

トラクタ走行がモグラ暗渠に及ぼす影響について

児島湾干拓地水田土壌の物理、力学特性に関する研究

(第2報)

小橋英夫・長堀金造・荻野芳彦

On the Influences on a Mole Drain Hole in Paddy Field by
the Operation of a Tractor

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

Hideo KOBASHI, Kinzo NAGAHORI and Yoshihiko OGINO

Mole drains constructed in subsoil of poldered paddy fields are often destroyed by the operation of tractors.

To make clear what extent a mole drain is diminished to by the operation of tractors, at first we chose Fordson DEXTA and set it work right on the mole drain several times, and we could make clear some facts as shown below.

The mole drain chosen for our investigations was constructed at 35 cm under the surface of the ground, and the cross-section of its hole was 63.6 cm² (about 9 cm in diameter of the hole) in natural condition, but after the operation of the tractor 1st time, 75% of the hole was destroyed and after 2nd time, 97% and after 3rd time, the hole was completely destroyed.

In the unconfined compression test, q_u of unremolded soil was 0.71 kg/cm² after 2nd operation, 0.65 kg/cm² after 3rd, and 0.54 kg/cm² after 4th in the case of the surface soil.

But when the surface soil was remolded, q_u was lowered, that is, q_u was 0.19kg/cm² after 2nd operation, 0.21/cm² after 3rd and 0.20 kg/cm² after 4th.

As to the subsoil, q_u was 0.4kg/cm² in the unremolded soil and 0.05kg/cm² in the remolded soil after 1st operation, and 0.27kg/cm² in the unremolded soil and 0.06kg/cm² in the remolded soil after 2nd operation. After three times operations the subsoil was so softened that we could not measure the value of q_u .

On the other hand, as to the sensitivity of subsoil, q_u was ∞ after three times operations.

This result led us to conclude that after the operations of three times, the subsoil of 35 cm under the surface was very softened, and then the constructed mole drain was destroyed.

I 緒 言

農業の大型機械化にともなって、児島湾干拓地水田地帯でも大型農機の導入が進められているが、大型機械の導入を容易にするためにはまず何よりも水田地耐力の増加を計る必要のあることと、一方では除塩や作土化を促進させる必要がある、それらの改善の方策として、従来明

渠や暗渠が使用されているが、本地域においては特に簡易で経済的な排水手段として盛んにモグラ暗渠が施工されている。しかしながら、モグラ暗渠の排水機構や排水効果の持続性、即ち耐用性等についてはあまり明らかにされていない。

庄司らの研究¹⁾によれば、耐用性の最長は岡山市山崎の20年、興除村、藤田村で15年、その他佐賀、熊本等で5～10年と報告されているが、これらは水田作業の形態や排水路の条件、土壌条件などにも影響されるので一概にはいえないにしてもかなりの耐用性が認められている。しかし本地域のような鋭敏比の高い心土層をもつ水田地帯では不明な面がかなり多いように思われる。

特に、さきに行なった実態調査の中で、機械を導入したことによってモグラ暗渠の機能が阻害され、排水不良をまねいたいくつかの事例を知った。

そこで、本調査研究においては、地下排水効率を高めるための改善手法を明らかにする立場からまずモグラ暗渠の排水機能を阻害する要因について究明することを第一段階とし、導入機械としてフォードソンスーパーデキスタを選定し、その走行転圧ならびにその回数によってモグラ暗渠の渠孔がいかなる変形状態を示すかを詳細に調査することとした。同時にトラクタ走行前後における水田表土、心土の物理的、力学的特性についても調査し、それらを総合的に把握してトラクタ走行によるモグラ暗渠への影響の程度を明らかにしようとしたものである。

II 調査方法

実験圃場は岡山大学農学部付属八浜農場の一部を使用した。土壌は重粘質であり、調査地点の土壌の物理性を示せば表-1の通りである。

第1表 水田土壌の物理性

	粒度分布% (比重計法)			土 性	真比重	含水比	間隙率	L. L	P. L	P. I
	2~0.074	0.074~0.005	0.005 以下							
表土	3	40	57	粘 土	2.63	62	60	92	39	53
心土	—	88	12	シルト質ローム	2.67	98	73	104	35	69

