

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

II. 排水不良田の水管理

前田 要* 南 松 雄*

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

II. Drainage acceleration technique
in ill-drained paddy fields

Kaname MAEDA and Matsuo MINAMI

強粘質を呈する4種類の排水不良田（グライ低地土；2，グライ台地土；2）で農業土木的な排水法改善処理および栽培技術的な水管理法が収穫機械の走行性と稼働能率向上の面よりみて、主に土壌乾燥化にどのような影響をおよぼすかを検討した。

排水法改善処理では4土壌とも近年普及されつつある籾殻暗渠および籾殻心土破碎は、従来の土もどし暗渠および心土破碎に比べ融雪後および落水後の地表面水の消失と大キレツの生成が早く、土壌の乾燥程度も後者に比較すると著しく良好であった。

つぎに、水管理法では登熟期における落水時期の早期化により土壌の I_c および地表面の垂直硬度の高まる傾向がみられ、その時期は本土壌では落水後の収穫機械の走行と水稻の登熟生理面から出穂期が最適であった。

また、中干しも落水後の速やかな地表面水の排除を助長するが、収穫機械走行可能な地耐力を期待し得る強度は土壌の脱水・収縮過程およびキレツ生成状態からみて pF -土壌水分張力値で2.0以上が必要であるものと判断した。

I 結 言

筆者らは、先に強粘質を呈する排水不良田の特性について検討し、土壌の物理・工学的な性質は土壌の含水比によって著しく変動することを明らかにした。さらに、この種水田では透水性の向上を図って土壌の乾燥を促進させ、地耐力の増強を図る方策が非湛水期間での圃場の土壌構造の生

成・発達・安定化と大型機械導入時の易耕性を高めるうえできわめて重要な要因であることを指摘した⁷⁾。

従来、圃場の土壌乾燥化を促進する方法として土埋めもどし暗渠（以後土もどし暗渠と略す）、心土破碎など農業土木の見地からの排水工事が実施されているが、強粘質な水田地帯では圃場整備施工に際して切土、盛土に伴う土壌構造の破壊、水みちの切断などで従来より一層透水不良な水田が造成され、加えて近年稲作の機械化が急速に進展したため、作土は大型機械による踏圧、練りつぶしによる泥状化が春の代掻き、降雨の多い秋の収穫

1977年5月25日受理

*北海道立上川農業試験場、旭川市永山町

作業などによってもたらされる。さらに生わらの放置で田面の乾燥化は一段と阻害される方向にあって十分な効果をあげていない場合が多く、最近では籾殻などの疎水材を利用した籾殻埋めもどし暗渠、籾殻充填心土破碎（以後籾殻暗渠、籾殻心土破碎と略す）などの新しい工法が普及し、その顕著な効果が注目されている³⁾⁵⁾⁶⁾。また、手植栽培から機械化栽培に移行した今日、収量増大や米質向上の面で重視しなければならない水管理は土壤および栽培条件を無視して画一的・粗放化の傾向が認められるが、とくに、強粘質な水田では水稻の健全な生育と落水後の機械走行性確保のための土壤乾燥化をねらいとした水管理技術が強く要求されるものと考ええる。しかしながらこれら栽培技術的な水管理と落水後の地耐力との関連についての重要性については度々論議されているにもかかわらず、過去における詳細な検討例はほとんど見当たらない⁶⁾。

筆者らは以上の観点から、上川管内の強粘質な透水不良田で農業土木的な排水法改善処理と栽培技術的な水管理法の違いが落水後の圃場の乾燥化に及ぼす影響について検討したのでその結果を報告する。

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、同

場環境保全部長後藤計二氏にご校閲をいただいた。また、北海道立上川農業試験場専門技術員室小林莊司氏には有益な助言と激励をいただき、同場土壤肥料科の研究員諸氏には多くの助力を得た。筆者らは以上の各位に厚く謝意を表する。

II 試験方法

1. 供試水田の特徴

供試水田は上川管内のグライ低地土〔I〕(上川郡当麻町)、グライ低地土〔II〕(上川郡鷹栖町)とグライ台地土〔I〕〔II〕(いずれも旭川市神楽町)の4水田である。グライ台地土〔II〕以外の3水田の土壤断面形態および物理性、化学性の特徴については前報⁷⁾で述べたとおりで、何れも強粘質で透水不良な水田であり、工学的には凝集力が強く、易耕性が劣る。

