

ロックファイバー栽培システムの実用化

誌名	農林水産技術研究ジャーナル
ISSN	03879240
著者	渋谷, 正夫
巻/号	8巻5号
掲載ページ	p. 27-33
発行年月	1985年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



ロックファイバー栽培 システムの実用化

渋谷 正夫

1. ロックファイバー栽培とは

作物を栽培するのに土壌を使わず「ロックファイバー」という人工培地で栽培する方法である。ロックファイバー（以下RFと称する）は鉄鉱石から鉄を採った後に残るスラグから製造する。もともと、1971年頃からヨーロッパでロックウール（Rock Wool）といって天然の玄武岩を溶かして綿状にして造ったものをピートモスなどと共に温室用土として使ったのが始まりで、その後成型ボードとして、バッグ（袋に包んだ）として盛んに使われるようになったものである。

日本では筆者が1982年にヨーロッパのロックウール栽培を見て、日本に技術を導入したいと考え、日本紡績の協力によって前述の鉱滓から造ったのが始

まりである。ヨーロッパの天然石から製造したロックウールと原料が異なるほか組成や性質が多少違うので特にロックファイバー（養液栽培用）と呼ぶことにした。

2. ロックファイバーの特性

RFは鉱さいを1,500°Cに熔融し、遠心力によって綿状にして造ったもので繊維の大きさは5~7μくらいである。RFは特殊樹脂バインダーを用いて成型したもので、吸水性、拡散性をもたせるため界面活性剤処理をしたものである。反面孔隙率(90%)が高いが組織的に強度をもたせるように工夫してある。

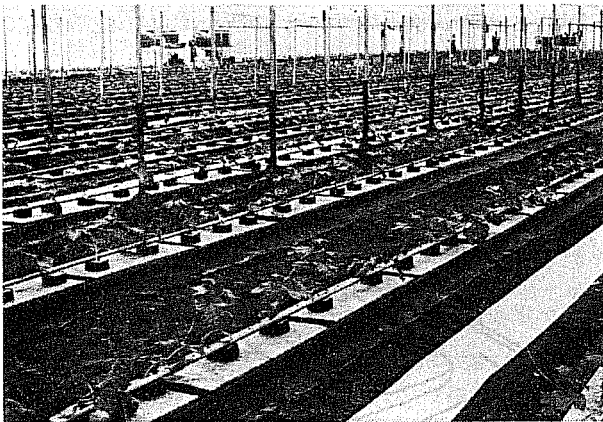
養液栽培用としての特徴は、

①保水性が高いうえ孔隙が多いので通気性に優れている。そのうえ透水性があり、水の拡散性がよいので点滴灌水でも均一な水分保持ができる。

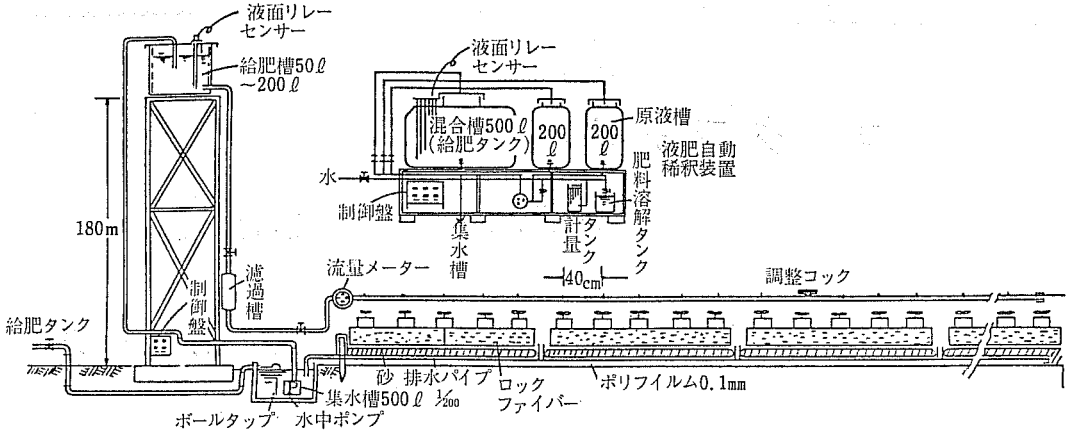
②無機質の素材で変質が無く、しかも病原菌の心配もない。工業的生産なので品質が均一で安定しているので斉一な栽培ができる。

