

火山灰水田における効率的な水利用に関する研究

第4報 水収支と養分収支についての検討

川田 登・松永 隆*

I 緒 言

火山灰水田で水利用を合理的に行うために、水収支と養分収支を検討することは重要な事である。水収支とは広くは水の循環を意味し、狭くは灌漑や耕種の方法に因る水の動きを明らかにすることである。水田の水は浸透量に支配されるが、浸透量は人為的な耕種上の手段によって変るものである。ライシメーターを使って、人為的に変えられる条件を設定して浸透量を検討した。さらに現地試験では1筆圃場への水収支を測定することによって、火山灰水田の特徴を明らかにした。養分の収支についてはライシメーターを使って収支を試算するとともに現地試験では用排水の水質の変化から動向を推定した。既往の研究としては水収支については金子⁴⁾によって農業水文学として体系づけられている。米国の水田の水収支についてはBRON⁷⁾らは我が国と異なる点として、雨量少ないため蒸発散量が大きいことを指摘している。我が国においては雨量の多いモンスーン地域の一部であるため、浸透量や流出の多い水収支となり、火山灰水田もその1つである。

また養分収支を扱ったものとしては古く岩田,³⁾松田⁸⁾のライシメーター試験は有名である。最近では環境保全の立場から現地水田における養分の収支を扱ったものがあり、中田¹⁰⁾らや浅野¹¹⁾らの報告がある。それによると水田の富栄養化への検討が行われている。

筆者らも農林水産省が行った環境保全に関する総合研究の一部に参加し、耕草地地にかかわる水質の変化を調査した。ここで扱われた手法を現地試験に利用し、現在も引続き実施中であ

る。今回の現地試験は今市で対象土壌は厚層～表層多腐植質多湿黒ボク土の地域である。台地であるがやや扇状的な傾斜を持つ水田で浸透量の多いものである。

筆者は水収支に影響する浸透量を規制する条件として次のものをあげた。(1)地下水水位、(2)作土下の圧密条件、(3)水稻直播方式、(4)代かき時の土壤水分等である。現地試験では農家が実施している実態をとらえることにした。

また養分収支についてはライシメーターには取入口と排出口に量水計を取付け、蒸発散量も記録した。なお雨量を測定すると共に降雨の分析も収支の中に考慮した。

複雑な要因の中から主なものについての収支を扱ったもので、詳しい解析は今後に残されている。用水がどのように使われ、養分の動きが若干でも読みとれれば将来の検討の指針とすることが出来ると考える。

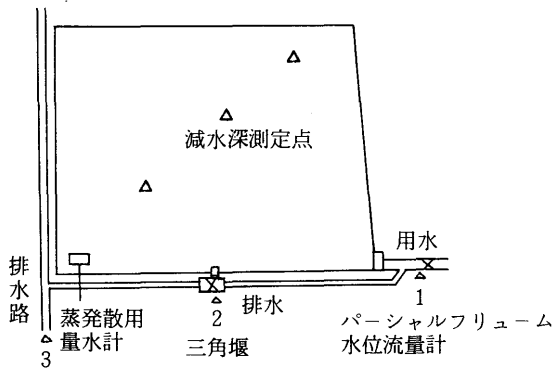
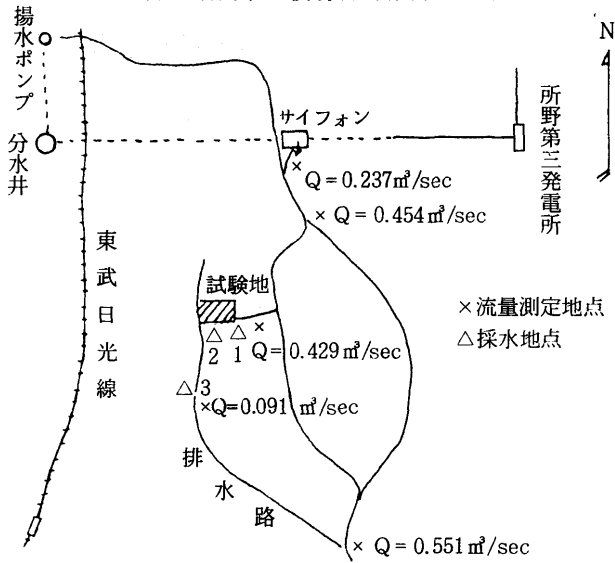
II 試験方法

