

そ菜の礫耕栽培の実用化に関する研究

松田 栄, 綿原孝夫, 松田照男, 大友譲二

Studies on Gravel Culture of Vegetable Crops

by

Sakae Matsuda, Takao Watahara,

Teruo Matsuda and Joji Otomo

はしがき	105
I 礫耕栽培施設と試験の概要	105
1. ハウスの礫耕栽培(A)	105
(1) 施設の概要	105
(2) 栽培の概要	107
2. 温室の礫耕栽培	108
(1) 施設の概要	108
(2) 栽培の概要	109
3. ハウス内礫耕栽培(B)	111
(1) 施設の概要	111
(2) 栽培の概要	111
II 高度輪栽に関する研究	113
1. 育苗技術に関する調査	113
(1) 育苗の施設	113
(2) 礫の大小	113
(3) 育苗用培養液	114
2. 礫耕栽培の温度に関する調査	114
(1) 温度(礫温・液温)の変化	114
(2) 冬期の培養液の暖房装置と礫温の変化	115
3. 施肥技術に関する調査	119
(1) 培養液の管理	119
(2) 吸収量と吸水量	119
(3) 炭酸ガスの施用効果	124
(4) 栄養障害とその対策	126
4. 根の分布に関する調査	126
(1) 根の分布	126
(2) 残根処理	127
5. 輪栽体系と収量の関係	127
III 病害防除に関する研究	129
1. 発病例とその症状	129
2. 疫病菌の特性	131
3. 防除法	133
IV 総 括	135
1. 礫耕栽培施設と試験の概要	135
2. 高度輪栽に関する研究	136
3. 病害防除に関する研究	138
Summary	140

## は し が き

近時都市近郊のそ菜園芸地帯は農地の工業用地や住宅用地への転用で農地価の値上りが目立ち、漸時農耕地は減少してゆく傾向であるが、その農耕地も労力不足から来る管理の不徹底により病虫害の発生は著しい。また輸送園芸のめざましい発展による市場戦も益々激化するなど近郊園芸地帯も都市の中心より次第に外方に向って移動して行く傾向にある。

一方消費面ではきゅうり、トマトなど果菜類、レタス、かんらんなど生食野菜の大衆化や需要の増加によって供給の周年化も進んできたし、これらの生産面では温室やハウス栽培などの適地適作栽培によって円滑化してはきたが、なお栽培管理の省力化、機械化が要求されるし他面清浄栽培が要望されてきた。かかる観点から山崎・堀氏の発表による礫耕栽培は農業の工業化という点では完全に適合する農業形態であり、都市近郊の高級そ菜、花き栽培に資本を投下した近代化方式や温室、ハウス栽培の企業生産手段として大きく抬頭し最近技術として脚光をあびてきた。

昭和37～38年より過大な期待のもとに各県の試験研究機関で礫耕栽培の実用化試験が開始され、一方では各地の一部の篤農家も農業経営の一環として礫耕栽培技術の導入消化につとめておる。当场でも国庫補助事業として昭和37年よりハウス・温室内の礫耕栽培実用化試験を開始し、高度輸栽による礫耕栽培の経済性について研究を進めてきた。病害防除や栽培技術については未解決な点もあるが、一応昭和37～39年度の研究成果をとりまとめ今後の研究の指針として役立てたいと考える。

### Ⅰ 礫耕栽培施設と試験の概要

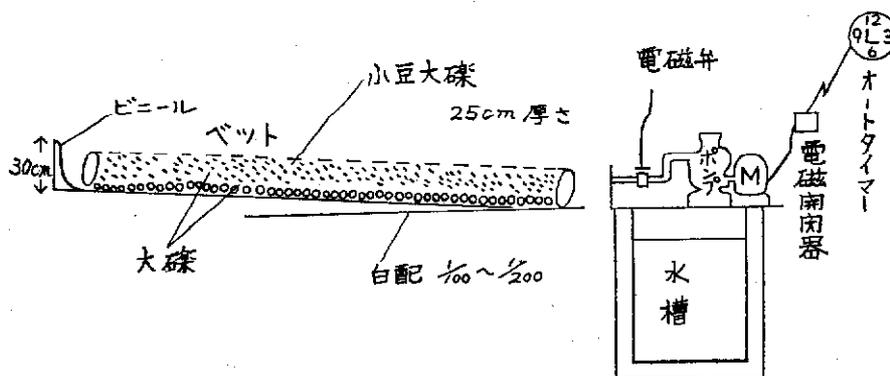
礫耕栽培は昭和36（1961）年にハウス内に設備し1年間のみ栽培試験を行ない、次いで温室内に施設し、栽培試験をくりかえした。昭和39年に再びハウス内に施設し病害防除試験を中心に栽培を行なった。

#### 1. ハウスの礫耕栽培(A)

昭和36年秋にハウス内に簡単な礫耕栽培施設をつくり、礫耕栽培の実用化についての調査をすすめた。

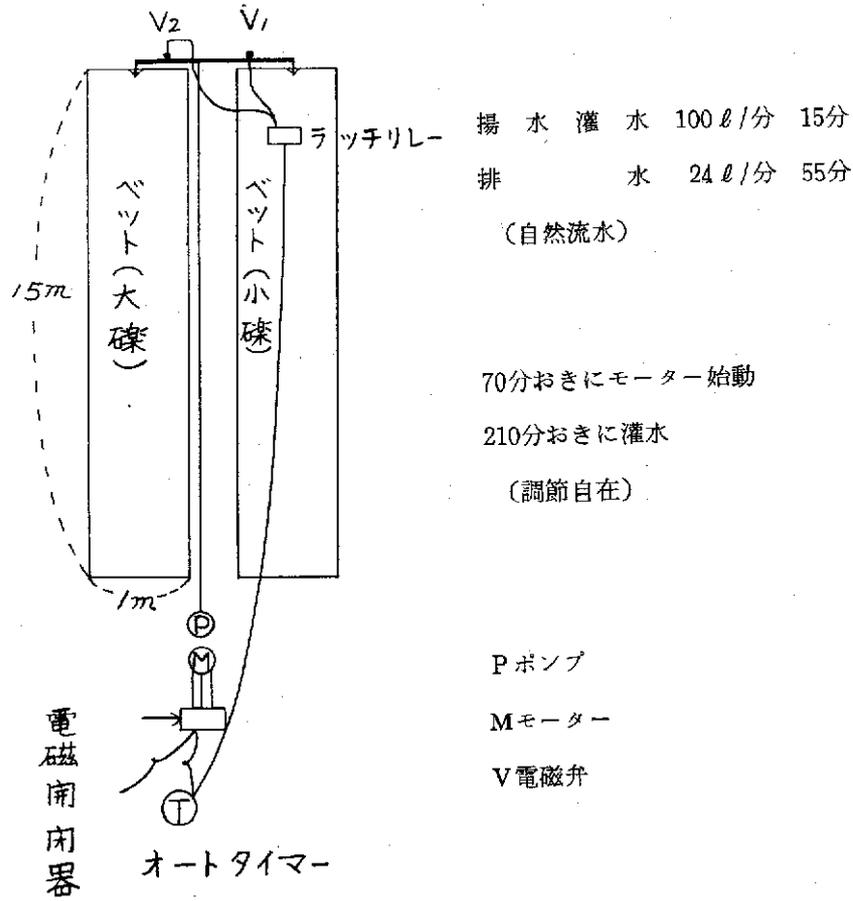
##### (1) 栽培施設の概要

無加温ハウス100m<sup>2</sup>に図示する方法で施設した。

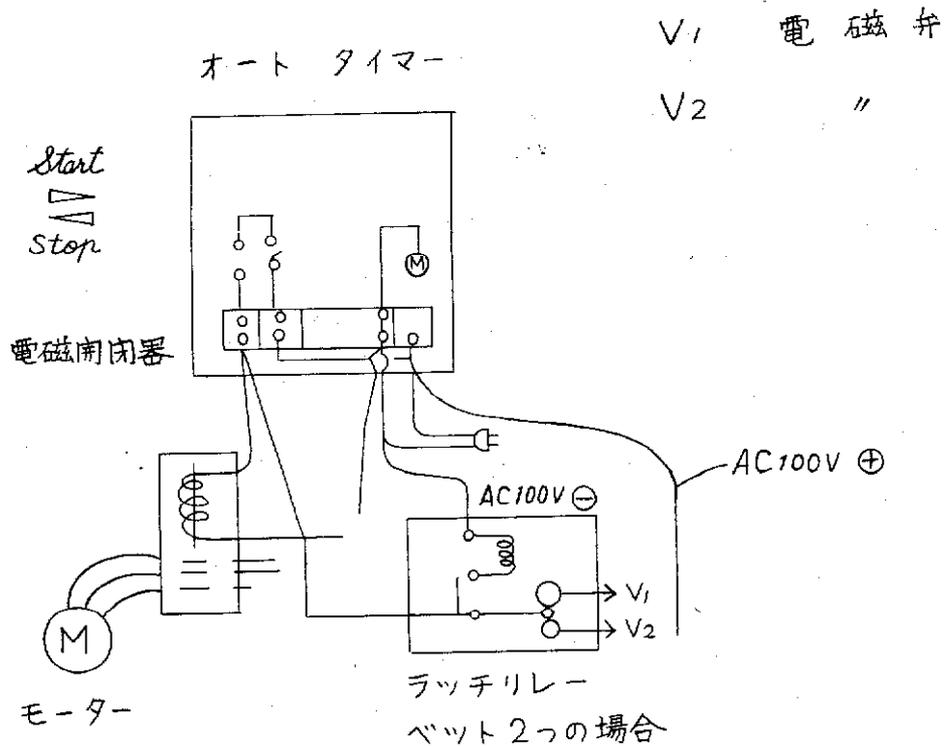


$$\begin{aligned} \text{水槽体積} &= \text{ベット (培地) の体積} \\ \text{水槽 } 1 \times 1 \times 1.5\text{m} &= 1.5\text{m}^3 \\ \text{ベット } 1 \times 1.5 \times 0.25 \times 0.35 &= 1.3125\text{m}^3 \\ & \quad \text{(孔隙量) (13125 l)} \end{aligned}$$

第1図 礫耕栽培施設模式図



第2図 礫耕栽培施設平面図



第3図 電気リレー装置配線図

備考 (電気代)

○タイム・スイッチ (モーター 2W)	1日	0.048kw
家庭用 1kw	12円50銭	1日 60銭
○モーター 200W	1日4回灌排水するとして	
	1日0.6kw	
小口電力 1kw	5円20銭として	1日3円12銭
電気料金 1日	約4円	

尚配線施設工事費, 基本料金は別途計算のこと。

(2) 栽培の概要

初年度の栽培概況は第1表に示す通りである。栽培技術が未熟であったり無理な作型があつて栽培は必ずしも順調ではなかつた。培養液の管理は分析器具がなかつたために順調に行かず、苦土欠や硼素欠亡症がメロンやきゅうりに発生し問題になった。また冬採りのレタスで注水回数が多すぎて病害を誘発したり、植傷みによる失敗があり概して収量は土耕よりも少ない傾向があつた。

第1表 ハウス礫耕栽培の概況

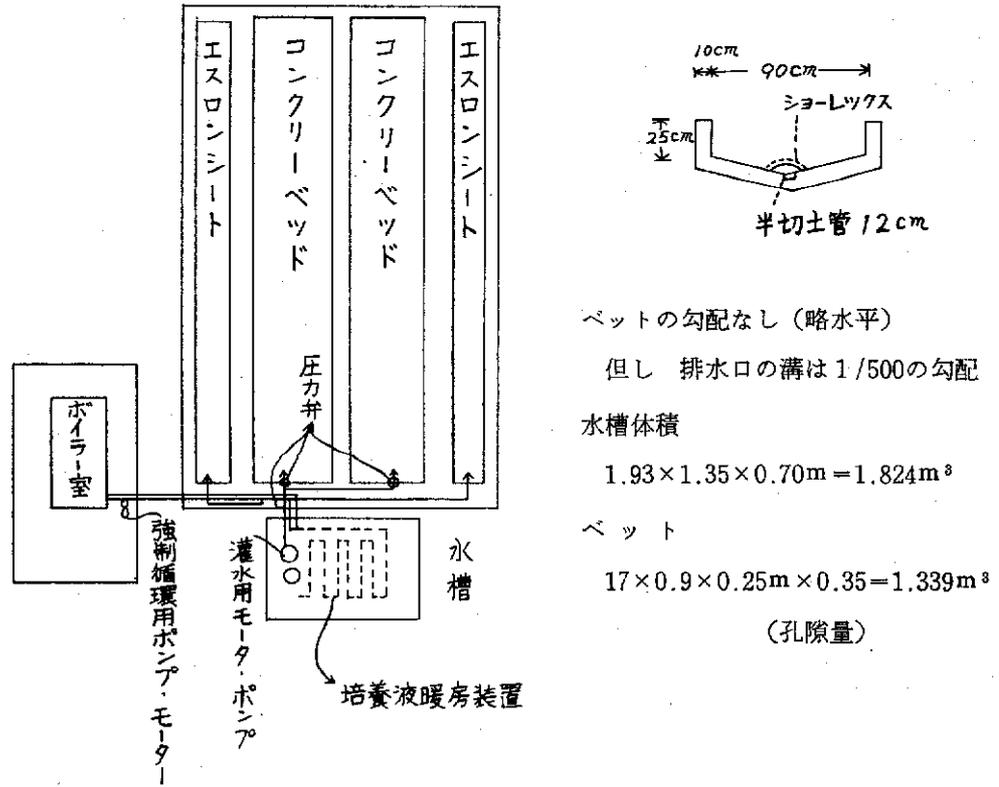
供試作物	(月)												施肥管理	栽培概要	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
きゅうり 秋 七尾房成								○	×	■			培養液 1,000ℓ当り 苦土石灰 533g 炭酸石灰 267 硝酸 1,627 硫酸加里 294 過石 573	生育は土耕より早かつたので、礫耕が収かくが早く収量があつた。硫安、硝安の追肥によるNH <sub>4</sub> -Nの過剰からきゅうりにMg欠乏症が著しくあらわれ下葉が枯損した。そして12月低温期に入り収量はあがらなかつた。	
レタス 冬 {ペンレイク グレイトレイク54 グレイトレイク366	■								○	×	■		10月12日 18日5日 日時	土耕育苗のものを礫耕栽培に供した関係で土耕より植傷みが大きく収量はあがらなかつた。礫耕の収かく期はやや早くなる傾向があつたが、土耕と同様熟期はペンレイク、グレイトレイク54が早く、グレイトレイク366がおくれ、そして収量は366が多い傾向があつた。	
メロン 春夏 {パール アールス 興津			○	×	■								3月3日 10月20日 日日	培養液 1,000ℓ当り (KNO <sub>3</sub> 810g 硝酸石灰 950 硫酸苦土 500 磷酸アンモン 155)	定植直後に電熱線をはって活着を促したので活着後の生育は順調であつた。開花期になってB欠症状、収かく期に入ってMg欠症状らしきものが発生し生育不良による未結実株もあつて収量はあがらなかつた。培養液管理については研究を必要とした。
トマト 福寿100号 夏~秋			○	×	■								6月7日 1月10日 日日	培養液 山崎氏第2例に準ず	礫はアンモニヤ水100倍液で消毒し定植した。着果はホルモン(ジベレリン50ppmとトーン100倍)散布によつて促進したが、高温期であるため収量は全般に不良であつた。発病や栄養障害は特にみられなかつたが、暖地抑制トマト栽培技術については更に究明を要する
レタス (グレイトレイク366)	■							○	×	■			9月10日 27日18日 日日	培養液 山崎氏第2例	前年度のレタスより生育は順調でよくできたが、冬期低温のためハウス密閉保温した関係で収かく前から菌核病が多発した。うねのつくり方、注水回数について今後検討を要する。

2. 温室礫耕栽培

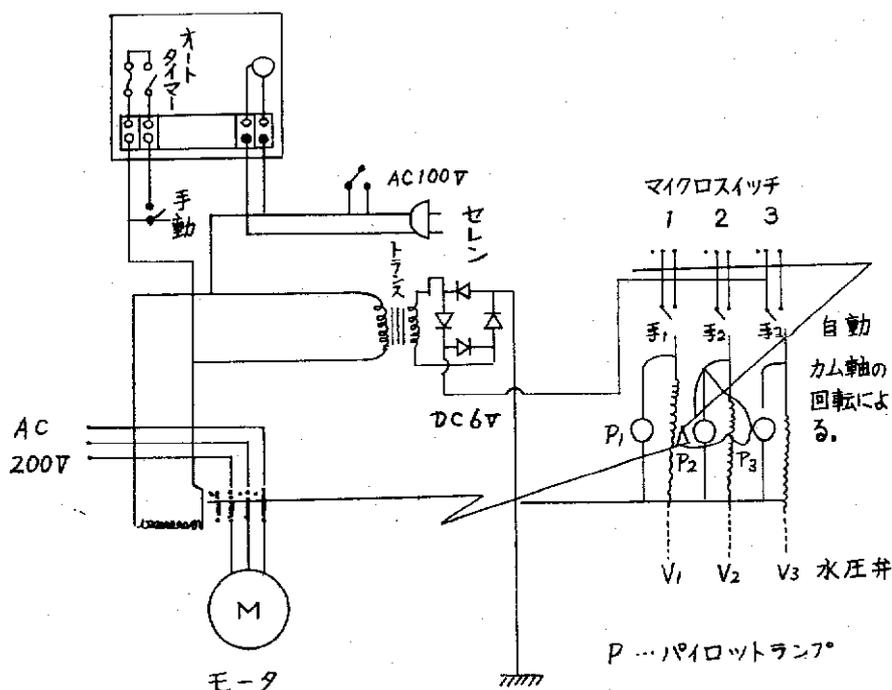
昭和37年の秋季に100m<sup>2</sup>暖房ガラス温室内に礫耕栽培施設を設け、高度輸栽にともなう栽培技術についての研究を開始した。

