

No. 02

韓国農業氣象災害研究計画

昭和62年度(第6年次)報告書

— The Agrometeorological Disaster
Research Project in the Republic of Korea —

昭和63年(1988年)7月

国際協力事業団
農業開発協力部

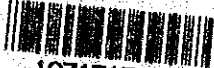
農開技

JR

88 - 36

82.1

JICA LIBRARY



1071515193

18557

韓国農業氣象災害研究計画

昭和62年度(第6年次) 報告書

— The Agrometeorological Disaster
Research Project in the Republic of Korea —

昭和63年(1988年) 7月

国際協力事業団
農業開発協力部



国際協力事業団

18557

序 文

韓国農業気象災害研究計画は、水稻冷害を中心とした農業気象災害に関する研究の推進に貢献することを目的に昭和57年9月24日に署名されたR/Dに基づき、昭和57年10月1日より協力が開始され、その後、順調に成果が挙がり、昭和62年9月30日終了した。この間、長期専門家10名、短期専門家44名を派遣し、また、研修員受け入れ実績は27名、機材供与実績は3億9千万円に達している。

協力終了後、昭和63年4月19日から4月28日まで派遣したエバリュエーション調査団の調査結果によれば、韓国の農業気象観測網の整備、農業気象区分図の完成など気象災害対策研究体制の確立に大きく寄与したことが明らかにされている。

本報告書は、昭和62年度に実施された研究実績をとりまとめた最終事業報告書であり、プロジェクトの最終成果を把握するために非常に有益なものと思料される。

最後に、本報告書を取りまとめるに際してご尽力いただいた韓国農村振興庁金東秀試験局長を始めとする韓国側試験研究者各位に謝意を表するとともに、本プロジェクトの円滑な運営に多大なご支援を頂いた専門家ならびに両国政府関係者、特に在韓国日本国大使館の方々に厚く御礼を申し上げます。

昭和63年7月

国際協力事業団農業開発協力部

部長 宮本和美

目 次

序 文

1. 課題別試験研究項目一覧	1
2. 農作物気象災害の気象区分に関する研究	3
2-1 農業気候資源量の分布と変動	3
2-1-1 高所得作物の農業地帯気候区分	3
2-2 局地気象の特性解明と災害対策	15
2-2-1 特異局地の気象調査研究	15
2-3 耕地微気象の特性解明	24
2-3-1 水稻群落内の熱収支特性の解明	24
2-3-2 気候要因による葉稻熱病の発生予察研究	37
3. 作物気象反応の解明に関する研究	45
3-1 被害発生気候の生理生態的解明	45
3-1-1 水稻冷害期作の生化学的研究	45
4. 耕地の気象管理技術確立に関する研究	56
4-1 被覆物に依る環境調節技術の確立	56
4-1-1 ビニール被覆栽培が根圏の微気象および線虫発生におよぼす影響	56
5. 気象災害の対応技術確立に関する研究	60
5-1 品種的対応技術の確立	60
5-1-1 水稻耐干性品種選抜試験	60
5-1-2 主要果樹別品種別耐凍性の検定法確立	71
5-1-3 果樹耐凍性の遺伝に関する研究	84
5-1-4 冷害地帯適応水稻品種の生態的反應に関する研究	91
5-2 栽培的対応技術の確立	103
5-2-1 地帯別栽培法差異が稲生育におよぼす影響	103
5-2-2 二毛作地帯水稻機械移植安全作期究明試験	115
5-2-3 東海岸冷潮風地帯水稻機械移植作期究明試験	126
5-2-4 中山間高冷地水稻機械移植作期究明試験	136
5-2-5 早魃時灌漑に依る養分移動に関する研究	150
5-3 地域性に基づく計画栽培法の策定	159
5-3-1 野菜栽培安定基準設定に関する研究	159

課 題 別 試 験 研 究 項 目

研究課題	題 目	項 目	完結 継続	実施機関	担 当 者		'86 連結	頁
					日本側	韓 国 側		
I 農作物気象災害の 気候区分に関する研 究	1. 農業気候資源量の 分布と変動	(1) 高所得作物の農業地帯 気候区分	完結	農業技術研究所	谷 信輝	崔 香, 姜安錫, 尹成浩, 辛建哲(園試), 文鐘烈 (園試)	I-1-3	
	3. 局地気象の特性解 明と災害対策	(1) 特異局地の気象調査研 究	"	"	"	李亮秀, 崔 香, 尹成浩	I-3-1	
	4. 耕地微気象の特性 解明	(1) 水稻群落内の熱収支特 性の解明	"	"	高見信一	李定汎, 金炳瓚	I-4-1	
		(2) 気候要因に依る葉蒸熱 病の発生予察研究	"	"	"	金草圭, 関洪植	I-4-2	
II 作物気象反応の解 明に関する研究	2. 被害発生機構の生 理生態的解明	(1) 水稻冷害期作の生化学 的研究	"	"	"	許一鳳, 石順鐘, 李秉武, 洪榮杓	II-2-2	
III 耕地の気象管理技 術確立に関する研究	1. 被覆物に依る環境 調節技術の確立	(1) ビニール被覆栽培が根 圏の微気象および繭虫発 生におよぼす影響	"	"	"	韓相贊, 金知仁, 崔鎮文	III-1-1	
IV 気象災害の対応技 術確立に関する研究	1. 品種的対応技術の 確立	(1) 水稻耐旱性品種選抜 試験	"	嶺南作物試験場	"	金皓英, 李寿寛, 高在哲	IV-1-2	
		(2) 主要果樹別品種別耐凍 性の検定法確立	"	園芸試験場	"	姜尚祐, 金暉千, 辛 億, 文鐘烈, 金夢賢	IV-1-3	
		(3) 果樹耐凍性の遺伝に関 する試験	"	"	"	芮秉佑, 趙顕模, 李 均, 文鐘烈	IV-1-4	

研究課題	題目	項目	完結 継続	実施機関	担当者		'86連結	頁
					日本側	韓国側		
2. 栽培的対応技術の 確立		(4) 冷帯地帯適応性水稻品 種の生態的反応に関する 研究	完結	作物試験場		崔海權, 趙守衍, 朴來敬, 金圭原, 文昌植	Ⅳ-1-5	
		(1) 地帯別栽培法差異が稲 生育におよぼす影響	"	湖南作物試験場	村上利男	李善龍, 崔泳根, 林茂相, 李東昌, 金尚泳, 金丁坤, 李基榮	Ⅳ-2-2	
		(2) 二毛作地帯水稻機械移 植安全期究明試験	"	嶺南作物試験場		朴成泰, 金純哲, 李壽寬	Ⅳ-2-2	
		(3) 東海岸冷潮風地帯水稻 機械移植安全期究明	"	"		金七龍, 朴尚鐘, 文乙鏞, 金宰賢	Ⅳ-2-4	
		(4) 中山間高冷地水稻機械 移植安全期究明試験	"	"		柳吉林, 金在鉄, 尹成浩, 崔富述	Ⅳ-2-5	
3. 地域性に基づく計 画栽培法の策定		(5) 早越時灌溉に依る養分 移動に関する研究	"	農業技術研究所		柳寬植, 宋寬哲	Ⅳ-2-6	
		(1) 野菜栽培安定基準設定 に関する研究	"	園芸試験場	小田雅行	権永杉, 高宮達, 朴尚根	Ⅳ-3-2	
計								8 16

研究課題：農作物気象災害の気候区分に関する研究

題 目：農業気候資源量の分布と変動

項 目：高所得作物の農業地帯気候区分

実施機関：農業技術研究所

担当者：崔 香，姜安錫，尹成浩，辛建哲，文鐘烈，谷 信輝

I 緒 言

韓国は温帯北部に位置し，一番大きい大陸で半島を形成，三面が海に囲まれている。国土は狭小だが，大きい山脈が多く，地形は複雑，気候条件は多様と言うことが特徴である。

韓国の果樹栽培は長い歴史を持っているが，地域別気候特徴を分析した適地選定が出来ていない。かかる傾向は日本も同じで，有名果樹団地が気象災害を多く被ると言うことである。⁵⁾

韓国の果樹栽培において地域別気候特性の分析の必要性を大別要約すれば次の通りである。

- (1) 篤農家が外国の有名品種を直接入手栽培する傾向が増加。
- (2) 果樹栽培地域が主に端山や遊休丘陵地等山地栽培化の傾向にある。
- (3) 温帯北部に位置している韓国は季節的気候変化が大きく気象災害の危険性が高い。

それで高所得作物の一つである果樹に対する生育期間中の各地域別気候特性の分析を行い，安全栽培を期する基礎資料を提供するものである。

II 材料及び方法

対象果種はリンゴ，ナシ，モモ，ブドウ，カンキツであり，一次的に生育特性が似ているリンゴ，ナシ，モモに対して実施した。

各地域別気候特性分析の為の気象資料は中央気象台の測候所及び観測所と農村振興庁，全国農村指導所の観測資料中5年以上経過した地域の資料を含めて155個所の気象資料を利用分析した。主要調査項目内容及び分析過程は図1のようである。

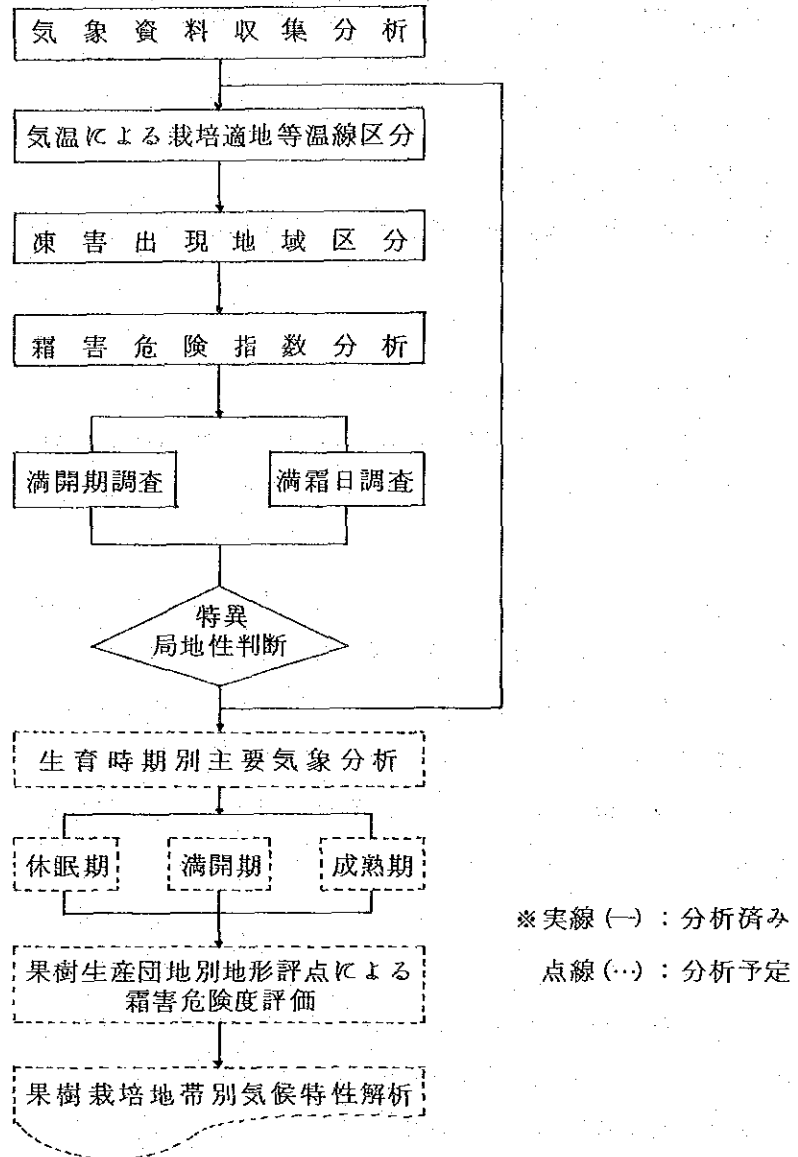


図1 主要調査項目別の分析過程

III 試験結果及び考察

1. 年平均気温だけでみた果樹栽培地域別等温線区分

年平均気温は各地域別果樹栽培において果種選択の一次的指標として活用されるもので、²⁾この分析は果樹栽培適地判断に最も基礎的な過程である。

果樹別栽培適地の判断において他の要因は考慮せず年平均気温だけで見ると、リンゴは8℃以下の地域、ナシは11℃以下、モモは12℃以下の地域が不適地だと言う。

図2ではリンゴ、ナシ、モモ等栽培の等温線を示した。

年平均気温が8℃以下の珍富、屯内などの一部地域ではリンゴ栽培が不適(図2-1)だと判断される。一方、李等³⁾はリンゴは比較的涼しいところで花芽形成がなり易いし、病虫

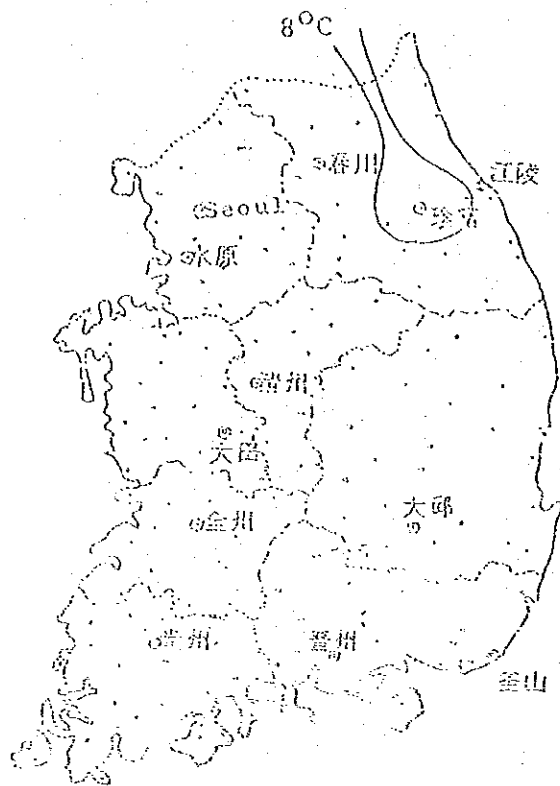


図2-1 リンゴの栽培等温線区分

年平均気温12℃以下の不適な地域は江原道の東海岸一部を除いた全地域，京畿道全域，忠南道の西北一部，忠北道全域と慶北道及び全北道の北部は温度条件だけは栽培不適地であり，リンゴ及びナシよりもその地域が広い。

従って冬期低温等による気象災害の問題がモモにもかなり頻繁に起こると言うことと，よく一致する。

上述のように果樹別栽培等温線区分は適地判断において絶対的ではないが，大略，適地判定を推定するに欠いてはならぬ基本調査方である。

2. 果樹別凍害温度の出現地域分布

大部分の落葉果樹は葉が残っている生長期には耐寒性が弱いし，休眠

害も少ないので大部分の主産地は温帯北部に散在すると報告し，韓国のリンゴ栽培地域は広く分布していると述べた。

ナシは中部温帯果樹でリンゴよりはやや温かい気温を要求している。図2-2はナシの栽培の年平均気温11℃以下の等温線を調査したものである。

江原道海岸地方を除いた大部分の地域と京畿道東北一部地域，忠北一部地域及び慶北一部地域は年平均気温だけで見ると，不適地と判断される。従ってナシは中部温帯果樹でリンゴよりも不適地が広い。

図2-3は中部温帯果樹であるモモの樹栽不適地を年平均気温だけで示したものである。

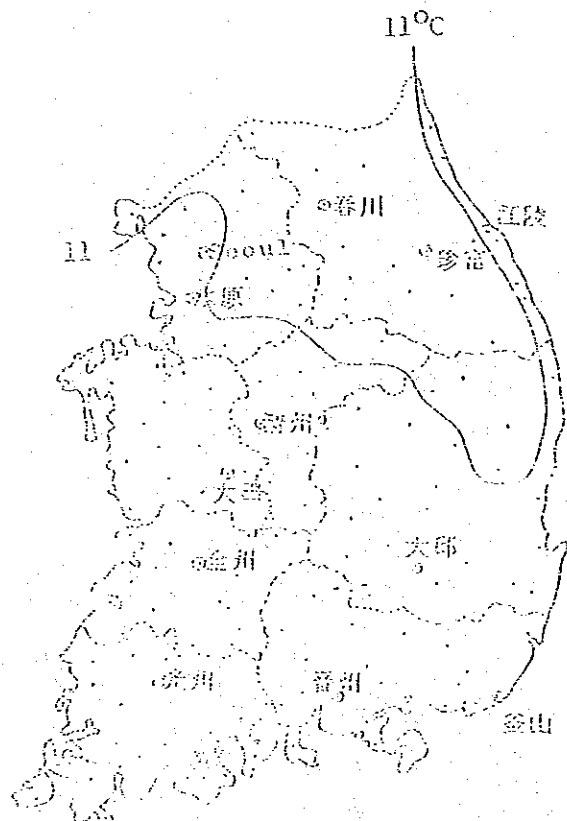


図2-2 ナシの栽培等温線区分

期には強いが、果樹の凍害は果種、品種、地形、管理状態、低温持続時間及び生育期によって差異が大きい。

果樹別凍害危険限界低温についての金等²⁾の調査結果はリンゴ-28℃以下、ナシ-20℃以下、モモの場合-18℃以下で凍害を被ると言った。しかし、凍害に対する基準温度は調査者に依って多少は違う。

果樹別凍害温度出現地域の分布は図3のようである。図3は各基準温度に対する出現可能地域を判断するに意味があるが、もっと具体的な調査は各温度に対する出現率や再現期間等を分析することが重要である。このことは今後の課題として残るわけだが、これら各地域に対しての共

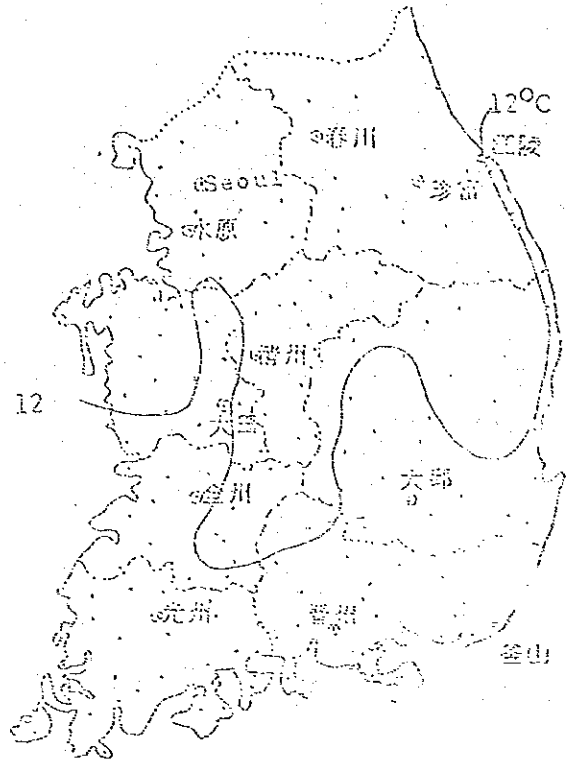


図2-3 モモの栽培等温線区分

通年度の長期気象測定資料が不十分なものが多少惜しいことである。

図3-1はリンゴの凍害出現可能地域を示したものである。江原道の珍富や山間地が含まれて、図2-1の年平均気温に対する不適地よりもその範囲が広いのが分かる。江原道の洪川と原城地方でもリンゴ栽培はしているが、凍害の被害症状が度々問題になっている。

凍害被害が激しいとなると発芽が遅れるし、花芽を剥けて見ると組織が褐変しているし、地面から5.0cm部位の木質部や形成層が黒く変色している。凍害を被った表皮は温度が上昇する6月頃になると、だんだん裂け始め結局乾燥してしまう。凍害を被ると二次的には胴枯病や腐

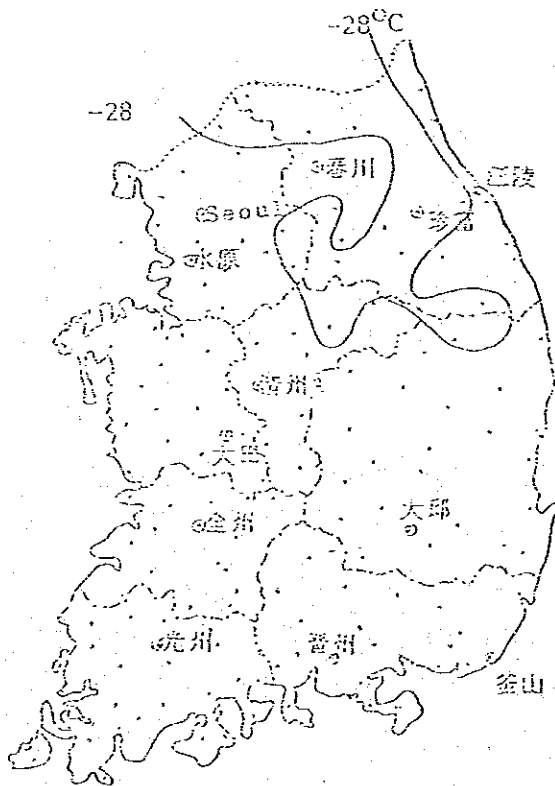


図3-1 リンゴの凍害温度出現地域分布

忠北の全地域とその他の広範囲に亘って激しい凍害を被ると述べた。特にモモは開花が早くて生育時期的にみる時、凍害を受ける期間が長い。冬季から春先まで低温が来襲する場合、度々凍害の問題が起こるのはモモで、その都度栽培適地選定が論議されている。

上述のように果樹栽培適地選定と気象災害の調査で文等⁴⁾は、韓国では今まで果樹別適地選定の後、栽培をしているのではなく、ある篤農家が栽培に成功した場合、その農家を中心に果樹の主産地が形成されたので、周期的に来襲する気象災害の問題が発生してもこの問題を解決すべき研究がほとんどなかったと言われている。

3. 霜害危険地区分

今までは基本的分析段階である年平均気温に依る果樹別栽培不適地検討並びに凍害出現可能地域を区分した。果樹栽培において気象災害の要因は種々あるが、その中でも重要なのは霜害の出現である。

霜害危険地の区分は中川等⁵⁾の霜害危険指数調査方法を基準にその内容を応用して分析した。

霜害危険指数(IRf)を調査するには、果樹別平均満開日(Af)と極満霜日(Lf)の調査値が必要で、その関係は $IRf = Af - Lf$ である。極満霜日(Lf)が平均満開日(Af)より後れると霜害危険指数(IRf)は0以下の値を現わし、霜害危険はより大きいと言う。しかし、韓国では果樹栽培が広地域に亘っているが、果樹別平均満開日の調査値が一部試験場の成績だけあるので、全国各地の満開日分布調査には難儀が多い。従って全国各地の果樹別満開日は様々な予測モデルを開発して、その予測値を利用する他に方法がない。

果樹別満開期の予測はPenning do Vries⁶⁾の生物生育予測モデルのDVR(Development Rete, 発育速度)とDVS(Developmect Stage, 発育段階)を適用した方法を応用した。

1) 果樹別満開期予測模型

リンゴ(富士)とモモ(倉方早生)の予測模型は直線式の模型で、次の式のようにDVR(発育速度)とDVS(発育段階)を求める。

$$DVR_i = (1 / (A - B * \bar{t})) * 100 \dots\dots\dots (1)$$

$$DVS = \sum_{i=0}^n DVR_i \dots\dots\dots (2)$$

ナシ(新高)の場合は指数曲線式の模型で、次の式のようにDVRとDVSを求める。

$$DVR_i = (1 / (A * B * \bar{t})) * 100 \dots\dots\dots (1)$$

$$DVS = \sum_{i=0}^n DVR_i \dots\dots\dots (2)$$

式(1)での \bar{t} は植物期間の温度である日平均気温が5℃以上になる毎日の平均気温であり、AとBは平均気温5℃出現初日から満開期までの平均気温と満開日数との関係式から算出されるParameterである。