1. 供試ライシメーターの構造

ライシメーターは16㎡のコンクリート枠で、深さ1.0 mの有底で、灌水口および排水口にはそれぞれ量水計を取付けている。土の充填は底に砂利を敷き、その上に砂をかぶせ15cmの厚さとした。火山灰土区は充填は砂の上に褐色森林土下層土(赤土)を40cmの厚さに詰め、その上に多湿黒ボク土(腐植土)を40cmの厚さにのせた。水位調節は**無底水位調節圃場に準じて水位調節管を取付け、一定水位を維持するようにした。しかし排水水質調査に用いた枠は水位調節管を持たず、排水口を下部にとり、ウイジ

*栃木県公害研究所

**栃農試研報第27号:29~30参照



第1図 現地試験の概要

ン製量水計を取付けた。

2. 水収支に関する試験

1974年～1977年、ライシメーターを用い、水稻コシヒカリを作付けし、水位と土壤処理の差が浸透量に影響する程度を検討した。処理の内容はつぎのとおりである。(1)地下水位10cm、40cmの比較、(2)作土下耕起、作土下圧密、作土下水ねり等の比較、(3)乾田直播、たん水直播および無代かきたん水直播の比較、(4)代かき前たん水、代かき時灌水、代かき後落水等の比較、(5)現地試験の検討、1978年に今市市瀬川に設置、概要は第1図のとおりである。

3. 養分収支に関する試験

(1). 1977年、ライシメーターに量水計および採水コックを取付け、標肥と無窒素区を置いた。水稻コシヒカリを6月3日に移植し、10月7日に収穫した。施肥は窒素0.6 kg/a、リン酸1.2 kg/a、加里0.8 kg/aとした。水稻作付期間に30回の採水を行い、水質分析を行った。

(2). 現地試験においては水収支を点検するための3地点から採水し、水質の分析を行った。分析項目と分析法は次のとおりである。

- T-N: ケルダール分解による $\text{NH}_4\text{-N}$ を定量し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ を加算してT-Nとする。
- $\text{NH}_4\text{-N}$: ネスラー試薬による比色法、 $\text{NO}_3\text{-N}$: イオンメーター(オリオン製)、K: Na

を添加, 炎光分析による. Ca・Mg: 原子吸光法, Cl: 比色定量法 (チオシアン酸水銀液・硝酸第2鉄アンモニア液), SO₄-S: 比色定量法 (クロム酸バリウム液), SiO₂-Si: 比色定量法 (モリブデンブルー法)

III 試験結果

1. 地下水位と浸透量について

土層が均一な腐植土の40cmの厚さの範囲で, 地下水位を10cmと40cmに設定して比較した. 灌水量で比較すると第1表のとおりである. なお水温, 蒸発散量は比較枠内では変わらないと見なして, 動水勾配がもたらす灌水量の差を読みとった. 灌水量の総量としては地下水位10cmで145 t/a, 40cmで243 t/aであった. 時期別の推移はほぼ同じであるが, 1日ごとの推移は両者は異なり, 初期40cmでは田面水を3.0cmの深さに確保させることが難しかった.

2. 作土下の圧密条件と浸透量について

対照として鋤床を持つ下層土を基準とし, 作土を除き, 鋤床を耕起したもの, さらに圧密を加え, ち密度を増したもの, 水ねりを加えたものを造った. 作土は戻し, 代かき後水稻を移植して比較した. 浸透量を灌水量で比較すると第2表のとおりである. 対照285 t/a, 耕起331 t/a, 圧密221 t/a, 水ねり212 t/aで

第1表 地下水位の差と灌水量 (t/a)

区名 月日	灌水量 (t/a)	
	地下水位 10cm	地下水位 40cm
6/4~7/4	83.62	138.64
7/5~7/24	13.50	29.14
8/2~9/12	47.98	75.30
計	145.10	243.08
計の比	100	168

あった. 鋤床を壊して16%灌水量が多くなったが, 圧密, 水ねりでは逆に22~25%灌水量を減

第2表 作土の圧密と時期別灌水量

区名 月日	対照	作土		
		下 耕起	下・ 耕起	下・ 圧密 水ねり
6/5~7/5	89.70	100.63	73.82	64.47
7/6~7/16	90.80	112.19	58.92	64.82
7/23~9/6	104.77	118.81	88.52	82.99
計	285.27	331.63	221.26	212.48
計の比	100	116	78	75

第3表 土壌処理後における土壌34目分布

項目	区名 対照	土壌34目		
		下 耕起	下・ 耕起	下・ 圧密 水ねり
気相	25.7	28.0	9.0	4.0
液相	46.2	39.7	56.3	63.0
固相	28.1	32.3	34.3	33.0

少していた. 時期別に浸透量の経過をみると, 初期には処理間の差は大きい, 後期にはほぼ同じ値に収れんしていた. 試験開始前に処理した土壌の3相分布は第3表のとおりでそれぞれの傾向が示された. 収穫時には同じ3相分布を示していた.

