

強粘質水田土壌の物理・化学的特性と生産力 向上に関する研究

I 排水不良田土壌の物理・工学的解析

前田 要* 南 松雄*

Studies on the Physical and Chemical Properties and the Improvement of the Soil Productivities in the Heavy Clayey Paddy Fields

I. Soil physical and engineering properties in the ill-drained paddy fields

Kaname MAEDA and Matsuo MINAMI

強粘質を呈する3種類の排水不良田(グライ低地土;2, グライ台地土;1)の土壌の物理・工学的な特性について検討した。

両土壌ともCasagrandeの塑性図上ではA線の下に位置しており、高圧縮性の無機質シルトと有機質粘土の領域に属していた。耕起、砕土時および収穫時におけるほ場の土壌含水比は65%以上できわめて高く、地盤も軟弱であった。また、落水後の土壌の初期キレツ生成はpF1.5(含水比67%)で認められ、さらに、pF2.0(含水比60.8%)に達すると地表面に大キレツが生成されコンシステンシー指数も大型機械走行可能な値($I_c = 0.5$)を示した。両土壌とも湛水後の土壌還元の進行にともなって2.0mm以上の耐水性粒団割合の急激な減少と20 μ 以下の土粒子の分散率の低下が認められ、作土の土壌構造は著しく泥状化した。

また、土壌含水比の低下は土壌の液性限界および塑性限界の減少と容気度、飽和透水係数、圧碎強度ならびに I_c の増加をもたらした。

以上の結果から、強粘質な排水不良田では土壌の乾燥を促進させて地耐力の増強を図る方策が非湛水期間におけるほ場の土壌構造の生成・発達・安定化と機械導入時の易耕性を高めるうえで重要な役割をはたすものと判断した。

I 緒 言

北海道には粘性が強く、排水不良ないわゆる「強粘質水田」(粘土含量:25%以上,土性LiC~HC)が施肥改善並びに地力保全基本調査結果から低地台地合せて約44,380ha(全水田面積の19.5%に相当)分布している¹⁾。

本水田は標高の低い位置にありほ場全体の地下

水位が高い低地水田と、標高が比較的高い地域に分布し下層にち密な下透水層をもつ台地水田の2つに大別されるが、融雪後および落水後の土壌乾燥が悪く、わずかな降雨でも地表面に停滞水が生じ易く地盤が軟弱になる共通的な欠点を具備しており、耕起、砕土作業や収穫作業能率の地下と作業時期の遅延を招来するなど稲作近代化の基本となる一連の機械化作業体系の確立と水稻の安定多収性の確立を困難なものにしている。

また、最近では水稻の省力機械化栽培に伴う生

から（収穫残さ物）の直接は場への散布還元利用による土壌還元化の進行や土壌養分供給様式などの制御の困難さが水稻の生育，収量を著しく不安定にさせるなど水田における生産有機物の積極的利用面でも大きな弊害となっている。

したがって、この種水田の生産性向上を図るためには土壌の物理・工学的特徴に即した適切な排水法，耕起法ならびに水管理技術の導入を図り土壌の乾燥化を促進させることが必須条件と考える。

筆者らは、1971年より上川支庁管内の強粘質を呈するほ場整備後の排水不良田を対象に水稻の生産性向上を図るうえでの土壌的な制限要因の抽出とその対策について検討をすすめているが、本報ではとくに排水不良田の要因解析を土壌水分との関連から検討した結果を報告する。

本報告は北海道立上川農業試験場長森哲郎氏，北海道立中央農業試験場化学部長松代平治氏および環境保全部長後藤計二氏にご校閲をいただいた。以上の各位に深謝する。

I 試験方法

1 供試水田の性状

(1) 供試水田の前歴および土壌条件

供試3水田（グライ低地土I，II，グライ台地土I）の土壌断面形態および物理性，化学性的特徴は図1，表1～2に示した。

グライ低地土〔I〕；上川郡都麻町（1970年春ほ場整備）。本土壌は非固結水成岩を母材とする河成沖積土壌で，土層全体が湿潤で粘着性が強く，強度なジピリジル反応がみられる。また，38cm以下の土層は円礫を含むグライ層となっており，86cm下には湧水面がみられる。

グライ低地土〔II〕；上川郡鷹栖町（1970年夏ほ場整備）。本土壌は非固結水成岩を母材とするオサラッペ川流域の沖積土地帯に位置しており，Apg層およびBg層の土色は黄褐色～灰色を呈し酸化沈積物の集積が顕著に認められるが，45cm以下の土層はグライ層となっており，70cm下には湧水面が出現する。

グライ台地土〔I〕；旭川市神楽町西神楽（1965年秋ほ場整備）。本土壌は非固結火成岩を母材とする洪積土壌で，Apg層およびBg層の粘着性が強くBg層およびCG層には鮮明なジピリジル反応がみられ，また，C₁G層以下の硬度が24mm以上できわめて高いのが特徴的である。

