

岡山県南部水田における稲わら連用の効果

小野芳郎・平岡正夫・川中弘二

Effects of Continuous Application of Rice Straw to Paddy Field
in the South Region Okayama Prefecture

Yoshiro ONO, Masao HIRAKA and Koji KAWANAKA

緒 言

安定した農業生産を推進するためには土壌生産力を高めることが不可欠であり、その手段として堆肥などの有機質資材、珪カルなどの無機質資材の施用が行われてきた。

しかし、近年、農業を取り巻く諸情勢の変化に伴い、これら資材の施用量が減少し、土壌生産力の低下が懸念されている。そこで、農林水産省では土壌保全対策事業の一環として、1975年から土壌環境基準点調査を全国的に開始した。

この調査は各県の代表的土壌型の地区を対象に、有機質資材の長期連用が作物の生育収量ならびに土壌の理化学的性質に及ぼす影響について解析し、土壌管理法改善の基礎資料を得ることにある。

本県においても県南部の水田2か所、普通畑1か所、計3か所で試験を継続中であるが、ここでは土壌の性質を異にする水田2圃場を対象に、稲わらの連用が作物の収量性ならびに土壌養分の推移に及ぼす影響について調査した結果について報告する。

本試験の実施に当たり、ご協力いただいた関係農家に厚く御礼を申し上げる。

試 験 方 法

1. 試験圃場および試験区

(1) 農業試験場圃場

岡山県南部の平坦地で、砂川流域北部の沖積平野に位置し、土壌型は県南部を代表する細粒グライ土の川副統である。

試験区は水稻（移植栽培）と小麦（不耕起穴播栽培）の二毛作を前提に、稲わら 700 kg/10 a を麦播種後と収穫後に半量ずつ分施する区と、麦収穫後に全量施用する区を設けた。なお、総合改善区では稲わら分施に加えて、珪酸の補給と反応矯正をかねて珪カルの併用を行った。試験規模は1区 50 m²、2連制、供試品種はアケボノとシラギコムギで、1976年から開始した。

耕種概要は水稻では移植が各年とも6月25日頃、栽植密度が26 cm×21 cm、収穫が11月1日頃、小麦では播種が11月15日頃、栽植密度が24 cm×20 cm、収穫が6月10日頃である。

(2) 赤坂町圃場（赤磐郡赤坂町大畑田）

農業試験場から北へ約2 km離れた沖積地で、土壌型は県下で最大の分布を示す中粗粒灰色低地土の普通寺統である。

第1表 試験区名と処理内容

試験圃場	試験区名	水			稲		麦		
		施 肥 量 (kg/10 a)			珪カル (kg/10a)	稲わら (kg/10a)	施 肥 量 (kg/10 a)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
農業試験場	無 窒 素 区	0	6.6	8.4	—	—	0	8.3	9.0
	化学肥料単用区	8.4	6.6	8.4	—	—	16.8	8.3	9.0
	稲わら700kg分施区	8.4	6.6	8.4	—	350	16.8	8.3	9.0
	稲わら700kg区	8.4	6.6	8.4	—	700	16.8	8.3	9.0
	総合改善区	8.4	6.6	8.4	200	350	16.8	8.3	9.0
赤坂町	無 窒 素 区	0	12	15	—	—	0	8	8
	化学肥料単用区	15	12	15	—	—	10	8	8
	稲わら600kg区	15	12	15	—	—	10	8	8
	珪カル施用区	15	12	15	150	—	10	8	8
	総合改善区	15	12	15	150	—	10	8	8

注) 農試 水稻 硫安、過石、塩加 小麦基肥：石灰窒素70kg、過石、塩加、追肥：硫安
赤坂町 無窒素区：過石、塩加、その他の区は水稻が尿素硫加燐安525号、麦が尿素硫加燐安48号。