(1) 施設の概要

温室100m<sup>2</sup> (30坪)



第4図 温室内礫耕栽培施設



第5図 電気リレー配線図

(2) 栽培の概要

温室内の礫耕栽培3カ年の概況は第2表に示す通りである。当初は分析器具も設備されず、ただ山崎氏処方に従って栽培したため培養液の管理も十分でなかったが、かなりの収量が上がった。しかし土耕と匹敵する収量でなかったことは概して苦土、石灰など要素欠乏症の発現に基因するものと考えられ、培養液管理については分析して適確に行なう必要が考察された。きょうり、トマトで定植後の生育初期に害が発生し全滅したので1963～64年には病害防除試験をくりかえした。そして後述のようにホルマリンや熱湯消毒によるのが良いことが判明し、1964年秋冬作より1965年にかけては無発病で順調に栽培できるようになった。また栽培技術についても次第にはっきりし、瓜類を連作してもかなりの収量が期待されるようになった。

概して冬期のきょうりは収量が少ないが、夏期のきょうりは栽培が容易で土耕以上の収量も期待された。しかしメロンの栽培では品質を考えると更に究明すべき点が多く、また夏時のトマト栽培でも土耕と同様に問題が多いように考察された。

第2表 温室内礫耕栽培の概況(その1)

供試作物	下種日 (月日)	定植日 (月日)	収穫期 (月旬)	供試品種	栽培概要
1962~63年 冬春作 ベットの レタス No.3 セルリー トマト No.1,2	12.3 12.15 1.10	1.20 3.25 1.28	3.下 5.下 4.下 ~5.下	グレイトレイク366 ソートレイク コーネル619号 大型東光, 米寿	キウリの栽培が順当に行かなかったで、トマト、レタス、セルリーを組合せて同一培養液で、山崎氏の処方に従って分析によらず栽培した。培養液は加温して注水栽培した。生育はほぼ順調でかなり収量が期待された。トマトで苦土欠乏症が取かく期にセルリーに石灰欠乏症がみられたが、発病は殆んどみられなかった。
夏作 メロン	4.20	5.27	7.末 ~8.上	アールス パール 興津	トマト、セルリーの取かくが終了しないうちに、メロンを定植し、培養液も更新しないでメロンを栽培した。発病はキャンカー、ウドンコ病が問題になった外は殆んど被害はなかった。着節位との関係もあって大果となり品質は最良とは言えなかった。分析によって追肥したが吸肥量は多く、生育後半にマグネシウム欠乏症がみられた。
夏秋作 トマト	7.15	8.15	10.上 ~11.上	大型東光 米寿 福寿100号 長交福寿2号 大型福寿 ヨーズ	昇永水 5 p.p.m で礫を消毒した関係か萎凋症状がみられたが枯死株は殆んどみられなかった。高温時で着果をよくするためホルモン散布し果実の肥大は必ずしも順調でなく、石灰欠による尻腐病や放射状裂果が多くでて収量は多くなかった。品種比較では土耕と礫耕とはほぼ平衡するようであった。
冬作 きゅうり	10.8	11.6	—	七尾房成 久留米落合H型	育苗は順調に行われたが、定植後活着不良の生理障害のため11月20日約半数が枯死した。Phytophthora 菌によることが判明した。
1963~64年 冬作 ハウレンソウ	12.16	—	2.上	ぬくしな	ベットの礫を水平にならして散播し礫で種子をおおったが、一部種子の浮流があった。生育は順調で発病はみられなかった。
冬春作 トマト	12.16	2.5	4.中 ~5.中	大型東光 米寿 ほまれ 福寿2号 東光	礫の消毒は行なわなかったが活着や生育はほぼ順調に行われた。しかし生育後半には萎凋病(?)が発生したり Br 欠乏症状がみられた。品種別には大型東光が概して収量が多く米寿が少ない傾向があった。栄養障害で上段花房の着果が悪く収量があがらなかった。
春夏作 メロン	5.14	5.21	8.中	パール	4月21日蒔のメロンが枯死したので、ホルマリン消毒し、礫洗滌し定植した。生育は順調で1株2果つけたものもあったが特に不都合は考えられなかった。しかしネットの発現や品質については栽培技術の改善が望まれた。
夏秋作 トマト	7.21	8.19	—	三福 大型東光 ほまれ 強力東光 高農8号 福寿100号 福寿2号	ベット無消毒で定植したが、トマトが活着してから9月上旬に萎凋青枯症状を呈して、発病後10日にして全滅した。品種間の耐病性の強弱は認められなかった。
秋冬作 きゅうり	9.9	9.25	11.上 ~12.下	七尾房成	ホルマリン 100 倍液に浸漬消毒後定植したので地下部からの発病は全然なく活着生育は良好であった。収量は生育後半十分あがらなかった。
1964~65年 冬作 きゅうり	12.4	12.25	2.中 ~3.下	七尾房成	残根を完全除去しないままホルマリン消毒しきゅうりを作付けしたが病害や生育障害は認められなかった。定植後マルチした関係もあって前作のきゅうりより収量は多かった。

第2表 温室内礫耕栽培の概況(その2)

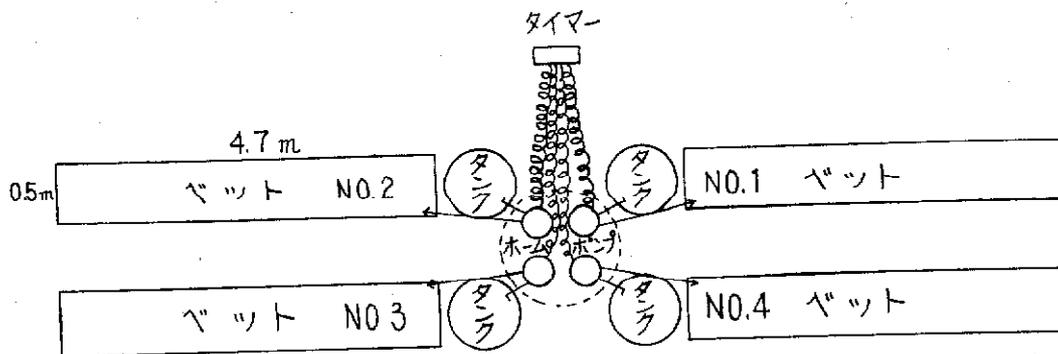
供試作物	下種日 (月日)	定植日 (月日)	収穫期 (月旬)	供試品種	栽培概要
春作 メロン	3.1	4.5	7.下	パール	メロンはホルマリンの薬害が一部にみられ活着や生育がおくれたが虫害は認められなかった。着果肥大期に注水回数から裂果がみられたり、また苦土欠乏症がみられた。収量はまずまずだったが品質の改善については更に技術を要する。特に2果着果させると品質が低下することが考察された。
夏作 きゅうり	6.8	7.1	7.末 ~9.初	さちかぜ	残根処理は完全ではなく、ホルマリン消毒後定植したが活着や生育には異常を認められず順調であった。収量もかなりあがり、夏期のきゅうり栽培は土耕以上の収量が期待できた。
秋作 トマト	8.3	9.3	11.下 ~12.下	福寿100号他10点	高温期で生育は徒長し、節間伸び3~4段摘芯で150~160cmの草たけであった。ホルモン散布で着果を促進したが着果が悪く果実肥大も悪かった。土耕は病害枯死株が多かったが、礫耕では少なかった。品種間差は、土耕と同じ傾向が考察された。
1965~66年 冬作 きゅうり	11.20	12.20	1.下 ~3.下	七尾房成 久留米H型	生育は順調であった。収穫の後半に果形がくずれ品質が悪くなった。長期多収になる栽培技術については研究を今後行なう必要があった。CO <sub>2</sub> の施用効果は認められなかった。

3. ハウス内礫耕栽培(B)

1964年に病害防除や基礎的な栽培技術を究明するためにハウス50m<sup>2</sup>内に施設した。

(1) 施設の概要

第6図に示す通りベット、タンクそれにモーターポンプはそれぞれ4個準備し、そして別々に区切って4セットとし小規模な実験的な礫耕栽培施設をつくった。そしてNo.2のベットは途中2~3作は水耕栽培できるようにし水耕と礫耕との比較も行なったが、水耕栽培の実用化は困難であることがわかり再び礫耕栽培施設に切替えた。



第6図 ハウス内礫耕栽培施設

(2) 栽培の概要

ハウス内の4組の礫耕栽培施設を周年高度に活用して栽培試験をくりかえし、発病の関係、養水分の吸収量や炭酸ガス施用効果などについて調査し検討をすすめた。その結果の概要は第3表に示す通りである。

第3表 磔耕の病害防除及び栽培試験の成績の概要

供試材料	下種日 (月日)	定植日 (月日)	収穫期 (月日)	処理区	成績概要
1964年 きうり 久留米落合H型	3.27 直蒔	—	—	(No.2 CO <sub>2</sub> 施用区 No.3 マルチ No.1 μ施用区 No.4 マルチ)	CO <sub>2</sub> 施用による肥効力をみるために試験を始めたが、病害 (Phytophthora 菌) によって全滅した。 4月20日に点々と萎れたり発育不良の株が各ベットのみにみられ、4月30日には全株が枯死した。
きうり 理想みどり (No.1~No.4)	5.7	5.11	6.下 ~7.末	時期別養水分吸収量の測定	ホルマリン100倍液2時間浸漬、ビニール2昼夜被ふくして消毒し、きうりを定植したが発病はみられず順調に生育した。盛夏期に収かくされたが収量は1株当り3kgとなり、吸収量は収かく期には2~4ℓが吸収された。そして全生育期間には吸水量は1株当り140ℓ、NO <sub>3</sub> -Nは14gであった。
きうり 理想みどり	7.17	7.31	8.下 ~9.下	No.3ホルマリン消毒区 No.4オゾンサイド No.1μ処理区	ホルマリン3時間浸漬区はμ発病で収量も1株当り37.3果 2.57kgがあったが、μ処理区とオゾンサイド10ppm注水区は定後2週間目には病害で枯死した。 オゾンサイド区は発病がみられてから25ppmの濃度にして注水したが葉害が観察された。
きうり 育成系夏きうり	8.10	8.20	9.中 ~11.上	No.4 オゾンサイド 75ppm No.1 ホルマリン 100倍	磔タンクの消毒を24時間、浸漬処理をしたがオゾンサイド区は9月10日までに全株病害のため枯死した。ホルマリン消毒区は生育は順調で33.6果 1.83kgの収量があがった。
きうり 七尾房成	9.9	9.25	11.中~	No.1 ルベロン消毒区 No.4 ホルマリン	ルベロンの病害防除効果は認められたが葉害で生育はおくれた。両区とも収かく調査は低温のためできなかった。
レタス グレイトレイク366	9.30	11.19	2.中 ~下	(No.2 CO <sub>2</sub> 施用区 No.3 (マルチ) No.1 無施用区 No.4 (マルチ))	レタスの生育は順調に行われ、良質のレタスが収かくされたがCO <sub>2</sub> 3倍量の施用効果は生育・収量調査にはみられなかった。根重のみはCO <sub>2</sub> 施用区が多い傾向があった。
1965年 トマト 福寿100号	3.13	3.30	6.下 ~7.末	No.2 CO <sub>2</sub> 施用区 No.3 (マルチ) No.1 無施用区 No.4 (マルチ)	病害も殆んどなく生育は順調に行われた。CO <sub>2</sub> 3倍量区が生育が早く収量が多いことが統計的にみとめられた。また吸水量や根重も多いことが考察された。
きうり 長交3尺 (No.1) 理想みどり (No.2) きちかぜ (No.3) 山東四葉 (No.4)	7.28	—	9.上 ~10.中	品種別養水分吸収量の測定	生育は順調で1株当りの収量は2kg前後であった。NO <sub>3</sub> -Nの吸収量は12g前後、吸水量は80~100ℓで品種によって差がみられた。NO <sub>3</sub> -Nの減少量の吸水量に対する割合は50~70%で品種による差が明確であった。
セルリー ソートレイク	7.22	10.12	2.1	養水分吸収量の測定	セルリーの生育は非常に良好で1株重1.43kgになった。吸水量は約17ℓ、NO <sub>3</sub> -Nの吸収量4.9gでNO <sub>3</sub> -Nの減少量の吸水量に対する割合は130%であった。施肥量と葉分析による吸収量を比較検討した。

病害防除については主にきうりの Phytophthora 菌による病状観察ならびに薬剤防除について研究し、ホルマリン消毒による確実性について自信を深めた。一方ではレタス、トマトで炭酸ガスの施用効果についての検討を進め、そして養水分の時期別吸収量の経過についても追跡し、磔耕や土耕の基礎的な栽培技術に関する研究も行なってきた。ハウス内の小規模な実験施設での栽培試験であるが生育は順調でありかなりの収量があがった。これら基礎的な試験成績を今後実際の大規模栽培に応用し、より完全な栽培技術への確立をおしすすめたいものと考えている。

## Ⅱ 高度輪栽に関する研究

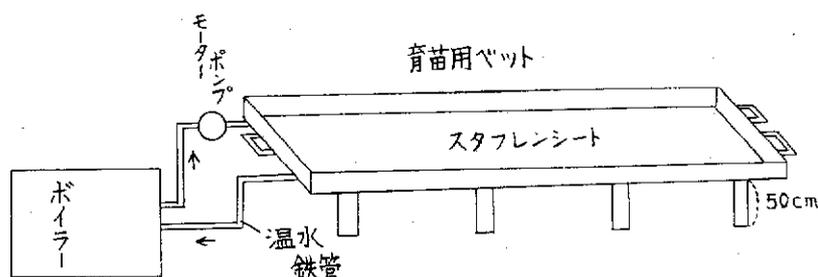
前項で試験方法（施設の概要）や成績の概要について記述してきたが、施設にかなりの資本を投下した礫耕栽培では高度輪栽による栽培技術の確立が急務と考え、3～4年栽培試験をくりかえしてきたので、その面から項目別にとりまとめてみることにする。

### 1. 育苗技術に関する調査

高度輪栽を行なうためには、苗は年に数回作らなければならないが、礫育苗は省力にして比較的容易であり、その点は好都合である。礫耕の規模の拡大をはかるためには完備された育苗専用室の設置や周年栽培に伴う育苗技術の解明が必要である。

#### (1) 育苗の施設

育苗を周年能率的に行なうためには全栽培面積の15%位にあたる広さをもつ完備された育苗専用室をつくる必要がある。夏期高温時の冷房装置までは必要としないが、冬期の暖房装置は必要不可欠である。そして種床、移植床別に陽当りのよいようにベットをつくる必要がある。



第7図 育苗用ベットの略図

当場の育苗施設は第7図に示す通りである。ビニールハウス内に病害や衛生的な見地から地上40cmに暖房パイプを敷設し、その上にベットをつくりスタフレンをしいて育苗するような施設とした。ベットは水平とし、冬期はベットを夜間2重に保温できるようにした。そして冬期はボイラーの温湯を循環させ、適温を保持できるようにしている。

なお病害防除の面から育苗用礫と鉢は熱湯消毒するとよいが、その意味から煮沸用の炉と釜を常設している。

#### (2) 礫の大小

育苗に用いる礫の大小が地上部、地下部の生育に及ぼす影響は第4表に示す通りである。

第4表 苗の発育調査（5月28日）

	草たけ (cm)	葉数	茎太 (双葉上) (cm)	根長 (cm)	根重 (g)	地上部 重 (g)
大(3.0~4.5mm)	10.2	3.8	0.37	23.5	1.6	3.0
中(3.0~1.8mm)	16.4	4.5	0.50	17.0	3.0	7.0
小(1.8mm以下)	16.5	4.5	0.51	14.0	2.5	6.0

(注) 品 種 新都メロン

下種日 4月20日直蒔

育苗法 3号鉢(径9cm)各区15鉢。水深2~3cm滞水。

大礫は毛管水が少なく発芽困難で時々上から灌水する必要があるが、発芽までは水深を深くすることが考察された。そして礫の大小によって地上部や地下部の発育に著しい差があることが認められた。大礫では茎葉の伸びが悪く毛管水不足による栄養不足が考えられ、根は細根が少なく太(主)根が長く伸び根重はもっとも少なかった。砂は地上部の生長は順調であったが、根は細根が多く根長や根重は少ない傾向が認められた。

められた。地下部、地上部とももっとも順調であったのは中礫区であった。これらの結果から培養液を溜めた育苗法では1.8~3.0mm位の礫が適していることがわかった。

実際育苗に使用する礫は大小混っているがその度合に応じて移植後の水深を多少加減する必要がある。

### (3) 育苗用培養液

育苗用培養液はベットに滞水させ果菜類等では30~50日間育苗する。育苗鉢移植直後規定の培養液を水深5cm位になる様にし、以後培養液の減量に応じて水を追加して行くようにするが追肥の必要性は少ない。また生育がすすむにつれ水位を徐々に下げて苗の徒長をおさえてゆくようにする。