既に各試験場で観測された満開日を利用して、各果樹別 A と B 値を求めれば次の通りである。

リンゴ(富士)は $A = 95.60$, $B = 4.50$

ナシ(新高)は $A = 107.94$, $B = 0.90$

モモ(倉方早生)は $A = 73.60$, $B = 3.80$

但し、この予測モデルは日平均気温 t が 5°C 以下になると $DVR = 0$, $DVS = 100$ であれば満開日になるように定義されている。

2) 果樹別満開日調査値と予測モデルに依る予測値との比較

予測満開日の適用可否を検討するために過去から今まで調査した試験場所在地域の既存データの中で、最大値と最小の各々の 3 か値を除いた他のデータを予測値と比較した。

図 4-1 は水原等 6 か地域で調査した 28 か年の調査値を 1:1 線で予測値と比較したものである。図で見ると調査値と予測値差の標準偏差は 3.0 日程で果樹生育特性に比べあまり大きい偏差はなく、予測度合いが高いことが分かる。87 年度羅州(○)の場合、予測値と調査値が同じ 1:1 線上に一致したし、水原(△)の場合は予測値が調査値より 1 日程遅い傾向を見せた。

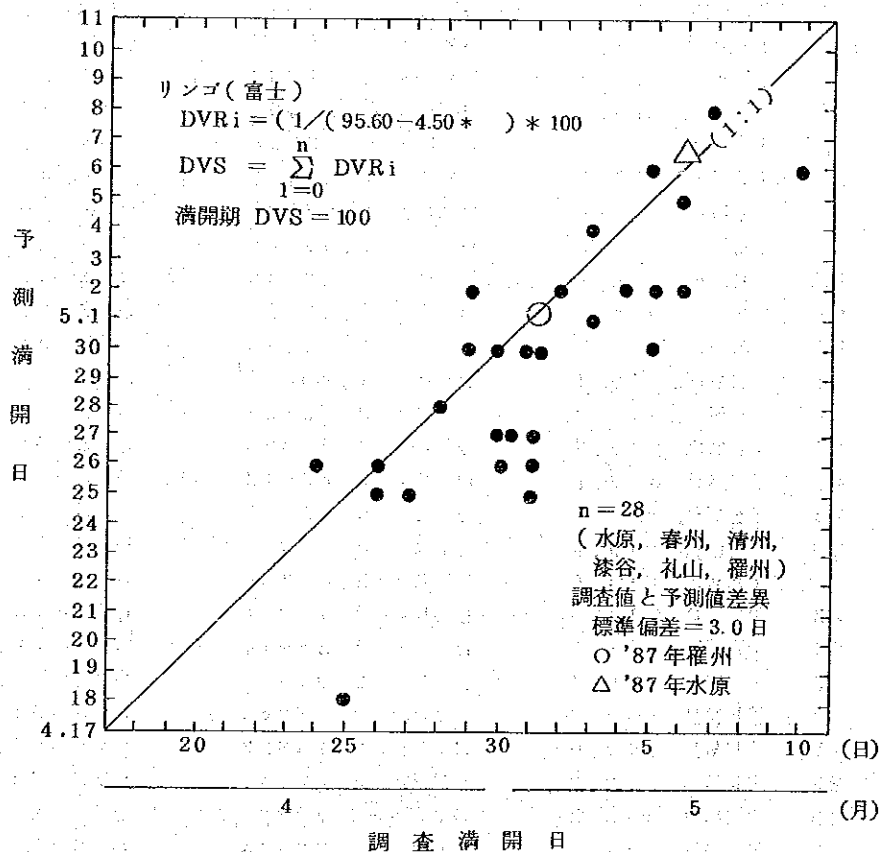


図 4-1 リンゴの調査満開日と予測満開日との比較

表1 日平均気温とDVR及びDVSのComputer出力結果

##### DEVELOPMENT RATE & DEVELOPMENT STAGE #####					
THE NAME OF DEVELOPMENT RATE NAJU APPLE					
DEYS		DAILY TEMP.	DEVELOPMENT RATE	DEVELOPMENT STAGE	
1	3	16	TEMP. =11.1	DVR= 2.19058	DVS= 2.19058
2	17		TEMP. = 7.8	DVR= 1.65289	DVS= 3.84347
3	18		TEMP. = 7.9	DVR= 1.66528	DVS= 5.50875
4	19		TEMP. = 7.5	DVR= 1.61682	DVS= 7.12557
5	20		TEMP. = 9.8	DVR= 1.94175	DVS= 9.06732
6	21		TEMP. = 8.7	DVR= 1.77148	DVS=10.8388
7	22		TEMP. =10.9	DVR= 2.14823	DVS=12.987
8	23		TEMP. =11.0	DVR= 2.1692	DVS=15.1562
9	24		TEMP. = 7.5	DVR= 1.61682	DVS=16.773
10	25		TEMP. = 0.4	DVR= 0	DVS=16.773
11	26		TEMP. = 2.0	DVR= 0	DVS=16.773
12	27		TEMP. = 2.6	DVR= 0	DVS=16.773
13	28		TEMP. = 6.1	DVR= 1.46735	DVS=18.2404
14	29		TEMP. = 8.3	DVR= 1.71674	DVS=19.9571
15	30		TEMP. = 6.1	DVR= 1.46735	DVS=21.4245
16	31		TEMP. = 8.0	DVR= 1.67785	DVS=23.1023
17	4	1	TEMP. = 3.9	DVR= 0	DVS=23.1023
18	2		TEMP. = 6.1	DVR= 1.46735	DVS=24.5697
19	3		TEMP. = 8.0	DVR= 1.67785	DVS=26.2475
20	4		TEMP. =10.9	DVR= 2.14823	DVS=28.3958
21	5		TEMP. =13.1	DVR= 2.72851	DVS=31.1243
22	6		TEMP. =13.3	DVR= 2.7972	DVS=33.9215
23	7		TEMP. =11.2	DVR= 2.21239	DVS=36.1339
24	8		TEMP. =13.7	DVR= 2.94551	DVS=39.0794
25	9		TEMP. =13.8	DVR= 2.98508	DVS=42.0645
26	10		TEMP. =10.1	DVR= 1.99402	DVS=44.0585
27	11		TEMP. = 8.0	DVR= 1.67785	DVS=45.7363
28	12		TEMP. = 5.6	DVR= 1.42045	DVS=47.1568
29	13		TEMP. = 5.6	DVR= 1.42045	DVS=48.5772
30	14		TEMP. = 6.7	DVR= 1.52788	DVS=50.1051
31	15		TEMP. = 8.3	DVR= 1.71674	DVS=51.8219
32	16		TEMP. =10.1	DVR= 1.99402	DVS=53.8159
33	17		TEMP. =11.4	DVR= 2.25734	DVS=56.0732
34	18		TEMP. =12.6	DVR= 2.57069	DVS=58.6439
35	19		TEMP. =12.1	DVR= 2.43013	DVS=61.074
36	20		TEMP. =17.8	DVR= 6.45161	DVS=67.5257
37	21		TEMP. =15.9	DVR= 4.158	DVS=71.6837
38	22		TEMP. =10.6	DVR= 2.08768	DVS=73.7714
39	23		TEMP. =13.1	DVR= 2.72851	DVS=76.4999
40	24		TEMP. =13.5	DVR= 2.86944	DVS=79.3693
41	25		TEMP. =10.4	DVR= 2.04918	DVS=81.4185
42	26		TEMP. =13.2	DVR= 2.76243	DVS=84.1809
43	27		TEMP. =10.9	DVR= 2.14823	DVS=86.3291
44	28		TEMP. =12.3	DVR= 2.48447	DVS=88.8136
45	29		TEMP. =13.3	DVR= 2.7972	DVS=91.6108
46	30		TEMP. =13.5	DVR= 2.86944	DVS=94.4803
47	5	1	TEMP. =19.4	DVR=12.0482	DVS=106.528

表1は羅州の日中平均気温をコンピューターに入力してリンゴの予測満開日を判断した例示である。

日平均気温5℃以上初日が3月16日で、当日からの日平均気温でリンゴの予測模型式(1)と(2)に依りDVRとDVSを求めた。

1987年度羅州地域のリンゴ(富士)の満開日が5月1日であり、表に依るDVS値が100に近い日も5月1日で調査値と予測値が一致していることが分かる。

図4-2と図4-3は各々ナン(新高)とモモ(倉方早生)の調査満開日と予測満開日の比較である。両方とも調査値と予測値差の標準偏差は約3日程であった。一方、'87年度に調査した羅州(○)と水原(△)でのナンとモモの満開日と予測満開日間の差異は2日程であった。

しかし今まで分析した各地域の果樹別満開日はいくつかの地域で調査したデータに依る予測モデルで、今後はもっと多くの地域でより正確なデータを追加補正する必要があると思う。

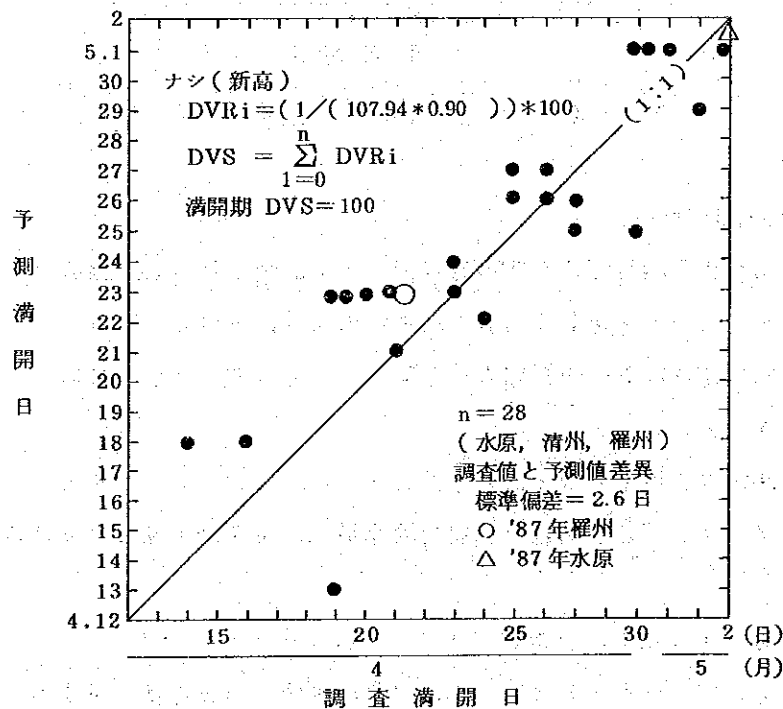


図4-2 ナンの調査満開日と予測満開日との比較

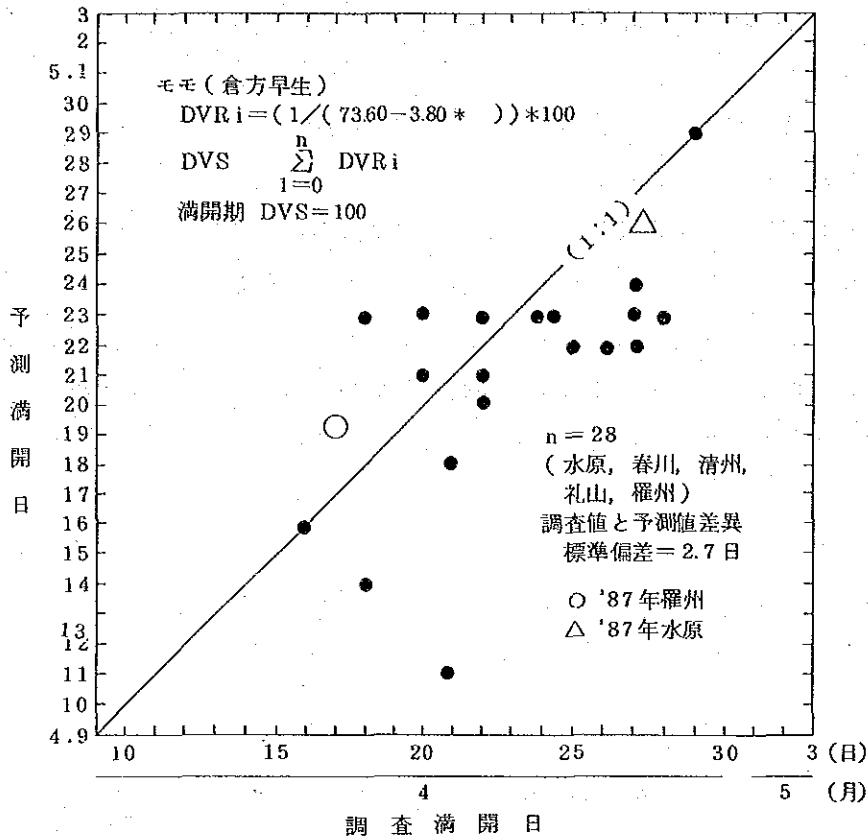


図4-3 モモの調査満開日と予測満開日との比較

3. 果樹別霜害危険地区分

霜害危険指数は平均満開日と極満霜日に依って決定されるし、極満霜日が局地性の大きい特性を持っているので霜害危険指数も局地性に大いに依存している。

霜害危険指数は0以下の場合霜害の危険があるもので、0以下の値が大きければ大きい程霜害の危険が大きい。

霜害危険指数が0以上の値では安全性を示した。しかし0~5までを示す地域は年度に従って多少の危険性を現わす地域で霜害危険指数別、果樹別各地域の危険地は表2のようである。

リンゴ(富士)は霜害危険指数が0以下の値はみせず、ナシ(新高)やモモ(倉方早生)に比べいくらか安全性を示しているが、楊平、驪州、原城地域で多少の危険性を現わした。

ナシ(新高)はリンゴより満開日がやや早い特性を持っているので、霜害危険指数は0以下をみせている。-5~0に該当する地域は楊平、驪州、原城、昇州、外西、漆谷等地で南北に亘って局地性を示しているし、これより危険性が弱い0~5の地域は非常に広範囲にまたがり、北部は利川、珍富から南部の長興および南海地域まで現われている。

一方、モモ(倉方早生)はリンゴ、ナシよりも満開日が早くて最も危険な地域の霜害危険

指数は-10~-5を示している。これに該当する地域は楊平, 驪州, 原城, 昇州, 外西地域等である。次の危険地が報恩, 沃川, 永同等の地域で指数は-5~0である。これより弱い霜害危険指数の地域は0~5で北部は利川, 安城から始め, 南部の高靈, 陝川まで局地性をみせている。

表2 果樹別および地域別の霜害危険指数と霜害危険地

果樹別	霜 害 危 険 指 数		
	-10~-5	-5~0	0~5
リンゴ (富士)			楊平, 驪州, 原城
ナシ (新高)		楊平, 驪州, 原城, 昇州, 外西, 漆谷	利川, 珍富, 屯内, 平昌, 旌善, 寧越, 太白, 堤川, 報恩, 沃川, 永同, 茂朱, 鎮安, 任実, 長水, 雲峰, 南原, 奉化, 英陽, 青松, 義城, 金陵, 高靈, 陝川, 永川, 咸平, 羅州, 靈岩, 長興, 海南
モモ (倉方早生)	楊平, 驪州, 原城, 昇州, 外西	報恩, 沃川, 永同, 茂朱, 鎮安, 長水, 雲峰, 南原, 谷城, 求礼, 咸平, 漆谷	利川, 安城, 珍富, 洪川, 屯内, 横城, 平昌, 旌善, 寧越, 太白, 堤川, 忠州, 陰城, 槐山, 鎮川, 牙山, 天原, 瑞山, 礼山, 燕岐, 錦山, 完州, 全州, 任実, 淳昌, 潭陽, 光州, 和順, 靈岩, 宝城, 長興, 海南, 奉化, 英陽, 安東, 義城, 軍威, 星州, 永川, 高靈, 陝川

IV 摘 要

1. 年平均気温に依れば, リンゴは珍富を中心とした山間高冷地域を除いては全国的に栽培が可能であるが, ナシ, モモはかなり広地域に亘って不適地と現われた。
2. 果樹別凍害温度出現地域による栽培不適地は年平均気温による不適地よりその範囲がもっと広い。
3. 霜害危険地判断のための果樹別満開期予測は植物期間温度(平均気温5℃以上)を函数とするモデル設定が可能であった。
4. 霜害危険指数(平均満開日-平均満霜日)でみた霜害危険地は局地性が大きい。リンゴのもっとも危険な地域の指数は0~5(楊平, 驪州, 原城), ナシは-5~0(楊平, 驪州, 原城, 咸平, 昇州, 漆谷), モモは-10~-5(楊平, 驪州, 原城)である。

V 残余問題と今後の対策

1. 生育時期別主要気象分析
 - 休眠期
 - 満開期
 - 成熟期
2. 果樹主産団地別地形評点による凍霜害危険度評価
3. 果樹地帯別気候特性解析

VI 引用文献

- 1) F.W.T. Penning de Vries and H.H. Van Lear, 1982.
Simulation of Plant Growth and Crop Production,
Wageningen Centre for Agriculture Publishing and
Documentation, 87~97。
- 2) 金命年外11人, 1977, 新稿果樹園芸総論, 郷文社, 30~37。
- 3) 李光然外6人, 1974, 果樹栽培大典, 興農種苗(株)出版部, 149~153。
- 4) 文鐘烈外4人, 1983, 果樹の地域別栽培環境がリンゴとナシの生育および果実特性に
およぼす影響, 農試報告(園芸)25, 54~67。
- 5) 中川行夫, 1965, 果樹の気象的適地に関する研究, (1)果樹の霜害危険地の推定, 農業
気象21(1), 5~9。
- 6) 辛建哲外4人, 1986, 低温と低温持続時間が落葉果樹の凍害におよぼす影響, 農試論
文集(園芸)28(1), 48~52。

研究課題：農作物気象災害の気候区分に関する研究

題 目：局地気象の特性解明と災害対策

項 目：特異局地の気象調査研究

実施機関：農業技術研究所

担 当 者：李亮秀，崔 香，谷 信輝，尹成浩

I 緒 言

局地的な気候特性の変異は作物栽培に重要な意味を持つ。現在栽培されている植物はその地域の物理的環境によく適用されたと言える。これは農民達の経験によって蓄積された地形気候学的知識の結果である。しかしながら作物の新しい種や品種の導入とか、新しい耕作地が造成される場合には、経験だけに依存することではなく、進歩専門的な農業が必要となる。特に永年生作物の冬期凍害と、晩春や早秋の霜害に栽培の成敗が左右され、これにしたがう経済的損失が大きいため新しい果園を造成しようとする時は、その対象地の温度環境に対する事前知識が重要である。¹⁾

植物の生存と生育に影響を与える温度環境は地中、地表および地上数m内外の下層大気の温度と言える。下層大気の温度は対流、輻射、伝導の方法によって決定される動的なエネルギーの平衡状態の指標であり、小地形及びその地形の植生によって独特な局地性を持つようになる。MocevarとMartsolt(1971)は地形気候学的予備調査としてペンシルベニアの中部に位置したNictany溪谷地帯の最低気温分布状況を移動観測した。²⁾ Yoshino(1959)は既存果樹園の霜害危険度を周辺環境と地形条件によって判定できる定量的方法を開発したことがある。³⁾

本研究は地形条件と最低気温形成間の関係を現地観測によって確認し、相対温度と日射量の地形による差異と地形評点法に依る凍霜害危険度を判定して、春期果樹栽培地域で発生する霜害予防のための基礎資料として利用すべく実施した。

II 材料及び方法

本調査は南漢江を中心とした両岸に海拔600m以上の連峰がつながり、江の入口と出口の付近も海拔100m以上の丘を形成、典型的な盆地の形をしている楊平邑と江上面一帯で遂行された(図1)。

直線延長8.5kmの経路“A”は南漢江楊平橋を中心にして北北東側へ(楊平邑Dooribong向)高度を沿って10個地点に西側にある江上面百屏峰を向って7個を設置した。簡易最低温度測定は長さ1mの角木を利用して最先端部に天空輻射の影響を減らすため、アルミニウム製皿(直径30cm)を付着させ、その直下に最高最低温度計(極東硝子機械工業社：-30℃～50℃)を設置した。温度計の受感部は天空に対するViewfactorを減少させるために傾斜の方へ上向きにした。

各温度計は設置前に標準温度計 (Mod, E-331, NAKAASA Instruments Co, Japan) に依って補正した, 経路 "B" は南漢江の支流, Sinnae 小川の北方に位置し, 楊平邑大興里モモ果園を貫通する南北直線延長 2.5 Km で, 1 日中大気の安定度が最も高い時刻, 日出直前 5:00 から 6:00 まで Digital 低抗温度計 (Mod, 2541, Yokogawa Electric Works, Japan) を利用, 徒歩で移動測定した。

観測点は地形を考慮して平均 250 m 間隔で 11 個を設定した。

海拔高度の推定式はつぎのようである。⁷⁾

$Z_1 = 29.3 \bar{T} \ln(P_0/P_1) + Z_0$ (Wallace と Hobbs, 1977), 即ち, Z_1 は測定地点の

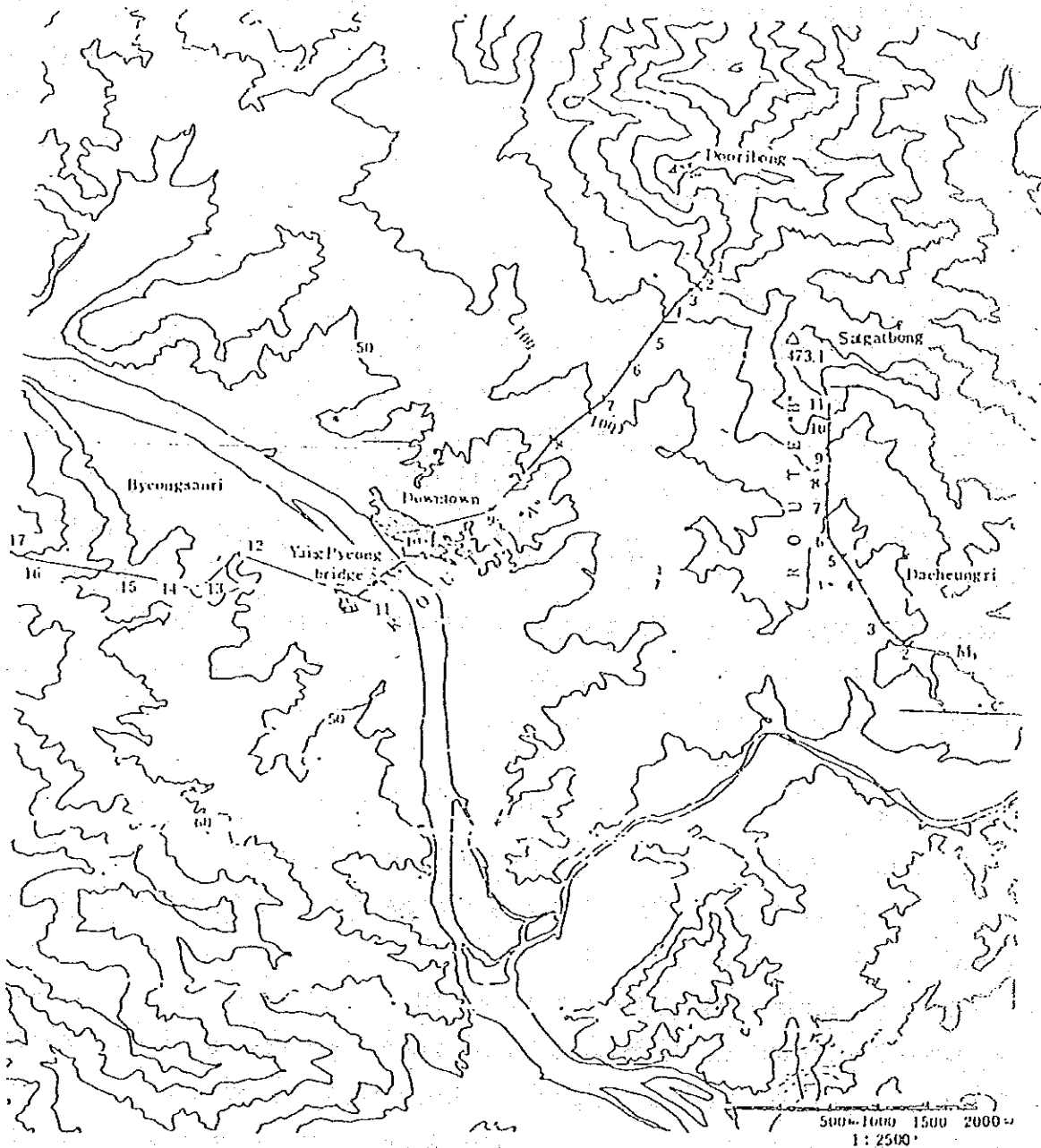


図1 調査地域地形図

海拔高度 (m), T_v は大気 の平均実効温度 (Virtual Temperature: $^{\circ}K$, 本実験中 $283^{\circ}K$ で固定), P_0 は知っている地点の海拔高度 (m , 本試験の場合 $1:25000$ 地形図上で認知された楊平測候所分室の海拔高度) である。大気圧は携帯用気圧計 (TAIHEI Barometer, Japan) も使用して測定し, 楊平測候所分室の経時的気圧値に依って補正した。

