

兎島湾干拓地水田土壤の物理、 力学的特性に関する研究(第一報)

—コンバインの走行による水田地盤の挙動について—

小橋英夫・長堀金造・種村親志・荻野芳彦

Investigation of the Physical and Mechanical Characteristics
of Poldered Paddy Fields in Kojima Bay (I)

—On the Behavior of the Foundation of the Poldered Paddy
Fields caused by the Operation of a Combine Harvester—

Hideo KOBASHI, Kinzo NAGAHORI, Chikashi TANEMURA and Yoshihiko OGINO

In the poldered paddy fields in Kojima Bay the behavior of the cultivated surface soil is clearly distinct from that of subsoil, and in such fields the drainage of water and salt is generally not so easy. It is very difficult to work by the machinery, because the machines cause, such difficult problems as the drain disorder and other facilities' disorders. In order to solve these problems obstructing factors must be found. So the authors have experimentally investigated the behaviors of the soils before and after the operation of a combine harvester.

The results of the investigation are as follows:

Concerning the consistency of the soils, either surface soil or subsoil is in the unstable condition, especially the disturbance gives it a tendency easily to flow and deform:

the sensitivity ratio of the soils is very high (that of the surface soil is 2~3 and of the subsoil is infinity).

These phenomena also clearly correspond with cone penetration resistance (q_c), shearing resistance (τ), cohesive force (C) and unconfined compression strength (q_u). Every value of the post-condition is lower than that of pre-condition.

In other words they are the phenomena of the soil softening. The authors have proved in this paper that these phenomena are due mainly to the operation of a combine harvester.

緒 言

わが国における農業の生産性を高めるためには、農業の機械化を計り、それを能率的に利用するための圃場区画の整備はもちろんのこと、その運行に支障のないような土壌条件の改善が

必須の要件となる。

ところが、大区画化することによって、粘質水田の場合は排水条件が劣悪になり大型機械の導入が困難になる場合があることがしばしば報告¹⁾されている。

ひるがえって、児島湾干拓地水田造成地帯ではかんがい方式として除塩を重視し、水管理も3漙3落1排という特異な番水制を行っており、これによって、キレツの発生を助長させ、排水効率を高め除塩効率をあげひいては地耐力の増加をも計ることを目的としている。しかしながら、土壌がヘドロ質の場合でしかも表土と心土とが明瞭に分化しており、還元層の発達した鋭敏比の高い心土層をもつ本地帯の場合には、完全暗渠、または、もぐら暗渠などで排水条件の改善を計っても、その効果や永続性についてはあまり期待されるほどの成果は得られていない²⁾。本地域で特にモグラ暗渠を施行した場合は機械力を導入することによって、モグラ暗渠の機能が阻害され、排水の効果が顕著に低下することから、機械導入を極力ひかえているのが現状である。

これは、干拓地水田土壌の心土層の特微的な要因によるものであり³⁾¹⁰⁾、したがって、このようなヘドロ質土壌の場合の地耐力の増加を計り、機械力の導入を容易にし、しかも、排水効率を増加させるような急速な土壌改善の方策を講じることが重要かと考えられる。

かかる観点から、本研究室においては、低平地干拓地水田地帯の地下排水効率の向上を計るための手法について、実態調査研究を進めているが、本研究は、その中の一環として先づ、干拓地水田の地耐力の程度、排水の阻害の状況を明らかにするための基礎的研究として、コンバインの導入に際して、水田地盤がいかなる挙動を示すかについて、その実態を把握するために行った調査研究である。したがって、今回の調査においては、コンバインの走行前後における水田表土と心土の物理的、力学的特性を比較究明する事を主眼として、貫入抵抗、剪断抵抗並びに一軸圧縮試験および鋭敏比などに調査の力点を置いた。

I. 調査方法

モデル試験区 (Fig 1) の中で最も地耐力の条件の良い所として暗渠直上部を選定し、これをN列とし、7地点を調査することにした。一方、地耐力の条件の悪いところとして、暗渠中間部を選定し、M列として同じく7地点を調査測点とした。測定地点は、N₁、N₇は畦畔より1m、N₂、N₆は畦畔より6m、あとのN₃、N₄、N₅は、19m間隔とした。また、M地点も同様な測定間隔とした。

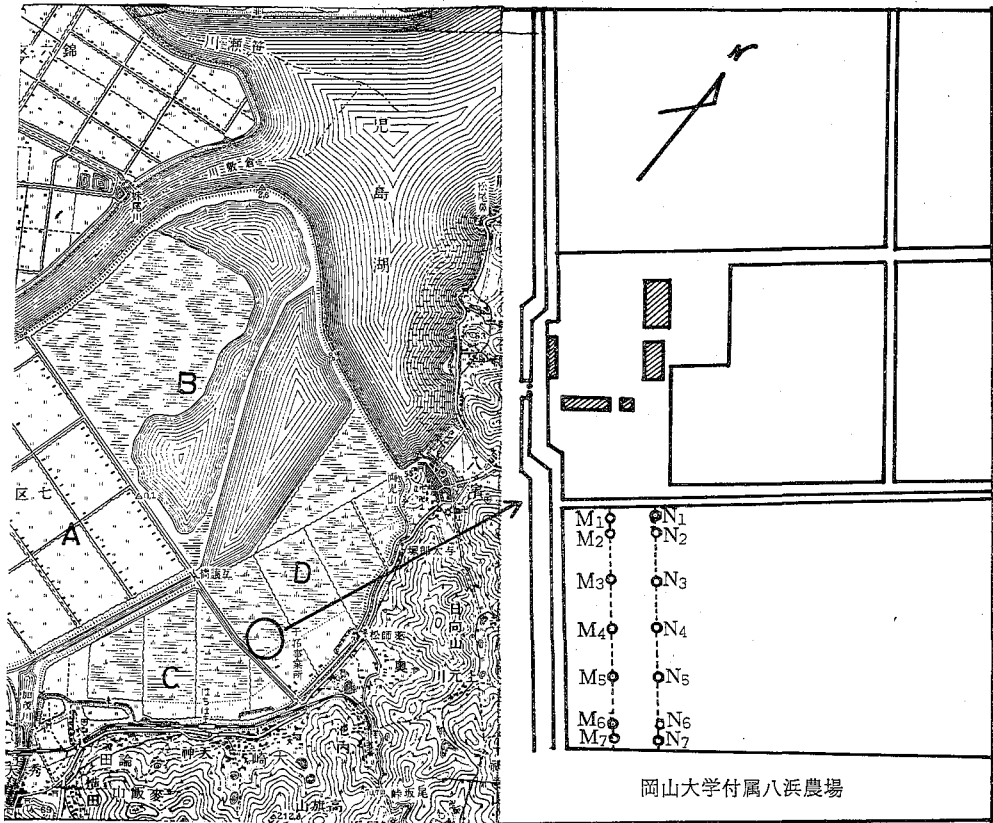
先ず、コンバインを導入する前に水稻を各N、M測点において、1.5m²に刈取り、その各地点の自然状態での貫入抵抗、剪断抵抗、土層調査を行ない、さらに表土、心土の仮比重、現場含水比を測定すると同時に一軸圧縮試験用として、φ5cm×12cmのステンレス円筒に表土、心土別々に未攪乱試料を採土した。