第2表 生育および収量調査（農試圃場8年間の平均値）

試 験 区 名	水 稲								小 麦									
	成 熟 期			わら 重	精玄 米重	同左 指数	精玄 重 変動 係数	千粒 重	成 熟 期			稈重	子実 重	同左 指数	子実 重 変動 係数			
	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/㎡						kg/10a	kg/10a	%					稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/㎡
無 窒 素 区	74.6	19.2	218	462	336	72	10.7	22.7	53.1	5.8	177	106	63	19	22.1			
化学肥料単用区	88.3	19.8	336	718	469	100	11.3	22.5	81.8	7.1	346	453	325	100	24.2			
稲わら700kg分施肥区	90.2	20.1	322	738	477	102	9.8	22.4	88.6	7.2	389	584	420	129	24.7			
稲 わら 700kg 区	90.0	20.4	366	741	478	102	12.1	22.6	88.0	7.4	423	580	406	125	19.4			
総 合 改 善 区	91.9	20.4	327	851	501	107	10.1	22.7	84.8	7.2	383	497	360	111	31.5			

試験区は水稻（耕起乾田直播栽培）と二条大麦（不耕起穴播栽培）の二毛作を前提に、稲わら 600 kg/10a を麦播種後に施用する区を設けた。なお、総合改善区では稲わらに加えて、珪酸の補給と反応の矯正をかねて珪カル併用を行った。試験規模は農試圃場と同一であり、供試品種は日本晴とあまぎ二条で、1977年から開始した。

耕種概要は水稻では播種が6月1日頃、栽植密度が30 cm×15 cm、収穫が10月15日頃、二条大麦では播種が11月10日頃、栽植密度が30 cm×15 cm、収穫が5月30日頃である。

2. 土壌の分析

土壌の採取は水稻の収穫直後に行い、分析は常法²⁾によった。

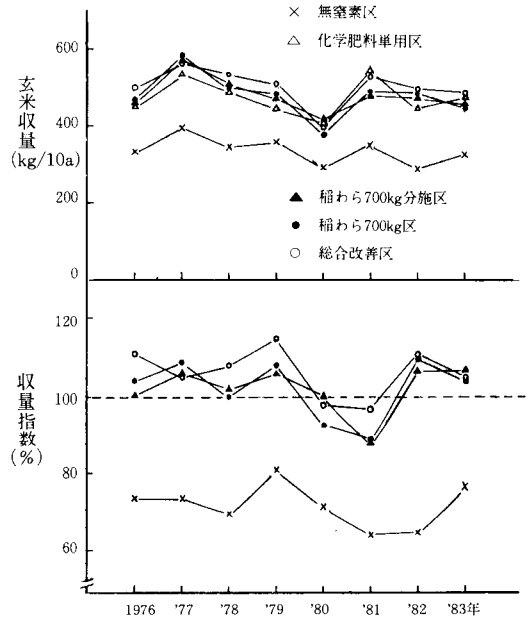
試験結果および考察

1. 生育、収量の推移

(1) 水稻

第1図に農試水田における年次別玄米収量の推移、第2表に生育、収量の8年間の平均値を示した。収量は年次変動が大きかった。8年間を通じて最も収量が高かったのは1977年で、冷夏であった1980年は全区で減収した。1980年の収量をみると、稲わらの夏冬作各 350 kg/10a 施用が夏作 700 kg/10a 施用にまさった。

8年間を通じてみると、化学肥料単用区の収量を100とした場合の他区の収量指数は、稲わら 700 kg 区が1980、1981年を除き各年とも100以上で、平均では102であった。稲わら 700 kg 分施肥区および総合改善区は、化学肥料単用区より1981年には下回ったが、これ以外の年は同じか高く、8年間の平均ではそれぞれ102、107であった。総合改善区に施用した珪カルの効果は若干認められるようである。無窒素区の収量指数は7年間の平均で72であった。6月に稲わらを 700 kg 施用した区は、毎年水稻の初期生育が抑制されたが、生育後期には回復した。稲わら 350 kg 施用の区は初期生育の抑制はみられなかった。毎年の生育収量が比較的安定していたのは総合改善区であった。



第1図 農業試験場圃場の玄米収量と収量指数

成熟期の生育調査の結果、稈長、穂長は稲わら施用の各区が化学肥料単用区よりやや長かった。穂数、千粒重には明らかな差がみられなかった。

赤坂町圃場における年次別収量の推移を第2図、収量の7年間の平均値を第3表に示した。生育、収量は各年の気象要因に大きく支配された。1981年は豊作年で多収であったが、1982年は天候不順と台風のため不作で大幅に減収した。1980年は農試水田でみられたような著しい減収はなかったが、無窒素区の収量指数が80と高くなった。