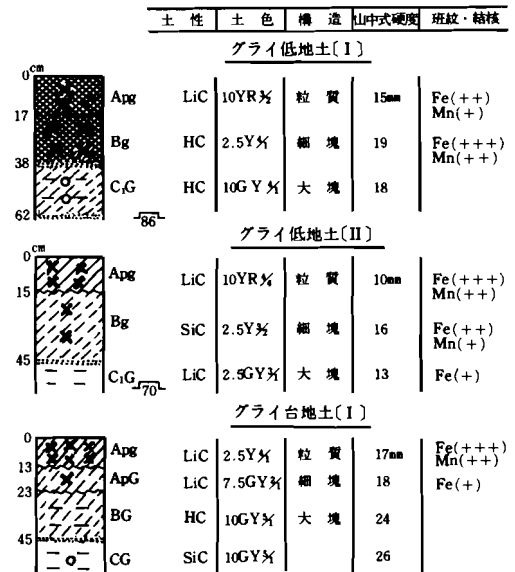


図1 土層断面形態

表1 土壌の化学性

土壌	層序	層厚	全炭素 (%)	全窒素 (%)	腐植 (%)	CEC (me)	磷酸吸収係数	全鉄 (%)	遊離酸化鉄(%)
グライ低地土(I)	Apg	0-17 ^{cm}	6.48	0.38	11.2	25.7	1,613	3.46	0.54
	Bg	17-38	6.60	0.32	11.4	26.9	1,679	3.22	0.41
	C ₁ G	38-62	1.79	0.05	3.1	25.7	1,676	2.98	0.46
グライ低地土(III)	Apg	0-15	2.36	0.23	4.1	20.4	1,120	7.25	1.40
	Bg	15-45	0.58	0.07	1.0	18.2	840	7.96	1.69
	C ₁ G	45-60	0.41	0.04	0.7	20.9	690	7.84	1.53
グライ台地土(I)	Apg	0-13	3.68	0.20	6.3	25.0	2,019	4.70	1.12
	ApG	13-23	2.43	0.24	4.2	23.2	1,713	4.58	1.00
	BG	23-45	1.85	0.02	3.2	20.0	1,779	4.81	1.59

表2 土壌の物理・工学的性

土壌	厚序	層厚 cm	粒径組成(%)				アッターベルグ常数			収縮常数		飽和透水係数 (K ₂₀ , cm/sec)
			粗砂	細砂	シルト	粘土	液性限界 %	塑性限界 %	塑性指数	収縮限界 %	収縮比	
グライ低地土(I)	ApG	0-17	13.5	14.3	32.9	39.3	93.6	47.9	45.7	34.9	1.31	2.50×10 ⁻⁶
	Bg	17-38	6.9	8.2	30.9	54.0	107.8	50.0	57.8	33.4	1.31	5.08×10 ⁻⁷
	C ₁ G	38-62	4.4	18.1	30.4	47.1	63.5	29.2	34.3	28.3	1.41	2.64×10 ⁻⁶
グライ低地土(II)	ApG	0-15	5.4	14.5	38.9	41.2	79.5	48.8	30.7	31.1	1.37	4.50×10 ⁻⁵
	Bg	15-45	0.2	9.1	52.0	38.7	70.0	43.0	27.0	30.0	1.39	6.65×10 ⁻⁷
	C ₁ G	45-60	6.4	23.2	43.9	26.5	54.0	37.6	16.4	27.1	1.51	1.46×10 ⁻⁶
グライ台地土(I)	ApG	0-13	18.5	13.7	30.7	37.1	80.9	42.7	38.2	33.2	1.36	3.22×10 ⁻⁴
	ApG	13-23	36.8	2.0	26.2	35.0	89.4	48.0	41.4	32.9	1.34	3.95×10 ⁻⁵
	BG	23-45	3.1	9.4	35.5	52.0	65.0	36.6	28.4	30.9	1.38	3.12×10 ⁻⁷

供試3水田の乾燥化を促進し、水稻の生産力向上を図るため排水法改善処理として粃殻暗渠、粃殻心土破碎、心土破碎を、耕起法処理としてロータリー耕およびプラウ耕を、また、水管理技術として中干し(止葉期～出穂期)処理を設置した。その内容については表3に示した。

表3 ほ場処理の内容

土壌	試験年次	排水法改善処理			耕起処理		中干し
		粃殻暗渠	粃殻心破	心土破碎	ロータリー耕	プラウ耕	
グライ低地土(I)	1971 ↓ 1973	○	-	○	○	○	○
グライ低地土(II)	1974 ↓	○	○	-	○	-	○
グライ台地土(I)	1971 ↓ 1973	○	-	○	○	○	○

なお、本試験は1971年～1975年にかけて行ったものであるが、各々の処理効果については次報にまわし、本報告では1971年～1973年に得られた資料をもとに土壌水分が土壌の物理性に及ぼす影響についてのべる。

2 実験方法

(1) 飽和透水係数

現地構造の試料を真空デシケーター中において60mgHgの減圧で20時間飽水させた後定水位法で測定した。

(2) pF-土壌水分

ほ場でのpF-土壌水分の測定はすべて自記テンシオメーターを用い層位別に測定した。

(3) 収縮常数および圧砕強度

現地構造の未風乾試料をデシケーター中に放置し、収縮がほぼ終わった後105°Cで24時間乾燥させ収

縮常数を求めた。また、同一試料について単純圧縮試験器(MARUTO LK₅₀₋₁₃₁₆₆)により圧砕強度を測定した。

(4) 分散率および耐水性粒団

斉藤・川口⁴⁾の方法に準拠した。すなわち、乾土10g相当量の湿潤土を500ml容振とう瓶に秤取し、水道水で定容後往復振とう器(120rpm)で15分間振とうする。振とう後の試料について分散率は完全分散時の20μ(シルト)以下の粒子量に対する測定時の粒子量の存在割合で求め、粒団量は一次粒子を含めた値で表示した。

