

第III編 灌がい農地の管理技術

第1章 灌がい技術

Ⅲ-1-A 実証圃場の水田灌がい調査

(1) 目的

実証圃場に造成された水田の適正用水量を把握し、当地域における経済的な節水灌がい技術を確立することを目的とする。

このために実証圃場水田区の各作付期毎に一筆減水深、及び供給用水量測定を継続して行い、その測定結果と土性、水稻生育期別、経年変化等との相関について考察する。

(2) 方法

- ① 一筆減水深は測定杭により一日1～2回の定時測定を行った。
- ② 供給用水量は取入側用水路の水位を一定に保って、末端灌がい施設のパイプからの単位時間流量を実測すると共に、灌がい所要時間を測定することにより、灌がい期間中の各圃場の全供給用水量を算出した。
- ③ 灌がい期間中の降雨量は、畦畔の平均高40cmを田面貯溜可能量の上限とし、又、降雨量1mmを下限として有効雨量を算出した。連続降雨の場合の2日目以降は、前日の有効雨量から通常の日減水深を差し引いた雨量が繰り越されるものとし、これに当日の雨量を加えた値を当日の降雨量として適用した。

(3) 結果

調査の結果については1987年乾期作以降について記載する。

表Ⅱ-1-A-1 1987年暑熱乾期作水田灌がい調査

乾期作

水田区 No	灌がい 面積	作物 品種	栽培 方法	灌がい期間			表土層 粘土、沙含量 (30cm深)	平均 減水深	蒸発量 (4~6月 平均)	用水量		収量	単位用水量 あたり収量
				播種 月日	落水 月日	日数 日間				灌がい期間 m ³	ha当り m ³		
2-1	1,140	IKP	直播	3/15	6/27	105	11.8	19.2	9.3	2,234	19,592	8.9	0.45
2-2	1,140	"	"	3/15	6/27	105	36.6	22.1	"	3,148	27,614	9.0	0.33
3-2	678	"	"	3/10	6/27	110	11.5	21.4	"	1,728	25,487	7.1	0.28
3-3	684	"	"	3/10	6/20	103	4.5	28.1	"	2,412	35,263	5.8	0.16
4-1	642	"	"	3/7	6/26	112	21.6	18.2	"	1,599	24,907	7.1	0.29
4-2	642	"	"	3/7	6/26	112	42.5	15.9	"	1,394	22,484	7.2	0.32
10-1	588	ミネジキ	"	4/18	7/8	82	10.5	22.6	"	2,240	38,095	6.2	0.16
10-2	600	"	"	4/18	7/8	82	10.5	24.8	"	1,492	24,867	5.1	0.21
10-3	567	"	"	4/18	7/9	83	2.8	41.5	"	2,387	42,099	4.8	0.11
10-4	607	"	"	4/18	7/17	91	5.8	49.0	"	3,315	54,613	3.6	0.07

表Ⅲ-1-A-2 1988年自然乾燥期水田灌がい調査

水田区 No.	灌がい 面積 m ²	栽培 品種	栽培 方法	灌がい期間			表土層 (30cm深) の粘土、シ ルト含量 %	代かき用水 mm	灌がい期間 平均 減水深 mm	蒸発量 灌漑期 (間平均) mm/日	用水量		収量 (ha当り) t/ha	単応用水量 当り収量 kg/m ²	備 考
				播種 (移植)	落水	灌がい 日数					灌がい期間 (実測) ha当り m ³	m ³			
3-2	678	KSS	条播	3/17	7/16	122	11.5	112	15.4	9.0	1,209	17,772	9.0	0.51	
3-3	684	"	"	4/5	7/14	101	4.5	152	17.6	"	1,166	17,023	11.6	0.68	
4-1	642	"	撒播	3/10	7/4	117	21.0	120	14.5	"	991	15,360	9.5	0.62	
4-2	642	IKP	"	3/10	7/9	122	42.5	—	13.9	"	914	14,167	8.5	0.60	
9-1	664	"	移植条播 (1/8)	3/18 (4/8)	7/25	109	31.9	116	12.2	"	723	10,845	9.0	0.83	
9-2	660	"	撒播	3/21	7/22	124	—	129	12.4	"	933	14,088	8.9	0.63	
10-1	588	"	"	3/21	7/22	124	10.5	125	13.5	"	876	14,892	10.7	0.72	
10-2	600	"	条播	3/22	7/25	126	10.5	177	13.9	"	861	14,260	9.2	0.65	
10-3	567	"	撒播	3/21	7/25	127	2.8	138	54.1	"	3,116	54,956	8.3	0.15	
10-4	607	"	条播	3/21	7/25	127	5.8	228	34.0	"	2,210	36,409	10.3	0.28	
平均						移植109 撒播119		133	14.1			移植8,048 撒播12,140	9.5	移植0.83 撒播0.62	No.10-3, No.10-4を除く

表Ⅲ-1-A-3 1989年暑熱乾期作水田灌がい調査

水田区 No.	同左 面積 m ²	栽培 品種	栽培 方法	灌がい期間		表土層 (30cm深) の粘土、 シルト含量 %	灌がいの期間 平均減水深 cm	灌がいの期間 の日蒸発量 平均 (3月~6月) mm	供給用水量		収量 (ha当り) t/ha	単位用水量 当り 収量 kg/m ²	備 考
				播種 又は 移植 月 日	灌がい 日数 月 日				灌がいの期間 (実測) m ³	ha 当り m ³			
3-2	681	IKP	撒播	2/23	6/24	122	19.7	9.1	1,505	22,093	8.69	0.39	
3-3	693	"	"	2/23	6/24	122	23.8	"	1,830	26,406	6.15	0.23	
4-1	588	"	"	2/24	6/28	125	14.8	"	967	16,445	9.02	0.55	
4-2	661	"	"	2/24	6/30	127	14.4	"	978	14,785	9.25	0.63	
5-1	500	"	"	3/7	6/30	116	13.4	"	730	14,600	9.91	0.68	
5-2	500	"	"	3/7	6/30	116	13.1	"	698	13,960	8.04	0.58	
9-1	673	"	移植	3/20	6/30	103	11.0	"	640	9,509	7.07	0.74	
9-2	673	"	撒播	3/2	6/26	117	11.8	"	816	12,124	8.47	0.70	
10-1	550	"	移植	3/24	6/30	99	11.5	"	525	9,545	6.06	0.64	
10-2	574	"	"	3/25	6/30	98	12.6	"	608	10,592	6.47	0.62	
9-3	581	ワタがひ	撒播	3/14	7/13	122	15.2	"	958	16,477	—	—	日本品種採種試験、収量測定せず
9-4	624	KSS	"	3/23	7/25	120	17.7	"	1,272	20,352	—	—	現地品種採種試験、収量測定せず
10-4	607	AIWU	移植	3/22	6/28	99	20.1	"	1,237	20,286	—	—	品種比較試験、収量測定せず

表III-1-A-4 1990年冷涼乾期作水田灌がい調査

水田区 No.	同左 面積	栽培品 種	栽培 方法	灌がい期間			表土層 (30cm深) の粘土・ シルト含量	灌がいの期間 平均減水深	供給用水量		収量 (ha当り)	単位用水量 当り 収量	考 備
				播種 又は 移植	落水	灌がいの 日数			灌がいの期間 供給用水量 (実測)	ha当り 用水量			
3-1	1111 ^{m²}	JAYA	撒播	12/6	5/6	152	18.0 %	13.0 ^{mm}	1,953 ^{m³}	17,577 ^{m³}	6.02 ^{l/ha}	0.34 ^{kg/m²}	
3-2	670	I K P	"	12/7	5/6	151	11.5	16.5	1,501	22,364	5.60	0.25	
3-3	686	"	"	12/7	4/30	145	4.5	22.7	1,941	28,144	4.95	0.18	
10-1	550	"	移植	11/24	3/31	128	10.5	11.5	703	12,724	—	—	田植機テスト、収量測定せず

表Ⅲ-1-A-5 1987年雨期作水田かんがい調査

雨期作

水田区 No	灌がい 面積 m ²	作 品 種	栽 方 法	灌 がい 期 間		粘 土 含 量 (30cm深) %	灌 がい 期 間 平均減水深 mm	養 分 量 (9-11月 平均) mm/日	用 水 量		收 量 t/ha	単 位 用 水 量 あたり収量 kg/m ²	
				播 種 日 数	日 間				灌 水 日 数	日 間			灌 水 期間 ha当り
2-1	1,140	JAYA	撒播	8/27	11/29	94	11.8	17.4	6.2	1,524	13,368	5.8	0.43
2-2	1,140	JAYA	"	8/27	11/28	93	36.3	16.1	"	1,487	13,044	4.8	0.37
3-1	1,140	18品種	条播	9/8	12/16	100	18.0	15.2	"	1,228	10,770	—	—
3-2	678	KSS	撒播	8/27	11/29	94	11.5	19.9	"	1,226	18,083	8.4	0.46
3-3	684	KSS	"	8/27	11/28	93	4.5	20.0	"	1,326	19,386	7.2	0.37
4-1	642	KSS	"	8/25	12/1	99	21.6	13.9	"	898	13,988	9.1	0.65
4-2	642	IKP	"	8/25	12/1	99	42.5	15.0	"	869	13,536	9.7	0.72
9-1	664	IKP	移植条播	9/3 (9/22)	12/10	80	31.9	12.5	"	469	7,063	5.2	0.74
9-2	660	KSS	撒播	9/3	12/5	94	—	13.3	"	787	11,923	5.2	0.44
9-3	657	6品種	移植条播	9/3 (9/25)	12/10	77	42.2	12.6	"	453	6,895	—	—
9-4	668	4品種	"	9/3 (9/27)	12/12	77	18.1	15.2	"	525	7,859	—	—
10-1	588	KSS	撒播	9/3	12/6	95	10.5	15.6	"	797	13,554	6.3	0.46
10-2	600	IKP	条播	9/3	12/6	95	10.5	16.5	"	792	13,200	6.5	0.49
10-3	567	KSS	撒播	9/3	12/4	93	2.8	29.6	"	1,223	21,570	5.7	0.26
10-4	607	IKP	条播	9/3	12/12	101	5.8	30.9	"	1,673	27,562	5.6	0.20
平 均								17.6(10-3, 10-4を除く 15.6)				6.5	

III-1-A-G 1988年雨期作水田灌がい調査

水田区 No	灌がい 面積 m ²	栽培品	栽培種	栽培方法	灌がいの期間		表土層 (30cm深) の粘土、シルト含量 %	灌がいの期間 平均減水深 mm	降雨量 (灌がい期 間平均) mm/日	用水量		収量 (ha当り) t/ha	単位用水量 当り収量 kg/m ²	備考
					播種 月日	灌水 月日				灌がいの 日数	ha当り 灌がいの期間 (実測) m ³			
2-1	1,140	IKP	撒播	7/5	10/5	93	11.8	16.1	5.3	1,570	13,768	8.17	0.59	
2-2	1,140	"	"	7/5	10/6	94	36.6	17.6	"	1,659	14,549	8.41	0.58	
3-1	1,232	11品種	移植条播	8/9 (9/2)	11/30	90	18.0	9.7	"	989	8,020	6.00	0.76	
3-2	677	KSS	撒播	9/22	12/30	100	11.5	12.9	"	821	12,120	-	-	バッタ被害により中止
3-3	707	"	"	9/22	12/30	100	4.5	12.3	"	844	11,934	-	-	バッタ被害により中止
4-1	642	"	"	9/21	12/30	101	21.6	11.4	"	672	10,463	-	-	バッタ被害により中止
4-2	682	"	"	9/21	12/30	101	42.5	11.1	"	673	9,866	-	-	バッタ被害により中止
5-1	500	"	"	8/28	12/1	96	---	17.7	"	713	14,260	8.32	0.58	
5-2	500	"	"	8/28	12/1	96	---	18.1	"	746	14,920	9.49	0.64	
9-1	607	"	移植条播	9/23 (10/15)	12/30	77	31.9	10.0	"	383	6,308	-	-	バッタ被害により中止
9-2	609	"	撒播	9/23	12/30	99	---	10.1	"	523	8,587	-	-	バッタ被害により中止
9-3	581	在来3品種	条播	8/10	11/12	95	22.2	13.8	"	662	11,393	-	-	採種栽培
9-4	624	日本4品種	"	8/11	11/2	84	18.1	15.3	"	729	11,678	-	-	採種栽培
10-1-1	342	IKP	移植条播	9/8 (9/28)	12/30	94	10.5	10.2	"	278	8,125	-	-	採種栽培
10-1-2	342	"	"	9/8 (9/29)	12/30	93	10.5	9.8	"	258	7,570	-	-	採種栽培
10-2-1	342	"	"	9/8 (9/29)	12/30	93	10.5	11.3	"	312	9,119	-	-	採種栽培
10-2-2	342	"	"	9/8 (9/29)	12/30	93	10.5	10.8	"	313	9,148	-	-	採種栽培
平均						移植90 撒播96		12.8			移植 8,048 撒播 12,140			

表III-1-A-7 1989年雨期作水田灌がい調査

水田区 No	同左 面積	栽培 品種	栽培 方法	灌がい期間			表土層 (30cm深) の粘土・ シルト含量	灌がいの期間 平均減水深	灌がいの期間 の日蒸発量 平均	供給用水量		収量 (ha当り)	単位用水量 収量	備 考
				播種 又は 移植	落水 日数	灌がいの 日数				灌がいの期間 (実測)	ha 当り			
2-1	1213 ^{m²}	IKP	撒播	7/8	10/2	97	11.8%	16.7 ^{mm}	6.1 ^{mm}	1,727 ^{m³}	14,230 ^{m³}	7.70 ^{l/ha}	0.54 ^{kg/m²}	
2-2	1142	"	"	7/8	10/2	97	36.6	15.1	"	1,587	13,448	9.20	0.68	
3-1	400	4品種	移植	7/31	10/21	82	18.0	9.4	"	298	7,450	8.28	1.11	品種比較試験
4-1	588	IKP	移植	8/25	11/20	88	21.6	11.0	"	563	9,571	7.60	0.79	
9-1	673	"	"	9/28	1/10	105	31.9	11.1	"	744	11,011	4.24	0.38	
9-2	673	"	撒播	9/8	12/29	113	—	10.1	"	544	8,051	7.20	0.89	
9-3	581	3品種	移植	9/20	12/29	101	22.2	11.4	"	541	9,305	—	—	日本品種採種試験
9-4	624	KSS出	"	9/22	12/29	99	18.1	10.9	"	531	8,496	4.95	0.58	現地品種採種試験
10-1	550	IKP	"	8/23	10/31	70	10.5	11.2	"	413	7,475	5.97	0.79	
10-2	574	"	"	8/23	10/31	70	10.5	12.2	"	480	8,352	6.56	0.78	

(4) 考 察

調査期間中の減水深測定値の変化をみれば、経過日数と共に減少する傾向が明らかであり、又、同一圃場における前作期測定値と比較しても少なく、灌がいを重ねていくことに従い減水深は減少する傾向がみられた。

1987年乾期作の調査結果では15.9mm/day～49.0mm/day、1987年雨期作では12.5mm/day～30.9mm/day、1988年乾期作では12.2mm/day～54.1mm/day、1988年雨期作では9.7mm/day～18.1mm/day、1989年乾期作では11.0mm/day～26.1mm/day、1989年雨期作では9.4mm/day～16.7mm/day、1990年乾期作では13.0mm/day～22.7mm/dayの範囲にあり、総体的にみて、灌がい期間内での日数経過による減少傾向と前期の測定値と比較して、灌がいを重ねていくことによって減少する傾向は明らかである。又、これら測定値の傾向は土性との相関が大きく、土壤に粘土、シルト含量が多い程、測定値の減少傾向が大きくなっている。

例えば1988年の乾期作及び雨期作での調査結果からみると表土層（30cm深）での粘土、シルト含量と灌がい期間中の平均日減水深の傾向は大凡表Ⅲ-1-A-8のとおりである。

表Ⅲ-1-A-8 表土層の粘土、シルト含量と日減水深の傾向

表土層の 粘土、シルト含量	日 減 水 深	
	範 囲	平 均
30 ～ 40%	11.1 ～ 13.9mm/day	12.5 mm/day
7 ～ 29	13.0 ～ 15.3	14.2
3 ～ 6	17.6 ～ 34.0	25.8
3 >	35.0 ～ 54.1	44.5

1988年までの各測定値を比較すれば表Ⅲ-1-A-9の通りである。

表Ⅲ-1-A-9 1988年までの減水深測定値経過（灌がい重ね効果）

水田区 No.	表土層での 粘土、シル ト含量	1987年 乾 期	1987年 雨 期	1988年 乾 期	1988年 雨 期	同左の1987 年 乾 期 に 対する比率
	%	mm/day	mm/day	mm/day	mm/day	%
2-1	11.8	19.2	17.4		16.1	83
2-2	36.3	22.1	16.1		17.6	79
3-1	18.0		15.2		9.7	
3-2	11.5	21.4	19.9	15.4	12.9	60
3-3	4.5	28.1	20.0	17.6	12.3	44
4-1	21.6	18.2	13.9	14.5	11.4	62
4-2	42.5	15.9	15.0	13.9	11.1	70
9-1	31.9		12.5	12.2	10.0	
9-2	-		13.3	12.4	10.1	
9-3	42.2		12.6		13.8	
9-4	18.1		15.2		15.3	
10-1	10.5	22.6	15.6	13.5	10.0	44
10-2	10.5	24.8	16.5	13.9	11.1	45

減水深が日数経過或いは灌がいを重ねるに従って減少する理由として次のことが考えられる。

- i) 灌がいの経過と共に土壤中の微粒子が水分吸収により膨潤し、粗粒子の間隙を充填することにより土壤自体に浸透抑制層を形成する。
- ii) 表土層に含まれる粘土、シルト等の土壤微粒子が代かきやレベリング作業により水中に拡散され、時間の経過と共に水田表面に沈澱堆積し、透水係数の小さい層が形成され浸透を抑制する。
- iii) 灌がい用水自体に含まれる土壤微細粒子や素掘り用水路流下中に発生する水路侵食による微細粒子、或いは当地域に特有の強風による流砂現象や大気中の土砂微粒子が田面に落下し、水田面に次第に沈澱堆積し皮膜状の層が形成され浸透を抑制する。

III-1-B 畑地における灌がい方法と灌がい計画

1. 灌がい方法

畑地灌がい方法としては、①表面灌がい、②散水灌がい、③点滴灌がいとあるが、F/S調査の結果に従い、セネガル国、特にセネガル川流域において一般的に行われている畦間湛水灌がいを中心にし、ボーダー灌がいも併せて実証調査を行った。

1-1 畦間湛水灌がい

セネガル川流域における畦間灌がい法は一般的な畦間法とは異なり、10数本の畦間を上流部と下流部でつなぎ、同時に灌がいし、最終的にすべての畦間に灌がい水を湛水させる、畦間湛水法ともいう方法である。

本方法は、一般的な方法と較べて以下のような利点があげられる。

- ① 一般的な畦間灌がい法では余剰水を流下させるが、本方法では湛水させるため、灌がい効率が良く、節水効果がある。
- ② 一般的な方法では各畦間一本一本に灌がい水を均等に入れるための施設を必要とするが、本方法では同時に灌がいするためにその施設を必要としない。

しかし、本方法にて均一に灌がいを行うためには、勾配を緩くすることが必要である。ディエリ土壤において、勾配を緩くして灌がい水が末端迄届くかということが問題点である。

1987年までの時点で、本方法がディエリ土壤でも可能であることがほぼ検証され、1988年よりはじめた作付体系実証調査における畑作のたまねぎ、陸稲以外の作物に導入し、その方法を確立すべく検証した。

その調査の結果、本方法の導入の妥当性がほぼ実証された。

1-2 ボーダー灌がい

セネガル国においては一般的ではないが、たまねぎ等の密植栽培作物に適しているボーダー灌がいについて実証調査を進めた。

1987年迄、たまねぎと陸稲その他を栽培作物にして本方法の導入の可能性について検討してきた結果、たまねぎ栽培には、適用効率は低いながら、収量が多い点から導入は可能である。また、陸稲栽培については、適用効率の面からは導入可能だが、収量が十分でなく問題を残している。

以上の結果を踏まえて、1988年より始めた作付体系実証調査におけるたまねぎ、陸稲栽培に本方法を導入し、その方法を確立すべく検証した。

1988～1989年の調査の結果、たまねぎ栽培に本方法の導入の妥当性がほぼ実証された。

2. 灌がい計画

1987年より、実用的な灌がい計画を導き出すため、計算値に基づいた灌がい計画を作成し、これを適用して検証を行った。

灌がい計画は、作物別、月別に間断日数、日灌がい水量で示される。計画の手順は次の通りである。

① 土壌の有効水分 (%)

土壌の24時間容水量(単位容積に対する容積比)を実測し、深度10cm、30cmの平均を取る。この値を1.84で除した値を永久萎凋点とする。

一般に日本では、土壌の有効水分の下限として、生長阻害水分点を採用する。しかしながら、本圃場の土壌について生長阻害水分点が解っていないので、便宜上24時間容水量と永久萎凋点の差の90%を有効水分として採用する。

② 土壌の有効水分量 (mm)

本調査においては、有効土層を40cmとして調査を進める。よって、400 mmに有効水分を乗じ、土壌の有効水分量とする。

③ 計画日消費水量 (mm/day)

本地域の月別標準日蒸発散量(ET₀)を気象データにより算出する。ET₀に作物係数を乗じ、作物別日蒸発散量(ET_{culture})すなわち作物別日消費水量を算出する。

(FAO「Irrigation and Drainage No.24」において提唱されている方法)

④ 灌がい間断日数

土壌の有効水分量を計画日消費水量で除し、四捨五入して灌がい間断日数とする。

⑤ 計画日灌がい水量 (mm/day)

計画日灌がい水量は、輪番灌がい計画の煩雑さを考慮に入れて、間断日数の同じ月をひとつの単位として、各単位毎に計画日消費水量の平均を作物別に算出した値とする。

⑥ 適用効率 (%)

特に、ボーダー灌がいにおいては、計画日灌がい水量では耕区全体を灌がいでき
ないので、灌がい水が全体に行き渡るまで灌がいし、実際に灌がいた量で計画日
灌がい水量を除し、適用効率を算出した。

灌がい計画により、圃場別（土壌別）、作物別に間断日数、日灌がい水量を算出し、
それを規準値として、第3年次よりはじめた作付体系実証調査の冷涼乾期作にも適用
し検証した。畦間湛水灌がいにおいてはほぼ計画通り灌がいできたが、ボーダー灌が
いにおいては計画通り灌がいは難しく、ある程度の適用効率を見込む必要があ
ることが明らかとなった。

