

Soil Physical Conditions and Plant Growth, Japan

# 土 壌 の 物 理 性

第 26 号

昭和47年 7 月

卷 頭 言.....田 淵 俊 雄... 1

乾燥密度増加による強度の減少について.....吉 田 勲... 3

有明海北西岸の海成沖積平野における埴質水田土壌の二、三の物理的特性.....鬼鞍豊, 有村玄洋... 7

——シンポジウム 施設栽培における土壌物理性に関する諸問題——

野菜栽培土壌の適性判定と土壌水分管理.....河 森 武...14

温床々土の物理性と果菜類の生育.....高 橋 和 彦...33

施設栽培における土壌空気について.....梅 林 正 直...38

ガラス室・ビニールハウス内の温度環境と CO<sub>2</sub> 環境 .....内 島 善 兵 衛...47

施設栽培における灌水点.....中 島 田 誠...56

シンポジウム質疑応答と総合討論.....57

.....

土壌水の物理およびその工学に関する国際シンポジウムに出席して.....岩 山 進 午...60

土 粒 子.....小 山 雄 生...62

会 務 報 告.....63

会 員 名 簿.....66

## 土壤物理研究会会則

- 第1条 本会は土壤物理研究会と称する。
- 第2条 本会は土壤の物理性を中心とする試験研究の発展と農業技術への貢献を図ることを目的とする。
- 第3条 本会はその目的を達成するため次の事業を行なう。
- 1 研究発表会、討論会及び見学会などの開催
  - 2 土壤の物理性 (Soil Physical Conditions and Plant Growth, Japan 会誌という) 並びにその他の印刷物の発行
  - 3 内外の研究、技術の交流及び他の学会、諸団体との協力
  - 4 その他本会の目的を達成するため必要な事業
- 第4条 本会の会員は正会員、学生会員及び賛助会員、購読会員の4種とする。
- 第5条 会員は次の会費を所定の期日までに納めるものとする。
- |      |      |   |         |
|------|------|---|---------|
| 正会員  | 年    | 額 | 1,000円  |
| 学生会員 | "    |   | 600円    |
| 賛助会員 | 1口年額 |   | 10,000円 |
| 購読会員 | 会誌年額 |   | 1,200円  |
- 第6条 本会に次の役員をおく。任期は2年とし、選出方法は別に定める。
- (1) 会長1名、副会長1名  
正会員の中から評議員会によって選出される。
  - (2) 評議員  
イ 15名 正会員から互選される。  
ロ 3名以内 会長が委嘱する。
  - (3) 会計監査 2名  
正会員の中から評議員会によって選出される。
  - (4) 幹事 若干名  
会長委嘱
- 第7条 会長は毎年1回以上總會並びに評議員会を招集する。
- 第8条 本会に次の委員会をおく。
- (1) 選挙管理委員会  
正会員の中から評議員会によって選出され、本会の評議員選挙を管理する。
  - (2) 編集委員会  
正会員の中から評議員会によって選出される委員によって構成され、会誌その他の印刷物の編集に当たる。
- 第9条 本会の経費は会費その他の収入をもってあてる。
- 第10条 本会の会務執行に必要な規定は別に定める。

## 「土壤の物理性」投稿規定

- (1) 投稿は本会会員に限る。ただし共著者の場合また編集委員会が依頼した場合はこの限りではない。
- (2) 原稿の採否は編集委員会が決定する。編集委員会は要すれば文章の加除修正を行なう。ただし内容についてはこれを著者に依頼することがある。
- (3) 投稿には400字詰横書きの原稿用紙を用い、用語、図表等は関係学術雑誌の規定にならって執筆すること。枚数は16枚程度を一応の規準とする。
- (4) 投稿は以下に示す種別にしたがい、その内容は土壤の物理性に主体をおくものとする。  
  - <報文> 他誌に未発表のものに限る。書き方は方法、結果、考察ならびに総括(摘要)の体裁をとり、引用文献を明らかにすること。
  - <論説・総説> 土壤の物理性に主眼をおき、広い視野に立って記述したもの。
  - <資料> 既に発表した報文または発表予定の内容を各分野の参考資料となるよう書き改めたもの。
  - <解説> 物理性に関する諸事項の理解を計るための平易な解説ならびに研究技術の普及交換を進めるための紹介を含む。
- (5) 原稿には下記形式の送り状をつける。報文のみ初刷りは著者校正とし、印刷済みの原稿は返さない。

発表年月日	受付年月日		
種別	原稿枚数	図表枚数	図枚, 表枚
著者名	写真数	別刷	葉
所属			30部+ 部

- (6) 別刷は30部を著者に贈呈する。それ以上希望する場合は実費を申し受ける。

付記：投稿及び会誌編集に関する通信は下記宛のこと

(担当幹事 久保田徹)

東京都北区西ヶ原(〒114) 農業技術研究所  
 土壤第二科内土壤物理研究会編集委員会

---

---

## 巻 頭 言

---

---

### 土 壌 物 理 の 発 展

田 淵 俊 雄

本号には施設栽培と土壌物理について昨年開かれたシンポジウムの報告が掲載されている。土壌物理が学問的に深化し分化していくのと並行して、実用面でも多用化していくことの証左であろうか。

水田における漏水や地耐力、そして畑地におけるかんがいが主要課題であった土壌物理の世界において、新しい課題が続々と登場しつつあることが色々のところで感ぜられるのである。今回のシンポジウムにおける「施設」の課題ばかりでなく、果樹園や砂丘地での課題もある。月面車の走行性や月における水の有無といった問題も……という飛躍しすぎるかもしれないが、都市周辺の宅造地やゴルフ場の侵蝕や山崩れ、ビル庭園のかん排水、運動場の給排水から芝草の保温、家庭汚水の蒸発または浸透浄化装置、等々、あきれるくらい他方面で「土壌物理」は活躍している。工業万能主義からの農業軽視、そして農学脱皮論にはいささか反感を覚える筆者ではあるが、このような「土壌物理」の独り歩きは止めるわけにはいかない。

さらに近年になって土壌汚染の問題が我々の前に大きく出現した。農薬等による農業内部の汚染もあるが、工場廃棄物による汚染も続出している。施肥が積極的な攻めの立場での土壌の利用研究であるとすれば、汚染防止は守りの立場での研究といえるであろうか。

そして土壌を守るというよりは、自然を守るというより広い立場からの研究が必要となってきた。ある場合には農業生産を超越することもでてくるかもしれない。それほどに事態は深刻である。

土壌研究者の中でも多くの人々がこの種の問題に取り組み始めている。そこでは各種の化学分析がおこなわれ、汚染の追求がなされている。そして汚染物の移動については物理学の問題が明らかに存在している。土壌物理の主要課題である土壌中での空気や水の移動が関与している。廃棄物の土壌中での吸着や汙過はどうなっているのだろうか。またこれらの機構に土壌構造や粘土鉱物はどんな関りをもっているのか、等々。

一方において大地における水の循環も乱されている。人間の駆使するエネルギーが大きくなればなるほど、自然は破かいされ、水の大古からの循環は乱される。乱伐と放牧により砂漠化した古代文明社会の例を省みるまでもない。身近かなところで我々は、山崩れ、洪水、地盤沈下さらには植物や動物世界の「変身」を見ることができる。これらの「変身」はおそろしい。いや我々にはそのおそろしさを正確にはとらえることもできないのではないだろうか。

このような人力による水やエネルギーの循環系の変身，その中での土壌物理の果すべき役割は決して小さなものではないだろう。勿論，この課題の研究には多方面の研究者との協力が必要である。土壌物理のカラに閉じこもっては何もできないであろう。

土壌の研究者は土壌を農業生産の場として活用することを目標にして，絶えず努力してきた。施肥改善や土地改良，かんがいや排水，耕耘や客土……様々な形で土壌を生かすべく追求してきた。そして土木面での土質力学とも結びついて発展し，さらに上述したような多方面での利用によって，今や土の科学はより大きな発展への岐路に立っている。

しかし発展せずに発散してしまう可能性もある。土壌物理への期待と需要が多く，かつ多種多様であればあるほど，振りまわされ，ひきちがれて発散する可能性も強い。この時期における我々土壌物理研究者の責任は重い。そして土壌物理研究会のになうべき役割も当然に大きい。

## 乾燥密度増加による強度の減少について

吉 田 勲\*

## I. 緒 言

筆者ら<sup>1)</sup>は水田地盤表面上でコンバイン、トラクタおよびブルドーザなどの農用車両を連続走行させ(1~50回)、車両の各回走行前後にわだち表面下の表層セン断強度、コーン指数、CBR値および乾燥密度の測定を行なった。なお、JIS法に従って、土性を調べた結果、試験地の土は粘土分20.5%(粒径<0.005mm)、シルト分49.5%(0.005~0.074mm)、および、砂分30%(0.074~2mm)で、三角座標分類では粘土質ロームとなり、液性限界、塑性限界はそれぞれ48.8%、29.1%であり、比重は2.627であった。これらの資料を整理した結果、車両走行回数の増加に伴い乾燥密度は増すのに、表層セン断強度、CBR値、コーン指数などの土の強度は減少するという事例に遭遇した。乾燥密度の増加は一般に土の強度を増加させると考えられ、上記の現象は一見したところ矛盾しているように思われる。Foster<sup>2)</sup>はシルト質粘土(液性限界38%、塑性指数13%)地盤上に飛行場を作るにあたり、車両走行試験を行ない、車両走行回数の増加とともに、わだち面下の乾燥密度は増加するがCBR値は減少するという結果を得た。彼はこの現象の原因を追究するために室内にて突固めた試料土で試験を行ないその結果、この現象の原因は最適含水比よりも高い含水比の時に発生するであろう間げき水圧に起因すると結論した。そこで、筆者はこの現象がシルト質粘土以外の土にもいえるかどうか粘土質ローム、砂質粘土ローム、砂質ロームについて、Fosterの手順に準じて、乾燥密度とコーン指数、一軸圧縮強度との関係を調べた。

## II. 実験方法

実験に使用した試料土の番号とその土の粒径分布、比重、アッターベルグ限界などを表-1に記す。上記の試料土をJIS 1210:1969規定の突固め試験用器具を用いて、各層をランマー落下回数 $N=5$ で3層5回の突固めを行ない湿潤密度を求める。次に試料の入ったモールドに先端角 $30^\circ$ 、断面積 $3.2\text{cm}^2$ のコーンを $1\text{cm/sec}$ で貫入しモールド高の $1/2$ の点のコーン指数( $Ic_3$ )を求める。同一

含水比の試料を用いて、同じ落下回数で突固め、試料土を押しだし、一軸圧縮試験用の供試体(直径約 $4\text{cm}$ 、高さ $10\text{cm}$ )を作り、ヒズミ速度 $1\%/\text{min}$ で一軸圧縮試験を行なった。この操作を同一含水比の土に対し各層につきランマー落下回数 $N=25$ 、50回の3層の締固めを行ないさらに含水比を数回変えて同様の試験を繰り返した。現地試験ではCBR、表層セン断試験などを行なったが、室内にては、これらの試験の供試体を作るのが困難であるため、上記2試験に代って一軸圧縮試験を採用した。

## III. 実験結果と考察

実験より得た含水比—乾燥密度の関係、含水比—一軸圧縮強度、および含水比—コーン指数の関係を図-1~4の(a)(b)(c)にそれぞれ示す。低含水比で突固めた土は硬くてコーン貫入が不能であったり、一軸圧縮試験用供試体の

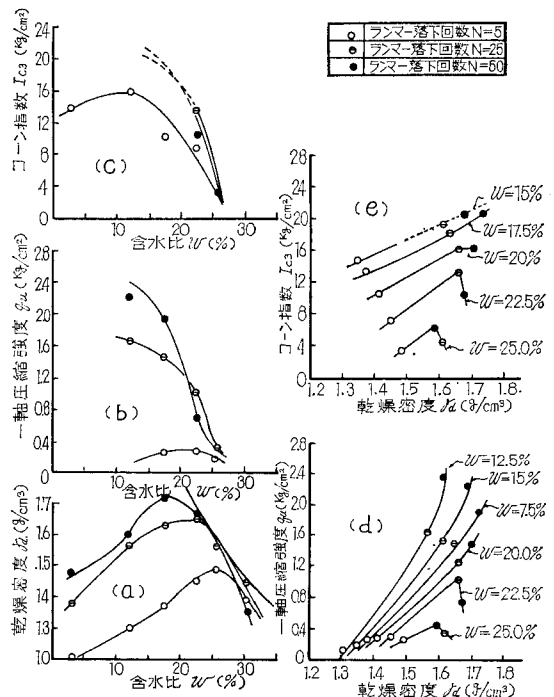


図-1 含水比が一軸圧縮強度、コーン指数に及ぼす影響 (試料土番号—1 粘土質ローム)

\*九州大学農学部 1971.7.2. 受理

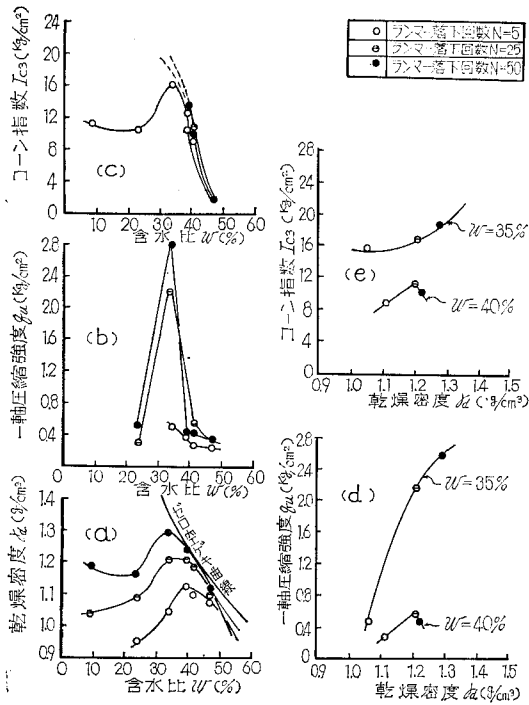


図-2 含水比が一軸圧縮強度，コーン指数に及ぼす影響 (試料土番号-2 粘土質ローム)

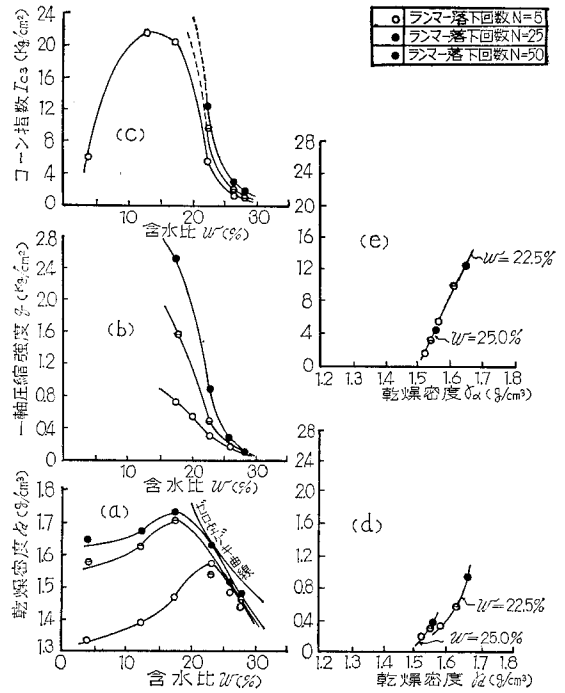


図-4 含水比が一軸圧縮強度，コーン指数に及ぼす影響 (試料土番号-4 砂質粘土ローム)

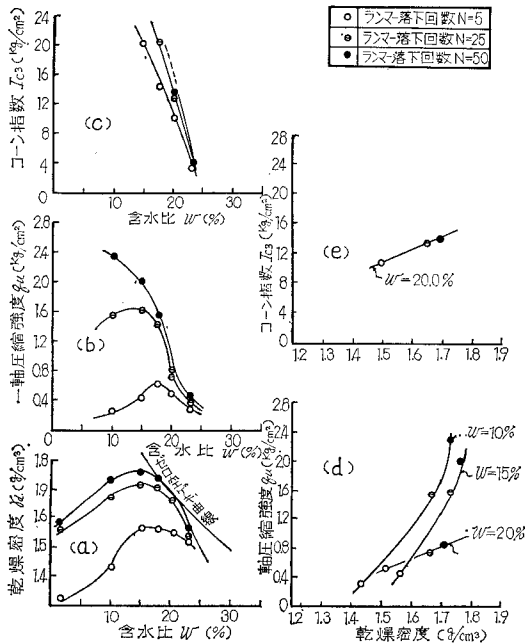


図-3 含水比が一軸圧縮強度，コーン指数に及ぼす影響 (試料土番号-3 砂質ローム)

作成が困難な場合が多くランマー落下回数が増せばさらにこのケースが増した。

### 1. 突固め回数と最大乾燥密度，最適含水比の関係

突固め回数  $N = 5, 25, 50$  に対する最大乾燥密度と最適含水比を各試料土ごとに、図-1(a)~図-4(a)から求めてその結果を表-2に示す。表-2より試料番号1, 2の粘土質ロームでは突固め回数が増すにつれて最適含水比は減少し、最大乾燥密度は増大している。しかし、同じ粘土質ロームでも、両者の最適含水比，最大乾燥密度には大きい差がある。これは試料番号1の土は水田土であり、試料番号2の土は福岡市春日原の火山灰土(黒ボク)であり、同じ粘土質ロームでも前者は沖積土、後者は火山灰土(低密度で吸水性などの特性がある)と成因が異なることが突固め最大乾燥密度と最適含水比の大きい差を与える最大の原因であると思われる。他方試料番号3, 4の砂質ローム，砂質粘土ロームの場合、突固め回数が  $N = 5$  から  $N = 25$  に増した場合、最大乾燥密度は両試料ともに  $0.15 \text{ g/cm}^3$  増し、最適含水比は砂質ロームで  $0.8\%$ ，砂質粘土ロームでは  $5\%$  減少している。突固め回数が  $N = 50$  になると最適含水比，最大乾燥密度とも  $N = 25$  のそれらと大差がなかった。

### 2. 乾燥密度増加による強度の減少

最初に乾燥密度と一軸圧縮強度の関係を調べる。図-1粘土質ロームについて見ると、(a), (b)を用いて含水比一定時の密度とこの含水比に対応する一軸圧縮強度との

表一 試料土の諸性質

試料土番号	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	砂分 (%)	シルト分 (%)	粘土分 (%)	比重	土性区分
1 (水田土)	44.0	30.3	45	26	29	2.598	粘土質ローム (壤土)
2 (火山灰土)	58.0	41.4	45	34	21	2.552	粘土質ローム (砂壤土)
3 (畑土)	33.3	27.1	70	19	11	2.648	砂質ローム (砂土)
4 (山土)	45.5	23.7	51	25	24	2.683	砂質粘土ローム (砂壤土)

( )内は日本農学会法による土性区分

関係を各含水比に対して図示したのが図(d)である。この図より含水比 $W=12.5\% \sim 20.0\%$ の間では乾燥密度の増加とともに一軸圧縮強度は増大していることがわかる。しかし、含水比が JIS 規定の突固め試験で求めた ( $N=25$ 回) 最適含水比よりも高い $22.5\%$ 以上になると乾燥密度が増しても一軸圧縮強度は減少している。試料番号2の粘土質ロームでも(図一2(d)), 図一1の場合と同様に最適含水比よりも高い含水比で乾燥密度増加に対して一軸圧縮強度の減少がおきている。試料土番号3, 4の砂質ローム, 砂質粘土ロームについても同様の操作を行ない検討した結果(図一3, 4(d)), 実験範囲内の含水比では、乾燥密度の増加とともに一軸圧縮強度は増大し、乾燥密度増加による強度の減少はおこらなかった。次に乾燥密度増加とコーン指数の関係を調べる。図一1(e)は同図の(a), (c)図から、乾燥密度へ一軸圧縮強度の関係を示す図(d)を求めたと同様の方法で求めたもので乾燥密度とコーン指数の関係を任意の含水比について示したものである。この図より含水比が $20\%$ 以下では乾燥密度の増加とともにコーン指数も増大し、 $22.5\%$ 以上では乾燥密度は増加するのにコーン指数は減少し、これは、まったく乾燥密度と一軸圧縮強度との関係と一致していた。試料番号2, 3, 4の場合も乾燥密度と一軸圧縮強度との関係と一致している。以上をまとめると粘土質ロームの場合、突固め最適含水比を越える高い含水比では乾燥密度は増加しても一軸圧縮強度、コーン指数は増加せずに減少する。他方、試料番号3, 4の砂質ローム, 砂質粘土ロームでは本実験範囲内の含水比において乾燥密度の増加とともに一軸圧縮強度、コーン指数は増大した。この原因として、高含水比において発生する間げき水圧説とLambe<sup>3)</sup>やSeed<sup>4), 5)</sup>らによる粒子配向説とが考えられる。前者は粘性土では含水比がある値以上に高くなると土の間げきは水で飽和し、試験中に間げき水圧が発生すると考えるもので、砂質土(ここでは砂質粘土ローム, 砂質ローム)で乾燥密度増加による土の強度の減少がおこらないのは強度試験速度よりも間げき水圧の消散速度が早いためである。Lambeらは土の強度を説明するに

表二 突固め回数と最適含水比, 最大乾燥密度の関係

試料土の番号	ランマー落下回数	最適含水比 $W_{opt}(\%)$	最大乾燥密度 $rd. \max (g/cm^3)$
1	5	25.2	1.49
	25	21.0	1.65
	50	17.8	1.72
2	5	40.0	1.12
	25	36.0	1.22
	50	32.5	1.29
3	5	15.8	1.57
	25	15.0	1.72
	50	15.0	1.77
4	5	22.8	1.56
	25	17.8	1.71
	50	18.8	1.72

あたり粒子の模式図を用いて、粒子の配向説を強く主張しているようである。そこで筆者は試料土の薄片を作成して、偏光顕微鏡によって土の配向を観察したが、本実験の試料土の土粒子の形状は彼らの主張するように細長くもなく、粒子配向説をうらずけるに十分の証拠は得られなかった。もちろん、強度試験中、試料土内に発生する間げき水圧を測定していないので間げき水圧発生説にも実験的証明はあたえられない。車両走行により土の構造が変化し、配向のおこるのは想像できるけれども、粒子の配向の因子を土の強度の表現式に入れることが無理な現状から、筆者は間げき水圧の発生がこの現象の大きい因子であると考えたい。

## IV. 結 語

現地実験にて乾燥密度増加によるコーン指数などの強度減少という事例に遭遇し、この問題追究のために実験室内において突固めた試料土について、Foster の手順に準じて実験を行ない以下のような結果を得た。粘土質ロームでは最適含水比よりも高い含水比で、乾燥密度増加に対しコーン指数、一軸圧縮強度の減少が見られ、他方砂質粘土ローム、砂質ロームではこの現象はみられず、本実験の範囲内では乾燥密度の増加とともに土の強度は増大した。この原因として、粘質土の高含水比において発生する間きき水圧発生説と粒子配向説とがあるが、筆者は間きき水圧発生により、主としてこの現象が起きたと考えたい。

## 引 用 文 献

- 1) 藤川武信他 4 名：農作業車両の走行による水田地盤の挙動について、土質理工研報，11号 p. 34～37 (1967)
- 2) Charles R. Foster : Reduction in Soil Strength With Increase In Density, Transactions American Society of Civil Engineers, Vol. 1, pp. 803—815, (1955)
- 3) T. Willam Lambe : The Engineering Behavior of Compacted Clay, J. of The Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, Vol. 84, No. SM2, pp. 1—35, (1958)
- 4) H. B. Seed and C. K. Chan : Structure and Strength Characteristics of Compacted Clays, J. of The Soil Mechanics and Foundation Division, Vol. 85 No. SM 5, pp. 87—128, (1959)
- 5) H. B. Seed, an R. L. Mcheill and J. De Guenin : Increased Resistance to Deformation of Clay Caused by Repeated Loading, J. of The Soil Mechanics and Foundation Division, Vol. 84, No. SM 2, pp. 1—28, (1958)



## 有明海北西岸の海成沖積平野における埴質水田土壌 の二、三の物理的特性

鬼 鞍 豊\* 有 村 玄 洋\*

有明海沿岸の浅海性堆積物ならびにこれに由来する水田土壌については、生成・調査・分類学的研究<sup>1,2)</sup>、粘土鉱物学的研究<sup>3,4,5,6)</sup>、干陸後の年代経過に伴う土壌化学性の変化<sup>7,8,9)</sup>など広汎な研究が行なわれた。物理性関係についても、水田圃場減水深の調査研究<sup>10)</sup>、地耐力の調査<sup>11,12)</sup>、水田基盤整備の立場からみた報告<sup>13)</sup>などがあるが、水田土壌生成過程と対応させて土壌物理性の特徴を明らかにしようとしたものは少ない。本報告では、当該地域における湿から乾方向の水田土壌の生成に伴う土壌の構造、保水性、コンシステンシーなどの変化を調査・測定した結果の概要を述べる。

### 供試土壌の説明

#### 1. 調査圃場

諫早、佐賀および筑後各平野の埴質水田地帯に関しては、既往の土壌調査成績を収集し、新しい分類基準に基づいて再編成を行ない、土壌図が作成された\*\*。これに基づいて海成沖積性埴質水田土壌の土壌型を代表し、水稻移植栽培が継続されている地点を選んだ。

**No. 1** 長崎県森山町地先の諫早干拓地、新しい有明海沖積物に由来する微粒質海成沖積性グライ性水稻土、1957年潮止め後、干陸化、土壌断面は ApgG/A12gG/Bm nG/G の層序をしめす。菅野の分類<sup>14)</sup>によれば中間型グライ性水稻土、亜型は B III に属す(施肥改善の分類によればグライ土壌・強粘土満俺型、国土調査法の分類によれば川副統に属する)。

**No. 2** 佐賀県川副町大井道南川副干拓地。新しい有明海沖積物に由来する細粒質海成沖積性グライ性水稻土。1957年潮止め後、干陸化。土壌断面は Apg/A12gG/B1mn/B2mnG/G の層序をしめす。中間型グライ性水稻土、亜型は B IV (グライ土壌・強粘土満俺型、川副統)。

**No. 3** 長崎県小野島町新地。古い有明海沖積物に由来する微粒質海成沖積性水稻土。1847年の干拓地。土壌断面は Apg/A12gG/B1mn/B2mn/B3mnG/G の層序をし

めす。表面水型グライ性水稻土、亜型は CVa (灰色土壌・粘土満俺型、佐賀統)。

**No. 4** 佐賀県川副町南里。古い有明海沖積物に由来する細粒質海成沖積性水稻土。約 400年前の自然陸地化と推定される。土壌断面は Apg/A12g/B1im/B2mi/B3m nG/G の層序をしめす。表面水型グライ性水稻土、亜型は CVc (灰色土壌・粘土満俺型、佐賀統)。

有明海周辺の海成沖積性埴質水田地帯においては、浅海性堆積物を母材として、湿→乾の方向に、No. 1→No. 2→No. 3→No. 4 の順序で水田土壌の生成が進む。これに伴い、グライ層は低下し、酸化的B層 (Bg 層) の分化が進み、耕土層と Bg 層の土壌構造が発達するという断面形態上の特徴が認められる。したがって酸化的層位と還元的層位とでは、土壌の乾燥・酸化履歴の相違に基づいて、その物理性に違いがあるものと推測される。

#### 2. 一般的な理化学性

土壌物理性と深い関連をもつと思われる二・三の一般の理化学性の特徴を説明する。

埴質土壌の物理性を考察する場合、粘土鉱物組成が重要となる。供試土壌の粘土鉱物組成はモンモリロナイトが優位で、カオリンおよびイライトを随伴するが、この構成割合はすべての供試土壌について全く同じではない。

土性はすべて埴質であるが、供試土壌間の粒径組成の最も特徴的な差違は微砂/粘土の比にあらわれており、HCを示す Nos. 1, 3 は約0.7の比をとるのに対し、HC~SiCを示す Nos. 2, 4では約1.0以上の値をとるものが多い。

CEC は 26~42me/100g の範囲にあって概して高く、土壌機能の一つの基本的な指標とみられ<sup>15)</sup>、粒度と粘土鉱物組成の関数である比総表面積も 150~230m<sup>2</sup>/g と大きく、土壌の活性は基本的に高いといえるであろう。

全炭素含有量は 2% を越えるものはなく、概して低い。置換性塩基状態は河成堆積物由来の水田土壌にくらべて特異的であり、土壌亜型 CVc の No. 4 では脱塩はほぼ完了するが、中間型グライ性水稻土の還元的層位に

\* 九州農試環境第2部 1971.7.29. 受理

\*\* 菅野一郎その他(未発表)

表一 供試土壌の一般的物理化学性

地点 土壌型	層 位	深 さ (cm)	粒径組成 (%)			土 性	微砂/粘土	比面** 総積 表 (m <sup>2</sup> /g)	全 炭 素 (%)	C E C (me/100g)	置換性塩基(me/100g)***				塩和 基度 飽 (%)	遊** 離 鉄 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)
			粗 砂	細 砂	粘 土						Ca	Mg	K	Na		
No. 1, 諫早干拓地 中間型グライ性 水稲土 (B III)	ApgG	0~13	0.2	6.9	38.7	54.2	HC	0.71	1.90	42.1	21.0	13.6	3.2	3.8	99	0.74
	A12gG	13~21	0.3	5.8	39.0	54.8	HC	0.71	210	44.1	23.6	12.6	4.5	5.9	106	0.81
	BmnG	21~40	0.1	3.8	39.0	57.2	HC	0.68	220	45.0	22.5	14.6	5.4	11.1	120	0.73
	G	40~85+	2.2	6.2	37.9	53.6	HC	0.71	—	38.4	13.5	16.5	6.7	20.8	150	0.26
	Apg	0~7	0.2	9.2	46.1	44.5	SIC	1.04	180	34.3	7.3	15.9	3.7	5.5	94	1.03
No. 2, 南川副干拓地 中間型グライ性 水稲土 (B IV)	A12gG	7~12	0.3	8.6	45.6	45.5	HC	1.00	180	34.6	6.5	15.4	3.2	4.7	86	1.13
	B1mn	12~35	0.2	5.6	46.5	47.7	HC	0.98	190	35.8	5.2	15.0	2.8	5.2	79	1.52
	B2mnG	35~65	0.1	5.1	46.6	48.1	HC	0.97	190	40.0	8.9	17.0	4.4	10.2	102	1.67
	G	65~90+	0.2	9.6	44.0	46.2	HC	0.95	170	37.4	11.0	18.4	5.3	18.5	142	0.38
	Apg	0~10	0.3	3.8	41.7	54.2	HC	0.77	170	27.8	11.4	8.4	0.5	0.5	75	0.72
No. 3, 諫早, 小野島 表面水型グライ性 水稲土 (CVa)	A12gG	10~17	0.2	5.1	37.9	56.8	HC	0.67	190	31.1	15.0	12.6	0.3	1.8	96	0.91
	B1mn	17~47	0.6	3.8	38.8	56.8	HC	0.68	230	36.2	17.6	14.6	0.5	2.3	97	0.75
	B2mn	47~65	0.3	3.8	41.7	54.2	HC	0.77	220	39.1	13.7	18.9	1.5	3.8	97	0.93
	B3mnG	65~76	0.0	2.5	39.8	57.7	HC	0.69	220	39.1	17.1	15.7	2.4	5.5	104	0.52
	G	76+~	0.1	3.7	39.4	56.8	HC	0.69	230	43.8	17.8	16.4	5.5	13.8	122	0.18
No. 4, 佐賀, 南里 表面水型グライ性 水稲土 (CVc)	Apg	0~10	0.7	10.9	45.6	42.7	SIC	1.07	190	26.4	10.8	6.8	0.5	0.5	70	0.74
	A12g	10~13	1.1	10.3	46.3	42.2	SIC	1.10	180	25.9	12.0	6.5	0.3	0.5	75	0.86
	B1im	13~31	1.1	10.8	49.3	38.8	SIC	1.27	170	29.6	15.3	9.5	0.2	0.6	86	1.08
	B2mi	31~88	0.5	9.7	46.4	43.4	SIC	1.07	190	33.6	15.1	15.1	0.5	0.7	93	0.56
	B3mnG	88~104	0.1	14.7	47.4	37.8	SIC	1.25	170	29.5	7.3	17.7	1.7	1.1	94	0.56
G	104~122+	0.1	14.8	45.4	39.6	SIC	1.15	150	29.5	6.6	17.5	2.3	1.4	94	0.42	

\* 国際法による

\*\* EGME 法 (Heilman et al., 1965)

\*\*\* 水溶性塩基を含む

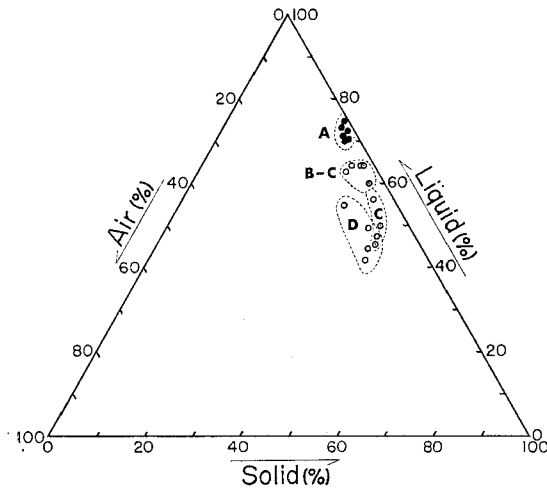
\*\*\*\* Dithionite-citrate 法 (Mehra &amp; Jackson, 1958)

においてはソーダの含有量が高く、また、一般に、置換性の石灰/苦土比が小さい。

結果

1. 構造

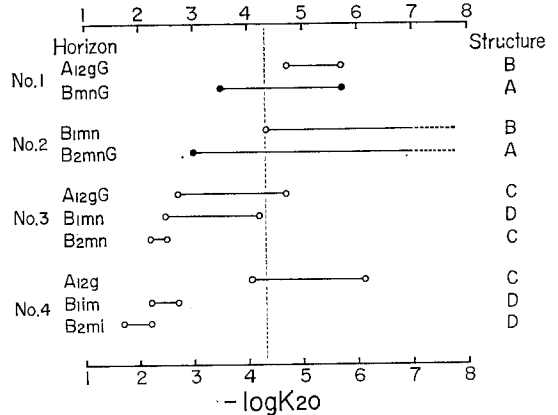
三相分布 供試土壌各層位の実容積測定装置 100型によって測定した三相分布を図一に示す。B G～Gの還元層位は気相が極めて少なく、固相が約26%の状態にある。耕土層(Apg層)およびBg層は還元層位にくらべて液相が減り、固相と気相とが増加する方向の分布をとり、この傾向は中間型グライ性水稲土においてよりも、表面水型グライ性水稲土においてより明瞭である。現地構造状態を土壌構造の形状と発達度によって、A；水ようかん様あるいは発達微弱な大型の塊状構造、B；発達弱度の大型の塊状構造、C；発達中～良好の塊状構造、D；発達良好な果核状構造(Apg層でみられる)および大型塊状と果核状の複合構造\*をとるものの四種に大別すれば、図一で示されるように、この構造の群別と三相分布とは対応がみられる。土層の乾燥・酸化が強まるにつれて、土壌の保水性が低下し(後述)、凝集力が強められて固相率が増し、同時に構造・亀裂・孔隙の生成も伴って気相率も増すのであろう。すき床層



図一 三相分布

- 注 1) ●印；BG, G, ○印；Apg, Bg, ◎印；A12gの各層を示す。  
 2) A；水ようかん様あるいは発達微弱の大型塊状構造  
 B；発達弱度の大型塊状構造  
 C；発達中～良好の塊状構造  
 D；発達良好の果核状構造あるいは複合構造

\* 乾燥酸化履歴の強いBg層では発達良好な大型の塊状構造が認められるが、この構造単位土塊は発達良好な果核状構造をとる構造単位土塊の集合体である。このような構造状態を複合構造とした。



図二 透水係数

- 注 1) 構造の群別は第1図に同じ  
 2) 縦の細い破線は  $5 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$  を示す

(A12g層)は、代かきを伴う水稲移植栽培がとられるかぎり、その土壌のApg層やBg層にくらべて固相率は同程度であっても、気相率は明らかに低い。

透水係数 現地構造を保った試料の透水係数は当該土層の亀裂・孔隙による間隙構造量の指標である。D I K 透水性測定装置を用い、変水位法によって測った結果を図二に示す。図では透水係数値は逆数の対数(-logK20)を用い、当該層位について得られた値の上限と下限との中をもって示した。灌漑期における水田の浸透量に水理的条件の変化が関与しうる下限の透水係数は  $10^{-5} \text{cm/sec}$  とされている<sup>16)</sup> ので、実用上、間隙構造量の多少を判定するための暫定的な基準として  $5 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$  (図中縦の破線で示す) をとり、この値より大きい透水係数を示す層位では間隙構造量が多く、土壌透水能は良好とみなし、より小さい場合は不良とみなした。

和水性が極度に高く、水ようかん様の構造組織をもつG層の土壌透水能が不良であることは明らかであるため測定しなかったが、中間型グライ性水稲土の下層土の透水係数は  $5 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$  より小さい場合が多く、間隙構造量に乏しく、土壌透水能は不良といえる。表面水型グライ性水稲土のBg層の透水係数はおしなべて  $5 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$  より大きく、土壌透水能は良好である。すき床層は  $5 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$  より小さい値をとる場合がある。これらの結果も現地構造の群別結果とおおむね対応するように思われる。表面水型グライ性水稲土のすき床層の透水係数はBg層のそれにくらべて小さい傾向にあるが、事実この種の水田では水稲移植栽培を行なうかぎり、灌漑期の降下浸透はこの層によって規制される場合が多い<sup>17)</sup>。

2. 保水性

吸引法と遠心法とによって測った湿潤土の保水性曲線

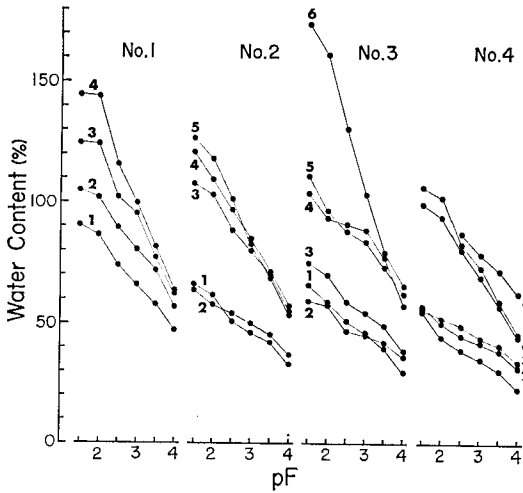


図-3 保水性曲線

- 注 No. 1……1; ApgG, 2; A12gG, 3; BmnG, 4; G.  
 No. 2……1; Apg, 2; A12gG, 3; B1mn, 4; B2mnG,  
 5; G,  
 No. 3……1; Apg, 2; A12gG, 3; B1mn, 4; B2mn,  
 5; B3mnG, 6; G  
 No. 4……1; Apg, 2; A12g, 3; B1im, 4; B2mi,  
 5; B3mnG, 6; G

を図-3に示す。土壤構造の場合と同じく、保水性も層位による相違が著しい。供試土壤中最も未熟な No. 1 では、G層から順に ApgG 層まで、各層位の自由水、外部毛管水、内部毛管水および膨潤水の各々についての保水量が漸減する。亜型 BIV の No. 2 になると、A 層と B 1mn 層以下の層位とでは土壤保水性に確然とした差違があり、前者で各状態水の保水量が低い。表面水型の Nos. 3, 4 では、B1g 層より上位の層と B2g 層より下位の層で保水性が明らかに違ってくる。このように土壤生成に応ずる乾燥・酸化および脱塩が進むにつれて、同じ吸引圧における土壤の含水比は低下し、とくに低吸引圧領域におけるほどその傾向が著しく、保水性が低下した層位群とそうでない層位群との保水性の違いは極めて明瞭である。しかし、表面水型グライ性水稲土の Bg 層で、B2g 層は B1g 層と明らかに保水性が異なり、前者は還元層位と同じ傾向を示すことは今後の問題として残る。

3) コンシステンシー

アッターベルグ限界 風乾土を湿潤土に変更して JIS に従い測定した。カサグラント塑性図上の位置を図-4 に示す。液性限界 ( $\omega_L$ ) は 73~132%、塑性指数 ( $I_p$ ) は 34~90% の範囲で A 線に沿ってわずかに圧縮性側に分布する。寺沢の塑性区分<sup>18)</sup>に従えば、還元的層位は殆んどが I・Hh<sub>2</sub> の範囲にあり、酸化的層位は殆んどが II・Hh<sub>1</sub> の範囲に属し、両者の塑性図上の位置は明らかに異なる。

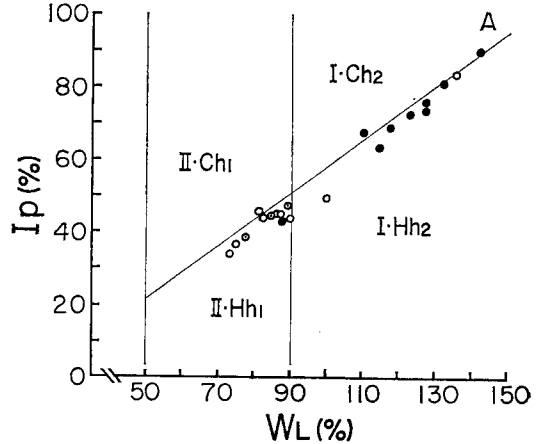


図-4 カサグラント塑性図上の位置

- 注 1) ●印; G, BG, ○印; Apg, Bg, ◎印; A12g の各層位を示す  
 2) 塑性区分は寺沢<sup>18)</sup>による

粘土含有量あるいは比総表面積と  $\omega_L$  および塑性限界 ( $\omega_P$ ) との関係をみると、図-5 で示されるように、両者の間の正の相関は明らかでないが、還元的層位の  $\omega_L$  あるいは  $\omega_P$  は酸化的層位のそれにくらべて明らかに高く、とくに  $\omega_L$  の場合に著しい。この理由の一つとして還元的層位においては置換性ソーダ含有量の高いことが挙げられるが、これのみが理由でないことは、脱塩が進行し、B G~G 層の置換性ソーダ含有量が Bg 層と同程度にまで低下した亜型 CVc の No. 4 の例によっても明らかであった。次に酸化的層位の一層あるいは還元的層位の一層についてみると、微砂/粘土比の大きい Nos. 2, 4 では、その比が小さい Nos. 1, 3 にくらべ、粘土含

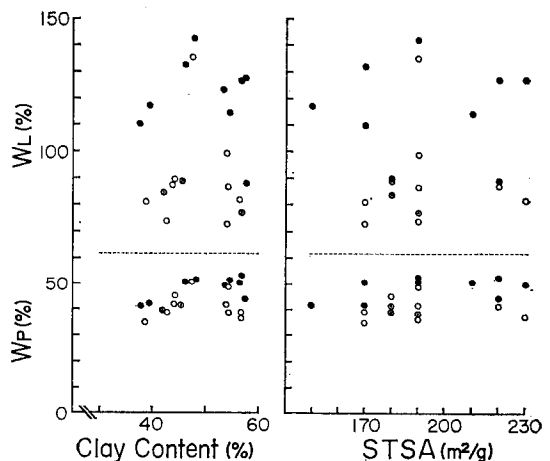
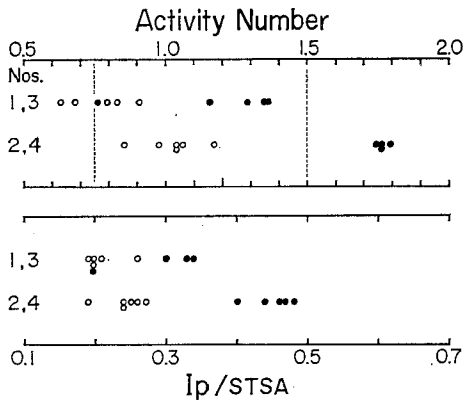


