

# 関東の農業気象

第 18 号

日本農業気象学会 関東支部会誌

平成4年10月(1992)

## <巻頭言>

オランダのバラ工場、光と影 ..... 林 勇 ..... 1

## <研究トピックス>

自然光利用型野菜工場の開発の現状 ..... 庄子 和博・寺添 齊・岡野 利明 ..... 2  
気象災害から果樹を守る ..... 本條 均 ..... 10

## <講座>

マルチの種類とその特徴 ..... 猪野 誠 ..... 16

## <施設紹介>

農業環境技術研究所エコトロンについて ..... 山口 武則・湯畑 典子 ..... 18

## <例会案内>

1992年度 例会の御案内 ..... 24  
1992年度 講演要旨 ..... 25

## <支部報告>

1991年度 事業報告 ..... 61  
1992年度 事業計画案 ..... 61  
1991年度 収支決算報告 ..... 62  
1992年度 予算案 ..... 63  
会計監査報告 ..... 64  
1991年度 余剰金の処分 ..... 64  
賛助会友 ..... 65  
投稿規定 ..... 66

日本農業気象学会 関東支部事務局

〒271 千葉県松戸市648

千葉大学 園芸学部

振替口座番号 東京 0-57945

# 日本農業気象学会関東支部規約

昭和28年6月6日 制定  
昭和33年2月14日 一部改正  
昭和43年2月 一部改正  
昭和46年5月 一部改正  
昭和47年5月26日 一部改正  
昭和48年9月28日 一部改正  
昭和50年1月30日 一部改正  
昭和52年1月30日 一部改正  
昭和57年1月29日 一部改正  
昭和62年1月21日 一部改正  
平成2年1月26日 一部改正

## 第1条 名称

本支部は日本農業気象学会関東支部と称する。

## 第2条 事務所

本支部の事務所は支部長の指定するところにおく。

## 第3条 目的

本支部は日本農業気象学会の目的達成に必要な地域的活動を行う。

## 第4条 事業

本支部は前条の目的を達成するために次の事業を行う。

事業年度は4月～3月までとする。

1. 支部総会は年1回開催する。
2. 支部例会は年1回以上行うことを原則とする。
3. 研究部会活動を行う。
4. その他目的達成に必要と認める事業を行う。

## 第5条 支部会員及び会友

1. 日本農業気象学会の会員のうち下記の区域内に居住し、又は勤務するものを支部会員とする。

東京，神奈川，千葉，埼玉，茨城，栃木，群馬，山梨，長野

2. 前項の他，支部の趣旨に賛同するものは本人の申出により普通会友(個人)ないし，賛助会友にすることができる。

## 第6条 支部会費

支部を維持運営するために、会員・会友が納入すべき会費は年額それぞれ次のとおりとする。

1. 会員1人1,000円
2. 会友1人1,000円
3. 賛助会友1口5,000円，1口以上

## 第7条 支部役員

1. 支部に次の役員をおく。支部長1名，理事10名以内，評議員若干名，会計監査2名。
2. 支部長および理事は会員の全体の選挙によって選出する。
3. 評議員，会計監査は理事会の議をへて支部長が委嘱する。
4. 役員任期は2年とする。但し、支部長ならびに理事は原則として連続2期を越えないことにする。また、支部役員に事故が生じた時は理事会の承認を得て、その役員代行者をおくことができる。

## 第8条 本規約の改定は総会決議による。

巻頭言

オランダのバラ工場、光と影

林 勇 (神奈川県農業試験場)

「オランダのバラ温室はさながらバラ生産工場といった感じだよ」、2年ほど前に来場した外国からの友人の言葉を、そうか、そんなに進んだのか、すごいものだという想いで受け取っていた。1987年にオランダを訪問したときのバラ生産での動きが確実に前に進んだと感じた。

規模拡大が目立ち、炭酸ガス施用は常識、ロックウール耕を中心にしてハイドロポニクへの滔々たる動き、そして高圧ナトリウムランプによる補光によって夜だけでなく、昼間ですら明々と照らされた大温室というイメージは、まさに冒頭の言葉をプラスの方向で肯定させるものであった。しかしながら、その友人の言葉には実はかなりのトゲが隠されていたことを、本年7月、5年ぶりのオランダでひそやかな怖れとともに実感した。

会員数 1,400 人余を有する日本ばら切花協会が今夏、フロリアード '92 のバラコンテスト参加とヨーロッパバラ視察ツアーを計画したところ、実に115 人の参加者があった。もちろん、大部分がバラ生産者で、日本ばら切花協会加盟生産者の10% (全国生産者の約5%) が参加したことになる。まず、ドイツでバラの育種会社2社を訪ね、ついでオランダを回った。オランダのバラ栽培面積は 885 ha (1991)、20 億本余の生産量、年間の市場出荷額 7 億 5 千万ギルダー (約 515 億円) は、単にオランダ第一の花というにとどまらず、生産量ではまさに全世界の50%前後を占めているといえる。公的な統計による養液栽培の率は25% (1991-5)であったが、今回の訪問時の聴取りでは40%という話もあった。高圧ナトリウムランプによる補光の率は 395 ha(1992-5) という数値があり、5年前には想像できなかったような急増である。規模拡大の動きも激しい。市場整備も一段と進み、輸送技術の改良、進展も図られている。

以上のようなもろもろを、私はさすがオランダと思いながら情報を解釈してきた。旅の途中までその考えは変らなかった。

今はしかし、少し違った角度からみている。そうさせるものをこの旅でいくつか感じてしまったからである。

「オランダの大規模バラ生産は走りだした自転車、漕ぐのを止めたら倒れてしまう」、「日本のバラ生産者が 2,500 m<sup>2</sup>程度の規模で経営が成り立つなら、そんないいことはないじゃないか。うちは今、3 ha で苦しいから 6 ha にしようとしてるんだ」、「生産、流通等の多くの面で合理化が進んだオランダの花きでは、生産面でのうまみ、マージンが極めて小さくなっているようだ」、「オランダのバラ生産者が今ハッピーとはいえないよ」、「日本の花の輸入検疫は厳しすぎる、我々が日本の車をあんな調子で検査したら、1台だってオランダに入りやしないよ」

世界に冠たるオランダの施設園芸、とりわけて花き園芸をあこがれとともに眺め、学んできた感のある私には、今回の旅はときとして辛い旅でもあった。技術、研究の開発、進展、そしてこれをベースにした現実の農業生産との関連というものを改めて考え直している。

自然光利用型野菜工場の開発の現状

電力中央研究所 生物部 農業技術研究室

庄子和博・寺添 齊・岡野利明

1. はじめに

わが国の農業は、国内的には就業者の高齢化や後継者不足、国際的には農産物の輸入自由化などの問題を抱え、21世紀に向けて新しい農業への脱皮を迫られている。また、多くの生鮮野菜が周年栽培されるようになった今、多くの消費者は、現在の施設園芸では生産が困難な、無農薬野菜への関心を高めてきている。

筆者らは、今日の農業が抱えるこれらの問題を解決し、夜間電力の有効利用による電力の負荷平準化に寄与することを目的として、野菜工場の開発を進めてきた。この野菜工場は、夜間電力を利用した空調により温室内に無農薬栽培ができる環境を作り、さらに、自然光と人工光を併用して数種類の野菜を安定して連続生産する、というものである。

実用的な野菜工場にするため、野菜を安定して連続栽培する栽培装置、省力化のための機器の開発とこれを用いた野菜の栽培技術の確立、さらに、低コストの夜間電力利用空調システムの開発を行った。当所赤城試験センター（群馬県勢多郡宮城村）に、農家への普及を考慮した336㎡の実証設備を建設し、ホウレンソウ、サラダナの連続栽培試験およびエダマメ、インゲンの試験栽培を行った。以下に、野菜工場開発の現状について紹介する。

2. 開発の現状

(1)栽培装置

野菜の連続生産を行うために、NFTによる連続栽培装置（以下、流液式栽培装置と呼ぶ）を開発した。流液式栽培装置は、湛液式のそれ（Okano et al. 1988）に比較して、実用規模の設備においては、培養液中の肥料成分の調節や溶存酸素濃度の維持を省エネルギー的に行うことができ、培養液中の微量元素の濃度や培養液温度の状態に敏感なホウレンソウの連続栽培に適しているという結果を得た（寺添ら、1991・岡野ら、1991）。また、本栽培装置は、スペーシング（野菜の生育に合わせて野菜の間隔を変えること）を行い、栽培室床面積の有効利用により増収を図る構造である。

流液式栽培装置の構成を図-1に示す。本装置は、①プラスチックフィルムとウレタンを組

み合わせて作る野菜栽培部（その形状から、チューブと呼ぶ）、②チューブを支え、移動とスペーシングを行うための支柱、③栽培室内で、チューブの付いた支柱を一定の角度に支え、移動のためのレールを備えた架台、④支柱の回転と架台からの脱落を防ぐため、支柱に取り付ける金具、⑤チューブに培養液を供給し、これから排出した培養液を培養液タンクに戻す培養液循環システム、から構成される。

開発した流液式栽培装置における野菜栽培は、以下の一連の作業で行う。

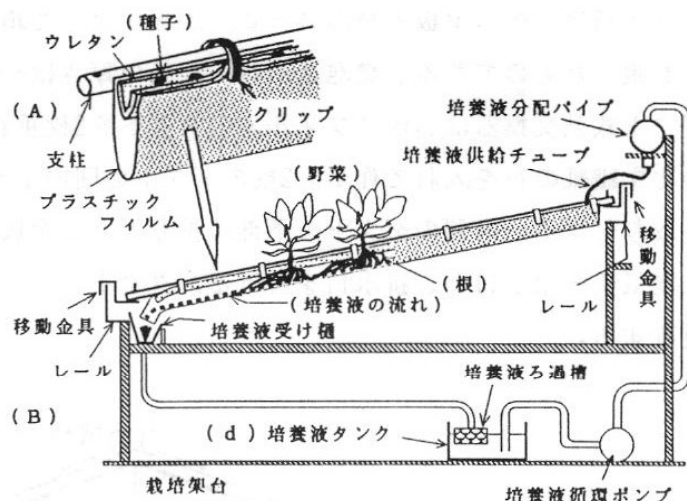


図-1 流液式栽培装置の構成

(A)野菜栽培部（チューブ）

(B)流液式栽培装置

〔種まき〕野菜の栽培部（チューブ）に播種機を用いて一定の間隔で種をまき（図-1, A）、それを支柱に取り付ける。

〔育苗〕チューブ内の種が乾燥しないように十分に水を与え、気温約25℃、相対湿度80%以上に維持した催芽箱内で発芽させた後（3～4日）、栽培室に移し、チューブを水平にしてフィルム内に培養液を溜め根を发育させる。

〔栽培〕チューブを栽培架台のレール（2本のレールの高さが異なり、チューブを設置した場合に約5度の傾斜がつく）上に移し、チューブ内に培養液を流し、少量の培養液が常時根の周辺を流れる流液式の栽培を開始する（図-1, Bに示した状態）。野菜の生育に従って支柱の間隔を調節してスペーシングを行いながら、野菜を生育させる。

〔収穫〕スペーシングと移動により、レールの端に到達した野菜を収穫する。収穫後、チューブに使用したプラスチックフィルムは洗浄して再利用する。

## (2)夜間電力を利用した空調装置

夜間電力によりヒートポンプを動かして水を冷却あるいは加熱して水槽に蓄え、この水をプラスチックのダクトを用いた簡易な熱交換装置に導き、栽培室を冷房あるいは暖房する空調装置（ダクト式熱交換器と呼ぶ）を開発した。蓄熱水槽とダクト式熱交換器の構造、さら

に、野菜工場栽培室内への設置方法の1例を図-2に示す。

蓄熱水槽は、ベニヤ板と発泡スチロール板によって箱を作り、その内側にプラスチックシートを張ったものである。発泡スチロール板の厚さは50mm以上とし、断熱効果をもたせる。

ダクト式熱交換器は、ポリフィルムのダクトを2枚重ね、その間に、不織布などの薄い親水性の化学繊維の布を入れて作る。2枚のダクトの間の上部に、一定間隔に穴を開けた給水パイプを取り付ける。内側のダクトの下部に重りとなる金属の棒を置く。ダクトには、一定間隔に、空気吹き出し口と、排水口を設ける。ダクトの下に雨樋を置き、ダクトの片側にファンを設置する。

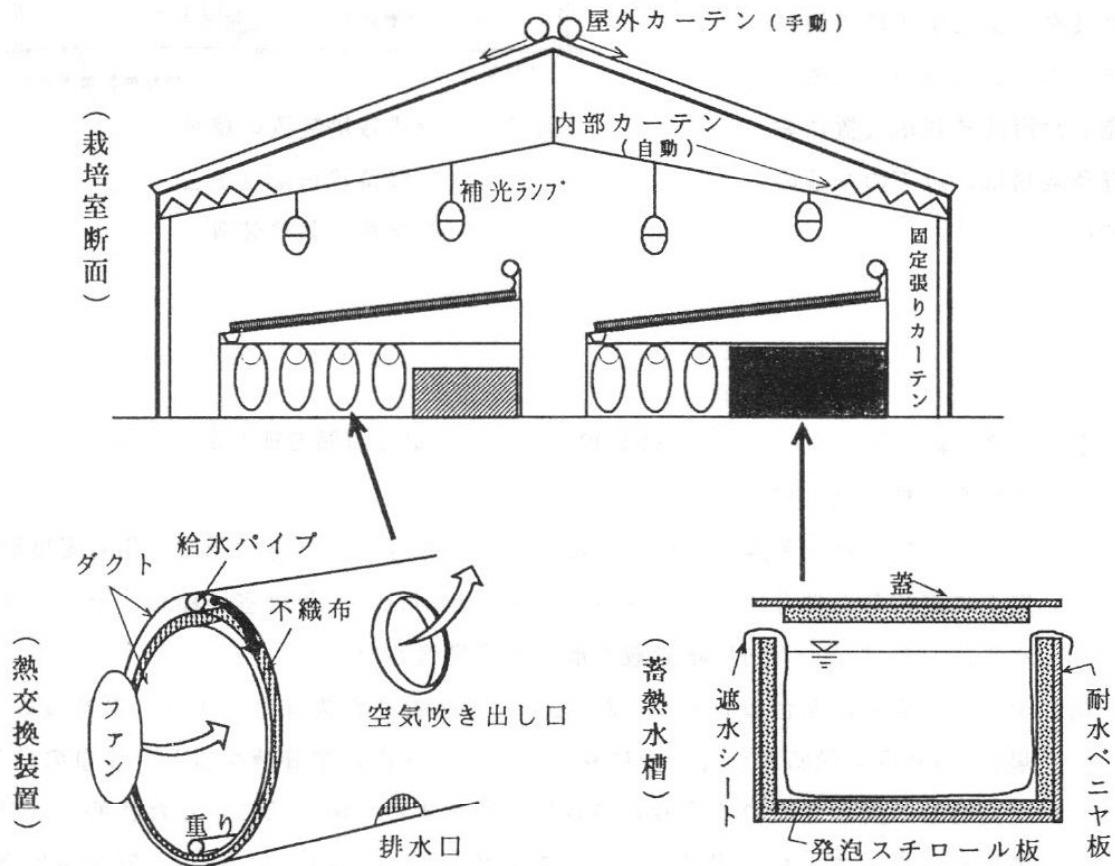


図-2 空調装置の構造と野菜工場内における配置方法

この熱交換器による空気と水の熱交換は次のようにして行う。まず、蓄熱水槽の水を、ダクト内の給水パイプの穴を通して、2枚のダクトの内側に流し、不織布によりこの水をダクト内に拡散させる。つぎに、ダクトの端のファンにより空気をダクト内に送り込む。こうすることで、ダクトは、断面が楕円形に膨らみ、水に濡れた不織布とダクトが密着する。ダクト内を通過する空気は、ダクトのフィルムを介して水と熱交換をし、空気吹き出し口より上方

に吹き出す。2枚のダクトの間を流下した水は、排水口から出て、雨樋で集められ、蓄熱水槽へ戻る。

野菜工場における蓄熱水槽とダクト式熱交換器の設置場所は、図-2に示すように、栽培架台の下とする。こうすることで、野菜工場の床面を有効に利用でき、また、空調した空気を野菜の周辺に均一に流せることから効率的な冷・暖房が行える。

### (3)ホウレンソウ、サラダナの連続栽培試験の結果

設備面積336㎡の実証設備において、平成3年6月から10月までの5ヶ月間はホウレンソウの連続栽培試験を、同年3年12月から平成4年3月までの4ヶ月間はサラダナの連続栽培試験を行い、市場への試験出荷を行った。ホウレンソウ（品種リード、サカタの種）は、播種後35日で収穫を行い、日平均収穫量は63kg/日であった。サラダナ（品種TS-106B、トキタ種苗）は、播種後42日で収穫を行い、日平均収穫量は49kg/日であった。播種、育苗、栽培管理、収穫、出荷調節（枯れ葉取り、袋詰め、箱詰め）を合わせた1日の作業時間は、ホウレンソウで13時間（作業員2人の延べ時間）、サラダナで10時間であった。作業の中では、出荷調整と播種作業が全体の60%を占めた。

### (4)栽培対象野菜

野菜工場を広く普及するためには、設備コストの低減に加えて、付加価値の高い野菜の栽培技術を確立し収益性を高める必要がある。そこで、当所では、ホウレンソウ、サラダナ、エダマメの水耕栽培技術の確立に加えて（岡野ら、1991・岡部、1990・庄子ら、1991・関山ら、1987・寺添ら、1991）、商品価値の高いインゲンマメ、ラディッシュおよびハネギ、季節的な需要の多いコマツナ、シュンギク、需要が伸びてきているハダイコン、チンゲンサイ、チシャの栽培試験を行っているのでその一部を紹介する。

#### 1)栽培品種の選択

先述した流液式栽培装置は、NFTを基本とした栽培システムであるので、新しい作物を導入する場合に、水耕栽培に適した品種を選択する必要がある。そこで、インゲンマメ、ラディッシュ、ハネギ、コマツナおよびチンゲンサイについて水耕栽培による品種選択試験を行った。

##### 【インゲンマメ】

インゲンマメには、蔓性品種と蔓なし品種があるが、流液式栽培装置の構成上、草丈が低く、一斉収穫ができる蔓なし品種を栽培品種として選ぶのが適切であると考えられる。水耕栽培における各品種の生育を表-1に示す。

表-1 水耕栽培におけるインゲンマメの生育

品 種	草 丈 (cm)	莢 重 (g/株)	莢 数 (g/株)	収 量 (g/m <sup>2</sup> )	莢の形
セリーナ	79.9	224.7	53.1	3595.2	良
アーロン	88.2	154.3	37.2	2468.8	曲がり
キプロス	76.3	177.5	27.4	2840.0	良
レインボー	81.9	105.2	24.7	1683.2	良
グリーントップ	76.1	213.1	27.4	3409.6	曲がり
ソティー	84.4	137.1	32.4	2193.6	良
初みどり	86.6	120.5	26.1	1928.0	良
さつきみどり2号	76.8	233.3	26.7	3732.8	曲がり

\*1 生育調査：播種後65日目

\*2 収量は、莢重×栽植密度（16株/m<sup>2</sup>）から算出した。

\*3 炭酸ガス濃度：750ppm、培養液：EC=2.4mS/cm

\*4 補光は、0.3ly/min以下が15分以上続いた明期のみに行った。

水耕栽培でのインゲンマメの草丈は、約75cm～90cmであり、土耕栽培より10～20cm高くなる傾向であった。供試した8品種の中で、「セリーナ」、「グリーントップ」および「さつきみどり2号」の3品種が単位面積あたりの収量（可食部＝莢）が高く、3kg/m<sup>2</sup>を越えた。これらのうち、「セリーナ」は、一個体あたりの着莢数が最も多かった。また、莢の形を比較すると、「グリーントップ」、「さつきみどり2号」は曲がった莢が多かった。収量、着莢数および莢の形状を考慮して、「セリーナ」が栽培品種として適切であると判断した。

#### 【ラディッシュ】

ラディッシュ（ハツカダイコン）は、生育が早く、1kgあたりの単価が高い野菜であり、野菜工場の収益性の改善に有望な作物である。表-2に各品種の播種後35日の生育を示す。

水耕栽培におけるラディッシュの単位面積あたりの収量は、約3.3～4.1kg/m<sup>2</sup>であり、「コメット」、「レッドチャイム」、「サクランボ」の順に大きかった。一方、ラディッシュの栽培で、問題となる歩留まり（良品率）は、「レッドチャイム」が最も高かった。したがって、収量と歩留まりを考慮すると、「レッドチャイム」が栽培品種として適していると判断した。

表-2 水耕栽培におけるラディッシュの収量

品 種	収 量 (g/m <sup>2</sup> )	歩留まり (%)
レッドチャイム	3690.7	70
コメット	4082.5	55
サクランボ	3278.3	40

\*1 生育調査：播種後35日目

\*2 栽植密度：166.7株/m<sup>2</sup>



【ハネギ】

ハネギは、近年水耕での栽培が増加しており、生産量の増加率は、1985年～1990年の5年間で約40%である。栽培試験には、「夏っこ（夏用）」、「冬っこ（冬用）」、「フレッシュ子ネギ（四季用）」を供試した。水耕栽培における各品種の播種後58日目の生育を表-3に示す。

水耕栽培におけるハネギの草丈は、約35～40cmで、「フレッシュ子ネギ」、「冬っこ」が高い傾向が認められた。収量は、「フレッシュ子ネギ」、「冬っこ」が大きく、「夏っこ」の約2倍であった。以上の結果から、「フレッシュ子ネギ」、「冬っこ」とも栽培品種として適していると判断した。

表-3 水耕栽培におけるハネギの生育

品 種	草丈 (cm)	収量 (g/m <sup>2</sup> )	乾物率 (%)
フレッシュ子ネギ	40.2	462	7.74
夏っこ	34.1	200	6.89
冬っこ	40.9	464	6.50

\*1 生育調査：播種後58日目

【コマツナ】

コマツナは、ツケナ的一种で、耐寒性、耐暑性の強い、周年栽培（土耕において）に適した野菜である。栽培試験には、F1系（葉形が丸葉あるいは卵型で、生育が早い立性の品種）とF1黒葉系（葉の表面に光沢がある）の8品種を用いた。養液栽培における各品種の播種後33日目の生育を表-4に示す。

F1系コマツナの収量は、「寅次郎」の収量が最も高く、次いで「時次郎」、「おそめ」であった。このうち、「寅次郎」は葉の巻き込みが認められ、商品価値がなかった。また、「時次郎」に比べ「おそめ」は、葉の割合を示すLWRが低く、茎の割合が多いことから、商品性に問題があると考えた。

黒葉系の品種の収量を比較すると「みずき」が他の2品種の約1.5倍の生育を示した。さらに、「みずき」は、葉の茂り具合を示すLAIも他の品種に比べ高かった。

したがって、F1系では「時次郎」が、黒葉系では「みずき」が栽培品種として適していると判断した。

表-4 水耕栽培におけるコマツナの生育

品 種	収量 (g/m <sup>2</sup> )	L A I (-)	S L A (cm <sup>2</sup> /g)	L W R (-)
おそめ	2241	3.44	537.2	0.57
F おきよ	1540	3.08	523.5	0.70
1 おはな	2141	3.81	476.3	0.71
系 寅次郎	2824	4.23	439.2	0.67
時次郎	2324	4.15	502.4	0.66
黒 みたか黒	1468	2.67	536.7	0.64
葉 みずき	2635	4.29	496.2	0.65
系 黒みずき	2324	3.08	508.2	0.68

\*1 生育調査：播種後33日目

\*2 L A I = 葉面積指数(Leaf Area Index)

S L A = 比葉面積(Specific Leaf Ratio)

L W R = 葉重量比(Leaf Weight Ratio)

【チンゲンサイ】

チンゲンサイは、わが国で最も多く栽培されている中国野菜であり、生産量は、1985～1990年の5年間に約50%増加しており、将来性のある野菜の一つである。チンゲンサイの播種後55日目の生育を表-5に示す。

収量とLAIでは、「タキイ」および「青茎パクチョイ」が高かった。また、乾物率、SLA、LWRともに品種による差は認められなかったため、「タキイ」、「青茎パクチョイ」が適していると判断された。

表-5 水耕栽培におけるチンゲンサイの生育

品 種	収量 (g/m <sup>2</sup> )	乾物率 (%)	L A I (-)	S L A (cm <sup>2</sup> /g)	L W R (-)
長江	5733	4.21	5.22	421.1	0.49
タキイ	7269	4.37	6.32	404.5	0.51
青茎パクチョイ	7656	4.01	5.86	423.7	0.54
青茎パクチョイ2号	5491	4.36	5.03	432.8	0.51

\*1 生育調査：播種後55日目

2) 補光の影響

補光ランプに高圧ナトリウムランプとメタルハライドランプの2種類を用いて、野菜の生育に対する影響を調べた試験は、インゲンマメ、ハネギ、コマツナ、シュンギク、ハダイコン、チシャおよびチンゲンサイを対象に行った。栽培と実験条件の詳細を表-6に、試験結果を表-7に示す。

表-6 補光ランプ試験の栽培条件および実験条件

項 目	栽 培 条 件		
気温	明期25℃/暗期20℃		
炭酸ガス	1000ppm	明期のみ施用	
培養液	大塚ハウス肥料A処方		
E C	2.4mS/cm		
p H	5.5～6.5		
実験区	ランプの種類	光量子フラックス密度	明期時間
対照区	-		10時間
N a 区	高圧ナトリウムランプ	98.0 μmol/sec・m <sup>2</sup>	12時間
B O C 区	メタルハライドランプ	60.6 μmol/sec・m <sup>2</sup>	12時間

\*1 350W反射型高圧ナトリウムランプ（三菱電機、NIR360・L/DL-360型）

\*2 400Wメタルハライドランプ（松下電器、試作品）

\*3 LI-COR社製光量子フラックス密時計LI-188Bで測定

表-7 数種野菜の収量に対する補光の影響

野 菜	インゲンマメ	ハネギ	コマツナ	シュンギク	ハダイコン	チシャ	チンゲンサイ
栽培日数 (日)	58	58	33	42	33	42	44
対照区 (g/m <sup>2</sup> )	1638	462	2319	1666	2732	1866	5658
Na区 (g/m <sup>2</sup> )	—	761	4352	5259	4374	3810	7782
BOC区 (g/m <sup>2</sup> )	2205	508	4083	4059	4428	3756	6772

試験に用いたすべての作物において、補光による増収効果は明らかに認められた。また、ランプの違いによる各作物の収量を比較すると、コマツナ、ハダイコン、チシャにおいて差が見られなかったが、ハネギ、シュンギク、チンゲンサイにおいては、高圧ナトリウムランプのほうがメタルハライドランプより収量が高かった。高圧ナトリウムランプのほうが増収効果が高かった理由としては、光量子フラックス密度の差が影響をおよぼしたと考えられる。

### 3. おわりに

自然光利用型の野菜工場を、近い将来、わが国の野菜生産の一翼を担う実用技術として確立することを目標に研究・開発を進めてきた。野菜栽培装置、夜間電力利用の空調装置および作業の省力化技術などの検討を進めてきた結果、実用化が可能な野菜工場の姿が見えてきたと考えている。今後は、個々の技術、方式をより完成度の高いものにするとともに、野菜工場を適用した地域農業の省エネルギー、省資源化に関する研究を行う予定である。

### 文献

- Okano T. et al. 1988: VEGETABLE GROWTH AND ENERGY CONSUMPTION IN A VEGETABLE FACTORY USING OFF-PEAK ELECTRICITY, Acta Hort. 229, 353-359.
- 岡野利明 他、1991: 野菜工場の実用化(1) 流液式(NFT)栽培装置と夜間電力利用空調装置の開発、電力中央研究所報告、U90079
- 岡部勝美 1990: 水耕ホウレンソウ、サラダナ、ツケナの適正培養液条件、電力中央研究所報告、U89051
- 庄子和博 他、1991: 野菜工場の実用化(2) エダマメの水耕栽培条件、電力中央研究所報告、U91033
- 関山哲雄 他、1987: 高能率野菜生産技術の開発(1) 基礎実験設備の性能とホウレンソウの試験栽培、電力中央研究所報告、485031
- 寺添 齊 他、1991: 高能率野菜生産技術の開発(6) 流液式によるホウレンソウ栽培のための培養液管理、電力中央研究所報告、U90053

気象災害から果樹を守る

— 昨年 of 台風被害等を中心として —

農水省果樹試験場 本條 均

I. はじめに

昨年は5年続きの暖冬、5月初めの晩霜害、6月のひょう害、夏期の長雨・日照不足・低温、8～10月の台風等の気象災害に悩まされた1年であった。果樹栽培に影響する気象災害は多種多様であるが、リンゴやカンキツ類に未曾有の大被害をもたらした台風17、19号を中心とした台風災害とその防風対策について述べることにしたい。

II. 昨年の気象災害の特徴ととられた対策

1. 5月上旬の晩霜害

5月3日から6日にかけて帯状の高気圧が日本付近を広くおおい、放射冷却現象により、各地で晩霜害が発生した。表1に示したように、茨城、栃木、長野、山梨、福島等では、花器や幼果の損傷や落花(果)、新梢の枯死等が発生した。

幼果や花の被害を受けたリンゴ、ニホンナシ、モモ等核果類等では、一般的には摘果の時期を遅らせて障害を受けた果実がはっきりとしてから、摘果するように指導した。ブドウ、キウイフルーツ等のように新しょうが被害を受け枯れ込み等が見られるものでは、着果数や新しょうの量の調節を通常より慎重に行うことで、対応した。

晩霜の事前対策として、防霜用の固形燃料の使用や防霜ファンを設置するような地域では被害発生が少なく、防止対策の重要性が認められた。

表1 1991年の主な気象災害による果樹被害状況

災 害	被害面積 (ha)	被害量 (t)	被害見込金額 (100万円)	被害のあった主な果樹とその被害状況	主な被害地域
5月上旬の晩霜害	2,310	4,060	1,020	リンゴ、ニホンナシ、ブドウ、クリ、ウメ、モモ、スモモ、アンズ、カキ、キウイフルーツ等の花、幼果、新しょうの低温による障害	山形、茨城、栃木、群馬、山梨、長野、福島、岐阜等の関東北部を中心とする地域
5月上旬から7月中旬にかけての長雨、日照不足	37,900	30,600	6,510	多くの樹種で果実の肥大や品質に影響発生。次年度の花芽分化への影響も懸念される	熊本、福岡、佐賀、大分、和歌山等の西日本から北陸、東北
7月中旬から8月中旬にかけての低温、日照不足	6,900	12,700	3,050	多くの樹種で果実の肥大や品質に影響発生。次年度の花芽分化への影響も懸念される	山形、富山等の東北・関東、北陸地域
台風第17号、第18号、第19号  主な樹種別被害 リンゴ カンキツ類 カキ	120,900  (37,000) (34,300) (10,900)	621,300	211,600 内:樹体被害 (99,000)  (87,600) (53,700) (18,400)	リンゴ、カンキツ類を中心に樹体、施設、果実の被害(倒伏、切損、落果)。次年度以降への樹体の影響が残る	青森、愛媛、広島、山口、福岡、熊本、秋田、長野、大分、長崎、佐賀、新潟等の九州北部、山陰・北陸・東北地方

