

水田の水質浄化機能に関する研究

第1報 灌漑水によって流入した硝酸態窒素の黒ボク土壌における浄化

小山田 勉・小林 登*

The Effect of Paddy Fields on Water Quality

Part 1 : The Fate of the Nitrate Input by Irrigation in Paddy Fields (Ando Soil)

Tsutomu OYAMADA, Noboru KOBAYASHI

農耕地からの排水が公共用水域の水質の富栄養化に関与していることが各種の調査結果から明らかにされている。しかし、水田では灌漑水によって流入した窒素、リンが田面及び土壌を浸透する過程で浄化されることも認められている。

そこで、黒ボク土壌の水田における硝酸態窒素の浄化能を定量的に把握するため、元肥の多少、稲ワラ施用の有無、灌漑水中の硝酸態窒素濃度の3要因を組合せて試験を実施した。その結果、稲作期間の硝酸態窒素の浄化量は、灌漑水濃度の低い場合(1.2~1.7mg/ℓ)は流入量の28%が浄化し、浄化量は0.9g/a/日であった。灌漑水濃度が5mg/ℓの場合は流入窒素の67%が浄化され、浄化量は8.5g/a/日であった。また、灌漑水濃度が10mg/ℓの場合は流入窒素の72%が浄化され、浄化量は14.5g/a/日であった。

なお、稲ワラ施用によって硝酸態窒素の浄化能は31%高められた。

I 緒 言

最近、霞ヶ浦をはじめ公共用水域の水質の汚濁が顕著となっているが、この原因として水の富栄養化があげられ、これの原因物質である窒素・リンの排出が法的に規制されている¹⁾。これらの物質の一部は農耕地からも流出していることが各種の調査から²⁻⁸⁾あきらかにされているが、水田では逆に浄化する場合のあることも認められている。このことは水田土壌におけるろ過・吸着のほか、硝酸態窒素は土壌の還元層で脱窒作用を受けることによる浄化と考えられている。

そこで、筆者らは畑排水や表流水・地下水に含まれる全窒素の中で大部分を占める硝酸態窒素の水田での浄化量を定量的に把握するため試験を実施し、2、3の知見を得たので報告する。

なお、当研究は「霞ヶ浦浄化対策基礎確立に関する試験」として、小川らが昭和57年に実施したものから引継ぎ、昭和58年、59年の2カ年間にわたって行ったものの中から黒ボク土壌についてとりまとめたものである。

II 試験方法

1 試験場所及び土壌条件

試験場所は、農試本場(水戸市上国井町)10号水田で

* 現常陸太田地区農業改良普及所

ある。昭和41年の開田による陸田である。土壌は表層腐植質多湿黒ボク土(大内統)であり、土性は表層L、下層CLである。

は表層5.4%, 次層5.1%, CECは表層23.1me, 次層20.7meで比較的高く、有効態リン酸は表層・下層とも1mg以下で極端に低い。

土壌の化学性は第1表に示すとおりであり、炭素含量

第1表 代表土壌の化学性

層位 (cm)	pH (H ₂ O)	T-C (%)	T-N (%)	CEC (me)	置換性塩基 (mg)			リン酸	
					CaO	MgO	K ₂ O	Av-P ₂ O ₅	吸収系数
18-29	6.6	5.1	0.41	20.7	241	36	6.2	0.5	2380
29~	6.4	5.6	0.41	25.4	212	28	4.7	0.4	2550

(mg/乾土100g)

9) 小川らが実施した試験から引用

2 試験区の構成及び一区面積

試験区の構成は第2表に示すとおり、元肥窒素の多少(10a当り5.7kg), 稲わら施用の有無(10a当り600kg), 灌漑水中の硝酸態窒素濃度(0.5・10mg/l)の3要因である。

試験区一区当りの面積は50m²(8m×6.25m)で一連制であり、区と区の境界は灌漑水の横浸透を防止するため畦畔の中心にビニールシートを入れた。

3 灌漑水の調整法

灌漑水の硝酸態窒素濃度の調整は次のような方法によった。

すなわち、3m³のプラスチック製タンクに硝酸カルシウム(大塚液肥2号)を通常の灌漑水に溶解し硝酸態窒素濃度が1,000mg/lになるようにうすめこれを原液とした。これを灌漑時にそれぞれ一定量を電動ポンプを用いて灌漑水に注入希釈し規定の濃度とした。

4 水収支の測定法

水収支の測定期間は代かきによる入水から水稻の収穫期までの期間とし、それぞれ以下の方法によった。

1) 流入水

灌漑水量: 各圃場への灌漑水量は、灌水蛇口にφ25mmの積算量水計を取り付け5日毎に水量を読み取った。

降雨量: 場内に設置した雨量計によった。

第2表 試験区の構成

処理 No	元肥 N (kg/10a)	稲ワラ (kg/10a)	灌漑水濃度 NO ₃ -N (mg/l)
1	7	0	0
2	7	0	5
3	7	0	10
4	7	600	0
5	7	600	5
6	7	600	10
7	5	0	0
8	5	0	5
9	5	0	10
10	5	600	0
11	5	600	5
12	5	600	10

元肥 P₂O₅: 14kg/10a
K₂O: 11kg/10a
追肥 N, K₂O: 2kg/10a

2) 流出水

蒸発散量: 場内露場のφ1,200mmの大型蒸発計の値に水稻の生育段階ごとの蒸発散比を乗じて、これを水田から蒸発散量とした。

地下浸透水量: 流入水量すなわち灌漑水量と降雨量の和から蒸発散量を差し引いた値とした。したがって、ここでいう地下浸透水量は畦畔からの浸透水量も含まれる。

表面流去水量: 本圃場は減水深が50~60mm/日と大

水田の水質浄化機能に関する研究

きいため水稻栽培期間中表面流去は認められなかった。

5 地下浸透水の採取法

水田面から地下浸透する水質を知るため、地下50cmにビニールシートを敷いた上にパイプを埋設し、これから浸透水を採水した。ただし、採水日の前日浸透水をすべてくみあげ、翌日溜まったものについて採水し分析に供した。

6 耕種概要及び水管理

耕種概要は第3表に示すとおりであり、水稻品種はコシヒカリを供試した。

水管理は減水深の大きい陸田であるため入水代掻きから出穂期まで常時湛水状態とした。出穂後は田面が割れない程度に灌漑した。

第3表 耕種概要

項目	昭和58年	昭和59年
品種名	コシヒカリ	コシヒカリ
栽植密度(畦間×株間)	30×15	30×15
稲ワラ鋤き込み	4月26日	4月24日
元肥施肥	5月10日	5月11日
入水代掻き一回目	5月10日	5月11日
代掻き二回目	5月13日	5月15日
移植期(稚苗・手植)	5月17日	5月18日
追肥施肥	8月1日	7月24日
出穂期	8月16日	8月8日
最終灌漑日	9月3日	9月4日
収穫期(刈り取り)	9月26日	9月18日

7 分析・測定法

水の硝酸態窒素の測定はイオン電極法(オリオン製)によって行い、作物体窒素の分析はケルダール法によった。

Ⅲ 試験結果及び考察

1 稲作期間の水収支

1) 流入水

(1) 降雨量

降雨量は第4表のとおりである。

すなわち、水田への入水・代掻きから水稻の収穫期ま

で、58年は565mm、59年は早魃年であり7、8月の降雨量が少なく305mmであった。

第4表 稲作期間の降雨量 (mm)

年度	昭58					昭59						
	月	5	6	7	8	9	計	5	6	7	8	9
雨量	60	185	157	84	79	565	31	162	78	3	31	305

(2) 灌漑水量

各試験区に対する灌漑水量は、58年は5月10日入水開始、9月3日をもって終了した。59年は5月11日に入水、最終灌漑日は9月4日であった。この期間の灌漑水量は、第5表に示すとおりである。

これによれば、58年の灌漑水量は2,160~3,975mmとなり、59年は2,005~3,984mmである。

以上のように、試験区によって灌漑水量の異なることが認められると同時に通常の水田に比べ灌漑水量が2~3倍多いことが認められる。

この灌漑水量と処理要因との関係についてみると、稲わらの施用によって、無施用より平均値で約800mm少なく、また灌漑水の硝酸態窒素濃度については、濃度が高くなるにしたがって灌漑水量は少なくなる傾向が認められ、稲わらと硝酸態窒素濃度の交互作用も認められたことから、灌漑水量を支配する減水深への影響のあったことが推察される。

なお、元肥の多少と灌漑水量の間には関係は認められなかった。

2) 流出水量

水田からの流出水は、田面からの蒸発散、地下浸透(畦畔浸透を含む)、強制落水、表面流去であるが、本試験田は減水深が大きいため表面流去は起きなかった。

また、強制落水も田植直前に降雨のあった58年の一回であった。以下流出水について述べる。

(1) 蒸発散量

蒸発散量は作物体からの蒸発と水田面からの蒸散の合量であるが、本試験では58年は場内に設置してある大型蒸発計の値に水稻の各生育段階毎の蒸発散比を乗じて蒸発散量を推定した。59年は塩ビ製の有底の容器(60cm×

第5表 灌漑水量 (mm)

処理 No	処理要 因	昭58					昭59						
		5月	6月	7月	8月	9月	計	5月	6月	7月	8月	9月	計
1	元肥 (kg/10a)	0	758	461	892	181	3,098	721	484	701	1,391	173	3,470
2	元肥 (kg/10a)	5	834	448	1,056	252	3,323	814	473	612	1,422	167	3,188
3	元肥 (kg/10a)	10	693	368	735	160	2,573	796	514	748	1,189	141	3,388
4	元肥 (kg/10a)	0	480	403	700	171	2,440	649	372	484	788	72	2,365
5	元肥 (kg/10a)	5	596	387	649	146	2,494	690	355	600	1,010	161	2,816
6	元肥 (kg/10a)	10	574	302	652	247	2,297	525	330	437	623	90	2,005
7	元肥 (kg/10a)	0	1,185	657	999	256	3,975	821	552	862	1,547	202	3,984
8	元肥 (kg/10a)	5	642	402	679	147	2,508	749	484	741	1,065	141	3,180
9	元肥 (kg/10a)	10	523	339	661	124	2,160	679	390	766	1,116	132	3,083
10	元肥 (kg/10a)	0	606	376	694	139	2,578	595	365	555	613	63	2,191
11	元肥 (kg/10a)	5	686	365	637	153	2,599	571	376	548	778	130	2,403
12	元肥 (kg/10a)	10	612	332	737	151	2,373	574	409	492	790	95	2,360

30cm)を水田面に埋め込み、これに水稻を4株植付け常時湛水状態とし、これに水位計を連結し水位の変動から蒸発散量を求めた。

この結果は第6表のとおりである。

第6表 稲作期間の蒸発散量 (mm)

年度	昭58					昭59						
	5月	6月	7月	8月	9月	計	5月	6月	7月	8月	9月	計
蒸発散量	67	147	173	171	113	671	43	54	96	208	48	449

これによれば、5月から9月の収穫期まで蒸発散量の合計値は、58年は671mmとなり、59年は449mmである。

すなわち、蒸発散量は早稲年の59年より58年の方が222mm多くなっている。この違いについては年度・測定法の違いなどによる影響と考えられるが、これをそれぞれの蒸発散量として検討を加えることにする。

(2) 強制落水

強制落水は田植作業の効率化のため、代掻き後に行う(近年は公共用水域の富栄養化防止上強制落水はせず自然地下浸透を奨励している)ほか中干し(生育調整)、収穫期におこなうのが通例であるが、ここでは減水深が大きい圃場であるため、59年の田植直前の一回のみであり、その量は20~58mmであった。

(3) 地下浸透水量

地下浸透水量は、流入水(降雨量+灌漑水量)から蒸発散量と落水、表面流去水量を差し引いた計算値であり、これを第7表に示した。

これによると、58年は栽培期間中2,019~3,836mmであり、59年は1,861~3,840mmである。全流入水に占める割合は58年は75%程度となり、蒸発散量の小さかった59年は概ね85%であった。

地下浸透水量と試験要因との関係についてみると、稲わら施用によって地下浸透水量が減少することが10%水準で有意差が認められた。また、灌漑水中の硝酸態窒素濃度は高いほど地下浸透水量の減少することが認められ、さらに稲わらと硝酸態窒素濃度の交互作用についても有

第7表 地下浸透水量

(mm)

処理 No	処理要因			昭 58					昭 59						
	元肥 (kg/10a)	稲ワラ (kg/10a)	NO ₃ -N (mg/l)	5月	6月	7月	8月	9月	計	5月	6月	7月	8月	9月	計
1	7	0	0	769	796	445	805	147	2,962	709	592	683	1,186	156	3,326
2	7	0	5	706	872	432	969	218	3,197	802	581	594	917	150	3,044
3	7	0	10	575	731	352	648	126	2,432	784	622	730	984	124	3,244
4	7	600	0	639	518	387	613	137	2,294	637	480	466	583	55	2,221
5	7	600	5	666	634	371	562	112	2,345	678	463	582	805	144	2,672
6	7	600	10	485	612	286	565	213	2,161	513	438	419	418	73	1,861
7	5	0	0	838	1,223	641	912	222	3,836	809	660	844	1,342	185	3,840
8	5	0	5	611	680	386	592	113	2,382	737	592	723	860	124	3,036
9	5	0	10	471	561	323	574	90	2,019	667	498	748	911	115	2,939
10	5	600	0	721	644	360	607	105	2,437	583	473	537	408	46	2,047
11	5	600	5	693	724	349	550	119	2,435	559	484	530	573	113	2,259
12	5	600	10	491	650	316	650	117	2,224	562	517	474	585	78	2,216
全区平均				638.8	720.4	387.3	670.6	143.3	2,560.4	670.0	533.3	610.8	797.7	113.6	2,725.4
標準偏差				24.9	28.1	15.1	26.2	5.6	100.0	24.6	19.6	22.4	29.3	4.1	100.0

$$\text{地下浸透水量} = (\text{降雨量} + \text{灌漑水量}) - (\text{蒸発散量} + \text{表面流去水量})$$

意差が認められた。
元肥の多少と地下浸透水量との関係については認められなかった。

3) 水収支

以上のべた流入・流出水について集計すると第8表-1及び第8表-2に示すとおりである。これによれば、灌漑水と降雨量を合せて最大のものは58年4,540mm、59年は4,289mmであり両年とも同一区(No7)であった。最小のものは、58年2,862mm、59年2,310mmであり最大区と同様に両年とも同一区(No6)であった。これらの区の灌漑水と降雨量の割合をみると、灌漑水は58年は87.6%(最大区)、80.3%(最小区)となり灌漑水の割合の高いことがうかがわれる。59年は92.9%(最大区)、86.9%(最小区)となり、少雨であったため灌漑水の割合の高いことがうかがわれた。全区の平均値をみると、58年は82.4%、59年は90.1%となり、前述の傾向と同様灌漑水の比率の高いことが認められる。

支出は、蒸発散量が全区同一のものとし、58年は671mmであり、全支出の20.5%(全区平均)であった。59年は449mmで14.1%となり残りはほとんど地下浸透となり、58年は78.4%、59年は85.9%であった。

2 処理要因と水稲の生育・収量

各種処理要因と水稲の生育・収量については昭和58・59年の栽培結果をまとめて第9表及び第10表-1・第10表-2に示した。

元肥の多少が水稲の生育に及ぼす影響についてみると、いずれの年度も草丈・莖数については、7月上旬まで判然としなかったが、収穫期の稈長・穂数では多肥系列がややまさった。

稲わら施用による影響についてみると、いずれの年次も6月下旬の最高分けつ期から7月上旬の幼穂形成期にかけて、莖数がやや抑制され、この傾向は穂数に及んでいることがうかがわれる。しかし、収穫期の稈長への影響は判然としなかった。

灌漑水中の硝酸態窒素濃度と生育との関係についてはいずれの年次も生育中期までその影響は判然としなかった。しかし、収穫期に至って、稲わら無施用区で高い濃

第8表-1 水収支(昭58)

(mm)

IN (収入)			処理要因				OUT (支出)			
計	灌漑水	降雨	No.	元肥 (kg/10a)	稲ワラ (kg/10a)	NO ₃ -N (mg/l)	蒸発散	落水	地下浸透	計
3,663	3,098	565	1	7	0	0	671	30	2,962	3,663
3,888	3,323	565	2	7	0	5	671	20	3,197	3,888
3,138	2,573	565	3	7	0	10	671	35	2,432	3,138
3,005	2,440	565	4	7	600	0	671	40	2,294	3,005
3,059	2,494	565	5	7	600	5	671	43	2,345	3,059
2,862	2,297	565	6	7	600	10	671	30	2,161	2,862
4,540	3,975	565	7	5	0	0	671	33	3,836	4,540
3,073	2,508	565	8	5	0	5	671	20	2,382	3,073
2,725	2,160	565	9	5	0	10	671	35	2,019	2,725
3,143	2,578	565	10	5	600	0	671	35	2,437	3,143
3,164	2,599	565	11	5	600	5	671	58	2,435	3,164
2,938	2,373	565	12	5	600	10	671	43	2,224	2,938
3,266.5	2,701.5	565.0		全体の平均			671.0	35.2	2,560.4	3,266.6
100	82.4	17.5		全体の平均(%)			20.5	1.1	78.4	100

第8表-2 水収支(昭59)

(mm)

IN (収入)			処理要因				OUT (支出)			
計	灌漑水	降雨	No.	元肥 (kg/10a)	稲ワラ (kg/10a)	NO ₃ -N (mg/l)	蒸発散	落水	地下浸透	計
3,775	3,470	305	1	7	0	0	449	0	3,326	3,775
3,493	3,188	305	2	7	0	5	449	0	3,044	3,493
3,693	3,388	305	3	7	0	10	449	0	3,244	3,693
2,670	2,365	305	4	7	600	0	449	0	2,221	2,670
3,121	2,816	305	5	7	600	5	449	0	2,672	3,121
2,310	2,005	305	6	7	600	10	449	0	1,861	2,310
4,289	3,984	305	7	5	0	0	449	0	3,840	4,289
3,485	3,180	305	8	5	0	5	449	0	3,036	3,485
3,388	3,083	305	9	5	0	10	449	0	2,939	3,388
2,496	2,191	305	10	5	600	0	449	0	2,047	2,496
2,708	2,403	305	11	5	600	5	449	0	2,259	2,708
2,665	2,360	305	12	5	600	10	449	0	2,216	2,665
3,174.4	2,869.4	305.0		全体の平均			449.0	0.0	2,725.4	3,174.4
100.0	90.4	9.6		全体の平均(%)			14.1	0.0	85.9	100.0

第9表 水稻の生育

(cm・本/株)

処理 No	処 理 要 因			昭 58						昭 59							
	元肥 (kg/10a)	稲ワラ (kg/10a)	NO ₃ -N (mg/l)	5月30日		7月1日		9月20日(収穫期)		6月5日		6月28日		9月12日(収穫期)			
				草丈	茎数	草丈	茎数	稈長	穂長	穂数	草丈	茎数	草丈	茎数	稈長	穂長	穂数
1	7	0	0	20.2	4.2	43.3	20.6	89.5	17.1	18.0	26.0	5.4	56.5	23.8	87.7	17.8	16.5
2	7	0	5	19.3	3.9	42.9	20.3	90.4	17.5	16.7	25.8	5.5	55.7	26.3	93.4	18.5	20.6
3	7	0	10	15.5	4.1	40.0	20.0	91.2	17.4	16.9	25.0	5.2	55.3	25.0	95.4	19.0	18.7
4	7	600	0	16.0	4.2	36.9	12.9	84.3	17.1	15.5	25.0	5.3	55.3	23.6	91.4	17.6	18.7
5	7	600	5	18.8	4.4	43.0	21.0	88.1	17.5	17.9	27.0	5.0	57.8	22.8	93.6	18.2	17.5
6	7	600	10	18.8	4.8	40.9	18.3	87.5	17.4	15.1	25.5	5.4	54.3	25.5	91.9	17.8	18.8
7	5	0	0	20.2	5.1	39.2	19.9	79.6	17.5	17.0	23.6	6.6	52.6	24.3	84.9	18.0	17.1
8	5	0	5	20.0	4.4	41.0	21.7	84.6	17.8	16.9	23.6	6.7	52.4	27.3	87.6	18.7	18.8
9	5	0	10	18.5	4.4	39.7	20.4	87.9	18.1	16.7	25.9	5.7	54.4	25.6	93.7	18.9	18.8
10	5	600	0	19.3	4.4	41.7	18.3	82.9	18.5	15.5	27.0	6.2	55.7	23.2	89.3	18.2	17.8
11	5	600	5	19.3	4.2	40.4	16.6	82.3	17.7	14.3	26.1	5.7	50.5	22.5	89.7	19.0	17.2
12	5	600	10	20.4	4.0	44.4	17.7	87.2	18.6	15.3	24.6	5.4	49.9	21.4	87.8	18.9	16.1

第10表 - 1 収量調査

(kg/a)

処理 No	処 理 要 因			昭 58						昭 59					
	元肥 (kg/10a)	稲ワラ (kg/10a)	NO ₃ -N (mg/l)	ワラ重	精モミ重	玄米重	クズ米重	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	ワラ重	精モミ重	玄米重	クズ米重	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)
1	7	0	0	57.8	51.5	41.7	1.1	22.0	81.4	79.7	56.8	45.9	0.2	22.0	85.9
2	7	0	5	66.0	57.5	46.4	1.5	21.6	77.6	69.8	71.2	57.4	0.3	22.0	82.8
3	7	0	10	65.3	57.5	46.1	1.9	21.7	62.8	99.6	70.6	56.6	0.5	22.2	88.3
4	7	600	0	55.5	51.3	41.4	0.9	21.8	92.2	73.0	63.0	50.2	0.2	22.1	88.1
5	7	600	5	67.5	54.9	44.4	1.2	21.9	82.7	72.9	59.1	47.6	0.2	22.3	81.9
6	7	600	10	62.3	54.0	43.5	0.9	22.2	87.4	83.1	60.1	48.4	0.2	22.2	86.4
7	5	0	0	56.3	50.7	41.0	0.9	22.1	86.3	72.1	63.7	51.4	0.2	23.0	83.8
8	5	0	5	59.0	54.3	44.0	0.9	22.7	88.3	61.9	70.1	56.8	0.4	23.2	80.6
9	5	0	10	60.0	57.2	46.5	1.3	22.5	76.5	78.1	67.4	54.1	0.5	23.3	77.8
10	5	600	0	50.3	48.9	39.5	0.5	22.4	86.9	64.3	57.1	45.7	0.1	23.0	80.3
11	5	600	5	46.5	42.0	33.8	0.4	22.9	83.7	67.3	64.6	52.0	0.3	23.6	89.2
12	5	600	10	57.8	51.0	41.7	0.5	23.1	88.1	80.9	66.8	54.1	0.2	23.7	86.3

第10表-2 収穫期の生育と収量(要因効果)

要因	水準	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/株)	ワラ重 (kg/a)	玄米重 (kg/a)
元	7	90.3	17.7	17.5**	71.0*	47.4
肥	5	86.4	18.3	16.8	62.8	46.7
稲	-	88.8	18.0	17.7**	68.8	48.9*
ワラ	+	88.0	18.0	16.6	65.1	45.1
灌漑	0	86.2***	17.7**	17.0	63.6**	44.6**
用水	5	88.7	18.1	17.5	63.8	47.8
濃度	10	90.3	18.2	17.0	73.3	48.8

度区の稈長はあきらかに伸長している傾向が認められ、硝酸態窒素が水稻の生育後期に利用されていることが示唆された。

収穫期における水稻の倒伏程度の観察では、58年では元肥多肥、稲わら無施用、硝酸態窒素濃度10 mg/l 区が倒伏程度が4~5であり、他は2以下であった。59年は58年に比べ稈長は区全体に伸長したが台風もなく、いずれの区も倒伏程度は1~2程度の軽微であった。

水稻の収量について玄米重でみると、58年は33.8~46.5 kg/a であり、好天に恵まれた59年は45.7~57.4 kg/a で58年に比べて高収であった。

各種要因のうちから元肥の多少についてみると、多肥で増収することが認められ、稲わら施用によって減収した。

灌漑水中の硝酸態窒素濃度は高まるほど増収する傾向がうかがわれ、これらの結果は小川らの試験結果とも符合した。このことは、水稻は生育後期に硝酸態窒素を良く利用するとされているが、後述するように灌漑水によって流入した窒素を吸収利用したことを物語っている。

しかし、長谷川らが硝酸態窒素を含む(平均濃度15.2 mg/l)茶園排水を用水とする水稻の生育について調査し、倒伏等の障害のなかったことを報告している。また、小川らは10~50 ppmの硝酸態窒素を含む地下水が鋤床層の生成がみられない未整備谷津田に流入することによ

て著しく減少することを認めている。そして、そこに栽培される水稻は通常の施肥量で栽培され生育・収量に影響はほとんどないことを観察している。

以上のことから、減水深の小さい谷津田等では流入した硝酸態窒素の大部分は水稻に利用される前に脱窒等により浄化され、減水深の大きい陸田の場合には流入する硝酸態窒素の大部分は浄化するものの谷津田に比べ流入する窒素量がきわめて多いこともあり吸収利用されるものと考えられる。

したがって、減水深の大きい陸田では、通常の栽培法で水稻の生育・収量に支障のない灌漑水中の硝酸態窒素濃度は10 mg/l 以下であるといえる。

3. 流入・流出水と窒素の収支

1) 流入水の窒素濃度と流入量

(1) 灌漑水

本試験に使用した灌漑水は那珂川から揚水した小場江用水であり、これに先の1,000 mg/l の硝酸態窒素原液を混入し、規定の濃度に調整したものをそれぞれ灌漑用水とした。

調整後の水質は第11表に示すとおりである。

これによれば、小場江用水の硝酸態窒素濃度は1.2~1.7 mg/l であり、濃度の低いことが認められる。他の水質項目については、CODが3 mg/l 前後、T-Pが0.3 mg/l、ケルダール態窒素は0.9 mg/l 程度であり水稻

の栽培上支障のない水質であった。

調整後の硝酸態窒素濃度は目標の濃度とやや前後しているが、試験遂行上支障のないものとしてこれを用いた。

以上の灌漑水によって流入した硝酸態窒素量は第12表に示すとおりである。

58年は0 mg/ℓ区で293～477 g/a, 5 mg/ℓ区1,522～2,027 g/a, 10 mg/ℓ区2,420～2,881 g/aである。

59年は0 mg/ℓ区372～678 g/a, 5 mg/ℓ区1,418～1,881 g/a, 10 mg/ℓ区2,024～3,421 g/aであり、58年と同等かやや多い傾向であった。

以上のように、0 mg/ℓ区では元肥窒素の概ね1/2に相当する窒素が流入したことになる。また、5 mg/ℓ区は同じく2倍量以上、10 mg/ℓ区では4～5倍量の窒素が流入したことになる。

月別の流入量については、58年は各区とも5・6月の2カ月で全流入量の約50%が流入していることが認められ、7月は梅雨期で灌漑水量が少ないため全流入量の15%程度である。8月は全期間中最大となり、全流入量の25～30%がこの期間に流入している。9月は灌漑水量が少ないため、流入量も少なく全期間中の10%以下である。

したがって、58年は水稻の生育前半の5・6月と後半の7月以降の流入硝酸態窒素の割合は概ね半々であった。

59年の硝酸態窒素の流入の推移については5月は58年と同程度であり、6月は全流入量の15%前後で58年より10%程度少ない。7月は、全流入量の20～25%であり58年より5～10%増加し、8月は全体の35%程度の流入量となり、58年の同時期を大幅に上まわった。

すなわち、59年は7・8月が少雨であったためにこの時期の灌漑水量が多くなり、これによって硝酸態窒素の流入量が増加し、とくに8月の流入割合が大きかった。

(2) 降雨

降雨からの流入量は灌漑水と同様に降雨量と水質から積算される。すなわち、雨水の硝酸態窒素濃度を0.28 mg/ℓ¹⁴⁾とすると、58年は0.015 kg/a、59年は0.008 kg/aとなり、灌漑水からの流入量からみてきわめて少量である。

第11表 灌漑水の水質 (NO₃-N) (mg/ℓ)

年 度	昭 58	昭 59
0 mg/ℓ 区	1.2	1.7
5 mg/ℓ 区	6.1	5.9
10 mg/ℓ 区	11.2	10.1

0 mg/ℓ区は通常の用水(小場江用水), Kj-N 0.9, T-P 0.3, COD 3 mg/ℓ

2) 流出水の窒素濃度と流出量

(1) 表面流去水

表面流去水は、58年の田植直前の強制落水による一回のみであり、その量は20～58mmであった。これの硝酸態窒素濃度は7.25 mg/ℓ(10 mg/ℓ区)と高いものもあったが、他は2 mg/ℓ以下でありこれによる流出窒素は1～29 g/aであった。

(2) 地下浸透水

① 濃度の時期別推移と処理要因効果

地下浸透水中の硝酸態窒素濃度の推移については第13表-1に、要因効果表については第13表-2に示した。

各試験区の処理要因との関係でみると、元肥の多少では水稻生育前半の7月まで多肥系列の濃度の高いことが認められ、それ以降は両系列とも濃度の差はほとんど認められない。

稲ワラ施用による影響については、水稻の生育前半の7月までは施用の影響はみられず、後半の8・9月に至って稲ワラ施用系列の硝酸態窒素濃度は無施用系列の1/2程度となり、稲ワラ施用によって硝酸態窒素の浄化の促進されたことがうかがわれる。長谷川¹⁵⁾も稲ワラの施用によって硝酸態窒素の溶脱量が低下し田面水の硝酸態窒素もすみやかに脱窒することを報告している。小川⁹⁾らの試験でも稲ワラ施用によって地下浸透水中の硝酸態窒素濃度の低下を認めており、とくに、水稻生育後期の8月以降程、硝酸態窒素の低下割合の高いことを報告している。

用水中の硝酸態窒素濃度と地下浸透水中の濃度との関

第12表 灌漑水によって流入した硝酸態窒素 (g/a)

処理 No	処理要因		昭 58					昭 59						
	元肥 (kg/10a)	稲ワラ (kg/10a)	5月	6月	7月	8月	9月	計	5月	6月	7月	8月	9月	計
1	7	0	97	91	55	107	22	372	123	82	119	236	29	589
2	7	0	447	509	273	644	154	2,027	480	279	361	662	99	1,881
3	7	0	691	776	412	823	179	2,881	804	519	755	1,201	142	3,421
4	7	600	82	58	48	84	21	293	110	63	82	134	12	401
5	7	600	437	364	236	396	89	1,522	407	209	354	596	95	1,661
6	7	600	585	643	338	730	277	2,573	530	333	441	629	91	2,024
7	5	0	105	142	79	120	31	477	140	94	147	263	34	678
8	5	0	389	392	245	414	90	1,530	442	286	437	628	83	1,876
9	5	0	575	586	380	740	139	2,420	686	394	774	1,127	133	3,114
10	5	600	92	73	45	83	17	310	101	62	94	104	11	372
11	5	600	462	418	223	389	93	1,585	337	222	323	459	77	1,418
12	5	600	606	685	372	825	169	2,657	580	413	497	798	96	2,384

第13表-1 地下浸透水中の硝酸態窒素濃度 (mg/l)

処理 No	処理要因		昭 58					昭 59						
	元肥 (kg/10a)	稲ワラ (kg/10a)	5月	6月	7月	8月	9月	平均	5月	6月	7月	8月	9月	平均
1	7	0	2.61	1.52	1.06	0.17	0.27	1.16	3.70	2.66	0.93	0.34	0.34	1.70
2	7	0	1.39	3.37	3.51	0.28	0.43	1.86	3.94	3.96	2.52	0.74	1.20	2.63
3	7	0	1.90	2.10	1.46	0.26	0.58	1.28	5.41	2.89	2.32	1.34	2.41	2.66
4	7	600	3.74	8.25	2.11	0.72	0.45	2.93	2.39	4.68	3.38	0.54	0.50	2.75
5	7	600	3.45	2.75	1.55	0.37	0.16	1.75	2.50	2.95	2.25	0.34	0.44	1.91
6	7	600	1.11	2.05	1.97	0.95	1.02	1.44	4.30	4.24	3.25	2.38	1.86	3.45
7	5	0	1.54	0.87	1.08	0.29	0.23	0.84	1.99	1.70	0.75	0.34	0.44	1.11
8	5	0	2.99	1.43	1.22	0.63	0.65	1.24	4.81	2.69	3.33	4.80	3.90	3.81
9	5	0	1.68	3.34	1.62	0.52	2.38	1.79	5.72	4.65	3.43	2.45	2.87	3.86
10	5	600	1.09	0.72	0.75	0.17	0.17	0.60	2.25	1.98	0.94	0.36	0.40	1.28
11	5	600	1.73	1.55	1.19	0.12	0.16	0.99	4.19	2.33	0.91	0.36	0.34	1.68
12	5	600	1.87	1.87	1.34	0.25	0.40	1.18	4.75	3.00	2.08	0.83	1.50	2.39

水田の水質浄化機能に関する研究

第13表-2 地下浸透水の硝酸態窒素濃度(要因効果)

(mg/ℓ)

要因	水準	5月	6月	7月	8月	9月	全期
元肥	7	3.0	3.4	2.2	0.7	0.8	2.1
稲	5	2.8	2.1	1.5	0.9	1.1	1.7
ワラ	-	3.1	2.6	1.9	1.0	1.3	2.0
灌水	+	2.7	3.0	1.8	0.6	0.6	1.9
用水濃度	0	2.4	2.8	1.4	0.3	0.3	1.5
	5	3.1	2.6	2.0	0.9	0.9	2.0
	10	3.3	3.0	2.2	1.1	1.6	2.2

係についてみると、各月とも用水濃度が高い程地下浸透水の濃度も高いことが認められる。しかし、最も地下浸透水濃度(平均値)の高い10mg/ℓ用水処理・5月の硝酸態窒素濃度が3.34mg/ℓであり、水稻の生育初期から用水濃度の1/3程度に低下していることが認められ硝酸態窒素の浄化が認められる。さらに、時間の経過とともに浄化能の高まることが認められ、8月の平均値は10mg/ℓ用水処理で1.12mg/ℓまで低下し、通常の灌漑用水の濃度になっている。