土壌の真比重は表土2.63、心土2.67、また表土の粘土含有量は63%で土性は粘土、心土は約14%でシルト質ロームと判定されるが心土は塩分の影響をうけてこのようになったものと思われる実態はやはり粘土である。

土壌のプロフィールは、作土層(Apg)は約5～10cm、その下約20～25cmにAig層があり、25～30cm以下はグライ層で暗青色を呈している。この圃場の排水施設としては約25m間隔でソダ暗渠や明渠が設けられ、数年前にモグラ暗渠が地表面下70cmのところへ施工されている。しかし、そのモグラ暗渠は現在ではわずかにその形跡が認められる程度であった。

本研究で対象にしたモグラ暗渠は昭和43年1月地表面下35cmの所に施工したもので3m間隔に施工している。

実験に使用した機械は(写真-1)に示すようなFordson Super DEXTAでその主要諸元を示せば表-2の通りである。

モグラ暗渠を施工するセン孔機は、写真-2に示す型で直径14cmのものをDEXTAによってけん引して施工するものである。セン孔直後の状態を示せば写真3のようである。この写真に

第2表 スーパーデキスタ主要諸元

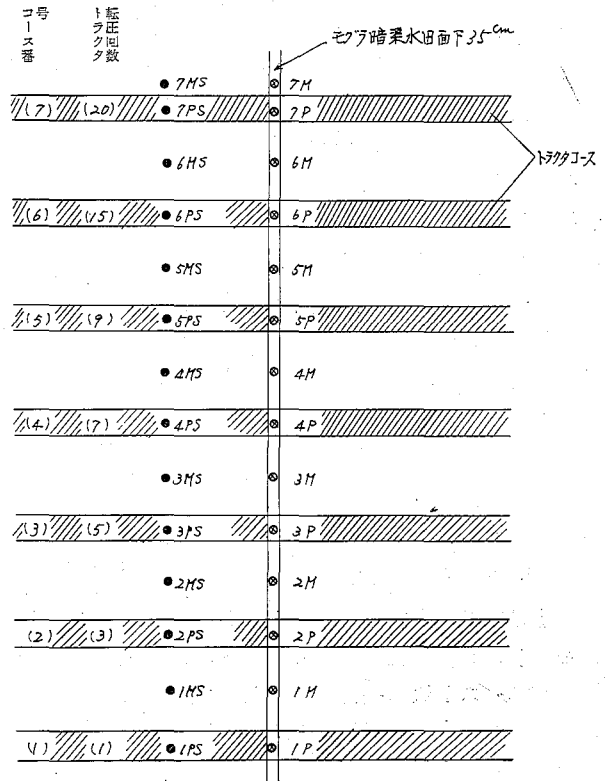
項目	規		格	
エンジン	形式 気筒数 内径	フォードジーゼル OHV 3 気筒 91.44 mm	行程 容積 出力	127 mm 2,500 cc 39.5 PS
クラッチ	形式	乾式 単板 (複板)		
ミッション	形式	コンスタントメッシュ 前進6段 後進2段		
デフレンシャル	形式	4ピニオン構成 デフロシク付		
寸法	全長 全高	3,010 mm 1,670~2,235 mm	全高	1,235 mm
重量	1,407 kg (ドライ)			
走行速度	800 R.P.M		200 R.P.M	
	K. P. H		K. P. H	
1	0.9		2.3	
2	1.7		4.2	
3	2.7		6.8	
4	3.7		9.4	
5	4.9		12.3	
6	11.2		25.0	

よってわかるようにモグラ暗渠の直上はクサビ型に切られた状態となっており、施工当初の地表水はこの切れ目を通して排水されることにもなる。

調査の対象にしたモグラ暗渠は昭和43年1月に施工したもので、調査は昭和43年5月におこなった。方法としてはモグラ暗渠の施工線と直角方向にトラクタを走行させその回数をいろいろかえてその走行後にモグラ暗渠の渠孔がいかなる変形をしているかを走行部直下の断面を切取って走行回数とその変形状態との関係を調べることにした。トラクタ転圧コースとサンプリング地点の概略を示せば図-1の通りである。