また、グライ台地土〔II〕は、グライ台地土〔I〕と同一台地に位置しており、物理・化学的な性質はともに近似した特徴を示している。

2. 試験処理内容

供試4水田の土壤乾燥化を促進し、水稻の生産力向上を図るため農業土木的な排水法改善処理として籾殻暗渠、土もどし暗渠十籾殻心土破碎の2処理を設け、比較対照として従来の土もどし暗渠、土もどし暗渠十心土破碎の2処理も併設した。ま

表1 試験処理の内容

土 壤	試験場所	試験年次	排水法改善処理				水管理法			
			土もどし 暗 渠	籾 殻 暗 渠	心 土 破 砕	籾殻置 土破砕	出穂期 落 水	〃 7日後 落 水	〃 14日後 落 水	中干し（止葉展 開期～出穂期）
グライ低地土(I)	上川郡当麻町	1971～1973	○	○	○	－	－	－	○	－
グライ低地土(II)	上川郡鷹栖町	1974～1976	○	○	－	○	○	○	○	○
グライ台地土(I)	旭川市神楽町	1971～1973	○	○	○	－	－	－	○	－
グライ台地土(II)	〃	1974～1975	○	○	－	○	○	○	○	○

土 壤	施 工 時 期		
	圃場整備	心土破碎及び籾殻心土破碎	籾殻暗渠
グライ低地土〔I〕	1970(春)	1971. 4. 22	1971. 5. 1
グライ低地土〔II〕	1970(夏)	1974. 5. 15	1974. 5. 7
グライ台地土〔I〕	1965(秋)	1971. 4. 8	1971. 4. 22
グライ台地土〔II〕	1967(秋)	1974. 5. 31	1974. 5. 12

注) ○圃場面積……………3,000～6,000m²
 ○土もどし暗渠……圃場整備後直ちに施工
 ○出穂時期……………8月1日～8月6日
 (品種:イシカリ)

た、栽培技術的な水管理としては中干し(止葉展開期～出穂期)および登熟期における落水時期の早晚(出穂期落水, 出穂7日後落水, 対照・出穂14日後落水)の各処理を設置した。その内容については表1および図1に示した。また、収穫時は勿論耕起時の圃場の乾燥程度と密接に関連する主要な試験年度(1972, 1973, 1975)の降雨量も参考として表2に示した。稲作期間を通して共通的に8月から10月にかけての降雨量が多いことが特徴的である。

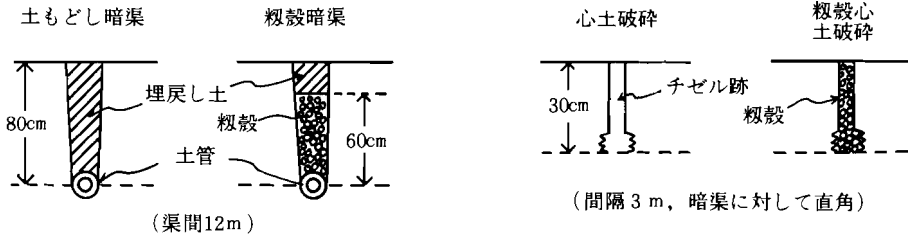


図1 排水法改善処理の断面図

表2 年次別の降雨量の推移

観測地	年 次	月 別 降 雨 量 (mm)						
		4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
鷹 栖	1972	62	63	90	60	116	119	128
	1973	79	75	13	66	310	137	158
	1975	56	88	54	153	305	213	118
	10ヶ年平均	49	82	66	102	169	153	130
西神楽	1972	42	60	138	63	205	106	133
	1973	69	65	17	97	271	118	158
	1975	58	134	77	120	242	235	139
	8ヶ年平均	56	85	73	88	172	148	127

III 試験結果

1. 土壌の乾燥化におよぼす排水法

改善処理の影響

(1) 耕起前の影響

前年秋の圃場の乾燥が比較的良好で、かつ、春の融雪期および降雨量とも平年並に推移した年（1973）にグライ低地土〔I〕、グライ台地土〔I〕両土壌で融雪後の土壌乾燥に及ぼす排水法改善処理の効果を検討した。

結果は表3—その1に示すように、両土壌とも近年考案された籾殻暗渠は従来の土もどし暗渠、土もどし暗渠+心土破碎両処理に較べると土壌3相中に占める気相率および容気度の割合が著しく高く、液相割合が少ない。

また、土壌含水比も60%以下で大型機械走行可能な土壌条件^{6,7)}となっており、とくに地表下10~20cm深の含水比が45~53%まで低下していることは融雪後の地表面水の排除および土壌の脱水・乾燥が円滑に進展した事実を実証している。さらに、籾殻暗渠処理では圃場の乾燥が良好な

