

土壤改良による粘質土開発ブドウ園の収量・品質の向上に関する研究

藤原 多見 夫

—1996—



# 目 次

緒 言 .....	1
第 1 章 樹皮堆肥による粘質土壌の物理性の改良に関する研究 .....	2
第 1 節 樹皮堆肥の簡易製造方法 .....	2
第 2 節 樹皮堆肥の施用量, 施用方法と土壌の物理性変化 .....	6
第 3 節 要 約 .....	12
第 2 章 樹皮堆肥による土壌改良効果の持続性に関する研究 .....	13
第 1 節 土壌改良効果の遷移 .....	13
第 2 節 改良効果低減の要因と緩和方法 .....	19
第 3 節 要 約 .....	23
第 3 章 土壌改良によるブドウ樹の収量・品質の向上に関する研究 .....	24
第 1 節 根系と根活力分布の変化 .....	24
第 2 節 施肥窒素の利用率の変化 .....	29
第 3 節 生育・収量・品質の変化 .....	31
第 4 節 要 約 .....	34
第 4 章 土壌改良後の土壌管理および施肥法の確立に関する研究 .....	35
第 1 節 中耕の見直し .....	35
第 2 節 局所改良・局所施肥の評価 .....	36
第 3 節 要 約 .....	38
総 括 .....	39
付 表 .....	41
写 真 .....	43
謝 辞 .....	49
引用文献 .....	50
Summary .....	53



# 緒 言

1973年に広島県三次市で着工された樹園地は、機械化を前提とした労働生産性の高い近代的な営農の基盤を目指したもので、平均圃場勾配3～4°、1区画1haを目標とした緩勾配大型圃場である(写真1)。そのため造成工法は、1958年に広島県で初めて行なわれたブルドーザー開墾における階段工や現況の地形を生かした昭和40(1965)年代の山成工から改良山成工に進んだ<sup>4)</sup>。この工法では、32tブルドーザーやスクレーパーなど大型機械が導入され、ha当たり扱ひ土量は昭和30(1955)年代の5,000m<sup>3</sup>、昭和40年代の10,000m<sup>3</sup>に比べて20,000～30,000m<sup>3</sup>と著しく多い。その結果、瘠薄で土壌構造の未発達な心土が開園地の表土になり、「草も生えない」や「降ればぬかるみ、乾けばたたき」といった未熟土壌の特性が強く顕在化してくる。中国地方の山間地域で実施されたこのような開発果樹園では、1976～1977年の組織的調査研究や予備調査から、ち密で排水不良などが予想<sup>25,56)</sup>されており、リッパードーザーによる耕起、栽植列暗渠、灌水施設など栽培阻害要因の排除を配意したにもかかわらず既成園にない多くの問題が生じ、目標収量の達成が遅れ経営内容を悪くしていた。

この原因として、栽培技術にも改善の余地はあるが、あまりにも未熟な土壌の不良要因を排除する技術が確立されていないため、健全な樹体が作れないことがあげられる。そこで、瘠薄な心土出現や排水不良土壌に対応した土壌改良の基準を作るとともに、土壌と樹体の変化に対応した適切な管理法を検討した。

本研究では、粘質で構造が未発達な土壌のブドウ樹に対する物理的抑制要因を、樹皮堆肥の施用によって緩和する方法を明らかにするとともに、土壌とブドウ‘ピオーネ’に対する改善効果の遷移過程を論じた。また、この成果をふまえて、良品質な果実を安定生産する合理的な土壌改良方法として、局所土壌改良・局所施肥を目指したものである。そのために、

- (1) 樹皮堆肥の効果的な施用方法
- (2) 土壌改良効果の持続性
- (3) 土壌改良による根系と根活力分布の変化およびブドウの収量・品質の向上過程
- (4) 土壌改良の範囲

について種々の試験を行い、生産の現場で確認するとともに、その実用性を明らかにした。

# 第1章 樹皮堆肥による粘質土壌の物理性の改良に関する研究

果樹園土壌の改良目標の第一は下層土の物理性改善である<sup>15)</sup>。しかし、大規模な農用地開発事業によって造成された粘質土開発果樹園では、既成園の土壌を改良するというような段階ではなく、根の生育媒体となる土壌を短期間に作り上げる技術が必要である。中でも水捌けを良くすることは最優先課題で、栽植列暗渠は必須の条件になっている（写真-1）。それにもかかわらず計画生産

ができないのは、暗渠の集水圏が比較的狭く<sup>21,70)</sup>、依然として土壌の透水性が改善されていないことが大きく影響している。本章では、土壌の物理性改善に適し、現地で安定して大量に入手可能な樹皮を改良資材の原料とすることを基本にし、樹皮の簡易な堆肥化と樹皮堆肥の合理的な施用方法を明らかにし、未熟土壌の物理的的不良要因を早期に排除する技術を確立した。

## 第1節 樹皮堆肥の簡易製造方法

土壌の物理性改善を目的とする資材は、多量施用が前提になるので、堆肥化の過程で添加する窒素は極力少なくしたい。そこで、現地で安価・簡易に樹皮堆肥を調整する管理の要点を明らかにするとともに、窒素含量の高い堆肥の施用を避けるため、樹皮堆肥に混入された家畜糞量を堆肥成分の変化から推定することを検討した。

ラー三菱)のフロント・バケット2杯(約350kg)の原料を15cmの厚さに広げ、所定の添加物(第1-2表)を加え、水分が60%程度になるように調整をしながら混合した。この作業を6回繰り返して、一山2,000kgを高さ約90cmに堆積し、シートで覆いをして最初の積込みを完了した。その後は発酵温度の低下がみられたら切り返しを行なった。

### 1 試験方法

#### 1) 添加物の種類、量の効果

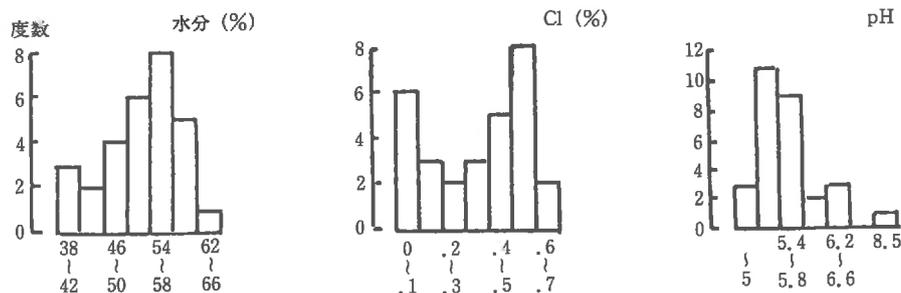
(1) 堆肥原料：海面から陸揚げして直ちに粉碎した米国産ツガの樹皮で、産地に導入した原料29点の特性は第1-1表、第1-1図に示した。

(2) 堆肥化の方法：2,000kgブルドーザ(キャタピ

(3) 発酵過程の調査：足長温度計(あんど計器)で堆積層の温度を頂部から15cm毎に75cmまでの5層について計測した。また、切り返し直前に堆肥化過程のpH、塩素(Cl)、炭素(C)も調査した。分析試料は、通風乾燥機で60°C、2日乾燥したものを振動ミルで粉碎し調整した。pHは、試料20gを100mL容のポリ振盪ビンに入れ、蒸留水50mLを加えて1時間振盪後、pHメータ

第1-1表 原料(米国産ツガ)樹皮の特性 (Cl, C, Nは水分55%換算値)

比重	水分 (%)	EC(dsm <sup>-1</sup> )	pH	Cl (%)	C (%)	N (%)	C/N
0.4~0.5	38~65	0.04~2.4	4.8~6.4	tr~0.64	22	0.11	200



第1-1図 原料樹皮のバラツキ特性

第1-2表 樹皮1,000kg当たり添加物の量、経費および堆肥成分(%)

処 理 区	添加物 (kg)			堆積後7ヵ月の成分 (%)				1979年 経 費 (円)
	尿素	鶏糞	米ぬか	N	P	K	Ca	
標 準	20	0	60	1.71	0.27	0.38	0.62	3,960
標準+発酵菌	20	0	60	1.55	0.35	0.53	0.70	5,160
乾燥鶏糞併用	10	100	0	1.24	0.64	0.74	2.31	2,150
乾燥鶏糞だけ	0	200	0	1.02	1.10	0.97	3.84	3,080
原料樹皮(米国产ツガ)				0.24	0.02	0.08	0.57	

で測定した。Clは、試料10gに蒸留水25mLを加え密栓して30分振盪後、No.5C濾紙で濾過し濾液10mLを採取する。指示薬10%クロム酸カリ3滴をおとし0.1N硝酸銀で滴定した<sup>39)</sup>。ECは、試料10gに蒸留水50mLを加え1時間振盪後ECメータで測定した。

## 2) 堆肥中に混入される家畜糞量の推定

(1) 堆肥原料：1) - (1)と同じ。

(2) 試験区：原料の樹皮1,000kg当りに添加する乾燥鶏糞の量を50, 100, 200kgの3段階に変えて1) - (2)と同様に堆肥化した。樹皮1,000kg当りに添加する窒素の量は9.2kg (C/N≒25)になるよう尿素で調整した。

(3) 堆肥の成分分析：堆積後7ヵ月経過の樹皮堆肥を4.2mmの篩で細区、粗区に粒径区分してC, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Siを分析した。細区は短期間の堆肥化に適しない角材や大きな木片の混入による分析値の乱れを小さくするため設定した。分析試料の調整は発酵過程の調査で述べたCの場合と同様である。

N：試料0.5gをケルダール分解ビンに秤取し、分解促進剤(硫酸カリウムと硫酸銅を重量比9：1に粉碎混合しセレン0.1g添加)3gを加え、濃硫酸10mLを静かに加えて試料全体によくしみ込ませた。はじめ弱火で除々に加熱し1～2時間強熱し、色が緑に変化しほとんど無色に近くなったら加熱を止めて放冷した。放冷後、分解ビンに蒸留水を除々に加えて希釈し、冷却後100mLに定容し、それより一定量を取り、塩入・奥田式蒸溜装置で蒸溜した<sup>50)</sup>。

無機成分の分析(乾式灰化法)：調整した試料1gを磁製ルツボに取り電気炉に入れ500℃で灰化した。灰化後、少量の蒸留水を加え、濃塩酸2mLを加えて溶解し、東洋濾紙No.5Bで濾過し、熱水で完全に水洗し50mLメスフラスコに定容した。この試料を用いP, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Feの分析を行なった。

P：バナドモリブデン酸法による比色法<sup>50)</sup>。

K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe：原子吸光度法<sup>60)</sup>。

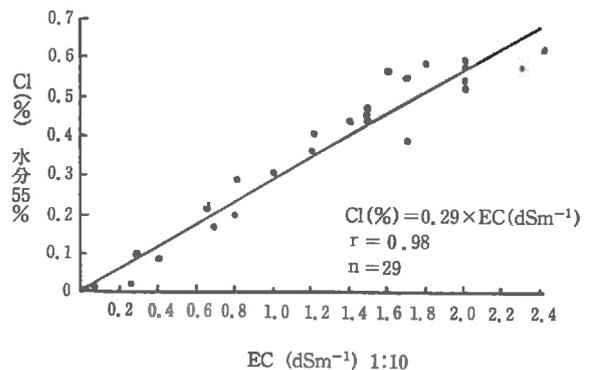
Si：濾紙上の灰分は濾紙とともにルツボに入れ電気炉で灰化、脱水する。デシケーターで冷却後粗珪酸として秤量した。

C (Tyurin法)：試料0.2gを三角フラスコに秤取し、0.4Nクロム酸・硫酸混液10mLをピペットで加え、フラスコの口に径4cmの小ロートを差し込み、あらかじめ加熱してある熱板にのせる。フラスコの底から一様に泡が発生しはじめてから正確に5分間煮沸後、熱板からおろして流水中ですみやかに冷却する。次いで、フェニルアントラニル酸溶液5滴を加えて振り混ぜ、0.1N硫酸第一鉄アンモニウム溶液で滴定し液の色が暗赤紫色から明緑色になるときを終点とした<sup>3)</sup>。

## 2 結 果

### 1) 添加物の種類、量の効果

原料樹皮の堆積放置条件は搬入先で異なる。水分やpHの度数分布図から、水分のモードは54～58%、pHのモードは5.0～5.4でやや偏りがみられるものの、ほぼ正規分布をしていた。しかし、Cl含量の分布はtr～0.1%と0.5～0.6%に二つの頂があり正規性はみられなかった(第1-1図)。第1-1表から原料樹皮のCl含量は0～



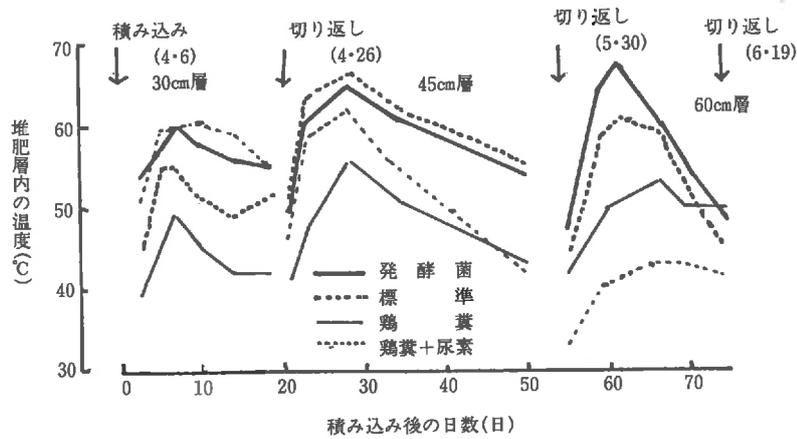
第1-2図 原料樹皮のECとCl含有率の関係

0.64%であったが、この範囲ではECと高い相関がみられ、回帰式  $Cl(\%) = 0.29 \times EC(\text{dSm}^{-1})$  で  $r = 0.98$  を得た(第1-2図)。

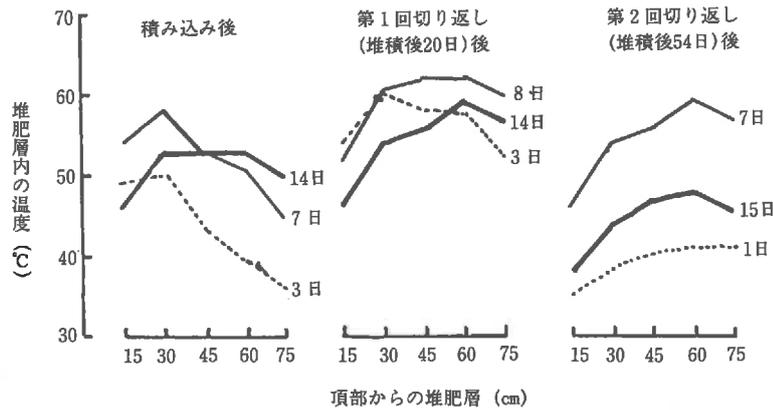
堆積後の発酵温度の推移をみると、発酵菌の添加は積込み直後と第2回切り返し後の温度の立ち上がりに著しい効果があり、常に高い温度を保っていた。鶏糞+尿素区は初期の昇温が著しい反面、堆積後1ヵ月頃から発酵温度は凋落した。鶏糞区の発酵熱は終始低かったが、第

3回切り返しまでの74日間比較的安定していた。また、切り返しの効果は、どの処理区においても著しく、切り返し後7~8日でピークに達した(第1-3図)。発酵温度が最高になる堆肥の層は堆積後の日数で変化し、第1回切り返しまでは30cm層であったが、その後は経時的に30cm→45cm→60cmと高温部が下層へ移り、第2回切り返し後は60cm層が最高であった(第1-4図)。

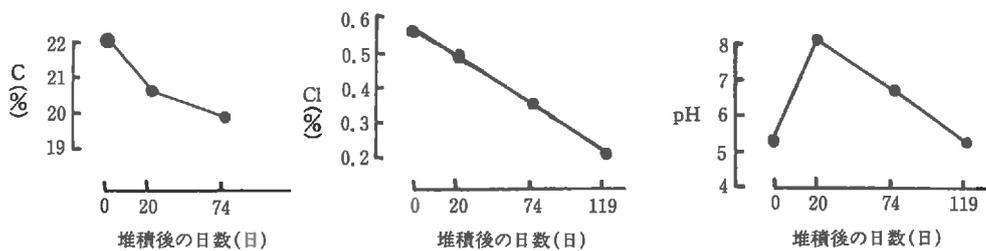
堆肥化過程の品質変化をみると、Cl含量は堆積後の



第1-3図 発酵温度の推移



第1-4図 堆積日数による層別堆肥温度の変化



第1-5図 堆肥化過程の品質変化

経過日数に応じて直線的に減少し、堆積後3ヵ月で0.3%以下になった。pHは積込み時の5.3から第1回切り返しまでの20日間に8.2まで上昇したが、その後は直線的に低下し5.2前後になった。C含量は第1回の切り返しまでの20日間に22%から20.6%に減少したが、その後は緩やかに減少した(第1-5図)。

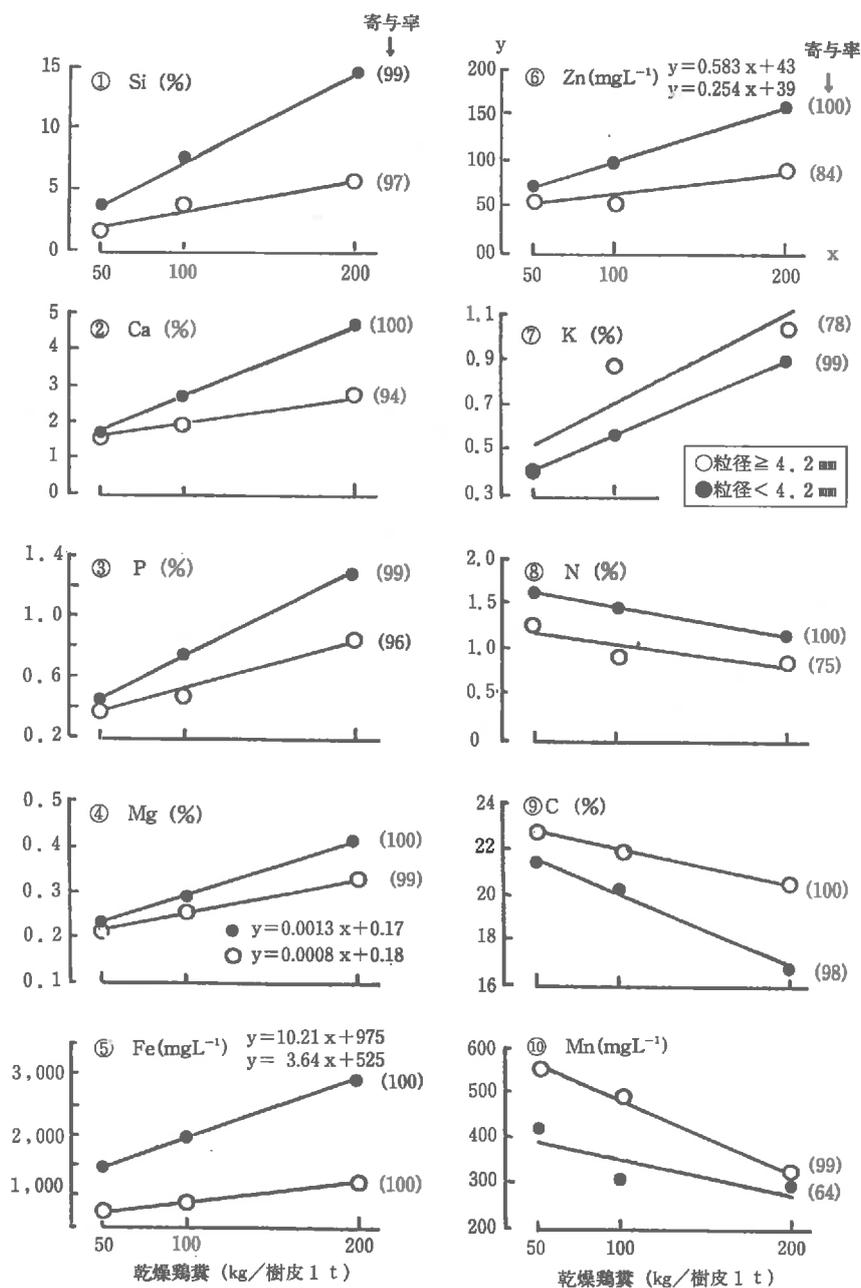
## 2) 堆肥中に混入される家畜糞量の推定

堆積後7ヵ月の樹皮堆肥の無機成分のうちSi, Ca, Mg, Fe, P, K, Znは鶏糞添加量を増すにしたがって増加し, N, C, Mnは鶏糞添加量を増すにしたがって減少した。また, 総体に堆肥の粒径区分の小さい方の成分が高いが, K, Mn, Cは粒径区分の大きい方で高

かった。鶏糞添加量と樹皮堆肥の成分の関係が, 寄与率90%以上で成立する成分は, 細区ではMnを除く他の成分が, 粗区ではFe, P, Ca, Mg, Mn, Siであった(第1-6図)。

## 3 考 察

木質廃材の発酵堆肥化については, 多くの報告<sup>51,58,66)</sup>と実績があり技術上の問題はない。ここでは, 技術の基本を踏襲して, 現地で簡易・安価に大量の改良資材を調整する上での問題を考察する。外国産樹皮では, 海から陸揚げしたものを使用する関係から塩分の影響が先ず問題になった。しかし, 原料樹皮に付着している塩分は,



第1-6図 鶏糞添加量と樹皮堆肥の成分の関係

第1-1図のバラツキからみて、高いグループから低いグループへの容易な移行があり、これに降雨が関与していると推察された。堆肥化の過程でも、ClはCやpHとは異なる変化をし、堆積後の日数とともに直線的に減少しCl含量が容易に低下することを示している。タバコでは樹皮堆肥中のCl含量を0.3%に規制しているが、その濃度は堆積後3ヵ月でクリアーできた。なお、原料段階では、添加物の影響がないのでClの分析はECで代替できることを明らかにした。

堆積過程の発酵温度の推移は堆肥化の進行を知るために重要である。堆積時の添加物として発酵菌と米ぬかの効果は大きく、積込みや切り返し直後の発酵温度の高さに顕著に認められた。しかし、堆積後7ヵ月を経過した堆肥には特別な差をみることはできなかった。樹皮の堆肥化では、フェノール性の酸など生育阻害物質の存在が問題になるが、発熱発酵の期間90~100日の高温発酵で認められなくなり、更に100日の常温発酵で完全に認められなくなったと報告<sup>51)</sup>されている。この条件から、試験した各区の生育阻害はないものと判断される。果樹園の土壤改良は11月から12月に行なわれるので、4月に積み込んだ原料は11月の改良に間に合う。6月以降に搬入した原料をその年の土壤改良に施用する場合は5ヵ月以下の短期堆肥化が必要であるが、産地では枝梢管理や結実管理などと競合するため1年遅れにならざるをえない。それゆえ、産地が堆肥化を図る場合は、経費を下げる観点から乾燥鶏糞と尿素的の併用で十分と判断した。

堆肥層の高温部は、積込み・切り返し後の日数によって移動する。それゆえ、発酵温度を堆肥化過程の管理指標にする場合には、時期によって温度測定位置を変える必要があり、次のように定めた。

- ①積込み~第1回切り返し： 上から30cm層
- ②第1回切り返し~第2回切り返し： 45cm層
- ③第2回切り返し後： 60cm層

廃材に添加物を加えずに長期間堆積放置したものは、C/Nが高いにもかかわらず窒素飢餓などの障害がないとされている<sup>50)</sup>。土壤の物理性を改善する資材として、そのようなものが入手できれば施用量に制限がなく理想的である。一般にはC/Nを20~30に下げる目的で、家畜糞を主体にして必要な窒素を添加して堆肥化を図っている。しかし、家畜糞尿の処理を目的にした家畜糞木質堆肥もあり、この場合には窒素含量が高く、果樹園への窒素持ち込みが多くなり樹勢を乱す原因になりかねない。そこで、樹皮堆肥に混入されている鶏糞の量を分析値から推定することを試み、4.2mm以下に篩別した樹皮堆肥のMnを除く成分の値が有望であった。鶏糞の他に添加物として入りやすいCa, P, Nと混入物となるSiを除いてMg, Fe, Znの分析値が指標として推奨できた。たとえば、樹皮1tに添加された乾燥鶏糞(xkg)と樹皮堆肥のMg含有率(y%)との間に回帰式 $y = 0.0013x + 0.17$ が成立し、Mgの分析値が0.2, 0.3, 0.4, 0.5%のとき、樹皮堆肥1,000kgに混入された鶏糞量は23, 100, 177, 254kgと推定される。

## 第2節 樹皮堆肥の施用量、施用方法と土壤の物理性変化

粘質土壤の物理性改善に多くの労力と大量の資材が必要<sup>35)</sup>なこと、樹冠の拡大に合わせて逐次改良範囲を広げればよいこと、水の溜り場になりやすいタコツボ方式は適さない<sup>36)</sup>ことを考慮し、条溝状<sup>29)</sup>に土壤改良する方針で樹皮堆肥の施用量、施用方法を明らかにした。

### 1 試験方法

#### 1) 樹皮堆肥の施用量と土壤の物理性変化

(1) 供試圃場：1967年に開園した広島県果樹試験場内のブドウ園。1区画40a、圃場勾配4~5°、土壤は細粒黄色土造成相(凝灰岩質流紋岩土壤、埴壤土)である。栽植時にha当たり40,000kgのコンポストを全面に散布し耕起しているが、ち密で透水性の悪い土壤環境を根本的に改良した前歴はない。本試験の開始までは、ブ

ドウ‘マスカット・ベリーA’が栽植されていたが、生育は不良であった。なお、暗渠は圃場の傾斜にそって10m間隔で深さ1.0mに設置されている。

(2) 供試樹：1976年に栽植した8B台ブドウ‘ピオーネ’で、植え付け時の栽植密度は5m×5mの正方形植えであったが、1978年から10m×10mの互いの目植えにした。栽培様式は棚仕立ての簡易被覆栽培とハウス栽培の二とおりで、整枝法は長梢剪定である。

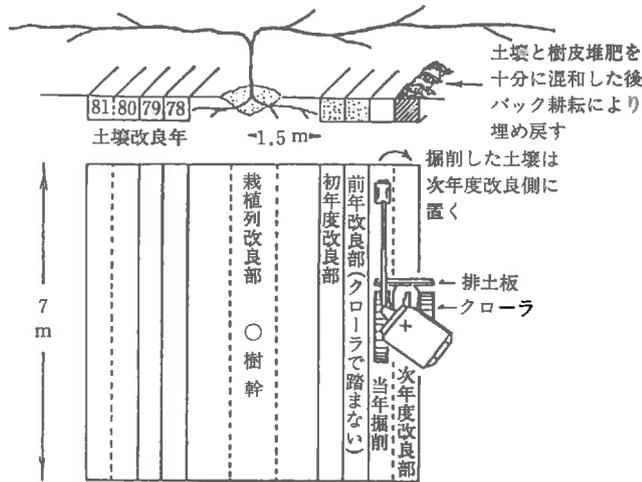
(3) 改良資材に用いた樹皮堆肥：米国産ツガの粉碎樹皮1,000kgに尿素-N、乾燥鶏糞-Nを各5kg添加し、場内で毎年4月に積込みを開始し7ヵ月間堆積発酵させたものである(第1-2表)。ただし、初年目の一部は木質系蒸煮発酵堆肥を用いた。

