

# 韓国農耕地高度利用研究計画 最終報告書

平成 6 年 6 月  
(1994年 6 月)

国際協力事業団

韓国農耕地高度利用研究計画最終報告書

平成六年六月（一九九四年六月）


国際

110  
807  
ADT  
BRARY

農開技
JR
94-21

国際協力事業団

28239

JICA LIBRARY  
  
1121559(7)

28239

## 序 文

国際協力事業団は、平成元年4月4日に署名された、韓国実施機関との討議議事録(R/D)等に基づき、「韓国農耕地高度利用研究計画」を平成元年6月1日から平成6年5月31日まで5年間実施してきました。

その間、両国の多くの技術者が交流し、共同開発された技術は直ちに現場へと普及され、韓国農業の発展に大きく寄与することとなりました。

本報告書は、5年間の技術協力の成果を各分野別に韓国側技術者がとりまとめたものであり、本プロジェクト協力の効果及び成果を、今後の両国農業技術協力の参考として活用されることを願うものです。

終わりに、本報告書を取りまとめるに際して、ご尽力をいただいた大久保隆弘リーダーをはじめとする派遣専門家各位に謝意を表すとともに、本プロジェクト運営に当たり、多大なご支援をいただいた国内関係機関、在韓国日本大使館並びに韓国政府関係機関各位に心より感謝の意を表します。

平成6年6月

国際協力事業団

農業開発協力部

部長 有川 通世

# 目 次

I. 輪換土壤利用基準の設定及び分布調査	1
1. 田畑輪換土壤基準設定及び分布調査	1
2. 田畑輪換土壤利用基準設定及び適性等級別分布調査	15
3. 田畑輪換利用対象地の級地別土壤管理基準確立	28
II. 土壤の理化学的特性変化様相と地力維持培養技術の確立	37
1. 田畑輪換土壤の物理性変化と様相究明研究	37
2. 田畑輪換土壤の化学的特性様相究明研究	53
3. 暗渠排水が田畑輪換土壤の理化学的特性変化に及ぼす影響	73
4. 田畑輪換作付導入時土壤特性変化研究	93
5. 水田輪換地の最適耕耘方法に関する研究	116
6. トラクター複合耕耘作業機の開発	122
III. 輪換耕地における作付体系及び良質多取技術の確立	131
1. 中部地方における水田作付体系設定	131
2. 南部地域における水田作付体系設定試験	139
3. 田畑輪換土壤における作付体系と作物生産力	150
4. 田畑輪換作付体系における省力機械化栽培法の研究	160
5. 田畑輪換耕地における飼料作物作付体系試験	165
6. (1) 水田転換畑における大豆栽培技術究明試験	184
(2) 生育時期別湿害が大豆の生育及び収量に及ぼす影響	184
7. 野菜類の効率的灌肥栽培法の確立研究	202
8. 切花輪作及び連作地の生産性向上研究	208
9. 南部地域水田におけるモヤシ大豆の適正栽植密度試験	216
10. 農産物の品質管理技術開発研究	220
11. 水利不安全畑転換地の畑作物安全栽培技術確立	232
IV. 輪換耕地における病虫害及び雑草防除法の確立	255
1. 作付形態別雑草発生生態研究	255

2. 輪換耕地における病害発生様相及び防除法研究 .....	274
3. 田畑輪換地の植物寄生線虫相と天敵微生物調査 .....	282
V. 連作による土壌環境変化究明と対応技術の確立 .....	290
1. 輪作栽培地の土壌腐生菌の消長と制御方法の確立 .....	290
2. 施設栽培連作地施肥量と土壌養分の変化に関する研究 .....	308

## I. 輪換土壌の利用基準設定及び分布調査

### 1. 田畑輪換土壌基準設定及び分布調査

遂行機関：農業技術研究所

担当者：鄭碩在、林尚奎、朴昌緒、玄根洙

#### (1) 序 言

国家経済発展と共に国民食生活の向上により新鮮な野菜類と果物類の要求が増加するようになって農業発展の方向は野菜の周年栽培が可能な施設栽培が全国的に急速に拡大していく傾向にあり又 UR に対応する代替作物の多様化により国際競争力に挑戦するために国家からの支援も多くなっている。

以前には施設栽培は主に畑で行なわれてきたが、都市化、産業化が進み畑の面積が足りなくなって現在では主に水田にて行なわれるようになり、現在の水田面積の約1%に達している。今後もより多い面積に拡大することと予想できる。長い間水田で利用してきた土壌を田畑輪換によって畑に利用する時問題が惹起するのは確実なことである。

水田を畑に利用すると土地利用率が增大する他に地力増進、忌地回避、雑草の減少等により収量は増大するが、湿害防止のための水管理及び土壌の物理・化学的特性の悪化等の対策究明が必要である。日本での圃場試験結果によれば田畑輪換の導入後大豆の栽培で19%の増収があったとの報告があり、国内試験でも水田土壌に一定期間畑作物栽培後水稲栽培の時15%の増収及び畑作物の連作障害が軽減したという報告があった。

現在までは土壌の特性を地目別適性等級に分類したが今後は田畑輪換時の水田土壌の特性によって田畑輪換基準設定を行なうことにより適地適作に合う田畑輪換が出来ることと思う。

本研究は中部地域の田畑輪換地を把握して輪換地土壌の収量と土壌特性を究明して田畑輪換地の適地基準を設定することにより、水田を畑に使用する時の基礎資料を提供するために遂行した。

#### (2) 材料及び方法

田畑輪換調査地域は中部地域の京畿道、江原道、忠北道と済州道の水田土壌の中、実際田畑輪換を行っている619個の圃場を対象として1990年から1993年まで4年間実施された。土壌の形態、物理的特性及び土壌調査は土壌調査便覧を基準にした。田畑輪換土壌の基準設定は表1の通り土壌の形態・物理的特性による作物の生育状態を比較して基準を作成した。

表1 田畑輪換適地判定基準

区 分	最適地(4)	適 地(3)	可能地(2)	不適地(1)
地 形	平坦地	台地・扇状地	谷間・山麓傾斜地	河床地・砂丘地
土壤排水	若干良好	若干不良	不良	きわめて不良
土 性	(微砂)砂壤質	(微砂)埴壤質	砂質・砂礫質	埴質
地下水位 (cm)	>100	50-100	20-50	<20
傾 斜 (%)	0-2	2-7	7-15	15-30
有効土深	>100	50-100	20-50	<20
配点合計	>22	20-21	18-19	<17

( )は土壤要因の配点

作況指数は作況指標値の中いちばん大きい物を100とした時の相対的の比較値で、作況指数は下式から求めた。

$$\text{作況指数} = \frac{\sum(\text{作況区分} \times \text{圃場数})}{\sum \text{圃場数}}$$

上式から作況区分は生育状態がきわめて良好：4、良好：3、普通：2と不良：1の4等級に区分し、各等級により差異をつけた。 $\sum$ 圃場数は実際の田畑輪換を行なっている圃場数の全体の合計を表した。



(3) 結果及び考察

1) 江原道の市郡別水田面積と田畑輪換現況は表2の通り水田面積54,828haの中田畑輪換地は371haで水田面積の1.03%で比較的多い方であった。

表2 江原道地域の調査計画対実績と田畑輪換の現況

地 域	計 画 面 積	実 績	その他*	田 畑 輪 換 地	比 率 (%)	調 査 年 度	備 考
----- ha -----							
江原 原州市	1,352	1,326	36	10	0.76	'90	
江陵市	1,940	1,835	105	18	0.98	"	
原州郡	5,674	5,674	—	50	0.88	"	
寧越郡	1,775	1,775	—	5	0.28	"	
溟州郡	4,910	4,531	379	15	0.33	"	
高城郡	3,760	3,622	138	13	0.36	'91	
三陟郡	2,160	1,955	205	43	2.20	"	
楊口郡	1,980	1,980	—	4	0.20	"	
麟蹄郡	2,080	1,820	260	11	0.60	"	
鐵原郡	5,080	5,080	—	12	0.24	"	
春川市	670	532	138	34	6.39	'92	
速草市	790	630	160	2	0.32	"	
春川郡	3,490	3,490	—	22	0.63	"	
襄陽郡	3,380	3,070	310	2	0.07	"	
横城郡	5,950	5,950	—	31	0.52	"	
平昌郡	2,610	2,508	102	40	1.59	"	
旌善郡	770	770	—	25	3.25	'93	
洪川郡	6,440	6,380	60	22	0.34	"	
華川郡	1,910	1,910	—	12	0.63	"	
小計 4市15郡	56,721	54,828	1,893	371	1.03		

主に春川市の都市近郊農地である田畑輪換地中には、きゅうりの栽培団地がずっと前から形成されていて有名である。平昌、旌善郡には高冷地野菜栽培地域として田畑輪換地が多く造成されている。

京畿道の市郡別水田面積と田畑輪換現況は表3のごとく水田面積175,415haの中田畑輪換地は1,855haで水田面積の1.06%で比較的多い方であった。

表3 京畿道地域の調査計画対実績と田畑輪換現況

地 域	計 画 面 積	実 績	その他*	田 畑 輪 換 地	比 率 (%)	調 査 年 度	備 考
	----- ha -----						
京畿 水原市	2,310	2,273	37	20	0.88	'90	
安養市	720	80	640	22	27.50	"	坪村新都市
城南市	1,710	1,144	566	131	11.45	"	盆唐新都市
加平郡	3,060	3,060	—	10	0.33	"	
江華郡	13,275	13,275	—	34	0.26	"	
高陽郡	7,543	7,543	—	265	3.51	"	
広州郡	5,450	5,079	371	156	3.07	"	
驪州郡	10,587	10,634		14	0.13	"	
富川市	1,900	1,399	501	16	1.14	'91	中東新都市
議政府市	720	720	—	49	6.80	"	
楊州郡	4,700	4,700	—	51	1.09	"	東豆川市包含
南楊州郡	5,170	5,170	—	120	2.32	"	九里、美金市包含
金浦郡	8,580	8,580	—	41	0.50	"	
安城郡	12,810	12,782	28	37	0.29	"	
龍仁郡	10,360	9,331	1,029	71	0.76	"	
始興市	3,520	3,520	—	76	2.16	'92	光明市包含
議旺市	1,590	1,590	—	12	0.75	"	安山市包含
果川市	390	390	—	29	7.44	"	君浦市包含
楊平郡	8,000	7,826	174	24	0.31	"	
利川郡	11,990	11,990	—	26	0.22	"	
坡州郡	10,790	10,790	—	36	0.33	"	
抱川郡	6,460	6,460	—	14	0.22	"	
平沢郡	15,610	18,239	—	251	1.38	'93	平沢、松炭市包含 干拓地開畑
華城郡	19,790	19,692	98	76	0.39	"	烏山市包含
連川郡	4,310	4,310	—	32	0.74	"	
ソウル市	3,740	1,178	2,562	180	15.28	"	
仁川市	3,140	3,660	—	62	1.69	"	
小計 10市17郡	178,225	175,415	6,006	1,855	1.06		

特にソウル、仁川と首都圏地域に多い理由は都市で野菜類の多量需要のため都市近郊野菜

栽培団地が多い。又ソウル市と仁川と高陽郡は花卉栽培が活発にされている所も相当に多数でこれは産業化、都市化で生活が潤沢になった結果と考えられる。

忠北道の市郡別水田面積と田畑輪換地現況は表4のごとく水田面積77,533haの中田畑輪換地は477haで水田面積の0.71%で比較的少い方であった。忠北地域と大田市は主に都市近郊農業であるぶどう、りんご等の果樹の栽培面積がふえながら田畑輪換地が拡大することと予想できる。表5 済州道は元来水田面積が少なく主に畑作物主体の農法で、最近みかん、パイナップル、すいか、花卉等の栽培面積が増加する傾向にある。

表4 忠北道地域の調査計画対実績と田畑輪換現況

地 域	計 画 面 積	実 績	その他*	田 畑 輪 換 地	比 率 (%)	調 査 年 度	備 考
----- ha -----							
忠北 沃川郡	5,710	5,710	—	32	0.56	'90	
永同郡	6,286	6,286	18	81	1.29	"	
槐山郡	8,477	8,477	—	30	0.35	"	
清州市	2,740	2,740	—	42	1.53	'91	
清原郡	15,500	15,500	—	46	0.30	"	
丹陽郡	2,060	1,935	125	46	0.66	"	
忠州市	1,440	1,384	56	12	0.87	'92	
中原郡	8,590	8,590	—	21	0.24	"	
堤川郡	3,780	3,516	264	14	0.40	"	
報恩郡	6,560	6,293	267	42	0.67	"	
堤川市	990	1,340	—	24	1.79	'93	
陰城郡	8,680	8,680	—	45	0.52	"	
鎭川郡	7,190	7,100	90	42	0.59	"	
小計 3市10郡	78,003	77,533	820	477	0.71		

表5 済州道地域の調査計画対実績と田畑輪換現況

地 域	計 画 面 積	実 績	その他*	田 畑 輪 換 地	比 率 (%)	調 査 年 度	備 考
----- ha -----							
済州 済州市	970	788	182	182	23.10	'93	済州道全地域
小計 1 市	970	788	182	182	23.10		
総計 18市42郡	313,919	308,564	8,901	2,885	0.93		

\* その他は地目変更のため水田面積は減少

中部地域の江原、京畿、忠北、ソウル、仁川と済州道の水田面積の合計は308,654 haで、その中田畑輪換地は2,885haで全水田面積の0.93%に当たる。

## 2) 田畑輪換地の土壌要因と作況の比較

水田土壌を畑に利用しようとする時なによりも形態と物理的条件が良好でなければならない。特に地形、排水、土性、有効土深、傾斜、地下水位等を水田で畑作物を栽培した圃場で土壌要因と作況を比較した結果は表6の通りである。

地形と土壌条件による田畑輪換地の作況によると平坦地：100.0、台地・扇状地及び平坦凹陥地：89.5、と河床地・砂丘地：78.7を示している。このようにして平坦地と台地及び扇状地に発達した土壌の作況が良好であったことは土深が深く、農耕地の基盤造成のため土壌・作物・水管理が容易であったためと判断できる。排水等級による作況指数は若干良好：100.0、若干不良：89.1、不良：63.2で田畑輪換時の作況は排水がいちばん問題になっていた。排水が不良な土壌では作況が不良であったのは主に通気と排水が不良で作物の根が呼吸するのに支障を招来したためであったと思う。土性は(微砂)砂壤質、(微砂)埴壤質、砂質、砂礫質と埴質で各々作況指数は100.0、92.9、81.1と79.1を示した。砂壤質及び埴壤質土壌で作況が良好であったのは通気が良好で保肥、保水力が適当であったためと判断した。有効土深別作況指数は >100、50-100、20-50、<20cm で各々100.0、93.5、93.3、74.3で有効土深が深いほど良好であったが、作物の種類と品種により差異があるようであった。

傾斜等級別作況指数は、A、B、Cごとに各々100.0、88.9、78.6を示した。傾斜地では一般的に水の流法は良いけれども農地の基盤造成が不備で農作業が困難なため田畑輪換を推進しないことと判断できる。

表6 田畑輪換地の土壌要因と作況比較

('90~'93年 619個所調査)

土壌 要因	区 分	配点 基準	田畑輪換地の作況				計	作況* 指数
			きわめて 良 好 (4)	良 好 (3)	普 通 (2)	不 良 (1)		
----- 圃場数 -----								
地 形	平地	4	70	278	62	4	414	100.0
	台地、扇状地	3	3	29	19	—	51	89.5
	谷間、山麓傾斜地	2	—	76	49	4	129	85.3
	平坦凹涵地 河床地、砂丘地	1	—	9	16	—	25	78.7
排 水	若干良好	4	69	234	61	—	364	100.0
	若干不良	3	7	159	74	4	244	89.1
	不 良	2	—	3	4	4	11	63.2
	きわめて不良	1	—	—	—	—	—	—
土 性	(微砂)砂壤質	4	57	262	59	3	381	100.0
	(微砂)埴壤質	3	14	99	41	5	159	92.9
	砂質、砂礫質	2	1	18	29	—	48	81.1
	埴 質	1	—	14	14	3	31	79.1
有効土深 (cm)	>100	4	68	309	81	3	461	100.0
	50-100	3	5	28	12	2	47	93.5
	20-50	2	5	46	18	2	71	93.3
	<20	1	—	11	26	3	40	74.3
傾 斜 (%)	0-2	4	73	286	78	5	442	100.0
	2-7	3	3	107	61	3	174	90.5
	7-15	2	—	1	2	—	3	78.6
	15-30	1	—	—	—	—	—	—
地下水位 (cm)	>100	4	70	240	57	—	367	100.0
	50-100	3	5	156	72	2	235	88.9
	20-50	2	—	3	7	3	13	65.9
	<20	1	—	—	2	2	4	49.4

\* 作況指数 =  $\Sigma(\text{作況区分} \times \text{圃場数}) / \Sigma \text{圃場数}$

地下水別作況指数は >100、50-100、20-50、<20cm で各々100.0、88.9、65.9と49.4で地下水位が低いほど有利で<20cm 未満の土壌では田畑輪換をやっていないし作況が不良であるのは、常時湛水状態のために根の生長発達が制限を受けているためと判断できる。

### 3) 田畑輪換地の級地別土壌種類と作圃単位

韓国の土壌調査結果水田土壌は152個土壌統に分類されており土壌相別に田畑輪換時級地別作圃単位を分類した。

田畑輪換地基準設定により各地域別適不調査をした結果は表7、表8、表9、表10の通りである。総水田面積308,564haの中田畑輪換適地は33.1%の102,149haであり、可能地は42.0%の129,551haであった。不適地は24.8%の76,384haであった。

表7 江原道田畑輪換適不調査

地 域	水田面積	田 畑 輪 換 適 不 区 分		
		適 合	可 能	不 適
道別 郡別		ha		
江 原 原 州 市	1,316	318	709	289
江 原 江 陵 市	1,835	614	358	863
江 原 原 州 郡	5,674	1,189	3,108	1,377
江 原 寧 越 郡	4,531	1,214	1,588	1,729
江 原 溟 州 郡	1,775	880	677	218
江 原 高 城 郡	3,622	436	1,010	2,176
江 原 三 陟 郡	1,955	699	640	616
江 原 楊 口 郡	1,980	759	666	555
江 原 麟 蹄 郡	1,820	538	628	654
江 原 鐵 原 郡	5,080	2,144	2,024	912
江 原 春 川 市	532	334	164	34
江 原 速 草 市	630	41	333	256
江 原 春 川 郡	3,490	768	1,542	1,180
江 原 襄 陽 郡	3,070	565	852	1,653
江 原 横 城 郡	5,950	1,825	2,668	1,457
江 原 平 昌 郡	2,508	1,550	420	538
江 原 旌 善 郡	770	391	91	288
江 原 洪 川 郡	6,380	2,667	2,462	1,251
江 原 華 川 郡	1,910	775	862	273
小 計	54,828	17,707	20,802	16,319
比 率 (%)	100.0	32.3	37.9	29.8

表8 京畿道田畑輪換適不調査

道別	地域 郡別	水田面積	田畑輪換適不区分			
			適合	可能	不適	畑転換対象地*
----- ha -----						
京 畿	水原市	2,273	1,104	848	321	—
	安養市	80	14	53	13	—
	城南市	1,144	239	772	133	—
	加平郡	3,060	1,611	1,145	304	—
	江華郡	13,275	7,546	4,675	1,054	—
	高陽郡	7,543	3,533	3,593	417	—
	広州郡	5,079	1,569	2,474	1,036	—
	驪州郡	10,634	2,142	4,253	4,239	—
	富川市	1,399	309	794	296	—
	議政府市	720	231	229	260	—
	楊州郡	4,700	1,557	1,847	1,296	—
	南楊州郡	5,170	2,122	2,263	785	—
	金浦郡	8,580	4,795	2,172	1,613	—
	安城郡	12,782	4,395	6,105	2,282	—
	龍仁郡	9,331	2,454	5,737	1,140	—
	始興市	3,520	640	1,291	1,589	—
	議旺市	1,590	282	767	541	—
果川市	390	178	147	65	—	
楊平郡	7,826	2,741	4,379	382	324	
利川郡	11,990	3,048	5,216	3,726	—	
坡州郡	10,790	2,895	5,624	2,271	—	
抱川郡	6,460	2,956	2,553	951	—	
平沢郡	18,239	5,682	3,930	8,627	—	
華城郡	19,692	4,878	7,337	7,477	—	
連川郡	4,310	1,554	1,917	839	—	
ソウル市	1,178	527	521	130	—	
仁川市	3,660	1,009	1,848	803	—	
小計	10市17郡	175,415	60,011	72,490	42,590	324
比率	(%)	100.0	34.2	41.3	24.3	0.2

\* 畑転換対象地は傾斜15%以上

表9 忠北道田畑輪換適不調査

地 域		水田面積	田 畑 輪 換 適 不 区 分			
道別	郡別		適 合	可 能	不 適	畑転換対象地*
----- ha -----						
忠 北	沃川郡	5,710	2,184	2,506	1,020	—
	永同郡	6,268	2,558	2,891	819	—
	槐山郡	8,477	1,946	4,954	1,577	—
	清州市	2,740	691	1,136	895	18
	清原郡	15,500	4,789	6,530	4,043	138
	丹陽郡	1,935	1,257	612	66	—
	忠州市	1,384	428	747	209	—
	中原郡	8,590	1,714	4,812	2,064	—
	堤川郡	3,516	1,557	1,572	387	—
	報恩郡	6,293	2,359	2,430	1,504	—
	堤川市	1,340	354	749	237	—
	陰城郡	8,680	2,444	3,760	2,476	—
	鎮川郡	7,100	2,087	3,069	1,944	—
	小 計	3市10郡	77,533	24,368	35,768	17,241
比 率	(%)	100.0	31.4	46.1	22.3	0.2

\* 畑転換対象地は傾斜15%以上

表10 済州道田畑輪換適不調査

地 域		水田面積	田 畑 輪 換 適 不 区 分			
道別	郡別		適 合	可 能	不 適	畑転換対象地*
----- ha -----						
済 州	済州市	788	63	491	234	—
小 計	1 市	788	63	491	234	—
比 率	(%)	100.0	8.0	62.3	29.7	—
総 計	18市42郡	308,564	102,149	129,551	76,384	480
比 率	(%)	100.0	33.1	42.0	24.8	0.1

\* 畑転換対象地は傾斜15%以上



結果的にみれば中部地域水田面積中(済州道包含)77.5%が田畑輪換適合又は可能地であることを表している。今後田畑輪換地の適地を利用して主穀の水稲作から所得作物の方に指導する必要がある。

#### 4) 田畑輪換地の栽培年次別分布

水田面積308,564haの中田畑輪換を行なっている圃場数は619個で栽培年次別比率をみると表11の通りである。1年次が18.4%、2-3年次が45.1%と大部分であり、4-5年次は17.3%で年次が長くなるほど少なくなる傾向であった。同一の場所で10年以上畑作物を栽培していた農家は8.4%あった。

この結果により田畑輪換は大部分畑作物を2-5年間栽培した後水稲作を栽培するようにして田畑輪換時に発生する問題点を解決している。

表11 田畑輪換地の栽培年次別分布

栽培年数(年)	計	1	2-3	4-5	6-7	8-9	>10
圃場数	619	114	279	107	41	26	52
比率(%)	100.0	18.4	45.1	17.3	6.6	4.2	8.4

田畑輪換地で栽培している作物別分布をみると表12の通りである。

表12 田畑輪換地の作物別分布

調査地域	田畑輪換地(ha)	調査点数	作物別分布(ha)				
			施設果菜類	露地果菜類	特用作物(1-4年)	施設花卉	その他
江原	371	145	119	156	82	6	8
京畿	1,855	306	1,174	400	97	178	6
忠北	477	140	160	147	153	11	6
済州	182	28	24	59	-	40	59
計	2,885	619	1,477	762	332	235	79
比率(%)	100.0	-	51.2	26.4	11.5	8.2	2.7

田畑輪換は初期には大部分都市近郊で発展してきたが最近では全国どこでも行なわれている趨勢で、施設栽培が大部分である。施設果菜類が51.2%で最も多く、露地果菜類26.4%、特用作物(1-4年)11.5%、施設花卉8.2%とその他(苗木)2.7%を示している。

今後近代式の施設栽培地が増加する傾向で、一度施設すると永久的に使用できるため、初めに施設を設置する時適地選定をやるべきである。

水田土壌を利用して畑作物を栽培する時多数の阻害因子が出てくる。阻害因子の基準は表13のように一番問題がある要因は湿害で透水、浸水、流去、重粘、石礫、谷間、傾斜の順に決定した。