③合理的な技術の組立てによって栽培がシステム化されるため省資源、省力化ができる。

また、作業が自動化されて、軽作業となるのも魅力である。したがって、RFを用いた栽培は土壌条件に関係なく、理想的な培地環境のもとに連作障害の心配もなく、合理的な栽培ができて安定、多収、高品質の収穫が期待される。



Masao SHIBUYA: A practical system of Rock Fiber culture (Rock Wool).



第1図 ロックファイバー栽培システム

3. ロックファイバー栽培システム

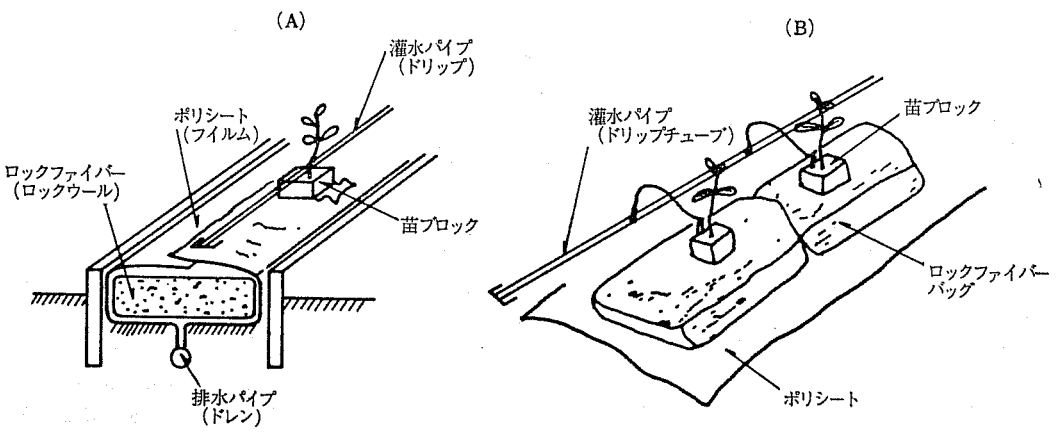
ここでは筆者の考案したRF栽培の循環方式と、その施工上の2~3の問題点について述べる。

施設の概要、全体の構成を第1図に示した。畦巾にあわせて溝を掘り排水パイプ（ドレン）を布設し、埋め戻した上にポリフィルムを敷き、RFを並べてその上にRF育苗のブロックを定植する。培養液は高さ1.8mほどの高所タンクから自然落差を利用して、レナウンパイプを通して作物の株元に滴下する。RFをうるおした余分の液は集水槽に溜り、水中ポンプで高所タンクに吸い上げられる。作物が蒸散によって消費した培養液は自動希釈装置によって補給される。

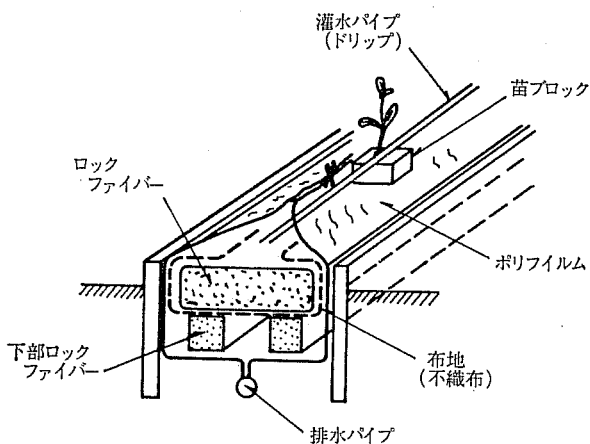
循環方式の特徴 ヨーロッパのロックウール栽培

は、ほとんどがバッグカルチャー方式の掛け流し式である。灌水で余分の培養液は土中に吸い込ませている。この方法では培養液が無駄になるほかベッド内の溶液濃度が作物の吸収、蒸発の条件によっては不安定になり易い。コンピュータ制御などいろいろ方法はあるが、小規模の場合現実には経費がかさむので実用的でない。その点循環方式は培養液のEC、pHの検査をし易いようにし、自動制御を容易にしたのである。またこの循環系を暖・冷房装置として活用することができる効果もある。

