

圧縮空気注入と降雨による土壌変化および作物の成長について

樋口英夫*

平成2年5月31日受付

Study on physical Changes of Soil Structure and Growing Patterns of Crops due to Blowing Pressured Air

Hideo HIGUCHI*

Soil in agricultural land is hardened by natural drying process and weights of heavy agricultural equipments. Crops do not grow well on hardened field. Some agricultural fields in Japan are located in steep areas and it often is difficult to introduce tractors to plow hardened soil. A method to soften the soil structure was developed to solve these problems. The method is to blow compressed air in the soil. In this paper, results of a research on effectiveness of the method are reported. Change in soil hardness, distribution of the three soil phases, and yields of crops, in particular, were measured. The main results obtained are as follows:

- 1) Hardness of soil after artificial rainfall varied depending upon level of precipitation, intensity of rain and soil texture.
- 2) When the level of soil hardness was low and the pressure of compressed air high, an effect of blowing compressed air was remarkable.
- 3) Blowing compressed air did not contribute to increase in yields.

緒 言

高品質の野菜、穀物、果実を栽培するにはその植物に最適な成育条件を与えることが必要であるが、その一つとして最適な土壌構造条件を与えることが必要である。一般に、降雨後土壌が乾燥すると土壌は硬化する。近年、農業機械も大型化の傾向になり、その結果、土壌地盤の硬化が進んでいる。一方、わが国の地形は急峻な所が多く、果樹の多くはこの傾斜地で栽培されている所が多い。

しかし、この傾斜地への農業機械の導入は困難であり、傾斜地での耕うんなどの作業は非常に困難である。これらの問題を解決する一つの手法として、硬化した土壌に圧縮空気を注入して土壌を膨軟にする機械が開発され、これによって土壌構造改善の試みが行われているが、性能が十分でないために広く普及するに至っていない。そこで本研究においては、まず、異なった土性、異なった土壌条件のほ場において降雨後の土壌の含水率、硬度および三相分布の経時的変化を調査した。また、圧縮空気

* 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

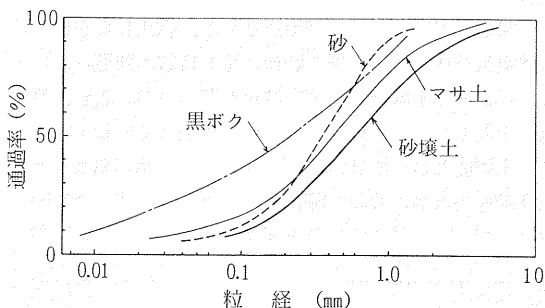
注入による土壌の物理的变化を調査し、同時に、その機械性能を調査した。続いて、作物が植栽されているほ場の土中に圧縮空気を注入し、その後の作物の育成過程を注入しない場合と比較した。また、この機械の改良のための2～3の試みを行い、今後の改良の方向を検討した。

実験装置および方法

1. 降雨の変化による土壌水分、硬度および三相分布

耕うんにより土壌を乱した土の状態にした後、放置すると土壌は硬化し、三相分布の割合は変化する。一方、ほ場の土壌は降雨の量、強さ、あるいは、日照などによる蒸発散の相異、すなわち、気象状態の変化などによって硬度、三相分布の状態が変化する^{2),3)}。

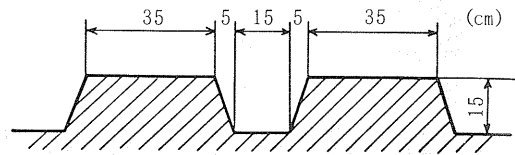
そこで黒ぼく、マサ土、砂および砂壤土のほ場の4種類の土を乱した土の状態にした後、種々の強さの降雨を人工的に降雨させ、地表面から種々の深さにおける降雨後の土壌硬度と三相分布の経時的変化を測定した。また、硬化した土中に圧縮空気注入機のノズルを打ち込み、圧縮空気を注入し、注入によって変化した土壌硬度を測定した。なお、降雨量は5, 10, 20, 30, 50mmの5種類、降雨の強さは1時間当たり2, 5, 10, 20mmの4種類であった。圧縮空気注入機は前報¹⁾で供試したものと同一のものを使用した。圧縮空気の注入圧力は0.6, 0.8, 1.0, 1.3MPaの4種類に設定し、種々の深さの土中に圧縮空気を注入した。硬度計は山中式円錐形硬度計、三相分布は丸山(株)製三相分布測定器、人工降雨装置は大起理工業(株)製の許容散水強度測定器を使用した。供試土の黒ぼくは鳥取県東伯郡赤碕町、マサ土は鳥取市布勢、砂は鳥取砂丘、砂壤土は鳥取県岩美郡福部村箭浜の土壌を供試した。第1図は供試土の粒径加積曲線を示したものである。また、人工降雨後は自然降雨による影響を受けないようにビニールシートの上屋を設けたが、湿度、日照などは自然の状態に放置した。