表13 田畑輪換対象地の阻害因子と基準

番号	阻害因子	具備条件	備考
1	低 湿	排水不良又はきわめて不良	
2	透 水	排水若干不良な(微砂)埴壤質土壌	
3	浸 水	河床地に分布する浸水憂慮地	
4	流 去	平坦地の排水若干良好、若干不良な土壌	埴質、石礫>35%除外
5	重 粘	埴質の土性	排水不良、きわめて不良除外
6	石 礫	土壌断面内で石礫が35%以上の土壌	
7	谷 間	傾斜7~15%の階段式谷間水田	
8	傾 斜	傾斜2~7%の緩傾斜と扇状地土壌	

※番号は優先順位である。

田畑輪換利用時阻害要因別分布面積は表14の通りである。1級地に当たる水田土壌は阻害因子がなく、5級地に当たる土壌は田畑輪換地としては利用できない土壌である。

2、3と4級地土壌の中分布面積が最も多いのは35.4%の傾斜で谷間16.4%、石礫と透水が各々14.0%、重粘が8.7%、低湿5.7%、浸水5.6%と流去0.2%であった。

表14 田畑輪換利用時阻害要因別分布

地域	適性 等級	計	阻 害 要 因 別 分 布							
			低湿	透水	浸水	流去	重粘	石礫	谷間	傾斜
----- ha -----										
江原	2級地	8,741	—	95	—	195	1,471	2,182	633	4,165
	3級地	20,802	190	1,195	176	—	3,096	2,799	6,915	6,431
	4級地	10,408	1,812	—	2,901	—	337	4,785	573	—
	計	39,951	2,002	1,290	3,077	195	4,904	9,766	8,121	10,596
京畿	2級地	19,012	—	3,414	—	—	1,477	5,949	805	7,367
	3級地	72,490	1,285	19,749	1,040	—	4,737	4,561	9,258	31,860
	4級地	14,265	5,746	1,105	2,565	—	1,890	1,598	1,361	—
	計	105,767	7,031	24,268	3,605	—	8,104	12,108	11,424	39,227
忠北	2級地	11,756	—	979	—	322	252	1,599	1,438	7,166
	3級地	35,768	606	1,510	1,440	—	3,900	3,317	10,051	14,944
	4級地	9,651	2,022	349	3,251	—	—	1,650	2,379	—
	計	57,175	2,628	2,838	4,691	322	4,152	6,566	13,868	22,110
濟州	2級地	63	—	—	—	—	—	—	—	63
	3級地	491	—	—	—	—	404	—	—	87
	4級地	79	—	—	—	—	79	—	—	—
	計	633	—	—	—	—	483	—	—	150
總計		203,526	11,661	28,396	11,373	517	17,643	28,440	33,413	72,083
比率 (%)		100.0	5.7	14.0	5.6	0.2	8.7	14.0	16.4	35.4

(4) 摘 要

- 1) 調査計画面積313,919haの中水田は308,564haであった地目変更は5,355ha(1.7%)を示した。
- 2) 調査水田面積の中田畑輪換地は2,885haで水田面積の0.9%であった。
- 3) 田畑輪換時適地判定基準は地形、排水、土性、傾斜、有効土深、地下水位等を設定した。
- 4) 田畑輪換分布調査面積の中適地33.1%、可能地42.0%で不適地は24.9%であった。
- 5) 田畑輪換時阻害要因は傾斜、谷間、石礫、透水、重粘、低湿、浸水、流去の順であった。

〈文献省略〉

## 2. 田畑輪換土壤利用基準設定及び適性等級別分布調査

遂行機関：湖南作物試験場

担当者：曹國鉉、崔正源、蘇在敦

### (1) 緒言

田畑輪換の効果は土壤の理化学性を改善して作物根の活力を増進させ養分吸収率を向上、肥料の利用率を良好にして病害虫や雑草発生量も大きく減少させ、労働力節減と農薬使用量を減らして公害が少ない農産物を生産する。施設園芸団地では土壤中に集積した塩類が原因で発生する生理的障害を田畑輪換を行って防止することができる等利点が多い。

しかし、水田・畑状態を輪換して使用するので土壤に対する作物の適応性に問題があり、適地適作物を選んで主産団地を造成し優良農地は多様に利用し、劣悪農地は他用途で適切に利用できるようにする土地利用計画が必要である。

土地の作物に対する適性等級区分は一つの実用的土壤分類体系を利用してきた。その方法では土壤特性に伴う生産力試験を行って土地の能力をただ生産性だけで判定する演繹的方法と土壤分類者が土壤の作物生育に影響を及ぼすことと考えられる因子を取り出し類推して判定する帰納的方法がある。前者は多くの時間が所要され後者は生産性と一致しない欠点があるので両者を総合した折衷法が使用されている。

今までわが国では地目別適性等級基準のような帰納的方法が利用されてきたが、近年には折衷的な方法を利用して作目別適性等級を区分している。

本研究は田畑輪換時適性等級区分基準を設定して、全国水田土壤に対する輪換土壤適性等級別土壤種類及び作区単位を区分し、田畑輪換優先実施順位になるようにするため'89～'93年まで適性等級区分基準設定及び土壤の分布状態を湖試、農技研、嶺試等3個機関が韓日共同研究事業で実施した。

### (2) 材料及び方法

#### 1) 田畑輪換土壤適性等級分類基準設定

土壤特性別配点基準を設定するためにとうがらし外9個作物の現地圃場を踏査して作況を調査した後、大変良好4、良好3、普通2、不良1等で区分、作況指数すなわち $\sum$ 作況 $\times$ 圃場数 $\div$  $\sum$ 圃場数を計算した。(表1)

土壤特性は土壤調査便覧I巻に準じて調査し土壤特性別で作況指数を算出、優劣順位について配点し、全国151個水田土壤に対する取得点数を計算した後1-5級地で区分した。(表2、3)

## 2) 田畑輪換対象地適性等級別分布調査

湖南地域(忠南、全北、全南)該当市郡の精密土壤図を参照して地目の変化状態を現地踏査して調査し、適性等級別土壤種類は適性等級区分基準によって分類した。

### (3) 結果及び考察

#### 1) 田畑輪換土壤利用基準設定

##### ① 適性等級区分要因別配点

適性等級区分はアメリカ農務省の土地能力区分 Storie 指数と各国のいろいろな方法等が利用されている。鄭は水田土壤を多毛作したときの適性等級を土壤排水、傾斜、母材、塩濃度、pH、温量指数、地下水水位等の要因を取り出して、作物生育に及ぼす程度、適性等級区分にあたって土壤因子は土地利用目的によっていろいろ異なるが、主に地形、土性、排水、傾斜、石礫含量、有効土深、地下水水位、硬盤及び岩盤層、土壤反応、浸蝕度、洪水、氾濫程度、化学性中塩濃度、アルカリ度、その他有害物質有無及び有害度を適用した。また、土壤因子別配点をするために加重法を適用した例は加減法、相昇法、加減相昇法等があるが、本研究では田畑輪換と共に地目を一定周期で輪換使用した場合の適性等級区分優先土壤要因別優劣順位決定が必要である。

したがって表1に示すように田畑輪換が実施されている農家圃場において土壤特性別作況を調査して作況指数を算出し、その結果について土壤特性別配点基準を設定した。

##### a) 土壤特性別作況調査

田畑輪換土壤の生産能力を判定するに比較的合理的と考えられる折衷的な方法に最大に接近するため土壤特性に対応して、とうがらし、しょうが等いくつかの作物に対して作況を調査した結果表1の通り土壤要因について作況の違いがあるだけでなく土壤要因内にも等級について作況に及ぼす程度に違いがあった。そのうち土壤排水土性、有効土深及び地下水水位等はその程度によって作況の違いの大きいことが分かったが、地形や傾斜等は違いが少なかった。

表1 田畑輪換地の土壤要因別作況

土 壤 要 因		作 況 区 分					作 況 指 数	各要因内 作況比較
		大変良好 (4)	良 好 (3)	普 通 (2)	不 良 (1)	計		
地 形	平坦地	16	29	21	4	70	2.8	100
	台地、扇状地	4	9	6	2	21	2.7	96.4
	谷間、山麓傾斜地	1	7	4	1	13	2.6	93.2
	河床地、砂丘地	—	4	5	—	9	2.4	86.8
排 水	若干良好	15	26	23	4	68	2.8	100
	若干不良	4	20	15	3	42	2.6	93.8
	不 良	—	—	2	1	3	1.7	60.5
	大変不良	—	—	—	—	—	—	—
土 性	(微砂)砂壤質	11	16	11	2	40	2.9	100
	(微砂)埴壤質	8	18	16	1	43	2.8	95.5
	砂質、砂礫質	2	9	9	2	22	2.5	86.2
	埴質	—	3	2	3	8	2.3	69.0
傾 斜 (%)	0—2	17	33	34	2	86	2.8	100
	2—7	4	10	8	2	24	2.7	97.1
	7—15	—	1	2	—	3	2.3	84.7
	15—30	—	—	—	—	—	—	—
有効土深 (cm)	>100	17	33	23	4	77	2.8	100
	50—100	3	9	5	2	19	2.7	95.0
	20—50	—	4	7	2	13	2.2	76.2
	<20	—	—	3	1	4	1.8	62.2
地下水位 (cm)	>100	18	31	20	3	72	2.9	100
	50—100	3	15	16	4	38	2.4	84.8
	20—50	—	—	2	1	3	1.7	57.8
	<20	—	—	—	—	—	—	—

※作況指数： $\Sigma$  作況 $\times$ 圃場数/ $\Sigma$  圃場数

※作物：とうがらし、しょうが、いちご、すいか、きゅうり、トマト、ねぎ、たまねぎ、人参、たばこ

b) 土壤特性格別配点基準

作況調査結果について地形、土壤排水、土性、有効土深、地下水位等6個要因で区分し、作況指数程度について表2に示すように各要因を4等級で区分し各々1～4点を配点し、特に田畑輪換で一番問題が大きな湿害を考慮して土壤排水等級、地下水位等の等級をさらに細分した。

表2 土壤要因別配点基準

1. 地形	配点	3. 土性	配点	5. 傾斜 (%)	配点
平坦地	4	(微砂)砂壤質	4	0-2	4
台地、扇状地	3	(微砂)埴壤質	3	2-7	3
谷間及び山麓傾斜地	2	砂質、砂礫質	2	7-15	2
河床地、砂丘地	1	埴質	1	15-30	1
2. 土壤排水		4. 有効土深 (cm)		6. 地下水位 (cm)	
若干良好	4	>100	4	>100	4
若干不良	3	50-100	3	50-100	3
不良	2	20-50	2	20-50	2
大変不良	1	<20	1	<20	1

c) 田畑輪換対象地適性等級及び適地推薦

土壤要因別配点基準によって各土壤別で取得点数を計算し、その結果最高24点、最低12点までの点数を取得したが、22点以上は1級地(適地)、20-21点は2級地(適地)、18-19点は3級地(可能地)、16-17点は4級地(不適地)、15点以下は5級地(不適地)と推薦された。一方、傾斜度15%以上の水田土壤は畑輪換対象地で分類して田畑輪換推薦対象地では除外した。

表3 適性等級及び推薦基準

級 地	1	2	3	4	5
取得点数	>22	20-21	18-19	16-17	<15
区 分	適 地		可 能 地	不 適 地	

※ 畑輪換対象地：傾斜度15%以上水田土壤



## ② 田畑輪換のための級地別土壤種類及び作図単位分類

わが国の水田土壤の種類は151個土壤統であり、湖南地方には82個の土壤統が分布されている。

この地を田畑輪換する場合適性等級別で分類してみると、1級地土壤は江西統外18個土壤統及び19個作図単位で、主に平坦地に分布する砂壤質、微砂壤質の排水、若干良好な土壤であり、2級地は佳川統外41個土壤統及び53個単位で平坦地、台地、扇状地、谷間及び山麓傾斜地に分布し、主に砂壤質、微砂埴壤質、埴壤質の排水、若干良好な土壤あるいは砂壤質の排水若干不良な土壤でこの地1、2級地土壤は田畑輪換時に適地とすることがある。

一方、3級地土壤は主に谷間地及び山麓傾斜地あるいは台地及び扇状地に多い反面、平坦地には少なく土性は砂壤質、微砂埴壤質、埴壤質、排水は若干良好、若干不良であり伏泉、阿谷、極楽統と共に50cm以下で青灰色あるいは暗灰色の断面を示した土壤もあって大変多様な土壤が包含されるが、この地も土壤の排水等若干の制限要因がある。この制限要因を解消する管理方法を導入すれば田畑輪換が可能な土壤である。

一方、4、5級地土壤は平坦地から山麓傾斜地まで広く分布し土性に関係なく排水が不良～地下水位が50cm以上で高い土壤がすべて包含し、この土壤は田畑輪換をする場合、湿害、浸水等制限要因の影響が大きく、特殊な施設をするには多くの労力と資本投入が要求されるので田畑輪換が不可能な土壤とすることがある。主に河川低湿地や新干拓地、谷間低湿地土壤である。

## ③ 田畑輪換土壤の阻害因子区分

土地を管理利用するにあたって農作業及び生産性等を制限する阻害要因がある。この阻害要因は田畑輪換時注意する事項で、1級地を除く土壤は同一級地でも土壤特性に応じて阻害因子がある。土地の利用目的について級地ごとに土壤特性に伴う利用上制限をうけるいろいろな阻害因子を併記して標示してあるが、田畑輪換時にも阻害因子を表4のように阻害優先順位について8種類で区分した。

“低湿”は地下水位が高く排水が不良なので、明渠及び暗渠等の排水施設が必要であり、“透水”は排水が若干不良な(微砂)埴壤質土壤で垂直排水が不良なために深耕、客土、有機物施用、穿孔排水等で土壤物理性を改善して透水性を増大させ、作物の根伸張と生育を良好にすることが必要である。

なお、“浸水”は河床地に分布し、降雨時水に浸す憂いがあるので河川辺の周囲堤防を高くするようにする。一方、排水施設設置をし浸灌水に強い作物を選択栽培するのが良い。

“流去”は傾斜地で平坦地中若干低地で集水され田畑輪換に制限をうけるので排水施設設

置及び耐湿性作物選択等が必要である。

“重粘”は排水若干良好あるいは若干不良な埴質土壌で作物根、耕耘、根伸張に制限をうけるので土壌物理性が改善するように土壌管理をし、“石礫”は土壌断面に35%以上の石礫を含有する土壌で透水性が速く、農作業等耕種管理に制限を与える深根。性作物栽培時の発育を阻害するだけでなく養分流失や早魃被害を誘発させる憂いがある。また、“傾斜”は傾斜度が7-15%で、大型農機械利用ができないので集団管理がむずかしい。谷間は溪谷や細い扇状地及び山麓傾斜地に分布された土壌で農機械利用や土壌管理が不便なことでなく日照量が不足して農作物の生育及び品質が不良となることがあるので適当な土壌管理と作物選択が必要である。

表4 田畑輪換対象地阻害因子区分基準

阻 害 因 子	具 備 条 件
低 湿	排水不良あるいは大麥不良
透 水	排水若干不良な(微砂)埴壤質土性
浸 水	河床地に分布する浸水憂慮水田
流 去	0-2%傾斜の排水若干良好、若干不良畑(埴質、砂礫35%以上除外)
重 粘	埴質土性(排水不良、大麥不良畑除外)
石 礫	断面に石礫含量35%以上含有水田
傾 斜	7-15%傾斜
谷 間	谷間、細い扇状地及び山麓傾斜地2-7%傾斜地の排水若干良好、若干不良水田

以上の結果に基づき土壌の阻害因子に対して指導機関や農民が容易に活用することができるように、表5に示すように各阻害因子別で該当され、土壌統及び作図単位を区分した。このことは既発刊された各市、郡、精密土壌図(1:25,000)を参考に利用すると便利である。

表5 阻害因子別作図単位

阻害因子	土 壤 種 類 別 作 図 単 位
低 湿	架浦、江東B.C、高霊B、孔徳、広活、鳩浦、金池、金津、樂泉、多坪、銅湖、文浦、伏泉、白鷗B、鳳林、西炭、水溪、新平、新踏B、麗水、鹽浦、禮泉B.C、玉泉B.C、龍湖、利川、梨湖、春川B.C、浦頭、浦里、浦升、鶴城、咸昌、海拓、花水、興坪
透 水	佳谷、金浦、達洞、徳下、登龜、米院、鳳南、昇州、新興、陽谷、喩加、栗浦、全北、芝山B、春浦、平沢、平海、香湖、孝泉、鳳谷、佳谷B、康津B、琴西B、聞慶B、鳳谷B、喩伽B、林谷B、珍島B、陽谷B
浸 水	金川、南溪、白岫
流 去	甘泉、沙頭、石溪、榮山、長川、鶴山B
重 粘	極楽B、金堤、大静B.C、徳坪B、東松、芳基B.C、芙蓉、蓮川、龍水B.C、柳溪、B.C、鐵原B、草溪B.C、特谷C、坡州B.C、海安B、湖南B、華東B.C
石 礫	佳川、九谷B.C、金谷B.C、大源C、鴨谷B.C、月谷・B.C、眞木B.C、天府C、鶴谷B.C、杏谷B、通川、長有、水北、萬城
谷 間	佳谷C、甘泉C、康津C、慶山C、隠谷C、道谷C、凍岩C、麻谷C、梅谷C、方谷C、福内C、秘谷C、沙村C、山溪C、水北C、安溪C、禮谷C、玉溪C、玉洞C、龍谷C、喩加C、柳谷C、栗谷C、隣啼C、林谷C、点谷C、鐘谷C、竹谷C、芝山C、珍島C、漆谷C、板谷C、桧谷C、清溪C、陽谷C
傾 斜	甘泉B、慶山B、隠谷B、道谷B、凍岩B、麻谷B、梅谷B、米院B、方谷B、福内B、秘谷B、沙村B、山溪B、三岩B、阿OB、安溪B、禮谷B、龍剛B、龍谷B、龍池B、月坪B、栗谷B、点谷B、鐘谷B、漆谷B、板谷B、桧谷B、清溪B、川坪B、咸平B、竹谷B、玉溪B、柳谷B

※ B：傾斜2-7%、C：傾斜7-15%、その他：0-2%傾斜

2) 田畑輪換対象地分布調査

田畑輪換のための適性等級区分基準によって湖南地域に分布する水田土壌の適性等級及び阻害要因別分布状態を調査したが、この結果は田畑輪換時作目選定や作物別主産団地造成、農作業及び適正土壌管理で労働生産性を向上させ、安定的で良質の農産物を生産することができる合理的な営農計画を樹立する資料として活用することができる。

① 道別田畑輪換対象地調査実績

道別調査面積は表6に示すように忠南187,550ha、全北168,753ha、全南216,860haで総573,163haを調査した。

表6 地域別田畑輪換対象地調査実績

区 分	年 度	計画面積 (ha)	調査面積 (ha)	比 率 (%)
忠 南	'90	49,983	54,713	109.5
	'91	44,780	48,156	107.5
	'92	53,382	55,852	105.2
	'93	28,829	28,829	100.0
	小 計	176,974	187,550	106.0
全 北	'90	38,307	36,959	107.3
	'91	30,885	31,025	96.5
	'92	43,802	43,802	94.3
	'93	56,967	56,967	100.0
	小 計	169,961	168,753	99.3
全 南	'90	54,301	54,656	100.7
	'91	68,068	68,241	100.3
	'92	42,869	42,869	100.0
	'93	51,094	51,094	100.0
	小 計	216,332	216,860	100.2
総 計		563,267	573,163	101.8

② 田畑輪換地適性等級別分布

適性等級別分布面積を表7についてみると、湖南地域調査面積573,163ha 中田畑輪換最適地が1級地は11.6%が66,626haあり、2級地は25.3%(144,745ha)、3級地は35.4%(203,183ha)あった。一方、田畑輪換対象地で不適合する4、5級地は各々14.4%、12.7%あり、傾斜度が15%以上の畑輪換対象地は総調査面積の0.6%であった。

表7 田畑輪換対象地適性等級別分布面積

(単位：ha)

区分	年度	1	2	3	4	5	畑輪換	計
忠南	'90	1,174	25,355	5,778	13,474	8,774	158	54,713
	'91	7,944	9,311	20,037	3,149	7,644	71	48,156
	'92	7,130	8,287	21,510	4,402	14,471	52	55,852
	'93	3,144	3,509	13,322	5,120	3,648	86	28,829
	小計	19,392	46,462	60,647	26,145	34,537	367	187,550
全北	'90	1,080	24,420	4,285	5,174	2,000	—	36,959
	'91	5,600	9,936	12,686	1,367	1,436	—	31,025
	'92	9,327	8,131	16,061	5,418	4,823	42	43,802
	'93	7,953	9,408	24,161	9,448	5,936	61	56,967
	小計	23,960	51,895	57,193	21,407	14,195	103	168,753
全南	'90	1,096	15,688	15,837	14,465	6,186	574	54,656
	'91	11,295	16,588	26,995	4,409	6,744	1,210	68,241
	'92	3,990	6,406	20,029	5,394	6,467	583	42,869
	'93	6,083	7,706	22,482	9,540	4,844	439	51,094
	小計	23,274	46,388	85,343	34,808	24,241	2,809	216,860
計	'90	4,160	65,463	25,900	33,113	16,960	732	146,328
	'91	24,839	35,835	59,718	9,925	15,824	1,281	147,422
	'92	20,447	22,824	57,600	15,214	25,761	677	142,523
	'93	17,180	20,623	59,965	24,108	14,428	586	136,890
総計		66,626	144,745	203,183	82,360	72,973	3,276	573,163
比率		11.6	25.3	35.4	14.4	12.7	0.6	100.0

③ 阻害因子別分布

阻害因子別分布面積は2-4級地総面積430,288ha中“低湿”が25.9%で畑作物を栽培したとき湿害を受ける憂いがある土壌が一番多く分布した。谷間や細い扇状地及び山麓傾斜地に分布して日照不足や農機械使用制限等の憂いがある“谷間”は22.1%、つぎ垂直排水

が問題となる“透水”は19.1%あり、そのほか傾斜11.6%、重粘9.6%、石礫9.5%、流去1.4%、浸水0.8%の順であった。一方、田畑輪換時一番問題になる“低湿”を道別分布で見ると忠南と全南が各々41,979ha及び40,919haで分布面積が多かったが、これは西海岸地域の排水不良な新干拓地及び低丘陵地のあいだに分布する谷間水田が多いためである。しかし、全北地域には干拓地が多く、この土地は砂壤質及び微砂砂壤質で透水が良好で熟田化されており、また、河海混成平坦地、谷間及び扇状地に砂質系土壌が多く分布するために“低湿”土壌が少なかったものと考えられる。

表8 阻害因子別分布面積

(単位：ha)

級地	阻害因子	道 別 分 布			計
		忠 南	全 北	全 南	
2	低 湿	19,818	19,988	11,249	51,055
	透 水	9,621	3,735	4,351	17,707
	流 去	197	2,266	3,521	5,984
	重 粘	496	999	1,218	2,713
	石 礫	6,000	7,906	5,658	19,564
	傾 斜	2,297	5,408	3,777	11,482
	谷 間	8,033	11,593	16,614	36,240
3	低 湿	6,032	2,397	12,340	20,769
	透 水	17,416	20,698	21,499	59,613
	重 粘	9,356	3,986	7,875	21,217
	石 礫	2,392	4,403	6,590	13,385
	傾 斜	6,583	9,577	13,387	29,547
	谷 間	18,868	16,132	23,652	58,652
4	低 湿	16,118	6,256	17,330	39,704
	透 水	1,763	597	2,676	5,036
	浸 水	1,169	1,399	705	3,273
	重 粘	1,014	10,544	5,753	17,311
	石 礫	1,811	1,823	4,568	8,202
	傾 斜	4,270	788	3,776	8,834
計	低 湿	41,979	28,641	40,919	111,529( 25.9)
	透 水	28,800	25,030	28,526	82,356( 19.1)
	浸 水	1,169	1,399	705	3,273( 0.8)
	流 去	197	2,266	3,521	5,984( 1.4)
	重 粘	10,866	15,529	14,846	41,241( 9.6)
	石 礫	10,203	14,132	16,816	41,151( 9.5)
	傾 斜 谷 間	13,150 26,901	15,773 27,725	20,940 40,266	49,863( 11.6) 94,892( 22.1)
総 計	132,086	129,096	165,834	430,288(100.0)	

④ 田畑輪換対象地推薦

田畑輪換の必要性と効果に対してはいろいろな面で認められるが、現在わが国の農地基盤造成事情でみるときいろいろな問題点があるので田畑輪換が効率的、合理的に推進されるためには基盤造成が必要である。しかし、基盤造成事業は多く予算が所要され時間が長くかかるので推進が難しい。したがって、現在の水田土壌状態で優先実施が可能な土壌を推薦すると表9のとおりである。

表9 田畑輪換対象地推薦面積

(単位：ha)

