

# 関東の農業気象

第 16 号

日本農業気象学会 関東支部会誌

平成2年11月(1990)

## <巻頭言>

生態系調和型の農業をめざして ..... 内島 立朗 ..... 1

## <研究短報>

PAN濃度測定における校正法の改良 ..... 戸部和夫・大政謙次 ... 2

## <研究トピックス>

環境調節によるレタスのチップバーン抑制の試み ..... 後藤 英司 ..... 6

## <施設紹介>

気象庁観測部産業気象課 ..... 平野 貴嗣 ..... 12

## <例会案内>

1990年度例会の御案内 ..... 20

1990年度講演要旨 ..... 22

## <支部報告>

1989年度事業報告 ..... 52

1990年度事業計画案 ..... 52

お知らせ ..... 53

1989年度収支決算報告 ..... 54

1989年度余剰金処分 ..... 55

会計監査報告 ..... 55

1990年度予算案 ..... 56

賛助会友 ..... 57

投稿規定 ..... 58

日本農業気象学会 関東支部事務局

〒305 茨城県つくば市藤本2-1

果樹試験場 栽培部気象研究室内

振替口座番号 東京 0-57945

# 日本農業気象学会関東支部規約

正  
 定 改  
 部  
 制 一  
 日  
 6 14 26 28 30 30 29 21 21 26  
 月  
 6 2 2 5 5 9 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1  
 年  
 2 3 3 3 6 7 8 0 2 7 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2  
 和  
 昭  
 平 成

- 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、その役員の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

生態系調和型農業をめざして

内島立郎 (農業環境技術研究所)

2年程前から家の庭の木陰に二つの水槽を置き、キンギョとメダカを飼っている。底には若干の泥土が入り、落葉も沈んでいる。一鉢のスイレンと、数株のホテイアオイが浮かび、近くの灌漑溝から取ってきた水草のクロモが少しばかり根付いている。いま、それぞれの水槽には3匹の中型のキンギョと10数匹の大小のメダカが、毎日機嫌よく泳いでいる。水は減った分だけ補給する。この水槽では、水はいつもきれいで、今年の夏の猛暑の最中でも腐ることなく透明で、キンギョは肥り、メダカは産卵を続け、水は生きている。私はこれを生態系調和型の水槽だと家族に自慢し、ひとりで悦に入っている。

水草と魚と泥土の、量の案配が苦心のしどころである。水槽に魚が多すぎると排泄物で水が濁り酸欠になるし、魚が少なすぎると藻類などが繁茂し枯死株の腐敗が多く工合が悪い。水槽という系の中で、植物と魚と微生物やプランクトンの密度の調和が保たれ、多様な物質やエネルギーの循環が過不足なくバランスするとき、調和型の系が現れるのであろう。こんな庭先のホビーの結果も、近頃の問題と重ね合わせてみると、考えさせられることの多いこの頃である。

最近、人類生存の基盤である地球環境の保全は、人類の挙動にその将来が託されており、人間の英知によって管理し保全しなければならないことが理解されるようになってきた。これからは、すべての産業や、生活や文化が、地球の生態系の調和の中でその過不足が見直され管理されてゆかなければならないだろう。

最近の農業生産技術の向上は確かにめざましい。先進国では生産過剰をいかに抑えるかに苦勞をしているほどである。しかし、高度の生産を支えている技術が、過剰な資材やエネルギーの投入によって成り立っていることから、コスト高や環境破壊の問題が現われ、自然の生態系の中で環境を破壊することなく持続的に農業生産を維持していくことに不安をもたらしている。

このような反省の中で、今、Low Input Sustainable Agriculture (LISA) の在り方が問われている。地球環境の未来を展望し、自然の生態系のメカニズムに矛盾することなく持続的、安定生産を考える、いわば生態系調和型農業への転換である。高度のテクノロジーは、今、快適だけをめざした人間の欲望のためだけでなく、地球環境の保全のために求められている。圃場・地域・国のレベルで、ひいては地球のレベルで、自然の生態系と調和した農業技術をいかに築くことができるか、今後の農業研究の大きな課題である。

生態系調和型農業で、はたして爆発的に増えるといわれている世界の人口に見合った食糧生産が可能であろうか。それは分からない。しかし、今は選択の時ではない。この星にしか生きることができない人類には、地球が造り出す生態系の中で調和して生きる以外に道はないのである。

研究短報

PAN 濃度測定における較正法の改良

国立環境研究所 戸部和夫・大政謙次

1. はじめに

PAN (peroxyacetyl nitrate) は、オゾンと共に光化学オキシダントを組成する代表的な物質であり、植物毒性の強い大気汚染ガスの一つである。実際に、わが国を含め世界各地でPANによる植物の障害が観察されており、15ppb程度の濃度で植物に可視障害を生じさせることが知られている (Templeら; 1983)。

著者らは、PANの植物に及ぼす影響を解析するために、人工光型グロースキャビネット内にPAN暴露用チャンバーを試作した (高木ら; 1989)。しかし、PAN濃度の測定は、他の汚染ガスの濃度測定に比べ、困難なことが多い。一般に、PAN濃度の測定にはガスクロマトグラフ (ECD-GC) が用いられるが、実際の測定例は少ない。これは、PANの分解性が高いために、既知濃度の較正用標準ガスを調製するのが困難なことに一因がある。

ここでは著者らが植物実験用に確立した比較的容易な手順によるPAN濃度の測定方法を紹介する。その方法は、化学発光型NO<sub>x</sub>計をECD-GCの濃度較正の基準として用いるものである。このNO<sub>x</sub>計は、NO<sub>x</sub>のほかにPAN等を検出する性質がある (Winerら; 1974)。そのために、PANを選択的に検出できないので、野外大気のようにNO<sub>x</sub>が混在する空気中のPAN濃度の測定に用いることはできない。本方法ではGaffneyら (1984) が開発したPAN合成法により得られた不純物をほとんど含まないPANの標準ガスを用いることにより、NO<sub>x</sub>計をPAN濃度の較正器として利用できるように改良した。

2. 方法

2. 1. 測定方法

PAN測定用ECD-GC (日立製; 263-30) のカラムは、内径3mmのテフロン管に5%PEG 400 on Chromosorb WAW DMCS (mesh: 80~100) を長さ30cmにわたり充填したものを用い、カラム温度を30°Cに設定した。

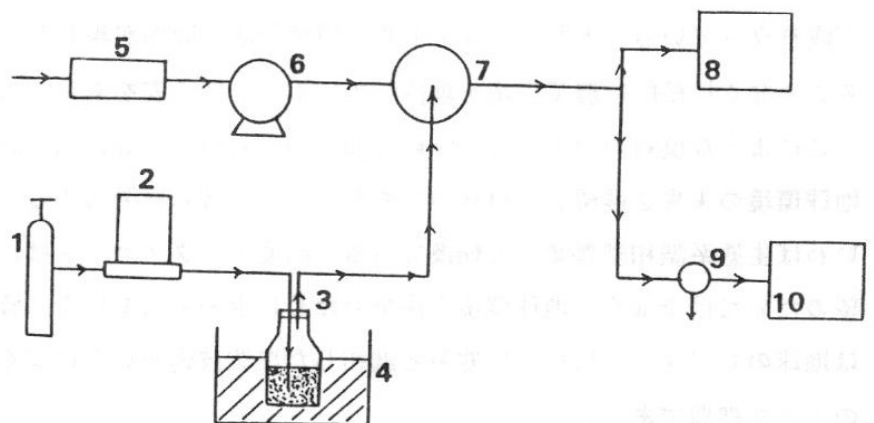


図1 濃度較正用装置の概要

- 1: 窒素ポンプ、2: マスフローコントローラー、
- 3: バブラー (20ml)、4: 恒温槽 (0°C)、
- 5: 活性炭フィルター、6: ダイアフラムポンプ、
- 7: ミキシングセル、8: NO<sub>x</sub>計、
- 9: タイマー式切換弁、10: ECD-GC。

ECD-GCのサンプリングは、タイマー駆動式の自動サンプリング弁を7分間隔で駆動して、 $1\text{cm}^3$ の試料をカラムに注入することにより行った。測定の結果得られたクロマトグラムは、クロマトコーダー-11（ガスクロ工業製）により処理し、PANピークの面積値をもとにPAN濃度を求めた。

濃度の基準として用いた化学発光型 $\text{NO}_x$ 計（紀本電子製；Model 258-NA）は、カーボンコンバータ付きであり、あらかじめ $\text{NO}_2$ のボンベ入り標準ガスを用いて濃度較正を行い、PANの測定は $\text{NO}_2$ 測定モードで行った。

## 2. 2. PANの標準ガスの調製とECD-GCの濃度較正

PANの合成は、Gaffneyら(1984)の方法によった。すなわち、n-トリデカン溶媒中で過酢酸を硝酸によりニトロ化することによってPANを合成し、その溶液中の未反応物質を水で抽出除去した。この溶液を用いて、図1に示す方法によりPANの標準ガスを調製した。すなわち、PAN溶液中に窒素ガスを通気することにより数百ppmのガス状PANを発生させ、これをミキシングセル内で希釈することにより数~100ppbのPANの標準ガスを得た（高木ら；1989）。この標準ガス中のPAN濃度は、PAN溶液に通気する窒素の流量をマスフローコントローラーで制御することにより、変化させた。また、溶液中でのPANの分解を防ぐため、溶液は恒温槽で $0^\circ\text{C}$ に保温した。さらに、希釈空気中の $\text{NO}_x$ は、活性炭フィルターを通すことにより除去した。この標準ガスをECD-GCと $\text{NO}_x$ 計により同時に測定し、ECD-GCの測定値が $\text{NO}_x$ 計の測定値に等しくなるよう、ECD-GCを較正した。

## 3. 結果と考察

### 3. 1. PANの測定結果

ECD-GCによりPANを測定した結果得られたクロマトグラムを図2に示す。PANの保持時間は約60~70秒であり、1回の測定に要する時間は約6分であった。また、PAN濃度とクロマトグラム上のピーク面積との間には、0~100ppbの範囲内ではほぼ直線関係が得られ、PANの検出下限は、約1ppbであった。

### 3. 2. ECD-GCの濃度較正

化学発光型 $\text{NO}_x$ 計は、 $\text{NO}_x$ 測定モードにおいて、PANやメチルナイトレート（ $\text{CH}_3\text{ONO}_2$ ）、メチルナイトライト（ $\text{CH}_3\text{ONO}$ ）などの含窒素有機化合物を検出する性質がある。これは、 $\text{NO}_x$ 計の $\text{NO}_2$ - $\text{NO}$ 変換用コンバータ内で、これらの物質が熱分解し、最終的に $\text{NO}$ に変換されるためである。さらに、カーボンコンバータ付き $\text{NO}_x$ 計のPANに対する応答値は、同一濃度の $\text{NO}_2$ に対する応答値にほぼ等しいことが知られている（Winerら；1974）。したがって、標準ガス中に

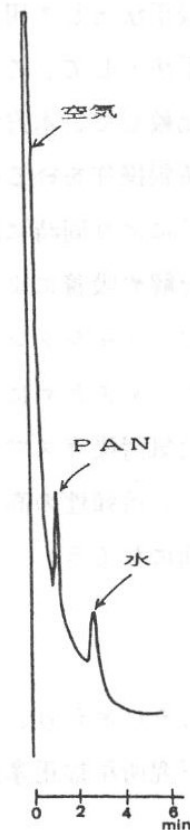


図2 PANのクロマトグラム

PAN以外のNO<sub>x</sub>計に検出される不純物が含まれていなければ、NO<sub>x</sub>計による標準ガスの測定値はPAN濃度に等しくなる。

一方、溶液中のPANおよび清浄空気中のPANは徐々に分解し、メチルナイトレートやメチルナイトライトを生成する(Gaffneyら; 1984、Coxら; 1977)。したがって、NO<sub>x</sub>計によるECD-GCの較正に際しては、標準ガス中にこれらの分解物やその他の不純物が混入するのを避けなければならない。

今回採用したPAN合成法では、合成時に副生成物が生成せず、未反応物質は、抽出操作により容易に除去することができる。そして、この溶液中にはNO<sub>x</sub>計により検出されるような不純物は含まれていないことが確認されている(Gaffneyら; 1984)。本方法における較正操作には合成直後のPANを使用しており、保存期間中の分解は考慮しなくともよい。また、この較正装置により6~8時間の較正操作を行った場合に、初期と終期においてNO<sub>x</sub>計の応答値とECD-GCの応答値の比率に変化が認められなかったことから、較正操作中には溶液中のPANの分解は無視できる。さらに、PANの清浄空気中での分解は一次反応として近似され、常温での半減期は約35時間であるが(Pateら; 1976)、この較正装置でのガス状PANの配管内での滞留時間は1分以内であり、配管内でのPANの分解は無視できる。また、希釈空気からのNO<sub>2</sub>の混入は、活性炭フィルターを通すことにより1ppb以下に抑えることができ、較正操作に際しては、NO<sub>x</sub>計の応答値からこのNO<sub>2</sub>濃度の値を差し引くことによりPAN濃度を補正した。

以上のことから、NO<sub>x</sub>計の応答値はPAN濃度を指示していると考えられ、本方法は十分にECD-GCの較正法として用いられることが明らかになった。ECD-GCを用いたPAN濃度の測定における較正法として、これまでに報告されている方法(早福ら; 1986、Grosjeanら; 1984、Joosら; 1986)と比較して、本方法の特徴は、(1)2種類の分析計の検出感度が重なり合っているため、標準ガスの希釈操作を経る必要がないこと、および(2)標準ガスを連続的に発生し、同一試料を2種類の分析計により同時に測定することができること、にある。このことにより、本方法では較正中のPANの分解や吸着による影響を避けることができた。

従来、光化学オキシダント濃度は、中性ヨウ化カリウム溶液の酸化能力を指標として評価されることが多かった。そのために、PANは、オゾンと一括して光化学オキシダントとして測定され、植物毒性の強い大気汚染ガスでありながら、その汚染度・影響度が解明されることが少なかった。しかし、本方法により、信頼性の高いPAN濃度の測定が行えるようになり、PAN汚染による植物影響の実態解明の一助になろう。

#### 謝 辞

本研究を行うにあたり、PANの合成方法およびPANの測定方法に関してご指導いただいた東京都環境科学研究所早福正孝氏に感謝いたします。

## 引用文献

- Cox, R. A. and Roffey, M. J., 1977: Thermal decomposition of peroxyacetyl nitrate in the presence of nitric oxide. *Environ. Sci. Technol.*, **11**, 900-906.
- Gaffney, J. S., Fajer, R. and Senum, G. I., 1984: An improved procedure for high purity gaseous peroxyacetyl nitrate production: use of heavy lipid solvents. *Atmos. Environ.*, **18**, 215-218.
- Grosjean, D., Fung, K., Collins, J., Harrison, J. and Breitung, E., 1984: Portable generator for on-site calibration of peroxyacetyl nitrate analyzers. *Anal. Chem.* **56**, 569-573.
- Joos, L. F. and Landolt, W. F., 1986: Calibration of peroxyacetyl nitrate measurements with an  $\text{NO}_x$  analyzer. *Environ. Sci. Technol.*, **20**, 1269-1273.
- Pate, C. T., Atkinson, R. and Pitts, J. N. Jr., 1976: Rate constants for the gas phase reaction of peroxyacetyl nitrate with selected atmospheric constituents. *J. Environ. Sci. Health-Environ. Sci. Eng.*, **A11(1)**, 19-31.
- 早福正孝・石黒智彦, 1986: パーオキシアセチルナイトレート (PAN). 光化学反応物質測定法検討調査報告書 (昭和60年度), 46-96.
- 高木博夫・戸部和夫・大政謙次・竹下俊二, 1989: 植物実験用PAN暴露装置の試作. *農業気象*, **45**, 39-42.
- Temple, P. J. and Taylor, O. C., 1983: World-wide ambient measurements of peroxyacetyl nitrate (PAN) and implications for plant injury. *Atmos. Environ.*, **17**, 1583-1587.
- Winer, A. M., Peters, J. W., Smith, J. P. and Pitts, J. N., Jr., 1974: Response of commercial chemiluminescent  $\text{NO}-\text{NO}_2$  analyzers to other nitrogen-containing compounds. *Environ. Sci. Technol.*, **8**, 1118-1121.

研究トピックス

環境調節によるレタスのチップバーン抑制の試み

東京大学農学部 後藤 英司

1. はじめに

1. 1 植物工場では何を作っている？

人工光型あるいは自然光併用型の高度集約生産施設（以後植物工場と呼ぶ）が注目されて久しい。筆者も植物工場に関心を持っている研究者の一人のつもりでいるが、しばしば学生に「その工場では何を栽培しているのですか？」と質問されると、答えに困ってしまう。なぜなら、現在実用化されている施設のほとんどが葉菜類の水耕栽培なのであり、「リーフレタスとサラダナとハウレンソウだ」と答えると、“植物工場”という言葉に関心を持った学生の多くはがっかりするからである。そこで筆者は、人工光による栽培、コンピュータによる栽培管理、作業の自動化・機械化などについて面白く説明し、なんとか興味を持ってもらおうと試みる。

1. 2 植物工場の現実

ところで、植物工場の実用化における重要な問題は、「いかにコストを低減するか」と「何を栽培するか」であると思う。ハード面は、施設園芸の高水準の技術と最近の工学技術の進歩のおかげで、たいていのことはお金をかければ可能になってきたような気がする。ソフト（栽培）面では、露地や温室栽培の長年の栽培技術の蓄積がある。

そこで、筆者のような栽培経験のない素人が植物工場をやってみようとする。しかしいざ着手してみると、作物種の選定、光源の選定、作物ごとの環境条件の設定、収量予測などについて知らないことが多い。そこで研究論文や参考書を調べてみるが、ヒントが載っていないことも多い。実際に栽培してみても、既存の栽培技術ではカバーしきれない問題が残っていることも事実である。それは、たとえば培養液管理や生理障害である。

1. 3 工場で生理障害が発生？

ここで取り上げるレタスのチップバーン（Tipburn：縁腐れ）は、生理障害の一種で、カルシウム欠乏症と考えられている。チップバーンは、“工場”内でしばしばレタス（サラダナとリーフレタス）が栽培されるため、植物工場関係者の中では最も知られた生理障害の1つである。もちろんこれは温室栽培でも発生するし、米国やヨーロッパでも発生するので昔から問題にされてきた。ではなぜ植物工場で頻繁に発生するかといえば、生産量を最大にするために、言い替えれば成長速度が最大になるように、光、温度、培養液条件を制御するためである。その理由は次項で説明する。筆者はこれを一種の贅沢病だと思っている。



## 2. レタスのチップバーン

### 2. 1 症状

一般的な症状は、成長点付近の生育旺盛な若い葉の先端部が水浸状になって伸長が止まり、やがて組織が壊死して褐変してしまう状態である。発生が始まるステージは、外葉が10枚以上になる栄養成長期で、光合成が盛んで生体重量が急激に増加する時期である。チップバーンが生じると、新葉の健全な生長が阻害されるため、生長速度が低下する。褐色の縁部をもつ葉や変形した葉が数多く出現するために、商品価値も低下する。

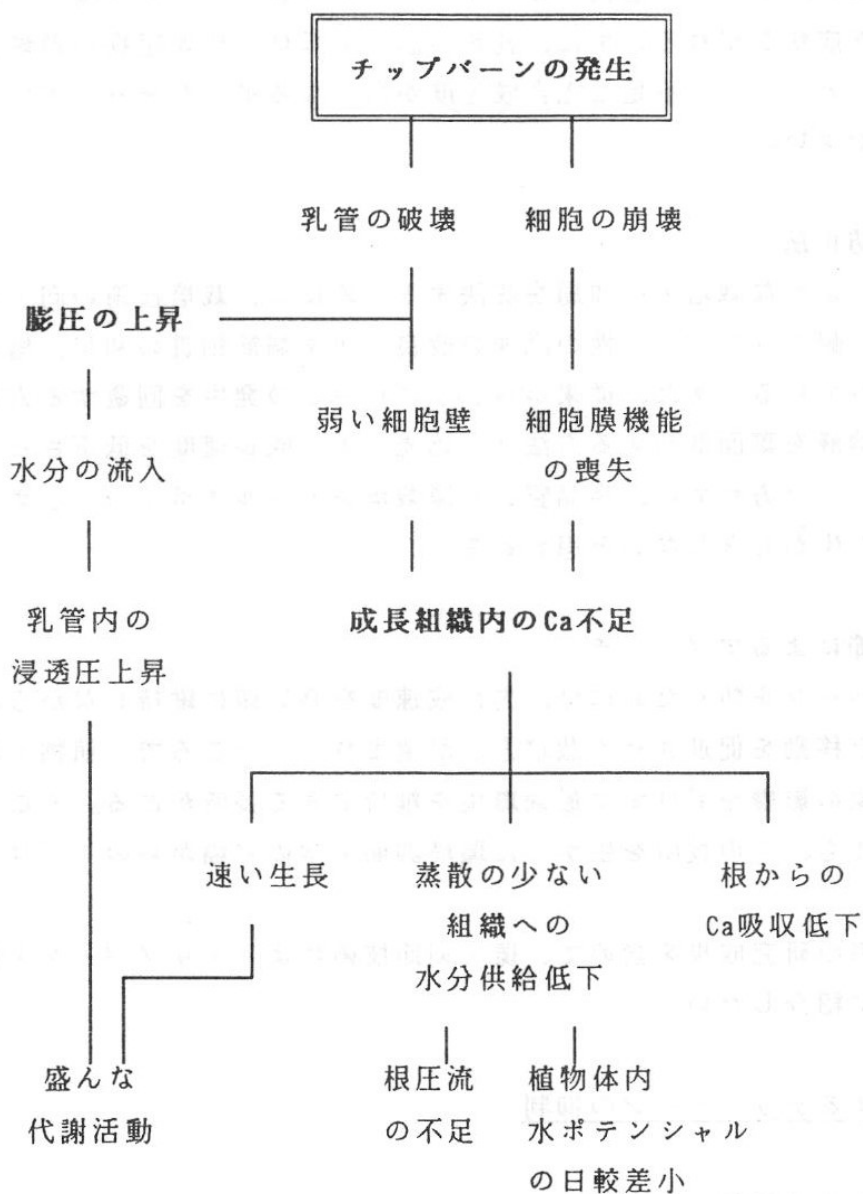


図1 レタスのチップバーン発生モデル

## 2. 2 発生しやすい条件

発生メカニズムに関しては、すでに多くの研究者によって明らかにされている。図1に、Collierらが提案した発生モデルを示した。原著では、露地栽培と施設栽培の両方を念頭においてモデルが作られているが、ここでは施設内の水耕栽培に限定して簡素化してある。図に示したように、チップバーンが発生する直接の理由は、乳管の破壊とそれに伴う細胞の崩壊であるが、これを引き起こす原因はつぎの2つである。

(a) 成長組織内のカルシウム量が不足する

(b) 代謝活動が盛んになり乳管の膨圧が上昇する

カルシウムは、植物体内では移動性が悪いいため、古い葉に集積したものは、新しい葉に移動することは少ない。そこで、植物体のカルシウムの吸収が不十分な場合には、生長点付近の若い葉に欠乏症状が現れる。また、乳管の膨圧上昇は、代謝産物の過剰蓄積によって生ずる。つまり、カルシウム不足と光合成速度が高くなる条件がそろっていると、チップバーンが発生しやすい。

## 2. 3 既存の防止法

チップバーンのような栽培上の問題を解決するためには、栽培技術の向上が不可欠である。そのために、耐チップバーン性の品種の改良、化学調節物質の利用、培養液組成の改良などが試みられている。また、従来からチップバーンの発生を回避する方法として、カルシウム塩の水溶液を葉面散布する方法と、遮光により成長速度を低下させる方法が行われている。しかしこの方法では、高品質と高速栽培をセールスポイントとする植物工場や施設栽培の特徴が生かしきれないと思われる。

## 2. 4 環境調節によるアプローチ

そこでチップバーンを防ぐためには、光合成速度を高い値に維持しながら、なおかつカルシウムの吸収と移動を促進させる栽培方法が望まれる。ところで、植物工場のような施設では、屋外気象の影響を受けずに最適環境を維持できる長所がある。そこでチップバーンの問題に対しても、この長所を生かした環境調節工学の立場からのアプローチが重要になると考えた。