施設の問題点と改善策 当初RFの栽培床は第2図(A)に示す構造であったため栽培床の排水が問題であった。これは生育の後半になると栽培床の底面に根がマット状になって水が滞留し、根腐れを生ずる。そこで第3図の如く、RFの下駄履き状（仮称）に50mm角または50mm×100mm程度の足を設置して



第2図 当初のRF栽培床



第3図 下駄履き状に改良したR F栽培床

R Fと底面のポリフィルムの間に空隙を取り、水の流れを良くした。なおR Fを用いた栽培床では底面に水が滞留した状態では栽培床の高さが含水量を決めることになるので、下駄履きにすることにより栽培床はその高さに見合った含水率とすることができる。この場合、灌水した余分の水は下駄履き部分のR Fの毛細管を通じて排水する。作物の根が良く生育するためには種類にもよるが、栽培床の高さ 100~200mm、含水量が50~70%が望ましい。

従ってこの方法では材料を節減しながら、栽培床を適当な水分に調整することができる。また下部の空隙は根への通気に役立つ一石二鳥の効果を得られる。しかし、作物の生育が進むにつれR Fから伸び出した根が栽培床の底部にルートマット（網目のようになる）となり、またドレンの排水口に侵入して詰り、排水を妨げる。

そこで、栽培床の下駄履き部分と上部のR Fの間に第3図のように布地を敷くことにより、水はこの布地を通過して排水される。布地によって根が通らないとなると、底面のルートマットができず、ドレンの排水口の根詰りを阻止することのできる下駄履きの効果とあいまってさらに優れた効果を得られるのである。布地の条件としては水は通過するが作物の根が貫通しないことが必要で、植物の根端の太さは50 μ くらいなので布地の目がそれより細かい30 μ ほどが望ましい。さらに理化学的に安定で、カビや微生物による腐敗が起らないことが必要である。この点からナイロン、ビニロンなどの合成繊維の不織布が適当であるが、最近この方面の製品が多数開

発されている。布地の目の大きさは透水性、通気性の兼ね合いから根の貫通が避けられる限りにおいて粗い方が良い。また、この布地はR Fの栽培床から生ずるゴミや植物の腐朽物などを沍過するので灌水ノズルの目詰りを起こさない効果もある。

次にR Fの規格と栽植間隔との関係を第1表に示した。畦巾を30cmとして株間がトマトで20cmの寄せ植え、容積で株当たり3~4L、キュウリで30cmの1行植え、容積で株当たり5~7Lとなる。畦間を180cmとして10a当り総畦長506m 畦巾率は約 $\frac{1}{6}$ である。トマトを寄せ植えにしたのは施設費を割安にするためである。以上は果菜類

に適用できる型と考えられる。なお葉菜類に適用の栽培床の構造については今後の研究にまちたい。

4. ロックファイバー栽培の実際

ここでは栽培技術上の2~3の問題について検討したい。

酸処理の問題 現在発売のR Fは銦さいを原料とする関係でpHが8.3以上と高いので、使用にあたって酸処理する必要がある。これは製品としては中途半端なものと言わざるをえない。是非とも近い将来に改良を望むものである。酸処理は予めR Fに充分水を浸み込ませた後濃硫酸300ml/500lの希釈液で2~3回洗滌する。処理後はベッドの中を十分に水洗することが必要である。また、大塚化学のOK-F-1を用いて洗滌することも出来るがこの場合は集水槽の水を棄てる程度でよい。

