

渡良瀬川流域の水田土壌に関する研究 (第2報)

土壌生産力に関する1考察

川田 登・河野 利雄

I 緒 言

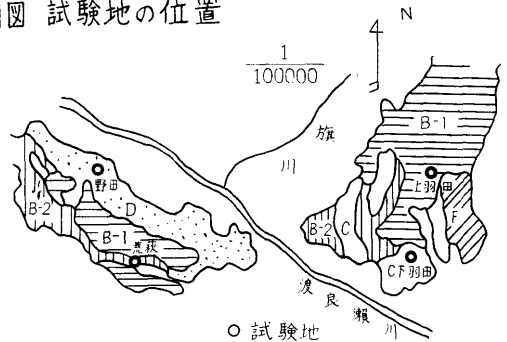
さきに筆者らは本地域の土壌図を作成し、土壌の概況を明らかにした。従来水田土壌をエグホロジカルな視野より分類する試みは内山(10)、管野(4)、船引(2)、らにより提案されている。山崎(11)はさらにそれ等を修正して下級分類と生産力について論じている。土壌生産力は土壌気象の自然的要因と栽培管理、経済的手段等の人為的要因に支配されている。近年土壌調査事業の進展に伴って水田の生産力要因の解析が農林省の企画で検討されて来た。そして土壌類型別地力構成要素の解析に関する研究としてすでに報告されている。一方水田の生産力について水稻の栄養生理の面より柳沢(12)は興味ある解説を行なっている。水稻の栄養生理と地域性を論じたものに石塚・田中(3)らと萩原(6)の研究があり、窒素の施用量の相違が水稻体の組成について高橋(7)らの研究がある。本研究においてはすでに明らかにした土壌区分の代表地4ヶ所における窒素用量試験を通じ比較的に気象条件を同じくせる小地域内における土壌生産力の特徴について比較検討をする。なお本試験は昭和31年~33年度に実施したもので、試験の

遂行に当り調査分析の一部を担当された三浦薫・印南悟朗両名に深く謝意を表する。

II 試験地の概要

(1) 位置

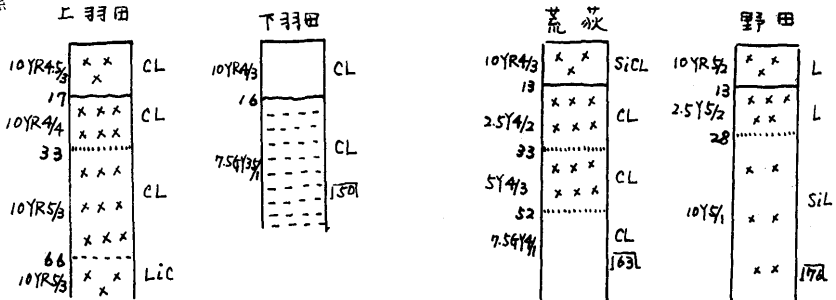
判図 試験地の位置



(2) 土壌及び土地条件

試験地	土 壌 統	土壌の特徴	土 地 条 件
上 羽 田	B - 1	全層灰褐色細粒沖積物	渡良瀬川左岸沖積地や、用水不足する乾田
下 羽 田	C	全層グライ化せる細粒沖積物	同上 排水改良を行なった湿田 (昭和32年施工)
荒 萩	B - 2	50cm以内よりグライ化せる細粒沖積物	渡良瀬川右岸沖積地、区画整理を行なった半乾田
野 田	D	全層灰色より成る中粒沖積物	同上

(3) 土壌断面形態



(4) 試験地土壌の化学的性質

試験地名	層位	P H (H ₂ O)	置換容量 me	置換性塩基 me		吸収係数		遊離 酸化鉄%
				CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	
上羽田	I	6.8	17.48	10.36	1.03	331	723	2.60
	II	7.0	16.37	9.67	0.92	247	766	3.38
下羽田	I	6.6	21.83	13.42	1.18	249	620	3.12
	II	7.0	20.25	11.71	1.23	257	532	2.52
荒荻	I	6.4	22.60	14.02	1.20	368	453	3.27
	II	6.9	18.03	10.32	0.92	248	686	3.15
野田	I	6.7	15.25	8.70	0.86	319	692	3.21
	II	6.8	11.77	7.03	0.72	244	626	2.48