ここでは、筆者の研究成果を含めて、環境調節技術によりチップバーンを防止する方法の可能性について紹介したい。

## 3. 環境調節によるチップバーンの抑制

### 3. 1 カルシウムの増加

根で吸収されたカルシウムは、水と一緒に移動する性質がある。そこで、成長点およびその周辺の若い葉（以後新葉とよぶ）のカルシウムを増加させるために、2つの方法を考

えた。1つは、明期に新葉の蒸散を促進し、水分移動とカルシウムの移動を促進する方法（以後送気法と呼ぶ）。もう1つは、暗期に根圧流を促進させて、カルシウム移動を促す方法である。

### 3. 1. 1 送気法

チップバーンが生じるのは、成熟葉が大きくなって中心部の新葉を囲い始める時期である。そこで、葉面上の湿度分布について調べてみたのが表1である。

表1 葉面上の湿度環境（数値は飽差: mmHg）

	葉面からの高さ(mm)								室内 空気
	0	1.5	3.0	5.0	10.0	20.0	40.0	60.0	
新葉	6.4	6.4	6.5	6.7	6.8	8.0	10.5	11.5	11.8
成熟葉	9.1	9.5	10.3	10.5	10.6	10.6	11.3	11.8	11.8

\* 温度27°C、相対湿度60%、生体重26.4g

表中の新葉は、成熟葉（外葉）にかなり囲まれている状態である。そのために葉面上の空気の移動が妨げられて、湿度がかなり高くなっている。対照的に、展開ずみの成熟葉は、葉面上の空気の流れがスムーズで蒸散がうまく行われているようである。飽差で比較すると両者の差がわかりやすい。この結果から、「室内の空気湿度を下げれば、新葉の蒸散を促進できるのでは？」と考えてみたが、うまくいかない。その理由は、新葉上では湿度低下の効果を受けにくく、むしろ影響を受けやすい成熟葉面上の飽差が大きくなり、蒸散量が増加してカルシウム吸収が促進されてしまうので、新葉にはカルシウムが届かないためである。

そこで、新葉の蒸散量を強制的に増加させる方法を考えた。それは、植物体の中心部にエアーを送って新葉面上の飽差を大きくする方法である。これを筆者は送気法と呼んでいる。実際にはかなり試行錯誤的に見いだしたのであるが、簡単に言えば、室内空気をエアポンプで吹き付けるだけである。この方法はたいへん効果があった（表2）。送気法では、成長速度を変えずにチップバーンの発生を防ぐことができた。むしろ、新葉が健全に成長するため、成長速度が速くなるという結果も得られた。

表2 送気によるチップバーン抑制効果

送気部位	処理時間	発生株比率(%)	相対成長率( $\times 10^{-3}h^{-1}$ )
新葉	明期のみ	33	7.9
新葉	明期と暗期	0	8.4
成熟葉	明期と暗期	100	8.3
対照区		100	7.6

\* 収穫時(85~105g)の実測値

では、「本当にカルシウムが増加したのだろうか？」との疑問に答えるために、植物栄養学的実験を試みた。培養液にカルシウムの放射性同位体 $^{45}Ca$ を含ませて、一定時間根から吸収させて、どの部位に移動するのかを調べた。いわゆるラジオアイソトープを用いたトレーサー実験である。その結果の一例が表3である。

表3 送気時の $^{45}Ca$ の吸収

	$^{45}Ca$ 含有量(dpm/mgd. w.)		新葉/成熟葉 (%)
	新葉	成熟葉	
送気区	1.13	2.07	55
対照区	0.56	3.14	18

\* 処理時間は10~16時間。処理後ろ乾して、

$\beta$ 線量を液体シンチレータで測定。

\* dpmは毎分の $\beta$ 線の壊変数

送気すると、根から吸収された $^{45}Ca$ のうち、新葉に取り込まれる割合がかなり高くなっていることがわかった。そこで現在、送気条件とカルシウムの吸収・分配に関する定量的なデータを集めている。

### 3. 1. 2 根圧流の促進

これは、暗期の湿度を高くして、根圧流による新葉への水の流れを促進させ、同時にカルシウムの取り込みを増やそうという試みである(表4)。

暗期の相対湿度が90%以上の区は、湿度センサーの精度の問題もあり正確な湿度制御はでき

なかったが、おそらく飽和に近い湿度条件であったと考えている。この条件では、85%の区に比べてチップバーン発生率が低下した。飽和に近い高湿度条件では、根圧流によるカルシウムの吸収、欠乏部位への移動が効率的に行われたと考えられる。しかし、この方法による抑制効果は、送気法と比べてかなり小さいようである。

表4 暗期の湿度とチップバーン発生率

相対湿度	発生葉数の比率(%)	最初に発生した葉齢
85%	41.7	19.5
>90%	40.1	21.0

### 3. 2 膨圧上昇の抑制

代謝産物の蓄積による乳液の高濃度化とそれに伴う膨圧の急激な上昇は、光合成と関連するものである。そのため、本研究の目的である「成長速度は落とさずに、発生を抑制する」という立場から考えると、膨圧上昇を抑制することは難しいと思われる。高い光合成速度を維持しながら乳液の高濃度化を抑えるためには、相当に上手に環境をコントロールするか、こうなったら、レタス自身に頑張ってもらうしかない? と思ったりもする。また、もし膨圧を多少低下させても、カルシウムが不足すれば、やっぱりチップバーンは発生すると予想される。膨圧の制御については現在、ある方法について、効果の有無を検討中である。

施設紹介

気象庁観測部産業気象課

気象庁観測部産業気象課 平野貴嗣

私は初対面の人に職業を聞かれることがある。「気象庁の産業気象課に勤めています」と答えると、その人は「気象庁！って、天気予報を出しているところ？ でも、産業気象っていうのは何か産業に関する天気予報を行っているの？」と聞き返される。そこで、私は気象庁では天気予報ばかりでなく、気象現象を観測したり、地震や火山や海洋気象関係の仕事をしている人もたくさんいることを話し、さらに「毎年春に、サクラの開花予想を発表しているのは気象庁で、全国の指導やとりまとめをしているのは産業気象課ですよ」とつけ加える。このように、気象庁の仕事は天気予報以外はあまり知られておらず、さらに当課の仕事については、まさに雲をつかむようなものと思う。

産業気象課は青年から実年までの精鋭！13名で構成されており、気象庁の中で最も人数の少ない課の一つである。これらの人が明晰な頭脳と大型計算機やパソコンを駆使して、小さな所帯でも大きな仕事をする心意気でがんばっている。コンピューターに明るい人、気象学が得意な人、数学が得意な人、バイタリティーあふれる人、強固な意思を持った人、など多士済々の人が集まっており、狭い室内で、和気あいあいと、時には口から泡を飛ばすほどの激論を交えて、仕事をしている。

では、今年で創立50周年を迎えた産業気象課の歴史と現在の主な仕事を紹介しよう。

1. 歴史

(1) 誕生

昭和15年4月1日中央气象台に課制が布かれ、産業気象掛が産業気象課となる。産業気象課の所掌業務として「産業気象の観測調査報告及び研究に関すること」が明示された。ここに産業気象課の第一歩が始まった。

(2) 農業の時代(昭和21~44年)

戦後、食糧増産にあわせて、各地に産業気象研究所が設置され、農業気象の研究が行われた。また、昭和21年に明日の天気予報に基づいた農作業上の注意事項などの情報を「農業のための気象通報」としてNHKラジオ第1放送で開始した。この放送は昭和40年頃まで続けられた。

昭和34年から昭和44年にかけて全国645か所の農業気象観測所が設置され、気温、降水量、日照時間、地中温度などが観測された。

(3) 大気汚染の時代(昭和46~50年)

昭和40年代後半に各地で大気汚染が社会問題となると、気象と大気汚染の関係を調べた「西瀬戸地域大気環境調査」、「南関東大気環境調査」などの各種の大気環境調査が実施された。

(4) 多目的の時代(昭和51年~現在)

昭和50年代に「なだれ災害予測に関する研究」、「東北地方におけるやませ風に関する研究」などが実施された。また、観測点のない地域の気候値を推定する手法が確立され、昭和59～63年に「気候値メッシュファイル作成調査（気温・降水量・積雪）」が実施された。

農業関係では、昭和50年に気象庁と農林水産省との間に全国農業気象協議会が発足した。

昭和60年に農業気象実況監視システムの運用、昭和61年には生物季節観測のオンラインによる資料収集が開始された。

#### （5）その他

明治時代から行われていた生物季節観測は、昭和28年に「生物季節観測指針」が制定され業務として体系づけられた。

また、屋外労働不適天候時間の統計は昭和15年から、全国のサクラの開花予想は昭和30年から、不快指数の統計は昭和41年から行っている。

## 2. 現在の業務

戦後、農業気象が中心であった産業気象課の業務は、時代の流れを経て、現在は農業気象、応用気象、生物季節の3分野を柱として行われている。

### 2.1 農業気象

農作物の生育は気象に左右されやすい。風水害、凍霜害、冷害、干害など気象が原因で起こる農業災害を防止、軽減するために、農業気象業務が行われている。気象庁では観測の成果、注意報・警報、長期予報などを農業向けに解説した気象情報（農業気象情報）を、関係機関に提供している。当課では農業気象情報について管区气象台、地方气象台の指導を行っている。

また、農業気象情報のより適切な利活用を図るため、農林水産省、地方農政局、都道府県農林部局などと協力して、全国から県単位までの各種農業気象協議会を設け、意見の交換を行っている。当課は全国農業気象協議会の気象庁側の事務局となり、農林水産省と太いパイプでつながっている。

アメダスオンライン資料を利用した農業気象実況監視システム（AGMES；Agroclimate Monitoring and Evaluating System）により、気象状態を毎日監視している。このシステムで作成したデータや図表は主に農林水産省に送られている。また、少雨による水不足など人々の生活に影響のある長期緩慢災害が発生した場合は、随時、報道機関等に発表している。図1は東西日本で記録的な猛暑が続いた本年（1990年）8月の気象官署における、観測開始以来の平均気温の高い順位である。

毎年刊行している資料は、農業気象災害等を解説した「農業気象年報」、農業気象業務の参考となる図表類集「農業気象業務関連資料」（表1）、農作物と気象の関係を調査した「農業気象資料（農林水産省と共同）（表2）」の3冊がある。

### 2.2 応用気象

応用気象とは、気象資料や気象学の知識を応用して、産業・交通など実用目的に合わせて気象現象をわかりやすい形で表現する仕事である。応用気象統計として、農業気象年報等に屋外労働不適天候時間と不快指数の階級別日数を掲載している。

毎年刊行している資料は、産業の振興、防災対策等に利用する質の高い、きめ細かい応用気象資料としての「解説資料」（表3）がある。

最近の応用気象の調査報告として、昭和59～63年度に月降水量、月最高気温、月最低気温、月平均気温、最深積雪のメッシュ気候値を整備した。ここでいうメッシュとは、南北方向が緯度30秒、東西方向が経度45秒で区画された約1 km×約1 kmの大きさの基準地域メッシュを指している。メッシュ気候値の整備により、観測点のないところの気象データがわかるようになり、農業、土地利用、防災関係などの広い分野で利用が期待されている。図2は「高山」地域における7月のメッシュ降水量気候値の鳥瞰図である。

### 2. 3 生物季節

生物季節観測とは、植物や動物の状態が季節によって変化する現象について行う観測である。観測の目的は生物に及ぼす気象の影響を知るとともに、その観測結果から季節の遅れ進みや、気候の違いなど総合的な気象状況を知ることにある。気象庁ではサクラやウメなどの植物、ツバメやモンシロチョウなどの動物について、開花や初見などを観測しており、この観測結果は気象要覧や農業気象年報に掲載されている。

生物季節観測資料収集処理システムにより、全国（102地点）で観測された生物季節現象は、オンラインで当課に集められている。生物季節現象はマスコミの関心が高く、新聞などに時々掲載される記事は当課のデータを使ったものが多い。

また、当課では、春に、全国のサクラ（ソメイヨシノ）の開花予想、秋には、関東地方の紅葉の見ごろ予想を発表している。特に、サクラの開花予想は世間の関心が高く、気の早い人からは年明け早々に「今年のサクラの開花はいつ頃ですか。」と電話がある。毎年、サクラの開花予想が発表される3月3日と3月20日前後には、ひっきりなしに電話がかかってきて、当課はまさにお花見観光課の様相を呈する。図3はサクラの開花が記録的に早かった本年（1990年）のサクラ開花の等期日線図である。

以上が産業気象課の紹介である。気象庁の中にも、このような仕事をしているところがあることを知っていただけたら幸いである。



表1 農業気象関連資料

年	表 題
昭和58年	農業気象通報の手引
昭和60年	農作物と気象 (農業気象通報の手引き・資料編)
昭和61年	“ (その2) (“ )
昭和61年	アメダスデータなどによる応用気候図表 その1
昭和62年	“ その2 気温(夏日と冬日)
昭和63年	“ その3 曇天, 晴天日数と日照率
平成元年	“ その4 メッシュ気候値(最低気温)
平成2年	“ その5 メッシュ農業気候指数分布図

表2 農業気象資料

年	号	表 題
昭和55年	第1号	積算気温等に関する資料
昭和56年	第2号	昭和55年の冷害に関する資料
昭和57年	第3号	地中温度に関する資料
昭和58年	第4号	農業気象のための気候資料
昭和59年	増補	地中温度に関する資料(続)
昭和59年	第5号	冷害年の気候図表
昭和60年	第6号	地域気象観測所における積算気温と気温出現分布
昭和61年	第7号	累年気候図表(1951~1984年)
昭和62年	第8号	台風と農作物被害(1971~1985年)
昭和63年	第9号	梅雨期の累年気候図表(1951~1987年)
平成元年	第10号	雪の累年気候図表(1961~1988年)
平成2年	第11号	積算気温の累年気候図表(1961~1989年)

表3 解説資料

年	号	表 題
昭和49年	第1号	周防灘周辺の気象特性
昭和50年	第2号	やませを主とした小川原地域の気象特性
昭和51年	第3号	積雪の統計
昭和52年	第4号	暖候期における干害
昭和53年	第5号	地域気象に関する調査資料
昭和54年	第6号	観測所短時間降水量特性
昭和55年	第7号	観測所短時間降水量特性(続)
昭和56年	第8号	気候変動に関する調査(I)
昭和57年	第9号	日本のなだれと災害
昭和58年	第10号	そめいよしの開花予想資料
昭和59年	第11号	気候変動に関する調査(II)
昭和60年	第12号	風の応用気象統計
昭和61年	第13号	ひと雨の応用統計
昭和62年	第14号	メッシュ気候値の解説
昭和63年	第15号	メッシュ気候値の利用事例
平成元年	第16号	生物季節に関する解説資料
平成2年	第17号	地域気象観測網による降水

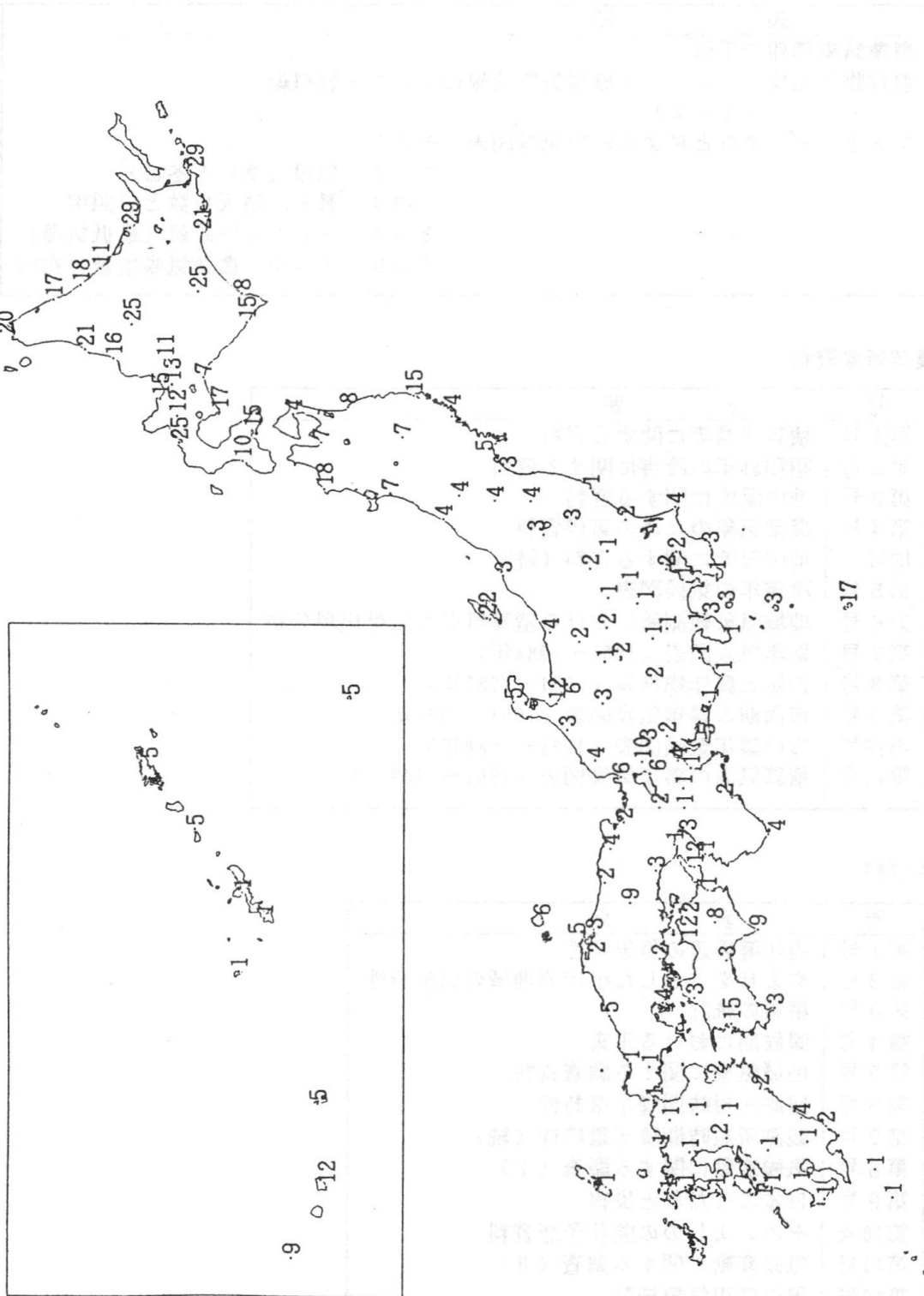


図1 1990年8月 平均気温の高い順位（観測開始以来）

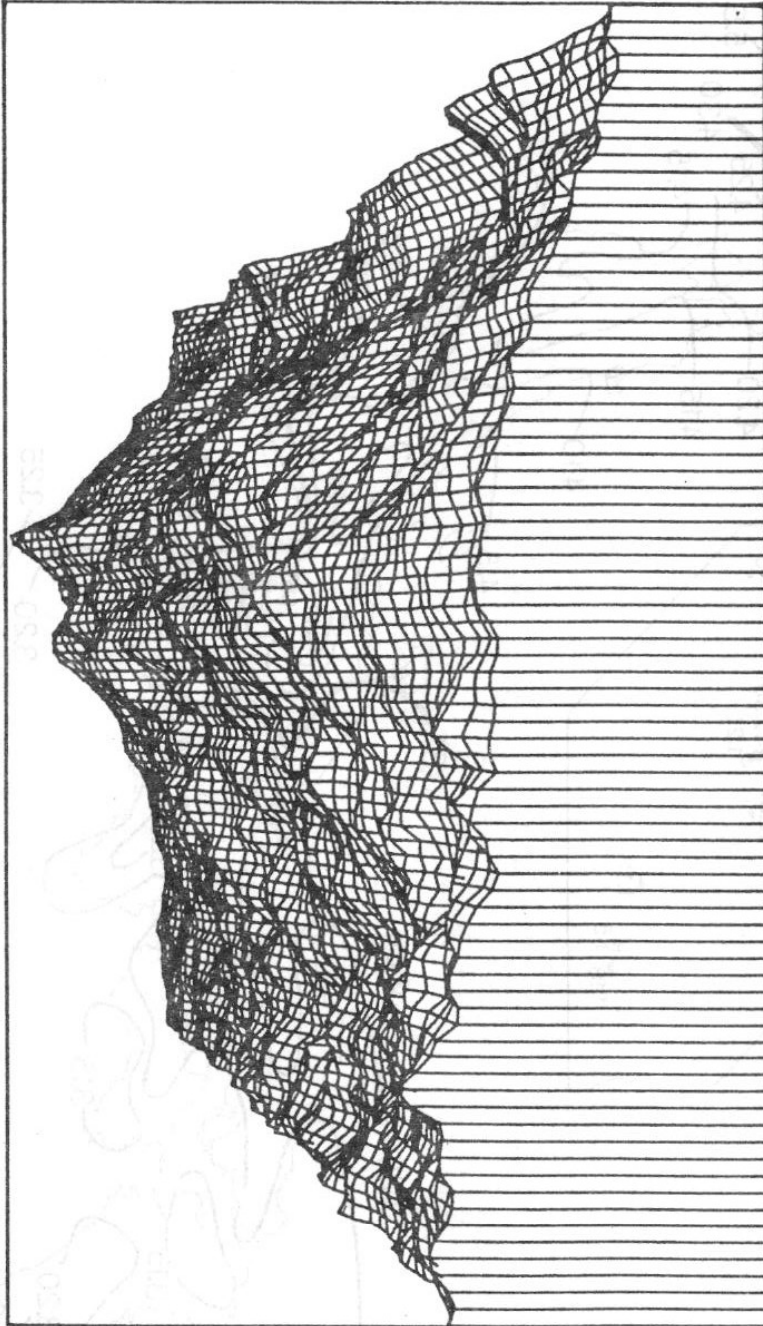


図2 「高山」地域における7月のメッシュ月降水量 鳥瞰図

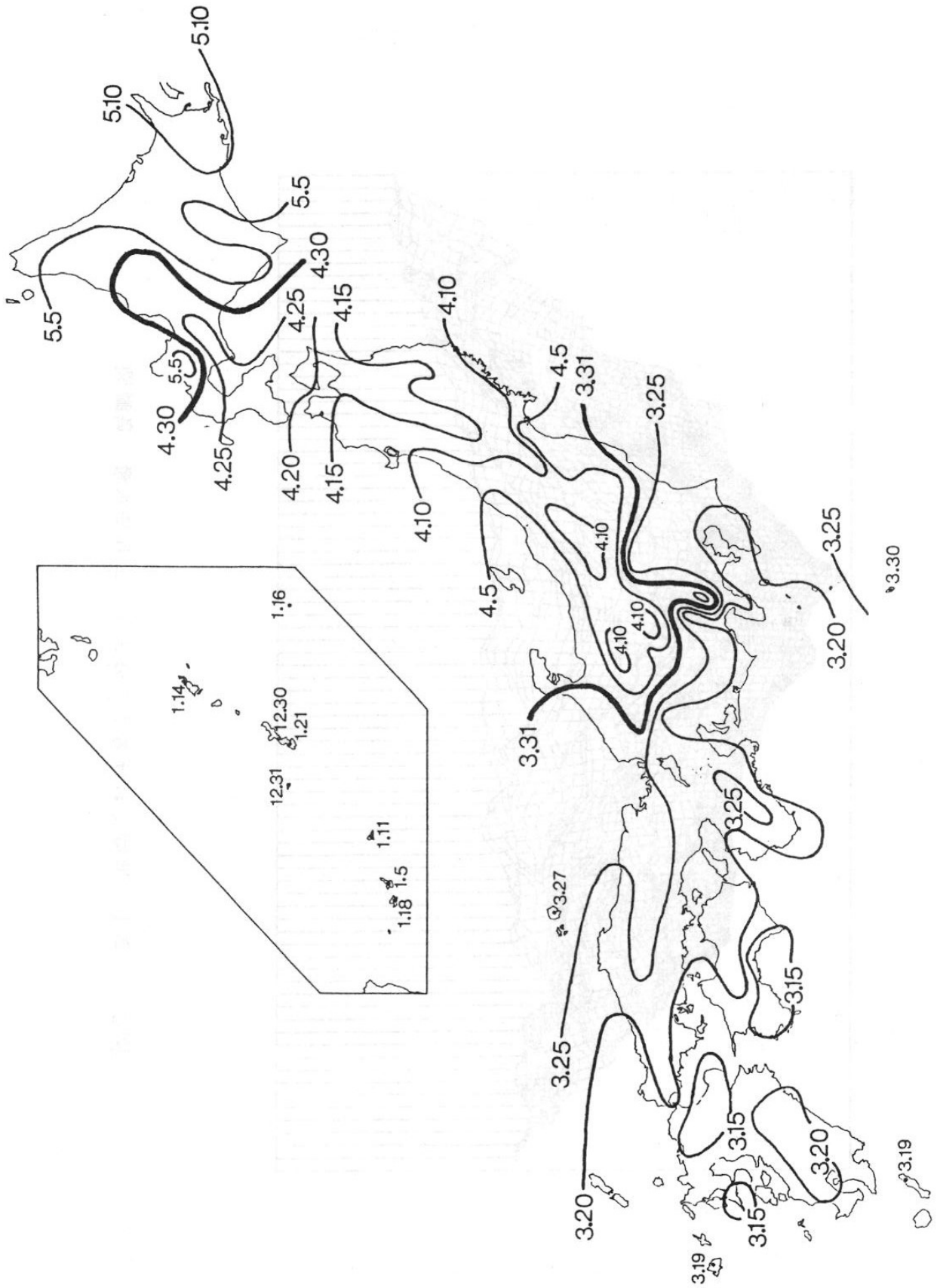
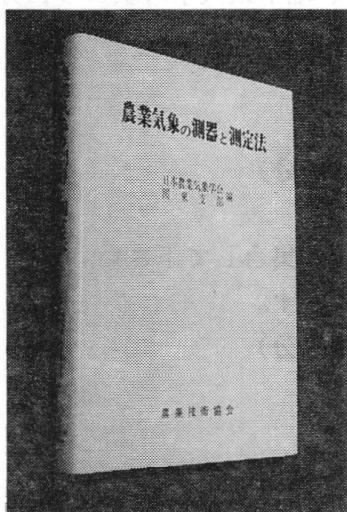


