

## 火山灰水田における効率的な水利用に関する研究

### 第1報 わらすき込みと水管理に関する試験

川田 登・阿部盟夫・松永 隆

#### I 緒 言

近年農業における水の需給は他産業及び都市化の影響をうけて、年々きびしい情勢にある。水資源の問題としての農業水利についても、その特質から不安定な自然の支配に影響をうけ、取水や配水等の水管理方式も古い習慣によるものが多い。または場における水管理についても水稲作の場合一般には中干し期を除いては湛水して栽培されているが、水利用の立場での合理性については不明な点が多い。確かにかんがいについての利点もいくつかあり、養水分の供給、地温を調節してイネの生育を調節する。あるいは有害成分を少くして雑草を抑えることや倒伏防止等をあげることが出来る。その反面還元化の促進による根の障害、脱窒や溶脱による養分の消失と農作業の機械化についての阻害等のマイナス面もある。私達はこのプラス面を如何に活用し、マイナス面を抑えて水管理を行ってゆか、課題の中で検討してゆかなければならない。水管理の意義については出井ら<sup>1)</sup>によって詳しく解説されている。本試験では火山灰水田における水管理として取扱うが、わらすき込みとの関連については、コンバインの導入によるわらのは場還元が多くなったことによる。

最近における土壌肥料面での水管理及びわらすき込みの成果の主なものは次のとおりである。<sup>12)</sup> 城下は米作日本一水田の肥培について、多収穫田では適切な水管理が実施されていることを指摘した。そして水の浸透による有機物の分解、有害因子の排除としての水管理の意味を述べている。<sup>13)</sup> 岡部ら<sup>2)</sup>は水田の土壌型と水管理について、早期栽培の場合の後期落水の影響を明らかにし

ている。<sup>8)</sup> 田中は水稲のかんがい法の生態的研究をまとめ、与えられた気象条件下ではイネの窒素含有量に最適があり、かんがい法によってその値に近づける方法を工夫することを強調し、わが国のように多肥の場合間断かんがい<sup>5)</sup>が肥効の調節に有効であると説明している。木根<sup>9)</sup>、出井ら<sup>11)</sup>は水管理は水田の肥沃度により効果が異なり、地力のない水田では窒素の発現に期待することは出来ないとしている。熱研のシンポジウム<sup>11)</sup>は日本及び東南アジア各国の水管理について情報の交換を行い、わが国の水稲作における水管理の特徴があげられていた。一方わらすき込みに関する試験は1950年頃から西南暖地において施用効果が認められている。<sup>20, 21, 22, 23)</sup> 理由として気温が高いことによる分解の速さによるとされるが、秋落防止や地力維持に有効であった。前述したとおりわらすき込みは、水稲作の機械化に伴って全国的に拡ってきている。そこで農林省は1968年に「水田におけるいねわらの施用法と施用基準」<sup>14)</sup>をとりまとめ多くの試験例が述べられている。しかし不明な事項も多く地域における具体的対策としては未だ検討が必要である。その後中国地域を中心にムギわらのすき込みもイネわらと同じく効果が明らかにされた。わらすき込みによる肥効の特徴として水稲の後期の窒素の肥効があげられている。だがわらすき込みの連用も年数が浅く、有機物の蓄積による障害性についても未知である。そして障害性のあることを報告している例もあり、麦稈についてはGuenziら<sup>6)</sup>はフェノールカルボン酸の阻害を認め、長井<sup>18)</sup>はイネわらの分解初期にエタノール可溶物部分に伸長を停滞させた物質のあること

を報告している。

以上の多くの研究が示唆するとおり、水管理が火山灰水田でイネの栽培法に応じて如何にあるべきか、当面の目的として間断かん水や中干しの適用を検討しなければならない。わらすき込みの組合せと施肥条件の差を変えることによって、いくつかの問題点にふれることが出来る。1972年から5か年間試験を実施したが、前半の試験は古野昭一郎、黒崎日出雄らが担当したものである。

## II 試験方法

### 1. 供試土壌

試験地は宇都宮市北部にあり、標高160mで宝木段丘面に位置し、段丘は上部に5~6mの火山灰土が覆っている。この台地が若干開析され、南方向に開けた谷底低地である。1966~1967年には場整備し、暗きよ排水を行っている。用水は主として井戸より揚水し、パイプによる配水を行い、量水計を設置している。土壌は多湿黒ボク土壌の西大久保統に属する乾田である。土壌の理化学性は第1表のとおりである。

### 2. 水稻の栽培法及び水管理法

品種はコシヒカリを用い、わらすき込みについてはイネ・ムギとも処理区で収穫した全量を均等に配分して使用した。なおムギは二条オオムギでアズマゴールを用い、裏作として導入したが低収であった。わら施用量が40~50kg/a、ムギわらが30~35kg/aで年次により若干異っている。移植は水苗代で1株5本植、22.2株/m<sup>2</sup>の栽植密度で6月18~23日に植付けている。施肥法は1972年に窒素の追肥重点(F<sub>1</sub>)と基肥重点(F<sub>2</sub>)を検討し、1973~1975年は標肥(F<sub>1</sub>)