トラクタの走行回数は1, 3, 5, 7, 9, 15, 20回とした。さらに走行転圧と渠孔変形との関係を物理、力学的特性との関連からも明らかにするためトラクタ走行後にそれらの調査をあわせておこなった。すなわち自

図1 トラクタ転圧コースとサンプリング試験地点の概略図



然状態とトラクタ走行回数コースごとのサンプリングとして表土、心土の含水比、仮比重、貫入抵抗、剪断力並びに一軸圧縮試験用として $\phi 5\text{ cm} \times 12\text{ cm}$ のステンレス円筒に表土、心土別々に未攪乱試料を採取した。そして採土した試料についてコンシステンシー、鋭敏比、その他物理性に関連する一連の実験を行なったものである。

以上の諸結果を総合的に検討して、トラクタ走行によるモグラ暗渠の変形の度合とさらには完全につぶれてしまうまでの走行回数などをまず明らかにしようとした。

Ⅲ. 試験結果と考察

はじめに対象としたモグラ暗渠は地表面下 35 cm の心土の所に施工しているものでトラクタ走行回数とモグラ渠孔の変形の状態を調査したところ、トラクタ3回以上の走行でモグラ渠孔はほとんど完全につぶれてしまうことがわかった。しかも15~20回の走行では、 35 cm のモグラ渠孔部はペースト状に軟化していることが認められた。

そこで、1回、2回、3回、4回の走行コースを別途にもうけてそれらの場合についてさらに綿密にモグラ渠孔の断面変形の状態を調査した。その結果が表-3である。

第3表 トラクタ走行回数とモグラ暗渠孔の面積縮少率との関係

走行回数	モグラ暗渠の渠孔面積	走行踏圧による渠孔の縮少率	備 考
0	63.62 cm^2	100%	自然状態
1	15.90	25.0	渠孔内にやや泥土が崩壊している
2	1.77	2.8	泥土が填充して僅かに中指が入る程度の穴があるだけである
3	0	0	トラクタ踏圧直下では渠孔は全く見出し出せない。完全にモグラは破壊されたものと考えられる
4	0	0	〃

但し、セン孔機の直径は 14.0 cm 、調査時のモグラ暗渠の渠孔径は約 9 cm 、断面積 63.62 cm^2 であった。

そこで完全にモグラ渠孔がつぶれてしまう3回コースの場合について、ワダチ幅 44 cm の中心からある距離ごとに断面をきってその変形状態をワダチ幅の影響についても調べてみた。それらの結果を示せば表-4の通りである。

第4表 トラクタ3回走行後のワダチ跡中心からの距離とモグラ渠孔の断面変形

ワダチの中心からの距離	渠孔の面積	縮少率	備 考
中心	0 cm^2	0%	完全につぶれて渠孔の形跡なし
21	0.20	0.3	トラクタ走行によってつぶれて縮少した面積
35	30.63	48.1	〃
45	39.35	61.7	〃
60	63.62	100	自然状態での渠孔面積

但し、縮少率は自然状態での渠孔断面積に対する比率をとっている。

以上の結果からするとトラクタを一回走行させれば、表-3(写真5)によってわかるようにモグラの原型渠孔が75%おしつぶされて縮少しており、2回走行させた場合には渠孔内の大部分がペースト状に軟化し(写真-6)、モグラ渠孔が径 3 cm に縮少し、その中にペースト状に軟化した粘土が填充し、渠孔としてわずかに 1.5 cm 径の穴のこっているにすぎない。

一方、有明干拓地ではモグラ暗渠の施工深 36 cm で3回走行の場合に60%、4回走行で80%5

回走行で96%，渠孔断面が縮小され，実質的には3回走行で排水機能は消失するようであるが，²⁾このような観点にたてば，本地域では1回走行するだけでほとんどモグラの排水機能が失われることになるが，これについてはさらに水理学的な実験を行なって実証されねばならないものと考ええる。

さらに3回走行させた場合には，ワダチの中心では完全に渠孔はつぶれているが，ワダチの中心から35cm離れたところでは原型渠孔が50%つぶされており，中心から70cm離れてしまえばトラクタの走行踏圧の影響がないことがわかる。