(4) 土壤改良の開始位置：植え付け時に、本試験で実施したほど完全ではないが、栽植列の幅1m、深さ50

第1-3表 土壤の物理性を改善する場合の樹皮堆肥施用量の表示方法

(A) 土壤 1 m <sup>2</sup> 当たり (kg)	0	40	100	200	400	600
(B) 条溝 1 m当たり (kg)	0	10	25	50	100	150
(C) 圃場 1 a 当たり (kg)	0	200	500	1,000	2,000	3,000

(B) : 条溝の幅50cm, 深さ50cmの土壤改良に適用。 (C) : 条溝の延長20ma<sup>-1</sup>



第1-7図 土壤改良の位置と掘削時のクローラの位置  
(ミニバックホーの位置は3年目改良時)

cmをブルドーザーの排土板を用いて改良している。土壤改良を開始した1978年11月には栽植後2年が経過している、樹幹から1.0mで溝を掘りあげると断根の障害が大きいと判断された。そこで、本試験では、樹幹から1.5mを改良の開始位置とした。

(5) 土壤改良の方法：樹幹から1.5mを基線とし、幅50cm, 深さ50cmの条溝を暗渠と直交する方向に樹幹の両側を掘り、掘りあげた土壤に所定量の樹皮堆肥を十分に混和して埋め戻す方法とした。各条溝の一端は、条溝よりも深い傾斜にそった排水溝と接続した。条溝の延長は1年でha当たり2,000mである。1978年11月に第1回の土壤改良を行ない、以後4年間、毎年50cmずつ樹幹の外側へ改良範囲を広げ、樹幹から1.5m~3.5mの範囲を改良した(第1-7図)。

土壤改良の作業手順は次の4工程(写真-2-a, b, c, d)である。

①掘削：初年目は手掘りであったが、2年目以降は棚下用ミニバックホー(コマツ)を用いた。条溝の底部は排水溝に向けて勾配がつくように配慮した。また、作業は、クローラが前年の改良部に踏圧をかけないように配慮

し(第1-7図)、掘りあげた土壤は次年度改良部に置いた。

②樹皮堆肥の施用：条溝の長さ4m(幅50cm, 深さ50cm)の条溝では土量1m<sup>2</sup>に相当する。)毎に区切って、掘りあげた土壤の上に所定量(第1-3表)の樹皮堆肥を配置し、施用量が均一になるよう配慮した。

③混和：ロータリー耕耘を2往復かけ、大きな土塊を砕くとともに、掘りあげた土壤と樹皮堆肥の十分な混和を行なった。

④埋め戻し：条溝と垂直の方向から、バック耕耘で混和しながら圧密をかけないようにして条溝へ埋め戻した。

(6) 樹皮堆肥の施用量：土壤の物理性を改善する場合は、a当たり何kgという面積当たりの表示よりも、土壤に混和される樹皮堆肥の割合が重要な要素になるので、土壤1m<sup>2</sup>当たりの施用量を基準にした。溝幅50cm, 溝深50cm, a当たり条溝の延長20mの本試験では、土壤改良容積が1年に5m<sup>3</sup>a<sup>-1</sup>になり、従来表示のa当たりとの対応は第1-3表に示した。

(7) 試験区：深耕の効果と樹皮堆肥混和の効果が評価できるように五つの処理区と二つの付加処理区を設定した。

①無改良区：植え付け時に栽植列を改良しただけで、その後は不耕起とした。簡易被覆栽培。1区2樹。

②深耕無堆肥区：樹皮堆肥を施用せずに掘削→混和→埋め戻しの工程を行なう処理区で、樹皮堆肥施用量の効果を判定する基準にした。簡易被覆栽培。1区2樹。

③40kg混和区：条溝深耕して、土壤1m<sup>2</sup>当たりに樹皮堆肥40kgを混和した。簡易被覆栽培。1区2樹。

④100kg混和区：条溝深耕して、土壤1m<sup>2</sup>当たりに樹皮堆肥100kgを混和した。簡易被覆栽培。1区2樹。ハウス栽培。1区12樹。

⑤200kg混和区：条溝深耕して、土壤1m<sup>2</sup>当たりに樹皮堆肥200kgを混和した。簡易被覆栽培。1区2樹。

付加処理区は、条溝深耕して、土壤1m<sup>2</sup>当たりに樹皮堆肥400kg, 600kgを混和したが、混和を十分にするため、掘削した土壤は条溝の左右に振り分けて作業をすすめた。なお、付加処理区の供試樹は露地栽培の12年生ブドウ'キャンベルアーリー'である。1区2樹。

(8) 調査項目と調査方法<sup>2)</sup> :

土壌の硬さ：SR-2型土壌抵抗測定器で円錐貫入抵抗値を、根量調査時には山中式硬度計で密度を測定した。

土壌水分特性計測試料の採取：100mL採土用円筒（内径50mm、高さ51mm、内容積100mLの金属製の無底円筒で、両端に蓋がついている。）に採土補助器をあてがい、補助器の頭部を鋤で打圧しながら採土用円筒に直接採土を行い、円筒内の土壌が圧縮しないよう完全に土壌中に挿入した。その後スコップで円筒を掘出し、円筒上下の面をヘラで平らにけずり蓋をしてテープでとめ採土を終った。このようにして、現地構造のまま1区6連で採土し冷蔵した。また、真比重等測定用試料としてビニール袋に適量の土壌を採取した。採土位置は樹幹から最短距離になる各条溝の中央部で、深さは15~20cm層とした。

土壌水分特性：冷蔵した試料のテープを取り下を上にして置く。蓋を取り、附着している土をスプーンで取り円筒に入れる。No.1の濾紙を輪ゴムで止め、濾紙面を下にしてバットに並べる。抜気水を水面が円筒中心よりやや上になるよう静かに注ぐ。半日飽水後、円筒を静かに取出し濾紙面を上にして置く。濾紙を取り、円筒、上蓋を紙で拭き、下蓋を乗せて秤量（ $pF=0$ ）後、取り去った濾紙を輪ゴムで止め、再び飽水して砂柱法  $pF_{1.0}$  に備える。以下、砂柱法  $pF(1.0, 1.5)$  → 飽水 → 吸引法  $pF(1.0 \sim 2.5)$  → 飽水 → 定水位飽和透水係数 → 飽水 → 遠心法  $pF(2.5 \sim 4.2)$  →  $pF_{4.2}$  終了時圧縮調査 → 通風乾燥器で乾燥後秤量。

真比重：秤量したピクノメーター（比重瓶）に6~8mmの厚さに風乾細土を入れ、注水、抜気、秤量の順に常法<sup>2)</sup>により求めた。

土壌の三相分布、水分恒数等：100mLの乾土重、真比重と各測定値を用いて計算により求めた（附表1、2 P.41~42）。なお、易効性有効水分は  $pF_{1.5}$  と  $pF_{3.0}$  の水分率の差、難効性有効水分は  $pF_{3.0}$  と  $pF_{4.2}$  の水分率差、全有効水分は  $pF_{1.5}$  と  $pF_{4.2}$  の水分率差として求めた。また、附表1の  $pF$  値に対する水分率をプロットして求めた  $pF$ -水分曲線に微分操作をして  $pF$ -水分分布

曲線を作成した。

## 2) 木質系有機物の施用方法と土壌の物理性変化

(1) 供試圃場：1974年に開園した開発果樹園（三次ピオーネ生産組合21戸、36ha）内に設置した現地試験圃場50aで、土壌は細粒黄色土造成相（花崗斑岩土壌、埴壤土）である。造成時にha当たり40,000kgの樹皮堆肥が全面散布され、リッパー処理がされている。栽植列の下80~90cmには管暗渠（溝の底部に石と粗朶を敷き、多孔管を置き粗朶で被覆）があり、栽植列は幅80cm、深さ40cmが栽植時の1974年に改良された。その後、下層土の改良は1977年に実施されたが、樹幹から1.8m離れた位置であった。この時点でのブドウの生産性は非常に低かった。

(2) 供試樹：1974年に栽植された8B台ピオーネ。栽植密度は9m×9mの正方形植え、栽培様式は簡易被覆栽培の長梢剪定整枝である。

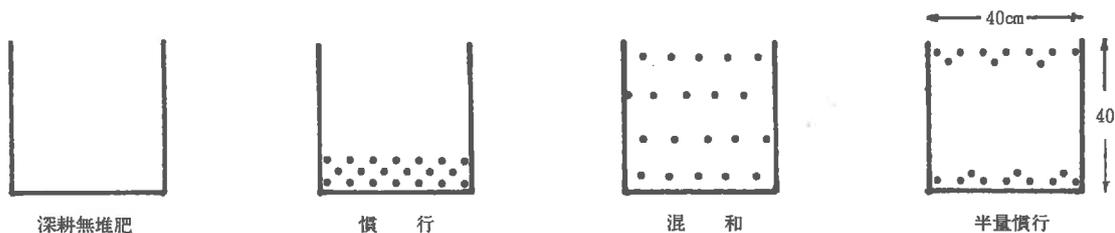
(3) 改良資材：主にマキの樹皮が原料であるが、現地では大量に必要なこともあって堆肥化が間に合わず、下層改良用と表層改良用に分けて調整した。下層改良用は原料の樹皮を1年以上堆積放置したもので、表層改良用は下層改良用に鶏糞・牛糞を添加して6~10ヵ月堆積発酵させたものである。

(4) 土壌改良の開始位置：1977年に現地で実施された下層土改良の条溝に隣接して樹幹から2.2mの位置を改良の開始位置とした。

(5) 土壌改良の方法：幅40cm、深さ40cmの条溝を暗渠と平行して樹幹の両側に掘り、1978年、1979年の2年間に樹幹から2.2m~3mを改良した。下層改良用資材は施用量を土壌1m<sup>2</sup>当たり200kgに固定し、効果的な施用方法、混和方法、埋め戻し方法を検討した。なお、表層改良用資材はha当たり25t（条溝1m当たり11.3kg）とし、下層改良後に施用してロータリー耕耘した。

(6) 試験区：表層改良は各区共通とし、下層改良方法として次の4区を1区3樹で設定した（第1-8図）。

①深耕無堆肥区：資材を施用せず掘削→混和→埋め戻



第1-8図 木質系有機物の施用方法

しの工程だけを行なった。

②慣行区：掘削した条溝の底へ資材を投入し、ブルドーザーのフロントバケットで掘りあげた土壌を押し戻した。

③混和区：掘削、資材施用、混和後に圧密をかけずに埋め戻した。

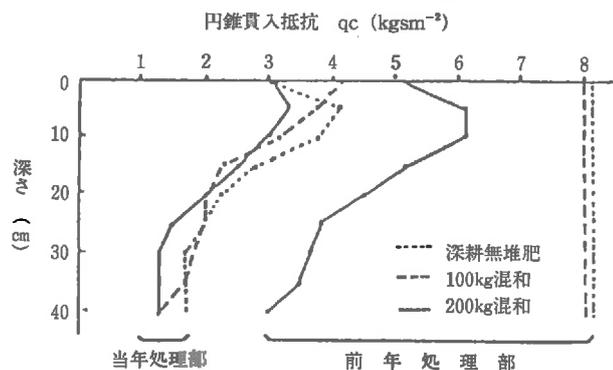
④半量慣行区：掘削した条溝の底へ資材の半量を投入し、掘りあげた土壌を押し戻した後、残りの半量と表層改良用資材を施用してロータリー耕をかけた。

## 2 結 果

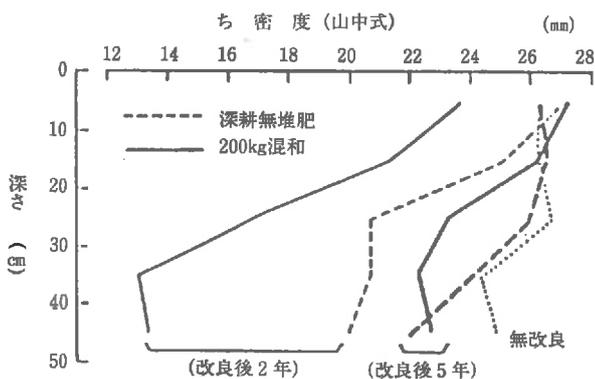
### 1) 樹皮堆肥の施用量と土壌の物理性変化

#### (1) 土壌の硬さ

改良後5ヶ月目の円錐貫入抵抗値は小さく、樹皮堆肥施用量0~200kgの差は小さかった。しかし、17ヶ月経過後は表層が硬くなり200kg混和区だけが測定できた。なお、表層5~10cmに形成される硬盤は、改良後の経過日数の長短や樹皮堆肥施用量の多少に関係なく認められた(第1-9図)。試験終了後の根量調査時に測定したち密度を第1-10図に示した。改良後2年では200kg混和の効果が持続されていたが、深耕無堆肥の場合には認められなかった。また、改良後5年のち密度は無改良区より



第1-9図 改良後5, 17ヶ月の円錐貫入抵抗



第1-10図 改良後2, 5年の土壌ち密度

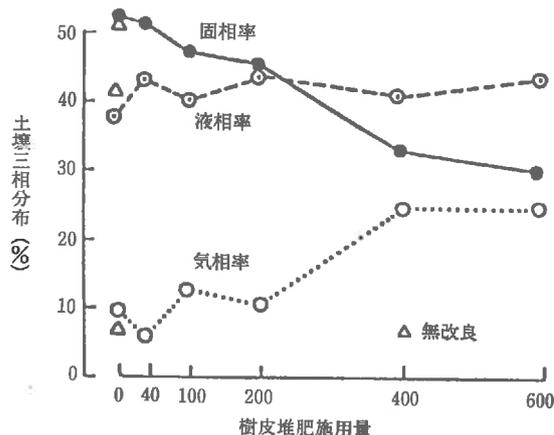
小さいものの、22mm以上の硬い値を示した。

#### (2) 土壌の三相分布

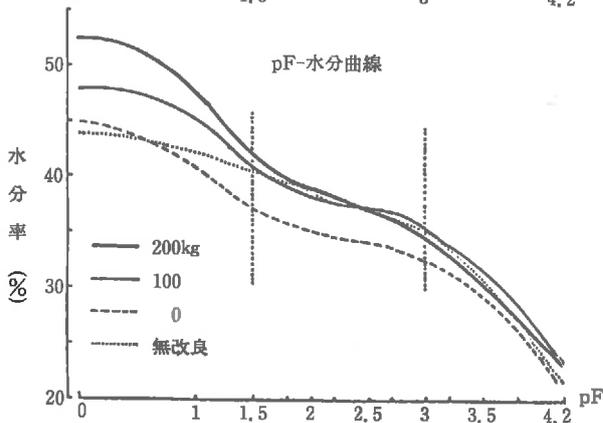
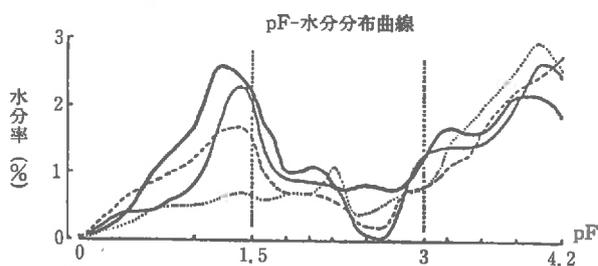
土壌改良後1.5年では、樹皮堆肥の施用量を増すにしたがって気相率の増大、固相率の減少が認められた。特に、200kg混和から400kg混和の間で増減が大きかったが、400kg混和から600kg混和での変化は小さかった。なお、40kg混和区の気相率は、無改良区や深耕無堆肥区よりも小さかった。液相率は深耕無堆肥区が無改良区より小さい他は、混和量を600kgまで増してもほとんど変化しなかった(第1-11図)。

#### (3) 土壌水分

pF-水分曲線から、樹皮堆肥混和は低水分域の水分率を明らかに増加させたが、pF1.5以上の領域では無改良



第1-11図 樹皮堆肥混和による土壌三相分布の変化 (土壌改良後1.5年)



第1-12図 土壌改良によるpF水分の変化 (改良後3.5年)

第1-4表 土壤改良による透水性の改善効果

定水位飽和透水係数 (cms<sup>-1</sup>)

処 理 区	土 壤 1 m <sup>2</sup> 当 たり 樹皮堆肥 (kg)	土 壤 改 良 後 の 年 数			
		0.5年	1.5年	2.5年	3.5年
無 改 良	0		5.4×10 <sup>-5</sup>		
深 耕 無 堆 肥	0	2.2×10 <sup>-4</sup>	3.2×10 <sup>-4</sup>	3.4×10 <sup>-4</sup>	5.0×10 <sup>-4</sup>
40 kg 混 和	40	2.0×10 <sup>-3</sup>	3.1×10 <sup>-6</sup>	6.1×10 <sup>-6</sup>	4.7×10 <sup>-4</sup>
100 kg 混 和	100	5.1×10 <sup>-3</sup>	2.5×10 <sup>-3</sup>	6.0×10 <sup>-4</sup>	1.9×10 <sup>-3</sup>
200 kg 混 和	200	8.5×10 <sup>-3</sup>	4.4×10 <sup>-4</sup>	6.7×10 <sup>-4</sup>	1.4×10 <sup>-3</sup>
400 kg 混 和	400		1.2×10 <sup>-2</sup>		
600 kg 混 和	600		7.4×10 <sup>-3</sup>		

区と変わらなかった。しかし、深耕無堆肥区はpF1.0以上の領域で無改良区よりも低い水分率で推移した(第1-12図-下)。pF-水分分布曲線から、無改良区はpF 0~3の領域で安定して低く、pF 3以上の領域で高まる傾向にあった。一方、樹皮堆肥混和の各区はpF1.5の近傍に著しいピークの形成があり、施用量が多いほど高い値を示した。中でも200kg混和区は易効性有効水分の範囲(pF1.5~3.0)で高い値を示したが、pF4.2の近傍では最も低かった(第1-12図-上)。

全有効水分は深耕によって無改良よりも減少し、樹皮堆肥施用量を増すとともに回復・増加する傾向がみられた。しかし、改良区的全有効水分が無改良区よりも高くなるのは200kg以上の施用量の場合で、400kg、600kg混和区は特に著しかった。また、改良歴による変動がみられた。すなわち、深耕無堆肥区は改良後1.5~2.5年で減少し、その後増加に転じる下に凸の放物線的傾向を示したが、樹皮堆肥施用の各区は施用量に関係なく上に凸の

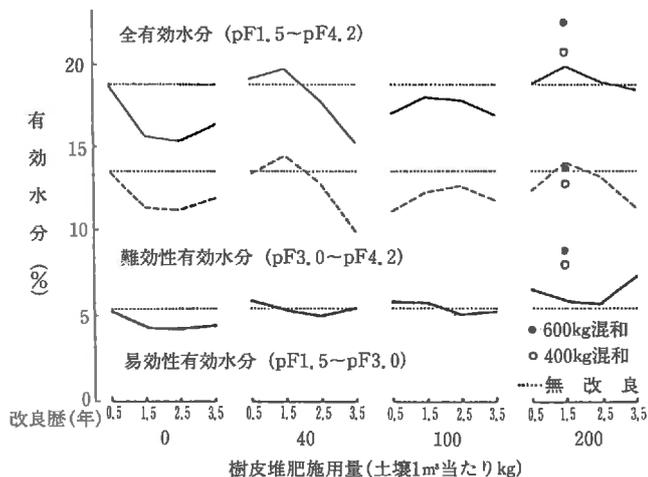
放物線を示し、改良後1.5年で高くなりその後減少に転じた。

難効性有効水分は樹皮堆肥施用量による差が小さく、400kg、600kg混和区でも増加しなかった。また、改良歴による変動は全有効水分の場合と類似していた。

易効性有効水分は全有効水分と同様に樹皮堆肥施用量を増すと増加した。深耕無堆肥区は無改良区より減少したが、40、100kg混和区では無改良区と差がなく、200kg以上の施用量では明らかに増加した(第1-13図)。

(4) 土壤の透水性

定水位飽和透水係数は、深耕によって10<sup>-5</sup>cms<sup>-1</sup>の次数から10<sup>-4</sup>cms<sup>-1</sup>の次数に改善され樹皮堆肥施用量の増加によって更に向上した。また、改良後6ヶ月目に認められていた効果は経年的に変動し、1.5~2.5年で効果の減退がみられ、特に、樹皮堆肥施用量の少ない40kg混和区では改良前の状態よりも悪くなった。100、200kg混和区の場合も同様の減退がみられたが、改良後3.5年には再び著しい効果が認められた(第1-4表)。



第1-13図 土壤改良による有効水分の変化

2) 木質系有機物の施用方法と土壤の物理性変化

条溝の底部に投入した下層改良用の資材は、1年後にはC/Nが半分以下に低減し、粒径分布も小さい方に

第1-5表 廃材堆積物の変化

項 目	施 用 時	1 年 後
T-N (%)	42	24
T-N (%)	0.60	0.74
C/N (%)	70	32
粒径分布 (%)		
1.0~2.0 (mm)	19	52
2.0~3.7 (mm)	21	15
3.7~ (mm)	60	33

第1-6表 腐材堆積物の施用方法と土壌の変化  
(土壌改良後3.5年経過)

項目	無改良	深耕無堆肥	混和
固相率(%)	41.3	40.4	38.8
液相率(%)	50.2	51.6	49.8
気相率(%)	8.5	7.9	11.3
透水係数(cms <sup>-1</sup> )	1.3×10 <sup>-4</sup>	4.5×10 <sup>-4</sup>	1.2×10 <sup>-3</sup>

偏っていた(第1-5表)。

1979年の土壌改良時に、掘削した条溝の左右の側面のち密度を比較した。前年に木質系有機物の施用処理をした区はち密度が5mm低下していたが、深耕だけの場合はその効果が有意でなかった(第1-14図)。

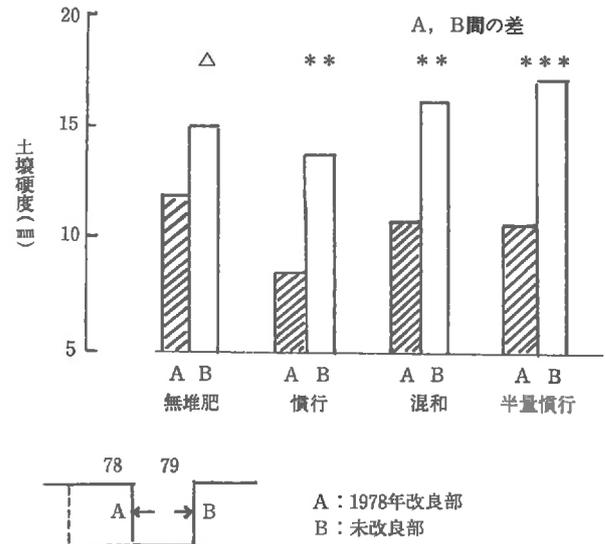
土壌改良後3.5年経過した処理区の土壌特性を第1-6表に示した。土壌の気相率や透水係数は、200kg混和区で改善効果が大きかった。

### 3 考 察

農林水産技術会議事務局が取り纏めた果樹園の土層改良目標は、土壌要因、水分消費特性の数量的評価からミカン園を中心に作成され、ち密度20mm以下、仮比重は中細粒鈣質土壌で1.0~1.3、固相率40~55%、液相率20~40%、気相率15~37%、粗孔隙10%以上、透水係数10<sup>-4</sup>cms<sup>-1</sup>以上とされている<sup>42)</sup>。また、土壌物理研究会は、根の伸長が抑制され始めるときの土壌の硬さは山中式硬度計の指標硬度17~20mm(貫入抵抗値5.4~6.3kgcm<sup>-2</sup>)、伸長が停止するときは指標硬度25~27mm(貫入抵抗値14.0~20.1kgcm<sup>-2</sup>)としている。さらにまた、非火山灰土で根の伸長を抑制あるいは制限する限界の固相率(仮比重)は、中・細粒質土で45~50%(1.2~1.3)、50~55%(1.4~1.5)とみられている<sup>1)</sup>。

山中式硬度計の指標硬度25mmの土壌に対する改良目標を貫入抵抗値で6kgcm<sup>-2</sup>以下とした場合、土壌改良後5ヶ月目では単に深耕するだけで目標に達していた。しかし、その後1年が経過すると、改良効果はみられなくなり、改良効果を長期間持続させるためには土壌1m<sup>2</sup>当たり200kg以上の樹皮堆肥混和が有効であった。この場合、ち密度の改善効果は20cm以下の土層で著しく、効果の持続は4年と考えられた。

土壌の硬さは土壌水分に影響されるので、硬度と関係する固相率や仮比重を指標にした方が精度が高い。土壌に樹皮堆肥を混和すれば、施用量に応じて固相率は減少した。固相率52.5%、仮比重1.39の土壌に対して、固相率を50%以下にするには100kg、45%以下にするには200



第1-14図 木質系有機物の施用方法と土壌ち密度  
(1979年掘削時の側面A, Bの比較)

kgの樹皮堆肥を土壌1m<sup>2</sup>に対して混和すればよいが、このときの気相率は改良歴による変動を考慮しても13%を越えていた。ここにいう気相率は粗孔隙と同一であるが、粗孔隙は透水性に影響する大孔隙の量を表しているとともに、根の生育に必要な土壌中の空気量を示している。10%以下では根の伸長が阻害される場合が多いとされている。この点からも、土壌1m<sup>2</sup>当たり100kg以上の樹皮堆肥混和は有効であるといえる。樹皮堆肥は、土壌と混じり合うことによって大小さまざまな間隙を作り、土壌の通気性や保水性に影響を及ぼす。土壌改良による孔隙分布の変化は、pF-水分分布曲線に明瞭にみることができる。

深耕・樹皮堆肥混和は土壌の粗孔隙量を著しく増加させた反面、pF1.8以上のいわゆる毛管孔隙に及ぼす影響は小さく、pF3.5以上では逆に孔隙量の減少がみられた。すなわち土壌水分の保持に関する毛管孔隙は、深耕・樹皮堆肥多量混和といったドラスチックな土壌改良を行ってもあまり変化しないことを示していた。このことは、3種の土壌を用いて、人為的に膨軟、中圧縮、強圧縮の状態にして各土壌の孔隙分布を調べた木下<sup>23)</sup>の結果と同様であった。三木ら<sup>33)</sup>は、堆肥、生わらの施用によって跡地土壌の孔隙、とくに気相率は増加したが液相率は必ずしも増加しなかったこと、pF1.7の吸引力で排除される水分は有機物跡地で著しく多かったが、2.7から4.1の高いpF領域における水分変化は有機物施用の有無によってあまり変わらなかったと報告している。本試験でも、樹皮堆肥施用量が土壌1m<sup>2</sup>当たり200kg以下では同様の傾向であった。このことは、樹皮堆肥施用量と

有効水分の関係をみると一層明らかである。

改良歴4年未満の短期間の結果であるが、土壌の物理性を改善し、かつ土壌の保水性を低下させないためには、土壌1m<sup>2</sup>当たり200kg以上の樹皮堆肥が必要である。しかし、改良後2～3年で易効性有効水分の増加と難効性有効水分の減少がみられるので、全有効水分の経年変化は今後も追跡する必要がある。