道 別	年度	水田面積	適 地 (1、2級地)	可 能 地 (3級地)	不 適 地	
					水田専用 (4、5級地)	畑 転 換
忠 南	'90	54,713	26,529	5,778	22,248	158
	'91	48,156	17,255	20,037	10,793	71
	'92	55,852	15,417	21,510	18,873	52
	'93	28,829	6,653	13,322	8,768	86
	小計	187,550	65,854	60,647	60,682	367
全 北	'90	36,959	25,500	4,285	7,174	—
	'91	31,025	15,536	12,686	2,803	—
	'92	43,802	17,458	16,061	10,241	42
	'93	56,967	17,361	24,161	15,384	61
	小計	168,753	75,855	57,193	35,602	103
全 南	'90	54,656	17,594	15,837	20,651	574
	'91	68,241	27,883	26,995	12,153	1,210
	'92	42,869	10,396	20,029	11,861	583
	'93	51,094	13,789	22,482	14,384	439
	小計	216,860	69,662	85,343	59,049	2,806
総 計		573,163	211,371	203,183	155,333	3,276
比 率		100.0	36.9	35.4	27.1	0.6

湖南地域の田畑輪換適地(1、2級地)は、全体面積の36.9%中211,371haでこれは制限要因がないので、田畑輪換を実施することができる地域である。可能地(3級地)は35.4%(203,183ha)で、これは阻害要因を克服するためにはある程度の施設や措置をしなければならない。

したがって、田畑輪換をすることができる土壌は1-3級を合わせて72.3%中414,554haがあり、反面不適合な土壌は27.7%である。一方、道別水田面積中田畑輪換適地面積は忠南65,854ha(35.1%)、全北75,855ha(45.0%)、全南69,662ha(32.1%)であり、可能地を包含すると忠南126,501ha(67.4%)、全北133,048ha(78.8%)、全南155,005ha(71.5%)である。可能地土壌の分布比率が一番多くなったのはこれは前述したものと共に砂壤質、微砂砂壤質等の河海混成平坦地や河城平坦地等の分布が多いためである。

#### (4) 摘 要

- 1) 田畑輪換土壌利用基準を設定するため、土壌特性別配点基準は地形、土性、排水、有効土深、傾斜、地下水位等6個で区分し、これを再び優劣順位について4等級で区分し、各々1-4点まで配点した。
- 2) 各土壌別取得点数について22点以上は1級地、20-21点は2級地、18-19点は3級地、16-17点は4級地、15点以下は5級地で分類し、1、2級地は適地、3級地は可能地、4、5級地は不適地、傾斜度15%以上の土壌は永久畑転換対象地で分類した。
- 3) 田畑輪換時作物栽培上問題になる阻害因子及び優先順位は低湿、透水、浸水、流去、重粘、石礫、傾斜、谷間等8個因子で分類した。
- 4) 田畑輪換土壌適性等級基準設定の適正性を検討するため、土壌特性別作況を調査した結果、土壌の優劣順位に伴う配点と同じ傾向の作況指数もみられ、特に排水、地下水位、有効土深等が作況に及ぼす影響が大きなもの判断された。
- 5) 田畑輪換対象地分布調査現況は忠南187,550ha、全北168,753ha、全南216,860haで総573,163haを調査した。
- 6) 田畑輪換対象地適性等級別分布面積は1級地11.6%、2級地25.3%、3級地35.4%、4級地14.4%、5級地12.7%、田転換対象地0.6%で3級地が一番多かった。
- 7) 田畑輪換栽培時問題になる阻害要因がある面積は430,288haありこの中土壌排水と関連され、低湿、透水が各々25.9%、19.1%、降雨時外部排水と関連する流去は1.4%、土壌管理作業に支障を与える重粘、石礫は各々9.6%、9.5%、谷間及び傾斜地は各々22.1%、11.6%であった。



- 8) 湖南地域田畑輪換対象地推薦面積は573千 ha 中適地(1、2級地)が36.9%、可能地35.4%あり、不適地は27.7%であった。

<文献省略>

### 3. 田畑輪換利用対象地の級地別土壌管理基準確立

実施機関：嶺南作物試験場

担当者：鄭鍊泰、孫一銖、尹乙洙、朴慶培

#### (1) 緒言

水稲はアジア Monsoon 気候地帯に最も適する作物だけでなく、単位面積当たりの Energy 生産量や作付体系上の連作可能性等の長所のほかにも、公益機能が大きいことなどが知られている。そのために国民所得の増大に伴って各種の施設園芸作物を含めた多様な畑作物の需要が増加し、貿易自由化のような世界的な貿易秩序中でも水田土壌の維持と基礎食糧の生産基盤の保全は必要である。最近の時代的状況変化の中でも米穀の生産基盤である水田土壌を維持しながら、急増している野菜類と不足した基礎食糧の大豆や飼料作物の生産のために基盤を造成し、最小限の自給度を維持させて、さらに米穀の需給調節を円滑にする方法が田畑輪換技術である。

田畑輪換は水田土壌の利用度を高めるためには、主に米麦2毛作や米穀だけを生産する水田土壌を汎用化し、多くの種類の畑作物を含め米穀生産も可能にし、農産物の需給の弾力性を高めるとともに、地力を効果的に管理し、低投入持続農業にも寄与し、米穀の省力栽培及び生産費の節減も可能である。このような有利点が多い田畑輪換技術は農地の汎用化の基盤造成を前提とする構造改善を先行させなければならない。韓国の耕地基盤造成は量的や地下水位調節施設のような質的な面で多い投資が必要である。

田畑輪換の必要性を韓国より一層先に認めた日本と台湾では汎用化の耕地基盤が進歩しており、作物栽培と土壌管理技術について多くの研究がなされている。韓国でも農耕地の高度利用に関する研究開発の必要性を認め、韓・日共同研究を'89-'93年間にわたって行なった。本研究も韓・日共同研究の一環を遂行した。

本研究は水田土壌を田畑輪換する場合、どんな特性を持った土壌を優先的に選択するか、また、田畑輪換し作物栽培や土壌管理を阻害する要因は何であり、どのような土壌管理技術が必要であろうかを研究するため遂行した。

本研究のために初めから終りまで助言と現場指導、資料提供等御苦勞を惜しみなくなされた韓・日共同研究団大久保隆弘団長と本松輝久長期専門家及び当試験場に直接滞在して指導した長野間宏短期専門家等諸様に深く感謝を申し上げる。

#### (2) 材料及び方法

##### 1) 調査地域及び面積

嶺南地域(慶尚南北道及び釜山、大邱直轄市全域)に分布している水田土壌の総面積の389千

haを対象に実施した。

## 2) 調査基本図及び調査方法

調査基本図は各市郡別に調査発刊した精密土壌図(縮尺1:25,000)を利用して土壌特性と分布面積を把握した。また、各市郡別の田畑輪換実態及び問題点は現地調査を実施して輪換作物別に面積、作況、土地利用上の阻害要因等を調査し、阻害要因別の土壌管理技術等を把握した。

調査基準は精密土壌調査の資料を活用できるように共通化したのち、その調査方法は農村振興庁の試験研究調査基準に準じた。

## 3) 調査項目と結果活用の方法

分布土壌の作図単位別特性を基準にし、田畑輪換基準を設定して、これらを嶺南全域に適用し、適性程度と等級を分類して等級別の面積を推定した。したがって、農家単位や小さい地域単位で、この資料と精密土壌図を併用して、田畑輪換対象地の適性程度を相互比較しながら土壌別管理技術を把握した。広い地域単位では各種の政策樹立及び推進に必要な統計資料を作った。

## (3) 試験結果

本研究は'89-'93年の間に試験を行ない、'89年には田畑輪換基準を設定した。'90年以後には本基準の補完と共に調査地域を表1に示すように年次別に分けて遂行した。

表1 年度別に田畑輪換を調査した対象の地域

年 度	道 別	調 査 地 域	調査面積 (ha)
1990	慶 北	大邱、慶山、軍威、奉化、安東、永川、義城	55,893
	慶 南	釜山、密陽、山清、昌原、咸安	47,621
1991	慶 北	尚州、善山、盈徳、榮州、鬱陵、蔚珍、漆谷	54,628
	慶 南	巨済、金海、南海、晋陽、陝川	46,851
1992	慶 北	高靈、金陵、達城、英陽、迎日、醴泉	54,803
	慶 南	居昌、泗川、昌寧、河東、咸陽	42,424
1993	慶 北	慶州、開慶、星州、清道、青松	46,551
	慶 南	固城、梁山、蔚山、宜寧、統営	39,939
計		45地域	388,710

田畑輪換基準設定のために最終に確定した土壤特性及び特性別の配点等は表2に示した。

表2 田畑輪換の対象地の選定のため土壤特性別の配点

区分	要因	配点	区分	要因	配点
分布地形	平坦地	4	土壤排水	若干良好	4
	台地、扇状地	3		若干不良	3
	谷間地、山麓地			不 良	2
	平坦凹函地	2		とても不良	1
	砂丘、廃川、河床地 心土未熟成地	1			
土 性	(微砂)砂壤質	4	有効土深 (cm)	>100	4
	(微砂)埴壤質	3		50-100	3
	砂質、砂礫質	2		20-50	2
	埴質	1		<20	1
傾 斜 (%)	0-2	4	地下水位 (cm)	>100	4
	2-7	3		50-100	3
	7-15	2		20-50	2
	15-30	1		<20	1

田畑輪換即ち、水田土壤を一定期間(一般的に2-3年)に水稻を栽培せず各種の畑作物(施設園芸包含)を単作や2毛作した後、再び一定期間(2-3年)水田に還元する土地利用方法を適用するためには土壤排水と地下水位の人為的調節が最も重要である。したがって、田畑輪換対象地は汎用化の基盤造成を必須前提条件にしたとしても夏の梅雨期には湿害、浸水、徒長生育、病虫害などが憂慮される。そのために、田畑輪換利用対象地の土壤特性別に配点基準は分布地形ほか5個土壤条件で特性別の4段階に区分し、1-4点まで均等配点し、田畑輪換で問題視されている過湿程度を強調するため土壤排水、地下水位、有効土深等を重複差等に区分した。また、透水性が悪い細粒質土を不利にして地下水位以下の土層を無効土層にした。

土壤別の特性によって配点を総合したあと、その総点により(表3)1-5級地に区分した。即ち、総点22点以上を1級地で、20-21点を2級地等で区分し、15点以下は5級地で区分した。また、表3で精密の土壤調査により明らかになった水田土壤統の数を各等級別に分類して見ると、全国及び嶺南地域共に3級地で区分される土壤が最も多く、正規分布の様相を呈した。

表3 田畑輪換の適性等級別の配点区分及び該当土壤統数

適性等級	1級地	2級地	3級地	4級地	5級地	計*
等級判定点数	>22	20-21	18-19	16-17	<15	
土壤統数 (全国)	19	52	80	36	37	150
(嶺南)	15	37	54	25	26	105

\* 計は重複しない土壤統数である。

土壤調査結果の活用度を増進させるため特定目的に必要な特性調査が確実に行なわれるとともに、解説過程を通じ易い用語と形態(User friendly language and format)として利用者に提供しなければならない。さいわい、韓国では大縮尺の全国精密土壤図が発刊普及されている。特性調査も農場単位まで活用できる単一分類体系を利用して特性を最も細密に調査分類した。しかし、精密土壤図の活用が満足しない点もあるが、本資料は韓国の精密土壤図の活用度増進に寄与すると思う。土壤資源の適性等級の区分基準は土地利用の推薦区分の方法中で最も複雑で、精密な土壤解説(Soil survey interpretation)方法でこれには量的方法と質的方法があり、現実には量的方法が広く利用されている。本方法も量的方法(Quantitative rating)の一種に属する。Huddleston は量的方法にも帰納的方法、演繹的方法及び折衷的方法があるとし、各方法の長短点を論じたこともある。本方法は帰納法及び演繹法の長所を折衷した方法として作物生育と土壤管理に影響を及ぼすことの特性とその程度を演繹的に適用した。一方現地調査結果では帰納的に得られた各種の輪換作物などの土壤条件別の生育反応と生育指数を折衷的に適用した。

表4では適性等級別の作況指数を現した表で3級地と4級地の生育差異は不明瞭であった。このことは暗渠排水等の基盤造成がない小規模の田畑輪換する圃場実態として生育差異は大きくなかった。機械化作業等の管理技術や生産費投入程度は大きな差がある可能性があった。

韓・日共同研究の日本側の短期専門家である長谷川は転換畑の物理性中に地下水位、作土の気相率、湛水排除時間等の特性を基準とした適性評価試案を提案した。

表4 土壌種類別に輪換作物の生育指数の調査結果

適性等級	調査圃場数 (地点数)	作況(点数)別圃場数					平均点数
		95	90	85	80	75	
1 級 地	11	5	3	3	—	—	90.9
2 級 地	25	5	10	7	3	—	86.0
3 級 地	23	—	3	9	5	6	81.9
4 級 地	2	—	—	1	1	—	82.5
計	61	10	16	20	9	6	85.3

嶺南地域の田畑輪換の利用調査対象である45個地域(慶北25地域、慶南20地域)に分布した水田土壌389千 ha 中で輪換利用適否調査した結果は表5に示した。

1 - 2 級地を示した割合は全体の約26.9%、輪換が可能な3 級地は約46.6%、不適合な4 - 5 級地は約16.2%であり、畑に完全に転換すべき対象地面積は約10.5%程度であった。

表5 嶺南の地域別に田畑輪換の適否を調査した結果

(単位: ha)

地 域	総面積	適 性 等 級 別 面 積					田転換地
		1 級地	2 級地	3 級地	4 級地	5 級地	
慶北(大邱)	211,875	25,406	37,179	100,610	23,133	9,189	16,358
慶南(釜山)	176,835	19,026	23,041	79,597	24,699	5,918	24,554
嶺 南 計	388,710	44,432	60,220	180,207	47,832	15,107	40,912
割 合 (%)	(100.0)	(11.4)	(15.5)	(46.4)	(12.3)	(3.9)	(10.5)
輪換適否	適 否	適 合		可 能	不 適		除 外

田畑輪換利用時に作物生育や肥培管理及び土壌管理上の問題点である阻害因子等は表6に示したように選定した。1 級地では阻害因子がなかったが、2 級地から5 級地まで阻害因子を併記して土壌及び作物管理の指針として使用した。その結果上級地にならない理由を知ること

なった。

表6 水田土壌の田畑輪換として利用時の阻害因子と定義

優先順位	阻害因子	定 義	備 考
1	低湿	排水不良や最も不良田	土性、傾斜は無視
2	透水	排水若干不良の(微砂)埴壤質土性	
3	流去	0-2%傾斜の排水若干良好、若干不良	埴質、石礫>35%除外
4	浸水	河床地に分布した浸水憂慮田	
5	重粘	埴質土性(粘土含量>35%)	排水不良、最も不良除外
6	石礫	断面に石礫含量35%以上含有	傾斜無視(湿田、重粘田除外)
7	谷間	傾斜7-15%である階段谷間田	湿田、重粘田、石礫質田除外
8	傾斜	傾斜2-7%である緩傾斜谷間及び扇床地	

嶺南地域の水田土壌を阻害因子別にみると、表7に示したように“透水性”が悪く、根圏の酸素供給が不足、湿害の誘発しやすい土壌が全体の約30%として最も多く、次に“谷間”水田が7-15%の傾斜と共に筆地面積別が少ないので、大型機械化営農には支障があることが憂慮された。地形条件が日照不足、水田後方に湧水による過湿水田の畔の崩壊の危険性などがある土壌であった。特に田の畔は畑利用期間に良く維持して水田復帰時に湛水管理の支障がないため灌水路と共に良好な保全の必要性が高かった。“傾斜”水田も類似な管理に注意しなければならない。土性が中細粒質の平坦地の“流去”が遅い問題点や洪水時“浸水”の憂慮がある低地土の割合は約1-3%として低いほうであった。粘土含量が35%以上の高い“重粘”水田は約10%であり、KenetaniとKurtaによると重粘水田は耕耘可能日数の割合が低く、碎土率70%以上を確保するためにRotary刀が曲線型(Curved blade)のかわりに直線型(Straight blade)が有利で、“UP-cut Rotary機”が慣行の“Down-cut Rotary機”より10-15%程度の碎土率が増大した。

表7 嶺南地域での田畑輪換の対象地の障害因子別の面積

(単位：ha)

地 域	障害因子	等級別面積			合 計	割合 (%)
		2 級地	3 級地	4 級地		
嶺 南	低 湿	—	11,181	3,011	14,192	4.9
	透 水	9,846	75,250	1,674	86,770	30.1
	浸 水	—	—	7,768	7,768	2.7
	流 去	3,435	—	—	3,435	1.2
	重 粘	2,067	20,417	7,312	29,796	10.3
	石 礫	12,836	12,163	10,880	35,879	12.4
	谷 間	5,102	54,272	17,187	76,561	26.6
傾 斜	26,934	6,924	—	33,858	11.8	
合 計		60,220	180,207	47,832	288,259	100.0

したがって、重粘土壌は耕耘適湿状態で作業するため農機械学的な配慮が必要と見られた。田畑輪換の地下水位は降雨後2-3日あとには40-50cmであったが、普通時にも地下水位は地表下の50-60cmで確保されるので“低湿”、“透水”、“浸水”、“重粘”等の障害因子を持つ土壌等は基盤造成、明渠整備、排水場の管理等に留意する必要がある。

嶺南地域の水田総面積389千haで水稻栽培期間中に畑作物を栽培する田畑輪換の利用面積は表8のように約8,021haとして輪換利用率は2.1%であった。

田畑輪換適性等級2級地と3級地に該当する面積が5,304haで全体の輪換面積の約66%を占めていた。しかし、立地条件によって施設園芸団地が大都市近郊等からは集団的に輪換栽培が行なわれており、今後栽培面積も大きく拡大するとの展望もあった。

表8 嶺南地域で適性等級別田畑輪換の利用の実態の分布

(単位：ha)

地 域	畑面積	適性等級別輪換利用実態						輪 換 利用率
		計	1 級地	2 級地	3 級地	4 級地	5 級地	
慶 北	211,875	5,524	1,272	1,280	2,358	426	188	2.6
慶 南	176,835	2,497	515	717	949	220	96	1.4
嶺 南	388,710	8,021	1,787	1,997	3,307	646	284	2.1
%		100.0	22.3	24.9	41.2	8.1	3.5	—



適性等級の1級地と2級地より3級地と4級地でもっとも多く田畑輪換している理由は小規模の農家単位の田畑輪換栽培のため暗渠排水等の基盤整備はなく、流去が速い緩傾斜で主に実施したことで政策的な基盤造成事業の推進と大面積の機械化団地栽培(例 Block rotation)時には1-2級地が有利であるので結果は違うと思う。

嶺南地域の田畑輪換利用の面積8,021haに対する栽培作物別の実態は表9のように全体輪換面積の約60%が施設野菜及び施設花卉が最も多く、露地野菜も約20%に達したが、その次には大豆、苗木等の順であった。

表9 嶺南地域で田畑輪換地の栽培作物別分布の実態 (単位: ha)

地域	計	栽培された作物別の分布										
		露地 野菜	露地 花卉	施設 野菜	施設 花卉	薬草	飼料	大豆	苗木	ねぎ 類	経済 作物	その 他
慶北	5,524	898	4	3,569	4	169	75	212	197	222	132	42
慶南	2,497	643	73	994	296	45	79	153	85	35	67	27
嶺南	8,021	1,541	77	4,563	300	214	154	365	282	257	199	69
%	100.0	19.2	0.9	56.9	3.7	2.7	1.9	4.6	3.5	3.2	2.5	0.9

#### (4) 摘要

- 1) 水田土壌に輪換畑作物栽培時の影響を最も大きく与える6種の土壌特性を選定し、各4段階に区分して特性別に1-4点を配点し、総点が6-24点の範囲になるようにしたあと、これらを基準として各土壌別に適性程度を1-5級地に区分した。2級地から4級地に該当する土壌は主な阻害要因と改良方向を提示するため、8種の阻害因子を付与した。
- 2) 嶺南地域の全体の水田面積中に田畑輪換に適合な1-2級地は各々11.4%(44.4千ha)と15.5%(60.2千ha)であり、不適地(4-5級地)は16.2%(62.9千ha)であった。
- 3) 阻害因子別面積比は“透水”が遅く、湿害が憂慮される土壌が約30.1%として最も多かった。その次には傾斜地の階段田である“谷間”が26.6%であった。
- 4) 調査地域の2.1%の約8千ha程度を田畑輪換として利用し、輪換作物は施設野菜栽培(56.9%)、露地野菜栽培(19.2%)、豆(4.6%)などの園芸及び経済作物栽培として主に活用された。

(5) 問題点及び今後対策

田畑輪換対象地の特性要因によって適性等級を基準で水田土壌に輪換栽培適性の優劣及び阻害要因を把握し、営農指導指針として反映するために土壌別栽培試験の結果を総合した標準営農教本を作成補給し、営農指導事業にも反映する予定である。

〈文献省略〉

## II. 土壤の理化学的特性変化様相解明と地力維持培養技術の確立

### 1. 田畑輪換土壤の物理性変化様相究明研究

実施機関：農業技術研究所

担当者：李浹成、巖基泰、金鯉烈、趙仁相、趙顯準、本松輝久

#### (1) 緒言

田畑輪換では湛水された水田状態と排水された畑状態をくりかえして利用することで古くから言われている輪換水田のことである。

韓国では経済発展とともに生活構造の変化に伴って、主穀の米消費量が'70年の136kgから'92年現在113kgであって減少している。また UR 協定の妥結で農産物輸入開放化に対応した代替作物の多様化として水田で所得が高い畑作物栽培が増加し、田畑輪換地の生産性向上が新しい課題として提起されている。

日本の田畑輪換栽培は1970年以後米穀の安定的供給を確保して、水田を汎用化しながら1987年から水田農業確立対策によって、1989年現在水田面積の28%の830千 ha を輪換して収益作物を主に輪換栽培して、水田での輪換転作研究が多様に遂行されている。輪換土壤の用水及び透水性、粒団形成、碎土性、有機物含量、雑草発生増減、土壤線虫の増加等輪換形態によって多様な変化は田畑輪換地での輪換体系と基盤技術、土壤特性変化、適地適作物選定及び作物別適用可能な輪換土壤の研究成果として多くの成績が蓄積されている。

本報では'89年～'93年にわたり5年間輪換栽培した田畑輪換圃場の輪換形態別土壤の物理性変化と作物生育に関する試験を遂行して結果を得たので報告する。

#### (2) 材料及び方法

供試土壤は京畿道安城郡宝蓋面に位置する河成沖積地に分布した平沢微砂質土壤として排水若干不良な微砂埴壤質土壤である。

表1 処理内容

輪換形態	試 験 年 度					作 付 体 系
	'89	'90	'91	'92	'93	
水稻連作	○	○	○	○	○	○：水田状態（水稻単作）  ×：畑状態（大豆単作、 ばれいしょ-白菜）
毎年輪換	×	○	×	○	×	
2年輪換	×	×	○	×	×	
畑 輪 換	×	×	×	×	×	

1989年から1993年まで5年間輪換形態を異にする処理をして作物を栽培した。処理内容は水稻連作区、毎年輪換区、2年輪換区、畑輪換区の4処理で処理当面積は400m<sup>2</sup>である。作付体系は水田状態で水稻単作、畑状態では大豆単作と春ばれいしょ栽培後秋白菜を栽培した作付けである。

栽培方法及び施肥量は表2、3のようにした。

表2 栽培方法

作物名	品種名	播種期	移植期	栽植距離	備 考
水 稻	秋 晴	4 月 上	5 月 下	機械移植	生 糞 還 元
大 豆	萬 里	5 月 中	—	60×15cm	2 粒 点 播
ばれいしょ	大 地	3 月 中	4 月 初	70×25cm	Vinyl mulching
白 菜	Samjin	8 月 初	8 月 末	70×45cm	秋 白 菜

表3 施肥量(kg/10 a)

作物名	N	P <sub>a</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>a</sub> O	消石灰	堆 肥	棚 砂
水 稻	11	7	8	—	—	—
大 豆	4	7	6	100	1,000	—
ばれいしょ	10	10	12	—	2,000	—
白 菜	24	20	25	100	2,000	2

水稻連作区では水稻を連作栽培して施肥量は  $N-P_2O_5-K_2O=11-7-8$ kg/10a であり、輪換処理区は各々 a、b で二等分し、a 区は春ばれいしょ-秋白菜、b 区は大豆単作を栽培した。春ばれいしょ 70×25cm 間隔で植栽して、Vinyl mulching をして施肥は  $N-P_2O_5-K_2O$ -消石灰-堆肥 = 10-10-12-0-2,000kg/10a を施肥栽培した後秋白菜を 70×45cm で植栽して施肥は 24-20-25-100-2,000kg/10a をやって硼砂も 2 kg を施用した。大豆は 60×15cm 間隔で 2 粒点播して施肥量は  $N-P_2O_5-K_2O$ -消石灰-堆肥 = 4-7-6-100-1,000kg/10a を施用して一般栽培をした。