III 試験結果

1 供試水田土壌の物理・工学的性

供試3土壌の物理・工学的な特性をみると(表1, 表2参照), 各層位の粘土含量は26~54%の範囲で、土性もほぼLiC~HCの範囲内に分布しており、細粒質の特徴を示している。また、飽和透水係数のオーダーも10⁻⁷~10⁻⁵ときわめて小さな値を示し、明らかに透水性の劣る様子がうかがえる。

つぎに、アッターベルグ常数をみると、機械の走行性に関連する第1層および第2層の液性限界, 塑性限界および塑性指数はいずれも70~108%, 43~50%, 27~58できわめて大きく、このことはほ場における機械の作業幅、すなわち、作業可能な土壌条件の範囲が著しく狭いことを意味している。また、収縮限界も30~35%であり、土粒子間の凝集力が強く、乾燥・脱水にともなう体積変化量がきわめて大きい。

つぎに、グライ低地土(I)およびグライ台地土(I)両土壌のアッターベルグ常数をCasagrande

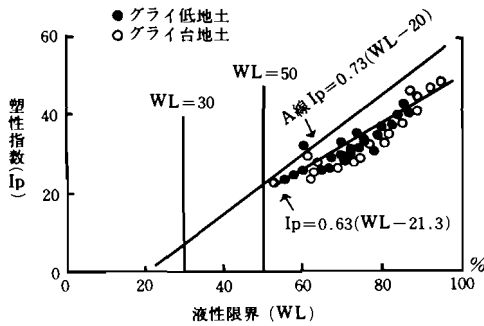
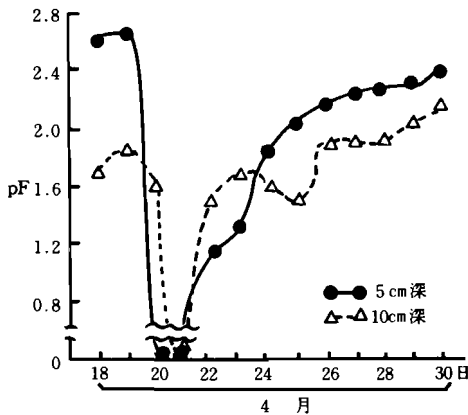


図2 Casagrandeによる塑性図

の塑性図上にプロットすると、両土壌ともA線の下に位置し(図2)、高圧縮性の無機質シルトと有機質粘土の領域に入り、圧縮性が強く、かつ、

その1 グライ低地土(I)



その2 グライ台地土(I)

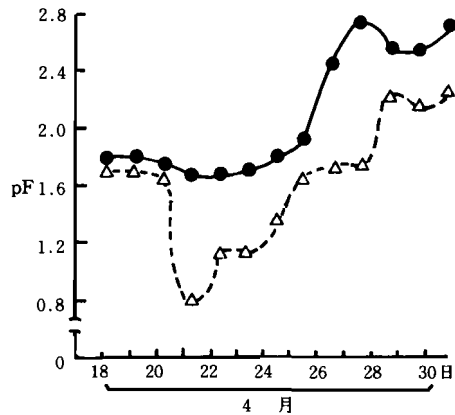


図3 耕起前のpF-土壌水分張力の推移(1972)

10cmのpF値が5cmに比べ常に低く経過しており、しかも、大半がpF2.0以下である。また、土壌別にみるとグライ台地土の方がグライ低地土よりも幾分高く推移し、かつ、地中深5cmと10cmの較差が大きい傾向を示している。さらに、グライ低地土では4月19、20日の降雨時(16mm)に地中深5cmのpFは0まで低下し、は場観察でも随所に表面停滞水が認められ降雨によるpF-土壌水分張力の低下が著しい。

一方、融雪時期が平年に比べ5日ほど遅延し、その後も多雨で経過した年(1973年)の耕起前の土壌3相組成およびコンシステンシー指数(Ic)、pF-土壌水分張力を層位別に検討した結果についてみると(表4)、両土壌とも土壌3相中に占め

水分の飽和にともなって透水性の低下する性質を具備している。この現象は、土壌水の影響により土壌の物理・工学的な性質が容易に変動することを示している。

以上の結果より、供試3土壌はともに透水性が不良であり、かつ、粘着性が強い為、機械の走行に際しては普通水田に比べ地耐力および易耕性などの面で不利な条件にあるものと考えられる。

2 耕起前および落水後のほ場状態

平年に比べて融雪時期が7日ほど早く、かつ、その後の天候も順調に推移した年(1972年)にグライ低地土(I)およびグライ台地土(I)両ほ場における耕起前のpF-土壌水分張力の推移を測定した。結果は図3に示すように、両土壌とも地中深