図3 1990年 サクラ開花の等期日線図

# 農業気象の測定と測定法

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

A 5判 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、それらを使用する際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の研究者、教育者、技術普及者、農学系学生、高度な技術をもつ農業者等の方々に、座右の書として広く御活用いただけるものです。

本書の主な目次と執筆者は次のとおりです。

## 主要目次と執筆者

### I 基礎編

1. 一般気象観測法 (地磁気観測所 上村律雄) —— 観測施設、観測の種目、観測時刻・回数・順序、目視観測、観測結果の整理、アメダス、観測資料の利用。
2. 放射・日射の測定 (果樹試 浪利利員) —— 全天日射量、波長別放射量と光合成有効放射量、光量子束密度、簡易型放射計、直達・散乱日射量、アルベド、正味放射量、日照時間。
3. 温度の測定 (千葉大 今久) —— 温度計の種類、気温の測り方、地温の測り方、水温の測り方、植物体温の測り方、温度測定上の注意点。
4. 湿度の測定 (千葉大 林真紀夫) —— 湿り空気と湿度、湿度の表示法、湿度測定機器の特徴と使い方、温度計の校正、湿度結露の求め方。
5. 風速・風向の測定 (四国農試 真木太一) —— 風速・風向の表示法、風速計・風向計の種類と使い方、測定上の注意点。
6. 降水量・積雪・蒸発・土壌水分・降ひょうの測定 (地磁気観測所 上村律雄) —— 降水量の測定、積雪の測定、蒸発量の測定、土壌水分の測定、降ひょうの測定。
7. ガス濃度の測定 (国立公害研 大政謙次・高木博夫・松本茂) —— ガスの種類と測定機器、空気のサンプリングとガス濃度の校正。
8. 記録計の選択と使い方 (電力中央研 羽生広道) —— 記録計の種類と選択、記録計種類と使い方、記録計取扱い上の注意事項。
9. コンピュータによる計測とデータ処理 (農士試 佐瀬勲紀) —— コンピュータによる計測の特徴と用途、コンピュータ計測装置と処理、最近の進歩と将来的展望、コンピュータ計測上の留意点。

### II 応用編

10. 温度・湿度・風速の分布 (四国農試 真木太一) —— 温度分布の測定、湿度分布の測定、風速分布の測定。
11. 熱収支 (東北農試 井上君夫) —— 熱収支法の基礎、熱収支ボーエン比法による熱の配分、測定法、裸地面上の熱収支測定、水面上の熱収支測定、雪面上の熱収支測定。
12. 施設気象 (農環研 岡田益己) —— 施設の熱収支とその構成要素、施設気象観測上の留意点、換気量の測定、暖房熱量の測定、屋根・壁の貫流熱量の測定、被覆資材の放射特性の測定。
13. 局地気象観測 (北大 高橋英紀) —— 局地気象観測法の分類と観測計画、測器観測の実際、指標観測の実際、局地気象観測実施上の注意。
14. 蒸(発)散量の測定 (九州農試 桜井哲夫) —— 蒸発散に関する基礎、測定法と研究目的、秤量法、ライシメータ法、チェンバー法、吸湿剤を利用する方法、ポロメータによる方法、蒸熱収支法、データの解釈。
15. 光合成と呼吸の測定 (北大 青木正敏) —— 測定法の種類と特徴、測定上および測定値利用上の留意点、重量法、同化箱法、微気象的方法、収穫果実・野菜の呼吸速度測定法、根の呼吸速度の測定。

### 付録

1. 単位換算表、 2. 通風乾湿球湿度計用湿度表、 3. 湿り空気i-x線図。

### 索引

御注文は下記へ直接または最寄りの書店へお願いします。

発行所	〒114 東京都 北区西ヶ原1-26-3	(財) 農業技術協会	振替 東京 176531 電話 03-910-3787
-----	-------------------------	------------	--------------------------------

## 関東支部1990年度例会のお知らせ

1990年度例会を下記の要領で開催いたします。奮ってご参加下さい。

1. 日時 1990年11月28日(水) 午前10時～

2. 会場 気象庁講堂

東京都千代田区大手町1-3-4

(徒歩にて、JR神田駅より15分、地下鉄竹橋駅より5分、地下鉄大手町駅より10分、地図参照)

TEL 03-212-8341

3. 内容 10:00 開会

10:10～11:55 一般研究発表(発表は質問・討議を含めて15分)

11:55～13:30 昼食及び気象庁内見学

※ 気象庁内見学を希望の方は13:00に講堂に集合して下さい。

12:00より評議員会・理事会を開催致します。

13:30～14:30 一般研究発表(発表は質問・討議を含めて15分)

15:00～16:30 特別講演

「地球温暖化のメカニズムと気候変動の予測」

気象庁気候変動対策室 椎野純一

「力学モデルによる長期予報について」

気象庁長期予報課 工藤達也

16:30～17:30 総会

17:30～ 懇親会(会費は一般2,000円、学生1,000円)

4. 参加申込先

〒100 東京都千代田区大手町1-3-4

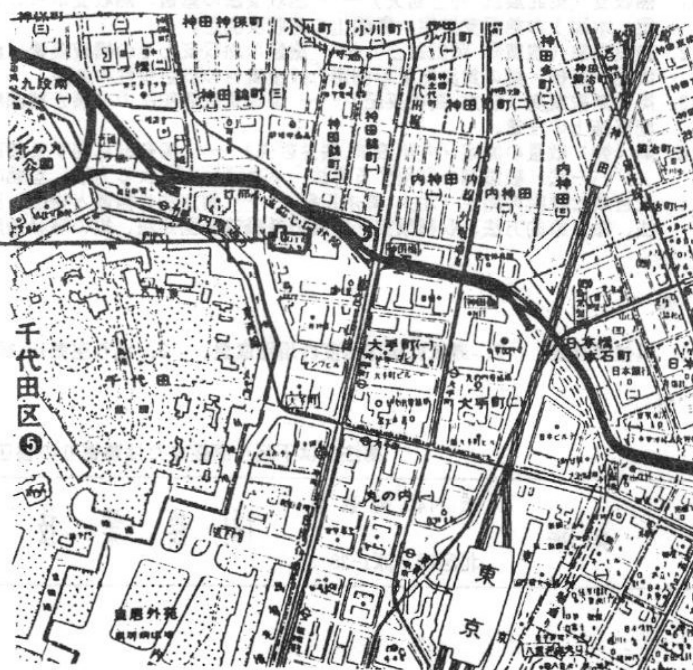
気象庁産業気象課 平野貴嗣

TEL 03-212-8341 内線536

会場周辺の地図

(東京都千代田区大手町1-3-4)

気象庁



## 研究発表講演

### 【特別講演】

- 地球温暖化のメカニズムと気候変動の予測  
椎野純一（気象庁気候変動対策室）----- 22
- 力学モデルによる長期予報について  
工藤達也（気象庁長期予報課）----- 26

### 【一般研究発表】

1. 日長時間が大豆の主茎，分枝節の形成に及ぼす影響  
鮫島良次（農業研究センター）----- 28
2. 防風林間の風の収束によるトムロコシの倒伏  
岡野通明（森林総合研究所），横山 仁（東京都農業試験場），山田千絵（筑波大学），  
原蘭芳信（農業環境技術研究所）----- 30
3. ダイズの人工酸性雨に対する感受性の品質間差について  
小林卓也（千葉大学），河野吉久（電力中央研究所），中山敬一（千葉大学）----- 32
4. 降水の地域性に関する一事例  
山口武則，岡本玲子，藤井國博（農業環境研究所）----- 34
5. ポプラの気孔コンダクタンスと水ポテンシャルにおよぼす灌水の影響  
矢島めぐみ（東京大学），名取俊樹（国立環境研究所），高倉 直（東京大学），  
橋本 健（新菱冷熱工業），大政謙次（国立環境研究所）----- 36
6. レタス葉の水ポテンシャルの測定  
後藤英司（東京大学），高倉 直（東京大学）----- 38
7. 低圧力栽培実験用グロースキャビネットの制作  
後藤英司，岩淵桂子，高倉 直（東京大学），高木史人，広沢祐二（清水建設）----- 40
8. 栽培可能期間の初終日について  
小柴 厚（気象庁）----- 42
9. ニホンナシの果実生長に対する日射量の影響  
杉浦俊彦，本條 均，朝倉利員，佐藤明彦（果樹試験場），川嶋 徹（富山果樹試），  
澤野郁夫（静岡柑橘試），小島 喬（福島果樹試），木原 宏（長野中信農試）----- 44
10. 温度変換日数によるサクラの開花予想  
平野貴嗣（気象庁）----- 46
11. 小麦発育過程の予測モデルについて  
飯田幸彦（茨城農業試験場），鮫島良次，岩切 敏（農業研究センター）----- 50

地球温暖化のメカニズムと気候変動の予測

椎野純一 (気象庁気候変動対策室)

1. はじめに

「温室効果気体排出無規制シナリオ (Business-as-Usual) に従って予測すると、来世紀中の全球平均地上気温は10年につき0.3℃ (不確定の幅は0.2~0.5℃)、また海面水位は同じく10年につき6cm (不確定の幅3~10cm)、それぞれ上昇する。」

以上は、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 報告書の重要な結論の一部である。近年、先進工業国の社会・経済活動の進展、開発途上国の人口の急増など人間活動の飛躍的拡大に起因する地球温暖化、オゾン層破壊、砂漠化、酸性雨、熱帯林の減少、海洋汚染などの地球規模の気候変動・環境問題が、人類の未来を危うくしかねない問題として学術・行政・政治の各分野において世界的な関心事となっている。中でも人間の化石燃料の大量消費に伴う地球温暖化問題は、人類に地球が有限であることを再認識させると共に、緊急かつ重大な問題としてクローズアップされてきている。ここでは、地球温暖化のメカニズム、温室効果気体の動向、気候変動の実態・予測等科学的側面を中心に紹介する。

2. 地球大気の温室効果のメカニズム

地球は、太陽の放射エネルギーを吸収し、一方で赤外放射エネルギーを宇宙空間に放出し、熱的にバランスした状態を保っている。この様にして決まる地球表面の平均温度 (等価黒体温度) は、大気がないかと仮定した場合の計算によればおよそ-18℃である。しかるに、実際に観測から得られる地球表面の平均気温はほぼ15℃であり、大気がない場合に比べて約33℃も高くなっている。その理由は、地上で観測される太陽放射のスペクトルと、人工衛星など宇宙空間で観測される地球放射のスペクトルを調べることによって知ることが出来る (図1)。即ち、太陽放射エネルギーの大部分は、波長が0.2から4ミクロンの間に分布し、そのおよそ半分が0.35から0.7ミクロンの可視領域に集中しているが、この可視光線はかなりの部分、大気を通過して地表に到達する。一方、地球から放射されるエネルギーは、波長がおよそ4から100ミクロンの広い赤外領域に分布しており、この赤外線は8~13ミクロン帯 (赤外窓領域) を除き、ほとんどが大気中の水蒸気 (H<sub>2</sub>O)、二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>)、メタン (CH<sub>4</sub>)、一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O)、オゾン (O<sub>3</sub>) などの気体成分によって吸収される。このように、大気中の二酸化炭素など上に挙げた気体 (温室効果気体と呼ばれる) は、太陽放射を通過させるが、地球の赤外放射を吸収し、かつ新たな下向きの赤外放射の効果も加わって、地表付近の気温を高めている。いわば地球の大気が温室のような働きをし、地表が暖められているわけである。これが、地球大気の温室効果のメカニズムであり、それによって地表の温度は、-18℃から15℃まで高められ、人類はもとより全ての生態系の生存にとって都合の良い条件となっている。

しかしながら、この数十年來の人間活動の飛躍的拡大に伴って大気中に放出される人為起源の温室効果気体の著しい大気中濃度増加によって、自然のリズムで存在するこの温室効果が著しく増大し、近い将来、全球的な気温及び海面水位の上昇、熱波や干ばつの多発、豪雨の発生、降雨帯の移動など、地球規模の気候変動への懸念が高まっている。温室効果が極端に進んだ (暴走温室効果と呼ばれる) 事例を、我々は金星大気にみることが出来る。即ち、金星大気はほぼ96%がCO<sub>2</sub>によって占められており (気圧は約90気圧)、地表付近の気温は、CO<sub>2</sub>の温室効果によって約480℃にも達しているとみられている。重要なことは、温室効果気体のわずかな増減が、地球の気温を大きく左右する可能性があるということである。

3. 温室効果気体濃度の急激な増加

CO<sub>2</sub>を例に近年の温室効果気体の急激な増加傾向について示す。地球大気のCO<sub>2</sub>濃度の歴史的変化については、様々な研究がなされており、それらによれば、人類が誕生するはるか昔の新生代の始新世 (6500万年前) 以降、CO<sub>2</sub>濃度は減少を続け、ほぼ200万年前から始まった氷期と間氷期の振動を経て、およそ1万年前から産業革命が始まった18世紀中頃までは濃度は概ね一定 (275~280ppmv) であったものと見られている (図2)。以後人間活動の拡大に応じて、20世紀初頭までは主に森林の耕地化を原因として、また20世紀中頃からは化石燃料の莫大な消費を主要因として、急激なCO<sub>2</sub>の濃度増加が起こっている (図3)。

このような急激な濃度の上昇は、有名なハワイのマウナロア山の観測所をはじめ、世界気象機関 (WMO) を中心に世界中に展開されているバックグランド汚染観測網 (BAPMON) 他のおよそ40の観測所のほぼ全てのデータに現われている。WMOと国連環境計画 (UNEP) の1989年の報告書によれば、1987年の全球平均のCO<sub>2</sub>濃度は、348ppmvであり、年々1.6~1.9ppmv (0.45~0.55%) 増加している。即ち、わずか200年程度の間におよそ80ppmvも増加していることになる。

人間活動に伴って大気中に放出されるCO<sub>2</sub>は、炭素換算で毎年5.5~6ギガトンと推定されており、多くの研究からその約6割が大気中に留まるものとみられている。では、CO<sub>2</sub>濃度はこれから先どの様な増加傾向をたどるであろうか。これに関しては、IPCCで試算が行われている。即ち、先進工業国と開発途上国の経済成長と人口増加を考慮した2100年までのCO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、CFCs、CO及びNO<sub>x</sub>の排出シナリオに基づいて、それぞれの大気中濃度の変化が計算されている。排出シナリオとしては次の4種類が考慮されている (図4)。



BaUシナリオ……基本的に排出無規制

シナリオB……天然ガスへ移行、森林再生、モントリオール議定書の履行

シナリオC……再生エネルギーへの転換、核エネルギーへの変換、フロン全廃、農業からの排出制限

シナリオD……核エネルギーへの転換、先進国での厳重な排出抑制、開発途上国ではゆるやかな上昇

それぞれのシナリオに基づいたいくつかの温室効果気体濃度変化と、全ての温室効果気体を考慮した等価CO<sub>2</sub>濃度の変化が各々図5と図6に示してあるが、図6のBaUシナリオによれば2025年頃に等価CO<sub>2</sub>濃度は産業革命前の2倍に達することが示される。これによって生じると予測される気候変動は、冒頭に述べたとおりであるが、これらの気候変動を食い止めるためには、少なくとも温室効果気体の大気中濃度を早急に今日のレベルに安定化させる必要があるが、それには人間活動に伴う排出を、メタン(15~20%)を除き、60%以上削減する必要があるとみられている。

#### 4. 気候変動の実態(温室効果気体の影響は?)

過去約100年間の地上気温の経過を見ると(図7)、年や地域による変動はあるものの、この間全球平均で0.3~0.7℃上昇している。上昇幅は、高緯度程大きい。また日本を含む世界各地の成層圏気温は、上層程大きい低下傾向を示している。これらの値、傾向は、気候モデルから予測される温室効果気体増加による気候の変化と一致しており、1980年代の全球的な異常高温の出現頻度の増加も、自然的気候変動要因に、温室効果気体増加の影響が重なっている可能性を示唆している。しかしながら一方、海上気温データを用いた南北両半球の最近の解析によれば、北半球の有意な温暖化が1940年代以前に起きているのに対して、南半球の温暖化は1960年代以降に顕著になっており、両半球の温暖化の現れ方には非対称性が見られる(図8)。また、図9、10に見られるように地上気温や海面水温には平均的な温暖化の他に、0.2~0.4℃の変動幅を持った数年~数十年の時間スケールの自然変動が混在している。これらのことから、可能性はあるものの、現段階では人間活動に伴う二酸化炭素などの温室効果気体の影響が既に現われていると断定するにはまだ“証拠が不十分”である。

#### 5. 温室効果気体の増加に伴う気候変化の見通し

気候変動を予測する最も有力な手法として気候モデルが用いられている。気候モデルは、大気の運動と降水・エネルギー収支等を記述する大気大循環モデルを柱として、気候の形成及び変動に係わる気圏・地圏・水圏・雪氷圏、更には生物圏の様々な物理過程を結合させたもので、一般的には海洋の取り扱いによって二通りのものに分けることが出来る。一つは、海洋混合層(深さ50~60m)の温度構造のみを取り扱うモデルを大気大循環モデルと結合させたもの(大気・海洋混合層モデル)であり、他は海洋深層(深さ約4km)までの温度構造と共に、海洋の流れ(循環)に伴う熱輸送をも考慮した海洋大循環モデルを、大気大循環モデルと結合させたもの(大気・海洋大循環モデル;これは大気・海洋結合モデルとも呼ばれる)である。前者は、CO<sub>2</sub>倍増時の平衡状態の気候を求める数値実験(平衡実験)に適したものであり、後者は、CO<sub>2</sub>濃度を徐々に増加させ、実際に起こるであろう気候変化を予測する数値実験(漸増実験)に適したものである。

現在、世界には米国の地球流体力学研究所(GFDL)の大気・海洋大循環モデル一つを含めおよそ10にのぼる気候モデルが開発されているが、我が国では気象庁(気象研究所)が、大気・海洋混合層モデルを開発し(図11)、現在大気・海洋大循環モデルの開発の準備を進めている。

この一年余り、各国で大気・海洋混合層モデルによる温暖化研究が活発に実施されているほか、GFDLによる漸増実験も行われている。それらの最新の研究成果に基づいて予測された気候変動の見通しが、気象庁気候問題懇談会温室効果検討部会の報告書「温室効果気体の増加に伴う気候変化(Ⅱ)」に示されている。主な点は、次の通りである。

- ① 地表面、及び対流圏では昇温し、成層圏は高緯度の一部を除き降温する。
- ② 全球平均の地上気温の上昇は、温室効果気体濃度の現在の増加傾向が続き等価CO<sub>2</sub>量が倍増する頃、1.2~3.0℃と推定される。
- ③ 北半球の冬の高緯度域で地上気温の昇温が著しい。南半球の高緯度域では地上気温の昇温が他の緯度に比べ大きく遅れる可能性がある。
- ④ 地上気温の昇温の分布を大陸・海洋スケールで見ると、大陸上の昇温の方が顕著である。
- ⑤ 気温上昇に伴い大気中の水蒸気量が増加し、全球平均降水量及び、蒸発量はそれぞれ増加する。
- ⑥ 対流性降水が増加し、降水域の集中化が起きる。強い降水強度の生じる確率が高くなる。
- ⑦ 中緯度多雨帯は、特に北半球で極方向にずれ、一般的に高緯度で降水が増加する。
- ⑧ 冬期の寒気の吹き出しが弱まる傾向にある。
- ⑨ 夏のアジアモンスーンが強まる傾向にある。
- ⑩ 全球平均地上気温1.2~3.0℃の昇温に対応する全球平均の海面水位上昇の予測は次の通りである。南極氷棚の底面融解が進むと考える場合、2030年頃における海面水位上昇量は10~60cm。一方、氷棚の底面融解は進まず、南極氷床は発達して海面水位の下降のみに寄与すると考える場合は10~30cm。

6. 今後の課題

第3節の予測値は、IPCC報告書のそれともほぼ一致しており、人間活動に起因する温室効果気体の大気中濃度が現在の増加率で増え続けるならば、次世紀の中頃には、早晚全球平均で地上気温が数度上昇し、環境及び社会経済活動に重大な影響を及ぼすことが懸念される。

しかしながら、IPCCの報告書にも記されているように、気候変動の大きさ、時期(タイミング)、パターン等に関してはかなりの不確実性が存在している。それは、気候モデルの不完全性や、温室効果気体の排出量・吸収量の定量的評価が不十分であることによるが、それはとりもなおさず、我々人類が、自らの生存基盤である地球環境及びその変動のメカニズムについて極めてわずかしら知っていないことによるものである。

現在、世界気象機関(WMO)、国際学術連合会議(ICSU)、国連環境計画(UNEP)等を中心に、世界気候研究計画(WCRP)や地球圏・生物圏国際協同研究計画(IGBP)が推進され、地球温暖化を含め気候変動のメカニズムの解明に本質的に重要な意味を持つ、雲の放射過程、深層を含めた海洋大循環の変動と熱輸送過程、大気・海洋相互作用、雪氷圏、特に南極氷床の応答と役割、気圏・水圏・生物圏の炭素循環等に重点を置いた数多くの国際協同研究が、グローバルな観測計画と共に進められている。これらの研究を通して気候モデルの高度化がはかられ、気候変動の予測精度が飛躍的に向上することが切に望まれている。

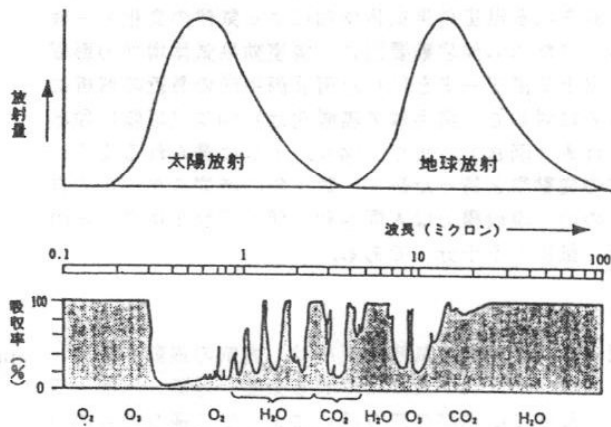


図1 太陽放射と地球放射のスペクトル(上)とそれぞれの波長での地球大気の吸収率(下) 分子記号は、それぞれの波長域での吸収気体を表している。地球大気は、太陽放射はよく通すが、赤外線は吸収してしまっていて通さないことがわかる。

