

圧縮空気注入による土壌物理的変化の研究

樋口英夫*

平成元年 5月31日受付

Study on the Physical Change of Soil by Blowing of the Pressured Air

Hideo HIGUCHI*

Agricultural fields in Japan are characterized by many steep slopes. Hence, tilling, cultivating and weeding works are often made difficult and laborious. Recently, many large-sized agricultural machines were being used along with the widespread utilization of irrigation systems. These have caused a hardening of the hard-pan layer of soils which in turn warranted repeated tillages of agricultural fields.

To overcome these problems, a method was devised to soften the soil structure by blowing of compressed air with a handy machine. The breaking-up of soil structure by blowing of the compressed air, the change of soil hardness and the three phases of distribution of soils were measured.

The main results obtained were as follows :-

(1) When the level of soil hardness was low and the compressed air pressure was high, the effect of blowing the compressed air was found to be remarkable.

(2) When the compressed air pressure was high and the soil moisture content was low, the change of the three phases of distribution of soils was considerably high.

結 言

高品質作物の栽培には植物に最適成育条件を与える必要があり、その一つとして、最適な土壌構造を与えることが必要である。そのためには頻繁な中耕と、硬化した地盤改良のための深耕が行われなければならない。一方、わが国の農地は少なく、したがって、急峻な傾斜地も果樹園などに使われている。しかし、傾斜地での中耕、除

草、耕うん作業は労働が重度であり、また、それらの機械の導入が困難である。また、近年は農業機械の大型化に伴い、あるいは、かんがい施設の普及・整備により、平地の耕地においても地盤の硬化が起こり、より頻繁な耕うん・耕起が必要となって来ている。

これらの問題に対処するための一方法として、軽便な圧縮空気注入機を用いて、硬化した土壌に圧縮空気を注入することにより土壌内の孔隙を多くし、土壌を膨軟化

* 鳥取大学農学部農林総合科学科情報科学講座

* *Department of Information Science, Faculty of Agriculture, Tottori University*

Table 1 Soil texture

Kind of soil	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Plastic limit (%)	Uniformity coefficient
Kuroboku in soil bin	38	32	30	58	2.1
Masa in soil bin	5	6	89	26	1.2
Kuroboku in field	35	33	32	77	2.4

させる方法が試みられている。本研究においてはこの圧縮空気注入機を用い、硬化した土壌への圧縮空気注入によって生ずる土壌構造の変化、とくに、作物の根の伸長に影響を与えると思われる土壌の物理的变化を土壌の硬度と三相分布について調査を行った¹⁾。

実験装置および方法

1. 供試ほ場

供試したほ場は鳥取大学農学部農業工学科に隣接したほ場（土性が黒ぼく）と農業工学科の土槽（黒ぼくおよびマサ土）である。Table 1は供試ほ場の土性を、Fig. 1はその粒径加積曲線を示したものである。すなわち、縦軸をY軸、横軸をX軸とすれば、粒径分布は土粒子の成長曲線 $\frac{dy}{dx} = a(1-by)y$ （ただし、a、bは定数）で表わされる。

2. 供試機械

供試機は圧縮空気注入機と1.84KWの原動機付コンプレッサから構成されており、Fig. 2は圧縮空気注入機の概要を、Fig. 3はコンプレッサを、Table 2は圧縮空気注入機の諸元を示したものである。コンプレッサによって高圧にされた空気をいったん圧縮空気注入機の貯留室に溜め、注入機先端のノズルから外部へ空気を噴出させる構造である。なお、供試機の1回当りの空気噴出量は約30 l、噴出圧力は0.5~1.3MPa、ただし、圧力の標準値は

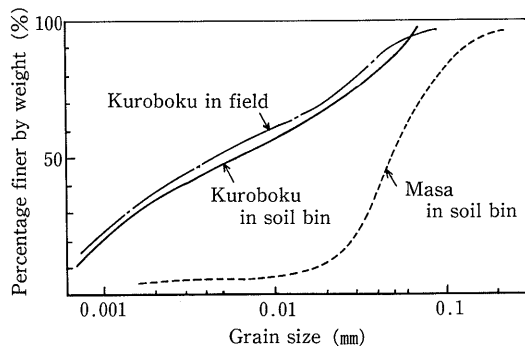


Fig. 1 Grain-size accumulation curve

Table 2 Dimension of blowing air machine

Length	1070 (mm)
Width	570 (mm)
Volume of blown air	30 (l)
Pressure of compressed air	1 (MPa)
Max. depth of blow hole	40 (cm)