その後、コンバインを走行させて、直ちにそのワダチあとについて、同様の種目について測定調査を行ない、コンバイン走行前後の各項目の実測結果の比較を行なうことにした。

なお、土壌の酸化還元の状態を知るためにα、α'ジピリジル⁴⁾による着色反応試験も行なった。

また、採土した試料については、粒度分析(比重計法)、真比重、液性限界、塑性限界、塑性指数、鋭敏比など土壌の物理性に関連する一連の試験を行ない、それらの結果を検討して、コンバイン走行による地盤の挙動を総合的に判定するようにした。

Fig. 1. 試験田の位置



本地区で使用したコンバインの機種はインターナショナル社製93型接地圧 $0.8\text{kg}/\text{cm}^2$ のものである。

II. 試験地の概要

試験地は岡山大学農学部付属八浜農場の実験圃場を選んだ (Fig. 1), 本地区は, 児島湾干拓第七区, D地区に位置し, 昭和31年干拓工事が完了し, 昭和35年から作付が始められた。土壤は七区中でも最も重粘質で, いわゆる軟弱土水田と呼ばれるものである。したがって地表水地下水の排水および除塩対策が最も重要な課題であり, 土壤の物理性の改良が急務である⁵⁾。各筆とも約25m間隔にソダ暗渠および, 明渠が掘られ, 数年前までは弾丸暗渠も施工されていた。田面の傾斜は極めて緩で, 地表水の排水はほとんど明渠によっているようである。実験圃場の水稻栽培は, 乾田直播で除草, 肥料散布は全て機械化された作業体系を組んでいる。

土壤生成過程はFigs 2, 3の土壤のプロファイルに示すように, 作土層 (A_{pg}) は約5~10cm その下約20~25cmにA_{ig}層があり, 地下水位の変動地帯を形成している。25~30cm以下はグライ層で暗青色を呈している。α, α'ジピリジル反応による還元状態を図に示したのであるが, 作土層に強く着色する斑紋がみられた他は, グライ層がややうすく着色した。Fig. 3は暗渠から暗渠に直角の方向に10m程度掘削して, その土層変化をみたものである。

Fig. 2. 暗渠中間部の土壤断面

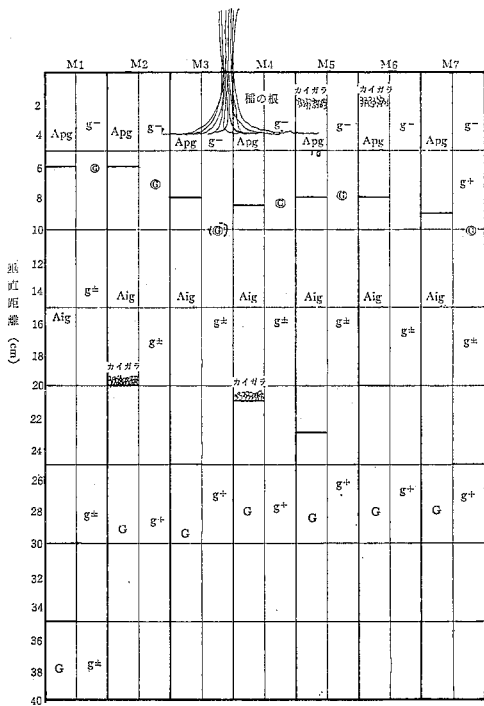
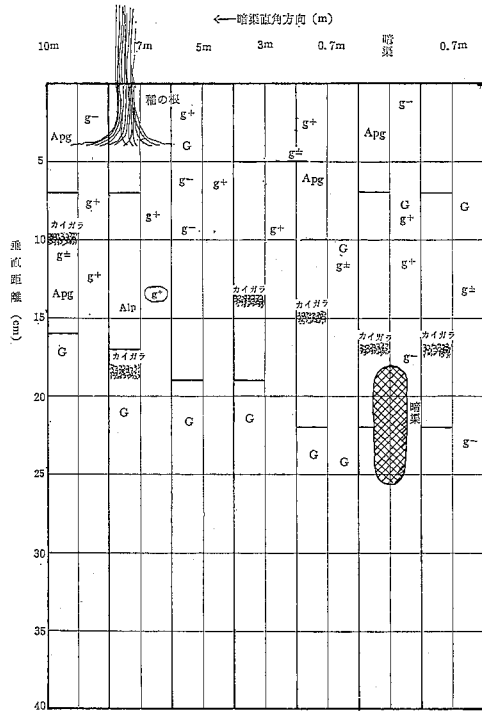


Fig. 3. 渠暗直上および直角方向における土壤断面



これらの結果は米田⁶⁾、および川口、喜田⁷⁾らの綿密な調査結果とよく一致している。また盤層の発達は見られない。米田⁶⁾の分類に従えば、AG-G型を示す天然型ないしはAG-BG-G、あるいはA-BG-G型を示す弱溶脱型土壤である。

本地区のかん排水の水利慣行は周辺農家と同じく3湛3落1排の原則が守られ、その他に適宜各筆において調節を行なっている。

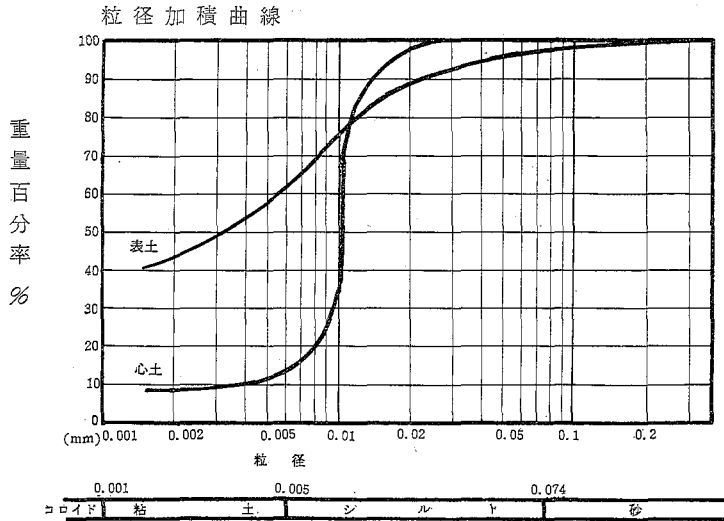
なお調査は11月27日の降雨後10日の連続干天をみて行なった。また、選定した試験地区は八浜農場でも排水の不良な地区である。