る固相率の割合が30%前後で比較的小さく、相対的に液相率が50~60%にも達している。また、含水比も65%以上(pF1.8以下)と高く、かつ、大型機械走行上の指標となるIcも常に0.5を大幅に下廻っており、地盤もきわめて軟弱である。

一方、落水後のほ場の土壌3相分布、Icおよび飽和透水係数についても同様に、両土壌とも含水比が65%以上であり、Icもきわめて小さい。とくに、心土の飽和透水係数のオーダーは 10^{-7} ときわめて小さく、土層内の水の縦浸透が著しく劣る様子がうかがえる。

さらに、自然構造土壌で得られた収縮常数をみても(表4)、両土壌とも含水比が62~93%の範囲内で変動し、その収縮限界および体積変化量の幅

表4 耕起前および落水後の物理・工学的性 (1973)

調査時期	土壌	層序	3相組成 (%)			含水比 (%)	pF	Ic	収縮常数		飽和透水係数 (K ₂₀ , cm/sec)
			固相	液相	気相				収縮限界	体積変化	
5月	グ低地土(I)	作土 心土	28.4	56.1	15.5	74.8	0	0.21	32.9%	30.3%	3.32×10 ⁻³
			28.5	59.4	12.0	80.2	0	0.29	39.1	29.5	2.54×10 ⁻⁴
4日	グ台地土(I)	作土 心土	32.4	62.6	5.0	72.0	0	0.23	40.2	24.2	4.16×10 ⁻⁴
			33.4	56.6	10.0	62.7	1.88	0.47	40.0	30.0	3.30×10 ⁻⁵
9月	グ低地土(I)	作土 心土	32.6	62.9	4.5	72.3	0	0.22	42.1	32.7	9.38×10 ⁻⁷
			34.0	62.5	3.5	70.5	0.90	0.47	38.9	35.9	4.02×10 ⁻⁷
3日	グ台地土(I)	作土 心土	27.6	67.7	4.7	93.3	0	-0.32	46.3	57.3	4.69×10 ⁻⁶
			35.8	62.6	1.6	65.4	1.70	0.41	40.6	28.5	6.08×10 ⁻⁷

はそれぞれ33~46%, 24~57%であり, 脱水にともなう土粒子の集合度がきわめて高く, 作土では孔隙量の少ない密な土壤構造の生成される様子がうかがえる。

なお, グライ低地土(II)で落水後の土壤の含水比とpF, 容気度およびキレツ生成などの関係についてみると(図4), 初期キレツの発生はpF1.5(含水比67%)で認められ, さらにpF2.0(含水比60.8%)に達すると地表面に比較的大きなキレツが生成されて容気度が著しく高まり, Icも0.5以上で大型機械走行可能な場合条件となった。

以上の結果は, 強粘質な排水不良田では融雪期の違いや降雨量の多少にかかわらず含水比が高く地盤が軟弱であり, このことは機械化技術導入の難しいことを示している。また, 耕起, 碎土およ

び収穫時においては地耐力, 機械稼働能率などの面から見ては場の土壤水分張力pF値2.0が大型機械走行可能な場合条件の一つの目安になるものと考えられた。

3 灌水期間中における土粒子の動態

つぎに, 水稻栽培期間中の水田土壤の構造と透水性の関係をみるため灌水後の活性2価鉄含量の推移と土塊組成, 耐水性粒団組成および分散率などの関係について検討し, 結果は表5に示した。

まず, 土壤間の差異についてみると, グライ台地土はグライ低地土に比べ灌水初期は活性2価鉄溶出量が少なく, 4.0cm以上の大土塊割合が高い傾向がみられ, 分散率もきわめて大きい。また, 両土壤とも灌水後の土壤還元の進行, すなわち活性2価鉄溶出量の増加およびEh₆(酸化還元電位)の低下にともなって2.0mm以上の耐水性粒団が容易に崩壊し, かつ, 20μ以下の土粒子の分散率も低下して作土の土壤構造は著しく泥状化の傾向にある。

一方, 20μ以下の土粒子の分散率と2.0mm以上の耐水性粒団割合および分散率と活性2価鉄溶出量の関係についてみると(図5), 分散率と2.0mm以上の耐水性粒団間には正の関係が, また, 分散率と活性2価鉄溶出量の間では逆に負の関係が認められる。

これらの諸事象より, 強粘質な排水不良田では灌水後の強度な土壤還元の進行にともなって土粒子間の結合力が弱体化し, 作土の泥状化を著しく助長するため落水後の地表面の乾きを遅延させ, かつ, 土壤のキレツ生成および土壤構造の発達を困難にし, これが土壤透水性不良の主要因となって

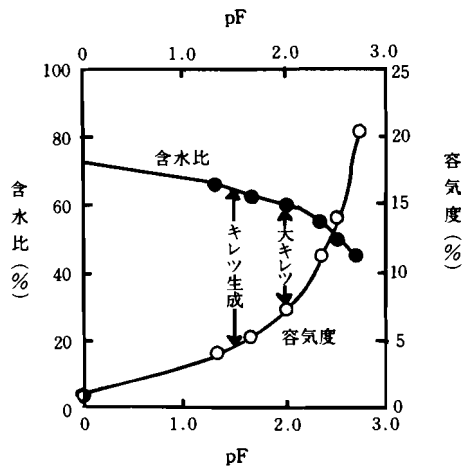


図4 pFと含水比および容気度の関係 (1975, グライ低地土(II))

