

那須野ヶ原における開田工法の研究

阿部秀男・長谷川 勲・石川次郎

I 緒 言

栃木県の北部、那須野ヶ原の畑地帯には戦後水田造成による経営改善が盛んに行なわれているが、これら地域の大部分は下部に礫層を有し、作土は軽しような火山灰土よりなる。しかも地下水が極めて低い上に水利に恵まれない等開田地としての条件は極めて悪い。したがって永久施設化される開田工事の施行に当っては、漏水防止による灌漑水の節約、地水温の上昇、早期老朽化の防止などの増産手段は最も重要と考えられるので鋤床層への客土、床締法をとり上げた開田試験を1955～59年の5ヶ年間実施した。その結果一応の結論を得たので今後の水田造成のための参考資料に供し、ここにその成績を報告する。

II 試 験 方 法

1. 試験年次 1955～1959年
2. 試験圃場 栃木農試、黒磯分場内に1955年2月畑から開田した水田で、表土は礫に富む黒ぼくの砂壤土で下層は礫層となり、地下水は約24米で著しく低い。なお客土は近くの下層土である赤土を用いた。供試土壌の理学的性質は次の如くである。

器械分析（国際公定法）

項目 土壌別	器械分析（国際公定法）					土性
	粗砂	細砂	砂合計	微砂	粘土	
表 土	38.36	29.59	67.97	19.86	12.17	S L
客 土	2.05	46.81	48.86	31.17	19.97	C L

3. 耕種概要 4月15日播、保温折衷苗代、田植期は5月25日、栽植密度は m^2 当り22.2株、畦巾30cm、株間15cm、1株5本植、本田施肥量は a 当りN(硫酸)0.62kg(内0.16kgは穂肥) P_2O_5 (過石) K_2O (塩加)0.78kg、堆肥113kgを施用した。供試品種は農林24号、一区面積 $50m^2$ 2連制、
4. 試験区の構成 客土量を15cmと5cmとし地盤上に客土を行ない約400kgのコンクリートローラーを用い往復法により10回転床締を行なった標準床締区と地盤上に a 当り75kgの落葉を敷込みその上に客土を行ない標準法によって床締を行なった落葉敷込みと、地盤上に客土を行ない灌水、耕起、攪拌し大きい亀裂の生じないうちに表土を搬入した盤練区を設けた。なお表土は各区とも18cmとした。

III 試 験 結 果

1 開田作業の工程

各区の開田作業所要時間は第1表に示した。客土に用いた赤土は開田地より約100米離れた地点からリヤカーで搬入した。

第1表 開田作業所要時間 (hr/a)

番号	区 名	客土	落葉敷込	ローラー 床 締	盤 練	表土搬入	合計	比率
1	客土15纏 標準床締	67.2		7.2		40	114.4	161%
2	客土15纏 落葉敷込	67.2	1.6	7.2		40	116.0	163
3	客土15纏 盤 練	67.2			10.4	40	117.6	165
4	客土 5纏 標準床締	24.0		7.2		40	71.2	100
5	客土 5纏 落葉敷込	24.0	1.6	7.2		40	72.8	102
6	客土 5纏 盤 練	24.0			10.4	40	74.4	104

この場合の開田作業はそのほとんど人力をもって施行した。 a 当りの所要時間は客土量の多少によって差を生じ、客土5纏区では客土15纏区の約60%に止まった。また床締法の区間では標準床締区に対し落葉敷込

区は落葉材料75kgの敷込に1.6時間が増し盤練区は3.2時間増となった。

2. 床締後の客土土壌硬度

土壌硬度の測定は山中式硬度計を用いた。その結

果は第2表の如くである。

第2表 床締後の客土土壌硬度

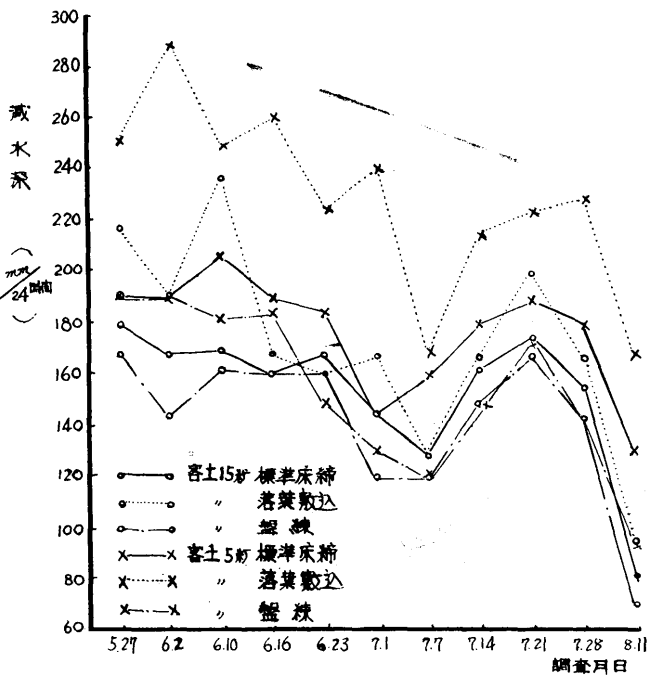
番号	区名	硬度 (kg/cm ²)
1	客土15種 標準床締	2,432
2	客土15種 落葉敷込	2,204
3	客土15種 盤練	1,824
4	客土5種 標準床締	1,596
5	客土5種 落葉敷込	1,368
6	客土5種 盤練	1,216
比較	客土15種 無床締	0,129