3. 水稻直播方法と浸透量について

乾田直播とたん水直播は代かきの有無によって浸透量に差がある. 本試験では乾田直播は40日目に灌水した. 両者の地下水位は30cmに保ち比較したが, 漏水が大きくなったので10cmに上げて管理した. 灌水量は乾田直播で1667 t/a, たん水直播で387 t/a, 無代かきでたん水直播後灌水したもの709 t/aであった. その結果は第4表のとおりであり, 乾田直播はたん水直播の4.3倍の浸透量があった. なお乾田直播の減水深は108mm/日の平均値を示しており, 漏水性が大きく実用的には問題が残る.

4. 代かき時の土壌水分と浸透量について

代かき時の土壌水分状態と土塊の崩壊については関連が深い. 前報⁵⁾の中で崩壊機構にも触

第4表 直播栽培における時期別灌水量

区名 旬別	乾田直播	湛水直播	湛水直播
4 / 下		44.4	71.6
5 / 上		15.4	73.3
中		16.8	74.7
下		44.2	77.7
6 / 上		24.2	34.2
中	391.0	11.9	64.5
下	343.4	15.2	39.9
7 / 上	346.4	33.6	33.0
中	156.6	21.8	17.9
下	156.7	53.3	33.9
8 / 上	47.9	22.6	45.1
中	109.1	20.4	69.2
下	56.1	18.4	31.5
9 / 上	58.3	44.8	42.0
計	1,665.5	387.0	708.5
計の比	430	100	183

第5表 代かき時の土壌処理と旬別灌水量

区名 旬別	代かき 前温水	代かき 時温水	代かき 対 照	代かき 後温水
6 / 上	78.6	141.5	84.9	82.0
中	22.3	57.6	27.7	32.5
下	28.6	36.8	25.8	32.8
7 / 上	43.1	74.5	44.3	50.7
中	30.1	39.0	22.2	20.5
下	46.4	※ 83.3	28.7	34.1
8 / 上	15.6	18.2	15.0	18.6
中	10.2	12.9	5.7	6.2
下	17.1	22.8	4.0	8.0
9 / 上	11.6	14.9	4.4	11.1
計	303.6	501.5	262.6	296.5
計の比	116	191	100	113

注) ※断水によりキレッツ発生

れているが、単にたん水して自然崩壊のみの作用では、作土の土粒子間の目づまりは充分ではない。短い期間に土塊にたん水させただけでは自然崩壊すら劣るので工夫がいる。崩れ易い水分の時に代かきをして振動崩壊を加えてみた。即ち分散に適した状態と乾燥した土塊を直にたん水させた状態を対比して、代かき時の浸透量を比較した。結果は第5表のとおりである。前者では304 t / a、後者では502 t / aであった。両者の土層は透水係数が異なり 10^{-4} と 10^{-3} オーダーの違いがみられた。

5. 水収支に関する現地試験

今市扇状地の頂部に分布する厚層多腐植質多湿黒ボク土の圃場に現地試験を設定した。灌漑水は大谷川から取水し、下流では反復利用していた。流量を測るため、取入口にパーシャルフリューム流量計を、排水口に三角堰を設けた。蒸発散量は有底枠を水田に埋込み、ウイジン製量水計を取付けた。降雨量は今市中学校観測データを使用した。水収支に関する結果は第6表のとおりである。水管理は冷水灌漑地域なので7月末までの灌漑が主で、8月以後は走り水程度としている。水収支は全用水量は4523 m³で地表流去水が1357 m³、浸透量は2797 m³であった。即ち2 / 3が浸透している。本地域は階段状で落差のある畦畔を持ち横浸透も大きいと考えられる。降雨による影響をうけて、地表流去水が変動し、初期減水深の大きいことが浸透量に大きな差をもたらしていた。