III. 試験結果と考察

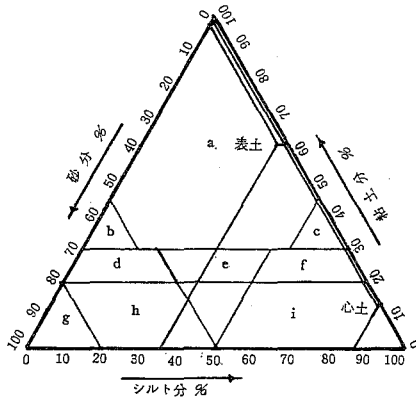
1) 調査地区土壤の物理性について供試田における表土ならびに心土の物理的性質を調べた結果、真比重は表土で2.63、心土で2.67であり、表土ならびに心土の粒径分布はFig. 4の粒径加積曲線の通りで、表土の粘土含有量は約63%、心土の粘土含有量は約14%である。三角座標により土性を判定すれば表土は粘土で、心土はシルト質ロームとなる。心土がシルト質ロームに分類された点については、おそらく塩分濃度が高くNa⁺によるコロイド粒子のCoagulationによるものではないかと考えられる。

コンバインの走行による土壤密度の変化を調べるため現地でコンバイン走行前後におおの測定地点で仮比重の測定を行なった。仮比重の測定には内径5cm、高さ5.1cm、容積100cm³の円筒を使用した。測定の結果はTable-1, Fig. 5の通りである。それによると表土

Fig. 4. 粒径加積曲線および三角図表 (ハイドロメータ法)



- a 粘土
- b 砂質粘土
- c シルト質粘土
- d 砂質粘土ローム
- e シルト質粘土ローム
- f 砂
- g 砂質ローム
- h ローム
- i シルト質ローム



の仮比重はコンバイン走行前より走行後の値が一般的に大きく、コンバインの走行によって密度が幾分高くなっていると考えられる。また、M列とN列を比較すると、N列は表土における仮比重はほとんどが1以上であるのに対し、M列では用水路の近くは1を越すが、水田の中央部は1以下で、密度はN列より全体的に低いと考えられる。このことは三相分布 (Table 1) における固相の割合がN列では平均40%であるが、M列では36%位のものもあり、暗渠による影響が表われているものと考えられる。心土においてはコンバインの走行による仮比重の変化に一般的傾向は見られない。三相分布 (Table 1) から明らかなごとく、固相は約30%前後で、その他の間隙は全て液相で占められ完全飽和の状態にある。

表土、心土の生土を用いて液性限界ならびに塑性限界の試験を行なったが、その結果を示すと Table 2 の通りである。これらの結果より流動や変形に対する抵抗の大小を判断するためコンシステンシー指数 (Consistency Index) と液性指数 (Liquidity Index) を求めたのが

Fig. 5. コンバイン走行前後における仮比重

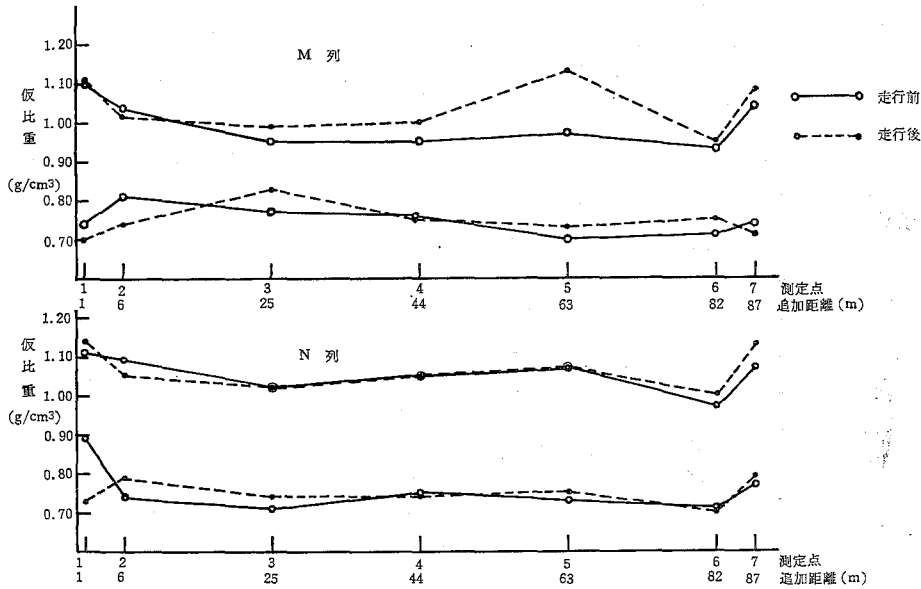


Table 2, Table 3 である. コンシステンシー指数および液性指数は次式により表わされる.

$$C_1 = \frac{LL - W}{P_1} \quad C_1: \text{コンシステンシー指数}$$

$$L_1 = \frac{W - PL}{P_1} \quad P_1: \text{塑性指数}$$

LL: 液性限界
PL: 塑性限界
W: 自然含水比

式において C_1 が 1 より大きいときは比較的安定であり, また, L_1 が 0 に近づくほど安定を示す. しかし調査地点における C_1 , L_1 の結果は表土, 心土とも非常に不安定な状態にあることを示しているが特に心土においては C_1 は 0 に近く L_1 は 1 を越す場合もあり, 自然状態の土が攪乱されると液性限界よりもさらに柔らかい状態となることを示している. 表土と心土におけるコンシステンシーには幾分差異があり, 表土は粘土の乾燥によって親水性の低下をもたらしているものと考えられる.

2) 貫入抵抗値 q_c と剪断抵抗値 τ について

i) 貫入抵抗値 q_c について

最初に地耐力指標としての土質常数測定器⁹⁾による貫入抵抗値の結果を示せば, Figs 6-a, 6-bの通りである.

