

水稻乾田直播栽培に関する研究

第3報 漏水防止について

阿部秀男・奥山隆治・栃木喜八郎

I 緒言

経済の高度成長は、農村労働力の減少をもたららし、稲作省力技術が経営の合理化の面から強く要望され、再び水稻直播栽培が新しい観点から検討され⁵⁾た。

乾田直播栽培の研究は1961年より始め、第1報では播種期について検討し1)播種適期は平年の平均気温13℃内外(4月10日から4月20日)2)播種期中は4月10日から5月20日であることを明らかにした。第2報では播種密度および播種様式について1)播種密度は m^2 当たり218株が高く2)播種様式については正方形に近づくほど収量が高いことを報告した。

乾田直播栽培は代掻を行わないので漏水がいちちるしく多く、移植に比べて多量の水を必要とする。そのために地水温の低下、養分の流亡、生育の遅延、管理操作の複雑化が問題と考えられる。近年水田の急速な開発と他産業の発展に伴ない地帯によっては農業用水と工業用水の競合が起ることが考えられ、直播栽培が広範囲に普及した場合渇水期の用水量が心配される。

そのため1963年に畦畔滲透について、防止資材を鋤床下に埋設して漏水防止を検討し、1963年から1965年には垂直滲透について、ローラー鎮圧等による漏水防止を検討し、ほぼその目的を達したのでその結果を報告する。この研究は総合助成の漏水防止試験費によって実施した。

本研究を行なうにあたって、土壌分析は土壌、肥料部小川昭夫、機械関係は種芸部佐藤文夫、現地試験は手塚賢二の各氏、他農研クラブ員の協力を得た。ここに感謝の意を表する。

II 実験

1 畦畔滲透防止法

(1) 試験方法

農試水田(腐植質火山灰土の埴壤土、耕土は13~15cmの半乾田)で実施した。品種はクサブエで5月19日播種、畦巾30cm、 a 当たり800g条播、施肥量は a 当たりN、 P_2O_5 、 K_2O 各1.05kgで P_2O_5 、 K_2O は全量基肥、Nは播肥25%、入水時50%、穂肥25%、入水期は6月24日で4葉期、一區面積27 m^2 の一連制で行った。

試験区の構成は漏水防止資材として黄金板(巾30cmと36cm)とビニルテープ(厚さ0.15cmで巾30cmと50cm)を用い、黄金板は20cm(鋤床下5cmまで埋設)と15cm(鋤床まで埋設)に埋設して15cm埋設の一區にはベントナイトを a 当たり300kgを黄金板の周辺に散布して踏みかためた計3區を設け、ビニルテープは15cm(鋤床まで埋設)と20cm(鋤床下5cmまで埋設)と25cm(鋤床下10cmまで埋設)とした。黄金板の外側には5cm盛土して踏みかため、ビニルテープは高さ15cm畦畔の内張りとした。

(2) 結果および考察

この調査結果は第1表に示した。減水深を比較するために入水後6日から減数分裂期まで減水深を5回測定した。入水後6日で最多減水深270mm、最少150mmで漏水が多く、入水後30日では最多減水深が160mmと減少し、入水後50日までほぼ同様であった。入水後20日間位は漏水が甚だしいが、30日以後は少なくなりほぼ平行線をたどった。

処理区の防水漏水効果は、黄金板とビニルテープの比較では同一埋設深の場合にビニルテ

第1表 減水深、水温、生育調査 (1963年)

試験区	減水深 (1日当たりmm)							水温 (最高)	出穂期	a当たり 玄米重	全標比
	6. 30	7. 5	7. 13	7. 23	8. 4	平均	標比				
黄金板 20cm	192	170	158	149	144	163	82%	27.4℃	8. 28	46.64 kg	98%
黄金板15cmと ベントナイト	240	188	170	163	144	181	92	27.9	8. 29	47.07	98
黄金板 15cm	256	204	180	154	144	188	95	27.9	8. 29	47.36	99
ビニルテープ 15cm	224	172	158	120	130	161	81	28.0	8. 28	47.69	100
ビニルテープ 20cm	200	168	158	130	125	156	79	27.8	8. 29	47.51	99
ビニルテープ 25cm	152	132	130	106	115	127	64	29.0	8. 29	46.57	97
標準	272	224	190	158	144	198	100	26.9	8. 29	47.79	100