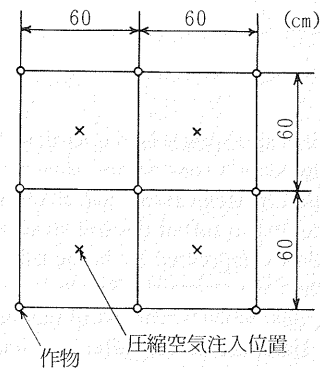
第1図 供試土の粒径加積曲線

2. 作物の成長比較

砂壤土のほ場を25cm深さに耕うんした後、第2図に示すような断面形状の畝を作り、第3図に示すように60cm間隔に作物(大豆、トウモロコシ、トマト)を播種、あるいは、苗を移植し、その30日後に作物の中央部(第3図の×印地点)に1MPa圧力の圧縮空気を30ℓ注入した。圧縮空気を1回だけ注入した場合、2回および3回注入したおのおの場合について作物の成長の度合を作物の



第2図 畝の断面形状



第3図 作物の植付位置と圧縮空気注入位置



第4図 圧縮空気打ち込み作業状況

長さ重量によって比較した。なお、圧縮空気の第2回および第3回目の注入は第1回注入後15日おきに行った。作物の長さは圧縮空気注入後5日おきに測定したが、莖葉と根の重量および根の長さの測定は作物の播種、あるいは、苗の移植90日後に作物を引き抜き、果実を取り除き、測定した。第4図はトウモロコシを植付けたほ場において、圧縮空気の注入作業を行っている状況を示したものである。

実験結果および考察

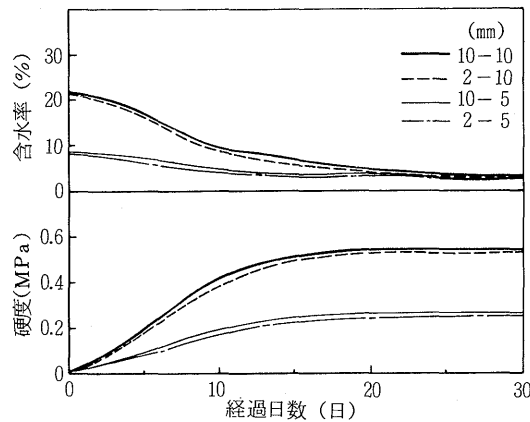
1. 降雨の変化による土壌水分、硬度および三相分布

第5図は乱れた土の状態になった砂壤土のほ場に、降雨強さが1時間当たり2および10mm、降雨量が5および10mmの降雨を人工的に降雨させた場合における土壌表面の含水率と硬度の経時的変化を示したものである。なお、降雨前の含水率は3.8%であった。降雨量が同じでも降

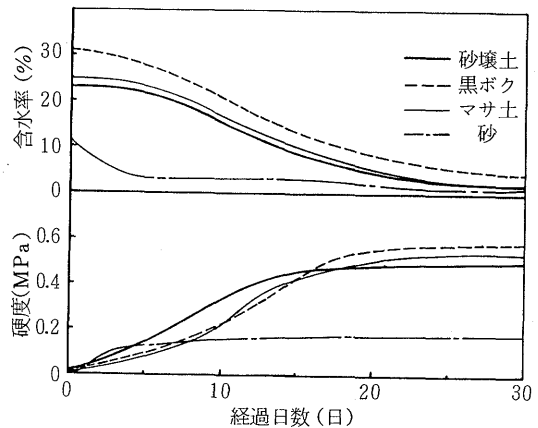
雨強さが強い場合、土壌が乾燥するにつれて硬度はより硬くなる傾向を示した。また、降雨量が少ないと降雨後乾燥しても土壌表面の硬度の変化は少ないが、降雨量が10mm以上になると降雨後乾燥した場合は非常に硬くなることを示した。