7年間を通じてみると、化学肥料単用区の収量を100とした場合の他区の収量指数は稲わら 600 kg 区、総合改善区および珪カル施用区は各年とも100以上で、それぞれ112、122、106であった。これらの区では収量指数が1980年までは下降傾向であったが、その後若干上昇した。総

第3表 生育および収量調査（赤坂町圃場7年間の平均値）

試 験 区 名	水 稻							二 条 大 麦							
	成 熟 期			わら 重 kg/10a	精玄 米重 kg/10a	同左 指数 %	精玄 米重 変動 係数	千粒 重 g	成 熟 期			稈重 kg/10a	子実 重 kg/10a	同左 指数 %	子実 重 変動 係数
	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/m ²						稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/m ²				
無 窒 素 区	63.2	18.9	211	399	284	65	19.9	22.6	62.4	4.9	259	163	126	30	32.2
化 学 肥 料 単 用 区	75.2	20.3	364	635	437	100	9.5	22.0	88.4	5.6	624	495	418	100	14.8
稲 わ ら 600 kg 区	77.5	20.6	420	690	489	112	11.5	22.1	90.9	5.6	661	550	452	108	19.1
珪 カ ル 施 用 区	75.5	20.0	376	659	463	106	7.9	22.1	88.8	5.6	663	496	409	98	22.9
総 合 改 善 区	78.2	20.8	425	723	533	122	10.0	22.2	89.0	5.6	675	576	459	110	20.0

総合改善区は1982年を除き毎年500 kg/10a以上の収量が得られた。稲わらの連用による水稻の収量増加は明らかであったが、珪カル連用の効果は稲わらに比べると低かった。中粗粒灰色低地土の水田では、稲わらと珪カルの併用効果が最も大きかった。無窒素区の収量指数は7年間の平均値で65であった。

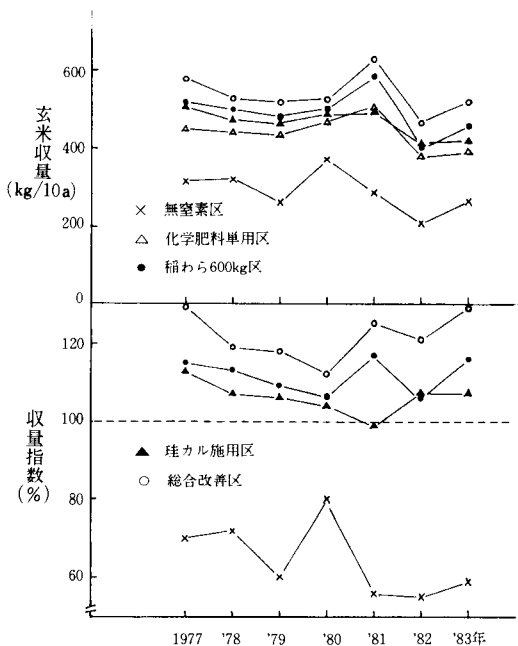
稲わらを施用した総合改善区と稲わら600kg区は初期生育が1978年までは少し抑制されたが、1979年以後は生育が初期から良好となった。幼穂形成期以後は毎年、総合改善区がすぐれた生育を示した。これに続くのは稲わら600kg区であり、次いで珪カル施用区、化学肥料単用区の順となり、化学肥料単用区では秋落ち傾向が認められた。成熟期の生育をみると、化学肥料単用区に比べて稈長は総合改善区、稲わら600kg区が長く、珪カル施用区は短かった。穂長は珪カル施用区で1980年以後やや