古畑ら<sup>8)</sup>は、粗孔隙と毛管孔隙を同時に増大させる効果のある資材を見いだす試験で、粒径0.1～0.5mmの画分に富む資材が有効なこと、水をはじかないことなどをあげている。また、高橋ら<sup>59)</sup>は、樹皮の有機物資材としての特性を調査し、2～1cmの区分は破碎度が小さいので残存しやすいが、1.0～0.6cmの区分は破碎度が大きく減りやすいと報告している。本試験の樹皮堆肥は、粒径区分1～2mmのものが施用時の19%から1年後には52%に増えていたが、年次とともに存在様式は相当に変化すると考えられる。仲谷<sup>37)</sup>は、有機物の存在様式によって保水性が全く異なることを明らかにし、保水作用などの土壌の物理性に及ぼす有機物の役割を考察するときには、

土壌中で有機物の存在様式が考察されなければならないと指摘している。この点に関しては、土壌の微細構造のところで触れるが、400、600kg混和区の解析が必要と考えられる。

土壌の透水性は果樹の生産力の高低を決める重要な土壌の物理的要因で、透水係数が $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{cms}^{-1}$ を示す土壌の場合は透水不良で根の腐敗現象を認めることが多く、透水係数が $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{cms}^{-1}$ であれば根の発達も良好であるとされている<sup>1)</sup>。開発果樹園における改良目標を $10^{-3} \text{cms}^{-1}$ とした場合、透水係数 $10^{-5} \text{cms}^{-1}$ の土壌に対する樹皮堆肥施用量は土壌1m<sup>2</sup>当たり100kg以上が有効であった。

圃場の透水性は、土層中の最も透水性の低い土層に支配される。本試験では、改良した条溝の深さ50cmの間を均一になるよう配慮しているので、5～10cm層に形成される硬盤が透水性改良の効果持続に影響してくる。板倉ら<sup>17)</sup>は草生、マルチ区が清耕区に比べて硬化の程度が少ないと述べているが、土壌の物理性改良効果を持続させるためにもこうした土壌管理の導入が必要である。

### 第3節 要 約

ち密で透水性の不良な粘質土開発ブドウ園土壌の物理性を改善するため、樹皮堆肥の多量施用による方法を研究し、改良基準を確立した。

1. 生産現場で樹皮堆肥を簡易・安価に造る方法として、樹皮1,000kg当たりの添加窒素は尿素と鶏糞で5kgずつとすることで十分なことを明らかにした。発酵過程を管理するための温度測定は、第1回切り返しまでは上部の30cm層、その後第2回切り返しまでは45cm層、第2回切り返し後は60cm層で行なう。また、堆肥中に混入された家畜糞量を推定するためには、篩別した4.2mm未満の堆肥のMg,Fe,Znの分析値が指標になることを示した。
2. 開発果樹園土壌の物理性を改良する樹皮堆肥施用量は、土壌1m<sup>2</sup>当たり100～200kg (a当たり500～1,000kg)で、土壌との十分な混和によって改良効果を高めた。

3. 改良効果は、ち密度の減少、固相率の減少、透水性の向上に現われたが、保水性の向上は認められなかった。

4. 樹皮堆肥の混和によって、低pF水分域の水分率は明らかに増加したが、pF1.5以上の領域では無改良と大差なかった。

5. 全有効水分は深耕無堆肥で減少したが、樹皮堆肥混和量を増すにしたがって増加した。しかし、改良区的全有効水分が無改良より高くなるのは土壌1m<sup>2</sup>当たり200kg以上を混和した場合で、400kg、600kg混和の場合には顕著であった。

6. 定水位飽和透水係数は深耕によって $10^{-5} \text{cms}^{-1}$ の次数から $10^{-4} \text{cms}^{-1}$ の次数に改善され、樹皮堆肥混和量の増加によってさらに向上した。

## 第2章 樹皮堆肥による土壤改良効果の持続性に関する研究

樹皮堆肥混和によって攪乱された土壤は、踏圧など人為が加わらなくても乾湿の繰り返しや土の重さの影響を受けながら安定した状態に戻ろうとする。この過程で、施用した樹皮堆肥は土壤の物理性、化学性、生物性の変化にどのような関わりを持っているかを調査し、改良資材としての樹皮堆肥の特性を明らかにした。また、条溝掘削、樹皮堆肥施用、混和、埋め戻しの一連の作業による土壤改良は、多くの労力と大量の資材が必要なので、改良効果を的確に発現させ、効果を長く持続させることは経営上重要な課題である。しかし、土壤改良に使用する

ミニバックホーや防除作業時のスピード・スプレヤー（以下S.S.と略す）など大型作業機の導入は作業効率を高めた反面、踏圧によって折角の改良効果を低減させる場合が多い<sup>22,40,45</sup>。また枝梢管理や結実管理で作業者が園内に入る機会が多く、その踏圧も無視できない。本章では、物理性の改善を目標に土壤改良した効果が、年々どのように土壤に発現してくるかを解析するとともに、踏圧によって低減される状態を解析し、効果を持続させる要件を明らかにした。

### 第1節 土壤改良効果の遷移

すでに第1-5表で述べたが、現地慣行の土壤改良で溝底へ投入された資材は、1年後にC/Nが半減し、2mm以下の粒径区分が19%から52%に増え、3.7mm以上の粗粒区分は60%から33%に減少していた。このような急激な変化は、土壤との混和によって更に進むと考えられる。ここでは、樹皮堆肥を混和した土壤の固相率、緩衝能、土壤微生物相、土壤の微細構造の経年変化を調査し、土壤改良効果発現の過程を明らかにする。

#### 1 試験方法

##### 1) 固相率の遷移

(1) 調査試料：第1章・第2節で述べた条溝深耕樹皮堆肥混和による土壤改良を行なった改良歴の異なる各条溝から採土した。

(2) 調査方法：深耕無堆肥、40kg混和、100kg混和、200kg混和の4区について、土壤改良後0.5年、1.5年、2.5年、3.5年経過の固相率を比較した。固相率の調査は第1章-第2節と同じ。

##### 2) 土壤の緩衝能

(1) 調査試料：無改良、200kg混和の改良歴2年、200kg混和の改良歴5年の各区の土壤を20~30cm層から採取した。また、樹幹周辺の稲わらマルチを7年継続しているマルチ直下の土壤も比較の対照とした。

(2) 調査方法：0.1NのH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、NaOH添加による

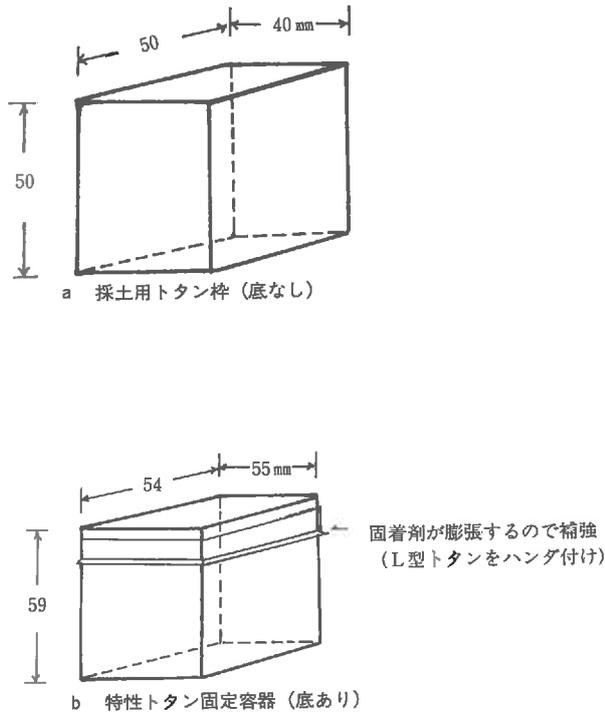
pH変化曲線の比較をした。

##### 3) 土壤の微生物相

(1) 調査試料：粘質土壤の物理性改善を目的に、土壤1m<sup>2</sup>当たり樹皮堆肥を200kg混和して改良した区の9, 8, 7, 6, 2年を経過した条溝、及び木質系有機物の種類を検討した試験区〔第3章-第3節-2-1〕の10~15cm層を採土した。また、4年間の条溝改良で物理的阻害要因が排除された後に実施した局所改良の試験（第4章-第2節）に用いた次の改良資材①無機改良材（土壤1m<sup>2</sup>当たり：ヒドロキシルアルミニウム [H-Al] 10kg + くん炭10kg）、②難分解有機物（樹皮堆肥200kg）、③易分解有機物（マメ科の緑肥作物クロタラリアを15cm程度に切断し、3ヵ月堆積した堆肥40kg）による違いを調査するとともに、①と②について根圏、根面、根内部を比較した。

(2) 微生物の分画：土を剥がして取った根を水中に20分浸けた後に軽く振るい、落ちた土を根圏土壌とした。次に、この根を取出し、超音波洗浄器で水を変えて5回微生物を2分間ずつ振るい落とし、合わせて根面微生物とした。更に、この根を70%アルコール中で30秒殺菌し、直ちに水洗し、この根の1/2量のポリビニールポリピドリンを加え、ホモジナイザーで破碎し、根内微生物とした。

(3) 分画微生物の培養：①一般細菌用に肉エキス・ペプトン培地、②色素耐性菌用にクリスタルバイオレッ



第2-1図 土壌の微細構造調査に用いた用具

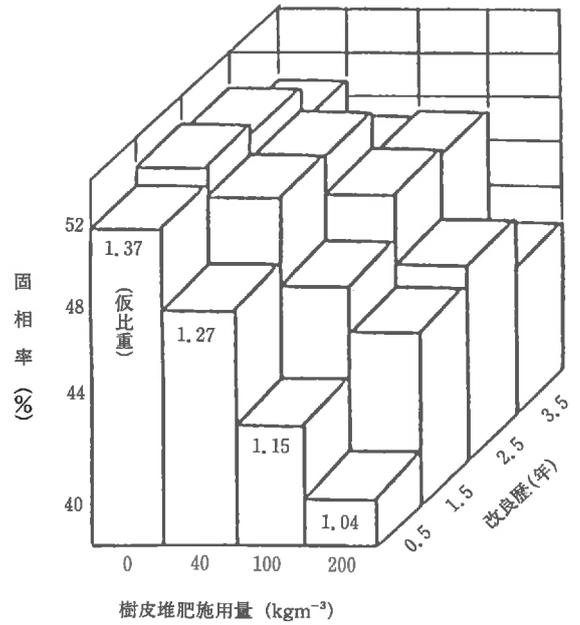
ト添加培地, ③一般細菌, 放線菌用にアルブミン寒天培地, ④糸状菌用に Martin ローゼベンガル寒天培地を調整して培養した。

(4) 微生物の計数: 希釈平板法によった。

4) 土壌の微細構造

(1) 調査試料: 第1章-第2節-1)で処理した200kg混和区の改良歴8ヵ月, 20ヵ月, 30ヵ月の条溝から採取した。試料は, 表層10cmの土壌を除いて, 採土用トタン枠(第2-1-a図)を打ち込み自然状態で採土した。

(2) 固定作業: トタン枠付きのまま60°Cで乾燥させた土壌を特製トタン容器(第2-1-b図)に入れて減圧用デシケータに移す。-70mmHgで吸引減圧しながらコ



第2-2図 固相率の遷移

ックを開いて固着剤(メタクリル酸メチル・モノマーに過酸化ベンゾイルを0.1%になるよう加えて攪拌)を特製トタン容器一杯に注入する。これをデシケータに移し一夜放置安定化する。アルミ箔と厚紙で密封し, ボルトで締めて(第2-1-c図)70°Cで乾燥, 固化する。トタン枠より取出しダイヤモンド刃で半分に分断する。以下, 常法<sup>2)</sup>により切断面研磨, スライドガラス接着, 切断, 研磨, 修正を経て薄片の固定を行なった。

(3) 微細構造の解析: 土壌薄片の観察とともに画像解析装置にスキャナーで読み込んで孔隙とその他の部分に2値化し画素数を解析した。

2 結 果

1) 固相率の遷移

固相率は樹皮堆肥の施用量に応じて減少する傾向を保ちながら, 改良後1.5年~2.5年で無改良の値に近付き, その後再び改良効果が発現する遷移を示した(第2-2図)。この傾向を詳しくみたのが第2-3図である。図より, 土壌改良後3.5年の範囲で固相率が最大(改良効果が最低)になる時期は, 土壌に混和する樹皮堆肥の量によって移動した。改良効果が小さい無堆肥区や40kg混和区は年次変動も小さく改良後比較的早い1.6~2.1年に固相率が最大になったが, 改良効果が最も大きい200kg混和区は年次変動も大きく改良後2.4年であった。100kg混和区は改良後0.5年では大きな効果を示したが年々低下し, 2.9年を境に再び効果の発現が見られたもののその

第2-1表 土壤改良層と土壤微生物の関係 (乾土1g当たり)

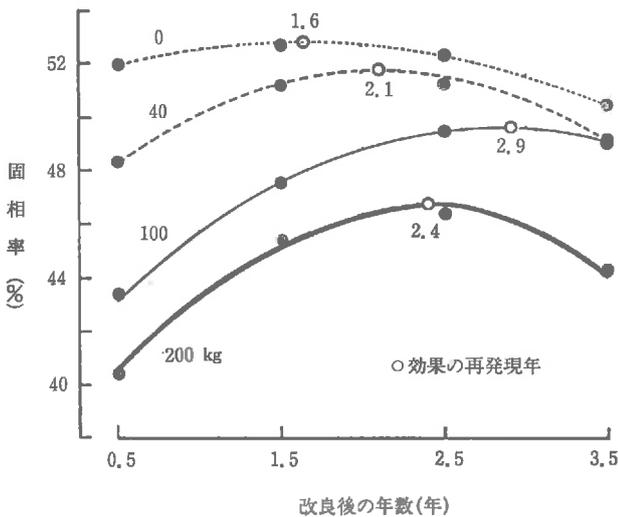
土壤改良後の年数	全細菌 (B) ×10 <sup>5</sup>	色素耐性菌 (DB) ×10 <sup>4</sup>	放線菌 ×10 <sup>4</sup>	糸糸菌 (F) ×10 <sup>2</sup>	B/F値
2年3か月	240	120	190	2,100	110
6年3か月	140	59	470	1,100	130
7年3か月	150	45	260	580	260
8年3か月	68	32	170	190	360
9年3か月	120	51	320	120	1,000

注) 1988年2月24日に土壤深10~15cmで試供土壤を採取した(ピオーネ11年生)。

程度は小さかった。付加処理として設定した400kg混和区, 600kg混和区は改良後1.5年の固相率が33.3%, 30.4%と顕著な効果を示した(付表-1)。年次変化を調査して

いないので効果が最低になる時期を算出できないが, 第2-3図の傾向から効果再発現が最も遅くなるのは混和量125kg, 改良後2.85年と試算できた(第2-4図)。

固相率のこのような遷移に関連して, 気相率や遠心法pF4.2終了時の圧縮などにその傾向をみる事ができた(付表-1, 2)。



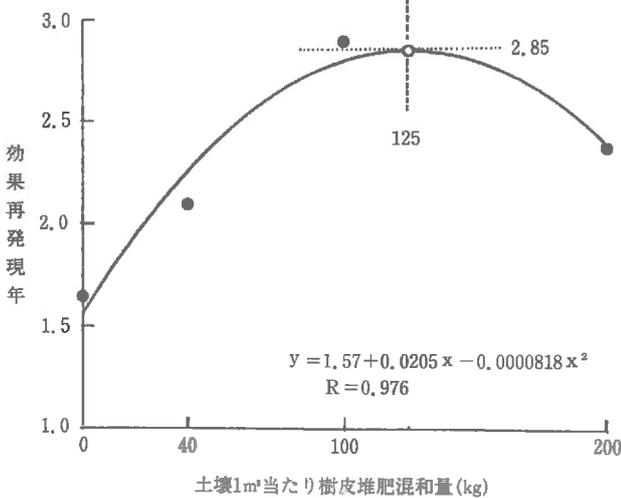
2) 土壤の緩衝能

樹皮堆肥200kgを混和した土壤は, 原土壤に比べて明らかに土壤の緩衝能が高まり, 稲わらマルチを7年間継続したマルチ直下の土壤に近い変化を示した。なお, 改良歴2~5年の差は明らかでなかったが, 改良後5年経過した土壤では酸性側の緩衝能低下がわずかにみられた(第2-5図)。

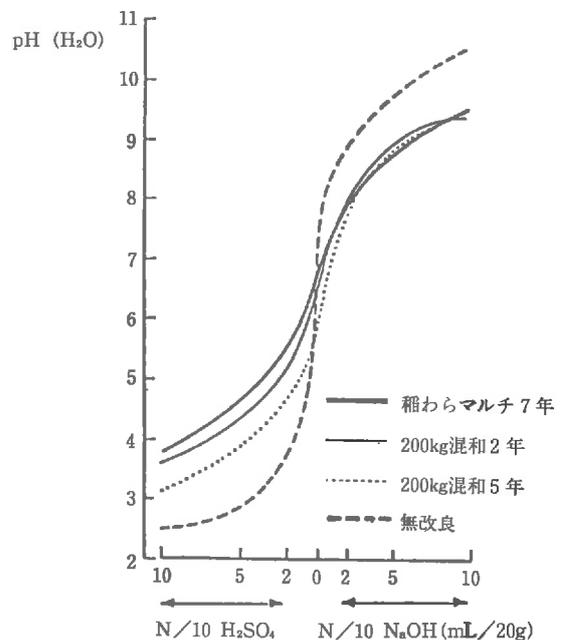
3) 土壤の微生物相

土壤改良後の年数が土壤微生物相に影響することは明らかであった。すなわち, 改良後の経過年数が長いほど,

第2-3図 改良効果発現の遷移



第2-4図 樹皮堆肥施用量と固相率に対する効果再発現年の関係



第2-5図 改良歴と緩衝能

第2-2表 堆肥の種類と土壤微生物相との関係 (改良後7年)(乾土1g当たり)

木質系堆肥の種類	全細菌 (B) ×10 <sup>5</sup>	色素耐性菌 (DB) ×10 <sup>4</sup>	放線菌 ×10 <sup>4</sup>	糸状菌 (F) ×10 <sup>2</sup>	B/F値
オグズ牛ふん堆肥	580	230	830	760	760
食品残さ添加木質堆肥	760	230	510	840	910
米国産ツガ末粉碎堆肥	790	190	1,700	1,700	470
米国産ツガ樹皮堆肥	640	470	1,700	2,900	220
対 照	270	190	830	1,500	180

注) 1987年12月8日に土壤深10~15cmで試供土壤を採取した。ただし対照区は1988年1月7日に採取した (キャンベルアーリー20年生)。

第2-3表 土壤改良剤の種類が土壤微生物相に及ぼす影響 (乾土1g当たり)

土壤改良剤の種類	全細菌 (B) ×10 <sup>5</sup>	色素耐性菌 ×10 <sup>4</sup>	放線菌 ×10 <sup>4</sup>	糸状菌 (F) ×10 <sup>2</sup>	B/F値	ミミズ (匹/m <sup>2</sup> )
H - A 1	30~50	6.0	48	230	130~220	184
樹皮堆肥	100~170	100	59	910	110~190	432
クロタリア堆肥	750	50	400	2300	330	324

注) 1) 1987年5月13日に土壤深10~15cmで試供土壤を採取した (ピオーネ11年生)。

2) ミミズの調査は1987年11月に行い、土層50cmまでの土壤1m<sup>2</sup>当たりで示した。

換言すれば、樹皮堆肥の腐熟化が進むほど糸状菌数は顕著に減少した。一方、全細菌、色素耐性菌は改良後の年数が比較的短い2年ではやや大きな値を示したが、改良後6~9年経過した改良歴の古い場合では密度が小さく差がなかった。したがって、改良歴が古いほどB/F値が高いのは、糸状菌の減少が主要因と考えられた (第2-1表)。

木質系有機物を施用した各区の全細菌数は対照区より2倍以上多く、色素耐性菌、放線菌も多かった。一方、糸状菌は窒素添加を抑制した樹皮堆肥区では対照区より多く、牛糞や食品残さの処理を目的とした木質系堆肥では対照区のほぼ半分であった。その結果、B/F値は対照区<樹皮堆肥区<木質系堆肥区の順に大きくなった (第2-2表)。

土壤改良剤の無機と有機、あるいは土壤中での分解の難易によって土壤の微生物相に特徴が認められた。すなわち、1例を除いて、どの種の微生物もH-A1区<樹皮堆肥区<クロタリア堆肥区の順に多く、無機改良剤で少なく、易分解性有機物で多いのは明らかであった (第2-3表)。

根圏土壤、根面、根内部の微生物相をH-A1区と樹皮堆肥区で比較すると、すべての部位で樹皮堆肥区が大きな値を示した。また、B/F値も樹皮堆肥区が大きく、特に根内部で顕著であった。調査時期は異なるが、非根圏土壤 (根系域の土壤) と根圏土壤 (根から5mm以内の土壤) を比較すると、両区とも根圏土壤が全細菌は5倍以上に増加し、色素耐性菌ではおよそ10倍に増加した。一方、糸状菌はH-A1区でおよそ4倍に増加したが樹皮

第2-4表 土壤処理を異にしたブドウ根圏の微生物相

改良剤	調査部位	全細菌 (B) ×10 <sup>5</sup>	色素耐性菌 ×10 <sup>4</sup>	放線菌 ×10 <sup>4</sup>	糸状菌 (F) ×10 <sup>2</sup>	B/F
H-A 1	根圏土壤*	250	530	1700	980	260
	根面**	200	850	850	470	430
	根内部**	1.4	4.6	0.04	4	350
樹皮堆肥	根圏土壤*	850	1100	2100	1100	750
	根面**	630	1600	3200	950	660
	根内部**	4.3	21	0.03	2	2200

\*乾土1g当たりの菌数

\*\*乾物根1g当たりの菌数

1988年4月22日に土壤深5~20cmで12年生ピオーネ根を採取した。

第2-5表 土壌の微細構造(写真6-a, b)の画像解析

微細構造	全画素数	孔隙画素数	孔隙画素 (%)	孔隙周囲画素数	孔隙周囲画素 (%)
a 改良後8ヵ月	367416	108705	29.6	34376	9.4
b 改良後20ヵ月	367416	88820	24.2	49961	13.6
b/a * 100		81.7	81.7	145.3	145.3

堆肥区ではわずかな増加しかなかった。したがって、B/F値はH-A1区では差がなかったのに対し、樹皮堆肥区では750とおおよそ5倍の大きな値を示した(第2-4表)。

#### 4) 土壌の微細構造

土壌の微細構造は改良歴によって著しく異なり、改良後8ヵ月では、ち密な土塊の間隙に樹皮堆肥と粗孔隙が存在する、掘削・混和・埋め戻しのままに近い姿であった(写真6-a)。20ヵ月経過すると土壌の一部はフレーク状に崩壊し、原土壌物質と樹皮堆肥の細片で構成された集合体が見られた(写真6-b)。改良後30ヵ月経過すると樹皮堆肥と土壌のなじみがみられ、腐植質で被覆された土塊と連通した孔隙が見られた(写真6-d)。ブドウの根の周辺に透明な層が認められ、偏光フィルターを十字にして撮影した結果、結晶性の物質(光る部分)があり、ムシゲル層と考えられた(写真6-c)。

写真6-aと写真6-bの画像について、孔隙とその他に分けた2値化画像を第2-6図のa, bに示し、2値化画像から輪郭を抽出した画像をc, dに示した。また、全画素と孔隙周囲画素などを第2-5表に示した。孔隙画素は改良後8ヵ月の方が多かったが、孔隙周囲画素は改良後20ヵ月の方が45%増加していた。

### 3 考 察

掘削→樹皮堆肥施用→混和→埋め戻しによる一連の作業を完了した条溝は、当然ではあるが元の地表面より10~20cm盛り上がっている(写真2-d)。また、これほど完全ではないが、開発果樹園で慣行として行なわれていた掘削後の条溝へ木質系有機物を投入して埋め戻す簡易な方法の場合も同様な盛り上がりが見られる。このように膨軟化された土壌も、1年が経過して次年度の土壌改良を実施するときには、盛り上がりかほとんど目立たなくなっている。この間に、条溝の中では攪乱から平衡への過程を辿っていて、それが土壌の物理性の遷移や土壌の微細構造の変化、そして土壌の微生物相の変化に反映していると考えられる。

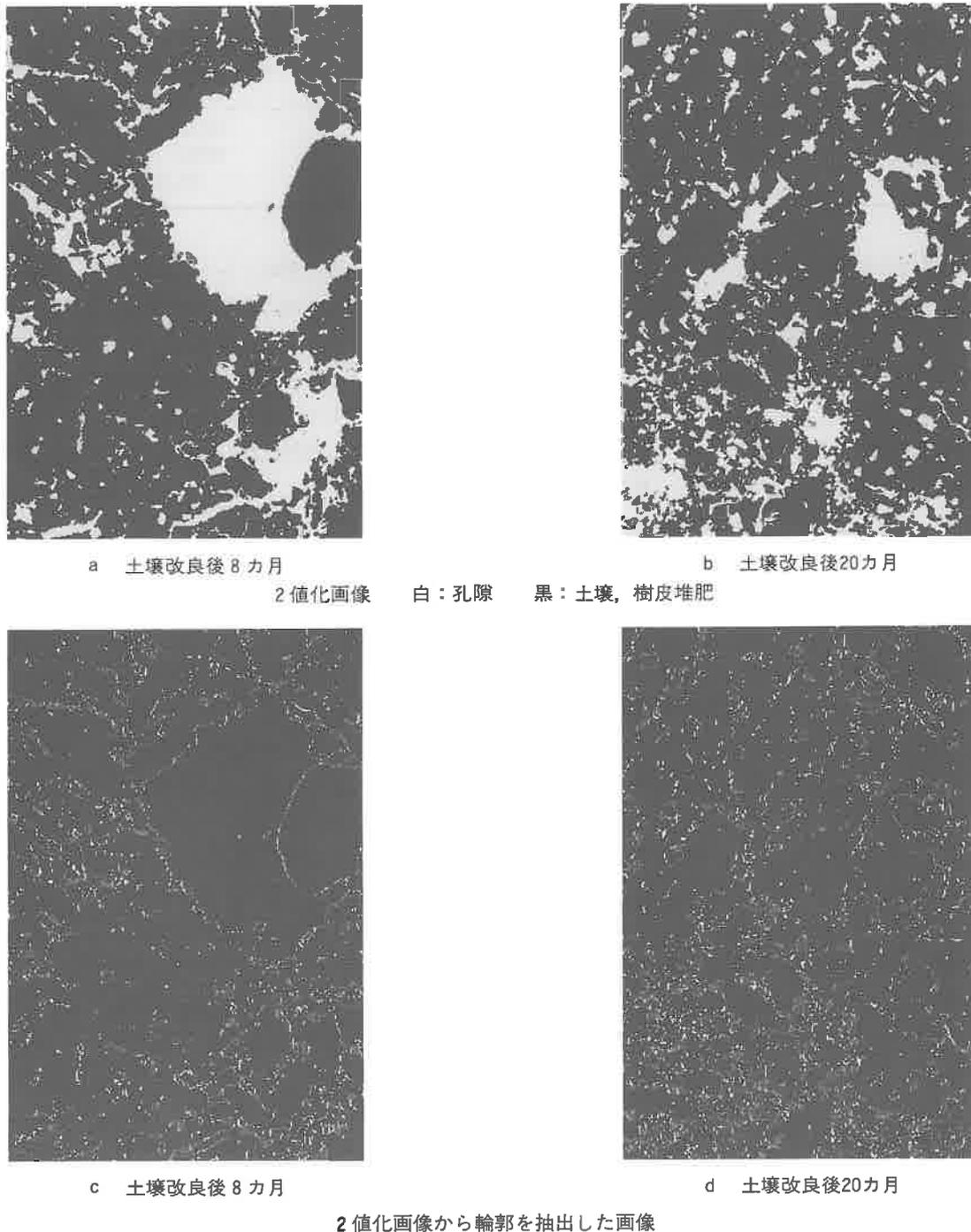
固相率や透水係数にみられたような、改良直後の高い効果発現が一度減退し再び発現する遷移は、改良効果の評価をいつ行なうかに関連して重要であり、遷移の原因を明らかにすることは、改良効果を向上したり改良部位を保守する上から重要である。

