

非かんがい期間の地下水位の差異が水田 土壌の肥沃度におよぼす影響

山根 忠昭*・松浦 一人*

Effect of the Ground Water Level in the non-Irrigation
Period on the Soil Fertility of Paddy Field

Tadaaki YAMANE and Kazuto MATSUURA

目 次

I 緒 言	29	5) 地下水位の高低と施肥に対する 水稲の応答	37
II 実験方法	30	6) 水稲の養分吸収	37
III 実験結果	31	IV 考 察	40
1) 土壌の断面形態の変化	31	V 摘 要	47
2) 跡地土壌の有機物と二、三の 化学性の変化	32	引用文献	48
3) 水稲の生育相	35	Summary	49
4) 乾物重と収量	37		

I 緒 言

一般に水田は非かんがい期間の排水状態によって湿田・半湿田・乾田などに区分されているが、いずれの水田も稲作期間の大部分は田面に水がたたえられるため作土は還元的である。しかしながら水稲の栽培が行なわれていない期間、つまり、非かんがい期間における排水状況は水田によって著しく異なり、田面より1メートル以上の土層が酸化状態となる排水良好な水田がある反面、年間を通じてほとんどたん水状態下であり、作土以下全層がグライ化している水田、これらの中間性状の水田、また地下水位は比較的低いのに表層がち密で排水が悪く還元的である水田など千差万別である。

非かんがい期間における水田の排水に関与する要因は複雑であるが、主に地下水位、透水性を規制する土壌体の諸性質——特に土性と孔隙性および降水量とそのひん度などの諸要因によって左右されている。土層自体の透水性と降水条件に大差がない地区に限定すれば、ある範囲内では水田の排水は地下水位の高低により律せられる。

水田の地下水位を低下させ排水を良好にするために行なわれる湿田の乾田化は、土地の高度利用と農作業の機械化推進上の前提条件である。また稲作に対しても水管理による生育のコントロールや根の健全化などにより施肥技術の適用の幅を拡げ収量向上の面でも意義がある。一方湿田の乾田化は土壌有機物の消耗と養分の流亡による地力の減耗などが考えられ、乾田化すれば湿田時代の阻害要因が取り除かれて増収に直結するという単純な性格のものではない。

従来から湿田の乾田化にともなう土壌の変化や水稲の生育収量の推移に関しては数多くの報告がある^{2,17,18,19}。しかしながら湿田の乾田化にともなう地下水位の低下は、非かんがい期間のみならずかんがい期間においても低下している場合が多く、両期間の影響が累積して土壌や水稲に現われるため、非かんがい期間における地下水位の影響を解析的に究明することは困難であった。またほ場においては地下水位の時期的変動が大きく、そのため相対的な水位の異なる水田の対比にとどまり、非かんがい期間における一定の地下水位のちがいが土壌の理化学性や水稲の生育収量におよぼす影響についてはほとんど報告されていない。した

* 土壌肥料科

がって非かんがい期間の地下水位の差異が水田の土壌肥沃度にどの程度の影響があるのか不明の点が多い。

今後における作物の生産基盤としての水田は、地下水位を一方的に降下させるのみではなく、水位調節の可能な施設を備えたかん排水路を整備する必要があると考えられる。

筆者らはかかる観点から非かんがい期間の地下水位の差異が水田の土壌肥沃度と肥料の応答におよぼす影響を明らかにするため、非かんがい期間の地下水位と稲作の施肥来歴が比較的長期(10年間)にわたり一定の差異があった場内のモデル水田条件(稗試験)で土壌の変化と水稻の生育を中心に検討した結果、排水改良上興味ある二、三の知見がえられたので報告する。

本研究を行なうに当たり有益なご教示を頂いた前島根県農事試験場次長入沢周作博士、島根県農事試験場土壌肥料科長村上英行博士に対し感謝の意を表す。また実験にご協力頂いた土壌肥料科員に対し深謝する。

II 実験方法

試験施設と供試土壌：第1、2図に示すように1区面積120アール(90cm×90cm)深さ90cmの有底コンクリート稗(水位調節が可能)に約10cmの厚さに礫を入れ、その上へ川砂(粗砂)を10cmの厚さに詰め、塩化半湿田土壌(強グライ土壌壤土斑鉄型)を現地の

第1表 試験区と施肥設計 (kg/a)

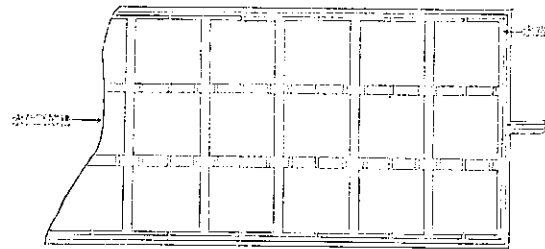
水位	区別	N				P ₂ O ₅	K ₂ O				堆肥
		元肥 5/20	追肥 6/5	追肥 7/21	追肥 8/18		元肥 5/20	追肥 6/5	追肥 7/21	追肥 8/18	
0, 23, 60cmに共通	少肥	0.25	0.12	0.13	—	0.3	0.25	0.12	0.13	—	—
	標肥	0.50	0.25	0.25	—	0.6	0.50	0.25	0.25	—	120
	多肥	0.75	0.37	0.38	—	0.9	0.75	0.37	0.38	—	250
0 cm	全量元肥	1.00	—	—	—	0.6	1.00	—	—	—	120
23 cm	穂肥重点	0.70	—	0.30	—	0.6	0.70	—	0.30	—	120
60 cm	追肥重点	0.40	0.20	0.20	0.20	0.6	0.40	0.20	0.20	0.20	120

N：塩化アンモニウム、P₂O₅：過りん酸石灰、K₂O：塩化カリ。
6月5日：分けつ期、7月21日幼穂形成期、8月18日穂揃期。

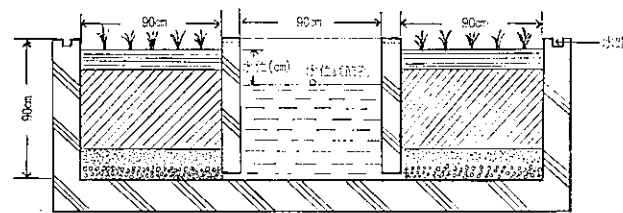
標肥区は元肥と追肥の含量が10アール当たり窒素10kg、少肥区はその5割減、多肥区は5割増をそれぞれ

土層状態をなるべく再現するように充てんした。

地下水位と試験区：非かんがい期間の水位は現地乾田化水田の水位を考慮し、表面より0, 23, 60cmにそれぞれ調節した。しかし各水位とも0~3cm位の変動幅があった。稲作期間は全区水位を上昇させてたん



第1図 試験装置平面図



第2図 試験装置縦断面図

水状態とした。各水位に共通した試験区として少肥、標肥、多肥の3区を設置し、このほか各水位に施肥法の異なる区を参考として一区ずつ加えた。試験は2連制で行なわれた。試験区と施肥量を示すと第1表のとおりである。

施用した。リン酸は全量元肥とし、窒素の6割相当を施用した。カリは窒素と同量施用した。参考区として

各水位に設けた区の施肥総量は標肥区と同じ。これらの試験区はほぼ同様な処理が1960年の稲作以来10年間継続された。ただし前期5年間は上記の施肥量より各区とも約2割少なかった。

供試品種と移植：水稻近畿33号を供試し、正方形植で30株/m²、1株3本植とした。

移植は5月23日に行なわれた。本論文では試験開始10年目の1969年の稲作について検討を加えた。

土壌分析：試験開始10年後の跡地土壌について試料を採取し分析に供した。

全炭素：風乾細土の約10gを乳鉢で粉碎して有機炭素をTYURIN法で定量した。ただし指示薬として0.2% Phenylanthranilic acidを使用。

全窒素：上記粉碎試料を用いてケルダール法による。

乾土効果：風乾土をたん水し、30°Cで28日間インキュベーション後にNH₄-Nを測定した。

生土のNH₄-N：生土を風乾土と同様な条件でインキュベーションし、NH₄-Nの生成量を測定した。

腐植の形態分析：SIMON法を改良した弘法、大羽の方法²¹⁾で行なわれた。

陽イオン置換容量：SCHOLLENBERGERセミマイクロ法。

置換性塩基：CaO, MgOはキレート滴定法、K₂Oは炎光法による。

遊離鉄：ハイドロサルファイド-EDT A法。

易還元性マンガン：ハイドロキノリン酢酸アンモニウム法。

可給態珪酸：酢酸緩衝液法(pH4)。

有効リン酸：TRUOG法。
植物体の分析：硝酸・過塩素酸・硫酸の三混酸による湿式灰化後各成分を分析した。

SiO₂：重量法。
N：ケルダール法。

P₂O₅：バナドモリブデン酸法。
K₂O：炎光法。

CaO, MgO：Fe, P, Mnを除去後、キレート滴定法。

Fe：o-Phenanthroline法。

Mn：過沃素酸法。

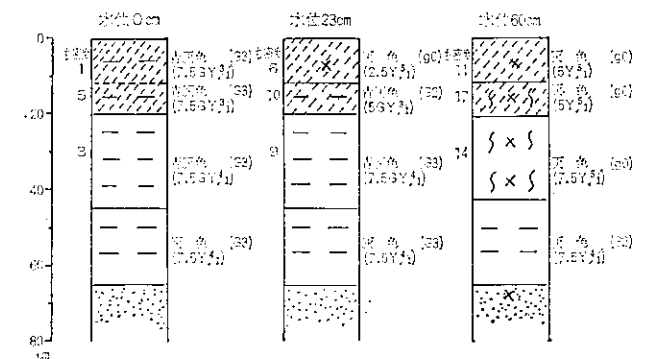
III 実験結果

1) 土壌の断面形態の変化

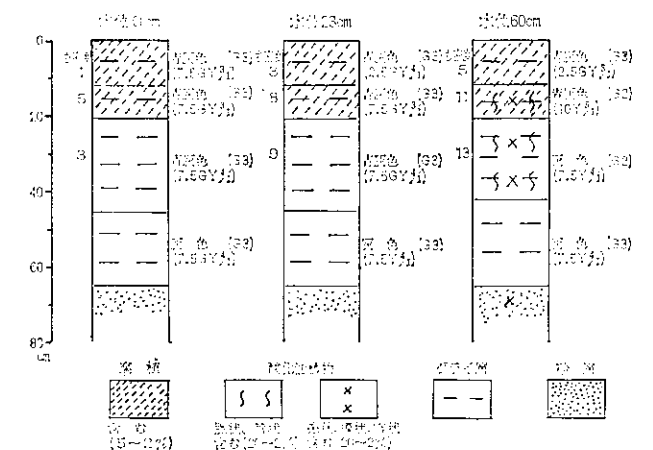
非かんがい期間の約8か月間地下水位を0, 23, 60cmの3段階に変え、稲作期間は水位を上昇させ全区たん水状態とする。このような処理を10年間継続した結果、土壌の断面形態に明らかな変化が認められた。