これらの結果のうち自然状態でのN列を検討してみると, 深さ 5~10cm までの所において, ほぼ貫入抵抗値 q_c が 4 kg/cm^2 位に表われている. 15cm 以下の深さになると, q_c は急に下り 3 kg/cm^2 程度となる. そして, コンバイン走行後は q_c が低下することが知られる. ただし用排水路側の N_1 , N_7 地点の表土だけは (5~10cm深さ) むしろ, 走行後の方が q_c が増加してお

Table 1. 土 壤 の 物 理 性

M一列	含水比	仮比重	三相分布			N一列	含水比	仮比重	三相分布		
			固相	気相	液相				固相	気相	液相
1 A	48%	1.10	42%	5%	53%	1 A	50%	1.11	42%	2%	56%
AP	48	1.11	42	5	53	AP	44	1.14	43	7	50
C	96	0.74	29	0	71	C	75	0.89	33	0	67
CP	106	0.70	26	0	74	CP	100	0.73	27	0	73
2 A	56	1.04	40	1	59	2 A	51	1.09	41	4	55
AP	58	1.02	39	2	59	AP	57	1.05	40	0	60
C	90	0.81	30	0	70	C	97	0.74	28	0	72
CP	99	0.74	30	0	70	CP	90	0.79	29	0	71
3 A	60	0.95	36	7	57	3 A	61	1.02	39	0	61
AP	65	0.99	36	0	64	AP	61	1.02	38	0	62
C	91	0.77	29	0	71	C	103	0.71	27	0	73
CP	86	0.83	30	0	70	CP	98	0.74	27	0	73
4 A	63	0.95	36	4	60	4 A	54	1.05	40	6	54
AP	57	1.00	38	5	57	AP	59	1.05	40	0	60
C	92	0.76	29	0	71	C	94	0.75	28	0	72
CP	95	0.75	28	0	72	CP	100	0.74	27	0	73
5 A	61	0.97	37	4	59	5 A	47	1.07	41	9	50
AP	45	1.13	43	6	51	AP	57	1.07	40	0	60
C	102	0.70	27	0	73	C	100	0.73	27	0	73
CP	100	0.73	27	0	73	CP	96	0.75	28	0	72
6 A	63	0.93	35	7	58	6 A	50	0.97	37	14	49
AP	64	0.95	36	3	61	AP	58	1.00	38	4	58
C	99	0.71	27	2	71	C	101	0.71	27	0	73
CP	93	0.75	28	1	70	CP	104	0.70	26	0	74
7 A	56	1.04	40	1	59	7 A	51	1.07	41	5	54
AP	52	1.08	41	3	56	AP	50	1.13	43	0	57
C	95	0.74	28	1	71	C	94	0.77	28	0	72
CP	100	0.71	27	1	72	CP	91	0.79	29	0	71

注 Aは表土 Cは心土 Pはコンバイン走行後を示す。

Table 2. アッターベルグ限界とコンシステンシー

	液性限界	塑性限界	塑性指数
表 土	92 %	39 %	53
心 土	104	35	69

Table 3. コンシステンシー指数および液性指数

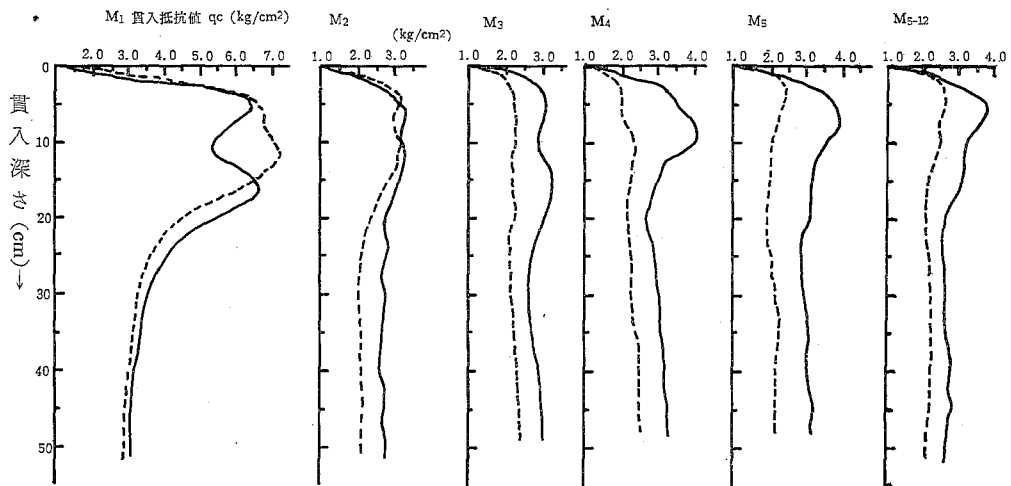
		1	2	3	4	5	6	7
コンシステンシー指数	M-A	0.83	0.68	0.60	0.55	0.59	0.55	0.69
	AP	0.83	0.64	0.51	0.66	0.89	0.53	0.75
	N-A	0.79	0.78	0.61	0.72	0.85	0.80	0.78
	AP	0.91	0.66	0.61	0.63	0.66	0.65	0.80
	M-C	0.12	0.21	0.20	0.18	0.03	0.08	0.14
	CP	0.02	0.08	0.26	0.14	0.06	0.17	0.06
	N-C	0.43	0.11	0.02	0.15	0.06	0.05	0.15
	CP	0.06	0.21	0.09	0.06	0.12	0.01	0.20
液性指数	M-A	0.16	0.31	0.39	0.44	0.41	0.44	0.31
	AP	0.16	0.35	0.48	0.33	0.11	0.47	0.24
	N-A	0.20	0.22	0.40	0.28	0.14	0.20	0.22
	AP	0.09	0.33	0.40	0.37	0.33	0.35	0.20
	M-C	0.90	0.81	0.83	0.84	0.99	0.95	0.89
	CP	1.05	0.95	0.75	0.89	0.96	0.86	0.96
	N-C	0.59	0.92	1.01	0.87	0.96	0.98	0.87
	CP	0.96	0.81	0.93	0.96	0.90	1.02	0.83

り、心土層はやはり、走行後の方が、 q_c が低下していることがわかった。N₁、N₇の表土層の強度増加の原因は用排水路畦畔近傍にあって排水が促進されたため支持力が増加したものとと思われる。

これに反し、水田中心部のN₂、N₃、N₄等の地点で、コンバインの走行後に急激に支持力が低下した原因は、走行によって土壌が軟化したためと考えられる。

一方、暗渠中間部のM地点でも同様な傾向が現われ、全般的にM₁、M₇地点を除けばN地点よりは支持力 q_c が小さく2~3 kg/cm²程度の値を示している。特に、特徴的な現象は、M地