2. 長雨、低温、日照不足による被害

西日本では、5月上旬から7月中旬にかけて長雨と日照不足の状態が続き、果実の肥大や品質に影響がでた。さらに、東北・関東地方及び北陸地方から九州北部に

かけての日本海側の広い地域で7月中旬から8月中旬まで低温が続いた。果実の生育は低温と日照不足により生育遅延、肥大不良、糖度不足が認められた。露地では雨のため防除が徹底出来なかった。

表2 ニホンナシ‘豊水’の芽の形成に対する遮光処理の影響(本條ら, 1992)

	日時 透過率	開花した花芽			発芽した全芽 <sup>2</sup>			全芽中の 花芽の 割合 <sup>1</sup>
		発育枝	短果枝	合計	発育枝	短果枝	合計	
対照区 (無被覆)	100	5.8a <sup>3</sup>	4.8ab	10.5ab	32.0a	14.5a	46.5a	0.226
寒冷紗の 被覆枚数								
一重	53	6.5a	6.5ab	13.0ab	26.5ab	12.3a	38.8a	0.335
二重	36	7.3a	9.0a	16.3a	22.8ab	15.3a	38.0a	0.429
四重	14	0.8a	2.5b	3.3b	17.8b	14.0a	31.8a	0.102

<sup>1</sup>:花芽と栄養芽の合計。

<sup>2</sup>:花芽の数/(花芽+栄養芽)の総数。

<sup>3</sup>:異なる文字間では、t検定により5%レベルで有意差がある。遮光処理は、発芽前～落葉するまでの期間行った。

このような日照不足の状態が続くと当年の果実や樹体への影響は当然のこととして、次年度の果実生産のための花芽の分化が影響を大きく受け、次年度の果実生産への影響が心配された。このことは、果実生長一

樹体の維持・生長一花芽分化の間の養分競合の関係からも説明できるであろう。科学的な表現でなく申し訳ないが、良い花芽からは良い果実が出来るとされる。調査結果がないので確実とはいえないが、生産者の話を伺うと今年のナシの花数は例年より少ないこと、花芽の充実が不良であるとのことである。そのため、昨年日照不足の影響を受けた地帯では、着果量(収量)の減少が目立ち、生産量に影響がでているとのことである。

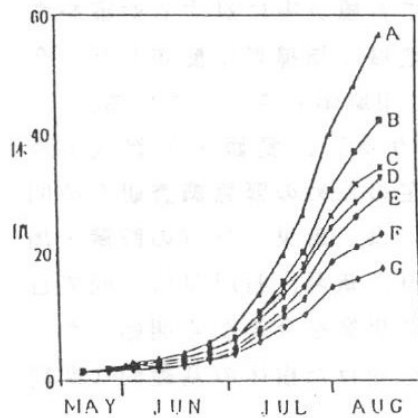


図1 ニホンナシ‘幸水’果実体積の変化(杉浦ら, 1990)  
5月18日を1とする。ただし、日照透過率  
A=1.0, B=0.79, C=0.69, D=0.61, E=0.48, F=0.35, G=0.25

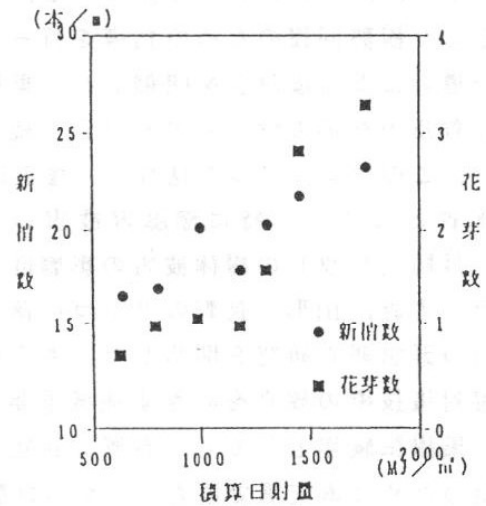


図2 遮光によるニホンナシ‘幸水’の主枝・亜主枝あたりの新梢数及び新梢1本あたりの花芽数(杉浦ら, 1991)

そのような日射が不足した状態が続くことによる果実の肥大や花芽形成への影響については、従来から当研究室においても解析を進めており、ニホンナシを用いた試験結果を表2および図1, 2に示した。このように果実肥大や花芽形成に対する日射の影響はかなり大きいので、出来るだけ樹冠内部にまで光が当たるような枝梢管理が重要となってくる。そのような場合に経費の問題もあるが反射シートは有効な手段となる。

### 3. 台風第17, 18, 19号による被害

9月12日から28日にかけて、台風17, 18, 19号が相次いで来襲し、1

7号と18号の場合には秋雨前線の刺激により各地に豪雨をもたらした。さらに、19号が26～28日に通過し、全国的な大災害をもたらした。九州から山陰地方は17、19号の二度にわたる被害を受けた。特に19号は最大瞬間風速が各地で50m/sを超えるという規模であることに加え、台風時の降雨が少なく、各地で潮風害が発生した。また、27日夜には、日本海側でフェーン現象が発生した。

リンゴ、カンキツ、カキ、ナシ、キウイフルーツ等を中心に強風による落果、傷果、落葉、樹体の倒伏・損傷、果樹施設の破損・倒壊、九州西部や瀬戸内地域のカンキツ産地を中心に潮風害による落果、落葉、樹体の枯れ込み等の被害が発生した。フェーン現象と潮風害の複合した佐渡等のカキ産地は甚大な落葉被害を受けた。また、リンゴ、ニホンナシ、キウイフルーツ等では落葉に伴う不時発芽と開花が重大な問題となった。

これらの台風により、果樹は2,116億円(120,900ha)という未曾有の被害を受けた。リンゴとカンキツ類で果樹被害総額の67%を占めている。県別には、青森県が651億円(21,100ha)、愛媛県327億円(14,000ha)、広島県198億円(6,200ha)、山口県154億円(4,600ha)となっている。

対策として重要なことは被害を受けた樹体や栽培施設の早期回復を図り、地域毎に図ることであり、場合によっては樹種や品種の更新、防風対策を検討する必要がある。

果樹試験場と農水省、各地方農政局は合同で、被害を受けた樹体の早期回復を図るための技術指導を行うため、実際に技術対策チームとして、東北、関東・北陸、近畿・中国四国、九州の14県に対し、計4班を派遣し、被害程度の実態調査と被害に応じた樹勢回復のための指導を行った。さらに、4農政局で技術対策チームと県の指導者による検討会を開催した。果樹試験場として台風災害に対する対策をまとめた普及のためのマニュアル(正、続)を発行し、地域の指導者に配布した。今年度は、このマニュアルを見直し、修正追加版の発刊(印刷中)を行っている。

農水省としては、特に潮風害被害の甚大な新潟(カキ)、愛媛・佐賀(ミカン)、長崎(ビワ)の樹体被害の影響度や被害対策策定のための緊急調査研究を開始した。青森、山形、長野のリンゴの落果被害については、落果リンゴの貯蔵・加工利用の緊急調査研究を開始した。さらに、青森、秋田、新潟、石川県は合同で台風被害対策技術の確立をめざす地域重要新技術開発促進事業を今年から開始した。農水省果樹試験場としても、台風を想定し、ストレスを受けた樹体の基礎的な問題の解明のために本支場で協力しながら試験を開始している。

### III. 果樹栽培における防風対策の重要性

昨年の台風では、全国に記録的な災害が発生した。被害の実態については省略するが、ハウス等の施設栽培に限定すれば、好運にも襲来時期にはハウス等のフィルム被覆が除去されており、そのため被害は少なくなった場合が多いと思われた。気象庁によれば、50m/sを超える最大瞬間風速が各地で観測され、従来の強風の1位記録を全国約30地点で更新した。このような強風の再現期間は100年に一回程度の発生確率と推定されるが、これ以後100年は襲来しないという訳ではない。それ故、防風施設の必要性は明らかである。しかし、どの程度の強風を防ぎえるものが重要かが重要な問題となる。

昨年の台風災害がこれほどの被害に結びついた要因は種々であろうが、台風の規

模の問題に加え、台風災害が少ない年が続いたので、対策が不十分になっていた点があるのではないだろうか。例えば、果樹産地はその生き残り戦略として、高品質果実の生産をめざしている。そのためには既存の防風林や垣があったところが、日当たりをよくするとか、管理の効率化、省力化等のために伐採され、被害を助長した場合もみられている。そのうえ、わい化栽培は元来風に弱いので、適正な防風施設と支柱や支持施設の設置が必要とされているのに強度や設置方法が不適切であった場合（図3、4）も認められ、人的な要素も見逃すことは出来ない。

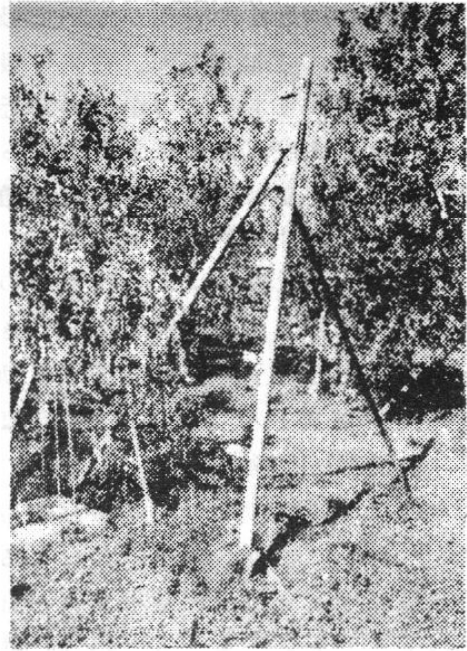


図3 リンゴわい化栽培園における支柱の被害（1991）

#### IV. 防風施設の効果

強風害に対する防止対策としての防風垣の効果については、西場ら（1966）が報告したナツダイダイ、福原オレンジの落葉防止、星野ら（1962）や高橋（1983）が報告したカキの落葉防止等の具体例があげられる。また、1976年10月の強風によるリンゴの落果をみると、ネット式防風しょう内では未設置園に比べ顕著に少なく、ネットからの距離が遠ざかるにつれて落果率が高まった。1979年の台風20号によるリンゴ園内の減風効果は、防風しょうの高さの10倍程度までであり、20～40%近くまでの減風効果があった。

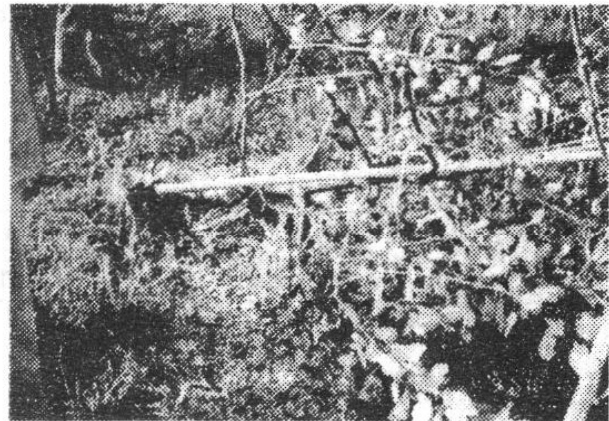


図4 わい化栽培りんごの倒伏（1991）

防風施設の効果  
が現れた例を昨年  
の台風19号関係  
のデータから示す  
と、長野県果樹試  
験場内のセイヨウ  
ナシわい性台樹園  
で  
の落果状況の調査  
結果があげられる  
（図5）。残念な  
がら風速の測定デ

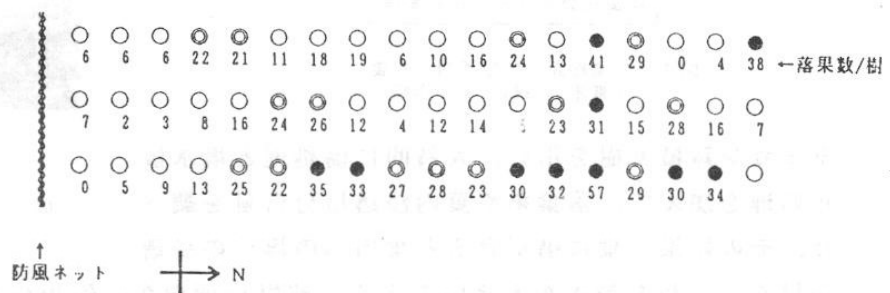


図5 セイヨウナシのわい性台樹の落果状況  
1樹当たり約130個落果  
主風向は南東で、瞬間風速約30m/sと推定  
(1991年9月 台風19号、長野県果樹試験場調査資料より作成)

ータがなく、近傍の資料から瞬間最大風速は約30m/sと推定した。従来の報告と同様に防風ネットからの距離の遠近により被害発生状況に顕著な差異があった。図の最下列の樹は防風施設がなく通路であるため、落果が多くなっている。

その上、防風施設により空気中の海塩微粒子を捕捉し、潮風害も防止できる。防風林は塩分粒子を捕捉ろ過する効果が高い。防風施設による塩分の除塩効果は、強風害防止効果

基本的には同様であり、効果範囲も同程度とされる。また、防風施設による風速の減風程度より塩分の減少割合のほうが高いようである。ネットの場合は防風林に比べ除塩機能は小さいが、それでも除塩効果はあり、ネットの枚数が多いほど高いとされる。

当研究室では、以前に温州ミカンの潮風害関係の試験を行ったことがある。温

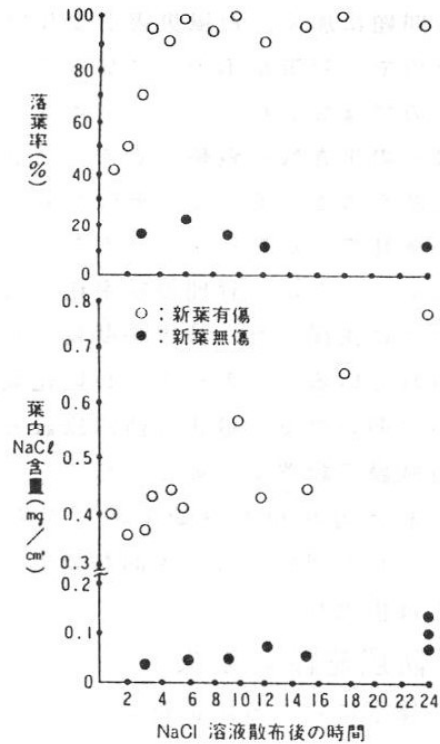


図6 被塩した温州ミカン幼木を水洗するまでの時間と落葉率および葉内塩分含量との関係 (中川ら, 1980)

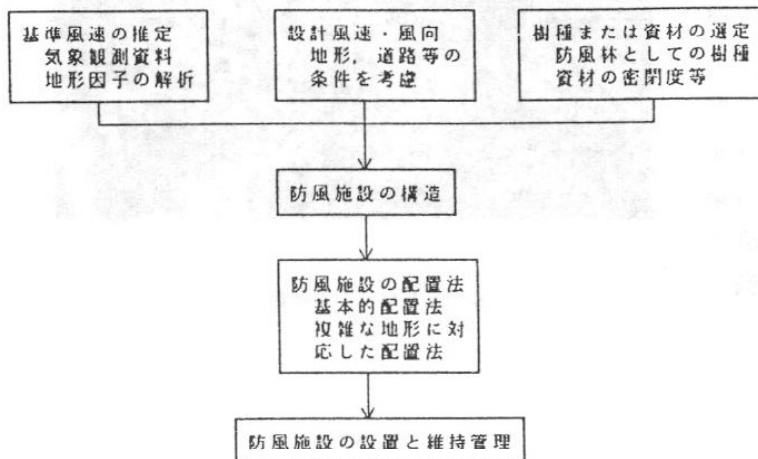


図7 防風施設の設置手順の概要 (真木, 1987) より作成

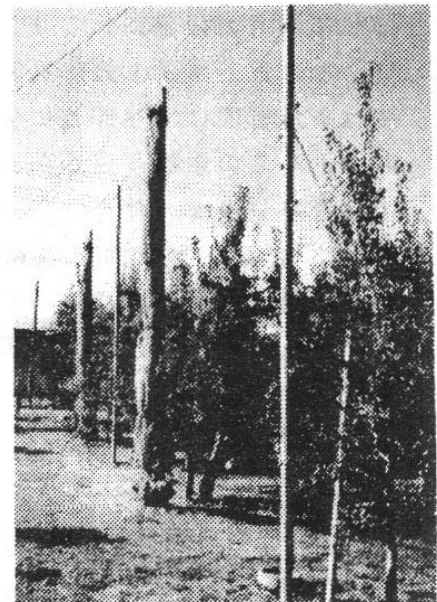


図8 防風ネットの収納事例 (1991)

州ミカン鉢植え樹を用い、人為的に傷処理と塩水散布処理を加えて、落葉率や葉内浸透塩分含量を調べた。その結果、葉に傷があると葉内への塩分の浸透

が早く、しかも被害が大きいことや、被塩後速やかに除塩のための水洗を行わないと、被害の軽減効果が現れにくいことを報告している (図6)。被害の発生程度は、葉の傷の程度や風速、海岸からの距離、事後処置の有無によるが、防風施設により軽減可能であり、被害発生の危険がある地帯では、常日頃の防風施設の整備・補修が必要である。



## V. 防風施設の設置と維持管理

防風施設の設計に当たって、基準風速は再現期間10年を、基準風向は日最大風速時の最多風向を用いる。これを昨年(1991)の台風19号の観測例(青森気象台)に当てはめると20年確立風速は34m/s、10年確立風速は31 m/sであるので、少なくとも最大瞬間風速30m/sに耐えるものが基準となる。施設の計画、設計、設置の流れを図7に示すが、詳細は真木(1987)等の専門の資料によらねばならない。青森県で現在設置されている例(30m/sで設計)をみると、16.5cmφの鋼管を使用して高さ5mで、m当たり単価は14,500円とされている。

防風林を植栽した後は灌水、除草、薬剤散布、施肥、剪定等の管理を行いながら育成する。台風シーズンに理想的な密閉度(70~80%)にするために剪定を4月頃に行い密閉度50%くらいに整理しておく。また、強風、潮風、寒風により防風林の生育が阻害される場合には、保護育成のための防風施設が必要となる。

人工の防風施設の場合には、網は不使用時には可能な限り取り外し、収納しておく(図8)。ネットの取付部分には力がかかるので、適正な取付金具を利用し、支柱とネットが接触するところが錆びたり、表面が滑らかでない場合は網が破れやすいので注意する。支柱の基部は錆びたり腐食したりしやすいので台風シーズン前の点検が必要である。

## VI. おわりに

毎年、何らかの気象災害は起こり、その度に問題とはなるが、根本的な解決をみていない。例えば、防霜や防風施設も経費をかければ可能ではあるが、果樹栽培は経済活動であり、採算がとれなければ意味がないからである。しかし、樹体への被害は後年にまで及ぶ。災害発生時に出来るだけ被害を軽減できるように、態勢強化に努めたい。

## VII. 文 献

- 1) 本條均, 朝倉利員, 鴨田福也(1992)ニホンナシ'豊水'幼木の生長, 開花に対する遮光の影響. 果樹試報23, 印刷中.
- 2) 星野正和・浜地文雄・森田彰(1962)破風垣の果樹に対する効果について. 福岡農試園芸分場研報, 1, 27-32.
- 3) 鴨田福也(1991)「平成3年の台風等による農作物被害と今後の技術対策に関する検討会」資料. 農水省編.
- 4) 小中原実(1988)「カンキツの気象災害」, 農文協.
- 5) 真木太一(1987)「風害と防風施設」, 文永堂.
- 6) 中川行夫, 本條均, 下大迫三徳(1980)ウンシュウミカンの潮風害の発生機構とその対策に関する研究. 果樹試報A7, 7-17.
- 7) 西場静雄・上野武夫・橋本敏幸・加藤義雄(1966)柑きつ園の防風林(垣)に関する研究—造成とその効果について—. 三重県農試研報, 1, 38-44.
- 8) 杉浦俊彦他3名(1990)ニホンナシの果実の生長速度と日射量について. 農業気象1990年講要, 256-257.
- 9) 杉浦俊彦他6名(1991)ニホンナシの花芽及び新梢の生育におよぼす日射量の影響について. 園学雑60(別1), 86-87.
- 10) 高橋国昭(1983)島根県におけるブドウを中心とした果樹の風害と防止法. 日本農業気象学会農業気象災害研究部会研究会講要「風害および防風施設」, 2, 22-27.

マルチの種類とその特徴

千葉県農業試験場 猪野 誠

1. はじめに

まだ寒さの残る早春の野菜畑は、地表面が見えないくらいにトンネルやマルチで覆われている。陽光と相まって目も開けられないほどまぶしい。この時期の栽培は地温やトンネル内の気温を高めて生育の促進を図っている。一方、夏の高冷地では一面の白色のマルチにレタスが植えられている。まるで真夏に雪が降ったようである。この栽培は夏の太陽光線を反射してマルチ下の地温上昇を抑えることがねらいである。このように季節(作型)や作物の種類に応じてマルチを使い分けている。

マルチの主目的は、種々の材料で地表面を被覆して作物の根を保護することである。古くから行われている敷わらや敷草もマルチの一種であるが、マルチ栽培というとポリエチレンフィルムを利用した栽培を指すことが多い。農業用ポリエチレンフィルム(農ポリ)は昭和30年頃に開発された。すでに実用化していた塩化ビニルフィルム(農ビ)に比べて安価であることから野菜栽培を中心に広く普及した。

温室やビニルハウスのように温度制御がしやすい施設栽培に比べて、露地のマルチ栽培では地上部はお天気まかせである。薄いフィルムの下の土壤環境に変化をもたらしている。フィルムの材質によってその変化も異なり、作物の反応にちがいが生じる。ここでは現在使われている農業用マルチ資材について紹介する。

2. マルチの種類とその特徴

(1) 表面色のちがい

現在使われているマルチ資材を色で大別すると5種類ある。すなわち、透明・黒・緑・銀・白色である。フィルム色のちがいは地温と雑草防除に及ぼす影響が大きい。

<透明マルチ>地温上昇効果が高いため最も多く使われている。ただし、夏期を中心に使うと高温障害による生育不良の危険性があるため、比較的低温時期に用いる。雑草防除の面では他のマルチに比べて劣る。フィルムと地表面がよく密着していると雑草種子が発芽しても高温で枯死しやすい。しかし、砕土が不十分な場合は雑草がマルチを持ち上げるぐらい繁茂する。また、よく密着していても東西方向の高うねの、北側部分は雑草が繁茂しやすい。

<黒色マルチ>ポリエチレンにカーบอนを添加して製造する。晴天時にはフィルム面の温度は高いが、可視光が透過しないためマルチ下の地温上昇は透明マルチより小さい。雑草種子の発芽を抑制するため、雑草防除を主眼においた利用が多い。

<緑色マルチ>地温上昇および雑草防除効果を備えた着色フィルムの研究から開発された。植物生育と光波長との関係によると、植物(雑草)の発芽・生育は可視光のうち青色部と赤色部の光が促進的に作用するが、緑色部の光(500~550nm)は阻害作用がある。緑

色光を透過するマルチのなかで、青色と赤色光をよく吸収する濃緑色マルチの効果が高い。地温上昇効果は透明マルチと同程度である。

<銀色マルチ>ポリエチレンにアルミ粉末を混入したり、アルミを蒸着させて製造する。このマルチは光反射率が高いため地温の上昇は上記マルチに比べて小さい。このため比較的高温時期に利用される。もう1つの大きな特徴として有翅アブラムシやミナミキイロアザミウマの飛来忌避効果が挙げられる。アブラムシは吸汁によって作物の生育を阻害したり、多くのウイルス病の伝搬害虫である。また、ミナミキイロアザミウマは、メロン、スイカ、キュウリなどに甚大な被害をもたらす、殺虫効果の劣る難防除害虫である。これら害虫は銀色をした所に着地しにくい性質がある。これは銀色マルチが他のマルチに比べて紫外線の反射率が高いことの影響とされる。全面またはストライプ状に銀色を呈したマルチがある。また、透明・黒・緑色マルチのごく表層にアルミ粉末を混入したマルチも市販されている。なお、作物が生育してマルチ面が遮蔽されると、忌避効果は低下する。

<白色マルチ>表面が白色、裏面が黒色の2層構造のフィルム。光反射率が最も高く、地温上昇は銀色マルチより小さい。裏面を黒くしたのは表面の白度を増すためである。おもに高温時期の栽培に利用される。高地温で発病しやすい土壌病害（放線菌病）に対する抑制効果がある。白色マルチは上記の銀色マルチより人間の目にはまぶしいが、紫外線反射は少ないため有翅アブラムシの忌避効果はみられない。

### (2)加工処理したマルチ

上記マルチはそのままでも利用されるが、使いやすく加工されたものもある。機械的加工の代表として一定間隔に植穴を開けたマルチがある。作物の種類によって穴の間隔や大きさが選択できるようにいくつかのタイプが揃っている。播種・移植作業機械の性能が向上している昨今、この種のマルチの利用は増加すると思われる。また、2mmの小孔を3cm間隔で全面に設けたマルチも製造されている。これは透水性と通気性の機能をもたせることをねらいとしている。

フィルムへの添加処理加工として、除草剤入りマルチや耐久性強化マルチがある。前者では土壌処理剤（有効成分プロメトリン）を混入したマルチが利用されている。地表面から蒸発した水分がマルチの裏面の除草剤を溶かし、地表面に除草剤の処理層を形成させる仕組みである。後者ではフィルムの劣化を防止するため紫外線吸収剤などを混入している。これは生育期間の長い栽培で、収穫時のマルチ除去作業を容易にすることをねらっている。これとは反対に、生育途中に太陽光（紫外線）でフィルムをバラバラに崩壊させるものがある。ただし、風で飛ばされて公害の元となり現在は普及していない。

### 3. 今後の研究方向

野菜の種類によってはマルチ栽培はすでに標準栽培となっている。マルチをすることによって土壌環境が変化することは明らかである。今後は作物サイドからのアプローチが重要と思われる。すなわち、作物の根の生育や活性を促進する土壌環境をもたらすマルチ栽培の方法や資材の選択に研究の余地がある。

施設紹介

農業環境技術研究所エコトロンについて

農業環境技術研究所 山口武則，湯畑典子

近年，大気中に放出された二酸化炭素（ $\text{CO}_2$ ）などの温室効果ガスによる地球の温暖化やフロンガスなどの放出に起因する成層圏オゾン層の破壊に伴う紫外線量の増大は，地球規模の環境問題の中でも，特に注目されている。

最近のグローバル気候モデルによると，来る半世紀のちに，地球の平均温度は現在より1.5～3.5度上昇することが予測されている。温室効果ガスである $\text{CO}_2$ 濃度が現在の約2倍の600ppmに増加することが主因である。

作物にとって $\text{CO}_2$ 濃度の増加や気温の上昇は，光合成を活発にして生育を促進するほか，作物によっては生産地域を広め，栽培期間を長くするというプラスの面もあるが，温暖化の影響は，土壌水分や昆虫，微生物など多方面に及ぶため，単純に作物の収量が増加するとはいえない。また，オゾン層の破壊に伴う紫外線量の増大が農業生態系に与える影響も不明である。さらに，気温， $\text{CO}_2$ 濃度，紫外線量などの複合的影響も解明されていない。

したがって，既存のデータだけで作物生産量の評価・予測することは困難であり，環境変化に対応した条件で実験を行う必要がある。このように，環境変化に伴う農業生態系の変化と適応を評価・予測することが急務である。