一方、0mg/ℓ用水処理の場合は5・6月の浸透水中の硝酸態窒素濃度が用水濃度を上まわる時もあり、土壌からの負荷のあることが認められる。

したがって、入水初期における水田の硝酸態窒素の浄化能はあるものの用水濃度が低い場合はこれをさらに低下させることはできないことがうかがわれる。

② 流出量

地下浸透水によって流出した硝酸態窒素(地下浸透水量×地下浸透水の硝酸態窒素濃度)は第14表-1及び第14表-2に示すとおりである。

すなわち、58年は灌漑期間中に164~797g/aの硝酸態窒素が流出した。灌漑水量の多かった59年は292~1,215g/aが流出した。

流出量の推移についてみると、両年とも5・6月の流出量が全期間の40~50%に相当し、水稻の生育初期の流出量が目立っている。このことは、代掻きなど大量灌漑によって浸透水量も多くなり、さらにその濃度も高いこととあいまって、浸透量が多くなったものと考えられる。

¹⁶⁾ 高村らは本場と同条件の陸田で5月の元肥施用期の排出量が全期間の排出量の54%を占めていたとし、中田らも¹⁷⁾ 施肥、入水、代掻き時に流出量の多いことを指摘している。

③ 処理要因と浸透量

処理要因と硝酸態窒素の地下浸透量との関係について要因効果表(第14表-2)でみると、元肥の多少では8・9月を除いて多肥系列が少肥系列を上まわる傾向がうかがわれ、元肥窒素の溶脱の可能性も考えられるが、元肥の多少と地下浸透硝酸態窒素量との間には統計上の有意差は認められなかった。

つぎに、稲ワラ施用の有無との関係についてみると、稲ワラ施用系列の浸透硝酸態窒素量が無施用系列を全期間とも下まわっていることが認められる。このことは、稲ワラ施用によって硝酸態窒素の浄化能は高まったことを物語っているが、7月まではさきに述べた浸透水の濃度に差のないことから、浸透水量の多少によって、両系列に差が出たことになる。すなわち、浸透水量が稲ワラ施用によって減少していることから、結果として地下浸透負荷としての硝酸態窒素量は稲ワラ無施用に比べて少なくなっている。なお、8月以降については稲ワラ施用系列の浸透水中の硝酸態窒素濃度が低下し土壌の浄化能の高まりと、浸透水量の低下とあいまって、硝酸態窒素の浸透量は低下した。

用水濃度との関係については、5月の5・10mg/ℓ区の浸透量は200g/a程度であり6月以降はこれ以下に低下している。なお、用水濃度が5mg/ℓと10mg/ℓとの

第14表-1 地下浸透流出硝酸態窒素

(g/a)

No	処理		要 因										計		
	元肥 (kg/10a)	稲ワラ (kg/10a)	NO ₃ -N (mg/l)	5月	6月	7月	8月	9月	計	5月	6月	7月		8月	9月
1	7	0	0	201	121	47	14	4	387	262	157	64	40	5	528
2	7	0	5	98	294	152	27	9	580	316	230	150	68	18	782
3	7	0	10	109	154	51	17	7	338	424	180	169	132	30	935
4	7	600	0	238	427	82	44	6	797	152	225	158	31	3	569
5	7	600	5	230	174	58	21	2	485	170	137	131	27	6	471
6	7	600	10	54	125	56	54	22	311	221	186	136	99	14	656
7	5	0	0	129	106	69	26	5	335	161	112	63	46	8	390
8	5	0	5	183	97	47	37	7	371	354	159	241	413	48	1,215
9	5	0	10	79	187	52	30	21	369	382	232	257	223	33	1,127
10	5	600	0	79	46	27	10	2	164	131	94	50	15	2	292
11	5	600	5	120	112	42	7	2	283	284	113	48	21	4	420
12	5	600	10	92	122	42	16	5	277	267	155	99	49	12	582
全区平均				134.3	163.8	60.4	25.3	7.7	391.4	266.2	165.0	130.5	97.0	15.3	663.9
平均(%)				34.3	41.8	15.4	6.5	2.0	100.0	38.6	24.9	19.7	14.6	2.3	100.0

第14表-2 地下浸透硝酸態窒素量(要因効果)

(g/a)

要因	水準	5月	6月	7月	8月	9月	計
元	7	206.2	200.8	104.5	47.8	10.5	569.8
肥	5	184.2	127.9	86.4	74.4	12.4	485.3
稲	-	224.8	169.1	113.5	89.4	16.2	613.0
ワラ	+	165.7	159.7	77.4	32.8	6.7	442.3
灌漑	0	169.1	161.0	70.0	28.2	4.3	432.6
用水	5	213.1	164.5	108.6	77.6	12.0	575.8
濃度	1.0	203.5	167.6	107.7	77.5	18.0	574.3

間に差は認められず、総量についてもほとんどその差は認められない。すなわち、用水濃度が $5 \cdot 10 \text{ mg/l}$ とも浸透水の水質に大差がなかったこと、浸透水量が用水中の硝酸態窒素濃度が高いほど少ないことから、浸透量に差がなかったものと考えられる。したがって用水濃度が高い程効率よく浄化されたといえる。

以上述べた、地下浸透窒素はとりもなおさず、本水田からの負荷である。すなわち、稲作期間(130~140日)における一日当たりの負荷量を要因効果から算出すると、平均 $3 \sim 4.5 \text{ g/a/日}$ となる。

4 要因別窒素収支と浄化量

1) 収入窒素

各試験区の窒素収支についてまとめると第15表-1及び第15表-2に示すとおりである。

収入については、灌漑水、施肥、稲ワラ、降雨からである。窒素の施肥量は試験要因の元肥と減数分裂期の穂肥 2 kg/10 a を合わせて $9 \cdot 7 \text{ kg/10 a}$ である。

稲ワラ施用に伴って流入した窒素は 0.33 kg/a である。すなわち、窒素濃度 0.55% の稲ワラ 60 kg 中に含まれる量である。

降雨からの流入量は水稻栽培期間中の降雨量にその平均濃度 0.28 mg/l を乗じて得たものであり 0.01 kg/a である。

以上、4要素による窒素の流入量は、58年は元肥多肥、稲ワラ施用、硝酸態窒素 10 mg/l 灌漑区のNo.6区が最大となり 3.81 kg/a となった。すなわち、通常水稻を栽培する場合の施肥量は多肥の場合でも 1.5 kg/a 程度であることを考えると、かなり大量の窒素が流入したことになる。この流入窒素の内訳は灌漑水から 2.57 kg/a で全体の 67.5% を占め、施肥は 23.6% 、稲ワラ 8.7% 、降雨 0.3% である。

逆に最小となったのは、元肥少肥、稲ワラ無施用、硝酸態窒素 0 mg/l 灌漑水区のNo.7区で 1.19 kg/a であり、収入窒素の最大となったNo.6区の約 $1/3$ 程度である。この区におけるそれぞれの割合は灌漑水からの流入窒素は 40.3% であり、施肥は 58.8% で施肥の割合が高くなり、降雨は 0.8% であった。

59年は元肥多肥、稲ワラ無施用、硝酸態窒素 10 mg/l 区のNo.3区が最大となり 4.33 kg/a で前年を上まわり、また処理区も異なった。

最小となった区はNo.7で前年と同様であるが、流入量は前年を上まわった。

59年の流入量が58年を上まわった原因は、降雨量が58年の 565 mm に対して 305 mm と少なかったために、それだけ灌漑水量が多くなり硝酸態窒素の流入量も多くなった。しかし、稲ワラ施用系列の灌漑水量は両年とも同等であった。

収入窒素に対する灌漑水、施肥、稲ワラ、降雨の割合についてみると、灌漑水は $20 \sim 75\%$ であり、灌漑水濃度が高くなるにしたがって、その割合は高くなっている。

施肥窒素の割合は $20 \sim 70\%$ であり、灌漑水の濃度の高い程逆に施肥量の割合は低下している。稲ワラからは 20% 以下であり施肥と同様に灌漑水の濃度が高いほどその割合は低下している。降雨による流入量は両年とも 1% 以下であり、その割合はきわめて低いことが認められた。

2) 支出窒素

支出については、作物吸収、落水、地下浸透の他全流入量からこれらを差し引いたものが未回収としてあげられ、この未回収分は水田土壌による固定、微生物による利用などによって地力の一部になることが考えられる。しかし、土壌の $T-N$ の増加が認められないことから、この未回収窒素量はみかけ上水田の硝酸態窒素の浄化量とみることができる。したがって、ここでは水田の浄化量とみなすことにした。¹⁸⁾

58年の作物による吸収量についてみると $0.68 \sim 1.10 \text{ kg/a}$ となり支出項目中最大であり、施肥量の 0.9 及び 0.7 kg/a と同等かそれを上まわっている。このことは、施肥窒素はもとより施肥窒素以外の窒素を吸収していることを示している。すなわち、灌漑水中の硝酸態窒素濃度とモミの窒素濃度に有意差がみられたこと、さらに、灌漑水によって流入した硝酸態窒素が多い区ほど窒素の吸収量が多い。長谷川らは重窒素ラベル硫酸¹⁹⁾を使い元肥窒素の 32% が作物体に吸収され未回収(主に脱室)が 34% であったと報告していることから、本試験でも元肥窒

第15表-1 窒素収支(昭58)

(kg/a)

I N (収入)						処 理 要 因			O U T (支 出)				
計	灌溉水	施 肥	稲ワラ	降 雨	No	元 肥 kg/10a	稲ワラ kg/10a	NO ₃ -N mg/l	作物吸収	落水	地下浸透	未回収	計
1.28	0.37	0.9	0	0.01	1	7	0	0	0.87	0.00	0.39	0.02	1.28
2.94	2.03	0.9	0	0.01	2	7	0	5	0.92	0.00	0.58	1.44	2.94
3.79	2.88	0.9	0	0.01	3	7	0	10	1.10	0.01	0.34	2.34	3.79
1.53	0.29	0.9	0.33	0.01	4	7	600	0	0.80	0.03	0.80	-0.10	1.53
2.76	1.52	0.9	0.33	0.01	5	7	600	5	0.82	0.01	0.48	1.45	2.76
3.81	2.57	0.9	0.33	0.01	6	7	600	10	1.01	0.00	0.31	2.49	3.81
1.19	0.48	0.7	0	0.01	7	5	0	0	0.77	0.00	0.33	0.09	1.19
2.24	1.53	0.7	0	0.01	8	5	0	5	0.85	0.00	0.37	1.02	2.24
3.13	2.42	0.7	0	0.01	9	5	0	10	0.83	0.00	0.37	1.93	3.13
1.35	0.31	0.7	0.33	0.01	10	5	600	0	0.77	0.00	0.16	0.42	1.35
2.62	1.58	0.7	0.33	0.01	11	5	600	5	0.68	0.01	0.28	1.65	2.62
3.70	2.66	0.7	0.33	0.01	12	5	600	10	0.97	0.01	0.28	2.44	3.70

第15表-2 窒素収支(昭59)

(kg/a)

I N (収入)						処 理 要 因			O U T (支 出)				
計	灌溉水	施 肥	稲ワラ	降 雨	No	元 肥 kg/10a	稲ワラ kg/10a	NO ₃ -N mg/l	作物吸収	落水	地下浸透	未回収	計
1.50	0.59	0.9	0	0.01	1	7	0	0	0.92	0	0.53	0.05	1.50
2.79	1.88	0.9	0	0.01	2	7	0	5	1.25	0	0.78	0.76	2.79
4.33	3.42	0.9	0	0.01	3	7	0	10	1.71	0	0.93	1.69	4.33
1.64	0.40	0.9	0.33	0.01	4	7	600	0	0.91	0	0.57	0.16	1.64
2.90	1.66	0.9	0.33	0.01	5	7	600	5	0.89	0	0.47	1.54	2.90
3.26	2.02	0.9	0.33	0.01	6	7	600	10	0.94	0	0.66	1.66	3.26
1.39	0.68	0.7	0	0.01	7	5	0	0	0.99	0	0.39	0.01	1.39
2.59	1.88	0.7	0	0.01	8	5	0	5	1.07	0	1.21	0.31	2.59
3.82	3.11	0.7	0	0.01	9	5	0	10	1.25	0	1.13	1.44	3.82
1.41	0.37	0.7	0.33	0.01	10	5	600	0	0.83	0	0.29	0.29	1.41
2.46	1.42	0.7	0.33	0.01	11	5	600	5	1.05	0	0.42	0.99	2.46
3.42	2.38	0.7	0.33	0.01	12	5	600	10	1.28	0	0.58	1.56	3.42

素のすべてが作物体に吸収されたものではなく、灌漑水、地力窒素等を吸収・利用したことは明白である。

59年は58年より全体に増収したため窒素の吸収量は増加し、0.83～1.71 kg/a となり、58年と同様に施肥量を上まわり支出項目中最大となった。

落水による支出は58年の田植え直前の降雨による湛水の落水によるものが一度あったのみであり、それも一部の試験区で、その量は0.03～0.01 kg/a できわめて少量であった。

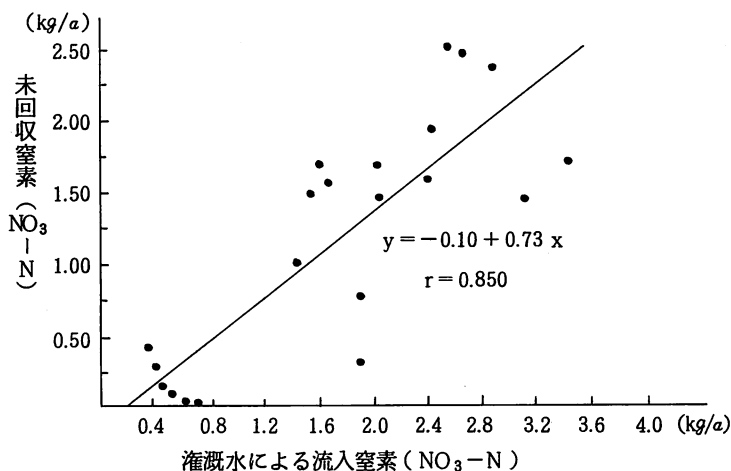
地下浸透量は、58年が0.16～0.80 kg/a、59年は0.29～1.21 kg/a でありこれが本水田からの負荷となる。

全支出に占める地下浸透の割合は58年が7.6%～52.3% となり、59年は16.2～46.7%で灌漑水濃度が低いほど浸透の割合は高くなる傾向が認められる。つまり、さきに述べたように窒素濃度の低い灌漑水が地下浸透過程でさらに濃度を低下させることが困難であったためである。

未回収量については、58年は-0.10～2.49 kg/a であ

り、Na 4区は負の値である。このことは、作物吸収、落水、地下浸透による流出量が全流入量を上まわることを示し、この不足分は土壌のもつ地力窒素、または、ここで考慮していない灌漑水中の有機態窒素などが給源と考えられるが、詳細については不明である。

未回収量が2.49 kg/a となったNa 6区の灌漑水による流入硝酸態窒素の量を見ると、2.57 kg/a であり、未回収量とほぼ均衡している。また、その他の区もこれと同様の傾向であり、灌漑水によって流入した硝酸態窒素は一部作物に利用されるもののその大部分は土壌で浄化されるものと考えられる。浄化量は当然のことながら硝酸態窒素の流入量が多いものほど浄化量は増大することが認められ、第1図からもあきらかなように両者の相関は高いことが認められる。すなわち、灌漑水によって流入した窒素の約63% (全体の平均値) は未回収となり浄化されることがわかる。



第1図 流入窒素と未回収窒素との関係

3) 浄化量

稲作期間の硝酸態窒素の浄化量について、灌漑用水濃度別にみると、濃度の低い0 mg/l区では0.12 kg/a となり、5 mg/l区は1.14 kg/a、10 mg/l区では1.94 kg/a となり有意差が認められた。

また、稲ワラ施用の有無では無施用0.92 kg/a に対し

て施用区では1.21 kg/a となり稲ワラ施用による浄化効果が認められた。

すなわち、稲作期間(135日)一日当りの浄化量は0.9～14.4 g/a/日であり、平均値は7.9 g/a/日であった。

Ⅳ 摘 要

水田(表層腐植質多湿黒ボク土)の硝酸態窒素の浄化能を明らかにするため、元肥窒素の多少、稲ワラ施用の有無、灌漑用水中の硝酸態窒素濃度の3要因を組合せて、昭和58年及び59年の2カ年間にわたって試験を行なった。その結果を要約すると以下のとおりである。

1) 本試験田への灌漑水量は2,200~4,000mmできわめて多く、この値は降雨量を合わせた全流入水量の80%以上を占めた。降雨量は565(58年)・305(59年)mmであった。

2) 流出水量のうち蒸発散量は671(58年)・449(59年)mmで全流出水量の15~21%であった。落水は58年のみであり、1%程度であった。地下浸透水量は流出水量の74~89%であった。

3) 地下浸透水量は、稲ワラの施用により、また用水中の硝酸態窒素濃度の高い程減少することが認められた。

4) 灌漑用水の硝酸態窒素濃度と水稻の生育・収量への影響は7月上旬までその差は認められなかった。収穫期に至って灌漑用水中の硝酸態窒素濃度の高い区($\text{NO}_3\text{-N } 10\text{ mg/l}$)の稈長が他の区に比べ伸長して倒伏した。収量は灌漑水濃度の高いもの程増収し、用水中の硝酸態窒素を吸収していることがうかがわれた。

5) 減水深の大きい陸田では通常的水稻栽培で生育・収量に支障ない灌漑水中の硝酸態窒素濃度は 10 mg/l 以下であることが観察された。

6) 窒素収支のうち、収入では灌漑水から $0.31\sim 3.42\text{ kg/a}$ 流入し施肥、稲ワラ、降雨など全流入量に対して最大区で77%であった。用水濃度0の場合は約30%程度となり、逆に施肥の割合が高くなった。降雨からの流入量は 0.001 kg/a で全収入の1%以下であった。

7) 窒素の支出では、水稻による吸収量が多く $0.68\sim 1.71\text{ kg/a}$ であり、全支出量の26~71%に相当した。地下浸透窒素は平均 0.5 kg/a であり稲ワラ施用によって減少する傾向がうかがわれた。未回収窒素(浄化窒素)は硝酸態窒素の流入量の多い処理区程多く硝酸態窒素濃度 10 mg/l 区では 1.94 kg/a が浄化された。硝酸態窒素の流入量の少なかった 0 mg/l 区では 0.12 kg/a で少な

った。

8) 地下浸透水の硝酸態窒素濃度は、用水濃度の高い程高く推移した。しかし、7月までは用水濃度 5 mg/l で用水濃度の1/2、同 10 mg/l では1/3以下に低下し、8・9月は通常の灌漑用水の濃度の 1 mg/l まで低下した。用水濃度 0 mg/l では逆に7月までは用水濃度を上まわり、8・9月に至って用水濃度の1/3に低下した。

9) 当該水田における硝酸態窒素の浄化能は流入した硝酸態窒素の量(又は用水濃度)によって異なり、流入量の多い区浄化量も多かった。すなわち、用水濃度 0 g/l で 0.43 kg/a の流入量に対して 0.12 kg/a 、 5 mg/l 区で 1.69 kg/a の流入量に対して 1.14 kg/a 、 10 mg/l 区の 2.68 kg/a の流入量に対して 1.94 kg/a が浄化した。これは灌漑水によってそれぞれ流入した硝酸態窒素の28, 67, 72%が浄化したことになる。

10) 稲ワラ施用によって硝酸態窒素の浄化能は無施用に比べ31%高められた。

11) 元肥の多少と硝酸態窒素の浄化能との関係は認められなかった。

謝辞: 本試験を実施するにあたって多大のご助言を戴いた農業環境技術研究所環境管理部主任研究官小川吉雄博士、元場長石川昌男博士、現環境部長平山力氏には有益なご指導・ご助言を賜った。また、土壤肥料部長酒井一氏にはご多忙にもかかわらずご校閲を賜った。さらに、水管理・採水など大変お世話になった当場管理部宇佐美均技師他同部関係職員各位、データーの統計解析についてお世話になった作物部幸田浩俊主任研究員、分析等分担任して戴いた環境部同僚各位に記して厚くお礼を申し上げる次第である。

参 考 文 献

- 1) 茨城県環境局(1984): 霞ヶ浦富栄養化防止条例関係例規集
- 2) 長野農総試(1977): 農業環境保全に関する試験成績書
- 3) —————(1978): 農業環境保全に関する試験成績書

水田の水質浄化機能に関する研究

- 4) ————— (1981) : 農業環境保全に関する試験成績書
- 5) E X 都市研究所 (1979) : 霞ヶ浦水質保全総合対策解析調査報告書
- 6) 滋賀県農業試験場・滋賀県蚕業指導所・滋賀県茶業指導所・大阪府農林技術センター (1985) : 琵琶湖-淀川水系における農業排水の水質改善に関する研究
- 7) 田淵俊雄・高村義親 (1985) : 集水域からの窒素・リンの流出, 東京大学出版会
- 8) 田淵俊雄編著 (1986) : 農業技術者のための水質入門, (社) 農業土木学会
- 9) 小川吉雄・酒井一 (1985) : 水田における窒素浄化機能の解明, 土肥誌, 56, 1, 1~9
- 10) 石橋豊, 田辺邦美, 内藤利貞, 林弘宣編 (1976) : 農業水利演習 1 農業水文, コロナ社, P-93
- 11) 田淵俊雄編著 (1986) : 農業技術者のための水質入門, (社) 農業土木学会, P-24
- 12) 長谷川清善・奥村茂夫・小林正幸・中村稔 (1985) : 茶園・水田連鎖地形における富栄養化成分の行動, 滋賀県農試研報, 第26号
- 13) 小川吉雄・酒井一 (1984) : 畑地から水田内へ流入した硝酸態窒素の動向, 土肥誌, 55, 6, 553-538
- 14) —————・石川実・吉原貢・石川昌男 (1979) : 畑地からの窒素の流出に関する研究, 茨農試 (特別) 研報, 第4号, P-17
- 15) 長谷川清善・小林正幸・中村稔・田中均 (1981) : 水田における有機物施用が水質におよぼす影響 (第2報), 稲わらの施用が, 非湛水土壤からの硝酸態窒素の溶脱と湛水土壤での脱窒におよぼす影響, 滋賀県農試研報, 第23号
- 16) 高村義親・田淵俊雄・張替泰・西村伸夫・大槻英明・久保田治夫・鈴木誠治・大崎和二 (1979) : 水田の物質収支に関する研究 (第3報), 霞ヶ浦流域の乾田における窒素およびリンの収支と排出について, 土肥誌, 50, 211-216
- 17) 田中均・川村戈十二・澤重孝 (1976) : 農耕地における肥料成分の行動に関する研究 (第1報), 水田ライシメータにおける肥料成分の行動と収支, 滋賀県農試研報, 第18号
- 18) 8) と同じ P 5
- 19) 長谷川清善・小林正幸・宮崎秀也・田中均 (1978) : 水田における施肥窒素の効率的利用 (第2報) 圃場における施肥窒素の動向について, 滋賀県農試研報, 第20号

土壌の重金属汚染に関する調査研究

第7報 山間地カドミウム汚染水田の改良とその効果

平山 力・小林 登*

Soil Pollution by Heavy Metals

Part 7. Improvement of intermountain Paddy Field polluted by Cadmium and the Cadmium Absorption of Rice Plant

Chikara HIRAYAMA, Noboru KOBAYASHI

日立鉱山煙突から排出された排出物質中のカドミウムによって汚染された山間地カドミウム汚染田(十王町高原地区 19.6ha)を非汚染土である山赤土の上乗せ客土によって改良し、その効果の確認を行った。

その結果、対策後3か年とも産米中のカドミウム濃度は0.05 ppm以下の低濃度にとどまり、玄米収量も3か年間の平均値でも10aあたり471 kgと地区の対策前の慣行収量350 kgを大幅にうまわり、対策の効果は顕著に認められ、一般水田復帰の見通しがあきらかとなった。

I 緒 言

汚染水田は、標高141～331 mの多賀山塊の中央部、北に高萩市、南は日立市に接する山間谷津田で多賀郡十王町高原地区に所在する。

本地区のカドミウム汚染問題は、県が昭和45年度に厚生省の委託により、鉱山、製錬所周辺のカドミウムによる環境汚染調査を実施したことに端を発する。当時厚生省は、カドミウムによる環境汚染の判断尺度として、玄米中のカドミウム濃度が0.4 ppmという目安を示しており、これ以上の濃度のカドミウムを含む玄米生産地域はカドミウム汚染として精密な調査の実施が必要であるとの見解をもっていた。

このようなことから、昭和45年度に日立市入四間町を中心に玄米中のカドミウム濃度を調査したところ10地点

中3地点に、さらに昭和46年度隣接する十王町高原地区も含め同様の調査を行なったところ、14地点中3地点に0.4 ppm以上のカドミウムが検出され、そのうちの高濃度のものが高原地区に認められた。

当時は全国各地でカドミウム等重金属による農用地の汚染、光化学スモッグ、自動車排ガス等、人の健康をそこねたり、生活環境の悪化をもたらす公害問題が複雑多様に発生した時であり、政府はこのような状況に対処するため、昭和45年12月の臨時国会に公害対策基本法の改正をはじめとする多くの公害関係法案の改正または制定案を提出し、「農用地の土壌汚染防止等に関する法律」¹⁾もこの時期に制定された。この法律によれば、米のカドミウムの基準値を1 ppmとし、カドミウム濃度が1 ppm以上の米が生産された地域あるいはその恐れのある地域を「農用地土壌汚染対策地域」²⁾に指定して対策を講ずることを定め、具体的な調査方法は、農林水産省令「土壌

* 現、常陸太田地区農業改良普及所

3)
汚染防止対策要綱」によるものとした。

47, 48年度は、これらの要綱にもとずき、当該地区の細密調査を行なったところ、47年度の産米中最高1.20 ppm、48年度産米中最高0.75 ppmが検出された。県単調査結果も含めた汚染範囲は、最終的には19.6haと確認された。

汚染源は学識経験者等によって構成されている県の農用地土壌汚染原因調査専門委員会によって究明された結果、日立鉾山煙突から排出されたカドミウムが大気を媒介として長期間、広範に拡散し、周辺水田に降下蓄積されたものと結論され、これら汚染田改良の早急な実施が望まれた。農試では直ちに恒久対策確立のための現地試験を開始した。試験は⁵⁾ 非土客土と⁶⁾ 上乗せ客土の二通り行なった。試験の結果ではいずれの方法も水稲に対するカドミウムの吸収抑制効果は顕著であった。しかし、前者は非土した汚染土の処理に問題が残り、さらに工事費が後者よりうまわる理由から、結果的に上乗せ客土の採用となり、対策処方箋は試験結果にもとずいて作成された。その後県や国の関係機関担当者によって検討が加えられたうえ、これにもとずいて対策計画が作成され、計画は昭和60年4月最終的に承認された。

本格的な客土工事は昭和60年10月から地区を4工区に分けて4か年計画で着工されたが、地区の一部の水田には十王ダム建設予定地区内に含まれるものもあった関係から、対策処方箋にしたがい59年度予定より一年早く着工した水田もあった。完了地区は翌年より直ちに水稲の作付けが開始されたが、各工区とも水稲の生育は順調に経過し、玄米収量もこれまでの慣行をうまわったうえ、玄米中のカドミウムをねらい通り低い濃度に抑えることができ、対策の効果は期待どおり顕著に認められた。

ここではこれら対策の概要と対策後における水稲の生育、カドミウム吸収結果等についてその概略を報告する。

II 改良対策

1. 地域の概要

対策地域は第1図に示したとおり、国道6号線から西へ県道十王、里美線を十王川に沿ってさかのぼり、さら

に支流の山間部にひらけた狭隘な谷津田で、区画はきわめて小さいうえ、段差が大きいため沢沿いに分布している。本地域の年平均気温は11.4℃、平均降水量は1,717mmと平坦部に比べて気温で約3℃低く、雨量は150mm程度多い。

土壌は第2図にその分布状況は第3図に示したとおり、礫質灰色低地土、灰色系の追子野木統と中粗粒グライ土の八幡統に2分され、乾田タイプの前者は地区全体の2/3の面積を占め、主として棚田地帯に分布している。いずれの土壌も土性は表層よりL~SLの壤土から砂壤土、表層下30cm前後から礫が混在し、50~60cm以下砂礫層に変化している。このため有効土層はきわめて浅い。土色は表層で2.5Y3/2の黒褐色、次層以下それぞれ2.5Y4/2, 5Y3/2の暗灰黄色、オリーブ黒色に変化し、腐植含量はやや少ない。砂壤土であることから、保肥性は小さく透水性はきわめて大きい。

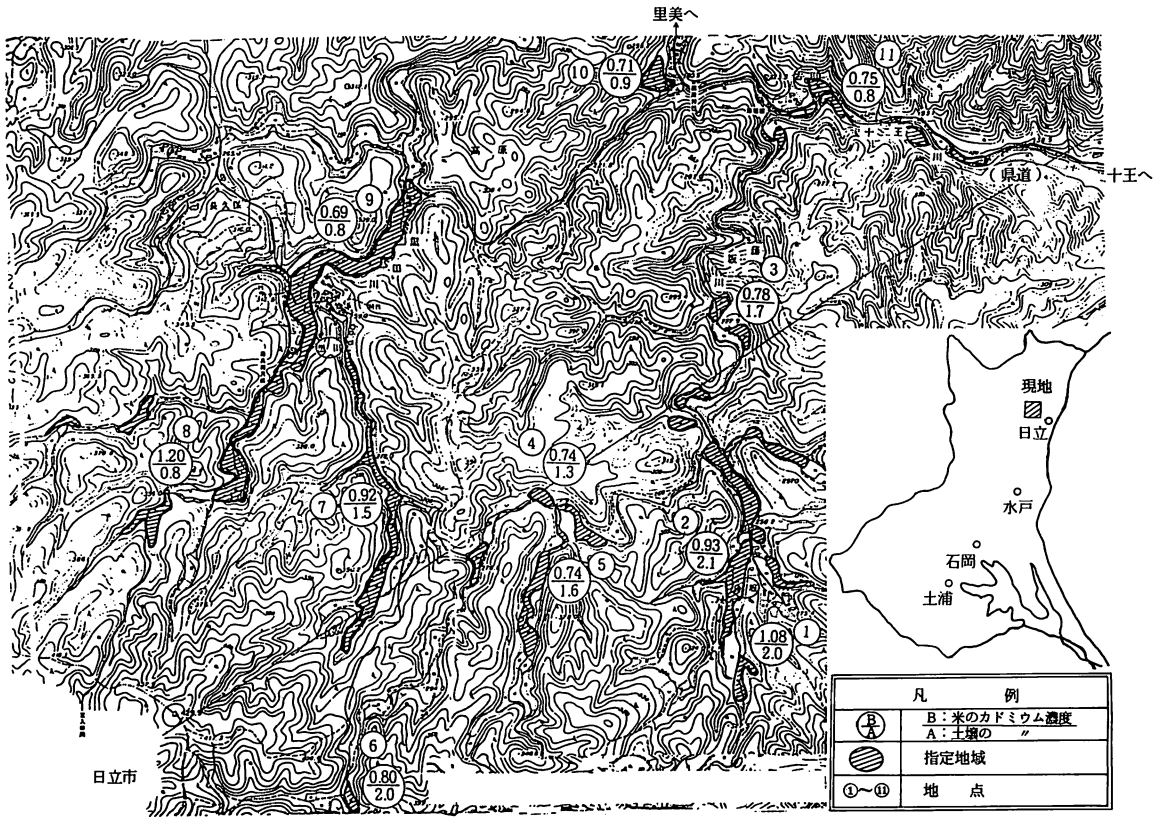
地区の関係農家は42戸、そのうち兼業農家が35戸で8割以上を占め、経営規模は1ha未満の小規模で、機械の整備も少ない。農業の従事者は婦女子、老人が主体で水稲のほかコンニャク、牧草等が栽培され、一部繁殖と牛も加わる零細経営で土地の生産性はきわめて低い。

2. カドミウム汚染状況

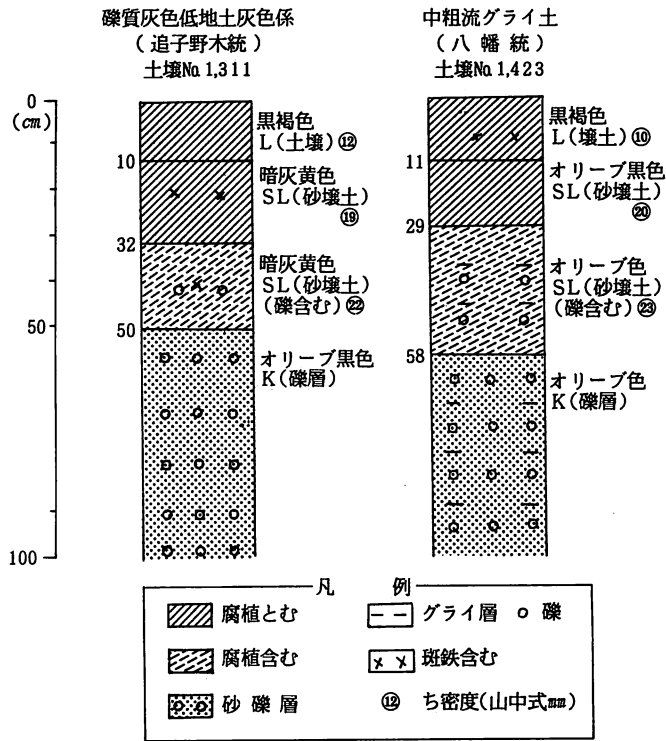
汚染の状況は前述第1図に併記した。これは前述した昭和47, 48年度の細密調査とその後の県単調査結果によるものであるが、これによると玄米中のカドミウム濃度最高値1.20ppm、土壌中(0~15cm)濃度最高値2.10ppmで、いずれの濃度も南寄りの地点ほど高まる傾向がみられる。

前述したとおり、本地域のカドミウム汚染は、地区南部4~5kmのところ立地する日本鉾業株式会社、日立製錬所における銅製錬工程で排出されたカドミウムを含むばい塵が風の影響により、周辺の水田に降下蓄積したものとされているが、さきにもみられたカドミウムの濃度分布はおおむねこれをうらがきしている。また、汚染源となった当事業所における銅の製錬は、昭和57年7月25日付をもって操業を停止し、以降煙突からのばい塵の排出は認められていない。