こうした礫育苗に市販の液体肥料を使用できないかと調査した結果は第5表に示す通りである。礫の大小にかかわらず標準培養液で育苗したものが好成績であった。液肥はNH<sub>4</sub>-Nが主体であるためNの吸収が悪く、また石灰や苦土の含量が少ないためか茎葉は濃緑色になり草たけは低く葉数も少なく、茎も細い傾向がうかがわれた。また液体肥料区は栄養障害は起らなかったが双葉は早くから落葉した。

第5表 育苗試験結果(40日苗、定植時7月10日調査)

	草たけ (cm)	葉数	茎太さ (cm)	※ 双葉
礫 大(3.0~4.5mm)				
標準培養液	29.5	6.4	0.59	1.7
A 液肥	17.4	5.7	0.46	0.2
B "	20.3	5.5	0.45	1.2
礫 中(1.8~3.0mm)				
標準培養液	28.7	6.1	0.58	1.9
A 液肥	24.1	6.1	0.54	1.5
B "	21.0	5.7	0.50	1.5

(注) ※ 2.0が完全に双葉が附着しているもの

育苗液 液肥A(10-5-8) 液肥B(10-4-4) …N濃度 333ppm  
標準培養液 N16, Ca 8, K 8, P 4, Mg 4 me/ℓ ……N濃度 244ppm

またこの苗を定植したあとの生育も育苗の成績とはほぼ平衡しており、栽培ベットの礫の大小にかかわらず液体肥料育苗区が劣る傾向が考察された。高温時で着果や着果後の発育は順調とは言えなかったが、収量調査の結果は第6表に示す通りである。定植後の培養液の管理は山崎氏処方に従ったが、生育調査の結果と同様に液肥育苗区は収量が少ない傾向が考察された。このように育苗の僅かな違いが生育・収量に大きく影響する点、育苗技術については熟練を要する。

第6表 収かに関する調査(20株合計値)

	収か く始 (月日)	特大 250以上 (g)	大 250~175 (g)	中 175~100 (g)	小 100以下 (g)	きけい (g)	腐敗 (g)	全 果 数	全果重 (g)
大礫標準	9.1	1 260	11 3,785	35 4,525	25 1,490	13 1,105	36 2,160	120	13,325
液肥 A	8.30	1 250	7 1,345	38 5,065	22 2,280	2 310	16 1,215	86	10,465
中礫標準	8.27	1 250	5 910	21 2,545	21 1,585	11 1,255	34 1,834	93	8,379
液肥 A	8.29	1 250	4 880	11 1,390	17 1,135	4 420	28 1,730	65	5,855
土耕液肥 B	9.14	1 260	9 1,733	40 4,927	41 2,680	7 925	2 110	100	10,635

## 2. 礫耕栽培の温度に関する調査

礫耕栽培では気温の外に礫温、特に培養液温に注意しなくてはならない。これら周年の温度変化は時期や天候の外に作物の生育状況によっても差があり複雑であるが、高度輪栽上の温度管理についてふれてみよう。

### (1) 温度(礫温・液温)の変化

ガラス温室及ハウス内礫耕栽培における温度に関する調査は第7表に示す通りである。

第7表 温度に関する調査（於可部園芸支場）

	百葉箱		加温温室 (100m <sup>2</sup> )						無加温ハウス (50m <sup>2</sup> )						
	気温		気温		れき温		水温		備考 (栽培概況)	気温		れき温 9 a. m.	水温 9 a. m.	備考 (栽培概況)	
	最高 (°C)	最低 (°C)	最高 (°C)	最低 (°C)	最高 (°C)	最低 (°C)	最高 (°C)	最低 (°C)		最高 (°C)	最低 (°C)				
1964年															
4月	23.1	13.1	31.5	17.5	23.6	17.9	19.9	18.3	トマト取かく	34.4	14.8	21.7	20.3	きうり病害	
5	25.6	12.9	35.6	15.8	30.9	18.4	23.4	19.3		35.0	11.8	22.0	21.8	きうり下種	
6	26.2	16.2	34.3	19.2	27.4	21.4	23.3	21.8	メロン定植	32.9	14.8	21.8	22.2		
7	31.8	23.0	35.0	25.6	28.4	25.1	25.2	24.0	メロン取かく	35.1	20.8	25.7	25.5	きうり取かく	
8	33.9	23.2	39.2	26.8	32.1	26.2	26.8	24.0	トマト病害	41.1	21.6	28.3	28.1	きうり定植	
9	29.2	19.8	39.2	24.0	32.5	24.8	25.0	23.2	きうり定植	32.7	17.6	24.0	24.0	きうり取かく	
10	24.0	12.6	33.7	13.9	23.8	18.8	20.0	16.8	きうり取かく 培養液暖房	32.4	11.4	14.8	19.3	レタス定植	
11	12.6	5.6	25.6	14.0	23.2	16.5	22.7	15.9		30.2	7.8	11.3	13.8		
12	10.4	0.8	27.5	16.4	28.0	18.1	29.2	19.4	きうり定植	24.3	4.9	7.8	10.1		
1965年															
1月	5.8	-1.5	29.0	16.0	28.6	19.2	31.8	22.7		25.6	4.2	7.3	7.8		
2	9.9	-0.8	28.0	16.7	28.0	19.4	32.9	22.7	きうり取かく 暖房終了	26.4	3.2	7.8	8.5	レタス取かく	
3	12.5	0.3	28.9	16.2	27.1	19.6	30.0	22.5		-	-	-	-		

(注) れき温 5 cm 下を測定、水温はタンクの栽培液温を指す。

一般に地下埋設のタンクの培養液温は夏期高温時には25~28°Cまで上昇するが、冬期は10°C位まで下がるものである。勿論ハウス内と温室内とは気温や礫温が違うので注水している培養液温には多少の差が認められ、また定植直後と収かく期とでも礫面への透過光線量の違いから礫温の高低が生じる関係で培養液温も生育状態により差異が認められる。春~秋は培養液温は20~25°Cで根の伸長には適温であるが、冬期の果菜類の栽培では培養液の加温装置をとりつけないと生育不良におちいり失敗の因になりやすい。

夏期晴天時は当然高温になるので当初は夏期の冷房装置についても必要性を感じたが、きうり栽培では室外生育は順調で栽培は容易であり特に冷房の必要性はみられなかった。夏期の抑制トマトの栽培には高温による障害が色々あるので土耕栽培と同様に問題が多い様である。

ただ夏期は定植直後礫温は40°Cをこえ傷みをおこしやすいので、温室ガラス面に石灰を塗布したり、培養液をベツト下部に滞水させたり注水回数をふやしたりして礫表面が焼けて枯損しないよう注意することが肝心である。一旦活着して生育すれば茎葉が繁茂して礫面への日射量が減って礫温も次第に下降し地下部の発育には支障はみられない。

育苗時の培養液温も夏期は日中35°Cを越えるが、特に生育への支障は考えられなかった。しかし冬期は育苗床暖房中でも20°Cを下廻ることがあるが、20°C以下では生育が悪い様である。培養液温や礫温の適温については十分調査はすすめていないが、土耕よりも適温は高いように考察される。

(2) 冬期の培養液の暖房装置と礫温の変化

11月に入ると培養液温は20°Cを割り果菜類の栽培では加温を必要とするようになり、4月には暖房しなくてもできるようになる。冬期の温度を調査した結果は第8表に示す通りである。冬期は礫面からの水分の蒸発による気化熱の影きょうなどで礫温は予想以上に低下することが考察され、一般土壌より温度較差があり扱いにくいことがわかる。

第8表 冬期の温度に関する調査

	ハウス				外気			温室									
	気温		礫温		気温		9時 地温	気温		礫温		注水時礫温		培養液水温			
	max	min	max	min	max	min		max	min	max	min	夜	朝	夜	朝		
1962年																	
11月中旬	28.6	9.6	18.6	10.4	19.0	7.6	11.2	28.6	13.7	20.8	14.2	-	-	-	-	-	-
下	22.5	7.5	14.1	6.0	11.7	2.2	6.9	26.8	13.3	21.9	13.4	-	-	-	-	-	-
12 上	24.2	6.5	12.1	4.2	13.1	0.7	4.9	28.9	11.7	21.0	12.5	-	-	-	-	-	-
中	17.9	5.8	10.2	4.1	12.6	0.3	5.0	27.4	12.0	21.4	12.4	-	-	-	-	-	-
下	20.0	6.9	11.8	6.6	14.6	1.4	5.0	29.0	14.6	25.5	17.4	24.8	23.1	33.3	32.8		
1963年																	
1 上	17.6	4.8	7.9	3.3	6.5	-1.8	3.0	30.3	12.5	25.1	16.7	23.9	24.6	32.4	35.5		
中	19.6	4.2	6.6	2.3	5.0	-5.7	1.7	30.9	11.8	26.3	16.8	25.5	25.7	32.6	34.4		
下	18.5	4.7	6.6	2.9	3.4	-4.1	1.1	33.7	13.8	26.8	17.9	25.0	26.8	34.9	36.4		
2 上	19.4	0.6	8.5	2.6	6.1	-4.8	1.6	34.2	15.3	28.3	16.5	25.8	27.5	35.1	36.4		
中	20.0	-0.2	9.2	3.2	9.7	-3.0	2.2	34.6	15.5	27.7	18.4	25.0	26.5	34.5	36.0		
下	21.2	0.9	11.5	4.8	9.2	-2.3	3.0	34.4	14.8	27.7	18.0	23.6	25.3	34.1	34.5		
3 上	-	-	-	-	13.1	-0.2	3.5	29.3	15.7	25.9	18.1	-	27.4	-	32.7		
中	-	-	-	-	14.1	1.7	5.9	29.1	13.9	22.6	16.0	-	23.2	-	30.8		
下	-	-	-	-	16.3	1.7	7.5	30.3	14.1	22.6	16.6	-	22.8	-	29.4		

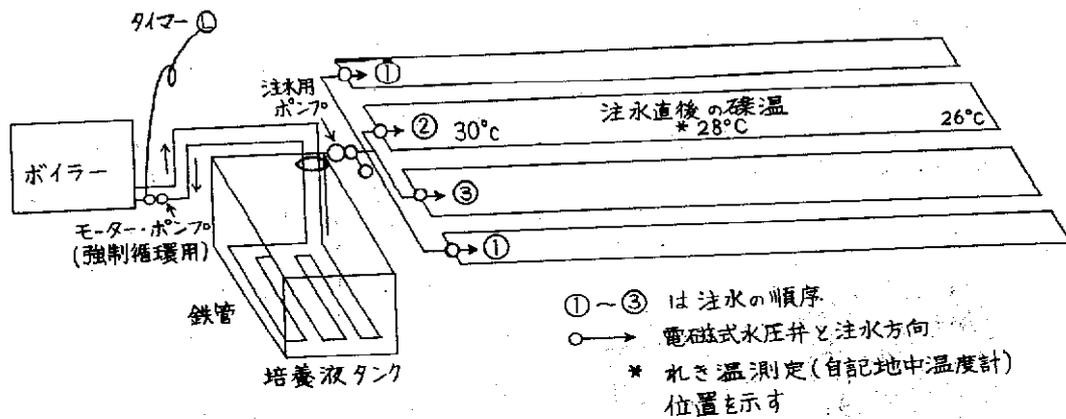
(注) 地(礫)温は地表下5cmを測定

ハウス内はレタス(9月27日蒔, 10月18日植)の栽培・無加温の場合

温室内はトマト(1月10日蒔, 1月28日植)の栽培・加温時の温度変化を示す

礫温や液温の上昇に電熱利用では電力の消費量は大きく不経済であることから温湯ボイラーより鉄管を水槽下部に配管して、温湯をモーターポンプを作用して強制循環させ培養液を加温する装置を採用している。当場では $\frac{1}{2}$ HPのモーターで1吋の鉄管内に温湯を循環させて加温しているが、約2tの培養液を20°Cから30°Cに高めるのに1~3時間を要する。丁度重油バーナーによってボイラー温湯が加温され80°C前後にあがっていて培養液を加温する場合には約1時間で培養液温を10°C位高められるが、ボイラーの加温がすすまず温湯温度が50~60°Cであれば2~3時間を要する。従って培養液の暖房にはタイマーを使用して時間を規制している。

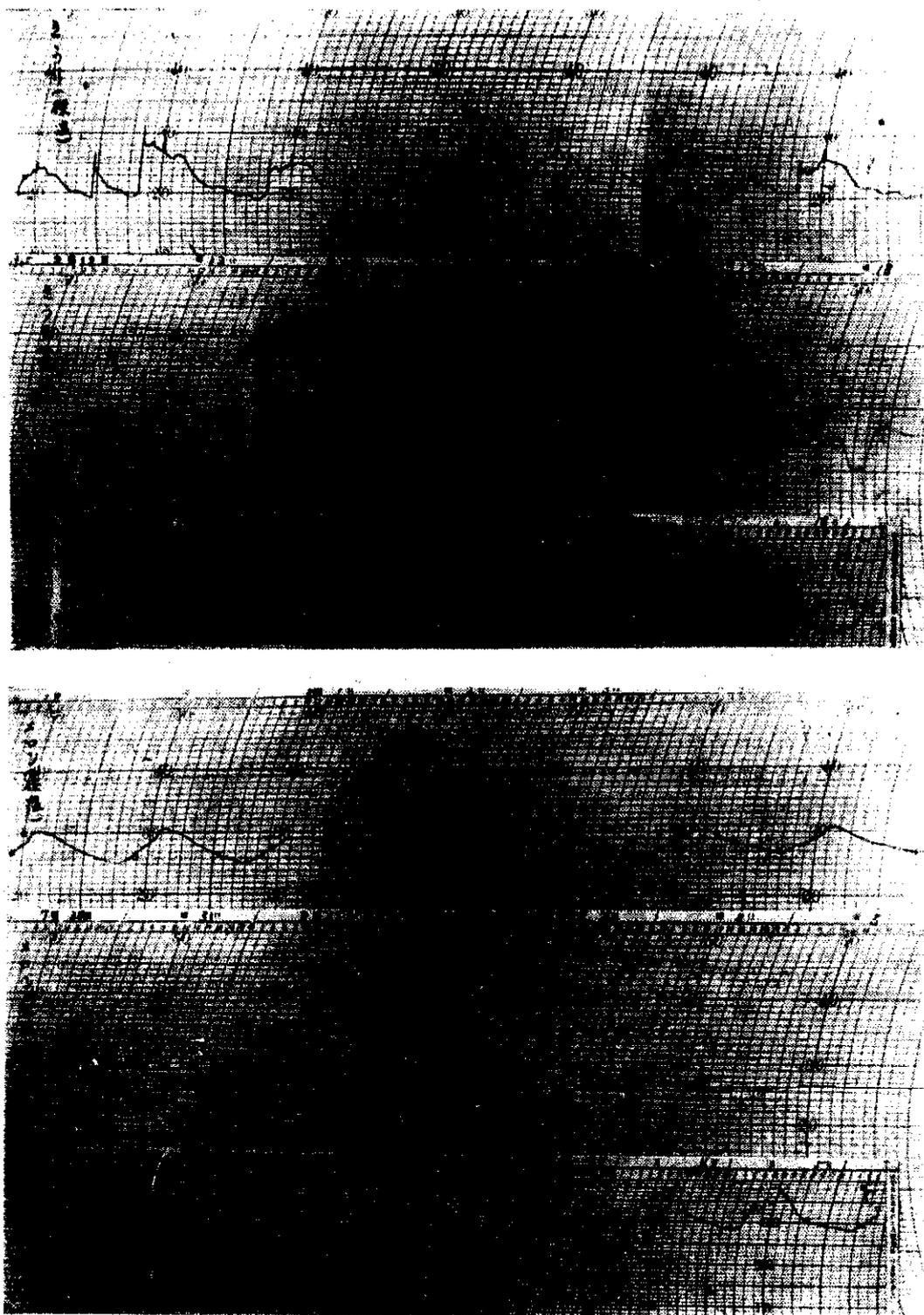
培養液暖房装置と注水後の礫温の変化を模式的に示すと第8図に示す通りである。培養液は30~35°Cに加温して真夜中と朝に注水し礫温の上昇と保持につとめ併せて室内温度の低下も抑えるようにしている。当場ではベットの長さは約20mあるが注水は押込方式によっている関係で注水口の側とその反対のベットの端とでは礫温の温度差は4°C位である。例えば注水口附近は30°Cに上ってもその反対の端の礫温は26°C位になるにすぎない。



第8図 培養液暖房の模式図

自記温度計の用紙でれき温・水温の関係をみると第9図に示す通りである。加温した培養液を注水することによってれき温は7～8°C急速に高めることができるが、1ベット注水により培養液温は3～5°C下がるものである。下降温度はタンク容量とベット容量の比率に応じて当然異ってくるが、この場合ベット容量1tに対してタンク容量は2tの場合で10分間休んで次のベットに注水するようになっている。そして3ベットに次々に注水しているが、最終回の注水の場合は液温の低下が大きいため注水時間中も培養液の加温は続ける必要がある。それでも3ベット注水が終ると液温は注水前より5～7°C下がる。従って注水順序もれき温の下がりやすい温室外周のベットに最初に注水し、中央部のベットは最後に注水することが望ましい。