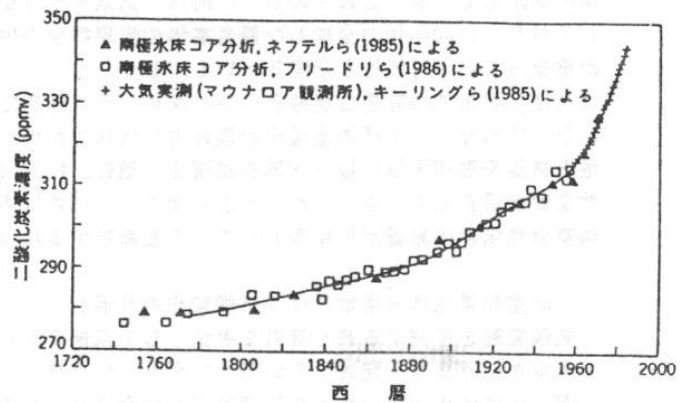


図3 大気中の二酸化炭素濃度の変遷。

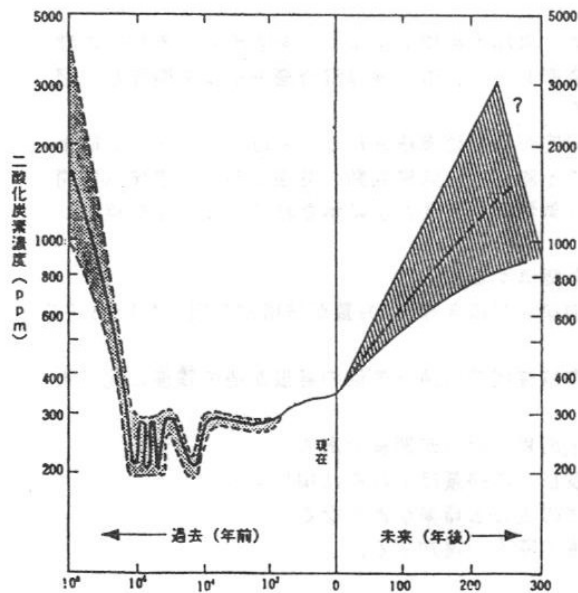


図2 二酸化炭素濃度の過去と未来

1958年から現在までの二酸化炭素濃度は、マウナロア山での観測により、正確な値がわかっている。それ以前のデータは、氷床コア中の気泡分析、堆積物の同位体分析などのさまざまな分析法によって推定されたもの。今後どう変化していくかの予測には、大きな幅があるが、これは化石燃料消費の予測の大きな不確定を反映したものである。

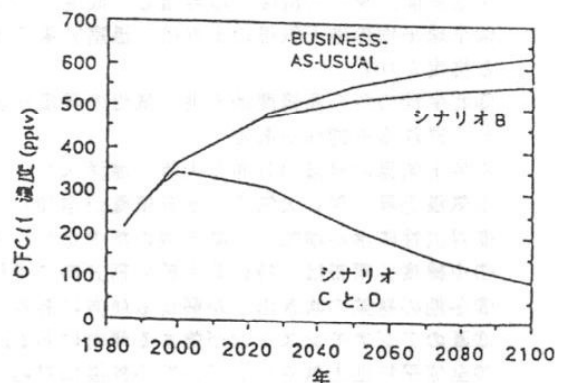
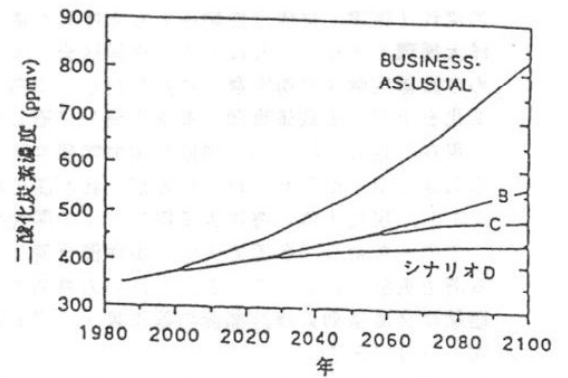


図5 IPCCの4つの排出シナリオによる二酸化炭素、及びCFC11の大気中濃度

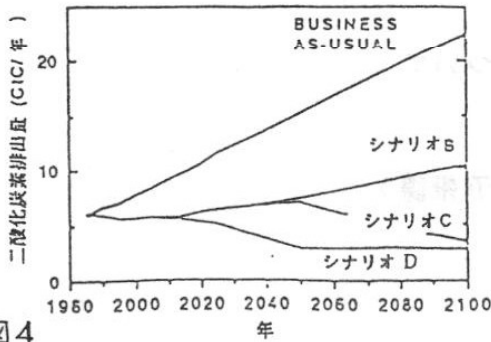


図4 IPCC第3作業部会より作成された4つのシナリオにおける2100年までの二酸化炭素(例として)の排出量。

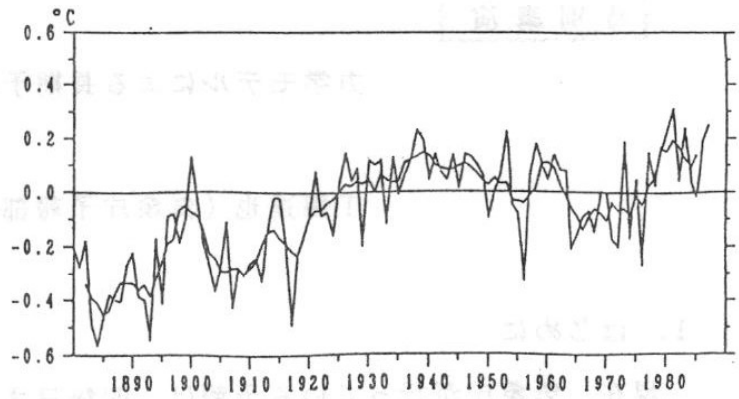


図7 全球平均地上気温の経年変化(°C) 平年値(1951-1980年の平均値)からの偏差を示す。黒は年平均値、赤は5年移動平均値を示す。

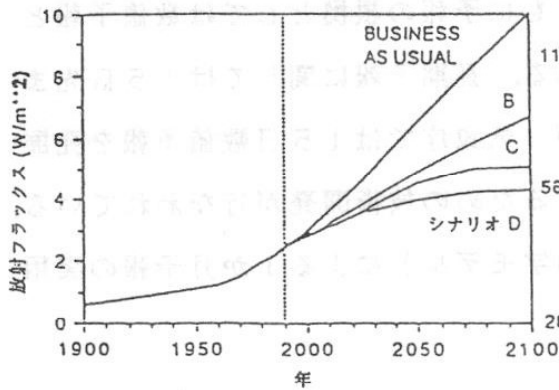


図6 18世紀中頃からの放射強制力の増加とIPCCの4つの排出シナリオによって予測される放射強制力の増大。等価二酸化炭素濃度で表わされる。

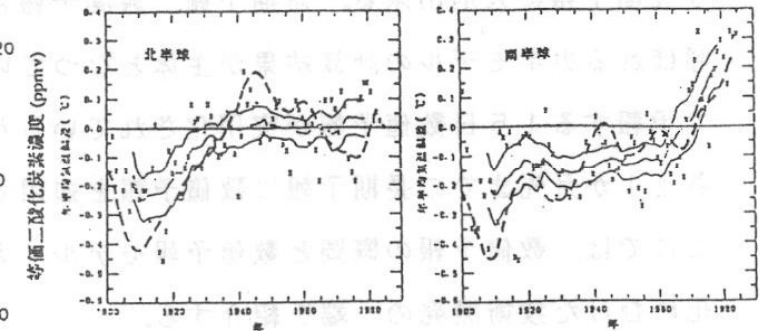


図8 南北半球平均の海上気温の推移 ×印は各年の値で、実線は15年移動平均とその95%の信頼限界(山元、1990) 破線は、Jones他(1988)(全球)とParker(1988)(半球)の結果

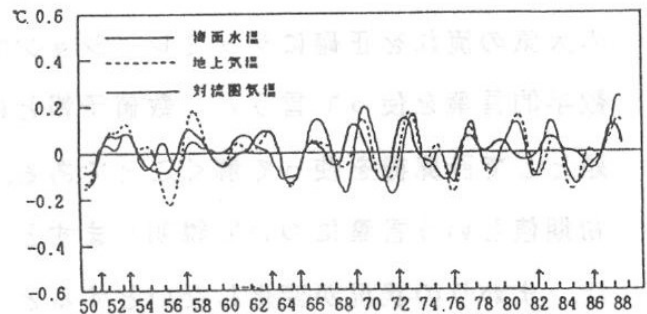
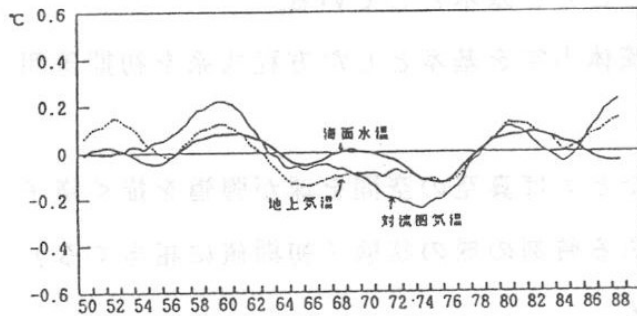


図9. 2-7年周期のバンドパス・フィルターをかけた海面水温、地上気温、対流圏気温の時間変化。矢印はエルニーニョ発生年を示す。

約10年周期以上の海面水温、地上気温、対流圏気温の時間変化

図10

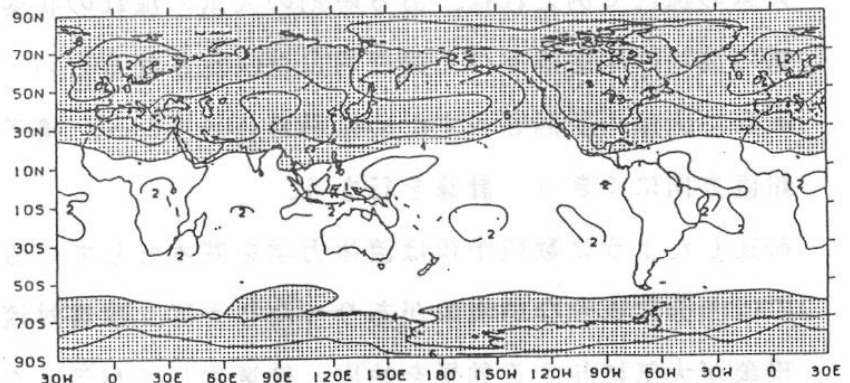


図11 気象庁(気研研究所大気・海洋混成層モデル)によって得られた、二酸化炭素2倍増に伴う年平均地上気温の上昇(2×CO<sub>2</sub>-1×CO<sub>2</sub>)の地理的分布(単位:°C)

## 力学モデルによる長期予報について

工藤達也 (気象庁予報部長期予報課)

### 1. はじめに

現在、気象庁が行っている予報は、明後日までのきめのこまかな予報を出す短期予報と1週間の日々の天気予報を行なう週間予報及び1か月から3か月先の予報を行なう長期予報に大別出来る。短期予報、週間予報ともに予報の根拠としては数値予報と呼ばれる力学モデルの計算結果が主体となつている。長期予報に関しては15日先まで予報する15日数値予報が実用化されているが、気象庁では15日数値予報を発展させ1か月先までの長期予報に数値予報を適用するための技術開発が行なわれている。ここでは、数値予報の概要と数値予報モデル(力学モデル)による1か月予報の実用化にむけた技術開発の一端を紹介する。

### 2. 数値予報とは

日々の天気は地球を取り巻く大気の流れによって大きく左右される。数値予報はこの大気の流れを正確にシュミレーションすることを基本としている。

数学的言葉を使って言うと、数値予報とは流体力学を基本とした方程式系を初期値問題として計算機を使って解くことである。

初期値という言葉について説明しますと、たとえば真空の空間を球が弾道を描く様子は、まわりの状況が変化しないとすると、ある時刻の球の状態(初期値に相当する)が解れば、その後の状態はすべて決定される。

大気の流れで例えれば、ある時刻の大気の流れの状態(初期値)が解ればその後の大気の流れの状態はすべて原理的には決定されるということです。

実際に大気の状態を表すために編目(メッシュ、格子)で地球大気全体を水平方向、鉛直方向にくぎり、計算を行なう。

前述したように数値予報は流体力学を基本としているが、使われているメッシュ間隔では十分に表せない現象があり(たとえば、積雲対流そのもの)、これらはそれらの現象が大気に与える効果を抽出し簡単化し(パラメタリゼーションという)、モデルに組み入れる。その他流体力学のフレーム以外の様々の効果を取り入れる必要がある

が、これらを物理過程とよんでいる。以下に気象庁全球モデルについて簡単に紹介する。

## 2. 1 初期値

数値予報のための初期値は、世界各地の観測データ及び衛星データをリアル・タイムで処理して作られる。これを客観解析という。地球全体をカバーする客観解析は1日4回、6時間毎に作られる。水平方向の格子間隔は1.875度、鉛直には1000mb～10mbまで解析される層は15層ある。

## 2. 2 力学フレーム

全地球の大気の状態を予測するための全球予報モデル（JMA. GSM8911と呼ばれている）は、水平方向の格子間隔約1度、鉛直方向には21層を持つ。気温、風、水蒸気量および地上の気圧を予測する。またその他に降雨量や地中の温度、水分も予測する。

## 2. 3 物理過程

積雲対流、海面及び陸面と大気との相互作用に関する種々の過程、短波及び長波放射過程、植生等を含む。

## 3. 数値予報による1か月予報について

数値予報による1か月予報の実用化は世界気象機関（WMO）が推進する世界気候研究計画（WCRP）の目的の1つとなっている。

現在の気象庁全球予報モデルは、欧州中期予報センター（ECMWF）モデル、イギリス気象局モデル、アメリカ国家気象センター（NMC）モデルと並んで世界のトップ・レベルにあるが、数値予報による1か月予報は各国とも予報精度の問題があってまだ実用化されていない。

ここでは現在行われている数値予報モデル（力学モデル）による1か月予報の実用化にむけた技術開発の1例として、モデルを使って多数例の初期値から30日予報を行い、それらの予報値を統計処理することにより予報精度を上げる方法（アンサンブル予報と呼ぶ）及び多数例の初期値を統計処理し1か月予報に適した新しい初期値をつくり、それにより1か月予報の精度向上を計る方法についての実験結果の1部を紹介する。

# 日長時間が大豆の主茎、分枝節の形成に及ぼす影響

鮫島良次（農業研究センター）

## はじめに

大豆の総節数は栄養生長量の目安として注目され、多くの測定が行われている。総節数は気象条件に支配されて決まる。どのような気象要因がどのように節形成に影響を及ぼすかについての知見は、栽培データの解析に有効である。主茎節の形成と気温の関係を論じた研究は既に行われているが、他の気象要因（日射強度や日長時間）が節形成に及ぼす影響を調べた例は少ない。分枝節の形成についての研究は更に数少ない。ここでは日長時間が主茎、分枝節形成に及ぼす影響を調べた結果を報告する。

## 実験方法

以下の条件で大豆（エンレイ）を栽培し、主茎・分枝節数の増加の様子を記録した。得られたデータから節の形成、総節数の決定に及ぼす日長時間の影響を解析した。

### (1) 圃場試験

1985、1986年に複数の播種期で大豆を栽培した。

### (2) 人工気象室実験（その1）

人工気象室を2室使用して、2水準（14.0、15.5時間）の日長時間を設定した。気温（25℃）と日射強度は同一。大豆は生育期間全体を通して各人工気象室内で栽培した。

### (3) 人工気象室実験（その2）

人工気象室を3室使用して3水準（12.5、13.5、14.5時間）の日長時間を設定した。気温（24℃）と日射強度は同一。大豆は初め戸外で栽培し、開花期に各室内に移した。

## 結果と考察

図-1に圃場試験の結果の一部を示した。これは1985年の早播き（5月24日播種）と晩播き（7月5日播種）のデータを比較したものである。いずれの播種期においても、節形成は子実が生長開始すると終了している（図に示した子実生長開始時期は、個体当たり莢乾物重が2~3gに達した時期である）。主茎節の形成速度に比べて分枝節の形成速度の方が圧倒的に大であった。その結果、分枝節の形成される期間は主茎節の形成される期間に比べて短いが、分枝節数の方が主茎節数よりも多くなった。このように、分枝節が形成される期間の長短は分枝節数を通して、総節数の決定に大きく寄与している。この期間の長短がどのように決まるのかを知る必要がある。

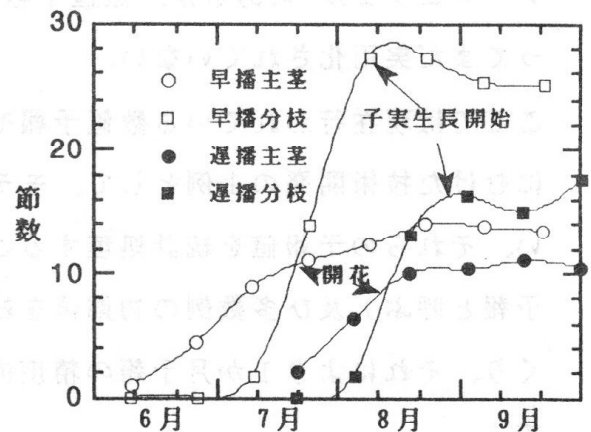


図-1. 主茎節と分枝節の増加

分枝節形成期間の終了時は前述のように子実生長開始時であり、これは開花期同様発育現象としてとらえられ、日長時間に依存している。

一方、早播きと晩播きの場合の分枝節形成開始時を、主茎節の増加パターンに対して相対的に較べると、晩播きの方がやや早く分枝形成が開始されていた。これが気温のみの影響であるのか、あるいは日長時間も影響しているのかはこのデータからは明かではない。次に、そのことを人工気象室実験（その1）の結果を用いて調べた。

図2に人工気象室実験（その1）の結果を示した。この図から明らかなように、短日条件下の方が長日条件下よりも分枝節形成開始が早かった。このように分枝節形成開始のタイミングは日長時間に依存することがわかった。一方、日長時間は主茎節形成速度には全く影響しなかった。次に、分枝節形成が開始した後の分枝節形成速度に日長時間が影響するか否かを人工気象室実験（その2）の結果を用いて調べた。

図3に人工気象室実験（その2）の結果を示した。この図から明らかなように、分枝節形成速度は日長時間の影響を受けない。14.5時間日長では節数形成速度が他の日長時間よりも長く持続しているが、これは長日条件により子実生長開始が遅れたためであろう。

次に出芽をゼロ、分枝節形成開始時を1.0とするDVRを設定して、その間のDVRを気温( $T$ )と日長時間( $DL$ )から

$$DVR = f(T) * g(DL)$$

と、定式化する事を考えた。分枝節の形成開始時期を図-2から求めて、 $g(DL)$ の粗い評価を行った（図4）。 $g(DL)$ は日長時間によるDVRの増加あるいは減少効果を、14時間日長の場合の効果を基準として表わしている。

### まとめ、今後の課題

総節数の決定には分枝節数が大きく寄与する。分枝節は短い期間に大きな速度で形成される。分枝節数は、この分枝節形成期間の長さに敏感である。分枝節の形成開始時期は日長時間の影響を受けて前後する。主茎節、分枝節の形成速度は日長時間の影響を受けない。今後は日射強度の影響と併せて解析を進める。

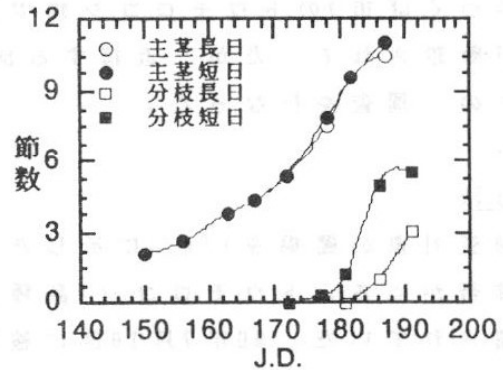


図-2. 日長時間の違いと節の形成

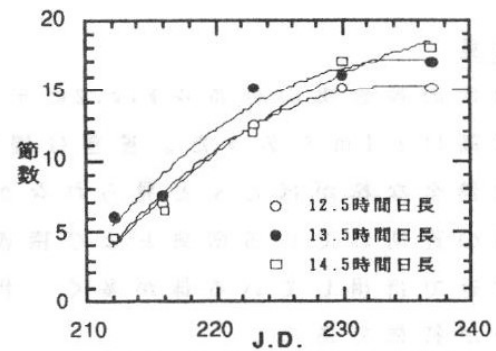


図-3. 開花後の分枝節の増加

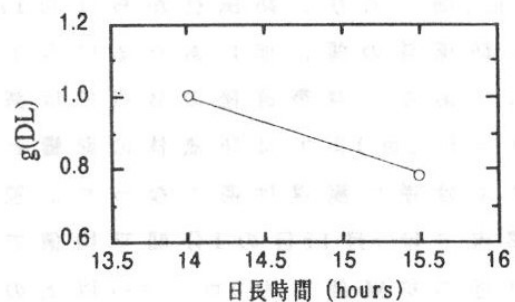


図-4. 日長時間のDVRへの影響

## 防風林間の風の収束によるトウモロコシの倒伏

岡野 通明(森林総合研究所防災科)・横山 仁(東京都農業試験場環境部)  
山田 千絵(筑波大学自然学類)・原 菌 芳 信(農業環境技術研究所気象管理科)

1990年7月15日に降雨を伴う南寄りの強風のため、農林水産省農業研究センター(茨城県つくば市)のトウモロコシ畑で風倒と思われる倒伏が発生した。風上側には防風林が敷設されていたが、近接する部分でも被害が認められ、その分布等に特徴がみられたので調査を行なった。

### 方法

調査対象の圃場をFig.1に示した。南側に平均樹高6.2m、5m幅の密植したヒノキの林帯がある。トウモロコシ(品種:ホワイトデントコーン)は、幅約80cmの南北畦に栽植されていた。90年7月19日に被害率の調査を行ない、またその後に被害発生時の降水量を模した降雨実験からトウモロコシの水滴付着量を測定した。圃場周囲の地上6.4、4.0、2.5、1.5、1.0mの風速分布を8月2日の移動風速観測より求めた。

### 結果

倒伏の被害率の分布をFig.2に示した。栽植密度は約6株/m<sup>2</sup>であり、健全な株の平均草高は2.6mであった。被害は圃場南端から北へ30~60mの中央部で著しく、付近では健全な株がほとんど見られなかった。被害率の高い部分は圃場の中央部から、防風林の途切れている南東および南西方向へ向かっている。また被害の大きい所では根元付近で折損している株が多く、比較的軽微な周辺部では茎上中部での折損が目立ったのが特徴である。

南寄りの風が吹走するときの風速分布をFig.3に示した。基準点はM2点のさらに風下(北)側にあり、防風林からは約120mの距離にあるダイズ畑内地上3.5mの風速である。防風林の開口部にあたるO点では各高度とも比率が高く、風が収束して吹走するようである。林帯直後のM点では減風効果が大きい。圃場南端より2H(H:防風林の高さ=6.2m)までは防風林の影響と思われる弱風下にあるが、さらに風下側の12H付近までは逆に風速は高くなった。被害率と風速の高い地点はほぼ一致するようである。基準点では7月15日の1分間平均値で3m/sec以上の風速を観測していることから、10H付近の草冠部でも5m/sec以上の風が吹き続けたと考えられる。

被害発生当日は10:00~11:00の0.5mmの降雨の後、最も風速が高まった。トウモロコシに降雨処理を行ない、水滴付着量を層別に計測して根本付近の折損部位にかかる曲げモーメントを算定した。0.5mmの降水量を模した場合、無降雨に比して5%のモーメント増加となった。ちなみに飽和状態に水滴が付着すると、15%の増加となった。

ほぼ半日間続いた強風に加え、曲げモーメントを増加させる降雨が重なり被害を大きくした。当日の風向頻度はSSWが61.9%、SE~Sが35.5%であり、防風林間から収束した風が侵入し林帯背後の倒伏をもたらしたと考えられる。