と増肥(F<sub>2</sub>)を設けて検討した。施肥量は1972年は窒素0.6kg/aで、次年度1973年から窒素0.8~1.2kg/a、リン酸0.9~1.2kg/a、カリ0.8~1.2kg/aで、それぞれの成分の間で施肥量を増減して比較した。水管理は対照区として常時たん水(W<sub>0</sub>)区を設け全期間かんがいた。間断かん水(W<sub>1</sub>)区は2たん3落を目やすに操作し、中干し(W<sub>2</sub>)区は有効茎決定期以後7~10日間実施した。わらすき込みは無すき込み(M<sub>0</sub>)区に対し、イネわらすき込み(M<sub>1</sub>)区、イネ・ムギわらすき込み(M<sub>2</sub>)区の各区をおき比較した1976年の跡地の地力判定は無窒素と窒素0.3kg/a施用した区で検討した。

### 3. 気象概況

1972年は降雨量少なく、日照が多い。1973年降雨量6月に多く、他は前年に同じであった。1974年は降雨量多く、さらに気温の変動も大きく7月低温であった。1975年は8・9月降雨量少なく、日照が多かった。1976年は降雨量平年並で低温が度々あった。

## III 試験結果

### 1. 水稻収量

初年目はわらすき込みと水管理を検討するに施肥法として窒素の追肥重点と基肥重点について比較した。その結果は第2表のとおりである。収量は玄米重で水管理の差では常時たん水>間断かん水>中干しの順となり、かん排水の操作は減収した。倒伏を懸念し少肥条件であったこと及びかん水量が多くなった事は考慮しなければならない。わらすき込みの収量では無すき込み=イネわらすき込み>イネ・ムギわらすき込みとなり、イネ・ムギわらすき込み初期の窒

第1表 試験地土壌の理化学性

項目 層位	pH	Y <sub>1</sub>	T-C %	T-N %	C/N %	CEC m.e.	置換性塩基			吸収係数		遊離酸化 鉄 %
	H <sub>2</sub> O						Ca	Mg	K	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
1	6.44	0.36	9.23	0.54	17.0	42.9	14.3	4.7	0.1	698	2361	1.54
2	6.10	0.32	9.90	0.56	17.6	39.6	10.8	1.6	0.1	751	2531	1.47

第2表 収量調査

(kg/a)

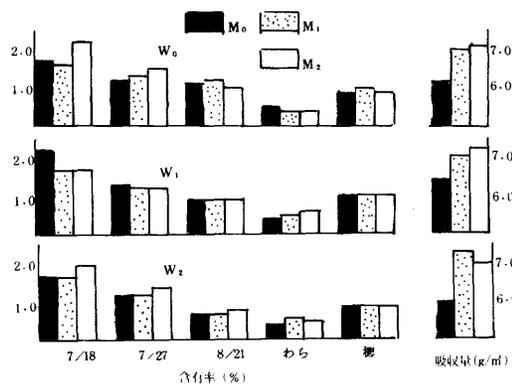
区名 \ 項目			初年目(1972年)		2年目, 4年目の平均値 (1973年, 1975年)	
			わら重	玄米重	わら重	玄米重
W <sub>0</sub>	M <sub>0</sub>	F <sub>1</sub>	46.6	37.3	43.0	35.5
		F <sub>2</sub>	50.3	38.3	50.0	40.2
	M <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	45.8	36.2	44.3	36.5
		F <sub>2</sub>	50.5	39.3	53.3	40.2
	M <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	39.7	32.8	49.5	41.0
		F <sub>2</sub>	45.1	37.2	52.6	41.2
W <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	F <sub>1</sub>	44.0	34.3	47.2	36.3
		F <sub>2</sub>	49.7	38.8	53.2	35.7
	M <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	41.7	33.3	47.5	36.3
		F <sub>2</sub>	49.5	38.0	51.8	37.5
	M <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	37.5	30.2	48.7	37.3
		F <sub>2</sub>	45.7	34.9	52.0	41.2
W <sub>2</sub>	M <sub>0</sub>	F <sub>1</sub>	39.7	31.3	45.4	34.8
		F <sub>2</sub>	45.7	35.9	48.8	37.1
	M <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	44.6	35.3	43.0	35.2
		F <sub>2</sub>	48.5	36.7	49.8	37.6
	M <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	37.7	39.8	43.7	36.7
		F <sub>2</sub>	41.2	30.8	48.6	38.8

素飢餓がみられた。水管理のうち中干し処理では登熟歩合の低下も認められた。施肥法では基肥重点が良く、わらすき込みの場合の基肥量を推定することが出来た。2年目以後は施肥法を改め標肥と増肥によってわらすき込みにおける水管理を検討した。気象条件がほぼ同じ推移をとった2年目と4年目の平均収量は前記第2表のとおりである。水管理と玄米重収量は初年度と同じ傾向が認められた。ただし最終年度は間断かん水を強く行ったが、無すき込みの増肥だけは登熟歩合を低下し減収したが、他の増肥区はいずれも水稲収量はすぐれていた。わらすき込みではイネ・ムギわらすき込みが各処理とも増肥条件で効果が認められた。本試験では晩植となり、わらすき込みを行った場合の水管理としての間断かん水と中干しの影響について期待

