花こう岩質水田の田畑輪換と有機物施用がダイズ，コムギ，水稲の収量に及ぼす影響

小松　武治・岩佐　直明・宮地　勝正・後　　俊孝

キーワード：田畑輪換，転換畑，輪換田，輪換畑，ダイズ，コムギ，水稲，有機物

米の潜在的な需給の不均衡，水田の生産性向上の立ち遅れなど水田をめぐる状況にはきびしいものがある。このような情勢下で水田を基盤とする作物生産の将来的発展のカギは水田のもつ機能をいかに効率よく発揮させるかにある。その手段の一つとして田畑輪換による土地利用の高度化があり，更には地力の維持・増強対策の確立が考えられる。

水田土壌は長年の集約管理と湛水という条件によって潜在地力の高まりがある。これを顕在化して総合生産力を高め，更にそれを維持していくために，転換畑期間，水田期間における作物の生産力と土壌の理化学性の推移などを明らかにする必要がある。そして，その結果をもとに合理的な田畑輪換方式を確立することが水田の機能を高める上で重要であると考える。

本県に広く分布する花こう岩質水田は腐植含量が少なく，保肥力が小さい，せき薄な土壌である。これを畑化した場合，畑化の進行につれて土壌のせき薄化は一層促進され，生産力の低下，連作障害の発生などの問題が生じることが予想される。したがって，排水対策とあわせて有機物の施用による地力維持・増強対策が重要と考えられる。そこで本県に広く分布する花こう岩質水田を対象に畑作物のダイズ，コムギの栽培を中心とした田畑輪換体系における作物の生育，収量の推移をおがくず牛ふん堆肥及び栽培作物の稈葉還元施用との関連で1980年から1987年まで農林水産省の転換畑高度畑作技術確立試験の一環として行い一応の成果を得たので報告する。

試　験　方　法

輪換処理は畑連続区，畑２年水田１年区，水田連続区の３処理とし，畑連続区は試験期間中水田転換畑とし，畑２年水田１年区は水田転換畑として２年間利用後，水田に戻して夏作に水稲を一作栽培する輪換畑期間２年，輪換田期間１年の田畑輪換。水田連続区は水田のままとした。輪作体系は畑連続区と畑２年水田１年区では夏作にダイズ，冬作にコムギを作付けるダイズ―コムギ体系を基本に1980年から1983年まで青刈ソルガム―青刈エンバク体系を，1984年から1988年まではダイズ―イタリアンライグラス体系も導入した。水田連続区は水稲単作と水稲―コムギ体系とした。

有機物処理は稈葉区，２トン区，４トン区とし，稈葉区はダイズ―コムギ体系ではダイズ葉と麦わらの全量還元，水稲単作と水稲―コムギ体系では稲わらを全量還元した。ただし，水稲―コムギ体系は1980年から1983年までは稲わらと麦わらを全量還元した。２トン区と４トン区はおがくず牛ふん堆肥（現物％，水分：71.9，T―C：11.5，T―N：0.39）を現物でそれぞれａ当たり各作200kg及び400kgを施用した。

耕種概要は水稲（品種：アキツホ）：中苗（ポット苗，１穴４粒播）を６月20日に30cm×15cmの並木植，施肥量（kg/ａ）はN―P_2O_5―K_2O＝0.8―0.6―0.8。ダイズ（品種：アキシロメ）：６月中旬にうね幅65cm×株間20cmの点播，１本仕立とした。施肥量（kg/ａ）は N―P_2O_5―K_2O＝０―0.8―0.8とし，10月中旬に収穫した。コムギ（品種：アサカゼコムギ）：ａ当たり0.6kgを11月上旬にうね幅65cmの条播，施肥量（kg/ａ）は N―P_2O_5―K_2O＝1.0―0.74―1.0とし，６月上旬に収穫した。イタリアンライグラス（品種：ワセユタカ）：ａ当たり0.15kgを11月上旬にうね幅30cmに条播（1986年度は散播）した。刈り取り時期は４月中旬と５月中旬の２回刈りとし，施肥量（kg/ａ）は N―P_2O_5―K_2O＝2.5―1.82―2.5。１区25㎡，２連制（ただし，４トン区は1982年夏作より１連）で行った。

圃場は広島農試水田圃場（細粒グライ土，浅津統，作土の土性 SL）を用い，1980年夏作に水稲の均一栽培を行い冬作から開始した。

試　験　結　果

1. ダ　イ　ズ

1）輪換の有無，体系の違いと収量

輪換の有無，体系の違いと子実収量との関係を第1表に示した。畑連続区のダイズ―コムギ体系は1981年から1987年まで7作栽培した。子実収量は水田転換畑第1作が最も高く，a当たり48.3kgを得た。この収量を100とした指数でみると第2作目は97と第1作目とほぼ同じであったが，第3作目は79と大幅に低下した。その後は'85年の第5作の73を除いて83～89で推移し，第7作目の収量は42.7kgと指数88であった。なお，第5作は播種後4日目から14日間連続降雨に見舞われ，降雨量も平年値に比べて424mmも多かった。そのため発芽不揃いとなったので7月8日に植替えたため低収となり，その他の年とは傾向を異にした。畑2年水田1年区のダイズ―コムギ体系では第1作目，第2作目の収量は畑連続区と同じであったが，3作目は水田に戻して水稲を作付けた翌年のダイズ収量は a当たり47.0kgであり'81年の畑連続区に対する指数は97となり畑連続区の42.6kg，同88に比べて顕著に高く，水田転換畑第1作目の収量水準にほぼ到達した。同様のことが畑2年水田1年区の青刈ソルガム―青刈エンバク体系から1984年にダイズ―イタリアンライグラス体系に変更した場合も認められた。即ちダイズ2作―水稲1作後の1987年のダイズ収量はa当たり50.4kgとなり畑連続区のダイズ―イタリアンライグラス体系の42.4kgに比べて約19％高くなった。その結果'81年の畑連続区収量に対して104と水田転換畑第1作目の収量水準をやや上回った。

以上のようにダイズは第3作目の収量低下が大きかったが，この収量低下の大きい3作目に水田に戻して水稲を栽培し，翌年転換してダイズを植え付けた場合の収量は水田転換畑第1作目の収量水準に戻った。よって，輪換畑2年・輪換田1年の輪換年数3年がダイズの収量からみてよいと思われた。なお，ダイズ―コムギ体系では輪換年数3年を2サイクルまで行ったが2サイクル目の畑2年水田1年区の子実収量はa当たり43.8kgと畑連続の42.7kgに比べてやや高く，'81年の畑連続区収量に対する指数は91であり，輪換年数3年は2サイクルまではよいのではないかと考えられる。

第1表　輪換の有無，体系の違いとダイズ子実収量の推移　　　　(kg/a)