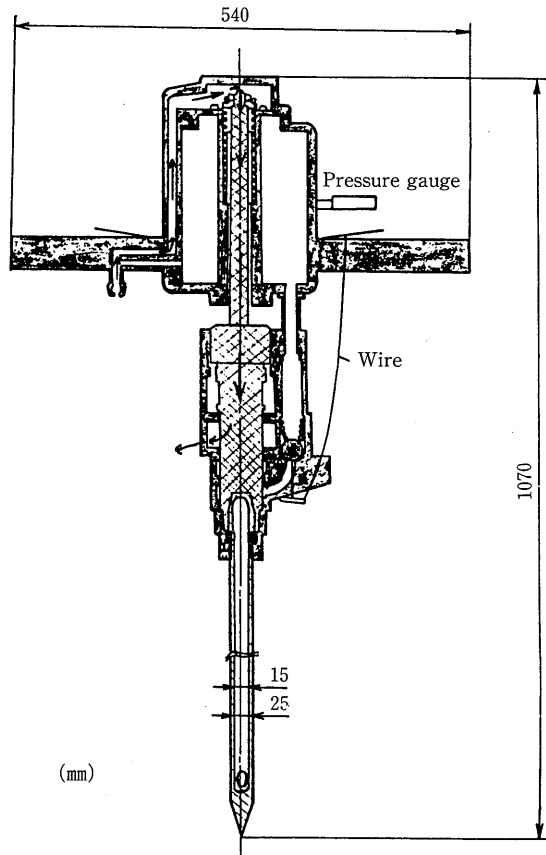


Fig. 2 Used blowing air machine

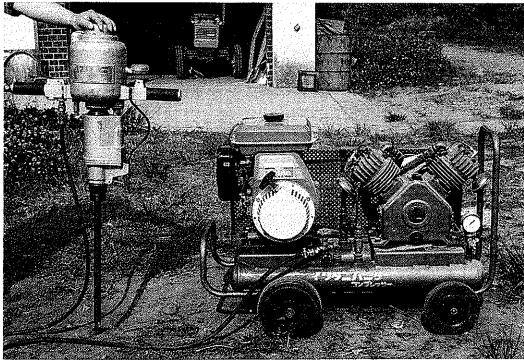


Fig. 3 Used compressor

1 MPaとした。また、空気噴出口の打込み深さは20, 30 および40cmの3種類とした。

3. 実験の方法

種々の土壌水分、種々の土壌硬さの時に、マサ土および黒ぼくの土槽と黒ぼくのほ場の土中に圧縮空気を注入したが、その注入した地点から離れた土中の場所の硬度と三相分布を測定した。すなわち、土中へ鉛直方向に圧縮空気を注入後、土壌表面から5cm間隔で50cmまでの深さまで、また、ノズルを打込んだ地点から水平方向に10cm間隔に左右50cmまでの地点(121カ所)の土壌硬度を測定した。なお、土壌中の水分および硬度は、土槽の黒ぼくの場合は2.5~58%, 0.2~5.1MPa, ほ場の黒ぼくの場合は3.1~60%, 0.2~5.0MPa, 土槽のマサ土の場合は2~28%, 0.1~4.3MPaの範囲で実験を行った。また、注入した圧縮空気の圧力は特記以外は1MPaで行い、土壌硬度の測定には山中式土壌硬度計を供試した。Fig. 4は測定点の概要を示したものである。