6. 養分収支について

本試験は継続4年目の結果で、排水の採水に支障は少なかった。改良として枠の側面の漏水防止に波形畦畔を用いている。設計の一部を灌漑水の水質のNO₃-N濃度を考慮して無窒素区を設けて検討した。また充填に使った土壌に加里の供給量の高いことがみられ、3作跡に漸減していることを認め、この点を配慮して検討した。浸透条件は平均減水深で36mm / 日内外であ

火山灰水田における効率的な水利用に関する研究（第4報）

第6表 今市試験地における水収支

(t/10a)

期 間	項 目	灌溉水量	降 水 量	全用水量	地表流去水	蒸発散量	浸透水量
4/22~5/5		446.1	12.9	459.0	11.5	32.0	415.5
5/6~5/10		491.2	49.5	540.7	305.6	33.2	201.9
5/11~5/20		621.8	96.8	718.6	220.3	42.2	456.1
5/21~5/31		544.5	13.8	558.3	160.7	40.0	357.6
6/1~6/10		508.1	27.7	535.8	75.6	46.3	413.9
6/11~6/20		566.8	27.6	594.0	129.8	34.6	426.6
6/21~6/30		153.9	134.1	288.0	226.0	12.1	49.9
7/1~7/10		87.2	52.5	139.7	60.2	26.1	53.4
7/11~7/20		245.5	69.0	314.5	120.1	43.4	151.0
7/21~7/31		123.1	56.1	179.2	47.1	41.2	90.9
8/1~8/10		-	78.3	78.3	-	29.7	49.2
8/11~8/20		39.5	39.0	78.5	-	26.3	52.2
8/21~8/31		-	52.9	52.9	-	23.2	29.7
9/1~9/10		-	64.2	64.2	-	18.0	45.6
計		3,827.3	774.4	4,523.3	1,356.9	448.9	2,796.5

第7表 ライシメーター試験における灌水量+降雨量

(t/a)

時期	移植前	6/3	7/17	7/27	8/9	8/26	6/3	合計
区名		~7/16	~7/26	~8/8	~8/25	~9/7	~9/7	
標肥	65.4	220.5	75.3	53.1	89.0	45.0	482.9	548.3
無窒素	66.2	181.7	65.2	49.0	77.5	35.6	409.0	475.2

第8表 ライシメーター試験における排水量

(t/a)

時期	移植前	6/3	7/17	7/27	8/9	8/26	6/3	合計	比
区名		~7/16	~7/26	~8/8	~8/25	~9/7	~9/7		
標肥	41.5	202.0	43.5	44.9	76.8	40.6	407.8	449.3	100.0
無窒素	40.8	167.7	39.2	40.3	65.6	32.9	345.7	386.5	86.0

第9表 灌溉水成分 (30回, 平均値)

(PPm)

PH	*EC	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄ -S	SiO ₂ -Si
6.5	145.8	2.88	0.10	2.72	1.40	14.1	3.69	12.2	4.66	13.93

注) *ミリムオー/cm

第10表 灌溉水より供給される成分量

(g/a)

成分	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄ -S	SiO ₂ -Si
区名									
標肥	1,589	55	1,501	773	7,725	2,036	6,732	2,571	7,687
無窒素	1,391	48	1,314	676	6,810	1,782	5,893	2,251	6,728

第11表 主な降雨についての分析値 (10回, 平均)

							(PPm)
項目	PH	**EC	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	硫酸分解N	
平均							
平均値	5.4	57.4	1.43	0.91	0.62	0.99	
*平均×降雨量	—	—	187	119	81	130	

注) *g/a, 降水量5月~9月 1,311mm

**ミリムオー/cm

るが、試験中の灌水量は降雨量も併せて第7表のとおりである。さらに時期別の排水量は第8表のとおりである。排水量は時期的に変動はあるが、灌水量の約80%が流出していた。灌漑水は地下水利用で、比較的時期別の変動は少なく一定しているが、NO₃-N濃度 2.72PPmで高い。30回採水した平均は第9表のとおりである。つぎに降雨についての分析は第11表のとおりである。降雨中の成分は時には1PPmを越えるものもあったが、養分収支の傾向を変える程ではないと考えた。排水水質の成分濃度および成分量は第12表・第13表のとおりである。各成分濃度については、NはT-Nの殆んどはNO₃-Nで占められ、NH₄-Nは僅かである。初期にNは灌水量多くなるとともに濃度は高く、分けつ期を過ぎる頃より漸減してくる。Kは灌漑水より濃度が高く経過している。土壌の前歴の肥沃性に関連していると考えられる。年次的に漸次濃度は低くなっているが4年目の経過を検討することになる。Caは初期より後期にかけて濃度を高くしている。MgはCaに類しているが、濃度の変化の幅はCa程ではない。Clは施肥の影響を反映すると云われ、標肥区ではその傾向があり、初期濃度が高かった。無窒素区ではやや緩慢な傾向を示した。SO₄-Sは中期還元の発達する頃濃度が低下し、落水期にはまた高くなる傾向が特徴的である。SiO₂-Siはつねに灌漑水より低い濃度で経過していた。成分量については排水量に支配され、各成分とも標肥区で高くなっていた。成分量が時期的に多くなっているのは、初期の排水量の多い時であり、全