図-5 液性限界あるいは塑性限界と粘土含有量あるいは比総表面積 (STSA) との関係

- 注 ●印; G, BG, ○印; Apg, Bg, ◎印; A12g の各層位を示す

有量あるいは比総表面積は小さいにもかかわらず  $\omega_L$  あるいは  $\omega_P$  が同じ程度の値をとる。このことは微砂含有率が土壌の物理性に対し微妙に影響することを示す一つの事例であろう。

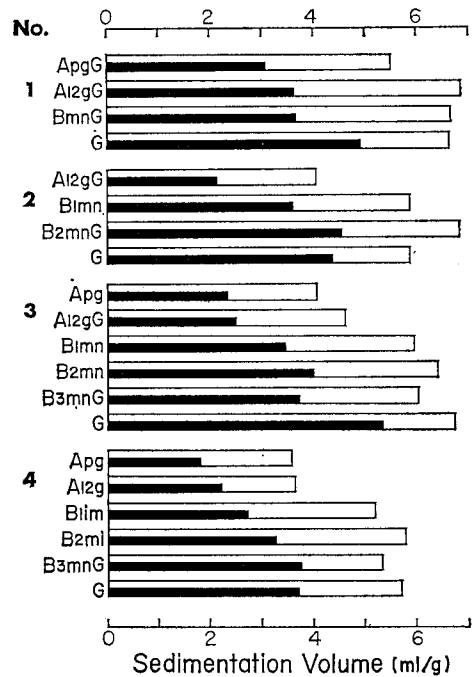
**活性度** 供試土壌の Activity Number(A) をの図一6 上半に示した。酸化的層位の A は還元層的位のそれより低く、微砂/粘土比の大きい Nos. 2, 4 はその比が小さい Nos. 1, 3 に比べて、酸化的層位も還元層的位もともに A の値が明らかに高い。A は塑性指数を  $< 2\mu$  粘土含有量で除したものであるから、もしも活性な微砂が多量含まれるとすれば、その土壌活性度の判定には必ずしも至当とはいえない。これは塑性指数を比総表面積で除した値を検討すればいくぶん回避できると思われる。この値を図一6 の下半に示す。得られた結果は Activity Number の場合と軌を同じくするものである。前述のフッターベルグ限界の項で得られた結果とも照合すれば、微砂/粘土比が高い土壌は、その粘土含有量から予測される以上に高い液性限界を示すものであろう。細砂の一次鉱物検鏡によれば Nos. 2, 4 の風化雲母含有量は平均15%、Nos. 1, 3 では3%であり、この傾向は微砂についても同様であろうと推察される。しかし、微砂/粘土比の高い Nos. 2, 4 が示す特異性が風化雲母の多量の存在に由来するのか、あるいは一次鉱物の質は関与しないのか、この点は不明である。



図一6 Activity Number および塑性指数/比総表面積比の分布  
注 ●印; BG, G, ○印; Apg, A12g, Bg の各層位を示す

**水中沈定容積** 青峰の方法<sup>19)</sup>によって測定した。風乾土の水中沈定容積の土壌間ならびに層位間の相違の傾向は湿潤土の場合と似ているが、湿潤土ほどに相違の特徴が明瞭でない。図7には湿潤土およびその強力音波処理後の水中沈定容積を示す。湿潤土の水中沈定容積を各土壌ごとにみると、還元層的位 > 酸化的 B層 > A層の順であり、この傾向は中間型より表面水型

グライ性水稻土においてより明らかとなる。強力音波処理後の水中沈定容積は、供試土の粘土鉱物組成はほぼ相似たものであるから、ほぼ粘土含有量と比例するはずである。しかし A層の値はそれと粘土含有量が同じ程度の B層あるいは G層のそれにくらべて明らかに低く、B層あるいは G層にくらべて腐植にやや富む A層では、安定な二次粒子がより多いと推定される。水中沈定容積の湿潤土/音波処理後の比は、酸化的層位では平均0.57、還元層的位では平均0.67で前者が明らかに低い。このことは酸化的層位においては還元層的位にくらべて耐水性の二次粒子が多く、物理性に関与する実効的な比表面積も低下しているらしいことを示唆する。



図一7 水中沈定容積

注 ■; 湿潤土 □; 湿潤土の強力音波処理後の試料

考 察

有明海周辺の植質・モンモリロナイト質の浅海性堆積物が干陸化した直後の断面形態は全層グライであり、理化学的諸性状は Nos. 1, 2 のグライ層のそれと類似するとみてよい。その最も大きな特徴は2価鉄を含めて塩類濃度が高く、土粒子は凝固して堆積し、粘土の堆積構造は Random structure の傾向が強い様式をとるものと推測される<sup>20)</sup>。この点は河成堆積物、とくに粘土の活性が低い河成堆積物の場合と区別されなければならないであろう。

水ようかん様のグライ層は土壌の保水性が高く、難透

水性で仮比重は小さく、塑性は大で Activity Number が大きい。これの主な原因が2価鉄の存在によることは本村が明らかにしたところであり<sup>21)</sup>、さらに海成堆積物の特徴である多量のソーダの存在によって助長される。この水ようかん様堆積物は乾燥によって垂直方向の亀裂が発生しやすい。いいかえると、当初から水平方向の線収縮量が大きいとみなされることは初期海成干拓地でよく観察される<sup>1)</sup>。また、有明海沿岸の干拓地の乾燥が速かであるのは、気象条件すなわち晩秋から早春にかけての冬季の乾燥気候と有明海の潮汐の平均的な干満差が数mにも及ぶという利点も関与すると思われる。

全層グライの海成堆積物において水稲栽培が導入されると、地下水型グライ水稲土が生成されるが、この段階では耕土層の土壤飽和抽出液の電気伝導度は最低 4m. mho/cm 以上であって水稲生育には適していない<sup>22)</sup>。したがって、干陸化のまま放置されることが多く、この間に土壤の乾燥と表層土の脱塩が進み、A層が分化し、次いでB層の分化が行なわれようとする。この時点で水稲栽培が導入されるのが普通であり、Nos. 1, 2のごとき中間型グライ性水稲土がいち早く生成される。

亜型BⅢに属するNo. 1では、G層から耕土層まで土壤の物理性の変化は漸变的であり、耕土層の土壤も酸化的層位の土壤としての性格を未だ十分に獲得していない。しかし、亜型BⅣのNo. 2においては、A層は構造的、保水性およびコンシステンシーなどについておおむね酸化的層位として性格を備える。すなわち、耕土層は果核状構造をとり、土壤の保水性および塑性は低下し、安定な耐水性二次粒子が増加して、還元的な土壤の性格が消失する。B1mn層では構造は発達弱度の大型の塊状構造の段階にすぎず、土壤の物理性はB G～G層の場合と類似する。表面水型グライ性水稲土のNos. 3, 4では、Apg, A12g および B1g の各層の土壤は還元的土層のもつ土壤物理性の特徴を完全に失っているが、B2g層は現地構造、塑性およびコンシステンシーなどはB1g層土壤と同様の性質を示しているにもかかわらず、土壤保水性に関しては還元的土壤でみられる特徴を備えている。B G～G層の脱塩はほぼ終わっているが、その物理性は中間型グライ性水稲土のB G～G層のそれと大差ない。

このように当該地域の海成沖積性の埴質・モンモリロナイト優位の水田土壤についてみると、湿から乾方向に向う水田土壤の生成過程に応じて、表層から順次 B1g層までが、当初の還元的土壤のもつ物理性の特徴を失っていく。これは基本的には土壤の乾燥・酸化に伴う2価鉄の挙動の変化、すなわち2価鉄ゲルの脱水不動化による土粒子の相互連結の強化<sup>21)</sup>によって説明することが可能と思われる。しかし、いわゆる遊離鉄の存在様式および

その土壤物理性におよぼす影響は必ずしも完全に解明されているとは考え難いし、また粘土鉱物の属性が乾燥・酸化によってどのように変化するものか否かも不明である。したがって還元的土壤が、乾燥・酸化によって、物理性に影響する実効的な比表面積を低減する機作についてはなお今後の研究を必要とする。

## 要 約

有明海周辺の水成沖積性のモンモリロナイト質・埴質水田土壤について、湿から乾方向の土壤生成過程に応ずる二・三の物理性の変化を測定した。中間型グライ性水稲土亜型BⅢでは ApgG 層、亜型BⅣでは Apg および A12gG 層、表面水型グライ性水稲土亜型 CVa および CVc では、Apg, A12g および B1g 層が還元的層位の土壤が示す物理性の特徴を失う。表面水型グライ性水稲土の B2g 層は、土壤保水性については還元的層位の場合と類似するが、構造的およびコンシステンシーについては B1g 層の場合と類似の挙動をしめす。また A12g 層は、移植水田の場合、二次的に構造的が悪化する。

## 謝 辞

粘土鉱物の同定について川崎弘技官、土壤調査に際して佐賀県農業試験場および長崎県農林試験場の関係各位のご協力を賜ったことに対し厚く感謝いたします。

## 文 献

- 1) 環境第2部：九州農試彙報, 1, 183～237 (1952)
- 2) Kanno, I., Honjo, Y., Arimura, S. and Tokudome, S.; *Soil Sci. Plant Nutr.*, 10, 1～19 (1964)
- 3) 青峰重範, 東俊雄, 井ノ子昭夫：九大農学芸雑誌, 14, 387～398 (1954)
- 4) 青峰重範, 和田光史：九大農学芸雑誌, 14, 377～386 (1954)
- 5) 菅野一郎, 桑野幸男, 有村玄洋, 徳留昭一：粘土科学の進歩, 4, 227～238 (1963)
- 6) 菅野一郎, 本荘吉男, 有村玄洋, 徳留昭一：粘土科学の進歩, 5, 109～123 (1965)
- 7) 松尾英俊, 後藤重義, 桜井俊武, 佐藤雄夫, 井ノ子昭夫：九州農試彙報, 7, 307～323 (1962)
- 8) 後藤重義, 松尾英俊：九州農試彙報, 9, 1～14 (1963)
- 9) Matsuo, H.: *Bull. Kyushu Agr. Expt. Sta.*, 11, 31～96 (1965)
- 10) 藤川武信, 永石義隆：九州農試彙報, 3, 287～306 (1955)
- 11) 山口英太郎, 永石義隆, 岡見, 村岡嘉郎：農土試技報, E第1号, 1～43 (1966)
- 12) 山口英太郎, 永石義隆, 岡見, 村岡嘉郎, 山下恒雄：農土試技報, E第2号, 1～46 (1967)

- 13) 鬼鞍豊, 有村玄洋: 日土肥誌, **41**, 205~212 (1970)
- 14) Kanno, I.: *Trans. Joint Mig. Comm. IV and V, Int. Soc. Soil Sci., New Zealand*, 1962, 617-624 (1962)
- 15) 青峰重範: 農林水産業特別試験研究昭和40年度試験成績概要 pp. 9, および同昭和41年度試験成績概要 pp. 9 (1966~67)
- 16) 中川昭一郎: 水田用水量調査計画法 pp. 104, 畑地農業振興会 (1967)
- 17) 鬼鞍 豊: 九州農試年報, 昭和44年度, 50~53 (1969)
- 18) 寺沢四郎: 農研報告, **B22**, 85~217 (1971)
- 19) 青峰重範: 日土肥誌, **17**, 569~575 (1943)
- 20) 桑原 徹: 粘土科学, **9**, 12~28 (1970)
- 21) 本村 悟: 農研報告, **B21**, 1~114 (1969)
- 22) 山崎慎一, 鬼鞍 豊: 九州農試彙報, **14**, 331~343 (1969)

## 野菜栽培土壌の適性判定と土壌水分管理

河 森 武\*

## はじめに

農業情勢の変化に対応して、近年園芸振興がはかられつつあり、なかでも経済的に有利な施設園芸はその規模の拡大がはかられ、施設は大型化し固定しつつある。

しかしその一面には主産地形成という名のもとに、土壌生産力的に見れば必ずしも適地とは考えられないところに施設を建造し各種のそ菜を導入している。そ菜の導入そのものには必ずしも否定的ではないが、土壌的に見て不適地であるならばそれなりの対策を講じて、そこに適地らしい生産条件を整えることが必要である。各種の園芸作物について、土壌生産力的な適地とはどのような性格を持った土壌であるのか、土壌生産力的な不適地に栽培する場合に講じなければならない対策とは何か、ということを考えることは、産地形成を企画する上でも生産性向上の上からもまず考えなければならない基本的な事柄である。また施設の固定化は必然的に連作を余儀なくされて土壌管理の適切化を要求し、規模拡大は栽培管理技術の簡易平準化を要求する。

筆者はこのような観点から、静岡県における主要な園芸作物を通して施設園芸の土壌管理に関する調査研究を進め、それぞれの作物に対する土壌の適地判定と肥培管理上の問題点の検討を行ない、土壌肥料面での栽培管理技術平準化への対策を明らかにしようとしている。ここに現在までに得られた若干の知見を申し述べて御参考に供したい。

## 1. 半促成イチゴ

静岡県韮山町では、半促成イチゴの組織的な栽培がはじまってからすでに20余年を経過し、京浜市場においても「韮山イチゴ」として高く評価されるイチゴの特産地となっている。しかし韮山町全域が良質多収のイチゴ産地ではなく、イチゴの生育がきわめて安定し高水準の収量を得ているところと、これに対し一般的な栽培管理は高収地帯と同様に周到に行なっても収量が必ずしも高くないところがあり、これらの地帯は例年同じような傾向にあるので、この収量差の原因はいわゆる栽培技術そのものに起因しているものではなく、土壌的な要因が関与しているものではないかと考え、この地帯の土壌調査を

行なった。たまたま調査した圃場は下層までよく構造が発達し、一見して生産力の高い土壌であると感じられる圃場であったが、この圃場でイチゴの手入れをしていた農家の人は「ここはイチゴ地ではないからうまく作れない」ということをいった。「イチゴ地」とは何であるのか、「イチゴ地」でなければ十分な生産があがらないと諦めてしまわなければならないものなのであろうか。

このような疑問を持ちながら高・低収土壌を対比して調査すると、イチゴの収量は土壌水分と密接な関連があるのではないだろうかということが感じられた。そこで土壌水分とイチゴの収量ということに観点をしぼって調査を進めた結果、いわゆる「イチゴ地」というものの概念が私なりに理解でき、さらに「イチゴ地」でない土壌で栽培されているイチゴが「イチゴ地」で栽培したごとく作るための問題点をも追求し得たと考えている。

## (1) 土壌水分の変動とイチゴの収量

1) 調査地点の選定と調査方法 イチゴの生育と土壌との関連を究明するため、田方郡韮山町の半促成イチゴ栽培地において、例年のイチゴの作柄から生産力の高い地帯と低い地帯にわけて計15点のほ場を選定した。ほ場の選定にあたっては、土壌以外の生産力を支配すを要因をなるべく少なくするため栽培技術においてはその地域でも優れている農家のほ場を対象にした。

調査ほ場については、まず土壌の断面形態調査と土壌の理化学性、特に水に関する調査を行ない、そのうちから土壌断面形態と水に関する特性の異なる地帯として3地帯を選び、1地帯について2ほ場ずつ計6ほ場について、作土10cmの深さにテンシオメーターを設置して土壌水分の変動を調査し、あわせて農協の出荷伝票から当該ほ場の収穫量の調査も行ない、土壌水分の変動とイチゴの収量との関連性を求めた。

## 2) 調査の結果と考察

a 土壌類型とイチゴの収量 調査ほ場のイチゴの収量についてみると、図-1に示すごとくである。

収量の最も高い土壌類型としては黒泥土壌が該当し、灰褐色土壌は最も低収を示している。灰褐色土壌Aの土壌の性格については後述するが、水分的な特性においては黒泥土壌に近いものであり、収量は黒泥土壌と灰褐色土壌の中間の収量を示していた。収量の最も高い黒泥土壌の収量を階級別にみると、規格M以上の上物に相当す



る収量は全体の70%をしめ、かつ4月上旬までの早期出荷量の多いことが認められる。これに対し灰褐色土壌では総収量においても少なく、上物歩合も低下し早期の出荷量も少ない。このことから土壌によって、イチゴの総収量のみでなく、品質あるいは早期出荷量の面まで大きな

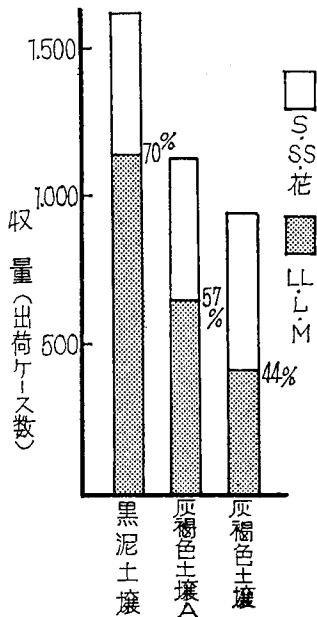


図-1 土壌類型とイチゴの収量(10 a 当り)  
家所得におよぼす影響はきわめて大きいものがある。この調査は昭和40年と昭和41年の2カ年において実施したものであるが、2カ年とも全く同様の結果を示した。

b 土壌水分の変動について 昭和40年度は収量調査を行なったほかに、3月上旬からテンシオメーターを設置し、作土の土壌水分の変動を調査した。テンシオメーターによる土壌水分変動の観測は、1日3回行なったが、朝と日中、夕方では多少異なる値を示していたが、蒸発散量の少ない午前9時測定値は、各地点とも一日の変動の安定した値を示していた。従って、午前9時測定値の土壌水分の変動についてみると、図-2に示したごとくである。

収量の高かった黒泥土壌は、水分張力が最も低く保たれ、調査期間の3月上旬から5月上旬を通じて pF 1.5

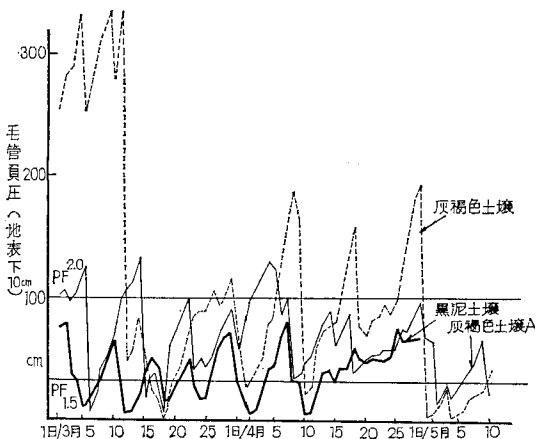


図-2 土壌水分の変動

前後で経過していた。これに対して収量の最も低かった灰褐色土壌では、3月上旬にかけてきわめて高い水分張力で経過していたが、それ以降は pF 2.0 を中心にして大きく変動していることが認められる。すなわち、灰褐色土壌は水分の変動の幅が著しいという特徴を示している。灰褐色土壌Aは収量的にも両者の中間であったが、土壌水分の変動において両者の中間にあって、ほぼ pF 1.5~2.0 の範囲内で経過していた。

以上の結果は3月上旬からの土壌水分の変動であるが、この時期の土壌はビニール被覆されたハウス内にあり、またポリマルチ下の土壌水分の変動を示したものであるが、裸地条件にある定値後間もない時期からの土壌水分の変動は、図-2に示された以上に土壌により異なる値を示していると推定される。従って、昭和41年度は前年度の結果の確認と、ビニール被覆前の土壌水分の変動について調査を行なった。

その結果、黒泥土壌はビニール被覆前の1月中旬までにおいても、pF 1.5 前後の水分張力で経過し、調査期間の5月上旬までは前年度と同様の土壌水分の変動を示していたが、土壌水分の変動の著しい灰褐色土壌においては、ビニール被覆前の土壌水分の変動は、被覆後の変動より明らかに激しく、pF 2.0 をこえる高い水分張力を示していた。またこの土壌水分変動の特徴としてはビニール被覆後収穫始め期までは、水管理により比較的低い水分張力で経過するが、収穫期に入る3月下旬以降の土壌は急激に高い水分張力を示し、甚だしい場合は pF 2.4 近くまで上昇する。灰褐色土壌Aは、ビニール被覆前の1月上旬頃までは pF 2.0 をこえる期間がかなり認められたが、それ以降は図2に示したと同様の傾向で pF 1.5~2.0 の範囲内で経過している。

土壌水分の変動は土壌によってこのように著しい差異を示しておりにマルチ処理は裸地状態に比して明らかに水分変動の幅を少なくはするが、土壌間の差異は明らかである。また土壌間の水分変動の特徴は全生育期間を通じて、3月下旬以降が最も明瞭に認められる。従って、イチゴに対する水分供給は、もちろん生育全期間を通じて必要ではあるが、果実の肥大する時期の水分の豊否が収量、品質におよぼす影響はきわめて大きいものと考えることができる。従って、土壌水分の管理を合理化することによって、イチゴの収量を安定化し得ることが推定され、この土壌水分管理の合理化はテンシオメーターの設置によって極めて容易に行ない得ると考えられる。

c 土壌断面形態と土壌の物理性 狩野川の中流に位置する菰山町の東側の山寄りには、玄武岩に由来する沖積地で半湿田が多くまた狩野川沿いの沖積地は排水のよい乾田が多い。調査ほ場の水田土壌の土壌型は、施肥改善における土壌分類に従えば泥炭土壌、黒泥土壌、灰色土壌、灰褐色土壌の4土壌類型に分類される。半促成イチ

ゴ栽培面積は、黒泥土壌と灰褐色土壌に多い。栽培土壌を大別すれば泥炭土壌と黒泥土壌地帯、灰褐色土壌地帯、灰色土壌あるいは黒泥土壌に近い性格の灰褐色土壌地帯の3地帯に分けられる。この黒泥土壌に近い性格の灰褐色土壌を便宜的に灰褐色土壌Aとした。土壌断面形態は図-3に示した。

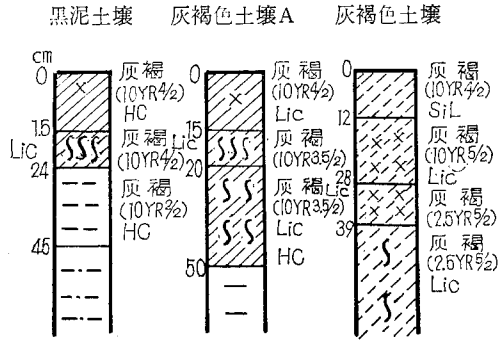


図-3 土壌断面柱状図

土壌に水分を供給する畦間かんがいの回数は、3土壌ともほとんど変わらないで行なわれているが、土壌水分の変動は土壌により著しく異なることが認められた。この原因の一つとして考えられる作土の保水力について、有効水分を調査した結果は各土壌とも大差はなかったが、土壌水分の変動が前述したどときわめて大きいということは、下層土の性格が大きく影響している結果と考えられる。すなわち黒泥土壌では土壌断面形態にみられるごとく、第3層は黒泥層にあたり、この層を含めて下層の非常に豊富な水分が第2層から作土へ毛管上昇し、イチゴに供給されたものと考えられる。

これに対し灰褐色土壌では、下層上にこのような水の豊富な層が存在せず、作土に供給される水は畦間かんがいによるかん水のみであって、かんがい直後の土壌水分は豊富になるが、本土壌の断面形態の特徴として灰褐色土壌でも粘土構造型に属し、下層土は柱状構造の発達が著しいため水の流下量が大きく、間もなく水分張力の高い領域にまで土壌水分が減少してゆくものと考えられる。このことは、表-1に示したインタークレイト測定の結果からも裏付けられる。

前述したごとく、イチゴの収量は土壌によって明らかな差違があり、イチゴ収量の多い土壌は常に十分な水分

を土層全体としてイチゴに対して供給できる性格を有していると考えられる。われわれは土壌のこの性格を土壌水分供給能と考えたい。土壌のこの水分供給能の差がイチゴの収量を決定する基盤であろう。緒言において述べた「イチゴ地」とは、われわれの考える土壌水分供給能の大きい土壌であると考えられることは、あながち無理な論拠ではないと信ずる。

しかしながら、イチゴ栽培がどこでもこのような土壌条件のもとで行なわれるわけではなく、灰褐色土壌のような乾燥しやすい土壌でも栽培されている。乾燥しやすい土壌で栽培を行なわなければならない場合には、土壌水分管理を合理化することによって、イチゴの収量を安定化し得ることができるとはならず、必要に応じていつでもかん水できる生産基盤の整備がなされなければならない。そしてこの上にとった土壌水分管理の合理化は、テンシオメーターを導入することによってきわめて容易に行なうことができる。

(2) かん水の効果

以上のような結果から、灰褐色土壌あるいは礫層、礫質土壌のごとく排水が良好で乾燥しやすい土壌の場合に

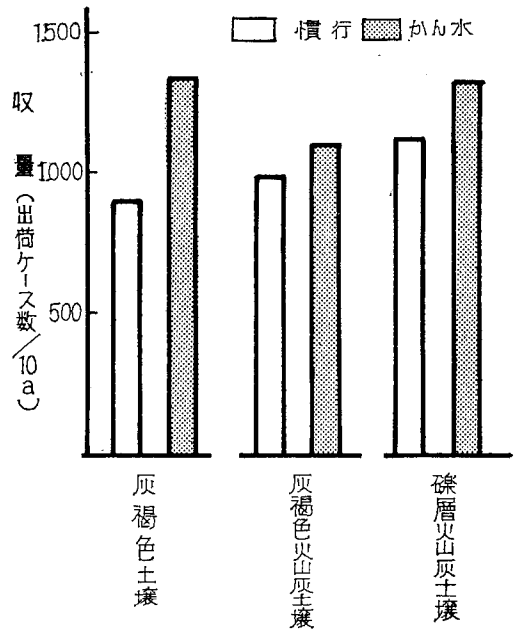


図 4 かん水の効果

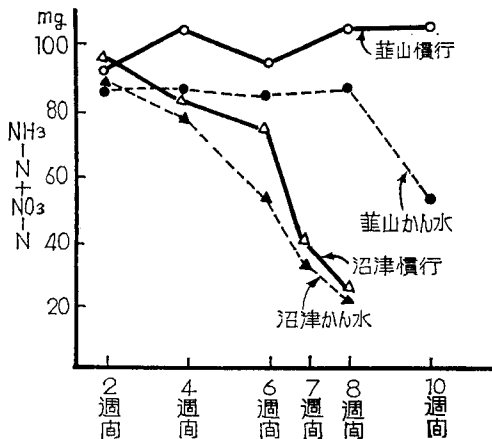
表-1 シリンダーインタークレイト測定値

土 壤 類 型	積算浸入量 mm	浸 入 速 度 mm/時	経過時間別積算浸入量mm				
			5 分	10 分	20 分	30 分	40 分
黒 泥 土 壌	D = 0.23 T 0.61	I = 8.42 T - 0.39	0.50	0.75	1.50	1.80	2.30
灰 褐 色 土 壌	D = 0.82 T 0.71	I = 34.93 T - 0.29	2.55	4.15	6.90	9.05	11.28

は、当然かん水の効果が期待されるはずであり、この点を明らかにするために土壌を異にする三地点で調査を行なった。すなわち、地表下10cmの株間に設置したテンシオメーターの観測値によって pF 2.0 まで乾燥すれば畦間かんがいを行なうかん水区を設け、イチゴの収量におよぼすかん水の効果を検討した。この結果を図4に示したが、水分変動の激しい灰褐色土壌においては、pF 1.5~2.0 の範囲内の土壌水分に保つような管理を実施した圃場の収量は50%近い増収効果がみられ、品質的にも上物歩合が増加している。灰褐色火山灰土壌と礫層火山め灰土壌においてもかん水の効果は明らかに認められるが、葦山町の灰褐色土壌ほどの効果は見られなかった。これはこれらの土壌が非常に乾きやすいので、当初計画したように pF 2.0 をかん水点としてかん水することが厳密に守られなかったこともその一因ではあるが、後述するようなかん水に伴う施肥窒素の溶脱が大きな原因であると思われる。

(3) かん水に伴う施肥窒素の溶脱と追肥の効果

イチゴ栽培圃場の作土に、径5cm、内容100ccの硬質塩ビパイプを2コつなぎあわせて埋め込み、これに土壌をつめてから、窒素として100mgに相当する尿素を加え、定期的にとり出してパイプ中に残っている無機態窒素を測定し、かん水が窒素の溶脱量にどのように影響するかを検討した。この結果は図一5に示したが、施肥窒素の溶脱は土壌によって著しくその程度を異にしていることが認められるが、窒素の溶脱の少ない葦山町の土壌でも、多量の畦間かんがいをによってその溶脱が助長されることが明らかであり、沼津市の火山灰土壌においても畦間かんがいをによって施肥窒素の溶脱はさらに助長されることが認められる。



図一5 土壌別窒素溶脱とかん水による影響

モデル実験によってこのような差がはっきりしたが、実際にイチゴが栽培されている圃場においてもこれと同

様の傾向があるとなれば、かん水によって施肥窒素の溶脱しやすい地帯では、窒素不足のために収量が制限される危険性があり、肥培管理上の重要な問題点でもある。

そこで、現地の栽培地域を三地域選定して、土壌中の無機態窒素含量を測定した。この調査結果を表-6に示した。図から明らかに、2月下旬の土壌中の無機態窒素含量は、沼津市の火山灰土壌は葦山町、裾野町の収穫終了時よりもはるかに

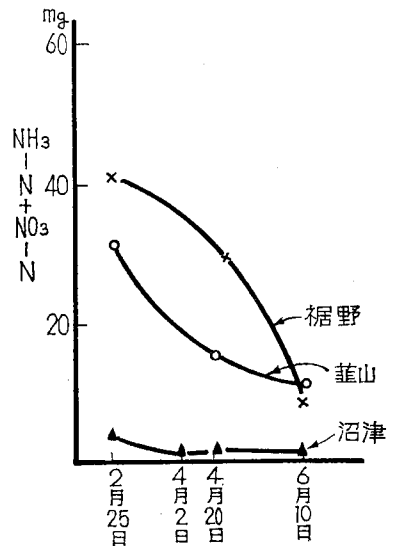
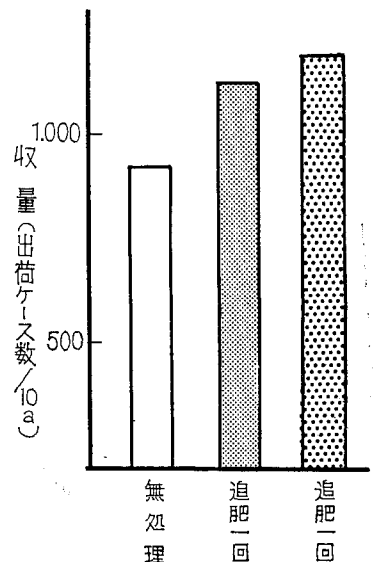


図-6 現地栽培土壌中の無機態窒素(NH<sub>3</sub>-N+NO<sub>3</sub>-N)の消長

少ない含量であり、モデル実験と同様に栽培圃場においても窒素の溶脱の激しい土壌であることが認められた。

このことは前述したように、イチゴの収量増加という立場から見れば明らかに窒素不足であり、窒素栄養の点からこのマイナスを補う対策をとらなければならない。そこで、窒素含量の少ない沼津市の礫層火山灰土壌において、3月1日に加磷硝安 30kg/10aを施用した1回追肥区と、3月14日にふたたび同様の追肥を行なった2回追肥区を設けて追肥効果の検討を行なった結果は図一7に示したごとくであり、追肥の効果は明らかに認められた。

元来、半促成イチゴに対する3月上中旬の追肥は遅きに失して不適当であると考えられていたが、土壌によ



図一7 追肥の効果

ってはこの時期でもなお明らかな効果が認められる。一般にかん水回数の増加を必要とするような地帯にあっては、施肥窒素の溶脱も激しく、土壌中の無機態窒素含量の低下が収量におよぼす影響も大きいものがある。

自然条件下で水分の供給の少ない「イチゴ地」でないところに栽培されているイチゴを、「イチゴ地」らしい条件で栽培するためには、まずかん水は絶対に必要な条件であるが、かん水回数とかん水量の増加は必然的に窒素の溶脱という生産面のマイナスを随伴するものである。したがってかん水の実効をあげるためには施肥法の改善にも十分な考慮を払うことが必要であり、これによって「イチゴ地」らしい栽培にさらに近づくことができるものであると信ずる。

2. セルリー

セルリーはそ菜の中でももっとも多肥栽培をする作物であり、連作して土を作りこんでゆくほど良質のものができるといわれている。「土をつくりこむ」とはどういう意味をもつものであるか、すなわちセルリー栽培を行なう場合の好ましい土壌条件とは何であるか、土壌的に生産力を阻害する要因があるとすればそれを取り除くための対策は何かということについて述べて見たい。

静岡県のセルリー栽培は、浜松市の三方原台地および天竜川沖積の砂質の畑地を中心として行なわれている。この両地区について、例年の収量から高収ほ場と低収ほ場を選定して土壌の性格を調査した。

(1) 調査方法

浜松市のセルリー栽培地帯のうち、洪積台地に属する大久保、伊佐見地区、沖積地に属する豊西地を選び、各

地区より4地点づつ計12地点のほ場を選定した。選定した調査地点については地表下10cmにテンシオメーターを設置して、セルリー栽培期間中の土壌水分の変動を調査するとともに、セルリーの収穫後に土壌断面上にあらわれた各調査地点の特徴を把握し、層位ごとに理化学性の測定試料を採取した。

(2) 調査の結果と考察

1) 土壌水分の変動と収量について 調査地点を高収園、低収園に区分してその平均収量をみると、表一2に示したごとくであり、高収園においては総収量に対し2L、Lの上物のしめる割合が多い傾向を示している。

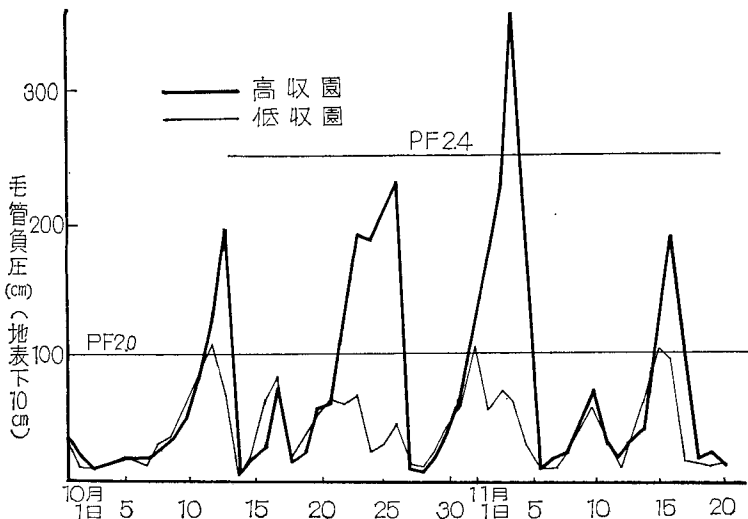
表一2 生育および収量

区 別	生育収量			出荷規格別比率(%)				
	最大葉長	1株全重	1株調製重	2L	L	M	S	
洪 積	高収園	67.0	2.51	2.08	67.7	27.4	4.9	0
	低収園	65.0	1.92	1.59	3.2	30.6	52.2	14.0
沖 積	高収園	60.5	2.52	1.88	58.9	29.6	8.9	2.6
	低収園	58.5	2.10	1.72	33.0	38.5	21.4	7.1

高収園、低収園土壌におけるテンシオメーターによる土壌水分の変動の状況を図一8、図一9にす。セルリーの収量が高いほ場の土壌水分は沖積台地で pF1.5~2.6 沖積地では1.3~2.6の間で大きな変動を示しているのに対して、低収園の土壌水分は変動の幅が小さく、沖積台地でほぼ pF1.5前後、沖積地では pF0.8~2.2 の範囲で経過している。pF 値別の経過日数比率をみても、高収園は pF2.0 以上の日数が多いのにくらべて、低収園は pF2.0 以上の高張力で経過する日数が少なく、逆に

pF1.5 以下の多水分の状態経過する日数が多い。セルリーはそ菜の中でも特に施肥量の多い作物であるが、このような多肥栽培においてもなお pF2.4~2.5 という高張力の水分状態において収量が高く、品質的にもすぐれた収穫が得られることは興味深いことであり、水分管理面では特徴ある作物と考えるべきであろう。

土壌水分の変動を生育時期別にみると、生育の初期および後期は水分変動の幅が小さく、中期において大きな変動を示している。生育の初期は活着後における生育の促進を、後期においては出荷期をひかえて葉身の伸長をそれぞれ目



図一8 土壌水分の変動 (セルリー栽培洪積土壌)

的として、意識的に水管理を行なっている結果であろうと推定される。かん水の回数では収量の高低による差がみられていないのに、高収園土壌のpF値が大きく変動

することは排水が良好であるためと考えられる。これに対して低収園土壌ではほぼ場容量以上の多水分で経過する日数が多く、土壌の内部排水がきわめて不良であると

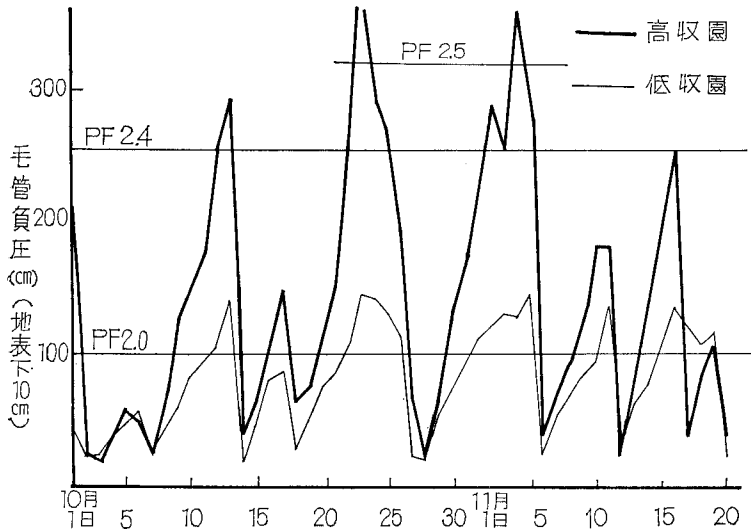


図-9 土壌水分の変動(セルリー栽培沖積土壌)

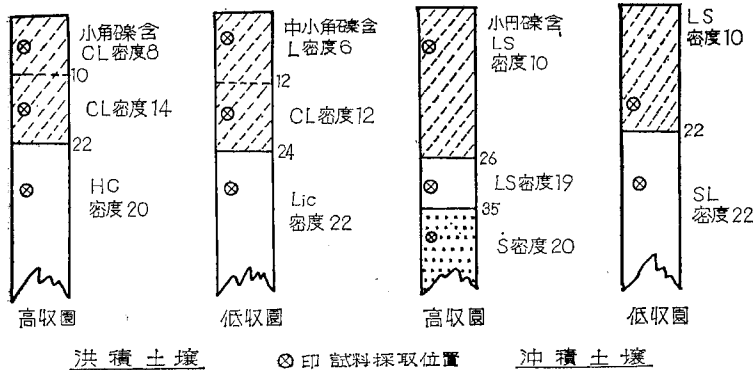


図-10 土壌断面の特徴

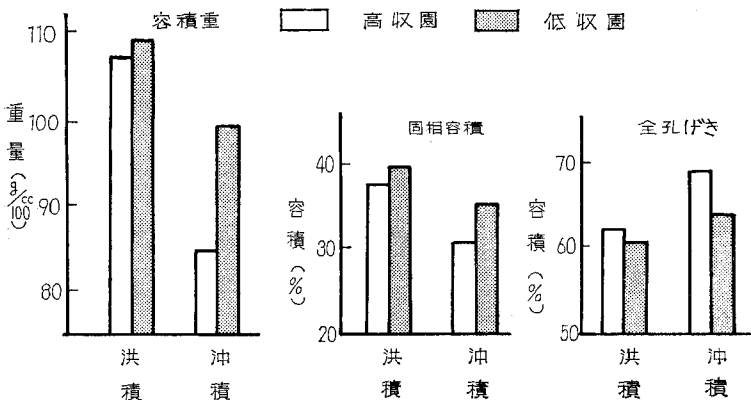


図-11 セルリー栽培土壌の物理性

考えられる。

## 2) 土壌の理化学性について

調査地点の代表的な土壌断面の柱状図は図-10に示したごとくであり、沖積土壌の表土は壤質および粘質であるが、下層土は強粘質でも密度が大きく通気性、透水性が不良である。沖積土壌は表土、下層土とも砂質であるが下層土の密度が大きく、降雨後などに地下水位の移動による影響を受けやすい。土壌断面にあらわれた特徴では高収園、低収園の間にはっきりした差異は認められないが、低収園土壌は高収園土壌にくらべて下層土の密度が僅かに大きい傾向を認めた。

土壌の物理性についてみると、図-11に示したごとく洪積土壌、沖積土壌とも高収園土壌は低収園土壌にくらべて、容積重および固相容積が小さく全孔げきが多い。孔げきの質的な分布については図-12に示したごとく、高収園土壌は孔げき半径15 $\mu$ 以上の大孔げきが多いのに対して、低収園土壌は孔げき半径15 $\mu$ 以下の小孔げきの占める割合が多い。表-3に示した現地は場におけるシリンダーインテークプレート測定結果をみても、高収園土壌は水の浸入速度が早く、積算浸入量も多かった。これらのことがテンシオメーターによる土壌水分の変動を左右する主要因をなしているものと推定される。すなわち高収園、低収園ともかん水の回数はほぼ同じであるにもかかわらず、高収園土壌のpF値が大きく変動することは、高収園土壌は構造の発達が良好で水の流下量が大きいため降雨またはかん水後の土壌水分は豊富になるが、間もなく水分張力の高い領域にまで土壌水分が減少することによるものであろう。これに対して低収園土壌は高収園土壌に比して構

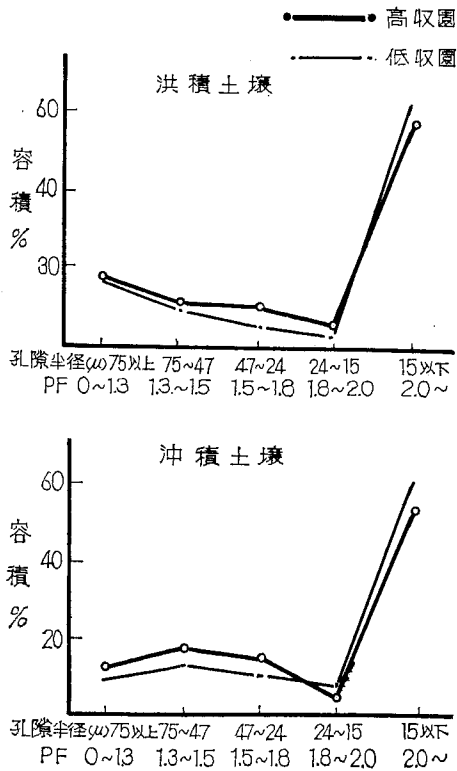


図-12 セルリー栽培土壌の孔隙分布

造の発達が不充分であり、水の流量が小さいのでかん水後の排水が充分でなく、したがって多水分で経過する日数が多いためであると考えられる。これらのことを結論すれば高収園土壌は土壌の内部排水が良好であり、低収園土壌は内部排水が不良である。このことはセルリー栽培地の自然立地条件の適否を判断する場合の有力な判定基準になるものと考えられる。

### 3) セルリー栽培の適地判定と水分管理

そ菜の産地造成の立場から自然立地条件としての栽培適地を選定することは必要なことであり、この観点に立って土壌水分的のみたセルリー栽培の適地としては、前述した如く、余剰水の排水が速やかであり、 $pF2.0$ を越える高張力の水分状態となるのに必要な日数が短いことが第1条件と考えられる。したがって本調査における低収園のごとき土壌においてはまず土壌の内部排水をはかること、さらに透水性、通気性を高めるために粗大有機物などを増施して土壌構造の発達を促がすことが必要である。またセルリー栽培における土壌水分管理としては前述した土壌条件のもとで  $pF2.4\sim2.5$  をかん水点とすることが望ましく、排水の不良な地点においては1回のかん水量に留意して過湿にならないように注意するとともに、高うね栽培など栽培法の改善をはかることが必要であり、根本的には深耕、排水などの施策を施すことが必要である。