土壌物理性の調査は農業技術研究所土壌分析法に準じたが、土壌硬度に山中式及び貫入式土壌硬度計 (DIK5520) を使用して、水中沈定容積は青峰の方法に準じて行った。

植物生育及び収量は農事試験研究調査基準によって調査した。

### (3) 試験結果及び考察

#### 1) 作物別輪換土壌の物理的特性

水稻連作及び大豆、ばれいしょ、白菜区の輪換土壌の物理性変化を試験前と収穫期に調査した成績は表 4 に示した。

水稻栽培前、後水田土壌の物理的特性は収穫期表土で仮比重が減少し、気相率が若干の増加をみせたが、心土ではほとんど同じであった。

輪換畑土壌の仮比重は大豆栽培時の試験前と収穫期の表土で減少して、心土では大豆、ばれいしょ、白菜共に輪換年次が長くなると減少した。ばれいしょ、大豆の試験前の表土と心土の気相率は毎年輪換区で 3-6% にすぎなかった。また表土の液相率は 48% で土壌水分が多すぎて、初期作物生育に非常に不良の影響を与えたとみられ、漸次回復して収穫期には気相率が 25% に至った。2 年輪換と畑転換区では表土の気相率が 22-32% で毎年輪換に比べて多くの増加をみせ、土壌物理性を良好にしていた。一般畑土壌の好適な水準の 25% 範囲内に分布した。収穫期には 23-33% 範囲の気相率で輪換間に大きい差異はなかったが、心土の気相率は大豆、白菜栽培区で輪換によって気相率が増加した。輪換に依る気相率の増加は水和田度変化として水分含量低下と土壌構造発達に基因することだと考えられる。

土壌硬度の変化は試験前後土壌の表土では特別な差異はなかったが、心土は輪換に依って増大する傾向であるから、深耕と心土破碎等物理性の改善が必要と考えられる。

表4 作物別輪換土壌の物理的特性

作物名	輪換形態	調査 時期 (月、日)	仮比重		固相(%)		液相(%)		気相(%)		硬度(mm)	
			表土	心土	表土	心土	表土	心土	表土	心土	表土	心土
水田	連作	4.7	1.29	1.38	48.7	52.0	46.1	44.9	5.2	3.1	14.0	19.0
		10.27	1.23	1.36	46.4	51.2	44.2	44.4	9.4	4.4	14.7	20.7
ばれいしょ	毎年輪換	4.7	1.29	1.59	48.7	59.9	48.2	36.6	3.1	3.5	14.0	21.0
		6.21	1.16	1.37	43.7	51.7	31.7	41.9	24.6	6.4	6.7	17.7
	2年輪換	4.7	1.16	1.47	44.4	55.5	28.2	36.5	27.4	8.0	16.0	23.0
		6.21	1.13	1.35	42.6	50.8	26.8	43.2	30.6	6.0	12.0	16.3
	畑転換	4.7	1.20	1.46	45.3	55.1	29.7	36.1	25.0	8.8	16.0	25.0
		6.21	1.23	1.35	46.5	54.5	30.2	38.8	23.3	6.7	18.0	24.0
白菜	毎年輪換	9.22	1.19	1.50	47.5	56.6	42.1	41.7	10.4	1.7	10.8	20.2
		10.12	1.20	1.38	45.2	52.1	27.5	33.9	27.3	14.0	17.3	23.7
	2年輪換	9.22	1.25	1.47	47.1	55.4	41.4	42.6	11.5	2.0	12.7	20.3
		10.12	1.23	1.42	46.4	53.8	27.2	34.9	26.4	11.3	20.0	25.0
	畑転換	9.22	1.16	1.42	43.8	53.6	35.5	43.2	20.7	3.2	8.3	16.0
		10.12	1.23	1.37	46.3	51.6	27.2	31.8	26.5	16.6	16.7	24.0
大豆	毎年輪換	4.7	1.26	1.52	47.7	50.7	46.5	41.3	5.8	2.0	15.0	23.0
		10.12	1.18	1.32	44.5	49.9	27.6	38.8	27.9	11.3	19.0	21.0
	2年輪換	4.7	1.18	1.46	44.5	56.2	31.0	39.3	24.5	4.5	15.0	24.0
		10.12	1.17	1.29	44.1	48.8	25.7	32.9	30.2	18.3	21.3	23.7
	畑転換	4.7	1.07	1.39	40.3	52.5	27.5	37.1	32.2	10.4	15.0	22.0
		10.12	1.13	1.21	42.5	45.7	24.7	30.9	32.8	23.4	21.7	25.0

2) 輪換土壌の Tractor 耕耘で2回 Rotary した後の土塊分布

輪換土壌の Tractor 耕耘で2回 Rotary した後現地圃場状態での土塊を識別した成績であ

る。(図1)

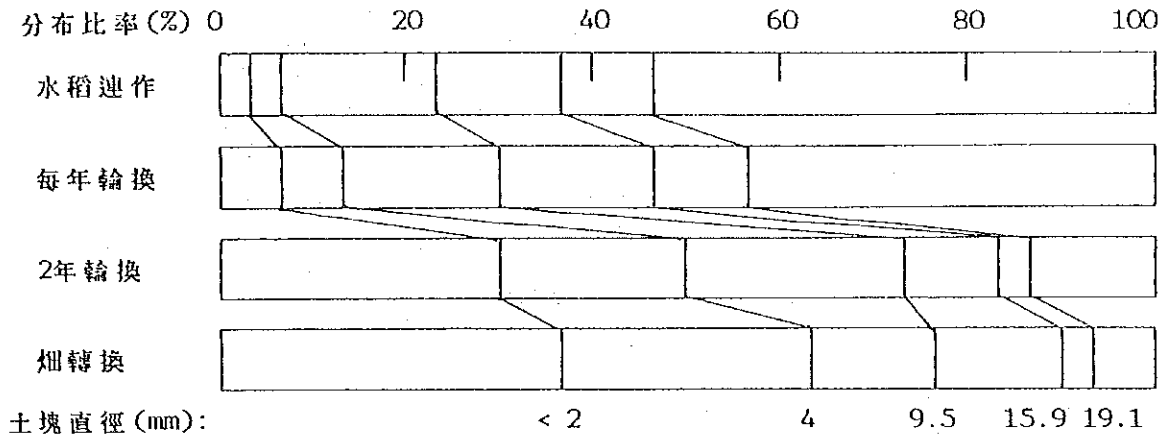


図1 輪換土壤の Tractor 耕耘で2回 Rotary した後の土塊分布

田畑輪換によって碎土率は畑輪換が長くなると増加し、金及び朴等の報告と似通った結果であった。

水稻連作及び前作付が水稻の毎年輪換区で畑作物の生育に障碍になる10mm以上の土塊率が高かった。これは水稻栽培によって土壤含水による物理性変化に基因されたので、2年輪換と畑輪換区の碎土率が良好なことは輪換によって土壤粒団、適当な水分、土壤構造発達等良好な土壤物理性に基因したことと考える。

### 3) 水稻の輪換形態別減水深

水稻栽培区に耕耘湛水して、代かき後の減水深は圃場に設置した減水深測定装置を利用して、移植後一定の時期について測定した(図2)。移植日の1日減水深が12mm内外で最も多く、移植後40-60日の間で少なくなり、穂孕期以後水の消耗が多くて減水量が増加した。輪換間の減水量の差異は移植日数に相関なく、2年輪換区で多く毎年輪換、連作順に少なくなって一定の傾向をみせた。

灌漑用水量は水稻連作に対して毎年輪換30%、2年輪換区では44%程度増大したが、輪換期間が長くなると所要用水量が多くて用水節減は必要とするが、試験圃場の土性が微砂埴壌質でそんなに大きい問題はなかった。

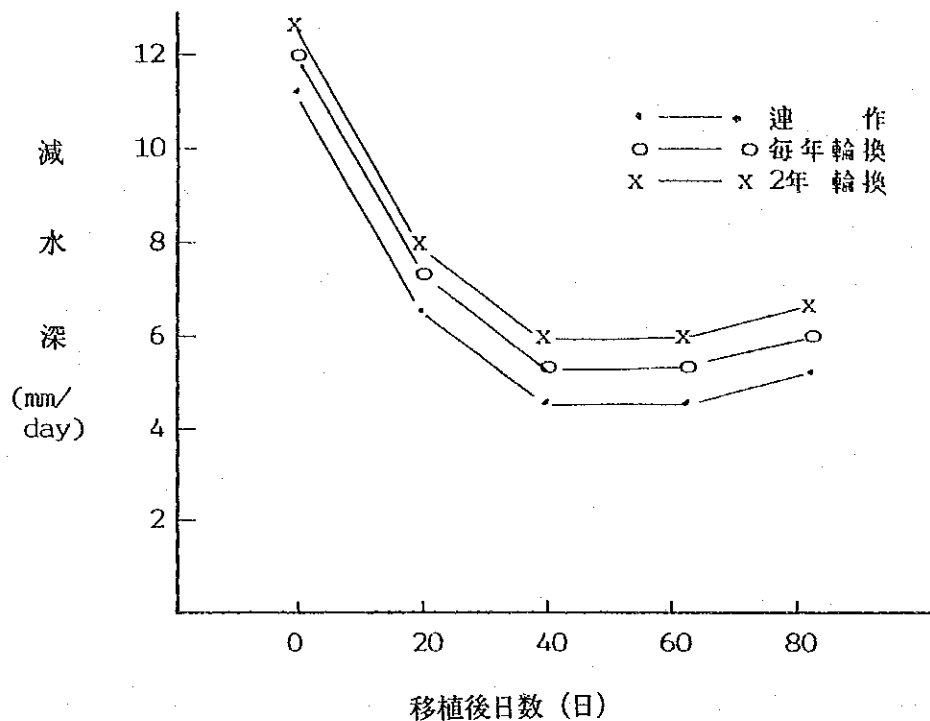


図2 水稻の輪換形態別減水深

#### 4) 輪換による土壤の構造発達

輪換形態別土壤の構造発達は輪換の期間が長くなると耐水性粒団の重量平均直径が大きく、不安定指数が減少して、耐水性粒団が安定し、0.5mm以上の耐水性粒団の分布も水稻連作に比べて輪換期間の経過によって増加した(表5)。重量平均直径は粒団化度の標示方法の一つである。

一方、畑作物生育にO.D.R値は30~40が良好であるといわれているが、酸素拡散能は水稻連作区だけ $5.9 \times 10^{-3}$ 、 $\text{cm}^{-2}$ 、 $\text{min}^{-1}$ で低く、輪換区では $20.0 \times 10^{-2}$ 、 $\text{cm}^{-2}$ 、 $\text{min}^{-1}$ 以上で畑作物生育に特別な障碍はなかったと見ることができる。しかし、作物生育に一番重要な因子になる酸素の土壤中行動は、今後さらに研究検討しなければならない。



表5 輪換による土壌の構造発達

輪換形態 (前作付)	耐水性粒団分布 (mm、%)						重量平均直径 (mm)	不安定指数	酸素拡散能 ( $10g^{-6}cm^{-2}min^{-1}$ )
	2	1	0.5	0.25	0.1	<0.1			
	4	2	1.0	0.5	0.25				
連作 (水稲)	5.5	4.1	6.7	10.4	18.8	54.5	0.37	2.63	5.9
毎年輪換 (水稲a)	4.3	5.8	9.1	17.9	20.4	42.0	0.41	2.59	20.0
(水稲b)	2.8	3.9	6.4	11.1	15.4	60.3	0.29	2.71	25.4
2年輪換 (ばれいしょ-白菜)	5.8	6.6	14.5	11.5	16.1	45.6	0.48	2.52	23.2
(大豆)	5.9	6.2	9.3	11.5	12.9	56.2	0.31	2.69	32.4
畑輪換 (ばれいしょ-白菜)	5.2	5.8	13.3	10.0	16.5	49.2	0.43	2.57	32.9
(大豆)	4.9	7.2	11.0	12.1	12.6	52.3	0.45	2.57	36.7

\*水稲a：ばれいしょ-白菜栽培地、水稲b：大豆栽培地

表6から水中沈定容積の測定結果を示した。毎年輪換区は1年間の水田復元に依って土壌が水田土壌化しており、2年輪換区と畑輪換区では土壌の畑土壌化が進み、畑輪換年数が長い輪換区では更に土壌の畑土壌化が進展したと見られる。

これは朴等の結果とも一致して水中沈定容積は水田土壌が畑土壌性質へ変化する指標として利用されている。

表6 土壌の水中沈定容積

輪換形態	前作付	水中沈定容積 (ml/g)			畑土壌化指数	採取時含水比(%)
		湿潤土	乾土	乾土灌水培養		
水稲連作	水稲	1.67	1.45	1.67	0	31.0
毎年輪換a	水稲	1.60	1.42	1.60	0	27.9
〃 b	水稲	1.71	1.47	1.71	0	30.2
2年輪換a	ばれいしょ-白菜	1.53	1.42	1.57	0.27	24.2
〃 b	大豆	1.60	1.47	1.65	0.28	25.4
畑輪換a	ばれいしょ-白菜	1.53	1.45	1.61	0.50	23.5
〃 b	大豆	1.54	1.44	1.61	0.41	25.3

\*水稲a：ばれいしょ-白菜栽培地、水稲b：大豆栽培地

換間に差異が見られ、畑転換区で土壤抵抗値が高かった。輪換畑の硬度は朴等の報告では輪換処理間に差異がなかったとしている。これは土壤の性質の違いによるものと考えられ、土壤別の検討が必要であると思われる。心土の硬度増加は深耕や心土破碎等により土壤物理性を改善すれば作物根伸長、土壤排水等に効果が大きくなると考えられる。

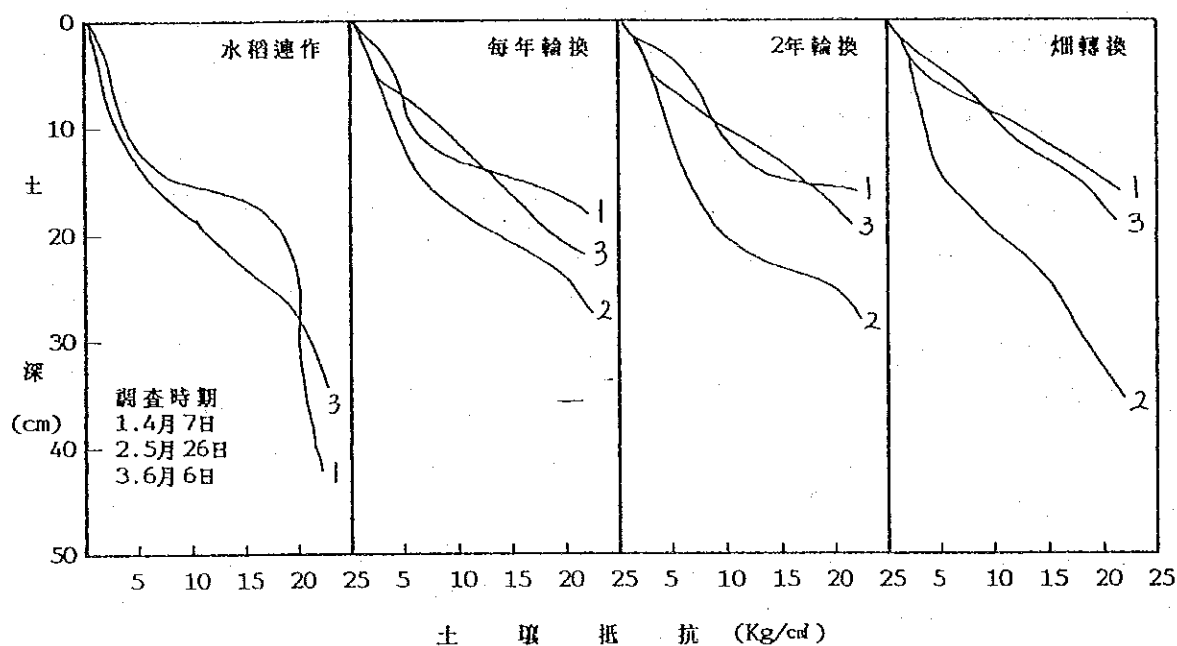


図4 輪換形態別調査時期別土壤抵抗推移

#### 7) 土壤水分変化及び輪換畑土壤の降雨後類似地下水位

表7から畑作物栽培期間中における輪換畑の土壤水分の変化の推移を見た。土壤水分は栽培作物の種類と生育程度によって影響を受け、一定の傾向は認められなかったが毎年輪換>2年輪換>畑転換区の順に減少する傾向であった。

試験前及び収穫後の土壤水分は畑作物栽培区で前作付けが水稻であった毎年輪換区で高く2年輪換>畑転換順に低下する傾向であった。土壤水分含量は土壤有機物分解だけではなく、長期間にわたって作物生育に影響を及ぼしていると考えられる。輪換畑の地下推移はほとんど1 m以下で深かったが、降雨がある場合には耕盤上に停滞した類似地下水位が比較的長く認められた。

表7 土壤水分(含水比)変化様相

土壤水分(%)

輪換形態	前作物	4/7	5/26	6/1	6/21	7/1	7/15*	7/20	10/21
水稲連作	水 稲	33.9	--	--	--	--	--	--	35.9
毎年輪換	水 稲	31.9	33.4	22.9	27.4	30.2	38.1	26.7	22.9
"	水 稲	33.3	30.7	23.3	27.8	34.4	40.7	22.2	23.4
2年輪換	ばれいしょ-白菜	22.9	35.9	21.8	23.7	33.1	35.3	25.3	22.1
"	大 豆	24.5	29.3	21.3	25.2	32.7	40.3	21.4	21.9
田 転 換	ばれいしょ-白菜	22.7	35.0	20.2	24.4	30.9	29.9	24.9	22.1
"	大 豆	24.4	27.0	22.3	25.4	33.5	38.3	19.8	22.0

注) \*は豪雨の2日後の測定値('93年)

表8 輪換畑土壤の降雨後類似地下水位及び土壤水分(含水比)変化

区 分	類似地下水位 (cm)				土壤水分 (%)		
	1日後	2日後	3日後	7日後	1日後	2日後	7日後
毎年輪換 a	12	14	35	>35	40.9	38.1	26.7
2年輪換 a	16	19	42	--	40.3	35.3	25.3
畑 転 換 a	30	32	--	--	38.0	29.9	24.9

\* 豪雨120mm('93.7.13)

水田を畑に転換した状態で100mm以上の豪雨が降った後、圃場で停滞する類似地下水位の調査成績は表8に示したように畑転換区では降雨後類似地下水位が深く早めに排水され、作物生育にそんなに問題はなかったが、毎年輪換及び2年輪換区では耕盤土層に類似地下水位が高く停滞し、土壤表層に水が比較的長くとどまった。作物生育及び栽培上湿害等の問題点が憂慮されて、営農上耐湿性が強い作物選択と地表水の排除、透水性改善が重要であると考えられた。

土壤保水性の変化を見るために輪換土壤の水分特性を表9に示した。

表9 輪換土壤の水分特性 (含水比)

土壤水分 (%)

輪換形態	前作物	1/10 bar	1/3 bar	5 bar	15 bar	1/10 -15
水稻連作	水 稻	30.8	28.3	22.6	20.3	10.5
毎年輪換	水 稻	27.6	25.5	21.2	19.5	8.1
〃	水 稻	30.2	28.1	23.3	21.3	8.9
2年輪換	ばれいしょ-白菜	30.8	27.4	20.4	18.2	12.6
〃	大 豆	30.8	26.6	21.4	19.4	11.4
畑 転 換	ばれいしょ-白菜	31.9	28.2	19.7	16.4	15.5
〃	大 豆	31.2	27.9	20.4	18.3	12.9

注) 土壤採取：'93.4.6、湿潤土供試

各水分張力において土壤水分含量は輪換処理間に大きい差異はなかったが、畑地化が進行すると低水分張力領域では土壤水分が若干高まり、高水分張力領では土壤水分がやや低下した。したがって1/10barから15barまでの土壤水分、すなわち有効水分量は畑転換によって若干増加する傾向が認められる。しかし、この土壤は元来有効水分量が10ml/乾土100g程度で少ないので、春季・秋季の乾燥時期における早魃対策が重要である。

## 8) 土壤断面の発達

土壤断面の発達は輪換が長くなると表土深が深くなり、土色の土深別変化を Munsell の土色帖を基準で見れば、20cm以内の表土層は水稻連作区で上部耕耘層が暗灰色(Ap1)、下部耕耘層が濃暗灰色(Ap2)である。ここに比べて毎年輪換は上部耕耘層が濃暗灰褐色(Ap1)、下部耕耘層が暗灰褐色(Ap2)になる。2年輪換の上部耕耘層が暗褐色(Ap1)、下部耕耘層が濃暗灰褐色(Ap2)、5年間畑状態の前歴がある畑転換では上部耕耘層が褐色(Ap1)、下部耕耘層が暗褐色(Ap2)を示して土色が漸次明るい色に変化した。20cm下部の心土もまた水稻連作区で暗灰褐色(B1)と Olive 褐色(B2)を示したが、毎年輪換は暗褐色(B1)と褐色(B2)を呈し、2年輪換は褐色(B1)化して、畑転換区では暗黄褐色(B1)に変化して熟畑化していた。(図5)

これは金等の報告とも同じ傾向であり、諸遊は灰色が輪換初期に無くなると報告した。水田、畑での輪換処理による酸化還元反応によってマンガン、または鉄の含量差異が土色変化をもたらし、輪換によって有機物、含水量の差異等も土色変化に多くの影響を与えると見ら

れる。

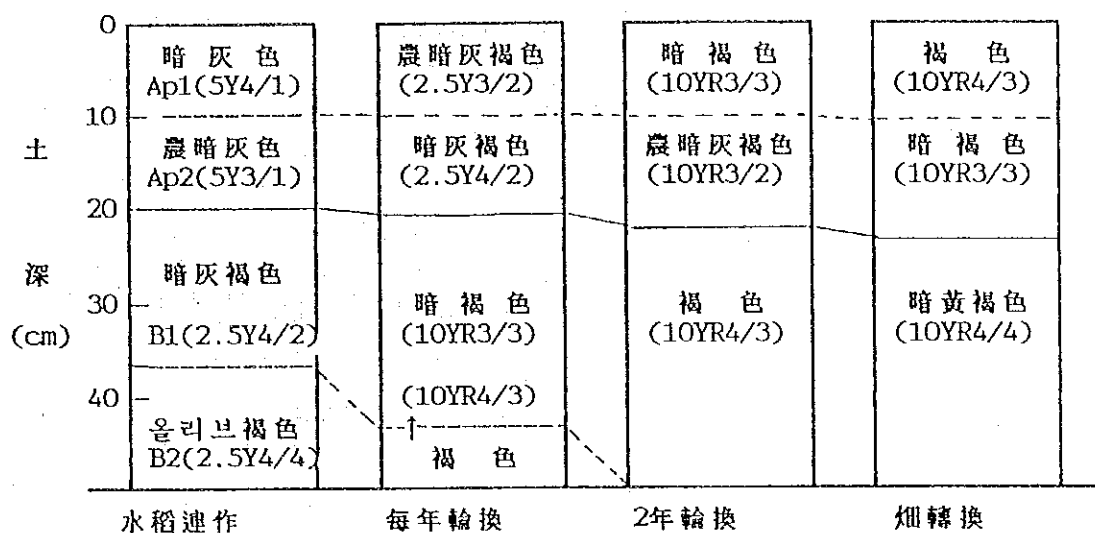


図5 輪換による土壤断面の土色の変化

9) 自然放任区の雑草分類及び発生推移

表10に示したように雑草発生を見た結果は、5年次畑転換による自然放任区の雑草発生様相は初期に菊花科及び禾本科等の多様な雑草が発生して豆科の発生はなかった。しかし、年次の経過に従って漸次遷移して最終年度には菊花科と豆科の広葉雑草が優勢となった。雑草の根分布は表土20cm以内にほとんど大部分が分布していた。

表10 自然放任区の雑草分類及び発生推移

(本/m<sup>2</sup>)

雑草分類	年次別発生推移				雑草の学名
	'89	'90	'92	'93	
禾本科	4.9	1,133.2	40.0	—	<i>Digitaria sanguinalis</i> , <i>Arthraxon hispidus</i> , <i>Setaria viridis</i>
菊花科	10.2	17.41	300.8	172.0	<i>Artemisia princeps</i> , <i>Erigeron canadensis</i> , <i>Centipeda minima</i> , <i>Eclipta prostrata</i> , <i>Ixeris dentata</i> , <i>Hemistepa lyrata</i> , <i>Youngia japonica</i> , <i>Taraxacum mangolicum</i>
豆科	—	15.6	57.2	26.7	<i>Glycine soja</i> , Red bean, Wild beans, <i>Aeschynomene indica</i> , <i>Vicia amoena</i>
莎草科	8.7	—	—	—	<i>Cyperus amuricus</i> , <i>Fimbristylis miacea</i>
Portulacaceae科	2.7	—	—	—	<i>Portulaca oleracea</i>
大戟科	0.3	0.7	—	—	<i>Acalypha australis</i>
Chenopodiaceae科	0.3	—	1.2	—	<i>Chenopodium album</i> Var. <i>centrorubrum</i>
その他	8.3	1.7	1.2	—	<i>Ludwigia prostrata</i> , <i>Lindernia procumbens</i> , <i>Rorippa islandica</i> , <i>Viola mandshurica</i> , <i>Bothriospermum tenellum</i>