第6図は砂壤土の土に第5図の場合と全く同様、人工的に降雨させた後30日間放置し、再度、同一の条件で降雨させた後の含水率と硬度の経時的変化を示したものである。土壌表面が硬化した後再度降雨させ、乾燥させた場合は、乱した土の状態にして降雨させて乾燥させた場合より更に硬くなることを示した。その理由は西村氏⁹⁾らによると、降水が生じるとほ場表面の土壌はシルト分が多くなり、クラストが生じるためであると述べている。なお、経過日数は再度降雨後の日数を示したものである。

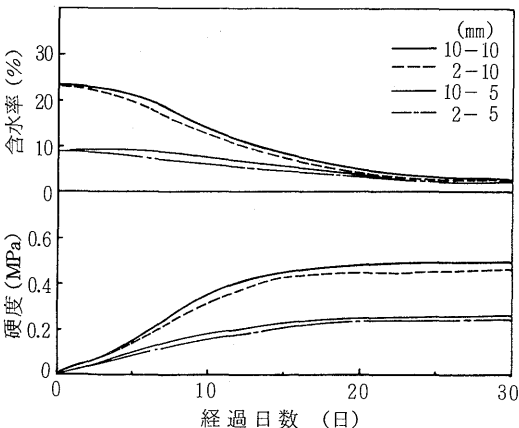
第7図は1時間当たり5mm強きの雨を50mm人工的に降雨させた後の黒ぼく、砂、マサ土、砂壤土の含水率と硬度の経時的変化を示したものである。なお、土は降雨前に乱れた土の状態にした。降雨前の含水率は黒ぼくが4.2、砂は1.8、マサ土は2.9、砂壤土は3.4(%)であった。



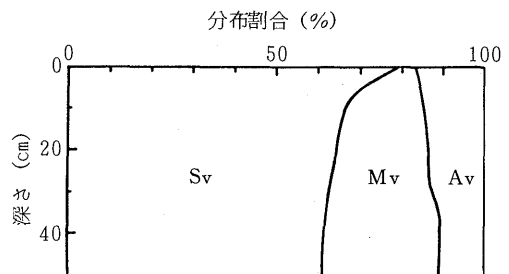
第5図 1回降雨後の含水率と硬度の経時的変化



第7図 土質の相異による含水率と硬度の経時的変化



第6図 2回降雨後の含水率と硬度の経時的変化



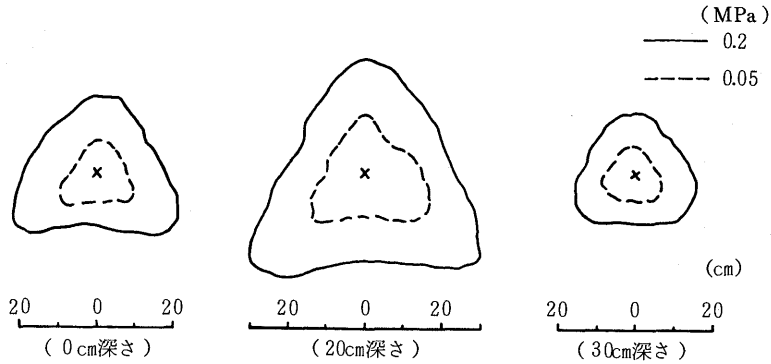
第8図 深さと三相分布の関係

含水率および硬度の経時的変化は土の種類により差があることを示した。砂は速く乾燥するが硬度の変化は少なく、黒ぼくは乾燥の速度は遅いが乾燥すると非常に硬くなることを示した。

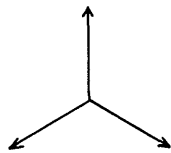
第8図は砂壤土のほ場で第7図の場合と全く同様の条件で降雨させ、20日経過後の種々の深さにおける固相率