相対湿度測定は通風乾湿型温度計 (SY-8型, Assman type, Japan) を使用した。簡易積算日射量は乾式感光紙 (SINDORICO 乾式感光紙) を利用して透光された感光紙枚数と積算日射量関係から推定した。

凍霜害危険地推定は吉野の地形評点方法³⁾を基準にした。

III 試験結果及び考察

(1) 観測経路の気温分布

固定観測経路 "A" で観測された最低気温の分布状態は, 観測前後の大気状態にしたがって対照的な様相を示した。晴天日の最低気温の値は大体観測点の海拔高度が高いほど高くなる気温逆転現象 (Temperature Inversion) が現われた (図2)。逆転層が形成されると地表付近の冷たい空気が停滞しやすい。一般的に夜間の温度逆転現象は地表の輻射冷却に依って現われる。ここで特定地点で経る最低気温は, この二つの過程の上昇作用以外にもつめたい空気の移流 (Advection) の結果として現われるものであるが, 本研究では移流は考慮しなかった。

本実験が実施された春期間 (4月下~5月上) にも地表に接する大気の輻射冷却および重力に依る下降で, 溪谷の低地帯には低温帯が形成されたのがわかった。このような傾向は山から江辺に到る経路の中間地点まで現われるし, 江を中心にした半径 $2\sim 3$ km 以内ではあまり明らかではなかった。ここは主に集落が発達したところで都市気候学的な要素と川水の熱収支特性が混合されて影響を与えたと思う。海拔高度に沿う気温分布は観測点の微地形に依って大きい影響を受ける。空気が冷却されると粘度 (Viscosity) が高くなり傾斜面に沿って自由に動けず, 灌木林, 岩石等障害物に依って流速が急減するから, 地表面の微地形にしたがって冷たい空気が停滞された地点ができる (Machateie and schnelle, 1974)。もし, こんな地点に観測点が設置されると, 海拔高度差に依る温度差より, もっと大きい誤差が出来ると思う。経路 "A" の場合, 観測点 A_4 と A_{15} が周辺観測点に比べて $1^{\circ}C$ ぐらい高い値を示したが, これらは松林の中央に位置したので, 松林に吸収された輻射エネルギーが再輻射されるので裸地に比べて高温のことが推測される。また, A_{13} は貯水池に設置されたので水の熱特性が直接影響したものと考える。 A_{14} の低い値は小さい溪谷の下側の入口に設置されたのがその原因だと思われる。

同じ経路に対して低い雲のかかった時間帯に測定したところ最低気温は晴天日に比べて $0.5\sim 6.0^{\circ}C$ ぐらい高かった (図3)。高くなるほど大体低い温度を示したが, 観測点間の変異は非常に少なかった。これは単純に大気の気温遞減法則にしたがったものと見る。赤外

線輻射温度計 (Mod. AG-42, U.S.A.) に依って測定された天空温度は地表付近の気温とほとんど同じぐらいの $10 \sim 12^\circ\text{C}$ であった。これは、晴天日に測定された -2.5°C を考慮する時、放射冷却効果がほとんどないものと言える。

経路 "B" は経路 "A" に比べて距離が近く地形が複雑だったが、地形的な特性にしたがう気候分布がわりと明瞭であった (図3)。三つの小高い丘の間に形成された狭い溪谷の下に設置された B_4 の B_5 で最も低い値を示した。これより約 150m 高い山では 5.8°C ぐらい高い値を示した。しかしながら部落と車道に隣接した B_6 では丘の頂上付近に位置した果樹園と (B_5) ほとんど同値を現わした。曇天日の朝の最低気温は観測点にしたがって $1.0 \sim 1.5^\circ\text{C}$ 程の差異が現われ、晴天日に比べてやはり高い傾向であった。晴天日の朝に極最低気温が現われた B_3 では、晴・曇による気温差が 6.8°C に達して、地表面の輻射冷却と溪谷の寒気流入効果が明瞭であった。反面、海拔 240m の B_1 では 0.5°C に過ぎなかった。

(2) 気温逆転層

傾斜地での中間地域がその下側の地域より温い温度分布を示したのは逆転現象で説明が出来る。一般的に気温の逓減は乾燥断熱条件では高度に比例して 100m 上昇ごとに $0.5 \sim 1.0^\circ\text{C}$ ぐらい低くなるものと知られているが⁵⁾⁸⁾、夜間の輻射冷却に因って地面が急激に冷却されると中緯度でも $200 \sim 300\text{m}$ 高さで逆転層が発生する場合がある。⁴⁾ 図4のように標高 150m 付近の最高気温が高くなって Thermal belt が形成されるのがわかるし、最低気温の逆転層は $50 \sim 250\text{m}$ であった。こういう種類の輻射性逆転の発生条件は高気圧勢

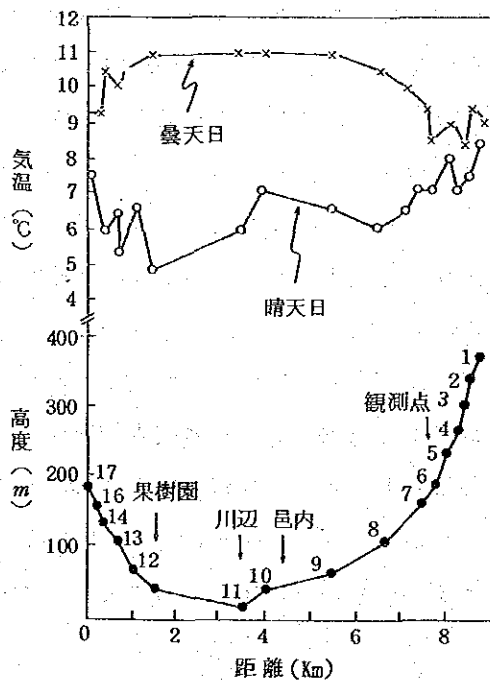


図2 固定経路 "A" での晴天日(○), 曇天日(×)の最低気温の変化

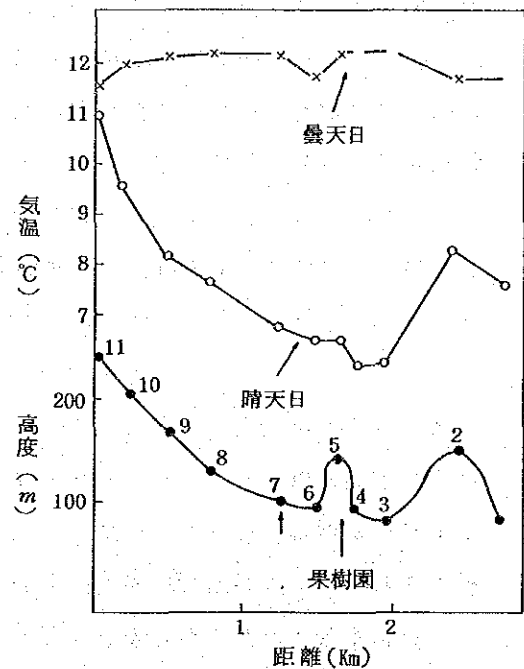


図3 移動経路 "B" での晴天日(○), 曇天日(×)の朝の気温変化

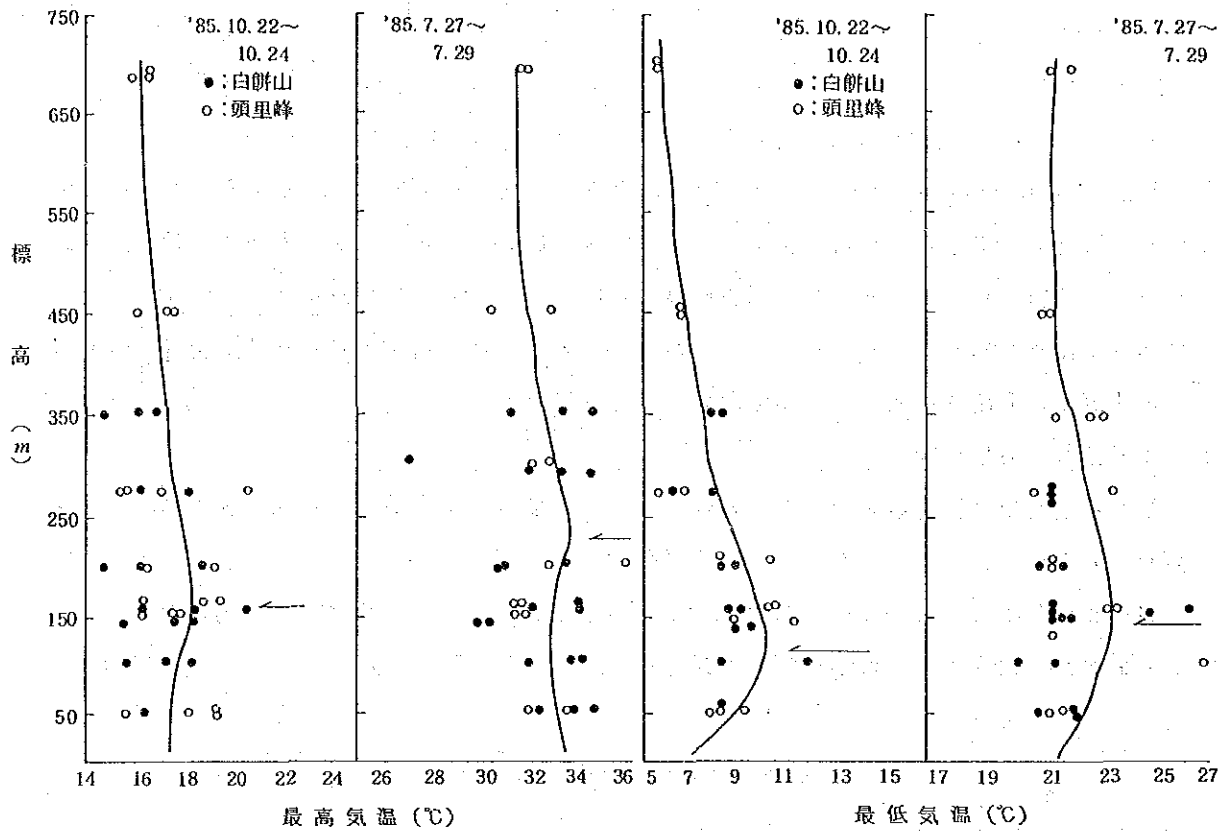


図4 標高別最高・最低気温の分布

力が拡大された時、主に現われるので昼間時間の年変化、植物被覆状態の季節変化にも高気圧出現回数に対する調査研究が必要である。

しかし、年中高気圧出現頻度が高いので、局地気象形成において逆転層は最も重要な役割

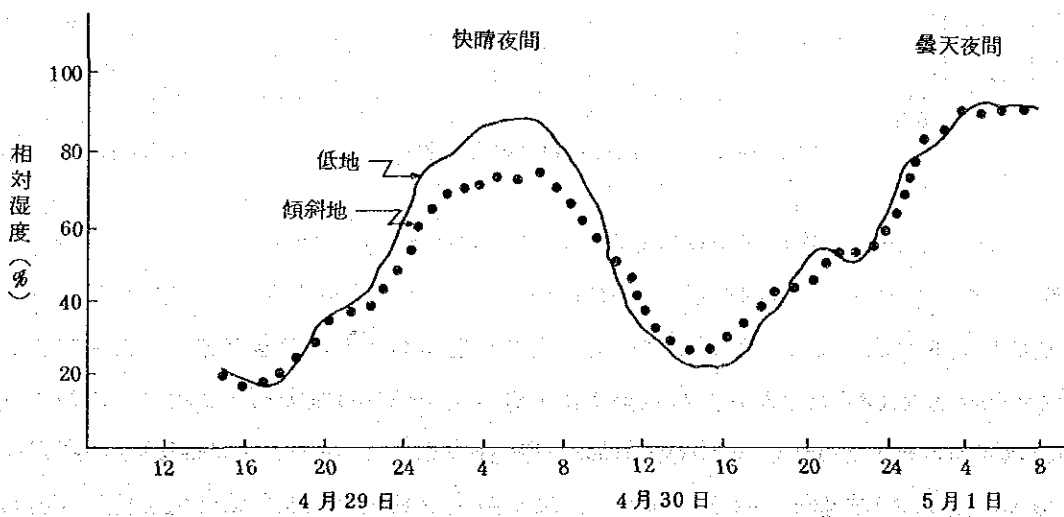


図5 快晴日と曇天日の相対湿度変化

をするものと言える。

図5は快晴日と曇天日の相対湿度変化を示したものである。湿度は気温と水蒸気量によって決定されるし、水蒸気量は高度にしたがって急激に通減する。

気温と相対湿度は逆の関係であり、日中は低下し、夜間は上昇する。したがって日中傾斜地の逆転層では相対的に相対湿度が低下する場合もある。図5のように夜間には晴れ、風のない日には約10~15%ぐらい傾斜地の方が低地帯より低いのがわかった。しかし、雲の多い日にはほとんど差がなかった。したがってこのような相対湿度の差異は、溪谷と低地帯での霧形成と直接的に関連があるものと考えられる。

(3) 簡易積算日射量測定

図6は簡易積算日射量測定のために乾式感光紙を使用して光が透光された感光紙枚数と積算日射量との関係を表わしたもので、相関係数の値が高くて実用性があるものと考えられる。

日射量は作物の生長および収量決定のための基本的エネルギー源であり、山岳地では高度と斜面の傾斜が大きく変わるので日射量も違う。

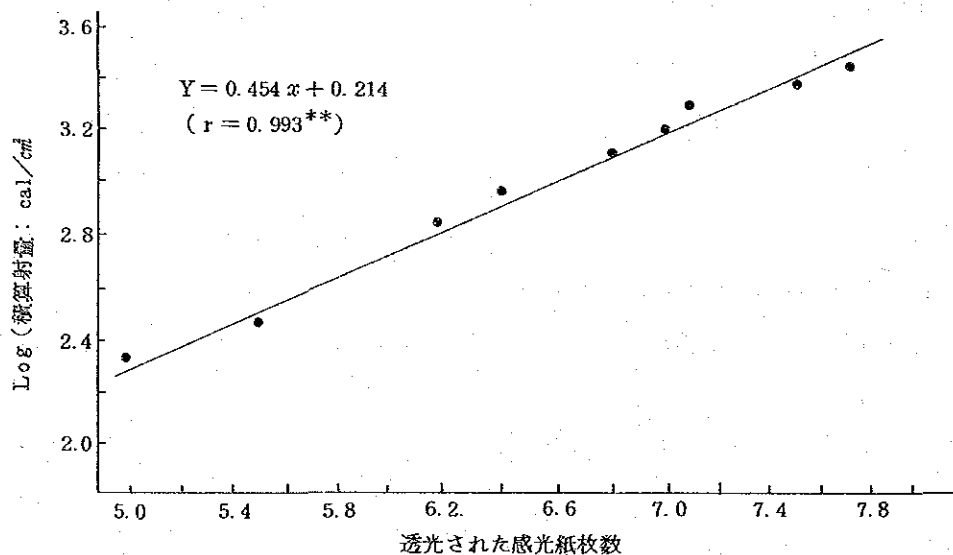


図6 乾式感光紙を利用した簡易積算日射量測定

一般的に高度が高くなるにつれて日射は大気中を透過して来る距離が短く、大気中の水蒸気量も少なくなるので強くなる。このように日射エネルギーの重要性和高度にしたがう日射量の差異があるけれども、日射に対する局地的調査が遂げていないのは日射測定機器が高価でもあり、測定にも難儀があるからである。本試験では前記のような感光紙を使用、簡易日射量測定方法を開発して、頂上と中腹、谷間の地形別日射量を測定し、その比率を調査した(表1)。

表1 地形別日射量比率

区 分		春	秋
白 餅 山	頂 上	100	100
	中 腹	93.5	96.4
	谷 間	65.0	63.8
頭 里 峯	頂 上	100	100
	中 腹	90.6	88.9
	谷 間	76.5	79.6

(4) 地形評点法に因る凍霜害危険地判定

Uhlig⁶⁾が1954年に発表した方法を主体としたもので、この方法は地形や植生等の条件を主観的に判断し、点数で評点のうえ、その合計点に因って危険度を決定する方法である。

表2 地形評点法に依る凍霜害危険地域判定

地 点	地 形 評 点				合 計	凍霜害程度(現地調査)				備 考
	地 形	微地形	高 低	周 辺 環 境		リンゴ	ナシ	モモ	ブドウ	
楊西面大神里	7	12	4	5	28	++	-	-	-	北西斜面
楊平邑 浜里	9	9	4	8	30	++	++	+++	+++	南西斜面
〃 白安里	1	2	1	5	9	N	-	-	N	〃
〃 大興里	4	11	7	3	25	+	+	-	+++	〃
江上面交坪里	2	6	7	6	21	+	N	+	+++	東斜面
龍間面三星里	10	0	3	6	19	N	N	N	++	南斜面

(注) N:無被害, +:少, ++:中, +++:甚, -:該当果樹無

吉野もこれに似た方法を使用して地形、地点の微地形、地点の高低、地点の周辺地表状態等4群に分類し、これらを再次細分した評点に因って霜害危険地を判定する方法を開発した³⁾。

本実験ではこのような地形評点法に因る凍霜危険地域判定の適用性及び合理性を検討するため、現地調査に因る地形評点と実際の凍霜害程度を比較検討した(表2)。

楊平邑周辺で行った今回の現地調査結果は地形評点の結果が実際の凍霜害危険地とかなり一致して、その適用性がほかの地域でも可能だという結果が得られた。

IV 摘 要

果園地帯の地形的条件と春期最低気温形成間の関係を究明し、地形と標高にしたがう気象変化の局地性を判別のうへ、作物の安全栽培適地判定の基礎資料として活用するため、最近、最低極気温が頻繁に出現する京畿道楊平邑周辺の局地微気象を調査して、次のような結果を得た。

- (1) 晴れて風の吹かない1986年4月30日朝の最低気温は、大体海拔高度が高くなるほど高く現われたし、曇天に風が多少強かった5月1日朝は地形条件や海拔高度にしたがう最低気温変化がほとんどなかった。
- (2) 被害が軽微な大興里果樹園は晴れた日の朝に最低気温が周辺地帯に比べて1℃高かったが、廢園の屏山里一帯は極最低気温が現われる中間地帯であることが確認された。
- (3) '85年10月22日～24日、7月27日～29日行った標高別最高・最低気温の分布調査に因れば、標高150m付近の気温が高く、Thermal beltが形成されていたし、最低気温の逆転層は50～250mであった。
- (4) 透光された乾式感光紙の枚数と積算日射量間には相関係数に高度の有意性があった。これらの乾式感光紙で調査された谷間の日射量は山頂上の65～76%、山中腹は90～94%であった。
- (5) 地形評点法に因る凍霜害危険地推定と果樹被害現地調査結果はかなり一致して、地形評点法が有効であることが認定された。楊平邑梧浜里で特別に凍霜害危険性が高いことが判定された。

V 残余問題点と今後の対策

- (1) 特異局地気象出現地域の実態把握。
- (2) 定期気象観測所の気象資料から局地気象要素の推定法確立。
- (3) 局地気象調査装備の簡便化及び簡易測定装備の開発。
- (4) 特異局地気候出現の季節別分布に因る適期適作物栽培法確立。

VI 引用文献

- (1) MacHattie, L.B. and F. Schnelle 1974, An introduction to agrotopoclimatology. Technical Note No. 133, World Meteorological Organization, P. 9～11.
- (2) Mocevar, A. and J.D. Martsolf 1971. Temperature distribution under radiation frost conditions in a central Pennsylvania Valley. Agr. Meteorol. 8: 371-383.
- (3) M. Yoshino 1960. An estimation of frost distribution from the microclimatological viewpoint. J. Agr. Met. 15(3). P. 83-87.
- (4) M. Yoshino 1982. 小気候 地人書館. P. 176.

- (5) Tatsuro Uchijima 1983. Agrometeorological studies on the safety cropping season of paddy rice in Hokkaido and Tohoku districts. Reprinted from THE BULLETIN OF THE NATIONAL INSTITUTE OF AGRICULTURAL SCIENCES Series A № 31.
- (6) Uhlig, S. 1954; Z. F. Met. 8. 66-75.
- (7) Wallace, J.M. and P.V. Hobbs 1977. Atmospheric Sciences: an introductory survey. Academic Press. New York, N.Y. P. 293-295. and P. 55-57.
- (8) Yang Soo Lee, Jeong Taek Lee, and Yeong Sang Jung 1984. Lopse rate of air temperature and optimizing rice cultivation Period in the Taebaek Mountainous Area. J. Korean Society of Soil Science and Fertilizer. Vol. 17 № 3 P. 307-313.