## 10) 輪換地畑作物別土壌特性変化と作物生育及び収量

畑作物の輪換適応性を見るための栽培条件別土壌特性変化と輪換畑作物の生育及び収量は表11と同じである。

表11 輪換地畑作物別土壌特性変化と作物生育及び収量

作物名	品種名	仮比重		桿(茎)長 (cm)	根圏深 (cm)	収量 (kg/10 a)	全国平均収量 (kg/10 a)	輪換年次
		表土	心土					
さつまいも ごま	新栗美	1.17	1.14	395.0	16.2	2,602	2,134	5年 (’93)
	安山	1.18	1.31	127.6	14.9	21.5	72	
さつまいも ごま ききょう	新栗美	1.05	1.30	423.0	16.7	2,207	2,200	4年 (’92)
	安山	1.30	1.35	143.0	14.6	53.8	69.8	
	在来種	1.21	1.35	80.1	18.7	2,428	1,991	
とうがらし ごま 落花生 黄耆 ききょう	Jeogtoma	1.07	1.17	78.2	15.4	235.4	182.0	3年 (’91)
	安山	1.21	1.37	138.1	14.2	27.4	71	
	大光	1.13	1.42	72.0	12.8	102	181	
	在来種	1.11	1.23	147.5	9.5	6.1	82	
決明子 はとむぎ ききょう 黄耆	在来種	0.99	1.05	128.0	13.6	160	180	2年 (’90)
	〃	1.00	1.14	212.0	14.2	238	322	
	〃	1.10	1.17	43.0	10.8	—	—	
	〃	1.15	1.21	95.0	9.3	—	—	
落花生 にんじん	Sedul落花生	1.14	1.45	91.0	13.2	168	172	1年 (’89)
	春5寸	1.10	1.14	59.0	13.0	1,028	2,083	

栽培条件別土壌の仮比重は輪換年次の経過に依って多少増加する傾向であり、根圏深は作物別に差異があるが輪換年次とは栽培作物の相違で比較がむずかしかった。輪換畑作物収量は全国平均に比べて、さつまいも、とうがらしでは高く、決明子、はとむぎではほとんど同じく、ごま、黄耆、にんじんの収量は非常に低かった。これは輪換土壌特性に適切な作目の選定に指標として利用されている。

11) 輪換形態による作物別収量変化

表12は田畑輪換による年次別の輪換形態間の作物収量変化である。

表12 輪換形態による作物別収量変化

収量 (kg/10 a)

作物	輪換形態	作物別収量 (指数)				
		'89	'90	'91	'92	'93
ばれいしょ	畑 転 換	2,343	2,146	2,889(100)	3,237(100)	2,585(100)
	2年輪換			—	1,951( 69)	2,425( 94)
	毎年輪換			2,806( 97)	—	2,052( 79)
白 菜	畑 転 換	11,321	12,429	13,307(100)	9,551(100)	12,458(100)
	2年輪換			—	9,329( 98)	11,473( 92)
	毎年輪換			11,044( 83)	—	10,957( 85)
大 豆	畑 転 換	283	333	234(100)	313(100)	275(100)
	2年輪換			—	303(107)	272( 99)
	毎年輪換			280(120)	—	315(115)
水 稻	連 作	629	561(100)	621(100)	735(100)	616
	毎年輪換	—	691(123)	—	767(104)	—
	2年輪換	—	—	689(111)	—	—

水稻作では連作区の収量に比べて毎年輪換区が4～23%、2年輪換区が11%増収して輪換に依って収量が増収した。ばれいしょ及び白菜の場合一般熟畑に近いと見られる輪換5年次の'93年畑転換区を基準とした収量指数を比較すれば、ばれいしょでは畑転換100、2年輪換94、毎年輪換79であって、白菜は畑転換100、2年輪換92、毎年輪換85として水田状態に近くなると減収幅が大きかった。即ち輪換畑期間が長くなると収量が増大した。しかし大豆の場合は前作付けが水稻の毎年輪換区で最も収量が高く、輪換が長くなると減収する傾向であった。これはほかの研究報告でも同じ結果が見られて、その原因は大豆収穫物の除去に依ってK<sub>2</sub>O成分の減少、土壤の忌地現象と前作付けが水稻栽培で初期の多少高い水分条件から耐湿性がある大豆が適応性が高く、ほかの作物より登熟に多量の水分を要求することだと思われる。しかし排水不良で、地下水位が高い土壤は排水処理をして湿害防止に注意しなければならない。



#### (4) 摘 要

- 1) 土壌の物理性は輪換によって仮比重、固相及び液相は減少する傾向で、気相率は表土と心土共に畑転換が長くなると増加して良好となり、収穫期表土の気相率は輪換間に大きい差異がなかった。土壌硬度は輪換年次が経過するにつれて表土の硬度は輪換処理に差はなかったが心土の硬度は増大した。
- 2) 碎土性が良好な9.5mm以下の土塊分布は、連作<毎年輪換<2年輪換<畑転換の順に多かった。
- 3) 水田の輪換形態別減水深変化は2年輪換区で多くて毎年輪換、連作順に低下して灌漑用水所要量も水稻連作より毎年輪換30%、2年輪換区では44%程度増加した。
- 4) 畑輪換により耐水性粒団の重量平均直径が大きくなり、不安定指数が減少して耐水性粒団が増加した。また、酸素拡散能は畑転換で20以上であって作物生育に比較的良好となった。水中沈定容積は水田土壌が畑転換により畑土壌的性質に変化した指標として利用されるが、畑転換年数が長くなると畑土壌化が進展した。
- 5) 圃場の透水性は表土と心土共に畑輪換によって増加したが、畑転換区の心土で若干低下した。
- 6) 輪換処理間の土壌抵抗は水稻連作<毎年輪換<2年輪換<畑転換の順に増加した。輪換畑の調査初期土深15cm内外の土壌硬度が20kg/cm<sup>2</sup>であったが、圃場整地後は土壌がやわらかくなり、作物生育中期には5~10kg/cm<sup>2</sup>で輪換間に特別の差異はなく、またその後畑転換区で土壌抵抗が高くなった。
- 7) 土壌水分は前作付けが水稻であった毎年輪換区で高く2年輪換>畑転換順に低下する傾向であった。また畑転換区は降雨後類似地下水位が深く、早く排水され、作物生育にそんなに悪影響がなかったが、毎年輪換と2年輪換区では耕盤土層の停滞水によって湿害等の問題点が憂慮された。

土壌保水性の水分特性は輪換処理間に大きい差異はなかったが、畑地化が進行すれば低水分張力域で土壌水分が若干高く高水分張力領域では低下した。したがって1/10barから15barまでの土壌水分は畑転換に依って増加する傾向であった。
- 8) 土壌断面の土色変化は連作区表土で暗灰色が畑転換時褐色に明るくなり、また心土も暗灰褐色から暗黄褐色に変化して熟畑化していた。
- 9) 雑草発生は自然放任で菊花及び豆科の広葉雑草が優勢しており、根分布は表土20cm以内にほとんど大部分が分布していた。
- 10) 輪換間栽培条件別土壌の仮比重は輪換年次の経過に依って増加する傾向であり、作物に依って根圏深が異なって、収量は全国平均に比べてさつまいも、とうがらしでは高く、決

明子、はとむぎはほとんど同じく、ごま、黄耆、にんじんの収量が非常に低かった。

- 11) 水稲の収量は輪換に依って4～23%増収した。畑作物の場合ばれいしょ、白菜の収量は輪換畑期間が長くなると収量が増大したが、大豆は前作付けが水稲の毎年輪換区で最も収量が高く、畑転換期間が長くなると減収した。

〈文献省略〉

## 2. 田畑輪換土壌の化学的特性様相究明研究

遂行機関：農業技術研究所

担当者：安相培、延秉烈、本松輝久

### (1) 緒 言

水田の総合的な生産力向上を図るために農耕地高度利用に関する試験の一つとして、田畑輪換試験が'89-'93まで韓国で韓日共同研究事業で遂行されてきた。

田畑輪換の効果として地力増進、連作回避、雑草や病虫害抑制および収量増大など輪換水田の効果が知られているが、輪換水田では増収効果が大きく、一方土壌の変化が大きくて水稲作が不安定な面もあり、畑状態期間土壌の乾燥程度や輪換年数に対応して、水稲の安全栽培技術の確立が必要なことが多い。

田畑輪換時作付形態別作物生育および輪換水田の生育および生産力は輪換方式や土壌の理化学的特性の変化で生育が助長され、収量が増収したという報告があり、収量は輪換後2-3年まで最高に達し、その後は漸減する傾向にあるので、堆厩肥を中心とする地力維持対策を講ずることが必要であるという。

田畑輪換は水田と畑状態で交互に栽培するという面で、土壌環境が単作の場合と異なるために、一つ作物を連作すると土壌養分の不均衡と、欠除および有害成分の集積等によって生理障害と品質低下などが起こる連作障害を防止し収量増加をもたらす。

水田を1年ないし数年畑地化して、畑作物を栽培したあと水稲栽培をする田畑輪換形式では、水田の畑地化が十分に進行して土壌の変化に対応して吸肥力、養分奪取量が異なる作物を交互に栽培すると、土壌からの養分奪取量の不均衡が是正される。従って、水稲連作あるいは多毛作に比して土壌の物理性、化学性が良くなって地力維持効果が高い。

畑転換による土壌化学性の変化は畑転換した場合には灌漑水による塩基の富化がないうえ、降雨による養分の溶脱が大きいため土壌の反応は酸性化に進む。さらに畑状態では炭酸や硝酸の生成量が多く、また亜酸化物の酸化なども伴っていっそうその傾向が強まる。

また畑転換では乾湿の反復、脱水、酸化などの作用が強かつ長期間続くので、湛水下で蓄積した不安定な有機物の分解が促進され、窒素肥沃度は低下の方向をとりやすい。しかし水田にまた還元された後は水稲連作水田土壌よりは有機物の分解が促進される傾向にあり、水田還元当初には窒素肥沃度は高い。

このように畑地化することにより土壌有機物含量は低下するが腐植化は進行し、酸性が強いためNH<sub>4</sub>、Kなどの吸収力が多少高まる傾向にある。また畑地化に伴いFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの活性が大きくなり燐酸の固定力は高くなるが無機化が多くなることから、実際上は作物生産に

障害はない場合が多いといわれている。

本報告書は輪換形態および作付体系に伴い、土壌の化学的変化様相を究明するために1989-93年まで5か年にかけて遂行した室内実験および圃場試験結果を総合報告する。

(2) 材料および方法

供試土壌は安城郡宝蓋面に位置する平沢微砂質壤土で、供試土壌の化学的性質は表1のようにpH、磷酸と珪酸含量が低く、そのほかの成分は韓国の水田土壌の平均値と同じであった。

表1 供試土壌の化学的性質

pH (1:5)	OM (%)	Av. P <sub>a</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Ex-me/100g			Av. SiO <sub>2</sub> (ppm)	CEC (me/100g)
			Ca	Mg	K		
5.2	2.2	71	4.3	0.83	0.35	32	9.4

供試作物は水稻、ばれいしょ-白菜および大豆を栽培しており栽培方法は表2のようである。

表2 栽培方法

作物	品 種	播 種 期	移 植 期 (定植期)	栽植距離	備 考
水 稻	秋 晴	4 月 上	5 月 下	機械移植	生糞還元
大 豆	萬 里	5 月 中	—	60×15cm	2粒点播
ばれいしょ	大 地	3 月 中	4 月 中	70×25cm	
白 菜	Samjin	8 月 中	9 月 上	60×40cm	

土壌物理科圃場を共同使用して、処理内容は表3の通り1) 水稻連作区、2) 毎年輪換区、3) 2年輪換区、4) 畑輪換区の4処理を設置して5年間('89-'93)遂行した。

表3 処理内容

輪換形態	試 験 年 度					備 考
	'89	'90	'91	'92	'93	
水稲連作	○	○	○	○	○	○：水田状態（水稲単作） □：畑状態（大豆単作、 ばれいしょ-白菜）
毎年輪換	□	○	□	○	□	
2年輪換	□	□	○	□	□	
畑 転 換	□	□	□	□	□	

各作物の3要素および改良剤施用量は表4のとおり、そのほかの水稲、ばれいしょ-白菜および大豆の生育状況、収量調査は農村振興庁農事試験研究調査基準、土壌および植物体分析は農業技術研究所化学分析法に準じた。

表4 3要素および改良剤施用量 (kg/10a)

作物	窒 素	磷 酸	加 里	消 石 灰	堆 肥
水 稻	11	7	8	—	—
ばれいしょ	10	10	12	—	2,000
白 菜	24	20	25	100	2,000
大 豆	4	7	6	100	1,000

※窒素：尿素、磷酸：溶過磷、加里：塩化加里、堆肥：水分60%、窒素0.44%、  
磷酸0.19%、加里0.37%

○ 土壌窒素の無機化量測定法

湛水前圃場の湿潤土壌を採取して2mm篩に通過させたあと、土壌18gをvial(内径23mm×高90mm)に入れて、空気がないように蒸留水を注入したあとゴムコックでふさぐ、10週間恒温状態に2週毎に試料を採取して10% kclに30分間浸出したあと Kjeldahl 法によって無機態窒素を定量した。

○ 土壌中における有機物の分解状況

前田・鬼鞍(1977)により考案されたガラス繊維濾紙法により、有機物の分解過程を追跡した。供試有機物は堆肥と生糞の粉碎物を使用した。ガラス繊維濾紙(ワットマン GF/A、直径15cm)を直径3.5cmの円筒に合わせて筒状とし、合わせ目および折り曲げた底部をボンドで接着して、最長部分が約11cmの有底の濾紙筒を作る。乾土33.4g相当量の供試土に、乾土に対して炭素の添加量が5%の添加割合となるように供試有機物を混合し、破損しな

いように注意しながら濾紙筒に詰める。濾紙筒の上部は折り曲げ、全体を1mm目のサラン網で巻き、その両端を糸によってとじる。有機物無添加区を対照区として同様に作る。すべて2連とした。供試堆肥のC含量は17.2%、Nは1.54%、C/N比11.1、稲藁はC36.5%、N0.7%、C/N比52.6である。

供試圃場(水稻連作区と畑転換区)の深さ約8cmに埋設した。予定された時期(2、3か月毎)に掘り出して、濾紙の外側を筆にてきれいに清掃し風乾する。風乾物の重量と水分を測定してから、内容物を乳鉢にて粉碎し、十分に均一として全炭素と全窒素を定量する。全炭素の測定はTyurin改良法、全窒素の測定はKjeldahl法にて測定した。

有機物添加区の炭素(窒素)全量から、対照区のそれを差し引いたものを有機物からの残存量として、添加炭素(窒素)量に対する残存率を算出する。更に(100-残存率)を測定した時点までの炭素(窒素)の分解率とした。

### (3) 試験結果および考察

#### 1) 室内試験

##### ① 土壌窒素の無機化量

輪換形態別年次別湛水土壌の窒素無機化量および磷酸緩衝溶液の抽出窒素は表5に示した。

表5 輪換形態別湛水土壤窒素無機化量と磷酸 Buffer 抽出窒素

輪換形態	栽培作物	'90			'91			'92			'93		
		4週	10週	pH7.0*	4週	10週	pH7.0	4週	10週	pH7.0	4週	10週	pH7.0
水稻連作	水 稻	30.7	60.9	55.2	26.4	51.1	58.4	22.9	52.4	50.3	28.2	50.1	48.8
毎年輪換	ばれいしょ-白菜	38.0	86.8	73.5	25.9	49.5	53.8	28.0	63.9	68.6	31.3	58.9	54.9
"	大 豆	35.1	75.8	72.5	24.2	43.1	50.5	23.8	55.3	56.4	27.8	54.5	50.1
2年輪換	ばれいしょ-白菜				29.8	62.5	64.0	19.7	49.3	47.1	22.8	48.5	47.8
"	大 豆				23.2	39.3	48.1	17.1	37.7	45.1	19.4	37.6	38.1
畑 転 換	ばれいしょ-白菜										22.2	53.9	53.3
"	大 豆										20.5	42.4	46.7
水稻連作	水 稻 (深土)										8.1	17.9	23.7
畑 転 換	ばれいしょ-白菜(深土)										9.3	18.2	25.7
	大 豆 (深土)										7.2	14.0	12.0

\* pH7.0磷酸緩衝溶液抽出窒素

湛水培養 4週間(X)と10週間(Y)の関係

$$Y = 2.07X + 0.53 (r = 0.95^{**})$$

磷酸 Buffer 抽出窒素(X)と 10週間湛水培養(Y)間の関係

$$Y = 1.08X + 5.55 (r = 0.94^{**})$$

表5は過去4年間('90-'93)の湛水培養生成無機態窒素量と pH7.0磷酸緩衝溶液抽出窒素量の関係を示した。水稻全生育期間に表土から生成した無機態窒素量は生土を30℃に湛水培養時に生成する無機態窒素量とよく一致する。しかしこの方法は長期間かかるので、水稻作の施肥対策には活用することは困難である。30℃10週間の無機態窒素生成量と30℃4週間の無機態窒素生成量及び pH7.0磷酸 Buffer 抽出窒素量間には高い正相関( $r = 0.95^{**}$ ,  $r = 0.94^{**}$ )関係があり、施肥対策に利用可能だと考える。

一方、'93輪換形態別畑状態条件で培養して生成した無機態窒素量は表6の通り。

表6 畑状態での窒素無機化量(NH<sub>4</sub>-N+NO<sub>3</sub>-N ppm/乾土)

輪換形態	栽培作物	2週	4	6	8	全炭素	全窒素
水稻連作	水 稻	14.7	22.1	28.1	37.6	1.15	0.12
毎年輪換	ばれいしょ-白菜	28.4	31.5	35.0	44.6	1.16	0.12
〃	大 豆	25.0	25.4	34.7	40.4	1.13	0.12
2年輪換	ばれいしょ-白菜	25.9	26.4	30.7	36.8	1.11	0.12
〃	大 豆	20.5	22.7	24.2	32.5	0.92	0.10
田 転 換	ばれいしょ-白菜	37.5	38.1	46.6	48.5	1.07	0.11
〃	大 豆	23.1	24.2	28.9	36.0	0.91	0.10

水稻連作区土壌より輪換区土壌では初期2週間に生成する無機態窒素量が著しく多い。また、ばれいしょ-白菜区の土壌が大豆区の土壌より多く、畑転換区が毎年輪換区や2年輪換区より窒素無機化量が多かった。

② 土壌中有機物の分解状況

ガラス繊維濾紙法によって水田状態と畑状態で堆肥と稲藁の土壌中での分解状況は表7のようである。測定期間は'92年3月30日から'93年11月29日まで調査した。



表7 土壤中の炭素および窒素の残存率

埋設条件	有機物	'92					'93		
		5/28	7/22	8/13	10/13	12/11	4/6	6/1	11/29
水田	堆肥	99.7	89.0	90.0	88.3	86.7	85.0	84.3	73.0
	生糞	74.2	50.8	46.4	37.4	38.7	38.6	37.1	29.6
畑	堆肥	97.8	81.7	82.4	68.1	64.7	65.5	59.8	53.0
	生糞	70.4	42.9	37.5	28.1	27.2	27.8	25.4	21.9
窒素									
水田	堆肥	78.1	76.4	75.4	75.2	74.9	75.0	67.9	59.2
	生糞	13.8	124.1	132.2	129.0	129.9	125.5	113.1	97.8
畑	堆肥	82.6	72.7	75.1	67.3	64.7	67.5	59.7	48.2
	生糞	110.0	118.6	108.4	105.1	102.7	103.5	92.2	76.8

※92年3月30日埋設

炭素の分解については水田状態に比べて畑状態の分解は大きく、また堆肥より生糞の分解は埋設1年目の分解は著しく速い。

即ち堆肥分解は初年度の1年間水田で15%に対し輪換畑では35%が分解した。2年めに入って全般的に分解速度は低下した。約2年間堆肥は水田においては27%に対し輪換田では47%分解した。一方、稲糞は水田では71%分解しており輪換田では78%分解した。これは志賀の既報告のように炭素の分解速度は有機物のC/N比とは直接関係がなく、有機物のLignin含量と正相関関係があるという事実とよく一致している。

一方、土壤中の窒素の分解率は表8に示した。

表8 土壌中有機物(炭素、窒素)の分解率

埋設条件	有機物	'92					'93		
		5/28	7/22	8/13	10/13	12/11	4/6	6/1	11/29
畑	堆肥	0.3	11.0	10.0	11.7	13.3	15.0	15.7	27.0
	生糞	25.8	49.2	53.3	62.6	61.3	61.4	62.9	70.6
田	堆肥	2.2	18.3	17.5	31.9	35.3	34.5	40.2	47.0
	生糞	29.6	57.1	62.5	71.9	72.8	72.2	74.6	78.1
窒素									
畑	堆肥	21.9	23.6	24.6	24.8	25.1	25.0	32.1	40.8
	生糞	-13.8	-24.1	-32.2	-29.0	-29.9	-25.5	-13.1	2.2
田	堆肥	17.4	27.3	24.9	32.7	35.3	32.5	40.3	51.8
	生糞	-10.0	-18.6	-8.4	-5.1	-2.7	-3.5	7.8	23.2

※92年3月30日埋設

窒素の分解について堆肥は水田では湛水前の分解は比較的大きいが、湛水後はあまり認められない。

輪換畑では時間が経過と共に徐々に分解されているが、温度が高まる春から夏にかけての分解が比較的大きい。

一方、C/N比が高い生糞では土壌に埋設後1年間は有機化による窒素の分解は殆どなく2年目に入って窒素の放出が認められた。

## 2) 圃場試験

### ① 輪換形態別、作物別、年次別無機成分吸収量

表9 水稲収量

(kg/10 a)

輪換形態	栽培作物	'89	'90	'91	'92	'93	平均
水稲連作	水 稲	629	561 (100)	621 (100)	735 (100)	636	636
毎年輪換	ばれいしょ-白菜	—	709 (126)	—	769 (105)	—	—
	大 豆	—	672 (120)	—	765 (104)	—	—
2年輪換	ばれいしょ-白菜	—	—	725 (117)	—	—	—
	大 豆	—	—	652 (105)	—	—	—

水稲連作区の年次別水稲収量は5か年平均収量が10a当636kgで試験年度によって収量の差異があつて'90年度が最低収量、'92年度は最高収量を示した。

輪換形態別水稲収量は'90年と'91年度に毎年輪換区および2年輪換区でばれいしょ-白菜区および大豆区に水稲連作区より26-20%、17~15%各々増収した。'91年は水稲連作区に比べて、毎年輪換区のばれいしょ-白菜区および大豆区で5~4%の増収に過ぎなかつた。

これは大久保と吉田が報告したように輪換水田では水稲の収量は輪換後2~3年まで最高に達し、あとは漸減するとした成績と一致する。

表10 収穫期水稲の無機成分吸収量

(kg/10 a)

輪換形態	栽培作物	'90				'91				'92				'93			
		N	P <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	N	P <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	N	P <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>
水稲連作	水 稲	10.7	6.1	13.8	10.9	4.7	11.8	81.4	13.7	6.9	19.1	79.6	10.5	5.3	16.8	75.5	
毎年輪換	ばれいしょ-白菜	17.0	7.3	20.1					16.3	6.9	20.9	112.6					
"	大 豆	15.6	7.0	18.5					14.2	7.0	20.6	110.8					
2年輪換	ばれいしょ-白菜				14.1	6.1	16.8	113.6									
"	大 豆				10.6	5.2	12.1	97.1									

収穫期水稻の年次別無機成分吸収量は'90年および'91年の窒素吸収量は水稻連作区に比べ毎年輪換区でばれいしょ-白菜区で59~45%の吸収量が多く、'91年度は2年輪換区のばれいしょ-白菜区で28%吸収量が多くなったが、大豆区は水稻連作区と同じになった。

金田等は水稻の窒素吸収量は輪換2年までは水稻連作田より輪換田に多いが、これは輪換田で根の養分吸収領域が拡大し根の活力が高く維持されることによるとした。

'92年度は毎年輪換区が復元された区で、ばれいしょ-白菜区で水稻連作区より28%吸収量が多く、大豆区では大きな差異がなかった。一方'93年は水稻連作区だけ水稻が栽培されたが窒素吸収量は例年より低かった。これは'93年は冷害年度に基因したことによると思われる。