Fig. 6. a. M列における貫入抵抗値



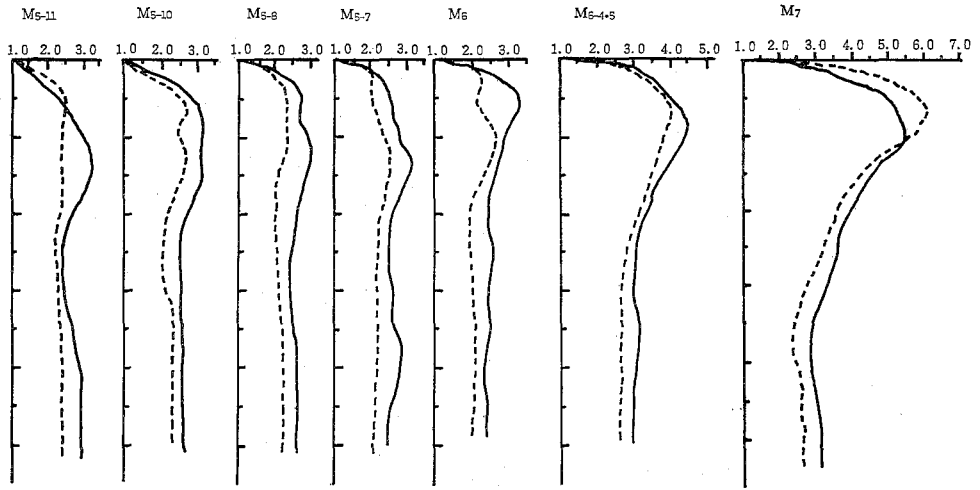
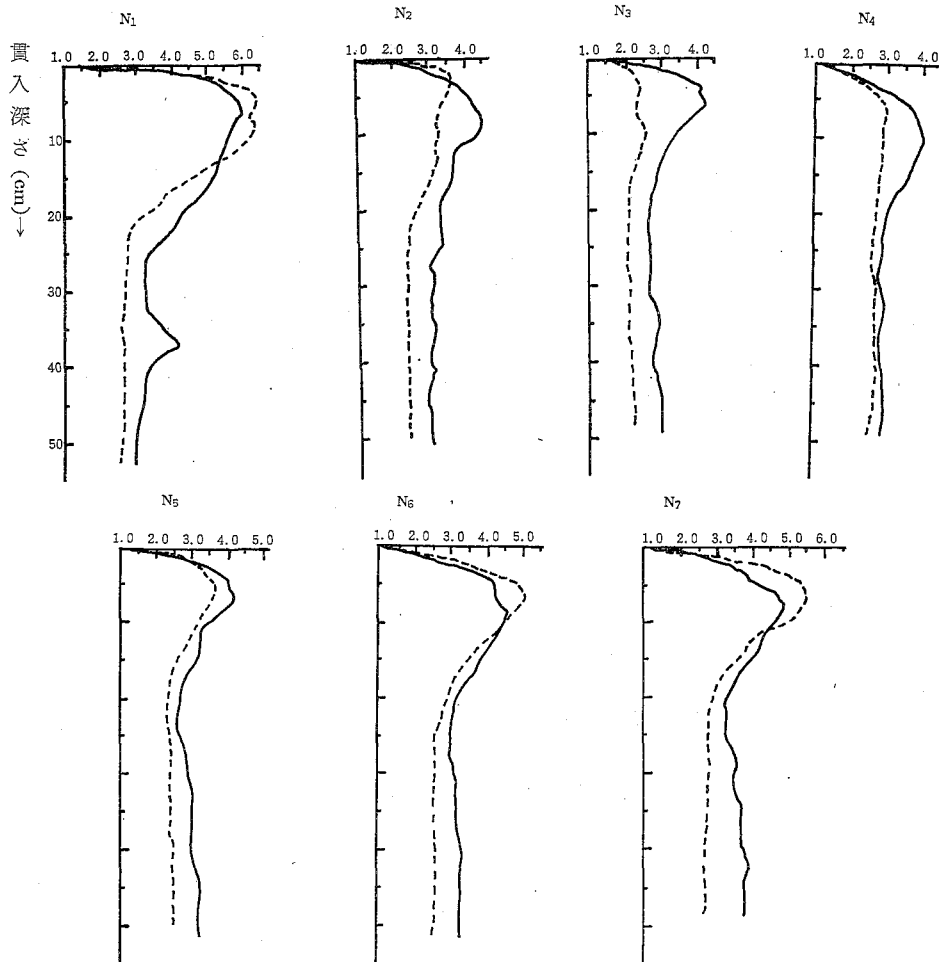


Fig. 6. b. N列における貫入抵抗値

貫入抵抗値 $qc(kg/cm^2)$



点の方が、コンバイン走行後の支持力が急激に小さくなり、しかも q_c のピークが現われず、直線的な状態 (M_3 , M_4 , M_5 etc) を示していることは注目しなければならない。

これは、明らかにコンバインの走行によって、干拓地土壌が軟化したことを示すもので、この結果より、排水の悪いところほど、軟化の状態が大きく現われることが推測される。これについては、さらに他の物理的、力学的側面からも実証的に追究してみる必要がある。

用、排水路の存在が水田の地耐力に影響を及ぼしている程度を知るために、さらに細かく測定地点をとって調べたのが M_{5-12} , M_{5-11} , M_{5-10} , M_{5-8} , M_{5-7} , $M_{6-4.5}$ である。この結果からすると、用排水路から、5~6mまでは影響があるのではないかと推定される。

以上の試験結果では、N, M列ともに大型作業機械の作業可能限界値 $2\sim 4\text{kg/cm}^{2(9)}$ を10cm以内の深さにおいて確保しており、大型作業機械の導入は可能であり、また現実的にコンバインが導入されているのであるが、本調査で明らかにした軟化の現象から、同一地点において、走行回数が増加すれば地耐力が減少しひいては走行不能の状態も予想される。したがって、その限界性についてあるいは、この軟化現象がモグラ暗渠の機能低下の要因とも考えられるので、これらについては、今後の調査研究で明らかにしていきたい。

ii) 剪断抵抗値 τ について

土の内部摩擦および粘着力と農作業機械の走行性との関連については、定量的に明確にはされていない。しかし、土の一般的な特性を知るためには、重要な要素であるので、本調査においては、コンバイン走行前後の表土について、 τ の試験を行なった。それらの結果を一覧に示せば、Table 4の通りである。

モデル試験地水田のN, M列測定地点の平均断面とせん断抵抗値 τ , 接地圧 δ , 粘着力Cとの関係を図示すれば、Figs 7 a, b, cの通りである。

これらの結果からすると τ はN地点がM地点より一般に大きい値を示しており、また、コンバインの走行後は、 N_1 , N_7 , M_1 , M_7 を除けばいずれも小さい値を示している。すなわち、 M_1 , M_7 , N_1 , N_7 は用排水路の近傍のため、乾燥が比較的進み、そのため τ ($1.0\sim 1.23\text{kg/cm}^2$) が大きい値になったものと考えられる。次に粘着力C及び接地圧 δ についても、 τ と同様な傾向がみられ、 N_1 , N_7 , M_1 , M_7 の地点を除けば、いずれもコンバインの走行後におけるCならびに δ の値が低下していることがわかった。すなわち、粘着力Cおよび接地圧 δ は、貫入抵抗 q_c の場合と同様な傾向を示し、相互により対応を示しているといえる。以上の諸結果は、干拓地水田土壌特有の軟化現象がコンバイン等の機械導入によって引き起こされるものであることを明瞭に示しているといえる。

Table 4. 剪断抵抗値 τ 並びに δ , ϕ 及びCの値
(土質常数測定器 SH-36による)

