

## 黄色土水田における稻わら、珪カルと熔リンの連用が 水稻、タマネギと土壤に及ぼす影響

林 恭弘・森下 年起

農林水産総合技術センター 農業試験場

Effect of Successive Application of Rice straw , Silic calcium and Fused tricalcium phosphate to Paddy field in Yellow soils on Growth and Yield of Rice plant , Onion plant and on Soil properties

Yasuhiro Hayashi and Toshiki Morishita

*Agricultural Experiment Station  
Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries*

### 緒 言

水田は灌漑水による肥沃な養分の供給により連作障害や地力消耗の少ない農耕地として生産基盤を築いてきた。和歌山県においては河川流域を中心として水田営農に取り組んできたが水田転換や米価の低下により年々水稻の栽培面積は減少し1998年には8,710ha, 全耕地面積の25%にすぎず(和歌山県農林水産部, 2000), 水稻栽培農家も全農家戸数の43% (農林水産省統計情報部, 2000)と少なくなっている。

近年, 環境保全型農業・持続的農業生産が推進されており, 県内における生産者の間でも関心が高まっている。総農家数の内4,896戸(12%)が取り組みを行っており, 内1,037戸(21%)が水稻栽培(農林水産省統計情報部, 2000)を行っている。このため, 有機物施用を中心とした土づくりによる水稻等の安定生産が求められている。

本研究は県内の河川台地に分布する黄色土水田土壤(県内水田土壤の30% (和歌山県農業試験場, 1978))を対象として, 稻わらと無機改良資材の長期連用が作物と土壤に及ぼす影響を検討したところ幾つかの知見が得られたので報告する。

なお, 本報告は有機物連用効果を明らかにする

ことを目的とした土壤保全対策事業「土壤環境基礎調査・基準点調査」で実施しており, 1975年(昭和50年)から1997年(平成9年)までの23年間の成績を取りまとめたものである。

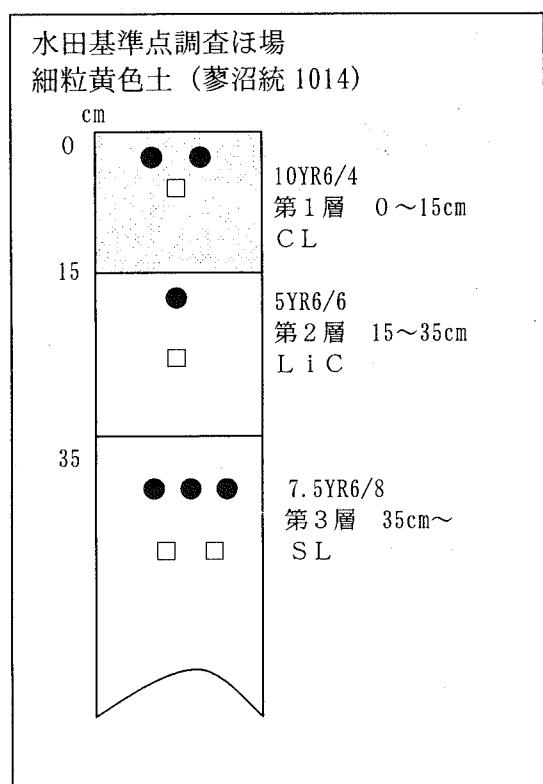
### 材料および方法

#### 1. 供試ほ場の条件

供試ほ場は県北部紀ノ川中流の支流・貴志川下流沿岸の台地水田地帯で, 階段状の棚田を造成・表上処理し, 平坦な水田に造成したほ場である。土壤は紀ノ川流域を中心とした台地水田に分布する洪積土壤で細粒黄色土・黄褐系(蓼沼統1014)に分類され, 減水深の小さい排水の悪いほ場である。作土層は15cm程度で土性はCLである。下層土はLiCで70cm以下に腐朽礫を含むC層が出現する(第1図)。気象条件は年平均最高気温が20.0°C, 最低気温は9.8°C, 平均気温は14.8°Cと県内ではやや涼しい地域となる。年降水量は1600mmと県下では平均的な降水量で日照時間も比較的長い。