加温した培養液を注水することにより礫温は上がるが、夜間は徐々に下降し、朝はあまり下がらない。こうした培養液の加温による夜間と朝方注水するのみでも無加温のハウスでの定植期を早め、収穫期の促進ができればよい。培養液の暖房で燃料費は1割位多く必要とするが生育促進効果は大きいようである。なお今後経済的效果については更に検討を要する。



第9図 冬と夏の、れき温・水温・気温の比較

(上図は 12月4日蒔のきうり収かく中(2月12日~18日)  
下図は 5月14日蒔のメロン成熟期(7月30日~8月5日))

### 3. 施肥技術に関する調査

培養液の管理を含めた礫耕の施肥技術については天然供給量は少なく土耕とは趣を異にしており、今後究明すべき分野が幾つかあり、病害に次いで大きな課題であるように思う。既に山崎・堀氏等の研究で大要は明確にされたとは言え、つくる時期や場所、つくり方によって必ずしも同一結果はえられない。培地の性質や水質、限られた培地で長期間樹勢を保ち収かくできる施肥管理、微量要素など解明すべき点も多いが、高度輪栽という意味から施肥技術を2~3考えてみよう。

#### (1) 培養液の管理

当場の場合は山崎氏処法第1例に従って施肥し10日おきに分析追肥を行なっているが、れき質、水質に左右され分析値は必ずしも正確でないのが通例である。特にPは礫の吸着が著しく非常に少なくなるのが通例である。Mgについてもその傾向はあるが、Caは逆に礫から僅かではあるが溶出が考えられる。NO<sub>3</sub>-Nについては割に安定しており礫からの溶出や吸着が非常に少ないことが考察されている。更に用水の中にCa 10.4 p.p.m., Mg 2.4 p.p.m., K (1.4 p.p.m.) が含まれており、今後植物体中の分析値と平行してもっと究明しなければならない。

今当場で用いている太田川の礫と佐伯郡能美町の碎石の礫質についてみると第9表に示す通りである。礫を標準培養液に浸漬後1~6日の培養液の変化からの礫性質を知ろうとしたが、当場の太田川の礫はCaの溶出が考えられPHの大きな変動はみられなかった。能美町の碎石では逆にCaが吸着されMgが溶出するように考えられ、またPHが低下し強酸性になる傾向が認められた。

第9表 礫の分析結果

	尾道(碎石)		可部(太田川礫)		標準培養液	能美(碎石)	
	1日後	3日後	1日後	3日後		2日後	6日後
孔隙率(%)	50		37		-	40	
NO <sub>3</sub> -N(m.e./ℓ)	14.40	15.93	15.80	16.18	16	16.10	15.20
Ca ( " )	9.00	9.38	7.42	8.29	8	7.73	7.25
Mg ( " )	4.21	4.24	3.18	3.15	4	4.73	5.41
PO <sub>4</sub> -P( " )	1.54	1.23	0.55	0.43	4	0.35	0.23
PH	7.05	6.85	7.00	6.46	7	4.50	4.40
備考	1964年5月26日調査		1964年5月26日調査			1965年1月28日調査	

(注) 4回反復の平均値で示す。ワグネルポット(1/2万)に礫を入れ、そして標準培養液を入れ1~6日後分析調査した。

培養液の管理については後述のようにタンクの減水深からもそ菜の養分吸収量が推測でき、作物別に追肥量を定めることが可能であるように考察されたが、尙時期別、作型別、品種別に検討を必要とする面がありそうであった。

吸水量の多い夏期のきうり栽培と吸水量の概して少ない冬期のきうりの栽培とでは追肥法も変えた方が良さそうであり、また作物別、作型別に施肥管理を変えた方がよさそうである。一般に培養液の管理は山崎氏等の研究成績に従い分析によってPH6前後にし、NO<sub>3</sub>-N16, P4, K8, Ca8, Mg4 m.e./ℓを基準に施肥すれば一応良好な生育を示すが、施肥の簡略化に関連して養分吸収量と吸水量の関係を作物別にみることにしよう。

#### (2) 養分吸収量と吸水量

前述の標準培養液(Balance Solution)はもともとそ菜の吸収量に適合した濃度として実用化がすすめられてきたが、吸水量と各肥料養分吸収量との関係を追求したものではないように思う。また礫耕施肥量をタンク培養液の減量即ち吸水量から簡単に算定できないものかと第10表に示す通り作型、品種別に検索してみた。

第10表 作型別の養水分の吸収量

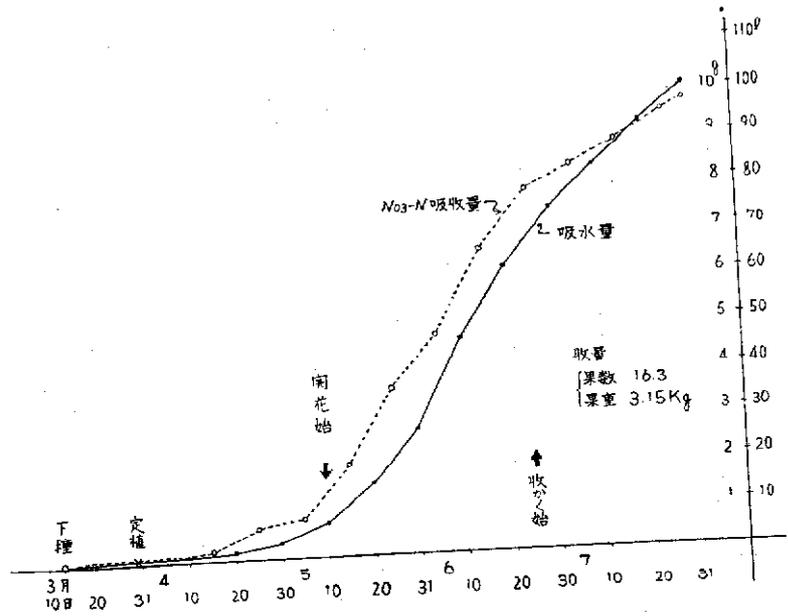
供試作物	供試品種	下種日 (年月日)	定植日 (月日)	収穫期 (月日)	収量 (1株当り) (g)	NO <sub>3</sub> -N			備考			
						吸水量 (1株当り) (ℓ)	吸収量 (g)	NO <sub>3</sub> -Nと吸水量との比率 ※ (%)				
ハウス(50m <sup>2</sup> ) レタス(1965年)	グレイト レイク366	1965 9.30	11.19	2.19	全重 1,000 果重 700	11.7	1.9	73.1				
	" (1966)	1966 9.29	10.12	2.25	全重 1,402 果重 916	26.8	4.6	77.6				
トマト	福寿100号	3.13	3.30	6下~ 7末	果数 16.3 果重 3,150	109.5	9.7	43.0				
きゅうり(1965)	理想みどり	1965	5.11	6下~ 7末	果数 33.0 果重 3,400	141.0	14.0	45.0				
		" (1966)			"					果数 26 果重 1,660	107.3	12.6
セルリー 温室(100m <sup>2</sup> )	近成山東	1966 7.28	-	9上~ 10上	果重 2,210 果数 33	84.9	12.1	64.4				
	さちかぜ				果重 2,190 果数 34					77.2	11.7	68.4
	山東四葉				果重 2,450 果数 34							
	ソートレイク				7.22					10.12	2.1	全重 1,395 商品重 1,060
きゅうり	七尾房成	1965	9.25	11上~ 12下	果数 20 果重 564	59.4	7.1	53.0	ポリマルチ			
		"			12.4					12.25	2中~ 3中	果数 20 果重 845
メロン	パール	3.1	4.5	6下	1果 0.8~1.0kg	70.5	8.2	52.0	"			
きゅうり	さちかぜ	6.8	7.1	7下~ 9上	果数 20 果重 1,652	94.3	10.9	51.0				
トマト	福寿100号 他10点	8.3	9.3	11下~ 12下	果数 9~12 果重 1~2.1	90.2	14.0	45.0				
きゅうり	七尾房成 久留米H型	11.20	12.20	1下~ 3末					ポリマルチ			

※ 培養液 NO<sub>3</sub>-N 16m.e./ℓ を基準とした場合のN減少量の吸水量に対する割合を示す。

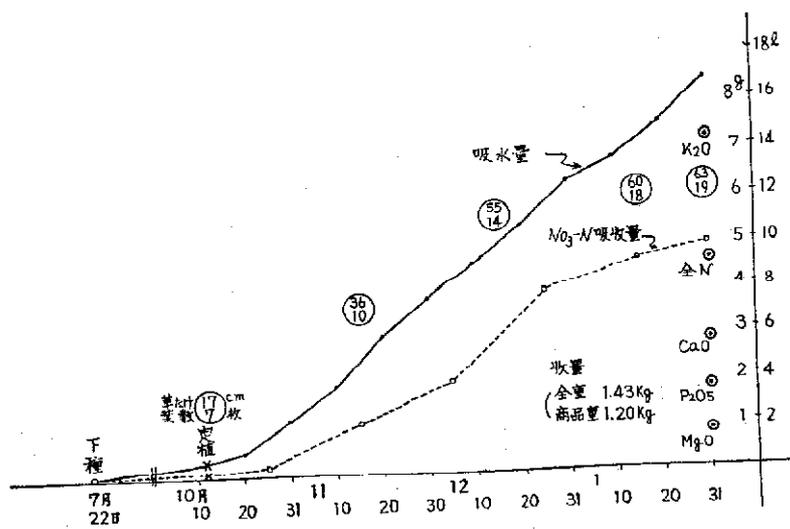
ハウス 50m<sup>2</sup> においては 240ℓ 入りタンクと15株植できるベットを4組準備して養水分の吸収量をみたが何れもビニールマルチをし礫面蒸発のないようにして調査した。加温温室 100m<sup>2</sup> では2t入りタンクで300株前後を定植して栽培し、夏作ではポリマルチせず養水分の吸収量を検索した。ハウスでは疎植で1株当りの蒸散量が多く、温室は密植で植物体からの蒸散量が少なく、吸水量、NO<sub>3</sub>-N吸収量も少なく収量も少なかった。

冬作では概して水分の吸収量が少なく養分の吸収量が多かったが、逆に夏期は吸水量が養分の吸収量に先行し、NO<sub>3</sub>-Nの減少量の吸水量に対する割合は少なくなることが考察された。そして冬採りのレタスは養分吸収量が吸水量を上廻り、セルリーにおいてはその傾向が極端でありNO<sub>3</sub>-Nの減少量の吸水量に対する割合は130%位であった。また同じ作型でも品種によって差が認められ、夏きゅうりで見ると理想みどりや山東四葉が概して吸水量が肥料養分吸収量にくらべて多く、逆にさちかぜ、近成山東では少ない傾向があった。今後更に検討を続けるつもりであるが、大凡タンク培養液が毎日減水し減水分だけ水を補給してゆき、タンクの全容量分の水が吸収されたときの培養液の濃度は果菜類で半減(トマト45~50%, きゅうり50~70%)しているものとみなして良さそうである。生育時期によっても水の吸い方と肥料の吸収量とに差を認めているが、一応毎日の減水深を記録してゆけば追肥量の決定に役立つものと考察された。

生育時期別の吸水量と礫の吸着の少ないNO<sub>3</sub>-Nの吸収量の関係をハウス内の早熟トマト、夏きゅうり、セルリーについてみると第10, 11, 12図に示す通りである。初期生育(育苗中)には何れも吸水量、吸収量は僅少であるが、きゅうり、トマトでは開花後吸水量や吸収量が増大し、果実の肥大期に吸収量が多いことがわかった。しかし収穫期に入ってからきゅうりでは吸水や吸収量は引続き増加してゆく傾向があったが、トマトでは収穫期に入ってから吸収量は漸減の傾向を辿った。吸収量や吸水量については生育段階によって

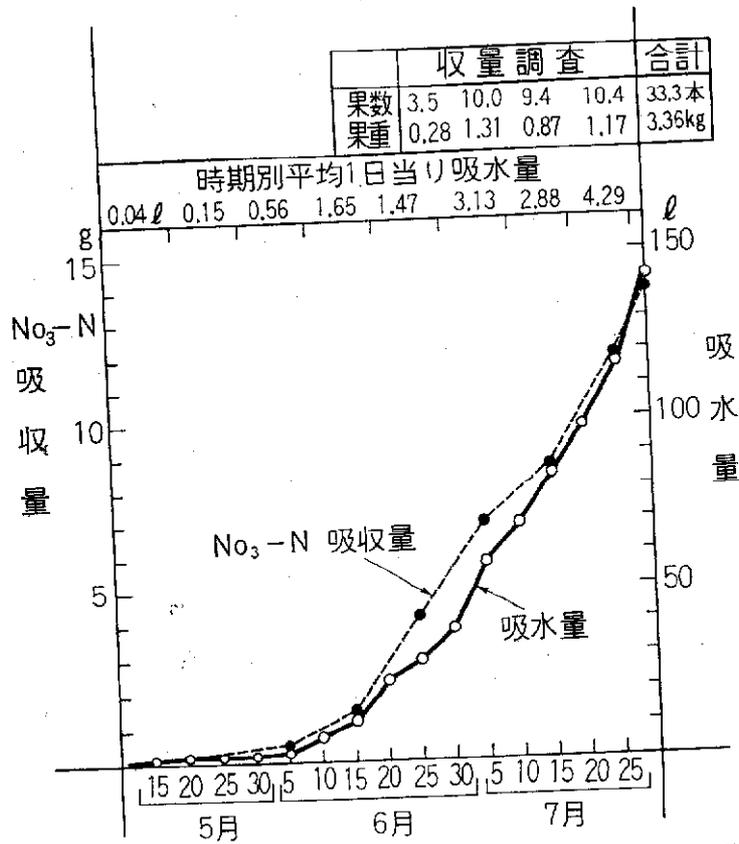


第10図 トマトの吸水量とNO<sub>3</sub>-Nの吸収量（1株当り）  
（品種福寿100号）（1965年）



(註) ◎印は葉分析による植物体含量(吸収量)を示す。

第12図 セルリーの吸水量とNO<sub>3</sub>-Nの吸水量（1株当り）  
（品種ソートレイク）（1965～66年）



第11図 夏きうりの吸水量とNO<sub>3</sub>-Nの吸収量(1株当り)  
(品種理想みどり、5月7日下種)

も異なるが、天候の具合によっても顕著な差があることがわかった。今収かく期の夏きうりでみると第11表に示す通り曇雨天の場合には1日1株当り1~2 lであるが、晴天の場合3~4 lと吸水されることがうかがわれた。これら時期別の養水分吸収量の測定は50m<sup>2</sup>ハウス内の4ベットで調査をすすめたので、うね間が広く1株当りの蒸散量が多く、吸水量も温室内の栽培に比較すれば概して多いが、トマトはきうりよりも吸水量や肥料養分吸収量は少ない傾向があり水の補給も少なくてよいことがわかった。

冬採りのセルリーでは吸水量も吸収量もきうり、トマトと比べれば遙かに少ないが、吸水量に比べると肥料養分の吸収量は多く、冬採りセルリーでは特に吸肥力が旺盛であることが考えられた。1株当り培養液分析によるNO<sub>3</sub>-Nの吸収量は4.9gであり、葉分析による全N含量4.6gとほぼ一致した。またCa、Mgの含量も施肥量や培養液分析から算出した。吸収量は葉分析から得られた数字に近似した値がえられたが、P・Kは葉分析値との間に差がみられた。水質や礫質についての検討と併せて養水分吸収量については更に今後研究を必要とする。

第11表 日別の吸水量と天候との関係

月 日	1株当り吸水量		気 象 (外気)				
	マルチ区 (ℓ)	対照区 (ℓ)	天 候	最高気温	最低気温	雨 量 (mm)	湿度(9時) (%)
7. 6	2.94	2.94	○	33.1	20.3	-	80
7	3.31	3.31	⊙○	32.6	23.0	0.4	85
8	2.45	1.23	⊙●	27.4	22.1	8.2	77
9	0.61	0.49	⊙●	28.3	25.0	26.8	84
10	2.20	2.20	⊙	31.5	23.8	1.0	81
小 計 (平均)	11.51	10.16		30.6	22.8	36.4	81.4
11	0.98	1.47	⊙①	30.8	25.5	-	96
12	1.96	2.20	⊙①	29.7	23.5	0.1	77
13	2.20	2.08	①	31.0	25.7	-	71
14	3.18	2.69	⊙	32.3	22.5	-	76
15	3.67	2.94	⊙①	32.7	26.2	0.2	76
小 計 (平均)	12.00	11.39		31.3	24.7	0.3	79.2
16	2.94	2.45	⊙①	33.1	23.6	-	85
17	3.18	2.45	⊙①	27.5	23.2	0.1	82
18	1.35	1.23	⊙●	27.7	26.0	63.9	79
19	1.23	0.74	●⊙	26.9	22.1	6.8	98
20	2.69	2.20	⊙①	30.4	20.7	-	70
小 計 (平均)	11.39	9.06		29.1	23.1	70.8	82.8
21	3.55	2.94	⊙①	31.9	22.1	-	78
22	4.16	3.06	⊙	32.5	22.5	-	84
23	3.55	2.69	⊙○	32.2	24.5	1.0	79
24	3.92	3.06	⊙○	32.5	24.0	-	85
25	4.41	3.67	○	34.7	23.0	-	71
小 計 (平均)	19.59	15.43		32.6	23.2	1.0	79.4