プが高かった。このことは黄金板の長さが1.0mであるために、獣毛のパッキングで接続して使用するわけで、この接着部からの滲透を黄金板の外側に5cm程度の盛土ではおさえられなかったことによると考えられる。標準の5回測定の平均減水深198mmに対して、処理区中もっとも減水深の少なかったのはビニルテープ25cm埋設で標準の64%、ついでビニルテープ20cm区が79%、ビニルテープ15cm区が81%、黄金板20cm区が82%、黄金板15cmとベントナイト加用が92%、黄金板15cmは95%であった。両資材の使用方法について、埋設深は鋤床まで埋設では十分な漏水防止はできなかった。作土は砕土されており滲透しやすい。鋤床は水田年数が経過すると固い盤をなし、水の滲透をさまたげる。そのために鋤床下に埋設すると漏水が少なくなり、鋤床下5cmで効果があり、鋤床下10cmではほぼ完全に畦畔滲透を防止しうる。

水温は7月第4半区から8月第4半区まで観測した平均の最高についてみるとビニルテープが高く、もっとも高いのはビニルテープ25cm区で2℃高く経過した。減水深が少なくなると水温が高くなり、減水深のもっとも少なかったビニルテープ25cm区がもっとも水温が上昇した。

水稻の生育は出穂期が8月28日から29日で差がほとんどなく、収量も標準比97~100%で差

が少なかった。このことは試験区が27m²で小さかったためと考える。

2 垂直滲透防止法

(1) 試験方法

この試験は塩谷郡氏家町松山の現地試験で実施した。試験地の土壌は腐植にすこぶる富む黒色の壤土、作土下最高密度25山中式硬土汁地下深さ3~5m、漏水の多い水田、品種はクサブエ(1965年は農林25号)で4月28日播種、畦巾30cm点播、株間15cm 600g播、1964~1965年は株間10cm 650g播、施肥量はa当たりN、P₂O₅、K₂O各1.05kg、1965年は1.20kg、P₂O₅、K₂Oは全量基肥、Nは播肥25%、入水時50%、穂肥25%、入水期は6月9日、1965年は6月15日。一区面積は1963年252m²、1964年288m²、1965年125m²の1連制で行なった。

試験区の構成はつぎのように行なった。

1963年はローラー鎮圧(播種前に3トンローラーで5回と2回鎮圧後7~8cmに耕起、砕土)。ベントナイト客入(播種前に300kgと100kgを全面散布してロータリー耕3回)。大谷石粉客入(播種前に300kg散布ロータリー耕3回)。折衷直播(播種前に灌水、施肥、代掻、落水後耕深7~8cmにロータリー耕砕土2回)とした。

1964年はローラー鎮圧(大型トラクターけん引の1トンローラーで4回と2回鎮圧後播種)。

ベントナイトと大谷石粉加用(ベントナイト100kgと大谷石粉200kg全面散布ロータリー耕3回、1トンローラー2回鎮圧). 前年成績のよかったローラー鎮圧(3トン)2回を参考比較とした。

1965年は機械中耕(人力除草機で移植後4日と14日の2回). テイラー鎮圧(テイラーのカゴ車輪に鉄板を被覆して3回鎮圧後播種)ローラー鎮圧に堆肥加用(堆肥200kg全面散布, ロータリーで攪拌後1トンローラー2回鎮圧)ローラー鎮圧に大谷石粉加用(前年同様). ローラー鎮圧(1トン)4回と2回とした。試験圃場の周囲は30cmの深さにビニルを埋設し、畦畔滲透を防止した。

(2) 試験の経過

a 1963年

折衷直播は代播後4日に砕土して播種したが砕土がわるく、そのために覆土が浅くなり雀害を被り、入水前に30%程度の補植をした。葉いもち病が2~3の区に多発した。

b 1964年

ローラー鎮圧(1トン)区は人力播種機では播種深度が浅く、覆土が十分でなく一部は人力で補った。クサブエのいもち病(C菌)が激発し、標準区他2~3の区がずりこみ状態となり被害が大きかった。

c 1965年

播種後5日に60mmの降雨があり、ローラー鎮圧区は過湿となり出芽、苗立が劣った。9月4日の夕刻に雨混りの降電が15分位あって、稲は出穂後7~10日で一部に枝梗の折損、脱粒があったが被害は軽微であった。