測定項目 測点	接 地 圧 $\delta(\text{kg/cm}^2)$	剪断抵抗 $\tau(\text{kg/cm}^2)$	粘 着 力 C(kg/cm^2)	内部摩擦角 ϕ	備 考
N ₁	1.25	1.23	0.85	19°30'	N 暗渠埋設直上
N ₁ -P	1.70	1.20	0.90	13°20'	
N ₂	1.18	0.92	0.60	19°00'	P コンバイン走行 後の値
N ₂ -P	1.02	0.82	0.60	14°40'	
N ₃	1.08	0.81	0.58	14°30'	M 暗渠中間部
N ₃ -P	0.88	0.69	0.50	15°00'	
N ₄	0.90	0.72	0.59	11°00'	
N ₄ -P	0.80	0.49	0.38	11°00'	
N ₅	1.12	0.91	0.65	16°30'	
N ₅ -P	0.88	0.55	0.37	12°30'	
N ₆	1.10	0.95	0.60	20°00'	
N ₆ -P	0.95	0.85	0.68	11°20'	
N ₇	1.18	0.98	0.73	13°20'	
N ₇ -P	1.25	0.95	0.65	15°00'	
M ₁	1.30	1.05	0.74	15°00'	
M ₁ -P	1.60	1.20	0.95	16°40'	
M ₂	1.02	0.70	0.50	13°30'	
M ₂ -P	0.70	0.46	0.35	12°30'	
M ₃	0.90	0.51	0.39	10°00'	
M ₃ -P	0.60	0.42	0.32	12°20'	
M ₄	0.71	0.59	0.42	15°00'	
M ₄ -P	0.51	0.39	0.30	14°00'	
M ₅	1.05	0.53	0.40	7°00'	
M ₅ -P	0.71	0.39	0.31	8°00'	
M ₅₋₁₂	0.95	0.73	0.52	15°30'	
M ₅₋₁₂ -P	0.70	0.52	0.39	13°10'	
M ₅₋₁₁	0.88	0.70	0.54	11°40'	
M ₅₋₁₁ -P	0.70	0.53	0.38	14°30'	
M ₅₋₁₀	0.93	0.78	0.58	16°20'	
M ₅₋₁₀ -P	0.85	0.62	0.51	9°00'	
M ₅₋₈	0.86	0.69	0.52	11°20'	
M ₅₋₈ -P	0.76	0.62	0.52	8°30'	
M ₅₋₇	1.05	0.75	0.54	13°30'	
M ₅₋₇ -P	0.93	0.61	0.48	10°00'	
M ₆	0.74	0.65	0.53	9°30'	
M ₆ -P	0.75	0.58	0.40	13°20'	
M _{6-4.5}	1.06	0.75	0.50	15°30'	
M _{6-4.5} -P	0.78	0.71	0.51	17°30'	
M ₇	1.35	1.00	0.75	11°20'	
M ₇ -P	1.31	0.98	0.75	16°10'	

3) 一軸圧縮強度と鋭敏比について

前項で明らかなようにコンバイン走行前後における水田地盤の地耐力の変化は土壤状態により次の二つのタイプに分けられる。すなわち、(1)コンバインの走行により地盤が締めこみコーン指数が増加する。(2)逆に表土が乱されコーン指数は減少する。この二つの挙動は互いに相反する性質で、前者は締め固められて強度が増加し、後者では over compaction による軟化を示している。そこで具体的に強度がどのような変化を示すかを現場未攪乱土を採取してコンバイン走行前後の一軸圧縮強度を調べ、さらに攪乱試料から鋭敏比を求めて水田地盤の力学的挙動について検討した。