このような背景のもとで，地球環境の変化に伴う農業生態系の変化と適応に関する研究をねらいとしたエコトロンが平成3年3月に農業環境技術研究所に建設された。

本稿では，施設の概要，制御システムと研究内容について紹介する。

本施設は，大別して①ガラス温室，②制御・監視室，③ $\text{CO}_2$ ボンベ室で構成されている（写真1および図1）。

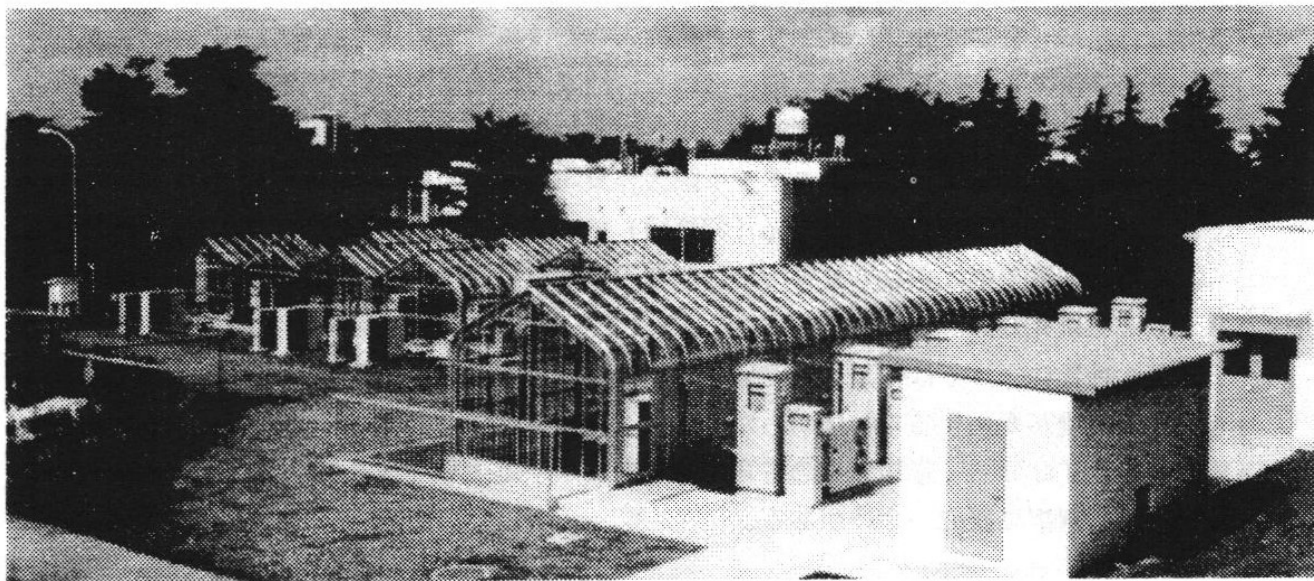


写真1 エコトロンの全景

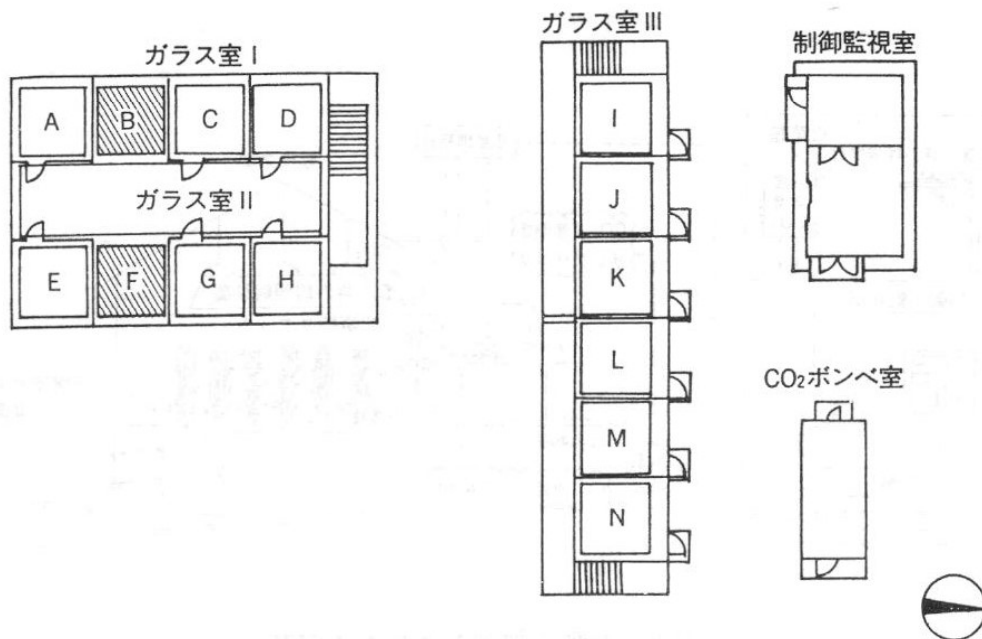


図1 施設の配置図

表1 施設の概要

室名	環境条件	室数
ガラス室 I・II	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外気温追従 (外気+0~5℃:年間)</li> <li>・CO<sub>2</sub>濃度制御 (~1000ppm)</li> </ul>	6室
ガラス室III	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外気温追従 (外気+0~5℃:年間)</li> <li>・任意設定制御 (冬季:10~20℃, 夏季:25~40℃)</li> <li>・CO<sub>2</sub>濃度制御 (~1000ppm)</li> <li>・紫外線の制御 (15W*12灯/室)</li> </ul>	6室
制御監視室	<ul style="list-style-type: none"> <li>・記録装置、制御監視盤、室内空調機</li> </ul>	
CO <sub>2</sub> ポンベ室	<ul style="list-style-type: none"> <li>・30kgポンベ10本を2連収容</li> </ul>	

ガラス室は高さが3mであり、縦・横3m、深さ1mの大型ライシメータの上に設置されている。その特徴は、①気温、CO<sub>2</sub>濃度、紫外線量に加えて土壌水分を自在にコントロールできること、②より圃場条件に近い状態で、作物栽培実験を行うことができることである。

12あるガラス室のそれぞれについて、気温は、冬季:5~20℃、夏季:25~40℃に、CO<sub>2</sub>濃度は350~1000ppmの範囲で設定できる。さらに温度とCO<sub>2</sub>濃度の制御はマイクロコンピュータで制御・監視できるように設計されている(表1および図2)。マイクロコンピュータは、データロガーやアナロ

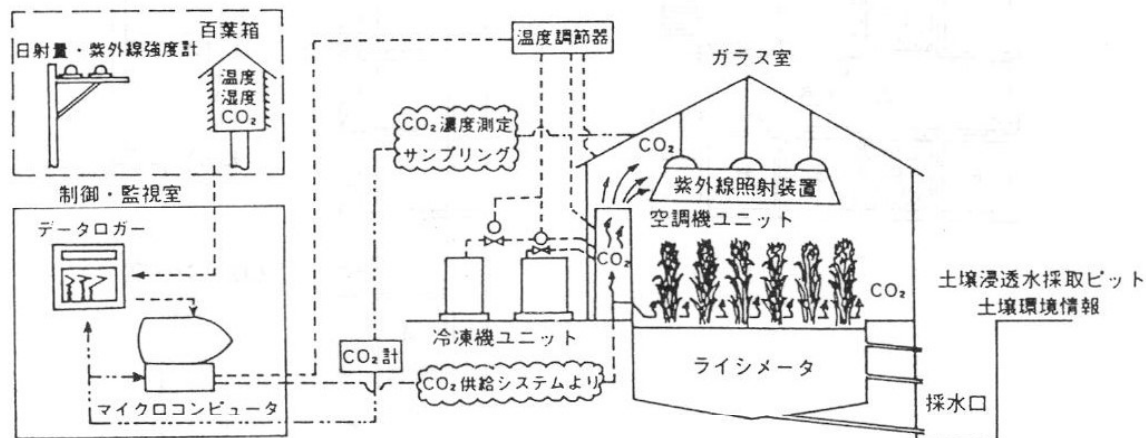


図2 計測・制御システムの概要

グ記録計を経て転送される気温、湿度、CO<sub>2</sub>濃度、日射量、紫外線量などの野外測定データをもとに、温度調節器およびCO<sub>2</sub>コントローラに制御の目標値データを指示する。

その制御方式には、各室を個別に制御するローカルモードとコンピュータによって集中して制御するリモートモードがある。リモートモードでは、①シミュレーションプログラム、②測定機器追従および③これらの併用の3方式がある。

シミュレーションプログラム制御では、日気温変化や日CO<sub>2</sub>濃度変化を月別にプログラミングすることにより、北海道、関東、九州などといった各地域の気温とCO<sub>2</sub>濃度変化を再現できる。また、測定機器追従制御では、その時々々の外気の温度より1~5℃高くしたり、CO<sub>2</sub>濃度を現在の大気より数倍高い濃度に行うことができる。さらに、併用制御では、例えば、現在の気温より1~5℃高くしつつ、CO<sub>2</sub>濃度を350~1000ppmの範囲で一定に保つなどの制御が可能である。

以下に制御の具体例を示す。

図3は、1991年12月20日の冬季におけるリモートモードを用いた測定機器追従（外気温+2℃）の例である。図4は、同制御による1992年8月7日の夏季の例である。冬季および夏季ともによく、外気温+2℃の設定に制御されていることが分かる。

図5は、リモートモードを用いたガラス室のCO<sub>2</sub>濃度の制御例である。このガラス室のCO<sub>2</sub>濃度制御は、測定機器追従（大気中CO<sub>2</sub>濃度+350ppm）に設定されている。1991年6月1日12時10分から翌朝9時10分までの大気中CO<sub>2</sub>濃度+350ppmの平均濃度は672ppmであり、5分毎の実測CO<sub>2</sub>濃度の平均は641ppmで、かなり高精度に制御されていることが分かる。

図6は、シミュレーションプログラムによってガラス室内のCO<sub>2</sub>濃度を24時間650ppmに制御した例である。1991年6月1日13時45分から翌朝10時40分までの実測CO<sub>2</sub>濃度の平均は675ppmであり、このガラス室の制御もかなり高精度で制御されていることが分かる。

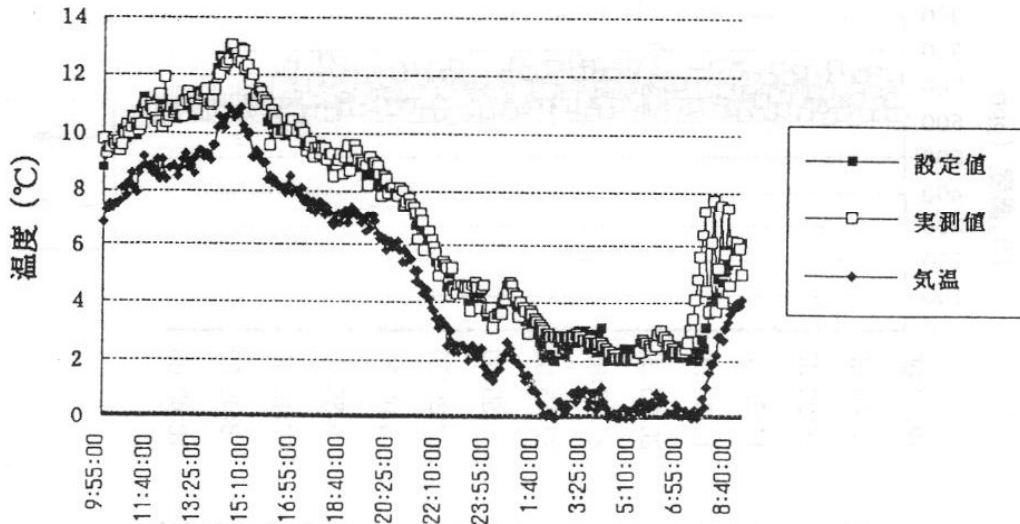


図3 冬季におけるリモートモードを用いた温度の制御例 (1991年12月20日)  
測定機器追従：外気温+2°C

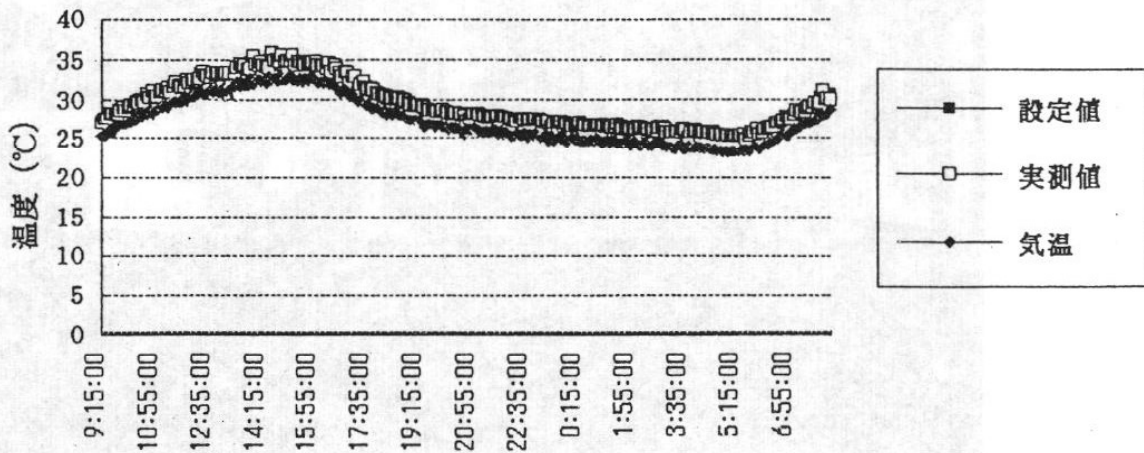


図4 夏季におけるリモートモードを用いた温度の制御例 (1992年8月7日)  
測定機器追従：外気温+2°C

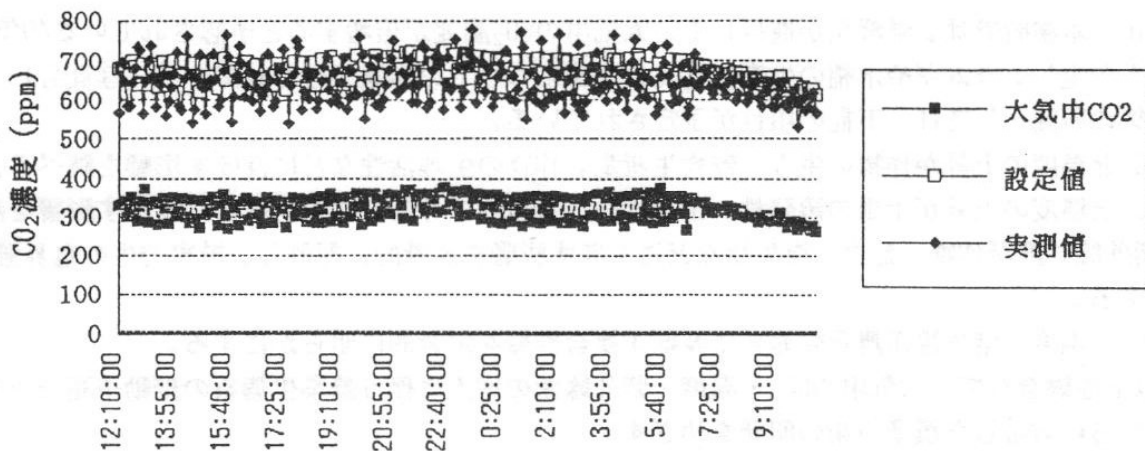


図5 リモートモードを用いたCO<sub>2</sub>濃度の制御例  
測定機器追従：大気CO<sub>2</sub>濃度+350ppm

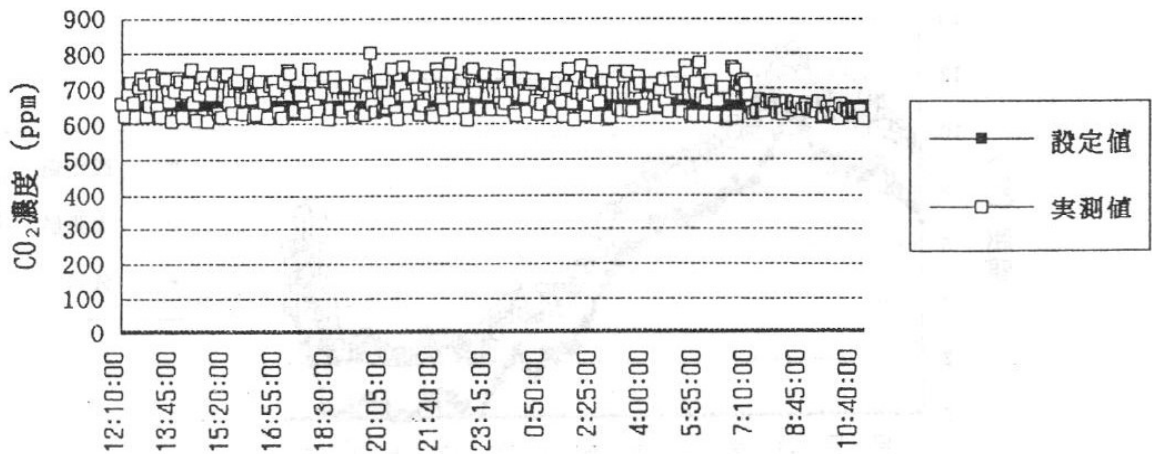


図6 シミュレーションプログラムによるCO<sub>2</sub>濃度制御例  
24時間650ppm制御

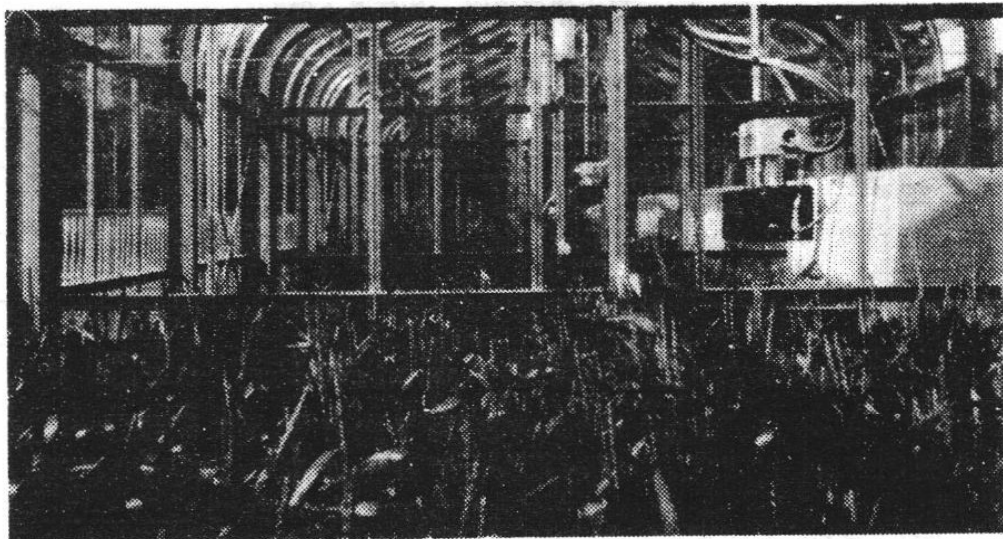


写真2 高温・高CO<sub>2</sub>濃度時の小麦の生育実験を示す

現在、本施設では、温暖化が進行して、大気中のCO<sub>2</sub>濃度が倍増すると予想されている40年後の環境条件を設定し、コムギや水稲の生育に与える影響についての実験が行われている（写真2）。

今後の研究としては、下記の項目が予定されている。

- (1) CO<sub>2</sub>と温度の上昇が作物の生育・乾物生産量，作物の生理活性などに及ぼす影響を調べる。
- (2) CO<sub>2</sub>と温度の上昇が土壌の蒸発量，土壌水分，有機物の分解，微生物などに及ぼす影響を評価する。
- (3) 紫外線強度が作物，昆虫，微生物などに及ぼす影響を定量的に評価し，被害発生の臨界強度を明らかにする。
- (4) CO<sub>2</sub>・温度・紫外線が農業生態系に及ぼす複合影響を定量的に明らかにする。
- (5) 以上を総合して，大気中のCO<sub>2</sub>・温度・紫外線量の増大に伴う農業生態系の変動予測モデルの構築やこれらに対応した農業技術の開発をめざす。

本研究所では，このように，エコトロンを使ってCO<sub>2</sub>濃度が2倍になると予測されている2030年頃に，農業生態系がどんな影響を受けるかということについて予測モデルを作り，これらに対応できる新しい農業技術の開発を進めている。



# 農業気象の測器と測定法

編集；日本農業気象学会関東支部(編集代表；久保祐雄)  
執筆；農業気象専攻15氏

A5版上製344ページ(図160, 表70) 定価3,200円 送料300円

気象は一般生活はもちろん、農業生産にも多大な影響を与え、気象要素の追跡や確認なしでは安定生産や生産要因の解明も至難となります。

本書は、近年進歩している農業気象用測定機器と、それらを使用しての農業気象測定法の基礎と応用について平易に解説したものです。農業生産に関係する各分野座右の書として広くご活用いただけるものです。

ご注文は下記へ直接または最寄りの書店へお願いします。

〒114 東京都北区西ヶ原1-26-3 (財)農業技術協会

## 創立40周年記念シンポジウムの開催予告

日本農業気象学会関東支部は、来年、創立40周年を迎えます。その記念事業として、下記のシンポジウムを開催することに致しましたのでお知らせ致します。

## 2010年の都市農業を考える -- 農業気象の立場から --

内容予定

1. 農業における情報活用の将来
2. 有機農業の将来
3. 野菜工場(バイオテクノロジー農業、苗工場)の将来
4. その他

開催時期

平成5年11月(予定)

開催場所

千葉大学園芸学部(予定)

## 関東支部1992年度例会のご案内

日 時：1992年11月25日(水)

会 場：電力中央研究所我孫子研究所

〒270-11 千葉県我孫子市我孫子1646 Tel 0471-82-1181(代)

交 通：JR我孫子駅から電力中央研究所までは、

路線バス 8:41発

電中研マイクロバス 9:10発 9:40発

を利用することができます。

食 事：昼食の弁当の予約を受け付けます。希望者は下記事務局までハガキで11月16日必着でお申し込み下さい(評議員、理事の食事は用意します)。

その他：(1)研究発表は、発表10分、質疑応答2分の合計12分です。

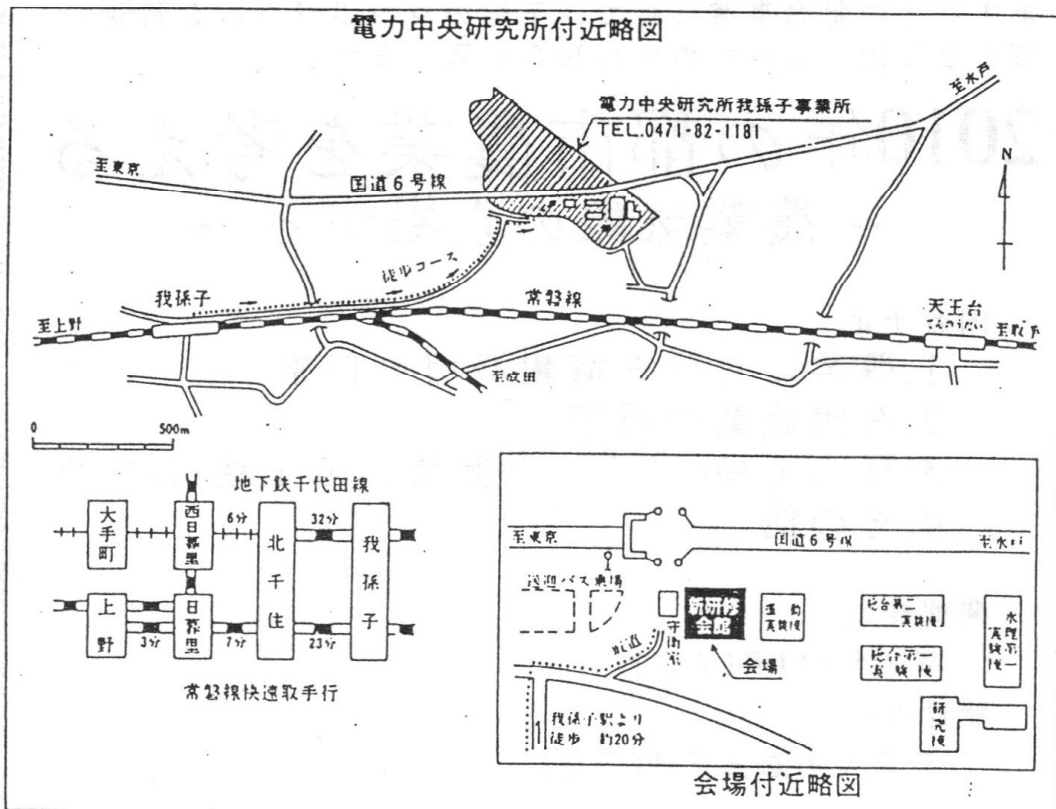
(2)耕地気象改善部会が同時開催されます。

(3)関東支部例会実行事務局は、

〒271 千葉県松戸市松戸648 千葉大学園芸学部緑地気象研究室内

日 程：

- 10:00 一般研究発表
- 11:50 昼食、理事・評議員会
- 12:30 所内見学会
- 13:30 一般研究発表
- 14:50 休憩
- 15:00 耕地気象改善部会
- 17:00 特別講演(電力中央研究所 岡野利明氏)
- 17:30 総会
- 18:00 懇親会



## 一般研究発表

### 午前

1. 温室冷房負荷の軽減に及ぼす換気の影響 ----- (26)  
山本雄二郎(電力中央研究所)
2. 培養液中の窒素形態を変えた場合のハネギの生育 ----- (28)  
寺添斉(電力中央研究所)
3. 育苗施設の環境制御システム ----- (30)  
蘭田誠((株)園芸施設研究所)
4. 小雨による農業気象災害 ----- (32)  
小柴厚(気象庁産業気象課)
5. 中国トルファンの夏季における防風施設の影響 ----- (34)  
真木太一(熱帯農研)、潘伯榮、  
閻国榮(中国科学院, 新疆生物, 土壤沙漠研)
6. 南西諸島の防風林の特徴と防風・防潮効果 ----- (37)  
原園芳信(農環研)、寺内方克(熱帯農研沖縄)
7. 人工酸性雨による樹木の可視害発現状況 ----- (43)  
小林卓也、松村秀幸、河野吉久(電力中央研究所)、  
藤本威(サンケイ理化株式会社)
8. 防霜ファンを利用したキャベツ寒害対策の検討 ----- (45)  
五十嵐大造(神奈川県園芸試験場三浦分場)、原園芳信(農環研)
9. 温度条件がコマツナ幼苗の低温抵抗性に及ぼす影響(予報) ----- (47)  
村井麻里、中山敬一、今久、松岡延浩(千葉大園芸)

### 午後

10. ダイズ群落内外の短波放射量と光量子の測定 ----- (49)  
鮫島良次(農業研究センター)
11. トウモロコシの気孔抵抗と蒸散速度の変動特性に関する研究 ----- (51)  
千貴瑞(瀋陽農業大学)、中山敬一、今久、松岡延浩(千葉大園芸)、  
松村秀幸(電力中央研究所)
12. 高原キャベツの気象的生育モデルの開発 ----- (53)  
小林和弘(群馬県農業総合試験場)
13. 1991、1992年群馬県産小麦の作柄と気象 ----- (55)  
高橋行継(群馬県伊勢崎農業改良普及所)
14. サツマイモ裂開症の発生に及ぼす気象の影響 ----- (57)  
猪野誠(千葉県農業試験場)
15. 昼夜温がトウガラシの落花におよぼす影響 ----- (59)  
高垣美智子(千葉大園芸)

## 温室冷房負荷の軽減に及ぼす換気の影響

山本雄二郎（電力中央研究所・我孫子研究所）

### 1. はじめに

温室は植物を育てる空間であり、その冷房は人に対する快適空間の創造を目的とする住居やオフィスの冷房とはおもむきを異にしている。温室では入射熱の大半が植物や地面からの蒸発潜熱に消費されているが、住居などでは特殊な目的に供されている空間を除き、蒸発潜熱の占める割合は小さい。

冷凍機による温室の冷房では、内外空気の交換をできるかぎり遮断した状態で行う考え方が支配的で、夏期夜間などの冷房に際しては理にかなっている。しかし、昼間の冷房にも適用すると、大量の潜熱のほとんど全部を冷凍機によって取り除く必要がある。一方、換気しながらの冷房温室では潜熱の一部を外気へ放出することが可能で、換気に伴う放出潜熱量が導入顕熱量よりも大きい場合、換気しながらの冷房は冷房負荷の軽減に寄与するものとみられる。

### 2. 冷房中の密閉温室と換気温室内空気の熱収支

両温室は冷房され、地面から代表高さの気温が外気温よりも低い同じ温度に維持されているものとする。さらに、両温室の床面には健全な植物が均一な密度で生育しているものとする、両温室内空気の熱収支は定常状態のもとで次のように表される。

$$\ell ET_1 + S_1 + H_1 = Q_1 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \ell ET_2 + S_2 + H_2 - \ell v_{e,n} (A_{i,n} - A_{o,u}) \\ - C_p v_{e,n} (\theta_{i,n} - \theta_{o,u}) \\ - C_v v_{e,n} (\theta_{i,n} A_{i,n} - \theta_{o,u} A_{o,u}) = Q_2 \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 $ET$  : 蒸発散量 ( $\text{kg m}^{-2}\text{min}^{-1}$ )

$S$  : 温室内地面、植物、構造物からの顕熱伝達量 ( $\text{kcal m}^{-2}\text{min}^{-1}$ )

$H$  : 被覆材を通した外気からの顕熱伝達量 ( $\text{kcal m}^{-2}\text{min}^{-1}$ )

$Q$  : 冷房負荷 ( $\text{kcal m}^{-2}\text{min}^{-1}$ )

$\theta_{i,n}$  : 室内気温 (K)

$\theta_{o,u}$  : 外気温 (K)

$A_{i,n}$  : 室内空気の絶対湿度 ( $\text{kg kg}^{-1}$ )

$A_{o,u}$  : 外気の絶対湿度 ( $\text{kg kg}^{-1}$ )

$\text{kg}'$  は湿り空気中のかわき空気 1 kg を表す。

$C_p$  : かわき空気の定圧比熱 ( $\text{kcal kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ )

$C_v$  : 水蒸気の定圧比熱 ( $\text{kcal kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ )

$v_{e,n}$  : 換気量 ( $\text{kg m}^{-2}\text{min}^{-1}$ )

$\ell$  : 水の気化潜熱 ( $\text{kcal kg}^{-1}$ )

両式で添字 1 は密閉温室、2 は換気温室を表す。(1) 式によると、密閉温室では、 $\ell ET_1$  のほとんど全部を冷凍機によって凝結水として除去する必要があるのに対して (2) 式によると、換気温室では一部を外気へ放出することができる。

(1)、(2)式で $ET_1 = ET_2$ 、 $S_1 = S_2$ 、 $H_1 = H_2$ とし、 $(A_{i,n} - A_{o,n}) = \Delta A$ 、 $(\theta_{i,n} - \theta_{o,n}) = \Delta \theta$ 、 $(Q_1 - Q_2) = \Delta Q$ とすると、

$$\Delta Q = v_{o,n} \{ \ell \Delta A + C_p \Delta \theta + C_v (\theta_{i,n} A_{i,n} - \theta_{o,n} A_{o,n}) \} \quad (3)$$

と表せる。(3)式の第3項は内外空気の交換に伴う水蒸気の顕熱交換量で、前2項に比べて無視できるほど小さく、常に負の値をとる $C_p \Delta \theta$ を $\ell \Delta A$ が埋め合わせて $\Delta Q$ が正の値をとるとき、換気しながらの冷房の方が冷房負荷の軽減の上で有利になるものとみられる。

(3)式のカッコ内が温室内外空気のエンタルピー差を表していることに注目すれば、外気のエンタルピーに対して室内のエンタルピーが大きい場合に、換気が冷凍機の負担を軽減する。これは空調の基本原理に沿っており、とくに目新しいことではないが、温室という植物を健全に育てる空間の冷房に際して留意しておく必要がある。

### 3. 夏期昼間の相対湿度の実態

Table 1は全国的に猛暑となった1990年8月の全国気象表から、北海道を除く8地点の日最高気温とその日の最低相対湿度を上位から10番目まで抽出したものである。これによると、高温多湿とされるわが国の盛夏でも気温が30℃を大幅に越えるようになると、相対湿度は50%を下回る場合が多くなり、中には20%を記録している事例もみられる。

Table 1 Daily Maximum Air Temperature and Minimum Relative Humidity in August 1990