第5表 トラクタ走行回数と仮比重

走行回数	含水比	仮比重	走行回数	含水比	仮比重
0	62%	1.05	0	98%	0.76
1	58	1.15	1	94	0.76
(表) 3	61	1.02	(心) 3	96	0.76
5	61	1.00	5	95	0.75
7	62	1.10	7	92	0.79
(土) 9	60	1.03	(土) 9	94	0.77
15	58	1.02	15	85	0.82
20	60	1.00	20	87	0.79

トラクタ走行回数による表土，心土の土壤密度の変化を調べるため各コース走行後の仮比重測定を行なった。仮比重測定は容積100cm³の円筒を使用したものでそれらの結果を示せば表-5に示す通りである。

仮比重による測定結果からは表土，心土ともトラクタ走行回数による有意差は認めがたい。

さらに走行回数と表土，心土の流動や変形に対する抵抗の大小を判断するためにコンシステンシ指数と液性指数について検討したが，一般に表土，心土とも非常に不安定な状態であることが判定され，特に心土においてはコンシステンシ指数が0に近く，液性指数が1を越す場合もあり³⁾，これらの性質からしても DEXTA の走行踏圧によって地表面下35cmの心土では3回走行程度でも軟化が容易にひきおこされるものと想定される。

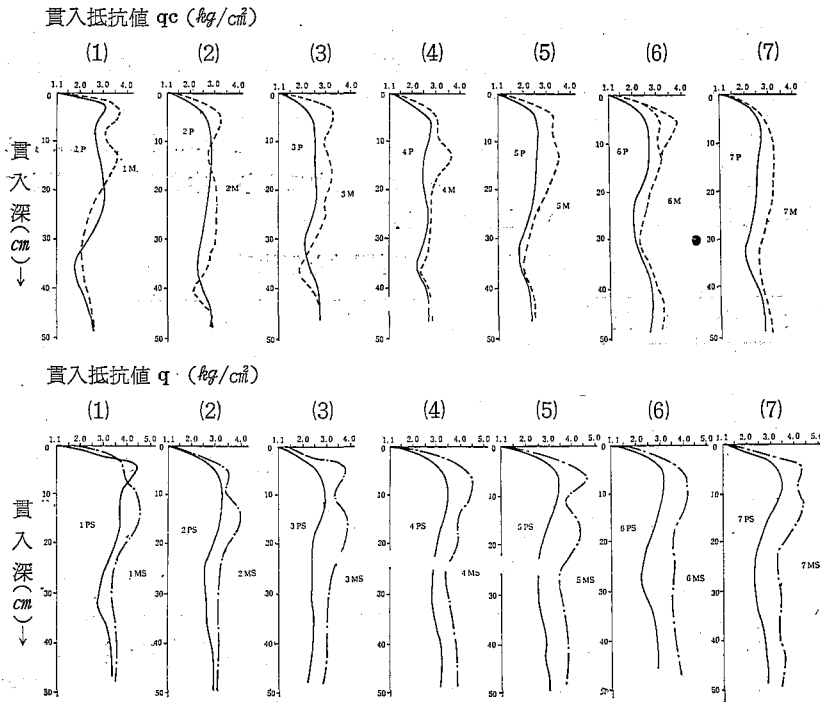
力学的特性として，トラクタ踏圧によるモグラ暗渠のつぶれの判定指標として，まず貫入抵抗値qcとトラクタ走行回数との関係を示せば図-2の通りである。

この結果よりすると貫入抵抗値qcは，自然状態の所では，地表面下20cm位の所に4.0~4.5kg/cm²の値があり，トラクタ走行するとその値がさがり，3kg/cm²となる。しかし，走行回数との関係はあまり明確に判定されない。また地表面下20cm以下すなわち心土層にあっては表土よりqcの値が小さくおおむね2~3kg/cm²の値を示している。

一方，モグラ暗渠直上部の自然状態でのqcの値は地表面下約20cm位の所までで3.0~3.5kg/cm²の値になっており，20cm以下の心土層においてはそれより小さいqcの値となりしかも最小の値は約2kg/cm²となっている。

トラクタを走行させた後では最大のqc値は表層20cm位で2.8kg/cm²，20cm以下の心土層ではそれ以下，1.8kg/cm²位の値を示す。特に30~40cmの深さの所に最小のqc値のあるのはモグラの影響が表われているとも考えられる。

