

ロータバケットによる茶園造成地の土層改良

駒村正治*・後藤昇一**

Improvement of Subsoil under Tea Field by Rotor-Bucket Machines

Masaharu KOMAMURA* and Shoichi GOTO**

* Faculty of Regional Environmental Science, Tokyo University of Agriculture

** Shizuoka Tea Experiment Station

Abstract

Declined land has been reclaimed as a tea field in Shizuoka Prefecture, Japan. We examined the effects of mixing tillage by rotor-bucket machine on improvement of subsoil under these fields. Some of the results obtained are as follows :

1. Thickness of both A and B horizon of the soil profile increased by mixing tillage by rotor-bucket machines.
2. The content ratio of soft-rocks decreased by this treatment and the hardness of soil also decreased.
3. Physical properties throughout the soil profile were improved especially in three-phase distribution.
4. Mixing tillage by rotor-bucket machine enhanced the growth of fine roots and yields of tea.

Key words : reclamation of tea field, soil physical properties, improvement of subsoil, rotor-bucket machine, mixing tillage

1. はじめに

静岡県における新規茶園造成では、栽培管理の機械化を前提とした地形修正をとまなう改良山成畑工がほとんどであり、そのため良質な表土が下層に埋没したり、不良な下層土が露出することがある（農林水産省構造改善局, 1992）。

一般に、茶園造成における表土扱いは、ブルドーザ、ダンプトラック、スクレーパなどの大型重機によって行われるが、これらの重機により土壌が圧縮や練り返しを受け、緻密化しやすい（石渡・斎藤, 1992）。とくに茶園造成地における土層改良の良否は、定植後の茶樹の生育に大きく影響し、土壌の物理性からみて好ましい状態を確保する必要性が高い（桜井四郎他, 1971）。

そのため今回は、良好な茶園造成と早期成園化を目指すため、従来のバケットによる土層改良でなく、ロータバケットを用いた混層耕による土層改良を静岡県茶業試

験場の実証圃場で実施した。

実証圃場付近の土壌は、これまでの土壌調査結果から緻密化しやすい土壌といわれている（河合・池ヶ谷, 1961）。そのため混層耕による土壌の物理性の改善は、排水性・保水性を高め、有効土層および根群の拡大を図り、有効雨量の増大や肥料の有効利用にもつながる（青野他, 1975）。

2. 試験地・試験項目および方法

2.1 試験地

試験地は、静岡県榛原町仁田にある県茶業試験場の実証圃場である。この付近の地質は新第三紀相良層群を基盤とし、その上層は大井川により運搬された坂部原礫層である。地形は緩やかな丘陵であるが変化に富み、植生はアカマツ、シイ、スギおよび雑木である（後藤・湯川, 1999）。

試験区は、従来使用されているバケットによる混層耕

* 東京農工大学地域環境科学部 〒156-8502 世田谷区桜丘 1-1-1

** 静岡県茶業試験場 〒439-0002 菊川町倉沢 1706-11

キーワード：茶園造成, 土壌物理性, 土層改良, ロータバケット, 混層耕

区 (以下、バケット区) とロータバケットによる混層耕区 (以下、ロータバケット区) で、各試験区面積は 200 m²である。

混層耕に用いられたロータバケットは、図1に示すように、バックホーに装着されたバケット内にロータリー式の鉄製の羽根を取付け、これを油圧モーターで回転させバケット内の土塊をほぐしながら混層を行うものである。今回使用した機械は、0.9m³級のバックホーにロータバケットを装着したものである (静岡県農林水産部、

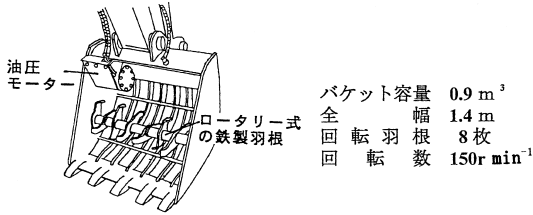


図-1 ロータバケット

Fig. 1 Rotor-bucket machine.