### 3. レタス

静岡県におけるレタス栽培の中心は水田裏作利用であり、なかでも大井川沖積の礫層・礫質土壌にその栽培面積が多い。しかし大井川沖積土壌がレタス栽培の場合の土壌生産力から見た適地であるとは必ずしもいい難い。この地帯にレタスが導入され、野菜の指定産地として確固たる地位を確保したのは、指導者にその人を得ていたことはもちろんであるが、土壌的に見ればこの土壌が粗粒質であって水はけがよく、農耕作業に適しているからだということ以外にはその理由が見あたらない。

レタス栽培の場合の土壌生産力的な適地とはどのような性格をもったものであるか。そして不適地で栽培する場合に講ずべき対策は何であるあるかということについ

表-3 セルリー栽培土壌（洪積・心土）シリンダーインタークレイト測定値

	積算浸入量 mm	浸入速度 mm/時	経過時間別積算浸入量 mm				
			5分	10分	20分	30分	60分
高収園	$D=12.0T^{0.64}$	$I=468.0T^{-0.35}$	33	51	85	112	161
低収園	$D=2.5T^{0.67}$	$I=100.5T^{-0.33}$	7	13	21	25	35

表3-2 セルリー栽培土壌（沖積・心土）シリンダーインタークレイト測定値

	積算浸入速 mm	浸入速度 mm/時	経過時間別積算浸入量 mm				
			5分	10分	20分	30分	60分
高収園	$D=6.1T^{0.54}$	$I=197.6T^{-0.46}$	15	22	32	38	56
低収園	$D=2.5T^{0.64}$	$I=96.0T^{-0.36}$	7	11	17	22	34

て、大井川沖積地にある島田市を例にとって土壌水分管理の面から述べる。

(1) 調査方法

水田裏作レタスの主要産地である島田市初倉地区において、乾燥しやすい土壌と乾燥しにくい土壌を対象に計13地点のほ場を選定した。選定した調査地点については地表下10cmにテンシオメーターを設置して、栽培期間中における土壌水分の変動を調査するとともに、そのほ場におけるレタスの収量を調査した。またレタスの収穫後に土壌断面調査を行ない、断面上にあらわれた各調査地点の特徴を把握し、施肥改善事業の分類基準にしたがって土壌区分を行なって、土壌類型と土壌水分の変動およびレタスの収量などについて検討を加えた。

(2) 調査の結果と考察

1) レタス栽培土壌の特徴

調査地域のレタス栽培は大部分が大井川沖積地の水田裏作によるもので、調査ほ場を施肥改善事業の土壌分類にしたがって大別すれば、礫層土壌、礫質土壌に分けられる。対象土壌として選定したほ場は開析谷の低地に分布しグライ土壌に該当する。調査ほ場の代表的土壌断面の柱状図は図-13に示したごとくであり、礫層土壌は作土直下より砂礫層となり、礫質土壌も砂礫層の存在する位置が30cm前後で浅く、作土の深さは両土壌とも比較的浅く、表土の土性は壤質で耕うんは容易である。また透水性にすぐれ畑利用の場合は乾燥隣し易い特徴がみられる。これに対してグライ土壌は土性が強粘質で透水性がわるく、土壌水分が多いため裏作利用の場合、耕起および砕土に問題があると考えられる土壌である。

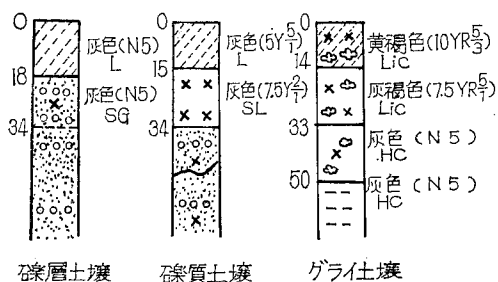


図-13 土壌断面の特徴

2) 土壌水分の変動と収量について 調査ほ場は10月6日前後に定植したものに統一して、出荷最盛期の12月1日に株あたりの収量を測定し、出荷ケース数は農協の出荷伝票によって算出した。調査結果は図-14に示したごとく、10aあたり出荷ケース数においては礫質土壌の収量が高く、礫層土壌の収量は低い。対象土壌としてのグライ土壌は全収量は礫質土壌に近い収量を示しているが、2L、L、M級の上物収量は最高の収量を示した。

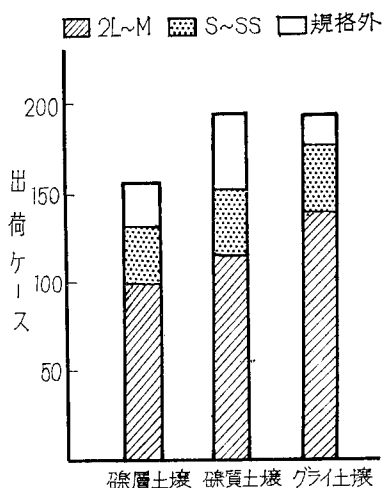


図-14 レタスの収量 (10a 当り)

1株あたりの収量をみてもグライ土壌の収量が最も高く、礫質土壌は礫層土壌にくらべて僅かに優れている傾向がみられ、この傾向が10aあたりの全出荷ケース数および上物(2L、L、M級)の収量差となったものと考えられる。したがってレタスの収量は有効土層の厚い土壌ほど収量の高まる傾向がみられ、水分的にみれば土層全体の保水力の大きい土壌においてレタスの収量が高いということが考えられる。

栽培期間中におけるテンシオメーターによる土壌水分の変動は図-15に示したごとく、収量の低い礫層土壌はpF2.7にも達する高張力の水分状態を示す期間がみられ、礫質土壌では乾燥してもpF2.5程度に止まるごとくであり、礫層土壌に比して水分変動は少ない。これに対しグライ土壌は水分変動の幅が小さく、pF1.5前後で経過し乾燥してもpF2.0に止まっていた。土壌によるこの水分変動の状況をさらに明らかにするために降雨後の土壌水分の変動を注目したい。すなわち10月26日~27日にかけて50mmの降雨あったが、その後11月5日に降雨があるまでの9日間における土壌水分の変動は礫層土壌においては土壌水分の減少が大きくpF2.7まで変動するのに対して、礫質土壌ではpF2.5、グライ土壌ではpF2.0まで減少するにすぎない。また充分な降雨後pF2.0に達する日数は礫層、礫質土壌で5~6日グライ土壌では9日になり、土壌類型と土壌水分の変動とは高い関連性が認められ、土壌水分管理上からみればきわめて重要な事柄である。

この年はレタス栽培期間中5~8日間隔で、降雨があり、充分なかん水を行なったと同じような条件であったが降水量の少ない気象条件下であれば土壌のちがいによる収量差はかなり大きいものと推定される。栽培期間中における土壌水分の変動と収量結果からレタス栽培にお

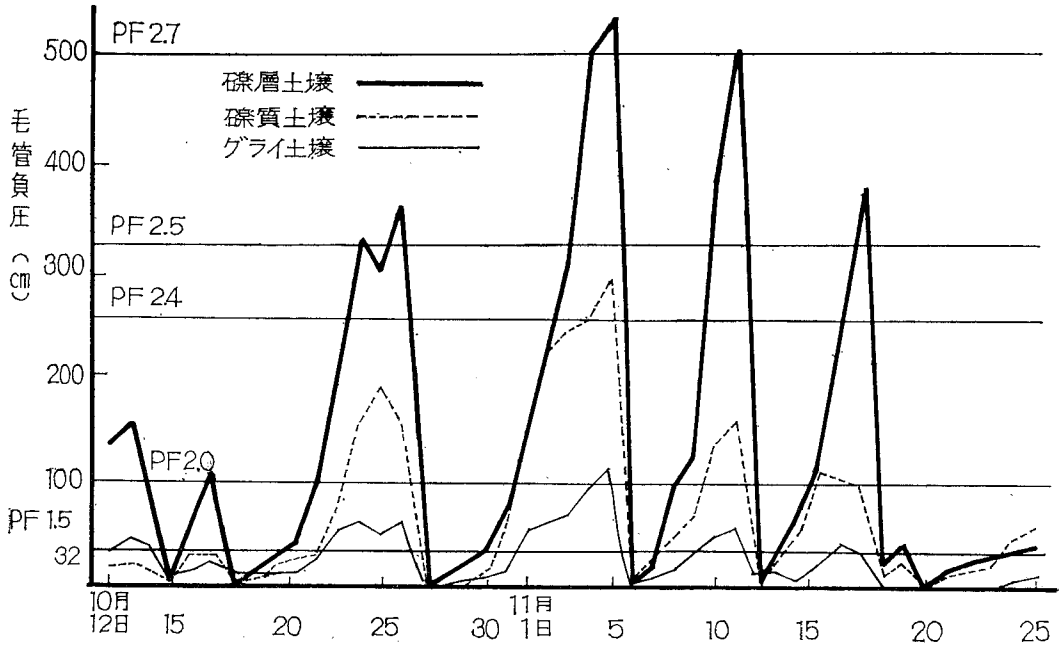


図-15 土壌水分の変動

ける水分管理としては、PF2.0 をかん水点とすることが望ましく、礫層、礫質土壌においては5~6日間隔でかん水が必要となり、これに対してグライ土壌では10日間隔でかん水すればよいことになる。したがってグライ土壌は降雨の多い年には余剰水の排水がわるく、湿害を受ける可能性が高いので土壌の内部排水をはかることが、土壌水分的にみたレタス栽培の適地となる第1条件であると判断される。

3) かん水に伴う施肥窒素の溶脱と施肥改善の効果

大井川沖積地のような粗粒質の礫層・礫質土壌では、窒素の溶脱量が多く、かん水回数の増加はさらにこれを大きくする。半促成イチゴの項で述べたと同様の方法で、栽培ほ場に塩ビパイプを埋めこみ、窒素 50mg 相当量の

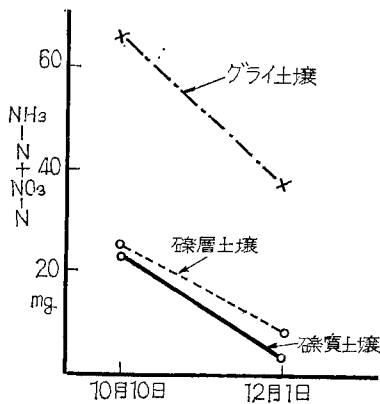


図-16 現地栽培土壌の無機態窒素の消長

硝酸加里を加え、定期的にこれを抜きとって窒素の残存量を調査した結果、施肥後2週間でパイプ中の窒素は約半に減少し、3週間後には当初加えた窒素の半以下にまで減じた。そこで実際の栽培ほ場から土壌を採取して残存する窒素を測定した結果、グライ土壌では窒素の溶脱が少ないのに対して、礫層・礫質土壌では明らかに溶脱量が多く、生育中期に残存する窒素含量でもグライ土壌の収穫期の窒素含量にも及ばないほどの含量しか認められなかった。この結果は図-16に示した。

したがって、礫層・礫質土壌のようにかん水の必要性が大きく、しかも窒素の溶脱量が多い土壌ではかん水に伴って施肥法の改善をしなければかん水の実効は期待できない。このような土壌で緩効性窒素肥料であるIB化成1号を用いて窒素の肥効の持続がレタスの収量にどの

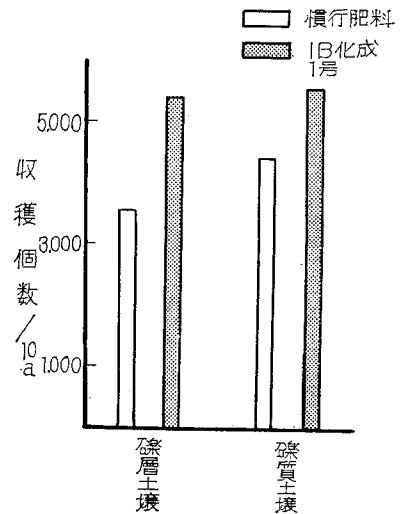


図-17 レタスに対する施肥改善の効果



ように影響するかを調査した結果を図-17に示したが、施肥法改善の効果は明らかである。

(3) レタス栽培土壌の適性判定と水分管理

土壌生産力的に見たレタス栽培の適地は、半促成イチゴの項で述べた土壌水分供給能の大きい土壌であるといえることができよう。すなわち、グライ土壌あるいは灰色土壌が適土壌であって、排水過剰な礫層あるいは礫質土壌は土壌生産力的には必ずしも適地とは考え難い。しかし、礫層・礫質土壌でも必要な時期に必要な量のかん水をし、さらに施肥法の改善を行えば、土壌肥料的な面では不適地としてのマイナスはほぼ消去することができる。このためにはかん水施設を完備することが必要である。レタス栽培のかん水点としてはほぼ pF 2.0 と考えて間違いなく、これはテンシオメーターの導入によって容易に判断できる。

グライ土壌は生産力的には適地ではあり得るが、降雨の多い年には余剰水の排水が悪く、そのため湿害をうける可能性もある。したがって、まず地表水の排除がすみやかにできるような排水施設が必要であるし、産地化を計画する場合には暗渠排水の必要も生じ得る。

4. メロン

温室メロンにおける水管理は、きわめて高い技術が必要であるとされており、この技術の巧拙はメロンの品質に決定的ともいえる影響を与えるものである。

温室メロンに限らず、いずれの作物においても単一の要因で収量が決定されるものではないが、温室メロンのごとく、とくにその品質が重視されるものにあつては、それを構成する技術的要因は当然複雑にならざるを得ない。したがって、本報告において論ずる土壌水分の変動も、それがメロンの良質多収化への道標とはなっても、現在の段階ではかならずしも決定的な要因とはなり得ないというらみがある。

しかし、実態の中から普遍的な技術の一つずつ見つけ

出し、これを体系づける努力を怠るべきではない。その意味において、メロンの品質・収量と土壌水分変動との関連性を検討し、土壌水分の変動に係る土壌的な要因を深求することは、温室メロンの栽培における土壌水分管理、ひいては床土管理技術の平準化に果たす役割が大きいものであると信ずる。

(1) 調査の方法

メロンの品質・収量と土壌水分変動との関連性を検討しようとして、メロン栽培の中心地である袋井市において、技術水準としては中以上の4戸の農家を選定し、昭和43年5月上旬定植のメロン温室についてテンシオメーターを設置して水分変動の実態調査をした。テンシオメーターはベッド中央の株間に地表下5cmの部位に設置し、その測定は毎朝のかん水時に行なうとともに、特に水管理の異なる交配前と交配後においては、1日の土壌水分変動をも観測した。

テンシオメーターを設置した温室については収量調査を行ない、この収量調査の結果から、品質・収量の明らかにすぐれた温室1むねを高収園とし、高収園に対しては品質・収量に見劣りする温室3むねを低収園として区分し、この両者について土壌水分変動を比較検討した。

ここで低収園という表現を用いたが、これに属する温室メロンの品質・収量は、調査当時においては袋井地区のほぼ平均的なものである。

(2) 結果と考察

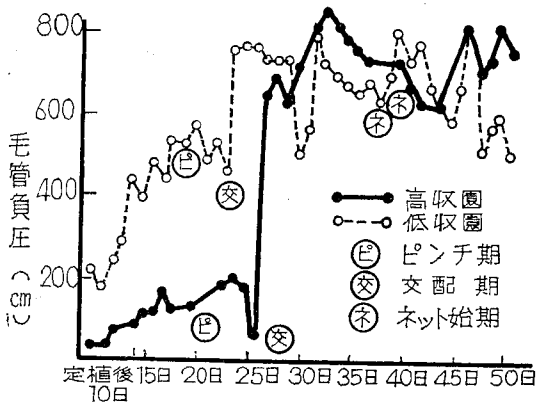
収量調査の結果は表-4および図-1のごとくであり、高収園では品質のすぐれる富士・山クラスの収穫割合が多いのに対して、低収園では下位の規格に属する収穫物が多い。

このように品質・収量に差のある温室土壌の、毎朝のかん水時における土壌水分張力の変動を図示すると図18のごとくである。温室メロン栽培における土壌水分張力の変動については景山らによってもすでに報告されているが、水分変動の傾向としてはほぼ軌を一にするもので

表-4 収 量 (温室1むね89m<sup>2</sup>当り)

	高低収園の別	規 格 別					合 計
		富 士	山	白	雪	規 格 外	
個 数	高 収 園	36	125	88	0	0	245
	低 収 園	0	37	148	22	12	219
重 量 (kg)	高 収 園	42.0	165.0	112.8	0	0	320.0
	低 収 園	0	47.7	181.8	26.5	14.7	270.7
販 売 額 (円)	高 収 園	24,840	90,843	39,398	0	0	155,081
	低 収 園	0	24,103	72,064	7,423	2,817	106,407

(注) 低収園の収穫個数の減少は裂果によるものである

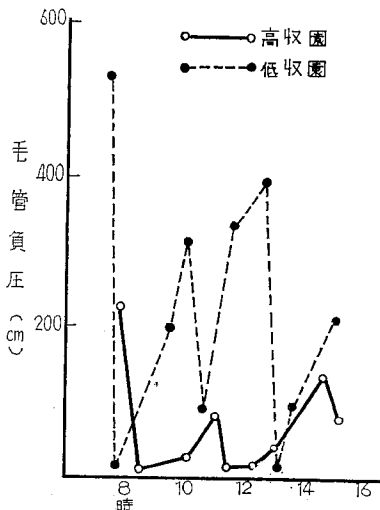


図一18 土壤水分の動き  
(毎朝のかん水時における地表下5cmの毛管負圧)

ある。

袋井地区のメロン栽培においては、高・低収園別にみた土壤水分の変動は、定植から交配期までの期間にあきらかな差違が認められる。すなわち、高収園では交配期までは毎朝のかん水時においても pF 2.3 を越えることはまったく認められていないのに対し、低収園では定植後10日目ころから、毎朝のかん水時における水分張力が pF 2.3~2.7 に達する状態で経過している。さらに、この期間における1日の水分変動の状況は図一19に示したごとくであって、高収園では日中の水分張力が pF 2.0 を著しく上回ることがなく、かん水からかん水までの間の土壤水分の減少の程度もまた少ない。これに対して低収園において、日中においてもかん水直前の土壤水分は pF 2.5 を上回る高張力の状態になり、土壤水分の減少の程度も著しく大きいことが認められる。

温室メロンは地床栽培でなく、床土は厚く敷かれた稲わらによって下層土からしや断されているので、床土の



図一19 交配期直前の土壤水分の日変動(地表下5cm)

水分変動は別<sup>9)10)</sup>に、報告したような下層土の性格によって左右される性質のものではなく、床土の物理性、かん水量、かん水回数さらには温室の環境、構造などによって規制されるものであると考えられる。床土の下に敷かれた稲わらが腐熟するようなかん水管理ではそのメロン栽培は失敗であり、稲わらは床土と接する上層部だけが腐熟し、中層部以下はできるだけ稲わらの鮮度を保つようなかん水方法をとることが要求されている。したがって、メロンの生育前期において低張力の水分状態が要求されても、いたずらにかん水量を多くすることはできない。かん水量については、あくまでも残存水分量を含めて床土の保水量以下にとどめなければならないことは当然である。床土の保水量と生育時期別の水分消費量については今後検討を加える予定であるが、ここでもかん水点の目安としての尺度を考えるならば図一18および図一19に見られるように、生育前期では pF 2.0 を基準として考えるのが妥当であろう。

生育前期のメロン床土の水分変動にこのような差が見られる原因の一つとして、本報告においては床土の物理性との関連で考察して見たい。

高・低収園ともに、かん水直後には pF 1.0 以下の低張力にまで土壤水分は増加するが、乾燥過程は明らかに低収園土壤がすみやかである。これは図一19に見られるとおりである。一方、メロン収穫後の床上についてその物理性を測定した結果は表一5~6に示したごとくである。

三相分布、孔径き分布においてはかならずしも明らかな差違は認められていないが、土塊の粒径区分調査の結果では、低収園土壤は粒径1cm以上の土塊の分布割合が明らかに多くこれに対して高収園土壤では1cm以下の細かい土粒の割合が多い。このことは低収園では巨大孔径きを多くして通気性を過良ならしめ、土壤水の蒸発量を多くしているものと考えられる。高収園では細かい土粒が多いとはいっても、通気性・透水性を不良ならしめるほどの微粒子ではないので、容気度も両園ともほぼ等しく、また孔径きにおいても75 $\mu$ 以上の孔径き量では両園とも同等の数値を示している。したがって、土壤孔径きの測定においても、さらに大きな孔径きの測定をとればこの間の事情をより明らかに説明し得たと思われる。別の試験によれば<sup>6)</sup>、メロンの品質・収量と土塊の大きさとは、ある一定限界までの細かさではかならずしも明らかな関連性は認められていないので、メロンの根の伸展に対して影響を与えない程度の孔径きを確保すれば、あとはその物理性に対応した土壤水分管理のいかんによって生育の調節をなし得るものであると思われる。要するに、メロンの定植から交配期までの生育初期には、活着の促進と発育量の増大という点から低張力の水分状態が好ましいと考えられる。

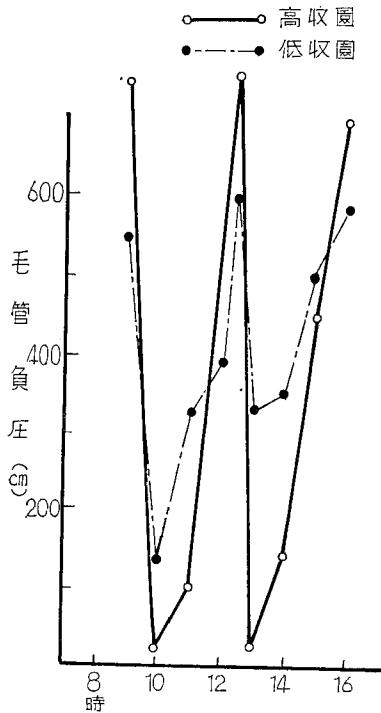
表5 土壌の三相構造と孔げき分布 (%)

区 別	容 積 重	pF 1.5における三相分布			全孔げき	孔 げ き 分 布		
		固 相	液 相	気 相		孔げき径 75 $\mu$ 以上	75 $\sim$ 15 $\mu$	15 $\mu$ 以下
高 収 園	0.81	28.8	29.2	42.0	71.2	40.6	4.5	26.1
低 収 園	0.78	26.6	28.8	44.6	73.4	41.8	8.0	23.6

表6 土塊の粒径別分布割合 (%)

区 別	3 cm以上	3 $\sim$ 2 cm	2 $\sim$ 1 cm	1 $\sim$ 0.6cm	0.6 $\sim$ 0.3cm	0.3cm以下
高 収 園	9.6	9.7	25.4	20.2	19.6	15.5
低 収 園	17.7	11.6	27.2	21.1	14.1	8.2

さて、生育の前期は前述したような水分変動で経過したが、交配期を境として以後は、土壌水分の変動の状況は生育前期とは大きく異なった様相を示す。すなわち、交配期以後は高・低収園ともに、毎朝のかん水時における土壌分は pF 2.7 を越える著しい高張力の状態で終始しており、図一18で見るかぎりでは両園の間にはかならずしも明らかな相違は見られない。しいていえば交配前とは逆に、むしろ高収園の土壌水分張力が高い傾向がうかがわれる。この期間の水分変動の状況をさらに明らかにするために、1日の水分変動の推移を図示すると図一



図一20 交配期後の土壌水分の日変動 (地表下5 cm)

20のごとくである。すなわち、この時期における朝のかん水時の水分張力は高収園のほうが高い状態であるがかん水後はこれが pF 1.5 をも下回る程度にまで水分張力の低下を示す。しかし、低収園ではかん水直後の水分張力が pF 2.0 にも達していない。このことは、両園におけるかん水量の差によるものであると考えられ、低収園のかん水量は高収園に比べて明らかに少いものであると推定される。しかるにその日の第2回目のかん水時においては、かん水量の少い低収園よりも、かん水量の多い高収園のほうが土壌水分張力が高くなり、土壌水分の消費量は高収園のほうがはるか多いことが推定される。これは図一19に示した交配前の土壌水分変動とは対照的でありこの水分変動を支配するものはさきに考察した土壌構造とは別のものであり、高収園におけるメロンの葉面蒸散量が低収園メロンのそれよりるはるかに多いことによるためであろうと考えられる。玉井<sup>8)</sup>はメロンの吸水経過は地上部の生長経過に大きく左右されるが、根の吸水能の変化もこれに関係することを述べている。メロンの葉面蒸散量は、温室の構造なり室内の気象条件あるいは水管理の方法によっても異なることはいうまでもないが、ここでは根の吸水能、いい換えれば根の活力あるいは単位土量あたりの根量が、低収園に比べて高収園のほうが明らかに高いため、これが高収園における葉面蒸散量を多くし、ひいては土壌水分張力に影響したものと考えたい。

このように考えた場合、根の活力あるいは根量に差をもたらしただ原因は、交配前の栽培管理にそれを求めなければならない。今回の調査の範囲内からそれを即断することはできないが、メロンの元肥の施用量は、N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O とも株あたり10 g 以上であり、この量は普通作物に対比すればかなりの多肥である。したがって、低収園におけるような交配期までの土壌の乾燥は土壌溶液濃度の

上昇を招き、これが根の機能をそこなったり根量を少なくする大きな要因となるものであらうと推定される。このことについては、すでに渋谷<sup>6)</sup>がその危険性について問題点を提起されており、筆者らも今後これについての実証的な検討を行なう予定である。

温室メロンの栽培では生育の後半に“水の精算”という管理を行なう。この言葉のもつ意味を神谷<sup>4)</sup>は次のように述べている。

“一口にいえば余分の水を切るということで、1日の範囲でいえば前回にかけた水が残っている間は次回の水をかけない。毎日のことでは前日にかけた水が残っている間は翌朝のかん水を控える。長期間でいえば土や敷わらに含まれる余分な水を除くため、1日のかん水量を作物の吸水量や土面蒸発量以下として、この水を吸収させることである。これは、果実の肥大や硬化あるいはネットの発生を天候に影響されることなく、人工的に自由に調節できる状態におく準備ともいえよう。”

低収園のかん水量が高収園にくらべて少いだらうと推定したが、これは水の精算ということではなく、図5から見た乾燥過程からも推定できるように、メロンの吸水力が少ないために、高収園並みのかん水量では多すぎるといことを栽培者が意識していたためと思われる。いずれにしても“水の精算”のもつ意味を十分に果たし、メロンの品質向上を図るためには、根の機能が完全でなければならない。

以上は土壌水分の変動を中心に論じてきたが、これをかん水技術の面からながめて見ると次のように考えることができる。すなわち、池谷<sup>2)</sup>は高収園・低収園別に毎日のかん水時の土壌水分張力を生育時期ごとに整理して、その標準偏差および変動係数を求めた結果、高収園のかん水時ごとの土壌水分張力の標準偏差は、低収園に比べて明らかに小さくまた変動係数も小さいことを明らかにしている。このことは、温室メロンに対するかん水技術にすぐれておれば、生育時期による土壌の乾湿はあっても、毎回のかん水直前の土壌のかわきかたはほぼ同じ状態であったことを示すものであり、今後さらに簡易な土壌水分の観測計器の開発と、生育時期別の適正なかん水点の究明が行なわれれば、温室メロン栽培における土壌水分管理平準化への道は大きく開かれるものであることを意味するものとしてきわめて興味あることである。

## 5. トマト

焼津市および大井川町を中心として栽培されている半促成トマトは、栽培面積75ha、栽培農家7,000戸、生産量6,000トンを超え、県下一の産地となっており、本地

域におけるトマトの生育、収量と土壌条件に関する実態調査の報告<sup>14)</sup>によれば、土壌類型によって生育、収量が大きく異なることが認められている。この地区の土壌は施肥改善方式による分類によれば五つの基本類型に分類され、11種の土壌が複雑にからみあって分布しており、この土壌類型に対応した土壌管対策を策定することは、本域のトマト生産の安定増大ひいては品質の向上にとって必要である。

### (1) 土壌水分の変動と収量

1) 調査方法 大井川沖積地の焼津市と志太郡大井川町の水田裏作利用の半促成トマト栽培地において、土壌条件が収量に端的に反映するように栽培管理を同じくする一つのハウス内で土壌条件の異なる地点を選定した。

同一ハウス内で異なる土壌条件として選定した土壌は、れき層土壌とれき質土壌の2ほ場、れき層土壌と灰色土壌の1ほ場とし、これを調査の対象にした。調査地点はまず土壌の断面調査と土壌の理化学性を調査して土壌の特性を明らかにし、それぞれの地点に対し深さ15cmにテンシオメーターを設置して午前9時の観測による土壌水分の変動を調査するとともに、生育の中庸な場所から10個体を選定して生育、収量の調査を行なった。品種は東光K、定植は11月20日前後に行なわれたものに統一した。

### 2) 調査の結果と考察

a 土壌の特徴 トマト栽培ハウスの土壌の性格を明らかにするため、定植に先だって土壌の断面調査を行ない、これを施肥改善方式によって土壌分類した。断面柱状図は図-21に示すとおりである。

下層に砂れき層のある土壌は排水は良好で乾燥しやすいが、河川の近くでは地下水の影響を受け、砂れき層があっても土壌の乾湿は異なっている地帯もある。作土の理化学性を調査した結果ではいずれの土壌においても大差は認められない。

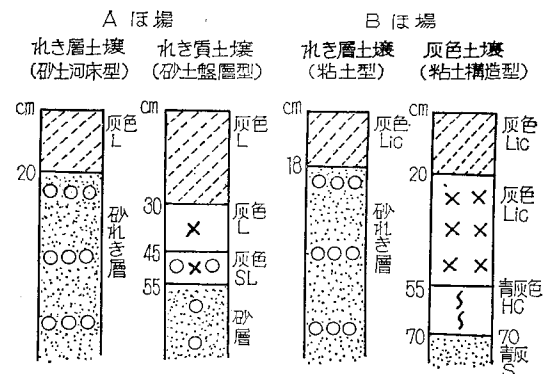


図-21 土壌断面柱状図

表一七 生育状況と収量(10株当り)

土 壤	生育状況 (1月16日調査)						収 量 (5月19日まで)						
	莖径 (mm)			第3花房下			全 重 量 (kg/10株)		総 個 数	規格別収穫比率			
	第1果 房下	第3果房下								総個数に対する指数			
		実数	実数	指数	葉 長 (cm)	葉 幅 (cm)	実 数	指 数	数	L	M	S	奇形果
A ほ 場	れき層土壌	9.5	12.0	100	43.5	42.0	42.30	100	239	44	14	13	30
	れき質土壌	9.7	14.4	120	42.4	47.1	46.97	111	235	61	12	4	23
B ほ 場	れき層土壌	7.7	8.0	100	38.8	38.9	33.55	100	242	35	30	31	4
	れき質土壌	8.0	8.6	108	40.1	42.3	34.36	102	233	49	20	29	2
C ほ 場	れき層土壌	9.9	8.2	100	35.2	35.5	38.32	100	275	21	22	55	2
	灰色土壌	10.6	11.1	135	42.3	43.8	46.15	120	264	50	25	22	3

b 生育、収量と土壌水分の変動について 5月19日までに収穫をうち切り生育および収量を整理した結果は表一七のとおりである。これによるとトマトの総収量は、れき層土壌よりれき質土壌のほうが多く、とくにれき層・れき質土壌の典型的な土壌断面を示すAほ場においてその傾向が判然としている。れき層土壌と灰色土壌では、灰色土壌のほうが明らかに多収である。総収量の多い土壌は、規格別収量においてもL級以上の上物に相当する収穫物の占めている割合が多く、土壌によって収量品質に大きな差違がみられた。

このように収量品質の異なるのは、土壌の物理的性質、とくに土壌水分の変動と関連があるものと考え、土壌の水分変動を調査した。この結果は 図-22~23 に示した。

図示した水分変動状況は、土壌の性格が端的に反映すると考えられる生育初期の、かん水量の少ない時期についてのものである。れき層土壌とれき質土壌の収量差の

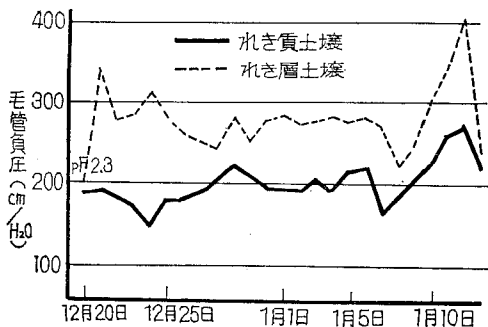


図-22 Aほ場における土壌水分の変動 (地表下15cm)

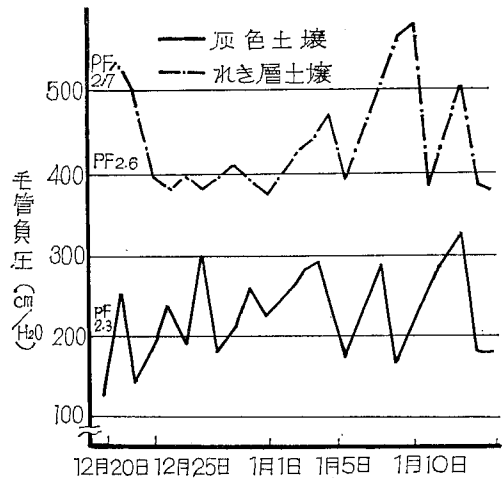


図-23 Bほ場における土壌水分の変動 (地表下15cm)

大きなAほ場では、れき質土壌はPF2.3前後で経過しているのに対し、れき層土壌はPE2.4を越える高い水分張力にまで上昇している。また、れき層土壌と灰色土壌でも土壌水分の変動は明らかに異なり、収量の高い灰色土壌がPF2.3前後で経過し、乾燥してもPF2.4を越えることは少なかったのに対し、れき層土壌はPF2.7にも達する高い水分張力を示す期間が見られる。

かん水量の少ない期間のトマトの生育は、れき層土壌よりはれき質あるいは灰色土壌のほうが莖径が太く、土層全体の保水力の大きい土壌のほうが生育がおう盛なことを示し、その原因の一端は土壌水分の変動にも求めることができるものと考えられる。

収量調査および土壌水分変動調査の結果から、トマト

の収量は土壌水分の変動と密接な関連性のあることが推定された。

かん水量の増加する3月上旬以降の土壌水分変動においても、前期と同様に土壌の性格が反映され、一つのハウス内で同一かん水量を行なった場合は、灰色土壌あるいはれき質土壌に対し、れき層土壌はかん水後の土壌水分は急激に減少し、高い水分張力に達する期間は早い。

生育、収量のすぐれている灰色土壌、れき質土壌は、れき層土壌より有効土層が深く、土壌全体の有効水分量にもすぐれているため、乾燥してもPF2.5を越えることは少ない。野菜栽培におけるかん水点の決定について、位田<sup>11)</sup>は果菜類の生育と土壌水分張力について報告しているが、本地域のトマト栽培における水管理の技術としては、生育前半の生育を抑制する期間であっても、PF2.5を越えない水管理が大切であり、後半においてもPF2.3をかん水点とした水管理が望ましい。れき層土壌は生育初期の水のコントロールはしやすいが、生育後半の水分供給が潤沢でなく収量が伸びない欠点がある。このためれき層土壌においては、必要な時期に必要な量のかん水ができる施設の導入が先決である。

トマト栽培におけるハウスは大型化し、省力化のための諸施設は普及しているが、土壌水分管理はいぜんとして経験と勘にたよる傾向にある。生育前期における土壌水分の変動は土壌によって大きく異なるが、この時期はかん水の少ないことによる水分張力の上昇と、肥料の無機化による土壌溶液濃度の上昇によって水分応力<sup>16)</sup>が高まるので、この期間の意識的なかん水量の減少は土壌によっては根系障害を招き、健全な生育を阻害する危険性はかなり大きいものであると考えられるが、この点については今後さらに検討を行なう予定である。

(2) グライ土壌における暗きょ排水の効果について

1) 調査方法 大井川沖積地のグライ土壌に該当する志太郡大井川町において、昭和45年5月暗きょ排水施設を行なった大型ハウスと、同一土壌で排水施設のない大型ハウスを選び、地表下15cmにテンシオメーターを設置

し、水分変動を調査すると同時に水量計も設置し、かん水量を測定した。調査は場の生育の中層な場所から10個体を選び、生育、収量を調査した。品種は東光K、定植は11月27日に統一した。

2) 調査の結果と考察

a 生育、収量と土壌水分の変動について 生育、収量調査の結果は表-8・図-24に示すようであり、無排水ほ場より草勢はおう盛で、とくに茎径において明らかにこの特徴が認められた。暗きょ排水ほ場は、れき層土壌に近い生育状況を示した。収量結果からトマトの総収量は、無排水ほ場が多い傾向を示していたが、規格別の個数割合は暗きょ排水ほ場がL級以上の上物に相当する収穫物が30%を越え、M級以上を合せると80%近くを占めているのに対し、無排水ほ場はL級以上は14%にすぎ

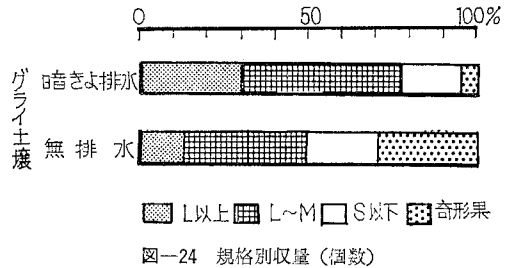


図-24 規格別収量 (個数)

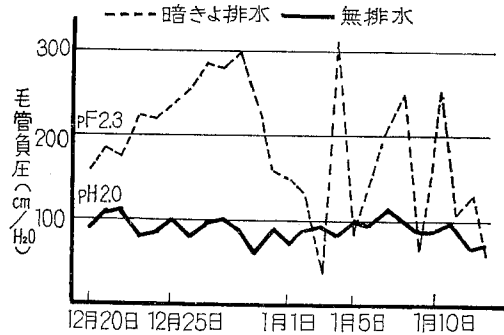


図-25 生育前期の土壌水分の変動 (地表下 15cm)

表-8 生育状況と収量 (10株当たり)

土 壤	処 理	生 育 状 況 (1月16日調査)					収 量 (5月19日まで)			
		茎 径(mm)			第3果房下		全重量 (kg/10株)		総個数	
		第1果房下	第3果房下		葉 長 (cm)	葉 幅 (cm)	実 数	指 数		
		実 数	実 数	指 数						
グライ土壌	暗きょ排水	8.6	10.4	97	37.7	38.9	34.08	98	271	
	無排水	9.6	13.6	127	44.5	43.0	35.47	102	214	

ず、そのうえ、奇形果率が30%を占めており、暗きょ排水ほ場は品質的にはすぐれたものが多く収穫された。

図一25は、生育初期における土壌水分の変動を調査した結果であるが、品質の劣った無排水ほ場は、pF2.0以下の水分張力で経過しており、その水分変動の幅が小さいのに対し、暗きょ排水ほ場は、pF2.3を中心とした水分変動がみられ、変動の幅も明らかに大きい。しかもこの期間のかん水量は無排水ほ場は皆無であったのに対し、暗きょ排水ほ場は表一9に示したように、多量のかん水が行なわれていた。

村松ら<sup>10)</sup>によれば土壌水分の多少によって草勢は著しく変化し、土壌水分が多いと生育はおう盛になり、草勢の強いほど総収量は多くなる傾向であるが、その反面、乱形果によるくず果が多くなると報告され、また、生育初期の土壌水分が収量にかなり強く影響する<sup>12)</sup>ことから、暗きょ排水ほ場と無排水ほ場の土壌水分の変動が、表一8、図一24に示した生育、収量結果の相違となり、とくに土壌水分の過大な無排水ほ場が、奇形果を多くした原因であると考えられる。

表一9 かん水量 (l/株当り)

項目	処 理	1月	2月	3月	4月	計
かん水量	暗きょ排水	5.0	6.0	16.3	36.5	63.8
	無排水	—	—	3.7	0.9	4.6
	れき層土壌	—	14.9	33.7	24.0	72.6
かん水回数	暗きょ排水	11	11	13	11	46
	無排水	—	—	1	1	2
	れき層土壌	—	4	8	4	16

以上の結果から、土壌の内部排水の不良なグライ土壌においては、生育初期の水分のコントロールがむづかしく、このため、トマト栽培における初期の土壌水分が過多となり、草勢をおう盛にし乱形果の発生を多くするので、このような土壌にあっては、トマトの収量、品質の

向上のために暗きょ排水は必要不可欠の対策である。

## 6. カーネーション

### (1) 調査の方法

カーネーションは細く伸びやかな茎で直立しているものが良質の花として評価の一項目となっている。しかし、栽培管理のいかんによっては茎が軟弱で、品質の劣る切花が生産されているほ場がある。この原因の一つは養分吸収の不均衡にあるのではないかと考えられたので、無機成分の吸収状況を良質の切花と比較検討し、養分吸収の不均衡にその一因があるとすれば、これに関係する土壌的な要因を明らかにし、切花品質の向上を図るための基礎資料とするため、賀茂郡河津町の現地ほ場から、茎の硬軟に明らかな差違のある2ほ場を選定し、出荷できる状態の切花を20本ずつ採取し、生育状況と部位別の無機成分吸収状況を調査した。同時に両ほ場の土壌について化学性と土壌水分の変動を調査した。なお、植物体の採取は1968年12月26日に行なった。

### (2) 調査の結果と考察

カーネーションの品質判断はきわめてはん雑なものではあるが、品質を構成する特定の形質に対してそれを規制する要因を追求してゆくことは、カーネーションの品質向上のための栽培管理に重要な意味をもつのみでなく、花き栽培の多くに見られる自意識過剰に基づく生産販売体制の統一化を妨げている要因を取り除くことにも大きな役割りを果たすはずである。また、カーネーションのように多肥条件で連作を続けてゆく場合には土壌悪化の危険性が大きいので、もし連作土壌がカーネーションの品質に影響があるとすれば、土壌管理の面からも早急にその対策を検討する必要がある。

このような観点から、まずカーネーションの茎の硬軟について体内無機成分の組成を検討した。供試材料について茎の硬軟の測定は行なわれなかったが、ほ場での立毛調査の結果ではあきらかに硬軟の差が認められるものであった。

分析に供した切花の生育状況は表一10に示したごとくである。

表一10 品質を異にするカーネーションの生育状況

品 質	節位別茎径 (mm)			節 位 別 節 間 長 (cm)							
	上位から第5節	第6節	第8節	上位から第1節	第2節	第3節	第4節	第5節	第6節	第7節	第8節
硬	3.27	3.51	3.57	0.67	2.86	6.70	8.15	8.28	8.36	7.44	5.93
軟	3.29	3.40	3.60	0.65	2.70	6.39	8.18	8.79	9.07	7.96	6.08

(注) 切花20本についての平均値。節位別茎径は節間の中央部について測定した

表—11 品質を異にするカーネーションの主要無機成分含有率と吸収量

部 位	品 質	風乾重 g/切花 10本	含 有 率 (対風乾物%)					吸 収 量 (切花10本当り mg)				
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
花	硬	7.1	1.24	0.40	2.35	1.65	0.25	88	28	167	117	18
	軟	6.9	1.39	0.39	2.24	1.51	0.28	96	27	155	104	19
茎	硬	10.4	2.00	0.72	5.55	1.72	0.63	208	75	577	179	66
	軟	10.2	2.04	0.74	6.04	1.51	0.59	208	75	616	154	60
葉	硬	8.7	3.20	0.40	4.40	4.19	0.95	278	35	383	365	83
	軟	7.4	3.41	0.43	5.21	4.06	1.07	252	32	379	300	79
わき芽	硬	6.4	2.51	0.58	4.48	2.61	0.60	161	37	287	167	38
	軟	9.1	2.59	0.60	4.39	1.38	0.61	236	55	399	126	56