表5 活性2価鉄, Eh_e , 土塊, 耐水性粒団および分散率の推移 (1972)

(その1)

項目 土壌	植代直後 (5月13日)										分散率 (%)
	含水率 (%)	土塊組成 (%)				耐水性粒団組成 (%)					
		>4.0cm	4.0 } 2.0cm	2.0 } 1.0cm	1.0 } 0.5cm	<0.5cm	>2.0mm	2.0 } 0.5mm	0.5 } 0.2mm	<0.2mm	
グライ低地土(I)	46.2	19.1	37.7	11.8	6.8	24.6	25.6	10.7	9.8	53.9	22.3
グライ台地土(I)	48.6	29.5	27.7	10.3	4.5	28.0	23.8	10.8	9.9	55.5	46.2

(その2)

項目 土壌	土壌還元発達時 (7月27日)					落水後 (8月28日)					分散率 (%)	
	含水率 (%)	耐水性粒団組成 (%)				分散率 (%)	含水率 (%)	耐水性粒団組成 (%)				
		>2.0mm	2.0 } 0.5mm	0.5 } 0.2mm	<0.2mm			>2.0mm	2.0 } 0.5mm	0.5 } 0.2mm		<0.2mm
グライ低地土(I)	52.1	21.2	14.0	14.6	50.2	16.5	44.3	29.5	8.5	9.4	52.6	37.3
グライ台地土(I)	48.4	14.1	7.6	10.2	68.1	14.3	47.8	53.2	1.3	5.6	39.9	33.1

(その3)

項目 土壌	活性2価鉄 (mg)			Eh_e (mv)	
	6月2日	7月27日	8月28日	6月2日	7月28日
グライ低地土(I)	262	502	416	-94	-189
グライ台地土(I)	63	609	86	-15	-206

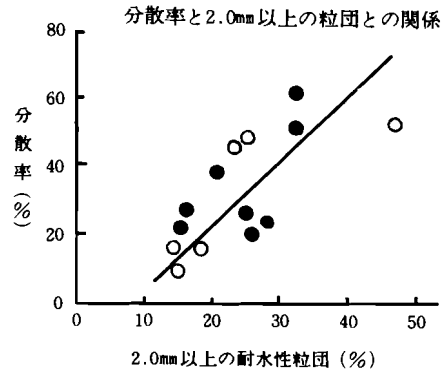
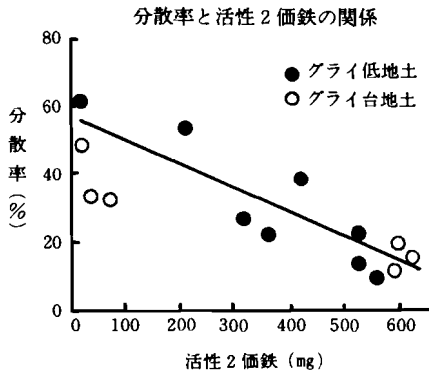


図5 活性2価鉄含量および2.0mm以上の耐水性粒団量と分散率の関係 (1972)

いるものと考えられる。

4 土壌の物理・工学的におよぼす土壌水分の影響

1)~3)の各試験より, 強粘質な排水不良田では土壌水分の差異によって土壌の物理・工学的性が著しく変動することが推定されたのでグライ低地土(I)及びグライ台地土(I)両土壌の土壌水分状態

と物理・工学的性について検討した。

まず, 液相率が45~75% (含水比; 50~120%) の範囲内では液相率と容気度の間に高い負相関, ($r = -0.893^{***}$) が認められる (図6)。さらに, 容気度と飽和透水係数の間には明瞭な正の相関関係 ($r = 0.839^{***}$) が認められ (図7), 容気度の増加にともなう透水性の良化が顕著である。

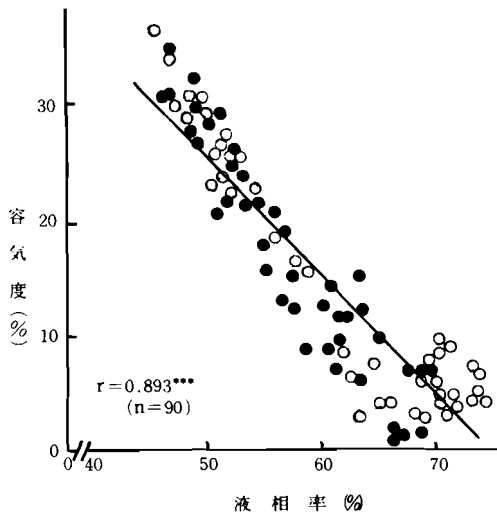


図6 液相率と容気度の関係

つぎに、含水比と土壌の工学的特質面との関係についてみると(図8)、両土壌とも含水比の上昇にともなって液性限界、塑性限界がいずれも高まる傾向にあり、それらの間にはきわめて高い正の相関係数($r=0.709^{***}$, $r=0.766^{***}$)が得られた。