表III-1-B-1 用水量及び間断日数

(1) 用水量及び間断日数一稲 (k c = 1. 2 0) 稲一稲

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
ET _o (mm/日)		4.7	5.3	6.0	6.1	5.8	4.6	5.3	5.0	4.1	4.6	3.8	4.2	
稲	ET _{culture} (mm/日)	5.6	6.4	7.2	7.3	7.0	5.5	6.4	6.0	4.9	5.5	4.6	5.0	
雨 期	日数 (日)								25	30	30	10		
	用水量 (m ³ /ha)								1,500	1,470	1,650	460		5,080
IKP	間断日数 (日)								16.6	20.4	18.2	21.7		
雨 期	日数 (日)								25	30	30	30		
	用水量 (m ³ /ha)								1,500	1,470	1,650	1,380		6,000
Jaya	間断日数 (日)								16.6	20.4	18.2	21.7		
暑 乾 期	日数 (日)		15	30	30	30	10							
	用水量 (m ³ /ha)		960	2,160	2,190	2,100	550							7,960
IKP	間断日数 (日)		15.6	13.9	13.7	14.3	18.2							

* 間断日数は湛水深 10 cm とした時。

(2) 用水量及び間断日数一稲 (k c = 1. 2 0) 稲一畑作物

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
雨 期	日数 (日)						15	25	30	15				
	用水量 (m ³ /ha)						825	1,600	1,800	735				4,960
IKP	間断日数 (日)						18.2	15.6	16.6	20.4				
雨 期	日数 (日)						15	25	30	25	10			
	用水量 (m ³ /ha)						825	1,600	1,800	1,225	550			6,000
Jaya	間断日数 (日)						18.2	15.6	16.6	20.4	18.4			

* 間断日数は湛水深 10 cm とした時。

(3) 用水量及び間断日数—各作物

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計	
ト	ET _o (mm/日)	4.7	5.3	6.0	6.1	5.8	4.6	5.3	5.0	4.1	4.6	3.8	4.2		
マ	ET _{culture} (mm/日)	5.3	6.0	6.8	6.9	6.6	5.2	6.0	5.7	4.6	5.2	4.3	4.7		
ト	日数 (日)	30	28	25									30		
kc	用水量 (m ³ /ha)	1,590	1,680	1,700									1,410	6,380	
1.13	間断日数 (日)	Fondé	11.6	10.3	9.1									13.1	
		Diéri	5.2	4.6	4.0									5.9	
オ	ET _{culture} (mm/日)	4.7	5.3	6.0	6.1	5.8	4.6	5.3	5.0	4.1	4.6	3.8	4.2		
ニ	日数 (日)	30	28	30	10								5		
オン	用水量 (m ³ /ha)	1,410	1,484	1,800	610								210	5,514	
kc	間断日数 (日)	Fondé	13.1	11.7	10.3	10.1								14.7	
		Diéri	5.9	5.2	4.6	4.5								6.6	
馬鈴	ET _{culture} (mm/日)	5.2	5.8	6.6	6.7	6.4	5.1	5.8	5.5	4.5	5.1	4.2	4.6		
	日数 (日)	30										25	30		
	用水量 (m ³ /ha)	1,560										1,050	1,380	3,990	
1.10	間断日数 (日)	5.3										6.6	6.0		
キヤベツ	ET _{culture} (mm/日)	4.7	5.3	6.0	6.1	5.8	4.6	5.3	5.0	4.1	4.6	3.8	4.2		
	日数 (日)	30	28	15									10		
	用水量 (m ³ /ha)	1,410	1,484	900									420	4,214	
	間断日数 (日)	5.9	5.2	4.6									6.6		

(4) 用水量及び間断日数—各作物

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
ET ₀ (mm/日)		4.7	5.3	6.0	6.1	5.8	4.6	5.3	5.0	4.1	4.6	3.8	4.2	
エク ジロ プ トバ ト kc= 0.90	ET _{culture} (mm/日)	4.2	4.8	5.4	5.5	5.2	4.1	4.8	4.5	3.7	4.1	3.4	3.8	
	日数 (日)	30	28	30	30							30	30	
	用水量 (m ³ /ha)	1,260	1,344	1,620	1,650							1,020	1,140	8,034
	間断日数 (日)	6.5	5.7	5.1	5.0							8.1	7.2	
落 花 生 kc = 1.00	ET _{culture} (mm/日)	4.7	5.3	6.0	6.1	5.8	4.6	5.3	5.0	4.1	4.6	3.8	4.2	
	日数 (日)	30	28				30	30	30	30		30	30	
	用水量 (m ³ /ha)			雨	期	作	1,380	1,590	1,500	1,230				5,700
	用水量 (m ³ /ha)	1,410	1,484	冷	涼	乾	期	作				1,140	1,260	5,294
間断日数 (日)	5.9	5.2				6.0	5.2	5.5	6.7		7.2	6.6		
ニ エ ベ kc = 0.90	ET _{culture} (mm/日)	4.2	4.8	5.4	5.5	5.2	4.1	4.8	4.5	3.7	4.1	3.4	3.8	
	日数 (日)	30	5				15	30	30	15	5	30	30	
	用水量 (m ³ /ha)			雨	期	作	615	1,440	1,350	555				3,960
	用水量 (m ³ /ha)	1,260	240	冷	涼	乾	期	作			205	1,020	1,140	3,865
間断日数 (日)	6.5	5.7				6.7	5.7	6.1	7.4	6.7	8.1	7.2		
ト モ ロ コ シ kc = 1.10	ET _{culture} (mm/日)	5.2	5.8	6.6	6.7	6.4	5.1	5.8	5.5	4.5	5.1	4.2	4.6	
	日数 (日)	30	28	15			15	30	30	30	15	20	30	
	用水量 (m ³ /ha)			雨	期	作	765	1,740	1,650	1,350	765			6,270
	用水量 (m ³ /ha)	1,560	1,624	990	冷	涼	乾	期	作			840	1,380	6,394
間断日数 (日)	5.3	4.7	4.2			5.4	4.7	5.0	6.1	5.4	6.6	6.0		

(5) 用水量及び間断日数—各作物

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計	
ET _o (mm/日)	4.7	5.3	6.0	6.1	5.8	4.6	5.3	5.0	4.1	4.6	3.8	4.2		
甘 し よ = 1.10 ソ ル ガ ム = 1.05	ET _{culture} (mm/日)	5.2	5.8	6.6	6.7	6.4	5.1	5.8	5.5	4.5	5.1	4.2	4.6	
	日数 (日)	30	28	15		15	30	30	30	10	5	30	30	
	用水量 (m ³ /ha)		雨	期	作	960	1,530	1,740	1,650	450				6,330
	用水量 (m ³ /ha)	1,560	1,624	990	冷	涼	乾	期	作		255	1,250	1,380	7,059
	間断日数 (日)	5.3	4.7	4.2		4.3	5.4	4.7	5.0	6.1	5.4	6.6	6.0	
ET _{culture} (mm/日)	4.9	5.6	6.3	6.4	6.1	4.8	5.6	5.3	4.3	4.8	4.0	4.4		
日数 (日)	30	20				25	30	30	10	5	30	30		
用水量 (m ³ /ha)		雨	期	作		1,200	1,680	1,590	430				4,900	
用水量 (m ³ /ha)	1,470	1,120		冷	涼	乾	期	作		240	1,200	1,320	5,350	
間断日数 (日)	5.6	4.9				5.7	4.9	5.2	6.4	5.7	6.9	6.3		

III-1-C 実証圃場におけるインタークレート及び24時間容水量

インタークレート (I b) 及び24時間容水量 (容積比) の調査結果は、以下のよう
 になった。

表III-1-C-1 インタークレート (I b) 及び24時間容水量 (容積比)

測点	調査項目 調査時期	I b 調査 (mm/hr)	24時間容水量 (%)		
			深度 10cm	深度 30cm	深度 60cm
1-1	61年度乾期作付前	38	3.5	20.1	1.5
	62年度乾期作付前	34	21.6	12.2	15.4
	63年度乾期作付前	—	—	—	—
1-2	61年度乾期作付前	6	17.5	8.0	1.9
	62年度乾期作付前	31	21.0	10.4	15.8
	63年度乾期作付前	49	14.2	15.3	16.2
1-3	61年度乾期作付前	14	13.4	11.2	9.5
	62年度乾期作付前	47	13.6	10.9	24.4
	63年度乾期作付前	36	13.3	17.4	19.2
5-1	63年度雨期作付前	27	20.9	29.3	5.8
	63年度乾期作付前	11	27.2	31.5	28.4
5-2	63年度雨期作付前	25	22.2	24.9	5.6
	63年度乾期作付前	5	25.7	27.0	22.5
6-1	63年度雨期作付前	27	25.7	28.0	18.2
	63年度乾期作付前	5	20.6	28.6	24.0
6-2	63年度雨期作付前	26	17.9	28.9	13.8
	63年度乾期作付前	18	18.3	23.7	18.7
6-3	63年度雨期作付前	27	24.7	28.5	15.0
	63年度乾期作付前	5	25.6	21.2	23.6

III-1-D 畦間湛水灌がいに関する調査

1. 目的

畦間灌がいは、末端を排水路につなぎ、余剰水を排水しながら灌がいが一般的である。しかし、本調査においては、節水灌がいという基本方針で、前述のようにセネガル川流域で一般的な畦間湛水灌がい、即ち10本程の畦間を上流部と下流部をつなぎ、同時に灌がいがし、すべての畦間に灌がい水を湛水させる方法の可能性について実証調査する。

ただし、灌がい水の畦尻までの到達時間等を調べるために、各畦間に独立して灌がいがいする方法も実施する。

2. 畦間湛水灌がいを行う耕地の形状

本調査は 1986/87年及び 1987/88年に行った。

表III-1-D-1 畦間湛水灌がい調査諸元 (1986/87年)

	1 — 1		1 — 2		1 — 3	
	A	B	A	B	A	B
勾配	1/1000	1/1000	1/ 500	1/ 500	1/ 250	1/ 250
長さ (m)	40	30	40	30	40	30
畦間隔 (cm)	80	80	80	80	80	80
灌がい面積 (m ²)	448	408	480	360	480	360
	畦間をつなぐ		畦間を独立			

表III-1-D-2 畦間湛水灌がい調査諸元 (1987/88年)

	1 — 1		1 — 3	
	A	B	A	B
勾配	1/5000	1/5000	1/ 250	1/ 500
長さ (m)	40	30	40	40
畦間隔 (cm)	70	70	110	110
灌がい面積 (m ²)	392	294	528	528
	畦間をつなぐ		畦間を独立	

(1) 1-1 号圃 (上流部と下流部で畦間をつなぐ方法)

1) 方法

1号圃の上流部の支線用水路を作り、そこからビニールホースを使ったサイフォンにより畦間灌がいを行う。サイフォンからの流量を一定にするため、水位を保つための越流堰を、用水路の下流部に設置した。

各圃場とも灌がい24時間後の容水量、次に灌がい前の容水量を実容積測定器により測定した。畦長40cmでは5m、20m、35mの各地点、畦長30mでは、5m、15m、25mの各地点にて採土。

1986/87年(作物:ニエベ、期間:1986年11月~1987年4月)

灌がい時間及び灌がい水量は、その時の作物の状況により変化させ、又、作物の状況、土壤水分の動きを知るために、間断日数を適宜変えて調査を行った。

1-1-A、1-1-Bともに2月24日から収穫を始め、4月10日の灌がいをもって終了した。

1987/88年(作物:とうがらし、期間:1987年10月~1988年10月)

定植にさきだって、12月11日に第1回灌がいを行った。第1回灌がいを行ないながら、横断方向の水平化を人力により行った。12月18日の1-1-Aの定植前に第2回灌がいを行い、定植後もう一度灌がいを行った。1-1-Bについては、1988年1月15日に定植した。

2) 結果と考察

① 灌がい時間

1986/87年

水足が予想以上に速く、畦末端側が灌がい過剰ぎみになった。よって、灌がい毎に流量を調整したので、到達時間にも不整が生じた。到達時間が短いと畦の中央部等全域を灌がいしている間に畦末端部が過剰灌がいとなってしまうので、到達時間を長くするために、流量を少なくして調整した。

このような状況になった理由としては、同一耕区内の畦間の勾配、高さが不均一であったことが考えられる。

本方法で灌がいをする場合、畝立て時に均一な畝を作ることが大事な条件となると
 思われる。対策として、第1回灌がい時に流量を少なくし、水足を遅くして、その水
 の流れの状態をみて畦間の再整形を行う。

1987/88年

表Ⅲ-1-D-3 畦間到達時間(1-1耕区) (分)

項目		灌がい時間		最速到達時間		全域到達時間		(2) - (1)	
		86/87	87/88	86/87	87/88	86/87	87/88	86/87	87/88
1-1-A	第1回	48.5	107	9	17	49	58	40	41
	第2回	48.5	35	9	11	23	28	14	17
1-1-B	第1回	43.0	80	12	11	42	55	30	44
	第2回	44.0	26	10	9	29	22	19	13

1987/88年調査結果の最速到達時間と全域到達時間の差を第1回灌がいと第2回灌
 がいで較べてみると、第1回が41分、44分、第2回が17分、13分と半分以下に減少し
 ている。これは横断方向の水平化の効果が大きいと思われる。この差が短い程、より
 均一な灌がいになるので、第1回灌がい時の横断方向の水平化は本方法を採用するに
 あたり、組み入れなければならない重要な工程のひとつとなろう。

この差を 1986/87年と比較してみると、同様な傾向が現われている。又、値も1-1-
 A ではほぼ同じ、1-1-B では 1987/88年の方が14分も大きいにもかかわらず、観察の結
 果では、2年次の方が下流部が過剰灌がいになることもなく、より均一に灌がいされ
 ていた。これは、今年度は勾配を1/5000と水平に近くしたためと思われる。

第3回以降の灌がいにおける上記到達時間の差を見ると、1-1-A, Bでそれぞれ約13
 分、10分の時間で平均している。

1-1-A, Bにおいて、純灌がい水量を灌がいするのに必要なそれぞれ35分、26分で全
 面積を灌がいできたので、適用効率は1.0ということになった。

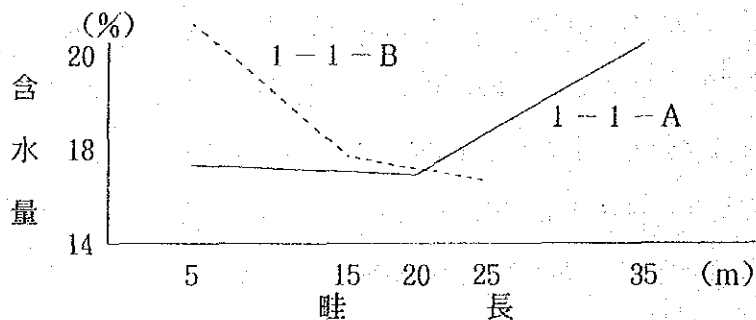
② 灌がい後の土壌含水量

1987/88年

表Ⅲ-1-D-4 月別灌がい後の含水量（容積比）

(%)

試 験 区	1-1-A (40m)			1-1-B (30m)		
	5 m	20m	35m	5 m	15m	25m
1月23日測定 平均	19.3	20.8	22.7	17.6	16.4	12.1
3月2日測定 平均	16.4	17.0	20.2	19.8	18.0	13.2
4月4日測定 平均	16.7	16.6	23.1	23.1	20.4	19.0
5月4日測定 平均	15.3	14.5	20.0	19.3	15.8	18.3
6月3日測定 平均	13.8	12.6	15.2	23.8	18.5	17.5
7月6日測定 平均	18.1	16.7	19.3	21.4	15.7	13.8
8月11日測定 平均	18.3	18.0	23.2	22.4	19.9	20.1
9月24日測定 平均	23.3	19.0	22.5	22.5	18.0	16.1
平 均	17.7	16.9	20.8	21.2	17.8	16.3



図Ⅲ-1-D-1 灌がい後の含水量の平均

表Ⅲ-1-D-5 第2回灌がい後の含水量（容積比）

(%)

試 験 区	1-1-A			1-1-B		
	5m	20m	35m	5m	15m	25m
1987/88年 平均	14.1	14.3	11.3	16.1	14.3	10.4
1986/87年 平均	12.2	12.9	19.1	16.5	17.1	18.6

第2回灌がい後の含水量をみると、1987/88年においては、下流側が過剰灌がいにならなかった。これは勾配を1/5000と緩いものにしたため、一度下流まで下った水が相当上流迄逆流した事によるものと推察される。しかし、その後灌がいを重ねていくに従って、1-1-Aの方では、下流側の含水量が大きくなってきている。1-1-Bにおいては、全体的に含水量は大きくなっているが、下流側の含水量の方が小さくなっている。

年間の平均をみると、1-1-Aでは畦尻の含水量が大きく、1-1-Bでは畦頭の含水量が大きいう逆の結果がでた。

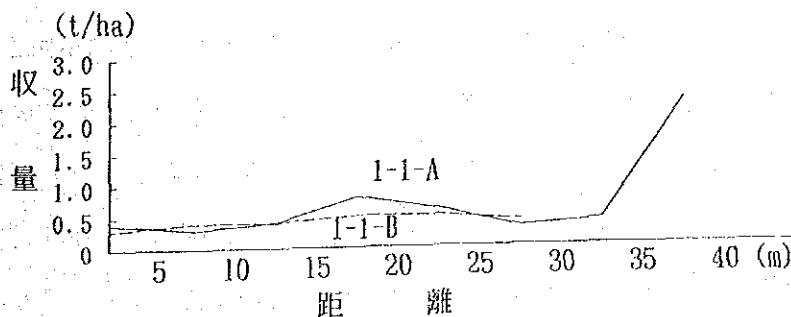
③ 収穫量及び灌がい水量

1986/87年 (参照 図Ⅲ-1-D-2)

ニエベが結実し始めた時期に、ネズミ、ウサギ、コオロギによる被害が大きく、収穫期になる以前に相当部分が被害を受けたので、灌がい条件との関連を知るために、途中で青刈りを実施した。しかし、調査後半に入って、小動物や虫等の被害が無くなったので、作物の一部は収穫適期迄残して収穫した。

総収穫量としては、上記の理由もあり一般の収量に比して極端に少ない。ha当たり1-1-Aで0.4t、1-1-Bで0.3tとなった。若し100%発芽したとしても、それぞれ0.7t、0.4tと推察される。

灌がい条件との関連をみると、1-1-Aでは、畝の上下流端と中間部の収量に特に大きな差は認められなかったが、比較的中央部の収量が大となっている。この点については、距離による土壌含水量調査結果からみて、上下流が灌がい過剰のために収量が下がったことが考えられる。

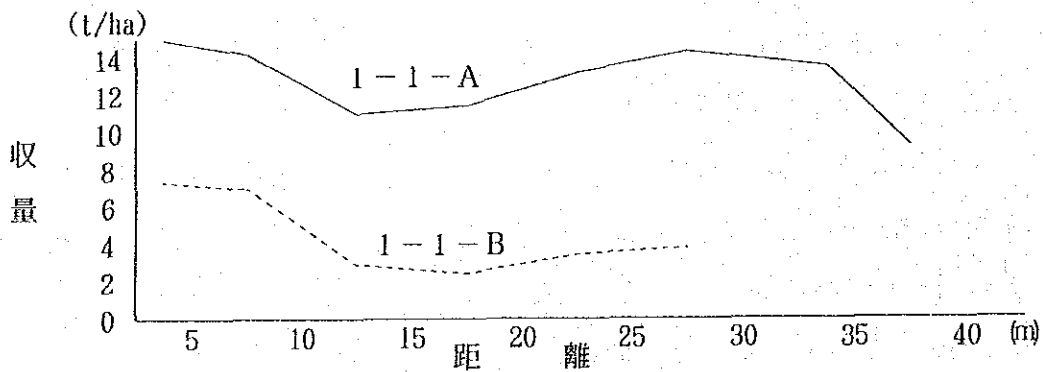


図Ⅲ-1-D-2 距離別収量 (発芽率 100%)

表Ⅲ-1-D-6 トウガラシ収量

(t/ha)

距離	0～ 5m	5～ 10m	10～ 15m	15～ 20m	20～ 25m	25～ 30m	30～ 35m	35～ 40m	全体
1-1-A	15.0	14.3	11.0	11.5	13.2	14.3	13.7	9.2	13.0
1-1-B	7.5	7.0	2.9	2.5	3.6	3.8	—	—	4.6



図Ⅲ-1-D-3 距離別収穫量

灌がい水量 1-1-A : 24,630m³/ha

1-1-B : 23,740m³/ha

収量は、1-1-A で 13.0 t/ha, 1-1-B で 4.6 t/ha という 1 年間の結果がでた。1-1-A と 1-1-B の収量では 3 倍近い開きが出たが、これは畦長の違いという要素よりも、1-1-B に定植した苗が 1-1-A に比較し、一ヶ月遅れの不良苗だったことが原因と考えられる。又、その他の要因として、1-1-A は防風林の横で午前中比較的涼しい環境で作られたというのも一要因であろう。畦長毎の収量を比較してみると、傾向としては、1-1-A、1-1-B とも似たような結果となった。すなわち、0～10m で比較的多く、10～20m で少なく、20～30m で上昇し、1-1-A に関しては 30m より減少しだし、35～40m では最少となっている。上述の含水量の変化と比較してみると、1-1-A では、畦尻が過剰灌がいとなったことがうかがえる。

④ 適用効率 (1987/88年のみ)

表Ⅲ-1-D-7 1-1-A 適用効率 (%)

	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
1-1-A	98	98	99	99	98	96	94	72	63	100	74
1-1-B	-	100	100	100	100	96	95	66	60	97	69
平均	-	99	100	100	99	96	95	69	62	99	72

本法は、セネガル川流域の畑地灌がい方法として、最も实际的である。雨期の一時期は、適用効率を65%ぐらいみなければならないが、冷涼乾期においては100%近くで十分灌がいでいる。適用効率を考慮するにしても90%ぐらいみれば良く、十分に実用的と思われる。

3) 結論

本方法による灌がいの基礎調査を2年にわたり行った結果、上記のように、作物栽培との兼ね合いはあるが、灌がい技術としては、本方法がディエリ土壤においても導入可能との結論に到った。

(2) 1-2、1-3号圃 (各畦間に独立して灌がいの方法)

1) 方法

各圃場とも灌がい24時間後の容水量、次に灌がい前の容水量を実容積測定器により測定した。畦長40cmでは5m、20m、35mの各地点、畦長30mでは、5m、15m、25mの地点にて採土

1987年暑熱乾期 (作物: ニエベ、 期間: 1987年3月~4月)

長さ、勾配、灌がい流量を以下のように設定して調査を行った。

表Ⅲ-1-D-8 調査諸元

	1 - 2						1 - 3					
	A			B			A			B		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
灌がい流量 (ℓ/min)	18.1	22.0	46.3	18.1	22.0	46.3	18.1	22.0	46.3	18.1	22.0	46.3
長さ (m)	40			30			40			30		
勾配	1/500						1/250					