St. Rank.	Sendai	Maebashi	Niigata	Shizuoka	Nara	Hiroshima	Kochi	Kagoshima
①	35.6°C39%	37.5°C39%	35.2°C49%	37.0°C36%	37.4°C33%	36.1°C41%	35.8°C46%	36.5°C37%
②	35.0 43	37.0 27	33.5 51	36.4 35	37.1 20	35.9 38	35.8 45	35.7 45
③	35.0 45	37.0 43	33.1 46	35.6 41	36.4 40	35.8 51	35.6 43	35.4 44
④	34.0 36	36.2 31	33.0 59	33.7 39	36.3 45	35.7 44	35.1 46	35.2 36
⑤	33.7 37	36.1 40	32.3 49	33.3 51	36.1 22	35.5 42	34.7 51	35.2 42
⑥	33.2 51	36.1 41	32.3 49	33.0 54	35.2 40	35.4 44	34.0 46	34.4 40
⑦	32.7 33	35.8 44	32.2 45	32.8 60	35.2 43	35.4 45	33.9 50	34.3 45
⑧	32.7 61	35.8 46	32.0 54	32.3 65	35.2 45	35.3 48	33.9 52	33.9 47
⑨	32.4 57	35.0 47	32.0 59	32.0 59	34.9 49	35.2 50	33.8 53	33.8 50
⑩	31.8 60	34.8 52	31.5 39	31.9 56	34.8 52	35.0 52	33.5 52	33.8 53

林ら(1983)は温室用ヒートポンプの周年利用に着目して、夏期夜間の冷房と湿度制御をかねたヒートポンプ容量決定のための冷房負荷の算定について詳細に検討し、冷房時の熱貫流率が暖房時の1/3にも低下することを指摘している。これは温室の気密性を上げることによって、暖房設計に基づいて導入された容量のヒートポンプは、夏期の夜間冷房と除湿に十分対応できることを示している。

最近、暖房用にヒートポンプを導入したコショウラン温室で、夏期昼間に天窓を開いたまま冷房運転している事例がみられるが、経験的に冷房負荷の軽減を図っているのかも知れない。今後、換気しながらの温室冷房の実際について検討していきたい。

培養液中の窒素形態を変えた場合のハネギの生育  
寺添 齊（電中研・生物部）

1. はじめに

ハネギは、おもに関西で栽培されてきたネギの一種である。近年、ブランド化が行われ、各地で水耕による栽培が増加している。生食に利用するため、外観によって商品価値が左右される。ハネギの水耕栽培において、葉先が枯れる現象（葉先以外は健全）が認められ問題となっている。原因として、培養液中の亜硝酸態窒素の影響、カルシウム不足などがいわれているが、明らかになっていない。本試験では、培養液中の窒素形態を変えることが、ハネギの生育および先枯れの発現に及ぼす影響を調べた。

2. 材料と方法

【栽培条件】材料はハネギの夏っこ（トキタ種苗）を用いた。ウレタンに5～7粒播種し、21日間育苗した。1/50007- $\mu$ のワグネルポットに4個のウレタンを定植した。明期は12時間で、気温は明期25℃、暗期20℃とした。【実験条件】標準組成の圃試処方から窒素分を抜いた培養液を作成し、それに表-1に示した比率になるように硝酸ナトリウム、硫酸アンモニウム、亜硝酸ナトリウムを添加した。ただし、いずれの区においても全窒素量は、16me/lになるようにした。培養液には蒸留水を用い、液量は3lとした。培養液のpHとECは週2回測定したが、培養液の減少分を蒸留水で補給する以外は調節しなかった。

3. 結果および考察

培養液中の窒素形態を変えた場合のpHの経日変化を図-1に示す。硝酸態のみの実験区のpHは、8.5程度まで高まった。アモニア態のみの実験区のpHは、3.5程度まで低下した。亜硝酸態のみの実験区のpHは、6程度で推移した。硝酸態とアモニア態を組合わせた処理では、アモニア態の比率が25%以上の区で、pHが3.5まで低下した。しかし、アモニア態の比率が9%の区では、pH6程度で推移した後、pH8.5まで高まった。アモニア態と亜硝酸態を組合わせた処理では、亜硝酸態の比率が9%の実験区のpHが、処理開始後30日から急激に低下し、pH3程度に達した。しかし、他の実験区は、ほぼ一定値で推移した。一方、硝酸態と亜硝酸態を組合わせた処理では、比率に関係なくpHはほぼ一定であった。以上のことから、培養液中にアモニア態窒素が存在する場合、ハネギは優先的に吸収し培養液のpHが低下すると考えられた。また、亜硝酸態窒素が25%以上存在する場合、pHはほとんど変化しなかった。

培養液中の窒素形態を変えた場合のハネギの生育を表-2に示す。硝酸態のみの実験区を対照区に設定した。硝酸態とアモニア態を組合わせた処理では、対照区に比べ、アモニア態の比率が9%の区では生体重、草丈ともに増加したが、アモニア態の比率が25%以上の区では、比率が高くなるのに伴って生体重、草丈が小さくなった。硝酸態と亜硝酸態を組合わせた処理では、亜硝酸態の比率が25%以下の区で対照区と同程度の生育であった。しかし、亜硝酸態の比率が50%以上の区では、ほとんど生育しなかった。また、アモニア態と亜硝酸態を組合わせた処理では、すべての区で生育は著しく劣った。硝酸態、アモニア態、亜硝酸態を同じ比率にした区では、対照区と同程度の生育を示した。

ハネギの葉先枯れの発生は、すべての実験区で認められた。このうち、アモニア態または亜硝酸態の比率が50%を超える組み合わせの実験区は、生育が著しく阻害されたことによる植物体全体の枯れであり、葉の先枯れではないと考えられた。他の処理区では、最後に出葉した葉の先は枯れずに、以前に出葉した葉の先が枯れているのが観察された。

4. まとめ

ハネギは培養液中のアモニア態窒素を優先的に吸収することから、アモニア態窒素の比率が高い場合、pHの低下を引き起こし、生育が低下した。しかし、アモニア態を全窒素量の10%程度加えることは生育を促進すると考えられた。また、亜硝酸態の比率が50%を超える場合、著しく生育が阻害された。しかし、実際の栽培では亜硝酸態窒素が全窒素量の50%に達することはなく、問題はないと考えた。葉先枯れの発生は、施用した窒素形態に関係なく発生したことから、葉先枯れの直接の原因ではないと考えられた。

表-1 実験区の窒素形態の組合せと比率

実験区	比率	実験区	比率	実験区	比率
NO <sub>3</sub> のみ		NO <sub>2</sub> のみ		NH <sub>4</sub> のみ	
NO <sub>3</sub> :NH <sub>4</sub>	10: 1	NO <sub>3</sub> :NO <sub>2</sub>	10: 1	NH <sub>4</sub> :NO <sub>2</sub>	10: 1
NO <sub>3</sub> :NH <sub>4</sub>	3: 1	NO <sub>3</sub> :NO <sub>2</sub>	3: 1	NH <sub>4</sub> :NO <sub>2</sub>	3: 1
NO <sub>3</sub> :NH <sub>4</sub>	1: 1	NO <sub>3</sub> :NO <sub>2</sub>	1: 1	NH <sub>4</sub> :NO <sub>2</sub>	1: 1
NO <sub>3</sub> :NH <sub>4</sub>	1: 3	NO <sub>3</sub> :NH <sub>4</sub> :NO <sub>2</sub>	1: 1: 1		
NO <sub>3</sub> :NH <sub>4</sub>	1:10				

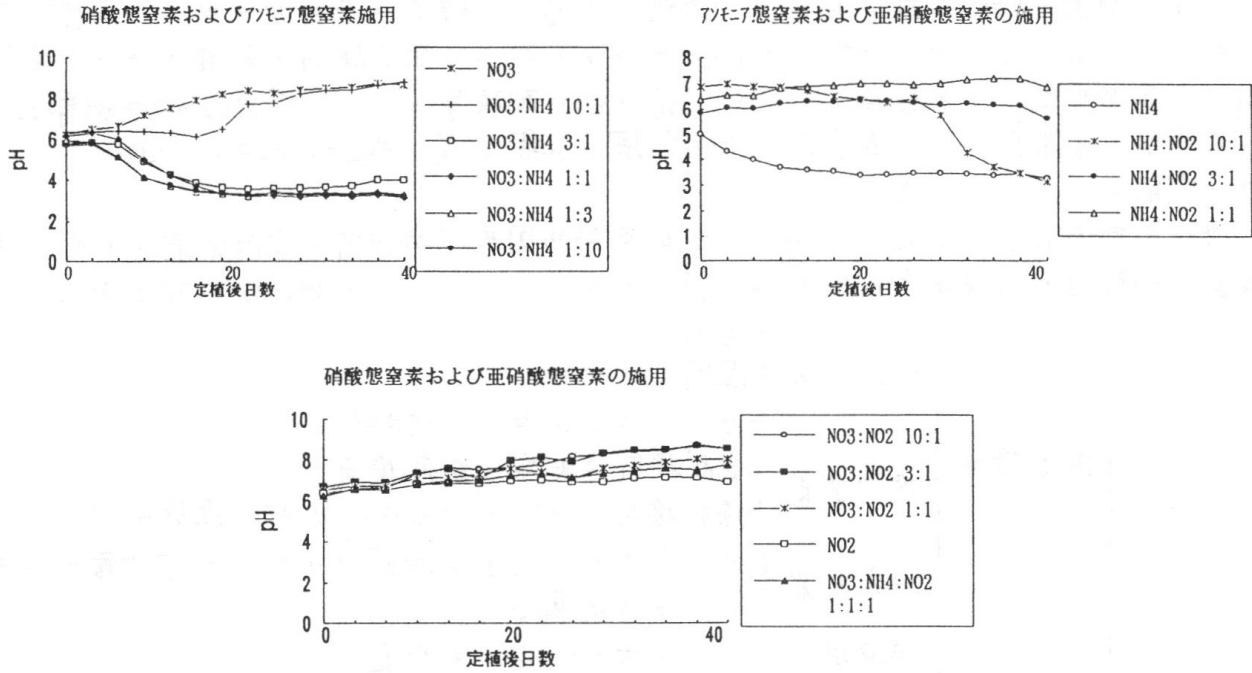


図-1 培養液中の窒素形態を変えた場合のpHの経日変化

表-2 培養液中の窒素形態を変えた場合のハネギの生育

実験区	生体重 (g)	草丈 (cm)	実験区	生体重 (g)	草丈 (cm)
NO <sub>3</sub> のみ	6.23	47.4	NO <sub>2</sub> のみ	0.79	19.5
NO <sub>3</sub> :NH <sub>4</sub> 10: 1	8.11	51.5	NO <sub>3</sub> :NO <sub>2</sub> 10: 1	5.05	45.5
NO <sub>3</sub> :NH <sub>4</sub> 3: 1	4.44	41.5	NO <sub>3</sub> :NO <sub>2</sub> 3: 1	5.86	47.3
NO <sub>3</sub> :NH <sub>4</sub> 1: 1	3.03	34.9	NO <sub>3</sub> :NO <sub>2</sub> 1: 1	2.18	28.6
NO <sub>3</sub> :NH <sub>4</sub> 1: 3	1.45	23.5	NO <sub>3</sub> :NH <sub>4</sub> :NO <sub>2</sub> 1:1:1	6.48	43.2
NO <sub>3</sub> :NH <sub>4</sub> 1:10	0.88	16.7			

# 「育苗施設の環境制御装置(蒸風ミニハウスシステム)」の開発

苗田誠 (株式会社園芸施設研究所)

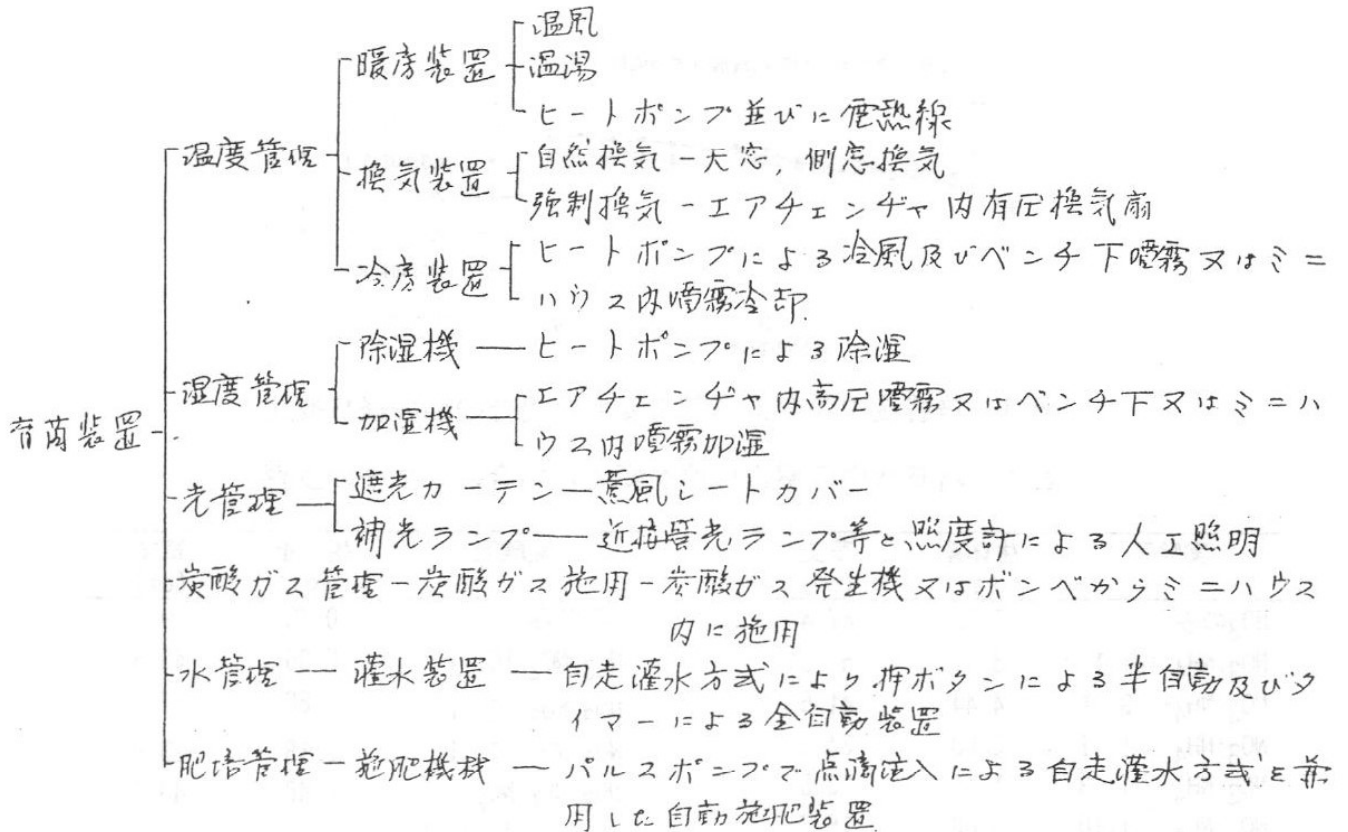
## 1. はじめに

最近の植物バイオテクノロジーによる新品種の組織培養・細胞培養やセル成型苗利用による大量生産技術は、現在施設園芸業界の最も厳しい環境における生き残り策として業界各方面の努力により急速な発展を遂げつつある。

これらの育苗・順化工程において、未熟の状態から健全な苗を育てるため各種の環境シヨックを和らげ、光合成能力を向上させると共に、生育期間の短縮をはかる方策に加え、高所空調による超省エネルギー化や休日解放策としての全自動化等永年にもたたり開発努力を結集して「新育苗・順化装置」の集大成に成功したものである。

## 2. 蒸風ミニハウスの内容

豊水省野菜茶葉試験場の資料による日本施設園芸協会刊行の育苗装置の手引にある装置の全項目の管理は次に示す様に当システムによって全て達成が可能である。



## 3. おわりに

筆者は機械装置特に空調関係の技術者出身で、二十数年前より温室メーカーにおいて温室及び内部設備の設計施工に携わり、特に温室内環境において最も難問題である夏季の冷房装置の周りに永年にわたり研究を続け、水の気化潜熱利用の冷却システムやヒートポンプ等機械の利用等を具体的に実用温室において実証を行ない、その後蒸風ハウスや蒸風ミニハウスシステムの周知や灌水、施肥や補光等の自動化を追加し、さらに最近潜熱と顕熱の相乗作用による冷房、加湿の装置の完成に至ったものである。



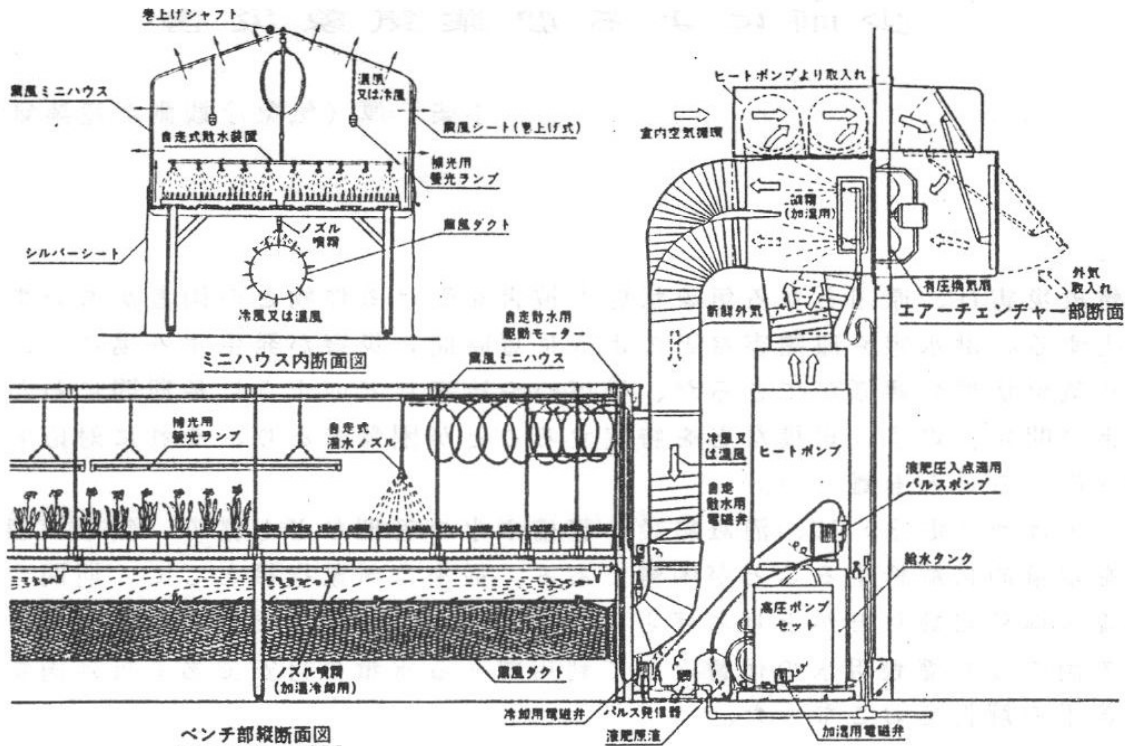


図1 薫風ミニハウスシステム断面図

表1

●局所空調栽培 薫風ミニハウスシステムの方法及び効果

時季	方法	効果
年中(通風)	植物の間を下方から上方に微風が流動し、CO <sub>2</sub> やO <sub>2</sub> が供給される。	温・湿度ムラが解消し、生育促進、病害発生防止
夏季(冷房)	昼間…遮光した温室内に外気を導入し、ベンチ下の高圧噴霧気化及びヒートポンプで冷風発生(局所冷却) 夜間…ヒートポンプで冷風循環(ミニハウス内)	高温生育障害防止 省エネ局所冷却
冬季(暖房)	ヒートポンプまたは温風暖房機でミニハウス内のみを加温、温水暖房の場合、カーテン内上部暖気をエアチェンジャーで吸入。ベンチ下よりダクトで吹き出す。	省エネ技群 温度ムラ解消
室内多湿時(除湿)	ヒートポンプと薫風ダクトでミニハウス内を通風除湿	病害発生防止 室内環境改善
室内乾燥時(加湿)	エアチェンジャー内のノズルで加湿。またはベンチ下より噴霧加湿。	水滴ボタ落ちがな 生育促進

表2

●空調栽培以外の薫風ミニハウスシステムの利用法と効果

区分	施用方法	効果
自動灌水	育苗、順化装置や鉢物の灌水は、自走式灌水装置により、半自動では目視で押ボタン、休日等には時間と往復回数の設定により全自動で自走灌水を行う。	自動的に上部よりムラなく灌水するため休日でも安心して休める
自動施肥	育苗、順化装置や鉢物の液肥施用は上記の自走式灌水装置を利用パルスポンプにより、点滴圧入を正確に行う。	小範囲に経済的な液肥施用が自動的にできる
CO <sub>2</sub> 施用	エアチェンジャー内の噴霧ボックス部より吹き込み、薫風ダクトを通じミニハウス内植物に施用する。	ミニハウス内のみ経済的に葉面裏を経て均一に施用できる
無人防除	ミニハウス内に高圧噴霧薬剤散布を行い、局所的な防除を実施する。この際、自走式灌水装置のノズルを高圧に取り換え活用する。	局所経済的で無人防除中でもハウス内に出入可能
人工照明補光	通常は天然光を利用するが、雨天、曇天等で照度不足の場合などは照度計により自動的に近接蛍光灯により補光する。	日照不足による光合成の減少を補い、生育促進を加速できる

(備考) 以上は育苗や鉢物栽培に全て設置可能なオールマイティ装置であるが「顧客」のご要求や予算のご都合により、この組合せは自由であり、ご要望により設計、見積を致します。

# 少雨による農業気象災害

小柴 厚（気象庁観測部産業気象課）

## はじめに

農業気象災害は、原因となる気象状態と被害を受ける作物との両者があいまって災害が発生する。洪水害や凍霜害などのように短時間に災害が発生する場合は、比較的たやすく気象状態の評価ができるが、干ばつや冷害などのように長期間にわたる場合は、災害の開始、終了、規模などを特定することが困難であり、それに対応する気象状態を評価することも難しい。

特に、干ばつ（渇水）は、灌漑施設の整備や水の管理なども絡み、気象状態と災害の関係を定量的に解析することが困難である。従来は気象指標として、期間合計降水量や無降水継続日数などがとりあげられてきた。少雨の指標として、田や畑などの圃場に降る雨のうち灌漑用水の代替として利用できる水量の目安である有効雨量をとりあげ、若干の解析をおこなった。

## 1 有効雨量とその概略的特性

有効雨量は、日降水量5mm未満を無効、5mm以上はその80%、上限を60mmとして計算した。全国の気象官署の年有効雨量の平均（1961年から1990年の30年間）を図1と図2に示す。図1は、横軸に年降水量、縦軸に年有効雨量をとって官署ごとにプロットしたもので、1000mmから2000mmのあたりではほぼ直線的な関係にあることがわかる。図2は、年有効雨量と年降水量の比（X）と年有効雨量の変異係数（+）をプロットしたもので、横軸は年降水量、縦軸は比率である。年有効雨量の年降水量に対する比はほぼ70%、変異係数はほぼ20%である。

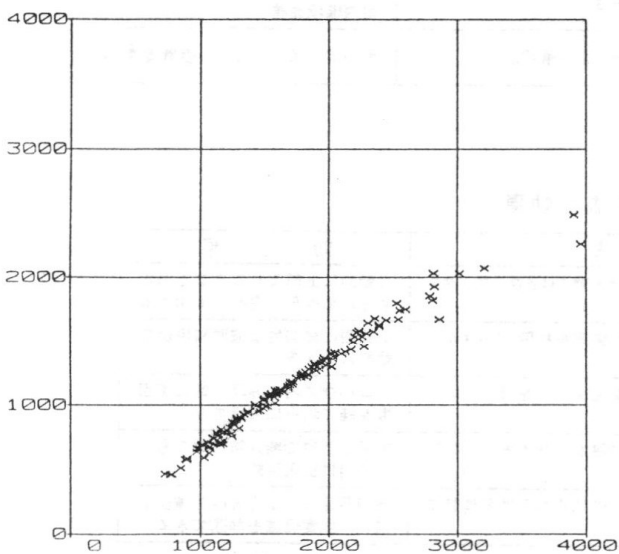


図1 年有効雨量と年降水量

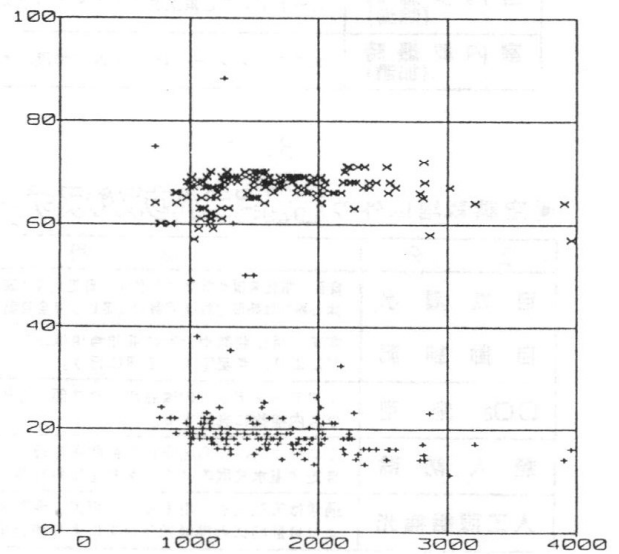


図2 年有効雨量の年降水量に対する比（X）と変異係数（+）

## 2 有効雨量の年変化

図3に有効雨量の半旬推移図の例（水戸地方気象台）を示す。図に示したのは「平年並」の上限と下限で、折れ線が降水量、線分で示したものが有効雨量である。上限についてみると、降水量で0mmとなることはないが、有効雨量は1月から2月にかけてと7月下旬で0mmとなっている。

## 3 少雨（少雪）による気象災害と有効雨量

図4に茨城県の少雨（少雪）も加わった災害の発生（○）と、降水量と有効雨量の5分位値（少ない方から＝、－、・、＋、＊記号で表示）による推移図（水戸のデータ）を示す。

降水は間欠性があり半旬程度では無降水となることが多く、有効雨量は日降水量5mm未満を無降水としていることから、0mmとなる半旬がさらに多くなり、5分位値表示では「かなり少ない」階級である「＝」が多くなる。災害発生時の推移をみると、降水量では「平年並」などとなっても、有効雨量が0mmのことが多い「＝」が継続しやすくなっていることが図から読み取れる。

## 4 検討

有効雨量は、日降水量から簡単に算出できる指標であり、条件設定もしやすく、干ばつや渇水につながる少雨の継続状況などの定量的な評価方法の改善が期待できる。

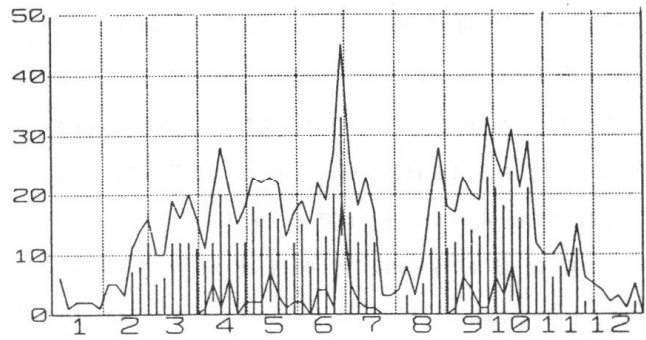


図3 降水量と有効雨量の半旬推移図

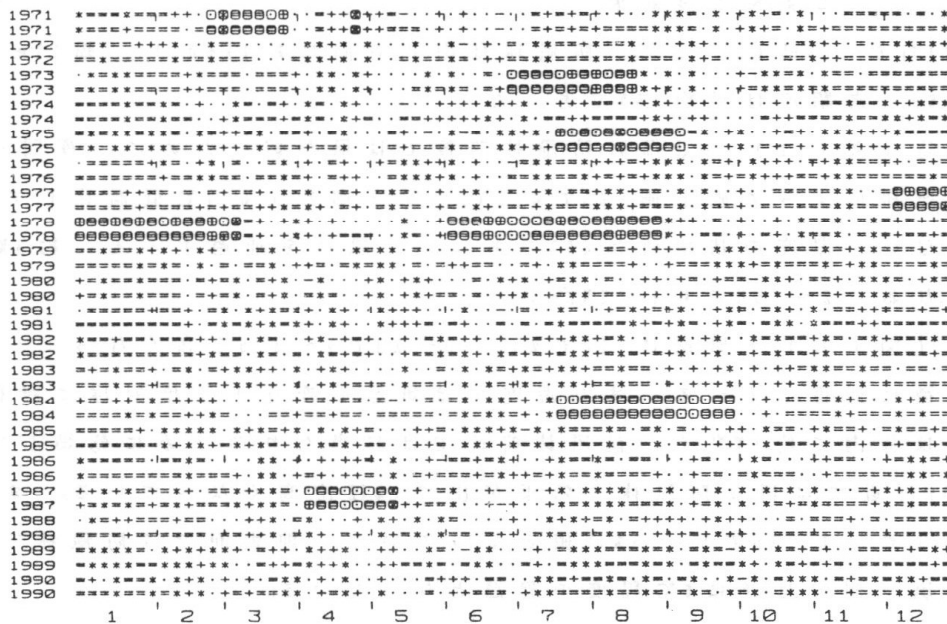


図4 少雨が原因の一つとなった気象災害（○）と降水量（上段）、有効雨量（下段）の推移図（少ないほうから、＝、－、・、＋、＊の5階級表示）

# 中国トルファンの夏季における 防風施設の影響

真木太一（熱帯農業研究センター・環境資源利用部）

潘伯榮・閻国榮（中国科学院・新疆生物土壤沙漠研究所）

## 1. はじめに

地球上の1/3を占める乾燥地域内の多くは水分不足状態での過開発、過放牧による砂漠化が問題になっており、強風に伴って発生する風食と堆砂に悩まされている。特にトルファン地域では降水量が少なく、夏季は異常に高温となり、風食地と砂丘地が多いため、強風に伴う砂の移動が激しい。この風食、堆砂対策として、タマリスク防風林および試験的に設定した防風ネットによる風食防止と気象改良効果を判定して、普及することを目的とする。

## 2. 観測結果および考察

### (1) トルファンの夏季の気候の特徴

トルファンの昨年6～8月の気候を見ると日最高気温40℃以上は6月に18日間、7月に24日間、8月に15～16日間であり、45℃以上は3ヶ月間で17日間、46℃以上は8日間、47℃以上が1日間であった。最高気温は7月9日に47.0℃、第2位は7月18日に46.6℃、第3位は7月27日に46.4℃であった。