め他の処理に較べると脱水に伴う湿土の体積変化量が小さい。

なお、土もどし暗渠に心土破碎を併用した区の効果は、下層土が軟かく飽水度の著しく高いグライ低地土〔I〕ではほとんど認められなかったが、下層土が堅密なグライ台地土〔I〕では籾殻暗渠に次ぐ良好な乾燥度合を示した。

一方、前年秋の圃場の乾燥が不良で、かつ、春先の融雪期が遅れた年（1975）においてグライ低地土〔II〕およびグライ台地土〔II〕に対する排水法改善処理の効果をみると（表3—その2参照）、両土壌とも土壌含水比が63%以上と高く、 I_c 値も0.5を大幅に下廻り、圃場での大型機械の走行はきわめて困難な状態にあったが、処理間の比較では土もどし暗渠に較べ籾殻暗渠および土もどし暗渠+籾殻心土破碎の両処理はともに含水比が低く、容気度および I_c 値が何れも高く、明らかに土壌乾燥に寄与している傾向が認められた。とくに、1973年の普通心土破碎と異なり、籾殻心土破碎が籾殻暗渠に匹敵する効果がみられた点に注目したい。

以上の結果より、籾殻暗渠および籾殻心土破碎

表 3 融雪後の土壌物理性

(その 1)

(1973. 4. 20)

土 壤	処 理 内 容	層 序	含水比 (%)	3 相 組 成 (%)			容気度 (%)	体 積 化 (%)	飽和透水係数 (K20, cm/sec)
				固 相	液 相	気 相			
グライ 低地土(I)	土もどし暗渠	作 土	61.9	31.7	49.8	18.5	27.1	8.4	3.32×10^{-3}
		心 土	65.7	31.8	54.7	13.5	19.8	8.2	8.08×10^{-4}
	土もどし暗渠 + 心土破碎	作 土	64.5	30.2	52.8	17.0	24.4	7.4	1.81×10^{-3}
		心 土	61.0	35.6	58.9	5.5	8.5	8.2	2.31×10^{-4}
	粃 殻 暗 渠	作 土	57.7	29.7	46.3	24.0	34.1	8.1	1.11×10^{-3}
		心 土	45.1	41.3	51.7	7.0	11.9	5.7	2.54×10^{-4}
グライ 台地土(I)	土もどし暗渠	作 土	63.5	30.3	54.7	15.0	21.5	7.0	3.30×10^{-3}
		心 土	71.2	29.1	58.9	12.0	16.9	7.3	1.64×10^{-3}
	土もどし暗渠 + 心土破碎	作 土	61.6	33.1	55.9	11.0	16.4	7.7	4.16×10^{-4}
		心 土	58.7	33.4	56.6	10.0	15.0	8.3	1.96×10^{-3}
	粃 殻 暗 渠	作 土	54.9	31.1	47.9	21.0	30.5	6.5	2.05×10^{-3}
		心 土	52.9	32.2	49.3	18.5	27.3	6.7	5.89×10^{-4}

注) ○作土……0～10cm, 心土……10～20cm
○サンプルは何れも施工位置から 2 m 離れた個所で採取。

(その 2)

(1975. 5. 7)

土 壤	処 理 内 容	含 水 比 (%)	3 相 組 成 (%)			容気度 (%)	コンシステ ンシー指数 (I c)	飽和透水係数 (K20, cm/sec)
			固 相	液 相	気 相			
グライ 低地土(II)	土もどし暗渠	80.9	30.0	66.8	3.2	4.6	-0.05	1.03×10^{-4}
	土もどし暗渠 + 粃殻心土破碎	72.5	31.4	63.1	5.5	8.0	0.23	7.50×10^{-5}
	粃 殻 暗 渠	73.9	31.8	64.9	3.3	4.8	0.18	3.74×10^{-5}
グライ 台地土(II)	土もどし暗渠	74.9	31.0	63.0	6.0	8.7	-0.21	9.58×10^{-5}
	土もどし暗渠 + 粃殻心土破碎	63.3	34.1	58.7	7.2	10.9	0.14	1.58×10^{-3}
	粃 殻 暗 渠	69.1	33.2	61.1	5.7	8.5	-0.03	5.51×10^{-4}

注) サンプルは何れも作土層 (0～10cm) から採取。

の両処理は従来の土もどし暗渠、心土破碎に比べ融雪後の地表面水の排除と土壌乾燥化を促進するため、耕起・砕土時の易耕性を高めるうえでの優れた排水法改善技術と思われた。