灌水と施肥のシステム 培養液は高さ2mほどの高所タンクから栽培ベッドに灌水パイプを通して作物の株元に滴下する。滴下量は1~2l/時・株程度とする。マットは極めて水分の拡散が良いので、散水式ノズルのように圧力で飛散させる必要がない。二重構造のレナウンパイプは4mごとに調節コックによって滴下量を調節することが出来るので40mまで極めて均一に滴下することができる。

集水槽は660m²(200坪)に500l容のローリタンク1基の割(10aでは2基)で地下に設置し、培養液の貯溜タンクとする。従って、コンクリートの水槽を設けるような大がかりな工事は一切不用である。

第1表 ロックファイバーの規格と価格

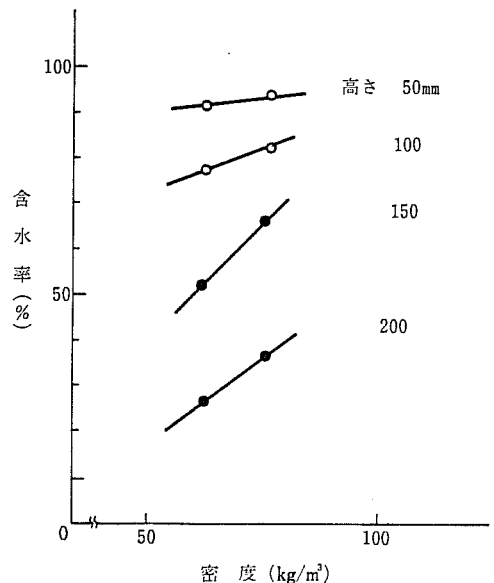
栽培 床型	規格 横縦長さ	ベッド1m 当り容積	1株当り容積		価 格	
			株間20cm	株間30cm	1m ² 当り	1,000m ² 当り
ベッド I	30×7.5×91cm	20,475cm ³	4,095cm ³	6,205cm ³	340円	170千円
	30×10×91	27,300	5,460	8,273	435	218
II	30×5.0×91	18,200	3,640	5,515	440	220
	30×7.5×91	25,025	5,005	7,583	540	270
ポット I	5×5×5		125		12	30
					23	58
II	10×5×10		500		39	98
III	10×10×10		1,000			

- (注) 1. 1m当り1本(または1個)の間隔とする。
 2. 千鳥植え40cmの場合を示す。40cm 1行植えの場合は2倍となる。
 3. 1個の単価で示す。
 4. 価格は一部推定のものがある。
 5. 10a(1,000m²)に畦長さ500m(栽培本数2,500個とした場合の計算)。

従来の水耕栽培では、1,000m²(10a)で20~50tの地下タンクが必要であり、100万円以上の経費高となっているが、この方式ではドリップ式灌水で最少限の水量としたため設備が著しく縮小されるため設備費が極めて縮小できる。これは次に述べる自動希釈装置とも関連するが本システムの特徴の一つである。

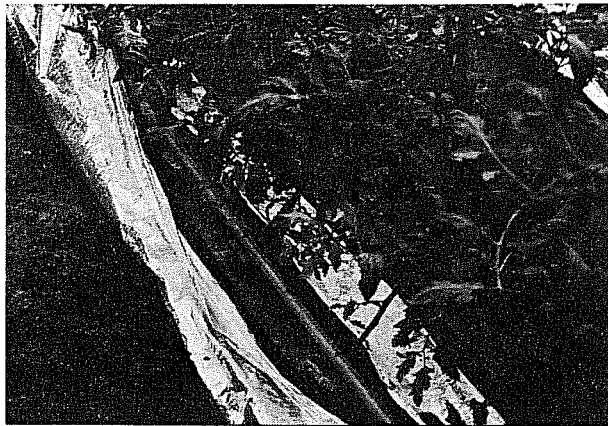
間歇給液 水耕栽培を根に対する酸素の補給からこれを大きく分けて、水槽に直接根をはらせ、散水、サッカーなどで水に酸素を与える灌水方式と、フィルムで根を包んだ状態で傾斜をつけて培養液を薄く流し、根が直接空気に触れるようにしたNFT方式とがある。いずれも溶存酸素が決め手で、根に如何にして酸素を与えるかに苦心したものである。