#### 2. 試験区

1967年より1974年まで水稻単作ほ場として基



第1図 土壌断面図（試験開始前）

準点調査と同様の処理を年1回行い、1975年より基準点調査として単作ほ場の無改良区を無窒素区と化学肥料単用区として試験を開始、1997年に試験を終了した。

試験区の構成と処理内容は第1表のとおり、化学肥料単用区が3要素施用、無窒素区（窒素を除いてリン酸と加里を過リン酸石灰と塩化加里で施用）、稻わら区（稻わら600kg/10aを冬作前に施用）、無機改良区（珪カル300kg、熔リン100kg/10aを夏作前と冬作前に施用）、総合改善区（稻わら300kg/10aを冬作前に施用、珪カル150kgと熔リン50kg/10aを夏作前と冬作前に施用）の5試験区を設けた。稻わら区、無機改良区と総合改善区は稻わら・無機改良資材と併せて3要素も施用した。

化学肥料単用区と稻わら区は土壤pHの状態に応じて冬作前に酸度矯正のため消石灰を施用した。稻わらの組成は第2表のとおりで、稻わらを2~5cmに自動カッターで裁断し、11月に全面散布、耕起畝立てしタマネギを定植した。試験規模は1区100m<sup>2</sup>、1連制で試験を行った。土壤の移動を防ぐため畦シートで囲って水田の代かきを行った。

第2表 施用した稻わらの組成（単位：乾物%）

	N	P	K	Ca	Mg	SiO <sub>2</sub>
平均値	0.68	0.13	1.74	0.37	0.10	10.8

注) 1975~1983年

### 3. 耕種概要

夏作は水稻とし、品種「日本晴」を用いて、播種を5月下旬、移植を6月中旬、収穫を10月上旬に行なった。1975~1983年は苗代育苗一手植え、1984~1992年はペーパーポット育苗一手植え、その後稚苗機械移植による栽培を行なった。1998年は「キヌヒカリ」を作付、播種5月29日、移植6月18日、栽植密度20.8株/m<sup>2</sup>、稚苗機械移植で栽培を行なった。

冬作はタマネギとし、品種‘OL黄’を用いて、播種は9月中~下旬に地床、定植は11月中旬、収穫は5月下旬に行なった。施肥量は第3表に示すとおりで概ね県の基準に従った。栽植密度と病害虫防除等の一般管理は当地域慣行栽培に準じて行った。

### 4. 生育、収量調査

生育調査は1区につき3ヶ所で40株を調査した。水稻は最高分け期と成熟期に、タマネギは収穫期に調査を行なった。収量調査は1区約3~4m<sup>2</sup>の2~3反復とした。水稻の収量構成要素は成熟期に平均的な株を抜き取り調査を行なった。

第1表 試験区の構成

試験区	処理内容	備考
無窒素	窒素無施用、リン酸・加里一標準	過リン酸石灰、塩化加里
化学肥料単用	窒素、リン酸、加里	施肥標準
稻わら	稻わら600kg/10a	施肥標準
無機改良	珪カル300kg、熔リン100kg/10a	施肥標準
総合改善	稻わら300kg、珪カル150kg、熔リン50kg/10a	施肥標準

第3表 試験年次と水稻とタマネギの栽植密度、3要素の施肥量

試験年次	水稻			タマネギ				
	栽植密度 (株/m <sup>2</sup> )	施肥量 (kg/10a)		栽植密度 (株/m <sup>2</sup> )	施肥量 (kg/10a)			
		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
1975～1984	16.0	9.0	9.8	10.7	22.0	20.0	20.7	20.5
1985～1987	19.8	9.2	6.9	11.2				
1998	16.7	9.2	6.9	11.2				
1989～1992	20.0	9.2	6.9	11.2				
1993～1997	18.7	9.2	6.9	11.2				

## 5. 土壤の理化学性、作物体等の分析方法

土壤、作物体の採集と分析は常法（農林水産省農蚕園芸局農産課、1979）に基づいて実施した。

## 1) 土壤

土壤の物理性は実容積法による三相分布を測定した。

土壤の化学性は作付け終了後作土層の土壤を各区5ヶ所から採取し、風乾粉碎後に2mmの篩にかけ分析に供した。pH(H<sub>2</sub>O)はガラス電極法、全炭素(T-C)と全窒素(T-N)はCNコーダー法、交換性塩基の石灰・苦土・加里はシューレンベルガー法、有効態リン酸はトルオーグ法、有効態ケイ酸(水稻跡のみ)はpH4.0の酢酸抽出法、遊離酸化鉄はハイドロサルファイトEDTA法で測定した。