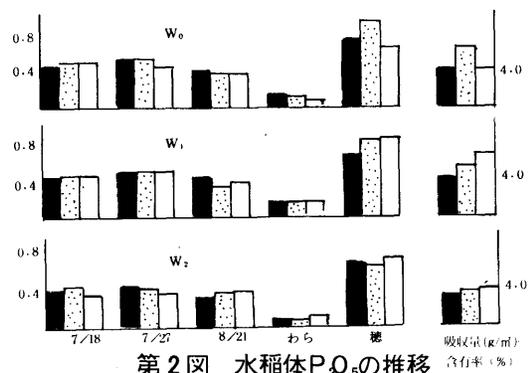
する効果は得られなかった。供試ほ場の肥沃度は火山灰土で低い状態にあり、かん水量が毎年200t/a以上で可成り多かった点を考慮の上更に検討すべき点を残している。

2. 無機成分の含有率及び吸収量

水稲の生育時期別の茎葉および収穫物について無機成分を調査した2年目の結果は第1~4図のとおりである。分けつ初期はイネ・ムギわらすき込み区のN濃度が高く、SiO<sub>2</sub>濃度が低い傾向がみられた。幼穂形成期になると中干し区のP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>濃度が低下した。出穂期では常時たん水区の茎葉のN濃度が1%以上であり、間断

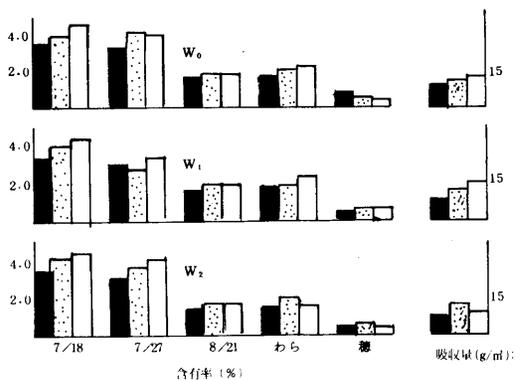


第1図 水稲体Nの推移

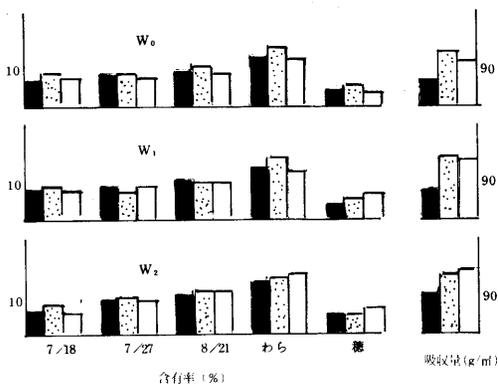


第2図 水稲体P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の推移

かん水と中干し区は1%未満で低かった。またK<sub>2</sub>O濃度については中干し区が低く、無すき込み区でやや目立つ傾向がみられた。成熟期では中干しで、わら及び穂のP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>濃度が低く、とくにわらでは0.1%以下であった。吸収量は各成



第3図 水稻 $K_2O$ の推移



第4図 水稻体 $SiO_2$ の推移

分とも無すき込み区は少なく、わらすき込みの各処理区は多い。各成分についてN吸収量は中干し区の無すき込みが最も少なく、 $P_2O_5$  吸収量は中干し区の各処理とも少なかった。 $K_2O$  吸収量は中干し区のイネ・ムギわらすき込みが低く、無すき込みに近い傾向がみられた。 $SiO_2$  吸収量は常時たん水区は少ないが中干し区でや

第4表 減水深

月 日	$W_0 M_0$	$W_0 M_1$	$W_0 M_2$	$W_1 M_0$	$W_1 M_1$	$W_1 M_2$	$W_2 M_0$	$W_2 M_1$	$W_2 M_2$
7/5	19	12	6	20	14	9	21	15	9
7/12	25	16	6	26	16	8	27	16	5
7/18	15	18	6	70	28	7	—	—	—
8/7	19	27	13	72	70	58	84	78	72
9/11	17	21	15	45	42	34	54	84	48

や多くなっていた。

### 3. 灌水量と減水深

水利用を考慮する立場から、かん水量を測定し、各処理の減水深を調査したが、その結果は第3・4表のとおりである。水管理によって一定の期間落水するが、水の消費が節約できるかどうか検討する意味で時期別のかん水量をみた。初年目はかえって水管理によって20~30%かん水量が多くなった。しかし2年目以後は全期間のかん水量は常時たん水区とほぼ同じになった。かん水経過としては勿論落水期間中は処理区は水の消費はないが、以後水管理を行ってから亀裂の発生もあって水の浸透が良く、中干し区で約2倍近いかん水量がみられた。減水深については水管理の前後において傾向が異っていた。中干し区で前半無すき込み区がやや高いのに反し、イネ・ムギわらすき込み区で低い。本試験地の減水深は平均 $30 \text{ mm/日}$ 以下であるが、中干し区は処理後 $60 \sim 80 \text{ mm/日}$ となる。イネ・ムギわらすき込み区で減水深がとくに低かった原因は不明であるが、今後の問題として検討する予定である。

### 4. 水管理に伴う土壌の変化

落水することによって土壌水分は低下するが

第3表 かん水量 (t/a)

時期	区名	$W_0$	$W_1$	$W_2$
移植前(8日)		42.30 (100)	42.30 (100)	42.30 (100)
~有効分け期(26日)		122.93 (100)	122.93 (100)	122.93 (100)
~幼穂形成期(19日)		47.31 (100)	34.32 (73)	0 (0)
~出穂期(19日)		44.44 (100)	51.04 (115)	87.16 (196)
~落水(23日)		18.42 (100)	25.09 (136)	33.90 (184)
計(95日)		275.40 (100)	275.68 (100)	286.29 (104)