10分間平均風速では7月13日に16.71m/s、6月24日に16.11m/s、8月6日に15.98m/s、瞬間風速は6月16日に21.3m/s、8月6日に20.9m/s、8月30日に20.7m/s、6月6日に20.3m/s、7月19日に20.1m/sであった。

6～7月には0.5mm以上の降水日はなかった。8月2日に2.0mm、8月9日に0.5mmであり、また、8月24日などに降雨はあったが0.5mmとして感知していなく、降雨日とはなっていない。6～8月降水量は2.5mmであった。

### (2) 防風林による気象改良効果

観測は8月24日6～18時に行った。防風林は南北方向に約1kmあり、幅11mのタマリスク樹で高さ4.6m、密閉度は平均85%であった。

① 8月24日6時（図1A）：気温は防風林前後では風が弱いために、夜間から早朝にかけては放射冷却によって風上側-2Hで0.6℃、風下側2Hで0.7℃低温化しているが、林内は低温ではない。湿度の基準値は46%であり、防風林を通過すると、約3%加湿効果が認められる。なお、2～10Hでも1～2%高い。

② 24日12時（図1B）：気温は-2Hで2℃、0～2Hで2～3.5℃高くなっているが、10Hでは原風の特徴に回復している。また湿度では気温の変化と丁度対称に変化しており、防風林の効果は林内で約1%高く、防風林前後では日当たりのために乾燥して1～1.5%低くなるが、10H付近では再び防風林の効果が出て1%程度高くなっている。また0～4H付近で逆風域となり、1～2Hで5～15%の値となっている。地表面では防風林で12～13℃低下しており、風下側では逆に6℃程度の昇温となっている。

③ 24日18時（図1C）：気温の変化形態は6時のそれと類似している。湿度では6時、12時の場合よりもさらに防風林の加湿効果が顕著であり、乾燥地での気象改良に有効

である。地表面温は12時の場合よりもやや変化が小さく、また風速は12時の場合と同様に効果範囲が広い。

④防風林の効果：低温時には気温、地表温の上昇、高温時には気温、地表温の低下が認められる。湿度では全期間とも加湿効果が認められる。風速は0～4H付近で逆風であり、5～20%の値を示している。-7～25Hでは条件によって減風し、-5～20Hでは平均的な効果範囲である。-2～10Hは半減風域である。タマリスク防風林は乾燥地において非常に優れた防風林であるといえる。

⑤林内の高温時の気象：砂漠の気象と防風林に囲まれた林内の気象と比較するとタマリスク防風林内の気象は一層効果が大きく出ている（図1の×印）。日中9～18時の平均の気温は0.8℃低く、湿度は3.5%高く、風速は2m/sの時に0.7m/sであり、相対風速は23%となっており、地表温は10.3℃低くなっている。防風林は気象緩和作用が大きい。

⑥防風林による堆砂状況：平均的な堆砂域は、防風林中央部で1.5mであり、5Hでは砂がなくなっている。この堆砂域は逆風域にほぼ相当するものであり、風速の観測では4Hまでの逆風域の結果とほぼ一致する。堆砂の多いところでは2.5mの高さがある。

### （3）防風ネットによる気象改良効果

防風ネットはPEラッセル網で高さ1.85m、密閉度はAネット40%、Bネット35%である。

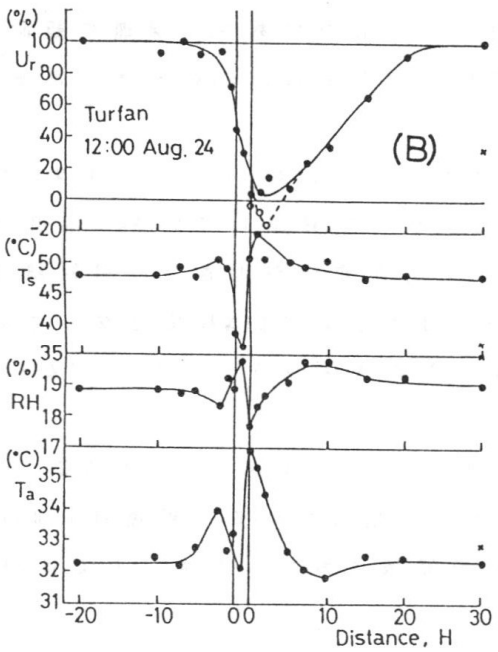
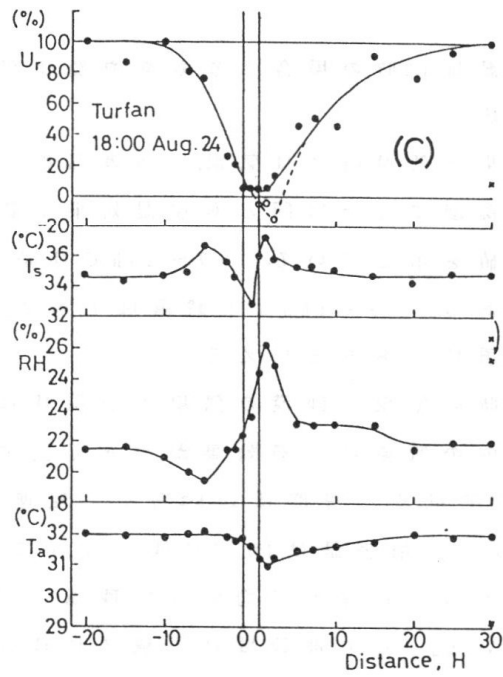
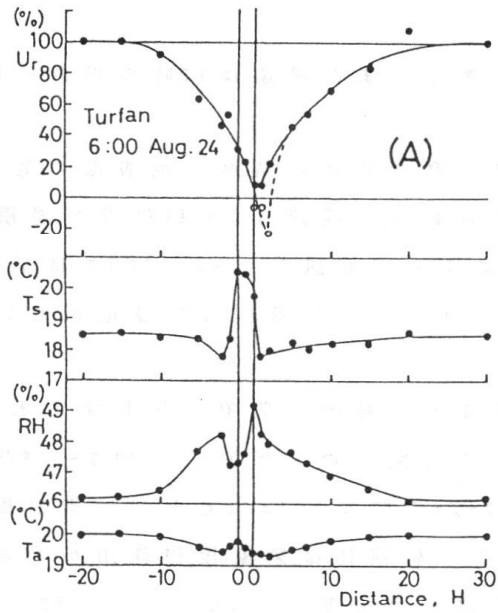
①8月24日6時（図2A）：：気温は0～5H付近まで0.5～1℃昇温している。湿度は気温の変化に対称に0.2～0.5%低下しており、Aネットの方が変化が大きい。相対風速は-5～15Hで減少しており、最低風速はAネット40%、Bネット25%程度となっている。地表温はネット付近でわずかに昇温しているが、風下側のAネットでは2～15Hで1～1.5℃低く、Bネットでは2～5Hで1℃程度低下している。

②8月24日9時（図2B）：風下側の0～10Hでは日射によってAネット0.5℃、Bネット1℃程度高くなっている。湿度はネット付近で乾燥化している。風速は1.8m/sで弱い。相対風速は-5Hより減少しはじめ、10Hまでは半減域であり、Aネットでは7Hで30%、Bネットでは2Hで20%である。

③8月24日15時（図2C）：気温はA、Bネット共に-5～5Hで昇温しており、-2～2Hで0.5～1℃昇温している。湿度はネット付近のみで1～2%乾燥している。風速は2m/sであり、相対風速は-5～10Hで減少している。ネット付近で最小値を取りAネット25%、Bネット45%程度となっている。地表温はAネットの風上側で5℃、風下側で9℃、Bネットそれぞれ4℃、3℃昇温しているが、他と同様-2～5H付近の変化が主体である。またネット直下では日陰のためにAネット4℃、Bネット7℃低下している。

④防風ネットによる堆砂状況：Bネットに堆砂する場合、高い所では3Hで45cmであり、ネットの風上、風下側に砂が着いている。またネットの下方を砂が通過する場合には、1H付近から砂が着き3～4Hで最高であり、高い所で60cmであった。なお、Aネットでの堆砂は50cm程度であった。

ポリエチレンラッセル防風ネットは風食防止や気象改良効果があり、乾燥地でも十分利用可能である。現在、タクラマカン沙漠でも実験中であり、ある程度成果が得られている。今後の普及を期待したい。



Ur : 相对风速, Ts : 地表温,  
RH : 相对湿度, Ta : 气温

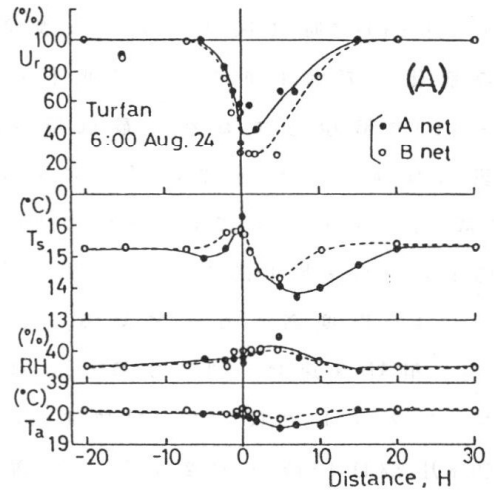
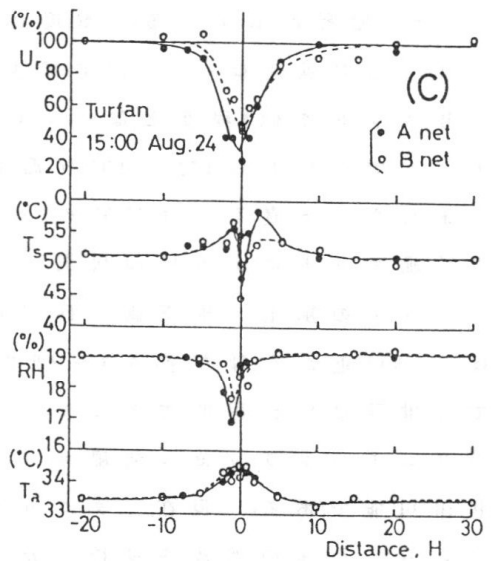
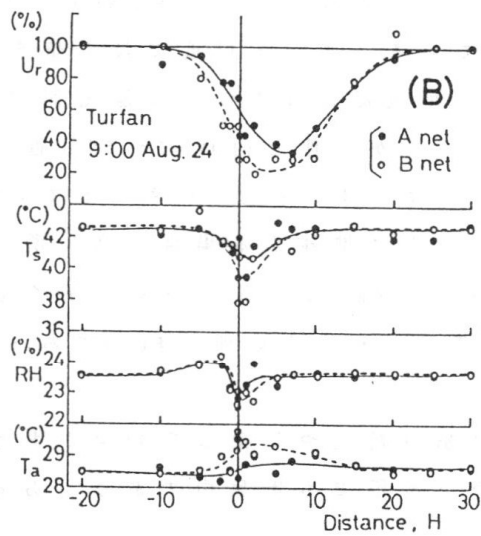


図 1. タマリスク防風林による気象改良効果



Ur : 相对风速, Ts : 地表温, RH : 相对湿度, Ta : 气温

図 2. PEラッセル防風ネットによる気象改良効果

## 南西諸島における防風林の特徴と防風・防潮効果

○原園芳信（農環研）・寺内方克（熱帯農研沖縄支所）

### 1. まえがき

南西諸島の主要農作物であるサトウキビは、日射、気温のみならず、風速などの気象条件により品質や収量が大きく影響される。台風や冬季の強い季節風を受ける地域では、収量低下や糖度低下が顕著で、恒常的に風害を受けている。また、熱帯果樹、園芸作物、花卉なども強風とそれに伴う潮風により減収や品質低下などの被害が生じている。このため、防風林や防風網による微気象の改善が研究されてきたが（幸喜, 1974; 幸喜・新村, 1980; 幸喜・大城, 1981）、亜熱帯気候条件で効果的な防風林となり得る樹種や島諸地域で十分な機能を持つ防風林の規模や構造などは十分に明かにされていない。そこで、沖縄県島諸地域における農地防風林の機能と効果を微気象学的観測に基づいて評価し、地域の自然条件に適した防風林の配置や樹種の選定などを検討する知見を得るために、沖縄開発庁沖縄特定開発事業推進として本研究を実施した。

### 2. 測定場所及び測定方法

#### 2.1 測定対象

南西諸島で防風林が整備されている、熱帯農業研究センター沖縄支所（以後熱研と略称する）の防風林を測定対象とした。熱研は石垣島宮良湾の海岸から北西に約2.5km内陸に位置する（E124°11'30", N24°22'10"）。その外周と圃場区画周辺にテリハボク、リュウキュウマツ、モクマオウ、フクギ、ヤシ、ソウシジュ、ブツクゲ、ハイビスカスなど、亜熱帯地域特有の樹種を用いた種々の防風林を有している。防風林の構成樹種とその配置などを図1に示す。

樹種や密閉度などの差異による減風効果の違いを調べるために、熱研構内の、テリハボク、モクマオウ、フクギとヤエヤマヤシ混交、リュウキュウマツとモクマオウ混交などの防風林を測定対象とした。また、台風通過時の風向風速の変化と塩分降下量をテリハボク防風林について測定した。

#### 2.2 測定方法

##### 1) 樹種の異なる防風林の風速分布

樹種の異なる防風林での風速分布の測定には、光電式3杯風速計（牧野微風速計 AF750）5個と光電式風向計（牧野応用測器, VF-016）を用いた。風向が防風林に対して直角から約30度の範囲の場合に、防風林の風下に風速計を配置し、表1に示す高さや位置で1回につき15～20分間測定した。

風速計や風向計のセンサ出力（電圧）は、データ収集装置（ESD, グリーンキット88）で5秒毎に読みとり、瞬時値を制御用パソコン（NEC, PC98N）にRS232Cで転送し、その1分平均値をフロッピーディスクに記録した。

##### 2) 台風通過時の風速分布

テリハボク防風林の風下に15, 30, 50, 75, 100mの地上高2.5mに、3杯風速計（太田計器, 23S-2）を設置し、台風通過時の風速分布を測定した。対照地点としては、防風林の風上（北）約70mのパイン畑（民有地）に、3杯風速計（横河ウェザック, A702）を地上高2.5mに設置した。さらに、防風林の風下120mの位置には風車型風向風速計（太田計器, N40）を地上高5.5mに設置し、風向風速を測定した。この風速は風向が防風林の逆方向となった場合の対照風速とした。

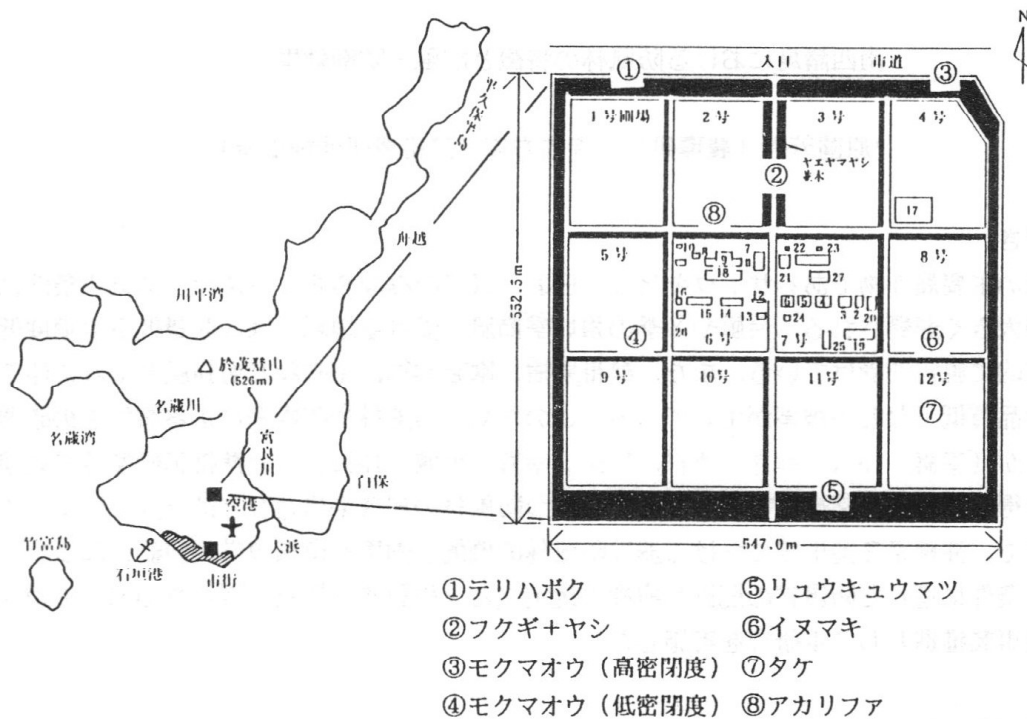


図1 熱帯農業研究センターの防風林配置

表1 防風林の高さと測器配置

防風林樹種	樹高	測定位置 (x)
モクマオウ (高密度)	13m	15, 30, 50, 75, 100m
モクマオウ (低密度)	12m	15, 30, 50, 75, 100m
テリハボク	10m	15, 30, 50, 75, 100m
フクギ + ヤシ	4mと8m	15, 30, 50, 70, 90m
リュウキュウマツ	9m	15, 30, 50, 75, 90m
イヌマキ	4.5m	10, 20, 30, 40, 50m
測定高さ (z)	各場所とも	1.5, 2.5, 4.0, 5.5m

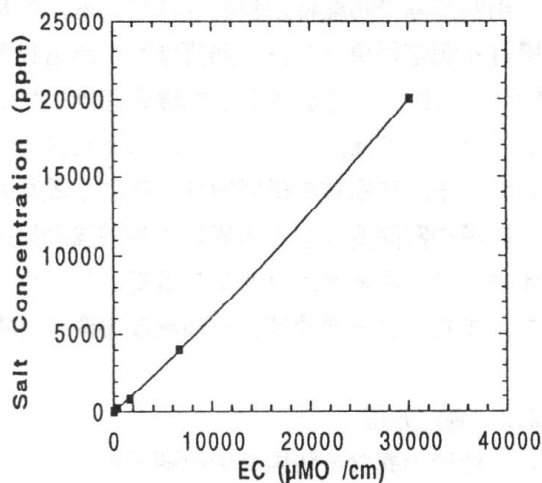


図2 塩分濃度と電気伝導度 (EC) との関係

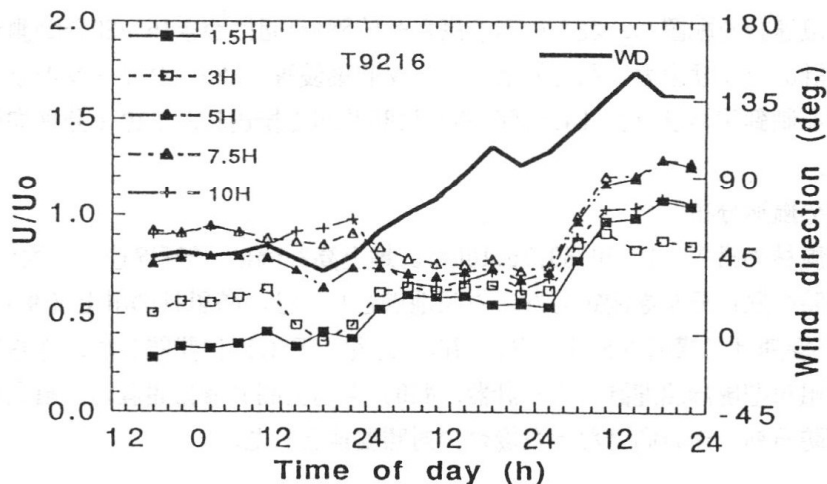


図3 台風9216号通過時の風向変化と風速分布 (相対値, 8月28日~)



熱研構内に設置した風速計や風向計のセンサ出力（電圧）は、前述のデータ収集システムで10秒毎に読みとり、5分平均値とその間の最大風速を記録した。対照地点の風速は小型データロガ（コーナシステム、KADEC-PC）で1分毎に瞬時値を記録した。測定間隔や平均化時間の違いに基づく差異をなくするために、両方の記録システムを同じ場所に設置し、約2日間同時測定し、対照区の3杯風速計の平均値と最大風速を個々に補正した。

### 3) 降下塩分量の測定法

台風など強風に伴って農作物に付着する塩分量の最も簡便な測定法として、シャーレによる補足方法を用いた。防風林の風上と風下に高さ1mの架台を設置し、直径125mmのシャーレに塩分濃度0のイオン交換水約50mlを入れたもの2個ずつを置き、一定時間後回収した。回収時にはイオン交換水でシャーレを洗浄しながら100mlのメスフラスコで定量希釈した。塩分濃度は電気伝導度計（東亜電子、CM15A）で電機電動度ECとして測定した。あらかじめ定量濃度のNaClとECとの関係を求め、測定したEC値からNaCl換算量を求めた。NaCl濃度と電気伝導度ECとのキャリブレーションを図2に示す。濃度とEC値との関係はほぼ1本の曲線で代表できるので、シャーレで補足されたEC値から単位時間単位面積当りの塩分降下量を計算した。

## 3. 結果

### 3.1 各種防風林の密閉度と減風効果

表1に示したモクマオウ（密閉度を異にする2つの防風林）、フクギ、リュウキュウマツとモクマオウ混合防風林での測定結果は以下のようである。

#### 1) 密閉度の高いモクマオウ

密閉度は高さ約4mまでが92%、約9mまでが72%と極めて高く、頂部は約18%であった。減風効果は防風林から50mの位置（3.5H）で大きく、高さ5mで減風率55%であった。効果のおよぶ範囲は防風林から90m以上であった。

#### 2) 密閉度の低いモクマオウ

防風林の下層には高さ約1mのピタンガが植栽され、密閉度は高さ約4m以下が44%、10mまでが53%、頂部が15%である。防風林近くでは裾部を通り抜ける風による強風域の形成が認められた。しかし、全体的な減風効果は100m以上の地点まで及び、密閉度の低い防風林の場合に減風効果は広い範囲にまで及ぶと言う、従来の知見と合致する結果が得られた。

#### 3) テリハボク

テリハボクは樹冠が約2m以上に分布し裾部にはハイビスカスや高さ1.5mのフクギが植栽されている。密閉度は高さ1m以下が74%、約3mまでが46%、その上は78%である。裾部を吹き抜ける風により、地上高1~3m、防風林から約30mの範囲に顕著な強風域が形成された。最も減風効果が高かったのは40m（約5H）付近であり、効果範囲は9H（75m）以上に及んだ。

#### 4) フクギ

平均樹高4mのフクギ防風林に、樹高8mのヤエヤマヤシと樹高1.8mのハイビスカスが植えられている。密閉度は1m以下が29%、約3.5mまでが97%、頂部のヤシは17%である。中層の密閉度が高いため、4H以下の減風率は50%以上と効果が高かったが、効果範囲は約50m（8.5H）と狭かった。

#### 5) リュウキュウマツ

モクマオウ3列リュウキュウマツ14列の混植防風林である。密閉度は高さ約2.5m以下が40%、それ以上が96%と非常に高い値であった。20m（2H）地点の減風率は85%以上で、効果範囲も9H以上に

及び、林帯の幅が大きいことの特徴と判断された。

#### 6) イヌマキ

果樹園の周囲に植栽されたイヌマキ防風林は、樹高4.5mで2列植えされ、垣根状に剪定されている。下層部には枝が分布しないため、ゲットウを裾風防止用に植栽している。密閉度はイヌマキ樹冠部が90%、ゲットウの裾部分が41%である。減風効果は樹木直後で顕著であり、効果範囲は50m(10H)以上となった。リュウキュウマツ防風林の風下に位置することもあり、裾風の発生がなかった。

### 3.2 台風9216,9215号の概要

1992年度の観測期間中、台風9216号、9215号が石垣島南海上を通過した。9216号は大型で並の台風で8月30日に最も接近した。移動速度は15km/h程度と遅く、8月27日から風雨が強まり、9月1日まで余波が続いた雨の多い台風であった。9215号は中型で強い勢力の台風で降雨は少なく、9月4日未明に最も接近した。両台風とも石垣島の南海上を西進し台湾方面へ抜けた。例年、この時期の台風は石垣島と沖縄本島との間で進路を反転北上し、石垣島には強い北西風が吹くことになる。1992年8月下旬以後の気圧配置は、小笠原諸島付近の太平洋高気圧の勢力が強かったため、2つの台風が西進した。

### 3.3 台風の風向変化に伴う減風効果

台風通過時の連続測定により、風向変化に伴う防風林の減風機能の変化を把握できた。台風9216号通過時の平均風速比と風向の経時変化を図3に示す。台風が石垣島の南東から接近するに伴って、夏の卓越風向の南風から北～北東に変わり、石垣島南海上を去った後、南東風にもどった。

風向が北東から東(40度～100度)の場合、平均風速比は防風林から3H以内で低く、対照地点風速が5～7m/sの場合でも50%以下である。防風林からの距離が遠ざかるにつれて風速比は高くなり、10H地点では90%以上に低下した。対照風速が約3m/sの場合には、3H付近にテリハボクの裾部を抜ける強風域が生じたが、強風時には裾を抜ける気流の影響は小さい。

8月29日未明から風向が北東から東、南東と徐々に変化したが、風向が約45～90度の範囲では、風向変化によらず約2Hから10Hまでの風速がほとんど変わらない状態となった。その後風向が防風林に対して逆向きとなると、対照風速より5～8H地点の風速が増大した。

減風率と風向との関係(図4)では、約45度以下の風向の場合に8H未満の減風率が0.5以上と高く、60～100度の範囲では高倍距離による減風効果の差異が小さい。しかし、風向が100度以上になると減風効果は急減した。

### 3.4 突風率に対する防風林の効果

風害は平均風速より突風強度に依存するケースが多く、突風率の高い場合に被害が大きい(山本, 1992)。平均風速が10m/s程度となった台風9215号の突風率Gと風向との関係を図5に示す。風向が防風林とほぼ並行な場合(90度)、Gは場所による違いが少ない。防風林の風下3H～10HではGが約2以下に低下し、逆に防風林のすぐ背面(1.5H)でのGは大きい。平均風速に比べて突風率の減少効果は防風林から遠ざかるほど顕著となっている。これは、防風林頂部の密閉度が78%と高いため、強風時には防風林の風下に巻き込み渦が発生し、突風となったと推測される。また、強風の場合ほど、防風林の正面からの風の突風率を減少させている。

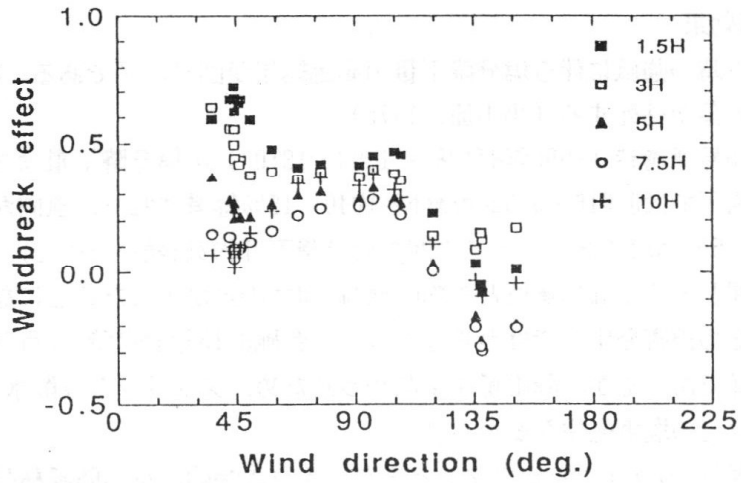


図4 強風時の風向と減風率との関係 (台風9216号, 8月28日~)

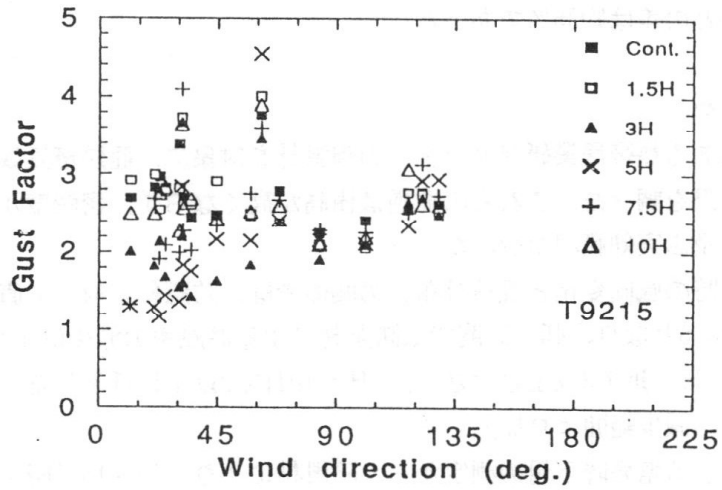


図5 強風時の風向と突風率との関係 (台風9215号, 9月3日)

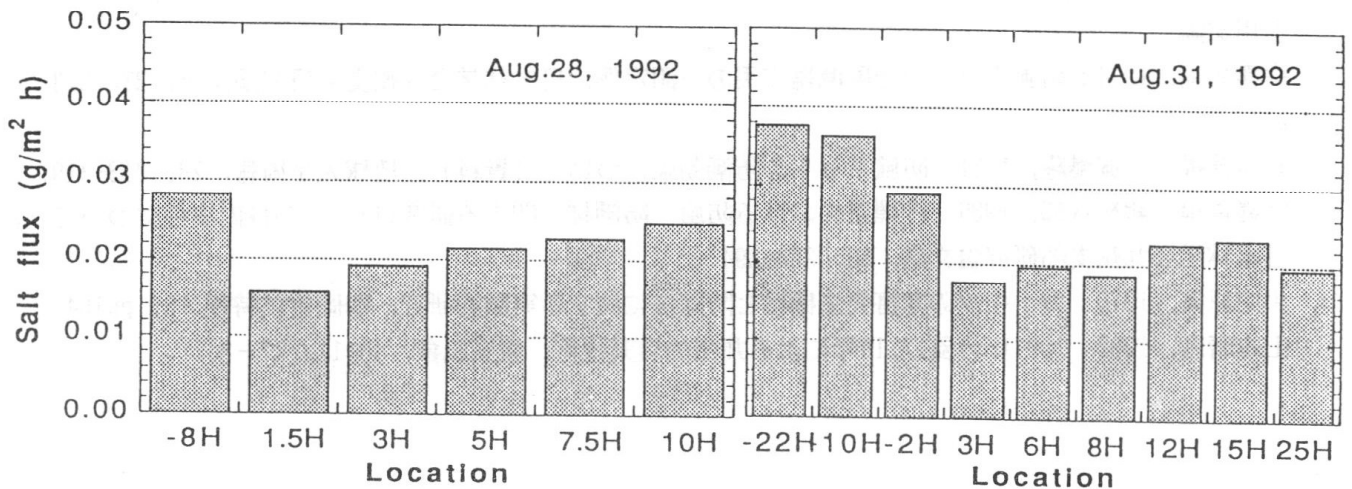


図6 塩分降下量 (台風9215号の北風)

図7 塩分降下量 (台風9216号通過後の南風)

### 3.5 除塩効果

台風接近時の強風に伴う塩分降下量の測定結果が図6, 7である。柑橘などの場合 $0.5\text{g}/\text{m}^2$ 程度の塩分付着量で葉が枯死する(小中原, 1975)。

台風9216号通過時(1992年8月28日11:00~18:00)の塩分降下量は対照区で $0.029\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ であったが、防風林の風下では $0.016\sim 0.024\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ と約40~15%軽減された。風向が北東から北北東で、対照地点の平均風速が5~6m/sであった。この間の塩分降下は約2日続いたので、作物に付着する塩分量は防風林の効果範囲とそうでない場所とで約 $0.5\text{g}/\text{m}^2\text{ day}$ の差が生じたことになる。しかし、途中断続的に降雨があったため被害発生までは至らなかった。台風9215号通過時(9月3日11:00~17:00)の塩分降下量もほぼ同様であったが、降雨量が少なかったため、スプリンクラ散水により徐塩しなかった圃場では葉の赤変などの塩害発生が認められた。

平均樹高9mのリュウキュウマツとモクマオウの幅約30mの防風林帯では、防風林の風上20Hで $0.038\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ の塩分降下量があり、7Hまでは $0.018\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ 程度と50%以下に低減した。防風林からの距離が遠ざかるにつれて塩分降下量が増大し、効果は防風林の風下約200m, 25H付近にまで及んだ。2H地点と25H地点との差は約35%であった。

## 4. まとめ

石垣島にある熱帯農業研究センターの防風林を対象に、亜熱帯気候特有の樹種からなる防風林の減風、徐塩効果を調べた。これらの樹種は樹高が高くなり、密閉度が高くなる傾向にあることから、減風効果の及ぶ実効範囲が少なかった。

台風通過時の風向変化と風速分布との関係では、防風林に対して直角から45度の風向範囲で8H未満の減風率が0.5となり、45~90度では防風林による減風率の減少は小さかった。

突風率は1H付近で3以上と大きく、2H~10Hで2以下に低下した。防風林による突風率の減少範囲は平均風速の減少範囲より拡大した。

防風林による塩分降下量の測定から、防風林により、50~15%降下量を減少できることがわかったが、防風林帯が厚く密な配置が効果的であった。

これらのことから、平均樹高が高くない亜熱帯地域の樹種を用いる場合、防風林間隔を通常の10~20Hの下限值とし、100m毎の配置とすることが望ましい。

### 引用文献

- 幸喜善福, 1974: 防風ネットの減風減塩作用の一測定例, 日本林学会九州支部研究論文集, 27, 213-214.
- 幸喜善福・大城満隆, 1981: 防風ネットの防潮効果について(資料), 琉球大学術報, 28, 313-319.
- 幸喜善福・新村八郎, 1980: 沖縄県における防風・防潮林に関する研究(1) - その林内樹種について -, 日本林学会九州支部研究論文集, 33, 293-294.
- 小中原実, 1975: カンキツの寒害発生機構と防除法に関する実験的研究, 静岡柑試特報, 3, pp164.
- 山本晴彦, 1992: 1991年台風17, 19号による九州の農業被害, 農業気象, 48(1), 77-83.