実験結果および考察

Fig. 5は土槽の黒ぼく、含水比が52.1%, 圧縮空気注入

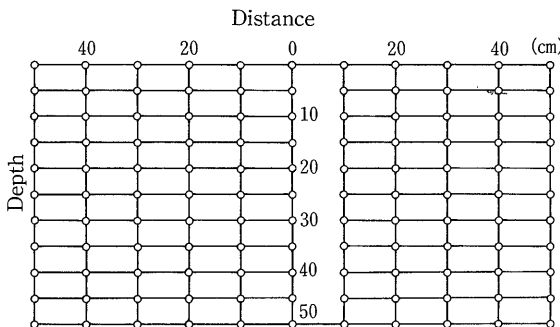


Fig. 4 Measured point of soil hardness

深さが20, 30および40cmの場合の圧縮空気注入後の土壌硬度の分布状態を示したものである。圧縮空気注入後の土中硬度の表示方法は等高線によって表わすのが一般的であるが、硬度が急変する所が多く、等高線が重なり、この表示方法が不適切であったため、測定点の硬度を円の大きさで示した。すなわち、硬度を0~0.05, 0.05~0.1, 0.1~0.3, 0.3~0.6, 0.6MPa以上の5種類に区分し、それぞれ異なる大きさの円で表示した。

Fig. 6は土槽のマサ土、含水比が14.3%, 圧縮空気注入深さが20, 30, 40cmの場合の圧縮空気注入後の土壌硬度の分布状態を示したものである。

Fig. 7はFig. 6と同じく、土槽のマサ土、含水比が21.3%, 圧縮空気注入深さが20, 30, 40cmの場合の圧縮空気注入後の土壌硬度の分布状態を示したものである。

Fig. 8はほ場の黒ぼく、含水比が55%, 圧縮空気注入深さが30cmの場合の圧縮空気注入後の土壌硬度の分布状態を示したものである。

硬い土壌に圧縮空気を注入しても全体的に土壌がやわらかくなるのではなく、注入点を中心に、放射状に、幅2~20mm, 長さ20~60cmのクラックが3~10本生じる場合が多かった。しかし、やわらかい土壌の場合は、圧縮空気注入近辺が全体的に膨軟になり、注入点より離れるにしたがってクラックが生じる傾向を示した。Fig. 9は圧縮空気注入後の状態を示したものである。

一般に、物体に力が作用した場合、力の方向に対して $\frac{\pi}{4}$ の方向に最大のせん断力が生じ、その方向に破壊面が生じることが知られている。すなわち、物体にかかる垂直応力を σ , せん断力を τ , 物体に力が作用する方向から傾いた角度を α , 物体に垂直に作用する応力を σ_0 とすれば

$$\sigma = \sigma_0 \sin^2 \alpha$$

$$\tau = \frac{1}{2} \sin 2 \alpha$$

となり、 $\alpha = \frac{\pi}{4}$ の時に τ が最大になる事は一般に知られている^{2,3)}。しかし、土中に圧縮空気を注入した場合は土壌の不均一性が強く、力の方向に対して $\frac{\pi}{4}$ の方向にクラックが生じない場合が多かった。

Fig. 10は土壌がマサ土、含水比14.3%, 圧縮空気注入深さ20, 30, 40cm, 圧縮空気注入地点から水平に10cm離れた地点における土壌の三相分布を示したものである。

Fig. 11はFig. 10と同様の条件で、圧縮空気注入位置から水平に20cm, Fig. 12は30cm離れた地点における土壌の三相分布を示したものである。なお、Fig. 10~12の値は圧縮空気注入地点から放射状に $\frac{\pi}{4}$ ごとに4点を取り、その位置における表面より10cm深さ間隔の測点の土壌の三相分布を調査し、その平均値を表わしたものである。圧