研究課題：農作物気象災害の気候区分に関する研究

題 目：耕地微気象の特性解明

項 目：水稻群落内の熱収支特性の解明

実施機関：農業技術研究所

協力機関：水原測候所

担 当 者：李定沢，金炳瓚，高見信一

I 緒 言

作物生育は基本的に太陽エネルギーの外，土壌中の水，養分及び大気中のCO₂を利用して出来るもので，土壌-作物-大気系で起こる微気象的環境変化を理解し，作物生育に適切な条件を付与するが重要な研究課題といえる。

微気象環境で最も重要なのは太陽エネルギーの分布と作物群落の変化による熱収支といえるが，熱収支解析のためには，なによりも群落の物理的構造分析を先行しなければならない。

黒岩（1968）は光合成系葉の空間的分布と光合成量の相関性研究を試し，伊藤（1971）は群落の幾何学的構造を葉の着生の高さ，葉面積方位角，及び葉面積密度分布を調査のうえ，光環境を解析する要因に利用，これを計量植物学と定義した。

Denmead（1962），Tanner（1960）はトウモロコシの葉面積と栽植密度の差が群落内純輻射量の分布に影響を及ぼすと述べたし，鄭（1983）は大豆群落における透過比と葉面積指数との関係を Beer 法則によって表現，この時の光減少係数は 0.3～0.5 だと言った。

群落内の温度と湿度は大気と異なって接地気層内下でもその変化がもっとも激しく，作物の生育だけでなく微生物及び害虫の活動にも大きな影響を及ぼすので，群落内でこれらの空間的分布と群落の繁茂に因る変化の追跡が至って重要である。

太陽エネルギーは地面と天空で輻射，反射を通じて，作物体に到達，作物体表面で再び反射作用を起こし大気中へ出ることになる。

群落内部に浸透する太陽エネルギー輻射量は群落の形態によって大いに違いが，植物が直接受ける太陽エネルギーを純輻射量で表現すれば日中日射量の 60～70% 程である。

純輻射量は群落内で熱エネルギーと蒸発散する潜熱伝達量，及び作物体や群落内の気温を上げる顕熱伝達量と共に水面の中へ浸入，水温を上昇させる水面或は地中伝達量に使用されることになる。常に湛水状態にある水田は水面から入る熱量が作物生育に大なる影響を及ぼしている。

北部地方で生育初期，気温が下がる場合，水の保温効果を利用して冷害を軽減させるか，或は積極的に水温を上昇させて生産の増加を図る場合もある。しかし，南部地方では晩期田植えの時，水温があまり高くて作物の呼吸量過多と言うことで生育の障害を起こす場合もたまにある。

このような観点で水稻群落内の温度，光湿度の高度別分布と，純輻射量及び温湿度を利

用した熱収支配分の特徴を究明，群落内微気象環境及び乾物生産の状態を明かしたいものである。

II 材料及び方法

本試験は水原気象観測所で1983～1987年まで三剛イネ（多収系）と秋晴イネ（一般系）を供試，群落内温度と湿度は銅-Constantan 熱伝帯線（0.3mm）とPt100 Sensorを利用，乾球と湿球をData logger（Solac・MP80）及びmv記録計に連結測定した。

日射量は管型日射計（MS-3型，英弘精密）を利用，群落上部および層位別に調査を行ったし，感応部を地面に向けて測定した反射量（A）を全日射量（B）で割った比をアルベルトにした。その他，熱収支項を調べるために群落上部に純輻射計（CN-81EKO）を設置したし，大気の気温・湿度・風速及び日射量等は水原観測所の資料を活用した。

耕地で熱収支（Montheith 1973）は純輻射量 R_n ，地中熱流量 G ，現熱量 C 及び潜熱量 E の平衡と見做す。

$$R_n - G = C + E \quad \dots\dots\dots (1)$$

式1から潜熱伝達量，式2に変形出来るし，

$$E = R_n - G / 1 + B \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで B はBowen比 C/XE である。

Bowen比 B は境界面の上で，各層の上での気温と水蒸気包差から計算される（式3）。

$$B = C / XE = \gamma \cdot (\delta\tau / \delta e) \quad \dots\dots\dots (3)$$

III 試験結果及び考察

1. 群落の太陽輻射環境

群落上部の日射量は作物の光合成蒸散作用及び群落内の気温を左右する一番大きい要因である。

太陽輻射量の日中変化をみると（図-1），日射量は日出以後，徐々に増加し，太陽の南中時最も高い値を表す。それからは日没の時までだんだん減少する。

一般的に太陽の高度が高い程，単位面積当日射量は高くなり，群落内では葉面積の関数で透過，吸収される。反面，純輻射量は昼間日射量と似通った傾向をみせるが，絶対値は低いし，その量も群落表面で反射され大気中へ出る量と群落近くに存在する総ての物体から絶対温度の4乗で比例エネルギー量の差として現われる。地面へ向かう長波輻射量は $F_d = \sigma T_a^4 (0.61 + 0.058 e)$ ，地面からの輻射量は $F_u = \epsilon \sigma T^4$ で， ϵ は射出率， σ はStepfan Votzman 常数， T は絶対温度， e は蒸気圧（mmHg）である。夜間には長波輻射量が地面に下がる量より大気中への上昇が多いので負の値になる。

日中の純輻射量とは群落内で純粹に受け入れたエネルギーのことで，群落内での伝度対流等に依って現われるし，顕熱伝達量（熱の流れ）と潜熱伝達量（水蒸気を蒸発させる）に使

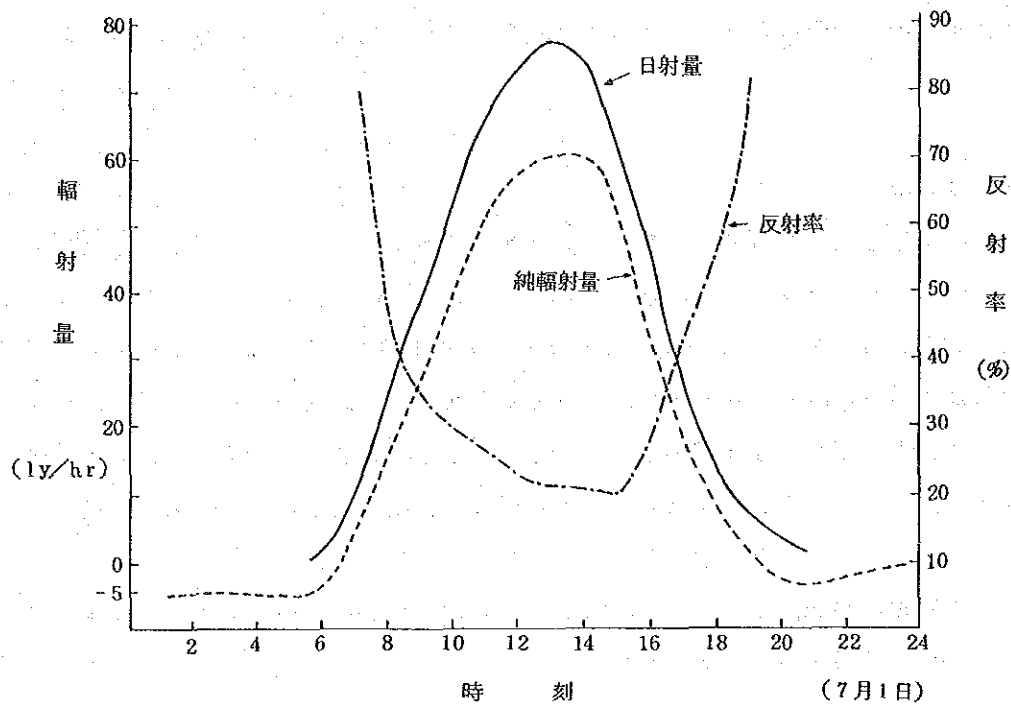


図-1 水稻群落上部の太陽輻射量の変化

われる。なお、一部は作物体が光合成に利用するし、その余分は水面や地中に浸入する。

上述のように純輻射量は熱収支全体を左右するし、作物の生産にも密接な関係を持ってい

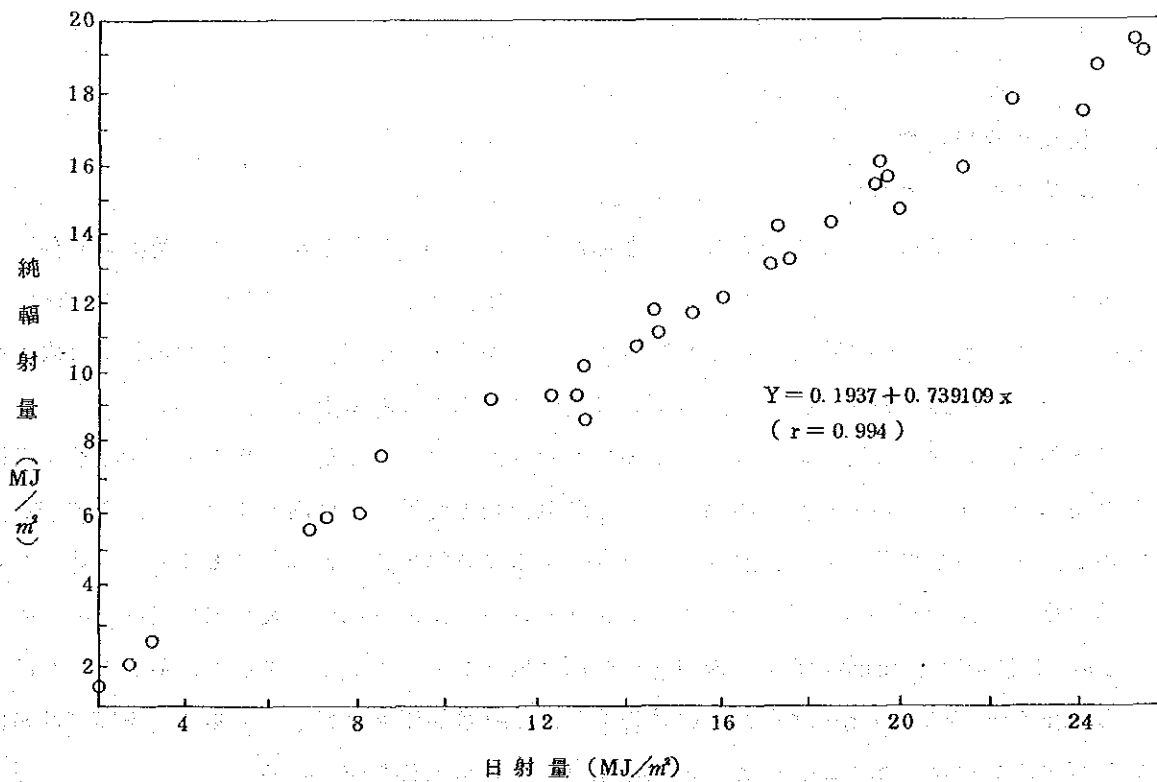


図-2 日射量と純輻射量との関係

る。しかし、実際のところ研究観測では多少の純輻射量が測定されるが、実在総観測では測定がほとんど不可能である。それで日射量と純輻射量の関係を推定の結果、図-2のように純輻射量は日射量の70%前後に相当し、1次函数で表わせる高度の相関関係をみせた。純輻射量は太陽の高度や雲量状態、或は、作物の種類によって若干の差異をみせてはいるが、我が国では水稻作期間中日射量の平均70%とみれば差し支え無いと思う。

群落内部に入った純輻射量は顕熱伝達量と潜熱伝達量が水面より下へ伝達されるが、その時刻別分布は図-3のようである。

群落内へ入った純輻射量は大部分が潜熱伝達量として使われるし、その一部が顕熱で水面以下に伝達されるもので、水稻のように湛水状態で生育する作物の群落では畑作物より純輻射の中で潜熱伝達量が多いし、相対的に顕熱伝達量が少なくなる。

水面より下へ伝達される量は群落の状態によって違う。即ち、生育初期群落はまだ繁茂しないうちはその量が少ないが、群落形成されるにつれて群落内への透光量が少なくなるし、そして純輻射量も少なくなる。このように熱収支量の群落内での熱収支均衡は周りの群落環境が静的状態の時は水面以下の伝達量、顕熱伝達量、潜熱伝達量の計は純輻射量の計と等しい。したがって気温が高い地帯で生育初期、この水面への伝達量が多いと水温が高くなって作物の生育を悪化させる可能性が多分にある。

輻射エネルギーは大気は勿論、群落内気温と水温にも影響を及ぼすもので、大気気温との比較によって水温と群落内気温を推定することが出来る。

初期水稻生育期間(6月12日~7月20日)の半ばの大気気温による群落内気温と水温との関係は図-4のようである。

水原地方で群落内の最高気温は大気より約0.5~1.5℃ぐらい高いし、温度が高くなる程差異が大きい。反対に群落内最低気温は大気に比べてほとんど一定的に1℃ぐらい低い。

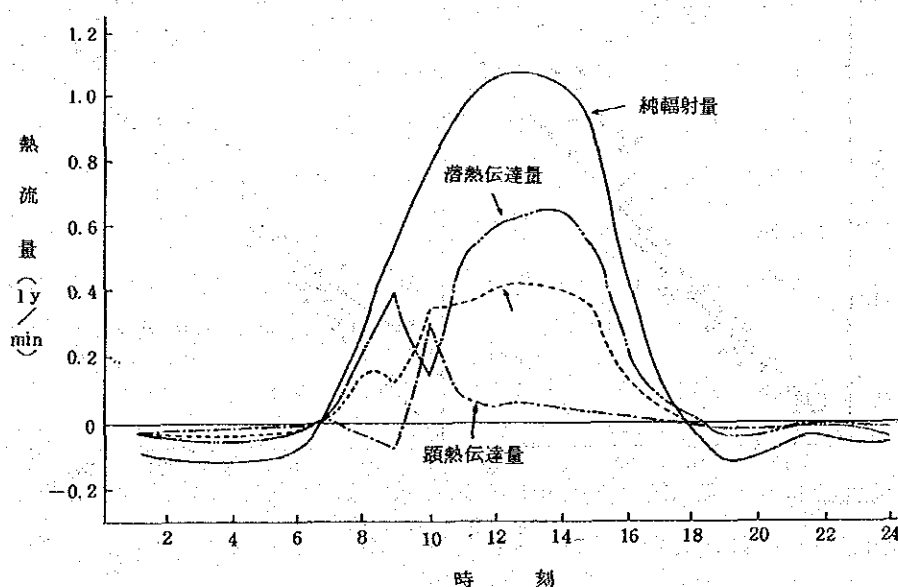


図-3 水稻群落内熱収支分布(7月1日)

群落内最高温は大気気温より約0.5~1℃ぐらい高かったが、生育後期になる程差異が小さいし、葉面積指数が約4.6以上になれば水温が大気よりも低くなる。しかし、最低水温は大気最低水温に比べ1~1.5℃ぐらい低いし、後期になる程低くなる傾向をみせた。

高嶺地珍富の場合も全体的様相は似ているが、群落内気温と大気気温との差異は小さいのに反し、水温の差異は大気気温に比べてずっと大きく現われた。それで山間高冷地では平野地より生育初期水温に依る保温効果が大きいものと思う。

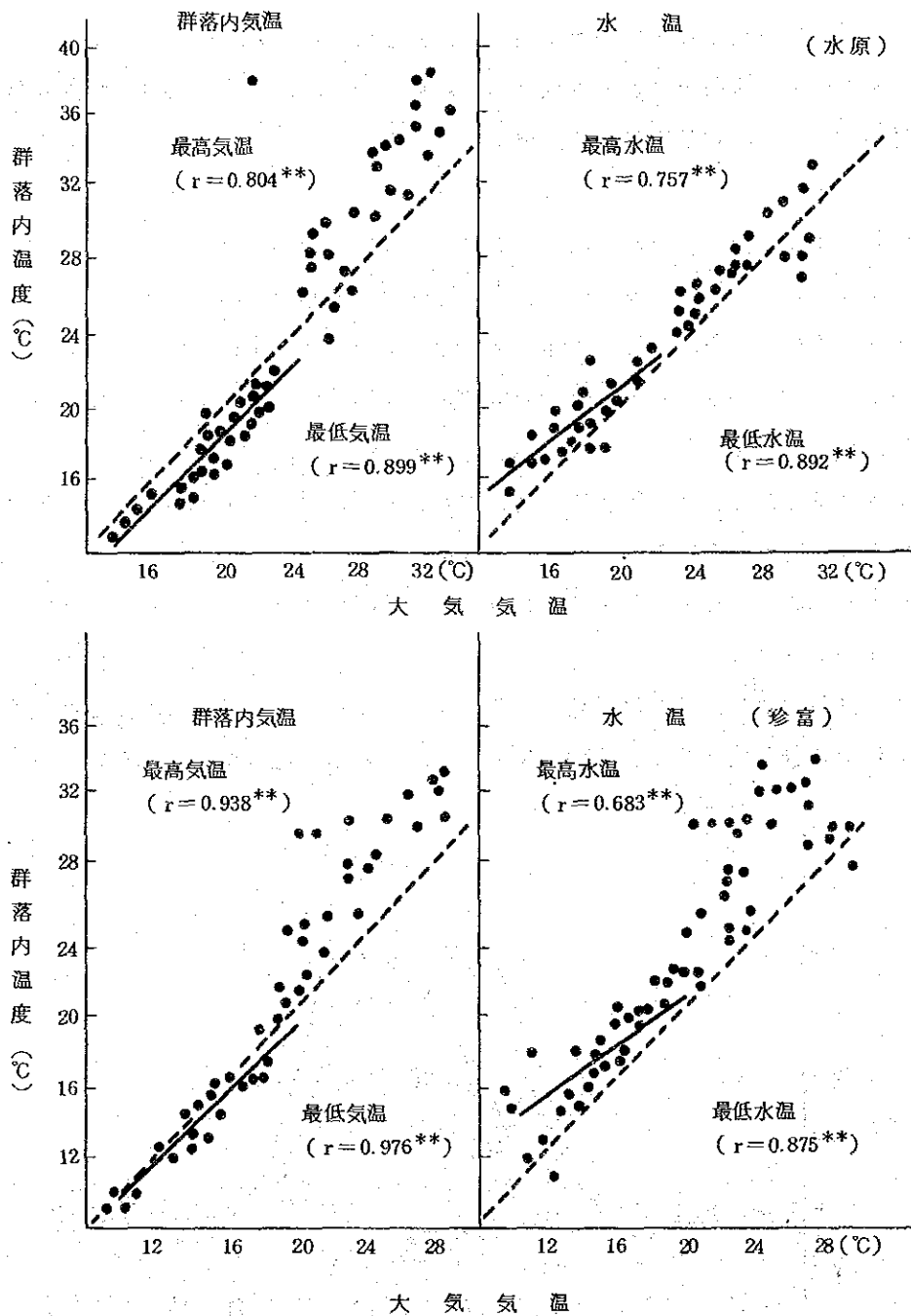


図-4 水稻生育期間中(6月12日~7月20日)大気気温に因る群落内気温と水温との関係

2. 生育時期別群落内の透光率と水温及び気温変化との関係

図-5は葉面積と透光率の変化が水温と気温にどんな関係があるかを示したものである。水温と群落気温を比較すれば生育初期には群落気温の水温より低いが、7月中葉面積指数が曙光イネは5.2、秋晴イネは4.6以上の時、群落気温が高い逆転点をなしていた。このような品種間差異は曙光イネの葉が直立性、秋晴イネが湾曲形の葉の構造を持つからだと思う。

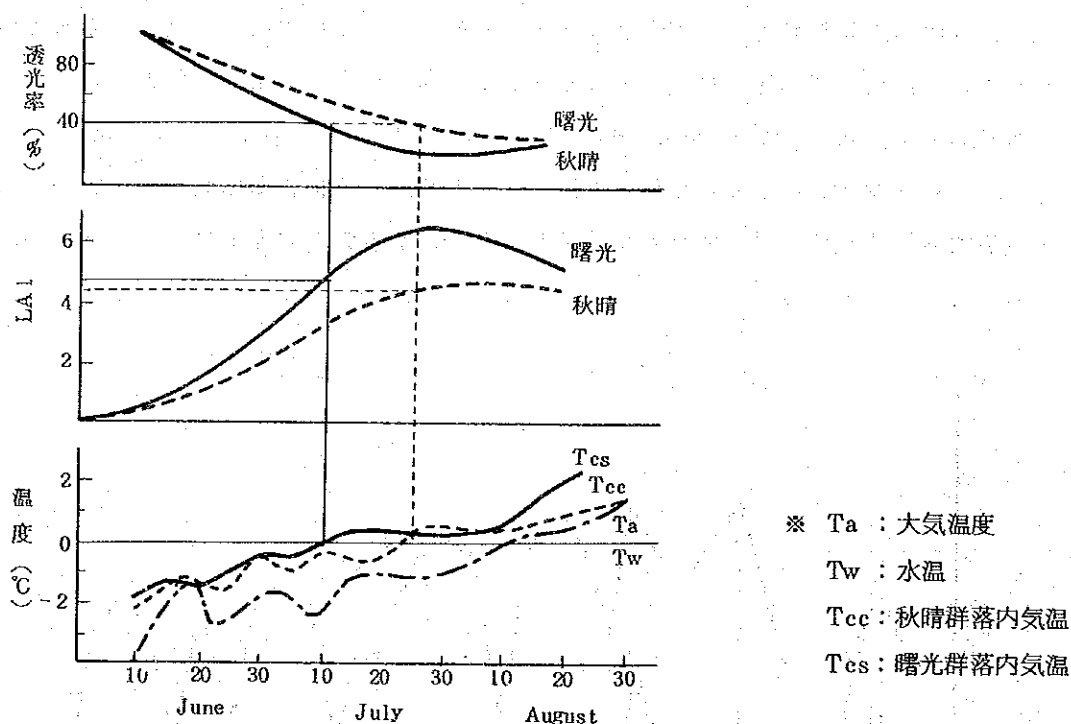


図-5 透光率と葉面積指数に依る群落内の水温変化

しかし、気温より水温が低い逆転点は品種に区別なく透過率が4.0%に下がる時で、この時期が曙光イネは7月10日、秋晴イネは7月25日頃現われた。

水稻生育初期水温が高いのは、この時期が水田水面の輻射量が多いだけでなく、太陽熱が比熱の高い水に伝達され、昼間水温が大気の気温より高くなるが、葉面積が一定値以上増加して、日射が遮断されると水温が下って気温より低くなり逆転現象が起こるものとみる。

上記結果でみると標高の高い高冷地で後期低温対策として湛水・灌水を奨励することは、水温上昇に逆行する結果となるから、温水を利用しない限り再考の余地があるものとみて、これに対する試験の必要がある。