2001)。

2.2 土層改良施工手順

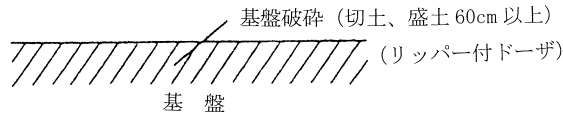
茶園造成および土層改良は、1996年3月から97年3月にかけて実施され、造成工事の概要は図2と以下に示すとおりである。

1) 基盤造成: 96年8月から12月において基盤造成を行った。表土を排除し、基盤を造成した後、排水性改良のため基盤に対して深さ60cm程度、リッパー付ブルドーザの十文字かけによる基盤破碎を行った。

2) 表土戻しと有機物散布: 97年1月に、基盤の上に表土を厚さ1m程度戻し、ブルドーザによる整地後、牛フンとオガ粉混合堆肥 (有機物資材) を10a当たり30トン表面に散布した。

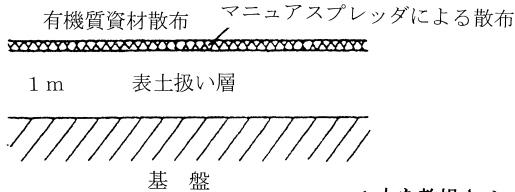
3) 暗渠施工: 暗渠排水は表土戻し後、97年1月に吸水渠の溝を間隔10m、深さ130cm、幅30cmで掘削し、直径10cmの多孔管を埋設した。疎水材は長径20~30mmの碎石を30cmの厚さで投入し、その上に目づまり防止のためモミガラを厚さ15cmで敷き詰め、その後埋め戻した。

① 基盤造成

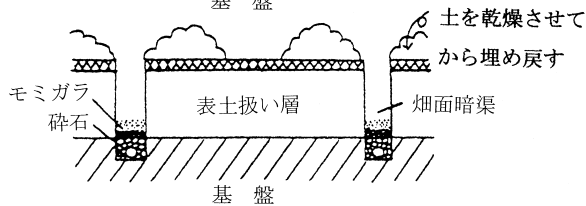


② 表土戻しと

土層改良資材散布



③ 暗渠排水



④ 混層耕

(ロータバケット)

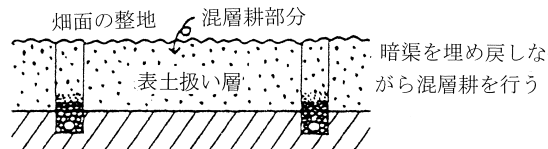
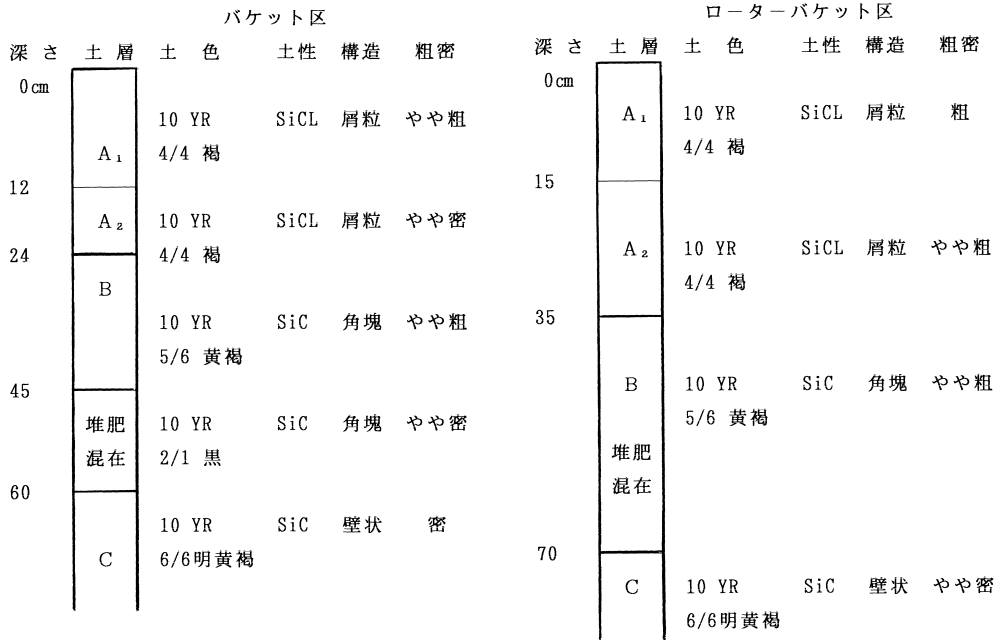


図-2 茶園造成工事の過程

Fig. 2 Process of tea field reclamation.



