

循環灌がい法による水稻多収技術の確立に 関する研究 (第1報)*

鈴木英男・阿部秀男・奥山隆治・栃木喜八郎

I 緒 言

本県の米の生産量は全国において比較的高いが、単位面積あたりの収量は全国平均より低い位置にある。したがって低収の原因排除に努め、単位面積あたりの収量を引上げるための研究に迫られている。

反収向上を図るための一方策として、松島省三博士¹⁾の提唱せる理想型稲を自由に作りうるためには、初期生育を旺盛にし、いわゆる姿勢決定時期に窒素の供給をコントロールすることが必要である。このためには土壌中に吸着され難い硝酸態窒素を用いた循環灌がい方式によればこの目的が達せられることが報告されているので、この点を検討しようとした。

一方水管理についても、慣行の田越し灌がい方式が温存され、水稻根の健全化を図るための灌がい法、さらにはこんご工業用水との競合や区画拡大に伴って節水的水管理方式の検討もまた必要である。

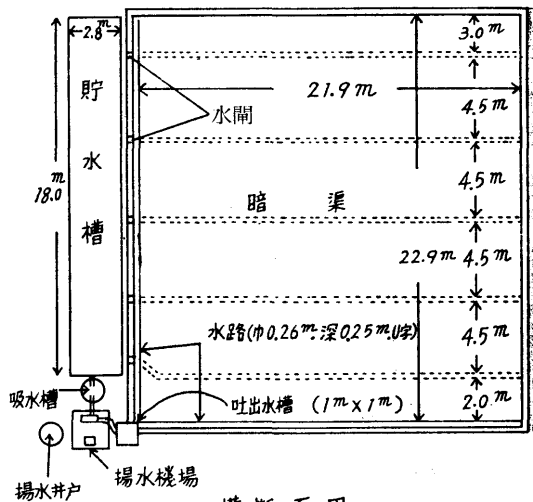
以上のような背景に基づき、1965年に循環灌がい施設を場内に設置し試験したもので、その結果の概要を報告する。

むしろ本年度は、松島理論を実際のほ場で検討し、実用化の前段階として問題点を抽出しようとしたものであり、本研究は農林省の総合助成によるもので、その大部分は農林省農業技術研究所松島博士および作況調査研究室との共同研究によるものである。

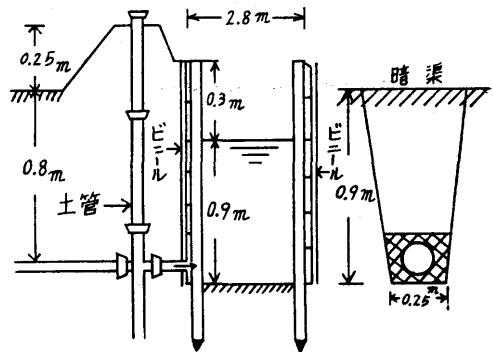
本研究の施行にあたって、本場長枝村藤作氏および普及教育課主幹永島五郎氏には温情に満ちた指導と激励を賜り、農林省 農業技術 研究所 物理統計科長松島省三博士、東北大学和田源七氏（前作況調査研究室技官）作況調査研究室技官松崎昭夫氏には有益な指導と協力を頂いた。ここに各位に対して深甚なる謝意を表す。

*本報告は1966年春季日本作物学会および要旨は日本作物学会関東支部に発表した。

平面図



横断面図



第1図 循環灌がいほ場図

第1・1表 循環灌がいによる施肥量

試験区	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
循環区	41.5 (21.0)	15.0 (15.0)	79.3 (32.0)
標準区	8.0	8.0	8.0

注 1) 施用成分量 kg/10 a
2) () 計画

第1・2・1表 循環灌がいによる施肥法

試験区	基 肥				基 肥 1		基 肥 2	
	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NO ₃ -N	K ₂ O
循環区	2.5	2.5	1.5	5	1.5	1.5	8.3	23.7
標準区	8		8	8				

第1・2・2表 循環灌がいによる施肥法

試験区	基 肥 3		基 肥 4		減 数 分 裂 期			穂 抽 期	
	NO ₃ -N	K ₂ O	NO ₃ -N	K ₂ O	NH ₄ -N	NO ₃ -N	K ₂ O	NH ₄ -N	NO ₃ -N
循環区	1.7	4.9	15.0	42.9	1.25	12.5	2.8	3.0	3.0
標準区									