(2) 落水後の影響

つぎに、落水後の土壌乾燥におよぼす排水法改善処理の影響をみる。

まず、落水後 1 週間にわたるグライ低地土(I)およびグライ台地土(I)両土壌の pF—土壌水分張力値の推移を図 2 に示した。

1972 年は 8 月、9 月の降雨量が比較的小さく(表 2 参照)、土壌乾燥の良好な年であったが、両土壌とも粃殻暗渠は土もどし暗渠に比して pF 値が常

に高く推移しており、とくに 9 月 16 日の降雨 (9mm) 後でも後者の pF が著しく低下するのに対し、前者ではその度合いがきわめて小さい。また、土もどし暗渠と心土破碎併用処理の pF 値は両土壌ともほぼ土もどし暗渠単独処理と同様な経緯を辿っているが、降雨後では後者よりも高く推移している。

一方、土壌含水比の差異により著しく変動する土壌の工学的特性をアッターベルグ常数でみると(表 4)、土壌間ではグライ低地土(I)はグライ台地土(I)に比べ液性限界、塑性限界および塑性指数が何れも高い特徴的な傾向を示すが、処理間の比較では両土壌とも粃殻暗渠により塑性指数が低

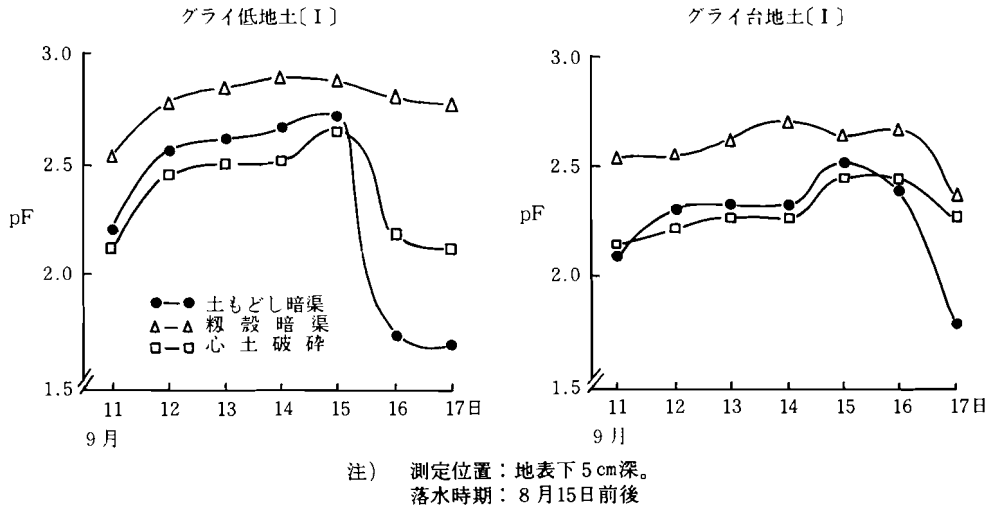


図2 落水後のpF-土壤水分張力の推移 (1972)

表4 落水後の土壤工学性

(1972. 10. 4)

土 壤	処 理 内 容	層 序	含水比 (%)	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	塑性指数	コンシステンシー指数 (Ic)
グライ 低地土〔I〕	土もどし暗渠	作 土	68.2	87.2	45.8	41.4	0.46
		心 土	52.3	78.5	47.0	31.5	0.83
	土もどし暗渠 + 心土破碎	作 土	62.3	81.5	45.4	36.1	0.53
		心 土	34.3	81.5	45.1	36.4	1.23
	籾 殻 暗 渠	作 土	52.7	69.2	43.2	26.0	0.63
		心 土	34.7	61.3	31.2	30.1	0.88
グライ 台地土〔I〕	土もどし暗渠	作 土	65.3	74.3	40.9	33.4	0.27
		心 土	43.8	61.0	36.7	24.3	0.71
	土もどし暗渠 + 心土破碎	作 土	69.0	77.5	42.2	35.3	0.24
		心 土	44.0	76.3	41.5	34.8	0.93
	籾 殻 暗 渠	作 土	53.0	74.5	42.8	31.7	0.68
		心 土	43.4	69.0	37.2	31.8	0.81

下し、かつ、コンシステンシー指数(Ic)も大型機械走行可能な値(0.5)をはるかに上廻り、圃場の地耐力の安定した状態を示している。

また、グライ低地土〔I〕で落水後の圃場のキレツ発生状態を観察した結果(図3)、籾殻暗渠と土もどし暗渠の大キレツ発生位置は共にクツ跡凹部を中心に縦に形成されているが、土もどし暗渠に比べ籾殻暗渠は地表面の大小キレツ生成量が多く、しかも、大部分の小キレツは畦間内の深く発達した大キレツを中心に網状に形成されていた。この様に無数に発達したキレツが下層土への水の