短くなった。穂数は稈長と同様の傾向であった。千粒重には差がみられなかった。

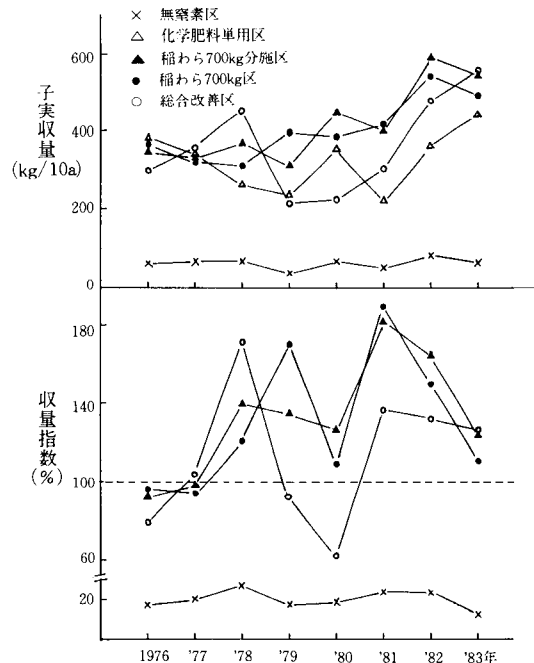
以上のことから、稲わら600~700kgの連用で化学肥料単用より2~12%の範囲で増収することが明らかになった。さらに、中粗粒灰色低地土では、稲わらと珪カルの併用によって7年間の平均で化学肥料単用区より22%も増収し、珪カル連用の効果の高いことが認められた。

(2) 麦

第3図に農試圃場における小麦の年次別収量の推移、第2表に生育、収量の8年間の平均値を示した。収量は水稻以上に年次変動が大きかった。本試験地が排水不良の細粒グライ土であり、湿害のために生育が不揃いになることが多く、収量の変動が大きかったものと考えられる。化学肥料単用区の収量を100とした場合の他区の収量



第2図 赤坂町圃場の玄米収量と収量指数



第3図 農業試験場圃場の小麦子実収量と収量指数

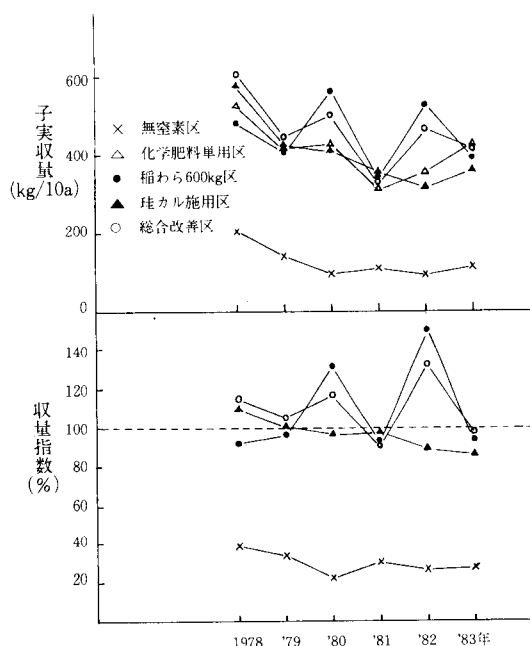
指数は、麦作に稲わら 350 kg を施用した稲わら 700 kg 分施肥区および総合改善区では1976, 1977年を除くと各年ともほぼ100以上で、8年間の平均ではそれぞれ129, 111であった。これらに対し、麦作に稲わらを施用しない稲わら 700 kg 区は化学肥料単用区より1976, 1977年には下回ったが、その後は高くなって、8年間の平均では125となり、高収であった。

無窒素区の収量はきわめて低く、化学肥料単用区の19%程度である。これは水稲作の無窒素区の指数72に比較してはるかに低く、麦作では天然供給量が低く、施肥依存度の高いことが認められた。

成熟期の生育では、稲わら施用の各区は化学肥料単用区に比べて稈長はやや長く、穂長はやや短く、穂数はやや多かった。以上から、稲わら 700 kg の連用により化学肥料単用より11~29%の範囲で増収することが判明した。

赤坂町圃場における二条大麦の年次別収量の推移は第4図に、また生育、収量の7年間の平均値は第3表に示すとおりである。収量は各年の気象要因によって変動した。1978年は好天に恵まれたため収量が最も高かったが、1981年は冬の低温乾燥によって穂数が確保できず、収量は低かった。

化学肥料単用区の収量を100とした場合の他区の収量指数をみると、稲わら 600 kg 区は1980年と1982年に上回ったが、これ以外の年は低く、6年間の平均では108であった。この不安定な生育の原因は生育期間中の気象条件と、稲わらによる窒素の取り込みによると思われる。



第4図 赤坂町圃場の二条大麦子実収量と収量指数

第4表 稲わらの組成 (乾物%)

水分	C	N	C/N	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O	SiO ₂
%	%	%		%	%	%	%	%
8.1	38.7	0.66	59	0.17	0.46	0.14	1.32	11.35