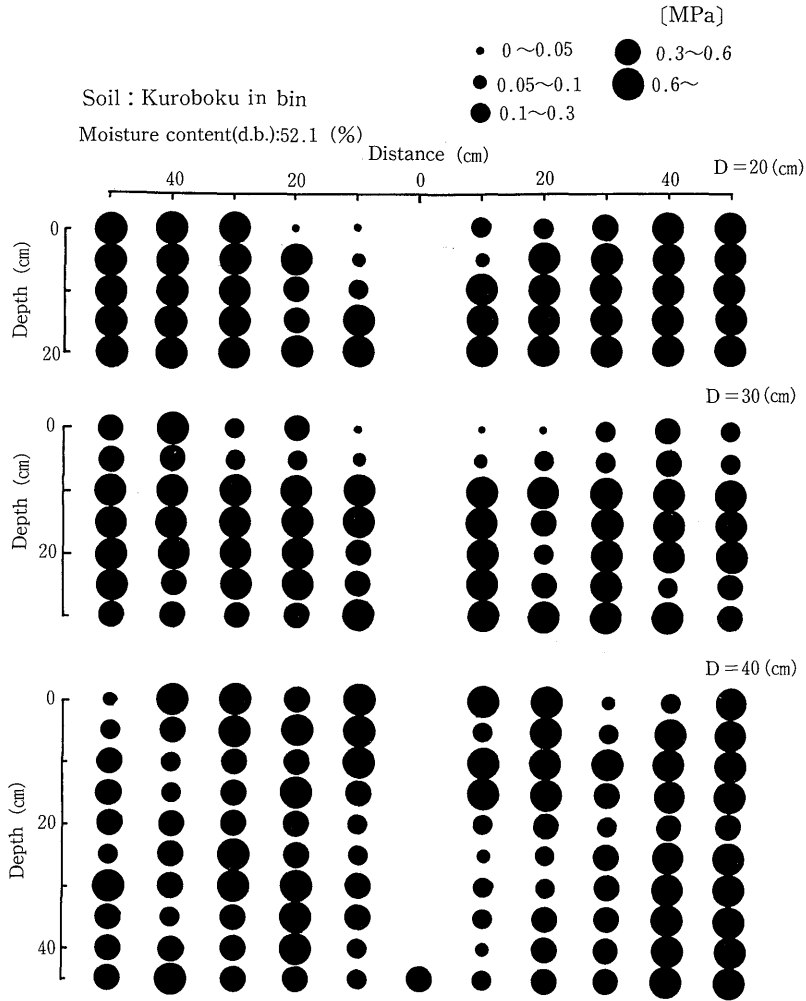


Fig. 5 Soil hardness of Kuroboku soil in bin

縮空気の注入によって土壌の三相分布はかなりの変化が認められた。すなわち、気相の増加が10%以上の地点もあった。また、注入深さの地点の相異によって、測定値のかなり大きな変動が認められた。

Fig. 13はほ場の黒ぼく、含水比13.4%、圧縮空気注入深さ20, 30, 40cmの場合における気相率だけの変化を示したものである。

Fig. 14はほ場の黒ぼく、圧縮空気注入点の土壌表面より20cm深さにおける土壌の含水比と気相率との関係を示したものである。含水比が多くなると気相率がやや低下する傾向を示した。圧縮空気注入前に比較し、注入後の気相率の増加が認められた。とくに、圧縮空気注入位置

における気相率の増加は著しかった。

Fig. 15は土性がマサ土、含水比4.8%、注入深さ30cm、注入位置から水平方向に20cm離れた位置の深さが20cm地点における圧縮空気注入圧力と気相率および土壌硬度との関係を示したものである。測定位置により測定値の変動率が大きかったが、注入圧力の増加に伴って気相率は増加し、硬度は減少した。