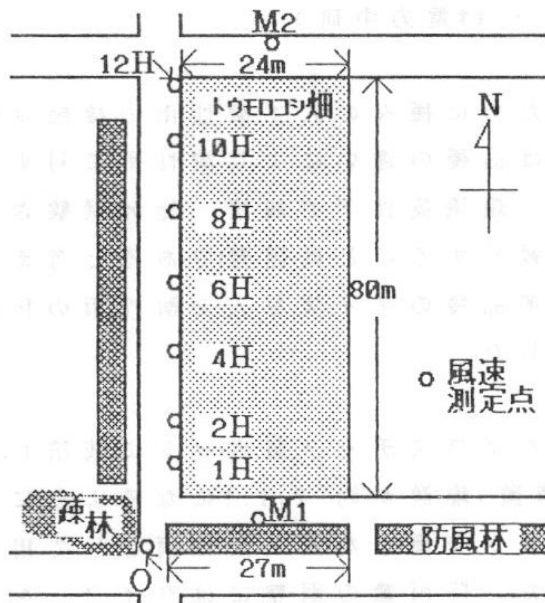


Fig. 1 風倒を生じたトウモロコシ畑とその周辺の防風林の分布

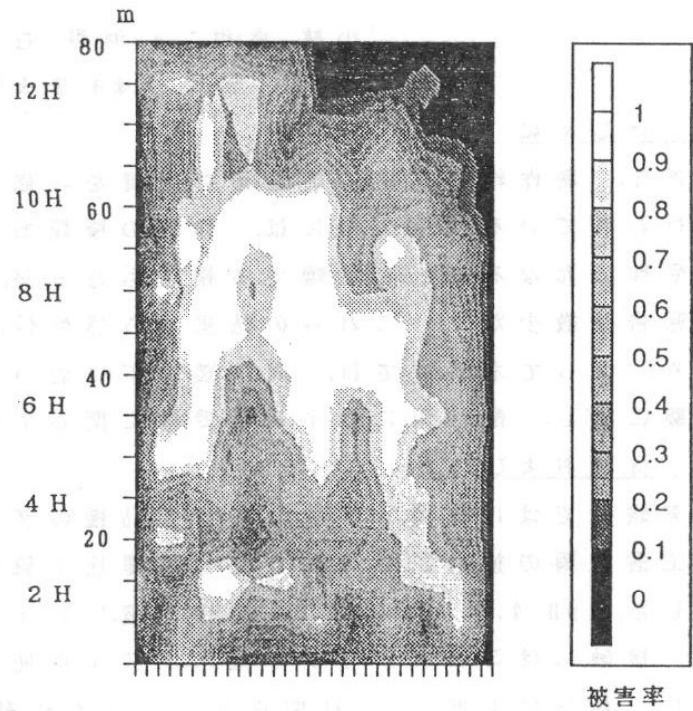


Fig. 2 倒伏の被害率の分布図  
南北80m, 東西24m  
下部目盛は畦の列(畦幅約80cm)

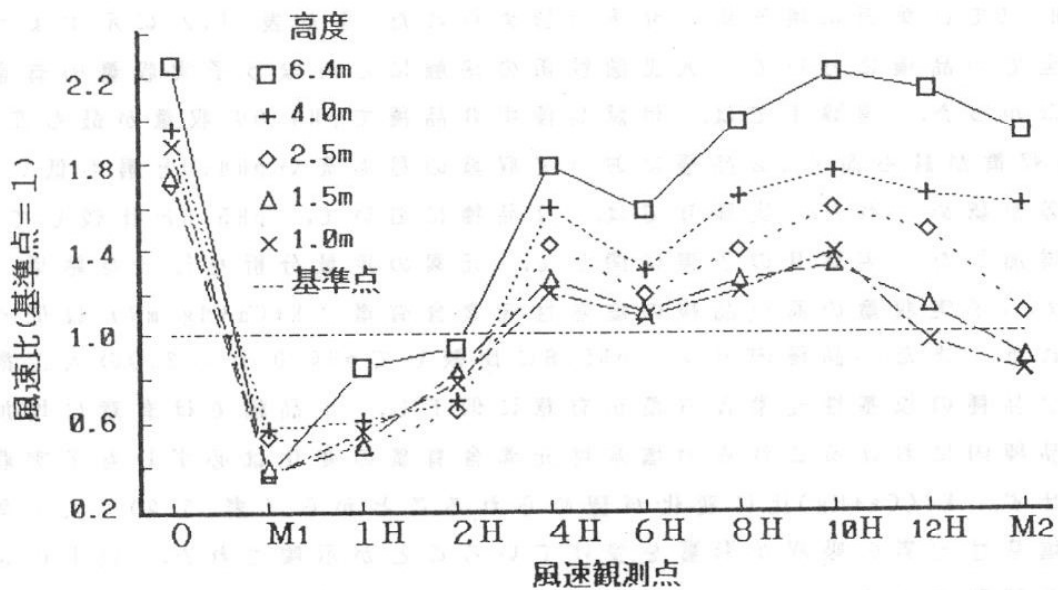


Fig. 3 各風速測定点における高度別の風速比率(対基準点)

・小林 卓也・河野 吉久・中山 敬一・

(\*千葉大園芸・\*\*電力中研)

### 1. はじめに

近年、農作物に対する酸性雨の影響を評価するために種々の人工酸性雨の接触試験が行われている。その中には、作物の種類あるいは品種の違いにより酸性雨に対する感受性の異なることを示唆する報告もあるが、同一環境条件下で栽培、比較試験された報告は数少なく、これらの結果から感受性の比較をすることは困難であると考えられる。よって本研究では、同一環境下において、多品種のダイズを人工酸性雨の接触試験に供し、酸性雨に対する感受性に関して検討した。

### 2. 材料および方法

実験Ⅰでは10品種、実験Ⅱでは20品種のダイズをプラスチック製ポットに栽培し、人工酸性雨の接触試験に供した。重量比で硫酸：硝酸：塩酸が約2：1：1になるように調整した、pH 4.0, 3.5, 3.0の酸性溶液、およびイオン交換水を人工酸性雨として用いた。接触にはミストタイプの灌水ノズルを使用した。降雨量の調整にはタイマーを使用し、6分に1度、30秒間送水ポンプを作動させ、1時間に5mmの降水量を確保した。実験Ⅰでは、早朝に接触を行い、1回の降水時間は3時間(20mm)とし、3日に1度の割合で、合計18回、総降雨量270mmの人工酸性雨を接触した。実験Ⅱでは、人工酸性雨の1回当りの降雨時間は4時間とし、曇天日に接触を行うようにしたが、やむを得ない場合には早朝に接触を行い、最低でも1週間に1度の接触を確保した。また、各品種間で生育日数が違うため品種間の総降雨量(接触回数)は異なった。

### 3. 結果および考察

実験Ⅰ、ⅡともにpH3.5と4.0の人工酸性雨接触にともなう可視害発現は観察されなかったが、pH3.0では葉面に壊死斑の発現が認められた。また表1,2に示すように、両実験とも、全ての品種において、人工酸性雨の接触にともなう子実収量の有意な低下は認められなかった。実験Ⅰでは、供試品種中8品種でpH4.0の収量が最も高く、2品種でpH3.5の収量が最も高く、2品種において収量の最も高いpH4.0と最も低いpH3.0との間に有意差が認められた。実験Ⅱでは、2品種において、pH5.6と比較して3.5の収量が有意に増加した。実験Ⅱの子実に関して、元素の定量分析を行った結果、全体的な傾向として、子実収量の高い品種の塩基性元素含有量(K+Ca+Mg mN)は低くなる傾向が認められた。また、品種内では、pH5.6に比較してpH4.0から3.0の人工酸性雨の接触により2品種の塩基性元素含有量が有意に低下し、1品種では有意に増加した(表3-1)。品種内におけるこれらの塩基性元素含有量の変化は必ずしも子実収量の変化には一致せず、K/(Ca+Mg)比に変化が認められることから(表3-2)、人工酸性雨の接触により塩基性元素の吸収が影響を受けていることが示唆された。以上のように、今日までに品種間差の報告されている品種を含め、人工酸性雨に対して敏感であると判断される品種は認められなかった。しかしながら、人工酸性雨の接触にともない子実重量の増加する品種や、体内成分に変化の認められる品種のあることから、ダイズ品種間で人工酸性雨に対する反応に違いのあることが推察された。

表1 人工酸性雨接触後のゲイズ子実収量 (実験 I)

品種 <sup>1)</sup>	人工酸性雨のpH			
	5.6	4.0	3.5	3.0
-----子実重量 (g,DW/plant) -----				
A	3.10 a <sup>2)</sup>	3.56 a	3.14 a	3.56 a
B	2.89 ab	3.28 b	2.73 ab	2.69 a
C	3.35 a	3.77 a	3.55 a	3.62 a
D	3.50 a	4.05 a	3.73 a	3.88 a
E	3.66 a	4.05 a	4.11 a	3.96 a
F	2.73 ab	3.08 b	2.92 ab	2.31 a
G	3.72 a	3.31 a	3.88 a	3.81 a
H	3.85 a	3.97 a	3.80 a	3.81 a
I	3.59 a	3.88 a	3.86 a	3.76 a
J	3.61 a	3.77 a	3.58 a	3.74 a
-----子実数 (number/plant) -----				
A	15.29 a <sup>2)</sup>	16.33 a	16.29 a	18.43 a
B	18.43 a	20.71 a	20.14 a	18.00 a
C	16.14 a	17.71 a	19.00 a	17.14 a
D	14.71 a	15.57 a	16.57 a	17.43 a
E	15.86 a	18.00 a	18.43 a	17.43 a
F	13.29 a	14.00 a	14.00 a	11.14 a
G	17.43 a	14.43 a	18.29 a	18.14 a
H	17.71 a	17.71 a	17.57 a	17.71 a
I	17.71 a	18.43 a	18.57 a	19.29 a
J	16.86 a	17.57 a	18.33 a	17.43 a

- 1) (A):奥原早生 (B):極早生オスロ (C):雷光 (D):白獅子 (E):早生白鳥 (F):三河島 (G):早生緑 (H):万成白鳥 (I):鈴茂白鳥 (J):早生系袖振  
 2) 同一アルファベットを持つ平均値 (N=7) は, Tukey's multiple range testにより5%レベルで有意差なし.

表2 人工酸性雨接触後のゲイズ子実収量 (実験 II)

品種 <sup>1)</sup>	人工酸性雨のpH			
	5.6	4.0	3.5	3.0
----- g,DW/plant -----				
A	4.51 a <sup>2)</sup>	4.77 a	4.82 a	4.64 a
B	3.02 a	3.56 ab	3.70 b	3.35 ab
C	4.03 a	4.13 a	4.09 a	4.20 a
E	5.34 ab	5.89 b	5.11 a	5.62 ab
F	4.75 a	5.03 a	4.83 a	5.00 a
G	5.29 ab	5.62 ab	5.03 a	5.94 b
H	4.84 a	5.14 a	4.98 a	4.99 a
I	5.30 a	5.55 a	5.59 a	5.73 a
K	5.31 a	5.28 a	5.15 a	5.47 a
L	4.86 a	5.30 a	4.91 a	5.42 a
M	5.07 a	4.95 a	4.99 a	5.08 a
N	5.66 a	5.68 a	5.73 a	5.92 a
O	7.10 a	6.98 a	6.98 a	7.67 a
P	7.65 a	7.74 a	7.02 a	7.81 a
Q	6.08 a	6.24 a	5.91 a	6.32 a
R	7.64 a	7.14 a	6.98 a	8.92 a
S	7.48 a	6.95 a	7.47 a	7.42 a
T	8.08 a	7.64 a	7.26 a	7.36 a
U	7.20 a	7.34 a	7.18 a	7.82 a
V	7.74 a	8.00 ab	8.57 b	7.91 ab

- 1) (A):奥原早生 (B):極早生オスロ (C):雷光 (E):早生白鳥 (F):三河島 (G):早生緑 (H):万成白鳥 (I):鈴茂白鳥 (K):白獅子2号 (L):鈴成白鳥 (M):サッポロ緑 (N):ユキムスメ (O):Amsoy 71. (P):Beeson. (Q):Corsoy 79. (R):Davis 79. (S):Forrest. (T):Hobbit 87. (U):Wells 11. (V):Williams 82.  
 2) 同一アルファベットを持つ平均値 (N=10) は, Tukey's multiple range testにより5%レベルで有意差なし.

表3-1 人工酸性雨接触後のゲイズ子実中塩基性元素含有量 (Ca+Mg+K; 実験 II)

品種 <sup>1)</sup>	人工酸性雨のpH			
	5.6	4.0	3.5	3.0
----- mN/g, DW -----				
A	0.90 a <sup>2)</sup>	0.88 a	0.88 a	0.88 a
B	0.90 a	0.89 a	0.87 a	0.89 a
C	0.93 a	0.89 a	0.87 a	0.88 a
E	0.85 b	0.79 a	0.81 ab	0.79 a
F	0.82 a	0.81 a	0.81 a	0.81 a
G	0.82 a	0.81 a	0.84 a	0.80 a
H	0.81 a	0.82 a	0.82 a	0.80 a
I	0.83 a	0.81 a	0.79 a	0.81 a
K	0.83 a	0.80 a	0.80 a	0.81 a
L	0.80 a	0.74 a	0.69 a	0.79 a
M	0.85 c	0.74 a	0.80 b	0.81 bc
N	0.90 b	0.84 a	0.85 ab	0.84 a
O	0.77 a	0.75 a	0.84 b	0.74 a
P	0.76 a	0.73 a	0.74 a	0.75 a
Q	0.73 a	0.82 c	0.78 b	0.78 b
R	0.75 a	0.75 a	0.72 a	0.75 a
S	0.78 a	0.77 a	0.77 a	0.77 a
T	0.82 a	0.82 a	0.81 a	0.85 a
U	0.79 ab	0.82 b	0.76 a	0.81 b
V	0.77 b	0.73 a	0.73 a	0.73 a

- 1) (A):奥原早生 (B):極早生オスロ (C):雷光 (E):早生白鳥 (F):三河島 (G):早生緑 (H):万成白鳥 (I):鈴茂白鳥 (K):白獅子2号 (L):鈴成白鳥 (M):サッポロ緑 (N):ユキムスメ (O):Amsoy 71. (P):Beeson. (Q):Corsoy 79. (R):Davis 79. (S):Forrest. (T):Hobbit 87. (U):Wells 11. (V):Williams 82.  
 2) 同一アルファベットを持つ平均値 (N=10) は, Tukey's multiple range testにより5%レベルで有意差なし.

表3-2 人工酸性雨接触後のゲイズ子実中塩基性元素構成比 (K/(Ca+Mg), mN; 実験 II)

品種 <sup>1)</sup>	人工酸性雨のpH			
	5.6	4.0	3.5	3.0
A	1.40 a <sup>2)</sup>	1.43 ab	1.49 b	1.50 b
B	1.27 a	1.28 a	1.27 a	1.28 a
C	1.40 a	1.44 a	1.43 a	1.38 a
E	1.28 a	1.21 a	1.30 a	1.26 a
F	1.36 ab	1.40 ab	1.43 b	1.35 a
G	1.32 a	1.34 a	1.28 a	1.41 a
H	1.26 a	1.28 a	1.32 a	1.25 a
I	1.27 a	1.36 a	1.29 a	1.30 a
K	1.30 ab	1.38 b	1.35 ab	1.27 a
L	1.25 a	1.27 a	1.23 a	1.27 a
M	1.36 a	1.36 a	1.38 a	1.40 a
N	1.28 a	1.24 a	1.25 a	1.23 a
O	1.38 a	1.34 a	1.38 a	1.27 a
P	1.35 b	1.25 a	1.31 ab	1.27 a
Q	0.99 a	1.14 b	1.17 b	1.10 b
R	1.40 b	1.17 a	1.24 a	1.15 a
S	1.16 a	1.15 a	1.31 b	1.17 a
T	1.11 b	0.91 a	1.00 ab	0.95 a
U	1.29 b	1.20 ab	1.16 a	1.13 a
V	1.44 a	1.51 a	1.48 a	1.46 a

- 1) (A):奥原早生 (B):極早生オスロ (C):雷光 (E):早生白鳥 (F):三河島 (G):早生緑 (H):万成白鳥 (I):鈴茂白鳥 (K):白獅子2号 (L):鈴成白鳥 (M):サッポロ緑 (N):ユキムスメ (O):Amsoy 71. (P):Beeson. (Q):Corsoy 79. (R):Davis 79. (S):Forrest. (T):Hobbit 87. (U):Wells 11. (V):Williams 82.  
 2) 同一アルファベットを持つ平均値 (N=10) は, Tukey's multiple range testにより5%レベルで有意差なし.

○ 山口武則・岡本玲子・藤井國博（農業環境技術研究所）

### 1. はじめに

近年、酸性雨による森林や湖沼への影響がヨーロッパや北米をはじめとして、中国やアジア新興工業国で大きな社会問題に発展している。

わが国においても、環境庁の酸性雨調査で日本各地における降水の年平均pH値が4.4から5.5の範囲であることが明らかになり、いずれ欧米なみの酸性雨になることが予測されるとともに、環境への影響が憂慮されるようになった。

著者らは、筑波地域において昭和58年以来降水の質的变化と物質負荷量の調査を行っている。その一環として、つくば市を基点とした同一降雨の水質を調べ、降水の地域性を調査している。

今回の報告では、つくば市から奥日光までの同一降雨を1988年9月26日～27日にかけて、また、つくば市から鹿島までの同一降雨を1989年6月7日～14日にかけてそれぞれ採取し、その水質から各々の降水の地域性を調査した。

### 2. 調査方法

1988年9月26日に、直径30cmのポリエチレンロート付きポリ瓶をつくば市観音台（農業環境技術研究所構内）、真岡工業団地（真岡市伊勢崎付近）、日光有料道路日光口ドライブイン付近、いろは坂下付近、華厳の滝付近、湯元温泉（レイクイン日光付近）に、それぞれ設置した。翌日の9月27日の夕刻に、これを回収して降水を採取した（図1）。他方、1989年6月7日に、上記と同様のポリエチレンロート付きポリ瓶をつくば市観音台（農業環境技術研究所構内）、美浦村（安中）、桜川村（阿波）、潮来町（上戸）、鹿島町（鹿島港公園付近）にそれぞれ設置し、6月9日～11日にかけて降った降水を6月14日に回収して、それぞれの試料を採取した（図1）。これらの試料について、 $\text{NH}_4$ および $\text{NO}_3$ はオートアナライザー、 $\text{SO}_4$ および $\text{Cl}$ はイオンクロマト、 $\text{Ca}$ 、 $\text{Mg}$ 、 $\text{Na}$ 、 $\text{K}$ は原子吸光光度計によりそれぞれを測定した。なお、つくば市から奥日光までの試料については、ICP-MSを用いて49元素同時分析を行った。

### 3. 結果および考察

つくば市から奥日光までの降水の水質を表1に示した。この時の降水は、いずれも弱い酸性雨であったが、中でも真岡工業団地や日光は比較的に強い酸性度を示した（図1）。これらの地域では、降水中の $\text{SO}_4$ 、 $\text{NO}_3$ および $\text{Cl}$ 濃度はつくば市より高い値を示した。また、ICP-MSによる多元素分析の結果、日光いろは坂下や華厳の滝付近の降水では、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{Pb}$ などの金属元素濃度が高い値を示した。他方、つくば市から鹿島までの降水の一部水質を表2に示した。このときの降水は、つくば市とその隣の美浦村並びに桜川村は弱い酸性雨であった。しかし、鹿島工業地帯や隣の潮来町ではつくば市の数倍の $\text{SO}_4$ 濃度を示すにも係わらずpH6.5以上の高いpH値を示した（図1）。このよ

うに、2回の調査で、それぞれの降水の地域性が明らかになった。日光の場合は、いろは坂や華厳の滝付近の降水がとくに他の地域と異なっており、これは都心から移流された大気汚染物質やいろは坂の車の影響（この時期、いろは坂は観光の車が多い）などが考えられる。また、鹿島の降水では、SO<sub>4</sub>濃度が他の地域の数倍高いにも係わらずpH6.5以上の高いpH値を示し、また、NH<sub>4</sub>濃度も非常に高い値を示すなど他の地域と異なった。これは当地域における工場の脱硫処理などの影響が考えられるが、この点はさらに調査する必要がある。

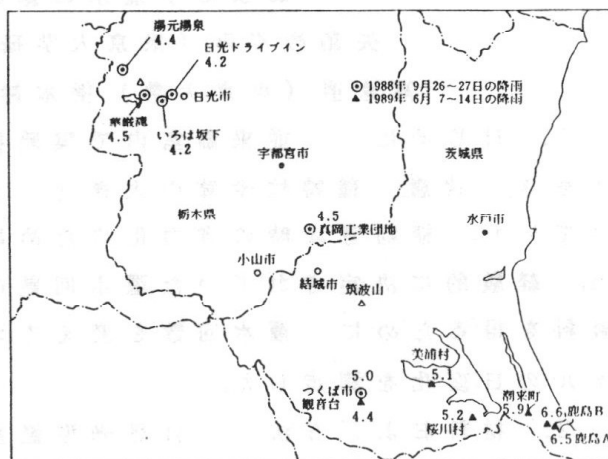


図1 降水の調査場所および降水のpH分布

表1 つくば市から日光までの同一降雨の水質

調査地	降水量 mm	μg/l							
		NH <sub>4</sub>	Ca	Mg	Na	K	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl
つくば市観音台	11	189	82	18	241	114	602	468	589
真岡工業団地	7	442	311	36	230	116	775	3273	1150
日光ドライブイン	8	305	162	23	197	100	1753	2367	880
いろは坂下	5	566	310	40	226	267	2524	5139	1899
華厳の滝	9	303	439	37	268	179	2130	3549	1115
湯元温泉	3	148	194	20	143	79	1713	1368	500

表2 つくば市から鹿島までの同一降雨の水質

調査地	降水量 mm	μg/l			
		NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl
つくば市観音台	10	930	1736	4284	2158
美浦村	8	1018	1594	2838	3972
桜川村	9	640	1528	2838	3972
潮来町	10	1764	1191	3237	5305
鹿島A	15	1567	1267	6843	9015
鹿島B	15	3774	1306	17430	7731

ポプラの気孔コンダクタンスと水ポテンシャルに  
およぼす灌水の影響

・ 矢島めぐみ（東京大学研究生） 名取俊樹（国立環境研究所）

高倉直（東京大学） 橋本健（新菱冷熱工業） 大政謙次（国立環境研究所）

1. はじめに 従来温室内で実験植物を育成する際の適切な灌水回数は、植物の大きさ、状態、種特性や鉢の大きさ、土壌の組成、日照条件等により経験的に決定されていた。植物育成時の省力化のためには、このように難しい灌水の自動化が望まれる。経験的に決定されていた灌水回数の妥当性を検討し、さらに自動化のための基礎資料を得るために、灌水回数を変えてポプラの気孔コンダクタンスと木部圧ポテンシャルの日変化を測定した。

2. 材料および方法 自然光型温室内（気温25℃、湿度70%）で、人工培養土をつめた直径12cmのポット（内容量1.7l）によりポプラ（品種；I-214）を育成した。実験開始時の樹高は約1m、葉数は30枚程度であった。実験は育成時と同じ温室内で行った。灌水回数は5月に通常行われている1日3回（対照区）、それより1回少ない1日2回（低ストレス区）と2回少ない1日1回（高ストレス区）の3通りに変化させた。1回の灌水量は1鉢あたり約250mlであった。スーパーポロメーター（LI-COR社製；LI-1600）により、各処理区の植物の気孔コンダクタンス（下から15～20葉位目）を1時間ごとに測定した。プレッシャーチェンバー（PMS社製；MODEL 600）により、低ストレス区と高ストレス区の植物の木部圧ポテンシャルを1時間ごとに測定した。

3. 結果および考察 それぞれの処理区の気孔コンダクタンス（ $C_s$ ）等の日変化を図1-①～③に示した。対照区の $C_s$ は朝から徐々に増加し正午頃にピークとなり、その後減少した（図1-①）。一方、低ストレス区の $C_s$ は13時頃から急激に減少した。その後の灌水により木部圧ポテンシャル（PMS）は増加したが、 $C_s$ は増加しなかった（図1-②）。高ストレス区の $C_s$ は10時頃から減少した。また、PMSは-16barまで減少し、その後の灌水により直ちに増加した。しかし、その際十分な光が当たっているにもかかわらず、 $C_s$ はほとんど回復しなかった（図1-③）。対照区の $C_s$ の日変化と光量子量（PAR）の関係は、午前、午後とも同じであった（図2）。この結果、対照区の $C_s$ の日変化は、主にPARにより支配されていると考えられる。一方、両ストレス区の $C_s$ の日変化とPARの関係は、午前と午後で異なり、同じPARでも午後の方が低い値を示した。この原因として、植物の水要因が考えられ、気孔が閉じ始める際のPMSは両区とも約-10barであった。

以上より、ポプラの気孔の日変化をもとにしても、経験的に決定していた灌水回数は適切であることが明らかとなった。また、特に高ストレス区で顕著であるが、灌水後PMSは直ちに回復し、かつ十分な光が当たっているにもかかわらず $C_s$ の回復が認められなかった。この現象は、いわゆるafter-effectsである。通常after-effectsは、長期の水ストレスの後に認められる。しかし、本実験から得られたように2時間程度の水ストレスの後でも起こる場合がある。従って、灌水の自動化の際にはこのような現象を十分考慮する必要があると思われる。