注。( )内は $W_0$ を100とした比 単位t/a (mm/日)

中干し期間を中心に調査した結果は第5表のとおりである。作土下10cmに設置したテンションメーターは間断かん水の各処理区はほぼ同じ経過をたどり、落水とたん水が繰り返される。中干し区ではイネ・ムギわら鋤込み区は初期に水分少く、中干し後は他よりやや高い水分を維持

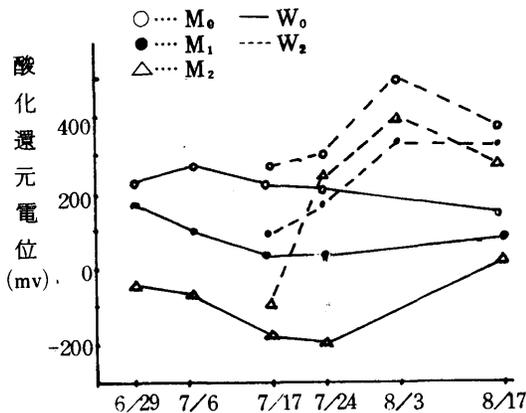
間断かん水や中干しを実施したことによって実容積を減じ、三相分布では気相の割合が増加した。一方中干し区は固相容積を増し、孔げき率は減少して土がしまったことが感じられる。わらすき込みの別ではイネ・ムギわらすき込み区はイネわらすき込み区より全重量、固相重量と

第5表 土壤水分の推移 (水柱mm)

項目 日時		W <sub>1</sub>			W <sub>2</sub>		
		M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
17	16.30	82	80	113	72	55	93
18	15.30	—	—	—	76	70	159
21	14.30	—	—	—	111	94	213
23	10.30	58	58	57	59	72	99
26	16.00	56	40	43	511	364	445
31	12.00	30	20	117	162	107	110

第6表 土壤三相 (7月31日)

区名 項目	W <sub>0</sub>			W <sub>1</sub>			W <sub>2</sub>		
	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
W	141.5	140.2	133.3	140.0	138.6	128.3	131.8	132.6	131.7
V	98.7	99.4	96.4	95.2	96.2	90.8	88.0	89.9	88.4
S	68.0	65.4	59.7	71.6	68.0	61.6	73.2	71.0	69.1
VA	1.3	0.6	3.6	4.8	3.8	9.2	12.0	10.1	11.6
VL	73.5	74.5	73.4	68.6	70.7	66.8	58.7	61.6	60.9
VS	25.2	24.9	23.0	26.6	25.5	24.1	29.3	28.3	27.5
P	74.8	75.1	77.0	73.4	74.5	75.9	70.7	71.7	72.5
H	98.3	99.2	95.3	93.5	94.9	88.0	83.0	85.9	84.0
Mm	108.1	113.9	122.9	95.8	104.0	108.4	80.2	86.8	88.0



第5図 土壤Ehの推移

していた。そこで中干し完了時に土壤三相の諸項目を測定した結果は第6表のとおりである。

実容積等を減じ、気相の割合が多く、含水比が高かった。このことはイネ・ムギわらの連用によって土の膨軟さが出来たと観察された。次に水管理によって変化する土壤のEhの推移がある。時期別の推移は第5図のとおりである。中干し区と対照区の比較であるが、中干しによって処理区のEhは急速に酸化傾向を示す。対照の常時たん水区は中干し区よりEhの変動は少ないがイネ・ムギわらすき込み区では7月下旬に-180mV迄低下した。わらすき込みの有無では無すき込み>イネわらすき込み>イネ・ムギわらすき込みの順である。しかしこの傾向は中干しすると乱れて一定の傾向はみられなかった。

5. イネの根群調査と根の活力

3年目の試験において、中干しとわらすき込みの処理区において水稻根の調査を行い、2・3の結果が得られた。第6図は根数のパターンを時期別に図示したものである。また第7表は根の活力として $\alpha$ -ナフチルアミン酸化量を、第8表は中干し時期における根の無機成分を調査した結果である。わらすき込みによって起る根の障害の有無についてはイネわらとムギわらの別やすき込み後の管理等で異っているが、実態については今後明らかにしてゆかなければならない。本試験においては第6図から明らかなおと、すでに中干し以前に根数のパターンに差のあることがはっきりしていた。移植後2・3週間でイネ・ムギわらすき込み区の根は赤かっ色根が認められ、1か月近くで腐根や黒変根が観察された。根の活力を測定すると上記結果を裏付けて $\alpha$ -ナフチルアミン酸化量はイネ・ムギわらすき込み区で低かった。しかしこの様な根の障害と水稻の生育には相関はみられず、逆に無すき込みの生育が劣り、根の状態の生育への影響については検討しなければならないと考える。なお中干しを完了した時の根の無機成分を調査すると、わらすき込みの各区でN濃度が高く、イネ・ムギわらすき込み区で $K_2O$ 濃度が低かった。

第8表 根の無機成分 (7月29日)

区名	W <sub>0</sub>			W <sub>1</sub>			W <sub>2</sub>		
	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
N	1.08	1.42	1.41	1.08	1.12	1.16	1.12	1.27	1.28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.22	0.25	0.23	0.32	0.23	0.25	0.19	0.18	0.20
K <sub>2</sub> O	1.79	1.56	1.36	1.67	1.85	1.22	1.34	1.21	1.15
CaO	0.53	0.52	0.30	0.26	0.38	0.33	0.19	0.25	0.24
MgO	0.09	0.08	0.07	0.08	0.08	0.07	0.05	0.04	0.03