総 括

果樹園および傾斜地など農作業の困難なほ場、あるいは、大型農業機械などによって締め固められたほ場の地

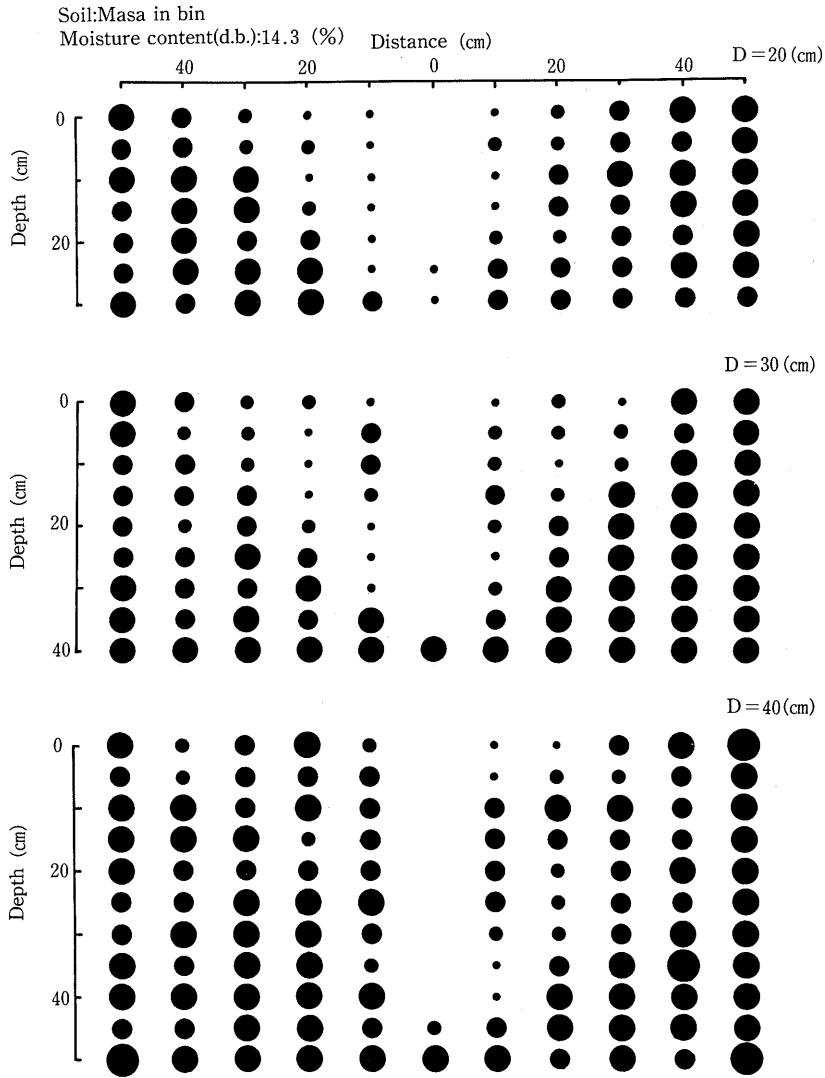


Fig. 6 Soil hardness of Masa soil in bin, moisture content:14.3(%)

盤の土壌を膨軟にする目的で、土壌中に圧縮空気を注入し、土壌の物理的性質の改善を検討した。土壌の物理的性質は主に土性、水分によって異なるが、本報においては土性、含水比、圧縮空気注入深さおよび圧縮空気の注入圧力を変化させ、土中に圧縮空気を注入した時の土中の硬度と三相分布の変化を調査した。測定・試験の過程で明らかになったことを要約すると次のとおりであった。

1) 土壌中に圧縮空気を注入した時、注入圧力が低い場合、とくに、土壌の硬さがやわらかい場合は空気を注入

した近辺全体がやわらかくなるが、注入圧力が高い場合、とくに、土壌硬度が高い場合は空気注入地点よりかなり広範囲にわたって大きなクラックが生じた。したがって、作物植栽ほ場の土壌を膨軟にする場合は、根の切損を生じさせる可能性があるため、注入圧力があまり高くない空気を数多く注入した方がよいと思われる。