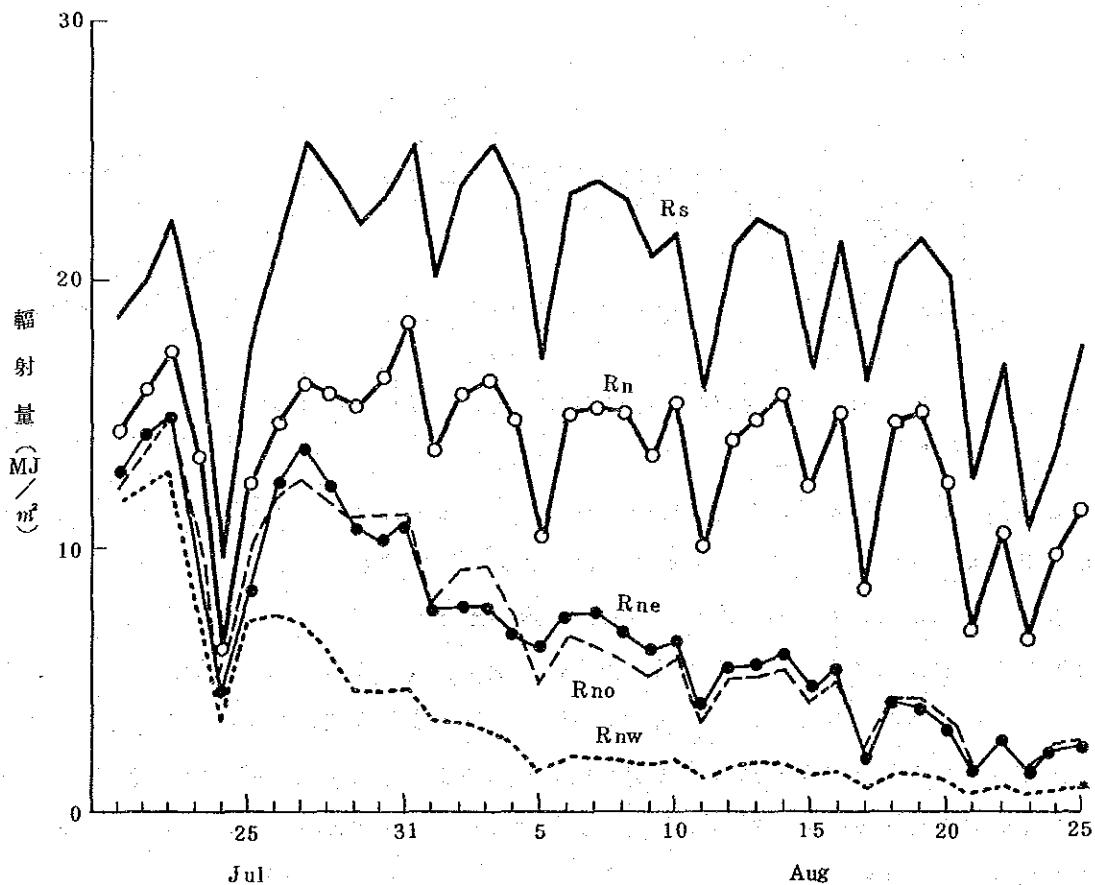
群落内の水温に直接的影響を及ぼすということは、水面に到達する純輻射量に依って左右されると思う。

全体日射量の群落内での光減衰は、PARとIR波長の間であって純輻射量の様相と似ていると知られている。したがって水面の純輻射量も群落の葉面積の指数函数的に減衰することを適用の上、日時別に水稻群落が受ける全天日射量と純輻射量の変化を示したのが図-6である。

米敬 (N: 10 kg/10 a) の場合、日中の全天日射量は $20 \text{ MJ}/\text{m}^2$ 前後、純輻射量は $15 \text{ MJ}/\text{m}^2$ 前後の分布で生育後期になるほど減衰する。

群落内 30 cm で測定した純輻射量は生育初期、 $1.2 \text{ MJ}/\text{m}^2$ 程で群落の上部とほとんど同じだが、出穂期前後には約 $3 \text{ MJ}/\text{m}^2$ 程度におちた。

水面での純輻射量は日射量が水面以下へ伝達されるか、或いは反射後の残量とみられるが、大体、水田の水面に到達する純輻射量は測定が難しい。したがって、地上 30 cm での純輻射量 (R_{no}) は地上部純輻射量の地上 30 cm 以上の葉面積指数の函数関係と見做し、指数函数で推定の結果、 $R_{no} = R_n \text{ Exp}(-0.4033 \text{ LAZ} + 0.3011)$ の函数式を得た。この推定値 (R_{no}) は実測値とほとんど類似した。これを利用して全体の葉面積指数を測定、水田水面の純輻射量を推定の結果、生育初期は群落上部の純輻射量との差異は小さかったが、生育が進展するほどその差はだんだん大きくなるし、出穂期前後では水面純輻射量が大変小さくな



- ※ R_s : 日射量
- R_n : 純輻射量
- R_{ne} : 推定群落内純輻射量 (地上 30 cm)
- R_{no} : 実測群落内純輻射量 (地上 30 cm)
- R_{nw} : 推定水面純輻射量

図-6 時期別群落内の輻射量変化

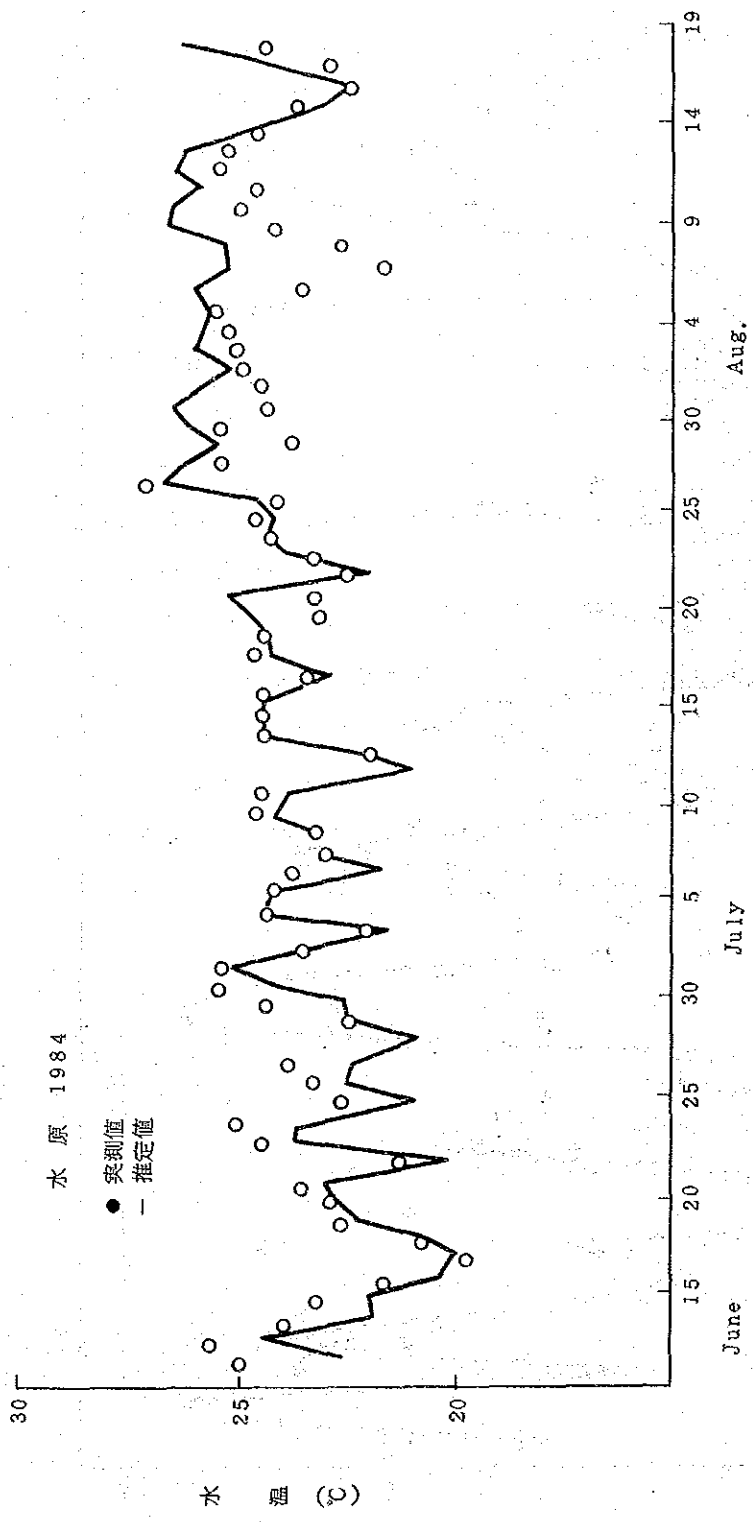


図-7-1 時期別群落内水温

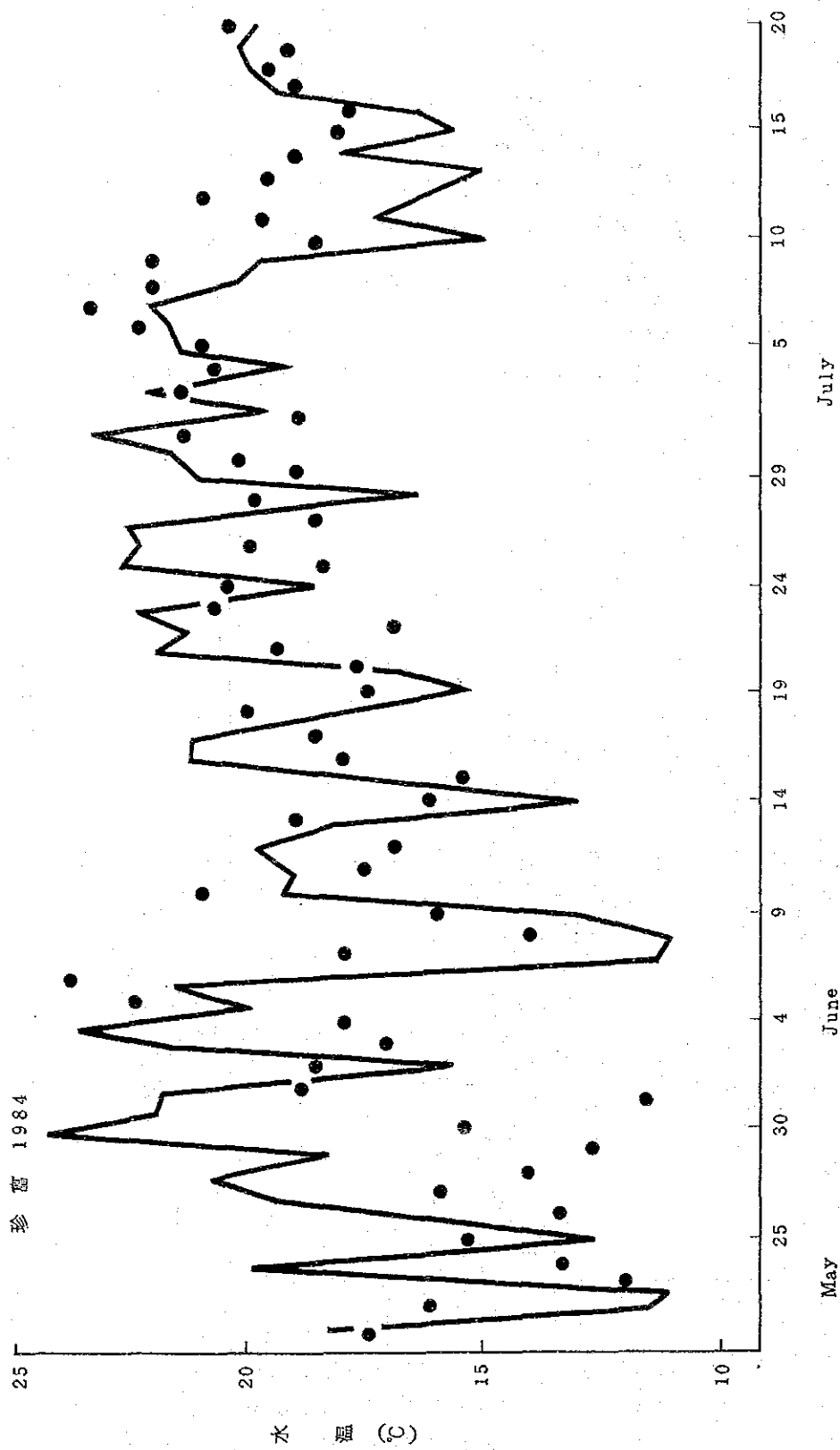


图-7-2 时期别群落内水温

って1日総量が2 MJ/m²以下におちる。

初期水面輻射量が多いのは、気温が高い南部地方で生育初期、高い水温を上昇させて水稻生育を阻害する可能性が大きい。

群落内の水温は日射量と大気中の気温、湿度及び群落の葉面積指数を分けると熱収支式を応用した次の推定式で求めることが出来る。

$$T_w = T_a + r_a R - 0.0254 d / 0.0168 (E + 1)$$

ここで、 T_w は水温、 T_a は大気気温、 d は包差、 E はPsychrometric Constantである。

図7-1と図7-2は各々水原と珍富地方での日別水温を前記式で推定したものである。水原地方での推定値と実測値を比較すれば生育初期は推定値の方が実測値より低いが生育後はやや高く現われたし、珍富地方では反対に生育初期の推定値が高く、後期に低い傾向をみせた。全体的推定値と実測値との差異は水原より珍富の方がずっと大きかった。この原因は山間高冷地の砂質田では漏水量が多いからだと思う。水原地方では前記式を利用した水温の推定が可能であるが、珍富みたいな山間高冷地ではその適用が不可能だと考える。

群落内の光分布及び光吸収による物質生産水稻群落のアルベルドは作物に吸収される日射量が決定するものだから、熱収支研究だけでなく光合成の研究にも大変重要である。群落上部での時期別アルベルドの変化は図-8のようである。日中時刻別変化は太陽の高度が低い朝・夕に高いし、正午は最も低い値をみせた。しかし、水稻生育期間中、生育初期にはアルベルドが低いので移植直後水面のアルベルドと似た値をみせたし、生育が進展するほど葉面積指数が4以上になる7月下旬以降は20~25%で安定値を現わした。

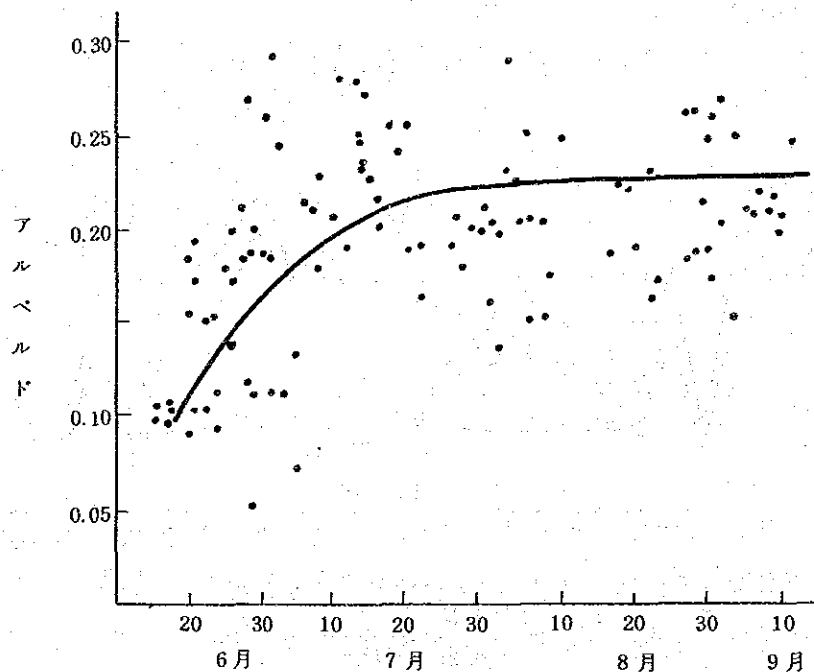


図-8 時期別アルベルドの変化

群落表面で反射後残った光量は水稻体に吸収されるか、又は、地面に透過する。この時透過される比率、即ち、透光率は Beer の法則 ($I/I_0 = \text{Exp}(-K, LAI)$) に従うことになる。水稻生育期間中透光率は葉面積指数が増加する程、指数函数的に減少することになる。

三剛イネと秋晴イネにおいて葉面積に依る透過率 (I/I_0) は図-9 のようである。この時、光減衰係数 K の値は秋晴イネが三剛イネより大きいので、群落内に入る光量は相対的に少なくなって群落下位層での光利用率が減少、物質生産には良くない群落構造だと考えられる。

日射量から群落上部へ反射された量と、群落内部地面へ透過された量とを差し引いた残りの光量が作物体に吸収された光量とみれば水稻群落内の時期別光分布は図-10 のようである。

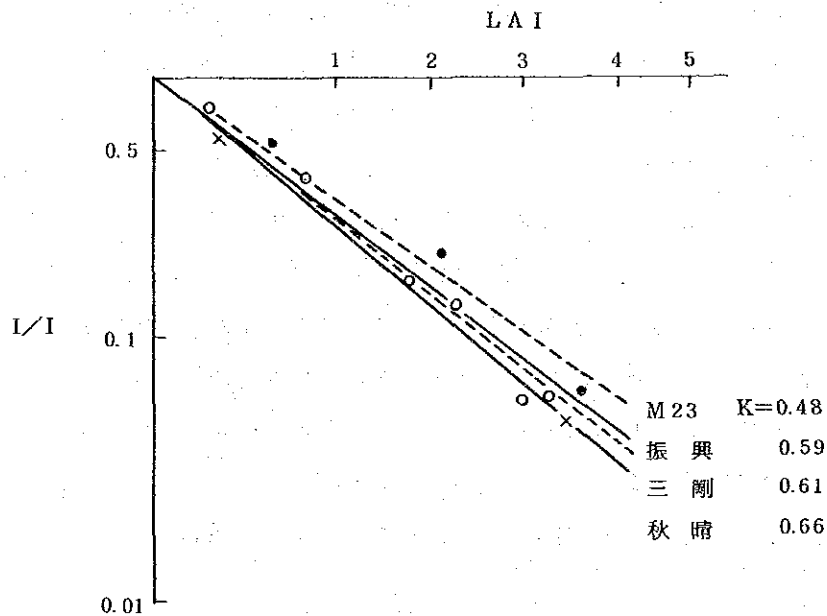
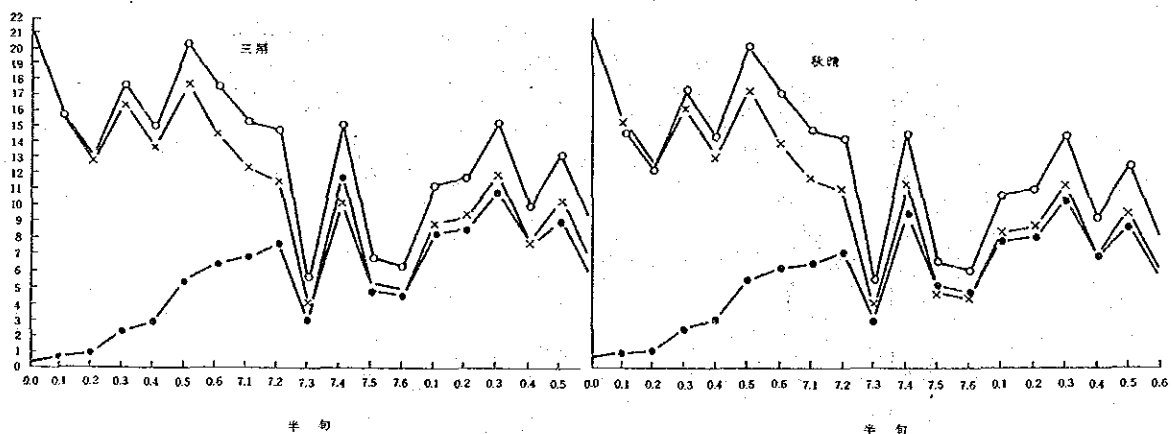


図-9 葉面積指数と透光率との関係



※ ○：日射量
 ×：日射量-反射量
 ▲：日射量-反射量-透光度

図-10 群落の日射量、反射量及び吸収量の時期別変化

吸光量は全本日射量に大いに左右され、品種別では三剛イネは秋晴イネに比べ生育初期は吸光量が少ないが、生育後期へ行くほど吸光量が多くなる。と言うのは、生育初期反射量と透過量が多くて吸光量が減るが、三剛・秋晴共にある程度の葉面積を確保した以後、即ち、6月下旬から三剛イネの方が吸光量が多くなる。こういう変化は草型の違いから起こる差異と思われ、全体の吸光量は多収系の方が多い。このことは光合成能力が優れたものと判断する。

水稻生育期間中作物群落吸収した光量と乾物重との関係は図-11のようである。三剛イネは吸光量 $1 \text{ MJ}/\text{m}^2$ 当り乾物生産が約 2 g に比べ、秋晴イネは約 1.6 g 程であった。このことは群落構造上、三剛イネ(統一系)が秋晴イネ(Japonica)より群落構造もいい方だし、吸光量による乾物生産能力も約 20% 程、優れたものと考えられる。従って今後の品種育種の方向や栽培法では単位エネルギー当り乾物生産が高い品種の育成と、群落の吸光量が高い栽培法の改善があれば生産量の増加に寄与することが出来ると思う。

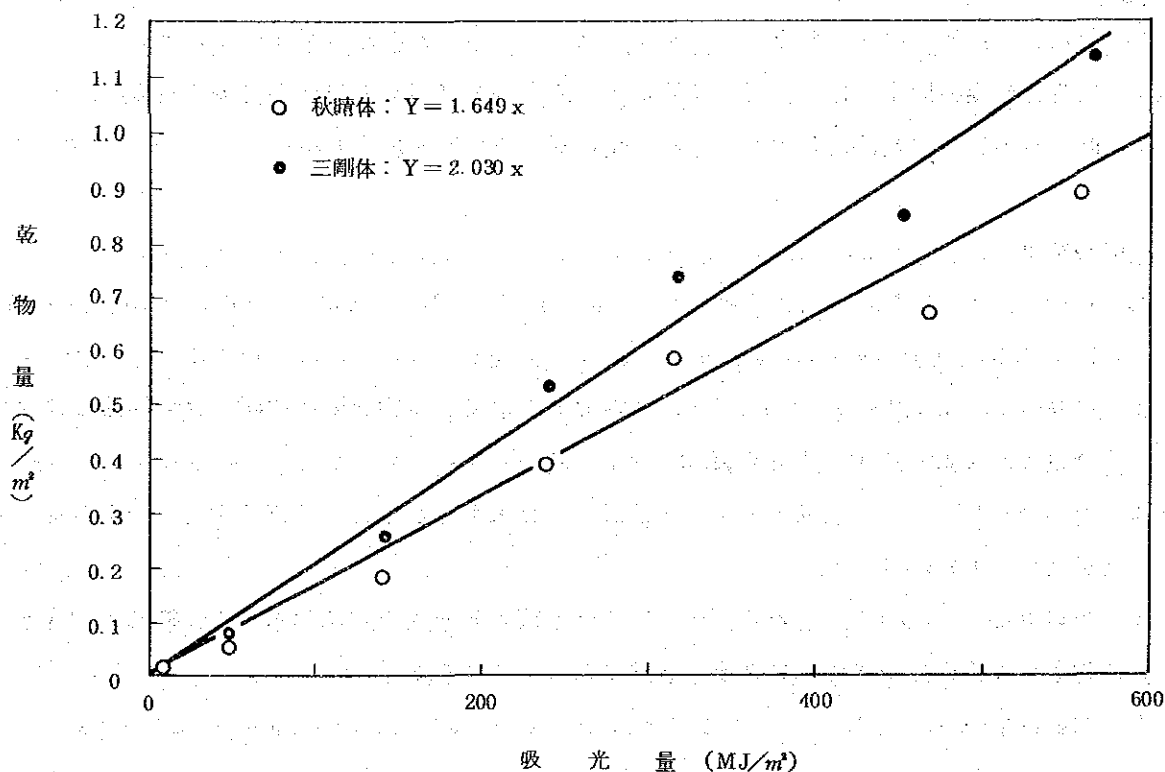


図-11 吸光量と乾物生産量との関係

IV 摘要

水稻群落内での光分布、熱収支分布および微気象環境変化と水稻生育関係を究明するために生育時期別、気温、湿度、日射量、群落葉面積指数等を調査、熱収支を変型した組合による群落内水温の推定、および群落の吸光量と乾物生産との関係を求めた結果を次のように要約した。