- 注 1) 施用成分量 kg/10a
 2) 茎肥1は6月5日, 茎肥2は6月12日, 茎肥3は6月19日, 茎肥4は6月21日, 25日, および29日にそれぞれ表の量だけ施用, 減数分裂期追肥は7月30日, 穂抽期追肥は8月21日, 25日9月1日
 3) 窒素は基肥と減数分裂期以後の施用は硝安を, その他の追肥は硝加を, 燐酸は過石, 茎肥と減数分裂期の加里は塩加を施用した。堆肥は秋耕時に750kg, 硅酸石灰は代掻時に200kg/10a施用(循環区のみ)

II 試験方法

5aのは場に第1図に示すような循環灌がい設備を施し, 第1表に示すような施肥方法で試験を行った。

試験ほ場は黒色土じよう粘土火山腐植型の乾田で, 耕深を15~18cmとした。1日の循環回数数は2回で, タイムスイッチにより5時と17時の2回に, 田面5cmまで灌水を行った。

品種はマンリヨウを用い, 5月24日本葉5.4枚のピニル畑苗を移植した。栽植密度は循環区はm²あたり29.1株3本植, 標準区はm²あたり19.6株4本植とした。

姿勢の決定時期, すなわち止葉分化期(7月4日)から幼穂形成期(7月25日)に硝酸態窒素を含んだ灌がい水を排水し, 新しい灌がい水ととりかえてこの期間灌水した。

減数分裂期および出穂期に窒素を追肥して, 出穂後の同化能力を維持させた。

III 試験経過の概要

異常低温で初期生育がおさえられたが, 6月に入って天候が回復するとともに正常な発育を示した。9月17~18日の台風24号により標準区は倒伏したが, 循環灌がい区は倒伏しなかった。

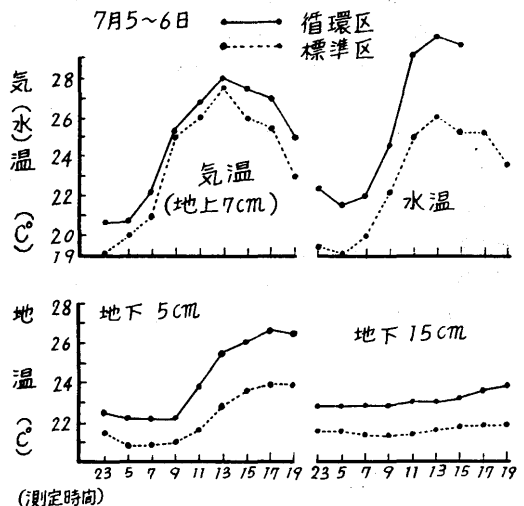
施用したNO₃-Nはほとんど理論値に近だけ灌がい水に溶出した。無底で, ある期間循環灌がいする

ためNO₃-Nの流出が一部あったものと考えられ, 5回にわたってNO₃-Nを追肥した。

IV 試験結果

1 循環灌がいと微気象

循環灌がいによって影響すると考えられる水, 地温, 水稻群落内の気温および日射等について調査した結果は, つぎのごとくである。



第2図 日変化における気温および水地温の比較

1) 第2図からもみられるごとく、循環灌がいによる水、地温は標準より高い。水温は2~4°C、地温の5cm温は1~3°C、同15cm温は1~2°C高かった。これは第2表に示すごとく水深の堆移および流水温と水槽内の水温差が影響していることが大きい。

第2表 水槽温と流水温の比較

試験区	7月5日	7月30日	8月26日
水槽(循環)	22.5	23.2	24.5
流水(標準)	19.0	21.0	20.5
差	+3.5	+2.2	+4.0

注 1) 測定時刻 9~10時

2) 単位 °C

水稻群落内の気温は水、地温のごとく明らかでない。しかし循環灌区が標準区より7月は変動が小さく直線的な傾向の分布を示している。循環区は7月上旬には地上7cmの部位が0.5~1.5°C高かった他は7月下旬、8月下旬ともに区間差がなかった。

2) 日射量は第3表に示すごとく、両区間に大差がないようである。ただし生育時期の異なる時点の調査であることを考慮すれば循環区が透過率が大きいと考えられる。

第3表 水稻群落内における日射量

測定月日	項目	試験区	測定部位			
			地上7cm	地上30cm	地上60cm	地上90cm
7.31	測定値	循環区	0.206	0.300	0.725	0.948
		標準	0.197	0.353	0.626	0.926
	裸地对比(%)	循環区	22	32	78	100
		標準	21	38	65	99
8.26	測定値	循環区	(10cm) 0.047	0.067	(65cm) 0.228	0.577
		標準	0.040	0.107	0.161	0.362
	裸地对比(%)	循環区	6	8	29	72
		標準	5	14	21	48