1987/88年冷涼乾期（作物：トマト、 期間：1987年10月～1988年4月）

長さ、勾配、灌がい流量を以下のように設定して調査を行った。

表Ⅲ-1-D-9 調査諸元

	1 - 3					
	A			B		
	1	2	3	1	2	3
灌がい流量 (ℓ/min)	25.0	34.7	46.3	25.0	34.7	46.3
長さ (m)	40					
勾配	1/250			1/500		

1回の灌がい水量は、間断日数が4日の12月、1月については、日灌がい水量の4日分とし、同3日の2月～4月については、3日分とした。

計画に従い灌がいを行い、1988年4月6日の第39回目を最後として灌がいを打ち切った。又、2月10日に第1回収穫を行い、4月19日迄、9回の収穫を行い、本調査を打ち切った。

2) 結果と考察

① 灌がい時間

1987年

表Ⅲ-1-D-10 灌がい時間と到達時間

1-3-A (1/250)			1		2		3	
			q= 18.1 ℓ/min		q= 22.0 ℓ/min		q= 46.3 ℓ/min	
			灌がい 時間 (分)	平均到 達時間 (分)	灌がい 時間 (分)	平均到 達時間 (分)	灌がい 時間 (分)	平均到 達時間 (分)
1 2 1/500	A 40 m	第1回	75	51	75	60	30	15
		第2回	51	33	36	23	18	10
		第3回	60	33	45	22	20	9
	B 30 m	第1回	50	34	45	30	15	13
		第2回	28	16	20	13	16	9
		第3回	32	15	22	14	17	8
1 3 1/250	A 40 m	第1回	-	-	-	-	30	18
		第2回	42	26	30	20	15	10
		第3回	50	34	38	26	15	10
	B 30 m	第1回	-	-	-	-	21	13
		第2回	24	17	18	14	11	8
		第3回	28	20	20	15	12	8

表Ⅲ-1-D-11 灌がい時間と到達時間

1-3-A (1/250)		灌がい 時間 (分)	平均到 達時間 (分)	1-3-B (1/500)		灌がい 時間 (分)	平均到 達時間 (分)
1 (25.0 ℓ/min)	第1回	170	80	1 (25.0 ℓ/min)	第1回	140	43
	12月平均 第3回以降	43	18		12月平均 第3回以降	43	17
	1月平均	43	23		1月平均	43	21
	2月平均	43	30		2月平均	43	33
	3月平均	43	31		3月平均	43	33
	4月平均	43	29		4月平均	43	31
2 (45.9 ℓ/min)	第1回	40	17	2 (45.9 ℓ/min)	第1回	40	13
	12月平均 第3回以降	31	10		12月平均 第3回以降	31	11
	1月平均	31	13		1月平均	31	14
	2月平均	31	18		2月平均	31	22
	3月平均	31	21		3月平均	31	24
3 (34.7 ℓ/min)	4月平均	31	21	3 (34.7 ℓ/min)	4月平均	31	24
3 (46.3 ℓ/min)	第1回	30	16	3 (46.3 ℓ/min)	第1回	30	13
	12月平均 第3回以降	23	7		12月平均 第3回以降	23	7
	1月平均	23	10		1月平均	23	10
	2月平均	23	16		2月平均	23	14
	3月平均	23	18		3月平均	23	17
	4月平均	23	16		4月平均	23	18

a. 灌がい回数による到達時間

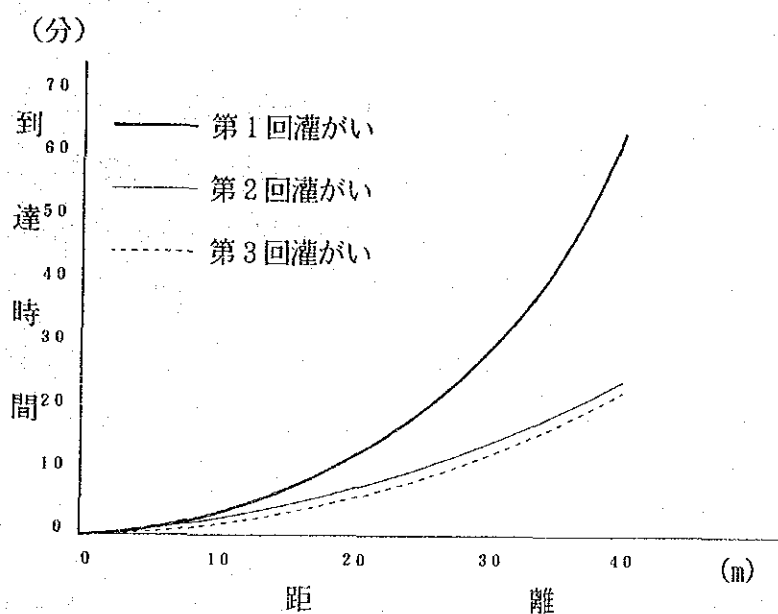
1987年暑熱乾期の第1回灌がいの流量を変えてない区についてみれば、第1回灌がいと第2回灌がいとの間に大きな差が認められた。これは第1回灌がいの時では、土壌の乾燥状態が大によるものと考えられる。第2回灌がい、第3回灌がいの間には大きな差ではないが、第3回灌がいの方が、前灌がいからの間断日数が多かったにもか

かわらず、到達時間が短くなっている。

灌がいの回を重ねるごとに、到達時間が短くなる理由としては、土壌が灌がい水により飽和状態に早くなること及び畦間の表面に徐々にできる細粒子層により、水が流れやすくなること等が考えられる。(参照 図Ⅲ-1-D-4)

1987/88年についても、第1回灌がいと第3回灌がい以降(12月平均)では、平均到達時間に前年度と同様差が認められ、第3回以降の方が短くなっている。

灌がいの回を重ねるに従い、1時短くなった到達時間が全般的に長くなっている。気温の上昇、作物の成長等がその原因と考えられる。

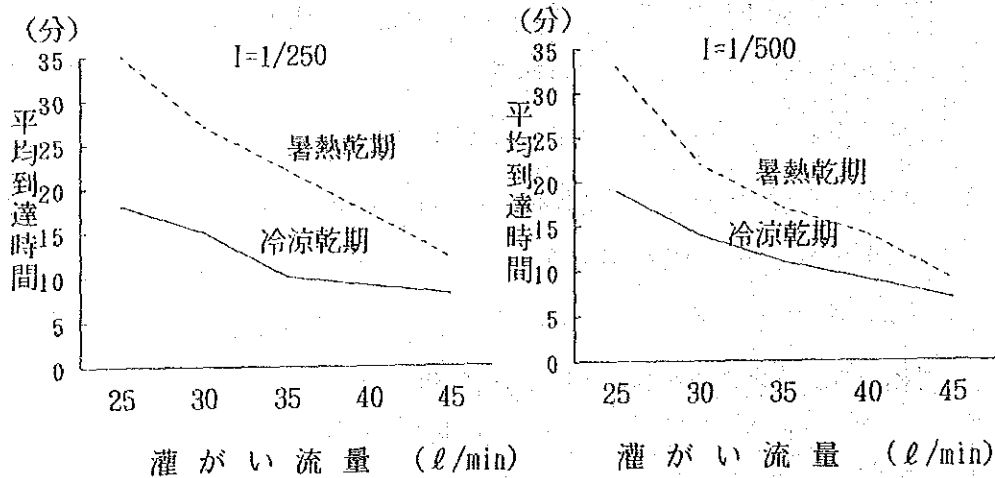


図Ⅲ-1-D-4 灌がい回数による到達時間の変化

b. 流量の変化による到達時間

1987年暑熱乾期の流量の変化による到達時間の差を、到達時間が安定してきた第3回灌がいの結果からみると、流量が大きい程、到達時間が短いことが顕著に現れている。(参照 図Ⅲ-1-D-5)

図Ⅲ-1-D-5 灌がい流量と到達時間 (第3回灌がい)



灌がい流量の変化による到達時間の差は、暑熱乾期及び冷涼乾期ともに流量が大きくなる程、到達時間が短くなっている。又、暑熱乾期に較べて冷涼乾期の方が、同じ勾配でも到達時間が短くなっている。これは、暑熱乾期は2週間間断であるのに対して、冷涼乾期は4日間断であることが原因していると考えられる。

暑熱乾期と冷涼乾期の流量による到達時間の差をみると、流量が大きい程その差が少なくなっている。流量の少ない方が、土壤の乾燥度の影響を受けやすいと思われる。

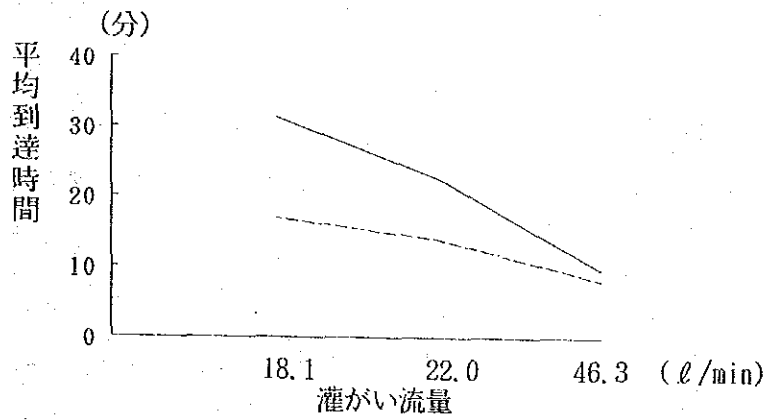
c. 畦勾配の変化による到達時間

1987年の勾配の変化による到達時間の差を比較してみると、勾配の大きい(1/250) 1-3が勾配の緩い(1/500) 1-2よりも、A、Bともに到達時間がいくぶん長くなっている。この理由として土壤物理性の差異によることが考えられる。即ち、調査の結果からみると、勾配の緩い1-2の土壤のシルト含有量が多く、1bは4点のうち1点を除く3点が7.6mm/h以下と非常に小さい。逆に1-3の土壤の1bは4点とも7.6mm/h以上である。このことから、土壤の物理性が畦の形状を決めるのに大きな条件となることが想定される。

冷涼乾期の勾配の違いによる到達速度については、当初においては、暑熱乾期同様、勾配の大きい(1/250)方が勾配の緩い(1/500)よりも到達時間が長くなっている。しかし、灌がいの回を重ねるに従い、その傾向が逆転してきている。灌がいの回を重ねるに従い土壤の含水条件が同じになり、勾配の差という条件の影響が強くなってくる為と思われる。

d. 耕地の長ささと平均到達時間の関係

1987年の調査において、耕地の長さや平均到達時間の関係を見るために、第2回及び第3回灌がい時の平均到達時間の平均をグラフにしてみた。



図Ⅲ-1-D-6 耕地の長さや平均到達時間

流量が大きくなるに従い、その差は小さくなるが、40mの方が30mより平均到達時間は大幅に長くなる。30m以上になると水足が極端に遅くなるのがうかがわれる。

② 灌がい後の土壌含水量

1987年暑熱乾期

1-2-A について、長さによる灌がい後の含水量を較べてみると、全体的に中央部の含水量が上下流部より少ない。

1-2-B については、末端に近づくに従って、含水量が小さくなっている。このことについて 1-2-A、1-3-A、B を比較してみると、1-2 は中央部で含水量が小さく、上下流端で大きい、1-3 は末端に近づくに従って含水量が小さくなっている傾向がある。この理由として、上述のごとく、1-2 は1-3 に較べて、土壌にシルトが多く、灌がい用水の浸透が小さく、相当部分の用水が末端に湛水されるが、1-3 は土壌が均一な砂質土であるため、畦尻に用水が到達する前に途中で浸透してしまうことが考えられる。(参照 表Ⅲ-1-D-1-12、図Ⅲ-1-D-7)

1987/88 年冷涼乾期

灌がい後の含水量については、冷涼乾期も暑熱乾期同様、中央部の含水量が少ないという結果が出た。これは流量が変わってもほとんど似た傾向になった。暑熱乾期に比べ、冷涼乾期の方が多少含水量が全体的に大きくなっている。前述のように、灌がい時間、間断日数の違いが大きな要因と思われる。

表Ⅲ-1-D-12 灌がい後の含水量 (各測点 10cm, 30cm, 60cmの平均)
(%)

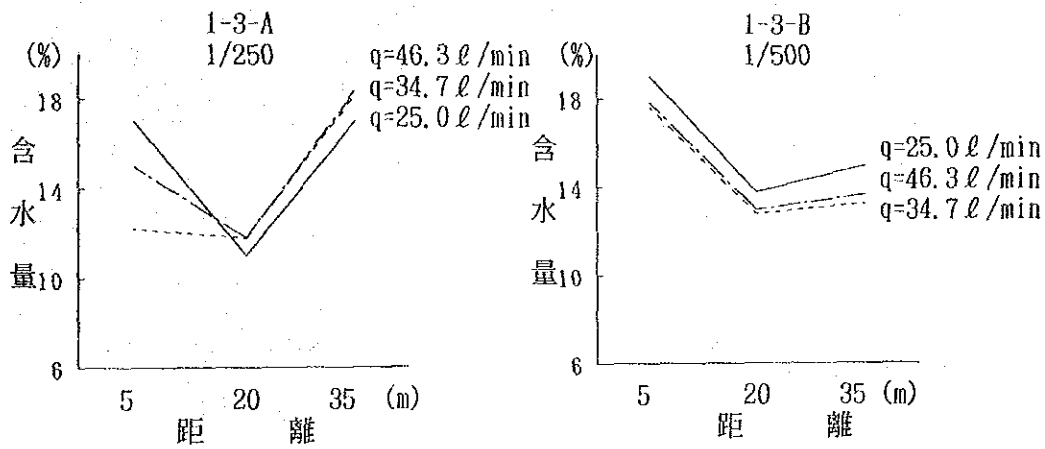
1/250	1-3-A-1 (25.0 ℓ/min)			1-3-A-2 (34.7 ℓ/min)			1-3-A-3 (46.3 ℓ/min)		
	5m	20m	35m	5m	20m	35m	5m	20m	35m
12月5日測定 平均	18.5	12.0	17.1	12.1	6.2	11.1	14.0	7.3	10.4
1月6日 "	18.2	10.0	17.6	12.2	15.8	20.5	17.7	14.4	27.8
2月6日 "	13.2	9.4	15.6	10.7	8.0	16.8	12.6	10.9	11.9
3月4日 "	17.3	10.0	15.2	11.3	12.5	20.0	14.0	12.6	15.1
4月6日 "	17.9	14.5	19.6	15.3	13.4	22.3	16.7	13.3	25.8
平均	17.0	11.2	17.0	12.3	11.2	18.1	15.0	11.7	18.2

表Ⅲ-1-D-12 (つづき)

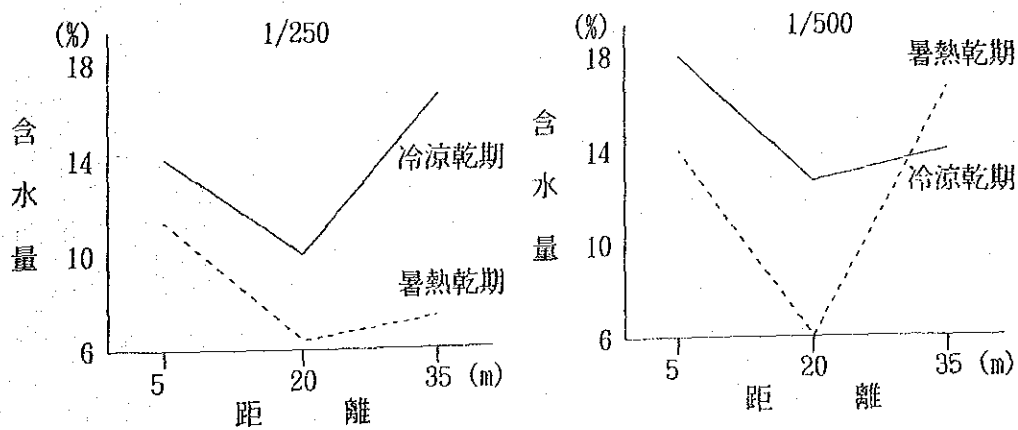
(%)

1/500	1-3-B-1 (25.0 ℓ/min)			1-3-B-2 (34.7 ℓ/min)			1-3-B-3 (46.3 ℓ/min)		
	5m	20m	35m	5m	20m	35m	5m	20m	35m
12月5日測定 平均	21.0	12.6	14.8	19.1	8.8	15.1	17.3	7.9	11.7
1月6日 "	22.7	15.8	21.9	18.8	13.7	16.4	19.4	13.7	12.9
2月6日 "	16.1	13.7	11.1	13.7	14.4	8.8	16.9	13.3	12.9
3月4日 "	17.2	12.4	17.6	18.1	13.8	13.7	13.1	14.4	14.4
4月6日 "	17.1	14.2	9.8	17.4	13.0	10.1	20.7	15.0	16.2
平均	18.8	13.7	15.0	17.4	12.7	12.8	17.5	12.9	13.6

図Ⅲ-1-D-7 流量別含水量(平均)



図Ⅲ-1-D-8 含水量 (暑熱乾期、冷涼乾期の比較)



※ 1987/88年冷涼乾期：第2回灌がい後4日

※ 1987年暑熱乾期：1/250は第2回灌がい後14日、1/500は第1回灌がい後8日

勾配の違いによる差は、平均値で見ると、勾配の緩い1/500の方が、より均一な灌がいができています。

1/250の方は、中央の含水量が少なく、末端が過剰灌がい気味になっている。途中で土壤に吸収される分より、末端に湛水する分が、多くなるためであろう。

③ 収量及び灌がい水量

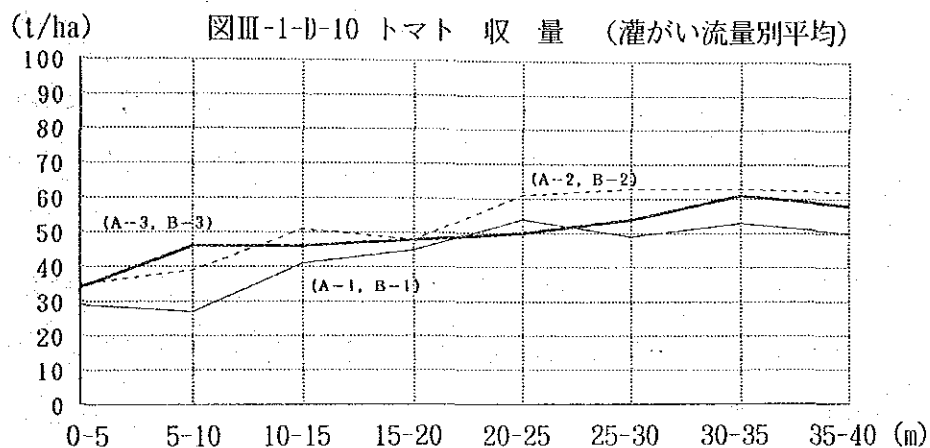
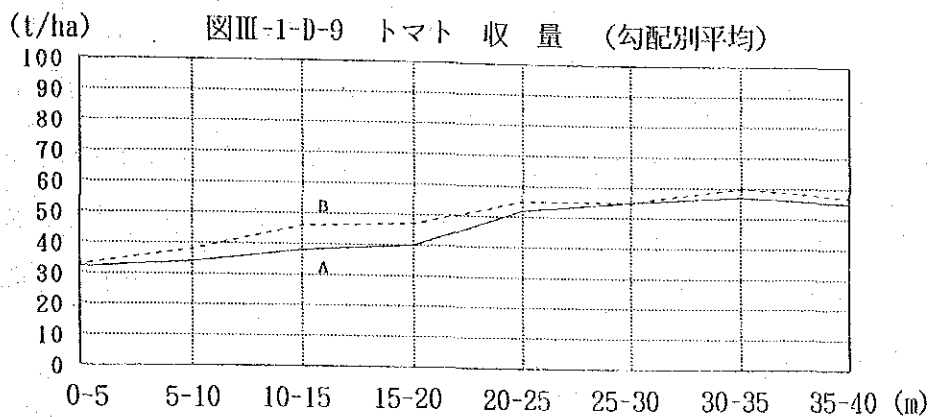
1987年暑熱乾期

暑熱乾期に栽培したため、茎葉の初期生育状況は良好であったが、代謝が激しくほとんど開花せず、結実しなかった。

1987/88年冷涼乾期

表Ⅲ-1-D-13 1-3 (トマト) 収量 (t/ha)

	0~ 5m	5~ 10m	10~ 15m	15~ 20m	20~ 25m	25~ 30m	30~ 35m	35~ 40m	全 体
1-3-A-1	27.4	23.1	25.3	34.9	49.1	37.7	39.5	44.7	35.2
(1/250) 2	31.3	33.0	36.6	37.4	49.3	62.1	60.7	57.8	46.1
3	34.7	45.8	49.4	46.4	57.7	65.0	69.7	60.9	53.7
1-3-A	31.2	34.0	37.1	39.5	52.0	54.9	56.6	54.5	45.0
1-3-B-1	30.0	30.1	56.2	57.0	59.4	60.6	67.7	54.2	51.9
(1/500) 2	36.0	44.5	65.3	56.2	71.9	64.0	64.8	67.0	58.7
3	32.2	46.2	42.3	49.4	43.1	43.2	54.3	53.0	45.4
1-3-B	32.7	40.3	54.6	54.2	58.1	55.9	62.2	58.0	52.0
1-3	32.0	37.2	45.9	46.9	55.1	55.4	59.4	56.3	48.5
A-1, B-1平均	28.7	26.6	40.8	46.0	54.3	49.2	53.6	49.5	43.6
A-2, B-2平均	33.7	38.8	51.0	46.8	60.6	63.1	62.8	62.4	52.4
A-3, B-3平均	33.5	46.0	45.9	47.9	50.4	54.1	62.0	57.0	49.6



表Ⅲ-1-D-14 灌 がい 水 量

(m³/ha)

A-1	A-2	A-3	B-1	B-3	B-4
10,391	9,830	9,577	10,220	9,830	9,577

収量は1-3 全体で48.5t/ha、灌がい水量は平均1万m³弱と、F/S調査時の純用水量を下回った。

勾配の違いによる収量の差を見ると、Bの方が52.0t/ha、Aの方が45.0t/haと勾配の緩い1/500の収量が多い。又、A、Bの距離毎の収量を見ると、A、Bともに同じ傾向が出ており、上流側で収量が低く、末端に行くに従い収量が増えている。特に、20m付近を境に末端側で収量が一定している。

灌がい流量の違いによる収量の差を見ると、勾配のきついAの方は、灌がい流量が多くなるに従い収量が増えているが、勾配のきついBの方は、流量の一番多いB-3の収量が少なくなっている。