輪換処理	作付体系	1980年	'81年	'82年	'83年	'84年	'85年	'86年	'87年
畑連続	ダイズ―コムギ	水稲	48.3	46.6	37.9	42.6	35.2	40.1	42.7
畑2年水田1年	ダイズ―コムギ	水稲	48.3	46.6	水稲	47.0	37.4	水稲	43.8
畑連続	ダイズ―イタリアン	水稲←ソルガム―エンバク			⟶	43.9	34.9	38.8	42.4
畑2年水田1年	ダイズ―イタリアン	水稲←ソルガム―エンバク			→水稲	43.8	34.9	水稲	50.4
水田連続	水稲単作	水稲⟶							48.3
	水稲―コムギ	水稲⟶							49.5
〈参考〉	広島県のダイズ作況指数		107	104	106	124	103	110	101
	県平均ダイズ収量 (kg/a)		14.6	14.4	14.9	17.7	15.9	17.0	16.2

注）① ダイズ―イタリアン体系区は1984年度より作付開始，1987年夏作は全区ダイズ作付。
② 〈参考〉:「作物統計」（農林水産省統計情報部）による。

2）有機物の施用と収量

有機物施用区における収量の推移を第2表に示した。畑連続区・ダイズ―コムギ体系の2トン区及び4トン区は第2作目の収量が最も高く，ついで第1作目で，2トン区は第3作目から第6作目までは第1作目に対して15～20％減で経過し，第7作目は6～8％減と第1作目の水準にほぼ戻った。4トン区は第3作目，第5作目及び第6作目の収量が低く，第1作目に対して25～30％減で

あった。稈葉区は第1作目が最も高く，ついで第4作目，第2作目で，第3作目と第5作目は第1作目に対して約25%少なかった。稈葉区に対して2トン区及び4トン区が高く，特に第2作目は5%水準で有意差が認められ，おがくず牛ふん堆肥施用の効果が高いことが窺えた。なお，第4作目と第6作目は稈葉区が高かったが，この理由は麦わらの分解が進み肥効がでたためと考えられる。

畑2年水田1年区のダイズ—コムギ体系の第1作目，第2作目は畑連続区の同一体系とほぼ同じ傾向を示したが，水稲を作付けた翌年の1984年は第1作目，第2作目とほぼ同じ水準に戻り，特に4トン区ではこれを上回った。2サイクル目の1987年にもほぼ同様な傾向がみられた。

畑2年水田1年区のダイズ—イタリアンライグラス体系での第2作目は第1作目に比べて約20%低下し，ダイズ—コムギ体系と傾向を異にしたが，水稲作付翌年の1987年には第1作目以上の値を示し，ダイズ—コムギ体系と同じ傾向を示した。

第2表　有機物施用とダイズ子実収量の推移　(kg/a)

輪換	作付体系	有機物処理	1980年	'81年	'82年	'83年	'84年	'85年	'86年	'87年
畑連続	ダイズ—コムギ	稈葉	水稲	47.8	44.1	36.4	46.1	35.1	40.3	37.6
		2トン	水稲	48.8	49.8	40.5	41.3	37.8	39.3	45.8
		4トン	水稲	48.2	49.0	36.7	42.7	32.4	36.9	44.2
	ダイズ—イタリアン	2トン	水稲	←ソルガム—エンバク		→	44.1	39.3	37.8	41.8
		4トン	水稲	←ソルガム—エンバク		→	47.7	32.2	39.0	43.3
畑2年水田1年	ダイズ—コムギ	稈葉	水稲	47.8	43.7	水稲	45.4	37.0	水稲	40.9
		2トン	水稲	48.8	48.3	水稲	46.2	37.1	水稲	43.9
		4トン	水稲	48.2	50.0	水稲	49.2	37.0	水稲	44.8
	ダイズ—イタリアン	2トン	水稲	←ソルガム—エンバク	→	水稲	45.5	36.9	水稲	48.4
		4トン	水稲	←ソルガム—エンバク	→	水稲	44.7	35.3	水稲	57.5
水田連続	水稲単作	稈葉	水稲	———	———	———	———	———	———→	45.8
		2トン	水稲	———	———	———	———	———	———→	51.5
	水稲—コムギ	稈葉	水稲	———	———	———	———	———	———→	46.2
		2トン	水稲	———	———	———	———	———	———→	53.4

注）① ダイズ—イタリアン体系区は1984年度より作付開始，1987年夏作は全区ダイズ作付。

3）養分含有率の推移

ダイズの部位別養分含有率の推移を第3表に示した。ダイズ—コムギ体系では輪換処理が入る1983年までは有機物処理区で差がみられた。窒素（以下N）含有率は一般に稈葉区＞4トン区＞2トン区の順で稈葉区が高い傾向を示したが，子実収量との間には相関関係は認められなかった。カリウム（以下K）含有率は4トン区＞2トン区＞稈葉区の順で，4トン区が高く，第1作目と第2作目の子実収量との間に正の相関関係が認められた。カルシウム（以下 Ca）含有率とマグネシウム（以下 Mg）含有率は稈葉区＞2トン区＞4トン区の順であった。リン（以下P）含有率は処理間に有意差は認められなかった。

1984年度からは輪換処理による差が認められ，N含有率は畑2年水田1年区＞畑連続区となり，収量とほぼ同じ傾向を示した。1984年度の9月27日採取の葉と8月6日採取の茎のN含有率と子実収量との間に正の相関関係が認められ，また，土壌のT—N含量と子実収量との間にも正の相関関係が認められた。1987年の莢殻及び子実中のN含有率と子実収量との間に正の相関関係が認めら