床締法の区間では標準床締区が最も硬く、落葉敷

込区がこれにつき、盤練区は最も軟かい値を示した。なお客土量と硬度との関係はいずれの床締法の場合も客土量の多い15種区が硬いことが明らかである。比較区である客土15種無床締区は他区に比べて極めて軟かい値を示し床締の効果が明らかに窺われる。

3. 減水深

減水量を比較するために、田植直後から7日おきに出穂期頃まで減水深を測定した。開田初年目の時期別減水深は第1図の如くであり、さらにその後同様に測定した年間減水深の総平均について年次別に示したのが第3表である。



第1図 時期別減水深

初年目の時期別減水深をみると各区間の差は田植直後から明らかに現われている。稲作期間を通してみると減水深は初期に多く次第に減少しているが、穂ばらみ期に再び増大し出穂後急減し2つのピークを形成している。後期のピークは稲体よりの蒸散量の増大が強く影響しているものと考えられ、2年目以後もほぼ同様な傾向が認められた。

減水深の年間平均によって年次による推移をみると初年目が最大で、2年目から4年目まではやや減じ、5年目から急減している。まず客土量との関係を見ると、客土5種に対し15種の場合は減水深の5ヶ年平均で標準床締区では20%、落葉敷込区では25%、盤練区では20%とともに少なく、客土量の多少によって大差がみられ、処理間の平均では客土15種は5種に比べ22%漏水が少なかった。

第3表 年次別減水深 (mm/day)

番号	区名	1955		1956		1957		1958		1959		5ヶ年平均	
		減水深	標比	減水深	標比	減水深	標比	減水深	標比	減水深	標比	減水深	標比
1	客土15種 標準床締	148	86%	86	71%	111	89%	107	78%	72	78%	105	80%
2	客土15種 落葉敷込	167	96	123	101	138	101	165	120	74	80	133	100
3	客土15種 盤練	140	81	120	99	128	94	122	88	68	74	116	87
4	客土5種 標準床締	173	100	122	100	137	100	138	100	92	100	132	100
5	客土5種 落葉敷込	220	127	168	138	170	124	205	149	121	132	177	134
6	客土5種 盤練	155	90	139	114	149	108	186	135	90	98	145	109

標比は客土5種標準床締区を100とした比率である。

次に床締法については客土15種の場合5ヶ年平均で標準床締区に対し落葉敷込区は27%、盤練区は11%多かった。客土5種は落葉敷込区が34%、盤練区が9%多となり、床締法の区間差は客土量の少ない場合ほど明瞭に現われた。そして客土の厚さにかかわらず減水量は落葉敷込区が最も多かった。なお開田初年目に漏水防止効果の最も優れていた盤練区が2年目以降その効果が著しく弱まり漏水の増大をみたことは注目すべき変化であった。

4. 水温並びに地温の上昇効果

水田水温並びに5種地温について田植直後から8月末まで1955~56年は連日、1957~59年は7日毎に観測を行なった。ここでは代表的な例として1956年における15時水温調査の結果だけを第4表にかかげた。

第4表 水田水温(°C)

年次	月	客土15種	客土15種	客土15種	客土5種	客土5種	客土5種
		標準床締	落葉敷込	盤練	標準床締	落葉敷込	盤練
一九五六年	6	25.0	24.1	25.1	23.3	22.1	22.6
	7	26.8	26.5	27.1	25.9	25.2	26.5
	8	29.5	29.3	29.5	29.5	29.6	29.9