体の40~50%に当る。養分収支については第14表のとおりである。供給量としては肥料、灌漑水および苗の成分を加えた。収奪量は排水と水稻に吸収された成分を加え計算した。両方の差は標肥区でN・PはプラスでKとSiはマイナスである。無窒素区ではKのみマイナスとなっていた。Kについては排水中の濃度が灌漑水より高いことが注目される。

7. 現地試験における灌漑水・排水の水質の動向について

今市の現地試験の圃場について、取入口と排水口および下流の排水路の3ヶ所から、時期別に採水して水質分析を行った。その結果は取入口では各成分濃度の時期的な変化は少なかった。排水口は地表流去水を集めているが、流出は必ずしも一定でない。NO₃-N, K, CO₃, Si等は取入口より減っているがCODが増加している。そして排水路ではT-N, NO₃-N, Ca, Mg, Cl, Si等が濃度を増加していた。汚濁物質として注目されるPは排水路の6月採水で0.24PPmで高い値が検出された。

IV 考 察

水収支を検討するなかで、浸透量を整理していく必要がある。浸透量を変える大きな要因として水利条件と土壌条件がある。水利条件は特に地下水位に関係して浸透量を変えるものがあげられる。水位が変わると水頭の勾配によって水が動き、浸透量が変化する。久保田ら⁶⁾は地下水位と浸透量との関係を明らかにしているが、水稻を栽培すると根のまん延によって浸透量が

火山灰水田における効率的な水利用に関する研究（第4報）

第12表 時期別排水量・平均排水成分

(PPm)

区名	項目 排水量	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄ -S	SiO ₂ -Si	
		標	①	41.5	3.02	0.19	2.79	3.01	11.6	2.13	9.8
	②	202.0	1.85	0.09	1.68	3.12	15.9	2.54	14.1	5.15	8.84
	③	43.5	1.85	0.04	1.57	2.84	15.9	2.47	9.7	4.59	9.59
肥	④	44.9	1.33	0.04	1.09	3.16	17.9	2.76	9.4	4.79	9.73
	⑤	76.8	1.57	0.02	1.48	3.20	24.1	3.22	9.3	5.87	10.05
	⑥	40.6	0.67	0.02	0.60	3.75	19.9	2.35	9.1	6.41	9.50
無窒素	①	40.8	3.52	0.17	3.27	3.24	12.1	2.32	9.8	5.91	8.48
	②	167.7	2.26	0.10	2.10	3.40	15.2	2.66	13.5	5.54	8.71
	③	39.2	2.06	0.06	1.84	2.89	15.2	2.71	10.5	3.88	8.67
	④	40.3	1.67	0.05	1.53	3.44	18.3	3.01	11.2	4.30	9.39
	⑤	65.6	1.49	0.03	0.89	3.75	21.8	3.48	10.4	6.31	9.56
	⑥	32.9	0.67	0.02	0.59	3.80	24.4	2.93	9.8	7.67	8.70

注) 期間 ①…移植前 ②… 6/3 ~ 7/16 ③… 7/17 ~ 7/26
 ④… 7/27 ~ 8/8 ⑤… 8/9 ~ 8/25 ⑥… 8/26 ~ 9/7

第13表 時期別排水成分量

(g/a)

区名	項目	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄ -S	SiO ₂ -Si
		標	①	125	8	116	125	481	88	407
	②	374	18	339	630	3,212	513	2,848	1,040	1,786
	③	80	2	68	124	692	107	422	200	417
肥	④	60	2	49	142	804	124	422	215	437
	⑤	121	2	114	246	1,851	247	714	451	772
	⑥	27	1	24	152	808	95	369	260	386
無窒素	①	144	7	133	132	494	95	400	241	346
	②	379	17	352	570	2,549	446	2,264	929	1,461
	③	81	2	72	113	596	106	412	152	340
	④	67	2	62	139	737	121	451	173	378
	⑤	98	2	58	246	1,430	228	682	414	627
	⑥	22	1	19	125	803	96	322	252	286

