

## 礫耕栽培ベッドの微気象

高須謙一・木村和義・則武起夫

礫耕栽培は作物にとって従来にない新しい環境を与えるものであり、その栽培管理、その他において土壌と異なった利点を有する。そ菜や花の栽培に土を用いず、浅いベッドに礫を入れ、人工培養液を循環させて栽培するもので、空地の利用、省力栽培、肥料の節約、連作の可能性、特に作物の生育良好、増収、生育期間の短縮など種々の利点があるとされている。又一方作物生育中病菌が侵入した場合、培養液を通じて圃場全体に伝染するおそれがある。

礫耕栽培に関してその栽培技術についてはかなりの報告がある(山崎ら1963, 水本ら1963, 竹下ら1964, 堀ら1964, 松田ら1966, 鈴木1966)。それらは設備および栄養生理の方面からの報告が主であり、その環境の微気象についての研究は数少ない。礫は土壌に比し熱伝導も大きく、孔隙も大であるため、土壌と異なり、ベッド表面附近における微気象やベッド内部の温度、水分条件も特殊な状態にあると考えられる。

本報告においては礫耕ベッドに使用される礫の大きさ、給液回数および作物の大小によるベッド内外の微気象(主として礫温)について比較検討を行なった。

本研究の経費の一部は文部省科学研究費(礫耕栽培における微気象)によるものである。本観測を行なうに当り、援助を与えられた木元栄子、小川妙子の各氏に深謝する。

### 観測方法

本観測は岡山県都窪郡山手村におけるキウリ礫耕栽培地(1965年3月)および岡山大学農業生物研究所構内の礫耕試験ベッド(1965年6月, 1966年5月)で行なわれた。

キウリ礫耕ベッド: 岡山県山手村の農家のキウリ栽培地で大型ビニールハウス(25×10 m)の中に8個のベッドが作られ、観測時において高さ約180 cmのキウリの繁茂した区と高さ約10 cmの幼苗区とが共存していた。礫の大きさは5~10 mmの粒径のもので、約20℃に保温された培養液が昼間だけ1日3回(8, 12, 16時)15分間ずつ給液されていた。又昼間温室室内が高温になるのを防ぐため晴天の日は9時から16時まで、温室天窓が開かれていた。

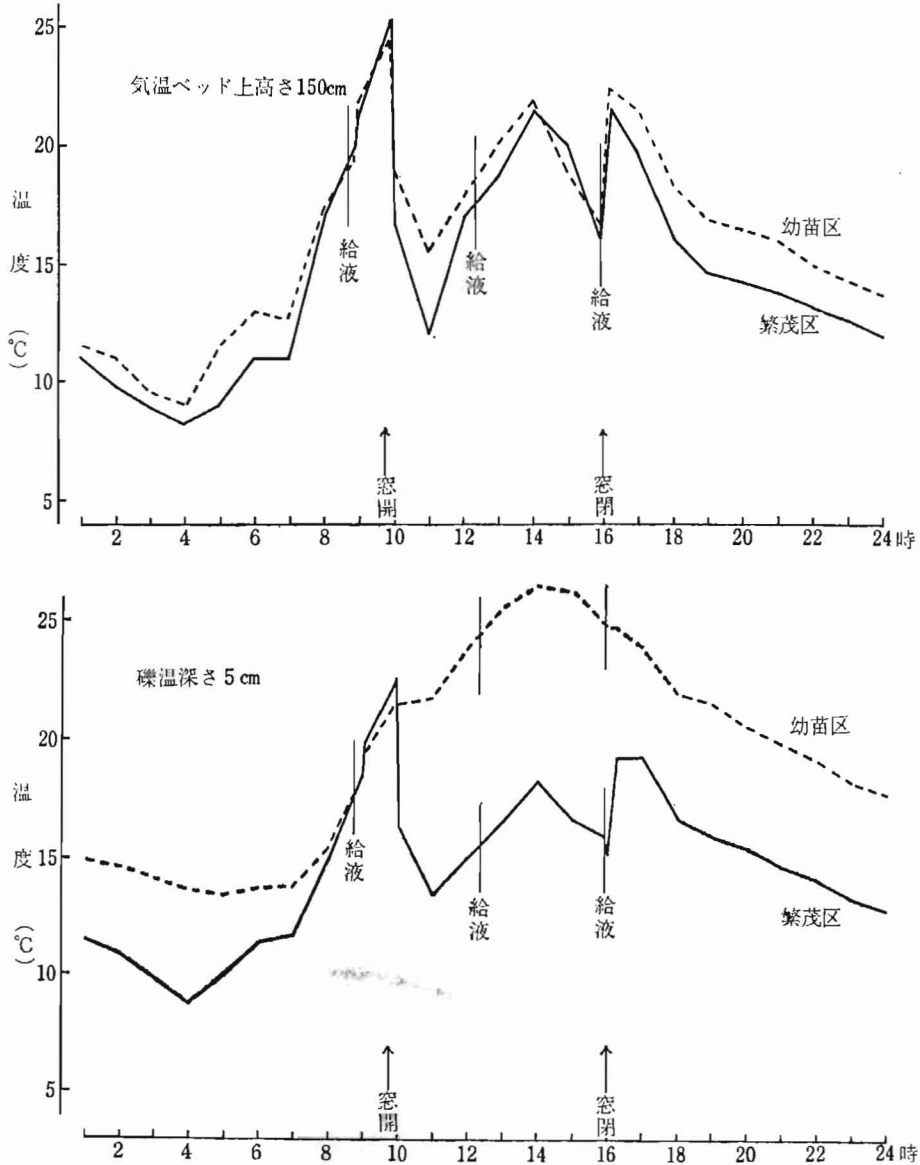
礫耕試験ベッド: 当研究所構内のファイロンハウス(5×6 m)の中に長さ200 cm, 幅80 cm, 深さ25 cmの小型ベッドを設け、それらのベッドは板わくでかこわれ、それにプラスチックシートを敷き、礫および土を入れたものである。タイムスイッチで自動的に給液回数および給液時刻を変えることが出来、1回の給液時間は15分でベッドは満水となり、その後排水口の穴の大きさを調節することにより40~50分後に液はベッドから自然排水されるように設計されている。1965年の観測においては作物を栽培せずに給液