漏水量の減少に伴ない影響をうける水温の区間差は10時観測よりも15時観測において明瞭にみられた。1955年は試験田と取水位置の距離の相違によって差を生じ、客土量の相違による水温差がみられなかったが、処理間では標準床締に比較して盤練区は高く落葉敷込区は劣った。1956年の6月において客土5種に対する客土15種の場合をみると標準床締区で1.7°C、落葉敷込区で2.0°C、盤練区で2.5°Cとそれぞれ高くなっ

ている。床締法間では客土15種の場合は標準床締区に比べて盤練区は大差なく落葉敷込区が0.9°C低く、客土5種は標準床締区が最も高く盤練区が0.7°C、落葉敷込区が1.5°Cと共に低い。初年目に客土量に関係なく盤練区が最もすぐれ、標準床締、落葉敷込の順であったが2年目は落葉敷込区が最も劣った点は共通であるが盤練区の水温上昇効果が相当減少してきたことが特に客土量の少ない場合に歴然と示された。これは全く減水深調査における変化に符節を合せた様な結果である。

なお地温の上昇効果は水温とほとんど同じ傾向を示したが、処理による区間差は水温の場合より縮小された。

5. 生育並びに収量

田植後15~20日頃を第1回として、7月下旬まで4回、草丈、莖数について調査したがその数値は老大となるため省略した。出穂、成熟期並びに収穫物調査の結果は第5表に示した。

草丈、莖数は生育全期を通じ客土15種は5種よりまさり、床締法は初年目は盤練区が最もよく標準床締区がこれにまさり落葉敷込区が劣った。2年目以後は客土量に関係なく標準床締区がまさり落葉敷込区と盤練区は劣った。

成熟期における稈長は草丈の場合とほぼ同傾向で客土15種は客土5種よりやや高く処理間では開田初年目は客土量の多少にかかわらず落葉敷込区が低く、2年目以後は客土15種は大差なく客土5種は標準床締区がまさった。

穂数は開田3年まで客土15種が多く、以後は明らかでなく処理間については開田初年目は落葉敷込区が客

第5表 出穂、成熟期並びに収穫物調査

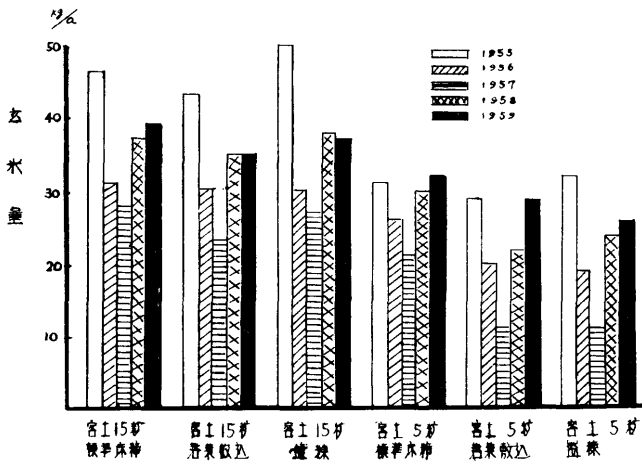
年次	番号	区名	出穂期	成熟期	稈長	穂長	m ² 当り穂数	一穂粒数	a当り全重	収量比	a当り玄米重	同比	玄米干粒重
			月日	月日	cm	cm	本	kg	%	kg	%	g	
1955	1	客土15種 標準床締	8.4	9.27	85	18.3	355	92.7	102.36	127	45.64	148	24.1
	2	" 落葉敷込	8.4	9.29	83	18.0	324	86.2	96.20	130	43.48	141	23.3
	3	" 盤練	8.4	9.27	86	18.5	402	97.7	115.29	117	50.25	163	24.5
	4	客土5種 標準床締	8.5	9.27	79	17.9	369	86.5	73.51	124	30.89	100	23.5
	5	" 落葉敷込	8.15	9.30	76	17.6	220	83.0	71.28	120	29.15	94	22.6
	6	" 盤練	8.4	9.25	79	18.1	282	87.8	75.78	122	31.72	103	22.4
1956	1	客土15種 標準床締	8.6	9.28	69	17.4	322	80.7	67.80	131	30.67	119	22.9
	2	" 落葉敷込	8.7	9.29	70	17.2	302	78.1	66.98	137	29.79	116	22.6
	3	" 盤練	8.7	9.29	70	17.6	284	75.1	65.86	141	29.98	117	22.4
	4	客土5種 標準床締	8.9	9.28	68	17.1	262	72.2	59.53	130	25.73	100	22.0
	5	" 落葉敷込	8.12	10.2	64	17.9	260	73.1	49.19	126	20.02	79	21.0
	6	" 盤練	8.11	9.30	64	17.4	264	62.8	45.84	129	19.10	74	21.3