注) ○の期間は第12表に同じ

栃木県農業試験場研究報告第28号

第14表 養分収支

(g/a)

項目	区名 成分	標 肥				無 窒 素			
		N	P	K	Si	N	P	K	Si
供給量									
硫安		600				0			
よう磷			436		422		436		422
塩化カリ				664				664	
かんがい水		1,589		773	7,687	1,391		676	6,728
苗		28	2	12	75	28	2	12	75
計		2,217	438	1,449	8,184	1,419	438	1,352	7,225
収奪量									
排水		787		1,419	4,152	791		1,325	3,438
水稲 (地上部)		1,050	68	918	5,540	262	20	242	1,417
計		1,837	68	2,337	9,692	1,053	20	1,567	4,855
供給 - 収奪		380	370	- 878	- 1,508	366	418	- 215	2,370

第15表 現地試験地水質分析

(PPm)

成分	地点 月	① 用 水			② 排 水			③ 排 水路		
		5	6	7	5	6	7	5	6	7
PH		7.6	7.2	7.3	7.9	7.0	7.4	7.0	6.9	6.9
*EC		137.7	129.7	119.9	192.8	112.9	98.0	152.5	123.4	123.8
T-N		0.74	0.69	0.48	0.74	0.68	0.28	1.14	1.30	0.81
NH ₄ -N		0.20	0.11	0.18	0.21	0.17	0.16	0.09	0.08	0.08
NO ₃ -N		0.25	0.35	0.20	0.18	0.22	0.06	0.78	0.63	0.58
P		0.07	0.09	0.14	0.08	0.17	0.07	0.04	0.24	0.07
K		1.32	1.44	1.36	1.43	1.53	0.86	1.43	1.68	1.31
Ca		10.20	9.81	8.34	7.97	6.97	7.28	11.73	11.19	9.78
Mg		1.89	1.98	1.86	1.67	1.52	1.34	2.34	2.34	2.00
Cl		4.28	4.08	3.73	3.78	5.25	2.78	6.64	6.30	5.80
CO ₃		21.6	21.5	22.7	17.6	12.9	18.7	22.3	22.0	23.2
SO ₄ -S		5.34	5.69	5.23	4.61	6.26	3.58	4.88	5.39	5.05
Si		12.34	12.60	12.63	9.45	6.53	8.35	13.04	13.01	13.35
COD		0.34	0.68	0.53	1.63	3.15	2.13	0.38	0.49	0.20

減少し、蒸散作用によって浸透量は影響をうけてくる。水位を下げた方が蒸散の影響は少ないと報告している。また最大浸透量を示す地下水水位があることも指適している。本報告における地下水水位と浸透量の関係は10cmで漸次浸透量が少なくなると、水稻根や土壌還元の影響が推測されるが、40cmではつねに田面水深が変り後期の浸透量も多かった。土壌条件が浸透量を変える場合は透水性の問題が大きい。透水性の良否は種々考えられるが、今回の試験は作土と鋤床を人為的に耕種法的手段として処理したものである。普通水田の水持ちは鋤床によって支えられている。代かきした後分散した土粒子は鋤床の孔隙を埋め、落水後の土層の乾燥によって硬度を増して浸透を防いでいる。この鋤床を耕起して砕き、土塊をつくり孔隙量を増したが孔隙率としては2~3%に過ぎなかった。水ねりで泥状化したのが孔隙率は耕起と余り変りないことが3相分布から読みとれた。この作土下の圧密と浸透量は初期の用水量の差はあるが、1作経過した跡ではかなりの戻りがみられ、浸透量には差は少なくなっている。転換畑でしばしば論議される鋤床を破碎する問題について、この試験でみるならば用水量の増加は10~20%位と推定される。火山灰水田の乾田直播は浸透量が大きくなり、減水深が100mm/日では保水性が問題となる。この時にも地下水水位は大切である。⁹⁾地下水水位の低い所では浸透量が大きく、水稻の生育不良となり低収となったことを同じライシメーターで確認している。水消費の面ではたん水直播がよい。そこで代かき時の土壌水分を検討して、土塊の崩壊状況と浸透量を調べた。崩れ易い水分はPF4.75で吸湿係数と萎調係数の間にあると云われる。ここでは湿った方が崩壊しているのはたん水中の振動崩壊で、飽和吸水により粘着力が弱められて、土粒子が分散してくることによる。火山灰水田はたん水による影響を受け易く、短い期間のたん水では崩壊は