一方'90~'92年の3年間の水稻の磷酸吸収量は多少異なるが、大体で窒素級収量と同じ傾向にあった。加里の吸収量も窒素や磷酸の吸収傾向と同じ収量で増収した区で吸収量は多かったが、冷害年度'93の加里吸収量は過去4年間の吸収量より多かった。'91~'93年の3年間珪酸吸収量は全般的な3要素吸収量と同じ傾向であるが、'93年の珪酸吸収量は最も低かった。

表11 ばれいしょ収量

(kg/10 a)

輪換形態	栽培作物	'89	'90	'91	'92	'93
毎年輪換	ばれいしょ	2,400	—	2,806	—	2,051
2年輪換	〃	2,277	2,077	—	1,952	2,485
畑 転 換	〃	2,402	2,125	2,889	3,237	2,585

輪換形態別ばれいしょ収量は'89年度は毎年輪換区と畑転換区で対等としても2年間輪換区は約5%程度収量は低くなった。

'90年、'91年度には畑転換区が2年輪換区や毎年輪換区より2~3%程度、'92年は2年輪換区より畑転換区で概ね66%収量増収を示した。

試験最終年度である'93年は毎年輪換区に比べ2年輪換区や畑転換区で18~26%の収量増加をみせ輪換期間が長くなるほど、ばれいしょ収量は増加した。

表12 ばれいしょの無機成分吸収量(茎葉+塊茎)

(kg/10 a)

輪換形態	栽培作物	'91			'92			'93		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
毎年輪換	ばれいしょ	10.6	4.1	23.3	—	—	—	6.6	2.5	16.0
2年輪換	〃	—	—	—	8.9	3.2	19.8	12.0	4.3	25.4
畑転換	〃	15.5	5.2	27.4	19.8	6.3	32.5	15.9	5.1	27.1

収穫期ばれいしょの(茎葉+塊茎)無機成分吸収量は'91年に毎年輪換区に比べ畑転換区で窒素、リン酸および加里が46、27、18%の吸収量が多くなった。

'92年にも2年輪換区より畑転換区でこれら成分が122~64%吸収量は多くなって収量増収傾向と同じであった。'93年の3要素吸収量にも収量増収傾向と同一で、輪換年数が長くなるに伴い吸収量も多く、畑転換区>2年輪換区>毎年輪換区の順であった。

表13 白菜収量

(kg/10 a)

輪換形態	'89	'90	'91	'92	'93
毎年輪換	11,071	—	9,536	—	10,159
2年輪換	11,709	15,307	—	9,326	10,562
畑転換	10,553	9,551	11,521	9,551	12,458

輪換形態別白菜収量は'89年は毎年輪換区より2年輪換区で若干増収しており、畑転換区では収量が減少傾向であり、これは畑転換区が降雨によって停滞水によって湿害を受けたためと思われる。

'90年には畑転換区が2年輪換区より収量は減少し、'91年には毎年輪換区より畑転換区が収量は21%増えた。このような傾向は'92年にも畑転換区が2年輪換区より収量は増収になった。'93年度は畑転換区>2年輪換区>毎年輪換区の順に収量は増収になった。

表14 収穫期白菜の無機成分吸収量

(kg/10 a)

輪換形態	栽培作物	'91			'92			'93		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
毎年輪換	白菜	22.9	6.8	23.8	—	—	—	15.9	5.9	28.3
2年輪換	"	—	—	—	19.8	7.3	32.9	15.3	6.5	27.7
畑輪換	"	28.7	8.6	26.6	21.0	7.7	29.1	17.0	7.1	27.5

収穫期白菜の3要素吸収量を見ると'91年度には毎年輪換区より畑輪換区で窒素をはじめリン酸、加里吸収量は著しく多い。'92年度は白菜収量と同じく吸収量も差異が小さく、加里はむしろ吸収量は若干低くなった。一方、'93年度に収量は畑輪換区>2年輪換区>毎年輪換区の順になり、吸収量はリン酸吸収量を除いて収量とよく符合しなかった。

表15 大豆収量

(kg/10 a)

輪換形態	栽培作物	'89	'90	'91	'92	'93
毎年輪換	大豆	325	—	281	—	315
2年輪換	"	283	365	—	303	272
畑輪換	"	242	301	234	313	275

輪換形態別大豆収量は'92年を除いて、毎年輪換区>2年輪換区>畑輪換区の順になり、輪換期間が長い時は収量は減少した。ただ'92年度には2年輪換区より畑輪換区で若干増えた。

表16 収穫期大豆の無機成分吸収量

(kg/10 a)

輪換形態	栽培作物	'91			'92			'93		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
毎年輪換	大豆	20.0	5.1	10.0	—	—	—	21.0	4.3	14.4
2年輪換	"	—	—	—	19.2	4.1	10.2	19.1	4.1	10.8
畑輪換	"	16.8	4.0	8.6	20.1	4.2	9.5	19.9	4.4	10.2

収穫期大豆の無機成分は収量成績と大体同一な傾向で収量が多い場合には吸収量も多いか同等であった。

'93年の無機成分吸収量は'91年や'92年と窒素とリン酸では殆ど同じであったが、加里吸収量は多くなった。

② 畑作物の栄養診断

'93年度生育中のばれいしょ、大豆について作物体の搾汁液の硝酸態窒素、加里、EC、pHを測定した。硝酸態窒素はカード式 Ion Meter (C-141)、加里は同 Ion Meter (C-131)、ECは導電計(C-173)、pHはTwin pH Meter (B-112)を使用した。また作物体の搾汁液調製は富士平工業製の小型搾汁計器を使用した。

表17 ばれいしょの部位別、器官別栄養状態

'93. 5. 24.

層位	器官	NO <sub>3</sub> -N (ppm)	K (ppm)	EC (ms/cm)	pH
上位	葉身	114	1,950	6.0	6.3
	葉柄	757	4,600	12.2	6.0
	茎	734	4,950	14.5	5.9
中位	葉身	166	2,700	9.7	6.5
	葉柄	870	5,250	15.6	6.0
	茎	825	5,400	15.3	6.0
下位	葉身	164	2,550	10.2	6.7
	葉柄	1,039	4,800	15.4	6.0
	茎	904	5,350	15.6	5.9

表18 ばれいしょの時期別栄養状態

月 日		茎 長	葉 色	NO <sub>3</sub> -N(ppm)	K(ppm)	EC(ms/cm)	pH
5.26	毎年輪換	34.0	4.5	271			
	2年輪換	38.2	5.5	1,265			
	畑 転 換	42.5	5.5	1,378			
6.1	毎年輪換	41.0	5.1	226	5,100	14.6	5.8
	2年輪換	49.0	5.3	542	6,000	17.0	5.8
	畑 転 換	55.0	5.4	678	5,170	15.6	5.7
6.14	毎年輪換	51.7	4.9	66	6,070	16.2	5.7
	2年輪換	64.5	5.2	456	5,630	18.6	5.8
	畑 転 換	75.7	5.3	504	4,500	14.5	5.8
7.2	毎年輪換	59.0	4.0	59	4,800	13.9	6.1
	2年輪換	80.2	4.7	140	6,030	15.6	5.8
	畑 転 換	99.9	5.1	145	4,700	13.6	5.9

表17-18はばれいしょの栄養診断結果である。

作物部位により測定値に大きな差異があり、硝酸態窒素、加里、ECは葉身に比べ葉柄、茎で高い値を示した。ばれいしょ葉柄の硝酸態窒素は輪換処理により差異が大きく地上部生育が旺盛であった。畑転換区と2年輪換区で高く、生育が不良であった毎年輪換区では低い値を示した。また生育初期に濃度が高く、窒素栄養診断に活用価値が大きいと考えられた。



表19 大豆の時期別營養状態 (葉柄)

月 日	輪換処理	葉位	葉色	NH <sub>3</sub> -N(ppm)	K(ppm)	EC(ms/cm)	pH
7.15	毎年輪換	L <sub>2</sub>	3.7	81	3,600	7.7	5.8
	〃	L <sub>3</sub>	5.1	102	4,400	7.4	5.6
	2年輪換	L <sub>2</sub>	4.1	95	2,700	6.2	5.6
	〃	L <sub>3</sub>	5.5	99	2,300	5.6	5.5
	畑転換	L <sub>2</sub>	4.2	156	2,700	6.1	5.6
	〃	L <sub>3</sub>	4.9	136	2,300	5.5	5.6
	畑転換(追肥)	L <sub>2</sub>	4.0	104	3,800	6.9	5.7
〃	L <sub>3</sub>	5.3	149	4,200	8.4	5.7	
7.30	毎年輪換	L <sub>2</sub>	5.9	29	3,800	9.9	5.8
	〃	L <sub>3</sub>	6.3	32	3,600	9.0	5.8
	2年輪換	L <sub>2</sub>	5.9	72	3,300	8.7	5.6
	〃	L <sub>3</sub>	6.1	61	2,750	8.6	5.7
	畑転換	L <sub>2</sub>	5.8	59	3,000	8.6	5.8
〃	L <sub>3</sub>	6.2	72	3,000	9.4	5.7	
8.19	毎年輪換	L <sub>2</sub>	6.0	50	1,700	8.8	5.8
	〃	L <sub>3</sub>	6.5	41	1,500	8.4	5.8
	2年輪換	L <sub>2</sub>	6.0	43	820	6.8	5.9
	〃	L <sub>3</sub>	6.2	68	980	8.2	5.9
	畑転換	L <sub>2</sub>	5.9	54	980	7.1	5.9
〃	L <sub>3</sub>	6.0	52	750	7.7	5.9	

注：L<sub>2</sub>：最上展開葉より第2葉 L<sub>3</sub>：最上展開葉より第3葉

表19は大豆の葉柄に対する搾汁液の養分測定結果である。加里濃度は畑転換区、2年輪換区に比べ毎年輪換区で高かったし、またP.K追肥区でも高かった。pHは輪換処理間には大きな差異がなかった。

③ 輪換形態別土壌の化学性変動

輪換形態別'89試験後土壌と'93年試験後土壌の化学成分の変動状況は表20の通り。

表20 輪換形態別土壌化学成分変化

輪換形態	栽培作物	試験 年度	pH (1:5)	OM (%)	P <sub>2</sub> O (ppm)	Ex-me/100g			CEC (me/ 100g)	SiO <sub>2</sub> (ppm)
						Ca	Mg	K		
水稲連作	水 稻	'89	5.49	2.10	61	3.35	0.75	0.23	9.1	42
		'93	5.58	2.02	83	4.10	1.02	0.20	11.9	36
毎年輪換	ばれいしょ-白菜	'89	5.10	2.20	66	4.30	0.89	0.25	10.1	91
		'93	5.75	2.11	117	6.11	1.16	0.31	12.3	77
"	大 豆	'89	5.20	2.03	48	5.69	1.34	0.21	12.9	98
		'93	6.20	1.96	82	6.57	1.32	0.26	13.7	123
2年輪換	ばれいしょ-白菜	'89	5.61	2.20	65	5.59	1.37	0.26	12.0	90
		'93	6.18	1.97	116	7.34	1.78	0.25	15.2	71
"	大 豆	'89	5.79	1.90	57	6.79	1.56	0.20	11.5	109
		'93	6.60	1.49	53	7.82	1.78	0.15	15.4	116
畑 転 換	ばれいしょ-白菜	'89	5.89	2.10	59	6.44	1.56	0.25	11.4	96
		'93	6.42	2.08	113	7.97	2.00	0.25	15.7	133
"	大 豆	'89	5.61	1.90	73	6.54	1.66	0.19	13.2	78
		'93	6.83	1.47	61	8.11	1.78	0.13	15.3	137

水稲連作区は pH をはじめ全ての無機成分の変動は少なかった。輪換形態別 pH は全ての輪換区で高く上昇した。これは消石灰を毎作期10a 当100kgずつ施用したためと見られる。有機物含量は各々の輪換区のばれいしょ-白菜区では変動が小さく、大豆区では畑転換区>2年輪換区>毎年輪換区の順に減少幅が大きかった。

このようにばれいしょ-白菜区の有機物変動が小さいことは年間堆肥が10a 当 4t 施用されており、大豆区では 1t しか施用されておらず大豆単作で裸地期間が長くて、有機物の分解が活発に進行したためと考えられる。

磷酸含量は毎年輪換区、2年輪換区および畑転換区のばれいしょ-白菜区で約2倍程度増加したが、大豆区では毎年輪換区を除外してむしろ若干減少していた。

ばれいしょ-白菜区の磷酸蓄積はばれいしょ-白菜区栽培で年間10a 当30kgの磷酸が施

用されたが、大豆区では年間7kgしか施用されていないためと考えられる。

置換性石灰及び苦土含量は各輪換区で大体で増加する傾向にあったが、加里含量は毎年輪換区のばれいしょ-白菜及び大豆区で若干増加した。そのほか2年輪換区及び畑輪換区の大豆区では顕著に減少した。

特に2年輪換区と畑輪換区の大豆区で顕著に低下した。このような加里含量の減少は、大久保等が報告したように畑輪換の土壌ではCEC、Ca、Mg含量は増加しても加里含量は減少するという報告と一致した。

塩基置換容量はすべての輪換区で常に増加したが、これは置換性石灰と珪酸含量の増加に基因すると考えられるが、今後更に検討しなければならない課題と考えられる。

珪酸含量は毎年輪換区及び2年輪換区のばれいしょ-白菜区で若干減少したが、各輪換区の大豆区では全般的に増加趨勢にあった。

#### ④ 試験後土壌養分の層位別分布

試験後土壌の層位別養分分布状況は表21に示した。

表21 養分の土壌層位別分布

輪換形態	栽培作物	層位 (cm)	pH	EC dS/m (1:5)	NO <sub>3</sub> -N (ppm)	有効 磷酸	置換性 Cation(me/100g)		
							Ca	Mg	K
水稲連作	水 稲	0-10	5.56	0.35	1.5	66	4.0	1.0	0.21
		11-20	6.02	0.21	1.5	53	4.8	1.2	0.16
		21-30	6.55	0.18	1.6	10	6.0	1.5	0.13
		31-40	6.51	0.18	1.5	8	6.9	2.0	0.15
		41-50	6.43	0.20	1.0	7	7.3	2.2	0.16
		51-60	6.49	0.15	1.6	14	8.6	3.2	0.18
2年輪換	ばれいしょ-白菜	0-10	6.26	0.53	3.7	76	7.3	1.8	0.25
		11-20	6.08	0.33	3.6	65	7.0	1.9	0.13
		21-30	6.72	0.34	2.2	9	7.9	3.0	0.14
		31-40	6.68	0.31	1.8	7	7.8	3.1	0.12
		41-50	6.68	0.27	1.6	10	7.8	3.2	0.12
		51-60	6.80	0.23	1.9	6	8.3	4.0	0.13
畑 転 換	ばれいしょ-白菜	0-10	6.24	0.61	12.8	104	7.5	2.0	0.26
		11-20	6.32	0.24	5.5	63	7.5	2.1	0.22
		21-30	6.96	0.21	1.8	13	8.2	3.2	0.14
		31-40	7.02	0.27	2.0	9	8.4	3.6	0.14
		41-50	6.97	0.23	2.4	8	8.4	3.5	0.12
		51-60	6.87	0.14	2.0	11	7.1	3.1	0.10
畑 転 換	大 豆	0-10	7.27	0.39	3.6	40	8.9	1.7	0.16
		11-20	6.83	0.23	3.2	46	8.3	1.9	0.14
		21-30	7.07	0.15	2.8	13	8.3	3.7	0.10
		31-40	7.14	0.23	2.8	11	8.4	4.8	0.09
		41-50	7.13	0.18	2.4	16	8.3	5.3	0.11
		51-60	7.07	0.15	2.4	14	8.3	5.7	0.10

※土壌採取日：'93.12.20

pHは輪換により高くなり表層だけでなく下層でも高かった。このような傾向は置換性石灰および苦土でも同じであった。輪換栽培区では毎年100kgの消石灰を施用しており、石灰および苦土が下層へ移動したためと考えられる。

長期間畑転換をする場合には、石灰の施用を若干少なく施用することがよいと考えられる。置換性加里は石灰、苦土に比べ量的にも少ないが特に大きな変化はない。

ばれいしょー白菜区では年間37kg/10aの加里が毎年施用されているが、5年間の畑転換区で加里が特別に集積されている現象はなく、表層に若干増加するだけであった。大豆区は表層だけでなく下層の加里含量も低下していた。

有効態リン酸は表層ではばれいしょー白菜区で確実に増加しているが、大豆区では低下している。下層では処理間の差異もなく、リン酸の下層への移動は殆どないものと考えられる。

硝酸態窒素含量は畑転換区のばれいしょー白菜区の表層で若干高くなっているが、量的には少ない。下層部は全処理すべて低くて下層への移動集積はない。EC(電気伝導度)もばれいしょー白菜区の表層で若干高くなっただけで塩類障害になる値ではない。

下層部はすべて低い値で塩類の集積は少なかった。

#### (4) 摘 要

安城農家圃場(平沢 微砂質壤土)で田畑輪換処理が土壌の理化学性におよぼす影響と、作物生育との関係を室内実験と圃場を中心として調査した結果を要約すると下記の通りである。

- 1) 湛水培養10週間に生成する無機態窒素生成量と土壌中に土壌から生成した窒素量とは同じ傾向であり、4週間の生成量とリン酸緩衝溶液抽出窒素量間には高い正の相関があった。
- 2) 畑状態で生成は土壌の窒素無機化量は水稻連作区に比べ、畑転換区土壌で初期2週間の生成量は顕著に多く、ばれいしょー白菜区土壌が大豆区土壌より窒素無機化量が多かった。畑転換年数が長くなるにつれ窒素無機化量が増加した。
- 3) 水田状態と畑状態での土壌中有機物の分解状況は水田状態に比べ畑状態で旺盛であり、堆肥区に比べ生糞の分解が速かった。
- 4) 正租収量は水稻連作区は試験年度による収量差異があり、輪換形態別収量は輪換後2年次('90)の毎年輪換区のばれいしょー白菜区および大豆区で26-20%増収したが、輪換3年次('91)からは収量の増収率が漸減した。
- 5) ばれいしょ収量は大体に畑転換区>2年輪換区>毎年輪換区の順であり、白菜と大豆収量は試験年度による差異が大きく輪換形態間にも一定の傾向が少なかった。
- 6) 収穫期植物体中無機成分吸収量は水稻をはじめ、ばれいしょ、白菜および大豆の収量が増加するにつれ吸収量も多かった。

- 7) 輪換形態別土壌化学成分は'89年度試験後と、'93年度試験後の変動は水稻連作区は土壌養分の変動が少ないが、すべての輪換区で pH が上昇し、置換性石灰、苦土および陽 ion 置換容量が顕著に増加した。有機物含量は畑転換区 > 2 年輪換区 > 毎年輪換区の順に減少した。磷酸の含量は毎年輪換区の大豆区で若干増加したが、そのほかの輪換区では変動が少ない反面すべての輪換区のばれいしょ - 白菜区では'89年試験後より約 2 倍程度蓄積された。一方、置換性加里含量は 2 年輪換区と畑転換区の大豆区で若干減少したが、そのほかの処理区では大きな変動はなかった。
- 8) 試験後土壌層位別養分分布は畑転換により pH、置換性石灰および苦土はすべての層位で高かった。置換性加里、有効磷酸、EC および硝酸態窒素はばれいしょ - 白菜区の表層でのみ高くなり、下層への移動集積はなかった。

<文献省略>

### 3. 暗渠排水が田畑輪換土壌の理化学的特性変化に及ぼす影響

実施機関：湖南作物試験場 植物環境科

担当者：柳喆鉉、梁昌然、李庚甫、金鐘九、蘇在敦、李景洙

#### (1) 緒 言

わが国の水田利用は水稻の生産性向上と食糧自給のため水稻が主で利用してきた。豆類や薯類等外国から輸入依存度が高い作物の田畑栽培がほとんど成り立たない現状を打開するため、水田高度利用と作付体系改善の一環で田畑輪換に対する研究が'89年から農村振興庁各試験場で進行されている。

湖南平野地の土壌は排水が若干不良な微砂質壤土ないし微砂質埴壤土で地下水位が高く、透水性と結持性(consistency)が不良である。水田土壌の高度利用及び食糧の安定供給を図るためには、地表排水及び暗渠等の排水施設を行って大型農業機械を利用する省力栽培技術と土壌物理化学性の変化を究明する必要がある。

したがって、本研究は湖南平野地水田土壌の代表土壌で全北統の暗渠施設水田において田畑輪換栽培を5年間('89~'93)にわたって実施し、輪換栽培時土壌の物理化学性及び作物生産性、そして雑草の群落変化等を調査分析した。

#### (2) 材料及び方法

##### 1) 供試土壌及び処理内容

本研究は湖南作物試験場の水稻圃場において、河海混成沖積層の排水が若干不良な全北統(微砂質壤土)を対象に水稻多収穫栽培の基盤造成のために1982年度に暗渠排水施設をして1988年まで水稻を栽培した圃場において、1989年から1993年まで田畑輪換栽培を実施した。試験前土壌の理化学性は表1、2に示した。

表1 試験前土壌の物理的特性

区分	土深 (cm)	土壌水分 含 量 (%)	容積密度 (g/cm <sup>3</sup> )	孔隙率 (%)	3 相 (%)		
					固相	液相	気相
暗 渠	0-10 (AP <sub>1g</sub> )	21.0	1.398	47.2	52.8	29.4	17.8
	10-20 (AP <sub>2g</sub> )	20.3	1.562	41.1	58.9	31.7	9.4
	20-35 (B <sub>1g</sub> )	25.1	1.481	44.1	55.9	37.2	6.9
	35-50 (B <sub>2g</sub> )	24.1	1.495	43.6	56.4	36.1	7.5
無 暗 渠	0-10 (AP <sub>1g</sub> )	34.5	1.378	48.0	52.0	41.0	7.0
	10-20 (AP <sub>2g</sub> )	30.0	1.417	46.5	51.7	41.5	6.8
	20-35 (B <sub>1g</sub> )	23.2	1.590	40.0	60.2	36.0	3.8
	35-50 (B <sub>2g</sub> )	34.8	1.311	50.5	49.8	45.5	4.7

表2 試験前土壌の化学的特性

区分	土深	pH (1:5)	OM (%)	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Ex. Cation(me/100g)				CEC (me/ 100g)	T-N (%)
					Ca	Mg	K	Na		
暗 渠	0-10 (AP <sub>1g</sub> )	6.5	2.6	131	5.4	2.7	0.38	0.3	11.5	0.17
	10-20 (AP <sub>2g</sub> )	6.7	2.3	120	5.7	2.7	0.30	0.4	11.1	0.18
	20-35 (B <sub>1g</sub> )	6.8	1.6	100	5.2	3.6	0.22	0.3	10.5	0.16
	35-50 (B <sub>2g</sub> )	7.0	1.2	37	6.0	5.1	0.14	0.4	14.0	0.11
無 暗 渠	0-10 (AP <sub>1g</sub> )	5.5	2.5	126	4.8	2.1	0.16	0.3	9.9	0.15
	10-20 (AP <sub>2g</sub> )	6.6	2.2	105	4.3	2.1	0.13	0.3	7.8	0.14
	20-35 (B <sub>1g</sub> )	7.1	1.6	51	6.2	5.6	0.15	0.4	12.2	0.05
	35-50 (B <sub>2g</sub> )	7.3	1.5	18	5.8	7.7	0.22	0.5	14.7	0.01



暗渠排水施設は2 m 間隔で土深100cmの下部に石礫を幅60cm、厚さ30cmで埋設した。なお、土壌水分の水平移動を遮断するために0.09mm厚さのビニールを各処理区すべてに埋設した。処理内容は表3に示すように暗渠排水施設したところで水稲連作区、2毛作(水稲+裸麦、大豆+水稲)輪換区で大豆+水稲の隔年、2年及び3年輪換区と無暗渠の水稲連作、そして'90年から無暗渠の大豆連作区を設置、試験区配置は共に単区制で実施した。

表3 処理内容

区分	処 理	栽 培 作 物				
		'89	'90	'91	'92	'93
暗 渠	1) 水稲連作	水稲	水稲	水稲	水稲	水稲
	2) 水稲+裸麦(2毛作)	水稲+裸麦	〃	〃	〃	〃
	3) 大豆+裸麦(2毛作)	大豆+裸麦	〃	〃	〃	〃
	4) 大豆+水稲(隔年輪作)	大豆	水稲	大豆	水稲	大豆
	5) 大豆+大豆+水稲(2年輪作)	大豆	大豆	水稲	大豆	大豆
	6) 大豆+大豆+大豆+水稲(3年輪作)	大豆	大豆	大豆	水稲	大豆
無 暗 渠	7) 水稲連作	水稲	〃	〃	〃	〃
	8) 大豆連作	—	大豆	〃	〃	〃