年次	番号	区	各	出穂期成熟期		稈長 cm	穂長 cm	m ² 当り 穂数	一穂 粒数	a当り 全重 kg	籾率 %	a当り 同 玄米重 kg	同 標 比 %	玄米 干粒重 g
				月日	月日									
1955 ~ 1959 平均	1	客土15種	標準床締	8.8	9.24	77	18.0	282	86.6	80.94	124	31.16	130	23.4
	2	"	落葉敷込	8.8	9.20	76	17.5	271	84.8	75.63	126	33.28	120	23.2
	3	"	盤練	8.9	9.19	78	17.4	289	88.5	79.71	122	35.51	126	23.3
	4	客土5種	標準床締	8.12	9.26	73	17.1	247	80.6	65.19	123	28.05	100	23.2
	5	"	落葉敷込	8.16	9.29	69	17.4	226	80.8	55.79	111	22.19	78	22.1
	6	"	盤練	8.11	9.27	70	17.2	240	77.5	55.10	117	22.39	80	22.2

土量には関係なく少なかったが、それ以後は客土15種は大差なく客土5種は落葉敷込区がやや少なかった。

出穂期は客土5種に対して客土15種は3~4日早まった。床締法の区間では客土15種は標準床締区に対して落葉敷込区、盤練区、ともに1~2日おくれ、客土5種は標準床締区に対して落葉敷込区が4~5日盤練区が1~2日おくれた。成熟期も出穂期と同傾向であったが、特に客土5種落葉敷込区の遅延が大となった。

a当り玄米重は第2図に示した。開田初年目の1955



第2図 年次別収重

年は客土15種に対して客土5種の収量比は標準床締区が68%、落葉敷込区が64%、盤練区が70%で客土15種に対して30~35%の減収となった。床締法の区間差は客土15種は標準床締区に対して落葉敷込区は95%でやや劣り、盤練区は110%でまさり、客土5種では標準

第6表 成分溶脱状況

区名	層位	PH(kel)	塩基置換	置換性		Ca+Mg ×100 CEC	遊離酸化鉄 Fe ₂ O ₃ %	易還元態 マンガン MnOmg/100g
			容量 me/100g	Ca	Mg			
客土15種 標準床締	作土	5.4	17.53	8.95	0.84	55.8	1.66	10.1
	客土	5.3	12.01	6.06	0.65	55.9	2.55	33.3
	下層土	5.2	14.09	4.65	0.65	37.6	2.04	33.8
客土5種 標準床締	作土	5.3	18.23	8.34	0.80	50.1	1.24	8.6
	客土	5.5	12.54	6.99	0.75	61.7	2.61	23.0
	下層土	5.6	17.36	7.51	0.83	48.0	1.94	47.5

床締区に対して落葉敷込区は94%、盤練区は103%で客土15種の場合とほとんど同じ傾向であった。第2年目以後も客土15種と5種では客土15種がまさったが、処理間では客土量の多少に関係なく、初年目により成績を収めた盤練区の生育不振による減収が顕著となり、落葉敷込区とほとんど同収に低下した。

5ヶ年間の平均では客土15種は客土5種に対して処理間の平均で31%の増収となり、床締法では客土15種の標準床締区に対して落葉敷込区が8%の減収で、盤練

区は大差なかった。客土5種は落葉敷込区22%、盤練区20%の減収となり客土量の少ない場合には特に減収が大であった。

6. 成分溶脱状況

ここでは開田5年経過後、試験終了時の客土15種と5種の標準床締区の溶脱量を第6表に示した。

客土15種標準床締区に比べて客土5種標準床締区は作土の置換性Ca、Mgは客土層並びに心土層に溶脱して減少した。遊離酸化鉄は作土層から客土層に減じ、易還元態マンガンは作土と客土層が減じて心土層に溶脱している。

IV 考察

水田の漏水を防止することは、地下水位が低く下層に礫層を有しているこの地帯の土地条件にあっては重要視される問題で、この対策としては造田時の床締があるが、蛸搗という方法はa当り6~10人という多大の労力を要したといわれ、そのため戦前は大部分の農

家では床締は行なわなかった。したがって開田初期は漏水のため水稲の収量が著しく低かったので床締以外の漏水防止対策として開田の際鋤床上に落葉・稻稈類を a 当り60~120kg 敷草とした。これらの効果を明らかにするため床締、客土区を設けた結果、客土量は試験期間中、終始支配的因子となっており客土5種に比べて客土15種は明らかに減水量が少なく、地水温が高く、水稲の生育、収量に極めて好影響をもたらしている。なお客土量の多い場合には床締法の区間差が比較的小さいが客土量の少ない場合はその中が、拡大される傾向を示している。開田初年目には客土量の多少に関係なく盤練区が最もまさり標準床締区がこれにつき落葉敷込区が劣ったが、2年目は盤練区の著しい弱体化が目立ち、その結果地水温の上昇効果も顕著な低下を示し、したがって水稲の生育も大いに抑制されてほとんど落葉敷込区と同程度の低収となったことは注目すべき変化であった。