珪カル施用区では最初の2年間は化学肥料単用区を上回ったが、1980年以後は常に下回り、6年間の平均では98であった。総合改善区は安定した生育を示し、1981年と1983年を除くと、各年とも100以上で化学肥料単用区を上回り、6年間の平均では110となり、増収した。無窒素区は収量が低く、6年間の平均は30であった。

成熟期の生育をみると、稈長、穂長、穂数は総合改善区が最もよく、次いで稲わら施用区、珪カル施用区、化学肥料単用区の順であった。以上から、稲わら 600 kg の連用により化学肥料単用より7年間の平均値で8%程度増収することが明らかになった。

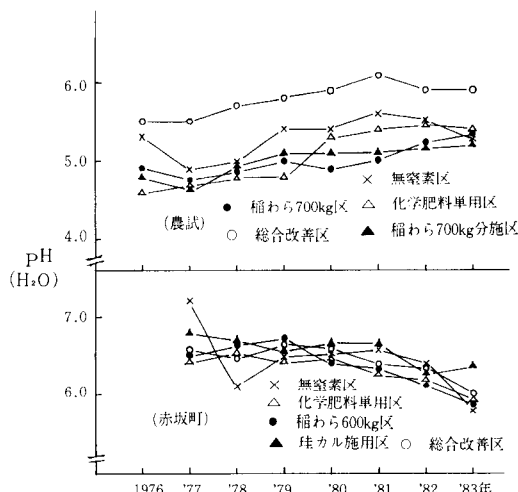
2. 土壌養分の推移

供試した稲わらの組成の一例を第4表に、土壌養分の年次推移を第5~10図に示した。

(1) pH (H₂O)

農試圃場はgray土で溶脱が少なく、小麦栽培に石灰窒素を使っていることなどで、pHは僅かながら上昇しており、化学肥料単用区は1976年にはpHが4.6であったが、1983年には5.4と若干上昇した。稲わら施用の各区でもpHの上昇傾向が認められ、1976年には4.9前後であったが、1983年には5.3前後に上昇した。珪カルを併用している総合改善区は化学肥料単用区より高く推移し、1976年には5.5であったが、1983年には5.9に上昇した。

赤坂町圃場は農試圃場と傾向を異にし、大野ラリが報



第5図 pH (H₂O) の推移

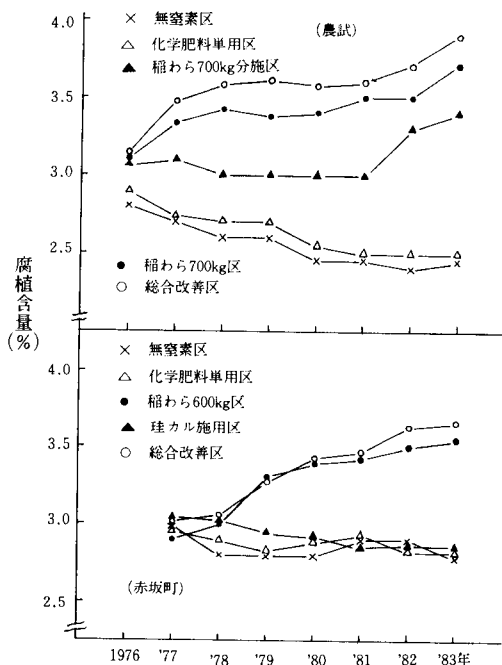
告しているように pH はしだいに低下した。化学肥料単用区および稲わら 600 kg 区は変動は小さいが徐々に低下し、1977年に6.5であったものが、1983年には5.9前後に低下した。珪カル区および総合改善区は各年とも化学肥料単用区および稲わら 600 kg 区より高く推移して、1977年には6.7前後であったが、1983年には6.2前後に低下した。本圃場の土性が砂壤土であり、さらに乾田直播栽培であるため溶脱が激しく、珪カル 150 kg/10 a 程度の連用では pH は低下することが判明した。適正な pH を維持するには、稲わらを施用しない場合は当然であるが、施用した場合にも珪酸質資材の施用が必要である。