水位0cmの各区は非かんがい期間もかんがい期間と同様、作土以下全層がグライ層となった。水位23cmの各区は非かんがい期間において作土直下からグライ層となった。しかし、かんがい期間には作土もグライ化し、水位0cm区と同様全層がグライ層となった。非かんがい期間水位が低下すると作土の土色は徐々に灰色

非かんがい期間(4月)



かんがい期間(9月)



第3図 土壌断面柱状図

に変わり、Fe(II)の存在を示すジピリジル反応も4月以降はみられなくなり、雲状や糸状の斑鉄が生成した。

水位60cmの各区は非かんがい期間とかんがい期間において土壌の断面形態に差異がみられる。非かんがい期間は表面より深さ42cmまでの土層は灰色で斑鉄がみられ、それより深くなると斑鉄はなく、ジピリジル反応が即時鮮明なグライ層になった。稲作期間は水位が上昇し、たん水条件下におかれるため作土は1カ月もすれば大半の斑鉄が消失し、土色もしだいに青灰色となり還元化が進んだ。作土直下から深さ42cmまでの土層間には斑鉄の大部分が残存した。しかし、還元化は徐々に進み、稲作の後期になると鮮明なジピリジル反応を呈するようになった。

土壌のち密度は地下水位の低下に対応して増大し

第2表 堆肥の連用にともなう作土中の腐植集積量

地下水位 (cm)	年間堆肥施用量 (kg/a)	堆肥総施用量(M) (kg/a)	作土中の腐植含有量			集積効果 (E=ΔH M ⁻¹ ×10 ³)
			(%)	指数	差(ΔH) (kg/a)	
0	0	0	3.08	100	37	
0	120	1,200	4.05	131	49	12
0	250	2,500	4.70	153	56	19
23	0	0	2.93	100	35	
23	120	1,200	3.58	122	43	8
23	250	2,500	3.98	136	48	13
60	0	0	2.79	100	33	
60	120	1,200	3.01	108	36	3
60	250	2,500	3.61	129	43	10

作土12cm, 容積重1.0として計算。集積効果は10年間に施用した堆肥t当りの腐植増加量(kg)

土壌有機物の主体をなす腐植は堆肥の施用量が多いほど含量の増加を示すが、その増加分は地下水位の高さによって甚だしく異なり、地下水位が高い場合は腐植含量の増加は大きく、逆に地下水位が低いと減少した。アール当り堆肥250kgを連用した水位60cm区の腐植含量が、堆肥120kgを連用した水位0cm区よりも低く、水位23cm区に堆肥120kgを連用した場合にほぼ匹敵する含量を示した。また水位23cm区に250kgの堆肥を連用した場合と、水位0cm区に120kgの堆肥を連用した場合とが腐植含量はほぼ同程度であった。

地下水位の差異と腐植の質的なちがいを明らかにするため腐植の形態分析を行なった。その結果を示すと

た。作土からグライ層となっている場合と、作土直下からグライ層となっている場合とでは土層のち密度に著しい差異がみられ、表層部はもちろん下層部においても後者が前者よりち密度が大きかった。また各水位とも作土直下の鋤床層の部位でち密度が高い傾向がみられた。

2) 跡地土壌の有機物と二、三の化学性の変化

非かんがい期間における水田の地下水位と稲作の施肥来歴が比較的長年月にわたり一定の差異があった場合、土壌の性質になんらかの変化をもたらすものと考えられる。そこで試験開始10年目の跡地土壌について分析検討した。

非かんがい期間における地下水位の差異によって、最も顕著な影響を受ける成分として土壌有機物がある。

第3表 腐植の形態

水位	区別	PQ %	比色液 [※] 30ml当り 0.1NK ₂ O ₄ ml	K600 [※]	RF [※]	Δlogk
0 cm	少肥 (無堆肥)	58	4.80	0.128	26.6	0.768
	多肥 (堆肥)	73	9.24	0.195	21.0	0.831
23 cm	少肥 (無堆肥)	63	6.00	0.162	27.0	0.708
	多肥 (堆肥)	71	7.95	0.189	23.8	0.757
60 cm	少肥 (無堆肥)	61	3.41	0.143	42.0	0.684
	多肥 (堆肥)	71	7.05	0.195	27.7	0.751

※いずれも腐植酸の値

第4表 土壌の全炭素・全窒素・C/N比・易分解性有機態窒素・乾土効果

水位	区別	C (%)	N (%)	C/N	NH ₄ -N (mg/100g)		乾土効果	アンモニア化成率 (%)
					生土 30°C	風乾土 30°C		
0 cm	少肥	1.79	0.161	11.1	3.0	13.6	10.6	8.4
	標肥	2.35	0.212	11.1	5.1	16.6	10.5	7.8
	多肥	2.73	0.251	10.9	6.1	16.8	10.7	6.7
	全量元肥	2.35	0.206	11.4	3.3	15.7	12.4	7.6
23 cm	少肥	1.70	0.160	10.6	2.0	15.6	13.6	9.8
	標肥	2.08	0.199	10.4	2.9	21.3	18.4	9.2
	多肥	2.31	0.204	11.3	3.1	22.1	19.0	10.8
	穂肥重点	2.08	0.188	11.1	3.2	18.3	15.1	8.0
60 cm	少肥	1.62	0.152	10.7	2.7	14.0	11.3	9.2
	標肥	1.75	0.179	9.8	3.7	9.9	6.2	5.5
	多肥	2.10	0.193	10.8	4.0	13.1	9.1	6.8
	追肥重点	1.80	0.173	10.4	3.1	12.4	9.3	7.2

大するが、その増加分は水位が高いほど大きかった。C/N比は水位の高い水田でやや高く、水位の低い水田では窒素に比べて炭素の減少割合がわずかに大きい。

生土を30°Cで28日間インキュベーションして無機化する窒素量は、施肥量が同じ場合、水位0cm区が最も多く、水位23cm区と60cm区を比較すると後者が多かった。つぎに風乾土を生土と同様な条件でインキュベーションした際、土壌有機態窒素の無機化量は水位23cm区が最高で、水位0cm区がこれにつき、水位60cm区が最低であった。乾土効果、アンモニア化成率においても風乾土をインキュベーションした場合とほぼ同様な傾向が認められた。

また高水位の場合は堆肥の施用量や施肥量が増加すれば乾土効果は高くなるが、低水位の場合は一定の傾

向はみられなかった。

つぎに跡地土壌のpHについてみると、堆肥や肥料の施用量の多少によって大差は認められないが、地下水位が低下すればpHはわずかに低くなり、置換酸度が増大する傾向が認められた。

置換性塩基についてはその種類によって異なり、カルシウムとマグネシウムは水位の低下によって作土から減少する傾向がみられた。しかし、下層においては水位の高低による差はほとんど認められない。カリは施肥量が多いほど概して高い含有量を示したが、水位との関係は判然としなかった。塩基飽和度は水位が低いほど低下した。

遊離鉄含量は水位0cm区が最も高く、作土が次層の鋤床層よりも高い含有率を示した。水位23cm区では層

第5表 土壌の pH・Y₁・置換性塩基・有効リン酸

水位・区別	pH (H ₂ O)	置換酸度 (Y ₁)	CEC (me/100g)	置換性			塩基飽和度 (%)	
				CaO	MgO (mg/100g)	K ₂ O		
0 cm	少肥	6.0	0.5	15.1	210	44	5.6	93
	標肥	5.3	1.5	15.9	237	48	8.0	86
	多肥	5.6	1.2	16.4	174	36	7.5	71
	全量元肥	5.4	1.4	15.9	189	44	8.0	81
23 cm	少肥	5.5	2.3	13.4	130	40	5.2	69
	標肥	5.4	1.7	15.9	160	44	7.1	71
	多肥	5.5	1.8	15.9	184	32	8.0	75
	穂肥重点	5.4	1.7	15.6	155	42	7.1	70
60 cm	少肥	5.4	2.5	14.1	137	32	6.6	66
	標肥	5.3	3.3	15.1	140	32	6.6	63
	多肥	5.2	3.3	15.2	140	34	8.0	64
	追肥重点	5.3	3.0	15.1	140	32	6.6	63

第6表 土壌の遊離鉄・易還元性マンガン・有効リン酸・可給態珪酸

水位・区別	層位	遊離鉄 Fe ₂ O ₃ (%)	易還元性マンガン MnO (ppm)	有効リン酸 P ₂ O ₅ (mg/100g)	可給態珪酸 SiO ₂ (mg/100g)	
						0 cm
		II	1.37	210	2.6	12.5
	標肥	I	1.73	240	5.6	18.5
		II	1.42	252	3.0	14.5
	多肥	I	1.54	218	7.4	14.5
		II	1.20	203	3.0	17.7
23 cm	少肥	I	1.00	90	4.4	12.5
		II	1.03	98	4.7	12.5
	標肥	I	0.96	66	5.5	15.0
		II	1.06	110	5.3	13.8
	多肥	I	1.04	84	6.1	14.8
		II	1.07	115	6.1	12.5
60 cm	少肥	I	1.34	150	2.5	13.4
		II	1.47	218	3.0	14.5
	標肥	I	1.22	173	3.8	14.5
		II	1.36	248	4.0	14.7
	多肥	I	1.29	144	4.7	14.5
		II	1.50	252	4.6	14.5

位間の差は小さく、作土層よりも次層がわずかに高い含量を示した。また水位23cm区は排水がさらに良好で

ある水位60cm区よりも明らかに低い遊離鉄含量を示し、3水準の地下水位中で最も低く、鉄の溶脱が大き

かったものと思われる。水位60cmの各区では明らかに作土より鋤床層の部位で遊離鉄含量が高く、作土から溶脱した鉄が集積していることがうかがえた。

易還元性マンガンも概観すると遊離鉄に類似した傾向がみられた。地下水位0cm区のように下方への水の移動がほとんどない強湿田的な水田では、堆肥の施用量と施肥量が多い区ほどマンガンの含量が低い。これは、このような条件下でマンガンが田面水中に溶出し、降雨時に田面水があふれ出すと横へ移動するものと推定される。稲株の地際より数cm上部が黒褐色になり、この物質が二酸化マンガンの沈着したものであることをつきとめたが、このことは田面水中にマンガンが溶出することを示すもので、上記の推定の妥当性を裏書きするものであろう。また水位60cm区では鉄より