本灌がい法により灌がいですることにより、全体で48.5t/ha、一番収量の低い区でも

35.2t/haという、調査地区平均の20t/haを大幅に上回る収量となった。又、総灌がい用水量も1.0万t/ha弱と、F/S調査時を下回る量となっている。ディエリー土壌においても本灌がい方法で栽培することは可能であることがわかった。勾配も1/500の方が1/250より収量が良いことがわかった。これは、灌がい後の含水量調査の結果からもうかがわれる。灌がい流量については、46.3ℓ/minと34.7ℓ/minの間ぐらいの流量が最適と考えられる。

3) 結 論

畦間灌水灌がいの形状を決めるための基礎調査を2年にわたり行った結果、上記のように、勾配については緩い1/500の方が収量も多く、灌がい水の均一性もあり、良いようだ。

灌がい流量については、収量的には大きな差は無かった。しかし、極端に小さいと畦末端迄届かないし、極端に大きいと流水による畦の破壊が起こるといった問題がある。その範囲であれば大きな影響は無いと思われる。

3. 日灌がい水量及び間断日数調査

灌がい計画により算出した計算値を標準にして、日灌がい水量及び間断日数を変えた場合とを比較検討し、本地域との適切な灌がい計画の作成に資する。

本調査は、1987/88年冷涼乾期、1989年雨期及び1989/90年冷涼乾期に行った。

表Ⅲ-1-D-15 調査諸元

	1987/88年	1989年	1989/90年
	冷涼乾期	雨 期	冷涼乾期
畦 勾 配	1/250	1/1000	1/1000
畦 長 (m)	30	24	25
畦 間 隔 (cm)	120	80	120
畦 数	各 1	各 4	各 2
灌がい面積 (m ²)	36	76.8	60

(1) 方 法

1987/88年冷涼乾期（作物：トマト、 期間：1987年10月～1988年4月）

間断日数を適宜、3日、7日、10日にして、灌がいを行った。

1989年雨期（作物：ニエベ、 期間：1989年8月～1988年11月）

1989/90年冷涼乾期（作物：トマト、 期間：1989年11月～1990年4月）

間断日数及び日灌がい水量の標準値を前述の方法で算出し、その値とその値の50%上下の数値の組み合わせにより9種類の方法で検証する。

表Ⅲ-1-D-16 1989年雨期

間断日数	3 日			6 日			9 日		
	減	標準	増	減	標準	増	減	標準	増
日灌がい水量 (mm/day)	3.6	7.2	10.8	3.6	7.2	10.8	3.6	7.2	10.8

表Ⅲ-1-D-17 1989/90年冷涼乾期

間断日数	4 日			7 日			10 日		
	減	標準	増	減	標準	増	減	標準	増
日灌がい水量 (mm/day)	2.7	5.3	8.0	2.7	5.3	8.0	2.7	5.3	8.0

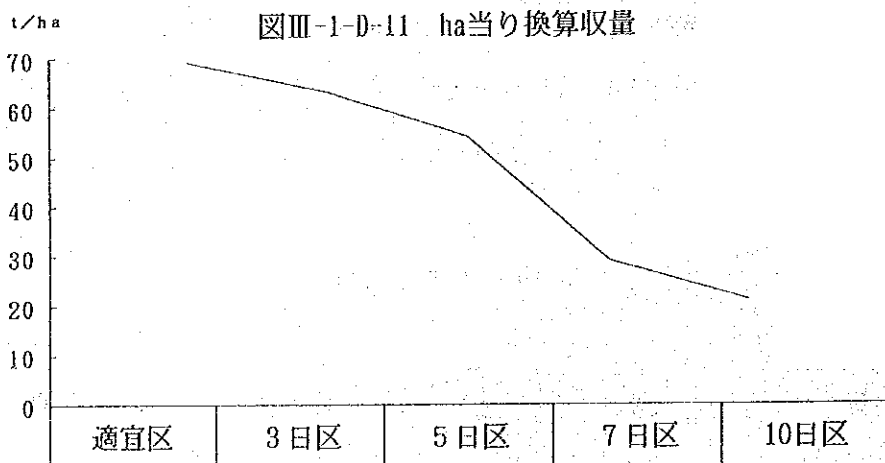
(2) 結果及び考察

1987/88年冷涼乾期

各灌がい区ごとの収量結果は表Ⅲ-1-D-18 及び、図Ⅲ-1-D-11 に示す通りである。

表Ⅲ-1-D-18 トマトの収穫量及び用水量

	適宜区	3 日	5 日	7 日	10日
収 量 (kg)	251.4	229.9	198.6	105.1	78.9
ha当収量 (t/ha)	69.1	63.2	54.6	28.9	21.7
灌がい水量 (m ³ /ha)	10,395	18,370	11,083	8,305	5,885
水 1 m ³ 当収量(kg/m ³)	6.6	3.4	4.9	3.5	3.7



本調査結果にみる限りにおいては、適宜に灌がいのするものがha当たり収量、水 1 m³当たり収量共に一番良かった。定期灌がいにおいては、ha当たり収量については間断日数が少ない方がよいという結果になったが、水 1 m³当たり収量については5日間断が

一番良く、その他は似たような結果になった。

1989年雨期

表Ⅲ-1-D-19 ニエベの収穫量及び灌がい水量

	3日間断			6日間断			9日間断		
	水減量	標準	水増量	水減量	標準	水増量	水減量	標準	水増量
日灌がい水量 (mm/day)	3.6	7.2	10.8	3.6	7.2	10.8	3.6	7.2	10.8
収 量 kg	16.3	14.0	13.2	13.5	10.0	12.8	12.7	12.0	11.2
1 ha当収量 t/ha	2.1	1.8	1.7	1.8	1.3	1.7	1.7	1.6	1.5
灌がい水量 m ³ /ha	2011	3695	5139	2131	3575	5139	1873	3180	4417
水 1 m ³ 当収量 kg/m ³	1.04	0.48	0.33	0.84	0.36	0.33	0.91	0.50	0.34

表Ⅲ-1-D-20 間断日数と収量

	3日間断	6日間断	9日間断
収 量(t/ha)	1.9	1.6	1.6
水 1 m ³ 当収量(kg/m ³)	0.93	0.51	0.58

表Ⅲ-1-D-21 灌がい水量と収量

	水50%減	標準	水50%増
収 量(t/ha)	1.9	1.6	1.6
水 1 m ³ 当収量(kg/m ³)	0.93	0.45	0.33

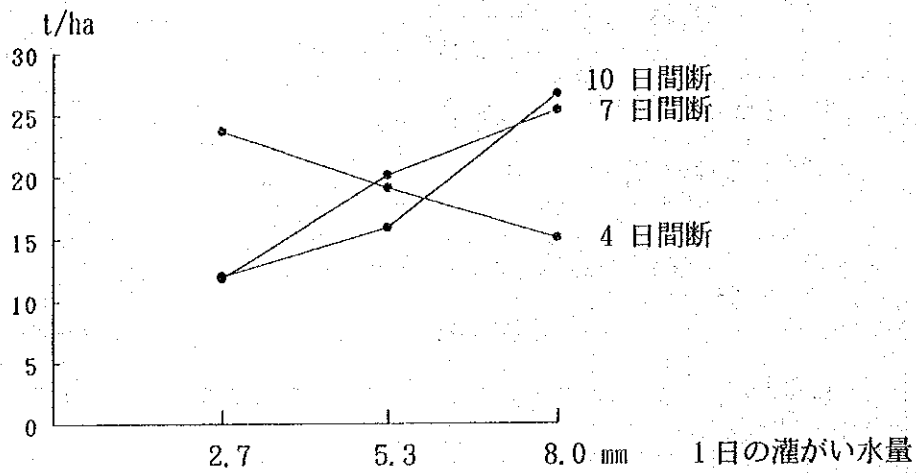
灌がい水量50%減で、3日間断の収量が水 1 m³当たりの収量共に一番多く、標準区の収量が一番少ないという結果になった。

又、間断日数及び灌がい水量ごとの平均を較べると、間断日数では一番短い3日間断、灌がい水量では一番少ない50%減が収量が多くなった。

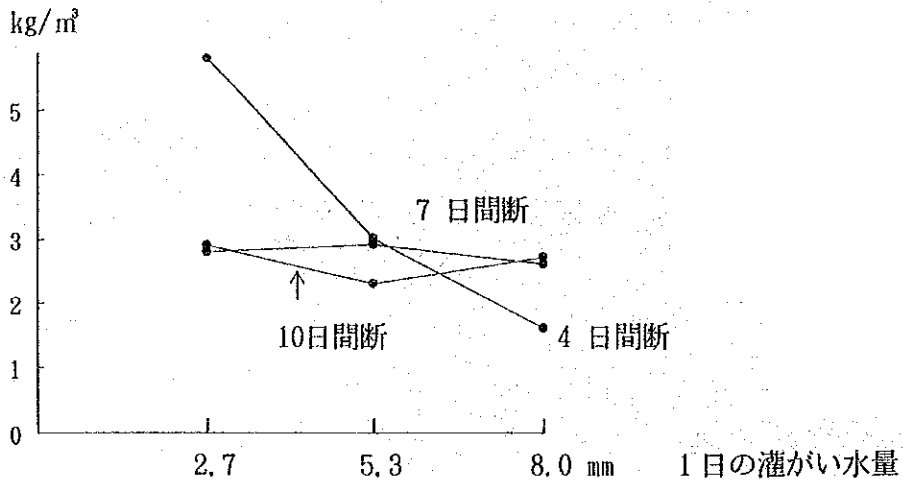
表Ⅲ-1-D-22 トマトの収量と灌がい法の効果

日灌がい水量 (mm/day)	4日間断			7日間断			10日間断		
	水減量	標準	水増量	水減量	標準	水増量	水減量	標準	水増量
	2.7	5.3	8.0	2.7	5.3	8.0	2.7	5.3	8.0
収 量 kg	141.4	113.6	89.0	70.9	120.2	150.2	71.8	94.4	158.2
1 ha当収量 t/ha	23.6	19.0	14.9	11.8	20.0	25.1	12.0	15.8	26.4
灌がい水量 m ³ /ha	4050	6433	9150	4200	6917	9767	4117	6933	9750
水 1 m ³ 当収量 kg/m ³	9.1	3.9	1.9	4.2	3.6	3.0	4.0	2.7	3.0

図Ⅲ-1-D-12 間断日数とトマトの収量



図Ⅲ-1-D-13 間断日数と水 1 m³あたり収量



表Ⅲ-1-D-23 間断日数と収量

	4日間断	7日間断	10日間断
収量(t/ha)	19.2	19.0	18.1
水1 m ³ 当収量(kg/m ³)	5.0	3.6	3.2

表Ⅲ-1-D-24 灌がい水量と収量

	水50%減	標準	水50%増
収量(t/ha)	15.8	18.3	22.1
水1 m ³ 当収量(kg/m ³)	5.8	3.4	2.6

本試験は、例年に比べ押し並べて収量が低かった。これは、植穴直下の基肥施肥法が適確に行われなかったため、苗が定植後すぐに肥焼けを起こした事と、1月中曇天が続き、初期生育が不良であった事によるものと考えられる。

灌がい間断日数と灌がい水量の収量に及ぼす関係を見てみると間断日数が短い場合は、灌がい水量が少なくなるほど収量が上がり、間断日数が長い場合は灌がい水量が多くなるほど収量が上がった。これはそれぞれの根はりの状態の違いによるものと考えられる。すなわち前者は間断日数が短いため根が土中深く入らず、灌がい水量が多い区では過湿の害が見られた。これに対し後者は間断日数が長いため、根が水を求め土中深く入り、灌がい水量が多いほど収量が上がった。しかし、灌がい水量の少ない区は乾燥の害が見られた。

水1 m³当たり収量を見ると、いずれの間断日数でも水減量区ほど良かった。ただ飛びぬけて灌水効率が良かったのは、4日間断・水減量区であった。

(3) 結論

間断日数については、3試験とも間断日数の短い程収量が上がるという結果になった(但し1987/88年の適宜灌がいを除く)。但し、1989/90年のトマトについては、4日間断と7日間断との間に殆ど差が無かった。1987/88年調査では、灌がい水量が同じでない。よって、1989/90年のトマトによる調査より、灌水効率を問題とした場合には、少量の水をこまめに灌水する方法が良く、灌水量は別として収量だけを問題とした場合には、多量の水を間断日数を長くして灌水する方法が良いと言える。

III-1-E ボーダー灌がいに関する調査

1. 目的

ボーダー灌がいの実用性の程度を明確にする。

2. 方法

表III-1-E-1 ボーダー灌がい調査諸元 (1986/87年冷涼乾期)

	1 — 4 (冷涼乾期)				
	A	B	C	D	E
勾配	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000
ボーダー長 (m)	38	38	37	37	37
ボーダー幅 (m)	5	5	5	5	4
灌がい流量 (ℓ/min)	92.6	185.2	185.2	185.2	185.2
灌がい面積 (㎡)	190	190	185	185	148
栽培作物	芝	芝	トマト	トマト	トマト

表III-1-E-2 ボーダー灌がい調査諸元 (1987年暑熱乾期及び1987/88年冷涼乾期)

	1-2(暑熱乾期)		1-4(冷涼乾期)	
	A	B	A	B
勾配	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000
ボーダー長 (m)	40	40	38	38
ボーダー幅 (m)	5	5	5	5
灌がい流量 (ℓ/min)	168.0	168.0	100.8	168.0
灌がい面積 (㎡)	200	200	190	190
栽培作物	稲	稲	たまねぎ	たまねぎ
堆厩肥	有	無	—	—

表Ⅲ-1-E-3 ボーダー灌がい調査諸元 (1988年暑熱乾期、雨期及び1988/89年冷涼乾期)

	1-1(暑熱乾期)		1-4 (雨期)		1-4(冷涼乾期)	
	A	B	A	B	A	B
勾配	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000
ボーダー長 (m)	25	25	40	40	30	30
ボーダー幅 (m)	5	5	5	5	5	5
灌がい流量 (ℓ/min)	168.0	168.0	168.0	168.0	168.0	168.0
灌がい面積 (㎡)	125	125	200	200	150	150
栽培作物	稲	稲	稲	稲	たまねぎ	たまねぎ
堆厩肥	—	—	有	無	—	—

表Ⅲ-1-E-4 ボーダー灌がい調査諸元 (1989年雨期及び1989/90年冷涼乾期)

	1-4 (雨期)		1-4(冷涼乾期)		10 (冷涼乾期)	
	A	B	A	B	3-A	3-B
勾配	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000
ボーダー長 (m)	30	30	30	30	20	20
ボーダー幅 (m)	5	5	5	5	6	5
灌がい流量 (ℓ/min)	168.0	168.0	168.0	168.0	302.4	252.0
灌がい面積 (㎡)	150	150	150	150	120	100
栽培作物	稲	稲	たまねぎ	たまねぎ	だいこん	だいこん

表Ⅲ-1-E-4 ボーダー灌がい調査の諸元 (つづき)

	10 (冷涼乾期)					
	3-C	3-D	4-A	4-B	4-C	4-D
勾配	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000
ボーダー長 (m)	20	20	25	25	25	25
ボーダー幅 (m)	4	3	6	5	4	3
灌がい流量 (ℓ/min)	201.6	151.2	302.4	252.0	201.6	151.2
灌がい面積 (㎡)	80	60	150	125	100	75
栽培作物	だいこん	だいこん	だいこん	だいこん	だいこん	だいこん

どの圃場も第1回灌がいの時、灌がいしながら、横断方向の均平化を人力により行った。

土壌の含水量を、実容積測定器により測定。

3. 結果と考察

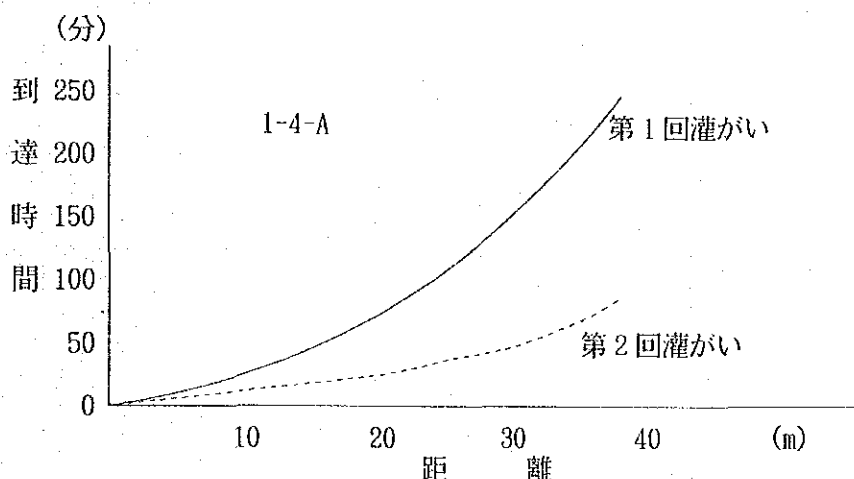
(1) 灌がい時間

1986/87年冷涼乾期

表Ⅲ-1-B-5 日灌がい水量及び平均到達時間

1-4-A (92.6 ℓ/min) (4月 185.2 ℓ/min)	第1回	1月平均 (除第1回)	2月平均	3月平均	4月平均
日灌がい水量 (mm/day)	43	8.5	7.7	8.1	7.6
灌がい時間 (min)	265	105	100	117	54
平均到達時間 (min)	240	84	95	107	49
1-4-B (185.2 ℓ/min) (4月 92.6 ℓ/min)					
日灌がい水量 (mm/day)	13.5	—	7.6	7.1	7.5
灌がい時間 (min)	83	—	49	51	107
平均到達時間 (min)	81	—	42	43	94
1-4-C (185.2 ℓ/min)					
日灌がい水量 (mm/day)	—	—	7.0	7.2	7.4
灌がい時間 (min)	70	—	49	50	52
平均到達時間 (min)	66	—	42	45	42
1-4-D (185.2 ℓ/min)				3月平均 (除第1回)	
日灌がい水量 (mm/day)	—	—	—	7.0	3.6
灌がい時間 (min)	80	—	—	53	50
平均到達時間 (min)	72	—	—	46	42
1-4-E (185.2 ℓ/min)					
日灌がい水量 (mm/day)	—	—	—	7.1	7.2
灌がい時間 (min)	70	—	—	42	40
平均到達時間 (min)	64	—	—	38	32

流量については、 $q=92.6 \text{ l/min}$ と $q=185.2 \text{ l/min}$ の2種類により行った。1-4-A、B、Cについて、1回目及び2回目の灌がいについて、その到達時間を比較してみたが、灌がい2回目の到達時間が一回目より非常に短くなっている。流量の変化による到達時間の差についても、流量の大きい方の到達時間が速い結果となった。



図Ⅲ-1-B-1 第1回及び第2回灌がい到達時間

1987年暑熱乾期及び 1988/89年冷涼乾期

第1回灌がいとその後の灌がいの平均到達時間を比較すると、他の調査と同様第1回の方が大きい。

灌がい流量の変化による到達時間の差は、流量が大きくなる程到達時間が短くなっている。

堆厩肥有り無しでは、第1回の灌がいの平均到達時間を見ると、有りが大幅に遅くなっている。第2回以降を見ると、若干有りが遅い傾向は有るが、その差はほぼ無くなっている。これは堆厩肥の保水力が大きい為と推察される。4月平均と5月平均を比較してみると、5月に入って間断日数を3日から2日に変えたにもかかわらず、全体的に灌がい時間、平均到達時間も大きくなっている。5月の蒸発散量の大きさを示している。

本調査においては、計画日灌がい水量では耕地全体を灌がいできないので、水が全体に行き渡るまで灌がいた。適用効率を、実際に灌がいた量によって算出した。1-2と1-4を較べると、1-2が90%、1-4が60%と1-2の方が大きく効率が良くなっている。これは稲の純要水量がたまねぎより大きい為である。又、稲は栽培初期で灌がい水の流下の障害になってないことも原因と考えられる。

稲について見ると、堆厩肥無しの方がわずかだが効率が良くなっている。たまねぎでは、流量の大きい方が効率が良くなっている。到達時間を短かくした方が効率が良いのがうかがえる。

表Ⅲ-1-E-6 日灌がい水量、適用効率及び平均到達時間

1-2-A (168.0 ℓ/min) (堆厩肥有り)	第1回	3月平均 (除第1回)	4月平均	5月平均	6月平均	7月平均
日灌がい水量 (mm/day)	—	10.4	10.3	17.7	12.1	12.0
適用効率 (%)	—	89	90	57	67	68
灌がい時間 (min)	90	37	37	42	43	43
平均到達時間 (min)	86	36	35	38	41	40
1-2-B (168.0 ℓ/min) (堆厩肥無し)						
日灌がい水量 (mm/day)	—	9.8	9.7	16.3	12.0	12.0
適用効率 (%)	—	95	96	62	68	68
灌がい時間 (min)	90	35	35	39	43	43
平均到達時間 (min)	61	33	33	34	37	38
1-4-A (100.8 ℓ/min)		12月平均	1月平均	2月平均	3月平均	4月平均
日灌がい水量 (mm/day)	—	10.3	10.0	10.4	12.5	12.9
適用効率 (%)	—	50	61	59	62	60
灌がい時間 (min)	125	83	75	75	70	73
平均到達時間 (min)	113	74	68	70	66	72
1-4-B (168.0 ℓ/min)						
日灌がい水量 (mm/day)	—	8.9	9.1	8.8	12.8	11.6
適用効率 (%)	—	57	67	69	60	66
灌がい時間 (min)	75	43	41	38	40	39
平均到達時間 (min)	64	38	37	33	35	37

1988年暑熱乾期、雨期及び 1988/89年冷涼乾期

第1回灌がい平均到達時間

1-4-A (堆厩肥有り) 48分 1988年雨期

1-4-B (" 無し)	44分	"
1-2-A (" 有り)	86分	1987年暑熱乾期
1-2-B (" 無し)	61分	"

第1回灌がい平均到達時間を見ると、前年度程顕著ではないが、堆厩肥有りが遅くなっている。

表III-1-E-7 日灌がい水量と適用効率

(日灌がい水量 mm/day、効率%)

				12月	1月	2月	3月	4月	平均
た ま ね ぎ	計 画			5.1	6.1	6.1	7.7	7.7	6.5 (6.3)
	1988/89年 冷涼乾期 ($\ell=30\text{m}$)	1-4-A	実平均	5.3	7.4	8.9	11.8	—	8.4
			効 率	96	82	69	65	—	75
		1-4-B	実平均	5.3	6.2	6.2	7.7	—	6.4
			効 率	96	98	98	100	—	98
	1987/88年 冷涼乾期 ($\ell=40\text{m}$)	1-4-A	実平均	10.3	10.0	10.4	12.5	12.9	11.2
			効 率	50	61	59	62	60	58
		1-4-B	実平均	8.9	9.1	8.8	12.8	11.6	10.2
			効 率	57	67	69	60	66	64