2) 圧縮空気注入によって土壌の三相分布はかなり変化した。すなわち、気相の増加が10%を越す場合も生じた。

最後に本研究の遂行にあたり、協力を頂いた昭和58年

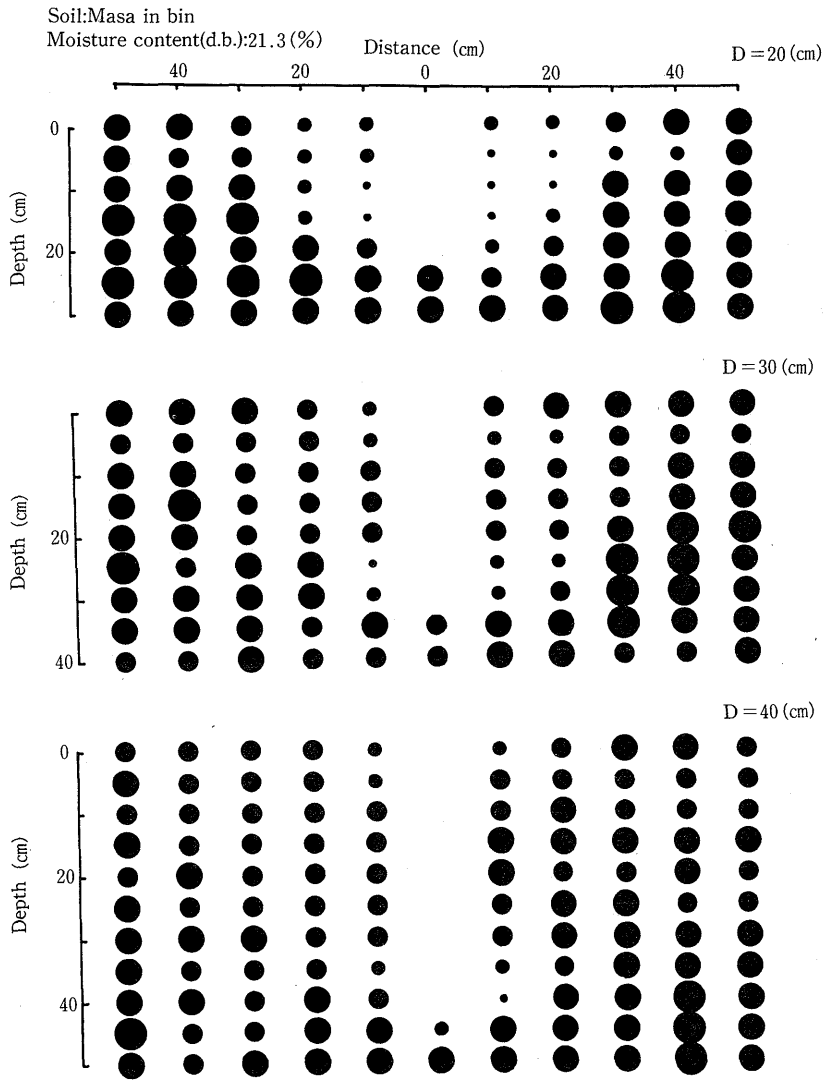


Fig. 7 Soil hardness of Masa soil in bin, moisture content: 21.3 (%)

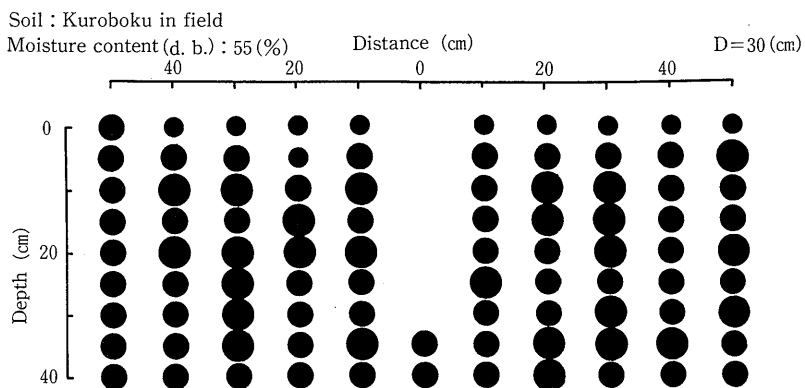


Fig. 8 Soil hardness of Kuroboku soil in field

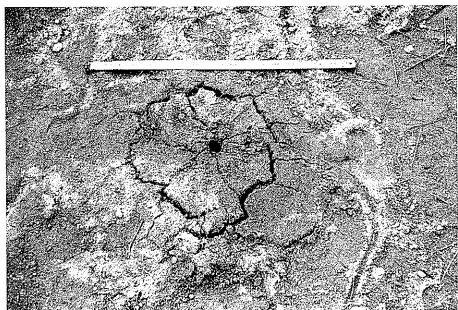


Fig. 9 Surface in which compressed air had been blown

度農業工学科農用作業機械学研究室の専攻生であった山下秀幸氏および福岡栄光氏に感謝の意を表す。

文 献

- 1) 石原 昂・樋口英夫・福岡栄光・山下秀幸：圧縮空気注入による土壌改良の基礎的研究，農業機械学会関西支部報，54 84-85 (1983)
- 2) 金沢 武・吉識雅夫：材料力学明解，養賢堂，東京 (1967) pp. 4-6
- 3) 河上房義：土質力学，森北出版，東京 (1974) pp. 75-89