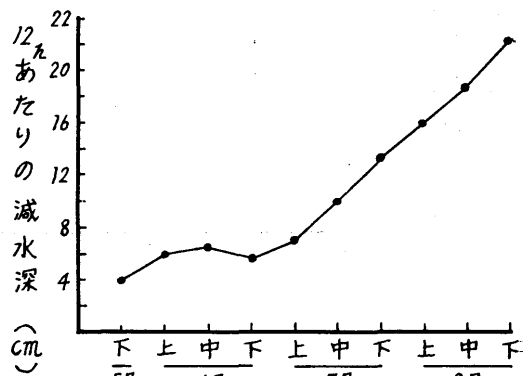
注 1) 測定時刻 12~13時

2) 単位 gCal/cm²min

2 循環灌がいによる減水深と土じょうの酸化還元電位

循環灌がい方式による減水深の変化に伴う、土じょうの酸化還元電位はつぎのごとくである。

1) 時期別の減水深の推移を示したのが第3図である。6月下旬までは1日あたり9~13cmであるが、7月上旬ごろから急速に増大した。したがってこれに比例して無湛水時間が多くなった。



第3図 時期別における減水深の推移

2) 土じょうEh₆。第5表に示すごとく循環区が明らかに高く、酸化的に経過した。

第5表 土じょうEh₆の測定

項目	試験区	6月26日	7月5日	7月26日
Eh ₆	循環区	621	570	440
	標準区	221	239	205
PH	循環区	6.6	6.9	6.8
	標準区	6.4	6.8	6.8

注: 1) 各区4点調査

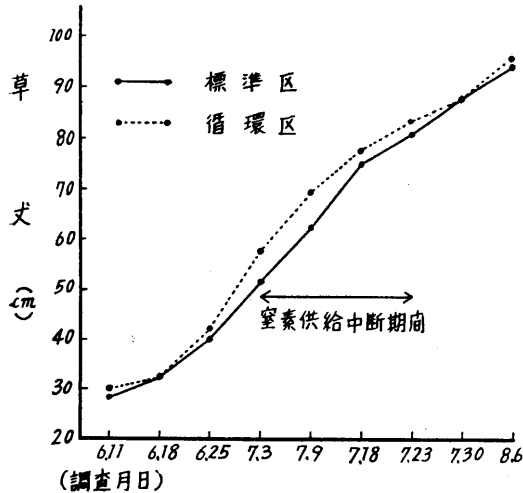
3 循環灌がいによる水稻の生育経過

1) 出穂、障害 第6表に示すごとく循環区の出穂期は8月18日で、標準より5日早く、穂揃が良好であった。倒伏は循環区はなく、標準区は台風によって倒伏した。病害はいもち病、紋枯病、胡麻葉枯病等の発生は標準区よりきわめて少なかった。

第6表 生育観察調査

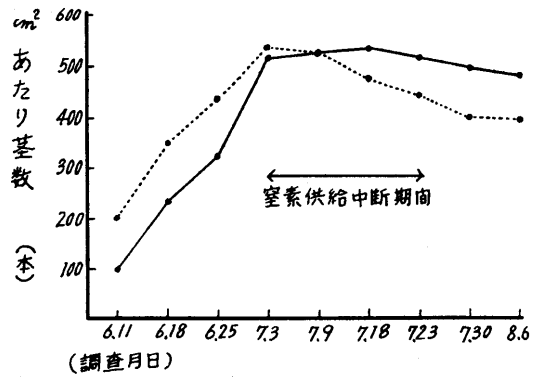
試験区	出穂期	穂揃整否	結実日数	倒伏	病害		
					いもち	紋枯	胡麻葉枯
循環区	月日 8.18	整	42日	無	ビ	少	ビ
標準	8.23	中	42	中少	少	少	少

2) 草丈, 茎数の推移 草丈および茎数の推移を第4図に示した。茎数は窒素供給制限によって茎数の増



第4・1図 草丈の伸長

加はおさえられ減少するのが目立っている。とくに処理後10日ごろから減少した。草丈については明らかでなかった。



第4・2図 茎数の増減

4 循環灌がいによる収量構成要素と収量 収量構成要素と収量は第7表に示すごとくである。

第7・1表 5斜線刈取法による収量構成要素と収量

試験区	m ² あたり穂数	1穂穎花数	m ² あたり穎花数	登熟歩合	精粒千粒重	aあたり玄米重
	本			%	g	kg
循環区	312	81	25,119	96	29.3	58.85
標準区	335	92	30,974	70	25.5	46.31

