

心土破碎耕に関する研究

第1報 サブソイラ通過中心部の踏圧と心土破碎の残存効果

森泉昭治・大崎和二

Studies on the Effects of Subsoiling

I. On the relation between tread pressure on the locus of subsoiling and the lasting effect of pan-breaking

SHOJI MORIIZUMI and KAZUJI OSAKI

緒 言

近年、畑作にも大型機械が導入されているが、その利用上の一問題点として、車輪踏圧による土壤の硬化現象があげられる。特に、耕起作業時の壟底面踏圧により形成される耕盤は、透水性を低下させ土壤環境の悪化を招くと言われている¹⁾。また、大型機械の踏圧層が、根菜類の正常な発育に対し阻害要因になるとの報告²⁾⁻⁵⁾もみられる。

耕盤を破碎して作土下の良好な土壤環境を作るために、通常、心土破碎耕が行なわれる。この心土破碎耕が土壤の理学的性質に与える影響は、常松らによって詳細に調査⁶⁾⁻⁹⁾されている。そして、心土破碎耕の残存効果は3年以上に及ぶが、心土破碎後大型トラクタを過度に導入すると、その効果は短期間で消滅すると言われて⁹⁾⁻¹¹⁾いる。しかし、種々の大型機械一貫作業体系の中でいつまで心土破碎効果が持続するかは、いまだ不明確な点が多い。

本研究は大型機械で一貫作業した場合、心土破碎効果がいままで残存するかを調べ、適正な農作業計画作成の資料を得るために行うものである。本試験では、青刈トウモロコシ栽培における大型機械一貫作業方式を想定し、裸地で実作業と同様に各機械を走行させた。そし

て、コーンペネトロメータで各作業後の貫入抵抗を測定し、心土破碎の残存効果を検討してみたので以下に報告する。

本試験に当り、土性区分などで本学部土地改良研究室 軽部重太郎氏に御教示・援助を頂いた。記して謝意を表します。

試 験 方 法

1. 試験区の設定および作業状況

1) 試験場所は茨大農学部農場で関東ロームと呼ばれる火山灰土壤である。また、その土性区分では地表面からの深さ0~20cmと30~50cm間がCL、深さ20~30cm間がLiCに属している。

2) 試験区は第1表のごとく4区分を設定し、AS区とBS区はサブソイラで心土破碎(作用深45~50cm)を施した。各対照区(AS対AC, BS対BC)の間隔は、供試トラクタの輪距と同じ132cmとし、各作業でのトラクタ車輪による踏圧は同時に行っている。ここでの踏圧は、本研究の第1段階として、いずれの場合もサブソイラ通過中心部の真上とした。そして、AS区とAC区の総踏圧回数は9回とした。この設定は畦間の中央付近にサブソイラ通過跡がきた場合で、作付2回分を想定している。つまり、実作業上においては、心土破碎効果

第1表 試験区の踏圧回数と心土破碎の有無

区名	心土破碎の有無	踏 圧 回 数
A S	有	(1) トラクタ：耕起時1回，砕土時2回，播種時1回， 鎮圧時1回，中耕除草時2回
A C	無	(2) ローラー：鎮圧時1回 (3) トレーラ：収穫時1回
B S	有	(1) ローラー：鎮圧時1回
B C	無	(2) トレーラ：収穫時1回

の残存に対し最悪条件下の場所としてみてほしい。踏圧位置がサブソイラ通過中心線から離れた場合や踏圧回数を種々変えた場合については、今後報告する予定である。また、BS区とBC区は踏圧2回とし、AS区およびAC区と比較対応のために設けた。試験場所は前作の影響を消すため、表土を整地しローラーで鎮圧している。

3) 供試トラクタ・作業機の主要諸元および作業概況は、第2～3表に示したとおりである。心土破碎耕は耕起作業後に実施する方式¹⁾もあるが、ここでは一般に行なわれている耕起作業前の心土破碎耕とした。なお、各作業のスピードは1.35～1.58 m/sec の範囲であった。