表—12 品質を異にするカーネーションの体内無機成分の当量比

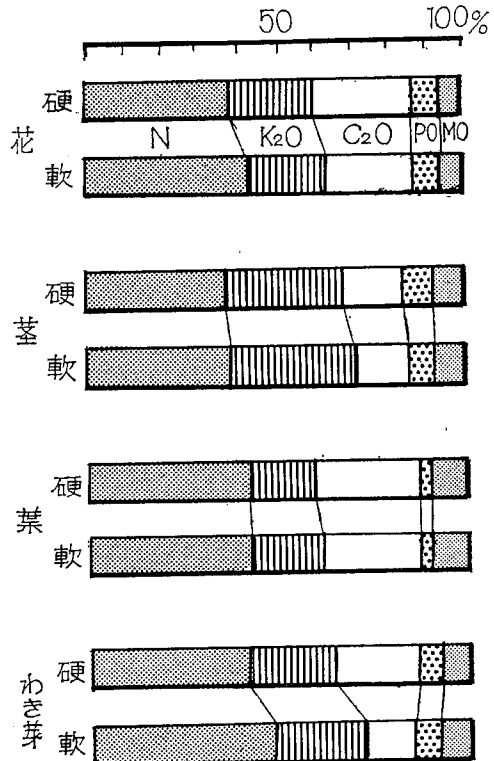
部 位	品 質	N/Ca	K/Ca	N+K/Ca
花	硬	1.50	0.85	2.35
	軟	1.84	0.88	2.72
茎	硬	2.33	1.92	4.25
	軟	2.70	2.38	5.08
葉	硬	1.53	0.63	2.16
	軟	1.68	0.75	2.43
わき芽	硬	1.92	1.02	2.94
	軟	3.76	1.89	5.65

節位別茎径は兩者の間にほとんど差違は認められなかったが、節位別節間長では、第3節間より上位の節間は硬い品質の切花（以下硬という）が若干長い、第4節間より下位の節間は柔らかい品質の切花（以下軟という）のほうが逆に伸びている。一般に下位節間の伸び率の小さいもののほうがわん曲しにくいことが推定されるが、上位節間と下位節間の伸長にこのような差違の認められた原因については、さらに十分な検討を加える必要がある。

植物体の部位別に五要素含有率を測定した結果を表—11に示した。この表から明らかなことは、硬と軟の間でいずれの部位についても一定の傾向を示す要素は窒素と石灰である。そして吸収量について一定の傾向を示す要素は石灰である。すなわち、含有率について見れば、窒素はいずれの部位についても軟の含有率が硬よりも高い傾向を示しているのに対して、石灰は窒素とは逆に、軟の含有率が明らかに低い値を示している。とくに生長の最も盛であるわき芽の部分においては、軟の石灰含有率は硬の約1/2程度の値を示していた。したがって、切

花の品質に関与する成分としては石灰が最も重要な役割を有するものと推定された。

石灰の不足が茎の軟弱化に関係あるとすれば、石灰の吸収を妨げる要因は何であるか、この関係を知るために主要成分についての当量比を検討した結果、表—12に示したように、N/CaあるいはK/Caはいずれの部位においても軟が大きな傾を示している。したがって、石灰、窒素、カリの間の吸収の不均衡が軟弱化に関係しているのではないかと考えられる結果が得られた。



図—26 品質を異にするカーネーションの体内無機成分の分布割合



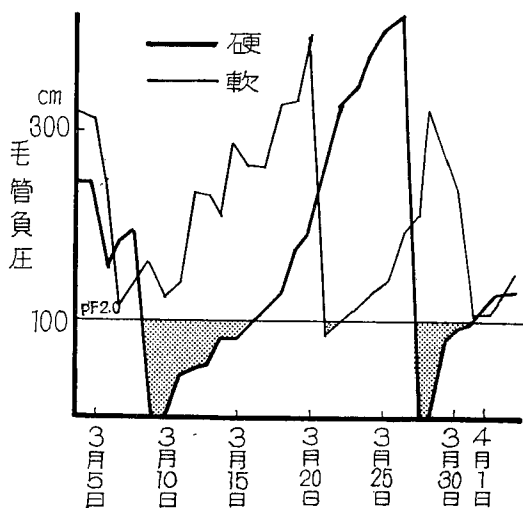
そこで、この間の事情をさらに明らかにするため、各要素の当量値の合計量に対してそれぞれの要素の占める比率を求めた結果を図26に示したが、この図から明らかなように、各部位とも窒素あるいはカリの過剰吸収が石灰の吸収を抑制しているものと考えられた。この現象はすでにトマトのしりぐされ症状あるいはハクサイ、カンランの心ぐされ症状などについて報告されている<sup>16-20)</sup>こととまったく一致する事実である。カーネーションは耐肥性の強い作物であるので、トマト、ハクサイなどのように外見上の壊死症状を示さず、単に茎の軟弱化にとどまったのではないかと考えられる。

ここで、これらのほ場に対する12月上旬までの施肥量と分析試料採取時期の土壌の化学性を調査したものを表13~14に掲げた。12月上旬までの1アール当りの施肥量について見ると、窒素においては硬の12.7kgに対して軟は8.1kgであり、カリにおいては硬の8.2kgに対して軟は9.2kgであった。カリの施用量は軟が若干多いが、窒素は明らかに硬の施用量が多い。

表一13 品質を異にするカーネーション栽培ほ場の施肥量

品質	連作回数	12月上旬までの施肥量 (kg/a)		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
硬	4回	12.69	10.00	8.18
軟	5回	8.10	11.77	9.16

土壌の無機態窒素、置換性カリは施肥量と同様の傾向を示している。置換性石灰は軟の土壌が明らかに高い含量を示していた。土壌中の石灰含量が多く、かつ、窒素施用量あるいは土壌中の無機態窒素含量が少ないにもかかわらず、カーネーション体内の窒素濃度が高く、石灰濃度が低い原因の一端は土壌水分の多少にあるのではないかと考えられた。そこで硬、軟両ほ場にテンシオメーターを設置して、3月上旬から1月間の土壌水分の変動を調査した。この調査結果は図27に示したが、軟のほ場の土壌水分はこの1か月間のほとんどの日数を pF



図一27 品質を異にするカーネーション栽培ほ場の土壌水分の変動

2.0 以上の高張力の状態を経過したのに対し、硬のほ場では約15日間が pF2.0 以下の低張力の水分で経過している。トマトのしりぐされ症状やハクサイ、カンランの心ぐされ症状は、いずれも土壌の過乾がその誘因の一つとしてあげられていることを考えれば、カーネーションにおいても多肥条件で、しかも高張力の土壌水分状態で経過した期間が長い場合には、必然的に体内における窒素、カリの過剰集積を招き、これが石灰の吸収を抑制せしめるものであると考えられる。

なお、硬、軟両ほ場における土壌水分の変動は自然的な立地条件によるものではなく、むしろかん水量の多少によって生じた結果であると推定される。

カーネーションの連作土壌には多量の肥料成分が集積しており、土壌管理、とくに水分管理の適正化を怠ると養分吸収の不均衡を招き、品質低下の誘因になる危険性を内蔵しているということを十分に認識する必要がある。

表一14 品質を異にするカーネーション栽培土壌の化学性

品質	展位	無機態N (mg)			土壌懸濁液の電導度 (重量1:5) (mS/cm)	有効態 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Truog) (mg)	置換性塩基 (mg)		
		NH <sub>3</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	計			CaO	MgO	K <sub>2</sub> O
硬	上 (0~5cm)	52.9	35.2	88.1	1.25	617	217	77	297
	下 (10~15cm)	1.6	21.2	22.8	0.80	321	287	59	181
軟	上 (0~5cm)	7.6	22.6	30.2	0.88	738	414	148	310
	下 (10~15cm)	0.9	13.6	13.9	0.65	417	442	121	202

## 引 用 文 献

- 1) 藤田薫市(1963). メロン栽培の実際(温室研究社) 磐田.
- 2) 池谷保緒・土屋史朗・江塚欣一(1969). 温室メロンの土壤水分の動き. 温室研究. 11(6): 31~34.
- 3) 景山美葵陽・正木敬(1969). 被覆下野菜作物の生育と土壤水分に関する研究(第1報), 園芸学会昭和44年春季大会講要: 126.
- 4) 神谷円一(1969). 温室メロンの栽培と経営(誠文堂新光社) 東京.
- 5) 渋谷正夫(1967). メロンの土壤水分と施肥量について, 温室研究. 9(10): 21~26.
- 6) 静岡農試遠州園芸分場, (1969): 温室メロンの水分管理に関する試験, 静岡農試資料 第1060号43年度春夏作野菜試験成績書: 1~13.
- 7) 鈴木英治郎(1970). 温室メロン栽培の基礎(誠文堂新光社). 東京.
- 8) 玉井虎太郎(1956). 畑作用水合法合理化に関する研究, 愛媛大紀要第6部農学(2).
- 9) 土屋史朗・山田金一・河森武・川口哲男(1968). 施設園芸の土壤管理に関する研究(第3報). 静岡農試研報. 13: 86~96.
- 10) 山田金一・河森 一(1968). 施設園芸の土壤管理に関する研究(第2報). , 静岡農試研報. 13: 69~85.
- 11) 位田藤久太郎(1966). 土壤水分張力(PF)と野菜の生育野菜に関する土壤肥料研究集録. 全購連. 127~129.
- 12) 岐阜農試(1971). 低湿水田地帯における野菜の生産安定に関する試験成績書. 第20号. 128~158.
- 13) 村松安男・神谷円一・大石昱夫(1969). トマトの奇形果に関する研究(第2報), 乱形果の防止対策ならびに花粉稔性と稔実について. 静岡農試研報. 14: 19~29.
- 14) ——(1971). 促成トマト栽培の施肥基準に関する実証試験成績書.
- 15) 寺沢四郎(1961). 畑土壤の水分の運動に関する研究(第1報), 土壤水分応力に及ぼす土壤水分の影響. 土肥誌. 32: 221~226.
- 16) 堀 裕(1959). 富士市における秋播早生カンランの生産の推移といわゆる心腐れ症の発生について(第3報), 野菜産地における土壤の生産力低下の1例として, 園学雑. 28(4): 27~36.
- 17) ——山崎肯哉・上浜竜雄・青木正孝(1959). 野菜の石灰栄養に関する研究(第1報). 東近農試研報園芸部, 5: 98~114.
- 18) ——(1960). 野菜の石灰栄養に関する研究(第2報)ハクサイの石灰欠乏症ならびにその発生に及ぼす培養液組成および濃度の影響, 園学雑, 29(3): 1~2.
- 19) 川口菊雄・河森 武・万豆剛一・篠原捨喜(1962). 野菜の栄養障害に関する研究——白菜の心腐れと栄養障害について——, 静岡農試研報. 6: 33~43.
- 20) ——(1964). ——(統報) 土壤溶液濃度の変化と養分吸収について. 静岡農試研報, 9: 85~92.

## 温床々土の物理性と果菜類の生育

高 橋 和 彦\*

### 1. 緒 言

トマト、キュウリ、ナス、ピーマンなどの果菜類を栽培する場合、畑に直播することはほとんどなく、苗床で集約的な管理の下に育苗するのが普通である。とくに施設を利用しての促成栽培においては、育苗が弱日照、低温という自然の不良環境下の冬期から早春にかけて行なわれるので、醸熟物や電熱線で加温した温床で育苗される。

温床の中の床土の量には制限があるので、苗は限られた範囲にしか根系を展開することが出来ない。そのため床土の良否は苗の性質に大きな影響を与える。また果菜類の特徴として、育苗中に花芽分化が起り、育苗期間の長い場合には、定植時に開花あるいは着果しているものもあるので、収量、とくに初期収量に対して影響が大きい。俗に苗半作とか八分作とかいわれる所以である。

これまで経験的に、床土は次のような諸性質を保持していることが好ましいとされている。すなわち、(1) 土壌伝染性の立枯病のような病害や、線虫などの虫害の恐れのないこと。(2) 保水性、排水性よく通気性も良好なこと。そのため土が単粒でなく団粒組織になっていること。(3) 保温性よく、日照をよく吸収するため、土が黒色であること。(4) 肥よくて養分が徐々に苗に吸収利用されること。などである。

これらの諸条件を満たすために、次のようにして床土を作成する。

まず原土（基土。もつち）として、果菜類をこれまで一度も栽培したことのない水田土壌、畑の心土、山の赤土などを運搬して来る。

次に有機物を用意する。醸熟温床では、普通、前年度の踏込材料（イネわら、落葉などに下肥を加えて醸熟させたもの）を使用する。電熱温床では別にたい肥を作っておく。

原土と有機物それに肥料を足で踏みかためながら、図—1のように交互に層に積重ねて行く。

ときには下肥を加え、また石灰や砂などを加える。

たい積の時期は、使用前年の夏で、たい積と同時に有機物の分解が始まる。秋から冬にかけて図のように切返しを2、3回行なう。クロールピクリンやメチメチルプロマイドで土壌消毒を行ない、場合によっては鉄がまだ焼土をする。最後にふるいを通してから床に入れ、草木灰やくん炭などを表面に被覆してから、種子をまく。

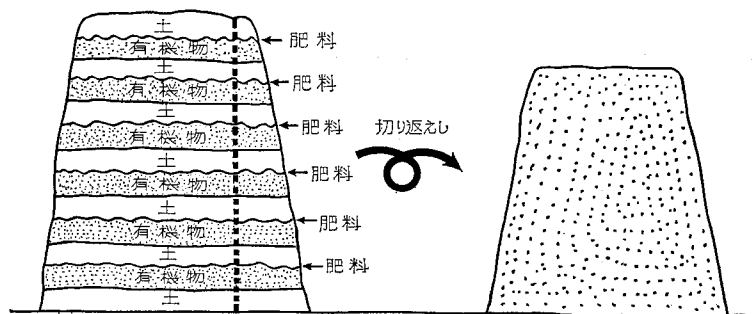
以上は大体の標準として推奨されている方法であるが、場所により原土の性質も加用する有機物や肥料の種類や量も異なり、また、たい積時期や、切返し回数なども皆異なる。原材料の量はいずれも勘に頼って一々計量していない。また仮に計量してたい積したとしても、その後の気象条件によって、熟成度や養分の溶脱の程度などに差があり、毎年同一の性状のものが出来るとは限らない。

このように、たい積、切返しをして作る床土（慣行床土）の作成には、長期にわたる熟成期間と、多くの労力が必要であるばかりか、一定の規準がないために、育苗失敗の原因となっている例がしばしば認められる。

そこでこれらを検討し、床土作成の簡易化、標準化をはかる目的で、1955～1965年にかけて行なった著者の実験の結果を紹介する。

### 2. たい積切返しして作成する床土（慣行床土）の理化学性

東京近郊の果菜栽培を専業としている当業者より床土を25点ばかり収集して調査分析を行なった結果は、表



図—1 床土のたい積と切返し  
夏期に土、有機物、肥料を下肥などを加え、ふみかためながら層に積む。秋～冬に2、3回切返しを行ない、たい積を行なう。切返しは、層に対して直角に土をくずして行く。

\* 東京大学農学部（現在園芸試験場）

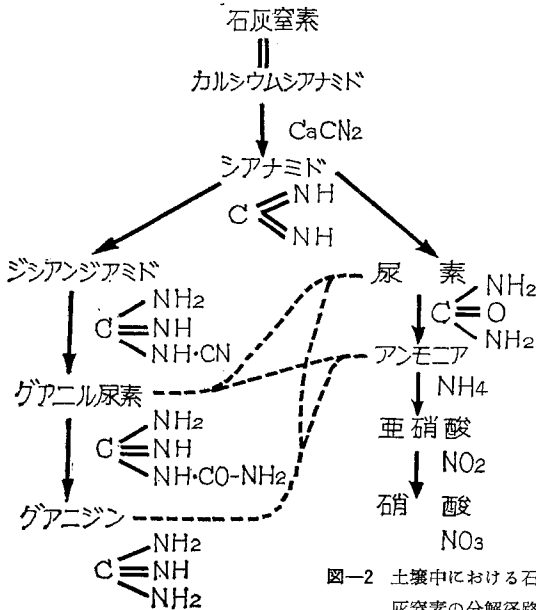
表一 慣行床土の配合方法の1例

用 途	採 取 場 合	混 合 割 合 ・ 堆 積 時 期	加 用 肥 料***
キ ャ ウ リ	神奈川県中郡二宮町	前年度の踏込材料に大麦稈を3:1, 8月下旬堆積3回切返し	石灰N 5貫・下肥60貫 草木灰 5貫・油粕10貫
〃	神奈川県小田原市桜井	畑土に前年度の踏込材料(棉実粕使用)をまぜて使用*	別に添加しない
〃	東京都北多摩郡国分寺町	都市の塵埃・腐熟を焼土したもの**	石灰Nを坪3貫
ト マ ト	東京都立川市富士見町	前年度の培養土に稲わら主体の厩肥, 5:5, 9月下旬堆積1回切返し	脱脂糠 10.7貫・塩加 1.6貫・炭酸石灰5貫・過石5.8貫
〃	千葉県松戸市戸定	2年前の床土に雑草をまぜて堆積**	石灰N・ようりん・下肥の他使用の際草木灰を加える。
ナ ス	東京都北多摩郡田無町	豚舎運動場の土と甘藷床踏込材料, 5:5, 9月中旬堆積1回切返し	石灰9貫・過石9貫・石灰N 2貫・鶏糞8貫 下肥100貫
〃	神奈川県中郡大野町	前年の床土に前年度踏込材料(稲わらに坪米糠1升下肥1斗)を3:7*	別に添加しない

\* 6~9月まで冠に拡げて雨露にさらし後堆積, 数回切返しを行なう \*\* 前年秋堆積, 数回切返し \*\*\* 特記のない限り, 1立坪に対して

表二 慣行床土の理化学的性質 ( ) は平均値

用 途	灼 熱 損 量	pH	可 溶 性 N	有 効 態 P	置 換 性 K	置 換 性 Ca
キ ャ ウ リ	20.8~37.5 (28.2)	5.9~7.5 (6.9)	80~650 (332)	41~830 (346)	3.3~10.6 (6.4)	3.2~24.5 (14.9)
ト マ ト	12.1~18.7 (15.9)	5.2~8.0 (6.9)	100~730 (364)	66~1110 (467)	1.3~10.4 (4.7)	4.5~22.1 (12.7)
ナ ス	6.5~22.8 (15.3)	5.9~7.7 (7.0)	90~440 (235)	61~665 (299)	2.5~10.7 (6.4)	4.5~24.2 (10.6)



図一 土壌中における石灰窒素の分解経路

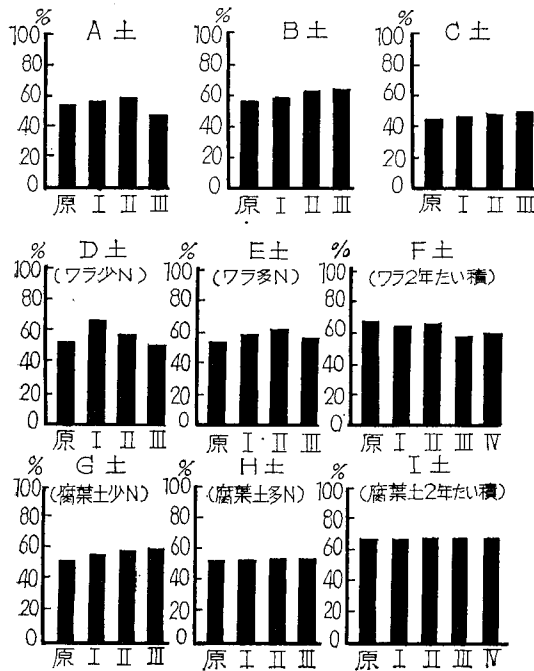
1, 2にみられるように, それらの組成にかなりのばらつきがあり, 有機物含量が少なく畑土様のものから, 逆にたい肥同様なものまで区々であり, 施肥量にもかなりの幅があることがわかった。

ただ一般的に言えるのは, 有機物含量(灼熱損量で表わされる)は, キュウリ用のものは多く, ナス用は少ない傾向にあり, トマト用はその中間値を示していたことである。

著者は, 土, 有機物, 施肥量を計量して床土をたい積し, 2回切返しを行ない熟成させて, 途中の理化学的変化を調べた。

その結果は熟成中に NO<sub>3</sub>-N や K など可溶性養分の溶脱がみられた。しかしリン酸含量は変動が少なかった。

この床土の窒素源としては石灰窒素を用いたが, 熟成した床土で, トマトを育苗した試験では, 多N区(2kg/m<sup>3</sup>)は発芽が抑制され, 子葉は濃緑色となり, 先端が褐変して次第に基部に至り, 枯死するものがあった。



図一 各区のたい積中の団粒%の変化 (団粒70.25mm)

- A土 (千葉県松戸市) : 9月上旬に関東ローム赤土の原土に、新鮮な畑の雑草を加え、石灰窒素や燐燐などの化学肥料と下肥を加えて、交互に層にたい積したもの。  
I (12月中旬), II (1月下旬), III (3月上旬) に採集分析
- B土 (神奈川県平塚市) : 8月上旬に砂壤土に乾燥したイネわらやもみガラに石灰、過石、米ぬかなどの肥料と下肥を加えて交互に層にたい積したもの。  
I (9月中旬), II (10月下旬), III (1月下旬) に採集分析
- C土 (東京都田無市) : 9月下旬に関東ローム、火山灰土 (黒ボク) にほとんど完全したイネわら主体のたい肥を加え、石灰、石灰窒素、過石、けい糞、などの肥料と下肥を加えて交互に層にたい積したもの。  
I (12月下旬), II (1月下旬), III (3月中旬) に採集分析
- D~I土 (東大農学部) : 火山灰土 (黒ボク) に有機物I, N (石灰窒素), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (過石) 1250g/m<sup>3</sup>, K<sub>2</sub>O (硫如) 1,000g/m<sup>3</sup>, D, F, G, Hは土, 有機物, 肥料を混合してたい積し, 2回切返し。F, Iは3者を互いに層にたい積し, 2回切返し, 2年間おく。N成分量は, D, G, 500g/m<sup>3</sup>, E, H, 2000g/m<sup>3</sup>, F, I, 1000g/m<sup>3</sup>, 8月中旬たい積, I (9月下旬), II (11月上旬), III (2月下旬), IV (翌年2月下旬) に採集分析

この原因を追究したところ、図一2に示されるように、与えた石灰窒素が高PHのため分解途上で一部ジシアンジアミドの径路に入り、生じたシアナミド誘導体の直接の害作用と、同誘導体が硝酸化成菌の働きを抑制して、床土中にNH<sub>4</sub>-Nが異常に蓄積するためによることがわかった。

当業者の床土では、すでに表一1にその一部の例をあげたように、石灰窒素を多施用している例が多く、またpHも高いものがあるが、これらの床土では同様な分解径路によって生じた物質によって、苗の生育が阻害されている可能性があることが推察された。

次に、たい積中の団粒の形成、崩壊について調べたが、その結果は図一3のごとくである。

新鮮な畑雑草や未熟なイネわらのように分解容易な有機物をたい積したものでは、腐植化の進行にともない団粒化が起ったが、さらに腐植化が進むと崩壊し、苗床に使用するには、原土よりむしろ団粒が少なくなっていた。やや分解し難い有機物を加えたものでは、団粒化が徐々に起り、使用時には団粒がかなり増加していた。完全なたい肥や腐葉土のように、すでにかかなり腐熟したものを加えた場合は、団粒形成がほとんど行なわれなかった。一般に言われているのは異なり、多N区では低C/N率にもかかわらず、腐植化、団粒化とも遅れたが、これは石灰窒素を施用したため、前述のようにシアナミド誘導体を生じ、有機物を分解する微生物活動を抑制した結果と考えられる。

土と有機物を、たい積当初から混合した場合と、慣行どおり層にたい積し、後に切返えて混合した場合とでは、後者で団粒化の程度が低かった。

以上のように、原土や有機物の種類、施肥量、たい積方法などにより、団粒の形成、崩壊の様相が異なるのが明らかとなった。緒言でも述べたように、床土をたい積する理由の一つとして、土壌の団粒化があげられているが、たい積により常に団粒が形成されるとは限らないことがわかった。

団粒化が要求されるのは、原土の物理性を改善して、排水、保水、通気性などを良好にするためであり、団粒そのものが需要ではないと思われる。温床々土は畑土と異なり、多量の有機物を加えて作るものであり、そのことによつて物理性はかなり変動するのであるから、団粒化の目的だけで、床土をたい積する必然性は必ずしもないよう考えられる。

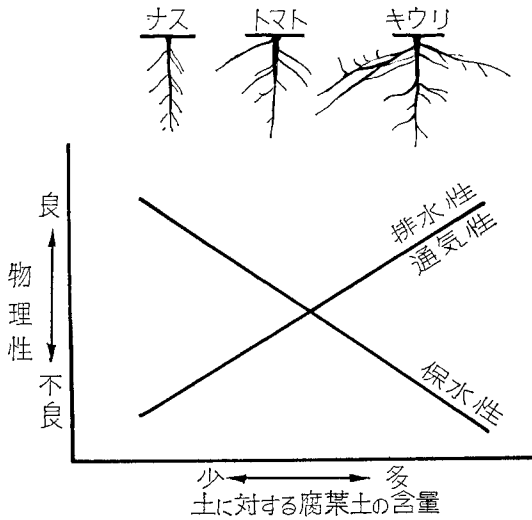
### 3. たい積によらず使用直前に配合する床土 (速成床土)

慣行床土では問題点の多いことが明らかにされたので、たい積によらず使用直前に、原土、有機物、肥料の3者を配合する床土での育苗の可能性を確かめた。

表一3 速成床土作成のための基準\*

種類	配合比 土 : 有機物	施肥量 mg/ℓまたは g/m <sup>3</sup>		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
キュウリ	1 : 3	100	1000	100
トマト	2 : 2	〃	〃	〃
ナス	3 : 1	200	2000	200

\* 火山灰土に腐葉土を加えた場合



図—4 土と有機物の混合比率と物理性の良否模式図

果菜類の育苗試験および畑へ定植しての圃場試験の結果は、速成床土でも慣行床土に劣らぬ好結果が得られることが明確になった。得られた結果に基づいて、一般に広く利用されることを考慮して、表—3のような一つの基準を作成した。

表中に示される施肥量は、普通の苗床での床土の厚さや、移植までの期間にしたがって定めたが、慣行床土のそれに比較すると、窒素、カリは約 1/10 程度の量である。これは前述のように、慣行床土では熟成期間中に可溶性養分の溶脱があるのと、元来が多施肥のためである。

施肥適量の中は窒素の場合は比較的狭く、成分量で 200mg/l 以上与えると、とくに  $\text{NH}_4\text{-N}$  で与えた場合、苗の生育が抑制される。床土は肥よくでなければならないということから、施肥量はかなり多いのが普通であるが、とくに窒素過剰で苗の生育が阻害されている例が多いことが、これからも推察される。

土と有機物の比率をみるとわかるように、キュウリ用は有機物の多い方が、逆にナス用は少ない方が、トマト用は両者の中間がよい結果になった。これは当業者の床土を分析した結果と、傾向がほぼ一致していた。

#### 4. 果菜の種類により組成の異なる理由

土と有機物の配合比率を変えた場合の物理性を調べた結果は、図—4 のように、土に対する有機物の割合が増すにつれ、保水性は乏しくなるが、排水、通気性は増加することがわかった。

一方果菜の根系の発達を調べたところ、キュウリ苗の根の伸長はすみやかで、短期間に根圏はかなり広がる

とともに、2次以下の細根や根毛を密に分枝するのが認められた。したがって比較的広範囲の部位から水分を吸収し、土壤水分を有効に利用し得るので、極端な場合以外は乾燥による地上部の生育阻害はでにくい。

これに対しナス苗の根は発達がかんまんて、同じ期間に直根の周囲に短い1次根が分枝している程度で、根系の発達はかなり遅いのが観察された。

一般に、育苗中は醸熱温が低下すると、地上部の生育が旺盛になり密植になることを恐れて、かん水を控え目にする。したがってナスは水分吸収域が狭く、保水性の高い土でなければ乾燥に耐えることが出来ないと思われる。トマト苗の根は、両者の中間的な性質であった。

果菜の苗の生理面からみると、位田氏らによれば、根の吸収量はキュウリが最大で、ついでトマトで、ナスは最も少ない。またキュウリは土壤中の通気の良いほど生育が良い。ナスは酸素濃度の低下の影響を受けることが少なく、通気が良過ぎると窒素の吸収が減じ、また通気不良になると、根の皮層に細胞間隙がよく発達し、茎葉から根に通気され、かなり通気不良状態に耐える。さらに水耕での通気試験の結果は、キュウリ、トマトは生育に対する通気の効果が大いだが、ナスは効果が少なく、土耕と同様の傾向が認められた。

また育苗には移植の操作を必ずともなう。前述のように果菜類の苗は、移植時に着花、果して「植え傷み」によって落花、果しやすい。実験の結果は、キュウリは最も植え傷みやすく、ついでトマトで、ナスは比較的傷み方が少なかった。これは前述の根の性質、根系の発達の状態と関係が深いと思われる。

すなわちキュウリは根が物理的に軟弱で、しかも根圏が広いと、有機物の割合が多いような軽い床土でない、移植の際に土の重みで断根しやすく、しかも回復力が弱く、また地上部の葉面積が大であるため、蒸散作用がおう盛で、そのため萎凋し、植え傷みやすい。これに対し、ナスは根が丈夫な上、根圏が狭く、断根による回復力もおう盛なため、有機物が少ない重粘な土であっても、断根や植え傷みの程度が少ない。トマトはキュウリ、ナスの両者の中間的な性質と思われる。

以上のように、床土の組成と果菜苗の根の生理、生態的な性質、根系の発達、植え傷みの程度などを関連させて考えると、第3表に示すような配合比が適していると思われる。

#### 5. 速成床土の使用上の問題点

速成床土の有機物源としてイネわらわい肥を使用すると、土壤微生物との養分の競合がおこり、苗が一時的に窒素飢餓になるので、分解しにくい腐葉土もしくはピート・モス用いなければならない。

腐葉土やピート・モスを用いる場合、これらは一度風乾すると水に対する親和性に乏しくなり、かん水を弾じく性質を持っている。また原土に乾燥した有機物を加えると、硝化作用の遅延がおこり、 $\text{NH}_4\text{-N}$  過剰による生育阻害がおこることも考えられるので、できうるかぎり乾燥させないようにする。またピート・モスは石灰を加えて、床土が pH 5~6 になるように調節する必要がある。

## 6. おわりに

これまでの実験結果から、慣行床土にはいろいろ問題があり、これに対して速成床土は、(1) 作成に要する労力を著しく軽減しうる。(2) 短期間で作成可能で、慣行床土のように、長期の熟成期間を必要としない。(3) 養分の溶脱がないので施肥量がかなり少なくてすみ、経費を節減できる。(4) 作成法が簡易で、しかも一定の規準があるので、常に同じ配合のものが作れ、したがって床土不良による育苗の失敗が少ないなどの長所を有することがわかった。

果菜の種類によって、好適な土と有機物の配合比率が異なったが、これは床土の性質——とくに物理性と、苗の生理生態的な特性とが、互に関連しあった結果と思われる。

## 引用文献

1. 杉山直儀・高橋和彦, 1957, 温床々土の理化学的性質について, 園学雑, 26, 223—229.
2. 高橋和彦・吉田雅夫・平尾陸郎, 1960, 温床々土に関する研究(第1報), トマト育苗用速成床土, 同, 29, 27—36.
3. ———, 1960, 同上(第2報), 床土の土壌水分がトマト苗の生育に及ぼす影響, 同, 29, 313—322.
4. ———, 1963, 同上(第3報), キュウリ, ナス, トマト育苗用速成床土, 同, 32, 291—298.
5. ———・崎山亮三, 1964, 同上(第4報), 果菜類苗の根系の発達と移植の植えいたみについて, 同, 33, 234—242.
6. ———, 1964, 同上(第5報), 石灰窒素加用の床土たい積中の成分の変化, ならびに同熟成床土におけるトマト苗の生育, 同, 33, 335—344.
7. ———・李炳驥・吉田雅夫・1965, 同上(第6報), たい積土における団粒の形成, 崩壊と腐植化, 同, 34, 42—48.
8. ———・渋谷正夫, 1965, 同上(第7報), 土と有機物の比率の異なる混合土の物理性, 同, 34, 205—211.
9. ———・吉田雅夫, 1966, 同上(第8報), 土と有機物の比率の異なる混合土の化学性, 同, 35, 134—141.

## 施設栽培における土壌空気について

梅 林 正 直\*

「土は生きている」とよくいわれるが、これは土壌が全体として酸素を消費し、炭酸ガスを発生することを示しており、「土壌は呼吸する」ということにほかならない。土壌中には、無数の微生物が棲息しており、そのうち多くのものは有機物を分解して酸素を消費し、炭酸ガスを発生する。また植物の根も呼吸作用を営み、土壌中のいろいろな小動物も、同じように呼吸している。

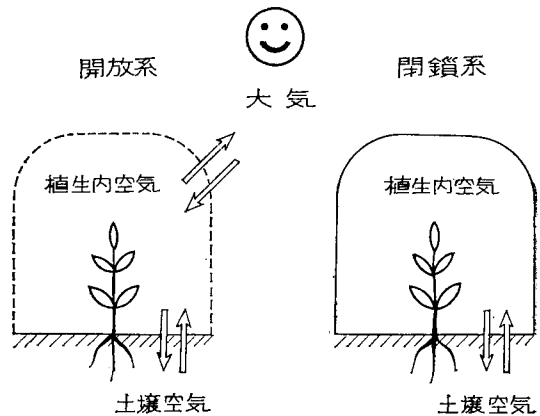
表一 土壌空気と大気と比較

大気の組成		土壌空気の組成	
N <sub>2</sub>	78.09 vol%	≤	75—90 vol%
O <sub>2</sub>	20.95	≥	2—21
Ar	0.93	≤	0.93—1.1
CO <sub>2</sub>	0.03	≪≪	0.1—10
Ne	18 ppm		
He	5.2		CH <sub>4</sub>
CH <sub>4</sub>	2.2		volatile organic acids
Kr	1		NH <sub>3</sub> , amines
N <sub>2</sub> O	1		N <sub>2</sub> O, NO, NO <sub>2</sub>
H <sub>2</sub>	0.5		H <sub>2</sub>
Xe	0.08		H <sub>2</sub> S, mercaptans
O <sub>3</sub>	0.01		
R. H.	30—90%	<	ca. 100%

土壌空気は、大気に比較して、表一のように、炭酸ガスが多く酸素が少ないのが特徴で、水蒸気（R. H. Relative Humidity, 相対湿度で示してある）も多い。窒素の増加は、一部は脱窒による絶対量の増加もあるが、多くは炭酸ガスなどが土壌水に溶けた結果、相対的な比率が増えたものである。その他、有機物の還元分解に伴い、メタン、揮発性有機酸、アンモニア、アミン、亜酸化窒素、酸化窒素、二酸化窒素、水素、硫化水素、

\* 三重大学農学部

メルカプタンなどが発生し、これらが土壌空気中に含まれる場合がある。



図一 植物のガス環境と土壌空気

閉鎖系の施設栽培では、開放系の露地栽培と異なり、土壌空気と植生内空気の関係がより密接である。図一に示すように、開放系では、土壌空気⇄植生内空気⇄大気との交換がよく行なわれるのに対して、閉鎖系では、土壌空気⇄植生内空気との交換が大部分であるため、土壌の通気性、土壌からの炭酸ガスの供給、有害ガスによる障害などが、施設栽培での重要な問題となる。植物のガス環境と土壌空気との関係を解析する場としても、施設栽培は格好の場といえる。

これらの問題のうち、土壌物理の面からみて重要と思われる土壌空気の組成と通気性の問題にしぼって、従来までに得られた実験結果を紹介して、御批判を仰ぎたい。

### 1. ガスクロマトグラフィーの土壌空気組成解析への導入

土壌空気組成を調べるには、ガス分析が行なわれるが、表二に各種ガス分析法の比較を示した。これらの分析法のうちで、ガスクロマトグラフィーは、土壌空気の主成分である窒素、酸素、炭酸ガス、メタン、亜酸化窒素などの分離定量が可能であり、試料量が少なくすむ特徴がある。著者は、昭和34年に農林省農業技術研究所に



表-2 ガス分析法の比較

吸収・燃焼法	一般ガス分析, 含量1%以上, 試料量多い
滴定・重量・比色法	特定のガスには適する
検知管法	微量成分の検出, 半定量
ガスクロマトグラフィ	分離定量 (N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O), 試料量少ない
質量分析法	m/eの差で分離, 微量でも可, 装置が高価
赤外線吸収分析法	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> Oなど, 三成分系以下
熱伝導度法	熱伝導度の差のある二成分系
磁化率法	気体酸素計 (O <sub>2</sub> , NO, NO <sub>2</sub> ), レスポンス遅い
ポーラログラフィ	溶存酸素計 (テフロン膜), ODR計 (白金線)

国産ガスクロマトグラフ装置がはじめて入って以来, 昭和38年に三重大学に転じて現在にいたる約10年間にわたり, 土壌空気組成を解析して土壌空気の動態を把握するために, ガスクロマトグラフィによる分離定量法を確立し, 安価で実用的な土壌空気採取容器を考案して, 2 ml以下の少ない試料量で繰返し多点分析が行なえる土壌空気組成の分析法を組立てた<sup>2,3)</sup>。以下にその概略について簡単にふれることにする。

まず, 現場で多数の土壌空気試料をサンプリング出来るように, 図-2に示すような土壌空気採取容器を考案した。内径5 mmのガラス管の上端をシリコンゴムで封じ, 管内のデッドスペースを少なくするために, 径5 mm弱のガラス棒を入れ, ガラス管の下端を任意の長さで切り, 先端を少しつぶしたものに, 有孔プラスチック球 (内容積25 ml) を装着したもの, あるいは装着しないものを作る。原理的には, 木下<sup>1)</sup>, 矢吹<sup>2)</sup>, Yamaguchiら<sup>10)</sup>の方法と大同小異であるが, 簡単なガラス細工で自作出来る上に, 安価で実用的であることが特徴である。有孔プラスチック球を装着したものは, 気相部分の少ない土壌で土壌空気の採取が困難な場合や, 微量成分の確認のために試料量を多く採取したり, 時間的変化を細かく検討するためにサンプリングを頻繁に行なう際の土壌空気の攪乱を少なくする場合などに適している。

この土壌空気採取容器を,

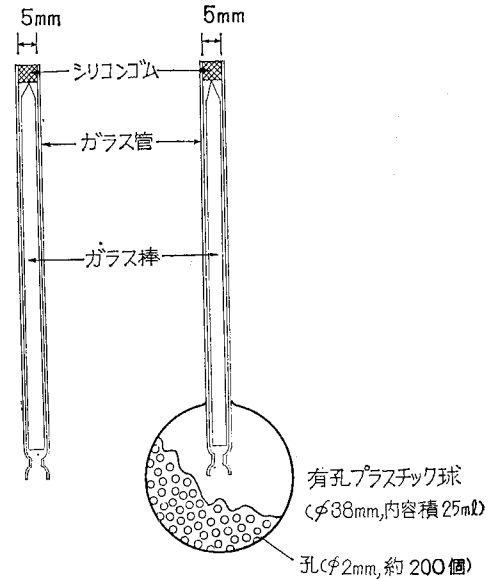


図-2 土壌空気採取容器

圃場の各所に, 種々の深さに埋め込み, 上端のシリコンゴムで封じた部分が地表面に出ているようにする。実際に土壌空気をサンプリングする場合には, 横穴針付注射器 (共通摺合せ注射器, 10 ml~20 ml) で, 採取容器の上端のシリコンゴムを貫通させて, 静かにゆっくりと土壌空気を吸引し, 注射器内が大気圧と等しくなってから針を引き抜き, 直ちに別に用意したシリコンゴム栓に針を差込み, 外気と遮断する。図-3にその大要を図示した。このようにして採取した土壌空気は, 注射器に入れたまま実験室に持ち帰り, 一定量 (1 ml~2 ml) を分取してガスクロマトグラフ装置に注入する。

ガスクロマトグラフィによる分離定量は, 以下に述

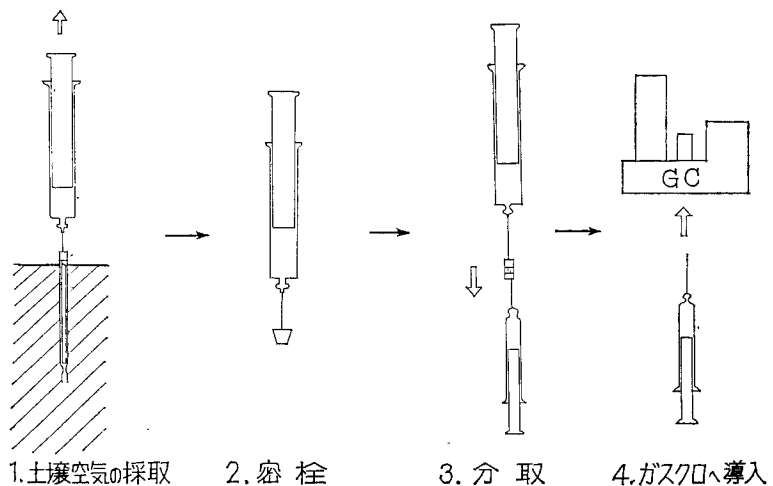


図-3 土壌空気の採取とガスクロへの導入

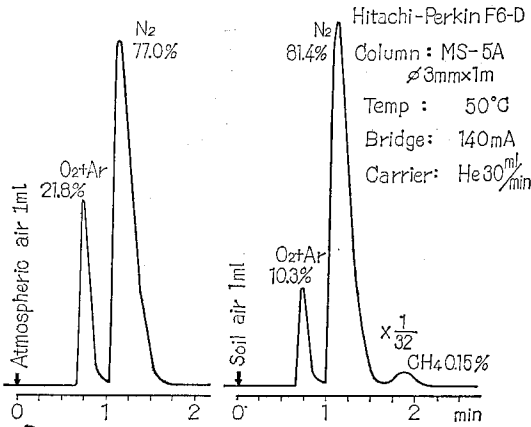


図-4 窒素, 酸素, メタン分の分離定量

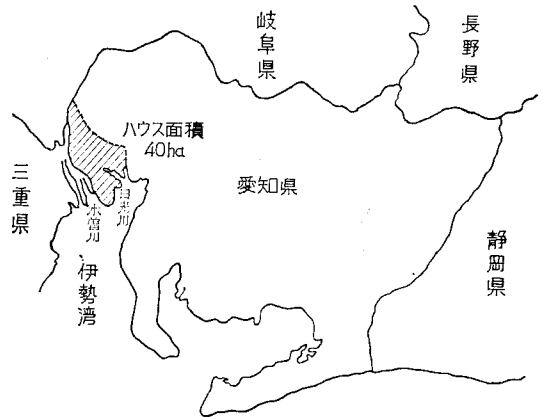


図-6 愛知県海部郡の位置

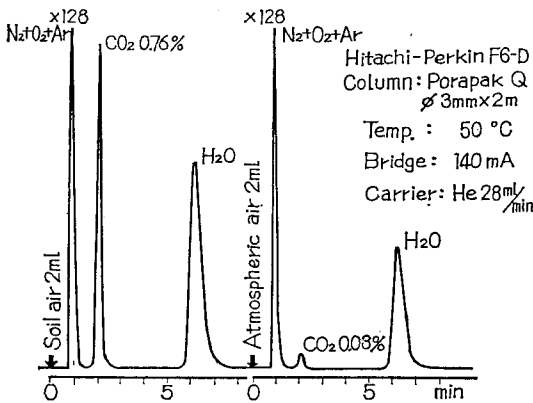


図-5 炭酸ガスの分離定量

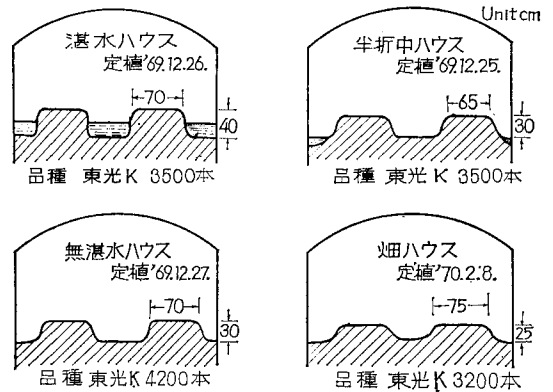


図-7 半促成トマト栽培様式

べる実験条件を定めて行なった。窒素, 酸素, メタンの分離定量には, 充填剤としてモレキュラーシーブ 5 A を, 炭酸ガス, 亜酸化窒素などの分離定量には, 充填剤として“Porapak Q”を用い, 日立パーキンエルマー F 6 D 型ガスクロマトグラフ装置により分析した。それぞれの実験条件および得られたクロマトグラムを, 図-4 と図-5 に示した。クロマトグラムのピークの面積は半値幅法により算出し, 標準混合ガスまたは標準空気を用いて求めた検量線から各成分ガスを定量する。