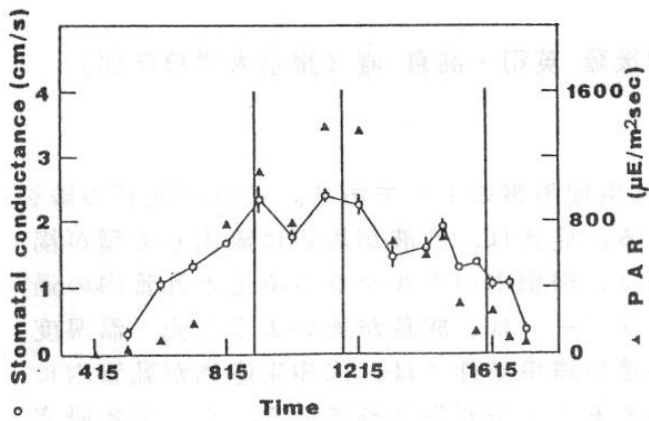


図 1-①

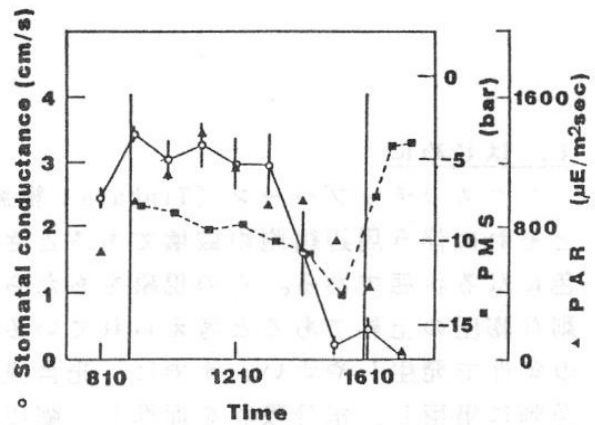


図 1-②

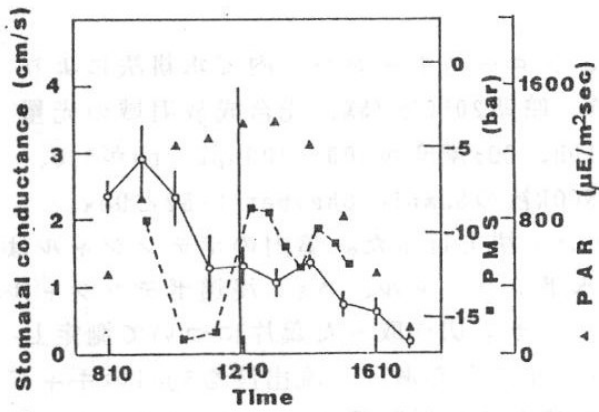


図 1-③

図 1. 気孔コンダクタンス、木部圧ポテンシャル、光量子量の日変化  
(縦線は、灌水を行った時間を示す。なお、気孔コンダクタンスは、  
平均値±標準誤差で示し、他は、平均値によって示した。)

- 図-① 対照区 (1日3回灌水)
- 図-② 低ストレス区 (1日2回灌水)
- 図-③ 高ストレス区 (1日1回灌水)

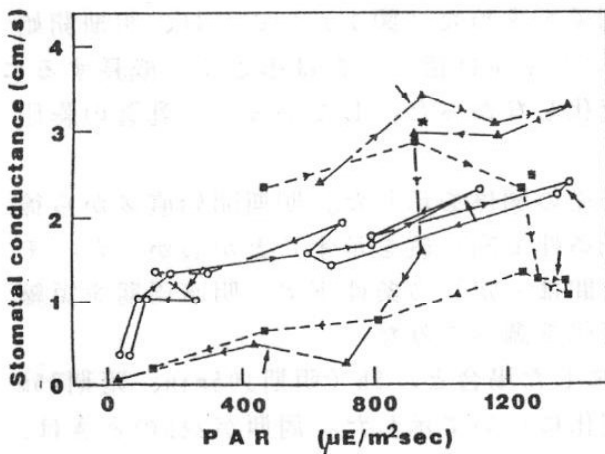


図 2. 各灌水パターンにおける光量子量と気孔コンダクタンスの関係  
(○-対照区、▲-低ストレス区、■-高ストレス区、▽-灌水  
のあたりから、気孔コンダクタンスの低下がみられた。)

°後藤 英司・高倉 直（東京大学農学部）

### 1. はじめに

レタスのチップバーン (Tipburn: 縁腐れ) は生理障害の1つである。これは乳管の破裂とそれに伴う周辺細胞の破壊であるとされている。症状は、乳液が周辺に流出して葉が褐色になる状態である。この現象をもたらす原因は、細胞内のカルシウム不足と乳管内の過剰な膨圧の上昇であると考えられている。チップバーンは、成長が速いような光、温湿度の条件で発生しやすい。すでに、光合成速度が速い環境条件では、代謝生産物が乳管内に過剰に集積し、水分吸収を促進して膨圧が上昇することが報告されている。そこで本研究では、明暗周期 (明期時間と暗期期間の和) を短縮することにより、光合成速度を低下させずに乳管の膨圧上昇を抑制する方法について検討したので報告する。

### 2. 実験方法

供試体には岡山サラダナを用いた。サラダナは、グロースチャンパー内で水耕法により栽培した。栽培条件は、温湿度が、明期26°Cと60%、暗期20°Cと75%、光合成放射域の光量子束密度 (PPFD) が  $150 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、明期14h、暗期10h、CO<sub>2</sub>濃度が600~800ppm、pHが6.0、ECが1.5mS/cmである。ポテンシャルの測定は、WESCOR社のSample Chamber C-52とDew Point Microvoltmeter HR-33Tを用いてデューポイント法で行った。葉内のポテンシャルは  $\phi_w = \phi_s + \phi_p$  (kPa) で表される。ここで、 $\phi_w$ : 水ポテンシャル、 $\phi_s$ : 浸透ポテンシャル、 $\phi_p$ : 圧ポテンシャルである。葉の  $\phi_w$  は、リーフパンチで切り取った葉片について測定した。乳液の  $\phi_s$  は、葉の裏面の主脈内の乳管にニードルで穴をあけ、流出液を5 $\mu$ lのキャピラリーチューブですばやく採取して測定した。1枚の葉からの採取量は、1~2 $\mu$ lである。乳管の膨圧は、葉と乳管の  $\phi_w$  は等しいと仮定して、 $\phi_w$  と  $\phi_s$  の差から求めた。

### 3. 実験結果

成長ステージとポテンシャルの関係を調べるために、生体重と展開中の葉の水ポテンシャル、乳液の浸透ポテンシャル、乳管の膨圧の関係を求めた (図1)。これは、明期開始後8~10時間を経た時点の測定値である。水ポテンシャルは苗のときは小さく、成長するにつれて増加したが、浸透ポテンシャルはあまり変化しなかった。したがって、乳管の膨圧は苗のときに小さい値を示すことがわかった。

図2に、PPFDおよび明期開始後の経過時間と膨圧の関係を示した。明期開始直後から徐々に乳管の膨圧が増加すること、また膨圧は強光条件で高い値を示すことがわかった。そこで、明期と暗期の長さの比は一定 (積算明期時間は一定) の条件下で、明暗周期を短縮し、1回の明期の長さを短くした場合の膨圧の変化を調べてみた。

図3に、明暗周期を24h (明期14h、暗期10h) にした場合と、3h (明期105min、暗期75min) に短縮した場合の、明期の乳管膨圧の経時変化について示した。周期が24hのときは、明期が続くにつれて膨圧が上昇したが、3hのときは、膨圧の変動が抑えられ、最大値も小さくなった。また、昨年度行った栽培実験 ('89全国大会発表) では、3h周期では、24h周期に比べてチップバーンの発生率が低いことを示した。以上のことから、明暗周期の短縮は、乳管の膨圧を制御し、チップバーンの発生を抑制できる可能性のあることが示された。



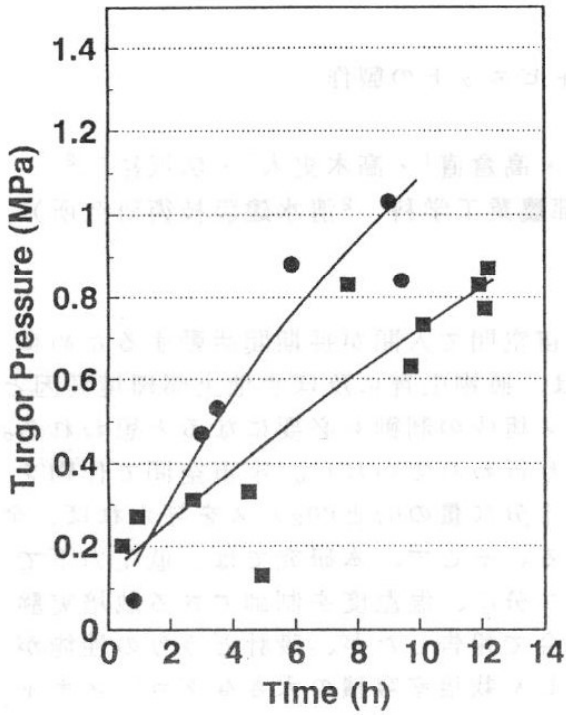


図2 明期開始後の経過時間と膨圧の関係  
(横軸は明期開始後の経過時間)

■ : PPFD  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

● : PPFD  $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

測定条件 温度 $26^\circ \text{C}$  湿度 $60\%$

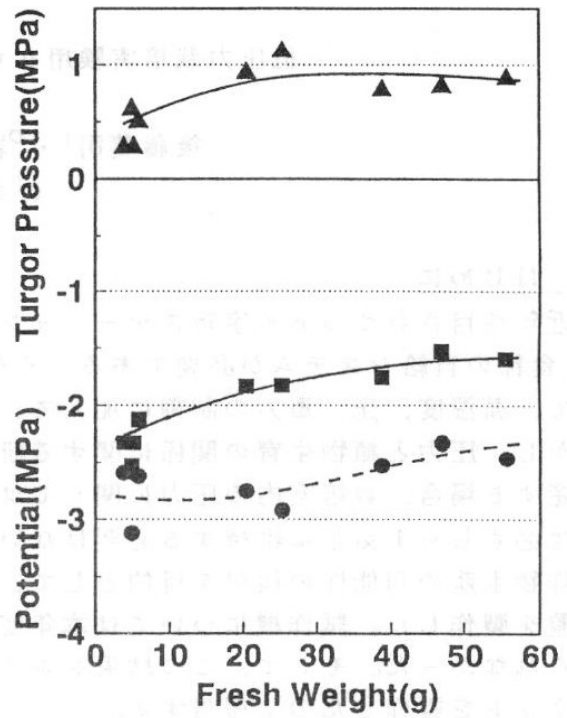


図1 生体重とポテンシャルおよび膨圧の関係

■ : 水ポテンシャル

● : 浸透ポテンシャル

▲ : 膨圧

測定条件 温度 $26^\circ \text{C}$  湿度 $60\%$

PPFD  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

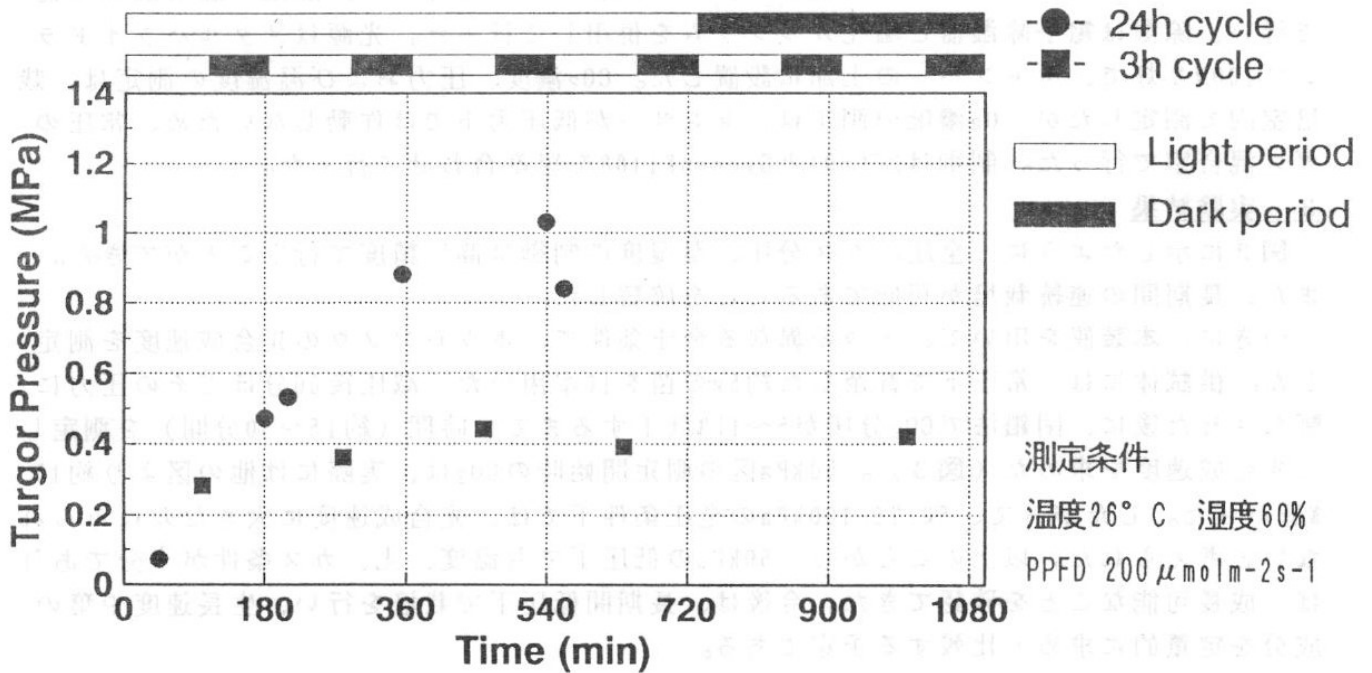


図3 明暗周期と明期の膨圧の関係  
(横軸は測定開始後の経過時間)

● - 24h cycle

■ - 3h cycle

□ Light period

■ Dark period

測定条件

温度 $26^\circ \text{C}$  湿度 $60\%$

PPFD  $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

## 低圧力栽培実験用グロースキャビネットの製作

後藤英司<sup>1</sup>・<sup>0</sup>岩淵桂子<sup>1</sup>・高倉直<sup>1</sup>・高木史人<sup>2</sup>・広沢祐二<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>東大農学部農業工学科、<sup>2</sup>清水建設技術研究所)

### 1. はじめに

近年注目されつつある宇宙ステーションなどの宇宙空間で人間が長期間活動するためには、食糧の自給システムが必要である。その実現には、植物生育に及ぼす地上部環境要因として、温湿度、光、重力の制御に加えて、圧力とガス組成の制御も必要になると思われる。しかし、圧力と植物生育の関係に関する研究はあまり行われていない。宇宙空間で作物を生産する場合、栽培室内の圧力に関しては、成長に十分な量の $O_2$ と $CO_2$ ガスを与えれば、全圧は必ずしも1気圧に維持する必要はないと思われる。そこで、本研究では、低圧力下での作物生産の可能性の検討を目的として、全圧、ガス分圧、温湿度を制御できる栽培実験装置を製作した。試作機については本年度の全国大会で報告したが、設計どりの性能が得られなかった。そこで、この結果をふまえて、新しく栽培室容積の大きなグロースキャビネットを製作したので報告する。

### 2. 実験装置

実験装置はつぎの点を考慮して製作した。①低圧力(40kPa程度)を維持できること。②任意の $N_2$ 、 $O_2$ 、 $CO_2$ のガス組成(ガス分圧)を実現すること。③水耕栽培を行うこと。④閉鎖系で個体群の光合成速度と蒸散速度を測定できること。⑤コンピュータ制御を行うことの5点である。実験装置(図1)は、ガス供給部、ガス混合室、栽培室、加湿および除湿部、光源、計測制御部で構成される。さらに、栽培室の温度を一定にするために、装置全体を容積 $1m^3$ の恒温チャンバー内に設置した。ガス混合室は容積が約22 $l$ で、常圧下で $N_2$ と $O_2$ の混合および分圧制御を行った。 $CO_2$ は直接、微量を栽培室に加えた。栽培室は、ステンレス製で、内径63.5cm、高さ50cmの円筒形、容積は約158 $l$ である。上蓋には採光用に2cm厚の亚克力板をはめ込み、側面には多数の配管口を取り付けた。加湿は超音波加湿器で行い、除湿は電子除湿器と塩化カルシウムを併用して行った。光源はメタルハライドランプ100W3灯で、チャンバーの上部に設置した。 $CO_2$ 濃度、圧力および温湿度の測定は、栽培室内で測定したが、 $O_2$ 濃度の測定は、センサーが低圧力下では作動しないため、常圧のガス混合室で行った。制御はPC9801とGreenKit88を組み合わせて行った。

### 3. 実験結果

図2に示したように、全圧、ガス分圧、温湿度の制御は高い精度で行うことができた。また、長期間の連続栽培が可能であることを確認した。

つぎに、本装置を用いて、3つの異なる全圧条件で、ハウレンソウの光合成速度を測定した。供試体には、常圧下で育苗した約5gの苗を10本用いた。減圧後30分ほどその圧力に馴れさせた後に、閉鎖法で $CO_2$ 分圧が5~15%低下するまでの時間(約15~30分間)を測定して光合成速度を求めた(図3)。50kPa区の測定開始時の $CO_2$ は、実際には他の区より約15%低かった。したがって、50.75.100kPaの全圧条件下では、光合成速度に大きな差はみられないと考えられた。以上のことから、50kPaの低圧下でも温度、光、ガス条件が十分であれば、成長可能なことを確認できた。今後は、長期間低圧下で栽培を行い、生長速度や葉の成分を定量的に求めて比較する予定である。

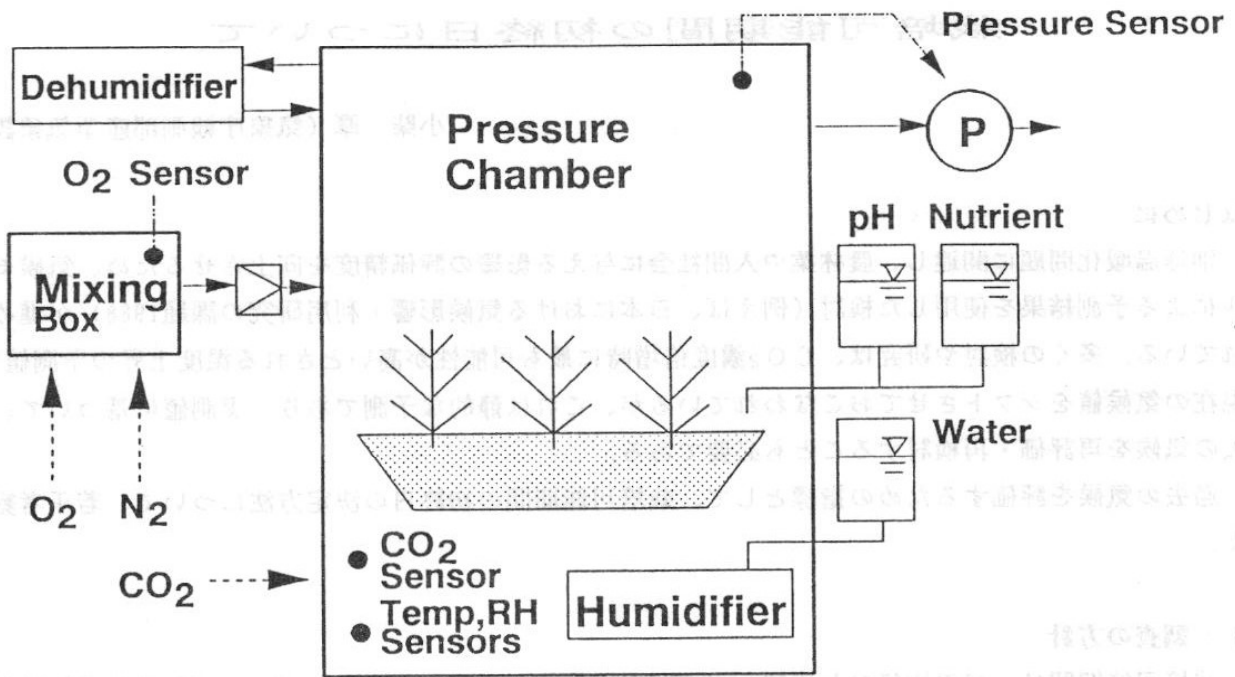


図1 装置概略図

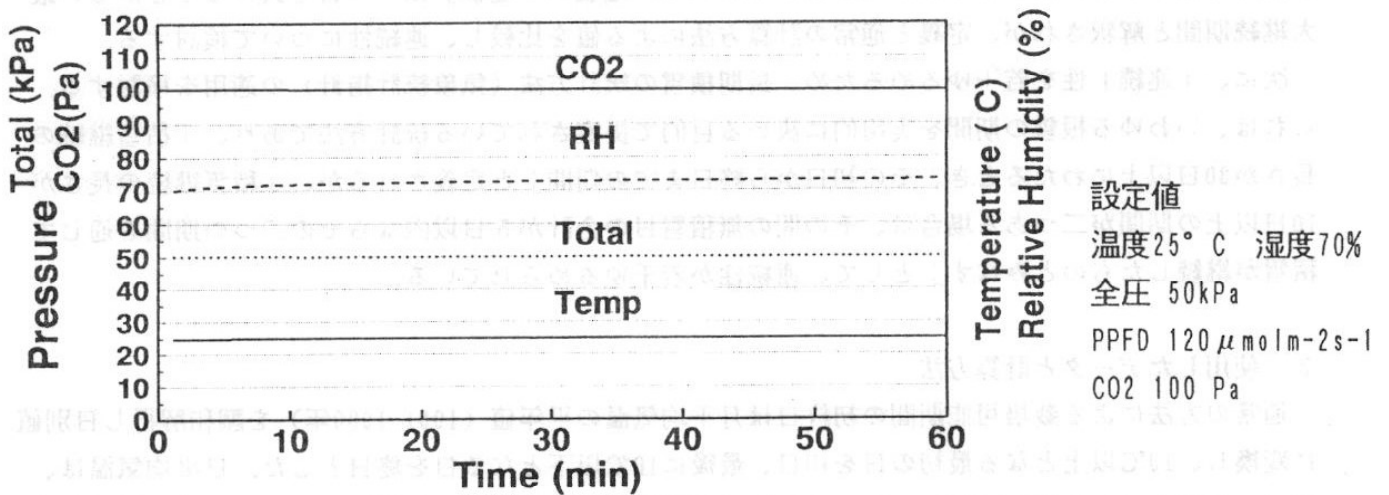


図2 栽培室の制御状況

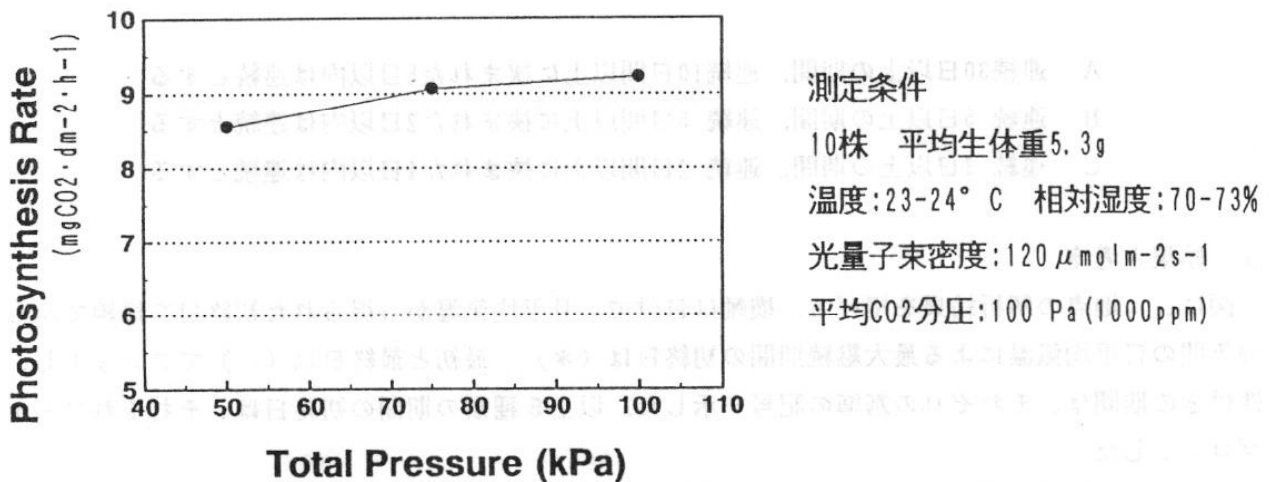


図3 全圧と光合成速度の関係

測定条件

10株 平均生体重5.3g

温度:23-24° C 相对湿度:70-73%

光量子束密度:120 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>

平均CO<sub>2</sub>分圧:100 Pa (1000 ppm)