5月7日下種、品種 理想みどり

## (3) 炭酸ガスの施用効果

腐植含量の多い地帯で堆肥を多用する野菜栽培では、土壌中からの炭酸ガスの自然発生が多く炭酸ガスの施用効果が概して少ない。その点ハウス、温室内れき耕栽培では換気をあまりしない冬期間に礫中からの補給もないため炭酸ガスの不足することが考えられる。そこでハウス内れき耕栽培のレタス、早熟トマトについて炭酸ガスの施用効果を検討した。

炭酸ガスは特M-1号(炭酸ガス発生剤)を早朝投与して自然状態で大気中の炭酸ガスの濃度0.03%を3倍量の0.09%に高めて効果を検討したが、第12表に示す通り冬採りのレタスでは効果が認められず早熟トマトで顕著な効果が認められた。トマトでは幼苗期に炭酸ガス26日間施用したのみだが、施用区は無施用区にくらべて茎葉が大きく開花始が3日早く着果や収かく果数が多く15%位の増収効果が期待された。また炭酸ガス施用区は根の伸びがよく根重が明かに多く吸水量や $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収量も第13表に示す通り多い傾向が認められた。冬採りのレタスについては根は僅かに炭酸ガス施用区が多いが、地上部の生育には差がみられず増収効果も認められなかった。

第12表 炭酸ガスの施用効果に関する調査(1株平均値で示す)

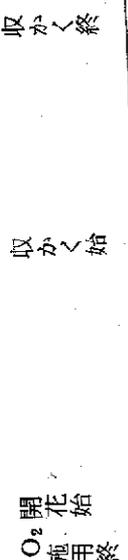
		開花 始 (月日)	収か く始 (月日)	着果 率 (%)	収 果数 (球重)	量 果重 (g)	生体重 (g)	根重 (g)	備 考
レタス	CO <sub>2</sub> 施用区(3倍量)		2.19			624	994	94.7	CO <sub>2</sub> 3倍量は濃度 900p.p.m
	無施用区		2.19			723	1,092	78.7	
トマト	CO <sub>2</sub> 施用区(3倍量)	※ 5. 8	6.27	48.2	※ 18.9	※※ 3,602	※ 1,788	281	同 上
	無施用区	※ 11	28	43.8	※ 16.3	※※ 3,150	※ 1,525	177	

(注) 有意性検定 ※5%水準 ※※1%水準

第13表 施肥・吸水に関する調査

区 分	3月		4月		5月		6月		7月		合 計				
	追肥月日		月		月		月		月						
	30	5	15	25	5	15	25	5	15	25					
施肥量 (g)	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O KNO <sub>3</sub> MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	818 715 430 180			
分析の結果 (m.e./ℓ)	無処理区	Ca Mg NO <sub>3</sub> -N PO <sub>4</sub> -P PH	8.4 4.8 17.6 3.0 5.9	8.0 3.4 15.6 2.4 5.8	7.7 3.1 13.0 1.7 5.8	7.5 3.0 12.3 1.2 6.3	4.5 1.7 7.3 0.4 6.7	4.4 2.3 9.8 1.3 6.4	2.9 0.6 5.0 0.3 6.6	3.9 1.8 5.9 0.3 6.3	4.4 2.3 9.8 1.3 6.4	9.3 5.5 14.7 1.4 -	7.7 3.0 12.2 0.4 6.5	8.8 3.6 15.8 1.0 6.5	1株当り NO <sub>3</sub> -N の吸収量 9.71g
	CO <sub>2</sub> 3倍量区	Ca Mg NO <sub>3</sub> -N PO <sub>4</sub> -P PH	8.3 4.6 16.8 3.5 5.9	7.7 3.5 14.5 3.4 6.0	6.9 3.4 12.5 3.4 6.0	6.6 2.7 13.4 2.1 5.8	4.6 2.0 7.2 1.0 6.2	5.4 2.6 10.2 1.2 6.4	3.0 1.4 5.0 0.3 6.6	4.1 1.9 5.0 0.4 6.4	5.4 2.6 10.2 1.2 6.4	7.9 3.3 13.0 0.9 6.2	6.3 2.3 8.1 0.2 6.6	8.2 3.9 14.0 0.8 6.6	1株当り NO <sub>3</sub> -N の吸収量 10.16g
吸水量 (ℓ)	無処理区 CO <sub>2</sub> 3倍量区	- -	0.5260.686 0.5260.800	1.7154.1158.459 1.24819.546	14.73912.231 16.57413.991	9.144 10.402	9.5338.230 11.4768.001	100.172 109.458	100.172 109.458	100.172 109.458	100.172 109.458	100.172 109.458	100.172 109.458	100.172 109.458	100.172 109.458
備考	微量要素は3月30日に施用 砂 1.1g 磷酸鉄 4.0g 硫酸マンガン 0.5g														

(注) 培養液は10日おきに分析し、そのあと追肥した。1タンク240ℓ当りの施肥を示す。吸水量は1株当たりの旬別10日間の合計値。但し7月下旬のみは7日間の合計値で示す。



これらのことからCO<sub>2</sub>の施用効果は春先の温度が高く日照量が多くなって光合成が盛んになって効果があるのではないかと考察されたが、炭酸ガス施用の実用化については更に今後、種類や作型別に検討すべきだと考えられる。

#### (4) 栄養障害とその対策

礫耕栽培技術も経験をうるに従って向上し色々の障害も回避できるように確信されるが、培養液に無機栄養分を補給する礫耕栽培では、土耕のように有機物の補給がないだけに原因不明の栄養障害がやすいように思われる。礫耕は夏期には蒸散量が多く従って吸水量が多くなり、毎日多量の水を補給する関係もあって微量元素を施用しなくても順調に発育することもあるが、総じて水の減量に応じ作物の生育に必要な微量元素の施用が必要であるように考察される。以下多少の憶測もあるが今まで問題のおきた栄養障害について調査した結果は次の如くである。

礫耕初作の昭和37年のきうり栽培では培養液分析器具もなく施肥法もまずく、硫安・硝安を追肥にやりすぎて、NH<sub>4</sub>-Nの過剰から著しいMg欠乏症を起し減収になった。その上当場の礫は概してMgを吸着する傾向があるので、Mgの補給は標準以上に多くする必要があることが培養液分析ができるようになってわかってきた。液体肥料は土耕では施肥効果が十分あるが、砂耕、礫耕では屢々Mg、Ca欠乏症を惹起し生育が悪く収量が概してあがらなかった。きうり、トマト、メロン、キクなどでMg欠乏症を認めているが、Mg欠乏症がひどくなると葉面散布では十分な防除効果はないので、初期軽い症状があらわれた時に硫酸苦土の補給を十分する必要があるが、当場では概して所定量より2~3割多目に施用する必要を認めている。Ca欠乏症は夏採りセルリーやトマトで培養液中には十分ありながらも欠乏しやすいようであるから発生初期に葉面散布を併用する必要があるように考察している。

微量元素ではFe、B欠乏症がトマト、きうりに出易いように考察している。Fe欠乏はトマトでは多いが、あまり症状が進行することなく収量に大きく影きょうしないようであるから概して見逃しやすい。一作1~2回硫酸第1鉄の施用を行なっているが、キレート鉄の施用効果について調査はしていない。むしろB欠乏による被害の方が大きいように考察している。昭和40年促成トマトがB欠乏により上段(3~5段)果房の着果不良を起し、果実表面が瘡痂状となり生長点部の幼葉が枯死し芯止り状となった。この場合硼砂の施用が少なかったことやKNO<sub>3</sub>の施用量が多くKとの拮抗作用で欠乏症がはっきりあらわれ上段花房の減収をきたしたものと考察された。このことから微量元素は果実肥大期から収かく期には1~2回追肥する必要があるように考えられた。また夏きうりにおいて育苗中に芯止り状のB欠乏の症状がやすいように観察している。これは滞水中の培養液のPHがアルカリ性になり易いため、天然供給されるBが不溶化することによる欠乏症だと考えられたがさらに検討を要する。

トマトではこの外果実の成熟期に入りMo欠乏症のように葉がモザイク状になりカッピングも起したこともあるが未解決である。または七尾園のトマトで葉がウイルス症状を呈して生長点部の幼葉が日中萎凋するので病害の点を中国農試・ウイルス研究所に依頼調査したが、はっきりしたことは断定できなかった。そして培養液を大原農研に依頼し分析した結果、培養液暖房用鉄管の錆止め用の塗料より溶出したとおもわれる亜鉛の過剰障害であるように判定された。従って培養液の更新によって症状が軽くなった例も認められている。

以上が肥料養分的にみた症状であるが、この外の生理障害としては薬害があげられる。当場では残根処理は十分行っていないが、残根による生育障害は案外に少ないように考察している。むしろ軟弱にできた幼苗期にモレスタン、ベジタ水和剤などの農薬やホルマリン消毒後の水洗不十分による薬害の方が大きいように考察している。ホルマリン消毒後は3回水洗しないと薬害が生ずることがある。

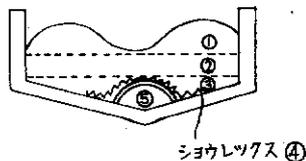
#### 4. 根の分布に関する調査

礫耕は限られた培地で栽培されるので根は密集しやすく、またきれいに底部の根を除去することは大変な労力である。以下高度輪栽をすすめる上での根の分布と残根除去について記述する。

(1) 根の分布 根の分布や根量は種類・作型によって異なるようである。当場ではベットの礫は高くもりあげて、その高い所に植えつけるようにし、巾90cmベット2条植えとしたが、種類別、時期別の根の分布についての調査を示すと第13図の通りである。同じきうりでも冬期に培養液を暖房してつくる場合は概して

礫表層部に少なくベットの底部に密集するようであり、夏期は表層部にもかなり分布することが認められた。きゅうりに較べるとトマト、メロンでは根量が非常に少なく、ベット底部にはきゅうりほど多く根が集積しない傾向が認められた。根の分布上問題になるのは排水溝の根であり、きゅうりを連作する場合には排水溝に根が堆積して通水が悪くなることに留意すべきである。

第13図 根の分布に関する調査（1 m<sup>2</sup>当りの根重を示す）（1965年）



ベット 位置	きゅうり 七尾房成 12月4日蒔 4月2日調 (g)	きゅうり さちかぜ 6月8日蒔 9月1日調 (g)	トマト 福寿100号 8月3日蒔 12月17日調 (g)	メロン パール 3月1日蒔 6月28日調 (g)
①	162	400	287	156
②	216	250	242	163
③	912	1,020	295	395
④	120	110	37	56
⑤	403	460	95	264
合計	1,813	2,240	1,056	1,034

当场では毎作収かく後ベット中表層部の根をとりのぞき、排水溝やベット底部の大部分の根はそのままにしてホルマリン消毒を行なっている。そして収かく終了後2日目に定植し施設利用の回転率を高めるようにしているが、果菜類の生育には5～6作は根を完全にのぞき、礫の完全洗滌をしなくとも特別な支障はみられなかった。

(2) 残根処理 ベットの根を完全に取除くのは大変である。ベット別に根の取除き量を変えて栽培してみたが収量や生育には差が認められなかった。従って実用的に残根処理では神経過敏になる必要はないものと考察された。ただ残根が集積すれば残根に吸着されたホルマリンの除去が困難であることや、礫の孔隙量が小さくなり通気性や透水性が悪くなることが考察された。

また時に定植後活着までのきゅうりの葉の周辺が脱水され、Mg 欠症状のような葉害がでて培養液を更新しないと生育不良になることがあるが、これは残留ホルマリンが培養液中の NH<sub>4</sub> との化学反応を起こして無毒性のウロトロピン（ヘキサメチレンテトラミン）になる段階で有毒性の物質を発生するのではないかと考えられる。これらのことについては更に検討を要する。

七尾園では残根除去に水圧をかけたホースを礫中に注入し礫と根を分離させて根をとりのぞく方法をとっている程度であるが残根による生理障害は認められない。

### 5. 輪栽培系と収量との関係

れき耕栽培施設できゅうり、トマト、メロンの外にレタス、セルリー、ほうれんそうを栽培してきたが、これらの収量との関係を検討してみよう。100m<sup>2</sup>加温温室と50m<sup>2</sup>無加温ハウスでの収量、栽培概況についてみると第14表に示す通りである。

第14表 高度輪栽と収量の関係

供試作物 ( )内株数	栽培方法				収量(1株当り)		栽培概評
	供試品種	下種日 (年月日)	定植日 (月日)	収か く期	果(全重) 数 (kg)	果(結球重) 重 (kg)	
温室100m <sup>2</sup>							
レタス	グレイトレイク	1962 12. 3	1.20	3月 下旬	1.13	0.72	生育良く収量も多し
セルリー	コーネル外2	12.15	3.25	5下	0.61~ 0.83	0.46~ 0.63	活着良好なれど生育後半に Ca 欠症状多し
トマト	大型東光 米寿	1963 1.10	1.28	4下~ 5下	13.9~ 19.7	1.89~ 2.72	生育良好, 初期収量多し, 収か く後半にB欠乏
メロン	アールス パール 興津	4.20	5.27	8初	-	1.40~ 2.25	生育良好, 果実の発育旺盛, 品 質劣る
トマト	米寿外5点	7.10	8.15	10上~ 11上	7.8~ 11.3	0.55~ 1.24	高温のため着果不良, 収量少な し
ほうれんそう (8,630)	ぬくしな	12.16	-	2初	-	7.2g	生育早く良好, 発芽までに技術 を要す
トマト	東光外4点	12.16	2. 5	4中~ 5中	20.7~ 37.8	2.84~ 5.45	礫洗滌, 生育良好収量多し
メロン(300)	パール	1964 5.14	5.21	8中	1~2	1.01	生育良好, 収量も多し, 品質や や見劣り
きゅうり(300)	七尾房成	9. 9	9.25	11上~ 12下	19.6	0.56	生育は順調なれど収量少し
きゅうり(300)	"	12. 4	12.25	11上~ 12下	19.7	0.85	生育は順調なれど収量少し
メロン(300)	パール	1965 3. 1	4. 5	6下	1~2	0.85	Mg 欠症状が収かく時期に出る 品質やや悪し
きゅうり(270)	さちかぜ	6. 8	7. 1	7下~ 9上	19.7	1.65	生育良好, 収量もやや多し
トマト(310)	巨室外10点	8. 3	9. 3	11下~ 12下	9.1~ 12.0	1.03~ 2.05	着果やや不良, 3~4段摘芯栽 培
きゅうり(250)	七尾房成 久留米落合H	11.20	12.20	1下~ 4上	約22果	1.10	収かく後半に果形不良だったが 生育は良好
ハウス 50m <sup>2</sup> 2ベット							
きゅうり	七尾房成	1961 9. 4	-	11	10	0.08	Mg 欠症状著しく収量あがらず
レタス	ペンレイク 外2点	10.18	12. 5	2下	0.37~ 0.49	0.26~ 0.34	土耕育苗の苗を定植したので植 傷みあり収かく期に軟腐病発生
メロン	パール 興津 アールス	1962 3.10	3.20	6末	-	0.79~ 1.07	着果不良, Mg 欠 B欠症状みら れる
トマト	福寿100号	6. 1	7.10	8末~ 9下	8.6	1.05	高温で着果不良で収量少なし
レタス	グレイトレイク 366	9.27	10.18	2下	0.49~ 0.71	0.25~ 0.36	冬期の寒波(連日の積雪)で結 球期のレタス菌核病多し
ハウス 50m <sup>2</sup> 4ベット							
きゅうり	理想みどり	1964 5. 7	5.11	6下~ 7末	33	3.4	生育旺盛, 収量も多し
レタス	グレイトレイク	9.30	11.19	2中	1.00	0.70	生育良好, 収量も多い
トマト	福寿100号	3.13	3.30	6下~ 7下	16.3	3.15	" " 生育も早 い
きゅうり	さちかぜ外3点	7.28	-	9上~ 10上	26~34	1.66~ 2.45	" 収量やや少な し
セルリー	ソートレイク	7.22	10.12	2.1	1.43	1.20	生育色好, 収量も多し

最初ハウス内2ベットで栽培したときは病害や栄養障害で十分収量があがらなかったが、栽培技術特に施肥技術の向上によって収量も年次を経過するにつれて増大し安定する傾向にある。栽培期間の長短によっても収量に差があるが、当場では概して収かく後半には品質が低下し易いので短期間に収かくを打切っている。今後場合によっては長期多収栽培を行なう必要もあると考えている。

土耕にくらべて生育は早く収かく期に早く達するが、収量を土耕以上にあげるには栽培技術の改善が要望

される。特に増収になる施肥技術については一段と究明を必要とするように考えられる。収量の点ではきうりなどは概して春作から夏作が多く冬作は少ない傾向があった。当场ではきうりの連作を続けているが、残根による生理障害のために減収するということは考えられなかった。そしてベットの構造や栽植密度、CO<sub>2</sub>施用、微量要素の補給等々により土耕以上に省力にして増収することも考えられる。事実ハウス50m<sup>2</sup>に4ベットを設けて時期別養水分の吸収量の調査をしているが、この礫耕栽培では土耕以上の増収となった。特に冬～春先はマルチして礫温保持につとめる方が収量が多くなる傾向があった。