(1998年12月調査)

図-3 土壌断面

Fig. 3 Soil profile of the test field.

4) 混層耕: 97年2月に、土層の厚さ1mを対象に、バケットおよびロータバケットにより表面に散布した有機物資材の混合と土層の膨軟化を目的に混層を行った。

バケット区とロータバケット区における10a当たりの作業時間は、バケット区が7.6時間、ロータバケット区が9.8時間であった(後藤, 2001)。ロータバケットはロータの回転操作がともなうことから、バケット区に比べて作業時間がやや多くかかることになった。

茶園造成は、97年3月にすべて完了し、4月に苗の定植を行った。品種は「山の息吹」の2年生苗であり、植栽間隔は株間50cm、条間50cmの複条千鳥植えである。

2.3 調査項目および方法

調査項目はバケット区とロータバケット区において、土壌断面調査、土壌硬度、軟岩含有率、土壌の物理性、土壌水分変動、細根分布および生育・収量調査である。

調査期間は、定植後の1997年から2000年までの期間である。調査方法は、土壌断面調査、土壌硬度などは現地での観測および測定による。土層硬度の測定は、山中式硬度計によって深さ10cm間隔で行った。

軟岩含有率は、幅50cm、奥行き20cmの区画に対し

て、厚さ20cmのブロックごとに、深さ100cmまでを対象土層として試料を採取し、軟岩の大きさ別に分け風乾質量を測定して行った。

土壌の物理性は、土粒子密度、自然含水比、乾燥密度、飽和透水係数およびpF-水分などであり、土層毎に100cm³のサンプラー3個を採取し、室内にて試験を実施した。なおpF-水分試験は、pF 0から2.2までは加圧板法、pF 2.5から4.0は遠心法によって行った。土壌水分変動調査は、10cm間隔で深さ80cmまでに自記テンシオメータを埋設し、水分張力の測定によって行った。また、自記雨量計により降水量も観測した。

細根分布調査は、うね間の土壌断面において深さ120cmまで、厚さ10cm、幅50cmの枠内の細根数を数えて行った。生葉収量は、はさみ刈りにより1区画9m²で調査し、10a当たりに換算した。わく摘み調査は20×20cm枠(各区9か所)によって行った。

3. 結果および考察

3.1 土壌断面と硬度および軟岩含有率

3.1.1 土壌断面

土壌断面調査結果は、図3に示すとおりである。

バケット区では、深さ 24 cm までの表層は褐色から暗褐色を呈し、腐植を含む A 層であり、土壤構造は屑粒状構造である。深さ 24~60 cm は混合部分の B 層であり、45~60 cm に有機物資材が集中し、60 cm 以下には有機物資材の存在が少ない。

ロータバケット区では、深さ 35 cm までの表層は褐色から暗褐色で腐植を含む A 層であり、バケット区よりも表層が厚く、土壤構造は屑粒状構造を呈している。また、深さ 35~70 cm の層は、有機物資材が混合した B 層が存在し、バケット区よりも混合層が深く厚く存在している。すなわち実際の改良深度はバケット工法で 60 cm、ロータバケット工法で 70 cm と深く、有機物資材の混合状態も良好であった (後藤, 2001)。

土性は両区とも表層がシルト質植壤土 (SiCL), 下層がシルト質植土 (SiC) である。可塑性は表層ほど粗粒で乾燥の影響によるため中程度であり、下層は湿潤で粘質土のため中~強である。

各土層における土壤組織は、両区とも表層が柔らかい粗な状態であり、下層になるにしたがってやや密ないし密になる。バケット区に比べてロータバケット区の方が土層の均一化・膨軟化が促進され、より粗な傾向がみられる。

根量は両区とも A 層で多く、根の深さは B 層の下限であるバケット区で 60 cm、ロータバケットで 70 cm 付近まで存在している。いずれにしても根の伸長は、定植から 2 年目としては順調な状況であるといえる。

3.1.2 土壌の硬度

土壌の硬度について茶園造成後の土壤断面調査時に行った山中式硬度計による結果を図 4 に示す。この数値は、97~98 年の 4 回測定した平均値である。これによるとバケット区で 11~15 mm 程度、ロータバケット区で 9~14 mm 程度であり、ロータバケット区が各土層とも 1~2 mm 程度硬度が小さい。