(Sv)、水分率 (Mv)、および空気率 (Av) すなわち、三相分布の変化を表わしたものである。降雨が生じると土壌表面にクラストが生じ土壌表面は固相が多くなるが、ある深さ (約15cm) 以上になると三相分布の変化は少なくなることを示した。

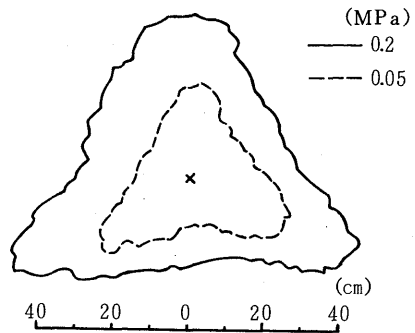
第9図は砂壤土を乱した土の状態にした後、地表をラ



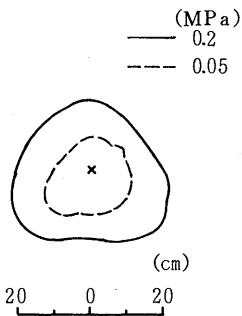
第9図 1 MPa^{圧力}の空気注入後の硬度



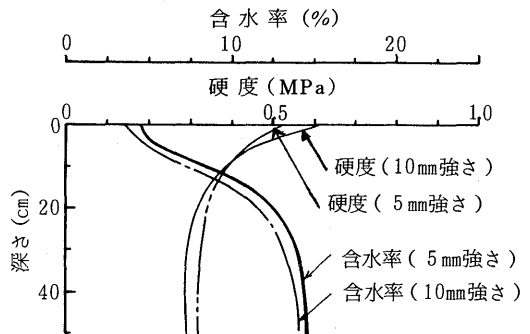
第10図 注入方向



第12図 1.3 MPa^{圧力}の空気注入後の硬度



第11図 0.6 MPa^{圧力}の空気注入後の硬度



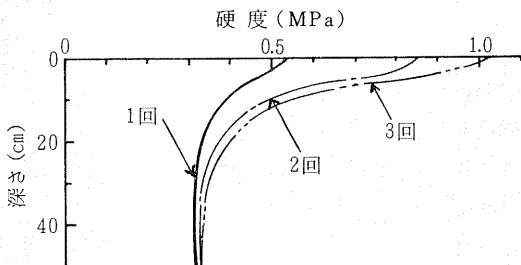
第13図 降雨強さの相異による含水率と硬度

ンマーで締め固め、圧縮空気注入口を地表より20cm深さに打ち込み、圧縮空気を注入させた後、地表より0, 20, 30 cm深さにおける水平位置の土壌硬度を0.05, 0.2MPaの等硬線で表わしたものである。なお、砂壤土の含水率は13.2%, 圧縮空気注入前の土壌硬度は0.4MPa, 圧縮空気の注入圧力は1MPaであった。×印は空気注入位置を示している。また、供試した圧縮空気注入機は第10図に示すように空気が3方向に均等に噴出する機構になっている。

第11図は第9図の場合と同様の条件で0.6MPaの圧縮空気を、第12図の場合は1.3MPaの圧縮空気を土中に注入した場合の20cm深さにおける0.05および0.2MPa硬度の等硬線を示したものである。注入した位置より上部の土壌は軟化しやすいが、下部はあまり軟化しないことを示した。また、注入圧力の相異により土壌の軟化の度合は非常に異なることを示した。第9, 11, 12図のように乱した土を硬化させた後空気を注入した場合、3つの噴射口からの距離に比例して土壌は軟化したが、降雨などによって土壌が硬化した状態の場合は、前報¹⁾に示したようにクラックが生じただけの場合や、噴射口からの位置に比例しないで軟化する場合が生じた。

第13図は砂壤土のほ場において1時間に5mm強さの降雨を20mm, 1時間に10mm強さの降雨を20mm降雨させた後、この2種類のほ場を30日間自然乾燥させ、種々の深さにおける含水率と硬度を測定したものである。なお、自然乾燥時はほ場にビニールシートの上屋を設け、自然降雨の影響がないようにした。降雨前の含水率は3.8%であり、また、降雨前に50cm深さの土を乱した土の状態にした。降雨強さが強い場合、土壌表面の硬度は高くなるが、深い位置では降雨強さが弱い場合よりむしろ硬度が低く、また、含水率が少なくなることを示した。この一つの理由は、降雨強さが強くなると降雨の土壌表面流出が生ずるためと思われる。