トラクタ走行回数による影響はこの場合もあまり明瞭には判らないが，走行回数が増加すれば若干qcが小さくなるような傾向はみられるようである。またモグラ暗渠直上部のqcとモグ

図2 貫入抵抗値 qc 

2PS等の記号中、数字はコース番号を示す

— トラクタ走行転圧後 転圧しない地点モグラ暗渠直上

- - - 転圧しない地点トラクタコース中間部暗渠より1m離れた地点

ラ暗渠中間部での qc とを比較するとモグラ暗渠直上部の qc が一般に小さいが、これは、モグラ暗渠施工時のセン孔機の影響が現われているのではないと思われる。(写真3参照)

いずれにしても心土層の qc 値が小さいことがトラクタ走行踏圧が軟化現象を生じさせ、モグラの渠孔のつぶれの要因となることを推定させる。

一方、剪断抵抗 τ 、粘着力 c 、接地圧 δ (田中式)などを地表面のままと表面下5cm地表下35cmの心土についてそれぞれ調査し、それらの値と走行回数との関連性を調べてみた。それらの値を一括して示せば表-6の通りである。

これらの結果からするとまず剪断抵抗 τ についてみれば地表面、地表下5cm、心土とも走行回数が多くなるほど剪断抵抗値は小さくなる傾向を示し、表層と心土層では心土層の τ の値が小さく、走行回数が多くなるほど τ の値の減少率は心土の方が大きくなる。

接地圧 δ 並び粘着力 c についても同様な傾向がみられる。しかし、接地圧 δ の場合には表層の場合よりも心土層の方が走行回数による δ の減少率が著しく大きいことは注目し値すると思われる。とくに、走行回数15~20回では心土層全体がペースト状になっていることなど、これも軟化の状況をよく示しているものとする。

また、走行回数と δ との関係については地表面の場合についてみれば走行回数3~9回では、1.03~0.94 kg/cm^2 の間で変化し5cm深さについても同じく3~9回では大体よこばいであり、回数による影響はあまり顕著ではない。15~20回になると表面も5cm深さも同じように0.75 kg/cm^2 位になっていていわゆる表面から5cmまでの深さの影響がなくなっていることが認め

第6表 剪断抵抗値 τ 並びに δ 及びCの値(土質常数測定器SH-36による)

測点	測定項目		接地圧 δ (kg/cm ²)	剪断抵抗 τ (kg/cm ²)	粘着力 C (kg/cm ²)	備考
	走行回数					
(地表面)	1 PS	1	1.09	0.87	0.58	P:トラクタ走行転圧後 S:モグラ暗渠より1mのside
	2 PS	3	1.03	0.82	0.58	
	3 PS	5	1.00	0.74	0.60	
	4 PS	7	0.94	0.71	0.48	
	5 PS	9	1.00	0.64	0.48	
	6 PS	15	0.75	0.60	0.42	
	7 PS	20	0.74	0.62	0.42	
(地表面下5cm)	Control	0	1.12	0.76	0.50	
	1 P	1	0.90	0.71	0.50	
	2 P	3	0.79	0.62	0.49	
	3 P	5	0.81	0.61	0.41	
	4 P	7	0.73	0.51	0.38	
	5 P	9	0.79	0.52	0.40	
	6 P	15	0.81	0.44	0.36	
	7 P	20	0.70	0.41	0.32	
(地表面下30cmの心土)	Control	0	0.75	0.47	0.36	
	1 P	1	0.77	0.45	0.28	
	2 P	3	0.68	0.37	0.25	
	3 P	5	0.55	0.34	0.21	
	4 P	7	0.48	0.29	0.20	
	5 P	9	0.54	0.29	0.21	
	6 P	15	0.37	0.24	0.19	
	7 P	20	0.29	0.24	0.19	7Pはベースト状