この図には表土戻し後の混層耕実施前 (97 年 1 月) に測定した硬度の値も示してある。この時の硬度の値は各層とも 20~22 mm の範囲である。硬度の値 17~20 mm で根の伸長が抑制され始めるといわれていることから (土壤物理研究会編, 1979), やや固い状態である。これらの結果からみてバケット区およびロータバケット区とも、土層改良後における硬度の値はかなり小さく、混層耕により膨軟な状態となったといえる。

3.1.3 軟岩含有率

ロータバケットによる混層耕の効果をみるため、造成 1 年目の 97 年 8 月に実施した軟岩含有率から検討する。軟岩含有率はバケット内ロータリー式の羽根の回転により軟岩が破碎ないし細粒化される程度を示し、土層改良

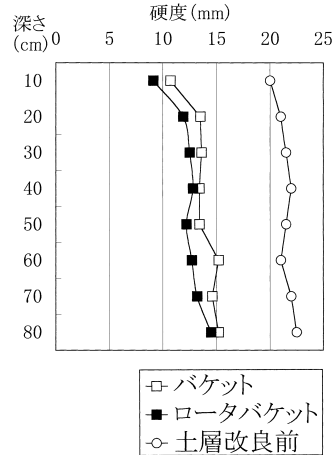


図-4 土壌の硬度

Fig. 4 Profile of soil hardness.

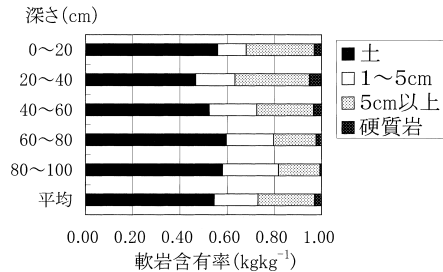


図-5 バケット区における軟岩含有率

Fig. 5 Content of soft rock by weight in bucket test field.

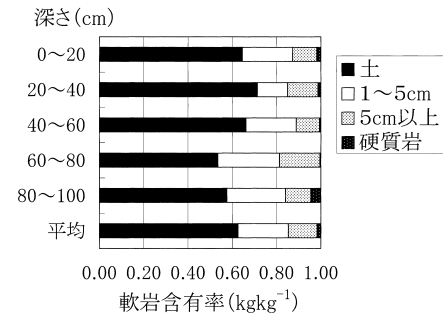


図-6 ロータバケット区における軟岩含有率

Fig. 6 Content of soft rock by weight in rotor-bucket test field.

効果を現すものと判断される。軟岩含有率ここでは、直径 1 cm 以上を軟岩とし、それ以下を土とし図 5, 6 にその結果を示す。

表-1 土壤の基本的物理性

Table 1 Physical properties of soils

深さ	バケット区				ロータバケット区			
	土粒子密度 (g cm^{-3})	自然含水比 (kg kg^{-1})	乾燥密度 (g cm^{-3})	飽和透水係数 (cm s^{-1})	土粒子密度 (g cm^{-3})	自然含水比 (kg kg^{-1})	乾燥密度 (g cm^{-3})	飽和透水係数 (cm s^{-1})
5 cm	2.68	0.293	1.18	8.7×10^{-3}	2.66	0.315	1.08	2.2×10^{-2}
15	2.69	0.298	1.21	2.0×10^{-3}	2.69	0.321	1.12	4.5×10^{-3}
30	2.67	0.305	1.32	1.3×10^{-3}	2.68	0.300	1.21	7.1×10^{-3}
50	2.68	0.318	1.32	1.0×10^{-3}	2.69	0.336	1.14	5.3×10^{-3}
70	2.67	0.300	1.40	8.3×10^{-5}	2.67	0.311	1.19	8.0×10^{-3}
90	2.67	0.291	1.43	2.8×10^{-5}	2.68	0.324	1.20	3.0×10^{-3}

直径 1 cm 以上の硬質岩を含めた軟岩の含有率は、バケット区で 0.45 kg kg^{-1} 程度、ロータバケット区で 0.35 kg kg^{-1} 程度であり、ロータバケット区の軟岩含有率が 0.1 kg kg^{-1} 程度少ない。土層別にみると軟岩含有率は、バケット区が $0.4 \sim 0.5 \text{ kg kg}^{-1}$ 、ロータバケット区が $0.3 \sim 0.45 \text{ kg kg}^{-1}$ の範囲である。深さ別の軟岩含有率は、必ずしも表層で少ない率でなく、下層においても同程度の含有率であり大差がみられない。