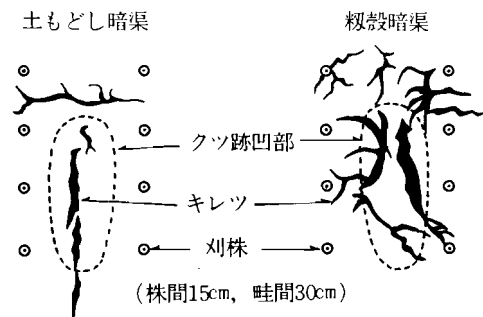


図3 落水後のキレツ発達状態 (1973. 9. 3 - グライ低地土〔I〕)

移動を容易にしているものと考えられた。

さらに、穀殻暗渠による土壌の乾燥促進効果の範囲について調査した結果(図4)、両土壌とも穀

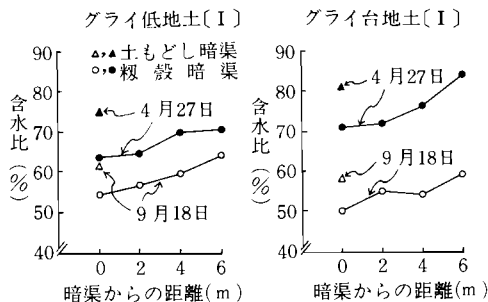


図4 暗渠からの距離と土壌含水比の変化 (1973)

殻暗渠施工位置からの距離に比例して土壌含水比が高まる傾向にあるが、4～6mの含水比はほぼ土管暗渠直上(0m)の値と同程度である。

以上のことから、土壌乾燥に及ぼす穀殻暗渠の効果範囲は従来の土もどし暗渠に比して4～6m程拡大されることが想定された。

2. 水管理の差異が落水後の土壌条件

におよぼす影響

試験1では、強粘質な排水不良田の土壌乾燥化を促進する技術として穀殻暗渠および穀殻心土破碎面排水法改善処理の効果を高く評価したが、同

時に融雪後および落水後の気象条件、とくに降雨が集中する様な場合には大型機械走行可能な圃場条件が得られない年があることも併せて追記した。

したがって、ここでは土壌乾燥化の別の手段として栽培技術的な水管理法(中干し、落水時期の早晚)の違いが落水後の稲の登熟期間における土壌条件におよぼす影響についてのべる。

登熟期間中の水管理法の一つとしての落水時期と土壌乾燥の関係については落水後の気象条件、とくに降雨量、連続降雨日数などの影響によって著しく規制されるものと考えられるが、1975年および1976年にグライ低地土(II)およびグライ台地土(II)において両者の関係について検討した結果を表5に示した。

両土壌とも落水時期の早い処理ほど収穫時における土壌3相中に占める液相割合が低く、土壌含水比も明らかに低下する様子がうかがえる。また、収穫作業機械の走行性と関連する I_c および地表面の垂直硬度(山中式)も落水時期の早いもののほど高く、とくに出穂期落水は出穂7日後および出穂14日後落水に較べるとその傾向が顕著である。

一方、土壌を酸化的にし、水稻根の健全化と土壌養分の調節などに有効な生育期間中の排水処理(いわゆる中干し)を加えると登熟期間中の落水時期を遅延させても(出穂7日後、14日後)土壌

表5 水管理の差異と落水後の土壌物理性

(1975, 1976)

土壌	調査 年次	処 理 内 容	含 水 比 (%)	3 相 組 成 (%)			容 気 度 (%)	コンシ シ 指 (I_c)	地表面の垂直 硬 度 (山中式, mm)
				固 相	液 相	気 相			
グライ低地土(II)	1975	出穂期落水	63.4	34.1	57.2	8.7	13.2	0.52	6.2
		出穂7日後落水	76.1	32.4	63.2	4.4	6.5	0.11	3.6
		中干し + 出穂7日後落水	66.3	36.0	59.8	4.2	6.6	0.43	6.0
	1976	出穂期落水	60.4	33.2	56.9	9.9	14.8	0.62	15.0
		出穂7日後落水	64.7	31.0	58.0	11.0	15.9	0.48	12.0
		出穂14日後落水	72.5	28.4	60.6	11.0	15.4	0.23	10.0
		中干し + 出穂14日後落水	58.9	33.8	55.0	11.2	16.9	0.67	18.0
		出穂期落水	58.3	38.2	57.6	4.2	5.8	0.30	5.4
グライ台地土(II)	1975	出穂7日後落水	72.0	32.5	62.0	5.5	8.1	0.12	3.2
		中干し + 出穂7日後落水	55.0	38.5	56.8	4.7	7.6	0.40	5.9