従来の古典的な吸収法・滴定法や, 赤外線吸収分析計による方法は, 試料量が 50 ml ~ 100 ml 程度必要であり, 連続測定の場合にはかなりの土壌空気を動かすことになり, 攪乱が大きい。ガスクロマトグラフィーは, 厳密な意味での連続測定は出来ないが, 試料量が少なくよく, かつ多点分析に適するので, 著者の組立てた分析方法により, 土壌空気組成の経時的変化を追跡することが可能である。実際の圃場での土壌空気の動態を把握する上で, きわめて有効な方法であることを実証してき

た<sup>3-8)</sup>。

## 2. 低湿地帯水田ハウスの通気性

愛知県農業総合試験場園芸研究所土壌肥料研究室と協同して, 木曾川デルタ低湿地帯における水田ハウス土壌空気の実態を調べ, 通気性の改善試験を行なった。

愛知県海部郡一帯は, 図-6 の斜線部分で示されるように, 木曾川下流のデルタ地帯であり, 海拔 0 m の低湿地帯が多い。耕地の約 95% が水田で, ハウス面積は 40 ha に達しており, 昭和 38 年以来春作トマトの指定産地になっている。このような地下水位の高い低湿地帯における土壌空気組成の経時的変化が, 作物に与える影響について明らかにする必要があると考え, 愛知県海部郡弥富町の農家の半促成トマト栽培水田ハウスと畑ハウスに調査区を設定して, 土壌空気組成の実態を調べた<sup>7)</sup>。

図-7 に示すような栽培様式別に, 湛水栽培, 半折中栽培, 無湛水栽培の水田ハウスと, 対照としての畑ハウスの計 4 区を設定した。

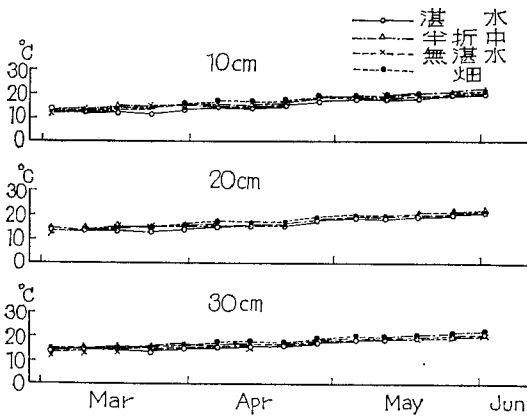


図-8 地温の変化

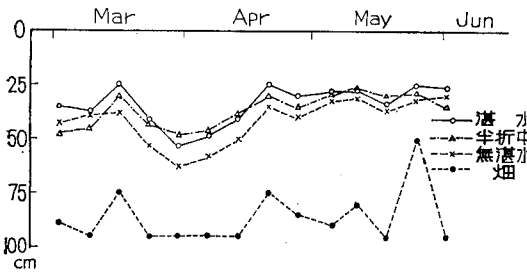


図-9 地下水位(畦面下)の変化

この地方の特徴的な栽培様式である灌水栽培とは、稲の収穫後にくね田と呼ばれる高畦を作り、1月～4月の間は地下水を畦間に深さ20cm前後灌水して、生育初期の保温をはかるもので、古くから行なわれてきた栽培様式であるが、作業能率の点などから現在では無灌水化への

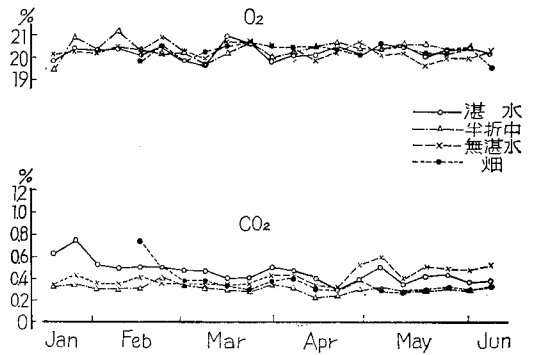


図-11 畦面下10cmにおける酸素と炭酸ガスの経時的変化

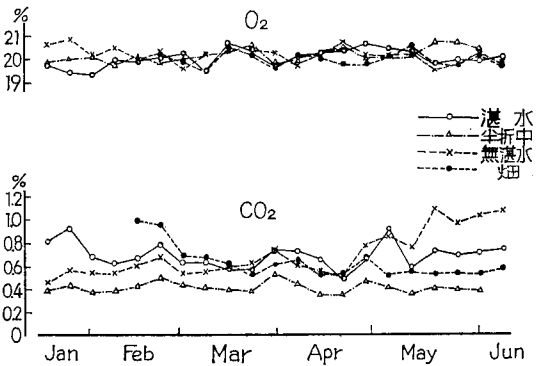


図-12 畦面下20cmにおける酸素と炭酸ガスの経時的変化

方向にある。

図-8に地温の変化を示したが、栽培様式による地温の差、層位別の差も僅かで、急激な変化はなく、6月になるにつれ漸次上昇した。地下水位は、図-9に示すように、畑は低いが、水田ハウスは高く、4月頃から畦面下25cmと高くなっている。

図-10に三相分布を示したが、畑に比較して、水田では液相が多く気相が少ない特徴が認められ、気相率は上層25%、中層10%、下層5%と極めて低い。

ガスクロマトグラフィーにより、各区の畦面下10cm、20cm、30cmの深さにおける土壌空気の酸素と炭酸ガスの経時的変化を調べた結果を、図-11、図-12、図-13に示した。畦面下10cmでは、酸素、炭酸ガスとも栽培様式や時期別には大差なく、酸素は20%

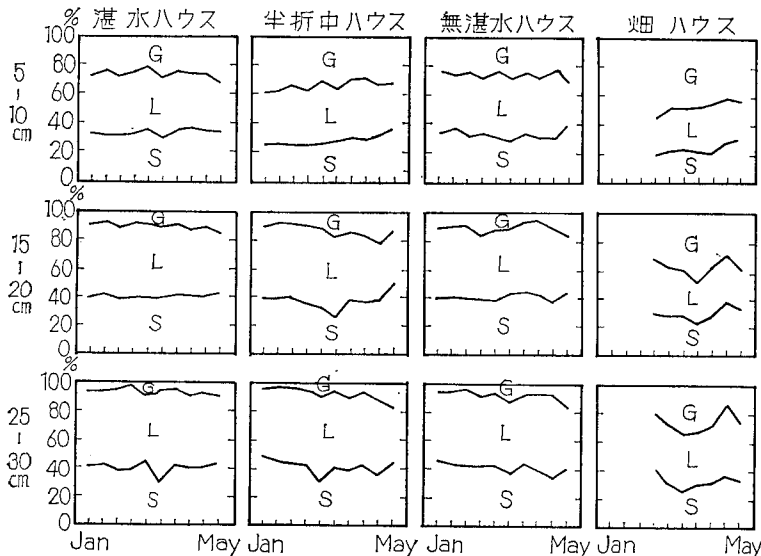


図-10 三相分布

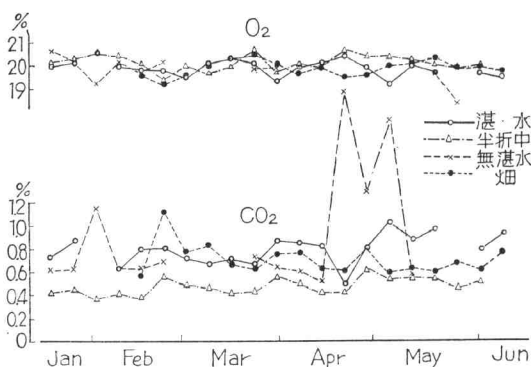


図-13 畦面下30cmにおける酸素と炭酸ガスの経時的変化

前後、炭酸ガスは 0.5%前後の値を示した。畦面下20cmでは、酸素の変動は少なかったが、炭酸ガスは10cmよりもやや高く 0.7%前後で、5月～6月にかけて上昇し、地下水位の上昇と一致した。畦面下30cmでは、土壤空気が採取出来ない場合があったが、酸素は変動が少なく、炭酸ガスは 0.8%前後と高くなり、2～3%に達する時もあった。

このように低湿地帯の水田ハウス土壤は、地下水位の影響を著しく受けているために、液相が多く気相部分の少ない通気性不良の土壤であるが、半促成トマト栽培の栽培期間における土壤空気組成の変動は比較的僅かであり、酸素レベルの極端な低下は認められなかった。従って半促成トマト栽培は、その作期を土壤空気組成の変動の少ない時期に一致させている点で適切であると考えられるが、根の分布が極めて浅い表層に限定されている点や、水田ハウスの周年利用に伴う高温期の土壤空気組成の急激な変動に対処出来るかどうかという点で問題がある。

そこで、水田ハウス土壤の通気性を改善するために、経済的に安上りで実用的な方策を検討した<sup>8)</sup>。

暗渠排水用フレキシブルタイプのコルゲート管（共立農機製、スパイラル鉄線にビニルコーティングした管の外側を化繊被覆したもので、径5cm）を、比較的浅い土



図-14 コルゲート管処理

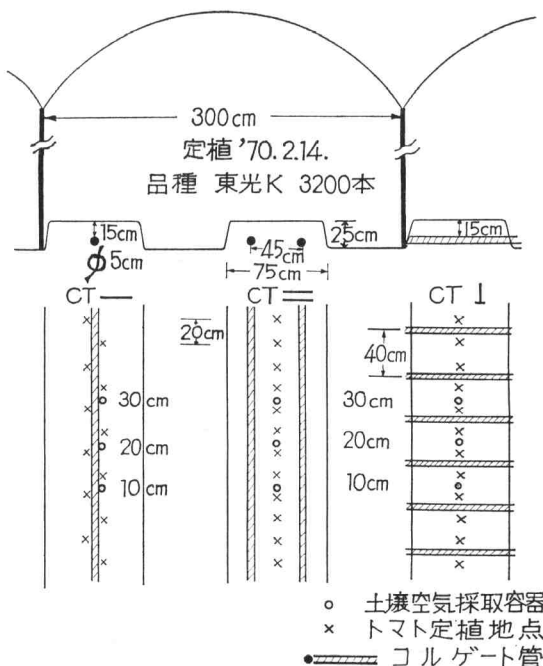
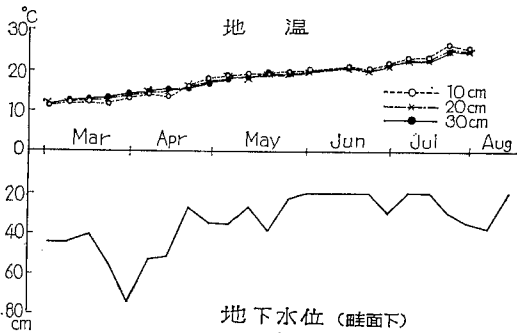
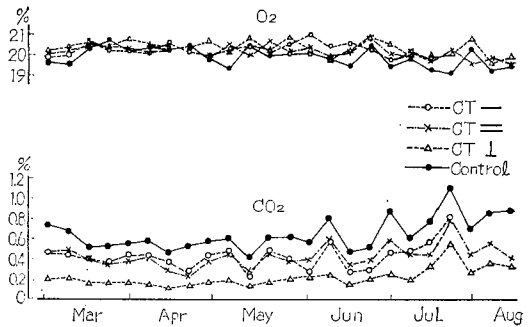


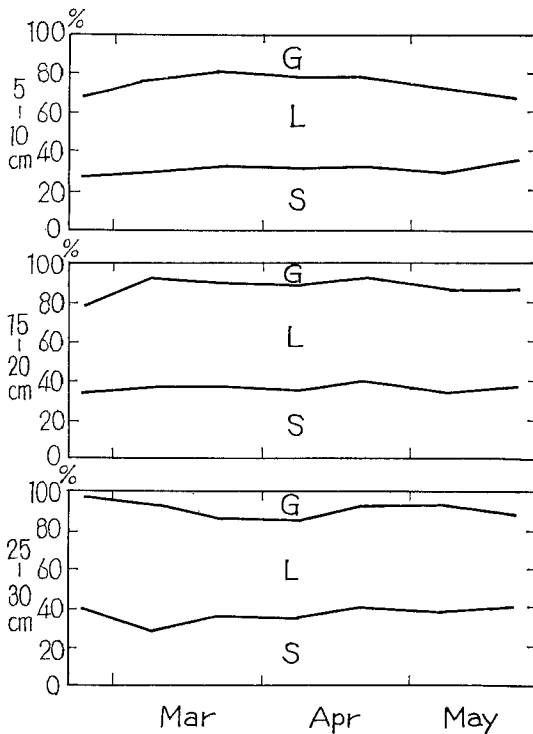
図-15 コルゲート管処理試験栽培様式



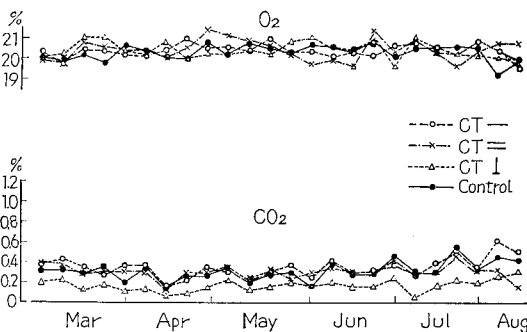
図一16 地温と地下水位の変化



図一19 畦面下20cmにおける酸素と炭酸ガスの経時的変化



図一17 無処理区の三相分布



図一18 畦面下10cmにおける酸素と炭酸ガスの経時的変化

層に埋設し、粗大孔隙を与え、通気孔となるような処理を行なってみた。図一14の写真に示したように、畦面下15cmの深さの所に、コルゲート管を畦に平行に1本、畦に平行に2本（45cm間隔）、畦に直角に数本（40cm間隔）を埋設した区を作り、土壌空気組成の経時的変化を調べた。

試験区は、愛知県海部郡弥富町の半促成トマト栽培水田ハウス（無湛水栽培）を選び、栽培様式その他の詳細は図一15に示した。

図一16に地温と地下水位の変化を示したが、地温は漸次高くなっており、7月～8月には20℃以上になり、地下水位は6月以降高い。

図一17に無処理区の三相分布を示したが、気相部分が少なく液相部分が多い特徴が示され、特に中層、下層においてこの傾向が顕著であった。

ガスクロマトグラフィーにより、各処理区の畦面下10 cm、20cmの深さにおける土壌空気中の酸素と炭酸ガスの経時的変化を調べた結果を、図一18と図一19に示した。畦面下10cmでは、無処理区と比較して、コルゲート管を畦に直角に数本埋め込んだ区の炭酸ガス濃度が低く経過した。畦面下20cmでは、各区の差ははっきり現われ、コルゲート管の本数を増すにつれて炭酸ガス濃度の低くなる傾向が明らかに認められた。

作期の終りにトマトの根の生育を調べたところ、無処理区では浅根で根量も少く、根の張りも悪かったが、コルゲート管埋設処理により根量が多くなり、根の張りも良好で、根がコルゲート管の方へ向ってのびているのが観察された。

このようなコルゲート管埋設処理によって、極めて大きな孔隙を与え、通気孔を設けることは、低湿地帯水田ハウス土壌の通気性を改善するための実用的で有効な方策であることが明らかになった。

### 3. 冬期加温畑ハウスにおける土壌空気、植生内空気の炭酸ガスの挙動

閉鎖系の施設栽培における土壌空気と植生内空気との密接な関係を明らかにするために、三重県津市江戸橋(三重大学附近)の熱風加温ピーマン冬期栽培畑ハウスを選び、炭酸ガスの経時的变化を1時間半おきに連続30時間にわたり、ガスクロマトグラフィーにより測定した<sup>4)</sup>。

表-3 ピーマン冬期栽培畑ハウスの概要

所 在	津市江戸橋地区 海岸沖積砂壤土畑地
規 模	240坪(2作目)および300坪(1作目) 仙頭式重油ボイラー3台による熱風加温
作付体系	ピーマン 品種: 庄助ピーマン(10月上旬~6月下旬)
施 肥	
元 肥	菜種粕 180kg/10 a (N5.6 P2.0 K1.0)
追 肥	菜種粕 30~40kg/10 a / month 化成肥料 30kg/10 a × 3 (N15 P15 K10) 硫酸カリ 20kg/10 a × 1

調査ハウスの栽培様式などの概要を表-3に示したが、菜種粕を主体とする有機質肥料を用いて栽培し、重油ボイラーによる熱風加温を行っており、高知県南国市などで行なわれているピーマン栽培と同じ様式である。

1967年12月に、晴翌日雨の2日間を選び、土壌空気の深さ別(0, 10, 20, 30cm)および植生内空気(0, 0.6m)の炭酸ガスの経時的变化を調べた結果を、図-20に示した。この図は、土層の深さ別の炭酸ガス濃度の変化を示したものであるが、土壌空気では土層が深くなるほど炭酸ガス濃度は高く、晴天の日中光合成によって植生内空気の炭酸ガスレベルが低くなると、土壌空気の方も

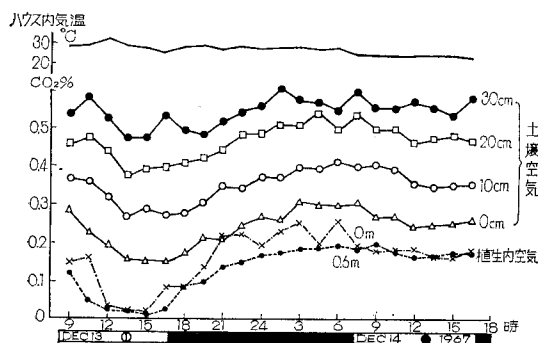


図-20 土壌空気、植生内空気の炭酸ガス濃度の変化

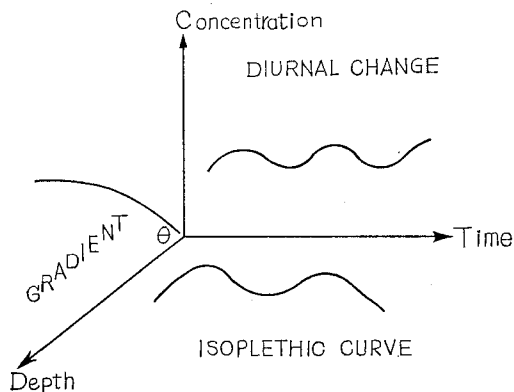


図-21 土壌空気組成の経時的变化の解析

低くなり、夜間は高い傾向が認められた。また雨天の日中は、晴天の日中とは異なり、夜間と同様に炭酸ガスレベルは高く経過した。

土壌空気組成の経時的变化を解析する場合には、図-21に示すように、土壌空気の濃度C、土層の深さD、時間Tの三変数を考え、C-T曲線(それぞれの深さの濃度の時間的变化を表わす消長曲線)

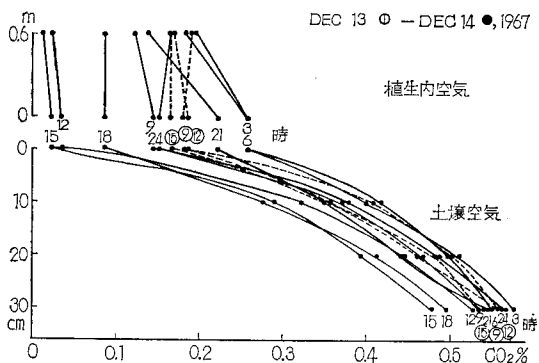


図-22 土壌空気、植生内空気の炭酸ガスのC-D曲線(濃度勾配図)

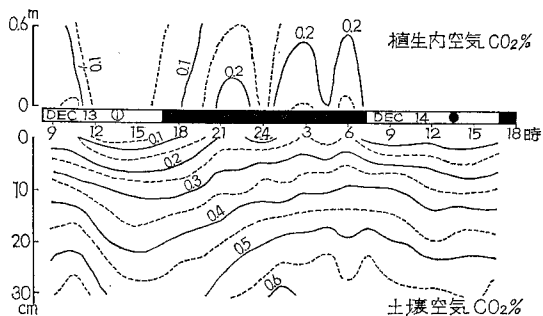


図-23 土壌空気、植生内空気の炭酸ガス濃度のD-T曲線(等値線図)

C-D曲線（それぞれの時点における濃度の垂直分布を表わす勾配図、 $\tan\theta$ =濃度勾配）

D-T曲線（C-D-T立体模型のそれぞれの濃度における切断面の投影を表わす等値線図 isoplethic curve）の三種の曲線で表わして解析することが有効である。

C-T曲線で表わされた図-20の結果を、C-D曲線で表わしてみると図-22のようになる。ここでは、第1日目の晴天の日中の正午頃に濃度勾配は最大となり、炭酸ガスが土壌から盛んに供給され、日没直後に濃度勾配は最小となり、炭酸ガスの供給はゆるやかになるという日変化が示され、第2日目の雨天の日中(点線、○印)は夜間と同じような濃度勾配を示すことが明らかになった。

炭酸ガス濃度の等値線図、すなわちD-T曲線で表わしたものは、図-23のようになる。晴天の日中正午頃は等値線の間隔が密で、炭酸ガスが土壌から盛んに供給されていることを示し、日没直後から等値線の間隔は疎になり、炭酸ガスの供給がゆるやかになることを示しており、日出から日中にかけての炭酸ガス濃度の減少は、土層が深くなるほど時間的な遅れが出ていることが、はっきりわかる。雨天の日中は、等値線が夜間と同様に横ばい状態であり変化していない。

このような解析の結果から、閉鎖系の施設栽培では、土壌空気と植生内空気の炭酸ガスの日変化の間には極めて密接な関係があることがわかった。夜間には土壌からの供給や作物の呼吸によって、植生内空気の炭酸ガス濃度は高くなるが、光合成の盛んに行なわれる晴天の日には午前中に消費され、日中多量の炭酸ガスが絶えず土壌から供給されている。これに対して雨天の日には、光合成による消費が少なく、夜間の場合と似た傾向を示すことが明らかになった。従って閉鎖系の冬期加温ハウス栽培では、土壌から供給される炭酸ガスが光合成に大きく寄与しており、この点で有機物施用の意義は重要であると考えられる。

ガスクロマトグラフィーは、このような土壌空気の動的变化を把握するための繰返し多点分析に適しており、得られたデータを濃度勾配図や等値線図に表わして解析する方法は、土壌空気組成の消長や土壌の通気性の研究に対し極めて有効である。

#### 4. 動的平衡状態にある土壌空気の動きの把握と今後の問題点

現場における土壌空気の動態を研究する場合に、濃度勾配の変化や等値線図を解析する方法が有力な武器になることを述べて来たが、土壌空気の炭酸ガスの濃度勾配についての考え方や、土壌の通気性と土壌空気の拡散について研究を行なっていく上での問題点を指摘したい。

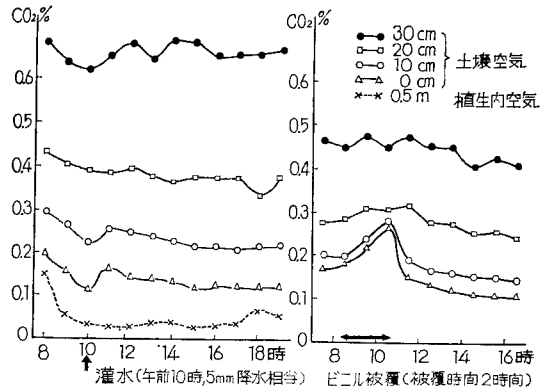


図-24 灌水、ビニル被覆による炭酸ガス濃度の変化

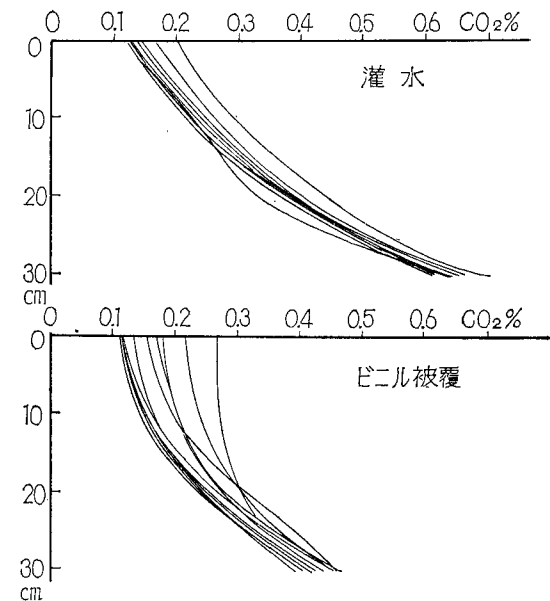


図-25 灌水、ビニル被覆による炭酸ガスのC-D曲線(濃度勾配図)の変化

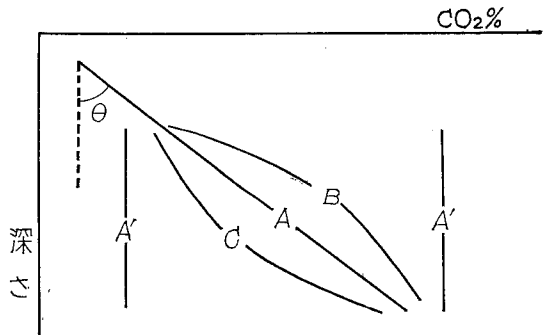


図-26 土壌空気の炭酸ガスのC-D曲線の基本型

前述した冬期加温畑ハウスにおいて、5mm降水相当の灌水を行なったり、2m平方のビニルを土壌表面に被覆したりして、一時的に通気を阻げるような人為的処理を

行なってみると、図-24に示すような結果が得られた。灌水やビニル被覆により短時間土壌空気の炭酸ガスレベルは増加している。これを濃度勾配図に表わしてみると、図-25のようになり、灌水では勾配は変わらないがC-D曲線の平行移動としてとらえられ、ビニル被覆では表層での勾配の減少としてとらえられた。

一般に土壌中の炭酸ガスの濃度勾配や各層の濃度は、時間的に変化するが、ある時点におけるC-D曲線は、それぞれの土壌に特有のものであると考えられる。土壌空気の炭酸ガスのC-D曲線には、図-26に示すように基本的な三つの形がある。

- A. 直線（全体に濃度勾配が均一、A'は濃度勾配0）
- B. 上に凸（上層にいくほど濃度勾配が大）
- C. 上に凹（上層にいくほど濃度勾配が小）

この三つの組合せで、いろいろなC-D曲線が表わされる。

C-D曲線は、動的な平衡状態が保たれている土壌中の、その時点における拡散の方向を示すものであるから、この曲線の形と勾配から直ちに土壌の通気性について論ずることは出来ない。しかし、C-D曲線で示される拡散の実態は、温度一定の時には主として(1)ガスの発生量と(2)通気拡散を支配する土壌構造（ガスの通路となる非毛管孔隙の三次元的分布）の二つの因子の関数であると考えられ、一方の因子が一定であれば、C-D曲線の変化から他の因子の変化を推定出来る。

実際の土壌では、これらのガス発生量と土壌構造の二つの因子が同時に変化している場合が多く、このような場合にはガスの発生量をおさえるか、土壌の通気拡散係数を測ってC-D曲線を解析することが出来る。また、灌水やビニル被覆などの人為的処理によって一方の因子を短時間変化させ、C-D曲線の時間的変化を追跡することにより、動的平衡状態での解析が可能となる<sup>9)</sup>。

現在このような観点から、土壌のガス拡散係数を測定する装置を検討しており、従来の圧力差による通気係数とは異なるそれぞれのガス成分に対応した拡散の実態を把握することが必要であると考えている。その際、通気拡散に関与する非毛管孔隙の形態と三次元的分布により、拡散の状態がどのように異なるかを明らかにしたい。また、動的平衡状態にある土壌空気の動きを把握する際には、土壌の三相のうち、変化する液相と気相の関係を考慮するとともに、気相、液相、固相の三相間の各成分ガスの平衡を常に重視しなければならない。

以上の問題点を解決しながら、今後も施設栽培の現場で、「植物のガス環境と土壌空気の解析」についての研究を進めていきたいと考える。

終りに、低湿地帯の水田ハウスで協同研究をして頂いた愛知県農業総合試験場園芸研究所嶋田永生・武井昭夫技師に対して厚く御礼申し上げます。また三重大学農学部北岸確三教授には、終始御指導を頂き、感謝の意を表するとともに、実験の一部を実施された三重大学大学院生の高橋利郎・吉田吉明の両君に感謝する次第です。

#### 引用文献

- 1) 木下彰：土壌構造と通気の関係—土壌空気の組成と陸稲、大豆の生育、農技研土壌物理研試験研究成績、昭和30年度、1—14（1955）
- 2) 梅林正直・益子洋一郎・松尾英俊：土壌中より発生する各種ガスのガスクロマトグラフィーによる分離定量（第1報） $H_2$ 、 $O_2$ 、 $N_2$ 、 $CO_2$ 、 $CH_4$ 、 $NO$ 、 $N_2O$ 、 $NO_2$ の分離定量、土肥要旨集、9、支16（1963）
- 3) 梅林正直・北岸確三・高橋利郎：同上（第2報）ハウス土壌空気およびハウス内空気の $CO_2$ の定量、土肥要旨集、14、臨59（1968）
- 4) 梅林正直・高橋利郎・北岸確三：同上（第3報）土壌空気および植生内空気における $CO_2$ の日変化に対する解析への応用、土肥要旨集、15、118（1969）
- 5) 梅林正直・高橋利郎・北岸確三：同上（第4報） $CO_2$ 濃度勾配の日変化・年変化について、土肥要旨集、16、臨5（1970）
- 6) 梅林正直・高橋利郎・吉川操次・石崎博一・北岸確三：同上（第5報）マルチングが土壌空気組成におよぼす影響について、土肥要旨集、16、113（1970）
- 7) 梅林正直・武井昭夫・吉田吉明・嶋田永生・北岸確三：植物のガス環境と土壌空気の解析の研究（第1報）低湿地帯における水田ハウス土壌空気の実態、土肥要旨集、17、108（1971）
- 8) 武井昭夫・梅林正直・吉田吉明・嶋田永生・北岸確三：同上（第2報）低湿地帯における水田ハウス土壌のコレクター管処理による通気性の改善、土肥要旨集、17、108（1971）
- 9) 矢吹万寿：高畦内土壌空気の炭酸ガス濃度、農業気象、21、113—114（1965）
- 10) Yamaguchi, M., F.D. Howard, D.L. Hughes, and W.J. Flocker: An Improved Technique for Sampling and Analysis of Soil Atmospheres. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 26, 512—513（1962）



ガラス室・ビニールハウス内の温度環境と CO<sub>2</sub> 環境

内 嶋 善 兵 衛\*

## 1. はしがき

わが国の気候条件をみると、冬期においても日射量は作物の生育に十分な量であるが、温度が低いために作物栽培の妨げられていることがわかる。作物をとりまく微細な気象環境の制御は古くから利用されてきたが、第2次大戦後における合成化学工業の進歩は大きな変化を農業生産のなかにもたらした。すなわち、石油化学工業は日射をよく通す各種のプラスチック膜を低価格で多量に供給するようになった。これによって多くの栽培用ビニールハウスが全国的に作成され、現在われわれの身近かに見られるような農業生産とくに野菜生産に革命的な変化をもたらした。

しかしながら、各種栽培ハウス内の気象環境（温度場・湿度場・風速場・CO<sub>2</sub> 場など）の定量的な研究は現場技術の後塵を拝し、多くの技術が実際現場のなかで、芽生え育つことが多かった。最近、ハウスの規模は拡大の一途をたどり、集団化して一括して制御するという方向に進んでいる。これらの流れは環境制御との関連で、ハウス内環境の成立機構の解明を必要としている。現在、ハウス内の微細環境に関する多くの研究が国の内外で展開されている。それらのいくつかを参照しながら、簡単にハウス内の温度環境と CO<sub>2</sub> 環境とについて説明しよう。

## 2. ハウス内の温度環境

## 1. ハウスに作用する熱収支成分

上に説明したように、ハウスの第1目的は作物周辺の温度環境を改良して作物の生育を可能にさせることである。野外条件と同様に、ハウス内の温度環境はハウスに作用する種々な熱収支成分の作用の結果としてつくり出されている。温室の内外に作用している放射収支成分ならびに熱収

支成分をモデル的に表わすと図-1のようになる。図中の矢印の大きさは各項の役割の大小を近似的に表わしている。放射収支のなかで特に大きい役割を果たしているのは、太陽および天空からハウスに到達し入射する全短波放射（0.3~3.0μ波長域）である。極く一部が反射・吸収されるが60~70%以上の部分が床面に入射する。ハウス床面で反射された全短波放射の一部はガラス・フィルムを通して再び天空へ逃げてゆくが、残りは多重反射をくりかえしながら、床面と壁面に吸収されることになる。

ハウスに作用するのは、短波放射だけでなく、各物体（ガス体をふくむ）の絶対温度の4乗に比例して射出されるより波長の長い長波放射（または赤外放射、3.0μ以上）が作用している。天空中にふくまれている水蒸気・CO<sub>2</sub> ガスから下向きの長波放射が射出されており（約0.5~0.6ly/min, ly=cal/cm<sup>2</sup>）、常にハウス外壁に到達している。また、ハウス周辺の地面から射出された長波放射の一部はハウス外壁に作用している。ガラス・ビニールは長波放射に対して不透明で到達した放射は完全に吸収されるが、ポリエチレン膜は長波放射に対してかなり高い透過率をもっている。ハウス外壁面はその温度の4乗に応じた長波放射を周辺の地面および天空に対して射出している。これらの差引きによって壁面での温度変化に影響をもつ有効長波放射フラックスがきまってくる。

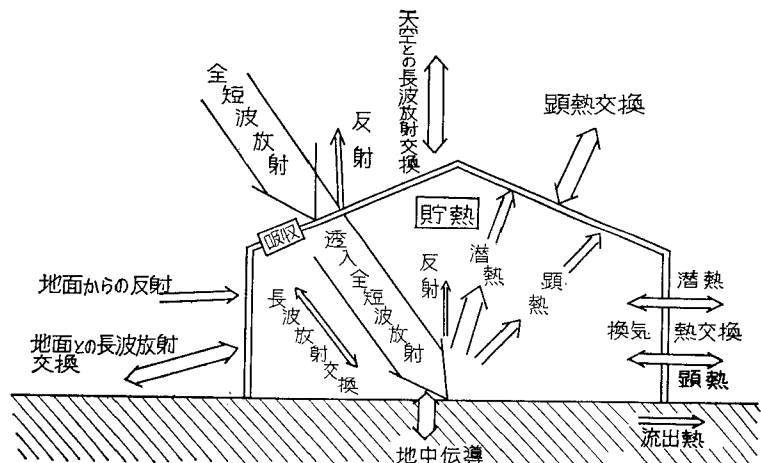


図-1 ハウスに作用する放射収支・熱収支成分（内嶋原図）

\* 農業技術研究所・気象科

る。

ハウス内部でも同様に長波放射交換が内壁面と床面との間に行なわれている。室内が乾いている場合には、内壁面と床面の温度はかなり近いので、ハウス内の有効長波放射フラックスはかなり小さい。しかし、床面が湿っていたり植物が密に茂っている場合には、床面は内壁面より温度が低い場合が多いので、床面は長波放射交換によって熱フラックスを獲得することになる。

床面に吸収された全短波放射と有効長波放射の和できまる放射フラックス量は床面の純放射とよばれ、地温・気温の上昇、蒸発・蒸散に使用される。また一部は植物体温の上昇に使われる。床面とハウス内空気との間には温度差と湿度差があり、熱交換（しばしば顕熱伝達とよばれる）と水蒸気交換（水蒸気フラックスに蒸発の潜熱を乗じたものは潜熱伝達とよばれる）が行なわれている。

床面からハウス内空気中に伝達された顕潜熱は壁面の隙間を通して（換気交換）、または壁材を通して外気中へと分散されている。壁材を通しての熱伝達係数（熱貫流率）の小さいほど、また隙間を通しての空気交換の悪いほど、単位熱量をハウス内から外気中へ運搬するのに大きな温度差が必要になってくる。すなわち、ハウス内気温は外気温より高くなっていく。これがハウスによる温度上昇の主な原因である。ハウスによる昇温の原因としては温室効果（ハウス壁材は全短波放射はよく通すが赤外放射はほとんど通さないという性質による）があげられてきたが、最近では、ハウスによる乱流交換現象の抑制が主な原因であることがわかってきた。

2. ハウス内外の放射

上の説明からわかるように、ハウスによる気温環境改

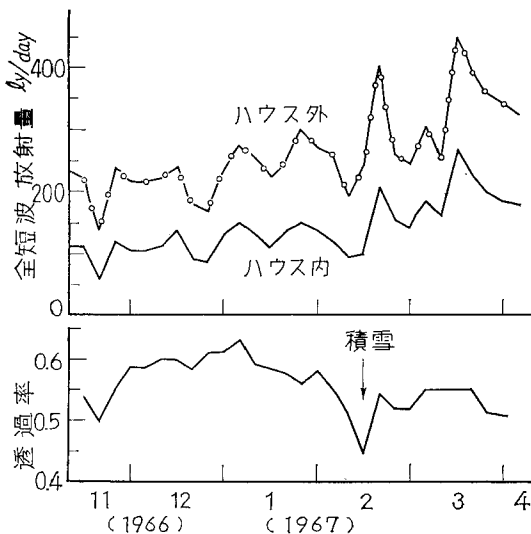


図-2 ガラス室内外の日射（全短波放射）環境（岩切1971）

善の主な原因は壁面を通して床面に入射した全短波放射（太陽熱）の外部への放散を抑えることである。それゆえに、ハウスによる温度の上昇は熱放散の抑制程度のみならず、入射する太陽熱の多少にも密接に関係している。それゆえ、ハウスの全短波放射透過率については数多くの研究が内外で行なわれている。

ガラス室（農技研）内外での日射環境の比較が図-2に示されている。日射量のすくない冬期においては床面での値は約 100ly/day で、ハウス外に比較してかなりすくないことがわかった。太陽高度が高くなってくると、床面日射量も次第に増加してくるが、ガラス面の汚れのために日射透過率は減少している。日射透過率は太陽高度、放射の組成（直達放射と散乱放射の割合）、ハウスの方位角と傾斜角、壁材の反射率と透過率、フレームの面積比などによって変化する。Edwards (1965) はガラス室の直達放射に対する透過率は夏に 0.57、冬に 0.68と変化するが、散乱放射に対する透過率は約0.69でほぼ一定といている。全短波放射に対するガラス室の平均透過率は、太陽高度約15度での0.6から太陽高度約65度での0.8までほぼ直線的に増加することが報告されている。

さきに説明したようにハウス内の温度場に直接影響を与えるのは、短波放射ならびに長波放射のさし引きによってきまる純放射量である。ガラス室内外での放射観測データから求めた結果が図-3に示されている。両者の

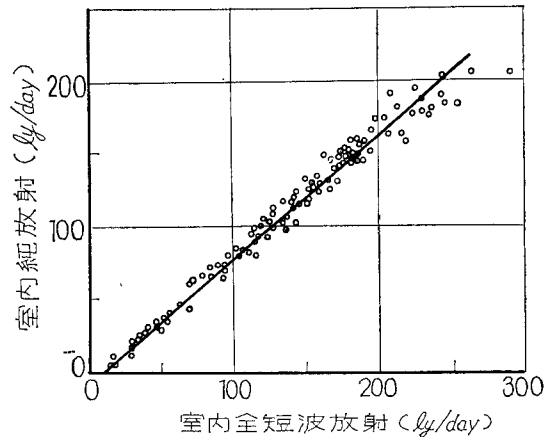


図-3 ハウス内における全短波放射と純放射の比較（岩切1971）

間には極めてよい比例関係があり、それは次式で近似できることがわかった。

$$\left. \begin{aligned} iS &= -8 + 0.87 i(Q+q), \\ iS &= -14 + 0.5 o(Q+q), \end{aligned} \right\} \text{ly/day} \quad (1)$$

ここで  $iS$  は室内の純放射量、 $i(Q+q)$  は室内の全短

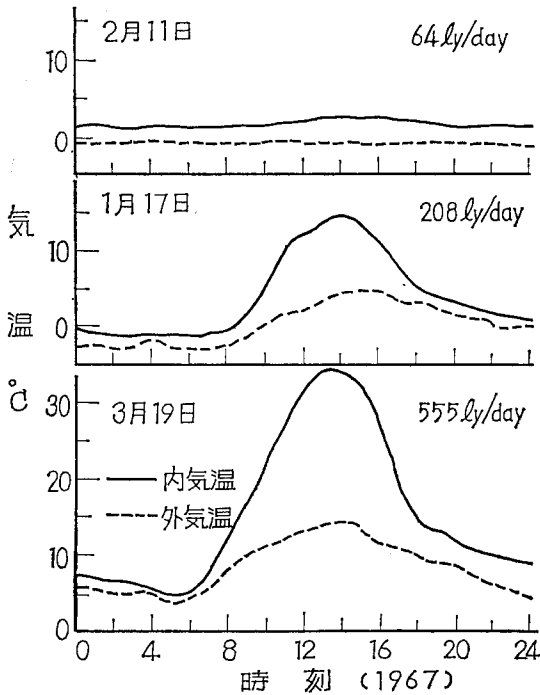


図-4 ハウス内外における気温日変化と日射量 (岩切, 1971)

波放射,  $o(Q+q)$  は室外の全短波放射。この関係式はガラス室内の純放射量の粗い推定に用いることが可能である。

Ubing (1961) の提出したつぎの daylight coefficient ( $f$ ) を利用すると、ハウス内の床面の純放射は次式で与えられる (小倉1968, 岩切1971)

$$iS = \frac{o(Q+q)f}{1-\tau a} (1-a) + 4\sigma \bar{T}^3 (iT_w - iT_s) \quad (2)$$

ここで  $a$  は床面のアルベド (全短波放射に対する反射率),  $\tau$  は内壁面のアルベド,  $\sigma$  はステファン・ボルツマンの定数,  $\bar{T}$  は室内平均気温の絶対値,  $iT_w$ ,  $iT_s$  は内壁面と床面の温度。図-3 に示されている結果は、床面での長波放射熱交換がかなり弱いことを物語っている。しかしながら、夜間においては  $iT_w < iT_s$  となり、無視できない熱量が放射によって壁面に伝達されることが知られている。

ハウス内の放射環境においても一つの重要な問題は光合成有効放射 ( $0.38 \sim 0.71 \mu$ ) および青色光の透過である。作物による物質生産ならびに良質な収穫 (蛋白質含量, ビタミン含量など) をうるには、光合成有効放射がより多くハウス内に透入することが大切である。しかしながら、現在農業の実際に使用されているハウス内外の光エネルギーの波長別分布は余り知られていない。特