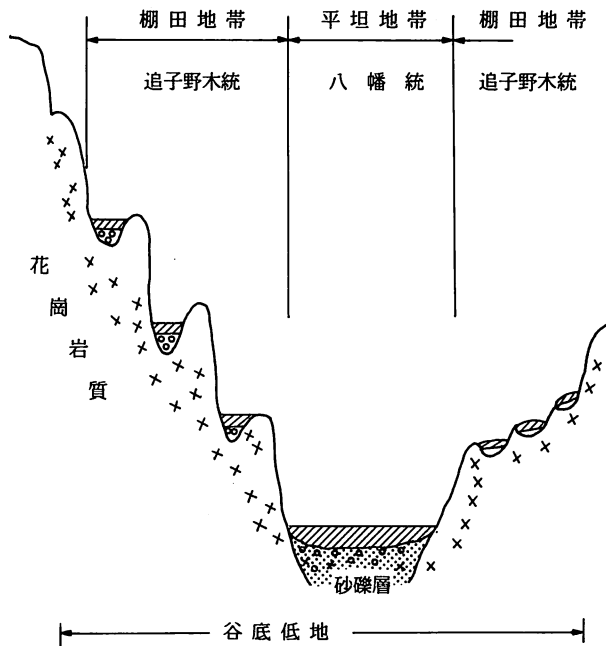
土壤の重金属汚染に関する調査研究



第1図 土壤及び玄米中のカドミウム濃度（細密調査等）



第2図 代表土壤断面形態柱状模式図



第3図 地形と土壤条件分布模式図

土壤の重金属汚染に関する調査研究

地区内水田の用水は、十王川とこの支流藤坂川、黒田川およびこれらに通ずる沢水等から取水しているが、水中のカドミウム濃度はほとんどの地点で0.0001⁴⁾ ppm以下であり、水質障害対策事業に係る用水基準及び公用水の水質汚濁に係る環境基準である0.01 ppm⁹⁾以下を大きく下まわっており、平常時はもちろん一部洪水時の用水を通じて再汚染に結びつく心配はまったく考えられない。

3. 対策地域の面積と土地利用

対策地域の面積を台帳面積でみると20.1haあり、この

うち農用地すなわち水田として利用する土地は19.6ha、農用地以外は0.5haである。農用地以外の面積は水田に附随する農道あるいは水路等である。

4. 現地試験の実施

地域の対策計画を作成するに先立って処方箋をあきらかにする必要があったため、昭和57、58年の2か年間、現地試験を行ない、その結果を第1表に示した。

試験のねらいは、現地汚染土上に非汚染土を用いて上乘せ客土を行い、そのまま埋め殺し、その場合の客土深と水稻の生育、カドミウムの吸収抑制効果をあきらかに

第1表 現地対策試験結果

試験区名	項目	玄米重 (kg/10a)				玄米中Cd (ppm)				土 壤 中 Cd(ppm)			根の分布 (%)		
		昭57比		同58比		昭57比		同58比		作付前	作 付 後		0~20cm	20~25cm	深さ(cm)
		昭57	同58	昭57	同58	昭57	昭58	昭57	昭58						
追子野木統(乾田)	1. 無処理区	425	100	300	100	0.45	100	0.42	100	2.04	2.05/0.45	2.03/0.45	95	3	27
	2. 15cm上乘せ客土区	470	111	366	122	0.08	18	0.08	19	0.09	0.09/2.02	0.09/2.00	93	4	33
	3. 20cm上乘せ客土区	458	108	321	107	0.04	9	0.04	9	0.08	0.09/2.05	0.08/2.02	94	3	35
	4. 25cm上乘せ客土区	470	111	381	127	0.04	9	0.04	9	0.09	0.09/2.03	0.08/2.01	94	3	36
	5. 反転耕区	432	102	333	111	0.15	33	0.12	28	0.26	0.27/2.00	0.25/2.00	95	3	31
八幡統(湿田)	1. 無処理区	338	100	331	100	0.86	100	0.82	100	2.74	2.75/0.70	2.74/0.70	95	3	29
	2. 15cm上乘せ客土区	368	109	347	105	0.09	10	0.08	10	0.08	0.09/2.72	0.09/2.70	95	3	32
	3. 20cm上乘せ客土区	339	100	370	112	0.04	5	0.04	5	0.08	0.08/2.66	0.08/2.65	94	3	35
	4. 25cm上乘せ客土区	345	102	350	106	0.04	5	0.04	5	0.08	0.09/2.74	0.08/2.75	94	3	35
	5. 反転耕区	378	112	346	105	0.19	22	0.15	18	0.33	0.34/2.75	0.32/2.73	95	4	30

注) 1) 土壤中Cd: 両ほ場共、表層(0~15cm)/下層、で示したが、下層については1区、2区は15~30cm、3区、4区、5区については、次のように採土した。

2) 追子野木統ほ場 3区 15~20cm 20~33cm 八幡統ほ場 3区 15~20cm 20~32cm
 4区 15~25cm 25~36cm 4区 15~25cm 25~38cm
 5区 15~22cm 22~35cm 5区 15~23cm 23~35cm

しようとしたものである。試験は現地を代表する追子野木統、八幡統の2つの土壤タイプを用い、客土深15cm、20cm、25cmの各区と反転耕25cm区を設けた。客土材は地区周辺の林地、淡色黒ボク土の下層土を用いた。客土材

の土性はCLの埴壤土、カドミウム濃度は0.1NHCℓ可溶で0.10ppmときわめて低く、りん酸吸収係数2,500前後と高かったことから、客土区に対してはようりんをりん吸の5%相当量として10aあたり750kg施用

し、さらに茨城県の水田土壌改良基準に準じて珪カルを150kg施用し、土壌改良資材施用による生産力の確保をねらった。

この場合の土壌重量は作土深15cm、仮比重0.80g/mlとし、珪カルの施用はよりんのアルカリ分を考慮した量とした。1区10m²、2連制、水稻品種トドロキワセを供試し、客土区の施肥量はN、P₂O₅、K₂O基肥で地区慣行10aあたり各々6kgの約30%増の8kgとし、追肥は分けつ期、幼穂形成期にN、K₂Oそれぞれ10aあたり3kg施用し、水管理は地区慣行によった。値は2連の平均値で示し、土壌中のカドミウム濃度は0.1N HCl可溶のもので両は場とも表層(0~15cm)/下層で示した。

追子野木統は場58年度玄米重が57年度に比べて低かった理由は、ゴマハガレ病と穂イモチの発生によるものであり、八幡統は場の57年度20cm、25cm上乘せ客土区、追子野木統は場58年度20cm上乘せ客土区の玄米重が他の区に比べて低かった理由は、水口部変更による低水温の影響によるものである。水口部の水温は、現地の移植時である5月下旬で14~15℃、幼穂形成期の7月中旬で16~17℃であった。根の分布調査はモノリス採取板タテ40cm、ヨコ60cm、幅14cmで株元を採取、水洗後風乾して根重を測定し%で表示した。

結果では、乾田タイプの追子野木統、湿田タイプの八幡統いずれも上乘せ客土20cm、25cm区でもっとも玄米中のカドミウム吸収抑制効果が認められ、両者間に差はみられなかった。15cm上乘せ客土区もカドミウムの吸収抑制¹⁰⁾効果はみられたが、県で行っている稲作指導指針の耕深が15~20cmを目標としていること、当地域では4~5年ごとに深耕に心がけている実態もあること、各処理区の水稲根群域が表層から20cm以内に90%以上分布していることなどから、客土深は20cm必要であると結論された。併設された反転耕区もカドミウムの吸収抑制効果はみられたが、第2図の土壌断面柱状模式図にもみられるように、本地区の土性は表層よりL~SLの中粒質、30cm以下礫が混入し50~58cm以下礫層に続く本地区特有の土壌条件から、このような工法の現地適応はきわめて困難と推察された。玄米収量は両は場のいずれの処理区も無処

理区に比べて2年とも同等か増収となっており、土壌改良を行えば客土初年目より慣行収量あるいはそれをうまわることがあきらかとなった。

5. 対策の基本方針

1) 上乘せ客土20cmの採用

現地試験の結果から客土深は20cmが適当であると結論されたため、これを本地区の汚染を除去するための対策の基本とした。

客土用土は周辺林地下層土の非汚染土を用いたが、土壌は淡色黒ボク土(山赤土)で化学分析結果は第2表に示した。実際の搬入部位はカドミウムの自然賦存量とみられる0.1ppmの範囲とし、いずれもりん酸吸収係数2,500前後と高い特徴を有することから前述の試験結果に基づく資材量を工事の手順に折込んで施用し、土壌改良によって作付け初年目から生産力の確保をねらった。

2) 再汚染防止⁴⁾

次に汚染を防止するための対策として、地区内用排水路のコンクリート舗装を行った。このねらいは降雨や冬季の凍結融解など自然条件によって、水路法面の崩壊土や水路底質に含まれる汚染土が土砂と共に水田へ流入し、これによる再汚染を阻止するためである。

一方、本地区の用水は前述したとおりカドミウム濃度0.0001ppmと水質的にほとんど問題はみられないが、用水路に隣接する畦畔、畑、草地、林地いずれも急峻な斜面であり、洪水時等で大気汚染の影響をうけた汚染土壌崩落による再汚染の心配もあった。このため、降雨時に現地調査によってその影響をみた結果、通常の降雨時(17~67mm/日)における土壌の崩落はほとんど観察されなかった。

なお、水稻による収奪はないものとして、今後30年後における対策地域水田作土中のカドミウム濃度を試算すると次のようである。

すなわち、30年後における対策地域水田作土中のカドミウム濃度は、農業用水からのカドミウム供給量と降下ばいじんからのカドミウム供給量の二つと、これに客土材中のカドミウム濃度を加えた量が考えられる。

まず、農業用水からのカドミウム供給量の算出式を示

土壤の重金属汚染に関する調査研究

第2表 客土用土の理化学性

(乾土あたり)

土取場	位置	層位 (cm)	土性	C.E.C. (m.e)	りん酸 吸収 係 数	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)
藤坂	頂上	0~10	CL (埴壤土)	21.0	2,450	0.9	16.5	20.2	1.9
		10~20	"	20.5		0.2	1.1	18.0	0.8
		20~30	"	21.4		0.1	1.5	4.1	0.5
		30~40	"	21.0		0.1	2.9	2.5	0.3
		50~60	"	21.0		0.1	0.7	2.5	0.3
	200~210	"	20.1	0.1	0.6	2.1	0.2		
	中腹	0~10	"	18.5	2,450	2.5	13.9	23.9	2.6
		10~20	"	19.0		0.2	0.6	7.5	1.0
		20~30	"	19.5		0.2	0.6	6.3	0.5
		30~40	"	19.0		0.1	0.4	6.3	0.5
50~60		"	19.0	0.1		0.4	2.9	0.4	
200~210	"	18.3	0.1	0.5	2.0	0.3			
国木原	頂上	0~10	"	21.0	2,560	1.6	8.4	18.4	0.9
		10~20	"	21.3		0.2	0.3	12.8	0.8
		20~30	"	22.0		0.2	0.4	5.6	0.2
		30~40	"	20.3		0.1	0.7	2.2	0.2
		50~60	"	20.0		0.1	0.5	2.2	0.2
	270~280	"	21.4	0.1	0.4	2.0	0.2		
中腹	0~10	"	20.5	2,510	2.7	15.0	32.0	0.8	
	10~20	"	21.0		0.7	1.0	20.8	0.7	
	20~30	"	21.7		0.2	1.9	15.1	0.5	
	30~40	"	20.0		0.1	3.1	3.5	0.2	
	50~60	"	21.0		0.1	0.8	3.2	0.2	
200~210	"	20.5	0.1	0.5	2.0	0.2			

- 注) 1) 土取場の土壤統群: 淡色黒ボク土(大河内統)
 2) 現地改善対策試験客土用土の Cd 濃度: 0.1 ppm
 3) C.E.C: 塩基置換容量

せば①式となり、降下ばいじんからの供給量の算出式は②式ようになる。

農業用水からの Cd (カドミウムの記号) 供給量 (g/年) = [農業用水からの最大 Cd 濃度 (g/m³) × 10 a の面積 (cm²)] × [(日減水深 (mm) × (かんがい日数) - かんがい期降水量 (mm/年))] = [0.0001 × 1000] × [(0.04 × 123) - 0.376] = 0.4544 (g/年) …… ①

降下ばいじんからの Cd 供給量 (g/年) = [Cd 降下量 (g/m³) × 10 a の面積 (m²) × 12 か月] = 0.00001 × 1000 × 12 = 0.120 (g/年) …… ②

①+②を 10 a あたり得水田作土重量 (t) で除し、これに × 耐用年数 30 年、これに客土材 Cd 濃度 0.10 ppm を

加えて示せば次に示す③式ようになる。

$$(0.4544 + 0.120) \div (0.15 \times 1,000 \times 0.80) \times 30 + 0.10 = 0.2436 \text{ (ppm)}$$

但し、*1: 認められていないが、安全を考慮して検出限界値を採用した。(g/m³)、ただし、水田へ供給される Cd 吸着率、活性化は 100% とした。

*2: 作土深 0.15 (m)、10 a あたりの面積 (1,000 m²) 作土の仮比重は 0.8 (g/cc)

③で示す 0.2436 ppm の値は、30 年後における対策地域水田作土中のカドミウム濃度を示すものであるが、この値は、本地区の汚染米が出現された土壤中濃度 0.8 ppm を大幅に下まわり、これらのことから 30 年後においても、

汚染米出現の恐れはほとんど考えられないことがあきらかとなった。

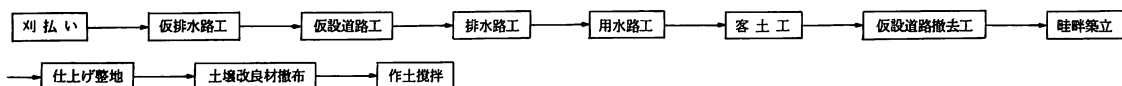
3) 対策施工

土地改良事業は公害防除特別土地改良事業によって行った。復旧方法は現状回復方式と区画整理方式の二通りとしたが、その選択は地区の土地条件を考慮して技術的、経済的に有利とみられる方法とした。工事の手順は第 4

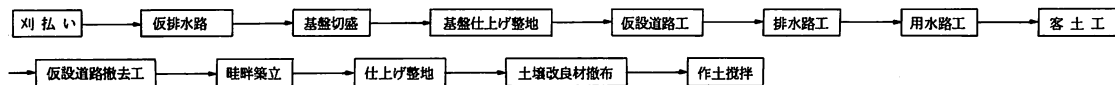
図のとおりであり、完了後の土壤断面形態を模式図で示すと第 5 図のようである。

上乗せ客土工は、原汚染土のは場を切盛土等均平整地を行い、(この場合湿田タイプや周辺部から地下浸透水の影響のうけ易いところについては明、暗渠を施工して乾燥化した)その上部に非汚染土の山赤土を搬入し、最終的に 1 作作付け後の客土深が 20cm 以上確保できるように

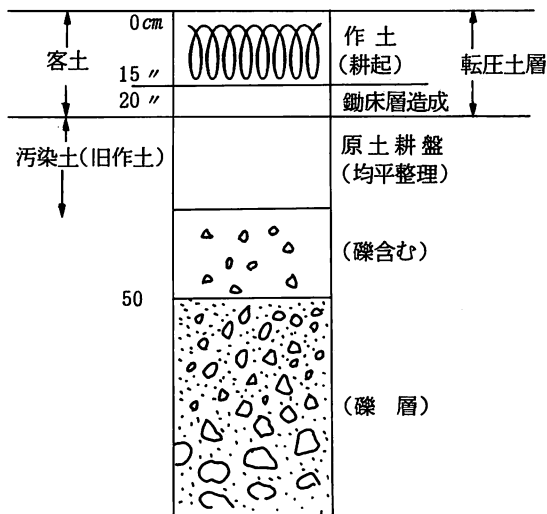
〔現状回復方式〕



〔区画整理方式〕



第 4 図 復旧方式と手順



第 5 図 客土対策後土壤断面模式図

土壌の重金属汚染に関する調査研究

にした。具体的には作土層0～15cm，鋤床層5cmを見込み，この場合の転圧土層の造成は，とくに工事手順の中に造成工程は含めず，上乗せ客土工と整地工に併行して転圧工を行い，転圧土層20cmを造成した後，作土0～15cmを耕起し，改良資材の搬布攪拌を行った。

Ⅲ 対策効果

1. 水稻生育収量

本地区の工事は，前述した十王ダム関連で昭和59年度

に進められた一部のは場以外は，昭和60年度から地区を4工区に分け4か年計画で実施された。水稻の栽培は，工事の完了した工区から逐次行われたが，工事はいずれの工区も通年施工で早目に完了していたこともあって作付けは順調であった。対策後における水稻の生育収量を各工区ごとの代表は場でみると第3表のようである。

水稻品種はいずれのは場も本地区の大部分のところでは栽培されているトドロキワセ，田植えはいずれの年もおおむね5月20～25日，刈取りは9月25日～10月5日である。

第3表 対策後の水稻の生育収量

ほ場	地区 ほ場No	対策	生育			わら重 (kg/10a)				玄米重 (kg/10a)			
			稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/株)	昭60	昭61	昭62	昭63	昭60	昭61	昭62	昭63
59年度工事完了区	古田 254-1	上乗せ客土	88.1	19.0	22.0*1	588	520	490	—	472	406	473	—
60年度工事完了区	藤坂 3,204	〃	82.5	17.1	18.6*2	—	455	468	423	—	363	447	403
61年度工事完了区	志毛 3,081	〃	84.8	18.0	17.9*3	—	—	480	490	—	—	465	473
	小松沢 253-1	〃	83.8	17.9	19.0*3	—	—	491	—	—	—	473	—
	藤坂 3203-2	〃	83.5	17.5	20.0*3	—	—	477	465	—	—	452	460
	沼久保 3,404	〃	88.6	18.0	22.4*3	—	—	570	—	—	—	557	—
62年度工事完了区	国木原 2,921	〃	83.5	17.5	19.0*3	—	—	470	455	—	—	430	437
	大内 2365-1	〃	86.4	18.7	20.7*4	—	—	—	447	—	—	—	415
平均						—	488	492	458	—	385	471	438

注) *印：生育調査年月日，*1：昭60.10.4，*2：昭61.10.6，*3：昭62.9.26，*4：昭63.10.4

基肥は10aあたりN，P₂O₅，K₂O各々8kg，追肥はN，K₂O各々3kgを分けつ期，幼穂形成期の2回施用した。水管理は現地の慣行に準じたが，初年目一部のは場では客土層乾燥に伴う亀裂発生の影響で漏水の心配されたところもあった。しかし代かき回数増加等でおおむね回避され，2年目以降これらについての問題はきわめて少なくなった。

作付け後の水稻生育はいずれのは場も火山灰土客土に心配されるりん酸欠乏，赤枯れ病の発生もみられず，ほ

場によっては水口部分が冷水の影響によって極端に生育が抑制されたところもみられたがおおむね順調に経過した。玄米収量は各工区を概観しても10aあたり363～557kgと工事前の地区年均収量350kgをあきらかにうまわる結果となり，対策後3か年間追跡した結果によっても安定収量はほぼ確保でき，所期の目的達成が確認された。

2. カドミウム吸収

対策後作付けした水稻の玄米及びわらについてカドミ

ウムの分析を行い、その結果を第4表に示した。
 これによると、まず玄米中のカドミウム濃度は、3か
 年を通して最高でも0.05 ppm と極端に低い値を示し、
 ほ場や栽培年次による差はほとんど認められない。また、

わら濃度についても対策ほ場で最高 0.25 ppm と玄米と
 同様値は大幅に抑制され、対策の効果はあきらかに認め
 られた。

第4表 対策後の水稻玄米わら中のCd濃度

(ppm)

ほ場	地区 ほ場No	対策	玄米中Cd				わら中Cd			
			昭60	"61	"62	"63	昭60	"61	"62	"63
59年度工事 完了区	古田 254-1	上乘せ客土	0.04	0.04	0.05	-	0.18	0.19	0.18	-
60年度工事 完了区	藤坂 3,204	"	-	0.04	0.04	0.04	-	0.21	0.22	0.25
61年度工事 完了区	志毛 3,081	"	-	-	0.04	0.04	-	-	0.23	0.21
	小松沢 253-1	"	-	-	0.05	0.04	-	-	0.18	0.19
	藤坂 3,203-2	"	-	-	0.04	0.05	-	-	0.21	0.22
	沼久保 3,404	"	-	-	0.05	0.04	-	-	0.23	0.23
	国木原 2,921	"	-	-	0.05	0.05	-	-	0.21	0.20
62年度工事 完了区	大内 2,365-1	"	-	-	-	0.05	-	-	-	0.23

3. 減水深

水稻の栽培が開始されたほ場から代表ほ場3筆を選び、
 2か年間栽培期間中減水深の測定を行い、その結果を平
 均値で第5表に示した。

これによると、工事初年目の減水深は30~33mm / 日で
 あり、2年目24~27mm / 日といずれのほ場も初年目に比
 べて2年目の値が低下する傾向が認められた。

第5表 減水深

地区ほ場No	年次	測定回数	mm / 日
古田 254-1	60 (初年目)	4	30
	61 (2年目)	3	24
藤坂 3,204	61 (初年目)	4	33
	62 (2年目)	3	26
志毛 3,081	62 (初年目)	4	32
	63 (2年目)	3	27
大内 2,365-1	63 (初年目)	4	31

注) かんがい期間(5~7月) 平均値で示す。

土壌の重金属汚染に関する調査研究

4. 跡地土壌

1) 客土深と理化学性

これまで対策後の水稻生育状況及びカドミウムの吸収抑制効果について述べたが、これらの結果では、いずれ

のほ場も所期のねらいどおり、顕著に認められていることが確認された。このようなことから、引続き刈取り跡地土壌について土壌調査を行ない、その結果から客土深と土壌の理化学性を第6表に示した。

第6表 跡地土壌の理化学性

(乾土100gあたり)

地 区 ほ場No	年 次	客土深 (cm)	ち 密 度 (山中式) (mm)	飽和透水 係 数 K ₂ O (cm/sec)	有 効 態 P ₂ O ₅ (トルオーグ) (mg)	置 換 性 塩 基 (mg)		
						CaO	MgO	K ₂ O
古 田 254-1	60(初年目)	30以上	19	6.2×10 ⁻⁵	11.8	237	46	30
	62(3年目)	〃	20	5.4×10 ⁻⁵	8.6	203	37	21
藤 坂 3,204	61(初年目)	25	18	3.6×10 ⁻⁵	12.6	251	39	26
	63(3年目)	25	19	3.9×10 ⁻⁵	9.0	216	34	23
志 毛 3,081	62(初年目)	24	20	4.8×10 ⁻⁵	11.6	227	50	19
	63(2年目)	24	21	4.1×10 ⁻⁵	8.2	196	40	18
大 内 2,365-1	63(初年目)	25	20	5.7×10 ⁻⁵	13.2	246	43	20

注) ち密度: 鋤床造成部位, 古田: 59年着工区, 藤坂: 61年着工区, 志毛: 62年着工区, 大内: 63年着工区

まず、客土深についてみると、十王ダム関連で行なった古田地区ほ場では30cm以上の客土深がみられた以外は24~25cmであきらかに計画深20cmをかなりうわまわっていることが認められた。さらに造成した鋤床部位のち密度を山中式硬度計で測定した結果では、いずれのほ場も20mm前後の値であった。また、現地から持ち帰った試料について飽和透水係数を測定した値によれば、いずれの次層も10⁻⁵オーダーを示し、さきの山中式硬度計でみたち密層の形成をうらづけた。

有効態りん酸はいずれのほ場も対策初年目跡地で乾土100gあたりトルオーグ法で11.6~13.2mg、3年目8.6~9.0mgの値を示し、値は初年目に比べて3年目で低下していることがうかがわれた。また、石灰、苦土含量をみると初年目、3年目とも乾土100gあたり200~250mg、30~50mgを示し、本県水田土壌の基準値石灰¹⁰⁾200mg以上、苦土25mg以上の基準値に比べても対策後3

年目の跡地土壌でこれをうわまわっていることが認められた。

2) 重金属

跡地土壌の重金属の分析結果は第7表に示した。重金属は代表ほ場について、作付け初年目から3年目まで、作付け前と収穫時に分けて1層(0~15cm)、2層(15~30cm)について追跡した。まず、カドミウムについて全量カドミウム(T-Cd)、可溶性カドミウム(0.1N HCl)をみると前者は0.18~0.20ppm、後者は0.14~0.16ppmの範囲を示し、年次、作付前後、表層、次層それぞれについての差異はほとんど認められなかった。銅も全量銅(T-Cu)、可溶性銅(0.1N HCl)それぞれ3.7~4.2ppm、1.7~2.0ppm、亜鉛では全量亜鉛(T-Zn)、可溶性亜鉛(0.1N HCl)それぞれ8.1~8.5ppm、3.0~3.7ppmの値を示し、カドミウム濃度と同様、年次や作付前後等で大差はみられなかった。

第7表 跡地土壌の重金属

ほ 場		項 目	(ppm)									
			pH		Cd		Cu		Zn		C.E.C (m.e)	
			H ₂ O	KCl	T-Cd	0.1NHCℓ	T-Cu	0.1NHCℓ	T-Zn	0.1NHCℓ		
(初年目) (昭 61)	作 付 前	1	6.5	6.2	0.19	0.14	3.7	1.9	8.3	3.4	22.5	
		2	6.5	6.1	0.19	0.15	4.2	2.0	8.4	3.7	21.8	
	収 穫 時	1	6.4	6.0	0.18	0.15	4.1	1.9	8.4	3.8	21.6	
		2	6.5	6.2	0.20	0.14	3.9	1.8	8.5	3.5	22.4	
(2年目) (昭 62)	作 付 前	1	6.5	6.1	0.19	0.15	3.9	1.7	8.1	3.1	22.0	
		2	6.4	6.2	0.20	0.15	4.0	1.8	8.3	3.3	21.8	
	収 穫 時	1	6.5	5.9	0.20	0.15	4.2	1.8	8.4	3.2	21.9	
		2	6.6	6.0	0.19	0.14	4.1	1.7	8.5	3.4	22.0	
(3年目) (昭 63)	作 付 前	1	6.4	5.9	0.20	0.15	3.9	1.7	8.3	3.0	22.4	
		2	6.5	6.0	0.19	0.15	4.0	1.8	8.2	3.1	22.0	
	収 穫 時	1	6.5	6.1	0.19	0.15	4.1	2.0	8.5	3.3	21.7	
		2	6.4	5.9	0.20	0.15	3.8	1.9	8.4	3.1	22.3	

注) 1.(0~15cm), 2.(15~30cm) ほ場: 藤坂 3,204

重金属の分析と同時に土壌のpH, C.E.C(塩基置換容量)について測定した。その結果によれば、pHの値はH₂Oで6.5, KClで6.0前後の値、C.E.Cは22.0 m.e前後の値を示し、年次や作付け前後、表層下層別到大差は認められなかった。

以上、客土改良跡地土壌について、その客土深や造成鋤床の状態、作土層位の理化学性の変化を年次との関連で確認した。その結果、客土深や造成した鋤床層のち密度、さらに土壌中のカドミウム濃度や有効態りん酸含量はほぼ所期のねらい通りであることが確認された。しかし、有効態りん酸含量等は、復旧後の年次の経過によって漸減する傾向はあきらかにみられており、とくに肥沃性の乏しい山赤土が利用されているだけに、今後の土壌管理の上で、適切な土壌診断に基づく不足りん酸分の補給、さらに堆きゆう肥施用等による熟田化への努力は不可欠なものとなる。

IV 考 察

1. 対策と効果

対策済水田については、対策後3か年間の追跡調査で

玄米中のカドミウム濃度に問題が認められず、しかも水稲の生育収量で対策前のレベルと同等かこれをうまわり、跡地土壌中のカドミウム濃度が非汚染土並かその後の濃度の変化の中で再汚染に結びつく恐れが全くないと判断された場合、国から汚染田としての指定が解除され、一般の水田扱いとなる。

本地区は前述した通り、山間地谷底低地に分布する柵田で、土壌は表層から砂壤土で30cm以下に礫の混入する漏水田であった。このようなことから、対策の処方箋を作成するにあたっては、土壌条件に併せて直接現地試験ほ場を設け、汚染地区にふさわしい対策方法を検討した。本地区で採用した上乗せ客土20cm工法はこれらの結果に基づいたものである。また、実際の工事においては複雑な現地地形を考慮して原形復旧方式と区画整理方式の二通りを採用し、十王ダム関連で一年早く進められた一部のは場を除いて、昭和60年度から4か年計画で地区を4工区に分け工事が進められ、完了地区については逐次水稲の作付けが開始された。

対策済水田については、作付け後3か年間、水稲の生育収量、玄米中のカドミウム吸収、跡地土壌の理化学性

について追跡した。その結果、前述したとおり水稲収量は3か年共に地区の慣行収量をかなりうわまわり、玄米中のカドミウム濃度も最高0.05 ppmと吸収が大幅に抑制されるなど、所期のねらい通り、顕著な効果がみられた。これらのことから全地区の対策完了を待たずに一般水田復帰の見通しがあきらかとなった。上乘せ客土によるカドミウム汚染田の対策が顕著にみられることについては、前述した通り、客土層のカドミウム含量が0.1 N HCl可溶で0.14~0.15 ppmという県内一般非汚染水田作土カドミウム濃度0.3 ppm前後に比べてきわめて低い濃度であったことはもちろんであるが、さらに埋没汚染土の還元化に基づくカドミウムの不活性化があげられ、このことは筆者らがすでにあきらかにした通りである。^{11, 12)}

2. 復旧田の管理

汚染田の復旧対策は、あくまでも復旧跡地を水田として利用することが前提であり、対策の内容も再汚染も含めて今後少なくとも30年以降の安全性を見越して検討計画され、実際の施工が行われている。

したがって、今後一般水田に復帰後、時代の情勢に呼応して転換畑利用等で復旧田に畑作物が導入され、これらの栽培管理の中で大型栽培の導入による耕起作業等で、下層掘込み等が行われるとすれば、埋没汚染土の作土層混入は当然考えられ、再汚染が心配される。また、復旧田が今後永い間、畑状態で経過するとすれば、土壌乾燥に基づく亀裂の発生が作土下に生成発達し、これが漏水に結びつき、埋没汚染土に影響する懸念も十分考えられる。これらのことは、今後の現場管理上留意すべききわめて重要な点である。

3. 復旧までの経過

本地区の最終工区の効果確認終了はこれより3年後の平成3年となり、その時点で一般水田復帰となる。それにしても昭和46年汚染発覚以来実に20年の永い年月となる。そこで復旧のためにこれまで農試で分担担当した調査試験項目についてあげれば次のようである。(1) 土壌汚染予備調査(高原地区, 昭46), (2) 土壌汚染細密調査(高原地区, 昭47), (3) 土壌汚染細密調査(高原

地区, 昭48), (4) 細密調査対象外周辺水田の重金属垂直, 水平分布調査(高原地区, 昭48), (5) 汚染地区周辺林地土壌重金属の垂直, 水平分布調査(昭49), (6) 山林, 畑, 樹園地, 採草地等地目別土壌重金属の比較調査(高原地区と周辺地域, 昭49), (7) 現地改善対策試験(排土, 客土主体, 昭49~50), (8) 林地傾斜面における傾斜角度別山頂, 中腹, 山ろく部土壌の重金属調査(高原地区と周辺地域, 昭51), (9) 林地尾根を境とした両傾斜面土壌の重金属調査(昭52), (10) 高原地区外周辺水田土壌の重金属調査(昭53), (11) 十王, 日立カドミウム汚染地域表層土壌の区分と仮比重調査(昭55), (12) 現地改善対策試験(上乘せ客土主体, 昭57~58), (13) 高原地区土壌汚染対策処方箋(計画)作成(昭59), (14) 対策計画承認(昭60), (15) 復旧対策実施のための土取場土壌重金属調査(昭60), (16) 対策効果確認試験(昭61~)等16項目を数える。

4. その他の汚染田

前報では谷達田汚染田、本報では山間地汚染田における対策と効果等について述べたが、ここで県内の汚染田を概観すると、(1) 七会村塩子地区、(2) 十王町高原地区、(3) 日立市入四間地区、(4) 千代田村上稲吉地区、(5) 守谷町野木崎地区、(6) 瓜連町瓜連地区の6地区があげられる。このうち、塩子地区、上稲吉地区は客土による恒久対策済であり、前者は昭和49年度に工事が完了し、すでに一般水田扱いとなっている。

後者は昭和63年度に最終工区3年目の効果確認調査が終了し、63年度内指定解除と同時に全地区の一般水田復帰が決定した。また、その他の汚染地区についても、土地利用の転換等も含め、逐次解決の方向でその検討が進められている。現在、県内には新たな汚染地区は見当たらないが、この背景には企業者側の汚染物質を排出させないための適切な措置、行政側の強力な監視体制等の推進があげられよう。

いずれにしても、カドミウム等これに係る公害問題は、その問題解決にあっては被害者、加害者を問わず、直接生産利益に直びつことではないだけに、それに係る多くの方々の予想外の犠牲と負担が課せられる。社会的に

納得のいく、調査結果にもとづくきびしい技術的対応が常に要求される。そのようなことから、その解決には長い年月のかかる場合が多い。カドミウム汚染の問題は時代と共に風化している。しかし、健全な土壤環境の維持は安全な食糧を確保するための必須条件であり、残された汚染地区の早期復旧はもとより、今後汚染地区を出さないための企業者側や一般市民を含む社会的な協力を改めて願う次第である。

V 摘 要

山間地カドミウム汚染田、十王町高原地区の改良対策と対策後の効果について、その概要をまとめると、次の通りである。

1. 当該地区のカドミウム汚染対策の方法は、現地対策試験の結果に基づき、汚染を除去するための対策として、非汚染土(周辺林地火山灰土)の20cm上乘せ客土法によって行った。