試験地名	層位	全炭素 %	全窒素 %	C/N率	乾土効果 mg	温度上昇 効果 mg	アンモニヤ 化成率
	II	0.95	0.10	9.5	0.7	—	2.8
下羽田	I	1.81	0.22	9.1	11.1	14.8	5.8
	II	2.37	0.20	11.4	2.2	—	2.8
荒荻	I	2.61	0.28	9.3	11.0	18.1	4.4
	II	1.04	0.08	13.0	0.6	—	1.1
野田	I	1.41	0.17	8.4	15.3	17.6	9.7
	II	1.13	0.14	8.1	2.7	—	2.8

(5.) 試験設計

水稻農林25号, 1区0.24 a, 2連制,
施肥量

区別	項目	基肥(10a当り)			追肥 N
		堆厩肥	N	P ₂ O ₅	
無窒素	750	—	6.80	7.90	—
			※6.00	※6.80	
窒素 3.75kg	750	2.25	6.80	7.90	1.50
			※6.00	※6.80	
窒素 7.50kg	750	6.00	6.80	7.90	1.50
			※6.00	※6.80	
窒素 11.25kg	750	9.75	6.80	7.90	1.50
			※6.00	※6.80	

※荒荻, 野田試験地

III 試験結果

1. 試験経過

昭和31年の天候は概ね順調であった。昭和32年は

7.9月に雨が多く, 10月晴天が続いた。また33年は7.8月高温多照であったが9月に台風があり若干被害をうけた。

上羽田及び下羽田試験地は水苗代で6月下旬の田植であり, 用水不足が感ぜられた。荒荻と野田試験地は陸苗代で7月上旬の田植で晩植であった。なお下羽田に設置された排水機は昭和32年に施工されたが, 工事の都合上初年目のみ排水が行なわれた。又荒荻, 野田の区画整理は昭和31年に完了している。

2. 水稻の生育経過

上羽田と下羽田試験地は乾田と湿田の対比において比較検討した。

乾田は活着良く, 田植後1ヶ月内外で草丈茎数とも湿田に優る。その後も乾田は順調な経過をとるが, 最高分けつ期の茎数の山は早い。また窒素用量に応じて明瞭な差が認められる。根群の観察によると乾田は作土内に水平に密に分布し, 湿田は根量は少ないが下層

で深く伸びていた。葉色は湿田が各区とも淡いが、これは井利(1)の分類による半湿田春期乾田型に属するタイプで年による地下水の変動大きく、アンモニヤ化成率も少ないためと思われる。枯上りは乾田の窒素用量の多い区に顕著で湿田は少なかった。

荒荻と野田試験地は土性の相違について比較検討したが、前者は全層埴壤土であり、後者は壤土より成る。いずれも区画整理前は半湿田であったが現在は乾田化している過程のものである。

晩植地域で陸苗代を用いており、活着は両者とも良く、草丈に差が見られるのは田植後20日頃からであった。そして埴質土が優り、後期まで同じ傾向をとる。茎数では初期には余り差がなく、埴質土は最高分け時期より減少するに反し、埴質土は幼穂形期まで増加していた。そして窒素用量に応じて生育期に差が認められることは共通していた。根群の分布は作土が浅く水平分っている布が目立ち埴質土では一部黒変根が見られた。土性を異にしているので減水深を比較すると埴質土で18mm/dayで埴質土では39mm/dayで約2倍であった。