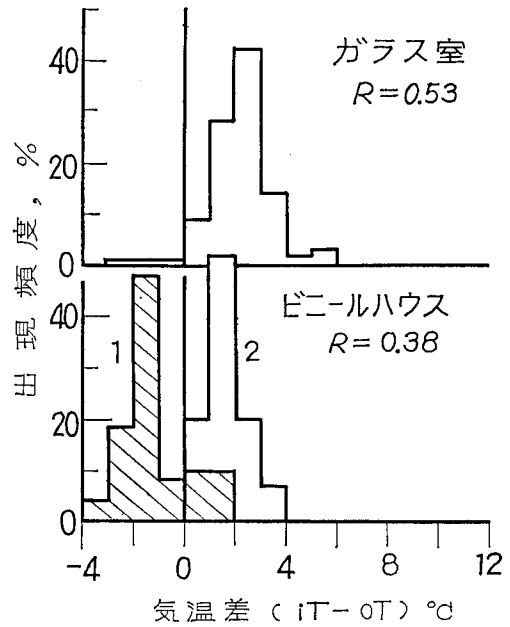


図-5 ハウス内外温度差の出現頻度 (内嶋・岩切, 1971)

に、変化する気象条件下および汚れたハウス内のそれらについては殆んど情報がえられていない。野外と同様な品質 (栄養的) をもった収穫をあげるためにも、光環境の研究が必要であるように思われる。

### 3. ハウス内の温度の実態

ハウス内外の気温日変化の比較が図-4 に示されている。図にみられるように、日射量がわずか  $64 \text{ ly/day}$  においては日変化はほとんどみられず、 $3 \sim 4^\circ\text{C}$  の差を保って両者はほぼ平行に経過している。日射量の増加につれて内気温と外気温の差は大きくなっていく。特に日中時においては約  $20^\circ\text{C}$  に達している。最高温度の差  $\Delta T_m (=iT_{a, \max} - oT_{a, \max})$  と日射量の日中最大値  $\Delta Q$  (ly/min) との間には比例関係があり、次式で近似できることがわかった。

$$\Delta T_m = 2.0 + 14.4 \cdot \Delta Q \quad (3)$$

これから、 $\Delta Q = 1 \text{ ly/min}$  であれば内気温は外気より約  $16^\circ\text{C}$  も高くなり、 $\Delta Q = 0 \text{ ly/min}$  でも  $2^\circ\text{C}$  高くなることがわかる。この結果が普遍的に適用できるとは考えられないが、一般の栽培用ハウスについては当てはまるものと思われる。

しかしながら、われわれの観測から夜間におけるハウスの温度維持に対して床面からの地中熱流が非常に重要な役割を果していることがわかった。その結果が図-5 に示されている。図にみられるように、普通の状態にあるガラス室 (無栽植) およびビニールハウス (栽植) で

は、室内夜温は外気温より高い場合が95%以上で、室内夜温が外気温より低くなる例は2~3%にすぎない。しかし、床全面にポリスチロール板（厚さ3cm）をはって地中への（からの）熱伝達を遮断したハウスでは、観測例の多くの場合において室内の夜間気温は外気のそれより1~4℃低くなっている。このような逆転現象が5月という暖い季節においてもみられた。以上の例は、夜間におけるハウス内の温度場の形成に地中熱伝導が非常に重要な役割を果していることを示している。

4. ハウスによる温度環境の予測

ハウスによる温度上昇度の予測は内部環境の制御計画をたてるうえに非常に大切である。種々な方法（熱収支法、レスポンス法、ダイナミックシミュレーション法など）が工夫されているが、ここでは熱収支法について説明することにしよう。床面での熱収支式（床面での熱エネルギー保存則の一表現）はつぎのように表わされる。

$$A_f \cdot iS_o = A_f (B_o + lE_o + L_o) \tag{4}$$

ここで  $A_f$  は床面積 (cm<sup>2</sup>)、 $iS_o$  は内部床面での純放射量 (ly/sec)、 $B_o$ 、 $lE_o$ 、 $L_o$  は床面での地中伝導、潜熱および顕熱フラックス (ly/sec)。

$$\left. \begin{aligned} A_f \cdot lE_o &= \rho l V_c \frac{0.622}{P} \cdot \frac{d_i e_a}{dt} \\ &+ A_w \left\{ i k_w [i e_a - e(i T_w)] + k_v (i e_a - o e_a) \right\} \\ A_f \cdot L_o &= C_p \rho V_c \frac{d_i T_a}{dt} \\ &+ A_w \left\{ i h_w (i T_a - i T_w) + h_v (i T_a - o T_a) \right\} \end{aligned} \right\} \tag{5}$$

ここで  $C_p$ 、 $\rho$  は、空気の比熱と密度、 $V_c$  はハウスの体積 (cm<sup>3</sup>)、 $i h_w$ 、 $i k_w$  は内壁面での顕・潜熱伝達係数 (ly/sec<sup>2</sup>C, ly/sec mmHg)、 $i T_a$ 、 $i T_w$  は内気温と内壁温 (°C)、 $i e_a$ 、 $o e_a$  は内・外の水蒸気圧力 (mmHg)、 $e(i T_w)$  は内壁温での最大飽和水蒸気圧力 (mmHg)、 $k_o$  と  $h_v$  は換気による潜、顕熱の伝達係数、 $d_i e_a/dt$  と  $d_i T_a/dt$  は内部の水蒸気圧力と気温の時間変化率。問題を単純にするためつぎのような仮定をおく

$$\begin{aligned} i k_w [i e_a - e(i T_w)] &= 0, \\ \frac{d_i e_a}{dt} = \frac{d_i T_a}{dt} &= 0 \end{aligned}$$

すると、(4)、(5)式から次の関係が求まる。

$$A_f \cdot iS_o = A_f \cdot B_o + A_w (i T_a - o T_a) \times \left\{ h_t + h_v (1 + \beta') \right\} \tag{6}$$

ここで  $A_w$  は壁総面積 (cm<sup>2</sup>)、 $h_t$  と  $\beta'$  はつぎのように表わされる熱貫流率と見掛けのポーエン比である。

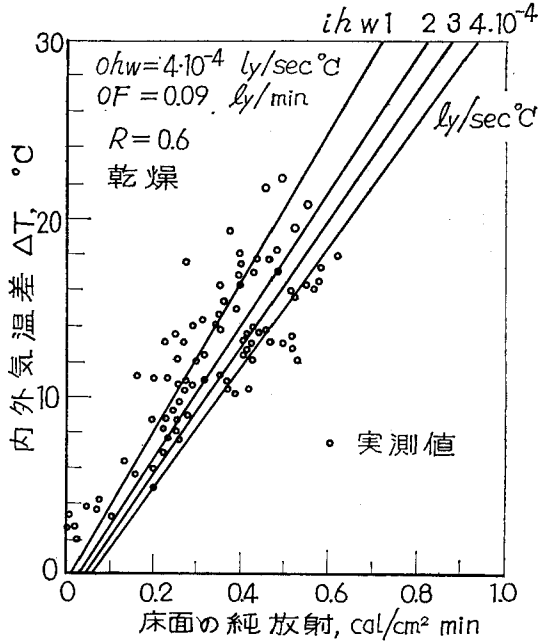


図-6 ガラス室による気温上昇度の推定値と実測値の比較 (岩切, 1971)

$$\begin{aligned} h_t &= [1/i h_w + 1/o h_w + l'/\lambda]^{-1} \\ h_v &= C_p \rho V_c N / 3600 A_w \\ \beta' &= 2.0 (i e_a - o e_a) / (i T_a - o T_a) \end{aligned}$$

ここで  $o h_w$  は外壁面での顕熱伝達係数 (ly/sec<sup>2</sup>C)、 $l'$  と  $\lambda$  は壁の厚さ (cm) と熱伝導率 (cal/cm sec<sup>2</sup>C)、 $N$  は換気回数 (1/hr)。(6)式を変形すると、つぎの関係がえられる。

$$i T_a = o T_a + \frac{R (i S_o - B_o)}{h_t + h_v (1 + \beta')} \tag{7}$$

ここで  $R = A_f/A_w$  は保温比。上式からハウス内気温は外気温と附加項の和として表わされ、附加項の値は床面純放射量（したがって透入全短波放射量）に比例し、熱貫流率と換気顕熱伝達数の和に逆比例することがわかる。すなわち、換気回数が増すとハウス内の気温は最初急激に低下するが、低下の度合は次第に緩やかになる。また、見掛けのポーエン比の大きくなるにつれて（床面が乾燥して顕熱伝達の割合が増すにつれて）、ハウスによる温度上昇度は次第に高くなっていく。また、保温比  $R$  の大きいほど、温度上昇度は大きくなっていく。冬期保温の観点からは  $R$  の大きい温室がよいが、暖候期の冷房の点からは  $R$  は小さい方がよい。両者を加味した温室形態は、各地の気候条件できまるだろう。

完全密閉・完全乾燥条件を用いて  $R = 0.6$  のモデルガラス室の昇温度を計算した結果と実測データとの比較が

図一六に示されている。内壁面での顕熱伝達係数の増加につれて、 $iS_o - \Delta T$  の関係直線の傾斜は若干ゆるやかになるが、昇温度 ( $iT_a - oT_a$ ) は床面純放射につれて正比例的に増加している。実測点のちらばりはあるが、予想される  $i h_w$  の範囲内に分布していて、非常に簡単な(7)式が大体予想に使用できることがわか。Businger (1963) は  $o h_w$  は約  $3.0 \times 10^{-4}$  ly/sec°C (=10 kcal/m<sup>2</sup> hr°C) で、 $i h_w$  はその 1/2 であるといっている。しかし、これらの値は風速、ハウスの形状、換気回数、作物の生育状況、温度成層度などによって変化することが予想されるが、まだ十分確実な資料は整えられていない。特に、内部の拡散係数は葉面拡散速度を通して作物の体温・光合成・呼吸・蒸散活動に、また体表面での拡散速度を通して内部で働く人の体調に大きな影響をあたえるので、今後研究で進める必要がある。

5. デGREEアワーの地理的分布

冬期温室(ハウス類も含めて)を暖房する場合、必要とする燃料量は各地の気候条件・温室の形態・設定温度などによって変化することが予想される。これを予想することは温室暖房の設計にとって非常に重要である。つぎに、それを簡単に説明する。

ある暖房必要期間  $\tau$  に温室から逃げ出す熱量は次式で与えられる。

$$Q = (h_t + h_v + h_r) \int_{\tau} (t_c - t_a) dt + \tau(\alpha + \epsilon) \quad (8)$$

ここで  $t_c$  は暖房設定温度(°C)、 $t_a$  は外気温(°C)、

$$\alpha = A \cdot F_a \left\{ 1 - \frac{B}{A} \left\{ \left( 1 - \frac{B_s}{F_a} \right) / \left( 1 + \frac{h}{h_r} \right) \right\} \right\}$$

$$\epsilon = \frac{\lambda_s}{d} (t_c - t_s)$$

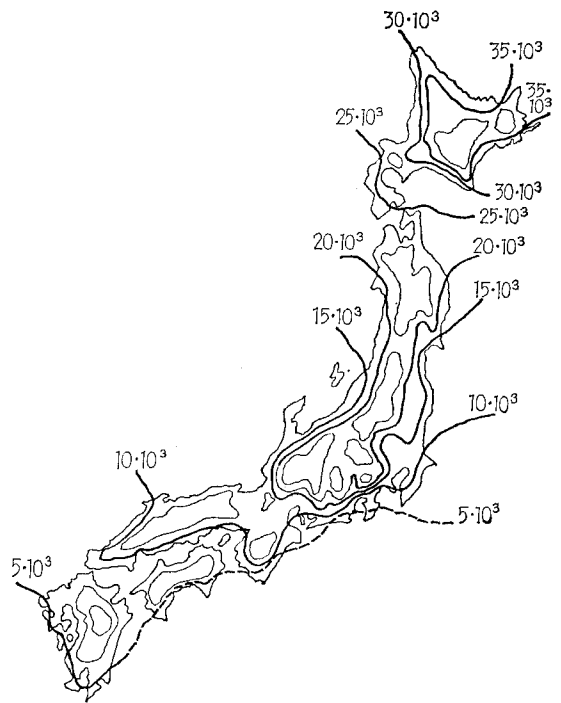
ここで  $F_a$  は気温・空中湿度・雲量から求めた有効放射量 (ly/sec)、 $B$  は周辺地面の地中伝導フラックス (ly/sec)、 $h$ 、 $h_r$  は顕熱伝達係数と放射顕熱伝達係数 (ly/sec°C)、 $\lambda_s$  は土壌の熱伝導率 (cal/cm sec°C)、 $d$  は土層の深さ (cm)、 $A$  と  $B$  は保温比  $R$  に関係した係数。

(8)式において、右辺の第1項にふくまれている  $\int_{\tau} (t_c - t_a) dt$  は放熱の割合に密接に関係した量で、デGREEアワー (D.H.) とよばれている。この量については川勝(1962)、内嶋(1968)、岩切(1971)によって報告がなされている。

内嶋(1968)は夜間温度の降下曲線を利用してつぎのようなベキ関係を報告した。

$$D.H. = a(T_c - T_{min})^b \quad (9)$$

ここで  $T_{min}$  は日最低気温(°C)。そして、 $a=5.9$ 、 $b$



図一七 暖房デGREEアワーの地理的分布(内嶋, 1968)

=1.22 という値をえた。この関係式から求めたD.Hは川勝(1962)の値とかなりよく一致することがわかった(差は5%以下である)。岩切(1971)はハウス内での温度観測資料を用いて、 $a=0$ 、 $b=1.65$  をえている。内嶋(未発表)は一年間にわたる気温・水温の観測データを用いて暖房・冷房デGREEアワーを求めるベキ関係式のベキ指数値の年変化をしらべ余り大きく変化しないことを見出している。上のベキ関係式が設定温度の変化にもかかわらず保持されることは非常に面白いことである。

このベキ関係式と各地の気候資料とから求めたデGREEアワーの分布図が図一七に示されている。図にみられるように、 $T_c=15^\circ\text{C}$  では、年間のD.Hは九州地域の約10k°C hr から北海道東部の60k°C hr まで変化している。20k°C hr の線は関東南部から東海、近畿、四国、九州の海岸部と走っていて、暖流に洗われる地帯を示している。 $T_c$  が10、5°C と低下すると、九州と北海道におけるD.Hの違いは一層大きくなり、 $T_c=10^\circ\text{C}$  では約7倍、 $T_c=5^\circ\text{C}$  では約20倍となることがわかった。(8)式にふくまれている伝熱工学および気象に関連した物理的な値が明らかになると、図一七に示したようなD.H分布図から暖房に必要な燃料の量、したがって必要経費を推定することが可能である。

### 3. ハウス内の CO<sub>2</sub> 環境

ハウスはもともと乱流交換を極度に抑えて温度上昇を図るものであるので、内部の CO<sub>2</sub> 濃度が著しく低下することが予想される。金関 (1968)、矢吹 (1968) はポリトンネルやガラス室内での観測から、日中光合成の盛んな時期には CO<sub>2</sub> 濃度は 100ppm 以下に下ることを報告している。このような低 CO<sub>2</sub> 濃度下では作物の純光合成はほとんど 0 になる。最近、堆肥や稲ワラを使用しない栽培用がハウスに採用されるにつれて、ハウス内の CO<sub>2</sub> 環境が次第にわが国でも注目されるようになってきた。ヨーロッパのハウス農業では、全短波放射の強度が 0.2 ly/min 以上になると、自動的に CO<sub>2</sub> がハウス内へ供給されるというシステムが広く普及し、顕著な効果をあげている。そこで、ハウス内の CO<sub>2</sub> 環境について若干説明しよう。

#### 1. ハウスに作用する炭酸ガス収支成分

ハウスに作物を栽培した場合に、ハウスに作用している CO<sub>2</sub> 収支項をモデル的に示すと図-8 のようになる。

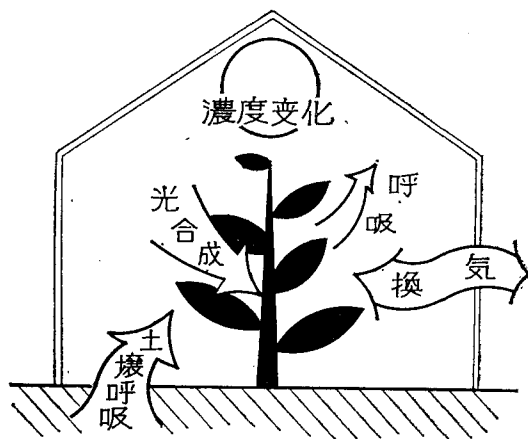


図-8 ハウスに作用する CO<sub>2</sub> 収支項 (内嶋原図)

ハウス内の作物は日中光合成活動によって CO<sub>2</sub> を吸収する一方、呼吸活動によって CO<sub>2</sub> をハウス内へ放出している。しかし、日中には光合成 > 呼吸なので、CO<sub>2</sub> が吸収されていて、それは室内気柱内にふくまれている CO<sub>2</sub>、換気 (隙間をふくめて) によって外部から室内へ運びこまれる CO<sub>2</sub> および地面から土壌呼吸によって室内へ放出される CO<sub>2</sub> によって補われている。人工的に CO<sub>2</sub> をハウス内へ放出する場合にはそれも加わってくる。これらの収支項の間には質量保存の法則がなりたっていて、つぎのように表わされる。

濃度変化量 = 光合成 + 呼吸 + 換気 + 土壌呼吸 (10)

これを式で表わすとつぎのようになる。

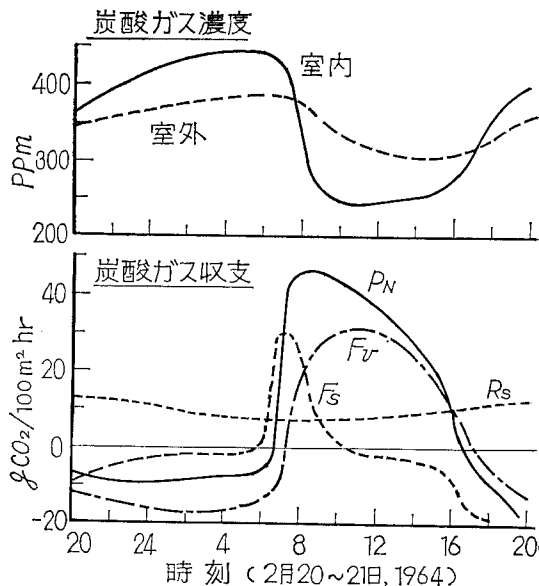


図-9 レタスハウス内の CO<sub>2</sub> 濃度と収支項の日変化 (矢吹, 1968)

$$V_c \frac{d_i C}{dt} = A_f \int_{F_i} p(F) dF + A_f \cdot R_p + Q(oC - iC) + A_f r_s \quad (10')$$

ここで  $F_i$  はハウス群落の葉面積指数、 $p(F)$  は光合一葉面積関数、 $R_p$  は  $F_i$  なる群落の呼吸強度 ( $\text{gCO}_2/\text{cm}^2 \text{sec}$ )、 $Q = V_c N/3600$  は換気量 ( $\text{cm}^3/\text{sec}$ )、 $iC$  と  $oC$  は内外の CO<sub>2</sub> 濃度 ( $\text{gCO}_2/\text{cm}^3$ )、 $r_s$  は土壌呼吸強度 ( $\text{gCO}_2/\text{cm}^2 \text{sec}$ )、 $d_i C/dt = 0$  とすると定常状態時の CO<sub>2</sub> 収支式となり、ハウス内の CO<sub>2</sub> 環境の解明によく利用されている (内嶋, 1965, '66; 高倉, 1966, 高倉, 杉, 1965)。

図-9 にレタスを栽培したハウス内での CO<sub>2</sub> 収支項の日変化が示されている。ハウス外の CO<sub>2</sub> 濃度は 300 ~ 350 ppm の間で日中ひくく早朝に高くなるという緩やかな日変化をしている。内部の CO<sub>2</sub> 濃度も同じような位相の日変化を示しているが、最高は約 450 ppm、最低は約 250 ppm と非常に大きな日変化で、較差は 200 ppm に達している。特に、早朝 6 ~ 8 時の間に急減していて、日中期間は 250 ppm で保持されるという特徴的な変化をしている。早朝の急激な減少はレタスの光合成のためである。これに対応する CO<sub>2</sub> 収支項の日変化 ( $F_s = V_c \cdot d_i C/dt$ ,  $F_v = Q(oC - iC)$ ,  $P_N = P_G - R_P$ ) が上図下半分に示されている。特徴的なことは、ハウス内の光合成活動による CO<sub>2</sub> の純吸収量が野外でみられるように正午を中心にして対称にならず、8 時頃に最高となり、その後次第に減少していることである。これは室内の CO<sub>2</sub>

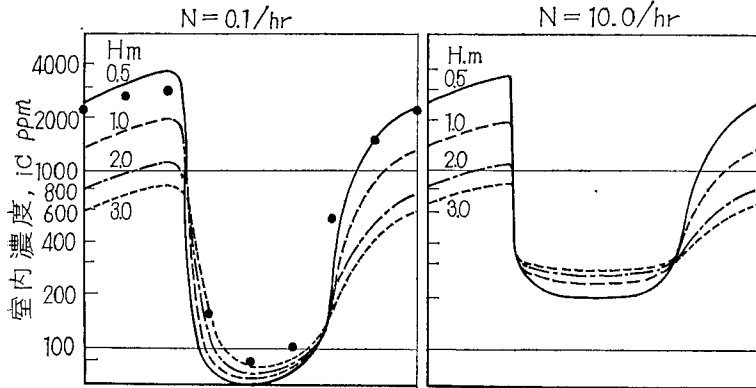


図-10 種々な大きさのハウス内のCO<sub>2</sub>濃度のシミュレーション (内嶋, 1971)

濃度の異常な低下のために光合成活動が抑制されていることを示している。P<sub>N</sub> は早朝は F<sub>0</sub> によって、あとは F<sub>1</sub> によって多く補われている。逆に夜間はハウス内に貯えられた CO<sub>2</sub> が換気によって外気へ放出されていることがわかる。

このようなハウス内の CO<sub>2</sub> 環境および光合成活動の日変化をモデル的に研究する試みも行なわれている (矢吹, 1968, 内嶋, 1971)。⑩' 式を Runge-Kutta 法を用いて数値的に解いてえられた結果の一部が図-10に示されている。図にみられるように、N=0.1/hr と極めて低い換気率のハウス内では、CO<sub>2</sub> 濃度日変化は異常に大きくなり、日較差は 3,000~4,000ppm に達している。日中の最低濃度は 60~80ppm と極端な低さになっている。ハウスの大きさの影響は夜間に特に著しく、小さなハウスでは 4,000 ppm に近い最高値が出現している。図-10には金関 (1968) が半径 40cm のポリトンネル内で観測した結果 (黒丸) も示されている。この結果は H=50cm のハウスについてシミュレートした CO<sub>2</sub> 濃度変化とかなりよく一致していることがわかる。N=10.0/hr になると、濃度の日中低下はかなり軽減されるが、H=50cm では約 200ppm、H=300cm では 300ppm とまだ大きさによる違いが残ることがわかる。これは矢張

表-1 フダンソウ・レタスに対するCO<sub>2</sub> 施用の効果 (今津, 矢吹, 1965, 1967)

施用濃度 (ppm)	フダンソウ			レタス	
	新鮮重	乾物重	草丈	新鮮重	乾物重
	gr		cm	gr	
300	2.6	0.3	8.2	434.8	16.7
900	2.8	0.3	9.4	861.1	26.3
3,000	4.4	0.4	9.0	882.3	28.6
6,000	8.4	0.8	14.1	1,048.9	31.2

り日中の光合成活動に影響を与えるものと思われる。これから、実際のハウス (密閉度の高い) では CO<sub>2</sub> 濃度の異常な低下が生じていて、それがハウス内の作物の光合成活動を抑えているものと思われる。土壌や稲ワラを使用しない合理的 (?) なハウス農業が進むにつれ、この傾向は更に広がるものと思われる。

## 2. 炭酸ガス施用の効果

植物の光合成活動が葉周辺の空气中の CO<sub>2</sub> 濃度に大きく依存す

ることは、植物生理学の分野では広く知られていたが、実際の作物栽培において CO<sub>2</sub> 施用技術が試みられるようになったのはそんなに古くはないようである。わが国では、1928年頃に若干の研究が行なわれたが、戦後になって水稲・野菜などの育苗に CO<sub>2</sub> を施用する試みが行なわれた (水稲, 野菜等の育苗における炭酸ガス施用に関する研究, 農林水産技術会議研究成果報告, 1968)。農業気象の分野でも CO<sub>2</sub> 施用が若干試みられ、矢吹ら (1965, '65, '67) が一連の研究を発表している。その結果の一部が表-1 に示されている。

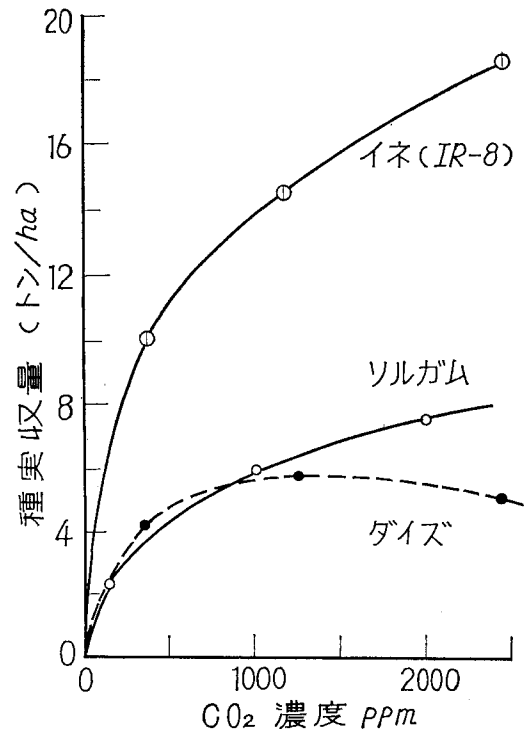
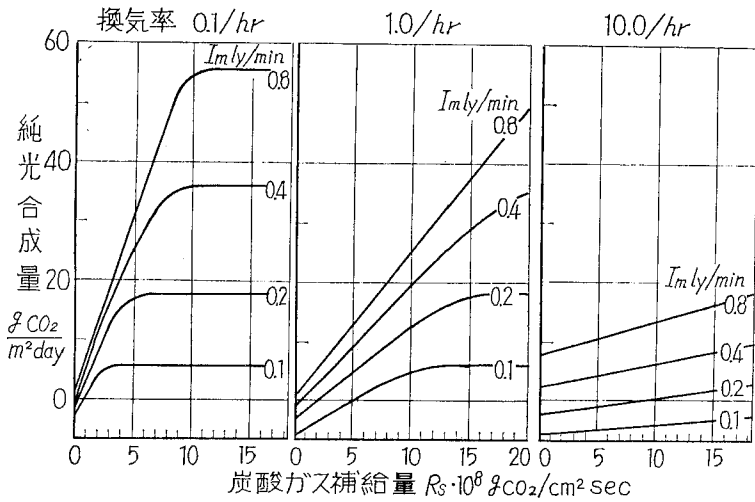


図-11 作物収量に対するCO<sub>2</sub>施用の効果 (Riley et al., 1969)



図一十二 ハウス内のキュウリ群落の光合成と日射・換気・CO<sub>2</sub>補給との関係 (内嶋, 1971).  $I_m$ は南中時の日射強度 (モデル計算)

表にみられるように、新鮮重、乾物重ともにハウス内の CO<sub>2</sub> 濃度の高まりにつれて増加しており、20倍の高まりで乾物重は約 2~3 倍増加している。葉菜のみならず、イネ科作物においてもかなり顕著な効果が認められている。図一十一にみられるように、イネとソルガムの種実収量はハウス内濃度の上昇につれて次第に増加している。特に、イネ (IR-8) では 8 倍濃度が上昇すると 2 倍の収量になっている。20 トン/ha という収量はわが国の最高レコードの約 2 倍の収量である。ダイズでは余り顕著な効果ではなく、高濃度ではかえて収量が減少するという結果になっている。このように、CO<sub>2</sub> 濃度レベルに対する作物収量の反応はかなり種で違うようである。これらの点についての情報はまだ余り多くない。

ある大きさのハウス (作物を栽培している) 内を一定の CO<sub>2</sub> 濃度 (g CO<sub>2</sub>/cm<sup>3</sup>) に維持するために必要な炭酸ガス供給量は作物の種類、茂り、光合成能力、呼吸強度、日射強度、換気量などで広く変化する。(10' 式を変形すると (定常状態を考えて、左辺は 0 とおく)、必要供給量 ( $I_c$ ) は次式で与えられる。

$$I_c = iC \left[ \frac{Q}{A_f} - \frac{D_c}{k} \cdot X \right] - R_p - \frac{Q}{A_f} \cdot C \quad (11)$$

ここで  $k$  は群落の光消散係数、 $D_c$  は周辺空気中から光合成作用点までの CO<sub>2</sub> 拡散を特徴づけている CO<sub>2</sub> 拡散速度 (cm/sec)、群落光合成量の特徴づけている  $X$  はつぎのようになる。

$$X = \ln \left\{ \frac{b(1-\tau) + kI_N}{b(1-\tau) + kI_N \exp(-kF_i)} \right\}$$

ここで  $b$  は単葉の光-光合成曲線の特徴づけている経験定数、 $\tau$  は葉の光透過率、 $I_N$  は群落上面での日射強

度 (ly/min)。上式を用いると種々な環境条件、作物条件下で所要の CO<sub>2</sub> 濃度 ( $iC$ ) にハウス内の空気を維持するために必要な CO<sub>2</sub> 補給量を求めることができる。

実際の温室やハウスでは、上にあげた条件は日変化をしているので、それらの影響を考えて CO<sub>2</sub> 施用の作物生産 (ハウスによる) に及ぼす影響を明らかにしなければならない。Monteith ら (1964) は拡散抵抗理論を応用して若干の討論を行なっている。(10' 式による、数値実験の結果の一部を示すと図一十二のよ

うになる (実験はキュウリ群落を仮定して行なった)。換気が弱く日射強度の強いときは、CO<sub>2</sub> 供給による日光合成量の増加は著しく、しかも飽和点に達するのは  $10 \cdot 10^{-8} \text{g CO}_2/\text{cm}^2 \text{sec}$  とかなり高い値である。日射強度の低下につれて、CO<sub>2</sub> 補給に伴う光合成の増加率は減少し、飽和点に達する補給量も低くなっていく。そして  $I_m = 0.1 \text{ly/min}$  という完全曇天・雨天に対応する条件下では、ハウスへの CO<sub>2</sub> 施用の効果はほとんどみられなくなり、光合成量は一定になってしまう。換気率がますます、施用した CO<sub>2</sub> の多くが外部へ無駄に放出されるようになり、施用効果は次第に低下してくる。 $N > 10/\text{hr}$  では施用の効果は急減し、ほとんどみられなくなる。以上の結果はハウスへの CO<sub>2</sub> 施用の効果発現が気象条件・ハウス条件で大幅に変化することを示している。それゆえ、CO<sub>2</sub> 施用を実施するハウスでは極力換気を抑えることが必要である。また、日射強度の高い時に実施しなければならない。その点で、 $I_N > 0.2 \text{ly/min}$  で CO<sub>2</sub> 施用を開始するという西ヨーロッパの技術は合理的なものといえよう。

ここに使用したモデルでは温度の効果を入れていないので、換気を抑えた場合のハウス内気温の上昇が光合成活動にいかなる影響を与えるかは評価できなかった。野外条件下でのモデル実験から、日中の温度が過度に上昇すると光合成活動が低下し、呼吸活動が著しく高くなるために、地面近くの CO<sub>2</sub> 濃度が正午を中心にして逆に上昇する例が認められている。これと同様な現象がハウス内でも起るものと予想される。これはハウス内の温度環境と CO<sub>2</sub> 環境を同時に制御するためには明らかにしなければならない重要な問題である。それゆえ、(10' 式



に示されるモデルを更に発展させなければならない。

#### 4. おわりに

以上かんたんに温室やハウス内の温度環境と CO<sub>2</sub> 環境の説明を行なったが、現実のハウス栽培技術の発展に比較すれば研究サイドからの寄与はまだ余り大きくない。しかし、総合的な制御技術の確立はハウス内の環境成立機構に関する定量的知見に基づかなければならないことを思うと、今後ハウス内の微細気象環境をさらに研究しなければならない。また、えられた定量的知見にもとづいて環境の予測と制御に必要な物理的モデルの開発を急がねばならない。

#### 引用文献

- Businger, J. A., 1963 : In "Physics of Plant Environment". ed. by van Wijk, North-Holland, Amsterdam, 277—318.
- Edwards, R.I., Mousley, L.J., 1958 : J. Agric. Engng. Res., 3, 69—75.
- 今津正・矢吹万寿・織田弥三郎, 1965 : 農業気象, 21 41—46.
- 〃 〃 , 1967 : 園学誌, 36, 179—185.
- 〃 〃 , 1967 : 園学誌, 36, 275—280.
- 岩切敏, 1971 : 国立防災科学技術センター研究報告, No.6.
- 金関四郎, 1968 : 大阪府大, 学術報告, B—20, 49—121.
- 川勝義夫, 1962 : 農園, 37, 1792—1798, 1923—1928.
- Monteith, J. L., Szeicz, G., Yabuki, K., 1964 : J. appl. Ecol., 1, 321—337.
- 小倉祐幸, 1968 : 農業気象, 24, 1—5.
- Riley, J. J. Hodges, C. N., 1969 : Univ. of Arizona, Environmental Research Laboratory.
- Takakura, T., 1966 : Botanical Magazine, Tokyo, 79, 143—151.
- 高倉直・杉二郎, 1965 : 農業気象, 21, 99—104.
- Ubing, D. W. S. 1961 : Agronomy J., 53, 295—297.
- 内嶋善兵衛, 1965 : 農業気象, 21, 105—112.
- 〃 〃 , 1966 : 農業気象, 22, 65—70.
- 〃 〃 , 1968 : 農業気象, 24, 59—65.
- 〃 〃 , 1971 : 農業気象, 27, 45—57.
- 内嶋善兵衛・岩切敏, 1970 : 農業気象, 26, 77—89.
- 矢吹万寿・今津正, 1965 : 農業気象, 20, 125—129.
- 矢吹・田村・織田・今津, 1967 : 農業気象, 23, 25—29.

## 施設栽培における灌水位

中島田 誠\*

灌水位の判定の基準のうち主要なものは、1. 土壌水分がある一定の基準まで減少したとき、2. 植物体内水分がある一定の基準まで低下したとき、3. 蒸発散量の積算値がある一定の基準に達したときの3つがある。この他に経験的なもの定時的なものがあるが、これらは科学的とはいえないであろう。

土壌水分を基準とする場合は、生長阻害水分点をとるのが妥当であると考えられる。これはある水分含量よりもさらに水分含量が低下すると、植物への水分の供給が悪化して、そのために植物の生長が遅れはじめる点であり、これまでの測定例では、一般畑作および果樹ではおおそ PF 3.0~3.6 の範囲にある。またこの値はローゼエのいう毛管連絡切断含水量（難動毛管点ともいう）にほぼ近い値を示すとされている。

しかしながら一方では、土壌水分—植物系は両者だけの関係で済むものでなく土壌の性質、気象、各作物の性質等の要因が複雑に関与し、実際の生産の場では灌水位は一律にはきめられないという側面を持っている。たとえば HAGAN は低張力が灌水して効果のある場合として、土壌中に塩類を含むこと、目的生産部位が栄養器官であること等をあげ、また効果の低い場合として、土

壌中に塩類を含まないこと、目的生産部位が生殖器官であること等をあげ、これらの点について詳しく検討している。

筆者らは施設栽培における灌水位および灌水位と土地条件、土壌の性質、施肥、作物との関係を明らかにするために、地下水位の異なる施設の現地調査で水管理の実態を把握し、場内ハウスでそ菜の栽培試験を実施して、水管理と生育との関係を調査し、さらに若干の解析的実験を行なった。栽培試験（畑地ハウス、地下水位は1m以下）の結果では、セルリー、キュウリ、トマトとも pF 1.7 灌水の方が pF 2.3 灌水よりも良好であった。現地調査の結果や既往の試験成績等からみても、施設栽培における灌水位は、一般畑作や果樹等と比較してかなり低張力側にあることが認められ、この低さが施設栽培の灌水位の大きな特徴と考えられた。

灌水位の PF が低張力側にある理由としては、1. 有効水分範囲における水自身の有効性の相違、2. 多水分による土壌溶液濃度の緩和、3. 施設栽培における根域の深さの問題等が関与しているものと考えられた。

また灌水位と土地条件、土壌、施肥等との関係も明らかであった。

## 質疑応答と総合討論

司会 竹中 肇(東大農) 福士定雄(農技研) 三好 洋(千葉農試)  
 講演者 河森 武(静岡農試) 中島田誠(東海近畿農試) 高橋和彦(東大農)  
 梅林正直(三重大) 内嶋善兵衛(農技研)

(中村・長野農試) ① 灌漑点を作物の生育ステージとの関連で把えるといった配慮は必要でないか、特にセルリーについて。

② 土壌の適性判定の上で施設栽培下では作物により多肥条件にあるが塩類濃度と土壌水分の関連についてどう配慮されているか。塩類濃度との関連から高収率水分条件をどうとらえていったらよいか。

③ 講演の中で、いちご、レタスはかなりの多水分(低 pF) 条件が高収であるとのことですが、土壌三相よりみた気相率との関連についてはどうか、この場合の限界気相率について、おおよその指標をつかんでいたら、御教示願いたい。

(河森) ① そういう観点での調査をしていないのははっきりとは申しあげられないが、セルリーの生育後半の水管理は出荷時期の調整をねらって、出荷を手控えたほうが有利な場合には乾きぎみに管理し、早く出荷したほうが有利な場合には充分な灌漑をして生育を進めるような方法がとられており、作物の正常生育のための灌漑点とは考えられない。現状ではとくに定植時期の活着促進のための水管理に留意するほかは、生育全期を通じて同じ灌漑点での水管理方式をすすめている。しかし厳密な意味で作物の生育ステージごとの適正な土壌水分管理は必要であると思うし、そういうきめの細い配慮をしなければならないという必要性は感じている。

② 施設栽培では多肥栽培を行なうので一般には多水分の状態で管理されている。逆に見れば、多水分であるから多肥にも耐えることができているのかも知れない。したがって施設栽培においては、水管理の適否は作物の生育に対して露地栽培以上に敏感に反応する一面をもっている。施肥量と土壌水分管理のあり方については現在検討中ではあるが、ごく一般的にいえば10アールあたり N30kg を含むような有機質配合肥料を施用した場合には pF 2.0 以下の低張力の土壌水分状態に管理すれば、土壌溶液の浸透圧は根系障害をおこすほどには高まらないと考えている。

③ とくに土壌三相についての調査をしていないのははっきりした数字はあげられないが、現地における気相

率から見るとほぼ10%と考えてよろしいかと思う。

(三好・千葉農試) 施設栽培と露地栽培による灌漑点のちがいはどうか。

(河森) 露地栽培に比べて施設栽培のほうが施肥量が多いのが実状である。同一作物であれば、適正な土壌溶液濃度は露地栽培でも施設栽培でもそれほど大きなちがいはないと思うので、露地栽培に比べて施設栽培における灌漑点の pF 値が低いのは、これによって土壌溶液濃度を低下させて適正な土壌溶液の浸透圧に保つ意味があるからだと考えている。

(岩田・農技研) 水分を適当な水分に、生育期間中、つねに一定に保っておく場合と、水分を一定の幅に変化させる場合とでは、どちらがよいのか。

(河森) 厳密な意味では生育のステージによって適当な水分状態はあると思っている。たとえば、レタスのような作物では生育期間中 pF 2.0 で栽培しても品質にはそれほど影響しないが、メロンのような作物になると生育ステージによって水管理を大幅に変えなければいい品質のものを生産することができない。それから、セルリーのようなもの場合には、収穫期近くになって市場相場の変動によって出荷調整をしようとする場合にも、灌漑操作によってこれを行なっている例もある。出荷調整のための灌漑操作ということは、生産量増加のための灌漑という面からすれば奇異な感じをうけるが、現実の農家経済の面では重要な技術である。ごく一般的にいえば品質をうんぬんされるような作物では水分を一定の幅の中で変動させるような水管理が好ましいのではないかと考えている。

(岩田・農技研) 水分を低張力にした方がよい理由の中で、土壌溶液の濃度の問題が一番大きいのか。

(河森) 私はそれが一番大きいと思っている。

(三好・千葉農試) 床土の施肥量が農家で多いと言われたが、育苗中の水管理を考えて、水：塩類濃度の比が定植後に比べてどうなのか。

(高橋・東大農) 本文で述べたように、一般の当業者は、育苗中は灌漑をひかえ目にしています。それは密閉された環境下なので、水分の損失は露地でのそれに比し

てかなり少ないこともあります。灌水によって醸熱温を下げるのをきらうのと、また栄養生長がおう盛になって、狭い苗床が密植状態になること、また花芽分化が遅れることなどの理由からです。

床土の施肥量が多く、灌水量が少ないことから、土壌溶液中の塩類濃度はかなり高いものと思われま。多肥のため、根系の発達が抑制され、互に根がからみ合わず、定植の際断根しないですむ利点があるということが、一部で信じられています。

(三浦・神奈川開試) キウリやトマトの促成床土のように有機質資材が多量に混入され、最小容水量まで土壌が保水した状態でも、根の呼吸が充分に行なわれる程度の空気含量が確保されているような土壌でも、なおかつ土壌水分張力変化は必要なのでないでしょうか。あるいは、このような土壌では水分変化は不要なのでしょう。

(高橋) 土壌水分張力の変化は、メロンの果実にネットを出させるというような特殊な場合を除き、とくに必要ではないと思われま。もし通気性が保たれるならば、灌水量の多い方が、苗の栄養生長は良いのですが、先ほども述べたように、苗床中では別の理由から灌水をひかえ目にしていわけです。

(梅林・三重大農) 床土を人工土壌的なものと代替していく方向はどの程度行なわれ、その際の問題点についてお教え下さい。

(高橋) 従来の床土にかわって、もみがらくん炭や、人工土壌でどうかという御質問ですが、それらでも結構だと思われま。実際にキュウリの育苗では、もみがらくん炭で行なっているところがあります。

苗の生育にとって土壌が不可欠ではなく、もみがらくん炭であろうが、ウレタン、パーミキュライト、砂、礫、水でもよく、最近ではミスト耕すらあるわけ。しかし水耕で育てた苗を、畑に定植したら植え傷みがひどいように、どのような培地が良いかは、その作型の中で、どのようなものが、技術的にも経営的にも一番合理的であるかによると思われま。

野菜の生産を安定させるには、できるだけ生育を人為的に制御し得る環境を作ることが必要と思われ、その点で施設栽培では土や有機物を使用するよりは、溶液栽培にして行く方が、制御しやすいのではないと思われま。溶液栽培にすると、病害の問題や、廃液による公害問題などが派生して来ると思われまますが、これはこれで別途に対策を樹立して行くべきでしょう。

(福士・農技研) 土壌空気試料採取の際ガラス管の先にガスの拡散してくるスペースを設けた場合と直接毛細管の先から吸った場合とで組成がかなりちがう例が報告されているがこのような現象についてどう考えるか、ま

た水田ハウスの例で、処理により土壌空気の  $\text{CO}_2$  濃度にはかなりちがいがあがるが  $\text{O}_2$  濃度にあまり差がないように見うけたが両者の間にはどのような関係があるか。

(梅林) 1) 土壌空気採取容器の下端に、有孔プラスチック球を装着してある程度のスペースを設けた場合と、設けない場合の差は、当然起り得る。特に、埋設直後には土壌の攪乱により差が生ずるし、埋設方法の違いによる場合も大きい。検土杖で穴をあけて差込む方法では、容器の下層の土壌が圧密される点が問題になり、掘起こして埋込む場合と異なるのは当然で、小川らの報告はこの点の配慮に欠けている。また土壌の空気組成は、他の物理的・化学的諸量と同様にかなりばらつきがあり、ミクロの不均一性を問題にするか、マクロな点をつかむかの立場によっても、いろいろな方法があり、それぞれ一長一短がある。拡散していくスペースを設ける場合が適しているのは、本文に述べたように、採取が困難な場合や、頻繁にまたは多量に採取する場合である。土壌水分の測定に際し、石膏ブロックやテンションメーターを用いる場合に、どんな大きさでどのように埋めたら一番よいかという問題と同じような問題であると思われる。

2) 報告した例では、 $\text{CO}_2$  濃度のスケールが  $\text{CO}_2$  濃度より拡大されているので、 $\text{O}_2$  濃度にあまり差がない程度の  $\text{CO}_2$  の増減であると考えて頂きたい。一般に通気の良い畑土壌では、 $\text{CO}_2$  の増加と  $\text{O}_2$  の減少は、1:1 の対応を示すが、急激にまたは多量に  $\text{CO}_2$  が発生するような場合(たとえば有機物施用、高温、灌水、還元などによる)には、発生した  $\text{CO}_2$  が水に溶け易いため、土壌空気のみかけの組成では、 $\text{O}_2$  の減少よりも  $\text{CO}_2$  の増加は少なくなる場合がある。

(秋谷・宇都宮たばこ試) コルゲート管を用いたトマトのハウス室内実験に関して。対照にくらべてコルゲート管設置は  $\text{CO}_2$  濃度を数パーセント低下させたが、この程度の濃度差が講演にあったトマトの下葉の枯上り防止や根の張りりと直接関係しているといえるか?