※ 1988/89年冷涼乾期 1-4-A $q=168.0 \ell/\text{min}$ 間断日数：指標による。

" 1-4-B $q=168.0 \ell/\text{min}$ 間断日数：6日

1987/88年冷涼乾期 1-4-A $q=100.8 \ell/\text{min}$ 間断日数：指標による。

" 1-4-B $q=168.0 \ell/\text{min}$ 間断日数：指標による。

※ 1987/88年は、灌がい流量のみを変えて2種類の灌がい方法とした。その結果、1-4-B ($q=168.0 \ell/\text{min}$)の方が1-4-A ($q=100.8 \ell/\text{min}$)より適用効率が良かったので1988/89年は $q=168.0 \ell/\text{分}$ を採用した。又、 q をこれ以上大きくしなかったのは、今までの観察の結果、土砂流亡等の可能性を考慮したため。

適用効率はこれまでと同様、実際に灌がいた量より算出した。調査結果では、灌がい指標に従って実施した1-4-Aは、灌がい間断日数を作期を通して6日と設定した1-4-Bと比べて、各回の灌がい時間が短い。そのため、1-4-Aは12月中は、計画

水量にて耕地全体をほぼ灌がいできたが、1月に入ってから、計画量では全体を灌がいすることができないので、灌がい時間を延長した。これに対して、1-4-Bは作期を通じて、計画量内ではほぼ全体を灌がいすることができた。

条件の同じ 1988/89年の 1-4-Aと 1987/88年の 1-4-Bの適用効率を比較してみると、ボーダー長の短い 1988/89年の 1-4-Aの方が、1987/88年の64%から75%へと11%も良くなっている。つまり、ボーダー長の短縮によって用水節約の可能性が認められた。適用効率が70%台に下げられれば、収量との兼合いもあるが、ディエリ土壤においても、ボーダー法が実用的に可能と思われる。

(2) 灌がい後の土壤含水量

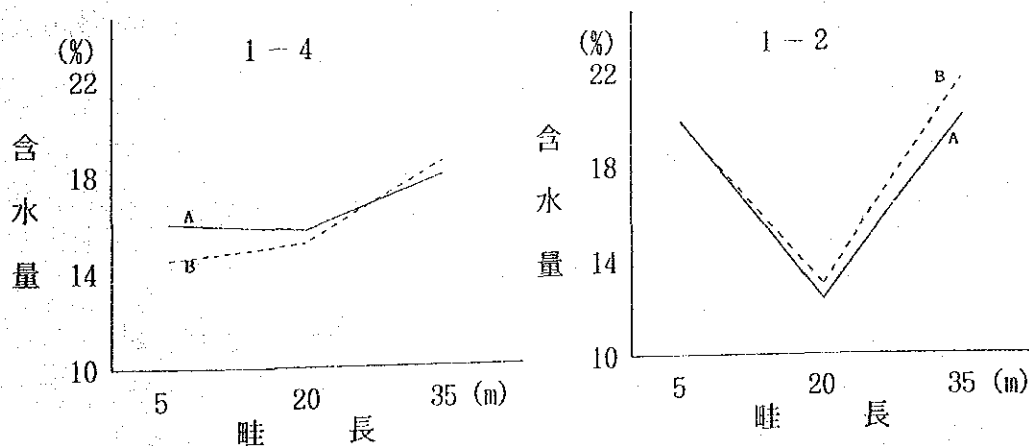
1987年暑熱乾期及び1987/88年冷涼乾期

表Ⅲ-1-E-8 灌がい後の含水量

	1-4-A (100.8ℓ/分)			1-4-B (168.0ℓ/分)		
	5m	20m	35m	5m	20m	35m
12月4日測定 平均	15.7	15.9	13.5	13.6	10.9	16.2
1月12日 "	14.5	14.9	16.8	15.3	13.9	17.9
2月17日 "	15.1	12.1	19.1	13.8	20.3	16.5
3月9日 "	17.7	20.6	22.4	16.3	13.6	22.2
4月8日 "	16.5	15.0	19.4	15.5	17.7	22.4
平均	15.9	15.7	18.2	14.9	15.3	19.0

	1-2-A (堆厩肥有り)			1-2-B (堆厩肥無し)		
	5m	20m	35m	5m	20m	35m
3月20日測定平均	22.9	15.5	13.3	22.5	13.8	17.9
4月21日 "	19.8	12.8	12.5	18.9	14.8	21.0
5月21日 "	19.4	13.0	25.6	18.8	12.8	26.2
6月20日 "	19.5	9.2	21.9	20.6	11.9	22.4
平均	20.4	12.6	20.6	20.2	13.3	21.9

図Ⅲ-1-E-2 畦長と含水量



灌がい後の土壤含水量については、1-4 について見ると、栽培期間の総平均では、

流量の違いによる差はほとんどなく、両区とも、畦尻が過剰灌がい気味になっている。1-2 について見ると、堆肥有り、無しではほぼ同様の結果が得られた。畦頭、畦尻で含水量が高く、畦中央の含水量が少ない。

1988年暑熱乾期

表Ⅲ-1-E-9 灌がい後の含水量

	1-1-A			1-1-B		
	5 m	12.5m	20 m	5 m	12.5m	20 m
4月27日測定	20.9	24.0	19.3	23.4	22.8	20.9
6月5日測定	21.6	18.6	15.6	20.8	18.9	18.8
平均	21.3	21.3	17.5	22.1	20.9	19.9

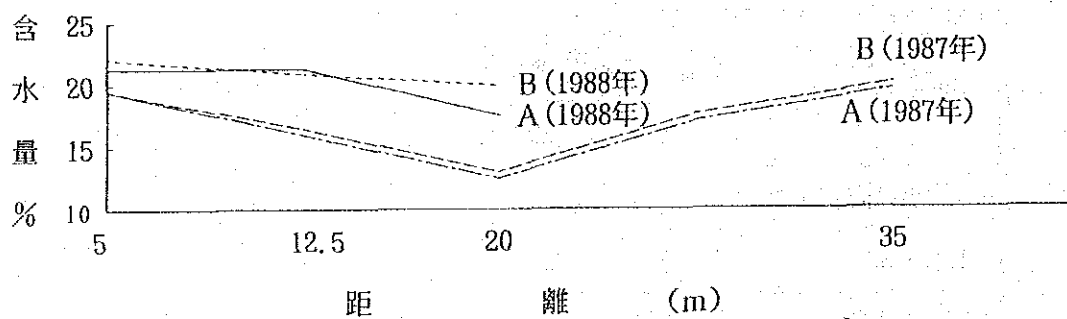


図 3-1-3 灌がい後の含水量

灌がい後の含水量について、1987年暑熱乾期の陸稲作と較べてみた。1988年暑熱乾期についてはA、Bともほぼ同様の結果が得られた。ボーダー尻で少々含水量が少なくなるものの、大体において均一となった。1987年は、ボーダー長が40mあり、ボーダー中央で含水量が少なくなっている。1988年の方が均一となったのはボーダー長が25mと短いためと思われる。

作期を通しての適用効率については、ボーダーの長さの影響は見られず、両者とも同じ76%になったが、含水量にその影響が現れた。

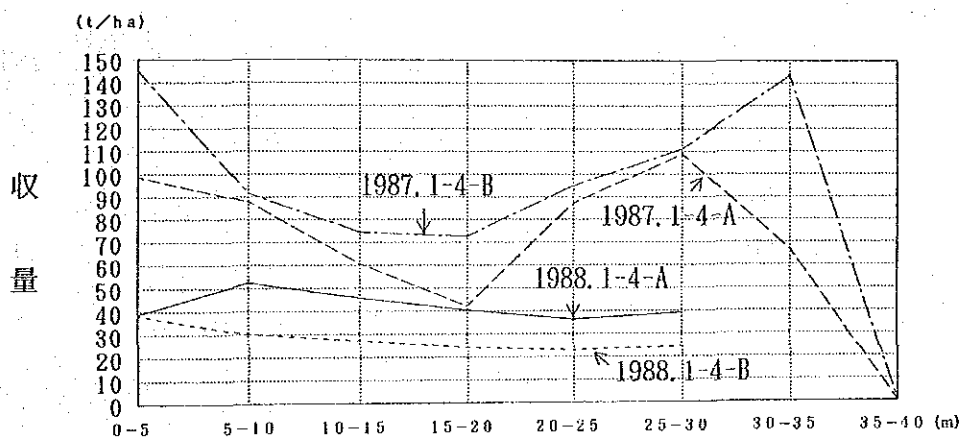
(3) 収量及び灌がい水量

表III-1-E-10 たまねぎの収量

(t/ha)

	距離	0～5m	5～10m	10～15m	15～20m	20～25m	25～30m	30～35m	35～38m	全体
1987/88年 冷涼乾期	1-4-A	98.7	87.9	60.6	42.1	87.0	108.7	66.5	0	78.8
	1-4-B	145.2	91.6	74.5	72.7	94.8	111.0	143.3	0	102.3
	1-4	122.0	89.7	67.6	57.4	90.9	109.8	104.9	0	90.5
1988/89年 冷涼乾期	1-4-A	38.8	52.4	45.8	40.4	36.4	39.1	—	—	42.2
	1-4-B	38.4	30.1	27.2	24.3	23.0	24.4	—	—	27.9
	1-4	38.5	41.3	36.5	32.4	29.7	31.8	—	—	35.1

図III-1-E-4 たまねぎの収量



灌がい水量 1987/88年 1-4-A : 16,056 m³/ha

1-4-B : 14,542 m³/ha

1988/89年 1-4-A : 8,187 m³/ha

1-4-B : 6,731 m³/ha

1987/88年冷涼乾期の収穫量は1-4全体で90.5t/ha、灌がい水量は平均で1.5万m³/ha強となり、F/S調査時の純要水量の1.8倍近くになった。すなわち適用効率が結果として56%になった。この原因としては、もともとの適用効率が61%と悪かったのに加え、栽培初期に成長期と同じ純要水量を適用し、多めに灌がいたことによる。

灌がい流量の違いによる収量の差等を見ると、灌がい流量の多いBの方が、流量の少ないAの方より30%程収量が多く、灌がい水量も適用効率が良い分少なくなっている。

ボーダーの位置毎の収量を見ると、畦間湛水灌がい区の収量の変化に似たような傾向が出ている。10~20mで収量が低く、20~30mで増え、35~40mで0となっている。35~40mで収量0となったのは、過剰灌がいになった為と思われる。

1988/89年冷涼乾期の収量は、Aで42.2t/ha、Bで27.9t/haと、指標に従って灌がいを実施した区が、間断日数を6日に設定したものより、50%の増収となった。しかし、バッタによる食害の影響で、1987/88年の収量と比べると半分以下という結果になった。

灌がい水量を見ると、前記の如く、Aが、間断日数を6日に設定したBより灌がい時間を伸ばした分だけ多くなった(21%増)。また1987/88年との対比では、適用効率が良くなった分だけ灌がい水量が減っている。

距離による収量については、ボーダー下流端に寄る程収量が減る傾向が出た。1987/88年と比べると、栽植位置毎の収量の差が大幅に小さくなった。これは、ボーダー長を短くした影響と考察される。

水1m³当りの収量を見ると；

1987/88年	1-4-A	4.91kg/m ³
"	1-4-B	7.03kg/m ³
1988/89年	1-4-A	5.15kg/m ³
"	1-4-B	4.14kg/m ³

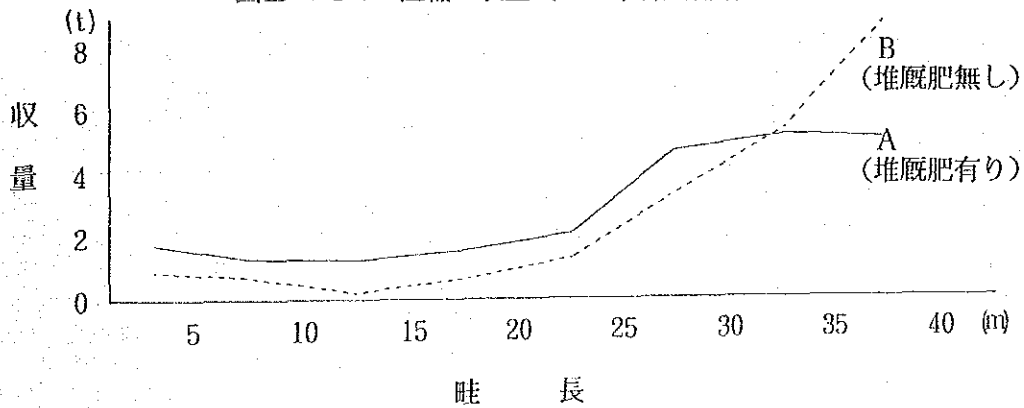
間断日数を6日に設定した1-4-Bが、総灌がい水量は少ないものの、4.14kg/m³と指標に従った1-4-Aの5.15kg/m³より20%も減となった。

表Ⅲ-1-E-11 陸稲の収量

(t/ha)

	距離	0～5m	5～10m	10～15m	15～20m	20～25m	25～30m	30～35m	35～40m	全体
1987年 暑熱乾期	1-2-A	1.80	1.28	1.22	1.76	2.12	4.66	5.18	5.08	2.89
	1-2-B	0.92	0.66	0.08	0.58	1.44	3.66	5.44	8.48	2.66
	1-2	1.36	0.97	0.65	1.17	1.78	4.16	5.31	6.78	2.77
1988年 雨期	1-4-A	1.01	1.00	1.07	1.02	0.67	0.95	2.78	5.01	1.69
	1-4-B	0.78	0.63	0.64	0.60	0.52	1.18	2.88	3.28	1.31
	1-4	0.90	0.28	0.86	0.81	0.60	1.07	2.83	4.15	1.50
1988年 暑熱乾期	1-1-A	1.01	1.60	1.62	1.70	1.32	-	-	-	1.45
	1-1-B	0.46	0.20	0.22	0.56	1.28	-	-	-	0.54
	1-1	0.73	0.90	0.92	1.13	1.30	-	-	-	1.00

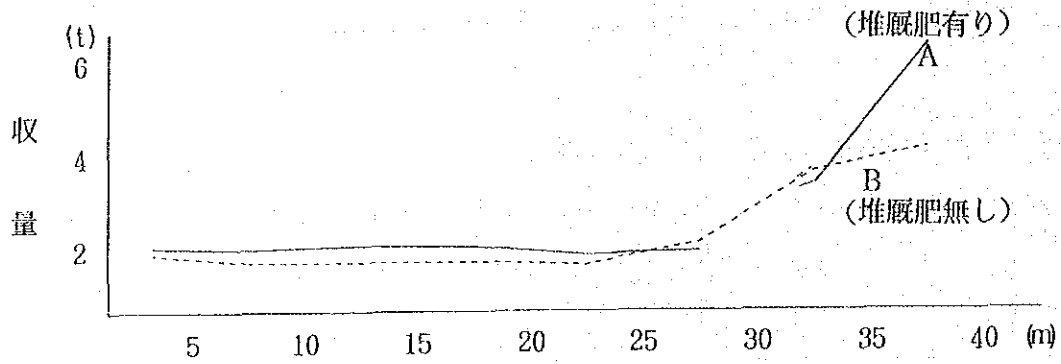
図Ⅲ-1-E-5 陸稲の収量 (1987年暑熱乾期、1-2)



灌がい水量 1-2-A : 16,900 m³/ha

1-2-B : 16,220 m³/ha (全体で16,560 m³/ha)

図III-1-E-6 陸稲の収量（1988年雨期、1-4）



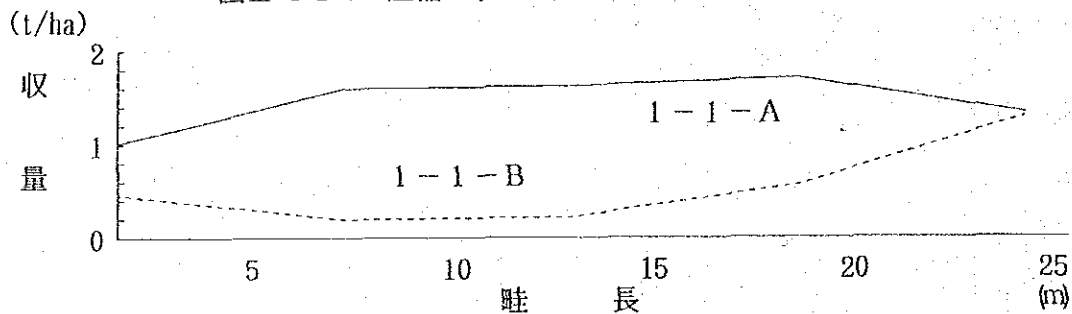
畦 長

灌がい水量 1-4-A : 9,810 m³/ha

1-4-B : 9,760 m³/ha (全体で9,790 m³/ha)

(参考) 6号圃陸稲 : 10,010 m³/ha, 9.11 t/ha

図III-1-E-7 陸稲の収量（1988年暑熱乾期、1-1）



灌がい水量 1-1-A : 16,477 m³/ha

1-1-B : 16,451 m³/ha

1987年の収量は、1-2 全体で 2.8t/ha, 灌がい水量 16,560t/ha と、収量はやや低めだが、用水量についてはF/S調査時の純要水量の 1.6倍程度となった。しかし、水稲作との比較、すなわち土壌への降下浸透量を加味した用水量との比較では、0.9倍と、用水量としては下回っている。

1988年雨期の収量は、1-4 全体で 1.5t/ha, 灌がい水量 9,790 m³/haと、1987年と比較すると、46%減の収量で、41%減の用水量であった。1988年は例年と比べ雨が多

かったので、灌がい水量は大幅減となった。収量が減となった一番大きな要因は、幼苗時の鉄欠乏と考えられるが、出穂期に雨に打たれたのも原因の一つと考えられる。

堆厩肥有りとしでは、1987年、1988年ともに有りが僅かだが、収量が多いという結果になった。これは有りの方が、堆厩肥の入った分だけ（化学肥料は同量使用）肥料分が多く、又、灌がい水量も多いことが考えられる。

栽植位置毎の収量分布をみると、1987年、1988年ともに0～25mは極端に低収量であるが、25～40mでは、高収量になっている。畦尻の方に水が溜り易く、鉄欠障害が起りにくいことが考えられる。又、肥料の蓄積ということも考えられる。

1988年暑熱乾期の収量については、窒素肥料として硫安を使った1-1-Aの方が、尿素を使った1-1-Bより、約3倍の収量があった。硫安によりPHを下げることにより鉄欠乏障害を回避できたことによるものと考えられる。しかし、収量としては、過去の陸稲栽培の結果には及ばない。

灌がい水量は以下の通りである。平均して16,464 m³/haと水田栽培以上となった。

1989/90 年冷涼乾期、だいこん

1990年2月12日に収穫したが結果としてはあまり良いデータとはならなかった。

収量は以下の様になった。

ボーダー長	20m				25m			
	3m	4m	5m	6m	3m	4m	5m	6m
ボーダー幅	3m	4m	5m	6m	3m	4m	5m	6m
収量 (t/ha)	16.0	12.0	10.8	12.5	6.9	9.3	10.3	12.2
平均収量(t/ha)	12.8				9.7			
灌水量 (m ³ /ha)	6,300	6,000	5,700	5,650	6,453	6,472	6,530	6,973

ボーダー長の短いほうが平均して収量が良くなり、灌水量は少なかった。ボーダー長の短いほうが効率的という結果になった。しかし、ボーダー幅については20mの長さで25mの長さでは逆の結果となった。他の要因の方が大きかったものと推察される。

(3) 結 論

本灌がい法は、下流端まで灌がいするのに、最低限必要な水量が有る為、稲のように日消費水量の多いものでは適用効率は良くなるが、たまねぎ等では、適用効率が悪く、水代が大きくなる。しかし、たまねぎについては収量が大きいので、適用効率は悪くても、十分な収入は期待できるものと思う。

ボーダー長については、短い方が灌がい効率が良いことが実証された。本ディエリ土壌ではボーダー長は20m前後が適当であろう。

ボーダー幅については、幅が広くてもその分灌がい流量を増せば、到達時間も短縮できるが、均平の精度を考えると、4～5mぐらいが適当と思われる。これは作付体系実証調査（後述）からも実証された。

Ⅲ-1-F 作付体系実証調査

1. 目的

1987年までの調査の結果を踏まえて、1988年より開始した作付体系実証調査に灌がい調査を組み込み、畦間湛水灌がい及びボーダー灌がいの実用性を探る。又、水田裏作における、勾配0での本灌がい法の可能性についても併せて調査する。

2. 方法

第2号圃（水田作付体系実証調査）、第6号圃（畑作物作付体系実証調査）において行う。

たまねぎ、陸稲、キャベツの一部についてはボーダー灌がいとし、その他についてはすべて畦間湛水灌がいとする。

1988/89年の冷涼乾期作より本調査を開始した。

本調査を行う第2号圃及び第6号圃の24時間容水量及び有効水分量を測定した。

表Ⅲ-1-F-1 24時間容水量及び有効水分量

	24時間容水量	有効水分	有効水分量
第2号圃	29.05 %	11.93 %	47.72 mm
第6号圃	23.00 %	9.45 %	37.80 mm

1988/89年 (冷涼乾期)

表Ⅲ-1-F-2 調査諸元

	区番号	灌がい法	長さ (m)	幅 (m)	畦間隔 畦本数	面積 (m ²)	灌がい流量 (ℓ/min)	作物
2 号 圃	①	畦 湛	25	12	0.8×15	300	280	とうもろこし
	②③	畦 湛	25	6	1.2×10	150	280	トマト
	④⑤⑧⑨	ボーダー	25	6	—	150	280	たまねぎ
	⑥	畦 湛	25	11.2	0.8×14	280	280	とうもろこし
	⑦	畦 湛	25	12	1.2×10	300	280	ニエベ
6 号 圃	①⑤	畦 湛	30	7.2	0.8×9	216	132	とうもろこし
	②	畦 湛	30	7.2	1.2×6	216	132	だいこん
	③⑦	ボーダー	30	4	—	120	132	たまねぎ
	④	畦 湛	30	12	1.2×10	360	231	トマト
	⑧	ボーダー	30	5	—	150	165	たまねぎ

勾配 : 2号圃 水平、 6号圃 1/1000

1989年 (雨期)

表Ⅲ-1-F-3 調査諸元

	区番号	灌がい法	長さ (m)	幅 (m)	畦間隔 畦本数	面積 (m ²)	灌がい流量 (ℓ/min)	作物
6 号 圃	①②	畦 湛	30	9.6	0.8×12	288	264	とうもろこし
	③	畦 湛	30	9.6	0.6×16	288	330	ソルガム
	④⑤	ボーダー	30	5	—	150	165	陸 稲
	⑥	畦 湛	30	9.6	0.8×12	288	264	甘しよ
	⑦	畦 湛	30	9.6	0.8×12	288	264	落花生
	⑧	畦 湛	30	5	1.0×5	150	132	ニエベ
	⑨	畦 湛	30	4.8	0.8×6	144	132	ニエベ