2. 汚染土の流入による再汚染を防止するため、区内用排水路のコンクリート舗装を行った。

3. 対策の施工は公害防除特別土地改良事業によって行ったが、客土による復旧方法は、土地条件を考慮し現状回復方式と区画整理方式の二通りとした。

4. 対策後における水稻生育は、初年目より順調であり、玄米収量も対策前の慣行収量平均10aあたり350kgに対し、対策後3か年ともこれを大幅にうまわった。

5. 玄米中のカドミウム濃度は、対策後3か年とも最高0.05ppm以下と極端に低い値を示し、対策の効果はあきらかに認められた。

6. 跡地土壤について、客土深、カドミウム濃度、理化学性について確認を行った。その結果、客土深は24~25cmで計画深20cmをかなりうまわり、鋤床部位のち密度も山中式で20mm前後であった。表層(0~15cm)のカドミウム濃度は0.1NHCℓ可溶で0.14~0.15ppmの値を示し、処方箋どおり周辺林地非汚染土の濃度と同等であることが確認された。また、作土の有効態りん酸含量は初年目乾土100gあたりトルオーグ法による値で11.6~13.2mg、3年目で8.6~9.0mgと年次の経過により値は

やや下まわる傾向がうかがわれた。

7. 以上の結果から、本地区カドミウム汚染田は昭和46年汚染発覚以来17年目にして、工事の遅れた工区の効果確認を待たずして、一般水田に復帰できる見通しが得られた。

謝辞：実態解明のための細密調査・周辺林地土壤調査と現地改善対策試験、対策処方箋作成、土壤改良対策実施とその効果の確認に至るまで、長年月にわたって多くの方々は大変お世話になり、ここに心から感謝の意を表し厚くお礼を申し上げる。とくに本地区の対策については、その計画から実施そして効果の確認等県内窓口としての一さいの総括は公害対策課が中心となって進められたものである。地元役場、改良普及課、高萩地区農業改良普及所の関係者の協力はもとより、農地計画課、農地管理課、高萩地区土地改良事務所、公害技術センター、関東農政局、農林水産省、環境庁の関係者各位の協力によって、汚染地区の復元が達成されたことはいうまでもない。ここに関係者一同の労に感謝申し上げますと同時に、農試分担となった長年月の調査試験にご協力下された農業試験場の関係者とともに、現副場長 石川実氏、現土壤肥料部長 酒井一氏、現畜試主研 津田公男氏、元場長 石川昌男氏、元副場長 吉原貢氏の方々に心から感謝と共にお礼を申し上げます。

なお、お多忙中にもかかわらず本稿のご校閲を賜った場長 新妻芳弘氏、副場長 石川実氏に対し心からお礼を申し上げます。

引 用 文 献

- 1) 環境庁水質保全局：農用地の土壤の汚染防止等に関する法律関係法令通達集 p1~64 (1971)
- 2) 同上：同上、政令第204号、「農用地の土壤の汚染防止等に関する法律施行令、第2条、p11、(1971)
- 3) 同上：同上、農林省令第47号、「農用地土壤汚染対策地域の指定要件に係るカドミウムの量の検定の方法を定める省令」、p19、(1971)
- 4) 茨城県：高原地域農用地土壤汚染対策計画書(1985)
- 5) 平山力、石川実、吉原貢、石川昌男：土壤の重金属

土壌の重金属汚染に関する調査研究

- 汚染に関する調査研究，第5報，十王町高原地区および千代田村上稲吉地区におけるカドミウム汚染田改良対策，茨城農試研報，18，p 139～152(1977)
- 6) 茨城農試：試験成績概要書(1982, 1983)
- 7) 茨城農試：昭和47年度土壌汚染防止対策細密調査報告書(1972)
- 8) 茨城農試：同上(1973)
- 9) 茨城県農林水産部：普通作物耕種基準，p 70(1982)
- 10) 茨城県：茨城県耕地土壌の実態と対策，p 706～707，(1978)
- 11) 平山力，吉原貢，石川昌男，徳永光一：カドミウム汚染土壌の改良に関する研究，第3報，埋没汚染土の埋め殺し効果について，土肥学会講要集 22. 15，7，(1976)
- 12) 徳永光一，馬場秀和，佐藤裕一，古賀潔，石川武男，平山力，石川昌男，吉原貢：カドミウム汚染水田の更生工法について(続)，一作付2年目の調査結果から，農土学誌，45，12，849～857(1977)
- 13) 平山力，酒井一：土壌の重金属汚染に関する調査研究，第6報，汚染谷津田の改良とその後の水稻のカドミウム吸収，茨農試研報，26，191～200(1986)
- 14) 石川実，平山力，津田公男，石川昌男：土壌の重金属汚染に関する研究，第2報，日立周辺地区の重金属汚染の実態，茨農試研報，15，131～138(1974)

霞ヶ浦周辺干拓地土壌の改良に関する研究

第8報 強酸性土壌改良跡地の pH の変化と畑作物の生育

平 山 力

Improvement of the Polder Soil on Neighboring Areas of Lake Kasumigaura

Part 8 : Growth Upland Crop and pH Exchange of the Acid Sulfate Soil

Chikara HIRAYAMA

霞ヶ浦周辺干拓地強酸性土壌に石灰を添加し、それぞれの補正 pH 段階を調整し、主要畑作物を中心にその生育収量と改良後の土壌 pH の変化についてポット試験で検討した。その結果、補正後の土壌 pH の低下は、各作、各補正段階ともあきらかに認められた。各畑作物の生育収量は補正後における土壌 pH の推移に大きく影響されることがうかがわれた。これらの傾向は第1～3作目で目立ったが、第5作目で軽微となった。跡地土壌の分析結果では、各補正処理区において、pH、石灰飽和度、水溶性酸、可酸化性S、置換性 Fe_2O_5 、MnO含有量の変化が目立った。

I 緒 言

もともと海水の影響を受け硫化物が多く含まれている霞ヶ浦周辺干拓地土壌あるいはその湖底に堆積する底土等は、これを空気に晒し乾燥酸化させると硫酸が生成して酸性化することはすでによく知られ、これらの改良法としては石灰施用による中和がもっともよいとされている。

酸性化の原因にはそこに含まれている可酸化性硫黄^{4,7)}があげられ、その根源が FeS_2 、 $FeSO_4$ ^{1,2)}であるとされることから、pHが低下するためには、これが酸化反応し H_2SO_4 の生成が必須となる。土壌中における酸化は、温度・Eh、水分、さらに塩類や有機物含量等種々の要因によってその速度は異なるという。

現地では、作付け当初石灰を添加して土壌を適正なpHに矯正しても、栽培途中で土壌pHが極度に低下し、酸性障害の発生で作物の生育が著しく阻害されることがし

ばしばみられる。

そこで、このような特徴をもつ土壌を改良する場合の基礎資料を得るため、中和曲線法により求めた補正 pH 値のその後の変化と畑作物の生育収量との関係についてポット試験で追跡した¹²⁾ので、ここではその結果の概要について述べる。

II 試験方法

1. 供試土壌と試験規模

供試土壌は稲敷郡江戸崎町、美浦村の境界に分布する余郷入干拓地強酸性表層土（細粒強グライ土）で、その理化学的特徴は第1、2表に示すとおりである。

これによれば、粘土含量26.0%で土性はLiCの埴土、水浸のpHは生土で2.3、風乾土で2.5の強酸性土壌である。腐植含量は9.54%できわめて富み、C・E・C（塩基置換容量）は21.8m.eで、既応の八郎潟、河北潟などの

第 1 表 供試土壌の粒径組成

(%)

水分	粗砂	細砂	砂合計	シルト	粘土	土性
5.4	4.2	42.2	46.5	27.5	26.0	LiC(埴土)

注) 採土: 昭49.3 場所: 余郷入干拓地表土(0~15cm)

第 2 表 供試土壌の化学性

(乾土 100g あたり)

pH(H ₂ O)	T-N	T-C	腐植	C・E・C	置換性塩基 (mg)			石灰飽和度 (%)	有効態りん酸 トルオーグ (mg)	可酸化性 S (mg)	置換性 (mg)		
					CaO	MgO	K ₂ O				MnO	Fe ₂ O ₅	
生土 風乾土	(%)	(%)	(%)	(m, e)									
2.3	2.5	0.54	5.56	9.54	21.8	213.4	61.3	43.2	35.0	0.8	2,300	290	1,450

注) 採土: 昭49.3 場所 余郷入干拓地表土(0~15cm)

^{5,6)} 分析結果に比べてかなり低い。石灰飽和度 35.0%, 可酸化性硫黄をみると, 乾土 100g あたり 2,300 mg とその含有量は極端に高いことが目立つ。試験規模は a/2,000ポット試験の 2 連制で, ポットあたりの土壌充填量は 12kg とした。

2. 試験区の内容

区の内容は第 3 表に示した。各 pH 処理区の補正は, 中和曲線法により消石灰を用いて調整し, 各作ごとの作付け前に行った。区の構成は, pH5.0 補正区から, 5.5, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0 のそれぞれ 6 段階とし作土(0~15

第 3 表 試験区の構成及び石灰施用量

(ポットあたり)

項目 区別	ビールムギ (第 1 作)		ダイズ (第 2 作)		イタリアンライグラス (第 3 作)		短根ニンジン (第 4 作)		オオムギ (第 5 作)		第 1 作~第 5 作 (合計)		(B) / (A)
	石灰施用量(A)	補正後 pH	石灰施用量	補正後 pH	石灰施用量	補正後 pH	石灰施用量	補正後 pH	石灰施用量	補正後 pH	石灰施用量 (合計)	(B)	
pH5.0補正区	(g)	4.8	(g)	4.7	(g)	5.2	(g)	5.1	(g)	5.2	(g)	219.2	2.48
“ 5.5 “ 区	120.5	5.2	42.0	5.6	25.0	5.5	20.2	5.4	17.0	5.6	224.7	1.86	
“ 6.0 “ 区	156.3	6.3	30.0	6.2	19.4	6.1	17.8	6.2	15.6	6.3	239.1	1.53	
“ 7.0 “ 区	237.5	7.3	22.4	7.3	12.0	7.3	11.5	7.0	9.7	7.1	293.1	1.23	
“ 8.0 “ 区	339.6	7.9	17.0	7.8	11.7	7.9	10.9	8.2	8.5	7.8	387.7	1.14	
“ 9.0 “ 区	468.1	8.8	15.0	8.9	10.0	8.8	8.8	9.1	8.1	8.9	510.6	1.09	

注) 石灰資材: 消石灰(アルカリ分 65%), pH補正: 中和曲線法による, 混和: 表層(0~15cm)

cm) を対象とした。各 pH 補正区における石灰施用量は, pH5.0補正区でポットあたり 88.3g, 5.5 補正区 120.5g, pH6.0補正区 156.3g, 7.0補正区 237.5g, 8.0補正区 339.6g, 9.0補正区 468.1g であり, 施用 5 日後において確認した各補正区の pH 値は水浸出で, それぞれ 4.8, 5.2,

6.3, 7.3, 7.9, 8.8 ではほぼ補正目標値に達していることが確認された。

また, 一作ごとに刈取り後跡地の pH を診断し, その都度再補正を行ったが, これら再補正に用いた石灰量を含めて第 1 作から第 5 作まで各区に投入した石灰量の合

霞ヶ浦周辺干拓地土壤の改良に関する研究

計をみると、pH5.0補正区でポットあたり219.2g、5.5補正区224.7g、6.0補正区239.1g、7.0補正区293.1g、8.0補正区387.7g、9.0補正区510.6gとなった。

供試作物は、第1作ビールムギ(ニューゴールデン)、

第2作ダイズ(農林2号)、第3作、イタリアンライグラス(鳥取在来)、第4作、短根ニンジン(US春蒔5寸)、第5作、オオムギ(ムサシノムギ)とし、これらの耕種概要は第4表に示したとおりである。

第4表 供試作物および耕種概要

作物名	品種	播種	刈取り	栽植密度(ポットあり)
第1作 ビールムギ	ニューゴールデン	11月13日	5月8日	3株
”2” ダイズ	農林2号	6月1日	9月15日	3株
”3” イタリアンライグラス	鳥取在来	11月17日	(1回 2月22日 2回 4月24日)	0.3g(播種量)
”4” 短根ニンジン	US春蒔5寸	5月25日	9月14日	3株
”5” オオムギ	ムサシノムギ	11月9日	6月8日	3株

施肥量は各作ともN、P₂O₅、K₂Oそれぞれポットあたり1.0gを硫酸、過石、塩加で施用した。

3. 分析法

土壤及び作物体の分析は常法により、可酸化性硫黄は^{9, 10)}村上の方法¹¹⁾によった。

Ⅲ 試験結果の概要

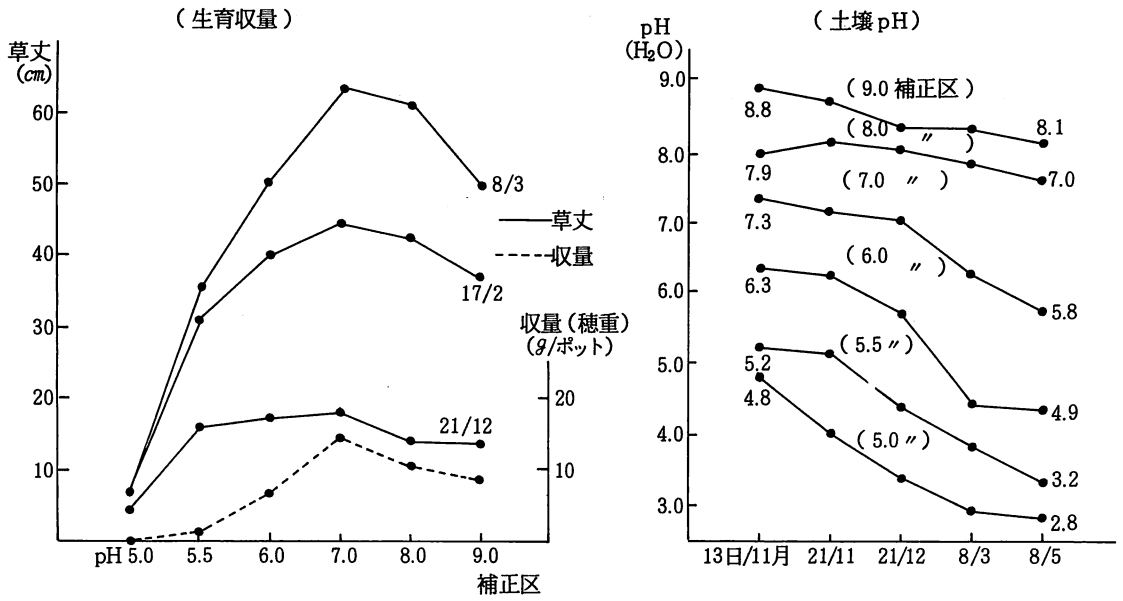
1. 生育収量と土壤pH

各作ごとの生育収量及び土壤pHの変化は第1～5図に示した。

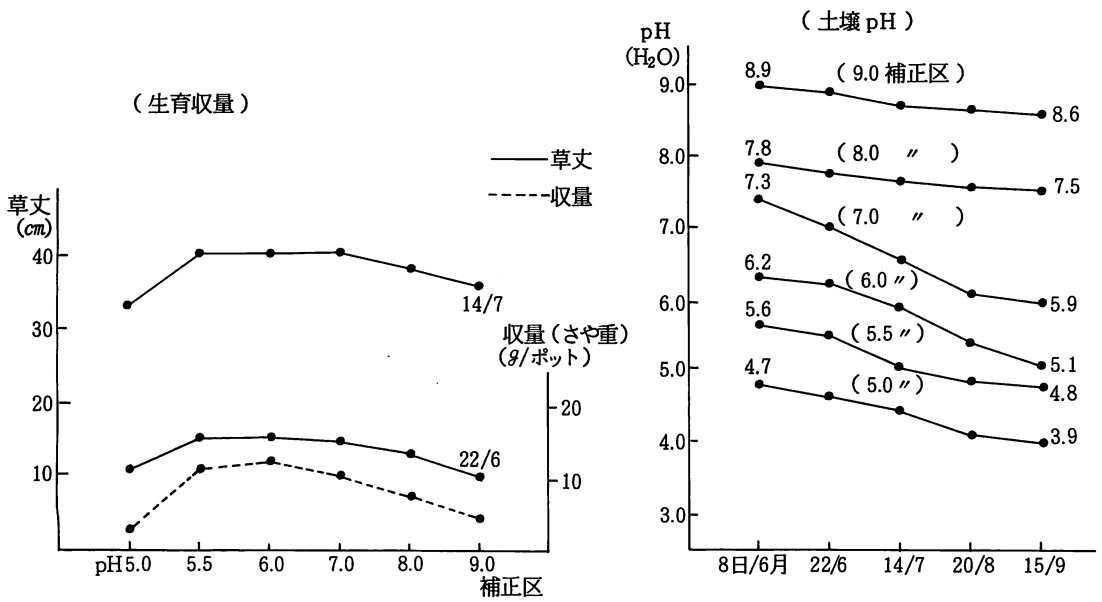
第1図から第1作目に栽培したビールムギの生育状況についてみると、発芽は播種後8日目頃から開始したが、各区間の中ではpH8.0、9.0補正区は他の区に比べて1～2日の遅れがみられた。その後ビールムギの生育は順調であった。しかし、発芽後から約1か経過した時点で、pH5.0補正区は、葉の先端より葉色が黒褐色に変色するなどあきらかに酸性障害の発生が認められた。これらの様相は次第に顕著になり、茎葉は生育半ばで枯死した。さらに、pH5.5、6.0補正区は、生育半ばまでいずれも順調な生育を示したが、生育後半において次第に草丈の抑制がみられるようになった。抑制の程度は5.5補正区に比べて6.0補正区では軽微となったが、観察された

葉の被害症状からみて、あきらかに酸害の発生と確認された。このようなことから、収量も生育を反映した形となり、5.5補正区はほとんど収穫皆無に近く、6.0補正区においても、大きく減収した。これに対して7.0補正区の生育収量についてみると、各処理区の中では終始良好な生育を示し、収量でも最高となった。さらに、pH8.0、9.0補正区についてみると、生育初期に草丈においてやや抑制される傾向がみられたものの、後半その遅れをとり戻し、収量では最っともよかったpH7.0補正区に次ぐ値となった。

つぎに、生育調査と同時に各生育時期別に各区の作土を対象にpHの変動について追跡した。この結果によれば、各補正区の土壤pHはいずれも補正後の日数の経過に伴って全般的に低下する傾向を示し、生育で酸性障害の発生が認められたpH6.0補正区以下の各区は、収穫期までに大部分がpH4.5以下の強酸性となり、とくに極端に低下した5.0補正区の5月8日収穫期のpH2.8、5.5補正区のpH3.2の値が目立った。一方、生育収量の安定していた高pH補正区では、最高収量のみられた7.0補正区は最終的に5.8まで低下したものの、8.0補正区で7.6、9.0補正区で8.1と比較的低下の傾向は緩慢であった。

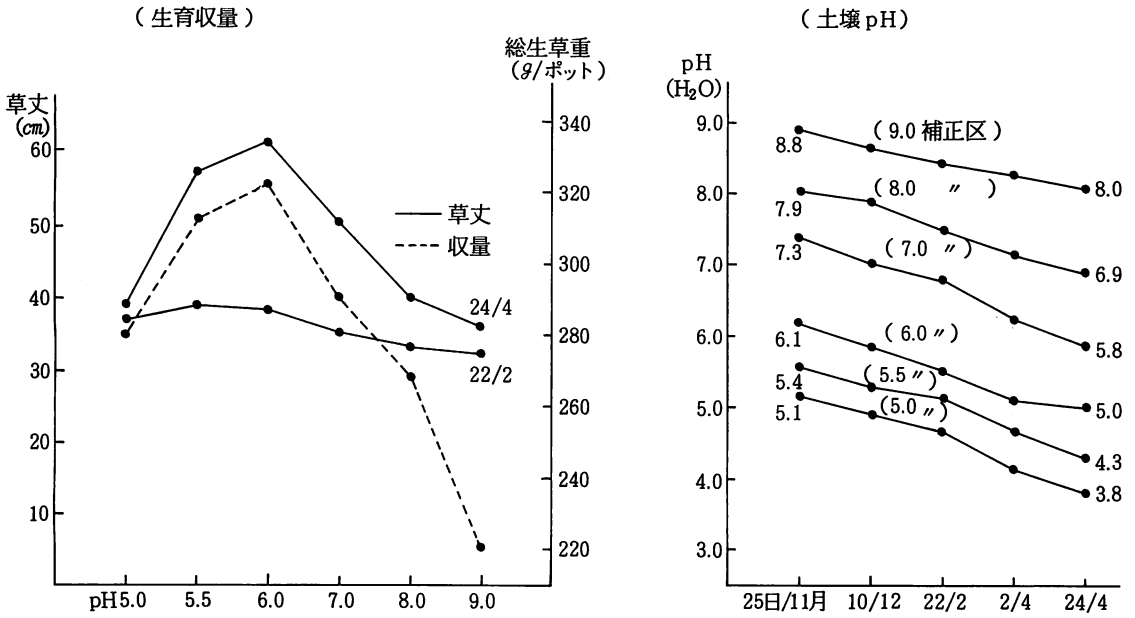


第1図 ビールムギ

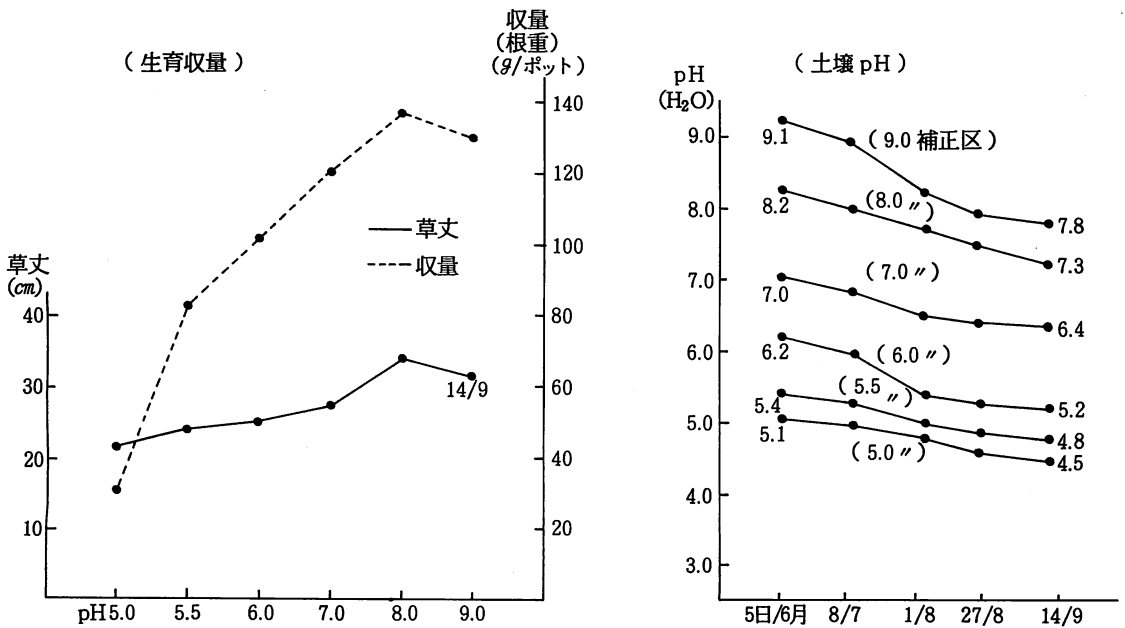


第2図 ダイズ

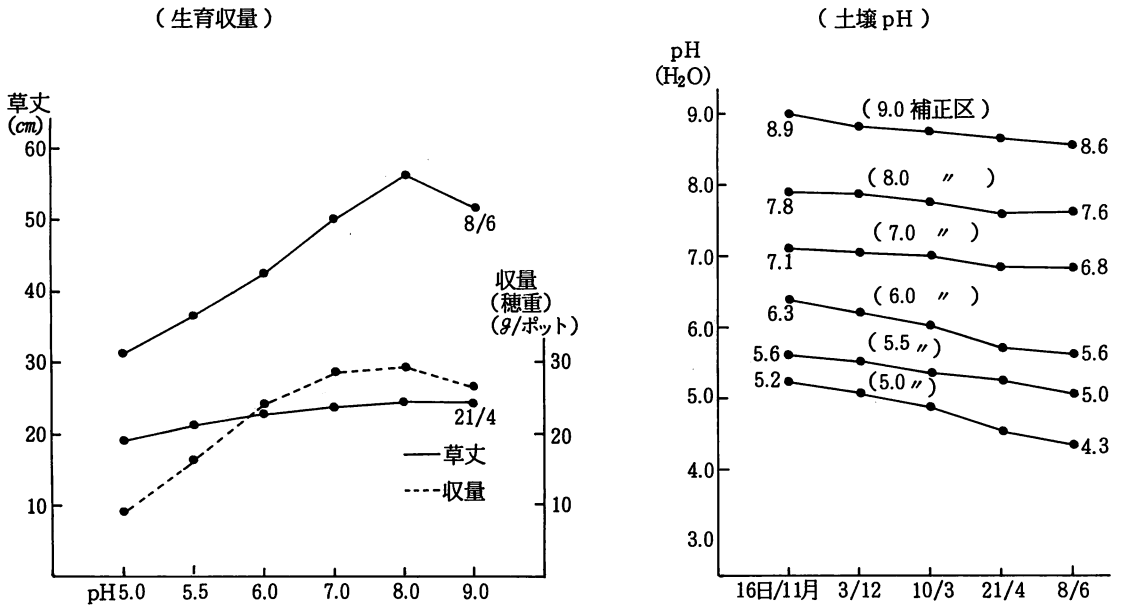
霞ヶ浦周辺干拓地土壌の改良に関する研究



第3図 イタリアンライグラス



第4図 短根ニンジン



第5図 オオムギ

第2作目はダイズを栽培した。作付けに先立って第1作収穫跡地の pH については消石灰を混和して再補正した。

ダイズの生育収量は、各区の中では pH 5.0 補正区で生育全般をとおしてあきらかに抑制されたが、その他の区についてみると、5.5 補正区から 7.0 補正区において、おおむね安定した生育収量がみられた。さらに 8.0, 9.0 補正区等 pH の高い段階をみると、生育収量は逐次低下する傾向がうかがわれた。

一方、生育段階において各区の葉色の観察を行ったが、その結果によると、全般的に生育のよかった pH 5.5~7.0 補正区では終始緑色を呈していたが、生育収量で抑制された pH 5.0 補正区では生育半ばで葉脈間が黄緑色となり、その後この傾向は顕著となった。さらに、pH 8.0, 9.0 補正区の葉色をみると、生育半ばで葉の周辺部より黒褐色となり、変色した部位についてはやがて枯死状態となった。刈取り時に障害のみられた植物体根部について根粒菌の附着状況について観察したが、pH 5.0 補正区、pH 8.0, 9.0 補正区いずれの区に生育したものにも根留菌の

附着は認められなかったが、pH 7.0, 6.0 補正区のものには根留菌の附着は豊富に観察された。

土壌 pH の変動では、第1作目の調整結果と同様、補正後も日数の経過に伴って全般的に低下し、とくに葉色が黄変した pH 5.0 補正区では生育半ばから極端に低下し、pH 4.0 以下の強酸性を呈した。一方、葉色の褐変した pH 8.0, 9.0 補正区をみると、収穫時点の 9 月 15 日の調整結果によってもなお pH 7.5 以上のアルカリ性を呈していた。

第3作目にはイタリアンライグラスを供試した。イタリアンライグラスの生育収量をみると、各区の中では 5.5~6.0 補正区で最もよく、次いで 7.0, 5.0 補正区の順となり、アルカリ側の 8.0, 9.0 補正区においては、かなり低い値が認められた。同時にみた土壌 pH の変動もおおむね第2作の傾向と同様であった。

第4作目は短根ニンジン供試した。栽培は前作イタリアンライグラスの跡地であったことから、作付けにあたっては前作の脱根処理とこれまで同様土壌 pH の補正を行った。生育収量についてみると、全般的に土壌 pH の高まるに伴って漸次高まる傾向がみられ、pH 8.0 補正

霞ヶ浦周辺干拓地土壤の改良に関する研究

区でピークを示した。また、収穫時に根部の色について、標準葉色粘を用いて調査した。これによると生育収量のもっとも劣った pH5.0、5.5 補正区では黄赤色の色相が 2.5 YR、5/10 の値に該当し、かなり濃い傾向がうかがわれたが pH6.0 補正区以上の各区では黄赤色の色相からやや淡い 5 YR、6/8 の値を呈するものが多かった。なお、短根ニンジンの発芽の状況は pH8.0、9.0 補正区で第 1 作ビールムギと同様、1～2 日の遅れがみられたが、その後、順調に出揃い発芽に伴う障害はほとんどみあたらなかった。

次に、土壤 pH の変動であるが、第 4 作目においても土壤 pH の栽培期間中における低下はこれまで同様認められた。しかし、この傾向は 5.0 補正区が収穫跡地段階で 4.5、5.5 補正区が 4.8、6.0 補正区が 5.2 と、第 1 作から第 3 作までみられた低 pH 段階での酸性化の程度は比較的緩やかであった。しかし、とくに注目されることは

8.0 補正区が 7.3、9.0 補正区が 7.8 にみられるように、高 pH 段階においてみられた pH 値の低下である。

さらに、土壤 pH の補正を行い第 5 作目としてオオムギを供試した。まず生育収量についてみると、5.0 補正区で生育後期に軽微な酸害症状が観察されたが、5.5 補正区ではほとんど認められなかった。しかし生育全般をとおしていずれの区も生育は抑制される傾向を示し、収量では 7.0、8.0 補正区でピークとなった。

土壤 pH の変化では 5.0 補正区が収穫時で 4.3、5.5 補正区で 5.0、6.0 補正区で 5.6、7.0 補正区で 6.8、8.0 補正区で 7.6、9.0 補正区で 8.6 と云う値にみられるように、各区における pH の低下の傾向はかなり緩慢であることが認められた。

2. 養分吸収

各処理区別の養分吸収の状況を、第 1 作ビールムギ程について示したのが第 5 表である。これよりまず各処理

第 5 表 無機成分含有率と吸収量 (第 1 作, ビールムギ程)

(ポットあたり)

項目 区別	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		CaO		MgO		Fe ₂ O ₅		MnO	
	含有率 (%)	吸収量 (g)	含有率 (%)	吸収量 (g)	含有率 (%)	吸収量 (g)	含有率 (%)	吸収量 (g)	含有率 (%)	吸収量 (g)	含有率 (ppm)	吸収量 (mg)	含有率 (ppm)	吸収量 (mg)
pH5.0 補正区	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
" 5.5 " 区	1.30	0.026	0.24	0.005	1.56	0.031	0.62	0.012	0.36	0.006	573	1.15	149	0.30
" 6.0 " 区	1.70	0.136	0.17	0.014	1.80	0.144	0.71	0.057	0.37	0.030	451	3.61	128	1.02
" 7.0 " 区	1.54	0.216	0.11	0.015	1.50	0.210	0.91	0.127	0.42	0.058	287	4.02	96	1.34
" 8.0 " 区	0.97	0.097	0.08	0.008	1.31	0.131	1.32	0.132	0.35	0.035	206	2.06	46	0.46
" 9.0 " 区	0.60	0.042	0.06	0.004	1.03	0.072	1.63	0.114	0.32	0.022	184	1.29	33	0.23

区と各無機成分含有率についてみると、CaOは補正値が高まるに伴って値の増加がみられたが、それ以外の成分はCaOとは逆に値はあきらかに漸減し、この傾向はとくに Fe₂O₅、MnO、P₂O₅ で目立った。また、吸収量では各成分とも生育収量の高かった pH7.0 補正区でピークを示し、次に 6.0 補正区、8.0 補正区の順となった。

3. 跡地土壤の化学性

土壤の分析結果については第 1、第 5 作跡地をとりあげ第 6 表に示した。

pH については前述したが、土壤と水 1 : 2.5 の割合で浸出し、その滲液を 0.1 N NaOH によって滴定した滴定数を乾土 100 g あたりで示した水溶性酸についてみると、第 1 作ビールムギの栽培で酸性障害の発生によって枯死

第6表 跡地土壌の化学性

(乾土100gあたり)

区 別	項目	pH		水 溶 性 酸	可酸化 性 S (mg)	有 効 態 P ₂ O ₅ (トルオーグ) (mg)	置 換 性 (m. e)			石灰飽 和 度 (%)	置 換 性	
		H ₂ O	KCl				CaO	MgO	K ₂ O		Fe ₂ O ₅ (mg)	MnO (mg)
第1作 (ビールムギ)	pH5.0補正区	2.8	2.8	189	1,780	1.7	16.2	2.3	0.3	74	1,670	264
	" 5.5 " 区	3.2	3.3	174	1,400	2.0	34.0	3.8	0.2	156	1,400	180
	" 6.0 " 区	4.9	4.5	140	1,160	4.6	40.8	5.0	0.2	187	1,050	131
	" 7.0 " 区	5.8	5.4	83	550	8.1	51.2	5.6	0.3	235	647	65
	" 8.0 " 区	7.6	6.7	12	257	8.9	56.0	2.5	0.3	257	470	25
	" 9.0 " 区	8.1	7.9	0	204	8.0	62.0	1.5	0.2	284	310	13
第5作 (オオムギ)	pH5.0補正区	4.3	4.2	94	658	3.9	17.0	1.8	0.8	78	680	85
	" 5.5 " 区	5.0	4.5	51	520	5.3	20.1	1.9	0.7	92	590	76
	" 6.0 " 区	5.6	5.0	19	403	5.9	22.4	3.1	0.7	103	410	70
	" 7.0 " 区	6.8	5.9	5	197	7.0	23.9	3.6	0.6	110	350	24
	" 8.0 " 区	7.6	6.8	0	103	8.0	26.0	1.5	0.5	119	230	13
	" 9.0 " 区	8.6	8.0	0	60	7.5	30.8	1.1	0.5	141	124	10

注) 1. 作土(0~15cm)対照

2. 水溶性酸: 土壌100gあたりの0.1N NaOH滴定数(土壌1, 水2.5浸出液)