## 2) 栽培及び分析方法

供試作物と品種は水稲(大晴)、大豆(八達)、裸麦(松鶴)の3作目で水稲の栽植距離は30×13cmとして毎年5月25日に田植、大豆は50×15cmで、株当2本として毎年5月15日に播種、そして裸麦は播種量を10a当13kgで10月10日前後に広散播(畦幅120cm、播幅:90cm)で行った。

施肥量は水稲についてはN-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>Oを11-7-8kg/10aとして、窒素(尿素)は基肥(50):分蘖肥(20):穂肥(20):実肥(10)%で4回分施し、りん酸は熔成磷肥を全量基肥で、加里は塩化加里を基肥70%、穂肥30%で2回分施した。

裸麦はN-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>Oを15-10-8kg/10aで窒素(尿素)は基肥60%、2月下旬に20%、3月中旬に20%追肥し、りん酸と加里は熔成磷肥と塩化加里を全量基肥で施用した。

大豆の施肥量は畑栽培標準施肥量で4-7-6kg/10aを全量基肥に施用した。

土壌化学分析中一般分析は土壌化学分析法に準じて、無機態窒素含量はConway-unid法にて行った。土壌物理分析中土壌3相及び容積密度はCore法、土深別土壌硬度はSR-II型土

壤抵抗測定機で行った。Atterberg limit 中液性限界は液性限界測定機を利用して土壌調査便覧IIの分析方法に準じて、塑性限界は直径0.32mmの土壌棒が切れるときの水分含量であり、塑性指数は液性限界－塑性限界の値で計算した。

水分の根分布調査は圃場に30×20×30cmの鉄網を栽植距離に合わせて設置し、各作物共に取量調査は農事試験調査研究基準に準じて行った。

雑草発生調査方法は各試験区内均一する3地点に50×50cm大きさのquadratを投げて雑草を抜く草種別で分類し、雑草生育習性は雑草防除学基準によって分類し乾物重を調査して1㎡で換算した。

### (3) 試験結果

#### 1) 作付類型別土壌物理性の変化

##### ① 土壌容積密度の変化

土性が微砂質壤土で排水が若干不良な河海混成沖積層の全北統において、暗渠排水処理後5年間にわたって田畑輪換栽培を実施した結果、容積密度の変化は表4の通りである。水稻連作区は5年間にかけて大きな変化はなかったが、田畑輪換栽培時容積密度は低くなり、その程度は畑期間が長くなるとさらに低くなったが、再び水田で戻した場合には増加する傾向であった。また、無暗渠水田を畑に転換して大豆を4年間栽培した場合、試験前の土壌容積密度が1.38g/cm<sup>3</sup>で2年目までは試験前に対比して増加をみたが、それ以後には1.12g/cm<sup>3</sup>で低かった。

なお、水稻＋裸麦区や大豆＋裸麦区の2毛作区においても、栽培年数が経過すると容積密度が低くなる傾向であった。

表4 土壌容積密度の変化

(単位：g/cm<sup>3</sup>)

区 分		'89	'90	'91	'92	'93
暗 渠	1) 水稻連作	1.38	1.28	1.25	1.49	1.30
	2) 水稻＋裸麦	1.38	1.55	1.34	1.30	1.25
	3) 大豆＋裸麦	1.46 *	1.27 *	1.25 *	1.32 *	1.12 *
	4) 隔年輪作	1.25 *	1.34	1.12 *	1.23	1.24 *
	5) 2年輪作	1.31 *	1.17 *	1.26	1.20 *	1.18 *
	6) 3年輪作	1.31 *	1.47 *	1.12 *	1.35	1.07 *
無 暗 渠	7) 水稻連作	1.38	1.04	1.19	1.24	1.33
	8) 大豆連作	—	1.37 *	1.40 *	1.14 *	1.12 *

\*：畑状態、2)、3)は前作物栽培後成績

② 土壤孔隙率の変化

田畑輪換時作付類型別土壤孔隙率の変化は表5に示すように、輪換初年目の'89年度には水田の場合は試験前と違いがなかったが、畑輪換の場合は大きく増加し、この畑を再び水田に戻した場合は減少する傾向であった。

また、無暗渠水田を畑転換して大豆を連作した場合には、土壤孔隙率が2年目までは試験前に比べて違いがなく、3年目からは大きく増加した。その結果、田畑輪換栽培5年目後作付類型別でみた孔隙率の変化は3年輪作>大豆+裸麦>2年輪作>隔年輪作区の順位で改善が示された。

表5 土壤孔隙率の変化

(単位：%)

区 分		'89	'90	'91	'92	'93
暗 渠	1) 水稻連作	47.9	52.0	52.8	43.7	51.0
	2) 水稻+裸麦	47.9	41.7	49.4	50.9	52.7
	3) 大豆+裸麦	44.7*	52.0*	52.8*	50.3*	57.7*
	4) 隔年輪作	52.7*	47.0	57.7*	53.6	53.2*
	5) 2年輪作	50.5*	56.0*	52.5	54.7*	55.3*
	6) 3年輪作	50.5*	45.0*	57.7*	48.9	59.5*
無 暗 渠	7) 水稻連作	47.7	61.0	55.3	51.1	49.8
	8) 大豆連作	—	48.0*	47.2*	57.1*	57.6*

\*：畑状態、2)、3)は前作物栽培後成績

③ 土壤3相の変化

田畑輪換栽培時年次間土壤3相の変化は表6に示すように輪換栽培時には固相及び液相の減少と気相の増加が明らかになり、その程度は畑期間が長くなると改善され、3年輪作>大豆+裸麦>2年輪作>隔年輪作>水稻+裸麦区順位でみられた。

なお、無暗渠水田を畑転換して大豆を栽培した場合、2年目までは固相率に違いがなかったが、3年目からは大きく減少した反面、気相率が増加した。

表6 土壌3相の変化

(単位：%)

区 分			'89	'90	'91	'92	'93
暗 渠	1) 水稻連作	固相	52.1	39.0	44.7	56.3	49.0
		液相	39.3	47.7	41.8	29.4	32.5
		気相	8.6	13.3	13.5	14.3	18.5
	2) 水稻+裸麦	固相	52.1	58.3	50.6	49.1	47.3
		液相	39.3	19.1	31.9	28.2	35.2
		気相	8.6	22.6	17.5	22.7	17.5
	3) 大豆+裸麦	固相	55.3*	49.4*	47.2*	49.7*	42.3*
		液相	23.5	27.0	28.2	27.2	32.3
		気相	21.2	23.6	24.6	23.1	25.4
	4) 隔年輪作	固相	47.3*	53.0	42.3*	46.4	46.8*
		液相	29.9	28.9	24.7	29.7	33.8
		気相	22.8	18.1	33.0	23.9	19.4
	5) 2年輪作	固相	49.5*	44.0*	47.5	45.3*	44.7*
		液相	38.7	23.1	32.3	25.1	33.4
		気相	11.8	32.9	20.2	29.6	21.9
	6) 3年輪作	固相	49.5*	55.0*	42.3*	51.1	40.5*
		液相	34.6	25.6	24.6	20.9	28.8
		気相	15.9	19.4	33.1	28.0	30.7
無 暗 渠	7) 水稻連作	固相	52.3	39.0	44.7	48.9	50.2
		液相	41.8	47.7	41.8	37.7	37.7
		気相	5.9	13.3	13.5	13.4	12.1
	8) 大豆連作	固相	—	52.0*	52.8*	42.8*	42.4*
		液相	—	30.0	29.4	23.8	30.2
		気相	—	18.0	17.8	33.3	27.4

\*：畑状態、2)、3)は前作物栽培後成績

④ 土壌硬度の変化

田畑輪換による土壌硬度の変化は表7に示すように暗渠水稻連作に比べて、輪換区は25cm深まで大きく低くなり、その程度は隔年輪作>大豆+裸麦>3年輪作>2年輪作区の順を示し、輪作で作物根の伸長可能領域が広がった。

表7 作付類型及び土深別土壌硬度の変化

(単位: kg/cm<sup>2</sup>)

輪換形態 土 深	1) 水稻 連作	3) 大豆 + 裸麦	4) 隔年 輪作	5) 2年 輪作	6) 3年 輪作	無 暗 渠	
						7) 水稻連作	8) 大豆連作
5cm	6.6	1.3	0.7	1.7	1.3	6.3	0.6
10	6.1	1.8	1.2	1.7	1.5	6.6	0.6
15	7.4	2.2	2.2	3.4	2.3	7.5	2.8
20	8.0	2.3	2.9	4.2	2.7	7.5	5.3
25	7.6	2.5	3.3	4.2	3.0	7.6	5.8
30	7.4	5.4	6.4	6.2	7.2	8.8	6.3
35	7.3	7.6	7.6	7.7	7.2	8.0	7.8
40	7.3	7.5	7.2	7.6	7.5	6.0	6.5

⑤ 田畑輪換時水稻根の分布

田畑輪換2年目の水稻根の分布は表8に示すように、土壌断面を5cm間隔で切って、全体乾根重に対する分布比率を示した。土深0-5cmの根分布は無暗渠連作>水稻連作=輪換区>2毛作(水稻+裸麦)順で、水稻根の表層分布量が多かった。また、各作付体系共に91-92%が作土10cm範囲に分布しており、水稻+裸麦の2毛作区においては0-5cmと0-10cmに53%及び38%の根分布がみられた。一方、根量は水稻+裸麦の2毛作区において99.6g/cm<sup>2</sup>で一番多く、水稻連作区において49.6g/cm<sup>2</sup>で一番少なかったが、これは作付体系変換に伴う土壌物理性の改善と関係あることと考えられる。

表8 田畑輪換時水稻根の分布(2年目)

区 分	水稻根の垂直分布(%)					乾 重 (g/cm <sup>2</sup> )
	0-5cm	5-10	10-15	15-20	20-25	
1) 水稻連作	70.4	22.2	4.6	2.1	0.7	49.6
2) 水稻+裸麦	52.7	38.3	6.5	2.5	—	99.6
4) 輪換(大豆+水稻)	69.5	22.4	6.0	1.7	0.4	71.2
7) 無暗渠水稻連作	82.8	12.6	3.1	1.2	0.3	62.1

⑥ 田畑輪換時 Atterberg limit の変化

田畑輪換時 2 年目作付類型別土層の Atterberg limit の変化は表 9 の通りである。

輪換栽培をすると土壌が乾燥するに伴って、暗渠排水時湿土の Atterberg (液性限界) が低下して、風乾土の値に近くなって風乾土/湿度比(乾土効果)が大きくなったが、無暗渠の水稲連作区においては大変低くなり、その効果は心土まで影響があった。

表 9 作付類型別 Atterberg limit の変化

区 分	土 深 (cm)	液性限界	塑性限界	塑性指数	乾燥効果※
		----- % -----			
1) 水稲連作	0-10	44.0/38.7	31.5/29.9	11.5/8.8	0.87
	10-20	43.7/36.2	30.1/26.6	13.6/9.6	0.82
	20-35	44.4/37.7	30.2/24.9	14.2/12.8	0.85
4) 隔年輪作 (大豆+水稲)	0-10	50.5/37.6	32.5/24.5	18.0/13.1	0.74
	10-20	45.5/37.4	29.7/25.1	15.8/12.3	0.82
	20-35	48.1/39.6	29.8/24.1	18.3/15.5	0.82
6) 大豆連作 (水稲+大豆 +大豆)	0-10	32.6/31.8	20.5/24.5	12.1/7.3	0.98
	10-20	32.8/31.7	22.6/23.1	10.2/8.6	0.97
	20-35	32.1/30.1	20.6/20.1	11.5/10.0	0.94
7) 無暗渠 水稲連作	0-10	62.1/32.3	32.1/21.7	30.0/10.6	0.52
	10-20	44.2/33.0	28.1/24.3	16.1/8.7	0.74
	20-35	45.3/33.2	25.1/22.7	20.2/10.5	0.73

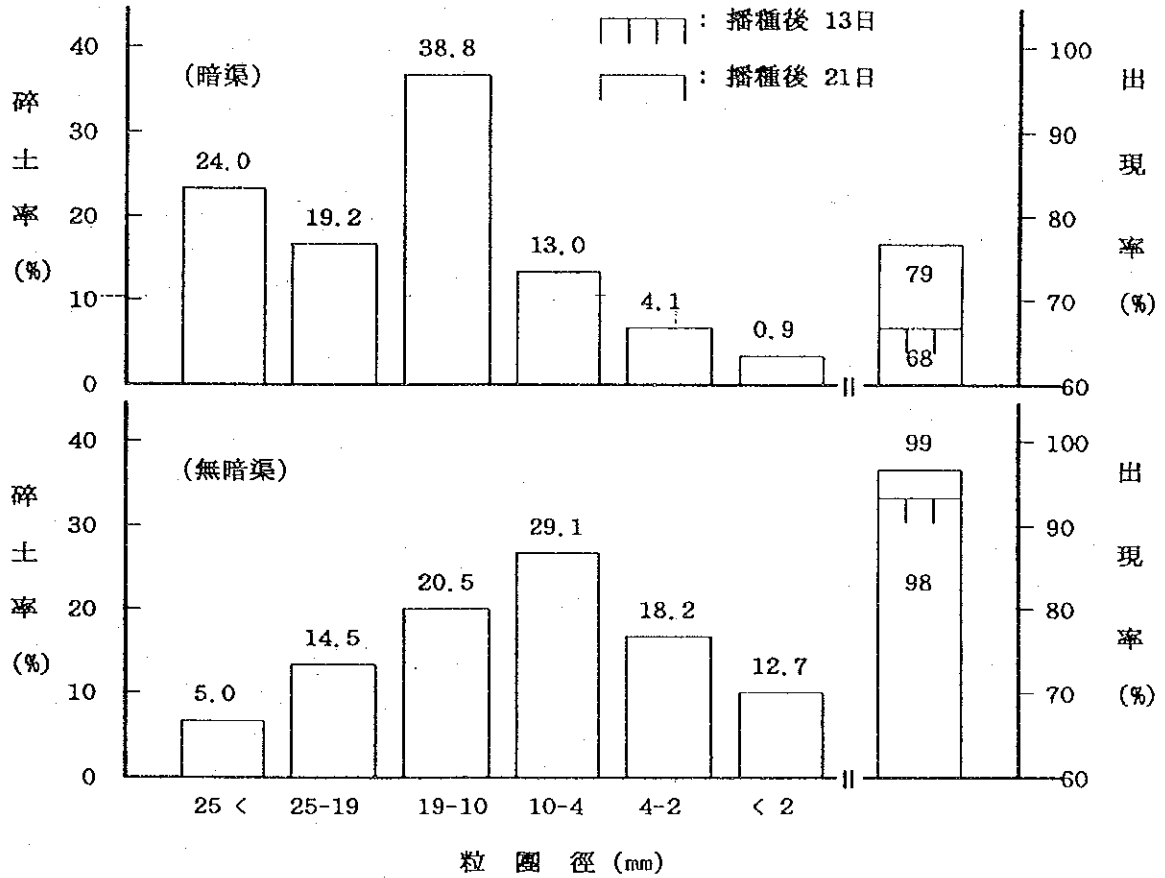
※乾燥効果：液性限界(乾土÷湿土) ※上段：湿土/下段：乾土

⑦ 碎土率に伴う大豆の出現率変化

大豆栽培時碎土率に伴う大豆の出現率は図 1 に示すように粒団直径19mm以下が81%程度である区では播種後13日に98%の出現率、57%区では68%の低い出現率であった。

なお、直径19mm以下の碎土率は暗渠排水圃場において無暗渠圃場より低下した。

図1 田畑輪換時大豆の出現率変化（2年目）



⑧ 裸麦栽培後土壤物理性の変化

裸麦栽培後土壤物理性の変化は表10に示すように試験前に比べて両作付共に容積密度の低下、固相及び液相が減少した反面、孔隙率と気相が増加して裸麦栽培後にも物理性が大きく改善された。

表10 年次別裸麦栽培後土壌物理性の変化

区 分	容積密度 (g/cm <sup>3</sup> )	孔隙率 (%)	3 相 (%)			
			固 相	液 相	気 相	
'89/'90	水稻+裸麦	1.06	60.3	40.0	23.0	37.0
	大豆+裸麦	1.05	60.4	39.6	15.0	45.4
'90/'91	水稻+裸麦	1.07	60.0	40.0	22.0	38.0
	大豆+裸麦	1.04	60.0	40.0	17.0	43.0
'91/'92	水稻+裸麦	1.02	61.3	38.7	31.8	29.5
	大豆+裸麦	1.05	60.5	39.5	18.8	41.7
'92/'93	水稻+裸麦	1.10	56.5	41.5	24.3	34.2
	大豆+裸麦	1.25	51.5	48.5	31.3	20.2

⑨ 透水速度の変化

田畑輪換栽培時透水速度の変化は表11に示すように、6月中旬から7月上旬までは無暗渠に比べて輪換区において透水速度は速い傾向であったが、それ以後からは大変遅くなり、処理間差異もなかった。

表11 田畑輪換時透水速度の変化

(単位：mm/日)

区 分	6.13	6.20	7.1	7.7	7.15	7.20	8.9	8.29	9.11	9.23
大豆 (暗 渠)	4.9	5.1	3.4	2.6	0.9	0.7	0.4	0.5	0.6	0.5
水稻 (暗 渠)	4.2	3.4	3.2	2.0	1.0	0.8	0.4	0.8	0.6	0.5
水稻 (無暗渠)	2.5	2.5	1.6	1.9	1.1	0.9	0.3	0.2	0.3	0.3

2) 作付類型別土壌化学性の変化

① 土壌 pH の変化

田畑輪換栽培時年次間 pH の変化は表12に示すように年次間に大きな変化がない。一方、暗渠区においては6.0-6.9範囲あったが、無暗渠区においては5.4-5.9範囲で、連作区に比べて低い水準で維持された。



表12 土壌 pH の変化

区 分		'89	'90	'91	'92	'93
暗 渠	1) 水稻連作	6.3	6.3	6.1	6.5	6.3
	2) 水稻+裸麦	6.6	6.6	6.5	6.5	6.6
	3) 大豆+裸麦	6.2*	6.9*	6.9*	6.7*	6.5*
	4) 隔年輪作	6.5*	6.9	6.2*	6.5	6.3*
	5) 2年輪作	6.1*	6.0*	6.1	6.5*	6.4*
	6) 3年輪作	6.5*	6.5*	6.0*	6.2	6.5*
無 暗 渠	7) 水稻連作	5.4	5.6	5.5	5.4	5.7
	8) 大豆連作	—	5.6*	5.6*	5.6*	5.9*

\* : 畑状態、2)、3)は前作物栽培後成績

② 土壌有機物含量の変化

田畑輪換栽培時作付類型別年次間有機物含量の変化は表13に示すように水稻連作区、2毛作区は年次間変化がなく、維持されているが、輪換栽培区においては2年次から大幅に減少した。

表13 有機物含量の変化

(単位：%)

区 分		'89	'90	'91	'92	'93
暗 渠	1) 水稻連作	2.7	2.3	2.5	2.2	2.6
	2) 水稻+裸麦	2.8	2.5	2.5	2.6	2.3
	3) 大豆+裸麦	2.6*	2.2*	2.4*	2.3*	2.3*
	4) 隔年輪作	2.3*	2.2	2.6*	2.6	2.4*
	5) 2年輪作	3.9*	2.1*	2.5	2.2*	2.3*
	6) 3年輪作	3.0*	2.3*	2.1*	2.0	2.2*
無 暗 渠	7) 水稻連作	2.5	1.7	2.1	2.0	2.7
	8) 大豆連作	—	1.8*	1.8*	2.1*	2.2*

\* : 畑状態、2)、3)は前作物栽培後成績

③ 土壌有効りん酸含量の変化

田畑輪換栽培時有効りん酸含量の年次間変化は表14のように水稻連作区では減少する傾向がみられたが、他作付類型は共に増加した。輪換形態別増加程度は大豆+裸麦の2毛作

区において5年目大豆栽培後274ppmで試験前131ppm 対比倍程度、その他大豆+水稲輪換区においては44-57%増加した。

また、無暗渠区においても畑転換して大豆を4年間栽培した場合は、有効りん酸含量が増加する傾向であった。

表14 土壤有効りん酸含量の変化 (単位: ppm)

区 分		'89	'90	'91	'92	'93
暗 渠	1) 水稲連作	118	170	148	137	139
	2) 水稲+裸麦	105	145	161	134	131
	3) 大豆+裸麦	127 *	175 *	168 *	176 *	274 *
	4) 隔年輪作	154 *	153	145 *	144	189 *
	5) 2年輪作	171 *	117 *	168	151 *	206 *
	6) 3年輪作	157 *	148 *	159 *	171	192 *
無 暗 渠	7) 水稲連作	127	80	90	95	116
	8) 大豆連作	—	130 *	135 *	150 *	144 *

\* : 畑状態、2)、3)は前作物栽培後成績

#### ④ 土壤無機態りん酸の形態別特性

田畑輪換栽培時無機態りん酸の形態変化は表15に示すように、作付類型共に Ca-P が一番多く、Fe-P、Al-P 順位がみられ、各作付形態別有効りん酸の形態変化は明らかな傾向がみられなかった。

表15 作付類型別土壤中無機態りん酸形態変化 (単位 ppm)

区 分		Al-P	Fe-P	Ca-P	計
暗 渠	1) 水稲連作	33.4	37.0	236.5	306.9
	2) 水稲+裸麦	37.6	67.0	283.5	388.1
	3) 大豆+裸麦	35.0	41.5	206.0	282.5
	4) 隔年輪作	42.0	40.5	262.5	345.0
	5) 2年輪作	29.4	41.0	205.5	275.9
	6) 3年輪作	40.8	47.0	203.5	291.3
無 暗 渠	7) 水稲連作	33.4	37.0	251.5	321.9
	8) 大豆連作	42.0	27.5	181.0	250.5

※田畑輪換5年次試験後成績、2)、3)は前作物栽培後成績である

⑤ 土壌の置換性石灰含量の変化

田畑輪換栽培時作付類型別置換性石灰含量の変化は表16に示すように、暗渠排水区の水稲連作区においては試験前水準で維持されているが、2毛作区や輪換区においては増加する傾向がみられた。なお、大豆+裸麦、3年輪作区等畑で利用期間が長くなると増加幅が大きい。一方、無暗渠区においては水田の利用形態と関係なく試験前水準で維持された。

田畑輪換栽培における作付類型別置換性加里含量の年次間変化は表17に示すように、水稲連作区において若干減少傾向がみられたが、輪換栽培時には増加傾向がみられた。その程度は大豆+裸麦と大豆+水稲2年輪作区において増加幅が大きかった。一方、無暗渠区においては水田利用状態の区分がなく、加里含量が試験前に比べて大きく増加した。

表16 土壌の置換性石灰含量の変化 (単位：me/100g)

区 分		'89	'90	'91	'92	'93
暗 渠	1) 水稲連作	5.60	5.07	5.93	5.52	5.54
	2) 水稲+裸麦	6.11	6.54	5.48	6.83	5.24
	3) 大豆+裸麦	5.69*	7.32*	5.68*	7.66*	5.69*
	4) 隔年輪作	6.53*	5.97	5.85*	6.51	6.48*
	5) 2年輪作	5.06*	6.74*	5.38	8.22*	5.78*
	6) 3年輪作	6.33*	7.00*	6.98*	6.78	6.25*
無 暗 渠	7) 水稲連作	4.82	4.87	4.80	4.87	5.20
	8) 大豆連作	—	4.24*	4.62*	4.78*	4.60*

\*：畑状態、2)、3)は前作物栽培後成績

表17 置換性加里含量の変化 (単位：me/100g)

区 分		'89	'90	'91	'92	'93
暗 渠	1) 水稲連作	0.18	0.32	0.26	0.26	0.25
	2) 水稲+裸麦	0.18	0.37	0.28	0.42	0.40
	3) 大豆+裸麦	0.28*	0.38*	0.39*	0.47*	0.93*
	4) 隔年輪作	0.29*	0.46	0.35*	0.47	0.45*
	5) 2年輪作	0.34*	0.45*	0.38	0.68*	0.69*
	6) 3年輪作	0.30*	0.32*	0.40*	0.40	0.41*
無 暗 渠	7) 水稲連作	0.05	0.06	0.21	.347	0.32
	8) 大豆連作	—	0.14*	0.14*	0.10*	0.37*

\*：畑状態、2)、3)は前作物栽培後成績

⑥ 水稻栽培時作付類型別 NH<sub>4</sub>-N の変化

水稻栽培時作付類型別土壌無機態窒素の発現量は表18に示すように水稻連作区においては、恒温湛水後6週目で最高発現量をみた反面、水稻+裸麦区においては4週、隔年輪作区は8週、3年輪作区は2週目でNH<sub>4</sub>-N 発現量が一番高かった。