もマンガンの溶脱がより進行していることが認められた。

可給態ケイ酸の含量は水位別や施肥の違いによって一定の傾向はみられなかった。

有効リン酸は水位が同一の場合は施肥量が多いほど土壌中の含量が高く、施肥来歴が同一の場合は水位の低下とともに有効リン酸の減少がみられる。

3) 水稻の生育相

草丈の推移をみると初期は標肥区が最も優り、ついで少肥区で、多肥区が一番劣った。しかし移植後1か月を経過すると多肥区の生育はばん回し、以後は施肥量が多いほど草丈は長く推移した。この傾向は各水位とも同様であった。

地下水位0cmの場合全量元肥区は標肥区に比較して初期やや草丈が劣った。しかし移植後1か月もすると逆に多少長く推移した。水位23cmの穂肥重点区は同水位の標肥区とほとんど草丈に差が認められなかった。水位60cmの追肥重点区は同水位の標肥区に比較して草丈は全期にわたりやや劣った。

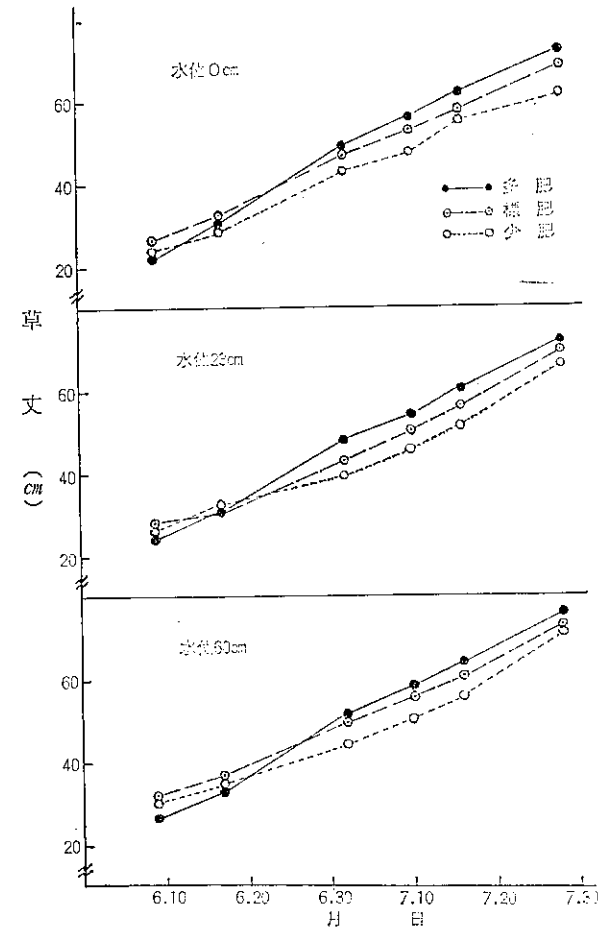
茎数は地下水位が23cm以内の高水位の場合、草丈と同様初期においては標肥区が最も優り、ついで少肥区で、多肥区は最も劣った。しかし移植後1かを経過すれば多肥区の生育はばん回し、施肥量が多いほど茎数も多くなった。水位60cmでは初期から収穫期まで施肥量が多い区ほど茎数は多く推移した。

また地下水位のちがいで増肥による茎数の推移に明らかな差異がみられた。水位0cm区では施肥量(主に窒素)の増加による茎数の増加は小さく、水位が23cmより低い場合は施肥量の増加にともなって茎数の増加も大きかった。

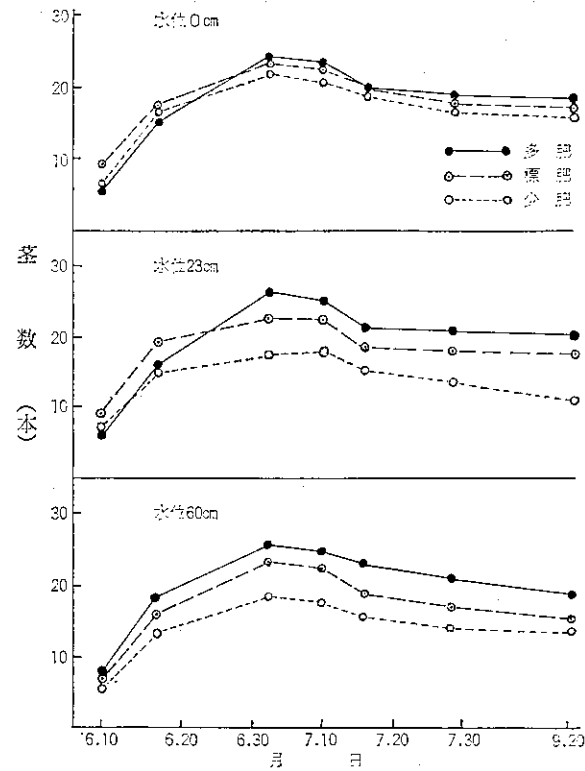
しかし、水位0cm区でも全量元肥区は茎数が最も多く、湿田的性格の強い水田でも施肥量を増すと茎数が増加することを示した。多肥区の場合初期生育が劣ったのは、堆肥の多施に起因する一時的な生育抑制によるものであろう。

また地下水位60cmの場合は初期から施肥量の多い順に茎数も多く、非かんがい期間の水位の低下によって堆肥多施に起因する生育抑制が軽微となることが認められた。

出穂始めは施肥量の差異によってほとんど違いはなかったが、出穂期および穂揃期は多肥区



第4図 草丈の推移



第5図 茎数の推移

と少肥区で4日間の開きが見られ、前者が後者よりも穂揃がやや悪いことが認められた。地下水位の差異による出穂期、穂揃期のちがいはほとんどみられなかった。

第7表 出穂期調査

水位・区別	出穂始月日	出穂期月日	穂揃期月日	
0 cm	少肥	8.11	8.14	8.16
	標肥	8.12	8.16	8.18
	多肥	8.12	8.18	8.20
	全量元肥	8.12	8.16	8.18
23 cm	少肥	8.11	8.14	8.17
	標肥	8.12	8.16	8.18
	多肥	8.12	8.18	8.20
	穂肥重点	8.12	8.16	8.18
60 cm	少肥	8.11	8.14	8.16
	標肥	8.12	8.16	8.18
	多肥	8.12	8.18	8.20
	追肥重点	8.12	8.16	8.18

成熟期における生育状況をみると、施肥量の増加によって稈長、穂長、穂数、葉長などは概ね増大している。しかし、その程度は地下水位によって異なり、とりわけ穂数は施肥量によって

第8表 収穫期における生育調査

水位・区別	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本)	第1葉長 (cm)	第2葉長 (cm)	第3葉長 (cm)	
0 cm	少肥	67.9	17.2	15.6	20.5	31.9	34.6
	標肥	74.2	18.1	16.0	24.5	38.8	39.2
	多肥	80.6	18.7	16.9	27.6	40.7	40.0
	全量元肥	76.2	17.1	16.4	22.1	34.5	38.4
23 cm	少肥	72.1	17.5	11.5	21.4	32.2	37.9
	標肥	78.3	17.2	16.7	20.6	35.3	39.2
	多肥	76.2	18.7	17.1	26.2	38.6	37.6
	穂肥重点	78.2	18.2	16.9	24.5	35.1	38.5
60 cm	少肥	75.3	17.7	13.6	23.3	34.4	41.2
	標肥	79.2	18.6	14.8	24.0	39.1	42.1
	多肥	83.1	18.7	18.4	27.0	42.4	42.6
	追肥重点	78.3	17.8	15.9	22.7	36.6	39.4

水位別にかなりはっきりした差が認められた。すなわち水位0 cm区では施肥量の差異による穂数の

差は少なく、茎数の最も多かった全量元肥区も最高分けつ期以後の凋落は著しく、成熟期になると標肥区と

大差がなくなった。水位23 cmの少肥区は標肥区に比べて穂数は明らかに劣ったが、標肥区と多肥区では大差がなく、多少後者が多い程度であった。水位60 cmでは施肥量によって穂数に明らかな差がみられる。少肥区と標肥区の差より、標肥区と多肥区の差が大きく、施

肥量がある限度を越すと急激に穂数が増加するものと考えられる。

4) 乾物重と収量

出穂期における水稻の乾物重は少肥区の場合水位23 cmで最も劣り、それより水位が高い場合も低い場合も

第9表 収量調査 (kg/a)

水位・区別	出穂期	収					穫				
		乾物重	全重	わら重	もみ重	しいな重	もみわら	精玄米重	くず米重	精玄米重百分比	玄米千粒重(g)
0 cm	少肥	83.4	145.2	76.3	68.9	0.72	0.89	55.8	1.9	84	23.4
	標肥	101.3	168.8	86.6	82.2	0.72	0.95	66.6	3.6	100	23.3
	多肥	133.7	200.3	103.3	97.0	1.20	0.94	78.5	5.4	118	22.6
	全量元肥	113.3	169.8	93.8	76.0	0.60	0.81	61.2	6.0	92	23.4
23 cm	少肥	76.6	128.6	65.6	63.0	0.60	0.96	50.2	1.4	75	23.7
	標肥	102.8	179.6	99.1	81.6	0.48	0.81	65.6	1.2	99	23.6
	多肥	137.0	204.2	109.1	95.3	0.72	0.88	77.2	3.0	116	23.4
	穂肥重点	98.4	184.2	98.3	85.9	0.72	0.88	70.2	2.4	105	23.5
60 cm	少肥	85.8	142.9	74.6	68.3	0.84	0.92	55.3	1.2	83	24.1
	標肥	115.6	175.9	94.1	81.8	0.60	0.87	66.0	1.4	99	24.1
	多肥	150.4	230.4	126.4	103.7	1.08	0.82	84.7	1.2	127	23.6
	追肥重点	104.9	177.5	95.6	81.8	0.84	0.86	66.0	2.5	99	23.9

まさった。水位0 cm区と60 cm区の差は小さいが、やや後者がまさった。標肥区になると水位別の差は減少し、水位0 cmから23 cmまでは乾物重にほとんど差はみられず、水位60 cmになると若干増加している。多肥区の場合地下水位が低下すると乾物重は増大傾向を示すが、特に水位60 cmで増加量が大きかった。水位0 cmの全量元肥区は標肥区よりも乾物重は多少まさり、水位23 cmの穂肥重点区および水位60 cmの追肥重点区はいずれもそれぞれの水位における標肥区よりも劣った。

収穫期における全乾物重は出穂期の乾物重と大体同様の傾向を示した。しかし穂肥重点区と追肥重点区はそれぞれ同水位の標肥区をりょうがした。

玄米収量は少肥区の場合水位23 cmで最も低く、それよりも水位が高くて、また低くても増収している。水位0 cmと60 cmとではほとんど差は認められなかった。標肥区では地下水位の高さによる収量差はほとんどみられなかった。多肥区の収量は地下水位が23 cm以内では大差はないが、水位60 cmになると明らかに増収している。