木下<sup>23)</sup>は、膨軟になった土壌も雨が降れば土粒による孔隙の閉塞が起こり、人間や機械による踏圧などがあるため、孔隙は減少の一途をたどると報告している。また、森田<sup>36)</sup>は1m深耕による60cm層の全孔隙量改善効果は203日後も明らかとし、古賀<sup>27)</sup>は効果持続に有機物の役割が大きいのとしている。しかし、本試験の結果は、有機物混和の有無に関係なく土壌改良後2~3年で効果が低減から向上に転じる傾向がみられ、土壌の物理性改善の評価は3年以上の経過が必要と考えられた。

開園時にリッパー深耕、排土板深耕、ザンゴウ深耕を行なった試験で固相率は4年後でもほとんど変化がなかったとする報告<sup>62)</sup>もあるが、完全な混和を除けば不均一系での調査の困難性のためと考えられる。例えば、リッパー深耕部で有機物が不均一に混在する部位の根の伸長にそれを見ることができ(写真3-d)。

西出ら<sup>41)</sup>は、粘質~強粘質土壌の改良に深耕施工機械として混層耕プラウ、反転耕プラウ、バックホウを検討し、バックホウによる掘削工法が適しているとしているが、粘土塊の処置が不十分でザンゴウ深耕の効果が発現していない場合<sup>62)</sup>もあり、作業の精度が効果を左右することがある。また、ブルドーザーの排土板による深耕は、花崗岩などの砂質土壌では効果が高いが、粘土含量の多い洪積土壌では効果が低く施工法の改善が必要との指摘<sup>76)</sup>がある。粘質な開発果樹園では、透水性改善が大きな目標なので施工範囲を確実に改良するために、土壌と樹皮堆肥の完全な混和が図れる工法を選択すべきである。

山崎ら<sup>72)</sup>は、重粘土もキ裂を含めて考えるとかなり大きな浸透性をもつと指摘し、排水機構として心土キ裂を通して暗渠へ排水されるが、作土層内を横に流れて暗渠埋め戻し部から暗渠へ達する排水は行なわれないだろうと述べ、心土破砕と土管暗渠を組み合わせた暗渠排水組織が望ましいと報告している。また、時本ら<sup>65)</sup>は透水係



第2-6図 土壤の微細構造の画像解析

数 $10^{-5}$ ~ $10^{-7}$ の第三紀重粘土壤中、暗渠の有効範囲は2 m以下で、地下水の横移動は少なかったと述べている。暗渠の効果発現と関連させたクラックの発達に関する長谷<sup>10)</sup>の報告では5年目の夏期乾燥が原因して発現しており、効果の発現に一定の期間が必要なことを示している。この例を含めて、一般に暗渠埋め戻し部分の土壤に対して積極的な物理性の改善がされていないので、土壤の透水性を改善すれば効果発現までの期間を更に短縮できると考えられる。

土壤改良後3,5年の範囲ではあるが、固相率の遷移から合理的な樹皮堆肥施用量と改良効果の評価時期を検討すると、125kg以下の混和量では改良効果が小さいか効果の再発現が遅れる傾向にある。改良後2,8年までの評価は、効果が減少に向かう時期のため早期の調査ほど有利な結果になる傾向がある。改良効果を何年維持できるかは土壤管理と水管理の精度によるが、根域制限栽培では灌水管理を生体情報に基づいて自動化し<sup>18,19,20)</sup>、ベッド設定後無改良で10年の実績がある<sup>5)</sup>。その結果と合わ

せて考察すれば、土壌の物理性を改善する樹皮堆肥施用量の下限は土壌 1 m<sup>3</sup>当たり125kgであり、改良後3年目から真価が発揮され、その後7年は持続できると考えられる。

土壌改良剤としての樹皮堆肥は、土壌微生物の変化からみて次のように考えられた。改良後の経過年数によって特徴ある推移をしたのは糸状菌で、年々顕著に減少した結果 B/F 値は高まった。オガクズ牛糞のように窒素含量の高い資材と比較すると、樹皮堆肥は糸状菌が多く、結果的に B/F 値は低かった。また、易分解性のクロタリア堆肥と比較すると、色素耐性菌が多い他はすべての微生物数が少なかった。しかし、無機の H-Al と比較するとすべての菌は樹皮堆肥の方が多く、更に根圏、根面、根内部で比較するとより明瞭であった。粘質な開発果樹園の土壌改良の目的は物理性の改善が第一なので、生物性改善を検討する段階ではない。しかし、改良効果が発現する過程での微生物相の遷移から年々 B/F 値が高まることは、物理性改善効果の発現とあいまって生育に有利に作用する資材と位置付けられる。このことは、松口ら<sup>32)</sup>がテンサイ、ジャガイモ、アズキ、春播コムギ、ダイズの連作による根活力低下を軽減し、土壌病害を抑制したとの報告と重ねると一層明らかである。また、関連して根系が発達し、石沢<sup>14)</sup>が述べているように根圏微生物とともに構造の発達に寄与することが大きいと考えられる。

松口ら<sup>31)</sup>は、細菌群、グラム陰性細菌の菌数は土壌の液相率が大きいほど、放線菌と糸状菌の菌数、菌糸密度

は気相率が大きいほど高い値を示し、気相孔隙中での酸素供給速度および蒸気圧に起因すると報告している。また、服部<sup>11)</sup>は、pF2.5~2.7の水分を保持する孔隙の大きさを4~6ミクロン程度とすると、ここに住む微生物フロラはこの物の大きさを境として質的に変わり、これより大きい孔隙は糸状菌、小さい孔隙は細菌しか収容できないとしている。樹皮堆肥混和の土壌が示した物理性の遷移は、孔隙が小さくなる方向なので糸状菌の急減はこのことが関連していると考えられる。

冒頭に記した「降ればぬかるみ、乾けばたたき」について、箱石<sup>9)</sup>は微細構造の調査から「構造単位の接点は粒子の結合で構成されているので乾くと著しい硬さを示すが耐水性でないので飽水すると極めてもろくなる。雨撃に暴露した地表では砂粒子から脱落した粘土が構造単位の間隙を充填し、薄いが極めてち密な土膜を形成する。」と述べている。土壌の微細構造から樹皮堆肥の改良剤としての特性をみると、樹皮堆肥は土壌と単なる混合物として存在する状態（混和後8ヵ月）から樹皮堆肥の細片と土壌の集合体（混和後20ヵ月）を経て土壌なじむ（混和後30ヵ月）過程が長く、根の伸展や微生物・ミミズの増加、あるいはキ裂などが改良部位に係わって、土壌改良時の攪乱から安定までの短期的な遷移を形成すると考えられる。これを孔隙からみると、改良後8ヵ月では粗孔隙が独立して存在し、径年的に細孔隙に変わるとともにその数を増し、連続した安定な通路が形成されると考えられる。

## 第2節 改良効果低減の要因と緩和方法

土壌改良実施後に受ける踏圧の影響を調査し、改良効果を長期に持続させる要件を明らかにするため、室内試験と圃場試験を行い<sup>43)</sup>、踏圧緩和に有効な方法を見出した。

### 1 試験方法

#### 1) 圧密が土壌の透水性、土壌硬度に及ぼす影響（室内試験）

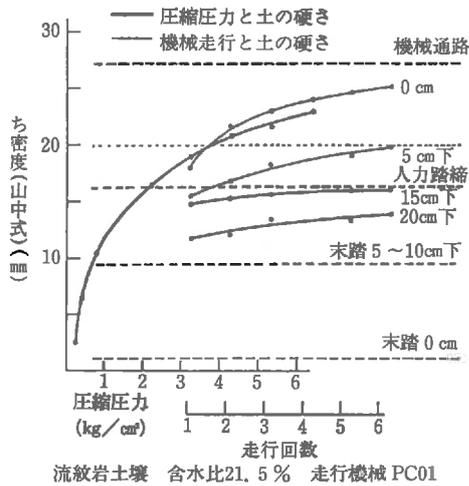
土壌の圧縮による透水性の変化を明らかにするため、500kgまで荷重（100mmパイプで6kgcm<sup>-2</sup>まで）可能な圧縮試験装置を試作し（第2-7図）、定水位飽透水系数測定用の供試体を調整した。試作装置は、既製の500kg台秤を活用し、油圧の圧縮に相当する部分（押し

える力）をハンドルで重さに替え、円筒の径が変わっても測定用供試体が安価・簡単に調整できるよう工夫した。

供試土壌は粗粒質土壌（花崗岩土壌）及び細粒質土壌（流紋岩土壌）の2種類とし、風乾後2mmで篩別した。樹皮堆肥混和量は土壌1m<sup>3</sup>当たり0、100、200kgの3水準とし、土壌水分はpF1.5~4.2を目標に少、中、多の3水準とし一部付加処理を設けた。それぞれの組合せによる試料を作り、予備試験により圧縮圧力0.2~6.0kgcm<sup>-2</sup>に対応する採土管内の土量を決定し所定の圧縮終了時に48mm（復元を考慮）になるよう調整した。

#### 2) 作業機械の走行による踏圧の影響とその緩和（圃場試験）





第2-8図 圧縮圧力・走行回数と土の硬さの関係

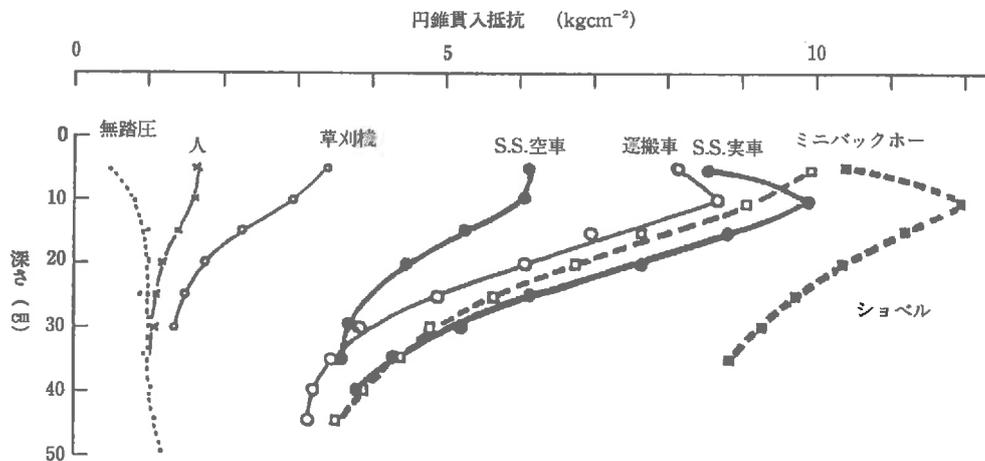
多の条件でその傾向が著しかった。樹皮堆肥100kg混和の条件では、透水性が良いとされる粗粒の花崗岩土壤でも、 $pF1.5$ ,  $2\text{ kgcm}^{-2}$ の圧力で透水性の低下が認められた。しかし、細粒の流紋岩土壤の場合には $0.3\text{ kgcm}^{-2}$

の圧力で透水性の低下がみられた。樹皮堆肥の混和は、圧縮による透水性緩和に役立ち、細粒質の土壤でその効果が大きかった(第2-6表)。

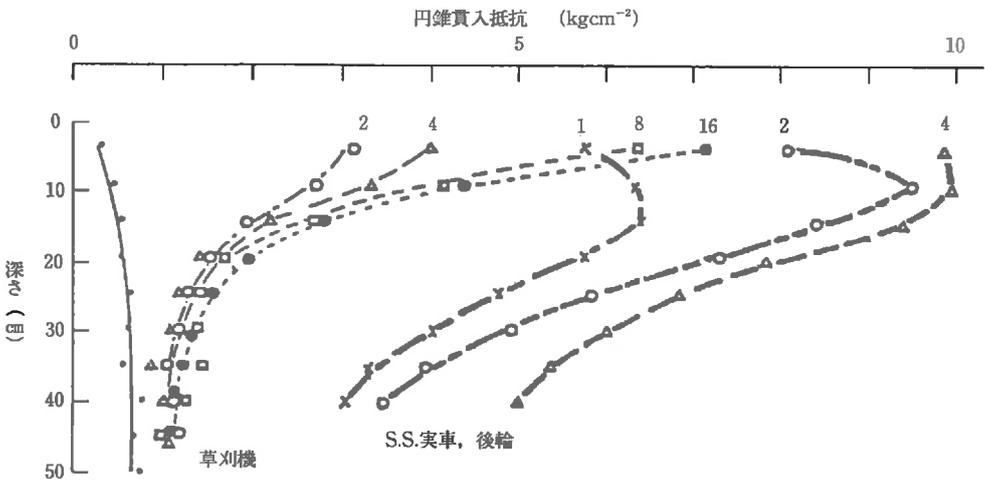
圧縮圧力の増加によって、ち密度は上に凸の放物線的傾向で急増したが、とくに圧力 $1\text{ kgcm}^{-2}$ までの初期に大きかった。圧力が $4\text{ kgcm}^{-2}$ 以上になると山中式硬度計の20mmを越えたが、この硬度は、耕起直後の土壤に重量 $2,000\text{ kg}$ , 接地圧 $0.22\text{ kgcm}^{-2}$ のミニバックホーを2回走行させた場合の表層の硬度に相当していた(第2-8図)。

2) 作業機械の走行による踏圧の影響とその緩和(圃場試験)

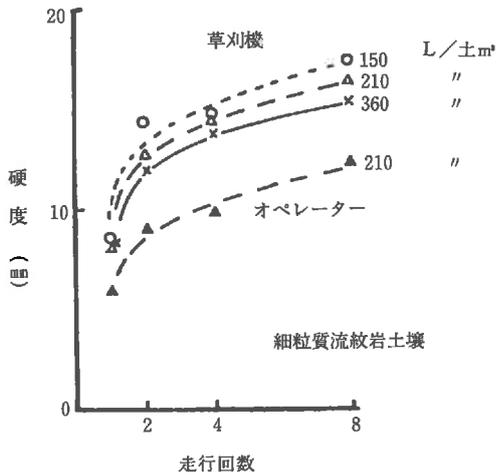
土壤改良直後の圃場へ重量や走行方式の異なる種々の機械を2回走行させ、機械の踏圧が土層の硬さに及ぼす影響を円錐貫入抵抗により調査した。円錐貫入抵抗の大きさ及び表層に硬盤を形成する傾向は、機械重量の順に大きかった。しかし、走行方式の異なるホイール式(S.S.)



第2-9図 機械の種類と踏圧の関係(2回走行時)



第2-10図 軽量機械と重量機械の走行の影響



第2-11図 踏圧緩和に及ぼす樹皮堆肥混和量の効果

とクローラ式（ミニバックホー）を比較すると、重量が軽くてもホイール式の影響が大きかった（第2-9図）。

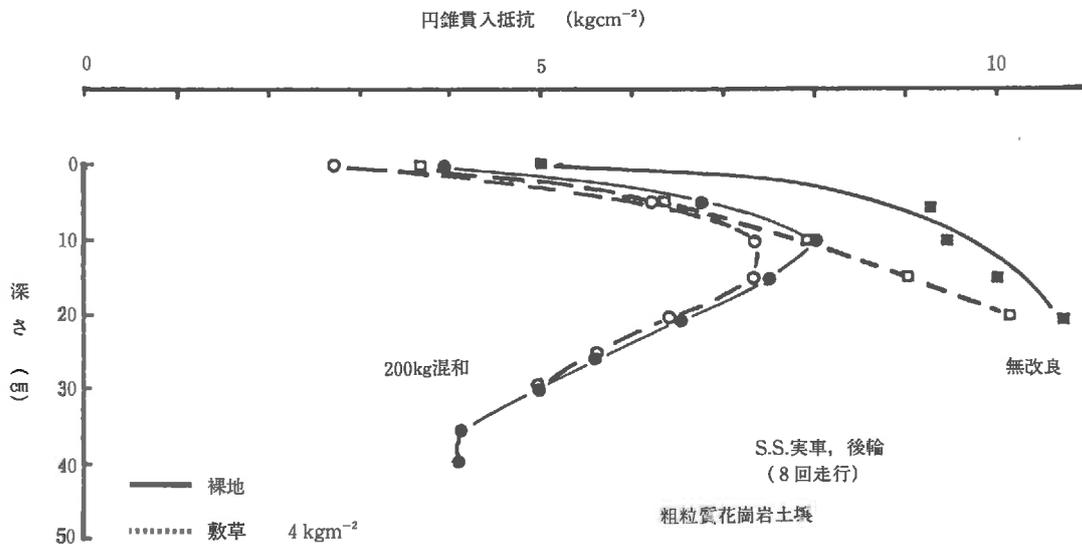
軽量機械の草刈機と重量機械のS.S.を用いて走行回数の増加に伴う土層硬度の変化を調査した。走行回数を増すにしたがって円錐貫入抵抗値は大きくなったが、軽量機械では表層（5～10cm）への影響が大きく、20cmより下層では走行回数の差は小さかった。しかし、重量機械では1回の走行で10～15cmの層に硬度のピークが現われ、走行回数とともに表層に移行する傾向がみられた。また、軽量機械と異なり深層部に及ぼす影響も大きかった（第2-10図）。土壌に混和する樹皮堆肥の施用量を増すと、軽量機械の走行による土壌の硬化を緩和できた（第2-11図）。また、4 kgm<sup>-2</sup>の敷草は、深耕の有無に関係なく重量のあるS.S.の踏圧をも緩和していた。とくに、

硬盤が形成される10cmの表層でその効果が大きかった（第2-12図）。第2-13図は、敷草の量を変えて機械走行の影響を緩和する試験の結果である。敷草量の増加によって明らかに踏圧の影響が緩和され、この場合も硬盤が形成される表層での効果が大きかった。

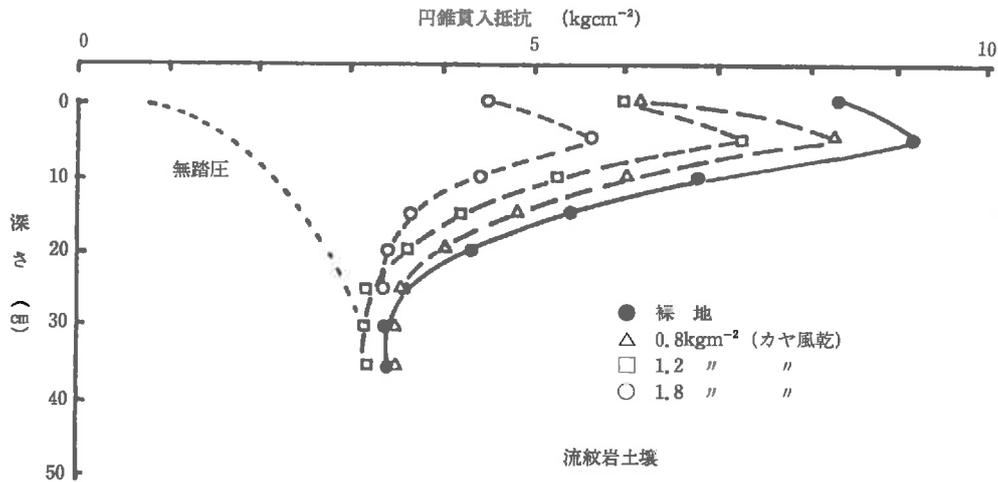
### 3 考 察

土壌改良を行なって膨軟になった土壌も、降雨後土壌の支持力が小さいときに踏まれると粗孔隙はつぶれて、透水性、通気性が悪くなり、ち密な硬い土壌に変化する。土壌1 m<sup>2</sup>当たり混和する樹皮堆肥100kgは物理性の悪い土壌を改良する場合の必要最少量である。この場合に、透水性の低下が認められる圧縮圧力は、粗粒質土壌では2 kgcm<sup>-2</sup>、細粒質土壌ではわずかに0.3 kgcm<sup>-2</sup>であった。樹皮堆肥混和量の増加は土壌圧縮による透水性の低下を緩和させる効果があるが、圧縮圧力が6 kgcm<sup>-2</sup>になると、細粒質土壌では多量混和の効果も認められなくなった。

踏圧によって土壌が硬くなる様子は、軽量機械と重量機械では異なった。軽量機械では表層から硬くなったが、重量機械の場合、地表から10～15cm層に硬盤が形成され、走行回数とともに表層が硬くなり、深部への影響も大きかった。この結果は、長崎ら<sup>40)</sup>が、大型トラクターのホイールによって2回踏圧すると深さ15cm前後に約9 kgcm<sup>-2</sup>の硬盤ができ、10回の踏圧では深さ25～30cmに9～10 kgcm<sup>-2</sup>の硬盤ができ、40cm離れた箇所でも深さ15～25cmに6～7 kgcm<sup>-2</sup>の硬盤の生成がみられたと報



第2-12図 踏圧緩和に及ぼす敷草の効果



第2-13図 踏圧緩和に及ぼす敷草の効果

告しているのと同様である。

土壤改良をした圃場の透水性は表層の硬盤に支配されるので、下層部に改良効果が残っている場合でもその効果を十分に発揮しえない<sup>45)</sup>。それゆえ、土壤改良の効果を長期に持続させるためには、踏圧の影響を緩和させる処置を徹底するか、硬盤を定期的に破壊することが必要である。松元ら<sup>30)</sup>は植物根機能を利用して圧密下層土の物理性改良を図る試みでキマメが期待できると報告して

いるが、果樹園への導入を推進したいものである。また、敷草は、機械の踏圧を緩和させ、しかも硬盤を形成する層位での効果が大きいので、改良効果持続に有効である。

今後は、これらのことを考慮した作業機械の運行、とくに頻繁に園内に入るS.S.の通路と根系管理域の区分を意識した園地利用計画、また、改良後に軽量機械で表層に硬盤を作り重量機械の支持力を作る方法などの検討が必要である。

### 第3節 要 約

深耕、樹皮堆肥混和といったドラスチックな土壤改良は、多くの労力と大量の資材が必要なので、改良効果を的確に発現させ、効果を長く持続させることは経営上重要である。改良直後から土壤環境の変化を経年的に調査し、改良資材としての樹皮堆肥の特性を明確にし、土壤改良効果を低減させる要因と効果を持続させる方法を明らかにした。

1. 固相率の減少や透水性向上に対する改良効果の発現は、樹皮堆肥混和量と改良歴によって異なり、改良後2～3年で効果の低減があり、その後再び効果が現われる遷移を示した。効果の再発現年は樹皮堆肥混和量に支配され、土壤1㎡当たり125kg以上の施用が合理的と考えられた。
2. 遷移の原因として、樹皮堆肥が土壤と物理的に混和された混合物の状態から土壤になじむ分解過程で、独立した粗孔隙から連続した多数の細孔隙への推移があり、構造の発達が関係していることが、土壤の微細構造の面から示唆された。
3. 樹皮堆肥の混和で改良した土壤中の微生物は、改良

後2年3ヵ月では糸状菌が多いが、年とともに等比級数的に減少する。一方、全細菌は改良歴による変動が小さく、改良歴が古いほどB/F値が大きくなるのは、糸状菌の減少が主要因と考えられた。

4. 土壤の圧縮による透水性の低下は、細粒質土壤で樹皮堆肥を混和せず、土壤水分の高い条件で大きいことを試作圧縮試験装置で確認した。

5. 踏圧による土壤の硬化は機械重量の増大で大きくなるが、土壤改良直後にS.S.を2回走行するだけで根の生育を阻害する硬さを示した。走行方式ではクローラ式よりもホイール式の影響が大きかった。

6. 走行回数の増加は土壤の硬度を高め、硬度の高くなる部位は重量の小さい機械では表層だけであり、重量の大きい機械では表層から下層に及んだ。

7. 踏圧による土壤硬度の増大を防止する対策として、土壤1㎡当たり100kgの樹皮堆肥の混和や、1㎡当たり1.8kgの敷草は有効で、とくに、硬盤が形成されやすい10cmの表層でその効果が大きかった。

## 第3章 土壤改良によるブドウ樹の収量・品質の向上に関する研究

樹皮堆肥の多量混和で土壤改良した条溝は改良直後から物理性が改善され、一度は効果の減退がみられるものの固相率では2.4~2.9年後に再び効果が発現してくることを明らかにした。また、土壤の微生物相は糸状菌の経年的減少によるB/F値の高まりや根圏・根面での菌密度向上といった遷移をすること、そして、土壤の微細構造は孔隙の変化とともに安定した通路が完成する遷移を示した。条溝改良により改良範囲を年々拡大する場合は、このような遷移を示す条溝が改良歴を異にして隣接することになる。その中へブドウの根は伸入するので、Russell<sup>48)</sup>の云う「同一根系に属していても部

位ごとに極めて違った環境下におかれている」典型である。したがって、土壤改良の効果を評価するためには、改良範囲全体は勿論であるが、各条溝に伸入している根がブドウの生育・収量にどのように関わっているかを明らかにする必要がある。そこで本章では先ず、土壤改良の直接的な影響を受ける根の分布を調査した。次に、異なる土壤環境にまたがって生育する根の機能を根活力分布検診法と施肥窒素の利用効率から調査した。最後に、生育、収量、品質の変化を調査し、地下部の変化と対応させて収量・品質の向上に結びつく土壤改良法を示した。

### 第1節 根系と根活力分布の変化

農林水産省果樹試験場のアンケート「造成後何年ぐらいたら改良効果が生じたか」に対する回答をみると2~3年とした報告が多いが、5年、7年と長くかかっているものもある<sup>44)</sup>。土壤条件や改良方法が異なるので一概に論じることはできないが、土壤改良の効果が速やかにブドウ樹に発現するためには、改良部へ早く根が伸入すること、改良部の根の機能が早く高まる必要がある。そこで、土壤改良の開始位置と土壤改良の方法が根の生育と分布にどう反映しているかを調査するとともに、渋谷の協力を得て、改良歴の違いによる根活力分布の検診方法を検討し、アクチバブルレーザーとして臭素(Br)をはじめブドウに適用することを試みた。この結果を基に、土壤改良のよりよい方法と効果をさらに発揮させるための条件を明らかにしようとした。ここに言う根活力分布は根自身の活力と根の分布の関数で、作物生育の1時期における土壤体積当たりの根の活力と定義されるものである<sup>6,53,54)</sup>。

#### 1 試験方法

##### 1) 土壤改良の開始位置と根の伸展

(1) 供試圃場：開発果樹園(三次ピオーネ生産組合)

(2) 土壤改良の状況：栽植列の下層80~90cmに、多孔管の上下に粗朶を配置した管暗渠があり、1974年の栽植時に樹幹の両側40cmと暗渠の上部40cmを改良してい