2. 測定方法

1) 貫入抵抗：自記式コーンペネトロメータ（最大力量100 kg，コーン先端角30°，コーン底面積3.225 cm²）を用い、試験前（作業前）および各作業後ごとに各区10点を測定した。測定点の間隔は約10 cmとし、測定の深

さは60 cmまでとした。

2) 乾燥密度および含水率：内容積100 ccの採土用円筒に試料を採取し、105℃で熱乾して求めた。採取場所は貫入抵抗測定点の両側とし、各作業後ごとに各区3点を測定した。採取の深さは試験前の地表面を基準とし、5～10 cmと25～30 cm（耕盤の位置）の2段階とした。

第2表 供試トラクタの主要諸元

機 種	ドイツトラクタD4006
エンジン	空冷4サイクルディーゼル機関， 49.5 pS
機体寸法	全長3,470 mm，全幅1,620 mm， 輪距1,320 mm
総重量	1,785 kg (前輪荷重 690 kg) (後輪荷重 1,095 kg)
タイヤ寸法	前輪 6.50-16-6p 後輪 12.4/11-32-6p

第3表 供試作業機の重量と作業概要

順序	作 業	作 業 機 名	作業機重量	作 業 概 要
1	心土破碎耕	サブソイラ	60.5 kg	サブソイラの作業深さ約50 cm(作業前の地表面より約45 cm)
2	耕起作業	ディスクプラウ	350.0	耕深20 cm，耕幅66～80 cm
3	砕土作業	ディスクハロー	400.0	作業幅190 cm，砕土の深さ8～12 cm
4	播種作業	プランタ	390.0	作業幅264 cm(4条用)
5	鎮圧作業	平滑ローラー	645.0	作業幅244 cm
6	中耕除草作業	カルチベータ	90.0	作業幅198 cm(3条用)，中耕の深さ4～6 cm
7	収穫作業	ダンプトレーラ	1,185.0	ダンプトレーラへの青刈りトウモロコシ積載重量915 kg

注 1) トレーラのタイヤ寸法 7.50-16-10 p。

2) 播種機およびカルチベータは畦幅66 cmとしてセットされている。

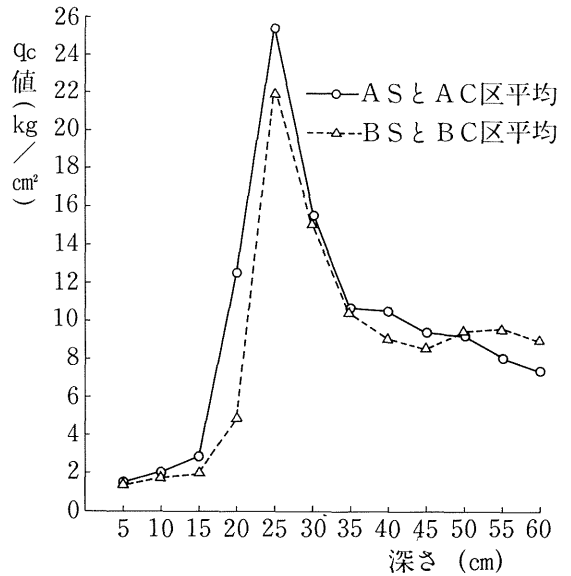
結果および考察

作業前の深さ別貫入抵抗（以下 q_c 値と略称）は、第1図に示したとおりである。この図より、耕盤が深さ25cmの所に形成されていることが明確に判定できる。しかも、その q_c 値は22～25 kg/cm^2 と非常に高い値を示している。これは数年以上に及ぶ大型トラクタ踏圧に起因すると推察される。なお、深さ5～15cm間の q_c 値は割合に小さいが、これは作業前に耕起・整地しているためである。