全量元肥区の収量は同水位(0 cm)の標肥区より劣

り、潜在地力の高い湿田的な水田でも追肥の効果が高いことが示された。穂肥重点区は同水位(23 cm)の標肥区よりまさり、穂肥の効果が顕著であることが再確認された。追肥重点区は同水位(60 cm)の標肥区と差異がなく、施肥総量(主として窒素)を一定にし、追肥の配分量を多くして穂揃期にも追肥した結果、その効果は認められなかった。

以上の傾向はここ4年間ほぼ同様の傾向であった。

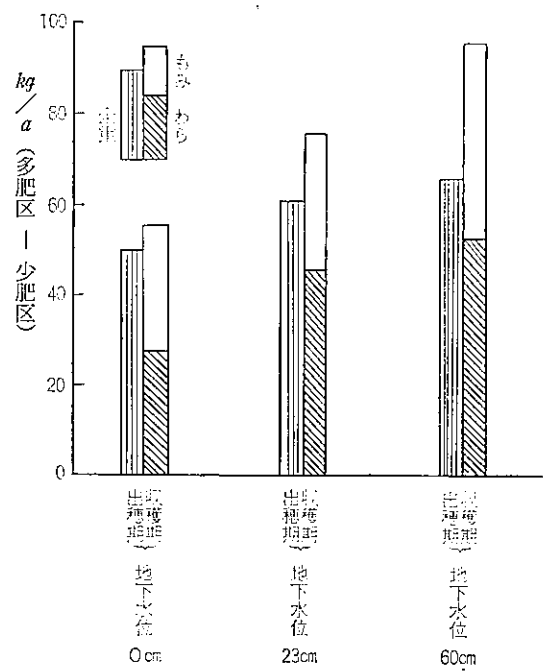
5) 地下水位の高低と施肥に対する水稻の応答

施肥に対する水稻の応答は施肥区と無肥料区の収量差によって示される。しかし、本試験においては多肥区と少肥区の収量差で示し、その値が大きいほど施肥(主として窒素質肥料)に対する応答が高いと考えた。

出穂期の乾物重や収穫期の全乾物重・玄米重はいずれも地下水位が低いほど多肥区と少肥区の収量差が増大し、施肥(主に窒素)に対する応答が高まることがわかった。

6) 水稻の養分吸収

(i) 水稻体の養分含有率



第6図 地下水水位別に見た増肥効果

水稻体の窒素含有率は施肥量を増すと高くなるが、穂揃期以降はその差は小さい。地下水水位と各区の窒素含有率との関係についてみると、施肥期と施肥量が共通の場合は水位23cmでいずれの区も低い傾向がみられた。ただし、同水位の穂肥重点区の窒素含有率は、穂揃期において最も高い値を示した。リン酸は区間差が極めて少なく、水位や施肥量の相違による差異は明らかではなかった。カリは共通施肥区間で比較すると地下水水位が低い区ほど含有率が高くなる傾向がみられる。また同一水位で施肥量を増すとカリの含有率も漸増した。ケイ酸は施肥量が多い区ほど穂揃期においてわずかに高い含有率を示した。しかし、地下水水位と水稻体のケイ酸含有率との関係は一定の傾向を認め難い。施肥量が多いほどケイ酸含有率が高い傾向がみられたのは、堆肥の施用に伴って水田に持込まれるケイ酸量のちがいに由来のものであろう。カルシウムとマグネシウムは地下水水位や施肥量の違いによって含有率に大差がなく、一定の傾向も認められない。水稻体中の鉄含有率と地下水水位との関係について共通施肥区間で比較すると、水位23cmの各区は水位0cmと60cmの各区よりやや低い含有率であった。

第10表 水稻体の養分含有率

穂揃期 (全植物体)

水位・区別	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	SiO ₂ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Mn/Fe
0cm	少肥	0.89	0.51	1.49	7.78	0.24	179	113	0.63
	標肥	1.04	0.51	1.67	7.84	0.22	210	165	0.79
	多肥	1.05	0.50	1.61	8.78	0.21	195	192	0.98
	全量元肥	0.94	0.51	1.86	8.01	0.23	164	118	0.72
23cm	少肥	0.82	0.46	1.61	7.92	0.20	148	152	1.03
	標肥	0.94	0.52	1.84	8.10	0.19	136	146	1.07
	多肥	0.94	0.48	1.83	8.06	0.21	163	183	1.12
	穂肥重点	1.09	0.51	1.86	7.85	0.21	147	128	0.87
60cm	少肥	0.86	0.44	1.74	7.36	0.23	142	215	1.51
	標肥	0.98	0.48	1.82	7.62	0.18	165	293	1.78
	多肥	1.04	0.50	1.89	8.30	0.21	231	317	1.37
	追肥重点	0.93	0.47	2.08	7.62	0.21	171	222	1.30

マンガン含有率は地下水水位の低下に対応して明らかに高くなった。

収穫期における稲体の養分含有率は第11表に示すとおりである。

稲体の窒素含有率をみると、各水位とも施肥量の増

加にともなって高くなる傾向がみられる。

水位別に比較すると水位23cmの各区は窒素含有率が他の水位より低い傾向で、穂揃期と同様であった。リン酸含有率は水位や施肥量の違いによって大差はみられなかった、カリは施肥量の増加にともないわらのカ

第11表 水稻体の養分含有率

収穫期

水位・区別	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	SiO ₂ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Mn/Fe	
0cm	少肥	わらみ	0.53	0.21	1.84	11.31	0.45	249	177	0.65
		らみ	1.09	0.65	0.31	3.37	0.06	42	25	0.53
	標肥	わらみ	0.53	0.21	2.32	10.58	0.44	239	174	0.66
		らみ	1.11	0.64	0.31	3.04	0.05	35	28	0.72
	多肥	わらみ	0.62	0.22	2.60	12.27	0.41	277	230	0.63
		らみ	1.16	0.70	0.32	3.03	0.05	39	30	0.71
	全量元肥	わらみ	0.50	0.21	2.32	11.34	0.42	211	196	0.84
		らみ	1.08	0.63	0.32	3.05	0.05	30	29	0.86
23cm	少肥	わらみ	0.50	0.18	2.22	10.55	0.43	188	240	1.17
		らみ	0.98	0.61	0.31	3.27	0.04	33	28	0.77
	標肥	わらみ	0.59	0.23	2.42	9.48	0.44	212	267	1.11
		らみ	1.08	0.62	0.32	2.89	0.04	48	25	0.47
	多肥	わらみ	0.59	0.23	2.36	10.20	0.41	198	277	1.27
		らみ	1.13	0.60	0.32	2.82	0.05	27	31	1.03
	穂肥重点	わらみ	0.56	0.21	2.44	9.78	0.42	175	244	1.27
		らみ	1.11	0.63	0.32	2.96	0.05	40	33	0.76
60cm	少肥	わらみ	0.52	0.17	2.04	10.68	0.45	188	537	2.69
		らみ	1.01	0.56	0.28	3.27	0.04	46	45	0.69
	標肥	わらみ	0.57	0.22	2.25	9.98	0.41	182	489	2.44
		らみ	1.08	0.60	0.32	3.08	0.04	29	42	1.30
	多肥	わらみ	0.62	0.23	2.47	9.83	0.37	179	425	2.17
		らみ	1.15	0.61	0.31	3.15	0.04	68	36	0.49
	追肥重点	わらみ	0.57	0.22	2.30	10.19	0.40	169	501	2.69
		らみ	1.14	0.59	0.30	3.15	0.04	39	35	0.87

り含有率は増大した。しかし、もみの場合は施肥量とカリ含有率との間に関係はなくほぼ一定していた。水位とカリ含有率との関係については一定の傾向は認められない。ケイ酸含有率は水位や施肥量の違いによって大差はなく、一定の傾向もみられなかった。カルシウムおよびマグネシウム含有率と水位との関係は判然としませんが、施肥量が多くなると含有率はわずかに低下する傾向がうかがえた。鉄は地下水水位が高い区では含有率が上昇した。マンガンは鉄とは逆に地下水水位が低下することによって含有率の顕著な増大がみられた。土壌中のマンガン含量と稲体のマンガン含量との間には相関関係はみられない。Mn/Fe比は明らかに地下水水位の低下に伴ない上昇しており、出穂期よりも収穫期においてこの傾向は顕著になった。

(ii) 主要成分の吸収量と窒素の玄米生産能力

水稻の窒素吸収量は施肥量の増加によって増大しているが、非かんがい期間の地下水水位によっても異なり、水位23cmの各区は他の水位の共通施肥区と比較して窒素吸収量が少ない。

水稻乾物重と窒素の吸収量はほぼ同傾向であるが、水位0cmにおける標肥区と多肥区の乾物重は、水位23cmにおけるこれらの区よりも劣っているけれども、窒素の吸収量は多少多い。このことは窒素の乾物生産能力が水位0cmよりも水位23cmの方がまさっていることを意味する。しかし、水位が60cmになると23cmの場合よりも窒素の乾物生産能力が低くなった。

普通は窒素の乾物生産能力は窒素の吸収量が少ないほど高い。したがって窒素吸収量の少ない水位23cmの各区が他の水位の共通施肥区と比べて窒素の乾物生産能力が高いものと思われる。窒素の吸収量を考慮して窒素の乾物生産能力を比較すると、水位0cmよりも60cmの各区は窒素の吸収量がわずかながら多いにもかかわらず、窒素の乾物生産能力はやや高い傾向がみられた。

リン酸の吸収量も窒素とほぼ同傾向であったが、水位23cmの標肥区は水位0cmの標肥区より若干多く、窒素とやや違った傾向を示した。カリは地下水水位が低いほど吸収量が増大する傾向がみられた。ケイ酸の吸収

量は施肥量が多くなるほど増加した。しかし、地下水位とケイ酸の吸収量との関係については一定の傾向は認められなかった。

収穫期における窒素吸収量は穂揃期とほぼ同様な傾向であったが、追肥へ重点的に施肥した区ほど収穫期における吸収量の増加割合は大きい。窒素の玄米生産

第12表 水稲による主要成分の吸収量とNの玄米（穂揃期は乾物）生産能率 穂揃期

水位・区別	N (g/a)	P ₂ O ₅ (g/a)	K ₂ O (g/a)	SiO ₂ (g/a)	Nの乾物生産能率 (乾物 kg/N1kg)	
0 cm	少肥	742	425	1,293	6,489	112.4
	標肥	1,055	517	1,692	7,942	96.0
	多肥	1,404	669	2,153	11,739	95.2
	全量元肥	1,065	578	2,107	9,075	106.4
23 cm	少肥	628	352	1,233	6,067	122.0
	標肥	966	535	1,892	8,326	106.4
	多肥	1,288	658	2,507	11,042	106.4
	穂肥重点	1,073	512	1,830	7,724	91.7
60 cm	少肥	738	378	1,493	6,315	116.3
	標肥	1,133	555	2,104	8,809	102.0
	多肥	1,564	752	2,843	12,483	96.2
	追肥重点	974	493	2,182	7,993	107.7