る。その後、樹の生育が十分でないこともあって1977年から土壤改良を再開したが、改良の位置は樹幹から1.8m離れていて、深耕を伴う土壤改良をしない部分が1.4m残された。

(3) 根系調査：1979年と1980年に掘りあげ調査をした。

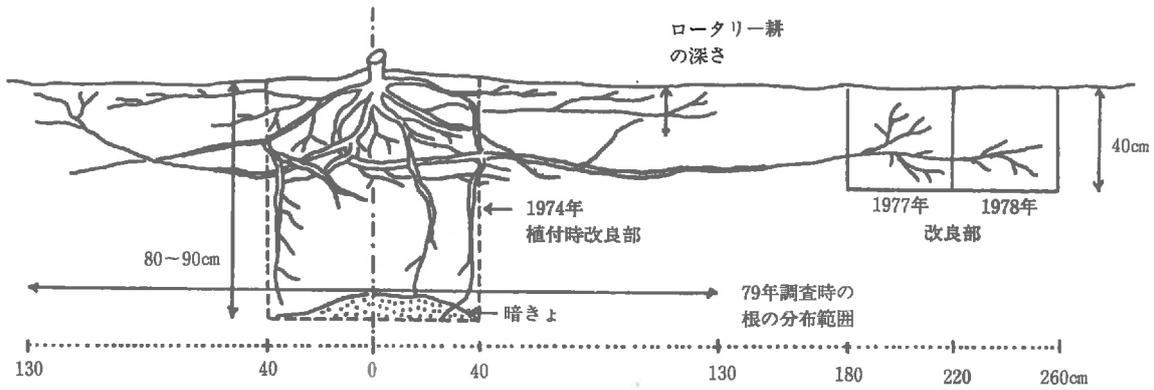
##### 2) 土壤改良方法と根系

(1) 供試圃場：果樹試験場

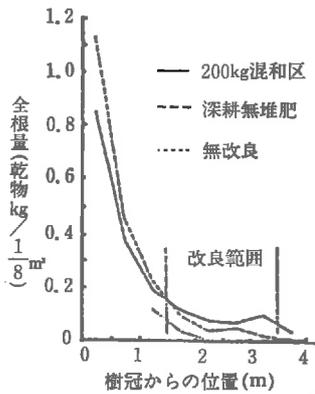
(2) 土壤改良の状況：1976年栽植時に樹幹の両側50cmを改良しているのので、1978年から開始した条溝状土壤改良の位置までに1.0mの未改良部が残されていた。しかし、最初の改良時に相当の断根を伴ったので、改良部への根の侵入が遅れる条件ではない。

(3) 根系調査：条溝状改良を4年間行ない、4年目の土壤改良の1年経過後に根量を調査した。根量は条溝と垂直に50cm幅の調査部位を設定し、樹幹から50cm毎に区切って4mまで調査した。1調査部位は土層10cm毎に深さ50cmまでとしたので、1ブロックの土量は25L、1樹の調査範囲は1m<sup>2</sup>である。各ブロック毎に全根を掘り取り、水洗・乾燥後根の太さによって1mm未満を細根、10mm以上を極大根とし、その間にある根を1~2mm、2~5mm、5~10mmに分け秤量した。

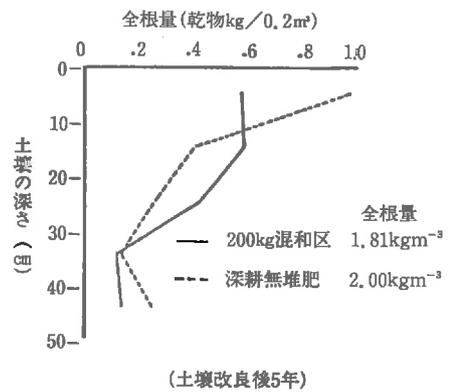
##### 3) 土壤改良方法、改良歴の違いと根活力分布



第3-1図 土壤改良位置と根系の発達 (1979, 1980年3月に調査)



第3-2図 土壤改良後の根の水平分布



第3-3図 土壤改良後の根の垂直分布

(1) 根活力分布検診の処理時期：3年目の土壤改良を行なった翌1981年7月14日。

(2) 根活力分布の調査位置：樹幹から最短距離にある条溝の50cm四方・深さ30cmのブロックの根を対象にした(第3-5図)。

(3) 試験区：

①土壤改良方法の違いが根活力分布に及ぼす影響：改良歴2年の条溝で、200kg混和区、深耕無堆肥区、無改良区を比較した。

②改良歴の違いが根活力分布に及ぼす影響：土壤1m<sup>2</sup>あたりに樹皮堆肥200kgを混和した区の1978, 1979, 1980年改良の条溝を比較した。検診時の改良歴は3, 2, 1年である。

(4) 根活力分布検診法：ユーロピウム(Eu)約5,000ppm及び臭素(Br)約15,000ppmを含む0.2%寒天溶液(pH6)を調整し、根検用注器を用いて処理位置に1回10mLを48地点(調査ブロックの上面に10cm間隔で16穴、深さ5cm毎に3層)に注入した。処理後2週間、4ヵ月に樹冠各部から採葉し、放射化分析<sup>59)</sup>の試料とした。

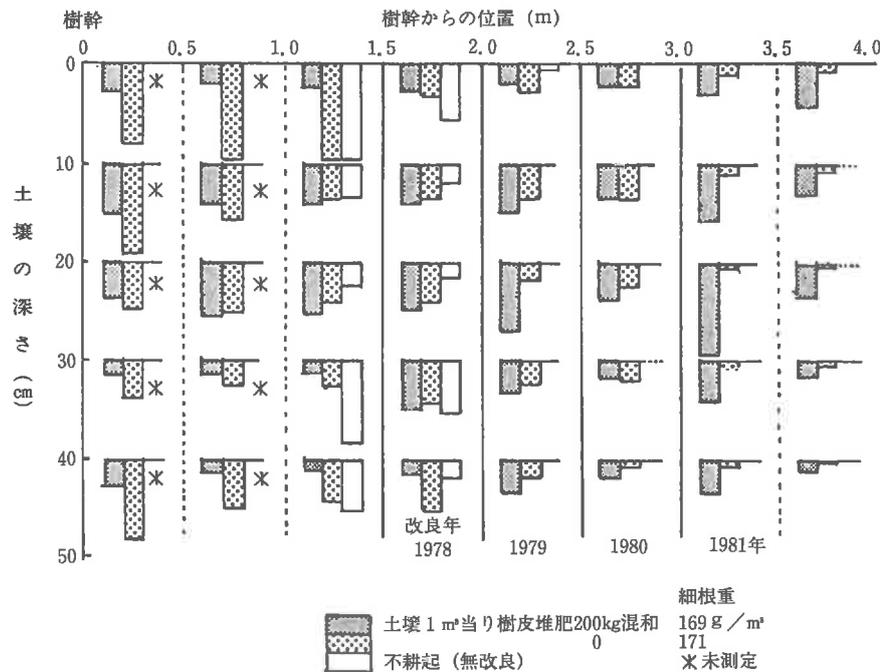
(5) Br, Euの放射化分析：

風乾した植物体試料約100mgをアセトンで付着物を取り除いたポリエチレンの袋に秤取し、シーラーで封入後

に、さらにポリエチレンの袋に封入した。別に比較標準試料として、Brとして10 $\mu$ gの臭化カリウム(KBr)およびEuとして0.2 $\mu$ gの塩化ユーロピウム(EuCl<sub>3</sub>)を2枚の濾紙(硝酸で洗浄後、乾燥)に別々にしみ込ませ、各々をポリエチレンの袋に二重封入した。同様に濾紙に純水をしみ込ませたブランク試料を作成した。植物体試料約20検体、比較標準試料およびブランク試料をポリエチレンの袋にまとめて封入し、照射用ポリエチレン製カプセルに入れ、日本原子力研究所東海研究所(原研)内の研究用原子炉JRR-2号炉(最大中性子束5.4 $\times$ 10<sup>18</sup>ncm<sup>-2</sup>s)で20分間の熱中性子の照射を行なった。照射したカプセルは、冷却後原研内のRI実験室に搬入した。照射試料(植物体および標準)とそれに接するポリエチレンの袋を照射していないポリエチレンの袋に入れ、Ge(Li)半導体検出器を用いるガンマ線スペクトロメータにより<sup>82</sup>Br(半減期35.3時間)の554keV, 777keV他、<sup>152m</sup>Eu(半減期9.2時間, 12年)の122keVの光電ピークを測定した。

## 2 結 果

### 1) 土壤改良の開始位置と根の伸展



第3-4図 土壤改良の違いが細根の分布に及ぼす影響 (ピオーネ7年生)

開発果樹園におけるブドウ‘ピオーネ’の主根域は、1979年の調査時には植付け時改良部と樹幹から1.3mの範囲で、ロータリー耕深の表層に限られ、栽植時の改良部を除けば下層への根の伸展はほとんど認められなかった。1980年の調査時には、1977年、1978年に改良した条溝へ根の到達が認められ、細根を密に出すとともに分岐も複雑であった (第3-1図)。

2) 土壤改良方法と根系 (写真-4)

調査範囲 1 m<sup>2</sup>内の全根量は樹皮堆肥200kg混和区=1.8 kg, 深耕無堆肥区=2.0kgであった。全根量は樹幹から離れるにしたがって急速に減少したが、改良を開始した1.5mの位置を境にして、全根量に及ぼす土壤改良の影響は異なった。すなわち1.5mより樹幹側では深耕無堆肥区>200kg混和区, 1.5mより外側では200kg混和区>深耕無堆肥区が明らかであった (第3-2図)。また、全

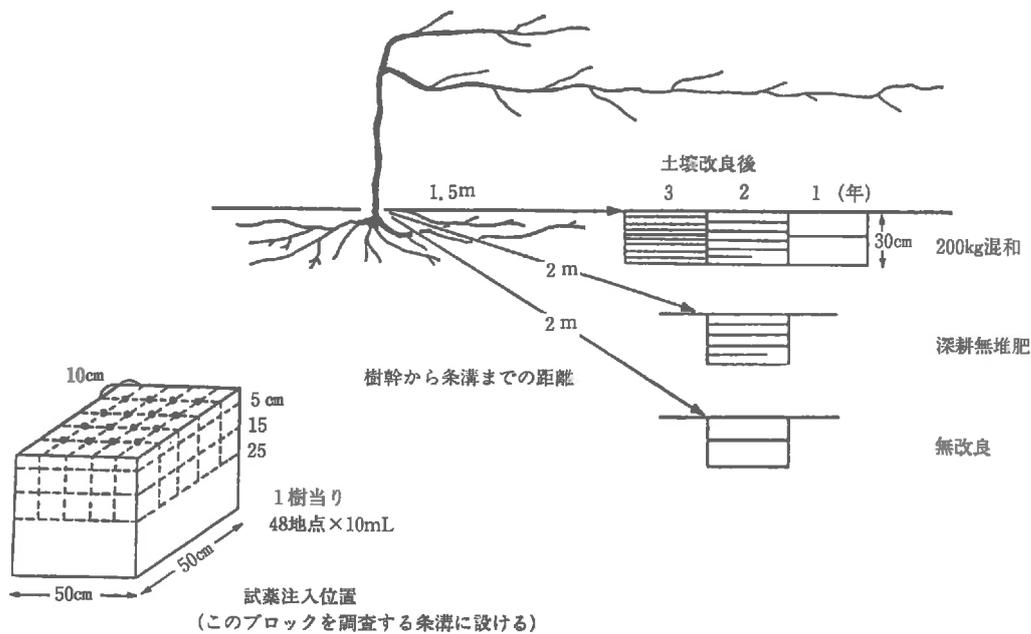
根量は根の位置が深くなるにしたがって減少したが、200kg混和区は深耕無堆肥区よりその程度が緩やかで30cm層まで多くの根がみられた (第3-3図)。

細根量は、200kg混和区=169g, 深耕無堆肥区=171gで両区の間には差は認められなかった。しかし、樹幹からの位置、土壌の深さによって土壤改良の違いが明瞭に現われた。すなわち、無改良区や深耕無堆肥区は樹幹の近傍に集中しており、200kg混和区では逆に土壤改良範囲とその外側に多く分散していた。また、細根の層別分布は深耕無堆肥区の場合0~10cm層が27%と最も多いのに対し、200kg混和区は20~30cm層が最も多く32%あり、主たる細根の位置は深耕・樹皮堆肥混和によって下層に移行していた (第3-4図)。なお、数量化できなかったが、深耕無堆肥区と無改良区の細根の色と形状は200kg混和区に比較して異常と観察された。また、ミミズの量は樹皮堆肥施用部分で多く、その分布は細根の分布に類

第3-1表 土壤改良と改良歴を異にする条溝に処理した臭素の葉内含量

樹No	土壤改良	根活力 検診位置	改良歴	調査数 n	Br (mgL <sup>-1</sup> )	excess Br (mgL <sup>-1</sup> )
H-8	土壤 1 m <sup>2</sup> 当たり樹皮堆肥200kg混和	1978年条溝	3年	15	6.63±5.99	4.19
F-8	〃	1979年〃	2年	16	4.60±4.88	2.16
D-8	〃	1980年〃	1年	16	2.83±1.02	0.39
E-10	深耕無堆肥	1979年〃	2年	16	4.14±2.44	1.70
F-12	無改良	1979年相当	-	16	3.00±0.75	0.56

採葉：11月 (処理後4カ月)



第3-5図 土壤改良と改良歴を異にする条溝におけるブドウ樹の根活力分布

似していた。

### 3) 土壤改良方法、改良歴の違いと根活力分布

Eu は葉に移行しないためか検出できなかった。また、処理2週間後のBr葉中含量は低いと判断されたので、根検試薬を注入して4ヵ月後(11月)に採取した葉のBr濃度で根活力分布を比較検討した(第3-1表)。

樹皮堆肥200kg混和区で改良歴の違いを比較すると、1978年条溝>1979年条溝>1980年条溝 となり、土壤改良3年の範囲では改良歴の古い方が根活力分布は大きかった(第3-5図)。次に、改良後2年経過した条溝(1979年改良)で土壤改良方法の違いを比較すると、200kg混和区≧深耕無堆肥区>無改良区となり、深耕、樹皮堆肥施用によって根の活力分布は明らかに高まった(第3-5図)。

## 3 考 察

まず、土壤改良開始位置について述べる。開発果樹園で下層土の土壤改良をしない部分を樹幹から0.4~1.4m残して改良した場合、改良部位に根が到達するまでに1年6ヵ月かかっていた。栽植列の改良部に続けて改良範囲を広げていけば、改良部への根の伸入をもっと早めたと考えられる事例である。既成園の経験則では樹幹から1.5~2.0mを改良開始位置としているが、開発果樹園では根の生育環境を整えないかぎり下層での根の広がりには期待できないことが根系の調査から当然ではあるが明

らかになった。森田<sup>36)</sup>は野性桃実生を4月に定植し、翌年7月に断根する試験で、地表根の断根による幹径及び伸長量の生長抑制への影響はなく、根の一部が充分吸水していれば断根された地表根は乾燥に耐えると報告している。栽植列改良部の根の伸長は充分なので、今後は、もっと樹幹に接近して改良を開始するべきだと考えられた。また、下層へ根が伸入できない土壤環境では、表層の根の分枝はすべて上向いていたので、根の形態調査から下層土の改良の可否を判断できると考えられた。改良部に伸入した根は細根を密に出し下層への分枝も十分に、木質系有機物の多量施用による土壤改良は有効と判断した。

次に、栽植列改良部に隣接していないが改良時に相当の断根を伴った場合について述べる。2年目の土壤改良時には初年目改良部の掘削断面に根が散見される程度であったが、3年目の改良時には多くの根が認められるようになり、4年目の掘削時には3年目改良の条溝へ非常に多くの根が伸入し、作業時に多少の断根をするほどであった(写真-3)。

岡本<sup>40)</sup>は、秋根の再生は9~10月ころにとくに活発で、11月に入り地温が13℃以下になるとあまり発達しなくなる。特に、部分深耕などで断根した場合、11月の断根ではほとんど秋根の再生はないとしている。この試験では、土壤改良を11月に行なっているのに、改良時期を早めることに検討の余地はあるが、掘削断面の根が年々増加する結果から根の伸長には樹勢の関与も推察される。

4年目の改良を実施した翌年に根の掘り取り調査をした結果から、改良範囲を逐次拡大した条溝改良の根系の変化を考察すると、土壌の物理性が全く改善されない無改良区や改良しても改善効果が十分でない深耕無堆肥区の根は、土壌の物理性が十分に改善された区にくらべて、樹幹の近傍に多くの根が集中し、しかも太い根が多かった。特に、無改良区は衰弱を配慮して樹幹近くの根量調査を中止せざるをえないほど中・細根が少なかった。また、樹幹から2mを越えると極端に少なくなり2.5mを越える根は皆無と云ってよかった。坂本ら<sup>49)</sup>は、テラウェア、キャンベルの2年生樹を主幹を中心に半径60~150cm、深さ80cmの輪形に局部深耕を行い、有機物を用いずに埋め戻し、1月処理11月調査で根量の増加を認めている。本試験の深耕無堆肥区の細根域は樹幹から3mが限度なので、深耕だけの効果は根域を拡大する場合には期待できないと考えられる。

一方、樹皮堆肥混和により土壌の物理性が確実に改善された場合は、改良範囲の全根・細根とも明らかに増加、分散し、逆に樹幹近傍の根は減少していた。つまり、根系全域の根量にはほとんど変化がなく、根の分布に大きな変化が現われていた。この試験の改良範囲は樹皮堆肥の十分な混和による最善と考えられる土壌改良を行なっているが、栽植列の改良はこれほど完全ではなく、その外1mは改良されていない。したがって、栽植列から無改良部分を残さずに十分な土壌改良を実施すれば、根は樹幹近傍集中型と分散型の間分布をするものと考えられる。なお、樹幹近傍の根の減少は、果樹の根が好適な環境で機能を発揮し根域全体が均一に樹体を支えているのでないことを示唆して興味深い。同様な現象は、斜面畑の中央テラス部分の根を調査した吉原ら<sup>75)</sup>の報告にもあり、深耕程度の浅い所ほど根の密度が高く、根の密度と収量の間には負の有為な相関を認めている。また、土壌改良により根の分布が変わることは、無改良のような極端な場合を除いて、T/R率で改良効果を評価することの意義が小さいことを示している。200kg混和区の根は土壌改良をしなかった3.5~4.0mへもかなり伸入していたが、深耕無堆肥区の根は非常に少なかった。この領域の土壌の物理性には差がないので、伸入量の違いは根の勢いの差と考えられる。

次に、根の活力分布を検診した結果について考察する。3年目の条溝改良を行なった翌年7月に200kg混和区で改良歴の違いを比較すると、予想に反して、改良後の年数が経過した条溝ほど根活力分布は大きかった。つまり、11月に改良した部位へ翌年7月には相当な新根が伸

入しているが、それがブドウ樹に寄与する度合いは前年、前々年の条溝に伸入している根より小さいことである。一般に、土壌改良をした翌年に改良部にみられる新根が果樹の生育や収量に貢献していると信じられているが、実際は、数年経過しないと機能を発揮しないことを示している。この結果は、湯村<sup>74)</sup>が物理性改善効果が直ちに作物生産に好結果をもたらした例は多くないと指摘していることを裏付けている。

山下<sup>73)</sup>は、断根後に新たに形成された白色根群の生理機能の向上が小さいことや、断根により地上部の生育が抑制されることから、樹体の生育、収量への断根の効果は少なくとも処理初年目まではむしろマイナスと考えている。しかし、断根区の白色根は活発に生長を続けており、量的にも無断根区にまさっていることから、年次経過とともに徐々に分枝根を増やし、機能的にも無断根を上回るようになると予想している。また、断根区の白色根の活力および窒素吸収速度の低下は、根の分枝が少ないこと、単位根重当たりの表面積が小さいことなどの形態的な変化の関与を推察している。この成果を含めて、土壌改良の効果を根活力分布から評価すると改良後3年以上の経過が必要で、土壌の物理性の遷移と合わせて3年が最も早い評価時期と云える。

なお、改良後2年目の条溝位置で改良方法の違いを比較すると、無改良区の根活力分布は最も小さかったが、200kg混和区と深耕無堆肥区の差は有為でなく、改良後2年目では深耕だけでも根活力分布は高まることが明らかになった。相馬ら<sup>57)</sup>は暗渠工事園のリングの細根の色は褐色系のものが多いが未工事園では黒色系が多いこと、褐色系細根の $\alpha$ -ナフチルアミン酸化力は黒色系細根より大きいことを明らかにし、暗渠工事園の細根の活力が増加していることを推察しているが、本試験の無改良区と改良区の差と同様な結果と考えられる。梅宮ら<sup>69)</sup>は検診処理の深さを変えて試験し、葉中Br含量は細根量と関係することを明らかにしているので、無改良区の根活力分布が小さいのは細根量の少ないことも影響していると考えられる。本試験では多くの根活力分布の検診に有効であったEu<sup>7)</sup>が適さなかった。その後、梅宮ら<sup>67)</sup>は、Euはブドウの細根で認められるが他の部位では検出されなかったと報告している。また、Brはブドウ・モモで使用可能であるがリング・ナシは不適としている<sup>68)</sup>。土壌改良の効果を議論する場面で、根系の広い果樹では根活力分布が大きな意義を持つので、放射化分析におけるトレーサーの選択が大切である。

## 第2節 施肥窒素の利用率の変化

これまでに、樹皮堆肥の条溝混和処理による土壌の物理性改善によって、固相率や透水係数に対する効果は経年的に減退から再発現の遷移を示すこと、改良範囲で根の分布が均一に広く深くなること、根の活力分布が高まること、改良歴の古い条溝で根の活力分布はより高いことを明らかにした。これらの結果は、根域内の均一施肥だけでは合理的でないことを示唆させる。そこで、 $^{15}\text{N}$  硫酸を用いて、施肥位置による施肥効果の現われ方を調査し、土壌改良範囲を逐次拡大する場面での施肥管理の改善点を見出だそうとした。

### 1 試験方法

#### 1) 改良部施肥と未改良部施肥の比較

(1) 供試圃場：広島県果樹試験場のハウスブドウ園を用いた。

(2) 供試樹：長梢剪定整枝の6年生ブドウ‘ピオーネ’ (8 B台) で、10m×10mの互の目植えを用いた。

(3) 試験区：土壌1 m<sup>2</sup>に樹皮堆肥を100kg混和する条溝改良を3年間行い、樹幹から1.5~3.0mを改良した1年後の1981年11月25日に $^{15}\text{N}$ 硫酸 (Atom% $^{15}\text{N}$ =3.1%) を施肥した。施肥位置は、第3-6図に示すように樹幹から1.5mまでと1.5~3.0mに二分し、前者を未改良部施肥区、後者を改良部施肥区として比較した。なお、 $^{15}\text{N}$ 硫酸の施肥範囲は樹幹の一方側の9 m<sup>2</sup>とし薄板で仕切りを入れ、他の27 m<sup>2</sup>には普通の硫酸を施肥した。施肥N量は2.5g m<sup>-2</sup>とした。

(4) 分析試料の採取：施肥後、概ね1ヵ月毎に芽、樹液、葉身を採取し、T-N (%),  $^{15}\text{N}$  (%) の分析試料とした。

(5) 重窒素 ( $^{15}\text{N}$ ) 存在比の測定<sup>9)</sup>：

硫酸カリウム+硫酸銅の混合粉末を分解促進剤に用いて、風乾した植物体約500mgを硫酸で分解した (ケルダール分解)。分解液の一部をセミクロ蒸留装置で水蒸気蒸留を行い、発生するアンモニアガスを三角フラスコに入れた硫酸に捕集した。指示薬にメチルレッドを用いて滴定を行い、植物体中の全窒素 (硝酸態および亜硝酸態窒素は無視した) 濃度を求めた。滴定後の液に1/7 N硫酸を一滴添加し、コニカルビーカに全量に移した後にホットプレート上で沸騰させないようにして、2~3 mL程度になるまで濃縮し、ポリエチレン製のアンプル

に全量移し、封入して重窒素存在比測定用試料とした。重窒素存在比の測定はリッテンベルグ法により、窒素ガスの分離・精製を行い、複式コレクタ方式の磁場集束型質量分析計 (日立 MS RMI-2 型) で測定を行なった。

(6) 施肥効果：

希釈率 =  $(^{15}\text{N}\% - 0.365) / (3.10 - 0.365) \times 100$  で評価した。

#### 2) 11月施肥と3月施肥の比較

(1) 供試圃場：広島県果樹試験場の簡易被覆ブドウ園を用いた。

(2) 供試樹：1) - (2) と同じ。

(3) 試験区：1) - (3) の改良部施肥を設け、改良部施肥におけるハウスと簡易被覆の比較、すなわち、11月施肥と3月施肥 (1982年3月10日) を比較した。

(4) 分析試料の採取と分析：1) - (4) と同じ。

## 2 結 果

#### 1) 改良部施肥と未改良部施肥の比較

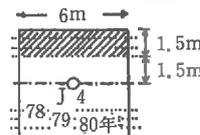
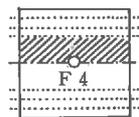
芽、樹液、葉身の T-N (%),  $^{15}\text{N}$  (%), 希釈率は第3-2表に示した。

芽の窒素含有率は1月25日までほとんど変化がなく、2月25日から微増し、3月13日の萌芽期には明確な増加が認められた。この期間では、微小ながら未改良部施肥区の方が高い傾向で、萌芽期を除けば希釈率も同様であった。樹液の窒素含量は未改良部施肥区で高かったが、希釈率は明らかに改良部施肥区が大きかった。葉身の窒素含有率は7月9日まで改良部施肥区で高く、その後は未改良部施肥区が高くなった。

希釈率は両区とも萌芽直前から急速に高まり、3月26日には極大になった。改良部施肥区はその後5月11日まで減少し、再び上昇して7月9日に2回目のピークを形成した後に減少した。一方、未改良部施肥区は5月11日と8月9日に二つのピークがみられたが漸減の傾向であった。葉身の希釈率は、このように改良部施肥区と未改良部施肥区でやや異なる傾向で推移したが、萌芽期以降は芽、樹液、葉身とも改良部施肥区の希釈率が明らかに高かった (第3-6図)。

第3-2表 改良部と無改良部に施肥した窒素の効果（ピオーネ6年生）

採取 月日	分析 部位	11月末改良部施肥			11月改良部施肥			3月改良部施肥		
		T-N %	<sup>15</sup> N %	希釈率 %	T-N %	<sup>15</sup> N %	希釈率 %	T-N %	<sup>15</sup> N %	希釈率 %
12.25	芽	1.06	0.370	0.18	1.02	0.370	0.18			
1.25		1.05	0.370	0.18	1.03	0.365	0.00			
2.25		1.08	0.369	0.15	1.13	0.366	0.04			
3.13		1.71	0.365	0.00	1.66	0.383	0.66	2.11	0.372	0.26
3.16	樹液	3.32	0.491	4.61	2.95	0.497	4.83	2.39	0.375	0.37
3.26		4.15	0.498	4.86	3.72	0.619	9.29	3.29	0.372	0.26
3.26	葉身	5.09	0.443	2.85	5.16	0.464	3.62	5.10	0.370	0.18
4.10		3.94	0.402	1.35	4.24	0.440	2.74	3.38	0.372	0.26
5.11		2.61	0.412	1.72	2.67	0.413	1.76	2.76	0.380	0.55
6.10		1.42	0.404	1.43	2.05	0.424	2.16	2.12	0.379	0.51
7.9		1.99	0.400	1.28	2.06	0.434	2.52	2.17	0.377	0.44
8.9		1.72	0.410	1.65	1.66	0.413	1.76	2.01	0.377	0.44
9.22		1.27	0.391	0.95	1.12	0.403	1.39	1.63	0.377	0.44