第2図に代表的深さの各作業後 q_c 値を示す。ただし、この図の q_c 値は、作業前地表面を基準とした深さの値である。深さ15cmの場合、耕起により土壤条件は均一化されるので、心土破碎区（AS・BS区）と対照区（AC・BC区）の差異は認められない。AS区とAC区は各作業ごとに踏圧、BS区とBC区は鎮圧および収穫時に踏圧されているが、この踏圧過程の相異が q_c 値にはっきり現われている。また、各区とも収穫時のトレーラ車輪踏圧により、 q_c 値が急上昇していることは注目すべきである。深さ25cmの q_c 値では、AS区の方がAC区よりも常に小さい値を示し、心土破碎の効果がみられる。しかし、BS区とBC区の場合は播種・鎮圧作業以降、心土破碎したBS区の q_c 値がBC区よりも大きい値を示している。これは、耕深がこれらの測定地点付近で25cmにも達したことにより、両区の差異が消滅したものと推察される。

深さ30cmの場合、BS区とBC区間の q_c 値は各作業後とも差異を認められるが、AS区とAC区では碎土作業以降、両区の差異は認められない。これまでの深さ（15～30cm）における心土破碎区の q_c 値をみると、心土破碎時は1.6 kg/cm^2 以下であったものが、収穫作業後はAS区16～18 kg/cm^2 、BS区で8～10 kg/cm^2 となっている。しかし、深さ25cmと30cmの場合は、 q_c 値に場所からくる変動分が含まれているので、両区の差は単に踏圧回数の相異によってのみ生じたとは言えない。

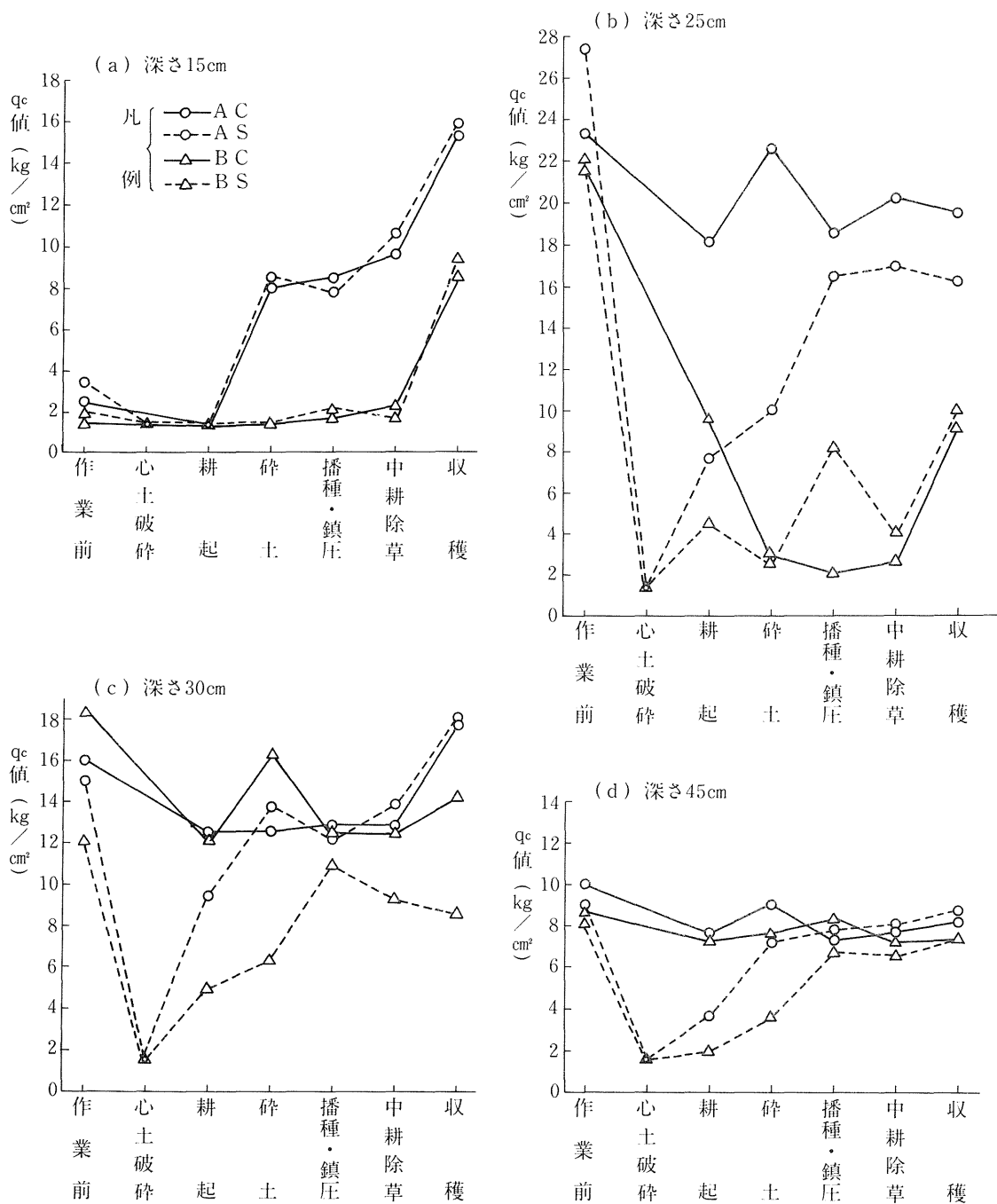
深さ45cmにおける各対応区間の q_c 値差異は、深さ30cmの場合とほぼ同様な傾向がみられる。しかし、ここで