3. MnO: 1N NH₄AC, 1時間保温浸出(70℃)

4. Fe₂O₅: pH4.8 NaAC, 1時間保温浸出(70℃)

したpH5.0補正区跡地土壌では189を示し、生育収量が最っとも良好であった7.0補正区では83、9.0補正区では不検出と補正值の高まりに伴って値の低下はあきらかであった。また、作付け回数が多くなるに伴って、その値の低下が目立ち、第5作目ではpH5.0補正区で94、7.0補正区で5、8.0、9.0補正区ではいずれも不検出となった。

可酸化性Sは、おおむね前述した水溶性酸でみられた傾向をうらづける形となり、第1作ビールムギで障害のみられた5.0、5.5補正区でそれぞれ乾土100gあたり1,780mg、1,400mgの値を示した。良好な生育を示した7.0補正区では550mg、さらに第5作オオムギの5.0補正区では、658mg、7.0補正区では197mgと水溶性酸と同様補正值の高まりと作付け回数の増加によって、値の低下は明瞭であった。

さらに、有効態P₂O₅についてみると、全般的に乾土100gあたり1.7~8.9mgの値がみられたが、各作、各処理区にみられた傾向は補正pH値の高まりに伴って値は

高まった。

次に置換性塩基の中からもCaO含量についてみると、各補正区間の差異はもちろんであることが、各作ごとにもその差は明瞭であった。すなわち、第1作目の各区の値が16.2~62.0m.eと較差が比較的目立つたのに対して、第5作目の各区の値では、全般的に17.0~30.8m.eの範囲を示し、第1作に比べて値は低く区間の差も小さかった。

MgO含量は作付け回数の増加に伴って各区の値が全般的に低下する傾向はCaOと同様であったが補正区別でみたその値はpH5.0補正区の酸性側で値は低く、pH6.0、7.0で値は高まり、さらに8.0、9.0と高pHで値は低下した。

K₂Oは第3作イタリアンライグラス跡地でやや高目の値がみられたが、各作とも各処理区間では判然としなかった。

石灰飽和度は前述したCaOでみた傾向を反映した形となり、その値は第1作で5.0補正区の74%、9.0補正区

の284%と全般的に高い値で推移したのに対し、第5作目では5.0補正区の78%、9.0補正区141%と値も低く、区間の較差も小さくなった。

Fe_2O_3 、 MnO の値は各作いずれも酸性の強い5.0補正区で最っとも高い値を示し、補正值が高まるに伴って値はあきらかに低下し、作付け回数の増加に伴っても同様の傾向が認められた。すなわち、まず Fe_2O_3 についてみると、第1作5.0補正区跡地における含量は乾土100gあたり1,670mg、7.0補正区で647mg、9.0補正区で310mgであったのに対し、第5作5.0補正区では680mg、7.0補正区で350mg、7.0補正区で124mgであった。さらに MnO についてみると、第1作5.0補正区跡地の含量は乾土100gあたり264mg、7.0補正区で65mg、9.0補正区で13mgであったのに対し、第5作5.0補正区では85mg、7.0補正区で24mg、9.0補正区で10mgであった。

以上、pHの補正段階を異にしたそれぞれの跡地について、主な化学成分の変化の様相を概観したが、硫化物を含むこの種の土壌においても土壌pHの差異によって、あきらかに各成分含量に差異がみられた。したがって、このようなことからここに作付けされる作物の生育にかなり影響を与える恐れのあることが推察された。

IV 考 察

1. 改良法

この種の土壌の改良法としては、1つは石灰によって中和する方法、他の1つは酸化促進によって酸化物質を洗滌する方法である。村上はこれら2つの方法を組合せ¹³⁾土壌を十分乾燥酸化させ、硫酸への分解生成を行ったうえで洗滌を繰り返し、その後石灰を施用して中和することが最ともよい改良法であるとしている。

FeS_2 の酸化は、反応が中性に近い場合は極端に抑制されるが、さきの方法はこれをうらぎるものであり、現在現地で行われている改良法はほぼこれに近い。

石灰施用量の算出については、全酸度法、過酸化水素水処理による終極pH法、中和曲線法等が考えられるが、全酸度法は、この種の土壌は酸性物質が、種々の条件に影響されながら酸化分解し生成してくる性格を持ってい

ることから、適定値から正確に握みにくいこと。過酸化水素水処理による終極pH法は、一挙に分解された酸性物質を中和するに要する多量の石灰を適正pHに調整混和する場合に一挙に施用するか分施するかで問題が残る。

酸性改良を行う場合の重要な点は、作物を作付けるにあたって、当面、播種発芽、苗立ちとその後の生育に差し支えないような土壌の適正pHを確保することであり、今後の酸化の終極点を見越して一挙に石灰を投入する方法に比べ、中和曲線法はこの点で適切な方法といえよう。

2. 改良後の土壌pHと生育

前述したように、この種の土壌は、石灰資材の施用によって酸性改良を行っても、その後進行する土壌の酸化で、作付けされた作物が生育途中の段階で、土壌pHの低下に基づく酸性障害の発生で、しばしばその後の生育に著しい被害を与えることがある。

本試験は、このような背景のもとにより適切な改良を行うための基礎資料を得ることをねらったものである。

供試土は、霞ヶ浦周辺干拓地に分布する代表的な酸性土を用い、改良後における土壌pHの変化とそれに伴う畑作物の生育収量との関係を追跡した。

結果は前述した第1作目の各補正区の土壌pHの変化様相からあきらかなように、改良後いずれの区も日数の経過に伴ってpHの低下はあきらかに認められ、とくに補正レベルの低い段階でその傾向は顕著であった。しかし各補正区とも作付け回数の進むに伴って栽培期間中におけるpH低下の傾向は逐次緩慢となり、第5作目では、第1～2作目に比べてかなり安定化の方向にあることがうかがわれた。

一方、このような土壌pH条件で栽培した畑作物の生育収量についてみると、いずれも栽培期間中はその後の土壌pHの変化に大きく影響された形となり、このことは第1作のビールムギ栽培結果からもあきらかである。また、供試した作物の生育収量の面からみると、ムギ類や短根ニンジンではpH7.0～8.0の補正範囲、ダイズやイタリアンライグラスではpH7.0から下まわる補正の範囲で良好な生育収量を示したことから推察すると、作物

の種類によって pH の好適範囲があるようであり、このことは今後、このような土壌を用いて畑作物の栽培を行う場合、留意すべき重要な示唆を与えているものと考えられる。

また、土壌 pH の変化と含有無機成分との関係で、作物栽培上とくに懸念されることは、それぞれの成分の可給度の変化であり、それに伴う生理障害の発生であろう。

とくに pH の低下に伴って心配される害の中にはアルミニウムの活性に伴う被害と鉄、マンガン¹³⁾の過剰害である。一方、多量の石灰投与に伴って高 pH になると、逆に土壌中の鉄、マンガンが減少してこれらに基づき欠乏障害が心配され、これらのことは、pH の補正にあたって留意すべき重要な点としてあげられる。

V 摘 要

以上、霞ヶ浦周辺に分布する硫化物を含む強酸性土壌を用いて、中和曲線法によって算出した中和石灰量でそれぞれの pH 補正段階を調整し、主要畑作物を中心にその生育収量と改良後の土壌 pH の変動に重点をおいて、ポット試験で検討した。その結果をまとめると次のようである。

1. 各畑作物の生育収量は、それぞれの pH 補正段階に反映した様相を示し、第1作のビールムギ、第4作短根ニンジン、第5作オオムギ等はおおむね補正 pH 7.0 をややうまわった段階、第2作ダイズ、第3作イタリアンライグラスは補正 pH 7.0 を下まわった段階で良好な生育収量が得られた。

2. 各畑作物の生育収量はいずれも栽培期間中の土壌 pH の推移に大きく影響された。

3. 中和曲線法によって補正した各段階の pH は、いずれも各作物の栽培期間中土壌 pH の低下があきらかに認められ、この傾向は補正 pH 6.0 以下の段階でとくに顕著であった。なお、pH 低下の状況を各作ごとにとみると、各補正区では第1～3作目で目立ったが、第5作目での変化はきわめて少なかった。

4. 跡地土壌の分析結果から、石灰施用による pH 補

正処理によって、土壌中の化学性は著しく変化し、このことは、とくに pH、水溶性酸、可酸化性 S、石灰飽和度、置換性 Fe_2O_5 、 MnO の含有量に大きく反映された。

謝辞：本研究を行なうにあたり、親切なご助言とご指導ご協力をいただいた元農試化学部長石川昌男氏（後場長、現退職）、同、吉原貢氏（後副場長、肥検所長、現退職）、ほか関係者の方々、さらに元農地計画課主査宮本正氏（後専技、現退職）、関東農政局高浜入干拓事務所の関係者の方々に心から感謝の意と厚くお礼を申し上げます。また、ポットの管理、分析試料の調整などにご協力いただいた農試管理部技師笹沼照子氏、同技術員小坪まさ子氏ほか関係者の方々に厚くお礼を申し上げます。

同時にご多忙中にもかかわらず、本稿のご校閲をいただいた農試場長、新妻芳弘氏、副場長石川実氏に対し、心から厚くお礼を申し上げます。

引 用 文 献

- 1) 小林 嵩：干拓地不良土壌改善に関する研究，茨城農試臨時報告，3，（1939）
- 2) 小林 嵩：湖沼干拓地不良土壌の改良に関する研究，農林省農地局計画部資源課（1951）
- 3) 村上英行：中海，宍道湖地域における酸性硫酸塩土壌の分布とその特性，酸性硫酸塩土壌の特性と改良法（第1報），日土肥誌，38，No.4，（1967）
- 4) 村上英行：可酸化イオウの酸化に伴う土壌無機成分の変化，酸性硫酸塩土壌の特性と改良法（第4報），日土肥誌，39，No.4，（1968）
- 5) 平山 力ら：霞ヶ浦周辺干拓地土壌の改良に関する研究，茨農試特研報，No.3，（1977）
- 6) 平山 力ら：水稻の酸性障害対策について，土肥学会講要集，16，Part I，89，（1970）
- 7) 村上英行：可溶性イオウの形態，酸性硫酸塩土壌の特性と改良法（第2報），日土肥誌，38，117～120，（1967）
- 8) 本村 悟ら：酸性硫酸塩土壌における石灰施用の効果について，土肥学会講要集，21，Part I，77，

霞ヶ浦周辺干拓地土壤の改良に関する研究

- (1975)
- 9) 土壤養分測定法委員会編：土壤養分分析法（1970）
- 10) 農林水産省農産園芸局農産課編：土壤水質及び作物
体分析法（1979）
- 11) 村上英行：可酸化性イオウの半定量法，日土肥誌，
32, 276, (1961)
- 12) 茨城農試：高浜入干拓畑地化新技術開発調査試験成
績書（1973）
- 13) 村上英行：酸性硫酸塩土壤の特性と改良法に関する
研究（1965）

水稲単作経営の複合化と集团的土地利用の展開

茅根 敦夫・小松 徹夫*

Development of Diversified Farming in Puddy Field and Land Use by Group Farming

Atsuo CHINONE, Tetsuo KOMATSU

今日の水田作農業に求められる発展方向は、水田利用再編を契機として、複合農業を行う集落営農への展開である。この展開過程で遡上が困難な段階は、生産の主力を多数の複合主体から少数の担い手へ結集させる展開である。本稿は集落営農への展開を土地利用の形態に着目し、利根下流域の事例をとりあげて、集团的土地利用の形成形態と形成のメカニズムを明らかにした。

集团的土地利用を確立していくエネルギーは、個々の農家の収益性を安定、向上していくことである。中核的担い手抽出のために主要な推進力となるのは①個別所有の機械の借上制度・地域単位の作業の体系化、中核者グループによる高能率作業などを背景とした生産単位の拡大（コスト低減）、②やさい作導入による女子・労働力の活用による土地収益性の向上、③団地化・田畑輪換などによる単収の向上（収益増）等である。

I 問題意識

今日の水稲作経営は存亡の岐路に立たされている。それを打壊する今後の発展方向は、「借地型個別大規模形態」へのみちと、「集落農場形態」へのみちとの二者択一にせまられている。

従来の水稲作経営は中型機械化体系技術を確立し、成長を図ってきた。この展開過程は経済の高度成長期における労働力の吸収を主たる誘引として、複合部門を切捨て、2ヶ月農従10ヶ月兼業といった兼業稲単作経営に傾斜してきた。従って今日中・大規模な稲単作経営の基本的な経営問題は複合経営と比べた場合に「国定整備の低利用」¹⁾にあり、その結果が生産性の低さに結びついている点にある。

平山氏は「借地型個別大規模のみちは、スケール・メリットにより償却費や、家族労賃を大幅に低減させる。問題は単収、粗収益を落し、地代圧を高めて、生産費低減力を弱め、純収益を殺ぐことであり、また基本的課題

である分散錯綜制を温存してしまうことである。特に分散錯綜制の下における個別経営の規模拡大は、小面積の小刻みな農地集積とならざるをえない。小刻み拡大のメリットは、限界粗収益と限界生産費の接する3haにはなく、3ha未満層において小規模化するほど大きく発現する。また青刈り稲転等や兼業化、後継ぎ非就農や高齢化等による水稲の減反は、極めて不利であることを示している。」と述べている。さらに「これが中型機械体系をテコとした休日稲単作農業を存立させ、それが意欲的な中核農家への農地の流動化・集積を低迷化させている」²⁾と述べている。

事実、規模別水稲作農家数の動きは、1ha以下の小規模層の農家数は減少しておらず、小規模稲作の存立条件が歴然としてある。先進的な借地型大規模経営事例においては、規模拡大に伴ないパラレルには場分散する傾向がある。³⁾これを克服するために、八巻氏の報告によると、経営は「日作業の単純化、異種作業の重複回避。……

* 現茨城県農林水産部改良普及課

団地毎品種統一及び同一品種播種期分散, 団地每一括植付け, 日作業単位量の確保など作業と圃場の組織化」⁴⁾による生産能率の向上を条件としている。しかしこの対策も分散錯圃制そのものを克服できるものではない。個別規模拡大に限界があることを示している。

水稲作経営が低コスト化を実現し, 需要の変動に対して弾力性をもって持続的に生産をおこなっていきけるみちは, 第二の地域として個別としても複合経営化を図る集落営農である。その根拠は集落全農家に高収益を及ぼす合意形成を基本として, 汎用連担団地を形成し, 水田のもつ機能を多面的に生かす大規模, 輪作農法の展開により, 低コスト, 高収益の水田複合経営が展望できるからである。²⁾

今日の稲作経営の発展方向は転作という外的インパクトを活用して, その下で非効率で孤立的な個別, 水稲単作経営から, 複合化と規模拡大との併進を図る集落営農の確立である。²⁾そのために求められている課題は, 個別分散錯綜の点的土地利用から, 面的連担形態の集落営農段階への土地利用に遡上する階梯を明確に示すことである。

平山氏は「集落営農の発展」において集落営農組織の機能と段階を①多数の複合主体間の経営資源配分調整機能の段階(A₁)からはじめて, ②多数の複合主体間意思調整による単一生産単位の形成の段階(A₂), ③少数の複合主体連合の単一生産単位の形成の段階(B₁)そして④単一主体・一農場形成の段階(B₂)として示している。⁵⁾これを水田の土地利用形態に適用すると, 次のようになる。①属地集団(ほぼ集落)単位で排水などの土地改良がおこなわれた乾田において, 原則的には個々のもつ経営資源を個別で最適な規模拡大と集約化の併進を果たそうとする土地利用の段階(a₁)。②副次部門生産用機械の共同導入, 共同利用など経営資源装備・利用面での結びつきを強めながら, 土地生産性を高めるための団地化, 輪作をおこなう土地利用の段階(a₂)。③農家間の生産力較差を是認し, 作業分担あるいは作業受委託等により, 生産力の高い少数担い手へ結果する段階(b₁)で, ここではより高い土地生産性と労働生産性を追求するた

め, 大規模生産単位をつくり, 大規模作付と輪作が成立する。④より高い収益性を求めるため経営資源装備の一元的保有と, 無限責任農家と有限責任農家との生産・販売過程の分担制を基礎として, 構成農家の多様な能力を生かすために, 労働力利用共同, 機械利用共同, 中間生産物利用共同および知の共同利用が重視された作物構成となる。そこでは低コスト, 高収益を果たす地域単位の大規模水稲作複合の土地利用, すなわち集落営農の段階(b₂)が想定される。

集団的土地利用の概念規定については種々の説があるが,^{5), 6)}本稿ではa₁およびb₂との間に存在するa₂およびb₁形態をさすこととする。昭和53年以降, 水田利用再編を契機として各地に集落単位で転換作物の導入をおこなう事例がみられる。約10年を経た今日, 新利根村太田新田集落や東村清久島集落など一部事例を除き, 本県で優良転作事例といわれるものの多くは, 形態的にみればa₁, a₂段階が多いと推定される。⁷⁾転換作物部門だけでなく, 基幹作物である水稲生産の再編をもまきこんでゆくa₂→b₁への展開は, 個別経営から新しい営農形態への入り口であり, 特に重要な転換点である。そこでは作業担い手の信頼性の獲得, 構成員個々の能力認識, 自己評価などに関する集落的合意形成に時間を要する反面, 兼業プラス水稲単作の個別的土地利用への回帰性向も強い段階にあると思われるからである。

本稿は集落営農への展開を土地利用の形態に着目し, さきに示した展開過程と形成形態を具体的事例の分析により確認すると同時に, 展開プロセスをより具体的に示すことにある。特に多くの事例が直面しているa₂→b₁への移行過程における条件, すなわち集団的土地利用確立の条件解明にポイントをおいた。とりあげた事例は昭和54年から集団的に転換作物導入をおこない, a₁からa₂段階に到達したあと, b₁段階への展開が課題となった状態で今日に至っている集落である。

分析は個別経営の複合化に関する領域と, 集落全体の立場から個々の農家が集団的土地利用を展開していく組織化の領域に着目した。特に前者については, 集団的土地利用が個々の資源を個別の領域から解き放し, より大

きな生産単位のなかで、労働力を含め、経営資源の装備、利用の再編を図っていくものであり、b₁への具体的な土地利用の形態を展望するうえで重要である。そのため多くの紙面をさいた。本来経営の目標はいうまでもなく、総資本利潤率の極大化にある⁸⁾兼業プラス水稲単作経営では、機械、土地利用率低位の問題は農家経済のなかでかき消されてしまう。しかし、集団的土地利用の展開過程では改良のための投資とその後の土地利用、新規作物生産用機械の導入と利用、さらに共同作業等をすすめるなかで、労賃、地代が認識され、さらに利子に関する認識が生じ、利潤意識がもたれるようになり、効率が経営の目標の一つになっていくと思われる。このような意識がどの段階であらわれ、どのような方法で実現されていくかに注目する必要がある。従って各段階の土地利用が個々の経営にとって総資本利益率と極大化していくうえで、換言すれば経営資源の利用率向上と費用利益率を向上させていくために、各段階の土地利用がもつ意味に着目して分析をおこなう⁹⁾。

II 対象集落の農業概況と集団的土地利用の展開過程

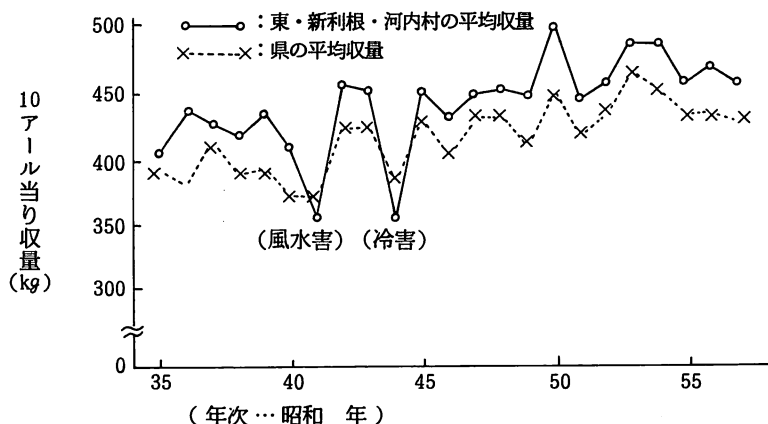
1 利根川下流地域の概況

利根川下流左岸一帯にひろがる水田地帯は、かつてよしなどの繁る湿地帯であった。水田が拓かれ、集落が形

成されはじめたのは江戸時代中期以後といわれている。田面の平均標高1mという低地であるため、台風などによる水害にたびたび見舞われた。水害をできるだけ避けようとする早期栽培や、水路（江間）を利用した運搬ならびに鹿島乙女とよばれる季節移動労働力に依存した大規模稲作経営など、この地域独特の農業がつい最近まで続いていたところである。^{10), 11)}

昭和30年代後半からはじまる水田の基盤整備により湿田は30a区画の美田に生まれかわり、水路にかわって農道が整備された。移動労働力に支えられた農家は機械化が進められ、労働時間も減少した。また道路網の整備により首都圏への通勤も可能となり、農外就業の機会も増えて、昭和40年から急激な兼業化がみられ、水稲単作の兼業農業が早くから確立したのである。水稲単作経営の増加は全県的な動向であるが、農家一戸当り経営耕地面積が県平均105aなのに対し、利根下流地域は約160aと大きいこと、水稲の生産力は高く常に県平均を上回ること（第1図）、そして水稲単作とはいえ高い生産力と大面積作付けにより、10a当り所得は低位でも農家一戸当り所得は県平均をやや上回ること等がこの地域の特徴である。

この地域の年平均気温は14.5℃、年降水量1,318mm、降霜日数は少なく、気候的には恵まれているといえる。しかし低湿地という土地条件により耕地は水稲単作利用



第1図 水稲の年次別反収の推移（茨城農林統計）

であり、比較的田面の高い利根川沿いの水田に作付けられた飼料作以外に畑作物の作付けはほぼ皆無といえる状態であった。水稻作以外の経営といえば耕地の一部を転換した施設園芸や畜産、あるいは湿田条件を利用したレンコン栽培農家程度であり、昭和57年現在、地域の水稲単作経営農家率は94.8%であった。このような地域でも、昭和53年にはじまる水田利用再編を契機として水田に畑作物を導入しようとする動きがみられるようになった⁵⁾。これまで水稻作付以外に利用されなかった水田の高度利用への足がかりといった意味で新しい動きである。

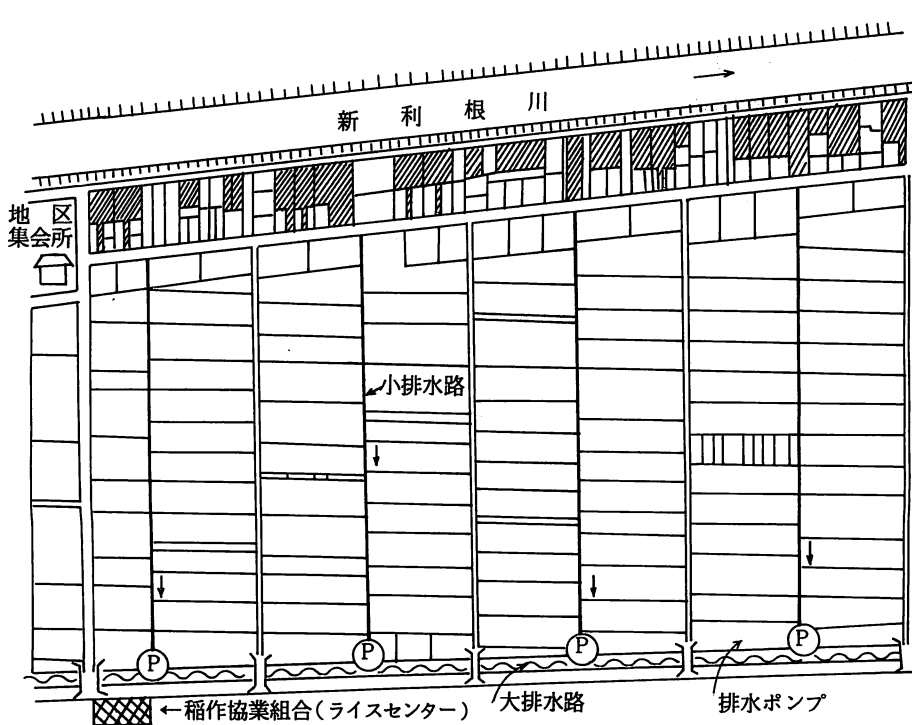
2 手栗集落の農業概況

調査対象として取りあげた河内村手栗地区は、東村、新利根村および河内村の3村からなる利根川下流水田地帯の中心よりやや西部に位置している。地区は第2図に示したように新利根川を背にして人家が並んでおり、人家の南側には1区画30aに整理された水田が一面にひろがっている。集落領域は東西に約800m、南北に約500

mの長方形をしている。

集落の総戸数は18戸であり、うち農家は16戸である。昭和53年の県農業基本調査によると専業農家は皆無で、一種兼業農家が13戸、第二種兼業農家が3戸であった。56年には第一種兼業農家のうちの1戸が専業に戻ったが、第一種兼業農家層の厚い集落の特徴はそのままである。

農業従事者数は男12人、女17人である。男子の場合、農業専業は1人であり、他の11人は兼業に従事する。兼業従事はいずれも臨時的な就業であるが、男子の兼業就業は従事の期間からみて二つのタイプがある。第一は農繁期間は農業に従事し、夏、冬季に兼業に従事するタイプであり、30～40歳と比較的若い経営者がこのタイプに属する。もう一つは農繁、農閑期にかかわりなく、一年を通して兼業に従事するタイプであり、2日間連続して就業したあと3日間連続して休むサイクルでおこなわれ、農業は3日の兼業休日のなかでおこなわれる。女子の場合は農業のみ7人、農業と兼業の両方に従事する者



第2図 手栗集落図

水稲単作経営の複合化と集团的土地利用の展開

5人である。転換作物導入は女子の就農状態を大きく変えた。53年の農業のみ従事は2人であり、兼業と農業の両方に従事する者が多かったが、複合化が進むにつれて、婦人労働力が農業に戻っている。

農家1戸当たり経営耕地面積は214aである。県の平均耕地面積105aと比べると約2倍と大きい、もともと平均耕地面積の大きな湿田地帯にあっては、やや大のグループに属する。経営耕地の最も大きな農家は地区唯一の専業農家の496aであり、最少は二種兼業農家の117aである。52年当時は最大の農家でも290aであったが、転換作物導入以後に4戸の農家が経営耕地面積を増やしている。借入地の大部分は集落外である。

集落領域内の水田は約35haである。このうち入作地は3団地約3.5haである。第2図に示したように、昭和42～43年の圃場整備により、宅地（幹線道路沿い）に近い部分を10～15aの小区画圃場とし、各戸に平等に配分した。この圃場から南の本田部分は宅地からの距離で平等になるように、1戸当り1～2団地に分けて換地されている。

転換作物を導入する直前における経営は水稲作用機械装備、利用状態からみると個別型と共有型に大別できる。個別型は稲作にとって適期作業実施のポイントとなる田植、刈取の両過程を、個別所有の機械を用いて家族労働力による組作業をおこなう型であり、11戸と多数派である。これに対し共有型は両過程とも共有機械を用いて、作業は協同作業をおこなう型であり、2戸しかなく、集落では少数派である。集団で転作を行うようになって後も水稲作部門においては、この二つのタイプは大筋において継続されている。

第1表に集落領域内35haの水田に作付けられた作物を年次ごとに作付戸数、面積をあらわした。52年までは水稲単作であったが、53年（産）に六条大麦が導入されたことを発端として、54年から集落全体でダイズ作付けを開始し、翌55年からは集約的な加工用トマト、ハウレンソウなども作付けるようになった。麦類作付の増加が一段落した55～57年の主要な作物の作付率をみると、概ね水稲37%、麦類41%、ダイズ20%である。

第1表 手栗集落における年次別作付状況（地区内の水田35ha内）

（単位：戸，ha）

転換作物	年次 戸数、面積	昭 53		54		55		56		57	
		戸数	面積	戸数	面積	戸数	面積	戸数	面積	戸数	面積
転 換 作 物	六 条 大 麦	5	3.7	10	11.5	3	2.6	0	3	1.4	
	二 条 大 麦			2	5.5	13	22.2	12	22.6	13	17.3
	小 麦			3	1.0	1	0.4	4	2.1	6	3.0
	ダイズ（中・大粒）	1	0.2	10	2.8	0	16	12.1	15	12.5	
	ダイズ（小粒）			15	6.6	16	11.6	2	0.3	0	
	加工用トマト					10	1.1	6	0.6	4	0.6
	ハウレンソウ					2	0.2	8	0.5	4	0.4
	サトイモ			1	0.1	1	0.2	1	0.1	1	0.2
	ナス					1	0.2	2	0.1	4	0.2
	ラッカセイ			2	0.4	2	0.3	0	0	0	
その他	4	0.1	5	0.5	3	0.2	2	0.8	2	0.3	
計	-	4.0	-	28.4	-	39.0	-	39.2	-	35.9	
水 稲		16	31.0	16	24.6	16	21.5	14	20.5	14	20.8
備 考	転作割当て面積		3.2		3.9		4.8		-		-
	転作実施（申請）面積		2.7		9.6		10.7		14.9		12.9
	互助制度適用面積		0		5.3		3.3		6.8		5.2

3 集团的土地利用の展開過程

第2表に手栗集落の作物の種類、設備、機械および組織結成の動きを示した。2戸の農家が52年秋からはじめた麦作導入を皮切りに、団体営で湿田改良をおこない、54年には補助事業でダイズ作用機械を共同導入し、この共同利用、作業をおこなうため大豆生産組合を結成した。ここまでの動きは、土地利用高度化へのみちをひらくものであり、麦作の導入によって土地と機械の利用率向上を図るa₁段階を越えて、転換作部門の組織化によりハイ

スピードでa₂段階に到達した。

大豆生産組合結成後は、くずダイズと冬期の労働力活用を図るためミソ加工施設を導入した。またダイズ用機械の活用ができる加工用トマトを55年に導入し、同年には麦ワラ、稲ワラを集めて酪農家に販売するといった、多面的な活動を展開した。

しかし土地利用は個別のままであったために、第3図に示したように同一耕区内に水稲作付地と転換作物作付地がとなりあうこととなり、転換作物は水田からの浸透

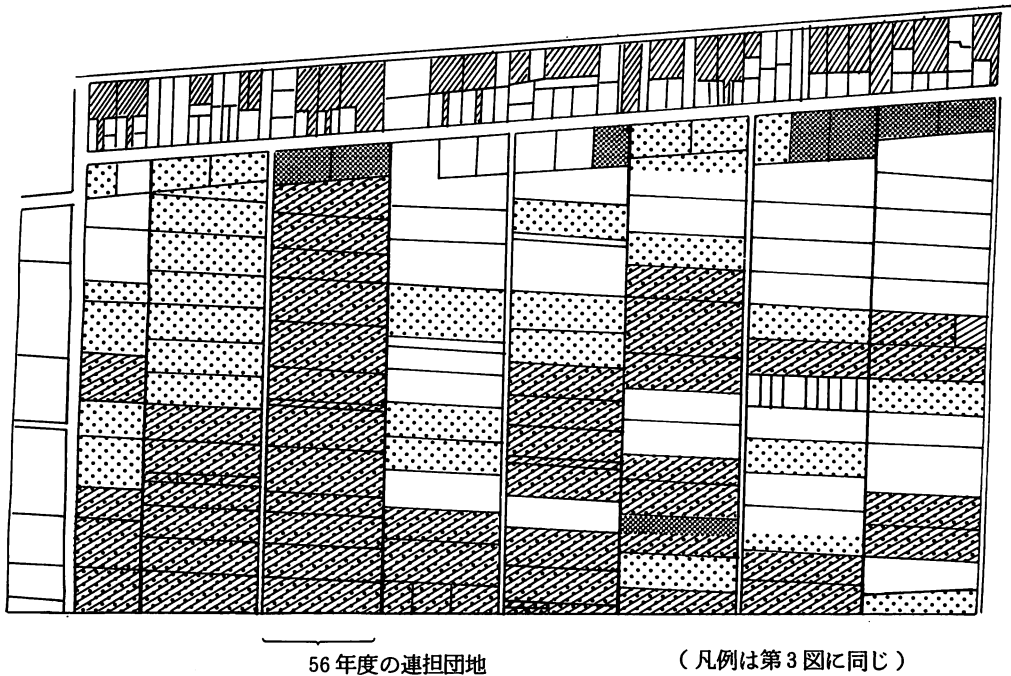
第2表 作目、設備・機械の導入および組織結成の動き

年次	作目の動き	設備・機械の導入	組織化	集团的土地利用の段階
52年	六条大麦の導入			a ₁
53年	麦作農家の増加	湿田の改良		
54年	ダイズの導入	ダイズ作用機械の導入 ミソ加工施設の設置	ダイズ生産組合の結成	
55年	加工用トマト導入 麦わら、稲わら集め	ヘイベーラの導入	加工トマト生産組合の結成 麦作組合の結成	a ₂
56年	麦-ダイズ作付地の団地化(ローテーション)		土地利用改善組合の結成	



第3図 昭和54年の土地利用

(凡例 □: 稲単作 ●: 麦+稲 ▨: ダイズ
▩: 麦+ダイズ ■: その他(畑作物)



第4図 昭和56年の土地利用

水により、湿害をうけた。このような事情に加えて、水田利用再編第二期から、補助金の一種として団地化加算金が増えられることになり、手栗集落では第4図に示したように西から3番目の耕区にダイズ作付地を団地化することになった。

手栗集落は a_1 段階から a_2 段階へは短時間で到達できたものの、その後少数担い手による高効率・高土地生産性の土地利用段階(b_1)にまだ到達できず、 a_2 段階の状態が続いて今日に至っている。

Ⅲ 個別経営の複合化

1 土地利用からみた経営のタイプ

湿田の土地改良後、急激に作付面積を伸ばした麦作も55年にはほぼ安定期に入った。集落の土地利用単位は麦一水稲、麦一ダイズ、加工用トマト一ホウレンソウなど、従来の水稲単作当時に比べ、年間2作型が多くみられるようになった。個々の農家は土地利用率からみて、第3表に示したように概ね三つのタイプに分けられる。

Aグループは集落内にある水田の土地利用率180%以上の農家である。これらの農家はもちろん麦類の作付面積も高率であり、比較的水稲作のウエイトが低く、加工用トマトの作付やダイズの大面積作付けなどの特徴がみられる。BタイプはAタイプよりも水稲作のウエイトは高く、水稲、麦類およびダイズ作がほぼ3:3:2の割合で構成されている。CタイプはBタイプよりもさらに水稲作のウエイトが高くなり、麦、ダイズ作の比率は低い。