回数および礫の大きさの違いによる礫温の差異，1966年の観測においてはレタスを栽培し，繁茂した状態での礫温を比較検討した。観測は熱電対温度計，地温計を使って電子管式記録計に自記させた。

### 観測結果と考察

#### I. キウリ栽培ベッドでの観測

岡山県都窪郡山手村の農家のキウリ栽培ベッドの幼苗区と繁茂区の微気象（気温，湿度，礫温）について測定し，比較検討した。



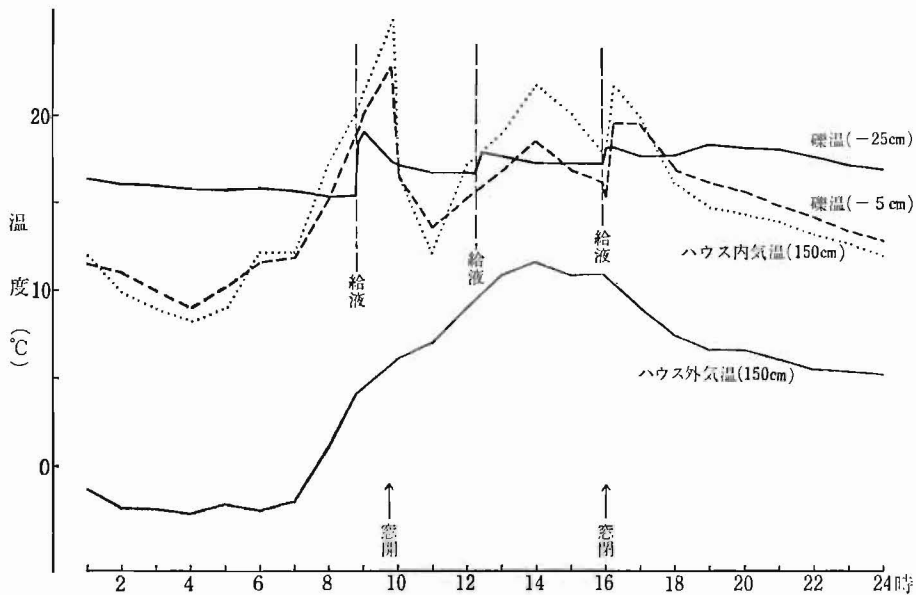
第1図 キウリ栽培ベッドの気温と礫温

### (1) 幼苗区と繁茂区の気温と礫温

幼苗区と繁茂区のベッド上高さ 150 cm の気温および深さ 5 cm の礫温について比較したのが第 1 図である。同じ温室内であるが、幼苗区と繁茂区の高さ 150 cm の気温を比較すると、昼夜とも幼苗区が 2~3℃ 高く、礫温（深さ 5 cm）は幼苗区が昼間 8~10℃、夜間 5℃ 前後高温である。気温と礫温の温度差は幼苗区において大きく、昼間約 5℃ 夜間約 3℃ 礫温が高いが、繁茂区においては夜間植被内の気温と礫温とほぼ同じで昼間はむしろ気温の方が高い傾向である。

### (2) 繁茂区の浅層と深層の礫温

繁茂区の礫温を深さ 5 cm と深さ 25 cm について比較検討した（第 2 図）。深さ 5 cm の礫温は気温（高さ 150 cm）にほぼ追従した日変化を示すが、深さ 25 cm の礫温は一日中ほぼ一定した温度である。この際培養液の温度は約 20℃ に保たれていたが、深さ 25 cm においては給液したときほぼ液温近くまで上昇し、その後わずかながら礫温は低下する傾