- 1) 水稻移植後群落上部の反射率は水面のアルベルドみたいに 6% ぐらいだし、生育が進む程

高くなり、生育後期には約20%ぐらいまで上がる。

- 2) 水稻群落の純輻射量は全天日射量の約70%ぐらいであり、直線的正の相関をみせる。
- 3) 生育初期の水温は群落内と比べ最高・最低温度が共に1~2℃ぐらい高い。
- 4) 水面に到達する純輻射量は葉面積の指数関数で表現できる。
- 5) 水温は水稻の葉面積指数が4以上になれば、水面に到着する光量の減少で大気温度より低くなる。
- 6) 水原地方で組合法を利用した予測水温は実測値と似た傾向を示したが、山間高冷地砂質田ではよく合わなかった。
- 7) 群落内の吸光量は群落の透光率に大いに左右され、生育初期には三剛イネが秋晴イネより高いが、後期は秋晴がやや高く、全体的には三剛イネが若干多かった。
- 8) 吸光量による乾物生産量は三剛イネが秋晴イネより約20%ぐらい高い。

V 残余問題と今後の対策

1. 熱収支法に依る群落内の露発生予測はし易いが、露消滅時刻の推定は難しい。
2. 物質生産模型開発には、温度、光等の複合的要因を考慮した模型が必要である。
3. 群落内の乾物生産は波長別および散乱光に対する研究が望ましい。

VI 引用文献

1. Denmead O. T, L. J. Fritschen, and R. H. Shaw (1962). Spatial distribution of net radiation, *Agronomy Journal* 54(6): 505-510.
2. 伊藤綾子, 宇田川式 (1971), 作物群落の計量 植物学的研究(1)-大豆群落の幾何学的構造と直達光の透入, *農業気象* 26(4): 187~195。
3. 鄭英祥(1981), 畦幅が大豆の光遮断, 蒸発散および生育に及ぼす影響, 李正行博士記念論文集: 175~180。
4. 黒岩澄雄(1968), 植物群落における光要因と光合成の理論的解説(3), 散光下光合成と比較しての平行光線下葉群光合成, *農業気象* 24(2): 75~90。
5. Monteith, J. L. (1973), *Principles of Environmental Physics*, Arnold, London: 19~21。
6. 柴田和博(1973), 時期別気温, 水温処理が水稻の生育に及ぼす影響, *日本作物学会紀事* 42(3): 267~274。
7. 式知彦(1977), 葉温-植物生理との関係, *農業気象* 33(2): 89~90。
8. 坪井八十二(1973), *農業気象ハンドブック* 東京養賢堂, P. 219。
9. Tanner, C. B, A. E. Percerson, J. R. Love (1966), Radiant exchange in corn field *Agronomy Journal* 52(7): 373~379。
10. 内島善兵衛(1963), 技術者のための農業気象講座(Ⅳ)熱収支の決定- *農業技術* 19(4): 189~193。

研究課題：農作物気象災害の気候区分に関する研究

題 目：耕地微気象の特性鮮明

項 目：気象要因による葉イモチ病の発生予察研究

実施機関：農業技術研究所

担 当 者：金章主，関洪植

I 結 言

イネいもち病は水稻の病気中もっとも重要な病気でその被害は莫大なものである。イネは古くから世界の主な食糧作物の一つとして栽培されており、急増する世界人口を養うのに重要な役割を果たしている。イネは北は日本の北海道から南は濠洲に到るまで非常に広い緯度にわたって栽培されている²⁾。現代農業技術の発達によって米の生産量の増加は続いているが、病害虫あるいは異常気象など米の生産を阻害する要因は一層激しい傾向にある。

イネいもち病は病原菌の生活史各段階でかなり広い適応温度範囲をもっていると同時に温度変動に対して大変敏感に反応するのが特徴となっている。このことが今までイネの病害虫最も多く研究対象とされているにもかかわらず今なお世界各地で問題の病害として重要視されている原因の一つと考えている⁶⁾。いもち病の多発生年にはいずれも低温環境が重要な要因として挙げられている。

葉いもち病の発生予察の Simulation model としては最近日本の研究者によって BLASTAM⁸⁾ と BLASTL などが開発されているが、これらは葉いもち病の量的な発生予察にはまだ不十分であると考えられる。ここで、量的予察のためにはいもち病菌の生活史のうち、自然条件下での孢子離脱と気象要因との変動要因を明らかにすることが極めて重要である。従って、本研究ではこれらの変動要因を明らかにするためいくつかの実験を行った。

II 材料及び方法

○ 供試品種：振興，密陽 23 号，真珠

○ 料種方法：10 a の圃場に N 質標準区と倍肥を設置。但し，振興の一部と真珠は N 質 30% 増施。

○ 調査項目

・ 分生孢子飛散状況

回 転 式：6 月 11 日から 9 月 10 日まで

水 平 静 置 式：7 月中旬から同月末まで

・ 葉いもち病斑数：6 月 28 日から 8 月 2 日まで 1 週間ごとに 1.0 株/区

・ 結露時間：MH-040 結露計によって 6 月 1 日から 7 月 20 日まで

・ 気象状況：飯尾 720 A 型総合記録装置を年中

・ 病斑からの孢子離脱数調査：7 月中

・穂いもちの発生状況：成熟期に区当たり10株の罹病穂率

III 試験結果および考察

分生胞子の採取数において'87年は7月3半旬，'86年は7月5半旬，'85年は7月4半旬にそれぞれピークだったが，これにはその年の気象状況および葉いもち発生最盛期と密接な関係がある（表1）。一般的に胞子飛散のピークは葉いもち発生最盛期から1～2半旬後であるが，最近3カ年の気象概況でみると'85年は平年と類似，'86年は6月末～7月初の低温経過のため初期の発病進展が鈍化されたが気温の回復とともに7月下半期に多発生となった。一方，'87年には7月中旬以降集中豪雨型の降雨が多く実際の葉いもちのピークが早かったため胞子飛散のピークも早かった。

表1. いもち病菌分生胞子採集状況（回転式採集器：'85～'81）

月・半旬	胞子採集数（個）			月・半旬	胞子採集数（個）		
	'85	'86	'87		'85	'86	'87
6. 3	0	0	0	7. 6	27,768	36,780	13,842
4	0	5	7	8. 1	18,228	32,172	6,247
5	34	5	218	2	6,522	10,410	6,933
6	268	93	1,049	3	5,232	28,638	9,420
7. 1	7,699	353	11,904	4	6,708	17,130	9,588
2	27,416	15,983	24,006	5	1,999	3,300	5,232
3	19,277	56,322	89,454	6	3,332	8,454	3,776
4	54,852	61,350	29,862	9. 1	3,763	14,268	6,880
5	30,402	89,004	22,536	2	2,403	14,244	4,773

回転式および水平静置式捕集器による胞子採集数と天候との関係をみると（表2），曇天あるいは小雨があったつぎの日には採集数が増える。このような環境条件は分生胞子の形成および離脱の好調件になるがわかる。

表2. いもち病菌分生孢子採集数および気象概況('85~'87)

日	1985			1986			1987		
	回転式	水平式	天 候	回転式	水平式	天 候	回転式	水平式	天 候
8	—	—		—	—		2,202	178	晴
9	—	—		1,638	87	雨後くもり	4,308	490	晴
10	—	—		10,032	256	晴	8,772	373	くもり後雨
11	1,573	160	くもり	3,588	126	雨	66	1	雨後くもり
12	14,280	63	雨	516	10	くもり後晴	3,498	443	くもり後雨
13	70	57	雨後晴	450	67	くもり	7,008	818	くもり
14	612	86	くもり	11,226	257	くもり	17,898	1,002	くもり
15	2,742	141	きり後晴	40,542	372	雨後くもり	60,984	1,051	雨
16	1,122	150	くもり	29,904	629	雨	1,176	3	雨後くもり
17	9,042	33	雨後くもり	738	6	くもり後晴	1,224	6	くもり
18	18,552	242	晴	300	186	くもり後雨	8,814	131	くもり
19	6,504	542	くもり一時雨	2,616	44	雨後くもり	12,300	200	きり、くもり後晴
20	19,632	401	くもり後晴	27,792	913	くもり	6,348	153	きり、くもり後晴
21	18,018	489	くもり後晴	52,530	735	雨	11,070	15	雨
22	5,070	451	くもり後晴	12,858	51	くもり	810	0	雨
23	4,596	301	くもり	6,906	321	くもり後雨	1,974	13	雨後くもり
24	1,092	170	くもり後晴	4,482	5	雨	5,040	134	くもり
25	1,626	185	くもり後晴	12,228	367	くもり	3,642	41	くもり
26	1,470	251	晴	29,196	352	一時雨後晴	5,766	2	雨
27	10,254	344	きり後晴	750	114	くもり	54	1	雨後くもり
28	3,576	189	きり後晴	1,902	140	晴	828	101	くもり後晴
29	1,662	113	晴後一時雨		169	雨後くもり	1,632	16	くもり後雨
30	8,400	108	きり後くもり	2,592	159	きり後晴	2,028	10	一時雨
31	2,406	168	きり、くもり後晴	2,268	177	晴	3,534	39	くもり

表3. 葉いもち病病斑数(個/株:'85~'87)および穂いもち罹病穂率

調査月日	振 興						密 陽 23号					
	普 肥 区			倍 肥 区			普 肥 区			倍 肥 区		
	'85	'86	'87	'85	'86	'87	'85	'86	'87	'85	'86	'87
6. 28	00	0.2	1.3	0.2	1.8	3.5	0	0	0	0	0	0
7. 5	0.99	3.1	5.83	12.49	50.6	117.2	0	0	0.1	0	0.2	0.1
12	4.30	21.4	39.0	118.4	67.8	91.2	0	0	0.1	0	1.8	0.2
19	23.5	44.3	19.4	92.1	164.7	68.2	0	0.1	0.1	0.1	6.2	0.2
26	12.3	19.5	12.1	55.2	90.7	56.1	0	0.3	0.1	0.1	14.9	0.2
8. 2	6.7	11.7	8.5	39.6	67.8	30.8	0	0.5	0.1	0.1	23.1	0.2
穂いもち罹病穂率(%)	13.2	30.6	46.1	26.2	72.0	86.4	0	0	0.6	4.1	98.8	11.4

葉いもち病発生状況（'85～'87年）を察するに株当たり平均病斑数推移は表3でみるようである。'87年は7月初めに発生が多かったが、7月10日以降頻繁にあった集中豪雨のため分生胞子の形成および離脱の条件不良となり、結果的に発生最盛期は7月5日になった。しかし'86年には6月29日から7月4日まで最低気温が15℃以下に低下したので発病最盛期が平年より1週間おそい7月19日であった。

初発以後、葉いもち病の月別増加速度は昼間よりは夜間の温湿度に因る影響が大きい（表4）。夜間温度21℃、湿度98%内外で病斑数の急激な増加ぶりをみせた。

表4. 葉いもち病発病増加速度および昼夜間温度表（'87）

調査月日	6.28	29	30	7.1	2	3	4	5	6	7	8	
振興普肥区	病斑数(個)	1.3	—	2.4	5.8	9.9	15.2	30.0	45.4	58.3	60.1	45.9
	昼間温度(℃)	23.5	25.8	25.0	26.1	26.0	26.5	25.1	25.9	26.2	27.6	24.4
	夜間温度	20.9	19.8	20.1	20.1	20.0	20.5	20.5	21.1	21.5	21.7	20.0
	昼間湿度(%)	82.8	76.6	79.5	80.6	76.8	74.1	78.5	81.3	77.7	72.8	79.0
	夜間湿度	94.1	96.8	93.3	94.9	94.3	93.3	90.4	92.0	91.5	91.0	91.6
振興倍肥区	病斑数	3.5	—	6.3	14.6	25.9	39.9	72.0	96.5	117.2	125.1	94.7
	昼間温度	24.4	26.4	26.1	26.8	26.5	27.3	25.9	26.5	26.8	28.2	25.0
	夜間温度	22.3	20.2	20.3	20.9	20.2	21.4	21.1	21.2	22.7	22.7	20.5
	昼間湿度	81.4	81.8	84.7	82.8	80.7	79.8	80.1	80.6	80.1	79.2	81.8
	夜間湿度	92.7	97.9	98.3	95.4	98.8	97.8	98.0	94.5	95.8	94.9	96.7
胞子採集数(個)	366	79	366	594	2,436	2,430	5,862	582	8,136	588	2,202	

自然状態で形成された病斑からの分生胞子離脱量は表5、表6でみるように、病斑発後5～7日のあいだに最大値に達した。即ち病斑当たり最高値は7月9日真珠イネ30,560個で1万個以上の胞子離脱量をみせる病斑も沢山観察された。自然状態での胞子形成および離脱は病斑によって差異はあるが20日以上持続、加藤⁵⁾の報告と一致した。胞子離脱量調査は過去ほかの研究者によって試図されたが、^{1, 4, 11)}本研究では新調査法を開発、実施の結果効用性が高く現われた。

表5. いもち病菌分生胞子離脱量*（'87.7月2日発現病斑）

調査月日	7.3	4	5	6	7	8	9	10
振興	176個	308	284	220	452	4,876	2,668	2,010
真珠	200	504	452	452	444	10,172	12,160	1,187

* 病斑5個平均値

表 6. いもち病菌分生孢子離脱量* ('87.7月7日発現病斑)

調査月日	7.10	11	12	13	14	15	16	17
振興	500個	47	2,402	1,280	953	947	147	347
真珠	1,807	187	1,893	1,387	1,287	513	80	120

* 病斑 3 個平均値

1 日中いもち病菌分生孢子の時刻別離脱及び採集状況を 3 回にわたって調査したところ、離脱及び採集ピークが従前の報告とは差異があった。即ち、鈴木は午前 2 時、加藤等⁹⁾は午後 1 1 時と午前 3 時にピークが出現すると報告したが、本実験では晴天日の場合午前 6 時前後に (図 1)、曇天日には午前 0 時から午前 8 時のあいだにピークが現われた (図 2, 3)。

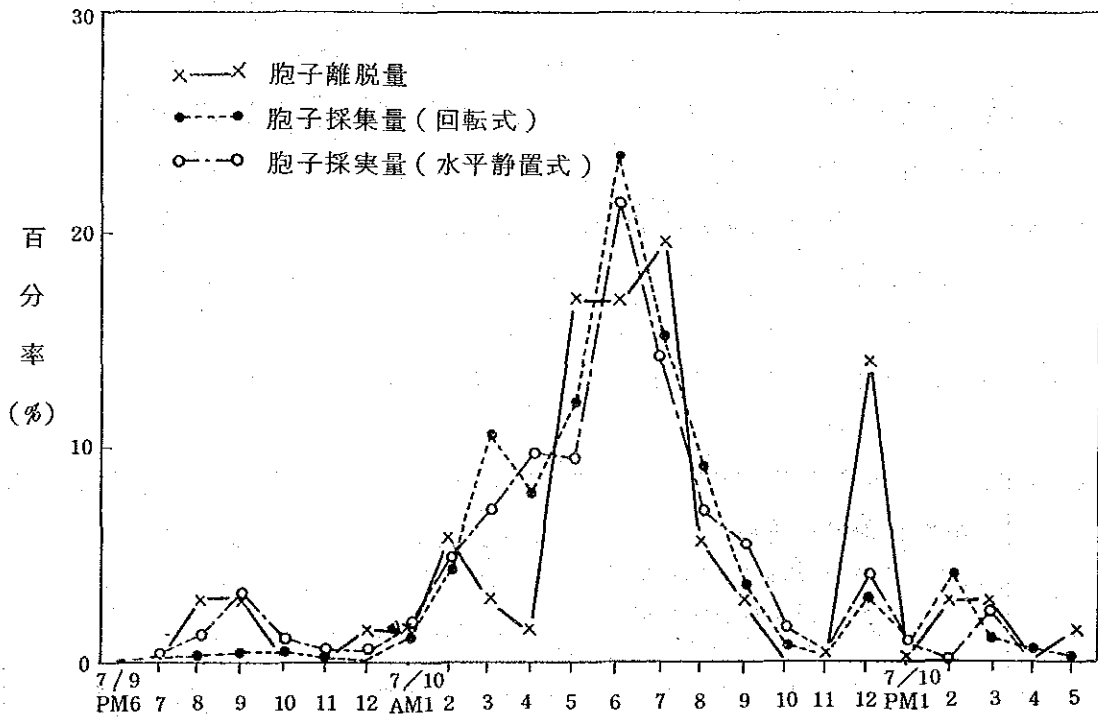


図 1. いもち病菌分生孢子の時間別離脱、採集状況 (7月9日~10日調査)

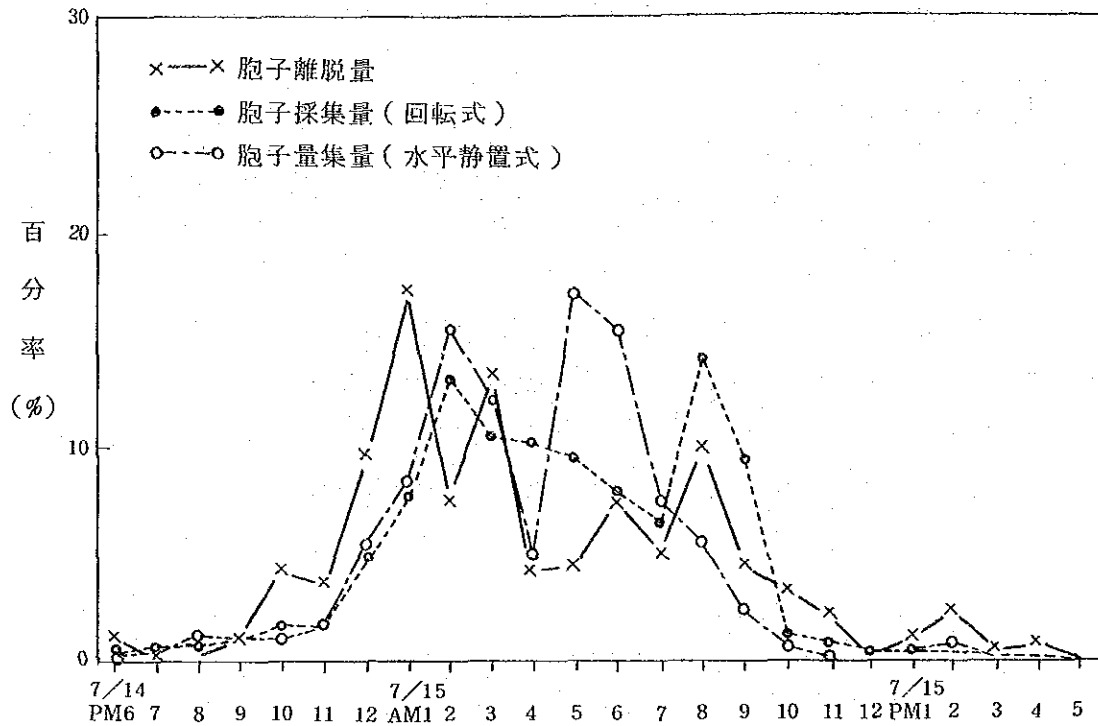


図2. いもち病菌分生胞子の時間別離脱, 採集状況 (7月14日~15日調査)

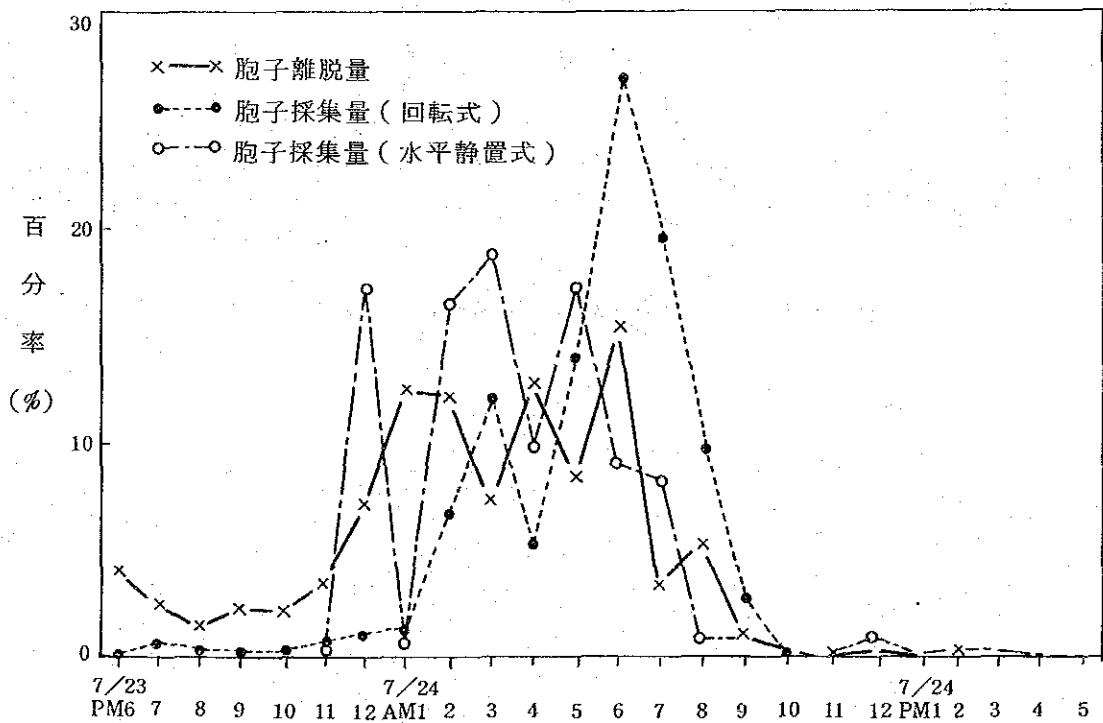


図3. いもち病菌分生胞子の時間別離脱, 採集状況 (7月23日~24日調査)

晴天日7月9日には午前8時に露が形成されたが孢子離脱および採集のピークは露形成時から10時間以後であった。豊田等¹⁰⁾が露形成から孢子離脱までの所要時間を約10時間と報告したのは本試験の結果と一致するものである。しかし、図2と図3でみるように、曇天には午前0時から午前8時までのあいだに不規則的なピークが現われた。これは晴天の時とはちがって前日形成の孢子が、湿度が高くなるにつれて真直ぐ離脱を始めるからであり、あたらしく形成された孢子は午前2時頃から観察が可能であった。

IV 摘 要

- (1) 今年7月中旬以降続けた集中豪雨のため葉いもち病の発生最盛期が例年より1週間早かった。したがっていもち病菌分生孢子の飛散最盛期も早く7月3半旬にあった。
- (2) 分生孢子の飛散量は前日の天気と密接な関係があるもので、少量の降雨や、曇った後に飛散量が急激に増加し、終日降雨または集中豪雨の時は急激に減少する傾向をみせた。
- (3) 初発生以来、葉いもち病病斑数の増加は夜間の平均気温が20~21℃、平均湿度は90~99%の時に活発であり、特に夜間湿度が98%前後の場合顕著に増加した。
- (4) 病斑からの分生孢子離脱量は病斑発現後5~7日のあいだに最高値に達したし、病斑当たり最高値は3,0560個であった。
- (5) 1日中、時刻別分生孢子の離脱及び発散は似通った推移をみせた。晴天には午前6時に最高値に達したし、曇天には午前3時前後と午前7時前後に2回最高値を現わした。

V 引用文献

1. Barksdale, T. H. and G. N. Asai. 1961, Diurnal spore release of *Pyricularia oryzae* from rice leaves. *Phytopathology* 51:313~317.
2. Brady, N. C. 1976. Foreword. In *Climate and Rice*. IRRI.
3. 橋本晃, 平野喜代人, 松本和夫, 1984. シュミレーションによる葉いもちの発生予察に関する研究。福島県農試特別報告第2号。1~104。
4. 岩野正敬. 1984. イネいもち病斑からの孢子の離脱に関する研究, 北陸農試報26: 67~95。
5. 加藤肇, 佐々木次雄. 1974. イネいもち病の疫学的研究—とくにイネ体上におけるいもち病菌の増殖過程と穂いもち発生量の数値的予測—。農技研報 C28:1~61。
6. 金章圭, 茂木静夫. 1985. 気温変動がイネいもち病菌の葉身への侵入と発病に及ぼす影響。九州農試報告24(1):53~119。
7. Kim, C. R. and R. Yoshino. 1987. Epidemiological studies of rice blast disease caused by *Pyricularia oryzae* Cavara. I. Measurement of the amount of spores released from a single lesion. *Korean J. plant Pathol.* 3:120~123。

8. 越水幸男, 1982. アメダス資料による葉いもちの発生予察法. 今月の農薬 26 (1-4): 46~53, 64~67, 74~83, 68~78.
9. 鈴木穂積, 1969. いもち病菌の動態およびそれによる発生予察法. 北陸農試研報 10: 1~118.
10. 豊田栄, 鈴木直治, 1952. 稻熱病斑の組織化学的研究 I. 同一品種上における病斑の進展と病斑上における孢子形成に関する研究. 日植病報 17: 1~4.
11. 吉野嶺一, 1979. いもち病菌の侵入に関する生態学的研究. 北陸農試報 22: 163~221.