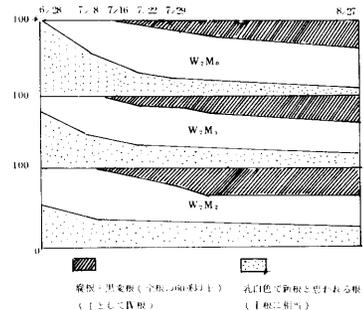
第9表 稲わらの重量と窒素濃度の変化

区名	12.16		2.16		4.17		6.21	
	g	N %	g	N %	g	N %	g	N %
M <sub>0</sub>	7.65	0.54	6.46	0.56	5.50	0.64	4.59	0.80
M <sub>1</sub>	7.45	0.52	6.36	0.55	5.74	0.64	4.73	0.83

(M<sub>0</sub>とM<sub>1</sub>の各区に埋込み、分解を調査した。)

6. イネ及びムギわらの分解状況

イネ・ムギわらとも第3節桿を用い、8g内外をそれぞれ寒冷しゃに包み、イネは秋に、ムギは春に作土に埋め、時期別に取り出して重量とN濃度を測定した結果は第9・10表のとおりである。イネ・ムギとも約40%内外の分解が1作期間に行われ、N濃度もイネで0.8%、ムギで0.4%に変化し重量と逆の傾向がみられた。各処理による分解の相違は1作跡ではほぼ同じであったが、ムギわらで常時たん水区で盛夏にやや分解が進むことがみられた。



第6図 根数のパターン

第7表  $\alpha$ -ナフチルアミン酸化量( $\gamma/g \cdot FW$ )

区名	6/26	7/3	7/8
W <sub>2</sub> M <sub>0</sub>	342	370	282
W <sub>2</sub> M <sub>1</sub>	385	360	330
W <sub>2</sub> M <sub>2</sub>	295	280	241

第10表 麦わらの重量と窒素濃度の変化

月日と項目		7.1		8.24		9.10		9.29	
		g	N %	g	N %	g	N %	g	N %
区名	W <sub>0</sub>	8.0	0.33	5.67	0.36	5.44	0.40	5.44	0.43
	W <sub>1</sub>	8.0	0.33	6.32	0.33	5.58	0.38	5.57	0.44
	W <sub>2</sub>	8.0	0.33	6.58	0.34	5.50	0.37	5.10	0.44

7. 跡地土壌の分析成績

試験を完了した第4年目跡地土壌についての分析成績は第11~14表のとおりである。主として化学的性質を調査した結果である。わらすき込み跡と水管理の推移を知るため毎年採取した跡地土壌の全炭素および全窒素含量を同時分析した結果、水管理の中干し区の各処理でC含量がわずかに減少していた。その他はほとんど差はみられず、全窒素含量はいつれの処理も変化は認められなかった。SIMON法による腐植の

形態分析を熊田らの方法で行ったが、本試験の経過の中では差はみられなかった。更に表からはpHがイネ・ムギわら鋤込み区でわずかに低く、塩基含量も少ない。塩基含量については一般的に低い傾向がみられる。溶出量は他の成分でもみられ中干し区は可溶性P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>や遊離酸化鉄等の減少がみられた。一方可給態SiO<sub>2</sub>はわらすき込みのうちのイネ・ムギわらすき込み区で若干少なくなっていた。これに反し乾土効果はイネ・ムギわらすき込み区で高く、地温上昇

第11表 土壌の化学的性質(1)

項目		pH	CEC m.e.	置換性塩基 m.e.			塩基 飽和度 %
				Ca	Mg	K	
区名	M <sub>0</sub>	6.1	37.3	8.7	2.1	0.1	30.8
	M <sub>1</sub>	6.2	37.0	8.5	2.5	0.1	30.0
	M <sub>2</sub>	6.0	37.7	8.5	1.8	0.2	27.9
W <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	6.3	35.3	8.6	2.1	0.1	30.3
	M <sub>1</sub>	6.5	36.1	8.5	2.1	0.1	29.6
	M <sub>2</sub>	6.0	40.0	8.5	1.8	0.2	26.2
W <sub>2</sub>	M <sub>0</sub>	6.2	37.5	8.5	2.4	0.1	29.3
	M <sub>1</sub>	6.2	37.5	8.7	2.2	0.1	29.3
	M <sub>2</sub>	6.0	37.4	8.5	1.9	0.2	28.3

第12表 土壌の化学的性質(2)

項目		T-C %	T-N %	C/N %	1/5NHCl 可溶 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg	易還元性 MnOmg	遊離 酸化鉄 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	可給態 SiO <sub>2</sub> mg
区名	M <sub>0</sub>	9.84	0.48	20.5	11.2	26.4	2.13	17.9
	M <sub>1</sub>	9.72	0.58	16.8	12.1	24.1	1.99	17.6
	M <sub>2</sub>	9.21	0.56	16.5	16.1	18.1	1.92	16.3
W <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	8.91	0.53	16.8	12.5	18.5	1.60	16.7
	M <sub>1</sub>	8.33	0.54	15.4	14.5	24.6	1.90	18.9
	M <sub>2</sub>	9.09	0.58	15.7	18.3	24.6	1.65	15.7
W <sub>2</sub>	M <sub>0</sub>	8.76	0.53	16.5	10.3	26.3	1.61	17.0
	M <sub>1</sub>	8.95	0.54	16.6	10.2	25.2	1.81	19.0
	M <sub>2</sub>	8.85	0.57	15.5	12.9	25.4	1.55	15.8