なお軟岩の大きさに関してみるとバケット区の方が直径 5 cm 以上の大きな割合が多く、表層で多い傾向である。

以上の結果から、ロータバケット区において軟岩の含有率が少なく、かつ大きな岩が少ない傾向であり、しかも全層にわたって同程度の含有率である。これらのことからバケット内に入った大きな軟岩がロータの回転により細かく砕かれる割合が高いといえる。

その後 3 年目の 99 年の結果では、直径 1 cm 以上の軟岩含有率がバケット区で 0.4 kg kg^{-1} 程度、ロータバケット区で 0.3 kg kg^{-1} 程度であり、ロータバケット区の方が 0.05 kg kg^{-1} 程度少ない。各土層においてもロータバケット区の方がバケット区よりも軟岩の含有率が 0.05 kg kg^{-1} 程度少ない。

両区とも混層耕実施 3 年目において軟岩含有率が 0.05 kg kg^{-1} 程度減少している。これは軟岩が乾湿の影響、すなわち風化作用を受けて部分的に破碎したものとと思われる。とくに表層に存在する軟岩の破碎は短期間に進む。これは軟岩が新第三紀層のため固結程度が低く、風化作用を受けやすいためである。

一般に造成地における土層改良のための耕耘深は、普通畑で 25 cm、樹園地で 60 cm であるが（農林水産省構造改善局，1992）、改良深度が 60 cm を超える場合には表土だけを集積するのは施工上かなり困難である。したがって、下層にある未風化の軟岩層などが多かれ少なか

れ混入することは避けられないものとする。この対策としてのロータバケットによる混層耕の効果がみられると判断される。

3.2 土壤の物理性と土壌水分変動

3.2.1 土壤の基本的物理性

土壤の基本的物理性の結果は、表 1 に示すとおりである。これは 98 年 12 月と 99 年 7 月に採取した土壤の平均値である。

土粒子密度は、 $2.66 \sim 2.69 \text{ g cm}^{-3}$ の範囲であり、一般的な鈹質土壌と近似した値である。自然含水比は、両区とも 0.3 kg kg^{-1} 前後であり、ロータバケット区の方がやや多い傾向であるものの大差がない。乾燥密度は、バケット区が $1.18 \sim 1.43 \text{ g cm}^{-3}$ 、ロータバケット区が $1.08 \sim 1.21 \text{ g cm}^{-3}$ の範囲であり、ロータバケット区の方が小さい傾向であり、土壤の膨軟効果がみられるといえる。

飽和透水係数はバケット区が $2.8 \times 10^{-5} \sim 8.7 \times 10^{-3} \text{ cm s}^{-1}$ 、ロータバケット区が $3.0 \times 10^{-3} \sim 2.2 \times 10^{-2} \text{ cm s}^{-1}$ であり、深さ 50 cm までは大差がみられない。しかし、深さ 70 cm 以下の下層ではロータバケット区の方が 10^2 程度大きい値である。改良深度が深いロータバケット区の方が下層において飽和透水係数が大きい。

三相分布の結果を図 7, 8 に示す。バケット区の固相率は $0.45 \sim 0.55 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ の範囲であり、表層で少なく、下層ほど多い傾向である。気相率は表層で $0.2 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ であり、下層になるにしたがって少なくなっている。ロータバケット区は固相率が $0.4 \sim 0.45 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ であり、バケット区より各層とも少ない傾向であり、下層においてもとくに少ない傾向である。気相率も全層にわたり $0.2 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ 程度とバケット区に比べて多い。このようにロータバケット区は、三相分布においてバケット区に比べてバランスが良く、ロータバケットによる土壤の膨軟化の反映といえる。なお液相率は、両区とも $0.35 \sim 0.4 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ 程度であり、下層ほど多い傾向がみられる。

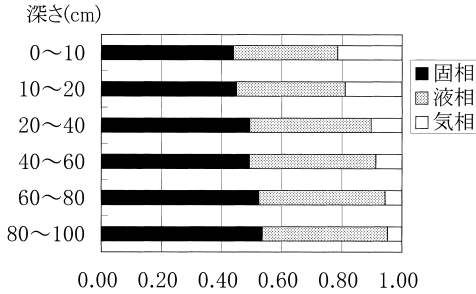


図-7 三相分布 (バケツ区)

Fig. 7 Three phase distribution of the bucket test field.