一方、土壌の地耐力を示す圧碎強度および大型機械走行上の指標となる I_c は、逆に含水比の増加にともなって低下する傾向がみられ、それらの間には各々高い負相関($r=-0.765^{***}$, $r=-0.747^{***}$)が認められる。

以上の結果を整理すると、強粘質な排水不良田では土粒子自体の活性が高く、和水膨潤している

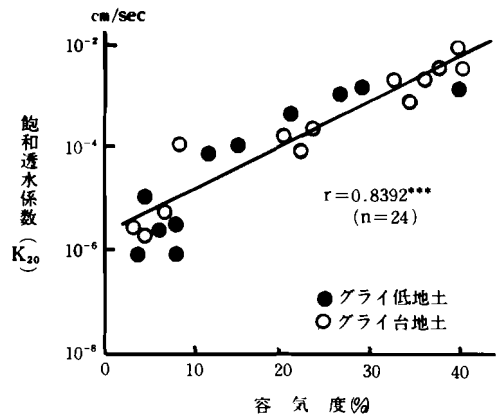


図7 容気度と飽和透水係数の関係

ため、土壌の含水比および土壌3相中に占める液相率の割合が高く、かつ、固相率および気相率の小さい特徴的な傾向を示し、さらに、土壌の工学的な面でも液性限界、塑性限界および塑性指数がいずれも大きく大型機械による作業が困難である。また、土壌含水比の低下は液性限界、塑性限界の減少と I_c および飽和透水係数の増大をもたらしており、このことは、適切な土壌管理および水管理法の実施によって土壌の乾燥を促進させることは、とりもなおさず非湛水期間における土壌構造の生成・発達・安定化を図るうえでも有効な手段であることを提示しているものと言えよう。

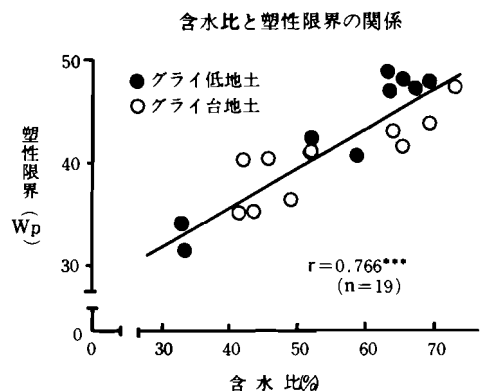
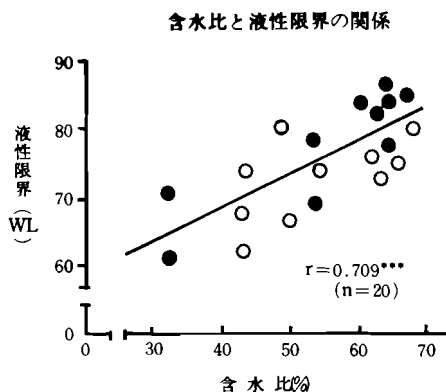


図8 含水比と液性限界および塑性限界の関係

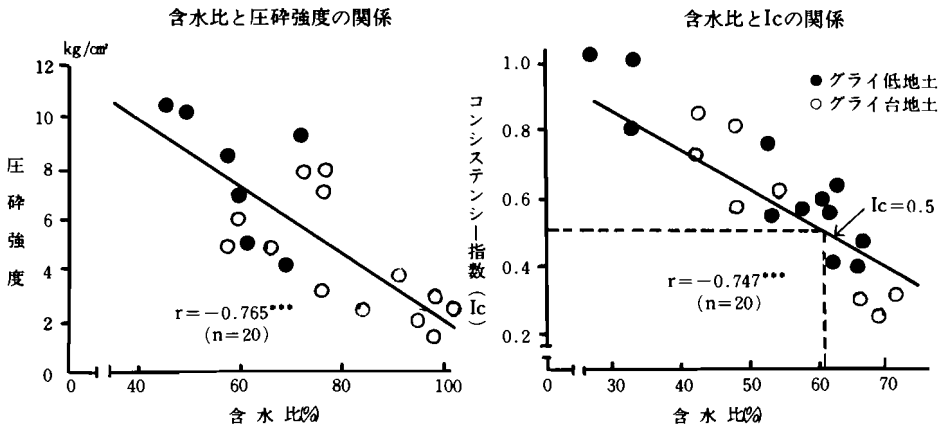


図9 含水比と圧砕強度およびIcの関係

IV 考察および論議

北海道における水田土壌の分類とその特性については既に中山⁹⁾により体系的に取りまとめられているが、粘性が強く排水不良な「強粘質水田」の物理・工学的な特徴に関する報告はほとんど見当らない^{15,16)}。

排水不良な強粘質水田の一般的な特徴として①粘土含量が高く、粘性が強い、②ほ場全体の地下水水位が高い、③下層にち密な土層が存在する、④液性限界、塑性限界および塑性指数がいずれも高く、易耕性（耕起・砕土性）が劣るなどの点が取上げられるが、土壌排水能の劣る要因としてはほ場整備による作土層の攪乱および大型機械の過度な走行による踏圧、練返しなどが作土の構造破壊と地表面の排水能の低下を助長している事実も見逃せない^{11,12)}。

