30～12:00（28日）

④特別講演 福島県農業試験場相馬支場長徳永友三、宮城県農業センター作物保護部長千葉文一、両氏を予定しています。

⑤総 会 9:00～9:30（28日）

⑥役 員 会 17:10～17:40（27日 宿舎にて）

⑦懇 親 会 18:00～ （27日 宿舎にて）

研究発表される方は、題名・氏名・勤務先、スライド、チャートの別を明記の上事務局（〒020-01 盛岡市下厨川赤平4 東北農試農業気象研究室内 Tel 0196-41-2145）宛に9月10日までに申し込んで下さい。同じく宿泊希望者も事務局宛申し込んで下さい。

3 昭和60, 61年度の支部会評議員の選出について

同封の選挙用紙に当該県別定数の評議員名をご記入の上、11月10日までに事務局宛お送り下さい。

4 会員移動（59年4月現在）

入会者

氏名	勤務先
高 舘 正 男	青森県農業試験場
木野田 憲 久	〃
立 田 久 善	〃
大 寺 久 蔵	青森地区農業改良普及所
対 馬 庄 蔵	黒石地区 〃
外 川 俊喜司	野辺地地区 〃
矢 島 正 晴	東北農試栽培第1部
後 藤 雄 佐	宮城県農業短大
手 塚 一 清	〃

退会者

原 田 康 信, 野 田 健 兒, 白 石 道 夫, 金 子 一 郎, 和 田 道 宏,
宗 像 嘉 夫, 吉 田 富 雄, 萩 野 虎 雄, 佐 々 木 誠, 高 野 文 夫

昭和 58 年度 会計決算報告

(59. 3. 31)

収 入			支 出		
項 目	予 算	決 算	項 目	予 算	決 算
前 期 繰 越	0 円	5, 113 円	通 信 費	30, 000 円	32, 360 円
個 人 会 員 会 費	300, 000	270, 882	振 替 費	4, 000	3, 360
賛 助 会 員 会 費	40, 000	30, 000	事 務 費	5, 000	4, 300
雑 収	80, 000	84, 000	旅 費	35, 000	25, 200
			印 刷 費	280, 000	250, 000
			会 議 費	40, 000	40, 000
			雑 費	20, 000	20, 000
			予 備 費	6, 000	14, 750
合 計	420, 000	389, 995	合 計	420, 000	389, 970

次年度繰越金 389, 995 円 - 389, 970 円 = 25 円

昭和 59 年度 会計予算

(58. 10)

収 入		支 出	
項 目	予 算	項 目	予 算
前 期 繰 越 金	0 円	通 信 費	30, 000 円
個 人 会 員 会 費	300, 000	振 替 費	4, 000
賛 助 会 員 会 費	40, 000	事 務 費	5, 000
雑 収	80, 000	旅 費	35, 000
		印 刷 費	280, 000
		会 議 費	40, 000
		雑 費	20, 000
		予 備 費	6, 000
合 計	420, 000	合 計	420, 000

賛 助 会 員 名 簿

会 員 名	住 所	主 たる 事 業
東 北 電 力 株 式 会 社	仙 台 市 東 二 番 町 70	電 力 の 開 発 , 販 売
気 象 協 会 盛 岡 支 部	盛 岡 市 山 王 町	気 象 調 査 等
気 象 協 会 秋 田 支 部	秋 田 市 八 橋 字 八 橋 78 - 4	気 象 調 査 等
美 和 電 気 工 業 株 式 会 社	仙 台 市 一 番 町 一 丁 目 4 - 15	計 測 機 器 販 売
(株) 旭 商 会 仙 台 店	仙 台 市 上 杉 一 丁 目 9 - 38	計 測 機 器 販 売
東 北 化 学 薬 品 株 式 会 社	弘 前 市 茂 森 町 126	化 学 薬 品 販 売
八 戸 科 学 社	八 戸 市 内 丸 14	理 化 学 器 機 械 販 売
三 機 商 事 株 式 会 社	盛 岡 市 本 町 通 三 丁 目 16 - 9	計 測 機 器 販 売
佐 川 屋 器 械 店	盛 岡 市 駅 前 通 り 9 の 5	理 化 学 器 機 械 販 売

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・横河ヒューレット・パッカード・中浅測器

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 仙台市一番町一丁目4-15 ☎(0222)21-5466
盛岡出張所: 〒020 盛岡市前九年三丁目19-52(武藤ビル2F) ☎(0196)46-4341
秋田出張所: 〒010 秋田市大町3-4-39(大町3丁目ビル1階) ☎(0188)63-6081
山形出張所: 〒099 山形市松波1丁目16-9 ☎(0236)32-0221
郡山出張所: 〒963 郡山市山崎213 ☎(0249)33-8732
いわき出張所: 〒974 いわきし楯田町南町1-5-11(古川ビル) ☎(02466)3-2059

北海道地区支店. 出張所

札幌支店: 〒060 札幌市中央区南二条西1丁目(宮本ビル) ☎(011)261-2401
苫小牧出張所: 〒053 苫小牧市字明野9-223 ☎(0144)55-5860
旭川出張所: 〒070 旭川市南一条22丁目左一号 ☎(0166)32-5022
釧路出張所: 〒087 釧路市川上町4丁目1(野口ビル4階2) ☎(0154)23-6496
本社: 東京都新宿区新宿2丁目8番1号(新宿セブンビル7階) ☎(03) 341-2101

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57年 10月 22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農業気象研究室におく。