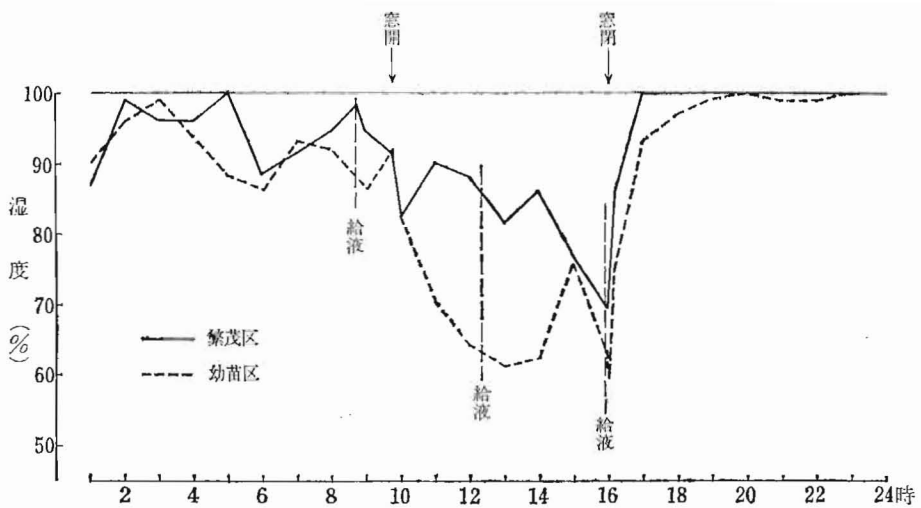


第 2 図 キウリ栽培ベッド（繁茂区）の気温と礫温

向がみられる。夜間においては深さ 5 cm の礫温は気温と比較して 1~2℃ 高温で、深さ 25 cm においては 5~6℃ も高温である。又深さ 25 cm の礫温は昼夜の差が少なく、日較差は 2~3℃ で非常に安定した状態にある、しかし深さ 5 cm においては日較差が 12~13℃ もあり、昼夜の差が大きい。

### (3) 幼苗区と繁茂区の湿度

幼苗区と繁茂区の高さ 150 cm の湿度を示したのが第 3 図である。温室の天窓が開かれたのが 9 時で、閉められたのが 16 時であるので、天窓の閉まっている時間（特に夜間）の温室内の湿度は幼苗区、繁茂区とも 90~100% で、非常に高く、両区の間にはほとんど差異がみられない。昼間の天窓の開かれているときの湿度は幼苗区と繁茂区とでかなりの差

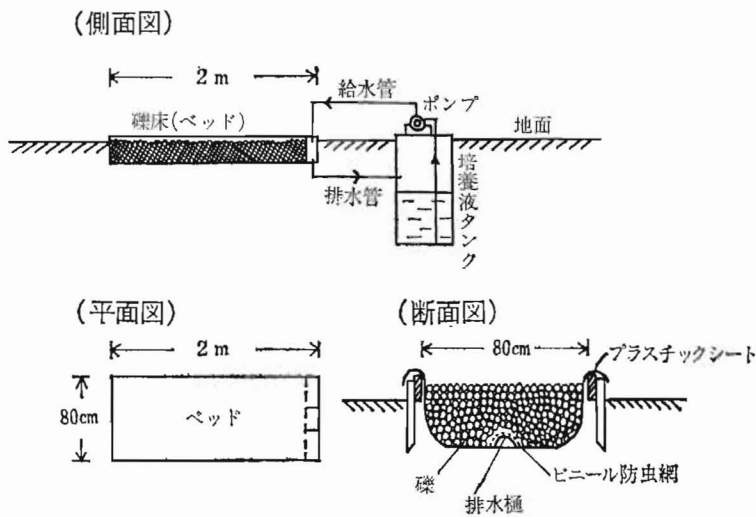


第3図 キウリ栽培ベッド上高さ150cmの湿度

異がみられる。繁茂区では90%前後であるが、幼苗区では60~70%位であった。繁茂区では測定点(高さ150cm)は植被内部に存在するため、どの時刻においても高湿の状態であったが、幼苗区では給液時間以外は礫の表面は乾いた状態であった。このように同じハウス内で、又隣り合っているにもかかわらず幼苗区と繁茂区とではかなりの湿度の差がみられる。

## II. 試験ベッド(作物のない場合)での観測

岡山大学農業生物研究所構内ファイロンハウス(5×6m)の中に礫耕試験ベッドを作り、礫の大きさの違う区を設け、礫温および気温の観測を行なった。前述の山手村礫耕農場の観測において礫温について興味ある結果が得られたので、主として礫温について詳しい観測を行なった。



第4図 礫耕試験ベッド

礫耕試験ベッドは長さ200cm幅80cm、深さ25cmのもので板わくで囲いプラスチックシートを敷き、その中に大、中、小の円礫（高梁川産）を入れた（第4図）。本試験において篩別