注) ○サンプルは何れも作土層(0～10cm)から採取。

○調査時期: 1975……9月18日

1976……10月1日

含水比、 I_c および地表面の垂直硬度などすべての面で出穂期落水に匹敵するか、それを上回る乾燥度合を示しており、明らかに落水後の土壤乾燥化および地耐力の増強面に寄与している。

しかしながら、収穫時の土壤条件によらず中

干しの影響が年次によって異なることを認めたので、グライ低地土〔Ⅱ〕およびグライ台地土〔Ⅱ〕両土壤で中干しの程度が収穫時の土壤乾燥化によらず影響について検討した。

一般に、中干しの程度は常識的には田面に靴跡

表 6 中干し強度と収穫時の土壤条件

(1974—1976)

土 壤	調査年次	中干しの程度		収 穫 時 の 土 壤 条 件			
		pF	含 水 比	pF	含 水 比	I_c	地表面の垂直硬度
グライ 低地土〔Ⅱ〕	1974	1.70	65.3%	0.45	71.3%	0.27	5.0mm
	1975	1.85	63.8	1.35	66.3	0.43	5.8
	1976	2.10	58.0	2.08	58.9	0.67	15.0
グライ 台地土〔Ⅱ〕	1974	1.90	64.4	0.80	69.8	0.29	5.2
	1975	2.60	48.4	2.48	55.0	0.68	12.9

注) 中干し時期：各年次とも止葉展開期～出穂期

が付く程度とされているが、結果は表 6 に示す様に、両土壤とも中干し時に pF 1.7～1.9 (含水比：65.3～63.8%) の乾燥程度では収穫時の土壤含水比が依然として高く (71.3～66.3%)、 I_c 値も 0.5 を下廻っており、かつ、地表面の垂直硬度は 6.0 mm 以下で圃場は軟弱である。

一方、pF 2.1～2.6 (含水比：58.0～48.4%) の強度な中干しでは収穫時の pF—土壤水分張力値も 2.1～2.5 (含水比：55.0～58.9%) と高まり、地表面の垂直硬度および I_c 値も各々 12.9～15.0、0.67～0.68 と上昇し、地盤も固く収穫機械走行可能な圃場条件となっている。

以上の結果、強粘質で透水不良な水田では落水後の速やかな地表面水の排除と収穫機械の走行に支障のない圃場の乾燥化を期待し得る中干しの強度は、土壤の脱水・収縮過程およびキレツ生成状態⁸⁾からみて pF—土壤水分張力値ではほぼ 2.0 以上が必要であるものと判断した。

なお、グライ低地土〔Ⅱ〕で土壤の含水比と地耐力の指標となる地表面の垂直硬度 (山中式硬度計による測定) の関係を見ると (図 5)、両者間には高い負相関が認められるが (単純な脱水過程： $r = -0.678^{***}$ 、大キレツ生成後： $r = -0.91^{**}$)、同一含水比でも前処理のない単純な脱水過程 (Structural Shrinkage 途上) と中干し処理などによる大キレツ生成後 (Structural Shrinkage 完了後) では異なった値を示し、大キレツ生成後では著しく高い値を示した。すなわち、 I_c 0.5 (pF

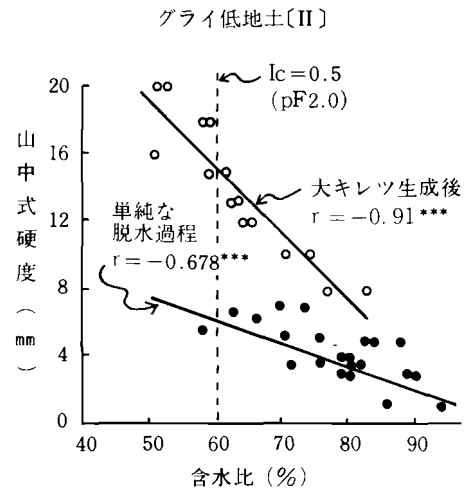


図 5 地表面の垂直硬度と含水比の関係 (1976)

2.0, 含水比：60.8%) における地表面の垂直硬度は前者で 6mm ($0.07\text{mg}/\text{cm}^3$), 後者では 14mm ($0.38\text{mg}/\text{cm}^3$) であった。