(3) 結果および考察

a 播種時の土塊

この成績を第2表に示した。3トンローラー鎮圧区は鎮圧後にロータリー耕3回行ない、2cm以下の土塊が大半で標準区と大差なく、折衷直播は2cm以下が60%であったが、2~4cmの

土塊が24.1%であった。出芽、苗立をよくするためには2cm以下の土塊が60%以上で、3cm以上の土塊がないことが必要とされており⁵⁾、ローラー鎮圧区の砕土は良好であったが、折衷直播の砕土は大きな塊が多くて劣った。

第2表 播種時の土塊(1963年)

試験区	1 ^{cm} 以下	1~2 ^{cm}	2~4 ^{cm}
ローラー鎮圧(3トン)5回	68.7%	23.8%	7.5%
ローラー鎮圧(3トン)2回	70.6	21.4	8.0
標準	76.6	17.9	5.5
折衷直播	34.9	25.7	24.1

b 減水深調査

入水後から穂ばらみ、出穂期まで2ヶ月にわたり6回測定した結果を第3表に示した。入水直後の減水深は標準区の1400mmが最大で、もっとも少ないのはローラー鎮圧(3トン)5回の140mmであった。入水後2ヶ月の減水深は標準区400mm、ローラー鎮圧(3トン)5回が50mmと減少した。各処理区の防止効果を6回観測の平均値についてみるとローラー鎮圧(3トン)がもっとも高く、全期間を通して100~200mmで一般移植栽培とほぼ同じ減水で、5回鎮圧は標準の11%、2回鎮圧は15%で差が小さい。1963年に初めての試みとして3トンローラーを使用した。このローラーは土木用のもので一般には使用できないために1964年に大型トラクターけん引のK式ローラーで鎮圧した結果、3トンローラーにはおよばないが4回鎮圧は標準の29%、2回鎮圧でも42%であった。ベントナイトは入水直後に約2週間効果がみられたが、中期には劣り3トン客入が55%、1トンが66%で標準より半減した。大谷石粉3トン客入は、標準よりわずかに減じた程度で効果は少なかった。折衷直播は初期には漏水するが、入水後1ヶ月から少なくなり、標準の45%でローラー鎮圧について少なく防止効果は高かった。砕土した下層には

第3表 減水深調査(1日当たりmm)

年次	試験区		月 日							平均	標 比
			6. 13	6. 19	6. 25	7. 3	7. 12	8. 25			
一九六三	標 準		792	1394	1120	1030	780	384	917	100%	
	ローラー鎮圧(3トン) 5回		99	139	48	78	180	48	99	11	
	ローラー鎮圧(1トン) 2回		99	141	120	104	261	72	133	15	
	ベントナイト 300kg客入		288	692	908	630	420	96	506	55	
	ベントナイト 100kg客入		432	720	894	770	530	288	606	66	
	大谷石粉 300kg客入		612	1161	1030	910	672	336	787	86	
	折 衷 直 播		192	960	720	300	231	72	413	45	
試験区		6. 17	6. 23	6. 29	7. 13	7. 25	8. 10	正 均	標 比		
一九六四	標 準		999	1400	1467	895	1152	418	1055	100%	
	ベントナイトと大谷石粉		785	1080	1067	777	1040	354	951	90	
	ローラー鎮圧(1トン) 4回		218	455	331	323	398	116	307	29	
	ローラー鎮圧(1トン) 2回		319	552	461	518	452	330	439	42	
	ローラー鎮圧と大谷石粉		189	264	341	341	466	139	290	27	
	ローラー鎮圧(3トン) 2回		175	156	156	160	269	105	170	16	
試験区		6. 20	6. 26	7. 4	7. 18	7. 27	8. 13	平均	標 比		
一九六五	標 準		1,000	1033	940	670	708	480	805	100%	
	機 械 中 耕		630	690	622	558	427	289	537	67	
	テ イ ラ ー 鎮 圧		275	427	410	446	581	400	423	53	
	ローラー鎮圧(1トン) 2回		295	362	439	514	426	280	386	48	
	ローラー鎮圧と大谷石粉		195	221	260	238	343	160	236	29	
	ローラー鎮圧と 推 肥		295	281	343	293	343	203	293	36	
	ローラー鎮圧(1トン) 4回		386	312	339	290	381	200	314	39	