# 人工酸性雨による樹木の可視害発現状況

○小林卓也・松村秀幸・河野吉久（電力中央研究所）  
藤本 威（サンケイ理化株式会社）

## 1. はじめに

演者らは自然降雨状態を模擬するために、人工降雨装置を作成し、ダイズの生育と収量におよぼす人工酸性雨の影響について検討してきた。本報告では、新たに長時間暴露が可能な人工降雨装置を用いて、種々の樹木に対する人工酸性雨の暴露試験を行ない、可視害の発現状況を指標に、酸性雨に対する樹種間差異について比較検討を行った結果を報告する。

## 2. 人工降雨装置の特徴

降雨の分布精度が良く、時間当たりの降雨量をできるだけ小さくして、長時間の降雨暴露が可能となるように人工降雨装置を改良考案した。基本方式としては、送水ポンプで人工酸性雨溶液を分水タンクに送り、そこから各ノズルに分配する。分水タンクへの送水量を変えることにより降雨強度を調節し、一定量の雨滴をノズルから発生させることができる。また、タイマーを使用することによって1回当たりの降雨時間が調節可能である(図-1)。

## 3. 人工酸性雨の組成

人工酸性雨のpHは、5.6(純水)、4.0、3.0および2.0の4段階とし、イオン組成が等量比で $\text{SO}_4^{2-}:\text{NO}_3^-:\text{Cl}^- = 5:2:3$ (濃度比=2:1:1)になるように、イオン交換水に硫酸、硝酸、塩酸を添加し、人工酸性雨溶液とした。

## 4. 試験方法

37種類の苗木を、1/5,000aまたは1/2,000aのワグネルポットに移植し、人工酸性雨の暴露試験に用いた。人工降雨装置により、1回の降雨量が20mm(2.5mm/hの強度で1日8時間)、週3回の割合で人工酸性雨を暴露した。なお、晴天下での暴露を避けるため、雨天あるいは曇天日以外は夕方から夜間に暴露し、植物体が濡れている時間ができるだけ長くなるように配慮した。

## 5. 可視害発現状況

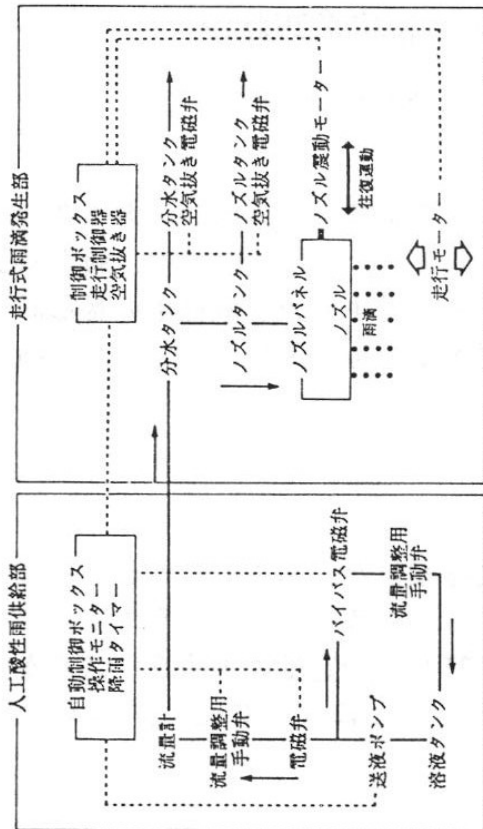
人工酸性雨の暴露を開始して1週間後の観察において、pH2.0の広葉樹では可視害の発現が認められるものもあったが、針葉樹にはまったく可視害はみられなかった。しかし、暴露試験が終了した時点では、pH2.0の人工酸性雨により、全ての樹種において何らかの可視害が認められた。そこで、可視害発現状況を指標にして、落葉広葉樹、常緑広葉樹、針葉樹の人工酸性雨に対する感受性を比較分類した結果を表-1に示した。落葉広葉樹の中には降雨のpHが2.0では地上部が枯死してしまったものや、pH3.0で早期落葉がみられるものがあった。一方、常緑広葉樹および針葉樹の場合には、pH2.0で可視害は発現したものの落葉はほとんどみられなかった。以上の人工酸性雨の暴露試験結果から、可視害に関しては、落葉広葉樹は常緑広葉樹や針葉樹よりも感受性のものが多いと考えられた。

表-1 人工酸性雨暴露による可視害発現状況

樹種名	降雨pH					症状	暴露期間
	5.6	4.0	3.0	2.0			
針葉樹							
スギ	-	-	-	+	+	葉先の褐変	A
ヒノキ	-	-	-	+	+	葉の褐変	A
クマツツ	-	-	-	+	+	鱗片先の褐変	A
アカマツ	-	-	-	+	+	葉先の褐変	B
カトウヒ	-	-	-	+	+	鱗片先の褐変・落葉	A
モミ	-	-	-	+	+	葉先の褐変	B
カラマツ	-	-	-	+	+	葉先の褐変	B
常緑広葉樹							
スダジイ	-	-	-	+	+	褐死斑点	A
クバノメ	-	-	-	+	+	葉縁の褐死	A
ヤマメ	-	-	-	+	+	葉縁の褐死	A
ヤマモモ	-	-	-	+	+	葉先の褐死	A
オオムラサキ	-	-	-	+	+	葉先の褐死	A
サツキ	-	-	-	+	+	葉先の褐死	A
シヤリンバイ	-	-	-	+	+	葉縁の褐死・小葉化	A
マサキ	-	-	-	+	+	葉縁の褐死	A
ベニカナメモチ	-	-	-	+	+	葉全体の褐死	A
ヒラカンサ	-	-	-	+	+	赤褐色斑点	A
ネズミモチ	-	-	-	+	+	葉全体の褐死	A
落葉広葉樹							
ヤシヤマリ	-	-	-	+	+	微小斑点・小葉化	A
コナラ	-	-	-	+	+	褐死斑点	A
クマツツ	-	-	-	+	+	褐死斑点	A
アハジサイ	-	-	-	+	+	褐死斑点	B
フナギ	-	-	-	+	+	褐死斑点	A
アサギ	-	-	-	+	+	褐死斑点	A
ライオン	-	-	-	+	+	褐死斑点	A
エニシダ	-	-	-	+	+	褐死斑点	A
メヤギ	-	-	-	+	+	褐死斑点	A
トウカ	-	-	-	+	+	褐色斑点	A
シラカバ	-	-	-	+	+	褐死斑点	B
コナラ	-	-	-	+	+	褐死斑点	B
クマツツ	-	-	-	+	+	褐死斑点	B
アヲ	-	-	-	+	+	褐死斑点・落葉	B

暴露期間： A(1991年～1992年)； B(1992年)  
 暴露降雨量： 20mm(2.5mm x 8hr)/日 x 3回/週  
 人工酸性雨の組成(濃度)： 硫酸(S)：硝酸(N)：塩酸(CI)=2:1:1  
 可視害： + (可視害発現あり)； - (可視害発現なし)

3. 人工降雨装置の構成



b. 雨滴発生部概略図

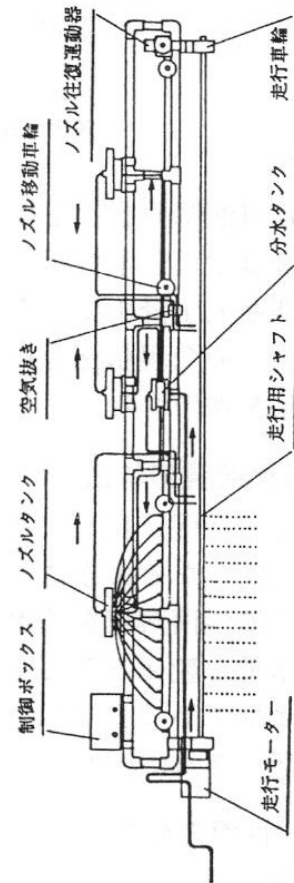


図-1 人工酸性雨暴露装置

## 防霜ファンを利用したキャベツ寒害防止効果の検討

五十嵐大造（神奈川県試）・原園芳信（農環研）

1. 目的：茶の霜害防止に広く利用されている防霜ファンをキャベツの寒害対策として利用できるかどうかを検討するため、防霜ファンを使用した時のほ場微気象の変化を調査するとともに、凍害発生に対する効果を調査する。

### 2. 試験研究方法

#### 試験 I：ほ場内微気象の測定

ファンの設置位置およびほ場平面図を第 1 図に示した。ファンは地上 6 m、首振り角度 90°（首振り速度 0.46 回/分）に設定し、ほ場全体に風が行き渡る向きに設置した。防霜ファンの規格は第 1 表に示した。防霜ファンは、センサーによって地上 30 cm の気温が 3℃ を下回った時に起動するよう設定した。ほ場内気温とキャベツ葉温は、ファンの位置からほ場のほぼ対角線上で距離を変えて測定した。気温は地上 50 cm で測定し、葉温は結球部頂部を 3 株測定した。また、ほ場の一部に風除けをした対照区を設けた。温度の測定には、いずれも  $\phi 0.32$  mm の T 型熱電対を使用した。ファンから 10 m の距離に放射計を設置して正味放射量を測定するとともに、ファンの影響を受けない隣接したほ場では、地上 1.8 m で風速を測定した。気温、地温および葉温の測定は、2.5 秒毎に計測し、5 分毎にその平均値を記録した。また、2 月 18 日には、20 秒毎に葉温を測定した。正味放射量及び風速は 8 秒毎に計測し、5 分毎にその平均値を記録した。

#### 試験 II：腐敗病発生状況の調査

(1) 調査方法：防霜ファンの設置位置から北側へ、5、10、15、20、25 および 30 m の距離にある畦のキャベツのうち結球期に達した株について、腐敗病の発生状況を 0（無）から 4（甚）の 5 段階で指数化し、発生率および同指数を求めた。

(2) 耕種概要：キャベツ品種は金春。8 月 27 日に播種して 10 月 19 日に定植した。栽植距離は 55 cm  $\times$  40 cm で東西畦とした。施肥は、慣行に従った。

### 3. 結果の概要・要約

(1) 2 月 26 日から 27 日にかけての気温、葉温の経時変化を第 2～3 図に、風速および正味放射量の経時変化を第 4 図に示す。当夜は、風速および正味放射量の推移から 20 時以後は、静穏な晴夜であったことがうかがえた。地上 50 cm の気温は、ファンが起動するまではいずれの位置でもほぼ同じであったが、20 時 30 分頃にファンが回りだすと、ファンからの距離が近いほど気温は高く推移し、ファンからの距離が 5 および 10 m の位置では対照区よりも 2～3℃ 高く保たれた。ファンから 20 m の位置では対照区よりも 1℃ 前後高く、30 m ではほとんど差は認められなかった。1 m の位置では、逆に対照区よりも低くなる時間帯が多かった。

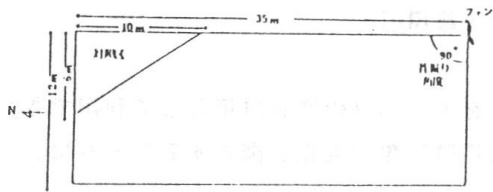
(2) 葉温は、ファンが回り始めると 5 および 10 m の位置ではファンの起動前より 4℃ 前後上昇し、対照区に比べて 4～5℃ 高く保たれた。また、20 および 30 m の位置でも対照区より 2℃ 前後高く保たれた。これら葉温差は、正味放射量の影響を受けなかった。風速に対して 30 m の位置では、1 m/s 以上で差は 1℃ 前後に減少した。20 秒毎の葉温を瞬間値でみると、ファンから 5 および 10 m の位置では、ファンの首振りによって、風があたった時に 1℃ 前後上昇し、風があたらなくなると温度が降下するという状況を繰り返していた。30 m の距離では、風があたった時に、葉温は 0.2～0.3℃ の上昇にとどまった。

(3) キャベツの腐敗病発生率および発生程度は、ファンからの距離が近いほど少なく、とくに、ファンから 10 m 以内では、ほとんど発生が見られなかった。

(5) 以上の結果から、防霜ファンを利用した対策は十分可能と思われる。しかし、30 m 以上離れると対照区との差は小さくなり、設置位置や台数、出力等を考慮する必要がある。

第1表：防霜ファンの規格

羽径	電流	入力	重量	風量	出力	馬力
80cm	7.0 A	2,100 W	4.0 kg	2,200 m <sup>3</sup> /min	1.8 kW	2.4



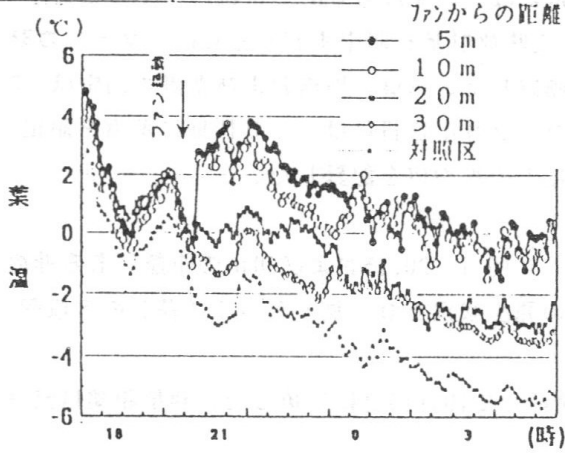
第1図：ほ場平面図

第2表：腐敗病発生状況

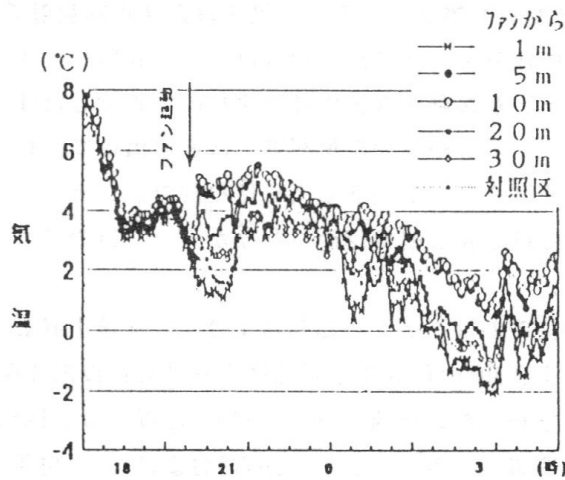
場所(ファンからの距離)	発生株数	発生指数
5 m ~ 13 m	3	0.8
10 ~ 16	7	1.7
15 ~ 19	17	9.2
20 ~ 23	27	15.8
25 ~ 28	43	24.2
30 ~ 32	63	41.7
対照区	80	53.3

$$R \text{ 発生指数} = \frac{\sum (n \times \text{発生株数}) \times 100}{n \times 4}$$

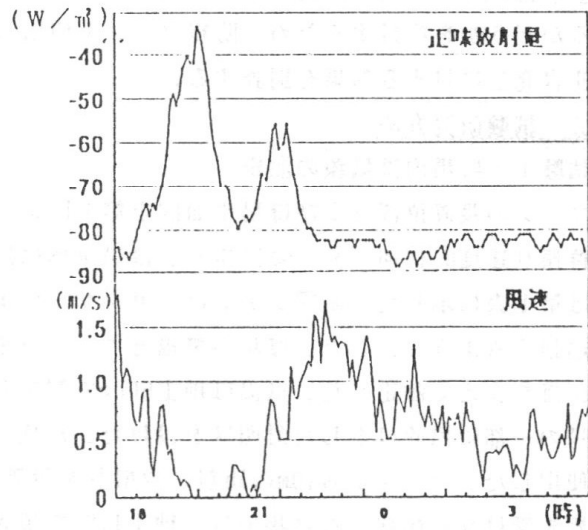
$$\text{発生指数} = \frac{\sum (R_i) - 4(R) \text{の5段階で評価した。}}{n = 30}$$



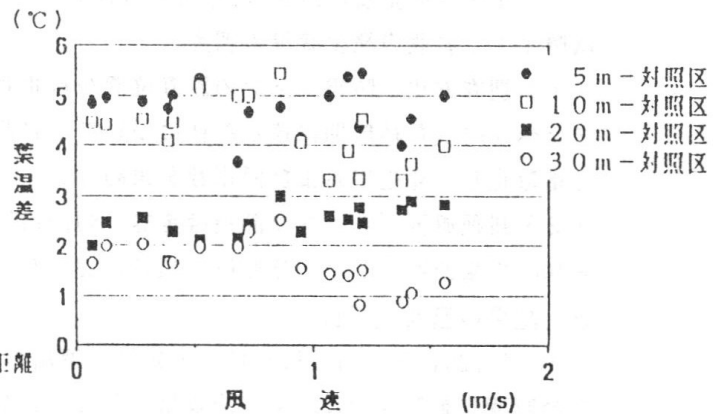
第2図：キャベツ葉温の推移('92.2.26-27)



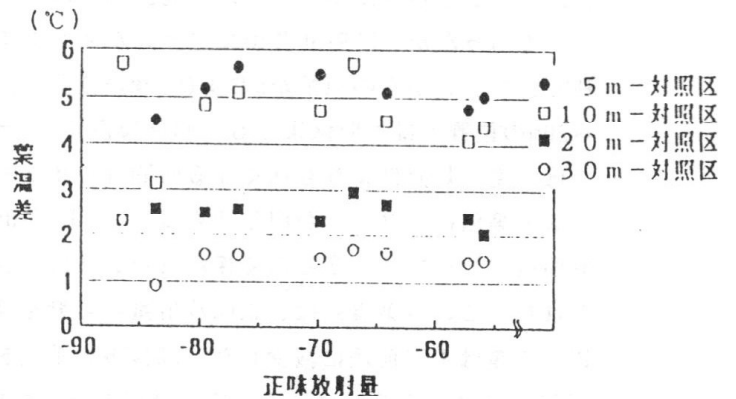
第3図：地上50cmの気温の推移('92.2.26-27)



第4図：風速および正味放射量の経時変化



第5図：風速に対する葉温差



第6図：正味放射量に対する葉温差



## 温度条件がコマツナ幼苗の低温抵抗性獲得に及ぼす影響（予報）

村井麻理・中山敬一・今 久・松岡延浩（千葉大・園）

### <はじめに>

低温に対する植物の低温抵抗性は、温度や光周期といった外界からの物理的な刺激に反応して獲得されるといわれている（酒井,1982など）。しかし、植物が外界からの刺激をどのような信号として認識し、低温抵抗性を誘導するのかという、環境応答のメカニズムについては不明な点が多い。そこで本実験では、5°C,1日間および5日間の低温がコマツナ幼苗の低温抵抗性に及ぼす影響を検討した。

### <材料及び方法>

(1)育苗方法：コマツナ（ごせき晩生）を1992年7月28日に播種し、野外（長日条件：14D-10N）で育苗して、本葉3枚展開時にインキュベーターに移し、以下の温度処理を行なった。

(2)温度処理：気温を5°Cに設定した低温区（5°C区）と25°Cに設定した対照区（25°C区）を設けた。日長は両区とも短日条件（11D-13N）とした。日長、気温、葉温、光合成有効放射（PAR）の測定値を表1に示す。

(3)放射型霜実験装置による冷却処理：第3～第4本葉展開時の幼苗を供試した。サンプル数は、1処理区につき5個体とした。第2または第3本葉を1個体から1枚ずつ採取し、放射型霜実験装置（羽生ら,1978）を用いて、放射冷却の条件下で冷却した。これは霜害発生時の自然条件を想定したものである。-7°C/hr（葉温冷却速度）で-5°Cまで冷却し、その後3°C/hrで融解した。この冷却速度と融解速度は、自然条件と同じか、それよりも遅いとみなされる。なお、1回の冷却処理に要する時間は3時間であった。冷却処理中の葉温と気温の経時変化を、図1に模式的に示す。冷却開始後1時間たっても凍らない葉は植水して凍結させた。この冷却処理中の最低葉温と、葉温が0°C以下になった時間は、ともに両区で差がないことが確かめられた。被害率はそれぞれの葉について、被害を受けた面積の百分率とし、融解1日後に判定した。

### <結果及び考察>

温度処理の日数と被害率の関係を図2に示す。温度処理前の被害率は100%であった。5°Cで1日処理すると、被害率は92%になったが、対照区との有意差はなかった。5°Cで5日間処理すると、被害率は50%に減少し、対照区（25°C区）と1%水準で有意差を生じた。

今回の実験から、以下のことがわかった。

(1)5°C,5日間の低温条件はコマツナ幼苗の低温抵抗性を高める。

(2)野外の長日条件（14D-10N）から、インキュベーターの短日条件（11D-13N）に移しても25°C区の被害率は低下しなかった。したがって暗期13時間程度の短日条件が低温順化に及ぼす影響は小さいと考えられる。

放射型霜実験装置での冷却中、25°C区の葉は葉全体が凍結したが、5°C区では、葉の一部が凍らない場合があった。植物の低温抵抗性は、①凍結を回避する能力 ②凍結によるストレスに耐える能力 の2つに分けて考えることができる（Levitt,1980）。本実験では被害率の低下が①だけによるものなのか①②両方の要因によるものなのかを明らかにできなかった。この点は今後の課題である。さらに、低温、さらされる時間、さらされ方と、低温順化の関係を明らかにする予定である。

表1 インキュベーター内の日長、気温、葉温、PARの測定値

		処理温度	
		5°C区	25°C区
日長		短日 (11D-13N)	短日 (11D-13N)
気温	明期	5.6~7.1°C	26.4~27.2°C
	暗期	4.8~5.9°C	25.4~26.2°C
葉温 <sup>1)</sup>	明期	5.3~7.0°C	23.0~25.5°C
	暗期	4.5~6.0°C	23.5~25.0°C
PAR <sup>2)</sup>		78.0 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$	99.0 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$

- 1) 葉温は蛍光灯の光が直接当たっている葉の裏面に取り付けられた熱電対で測定  
 2) PAR (光合成有効放射) はポットの地面の高さ (蛍光灯の下13cm) で測定

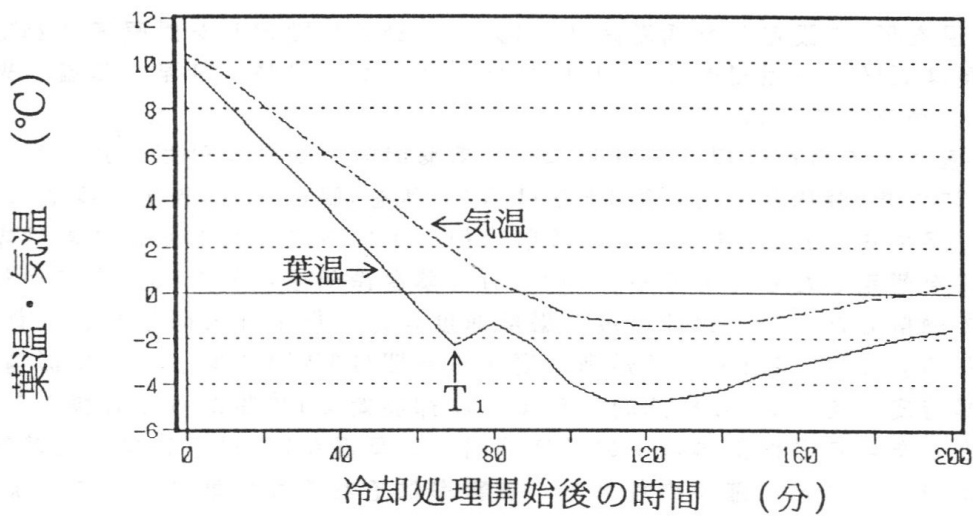


図1 放射型霜実験装置による冷却処理中の葉温、気温の経時変化 (模式図)  
 T<sub>1</sub>: 凍結開始温度

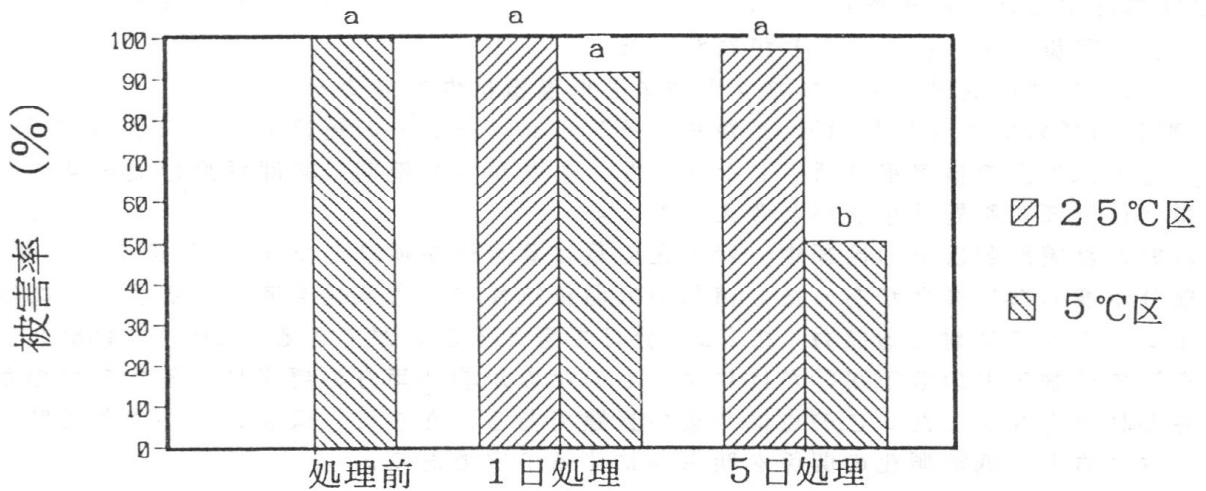


図2 温度処理日数と被害率の関係

同一英小文字のついた試験区間には、F-検定により有意水準1%で有意差がない。

## ダイズ群落内外の短波放射量と光量子の測定

鮫島良次(農業研究センター)

### はじめに

作物群落による日射利用に関する研究は多い。日射は、照度、全短波、光合成有効放射、光量子束密度とさまざまな単位で計測されている。データの比較のためには相互の変換が必要である。全短波と光合成有効放射の変換法は既に検討されている。ここでは、全短波と光量子の変換法を検討した。

併せて、ダイズ群落による光量子の透過率、反射率を測定した。

### 測定方法

- (1)1992年6月28日から1992年9月24日まで、視界の開けた建物の屋上で、全天日射(英弘精機製MS-801型精密全天日射計)、光量子束密度(LI-COR製LI-190SB型光量子センサー)および散乱日射(英弘精機製MS-801型と散乱リングを併用)を測定した。
- (2)1992年6月10日にダイズ(エンレイ)を、うね間60cm、株間19cmで播種した。7月11日より地面への到達光量子束密度(LI-COR製LI-191SB型ロング光量子センサー)および群落上面からの反射光量子束密度(LI-COR製LI-190SB型光量子センサー)を測定した。
- (3)上記各測定は、毎20秒毎の測定を30分毎に平均して記録した(英弘精機製SOLAC3をノートパソコンで制御した)。測定は茨城県つくば市の農業研究センター(36°01'N)で行なった。データは日量に積算して解析した。