第1表 礫の物理性

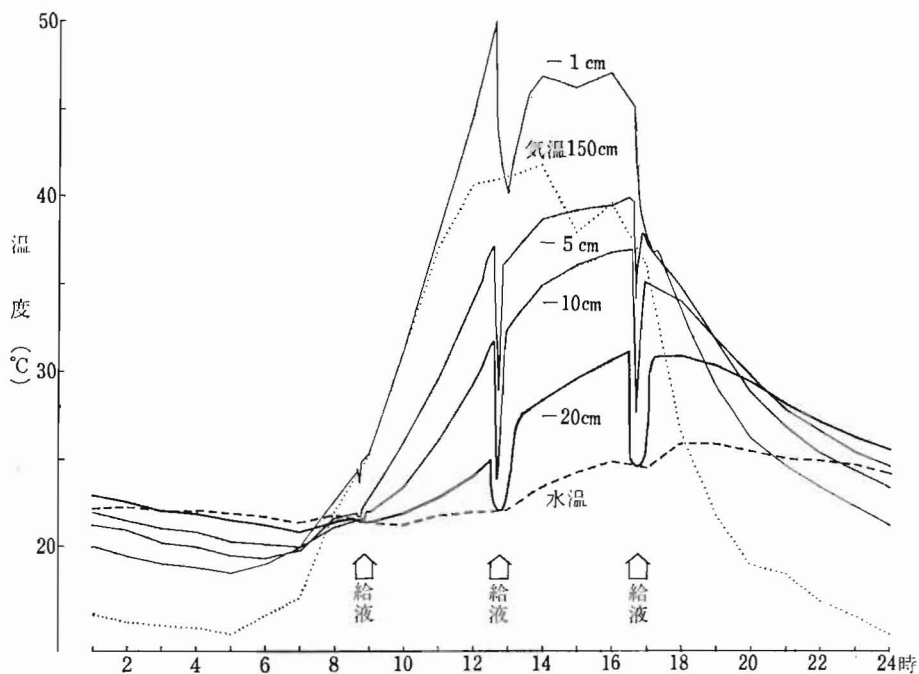
礫の種類	粒径(mm)	仮比重	孔隙率(%)	残液率(%)
大	12.5—10.0	1.64	38.6	8.3
中	10.0—5.0	1.62	37.3	10.6
小	5.0—2.5	1.61	35.2	12.4

された大中小礫は第1表のごときのものであった。この第1表の仮比重は供試礫の一定容量の重量を調べ容積当りの重量比とした。一定容量の礫を1/5000aのワグナーポットにとり表面いっぱいまで注水して飽和液量として、礫の容量に対する比率を全孔隙率とした。つぎに下口から受器に排水し、ポット内に残った液量を算出し、飽和液量に対する比率をもって残液率とした。

大、中、小礫ベッドはそれぞれ3回の給液が行なわれたが設備の関係上、給液時刻は多少ずらしてある。タイムスイッチで自動的に給液時刻を変えることが出来、1回の給液時間は15分でベッドの礫表面まで灌水するようにし、その後排水口の穴の大きさを調節することにより40~50分後にベッドから自然排水するように設計されている。

(1) 礫温の日変化

礫耕栽培において一般に粒径5.0~10.0mmの礫が理想的であるとされている。本観測においても粒径5~10mmの中礫ベッドの深さ1,5,10,20cmの礫の日変化について検討した（第5図）。観測日は5月16日の晴天の日で、一日中温室の天窗は閉められてい

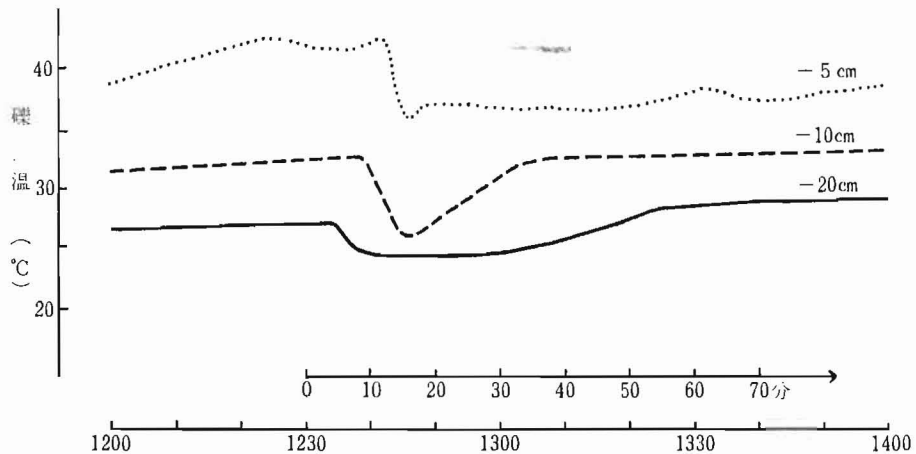


第5図 中礫ベッドの礫温の日変化

た。又給液は昼間3回(4時間おき)行なわれ、第5図には高さ150cmの気温および水温も併記されている。給液を行なると各深さの礫温は急激な変化をおこすことがよくわかる。22~23℃の水を日中注水すると礫温は給液直前と比較して各深さとも給液停止時7~8℃低下し、深さ20cmにおいては水温とほぼ同じまで低下する。深さ10cmにおいては2~3℃、深さ5cmでは5~6℃、深さ1cmでは15~16℃水温よりも高い値を示す。又礫の最高温度は深さ1cmで約50℃、5cmで39℃、深さ10cmで35℃、深さ20cmで30℃まで上昇している。即ち深さ1cmと20cmでは20℃以上の差がみられる。ハウス内の気温(高さ150cm)と比較した場合、昼間は深さ1cmを除いて各深さとも低温であるが、夜間は礫温が気温よりも5~8℃高い。