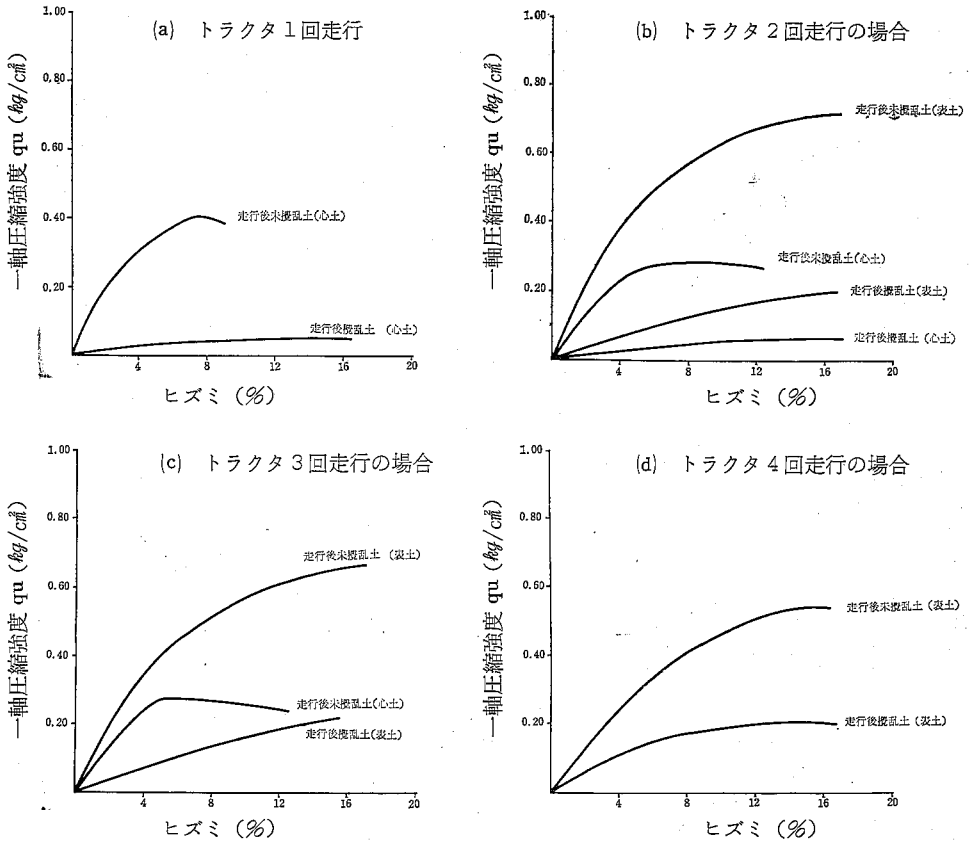
られる。しかし心土についてはもともと δ の値は小さいが、走行回数が多くなるほど δ の値は小さくなりしかも減少率が高い。

走行回数と粘着力cについてみれば表面では5回走行まで $0.58 \sim 0.6 \text{ kg/cm}^2$ 7回～9回までが 0.48 kg/cm^2 、15～20回が 0.42 kg/cm^2 の値となり、段階的に減少している。表面下5cmについては、表面の場合と同様な傾向を示し、1～3回では、 $0.5 \sim 0.49 \text{ kg/cm}^2$ 5回以上になると若干cの値が小さくなり、5～9回では $0.41 \sim 0.40 \text{ kg/cm}^2$ と横ばい15～20回で $0.36 \sim 0.32 \text{ kg/cm}^2$ と小さくなっている。また心土については1～3回で $0.28 \sim 0.21 \text{ kg/cm}^2$ 、15～20回で 0.19 kg/cm^2 とほとんど横ばいの状態になっている。これは3回位の走行でcの値は一応最小の値を示していると考えられ、軟化の現象をよく示し、モグラ暗渠のつぶれる走行回数との関連性をよく示しているのではなからうか。モグラ暗渠がトラクタ走行によってその断面が変形され、走行回数が多くなるにつれて縮小し、3回走行によって全く渠孔がつぶれてしまう現象を明らかにしたが、その原因として軟化現象によってつぶれたものと考えられるのでそれらを力学的強度として具体的に明らかにするため現場の未攪乱土を採取し、トラクタ走行前後の一軸圧縮度を調べ、さらに攪乱試料から鋭敏比を求めて表土、心土のトラクタ走行回数による力学的挙動についても検討した。