勾配 : 6号圃 1/1000

1989/90 年 (冷涼乾期)

表Ⅲ-1-F-4 調査諸元

	区番号	灌がい法	長さ (m)	幅 (m)	畦間隔 畦本数	面積 (㎡)	灌がい流量 (ℓ/min)	作物
2 号 圃	①⑤	畦 湛	25	12	1.2×10	300	280	トマト
	②③⑥⑦	ボーダー	25	6	—	150	336	たまねぎ
	④	畦 湛	25	12	0.8×15	300	280	とうもろこし
	⑧	畦 湛	25	11.2	0.8×14	280	280	とうもろこし
6 号 圃	①	畦 湛	30	13.6	0.8×17	408	462	とうもろこし
	②	ボーダー	30	5	—	150	165	キャベツ
	③	畦 湛	30	4.8	1.2×4	144	132	キャベツ
	④	畦 湛	30	8.8	0.8×11	264	231	馬鈴しょ
	⑤⑧⑨	ボーダー	30	5	—	150	165	たまねぎ
	⑥	畦 湛	30	4.8	1.2×4	144	99	トマト
	⑦	畦 湛	30	4	0.8×5	120	132	とうもろこし
	⑩	畦 湛	30	6	1.2×5	180	99	トマト
	⑪	畦 湛	30	5.6	0.8×7	168	198	とうもろこし
	⑫	ボーダー	30	7	—	210	231	たまねぎ
⑬	畦 湛	30	6	1.2×5	180	132	トマト	

勾配 : 2号圃 水平、 6号圃 1/1000

3. 結果と考察

(1) 日灌がい水量と適用効率

1988/89年冷涼乾期

2号圃

表Ⅲ-1-F-5 日灌がい水量と適用効率
(日灌がい水量mm/日) (適用効率%)

		12月	1月	2月	3月	平均
たま ねぎ	計 画	5.1	5.7	6.5	7.3	6.2
	②③ 実平均	5.4	7.2	7.5	8.3	7.1
	⑧⑨ 効 率	94	79	87	88	87

畦間湛水灌がいについては、適用効率は100%となった。

6号圃

表Ⅲ-1-F-6 日灌がい水量と適用効率
(日灌がい水量mm/日) (適用効率%)

		12月	1月	2月	3月	平均	
た ま ね ぎ	計 画	5.1	5.7	6.5	7.3	6.2	
	③⑦	実平均	5.2	5.7	7.0	8.1	6.5
		効 率	98	100	93	90	95
	⑧	実平均	5.8	6.9	10.4	11.1	8.6
		効 率	88	83	63	66	75

畦間湛水灌がいについては、適用効率は100%となった。

1989年雨期

表Ⅲ-1-F-7 実灌がい水量による適用効率 (%)

	7月	8月	9月	10月	11月	平均
ソルガム	-	68	100	100	100	92
落花生	77	100	100	100	-	94
甘しょ	86	65	100	100	100	90
陸稲	77	92	100	76	97	88

上記のように、畦間湛水灌がいについては、1988年、1989年ともに水田後作（粘質土壌、勾配水平、長さ25m）の2号圃も、畑作後作（砂質土、勾配1/1000、長さ30m）の6号圃も適用効率は100%という結果になった。

本方法による灌がいは水田後作地においても、畑作後作地においても適用効率の面からは十分に適用できることが判った。

又、ボーダー法については、第3年次では水田後作地で平均87%（6m幅）、畑作後作地で、95%（4m幅）、75%（5m幅）という適用効率になったが、第4年次では100%となった。

ただし、1989年雨期においては、畦間湛水灌がいにおけるソルガム、落花生については芽出しのため、又、甘しょについては挿し木後の活着を良くするため、そしてボーダー灌がいにおける陸稲栽培については、水不足の症状を示したため、間断日数を短くしたり、計画水量以上灌がいせざるを得ず、実灌がい水量は計画灌がい水量を上

回った。しかし、作期を通しての平均は、90%前後となった。

(2) 収量及び灌がい水量

1988/89年冷涼乾期

表III-1-F-8 収量と灌がい水量

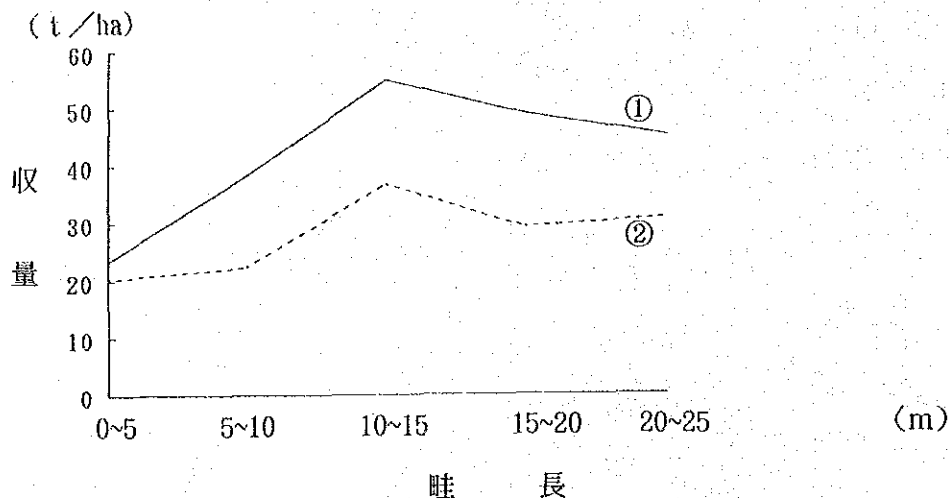
			収量(t/ha)	灌がい水量 (m ³ /ha)	水1 t当りの 収量(kg/m ³)
2 号 圃	トマト	② Slumac	42.9	11,135	3.85
		③ Roma VF	27.7		2.49
	たまねぎ	④ T. E. G.	71.6	8,456	8.47
		⑤ V. G.	46.0	8,990	5.12
		⑧ T. E. G.	53.7	8,344	6.44
		⑨ V. G.	49.6	8,661	5.73
6 号 圃	だいこん	② D. V. M.	18.6	4,541	4.10
	たまねぎ	③-a T. E. G.	36.2	5,951	6.08
		③-b T. E. G.	34.7	6,353	5.46
		⑦-c T. E. G.	33.0	6,894	4.79
		⑦-d T. E. G.	37.0	6,855	5.40
		⑧-e T. E. G.	42.0	9,075	4.63
		⑧-f T. E. G.	56.6	9,306	6.08
	トマト	④ Roma VF	38.0	10,632	3.57

表III-1-F-9 トマトの収量(2号圃)

(t/ha)

距 離	0~ 5m	5~ 10m	10~ 15m	15~ 20m	20~ 25m	全 体
① Slumac	23.3	38.1	54.7	48.7	44.8	42.9
② Roma VF	20.2	22.3	36.6	29.0	30.6	27.7

図Ⅲ-1-F-1 トマトの収量（2号圃）

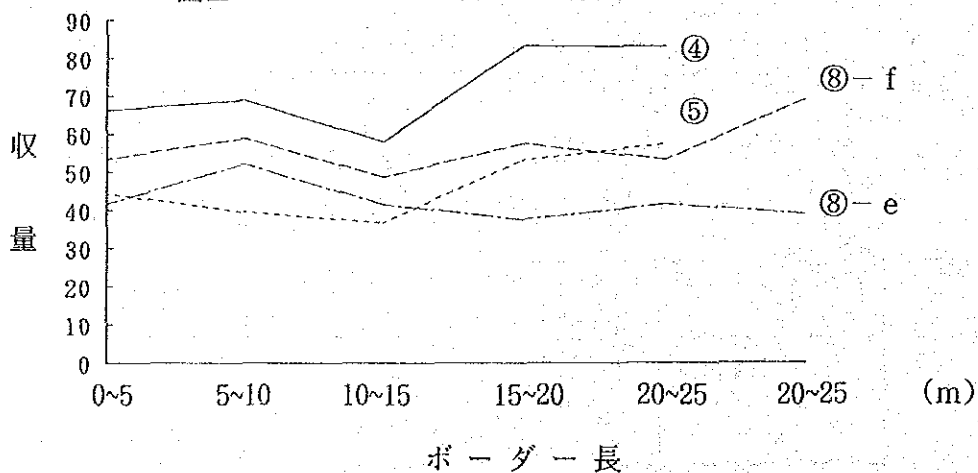


表Ⅲ-1-F-10 たまねぎの収量（2号圃、6号圃）

(t/ha)

	距離	0~5m	5~10m	10~15m	15~20m	20~25m	25~30m	全体
2号圃	④ T.E.G.	66.2	68.9	57.7	82.7	82.5	—	71.6
	⑤ V.G.	44.2	39.4	36.5	52.8	57.0	—	46.0
6号圃	⑧-e T.E.G.	41.5	52.1	41.3	37.2	41.3	38.6	42.0
	⑧-f T.E.G.	53.5	58.9	48.5	57.1	53.0	68.6	56.6

図Ⅲ-1-F-2 たまねぎ収量（2号圃、6号圃）



1988/89年冷涼乾期の収量と灌がい水量の結果をみると、2号圃と6号圃の差について特に言えることは、オニオンのT.E.G.について言えば、2号圃の方が、水価が若干安くなったと言えるようである。ただし、バッタによる食害の影響も有るので、本年の調査については結論的なことは言えない。

畦及びボーダーの距離による収量の違いをみると、2号圃のトマトとオニオンについては、品種の違いによる収量の差はあるものの、それぞれの傾向は似た結果になった。トマトでは、(畦間湛水では)畦頭から距離が伸びるに従い収量が上り、10~15mの位置でピークとなり、畦尻に向けてなだらかに落ちている。又、たまねぎでは(ボーダーでは)逆に、10~15mで収量が落ちて、ボーダー尻に向けて上がっている。

1989年雨期及び1989/90年冷涼乾期

表III-1-F-11 畑作物作付体系 (1989年雨期)

収量と灌がい水量

		収量 (t/ha)	灌がい水量 (m^3 /ha)	水 1 m^3 当たりの 収量 (Kg/ m^3)
とうもろこし	E. T.	2.1	3,685	0.57
	JDB	2.3	3,630	0.63
ソルガム	F2-20	3.0	6,600	0.45
陸稲	IKP	2.4	7,343	0.33
甘しょ	25-44	11.9	6,511	1.83
落花生	PM55437	1.8	5,812	0.31
ニエベ	CB5	2.1	5,130	0.41
ニエベ	5857	1.5	4,904	0.31

表Ⅲ-1-F-12 畑作物作付体系（1989/90年冷涼乾期）
収量と灌がい水量

		収量 (t/ha)	灌がい水量 (m ³ /ha)	水 1 m ³ 当たりの 収量 (Kg/m ³)
トマト Slumac	1 区	26.2	6,833	3.83
	4 区	27.6	5,892	4.68
	8 区	22.8	6,780	3.36
	平均	25.5	6,502	3.96
たまねぎ Violet de Galmy	2 区	33.4	7,676	4.35
	5 区	26.7	6,842	3.90
	6 区	32.2	8,473	3.80
	9 区	28.3	8,373	3.38
	平均	30.2	7,841	3.86
とうもろこし Synthetic C	3 区	3.9	6,012	0.65
	7 区	3.4	5,592	0.61
	12 区	4.8	6,409	0.75
	平均	4.0	6,004	0.67
馬鈴しょ 10 区	Yesmina	8.9	—	—
	Sahel	8.5	—	—
	Desiree	9.8	—	—
	平均	9.1	5,064	1.80
キャベツ Fabula Copenhagen	畦 間	27.0	7,257	3.72
	ボーダー	42.8	8,913	4.80
	平均	34.9	8,085	4.26

2-4-4 結 論

作付体系実証調査における灌がい調査の結果、畦間灌水灌がい、ボーダー灌がい両方とも、灌がい技術の面からは、本ディエリ土壤に適用可能であると結論できよう。又、水田裏作における勾配0での両灌がい方法の適用が可能なが実証できた。

ただし、ディエリ土壤において、本灌がい方法を適用するにあたり、勾配を1/1000ぐらいに緩くし、第1回灌がいの時横断方向の均平を水の流れを見ながら入念にやる必要がある。

III-1-G 実証圃場の水管理状況調査

(1) 目 的

実証圃場における作期別のポンプ運転時間、揚水量、燃料消費量及び経費、揚水量に対する圃場使用水量、灌水効率、施設損失量、管理損失水量等を調査し圃場全体の水収支を把握すると共にポンプ運転と圃場内水利施設（ファームポンド、用水路等）利用を通して今後当地域において行われるポンプ灌がいの合理的な水管理手法を検討する基礎データとする。

(2) 方 法

1) 各年の作期別調査実施期間は下記の通りである。

1987年 乾期 3月2日～4月30日（60日間）

雨期 9月1日～11月30日（91日間）

1988年 乾期 3月12日～7月31日（141日間）

雨期 8月10日～12月30日（143日間）

1989年 乾期 2月23日～6月30日（138日間）

雨期 7月8日～10月21日（106日間）

1990年 乾期 1989年11月24日～1990年4月30日（158日間）

2) 上記期間についてポンプ運転時間、燃料消費量を測定記録し、揚水量及び燃料経費を把握した。

3) 上記期間の圃場使用水量、水田作については用水取入れパイプからの灌がい水量を実測し、畑作については各区の作物種類、作付面積及び期間、灌がい利用状況から算出した。

4) ファームポンド及び用水路の施設損失水量は1990年2月までの調査データを基に算出した。

5) 管理損失量はポンプ揚水量から圃場使用水量及び施設損失水量を差引き算出した。

(3) 結 果

各年の作期別の調査結果のうち、代表的な例として1989/90年の結果を掲げる。

表Ⅲ-1-G-1 1989年暑熱乾期作、雨期作及び1990年冷涼乾期作水利用状況

作 期 別		1989年 暑 熱 乾 期 作			1989年 雨 期 作			1990年 冷 涼 乾 期 作		
調 査 期 間		2月23日～6月30日(138日間)			7月8日～10月21日(106日間)			11月24日～4月30日(158日間)		
ポ ン プ 施 設	運 転 延 時 間	536時間33分 (3時間52分/日)			322時間37分 (3時間02分/日)			478時間00分 (3時間02分/日)		
	揚 水 量	42,985 m ³			26,132 m ³			38,718 m ³		
	燃 料 消 費 量	1,103 ℓ			653 ℓ			973 ℓ		
	同 上 価 格	231,630 Fcfa (210Fcfa/ℓ)			137,193 Fcfa (210Fcfa/ℓ)			204,431 Fcfa (210Fcfa/ℓ)		
	単 位 水 量 当 り 燃 料 価 格	5.38 Fcfa/m ³			5.25 Fcfa/m ³			5.28 Fcfa/m ³		
区 分		灌 がい 延 面 積	使 用 水 量	比 率	灌 がい 延 面 積	使 用 水 量	比 率	灌 がい 延 面 積	使 用 水 量	比 率
水 量 使 用 例										
全 送 水 量		42,985 m ³			26,132 m ³			38,718 m ³		
圃 場 使 用 水 量	水 田 作	8,674m ²	12,515m ³	29.1%	7,159m ²	8,941m ³	34.2%	4,782m ²	7,487m ³	19.3%
	畑 作	19,600	16,229	37.8	13,200	6,996	26.8	17,700	19,576	50.5
	小 計	28,274	28,744	66.9	20,359	15,937	61.0	22,482	27,063	69.8
施 設 損 失 水 量	フ ァ ー ム ポ ン ド		2,911	6.8		2,236	8.6		1,643	4.3
	用 水 路		4,402	10.2		3,381	12.9		5,040	13.0
	小 計		7,313	17.0		5,617	21.5		6,683	17.3
管 理 損 失 水 量			6,928	16.1		4,578	17.5		4,972	12.9
計		28,274	42,985	100.0	20,359	26,132	100.0	22,482	38,718	100.0
備 考		① 期間中に降雨量なし ② 日平均使用水量は311m ³ /日である。 ③ 水田区ha当たり14,417m ³ 畑区ha当たり 8,276m ³			① 期間中に 211.7mmの降雨量があった。 ② 日平均使用水量は246m ³ /日である。 ③ 水田区ha当たり12,481m ³ 畑区ha当たり 5,295m ³			① 期間中に 4.3mmの降雨量があった。 ② 日平均使用水量は245m ³ /日である。 ③ 水田区ha当たり15,647m ³ 畑区ha当たり11,040m ³		

(4) 考 察

- ① 調査実施期間4年間を通してポンプ揚水量（粗用水量）に対する圃場利用水量（純用水量）は次の通りである。

1987年	乾期作	89.9%
	雨期作	75.6
1988年	乾期作	68.7
	雨期作	63.8
1989年	乾期作	66.9
	雨期作	61.0
1990年	乾期作	69.8
	平均	70.8

各年、各作期の差異は、作付面積の差、水田作の繰り返しと共に不透水層の形成が進み、減水深の減少傾向の差、担当者の灌がい操作の馴れ、節水栽培への努力、降雨量の増減管理損失量の増減等によるものと考えられる。

- ② 粗用水量に対する純用水量の比率は約70%である。現在SEADが行っている用水計画で採用している粗用水量に対する純用水量の比率の基準値は80%であり、損失の20%は用水路損失水量15%と管理損失水量5%に相当するものである。実証圃場の場合は損失水量が多く平均約30%であり、そのうち管理損失率は平均約13%であった。

この主な理由として畑地灌がいにおいて作物の試験栽培で計画された用水量を的確に供給するため及び灌がいの自由度を確保するために取入水路側の水位を一定に維持する必要がある、そのため灌がい使用水量相当の維持水量を常に補給しているが、必要な維持水量以上の流下水量は過剰水として水路末端から無効放流され、その水量が管理損失水量に計上されているためである。

無効放流されるこれらの過剰水量を流下させる大きな原因は分水工ゲートの操作ミスによることが多い。実証圃場以外の一般の灌がい農地で通常発生する管理損失水量を分水及び取水ゲートの操作ミス、並びに灌がい停止とポンプ運転停止のタイムラグによる無効水量流下に原因すると言われている。従って、当地域でのポンプ灌がいにおいて経済的水利用を行うために管理損失水量（主として無効放流量）を出来るだけ少なくすることが必要であり、また、圃場用水量計画とポ

ンプ運転管理計画を十分検討し適正なポンプ運転時間を維持することやファームポンドを設置して、貯溜容量も十分活用すると共に計画用水量の配水に適合した合理的なゲート管理を行うことが必要である。

管理損失水量とポンプ運転時間との関連をみれば、例えば1988年乾期作及び雨期作における圃場使用水量は夫々30,060 m^3 及び23,279 m^3 であるが、これ等に対する施設損失水量を含む日当たり粗用水量は266 m^3/day 及び216 m^3/day で、これに必要なポンプ運転時間は計画上では3時間16分及び2時間40分であるがポンプ運転データによる実際の運転時間は3時間42分及び3時間9分であった。従ってその差、26分及び29分は管理損失水量に相当するものと考えられる。

- ③ 実証圃場の場合、調査期間（4年間）中の最大日平均必要水量は約310 m^3/day （1989年乾期作）であり、ファームポンドの有効容量（400 m^3 ）からみて日必要水量は重要な問題であるので適正規模容量の策定については、単に貯水能力のみでなく、用水路の一部として、灌がい停止時とポンプ運転停止のタイムラグから、送られてくる用水を無効に排水することなく貯え、次回灌がいに活用する等、用水の利用効率を増加する面と共に多種類作物に対する灌がい自由度の面も検討する必要がある。

また、ファームポンドの現況での損失水量は1987年雨期及び1988年乾期の実測によれば平均減水位5.2cmで0.88 m^3/hr →21 m^3/day であった。それまでの測定結果1.6 hr →40 m^3/day （1986年9月）及び1.0 m^3/hr →24 m^3/day （1987年5月）より減少しているが、日平均蒸発量1987年雨期の7mm（0.12 m^3/hr →2.8 m^3/day ）及び1988年乾期の9mm（0.15 m^3/hr →3.6 m^3/day ）を除く浸透水量は夫々0.75 m^3/hr →18.0 m^3/day 、0.74 m^3/hr →17.9 m^3/day で年間約6,600 m^3 であり、この浸透水が周辺農地に及ぼす悪影響や水の利用等を考慮して浸透防止対策を検討する必要がある。

- ④ 用水路損失量については、素掘り用水路における一定時間の減水位と平均横断面積から損失水量を測定したが、測定の結果、1987年雨期及び1988年乾期共にポンプ全揚水量の約10%であった。素掘り水路における損失量としては日本のデータと比較してほぼ妥当な数値と思われるが、とくにディエリ土壤では経済的な水の有効利用を図る点から無効損失を最小限におさえるためにライニング等の処置を考える必要がある。

Ⅲ-1-II セネガル国内の水管理事例調査

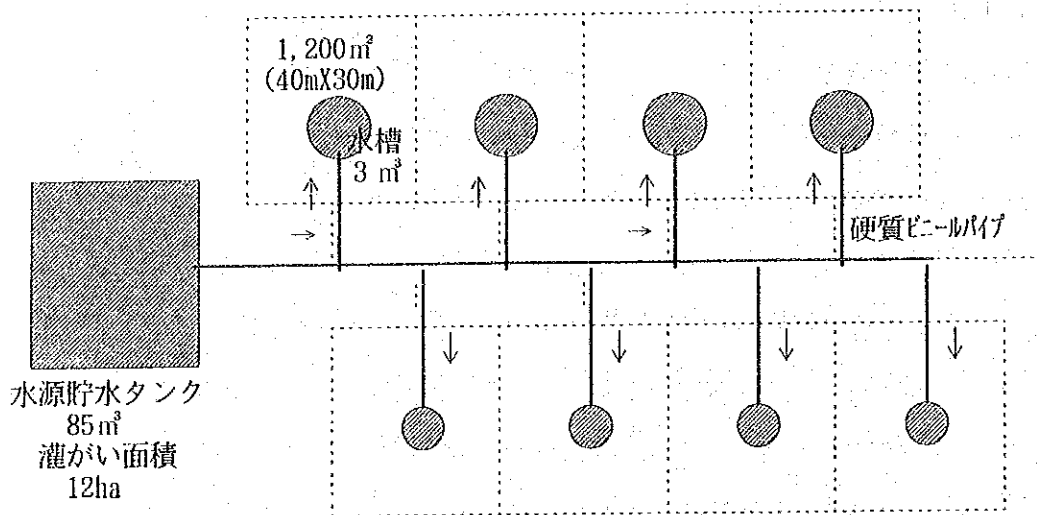
Ⅲ-1-II-1 カリタス地区の水管理

- (1) 調査日時：1987年10月14日
- (2) 所在地：THIES県 N' DONDOR村（THIES市の東方約40kmに位置する）
- (3) プロジェクトの概要：本プロジェクトはカナダ国の協力により、1983年から地下水利用の農業開発（畑地灌がい面積96ha）のため、井戸、ポンプを中心とした灌がい施設が建設されたが、その後キリスト教会組織（カリタス）により援助が継続され、単に農業生産のみでなく参加農民の生活全体を対象としたプロジェクトが進められている。集落には礼拝所を中心として従業員住宅、小学校、水道施設、ミシン作業所、農作業所、試験室、畜舎、堆肥舎、農機具収納庫及び修理工場、肥料庫、果樹園等が設置（各建物に小型の太陽電池設備が付帯している）されている。農業生産や生活全般について神父、シスター、農業技術者が指導を行っており、農業基盤や生活基盤のインフラ整備と共に指導者の派遣をタイアップしたユニークなプロジェクトである。