第7・2表 全刈による収量

試験区	aあたり全重	精粒重歩合	秕重歩合	aあたり玄米重	同左標準比	屑米重歩合	玄米千粒重
	kg	%	%	kg	%	%	g
循環区	149.0	43.5	1.9	55.46	120	0.6	22.6
標準区	150.5	38.3	3.2	46.31	100	4.7	21.2

注：玄米重は14%換算

1) 収量は循環区が標準区よりかなりの増収を示した。

2) 穂数は標準区より逆に少なかった(-7%)。これは初期の茎数は循環区の方がやや多かったが、窒素供給制限によって急激に茎数が減少した結果、穂数

に影響したものと考えられる。

3) 1穂穎花数は、循環区が標準区より減少した。(-12%)。これは退化穎花の多いことからもうかがわれる(第8表)。

4) 単位面積あたり穎花数も標準区より少なかった

第8表 1穂穎花数成立内容

試験区	1次枝梗			2次枝梗			穎花		
	現存	分化	退化	現存	分化	退化	現存	分化	退化
循環区	8.6	9.0	0.4	16.0	20.0	4.0	97	110	13
標準区	9.6	9.7	0.1	15.8	19.0	3.2	99	108	9

注：農研，作況調査研究室

(-19%)。これは初期の窒素吸収量が充分でなかったことと、加えて出穂前45~25日まで窒素の供給を制限したため、穎花分化期までの窒素吸収量が少なかった結果と考えられる。

5) 登熟歩合は標準区に比し、非常に高かった。このことは姿勢決定時期の窒素供給制限により、出穂前の貯蔵炭水化物量が多く、受光体勢の改善等によって出穂後の乾物生産量の増加、倒伏抵抗性の増大等が関与したものと考えられる。

6) 精粒千粒重も登熟歩合とまったく同じ傾向を示している。

5 外部形態調査

1) 稈長は循環区が標準区に比し短い(93%)。下位3節間(上位より3, 4, 5節間)の合計で標準区の64%である。したがって下位節間が短いため循環区が倒伏し難いものと考えられる(第9・1表)。

第9・1表 循環灌がいによる稈長と節間長

試験区	稈長	節間長(上位より)					
		1	2	3	4	5	6
循環区	93 ^{cm}	35.6	23.1	16.3	9.7	6.3	0.4
標準区	99	34.0	22.9	20.2	13.3	7.6	1.6

注 節間長：主稈について循環16ヶ体
標準18ヶ体の平均値

2) 葉身長は第2, 3, 4葉が短く、その中では第4葉が著しいが(87%)、止葉はほとんど差が認められなかった(第9・2表)。

第9・2表 循環灌がいによる葉身長

試験区	第1葉	第2葉	第3葉	第4葉
循環区	33.8 ^{cm}	45.7 ^{cm}	48.5 ^{cm}	45.4 ^{cm}
標準区	34.4	49.8	53.2	52.2

注 1) 調査個体は節間長と同じ
2) 第1葉：止葉

6 抜取調査

1) 出穂後約10日ごろの循環区の根は、標準区に比し黒色根はきわめて少ない。また比較的細根が多く、下層まで達しており腐敗根も少ない(第10表)。これは循環灌がいによって、土じょう中の有害物質が洗い流されたことと、土じょうが酸化的事であったことが影響しているものと考えられる。

第11表 乾物重の推移

試験区	処直前	処直後	出穂期	成熟期
I 循環区*	5.2	19.7	44.7	68.0
I 標準区	6.1	21.4	46.2	63.1
循環区*	7.0	18.8	34.4	62.0
標準区	—	—	36.8	55.0

注 1) *はm²あたり29.1株植に換算
2) I実験は農研, 作況調査研究室
3) 単位 g/株

2) 乾物重の推移 出穂後の乾物重の増加傾向は循環区の方が標準区より大きい。これが収量を増大させた一因と考えられる(第11表)。

第10表 根の比較

調査項目	標準区	循環区
根数	多い	少ない
根色	暗茶褐色 汚れている	茶褐色 新鮮味がある
黒色根	表層に多く約15~20%位	表層に多く2~3%位
光沢	光沢がない	鮮明で光沢がある
根の分級	IV根	IV根
根の分布	比較的大根で中層に分布している	細根が多く、下層まで達している
中心根	老熟しており腐っている	腐敗が少ない

注 1) 8月31日調査
2) 根の分級は稲田, 馬場農業技術13(7)1958による

3) 窒素の推移 第12表に示すごとく、窒素含有率は、窒素供給を制限すると、急激に低下する。減数分裂期直前に窒素供給を再開すると、出穂までの窒素含有率の低下は少ない。