さらに、土壌の物理・工学的な面からみると、本試験地土壌はいずれも高圧縮性の無機質シルトと有機質粘土の体系に層しており、下層土の土壌構造の発達がきわめて悪く、かつ、土粒子の和水分潤にもなって透水性の低下する欠点を具備している。したがって、水の縦浸透はきわめて小さいことが推定される^{3,4,5,6)}。

耕起前および落水後のほ場状態は融雪時期の早晩や降雨量の多少にかかわらず常に過湿気味に推移し、Icも0.5以下で地盤もきわめて軟弱であった。

過去の試験結果によると¹¹⁾、水田において大型機械の走行可能な土壌のコンシステンシー指数(Ic)

は0.5以上が必要であるとされている。この時のほ場の土壌含水比およびpF—土壌水分張力は土壌構成粘土の活性度や含量および腐植含量の差異によって変化することが認められており、一般には粘土含量が高く、塑性指数の大きい強粘質な湿田は粗粒質で構造の比較的発達した乾田に比べIc値が0.5に達するまでの土壌の脱水・乾燥度合が強く要求されるため、pF—土壌水分張力値も高pF側に規定される傾向にある。

一方、ほ場でのキレツの生成は地表面水の排除の面できわめて有効であり、とくに、下層土がち密で構造の発達がほとんどみられない強粘質な水田ではとりわけ重要な役割を果している。さらに、水田土壌のキレツの生成ならびに発達形態は土壌の種類によって差異のあることが認められており^{10,12)}、腐植含量が高く土壌構造の良く発達した乾田土壌ほど高pFでキレツの生成が開始され、形態面でも小キレツが無数に発達するのに対し、粘土含量が高く土壌構造の発達の悪い強粘質な湿田では低pFで開始され、しかも、形態が大きく数の少いのが特徴とされている。

本供試土壌では、初期キレツの生成はpF1.5～1.7（含水比65%前後）で認められ、また、pF2.0以上（含水比60.8%以下）に達すると大キレツが生成され、地表面も硬くなり、Icも0.5以上の値を示した。

これらの結果から、強粘質な排水不良田で大型機械による作業を円滑に進めるためにはほ場の土壌水分を60.8%以下（pF 2.0以上）に保つことが

必要であると考えた。

湛水期間中の作土の土粒子の動態は土壤還元の進行（2価鉄溶出量の増加，酸化還元電位の低下）にともなって活性が高まるために，土塊および耐水性粒団の結合力が弱体化して作土には泥状化した和水膨潤層が形成される。この過程は，土壤の還元容量の大きい強粘質な湿田土壤ほど迅速に進行し，かつ，発達程度が旺盛である。また，同一タイプの土壤でも湛水前のは場の乾燥状態や耕起・碎土法の差異によっても著しく変動する。

本供試土壤でも，湛水後土塊および耐水性粒団が急激に崩壊し，20 μ 以下の土粒子の分散率が明らかに低下する傾向がみられ，とくに，耕起時のは場状態が軟弱で，湛水後の土壤還元の進行の著しいグライ台地土〔I〕でその度合が強かった。

このことは，強粘質な排水不良田では作土の大部分が和水膨潤した層で構成されているため，湛水期間にあつては縦への水の動きを低下させ，また，落水後では地表面水の排除を図るうえで大きな障害になるものと想定された。

土壤の物理・工学的な挙動が土壤の水分状態によって著しく変化することはすでに多くの研究で明らかにされている^{7,13,17}。また，土壤の乾燥を図ることによって土壤構造が発達し，透水性の高まることも多く認められている^{1,2,8,18}。

一般に，生土を風乾処理すると土粒子の活性が低下するため液性限界，塑性限界および塑性指数がいずれも低下する。また，その影響は風乾処理前の生土の水分状態によって著しく支配され，粗粒質で排水性の良好な乾田土壤では脱水（風乾）による影響が比較的少ないのに対し，細粒質で過湿な湿田土壤ではその影響を強くうける。

この現象をほ場にあてはめると，土壤乾燥の良好なほ場ほど機械による土壤構造の破壊が少なくかつ，易耕性の高いことを意味している。

本実験でも，土壤の液性限界および塑性限界はともに土壤含水比の低下にともなって減少する傾向が認められ，また，土壤含水比の低下は同時に土壤の圧碎強度，飽和透水係数，容気度ならびにIcの著しい増加をもたらしていた。

以上の結果を総括すると，強粘質な排水不良田では土壤の乾燥を促進させ地耐力を増強する方策が機械の走行性および作業能率を高めるうえできわめて重要な要因であることを提示しているもの

と言えよう。

なお，本研究に供試した土壤は強粘質水田土壤群の一部を取り扱ったにすぎず，排水不良に關する土壤生成論的な論議ならびに土壤構成粘土の量，質的な面との関連についての検討が十分になされていない。