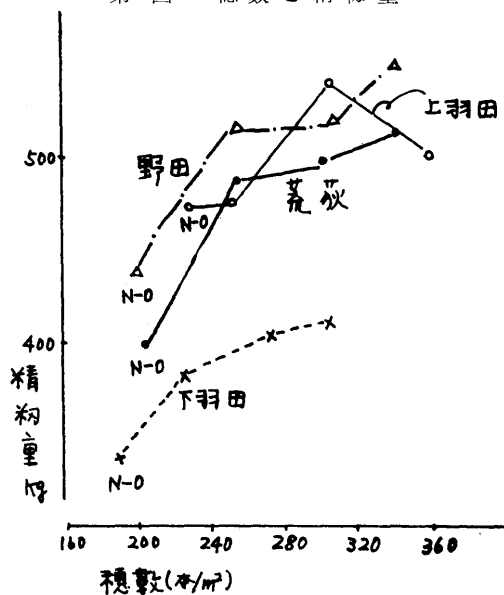
第1表 成熟期における生育調査

試験地名	区名	稈長 cm	穂長 cm	穂数 cm
上羽田	無窒素	81.1±3.2	21.2±1.4	11.2±1.1
	窒素 3.75	83.2±2.4	21.4±1.3	12.3±1.8
	7.50	88.9±3.3	21.7±0.9	14.7±0.4
	11.25	92.0±3.7	21.5±0.8	16.6±0.7
下羽田	無窒素	74.3±2.5	20.8±1.0	9.6±1.0
	窒素 3.75	78.3±0.5	21.1±1.2	11.2±1.9
	7.50	84.8±0.4	21.5±0.8	13.2±2.2
	11.25	85.2±2.3	21.2±0.4	13.9±2.4
荒荻	無窒素	82.3±5.1	20.7±1.7	10.2±0.9
	窒素 3.75	84.7±1.5	21.1±1.7	12.8±1.0
	7.50	87.9±1.8	21.4±0.8	14.4±1.0
	11.25	96.7±1.6	21.9±0.9	17.2±0.4
野田	無窒素	77.2±5.6	21.4±1.5	10.1±0.2
	窒素 3.75	81.1±6.9	21.5±0.4	12.4±1.4
	7.50	89.1±2.4	22.3±0.6	14.8±0.3
	11.25	93.2±11.6	22.6±0.2	15.9±1.5

成熟期における生育は第1表の通りであり、窒素用量に応じて各試験地とも稈長、穂数は増加していた。年次によって稈長の変動が多い試験地は土性が埴質土である野田であり、穂数の変動が見られるのは、湿田の下羽田であった。穂長は用排水の整備された区画整理地の荒荻、野田で窒素用量に応じて長い。しかし上羽田、下羽田のごとく用排水の状況が不備であると窒素の増

施と穂長は比例しない。したがって各試験地と生育相については乾田と湿田では全般に乾田が優るが窒素多施用すると病害(稲熱病、白葉枯病)に侵されやすい。埴質土と埴質土では草丈がやや埴質土が優るが茎数では余り差が見られない。なお収量構成要素については穂数は湿田が劣り穂長では埴質土が長く、稈実は湿田と埴質土において良くなっていた。穂重では次の穂数と精粒重のグラフの通り比較的埴質土良く湿田が劣っている。

第2図 穂数と精粒重



3. 水稻収量成績

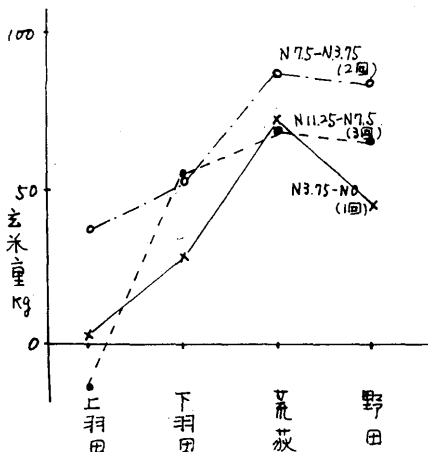
3ヶ年の藁及び玄米の収量は第2表の通りである。藁の収量は生育の示す如く窒素用量に応じて高く、乾田と湿田では前者が多くなっている。しかし埴質土と埴質土では後者が多くなっており、埴質土は作土の下部グライ斑を有し、黒変根軟弱な茎葉の繁茂を示した。また年次による変動は上羽田、下羽田で大きく荒荻では漸次減少し野田では増加している。

玄米の収量は各試験地ともそれぞれ窒素用量に応じて特徴ある傾向が認められた。乾田では各区とも湿田より多いが窒素 7.5kg区が最高収量でピークをなすが湿田ではピークはなかった。埴質土と埴質土では埴質土が千粒重あるいは稲摺歩合も良くやや収量が高い。一方施用窒素と増収量を図示すると第3図の通りである。これは単位量の窒素を投与するごとにどの位玄米が増収するかをみたものである。最初の3.75kgの施用で用水不足勝ちの乾田ではほとんど増収しないが、水利の