IV 考察および論議

一般に、強粘質を呈する排水不良田は、下層土も軟かく飽水度の高い低地水田と、下層にち密な不透水層をもつ台地水田の 2 群に大別される。近年、稲作機械の進展とともに、土壤の乾燥程度などの条件を無視した画一的な機械化作業体系はこ

の種水田の地表面水の排除と土壌の乾燥化を著しく困難なものにしており、機械化に対応した圃場条件となっていないことが問題となっている。

従来、圃場の排水能を促進する排水工法として土もどし暗渠、心土破碎などが取りあげられているが、泥状化した水和膨潤層で構成されている水田では縦えの水の動きがほとんどなく、また、工事施工において渠溝および堀り上げた土を十分に乾燥し、渠壁にキレツを造成するなどの施工的な配慮がほとんどなされていないため両工法の効果はきわめて小さい場合が多い。本試験でも同様な傾向が認められた。

一方、近年考案された粃殻暗渠および粃殻心土破碎の効果は長期間にわたり維持されて強粘質なグライ低地土およびグライ台地土ともに顕著に認められ、融雪後および落水後の土壌乾燥が従来の土もどし暗渠、土もどし暗渠+心土破碎に較べると著しく促進された。

小林・水元³⁾は北海道空知管内の強粘質水田において同様な試験を行ない、粃殻暗渠に心土破碎を併用するとその効果が一層高まることを認めている。

一般に、粃殻暗渠は土もどし暗渠と異なり表層土下に埋設した粃殻がフィルターの役割をはたすため土壌水の吸引力の増大とそれに伴ってキレツ生成が早く⁹⁾、かつ大小のキレツ量が増加して融雪後および落水後の地表面水の排除を促進したものと考える。その結果、粃殻暗渠の効果範囲は従来の土もどし暗渠に較べると4~6m程拡大された。後藤²⁾によると、湿田ではキレツ生成に伴って土壌水分の蒸発が活発になるため土壌の乾燥化が促進されるとされ、さらに中川⁴⁾は湿田の乾田化に伴う透水性増加の要因として、非かんがい期の土壌乾燥に基づくキレツや大孔隙生成など土壌構造変化の重要性を指摘している。

なお、粃殻心土破碎の効果も同様に認められたが、粃殻暗渠に併用すればより一層の効果が期待できるものと推定した。

登熟期間の水管理は収量および米質などを考慮して登熟完了までは十分な土壌水分の確保が重要であり、そのための落水の適期は土壌、立地条件、気象条件並びに栽培条件などによって異なるが、収穫作業機械の走行性と水稻の登熟生理面から検討すべきであると考え。本土壌においては収穫

時の機械走行性に支障のない圃場条件を得るための落水時期としては出穂期が最適であった。また、出穂期落水によって収量および品質がともに高まる傾向があることは別に報告してある⁸⁾。

中干しの効果は①土壌中の有害物質の排除、②土壌中に酸素を補給し水稻根の活力を高める、③窒素過剰および無効分けつの抑制、④過繁茂による倒伏防止など生育調節の技術としての効果が一般的に論じられているが¹¹⁾、強粘質で透水不良な水田では落水後の土壌乾燥化促進、さらには地耐力増強面での期待も考えられよう。しかしながら、グライ低地土〔Ⅱ〕およびグライ台地土〔Ⅱ〕で中干し（止葉展開期～出穂期）を行なった結果のように、土壌に大キレツの生成が認められない乾燥程度(pF 1.9以下)では収穫時の土壌含水比が高く、Ic 値も0.5以下で収穫作業機械の走行は不可能であった。一方、地表面に大キレツ生成が認められるpF 2.1以上の強度な中干しでは収穫時のpF 値、地表面の垂直硬度(山中式)およびIc 値が何れも高まり、明らかに大型機械走行可能な圃場条件が得られた。とくにグライ低地土〔Ⅱ〕においては中干しを行なえば落水時期を出穂後14日に遅延しても出穂期落水なみの乾燥圃場が得られたことは注目すべきである。

また、地表面の垂直硬度と土壌含水比の間には高い負の関係が認められたが、泥状化した水和膨潤層のStructural Shrinkage途上にある単純な脱水過程とpF 2.1以上に乾燥し、Structural Shrinkageがほぼ完了したと思われる大キレツ生成後の脱水過程では異った値が得られ、同一含水比でも前者に較べ後者が著しく高く、中干しの強度と排水性についての試験結果を裏づけていた。なお、Ic 0.5における地表面の垂直硬度は前者で6 mm、後者では14mmであった。