第3表 ダイズ部位別養分含有率の推移

部位	採取時期	試験区		N					P				
		輪換	有機物	'81年	'82年	'84年	'85年	'87年	'81年	'82年	'84年	'85年	'87年
葉	9月下旬	畑連続	稈葉	2.91	3.41	2.79	2.56	3.09	0.19	0.23	0.20	0.20	0.21
			2トン	3.03	3.50	2.77	2.48	3.47	0.19	0.24	0.19	0.22	0.23
			4トン	3.03	3.62	2.83	2.46	3.65	0.18	0.24	0.20	0.21	0.24
		畑2年水田1	稈葉	3.21	3.58	3.13	2.87	3.38	0.19	0.25	0.20	0.21	0.22
			2トン	3.03	3.66	2.87	2.58	3.39	0.19	0.25	0.18	0.21	0.23
			4トン	3.03	3.21	3.30	2.87	3.58	0.19	0.25	0.21	0.21	0.23
茎	収穫時	畑連続	稈葉	0.63	0.46	0.86	0.44	0.46	0.03	0.03	0.08	0.03	0.04
			2トン	0.55	0.49	0.79	0.50	0.52	0.03	0.04	0.05	0.05	0.04
			4トン	0.52	0.51	0.78	0.41	0.56	0.03	0.03	0.08	0.03	0.05
		畑2年水田1	稈葉	0.59	0.53	0.88	0.47	0.50	0.02	0.04	0.06	0.03	0.03
			2トン	0.52	0.57	0.75	0.44	0.47	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03
			4トン	0.52	0.58	0.59	0.46	0.54	0.03	0.05	0.03	0.03	0.03
莢殻	収穫時	畑連続	稈葉	1.25	1.16	1.22	0.67	0.72	0.10	0.11	0.14	0.07	0.08
			2トン	0.96	1.20	1.33	0.69	0.79	0.09	0.12	0.14	0.08	0.09
			4トン	0.89	1.41	1.23	0.69	0.77	0.08	0.13	0.11	0.07	0.09
		畑2年水田1	稈葉	1.25	1.32	1.30	0.76	0.79	0.10	0.15	0.12	0.09	0.08
			2トン	1.18	1.21	1.27	0.78	0.83	0.11	0.13	0.11	0.09	0.08
			4トン	1.00	1.04	1.43	0.73	0.85	0.09	0.13	0.12	0.08	0.08
子実	収穫時	畑連続	稈葉	7.01	7.12	6.68	6.09	6.56	0.57	0.58	0.62	0.56	0.58
			2トン	6.79	6.95	6.73	6.20	6.75	0.54	0.62	0.61	0.59	0.58
			4トン	6.86	6.91	6.64	5.88	6.76	0.56	0.58	0.65	0.59	0.58
		畑2年水田1	稈葉	6.86	7.03	6.62	6.40	6.68	0.57	0.60	0.58	0.58	0.58
			2トン	6.67	6.99	6.63	6.31	7.00	0.56	0.59	0.57	0.58	0.57
			4トン	6.71	6.79	6.85	6.31	6.70	0.54	0.63	0.55	0.59	0.57

れた。また，1987年のN含有率は有機物処理区間で差が認められ，２トン区，４トン区が稈葉区に比べて高く，N吸収量が高いと子実収量は高くなった。P含有率は部位により相違し子実，莢殻で畑連続区＞畑２年水田１年区であり，葉と茎では年次によりまた，輪換処理の違いで相違した。1987年の結果は畑連続区＞畑２年水田１年区であり，子実収量との間に負の相関関係が認められた。

K含有率は1984年と1985年には共に畑２年水田１年区＞畑連続区であったが，1987年には畑連続区＞畑２年水田１年区となり，子実収量との間に負の相関関係が認められた。Ca 含有率は作物の部位，採取の日時で処理間の傾向が異なり，葉では第１作目が高く，栽培年次が進

（乾物％）

K					Ca					Mg				
'81年	'82年	'84年	'85年	'87年	'81年	'82年	'84年	'85年	'87年	'81年	'82年	'84年	'85年	'87年
1.15	1.08	1.81	1.48	1.80	2.41	2.09	1.77	1.71	1.54	0.47	0.43	0.36	0.36	0.27
1.27	1.05	1.83	1.39	1.87	2.39	2.04	1.89	1.69	1.64	0.42	0.39	0.38	0.35	0.30
1.54	0.98	1.61	1.47	1.97	2.29	2.12	1.90	1.56	1.57	0.39	0.36	0.39	0.36	0.30
1.20	1.20	1.96	1.44	2.06	2.43	2.18	1.76	2.08	1.74	0.47	0.43	0.35	0.43	0.33
1.25	1.00	1.74	1.42	1.88	2.37	2.17	2.02	1.97	1.71	0.45	0.41	0.39	0.42	0.37
1.44	1.25	1.98	1.71	1.88	2.20	2.12	2.04	2.27	1.74	0.39	0.39	0.42	0.48	0.31
0.60	0.33	1.20	1.03	1.15	0.59	0.41	0.63	0.59	0.47	0.11	0.09	0.17	0.12	0.10
0.61	0.53	1.18	1.19	1.05	0.59	0.46	0.57	0.56	0.44	0.12	0.09	0.16	0.15	0.09
0.77	0.75	1.28	1.29	1.25	0.52	0.44	0.64	0.61	0.44	0.08	0.07	0.17	0.11	0.10
0.53	0.40	1.25	1.28	1.09	0.51	0.46	0.62	0.63	0.46	0.11	0.11	0.17	0.13	0.10
0.78	0.56	1.25	1.25	0.98	0.54	0.47	0.53	0.62	0.52	0.10	0.08	0.13	0.13	0.09
0.55	0.86	1.25	1.38	1.11	0.57	0.46	0.48	0.64	0.46	0.11	0.10	0.10	0.15	0.10
2.56	2.03	3.13	2.71	3.59	0.81	0.69	0.97	0.86	0.65	0.43	0.46	0.55	0.53	0.55
2.57	2.38	3.08	2.87	3.40	0.76	0.69	0.83	0.91	0.61	0.43	0.43	0.55	0.56	0.53
2.81	2.61	3.09	2.93	3.61	0.73	0.61	0.84	0.94	0.59	0.43	0.44	0.56	0.62	0.53
2.44	2.03	3.23	2.94	3.57	0.83	0.70	0.83	0.85	0.73	0.45	0.45	0.51	0.53	0.52
2.42	2.40	3.09	2.94	3.24	0.81	0.66	0.80	0.92	0.67	0.42	0.42	0.52	0.57	0.47
2.70	2.70	3.29	2.95	3.46	0.71	0.75	0.81	0.92	0.67	0.43	0.45	0.53	0.58	0.53
1.97	1.75	2.13	2.03	2.43	0.16	0.19	0.23	0.23	0.16	0.24	0.24	0.27	0.27	0.23
1.94	1.88	2.13	1.98	2.45	0.18	0.20	0.23	0.21	0.15	0.24	0.25	0.27	0.28	0.24
1.99	1.79	2.25	2.13	2.50	0.16	0.19	0.29	0.26	0.14	0.24	0.25	0.29	0.27	0.23
1.99	1.73	2.17	2.07	2.42	0.17	0.18	0.09	0.24	0.14	0.24	0.24	0.26	0.28	0.24
1.98	1.81	2.17	2.19	2.38	0.17	0.19	0.15	0.21	0.14	0.24	0.24	0.24	0.28	0.24
1.99	1.73	2.21	1.90	2.42	0.16	0.18	0.06	0.21	0.09	0.25	0.25	0.27	0.28	0.26