第13表 水稲による主要成分の吸収量とNの玄米（穂揃期は乾物）生産能率 収穫期

水位・区別	N (g/a)	P ₂ O ₅ (g/a)	K ₂ O (g/a)	SiO ₂ (g/a)	Nの玄米生産能率 (玄米 kg/N1kg)	
0 cm	少肥	1,036	673	1,364	10,559	54.1
	標肥	1,348	767	2,031	11,889	49.4
	多肥	1,606	916	2,520	15,876	48.9
	全量元肥	1,199	749	1,802	13,495	51.0
23 cm	少肥	924	557	1,378	10,378	54.3
	標肥	1,267	733	1,897	12,996	51.8
	多肥	1,466	910	2,213	15,681	52.7
	穂肥重点	1,350	803	2,246	13,917	52.0
60 cm	少肥	1,036	615	1,458	10,892	53.4
	標肥	1,290	772	1,919	12,142	51.2
	多肥	1,730	985	2,897	16,851	49.0
	追肥重点	1,302	731	1,921	14,297	50.7

能率は窒素吸収量が多いほど減少する傾向がみられるけれども、おおむね N 1 kg 当り玄米50kg前後であり、大体窒素の吸収量が大きいほど収量は増加した。ケイ酸・リン酸・カリなどは稲体中の含有率に大差がなく、またわらともみ中の養分の分配率もほとんど差異がなく、これらの成分の吸収量は乾物重に支配されるため窒素と類似した傾向が認められた。

IV 考 察

水田における非かんがい期間の地下水位を 0 cm, 23 cm, 60cmの3水準に調節し、稲作期間は水位を全区上昇させ、たん水状態とする処理を10年間継続して水田土壌の肥沃度におよぼす影響を拵試験で検討した。

1) 地下水位の高低と土壌断面形態の変化

非かんがい期間の降雨、融雪直後を除き、作土の中心部（表面より 6 cm）における土壌の水分状態は、水位 0 cm区で pF 0 以下、23cm 区で pF 1.2, 60cm 区で pF 1.8 前後であった。

横井³⁰⁾は水田を含水状態によって四つの類型に区分した。それにしたがうと水位 0 cm 区は湿田に属する。湿田は滞水層が非常に浅く、年間を通じて表層が最大容水量に近い含水状態にあり常にジメジメして足踏み入ると水があふれ出る水田である。年間を通じて常に地表に水のある場合はたん水田に属するが、本試験の水位 0 cm 区は時折地表から水が切れるため、たん水田には入らない。しかし、たん水田に近い湿田であるといえよう。水位 23cm 区は半湿田に属する。半湿田は乾田と湿田との中間性状の水田で、二つの種類があり、一つは非かんがい期間のある時期だけ湿田状態で、他の期間は乾田状態となる水田と、他の一つは非かんがい期間を通じて滞水層の位置が比較的浅く、土壌面より蒸発によって失われる水分はたえず

毛管上昇によって十分補われ、作土の水分含量は常に最大容水量以下、野外容水量以上の含水状態にある水田である。本試験の水位 23cm 区は後者の半湿田に属する。水位 60cm 区の水田は乾田に属する。乾田は滞水層の深さが非常に深く、非かんがい期間（融雪、降水直後を除く）を通じて土壌面よりの水分の蒸発により作土の水分含量が常に野外容水量以下の含水状態にあって作土は乾いており、足を踏み入れても絶体に水がしみ出るようなことのない水田である。

このように地下水位が比較的高い場合水位の高低は土壌の水分状態を規制し、通気を制限して、土壌の酸化還元状態を規制する大きい要因となる。

地下水位の高低によって土壌の水分状態や酸化還元状態が異なれば当然土壌の断面形態に差異を生ずるものと思われる。10年間非かんがい期間の地下水位に差異があった水田について、従来提唱されている分類法^{9,10,11,16,31)}をあてはめると次表のような位置づけとなる。全国的に広く行なわれた施肥改善事業における水

第14表 地下水位と水田の各種土壌分類率対比表

水位	鴨下	施肥改善	山崎	菅野	松坂
0 cm	低湿地土	強グライ土壌	Ggr	Gp/G	強グライ土壌
23 cm	〃	〃	Gigr	ApgG/G	〃
60 cm	〃	グライ土壌	Aib	Apg/A ₁₂ g/Bg/G	灰色グライ土壌

田土壌の分類法によれば、水位 0 cmの各区は作土以下全層がグライ層で、水位 23cmの各区は作土直下よりグライ層となり、これらはいずれも強グライ土壌に属する。水位 60cmの各区は 40cmより深い位置からグライ層となるグライ土壌に属し、灰色土壌や灰褐色土壌と比べ地下水の影響を受けており典型的な乾田とはいえない。しかし、島根県における圃場整備後の水田についてみると、グライ層の位置は依然として高く、グライ層の位置が 40~50cmより深いところはまれである。水田の地下水位が低下すると上部の土層から酸化され、グライ層の現われる位置は相対的に低くなる。

稲作期間再びたん水状態下におくと、作土直下からグライ層であった水田では、作土が還元的となり、斑鉄も消失して肉眼的には全層グライ層の水田とほとんど変わらない土壌断面形態となる。水位 60cm区はたん水後も表面下 13~42 cm間に斑鉄が存在した。しかし、斑鉄の存在する土層でもたん水期の後半には鮮明なジ

ピリジル反応を呈するようになった。

既往の研究によると、水田は一般に第1層はたん水期に還元状態となるが、第2層以下になると傾向が異なり、地下水位の高い水田においては全層が還元状態となり、地下水位の低い水田の場合たん水期といえども酸化状態の土層が存在することが認められている^{1,6,7,23,31)}。本試験では乾田においても、夏季水位が上昇すれば下層土も徐々に還元状態が発達し、第一鉄が生成することはジピリジル反応で明らかである。したがって冬季地下水位が低下してかなり深くまでの土層が酸化状態となる水田でも、夏季かんがい期に地下水位が上昇する場合は、下層土も第一鉄の生成を許す程度の還元が発達することを示唆するものであろう。

しかし、下層土は易分解性の有機物が少なく、地下水位の上昇にともなう還元の発達程度は作土に比べて甚だしく緩慢でしかも弱い。

また湿田の乾田化は土壌水分が減少するため、土層

はち密になり地耐力を増大する。近年における水田の排水改良の目的の一つは中大型機械の導入を容易にすることであるが、そのためには地下水位を低下させ少なくとも表面から40~50cm以下にグライ層の位置をさげるような排水工事をなう必要がある。

2) 非かんがい期における地下水位の高低と腐植の集積および形態変化

非かんがい期の地下水位と稲作期間における施肥履歴が比較的長期にわたり一定の差異があった場合土壌有機物にいかなる変化があるかを跡地土壌について検討した。

地下水位の高低によって最も顕著な影響を受ける成分の一つとして腐植が考えられる。

従来湿田を乾田化すると腐植含量が減少することは数多くの成績によって明らかであるが、乾田化の程度と有機物の施用量との関連で腐植含量を検討した成績はほとんど報告されていない。そこで本論文においては非かんがい期間における地下水位の高低と堆肥の施用量の差異が腐植含量に与える影響について検討した。

その結果堆肥無施用（少肥区）の場合は水位が低くなるほど腐植含量の減少がみられるが、その差は僅少であった。堆肥を120 kg/a連用（標肥区）した場合は、水位の違いによって腐植含量に明らかな差異が認められ、地下水位の高い区ほど腐植含量は増加し、水位の低い区ではその増加量は極めて小さかった。

堆肥120 kg/aを施用した場合、水位60cm区で同水位の無堆肥区より腐植含量は0.22%ほど増加したにすぎなかったが、水位0cm区では0.97%の増加がみられ、前者の4倍を上回った。また水位23cm区は水位60cm区と0cm区の間で腐植含量は0.65%増加した。堆肥の施用量を250 kg/aに増施した場合は若干傾向が異なり、高水位区では腐植の集積効果が堆肥120 kgのときより減少し、低水位区では逆に増加した。

土壌が同種のものから出発したものであれば、土壌有機物含量（主に腐植）は地下水位（1m以内）と有機物（同種類）の施用量によって左右される。

このように地下水位の高低が腐植の集積量に大きく関係するのは、水位によって土壌の酸化還元環境が変化し、それに対応した微生物群の活動が行なわれるためである。

非かんがい期間に地下水位が低い水田での有機物の分解は、好氣的過程で進行するため分解速度が速く、

土壌有機物の消耗が大きい。逆に地下水位が高い水田では有機物の分解は嫌氣的過程で進行するため分解速度は緩慢で、土壌中に集積する有機物が多いものと考えられる。

湿田を乾田化すると排水年次の経過にともない土壌有機物の量的、質的变化が起るが、その変化は当然排水の良否によって規制されるであろう。

そこで非かんがい期間における水田の地下水位の高低と土壌有機物の主体をなす腐植の形態との関係について検討した。

0.5パーセント苛性ソーダ溶液に抽出される有機物中腐植酸の占める割合を示す沈澱部割合（PQ）は、堆肥の施用によって明らかに上昇したが、水位とPQ値との関係については一定の傾向は認められなかった。堆肥の施用によってPQが上昇することは既に二、三の報告がある^{13,34)}。しかし、中には堆肥を施用してもPQにほとんど変化がみられない場合があることが指摘されている³⁰⁾。非かんがい期間の地下水位の高低と苛性ソーダ抽出液のPQとの関係についての報告はみられない。

腐植酸の相対色度（RF）は堆肥の連用によって下降し、水位の低下によって上昇している。色調係数（ $d \log k$ ）は堆肥の連用により増大し、水位の低下によって減少することがうかがえる。堆肥の連用によって腐植酸のRFが減少し、 $d \log k$ が増大することは山下³⁵⁾、川口・坂上¹³⁾および筆者ら³²⁾の報告にみられる。地下水位の高低と腐植酸のRFや $d \log k$ との関係についての報告はみられないが、熊田¹²⁾は沖積土の乾田で $d \log k$ は0.6~0.7、湿田はその値が0.7~0.8で腐植化度が乾田は湿田より高いことを指摘している。本試験においても非かんがい期間に地下水位が低下し、乾田的な性格の水田になるほど腐植化度の高まることが認められた。

3) 非かんがい期間における地下水位の高低と窒素の供給力

土壌窒素の大部分は有機態で、炭素と同様土壌有機物の構成要素の一つであり、本試験の場合C/N比9.8~11.4ではほぼ一定しており、堆肥を含む施肥や水位の違いによる全窒素含量の相違は腐植含量と比較的よく似た傾向を示している。