またこの場合のトマトの収量は?

(梅林)  $\text{CO}_2$  濃度の低下は、0.6%程度であり、この程度の濃度差が直接関係しているとはいいきれない。コルゲート管の近くでは、もう少し差があると思われるが、いずれにしても  $\text{CO}_2$  濃度を低下させたことが直接の原因ではなくて、それに伴っている他の要因が生育を良好にした原因であろう。本年の試験では、夏期の高温期に、コルゲート管処理区の  $\text{O}_2$  レベルが確保され、対照区に比較すると通気による効果が認められている。

農家のハウスを用いたので、収量調査は残念ながら行なえなかった。

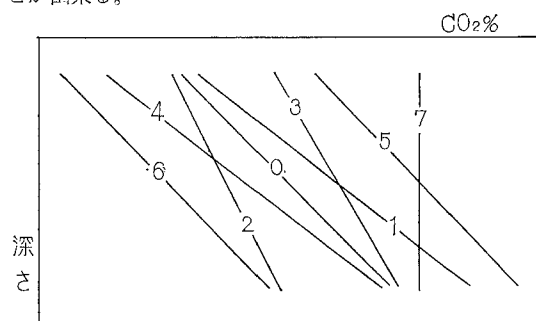
(須藤・茨大農)  $\text{CO}_2$  の固定(固相まで考えた)、 $\text{CO}_2$

の平衡はどうか。

(梅林) CO<sub>2</sub> は、気相中では炭酸ガスとして存在しているが、液相中では大部分が炭酸イオン、重炭酸イオンとして存在し、一部は分子状のまま溶けているものもある。固相としては、分子状のまま物理的に吸着されているものや炭酸塩、重炭酸塩として沈澱しているものなどが考えられる。これらの三相間におけるの存在様式と、その間の平衡関係は、土壌の環境条件により時々刻々変化しているものであり、このような動的平衡状態を考えると土壌空気組成の解析に際して重要であると考えられる。また、液相および固相中の有機物は、CO<sub>2</sub> の供給源として重要である。

(田淵・東大農) C-D 曲線の類型化と土壌構造との関連について説明して下さい。

(梅林) 炭酸ガスの C-D 曲線について説明すると、C-D 曲線は主としてガスの発生量と通気拡散を支配する土壌構造の二つの因子の関数であると考えられる。一方の因子を一定であるとした場合に、C-D 曲線の変化から他の因子の変化を推定してみる。今、図のような0のC-D曲線を基準として、これが1, 2, 3, ……、7のように変化した場合について、右上表のように考えることが出来る。



(鎌田・長野農試) 施設栽培では、多量の有機物の投入が実際に行なわれているが排水が比較的不良な土壌において、CO<sub>2</sub> の発生パターンと他のガス（植生に有害なガスを含めて）の発生との関連についての可能性（見透し）なり、御意見をお伺いしたい。

(梅林) 土壌空気の炭酸ガス濃度が数%以上になると、還元的な状態が生じている可能性が高いと考えられるが、実際の圃場でもメタンや脱窒による亜酸化窒素の発生が認められ、酸素レベルも15%以下となる。炭酸ガスが10%を越え、酸素が10%以下になると、メタンの発生が著しく、この際有機物の還元的分解に伴う植生に有害なガスの発生も当然考えられる。夏期の高湿時における低湿地帯の水田ハウス土壌では、この点が大きな問題となることを、本年の実験で明らかにした。

(小川・農事試) 土壌空気組成中の水蒸気を簡単に定量する方法はないであろうか。

C-D 曲線の変化		ガス発生量一定	土壌構造一定
1.	上層を起点とする勾配の増加	下層の通気性悪	下層の発生量増加
2.	“ ” の減少	“ ” 良	“ ” 減少
3.	下層を起点とする勾配の増加	表層の通気性悪	表層の発生量増加
4.	“ ” の減少	“ ” 良	“ ” 減少
5.	高濃度への平行移動	全層の通気性悪	全層の発生量増加
6.	低濃度への平行移動	“ ” 良	“ ” 減少
7.	垂直 (勾配=0)	表層の通気遮断	上層ほど発生量大

(梅林) “Porapak Q” は、図-5 に示したように炭酸ガスばかりでなく、水も分離定量出来るので、土壌空気採取時の温度よりも少し高い温度に保つなどの工夫をしてガスクロへ導入すれば、土壌空気中の水蒸気を定量することが出来る。

(岩田・農技研) ハウス内の地上環境および CO<sub>2</sub> の土壌内からの拡散条件からみて、土壌水分がどのような状態にあることが望ましいのか。

(梅林) 土壌水分の問題より前に、非毛管孔隙と毛管孔隙のバランスと三次元的な分布の方が、通気拡散に大きく影響する。たとえば、クラストが生成されているかどうかによって、話は違ってくる。非毛管孔隙の量がある程度確保され、その三次元的な分布が通気拡散に好適な状態であれば、土壌水分は毛管孔隙を満たしている状態でもよいと考える。メロン栽培土壌のような土塊の状態で、粗大孔隙がかなりある構造が、これからの施設栽培での人工土壌の構造の一つの方向を示しているのではないかと思われる。

(竹下・神奈川園試) ハウス内におけるビニルマルチの功罪について、地温・湿度の低下、水分消費からはプラスになるが土壌中からの CO<sub>2</sub> の利用ならびに土壌中との空気の交換が少ないと考えられるので、マルチのメリットはあるのでしょうか？

(梅林) いわゆるポリマルチは、通気拡散に対してはマイナスになると考えられるが、三重県農試との協同研究で行なった柑橘果樹園の結果では、無マルチよりも有孔ポリマルチの場合の方が土壌空気の変動が少なく、炭酸ガスレベルも低いという結果を得ている。またクラストによる通気拡散のマイナス面と比較して考えなければならぬ。圃場全面を被覆するトンネル栽培のような場合は確かにマイナスになるが、普通に行なわれる畦の両肩を被覆する方法では、作物の植穴や畦と畦の間からの拡散がかなりあると思われるので、それほどマイナスにはならない。むしろクラストを防止する灌水方法として、地中灌水方式をとるのが望ましい。

## 土壌水の物理およびその工学に関する シンポジウムに出席して

岩 田 進 午\*

私は、昨年、イスラエルで開かれた『土壌水の物理およびその工学に関するシンポジウム』に、学会会議の派遣員として出席する機会を与えられました。このシンポジウムは、国際土壌学会の第一部門 (Soil Physics) と第四部門 (Soil Technology) の共催によるもので、8月29日から9月5日にわたって、イスラエルのレポートで開催されたものです。大会参加者は、二百数十名、アメリカ、イギリス、フランスなど27カ国にわたっていました。ただ、国際情勢から、ソヴィエトの研究者の参加がなかったのが残念でした。

報告は、大きく、①浸潤を中心とした水の運動②土壌と水の相互作用 ③イオンの活動度と土壌中のイオンの移動 ④土壌および植物からの蒸発 ⑤土壌の諸条件と作物の収量 に別けられると思います。なお、報告数はおよそ100編で、報告時間は15分、3～4編まとめて報告したあと30分討議の時間をとっています。

以下、報告を聞いて感じたことを、卒直に述べてみたいと思います。

### (1) 水の運動について

ソヴィエトの研究者の参加がなかったこともあって、種々の境界条件のもとでの拡散方程式の解を、電子計算機を用いて求めるような報告が主流を占めていました。私は、土壌水の運動に関する現段階での研究は、水の運動の実体の正確な把握を中心に据えて行なわれるべきであると考えていますので、少なからずがっかりさせられました。私には、このような研究よりも、クラストの形成における雨滴の強度および大きさの影響をくわしく調べた Epstein および Grant (アメリカ) の研究の方が、はかに強く興味をそそられました。なお、若干異質の報告ではありましたが、土壌中における輸送現象を、不可逆過程の熱力学を用いて解明しようとする Bolt の報告にも、心をひかれました。報告自体は、基ソ科学の発展を、直接的に土壌水にあてはめてみたという段階で、土壌水という具体的な対象の中でそれを発展させるためには、まだまだ時日が必要と思いますが、あの年で、新しい分野にぶつかってゆく熱意に感動させられたのです。歴史的な位置づけとしては、Edlefsen と Anderson

の“Thermodynamic of Soil Moisture”に匹敵するのではないかと思います。

### (2) 土壌と水の相互作用

この分野では、アメリカの Anderson とイスラエスの Gairon および Swartzendruber の報告が光っていました。前者は、凍結土壌中での非凍結水相の存在についての報告で、X線や熱的測定から得られた実験結果と熱力学にもとづく計算値を比較するとともに、種々の土壌についての実験結果を内表面積の概念で統一的に把握しようとしていました。私は、土壌中の物理的あるいは物理化学的現象に占める比表面積の重要性を、つねづね考えていたものですから、彼が内表面積に着目した点に共感をおぼえると同時に、熱力学についての深い理解に感心されました。後者は、電解質溶液が粘土と砂の混合層を流れるときの水頭勾配および電位差と流動電位の間に関連について研究したもので、これらの間に密接な関係が存在することを認めるとともに、その結果を拡散二重層の理論に基づいて考察しています。Swartzendruber は、拡散理論についての鋭い理論的考察と精密な批判的実験を行っている人で、私がアメリカの土壌物理研究者の中で最も評価している人の1人ですが、イスラエルに客員教授として来ているようです。この報告も、彼ならではというものでした。

なお、報告自体ではないのですが、感心させられたことがありました。Ravina というイスラエルの女性研究者が、k-clay と Ca-clay の物理的挙動の差について報告しました。この方は、土木研究所の人です。私として意見があったので、あとで一寸話をしたのですが、Gouy 理論はもとより粘土の穴はこの大きさまで知っていたのには、おどろかされました。日本の土木関係の研究者には、このようなタイプの研究者を、あまり知りませんので。この分野でも、Bolt の弟子が多く、その影響をつねにうけているのではないかと思います。私も「土壌水のエネルギー概念について」という題で、国際土壌学会から提起された total potential の定義の誤りについて、主として報告しました。私が報告の冒頭に「英語が弱いですから質問は書面もしくは Coffee break のときに言ってくれるよう。」頼んだにもかかわらず、

\* 農林省農業技術研究所

Chair man である Bolt とさきに述べた Anderson が意見を言ったのにはまいりました。その内容は、私が、おそらくそのような意見が出されるであろうと思っていたことでしたが、残念ながら、口の関係で、ただ、I don't think so” と答えるのみ。まったくお恥しく、イライラする話でした。

### (3) イオンの活動度と土壌中のイオンの移動

イスラエルの Shaked と Banin が Debye-Hückel の強電解質理論を用いてトマトのイオン吸収を解析した報告と、アメリカの Thomas が、土壌に保持されているアニオンの量の半分を転置させるに要する水量を、アニオン溶脱の難易をしめす index として用いていた報告が、注目されました。ただ、討論の際土壌溶液の特質、Donnan 膜平衡の再評価などについて、討議がなされなかったのが残念でした。口が達者なら問題提起をしなかったところです。なお、⑤の分野で行なわれた報告でしたが、Zur と Bresle (イスラエル) が、かんがい水の量およびその塩類濃度と圃場での水分分布の変化のデータから計算された土壌断面の塩類濃度分布が、実際に測定された圃場での分布とよく一致していたのが印象的でした。

### (4) 土壌および植物からの蒸発

Lambert (アメリカ) と de Vries (オランダ) が、“Troika” と名づけるモデルを用いて、土壌-植物-大気系における水の運動を解析していました。この報告はおおもてで“今日のハイライト”などともはやされていますが、仮定された土壌の水分ポテンシャルが PF 2.5~4.0 と乾燥した領域であるにもかかわらず、根への水分移動量の計算に拡散方程式を用いていたのが大変気になりました。私は、拡散方程式が成立するのは、甘くみつもっても、 $pF\ 2.5\sim 2.6$  以下であると考えていますので。他の報告は、卒直にいて、あまりよくわかりませんでした。

### (5) 土壌の諸条件と作物の収量

圃場での水分収支、果実の品質および収量とかんがい方法(かんがい適期の検討も含む)、塩類土壌の改良など、主として技術的側面の強い研究が報告されました。報告者の大部分は、イスラエルをはじめとして、雨量の少ない国の人々が圧倒的に多く、その点、いろいろ面白いと思うことがありました。

たとえば、日本でかんがいと言えば、ある程度まで土壌が乾くとかん水を行い、土壌水分を圃場容水量近くなるまで上げてやるのですが、イスラエルでは、土壌中の

水分を、つねに、品質および収量にとって最も適当な水分附近に保っておくようなかんがい方法が、研究されているのです。雨の少ない国だからこそできることだと思います。水さえあれば、雨が少ないということは、土壌の水分状態を管理するのに好都合な訳で、圃場水分を良質の果実を生産するに最も適した水分状態に、いつでもコントロールしておくことができるのです。

なお、これらの報告を聞いて、学ばなければならないと思ったことが、二つありました。

一つは、研究が系統的なことです。測定は、ほぼ10年単位で行なわれています、ですから、データが豊富で、結論に説得力がありました。もう一つは、報告を聞いてみて、このような技術的側面の強い研究は、土壌物理、土壌化学、植物生理などの専門家の協力のもとで遂行されていると思われる点です。1人の人が、なんでもやるのではなく、1人1人がそれぞれ各分野のスペシャリストである訳で、わが国の現状と比較し、いろいろ考えさせられました。

なお、シンポジウム全体を通じては、次の点が面白かったです。

①報告の時間は、15分ですが、時間になると、報告者が大家であっても、途中で報告を止めさせられます。ゆうづらがきかないという気もしますが、この方がよいかも知れないという気もしました。

②討論が、非常に活発です。発言は、全体としては、いわゆる大家が多いのですが、イスラエルの人々は、技術的研究をやっている人々をふくめて、みんなが、これらの大家と、堂々とわたり合っていたのには、全く感服しました。1人1人が、スペシャリストであると同時に、自分の仕事は絶対の自信をもっている感じです。

③弱い研究が発表されると、徹底的に食いつきます。イタリアの教授が、圃場容水量についての報告をしました。内容的には、日本でも、戦後すぐ行なわれていたようなものです。私でしたら、それはそれとして、質問をさし控えるところですが、Gardner (土壌物理部門の President) をはじめとして、その研究はナンセンスであると、ギリギリやるのですから。アキレたり、驚ろいたり。この点、非常に重要なことかも知れないと、考えさせられました。

以上あまとままとりませんでした。シンポジウムに参加して、私を感じたことをありのまま書いてみました。

最後に、この会議に出席できるよう、いろいろご援助下さった諸先輩に、心からお礼を申し上げたいと思います。

## 土 粒 子

## ——門外漢から一言——

土壌物理と云うと私のように土壌化学を専門とするものにとっては一般的にみてもかなりとつき難く、常口頃よりそれとなく敬遠しているのが実状と思われる。特に最近の土壌物理はなり高度の物理学の基礎的な知識と、数学的素養を必要とし門外漢にとってはその進展を十分に理解し得ない。しかし土壌物理の重要性はそれを専門としない者にとっても常に身をもって肌で感じているところである。いずれの専門分野であれ農学と云う総合科学においては、一部門の進歩が他の分野に充分生かされなくては意味がうすいが、現状において土壌物理の最新の知見が他の分野に充分活用されているかと考えると、はなはだしく疑問に思わざるを得ない。このような最新の知見はさておいても、その最も基本的な物理的性質さえ他の専門分野のものが十分に活用していないのではないかと考える。例えば土壌の容積重であるが、我々のとり扱う土壌は主として作物の生産の場としての土壌であり、土壌と作物との関係を考えて作物の根域に占める土壌の容積が問題となる。しかし一般に土壌の養分量を示す場合には乾土 100g あたりの養分量で表わされ、作物根域に占める土壌の単位体積に含まれる養分

量としての検討がほとんどなされない。土壌の容積重は一般には 1 前後であろうが火山灰土では 0.6、タイ国のデルタ土壌では 1.4 を示すものもあり、このような場合乾土 100g あたりの養分量で土壌間の比較を行なうことは植生を考える立場からは全く無意味なばかりでなくはなだしく危険である。また施肥なども土壌の体積を基準にして肥料の量が決定される訳で、土壌の重量ではないことなどを考えると容積重のもつ意義は極めて大きい。そこで一つの提案として日本の各種の土壌についてその土壌の物理性を一まとめにしたデータブックを作成して専門外のものが土壌物理を活用する便を計ってもらえればと考える。この場合数値は常に現地の土壌と風乾細土との両方についての数値をそろえられることを希望する。これはなにも土壌物理を専門とするものばかりの問題ではなく他の専門分野のものにとっても共通の問題点であろうが、一つの部門の専門家はその道のさらに高い研究に熱中するものである。しかし土壌物理はさきに述べたような現状から特にこれを広く他の部門に生かされるよう、これに従事するものはサービス精神を忘れてはなるまい。それにはわが国において土壌物理の専門家の絶対数が極めて不足しているのは事実であるとしても。

(農技研化学部 小山 雄生)



## 会 務 報 告

(昭和46年7月1日～47年5月1日)

### 第5回事務局会議

46・9・22 農技研

[出席] 国分・横井・増島・久保田・仲谷・足立(忠)  
・岩田・長野間・根本

1. 第13回シンポジウムの準備について
  - (i) プログラム編成
  - (ii) ポスターの印刷・配布先
  - (iii) 前日および当日の幹事, アルバイト学生の配置
  - (iv) 展示関係
  - (v) 接待, 謝礼
2. 評議員会, 編集委員会, 幹事会の開催について

### 第6回事務局会議

46・11・8

[出席] 国分・横井・田淵・増島・久保田・仲谷・長  
野間・根本

1. 庶務・会計関係報告
2. 第13回シンポジウム準備の進行状況について
3. 購読会員制を設けるための会則改正の件
4. その他

### 第7回事務局会議

46・11・17 農技研

1. 庶務会計関係報告
2. 第2回評議員会提出議題について
3. 第13回シンポジウムの会場, 展示会場の準備等

### 第2回評議員会

46・11・17 農技研

[出席] 国分・横井・田淵・長堀・湯村・須藤・八幡  
・山沢・竹中・岩田各評議員・増島・久保田  
・仲谷・長野間・根本各幹事

1. 経過報告 (46.6.18～11.17)
2. 総会提出議案  
 決算について承認。予算案では収入のレジメ代は参加費とすること。また, 支出の予備費は多いが, 条件を整えば会誌3回発行, 15周年記念出版の備蓄とするなどを含めて承認。購読会員 (1,200円) 制設置の会則改正案承認。

### 3. 次期シンポジウムテーマについて

環境保全と土壌の役割, 田植機の精度にかかわる土の緊硬度の測定法などの意見がでた。

### 4. その他

15周年を目標とする記念出版については, 辞典的なもの, 進歩総説的なものなどの意見が出され, この行事とは別に, 5年毎位にそれまでの到達点の総説的なものを作る必要があること。また, 会誌に用語の解説をまとめて何号かに掲載して欲しいなどの意見もあった。

### 第13回研究討論会

主題: 施設栽培における土壌物理的諸問題

日時: 昭和46年11月18日 (木) 9:30～17:10

場所: 農業技術研究所講堂

講演: そ菜栽培土壌の適性判定と土壌水分管理 河森 武 (静岡農試)

施設栽培における灌漑点

中島田誠 (東海近畿農試)

温床床土の物理性と果菜類の生育

高橋和彦 (東大農)

施設栽培における土壌空気について

梅林正直 (三重大農)

ハウス内の温度環境と CO<sub>2</sub> 環境

内嶋善兵衛 (農技研)

総合討論

### 会計報告

(1) 45年度決算 (45.10.1～46.9.30)

	項 目	予 算	決 算
収	繰 越 金	98,728	98,728
	会 費	765,000	893,823
	賛 助 会 費	110,000	80,000
	出 版 物 売 上	50,000	31,050
入	広 告 料	80,000	51,200
	雑 収 入	70,000	51,266
	合 計	1,173,728	1,206,067

### 繰越金内訳

郵便振替預金 431,567

銀行預金(1)埼玉 74,897

(2)三菱・王子支店 2,500

現 金 -34,365

合 計 474,599

	項 目	予 算	決 算	
支	会誌製作費	500,000	459,400	
	討論会費	90,000	94,630	
	通信・会誌郵送費	50,000	26,151	
	文具費	15,000	34,097	
	交通費	90,000	16,330	
	賃金	60,000	15,910	
	会議費	15,000	11,930	
	役員手当	60,000	42,000	
	出	編集委員会費	61,000	30,720
		雑費	35,000	1,000
予備費		197,728	474,599	
合 計		1,173,728	1,206,067	

(2) 会費納入状況

年 度	項 目	45年度 納入者数	未 納 金	
			人 数	金 額
42年度分 (500)		1		
43 " (500)		20	25	12,500
44 " (500)		103	72	36,000
45 " (1,000)		356	155	155,000
45年 (500)		31	—	—
45年値上げ分 (500)		166	88	44,000
46年度分 (1,000)		352	422	422,000

(3) バックナンバー在庫状況

号	冊 数	号	冊 数
No. 7	5	No. 18	234
8	4	19	143
10	8	20	209
11~12	7	21	213
13	97	22	233
14	222	23	189
15	266	24	188
16	232	25	213
17	239	合 計	

(3) 会員動向 (45.10.1~46.9.30)

入 会	22名	賛助会員	10名
退 会	13	広告会員	5
現在数	789	団体会員	31
		外国会員	5

会員の地域別人数

北海道	89名	近 畿	64
東 北	72	中 国	44
関 東	246	四 国	39
中 部	88	九 州	102

会計監査報告

昭和46年11月9日農事試験場作業技術部土壤肥料研究室で監査を行いました。監査の結果、記載に間違いはありませんでした。

会計監査委員 粕淵 辰昭  
竹中 肇

編集報告

23号 46年2月25日発行 2月23日発送  
24号 46年4月25日発行 5月24日発送  
25号 46年9月25日発行 10月7日発送  
議 題

(1) 46年度予算案 (46.10.1~47.9.30)

収入の部

項 目	金 額	備 考
繰 越 金	474,599	*会費内訳
会 費*	800,000	45年度以前 200,000
賛 助 会 費	80,000	46年度 400,000
出版物売上げ	40,000	47年度 200,000
廣 告 料	65,000	計 800,000
雑 収 入**	104,000	**雑収入内訳
		シンポジウム展示料 84,000
		参加費 20,000
合 計	1,563,599	計 104,000

支出の部

項 目	金 額	備 考
会誌製作費	600,000	No. 25, 26号EP刷製本 300,000×2=600,000
討論会および総会費	110,000	レジメ印刷, アルバイト, 講演者への謝礼, その他
通信・会誌送費	50,000	No. 25, 26号発送 その他
文 具 費	40,000	宛名ゼロックス代, 封筒代, その他
交 通 費	70,000	評議員交通費 50,000 } 計 事務局会議交 20,000 } 70,000 通費
賃 金	60,000	
会 議 費	15,000	会場費, 茶菓代のみ
役員手当	60,000	会長, 副会長, 幹事 各6,000円 /年 および評議員 出席手当 500円/1回, 1人
編集委員会費	61,000	編集委員旅費および手当 手当は5,000円/年・1人, 編集幹事手当は含まない。
雑 費	35,000	他学会誌へのPR費, 会則など 入会案内
予 備 費	452,599	条件がととのえば会誌3回発行, 15周年記念事業の備細
合 計	1,563,599	

(2) 会則改正

現 行	改 正
第4条 本会の会員は正会員、学生会員及び賛助会員の3種とする。	第4条 本会の会員は正会員、学生会員及び賛助会員、購読会員の4種とする。
第5条 会員は次の会費を所定の期日までに納めるものとする。 正会員 年額 1,000円 学生会員 // 600円 賛助会員 1口 年額 10,000円	第5条 会員は次の会費を所定の期日までに納めるものとする。 正会員 年額 1,000円 学生会員 // 600円 賛助会員 1口 年額 10,000円 購読会員 会誌 年額 1,200円

第8回事務局会議

47・4・28 農技研

〔出席〕 国分・横井・田淵・増島・久保田・仲谷、長野間・根本

1 経過報告

- (i) 庶務関係…会員の動向、名簿の整理状況
- (ii) 会計関係…現在保有額、会費納入状況など
- (iii) 編集関係…会誌26号は4月1日現在の会員名簿等をつけ、5月の連休明けに印刷に出す。27号については5月中旬に編集委員会を開催する。

2 協議事項

- (i) 今年度シンポジウムについて  
課題案については、田淵副会長、増島幹事長が幹事会の討論内容をふまえて案を作成し、次回幹事会にはかり、6月22日（予定）の評議員会にはかる。シンポジウムの時期は11月15日（水）頃を予定。西ヶ原農技研。
- (ii) 評議員選挙準備について  
選挙管理委員会発足案を作成し評議員会にはかることになった。
- (iii) その他として、15周年記念事業について、記念出版等について意見がかわされたが、編集委員会の意見を聞くことになった。

新 入 会 員

- 王 新伝 中国農村復興聯合委員会  
台北市南海路37号
- 吉田 隆輝 苫小牧工高校 〒059-12 北海道苫小牧市錦岡443
- 宮崎 孝 総合農林試 〒854 諫早市貝津町3118

- 小山 隆彦 小樽開発建設部 〒047 小樽市潮見台1の15の5
- 佐藤君四郎 十勝農試 〒082 北海道河西郡茅室町新生
- 熊谷 秀行 同上
- 松村康二郎 東農工大在学 〒183 府中市幸町3-5-8
- 奈良 誠 東大農農業工学科在学 〒113 文京区弥生1-1-1
- 堺 省吾 東教大在学 〒182 調布市深大寺町1478
- 田中 宏 玉川大農 〒194 町田市玉川学園6-1-1
- 石上 忠 埼玉園試 〒346 久喜市大字元万部
- 大長 正文 静岡農試 〒420 静岡市北安東
- 大内 勇 宮城農試 〒983 仙台市原町小田原字榊江27
- 和田 士 同上
- 岩本 保典 大分農技センター 〒872-01 宇佐市北宇佐65
- 小関 恭 宮城農業短大 〒982 仙台市根岸町15-1
- 三浦 泰昌 神奈川園試 〒259-01 神奈川県中郡二宮町二宮1217
- 沢村 宣志 農事試 〒365 鴻巣市大字鴻巣1227
- 慎 鑄革 大韓民国水原市農村振興庁植物環境研究所
- 安井 秀夫 園試久留米支場 〒830 久留米市御井町
- 小林 裕志 北里大畜産部 〒034 十和田市大字三本木前谷地
- 群馬県園試 〒379-22 佐波郡西小保方

退 会 者

- 重田 泰蔵 東大農 船田 周 愛媛大
- 西村 完爾 高知農技研 平沢 一雄 東京農大
- 盛 時雄 北海道中央農試 西村 功 岡山大
- 中西 昂 三重農技センター 堂腰 純 北大農
- 成田 忠頼 福島農試 田村 卯八 新潟農試
- 金井 徹 群馬県庁 山陽パルプKK

〔編 集 後 記〕

本号は予想以上の増頁になり関係者一同喜んでおります。ただ、またまた刊行期日が遅れてしまいお詫び申し上げます。とくに、シンポジウム関係論文以外の一般の投稿論文が印刷になるのが遅れてしまいましたことは大変心苦しく思います。

今秋には評議員選挙がおこなわれますので、それに備えて会員名簿を本号に掲載しました。次号27号は10月頃刊行の予定で進めております。どしどし御投稿下さいますようお願い致します。（久保田、仲谷）

# 会 員 名 簿

(昭和47年4月1日現在)

賛助会員	8				
正会員		北海道	87	中 国	42
		東北	77	四 国	38
		関東	239	九 州	101
		中部	95	沖 縄	3
		近畿	62	国 外	8
講読会員	29				
正会員計	752				
総合計	789				

## 〔賛助会員〕

大起理化学工業㈱	〒	116	東京都荒川区町屋2の16の2
ウイジン工業社		158	東京都世田谷区玉川用賀町1—22
帝石テルナイト工業㈱		151	東京都渋谷区幡ヶ谷1—31—10
電気化学工業㈱		100	東京都千代田区有楽町日比谷
トキワ理化学有限会社		360	埼玉県熊谷市大麻生1309
日本重化学工業㈱		103	東京都中央区日本橋小網町2—14
三井金属鉱業㈱		103	東京都中央区区日本橋室町2—1
理研科学測定器研究所㈱		121	東京都足立区伊興町前沼1254

氏 名 勤務先、郵便番号所在地

## 〔北海道〕

赤 城 仰 哉	根釧農試	086—14	標津郡中標津町
秋 山 喜三郎	北見農試	099—14	常呂郡訓子府町弥生52
石 塚 喜 明		063	札幌市琴似3条4丁目
伊 東 輝 行	中央農試	069—13	夕張郡長沼町東6線北15号
石 井 和 夫	北海道農試	099—61	紋別市小向
市 川 信 雄	中央農試	069—13	夕張郡長沼町北長沼
稲 津 脩	中央農試稲作部	068	岩見沢市金子町
岩 間 秀 矩	北海道農試	099—61	紋別市小向
岩 淵 晴 郎	中央農試	069—13	夕張郡長沼町北長沼
梅 田 安 治	北大農	060	札幌市北9条西9丁目
海老原 洋 司	北大農	060	札幌市北9条西9丁目
江 川 友 治	北海道農試	062	札幌市羊ヶ丘1
大 垣 昭 一	北見農試	099—14	常呂郡訓子府町弥生52
岡 部 福 夫	北海道開発コンサルタント㈱	063	札幌市北4条西6丁目北4条ビル
大 崎 亥佐雄	天北農試	098—57	枝幸郡浜頓別町
奥 村 統 一	天北農試	098—57	枝幸郡浜頓別町
片 山 雅 弘	北海道農試	062	札幌市羊ヶ丘1
川 原 祥 司	道南農試	041—12	亀田郡大野町本町
川原田 元	帯広開発	080	帯広市西4条南8丁目
菊 池 晃 二	十勝農試	082	河西郡芽室町新生

岸 洋 一	帯広畜大	080	帯広市稲田町
木 下 彰	北海道農試	062	札幌市羊ヶ丘 1
工 藤 正義	専修大美唄農工短大	072	美唄市美唄1610—1
熊 谷 秀 行	十勝農試	082	河西郡芽室町新生
黒 川 春 一	道南農試	041—12	亀田郡大野町本町
小 林 茂	中央農試	069—13	夕張郡長沼町東 6 線北15号
小 林 莊 司	中央農試	069—13	夕張郡長沼町東 6 線北15号
金 野 隆 光	北海道農試畑作部	082	河西郡芽室町新生
近 藤 鍊 三	帯広畜大	080	帯広市稲田町
小 山 隆 彦	小樽開発建設部		小樽市潮見台 1 丁目15—5
後 藤 計 二	中央農試	069—13	夕張郡長沼町北長沼
斎 藤 知 行	道庁農務部	060	札幌市北 3 条西 6 丁目
斎 藤 万之助	開発局土木試	060	札幌市平岸無番地
佐久間 敏 雄	北大農	060	札幌市北 9 条西 9 丁目
佐 藤 君四郎	十勝農試	082	河西郡芽室町新生
桜 田 純 司	北大農	060	札幌市北 9 条西 9 丁目
佐々木 清 一	同上	//	//
佐 藤 博	北海道農試	062	札幌市羊ヶ丘 1
志 賀 一 一	同上	//	//
塩 崎 尚 郎	北海道農試	099—61	紋別市小向
島 田 実 幸	中央農試	069—13	夕張郡長沼町北長沼
杉 浦 勲	北海道林試	079—01	美唄市光珠内
相 馬 剋 之	北大農	060	札幌市北 9 条西 9 丁目
相 馬 暁	中央農試	069—13	夕張郡長沼町北長沼
高 橋 市十郎	同上	//	//
高 尾 欽 弥	同上	//	//
高 畑 滋	北海道農試	062	札幌市羊ヶ丘 1
田 村 昇 市	帯広畜大	082	帯広市稲田町
千 葉 豪	北海道農試	062	札幌市羊ヶ丘 1
常 松 栄	専修大美唄農工短大	079—01	美唄市美唄
中 井 義 夫	道庁農地開拓	060	札幌市北 3 条西 6 丁目
中 山 利 彦	北見農試	099—14	常呂郡訓子府町弥生
長 沢 徹 明	北大農	060	札幌市北 9 条西 9 丁目
野 村 琥	十勝農試	082	河西郡芽室町新生
野 村 栄 吉	北海道開発コンサルタント(株)	063	札幌市北 4 条西 6 丁目
林 成 周	北海道農試	082	河西郡芽室町新生
原 田 勇	酪農短大	069—01	江別市西野幌
久 末 勉	北海道農試泥炭	072	美唄市開発町南
平 井 義 孝	中央農試	069—13	夕張郡長沼町東 6 線北15号
平 島 利 昭	根釧農試	086—11	標津郡中標津町
福 原 道 一	北海道農試	082	河西郡芽室町新生
堀 口 郁 夫	北大農	060	札幌市北 9 条西 9 丁目
前 田 隆	同上	//	//
松 居 勝 広	帯広畜大	080	帯広市稲田町
松 田 豊	同上	//	//
松 原 一 実	中央農試	069—13	夕張郡長沼町
丸 谷 典 弘	北大農	060	札幌市北 9 条西 9 丁目

道場三喜雄	十勝農試	082	河西郡芽室町新生
水元秀彰	中央農試	069-13	夕張郡長沼町
南松雄	北海道上川農試	078-02	旭川市永山町9丁目
宮脇忠	中央農試	069-13	夕張郡長沼町東6線北15号
村井信仁	十勝農試	082	河西郡芽室町
室松正雄	開発局調査課		札幌市北4条西3丁目
元木征治	道南農試	041-12	亀田郡大野町本町
森哲郎	中央農試	069-13	夕張郡長沼町東6線北15号
本橋明夫	北海道開発コンサルタント		札幌市月寒東4条9丁目
矢沢正士	北大農	060	札幌市北9条西9丁目
矢野義治	開発局	060	札幌市平岸無番地
山口正栄	中央農試	069-13	夕張郡長沼町北長沼
山田忍	専修大美唄農工短大	079-01	美唄市美唄
山本晴雄	中央農試	069-13	夕張郡長沼町東6線北15号
横田廉一	北大農	060	札幌市北9条西9丁目
横山偉和夫	北海道生産農協	060	札幌市北4条西1丁目
吉田享	開発局	060	札幌市平岸無番地
吉田隆輝	苫小牧工高専門学校		苫小牧市錦岡443
渡辺公吉	中央農試	068	岩見沢市金子町
〔青 森 県〕			
小林裕志	北里大畜産部	034	十和田市大字三本木字前谷地149-2
小林和太郎	青森農試	036-03	黒石市砂森1
篠辺三郎	弘前大農	036	弘前市文京町3
鹿内武次	青森農試	036-03	黒石市砂森1
中島一成	同上	〃	〃
長谷部次郎	弘前大農	036	弘前市文京町3
矢橋晨吾	同上	〃	〃
吉田裕一	県津軽土地改良事務所	036	弘前市蔵王町4
〔岩 手 県〕			
赤塚恵	東北農試	020-01	盛岡市下厨川赤平4
石橋秀弘	岩手大農	020	盛岡市上田3
伊藤実	同上	〃	〃
伊藤明治	岩手園試	024	北上市飯豊字成田
岩崎勇作	林試東北支場	020-01	盛岡市下厨川字鍋屋敷72
遠藤敏夫	園試盛岡支場	020-01	盛岡市下厨川字鍋屋敷92
岡崎紘一郎	東北農試	020-01	盛岡市下厨川赤平4
栗原浩	同上	〃	〃
今野雄始	県立岩谷農林高校	023-11	江刺市岩谷堂字杉ノ町41
佐々木信夫	岩手農試南分場	023-11	江刺市愛宕字八日市69-4
徳永光一	岩手大農	020	盛岡市上田3-18-8
浪瀬信義	岩手大農	020	盛岡市上田3-18-8
林弘宣	同上	〃	〃
馬場秀和	同上	〃	〃
原道宏	同上	〃	〃
藤尾福蔵	東北農試	020-01	盛岡市下厨川赤平4
吉田稔	岩手大農	020	盛岡市上田3-18-8

渡 辺 巖 同上 020 //

渡 辺 和 之 東北農試 020-01 盛岡市下厨川赤平 4

〔宮 城 県〕

塩 谷 勝 宮城農業短大 982 仙台市根岸町15-1

大 内 勇 宮城農試 983 仙台市原町小田原榊江

小 関 恭 宮城農業短大 982 仙台市根岸町15-1

高 田 博 上沼農業高校 987-06 登米郡中田町上沼

苫米地 勇 作 981-12 名取市手倉田字山 6-39

古 坂 澄 石 東北大農研 980 仙台市片平町41

舟 戸 一 勝 東北農政局

前 田 信 寿 宮城農業短大 982 仙台市根岸町15-7

山 根 一 郎 東北大農研 980 仙台市片平町41

若 生 松兵衛 宮城農試 983 仙台市原町小田原榊江

和 田 士 同上 //

〔秋 田 県〕

金 子 淳 一 秋田農試 010-14 秋田市仁井田字小中島

久保田 正 光 東北農試 014-01 大曲市四ッ屋

佐 藤 智 男 同上 //

白 石 道 夫 東北農試 014-01 大曲市四ッ屋字下古道 3

鈴 木 易 西目農高 018-06 由利郡西目村沼田字新道下 2-6

〔山 形 県〕

大 竹 俊 博 山形農試 990 山形市鉄砲町 2-10-75

川 島 次 夫 山形大農 997 鶴岡市若葉町 1-23

神 尾 彪 同上 //

上 出 順 一 同上 //

近 野 雅 子 山形農試 990 山形市鉄砲町 2-10-75

斎 藤 三 郎 同上 //

東海林 覚 同上 //

鈴 木 正 同上 //

鈴 木 隆 山形大農 997 鶴岡市若葉町 1-23

瀬野尾 昭 吾 県農林部 990 山形市旅籠町 2-4-51

高 橋 幸 夫 同上 //

月 館 光 三 山形大農 997 鶴岡市若葉町 1-23

土 屋 功 位 同上 //

中 川 義 一 山形農試 990 山形市鉄砲町 2-10-75

東 山 勇 山形大農 997 鶴岡市若葉町 1-23

本 間 廉 造 同上 //

森 田 浩 同上 //

吉 田 力 同上 //

渡 辺 和 夫 山形農試庄内分場 999-76 東田川郡藤島町

渡 辺 信 二 山形農試庄内分場 999-76 同上

〔福 島 県〕

池 田 孝 男 福島農試 963-05 郡山市富田町若宮前20

宇佐見 昭 宣 福島農試 963-05 郡山市富田町若宮前20

河野 御	同上		
佐藤 雄夫	福島園試		福島市飯坂町平野檀の東1
未永 弘	福島農試	963-05	郡山市富田町若宮前20
菅野 正	同上	//	//
鈴木 平喜	同上	//	//
関根 勇治	同上	//	//
立谷 寿雄	同上	//	//
館川 洋	同上	//	//
武田 敏昭	同上	//	//
和田山 利明	同上	//	//

## 〔茨 城 県〕

飯田 栄	茨城県庁	310	水戸市三の丸
押鴨 保夫	茨城農試	310	水戸市若宮町
川崎 元地	茨城大農	300-03	稲敷郡阿見町
久保田 治夫	同上		
小松 鋭太郎	茨城園試	300-03	稲敷郡阿見町
小林 登	茨城農試	310	水戸市若宮町
酒井 一	同上		
佐野 文彦	茨城大農	300-03	稲敷郡阿見町
高橋 薫	鯉淵学園	319-03	東茨城郡内原町
田淵 俊雄	茨城大農	300-03	稲敷郡阿見町
津田 公男	茨城農試	310	水戸市若宮町
坪野 敏美	鯉淵学園	319-03	東茨城郡内原町
豊田 久承	海外技術協力事業団内原国際農業研修センター	319-03	東茨城郡内原町
長谷川 文男	茨城農試	310	水戸市若宮町
本田 宏一	同上		
林 尚孝	茨城大農	300-03	稲敷郡阿見町
吉原 貢	茨城農試	310	水戸市若宮町
須藤 清次	茨城大農	300-03	稲敷郡阿見町

## 〔栃 木 県〕

赤木 博	栃木農試佐野分場	327	佐野市堀米町964
安保 文夫	宇都宮大	320	宇都宮市峰町350
内田 文雄	栃木農試	320	宇都宮市互谷町
小関 純一	畜産試	329-27	那須郡西那須野町
川田 登	栃木農試	320	宇都宮市互谷町1080
国生 哲夫	宇都宮たばこ試	329	下都賀郡桑絹町
権藤 昭博	農林省草地試	329-27	那須郡西那須野町
清水 邦夫	宇都宮大	320	宇都宮市峰町350
相馬 恒一	同上		
土山 豊	栃木農試	320	宇都宮市互谷町1080
坪田 五郎	同上		
中出 尚夫		327	佐野市朝日町795天海ホームビル434号
原 慎紀	草地試	329-27	那須郡西那須野町
福田 行雄	県農務部	320	宇都宮市塙田町504
藤沢 徹	宇都宮大	320	宇都宮市峰町350



吉野晴夫	宇都宮たばこ試	323	小山市出井
古野昭一郎	栃木農試	320	宇都宮市互谷町1080

〔群 馬 県〕

金嶋康典	群馬蚕試	371	前橋市総社町総社
琴寄融	群馬農試	371	前橋市江木町1251
斎藤恵亮	同上	〃	〃
鈴木秀平	同上	〃	〃
須田鉄称	同上	〃	〃
高橋哲夫	群馬園試	379—22	佐波郡東村西小保方493
角田三郎	農業高等学園	370—31	箕輪町西明屋1005
中島文四郎	群馬農試	371	前橋市江木町1251
山田要	同上	〃	〃