(2) 腐植

腐植含量は農試圃場の場合、化学肥料単用区は変動しながらしだいに低下し、1976年には2.9%あったものが1983年には2.5%に低下した。8年間に約14%程度の腐植が消耗した。稲わらを施用した区は常に化学肥料単用区より高く推移して徐々に増加し、1976年には3.1%であったものが、1983年には3.4~3.9%に増加した。

赤坂町圃場も農試圃場とほぼ同様の傾向であった。化学肥料単用区は1977年には3.0%であったが、1983年には2.8%に低下し、7年間に約7%程度の腐植が消耗した。稲わら 600 kg 区および総合改善区は各年度とも化学肥料単用区より高く推移した。

両試験圃場とも、各年度の変動が大きいので年次推移



第6図 腐植含量の推移

を正確に把握することはできなかったが、稲わら施用によって腐植含量は漸増傾向にあると思われる。このように、本試験圃場のような土壤条件下腐植含量を維持するには稲わらを 10 a 当たり 600~700 kg 程度施用する必要がある。

(3) 全窒素

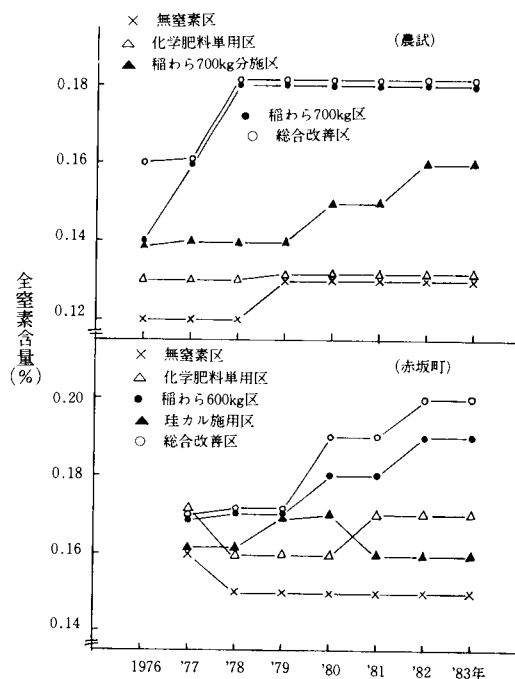
全窒素は農試、赤坂町両圃場とも稲わらを使用した区では、腐植含量の推移とほぼ同様の推移を示しており、微増傾向にあると思われる。しかし、化学肥料単用区、無窒素区および珪カル区では初年目に比べ徐々に減少する傾向がみられた。

(4) 塩基交換容量

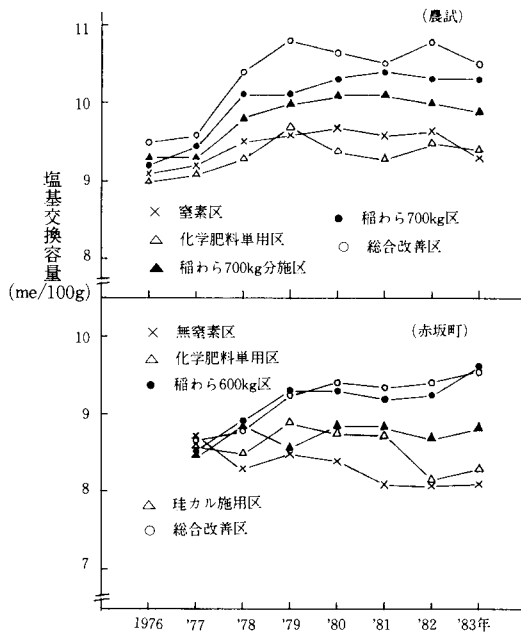
塩基交換容量は両試験地とも各年毎の変動が大きく正確な年次推移は明らかでないが、稲わらを施用した区で若干増加しており、特に赤坂町圃場でその傾向がみられた。しかし、他の区では明らかな傾向を認めなかった。本試験で稲わら施用各区の腐植含量と塩基交換容量が微増傾向にあるのは、腐植含量と塩基交換容量との間に正の相関があるためと考えられる。このように、塩基交換容量は稲わら 600~700 kg の連用では大きな増加は期待できないようである。