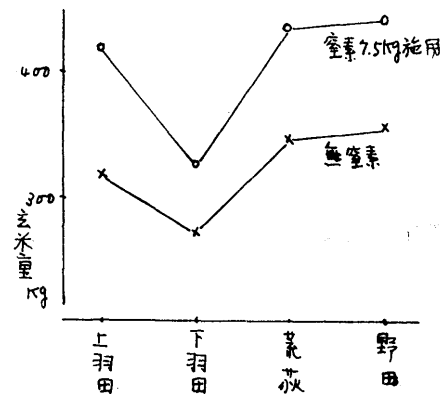
第2表 収量成績の推移

試験地名	区名	粟 重 kg/10a				玄米 重 kg/10a			
		昭 31	昭 32	昭 33	平均	昭 31	昭 32	昭 33	平均
上羽田	無 窒 素	510	507	461	493	386	420	355	387
	窒 素 3.75	545	594	518	539	405	416	349	390
	窒 素 7.50	605	643	624	624	427	458	390	425
	窒 素 11.25	703	692	698	698	355	442	327	375
下羽田	無 窒 素	363	337	347	349	265	291	259	272
	窒 素 3.75	374	405	360	380	306	321	280	302
	窒 素 7.50	476	503	409	460	306	386	277	323
	窒 素 11.25	454	605	381	480	291	424	263	326
荒 荻	無 窒 素	416	461	383	420	355	397	303	352
	窒 素 3.75	586	567	501	551	461	461	353	425
	窒 素 7.50	692	631	557	627	473	439	405	439
	窒 素 11.25	839	715	579	711	446	442	384	424
野 田	無 窒 素	507	476	501	495	336	393	366	365
	窒 素 3.75	552	567	608	579	386	427	419	411
	窒 素 7.50	631	700	743	691	446	461	433	447
	窒 素 11.25	688	817	720	742	442	473	371	429

第3図 施用窒素の増収量



第4図 無窒素区と窒素7.5kg施用区(指標)の玄米収量kg/10a



良い埴質土の荒荻では70kgの増収が得られた。2回目の施用においては各試験地とも増収し、それぞれ最高収量を上げている。3回目では湿田を除き2回目より劣り、乾田では病害により減収している。又各試験地

の水稲生産力を比較するため無窒素区と指標区のグラフを示すと第4図の如くで、乾田の上羽田が無窒素区高く、湿田の下羽田が低い。無窒素区と指標区の差を見ると増収効果の大きい試験地は水利に恵まれた荒荻

と野田であった。しかし晩植地域なので窒素の応答は
 余り高くない。

4. 養分吸収の経過

試験地のうち生育経過の差のあった乾田と湿田の無

窒素区及び窒素 11.25kg区の施用の多い2区について
 時期別に養分吸収の経過を示すと第3表の通りであ
 る。又吸収量及び吸収速度曲線は第5, 6図に示した
 如くである。