研究課題：作物気象反応の解明に関する研究

題 目：被害発生機構の生理生態的解明

項 目：水稻冷害機作の生化学的研究

実施機関：農業技術研究所

担当者：許一鳳，石順鐘，李乘武，洪榮杓

I 結 言

作物の冷害は生育適温と氷点以上の温度で植物体が生理的異常を起こし、代謝作用に障害を受け生育の停止又は低温の露出が続いて枯死するを言う。Molish (1896) は氷点以下の温度で枯死する冬害 (Frost Injury) と区別、結氷まではいかなくても低温障害を受ける場合、冷害 (Chilling Injury) だと初めて提案し、作物の冷害症状が発現される時間と完全に枯死する日数を報告した。⁽¹⁵⁾ このような冷害を軽減させるための方法としては各方面で研究を遂げている。^(4,22) 温度調節に依る低温硬化と言う言葉は木本科植物の耐凍性を増加させることから由来しているし、一般作物では主に越冬作物の耐凍性に関する研究がかなり多く遂げられた。^(2,3,6,11,18,25) 硬化の労法とは、徐々に漸進的に温度を下げて硬化し、低温期間が終了後にも徐々に高温へ還元することが低温障害を最少化する方法だと言われている。⁽¹⁰⁾ 又、化学物質の処理に依る低温障害軽減効果としては、membrane stabilizer 及び多価 alcohol,⁽⁹⁾ sterol,⁽⁵⁾ lecithin,⁽⁸⁾ steroid,⁽¹⁾ wax 葉面撒布⁽¹⁶⁾ 等の報告がある。

熱帯地方の植物は細胞膜を構成する磷脂質が主に飽和脂肪酸で構成されている事実が知られた。⁽¹⁰⁾ こういふ植物が低い温度に露出されると膜物質が gel 化する事実が観察された。^(19,21) このような現象は、ある温度以下で細胞生体膜が液体結晶状 (Liquid Crystalline) のまま固体膠質状 (Solid gel) に相転移が起こるのであろうと提案した。⁽¹³⁾

最近の研究で mitochondrid membrane 脂肪酸組成と耐冷性とは重要な関係があると報告したし、一般に mitochondria 膜に飽和脂肪酸を多く含有する作物は、そうでない作物より冷害に敏感だと言った。^(12,13)

水稻は熱帯及び亜熱帯地方では Indica 品種が栽培されているが、最近我が国で耐冷性は弱い早植栽培に依る収量増大が大きい Indica 形質が導入された新品種が多く栽培されている。それで、生育初期の苗代期で低温に接する機会が多いので育苗の時の温度管理が大きな影響を及ぼすことになる。

こういう観点から本試験では水稻苗代期低温硬化に対する効果及び生体構成物質、特に磷脂質の脂肪酸組織と酵素活性変化等を調査し、その結果を報告する。

II 材料及び方法

<試験 1> 硬化処理に依る水稻苗の生理的特性変化究明試験

1985年度には硬化処理に依る生体内細胞構成成分の消長及び酵素活性変化を明らかにするため、黎明イネ及び水原318号を供試し、温室で25日間育苗の後、屋外用 growth cabinet (Shimadzu SGN-121W) で温度処理をした。① 処理では25℃, 20℃, 15℃で各々2日間ずつ6日間漸進的に温度を下げる法, ② 処理は昼夜25℃で維持しながら初め2日間は1日2時間の間10℃で硬化し, 次の2日間は1日4時間10℃で硬化の後, 最後の2日間は1日8時間硬化する方法, ③ 処理はABAを 10^{-4} M葉面散布する処理区を設けたし, 冷害発現のための低温処理は硬化処理が終わった苗を昼夜間10℃で3日間温度処理の後試料を採取し, 冷凍機(-20℃)でKillingさせ分析用試料とした。一方, 硬化苗の活着及び生育状況を調査するため, 硬化処理した苗を圃場に15日早く移植し(5月10日)乾物重, 生存率等を調査した。

1986年には前年度と同じ処理区を設けたが, 硬化処理2の代わりに高温処理区(35℃に6日間処理)を設けた。

脂肪酸分析はKate⁽⁷⁾の方法で生体にある脂質を抽出し, Rouser⁽²⁰⁾の方法で磷脂質を分離の上, Metcalfe⁽¹⁴⁾の方法でmethylationさせGas chromatography (Shimadzu GC-6A)に依り分析したが, 分析条件はstainless(2m×3mm ID) columnで固定相Unifort B(60~80mesh)でFFAP(5%)をCoatingしたものを充填し, Carrier gasは窒素(60 ml/min), Air(10 ml/min), H₂(7 ml/min)であり, Injection及びDetector温度は240℃, Column温度は225℃, 検出器はFIDである。

相転移温度の測定は磷脂質抽出度(10^{-5} ~ 16^{-6} mole)にPyrene溶液(10^{-5} M)3~4 mlを加え, 十分混合の上, N₂ gasで完全乾燥後Tris buffer(10 mM, PH 7.4)を1~1.5 ml加え, Vortex mixerで十分混濁しlipid suspension溶液を作り, これを20℃のultra sonicatorで2時間超音波処理した。

このようにして得たliposomeをsephadex G-50 Column 10 mM Tris bufferで溶出させた。相転移温度測定はSpectrofluorometer (Shimadzu RF-500)でliposomeに結合されているPyreneの蛍光感度変化を温度に依って測定し, Arrhenius Plot上に標示した曲線で不連続点を求め相転移温度とした。

Peroxidase activity 測定のための酵素抽出は生体幼苗莖葉1 g当たり0.1 M Phosphate buffer (PH 7.5) 10 mlを入れ, 乳鉢ですった後30分間12,000 gで遠心分離の上, 上澄液を取り粗酵素液を得, その中で0.2 mlを反応液(guaiacol 1 ml, 1% H₂O₂ 2.0 ml, 0.1 M Acetate buffer PH 5.2, 470 ml) 3 mlに入れ, 60秒間反応させた後, 5.00 mmで吸光度差異を測定してSpecific activityを計算した。

光合成測定は上位完全展開葉を短葉光合成測定用箱に挿入して, 携帯用光合成測定器(LICOR-6000)で調査した。

<試験2> 水稻耐冷性の生化学的検定方法究明試験(1987)

水稻体中磷脂質の脂肪酸組成及び脂肪酸不飽和度を調査するため、Japonicaは秋晴イネ等11品種、Indicaは竜門イネ等13品種、SR-11230-B等8系統、総32品種を供試、苗代4~5葉期まで野外で生育の上、10℃で3日間低温処理の後試料を採取し、莖葉中磷脂質の脂肪酸分析を〈試験1〉と同じ方法で分析した。

III 試験結果及び考察

〈試験1〉 硬化処理に依る水稻苗の生理的特性変化究明試験

水稻苗代期低温障害軽減のための硬化処理と低温処理時水稻莖葉中磷脂質の脂肪酸組成を調査した結果、低温処理をただけに飽和脂肪酸Palmitic acid(16:0)の含量は減少し、不飽和脂肪酸Linolenic acid(18:3)の含量は増加する傾向をみせた(表1)。

[表1] 水稻葉身中磷脂質の脂肪酸組成比

単位: %

品種	処理内容	低温処理	Palmitic acid 16:0	Palmitoleic acid 16:1	Stearic acid 18:0	Oleic acid 18:1	Linoleic acid 18:2	Linolenic acid 18:3
黎明	対照	前後	40.8	4.8	2.3	4.1	27.4	20.6
		前後	33.6	4.6	2.3	3.9	27.6	28.0
	硬化I	前後	40.6	4.8	2.1	4.6	24.7	23.2
		前後	33.6	4.3	1.7	3.3	28.9	28.2
	硬化II	前後	33.4	4.2	1.4	6.7	29.8	24.5
		前後	32.5	4.8	1.5	3.5	32.2	25.5
	ABA	前後	40.8	4.8	2.3	4.1	27.4	20.6
		前後	31.4	3.9	2.1	3.1	28.3	31.6
水原318号	対照	前後	34.8	7.2	2.0	6.5	28.3	21.2
		前後	33.0	5.3	2.2	5.9	32.8	20.9
	硬化I	前後	34.8	6.4	1.1	6.2	28.1	23.4
		前後	33.5	3.9	2.1	5.2	29.3	25.9
	硬化II	前後	32.4	7.5	1.8	4.2	28.0	25.7
		前後	34.0	3.9	1.7	5.8	28.6	22.3
	ABA	前後	34.8	7.2	2.0	6.5	28.3	21.2
		前後	31.8	6.3	1.9	5.2	31.3	23.6

硬化処理後低温処理(10℃, 3日)をした時も大体同じ傾向をみせたが、これは低温に適応するための作物体の防禦機構に該当するものと考えられる。

一般的に硬化処理に依る冷害軽減効果は多くの人によって報告されている。^(6,18,25) 細胞膜乃至原形質膜を形成する物質は主に磷脂質でなっており、これを構成する脂肪酸が不飽和脂肪酸を多く含有する作物は耐冷性に強いと言うことは、⁽¹³⁾ 硬化処理磷脂質の脂肪酸中、融点が高い不飽和脂肪酸含量の増加に依るものと考えられる。

そして、磷脂質の不飽和脂肪酸に対する飽和脂肪酸の比率、即ち、脂肪酸不飽和比率（表2）及び磷脂質相転移温度（表3）は硬化処理をしただけに対照区に比べて脂肪酸不飽和比率が増加する傾向をみせし、耐冷性が弱い水原318号も黎明イネと似通った値をみせた。なお、10℃で3日間低温処理をした時もやや増加する傾向を示した。

〔表2〕 水稻葉身中磷脂質の脂肪酸不飽和比率
（不飽和脂肪酸／飽和脂肪酸）

区 分	低 温 処 理 前		低 温 処 理 後	
	黎 明	水原318号	黎 明	水原318号
対 照	1.32	1.72	1.78	1.84
硬 化 I	1.34	1.79	1.83	1.81
硬 化 II	1.87	1.89	1.94	1.80
A B A	1.32	1.72	1.99	1.97
平 均	1.46	1.78	1.89	1.86

〔表3〕 硬化処理に依る磷脂質相転移温度変化

品 種	対 照 区	硬 化 I	硬 化 II
黎 明	15℃	14℃	14℃
水 原 318 号	18℃	18℃	17℃

又、磷脂質の相転移温度においても、耐冷性が強い黎明イネは15℃、弱い水原318号は18℃で約3℃の差異を表わしており、硬化処理をすれば、相転移温度が1℃くらい低くなることがわかった。このように、脂肪酸構成—脂肪酸不飽和度—相転移温度の関係をみる時、不飽和度が大きい脂質は凝固温度が低い。したがって、こういう脂質を構成成分にした生体膜は低い相転移温度を持つことに依って膜の安定性を維持し、耐冷性を増大させると言う結論を得た。

一方、Peroxidaseの活性（表4）をみれば黎明イネが水原318号に比べめっきり高い活性をみせた。硬化処理だけに黎明イネは大いに増加したし、水原318号は差異があまりなかった。そして、硬化処理したものを低温処理した時、対照区では顕著に増加する反面、硬化処理をした苗は減少の傾向をみせた。

Peroxidaseは植物界だけでなく動物界も広く存在している。同一種の植物だといってもこれを構成するaminoacidの構造や、Side chain数において差異点が大変大きいものと知られている。この酵素の基本的化学反応はPeroxidatic cycleでよく現われているが、細胞壁でNADHを酸化させ、生体内毒性物質H₂O₂を生成するといっているが、この酵素の大なるIsozymeの機能及びこれら作用の差異は未だ分からない点が多い。⁽²⁴⁾

〔表4〕 葉緑体 Peroxidase 活性変化

($\Delta A/\mu g, Protein.min$)

区 分	黎 明 稻			水 原 318 号		
	対照区	硬化 I	硬化 II	対照区	硬化 I	硬化 II
低温処理前	28.4	61.2	54.7	13.1	12.3	14.2
低温処理後	71.4	32.5	39.7	23.7	26.3	16.2

低温処理（4℃及び15℃）後常温に置いた時、密陽23号は6時間後、黎明は18時間後に酵素活性が最も増加の上、また減少したが（図1）常温に回復した。即ち、冷害発現にしたがう Peroxidase の活性増加は直ぐ生体物質の酸化を促進させた。又、 H_2O_2 及び Superoxide の生成量を増加させ、生体構成物質の酸化的破壊を起こす冷害の発現をみる事が出来る。

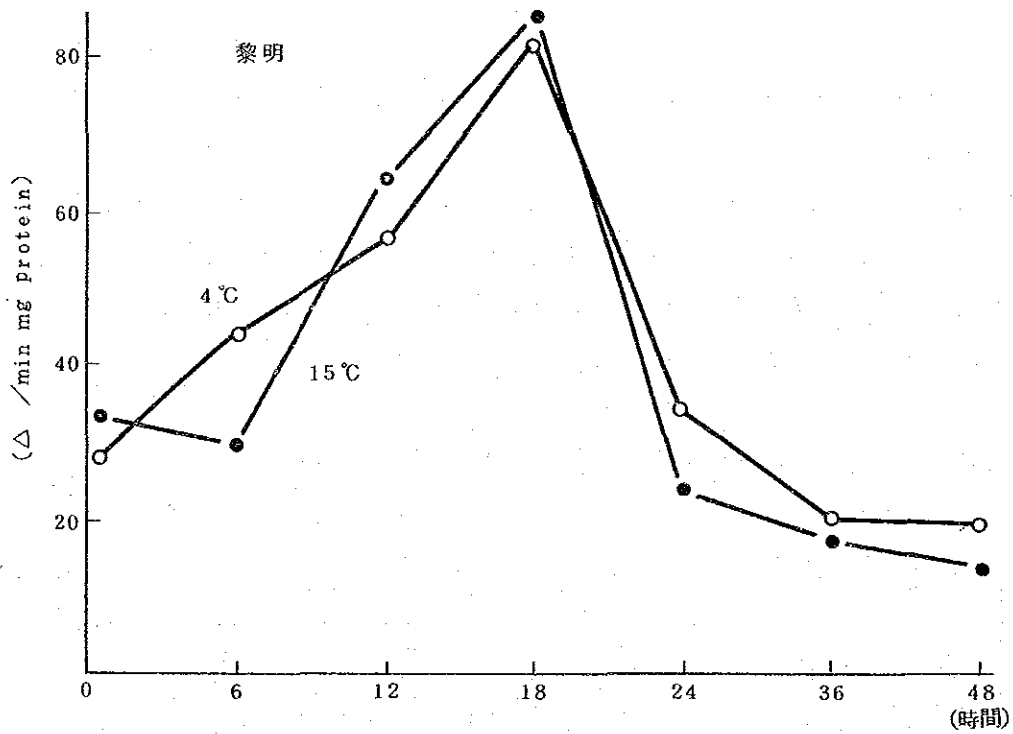
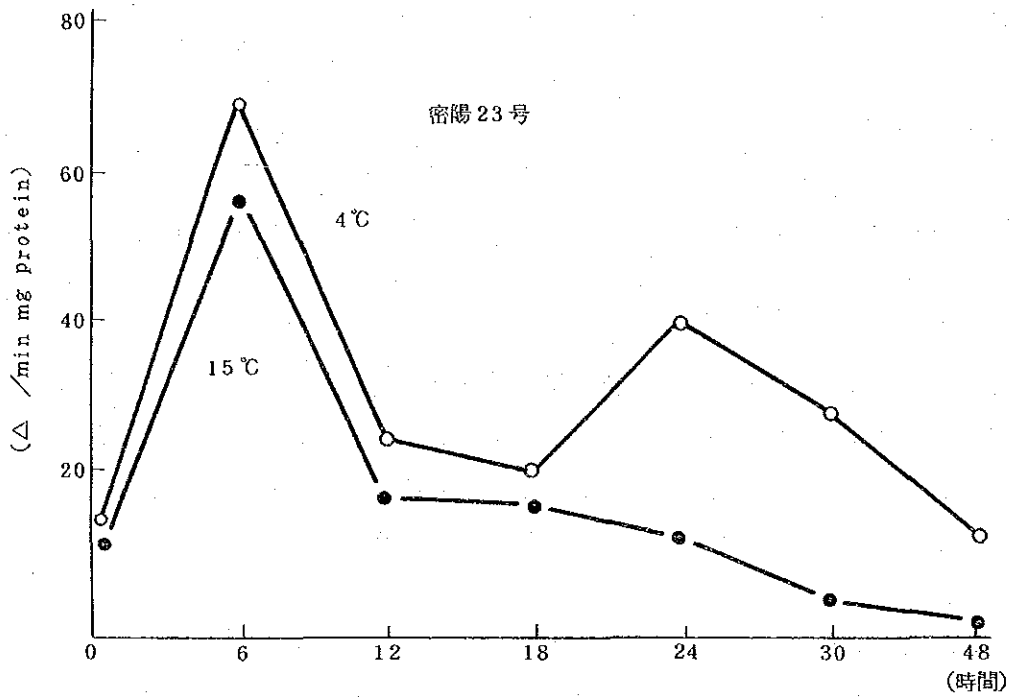
苗代期各処理別低温処理後の光合成能をみれば（表5）硬化処理>ABA処理>対照区>高温処理の順に差異を示した。黎明イネは硬化処理区で402 $\mu g CO_2/dm^2/min$ （最高）、高温処理区で165（最低）であり、なおABA処理でも光合成能の増大に効果のみせた。こういう傾向は密陽23号も同じ。これは硬化処理が低温処理に対する適応力の増大に依るものと考えられる。

水稻の光合成適温は Japonica 品種などが18℃~33℃、Indica 品種が25℃~35℃と言った。⁽¹⁷⁾ Tanakaらは、⁽²³⁾ 低温処理後生育適温で光合成を測定した結果、外見上冷害症状が無かったが、光合成能には品種間差異を見せたと述べた。硬化処理によって光合成が高くなるのは、低温に対する適応力の増大に因るものと考ええる。

〔表5〕 苗代期各処理別低温処理後光合性能変化

($\mu g CO_2/dm^2/min$)

品種 \ 処理	対 照 区	高 温 処 理	硬 化 処 理	ABA 処 理
黎 明	211	165	402	366
密陽 23号	167	157	210	171



[図 1] 水稻苗低温処理 (4℃, 15℃) 後常温時 Peroxidase 活性変化

一方、硬化処理及び ABA 葉面撒布をした苗を圃場に 15 日早く移植して、生育状況を調査の結果 (表 6) 3 処理共に分蘖数、草丈、乾物重が対照に比べて多かったし、一時的に低温ショックを与えた硬化Ⅱ処理で最も効果があった。斯かる傾向は移植後 20 日より 35 日の方で最もめっきりした差異をみせたが、これは、移植直後の生育阻害が後期まで及ぼしたものと考える。

〔表6〕 移植後生育状況，乾物重及び生存率(%)

処理	品種	黎 明						
		移植後 20日				移植後 35日		
		分蘖数	草 丈	乾物重	生存率	分蘖数	草 丈	乾物重
対 照 区		2.4 個	20.1 cm	1.72 g/株	62.0 %	4.6 個	3.6 cm	4.95 g/株
硬 化 I		3.4	23.0	2.01	85.0	6.3	38.3	5.89
硬 化 II		3.6	23.0	2.31	90.7	7.2	37.4	5.70
A B A 処理		3.4	20.8	2.02	77.8	6.4	36.8	5.60

処理	品種	水 原 318号						
		移植後 20日				移植後 35日		
		分蘖数	草 丈	乾物重	生存率	分蘖数	草 丈	乾物重
対 照 区		2.6 個	14.2 cm	1.67 g/株	46.4 %	5.5 個	25.7 cm	3.31 g/株
硬 化 I		3.4	16.2	1.97	85.7	6.8	28.7	3.98
硬 化 II		4.0	16.9	2.44	96.4	8.4	28.7	4.40
A B A 処理		3.2	13.5	1.70	83.6	6.7	28.3	4.19

移植後の20日目の苗生存率は水原318号の対照区46.4%で顕著に低い，硬化II処理では96.4%で生存率がとても高い。ここでも生存率は硬化II処理>硬化I処理>ABA処理の順である。処理別圃場での生育状況を総合的に観る時，漸進的に温度を下げる硬化I処理よりは，一時的に低温ショックを与えた硬化II処理の方でもっと効果大きい。漸進的に温度を下げる硬化を長期間続ける場合，冷害を誘発するおそれのある温度範囲に至る。これは低温過程で高温での硬化作用を抑制するからであると察する。