第13表 土壤の化学的性質(3)

項目 区名		NH <sub>4</sub> -N mg			乾土効果 mg	地上昇効果 mg
		湿土30℃	風乾土30℃	湿土40℃		
W <sub>0</sub>	M <sub>0</sub>	2.51	5.81	9.46	3.31	6.96
	M <sub>1</sub>	1.67	5.24	12.42	3.57	10.75
	M <sub>2</sub>	4.17	8.03	14.74	3.86	10.57
W <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	2.09	4.91	9.08	2.82	6.99
	M <sub>1</sub>	2.67	7.53	9.00	4.96	6.33
	M <sub>2</sub>	2.59	9.72	11.61	7.13	9.02
W <sub>2</sub>	M <sub>0</sub>	4.25	7.98	12.41	3.67	8.16
	M <sub>1</sub>	4.25	8.10	9.85	3.85	5.60
	M <sub>2</sub>	2.50	10.54	10.95	8.04	8.45

第14表 有機態Nの形態別分析成績 (土壤養分分析法) (Nmg/100g)

項目 区名		T-N	非分解性 N	加水分解性 N					
				T-N	アミノ酸 アミド態N	ヒューミン 態N	アミノ酸 態N	アミノ糖 態N	未同定 N
W <sub>0</sub>	M <sub>0</sub>	481	35	446	172	84	79	44	67
	M <sub>1</sub>	579	151	428	143	127	47	30	81
	M <sub>2</sub>	556	113	443	109	113	52	84	85
W <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	532	31	501	122	117	118	46	78
	M <sub>1</sub>	538	42	496	97	142	118	51	88
	M <sub>2</sub>	577	95	482	162	142	84	46	48
W <sub>2</sub>	M <sub>0</sub>	534	67	467	112	153	24	93	85
	M <sub>1</sub>	540	53	484	133	153	48	57	93
	M <sub>2</sub>	567	104	463	112	109	52	103	87

効果は常時たん水区のわらすき込み区で高かった。有機態Nの形態分析では水管理との関連でアミノ酸態およびアミノ糖態Nの高いものがあったが、わらすき込みとの関係はなく、一定の傾向はつかみにくい。

8. 跡地土壤の地力判定試験

4年間わらすき込みを連続し、その効果と水管理の関連で間断かん水と中干しの処理の影響を試験した跡地で地力判定のための試験を最終年度に実施した。施肥として無窒素と基肥0.3

kg/aの設計で水稻収量を調査した結果は第15表のとおりである。無窒素では間断かん水>常時たん水>中干しの順となり、わらすき込みとの関連での収量はイネ・ムギわらすき込みの各区が最も収量が高かった。基肥を0.3kg/a使用すると常時たん水>間断かん水>中干しの順となり、無窒素と水管理した区の地力発現が異った結果を示した。

第15表 跡地土壤の地力判定試験成績 (1)無Nの収量 (kg/a)

項目 区名	W <sub>0</sub>			W <sub>1</sub>			W <sub>2</sub>		
	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
わら重	21.3	19.0	28.8	23.7	23.0	28.4	20.3	19.2	27.3
玄米重	17.0	15.6	23.0	19.7	19.6	23.5	16.6	15.6	21.0

(2) 基肥0.3kg/a の収量

(kg/a)

区名 項目	W <sub>0</sub>			W <sub>1</sub>			W <sub>2</sub>		
	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
わら重	36.2	32.7	39.8	36.1	30.8	36.1	25.2	31.0	27.4
玄米重	26.4	24.5	29.2	24.5	22.1	26.9	17.9	21.7	24.7

#### IV 考 察

火山灰水田の水利用を検討する課題として、水稻の生産性を高め、さらに安定化してゆくために水管理の対策を明確にしてゆく必要がある。古くから水管理の意義については多くの知見が得られている。しかし種々の条件の変化に応じて適用はなお多くの問題点を残している。本試験でも設計の意図する点は十分明らかにすることは出来ず、実態の経過の中で問題点を抽出するに止まった。

既に坪田らは栃木県の火山灰水田におけるかん排水の操作に関する試験を行い次の諸点を明らかにした。条件は半湿田であるが、地下水位が40~50cmに下っている時は、深水管理が収量が高かった。これに比べ常時たん水や湿潤管理は秋落現象がみられた。効果の理由として有効茎歩合が高く一穂粒数を多くして秋まさりの推移をとったとしている。岡部らは千葉県<sup>2)</sup>の火山灰土の湿田で地下水位を40cmに下げて早期栽培を行った時無かん水栽培でも高い収量を得ている。また田中<sup>8)</sup>は水稻のかんがい法に関する生態的研究を行い、かんがい法が水稻の養分吸収と生育収量におよぼす影響は地下水位の高低とその年の降雨量・Nの施用量によって異なり、4類型に分類して湿潤型・やや湿潤型・畑型・乾燥型のあることを明らかにした。そしてわが国のごとく多肥栽培の場合、間断かん水は地下水位の変動に伴って肥効の発現を調節することが出来る点を強調した。さらに木根<sup>5)</sup>は水のかけひきと窒素の生産効率に触れ、排水処理によって穂の生産効率を高めるためには土壌内窒素の減少を補い、絶えず窒素が適量に発現する土壌肥沃度