水中の溶存酸素は栽培中の液温条件で8~10ppm程度であるが、空気中の酸素は21%もあり、湿気中根では根に与える酸素量は問題にならないほど効率的である。運転時間は1~2時間に15分程度とする。理論的には作物の1日の蒸発散量に見合う1~3l/株・日を提供すればこと足るのである。循環方式といっても常に液を循環するのではない。この点灌水式の循環とは根本的に違うのである。過剰の灌水はかえってRFから空気を排除することになるので、この点くれぐれも注意することが大切である。RF栽培は水耕栽培の一方式というよりは独自の全く新しい方法と考えてよい。どちらかと言えば土耕に近いものである。



第4図 ロックファイバーの高さと含水率

生育のコントロール このシステムの最大の特徴は、温度、湿度、生長等の変化に応じて培養液組成濃度を容易に調整できることである。従来の栽培法では灌水のため茎葉の繁茂の割に果実がよく出来なかった。それは栄養生長が生殖生長に優り、その調節が困難であったからである。給液回数、間断間隔



5. 培養液管と自動制御

培養液管理 培養液は作物の種類と生育時期により、最適な組成のものを選ぶのが望ましいのであるが、現在のところRF培地との関連もあり、十分な研究が進んでいないので最も基本的な培養液として知られている大塚ハウス1号・2号（園試処方）を用いる。そして生育のコントロールは専ら溶液の濃度と灌水回数調節で行うこととする。

生育時期による濃度の違いは、水耕栽培では生長が早いいため徒長しやすいので、

トマトは生長の初期には標準濃度の $\frac{1}{2}$ ぐらい、電気伝導度でEC 1.5msぐらいとし、キュウリでは生育期間がほぼ一定の2.0ぐらいを保つようにする。メロンは特に果実の肥大が終了頃から2号の窒素肥料を2割ほど減らして茎葉の繁茂をおさえ果実の充実をはかる。pHの調整はそれほど頻繁でないのでpHメーターの指示により次のように調節する。

pH 1.0上げるには10%苛性加里液で100ml/tで、逆にpH 1.0下げるには10%硫酸100ml/t添加すればよい。いずれにしても根にストレスを与えないようEC、pHともに0.5程度の変動に留めるべきである。

自動希釈装置（自動給肥装置） 厳密には自動制御ではないが培養液の自動、希釈装置について紹介する。これは養液栽培のタンクレスト、希釈操作の省力化を狙ったものである。

養液栽培において組成、濃度が作物の吸収量に見合ったのであれば植物が吸収するだけ補充すればことたりるのであって、大きな貯溜タンクは必要としないのである。大塚ハウス肥料の1号および2号をA・B別々のタンクに100倍濃度に溶解しておく。給肥タンク（混合槽）の肥料が無くなると液面リレーが作動し、AタンクおよびBタンクからそれぞれ一定量の液肥を計量し水で希釈しながら、所定の培養液濃度になるように混合槽に調製される。

この装置での標準希釈量は500lに対する原液量は原液槽の濃度が100倍液であるからそれぞれ5lとなる。原液槽の容量が200lのために40回の分注が可能で希釈液肥の量は $500l \times 40 = 20t$ の培養液に相当する液が1回の原液補充で自動的に補われることになる。栽培床の濃度は原液量を加減して6段階

によって水分を加減できることは、草勢のコントロールができて、優秀な品質の果菜を作ることにつながるのである。メロンなどの水切りの操作が思うようにできて、従来の水耕では困難であった糖度の高い（Blex 15~16度）成品ができるのである。

前作の残留根について 前作の残留根が次の栽培に及ぼす影響については明らかでないが、根圏の微生物が関与しているように思われるのでこの対応を研究する必要がある。

即ち微生物の繁殖は脱窒現象をともしない、また溶存酸素を低下させ新しい根の発育を阻害するものと思われるので、前作の跡かたづけ後はなるべく速やかに残根が腐敗して溶出するようにする。とくに冬作で期間が短い場合には更新するのがよい。（後で再び使用する）