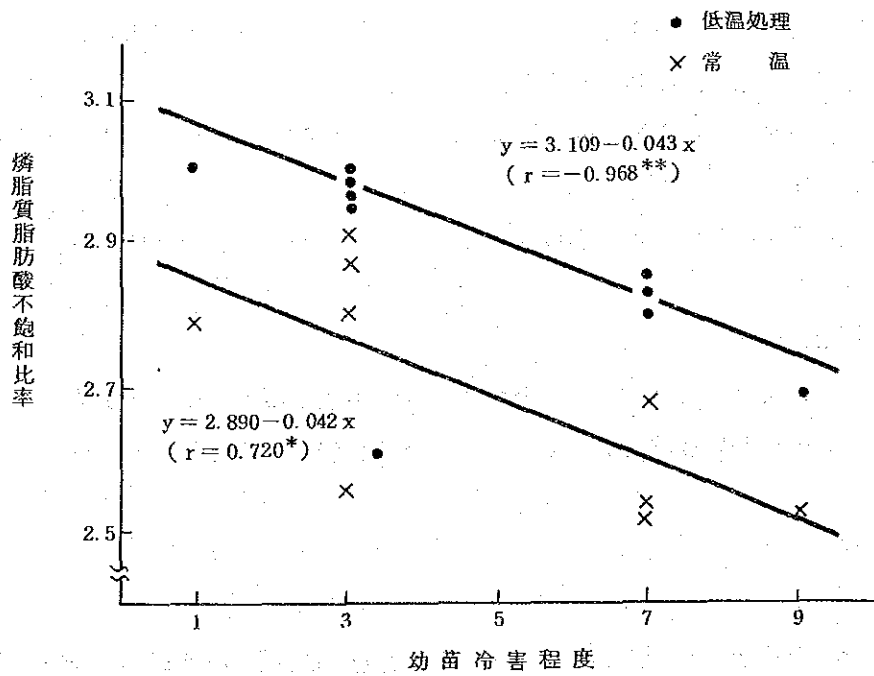
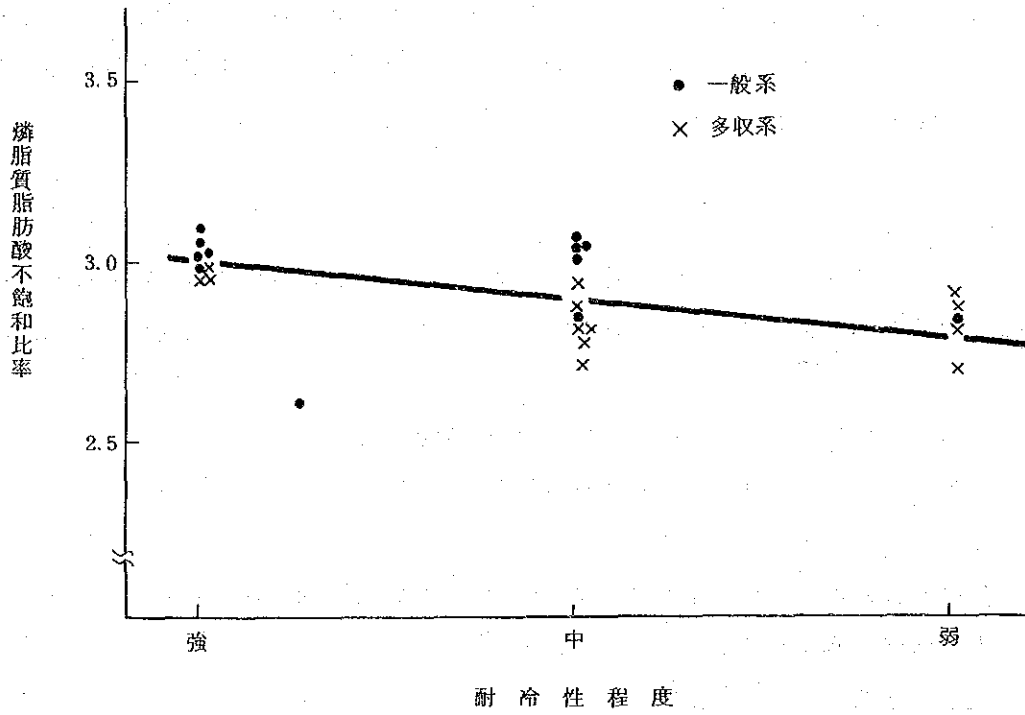
＜試験2＞ 水稻耐冷性の生化学的検定方法究明試験(1987)

水稻品種の相対的耐冷性程度を判定するために32個品種の水稻体内磷脂質の脂肪酸組成及び脂肪酸不飽和度を調査した(表7)。

多くの食糧作物の中で特に水稻を主穀とするわが国で，イネに対する耐冷性の度合を明らかにすることは，品種育成の側面や，栽培的側面からもとても重要なことに違いない。水稻に耐する耐冷性を判定するためには，全生育期間に亘って現われる冷害現象を観察し，これを総合的に評価するのが一般的検定方法であるが，この方法は時間的，環境的に沢山の制限が伴う。したがって冷害に伴う生化学的特性を冷害の指標と見做し，実験室で耐冷性を検定することが出来れば，実用的で便利な方法であろう。したがって＜試験1＞で明らかになった結果からみる時，耐冷性の指標として，磷脂質の脂肪酸不飽和度を基準に調査の結果，耐冷性が強い品種は大體不飽和比率が3.00ほど高く，耐冷性が弱い品種は2.6～2.7ほど低い傾向をみせた。そして，作物試験場で調査した耐冷性度合と本実験で調査した磷脂質の脂肪酸不飽和比率との関係をみれば(図2)，幼苗冷害とは高い相関($r=-0.968^{**}$)がある。

[表7] 水稻品種の磷脂質脂肪酸組成及び不飽和度

区分	品 種	脂 肪 酸 組 成						脂 肪 酸 不飽和度
		16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	
一般	秋 晴	23.8	3.0	1.7	4.9	34.6	32.2	2.92
	黎 明	23.3	2.7	1.4	5.0	34.0	33.5	3.05
	五 台	23.7	2.6	1.6	4.8	33.7	33.8	2.95
	小 白	23.5	2.3	1.7	5.0	34.8	32.8	2.97
	南陽3号	23.2	2.8	1.7	4.4	33.5	34.5	3.02
	水原346号	23.0	2.6	1.6	4.8	35.6	32.8	3.07
	水原345号	23.5	2.5	1.6	4.8	33.4	34.2	2.98
	常 豊	23.5	2.5	1.6	5.1	35.4	32.0	2.98
	八 公	23.6	2.3	1.6	4.0	35.8	32.0	2.97
	大 関	23.4	2.2	1.5	5.6	36.3	31.3	3.02
	花 成	23.3	2.2	1.5	4.7	35.0	33.3	3.03
平 均	23.4	2.5	1.6	4.8	34.7	32.9	3.00	
多収	竜 門	24.5	2.6	1.6	4.0	33.7	33.7	2.83
	南 栄	24.8	2.7	1.4	4.8	34.4	31.3	2.82
	青 青	24.2	2.7	1.8	4.8	33.0	33.6	2.85
	漢江糯	24.1	2.1	1.7	4.6	35.2	32.5	2.88
	三 剛	25.3	2.2	1.8	5.5	34.1	31.5	2.69
	竜 珠	25.0	2.8	1.7	4.8	33.6	32.1	2.75
	セツピョル	25.8	2.2	1.5	4.0	35.4	33.2	2.66
	密陽23号	24.9	2.4	1.4	5.0	34.5	32.0	2.80
	太 白	24.4	2.2	1.6	4.5	34.6	32.8	2.85
	南 豊	24.3	2.8	1.5	4.8	35.2	31.7	2.78
	伽 椰	24.8	2.3	1.6	5.0	35.6	30.8	2.79
	水原339号	23.7	2.4	1.6	5.2	36.2	31.1	2.95
	豊 産	23.6	2.4	1.5	5.3	34.2	33.2	2.98
平 均	24.6	2.4	1.6	4.8	34.6	32.2	2.82	
IXJ	SR 11230-B	25.1	2.1	1.8	5.7	31.6	33.8	2.72
	SR 10987-B	24.5	2.7	1.5	5.2	34.5	31.8	2.85
	SR 11264-20	23.9	2.9	2.7	4.2	33.1	33.2	2.76
	SR 11557-20	23.5	1.9	1.5	5.8	36.8	30.5	2.00
	SR 11010-B	24.6	2.5	1.5	4.8	34.1	32.7	2.82
	SR 10666-22	24.5	3.3	1.6	4.6	34.0	32.0	2.83
	SR 10988-B	24.3	2.6	1.6	5.6	34.1	32.0	2.86
	SR 11207-62	24.2	2.6	1.6	5.1	35.4	31.2	2.88
平 均	24.3	2.6	1.7	5.1	34.2	32.1	2.84	



[図 2] 磷脂質脂肪酸不飽和比率と耐冷性程度との関係

ここで不飽和比率数値そのままに耐冷性の尺度を使用するとすれば、無理な適用かも知れないが、最小限ある程度、適切な区間に分割して数個の等級に分けて利用すれば、相対的耐冷性の比較が可能であると思う。

IV 摘 要

水稻苗代期低温障害軽減のための硬化処理をして、水稻体生体膜構成物質の磷脂質の脂肪酸組成と酵素活性変化などを調査、水稻耐冷性の生化学的検定方法を検討した結果は下記の通りである。

<試験1> 硬化処理に依る水稻苗の生理的特性変化究明試験

1. 硬化処理によって水稻葉身磷脂質の脂肪酸中、Palmitic acid の含量は減少し、Linolenic acid の含量は増加した。
2. 低温処理後脂肪酸の不飽和比率は増加したし、増加幅は黎明イネより大きかった。
3. 硬化処理に依る相転移温度が約1℃ほど低い。
4. Peroxidase の活性は黎明イネが水原318号に比べて顕著に高く、硬化処理によって増加した。
5. 硬化処理後、低温処理をした時、光合性能は対照区に比べて高い。
6. 硬化処理した苗を圃場に15日早く移植する場合、分蘖数、草長、乾物重が多くなる。

<試験2> 水稻耐冷性の生化学的検定方法究明試験

1. 水稻32品種の脂肪酸不飽和度は一般米3.00、多収系2.82、I×J2.84で大体耐冷性が強い品種で高い傾向をみせた。
2. 幼苗冷害度合と磷脂質の脂肪酸不飽和度合とは、高い負の相関($r = -0.968^{**}$)である。

V 残余問題と今後の対策

作物の冷害の発頭は複合的に現われるので、耐冷性の検定方法を種々な側面で調査し、冷害の生理的特徴を支配する生化学的要因を明らかにし、冷害を軽減させる方法を探すべきだと史料する。

VI 引用文献

1. Bangham, A. D., M. M. Standish and G. Weismann. 1965. J. Mol. Biol. 13:253-259。
2. Burke, M. J., L. V. Gusta, H. A. Quamme, C. J. Weiser and P. H. Li. 1976. Ann. Rev. Plant physiol. 27:507-528。
3. Dexter, S. T. 1964. Adv. in Agron. 8:203-239。
4. Graham, D., B. D. Patterson. 1982. Ann. Rev. Plant Physiol. 33:347-372。

5. Grunward, C. 1968. *Plant Physiol.* 43:484-488.
6. Harvey, R.B. 1981. *J. Agri. Res.* 15:83-111.
7. Kate, M. 1972. *Techniques of Lipidology.* North Holland Publishing Co. PP 350.
8. Kennedy, C.D. and J.M. Harvey. 1972. *Pestic. Sci.* 3:715-727.
9. Tajima, K. and N. Shimizu. 1977. *Japan. J. Crop. Sci.* 46:335-342.
10. Leopold, A.C. and P.E. Kriedemann. 1975. *Plant Growth and Development* 2nd ed. McGraw-Hill PP 391-397.
11. Levitt, J. 1972. *Responses of Plants to Environmental Stresses* Acad. Press PP 27-43, 75-167.
12. Lyons, J.M., T.A. Wheaton, H.K. Pratt, 1964. *Plant Physiol.* 39:262-269.
13. Lyons, J.M. 1973. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24:445-466.
14. Metcalfe, L.D., A.A. Schmitz and J.R. Pellica, 1963. *Anal. Chem.* 38:514-515.
15. Molish, H. 1896. *Sitzungsber Kaiserl. Akad. Wiss. Wien. Math., Naturwiss., Kl* 105:82-95.
16. Merris, L.L., H. Platenius 1938. *Proc. Ann. Soc. Hort. Sci.* 36:609-613.
17. Osada, A. 1964. *Proc. Crop. Sci. Soc. Japan.* 22:69-76.
18. Pomeroy, M.K. 1977. *Plant Physiol.* 59:250-255.
19. Rairon, J.K., Lyons, J.M., Mehlhorn, R.J. and Keith, A.D. 1971. *J. Biol. Chem.* 246:4036-4040.
20. Rouser, G., G. Kritchevsky and A. Yamamoto. 1967. *Lipid Chromatographic Analysis Vol. 1* PP 99-162.
21. Shimshick, E.J. and H.M. McConnell, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* 71:4653-4657.
22. Steponkus, P.L. 1984. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 35:543-584.
23. Tanaka, I. and S. Yoshitomi 1973. *Proc. Crop. Sci. Soc. Japan* 42:109-110.
24. Van Huystee, R.B. 1987. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 38:205-219.
25. Vigh, L., I. Horvath, T. Farkas, L. I. Horvath and A. Belea 1979. *Phytochem.* 18:787-789.

研究課題：耕地の気象管理技術確立に関する研究

題 目：被覆物に依る環境調節技術の確立

項 目：ビニール被覆栽培が根圏の微気象および線虫発生に及ぼす影響

実施機関：農業技術研究所

担 当 者：金知仁，韓相賛，崔鎮文

I 緒 言

作物に寄生する線虫の種類は世界的に2,500余種が知られている。その中でもっとも被害が甚しいのはネコブセンチュウ，ダイズシストセンチュウ，ネグサレセンチュウなどでほかの線虫よりも分布地域がひろく，寄生範囲も大変ひろいので，ほとんどすべての作物に被害を与えている。1971年米国線虫学会報告²⁾によれば'67～'68，2年間に亘る調査の結果米国内野菜の年間損失は25個の作物で11%に及ぶと述べた。国内で線虫による作物別被害は未だ調査されていないが，野菜作物に被害が多いものと予想されているネコブセンチュウがトウガラシ(70.5%)，キュウリ(50.3%)の圃場で発生が多い³⁾。最近トウガラシはビニール被覆栽培がさかんに行われているが，ビニール被覆は地温上昇及び土壌水分保存効果があるし^{6,8)}，土壌水分Potentialとネコブセンチュウ生存力との関係は土壌水分Potential 1.0 barで線虫の寿命が最も長いと述べた¹⁾。高橋⁵⁾によればネコブセンチュウが40℃の恒温水槽で6時間のあいだに完全に死滅したと言った。最近増加しているトウガラシ被覆栽培圃場でのビニール被覆がネコブセンチュウの密度変動に及ぼす影響を究明すべく試験を実施，その結果を報告する。

II 材料及び方法

本試験は'86～'87，2年間に亘って農業技術研究所圃場(水原)でトウガラシを供試作物としてビニール被覆区と無被覆区を設置，試験区当たり面積18m²(6×3)3反復に遂行した。試験圃場には線虫密度が低いのでネコブセンチュウ(Meloidogyne spp.)密度が高い麗州落花生圃場で土壌試料を採取，'86年5月7日135匹/土壌300mlの密度で接種した。

育苗80日のトウガラシ苗を5月16日に100×40cm間隔に空植し，ビニール被覆区は0.03mm白色Polyethylene filmを使用した。肥料はN₂05，K₂0を成分量とし各々16,16,18Kg/10a水準で施用した。地温調査は地中最高最低温度計(地表下深度15cm)を利用毎日調査した。線虫調査は定植期から毎月1回ずつ側根と根回りの土を土壌採取器で12個所の地点で(深さ5～20cm)600ml採取及び混合の上，300mlの土壌をApplied Baermann's fennel Techniqueに48時間分離し，線虫をF:G(4:1)固定液に固定の後線虫のgenus別密度を調査した。

Ⅲ 結果及び考察

(1) 処理期間中の地温

深さ15cmの地温は、無被覆区に比べて、ビニール被覆区の方が高い。6月(11℃)、7月(8℃)にはその差異が大きかったが、8月以降には最高温度3~4℃、最低温度2~3℃高い傾高をみせた。曇天と雨天が続く場合はビニール被覆区と無被覆区との地温差があまりなかった。

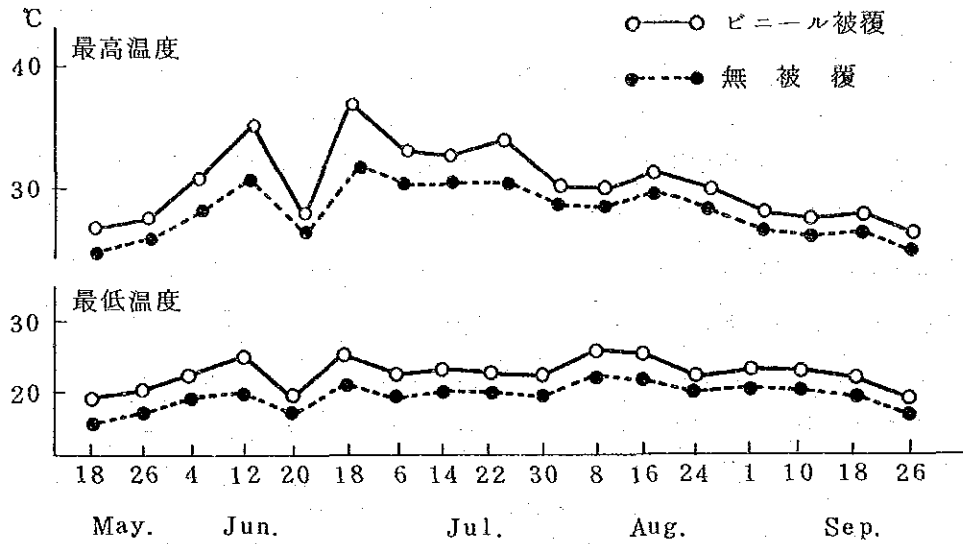


図1 日別最高、最低温度(地表深度:15cm)

(2) ビニール被覆が線虫密度に及ぼす影響

ネコブセンチュウの発生は8月に一番多かつたし、9月以降には減少の傾向をみせた。ビニール被覆区と無被覆区とは共に発生傾向が似ているが、ビニール被覆区の方の発生量が多少多かつた。

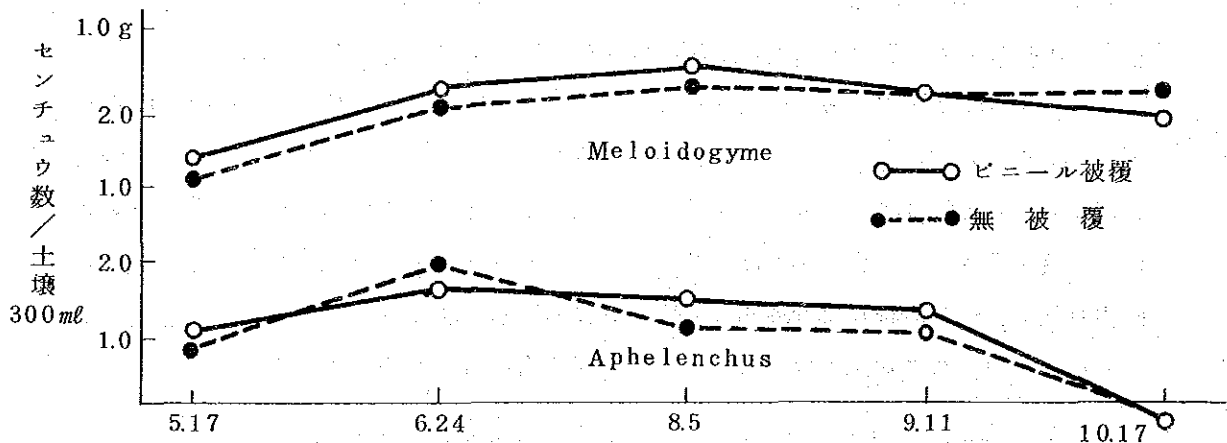


図2 ビニール被覆がMeloidogyneとAphelenchus密度に及ぼす影響('87水原)

(3) '86, '87, ネコブセンチュウの発生状況

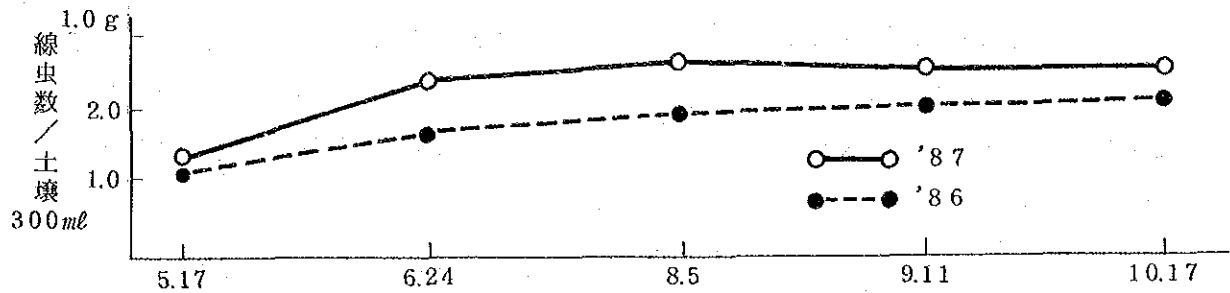


図3. '86, '87年のネコブセンチュウの時期別発育状況(水原, トウガラシ, ビニール被覆)

ネコブセンチュウの時期別発生状況は、1年次、2年次、共に似た傾向をみせたが、'86年に比べて'87年(2年次)の発生量が多かった。'87年8月線虫の最高密度は土壤300ml当たり453区でOlthofのEconomic threshed(土壤300ml当たり300区)を越える密度で線虫による直接又は、間接被害が予想されるので、圃場で作物別線虫に依る被害の調査がのぞましい。

(4) トウガラシの生育および収量

表1. 処理別生育および収量

処 理	草長 (cm)		分枝数(個/株)		収量(生重Kg/27株)	
	'86	'87	'86	'87	'86	'87
ビニール被覆	58.6	64.6	7.5	8.7	16.3	13.1
無被覆	49.8	56.0	5.0	6.4	9.3	6.5

トウガラシの場合、無被覆区よりはビニール被覆の方が生育も良いし収量も高い。これはビニール被覆による地温の上昇と土壤水分保存の効果から得たものと思う。年度別収量は、'86年に比べ'87年がおちる傾向をみせた。その原因は確かではないが、気象に影響されたものと考えられる。即ち、'87年6月の平均気温は'86年(22.6℃)より0.8℃高かったし、降雨日数も'86年(16日)に比べ9日間少なかったので初期生育に好調をみせた。反面、収量に最も大きく影響を及ぼす7月の平均気温は'86年(25.1℃)に比べ1.3℃低く降雨日数も20日で後期生育の不振が収量減少の原因と思われる。

一般圃場で連作年数別ネコブセンチュウの平均密度は表2のようである。

表2. 耕作年数別ネコブセンチュウの発生状況('87農技研)

耕作年数	5年未満	5~10年	10年以上
線虫密度	17	115	188
調査圃場数	3	4	13

※調査地域：慶尚北道義城
線虫密度：線虫数/土壤300ml

上記のように2年連作圃場で線虫の被害はないものと思われる。

Ⅳ 摘 要

- (1) ビニール被覆栽培の時地表15 cm深さの地温は最高最低共に無被覆区より1~3℃高い。
- (2) 無被覆区に比べビニール被覆区の方が線虫の密度が高い傾向をみせた。
- (3) ネコブセンチュウを接種した時、2年次で増加するのをみれば連作年数が多いほど密度もより増加するものとみる。
- (4) 生育及び収量は無被覆よりはビニール被覆の方が好調である。
- (5) 韓国の場合2年連作でネコブセンチュウはトウガラシの生育と収量に特別の問題はないものと思料する。

Ⅴ 引用文献

- (1) A. J. Towson and W. J. Apt 1982. Effect of soil water potential on Survival of *Meloidogyne javaiica* in fallow soil. *Journal of Nematology* 15(1):110-114
- (2) Anonymous 1971. Estimated losses due to Plant Parasitic Nematodes in United States. *Suppl. J. of Nematology Special Publication* No. 1
- (3) 崔東魯, 韓相賛 1985. 施設園芸団地の寄生線虫分類と被害調査
農技研報(生物部) 449~456
- (4) Clarkson, V. A 1960. Effect of Black Polyethyene Mulch on Soil and Microclimate Temperature and Nitrate level *Agron. J.* 52:307-309
- (5) 高橋兼一 1986. 太陽熱利用と薬剤併用によるクレシネブサレセンチュウの防除.
日線虫研究誌 16. 68~70
- (6) Inada, K and M. Yamak: 1971 Studies on the Colored Plastic film for mulching. *N. SAAT* 40:132-140
- (7) Olthof, T. H. A and J. W. Petter 1972. Relationship between Population Densities of *Meloidogyne hapla* and crop losses in Summer-Maturing Vegetable in Ontario. *Phytopathology* 62:981-986
- (8) Shedrake, R. Jr. 1967. Plastic mulches. *Cornell Exp. Str. Bull* 1180.