第3表 時期別養分含有率

昭和31年度試料

無機成分%	区名	6月30日	7月25日	8月11日		9月10日			10月27日		
		苗	茎葉	葉身	葉鞘	葉身	葉鞘	穂	葉身	葉鞘	穂
N	乾一0	2.11	2.59	2.00	0.89	1.32	0.55	1.11	0.66	0.34	1.72
	湿一0		2.43	2.11	0.99	1.45	0.57	1.18	0.81	0.38	1.86
	乾一3		2.77	2.09	0.96	1.77	0.69	1.21	0.95	0.47	2.08
	湿一3		2.49	2.15	0.94	2.12	0.74	1.31	0.96	0.56	2.14
P ₂ O ₅	乾一0	0.74	0.67	0.54	0.57	0.49	0.38	0.38	0.13	0.14	0.49
	湿一0		0.69	0.65	0.54	0.47	0.40	0.43	0.17	0.16	0.64
	乾一3		0.68	0.51	0.63	0.49	0.39	0.44	0.15	0.19	0.44
	湿一3		0.65	0.51	0.65	0.49	0.48	0.44	0.22	0.17	0.50
K ₂ O	乾一0	3.77	3.19	4.15	4.61	2.14	2.45	1.01	1.24	3.17	0.42
	湿一0		2.90	3.11	3.83	1.92	2.03	1.39	0.85	1.35	0.39
	乾一3		4.31	4.83	5.28	2.33	2.69	1.57	1.27	3.00	0.67
	湿一3		3.19	3.70	3.83	1.89	2.48	1.34	1.02	2.20	0.64
SiO ₂	乾一0	10.28	7.18	9.40	9.06	12.48	9.72	9.36	14.35	11.30	2.20
	湿一0		6.04	7.50	7.74	9.34	7.46	7.24	12.56	7.01	1.20
	乾一3		6.14	8.25	8.01	11.22	9.26	8.08	13.24	9.04	1.16
	乾一3		5.10	6.50	6.62	8.02	7.06	6.26	10.03	8.44	2.64
CaO	乾一0	0.33	0.30	0.44	0.21	0.40	0.27	0.21	0.59	0.38	0.12
	湿一0		0.34	0.41	0.23	0.48	0.26	0.22	0.63	0.36	0.14
	乾一3		0.31	0.39	0.20	0.38	0.29	0.19	0.58	0.39	0.11
	湿一3		0.32	0.46	0.24	0.37	0.22	0.26	0.61	0.37	0.12
MgO	乾一0	0.24	0.36	0.23	0.15	0.26	0.21	0.12	0.16	0.18	0.14
	湿一0		0.33	0.32	0.36	0.22	0.22	0.16	0.20	0.14	0.18
	乾一3		0.32	0.20	0.16	0.28	0.15	0.14	0.18	0.16	0.15
	湿一3		0.44	0.33	0.24	0.36	0.16	0.12	0.24	0.11	0.20

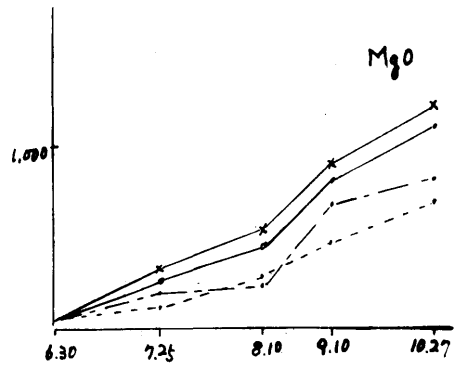
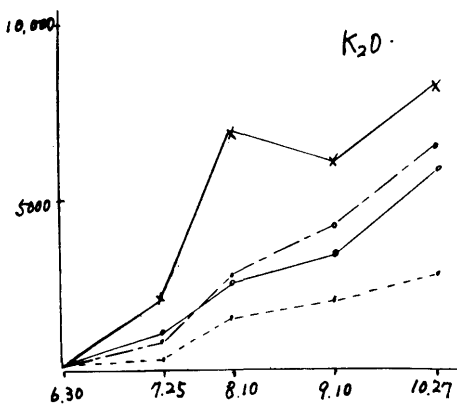
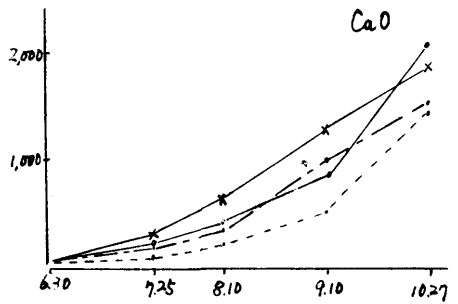
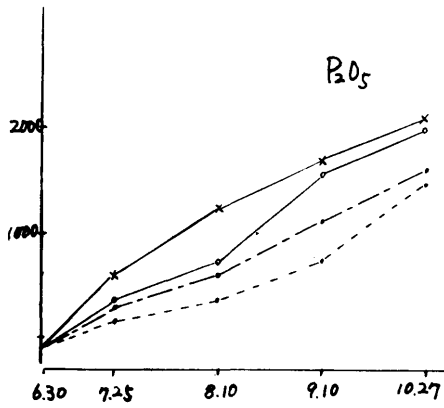
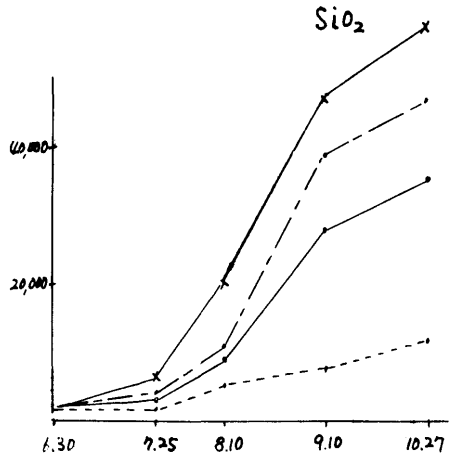
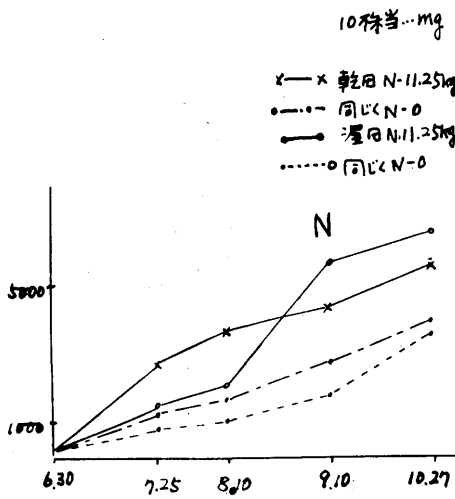
乾一0……上羽田(B-1)無窒素区