# 栽培可能期間の初終日について

小柴 厚（気象庁観測部産業気象課）

## はじめに

地球温暖化問題に関連し、農林業や人間社会に与える影響の評価精度を向上させるため、気候モデルによる予測結果を使用した検討（例えば、日本における気候影響・利用研究の課題1988）が進められている。多くの検討や研究は、CO<sub>2</sub>濃度倍増時に最も可能性が高いとされる温度上昇の予測値で、現在の気候値をシフトさせておこなわれているが、これは静的な予測であり、実測値に基づいて、過去の気候を再評価・再検討することも必要である。

過去の気候を評価するための指標として、栽培可能期間の初終日の決定方法について、若干考察した。

## 1 調査の方針

栽培可能期間は、日平均気温が連続して10℃以上となる期間と定義されるが、通常は月平均気温を滑らかに結んで、初めて10℃以上となる日を初日、10℃以下となる日を終日とする夏の高温期を挟んだ期間であり、30年間の平年値から計算されている。定義の「連続」は、一日も欠けることがない最大継続期間と解釈されが、定義と通常の計算方法による値を比較し、連続性について検討する。

次に、「連続」性を若干ゆるめるため、長期積雪の統計方法（気象統計指針）の適用を検討する。これは、いわゆる根雪の期間を実用的に決める目的で提案されている統計方法であり、「積雪継続の長さが30日以上にわたるとき、その初日から終日までの期間」と定義されるが、「積雪継続の長さが10日以上の場合が二つある場合は、その間の無積雪日の合計が5日以内ならその二つの期間を通じて積雪が継続したものとみなす」として、連続性が若干ゆるめられている。

## 2 使用したデータと計算方法

通常の方法による栽培可能期間の初終日は月平均気温の平年値（1951-1980年）を調和解析し日別値に変換し、10℃以上となる最初の日を初日、最後に10℃以下となる日を終日とした。日平均気温は、1961-1989年の29年間を使用し、初めて10℃以上となる日、最後に10℃となった日及び最大継続期間の初終日と、長期積雪に準じて下記を基準としてそれぞれの期間を計算した。

- A 連続30日以上の場合、連続10日間以上に挟まれた5日以内は連続とする
- B 連続5日以上の場合、連続5日間以上に挟まれた2日以内は連続とする
- C 連続3日以上の場合、連続2日間以上に挟まれた1日以内は連続とする

## 3 結果と考察

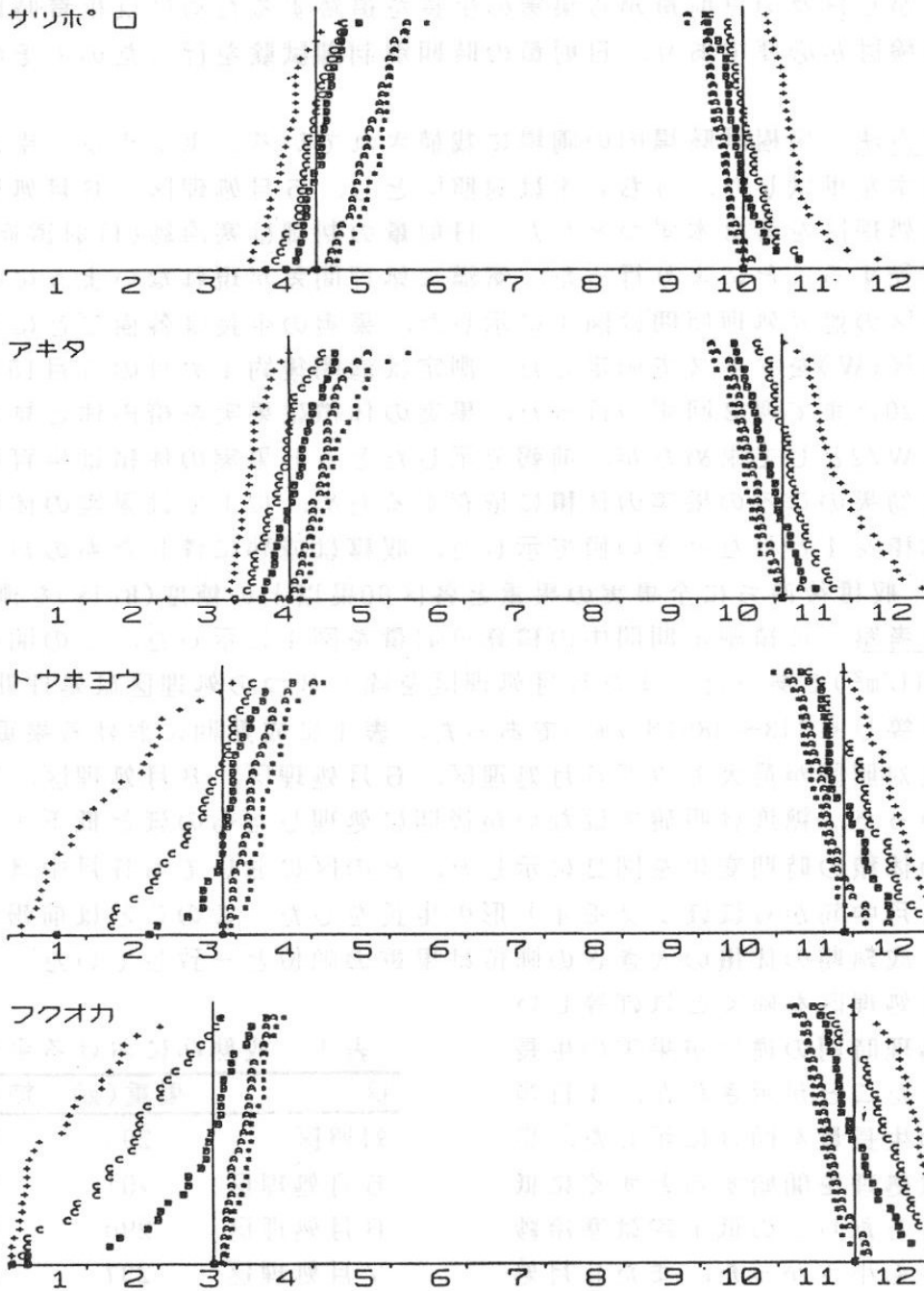
図に、4地点の解析結果を掲げる。横軸は日付で、月平均気温から得られた初終日を縦線で示した。29年間の日平均気温による最大継続期間の初終日は（\*）、最初と最終日は（+）でプロットし、条件付きの期間は、それぞれの基準の記号で示した。以上5種類の期間の初終日は、それぞれソートしプロットした。

30年間の月平均気温から計算された、初終日の平年値は、日平均気温がはじめて10℃を超える時期

の最晩期、また、10℃以下とならない最早期となっている。

逆に平年値は、ほぼ基準Bによる日付の中央値となっている。

栽培可能期間や有効積算気温は、農作物などに対する温度資源量を示す指標として広く利用されているが、従来月平均気温から計算されることが多く、日平均気温を使った解析については、初終日の決め方に任意性があり、具体的な提案はなかった。今回の解析から、ほぼ基準Bが妥当であることが分かった。基準Bは、およそ旬程度の期間、条件が満たされることを意味し、実用的にも妥当である。



5種類の基準による栽培可能期間

## ニホンナシの果実生長に対する日射量の時期別の影響

杉浦俊彦・本條均・朝倉利員・佐藤明彦(果樹試),川嶋徹(富山果樹試),澤野郁夫(静岡柑橘試),小島喬(福島果樹試),木原宏(長野中信農試)

果樹の果実生長の動的なモデルの開発は果実の生育シーズンにおける適切な栽培管理を行う上で重要であり,モデル作成のためには果実生長と日射量の関係を明らかにしておく必要がある。前報(農業気象講演要旨,1990)ではニホンナシ果実の全生育期間に渡って日射量を制御することにより生育期間中の積算日射量と成熟期の果実の体積に關係があり,また日射量の果実の生長に及ぼす影響は全生育期間中に及ぶことを明確にした。しかし日々の日射量から果実の生長を追跡するためには生育時期による違いについての検討が必要であり,日射量の時期別制御試験を行ったのでその結果を報告する。

**材料および方法** 果樹試験場内の圃場に栽植されているニホンナシ‘幸水’の成木(棚仕立て)11本を供試した。うち3本は対照区とし,5月処理区,6月処理区,7月処理区,8月処理区を各2本ずつとした。日射量の制御は寒冷紗(日射透過率48%)で樹上を覆い遮光することにより行った。気温に処理間差が現れないように樹冠下は開放とした。各区の遮光処理期間は図1に示した。果実の生長は各樹ごとに30果の縦径(H)および横径(W)をノギスで測定した。測定は満開後約1カ月の5月15日から成熟期直前の8月20日まで週2回ずつ行った。果実の体積は果実を楕円体と見なして $4/3 \cdot H/2 \cdot W/2 \cdot W/2$ として求めたが,前報で示したとうり果実の体積は生育期間中の気象要因の他に幼果のころの果実の体積に依存するため,以下では果実の体積はすべて5月15日の体積を1としたときの値で示した。収穫は成熟に達したものから行い(8月20日~31日),収穫後直ちに全果実の果重と各区60果以上の糖度(Brix)を測定した。

**結果および考察** 体積測定期間中の積算日射量を図1に示した。この間の総積算日射量は $1753(MJ/m^2)$ であった。また5月処理区を除く3つの処理区は処理期間中の積算日射量がほぼ等しく $343\sim389(MJ/m^2)$ であった。表1に成熟期における果重と糖度を示した。果重は対照区が最大で以下5月処理区,6月処理区,8月処理区,7月処理区の順で大きかった。糖度は明確ではないが後期に処理したものほど低下する傾向にあった。果実の体積の時期変化を図2に示した。どの区においても5月中は直線的な増加を示し,6月中旬からほぼシグモイド形の生長をした。このことは前報データと同様であった。成熟期の体積の大きさの順位は果重の順位と一致していた。このことと遮光量は5月処理区を除くとほぼ等しい

ことから,処理時期の違いが果実の生長に影響を与えたことが示された。1日当たりの果実の生長量を図3に示した。果実の生長量は処理を開始するとすぐに低下を始めた。ただしこの低下率は寒冷紗の遮光率よりも小さかった。また5月処理区以外の処理区では処理を中止しても生長量の低下がしばらく続いた。

表1 成熟期における果重と糖度

区	果重(g)	糖度(Brix)
対照区	295	12.8
5月処理区	291	13.4
6月処理区	290	12.5
7月処理区	237	12.5
8月処理区	275	12.0

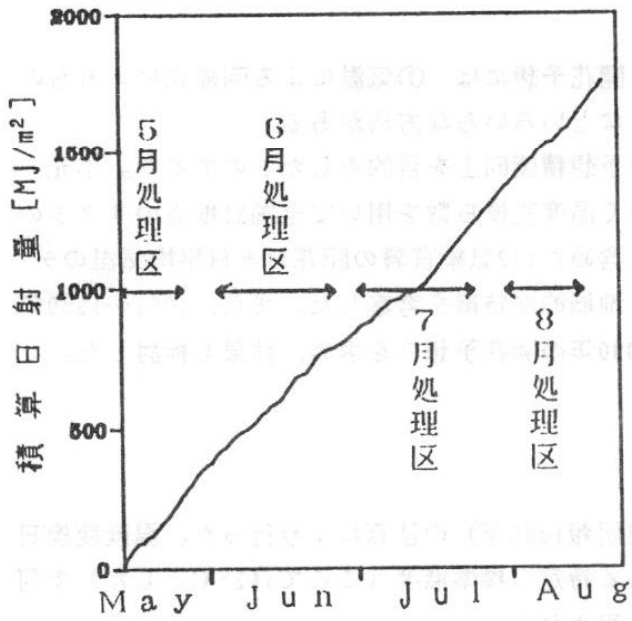


図1 5月15日からの積算日射量と遮光処理期間

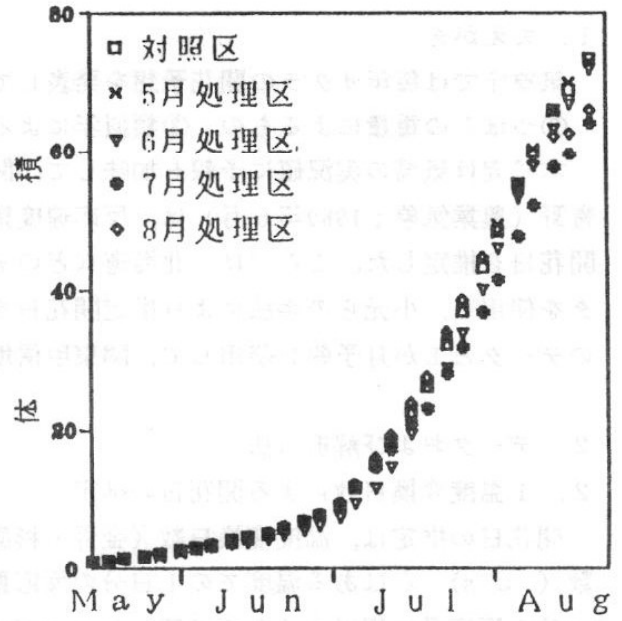


図2 体積の時期変化(5月15日を1とする)

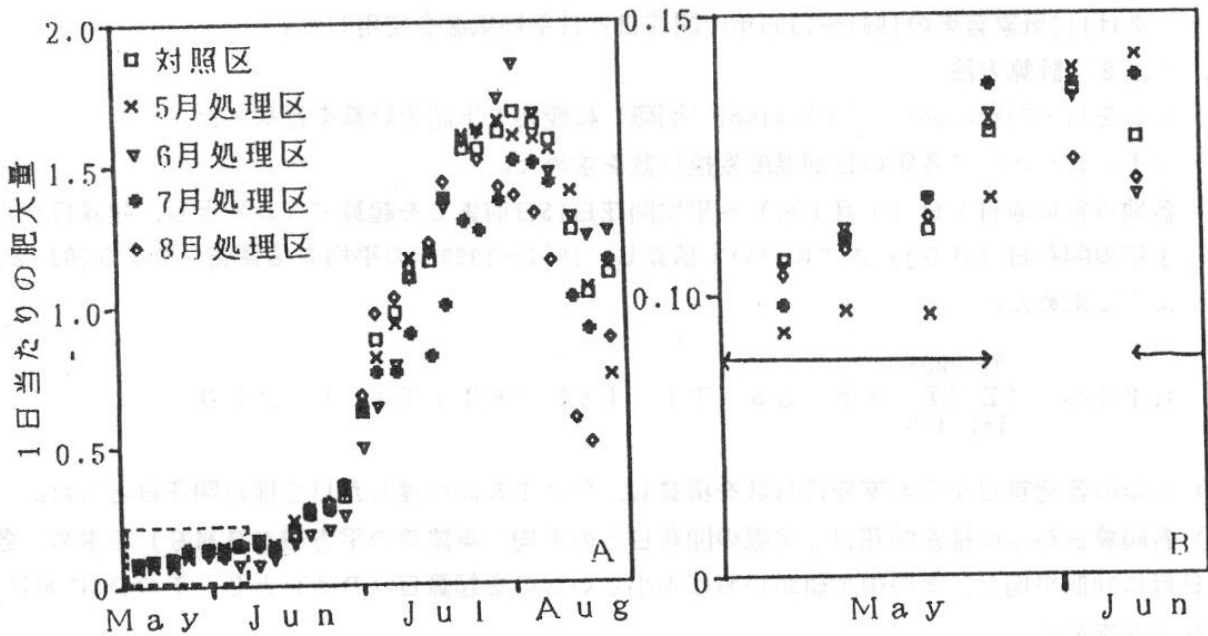


図3 1日当たりの生長量の時期変化. B図はA図の破線内の拡大図. B図の矢印は遮光処理期間を示す.

# 温度変換日数によるサクラの開花予想

気象庁観測部産業気象課 平野貴嗣

## 1. まえがき

気象庁では毎年サクラの開花予想を発表している。開花予想には ①気温による回帰式によるもの ②つぼみの重量によるもの ③類似年によるもの などいろいろな方法がある。

本研究は気温の実況値に予報も加味して、開花日の予想精度向上を目的としたものである。小元・青野（農業気象；1989年6月）は、反応速度論に基づく温度変換日数を用いて全国21地点のサクラの開花日を推定した。ここでは、北海道などのデータも含めた112気象官署の開花日と日平均気温のデータを使用し、小元らの手法により推定開花日を求め、地域的な特徴を考察した。また、1961～1989年のデータと1か月予報を使用して、関東甲信地方の1990年の開花予想日を求め、結果を検討した。

## 2. データおよび解析方法

### 2. 1 温度変換日数による開花日の推定

開花日の推定は、温度変換日数（金野・杉原；農環研報1986年）の積算により行った。温度変換日数（ $t_s$ ）とはある温度での1日分の反応量が、ある特定の標準温度（ここでは25°Cとした）で何日分の反応量に相当するかを換算したもので次の式で表される。

$$t_s = \exp [E_a (T_i - T_s) / R T_i T_s] \quad (1)$$

$R$  = 気体定数 (1.987 cal deg<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>)

$T_i$  = 日平均気温 (K)

$T_s$  = 標準温度 (298.2 K ; 25°C)

$E_a$  = 温度特性値；見かけの活性化エネルギー (kcal mol<sup>-1</sup>)

#### 2. 1. 1 計算データ

データは112気象官署の1961～1990年の開花日と日平均気温を使用した。

#### 2. 1. 2 計算方法

- 1)  $E_a$  を11～25 kcal mol<sup>-1</sup> (1 kcal mol<sup>-1</sup> 間隔) に変えて下記の計算を行なった。
- 2) (1) 式を用いて各年の日別温度変換日数を求めた。
- 3) 各地点毎に通日1日 (1月1日) ～平均開花日15日前までを起算日 ( $D$ ) とし、起算日からある  $j$  年の開花日 ( $BD_j$ ) までについて積算し、1961～1990年の平均の積算値 ( $DTS_{30}$ ) を以下のように求めた。

$$DTS_{30} = \left( \sum_{j=1}^{30} \left( \sum_{i=D}^{BD_j} \exp (E_a (T_i - T_s) / R T_i T_s) \right) \right) / 30$$

- 3) 各年の各起算日から温度変換日数を積算し、各  $DTS_{30}$  に達した日を推定開花日とした。
- 4) 各起算日からの推定開花日と実際の開花日との平均二乗誤差の平方根 (RMS) を求め、各起算日毎に30個平均し、その中で値がいちばん小さいものを起算日 ( $D_s$ ) とし、その  $D_s$  における  $DTS_{30}$  を求めた。
- 5)  $E_a$  を15通りに変えた計算の中から全地点のRMSの平均値を最小とする値を最適な  $E_a$  とした。
- 6) 最適な  $E_a$  で各地点の  $D_s$ , RMS,  $DTS_{30}$  を再計算した。
- 7) 上記の計算により求めた  $E_a$ ,  $D_s$ ,  $DTS_{30}$  を使用して、1961～1990年の推定開花日を求めた。

### 2. 2. 開花予想



開花日を予想するには予想発表日までの温度変換日数と、発表日以降の温度変換日数の予想値、すなわち日平均気温の予想値がわかれば良い。開花予想は開花日の数日～40日前に発表されているため、発表日以降の日平均気温は、1か月予報で発表されている旬平均気温の予想値（階級区分値）を使用するのが適切であると考えられる。

### 2. 2. 1 計算データ

データは、112気象官署の1961～1989年の開花日と日平均気温、1990年の日平均気温と旬平均気温の予想値（1か月以降は月平均気温の予想値）を使用した。

### 2. 2. 2 計算方法

- 1)  $E_a = 19 \text{ kcal mol}^{-1}$ として2. 1. 2の計算方法で各地の  $D_s$ ,  $RMS$ ,  $DTS_{29}$ を求めた。
- 2) 1か月予報で発表される旬平均気温の階級区分（高い, 平年並, 低い）に対応する旬の温度変換日数の累年平均値を1961～1989年の日平均気温と（1）式から求めた。なお、旬平均気温の階級区分は日本気候表にしたがった。
- 3) 各階級の旬の温度変換日数からスプライン関数を用いて、階級別の日別温度変換日数を求めた。
- 4) 階級別の日別温度変換日数が妥当であるかどうかを調べるため、起算日以降開花日まで3階級（高い, 平年並, 低い）の気温がそれぞれ継続した場合についての予想開花日を求め、累年開花日（平均, 最早, 最晩）と比較した。
- 5) 関東甲信地方について、1990年2, 3月に発表された1か月予報を使って、3月1日, 3月11日, 3月21日の各段階でわかる日別温度変換日数の実況値と予想値から予想開花日を求めた。

## 3. 結果および考察

### 3. 1 最適な温度特性値

各地点で  $RMS$  の平均値を最小とした  $E_a$  は八丈島の  $11 \text{ kcal mol}^{-1}$  から福岡の  $25 \text{ kcal mol}^{-1}$  までの広い範囲に分布した。表1から  $E_a = 19 \text{ kcal mol}^{-1}$  で  $RMS = 2.135$  日と最も  $RMS$  が小さくなったので、これを最適な  $E_a$  とした。

表1 各  $E_a$  と全地点の  $RMS$  の平均

$E_a$ kcal $\text{mol}^{-1}$	$RMS$ の平均 (日)
11	2.552
12	2.447
13	2.368
14	2.297
15	2.236
16	2.196
17	2.162
18	2.142
19	2.135
20	2.139
21	2.140
22	2.162
23	2.185
24	2.215
25	2.250

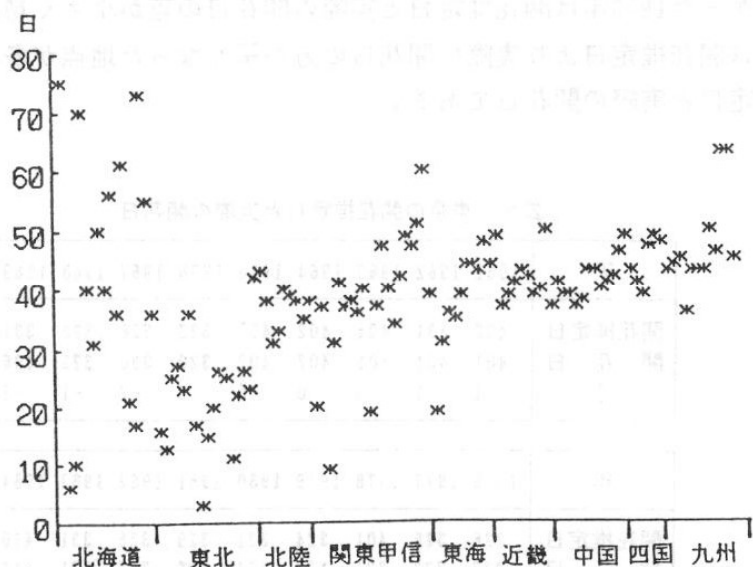


図1 各地点の  $D_s$

表2 主な地点のDs, DTS30, RMS

地点	Ds (通日)	DTS30 (日)	RMS (日)
稚内	75	6.18	2.303
留明	6	8.44	2.853
札幌	40	7.21	1.915
小名浜	42	6.84	1.871
秋田	3	8.79	1.169
金沢	33	7.32	1.780
松本	9	7.79	1.713
東京	40	7.06	2.381
八丈島	60	8.71	6.442
京都	39	7.16	2.408
広島	40	6.82	2.280
高知	47	6.33	2.582
鹿児島	63	5.40	3.430