(4) 灌がいの内容

- 1) 水源：地下水利用のため井戸を掘り、ディーゼルエンジンを動力としてポンプ（タービンポンプ、吸水パイプ $\phi = 100\text{mm}$ ）を設置している。井戸深は約40mである。揚水量は $30\text{m}^3/\text{hr}$ で約 85m^3 の貯水タンク（直径6m、高さ3mコンクリート製）に揚水される。
- 2) 灌がい規模：畑地灌がい面積は96haである。96haは8グループに分かれ、各グループ（12ha）に1ヶ所のポンプ場が設置されている。グループ（12ha）毎の参加農民は17名で、農民1名当り耕作面積は約0.7haである。
- 3) 灌がい方法：1グループ（12ha）の圃場には、約 $1,200\text{m}^3$ （ $40\text{m} \times 30\text{m}$ ）毎に容量 3m^3 の水槽（直径6m、高さ1mのコンクリート製）が設置され、水源の貯水タンクから硬質ビニールパイプにより各水槽に送水される。各水槽の水量は水道方式と同様にコックの開閉により調節されるが、使用水量を記録する量水計はついていない。各農民は水槽からジョウロを使用し、人力で作物に灌がいでいる。

灌がい施設の配置の略図は下記の通りである。



4) 水管理方法

各農民の耕作面積は約0.7ha であり、その中に6ヶの水槽が設置されている。農民は農業技術員の指導のもとに灌がい必要時に水槽からジョウロにより行っており、使用水量の規制はないが人力によるジョウロ使用以外の方法、例えば小型ポンプの使用等は禁止されている。水槽内の水量が不足すればコックを開いて水源タンクから補給している。ポンプ等の水源施設及び配水施設に関しては、各グループの参加農民17名が共同で責任を持ち、その費用負担や補修等を行っている。

(5) 栽培作物

市場として THIES市 (約40km) 及び DAKAR市 (約90km) をもつことから、蔬菜の栽培が中心であり、しかも蔬菜は市場価値の高い良質の品種が作られている。例えばトマト (品種はスモールフライ)、キャベツ (品種はファヒーラ)、茄子 (品種はブラックビューティ) 等である。

生産物は当初共同出荷により市場に輸送されていたが、生産者により品質が不揃いであることや、出荷数量がまとまらない等のために、現在は自由出荷にして各農民が集荷に来る商人に直接販売している。栽培上の問題点としてはトマトではウィルスの発生が多く、又各作物に共通してネマトーダの被害が増えているこ

とが挙げられる。

(6) 技術移転

営農指導のためにセネガル側から2グループ(12ha×2=24ha)に1名の割合で農業技術員が配置されているが、プロジェクトとしては各農民を交代で3ヶ月単位で研修を行っており、この研修では灌がい施設や農業機械等のハード面と共に施設の経済的な利用方法等ソフト面の指導も行っており、技術移転に努力している。

(7) 建設費用

1グループ(12ha)当りの灌がい施設建設費は22百万F.cfaで、このうち水源施設分は12百万F.cfaである。

(8) 管理費用

水利費の殆どはポンプ管理費であるがその主なるものは燃料代で、ポンプ1台当り軽油の平均年間使用量は約640ℓで134,400F.cfa(640ℓ×210F.cfa/ℓ)である。又上記の燃料費を含めて潤滑油交換(200時間毎)、分解掃除(3,000時間毎)、オペレータ労務費、償却費を合わせてポンプ使用コストは2,000F.cfa/時間、m³当り価格は66F.cfa/m³である。

(9) 農民所得

明確な資料は得られなかったが、農民1名当りの1ヶ月収益は平均25,000F.cfa、従って年間約300,000F.cfaである。

(10) 考察

当プロジェクトの場合、灌がい施設や配水に関する管理組織は特に存在せず、営農組織の一環として水管理が行われている。

個々の農民は各自の圃場に農業技術員の指導のもとに必要時に必要量の灌がいを人力で行っており、最も小規模且つ単純な水管理の方法であるが、畦間灌がい等に比較して、節水面からは有効な方法と言える。しかし人力による灌がいは労働面からみて最も効率の悪い方法であり、農業生産費構成の中で労務費の割合が低く、且つ自家労働力に頼っている間は可能であるが、将来、労務費の増加があれば、パイプのサイフォン方式等による畦間灌がいに移行していくと思われる。その段階で使用水量や使用方法等の規制が必要となり、相応の水管理組織の確立

が必要と考えられる。

III-1-II-2 バケル地域SAEDプロジェクトの水管理

(1) 調査日時

1988年3月23日～26日

(2) バケル地域の灌がい事業の概要

- 1) バケル地域の灌がい事業は、各区域に組織されている生産組合によって行われているが、灌がい事業に対するSAEDの関与はポンプ貸与、耕地整備、耕地開発、灌がい施設（主として用水路）の建設及びポンプ施設の維持修理に対する指導、営農指導（バケル事務所に5人の農業指導員が勤務している）等である。

一般例としてSAEDが農民グループ（生産組合）にポンプを貸与する場合は、農民グループがC. N. C. A. S（セネガル農業信用公庫）に口座を開き、14千万F. cfa を貯金し、その後毎年29.5万F. cfa を払い込み、ポンプ代金をSAEDに償却していく方法が行われている。耕地整備、耕地開発、灌がい施設の建設はSAED予算により実施され、農民はこれ等の費用を償却する必要はない。又ポンプ施設及び用水路等の維持修理は農民グループ負担により実施される。

- 2) 灌がいはセネガル川を水源としてポンプ揚水により行なわれているが、セネガル川の水位は豊水期（例年9月にH. W. L）と渇水期（例年4月にL. W. L）では水位差が大きく、年により異なるが5m～13mである。従ってポンプは筏上に設置され、水位差は送水パイプの増減により調整している。

バケル市地点における年度別のH. W. LとL. W. Lは次のとおりである。

年 度	1950/51	1986/87	1987/88
H. W. L（9月）	24.2m	19.0m	16.0m
L. W. L（4月）	11.3m	11.4m	11.3m
水 位 差	12.9	7.6	4.7

今後マナントリダムの効果発現と共に河川水位の安定は見込まれるが、区間雨量による流量の増減から水位の変動があるので、固定したポンプ場設置は難

しいと思われる。なお、マナンタリダムの完成による流量の安定から灌がい可能面積の増加は、バケル地域で約10,000haと見込まれている。

3) SAEDは灌がいによる稲作を推進しているが、バケル地域の農民は稲作よりソルガム作りの方を望んでおり、87年雨期の作付面積をみてもソルガムの作付が多い。この理由として次のことが言われている。

- ア. ソルガムの方が住民の食生活に合致している。
- イ. 用水量からみてソルガム作は少なく、ポンプの燃料消費量が少なくすむ。
- ウ. 施肥量が少なくすむ。
- エ. 労働時間が少なく、且つ栽培し易い。

4) バケル地域における農作物の平均収量と販売価格は次のとおりである。

作物	平均収量(t/ha)	販売価格(F. cfa/kg)	ha当り所得(F. cfa)
とうもろこし	2.5	125	312,500
ソルガム	3.0 ~ 3.5	75 ~ 100	350,000
稲	4.9	85 (SAED)	416,500

なお、バケル市場における野菜の価格は下記のとおりであった(88年3月)。

トマト	1 kg	100 F. cfa
ニンジン	1 kg	500 F. cfa
キャベツ	1 kg	400 F. cfa

5) 一般的に灌がい期間中は農民グループによる自主管理が行なわれているが、農民が盗水や灌がい施設を破損した場合は1,000~3,000F. cfaの罰金を課し、2~3回同様のことが続くと組合員資格を失うことが決められていることが多い。

(3) DIAWARA(ディワラ) 地区の水管理概要

ディワラ地区は生産組合員41人により灌がい事業が行われている地区であり、その内容は次のとおりである。

- ・所在：DIAWARA 村
- ・耕地面積：49.5ha (水田・2.5 ha、畑・47.0ha (うちソルガム44.5ha))

- ・一戸当り平均面積：1.2 ha
- ・灌がい施設工事期間：87年1月～3月 作付開始 87年6月
- ・作付パターン：稲 6～11月 雨期
 ソルガム 7～10月 雨期
 とうもろこし 2～5月 乾期
- ・生産量：87年雨期の稲作は品種J A Y Aで7 t/haの収量を得た。
- ・ポンプ場：セネガル川を水源として $Q = 300 \text{ m}^3/\text{hr}$ のポンプを設置
- ・用水系統：ポンプによる送水は直接幹線水路に吐出され、幹線水路から支線水路に分水工により分水される。支線水路は圃場内に配置され、支線水路から各圃場（区画は平均10a）に配水する。
- ・水管理：ポンプは1名のオペレーターが常駐し、8時～18時間の運転を行う。
 幹線水路には2名の水管理人（組合員）が配置され、支線水路に配水する分水ゲートの操作を行っている。
 支線水路から各圃場への配水は、その圃場の耕作者である組合員が水管理人の指示により取水、及び止水を行っている。灌がいサイクルは稲は10日間断、ソルガム及びとうもろこしは3週間間断で行われている。
- ・施設管理：ポンプに関してはドライバーがS A E Dの指導のもとに運転保守管理を行っているが、ポンプが新しいこともあり、特にトラブルの発生はない。用水路については組合員の自主管理により行っているが、その維持管理状況は良好とは言えない。特に素掘り用水路については流水や雨水による侵蝕のため、法面崩落や堆砂が多く見られた。
 又、支線水路では、過剰通水から溢水を生じ、そのため盛土の崩れや道路面の泥化が発生している。
- ・管理費：ポンプの燃料代が経費の殆どを占めるが、87年雨期作においては組合員1人当り12,000F. cfa を徴収している。

(4) 考 察

ディワラ地区の灌がい事業は発足後1年半の新しい地区であり、組合員の結束も固く、現在の耕地面積約50haに加え更に10haの耕地開発が計画されている。現在、灌がいはポンプ運転から配水まで比較的順調に行われている。しかし、施設管理の現況からみて用水路、特に支線水路の維持管理が悪いため、用水損失量が大きいと考えられる。

現状では組合員から選出された水管理人は、分水ゲートの管理を含めて幹線水路の水管理を担当し、支線水路は圃場への取水や維持管理を含めて組合員の自主管理に任せられている状況であるが、水管理の目的は水源から圃場までの一貫した用水の有効利用を図ることにあるので、当地区の場合も幹線水路から支線水路を含めた用水系統全体について水管理人による組織的な水管理が望ましい。

又、水管理状況を確実に把握し、経済的な水利用を図るため関係資料の集積は不可欠であるので、ポンプオペレーターや水管理人についてはポンプ運転日誌及び用水路維持管理日誌等の記録義務を課する必要がある。

III-1-II-3 チャゴ地区排水の水管理（1987年調査）

(1) 施設の状況

チャゴ地区は地区総面積 410ha、このうち農地面積は 288haで、6つの生産組合（グループF、G、H、I、J、K）により、主に水稲作とトマト作が行われている。

この地区は新タウエ運河と旧タウエ川に囲まれた低地に位置し、ポンプ揚水により取水し、（タウエ運河から3ポンプ場、旧タウエ川から3ポンプ場）用水路によって各圃場に送水している。

排水は地区内中央に築設した幹線排水路に集水し、地区の最低位部に位置する排水機場によって旧タウエ川へ排水している。旧タウエ川はチャゴ地区下流 5 km の地点で新タウエ運河との連絡水路（ $\phi 1,000\text{mm}$ のパイプ）でつながっている。

旧タウエ川はセネガル川本流や上流のギエール湖に通じ、下流ゲートの開閉で双方に流下するが、CSSが管理する排水ポンプ場によりギエール湖にポンプ排水されている。

幹線排水路の総延長は約10,300m、その断面は底幅1.5～2.0m、上幅4.0～5.0m、深さ1.5～2.0mの台形断面であり、その勾配は約1/13,000である。

ポンプ場には、立軸・軸流モーターポンプ（ $\phi 350\text{mm}$ ）2台が据付けられ、その排水能力は $Q=600\text{ m}^3/\text{hr} \times 2\text{台}=1,200\text{ m}^3/\text{hr}$ である。

またポンプ場は、新タウエ運河の水位に応じてスルースゲート（ $\phi 1,000\text{mm}$ ）を通じて自然排水もできる構造になっている。

聞き取りによると、81～85年までは旧タウエ川の水位は内水位より低く、常に自然排水され、ポンプを稼働することは稀であった。しかしディアマダム完成後、86年からは新タウエ運河の水位が上昇しはじめ、ポンプ運転の度が多くなったということである。

ポンプの運転時間数等についての記録はない。これは排水機場の管理人を特定せず排水の必要性が生じた都度、各グループ毎に揚水ポンプ管理人が運転しているためである。

(2) 運営状況

雨期稲作の期間（7月～11月）は、平均してポンプ2台を1カ月当たり3日（1日当たり9時間）運転し、収穫前（10月下旬）には連続して6日間（ポンプ2台）運転しているようである。

乾期トマト作の期間（12月～4月）については、トマトの移植時に多量の用水を必要とし、移植後に速やかに排水しなければならないため、移植時期（12/1～12/20）には5日間隔で4日間ポンプ排水（ポンプ1台）している。移植後は、トマト作終了時までポンプ排水の必要性はなく、自然排水で対応している。

この排水ポンプ場には管理規定がなく、管理人も居ないため適切なポンプ管理がされておらず、そのため87年にはポンプの部品が盗難に遭い、1台は運転不可能な状態にある。（なお、ガソリン代、潤滑油代等はチャゴ農協が負担している）

幹線排水路は各グループが各受益地内の水路の部分を維持管理し、年2回各作期の前に除草、浚渫、水路補修等を行っている。

(3) 考察

チャゴ地区は両タウエ運河に囲まれた低平地であるため、用水はポンプで揚水し、排水はポンプ排水と自然排水を行っている。この地方においては、一般的に作物栽培のための用水源の確保と、その取水を如何に行うかが灌漑計画に重要なポイントであり、作物の生理的、土壌的、農作業的（機械化）側面から見た水管理、即ち排水管理についてはまったく考慮されていないようである。これはSAEDのチャゴ計画書においても排水の記事がないことから推察される。

今後、この地区の排水管理を行うにあたって、ディアマ及びマナンタリダムの完成によるセネガル河、ギエール湖、タウエ運河等の水位変化の関係を把握しつつ、対処していくことが不可避である。

旧タウエ川を取水源とする用水ポンプ場はチャゴ3ヶ所、ドンボ6ヶ所であるが、新タウエ運河からの用水の供給を確保($210 \text{ l/s} \times 9 \text{ ヶ所} = 1.89 \text{ m}^3/\text{s}$)しなければならない。そのためには高水位を保つ必要がある。また、排水には旧タウエ川の水位が低いほど自然排水が可能であり、経済的でもある。

この他、旧タウエ下流のCSSのポンプ場との関係も調整しなければならない。
 両ダム（マナタリ、ディアマ）の完成後は、これまでの問題であった用水源
 の安定供給は解消され、新たに排水の問題が生じるのは必至と思われる。従って
 このように相反する目的に（用水と排水）対応したポンプ計画を今後検討する必
 要があるであろう。

(4) チャゴ地区の水収支

雨期稲作 86/87 受益面積（水稲耕作面積）159.5 ha

灌漑期間 7/15～11月（108日）

(収) 用水

灌漑期間 ha当り必要ポンプ運転時間数 12.68hr/ha（H地区を例として）

用水ポンプ容量（定格）820m³/hr

$$\therefore 12.68 \text{ hr/ha} \times 820 \text{ m}^3/\text{hr} \times 159.5 \text{ ha} = 1,658,400 \text{ m}^3$$

(支) 排水

排水ポンプ容量(600m³/hr×2台=1,200m³/hr)

平常時排水 1ヶ月当り 3日間運転（1日当り9hr運転）

収穫前 6日間連続運転（1日当り9hr運転）

$$\therefore 600 \text{ m}^3/\text{hr} \times 2 \text{ 台} \times 3 \text{ 日} / 30 \text{ 日} \times (108 - 6) \text{ 日} \times 9 \text{ hr/日}$$

$$+ 600 \text{ m}^3/\text{hr} \times 2 \text{ 台} \times 6 \text{ 日} \times 9 \text{ hr/日} = 174,960 \text{ m}^3 = 175,000 \text{ m}^3$$

$$(175,000 \div 1,658,400) \times 100 = 10.5\%$$

日減水深

$$(1,658,400 - 175,000) \div 159.5 \text{ ha} \div 108 \text{ day} = 8.6 \text{ mm/day}$$

III-1-H-4 ダガナ地域小規模灌がい地区の農民組織による水管理

(1) 目的

セネガル政府の当流域農業開発実施機関であるSAEDは、最近まで大規模(2,000ha以上)及び中規模(500ha以上)開発プロジェクトを基幹として開発を進めてきたが、その過程の中で造成農地利用の低調化、大型諸施設に対する管理費負担の増加、受益地への給水不足等の問題が生じてきている。SAEDは近年これ等の問題解決策を含め、灌がい農業の拡大を図る重点施策として小規模(500ha以下)開発を活発に促進している。

SAEDは小規模灌がいプロジェクトに対し、圃場や灌がい施設造成、ポンプの貸与、運転操作及び補修指導、営農指導等を実施すると共に、開発プロジェクトの農民の自主参加を期待し、事業計画の共同作成、農民組織の育成、農業金融指導等に努力している。

しかし、農民を対象とした指導普及段階に必要な技術マニュアルの準備が不十分であり、目下その整備が急がれている。特に圃場における水管理は作物の生産面、経済面に重大な影響を及ぼすので、それに必要な農民組織の育成、灌がい施設の操作や用水の有効利用方法等について早急に具体的に検討する必要がある。

本調査は小規模灌がいプロジェクトのうち、現在、水管理が農民組織により運営されている地区を対象に、その水管理の実態及びそれに伴う問題点等を把握するために行ったものである。

(2) 方法

- ① SAED、CSSにより造成された小規模灌がい地区のうち、リシャートル市周辺に位置し、農民自体で施設管理、水管理が実施されている8地区を選定した。
- ② 調査では各地区の面積、土性、作物、灌がい施設内容、施設管理及び水管理に関する農民組織、管理費、負担方法、問題点等の概要を把握する。
- ③ 調査は各地区を組合長、組合幹部或いはSAEDアドバイザーから調査表によりヒヤリングを行った。

(3) 結果

各地区の調査表から要約した結果は表Ⅲ-1-II-1の通りである。

(4) 考察

- ① 灌がい水源別にCSS水路からのゲート分水とセネガル川、ギエル湖等からのポンプ灌がいに大別されるが、この差異と農民側水管理の組織運営と管理費等との関係は大きい。即ち、CSS水路から分水している地区は水源の安定から輪番灌がい方法による地区も水配分が計画通りに行われ易いことが認められる。これに対してポンプ灌がいによる地区はポンプ運転状態の良否が配水計画に大きく影響するため灌がい委員会の運営も配水計画に重点がおかれる傾向がみられる。
- ② 各地区ともSAEDの指導により灌がい委員会を設置し水管理を実施しているが委員会の構成や運営方法に多少の差が認められる。即ち大部分の地区は営農作付計画や灌がい方法等の方針決定と実施を同一委員会で行っているが、一部の地区では営農や水管理等の方針を決定する審議委員会とその方針を実施する実行委員会とに機能を分離し実施している。圃場の水管理等の円滑な実施を目的とする灌がい委員会の構成としてこれ等の長所短所について検討を行う必要がある。
- ③ 農民の直接負担となる水管理費については水源の如何による差が大きい。即ち、ポンプ灌がい地区は水源費としての燃料費負担が多いことから、その水管理費はCSS水路を水源とする地区の区2～3倍である。また、用水路補修費は資材の使用状況により差はあるが、一般的に農民の労務提供による部分が大きく費用低減の努力が認められる。ポンプ灌がい地区の水管理費については水の効率利用と経済面からの検討を行うことが必要である。

Ⅲ-1-II-1 ダガナ地域小規模灌がいプロジェクトの農民組織による水管理実態調査

地区 No		①	②	③	④
地区概要	地区名	Loguis Demis	Keor Nbaye	Mbilor	Guida Kar
	地区面積	110 ha	40 ha	40 ha	42 ha
	開発機関	SAED	CSS	SAED	CSS
	開発年度	1982年~1984年	1981年~1986年	1986年(現在までに20ha達成済あり)	1981年~1985年
	土性	フォンデ	ホルルデ	フォンデ及びホルルデ	ホルルデ
	農民戸数	215戸	210戸	250戸	135戸
	部族	プル族	ワロ族, フ族, トル族	ウオロフ族, プル族	ウオロフ族
	栽培作物と面積	水稲 (Jaya種) 110ha	水稲 (Jaya, IKP種) 40ha	水稲 (IKP種) 20ha	水稲 (Jaya種, IKP種) 30ha KSS種
	作物の平均収量	水稲 4.5t/ha	水稲 3.5t/ha	水稲 5t/ha	水稲 5.5t/ha
	水灌漑	水源	CSS水路から取水	CSS水路から取水	セネガル川
取水施設		CSS水路のゲートから分水	CSS水路のゲートから分水	Centrifugal ポンプ 1台 200m ³ /H (SAEDから貸与)	CSS水路のゲートから分水
配水施設		幹線水路 1km (素掘り) 支線水路 7km	幹線水路 } 5km (素掘り) 支線水路 }	幹線水路 2km (素掘り) 支線水路 3.5km	幹線水路 800m (素掘り) 支線水路 2km
方法		輪番灌漑方法 45hs (15hs×3ブロック) を Rotation Blockとして2~3 日で順調に灌漑を行なう。	連続灌漑方法 13haを1ブロックとし耕地は 3ブロックで構成し、各ブ ックに均等に配水を行なう。	輪番灌漑方法 2haをRotation Blockとし、 1日で順次に灌漑を行なう。	輪番灌漑方法 10haをRotation Blockとし、 2日で順次に灌漑を行なう。
水の組織	組織	農業共同組合に灌漑委員会を 結成 委員長: 1名 委員: 15ha単位の各グ ープから代表1名 計7名と委員長で 委員を構成。 委員会は無報酬	灌漑農民組合を結成 組合長: 1名 委員: ウオロフ, プル, モール各族の代表 2名、計6名と、 組合長で委員会を 委員会は水配分の具体的作業 を行なうと共に管費負担を協 議。 委員会は無報酬	灌漑農民組合を結成 委員長: 1名 (副委員長1名) 委員: 5ha単位の各グ ープから代表1名 計8名 各委員はポンプ、財務、資材 算の各業務を担当する。 委員会は無報酬	灌漑農民組合を結成 委員長: 1名 委員: 3~5ha単位の各 グループから代表 1名、計9名 各委員は会計、水配分等の業 務を分担している。 委員会は無報酬
	費用	幹、支線水路の補修は全て農 民が行なうが補修程度により 組合負担か、グループ負担か らに分けている。CSS水路 からのあ水に対し水代は不必 要。 用水路補修費の概算(8km分) 800,000cfa/110ha/年 →≒7,300cfa/ha/年	幹、支線水路補修破格農の労 働力提供により実施している。 CSS、水路からの取水に対 し水代は不要。	幹、支線水路補修は各農家の 労働力提供により実施してい る。CSS、水路からの取水 に対し水代は不必要。	幹、支線水路補修は各農家の 労働力提供を中心として実施 している。管理費の主なるも のは燃料費である。 200m ³ /時間×8時間/日 ×40日/作期 =64,000m ³ /作期 燃料 1,523ℓ使用 燃料費 1,523ℓ×210cfa/ℓ =320,000cfa ポンプ運転は農民が交代で行 い賃金は支払っていない。
問題点	用水 (素掘り) の維持	特になし	ポンプ台数の増が必要 用水路の破損が多いので改善 が必要	特になし	