湿一0……下羽田(C)無窒素区

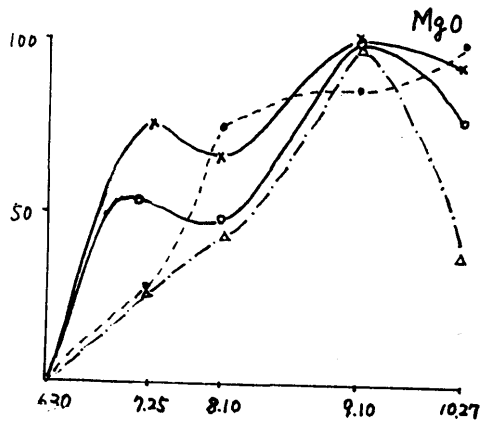
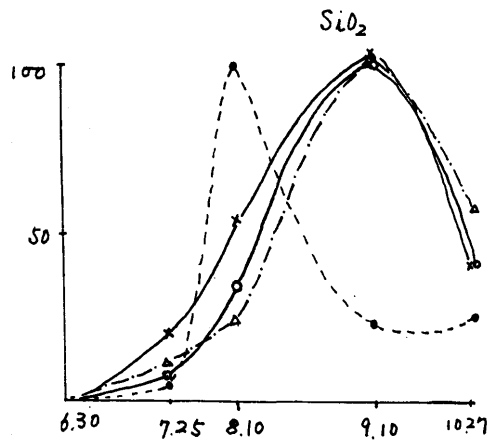
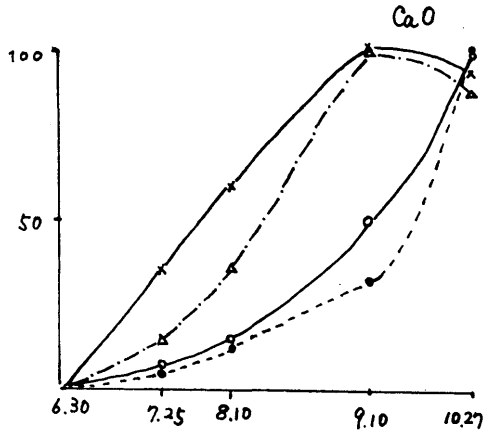
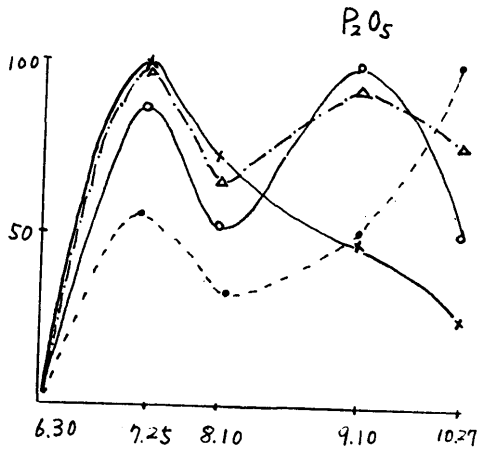
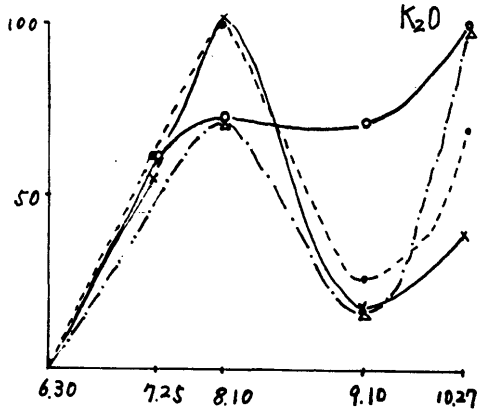
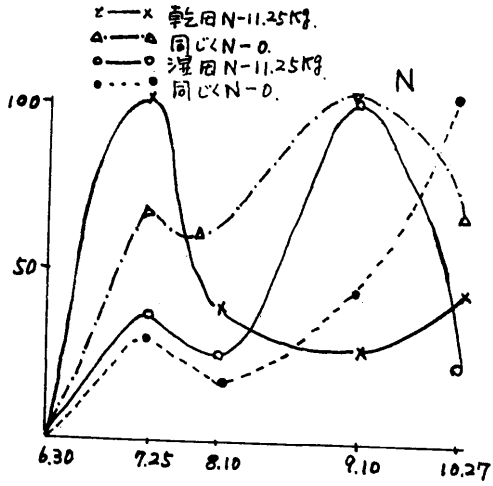
乾一3……上羽田(B-1)窒素11.25kg区