### (2) 給液による礫温の変化

12時30分の給液時の中礫の深さ5,10,20cmの礫温の時間的变化について詳しく図示したのが第6図である。

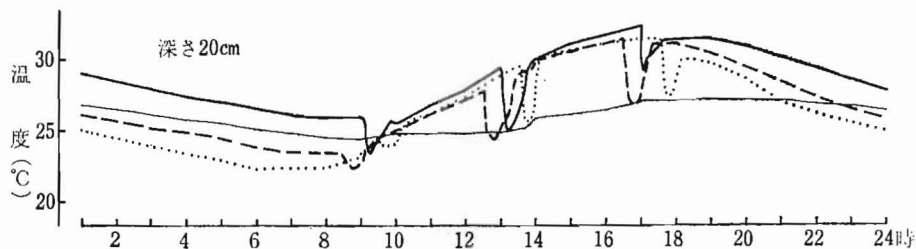
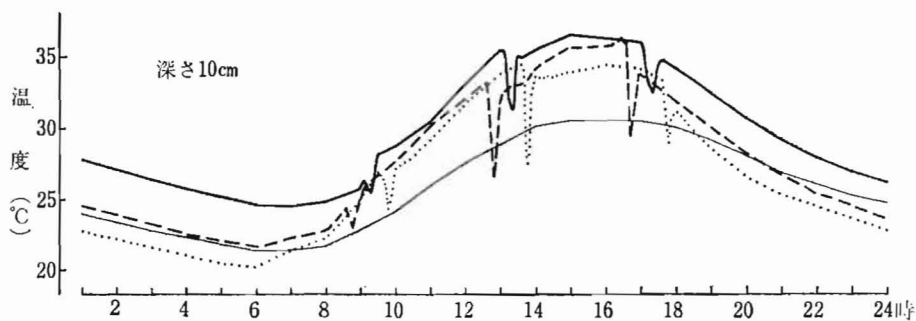
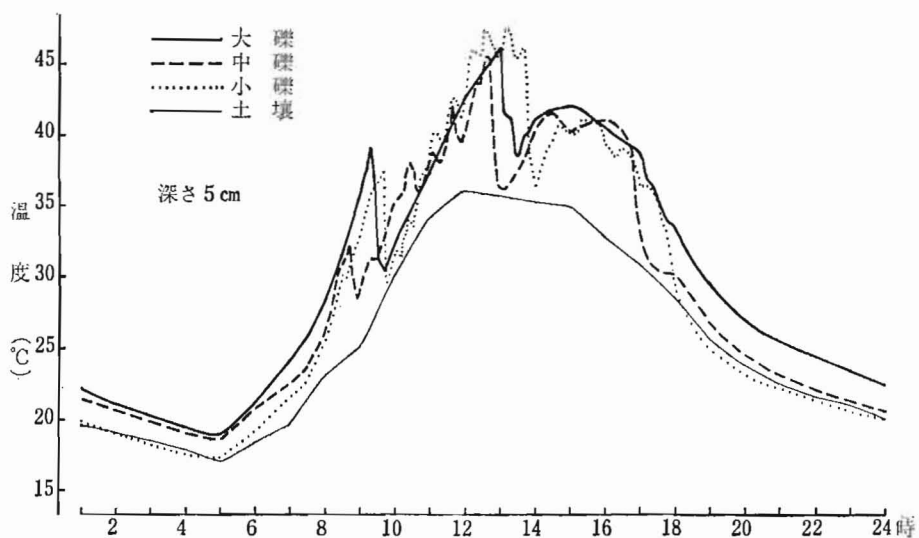


第6図 給液時の中礫ベッドの礫温の変化

給液は12時30分より15分間行なわれ、給液停止後45分で自然排水した。深さ20cmにおいて給液開始後3~4分で27℃の礫温が低下しはじめ、9~10分で水温とほぼ同じ温度(約23℃)になる。約30分間一定温度を保ち、その後徐々に上昇、50分後、給液直前より高い温度(29℃)で安定した線となる。深さ10cmにおいては給液後約10分で水が上昇して来て、礫温が低下しはじめる。約15分後最低温度(約25℃)になり、すぐ上昇して約30分後に安定した温度にかえる。深さ5cmにおいては約12分後に約42℃であった礫温が下降しはじめ、給液停止まで温度が下がり、すぐ2~3℃上昇して20分後に安定した温度になる。給液直前と給液終了1時間後の礫温を比較すると、深さ5cmで約5℃低くなり、深さ10cmでほぼ同じ温度、深さ20cmにおける礫温の上昇は灌水された水が浅層の高い礫温に暖められて、それが下降する間に下層の礫を暖めたものと考えられる。

### (3) 大, 中, 小礫の礫温と土壌温度

給液回数3回で大礫(12.5~10.0mm), 中礫(10.0~5.0mm), 小礫(5.0~2.5mm)