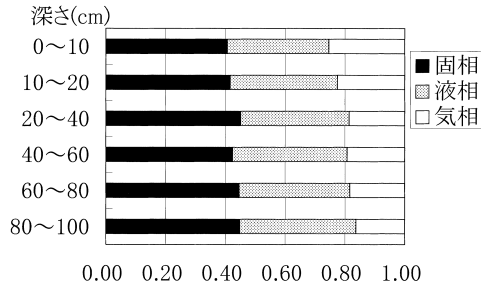


図-8 三相分布 (ロータバケツ区)

Fig. 8 Three phase distribution of the rotor-bucket test field.

続いて間隙率の内容について検討する。ここでは、pF-水分特性から、pF 0~1.8 に対応する間隙を粗間隙、pF 1.8~3.0 に対応する間隙を細間隙とし、それぞれ排水性と保水性に対応させる。粗間隙率は、図9に示すようにバケツ区とロータバケツ区では明らかに異なる。バケツ区では表層で $0.2 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ 程度と多いが、下層ほど少なくなり $0.05 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ 以下である。ロータバケツ区の間隙率は、全層にわたってバケツ区よりも多く、かつ下層においても $0.13 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ 程度と多い。

細間隙率についても図10のように、ロータバケツ区が $0.06 \sim 0.09 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ とバケツ区の $0.04 \sim 0.06 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ と比較して多い。とくに粗間隙率と同様に、下層における両区の差が大きい。

これらの結果からロータバケツ区は、粗間隙率・細間隙率ともに全層にわたって多く、混層耕による土壌の排水性・保水性の改善が認められる。

3.2.2 土壌の粗間隙率と飽和透水係数

土壌の粗間隙率と飽和透水係数の関係を整理して図11に示す。図のように粗間隙率の多い土壌ほど飽和透水

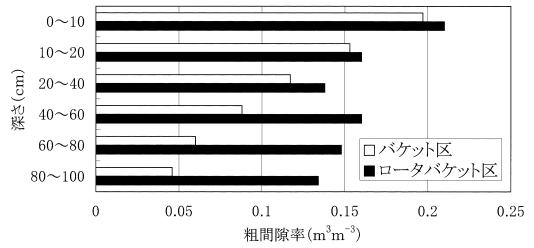


図-9 粗間隙率の分布

Fig. 9 Profile of soil macro-pore in bucket test field (□) and rotor-bucket field (■).

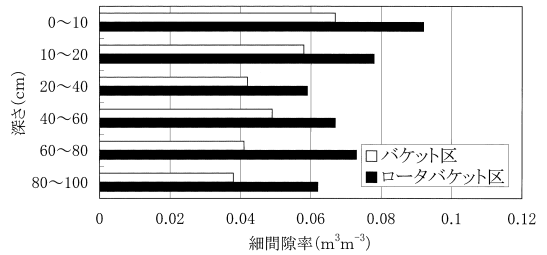


図-10 細間隙率の分布

Fig. 10 Profile of soil micro-pore in bucket test field (□) and rotor-bucket test field (■).

係数が大きい傾向である。粗間隙率が $0.1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ 以上で、飽和透水係数が $1 \times 10^{-3} \text{ cm s}^{-1}$ 以上のオーダーであり、粗間隙率の多いロータバケツ区の土壌の飽和透水係数が大きいことが明らかである。

以上のように土壌の基本的物理性からみて、調査地の土壌は、ロータバケツ区が深い土層まで混層耕により粗間隙率が多く、その結果透水係数が大きく、排水性からみて良好であると判断される。

3.2.3 土壌水分変動

土壌水分変動結果を図12に示す。これは99年の5月から6月の自記テンシオメーターによる深さ別の水分張力を整理したものである。とくに降雨後において、一旦低下した水分張力が重力水の排除(排水)や蒸発散に伴い再び上昇する経過をみたものである。5月24日に21mm、26日に42mmの降水量があり、その影響のため水分張力が急激に低下し、27日の時点で深さ80cm付近の土壌は、飽和状態であることが推察される。その後、土壌水分の減少により水分張力が増加するが、ロータバケツ区の方が各土層とも水分張力の増加が早い。この