湿一3……下羽田(C)窒素11.25kg区

第5図 養分吸収量の推移



第6図 吸収速度曲線
 乾湿田の夫々最高値を100とした指数

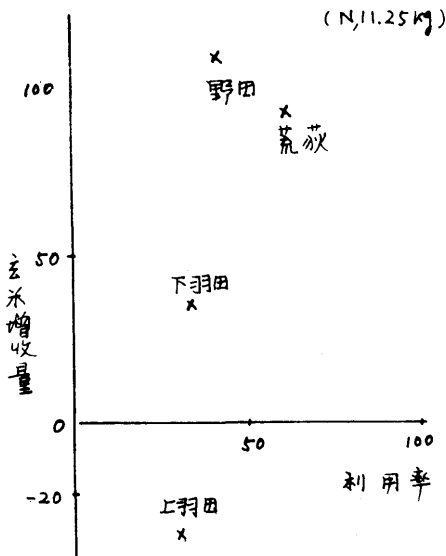


Nは初期乾田で差が見られたが、湿田では余り差がなかった。幼穂形成期以後生育のすすむにつれて茎葉の濃度を減ずるが湿田では濃度が高い。 P_2O_5 は出穂期迄余り差はないがその後葉鞘部で湿田がやや濃度が高い。乾田が湿田に比べて後期凋落的な経過をとるのは P_2O_5 濃度不足によるアンバランスによると報告(9)されている。窒素施肥区との間では僅かに高い傾向が見られた。 K_2O は乾田が高く、又施肥区が高くNとの相関が深い SiO_2 は田植後1時濃度を減ずるが乾田が高く、窒素施肥を行うと濃度を低下する。 CaO 及び MgO は余り乾湿田の間の差は認められない。養分含有率においてそれぞれ穂に移行するものと茎葉に残る成分がある。前者はN、 P_2O_5 、 MgO 等で後者は K_2O 、 CaO 、 SiO_2 等である。また部分別の養分含有率は茎葉では葉身が高いが K_2O のみ葉鞘が高くなっていた。養分吸収量のグラフは第5図の通りであり、生育相に応じて多い吸収を示した。したがって窒素施肥の系列のものが多い傾向があった。さらに養分の吸収速度曲線を描くと第6図の如くなる。N、 P_2O_5 、 K_2O の三要素は分けつ期と幼穂形成期に多く吸収され、 SiO_2 、 CaO は徐々に後期に吸収されている。 MgO は一定の傾向を認めなかった。

IV 考 察

渡良瀬川流域に分布せる水田土壌は細粒河川沖積土50%を占め中粒河川沖積土が18%となっている。従って本研究の4地点はその代表的圃場である。土壌の生産力を比較検討するに当つて、水稻を用い窒素用量試験