窒素吸収量は窒素供給制限期間の循環区は標準区に

比し、窒素の吸収がきわめて少ない。窒素供給再開後の窒素吸収量は標準区と大差ないかむしろ多い。

磷酸および加里含有率は循環区に大きな差は認められなかった(表省略)。

第12表 窒素含有率および吸収量

試験区	葉身(%)				葉鞘(%)				吸収量(mg)			
	処理直前	処理直後	出穂期	成熟期	処理直前	処理直後	出穂期	成熟期	処理直前	処理直後	出穂期	成熟期
I 実験 循環区*	3.83	2.28	2.33	1.40	2.03	0.71	0.76	0.63	219	295	596	710
	4.20	2.55	2.21	1.46	1.89	0.78	0.63	0.63	190	307	531	649
標準区	3.76	2.09	2.03	1.46	1.78	0.61	0.57	0.50	196	231	419	598
	—	—	2.21	1.26	—	—	0.65	0.51	—	—	409	495

注 1) *の吸収量は、*mg*あたり29.1株植に換算

2) I実験は農研, 作況調査研究室

4) 炭水化物の含有率 第13表に示すごとく窒素供給を制限すると循環区は急激に粗澱粉含有率が増加する。そして出穂期には標準区との差が非常に大きくな

る。このように循環区は標準区に比し葉に多量の炭水化物を保有していることが、登熟を良好にする一因と考えられる。

第13表 炭水化物含有率

試験区	処理直前		処理直後		出穂期		成熟期	
	全糖	澱粉	全糖	澱粉	全糖	澱粉	全糖	澱粉
I 実験 循環区*	4.5	1.4	4.4	7.5	5.8	12.6	3.5	4.5
	2.8	tr	4.3	2.7	4.2	4.5	3.5	2.9
標準区	4.1	2.1	4.2	7.4	5.6	14.1	4.6	8.6
	—	—	—	—	4.0	7.1	3.1	2.0

注 1) *の吸収量は mg あたり29.1株植に換算

2) I実験は農研, 作況調査研究室

V 考 察

いわゆる姿勢決定時期に NO_3-N を除去すると、茎数あるいは穎花数の減少することが多い。一方登熟歩合が非常に高く、成熟期にも葉に澱粉がかなり残存していることからみて、単位あたりの穎花数が不足していたものと考えられる。

以上の点から初期生育を旺盛にし、姿勢決定期までに必要な生育量にしておくことが必要である。そのためにはさらに基肥の増施とこれに対応した適苗、密植

が必要と考えられる。この場合、基肥窒素肥料の種類あるいは植付株数、苗数の関係が稲の姿勢から問題となろう。

本試験は無底のため地中水が隣接ほ場と連絡しているような条件下では、 NO_3-N の流亡がかなり多いと考えられるので、分施肥回数を多くした方が有利と考えられる。

窒素供給を制限するには、その制限の強さ、処理時の体内窒素の多少、個体育育の内容等によってその反応程度が必ずしも画一的とは考えられないので、この

点明らかにする必要がある。

なお水稲の多収糧をはかるには、水管理を合理的に行なうこと、とくに水の縦滲透が重要であることは、よく知られている。

しかし現実には大水田地帯では、排水路が堰止められ、縦滲透がはばまれており、合理的な水管理が行なわれていない。

こんご理想的な水管理を不可能にしている現地の条件を洗いだすとともに土地基盤整備の実施上からもその調査研究は重要である。

VI 摘 要

水稲の反収向上と併せて水の合理化を図る目的で、5 a のほ場で硝酸態窒素を用いた循環灌がい方式によって水稲を栽培し、つぎのような結果をえた。

1 硝酸態窒素を用いた循環灌がい方式を利用すれば、窒素の不必要なときに灌がい水をとりかえること

により、ある程度窒素供給の制限が可能のようである。

その結果いわゆる姿勢決定時期の窒素吸収量は非常に減少し、茎数の増加がおさえられた。

2 循環灌がいにより、土じょうの酸化還元電位は高くなり、水稲根への障害は少なくなるようである。

3 稈長とくに下位節間長が短縮し、倒伏に強くなるようである。

4 一穂の穎花数は減少するが、登熟歩合は著しく向上し、増収した。

文 献

- 1 松島省三 (1966) 農業及園芸41(2): 383—388
(3): 523—528 (4): 661—664 (5): 817—822
(6): 963—966 (7): 1103—1108
- 2 ——— (1956) 稲作の理論と技術 養覽堂
東京