したがって，これらの点に関しては今後さらに検討する必要があるものと考えられる。

引用文献

- 1) 大山信雄，坂井弘，“水管理による水田耕土の酸化還元状態の変化，第2報 落水に伴う耕土の収縮と気相の生成との関係。”土肥誌，**42**，349-354 (1971)。
- 2) 喜田大三，川口桂三郎，“たん水・還元・脱水条件の土壤構造への影響，第1報 構造の安定性。”土肥誌，**31**，375-379 (1960)。
- 3) 後藤定年，“湿田土壤の物理性の特性について，土壤の物理性”**8**，1-6 (1963)。
- 4) 齊藤万之助，川口桂三郎，“水田土壤の凝集性，第1報 稲作期間中における水田作土の物理性の経時的変化。”土肥誌，**42**，1-6 (1971)。
- 5) 志賀洋郎，青峰重範，“水田の耕土の構造。”土肥誌，**29**，32-36 (1958)。
- 6) 寺沢四郎，“水田土壤群の物理的特徴に関する研究。”農技研報告，**B22**，85-217 (1971)。
- 7) 土壤物理性測定法委員会編，“土壤物理測定法；土壤の力学性。”東京，養賢堂，1972。p308-363。
- 8) 中川昭一郎，“湿田の乾田化に伴う透水条件の変化について”農土誌報告，**2**，19-85 (1964)。
- 9) 中山利彦，“北海道における水田土壤の特質とその生産性に関する研究。”1968。p.1-93。”付p. 1-40。（北海道立農業試験場報告第16号）
- 10) 根本清一，国分欣一，“落水後の水田土壤における亀裂の発生について。”演要旨集，15，日本土壤肥料学会編，1969。
- 11) 農林水産技術会議事務局，“大型機械化に伴う水田基盤整備に関する研究。”1969。
- 12) ————，“重粘土地帯水田の土層改良と用排水組織に関する研究。”1972。
- 13) 福士定雄，“低水分状態における水田土壤の圧碎強度。”土肥誌，**40**，49-54 (1969)。
- 14) 北海道立上川農業試験場，“重粘土地帯水田における透水性改良に関する試験成績。”1973。
- 15) 前田要，南松雄，“強粘質水田の物理・化学的特性と透水性改良法に関する研究，第1報 透水性不良の土壤間差異。”講演要旨集，18，日本土壤肥料学会編，1972。

- 16) _____, _____, “_____” _____
_____ , 第2報透水不良田
の水分特性について.” 講演要旨集, 20, Part II.
日本土壌肥科学会編, 1974.
- 17) 増島博, 根本清一, 国分欣一. “水田土壌の乾燥
収縮について.” 講演要旨集, 15. 日本土壌肥料
学会編, 1970.
- 18) Motomura, S., LapId, F.M., Yokoi, H. “Soil struc-
cture development in Ariakake Polder soils in
relation to iron forms.” *Soil sci. Plant Nutr.*, **16**,
47-54(1970).

Studies on the Physical and Chemical Properties and the Improvement of the Soil Productivities in the Heavy Clayey Paddy Fields

I. Soil physical and engineering properties in the ill-drained paddy fields

Kaname MAEDA* and Matsuo MINAMI*

Summary

The so-called heavy clayey paddy field is developed widely in the plains and plateaus in Hokkaido, and the soil is estimated to be about 44,380 ha.

Heavy clayey paddy fields have poor surface drainage because of higher groundwater levels and the compactness of subsoil, and the field condition was made very soft. Therefore, trafficability of farm machinery was inferior to well-drained paddy fields. The authors have conducted studies to clarify the physical and engineering properties of ill-drained paddy fields. They used three heavy clayey paddy fields of Gley Lowland soil (2) and Gley Upland soil (1).

Results obtained were summarized as follows;

1. On the basis of Casagrande's plasticity, Gley Lowland soil (1) and Gley Upland soil (1) were adapted in the lower side of line "A", humic soil and silty soil are chiefly.
2. Both soils had much higher liquid phases among soil three phases and the lowest values of water permeability coefficient throughout non-irrigation periods. Therefore, soil consistency index I_c was always below 0.5.
3. In the Gley Lowland soil (2), it was recognized that the initial soil cracks could be formed at about 1.5 of pF values correspond to 67 percent of soil moisture content on dried basis, and also large ones at $pF = 2.0$, 60.8 percent respectively. In the state of $pF = 2.0$, field condition was recovered tightly and consistency index I_c indicated above 0.5.
4. When paddy fields were flooded and puddled, the proportion of water stable aggregation above 2.0 mm with the development of soil reduction decreased, and also soil particle dispersion ratios below 20μ . Therefore, soil structure of plow layers have made with flocculated soil particles, especially in the case of more reductive Gley Lowland soil (1).
5. High negative correlation was obtained between the liquid phase and air phase of soil three phases. Furthermore, positive correlation tends to be observed between the water permeability coefficient and the rate of air capacity.
6. Soil physical and engineering properties were influenced extremely with the change of soil moisture content.

The liquid limit and plastic limit of wetted soils were lowered with the decrease of moisture content. On the other hand, in the lower side of moisture content, heightened the soil crushing strength and consistency index I_c .

From these facts, it could be emphasized that the development of soil cracks or stability of soil structure and the trafficability of farm machinery was accelerated with the drying of field.

* Hokkaido Prefectural Kamikawa Agricultural Experiment Station, Asahikawa, Hokkaido, 078-02 Japan.