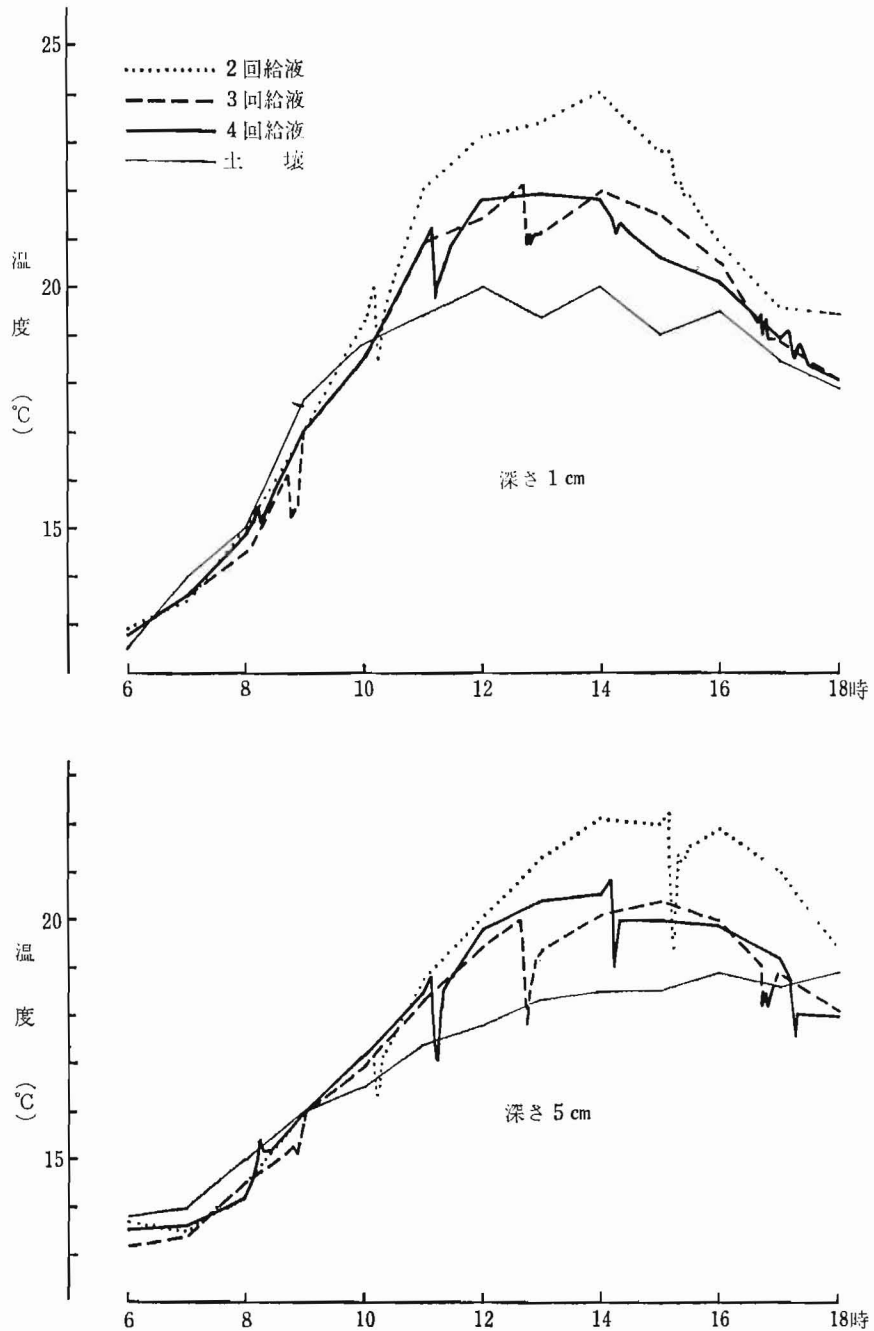


第7図 大, 中, 小礫の礫温の日変化

の各々のベッドの深さ 5, 10, 20 cm の礫温および土壌を入れたベッドの地温を比較したのが第7図である。

深さ 5 cm において昼間非常に複雑な様相を呈し、給液時間を異にするため礫径の違いによる温度差を比較することはむづかしい。しかし各粒径の礫温はほぼ同じような温度であるとみなされる。土壌温度と比較すると各種の礫の温度は昼間 3~5°C 高温である。夜間においては粒径の大きいほど高温であり、土壌温度よりも大中礫は高く、小礫においてはほぼ同じ温度である。深さ 10 cm の礫温は昼夜とも大礫がもっとも高く、中礫小礫と

温度が低くなっている。昼間礫径の違いによる礫温の差は少ないが夜間は差が大きくなる。土壤温度は昼間4~5℃各種礫温よりも低い温度で、夜間は中礫とほぼ等しく、小礫よりも1~2℃高い。深さ20cmにおいては深さ10cmの場合と同じような傾向で、礫径



第8図 給液回数の違う場合の礫温(レタス栽培, 中礫ベッド)



の大きいほど高温である。特に夜間大礫の温度は中礫よりも約3℃、小礫よりも約5℃高い。土壤温度は礫温と比較して昼間約5℃低温であり、夜間は中小礫よりも高温で大礫よりも低い傾向があらわれた。又深さ20cmの礫および土の温度は日較差が深さ5,10cmと比較して少ない。土壤温度の日較差はすべての深さにおいて礫温よりも少なかった。深さ20cmにおける大礫の日較差が約5℃、中礫で7℃、小礫で約9℃であるのに対し土壤温度は約3℃であった。

### III. 試験ベッド（レタス栽培区）での観測

試験ベッドにレタスを栽培し、収穫1週間前のベッドの礫温について観測した。観測は5月10日で、植被高25cmで直射光が直接ベッド面に入らない位繁茂していた。又高温による生育障害を防ぐため昼間ハウスの天窓は開かれていた。給液回数および礫径の違いによる礫温について比較検討したが、ベッド上に植被があるため、夜間においては礫温の差異は少なく、昼間かなりの差異がみられた。ここでは6時から18時までの観測記録について述べる。