(5) 交換性石灰

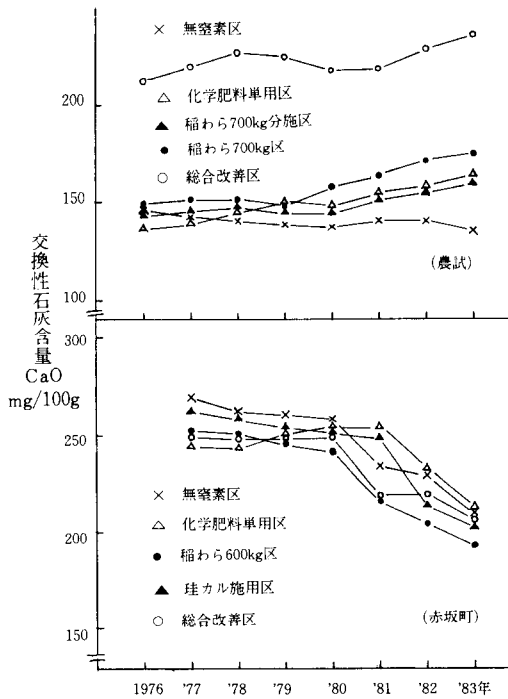
農試圃場では石灰含量は無窒素区を除くと、全区僅かながら増加傾向であった。総合改善区は珪カルを施用してい



第7図 全窒素含量の推移



第8図 塩基交換容量の推移



第9図 交換性石灰含量の推移

るため他区より増加程度が大きかった。小麦の不耕起穴播栽培に使っている石灰窒素中の石灰含有率を50%とすれば、石灰窒素を70kg施用するので、石灰が35kg補給されることになるが、作物による吸収量と土壌からの溶脱

量が補給量を下回っているため増加傾向を示したと考えられる。このように農試圃場では、稲わら700kgを連用していても石灰の蓄積的傾向が認められるが、その量は少なく、pHも5.3と低いので、石灰質資材の併用が必要である。

赤坂町圃場では石灰含量は全区減少の傾向であった。珪カル施用区および総合改善区でも石灰は微減傾向であった。これは水稻栽培が乾田直播であり、圃場の土性が砂壤土であるため石灰の溶脱量が多かったものと考えられる。

以上のことから、稲わら600kgの連用では石灰の補給は期待できず、溶脱量が多くて石灰含量を現状維持することは困難であるので、石灰質資材を併用する必要がある。

(6) 可給態窒素（風乾土を水田状態で保温静置したとき、無機化してくる窒素の量）

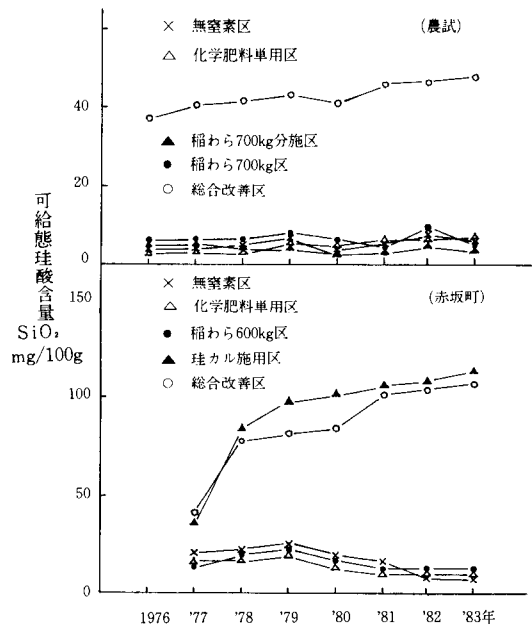
可給態窒素は全炭素含量を反映して赤坂町圃場が農試圃場より若干高かった。また、試験区別では稲わらを施用した区で多く、いわゆる地力窒素が高いことが認められた。

(7) 交換性加里

稲わら中に加里が多く含まれていることに对应して、交換性加里は両圃場とも稲わらを施用した区で多かった。したがって作物に収奪された肥料成分を再利用する意義は大きいと考えられる。

(8) 可給態珪酸

農試圃場の珪カルを施用していない区では、可給態珪酸



第10図 可給態珪酸含量の推移

はきわめて低い含量であって、試験期間中ほぼ増減なく推移した。しかし、珪カルを施用している総合改善区では1983年には50mg程度にまで増加した。赤坂町圃場では、珪カルを施用していない区は全区で減少の傾向がみられた。1983年には総合改善区では107mg、珪カル施用区では115mgに増加したが、他の区では1977年には16mgあったものが1983年には10mg程度に減少した。このように、稲わらを連用しても土壤中の可給態珪酸含量は稲わら無施用区とほぼ同程度に減少した。