第1図 試験区の作業前貫入抵抗

の各作業後 q_c 値は全体を通してその変動が小さいし、心土破碎区の q_c 値が作業を重ねるにつれて、その対照区に歴然と収束してきている。これらの事は、深さ25cmと30cmの所で見られなかった特徴である。また、深さ45cmの場合、AS区の q_c 値が収穫後で約9 kg/cm^2 と他の深さの値に対して相当小さく、しかもBS区との差が余りない。したがって、大型トラクタなどによる車輪踏圧の影響が、深さ30cmまでの所に比較すると相当小さいものと推定される。この事を考慮すると、上記の特徴は、土壤条件（ q_c 値に影響する条件）がどの場所でも均一であることを意味しているのだろう。

第4表は、心土破碎区と対照区における q_c 値間の有意性検定（ノンパラメトリック法、有意水準1%）結果である。AS区とAC区の有意差は、耕起作業後まで明確に認められるが、それ以降は部分的にしか認められない。つまり、耕起時に心土破碎中心部の下層土を1回踏圧し、その後碎土作業で地表面を2回踏圧すると、心土破碎の効果は部分的にしか残らないと言える。BS区とBC区間の検定結果では、収穫作業前まで一貫して有意差を示している所が多い。これは、BS・BC区がAS・AC区に比較し、踏圧回数が少ないことの反映と思われる。



第2図 各作業後における貫入抵抗

- 注 1) ▲印は qc 値 1.6 kg/cm² (コーンペネトロメーターの適用限界) 以下の意味。
 2) 深さの基準は作業前地表面としている。

第4表 心土破碎区と対照区における貫入抵抗の有意性検定（ノンパラメトリック法）

比較の区	作業	深さ	5cm	10	15	20	25	30	35	40	45	50
A S 区 — A C 区	作業前					※	※⊕					
	A S 区の心土破碎前後		※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
	心土破碎後					※	※	※	※	※	※	※
	耕起後						※		※	※	※	
	砕土後					※	※					
	播種・鎮圧後	※				※			※	※		
	中耕除草後								※			
	収穫後				※							
B S 区 — B C 区	作業前					※⊕		※	※			
	B S 区の心土破碎前後		※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
	心土破碎後						※	※	※	※	※	※
	耕起後							※	※	※	※	※
	砕土後							※	※	※	※	※
	播種・鎮圧後						※⊕		※	※	※	
	中耕除草後				※				※	※		
	収穫後	※					※					