進みにくい⁹⁾したがって代かきが浸透量の少ない土粒子の分散の多い土壌条件をつくり出している。実際現地地で水収支を調査してみると浸透量が多い。火山灰水田開田地域等では用水は取入口を持っていても、排水（地表流去水をさすとすれば）が殆んど見られない。降下浸透し、一部は横浸透もあると考えられる。排水路には浸透水が集められ、反復利用されている。土層からの浸透状況を観察しているが、孔隙分布が作土、鋤床で不均一なのに反し、下層では均一になっている状況が伺われた。表層の水の動きはかなり不均一な流れとして変化しているが、下層は多孔質で通気性も良く、さらに透水性も良いと考えられる。

養分収支については、古くは肥料養分の溶出を検討する立場から岩田³⁾松田⁸⁾らのライシメーター試験の報告がある。肥料養分は吸収されない残部は土壌に残留。集積する外に、水の移動に伴って表面流去や地下水への溶脱がある。しかしこれを定量的に測ることは極めて困難である。同じライシメーターを使って本試験で工夫したのは時期的に水量をコントロールし、濃度変化を調べた事である。ライシメーターでは浸透水量のみになるので灌水が多くなるが、上記岩田はN溶脱は施肥量の18%、Nは殆んどNO₃-Nである。それは火山灰土を用いているため酸化状態に維持される結果だと云われた。一方水田の還元層が発達するとNH₄-Nが認められている¹²⁾そして落水後ではNO₃-Nが増加している。早瀬²⁾は窒素溶脱に影響する因子として植物被覆の有無、土の粘土含量、水の透過性等をあげている。一般に水田からのPの溶脱は極めて少ないとされている。ここでもライシメーターでは殆んど認められないので、それ以後分析は省略している。現地試験地でPが後期にみられるが、原因は解らない。しかしデータによれば、水田の還元に伴ってリン酸鉄の形態になると溶解しやすくなるともいわれてい

る。Kについては岩石からの風化過程での放出も多く、河川にも多いとされている。このライシメーターでは前歴に加里肥沃度が高いことが考えられる。したがって火山灰水田であるが比較的高い濃度を示していた。Ca, Mgは溶脱が多く、塩基ともにNO₃-Nの溶脱もあるとみられる。筆者ら¹⁴⁾は中干し前のたん水期間、塩基とNO₃-Nの相関関係を求め有意差を認めている。SO₄-S, SiO₂-Siも溶脱すると見られるが、前者は土壌より溶出し、還元が進むと少なくなっている。後者は灌漑水よりも濃度低下しているので水稻に吸収されていることが推測される。養分のバランスについてNとPはプラス収支を示し、窒素については脱窒・固定が考えられる。無窒素も灌漑水のNO₃-Nの影響は大きい。Pは溶脱は殆んどないので固定されると見なければならぬ。降雨のNは傾向を変えることはなかったが、多くの成果が示すように広い面積に1PPm以上の濃度で降っていることは注目しなければならない。ただ降雨は水田では浄化能によって処理されて、流出は少なく富栄養化への影響は余り心配することはないと考えられる。Kはマイナス収支がはっきりしている。供給量とほぼ同じ量が排出に認められ、水稻吸収量に相当するものが土壌から供給されていることになる。Siは標肥区ではマイナスで無窒素区はプラスを示した。したがって前者のように水稻生育量が多い場合は灌漑水のSiだけでなく土壌中のSiも吸収利用されている。

現地試験地の水質を検討してみると、排水と排水路で大きく異なる点は前者は水田の浄化能をとらえ、後者は収支の結果負荷されて集められたものと判断される。そのためか排水路でNO₃-N, Ca, Mg, Cl等が増加してきている。環境保全の立場からのN成分の問題は本試験の範囲内では富栄養化への影響は直接結びつけることは出来ない。しかし浅野ら¹¹⁾が重窒素を用いて流出調査を行って初期流出に特に施肥後数