開田初年目の盤練区の漏水防止効果の高かったのは赤土の客土層に水を添加して練ったために土壌粒子が密になり水の縦滲透を防止したためと考えられ、2年目以後に効果が減少したのは赤土の盤練層の硬度が低く冬期間の乾燥により容易に亀裂を生じたため標準床締区より効果が劣ったためと考えられる。

赤土客土層の下に落葉の敷込を行なったものは5ヶ年ともに客土量の多少にかかわらず漏水が多く、この原因については明らかな考察は下し得ないが、下層土上に敷かれた落葉のために床締効果が不充分であったことは床締後の土壌硬度からもうかがわれる。又落葉を使用したのは作土からの縦滲透を鋤床層で防止するためであったが、しかし実際は逆に落葉層に滲透水が集まり、下層土の大孔隙を通じて排水が行なわれたのではないとも考えられるが真因は明らかでない。

当地帯の開田は1953年頃から多くなり、床締法はローラーで表土を鎮圧する方法がとられたが効果が少なく、続いてトラックによる床締が多かった。その後1958年頃より機械力(ブルドーザー)による造田が採用され人力に比べて能率が高く機械の重量によって同時に床締を完了させている。下層が礫層のところは造田地から出た赤土部分をなるべく鋤床として広げる方法がとられており、戦前の人力開田無床締に比べて著しく改良されて収量の増加が顕著になった。現在ではほとんどブルドーザー利用となり水田面積の増加が急速に進み営農改善に役立っている。

以上のように表土が極めて浅い火山灰土壌で、しかもその下層は漏水性の非常に強い礫層を有している不良条件のもとにおける床締客土の効果が如何に大きいかが発見された。冷涼気象に悩む当地帯での床締客土

は灌漑水の滲透速度を遅緩せしめて著しい用水の節約となり、地水温の上昇効果と養分の溶脱を防止し、水稲作の安定増収を図ることができることを明らかにした。

V 摘 要

栃木県北部の那須野ヶ原における火山灰土壌(下層は漏水性の礫層)の新開田について1955年から5ヶ年間にわたり鋤床層への客土及び床締法の問題をとりあげた開田工法の試験を行ない次の結果を得た。

(1) 漏水量は客土量の多少によって大差がみられ処理間の平均で客土15種は客土5種に比べて22%減少した。床締法については客土15種の場合標準床締区に比べて5ヶ年の平均で落葉敷込区は27%、盤練区は11%多く、客土5種は標準床締区に比べて落葉敷込区は34%、盤練区は9%多かった。開田初年目の漏水防止効果が最もすぐれていた盤練区は2年目以後減水の急増をみた。

(2) 漏水量の減少に伴ない水田の水温、地温は高まり1955年は客土量に関係なく盤練区が最もすぐれ、標準床締区、落葉敷込区の順であったが2年目には6月の15時水温で客土5種に対して客土15種は 2.0°C 高く、床締法間では落葉敷込区は 0.8°C 低く盤練区は 0.2°C 高く、客土5種は落葉敷込区が 1.3°C 盤練区が 0.8°C 低かった。なお地温も概ね同傾向であった。

(3) 水稲の生育に及ぼす影響は草丈、茎数について客土15種は客土5種よりまさり、床締法では開田初年目は盤練区がまさったが、2年目以後は標準床締区がまさり、落葉敷込区は終始劣った。

(4) 収量を5ヶ年平均でみると客土15種は客土5種に対して処理間の平均で31%の増収を示し、床締法では客土15種の場合は標準床締区と盤練区がほぼ同収で落葉敷込区は8%の減収、客土5種の場合は落葉敷込区、盤練区ともに約20%の減収であった。盤練区は開田初年目最多収であったが2年目以後減じた。

(5) 試験終了後における土壌分析の結果、客土15種と5種の標準床締区の比較では客土5種の場合には作土層から苦土、鉄、マンガンの客土層、心土層への溶脱が明らかに認められた。

文 献

- (1) 石川次郎・鶴見晏伺・阿部秀男(1960) 栃木農試研報 3: 51~57
- (2) 関東東山農試 経営部(1961) 研資 25 88~93
- (3) 鳥山国土・佐々木正吉(1956) 青森農試研報 3: 45~51