むにつれて低下する傾向を示した。輪換処理では畑２年水田１年区＞畑連続区であり，1987年の葉における値と子実収量との間に正の相関関係が認められた。

2. コ ム ギ

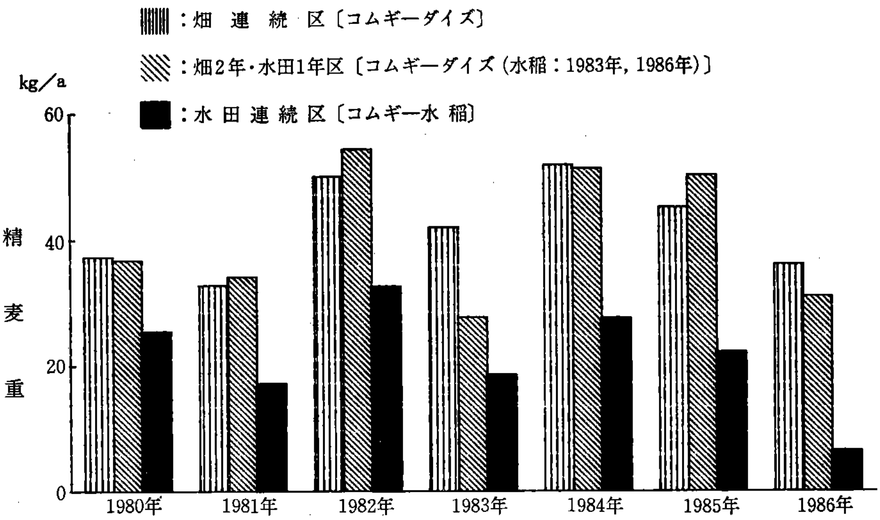
1）輪換の有無，体系の違いと精麦収量

輪換の有無，体系の違いと精麦収量の推移を第１図に示した。1982年度までは畑連続区と畑２年水田１年区とは同一処理であったためほぼ同じ収量で推移した。水田連続区はこの両区に比べて約50％減と著しく低かった。1983年度に第１回目の輪換田に水稲を作付けした畑２年水田１年区では水稲作直後であったため収量は同年の畑

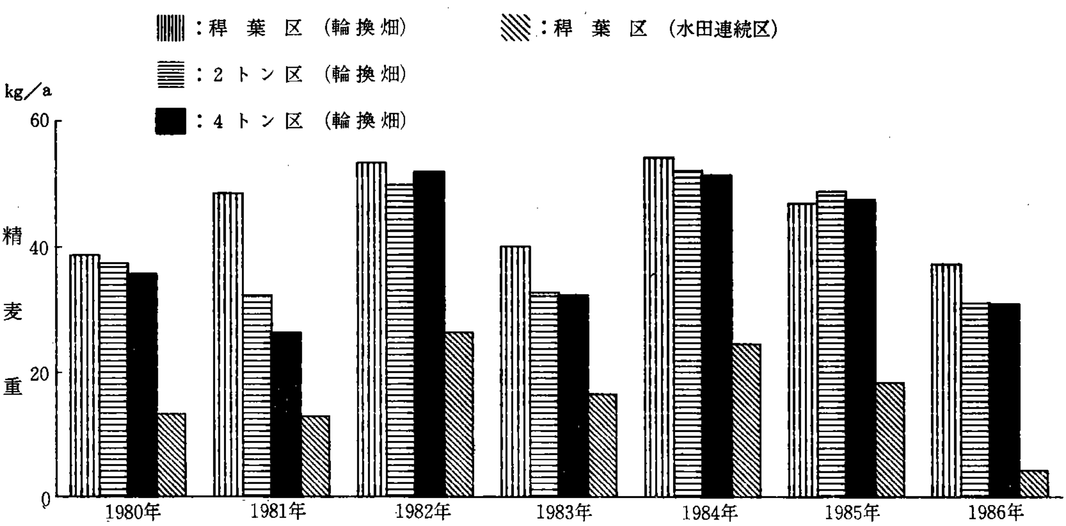
連続区の僅か67％に過ぎなかったが，それでも水田連続区に比べると約52％の増収となった。そして，畑期間1年経過後は畑連続区とほぼ同水準にまで回復し，畑期間2年を経過した1985年には畑連続区を上回った。一方，水田連続区は毎年水稲の裏作として栽培されるため収量は常に処理区間で最低を示し，平均して畑連続区の56％程度に過ぎなかった。なお，第2サイクル目の輪換田水稲の裏作に当たる1986年度の畑2年水田1年区では畑連続区の85％となっており第1サイクル目に比べて減収割合は低くなった。

2）有機物施用と精麦収量

有機物施用とコムギ精麦収量の推移を第2図に示した。畑連続区と畑2年水田1年区では稈葉区が2トン区及び4トン区に比べて高く，水田連続区では逆に稈葉区が2

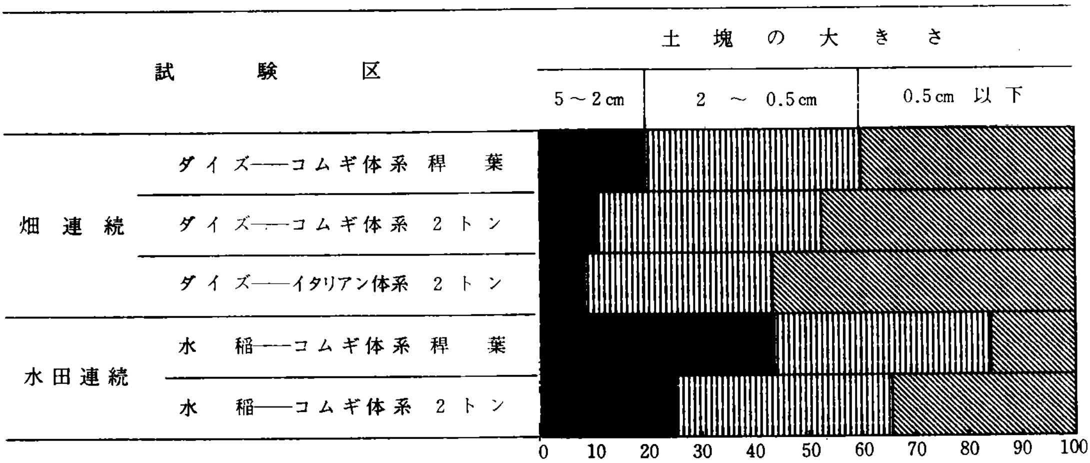


第1図 輪換の有無，体系の違いとコムギ精麦収量



第2図 有機物施用とコムギ精麦収量

注）輪換畑は畑連続区と畑2年水田1年区の平均値。



第3図　土塊の大きさ別重量分布(%)（1984年冬作播種時）

第4表　コムギの生育・収量・養分含有率及び砕土率との相関関係

		3月7日調査			稈葉の養分含有率 (3/4)			穂数	精麦重	砕土率 2 cm以下
		草丈 (cm)	茎数 (本/m²)	株数 (本/m²)	N (%)	P (%)	K (%)	(本/m²)	(kg/a)	(%)
3月7日調	草丈	1.000	0.966***	0.284	0.911***	0.783**	−0.200	0.971***	0.903***	0.859***
	茎数	0.966***	1.000	0.396	0.879***	0.817**	−0.141	0.975***	0.896***	0.851***
	株数	0.284	0.396	1.000	0.072	0.123	−0.027	0.346	0.344	0.340
養分含有率	N	0.911***	0.879***	0.072	1.000	0.809**	−0.193	0.900***	0.794**	0.758**
	P	0.783**	0.817**	0.123	0.809**	1.000	−0.168	0.871***	0.806**	0.832**
	K	−0.200	−0.141	−0.027	−0.193	−0.168	1.000	−0.159	−0.334	−0.141
穂数		0.971***	0.975***	0.346	0.900***	0.871***	−0.159	1.000	0.903***	0.896***
精麦重		0.903***	0.896***	0.344	0.794**	0.806**	−0.334	0.903***	1.000	0.871***
砕土率		0.859***	0.851***	0.340	0.758**	0.832**	−0.141	0.896***	0.871***	1.000