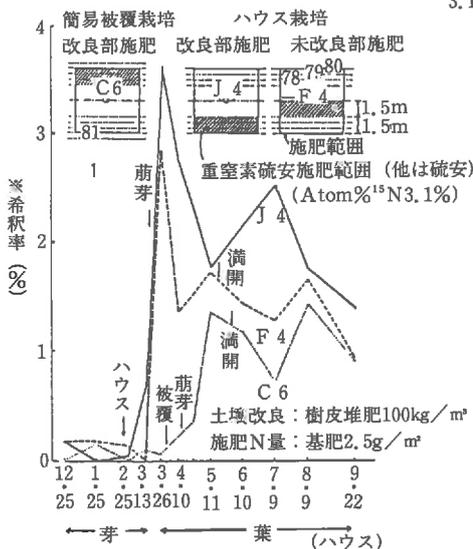


土壤改良:100kg混和区  
施肥N量:2.5g m<sup>-2</sup>

$$\text{希釈率} = \frac{{}^{15}\text{N}\% - 0.365}{3.10 - 0.365} \times 100$$

<sup>15</sup>N天然存在比=0.365  
供試硫安の Atom%<sup>15</sup>N=3.10

$$\text{※ 希釈率} = \frac{{}^{15}\text{N}\% - 0.365}{3.10 - 0.365} \times 100$$



第3-6図 施肥の位置・時期が窒素の肥効に及ぼす影響（ピオーネ6年生）

### 3 考 察

100kg混和区の根系調査はしていないが、第3-2図に示した200kg混和区や深耕無堆肥区の根の水平分布の傾向と類似するのは間違いない。したがって、未改良部施肥区は改良部施肥区よりも根量は5倍以上多いと想定できる。それにもかかわらず改良部施肥区の希釈率が高いのは、根活力分布が大きい改良部で施肥利用率が高いことを裏付けている。このことは、二見<sup>6)</sup>、渋谷ら<sup>55)</sup>が施肥位置とキャベツの窒素利用率の関係を研究して、根活力分布と対応していること、連作キャベツで施肥位置により施肥量を増加しなくてもよいことを明らかにしている。そしてこの結果は、果実品質を高める施肥管理に有望な示唆を与えている。

岡本ら<sup>47)</sup>は、根域制限した‘巨峰’に対する施肥試験で、初期生育には窒素60mgL<sup>-1</sup>程度とし、果実発育の後半から濃度を1/3程度に下げることが適当としている。このように、特定の条件では果実品質を高める施肥管理の技術は完成している。しかし、この技術を根系が広くて深い圃場のブドウに適用することは至難の業である。

そこで、根の活力分布の大きい部位で施肥窒素の利用率高いことを活用して、圃場でありながら特定の条件を設定したのと同様の効果を期待する局所改良・局所施肥の試み（第4章・第2節）を提起した。

#### 2) 11月施肥と3月施肥の比較

3月施肥区の希釈率は、3月26日から緩やかに上昇し、5月11日に極大になった後は11月施肥の未改良部施肥区と同様な傾向で推移した。この間、常に11月施肥区が3月施肥区より大きく、3月施肥は速効性を示さなかった（第3-6図）。

## 第3節 生育・収量・品質の変化

土壌改良の効果は、最終的には健全な生育、収量の向上、品質の向上を通して評価しなければならない。開発果樹園の土壌改良は物理性の改善、特に、水捌けの向上が主目的で、計画通りの生産ができれば成功である。本研究は、土壌と樹皮堆肥の十分な混和を基本にして土壌改良を推進したが、混和しにくい資材や省力の見地から混和しない方法も検討した。混和しない処理区では、再現性の高い土壌の物理性を調査することが困難なので、ブドウの生育・収量・品質から評価した。

### 1 試験方法

#### 1) 木質系有機物の種類の比較

(1) 供試圃場：第1章・第2節と同様に、ち密で透水性の悪い土壌環境を根本的に改良した前歴はない。但し、開園時からブドウ‘キャンベル・アーリー’を栽培。

(2) 供試樹：土壌改良開始時に12年生のブドウ‘キャンベル・アーリー’で、株間4m、列間10m、2本の主枝をU字型にしたオールバック整枝、短梢剪定、露地栽培。

(3) 土壌改良方法：1年目は樹幹から1.1mを基線にして幅40cm、深さ40cmの条溝を溝掘り機で掘削し、所定の処理をして埋め戻した。2年目は、1年目の条溝を15cm含めて樹幹から1.35mの位置で幅50cm、深さ50cmの条溝をミニバックホーで掘削して処理をした。3年目は2年目の条溝に隣接して同様の処理を行なった。

(4) 試験区：①米国产ツガ樹皮の生（堆肥化せず7ヵ月放置）200kg混和、②米国产ツガ樹皮堆肥200kg混和、③米国产ツガ樹皮荒堆肥（10cm程度の荒砕きを原料にして堆肥化を試み、断念して1年半放置）400kgを土壌と交互に埋め戻す、④産業廃棄物混入木質堆肥200kg混和、⑤オガクズ牛糞50kg混和、⑥無改良、⑦無改良（無窒素）の7区を設定した。資材の後の施用量は土壌1㎡当たりを示す。

#### 2) 木質系有機物の施用方法の比較

- (1) 供試圃場：第1章・第2節-2)と同じ。
- (2) 供試樹：第1章・第2節-2)と同じ。
- (3) 土壌改良方法：第1章・第2節-2)と同じ。
- (4) 試験区：第1章・第2節-2)と同じ。

#### 3) 樹皮堆肥混和量の比較

- (1) 供試圃場：第1章・第2節-1)と同じ。
- (2) 供試樹：第1章・第2節-1)と同じ。
- (3) 土壌改良方法：第1章・第2節-1)と同じ。
- (4) 試験区：第1章・第2節-1)と同じ。

## 2 結 果

#### 1) 木質系有機物の種類の比較

土壌改良後4年目のキャンベルアーリーの新梢生育は著しく旺盛になり、処理によって次のように四つのグループに分かれた。すなわち、樹皮堆肥混和区、原料混和区>産廃物混入木質堆肥区、樹皮荒堆肥区、オガクズ牛糞堆肥区>無改良・三要素区>無改良・無窒素区。

改良した各区のa当たり収量は200kg以上あり十分であるが、原料樹皮区とオガクズ牛糞堆肥区は平均房重が小さかった。また果実の検糖計示度が向上したのは樹皮荒堆肥区だけであった。開花期の葉中窒素含有率は、原料樹皮区の2.83%を除けば3%以上あり生育に応じた傾向であった（第3-7図）。

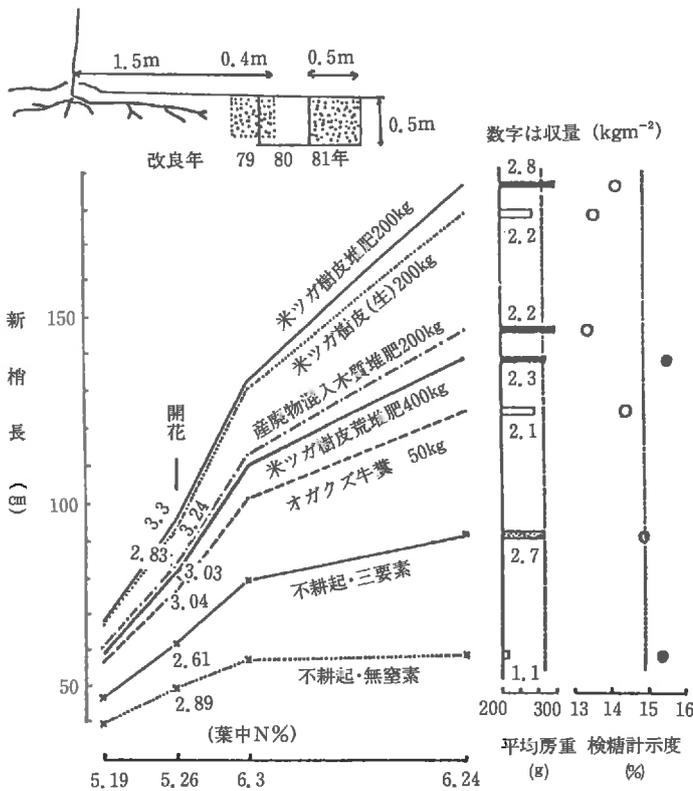
#### 2) 木質系有機物の施用方法の比較

土壌1㎡当たり施用する木質系堆肥を200kgに定めて施用の方法を比較した結果、土壌と十分に混和して埋め戻す方法が優れていることは樹冠面積、収量、平均房重、1粒重の結果から明らかであるが、果実の検糖計示度は慣行区に及ばなかった（第3-8図）。

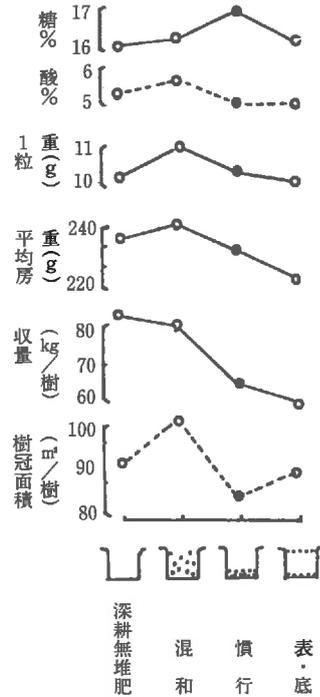
#### 3) 樹皮堆肥混和量の比較

土壌改良後5年目の新梢生育は無改良に比べて明らかに旺盛で、開花後は樹皮堆肥混和量の多いほど生育が過剰になり、200kg混和区の棚下は暗かった。葉中の窒素含有率は概ね新梢の生育量と対応していた。1樹当たり収量は、改良した各区とも増加したが、平均房重は100kg混和区だけが大きく、200kg混和区の1粒重は劣った。また、改良各区の検糖計示度は無改良区におよぼす樹皮堆肥混和量が増すほど低くなった。果色値は深耕無堆肥区が高かったが樹皮堆肥混和の2区は低かった（第3-9図）。しかし、果実の日持ちは樹皮堆肥混和の2区が長かった。

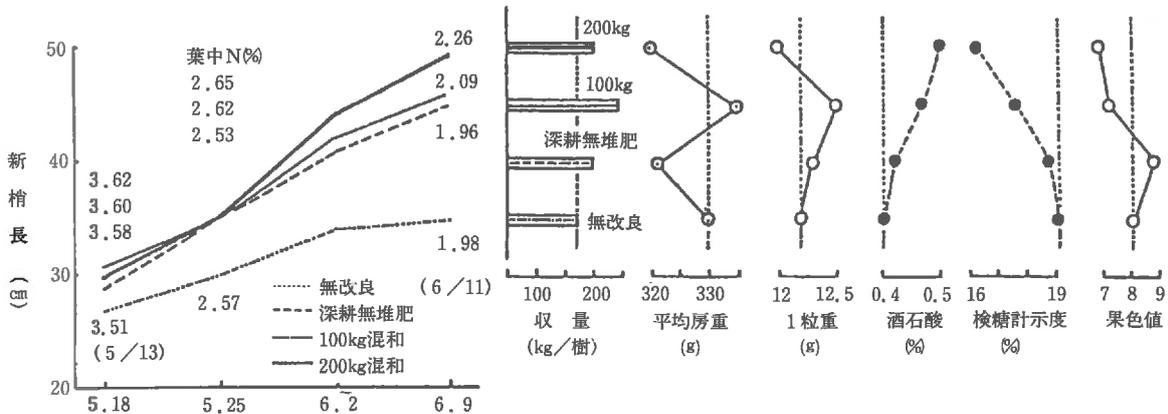
1樹当たり収量の年次変化から、土壌改良の効果がビ



第3-7図 堆肥の種類がブドウの生育、収量、品質に及ぼす影響 (キャンベルアーリー16年生)



第3-8図 堆肥の施用方法が収量・品質に及ぼす影響 (ピオーネ9年生)



第3-9図 土壤改良後5年目の生育、葉の窒素含量、収量、品質 (ピオーネ7年生)

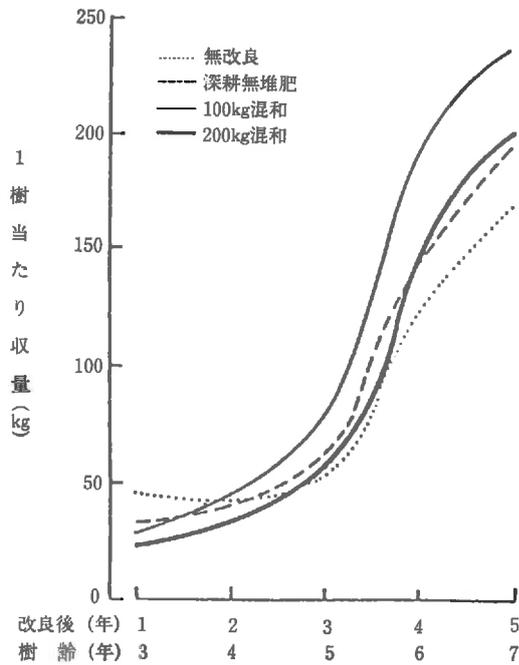
オーネの収量に反映したのは、改良後3年目からで無改良区との差は年々拡大する傾向がみられた(第3-10図)。

### 3 考 察

土壤の物理性、特に水捌けを改善する資材として各種木質系有機物を比較した結果、オガズ牛糞堆肥区は効果がなく他の資材は有効であった。オガズ牛糞堆肥も施用量を増せば透水性改善の効果がでると思われるが、1㎡当たり50kgの混和でも新梢の生育が過剰なので混和量を増すことは窒素が制限因子となって不可能であ

る。そのため、過湿による土壤空気の欠乏と有害還元物質生成の二面から湿害<sup>12)</sup>が出たと考えられる。しかし、中粗粒の花崗岩土壤のように、透水性、通気性などの物理性は比較的良好であるが、根の伸入を阻害する硬さがあり、また肥沃度の低い場合は家畜糞添加割合の高いのが適している<sup>52)</sup>。

堆肥化しない原料樹皮は、土壤の物理性を改善する点では効果があり生育も旺盛になったが、収量・品質ともに劣り、葉分析から窒素飢餓の可能性が高く、改良資材として不適と判断した。なお、窒素飢餓の影響が新梢生育の抑制に反映しなかったのは、物理性改善の効果と供試樹が16年生のU字型短梢剪定整枝の成木で樹冠(40㎡)



第3-10図 土壌改良後の収量の推移

拡大の余地が無いための結果と考えられる。キャンペルアーリーの新梢生育は無改良三要素区の程度が維持できればよいので、樹冠面積の拡大を必要としない段階では、条溝状土壌改良の速度を緩めて生育経過と収量・品質の推移を検討して改良継続の要否を判断するのがよい。本試験の改良各区はすべて生育過剰であり、結果として3年間の改良範囲拡大は不適であった。しかし、樹皮荒堆肥区は生育過剰の害もなく果実品質が優れていたのは注目される。

開発果樹園で、木質系堆肥の施用量を一定にして施用方法を検討した結果、掘削→資材施用→混和→埋め戻しの作業工程を経て資材と原土壌が完全に混和されている区が最も優れていた。特に、開発果樹園では収量が高めるための樹冠拡大が重要で、この点からも混和区の効果は顕著であった。古賀ら<sup>28)</sup>は、ブルドーザの排土板による造成深耕では、土層に大きな凹凸がみられること、施用有機物が1㎡当たり4.8kgの目標に対して1~9kgとばらついて不均一なことを報告している。同様に、木村<sup>24)</sup>は第三紀土壌の改良で大量の改良資材の混和不十分による地点間、層位間のバラツキを認めている。また、峯ら<sup>34)</sup>は、剪定枝と土を相互に埋設した場合、3~4年経過でも中央部への根の伸長は少なく、孔隙が大きすぎ、水分供給のアンバランスが原因としている。そして、ざんご

う内に投入する有機物の種類と量及びその混和状態によって根群形成は相違すると述べている。

また、島根県では植え付け時にa当たり2,000kgの豚糞パーク堆肥を用い、先に述べた中粗粒花崗岩土壌を改良する試験で、全面深層混合(50cm深, 40kgm<sup>-3</sup>)、全面浅層混合(25cm深, 80kgm<sup>-3</sup>)、部分混合(全面の1/4を改良, 160kgm<sup>-3</sup>)、無改良を比較し、改良範囲が狭くても混和量の多い部分混合のブドウの生育・収量が優れていることを報告している<sup>52)</sup>。

開発果樹園の現地では、大面積の改良を限られた労力と期限でしなければならないため色々な工夫がされている。慣行や半量慣行・半量表層もその一つである。また、排土板によるしわ寄せ深耕や有機物を施用しておいて掘削・混和を同時にする省力的な方法も行なわれている。しかし、大規模開発果樹園の源は、利用度が低いまま放置されていた山林原野の心土なので、根の生育媒体になりうる土壌にするためには完全を期した方が次の理由から有利と考える。①不完全な改良では最も大切な透水性がいつまでも改善されない。②土壌改良の効果は3年しないと真価を発揮しないので、修正改良による断根はしない方がよい。③根活力分布を高めれば根の管理域は小さくできる。要するに、改良範囲は狭くても確実な方がベターである。

樹皮堆肥混和の条件で施用量を検討した結果は、100kgが収量・品質からみて適正と考えられた。土壌改良の効果は3年目から収量に現われたが、この段階では品質への効果は明らかでなく、その後収量差が大きくなるにしたがって改良各区は樹相が乱れ果実品質は低下した。このことは、毎年の条溝改良時に観察された掘削面への根量が加速度的に増加したことと関連するものと考えられる。重粘な2年生モモ園土壌の物理性改良試験で1年目は樹幹から1mの片側、2年目は何もせず、3年目に樹幹から1mの反対側、4年目に1年目の外側と40cmずつ改良範囲を緩やかに広げた岡山県の例では収量・品質ともに優れていた<sup>56)</sup>。

この試験では、土壌改良範囲を拡大する速度の試験をしていないが、最善の方法(土壌と堆肥の完全な混和)で土壌の物理性を改善し、改良範囲の拡大を緩やかにすることで樹勢を調整するのが収量・品質の面から得策と考えられる。

## 第4節 要 約

条溝処理により経年的に改良範囲を広げる逐次改良では、ブドウの根は改良歴の異なった隣接する条溝にまたがって存在する。この場面での土壤改良効果の評価法として根の活力分布検診法を試み、さらに<sup>15</sup>N硫酸を用いて土壤改良が施肥窒素の吸収に及ぼす影響を検討し、改良歴に関する新知見を得た。

1. 土壤改良効果の樹体への反映は、3年目から樹冠拡大、房数増加によって収量増加に現われた。しかし、果実の糖含量、果色は向上しなかった。
2. 土壤改良後5年目の新梢生育は無改良区より明らかに優れ、樹皮堆肥混和量に応じた生育を示した。葉中窒素含有率は生育量と同様の傾向で、200kg区は最も高かった。
3. 開発果樹園の未改良土壤部への根の伸入はほとんどみられなかった。しかし、改良部に伸入した根はそこで細根を密に出し、分岐も十分と観察されたので、樹皮堆肥混和の土壤改良方法は適切と判断した。
4. 改良後5年目の根系は改良方法によって大きく異なった。深耕だけの場合は樹幹の近傍に多くの根が集まり、樹幹から2mを越えると急速に少なくなり、とくに下

層部で少ないのが特徴であった。一方、樹皮堆肥200kg混和の場合は、樹幹から4mの間、深さも含めてほぼ均等に根が分散していた。なお、両区の根量には差がなかった。

5. 樹皮堆肥200kg混和区で、改良歴の長短による根活力分布の変化を調査すると、

改良歴 3年 > 2年 > 1年

で、改良歴の古い条溝ほど高かった。

- また、改良歴2年の条溝で改良方法の違いが根活力分布に及ぼす影響を調査すると、

200kg混和区 ≥ 深耕区 > 無改良区

となり、深耕、樹皮堆肥混和によって根活力分布は明らかに高まった。

6. 土壤改良を開始した樹幹から1.5mの位置を基線にして、その内側を未改良部、外側を改良部として、ハウス栽培で<sup>15</sup>N硫酸施肥の効果を比較すると、施肥効果は改良部で大きかった。また、改良部施肥の効果をハウス栽培と簡易被覆栽培で比較すると、生育ステージの早晩を考慮しても、施肥効果はハウス栽培で高かった。

## 第4章 土壤改良後の土壤管理および施肥法の確立に関する研究

ち密で透水性の不良な開発果樹園の土壤の物理性を改善する技術として、土壤1㎡当りに樹皮堆肥を100kg以上混和するのが有効であることを示した。そして、その効果は、改良後2～3年で一度減退し再び発現すること、根の量よりも分布に現われること、根の活力分布を高め改良歴3年の範囲では古いほど高いこと、施肥効果を高めること、3年目から収量増加に反映するが品質は必ずしも向上しなかったことなどを明らかにした。また、

土壤改良の範囲は4年間の条溝改良による樹勢の強化から樹冠面積の二分の一で十分と判断された。

これらの成果から、所期の目的を達成した後の土壤管理と施肥管理の方針として、健全な樹体の維持と品質の向上を図ることが重要と考えられた。ここでは、根の活力分布の消長と窒素利用率の変化に着目して、中耕の意義を見直すとともに局所改良・局所施肥を試み、良品質果実生産を安定させる技術を開発した。

### 第1節 中耕の見直し

条溝状土壤改良によって改良範囲を逐次拡大する場面で、根の活力分布は改良歴1年より2年、2年より3年の方が高いことが明らかになった。この結果は、断根を繰り返す中耕により表層の根活力分布は高まることがないことを示唆している。現地では、除草と萌芽の斉一性に中耕の意義を認めているので、この利点を残しながら表層の根活力分布を高める浅い中耕を検討し、果実品質の向上に有効な中耕の方法を見出だした。

#### 1 試験方法

(1) 供試圃場：第1章・第2節-2)-(1)と同じ開発果樹園内の別圃場。

(2) 供試樹：第1章・第2節-2)-(2)と同じ。試験開始時の樹齢11年。

(3) 土壤改良の前歴：1977年から1980年まで慣行の条溝状土壤改良を行い、1981年から1984年まで樹幹を中心とする放射状の改良が行なわれた。中耕作業は、樹幹から1m外を全面10cmの深さで毎年実施されていた。1985年の中耕から試験区の4処理とし1988年まで継続し

た。

(4) 試験区：①現地慣行(10cm深の中耕)に対比するため、次の3区を設定した。

②浅層中耕(5cm深の中耕)、③極表層中耕(3cm深の中耕)、④極表層中耕に吹起耕を併用(圧縮空気を土中で一気に放出：1㎡当たり1穴、40cm深、1樹48穴)。

## 2 結 果

中耕の深さを変えた影響は、果房重や1果粒重に現われなかったが、果実の糖含量や果色値は浅い中耕や吹起耕併用で向上する傾向がみられた。また、処理を継続して4年目の根重には中耕の方法による差が明瞭に現われ、3cm深中耕の根は10cm深中耕の7倍以上であった(第4-1表)。

## 3 考 察

板倉<sup>16)</sup>は、表層耕耘の欠点を挙げる中で、耕耘による断根のために浅い部分における吸収根が減少することを

第4-1表 中耕の深さと果実の品質

中耕の方法	1果粒重 (g)					糖含量 (Brix%)					根重(g)
	1985	1986	1987	1988	1989	1985	1986	1987	1988	1989	
慣行 (10cm)	12.0	11.4	11.6	11.7	13.3	18.2	15.9	17.4	16.3	15.0	26
浅層中耕 (5cm)	11.9	11.1	11.4	11.9	11.6	18.1	15.8	15.4	17.0	15.7	75
極表層中耕 (3cm)	11.3	12.2	11.3	12.3	12.4	17.9	17.1	16.5	17.1	16.5	199
極表層中耕 (3cm) +吹起耕	12.0	12.9	11.8	11.5	13.1	17.8	16.4	16.7	17.5	16.4	131

注：根重は土壤100L当たり 現地試験 三次ピオーネ生産組合

指摘している。本試験の結果も慣行の10cm深中耕を継続した区の根量は非常に少なかった。この試験では、土壤水分の消長を調査していないので、年次差や根量の違いが果実品質にどう影響しているかを明らかにできないが、極表層中耕区は吹気耕の有無に関係なく果肉がよくしまっており、水ストレスを大きく与えない灌水管理<sup>19)</sup> (pF1.5~2.2) をする根域制限栽培の果実の形質と類似していた。渡辺ら<sup>71)</sup>は圧縮空気処理の効果は、茶園で明白な生育差はみられないが、下層にいたるまで三相分布、透水性が良好になることを認めている。吹気耕区の

根は極表層中耕と浅層中耕の中間にあり断根が認められるので物理性改善との兼ね合いで評価が異なる。表層根の意義は未検討であるが、千葉ら<sup>69)</sup>は8ヵ年の平均収量は下層よりも表層(0~30cm)の根群密度と高い相関があることを認めている。この試験では、収量については明らかでなかったが、表層10cmの根を毎年断根するよりも、除草を目的とした3cmの中耕にとどめ、表層3~7cmの根を温存することは果実品質の向上に有効であったので、今後は収量、品質両面からの検討がさらに必要である。

## 第2節 局所改良・局所施肥の評価

土壤の物理的阻害要因が排除され収量の向上がみられた頃から樹勢は旺盛になった。果実品質の向上には、養水分の適正な管理は勿論であるが、その結果が樹相に反映され栄養転換期、新梢伸長期、新梢停止期など生育ステージに節目をつけることが重要である。しかし、土壤改良により根群分布が広く深くなることは、節目をつける点で問題が多い。そこで、収量向上に関与する土壤の機能と果実品質の向上を容易にする土壤の機能(肥培管理の方針が樹相に反映しやすい)をどう調和させるかが良質・多収のポイントになり、その実現方法として局所管理による根活力分布の制御を試みた。

### 1 試験方法

(1) 供試圃場：第1章・第2節-1)-(1)と同じ。

(2) 供試樹：第1章・第2節-1)-(2)と同じ。

試験開始時の樹齢9年。

(3) 土壤改良の前歴：1978年から1981年まで条溝状土壤改良を行なった試験区のうち深耕無堆肥、100kg混和、200kg混和の3区。

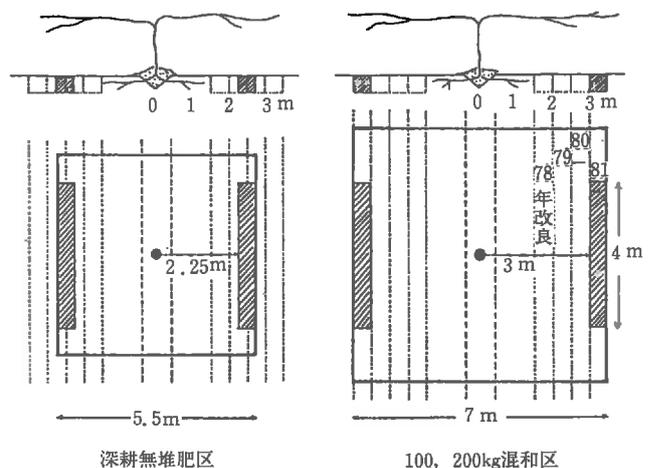
(4) 局所改良の方法：1985年12月に土壤改良の前歴による根域を配慮し、深耕無堆肥区は樹幹より2.25m、100kg混和、200kg混和の両区は樹幹より3mの位置に長さ4m、幅0.5m、深さ0.5mの局所改良部を設定した(第4-1図)。局所改良部は樹幹の両側に設けるので、その面積は4m<sup>2</sup>、土量は2m<sup>3</sup>である(写真-5)。根の管理域に対する局所の割合は、深耕無堆肥区の場合は13.2%、100kg混和、200kg混和の両区は8.2%である。局所改良部の土壤改良は、土壤1m<sup>2</sup>あたりに樹皮堆肥を200kg混和した。