## 2) 作物体

成熟期(収穫期)に平均的な作物体5株程度を抜き取り乾燥粉碎後分析に供した。湿式分解後に窒素はケルダール法、リンは比色法、石灰・苦土・加里は原子吸光法、ケイ酸は重量法により定量した。

## 結果

## 1. 水稻の生育と収量

第4表に前半期(試験開始1975～1984年)と後半期(1985～1997年)に2分割した最高分けつ期の生育を示した。草丈は前半期では差が認められなかったが、後半期では稻わら区、総合改善区と無機改良区が化学肥料単用区より明らかに高くなった。無機改良区の茎数は試験開始から化学肥料単用区より少ない傾向で稻わら区より明らかに少なかった。稻わら区の茎数は化学肥料単用区よりも多く、後半期でその傾向が高まった。総合改善区の茎数は化学肥料単用区に比べると前半期に多く、後半期は同程度であった。前半期と後半期で草丈、茎数と有効茎歩合に差がみられるが、栽植密度が前半期16.0株/m<sup>2</sup>であるのに対して後半期は16.7～20.0株/m<sup>2</sup>と密植であるため後半期で草丈と茎数が増加し有効茎歩合が低下したと考えられた。

第5表に成熟期の生育を示した。稈長は無機改良区、総合改善区と稻わら区が試験開始より化学

第4表 土壤改良法が水稻の最高分けつ期における生育に及ぼす影響

試験区	草丈(cm)		茎数(本/m <sup>2</sup> )		有効茎歩合(%)	
	1975～1984	1985～1997	1975～1984	1985～1997	1975～1984	1985～1997
無 窒 素	59.0±3.1	50.5±7.0	211.2±28.7	283.6±40.2	80.6±9.0	71.1±10.0
化学肥料単用	73.3±6.9	63.2±7.6	372.3±53.1	495.6±65.3	81.3±8.7	72.7±11.0
稻 わ ら	73.4±4.4	67.3±7.5 <sup>aa</sup>	393.1±65.8	537.4±59.1 <sup>aa</sup>	80.1±13.4	71.8±9.9
無 機 改 良	73.1±4.9	67.1±8.6 <sup>aa</sup>	355.2±47.2 <sup>bb</sup>	472.0±53.8 <sup>bb</sup>	81.6±6.4	75.8±8.5
総 合 改 善	73.9±4.9	67.4±8.0 <sup>aa</sup>	401.1±56.2 <sup>aa</sup>	500.8±74.1 <sup>ab</sup>	75.7±10.3	73.0±9.6

注) aa,aは1%水準、5%水準で化学肥料単用区に対して有意差があることを示す。

bb,bは1%水準、5%水準で稻わら区に対して有意差があることを示す。

第5表 土壤改良法が水稻の成熟期における生育に及ぼす影響

試験区	稈長(cm)		穂長(cm)		穂数(本/m <sup>2</sup> )	
	1975~1984	1985~1997	1975~1984	1985~1997	1975~1984	1985~1997
無窒素	60.2±2.5	56.9±2.5	19.0±0.92	17.8±1.1	169.5±17.9	198.8±27.8
化学肥料単用	74.9±2.8	72.9±2.6	20.3±0.76	19.3±1.5	304.3±27.8	357.0±27.1
稻わら	75.8±2.4	77.1±3.0 <sup>aa</sup>	20.4±0.99	19.8±1.5 <sup>a</sup>	314.3±23.8	384.9±36.7 <sup>aa</sup>
無機改良	76.3±3.7	79.1±3.4 <sup>aa,b</sup>	20.2±0.90	19.8±1.0	291.5±25.4 <sup>-b</sup>	358.1±26.4 <sup>-b</sup>
総合改善	75.3±2.6	78.2±2.6 <sup>aa</sup>	20.4±0.95	19.9±1.2 <sup>a</sup>	307.4±19.8	362.9±31.7