注) ** 1％水準で有意，*** 0.1％水準で有意。

トン区及び4トン区に比べて顕著に低かった。これは第3図に示したように水田では稈葉を還元すると砕土性が不良となり大土塊の分布割合が高くなるため後述するように分げつ期の養分，とくにNとPの吸収が阻害され，生育初期の草丈，茎数が不良で穂数の確保が出来ず低収になったと考えられる。

3）土塊の大きさ，分布割合と精麦収量

土塊の大きさ別分布割合を第3図に示した。輪換処理では水田連続区が畑連続区に比べて大土塊の割合が顕著に高く，また，有機物施用では稈葉区が2トン区及び4トン区に比べて大土塊の割合が高くなっている。つまり，水田連続区の稈葉区では3 cm以上の大土塊の割合が最も高く，平均重量直径も大きかった。このような砕土性の不良は低収の大きな要因と考えられた。そこで，コムギの生育・収量・養分含有率並びに砕土率相互の相関関係を調査し，その結果を第4表に示した。

コムギ播種時の砕土率と生育初期（3月7日調）の草丈，茎数との間にはそれぞれ高い正の相関関係がみられ，また，砕土率と生育初期の茎葉のN含有率，P含有率との間にもそれぞれ高い正の相関関係が認められた。生育

第5表 水稲収量（精玄米重）の推移

処	理	1981年	'82年	'83年	'84年	'85年	'86年	平均(指数)
作付体系	水稲単作区	49.6	41.0	51.8	53.2	53.8	50.1	49.9(100)
	水稲—コムギ作付区	56.9	44.3	53.7	55.9	55.5	51.8	53.0(106)
有機物処理	稈葉区	51.6	41.6	51.0	55.4	54.7	50.0	50.7(100)
	2トン区	54.8	43.8	54.5	53.7	54.6	51.9	52.2(103)

初期における草丈，茎数とその時期の茎葉のN含有率，P含有率及び穂数並びに精麦収量との間に高い正の相関関係が認められた。なお，砕土率と株数との間には相関関係は認められなかった。よって砕土性の不良は生育初期の養分特にNとPの吸収を不良にし，そのため初期生育が悪くなって茎数の確保が出来ず最終的に穂数不足となり減収すると考えられた。

3. 水　　稲

1）作付体系と収量

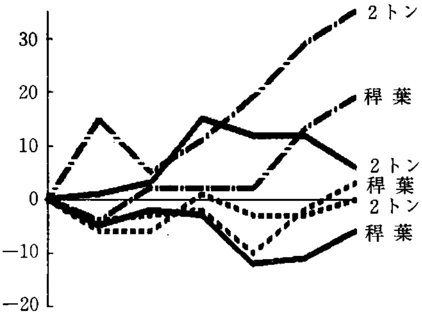
水稲はコムギ作導入を考慮して中苗移植で6月20日を目標に田植を行った。水稲単作と水稲—コムギ体系の収量を比較すると6作平均では水稲単作がa当たり49.9kgであったのに対して水稲—コムギ体系は53.0kgであり，後者が約6％の増収となっている。特に試験開始直後の第1作目においては水稲—コムギ体系が水稲単作に比べて15％の増収となっており，両者の収量差は最も大きかった（第5表）。

2）有機物施用と収量

有機物施用は稈葉区と2トン区の2処理で行った。稈葉区は1983年度の3作目までは稲わらと麦わらの全量還元で，1984年度の4作目以降は稲わらのみの全量還元である。6作平均収量は2トン区がa当たり52.2kgで稈葉区の50.7kgに比べて約3％の増収となっているが，稲わらと麦わらの全量還元を行った3作目までの結果は2トン区の増収割合が5～7％とこれより大きかった（第5表)。水稲—コムギ体系の2トン区では水稲単作の稈葉区に比べて9％増となっており，おがくず牛ふん堆肥の単独施用より作付体系と組み合わせた場合の増収効果が高かった。

3）土壌のT—N含量と収量

第4図に土壌のT—N含量の推移を示した。水稲—コムギ体系の2トン区は第1作目からT—Nの蓄積がみられたが稈葉区は3作目からはじめて蓄積が認められた。一方，水稲単作区は稈葉区，2トン区ともほとんど蓄積



第4図　土壌のT-N含量の推移
（開始時の含量に対する増減％で示す）
凡例
━：畑連続・ダイズ—コムギ体系
┅：水田連続・水稲単作
━・：水田連続・水稲—コムギ体系

はみられずこの差が水稲の収量差となって現れたと考えられる。せき薄な花こう岩質水田では地力維持・増強が大切であることが改めて窺われた。

4）輪換田の収量

普通水田と輪換田との水稲収量の比較を第6表に示した。畑2年水田1年区の第1サイクル目の輪換田の水稲収量は平均a当たり56.8kgで普通水田の52.8kgに比べて8％増収している。輪換田ではダイズ—コムギ体系が青刈ソルガム—青刈エンバク体系に比べて高く，有機物施用間では稈葉区が高かった。第2サイクル目の輪換田の水稲収量は平均a当たり56.5kgで普通水田の50.9kgに比べて11％増と第1回目と同様輪換田の収量が高かった。輪換田のダイズ—コムギ体系・稈葉区（麦わら）は生育初期の草丈，茎数は他の区に比べてやや劣ったが生育後半に回復し精玄米収量はa当たり57.1kgと水稲単作・稈葉区（稲わら）の49.3kgに比べて16％増収した。