生土をたん水し、30°Cでインキュベーションした場合に無機化する窒素量は土壌中の全窒素含量の高い区、つまり稲作の施肥量や堆肥の施用量が多い区で

きい傾向がみられる。施肥量が同一の場合は湿田的な水位0cm区が最も大きく、ついで乾田的な水位60cm区で、半湿田的な水位23cm区が最も小さい。しかし風乾土を同様にインキュベーションした場合に無機化する窒素量は生土と著しく傾向を異にする。すなわち生土で有機態窒素の無機化量が最少であった水位23cm区が最も大きく、水位0cm区がこれにつき、水位60cm区が最少であった。このことは乾土効果によって無機化する有機態窒素の大部分が生土を30°Cでインキュベーションした際に無機化する有機態窒素と異なった性質のものであることを示唆するものであろう。水稻の生育にとってきわめて重要な意義をもつ地力窒素の特徴として緩効的で持続性のある効き方をすることが指摘されるが、これは普通乾土効果、地温上昇効果の測定値で表示されてきた。しかし現実の水田では通年乾くこともなく、また地温が40°Cのような高温になることのない水田があり、このような水田では地力窒素の供給力の指標として生土を30°C位でインキュベーションし、無機化する窒素量を測定する方がより適切であろう。

湿田を排水改良すると乾土効果は排水年次とともに漸減し、アンモニア化成率が乾田に類似してくることは数多くの成績によって明らかである。しかし非かんがい期間の地下水位が長期にわたり一定の差異があった場合乾土効果におよぼす影響についてはほとんど報告がなく、したがって乾田化の程度と土壌の乾土効果との関係については推測の域をでていない。

一般に地下水位の高い湿田は乾土効果が高いと考えられているが、本試験の結果ではむしろ半湿田の性格の強い水田がより湿田の性格の強い水田よりも乾土効果が高い傾向を示した。生土で窒素の無機化量が最低であった水位23cm区において乾土効果が高かったことは、易分解性有機物が最も多く蓄積していたものと考えられる。このことは実際水稻栽培下で地力窒素の供給力が小さいことを示唆するものであり、また乾土効果が必ずしも土壌水分状態によって一義的に律せられるものでないことを示すものであろう。しかし、概観すると排水良好な水田はそうでない水田に比べて乾土効果が低い傾向にあることも否めない。

生土を30°Cでたん水インキュベーションしたとき、土壌有機態窒素の無機化量が水位60cm区よりも23cm区が小さかったことは、後者が土壌中の遊離鉄や易還元性マンガン含量が低かったこととも関連があるよ

うに推定される。すなわち地下水位が表面から23cmよりも深い場合土は酸化的で、活性の高い鉄やマンガンはいずれも酸化態であり、たん水後の有機物の分解に際してはこれが電子受容体として作用するものと推定される^{4,5)}。したがって遊離鉄や易還元性マンガンの含量が高いほど有機物の分解は順調に進み無機化窒素量が増加するものと考えられる。

また水位0cm区が23cm区より有機態窒素の無機化量が大きかったことは、作土が常に最大容水量以上の水分を含み、非かんがい期間でも時折りたん水するため藻類が繁殖し、これが易分解性有機物の給源となり、水稻に対する窒素の供給に寄与していることが推測される²⁰⁾。

4) 地下水位の高低と土壌の化学性

非かんがい期間における水田の地下水位の高低は土壌体における物質の移動を規制し、土壌の化学性に少なからぬ影響を与えるものと考えられる。そこで地下水位の高低と土壌の化学性との関連について二、三の検討を加えた。

地下水位の違いと土壌反応との関係をみると、水位が低下すればpHはわずかに低下し、置換酸度が増大し、酸性化が進むことが認められる。これは水位が低い場合降雨時や落水時に水の下降運動にともなってカルシウムやマグネシウムが溶解することに起因するものである。また高水位区では作土が下層土よりもカルシウムやマグネシウム含量が高い。これは非かんがい期間における水の移動と関係があると思われる。すなわち高水位区では降水の大半は横へ流出し、天気が続けば田面から蒸発によって失われる水は、下層から絶えず毛管上昇によって補給される。このとき土壌水中に溶存しているカルシウムやマグネシウムも同時に移動し、作土にこれらの成分が富化される。しかし低水位区では降水の大半は土壌中に浸透し、作土のカルシウムやマグネシウムは洗脱され、塩基飽和度が低下し、酸性化することが示された。

湿田の乾田化によって表層の塩基が溶脱し、pHが低下することは早くから知られている⁸⁾。しかし、かんがい期間と非かんがい期間を分けて塩基の溶脱を検討した成績はほとんどみられない。

本実験では非かんがい期間の地下水位の高低と塩基の溶脱との関係につき検討した結果、非かんがい期間においても地下水位が低いほど塩基の溶脱が増大することが明らかになった。この程度は同期間の降水量と

密接な関係があり、地域によっても異なるものと思われる。

遊離鉄含量は水位 0 cm 区が最も高く、表土が下層土よりも高い含量を示した。これは前述したカルシウムやマグネシウムと同様の機作で表層に遊離鉄の富化が行なわれたものと考えられる。水位 23 cm 区は排水がさらに良好である水位 60 cm 区よりも作土の遊離鉄含量が明らかに低く、3 水準の水位中最低で、他の水位に比べて鉄の溶脱が大きいことを示した。水位 60 cm 区では作土より下層土の遊離鉄含量が高く、作土から溶脱した鉄がそこへ集積していることがわかった。

従来水田土壌における鉄の溶脱に関する研究は数多くの成績がある^{8,11,15,29,31)}。しかし、これらの研究は、たん水条件下での透水による鉄の溶脱を対象としたものであり、非かんがい期（落水期）における鉄の溶脱に関してはあまり問題とされなかった。

稲作期間たん水状態で透水を停止させ、非かんがい期間のみ水位を 23 cm と 60 cm に低下させる処理を 10 年間つづけた跡地土壌では、水位 23 cm 区の方が鉄の溶脱は大きく、しかも表層と下層との差はほとんどみられない。たん水条件下では透水速度が大きいほど鉄の溶脱は大きいのが普通であるが、非かんがい期間は土壌が還元的でしかも水が下方へ浸透するような条件下で鉄の溶脱が行なわれるものと考えられる。水位 23 cm 区は非かんがい期間の前半に降雨ひん度が高く、雨量も多く、水位が比較的高いため第一鉄の存在を許す程度の還元状態がある期間持続し、その間に鉄の溶脱が行なわれる。また表層と下層（第 2 層）との鉄含量に差異がみられないのは、溶脱した鉄がさらに下方へ移動したものと推定される。地下水位が低く排水良好な水田では落水後土壌はかなり速やかに酸化状態が発達し、第一鉄は第二鉄に酸化され、土壌溶液中の鉄濃度は激減する。このような条件下では鉄の溶脱は微弱である。

易還元性マンガンも遊離鉄と非常によく似た傾向を示した。しかしながら水位 0 cm 区ではやや異なり、堆肥や施肥量が多いほどマンガン含量が低い。これは堆肥や施肥量が多くなると、 Mn^{2+} は田面水中に溶出し、降雨時に田面水が溢れ出すと横へ移動流亡するためである。コンクリート壁面や稲株の地際から数 cm 上がったところが暗黒色に汚染する現象がみられるが、これは溶出したマンガンが二酸化マンガンを附着したものであることを認めた。このような田面からの

流出は実際の圃場においてはあまり問題とならないものと思われる。また水位 60 cm 区は鉄よりもマンガンの溶脱を強く受けている。

可給態ケイ酸は水位や施肥の違いによって一定の傾向はみられなかった。

可給態リン酸は施肥量が多いほど土壌中における含量が高く、水位とリン酸含量との関係を見ると、水位 0 cm 区では表層が下層より高い含量を示し、水位 23 cm 区では表層と下層との間に差異がなく、水位 60 cm 区では表層より下層にやや高い含量を示す区もみられる。このことは水田に施肥されたリン酸が水稻に吸収されたほかは土壌中に残存し、排水良好な水田では非かんがい期間においても下層への移動が行なわれているようにみられる。しかし、筆者ら^{8,31)}の行なった実験では還元が発達しない限り、リン酸の移動は極めて少なく、はたして層間差の差異が非かんがい期間の移動によるものか疑問である。むしろ作土の反転によって作土下部へリン酸が入り、非かんがい期間の初期十分な酸化状態が発達するまでに落水や降雨の浸透にともなって移動したものであろう。また水位 0 cm 区の作土にリン酸の富化がみられるのは、施肥リン酸が作土に残存し、下方への移動が行なわれていないことを意味する。

5) 水稻の生育と収量

(1) 水稻の生育

水稻の生育経過をみると、各水位とも多肥区は明らかな初期生育の抑制が認められるけれども、その程度は水位の違いによって異なり、高水位区で顕著で、低水位区で軽い傾向がみらる。このような多肥区における水稻の初期生育の抑制は、主に堆肥の多量施用にともなう土壌の還元状態の発達過程と関係があるものと推定される。本試験で初期土壌が最も酸化的である水位 60 cm 区において、生育抑制が軽度であったことは上記の推定に対する根拠となっている。

高井²⁸⁾はたん水土壌中の還元に関与する微生物代謝型式をつぎの 2 段階に類型化している。たん水初期から中期にかけて酸素および硝酸の消失、2 価マンガンの生成が段階的に逐次進行し、アンモニアおよび炭酸の活発な生成増大が行なわれる。この過程の主導的微生物群は好気性および条件的嫌気細菌である。したがって高い Eh から出発し、しかも嫌氣的代謝産物を集積しない。以上の過程を第一段階とし、好気的および半嫌氣的過程に包括した。第一段階の過

程後は硫化物、有機酸、水素、メタンの生成反応が開始される。有機酸はいったん生成した部分が再び消失し、水素も消長変化が著しいが硫化物、メタンは増加の一途をたどる。これらの過程は第二段階で、先の段階で Eh の著しい低下で偏性嫌気性菌の生育する培地電位が与えられて嫌気性代謝が支配し、有機物の分解は醗酵形式をとる。

低水位区に施用した堆肥の分解は第一段階を経過して進行するが、高水位区では第一段階を経過しないでいきなり第二段階に入り、その結果嫌気性代謝産物の生成集積が急速に進行することが考えられる。このように土壌の酸化還元状態の異なる水田へ、堆肥を多量施用した場合分解過程で行なわれる物質変化に差異を生じ、その結果が水稻の生育に反映するものと推定される。