注) aa,aは1%水準, 5%水準で化学肥料単用区に対して有意差があることを示す。

bb,bは1%水準, 5%水準で稻わら区に対して有意差があることを示す。

肥料単用区に比べて高く、後半期でその傾向が高い。また、珪カルと熔リンを施用している無機改良区と総合改善区が稻わら区よりも高くなかった。穂長は後半期に稻わら区、無機改良区と総合改善区が化学肥料単用区より長い傾向であった。穂数は稻わら区で多い傾向にあり、無機改良区は稻わら区に比べると明らかに少なくなった。後半期の穂数は前半期に比べて増加しているが、後半期は密植により穂数が増加したと考えられる。

第6表に収量構成要素を示した。1穂粒数と登

熟歩合は珪カルと熔リンを施用している無機改良区と総合改善区が化学肥料単用区と稻わら区より高い傾向であった。1穂粒数と登熟歩合には穂数も大きく影響するが、総合改善区においても値が高いため、珪カルと熔リン施用の効果によるものと考えられる。千粒重は試験後半に化学肥料単用区が高くなり、無機改良区と総合改善区で低くなった。

第7表にわら重、粒重と粒わら比を示した。わら重は稻わら区と総合改善区が化学肥料単用区よ

第6表 土壤改良法が成熟期における水稻の収量構成要素に及ぼす影響

試験区	1 穂 粒 数		登熟歩合(%)		千粒重(g)	
	1975~1984	1985~1997	1975~1984	1985~1997	1975~1984	1985~1997
無窒素	78.0±11.2	58.2±6.3	92.7±3.4	91.0±3.8	22.1±0.7	22.9±0.4
化学肥料単用	88.2±6.7	70.2±8.0	90.7±3.2	85.0±6.4	22.4±0.4	23.8±0.2
稻わら	89.9±8.7	74.4±6.3 <sup>a</sup>	88.2±4.5 <sup>-a</sup>	85.0±5.1	22.3±0.5	23.7±0.3
無機改良	96.8±10.2 <sup>a,b</sup>	78.9±9.4 <sup>aa</sup>	92.0±2.5 <sup>a,b</sup>	88.1±4.5	22.4±0.7	23.1±0.6 <sup>-a</sup>
総合改善	91.9±9.2	75.7±8.1 <sup>aa</sup>	90.6±3.6	88.5±3.6	22.4±0.5	23.3±0.7

注) aa,aは1%水準, 5%水準で化学肥料単用区に対して有意差があることを示す。

bb,bは1%水準, 5%水準で稻わら区に対して有意差があることを示す。

第7表 土壤改良法が成熟期のわら重と粒重に及ぼす影響

試験区	わら重(kg/10a)		粒重(kg/10a)		粒わら比	
	1975~1984	1985~1997	1975~1984	1985~1997	1975~1984	1985~1997
無窒素	356.9±55.4	326.3±77.0	329.4±51.2	281.8±52.8	0.93±0.17	0.86±0.05
化学肥料単用	680.5±98.0	712.7±121.7	618.9±51.4	603.1±47.6	0.92±0.14	0.87±0.12
稻わら	696.1±99.2	771.6±99.1 <sup>a</sup>	630.4±43.9	653.7±38.8 <sup>aa</sup>	0.92±0.13	0.83±0.08
無機改良	692.6±112	733.2±77.0 <sup>-b</sup>	650.7±53.8	667.8±30.8 <sup>aa</sup>	0.96±0.14 <sup>a</sup>	0.88±0.08
総合改善	724.7±88.5	768.5±104.0	649.0±44.2	653.7±42.8 <sup>a</sup>	0.92±0.11	0.85±0.07

注) aa,aは1%水準, 5%水準で化学肥料単用区に対して有意差があることを示す。

bb,bは1%水準, 5%水準で稻わら区に対して有意差があることを示す。

り高い傾向であり、後半期における無機改良区のわら重は稻わら区と総合改善区より低くなった。糲重は無機改良区、総合改善区と稻わら区が試験開始より化学肥料単用区に比べて高く、後半期でその傾向が高くなかった。糲わら比は試験前半に無機改良区が他区よりも大きくなつたが、後半期は同程度であった。