5）輪換田の地力Nの発現様式と収量

地力Nの増加量は第7表に示したように，つぎの3つ

第6表 普通水田と輪換田の水稲収量（精玄米重）の比較

試験区			1983年度(指数)	1986年度(指数)
普通水田（水田連続区）	水稲単作	稈葉	50.4(100)	49.3(100)
		2トン	53.2(106)	50.9(103)
	水稲—コムギ体系	稈葉	51.6(102)	50.6(103)
		2トン	55.8(111)	52.9(107)
輪換田（畑2年水田1年区）	ダイズ—コムギ体系	稈葉	59.0(117)	57.1(116)
		2トン	58.4(116)	57.6(117)
		4トン	56.9(113)	55.6(113)
	'83年は ソルガム—エンバク体系	2トン	53.4(106)	53.8(109)
	'86年は ダイズ—イタリアン体系	4トン	56.4(112)	58.2(118)

第7表 普通水田と輪換田の時期別NH_4-Nの増加量（mg/100g）と水稲収量

輪換	作付体系	有機物	最高分げつ期〜幼穂形成期	幼穂形成期〜出穂期	出穂期〜落水期	精玄米収量(kg/a)
水田連続（普通水田）	水稲単作	稈葉	0.37	0.37	0.37	50.4
		2トン	0.33	1.60	0.50	53.2
	水稲—コムギ	稈葉	1.31	0.80	2.00	51.6
		2トン	2.00	1.00	0.42	55.8
畑2年・水田1年（輪換田）	ダイズ—コムギ	稈葉	0.83	1.98	0.60	59.0
		2トン	0.92	1.72	0.26	58.4
	ソルガム—エンバク	2トン	0.46	2.05	0.66	53.4

に大別された。①最高分げつ期〜幼穂形成期の発現量が多く，幼穂形成期〜出穂期の発現量が少ないタイプ（水田連続区・水稲—コムギ体系）②最高分げつ期〜幼穂形成期の発現量が少なく，幼穂形成期〜出穂期の発現量が多いタイプ（水田連続区・水稲単作，畑2年水田1年区・ソルガム—エンバク体系），及び③最高分げつ期〜幼穂形成期の発現量は①と②タイプの中間で，幼穂形成期〜出穂期の発現量が多いタイプ（畑2年水田1年区・ダイズ—コムギ体系）である。なお，出穂期〜落水期までは発現量は一般に少なくなるが①のタイプでは増加する区（稈葉区）がみられた。収量との関係をみると③のタイプが最も収量が高かった。この区でのN発現量は最高分げつ期〜幼穂形成期が0.8〜1.0mg/100g，幼穂形成期〜出穂期が1.7〜2.0mg/100gであった。これに属する試験区は畑2年水田1年区・ダイズ—コムギ体系であった。

論　　議

ダイズは連作すると収量が低下すると一般に言われている[12]。本試験では水田転換畑でのダイズ—コムギ体系で1981年から1987年まで7作ダイズを栽培した結果，第

1作目の収量に対して，第2作目で4％，第3作目で22％，第4作目で12％，第5作目で27％，第6作目で17％，第7作目で12％それぞれ減収した。播種後4日から14日間連続降雨にみまわれ，降雨量も平年に比べて424mmも多く，発芽が不揃いになったため7月8日に植替えた1985年の第5作目を除くと，第3作目の収量低下が最も大きかった。それ以降は第7作目までは年次により相違するが，ほぼ14％前後の減収で経過し漸減傾向は認められなかった。

有機物施用とダイズ収量の推移についてみるとおがくず牛ふん堆肥をａ当たり200 kg施用した2トン区及び同じく400 kg施用した4トン区の収量は第1作目では稃葉区とほぼ同程度であったが，第2作目以降は稃葉区に比べて約12％多収となり5％水準で有意差がみとめられた。2トン区の収量は稃葉区に対して，第3作目で11％，第5作目で8％，第7作目は22％増し，おがくず牛ふん堆肥の施用効果は顕著であった。稃葉区が2トン区に対して多収であったのは第4作目と第6作目であった。本試験では無N栽培であったので，麦わらの分解が進んだ年に増収したものと考えられる。

ダイズは多量のNを吸収する作物である[9]。本試験でもａ当たり40kg以上の子実収量をあげた場合，子実のN吸収量は2.8～3.3kgであった。長野間[10]は転換畑の試験成績を取りまとめａ当たり40kg以上の多収ダイズでは2.6kg～2.9kgのN吸収が必要であるとしているが，本試験の結果もそれとほぼ一致した。Nの供給源は根粒の固定N，土壌N及び施肥Nである。根粒のN固定量は土壌，地域によって差があるがａ当たり1.0～2.0kgの範囲であり，平均的には1.2～1.5kg程度を想定すべきとしている[10]。本試験の場合は無N栽培で行ったのでN固定量を最大限の2.0 kgと仮定すると残りのN0.8～1.3kgは土壌Nに依存することになる。しかし，せき薄な花こう岩質水田転換畑では地力Nの発現量は少ないため堆肥等の施用が必要となり，40kg以上の多収を得るためには特にこの点を考慮する必要がある。

本試験の結果では，おがくず牛ふん堆肥の施用は稃葉施用（麦わら）に比べて多収となり，このことを裏付けている。しかし，収量低下の大きかった第3作目の収量低下抑制に対してはおがくず牛ふん堆肥の施用のみでは効果がなかった。第1作目，第2作目の収量は2トン区，4トン区が稃葉区に比べて顕著に高かったが，N含有率は収量とは逆に稃葉区＞4トン区＞2トン区の順であり，子実収量との間に相関関係はみられなかった。固定Nは化合態Nよりも子実生産効率が高いと言われており[3]，また，吉田[11]は堆肥施用により子実収量が増加するのは堆肥中の可給態Nの吸収利用によるものではなく，堆肥の施用によってダイズ個体当たりの共生固定N量が高められることによるとしている。このことからすると連作年次の浅い第1作目，第2作目のダイズは根粒の活性が高く，そのため根粒固定N量が多くなり，土壌N量，肥料N量が少なくても多収になったと考えられる。さらに，これに堆肥施用が伴うとダイズ個体当たりの固定N量が増加するため一層収量が高くなったものと思われる。第3作目は根粒の活性が弱まり，堆肥を施用しても第1～第2作目の活性にまで回復しないため，根粒固定N量が少なくなったことと第4図にみられるように土壌のT―N含量が増加せず，無機化N量も少ないため，土壌Nの吸収が少なく，根粒固定N量の低下分を補えなく，結局同化N量が少なかったため収量低下を抑制出来なかったものと思われる。