三つのタイプの特徴をさらに経営資源及び技術水準の面からみたのが第4表である。Aタイプは平均耕地面積が大きく、経営主の年齢は若く、農業を主とする就業状態にあり、機械装備は個別、共有の二タイプがあって、技術水準は他のタイプに比べ、やや高位にある。やがて $a_2 \rightarrow b_1$ への発展のうえで農業の担い手群とみられる農家である。Bタイプは3戸と少ないが、経営耕地面積規模は中位で経営主の年齢はやや高く、年間を通して兼業に従事しており、機械装備は個別タイプ、技術水準は低

第3表 土地利用からみた経営のタイプ (56年)

農家 番号	経営耕 地面積 (a)	集落領 域内水 田面積 (a)	集落領域内の土地利用					土地利 用 率 (%)	地区外の土 地 利 用		経営全体 の土地利 用 率 (%)	土地利 用のタイプ ※
			水 稻 (a)	麦 類 (a)	ダイズ (a)	加工用 トマト (a)	その他 (a)		水 稻 (a)	麦 類 (a)		
2	171	167	102	15	60	0	5	109			109	C
3	350	179	0	164	169	10	5	194	171	50	163	A
5	497	197	0	162	182	15	15	190	300	147	165	A
6	115	111	67	40	44	0	0	136			136	C
7	149	113	103	0	0	0	10	100	36	0	100	C
8	206	194	124	130	70	0	0	167			167	B
9	254	137	72	95	65	0	0	169	117	0	137	B
10	141	141	60	131	71	10	10	200			200	A
11	304	170	110	150	50	10	0	188	134	0	149	A
12	281	159	149	65	0	10	10	147	122	0	127	C
13	303	190	55	175	125	11	11	198	113	0	162	A
14	294	236	161	90	60	0	15	138	58	0	131	C
15	247	229	209	50	0	0	20	122			122	C
16	250	208	118	133	75	0	15	164	42	0	153	B

※ 集落領域内の土地利用を基準として、次のように区分した。

180%以上 …… A (高度土地利用タイプ)

150~180 …… B (中位土地利用タイプ)

150%未満 …… C (低位土地利用タイプ)

第4表 タイプ別の経営の特徴

タイプ	戸 数	平均経営 耕地面積 (a)	経営主(男)の就業状況			経営主 の年齢 (歳)	機械装備		作物単収 ※1		備 考
			農 専	季 節 的 兼 業	年 間 兼 業 従 事		恒 常 的 兼 業	個 別	共 有	水 稻	
A	5	319	1	4		43	3	2	487	417	52年以降経営面積拡大……3戸
B	3	239			3	54	3		425	375	
C	6	209		1	3	2	54	3	1	453	375

※1 水稲は、53~55年の早植コシヒカリ、麦類は55年産二条大麦の単収を用いた。

い、といった特徴がみられる。Cタイプの経営耕地規模は中~小規模で、経営主の年齢はやや高く、経営主の就業状態は農業よりも兼業にウエイトがあり、機械は個別所有もしくは作業委託しており、技術水準はBタイプよ

りもやや上位、といった特徴がみられる。

以上のような特徴に基づいて、Aタイプ(高位土地利用タイプ)からは機械共有型の⑤農家と個別型の④農家を、Bタイプ(中位土地利用タイプ)から⑥農家を、C

タイプ（低位土地利用タイプ）からは、機械を装備していない⑥農家を選び、複合化の実態を分析した。

2 高位土地利用，機械共有型農家における複合化

1) 経営資源と活用上の条件

⑥農家はこの集落唯一の専業農家である。昭和53年までは経営主、同妻とも農閑期には兼業に従事していたが、それまで作業受託していた水田270 aを借入に切りかえたことを契機として、兼業従事をやめた。57年現在の労働力は44歳の経営主と41歳の経営主妻の2人である。

この農家は第3表で示したように、この集落で最も経営耕地が大きい。第一の特徴は、地区外の水田にも麦類を作付け、経営耕地全体の土地利用率向上をはかるとともに、集落内の水田にはすべて畑作物を作付けてしまうといった、大胆な意思決定をおこなう点にある。

第二の特徴は、農用機械は大部分共有であること、そして協同作業をおこなうことにある。耕起、代かき作業などトラクターは集落内の1種兼業農家6戸でつくっているトラクター利用組合（設立43年、トラクター48ps 1台）のトラクターを輪番で利用する。水稲作の育苗、田植作業は育苗協業組合（設立46年、組合員6戸）に委託し、経営主及び妻は協業組合に出役して作業をおこなう。水稲の刈取、乾燥・調整作業は水稲協業組合（設立46年、組合員6戸うち3戸が集落内農家）に委託し、作業経営主及び妻が出役して共同作業をおこない、賃金の支払いを受ける。つまり経営として、利用効率を高めるべき固定資本は大部分共有であって、それらの利用率向上は⑥農家にとって委託料金（単価）の低減（費用）あるいは組分の赤字分負担の低減といった形をとって現われる。

第三の特徴は、協業により家族労働力の枠を超えた作付規模拡大の可能性を有していることである。作業員4～6名と大型機械により高効率な作業がおこなわれるからである。但し、このためには作物の品種、作型および作付規模などは組織のもとで計画的に作付をおこなわなければならない、といった条件がある。

2) 耕地条件と土地利用

経営耕地497 aのうち、2団地197 aだけが第5図に示

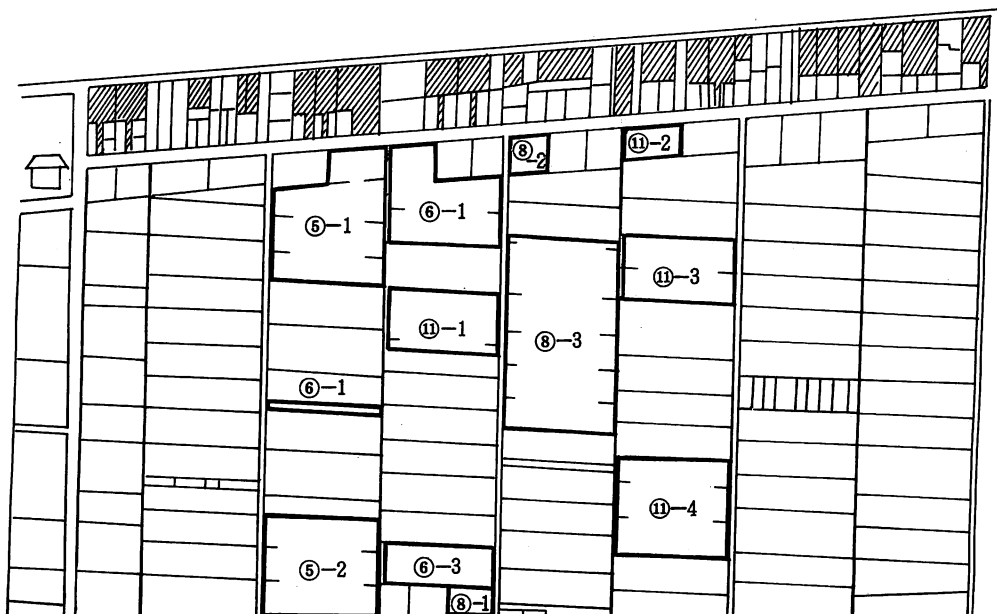
したように地区領域内にあり、夏季にも畑作物作付けが可能な水田である。地区外の水田300 aのうち147 aは麦作が可能であるが、残り153 aは湿田で、麦作は困難である。

第5表に53～57年の間における団地別作物作付状況を示した。この表から特徴を示すと、第一に他に先がけられた麦作の導入および麦類の大規模作付けである。このために麦作は連作となっている。第二の特徴は加工用トマト、ハウレンソウなど集約的な作物の栽培をはじめたこと、第三に56年からダイズの大面積作付けをはじめたこと、第四に団地別に作物の種類が異なること、そこに明確な輪作体系はみられないこと、等である。

麦作の導入はいくつかの理由がある。第一にライスセンターに放置されていた普通型コンバインとデンマーク型乾燥機の活用であり、稲作協業組合の作業受託収入を少しでも増やして組合の損失を少なくしようとする点にあった。初年度の麦作は350 kgと低位であったが収穫期前の排水さえできれば作付けが可能であることが示された。従って、翌年からは麦作可能地にはできるだけ麦の作付けをおこない、組合員以外の作業受託もおこなうようになった。このため、水稲協業組合の作業受託収入が増え、56年には⑥農家ら組合員は各作業とも従前と比べ約1,000円ほど作業委託料を引き下げることが可能となった。

麦作導入の第二の理由は、共有トラクターの利用が競合しあう4月末～5月上旬の利用時期をあとにずらすことと、利用率を高めることにあった。水稲単作ではトラクター利用組合員はできるだけ高い単収を求めて4月下旬～5月上旬に代かき、田植作業を集中させる。麦あとと水稲作での代かき、田植は、6月上旬になるため、トラクターの利用競合を避けることができた。しかし、トラクター組合員間に麦類作付面積が増えてくると、こんどは6月上旬に利用が競合しあうようになった。

麦の大面積作付けを支えているのは大型機械を軸とした協同作業と、その後の適期の管理作業実施である。麦類の収穫はコンバイン操作係1名、操作交替要員兼雑用係1名、運搬係1～2名および乾燥設備操作係1～2名



第5図 調査農家の圃場分布図

第5表 ⑤農家における土地利用

ほ場 番号	面積 (a)	自宅からの 距離Km	昭 53	54	55	56	57	備 考	
1-1)	15	0.1	水 ホーネンワセ	稲 やさい類	加工用 トマト	ホーレ ソウ	加工用 トマト	ホーレ ソウ	加工用 トマト
1-2)	92	"	六条大麦 水稲 ホーネン ワセ コシヒカリ	六条 大麦 水稲 コシヒカリ	二条 大麦 ダイズ 小粒	二条 大麦 ダイズ 大粒 小麦(60a)	二条 大麦 ダイズ 大粒	二条 大麦	
2-1)	15	0.5	六条大麦	ダイズ 大粒 六条 大麦 ダイズ 小粒	二条 大麦	水稲 オーゾラ	二条 大麦 ダイズ 大粒	タマネギ (20a)	
2-2)	45	"	六条大麦	水稲 トヨニシキ 六条 大麦 ダイズ 大粒	二条 大麦	水稲 オーゾラ	二条 大麦 ダイズ 大粒	小 麦	
2-3)	30	"	六条大麦	水稲 トヨニシキ 六条 大麦 水稲 オーゾラ	二条 大麦	水稲 オーゾラ	二条 大麦 ダイズ 大粒	小 麦	
外 1	30	-	水稲	水稲	水稲	水稲 コシヒカリ	-		
外 2	123	-		水稲	水稲	水稲 オーゾラ	-	借地	
外 3	147	-		水稲 稲 二条 大麦	水稲 コシヒカリ 二条 大麦	水稲 コシヒカリ 二条 大麦	水稲 コシヒカリ 二条 大麦	借地	

の計4名で作業がおこなわれ、1日概ね2haの作業がおこなわれる。中型機械化体系の家族経営の作業能力と比べるとその5～7倍に相当する。

麦類の作付けは57年で5年目となる。作付可能地にはすべて作付けるため1-2)および2-1), 3)は5作目にはいった。単収は54年産大麦の450kgをピークに減少しつつあったが、57年産二条大麦では鶏糞、堆肥の投入量をそれまでの約2倍にふやし、追肥なども試みた結果、54年と同じ450kgまで回復させることができた。

第二の特徴としてとりあげた加工用トマト、ホーレンソウなどの栽培は、普通作物の生産だけでは時間的余裕のある夏季及び冬季の労働力活用をねらったものである。加工用トマトの労働ピークは4月下旬の定植準備および定植と7月中旬から9月上旬にわたる収穫作業である。定植作業は早植水稲の代かきと重なり合うが、水稲単作の面積が160aと少ないため、労働競合はさほど問題でない。収穫期間中は9月上旬に早植水稲の刈取りと重なるが、これも水稲の作付規模が小さく、作業は計画的に実施できた。ホーレンソウの労働ピークは収穫期間であるが、この時期は競合し合う作業もないため、労働力活用上、有利な作物である。加工用トマト栽培で利用される動力噴霧機は、ダイズ作用の機械を利用しており、機械の利用率を高めることとなった。

第三の特徴であるダイズの大面積作付けは、56年からはじめた。この年から水田利用再編対策の第二期にはいり、補助金のうちに団地化加算金10a当たり1万5千円が加えられることになった。行政機関からの依頼もあったが、⑥農家の立場からみて、転換作物作付地を団地化することは、湿害の回避および湿害軽減のため明渠掘り等の作業がなくなるし、単収増加も期待できるなどのメリットが考えられた。また、トラクター利用組合員間にも麦一水稲作がふえ、このため麦あと水稲作の耕起、代かき時にはトラクターの利用希望が集中するようになった。⑤農家のトラクター利用の順番は他の農家のように兼業との調整で作業日が規制されないこと、利用面積が大きく占有期間が他の組合員より長いこと等の理由により、どうしてもあとまわしになる。育苗、田植を協同で

おこなう⑥農家の場合、55年の田植は代かきが予定より10日も遅れて、老化苗を植えざるをえなかった。このような事態をなくすためにも、トラクターを利用する時間の少ないダイズ作の大面積作付けにふみ切った。

第四の特徴である団地別作付けのちがいに着目すると、⑥農家の土地利用は集約的作物中心の土地利用(1-1)), 麦一水稲あるいはダイズ作で田畑輪換がおこなわれている土地利用(1-2))および2-1)～3), 麦一水稲作のくり返しの土地利用(外3), 水稲単作の土地利用(外1, 外2))といった4つに大別できる。1-1)圃場は他の圃場に比べて50m×30mと区画が小さい。また、自宅から約100mと一番近い圃場でもある。従って大型機械使用時間の少ない、かつ通作回数が多い集約的な作物が作付けられた。ただし、麦が作付けられる圃場では11月もしくは6月がサイクルの転換点となるのに対し、加工用トマトーホーレンソウでは3～4月および9月が転換点となる。麦作の作付単位と加工用トマトの作付単位の転換はどちらも圃場に空き期間を生ずるため、切りかえがおこないにくい。このことが連作を助長する一因となっている。55年の田畑輪換は、畑転換2年目には畑雑草がふえ、除草作業が必要となったための対応であった。

3) 複合経営の収益性

第6表に56年の経営成果を表わした。この年の作付単位別作付規模は水稲単作153a、二条大麦+水稲147a、二条大麦+ダイズ122a、小麦+ダイズ60aおよび加工用トマト+ホーレンソウ15aである。その他に期間借地で二条大麦作60aと、耕起、代かき等の作業受託、稲わら、麦わら集めをおこなった。

⑥農家の経営費のうち、変動費は種苗、肥料、農業、燃料及び諸材料費など直接作物生産に必要な費用と、育苗組合などへ支払う委託料、負担金(内訳は労働費、施設、機械償却費等)とに大別できる。固定費は固定資産償却費(軽トラック)、土地改良・水利費、租税公課および借入地代(10a当たり54,000円、270a)である。個別完結型農家と比べると労働費(家族労働費を含め)が委託料という形をとって費用化されていることと、通常の場合、農用機械、施設費などは固定費として計

第6表 ⑤農家の経営収支と作付単位別の収益性比較

作付単位等	二条大麦					その他				合計	作付単位 のみの平均 値 (A~E)	水稲単作 時の 10a 当たり収 益性	水稲単作 時の10a 当たり収 益性
	水稲	+水稲	+ダイズ	小麦 +ダイズ	加工用トマ ト+ホレン ソウ	二条大麦	耕起,代 かき等作 業受託	稲,麦わ ら集め	生産組織 よりの賃 金				
作付規模 (アール)	153	147	122	60	15	60	-	-	-			497	
主産物販売価額	143,520	204,030	122,080	127,900	325,000	59,850	0	0	0	8,010,353	153,949	7,132,944	143,520
転作奨励補助金	0	0	60,000	60,000	45,000	0	0	0	0	1,155,750	23,255	0	0
収入 互助会・団地化加算金等	0	0	14,772	14,772	14,772	0	0	0	0	291,000	5,855	0	0
労賃・その他	0	0	0	0	0	0	278,000	224,000	885,300	1,390,300	0	825,020	16,600
小計 (a)	143,520	204,030	196,852	202,672	384,772	59,850	278,000	224,000	885,300	10,847,403	183,059	7,957,964	160,120
種苗・肥料・農薬・燃料 及び諸材料費等	13,183	33,193	40,700	46,300	107,639	20,010	0	0	0	1,745,491	32,705	655,195	13,183
変動費 委託費・負担金等													
育苗組合委託料	13,000	13,000	0	0	0	0	0	0	0	390,000	7,847	646,100	13,000
水稲協組委託料	23,000	36,000	13,000	13,000	0	13,000	0	0	0	666,500	11,841	1,143,100	23,000
トラクター組合負担金	6,000	10,000	6,000	6,000	4,000	4,000	139,000	0	0	517,000	7,123	288,200	6,000
ダイズ生産組合負担金	0	0	2,050	2,050	0	0	0	0	0	37,310	751	0	0
労働費	0	0	15,000	15,000	80,000	0	0	0	0	353,000	7,103	0	0
小計 (b)	55,183	92,193	76,750	87,350	191,636	37,010	-	-	-	3,709,301	67,370	2,742,595	55,183
単位当たり利益 (a-b)	88,337	111,837	120,102	120,322	193,136	22,840	-	-	-	7,138,102	115,689	5,215,369	104,937
借入地代	-	-	-	-	-	-	0	0	0	1,458,000	29,336	1,458,000	29,336
固定費 固定資産償却費・土地改良・水利費・租税等	-	-	-	-	-	-	0	0	0	343,852	7,120	264,402	5,320
所得											79,233	3,492,967	70,299
作物の単収 (kg/10a)	水: 480	水: 420	二: 350	小: 300	ト: 5,000	二: 350							480
		二: 350	ダ: 213	ダ: 250									
10a当たり労働時間 (hr)	26.6	32.6	30.8		472.0					(2,756.0)	55.8	(1,314.0)	26.6
主な使用機械	トラクタ、田植機、自脱型コンバイン、乾燥機	トラクタ、田植機、自脱型コンバイン、普通型コンバイン、乾燥機	トラクタ、田植機、自脱型コンバイン、普通型コンバイン、乾燥機	トラクタ、田植機、自脱型コンバイン、普通型コンバイン、乾燥機	トラクタ、田植機、自脱型コンバイン、普通型コンバイン、乾燥機	トラクタ、田植機、自脱型コンバイン、普通型コンバイン、乾燥機	トラクタ、田植機、自脱型コンバイン、普通型コンバイン、乾燥機	トラクタ、田植機、自脱型コンバイン、普通型コンバイン、乾燥機	トラクタ、田植機、自脱型コンバイン、普通型コンバイン、乾燥機				
機械はすべて共有													

算される費用が⑤農家の場合、変動費として計算されること、この二点が特徴である。

種苗費等は1,745,491円であり、経営全体の約29%を占める。作付単位別にみると集約的作物である加工用トマト+ホーレンソウが107,639円で水稲単作のほぼ8.2倍、二条大麦+ダイズが40,700円で3.1倍、二条大麦+水稲33,193円でほぼ2.5倍である。この費用は水稲単作当時と比べ約2.5倍ふえている。次に委託料等は水稲単作の10a当たり委託料が42,000円であるのに対し、加工用トマト+ホーレンソウが84,000円で水稲単作の2倍、二条大麦+水稲が59,000円で約1.4倍、二条大麦+ダイズは36,050円と低く、約0.9倍である。水稲単作当時と比べると、ダイズ生産組合負担金や加工用トマト労働費

など支払項目がふえた。しかし、ダイズ生産組合は単位面積当たり負担金は機械の減価償却費引当金積立てをおこなっていないこともあって低く設定されている。このようなことから、経営全体の委託料は水稲単作当時とほぼかわらなかった。また固定費は、1,801,852円であるが、このうち借入地代が1,458,000円でほぼ50%を占めている。湿田改良に要した農家負担分は10a当たり10万円であり、利子は3,500円である。

作付単位別に10a当たり変動費を比較すると、水稲単作に対して加工用トマト+ホーレンソウが約3.5倍、麦類+ダイズが約1.4倍、二条大麦+水稲が約1.7倍であった。費用増加の大部分が種苗費肥料費等であるから、これらの投入効果を高める肥培管理等の重要性が増加し

ているといえる。

各作付単位の収入を水稲単作の単位面積当たり販売額を基準に比較してみると、加工用トマト+ハウレンソウが約2.3倍で最も高く、次に二条大麦+水稲が約1.3倍である。ダイズ作が入る単位は水稲よりも約2万円低いが、転作奨励補助金等が加わるため、水稲単作の約1.4倍と高くなる。従って経営全体の主産物販売価額は8,010,353円であり、水稲単作当時の7,132,944円と比べ、約90万円しか増えていない。これに転作奨励補助金や稲わら、麦わら集めなど、複合化に伴っておこなわれるようになった部門の収入を含めると56年の収入は10,847,403円となり、水稲単作時の7,957,964円と比べれば約290万円の増加となった。

56年の作物の単収を、過去数年の単収と比較した場合、比較的大きな差がみられたのは二条大麦（約85kg低位）と加工用トマト（約3,000kg低位）であった。このため二条大麦および加工用トマトが入る作付単位の単位面積当たり販売額は、例年より低位であった。もし転換作物が平年並み単収を実現していれば、56年の粗収入は水稲単作時よりも約63万円増加する。

56年の所得は5,336,250円であり、水稲単作の所得3,492,967円と比べるとかなり向上したといえる。しかし、この所得は転作奨励補助金を含んだものであり、これらを差引いた実質的な農業所得は3,889,500円である。転換作物の単収が平年並みであっても約60万円が増加する程度であるから、補助金は収益性を大きく支えている。

単位面積当たり収入(a)から単位面積当たり比例費(b)を差引いた単位面積当たり利益(補助金を含む)は、加工用トマト+ハウレンソウが最も高く、次いで小麦+ダイズ、二条大麦+ダイズ、二条大麦+水稲単作の順位であった。単位面積当たり利益を高めるならば加工用トマト+ハウレンソウをふやせばよい。しかし、加工用トマトは契約作物であり規模拡大は生産者の自由とはならないこと、労働収益性が低く、規模拡大するにも限界利益はそれほど高くないことなど、必ずしも有利な方法とはいえない。また、⑥農家が二条大麦+水稲を減らし、かわりに二条大麦+ダイズを増やした。理由は、団地化

加算金がふえて単位面積当たり利益が二条大麦+水稲と同等、もしくは上回るという経済的裏付けがあげられる。

4) 複合化の効果と課題

経営耕地規模が拡大されたとはいえ、水稲単作では専業として労働力再生産に必要な家計費にも足りない所得しか得られないことは明白であった。従って⑥農家は経営資源の活用を図って限られた土地からより高い所得を生み出すための様々なアイデアを次々と出し、先頭に立って複合化を推進してきた。

まず水稲しかつけれない湿田の土地改良を進め、次に水稲作とは土地・機械利用共同が可能な麦類の大規模作付けをおこなった。ダイズ作は機械、労働力利用からみて、個人作付・現技術体系では水稲用機械は使えず、新たに機械を導入しなければならないし、また作業時期も麦あと水稲とほぼ重なり合ってしまうため、けして有利な作物ではない。しかしダイズ作用機械を補助金利用と共同導入で経営費は安くなる。さらにその機械の利用共同と夏季・冬季の労働力を活用するために集約作物を導入して資源の高度利用を図った。

この結果、⑥農家は複合化に伴う新たな投資を極力抑えながら土地・労働力の利用率を大幅に高め、操業度の拡大を図るとともに、しかも地域資源の利用調整など、新たな経営管理領域を拡大し、経営主のもつ多面的な能力発揮の場面をつくり出し、かつ発揮した。このような経営展開は農業専業として常に農業生産の場について、問題の解析と適切な対策の実施と、いつでも作業に従事できるといった強みをもち、費用として意識されている労働力の効率的な利用および、高能率化された作業構造にある。

しかし各作物ごとの作業体系は機械利用が一元化されておらず、適期作業、計画的作業がむずかしいこと、このため作付規模はもちろん、単収にも影響があること、また有利性は低くても補助金の受給を前提としてダイズ作をおこなわなければならないことなど、問題は多い。このため土地利用は水田のもつ多面的な効果を活用するような作付順序を形成できない状態にある。

3 高位土地利用, 機械個人有型農家における複合化

1) 経営資源と活用上の条件

事例としてとりあげた⑩番農家は、それまで作業受託していた水田 100 a を借地にかえ、経営耕地を 304 a に拡大した。複合化したのちも兼業従事を継続している第一種兼業農家である。

農業従事を主とする家族員は経営主(34歳)と経営主の妻(32歳)および経営主の父(59歳)の3人である。経営主の母(59歳)は特に忙しい時だけ農作業に従事する。水稲単作当時は3人とも兼業に従事していたが、複合化後には経営主妻は兼業従事をやめている。経営主の父の兼業従事は1年中おこなわれる。経営主の場合は農閑期間中連続して従事する。ただし、仕事の内容が特殊な技能を要し、また数人がグループとなっておこなう仕事のリーダー格となっているので賃金は高い。

経営耕地 304 a は、4 a が畑地で 300 a が水田であり、6 団地に分かれており、うち 4 団地 170 a が地区領域内にある。(第6図に⑩農家の地区内水田の位置(⑩-1~4)を示した。)地区内の水田はすべて乾田で多目的利用が可能であるが、客土したときの土壌の種類の差により、乾き具合は一様でない。外2の田の借入先は妻の生家であり、⑩農家からは直線でほぼ 3 km はなれている。利根川堤防近くに位置しており乾田で冬季麦作も可能である。地代は 10 a 当たり約 6 万円(現物)である。

農用機械はトラクターを除きすべて個人で装備している。⑩農家の場合、トラクター利用組合に所属しており、これを個別輪番で利用する。機械化段階に移ったのは昭和45年以降であるが、はじめから個人で導入したわけではなく、コンバインなど高額な機械は当初2戸の共有で導入し、のちの買替えは個人別におこなっている。55年には主としてコンバイン搬送のため小型トラックを購入するなど、農用機械の投下額は高額化してきている。

⑩農家も耕起、代かきおよび田植等の作業受託をおこなっている。作業は経営主が就農している期間(3~6月, 9~11月)を中心におこなうため、経営主の就農期間中の労働活用となっている。

2) 土地利用の実態

この農家の53年から57年の間の土地利用状況を第7表に示した。これによると、⑩農家の特徴としては、第1に⑥農家と比べて麦作の導入・拡大が遅れていること、ダイズ作付面積の急激な拡大などせず、大胆な作付構成の変革はおこなわないなどである。第二の特徴は⑥農家でもみられた、土地条件を配慮した土地利用であり、このため作付順序には連作傾向がみられることである。

第一の特徴について、まず麦作の導入は⑥農家と比べ一年遅れており、しかも作付面積は55 a にとどめた。また、夏季の畑作物については、⑥農家のように56年からダイズ作付面積を急激に増やすことはなく、その後も55 a 程度の作付面積を維持している。このような作物構成をとる原因の一つは、農業と兼業との間の労働力活用をめぐる対立があるからである。

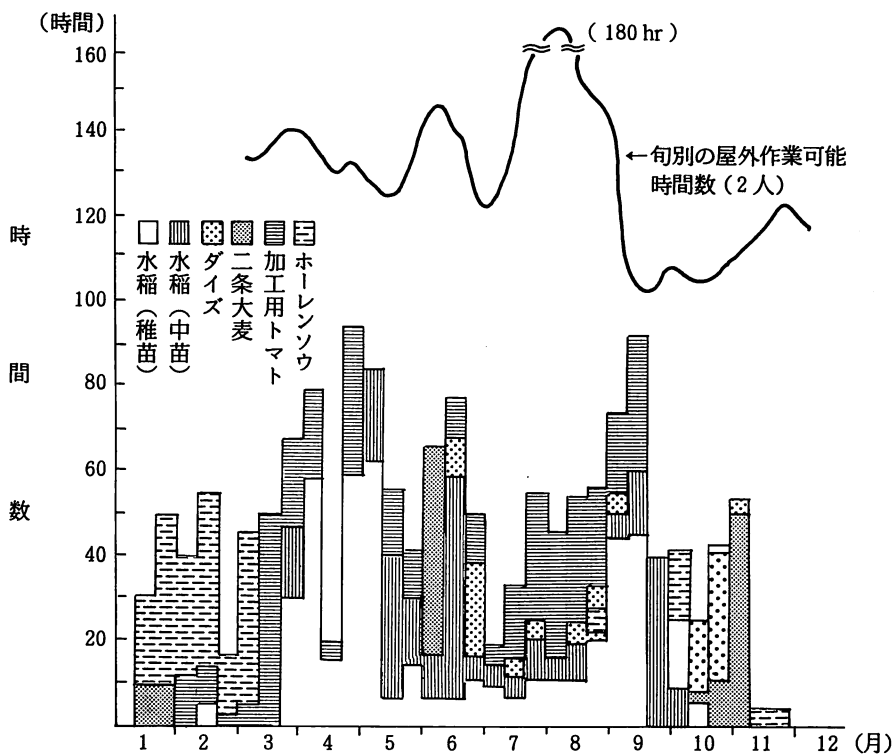
第6図は、昭和56年の旬別労働時間数である。第7図は、同じ水田面積で水稲単作であった場合を想定した旬別労働時間数である。単作当時は3月下旬から5月上旬までと8月下旬から9月下旬までの合計約3ヶ月間だけ就農すれば、残り9ヶ月は兼業就業できる。しかも5月中旬から8月中旬まで、および10月上旬から翌年の3月中旬まで、この間は継続して兼業に就くことができる。これに対し、56年の旬別労働時間をみると、4月から5月および9月のピークは低減したもののほぼ一年間を通じて農作業がおこなわれるようになった。しかし、農業部門での労働力利用は第6図をみてもわかるように、この当時の作物構成では労働力を活用しきれない状態にある。

⑩農家にとって複合化は、高い農外賃金を得ることのできる経営主を、経営内に引きとどめることになった。第8図は昭和56年の旬別作業方法別の作業時間数である。経営主は経営内において耕起、コンバイン操作などの機械を使用する作業と、麦のは種、トマトの防除など経営主妻とおこなう組作業およびダイズ薬剤散布、刈取りなど地域単位でおこなわれる作業に出役しなければならないような共同作業を担当する。これらの作業は水稲単作当時なら3月下旬から5月上旬、8月下旬から9月中旬までの計3ヶ月だけに集中していたのに対し、複合化後

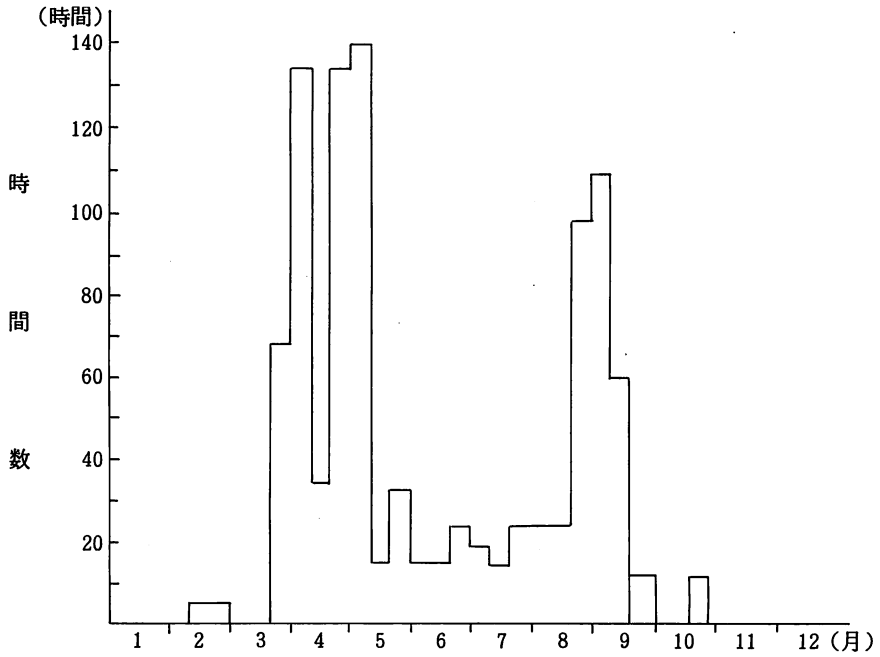
水稻単作経営の複合化と集团的土地利用の展開

第7表 ①農家における土地利用

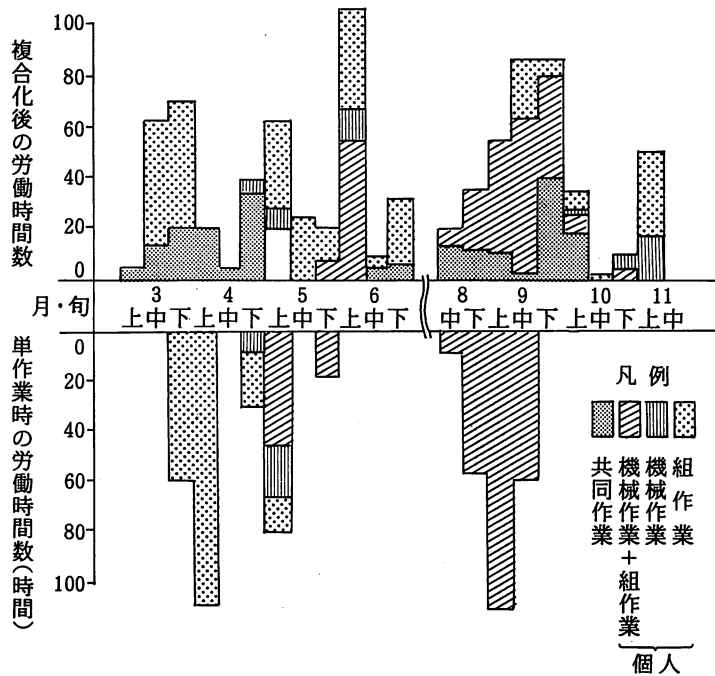
ほ場 番号	面積 (a)	自宅から の距離(km)	昭 53	54	55	56	57	備考			
1	40	0.3	水稻 コシヒカリ	水稻 コシヒカリ	六条大麦	水稻 コシヒカリ	二条 大麦	水稻 トヨニシキ	二条 大麦		
2	15	0.1	水稻 トヨニシキ	水稻 イナバワセ	六条大麦	水稻 トヨニシキ	二条 大麦	水稻 トヨニシキ	二条 大麦		
3	60	0.2	水稻 イナバワセ トヨニシキ	水稻 イナバワセ トヨニシキ	二条大麦	水稻 トヨニシキ イナバワセ	二条 大麦	水稻 トヨニシキ イナバワセ	二条 大麦		
4-1)	45	0.4	水稻 コシヒカリ	六条大麦	ダイズ 小粒	二条大麦	ダイズ 小粒	二条 大麦	ダイズ 大粒	二条 大麦	} 耕土, 砂壤土
-2)	10	0.4	水稻 コシヒカリ	六条大麦	ダイズ 小粒		加工用 トマト	ホーレ ンソウ	加工用 トマト	二条 大麦	
外 1	30	0.5	水稻 トヨニシキ	水稻 トヨニシキ		水稻 トヨニシキ		水稻 トヨニシキ			
外 2	100			水稻 コシヒカリ 大空		水稻 コシヒカリ 大空		水稻 コシヒカリ 大空			借入地