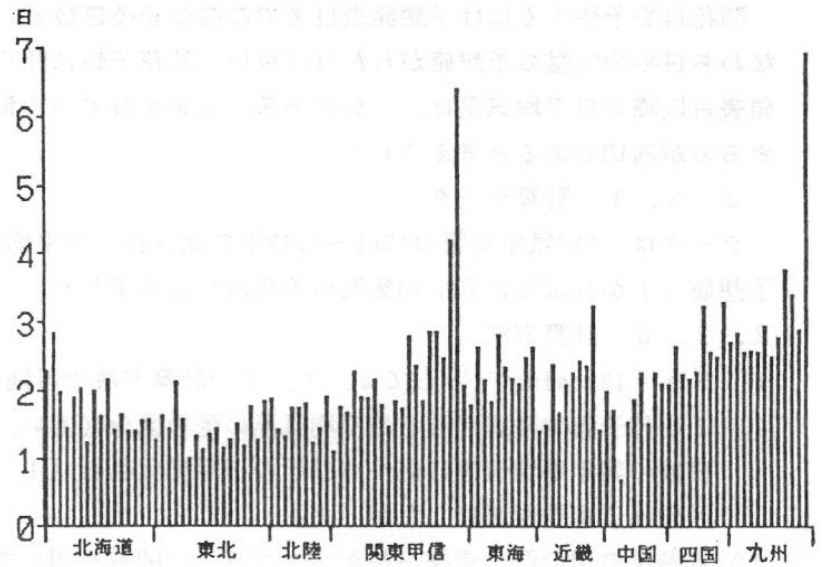


図2 各地点のRMS

3.2 DsとRMSの地域における特徴

表2に主な地点のDs, DTS30, RMSを示し, 図1に各地のDs, 図2に各地のRMSを示す。

Dsを地域ごとにみると, 北海道は留明の通日6日から稚内の通日75日まで広い範囲に分布した。東北は秋田の通日3日から小名浜の通日42日まで分布したが通日11日から通日27日にほとんどの地点が入り, Dsが早い傾向がある。関東・北陸以西の地域は松本や高山など平均気温の低い4地点と暖地の三宅島, 八丈島, 鹿児島, 宮崎を除き, 通日31日から通日50日の間に分布した。

RMSは東北, 北陸で小さく, 四国, 九州などの暖地で大きくなった。RMSが3.0以上になった地点は三宅島, 八丈島, 潮岬, 延岡, 鹿児島, 宇和島, 宿毛である。

3.3 推定開花日

30年間の開花日は暖地の地点の一部を除き満足のいく精度で推定された。開花が遅かった1984年と早かった1990年は開花推定日と実際の開花日の差が小さく精度が良かった。一方, 1977, 1982, 1989年は開花推定日より実際の開花日の方が早くなった地点が多く, 精度が悪かった。表3は東京の開花推定日と実際の開花日である。

表3 東京の開花推定日と実際の開花日

年	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
開花推定日	402	331	401	402	407	322	328	328	331	406	329	328	330	402	403
開花日	401	401	401	402	402	320	330	329	406	407	330	328	331	402	329
差	1	-1	0	0	5	2	-2	-1	-6	-1	-1	0	-1	0	5

年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	平均
開花推定日	326	326	401	324	331	329	325	331	410	402	404	325	402	324	320	-
開花日	322	322	331	323	331	326	323	331	411	403	403	323	402	320	320	-
差	4	4	1	1	0	3	2	0	-1	-1	1	2	0	4	0	0.67

### 3. 4 階級別の日別温度変換日数

表4から、日平均気温が平年並で経過した場合の予想開花日と平均開花日との差は全地点で±2日以内となった。予想開花日が遅くなる傾向があるのはDTS29を超えた日を開花日としているからであると考えられる。日平均気温が高く経過した場合の予想開花日と最早開花日との差は-1日から+6日間に95%の地点が入った。日平均気温が低く経過した場合の予想開花日と最晩開花日との差は-6日から+3日の間に95%の地点が入った。

これらの結果から、階級別の日別温度変換日数は予想の計算時に使用できると判断した。

表4 階級別の日別温度変換日数による予想日と平均日等の差の地点数

差		<-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	>+8
平年並	予想日-平均日	0	0	0	0	0	0	0	12	41	51	8	0	0	0	0	0	0
高い	予想日-最早日	0	0	0	0	0	1	2	8	13	16	20	19	16	8	6	1	2
低い	予想日-最晩日	4	1	5	5	6	10	14	14	24	11	12	5	0	0	1	0	0

### 3. 5 関東甲信地方の予想開花日

表5からこの手法による予想開花日は実際の開花日を良く予想しており、1990年3月気象庁で発表した予想日と比べても良い精度であり、この結果は充分使用に耐えるものとなっている。

表5 関東甲信地方の主な地点の温度変換日数による予想開花日

地 点 (実際の開花日)		温度変換日数による予想開花日			1990年の予想開花日	
		3月1日	3月11日	3月21日	3月2日	3月20日
水戸 (3.25)	予想日	3.29	3.27	3.27	3.30	3.28
	差	4	2	2	5	3
前橋 (3.24)	予想日	3.26	3.24	3.24	3.27	3.25
	差	2	0	0	3	1
東京 (3.20)	予想日	3.22	3.20	3.19	3.22	-
	差	2	0	-1	2	-
甲府 (3.20)	予想日	3.23	3.21	3.21	3.24	-
	差	3	1	1	4	-
長野 (4.07)	予想日	4.06	4.05	4.06	-	4.06
	差	-1	-2	-1	-	-1

### 4. あとがき

サクラ開花日の予想には温度変換日数による方法が使用できることが判った。予想開花日を検討した1990年は暖冬から暖春に経過し、サクラの開花が記録的に早かったが、1月下旬に低温となっており、休眠打破に関しては平均的な年であったと思われる。今後、休眠打破の異常な年もあるので検証例を増やすとともに、小元・青野が示したチルユニットによる方法(農業気象; 1990年3月)も検討したい。また、予想気温に関しては数値予報の格子点気温データを加えればさらに開花予想の精度が向上するものと考えられる。

## 小麦発育過程の予測モデルについて

○飯田幸彦（茨城農試）・鮫島良次・岩切 敏（農研センター）

小麦の出芽から出穂までの予測モデルについては、田村ら（1988）、鳥生ら（1988）によって報告されている。しかし、堀江ら（1987）は、水稲において、出芽から出穂までを1つの過程としてモデル化するより、出芽－幼穂分化期と幼穂分化期－出穂期の2つの過程に分けてモデル化するほうが予測精度が向上することを報告している。

そこで、本報では小麦品種農林61号について、出芽－出穂を1つの過程としたモデルと幼穂形成始期をはさむ2つの過程としたモデルを作成し、その予測精度とモデルを用いた小麦の発育動態について比較した。

DVRと日平均気温T、日長（可照）時間Lとの関係は次の式であらわすのが最も妥当であった。

$$DVR = A / (1 + \exp(-C * (T - B))) * (1 + D * (L - E))$$

パラメータ（A, B, C, D, E）の推定には関東農政局茨城統計情報事務所が茨城県農業試験場（茨城県水戸市）で1967年から1984年にかけて行なった作況試験（10月30日播種）の結果と、気象庁水戸気象台の日平均気温の観測結果を用いた。また、モデルの予測精度の検証には1979-'81年に茨城県農業試験場内で行なわれた播種期移動試験（11月初めから12月初旬まで5－6段階）の結果を用いた。

初めに、出芽期のDVIを0、出穂期のDVIを1とするモデルを作成した（以下モデル1）。これを用い計算値と実測値を比較したところ図1に示すように高い予測精度が得られた。このモデルに上記の解析に用いた数年間の気象データを入力してDVIを計算し、各年の幼穂形成始期の実測値に対応するDVIを求めたところ、DVIは0.26から0.46の広い範囲に分布した（図2）。このことから、モデル1は出穂期の予測精度は高いものの、途中の発育過程については必ずしも正しく表現していないことがわかった。

次に、出芽期のDVIを0、幼穂形成始期のDVIを1、出穂期のDVIを2とするモデルを作成した（図3、図4、以下モデル2）。出芽期から幼穂形成始期まではDVRは日長に反応せず、気温のみの関数になった。予測精度はモデル1に比較して、播種期の遅い場合の予測精度がやや向上した（図5）。モデル2に日長（図6-a）、および解析に用いた18年間の日平均気温の平均値（図6-b）を入力し、DVRを計算した（図6-c）。DVRは年内は高く、冬期間の低温短日で低下し、3月以降の高温と長日の相乗効果で加速度的に増加することがわかった。これを出芽期の異なる小麦、すなわち11月初めに播種し11月10日出芽した小麦、及びそれよりも遅く播種し、12月1日、1月1日出芽した小麦に適用すると、それぞれのDVIは図6-dのようになった。この図から出芽期が大幅に遅れても、生育後半の高温長日によりDVRが増加することによってDVIは急激に増加するため、出穂期はそれほど遅れない様子が確認された。

以上のように、出芽期から出穂期までを2つの過程に分けてモデル化するほうが1つの過程としてモデル化した場合に比べ、播種期の遅い場合の予測精度がやや向上し、発育動態を表現するモデルとしても優れていることがわかった。今後、このモデルを気象災害予測等に活用していく予定である。

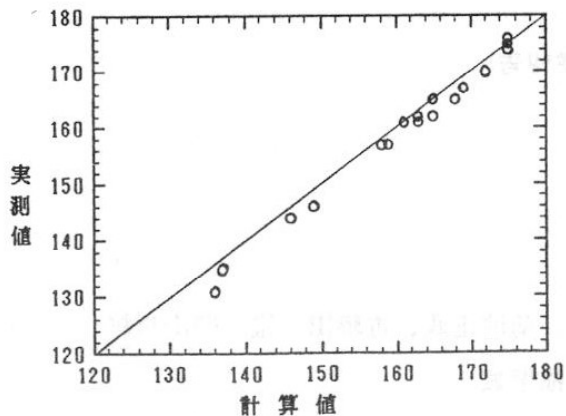


図1 出芽から出穂に至るまでの日数の実測値とモデル1による計算値の比較

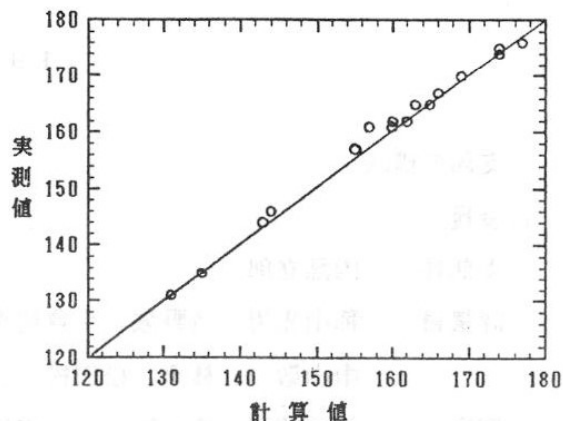


図5 出芽から出穂に至るまでの日数の実測値とモデル2による計算値の比較

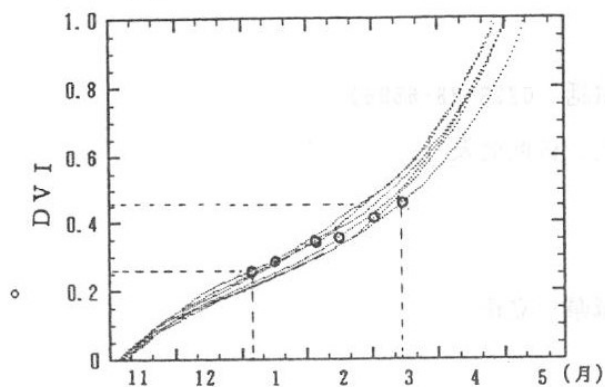


図2 モデル1に数年間の気象データを入力し計算したDVI (○は幼穂形成始期の実測値を示す)

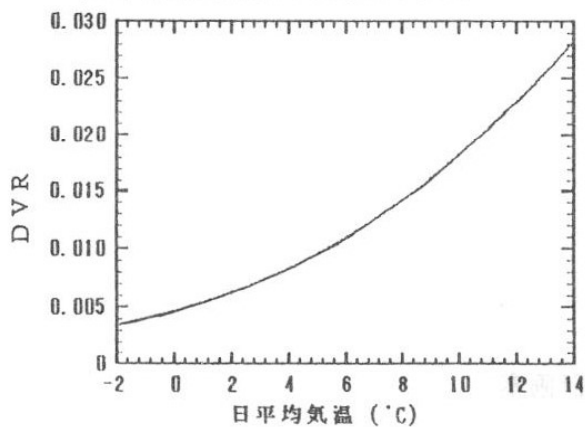


図3 日平均気温とDVRとの関係 (出芽期-幼穂形成始期)

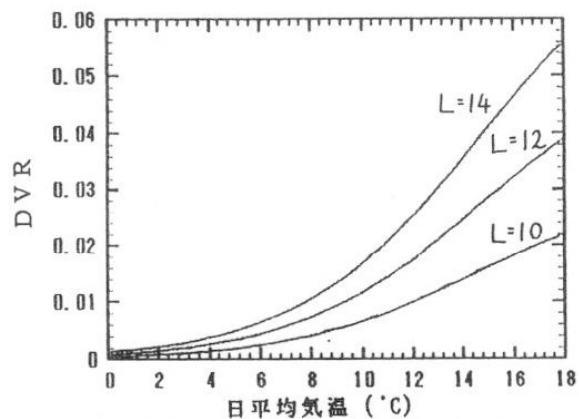


図4 日平均気温及び日長(可照)時間LとDVRとの関係 (幼穂形成始期-出穂期)

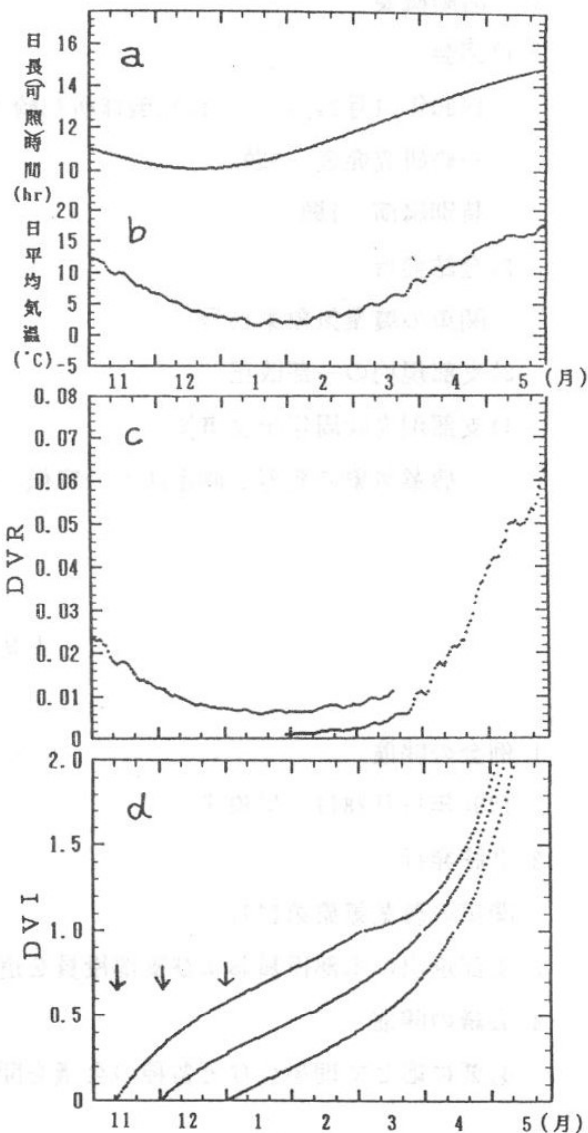


図6 モデル2に1987-'84年の平均気温を入力し計算したDVRと出芽期の異なる条件でのDVI (↓は播種期を示す)

☆☆☆☆ お知らせ ☆☆☆☆

1990年度農業気象学会関東支部 支部長, 理事連絡先

支部長

鴨田 福也 果樹試 〒305 つくば市藤本2-1 0298-38-6453

理事

(会計)

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

後藤 英司 東大農学部 〒113 東京都文京区弥生1-1-1 03-812-2111  
内5356

(編集)

谷脇 憲 農研センター 〒305 つくば市観音台3-1-1 0298-38-8812

竹澤 邦夫 農環技研 〒305 つくば市観音台3-1-1 0298-38-8272

佐瀬 勘紀 農工研 〒305 つくば市観音代2-1-2 0298-38-7594

(庶務)

本條 毅 東大農学部 〒113 東京都文京区弥生1-1-1 03-812-2111  
内5355

平野 貴嗣 気象庁 〒100 東京都千代田区大手町 03-212-8341  
産業気象課 1-3-4 内536

杉浦 俊彦 果樹試 〒305 つくば市藤本2-1 0298-38-6506

(発送)

藤沼 康実 国立環境研 〒305 つくば市小野川16-2 0298-51-6111

## 賛 助 会 友

(加入順)

会 友 名	加入 口数	郵便 番号	所 在 地 電 話 番 号	営 業 内 容
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 03-387-6241	多要素・カードメモリー・ソーラパネル 無人長期観測・電話自動伝送システム。 光電式微風センサー・携帯型プリンタ。
中 浅 測 器 株 式 会 社	2	104	東京都中央区新川1-5-13 伊成ビル6 F 03-552-6231	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 03-469-4511	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 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
株式会社 本山製作	2	101	東京都千代田区外神田 2-15-2 03-251-0711	人工気象装置の温湿度, 光ガス組成の精密 制御の機器その他特殊気象条件, 型式, 標準 規格にこだわりません。
朝 日 印 刷 株 式 会 社 学 園 営 業 所	2	305	茨城県つくば市東2-11-15 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 03-774-6111	横河電機・横河ヒューレット・カード・中浅測器製品 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 03-866-0675	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 0298-57-4141	フォーム・オフセット・PTO・他一般印刷 コンピュータサプライ用品・PPC用紙 事務用品・事務機器

# 会誌「関東の農業気象」編集投稿規定

会誌「関東の農業気象」は日本農業気象学会関東支部が年2回発行する機関誌で、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常任編集委員会が行う。
- 1.2 常任編集委員会は支部長および支部理事の若干名よりなる編集幹事で構成され、その長には支部長があたる。
- 1.3 常任編集委員会は必要に応じて非常任の編集委員の意見を聴取して会誌の編集を行う。非常任の編集委員は支部評議員が兼ねる。
- 1.4 常任、非常任合同の編集委員会を少なくとも年1回は開催して、編集方針を決定する。
- 1.5 編集委員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 投稿者は原稿とそのコピー各1部を支部事務局内の編集幹事あてに送付する。
- 2.4 投稿原稿には市販の400字詰原稿用紙(A4版)を使用する。この原稿用紙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編集幹事がこれを受理した日とする。

## 3. 投稿の種類

- 3.1 本支部会は巻頭言(とびら)、研究短報、総節(「農業と気象」など)、研究トピックス、講座・(解説)、報告、書評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って、その内容は容易に理解できるものであって、長さは刷上り4頁以内の簡潔なものを原則とする。

- 3.3 研究短報以外の規格に対しては特に規定を設けないが、つぎの刷上り頁数を原則とする。

巻頭言(とびら)	1頁
総説	2頁
研究トピックス	2頁
討論、報告、書評	1頁
講座	その都度編集委員会で討議する。

## 4. 執筆要領

- 4.1 研究短報はつぎのような構成を原則とし、英文要領は必要としない。

1. はじめに(序文)
  2. 材料および方法
  3. 結果
  4. 考察
  5. 引用文献
- 結果および考察としてもよい
- 必要に応じて小見出しをつけるものとする。



- 4.2 研究短報の写真、図表は総数で4枚定内を原則とする。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倍の大きさにスミ入れして提出する。写植を必要とするものは、原図の上に透明紙をはって、鉛筆で書入れる。図表の説明は和文とするが、座標軸の説明にはロットリングによる英文も可とする。
- 4.3 研究短報は図表の大きさ等を勘案して全体で刷上り4頁以内となるようにする。このためには、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 図表の挿入箇所は原稿用紙に3行あけて、図表の説明を朱書きで囲って指定する。
- 4.6 数式の添字は $\vee/\wedge$  (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して使用する。
- 4.8 引用文献は必要最小限度数にする。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。その書き方はつぎのようにする。  
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 校正は原則として編集幹事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、投稿時に編集幹事に申込む。

# 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

→ 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。

3電源方式

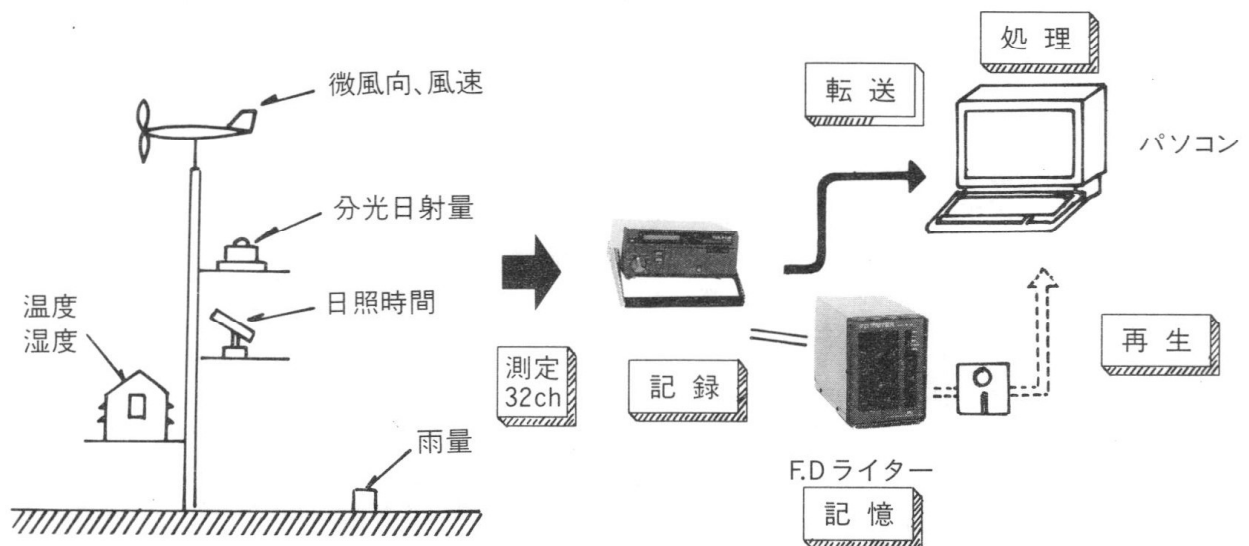
→ 無電源地域でもバッテリーとの組み合わせで長時間の計測が可能です。

豊富なオプション

→ 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



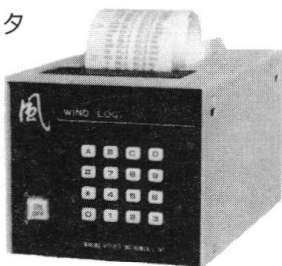
## MANOX® Series

このシリーズのロガーは経済性が抜群!!  
データの処理費が最低で  
データの品質が最高です。

### Model : MX-301A MICRO WIND LOG

[プリントシステム]

プリンタ



微風 (0.2~20m/s) と強風 (0.6~60m/s) の光電式三杯型センサの両用、小型計量、長期記録用で操作容易、各種モードの高度なプリンタです。

接地気層の乱流領域で、風の正しいパラメータ13種が記録できます。

この他、MX-301E型は自然風の正味エネルギーをW・hの単位で観測記録します。

消費は極微少

### Model : MX-C13 MICRO WIND LOG

[カードシステム]



ロガー

風環境観測専用のカードシステム、適用センサは上記MX-301Aと同様です。

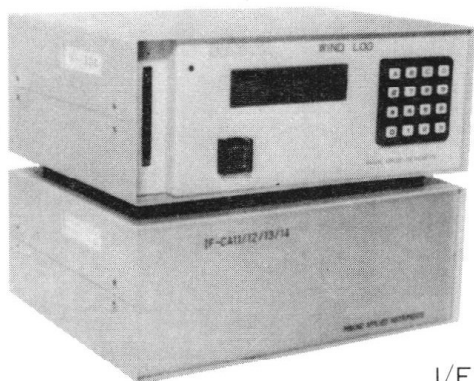
ロガー重量は約3kg、液晶表示器を有しデータは多種多様で、記録時間は約70日です。

カードメモリ(CM-128)容量は正味128Kバイト、カードリーダー(IF-C10)ホストCPUに接続する。

ソーラパネル利用

### Model : MX-900 MICRO WEATHER LOG

[カードシステム]



ロガー

I/F ボックス

カードメモリー方式の総合気象計です。その基本構成は各種観測要素のセンサ、インターフェースとロガー、カードメモリとカードリーダー、それにホストCPUです。

このシリーズには、要素の種別と数量、サンプリングの条件とメモリデータの品質によりランク別があり、システム構成も流動的になります。

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

詳細はお問い合わせ下さい



TEL 03-387-6241  
FAX 03-319-9996