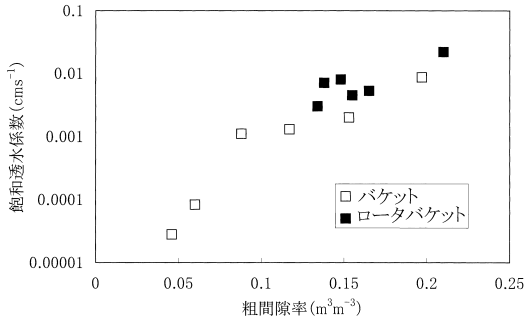


図-11 粗間隙率と飽和透水係数の関係

Fig. 11 Relationship between macro-porosity and saturated hydraulic conductivity. (□ : bucket test field, ■ : rotor-bucket test field)

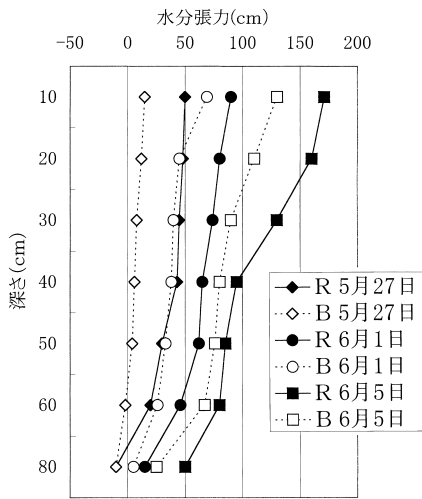


図-12 土壌水分張力の深さ別プロフィール

Fig. 12 Profile of soil moisture suction. (B : bucket test field, R : rotor-bucket test field)

理由は、ロータバケット区の方が重力水の排除が速やかなことと後述する根群発達による蒸散量の大きいことの反映と推察される。すなわちロータバケット区の土壌の物理性が良好な状況、特に粗間隙率が多く、透水係数が大きいことの反映である。このことは排水の良好な条件を好む茶樹の生育にとっては有利に作用しているといえる。

3.3 細根分布と生育および収量

3.3.1 細根分布

定植4年目の2000年8月における細根分布調査の結

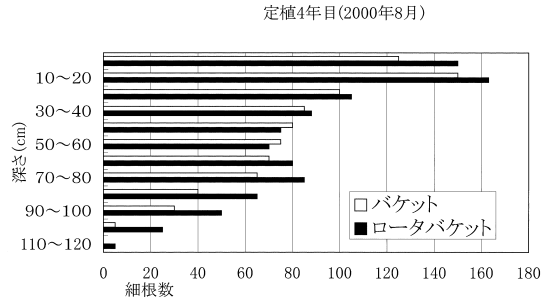


図-13 根群分布 (細根数)

Fig. 13 Profile of fine-root distribution. (□ : bucket test field, ■ : rotor-bucket test field)

果を図13に示す。土壤断面調査からも判断できるが、深さ20cmまでが非常に細根数が多く、ロータバケット区がバケット区よりも多い。とくに深さ60cm以下においてロータバケット区の方が非常に多く、深い土層まで細根が良く発達している状況が明らかである。茶樹の根は土壤の物理性や排水性の良否および緻密度などに対して敏感であり、これからもロータバケット区の土層改善効果が認められる。

3.3.2 生育および収量

生葉収量とわく摘み調査結果を表2に示す。定植3, 4年目における一番茶の生葉収量は、バケット区100に対してロータバケット区が3年目109, 4年目119とやや多い。二番茶の生葉収量もロータバケット区が3年目110, 4年目113と一番茶と同様に多い。

わく摘み調査結果においても摘芽長、摘葉数、摘芽数、および摘芽重ではロータバケット区が多く、出開度も高い傾向である。この点からみてもロータバケット区の生育・収量の優位性が認められる。

4. まとめ

一般に畑地造成地における表土は、大型重機の走行などにより圧縮され緻密化し、下層の岩などの混入する例が多くみられる。今回の調査では、この対策としてロータバケットによる混層耕による改善について検討した。