- 注 1) 有意水準 1%, $n_1 = n_2 = 10$
 2) ※印は $AS < AC$ および $BS < BC$ の有意差, ※⊕印は $AS > AC$ および $BS > BC$ の有意差を示す
 3) 斜線部はコーンペネトロメータの適用限界以下で検定不可能箇所

第5表 各作業後における乾燥密度と含水率

	作業	A S 区		A C 区		B S 区		B C 区	
		乾燥密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)	含水率 (%)
深さ 5 ~ 10 cm	作業前	0.702	33.8	0.552	34.0	0.666	34.5	0.686	34.0
	心土破碎後	0.576	35.1	—	—	0.640	35.5	—	—
	耕起後	0.582	38.0	0.544	38.9	0.607	38.3	0.548	39.8
	砕土後	0.700	38.0	0.762	37.2	0.613	38.1	0.545	38.7
	播種鎮圧後	0.848	38.1	0.857	37.9	0.679	38.5	0.660	38.6
	中耕除草後	0.856	38.4	0.849	38.6	0.581	39.2	0.548	39.1
収穫後	0.821	38.5	0.836	38.2	0.802	37.8	0.847	37.4	
深さ 25 ~ 30 cm	作業前	0.738	40.0	0.774	39.2	0.634	45.5	0.688	42.6
	心土破碎後	0.484	43.3	—	—	0.462	47.3	—	—
	耕起後	0.876	37.8	0.780	41.4	0.681	43.7	0.717	45.6
	砕土後	0.828	41.1	0.796	41.7	0.760	42.0	0.804	40.6
	播種鎮圧後	0.857	40.8	0.767	41.9	0.735	45.3	0.807	41.8
	中耕除草後	0.730	44.8	0.769	42.0	0.794	43.2	0.741	45.1
収穫後	0.761	46.9	0.809	42.9	0.725	49.1	0.781	44.7	

注) 深さの基準は作業前地表面としている

全作業を通して深さ別に検定結果をみると、深さ25～30cmの位置より35～40cmの位置の方が、有意差を生じている個所が多い。つまり、深さ30cm位までの間は大型機械の踏圧により、心土破碎の効果が消滅しやすいことを意味している。

収穫後(トレーラ走行後)の検定結果は、深さ30cm以下でいずれの場合も有意差を示していない。トレーラ通過により、心土破碎効果は著しく消滅したことになる。実作業においては、必ずしも本試験のごとくサブソイラ通過跡の真上を、車輪が通るとは限らない。しかし、筆者らが青刈トウモロコシ収穫(刈幅1mのフォーレージハーベスタ使用)時に調査したら、トレーラ車輪による踏圧面積は刈取り総面積の3～4割に及んでいた。したがって、一般的にはサブソイラ通過跡上の3～4割が、トレーラ車輪の踏圧を受けるとみてよいだろう。この事と前記のqc値検討結果からみて、トレーラなどの重作業機の走行は可能な限り少なくするよう、作業方法の工夫が大切である。

第5表に各作業後の乾燥密度と自然含水率を示した。深さ5～10cmの場合、砕土～中耕除草後の乾燥密度はAS・AC区で $0.700 \sim 0.857 \text{ g/cm}^3$ であるのに対し、BS・BC区では $0.545 \sim 0.679 \text{ g/cm}^3$ と小さい値を示した。この差は踏圧回数の違いによるものと考えられる。なお、BS区とBC区で中耕除草後の乾燥密度が、前作業時に比較して相当小さくなっている。これは中耕の深さが、5～7cmまで及んだことに起因している。深さ25～30cmにおけるAS区の乾燥密度をみると、心土破碎後の 0.484 g/cm^3 から耕起後の 0.876 g/cm^3 と急激に大きくなり、それ以降は全てこれより小さい値を示している。そして、耕起～播種・鎮圧後のAS区乾燥密度がAC区よりも大きくなっている。これらの結果は、前述のqc値測定結果と一致していないが、これは測定地点の相異、乾燥密度サンプル数の不足および土壌水分条件の変動などに、一部起因していると考えられる。この点については今後検討を重ねたい。