大きな亀裂があり、そこから入水初期に漏水が多かったものとする。小型機の体系では簡易な鎮圧方法が必要で、テイラーのカゴ車輪に鉄板を被覆した鎮圧ローラーを試作して鎮圧した結果、標準の53%の減水深であった。ベントナイトは高価のために客入量を減らし、大谷石粉との併用は90%で防止効果は少なかった。機械中耕は除草を兼ねて行なったが、代掻の効果が見られて67%の減水、ローラー鎮圧(1トン)2回に大谷石粉加用は27%の減水、ローラー鎮圧に堆肥加用は39%であった。

以上のように漏水防止方法はベントナイト、

大谷石粉等漏水防止資材の客入程度では効果は期待できず、ローラー鎮圧、あるいはローラー鎮圧に防止資材の加用が効果の高いことが明らかになった。

c 水温, Eh₆

この成績は第4表に示した。1963年の7月第4半旬から第6半旬まで観測した結果で、標準に比較して漏水の少ないローラー鎮圧と折衷直播は3℃高く、他の区は1.5℃高かった。ローラー鎮圧と折衷直播は漏水が少なく水温が上昇したわけである。

Eh₆は1963年の7月25日に調査した結果を示

第4表 水温、土壌Eh (1963年)

試験区	水温 (最高)	Eh ₆ 7月25日
ローラー鎮圧(3トン)5回	28.1 °C	92 ^{m.v}
ローラー鎮圧(3トン)2回	27.2	97
ベントナイト 300kg客入	26.4	115
ベントナイト 100kg客入	26.4	107
標準	25.1	174
大谷石粉 300kg客入	26.1	204
折裏直播	29.3	100

した。折裏直播とローラー鎮圧が低下した他は高く経過した。折裏直播とローラー鎮圧は減水深が少ないので酸化還元電位が低下し、他の区

は減水深が多いので酸化的に経過したため低下しなかった。

d 土壌分析

1965年の調査成績を第5表に示した。標準とローラー鎮圧(1トン)4回との比較では減水深の少ないローラー鎮圧はNH₄-Nの流亡が小さく標準の2倍の量を保持した。このように漏水を防止することにより窒素の流亡が少なくなることが認められた。

第5表 土壌分析 (1965年、乾土^{mg}/100g)

調査項目	試験区	月日			
		1/7	10/7	27/7	11/8
NH ₄ -N	標準	2.38	1.39	0.56	0.98
	ローラー鎮圧4回	4.08	2.77	1.55	1.98

第6表 生育、収量

年次	試験区	項目	出芽期	出芽 良否	出穂期	成熟期	倒伏 多少	穂 い もち	㎡当た り穂数	登 熟 歩 合	a 当 た り 玄 米 重	全標比
一九六三	標準	ローラー鎮圧(3トン)5回	5.13	良	8.23	10.7	ム	少	357	95	47.81	117
		ローラー鎮圧(3トン)2回	5.13	良	8.23	10.7	ビ	少	377	92	48.49	119
		ベントナイト300kg客入	5.14	良	8.26	10.10	少	少多	373	91	45.66	112
		ベントナイト100kg客入	5.14	良	8.27	10.10	少多	少多	343	91	43.80	107
		標準	5.14	良	8.28	10.12	中多	少多	313	73	40.88	100
一九六四	標準	大谷石粉 300kg客客入	5.14	良	8.28	10.12	中多	中	335	76	37.94	93
		折裏直播	5.18	否	8.25	10.8	ム	少多	275	94	43.55	107
		標準	5.10	中	8.29	10.12	多	多少	354	45	29.46	100
		ベントナイトと大谷石粉	5.10	中	8.28	10.11	多	多少	360	47	28.58	97
		ローラー鎮圧(1トン)4回	5.9	良	8.23	10.5	少	少多	387	63	35.45	120
一九六五	標準	ローラー鎮圧(1トン)2回	5.9	良	8.24	10.7	多少	中少	366	49	31.91	108
		ローラー鎮圧と大谷石粉	5.9	良	8.23	10.4	少	中少	345	67	42.51	144
		ローラー鎮圧(3トン)2回	5.9	良	8.22	10.3	少多	少多	365	72	43.02	146
		標準	5.17	良	8.28	10.9	少	中少	391	69	44.41	100
		機械中耕	5.17	良	8.26	10.6	少	少多	400	71	49.67	112
一九六六	標準	ティラー鎮圧	5.17	中	8.25	10.5	少	中少	372	83	52.14	117
		ローラー鎮圧(1トン)2回	5.18	中	8.25	10.5	少	少多	399	80	52.35	118
		ローラー鎮圧と大谷石粉	5.18	稍否	8.24	10.5	少少	少多	384	72	53.08	120
		ローラー鎮圧と推肥	5.18	中	8.24	10.5	ム	少	407	75	52.97	119
		ローラー鎮圧(1トン)4回	5.19	否	8.25	10.5	ム	中	466	74	51.51	116