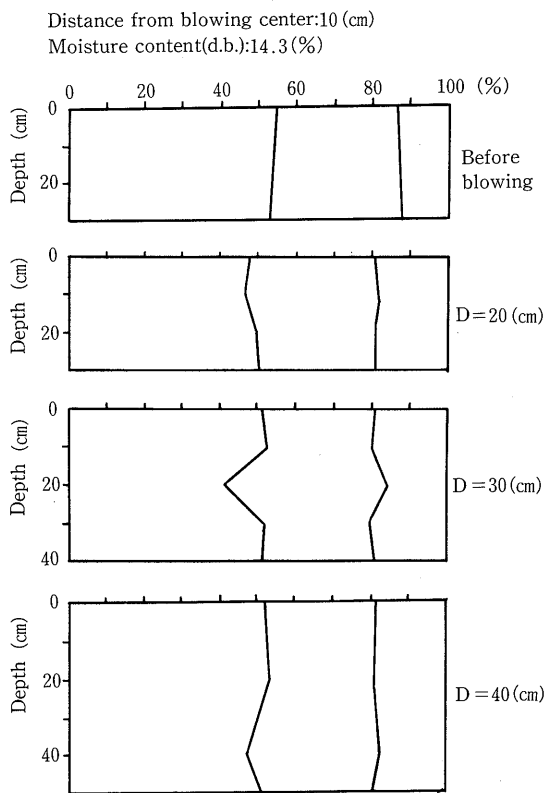


Fig. 10 Three phase distribution of 10cm distance from blown place

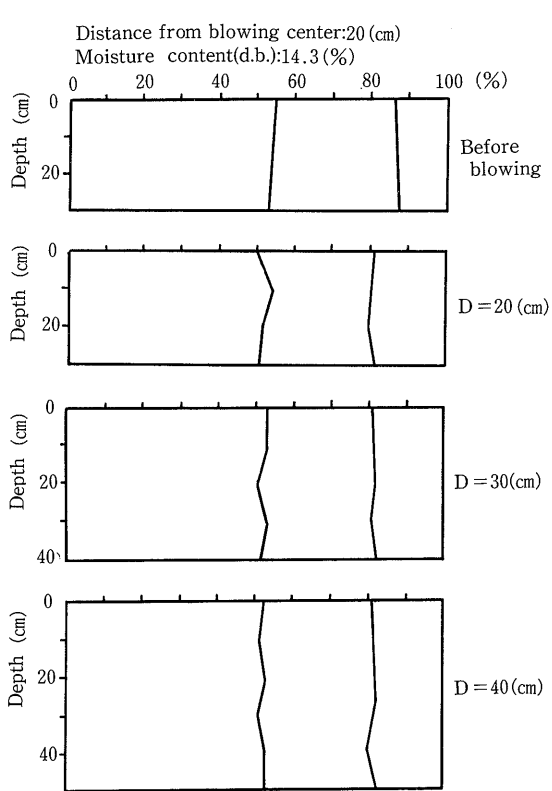


Fig. 11 Three phase distribution of 20cm distance from blown place

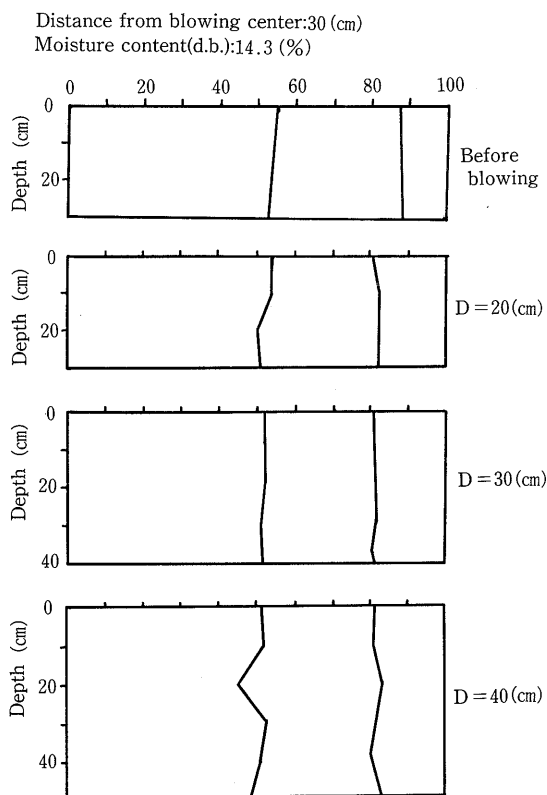


Fig. 12 Three phase distribution of 30cm distance from blown place