### 結果と考察

#### (1)全天日射量と光量子

図-1に示すように、全天日射量と光量子は直線関係にあった。この直線は原点を通らないので、全天日射量を一定値の変換係数で光量子に変換することは無理である。変換係数は直達日射割合に依存した(図-2)。この関係は全天日射から光合成有効放射への変換に関する既往の結果と類似である。

#### (2)ダイズ群落による光量子の吸収率

光量子の透過率( $t$ )とLAIの関係は図-3のようになり、次式で近似できた。

$$\tau = \exp(-k \cdot LAI)$$

消散係数( $k$ )は0.94であった。反射率とLAIの関係は図-4のようになり、次式で近似できた。

$$r = r_f - (r_f - r_0) \cdot \exp(-k \cdot LAI)$$

$r_f$ と $r_0$ は繁茂時および裸地面の反射率である。

ここでの消散係数は、群落に吸収された光量子を計算するためのもので、生長する群落(LAIが日々増大する)のLAIと光量子吸収率を関係づけるものである。繁茂した群落の上層からのLAI深度と光量子吸収率を関係づけるものではない。

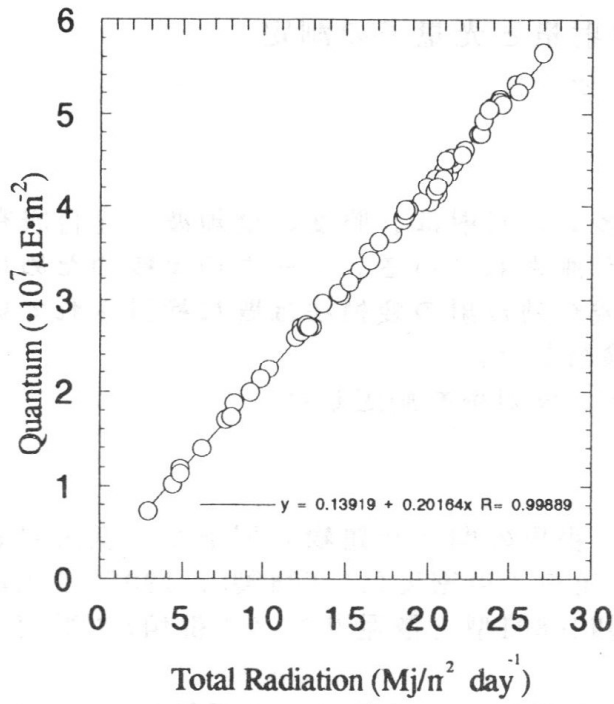


図-1.全天日射と光量子の関係

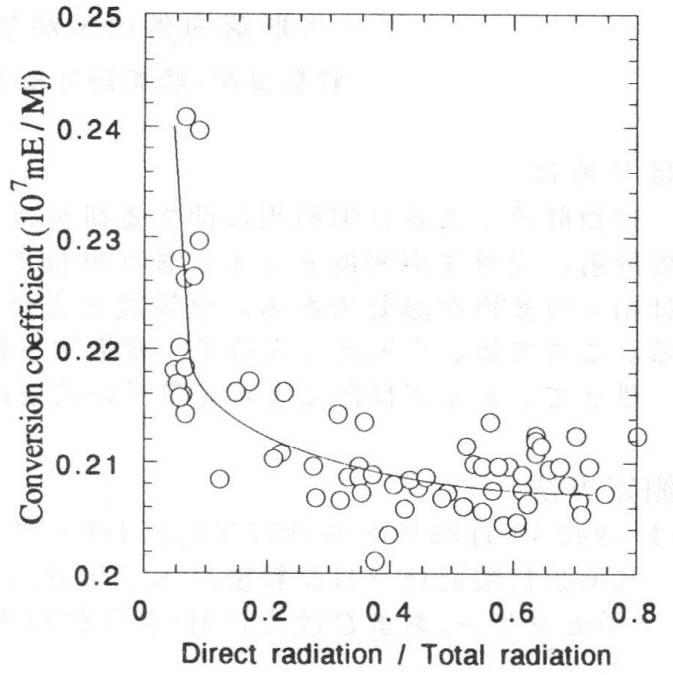


図-2.直達日射率と変換係数

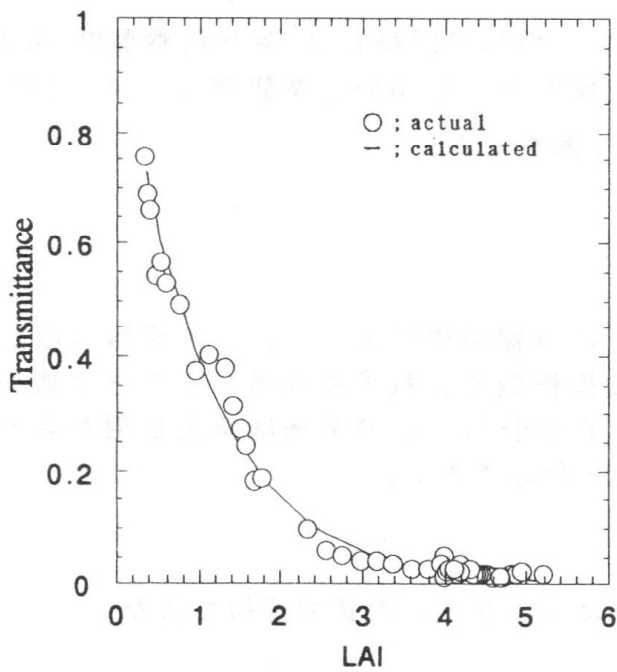


図-3.LAIと光量の透過率

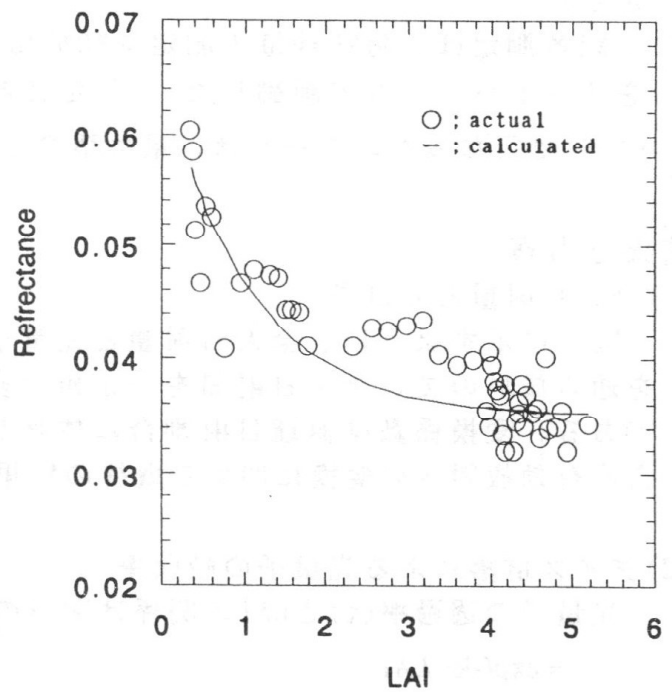


図-4.LAIと光量子反射率

# トウモロコシの気孔抵抗と蒸散速度の変動特性に関する研究

○于 貴瑞 (瀋陽農業大学) 中山 敬一 今 久

松岡 延浩 (千葉大学) 松村 秀幸 (電力中央研究所)

## 1 はじめに

蒸発散は多くの分野において何時も関心もたれている問題なので、研究も多く行なわれている。多くの研究が地域的或いは植物群落的規模の蒸発散特性の解明と推定に向けられている。また、微視的観点から植物の蒸散メカニズムを追究している研究も多いが、葉の蒸散速度、その変動特性及び関連要因に関して、細かく研究した報告はあまり多くない。本報告はトウモロコシの気孔抵抗と蒸散速度の変動特性に関する研究の一部分をまとめたものである。

## 2 研究方法

本実験は千葉大学園芸学部の実験圃場 (トウモロコシ畑) で行なった。トウモロコシの栽植間隔は40 cm × 80 cmである。気孔抵抗、葉面の蒸散速度、葉温、葉面の光量子量をスーパーポロメータで測定した。日変化については代表的な株 (2株) を選んで、上部の3、4葉位の葉の向軸面と背軸面で、6時から19時まで1時毎に測定した。葉位間の変化については8月15日の日中に2時間毎に各葉位の葉の向軸面と背軸面で測定した。

## 3 結果および考察

1) 日変化 生育期における気孔抵抗の日変化を図1に示す。向背両軸面の変化傾向が大体同じである。気孔抵抗は朝、日出頃から急に減少し、夕方、日没時から急に増加し、“U”字形の日変化をする。向軸面の気孔抵抗は背軸面より低いことが分る。これに対して、蒸散速度の日変化は朝から徐々に増加し、正午に最大値に達し、その後、減少していく。快晴条件下では13時の蒸散速度に若干の減少傾向が見られ、一日中の変化は二つの山型 (12と14時頃) となる (図2)。

2) 葉位間変化 葉位間の気孔抵抗は両軸面、測定時刻によって異なる。一日の平均気孔抵抗の葉位間変化により、向軸面の気孔抵抗及びその変動性は上から下まで次第に大きくなるが、第8番目から気孔抵抗値は若干減少し、その標準偏差は増加する傾向がある。背軸面の気孔抵抗とその変動性は上からの3-7番目で大きく、8、9番目がより小さく、10、11番目が再び増加する傾向がある。10-14時の気孔抵抗値は小さいだけでなく、葉位間の差異も小さいのに対して、8、16、18時は気孔抵抗は大きく、その変動性も大きい (図3)。向軸面における一日の平均蒸散速度の葉位間変化とその変動性は上の葉から次第に減少するが、8、16、18時の蒸散速度は小さく、葉位間の変動性も小さい。10、12、14時の垂直分布には一定の傾向がみられ、変動性も大きい。背軸面における蒸散速度の葉位間の垂直変化は一定の傾向を示さないが、8、16、18時の蒸散速度と葉位間の変動性は小さく、10、12、14時は大きいことが示された (図4)。

3) 2、3の特徴値 向軸面の日中の最大蒸散速度は $13.833 \sim 27.370 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ であり、最低蒸散速度は $0.401 \sim 2.151 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ である。背軸面はそれぞれ $7.238 \sim 20.218$ と $0.359 \sim 2.151 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ である。向軸面の日平均値は $6.993 \sim 12.475 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ であり、背軸面のは $3.625 \sim 8.547 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ である。8-16時の平均値は日平

均値より高いことが分った。また、向軸面の気孔抵抗の最大値は $4.78 \sim 18.63 \text{ s} \cdot \text{cm}^{-1}$ であり、日出前或いは日没頃である。8月15日に日射が0になる時の測定値は $36.8 \text{ s} \cdot \text{cm}^{-1}$ である。最低値は $0.507 \sim 0.83 \text{ s} \cdot \text{cm}^{-1}$ であり、12時頃である。日平均値は $1.908 \sim 3.718 \text{ s} \cdot \text{cm}^{-1}$ であり、8時-16時の平均値は $1.304 \sim 1.851 \text{ s} \cdot \text{cm}^{-1}$ である。背軸面の最大気孔抵抗値は $6.413 \sim 16.105 \text{ s} \cdot \text{cm}^{-1}$ であり、8月15日に日射が0になる時の測定値は $14.86 \text{ s} \cdot \text{cm}^{-1}$ である。最低値は $0.805 \sim 1.915 \text{ s} \cdot \text{cm}^{-1}$ であり、日平均値は $1.562 \sim 4.623 \text{ s} \cdot \text{cm}^{-1}$ である。

以上より、トウモロコシの気孔抵抗と蒸散速度は生育期、時刻、葉位によって大きく変動することが分った。変動をもたらす原因及び定量化モデルについての研究は重要であり、今後行なう予定である。

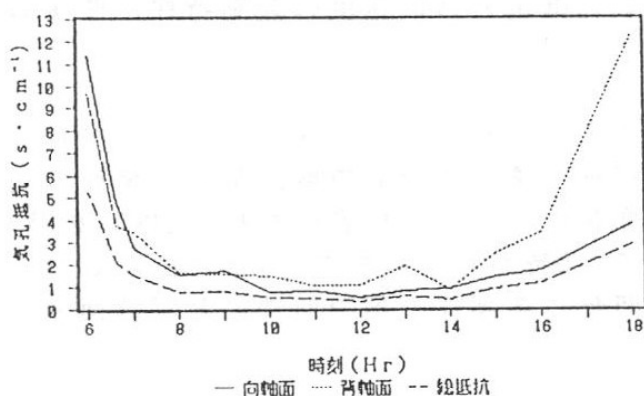


図1 気孔抵抗の日変化

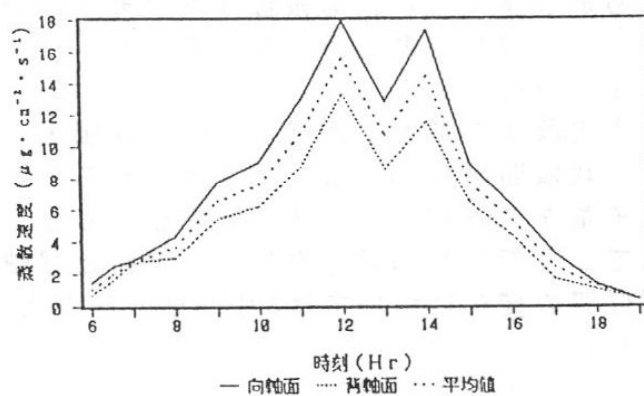


図2 蒸散速度の日変化

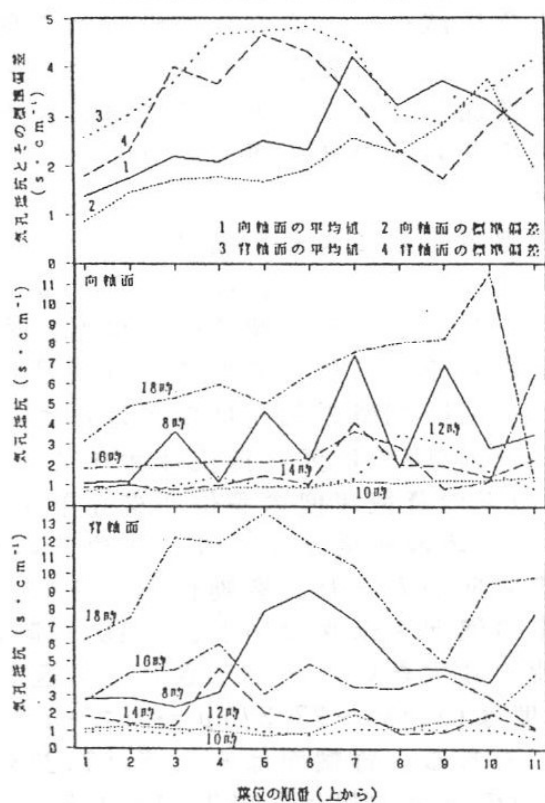


図3 気孔抵抗の葉位間変化

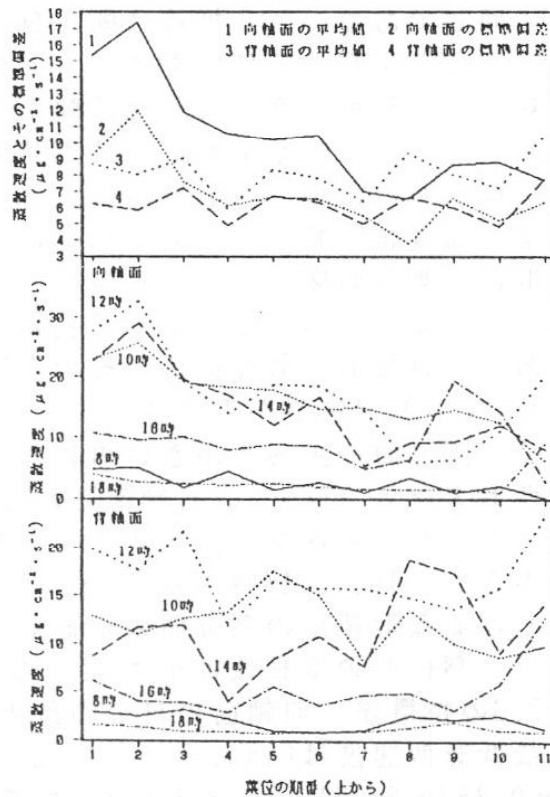


図4 蒸散速度の葉位間変化

## 高原キャベツの気象的生育モデルの開発

小林 和弘 (群馬県農業総合試験場)

### 1. はじめに

群馬県の高原キャベツ産地は、県北西部の嬭恋村を中心とした 800~1,400m で年平均気温 8℃前後の冷涼な高原地帯に広がっている。嬭恋村では畑地面積 3,700ha のうちキャベツの作付面積は 2,500ha を占め、連作障害の発生と市場価格の乱高下が問題となっている。価格の乱高下に対処するには計画的な生産と出荷が必要であるが、出荷に関しては生育状況の把握と収穫期の予測が不可欠である。そこで、高原キャベツの気象的生育モデルの開発を試みたので報告したい。

### 2. 試験方法

解析には、群馬農総試高冷地分場(吾妻郡嬭恋村田代 標高1,170m)において、1982年~'88年に行ったキャベツ作柄調査試験のデータと同所で測定した気温および全天日射量の観測値を用いた。供試品種、定植期および耕種概要を表1に示した。生育調査は、1982年~'86年が1週間毎、'87年~'88年が2週間毎に10株を採取し、各部位の大きさ、生体重および乾物重を測定した('86,'88年は乾物重未測定)。

### 3. 結果および考察

モデルの基本は、神保(1991)の春どりキャベツの生育モデルによった。

(1) 吸収日射量は受光面積が全天日射量をそのまま受けとめるものとみなし、水平面日射量×植被率で求めた。草冠幅と積算気温は、品種、作期が異なってもほぼ直線に回帰し(図1)、キャベツの草冠を楕円とみなして植被率を推定した。

(2) 全乾物重と積算吸収日射量との関係は、植被率推定に用いなかった「あおば」のデータを加えたことにより品種間差異が見られるが、全体としては直線に回帰し、光-乾物変換率は1.33g/MJと推定された(図2)。なお、根こぶ病に罹病したものは生育が非常に悪いので、根こぶ病発病度20以上のデータは除外した。

(3) 全乾物重と結球乾物重との関係は、品種間差も認められず、シグモイド状の曲線に回帰した(図3)。

(4) 結球が進むに従って、その水分含量が変化することが知られているが、結球生重と結球乾物重との関係(製品率)を検討したところ、結球開始後、製品率は直線的に上昇し、急激に頭打ちになったので、指数関数式で回帰した(図4)。

(5) 以上の結果を解析に用いなかった1986年の2作と春~秋が低温か照に経過した特異年である1988年の6作に適用したところ、1986年の2作と1988年の5月定植の2作は精度良く推定できたが、1988年の6月定植の「あおば」2作は実測値が予測値を大きく上回った。1988年7月定植の2作は実測値が推定値を大きく下回ったが、不順天候に加え、根こぶ病および黒腐病の発生が影響したものと考えられた(図5)。

(6) ここでは各品種を一括して解析したが、品種間差異があることは明白で、品種毎の解析が必要である。また、モデルの精度向上を図る上で写真撮影による植被率推移の測定や脱落葉を含めた乾物重の測定等の調査方法の改善や現地での実証等が必要と考えられた。

表1 キャベツ作柄調査試験に供試した品種とその定植期

年度	「耐病ST」	「YR錦秋強力152」	「あおば」
1982	5.11	7.20	—
1983	5.11	7.20	—
1984	5.11	7.24	—
1985	5.13	7.23	—
1986	5.16	7.23	—
1987	5.12	7.22	5.12, 6.5, 6.26, 7.22
1988	5.20	7.20	5.20, 6.10, 6.29, 7.20

耕種概要

基肥 (kg/10a) : N 18.0,  
 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 23.4, K<sub>2</sub>O 21.6  
 栽植密度 : 6,667株/10a  
 (畦間 50cm, 株間 30cm)

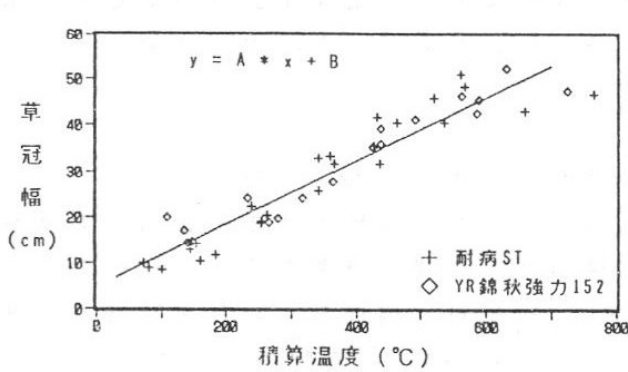


図1 積算温度と草冠幅との関係

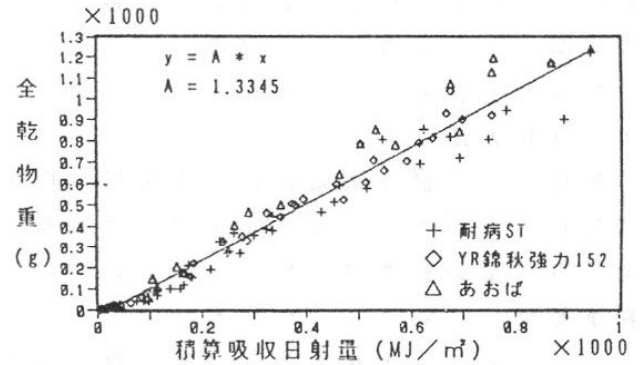


図2 積算日射量と全乾物重との関係

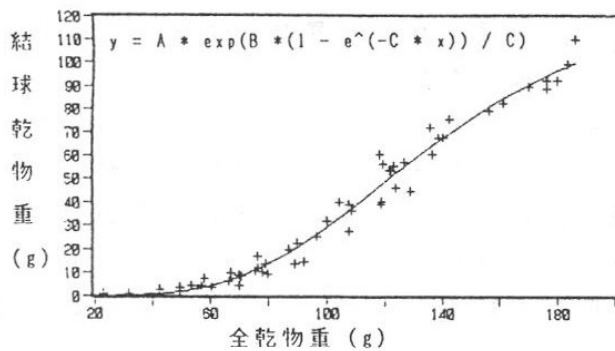


図3 全乾物重と結球乾物重との関係

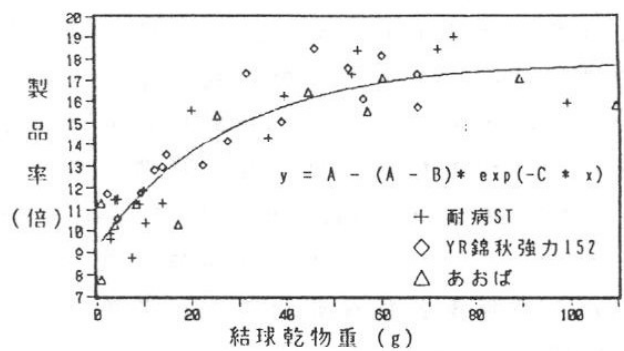


図4 結球乾物重と製品率との関係

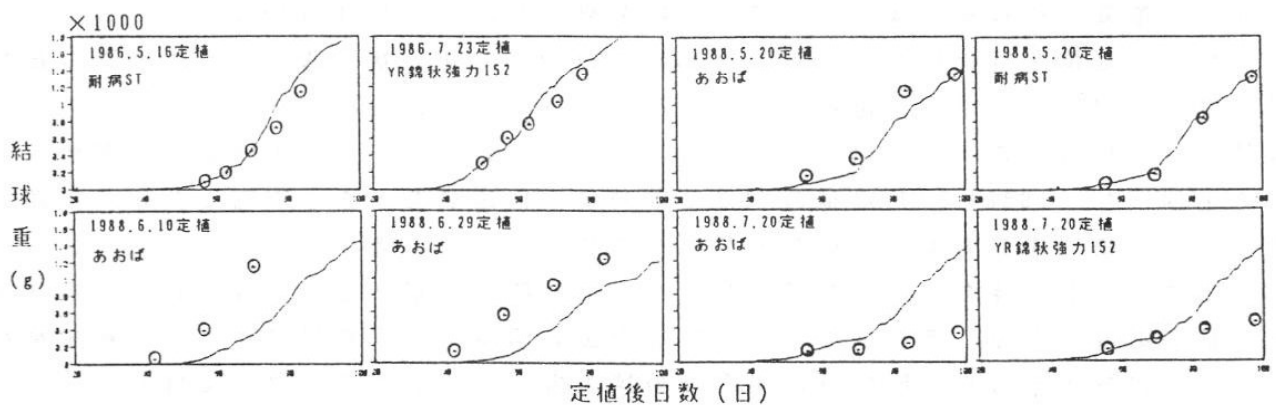


図5 モデルの適用



高橋行継（群馬県伊勢崎農業改良普及所）

### 1. はじめに

群馬県はわが国の主要小麦生産県である。主力品種の農林61号は収量・品質共に国産小麦の基準銘柄とされており、高く評価されている。しかしながら昨年、本年と2年連続して県下の小麦の作柄は思わしくなかった。

麦類の収量・品質は出穂後の天候、特に登熟期間に当たる5月の気象に大きく左右されるといわれている。昨年、本年の登熟期間の気象を振り返ってみると、かなり対照的な経過をたどったように感じられたので、この点を中心に小麦の作柄との関係について報告したい。

### 2. 調査方法

気象要素は気温・降水量・日照時間とし、1991年及び92年の両年産の小麦の生育期間（11～6月）について前橋地方气象台の観測値を使用した。また、小麦の収量・品質は伊勢崎地区の成績とし、それぞれ群馬食糧統計事務所並びに食糧事務所の発表数値を使用した。また、参考までに近年の豊作年であった1988年についても、比較のために若干の解析を行った。

### 3. 結果および考察

1991年および92年共に、播種期に当たる前年の11月上・中旬から4月まで一部の期間を除いて平年をかなり上回る高温が続いた。このため初期生育は順調で、幼穂形成期、出穂期等がかなり早まった。出穂期でみると、それぞれ4月17日、26日となっており、平年よりも15～6日早くなった（表1）。

1991年の5月第1半旬は、上空の寒気団の影響で低温となった。しかし、その後は太平洋高気圧の勢力が例年になく強くなり、夏型の気圧配置が卓越し気温は上昇に転じた。下旬には真夏日も現れるなど著しい高温となった。一方降水量は少なく、月末にまとまった降水があるまで乾燥した晴天が続いた（図1、3）。この気象条件の影響を受けて、小麦は成熟が早まり半ば強制登熟気味となり、俗にいう「枯れ熟れ」状態となった。このため、子実の充実度合いは不良で、細実の比率が高まるなど、収量・品質共に低下した。

これに対して92年は、5月以降も大陸からの寒気が流れ込みやすい気圧配置となりやすく、冷涼な気候となった。6月に入っても気温の上昇は緩慢で、むしろ収穫期に向かって低下気味であった（図2）。これまでの経験から、低温当熟する年は登熟歩合が高まり、豊作であるといわれている。しかしながら本年の場合、収量は前年よりも下回ったばかりか、1等比率が91年よりさらに低下し、品質面でも劣った。1991年は播種期の2回の大雨による発芽不良、湿害による減収も少なからずあった。1992年は大きな気象災害を受けなかったことを考え併せると、最近10か年では一番の不作年といってよい。

麦の登熟最適気温は17～21℃といわれている。1992年は5月の平均気温が15.9℃と低く、さらに6月の低温により登熟が遅延した（図4）。加えて水稻の作業を急ぐあまり、まだ十分に登熟しないうちに収穫をした農家が多かった。このことが品質・収量の低下につながったことも見逃せない。

表1 1991,1992 両年の小麦の収量・品質（伊勢崎地区）

年次	収量 (kg/10a)	検査等級別比率			出穂期 (月日)	成熟期 (月日)
		1等	2等	規格外 (%)		
1991	402	84.3	15.3	0.0	4/17	6/10
1992	398	72.6	25.9	1.5	4/26	6/20
1988	464				5/ 1	6/15
平年	432				5/ 2	6/16

(注) 群馬県食糧事務所検査結果による。ただし、1992年は8月20日現在である。  
出穂期、成熟期は伊勢崎地区の平均をとった。

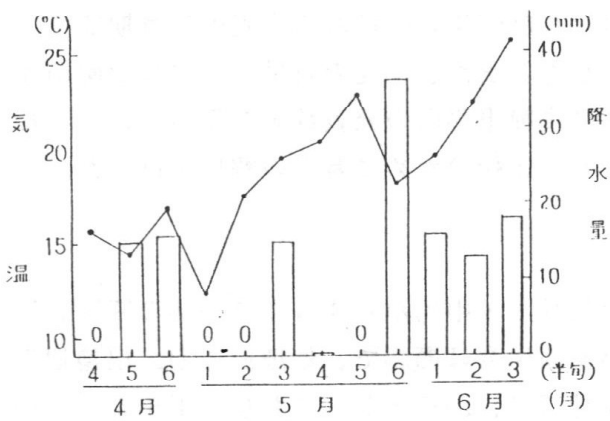


図1 気温・降水量(1991年)

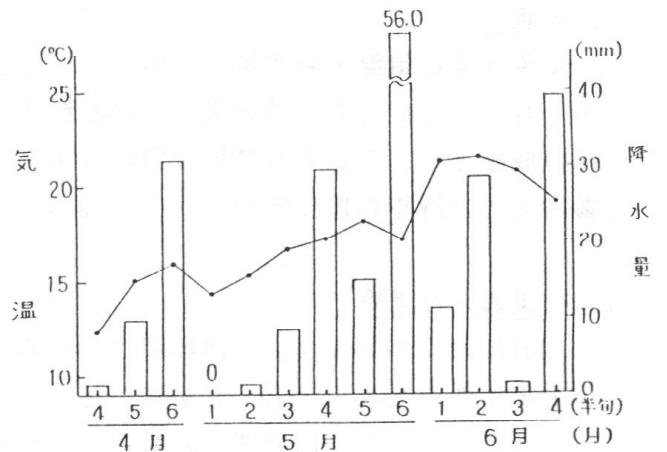


図2 気温・降水量(1992年)