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 1,500円

賛助会員については別に定める。

第17条（決算）：会計の決算は会計年度終了後速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。

東北の農業気象 第29号

昭和59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) 41-2145
郵便番号 020-01

印刷所 盛岡市本町通二丁目8-37
(株)阿部謄写堂

論 文

1. ビニルハウス内のモヤ発生とフィルム特性との関連について …………… 堀口郁夫・谷 宏・川村明夫	3
2. 温室設計への最適設計法の適用 (II) 最適設計の変動解析 …………… 蔵田憲次・立花一雄	9
3. 冷害年における7, 8月低温の分布型の特徴について …………… 内島立郎	19
4. ハウス暖房温度と地温勾配に関する研究 …………… 小倉祐幸	73
5. 防風網に関する研究 (7) 草地における防風網の昇温・減風効果および風の微細構造の空気力学的変質 …………… 真木太一・川島茂人	79
6. 温室貫流熱量算定式の提案 …………… 岡田益己・林 真紀夫	91
7. 小麦畑における風速, 気圧変動と植物体の揺れの測定 …………… 米谷俊彦・瀬尾琢郎	165
8. 堆肥化過程における熱移動 …………… 関 平和・小森友明	173
9. 温室におけるヒートポンプ利用 (2) 夏季夜間冷房 …………… 林 真紀夫・古在豊紀・渡部一郎	181
10. 熱帯乾季の水田蒸発散(英文) …………… 高見晋一・ジェー・シー・オトゥール	191
11. 潜熱蓄熱方式による太陽熱暖房温室に関する研究 (1) 潜熱蓄熱材の特性試験と小型温室における暖房実験 …………… 仁科弘重・高倉 直	201
12. 台地と谷すじの夜間冷却について (2) 地形による冷却過程の差異 …………… 田中夕美子・藤原晃一郎・小林大二	213
13. 温度日記記録を用いる小気候指数の研究 (3) 小気候指数から復元された気温の出現時間分布 …………… 小林哲夫・坂上 務・元田雄四郎	253
14. 主成分分析による中国東北地区の気温分布特性の解析 …………… 趙 煥宸・加藤央之・高橋英紀	261
15. 雨と植物反応に関する研究 (VI) 降雨後の萎凋現象 …………… 木村和義	271

16. 解放型乳牛舎における放射熱負荷とその調節 …………… 岡田益己・皆川秀夫・権藤昭博	281
17. 馬鈴薯畑のアルベドの特性 …………… 中山敬一・羽生寿郎・今 久	289
18. 小麦群落内外の顕熱の乱流輸送 …………… 米谷俊彦・瀬尾琢郎	297

要 報

1. 空気吹込型温室の太陽放射エネルギーに対する依存性(英文) …………… ケィ・オー・ケッセイ・ピー・ジー・グロックナー	27
2. 放射率計によるプラスチックフィルムの長波放射特性の測定 …………… 岡田益己	31
3. 強弱光の反覆が作物の生育におよぼす影響(II) …………… 鈴木晴雄・神島義和・宮本硬一	97
4. 温室の光環境改善のための研究 (I) フレネルプリズムの温室被覆への応用 …………… 蔵田憲次	103
5. 気温の小気候特性の年ごとの繰り返し度について …………… 小林哲夫・坂上 務・元田雄四郎	107
6. 知識工学的手法による栽培管理のシステム化 (1) 促成トマトの栽培管理システム …………… 高倉 直・庄野浩資・本條 毅	113
7. 温室の光環境改善のための研究 (II) 反射型ブラインド利用の計算モデルによる検討 …………… 蔵田憲次	219
8. 気温の日出現時間分布形のモデル化 …………… 小林哲夫・坂上 務・元田雄四郎	305
9. 潜熱蓄熱方式による太陽熱暖房温室 (2) 空気集熱方式による模型温室の暖房実験 …………… 仁科弘重・高倉 直 竹田武司・町田育彦	311

資 料

1. 気候影響・利用研究部会 — 日本のWCIP・WCAPに関連して — …………… 吉野正敏	117
2. 農林水産省構造改善局が実施した防風施設に関する実態調査概要 …………… 真木太一	225

講 座

カンキツ類の寒害とその対策 …………… 小中原 実	315
------------------------------	-----

小 講 座

1. 圧力の測定 真木太一 35
2. 研究室におけるパーソナルコンピュータの利
用法 岡田益己 39
3. 蒸発散の測定法(Ⅱ)..... 櫻谷哲夫 121
4. 表面温度の測定 本條 均 125
5. 蒸発散の測定法(Ⅲ)..... 中山敬一 235
6. 植物体内水ポテンシャルの測定法
..... 長野敏英 323

学会受賞記念講演要旨

1. 畑土壌水分に関する研究 鈴木義則 141
2. 防風施設の冷害気象改善効果に関する研究
..... 泊 功・藤原 忠・石黒忠之 145

シンポジウム報告

- 昭和58年度全国大会シンポジウム「瀬戸内地
帯におけるカンキツの栽培と気象災害対策」
要旨 129

研究部会報告

1. 第2回農業気象災害研究会「風害および防風
施設」要旨 農業気象災害研究部会 43
2. 第3回農業気象災害研究会「風害および防風
施設」要旨 農業気象災害研究部会 237

抄 録 18, 38, 42, 64, 68, 90, 112, 124,
180, 190, 218, 270, 296, 310

書 評 102, 140, 172, 212, 338
新刊紹介 48, 52, 96, 128

正 誤 表 157

支部だより 49, 149, 241, 326

本会記事 53, 155, 243, 327

お知らせ 2, 61, 152, 224, 245, 280, 339

会員の声 260

会員移動 65, 158, 246, 349

賛助会員名簿 69, 161, 248, 351

編集後記 72, 164, 251, 354