Fig. 7-a. コンバイン走行前後の剪断抵抗値の変化

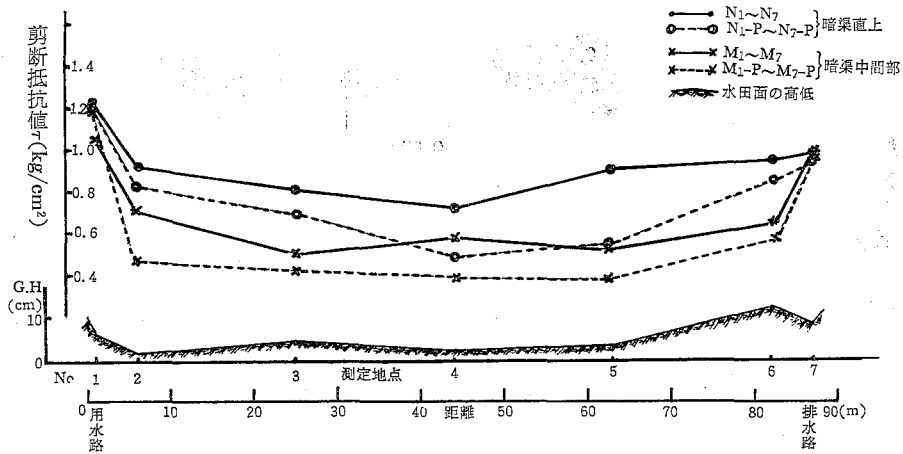


Fig. 7-b. コンバイン走行前後の粘着力の変化

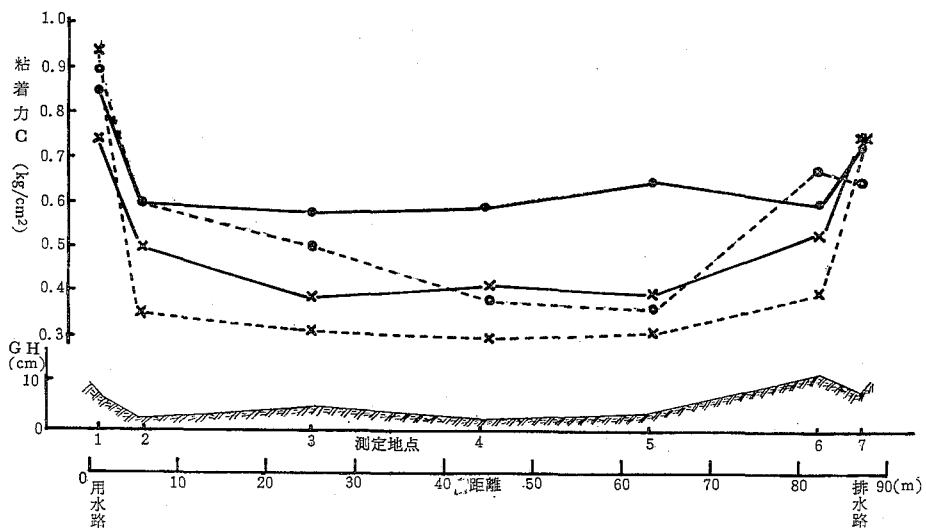


Fig. 7-c. コンバイン走行前後の接地圧の変化

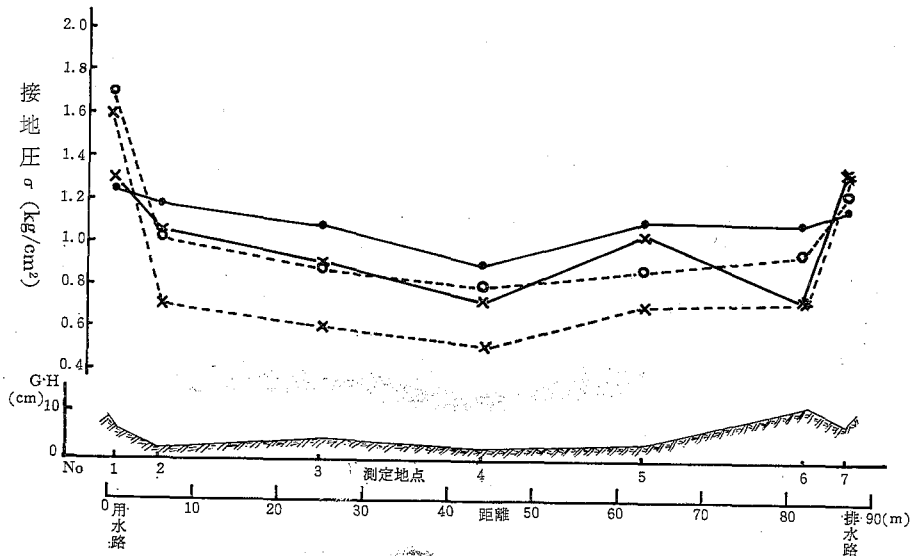


Fig. 8は、M₃地点における表土と心土の応力ヒズミ曲線である。図のように一軸圧縮強度は表土ではヒズミの増大するに従って応力も増加し、いわゆるセン断破壊はしない。一方、心土においては、あるヒズミ量(%)に達するとききれいなセン断面ができ、すべり破壊をする。このことは、本調査における全試料について共通の現象でコンバイン走行前後においても同様であった。このことは表土が有機物の客入、酸化還元、乾燥湿潤の繰り返しによる土壌化作用の結果、団粒構造の発達したA層を形成し、心土は上述の土壌化作用を全く受けず、海成滞積粘土を形成したまま長年の間にわたって安定な状態を保持し続けていたことを示すものである。前者は団粒を骨格とする塑性体であり、後者は膨潤ゲルを骨格とする粘弾性体と考えられる。

Fig. 9はコンバイン走行前後のM列、N列における一軸圧縮強度 q_u (kg/cm²) およびねり返し後の q_{ud} を示したものである。図のようにM₁、M₂、M₇、N₇地点において表土は他の地点に比し高い値を示し、かつコンバイン走行後いづれも強度は増加している。またその他の地点における表土の強度はおおむね低

Fig. 8. 一軸圧縮試験における表土と心土の応力ヒズミ曲線の相違 (M₃ A,C)

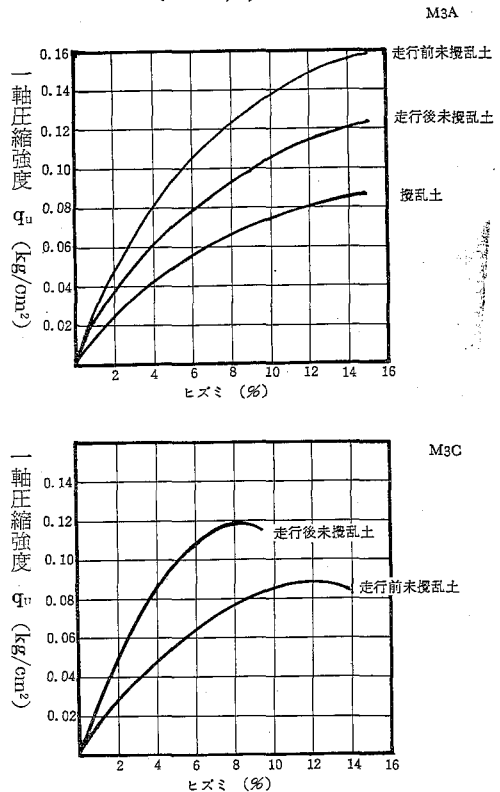
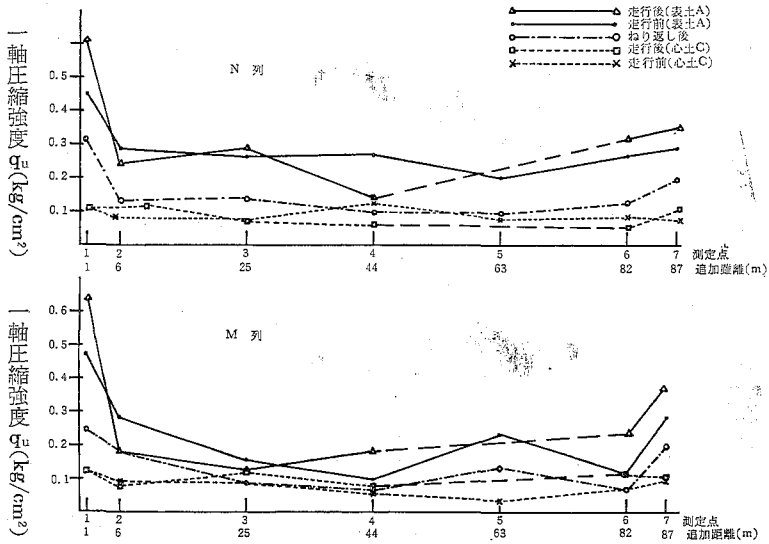


Fig. 9. コンバイン走行前後の一軸圧縮試験結果



下している。これは用排水路による地表水、地下水の排水効果によるものと思われる、大区画化していく水田の排水問題を根本的に考えなおす必要のあることを示している。心土に関しては、2, 3点で増減があるが、表土に比べて大きな変化はないようである。表土は0.1kg/cm²以上の強度をもち、ほとんどの場合0.2kg/cm²程度の強度がある。一方心土では0.05kg/cm²以上0.1kg/cm²以下が圧倒的である。したがって、非常に軟弱な地盤の上にわずか10~20cm程度の表層土があり地耐力はすべてこの表土でうけもたれているという、干拓地水田土壌の典型的な性状を示しているといえる。