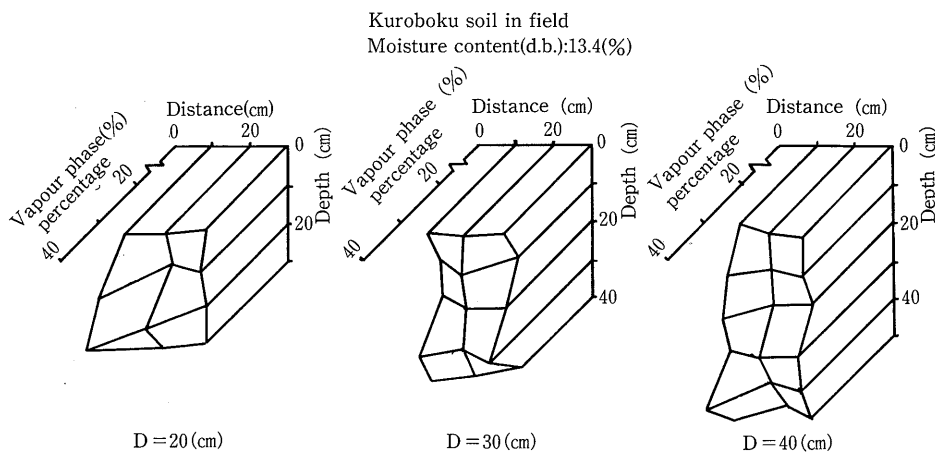


Fig. 13 Vapour phase percentage

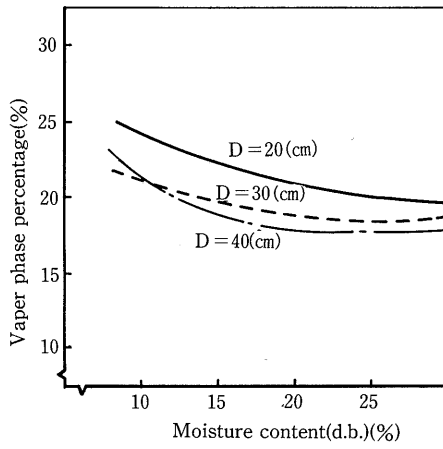


Fig. 14 Relation between moisture content and vapour phase percentage

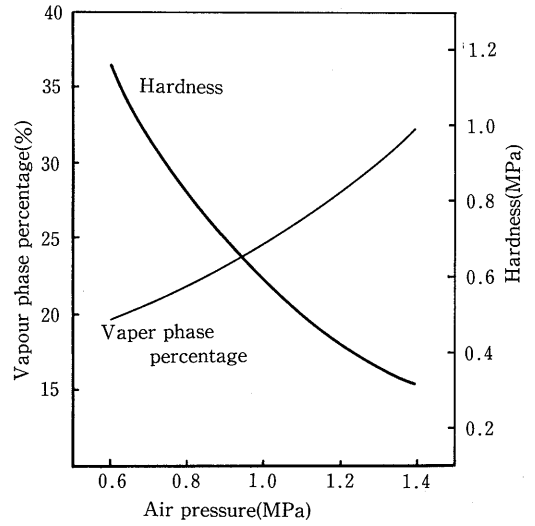


Fig. 15 Relation between vapour phase percentage, hardness and air pressure