連作年次が進むにつれて，N含有率及び土壌のT―N含量と子実収量との間に正の相関関係が認められるようになった。そして，N含有率は有機物施用による有意差は認められなくなり，輪換処理の違いにより有意差が認められた。即ち，畑2年水田1年区では1983年に水田に戻して水稲を栽培した翌年のダイズ収量は畑連続区に比べて約10％高くなり，第1作目，第2作目の高収量水準に戻った。これは根粒による固定N量が増加したと思われ，根粒の活性化が田畑輪換処理により高まったものと考えられる。また，輪換処理におがくず牛ふん堆肥施用が加わると収量は一層高くなった。前述したように堆肥施用により一層根粒の活性化がはかられ，固定N量が増加し，子実生産の向上に結び付いたものと考えられる。また，第7作目では土壌のT―N含量と子実収量との間に正の相関が認められ，2トン区，4トン区の収量は第1作目の水準の92～93％にまで回復した。これは第4図にみられるように有機物の連年施用により土壌のT―N含量が増加し，無機化N量が多く発現するようになり，ダイズによる土壌Nの吸収量が多くなったためと堆肥施用により土壌の物理性が改善され根粒の活性が比較的落ちなかった[1]ことによるものと考えられる。星ら[8]がダイズの子実生産には根粒固定Nでも化合態Nでもよく，どれだけNを同化したかによって収量は決まるとしていることからすれば，畑連続区のダイズはこの土壌Nをよく吸収し，根粒の活性低下による固定N量の減少分を補い全体として同化N量を高めた結果と考えられた。

このようにダイズは第1作目，第2作目の根粒の活性が高い場合根粒固定Nが化合態Nより子実生産の効率が高いとする主張[3,7]と一致すると考えられ，連作により根粒の活性が低下した場合は根粒固定Nでも化合態Nで

もよく，どれだけNを同化したかによって収量は決まるとする主張[8]と一致すると考えられる。

ダイズはCaの要求量が高く[2]，Caが欠乏すると落花，落莢が多くなる[6]と言われているが，本試験では各部位のCa含有率と莢数との間に相関関係は認められなかった。第1作目，第2作目の収量の高い場合に子実中のCa含有率は高く，連作するにつれて含有率は低下するが子実収量との間に相関関係がみられるようになる。一方，土壌中の交換性Ca含量は含有率とは逆に転換畑後年々増加した。磯井ら[4]はCa濃度が適当であると根粒着生が良好となるが，高濃度の供給はN固定能が抑制されるとしている。Caは子実生産に重要なかかわりを持つと思われるが，本試験では収量との関係を明らかにすることはできなかった。

水田は湛水代かきによって作土の構造は泥状化し，土壌の親水性が大きいため転換直後は耕起時の砕土性が不良で大土塊が形成され易い。土塊が大きい場合はコムギの苗立が悪くなり低収になり易い[5]と言われている。本試験の場合砕土率とコムギの苗立率との間に相関関係は認められなかったが，生育初期の草丈，茎数及び養分含有率と穂数，精麦収量との間に高い正の相関関係が認められた。

Wiersum[13]は根が土塊の中に入らないように人工的に各種の大きさの土塊を作り作物を栽培して，その影響を調べた結果，大土塊では幼植物の根は疎に分布するため，土壌中での移動が少ないPの吸収が悪くなり，生育が劣ったとしている。砕土率と生育初期の茎葉中のP含有率およびN含有率との間にそれぞれ高い正の相関関係が認められた。砕土性の不良は大土塊の分布割合を高め，その結果Pの吸収が阻害されたのはWiersum[13]の結果とよく一致したが，本試験ではNの吸収も阻害されたため，初期生育一草丈，茎数が劣り，特に茎数不足は穂数の不足となり，精麦収量が低くなった。

水田転換直後及び輪換田後のコムギ作は大土塊の分布割合が高いため低収となりやすく不安定である。畑期間を長く経過するほど大土塊の割合は低下し安定多収が得られるようになる。しかし，畑2年水田1年区でみられたように水稲作直後の1作目は低収であるが，その後畑で経過した2作目，3作目の収量は畑連続区より高くなり，しかも，輪換田後の収量は水田転換直後に比べて収量減の程度は低く，輪換畑2年輪換田1年の2サイクルの7作平均収量はa当たり41.4kgであり，畑連続区の42.1kgの約98%となった。以上の結果，ダイズの収量との関連からも輪換畑2年輪換田1年の田畑輪換に取り入れてもよいと考えられた。ただし，水稲作直後の栽培では収量向上を図ることは大切で，特に稲わらが還元された場合には砕土性が不良になるので注意が必要であり，この対策については今後の課題である。

せき薄な花こう岩質水田では有機物の施用は地力維持の面からも重要であり，水稲の安定多収には不可欠である。2トン区は稈葉区に比べて6作平均で3%増であった。また，水稲一コムギ体系では水稲単作に比べて6%増となり，作付体系とおがくず牛ふん堆肥を組み合わせると水稲単作・稈葉区に比べて9%増と顕著に増収した。第4図に示したようにおがくず牛ふん堆肥施用により土壌のT—N含量が高まり，地力Nの発現が多くなり，これにより収量が高くなったものと思われる。

輪換田の水稲収量は普通水田に比べて顕著に高かった。即ち，ダイズ—コムギ体系の輪換田での水稲収量は普通水田の水稲単作区の収量に比べて1983年の第1回目及び1986年の第2回目はともに約15%増となり顕著に高かった。ダイズ—コムギ体系の水稲栽培時の地力Nの発現様式は幼穂形成期から出穂期にかけて2mg/100gを示し普通水田の水稲単作・稈葉区の0.37mg/100aに比べて著しく多かった。この地力Nの発現量の差が収量に反映したものと思われる。

せき薄な花こう岩質水田の水稲に対しておがくず牛ふん堆肥の施用は増収効果が高く，コムギとの二毛作において各作施用した場合はさらに増収した。水稲の収量を安定させるには堆肥の施用は不可欠と考えられた。そして，田畑輪換を採用した場合，輪換田の水稲収量はダイズ—コムギ体系で水稲単作の約15%増と高まった。これは幼穂形成期以降出穂期までの地力Nの発現量が普通水田に比べて顕著に高かったためであると考えられ，輪換畑2年輪換田1年の田畑輪換方式は水稲収量からみてよいと思われた。

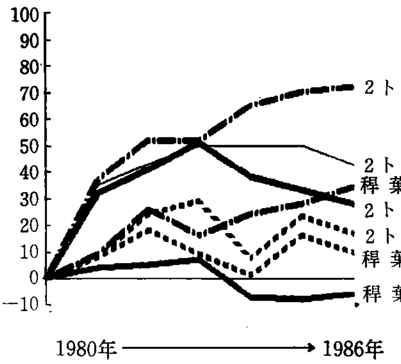
水稲と畑作物のダイズ—ムギの輪作体系において，畑期間と水田期間についてはダイズの連作による収量低下問題としてとらえられ論じられている。吉田[12]は多くの転換畑試験成績を取りまとめ，連作による収量低下は気象条件，土壌条件によって大きく異なるが，ダイズの連作は2～3作を限度として水田に戻すことが得策であろうとしている。本試験の場合，7作ダイズを栽培したが収量は水田転換畑第1作目と第2作目で高く，第3作目の収量低下が最も大きかった。（なお，この年の広島県のダイズ作況指数は第1表に示した通り，第1作時とほぼ同じで，気象的要因に基づく低収とは思われなかった。）そして，第4作目から第7作目（第5作目は除く）までは第3作目の収量より高く推移した。堆肥施用の効果は高いが，この第3作目の収量低下抑制効果は小さか