第7図 窒素の利用率と玄米収量



を通じその生育収量としてあらわす特徴を論じたい。第7図は窒素の利用率と玄米収量をあらわした図である。施用した窒素は27~62%の範囲で利用されているが、玄米増収は上羽田を除くと36~106 kgに及んでいる。窒素 11.25kg 区を使っているため上羽田は病害によって減収が著しかった。しかしこの結果は柳沢(2)の報文によれば余り生産力は高くない。又柳沢(2)は窒素の吸収型式を3つに分類し乾田の上羽田は初期は同じ状態で吸収するが登熟期に低下する第3型であり、湿田の下羽田は初期に多く、中期以後低下する第2型である。窒素の発現は西南暖地に近く高温下で田植を行ない生育中期までの窒素吸収量が多い。湿田では後期にも吸収している点は認められるが初期生育が悪く収量と結ばれない。根群の観察と地力発現の実態を考察すると乾田の上羽田では酸化的で水は縦に浸透し根は施肥に応じて急速に伸びるが鋤床硬く後期の伸長が悪く生産が凋落する。これに比し湿田は鋤床膨軟で根量は少ないが深く太い根が伸びており枯上りが少ない。又本地点の如き湿田では易分解性有機物も少なく半湿田春期乾田型の性格の湿田であるため還元による障害も少なかった。従って初期生育の不良は地温が低いことによるものと考えられた。

同じ区画整理跡地の荒収と野田試験地は排水はほぼ同じく土性を異にするものとして比較した。ほとんど二毛田であり、短期間に小型耕耘機を利用して耕起作業をするため作土が13cm内外で浅くなってきている。用排水は操作は自由であるが初期の用水はやや不足する。埴質土の荒収では窒素施用によって急速に生育は旺盛となるが窒素適量は低いと見なされる。ここでは後期作土下部に発達せる還元斑は枯上り、倒伏等の間接的要因となっている。すなわち出穂期頃発生せる根腐れが多いため、岡島(5)はこの時期に窒素が欠乏すると灌水により還元化がすすみ根腐れを多くすると述べている。埴質土の野田は障害が最も少なかったので収量構成要素である一穂粒数、登熟状況や千粒重は他に比し優っていた点を指摘できる。しかし減水深は埴質土より21mm/day多いので穂数の減少が見られ追肥効果(8)も認められた。高橋(7)によれば各種の不良条件下における低位生産性は養分の欠乏を除けば結局根の障害に基づく吸水能の低下が地上部の生理的干魃を起し、害を誘発し、或は葉の過乾により同化作用が低下し減収するとしている。土壌生産力はここに述べた生理的干魃を起す要因や程度によって左右される。

V 摘 要

1. 渡良瀬川流域に分布せる代表地点4ヶ所に於て昭和31年~33年窒素用量試験を行った。

2. 上羽田と下羽田は乾湿田の対比に於て、又荒萩や野田は土性の相違により比較検討した。
3. 土壤系統を異にする各地点の水稻の生育はそれぞれ特徴ある経過をとるが、水利や栽培条件は人為的に影響している点が認められた。
4. 収量と施用窒素との相関を考察すると土壤を異にせることによってその利用及び肥効に相違が見られた。養分吸収の状況もこれを裏付けている。

むすび

水田土壤の生産力を上げる事は水稻根の障害を少なくするための土地改良工事及び管理作業を行なって肥料の利用を高めてゆき、各養分の吸収に対応する施肥の改善を計るべきである。

文 献

1. 井利一, 日本土肥学雑誌32巻7号(1961)342~
2. 船引真吾, 日本土肥学会講演要旨集第1集 (1955) 66
3. 石塚喜明, 田中明, 水稻の栄養生理学(1963)
4. Kanno, I. Kyushu. Agr. Exp. sta. Bull. IV No.2 (1956)
5. 岡島秀夫, 日本土肥学雑誌29巻4号(1958)
6. 荻原種雄, 暖地水稻の生育経過に関する肥料学的研究(1958)1~70
7. 高橋治助他, 農技研報告B4号(1955)1~120
8. 栃木農試, 土壤変化基準点成績(1957)
9. 千葉農試, 両総用水排水事業地区における湿田の乾田化に関する総合試験 (1963) 4~129
10. 内山修男他, 農技研報告B3号(1954)43~138
11. 山崎欣多, 富山農試報告第1号(1960)73~88
12. 柳沢宗男, 日本土肥学雑誌33巻2号(1962)116~