品種比較では礫耕でも土耕とほぼ同様の傾向がみられ、礫耕向の適品種がとくにあるようには考察されなかった。また品質も特に土耕がすぐれ礫耕が見劣りするというようなことは考えられなかった。しかしネットメロンについては時期別の注水量や施肥濃度、注水方法等について一層の研究をしないと良質のものがえられにくいように思われた。品質と肥料養分の関係や生育時期別に肥料養分濃度を交えてゆく必要があるかどうかなど今後の研究課題であろう。

### Ⅲ 病害防除に関する研究

礫耕は湿度が高くなりやすいのでべト病、菌核病、ウドンコ病などの地上部の病害が多いように考えられがちであるが、ホルマリンでベットや室内外を消毒する関係もあって被害は少なく概して土耕栽培より防除回数は少なくてよいように考察している。ただ培養液の管理や注水回数に留意しないと軟弱になったり、水分過剰から徒長ぎみになったりして農業散布による薬害を起しやすいようである。

むしろ礫耕病害は地下部を侵害する病菌 *Phytophthora*, *Bacteria* 菌による被害が大きい。土耕栽培における土壤伝染病害と違って礫耕の場合の伝染は非常に早く、同一培養液が還流する全ベットは一部に発病するや1～2週間で全滅するというおそろしさである。土耕栽培ではよほど悪条件が重ならない限り急速に畑全体が同一病害で枯死全滅することは少ないが、礫耕では初夏、秋季の菌の発育適温下では礫中で菌は急激に繁殖し伝染発病するものである。今までに *Fusarium* 菌によるきうりの蔓割病も地際部に発生したことはあるが伝染力は比較的弱く、急に蔓延することはなく大きな被害はみられなかった。もっとも発病し被害の大きい *Phytophthora* 菌について主にこれから検討を進めてみたい。

#### 1. 発病例とその症状

今まで苗床やベットで移植または定植後活着するまでに大抵の場合、発病しているが、たまたま活着後の生育中や収かく中に発病したことがある。きうり、メロンなどの瓜類に発病しやすくトマトでも発病するようである。然し当场で7月時の抑制トマトで定植後活着までに萎凋し青枯症状を呈したことがあったが、これが青枯病菌によるものか疫病菌によるものかは判然としなかった。温室栽培では四季を通じて発病するが、冬期は非常に少なく夏から秋にかけての発病がもっとも多いようである。

当场では今までの発病例は第15表、第16表に示す通りであり、1963～64年にかけて病気に対する概念に乏しく未経験の場合に発病し無消毒の場合に発病したことがわかる。当场では年4～5作しているが、前作が健全で不発病でも無消毒で定植すると概して発病するが多かったが、ホルマリン消毒すれば絶対発病することなく順調に発育し収かくできることがわかった。

第15表 発病の状況 (於可部園芸支場)

	供試品種	下種日	移植日	定植日	発病始	発病状況	備考
		(年月日)	(月日)	(月日)	(月日)	(月日)	
温室きゅうり	七尾房成 久留米H	1963 10.8	10.17	11.6	11.12	12.5 8割 枯死	育苗礫やベットの水洗のみで無消毒 育苗礫消毒、ベットのシミルトン消毒したが発病
温室きゅうり	七尾房成	11.1	11.10	12.6	12.8	12.16 8割枯	
育苗中のメロン	パール, 興津, アールス	1964 4.21	5.1	-	5.3	5.13 6割枯	育苗礫は熱湯消毒したが種床の砂は無消毒のため太田川より新しく礫を入れ冬期外に放置した礫使用無消毒メロン後無消毒で定植、活着後発病、青枯?
ハウスのきゅうり	久留米落合H型 直蒔	3.29	-	-	4.19	4.30 全滅	
温室トマト	大型東光外7点	7.21	8.4	8.19	8.30	9.9 8割枯	
ハウス							

第16表 時期別の発病調査

区	分	調査株数	発病数調査 (月日)				備考
			11.18 (定植後 12日)	11.23 (17)	11.30 (24)	12.5 (29)	
温室きゅうり 七尾房成 久留米H 1963年 10月8日下種 11月6日植	ベット1	92	8	35	47	61	前作トマトでは発病はみられなかったがきゅうりで発病した。育苗礫やベットの水洗のみで消毒しなかったので発病したと考えられる。疫病菌によることが確認された。
	2	92	12	26	45	60	
	3	92	21	71	79	72	
	計	276	41	132	171	213	
区	分	調査株数	発病数調査 (月日)				備考
			9.3 (定植後 15日)	9.5 (17)	9.7 (19)	9.9 (21)	
温室トマト 大型東光外7点 1964年 7月21日蒔 8月19日植	ベット1	90	16	50	68	73	メロンの後作に礫無消毒で定植したが、トマトは活着してから発病した。疫病菌によるものか青枯病によるものか不明であった。
	2	90	13	38	65	70	
	3	90	15	52	79	83	
	計	270	44	140	212	226	
区	分	調査株数	発病数調査 (月日)			備考	
			4.19 (定植後 20日)	4.25 (26)	4.30 (31)		
ハウス 久留米落合H型 1964年 3月29日直蒔	ベット1	14	0	11	14	4タンク4ベットの礫耕施設礫の菌密度少なかったため発病おくれたと思われた。太田川の新しい礫に12月5日に発病した礫を冬期外気に放置しその2割を混入	
	2	14	2	10	14		
	3	14	0	10	14		
	4	14	1	12	14		
生育状況, 草たけ (葉数)			12 (2.7)	40 (5.5)			

症状は根の先端や根が部分的に油浸状となり、患部が次第に拡大し、そして根が煮湯をかけたように変色して遂に根の生理機能を消失する。地際部も水浸状となり褐変して次第にくびれて倒れ間もなく枯死するが、幼苗期には地極部が水浸状になって次第にくびれて倒伏枯死する。また地上部は急激に萎凋を起し青枯状を呈して枯死する。瓜類と同様トマトも根が水浸状に褐変して次第に腐敗し、そして地際部から新根を発生するが地上部の萎れは激しく夏期は青枯状を呈して枯死するが、青枯病に症状は似て一見区別が困難である。何れも被害作物の地上部には病斑は形成せず、また培養液に浸った下部葉にも病斑を形成することもなくもっぱら地下部を侵すものようである。移植や定植で根が傷んだ場合の発病が非常に多いが発病しやすい条件については不明なことが多く、例えば人為的に発病させようとする理論通り発病する場合と無発病に終



第18表 病原菌の分離および病原性 (孫工氏等)

菌名	分離部位, 病原性	地上部		地下部	
		分離数	病原性	分離数	病原性
糸状菌 (48%)	Phytophthora sp.	8 (62%)	+	1 (13%)	+
	Pythium sp.	4 (31%)	-	6 (74%)	-
	他	1 (7%)	-	1 (13%)	-
	合計	13 (100%)		8 (100%)	
細菌 (52%)		14	-	9	-

第19表 Phytophthora 菌接種による品種別の発病数 (1964年)

処 理 区	七尾房成		松のみどり		久留米 落合		彼岸落合		合計	
	調査株数	発病数	調査株数	発病数	調査株数	発病数	調査株数	発病数	調査株数	発病数
1. 碟鉢熱湯消毒(寒天培養菌1cm <sup>3</sup> 培養液混入)	8	0	8	0	8	0	6	0	30	0
2. " " (寒天培養菌0.5cm <sup>3</sup> 培養液混入)	8	0	8	0	8	0	6	0	30	0
3. " " (根端にピンセットで菌接種)	8	4	8	6	8	0	6	5	30	15
4. " " (碟中培養菌混入, 各鉢0.3cm <sup>3</sup> )	8	8	8	4	8	2	6	4	30	18
5. " " (根端に培養菌糸を接触)	8	6	8	8	8	4	6	2	30	20
6. " " (標準区)	8	0	8	0	8	0	6	0	30	0
7. 発病碟を1カ月温室へ1カ月放任(対照区)	8	0	8	2	8	2	6	4	30	8
8. きうりが発病した後の碟鉢使用 (" )	8	4	8	2	8	4	6	0	30	10

(注) 3月14日下種, 3月26日調査。処理区別にトロ箱使用, ポット試験

第20表 れき耕病害の接種調査 (1965年5月17日蒔さちかぜ)

	供試株数	5月25日調				5月31日調			6月10日調		
		発芽数	未発芽	病数	健全数	発芽数	発病数	健全数	発芽数	発病数	健全数
対 照 区	15	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15
分 離 菌◎	15	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15
	15	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15
P. species ◎	15	15	0	1	14	14	0	14	14	0	14
	15	15	0	2	13	13	6	7	13	13	0
P. capsici ◎	15	0	14	1	0	0	0	0	0	0	0
	15	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15
	15	15	0	0	15	15	0	15	15	0	15

(注) ◎印は接種して蒔いたもの トロ箱 15鉢入れ  
分離菌はトマト萎凋症状を呈した株から分離した菌

菌糸の発育とPHや温度の関係は第14図に示す通り最適PHは5~8であり, 最適温度は30°Cであり, 20~35°Cで菌糸の発育は良好である。従って夏から秋にかけてはきうりの発育に適する培地は菌糸の発育には最適であり, 急速に菌糸は伸長蔓延し健全株に感染発病することがうかがわれる。然し高温には弱く40°C以上では菌糸の発育は非常に悪く50°Cでは多くは死滅する。菌の病原性はあまり強い菌とは考えられず, 第21表に示す通り発病碟を多く混入すれば発病が多いことから病菌の密度が関連することが考察された。病菌の棲息密度が僅かであれば発病も少ないようであり, またきうりが順調に発育している場合には菌を接

種しても仲々発病しにくいことから病原性は強くないように考察している。

第21表 発病の調査 (株数で示す)

	6月19日		6月24日	
	健全	発病	健全	発病
完全殺菌区	15	0	15	0
消毒礫+発病礫3鉢	14	1	12	3
〃 + 〃 5鉢	5	10	0	15
△消毒礫+〃 〃	1	14	0	15

菌の生態についてはかなりはっきりしたようであるが、さらに今後菌の生態や伝染法等については専門家の協力をえて更に検討を必要とする。

### 3. 防除法

菌の生態が大分わからないまま防除法の検索を行ってきたが、試験成績にもとづいて考察を加えてみよう。

疫病は前述のように培地特に病根が関係し主にきうりを侵し、トマトは発病しにくいしほうれんそう、レタス、セルリーでは発病がみられないので防除試験はきうりでもっぱら行なった。ポット試験はトロ箱にスタフレンを敷いて培養液を滯水し、そして内径9cmの素焼鉢15鉢を並べて試験をすすめた。第22表に示す通り、疫病菌は熱に弱く、そしてきうり根を混入した発病礫をホルマリン100倍、250倍、500倍液に1時間浸漬消毒すればかなりの防除効果が認められた。病根を混入すればホルマリン液に長時間浸漬しないと十分効果がでにくい、ポット試験の結果からはホルマリン100倍液に2時間浸漬すれば完全に殺菌されることがわかった。

第22表 発病に関する調査 (1月26日調査) (1月16日芽出し18日下種)

処 理 区	七尾房成り ※				久留米落合H型 ※				備 考
	下種数	発芽数	健全数	枯死病数	下種数	発芽数	健全数	枯死病数	
① 礫熱湯消毒	20	20	20	0	5	5	5	0	り病根 15cm 混入 〃 5cm 〃
② 〃 (根多)	20	1	0	1(19)	5	0	0	0(5)	
③ 〃 (根少)	20	13	5	8(7)	5	3	2	1(2)	発芽不良(1)は罹病したものではないよう
④ 〃 (汁接種) ※※	20	17	17	0(3)	5	5	4(1)	0	
⑤ 礫ホルマリン 500倍	20	20	7	13	5	5	2	3	} 1時間浸漬
⑥ 〃 250倍	20	16	14	2(4)	5	4	2	1(2)	
⑦ 〃 100倍	20	19	18	1(1)	5	5	5	0	
⑧ 〃 無消毒	20	16	2	14(4)	5	3	3	0(2)	

注 ※ ( )内の数字は未発芽数、但し大部分は発芽中に罹病し腐敗したものと考えられる。  
※※ 発病根汁の接種

ホルマリンより安価に消毒でき、また生育中でも防除できないだろうか第23表に示す通りオーソサイドの防除効果を検索した。その結果オーソサイド 50p.p.m. (成分量) 以上の高濃度でホルマリンと同様に防除効果は確認されたが、オーソサイドも第24表に示す通り水洗をしないと葉害がみられることがわかった。このことから生育中にオーソサイドを培養液に溶して注水し消毒するという可能性はないことが考察された。オーソサイドの葉害は葉縁部が変色し生育がおくれるが、葉害がでない濃度では防除効果はないことが考察された。ポット試験と違い栽培ベットでの防除試験では第25表、第26表に示す通りかなり高濃度でないともオーソサイドはホルマリンのように消毒効果があがらないようである。

第23表 発病に関する調査 (きうり 6月8日蒔, メロン 5月14日蒔)

試 験 区 ※	き う り (七尾房成)						メロン (パール)				備 考
	6月18日			6月28日			6月18日		6月28日		
	は種 株数	発芽 数	発病 数	健全	萎凋	枯死	供試 株数	発病 数	萎凋	枯死	
① オーツサイド 25p.p.m.	30	29	8	0	10	19	5	0	2	2	アオミドロ発生多し
② " 50	30	30	0	30	0	0	5	0	0	0	
③ " 75	30	30	0	30	0	0	5	0	0	0	
④ " 100	30	28	0	28	0	0	5	0	0	0	
⑤ " 200	30	30	0	30	0	0	5	0	0	0	
⑥ 無処理	30	30	0	3	20	7	5	2	2	2	
⑦ ホルマリン 100倍	30	25	0	25	0	0	5	0	5	0	
⑧ " 200倍	30	28	0	28	0	0	5	0	5	0	

※ オーツサイドの濃度は成分量で示す。30分間浸漬消毒後はポット底部に滞水し発病や生育調査を行なう。

第24表 生育に関する調査 (6月28日調査)

試 験 区	メロン ※		き う り ※※				備 考
	草 たけ (cm)	展開 葉数	草 たけ (cm)	展開 葉数	第1展開葉 縦径 (cm)	横径 (cm)	
① オーツサイド 25p.p.m	25.0	8.0	-	-	-	-	やや双葉の葉縁変色 双葉, 本葉の葉縁変色 " " " まくれる
② " 50	24.0	8.6	18.1	2.3	8.3	10.4	
③ " 75	21.4	8.0	16.8	2.2	7.6	9.7	
④ " 100	19.6	7.8	12.1	1.7	7.1	8.6	
⑤ " 200	16.8	7.6	10.5	1.6	6.4	7.4	
⑥ 無処理	24.0	8.0	15.6	2.2	7.9	11.0	
⑦ ホルマリン 100倍 3hr	19.2	8.0	14.3	2.2	8.4	11.1	
⑧ " 200倍 3hr	22.4	8.2	18.1	2.3	8.7	11.4	

※ 5株調査の平均。但しオーツサイド 25p.p.mと無処理区は健全株1株調査の数字

※※ 10株調査の平均。但し無処理区は健全株3株の平均値を示す。

第25表 発病調査 (疫病) (品種きうり理想みどり 7月17日蒔)

	8月4日	8月7日	8月10日	8月15日
ホルマリン	0	0	0	0
オーツサイド	1	2	4	14(全滅)
無 処 理	2	6	8	14(全滅)

(注) オーツサイドは7月31日定植後10p.p.m常時注水し, 8月5日以降は25p.p.mを注水消毒した。

第26表 収量調査 (夏きうり, 8月10日蒔, 8月20日定植)

試 験 区 ※	上		中		下		合 計 果数	計 果重 (g)
	(g)		(g)		(g)			
オーツサイド ※	-	9月10日	枯死	-	-	-	-	-
ホルマリン ※※	25.8	1,431	6.6	336	1.2	62	33.6	1,829

※ オーツサイド 75p.p.m (成分量) 24hr. 浸漬消毒した。

※※ 収かく期間 9月14日より 11月6日まで (定植前オーツサイド同様にホルマリン110倍液 24hr. 浸漬消毒)

その外ルベロンやシミルトンも使用したが何れも礫の吸着が激しく、発病抑制効果はあるが作物の生育も阻害され生育不良となるので実用性がなかった。またカルキやデクソンも薬害が問題で発病防止に役立てようとすれば更に検討を要するに思われた。栽培ベツトで発病させないよう環境条件に注意しなければ、発病してからの薬剤防除は現段階では困難である。

当場では育苗用れきや鉢は熱湯消毒（短時間煮沸）して育苗し、ベツトはホルマリン100～150倍液に半日～1日浸漬しポリエチレンで被ふくして消毒し、消毒後の廃液は通路や温室周囲に散布してのぞき、ベツトやれきの水洗は3回行なっている。そして定植後は菌の浸入に注意すれば完全に防除できるようであり、当場では事実ホルマリン消毒後発病したことは全然ない。ホルマリン消毒の効果が疑われ発病する場合は消毒もれか、外部からの侵入があるのではなかろうかと思われる。

#### IV 総 括

昭和37（1962）年よりハウス及び温室で礫耕栽培の実用化試験を開始し、高度輪栽による礫耕栽培の経済性や普及性について研究を進めてきた。礫耕病害の生態や防除法、施肥等の増収技術については尙未解決の点もあるが、一応昭和37～40（1962～65）年の研究の成果をとりまとめた。