が必要であると述べている。本試験では地下水位90cm内外で低く、降雨量はやや少なめな年が多い。施肥条件としては供試品種コシヒカリで倒伏を恐れ少肥扱いとした。なお処理としてややかん水量が多くなった。更にムギの作付により晩植となり、地下水利用が主で水温やや低く初期茎数の確保が困難であった。以上のような諸条件のもとで水管理を実施したが、その効果は収量に結びつかなかった。水利用の面でも用水量の節約は期待できなかった。わらすき込みの場合の水管理として増肥条件でわずかに一部効果が認められた。火山灰水田において水管理を考える時に与えられた土壌条件の中でNの肥効の発現を調節することが出来る具体的対策を解明することが重要である。そしてさらに水稻の生育に応じて対応できるNの供給と地力の維持に対する有機物としてのわらの連用効果の内容を更に検討してゆかなくてはならない。

養分吸収とかんがい法の報告からN吸収量は地下水位が低く降雨量が多い時はかん水により増加し、逆に地下水位が高く、降雨量も多い田中の述べる湿潤型ではN吸収量は低くなる。P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O、SiO<sub>2</sub>等の吸収量は多くは水管理によって落水すると減少する場合が多い。本試験では水管理によって中干し等は後期Nの吸収量が低下し、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O等も減少していた。SiO<sub>2</sub>吸収量は常時たん水区で低く、中干し区で増加していた。養分吸収の面での今後の問題点としては、確保された水稻の茎数を維持し、穎花数を増加する窒素の後期吸収を考えることが必要である。

水管理によって土壌水分をコントロールする

ことについてはある程度可能であることは調査結果のとおりである。中干しについての土壤乾燥の効果も地下水位を40~50cm以下に下げれば土壤水分は約1週間位でテンションメーターが示す水柱350mm内外まで乾かすことが出来る。そうすると土壤三相も気相の割合を増し、固相重量も重くなり、土層内に亀裂を生じ、土壤硬度も増し、地耐力も大きくなる。一方土壤のEhは酸化的に経過し、還元障害からの回避も可能であると考えられる。しかし水稻の生育収量へのこうした土壤状態の影響はなお不明な点が多い。水管理と根の活力について田辺は中干しが水稻根の活力の維持に役立ち、生育末期までつづくことを認め、有効分げつ期から穂首分化期迄が中干しの適期であるとした。本試験ではイネ・ムギわらすき込み区に活力が弱く障害が観察されるが、原因として次の点が考えられる。即ち坪田<sup>7)</sup>も火山灰土の水管理で認めている様に有機物の施用は多量の有機酸が発生する。揮発性有機酸としては酪酸・プロピオン酸・ギ酸等と不揮発性有機酸としてシュウ酸・クエン酸・リンゴ酸等が考えられる。そして有機酸の障害と、有機酸が鉄を溶解して2価鉄の生成による障害もありうる。鉄がキレート作用によって保持していた有機態Nの一部が易分解性のものに変ることが推定されている点<sup>19)</sup>は注目される。障害があっても収量性が高いイネ・ムギわらすき込み区の説明として上記理解は興味がある。しかし内容が複雑なのは還元による硫化水素の害も易分解性有機物と関連があることである。古くは場管理の対策として池は根の酸素の働きを述べ、地域によってかけ流しも中干しも両者とも活用する方法で効果があることを指摘した。従って水管理の難かしさは条件に応じてどう対応するかで一定の基準が設定できない点であると考えられる。

本試験でわらの分解をみると30~40%迄急速に分解がすすむ。しかし初年目は窒素飢餓がみ

られるが、2年目からは施肥条件としての増肥と微生物的条件が変ってか窒素飢餓はみられなかった。イネ・ムギわらの施用効果について吉沢<sup>20, 21, 22, 23)</sup>は多くの成績を詳細に報告している。それによると初期分解は加水分解性の炭水化物、蛋白質が主である。以後漸次分解は緩慢となるがセルロース分解にうつるためだと説明される。わらをすき込み増加する成分としてN, SiO<sub>2</sub> およびK<sub>2</sub>Oがあげられるが、Nの固定も認められている。わら施用の効果の事例として静岡農試<sup>15)</sup>の連用効果と宮崎農試<sup>16)</sup>の秋落防止試験は良く知られている。本県においてはわら施用の年数も浅く、断片的な地域の成績が多く、結果の集約が急がれているが今後の問題である。

跡地土壤の分析成績では、水管理を行った区に可溶性P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、や遊離酸化鉄の溶出がみられ、かん水量も多く一部に塩基の溶出もみられた。また本試験の土壤有機物のうちNの動向について考察すると、次のとおりである。酸可溶部分の窒素の形態についてみると、アミノ酸態Nとアミノ糖態Nの増加がわらすき込みした水管理区の一部にみられた。乾土効果は水管理したイネ・ムギわらすき込み区で高く、地温上昇効果は常時たん水区のわらすき込みの時に高い値が得られた。この事からわらのすき込みは水管理によって量および質的に分解の過程に相違があることが推察される。これらに関する知見<sup>4)</sup>としては次のことが報告されている。甲斐らはD-アミノ酸の土壤中の分布を明らかにし、その上土壤窒素代謝における意義が述べられているが、その中で土壤微生物菌体の寄与が大きいことが明らかにされた。無機化してゆく窒素の給源はアミノ酸態Nであり、地温上昇を伴う時はアミノ糖態Nも関与しているとした。東北農試<sup>10)</sup>の成績によれば水管理と土壤中の水溶性糖類含量、酵素活性が調査されている。水管理によって水溶性糖類は少いが、風乾土からは逆に多く出てくる。従って両者は質的に違っていることがわか