Fig. 10. コンバイン走行前後の強度比率(q_u/q_{up})および鋭敏比

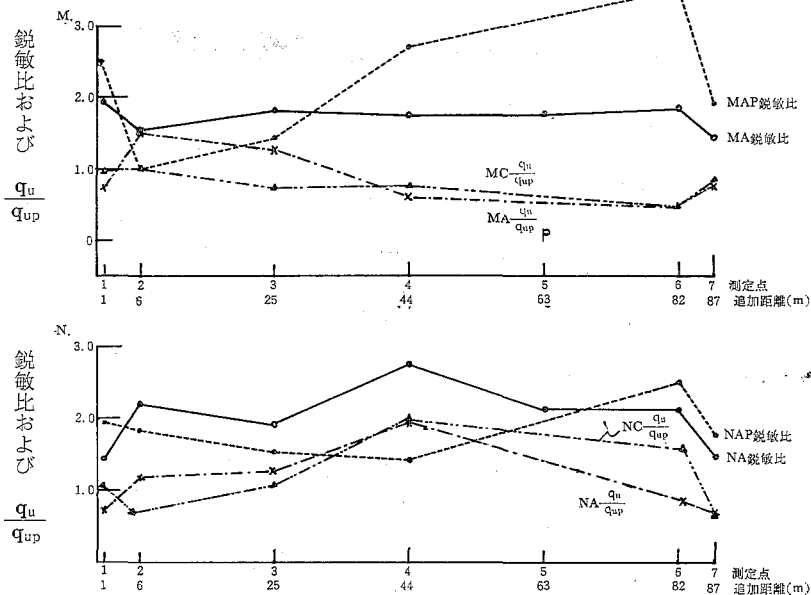


Fig. 10は鋭敏比および $\frac{q_u(\text{走行前})}{q_{up}(\text{走行後})}$ の値を示したものである。ここで心土の攪乱試料は攪乱することによる軟化が著しく、所定のテストピースを作ることができなかった。これは前述のように液性限界値が104%で自然含水比が100%前後であり、液性指数がほとんど1に近い値であることから、未攪乱状態である程度の強度を示すものでも、一たん攪乱をうけると流動化してしまう状態にあることを示している。鋭敏比は表土で1.5~2.0心土では ∞ という値を得た。

またFig. 9に示すようにN列の強度は、M列に比べやや高い値となった。このことは、暗渠による地下排水の効果が暗渠直上部において現われていることを示すもので前述の土壤プロフィール (Fig. 3) からも暗渠排水による影響があるものと認められる。

IV. 結 言

干拓地水田の地耐力の程度、排水を阻害する要因を明らかにするための基礎的研究としてコンバインの走行に際して、水田地盤がいかなる挙動を示すかについて、実態調査を行なった結果、いくつかの注目すべき知見を得ることができた。それらを要約列記すれば、次の通りである。

1) コンバイン走行後の仮比重は、表土において、全般的に高くなる傾向にあるが、(0.95~1.10g/cm³程度)、心土においては(約0.75g/cm³程度)そのような傾向は見られない。

2) コンシステンシを調べた結果、表土、心土とも不安定な状態にあるが、特に心土は液性指数が1に近く、攪乱によって流動し易い状態にある。

3) 地耐力の指標として、貫入抵抗値 q_c をみるとN列では4~5kg/cm²、M列では3~4kg/cm²でN列はM列よりも一般に q_c の値が高い。これは暗渠の効果によることを示している。

さらに、N₁、N₇、M₁、M₇地点は、他の地点よりきわだって高い q_c の値を示す(最大値は6.5kg/cm²)ことから用排水路近傍による排水効果の影響があることがわかった。

4) コンバイン走行後の q_c 値はN列もM列もいずれも走行前より小さい値を示し、M列は特に急激に減少する傾向にあり、しかもピークが現われず直線的な状態を示す。

これは明らかにコンバインの走行によって干拓地土壤が軟化したことを示すもので、これは走行回数を増せば地耐力が減少することを意味し、走行不能の状態も予測される。

5) 剪断抵抗 τ 、および粘着力Cについては、全く、同様な傾向にあり、 τ 、CともにN列地点の値がM列よりも一般に大きい値を示している。しかもコンバインの走行後は走行前に比較して、全般的にそれらの値が低下している。これらの諸結果から、コンバインの導入によって干拓地水田は軟化現象が引き起こされることがわかった。

6) 表土と心土の相違は一軸圧縮試験結果からも明らかである。すなわち、表土は団粒を骨格とした塑性体、心土は膨潤ゲルを骨格とした粘弾性体と考えることができる。

7) コーン指数の変化に対応して、一軸圧縮強度も、M₁、N₁、M₇、N₇においてはコンバインの走行後に強度が増加し、その他の地点ではおおむね減少した。しかし、地耐力は2kg/cm²~3kg/cm²といった値であり、心土では0.5~1.0kg/cm²程度でコンバインの接地圧0.8kg/cm²に比し、応力の集中、あるいは振動荷重などを考えると充分な地耐力とはいえない。

8) 特に心土においては非常に鋭敏比が高く少しのねり返しにより、液性限界値付近になり、流動化状態を呈する。

以上の諸結果を総合すれば、干拓地水田土壤の物理、力学的特性は、暗渠直上、用排水路の

近傍で良好な傾向を示し、水田中間部においては軟化現象の大きいことから、除塩も含め、機械導入とその作業能率を向上させるためにも地下排水の効率を急速に改善する必要のあることが指摘される。

おわりにのぞみ、本調査研究を遂行するにあたり、米田教授には幾多の資料を提供していただいた。また、現地では島村助教授、三宅助手に多大の御配慮と御援助をいただいた。記して三氏に深甚の謝意を表すものである。

参 考 文 献

- 1) 篠辺三郎 (1964) : 大型区画水田の造成について. 昭和39年度日本農学会シンポ.
- 2) 田淵俊雄 (1966) : 粘土質の水田の排水に関する研究. I, II, III, IV. 農土論18
- 3) 米田茂男 (1958) : 干拓地の土壤肥料に関する総説 (I~II). 土肥誌 28 : 416~420, 455~459.
- 4) 菅野一郎編 (1964) : 日本の土壤型98~123. 農山漁村文化協会.
- 5) 米田・河内 (1955) : 干拓地土壤の物理的性質とその改良法に関する研究. 第1報 炭酸カルシウムの溶解度及び置換性塩基の組成に及ぼす硫化鉄の影響について. 岡山大学農学部学術報告 6 1~11
- 6) 米田・川田・河内 (1955) : 干拓地土壤に関する研究 (第6報). 土肥誌 26 : 2.
- 7) 川口・喜田 (1957) : 水田土壤断面の物理的性質および盤層について. 土肥誌. 28(3)
- 8) 田中考 (1965) : 水田におけるトラクタ性能判定に関する研究 (第3報). 農機誌. 27(3) : 150~154.
- 9) 長崎明 (1964) : 水田の土壤硬度相と大型機械の走行能とについて. 昭和39年度日本農学会シンポ.
- 10) 山崎・竹中・田淵・安富・多田 (1966) : 児島湾干拓地水田の心土の物理性. 特にそのキ裂について 一心土のキ裂が排水に演ずる役割に関連して. 農土論 16 1~8.