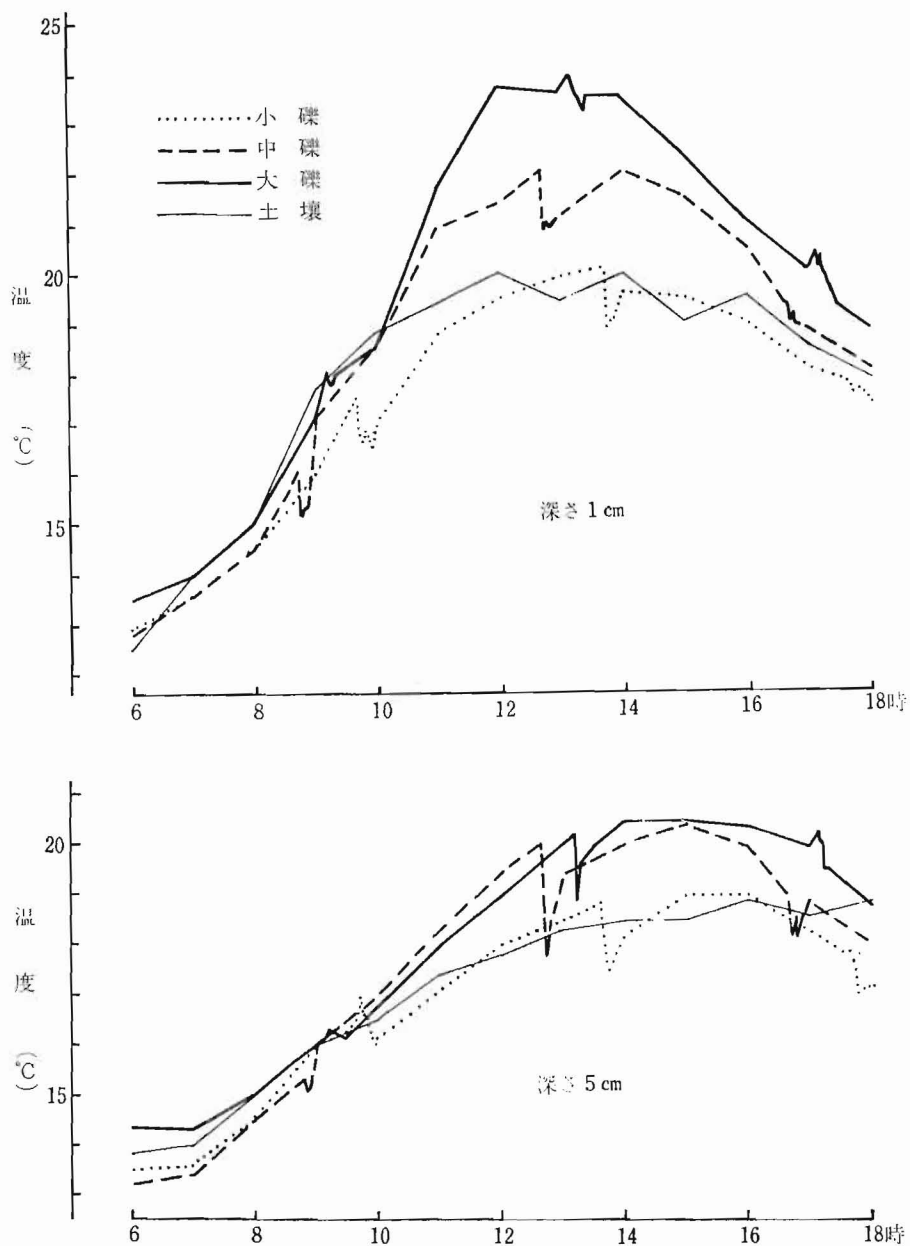
#### (1) 給液回数の違いによる礫温の差異

給液を昼間2回（5時間おき）、3回（4時間おき）、4回（3時間おき）行なった場合の中礫ベッドの深さ1cm、5cmの礫温について図示したのが第8図である。給液時刻は2回給液の場合10時15分、15時15分、3回給液の場合8時45分、12時45分、16時45分、4回給液の場合8時15分、11時15分、14時15分、17時15分であった。このように給液時刻が異なるので実際微気象を比較するのはむづかしいが、上記のような給液時刻を設定した場合として述べざるを得ない。2回給液の場合が3、4回給液の場合よりも2~3℃高温である。3回と4回の給液の場合にはほとんど同じ温度変化を示す。深さ5cmの礫温も、深さ1cmの礫温の場合と同じような傾向であり、2回給液の場合の方が3、4回給液の場合よりも高い温度であった。

#### (2) 礫径の違いによる礫温の差異

大礫、中礫、小礫について給液を3回（4時間ごと）に行なった場合の礫温について比較した（第9図）。設備の都合上、大中小礫の各々の給液時刻は異なっているので（大礫ベッド9時15分・13時15分・17時15分、中礫ベッド8時45分・12時45分・16時45分、小礫ベッド9時45分・13時45分・17時45分）、これらの礫温について比較することはむづかしいが、一応の傾向を示しているものとする。深さ1cmの礫温は大礫がもっとも高温で、中礫小礫の順で低い温度を示す。又土壤温度は小礫とほぼ同じ傾向を示している。深さ5cmの礫温についても深さ1cmと同じような傾向を示しており、深さ1cmと比較して礫径の違いによる差は少なくなっている。