表18 作付類型別 NH<sub>4</sub>-N の発現推移 (単位: mgN/100g)

区 分	25℃ 恒 温 湛 水				
	2週	4週	6週	8週	10週
1) 水稻連作	6.3	6.8	8.0	7.0	5.4
2) 水稻+裸麦	4.9	6.5	3.9	3.5	3.0
4) 隔年輪作	5.2	6.7	7.0	10.2	3.4
5) 3年輪作	3.6	3.3	3.3	3.2	2.6

\* 田畑輪換4年次: 水稻栽培後、湛水条件: 開放状態

⑦ 年次別裸麦栽培後土壌化学性の変化

裸麦栽培後化学性の変化中 pH は大きな変化がなかったが、有機物含量は水稻+裸麦区より大豆+裸麦区において少しずつ減少しているのに対し、有効磷酸含量は大豆+裸麦区において増加した。なお、置換性塩基含量は両作付共に増加する傾向であり、石灰及び苦土含量より加里含量が大きく増加した。

表19 年次別裸麦栽培後土壌化学性の変化

区 分	pH (1:5)	O.M (%)	Av.P <sub>2</sub> O (ppm)	T-N (%)	Ex. Cat.(me/100g)			
					Ca	Mg	K	
'89/'90	水稻+裸麦	6.5	2.5	150	0.11	5.2	1.9	0.22
	大豆+裸麦	6.2	2.4	146	0.12	5.5	2.4	0.24
'90/'91	水稻+裸麦	6.5	2.5	147	0.05	5.2	2.7	0.35
	大豆+裸麦	6.4	2.3	145	0.05	6.5	3.0	0.37
'91/'92	水稻+裸麦	6.5	2.5	170	0.17	5.9	2.8	0.35
	大豆+裸麦	6.6	2.3	190	0.16	6.0	3.0	0.40
'92/'93	水稻+裸麦	6.3	2.4	172	0.11	5.2	2.4	0.85
	大豆+裸麦	6.4	2.2	207	0.10	5.8	3.3	0.92

### 3) 作付類型別作物生産性変化

#### ① 作付類型別年次間水稲収量変化

田畑輪換時水稲収量変化は表20に示すように水稲連作に比べて、2毛作区と無暗渠連作区においては減少したが、輪換区においては増加した。その増収程度は2年輪作区においては、水稲連作対比15%が増収、隔年輪作区は0-5%、3年輪作区は同一水準で示した点から推察すると、水稲収量を増加するための作付類型は2年輪作であると考えられた。

表20 田畑輪換時作付類型別年次間水稲の収量変化 (単位：白米 kg/10 a)

作付類型	年 度				
	'89	'90	'91	'92	'93
水 稻 連 作	593 (100)	501 (100)	467 (100)	538 (100)	513 (100)
水 稻 + 裸 麦	536 (90.4)	448 (89.4)	448 (95.9)	425 (79.0)	493 (96.1)
隔 年 輪 作 (大豆+水稲)	—	527 (105.2)	—	534 (99.2)	—
2 年 輪 作 (大豆+大豆+水稲)	—	—	536 (114.8)	—	—
3 年 輪 作 (大豆+大豆+大豆+水稲)	—	—	—	541 (100.5)	—
水 稻 連 作 (無暗渠)	536 (90.4)	422 (84.2)	443 (94.9)	518 (96.3)	443 (86.3)

※( )は暗渠 水稲連作を対比した比率

#### ② 作付類型別年次間大豆収量の変化

田畑輪換栽培における大豆収量の年次間変化は表21の通りである。大豆収量は当年度の2毛作大豆収量を対比した結果、初年目は輪換区において共に減収したが、2年目以後は輪換区において増加した。輪換区において2年目以後の年次別増収効果は、栽培年数が経過すると増加する傾向がみられた。一方、輪換区の大豆の絶対収量は栽培年数が経過すると作付体系共に減収した。

表21 平野地水田で田畑輪換栽培時大豆の収量変化

作付類型	年 度									
	'89		'90		'91		'92		'93	
	収量	指数	収量	指数	収量	指数	収量	指数	収量	指数
3) 大豆+裸麦	477	100	299	100	274	100	275	100	176	100
4) 隔年輪作	385	81	—	—	445	162	—	—	345	196
5) 2年輪作	407	85	366	122	—	—	280	102	291	165
6) 3年輪作	452	95	405	135	356	130	—	—	274	156
8) 連作	—	—	358	120	300	109	260	94	238	135

※( ) : 大豆+裸麦区を100でみた当年収量指数

③ 田畑輪換時裸麦収量の変化

田畑輪換栽培における裸麦収量は表22に示すように水稻+裸麦対比大豆+裸麦区において増収し、栽培年数が経過すると両作付共に絶対収量は減収した。

表22 田畑輪換時年次間裸麦の収量の変化

(単位：精穀 kg/10 a)

作付類型	年 度			
	89/90	90/91	91/92	93/94
水稻+裸麦	407 (100)	365 (100)	385 (100)	309 (100)
大豆+裸麦	477 (117.2)	379 (103.8)	376 (97.7)	336 (108.7)

※( )は水稻+裸麦に対比した当年度比率

4) 作付類型別雑草発生生態変化

① 水稻栽培時雑草発生生態変化

田畑輪換栽培時の作付類型別水田の雑草発生生態変化は表23の通りである。

水稻連作区において総雑草発生生量は $m^2$ 当262.5gであった反面、隔年輪作区においては185.8gで71%、2年輪作区は155.9gで59%、3年輪作区は122.9gで47%の雑草が発生した。

即ち、畑で3年間大豆栽培後水田に戻して水稻栽培した場合、水稻連作に比べて53%の雑草発生生量が減少した。また、輪換区と水稻連作区共に多年生雑草より、1年生雑草が多

く発生し、優占草種は作付類型共に多年生雑草はミズガヤツリ、1年生雑草はイヌビエであった。

表23 田畑輪換時水田の雑草発生様相の変化('91-'92)

(単位：乾重 g/m<sup>2</sup>)

区分	多年生雑草				1年生雑草						総計
	クログワイ	ミズガヤツリ	ホタルイ	計	イヌビエ	コナギ	アゼナ	ヤナギタア	イボクサ	計	
水稲連作	11.6	68.3	22.2	102.1	145.1	11.5	0.6	2.9	0.3	160.4	262.5
隔年輪作	10.6	61.5	21.0	93.1	80.6	9.2	0.5	2.1	0.3	92.7	185.8
2年輪作	9.5	57.2	19.0	85.7	60.2	8.5	—	1.3	0.2	70.2	155.9
3年輪作	8.4	53.6	17.2	79.2	40.3	1.6	0.4	1.1	0.3	43.7	122.9

※調査時期：幼穂形成期

## ② 田畑輪換栽培時越年生雑草発生変化

田畑輪換栽培時越年生雑草発生変化は表24に示すように、輪換初年目の大豆栽培後には水稲連作に比べてスズメノテッポウが顕著に減少し、ノミノフスマやタネツケバナの発生量が多かった。なお、大豆を2年目栽培後には1年目栽培よりスズメノテッポウが減少した反面、ノミノフスマは増加した。しかし、大豆+水稲の隔年栽培作付において水稲を栽培する場合、再びスズメノテッポウの発生量が多くなり、輪換3年目の越年生雑草は水稲連作に比べて隔年輪作と大豆を3年連作した区において、ノミノフスマやタネツケバナの発生量が激増すると共に、乾生雑草であるヒメムカシヨモギやトキワハゼ等も発生した。輪換4年目後には乾生雑草の発生量が多く、全体的に雑草発生量も多くなったが、総雑草発生率は水稲連作に比べて小さかった。

表24 田畑輪換栽培時年次別越年性雑草発生変化

(単位：乾重 g/m<sup>2</sup>)

年度	作付類型	湿 生			乾 生						計
		スズメノ テッポウ	ノミノ フスマ	タネツ ケバナ	ヒメムカ シヨモギ	トキワ ハゼ	ミミナ グサ	スカシタ ゴボウ	オヒ シバ	その他	
'90	水稻連作	48.5	0.3	0.5	—	—	—	—	—	—	49.3
	水稻+大豆	4.9	10.2	20.4	—	—	—	—	—	1.1	35.5
'91	水稻連作	32.9	7.2	18.7	—	—	—	—	—	2.9	61.7
	大豆+大豆	3.0	26.3	16.7	—	—	—	—	—	28.7	74.7
	大豆+水稻	35.7	0.2	2.3	—	—	—	—	—	—	38.2
'92	水稻連作	45.2	5.2	23.9	0.3	—	—	—	—	0.5	75.1
	大豆+水稻+大豆	14.2	54.2	42.9	4.9	9.2	—	0.3	—	3.5	129.2
	大豆連作(3年)	0.6	21.7	29.1	11.8	8.6	—	—	—	6.6	78.4
'93	水稻連作	92.0	60.1	57.6	—	—	—	—	—	—	209.7
	隔年輪作	36.6	41.1	81.1	—	—	—	—	—	—	158.8
	2年輪作	6.1	81.7	—	11.3	—	11.8	—	—	—	110.9
	3年輪作	1.1	46.1	65.1	—	—	68.1	14.9	4.3	2.9	202.5
	水稻連作(無暗渠)	175.4	—	—	—	—	—	—	—	—	175.4
	大豆連作(無暗渠)	6.3	102.3	35.3	—	—	27.1	—	—	7.1	178.1

※調査時期：毎年3月下旬

## ③ 田畑輪換大豆栽培時雑草発生生態変化

田畑輪換栽培時大豆栽培地の雑草発生生態変化は表26の通りである。

総雑草発生量は大豆連作209.4g/m<sup>2</sup>に比べて隔年輪作20.2%、2年輪作75.3%、3年輪作119.6%、大豆+裸麦の2毛作において95.1%の発生量がみられたが、この傾向は1年生雑草の発生量にも同じであった。なお、雑草生態別でみると3年輪作区では1年生雑草のスベリヒユが大豆+裸麦の2毛作区及び2年輪作区ではメヒシバが優占したが、隔年輪作区においてはヤナギタデが優占雑草であった。



表25 田畑輪換大豆栽培時雑草発生生態変化

(単位：乾物重 g/m<sup>2</sup>)

生活型	区 分	3)大豆 +裸麦	4)隔年 輪作	5)2年 輪作	6)3年 輪作	8)連作	計
1 年 生	エノキグサ	4.3	3.6	23.6	12.0	40.7	84.2
	ヤナギタデ	—	21.7	21.7	35.5	—	78.9
	メヒシバ	184.3	0.8	61.7	37.0	164.9	448.7
	スベリヒユ	6.0	2.7	14.8	116.9	—	140.4
	タカサプロウ	3.2	2.7	31.4	26.8	—	64.1
	チャガヤツリ	1.3	6.7	3.7	1.5	—	13.2
	ヒデリコ	—	—	—	10.5	—	10.5
	トキワハゼ	—	—	—	1.5	—	1.5
	カラムシ	—	—	—	—	0.6	0.6
	小 計	199.1	38.2	156.9	241.7	206.2	842.1
越 年 生	スズメノカタビラ	—	—	—	1.1	—	1.1
	トキンソウ	—	—	—	3.6	—	3.6
	タネツケバナ	0.2	3.6	0.8	4.2	—	8.8
	レンゲ	—	0.4	—	—	—	0.4
	小 計	0.2	4.0	0.8	8.9	—	13.9
多年生	イヌガラシ	—	—	—	—	3.2	3.2
総 計		199.3 (95.1)	42.2 (20.2)	157.7 (75.3)	250.6 (119.6)	209.4 (100)	859.2
草 種 数(個)		6	8	7	11	4	—
優 占 草 種 (%)		禾本科 (92.4)	蓼 科 (51.4)	禾本科 (39.1)	スベリヒユ科 (46.7)	禾本科 (78.7)	—
		—	莎草科 (15.8)	菊花科 (19.9)	禾本科 (14.8)	大戟科 (19.4)	—
		その他 (7.6)	その他 (32.8)	その他 (41.0)	その他 (38.5)	その他 (1.9)	—

※調査時期：着莢期

#### (4) 摘 要

- 1) 河海混成平野地水田において暗渠排水後の田畑輪換栽培時の土壌物理性変化は、作付類型別共に水稲栽培より大豆栽培時なお、畑期間が長くなると容積密度の減少と孔隙率の増加、そして3相中固相の減少が明らかで、土壌硬度は作土について隔年輪作、心土について2毛作(大豆+裸麦)区において低かったが、液性限界は畑期間が長くなると低下する傾向であった。
- 2) 田畑輪換栽培時土壌化学性変化中 pH の変化は輪換年数(畑期間)が長くなると低くなり、有機物含量は減少し、隔年輪作区においては平衡を維持した。有効リン酸含量は輪換年数(畑期間)が長くなると集積されたが、その程度は2毛作区(大豆+裸麦)において明らかに高かった。そして、無機態りん酸の形態変化は作付類型共に Ca-P>Fe-P>Al-P の順でその傾向であった。
- 3) 田畑輪換栽培時置換性石灰及び加里含量は輪換年数(畑期間)が長くなると増加し、田畑輪換時畑を水田で戻して、水稲栽培時 NH<sub>4</sub>-N の最高発現時期は水稲連作区において6週目に、水稲+裸麦区は4週、隔年輪作区は8週、3年輪作区は2週目に発現量が一番多かった。
- 4) 田畑輪換時水稲根のm<sup>2</sup>当乾物重は水稲連作区より多く、大豆の出現率変化は暗渠区より無暗渠区において高く、碎土率も良好であった。
- 5) 田畑輪換時水田の雑草発生変化は隔年輪作区より3年輪作(大豆+大豆+大豆+水稲)区においてm<sup>2</sup>当雑草発生量が少なく、優占草種は水稲連作及び隔年輪作においてはイヌビエ、3年輪作においてはミスガヤツリであった。
- 6) 田畑輪換時越年生雑草発生様相は輪換年数(畑期間)が経過すると、湿生雑草より乾生雑草が多くなる傾向であり、乾生雑草中優占草種はミミナグサであった。また、大豆栽培時雑草発生率は大豆連作対比(209.5g/m<sup>2</sup>)隔年輪作20.2%、2年輪作75.3%、3年輪作119.6%、2毛作(大豆+裸麦)95.1%であった。
- 7) 田畑輪換時作付類型別作物の収量性中白米収量は2年輪作区において、大豆収量は隔年輪作区において、裸麦収量は水稲+裸麦区より大豆+裸麦区において収量性が一番良好であった。

〈文献省略〉

#### 4. 田畑輪換作付導入時土壌特性変化研究

遂行機関：嶺南作物試験場

担当者：朴昌榮、黄桂善、盧永八、鄭鍊泰、朴慶培、李壽寛

##### (1) 緒言

田畑輪換は広い意味で輪作の一種として、農耕地を田と畑で一定の期間相互交換利用する方法である。韓国の全体の耕地利用率は毎年減少する趨勢であり、遊休化される農耕地は'85年に20千haから'91年には67.5千haで大きく増加している実情である。したがって、急変する食生活様式の変化によって主穀から野菜類をはじめ高級食品の要求度が増加するにつれて、必然的に田土壌の高度利用のような新しい作付体系の登場を望んでいる。このような現状は日本と台湾でも同じ傾向で既に田土壌の高度利用のための長短期計画を樹立して未来の需要動向に対応する米穀生産作付体系、農業生産構造等を改善し、土地資源を効率的に利用している。

韓国は60年代と70年代初に天水田及び低位生産田等に対する畑転換を政策的に誘導したことがあったが、土壌特性変化研究とともに、土壌環境改善技術の未確立と体系的な対応策が未確立であった。農業の開放化及び国際化時代に伴う与件の変化によって米麦中心の単純経営体制から脱皮して、国際的水準の高品質の所得作物や園芸作物生産で競争体制を構築しなければならない。

田畑輪換に伴う土壌特性変化及び作物生育状態は土壌の性質、排水条件、作付形態、畑転換年数等につれて変化する。田畑輪換地についてその効果及び問題点は日本と台湾等で多くの研究を行なっているが韓国とは地形、気候、土壌環境及び作物栽培様式が異なるため、本研究は土性が相違した2か所で多様な輪換形態の作付体系を導入し、作物生育状況と土壌特性変化を究明する目的で'88-'92年の間に韓・日共同研究として遂行し、その結果を報告する。

##### (2) 材料及び方法

供試土壌：本試験を実施した圃場は韓国嶺南密陽地域に分布している崩積沖積層を母材として2-7%傾斜で、排水が若干良好であった埴壤質水田土壌である漆谷統と河成沖積層を母材として0-2%傾斜の排水が若干良好な砂壤質水田土壌である江西統で実施し、その土壌の理化学的特性を表1に示した。

輪換形態及び作付体系：1988年から実施した輪換形態では表2に示したように作付体系は夏作物として水稻を栽培し、畑転換の場合は大豆を栽培した。冬作物には大麦と玉ねぎを各々の輪換区ごとに栽培した。

作物別栽培法：作物別栽培法は水稻(品種：八公)の場合に施肥量は  $N-P_2O_5-K_2O=11-7-$

8 kg/10a、6月中旬頃に機械移植した。大豆(品種：短莖)は大豆専用複肥(8-14-12)を50kg/10a 施用し、栽植距離は60×10cmで6月中旬頃に2本1株で点播した。冬作物の場合には大麦(品種：アイポリ)を施肥量 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=12-11-7 kg/10a と堆肥1 ton/10a を施用し、耕耘機の畦立広散播機(120×90cm)で10月下旬頃に播種した。玉ねぎ(品種：貝塚黄)には施肥量 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=24-20-24kg/10a と堆肥1.5t/10a を施用し、栽植距離24×10cmで、8月下旬頃に播種して定植は10月下旬にした。施肥水準は'88-'89年の間には標準施肥量であったが、'90年夏作物から冬、夏作物には作物別3要素無施用区、標準施肥量区、作物別に3要素標準施肥量の50%を減肥区等の3水準であった。

作物生育及び土壌特性調査：作物生育特性及び収量調査は農振庁の農事試験研究調査基準として、土壌の理化学性分析は土壌調査便覧2巻と土壌化学分析法を参考にした。

土壌抵抗測定はSR-2土壌抵抗測定機(DIK-5500)で測定し、土深別の円錐貫入抵抗(SR-2型：頂角30°、底面積2 cm<sup>2</sup>の金属円錐)では砂壤土で調査し、石礫を含有した埴壤土では山中式の硬度計で測定した。圃場碎土率は1回トラクターロータリした後に自然状態の土壌を採取し、節別に20回程度に振り粒径別に重量割合を求めた。水中沈定容積はOLMSTEAD法で、土壌亀裂発達程度は白色の水性ペイント(ペイント：水=1：7ほど)を土壌に一定量を浸入させて浸入した程度を持って層位別に調査した。

表1 試験前土壌の理化学特性

土 深	土 深 (cm)	容積重 (g/cm <sup>3</sup> )	三 相 (%)			孔隙率 (%)	pH (1:5)	O.M. (%)	CEC (me/100g)	Ca
			固相	液相	気相					
砂壤土	0-10	1.42	53.6	35.6	10.8	46.4	5.17	1.55	9.90	6.30
	10-20	1.36	51.5	30.0	18.5	48.5	5.37	1.50	10.00	7.26
埴壤土	0-10	1.50	56.5	34.6	8.9	43.5	5.35	2.48	10.90	6.32
	10-20	1.38	52.0	41.9	6.1	48.0	5.87	2.17	9.50	6.62

表2 年度別の田畑輪換形態

輪換形態	1988	1989	1990	1991	1992
対 照 区	田	田	田	田	田
1年輪換	畑	田	畑	田	畑
2年輪換	畑	畑	田	畑	畑
3年輪換	畑	畑	畑	田	畑
4年輪換	畑	畑	畑	畑	田
5年輪換	畑	畑	畑	畑	畑

### (3) 試験結果及び考察

#### 1) 田畑輪換時の水中沈定容積変化

水中沈定容積は土壤の粒度、2次鉱物の形状と組成、腐植の量、耐水性2次粒子の安定度などのいろいろの土壤特性が総合的に反映されるため、土壤の微細構造発達と安定性の程度を知ることができるから、水田土壤が畑土壤に変化される程度の指標として利用している。埴壤土の水中沈定容積の変化を調査した結果は表3に示したように連続田より輪換区で、水田状態より畑状態で、また1年輪換区より3年輪換区で低かった。

したがって、畑土壤化程度は3年連続畑で最も高く、2年畑輪換後再び水田にした時は1年輪換後畑状態より低いことが知られた。このような結果は日本の報告とは同じであったが、金等が報告した微砂質壤土での成績とは違う結果で土壤間の差異によるものと将来に土壤間の比較検討が行なわなければならないと思う。

表3 輪換形態別畑土壤化指数(埴壤土)

区分	輪換形態	水中沈定容積(ml/g)		畑土壤化指数
		湿潤土	風乾土	
田状態	田-田-田	1.41	1.24	0.00
	畑-畑-田	1.33	1.14	0.31
畑状態	畑-田-畑	1.27	1.11	0.49
	畑-畑-畑	1.21	1.07	0.60

#### 2) 塑性限界とpF1.8含水比との関係

畑土壤化に変わる程度を判定する基準として水中沈定容積以外の1つの方法として、農機械による耕耘碎土の作業が行いやすい程度をあらわす指標である塑性限界/pF1.8含水比は表4に示したように対照区より輪換区でpF1.8含水量と塑性限界が高く、塑性限界/pF1.8含水比も田状態より畑状態で、1年輪換区より輪換期間が長い3年輪換区で各々高かった。しかし、塑性限界/pF1.8含水比が0.8以上で農作業可能程度として畑に転換できる範囲に提示した久津那と宮崎の報告よりは低い数値であった。土壤の特性が相違する日本の基準を韓国には直接適用できないため更に研究検討が必要であろう。

表4 輪換形態別塑性限界と pF1.8との関係

区 分	水 田 状 態		畑 状 態	
	田-田-田	畑-畑-田	畑-田-畑	畑-畑-畑
A. pF1.8含水比 (%)	31.2	33.9	31.8	31.6
B. 塑性限界 (%)	21.6	22.7	22.3	22.6
A/B比	0.69	0.67	0.70	0.72

3) 灰色度による試験後土壌の土色変化

水田土壌は人為的に湛水によって表土から灰色化するの、灰色の程度は熟田化程度の指標になっている。したがって、田畑輪換時に熟田化とは反対に灰色減退の程度で熟畑化も現すことができるので調査した結果は図1に示したように2つの土壌共に水田を畑に輪換すると灰色程度が顕著に低くなったが2年輪換後再び水田で使用した場合には継続田での利用時より階段田である埴壤土では灰色度が低く明色化(Rubification)されたが、夏季になると地下水位が高い砂壤土ではむしろ高くなる反対の傾向であった。金等は田畑輪換時に水田土壌の土色が明るくなる傾向があると報告した。諸游は田畑輪換の初期に Glay 斑紋がなかったと報告したこともある。

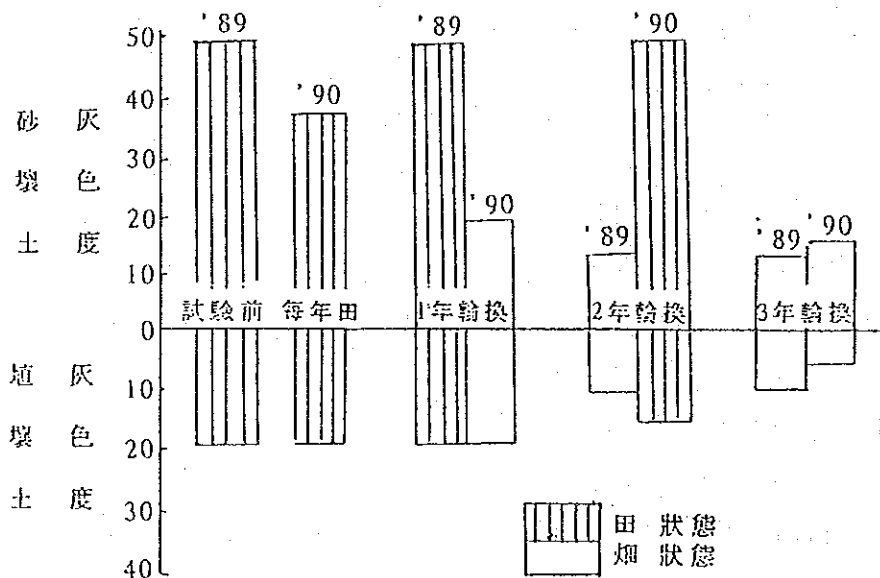


図1 試験後の土壌の灰色化程度

\* 灰色度 =  $\frac{\text{色相} \times \text{明度}}{\text{彩度}}$  (但、色相別加重値: 10R → 0.0、2.5YR → 1.0、5 YR → 2.5、7.5YR → 5.0、10YR → 7.5、2.5YR → 10.0、5YR → 12.5)