った。一方，畑2年で水田に戻し水稲を栽培した翌年のダイズは多収であった。このことからすれば水田転換畑第3作目の最も収量が低下する年に水田に戻して水稲を栽培する輪換畑2年，輪換田1年の田畑輪換がよいと考えられる。輪換田は1年しか検討していないが，ダイズ—コムギの輪作体系ではコムギは水稲作直後の収量が低い場合が多く，不安定であるため輪換田は1年がよいと考えられる。

輪換年数3年のサイクルについては2サイクルまでしか確認していないが，2サイクル目の輪換田後のダイズ収量は転換畑第1作目の収量水準の約91%となった。1サイクル目の収量と比べると回復程度はやや低くなったと考えられ，このことを考慮すれば2サイクルまではよいと推察された。

第5図に示したように土壌のT—C含量は畑連続区・ダイズ—コムギ体系の稈葉区では稈葉（ダイズ葉，麦わら）を全量還元しても，4作目以降は試験開始時より低下した。転換田では稈葉を全量還元してもT—C含量の低下を補うことは出来ず外部から堆肥等を投入する必要があった。

せき薄な花こう岩質水田転換畑では堆肥等の施用は地力を維持するうえで重要であり，ダイズ，水稲の収量を安定させる面からも極めて有効であると考えられた。麦は肥料で採れと言われているように堆肥施用の効果は小さかった。従って，地力維持を兼ねて増収効果の高いダイズの栽培時期を中心に年間a当たり200kg～400kg施用することが有効であるとの結論を得た。



第5図　土壌のT−C含量の推移
（開始時の含量に対する増減%で示す）

凡例
━：畑連続・ダイズ—コムギ体系
—：畑連続・ダイズ—イタリアン体系
┅：水田連続・水稲単作
━ ━：水田連続・水稲—コムギ体系

摘　　　要

せき薄な花こう岩質水田転換畑を対象に水稲と普通畑作物のダイズ—コムギの輪作体系における輪換畑期間，輪換田期間について，有機物施用との関連で検討を行った。その結果を要約するとつぎのとおりである。

1.　せき薄な花こう岩質水田転換畑でダイズを7作栽培した結果，転換畑第1作目の収量が最も高く，ついで第2作目で第3作目には著しく低下した。しかし，第4作目以降（第5作目を除く）第7作目までは年次により増減はあるものの第3作目の収量より約10%程度高く推移した。

2.　転換畑でダイズを2年作り，3年目は水田に戻した場合翌年のダイズ収量は転換畑第1作目の収量水準に戻り，またおがくず牛ふん堆肥施用が加わるとさらに増収した。

3.　転換畑コムギの収量阻害要因の一つとして砕土性の不良があげられた。水田転換畑直後は砕土性が不良で，このため大土塊の割合が高くなり，そのためコムギは生育初期の養分特にNとPの吸収が悪く，初期生育—草丈，茎数—が不良となり，茎数不足が穂数不足に結び付いて低収となると推察した。

4.　水稲はおがくず牛ふん堆肥施用で増収した。特に輪換田で高収量となり，ダイズ—コムギ体系の輪換田での水稲収量は普通水田の稈葉施用に比べて約15%増と顕著に高かった。

5.　輪換田の NH_4-N の発現様式を普通水田と比較検討した結果，3つのタイプに分けられた。収量が最も高かったのは最高分げつ期から幼穂形成期のN発現量が0.8～1.0mg/100g，幼穂形成期から出穂期の発現量が1.7～2.0mg/100gの場合であった。これに属する作付体系はダイズ—コムギ体系であった。

6.　水稲と普通畑作物のダイズ—コムギ体系における輪換畑期間は2年，輪換田期間は1年が収量からみてよく，2サイクルまでは変化が少ないと考えられた。

7.　せき薄な花こう岩質水田転換畑での地力維持のためにはおがくず牛ふん堆肥等の腐熟有機物を年間a当たり200kg～400kgを堆肥施用効果の高いダイズ作を中心に施用するのが効果的と考えられた。

引　用　文　献

1）阿江教治・仁柴宏保：1983. ダイズ根系の酸素要求特性および水田転換畑における意義. 土肥誌. **54**:

453—459.

2）平井義孝：1961．大豆の無機栄養に関する調査．第2報．葉位別葉における窒素，燐酸，加里および石灰の行動について．北海道立農試集報．**8**：24—36.

3）石塚潤爾：1972．北海道の大豆の生育および子実たんぱくの生成における可溶性窒素成分の栄養生理学的意義．北海道農試研報．**101**：51—121.

4）磯井俊行・山本幸男：1987．ダイズの初期生育，根粒形成，窒素固定能に及ぼすカルシウムの影響．土肥誌**58**：405—409.

5）近畿中国地域技術連絡会議事務局：1983．4．麦類．昭和58年度転換畑作技術部会資料：1983．4．麦類．昭和58年度転換畑作技術部会資料．No. 7：20—24.

6）昆野昭晨：1976．ダイズの子実生産機構の生理学的研究．農技研報D．**27**：139—295.

7）串崎光男・石塚潤爾・赤松房江：1964．大豆の栄養生理学的研究（第1報）根粒着生の状況が生育，収量，養分吸収に及ぼす影響．土肥誌**35**：319—322.

8）桑原真人：1986．ダイズの多収条件と施肥［1］．農及園．**61**：473—479.

9）松代平治：1971．豆類の栄養特性と施肥．農及園．**46**：167—171.

10）長野間宏：1987．転換畑におけるダイズ多収栽培．農業技術．**42**：501—505.

11）吉田重方：1979．ダイズの窒素栄養におよぼす堆肥施用の影響．日作紀．**48**：17—24.

12）吉田　堯：1986．温暖地における転換畑大豆の新技術（3）転換畑における大豆連作年数と収量変動．営農新技術情報．畑作（大豆）栽培．60年度31号．全国農業協同組合連合会.

13）L. K. WIERSUN: 1962. Uptake of nitrogen and phoshorus in relation to soil structure and nutrien mobility. Plant and Soil. XVI. 62-70.

Effects of Organic Matter Application and Alternation of Land Usage between Dry and Flooded Conditions on the Yields of Soybean, Wheat and Paddy Rice

Takeharu KOMATSU, Naoaki IWASA, Katsumasa MIYAJI and Toshitaka USHIRO

Key words: rotation of upland paddy crop, rotational paddy field, rotational upland field, soybean, wheat, paddy rice, organic matter.