(5) 施肥・灌水管理：施肥範囲は根域の30.25m<sup>2</sup>(5.5

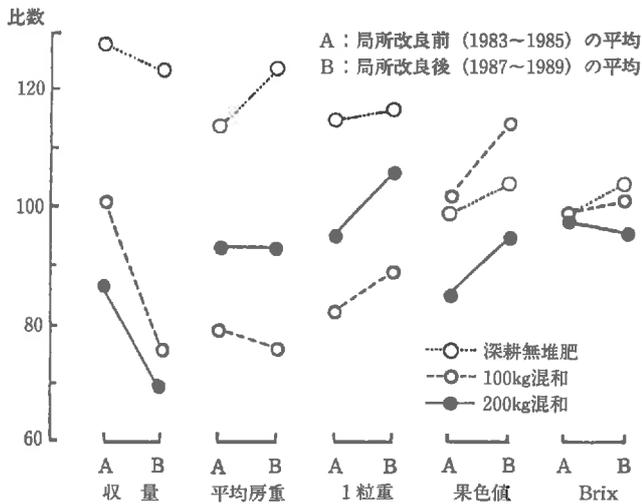
×5.5)、49m<sup>2</sup>(7×7)としたが、局所改良区は根活力分布の高まるのを待って1987年秋から窒素だけ局所施肥に変えた。窒素施肥量は硫安-Nで根域1m<sup>2</sup>当たり5gとし基肥：満開期：礼肥を5：3：2とした。なお、過磷酸石灰-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>は5gを基肥に、硫酸加里-K<sub>2</sub>Oは5gをNと同様の分施で根域に施肥した。灌水は、スプリンクラーによる根域全面の均一散水とした。

## 2 結 果

局所改良を行なった翌年のデータを除いて、その前後各3年間の収量と果実品質の平均値を第4-2表に示した。一部の例外を除けば、果房重の大きい樹は毎年大きく、果房重の小さい樹は毎年小さいといった傾向を保ちながら年次変動し、他の項目も同様であった。それゆえ、各形質の絶対値で局所改良の効果を判定するのは難しく、対照を100とした場合の比数の変化で評価した(第



第4-1図 土壤改良の前歴と局所改良の位置



第4-2図 局所改良・局所施肥による収量、品質の変化 (傾きがプラスの場合に処理効果がある)

4-2図)。その結果、局所改良は収量、平均果房重に対してマイナスに、1果粒重、果色値、糖含量に対してはプラスに作用していた。

局所改良部の根活力分布は土壤改良の前歴によって異なり、前歴が深耕無堆肥区の場合には明らかに高まった。しかし、前歴が100kg混和区や200kg混和区では対照を下回らないが明らかな高まりはみられなかった。

### 3 考 察

一般に、根域が狭い範囲に制限されると根の密度は高くなり<sup>26)</sup>、また、制限されても、普通の生育条件下では、根は必要な水や養分を十分吸収することができるという

れている<sup>18)</sup>。また、最初から根の領域を制限する根域制限栽培も多く<sup>19)</sup>の果樹で試みられ、実際に普及し始めている。さらに、一部の根を用いて植物を生育させる実験例もある<sup>13)</sup>。

一方、時本<sup>64)</sup>は植栽溝に粗大有機物を入れ覆土した上に植栽した果樹園で、植栽溝内の土壤水分張力の増加速度が溝外よりかなり大きいことから根の集中を推察し、植栽溝だけを改良する方式は局部的乾燥が起こりやすく好ましくないとしている。また、丹原<sup>61)</sup>はミカン園の根群制限土層の出現位置と温州みかんの平均収量との関係を調べて、深いほど収量が高いとしている。これまでの果樹栽培は、立地条件から根が広く深く分布することが前提であったので、局所改良の概念は成立しなかった。しかし、生産基盤が一新された開発果樹園では灌水装置を完備しているので、根の集中を危惧する必要はなくなった。録田<sup>22)</sup>は根の貫入または根量と収穫目標物との関係は必ずしも一致しない場合があり、根量と同時に根の機能面の検討が必要と述べている。

ここに提起した局所改良・局所施肥の結果は、予期したように果実品質の向上に結びついた。しかし、収量に対して効果的でなかったのは、未だ樹冠の拡大があったこと、灌水管理が不十分だったことが原因していると考えられる。

ブドウ1果房の生産に関与する根域が、一般樹の1/5~1/10の根域制限栽培では、根の密度が非常に高く、細根で6倍多い。それにもかかわらず10年以上栽培を継続しているのは、水管理の精度向上<sup>19)</sup>が大きく効いているためである。本試験の局所改良部の土量2m<sup>3</sup>は、根域

第4-2表 局所改良・局所施肥による収量、品質の変化

試験区		収量 (kg/樹)		平均果房重 (g)		1果粒重 (g)		果色値		糖含量 (Brix%)		根活力分布 検診 Br (ppm)
前歴	局所改良	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後	
深耕 無堆肥	(比数)	(128)	(124)	(114)	(124)	(115)	(117)	(99)	(104)	(99)	(104)	14
	処理	262	403	327	414	13.0	12.5	8.8	7.6	19.2	17.4	
	対照	205	325	288	335	11.3	10.7	8.9	7.3	19.3	16.8	
100 kg 混和	(比数)	(100)	(76)	(79)	(76)	(82)	(89)	(102)	(114)	(99)	(101)	2
	処理	221	286	279	299	10.7	10.4	8.4	8.0	19.5	17.7	
	対照	222	374	355	393	13.0	11.7	8.2	7.0	19.6	17.5	
200 kg 混和	(比数)	(86)	(69)	(93)	(93)	(95)	(106)	(85)	(95)	(97)	(95)	7
	処理	213	304	277	310	10.4	10.4	6.8	6.9	17.3	16.3	
	対照	247	440	298	334	11.0	9.8	8.0	7.3	17.9	17.2	

前 歴：1978年~1981年の11月に樹皮堆肥混和による条溝土壤改良

局所改良：1985年12月(第4-1図)

処 理 前：1983年~1985年(樹齢7~9年生)の平均

処 理 後：1987年~1989年(樹齢11~13年生)の平均

比 数：対照樹を100とした場合の処理樹の比、処理前の比較は個体差を示す。

根活力分布検診：1989年7月10日処理、8月11日採葉。

制限栽培で200果房の収穫が可能な量であるが<sup>5)</sup>、1樹の果房数が1,000近い供試樹に対して、領域設定が適正

であったかを検討するとともに、根域全体の灌水と局所改良部への灌水を分離した方法の検討が必要である。

### 第3節 要 約

条溝状の改良を年々広げる土壌改良では、物理性改善効果、根の活力分布、施肥効果の発現は一様でないことが明らかになった。また、改良効果のブドウへの反映は、生育量、収量にプラス、果実品質にはマイナスであった。そこで、土壌の物理性改善が一巡した開発果樹園で、良品実果実生産を安定させるため局所改良・局所施肥を試み、その有用性を明らかにした。

1. 慣行中耕(10cm)の意義を見直し、表層の断根をともなわない浅層(3~5cm)中耕は、果実の糖含量や果色を高めるのに有効であった。
2. 根系の一部(4m<sup>2</sup>)を再改良し、2年経過後、その部分だけを施肥管理の対象にする局所改良・局所施肥の方法は、収量に対する効果はなかったが、果実品質の向上に有効であった。

## 総 括

粘質で構造が未発達な開発ブドウ園土壌の物理性を、樹皮堆肥の施用によって改良する場合の適正施用量を明らかにするとともに、改良効果が土壌とブドウ樹に反映する過程を解析し、収量・品質を高める土壌および施肥管理法をめざした。

### 1. 樹皮堆肥による粘質土壌の物理性改良方法

粘質土壌の物理性改善には多量の資材が必要なこと、樹冠の拡大に合わせて逐次改良範囲を広げればよいこと、水の溜り場になりやすいタコソボ方式は適さないことを考慮して条溝状に樹皮堆肥を施用して土壌改良する方針を選んだ。堆肥混和の土壌改良作業は、①幅50cm、深さ50cmの条溝をミニバックホーにより掘削、②掘りあげた土壌の上に樹皮堆肥施用、③ロータリー耕を4回駆けて混和、④バック耕耘で圧密をかけないようにして埋め戻しの4工程で行ない、1年に50cmずつ改良範囲を樹幹の両側へ広げ、4年間で樹幹から1.5m～3.5mの範囲を改良した。改良に着手する最初の位置は大切に、樹に障害が出なければ樹幹に近いほど効果の発現が早いことを、現地での根群調査で確認している。なお、現地では、掘削した条溝へ樹皮堆肥を投入し、掘りあげた土壌を埋め戻す簡易な方法を当初行っていたが、不良土壌の攪乱だけなので、透水性改善は期待できなかった。

上記のような土壌の物理性改善では、土壌に混和される樹皮堆肥の割合が重要なので、土壌1㎡当たりの施用量を基準にした。溝幅50cm、溝深50cm、a当たり条溝の延長20mの場合は土壌改良の容積が1年にa当たり5㎡になり、土壌1㎡当たり100kg混和はa当たり500kg施用に相当する。

### 2. 樹皮堆肥混和による土壌環境の変化

土壌改良後5ヶ月目の円錐貫入抵抗値は小さく、混和量0～200kgの間の差はほとんどなかった。しかし、17ヶ月経過後は表層が硬くなり、200kg区を除いて測定できなかった。気相率や透水性の変化から、土壌の物理性を改善する樹皮堆肥施用量の下限は、土壌1㎡当たり100kgでその効果は透水係数の向上、固相率の低下、気相率の上昇として現われた。そして、この効果は2～3年で一度減退し、その後再び改良効果が発現する遷移をしめ

した。易有効水分、難有効水分はともに土壌攪乱で減少したが、易有効水分は樹皮堆肥の混和量を増すにしたがって増加する傾向がみられ全有効水分は200kg以上の混和量の場合に増加した。土壌の緩衝能は樹皮堆肥200kgの混和で明らかに高まり、稲わらマルチを7年継続したマルチ直下の土壌に近い変化を示した。なお、改良歴2～5年の差は小さいが、5年では酸性側で緩衝能低下の傾向がみられた。土壌改良効果に遷移がみられるのを解析するため、土壌の微細構造を検討した。改良後8ヵ月では、ち密な土塊の間に樹皮堆肥と粗孔隙が存在し、掘削・混和・埋め戻しのままに近かった。改良後20ヵ月では、土壌の一部はフレーク状に崩壊し、原土壌と樹皮堆肥の細片で構成される集合体が見られた。改良後30ヵ月になると、樹皮堆肥と土壌のなじみがみられ、連通した孔隙が認められた。

土壌改良剤の無機と有機あるいは分解の難易によって土壌の微生物相に差異が認められた。すなわち、全細菌、放線菌、糸状菌はクロタラリア堆肥区>樹皮堆肥区>ヒドロキシアルミニウム区の順に多く、B/F値はクロタラリア堆肥区が大きかった。

土壌改良後の経過年数が土壌微生物相に影響しているのは明らかで、改良歴が古く、堆肥の腐熟化が進むほど糸状菌数は顕著に減少した。反面、細菌数は改良後2年目で高い他は差がなく、改良歴が古いほどB/F値が高いのは糸状菌の減少が主要因と考えられた。

### 3. 土壌改良効果を低減する要因と緩和の方法

大型の開発果樹園では、土壌改良用のミニバックホーをはじめ、防除機械のスピードスプレーヤー(S.S.)や収穫物の運搬車などの導入は不可欠なので、作業時の踏圧を受ける機会が多く、折角の改良効果を低減させる場合がある。基本的には、作業機械の通路と根の管理域を分離すべきであるが、土壌改良部分への機械の侵入は避けがたい。そこで、物理性の改善を目標に土壌改良した園で踏圧の影響を調査し、改良効果を長期に持続させる要件を検討した。まず、土壌の圧縮による透水性の変化を明らかにするため500kg荷重可能な圧縮試験装置を試作し、土壌の種類、樹皮堆肥混和量、土壌水分を変えた試料に圧縮圧力0.2～6.0kgをかけ定水位飽和透水係数測定

用の供試体を調整した。圧縮圧力が大きくなるにつれて透水性は低下し、細粒質土壌・無堆肥・多水分の条件でその傾向が著しかった。樹皮堆肥の混和は圧縮による透水性低下の緩和に役立ち、細粒質の土壌でその効果が顕著であった。

土壌改良直後に重量や走行方式が異なる種々の機械を2回走行させ、機械踏圧が土壌の硬さに及ぼす影響を円錐貫入抵抗により調査した。円錐貫入抵抗の大きさは機械重量の順に大きく、表層に硬盤を形成する傾向も同様であった。しかし、走行方式の異なるホイール式(S.S.)とクローラ式(ミニバックホー)を比較すると、重量が軽くてもホイール式の影響が大きかった。

走行回数が増せば土壌の硬化は進むが、軽量機械の草刈機では表層(5~10cm)で大きく、20cmより下層へは影響しなかった。しかし、重量機械のS.S.は、1回の走行で10~15cmの層に硬度のピークが現われ、深層への影響も大きかった。

土壌1㎡当たり100kgの樹皮堆肥の混和や、1㎡当たり1.8kgの敷草は機械踏圧の影響を緩和する効果が大きく、特に、硬盤が形成されやすい10cmの表層でその効果が大きかった。

#### 4. 土壌改良効果のブドウ樹への反映

掘削した条溝の樹幹側の断面にみられる根の量は、2年目では散見程度であったが、年々急増したので、逐次改良で範囲を拡大する場合の改良部への根の伸長は加速的に増加したと推察される。4年間で樹幹から1.5m~3.5mの範囲を改良し、改良開始から5年目に根の分布と量を調査したところ、根量よりも根系に大きな変化がみられた。掘削後に樹皮堆肥を施用せず埋め戻した場合は樹幹の近傍に多くの根があり、土壌1㎡に200kgの樹皮堆肥を混和した場合は樹幹から4mの間、深さも含めて均等に分布していた。

改良歴の異なる条溝に伸入している根が、どのように

ブドウ樹の生育に関わっているかを明らかにする目的で、ユーロピウム(Eu)、臭素(Br)を用いる根活力分布検診法を試みた。改良歴2年の条溝で改良方法の違いを比較すると、樹皮堆肥200kg混和 $\geq$ 深耕無堆肥>無改良で深耕、樹皮堆肥混和によつて根の活力分布は明らかに高まった。また、樹皮堆肥200kg混和区で改良歴の違いをみると、改良歴3年の範囲では古い条溝ほど根活力分布が高かった。この結果は、土壌の物理性改善効果の遷移と関連し、逐次改良場面での施肥が均一では対応できないことを示唆している。そこで、施肥効果の不均一性を実証するため、ハウス栽培の樹皮堆肥100kg混和区を、樹幹から1.5m(未改良部)と1.5m~3.0m(改良部)に二分し、<sup>15</sup>N硫酸により施肥窒素の利用率を比較すると明らかに改良部で施肥効果が大きかった。

地下部のこうした影響を受けて地上部への効果の反映は、3年目から樹冠拡大、房数増加によって収量増加に現われた。しかし、果実品質に対する効果は樹勢が強くなりすぎたこともあって必ずしもプラスでなかったため、次に述べるような局所改良・局所施肥を試みた。

#### 5. 収量・品質を高く維持する土壌管理、施肥管理

根の活力分布に関する試験の結果から、表層の断根を伴う中耕は不合理と考えられたので、土壌改良が一巡した開発果樹園で中耕の方法を検討した。慣行の10cm深の中耕にくらべて3~5cmの浅い中耕や吹気耕併用は、果実の糖含量や果色値を高める効果があり、処理を継続して4年目の根量には3~5倍の差がみられた。

条溝改良を4年間継続した樹の根域はおよそ50㎡で、1樹の樹冠面積100㎡の二分の一を改良したことになる。この領域の中に4㎡の局所改良域を設定し、根活力分布を高く維持して、施肥効果を的確・鋭敏にすることを試みた。その結果、局所管理は収量に対して効果はみられなかったが1粒重、果色値、糖含量は向上した。

付表1 土壌改良とその遷移過程における土壌特性

項目	水分率(Vol %)															固相率 %	気相率 %	孔隙率 %	飽水度 %	易有効水分	難有効水分	全有効水分
	← 砂柱 pF →	← 吸引法 pF →	← 遠心法 pF →	0	1.0	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7	3.0	3.2	3.5	3.8							
1 不耕起A層	43.9	42.2	40.7	39.6	38.9	37.8	37.2	36.5	35.4	34.0	31.2	27.4	21.8	4.2	52.3	7.0	47.7	85.2	5.4	13.6	18.9	
2 " B層	44.8	42.8	41.3	39.8	39.1	38.6	37.8	37.1	35.9	34.4	31.3	27.7	21.8	4.2	52.5	6.2	47.6	86.9	5.5	14.1	19.5	
3 0 t 78年	44.9	41.0	37.1	36.0	35.3	34.7	34.4	33.9	32.7	31.6	29.5	26.1	20.8	4.2	50.6	12.4	49.5	75.1	4.4	11.9	16.3	
4 79	44.6	41.3	37.8	37.0	36.3	35.7	35.3	34.8	33.7	32.6	30.5	27.1	22.5	4.2	52.4	9.8	47.6	79.4	4.2	11.2	15.3	
5 80	44.3	40.8	38.0	37.2	36.4	35.8	35.5	35.0	33.8	32.7	30.6	27.6	22.4	4.2	52.7	9.3	47.3	80.6	4.3	11.4	15.7	
6 81	44.1	42.2	39.6	38.8	38.1	37.5	36.7	35.8	34.5	33.1	30.4	26.6	20.9	4.2	52.0	8.3	48.0	82.7	5.2	13.5	18.7	
7 2 t 78年	46.8	43.7	39.7	38.4	37.5	36.8	36.2	35.7	34.3	33.0	31.1	27.6	24.3	4.2	49.2	11.1	50.8	78.1	5.4	9.9	15.3	
8 79	46.3	43.7	41.8	40.7	40.1	39.6	38.9	38.3	36.8	35.8	33.3	29.5	24.0	4.2	51.3	6.9	48.7	85.9	5.0	12.9	17.9	
9 80	45.5	44.1	43.2	42.2	41.6	41.0	40.2	39.5	37.8	36.5	33.5	29.2	23.4	4.2	51.4	5.4	48.6	88.9	5.3	14.5	19.8	
10 81	49.4	45.9	41.3	39.9	39.2	38.5	37.9	37.1	35.5	34.0	31.3	27.4	22.1	4.2	48.4	10.3	51.6	80.2	5.8	13.4	19.2	
11 5 t 78年	48.0	45.6	40.7	39.3	38.4	37.6	37.4	37.2	35.5	34.1	31.9	29.0	23.8	4.2	49.3	10.0	50.7	80.4	5.2	11.8	17.0	
12 79	48.0	44.3	41.8	40.7	40.0	39.3	38.9	38.3	36.7	35.3	32.8	29.4	24.0	4.2	49.6	8.6	50.4	83.2	5.1	12.7	17.9	
13 80	49.6	45.9	40.2	39.1	38.2	37.5	37.0	36.1	34.5	33.2	30.8	27.4	22.2	4.2	47.5	12.3	52.5	76.7	5.7	12.3	18.0	
14 81	53.0	43.7	38.6	38.0	37.1	36.4	35.8	34.6	32.7	31.3	28.8	25.6	21.6	4.2	43.4	18.0	56.6	68.3	5.8	11.1	17.0	
15 10 t 78年	52.4	48.0	41.9	40.3	39.2	38.4	37.1	36.4	34.7	33.0	30.6	27.4	23.3	4.2	44.4	13.8	55.7	75.3	7.2	11.4	18.6	
16 79	50.0	47.2	45.1	43.8	43.1	42.4	41.9	41.1	39.4	37.6	35.2	31.6	26.1	4.2	46.4	8.5	53.6	84.2	5.7	13.3	19.0	
17 80	51.6	48.1	44.0	42.6	41.8	41.2	40.7	39.9	38.2	36.5	34.3	30.1	24.1	4.2	45.5	10.5	54.5	80.8	5.8	14.1	19.9	
18 81	56.3	48.9	40.7	39.2	38.2	37.3	36.9	36.0	34.1	32.4	30.0	26.6	21.8	4.2	40.2	19.2	59.8	68.0	6.5	12.4	18.9	
19 20 t	62.1	52.8	41.8	39.7	38.6	37.7	37.1	36.0	33.9	32.0	29.3	25.9	21.1	4.2	33.3	24.9	66.7	62.6	7.9	12.8	20.7	
20 30 t	64.6	55.5	44.4	41.8	40.5	39.7	39.1	38.3	35.7	33.7	30.8	27.1	22.0	4.2	30.4	25.2	69.6	63.9	8.7	13.7	22.4	
21 不耕起	54.4	53.4	50.2	47.9	46.6	45.5	44.1	42.9	40.4	38.0	33.6	29.2	24.3	4.2	41.3	8.5	58.7	85.5	9.8	16.0	25.8	
22 0 t	56.7	55.1	51.6	48.7	47.5	46.4	45.4	44.5	42.7	41.0	38.3	35.0	31.3	4.2	40.4	7.9	59.6	86.7	8.9	11.4	20.3	
23 10 t	57.7	55.5	49.8	46.4	45.0	43.9	42.9	41.9	39.9	38.1	35.0	31.0	25.5	4.2	38.8	11.3	61.2	81.6	9.9	14.5	24.4	

\* 2種の測定法の平均値 0 t, 2 t, 5 t, 10 t, 20 t, 30tは土壌1㎡当たりに樹皮堆肥を

※ pF1.5~pF3.0の水分 0 kg, 40kg, 100kg, 200kg, 400kg, 600kg混和するのと同義である。

※※ pF3.0~pF4.2の水分

※※※ pF1.5~pF4.2の水分

付表2 土壤改良とその遷移過程における土壤特性

項目	含水比(%) (固相重量に対する百分率)															容気度	採土時		pF4.2 終了時圧縮 (mm)	定水位透水性係数 (cm/sec)	真比重	仮比重
	← 砂柱法 pF →					← 遠心法 pF →					← 吸引法 pF →						液相 V%	気相 V%				
土壤処理	0	1.0	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7	3.0	3.2	3.5	3.8	4.2	液相 V%	気相 V%							
No.1 不耕起A層	31.7	30.5	29.4	28.6	28.1	27.3	26.9	26.4	25.6	24.6	22.5	19.8	15.7	37.5	10.3	3.9	5.2×10 <sup>-5</sup>	2.648	1.384			
2 " B "	32.3	30.8	29.8	28.7	28.2	27.8	27.2	26.7	25.8	24.7	22.5	19.9	15.7	37.8	9.8	4.6	5.6×10 <sup>-5</sup>	2.650	1.390			
3 0 t 78年	33.6	30.6	27.7	26.9	26.4	25.9	25.7	25.3	24.4	23.6	22.0	19.5	15.6	33.1	16.3	6.2	5.0×10 <sup>-4</sup>	2.648	1.338			
4 79	32.2	29.9	27.3	26.7	26.3	25.9	25.6	25.2	24.3	23.6	22.1	19.6	16.3	34.5	13.1	5.7	3.4×10 <sup>-4</sup>	2.639	1.383			
5 80	32.0	29.4	27.4	26.8	26.2	25.8	25.6	25.2	24.3	23.5	22.1	19.9	16.1	34.5	12.9	6.0	3.2×10 <sup>-4</sup>	2.637	1.389			
6 81	32.2	30.8	28.9	28.2	27.8	27.4	26.7	26.1	25.1	24.1	22.1	19.4	15.3	38.0	9.9	6.2	2.2×10 <sup>-4</sup>	2.638	1.373			
7 2 t 78年	36.2	33.8	30.7	29.7	29.0	28.4	28.0	27.6	26.5	25.5	24.0	21.3	18.8	34.3	16.5	6.3	4.7×10 <sup>-4</sup>	2.629	1.294			
8 79	34.3	32.3	31.0	30.1	29.7	29.3	28.8	28.3	27.3	26.5	24.7	21.8	17.7	39.0	9.7	4.8	6.1×10 <sup>-6</sup>	2.633	1.351			
9 80	33.9	32.9	32.2	31.5	31.0	30.6	30.0	29.4	28.2	27.2	25.0	21.7	17.4	41.0	7.6	4.5	3.1×10 <sup>-6</sup>	2.613	1.344			
10 81	38.9	36.1	32.5	31.4	30.8	30.3	29.8	29.2	27.9	26.8	24.6	21.5	17.4	38.3	13.3	6.6	2.0×10 <sup>-3</sup>	2.630	1.272			
11 5 t 78年	37.1	35.2	31.4	30.3	29.6	29.0	28.8	28.7	27.4	26.3	24.6	22.3	18.3	34.7	16.1	6.7	1.9×10 <sup>-3</sup>	2.637	1.302			
12 79	36.8	33.9	31.9	31.1	30.5	30.0	29.7	29.3	28.0	26.9	25.0	22.4	18.3	36.6	13.8	6.5	6.0×10 <sup>-4</sup>	2.643	1.311			
13 80	39.6	36.6	32.0	31.1	30.4	29.9	29.5	28.8	27.5	26.4	24.6	21.9	17.7	34.8	17.6	8.2	2.5×10 <sup>-3</sup>	2.640	1.255			
14 81	46.4	38.2	33.7	33.2	32.4	31.8	31.2	30.2	28.6	27.3	25.1	22.3	18.9	34.4	22.2	10.2	5.1×10 <sup>-3</sup>	2.644	1.148			
15 10 t 78年	45.4	41.5	36.2	34.8	33.9	33.2	32.1	31.4	30.0	28.5	26.5	23.7	20.1	33.6	22.1	8.1	1.4×10 <sup>-3</sup>	2.609	1.157			
16 79	41.6	39.3	37.6	36.5	35.9	35.3	34.9	34.3	32.8	31.3	29.3	26.4	21.8	41.0	12.6	6.4	6.7×10 <sup>-4</sup>	2.589	1.202			
17 80	43.8	40.8	37.3	36.2	35.5	34.9	34.5	33.9	32.4	31.0	29.1	25.6	20.5	40.0	14.6	7.4	4.4×10 <sup>-4</sup>	2.596	1.181			
18 81	54.2	47.1	39.2	37.8	36.8	35.9	35.6	34.7	32.9	31.3	28.9	25.6	21.0	34.5	25.4	11.5	8.5×10 <sup>-3</sup>	2.588	1.039			
19 20 t	72.7	61.9	48.9	46.5	45.2	44.2	43.5	42.2	39.7	37.5	34.3	30.3	24.6	37.1	29.6	16.1	1.2×10 <sup>-2</sup>	2.575	0.858			
20 30 t	84.7	72.6	58.1	54.7	53.0	51.9	51.1	50.1	46.7	44.0	40.3	35.5	28.8	39.3	30.3	16.3	7.4×10 <sup>-3</sup>	2.549	0.775			
21 不耕起	49.0	48.0	45.1	43.0	41.9	40.9	39.6	38.6	36.3	34.2	30.3	26.3	21.9	42.9	15.8	6.1	1.3×10 <sup>-4</sup>	2.692	1.112			
22 0 t	53.0	51.5	48.2	45.5	44.3	43.3	42.4	41.6	39.9	38.3	35.7	32.7	29.3	42.5	17.1	7.7	4.5×10 <sup>-4</sup>	2.657	1.074			
23 10 t	56.7	54.5	48.9	45.5	44.1	43.0	42.0	41.1	39.1	37.4	34.3	30.4	25.0	41.0	20.2	8.7	1.2×10 <sup>-3</sup>	2.633	1.023			