要 約

本研究は、大型機械作業過程における心土破碎の残存効果を調査し、適正な農作業計画樹立の資料を得ようとするものである。今回の試験では、青刈トウモロコシ栽培における大型機械一貫作業方式を想定し、裸地でサブソイラ通過跡の真上を車輪踏圧した。そして、コーンペネトロメータで各作業後の貫入抵抗を測定し、心土破碎の残存効果を検討(ノンパラメトリック法、有意水準1%)してみた。

主な検討結果は次のとおりである。

1) 耕起作業で心土破碎中心部の下層土を1回踏圧し、さらに砕土作業で地表面を2回踏圧したら、心土破碎の効果は部分的にしか残らなかった。

2) 全作業を通して深さ別に有意性検定結果をみると、深さ35cmと40cmの位置は25cmと30cmの位置より、有意差を生じている個所が多かった。これは、深さ30cm位まで大型機械の踏圧による影響が大きく、心土破碎の効果を消滅しやすいことを意味すると考えられる。

3) 収穫作業(トレーラ走行)後の検定結果は、深さ30cm以下で踏圧回数の少ない区(ローラーとトレーラ車輪踏圧)まで全く有意差が認められなかった。つまり、トレーラ(自重と積載物重量の総計2.1t)の走行は、心土破碎効果を大きく消滅したと推察される。なお、青刈トウモロコシ収穫時の調査では、トレーラ車輪による踏圧面積が刈取り総面積の3～4割にも及んでいた。したがって、トレーラなどの重作業機の走行は可能な限り少なくするよう、作業方法の工夫が大切である。

参 考 文 献

- 1) 川延謹造：農業機械化技術，P. 211 (1970) 養賢堂
- 2) 長崎明・三熊政明・高橋伸寿：土壌の物理性，**9**，38 (1963)
- 3) 鎌田嘉孝：土壌の物理性，**14**，4 (1966)
- 4) 茨城県農試：関東東山土壌肥料ブロック会議資料，(1964)

- 5) 川延謹造・市瀬猛文・森田勇：農及園，**38**，
1719（1963）
- 6) 常松栄・吉田富穂・松居勝広：農業機械学会誌，
22，83（1960）
- 7) 常松栄・吉田富穂・南部悟：同上，**24**，114
（1962）
- 8) 常松栄・吉田富穂・南部悟：同上，**24**，190
（1963）
- 9) 常松栄・吉田富穂・池内義則・南部悟：同上，**25**，
27（1964）
- 10) 常松栄・吉田富穂・松居勝広・池内義則・南部悟・
吉田一男・石谷栄一・同上，**26**，249（1965）
- 11) 農業機械学会：農業機械ハンドブック，P. 504
（1969）コロナ社
- 12) スネデカー（畑村又好訳）：統計的方法，（1968）
岩波書店

Summary

The studies were conducted to investigate the lasting effect of pan-breaking in the various working process to utilize big-powered tractor. In this examination, the locus of subsoiling was directly trod in tractor wheel and the resistance of soil penetration was measured with cone penetrometer (cone angle; 30° , cross section area of cone; 3.225 cm^2).

The results of statistical analysis were as follows.

- 1) When the subsoiling locuses were trod by plowing and harrowing (two times), the lasting effect of pan-breaking was not recognized at many points of measurement.
- 2) The lasting effect of pan-breaking disappeared easily to 30 centimeter from ground level by tread pressure of tractor wheel.
- 3) The test of significance after harvesting (trailer travelling) was not showed entirely significance under the depth of 30 centimeter. Therefore, in the mechanized working process, it was conjectured that the lasting effect of pan-breaking disappeared largely within two years.