日の表面流出を注意している。そしてNH₄-Nの形態で一部は有機態-Nも含まれているとしている。それは透水性の小さい水田の場合で、火山灰水田とは異なるものである。筆者らはライシメーターに重窒素を利用して施肥窒素を調べ、低濃度ではあるが浸透水中に2~3回流出を認め、灌水始めには前年のNの流出も認めている。¹³⁾中田ら¹⁰⁾は水田からのNの流出を調べ、乾田直播の施肥窒素の溶脱の多いことを指摘している。本県の火山灰水田では乾田直播は浸透量の点でも漏水が多く問題であるが、なお窒素の溶脱の点からもアンモニア吸着が弱い土壌であり、注意する必要がある。Pについては一般には極めて少ないが、今市の現地試験地で特に6月排水で高かった点は原因を検討する必要があるだろう。Kは排水で僅かに6月高い濃度を示し、7月に低い濃度が地表流去水に見られた。Ca, Mgは排水路で高く、Clも似た傾向があり溶出が伺われる。CO₃やSiは地表流去水で低濃度となっているのに反し、CODが増加していることは将来の検討される点として興味がある。

V 摘 要

1. 地下水位の差は浸透量に影響し、浸透量は地下水位の差によって生ずる動水勾配に支配される。
2. 土壌の透水性を耕種法の中で人為的に変え、耕起、圧密あるいは土塊の崩壊状況の差と浸透量の関係を明らかにした。
3. ライシメーターを使い、養分収支を検討すると各成分は排水水質に特徴ある傾向が見られた。Nは初期濃度が高く、以後漸減していた。Kは排水に多く、Caは溶脱が認められた。Clは施肥を反映して排水中に溶出していた。
4. 養分収支はNとPは供給量に比べ収奪量が少なく、Kは収奪量が多かった。
5. 現地試験を通じ水収支・養分収支を調

火山灰水田における効率的な水利用に関する研究 (第4報)

べ、浸透量の多いことを確認した。また灌漑水の水質の変化を調べ、排水の水質から水田の浄化機能を明らかにした。

引用文献

1. 浅野峯男・伊藤敏彦・井澤敏彦 (1976) 愛知農総試研究報告 A (作物) 第8号 : 105~108
2. 早瀬達郎・安藤淳平・越野正義編 (1976) 肥料と環境保全 : 149~192
3. 岩田武司 (1927) 農事試験場報告 第49号 : 1~40
4. 金子 良 (1973) 農業水文学 共立出版 : 1~230
5. 川田 登・古野昭一郎 (1980) 栃木農試研究報告 第26号 : 27~36
6. 久保田治夫・川崎元也 (1976) 茨大農学術報告 第15号 : 21~26
7. K.W.BROWN・F.T.TURNER (1977) Agricultural Water Management Vol 1 (3) : 227~291
8. 松田方延 (1938) 肥料養分の損失に関する研究 愛知農試彙報第1号 : 1~48
9. 長堀金造・天谷考夫 (1972) 岡大農学術報告 第40号 : 89~95
10. 中田 均・川村才十二・澤重 考 (1976) 滋賀農試研究報告 第18号 : 60~67
11. 農林水産技術会浅事務局 (1979) 農林漁業における環境保全的技術に関する総合研究 第3集 : 1~465
12. 大杉 繁 (1929) 農学会報 315 : 39, 農学会報 317 : 139
13. 栃木農試 (1976) 土壤肥料指定試験成績書 : 102~103
14. 栃木農試 (1976) 土壤肥料指定試験成績書 : 50~51

Studies on Effective water Management for Paddy Soil of Valcanic Ash
(IV) The Water Balance and the Mineral Nutrition Balance in Paddy Field
Noboru KAWADA and Takashi MATUNAGA

Summary

1. The difference of the percolative quantity was determined by the gradient of water-head. In Paddy field with the lower level of underground water, the quantity of irrigation water increased.
2. By changing the water permeability of the paddy soil, the percolation quantity was proved to be changed by the plowing, consolidation and the grade of distintegration of clods.
3. From the results of the examination of the mineral nutrition balance by using the lysimeter, it was found that each component showed the characteristic tendency. The nitrogen concentration was high in the early stage and gradually diminished later. The concentration of potassium was high, throughout the whole examination period. Calcium flowed out and chlorine was detected from the drainage.

栃木県農業試験場研究報告第28号

4. The nutrition balances of nitrogen and phosphorus showed some gain, while that of potassium showed a loss.
5. By observing the water balance in paddy field, the percolating water was confirmed to be very large in quantity. It was also found that paddy fields possessed the purification ability to water by comparing the quality of irrigation water and that of drainage.