った。酵素活性としてデヒドロゲナーゼ活性が調べられ、これも水管理によって低下しているが、その起源が偏成嫌気性菌によるためだと考えられた。なおこれらは土壌条件や水稻根の影響によって微生物の構成が異ってくると酵素活性の差が生ずることを報告している。農事試験<sup>17)</sup>績によれば土壌有機物の動向と水管理継続による土壌変化が土壌構造との関連で明らかにされた。そして地力維持の点では粒状構造を還元的に保つことが効果的だとした。本試験において最も生産性が高かったイネ・ムギわらすき込みの連用田の特色は作土の膨軟な構造性である。このことは跡地土壌の地力判定でも明らかに各処理区とも収量が高い。前述したとおりこの区は障害性もあるが構造性からは好ましい点もうかがえる。こうしたことから本試験をみるとわらすき込みの連用によって有機物が多投された時、作土の構造を膨軟に保ちながら易分解性有機物の分解を水管理によって操作する。そして適切なNの放出が可能になることが望ましいと考える。

## V 摘 要

1. 水稻に対するわらすき込みと水管理に関する影響を検討し、玄米収量は水管理では常時たん水>間断かん水>中干しの順となり、わらすき込みでは増肥によって効果が認められた。

2. 養分の吸収状況については、初期わらすき込みでN濃度が高く、SiO<sub>2</sub>濃度が低い。水管理のなかで中干しは後期わら及び穂のP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>濃度が低かった。吸収量は生育に応じ推移していた。

3. 水管理による水の消費は必ずしも全期間を通しては節約にはならなかった。水管理後の土壌の乾燥による亀裂は減水深を大きくした。

4. 土壌水分は水管理によって作土は低下し、土壌三相は気相割合を増し、硬度も大きくなる。土壌Ehは水管理によって酸化的経過をとった。

わらすき込みは一時Ehを低下するものもある。

5. 根群調査と根の活力測定の結果、わらすき込みとの関連で、イネ・ムギわらすき込みが分けつ期より腐根が目立ち、根の活力も低下していた。しかし玄米重収量は高かった。

6. 跡地土壌の分析では、水管理によって、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、塩基等の溶出をみている。さらに土壌有機態Nの動向を検討している。

7. 跡地土壌の地力判定試験において、イネ・ムギわらすき込みの連用水田で収量が高かった。

## 引用文献

1. 出井嘉光 (1972), 水田の水管理と圃場整備: 50-74.
2. 岡部達雄他 (1973), 水田の土壌型と水管理に関する研究; 千葉農試報告13: 73-81.
3. 池隆彰 (1956). 掛流しと中干し; 農及園3131-8: 1165-1168.
4. 甲斐秀昭他 (1976), D-アミノ酸の土壌中の分布とその窒素代謝における意義; 土と微生物18: 27-42.
5. 木根測旨光 (1967), 稲作改善増収法: 173-187.
6. Guenzi, W. O. & Am. Proc. 26: 456
7. 坪田五郎他 (1956), 農林省指定試験成績書; (栃木農試).
8. 田中市郎 (1970), 水稻の灌漑法に関する生態的研究; 農事試験報告14: 117-166.
9. 田辺猛 (1971), 中干し処理が水稻根の活力に及ぼす影響; 農大農学集報16-1: 35-43.
10. 東北農業試験場 (1974), 土壌肥料に関する成績書 (その1); 37-48.
11. Tropical Agriculture Research Series No. 9, (1975  
Symposium on Water Management in Rice Fiee Field: 1-321.
12. 城下強 (1963), カリーシンポジウム: 112-128.

13. 城下強 (1965), 稲作と水管理に関する土壌肥料学的問題点; 農業における土壌環境とその改善: 26-31.
14. 農林水産技術会議事務局調査官編(1968) 水田におけるいねわらの施用法と施用基準: 1-199.
15. 農林省派興局, 静岡県農業試験場 (1959) 水田における素わらの施用に関する試験成績: 1-63.
16. 農林省派興局, 宮崎県農業試験場(1959) 水稻に対する稲わらの施用法に関する試験: 1-69.
17. 農事試験場 (1974), 昭和49年度試験成績書 (土壌肥料).
18. 長井武雄 (1973), 稲わら施用による水稻の初期生育障害に関する研究 (第2報); 鳥取大農学部報告X X V: 14-20.
19. 宮川伊男他(1963), 緑肥の水浸液とそのキレート作用に関する研究; 佐賀大農学部彙報 28: 1-41.
20. 吉沢孝之 (1971), 水田における稲・麦わらの施用とその効果(1); 農業技術26-8: 349-.
21. 吉沢孝之 (1971), 全上(2); 農業技術26-9: 409-.
22. 吉沢孝之 (1971), 全上(3), 農業技術26-10: 456-.
23. 吉沢孝之 (1971), 暖地水田における稲わら, 麦わらの施用法; 農及園46-4: 599-605.