移植後 1 カ月を経過すると各水位とも多肥区の生育はしだいにばん回し、施肥量が多いほど以後の生育は優った。また草丈の推移についてみると、各水位とも施肥に対する応答は類似したパターンを示したのに反し、茎数は水位の違いによって明らかな差異がみられた。すなわち水位 0 cm 区では施肥量の増加による茎数の増加が少なかったのに反し、水位 23 cm 以上では施肥量の差異により茎数に明らかな違いがみられる。このことは地下水位の低い水田は高い水田に比べて施肥（主に窒素）に対する茎数の応答が高いことを示すものである。ただし水位 0 cm 区でも全量元肥の場合は茎数が増大し、元肥の施肥量（窒素）を増せば茎数は増加する。しかしながら分けつ盛期までに施肥された窒素量は全量元肥区より多肥区が、多少多いにもかかわらず茎数は劣った。このことは単に施肥時期の相違によるものでなく、湿田の性格の水田では、堆肥の多量施用は茎数の増加に対し抑制的な作用が強いことを物語るものであろう。

水位 23 cm の場合穂肥重点区は標肥区よりも元肥量が多いけれども、分けつ盛期までの施肥量はほぼ同量で、水稻の前半における生育も両区間に大差はみられなかった。水位 60 cm の場合も追肥重点区と標肥区間に水稻の生育に大差はなく、多肥区の生育は初期から順調で、乾田的性格の水田では堆肥多量施用による生育抑制は軽く、堆肥を含む増肥の効果が高いことがわかる。

成熟期における生育は各水位とも施肥量が多いほど稈長・穂長・穂数はおおむね増大したが、水位 0 cm 区

では施肥量の差異による穂数の差は小さく、また茎数の多かった全量元肥区は最高分けつ期以後の凋落が著しく、穂数においては大差がみられなくなった。水位 23 cm の場合穂数は少肥区で著しく少なく、地力窒素の発現が少ないことと関係があるように推測された。排水の良好な水位 60 cm では施肥量によって穂数に明らかな差異がみられ、少肥区と標肥区の差より、標肥区と多肥区の差が大きく、施肥量がある限度を越すと急に穂数が増加することがわかる。

(2) 出穂期の乾物重および収量

出穂期における乾物重は少肥区の場合、半湿田的な水位 23 cm 区が最も劣り、水位 0 cm 区と 60 cm 区では大差はみられなかった。標肥区では水位別の差は小さく、水位 0 cm 区と 23 cm 区では乾物重にほとんど差異がなく、水位 60 cm 区になると若干増加している。多肥区の場合は水位の低下にともない乾物重は増加を示し、特に水位 60 cm 区で増加量が大きかった。

少肥の場合は生土をインキュベーションしたとき窒素の発現が少ない水位 23 cm 区で乾物生産量が小さく、多肥の場合は土壌窒素の発現量よりも施肥効果の高い水位 60 cm 区で乾物生産量大きい。

収穫期における全乾物生産量も出穂期とほぼ同様の傾向を示した。しかし、後期追肥に重点がおかれている穂肥重点区や追肥重点区はそれぞれ同水位の標肥区を上回っている。

玄米収量も少肥区の場合は乾物重と同様高水位区（0 cm）と低水位区（60 cm）とはほとんど差がなかった。しかし中間の水位 23 cm 区はこれらの区より明らかに劣っている。標肥区では水位の高低による収量差は小さい。多肥区は高水位区（0 cm）と中間の水位区（23 cm）とは大差がなく、水位が 60 cm になると明らかにこれより水位の高い場合に比べて高い収量が得られている。

また、湿田のように潜在地力の高い水田でも追肥の効果が高いことが示された。半湿田的な水田で穂肥にかなり高い割合の追肥を行なった結果同水位の標肥をしのぐ収量が得られ、穂肥の効果が高いことが再確認された。本試験で最も乾田的な水田（水位 60 cm）で追肥重点の施肥を行なっても標肥区と差異がなく、出穂期の稲体窒素含量が 1.2 % を明らかに下回っているけれども穂揃期追肥の効果はみられなかった。このことは、施肥総量を一定にして、生殖生長期に配分を多くしても収量の増加に結びつくとは限らない。

以上の結果から収量は、少肥条件 (N5kg/10a) では水位の違いによって生じた地力窒素の発現量に大きく支配され、標肥条件 (N10kg) では水位の違いからくる地力窒素の発現の影響は小さくなり、多肥条件 (N15kg) では地力窒素の影響よりも、むしろ水位の違いによって生じた施肥窒素のレスポンスに左右される。

6) 水稻の養分吸収に及ぼす水位の影響

(1) 水稻体の養分含有率

水稻体の窒素含有率は施肥量を増せば上昇するが、出穂期以後はその差は小さくなっている。水位別に稲体の窒素含有率を比較すると、中間水位 (23cm) の各区は高水位 (0cm) や低水位 (60cm) の共通施肥区よりいずれも低い傾向を示した。ただし、中間水位区でも穂肥重点区は穂揃期において高い含有率を示した。

リン酸の含有率は水位や施肥量の差によって明確な差はみられなかった。水位60cm区では施肥量の増加によって稲体のリン酸含有率はわずかに増大した。

稲体のカリ含有率は施肥量を増すとわずかに高くなった。施肥量が同じ場合は、穂揃期において水位が低いほど含有率は高くなる傾向がみられる。しかし収穫期ではこの関係は判然としなくなった。

ケイ酸の含有率も出穂期においては施肥量が多いほど高い傾向がみられる。しかし収穫期においては、ほとんど区間差がみられなくなった。水位との関係については一定の傾向が認められない。

カルシウムとマグネシウムは水位や施肥量の相違によって稲体の含有率に大差はなく一定の傾向は認められない。

鉄の含有率を水位別に比較すると、穂揃期においては高水位区で高く、中間の水位区で低い。施肥量との間には明らかな差異は認められないが、低水位区では施肥量が多いほど含有率は増加している。収穫期における含有率は水位が高いほど高い。

マンガン含有率は水位が低下するほど明らかに高くなった。施肥量との関係については、出穂期頃は施肥が多いほど高い含有率を示したが、収穫期になるとこのような関係は判然としなくなった。

Mn/Fe 比は明らかに地下水位の低下によって上昇し、出穂期頃よりも収穫期のわらにおいてより明確になった。坂井ら²⁹⁾は水稻根の活性状態を推定する方法として Mn/Fe 比に注目した。すなわち、Fe は根が傷むほど入りやすいが、Mn は逆に入り難くなるた

め、理論的にも指標となりうるとし、また多収穫多などで酸化還元状態が稲にとって良好な水田では明らかに Mn/Fe 比が高い傾向があることを指摘している。

根の活性調査法として α -ナフチルアミン酸化力による方法^{22,27)}があるが、この方法で測定した結果でも地下水位の低下によって酸化力が増加しており、根の活性が高まることが明らかになった。根の活性が低下すると葉の光合成能力も同時に低下することが認められている²⁶⁾。非かんがい期間に地下水位の高い水田で肥料 (窒素) の応答が低いのは根の活性を害する有害物質の発生が多く、逆に地下水位が低く乾田的な水田で肥料 (特に窒素) の増施効果が高いのは、土壌中の有害物質の発生が少なく根の活性が維持されることによるものと推論した。

(2) 主要成分の吸収量と窒素の玄米生産効率

窒素の吸収量は施肥量の増加によって増大する。水位別に窒素の吸収量を比較すると、中間水位区 (23cm) が最少であった。窒素の吸収量は乾物重とほぼ同傾向を示したが、詳細にみると、水位0cm区の窒素吸収量は水位23cm区より多いけれども、乾物重は標肥以上の施肥量になると両者の関係は逆転し、わずかながら後者の方がまさった。このことは窒素の乾物生産効率が水位0cm区より23cm区の方がまきていいることを意味する。また水位0cm区と60cm区の窒素の吸収量は少肥条件では前者が、標肥以上の施肥量では後者がまさり、窒素の乾物生産効率もわずかながら水位0cm区よりも60cm区が高い値を示した。

リン酸の吸収量も窒素の吸収量とほぼ同様の傾向であった。

カリは水位の低下にともない吸収量は増加した。また施肥量を増すとカリの吸収量は増加するが、その増加量は高水位区で小さく、低水位で大きい傾向がみられた。

ケイ酸の吸収量と水位との関係は判然としなが、施肥量を多くするほど吸収量は増加した。これは堆肥の施用量と水稻体の生育量の増大によるものと推定される。

収穫期における窒素の吸収量は穂揃期とほぼ同傾向であったが、追肥に重点がおかれた区ほど収穫期における吸収量の増加割合が大きい。リン酸・カリ・ケイ酸などにおいてもほぼ同様の傾向がみられ、しかし、これらの成分の水稻体における含有率はあまり区間差がなく、水稻体の乾物生産の増大を通じて随伴的に吸

収量も増大したとみることができよう。

湿田の乾田化によって地下水位を低下させた場合は土壌の腐植が減耗し、潜在地力の低下を招くが、非かんがい期間の水位が60cm位であれば、夏季無透水状態で水稻を少肥栽培してもほとんど減収せず、多肥栽培では湿田よりも明らかに増収した。

従来土壌の肥沃度は無肥料栽培を行なった際の作物生産力によって評価され、土壌の改良目標もそこにあった。近年では多肥栽培で安全に多収を挙げることが土壌の改良目標となってきた。湿田の乾田化はその手段として極めて有効であるが、実際の水田では乾田化後しばしば減収することがある。この原因として乾田化後の水管理が適切でなく、初期窒素の溶脱損失が大きいことに起因する場合が多い^{8,18,30)}。

乾田化後に反収の増大を図るには有機物の多量施用を行なって地力を高め、緩効的に十分な養分の供給を保障し、他方ではその分解に起因する土壌の異常還元を防止するための水管理を行ない、根腐みを防ぐことが必要であろう。

また湿田の乾田化に当って地下水位をどの程度低下させるかは、種々の条件によって異なり、画一的に決めることはできないが、少なくともグライ層の位置が40~50cmぐらゐに低下するような排水改良が必要であろう。

V 摘 要

非かんがい期間における水田の地下水位を0, 23, 60cmに保ち、夏季は全区たん水状態で施肥量を異にして水稻を栽培する枠試験を10年間継続後、跡地土壌の肥沃性について検討し、つぎのような結果を得た。

1 非かんがい期間における地下水位の高低により土壌の断面形態に明らかな変化がみられ、水位0cmの場合は作土以下全層が、23cmで作土直下から、60cmでは表面下40cm以下からそれぞれグライ層となった。

2 土壌の有機物含量は水位の高低と堆肥の施用量との相互関係によって規制され、堆肥の施用量の増加にともない有機物含量は増加を示すが、その増加量は水位が高いほど大きい。また土壌の全窒素含量もほぼ同様の傾向を示した。