e 水稻の生育, 収量

この成績を第6表に示した。ローラー鎮圧(3トン)は初期より生育がまさり出穂が5~7日早まり, 登熟よく収量は5回鎮圧17%, 2回鎮圧19%であった。ローラー鎮圧(1トン)は1965年の播種後に降雨があり, そのために湿害が出て出芽が劣った。生育は進み3トンローラーにはおよばないが, 同じ傾向の生育で4回鎮圧20%, 2回鎮圧8%の増であった。テイラー鎮圧は出穂期が3日早くやや穂数減であったが, 登熟歩合が高く収量は17%の増であった。折衷直播は碎土が劣り出芽が4日おくれ, さらに雀害を被り苗立も劣った。出穂期は2日早いが穂数減で収量は7%の増に止った。ベントナイトは出穂期が3~4日早く, 3トン客入12%, 1トン客入7%の増であり, 大谷石粉客入は中期以後の生育が良好となり, そのためにクサブエのいもち病(C菌)が発生し被害を被った。稈が伸びて倒伏し, 登熟歩合が劣って7%減収した。ベントナイトに大谷石粉加用は大谷石粉施用と同様な生育で標準より収量が劣った。ローラー鎮圧に大谷石粉加用, ローラー鎮圧に堆肥加用はそれぞれ肥料の効果が加えられて生育がまさり, もっとも収量が高かった。機械中耕でも出穂期が2日促進して12%の増であった。以上のように漏水の多少によって地水温や土壌中の窒素の減少に影響し, それが水稻の生育, 収量にあらわれて処理の中ではローラー鎮圧が安定であった。これに堆肥や大谷石粉の加用は肥料の流亡防止に関与して生育を促進したものと考えられる。

Ⅲ 総合考察

水稻直播栽培は省力ならびに労力配分の合理化が前提であり, それがねらいであったが, 移植栽培に比べて安定性にとほしいことが指摘される。出芽, 苗立の不揃による穂数減, 雑草防

除法が十分でなく除草に多くの労力を要したり, とくに火山灰土では漏水が多く, 肥料の流亡が多くそれが収量に影響して安定しない。そのため, ここでは畦畔滲透ならびに垂直滲透防止法について検討した。

乾田直播では代掻しないので畦畔ぬりが困難で, 一般には畦畔ぬりは行なわないので漏水が多い。畦畔漏水防止には防止資材として黄金板とビニルテープを用い両者の比較をした。黄金板は接着部より漏水が多く, 地面との接着部からも漏水が多い。このことは埋込み方法が異なることも原因で, 黄金板は外側に少量の盛土でビニルテープのように畦畔内埋込みであれば黄金板とビニルテープの間には差がないものと考えられる。埋設深は鋤床まででは十分でなく, 鋤床下10cmでは極めて漏水が少なくなり防止効果は大であった。黄金板は高価であるが一度設置すれば長年の使用に耐える。移動の場合や機械の接触には弱いようである。ビニルテープは価格が安く, 2~3年の使用には耐え得る。畦畔内鋤込方法も比較的容易であるが, 機械鋤込みが省力的であり望ましい。