このように作物に被われた状態においても大礫の方が高温を示す。この日の12時のハウス内の気温（高さ150cm）は約30℃であったが礫温はそれよりも6~7℃低温であった。レタスの繁茂した状態ではベッド表面と外気との混合による熱の授受がさまたげられ、そのため水温（約20℃）の影響がかなり強くあらわれ、礫温が低いものと考えられる。



第 9 図 礫径の違う場合の礫温 (レタス栽培ベッド, 給液回数 3 回)

### (3) 収 穫 量

予め温室内で育てられたレタスの幼苗を 3 月中旬 礫耕試験ベッドに各ベッド当り 24 個体を 25 cm 間かくで移植し, 5 月 16 日に収穫した。培養液として礫耕用大塚セット (大塚化学薬品 KK) を使用した。第 2 表は礫径および給液回数の違いによる収穫量の差異について本観測の参考として示してある。

第2表 レタス（グレートレイクス）収穫量におよぼす礫の大きさと給液回数の影響

礫の大きさ（粒径）	収穫量（g/個体）	給液回数（中礫）	収穫量（g/個体）
大 礫（12.5—10.0mm）	283.4	2	223.7
中 礫（10.0— 5.0mm）	370.4	3	370.4
小 礫（ 5.0— 2.5mm）	377.0	4	394.1

第2表をみると、礫の大きさでは小中礫の方が大礫よりも収穫量が多く、又給液回数の比較では、回数の多いほど収穫量が多いと云う結果が出ている。前述の微気象の観測結果から直ちに気象要因との関連を見出すことは困難である。むしろ栄養条件の差が収穫量の差としてあらわれたものと考えられる。即ち粒径の小さい礫の方が保液率が高く、又給液回数の多いほど培養液の供給が多いので、無機栄養供給量が多く、収穫量が多くなる原因であろうと考えられる。

礫耕栽培ベッドは土壤と異なった微気象の特徴を有することは考えられたことであるが、このようなベッドでの微気象について、この種の報告はほとんどない。上述の観測結果は礫耕ベッドの一例であるが一応の特徴を示しているものと考えられる。植被の有無により又粒径の違う礫を使った場合や給液回数が違う場合の礫温の日変化をつかむことが出来、又深さの違いによる礫温の状態、礫耕栽培独特の給液による礫温の急激な変化の状態を見出すことが出来た。このような礫温と気温との複雑な温度分布が作物の生活に重要な意義をもつことは容易に想像出来るが、本観測の結果だけではそれを関連づけることはむづかしい。礫耕栽培における作物の生理現象がこのような微気象によって如何に影響されるかについては今後研究されるべき問題である。

#### 摘 要

礫耕栽培ベッドの気温、湿度、礫温について観測を行ない、礫の大きさ、給液回数、作物の植被の大小による微気象の違いについて比較検討を行なった。

1. キウリ栽培ベッドでの観測において、幼苗区の礫温（深さ5cm）は昼間気温（高さ150cm）よりも5℃前後高く、繁茂区と同じ深さの礫温と比較するとかなり高温（約8℃）である。繁茂区においては礫温（深さ5cm）は気温よりもむしろ低い傾向がある。礫温の深さ5cmと20cmの日較差を比較すると、深さ5cmの礫温は12～13℃と大きい。深さ25cmでは約2℃の日較差しかなく、非常に安定した状態にある。湿度は繁茂区で昼間でも90%前後で非常に高温であるが、幼苗区では70%程度である。

2. 大中小それぞれの礫のベッドの礫温（深さ10、20cm）を比較すると昼夜とも粒径の大きいほど高い温度であり、又土壤温度と比較したとき、昼間は各大きさの礫とも3～5℃高い。礫温の日較差は粒径の小さいほど大きく、粒径の大きいほど少ない傾向があるが、土壤温度の日較差はどの粒径よりも小さかった。

3. 中礫において給液を2,3,4回行なった場合の礫温を比較すると給液回数の少ないほど高い温度となる傾向があるが、いずれの場合も土壤温度より高温であった。

4. レタスの収穫量は小中礫ベッドで栽培した方が大礫の場合よりも多く、又給液回数2回の場合よりも、3、4回の給液の方が多収量であった。

## 文 献

- 山崎肯哉他. 1963. 礫耕の技術と経営. 農耕と園芸別冊 p. 202 誠文堂新光社. 東京.
- 水本順敏・河森 武. 1963. 礫耕栽培に関する研究(第1報). 礫床における可給態養分の消長について. 静岡県農業試験場研究報告 8: 110—115.
- 竹下純則・板木利隆・古藤 実. 1964. れき耕の実用化に関する研究(第1報) I) れき質と用水の調査. II) 培養液管理について. 神奈川県園芸試験場研究報告 12: 119—129.
- 堀 裕・青木正孝・山崎肯哉. 1964. 「れき耕」の実用化に関する研究. II 培養液管理との関連における培地れきの性質について. 園芸試験場報告A 3: 45—59.
- 松田 栄・綿原孝夫・松田照男・大友譲二. 1966. そ菜の礫耕栽培の実用化に関する研究. 広島県立農業試験場報告 23: 103—146.
- 鈴木義彦. 1966. れき耕における培地温度と培養液濃度に関する研究. 静岡県農業試験場報告11: 95—104.