図一3(a)(b)(c)(d)はトラクタ走行回数を1回、2回、3回、4回おこなった場合の表土または

心土の応力ヒズミ曲線である。これから一般的にいえることは表土では一軸圧縮強度はヒズミの増大するに従って応力も増加し、セン断破壊はしない。これは走行回数が増えてもこのような傾向がみられる。

図3 一軸圧縮試験における表土または心土の応力ヒズミの曲線の相違



一方、心土においては、トラクタ走行後の未攪乱土についてはあるヒズミ量に達するとセン断面ができて破壊するのが特徴である。

これらの結果からトラクタ走行回数と一軸圧縮強度の関係をみるとトラクタ2回走行目の未攪乱表土はヒズミ量15%のところでは qu $0.71kg/cm^2$ 、3回で $0.65kg/cm^2$ 、4回で $0.54kg/cm^2$ であった。また攪乱すると強度が低下し、2回で $0.19kg/cm^2$ 、3回で $0.21kg/cm^2$ 、4回で $0.20kg/cm^2$ であった。一方、心土については1回走行で未攪乱土 $0.28kg/cm^2$ が攪乱土で $0.06kg/cm^2$ 、3回走行で未攪乱土は $0.27kg/cm^2$ のものが、攪乱土では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。4回以上の走行後のものは一たん攪乱するともちろんのこと未攪乱土でも流動化してテストピースのサンプリングが困難であり試験が不可能であった。

一方、トラクタ走行回数と鋭敏比との関係をまとめて一覧にすると表-7の通りである。

特に走行回数については1, 3, 5, 7, 9, 15, 20回のコースを選定したが、3回以上の走行でモグラ暗渠が完全につぶれることから、別途コースを設け、1回、2回、3回、4回走行コースを設けたもので、それらについてはさらに詳細に調査を行なったものである。この表-7

第7表 走行回数と鋭敏比との関係

	走行回数	鋭敏比		走行回数	鋭敏比
表	0	2.1	心	1	6.7
	1	1.9		2	4.3
	2	3.4		3	∞
土	3	2.7	土	4	∞
	4	—			

はその場合によるものであるが、この結果からすると表土より心土の方が鋭敏比が高い。表土においては走行回数と鋭敏比の違いは明瞭な判別はできないが、心土においてみればトラクタ走行回数3回目で鋭敏比が ∞ になることから、トラクタ走行3回で心土の35cmの深さが著しく軟化現象を受けることが想定され、これがモグラ暗渠の崩壊の要因になっているものと思われる。

これらの現象はさきに行なったコンバインの調査結果と若干異なった結果とも考えられるが、含水比はほとんど心土では差異がない。これはトラクタとコンバインの機種の違いによるものと考えられる。

本調査で使用したトラクタよりもコンバインの方がより条件が悪くなるものと予測されるので今後コンバインの走行とモグラ渠孔の変化並びにモグラ暗渠の深さの違いと走行回数との関係等についてさらに詳細な調査研究を進めていきたい。

IV 摘 要

干拓地水田土壤に施工したモグラ暗渠は機械を導入することによってモグラの機能が阻害され、排水不良になるのでどのような機種が何回走行した場合にどの程度モグラ暗渠の渠孔に影響を及ぼすか、その実態を明らかにするためにまず Fordson DEXTA を選定し、モグラ暗渠直上を種々の回数に走回させたその結果、次のような事柄を明らかにすることができた。調査したモグラ暗渠は地表面下35cmの所に施工しており、自然状態のモグラ渠孔断面は63.62cm² (約9cm径の渠孔) のものがトラクタ1回の走行で97%つぶされ、3回の走行で完全に渠孔は破壊されてしまうことが明らかとなった。

一方、一軸圧縮強度試験においては、表土については走行回数が2回で未攪乱土の q_u は0.71kg/cm²、3回で0.65kg/cm²、4回で0.54kg/cm²であった。また攪乱すると強度は低下し、2回で0.19kg/cm²、3回で0.22kg/cm²、4回で0.20kg/cm²であった。一方、心土については1回走行で未攪乱土が0.4kg/cm²、攪乱土で0.05kg/cm²、2回走行で未攪乱土0.28kg/cm²、攪乱土が0.06kg/cm²、3回走行では、未攪乱土0.27kg/cm²のものが攪乱すると軟化が著しくテストすることができなかった。また鋭敏比を検討すると心土については走行回数3回目で ∞ となっていることから、トラクタが3回走行すればこの干拓地の心土地表面下35cmの所は極めて軟化が著しく生じることとなり、モグラがつぶれることが力学的試験によっても実証されたものと考えられる。