第6図 ①番農家の旬別労働時間数(昭56)



第7図 ①農家の水稲単作想定時の旬別労働時間数



第8図 ①農家の作業内容別労働時間数

水稲単作経営の複合化と集团的土地利用の展開

は3月中旬から6月上旬および8月下旬から11月上旬までの計6ヶ月間に拡大している。

⑩番農家は57年から、機械作業や共同作業でも、可能な作業はできるだけ経営主の妻が出役するようにし、加工用トマトの作付けもやめた。作物構成は水稲（早植、遅植）麦類およびダイズだけとし、経営主は4月～6月と9月～11月は主として農作業に従事し、これ以外は兼業中心に就業するようになった。

第二の特徴であるほ場ごとの土地利用は、第7表によれば、二条大麦+水稲をくり返す土地利用（1,2,3のほ場）、二条大麦+ダイズを連作する土地利用（4-1）、加工用トマトを連作する土地利用（4-2）および水稲単作の土地利用（地区外のは場）の4タイプに分れる。

地区外水田のうち、54年から借入れた100aの水田は、明渠掘りやその補修など、排水対策をおこなえば、麦作は可能である。このほ場に麦作付けをしない理由は、第一に麦のは種期および麦あと水稲の耕起、代かき時に共有のトラクターの利用希望が多くなり、借入れが困難なこと。第二に自脱型コンバイン利用体系では能率が低く、大面積作付けが困難であること、等である。

夏季后排水路の水位が低く、排水が容易なほ場はやはり集落内の水田である。地区外のは場は、晴天のときは排水路の水位が低いが、多量の降雨がある場合には排水設備がなく、湿害発生の危険性が高い。従って安全性を考慮すれば麦作をはじめ、畑作物の作付けはどうしても集落域内のは場に、ということになる。

排水は排水路の水位が低ければよい、というものでなく、土性も排水に大きく影響する。4番ほ場の耕土は砂壤土であり、⑩農家のは場の中で最も排水性が高い。このため、4番ほ場は畑作物の連作となっている。加工用トマトが連作となっているのは⑥農家の場合と同様、作付切りかえのタイミングが合わないためである。4-①ほ場では二条大麦は四連作となった。この場合の単収は二年目450kgであり、三年目には425kgとやや低下し、四年目では325kgと大幅に低下した。ダイズは三連作であったが単収の低下はみられない。加工用トマトは初年目7,500kgであったのに対し、二年目は6,800kgとやや低

下した。

3) 収益性

第8表に56年の経営成果を表わした。この年の作付単位別作付規模は水稲単作130a、二条大麦+水稲115a、二条大麦+ダイズ45a、および加工用トマト+ホーレンソウ10aである。これ以外に耕起、代かき等の作業受託、稲わら・麦わら集め作業に従事し、これからの収入がある。

この農家の一年間の経営費は3,445,802円である。種苗木費、肥料費などの費用は851,877円で経営費の約25%、トラクタ組合負担金などの費用は466,725円で経営費の約14%、固定資産償却費、土地改良、水利費および借入地代などの固定費は2,127,200円で経営費の約62%を占めている。ちなみに、⑥農家と比べると当然ながら負担金等の割合が小さく、その分固定資産償却費等の割合が高い。10a当たり負担金+固定資産償却費を比較してみると、⑥農家の場合、家族労働を1hr当たり1,000円として試算しても46,432円なのに対し、⑩農家は66,458円と約43%割高であった。生産規模、所有態の差とみられるが、とにかく⑩農家は固定費の割合が高いだけに、より一層土地（借入地代）、機械等（償却費）の利用率向上に留意しなければならない。

土地、機械を高度に利用するのは二条大麦+水稲、二条大麦+ダイズである。この二つの作付単位の10a当たり変動費を比べた場合、二条大麦+水稲の負担金等は10,000円なのに対し、二条大麦+ダイズのそれは23,050円と高い。つまり、手持ちの機械を活用して現金支出をできるだけ節約する点からみれば、二条大麦+水稲の方が有利であるといえることができる。この農家がダイズ作をふやさない理由の一つがここにある。

56年の作物の単収は水稲単作526kg、麦あと水稲416kg、二条大麦（平均）410kg、ダイズ246kgおよび加工用トマト6,800kgであった。主産物販売額は5,601,944円である。10a当たり主産物販売額は187,031円であり、水稲単作の157,274円と比べ約3万円多かった。さらにダイズ作には転作奨励補助金が加算されるので、作付単位平均で197,531円となり、平均より約1万円高い。56年の各作物の単収を過去数年の単収と比べて差がみら

第8表 ⑩農家の経営と作付単位別の収益性比較

作付単位等	水稲 A	二条大麦 +水稲 B	二条大麦 +ダイズ C	加工用トマト + ホーレンソウ D	その他			合計	作付単位 のみの平 均値 (A~D)	水稲単作 時の10a 当たり収 益性	
					ダイズ組 合よりの 労 賃	耕起代か き等作業 受 託	稲・麦わ ら集め				
作付規模 (アール)	130	115	45	10	-	-	-	300		300	
主産物販売価額	157,274	191,887	144,507	394,400	0	0	0	5,610,944	187,031	4,718,220	157,274
転作奨励補助金	0	0	60,000	45,000	0	0	0	315,000	10,500	0	0
収入 互助金・団地加算金等	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
労賃・その他	0	0	0	0	117,500	238,000	240,000	595,500	0	238,000	7,933
小計 (a)	157,274	191,887	204,507	439,400	117,500	238,000	240,000	6,521,444	197,531	4,956,220	165,207
変動費											
種苗、肥料、農薬、燃料 及び給材料費等	11,920	34,039	43,783	88,445	0	20,000	0	851,877	27,729	357,600	11,920
委託費・負担金等											
育苗組合委託料	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
水稲協組委託料	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
トラクター組合負担金	6,000	10,000	6,000	0	0	90,000	0	310,000	7,333	180,000	6,000
ダイズ生産組合負担金	0	0	2,050	0	0	0	0	9,225	308	0	0
労働費	0	0	15,000	80,000	0	0	0	147,500	4,917	0	0
小計 (b)	17,920	44,039	66,833	168,445	0	110,000	0	1,318,602	40,287	537,600	17,920
単位当たり利益 (a-b)	139,354	147,848	137,674	270,955	-	-	-	5,202,842	157,244	4,058,620	147,287
借入地代	-	-	-	-	-	-	-	600,000	20,000	600,000	20,000
協定費 固定資産償却費、土地改良、 水利費、租税等	-	-	-	-	-	-	-	1,527,200	50,907	1,467,700	48,923
所得								3,075,642	102,521	1,990,920	78,364
作物の単収 (kg/10a)	水: 526	水: 410 二: 400	ダ: 246 二: 425	ト: 6,800							526
10a 当たり労働時間 (hr)	28.3	35.3	36.1	565.0				(1,511.0)	49.7	(864.0)	28.8
主な使用機械 (○印で囲んだ機 械はすべて共有)	トラクタ、 田植機、自 脱型コンバ イン、乾燥 機	トラクタ、 田植機、自 脱型コンバ イン、乾燥 機	トラクタ、 田植機、自 脱型コンバ イン、乾燥 機、動噴	トラクタ、 動噴、トラ ック		トラクタ、 トラクタ、 田植機、自 脱型コンバ イン、乾燥 機					

れるのは麦類がやや低いことと、加工用トマトがやや低かったことである。この二つの作物が過去数年並みの単収を実現していれば、粗収益は多少高くなる。

収入に転作奨励補助金や作業受託料を含めた場合の所得は3,075,642円である。水稲単作時の所得は1,990,920円とみられるので、これを約54%ほど上回っている。この農家は水稲作の技術水準が高いため、水稲単作の10a当たり利益(粗収益-変動費)は139,354円である。これに対し二条大麦+水稲の10a当たり収益は147,848円、二条大麦+ダイズが137,674円である。⑩農家が水稲単作、もしくは二条大麦+水稲にウェイトをおき、ダイズ作の拡大を志向しない理由の一つがここにある。

単位面積当たり利益が最も高いのは加工用トマト+ホーレンソウである。しかし⑤農家の項でふれたように加

工用トマトの作付面積拡大には制限があり、かつ、労働時間は二条大麦+ダイズの約16倍に当たる反面、利益は低く、労働収益性はきわめて低い。⑩農家が加工用トマトの作付けをやめて再び兼業に傾斜しはじめた理由は労働収益性の低さにある。

4) 複合化の効果と課題

⑩農家のように、高い水稲生産技術をもち、経営耕地規模が3ha前後の経営は、兼業からの脱出が難かしい。⑩農家はその典型事例であると思われる。

この農家が水稲作だけでは生活を維持していくことはできない。3ha程度の水稲作ならできるだけ就農期間を短かくして兼業従事日数をふやし、兼業収入で農家経済を支えることが可能である。⑩農家は一旦は複合化方向に向いたものの、56年時点のような作物構成、土地利用

では約310万円の所得しか得られず、基幹的な労働力を農業経営内部にとどめることは難かしい。だから加工用トマトをやめ、ダイズ作も転作要請だけの作付けにとどめ、水稲と麦作による準単作的経営と戻りつつあるといえる。⑩農家の場合、機械利用競合や連作などの問題がみられるが、それは農業と兼業との両立を志向した結果である。土地利用の展開からみれば水稲単作と稲・麦の準単作とはけして同一方向ではない。後者は排水対策をテコとして団地的土地利用、輪作へのみちにつながる可能性をもっている。しかし水稲、麦だけでは地力維持に問題があり、かつ高度土地利用を展開するうえで基本的条件である労働力を活用しきれない。加工用トマトが排出されたのは労働収益性の低さからであったが、加工用トマト作にはいくつかの導入作物の具備すべき条件が明示されている。

第一に労働収益性が低くても、農外賃金並みの収益性がえられるならば、女子を主力とした作業法により作付継続が可能であること。第二に販売先が保証されていること。第三に基幹的男子労働力が不足しても、分業や老齢男子労働力の活用により生産が可能であること、等である。これらの条件を考慮した場合、転換作物の定着対策は次のように考えられる。

すなわち第一に男子に比べて低い婦人労働力を留保できる労働収益性(概ね1時間当たり800円程度)をまず目標水準とする。第二になるべく男子労働力依存度の低い作物を選ぶこと。第三に加工用トマト組合がおこなった共同作業などにより、少ない男子労働力を効率的に活用すること。これらを前提としてまず婦人労働力を軸とした生産をおこない、収益性が高まるならば男子労働力を兼業よりよび戻す可能性が生まれると思われる。

4 中位土地利用、機械個別所有型経営における複合化

1) 経営資源と活用上の条件

⑧農家は経営耕地規模207aの第一種兼業農家である。複合化直前と現在(57年)とで耕地規模の変化はない。農業従事者は54～57年現在まで、経営主1人である。経営主の妻は53年まで農業に従事していたが、病気で現

在療養中である。なお経営主は年間を通して兼業に従事しており、2日間兼業就業、3日在宅(就農)のサイクルの中で農作業がおこなわれる。経営耕地207aはすべて集落領域内にあり、3団地に分かれている(第6図⑩-1, -2, -3)。これらの水田のうち隣接水田の浸透水により湿害が問題となるのは2団地、73aである。借入地は⑩-1)と-3)の一部分約10aであり、第二次大戦直後からの借入地であるため、地代は10a当たり6千円と低額である。

農用機械は⑩農家と同様で、トラクターだけが共有であり、ほかの機械はすべて個人で装備されている。田植機は4条植1台、自脱型コンバイン2条刈1台、たて型乾燥機28石1基である。トラクターはトラクター利用組合所有のものを輪番で使う。作業受託はおこなっていない。

2) 土地利用

⑧農家の53年から57年までの土地利用状況を第9表に示した。これによると作物構成では麦類の導入が遅く、その後の面積拡大はゆるやかであること、加工用トマトをとり入れても1年で作付をやめてしまい、その分ダイズをふやしていること等の特徴があげられる。また作付順序では明確な法則性はみられない。

この農家の場合、作付計画から作業実施までに、多くの条件があって、それらをクリアしなければならぬ。麦類の導入が遅いこと、その面積拡大のテンポの遅いことも、このような条件があるためである。作業日が決定されるにはまず、経営主の兼業サイクルを考慮し、次に長男の農作業従事の可能な日を明らかにする。その次にトラクター利用可能日も明らかにしたうえで作業実施日がきめられる。作業予定日が雨天だったりすると、利用予定日は大きく変動する。麦作は特に適期の刈取りが要求されるが、このような作業実施の条件のもとでは、晴天が続いても作業実施はできない。56年産麦作は、自力での収穫作業ができずダイズ作前の二条大麦の刈取りを水稲協業組合に緊急に委託せざるをえなかった。57年産麦作の作付面積を増やしたのは、はじめから水稲協業組合へ刈取作業を委託することとしたからである。

農作業が兼業就業の影響を大きく受ける状態では、組

第9表 ⑧農家における土地利用

ほ場 番号	面積 (a)	自宅から の距離(km)	昭 53	54	55	56	57	備 考
1	10	0.6	水 稲 コシヒカリ	水 稲 コシヒカリ	ダイズ 小 粒	二条 大麦	ダイズ 大 粒	借入地
2	10	0.1	水 稲 コシヒカリ	水 稲 トヨニシキ	水 稲 コシヒカリ	水 稲 トヨニシキ	二条 大麦	
3-1)	56	0.2	水 稲 トヨニシキ	水 稲 トヨニシキ	水 稲 トヨニシキ	水 稲 トヨニシキ	二条 大麦	
3-2)	10	0.2	水 稲 コシヒカリ	水 稲 コシヒカリ	二条 大麦	水 稲 コシヒカリ	二条 大麦	うち借入 地 6a
3-3)	60	0.2	水 稲 コシヒカリ	水 稲 コシヒカリ	二条 大麦	水 稲 トヨニシキ	二条 大麦	
3-4)	50	0.3	水 稲 コシヒカリ	ダイズ 小 粒	二条 大麦	ダイズ 小 粒	二条 大麦	
3-5)	10	0.3	水 稲 コシヒカリ	ダイズ 小 粒	加工用 トマト	二条 大麦	ダイズ 大 粒	二条 大麦

作業や機械作業の少ない加工用トマト作においても適期の作業が困難なために、生産は不安定にならざるをえない。55年の加工用トマトの単収は約3,000kgにとどまり、10人の組合員の中では最低であった。原因は病害発生に対し、薬剤散布の遅れであった。他の加工用トマト作付者の中にも⑧農家の経営主と同じ兼業就業をおこなう農家が数戸ある。しかしそれらの農家では経営主が兼業に就いている間は経営主妻が薬剤散布をおこなったり、病株の摘除をしたりして病害を少なくおさえることができた。その点、ダイズ作では個人の作業時期の限界をカバーしてくれる共同作業方式がとられている。経営主が兼業に就いていても防除作業はおこなわれるのである。また反対に兼業休みの間は余裕があり、他の出役が困難な組合員に代わって作業をおこなってやれる。⑧農家は加工用トマト作は1年でやめ、翌56年にはダイズ作をふやした。

転換作物の湿害を少なくするために、この農家は隣接する耕作者と協議し、転換作物作付地をお互いに背中合わせするようにしたため、54年のダイズ作付地は⑧-3

ほ場の南側部分、60aに決定された。翌年及び翌々年にも協議を行った結果、同じほ場が転換作物作付用地として利用されることになった。56年には⑧-1ほ場にダイズを作付けたが、これは隣接する耕作者からの申し入れを受けたかたちで、ダイズを作付けたのである。作付地の決定はお互いの作付けを考慮しながらおこなわれている。

3) 収益性

この農家が利用率向上を図るべき固定資本はまず、個別で装備している田植機、自脱型コンバイン、乾燥機およびトラックなどの機械・建物などである。これらの年間償却費は570,000円である。ほぼ同じ中型機械化体系をとりながら⑧農家と比べて償却費が低いのは、機械を長期間使用していること、中古品を購入し、購入価額を低くおさえているためである。同様に利用率をあげたい資本は土地改良をおこなった水田であり、土地改良・水利費は年間166,000円である。

第10表は、この農家の56年の経営成果をあらわしたものである。この年の作付単位別面積は水稲単作76a、二

水稻単作経営の複合化と集団的土地利用の展開

第10表 ⑨農家の経営収支と作付単位別の収益性比較

作付単位等	水稻			二条大麦		二条大麦		その他		合計	作付単位の平均値 (A~E)	水稻単作時の10aあたり収 入	水稻単作時の10a あたり収 入
	A	B	C	+	+	+	+	+	+				
作付規模(アール)	76	60	60									206	
主産物販売価額	141,427	189,065	108,000	0	0					2,953,235	142,668	2,913,396	141,427
転作奨励補助金	0	0	60,000	0	0					420,000	20,290	0	0
収入 互助金・団地化加算金等	0	0	8,570	0	0					60,000	2,899	0	0
労賃・その他	0	0	0	129,000	100,000					229,000	0	0	0
小計(a)	141,427	189,065	176,570	129,000	100,000					3,662,235	165,857	2,913,396	141,427
種苗、肥料、農薬、燃料及 び諸材料費等	25,979	47,164	48,290	0	0					818,454	39,539	535,167	25,919
委託料 育苗組合委託料	0	0	0	0	0					0	0	0	0
委託料 水稻協組委託料	0	0	7,500	0	0					52,500	2,536	0	0
負担金 トラクター組合負担金	6,000	9,600	6,000	0	0					145,200	7,014	123,600	6,000
負担金 ダイズ生産組合負担金	0	0	2,050	0	0					14,350	693	0	0
等 労働費	0	0	15,000	0	0					105,000	5,072	0	0
小計(b)	31,979	56,764	78,840	0	0					1,135,504	54,854	658,767	31,979
単位当たり利益(a-b)	109,448	132,301	97,730	-	-					2,526,731	111,003	2,254,629	109,448
借入地代	-	-	-	-	-					9,600	464	9,600	464
固定費 固定資産償却費・土地改良 水利費・租税等	-	-	-	-	-					746,040	36,216	673,940	32,716
所得	-	-	-	-	-					1,771,091	74,323	1,571,089	76,268
作物の単収 (kg/10a)	水: 473	水: 415	二: 400										473
		二: 380	ダ: 190										
10aあたり労働時間 (hr)	32.6	41.7	34.7							(741.0)	36.0	(672.0)	32.6
主な使用機械(○で囲んだ機械 はすべて共有)	トラクタ、 田植機、 脱型コンバ イン、乾燥 機	トラクタ、 自田植機、 脱型コンバ イン、乾燥 機	トラクタ、 自脱型コン バイン、乾 燥機										

条大麦+水稻60a, 二条大麦+ダイズ70aであった。経営費は1,891,144円であり、内訳をみると種苗費、肥料費、農薬費、燃料費及び諸材料費などが818,454円で経営費の約43%、委託料、負担金など作業の社会化に伴う変動費は462,250円で約25%、固定資産償却費、土地改良水利費および借入地代など活用を高めたい固定費用は755,640円で約40%であった。同じ機械個別所有タイプとはいえ⑨農家と比べると償却費などの割合は低い。

水稻単作時の経営費は1,342,307円であり、水稻単作時の費目別割合は40%、9%、51%である。現実の経営と比べると委託料、負担金などの割合が増加している。委託料等のウェイトの高い作付単位は二条大麦+ダイズである。

56年の作物の単収は早植水稻473kg, 麦あと水稻415

kg, 二条大麦390kg(先刈り400kg, あと刈り380kg)ダイズ190kgであった。過去数年の平均単収と比べるとダイズが特に低収であった。これは刈取りを終えてのちの地干し期間中に大雨により冠水してしまったことによる。主産物販売額は2,953,235円であった。これは水稻単作時の2,927,539円とほぼ同じである。転作奨励補助金や、稲わら集めなど地域内で賃金を得る機会が増えたため、現実の収入は3,662,235円となり、水稻単作時より約26%多かった。

主産物販売額から経営費を差引いた農業所得は1,071,691円である。これに転作奨励金等、複合化に伴って増えた分を加えた所得は1,771,091円であった。水稻単作時の農業所得は1,571,089円である。56年の実績から転作奨励補助金だけを差引いた残りは1,291,091円である。仮にダ

イズが平年並みの単収、品質であったならば10a当たり収益は約3万8千円増加する。この分が所得に加算されたとしても所得の増加分は約26万6千円であり、実質的な農業所得は水稲単作時の所得とほぼ同じになると推定される。

4) 複合化の効果と課題

2haの水稲単作経営では機械を安く購入し、耐用年数を伸ばし、さらにより高単収生産技術をもっていたとしても、農家所得が農家生活費を補うまでに至らないことは明白である。兼業を重視した農業とならざるをえない⑥農家の事例では、兼業が農業生産のあり方に大きく関与している実態が示されている。

農作業の実行はまず、兼業就業のサイクルを前提として考えられていた。このような作業上の条件がある場合の作業の適期遂行という点からみれば、畑作物よりも水稲作の方がやや有利である。水稲は降雨時や湿田条件でも最も作業のしやすい作物だからである。56年の二条大麦の刈取委託は兼業を中心とした農作業計画の問題点を露呈させた好例であった。兼業を主体とした農業従事では、高収益な作付単位の拡大も容易でなく、かつ適期作業、緊急対応等もできないために、作付規模は大きく制約され、かつ単収も低位とならざるをえない。

しかし⑥農家のように年間を通して兼業に従事する農家の場合は、第9図のように鋭いピークのある水稲単作当時の年間労働時間が、複合化すれば第10図に示したようになだらかとなった。経営主は余裕ある時期には稲わら・麦わら集めやダイズ作共同作業に出役し、中核的な男子の作業者がいないときには、貴重な男子労働力として、作業の一翼を担うこととなった。

5 低位土地利用、機械作業委託型農家における複合化

1) 経営資源と活用条件

⑥農家の経営耕地は111aであり、57歳(56年現在)になる主婦1人だけが農業に従事する第二種兼業農家である。世帯主及び後継者は恒常的に兼業に従事し、水稲の防除作業の手伝いをする程度で、ほとんど農作業は主婦に委ねられている。

経営耕地は第7図のは場図のなかの⑥-1, -2, -3である。土壤条件はどの水田もほぼ同じとみられるが、1番のは場は短辺が5mと小さいために、隣接田からの水の浸透の影響を受けやすい。

個人で装備している農用機械はミスト1台だけであり、機械作業は他に委託する。水稲育苗組合に加入(有限責任組合員)しているので、水稲の育苗、田植作業は共同でおこなわれるが、耕起、代かき、刈取、乾燥・調製作業は集落内の①農家に委託している。54年から作付けをはじめたダイズの耕起作業および麦作の耕起、刈取、乾燥・調製作業も①農家に委託した。①農家については、53年の資料によると経営耕地規模220a、機械個人有タイプの経営で、土地利用から推察すると中位土地利用タイプの農家であると思われる。

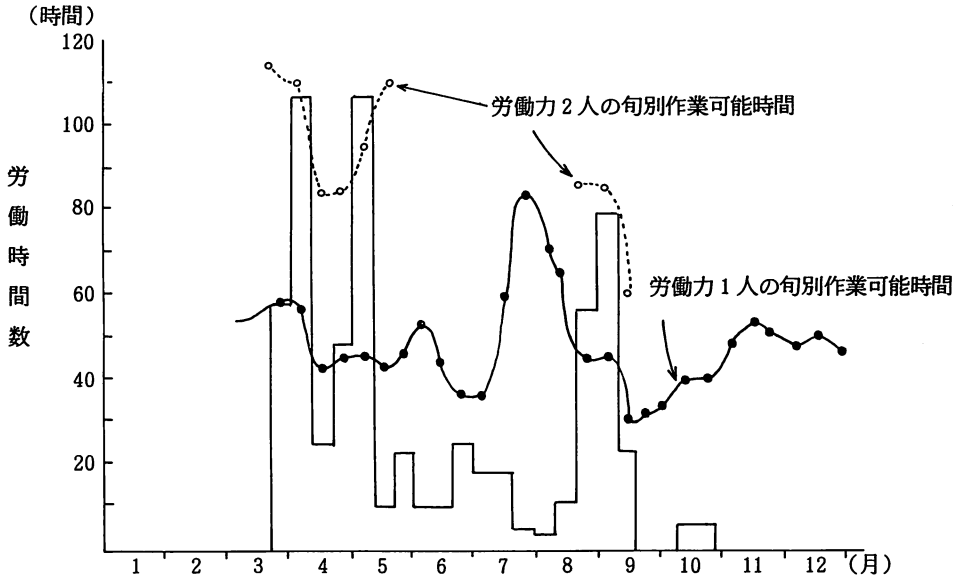
2) 土地利用

第11表に⑥農家の53年から57年までは場別土地利用をあらわした。この農家は他の農家と比較し、麦種を早くから小麦にかえた。麦類の単収は、54年は160kgであったが57年には500kgと集落内で最高水準を達成した。このように単収が大きく変動することが一つの特徴としてあげられる。作付順序の面からみれば、ダイズ単作というあまり有利でない土地利用がおこなわれていること(54年…2-3, 56年…1)、やはり連作がみられること等があげられる。

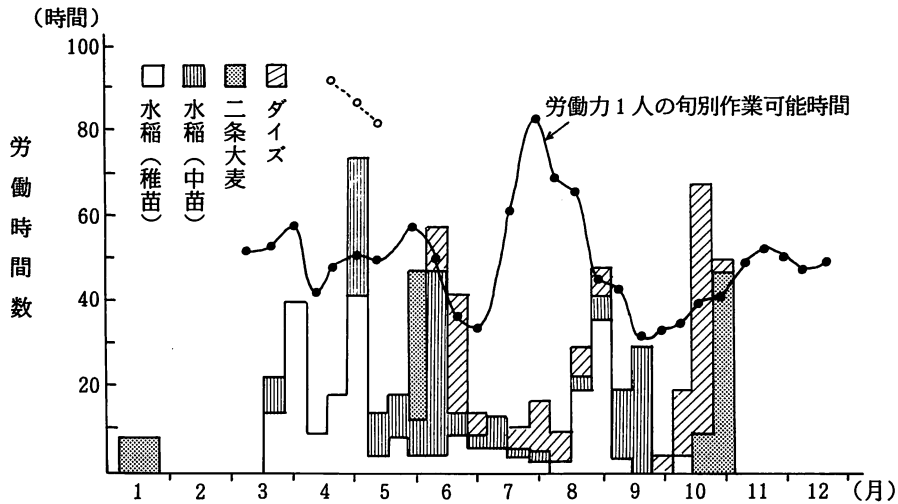
53年秋には種した麦は六条大麦であった。この麦は単収160kgと低位におわったが、その原因は刈遅れであった。委託先の農家が作付けた麦も六条大麦であった。まず委託先の農家の種が終了してから⑥農家の種作業をおこなう予定であったが、雨天にあい、は種期は遅れて11月中旬となった。刈取でも同様であった、先には種した委託先農家の麦を刈取ってから⑥農家の麦の刈取作業に移ったが、委託先の経営主の兼業就業の都合もあって刈取りが遅れた。翌年から⑥農家は委託先の作業との競争をさけるため、麦作を熟期の最も遅い小麦とした。

ダイズ作は水稲や麦類と比べると他に委託しなければならぬ作業の少ない作物である。は種、中耕培土は主婦1人で共有機械を利用して作業ができる。薬剤散布、

水稲単作経営の複合化と集团的土地利用の展開



第9図 ④農家の旬別労働時間（水稲単作想定時）



第10図 ⑧農家の旬別作物別労働時間（昭56）

刈取、脱穀および乾燥・調製作業は共同でおこなわれるため、主婦は婦人でもできる作業を分担し、作業が進められる。水稲や麦類よりもダイズ作の方が主婦の労働力活用に役立っている。ただしその作付規模は、栽培協定で定めた期間内には種すること、つまりは種前の耕起作業の進行に大きく制約される。⑥農家の場合、ダイズの前作は小麦であるため、麦刈取後、は種作業までの間に

ゆとりは少ない。ネックとなる耕起作業は④農家に委託しているため、時期・面積は委託先農家の都合が加わってくる。このような条件がいく層にも重なるためダイズ作の大面積作付けは、実質的には困難である。

54年と56年にはダイズ作だけの作付けといった、決して有利でない作付単位をとらざるをえなかった。これはダイズ作付地の決定が遅れ、このため幾層もの作業実

第11表 ⑥農家における土地利用

ほ場番号	面積 (a)	自宅からの距離 (Km)	昭 53	54	55	56	57	備考
1	5	0.5	—— 休 作 ——	水稻 コシヒカリ	水稻 コシヒカリ	ダイズ 大 粒	・ 小麦	
2-1)	26	0.1	水稻 トヨニシキ コシヒカリ	・ 六条 大麦 水稻 コシヒカリ	水稻 コシヒカリ	水稻 コシヒカリ	——	
2-2)	17	"	水稻 コシヒカリ	水稻 コシヒカリ	水稻 コシヒカリ	水稻 コシヒカリ	——	
2-3)	25	0.5	水稻 コシヒカリ	ダイズ 小粒, 大粒	水稻 コシヒカリ	水稻 コシヒカリ	——	
3	38	0.5	水稻 コシヒカリ	水稻 コシヒカリ	・ 小麦 ダイズ 小 粒	・ 小麦 ダイズ 大 粒	・ 小麦	

第12表 ⑥農家の経営収支と作付単位別の収益性比較

作 付 単 位 等	水 稻			ダイズ		小 麦		そ の 他		合 計	作付単位 のみの平 均値 (A~C)	水稻単作 時の10 ^a 時	水稻単作 時の10 ^a 当たり収 益性
	A	B	C	+	+	+	+	+	+				
作 付 規 模 (アール)	68	5	38	-	-	-	-	-	-	-	111		
主産物販売価額	126,178	45,760	127,068	0	0	1,363,748	122,860	1,400,576	126,178				
転作奨励補助金	0	60,000	60,000	0	0	258,000	23,243	0	0				
収 入 互 助 金・団地化加算金等	0	11,970	6,977	0	0	35,000	3,153	0	0				
労費・その他	0	0	0	67,000	103,000	170,000	0	67,000	6,036				
小 計 (a)	126,178	117,730	194,045	67,000	103,000	1,826,748	149,256	1,467,576	132,214				
種苗・肥料・農薬・燃料及び 諸材料費等	23,000	21,700	45,800	0	0	341,290	30,747	255,300	23,000				
育苗組合委託料	6,400	0	0	0	0	43,520	3,921	71,040	6,400				
水稻協組委託料	30,000	5,000	27,000	0	0	309,100	27,847	333,000	30,000				
トラクター組合負担金	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
ダイズ生産組合負担金	0	2,050	2,050	0	0	8,815	794	0	0				
変動費 委託費・負担金等 労 働 費	0	15,000	15,000	0	0	64,500	5,811	0	0				
小 計 (b)	59,400	43,750	89,850			767,225	69,120	659,340	59,400				
単位当たり利益 (a-b)	66,778	73,980	104,195	-	-	1,059,523	80,136	808,236	72,814				
借 入 地 代	-	-	-	-	-	0	0	0	0				
固定費 固定資産償却費, 土地改良・ 水利費, 租税等	-	-	-	-	-	115,236	10,382	76,386	6,882				
所 得						944,287	69,754	731,850	65,932				
作物の単収 (kg/10 ^a)	水: 422	ダ: 220	小: 500										
10 ^a 当たり労働時間 (hr)	22.9		31.8			(293.0)	26.2	(254.2)	22.9				
主な使用機械			動噴, 管理 機, は種機 機, は種機										

施上の条件をクリアできなかったためであった。ダイズの作付地決定の遅れは隣接地の耕作者との協議が遅れたためであった。協議の相手は機械を装備しており、ダイズ作付地の決定が多少遅れても次の作業対応は計画どおり進められる。早くから作付計画をたてなければならぬ⑥農家は土地利用においても不利である。

57年の小麦は単収 500 kg と高かった。これは主婦が低収であった前年の反省から指導員のアドバイスを受け、生育をみながら適期に追肥をするなど、綿密な栽培管理をおこなったためであった。高単収をめざす意欲的な姿勢と適期に作業ができる就農状態があれば、婦人でも高生産性技術の一端を担えることが示された。

3) 収益性

この農家が利用率を高めるべき固定資本は、土地改良により高度利用が可能となった水田である。56年の土地改良・水利費等の固定費は 115,236 円である。

第12表は⑥農家の56年の経営成果である。この年の作付単位別の面積は水稲単作68 a、小麦+ダイズ38 a およびダイズ5 a であった。経営費は 882,461 円であり、このうち種苗費、肥料費、農薬費、燃料費及び諸材料費は 341,290 円で経営費の 38%、委託料等は 425,935 円で約 49%、土地改良・水利費等の固定費は 115,236 円で約 13% であった。⑤農家同様、労働の社会化が進んでいるため、委託料等の割合が高い。水稲単作当時の経営費は 735,726 円であるから、56年の経営費は単作当時と比べ約15万円ほど高い。水稲単作時と比べて増加した部分は種苗費等が約 8万 5 千円である。委託料等は水稲単作時とほぼ変わらないものの、委託先が①農家中心だったことからダイズ生産組合など生産組織への依存率が高くなり、集団的土地利用へ経営費面からも一歩近づいたといえる。