松浦ら¹⁰⁾によると、湿田土壌で自脱型コンバインの作業走行に必要な表層土の垂直硬度は山中式硬度計による読みで6 mm以上(足跡の沈下が2 cm位)が必要であると報告しており、さらに地表面の垂直硬度は降雨量によって影響をうけ、1日9~10mm以上の降雨量で減少がみられ、また、乾田でも1日30mm程度で地表面の硬度が6 mm以下に低下することを認めている。

以上の結果を総合すると、落水後の地表面の硬度は降雨量の多少により著しく変動するが、St-

ructural Shrinkage がほぼ完了し、地表面に大キレツが生成された場合にはその影響が少ないことを示唆しているものと言えよう。その意味からも、強粘質な排水不良田においては粃殻暗渠、粃殻心土破碎および強度な中干しを行って落水後の地表面に大キレツの生成を早めることが土壤乾燥促進と地耐力増強につながるものと考えた。また、大竹・芳賀¹⁾は生育前半から作溝などを取り入れた計画的な水管理体制を確立した場合には中干しによる地表面水の排除が早く、落水後の圃場の乾きも早まることを確認しているが、粃殻暗渠、粃殻心土破碎および中干しの効果を高める補助排水法として注目すべきであろう。

なお、本報告では排水法改善処理（粃殻心土破碎、粃殻暗渠）と水管理（中干し、落水時期）の相互関係並びに土壤の乾燥化が水稻の生育・収量・品質などに及ぼす影響について触れなかったが、これらの点については次報で論及したい。

引用文献

- 1) 大竹俊博, 芳賀静雄, “稲作登熟期における水管理と米の品質”, 農及園, 51(8), 35-38 (1976).
- 2) 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).
- 3) 小林莊司, 水元秀彰, “強粘質水田の排水法改善に関する研究, 第1報 モミガラ暗渠とバンブリーカーの併用効果”, 道農試集報, 28, 33-44 (1973).
- 4) 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”, 農土論集, 2, 19-85 (1964).
- 5) 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”, 日本土壤肥料学会, 講演要旨集, 18, (1972).
- 6) ———, ———, “—————”, ———, 第2報 透水不良田の水分特性について”, 日本土壤肥料学会講演要旨集, Part II, 20, (1974).
- 7) ———, ———, “強粘質水田土壤の物理・化学的特性と生産力向上に関する研究, 第1報 排水不良田土壤の物理・工学的解析”, 道農試集報, 35, 18-28 (1976).
- 8) ———, ———, “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4報 透水不良田の水管理について”, 日本土壤肥料学会, 講演要旨集, 23, (1977).
- 9) 増島博, 根本清一, 国分欣一, “水田土壤の乾燥収縮について”, 日本土壤肥料学会, 講演要旨集, 17, (1970).
- 10) 松浦欣哉, 青木研一, 前原貞一, “湿田地帯における機械収獲に関する研究, 第1報小型機収獲作業におよぼす表面土壤硬度と降水量の関係”, 農作業研究, 11, 61-64 (1971).
- 11) 三井進午, “最新土壤・肥料・植物栄養事典”, 博友社, 1970.

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

II. Drainage acceleration technique in ill-drained paddy fields

Kaname MAEDA* and Matsuo MINAMI*

Summary

On the basis of studies conducted on drainage acceleration techniques in ill-drained paddy fields, the paper deals with the effects of drainage methods improvement and irrigation water management on speeding up of surface soil drying. Four heavy clayey paddy fields were subjected to the studies: two were of Gley Lowland soil and other two were of Gley Upland soil.

Results obtained were summarized as follows:

1. Rice-hull underdrainage and rice-hull subsoil break had more remarkable effects on drainage acceleration than earthen-pipe underdrainage and subsoil break as the result of movement of surface soil water and decrease of soil moisture, whereby formation of large cracks was expedited and soil compaction increased greatly.
2. For the trafficability of farm machinery in ill-drained paddy fields the most effective period for surface drainage was the heading stage of rice plant growth.
3. It was found, moreover, that midsummer drainage accelerated to a great extent development of soil cracks, stability of soil compaction and trafficability of farm machinery after surface drainage and that this tendency was very remarkable when pF 2.0, that corresponds to 60.8 percent in soil moisture content.
4. A high negative correlation tends to be obtained between soil hardness (YAMANAKA method) and soil moisture content in the Gley Lowland soil. In case the moisture content remained the same, it was disclosed, furthermore, that soil compaction increased for the higher side than the lower side of soil structural shrinkage.

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