〔埼 玉 県〕

秋本俊夫	埼玉農試	360	熊谷市大字久保島1372
新井真杉	同上	〃	〃
石上忠	埼玉園試	346	久喜市大字元万部
伊沢敏彦	農業機械化研	330	大宮市日進町1—40—2
石居企救男	埼玉農試	360	熊谷市大字久保島1372
井上喬二郎	農事試	365	鴻巣市大字鴻巣1227
小川和夫	農事試畑作	364	北足立郡北本町荒井
風間秀彦	埼玉大理工	346	浦和市下大久保255
鏑木豪夫	農業機械化研	330	大宮市日進町1—40—2
北村誠	同上	〃	〃
北原健吾	埼玉農試	360	熊谷市大字久保島1372
草野秀	農事試畑作	364	北足立郡北本町荒井
倉田勇	農業機械化研	330	大宮市日進町1—40—2
国分欣一	農事試	365	鴻巣市大字鴻巣1227
佐藤祐一	水資源開発公団	336	浦和市神田936
沢村宣志	農事試	365	鴻巣市大字鴻巣1277
柴英雄	埼玉農試	360	熊谷市大字久保島1372
鈴木清司	同上	〃	〃
高橋保夫	農事試	365	鴻巣市大字鴻巣1227
伊達昇			入間市角栄団地2—16
出井嘉光	農事試	365	鴻巣市大字鴻巣1227
長野間宏	同上	〃	〃
西村藤市	北炭化成工業	335	戸田市川岸1—1—20
根本清一	農事試	365	鴻巣市大字鴻巣1227
蜂須信治	埼玉蚕試	360	熊谷市大字熊谷1201
平野福治	埼玉農試	360	熊谷市大字久保島1372
細野衛	羽生高等学校	348	羽生市羽生3579
細谷毅	埼玉園試	346	久喜市元万部
正木十二郎	自営	330	大宮市日進町3—796
前田乾一	農事試	365	鴻巣市大字鴻巣1227
増島博	同上	〃	〃
吉野喬	同上	〃	〃

## 〔東 京 都〕

藍 房 和	東農工大	183	府中市幸町3—5—8
秋 山 豊	農技研	114	北区西ヶ原2—1—7
足 立 忠 司	東大農	113	文京区弥生1—1—1
足 立 嗣 雄	農技研	114	北区西ヶ原2—1—7
穴 瀬 真	教育大農	153	目黒区駒場2—19—1
新 垣 雅 裕	東大農	113	文京区弥生1—1—1
蘭 道 生	農技研	114	北区西ヶ原2—1—7
有 田 裕	同上		
有 光 一 登	林業試	153	目黒区下目黒5—37—21
井ノ子 昭 夫	農技研	114	北区西ヶ原2—1—7
岩 佐 安	同上		
岩 田 進 午	同上		
伊 東 正 夫	蚕糸試	166	杉並区和田3—55—30
岩 崎 代志治	東大農	113	文京区弥生1—1—1
宇 野 要 次	農技研	114	北区西ヶ原2—1—7
遠 藤 健次郎	東大農	113	文京区弥生1—1—1
緒 形 博 之	同上		
大 中 正 之	東京農大	156	世田谷桜ヶ丘1—1—1
小田切 弘 一	片倉チックカリン	100	千代田区大手町1—1 三井生命ビル
大 塚 秀 光	東教大	113	文京区弥生1—5—13 (自宅)
大 平 丈 美	鹿島建設	153	目黒区中目点5—22—11
川 地 武	大林組	180—04	北多摩郡清瀬町下清戸
金 木 良 三	東京農大	156	世田ヶ谷桜ヶ丘1—1—1
粕 淵 辰 昭	農技研	114	北区西ヶ原2—1—7
木 内 知 美	農技研	114	北区西ヶ原2—1—7
岸 上 定 男	教育大農	153	目黒区駒場2—19—1
吉 良 芳 夫	東京農大	156	世田谷桜ヶ丘1—1—1
喜 田 大 三	大林組	180—04	北多摩郡清瀬町下清戸
久保田 徹	農技研	114	北区西ヶ原2—1—7
黒 田 昭	東大農	113	文京区弥生1—1—1
黒 鳥 忠	林業試	153	目黒区下目黒5—37—21
黒 部 隆	農工大	183	府中市幸町3—5—8
小 出 博	東京農大	156	世田谷桜ヶ丘1—1—1
駒 村 正 治	同上	//	//
越 野 正 義	農技研	114	北区西ヶ原2—1—7
小 山 正 忠	同上	//	//
小 山 雄 生	同上	//	//
小 山 実	東京工業試	151	渋谷区本町 1
堺 省 吾	東教大 (学生)	182	調布市深大寺町1478 (自宅)
佐 藤 末 男	富士平工業		練馬区貫井3—19—16
三 幣 正 己	農技研	114	北区西ヶ原2—1—7
渋谷 政 夫	同上	//	//
志 佐 誠	木林組	143	大田区山王2—7—9 (自宅)
島 田 俊 介	東大農	113	文京区弥生1—1—1
清 水 隆 一	肥料科学研	103	中央区日橋橋室町2—1 三井ビル

自 岩 隆 己	日大農	154	世田谷区下馬町3-49
神 藤 洋 爾	山陽パルプ	100	千代田区永田町2-14-2 山王グランドビル内
白 井 喬 二	農技研	114	北区西ケ原2-1-7
杉 浦 力	日本道路公団試	194-01	町田市山崎町1678
鈴 木 重 義	農工大	183	府中市幸町3-5-8
鈴 木 達 彦	農技研	114	北区西ケ原2-1-7
鈴 木 誠	蚕糸試	166	杉並区和田3-55-30
住 田 章	東大大学院	176	練馬区小竹町1-78-26 渡辺方(自宅)
高 木 信 一	農技研	114	北区西ケ原2-1-7
高 杉 晋太郎	信越化学工業㈱	100	千代田区丸ノ内1-2
高 橋 悟	東京農大(学生)	156	世田谷桜ヶ丘1-1-1
竹 中 肇	東大農	113	文京区弥生1-1-1
竹 原 秀 雄	林業試	153	目黒区下目黒5-37-21
立 花 一 雄	東大農	113	文京区弥生1-1-1
竹 迫 紘	東京農試	190	立川市富士見町3-10
田 上 三 夫	熱帯農業研究センター	114	北区西ケ原
田 原 虎 次	農工大	183	府中市幸町3-5-8
田 中 宏	玉川大農		町田市玉川学園6-1-1
田 村 俊 和	東京都立大	158	世田谷深沢2-1-1
千 葉 守 男	農技研	114	北区西ケ原2-1-7
堤 聡	東大農	113	文京区弥生1-1-1
寺 沢 四 郎	農技研	114	北区西ケ原2-1-7
土 井 淳 多	東大農	113	文京区弥生1-1-1
富 高 弥一平	東京農大	156	世田谷桜ヶ丘1-1-1
富 永 章	東大農	113	文京区弥生1-1-1
仲 谷 紀 男	農技研	114	北区西ケ原2-1-7
内 藤 利 貞	教育大農	153	目黒区駒場2-19-1
永 井 政 雄	蚕試	166	杉並区和田3-55-30
永 田 慧	鹿島建設技研	182	調布市飛田給2-19-1
中 田 昌 卯	農工大	183	府中市幸町3-5-8
中 田 礼 嘉	大林組技研	180-04	北多摩郡清瀬町下清戸640
永 塚 鎮 男	農技研	114	北区西ケ原2-1-7
中 野 政 詩	東大農	113	文京区弥生1-1-1
奈 良 誠	同上	//	//
二 宮 啓 輔	農技研	114	北区西ケ原2-1-7
野 口 正 三	教育農大	153	目黒区駒場2-19-1
橋 本 与 良	林業試	153	目黒区下目黒5-37-21
八 田 貞 夫	熱帯農業研究センター	114	北区西ケ原2-2-1
箱 石 正	熱帯農業研究センター	114	北区西ケ原2-2-1
林 敬 太	林業試	153	目黒区下目黒5-37-21
早 瀬 達 郎	農技研	114	北区西ケ原2-1-7
福 士 定 雄	農技研	114	北区西ケ原2-1-7
藤 沼 善 亮	同上	//	//
藤 森 博 美	日大農	181	三鷹市大沢3-2-7
藤 原 彰 夫			
前 川 孝 昭	教育大農	153	目黒区駒場2-19-1
増 井 正 芳	東京農試	190	立川市富士見-3-10
松 井 健	地域開発コンサルタンツ	102	千代田区6-4 西牧ビル

松 口 竜 彦	農技研	114	北区西ヶ原2—1—7
松 野 正	日本工管協	100	千代田区内幸町2—1
松 本 久 二	林業試	153	目黒区下目黒5—37—21
松 永 俊 行	太陽コンサルタンツ協	102	千代田区一番町20
松 山 良 三	環境庁水質保全局	112	文京区白山2—31—6
松 村 康二郎	農工大	183	府中市幸町3—5—6
真 下 育 久	林業試	153	目黒区下目黒5—37—21
三 寺 光 雄	気象研	100	千代田区大手町1—7
村 田 公 夫	農工大	183	府中市幸町3—5—8
本 村 悟	農技研	114	北区西ヶ原2—1—7
森 山 真 明		164	中野区中野2—14—9
矢 木 博	信州大繊維学部	156	世田谷区経堂4—17—23
安 田 与七郎	東大農	113	文京区弥生1—1—1
安 富 六 郎	同上	〃	〃
山 崎 不二夫	同上	〃	〃
山 沢 新 吾	教育大農	153	目黒区駒場2—19—1
山 田 裕	農技研	114	北区西ヶ原2—1—7
山 中 勇	教育大農	153	目黒区駒場2—19—1
山 中 金次郎	パシフィックコンサルタンツ協	160	新宿区南元町 8
山 本 茂	日大農獣医学部	154	世田谷区下馬3—34—1
八 幡 敏 雄	東大農	113	文京区弥生1—1—1
行 方 文 吾	農工大	183	府中市幸町3—5—8
横 井 肇	農技研	114	北区西ヶ原2—1—7
結 田 康 一	同上	〃	〃
吉 田 信 雄	同上	〃	〃
吉 野 実	同上	〃	〃
渡 辺 光 昭	同上	〃	〃
渡 辺 裕	同上	〃	〃
渡 辺 兼 五	農工大	183	府中市幸町3—5—8

## 〔千 葉 県〕

岡 部 達 雄	千葉農試	280—02	千葉市大膳野町808
小 浜 節 雄		830	千葉市小中台町830 小中台住宅1—403
小 中 伸 夫	千葉農試	280—02	千葉市大膳野町808
金 光 達太郎	千葉大園	271	松戸市戸定648
佐 藤 吉之助		280	千葉市都町843
中 原 孫 吉	千葉大園	271	松戸市戸定648
橋 爪 厚	千葉農試	280—02	千葉市大膳野町808
三 好 洋	同上	〃	〃
渡 辺 春 朗	同上	〃	〃

## 〔神 奈 川 県〕

青 葉 幸 二	園試	254	平塚市中原
蟻 川 浩 一	神奈川県農試	259—12	平塚市寺田繩496
五十嵐 正 次	農業土木試	254	平塚市中原1519
上 村 春 美	同上	〃	〃
江 崎 要	同上	〃	〃
岡 本 春 夫	日本鋼管	241	横浜市旭区白根町1454

大 平 成 人	農業土木試	254	平塚市八幡1943
小 倉 祐 幸	秦野たばこ試	257	秦野市名古木
小 畑 仁	園試	254	平塚市中原
金 子 良		257	秦野市鶴巻字大椿2051—10
岸 本 良次郎	同上	254	平塚市八幡1943
木 村 重 彦	同上	254	平塚市中原1519
小 菅 孝 利	農業土木試	254	平塚市中原1519
古 藤 実	県園試	259—01	中郡二宮町二宮1217
小 高 矩 正	秦野たばこ試	257	秦野市名古木23
佐 藤 寛	農土試	254	平塚市中原1519
椎 名 乾 治	同上	〃	〃
渋谷 勤治郎	同上	〃	〃
鈴木 勝 征	園試	254	平塚市中原1519
関 谷 宏 三	同上	〃	〃
多 田 敦	農業土木試	254	平塚市中原1519
千 葉 勉	園試	254	平塚市中原1519
中 川 昭一郎	農業土木試	254	平塚市中原1519
仲 野 良 紀	同上	254	平塚市八幡1943
西 山 信 一	公害センター湘南支所	253—01	高座郡寒川町宮山4271
根 岸 久 雄	農業土木試	254	平塚市中原1519
林 堯		232	横浜市中区池袋61—9 本牧住宅2—302(自宅)
林 直 幹	農業土木試	254	平塚市中原1519
古 木 敏 也	同上		
細 井 昭 彦	日東化学	230	横浜市鶴見区大黒町
丸 山 明 雄		194—02	横浜市港南区日野町5791 藤ヶ沢住宅5—508
三 木 肇	秦野たばこ試	257	秦野市名古木23
三 清 泰 昌	県園試	259—01	中郡二宮町二宮1217

〔新 潟 県〕

飯 村 康 二	北陸農試	943—01	高田市上稲田
五十嵐 太 郎	新潟大農	950	新潟市小金町106
泉 田 又 蔵	新潟農試阿賀野川試験地	950—01	中蒲原郡亀田町1—2—7
岩 本 信 義	新潟農試	940	長岡市長倉町
高 橋 功	同上	〃	〃
長 崎 明	新潟大農	950	新潟市小金町106
中 村 祥 一	新潟農試	940	長岡市長倉町
中 野 富 夫	同上	〃	〃
馬 塚 昇	新潟大農	950	新潟市小金町106
丸 田 勇	新潟農試	940	長岡市長倉町
丸 山 幸 平	新潟大農	950	新潟市小金町106
森 田 康	新潟農試	940	長岡市長倉町
吉 田 昭 治	新潟大農	950	新潟市小金町106

〔富 山 県〕

飯 田 周 治	富山農試	930—11	富山市布市195
稲 葉 保	大谷技術短大	939—03	射水郡小杉町黒河
上 森 晃	富山県庁		富山市新総曲輪1—7
久津那 浩 三	富山農試	930—11	富山市布市195

滝川圭吾	富山農試	930—11	富山市布市195
中林茂男	同上	〃	〃
新村善男	同上	〃	〃
山森鉄郎	同上	〃	〃
宮崎平三	大谷技術短大	939—03	射水郡小杉町黒河
佐々木次郎	同上		
〔石川県〕			
加納利博	石川農業短大		金沢市郊外野々市町末松卯33
西川光一	石川農試	921	石川郡野々市中林86
西川庸一	同上	〃	〃
丸山武雄	同上	〃	〃
山本洋久	同上	〃	〃
〔福井県〕			
勝見太	福井農試	910	福井市寮町辺操
滝島康男	福井農試	910	福井市寮町辺操
友広啓二郎	同上		
〔山梨県〕			
板川秀雄	山梨農試	400	甲府市下河原町699
徳永雄治	同上	〃	〃
村田恒治	肥飼検		甲府市丸の内1—5
水越一行	山梨農研	400	甲府市下河原町699
山県辰雄	同上	〃	〃
夜久孝	山梨農研	400	甲府市下河原町699
〔長野県〕			
加甲艶照	草地試山地支場	389—02	北佐久郡御代田町
木内一己	松本工高		松本市筑摩2419
北原俊一	長野農試	380	長野市中御所363
清井敏博	同上	〃	〃
小穴岳夫	野沢北高校	384—01	佐久市野沢
関好博	中信平開発	386	上田市緑ヶ丘1—5—7
豊田広三	草地試山地支場	389—02	北佐久郡御代田町
中川西弘之	同上	〃	〃
中路勉	信大農	399—45	上伊那郡南箕輪村8304
中村秀夫	長野農試下伊那分場	399—31	下伊那郡高森町下市田
中村伴蔵	長野農試桔梗ヶ原分場	399—07	塩尻市
長谷川徹	同上	〃	〃
林宏一	長野農試下伊那分場	399—31	下伊那郡高森町下市田
松下利定	長野農試桔梗ヶ原分場	399—07	塩尻市
御子柴穆	長野農試	380	長野市中御所363
鎌田嘉孝	長野農試桔梗ヶ原分場	399—07	塩尻市
〔静岡県〕			
石田隆	静岡柑試	424	清水市駒起
近藤鳴雄	静岡農試	420	静岡市北安東845
河西孝司	静岡農試	〃	〃

金 田 雄 二	静岡農試	420	静岡市北安東845
河 森 武	同上	"	"
加 藤 芳 朗	静岡大農	438	磐田市見付
清 水 弘 三			富士市前田新田888—15 (自宅)
鈴 木 新 一			
大 長 正 文	静岡農試	420	静岡市北安東
中 間 利 光	静岡柑試	424	清水市駒越2712
野 中 民 雄	静岡農試海岸砂丘地分場	437—16	小笠郡浜岡町池新田
平 峰 重 郎	茶業試	428	榛原郡金谷町金屋2769
伏 見 弘		421—01	静岡市鎌田84—3 (自宅)
梶 富美夫	林試	434	浜北市根堅2542—8
山 田 金 一	静岡農試	420	静岡市北安東845

〔愛 知 県〕

安養寺 久 男	東海近畿農試	470—23	知多郡武豊町南中根45
石 原 暁	同上	"	"
稲 垣 育 作	愛知農総試	480—11	愛知郡長久手村岩作
今 泉 諒 俊	農試豊橋経実農	440	豊橋市飯村町
上 村 亀 記	同上	"	"
岡 本 恭 二	東海近畿農試	470—23	知多郡武豊町南中根45
加 藤 虎 治	愛知農総試	480—11	愛知郡長久手村岩作
久 保 清 昭	三祐コンサルタンツ(株)	460	名古屋市中区錦2—15—22
熊 田 恭 一	名大農	464	名古屋市中種区不老町
河 野 広	東海近畿農試	470—23	知多郡武豊町南中根45
白 谷 良 輔	名大農	464	名古屋市中種区不老町
鈴 木 信 治	愛知農総試	480—11	愛知郡長久手村岩作
高 橋 和 司	農試豊橋経実農	440	豊橋市飯村町
田 中 宏 幸	愛知農業技術大	446	安城市錦町7—17
陽 捷 行	東海近畿農試	470—27	知多郡武豊町南中根45
中島田 誠	同上	"	"
松 崎 健	名大農	464	名古屋市中種区不老町
松 本 猛	農試豊橋経実農	440	豊橋市飯村町
水之江 政 輝	東海近畿農試	470—23	知多郡武豊町南中根45
森 健 治 郎	愛知農試	446	安城市池浦町境目1
安 田 環	東海近畿農試	470—23	知多郡武豊町南中根45
湯 村 義 男	同上	"	"

〔岐 阜 県〕

小 林 一	岐阜大農	504	各務原市那加門前町3—1
瀬 戸 隆 一	同上	"	"
寺 島 恵 利	同上	"	"
長 沢 陽 一	岐阜農林高校	501—04	本巣郡北方町150
野 村 憲 二	岐阜大農	504	各務原市那加門前町3—1
古 田 力	同上	"	"

〔三 重 県〕

伊 佐 務	三重大農	514	津市上浜町1515
石 崎 博 一	三重農業技術センター	515—22	一志郡嬉野町川北530

位田 藤久太郎	三重大農	514	津市上浜町1515
市川 真 祐	同上	//	//
木谷 奎	同上	//	//
北岸 確 三	同上	//	//
小中 俊 雄	同上	//	//
白井 清 恒	同上	//	//
徳永 義 治	東海近畿農試	514—01	津市一身田大古曾
戸田 鉉 一	三重農業技術センター	515—22	一志郡嬉野町川北530
長田 昇	三重大農	514	津市上浜町1515
西林 進	同上	//	//
長谷川 新 一	東海近畿農試	514—01	津市一身田大古曾
本莊 吉 男	東海近畿農試	514—01	津市一身田大古曾
松田 兼 三	三重農業技術センター	512—22	一志郡嬉野町川北530
宮内 定 基	三重大農	514	津市上浜町1515
吉川 重 彦	三重農業技術センター	515—22	一志郡嬉野町川北
〔滋 賀 県〕			
川村 才十二	滋賀農試	525	草津市西渋川2—8—4
〔京 都 府〕			
岡 太 郎	京大防災研	611	宇治市五ヶ庄
川口 桂三郎	京大農	606	京都市左京区北白川
川村 登	同上	//	//
洪 隆 宣	同上	//	//
小出 忠 男	立命館大理工	603	京都市北区等技院北町28
香山 達 男	京都農試	621	亀岡市全部町和久成
久馬 一 剛	京大農	606	京都市左京区北白川
種田 行 男		606	京都市左京区北白川任伏町3
十河 稔	近畿農政局	602	京都市上京区西洞院通下長者町
富士岡 義 一	京大農	606	京都市左京区北白川
古川 久 雄	同上	//	//
丸山 利 輔	同上	//	//
森田 修 二	京都府大農	606	京都市左京区下鴨半木町
山崎 稔	京大農	606	京都市左京区北白川
〔兵 庫 県〕			
荒木 齊	兵庫農試園芸	673—03	神戸市重水区神出町小東野
石沢 修 一	神戸大農	637	神戸市灘区六甲台町1
今井 太磨雄	兵庫農試	673	明石市北王子町365
石田 陽 博	神戸大農	657	神戸市灘区六甲台町1
岡本 三 郎	同上	//	//
加護谷 栄 章	県農林部	673	神戸市垂水区伊川谷町前開471
門野 行 男	兵庫農試	673	明石市北王子町365
株本 暉 久	兵庫農試園芸	673—03	神戸市垂水区神出町小東野
岸本 基 男	兵庫農試	673	明石市北王子町365
後藤 定 年	神戸大農	657	神戸市灘区六甲台町1
砂野 正	兵庫農試	673	明石市北王子町365
田中 平 義	県農林部	650	神戸市生田区山手通5—1



中 橋 勇 作	兵庫農試	673	明石市北王子町365
東 順 三	神戸大農	657	神戸市灘区六甲台町 1
二 見 敬 三	兵庫農試	673	明石市北王子町365
前 窪 伸 雄	K. G. U グリーン研	665	宝塚市蔵人字山畑1303-2
山 西 清 蔵	肥料新聞	662	西宮市甲子園3-321
〔大 阪 府〕			
梅 田 重 夫	府大農	591	堺市百舌鳥梅町4-804
上 田 和 夫	同上	〃	〃
葛 上 久	同上	〃	〃
窪 田 開 拓	応用地学研	530	大阪市区牛丸町32
後 藤 太 郎	日本肥糧検大阪支	530	大阪市北区北扇町38
阪 田 展 次	積水化学		大阪府三島郡島本町広瀬
田 坂 稔	千里開発センター	565	吹田市藤白台 5 丁目千里北公園
手 島 三 二	府大農	591	堺市百舌鳥梅町4-804
虎 谷 博 一	府放射線中央研	593	堺市新家町704
中 堀 和 英	中堀ソイルコーナー	564	吹田江坂町3-4-11
藤 谷 武 弘	全購連	567	茨木市下穂積73-82 (自宅)
福 桜 盛 一	府大農	591	堺市百舌鳥梅町4-804
穂 波 信 雄	同上	〃	〃
前 田 正 躬	神島化学	530	大阪市北区堂島北町20
山 田 優	市立大工	558	大阪市住吉区杉本町
〔鳥 取 県〕			
有 田 昌 雄	鳥取農試	680	鳥取市吉成605
今 井 富 蔵	鳥取大農	680	鳥取市湖山町1-1
上 田 弘 美	鳥取農試	680	鳥取市吉成605
浦 木 松 寿	果樹試	689-25	東伯郡赤碓町松谷
大 野 猛 郎	鳥取農試	680	鳥取市吉成608
小 谷 佳 人	鳥取大農	680	鳥取市湖山町1-1
後 藤 恒 夫	鳥取農試	680	鳥取市吉成
清 水 寿 美	同上	〃	〃
鈴 木 正 佳	同上	〃	〃
田 中 孝	鳥取大農	680	鳥取市湖山町1-1
高 田 秀 夫	同上	〃	〃
楯 岡 良 介	同上	〃	〃
長 智 男	同上	〃	〃
西 尾 一 雄	鳥取農試	680	鳥取市吉成605
藤 堂 誠	鳥取大農	680	鳥取市湖山町1-1
矢 野 友 久	同上	〃	〃
山 根 義 敏	県庁	680	鳥取市東町1-220
〔鳥 根 県〕			
太 田 頼 敏		690	松江市上乃木町3038
田 辺 一	鳥根大農	690	松江市西川津町1060
中 尾 清 治	同上	〃	〃
西 川 省 造	鳥根農試種芸科	693	出雲市塩治町1940
福 島 晨	鳥根大農	690	松江市西川津町1060
村 上 英 行	鳥根農試	693	出雲市塩治町1940

## 〔岡 山 県〕

遠藤俊三	岡山大農	700—91	岡山市津島
大森正	岡山農試	709—08	山陽町神田
喜田村俊明	岡山たばこ試	713	倉敷市玉島柏島5250
小橋英夫	岡山大農	700—91	岡山市津島
佐藤晃一	同上	〃	〃
長堀金造	岡山大農	700—91	岡山市津島
米田茂男	同上	〃	〃

## 〔広 島 県〕

池宗勝三郎	広島果樹試	729—24	豊田郡安芸津町三津
上野義視	中国農試	720	福山市東深津町
遠藤融郎	広島果樹試	729—24	豊田郡安芸津町三津
大山信雄	中国農試	720	福山市東深津町
塚本吉郎	広島農試	724	賀茂郡西条町
西潟高一		731—44	呉市天応町264
野々山芳夫	中国農試	720	福山市東深津町
橋本武	広島農短大	724	賀茂郡西条町
吉沢孝之	中国農試	720	福山市東深津町

## 〔山 口 県〕

坂上行雄	山口農試	747—13	山口市大字大内御堀
佐々木恭輔	山口農試大島柑橘分場	742—28	大島郡橋町安下庄安高
中井久	山口農試萩夏柑分場	758	萩市大字椿束上の原

## 〔香 川 県〕

安藤奨	香川農試	761—11	高松市仏生山町百相
青柳省吾	香川大農	761—07	木田郡三木町池戸
氏家勉	四国農試	765	善通寺市生野町
梅田裕	香川大農	761—07	木田郡三木町池戸
川村秋男	四国農試	765	善通寺市生野町
吉良八郎	香川大農	761—07	木田郡三木町池戸
久保田収治	四国農試	765	善通寺市生野町
古賀汎	同上	〃	〃
高橋和夫	同上	〃	〃
田地野直哉	香川大農	761—07	木田郡三木町池戸
千葉智	四国農試	765	善通寺市生野町
福田清	香川大農	761—07	木田郡三木町池戸
松田松二	同上	〃	〃
美園繁	四国農試	765	善通寺市生野町
山崎清功	同上	〃	〃

## 〔愛 媛 県〕

安部健夫	愛媛蚕試	795	大州市中村258
栗原肇	愛媛農試	790	松山市道後町2—4
桜井雄二	愛媛大農	790	松山市梅味町118
丹原一寛	愛媛農試	790	松山市道後町2—4
徳富雅博			松山市木屋町4—35—1 亀井岸司方(自宅)
中村忠春	愛媛大農	790	松山市梅味町118

〔高 知 県〕

井 上 輝一郎	林業試四国支場	780	高知市朝倉行宮の森
岩 川 孝	果樹試	780	高知市朝倉北城山271
上 杉 郁 夫	農林技研	781—21	吾川郡伊野町波川
梅 原 久 稔	同上	〃	〃
上久保 政 時		781—52	香美郡野市町東野（自宅）
小 嶋 和 雄	高知大農	783	南国市物部2200
近 藤 博 幸	農林技研	781—21	吾川郡伊野町波川
土 居 栄 城	高知大農	783	南国市物部2200
德 橋 伸	農林技研	781—21	吾川郡伊野町波川
橋 本 博 好	果樹試	780	高知市朝倉北城山271
堀 川 幸 也	高知大農	783	南国市物部2200
松 村 茂	農林技研	781—21	吾川郡伊野町波川
柳 井 利 夫	同上	〃	〃
山 本 公 昭	農林技研	781—21	吾川郡伊野町波川
横 田 志 郎	林業試四国支場	780	高知市朝倉行宮の森

〔福 岡 県〕

有 村 玄 洋	九州農試	833	筑後市大字和泉496
鬼 鞍 豊	同上	〃	〃
上 原 洋 一	福岡農試	818	筑紫郡筑紫野町上古賀
川 崎 弘	九州農試	833	筑後市大字和泉496
菅 野 一 郎	同上	〃	〃
甲 本 達 也	九大農	812	福岡市箱崎町
後 藤 重 義	九州農試	833	筑後市大字和泉496
田 辺 邦 美	九大農	812	福岡市箱崎町
筑 紫 二 郎	同上	〃	〃
德 留 昭 一	九州農試	833	筑後市大字和泉496
鳥 巢 諒	同上	〃	〃
新 田 伸 三	九州芸術工科大	815	福岡市大字塩原226
中 江 克 己	九州農試	833	筑後市大字和泉496
畠 中 洋	園試	814	福岡市大字柏原571
福 永 良 一	福岡農試	818	筑紫郡筑紫野町上古賀232
藤 川 武 信	九大農	812	福岡市箱崎町
松 井 幹 夫	福岡農試	818	筑紫郡筑紫野町上古賀232
本 田 親 史	九州農試	833	筑後市大字和泉496
山 内 豊 聡	九大工	812	福岡市箱崎町
安 原 一 哉	西日本工大	824	京都郡苅田町大字新津1633
安 井 秀 夫	園試久留米支場	830	久留米市御井町
吉 田 勲	九大農	812	福岡市箱崎町
吉 田 信 夫	福岡大工		福岡市七隈

〔佐 賀 県〕

生 島 芳 雄	佐賀大農	840	佐賀市本庄町1
岩 切 徹	果樹試	845	小城郡小城町寺浦
岡 晃	農土試佐賀支場	840—01	佐賀市日の出2—1—3
黒 田 正 治	佐賀大農	840	佐賀市本庄町1
小 柳 茂 郎	佐賀農試	840—23	佐賀郡川副町南里

中 原 美智男	果樹試	845	小城郡小城町寺浦
永 石 義 隆	農土試佐賀支場	840—01	佐賀市高木瀬町下高木
肥 後 隆 明	佐賀大農	840	佐賀市本庄町 1
松 尾 憲 一	佐賀農試	840—23	佐賀郡川副町南里
矢 野 綱 之	佐賀大農	840	佐賀市本庄町 1
山 下 恒 雄	農土試佐賀支場	840—01	佐賀市高木瀬町下高木

## 〔長 崎 県〕

井 田 勝 実	長崎県庁		長崎市江戸町2—13
市 来 小太郎	農林センター果樹	856—01	大村市原口郷
小 野 末 太	農林センター	854	諫早市貝津町
工 藤 洋 一	同上	〃	〃
五 島 一 成	同上	〃	〃
高 木 睦 夫	同上	〃	〃
西 村 利 幸	対馬農試	817—03	下県郡美津島町
宮 崎 孝	総合農林試	854	諫早市貝津町3118
矢 島 邦 康	農林センター果樹	856—01	大村市原口郷
矢 野 文 夫	農林センター	854	諫果市貝津町

## 〔熊 本 県〕

茨 木 和 典	九州農試	861—11	菊地郡西合志町須屋
上 村 親 士	熊本蚕試	861—01	鹿本郡植木
北 島 知	九州農試	861—11	菊地郡西合志町須屋
古 閑 孝 彦	熊本農試	861—41	熊本市上の郷町501
近 野 薫	同上	〃	〃
下野園 正	林試九州支	860	熊本市黒髪町下立田547
橋 元 秀 教	九州農試	861—11	菊地郡西合志町須屋
早 坂 猛	熊本蚕試	861—01	鹿本郡植木
平 方 康 夫	熊本県庁	862	熊本市水前寺6—18—1
村 上 義 春	同上	〃	〃
森 信 行	熊本蚕試	861—01	鹿本郡植木町岩野285

## 〔大 分 県〕

岩 本 保 典	農業技術センター	872—01	宇佐市北字佐65
大 村 林 平	同上	〃	〃
乙 部 逸 夫	農業技術センター畑作	879—71	大野郡三重町大字赤嶺2355—1
高 田 勝 重	農業技術センター	872—01	宇佐市北字佐65
林 勝 美	農業技術センター畑作	879—71	大野郡三重町大字赤嶺2355—1
吉 浦 昭 二	同上	〃	〃

## 〔宮 崎 県〕

岩 下 徹	総合農試	880—02	宮崎郡佐土原町大字下那珂5851
岡 田 芳 一	宮崎大農	880	宮崎市船塚町100
栗 野 博 夫	総合農試	880—02	宮崎郡佐土原町大字下那珂5851
河 野 満 雄	同上	〃	〃
昂 忠 男	九州農試畑作	885	都城市横市6644
鈴 木 喜代志	総合農試	880—02	宮崎郡佐土原町大字下那珂5851
田 川 一 郎	同上	〃	〃
中 村 信 夫	同上	〃	〃

長 倉 重 達	総合農試	880—02	宮崎郡佐土原町大字下那珂5851
野 中 仙三郎	同上	〃	〃
八 藤 昭	同上	〃	〃
福 川 利 玄	同上	〃	〃
福 本 勇	同上	〃	〃
藤 浪 明	同上	〃	〃
細山田 健 三	宮崎大農	880	宮崎市船塚町100
牧 慧	総合農試	880—02	宮崎郡佐土原町大字下那珂5851
松 行 輝 夫	同上	〃	〃
増 田 治 策	九州農試畑作	885	都城市横市6644
村 岡 鹿 次	九州農政局		都城市姫城町4—4
武 藤 勲	宮崎大農	880	宮崎市船塚町100
吉 岡 孝 雄	同上	〃	〃
吉 田 栄 一	宮崎県庁	880	宮崎市橋通り東2—10—1
和 田 稔	総合農試	880—02	宮崎郡佐土原町大字下那珂5851

〔鹿 児 島 県〕

市 来 征 勝	茶試	897—03	川辺郡知覧町永里3964
宇田川 義 夫	鹿児島農試	891—01	鹿児島市福元町5500
小 原 秀 雄	同上	〃	〃
北 山 登喜男	農試鹿屋支場	893	鹿屋市寿町
草 水 崇	同上	〃	〃
小 林 崇		892	鹿児島市真砂本町21—15
桜 井 俊 武	鹿児島農試	891—01	鹿児島市上福元町5500
品 川 昭 夫	鹿児島大農	890	鹿児島市上荒田町1946
難 波 直 彦	同上	〃	〃
野 口 純 隆	農試鹿屋支場	893	鹿屋市寿町
福 田 幸 雄	西之表農業改良普及所	891—31	西之表市西之表
藤 島 哲 男	鹿児島農試	891—01	鹿児島市上福元町5500
穂 原 関 雄	同上	〃	〃
前 原 三 利	茶試枕崎支	898	枕崎市東鹿籠14155
松 下 研二郎	鹿児島農試	891—01	鹿児島市上福元町5500
宮 内 信 文	鹿児島大農	890	鹿児島市上荒田町1946
吉 田 德 重	茶試	897—03	川辺郡知覧町永里3964

〔沖 縄〕

安次富 信 光	琉球農試		那覇市首里崎町4—222
翁 長 謙 良	琉球大農		那覇市首里
鎖 西 忠 成	同上		〃

〔外 国 会 員〕

楊 秀 青	中華民國	台湾糖業試驗場	台湾省雲林県
薛 鎮 江	同上		台湾省台南市立穂七路32号
李 文 炎	同上		台湾省台中市西屯区
金 澄 玉	済州大学農学部		大韓民国済州道南済州郡西帰浦
慎 鏞 華	大韓民国水原市農村振興庁植物環境研究所		
王 新 傳	中国農村復興連合委員会		台北市南海路37号
韓国海外出版貿易会社	大韓民国	京畿道水原市西屯泊農林振興庁図書館	

宮本 征一 (留学中) Department of Soil Science, University of California  
Riverside California 92502. U. S. A

## 〔講 読 会 員〕

## 〔北 海 道〕

開発局土木試験図書室	062	札幌市平岸無番地
農林省北海道農試図書室	062	札幌市羊ヶ丘 1
北大農農業機械学教室	060	札幌市北 9 条西 9 丁目
北海道電力株式会社技術研究所	063	札幌市大通東 1 丁目
北海道林試	079-01	美唄市光珠内町東山

## 〔関 東〕

宇都宮たばこ試験場	329-05	下都賀郡桑絹町大字出井
埼玉農試化学部	360	熊谷市大字久保島1372
農事試資料科	365	鴻巣市大字鴻巣1227
農事土肥第一研	//	同上
農機研調査資料	330	大宮市日進町1-40-2
東大農 図書館	113	文京区弥生町1-1-1
東大農農芸化学科土壌学研究室	//	同上
日本道路公団試験所	194-01	町田市山崎町1789
群馬県園芸試験場		佐波郡東村西小保方
草地試験場資料科		栃木県那須郡西那須野町768

## 〔中 部〕

愛知県農総試図書室	480-11	愛知郡長久手村岩作
東海近畿農試畑作部	470-23	愛知県知多郡武豊町南中根45

## 〔近 畿〕

滋賀県農試図書係		草津市谷渋川2-8-4
京都大農学部農用作業機械研究室		左京区北白川追分町

## 〔中 国〕

鳥取大図書館	680	鳥取市湖山町 1
--------	-----	----------

## 〔四 国〕

香川農試府中分場図書室	762	坂出市府中町
四国農試会計	765	善通寺市仙遊町
愛媛大農土壌研究室	790	松山市樽見町118
高知大付属図書館	780	高知市朝倉1000

## 〔九 州〕

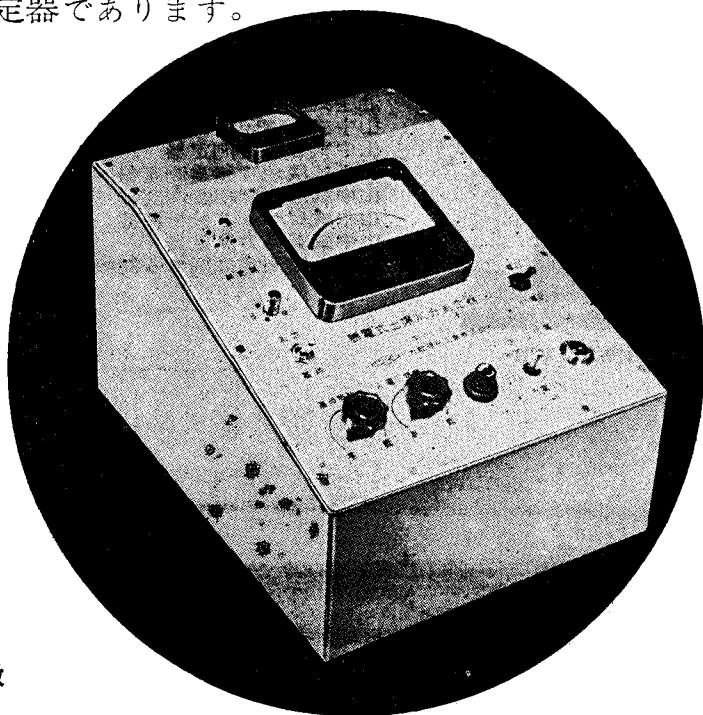
九大農産機械工学研	812	福岡市箱崎九大農学部
林試九州支場	860	熊本市黒髪町下立田547
宮崎大生協書籍部	880	宮崎市船塚町100
宮崎大図書館農学部分館	//	//
鹿児島大図書館学術情報係	890	鹿児島市鴨池町201
たばこ試験場	891-01	鹿児島市上福元町

農業技術に革新をもたらす

# DIK誘電式土壤水分測定器

PATENT. p. 386877

本器は、在来の電気抵抗式、もしくは抵抗値を含めた静電容量式の水分計と全く異なり高周波誘電率のみによる土壤水分測定器で在来の水分計では得られなかったいろいろの特長をもつ全く新しい土壤水分測定器であります。



## 特 徴

(1) 測定範囲が大きい

あらゆる土壌に対して、飽和～風乾に至る間の水分変化が的確に測定出来る。

(3) 即応的である

埋没した感体は、直接土壌の誘電率を測定するので、測定時の水分をそのまま表示し時間的な遅れは全然ない。

(2) 水分測定値が直線的である

$\mu A$ で表示される水分測定値は、圃場状態の実用的範囲において殆んど直線である。

(4) 再現性がある

測定に当って、土壌には何の物理化学的変化も与えないで、連続的にくり返し測定ができ、同時にその再現性が十分に保証されている。

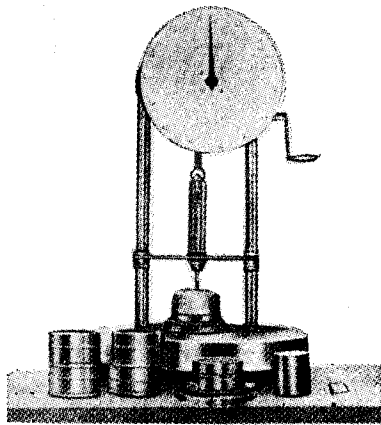


## 大起理化工業株式会社

東京都荒川区町屋2丁目16-2  
TEL 東京 (802) 2 1 9 1 (代表)

土壤学の権威山中金次郎博士の御指導に依る

## 各種土質測定器



(山中式土壤粘着力(付着力)測定器)

山中式土壤粘着力(付着力)測定器  
山中式加圧透水性測定器 A型  
山中式透水係数測定装置 B型  
油圧式土壤固結力測定器  
山中式土壤硬度計 A型 B型(平型) C型(小型)  
山中式容積重測定器  
山中式現地容積重測定器  
山中式最大含水量測定器  
山中式ピペット分析装置  
山中式凝集力測定器  
其他土壤測定に関する諸機械器具設計製造



(山中式土壤硬度計)



製造発売元

株式会社 山村製作所

本社工場 東京都世田谷区奥沢7丁目40番9号(〒158)  
電話(03) 701-2334・7535  
大井工場 東京都品川区南大井4-3-10(〒140)  
電話(03) 761-2032(代表)



堆肥不足に

# テンボロン®



タバコ・蔬菜の苗床の土作りに  
果樹園の土壤を若返らせ、樹勢を快復させる地力の素

メモ

テンボロンの主成分は熟成堆肥の成分である  
フミン酸カルシウムを85%（完熟堆肥の約20  
倍の濃度）を含んでいます。  
したがって最近の堆肥不足をおぎなうために  
最も適した化学堆肥です。

代表製法特許 日本第240330号

（類似品に御注意下さい）

発売元



**三菱商事株式会社**

本社/東京・丸の内 電(211)0211(代表)

製造元



**天北化学株式会社**

本社/東京・神田 工場/北海道・幌延

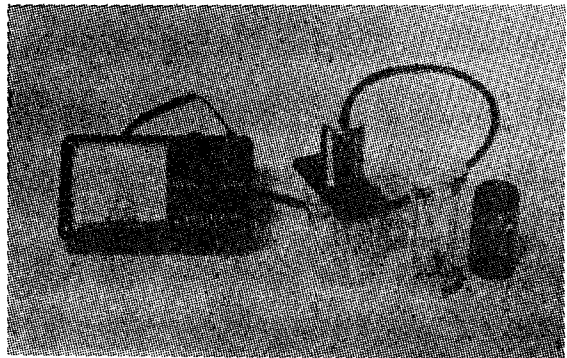
電話東京 (252) 4304

## 理研式酸度計

PHメーター

農産加工用、醸造用、  
土壤調査用、酪農用、

簡易騒音計  
疲労度検査器  
ルクスメーター  
各種科学計器



携帯用ケース付 ¥25,000

## 理研科学測定器研究所

東京都足立区伊興町前沼1254

電話 (899) 4874



# 土 壤 物 理 研 究 会

会 長 国 分 欣 一      副 会 長 田 淵 俊 雄

## 編 集 委 員 会

委 員 長	横 井 肇		
委 員	藍 房 和	鎌 田 嘉 孝	
	多 田 敦	中 野 政 詩	
編 集 幹 事	久 保 田 徹	仲 谷 紀 男	

土壤の物理性 第26号

(会 員 配 布)

1972年7月25日 発行

発 行 土 壤 物 理 研 究 会

埼玉県鴻巣市大字鴻巣1227

農事試験場内

電 話 0485-41-1231

振替口座 東京 17794