または第1作にキュウリ、次にトマトと言ったように輪作するのが好ましいと思われる。RFの消毒にはフォルマリンの3%液を使用するが、植付けの直前の使用は避けねばならない。

温度の条件と暖冷房 RFベッドの温度は冬季には15~20°Cに加温して栽培する。このため通常は栽培床の下にポリパイプ（ $\phi 20\text{mm}$ ）を布設するが、集水槽に熱交換器（ポリパイプを10回程巻いたもの）を投入して25°C程の温湯を通す。夏は井戸水を循環して冷房する。設備が簡単であり、暖房の場合トマトで15°C、キュウリで20°Cに制御する。冷房の場合、17°Cの井戸水で液温35°Cから21°Cに低下させることができた。

0.5~3.0ms/cm にし、ダイヤル操作で調整できるようにした。この濃度の調整は集水槽のEC濃度と、栽培床から戻ってくる培養液のEC濃度が等しくなるように希釈装置のダイヤルで調節する。その調節は作物の生育状態の観察や天候などによって行う。生長の旺盛なときは濃度が低下し易く、晴天の日は蒸散が盛んなので培養液濃度は濃くなり易い。

6. ロックファイバー栽培の経営 と将来の展望

RF栽培の経営 この方式の実用化にあたった2~3の農家の実績を見るに、茨城県下の桜村の楢戸氏は1983年6月から試作を始め、1984年の1月まきの春作に623m² (189坪) のハウスでトマト、キュウリを、同じく石下町の服部氏は1984年2月からハウス864m² (264坪) でキュウリを栽培し、いずれも収量は土耕に比べて多く、10a当り15t以上になっている。トマトでは日持ちがよいので完熟して収穫できるため品質が良くなる。また、キュウリはA級品が70~80%と揃いが良く、市場では土耕のものより好条件で取引きされている。まだ普及して一年目であるのでその実績はこれからであるが、現在茨城県筑波地区で1.7ha 全国で3.0ha に普及している。

RF栽培は土耕に比べて耕耘機などの作業がはぶけるほか、管理の労力が50%も節減出来る。大規模経営に適するので生産性の高い農業を目指していま

面積が大きく伸びている。現在一戸の農家で3,000m² のキュウリ栽培を行なう農家も現われるようになった。

将来の展望 ヨーロッパのロックウール栽培はデンマーク、オランダに始まり、イギリス、西ドイツ、フランスなどすざましい勢いで普及しつつあるが、果して日本でもこうした発展が見られるだろうか、大いに期待する向もあるが、現実には日本の施設園芸は約30,000haで、そのうち養液栽培が300haと、その1%程度にすぎない。

その理由として日本は土地条件の良いところや、水田裏作などに栽培されるのが多いので、人工培地に頼ることが少ないためである。今後もなお野菜の生産はハウス土壌が中心になるものと思われる。しかし、すでに各地に連作障害が見られており、さらに施設園芸の大型化による省力化など、水耕に対する要望も急激に高まってきている。それにしても水耕栽培が数次にわたる技術革新と、それによるブームとも呼ばれる状態を繰返しながら、あまり伸びないのは、これまでの水耕は施設費が高く、初期投資とその後のランニングコストに見合う収益性が得られないからであろう。その点本システムは、施設費が破格に安い(4~5,000円/坪) ことから普及し易いと思われる。次にRF栽培の施設の実施例を第2表に示した。固定した設備がほとんどなく、自作できることが安価に出来る理由である。