##### 1. 礫耕栽培施設と試験の概要

礫耕栽培は昭和36（1961）年にハウス100m<sup>2</sup>に施設し1年のみ栽培試験を行なった。次いで昭和37（1962）年に温室100m<sup>2</sup>に施設し高度輪栽試験をくりかえし、昭和39（1964）年再びハウス50m<sup>2</sup>に施設し病害防除や施肥に関する基礎試験を継続して行なってきた。

##### ① ハウス100m<sup>2</sup>の礫耕栽培

自然流下式の礫耕2ベツトで第27表に示す通りの栽培を行なったが、栽培技術の未熟もあって生育は悪く、収量もあがらなかった。

第27表 礫耕栽培概況（於ハウス100m<sup>2</sup>）

年次 (年)	作物名	品 種 名	下種日 (月日)	定植日 (月日)	収かく期 (月)	栽 培 概 況
1961	きうり	七尾房成	9. 4	—	11	施肥法悪く Mg 欠症状著し
	レタス	ペンレイク, グレイトレイク	10.18	12. 5	2下	活着不良で収量少し
1962	メロン	パール, アールス, 興津	3.10	3.20	6下～7上	B. Mg 欠乏多く, 着果不良
	トマト	福寿100号	6. 1	7.10	8末～9下	高温のため着果不良
	レタス	グレイトレイク366	9.27	10.18	2下	収かく期に菌核病被害多し

##### ② 温室の礫耕栽培

昭和37（1962）年冬作以降温室100m<sup>2</sup>内にコンクリーベツト2組とエスロンシートのベツト2組を設け、注水は押込方式によって電磁水圧弁で交互に行なうように施設して栽培を行なった。（第28表）そしてその施設を高度に活用して次々に作付けを行ない施肥、注水法、植付方法等の栽培技術と生育、収量の関係を調査し礫耕栽培の普及性について検討をすすめた。1963～'64年には施肥技術の不備による栄養障害や礫耕病害による枯損が多く満足な生育や収量はあがらなかったが、1965～'66年と次第に生育、収量が増大し栽培も安定してきた。

第28表 高度輪栽の栽培概要 (於温室 100m<sup>2</sup>)

年次 (年)	作物名	品 種 名	下種日 (月日)	定植日 (月日)	収かく期 (月旬)	備 考
1962	レタス	グレイトレイク366	12. 3	1.20	3下	>No. 3のベツト使用
	セルリー	ソートレイク, コーネル	12.15	3.25	5下	
1963	トマト	大型東光, 米寿	1.10	1.28	4下~5下	No. 1・2ベツト使用 品質不良
	メロン	アールス, パール, 興津	4.20	5.27	7末~8上	
	トマト	大型東光他5点	7.15	8.15	10上~11上	石灰欠乏症, 裂果多し 疫病枯死
	きゅうり	七尾房成, 久留米落合H	10. 8	11.16	—	
1964	ハウレンソウ	ぬくしな	12.16	—	2上	上段果房の着果不良, B欠乏
	トマト	大型東光他4点	12.16	2. 5	4中~5中	
	メロン	パール	5.14	5.21	8中	病害枯損 定植前には必ずホルマリン消毒
	トマト	三福他6点	7.21	8.19	—	
	きゅうり	七尾房成	9. 9	9.25	11上~12下	メロンの品質やや悪し 生育旺盛, 収量多し
	きゅうり	七尾房成	12. 4	12.25	2中~3下	
1965	メロン	パール	3. 1	4. 5	7下	上段花房の着果不良 長期多収栽培が望まれた
	きゅうり	さちかぜ	6. 8	7. 1	7末~9初	
	トマト	福寿100号他10点	8. 3	9. 3	11下~12下	
	きゅうり	七尾房成, 久留米落合H	11.20	12.20	1下~3下	

③ ハウス50m<sup>2</sup>の礫耕栽培

昭和39(1964)年にハウス内に4タンク, 4ベツトの小規模の礫耕施設を設けて第28表に示す通り病害防除や養水分の時期別吸水量などの基礎的栽培技術について調査をすすめた。

第29表 礫耕栽培の基礎試験 (於ハウス250m<sup>2</sup>)

年次 (年)	作物名	品 種 名	下種日 (月日)	定植日 (月日)	収かく期 (月旬)	試 験 概 要
1964	きゅうり	久留米落合H型	3.27	—	—	CO <sub>2</sub> 施用試験, 病害枯死 時期別養水分吸収量測定
	きゅうり	理想みどり	5. 7	5.11	6下~7末	
	きゅうり	理想みどり	7.17	7.31	8下~9下	病害防除試験
		育成系夏キウリ	8.10	8.20	9中~11上	
		七尾房成	9. 9	9.25	11中~	
1965	レタス	グレイトレイク366	9.30	11.19	2中~下	CO <sub>2</sub> 施用試験
	トマト	福寿100号	3.13	3.30	6下~7末	CO <sub>2</sub> 施用試験
	きゅうり	さちかぜ他3点	7.28	—	9上~10中	品種別養水分吸収量の測定
	セルリー	ソートレイク	7.22	10.12	2. 1	時期別養水分吸収量測定

## 2. 高度輪栽に関する研究

れき耕施設を周年高度に活用し, 礫耕の長所を伸ばすために当場では年4~5作の輪栽を行ないながらここ3~4年を経過したので, それにともなう栽培技術についての試験の成果をとりまとめた。

## ① 育苗技術について

礫育苗は省力にして容易であるが, 規模を拡大し, より能率的に行なうためには完備された育苗専用室の設置が必要であった。

育苗礫の大小と苗の発育の関係をみたが砂(2mm以下)や大礫(3~4.5mm)に比べて中礫(2~3mm)が地上部や根の発育がもっともすぐれていた。また育苗用の培養液は市販の液体肥料は不適で礫耕用培養液の方がはるかに生育良好であったが, これら育苗中の生育差は定植後の生育や収量への影さようは殆んどみられなかった。

## ② 温度の変化について

温室、ハウスの高度輪栽試験で礫や培養液の温度変化について時期別に調査をすすめた。(第30表)冬～春作はポリマルチによって保温効果を高めているが12～2月の厳寒期には培養液温は10℃位まで低下することがわかった。冬期のレタス、セルリーの栽培は容易であるが、きゅうり、トマトなど果菜類の栽培では培養液の加温を必要とした。礫温も栽培時期や作物の生育状況によって大きく変動するが、一般に礫地温の高低は大きく地温較差は一般土壌より5℃位大きいことが考察された。冬期は温室の果菜類の栽培はボイラーの熱湯を培養液タンク下部に鉄管を敷設して循環させ培養液温を30℃位に暖めて注水し、礫温も20℃位に高めて栽培しているが、生育は順調であり支障は認められなかった。しかし4～10月には培養液温は20℃前後になるから加温の必要は考えられず、また夏期の培養液や礫の冷房についての必要性は痛感されなかった。

加温培養液の注水時間や注水回数による礫温の経時的変化や適温条件についての生育、収量の調査は更に今後研究すべき課題のように考察された。

表14 礫耕における高度輪栽と温度の変化 (1965年)

第30表	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	収量 果数	果重
温室(100m <sup>2</sup> ) きゅうり(300株)									1964年 o-x				5.882	169kg
きゅうり(300)												o-x	5.906	253
メロン(300)				o-x									361	1果平均 085
きゅうり(270)							o-x						5.325	446
トマト(310)									o-x				1株当り 9~12	1~2
きゅうり(250)	1966年											o-x	1株当り 約22	1.1
水温 最高	32	33	30	28	24	24	28	27	26	21	24	32	11月下~4月中旬は 培養液の加温	
水温 最低	23	23	23	21	21	23	26	25	23	18	18	21		
礫温 最高	29	28	27	33	30	29	29	29	31	28	22	25		
礫温 最低	19	19	20	19	19	21	24	22	19	14	15	17		
ハウス(50m <sup>2</sup> ) レタス													1株平均 結球重0.7kg	
トマト				o-x									16	3.15
きゅうり													26~34	1.7~2.5
セルリー														商品重1.06
水温(9am)	8	9	-	17	20	22	25	29	22	19	16	11		
礫温(9am)	7	8	-	19	21	22	25	30	22	19	16	10		

③ 施肥技術について

礫耕の施肥技術については山崎、堀氏の研究で大要は明確にされたが、礫質、水質、栽培方法が変れば同一施肥技術では適用しないものである。当場では年4～5作を目標とした高度輪栽での施肥技術について調査研究をすすめた。当場の礫はMgを吸着しCaを溶出する性質があり、そして水質はCa、Kの天然供給が多いので硝酸石灰を減らして硫酸苦土の追肥は多目に行なう必要があった。

標準培養液を用いて養分の吸収量と吸水量の関係を調査した。その結果品種や作型によって吸水量や養分吸収量に差があることが認められたが、NO<sub>3</sub>-N16m.e./lを基準とした場合のNO<sub>3</sub>-Nの減少量の吸水量

に対する割合はトマト45%位、きゅうり50~70%、レタス70%位、セルリーは130%位になりほぼ種類別に一定していることがわかった。このことから毎日タンクの減水深を記録してゆきタンク全容積の吸水があったときトマト、きゅうりで元肥の5~7割追肥してゆけばよいという計算になり、減水量から簡易に追肥量を決定することができるように考察された。

礫耕栽培での炭酸ガスの施用効果については冬採りレタスでは効果がなかったが、早熟トマトでははっきりした効果が観察された。CO<sub>2</sub>3倍量施用区は無処理区に比べて生育や開花は早く、着果や着果後の肥大もすぐれ、収量も明らかに多く有意の差がみとめられた。更に種類、作型別にCO<sub>2</sub>の施用効果を検討し気象条件との関係を明かにすべきであると考察された。

礫耕での栄養障害としてはCa, Mg, B欠乏症のほかに微量元素の過剰障害らしき症状も発現した。また軟弱にできた幼苗期にはモレスタン、ベジタ水和剤などの農薬の薬害や定植後にはホルマリンの薬害などが観察された。

#### ④ 根の分布について

根の分布や根量は種類、作型によって異なり、きゅうりはトマト、メロンより根が多く、同じきゅうりでも夏きゅうりに根量が多いことが考察された。根の分布は常に排水溝を中心としたベツト底部に密集するが、夏期は冬期より概してベツト表層部にも根が多く分布するようであった。そしてベツトの根は5~6作は残根除去は完全に行なわず栽培を続けているが、これまで残根による生理障害は観察されなかった。

#### ⑤ 高度輪栽と収量について

礫耕も未経験の内は病害や栄養障害で十分な収量があがらなかったが、年次を経過するにつれて施肥など栽培技術の向上によって収量も増大する傾向があった。同一きゅうりでも夏期は収量は多く冬期は少ない傾向はあったが、連作によって減収するとは考えられなかった。ハウス内の礫耕施設は小さくベツトに粗植する関係もあって1株当りの収量は多かったが、ベツトの構造や栽植密度、CO<sub>2</sub>や微量元素の施用等々更に土耕以上に増収する技術について研究すべきであろう。

品質はトマト、きゅうりでは土耕に見劣りするとは考えられなかったが、温室メロンでは培養液の時期別濃度や注水方法などについて一層研究しなければ良質のものがえられにくいように考察された。当場では概して収かく後半に品質が低下しやすいため短期間に収かくを打切っているが、今後収益性を加味した長期多収栽培について研究する必要がある。

### 3. 病害防除に関する研究

土耕栽培における土壤伝染病害と違って礫耕の場合の伝染は非常に早く、同一培養液の還流する全ベツトの一部に発病するや1~2週間で全滅するという危険なものである。土耕栽培ではよほど悪条件が重ならない限り急速に畑全体が同一病害で枯死全滅することは少ないが、礫耕では初夏、秋季の菌の発育適温下では礫中で菌は急激に繁殖し伝染発病するものである。当場では1963~64年にかけて病気に対する概念に乏しく未経験の場合に発病し、しかも礫無消毒の場合に発病したが、その後の発病調査や防除試験から礫耕病害についてわかったことを列記してみよう。

① きゅうりの発病株から病原菌の分離および病原性を中国農試で調査してもらった所、Phytophthora (疫病) 菌による被害であることが判明した。

② 伝染経過は不明であるが、礫中に病菌は残存し主に菌糸によって感染するもようである。発病の症状はきゅうりの根端が侵されて根は油浸状となり、地上部は萎凋し根元は褐変して倒伏するものである。そしてきゅうりの残根は強い病原性をもち伝染源となるようであり、空気伝染は少ないものと考察された。

③ きゅうりの被害がもっとも著しく、トマトの被害は少なく、ほうれんそう、レタスには発病はみられなかった。またきゅうり、トマトの品種間で発病の早晩は僅かに考察されたが一旦発病すれば1~2週間で何れの品種も全滅することがわかった。

④ 周年発病するが冬期は少なく夏から秋にかけての発病が多いことがわかった。しかし気象条件との関連や発病しやすい条件は明確でない。

⑤ Phytophthora 菌は熱には弱く50~60°Cで2時間で完全殺菌できるので育苗用礫や鉢は熱湯消毒によ

れば安全である。

⑥ ベットの消毒はホルマリン100倍液12時間浸漬で安全である。残根のない場合は100倍液1～2時間浸漬でも十分効果が期待された。事実当時温室の礫耕栽培では毎作後ホルマリン(100～150倍)液で1日3ベット交互に注水して浸漬消毒することによって何れの作も病害で枯損することなく順調に生育し、かなりの収量が期待された。

⑦ *Phytophthora* 菌にはポット試験ではオーソサイド浸漬処理でも消毒効果は認められたが栽培ベットでは完全ではなかった。培養液にオーソサイド25p.p.m(成分量)の濃度に溶してきうり生育中に予防の意味で注水したが葉害が認められた。今後一旦発病した場合に葉害のない防除薬剤の開発が必要であろう。

#### 参 考 文 献

1. 山崎肯哉氏他；礫耕の技術と経営，農耕と園芸別冊，1963年
2. 堀裕；そ菜，花卉の礫耕栽培1～12，農及園Vol.38—1～5，1963年
3. 堀裕；礫耕栽培の施設と栽培方法1～2農及園Vol.37—4～5，
4. 近藤隆彦；礫耕における培養液の管理，農及園Vol.40—5，1965年
5. 綿原孝夫；広島県におけるそ菜の礫耕栽培の現状と問題点，農及園，Vol.40—9，10，1965年
6. 孫工弥寿雄，桜井義郎，綿原孝夫，礫耕栽培きうりの萎凋性病害について(予報)，中国農業研究，第31号，1964年
7. 松田栄，綿原孝夫；礫耕栽培の実用化に関する2～3の考察，園芸学会発表，1963年
8. 佐藤靖臣，城島十三夫；礫耕の簡易化に関する研究，第1報ベットの礫層構造について，徳島県農試研究報告No.8，1966年
9. 綿原孝夫，松田栄，松田照男；そ菜のれき耕栽培における炭酸ガスの肥効に関する研究(第1報)早熟トマトの炭酸ガスの肥効について 中国農業研究第33号，1965年
10. 綿原孝夫，松田照男，松田栄；そ菜の養水分の時期別吸収量に関する試験(第1報)夏きうりの養水分の吸収について，農及園Vol.40—11，1965年
11. 井上頼教，大井卓雄；；礫耕栽培—技術と経営，地球出版，1963年
12. 杉山敏彦；私の湛液礫耕栽培，農及園Vol.41—2，1966年
13. 園芸試験場，徳島県；全国れき耕会議資料，1966年

## Summary

## Studies on Gravel Culture of Vegetable Crops

by

Sakae Matsuda, Takao Watahara, Teruo Matsuda and  
Joji Otomo

We entered upon a study in 1962 to put gravel culture into practical use in green houses and vinyl-houses and later went ahead with our works on the productivity and extensibility of gravel culture in intensive crop rotation.

We have tentatively summarized here the results of those studies which have been made during a period from 1962 through 1965, though we have still various points at issue to be solved regarding to techniques for increasing yields such as the ecology of plant diseases attendant upon the gravel culture and methods of their prevention and control, manuring, etc.

## 1. Outline of our Experiments made on Gravel Culture and

## Facilities used

Cultivation test was made for one year only in 1961 in a vinyl-house arranged for that purpose with a space of 100m<sup>2</sup>.

A space of another 100m<sup>2</sup> was equipped in a green house thereafter in 1962 and experiments on intensive rotation of crops were repeated.

Further, in 1964, a vinyl-house with a space of 50m<sup>2</sup> was equipped, in which basic studies as to control of plant diseases and manuring have been continued up to date.

(1) Gravel Culture in 100m<sup>2</sup> Vinyl-House

As is shown in Table 1, gravel culture was experimented on two gravel beds to which automatic flow down type of irrigation system of nutrient solution was applied, but growth and yield of crops were not successful enough in which our poor technique of cultivation took no small part.

Table 1  
Cultivation in 100m<sup>2</sup> Vinyl-House

Period: 1961-1962

years	crops	Varieties	Date Sown	Date Transplanted	Harvest Season	Summerrized Results
1961	Cucumber	Nanaofusanari	Sept. 4	—	Nov.	Suffered marked Mg deficiency due to our poor manuring techniques
	Lettuce	Pen Lake Great Lake	Oct. 18	Dec. 5	Late Feb.	Suffered short yield by failure in transplanting
1962	Melon	Earl's Favourite Okitsu, Pearl	Mar.10	Mar.20	Late June ~Early July	Suffered poor fruiting, Mg of B deficiency.
	Tomato	Fukuju 100	June 1	July 10	End of any ~Late Sept.	Suffered poor fruiting due to high temperature.
	Lettuce	Great Lake 366	Sept.27	Oct.18	Late Feb.	Damaged by Sclerotinia rot.