3 生土をたん水保温 (30°C) したときの土壌有機

態窒素の無機化量は、水位が同じ場合、施肥量 (堆肥量) が多いほど増加し、施肥量が同量の場合は水位の差異によって0cm>60cm>23cmの順位となった。

風乾土の場合は生土で無機化窒素量が最少であった水位23cm区が最高で、それより水位が高い場合も、また低い場合も減少した。

4 水位が低いほど作土から置換性のカルシウムやマグネシウムが溶脱し、酸性化の傾向を示した。水位0cmの場合は逆に下層から表層へこれらの塩基の移動が行なわれ、作土に富化が認められた。

5 遊離鉄も水位0cm区では下層から表層へ移動し、カルシウムやマグネシウムと同様作土に富化が認められた。水位23cm区では鉄の溶脱が進み遊離鉄含量は最も低かった。水位60cm区では作土から鉄が弱い溶脱を受け鋤床層に集積がみられた。

非かんがい期間の鉄の溶脱は作土が還元的で、しかも水が下方へ浸透するような条件下で大きく、排水良好で落水後土壌の酸化が速やかである条件では鉄の溶脱は微弱である。

マンガンの土壌中における行動は鉄とほぼ同様の傾向がみられた。

6 水稻の生育は多肥区で初期明らかな生育抑制がみられたが、その程度は非かんがい期間の水位が低いほど軽度で回復も早かった。

移植後約1カ月経過すると各水位とも施肥量 (主にN) が多いほど生育はまさった。

7 草丈の推移は各水位とも類似のパターンを示したが、茎数は水位によって肥料 (N) の応答に明らかな差異がみられ、水位が低い区ほど増肥による茎数の増加数も大きくなった。

8 水位の差異による収量差は、少肥の場合は0cm \rightarrow 60cm>23cmとなり、標肥では水位間の収量差は小さく、多肥の場合は60cm>0cm \rightarrow 23cmの順位となった。少肥条件で水位23cm区の収量が低かったのは土壌からの窒素供給量が少なかったことが主原因であると考えられる。

9 非かんがい期間における地下水位の高低によって、土壌の窒素供給能や施肥効果に対して明らかに差異を生ずることが判明した。

引用文献

- 1) 青峰重範 (1943) : 内ノ浦実験部落調査成績書, 内ノ浦実験部落資料報告書 第9号.
- 2) 青峰重範 (1949) : 暗渠排水と乾土効果, 河出書房, p 152—153.
- 3) 浅見輝男 (1970) : 水田土壤中における遊離鉄の行動に関する研究 (第2報) 水田土壤中における遊離鉄の還元と Eh・pH の変化およびアンモニアの生成について, 土肥誌 41 : 7—11.
- 4) 浅見輝男 (1970) : 水田土壤中における窒素化合物の有機化および無機化に関する研究 (1報) 添加アンモニア態窒素の有機化におよぼす静置温度およびグルコース・非晶質酸化鉄・二酸化マンガン添加の影響, 土肥誌 41 : 433—437.
- 5) ASAMI, T. and K. KUMADA (1959) : A new method for determination free iron, Soil and Plant Food 5 : 141—146.
- 6) 井利一・丸田勇 (1958) : 湛水下における鉄の形態変化に関する研究 (第1報) 時期別・層位別変化について (その1), 土肥誌 28 : 483—488.
- 7) 井利一・丸田勇 (1958) : 湛水下における鉄の形態変化に関する研究 (第2報) 土層断面形態の変化 (その1) 土肥誌 28 : 483—488.
- 8) 入沢周作・山根忠昭・松浦一人 (1959) : 湿田の乾田化に関する研究—乾田における養分の溶脱について, 中国農研 16 ; 30—32.
- 9) 鴨下寛 (1937) : 青森県津軽平野の土壌に就て, 土肥誌 10 : 311—317.
- 10) 菅野一郎 (1957) : 無機質水田土壌の基本的断面形態, 土肥誌 27 : 393—396.
- 11) 小西千賀三・山崎欣多 (1955) : レンゲ施用田における養分の消長に関する研究 (第1報), 北陸農業研究 ; 3, 1 ; 1—56.
- 12) 能田恭一 (1958) : 腐植に関する最近の研究〔4〕農及園 33 : 1333.
- 13) 川口菊雄・坂上朗 (1963) : 水田土壌における腐植の形態ならびに動態に関する研究 (2報) 数種の土壌における石灰・堆肥連用土壌の腐植の形態, 土肥誌 40 : 21—227.
- 14) 松坂泰明 (1969) : 本邦田土壌の分類に関する研究, 農技研報告 B 20 ; 153—349.
- 15) 松本聰・和田秀徳・高井康雄 (1970) : 作土から溶脱した鉄の心土による吸着機構 (その1), 水田土壌下層土の形態的諸特徴の発達過程について (第2報), 土肥誌 41 : 95—100.
- 16) 農林省振興局研究部 (1957) : 施肥改善事業成績書 ; 303 pp.
- 17) 農林水産技術会議事務局・愛知県農試 (1963) : 湿田の乾田化に伴う生産技術解明に関する試験 (愛知県土地改良地区試験地) ; 1—187
- 18) 農林水産技術会議事務局・新潟県農試 (1963) : 湿田の乾田化に伴う生産技術解明に関する研究 (阿賀野川土地改良地区試験地) ; 1—167
- 19) 農林水産技術会議事務局・鳥根県農試 (1963) : 湿田の乾田化に伴う生産技術解明に関する試験, (出東土地改良地区試験地) ; 1—111
- 20) 奥田東 (1950) : 排水稲作に及ぼす影響に関する研究, 農学 2 ; 306—308.
- 21) 大羽裕 (1964) : 土壌腐植研究法Ⅱ, 腐植の組成 (形態) 分析法, 弘法・大羽法, ペドロジスト 8 ; 108—116.
- 22) 坂井弘・吉田富男 (1957) : ムレ苗発生条件に関する研究 (第1報), 根の α -naphthylamine 酸化力について, 北海道農試報 72 ; 82—91.
- 23) 坂井弘・河本泰・大山信雄 (1968) : 暖地水稲の多収施肥法に関する研究 (第2報), 早期中干し栽培法について, 中国農試報 E 2 ; 145—190.
- 24) 塩入松三郎・横井 肇 (1949) : 硫化鉄の溶脱機構, 土肥誌 20 : 50—51.
- 25) 鈴木新一・本谷耕一 (1950) : 湛水土壌の酸化還元電位について (第2報), 酸化還元層の分化, 土肥誌 21 : 59.
- 26) 戸菊義次監修 (1971) : 作物の光合成と物質生産, 養賢堂, p 337—338.
- 27) 戸菊義次・天辰克己編 (1962) : 稲作診断法下, 農業技術協会 p 18—53.
- 28) 高井康雄 (1961) : 水田土壌の還元と微生物代謝 ⑤, 農業技術 16 : 213—217.
- 29) 和田秀徳・松本聰・高井康雄 (1970) : 水田土壌作土の溶脱物質と心土の交互作用, 水田土壌下層土の形態的諸特徴の発達過程について (第1報), 土肥誌 41 : 90—94.
- 30) 山根忠昭 (1961) : 土壌中における養分の移動 (第1報), 稲作期間における窒素の移動について,

- 中国農研 23 ; 31—33.
- 31) 山根忠昭・松浦一人 (1963) : 土壌中における養分の移動 (Ⅲ), 稲作期間における Fe・Mn・P の移動について, 土肥講要集 9 集 ; 87.
- 32) 山根忠昭・松浦一人 (1970) : 稲わら施用跡地土壌の理化学性変化, 水田における稲・交わらの施用法に関する研究, 中国地域共同研究成果集録 5 号 ; 68—73.
- 33) 山根一郎・大向信平・細川玲子 (1950) : 堆肥肥の連用が水田土壌におよぼす影響について, 東北農試報 1 ; 126—136.
- 34) 山崎欣多 (1960) : 水田土壌の生成論的分類に関する研究, 富山農試報特 1 ; 1—93.
- 35) 山下鏡一 (1967) : 堆肥の連用が水田土壌の腐植ならびに理化学的諸性質に及ぼす影響, 九州農試報 13 ; 113—156.
- 36) 横井 時次 (1952) : 土壌肥料新説, 養賢堂, p 109.

Summary

In order to investigate the relation between the water table of paddy field in non-irrigation and the soil fertility status, the model experiments was carried out by using simplified lysimeter. The soil used in this experiment was paddy soil in Shimane Agricultural Experiment Station.

In non-irrigation period the water table was adjusted to 0cm, 23cm and 63cm respectively, and these plots were all stagnated during the rice growing period. These treatments were succeeded for ten years since 1960. The results were as follows:

1. In succeeding treatments for ten years, the soil profile was entirely consisted of gley horizon in high water table (0cm), while gley-horizon was observed just below the plow layer in medium water table (23cm) and 42cm below the soil surface in low water table (60cm).

2. The humus contents were influence by water table and amounts of farmyard manure application, they increased with application of farmyard manure in high and medium water table, while these increase was smaller in low water table. Total nitrogen showed similar behavior to the soil humus.

3. The mineralization of soil organic nitrogen by incubating of fresh soil in submerged condition at 30°C was in the following order; 0cm>60cm>23cm, while in similar treatment of the air dried soil was in the following order; 23cm>0cm>60cm. Thus, in the medium water table plots, mineralization showed reverse tendency between fresh and air-dried soils.

4. Exchangeable calcium and magnesium were leached to subsoil and the surface soil became slightly acidic in low water table, while in high water table they were moved from subsoil to the surface and accumulated.

5. Free iron showed a similar behavior to the exchangeable calcium in high and low water table, while the contents of that became considerably small throughout the profile in medium water table. Such decrease of iron in medium water table was seemed by vigorous leaching developing of reductive and permeable condition

after drain in medium water table, And the small leaching of free iron in low water table was seemed to be caused by rapid developing of oxidative condition after drain.

6. Heavey application of formyard manure retarded the rice growth in early stage, while in low water table this retardation was slight and was restored rapidly. At one month after transplanting rice growth was better with increase of the amounts of fertilizer (nitrogen) application.

7. The elongation of plant height showed a similar pattern in each water table, while tillering indicated considerably different response to fertilization and water tables that is in low water table the tillers increased with fertilization, while in high water table those did not.

8. Rice yield in different water tables was in the following order;

in light dressing $0\text{cm} \doteq 60\text{cm} > 23\text{cm}$

in heavy dressing $60\text{cm} > 0\text{cm} \doteq 23\text{cm}$

But in normal dressing, rice yield did not show difference among each water table.

9. From the results of this experiment it could be concluded that difference of water level for ten years in non-irrigation period resulted in the difference in the soil fertility status of nitrogen and the response to fertilization.