第14図は第13図の場合と同じようにほ場の土を乱した土の状態にした後、1時間に5mm強さの降雨を20mm降雨させ30日間自然乾燥を行った場合(1回:30日経過),



第14図 降雨回数による硬度

また、再び5mm強さの降雨を20mm降雨し30日間自然乾燥させた場合(2回:60日経過), 更にもう一度5mm強さの降雨を20mm降雨し30日間自然乾燥させた場合(3回:90日経過)の地表面からの深さと硬度との関係を示したものである。なお、供試土は砂壤土で、乱した土の含水率は3.8%であった。降雨後は場が乾燥すると、ほ場の表面は硬化するが、とくに、降雨回数が多くなるほど硬化が増加することを示した。

2. 作物の成長比較

第1表は3種類の作物(大豆, トウモロコシ, トマト)を播種, あるいは, 苗を移植し, 30, 45, 60日後に作物近傍における20cm深さの地中に圧縮空気を注入し, 90日後に作物を引き抜き, 作物の根および茎葉の長さ重量を測定したものである。なお、圧縮空気を注入しない場合も測定し, 注入した場合としない場合の値を比較した。圧縮空気を注入した場合と注入しない場合の明確な差異は現れなかったが, 注入した場合の方が作物の成長はやや良くなることを示した。

第15図は作物の茎葉および根の長さの測定状況を示したものである。

第1表 圧縮空気注入による作物の成長の比較

測定項目	茎葉の長さ (cm)	根の長さ (cm)	茎葉の重さ (g)	根の重さ (g)
大豆(注入なし)	49	29	147	22
大豆(注入1回)	48	29	150	19
大豆(注入2回)	50	30	150	23
トウモロコシ(注入なし)	238	55	820	75
トウモロコシ(注入1回)	246	48	815	80
トウモロコシ(注入2回)	240	56	1,060	81
トウモロコシ(注入3回)	263	58	1,105	80
トマト(注入なし)	176	58	879	52
トマト(注入1回)	180	77	887	65



第15図 植物の長さ測定状況

総 括

降雨や大型農業機械などによって締め固められたほ場、あるいは、傾斜地などの農作業の困難なほ場の土壌を膨軟にし、作物に適正な育成条件を与える目的で、土壌中に圧縮空気を注入し、注入による土壌の物理的性質の改善を検討した。本報においては、降雨の量および強さの差異による降雨後の土壌の含水率および硬度の経時的変化、圧縮空気注入による土壌の物理的変化、また、作物が植栽されているほ場の土中に圧縮空気を注入し、その成長過程を観察することによって圧縮空気の注入効果を検討した。測定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) 降雨後の土壌の硬さは土性によって、また、降雨の量および強さによって異なった。とくに、降雨量が多く、降雨強さが強い場合は土壌表面が硬くなる傾向を示した。
- 2) 圧縮空気を土中へ注入した時、土がやわらかい場合は注入近傍の土は乱れた土の状態になるが、土が硬い場合は注入近傍の土に大きなクラックが生じ、大きな土塊群が生じた。

3) 作物を植栽したほ場に圧縮空気を注入して、圧縮空気を注入した場合としない場合の作物の成長過程の比較を行った。その結果、大豆においては大きな成長の差異は認められなかったが、トウモロコシにおいては圧縮空気注入によるわずかな効果が認められた。

最後に本研究の遂行にあたり、協力を頂いた昭和58年度本学部卒業の山下秀幸氏に感謝の意を表す。

文 献

- 1) 樋口英夫：圧縮空気注入による土壌物理的変化の研究．鳥大農研報，**42** 115-123 (1989)
- 2) 石原昂・樋口英夫・福間栄光・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)
- 3) 河上房義：土質力学．森北出版，東京 (1974) pp. 75-89
- 4) 西村 拓・中野政詩・宮崎 毅：室内人工降雨装置による土壌クラストの形成と侵食との関連性．農業土木学会論文集，**146** 101-107 (1990)