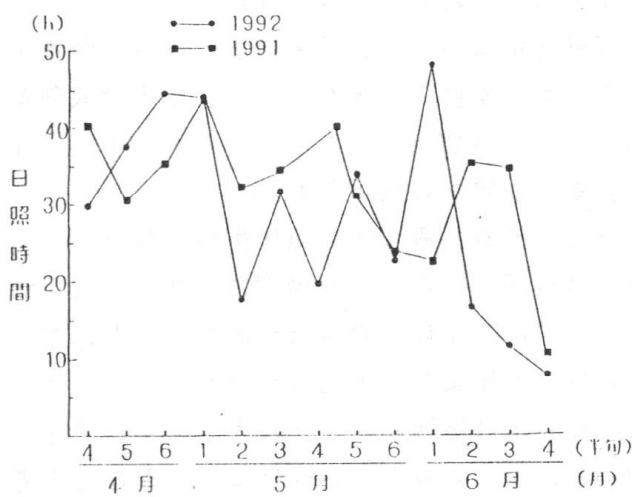


図3 日照時間

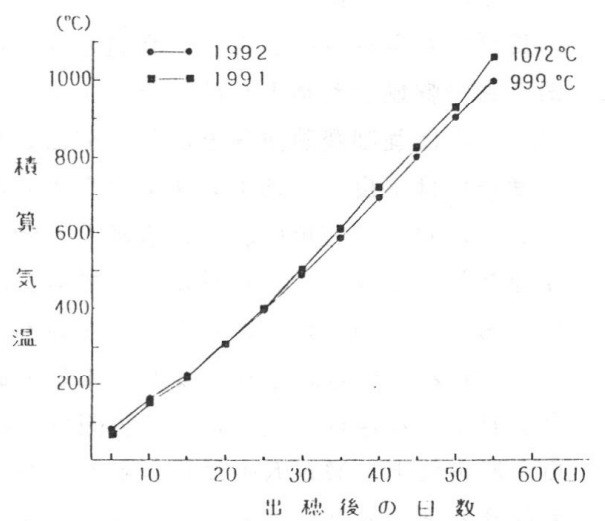


図4 出穂後の積算気温

## サツマイモ裂開症の発生に及ぼす気象の影響

○ 猪野 誠・屋敷隆士（千葉県農業試験場）

### 1. はじめに

サツマイモの裂開症は、塊根の表面に縦方向の割れやくぼみが生じる症状である（写真）。小柳ら（1987）は、塊根形成初期（挿苗4週間後頃）の低温や乾燥処理でその発症率が高まる実験結果を得ている。ここでは、裂開症の多発した1990年の発生状況ならびに植付け時期を5日間隔に設定した'91年の試験結果から、裂開症の発生に及ぼす気象の影響を調査した。

### 2. 材料および方法

供試品種はベニアズマ。栽培様式は慣行のマルチ栽培で、千葉農試内の圃場（火山灰土）に植え付けた。植付け時期は、'90年が5月11日～31日までの4回、'91年が5月2日～7月11日までの15回とした（1時期あたり60株を供試）。地温は透明ポリマルチの株間中央の深さ10cmを、土壤水分はテンションメータを用いて同15cmを測定した。

### 3. 結果および考察

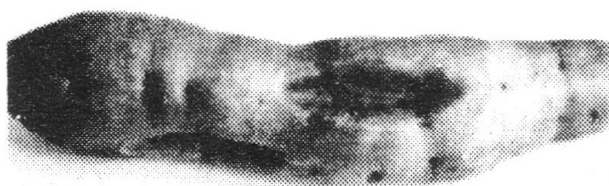
(1) 1990年の裂開症の発生率は0～42%を示し、植付け時期による発生のちがいが見られた（第1表）。

多発した5月31日植付け区の、塊根肥大初期にあたる6月第6半旬の気温の急激な低下が発生に影響したものと推察される（第1図）。

(2) '91年の裂開症発生率は0～10%の範囲であった。植付け時期と裂開症発生との関係をみると、5月17日～6月1日までの植付け時期に集中して発生した。それ以外の時期の発生はほとんど見られなかった（第2図）。

(3) 7月上旬までのマルチ内地温（深さ10cm）の推移をみると、日最高地温は21～42℃の範囲であった。このうち、6月20～24日の日最高地温が21～23℃と明らかに低い時期がみられた。なお、日最低地温の変化は小さかった（第3図）。また、6月20日（降水量30mm）と23日（同37mm）の降雨によって、6月21～27日までのマルチ内土壤水分が明らかに増加した（第4図）。

以上2カ年の実態調査の結果、サツマイモの裂開症は、おもに塊根肥大初期の地温の急激な低下によって引き起こされると考えられる。

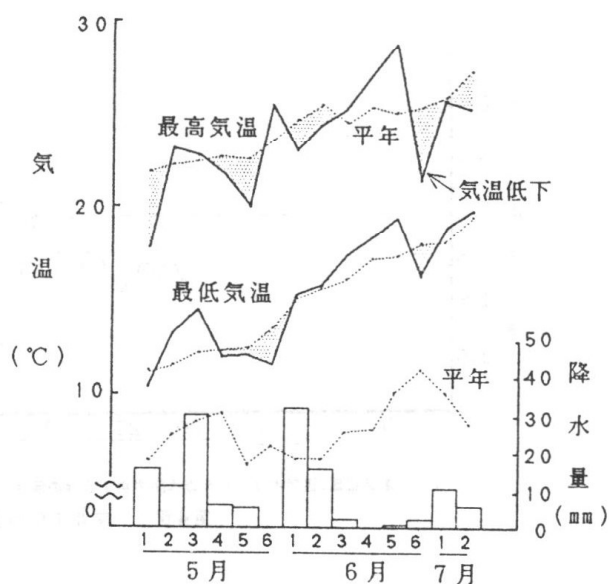


裂開症イモ

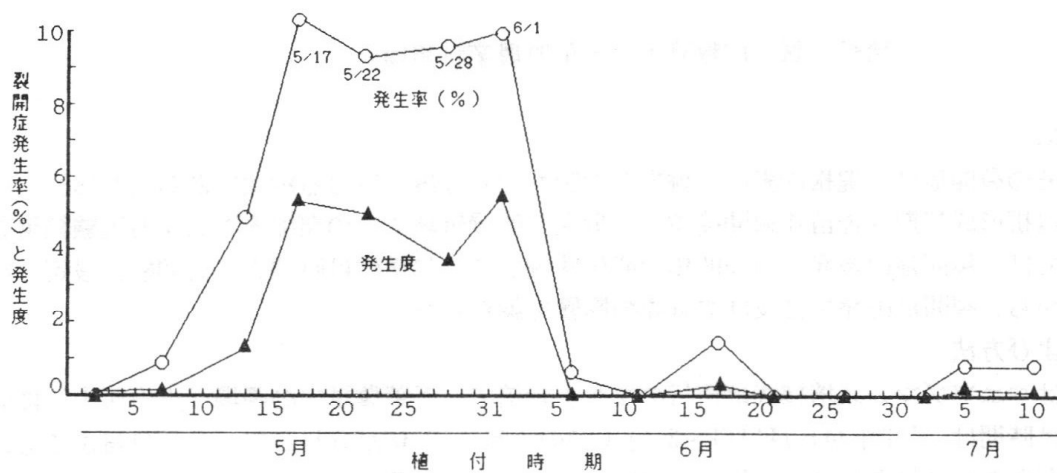
第1表 1990年における植付け時期による裂開症の発生

植付け日	5月11日	18日	25日	31日
裂開症発生率%	5	0	6	42

注) 数値は塊根の個数割合。品種はベニアズマ。

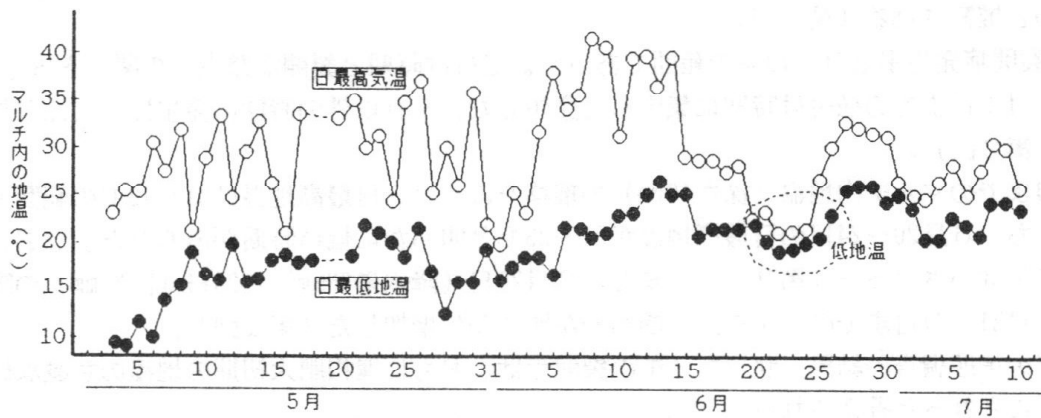


第1図 1990年のサツマイモ生育前期の気温と降水量の推移



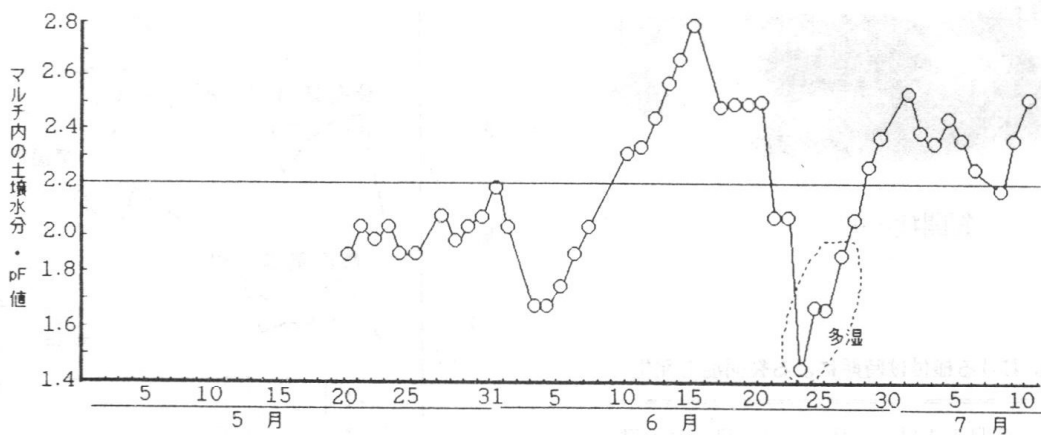
注、1) 発生率 (%) : (裂開症いも数 / 調査いも数) × 100  
 2) 発生度 : 裂開症の程度を無(指数0)~甚(同5)の6段階に分けて算出  
 $\Sigma(\text{指数} \times \text{いも数}) / (\text{調査いも数} \times 5)$

第2図 植付時期のちがいによる「ベニアズマ」の裂開症の発生



注) 測定位置: 透明ポリマルチの株間中央10cmの深さ 5月22日植付け区のデータ。

第3図 マルチ内地温の推移



注) 測定位置: 透明ポリマルチの株間中央15cmの深さ 5月22日植付け区のデータ。

第4図 マルチ内の土壌水分の推移

## 昼夜温がトウガラシの落花におよぼす影響

高垣 美智子（千葉大学園芸学部附属農場）

高温による作物の障害の一つに、蕾、花および果実の脱離が上げられる。熱帯から温帯にかけて広く栽培されているトウガラシ属 (*Capsicum annuum* L.) においても高温で生殖生長器官の脱離が発生し、収量低下の大きな要因となっている。脱離の要因としては、エチレンの発生や花粉稔性の低下、栄養生長器官への生長の偏り等が上げられている。本実験では、蕾および花が脱離しやすかった品種を用いて、昼夜温の組み合わせと脱離率および脱離するまでの日数の関係を調査し、昼温と夜温の変化が蕾および花の脱離発生に及ぼす影響を検討した。

材料及び方法 供試品種として、興農種苗（韓国）の 'Thai Chilli' を用いた。この品種は cone pepper 群の品種で、立性の草姿をもつ。

播種後90日の苗を9号黒色ポリエチレン製ポットに定植し実験に供試した。蕾および花の脱離特性を調べる目的で、屋外の人工気象室（小糸工業株式会社）を用いて、昼夜温（昼 6:00~18:00）の組み合わせを、昼温を高温とし夜温を3段階に変えた、37/27℃、37/22℃、37/17℃の3処理区と、夜温を一定にし昼温を3段階に変えた37/22℃、32/22℃、27/22℃の3処理区の計6処理区を設けた。処理開始時点での蕾および花の脱離率および脱離までの日数は、蕾あるいは花にその発育段階を記入したラベルを添付して調査した。1処理1品種4株として花数と蕾数の合計が各々20以上となるようにした。また、作物体の生長への果実の有無の影響を排除するために、処理開始時点において果実はすべて除去した。

結果および考察 人工気象室の温度は快晴時の昼温が、設定値+2℃となったが、それ以外の昼温及び夜温は±1℃の範囲で制御できた。

図1に昼夜温の組み合わせによる処理開始時点での花と蕾の脱離率と脱離までの日数を示した。蕾においては昼温が37℃のとき夜温が低下するにつれて脱離率は減少し、脱離までの日数は大きくなった。また、夜温が22℃の場合は昼温の上昇により脱離率は増加した。花においては昼温が37℃のとき22℃から17℃への夜温の低下により脱離率は大きく減少した。夜温が22℃の場合は昼温が32℃と27℃とで脱離率に差は見られなかった。蕾と花とで比較すると、特に昼温が37℃の場合に蕾の脱離率が花の脱離率より大きくなっていった。

本実験において、蕾が花に比べて脱離率が高かったことから、トウガラシ属において開花前の高温が脱離を誘発し、開花後の高温は脱離に比較的影響しないと言える。また脱離までの日数から見ると、蕾の脱離も開花後に発生している。これらのことから考えると、高温によるトウガラシ属の蕾および花の脱離は花粉稔性の低下する温度に影響されていると推察できる。

昼温が30℃以下の場合、生殖生長器官の脱離は高夜温によって誘発されると言われる。本実験のように昼温が37℃と高い場合には、高昼温により脱離が誘発されたと言える。この脱離を低夜温で防止する事は出来なかったが、脱離までの日数を延ばし、脱離率を低下させる事が出来た。夜温が一定の処理区では、高昼温によって花よりも

蕾で顕著に脱離が誘発された。これらのことから考えると、花粉稔性の低下は高昼温によって発生し、栄養生長への偏りは、昼温および夜温いずれによっても影響されると考えられる。

高温によるトウガラシ属の生殖生長器官の脱離は、直接的にはエチレンによる離層形成によって発生しているとしても、間接的には花粉稔性の低下と栄養生長への偏りの両方が原因となっていると考えられる。低夜温は栄養生長への偏りにたいしては効果があったが、花粉稔性の低下を抑えることはできなかったと言える。

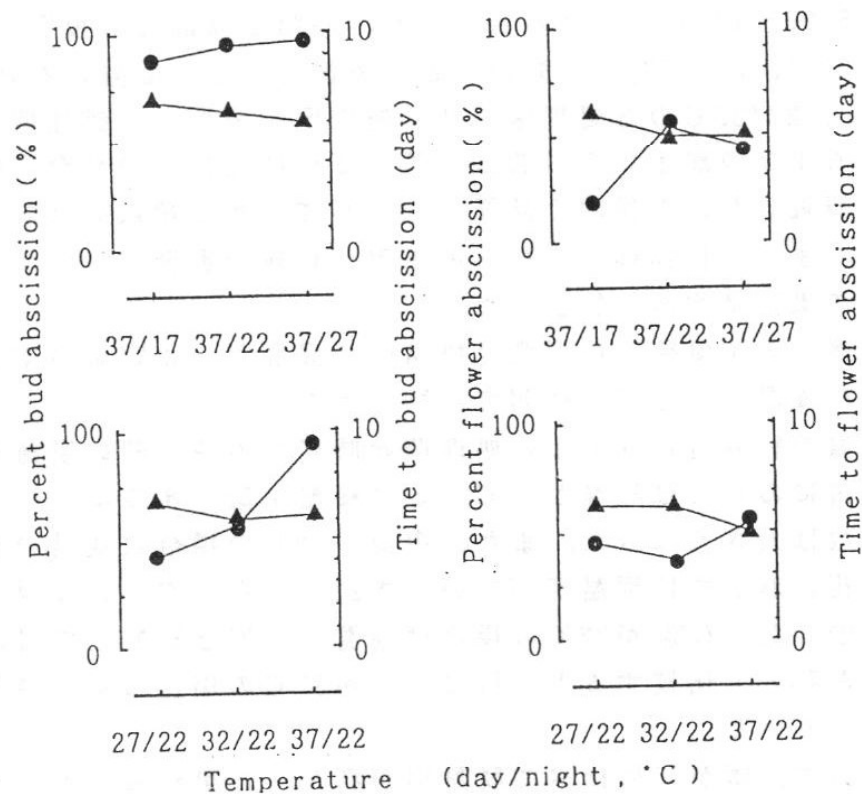


Fig. Effect of day/night temperatures on percent bud abscission (—●—) and percent flower abscission (—●—) and time to bud abscission (—▲—) and time to flower abscission (—▲—) for Thai Chilli.

## 賛助会友

加入順、[ ]内は加入口数

### 株式会社 牧野応用測器研究所 [2]

〒165 東京都 中野区 沼袋3-19-4 TEL 03-3387-6241 FAX 03-3319-9996

光電式微風速計，ソーラーパネル・カードメモリによる長期観測。

電話回線による伝送システム。

### 横川ウェザック 株式会社 [2]

〒104 東京都 中央区 新川1-5-13 伊成ビル6 F TEL 03-3552-6231

風向，風速，温湿度，気圧，雨量，日射，日照，水位，流速の観測機器の製造販売。

総合気象水文計器の設計及び製作。

### 英弘精機 株式会社 [2]

〒151 東京都 渋谷区 幡ヶ谷1-21-8 TEL 03-3469-4511

各種日射計，放射計の製作販売を行い，気象観測，農業，工業，土木，建築方面に広く使用されております。

### トピーグリーン株式会社 [1]

〒136 東京都 江東区 新砂3-3-1 TEL 03-3699-0559

温室トプライト並びに付帯設備の設計，製作，施工及び販売。環境制御機器の設計，製作，施工及び販売。緑化造園工事の設計，施工及び管理

### 朝日印刷株式会社 つくば支社 [2]

〒305 茨城県 つくば市東2-11-15 TEL 0298-51-1188

タイプオフセット印刷，電算写植システム，美術オフセット印刷，活版印刷，ダイレクト印刷，写真植字製版，カメラ製版。

### 太陽計測株式会社 [1]

〒143 東京都 大田区 山王 1-2-6 TEL 03-3774-6111

横河電機・横河ヒューレットパッカート・中浅測器販売／サービス，計測・制御・情報処理・ハード／ソフトの開発・設計・製造・施工。

### 日本農園芸資材研究会 [2]

〒111 東京都 台東区 浅草橋4-2-2 秀和浅草橋西口ビル3 F

TEL 03-3866-0675

農業関連資材，施設の改良に関する調査，試験研究，研究成果の普及。資材，機材の利用法と技術に関する調査，試験研究。

### 東日本印刷株式会社 [2]

〒305 茨城県 つくば市 上ノ室 283-1 TEL 0298-57-4141

フォーム・オフセット・P T O・他一般印刷 コンピュータサプライ用品・P P C用紙・事務機器

## 会誌「関東の農業気象」編集投稿規約(案)

会誌「関東の農業気象」は日本農業気象学会関東支部が年1回以上、発行する機関誌で、農業気象に関する経験と知識の交流を図ることを目的とする。本会誌には農業気象に関する調査・研究についての報告や解説記事および支部活動に必要な記事などを掲載する。関東支部の会員、会友は自由に投稿することができる。

### 1. 編集

- 1.1. 投稿原稿の採否の決定ならびに会誌の編集は理事会が行う。
- 1.2. 理事会は投稿原稿の加筆、修正および削除を求めることがある。

### 2. 投稿

- 2.1. 本会誌への寄稿は投稿を原則とする。
- 2.2. 投稿者は本支部の会員、会友もしくはこれと連名でなければならない。
- 2.3. 投稿者は原稿を支部事務局あてに送付する。
- 2.4. 投稿原稿は理事会が指定した形式のワープロ原稿（図表は別）が望ましい。ただし、市販の400字詰原稿用紙（A4版）を使用してもよい。400字詰原稿3枚が刷上り約1ページに相当する。
- 2.5. 投稿原稿の受理日は支部事務局がこれを受理した日とする。

### 3. 投稿の種類

- 3.1. 「関東の農業気象」は巻頭言（とびら）、研究短報、総説、研究トピックス、講座・（解説）、報告、書評、支部例会の講演要旨および本支部の活動の連絡記事等より構成される。
- 3.2. 研究短報は農業気象に関連した調査研究についての報告である。



#### 4. 研究短報の執筆要領

##### 4.1. 次のような構成を原則とし、英文要旨は必要としない。

1. はじめに（序文）

2. 材料および方法

3. 結果

結果および考察としてもよい。

4. 考察

5. 引用文献

必要に応じて小見出しをつける。

##### 4.2. 写真、図表は総数で4枚以内を原則とする。図および写真の大きさは刷上りで

1/4頁を原則とするが、原図はその2～3倍の大きさをスミ入れして提出する。

プリンタやプロッタを用いて描いた図表も鮮明なものであれば受けつける。図

表の説明は和文とするが、座標軸の説明は英文でもよい。

##### 4.3. 図表を含めて上り4頁以内となるようにする。このため、本文は400字詰原稿用

紙で10枚が限度である。

##### 4.4. 表題、見出しおよび数式に対しては、行間を1行以上あける。

##### 4.5. 図表の挿入箇所は3行あけて、図表の説明を書く。

##### 4.6. 手書きの原稿の場合、添字は△▽（朱）で上つき、下つきを指定する。

##### 4.7. 単位はS I かC G S 単位系のどちらかに統一する。

##### 4.8. 引用文献は最小限度にする。本文中での引用は、三原(1969)によれば、などとす

る。引用文献はA B C 順に本文末に一括する。その書き方は次のようにする。

三原義秋、1969：無加温小温室の夜間温度について、農業気象、25、1-8

##### 4.9. 校正は原則として理事会が行うので、完全原稿を提出する。

##### 4.10. 別刷は請求があれば実費で入手できる。その場合、50部の倍数を単位として、

投稿時に理事会に申し込む。

#### 5. 支部例会の講演要旨の執筆要領

##### 5.1. 「関東の農業気象」掲載用

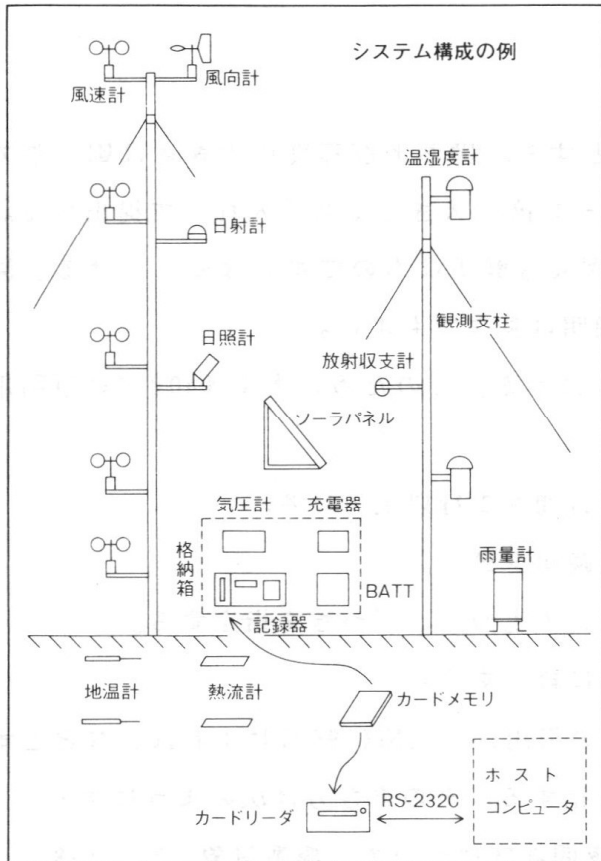
執筆用紙・書式は、全国大会の形式に準ずる。長さは1ページ以上。

##### 5.2. 「農業気象」（全国誌）掲載用

200字程度にまとめる。

## WEATHER LOG シリーズ

風速分布の測定を中心に、微細な気象の変化を詳細に記録して行きます。  
電源にはソーラシステムが使用でき、データはカードメモリに記録されるので  
長期間の安定計測が可能です。電話回線によるデータ回収も可能です。(Option)

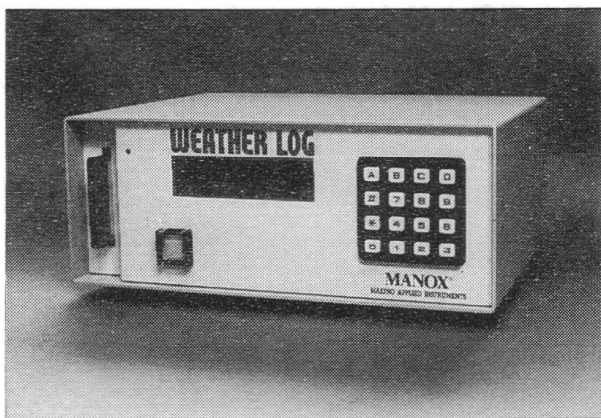


- 接地気層の乱気流や熱収支の変化の様子を微細に、正確に計測するために、現象変化の速さに応じて、測定項目毎にデータ入力の間隔を設定し、各センサの非直線補正を自動的に行います。
- 測定項目・測点数の設定がある程度自由にでき、設定の内容によって連続記録の期間が異なってきます。(例えば1～2ヵ月)

### ●設定の例

項目	数	データ内容	
風向計	(1)	平均値 主風向の割合	
風速計	(5)	平均値 最大値 RMS	
気温計	(2)	10分/30分毎の値 あるいは毎正時値	
湿度計	(2)		
日照計	(1)		
放射収支	(1)		
雨量計	(1)		
気圧計	(1)		
地温計	(2)		
熱流計	(2)		
土壌水分			(Option)

- 湿度センサは湿球温度式と静電容量型が用意されています。
- 計測のための初期設定条件をあらかじめカードリーダーを介して、ホストコンピュータによりデータ記録用のカードに記録しておきます。そのカードを記録器にセットしてスタートさせれば簡単に計測の開始ができます。
- 上記の基本センサとは異なるものをご希望の場合には、ご相談ください。



株式会社 牧野応用測器研究所

〒165 東京都中野区沼袋3-19-4 TEL.03-3387-6241 FAX.03-3319-9996

# ソラック III + F.Dライター

## MULTIPLEX DATA LOGGER

シンプル操作で多機能!  
気象観測用データ・ロガー



積算・平均・演算  
機能内蔵

3電源方式

豊富なオプション

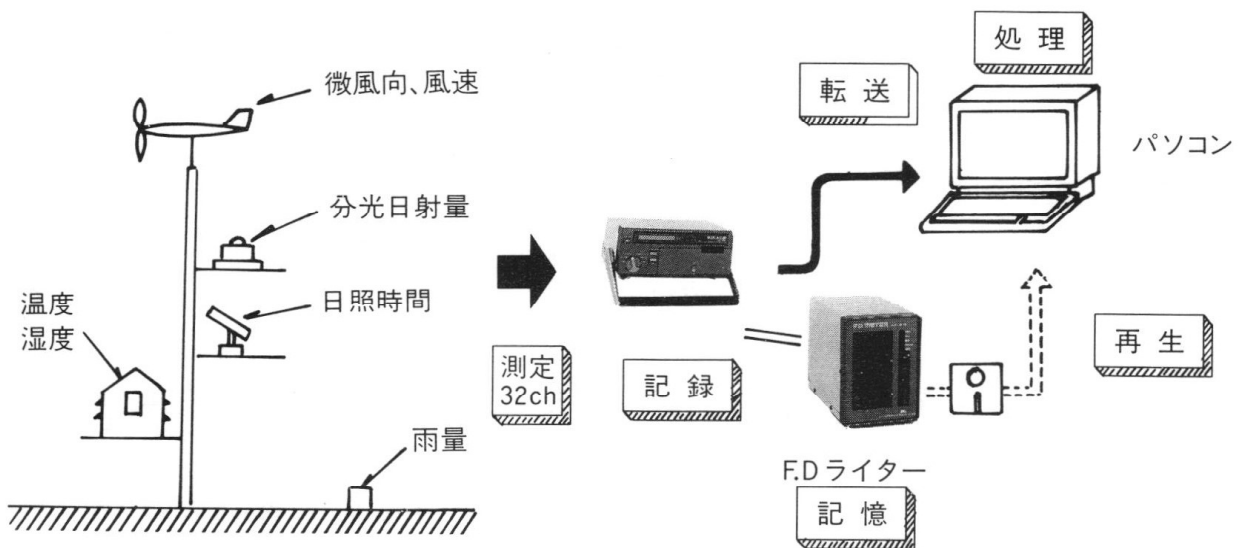
→ 変化の激しい現象は一定時間毎に積算・平均化して出力します。

→ 無電源地域でもバッテリーとの組み合わせで長時間の計測が可能です。

→ 内部データメモリ(256KB)、外部データメモリ(1.28MB)との組み合わせで最適な計測システムが実現します。

### 応用例(農業気象計測システム)

一般農業気象計測システムで、農業気象に関係の深い要素を1時間毎にプリントアウトします。特に日射量、日照時間を精度良く測定するシステムで、今までのデータと関連づけると共に作物の生育状態が把握できます。



※ RS-232Cにより他のコンピューターに接続することにより、週間、月間、年間集計が可能です。

**EKO 英弘精機株式会社**

本社/東京都渋谷区幡ヶ谷1-21-8 TEL.03-469-4511~6 FAX.03-469-4593

大阪/大阪市東区豊後町5(メディカルビル) TEL.06-943-7588・06-943-7286

1992年度 農業気象学会関東支部 支部長，理事連絡先

支部長

中山敬一 千葉大園芸学部 〒271松戸市松戸648 0473-63-1221内331

理事

(会計)

後藤英司 東大農学部 〒113東京都文京区弥生1-1-1 03-3812-2111内5356

杉浦俊彦 果樹試 〒305つくば市藤本2-1 0298-38-6506

平藤雅之 農研センター 〒305つくば市観音台3-1-1 0298-38-8815

松岡延浩 千葉大園芸学部 〒271松戸市松戸648 0473-63-1221

(編集)

鮫島良次 農研センター 〒305つくば市観音台3-1-1 0298-38-8418

竹澤邦夫 農環技研 〒305つくば市観音台3-1-1 0298-38-8279

(庶務)

平野貴嗣 気象庁産業気象課 〒100東京都千代田区大手町1-3-4 03-3212-8341内536

奥島里美 農工研 〒305つくば市観音台2-1-2 0298-38-7655

(発送)

名取俊樹 国立環境研 〒305つくば市小野川16-2 0298-51-6111内516