以上のことから、可給態珪酸含量を高めるには、稲わら600~700kg程度の施用だけでは不足するので、珪酸質資材の施用が必要であると考えられる。

3. 水稻および麦の生育、収量と土壤養分の関係

稲わら施用区では稲わらの連用によって化学肥料単用区より土壤中の腐植、全窒素含量、塩基交換容量が増加するとともに、可給態窒素含量も増加している。このように、毎年稲わらから供給される主として腐植と窒素が稲わら施用区の収量を化学肥料単用区より高めている要因であると考えられる。さらに、両圃場とも冬期は土壤が比較的乾燥しやすく、稲わらの分解腐熟が進み、その結果として増収効果が認められたものと考えられる。

水稻に対する珪カルの施用は、赤坂町圃場では効果が高く、農試圃場では低かった。効果のみられた赤坂町圃場でも、珪カル単用の効果は稲わら施用よりも低く、稲わらとの併用によって施用効果が大幅に高まっている。これは珪カルが稲わらの分解と腐熟を促進するとともに、珪酸と石灰を十分に供給したためと考えられる。したがって、赤坂町圃場のように土性が砂壤土で老朽化傾向のみられる水田では、稲わらの施用に当たって珪カルや含鉄資材などの併用が必要である。

以上のことから、水稻および麦の生育収量を向上させ、さらに、適正な腐植含量の維持をはかるためには、毎年稲わらを600~700kg/10a施用する必要がある。また、土壤の酸性化を防止し、石灰および可給態珪酸含量を適正に維持し、さらに増加させるためには、毎年稲わらを600~700kg施用するだけでは不十分であり、珪酸質資材あるいは含鉄資材の併用が必要であることが明らかになった。

摘 要

1976年から1983年まで細粒グライ土および中粗粒灰色

低地土に属する水田で、水稻ならびに麦に対する稲わら連用の影響と土壤養分の推移を検討した。それらの結果の概要は次のとおりである。

1. 細粒グライ土水田における移植水稻の玄米収量は、8年間の平均で化学肥料単用区より稲わら700kg分施肥区および稲わら700kg区がともに2%、稲わら珪カル併用区が7%高かった。小麦の子実収量は8年間の平均で、化学肥料単用区より稲わら700kg分施肥区が29%、稲わら700kg区が25%、稲わら珪カル併用区が11%高かった。
2. 中粗粒灰色低地土水田における乾田直播水稻の玄米収量は、7年間の平均で化学肥料単用区に比べて、稲わら600kg区が12%、珪カル施用区が6%、稲わら珪カル併用区が22%高かった。二条大麦の子実収量は7年間の平均で、化学肥料単用区に比べて稲わら600kg区が8%、稲わら珪カル併用区が10%高かったが、珪カル施用区は2%低かった。
3. 腐植含量は細粒グライ土および中粗粒灰色低地土水田では、稲わら600~700kg区で現状維持あるいは微増傾向で、化学肥料単用区と珪カル施用区では減少した。
4. pHと石灰含量は細粒グライ土水田では全区で僅かながら上昇傾向にあったが、溶脱の多い中粗粒灰色低地土水田では全区で減少傾向にあった。稲わら珪カル併用区では化学肥料単用区と稲わら施用の各区に比べ、概して高く推移した。
5. 可給態珪酸含量は、化学肥料単用区は当然のこと、稲わら施用区でも減少傾向にあった。しかし、稲わらに珪カルを併用した区では50~100mg/100g程度に増加した。
6. 水稻および麦の生育、収量の向上と土壤生産力の維持増強をはかるためには、稲わら600~700kg/10aの連用と珪酸質資材あるいは含鉄資材の施用が必要である。

引用文献

1. 大野猛郎・山根義敏・西尾一雄(1965) 水田における素わら並びに熟成度を異にする堆肥施用の効果に関する研究。鳥取農試研究報告, 6, 8~17.
2. 農林水産省農蚕園芸局農産課編(1979) 土壤環境基礎調査における土壤、水質及び作物体分析法。土壤保全調査事業全国協議会, 東京, 202 p.