⑤	⑥	⑦	⑧
M b a n e	S a n e n t e	B l a k h a y e	K d o m b o
20 ha	30 ha	20 ha	156 ha
SAED	SAED	SAED	C S S
1972年~1973年	1976年~1977年	1981年~1982年	1981年~1985年
フォンデ	フォンデ	フォンデ	ホルルデ
72戸	200戸	86戸	135戸
ウオロフ族	ウオロフ族	ウオロフ族	ウオロフ族
トマト 7ha 水稲 (KSS種) 13ha トマト 60t/ha 水稲 (移植) 7t/ha	トマト 12ha 水稲 (Jaya種) 10ha 水稲 (移植) 8t/ha	トマト 7ha 水稲 (KSS, IKP種) 8ha 水稲 (移植) 8t/ha	トマト, 野菜 17ha 水稲 (KSS, IKP種) 125ha トマト 30t/ha 水稲 (移植) 5.5t/ha
ギエル湖	ギエル湖	ギエル湖	クアエ運河
Centrifugalポンプ 1台 375m ³ /H (SAEDから貸与)	Centrifugalポンプ 2台 375m ³ /H 1台, 300m ³ /H 1台 (SAED から貸与) (破損中)	Centrifugalポンプ 1台 200m ³ /H (SAEDから貸与)	Centrifugalポンプ 3台 200m ³ /H 3台 (SAEDから貸与)
幹線水路 500km (索掘り) 支線水路 2km 湖岸堤防在り	幹線水路 150km (索掘り) 支線水路 1200km 湖岸堤防在り	幹線水路 300km (索掘り) 支線水路 3km 湖岸堤防在り	幹線水路 } (索掘り) 支線水路 } 7km
輪番灌漑方法 5haをRotation Blockとし、 1~2日で順次に灌漑を行なう。	輪番灌漑方法 地区内の高位部分(10ha)、低位部分(20ha)に分けて、高位部分2ha2日灌漑、低位部分4ha2日灌漑で順次に灌漑を行なう。	連続灌漑方法 2haを1ブロックとし、水稲耕地を4ブロックで構成し、各ブロックに均等に配水を行なう。	輪番灌漑方法 ポンプ掛り毎に50ha/ブロックに分け、各ブロック内で輪番灌漑方法を決定し、実施している。
灌漑委員会を結成 委員長：1名 審議委員：5ha単位の各グループから代表2名、計8名 実行委員：5ha単位の各グループから代表1名の計4名と審議委員8名の計12名 審議委員会は作付計画、灌漑方法、負担金等について方針を審議し、実行委員会はその方針に基づいて実施する。	灌漑委員会を結成 委員長：1名 副委員長：1名 副委員長：3~5ha単位の各グループから代表1名、計8名 委員会は作付計画、灌漑方法、水配分等全体について計画し実施する。 委員会は無報酬	灌漑委員会を結成 委員長：1名 副委員長：1名 委員：5ha単位の4グループからの代表2名、計8名 委員は青年層の代表が多い。 委員会は作付計画、灌漑方法、水配分等営農全体について計画し実施する。 委員会は無報酬	農業共同組合に灌漑委員会を結成 (ポンプ掛り毎に結成) 委員長：1名 委員：10haの単位のグループからの代表2名、計10名 1982年以來委員の任期は継続している。 委員会は無報酬
管理費の予算(概算) 1987年 1,000,000cfa/年/20ha (50,000cfa/年/ha) 1987年の場合、次のとおり、 ①燃料費用 運転時間8時間/日×12日/月×4月作期で270,000cfaであった。 ②ポンプオペレーター経費 30,000cfa/作期 ③用水路補修費 農民の労務提供による。	管理費の予算(概算) 1987年 1,000,000cfa/年/30ha 1987年の場合(実績) ①燃料費用 500,000cfa/年 運転時間8時間/日×20日/月×3月/作期→480時間/作期 ②ポンプオペレーター経費 30,000cfa/作期 その他に表面積(0.16ha)の水田を供与している。 ③用水路補修費 農民の労務提供を中心とするが資材費も200,000cfa支出している。	1987年の場合の管理費 ①燃料費用 360,000cfa/年 ②ポンプオペレーター経費 72,000cfa/年 ③用水路補修費 農民の労務提供の他に資材費として150,000cfa	1987年の場合(ポンプ関係) (ポンプ掛りの3グループの合計) ①ポンプオペレーター経費 20,000cfa/月×12月=240,000cfa/年 ②燃料費用 12,000ℓ/年×200cfa=ℓ=240,000cfa/年 ③油脂代 200,000cfa/年 ④補修費(≒7)60,000cfa/年 合計 2,900,000cfa/年 17%-7当り 967,000cfa/年 ha当り ≒ 20,000cfa/年 以上キンプ償却費を積立てて更新時に備えている。
湖岸堤防の地区内湛水(雨期)を防ぐため排水施設が必要。地区内の塩分対策が必要。	湖岸堤防の破損が多く雨期外水の浸入が多い。田面の均平が必要。	湖岸堤防の補修が必要。水路及び田面の均平が必要。	灌漑委員会での意見対立がある場合に決定まで時間を必要とすることが多い。

III-1-I 灌がい農地の造成に関する調査

(1) 目 的

セネガル国はセネガル川流域開発にあたって1986年策定の長期計画で、紀元2000年を目標として食糧生産用の灌がい農地81,000haを確保することを予定している。OMVSの資料によれば1988年7月時点での流域開発面積は39,270haであって、長期目標の開発面積81,000haを達成するには今後約10年間に約42,000haの新規農地造成を必要とする。農業開発実施に関してセネガル政府からSAEDに提示された開発目標によれば、1987年から1990年の3ヶ年で8,440haの新規開発と5,370haのリハビリテーションが計画されており、年間約2,800haの新規農地造成が必要となる。一方、耕地利用率については長期目標として稲は135%、他の作物を併せて200%近くなることが望まれており、その段階的目標としては、1990年には全体の耕地利用率112%、灌がい耕地ではその利用率を120%に高めることが指示されている。以上の背景をふまえて灌がい畑地、水田及び畑複合農地の適切な造成方法及び水利施設の適正な整備方法について検討すると共に、現在SAEDが実施している大中規模事業の農地造成建設費は400~450万Fcfa/ha、又、小規模事業で80~100万Fcfa/haとされているが、更により経済的な造成について配慮し、当地域の今後の灌がい農地の造成について検討することを目的とする。

(2) 方 法

1) 調査は第一段階としてSAED、CSS及び農民組織或いは個人による灌がい農地造成の現地事例の解析に重点をおいて進めることとした。そのため、調査対象地区は具体的にSAEDはKassack-Nord地区、CSSはサトウキビ畑造成地及びチャゴ村農民個人による農地造成地として、これらに関する計画書や図面等の資料収集と共に当事者からのヒヤリング及び現地調査を行った。

2) 調査の主な項目は次の通りである。

地区経緯、開発年度、開発面積、関係農民数、農民組織、水源、土壌、農地造成計画（標準区画の規模決定方法、移動土工量、圃場勾配及び均平度等）、用排水計画、道路計画、圃場内の用排水施設と水管理方法、土壌塩分防止策、防風林計画、農地造成コスト等。

(3) 結 果

調査結果の要約は次の通りである。

1) 対象地区経緯

① S A E D (Kassack-Nord地区)

ディアマダムの完成で塩水遡上が防止されたことにより利用可能となった乾期の河川水で稲作、畑作の乾期作を行い、耕地利用率の向上を図る計画で、1980年に開発造成した Kassackプロジェクト(水田 2,195ha)の一部にあたる410haのリハビリとその周辺の未開発地 150haの造成を含めた 560haの地区である。1986年12月に西アフリカ開発銀行の資金を得て着工し、1990年1月完了予定である。事業内容は旧水路の断面整備、用水ポンプ機能回復、排水路系統の整備と排水機場の新設、150haの新規造成(畑作)等である。関係農民は342戸で一戸当り耕地面積は稲作1.19ha/戸、畑作0.43ha/戸の計1.52ha/戸が計画され、既に Kassack-Nord 農業組合が組織されている。

② C S S (サトウキビ畑造成地)

C S Sは現在約 7,000haのサトウキビ畑を所有しているが、製糖工場の効率的運営のために更に 5,000haの開発を計画しており、計1万 2,000haの規模を最終目標としている。又、既存のサトウキビ畑も6~7年サイクルで植付更新を必要とするが、その作業は心土耕(80cm深)、プラウイング(約20cm深)、圃場均平及び成畦等であり、殆ど新規開発と同様に年間約 1,000haを実施している。

③ チャゴ村農民による造成地

本造成地はタウエ運河に沿った約14haの土地をA氏の家族が耕作権を得て、その一部を農地として利用していたが、その後、営農に従事していた人が村外に職を求め不在となったため、放棄されていた土地である。2年前にA氏が親戚及び兄弟を含め4人で灌がい農地として再利用することを計画し、国内農業信用金庫の資金を得て約2.8haを造成して用水路等を施設し、ポンプ灌がいにより現在トマト2.4haを作付しているが、今後0.4haにタマネギ、キャベツを作付する予定である。なお、トマトについてはS O C A Sと栽培契約を結び、収穫物の販路安定を期している。

2) 農地造成の標準区画規模の決定方法

① S A E D (Kassack-Nord地区)

造成計画にあたり S A E D と農業組合が協議を行い、組合側の希望を基本とするが、規模決定は大凡 2 つの要素により行われる。いずれを重視するかは各地区により異なる。(a) 現地盤高低差を考慮する。即ち、均平を無理に行わず現地形を活かして区画の規模を決定する。(b) 農民 1 家族 (標準 6 ~ 7 人) の 1 年分の食糧を充足し、且つ営農資材、組合費、灌がい費等の負担支払いに必要な面積は 1.0 ~ 1.1 ha であるので、この数値で区画規模を決める。本地区の場合区画は 1.1 ha (140m × 80m) であるが、(b) の方法を採用した結果である。農民 1 戸当り必要面積 1.0 ~ 1.1 ha の根拠は次の通りである。

平均収量 $5 \text{ l/ha} \times 0.6 \text{ (粳} \rightarrow \text{精米歩止り)} = 3,000 \text{ kg/ha}$

1 家族の米穀必要量 $300 \text{ kg/人/年} \times 7 \text{ 人/家族} = 2,100 \text{ kg/家族/年}$
 $3,000 \text{ kg} - 2,100 \text{ kg} = 900 \text{ kg}$

$900 \text{ kg} \div 0.6 \text{ (粳付に換算)} = 1,500 \text{ kg}$

次年度の種子用量 $1,500 \text{ kg} - 80 \text{ kg} = 1,420 \text{ kg}$

営農資材、用水費等支出分 $1,420 \text{ kg} \times 85 \text{ Fcfa/kg} = 120,700 \text{ Fcfa}$

② C S S (サトウキビ畑造成地)

人力による苗植付作業を中心に考えロット (耕区相当) の規模は 150m ~ 200m × 250m ~ 300m = 4 ha ~ 6 ha (平均 5 ha) とし、4 ~ 5 ロット → 20 ~ 25ha でブロック (圃区相当) を構成しているが、ブロックの規模は機械化営農管理作業の効率から決定されたものである。なお、最近ではサトウキビ畑の一部を水田に転換しているが、本年は約 160ha の作付を行っている (収量は 5 l/ha 以上と言われている)。又、畑作についても約 20ha で綿、たまねぎ、トマト、ニエベ等の試験栽培を行っている。これらの水田及び畑の区画規模はサトウキビ畑と全く同様の規模である。

③ チャゴ村農民による造成地

特に標準区画はなく幹線用水路を境として 2 ブロック (約 1.2 ha 及び 1.6 ha) に分けて造成している。これは現地形を活かして圃場勾配をとり易くするため造成した結果と思われる。同一ブロック内も他方向への勾配面が 2 ~ 3 内在し、用水は支線水路により各面に送水され自然の高低差を利用して畦間灌が

いが行われている。

3) 圃場勾配及び均平に伴う移動土量或いは均平度の状況

① S A E D (Kassack-Nord地区)

本地区の場合計画移動土量は水田区で80 m³/ha、畑区で8～10 m³/haを予定している。計画担当者の考えは畑地の場合均平をそれ程必要とせず、営農時に農民が均平を得るよう適当に分割して耕作するとしているのが現状である。

水田区の場合、圃場の平均勾配は 1/1,000、ha当りの均平度は±10cmを基準としている。

② C S S (サトウキビ畑造成地)

圃場の平均勾配は 1/1,000を基準としてレーザー式ランドプレーナを使用し工事を行っている。均平度は±10cm (ロット当り) 高低差とするよう造成計画を作成する。

③ チャゴ村農民による造成地

移動土量は不明、圃場勾配は不均等であり地形を利用し自然の高低差を利用して成畦し、灌がいを行っている。

4) 灌がい排水及び水管理

① S A E D (Kassack-Nord地区)

単位用水量 3.5 ℓ/s/ha、又、作付期間中の全用水量として次の水量を目安としている。

	粘土分30%以上	粘土分30%以下
雨 期 (8月～11月)	10,000 m ³ /ha	15,000 m ³ /ha
乾 期 (3月～6月)	15,000	18,000

又、単位排水量 3.0 ℓ/s/ha、排水ポンプ容量 3,300 ℓ/s (他地区分を含む) で排水路水位の低下維持を行う。ポンプ場管理は S A E D が行うが、幹線水路から支線への分水ゲート操作は農民組合側が行う。支線水路以下の分水は各圃場毎に農民が行う計画であり、圃場内の用排水管理は農民の判断でそれぞれのパイプの開閉操作により行われる。

② CSS (サトウキビ畑造成地)

毎日の灌がい用水量は気象観測値(主に蒸発量及び雨量)やサトウキビの生育状況に応じ、ブロック毎に決定され畦間灌がいが行われている。大凡の用水量は雨期10mm/day、乾期15~18mm/dayで10日間断灌がいを行う。灌がいはサイフォン方式でビニールパイプ(内径15mm)を用い行われるが、1人で10haを所持し管理を行っている。水価は灌がい用水2.7 Fcfa/m³と、排水0.5 Fcfa/m³である。

③ チャゴ村農民による造成地

ポンプ(口径120mm、原動機はディーゼル)の能力からみて灌がい用水量を算出すれば大凡次の通りである。

1.3 m³/min → 81 m³/hr 10日~15日間断灌がいを行う場合
41mm/ha で日用水量4.1 mm/day~2.7 mm/dayである。

又、水価の燃料費相当分は実績から算出すれば2.5 Fcfa/m³である。

5) 土壌塩分防止策

① SAED (Kassack-Nord地区)

排水路、排水機場等の排水施設整備により灌がいによる浸透水の早期排除と適時にリーチングを行う計画である。しかし、そのための必要水量は現在未検討である。

② CSS (サトウキビ畑造成地)

永年の灌がいにより塩の集積がみられるので、防止策として排水網の整備を重視し、土壌浸透水を少なくすることに努めている。排水路水面は畦間灌がいの水面より2mの落差を維持し、地下水面上昇を防止している。

③ チャゴ村農民による造成地

特に対策はとっていない。

7) 灌がい農地造成コスト

① SAED (Kassack-Nord地区)

本地区の全体事業費は114,240万Fcfaであり、ha当りのコストは204万Fcfa/ha(水利施設、道路等の費用を含む)である。

② CSS (サトウキビ畑造成地)

現在の造成コストは 150万Fcfha/ha (水路、道路等構造物の費用を含むがポンプ関係施設費用は含まない) である。

③ チャゴ村農民による造成地

農業信用金庫からの融資額は 130万Fcfhaで、そのうち約60%の78万Fcfhaを農地造成、水路、フェンス等に支出している。従ってその80%を造成コストとして算出すれば62万 4,000Fcfhaであり、ha当り22万 3,000Fcfha/haである。

(4) 考 察

中間結果ではあるが、農地造成上の基本的事項について考察すれば次の通りである。

① 半乾燥地のディエリ土壤は次の特性を持つ。

- (a) 土性は粘土及びシルトを含む細砂ないし中・粗砂で中性である。
- (b) 表層約20mは有機質を含まないルーズな単粒構造である。
- (c) 年間 200～300cmの降雨は、雨期3ヶ月に10～15回に分かれて降る。1回の降雨は20～30mmであるが、降雨時間は短く(1～1.5hr)、したがって降雨強度の大きいシュウ雨性である。この降雨の浸透によって表層から20～30cm付近に炭酸カルシウムの集積層ができており、その表厚は20～40cmとなっている。
- (d) この集積層は炭酸カルシウムのセメンティングによって非常に固くかつ透水性は極端に小さい。
- (e) この炭酸カルシウムの集積層の下部は、固結したシルト層が更に続く場合と、比較的ルーズな層となる場合がある。
- (f) 地下水は試験地付近で地表から4～5m以下で地下水の毛管上昇は見られない。
- (g) 表土シリンダーインタークレート試験を行うと、一般にシルト質土壤の場所では10～15mm/dayの値を示すが、ディエリ土壤の場所では300～400mm/dayの値を示す。しかし、一筆減水水深を測定すると10～20mm/dayと安定した望ましい値を示す場所が多い。

これは炭酸カルシウム集積層が浸透を抑制することによるものと考えられる。

② 当地域の地形は巨視的には平坦地と見なされるが、微地形として2～3mの高低差がある。圃場造成に当たっては、できるだけコンターを生かした配置とし、特に三次水路以下は1/1000以下の緩勾配とし、かつ法面は1:2の緩や勾配として浸食防止を計る必要がある。すなわち、水路は巾の広い浅い形状とし、流れる水路ではなくたん水する水路として計画すべきである。また、法面保護のため植生が有効である。又、実証圃場においてはファームポンドの造成の際、最初は底張りをしなかったところ、水圧によって固結層がパイピングを起こして下層の透水層と連結し漏水した。

半乾燥地では炭酸塩類の集積層は、営農面からも水管理の面からも極めて重要な役割を果たしているので、プロジェクトの計画に当たっては、土壌調査は特に重要である。

③ 農地造成計画では標準区画の規模決定にあたって、SAEDの場合は現地地形を極力生かし、区画形成のための移動土量を少なくすると共に、農民組織の希望を尊重しており、各地区毎に異なった区画規模を採用している。本例のKassack-Nord地区の場合は農民1家族(6～7人が標準)の1年分の食糧自給量により決められている。従って営農機械化の効率面を要素として区画規模を決定する考え方は殆ど存在しない。

これは耕起作業は大型トラクタにより行われるが、その後の播種から収穫までの営農作業が殆ど人力により行われている実態にそったものと考えられる。CSSの場合はサトウキビ苗の植付を行う人力作業面を重視して平均5haのロット(耕区に相当)規模を決めているが、ブロック(圃区に相当)規模は植付後の営農作業を行う機械化効率を重点に考え20～25haとしている。又、農民個人による場合は標準区画的考え方は無く、地形に従って区画を形成し出来るだけ造成コストを下げると共に、営農作業の容易さを中心として区画規模を決めることが多いと考えられる。

④ 圃場勾配或いは均平に伴う移動土量についてはSAEDの場合、現地地形に極力従って移動土量を少なくしており、Kassack-Nord地区の畑地造成計画では8～10m³/haである。これは地区の立地条件として現地地形が大凡平坦に近いこともあるが、画一的な区画の形状にとらわれずに農地造成を計画する基本姿勢によるものと考えら

れる。CSSの場合の区画計画にも同様の基本姿勢がうかがえる。しかし、圃場の勾配や均平については全てランドプレーナを使用し、作業精度を厳しく維持して灌がいや排水の作業管理に支障を生じないようにしている。即ち、造成コスト面のみにとらわれず造成後の営農作業効率面も重視して実施している。

⑤ 土壤塩分防止策についてSAEDの場合は、今後予定されている大面積への乾期作導入にあたり大きな課題となっており、種々防止策が検討されている。Kassack-Nord地区においては、灌がい用水による浸透水を早期に排除するため排水路の整備を重視し、排水路水面の低下を維持するため排水機の新設が計画されている。又、CSSにおいては支線排水路の水位を圃場の畦間灌がい水面から2mの落差を維持するよう計画されている。しかし、いずれも排水計画は地区外排除までであり、その流末処理については不明である。従って当地域での灌がい農地造成の計画にあたり、土壤塩分防止策については圃場内の排水施設整備のみでなく、その排水流末処理についても広域的に検討する必要があると考える。

⑥ 農地造成コストについてSAEDの場合は、各プロジェクトによりその高低差が大きい。高コストの例としてはマタム事務所管内のジュマンド地区は600万Fcfa/haである。本Kassack-Nord地区の場合は水利施設、道路等の費用を含めて204万Fcfa/haである。CSSの場合は徹底した機械化作業により農地造成を行っているが、水利施設費用等を含めて（但しポンプ施設費用は含まない）150万Fcfa/haである。又、チャゴ村農民による造成地は計算値ではあるが、約22万3,000Fcfa/haであった。当地域においては今後の灌がい農地造成にあたり、灌がい排水の適切な水管理に対応し得る水利施設の機能向上と低コストが要求されると思われるので、現地形の利用、水路網等の効率的配置、良質低価な現地産建設資材の活用、経済的な機械化作業計画等を検討し、低コスト化に努力する必要がある。