56年の作物別単収は水稲 422 kg、ダイズ約 180 kg、小麦 500 kg であった。過去数年の単収平均と比べると水稲作はほぼ並みであったが、小麦が高単収であったこと、小麦あとのダイズが脱粒、収穫を目前にして冠水害にあい、171 kg と低収だった等のがちがいがある。水害にあわなかった 1 番ほ場のダイズが 220 kg であり、ほぼ

これと同程度の単収が見込めたとすれば、56年の単収は約50kgの減収である。冠水は収量ばかりでなく、品質も低下させた。このため経営全体の主産物販売額は1,363,748 円で、水稲単作の時の 1,400,576 円と比べると 36,828 円低かった。しかしダイズ作には作付けただけで補助金 293,000 円が加算される。またダイズ生産組合への出役により賃金 103,000 円が支払われる。従って56年の収入は 1,826,748 円となり水稲単作時の収入 1,467,576 円を約 36 万円上回ることができた。

主産物だけの農業所得では 481,287 円であるが、補助金や賃金を加えた場合の所得は 944,287 円となり、単作時の農業所得 731,850 円と比べ約 21 万円ふやせたこととなった。補助金に支えられた所得向上ではあるが、婦人労働力 1 人でも組織的な生産により所得向上が実現できた。

4) 複合化の効果と課題

作付計画が遅れ、希望する作物が作れなくても⑥農家が①農家に作業委託を継続させたのは、①農家が補助者を必要とする作業をおこなうときに、⑥農家の主婦に作業に参加してもらい、しかも委託料を割引いておこなう点にある。①農家にとっては⑥農家の主婦が作業に加わることで若干の作業時間短縮が可能であると同時に、⑥農家にとっては少しでも費用の低減になるというメリットがあったからである。

しかし麦作が導入され、麦-水稲あるいは麦-ダイズの作付けがおこなわれるようになると、作業受託農家は自家の適期作業を優先させ、受託分は適期内作業が困難になった。もし受託農家が委託分の適期内作業に留意すれば、受託農家が低収の危険性をとりこむことになる。つまり、①農家と⑥農家の受委託関係は究極的には損失をどちらかが負うかといった関係にあり、この事例の場合は委託者側が負っているのである。

ダイズ作は主婦の労働を費用として計上し（出役制）意識させ、かつ活用（自ら作業に従事）することとなった。主婦はダイズ作の共同作業に出られない人の分まで出役し、労賃の支払いを受けた。つまり生産組織のなかで作業の担い手の一員となった。また麦作では土地生産

性をあげられる能力のあることを実証した。

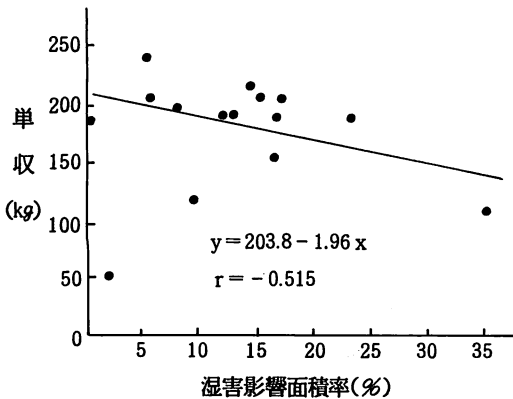
⑥農家の発展のカギは、個別相対の作業受委託関係から脱するために、作業能率の高い大規模生産単位の作業組織の育成に努力することである。⑥農家が高収益をえるみちは、作付規模や作物種類の制限をとり払い、その組織のなかで主婦の能力が活用できる肥培管理などの仕事を分担することによって、組織全体としての高生産を図る方向である。

IV 集团的土地利用確立の条件

1 水田の土地利用方式

1) 畑作物、水稲作付地の団地化

転換作物が畦畔をへだてて水稲作付地と隣り合うと、水田からの浸透水がみられ、畦畔から暗渠のうまっている地点までの内側、巾5m部分が過湿状態となる。このため農家は畦畔に沿って内側に暗渠を掘り、排水に努めた。しかし耕土は軟弱で崩れやすく、時々手直ししないと底が浅くなって排水が困難となり、転換作物は湿害を受ける。計画的に排水管理のおこなえる農家は適宜に補修をおこなって湿害を軽減できる。しかし農繁期は管理もおろそかになるし、また兼業のウエイトの高い農家などでは十分な管理ができないために、湿害を受けるは場がみられた。

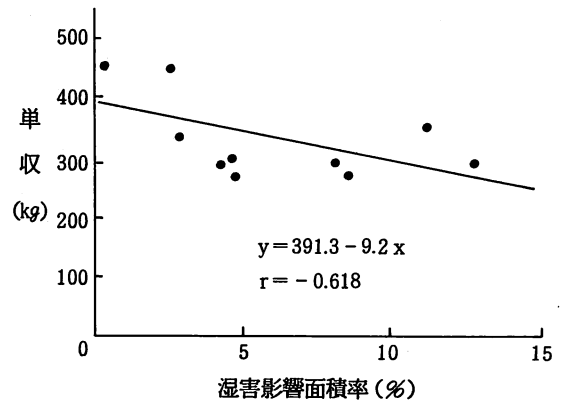


第11図 昭和55年産ダイズ(納豆小粒)の10a当収量に及ぼす隣接田の影響

作付面積のうち、湿害が生ずる部分の占める割合(湿害影響面積率)と転換作物の10a当たり収量をみたのが第11図と第12図である。ダイズでは湿害を受ける部分が多くなるほど10a当たり収量は低下するが、相関関係は高くなかった。麦類でも同様に10a当たり収量は低下するものの、これまた相関関係は必ずしも高くなかった。ただダイズにしる二条大麦にしる、高い単収を実現しているは場はいずれも湿害を受ける部分が少ないは場であることが示されている。

転換作物で高単収を実現するには、団地化は必要条件である。団地化できれば農家も湿害対策のための管理、作業をしないですむといったメリットがある。湿害の発生状況からみて、水稲作と転換作物が畦畔を接しないようにするためには、最小限農道と排水路で囲まれた耕区単位の団地化が必要である。

56年には転作奨励金の一環に団地化加算金に加えられ、手栗集落では第5図に示したように西から3番目の農区を、一部を除き麦-ダイズ作付単位とすることに決定した。分散錯ほの状態のまま団地化すれば、当然個々の農家の作物構成は大きな変更を余儀なくされる。3番目の農区の耕作者は4名であるが、このうち1名(④農家)は経営耕地の大部分がこの農区内に含まれてしまうことになった。④農家は全面積ダイズ作付けになるのを拒否



第12図 昭和57年産二条大麦の収量に及ぼす隣接田の影響

し水稲作付地との交換耕作を要求した。この要求に応じたのは③、⑨農家で、いずれも高位土地利用タイプの農家であった。④農家の水田 165 a のうち 99 a が作付交換された。

土地利用調整は、団地化にあたっては、設立された農用地利用改善組合が仲介するという手続きを経た。組合設立にあたっては集落内農家の話し合いがおこなわれた。全戸の合意が得られなかったものの、補助金申請のタイムリミットもあって、組合の設立は見切り発車の状態となった。交換耕作の条件の要点は、①期間は二条大麦刈取りあと（概ね 6 月上旬）から次の麦類は種直前（11 月初旬）とすること、②ほ場の面積差は、玄米 420 kg を得たときの所得で相済すること、③転作奨励補助金は入作者（転換作物作付農家）が受けとる、④組合は出耕作に対し玄米 420 kg 相当の所得を保証すること、などであった。

団地化する期間は一ケ年で、翌年は次の農区に移るため、交換耕作は一年間だけで終る。各農家が耕作している水田は概ね一農区内にあるため、農区ごとに転換作物を団地化すれば、大部分の農家は、団地化に当たる年だけ作物構成を大中に変更されることになる。作物構成の変化に対応するだけの労働力、機械利用上の柔軟性をもたない経営は、交換耕作せざるを得ないこととなる。

交換条件は双方の意向を尊重しているようにみえるが、どちらかといえば入作者に有利である。入作者にとっては、交替期間が麦作期間を含めていること、交換するだけで団地化加算金がプラスされること等がその根拠である。出耕作者は同じ水稲作でも単収の高い早植水稲作ができないこと、団地化加算金を受取れないこと等である。

手栗集落でおこなわれた団地化は、転換作物、とくにダイズだけに的をしぼりすぎた点に問題がある。団地化の直接的メリットは本来、湿害の回避、ほ場間移動をなくして作業の能率化を図ることであるが、この集落では湿害の回避には有効であっても、小型機械化体系のダイズ作では、団地化の有利性を充分生かせない。さらに間接的な効果を生かしていない点に問題がある。つまりダイズ作の団地化のためはき出された作物、すなわち水稲

についてみれば、これもまた多少なり団地化が図られるわけであるが、水稲作についての作業上で団地化のメリットを生かせられなかったことである。出耕作者は、水稲生産の面でも適期の作業が困難なこと（兼業農家など）、コストが割高であることなどの問題を抱えていた。団地化は水稲生産面での組織化の契機でもあったと思われる。

2) 作付順序

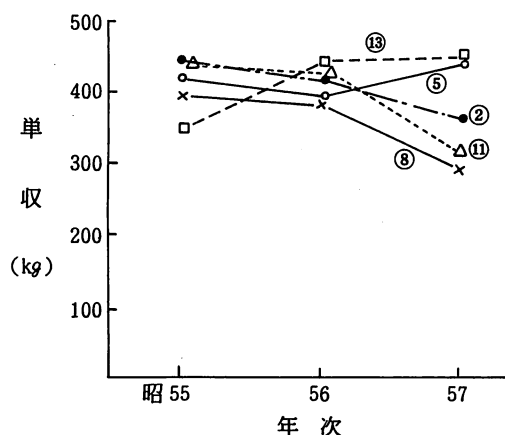
転換作物が導入され、田畑輪換がおこなわれるようになってからまだ年数も浅く、複合経営としての生産技術、機械装備も未確立な点もあって、作付順序はまだ手さぐりの状態といつてよい。

作付順序については個別経営事例でみたとおり、いくつかの共通点がみられた。湿田改良された集落域内水田に限って、大まかにまとめてみれば第一にほ場別に作付作物、順序が異なること、第二に連作がみられること、である。

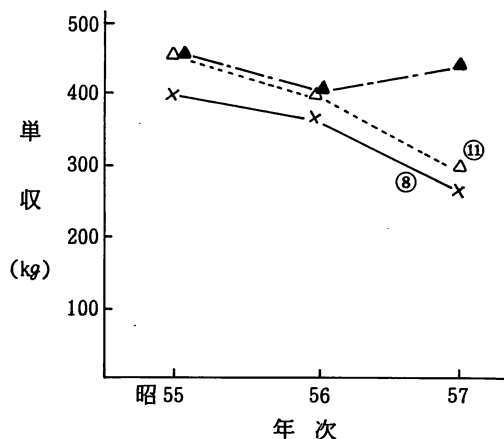
第一の点について代表的な土地利用をあげてみると、麦類+ダイズ作単位中心の土地利用（ほぼ数ヶ年くり返し）、麦類+水稲作（同）、麦類+ダイズ作（同）、加工用トマト+ホーレンソウ作（同）及び水稲単作（同）である。個別経営事例からみると、生産力の高い大規模農家は麦類+水稲作、麦類+ダイズ作を中心とした土地利用をおこなっている。これらの農家では排水性などに着目して転換作物作付地をきめるため、転換作物作付率が高いところと低いところといった差が生じている。これに対し中・小規模農家では隣接するほ場の耕作者の作付計画を考慮するため、転換作物作付地が連作的傾向を示したかと思うと、年により突然の変更がおこなわれるなど、不安定である。

加工用トマト、やさい作等については第 3 図および第 4 図に示されたように、大部分の農家が宅地に近いほ場を作付地としていた。この理由は加工用トマトややさい作は通作回数が多いため、通作距離を短くすること、この部分は区画が小さく、機械作業能率の点では劣ること等であった。転換作物の性格に対応した農家のアイデアが示されている。

第二の連作については作付適地条件の差による。55～



第13図 麦—ダイズ3連作した場合の麦
(二条大麦)の単収の変化
注) ……○内数字は農家番号



第14図 麦—水稲を3連作した場合の麦
(二条大麦)単収の変化

57年の作付状況から二条大麦の連作と単収の関係を第13図および第14図にあらわした。これによると、グラフは農家ごとに推移をみたものである。麦—ダイズの3連作でもまた麦—水稲の3連作でも、減収する農家と、むしろ増加傾向のみられる農家とがみられる。麦—ダイズ3作目で増収した⑥農家の場合、従前と比べて元肥に鶏糞を多くし、さらに生育状態に応じて追肥をおこなうなど、肥培管理をより綿密に行っている。連作になる場合、それへの対応策をおこなうことによって収量低下を防いでいる事例がみられた。

加工用トマト+ホーレンソウ作の連作はどの事例でも加工用トマトの収量低下がみられた。この作付単位と麦—ダイズもしくは水稲作単位とは、作物の切りかえ時期が一致せず、かえようとすれば一作分の作付けができなくなる。このように、作付単位ごとに切りかえのタイミングがあわないことが、より連作を助長させる一因となっている。

手栗集落の土地利用事例では、田畑輪換のもつ多面的な効果を生かそうとするような、作付の体系化段階には至っていないといえる。56年から開始された1年ごとの団地のローテーションも、初年目の乾田化効果や2年目にはびこる畑雑草の抑草に効果的であっても、一年間畑

作、7年間水稲作(8農区)では水稲作の輪換効果が考慮されているとはいえない。作付順序の確立にはまず基幹作物の生産技術の確立、副次作物の選定が必要である。手栗地区にとって当面重要な課題は基幹作物である水稲—麦作の高単収を実現する輪換の作付方式の確立である。

2 作業組織の再編と担い手

1) 作業組織の再編

手栗集落には転換作物導入前からトラクター利用組合、稲作協業組合及び育苗協業組合等の機械利用組織があった。転換作物導入後は作目ごとに大豆生産組合、麦作生産組合、加工トマト生産組合ができ、56年には転換作物作付地の団地化をはかるため、土地利用改善組合が成立した。最後の土地利用改善組合を除き、他の各組織の目的は共同購入等機械への投資額をできるだけ少なくするという共通性をもつが、利用の面では個別輪番利用制をとるトラクター利用組合と、協業により作業能率を高めようとする稲作協業組合や大豆生産組合などに大別できる。

複合化を進める個別経営にとって問題なのは、麦作と水稲作あるいはダイズ作の作物交換時に機械を利用したい時期が競合することである。利用時期が遅くなるとそれだけ単収に影響するためである。特に個別輪番利用の

トラクターは、利用順序があって、早く作業ができる者と遅い者との差が生ずること、また個別利用では分散錯ほでの作業となるため、実作業時間が少なくなることなど、不平等と非能率との問題がある。このような不平等と非能率さを少なくしたのが協業方式である。分業による高能率な作業と移動距離を少なくすることができるからである。この方式成立には労働力の確保のために賃金支払い制度が不可決となる。最近、どちらかという、働き手が集まりすぎ、賃金払いの点で問題となることが懸念されるようになった。

最大の問題は組織化が作物の生産行程の一部もしくは一作物だけにとどまっており、個々の経営にとっては経営全体として高能率、低コストの作業体系化がなされない点である。⑥農家は機械共有、協業タイプであるが、トラクターは個別輪番利用で利用順番が遅くなるため麦刈取は適期に終了できても、麦あとと水稲の田植やダイズは種作業が遅れてしまい、高単収をねらっての適期の作業ができない。⑧農家では兼業就業等の関係から麦刈取が遅れ、コンバインは所有していても刈取を稲作協業組合へ委託しなければならなかった。

このような問題の原因は、組織間の作業連携がとれていないことと、個々の経営が個別の作業条件枠内で各々作業計画をたてている点にある。前者の対策については、個々の農家すべてが各組織に属していないため、合意形成も容易でないと思われる。改善の手掛りは、当面二つ考えられる。一つは、育苗協業組合がおこなった組合員の確保の方法で、有限責任組合員として組合員の拡大を図ること、もう一つは、大豆生産組合の活用である。大豆生産組合にはすべての農家が組織されているのであるから、ダイズの生産性向上と作付面積の拡大対策の一環として、競合する作物の生産の組織化を進めていこうという方法である。ダイズ生産の組織化を賃金支払い制度で図ったように、機械費用を意織させ、個別所有の枠をはずして、機械借上げ＝使用料支払い制度で社会化をはかることである。現在、集落内に装備されている機械のうち、田植機とコンバインは、集落単位の利用システム化が図られるならば、過剰な状態にあることは明白である。これら

の機械は借上げ→活用→廃棄→組織有機械として導入、といった手順で組織化を進めることが考えられる。

2) 生産の担い手

複合化は多くの側面で農業者のもつ能力、適性を表面化させ、かつ活用する場を用意することになった。ダイズ作の共同作業や麦ワラ、麦ワラ集めでは、まず機械操作や力のいる仕事を分担し、常に作業の核心部分を担ったのは⑨、⑩および⑪農家など高位土地利用タイプの若き経営者たちであった。彼らは農業専従もしくは農繁期間中は農業にだけ従事しているから、作業計画、実施については全体の状況を把握しており、生産管理、作業執行の両面において中心的存在となった。

共同作業では中核者以外に⑩農家のような年間を通じて兼業に従事するタイプの経営主も、兼業のあい間をぬって作業に従事し、中核者の少ない農閑期の作業（ダイズ薬剤散布等）では中核的な働き手となった。同様に⑩農家の主婦など婦人労働力も、出役者が少ない時期には貴重な働き手となった。

また⑩農家の主婦のように、麦作で高単収を実現させてみたり、⑪農家の経営主のように、全体の作業の計画調整を担当したり、稲ワラ・麦ワラ販売先を開拓したり、水稲単作ではおおよそずもれてしまうような多様な個性が発揮されるようになった。

このように複合化、組織的作業を進める過程から生産の担い手のあり方について整理してみると、担い手は二種に分けられる。一方は、機械作業など主として高い作業能力を背景に経営資源の利用度を高めようとする機能を分担する担い手である。これは主として若い、中核者たちである。他方は、中核者の担う仕事もときには分担するが、主として中核者の担う仕事がスムーズにおこなえるよう補助する仕事や、水管理、肥培管理など高単収、高品質商品の生産、すなわち生産性向上（費用利益率向上）の機能を分担する担い手である。これには主として兼業従事を主とする者や高齢者、婦人労働力である。

手栗地区では現在、中核的担い手と生産性向上的担い手との分化がなされつつある段階にある。中核的担い手とみられるのは高位土地利用タイプの農家5戸の若い経

営主たちである。これらの農家は経営耕地も比較的大きいため、農業所得も多い。しかし農業だけで拡大再生産が可能なのは、現在のところ最も経営耕地規模の大きな⑤農家だけと思われる。他の4戸は水稲単作当時と比べれば兼業従事のウエイトは少なくなったものの、まだ兼業をやめるまでにはいかない。中核的担い手たちが年間を通して就農することができれば、より周到な作物生育管理や資源活用のアイデアが生まれる可能性も高まるものと思われる。このため中核的担い手をできるだけ農業専従とするための対策実施が望まれる。

しかし、水稲・麦およびダイズ作だけでは労働受容力は低く、季節的繁閑差が大きいため、比較的高い労賃の得られる若い労働力を1年中農業にひきとめておく力は弱い。加工用トマトやホーレンソウは農閑期の労働力活用により年間就農をねらったものであったが、作付規模は小さく、労働収益性も低かった。このため⑥農家の若い経営者は再び兼業のウエイトを高めようとしている。

農業内部に中核的担い手を留める方法は、やはりやさしい等集約的作物の作付けであろう。当然水稲、麦作など基幹作物部門の作業の少なくなる夏季、冬季の労働を活用し、しかも田畑輪換の効果を有利に活用しうる作物が適作物である。加工用トマトやホーレンソウはこのような条件をある程度満たしたものであった。しかし加工用トマトのように毎日収穫作業を必要とするもの、湿気により病気にかかりやすいものなど生育管理のむずかしいものは、やさしい作を従とする主穀作経営には不向きのように思われる。やさしい類の場合は、市場では量も少なく、信用もまだないため、収益性は不安定かつ低位であることは否めない。とするならば、これらやさしい類の生産は、まずはじめは兼業部門でも労賃水準の低い婦人、中・高齢者の労働力を前提とした栽培、作業体系でおこなって、軌道にのれば徐々に中核的担い手を農業によび戻す。そのような手順を前提としたやさしい導入等を計画する必要があると思われる。

V むすび

手栗集落の事例から確認されたように、集団的土地利

用を確立していこうとするエネルギーは個々の農家の営利性を高めてゆこうとする行動である。このような行動は、まず、麦-水稲作により土地利用率高め(a_1)、さらに副次部門の生産組織化や作付地の団地化により個々の経営活動の領域を拡げ(総資本の拡大)、かつ規模拡大(総費用の増加)を実現し、生産性(費用利益率)を高めようとする土地利用(a_2)へと展開する、そのプロセスとメカニズムが確認された。またより一層、作業能率の向上と高生産性をめざして大規模生産単位を形成する(b_1)エネルギーを内包していることも明らかになった。

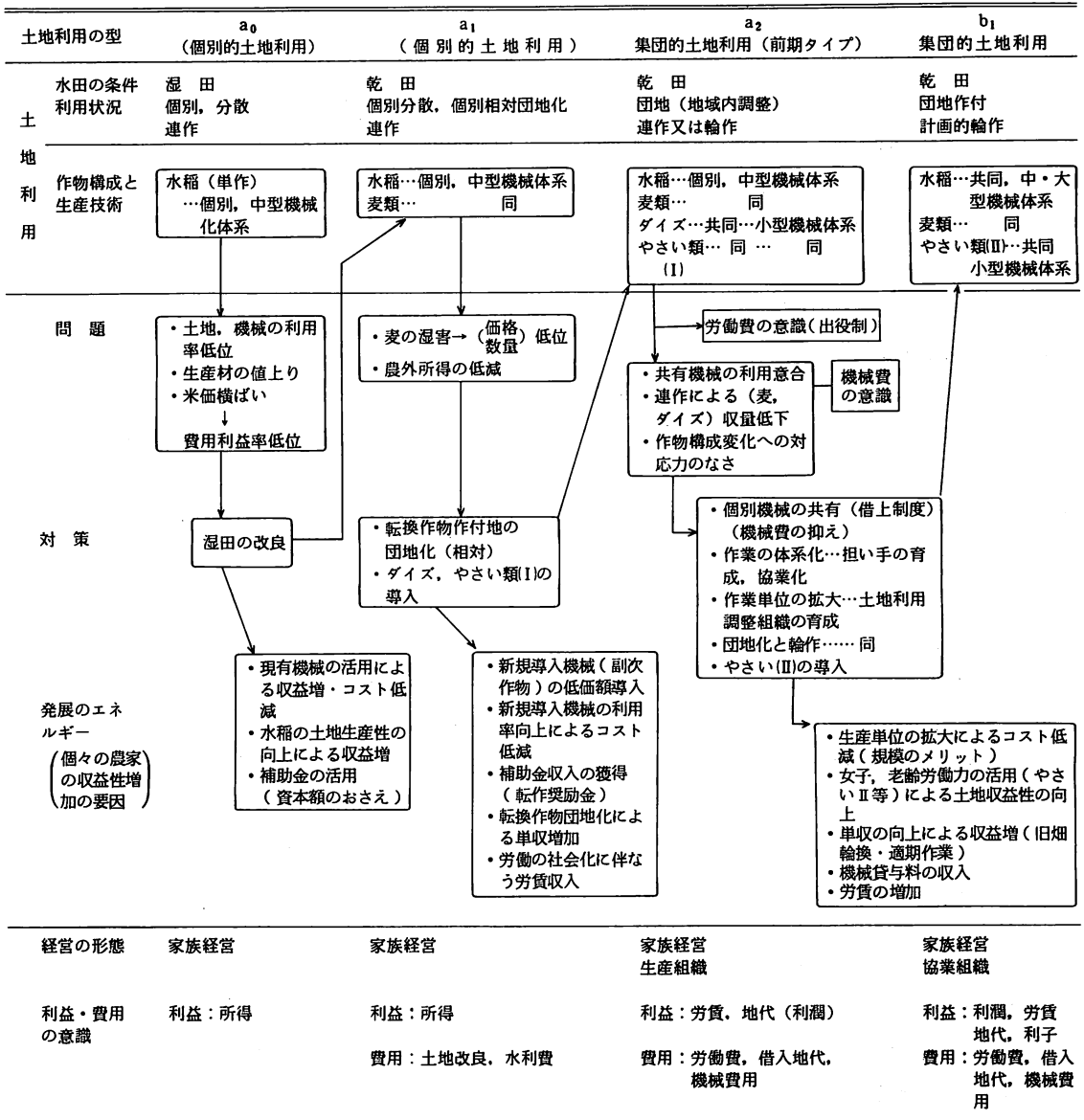
手栗集落が水稲単作(a_0)から a_1 段階を1~2年で通過し、 a_2 形態に一足とびに展開した。この背景には早くから労働の社会化を進めてきた高位土地利用、機械共有型の2戸の農家等が、複合化の要点を適格に把握し、リードしてきたことがあげられよう。それはまた他の各農家も同様な問題(水稲単作経営としての)を抱えていたことの証明にはかならない。

この事例をもとに、集団的土地利用発展のメカニズムを示したのが第13表である。個々の経営活動枠にとらわれた低収益性な水稲単作経営から、徐々に生産過程の社会化を集め、集落営農の前段階までの発展のみちすじを、各段階別の特色(土地利用……作物構成、作付順序)と、そこで生ずる問題、それに対する対策、次の段階へおしあげてゆくエネルギー(個々の農家の収益性増大に係る要因)に分けて整理した。各段階の土地利用は、その段階での生産条件のもとで利益率を極大化させようとする。各段階の壁をうちやぶろうとするエネルギーは、より高次の生産構造を実現してより高い利益率を獲得しようとする力である。このような関係に着目して各段階の特徴を示した。

まず水稲単作の a_0 段階では、土地・機械利用ともに低位であり、肥料・農業など生産資材の値上りに対し、米価は上昇しないため、費用利益率は低位であった。この壁を超えるのは湿田の改良により畑作物を導入し、利用率の低い機械の活用によって利益を増大させたり、また乾田化による水稲の単収向上などによる利益率の向上

水稲単作経営の複合化と集团的土地利用の展開

第13表 集団地土地利用発展のメカニズム



である(a₁段階)。

水稻と土地及び機械利用共同の関係を結べるのは、まず麦作である。しかし個別的な土地利用、すなわち分散錯雑状態での麦作りでは、麦は湿害を受け、収量・品質ともに低下する。この問題に対し、耕作者は相対で転換作物作付地を団地化させる。また転換作物導入で農繁期間が拡大し、兼業農家では兼業従事日数が減少し、兼業所得は減少する。このため農業所得を増加させようと、まず加工用トマトのような価格の安定したやさい類(Ⅰ)の導入が図られる。転換作物生産用の機械は補助金を活用して安く導入する。なお、水田利用再編対策実施中であり、転換作物には補助金収入が加わるため、収入は増加する(a₁→a₂)。

水稻、麦、ダイズおよび加工用トマトの作付けがおこなわれるようになると、副次部門での労働の社会化を通じ、労働が費用として意識され、その合理的利用、効果および労賃収入又は支払いが考慮されるようになる。この段階では、収益性の高い作付単位を各戸ともふやそうとしたり、最も高単収の得られる時期に作付けしようとするため、共有機械の利用競争が生じ、また作付けも連作となり、単収は低下する。他方、連作による単収低下を防ごうとする対策をとると経費が増加し、収益性は低下する。この段階の土地利用は、集落レベル団地化を図るようになるが、作物構成の大巾な変更に対応力をもたない農家層の利益を考慮して、土地利用調整をおこなうようになり、地代問題、地力に対する認識がでてくる。

a₂段階での個別経営の基本的な問題は、労働力利用をめぐる農業部門と兼業部門の対立である。特に最近の分解基軸とみられる2～3ha層の農家が選択の岐路に立たされている。近い将来にはb₁段階での農業生産の中心的担い手をこの段階で意識的に確保していく必要がある。このためには①個別に所有している機械の借上げ、組織的活用により、その利用率を向上させ、所有者、利用者ともに費用軽減を図ること、②作業の組織化を副次部門だけでなく、基幹部門(水稻)まで拡大し、高効率な協業方式により収益性の高い作付単位の拡大と高収量を実現するため、作業の体系化・組織化を図ること、③

作業能率を高めるため、作付けはできるだけ大面積とすること、そのために土地利用の流動化をより一層図ること、④連作をできるだけ少なくし、かつ田畑輪換効果を活用するため、最低耕区単位の輪作をおこなうこと、および⑤田畑輪換の効果を活用し、かつ栽培努力に応じて販売価格の向上を図れるようなやさい類(Ⅱ)の導入を図ること、等の対策が必要となる。

a₂段階で停まっている手栗集落は、上記対策のうち④を除いた他のすべての対策実施が不足していたように思われる。①と②の対策を同時におこなって生産単位を拡大させ、規模のメリットを発揮すること、また中核者を中心とした高効率な作業により労働費を低減させ、その余力で婦人労働力や中・高齢者とともにやさい類(Ⅱ)生産⑥をおこなう。このような農業システムの確立を背景として③対策を進めてゆく。また④輪作をおこなうことにより肥料、農薬等を節約して低コストと高単収を実現して、利益率の極大化を図ってゆく。このような土地利用こそb₁形態そのものに他ならない。

複合化は、人間のもつ多様な個性と能力を表面化させ、かつ農業の場で多面的に活用する場面を創造する。複合化はまず個別から出発し、やがて生産過程の社会化を経て、集落単位の複合経営を実現していく。農民個々は集落単位の営農システムの中で、各々が各々の適性等を考慮した領域を分担しあい、結合し合う。個別間競争、排除的な面が強くなりつつある今日の農村社会に、新たな結合の場面をつくり出す機会となる。

集团的土地利用発展の具体的な形態は、各々の集落のもつ資源、活用条件等により多様なものとなる。注意したいことは、次への発展の具体的な契機は集落内の個々の多様な行動、「ゆらぎ」の中にある。「個性や『ゆらぎ』があって初めて、自己組織化ということが可能となる」ことに着目して進めることが必要と思われる。¹²⁾

ここに示した集团的土地利用発展のメカニズムは、今後、多くの事例分析により一般化を進めていく必要がある。またb₁、b₂段階の事例分析も進めて、より高次の土地利用への展開のみちすじを具体的に示す課題が残されている。

参 考 文 献

- 1) 金沢夏樹「農業経営学講義」昭57, P 108~110
- 2) 平山嘉夫「二一世紀の農業と農協—私たちの挑戦—」昭63
- 3) 竹村敏晴「二十一世紀の経営像」農業と経済第54巻9号, P 47~50
- 4) 八巻正「大規模稲作経営の作業構造と作業受託」農業経営研究第26巻1号, P 22~30
- 5) 平山嘉夫「集落営農の発展」昭58, 農業経営研究第21巻1号, P 63~64
- 6) 小池恒男「集团的土地利用形成の条件」昭58
- 7) 茨城県農林水産部改良普及課「水田農業確立優良集団事例集」昭63
- 8) 藻利重隆「経営学の基礎」昭46, P 282~326
- 9) 金沢夏樹「前掲書」P 75~94
- 10) 茨城県農林部農政企画室「水田単作地帯における農業の実態と動向」昭36
- 11) 茨城県農業試験場化学部「利根川下流地域農業技術発達小史」昭44
- 12) 清水博「ミクロコスモスへの挑戦」昭60, P 28~80

茨城県農業試験場研究報告 第28号

平成元年3月31日発行

発行所 茨城県農業試験場
〒311-42 水戸市上国井町

印刷所 新生プリント社
水戸市見川2丁目28-18

Bulletin of the Ibaraki Agricultural
Experiment Station

No. 28 1988

Contents

1. On the Breeding of New Upland Rice Cultivar Kiyohatamochi
..... Tadao KON, Hideo HIRASAWA, Masakata HIRAYAMA, and Tosiaki KIRIHARA
2. On the New Recommended Rice Variety "Kinuhikari" In Ibaraki Prefecture
..... Yoshiaki TAKAGI, Mikio KANO, Masatoshi ISHIHARA and Tadao KON
3. On the New Recommended Upland Rice Variety "Kiyohatamochi" in Ibaraki Prefecture.
..... Yoshiaki OKUTSU, Masatoshi ISHIHARA, Ritsuo SUGA
4. On the New Semi - Recommended Soybean Variety "KOSUZU" in Ibaraki Prefecture
..... Etsuo NAKAGAWA, Yoshio KASAI, Masatoshi ISHIHARA
5. Studies on the Direct Underground Sowing in the Submerged Paddy Field.
Part 4. Selection of Suitable Variety and Establishment of Stable Cultivation.
..... Mikio KANO, Hideo HIRASAWA, Kuni SAKAI and Akimitu SHIOHATA
6. On the consideration of characteristics of absorbing nitrogen for the principal crops
..... Takashi KAWANO, Minoru ISHIKAWA, Kuni SAKAI
7. The Effect of Paddy Fields on Water Quality
Part 1. The Fate of the Nitrate Input by Irrigation in Paddy Fields (Ando Soil)
..... Tsutomu OYAMADA, Noboru KOBAYASHI
8. Soil Pollution by Heavy Metals
Part 7. Improvement of intermountain Paddy Field polluted by Cadmium and the
Cadmium Absorption of Rice Plant
..... Chikara HIRAYAMA, Noboru KOBAYASHI
9. Improvement of the Polder Soil on Neighboring Areas of Lake Kasumigaura
Part 8. Growth Upland Crop and pH Exchange of the Acid Sulfate Soil
..... Chikara HIRAYAMA
10. Development of Diversified Farming in Paddy Field and Land Use by Group Farming
..... Atsuo CHINONE, Tetsuo KOMATSU