なお最近の特徴として、農業以外の企業側の進出

第2表 キュウリの収量

階級別 面積262坪 服部男一単位kg

月 日	SS	S	M	L	㊦	BS	BM	C	D	合計
3, 21-31	10	190	35		4	90	20	35		425
4, 2-10	35	490	55	5	140	125	35	60		945
11-20	20	615	95	35	75	190	60	55	10	1,155
21-30	15	570	80	25	45	150	45	50	10	990
5, 1-10	45	955	125	100	85	230	85	60	35	1,720
11-20	20	425	70	55	40	115	50	55	30	860
21-31	40	785	1,155	120	65	220	80	70	65	2,600
6, 1-10	40	500	140	105	50	200	135	75		1,245
11-20	60	455	105	75	65	205	100	40	1	1,106
21-30	35	260	70	40	55	130	50			640
7, 1-7	50	245	80	35	35	80	25			550
合 計	370	5,490	2,010	595	700	1,735	685	500	150	12,236

注 1. 他に販売した数量 1,585kg

2. 栽培期間が短かいため収量減となっている。総合計 13,821kg

第3表 施設設備資材表

面積 1,004m² 畦の長さ 30.0m, 畦数 18列, 総畦長 540.0m
株間 40cm, 栽植本数 1,400本, 4.7株/坪

種類	規格	数量	単価	金額	備考
側壁板	発砲スチロール 183cm長, 20mm厚	593枚	円 165	97,845円	
同 抗	カラー鉄線 長さ 40cm	1,800本	20	36,000	
散水(給水)パイプ	レナウン	144本	1,270	182,880)パイプ類の太さmmφで示す 指定のない材料はVPとする 散水管のノズル間隔 20mm
ソケット, エルボ	20φ, 20φ	162ヶ	30	4,860	
同 主管	40φ	8本	988	7,904	
チーヅ	40φ	4ヶ	200	800	
異型チーヅキャップ	40×20φ, 40φ	20ヶ	230	4,600	
排水管(ドレン)	VU40φ, 40φ	144本	519	74,736	
エルボキャップ	40φ, 40φ	144本	200	28,800	
同 主管	40φ, 40φ	8本	519	4,152	
エルボ	40φ	20ヶ	200	4,000	
暖房パイプ	ポリ20φ	1台		15,000	
被肥自動希釈装置	SM-2型	1基		400,000	
水中ポンプ	100V, 200V	2基	24,000	48,000	
液面リレー電極	OMRON61	2ヶ	10,000	20,000	
液肥タンク	500l	2ヶ	14,000	28,000	
同	200l	2ヶ	7,000	14,000	
配管パイプ類	25φ, 13φ	1式		20,000	
バルブ	40φ	6ヶ	2,380	14,280	
ソケット	40φ	12ヶ	85	1,020	
ポリフィルム	幅90, 厚0.1	440m	150	66,000	
ロックファイバ	1,300厚75長9, 100	540ヶ	340	183,600	密度80kg/m ³
育苗ポット	100×100×50	1,500ヶ	423	34,500	
合計				1,072,875 1,290,975	3,576/坪 設備のみ 4,300/坪 RFを含む

(注) 価格は多少変動がある。運賃その他加算される場合がある。

があるが、バイオマスの先端技術の一貫として、また植物工場における培地として、新しい分野での発

展も期待されている。

(筑波大学農林学系)

(p14からつづく)

ないであろう。既往の方式、管理技術で実用効果が発揮できる場合は別として、一般的には装置費の低減、安定性の向上を求めることが必要であり、今までの蓄積を基盤とした総合的な改善が望まれるところである(第3図参照)。

幸い、今回の関心の高まりをうけて、再び国公立研究機関ならびに民間企業ともに活発な研究試験栽培などが行われはじめ、生産現場での新方式の導入もさかんになろうとしている。これを機に、真にわが国の気候、生産環境に適した、経済的な、安定性の高い方式ができあがり、その特性を発揮した多く

の作物、作型、管理法が明らかにされ、地域性に富んだ、安全性の高い、高品質商品を生産できる養液栽培技術が確立され、そして広まってほしいものである。もちろん、現在の施設園芸の総合的な環境調節技術(地下部環境の人為的制御)として農業生産の現場に適合させることを第一義に考えてのことであり、この波を契機として、新しい養液栽培農場が数多く誕生し、養液栽培が新しい時代の農業技術として、より一層実効をあげるようになることを期待してやまない。

(神奈川県農業総合研究所長)