(2) Gravel Culture in 100m<sup>2</sup> Green House

During the season of winter crops in 1962, two concrete beds (No.1 and No.2) and two beds of Eson (Vinyl) sheet (No.3) were arranged in the green house for being irrigated nutrient solution by injection system through an electric pump and having the 3 beds irrigated alternately by means of a water-pressure adjustment valve which was installed respectively at the inlet pipe to each bed and was steered by electro-magnetic power.

Utilizing efficiently the above-mentioned facility, we have incessantly planted vegetable crops ever since, as shown in Table 2, and, in the course of such cultivations, examined relations between techniques of cultivation, such as method of irrigation, method of planting, etc., and growth and yield of crops. Further, studies were made as to their extension to the public.

Although growth and yield of vegetable crops were unsatisfactory during the 1963-1964 period due to their injuries caused by plant disease (phytophthora) and malnutrition their growth and yield gradually improved in the 1965-1966 period when our techniques of cultivation became stabilized.

**Table 2**  
**Cultivation in 100m<sup>2</sup> Green House**

Period: 1962-1966

Years	Crops	Varieties	Date Sown	Date Transplanted	Harvest Season	Remarks
1962	Lettuce Celery	Great Lake 366 Cornell 19, Salt Lake	Dec.3 Dec.15	Jan. 20 Mar.25	Late Mar. Late May.	Bed No. 3
1963	Tomato	Ogatatoko, Beiju	Jan.10	Jan. 28	Late Apr. ~Late May	Bed No.1, No.2
	Melon	Arls Favourite Okitu, Pearl	Apr.20	May27	Late July ~Early Aug.	Yield of melon was of poor quality
	Tomato	Ogatatoko, other 5 varieties	July15	Aug.15	Early Oct. ~Early Nov.	Suffered Ca deficiency and many cracking fruits were found
	Cucumber	Nanaofusanari Kurumeochiai H	Oct. 8	Nov.16	—	Damaged by a disease
	Spinach	Nukusina	Dec.16	—	Early Feb.	
1964	Tomato	Ogatatoko, other 4 varieties	Dec.16	Feb. 5	Mid Apr. ~Mid May	Setting of fruits was poor and suffered B deficiency in harvest season
	Melon	Pearl	May14	may.21	Mid Aug.	
	Tomato	Sanpuku, other 6 varieties	July.21	Aug.19	—	Damaged by a disease
	Cucumber	Nanaofusanari	Sept.9	Sept.25	Early Nov. ~Late Dec.	Sterilization by Formalin was found indispensable before transplanting
	Cucumber	"	Dec. 4	Dec.25	Mid Feb. ~Late Mar.	" " "
1965	Melon	Pearl	Mar. 1	Apr. 5	Late June	Quality of fruits was rather poor
	Cucumber	Sachikaze	June. 8	July. 1	Late July ~Early Sep.	
	Tomato	Fukuui 100, other 10 varieties	Aug. 3	Sept. 3	Late Nov. ~Late Dec.	Setting of fruits was poor
1966	Cucumber	Nanaofusanari Kurumeochiai H	Nov.20	Dec.20	Late Jan. ~Late Mar.	

### (3) Gravel Culture in 50m<sup>2</sup> Vinyl-House

Gravel culture is being experimented since 1964 in a 50m<sup>2</sup> vinyl-house in which we arranged a small size facility of 4 beds and 4 tanks.

Studies have been made here as to the basic techniques of the cultivation, such as control of diseases, quantities of water and nutrients to be absorbed per period of growth, etc, as shown in the following Table 3:

**Table 3**  
**Cultivation in 50m<sup>2</sup> Vinyl-House**  
 (Basic Experiments of Gravel Culture)

Period: 1964-1965

Years	Crops	Varieties	Date Sown	Date Transplanted	Harvest Season	Remarks
1964	Cucumber	Kurumeochiai H	Mar.27	—	—	Damaged by a disease
	"	Risomidori	May. 7	May.11	Late June ~Late July.	Studies were made on absorption of water and nutrient (NO <sub>3</sub> -N)
	"	Risomidori	July.17	July.31	From Late Aug.	Studies were made on control of disease (Phytophthora wilt)
		I kuseinatsu Kyuri	Aug.10	Aug.20	to	
		Nanaofusanari	Sept. 9	Sept.25	Mid Nov.	
	Lettuce	Great Lake 366	Sept.30	Nov.19	Mid Feb. ~Late Feb.	Studies were made on the application of CO <sub>2</sub>
1965	Tomato	Fukuju 100	Mar.13	Mar.30	Late June ~Late July.	" "
	Cucumber	Risomidori, & other 3 varieties	July.28	—	Early Sep. ~Mid Oct.	Studies were made on absorption of water and nutrients
	Celery	Salt Lake	July.22	Oct.12	Early Feb.	" "

## 2. Studies on Frequent Rotation of Gravel Culture

Inasmuch as some 4 years have elapsed since we commenced our studies to utilize intensively the facility and thereby promote the merits of gravel culture, by carrying on our program to rotate crops in high frequency for 4 or 5 times a year, we tried here to summarize the results of our studies which are as follows:

### (1) Techniques for Plant Nursing

Although nursing of plant by gravel culture was comparatively easy and energy saving, it was found that full-equipped and exclusive nurseries were needed, in order enlarge its scale, and carry on them efficiently.

The relation between the size of gravels and the growth of plants was examined and the result was that the growth both at the top part of seedlings and at their roots was most satisfactory in pots of medium size gravels (2 to 3 mm in diameter) compared with those of sand (less than 2 mm in diameter) and large size gravels (3 to 4.5mm in diameter).

Further, with regard to the culture fluid for nursing plants, the growth of seedlings was found far better when we used nutrient solution specially balanced for gravel culture, than when we used liquid fertilizer on the market. However, we found hardly any influence of this difference in the growth of seedlings upon their growth and yield after being transplanted in the beds.

### (2) Changes in Temperature

Changes in temperature of gravels and nutrient solution per season of growth have been examined during our experiments on frequent rotation of vegetable gravel culture at the green house and the vinyl-house.

It was found that the temperature of the nutrient solution dropped to some 10°C in the depth of winter (December-February), though steps were taken to raise lagging efficiency by mulching the gravels with polyethylene films.

Growth of celery and lettuce was satisfactory in the above-mentioned conditons, but steps had to be taken for heating the nutrient solution in cultivation of fruit yielding vegetables such as tomato and cucumber.

Although change in the temperature of gravels was largely affected by the season of cultivation and the stage of crops' growth, it was revealed that, in general, the range of rise and fall of the temperature of gravels was averagely 5°C larger than that of ordinary soil.

Our cultivations in wintertime of fruiting vegetables in the green house were carried on satisfactory without any obstacle by irrigating nutrient solution of about 30°C which was fed from a tank which bottom was heated by a regenerator in which boiling water circulated from the boiler. The heated nutrient solution raised the temperature of gravels to some 20°C.

Such lagging and heating became unnecessary during the period from April to October, since the temperature of nutrient solution then rise nealy to 20°C.

We did not fully recognize the necessity of cooling apparatus during the summertime.

We felt that the relations among the growth and yield of crops, the conditons of suitable temperature and the change in the temperature of gravels by passage of time according to the frequency and length of irrigation of heated nutrient solution are points of issue to be solved in the future.

**Table 4**  
**Change of Temperature and Rotation of Vegetable Crops**

		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Period: 1965	
														Yields per plant	
														Number	Weight
Green house 100m <sup>2</sup>															(kg)
Cucumber	(300)※	—■—												19.7	0.82
Melon	(300)	○...x—■—												1.2	1.01
Cucumber	(270)	—○...x—■—												19.4	1.65
Tomato	(310)	—○...x—■—												9~12	1~2.0
Cucumber	(250)	—■—○...x												22.0	1.10
Solution	max.	32	33	30	28	24	24	28	27	26	21	24	32		
	min.	23	23	23	21	21	23	26	25	23	18	18	21		
Temperature	max.	29	28	27	33	30	29	29	29	31	28	22	25		
Gravels	min.	19	19	20	19	19	21	24	22	19	14	15	17		
Vinyl-house 50m <sup>2</sup>															
Lettuce		—■—○.....x—												(head only) 0.7	
Tomato		—○...x—■—												16.0	3.15
Cucumber		—○...x—■—												26~34	1.7~2.5
Celery		—■—○.....x—												(Only parts for sale)	1.06
Temp. of Solution	(9a.m.)	8	9	—	17	20	22	25	29	22	19	16	11		
Temp. of Gravels	(9a.m.)	7	8	—	19	21	22	25	30	22	19	16	10		

notes ※ Number of plants, ○ Date sown, ... nursing Season,  
x Date Transplanted. ■ harvest season

(3) Studies on Manuring

As to the manuring of gravel culture, the outline has been clarified by Dr. Yamasaki and Mr. Hori. However, the same method of manuring is not necessary applicable to all sorts of cultivation when matters of gravels and water as well as the method of cultivation differ from each other.

We have proceeded with our Program of studies on manuring in frequent rotation of vegetables which aims at 4 or 5 crops a year.

Inasmuch as gravels of our station have a property which absorbs Magnesium and discharges Calcium and the water we use here naturally has rather abundant supply of Calcium and Pottassium, it was necessary for us to apply magnesium sulfate ( $Mg SO_4 \cdot 7H_2O$ ) more than usual, while decreasing the amount of calcium nitrate  $Ca (NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  to be applied.

As a result of our study on the relation between the amount of nutrient ( $NO_3-N$ ) and the amount of water being absorbed by crops using our standard nutrient solution, it was found that there was some difference in the amount of absorption by varieties of crops and type of cultivation.

Setting the proportion of  $NO_3-N$  to water on the basis of 16m.e. of  $NO_3-N$  per litter of water in the standard nutrient solution, the difference were as follows:

The Proportion of Absorption of  $NO_3-N$  to the Absorption of Water:

Tomato: Approximately 45%

Cucumber: 50%-70%

Lettuce: Approximately 70%

Celery: Approximately 130%

It was also found that the above proportion by each vegetable crop remains constant.

In view of the facts mentioned above we thought that it may be possible to decide easily the amount of after manure by gauging the amount of water decreased, since if we take the record in depth of the daily net discharge of water (solution) from the tank, it can be calculated that 50%-70% of the initial manure will be the sufficient amount to be added in the tank as after manure, when the daily net discharge comes up to the total capacity of the tank. (But, actually water will be added to the tank from time to time to make it full.)\*

\* Remarks:

As you know, the irrigation of nutrient solution to gravel beds from a tank in our station is operated under a going and returning system which works as follows:

(a) Irrigation flow:

The nutrient solution is pumped up and injected into an irrigation pipe which is installed in each bed and has many outlets to irrigate gravels of the bed.

(b) Drainage flow:

When the adjustment valve will be closed to have the irrigation flow switched over to another bed, the pressure in the first irrigation pipe declines and the pipe starts working as a draining pipe through which the remaining nutrient solution will automatically flow back detouring the pump by a drainage trunk pipe which will lead the flow to the tank which is installed lower than the level of gravel beds.

(c) The above irrigation system enables us to gauge the daily net discharge of water (solution) from the tank.

Studies were made on the application of  $CO_2$  in gravel culture of tomato in springtime and of lettuce in wintertime. Although the application of  $CO_2$  was not effective on lettuce, distinct effect was observed on tomato. Compared with the tomato crops of ordinary area, those grown in the area, in which 3 times as much of  $CO_2$  was applied, were not only rapid in growth, in blooming, in bearing fruits and in ripening, but also were rich in yield and the difference was worth-while to be considered.

It was, therefore, considered that we should further pursue our study on the effects of the application of  $CO_2$  by varieties of crops and type of cultivation together with its relation with weather conditions.

In addition to damages by deficiencies of Calcium, Magnesium and Boron, some damages which were

likely to be from excessive intake of microelements were observed, as malnutritions in gravel culture.

Phytotoxities by agricultural chemicals, such as solution of Morestan, Vageta, were found among young and feeble seedlings and by formalin among seedlings after being transplanted.

#### (4) Distribution of the Spread of Roots in Beds

Differences were found in the distribution and amount of roots in gravel beds according to the varieties and season of crops.

It was observed that roots of cucumber exceed those of tomato and melon in quantity and even in cucumber, quantity of roots were found larger in summer crops than in winter crops.

Roots usually congest at the bottom part of a gravel bed in the skirts of an irrigation pipe, but in summertime it appeared that many roots were distributed even in the surface part of a bed.

Although 5 or 6 crops are rotated in the same beds without entirely removing their remaining roots, no physiological impediment by the remaining roots was found among them.

#### (5) Relation between Frequent Rotation of Crops and their Yield.

Although yields of our gravel culture were rather poor during our inexperienced period, due to damages by disease and malnutrition, they tended to increase gradually as years elapsed by the improvement of our cultivation techniques, such as method of manuring and, though yields of our winter crops of cucumber inclined to be rather poor compared with those of summer crops, the drop in yields was not considered as being caused by repeated cultivation.

Yields per plant of our gravel culture in the 50m<sup>2</sup> vinyl-house were satisfactory enough, because they were planted rather sparsely, but it is felt that studies should be made further as to the structure of beds, density of planting and appliance of CO<sub>2</sub> and microelements, etc., in order to improve our techniques for increasing the yields of gravel culture by far than those of soil culture.

The quality of tomato and cucumber fruits yielded by gravel culture was not considered as being outshone by those of soil culture, but as to the cultivation of melon, it appeared that fruits of good quality could not be expected unless further studies such as on their density by season of cultivation and method of irrigation, would be pursued.

Inasmuch as the quality of our cucumber and tomato fruits tends to deteriorate in the latter half of the harvest season and thereby compels us to relinquish the harvest in a short period, it would be necessary for us to pursue our study on the cultivation methods which afford prolonged and rich harvest, with emphasis placed on its profit.

### 3. Study on Plant Diseases in Gravel Culture

Diseases in gravel culture are communicated very rapidly as compared with those in soil culture. Since nutrient solution in gravel culture will be circulated among several beds from a single tank, it is danger enough to ruin vegetables of the entire beds under the same system within 1 or 2 weeks, should once a disease develop in a part of those beds.

Unless unfavorable conditions accumulate, it is rare in soil culture for the entire vegetables of a field to be ruined so rapidly by a single disease, but in gravel culture, a disease will rapidly propagate themselves and be communicated among gravels during the suitable temperature of their development, such as in early summer and in autumn and thus attack the crops so drastically.

During the period from 1963 to 1964, our station suffered disaster from a blight due to the lack of our knowledge of such damage, our inexperience and especially when cultivation was undertaken without having the gravels sterilized with formalin.

Our attainments as to the damages by blight, which resulted from our subsequent studies on the infected cases and on their control are as follows:

(1) The pathogenic fungi separated from infected cucumbers were found to be *Phytophthora* when they were taken to the Chugoku Regional Agricultural Experimental Station and examined of their etiological cause.

(2) The trace of their infection has not yet been clarified, but the fungi seem to subsist among the gravels and their myceliums perhaps act mainly as the cause of infection. When cucumber crops are attacked of the disease, their roots will be firstly affected to present a brown and oil-soaked appearance and then their tops will start withering and finally fall down when their base part of stems turn brown.

Naturally, the remaining roots of such cucumbers are positively pathogenic and seems to be the main source of infection while we do not see much chance of infection by air.

(3) The cucumber crops suffered the damage most seriously, but damages were seldom in tomato crops and no infections were found in spinage and lettuce crops.

Further, in those cases of infection of cucumber and tomato crops as mentioned above, it was common to every varieties that it took only 1 or 2 weeks for them to be entirely damaged when once symptom arises among them, although there were some slight differences among their varieties in the incubation period.

(4) It was observed that this disease attacks those crops all year round, but seldom in winter and frequently in summer and autumn. However, the relation between its attack and weather conditions as well as the conditions in which it develops remain still to be clarified.

(5) Inasmuch as *phytophthora* being weak against heat and will be sterilized absolutely by keeping it in the temperature of  $50^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{C}$  for two hours, it will be safety enough, if heat sterilization would be applied to gravels and pots for nursing plants.

(6) The gravel beds will be sterilized enough by irrigating them with 1/100 formalin solution for 12 hours after each cultivation, but sterilization was effective enough by irrigating them with 1/100 formalin solution for 1 or 2 hours, when no roots of previous crops remained.

In fact application of this soaking method of sterilization in our station by means of irrigating them with formalin solution which ranges from 1/100 to 1/150 in density, to the 3 gravel beds alternatively for a single day in total resulted in a satisfactory growth of crops without any damages from disease and with a fair yield.

(7) Although the effect of Orthocide solution against *phytophthora* was recognized by pot experiment, it proved to be unsatisfactory in cultural beds. The solution of Orthocide 25 p.p.m. was irrigated during the growing period of cucumber crop for prevention of disease, but was found accompanying phytotoxicity.

It would be necessary for us to develop fungicides, which will not produce phytotoxicity, for our use when crops happen to be attacked by disease.