垂直滲透防止法は土壌の鎮圧, 防止資材の客入, 代掻等を基本的対策として, さらにそれらの相互組合せについて検討した。ローラー鎮圧は減水深も少なく, 水温も上昇し水稻の生育, 収量もまさった。3トンローラーは土木用のローラーで鎮圧費が大であり実用性にとほしい。大型トラクターによる播種の場合は播種深度が深くなり出芽, 苗立が問題になる。播種前に鎮圧することにより, 播種深度を一定にし, 出芽苗立を揃えるためには不可欠の作業⁴⁾で, 同時に漏水防止効果が高いことが認められた。1トンローラー鎮圧では鎮圧回数の多いのが効果が高いが省力の点から2回鎮圧が適当である。鎮圧後の降雨は過湿になって出芽, 苗立を阻害することがあるから入水前の排水には注意する。

このローラー鎮圧に大谷石粉、堆肥を加えた場合にはさらに漏水が少なく水稻の生育、収量も良好であった。簡易なローラー鎮圧の方法としてテイラーのカゴ車輪に鉄板を被覆して鎮圧した結果、1トンローラーにはおよばないが効果は高く、鎮圧作業能率もかなり高く小型機の体系では必要である。機械中耕は漏水防止効果は少ないけれども、攪拌によって代掻となり肥料の流亡防止、除草には効果はあるが労働強要が大で作業能率が劣り機械化が望まれる。折衷直播は代掻後に碎土して播種するので、減水深は少ないが碎土が悪く出芽、苗立が劣り、代掻作業時間が重み省力でない。ベントナイトは入水初期に効果がみられたが持続が少なく、このことは移植栽培と同じ傾向であった¹⁾。大谷石粉は漏水防止効果は少なく、むしろ肥効の点で効果が期待される。ベントナイトと大谷石粉の併用は漏水防止としての効果は期待できない。

小泉³⁾は乾田直播の作季内かんがい水量を移植より30%多いといい、中山⁷⁾は土壌の透水性によってことなるが乾田直播の施肥は、移植の30~50%増肥が必要であると述べている。腰塚²⁾は埼玉県の直播について、土壌的には冬季から春季に乾燥し、夏季は排水わるく移植では根ぐされするが、直播は代掻しないので透水よく多収で面積も伸びている。しかし砂質地や漏水田では不向であると述べている。本県の場合乾田直播栽培は全県下で試作したが漏水のために窒素の流亡雑草の多発生となり収量も移植におよばず不安定で定着しなかった。本県では現在県南に多少伸びているが、県南は埼玉県同様入水後の水の移動が少ないので比較的収量が安定しているためである。

以上のように乾田直播栽培の減水深は移植に比較すると極めて多い。畦畔ならびに垂直滲透水を防止することにより、用水の節約となり、地水温が上昇し、肥料の流亡を防止し、水稻の

生育、収量を高め得ることを認めた。

IV 摘要

乾田直播栽培は代掻しないので漏水が多く水の利用、養分の流亡防止の目的で1963年は畦畔滲透防止法、1963年から1965年の3ケ年は垂直滲透防止法について試験を行ないつぎの結果をえた。

1 畦畔滲透は防止資材の黄金板とビニルテープの比較ではビニルテープが漏水少ない。使用方法は鋤床埋設では十分でなく25cm鋤込み(鋤床下10cm)が漏水少ない。

2 垂直滲透防止はローラー鎮圧が効果高く、中・大型機の体系では1トンローラー、小型機の体系ではテイラー(カゴ車輪に鉄板被覆)でも効果がみられた。

3 堆肥、大谷石粉施用後のローラー鎮圧は保肥的效果が加ってもっとも多収であった。

4 漏水を防止することにより水温が高まり土壌中の $\text{NH}_4\text{-N}$ の流亡が少なく、水稻の生育は促進し収量が高まった。

V 参考文献

- 1 石川次郎・鶴見晏司・阿部秀男(1960) 栃木農試研報 3: 51~57
- 2 腰塚 敏(1966) 農業技術 21. 8: 365~368
- 3 小泉順三(1967) 農業及園芸 42. 12: 1791~1794
- 4 佐藤文夫(1968) 栃木農試研報 12: 141~158
- 5 水稻直播栽培地帯別耕種基準(1963) 農林水産技術会議 78~79
- 6 栃木農試成績書(1963~1965) 種芸部研究資料 5: 13: 14
- 7 中山治彦・江口利雄(1965) 農業技術20. 3 139~142