この工法により従来のバケット混層耕に比べて軟岩をロータの回転による破碎や有機質資材混合および土壤を膨軟化する上で役立つと考えられる。

今回調査した結果をロータバケット区とバケット区を比較・要約して以下に整理する。

(1) 土壤断面からみて、ロータバケット区はバケット区に比べて膨軟であり、有機物資材の分散程度が高く、よく混合され、混層耕による土層改良の効果が深くまで

表-2 生葉収量とわく摘み調査結果

Table 2 Effects on growing and yield of the test field

() 内数値はバケツ区を100とした指数

区 分	生葉収量 10a 当たり (kg)	わく摘み (20×20 cm)							
		摘芽長 (cm)	摘葉数 (枚)	摘芽数 (芽)	摘芽重 (g)	百芽重 (g)	出開度 (%)		
定植 3年	一番茶	バケツ	247 (100)	7.1	3.1	17.1	22.8	133.3	25
		ロータバケツ	270 (109)	8.9	3.5	17.3	28.1	161.5	26
	二番茶	バケツ	403 (100)	7.1	3.9	23.4	31.1	133.3	81
		ロータバケツ	444 (110)	8.1	4.1	26.0	38.8	149.7	84
定植 4年	一番茶	バケツ	353 (100)	4.5	3.0	41.3	25.2	61.7	34
		ロータバケツ	420 (119)	5.4	3.2	50.1	33.0	66.6	37
	二番茶	バケツ	549 (100)	8.0	3.9	50.0	48.7	98.0	53
		ロータバケツ	671 (113)	8.7	4.1	57.1	54.7	96.0	63

認められていた。

(2) 土壌硬度は、ロータバケツ区がバケツ区ともに土層改良前と比べてかなり小さく、茶樹の根群伸長にとって改善の効果がみられた。

(3) 軟岩含有率はロータバケツ区で各土層において少なく、鉄製の羽根の回転により軟岩の破砕が進んだといえる。さらに風化作用による破砕も加わることを確認した。

(4) 三相分布を比較すると、ロータバケツ区で固相率が少なく、気相率が多く、膨軟な状況が認められた。また、粗間率、飽和透水係数も大きく、降雨後の土壌水分からみても排水性の良好さがうかがわれる。

(5) 定植4年目の細根分布は、ロータバケツ区の方が下層まで深く、多い傾向である。茶樹の収量結果においてもロータバケツ区の方が生葉収量で10%程度多い結果であった。

今後、栽培管理作業機械化のため茶園の整備や造成に際して、傾斜緩和、地形修正が必要であり土工量が増加する方向である。今回実施したロータバケツによる土層改善効果が認められ、ロータバケツを用いた施工方法も含め、土層改良の基準化が是非とも必要なものと思われる。茶樹は永年作物であり、定植の安定、生育確保には根群の発達がまず必要であり、土層改良の研究が継続的に進められなければならない。最後に本調査・研究に当たり、静岡県茶業試験場の関係者および東京農業大学農地環境工学専攻学生の協力を得ました、記して感謝致します。

参 考 文 献

- 青野英也・築瀬好充・田中静夫 (1975) : 茶園の土層改良とかがいの効果, 茶業技術研究, **49** : 13~49.
- 土壌物理研究会編 (1979) : 土壌の物理性と植物生育, 養賢堂 : 12.
- 後藤昇一・湯川俊彦 (1999) : 静岡県茶業試験場実証ほ場を事例とした機械化栽培のための新規茶園造成への取組み, 静岡県茶試研報, **22** : 51~56.
- 後藤昇一 (2001) : ロータバケツを用いた混層耕による茶園造成時の土層改良効果, 茶業研究報告, **91** : 20~28.
- 石渡輝夫・斎藤万之助 (1992) : 改良山成工により造成した畑土壌の性状, 日本土壌肥料学会誌, **63** (6) : 669~675.
- 河合惣吾・池ヶ谷賢次郎 (1961) : 静岡県榛原町坂部の茶園土壌について, 茶業技術研究, **17** : 50~55.
- 農林水産省構造改善局 (1992) : 土地改良事業計画指針 農地開発改良山成細工 : 49~56.
- 杉井四郎・青野英也・田中静夫・築瀬好充・吉川 茂・池ヶ谷賢次郎 (1971) : 改植時における茶園の土層処理およびその後の肥培方法に関する研究, 茶業試験場研究報告, **7** : 57~95.
- 静岡県農林水産部 (2001) : あたらしい農業技術 : 1~2.

受稿年月日: 2001年7月23日

受理年月日: 2002年11月7日