分析試料の採取時期 : 82年5月 78年条溝 : 土壤改良後3.5年経過(採取時)

" " 位置 : 15~20cm層

No.19、20は、土壤処理後1.5年経過(採取時)

No.21~22は、現地の三次3.5年経過

79 " " 2.5 "

80 " " 1.5 "

81 " " 0.5 "



a 改良山成畑工で造成された大規模果樹園



b 栽植列暗渠のために配置された粗朶



c 防災を兼ねた集水暗渠

写真-1 開発果樹園の造成（広島県三次農林事務所）



a 掘削 (条溝改良4年目, 条溝 $20\text{ma}^{-1}$ )



b 樹皮堆肥施用 (条溝1m当たり50kg)



c 混和 (ロータリー耕耘4回)



d 埋め戻し (バック耕耘)

写真-2 条溝状土壌改良の作業手順



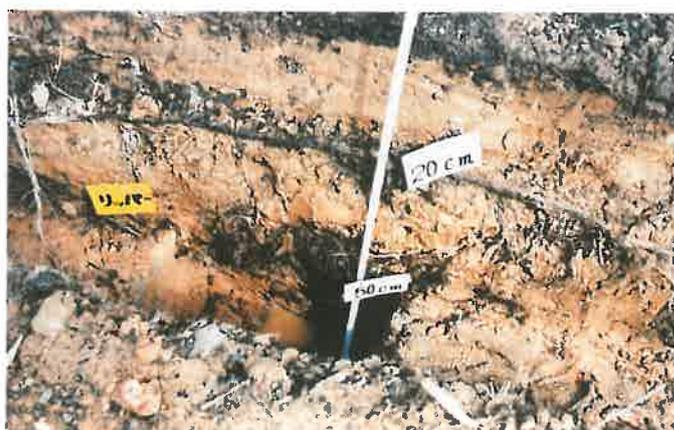
a 深耕無堆肥区（2年目掘削時）



b 樹皮堆肥200kg混和区（2年目掘削時）



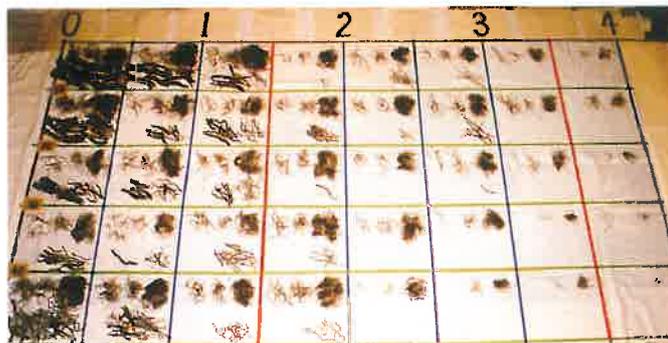
c 樹皮堆肥200kg混和区（4年目掘削時）



d リッパー深耕部

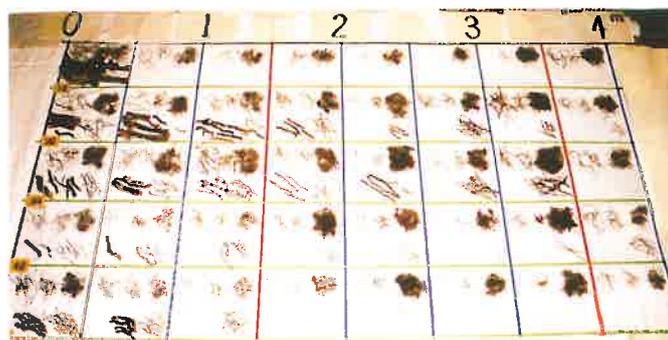
写真-3 土壤改良部にみられる根の状態

樹幹



a 深耕無堆肥区 (根は樹幹の近くに集中)

樹幹



b 樹皮堆肥200kg混和区 (根は広く深く分散)

横軸：樹幹からの水平距離 (50cm間隔)

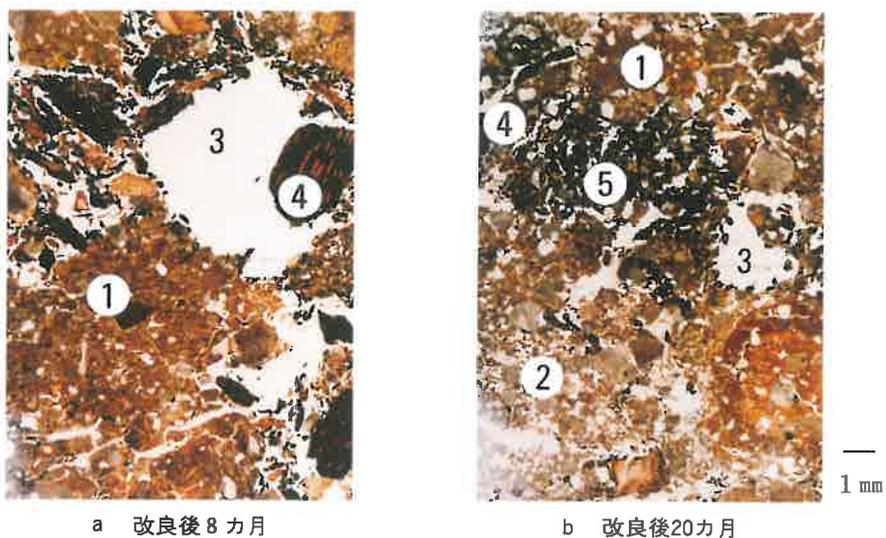
縦軸：深さ (10cm間隔)

赤線の範囲 (1.5~3.5m) を4年間で改良

写真-4 土壤改良による根の分布変化



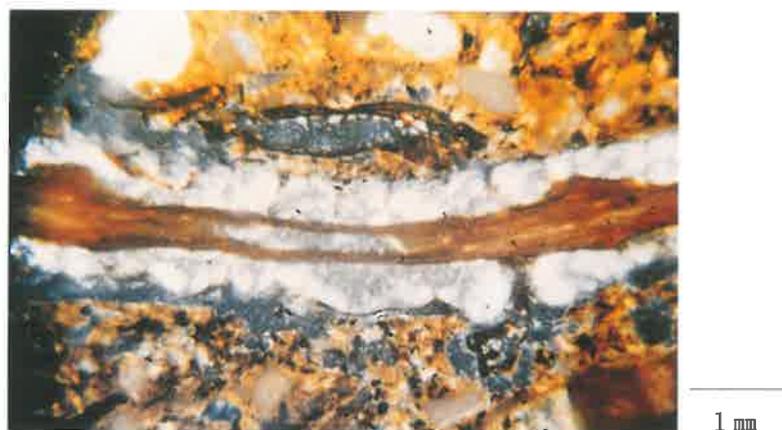
写真-5 局所土壤改良



a 改良後8カ月

b 改良後20カ月

- a : ち密な土塊①の間隙に、樹皮堆肥④と粗孔隙③が存在し、掘削、混和、埋め戻しのままに近い。
- b : 土塊の一部はフレーク状に崩壊し②、原土壌物質と樹皮堆肥の細片で構成される集合体⑤がみられる。



c 根の表面にみられるムシゲル (改良後30カ月)



d 腐植質で被覆された土塊と連通した孔隙 (改良後30カ月)



## 謝 辞

本論文は東京大学に学位申請論文として提出したものである。本論文をまとめるに当たり、終始御懇篤な御指導をいただき、御校閲の労を賜った東京大学農学部教授茅野充男博士、放射化分析を利用した根活力分布検診法の果樹への応用を御指導いただき、絶えず御激励を賜った農林水産省農業環境技術研究所元土壌化学研究室長渋谷政夫博士に対して衷心より深謝の意を表します。また、本論文の提出に当たっては、東京大学農学部後藤茂子技官に懇切丁寧な御教示とお世話を頂いた。

本研究の遂行に当たっては、多くの方々の御指導ならびに御助力をいただいた。以下に記して感謝の意を表します。

広島県果樹試験場（現広島県立農業技術センター果樹研究所）元場長木村義典氏、同元場長井伊谷雄平氏、元環境部長藤原昭雄氏、元主任専門技術員小林英郎氏には終始激励と御指導を賜り、また研究推進の便宜をはかっていただいた。元主任研究員平田克明氏（現平田観光農園）、古井シゲコ主任研究員、木村陽登主任研究員、今井俊治主任研究員、松本 要主任研究員、伊藤純樹研究員には多大な御援助と御協力をいただいた。農林水産省果樹試験場土壌研究室元室長関谷宏三氏、駒村研三博士には土壌の物理性測定について、主任研究官梅宮善章氏（現室長）、農林水産省農業環境技術研究所研究官木方展治氏（現農林水産省九州農業試験場）には放射化分析の御指導と御協力をいただいた。広島大学総合科学部助教授設楽惣助博士には土壌微生物の調査について御指導をいただいた。なお、農林水産省中国農業試験場元土壌肥料第2研究室長箱石 正氏（現財団法人自然農法国際研究センター）には、土壌の微細構造の調査に当たり、懇篤な御指導と貴重な御教示をいただいた。研究遂行のために、三次ピオーネ生産組合、三次農業改良普及所（現三次地域農業改良普及センター）には現地試験圃場の設定、土壌改良処理、調査など種々便宜をはかっていただいた。さらに、精度の高い土壌改良処理区の設定、調査、圃場管理に尽力をいただいた広島県果樹試験場技術員ならびに22条職員の方々に心から感謝申し上げる。

## 引用文献

- 1) 土壤物理研究会編：土壤の物理性と植物生育，養賢堂，東京（1979）
- 2) 土壤物理性測定法委員会編：土壤物理性測定法，養賢堂，東京（1972）
- 3) 土壤養分分析測定法委員会編：土壤養分分析法，養賢堂，東京（1980）
- 4) 藤原多見夫：造成樹園地の土壤改良，日本土壤肥料学会広島大会運営委員会編，「山陽の農業と土壤肥料」，p.193-203（1989）
- 5) 藤原多見夫：根域制限による野菜・果樹の土壤・栄養管理4，ブドウの根域制限による超密植早期多収栽培における養水分管理，土肥誌，65，66-73（1994）
- 6) 二見敬三：圃場における作物の根活力分布に関する研究，兵庫中央農技セ特別研報，15，1-77（1990）
- 7) 二見敬三・渋谷政夫：根活力分布検診におけるトレーサー元素 Eu, Rb, Br の作物部位別濃度分布，土肥誌，61，307-310（1990）
- 8) 古畑 哲・岩間秀矢巨：重粘性土壤に対する各種資材の孔隙組成改良—特に能取軽石の効果—，土壤の物理性，42，33-40（1980）
- 9) 箱石 正：土壤構造から見た造成地の熟畑化，近畿中国農業試験研究成果検討会要旨，29-38（1983）
- 10) 長谷嘉臣：果樹園の水利用の実態解明に関する研究—地形改造を実施した大規模ほ場の水収支に関する研究—，果樹試安芸津支場試験研究年報，6，29-30（1978）
- 11) 服部 勉：土壤微生物の住み場所をめぐる物理的諸問題，土壤の物理性，41，2-6（1980）
- 12) 林 真二・脇坂幸雄：果樹の湿害について—土壤の酸化還元電位の低下及び有害還元物質との関係—，園学雑，25，59-68（1956）
- 13) HENRY D. FOTH（江川友治 監訳）：土壤・肥料学の基礎，p.314-315，養賢堂，東京（1981）
- 14) 石沢修一：微生物と植物生育，p.76-77，博友社，東京，（1980）
- 15) 石沢修一・松坂泰明・関谷宏三：果樹園土壤生産力に関する研究，農林水産技術会議研究成果47，1-190（1971）
- 16) 板倉 勉：草生ミカン園は無中耕でよいか，柑橘，15（3），9-11（1963）
- 17) 板倉 勉・志村勲：果樹園土壤管理法に関する研究，（第4報）土壤の物理性に及ぼす影響，園試報，A3（1964）
- 18) 今井俊治・岩尾憲三・藤原多見夫：ブドウの生体情報の測定と解析による土壤水分管理法の指標化（第1報），環境要因の影響による茎径変化の分析，生物環境調節，28，103-108（1990）
- 19) 今井俊治・岩尾憲三・藤原多見夫：ブドウの生体情報の測定と解析による土壤水分管理法の指標化（第2報），生育段階における茎径ならびに果粒肥大の日変化特性，生物環境調節，29，11-17（1991）
- 20) 今井俊治・藤原多見夫・田中茂穂・岡本五郎：根域制限栽培のブドウ‘巨峰’の樹体生長と果実発育に及ぼす土壤水分の影響，生物環境調節，29，133-140（1991）
- 21) 加藤昭三・西ヶ谷昭三・岡田厚生・竹田康治・竹中 肇・吉田裕一：三方原洪積台地の赤黄色土の重粘土地帯における畑地排水の研究（第1報）かんきつ園の地表および地下排水の実態とその排水機構の解明，静岡農試報，15，109-116（1970）
- 22) 鎌田嘉孝：大型機械による踏圧と畑作物の生育，土壤の物理性14，4-9（1966）
- 23) 木下 彰：土壤を耕起する意味について考える，北農，37，8，1-4（1970）
- 24) 木村洋二：岡山県における第三紀層土壤の特性と改良に関する研究，岡山農試臨時報告，70，1-64（1978）
- 25) 木村洋二・平岡正夫・小野芳郎：第三紀層重粘土壤改良に関する研究（第1報）美作台地地域の土壤調査結果について，中国農業研究39，37-38（1968）
- 26) 近畿中国農業試験研究推進会議事務局編：平成元年度近畿中国地域「地域重要新技術」成果報告，良品質みかん・ぶどうの安定生産のための土壤および樹相管理技術の確立，1-56（1991）
- 27) 古賀 汎：温州ミカン園における下層土の物理性に関する研究，四国農試報，25，119-232（1972）
- 28) 古賀 汎・川村秋男：傾斜地果樹園造成地における土壤の生産力的特性，第1報 微地形条件と果樹園造成による土壤変化，四国農試報，15，1-30（1966）
- 29) 小林 章：ブドウ園芸，p.159，養賢堂，東京（1975）

- 30) 松元 順・久保田徹・加藤英孝・遅沢省子・有原丈二・河江教治：キマメ根の締め固め土層中への貫入伸長，土壌の物理性，64，3-9 (1992)
- 31) 松口龍彦・蘭 道生・石沢修一・鈴木達彦：土壌構造と微生物の生育，土壌の物理性，28，9-14 (1973)
- 32) 松口龍彦・新田恒雄：連作に伴う根の糸状菌フロラの変動と根群発達に及ぼす堆きゅう肥施用効果，土肥誌，59，1-11 (1988)
- 33) 三木和夫・森 哲郎：鉱質畑の地力に対する有機物の役割とその補給様式に関する研究，第2報 有機物施用跡地土壌の理化学性の変化について，東海近畿農試研報，15，112-124 (1966)
- 34) 峯 浩昭・小田真男：温州ミカン園における表層及び下層土改良，第1報，オガクズ入鶏ふんの連用と深耕が根群分布に及ぼす影響，大分柑試研報，2，51-68 (1984)
- 35) 森田義彦：果樹園土壌の研究（特に物理的組成及び土壌管理について）前編，農技研報E 4，18-22 (1955)
- 36) 森田義彦：果樹園土壌の研究（特に物理的組成及び土壌管理について）後編，農技研報E 5，97-104 (1956)
- 37) 仲谷紀男：有機物が関与する土壌の水分特性について一とくに，土壌有機物の存在様式と撥水性を中心にして一，農技研報B（土壌肥料）32，15-12 (1981)
- 38) 中間和光：みかんと土壌の物理性，土壌の物理性，9，1-5 (1963)
- 39) 中村輝雄監修：肥料分析法，養賢堂，東京 (1966)
- 40) 長崎 明・三能政昭・高橋伸寿：大型トラクターの踏圧が畑土壌の物理性と作物の生育におよぼす影響，土壌の物理性，9，38-46 (1963)
- 41) 西出 勤・千家正昭・足立忠司：鉱質土壌畑における深耕の方法と効果，農土誌，51，1007-1011 (1983)
- 42) 農林水産技術会議事務局：研究成果78，樹園地の水利用と土層改良法に関する研究，p.4-5 (1974)
- 43) 農林水産技術会議事務局：研究成果204，中山間マサ土地帯における合理的土地利用技術の確立，p.65-68 (1988)
- 44) 農林水産省果樹試験場編：樹園地造成法と各種果樹園の土づくりの方策と実態 (1983)
- 45) 大城宗文：大型機械の運行に伴なう果樹園土壌の劣悪化に関する研究，土壌の物理性の実態調査及び透水係数測定法について，富山農試研報，5，59-65 (1972)
- 46) 岡本五郎：農業技術体系，果樹編基本技術，p.85-86，農文協，東京 (1983)
- 47) 岡本五郎・野田雅章・今井俊治・藤原多見夫：根域制限した‘巨峰’ブドウの生育と果実の発育に及ぼす液肥濃度の影響，岡山大学農学報，78，27-33 (1991)
- 48) RUSSELL, R. S. (田中典幸訳)：作物の根系と土壌，農文協，東京 (1981)
- 49) 坂本壽夫・尾花三郎：深耕が葡萄根群の発育に及ぼす影響，農及園25，793-794 (1950)
- 50) 作物分析法委員会編：栽培植物分析測定法，養賢堂，東京 (1975)
- 51) 佐藤 俊：木質堆肥および家畜ふん尿木質きゅう堆肥製造の手引き，農及園，53，425-428 (1978)
- 52) 沢田真之・藤本順子・山根忠昭：造成ブドウ園の土壌環境改善法，島根農試研報，23，74-103 (1988)
- 53) 渋谷政夫：放射化分析—農林水産分野における新しい応用，ふんせき，78，374-383 (1981)
- 54) 渋谷政夫・西垣 晋：農学生物学における原子炉利用による放射化分析について，土肥誌，31，365-374 (1960)
- 55) 渋谷政夫・二見敬三・藤井 浩：圃場における連作キャベツの根活力分布検診，土肥誌，56，59-61 (1985)
- 56) 総合助成試験研究（中核研究）報告書：土壌環境改善と生育適性化による中国山間地域開発果樹園（ブドウ・モモ）の生産性向上，1-78 (1984)
- 57) 相馬盛雄・加藤 正・成田春蔵・中村幸夫：リング園の暗渠排水に関する研究，青森りんご試報，17，19-80 (1972)
- 58) 高橋弘行：廃材堆肥の作り方，（財）北海道林産技術普及協会 (1977)
- 59) 高橋和司・上村亀記・河合伸二・今泉諒俊：樹皮の有機物資材としての特性と施用効果について，愛知農総試研報A10，137-149 (1978)
- 60) 竹内次夫・鈴木正巳：原子吸光分光分析，南江堂，東京 (1969)
- 61) 丹原一寛：柑橘園土壌における物理性の改良，農及園，44，369-372 (1969)
- 62) 地寄 誠・瀬野義弘・川戸義行・足立健夫・長澤淳一：開園時の土壌深耕がモモの生育に及ぼす影響，京都農研報14，35-46 (1989)
- 63) 千葉 勉・関谷宏三・青葉幸二・志村 勲・荻原更一：果樹園土壌管理法に関する研究（第6報）供試樹（クリ）の体内成分含量および生長と収量ならびに根群分布におよぼす影響，園試報A（平塚），5，1-37 (1966)
- 64) 時本 巽：有機物施用による傾斜地果樹園の土壌改良に関する研究（第1報）傾斜地の土壌水分動態，山口大農学部学報，33，33-47 (1982)
- 65) 時本 巽・片岡正治：重粘土果樹園の排水に関する試験，岡山農試研報1，26-33 (1976)
- 66) 植村誠次：オガ屑堆肥の製造と施用効果，（財）林業科学技術振興所編 (1966)

- 67) 梅宮善章・安田道夫・佐藤雄夫：アクチバブルトレーサーによる果樹の根活力検診法の検討，土肥要旨集，32，p.230 (1986)
- 68) 梅宮善章・安田道夫・佐藤雄夫：アクチバブルトレーサーによる果樹の根活力検診法（第2報）BrとCsの吸収特性について，土肥要旨集，33，p.272 (1987)
- 69) 梅宮善章・安田道夫：アクチバブルトレーサーによる果樹の根活力検診法（第3報）ブドウ，モモ圃場での応用，土肥要旨集，34，p.132 (1988)
- 70) 浦木松寿：造成ナシ園の排水技術，農及園，59，904-908 (1984)
- 71) 渡辺敏朗・坂田寿生・中村晋一郎・大森 薫：圧縮空気処理による茶園土壌の改良，福岡農総試研報A-3，67-74 (1984)
- 72) 山崎不二夫・八幡敏雄・竹中 肇・田淵俊雄：北海道小向の重粘土地の暗キヨ排水における心土キ裂の役割，農業土木研究，30，427-434 (1963)
- 73) 山下正隆：茶樹の根群に関する栽培学的研究 第3報 断根後の根の再生と白色根の機能，日作紀，54，337-345 (1985)
- 74) 湯村義男：近代農業における土壌肥料の研究第1集 土壌の物理性に及ぼす有機物施用の影響，日本土壌肥料学会編，養賢堂 (1970)
- 75) 吉原千代司・黒川泰幸・遠藤融郎・小林英郎：傾斜地ブドウ園の生産力の特性に関する研究（第1報）階段畑造成が生産力に及ぼす影響，広島農試報，29，1-18 (1969)
- 76) 吉原千代司・黒川泰幸・小笠原静彦・神原嘉男：傾斜地ブドウ園の生産力の特性に関する研究（第2報）斜面畑造成が生産力に及ぼす影響，広島農試報，29，19-34 (1969)

# Improvement of the Physical Properties of Heavy Clayey Soils in Newly Developed Vineyard and its Effect on the Yield and Quality of Grapes

Tamio FUJIWARA

## Summary

As large scale vineyards have been developed in Chugoku district, heavy clayey subsoils are often exposed on the soil surface after land reclamation and grape vine seedlings are usually transplanted to these physically and chemically poor soils. Under these soil conditions, conventional ways of laying underdrains along with tree trunks and application of compost to the field show only limited effect on the yield of grape fruits. Therefore it usually takes long time for the farmers to obtain their target yield and to establish their farm business.

In order to increase grape yield in these vineyards, it is most important to establish methods for improving the physical and chemical properties of soil. In the present study, several experiments were conducted to establish the procedures to improve the soil conditions of the newly developed vineyards and the directions for these soils were described. The cultivation practices to maintain better growth of grape plants in each stage of the plants and soils after the development of the grapevine yards were also proposed.

### Chapter 1 Physical Improvement of Heavy Clayey Soils

Since large amount of bark is available in the district as a cheap soil conditioner, the composting of bark materials and its methods of application were studied. It was found that 5 kg urea along with 5 kg of dried poultry wastes to 1,000 kg of bark materials were suitable to produce good quality compost.

The following steps were recommended for applying the compost to the vineyards ;

1. Ditches (50 cm deep and wide) should be dug 1.5 m apart from the both sides of the tree trunks.
2. Dig-out soil should be pulverized and mixed thoroughly with the compost.
3. Soil-compost mixture should be returned into the ditches.
4. Ditches should be extended 50 cm outward every year.

Compost at the rate of 0 to 600 kg per 1 m<sup>3</sup> of soil were studied. It was found that at least 100 kg of the bark compost to every 1 m<sup>3</sup> of soil was necessary to improve the physical properties of the soil.

### Chapter 2 Maintenance of the Improved Soil Characteristics by Bark Compost Application

In order to find out the methods to maintain improved soil characteristics brought about by bark compost application, mechanisms of the soil improvement were analyzed. Increased soil porosity and permeability of the soil by compost application showed improvement of the soil physical properties. These desirable changes of the properties appeared in the first year, but were obscure in the 2nd and 3rd year and reappeared in the 4th year and thereafter.

From the observation of the soil microstructure, the fluctuation was estimated to be caused by decomposition of the bark compost in the soil and development of soil structure. It was apparent that soil micro-

organisms played important roles in this process.

Physically improved soils where the compost had been well decomposed showed higher bacteria to fungi population ratio which was commonly observed in biologically healthy soils.

It was necessary to avoid soil compaction caused by farm machinery for the maintenance of better soil physical characteristics.

The application of 100 kg of the bark compost per 1 m<sup>3</sup> of soil and mulching with 1.8 kg of dried grasses per 1 m<sup>2</sup> of the vineyard mitigated soil compaction, especially in the surface layer down to 10 cm, where hardpan was easily formed.

### Chapter 3 The Effect of Soil Improvement on Yield and Quality of Grapes

The effect of the soil treatments on growth and activity of the roots were analyzed by applying a diagnostic method using bromine absorption. The results showed that the bark compost application promoted expansion of rhizosphere rather than increase in root volume and increased distribution of physiologically active roots.

Within 3 years after the soil treatment, the active roots were distributed mainly in the oldest ditch. That observation partly explained why the improved effect did not appear on growth of vine trees immediately after the compost application.

The beneficial effect of compost appeared through expansion of tree crowns and increase in the number of fruit clusters from the 3rd year of the soil improvement. However, the fruit quality was not always improved, possibly due to excessive vegetative growth of the trees.

### Chapter 4 Soil Management after Soil Improvement

The proposed soil improvement method was effective to promote tree growth and yield, but the fruit quality was not always satisfactory. Therefore the author tried to control the tree growth by both partial fertilization and tillage the surface soil down to 3 - 5 cm. This stimulated the root growth, increased sugar content of the fruit, improved the fruit color and was also effective in weed control.

After four years of the soil improvement practices, the roots were distributed in the area of 50 m<sup>2</sup> around the tree, which was equivalent to half of the total area of the tree crown.

Within that improved area 4 m<sup>2</sup> was intensively managed as described above. This partial soil management enhanced especially root activity, increased weight and sugar content of the fruits and improved fruit color.

### Conclusion

From the results obtained, it was concluded as follows ;

It was effective to mix 100 to 200 kg of bark compost with 1 m<sup>3</sup> of soil in order to improve physical properties of heavy clayey soil in the newly developed vineyards. It took three years time for the proposed soil improvement to increase yield and quality of the grapes. Employing this method of soil improvement in all the vineyards and some orchards developed recently in the district, the growers had obtained satisfactory results. However, it was necessary to develop further methods of soil improvement to control tree growth vigor since the present practices tended to cause excessive vegetative growth.