以上によって本研究においてはDEXTAの走行回数とモグラ暗渠孔の断面変形の状況を明らかにしたが、その結果からモグラの施工位置は浅くても軟化の小さい土の強度が大きい層にもっていくことが指摘されるが、これについては今後、種々な深さにモグラ暗渠を施工して、どの深さに施工するのが最も有効であるか、走行試験と排水試験を併行しながら実証したいと考

えている。

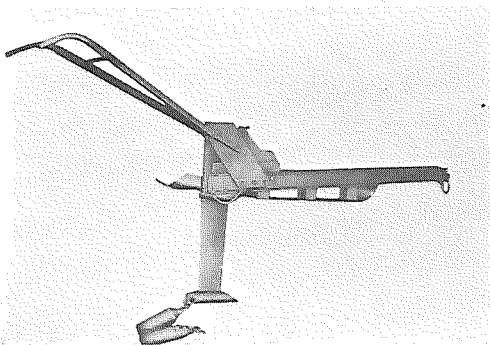
おわりにのぞみ、本調査研究にあたり、現地では三宅助手に多大の御配慮と御援助をいただいた。記して深甚の謝意を表する。

引用文献

- 1) 庄司・長崎・石川・涌井 (1959) モグラ暗渠に関する研究 (3) 農土研 27 No. 3, 1—7.
- 2) 永石義隆 (1968) 機械化水田におけるモグラ暗渠の耐用性について (2) 農土誌 36 No. 1, 11—14.
- 3) 小橋・長堀・種村・萩野 (1968) 児島湾干拓地水田土壌の物理、力学的特性に関する研究 (第一報) 岡大農学部学術報告 No. 31, 29—44.



写真—1 使用した DEXTRA



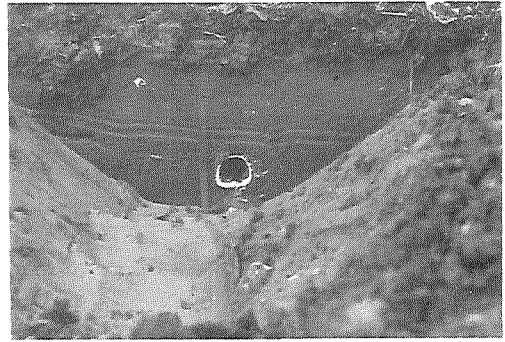
写真—2 セン孔機



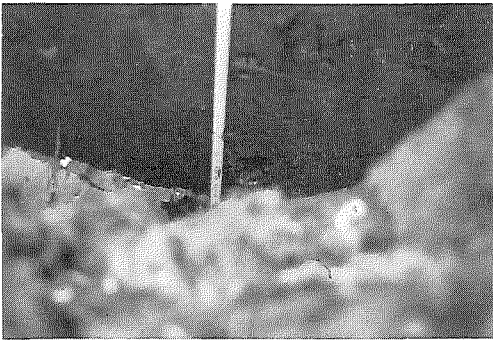
写真—3 モグラ暗渠を施工した直後のセン孔断面



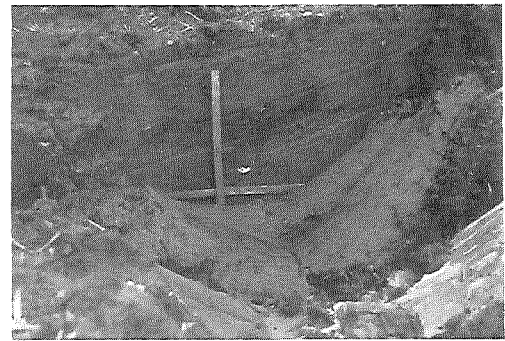
写真一四 トラクタ走行前のモグラ渠孔断面



写真一五 1回の走行で圧縮され扁平になる



写真一六 2回走行で渠孔内にペースト状粘土が満される



写真一七 3回走行で渠孔はほとんどつぶれペンキで渠孔跡を示す