第8表に成熟期の収量を第2図に化学肥料単用区の収量を100とした収量指数の推移を示した。無機改良区と総合改善区は施用当初より增收効果が認められたが、その効果は施用10年以降で大きくなつた。稻わら区の施用開始10年間の収量は化学肥料単用区と同水準であったが、その後增收した。無窒素区は収量が低下する傾向であった。

## 2. 水稻の無機養分含有率と無機養分吸収量

第9表に稻わらと糲における無機養分含有率の平均値(1975~1997年)を示した。稻わらにおける無機改良区と総合改善区の窒素、リンとカルシ

ウム含有率は化学肥料単用区と稻わら区より低くなつたが、マグネシウムとケイ酸は高くなつた。稻わら区のケイ酸含有率は化学肥料単用区より高くなつた。カリの含有率は無機改良区でやや低い傾向であった。糲における稻わら区、無機改良区と総合改善区の窒素含有率は化学肥料単用区よりも低くなる傾向であった。無機改良区と総合改善区のカルシウム含有率は化学肥料単用区と稻わら区より低くなつたが、マグネシウムとケイ酸は高くなつた。

第10表に成熟期水稻の無機養分吸収量の平均値(1975~1997年)を示した。リン酸は無機改良区と総合改善区が化学肥料単用区に比べて低くなつた。逆に、ケイ酸は無機改良区と総合改善区で高く、稻わら区においても化学肥料単用区よりも高くなつた。

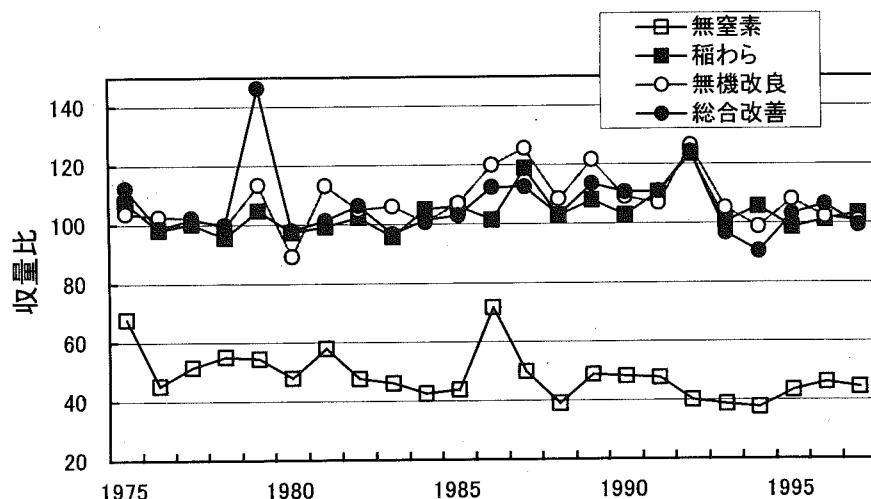
## 3. タマネギの生育と収量

第3図に化学肥料単用区の収量を100とした収

第8表 土壤改良法が水稻の収量に及ぼす影響(kg/10a)

試験区	1975~1984	収量比	1985~1997	収量比
無 窒 素	262.1±42.8	52	227.0±35.4	46
化学肥料単用	507.7±34.6	100	497.5±60.0	100
稻 わ ら	510.2±36.3	100	526.7±51.5 <sup>aa</sup>	106
無 機 改 良	524.6±39.5	103	546.0±31.4 <sup>aa</sup>	110
総 合 改 善	536.4±51.9	106	526.3±38.3 <sup>a</sup>	106

注) aa,aは1%水準、5%水準で化学肥料単用区に対して有意差があることを示す。化学肥料単用区を100とした。



第2図 土壤改良法と水稻収量指数の推移

注) 化学肥料単用区を100とした

第9表 土壤改良法が成熟期水稻の無機養分含有率に及ぼす影響（1975～1997年）

部位	試験区	無機養分含有率(%)					
		N	P	K	Ca	Mg	SiO <sub>2</sub>
	無 窒 素	0.55	0.09	1.43	0.34	0.09	12.34
	化学肥料単用	0.72	0.13	1.55	0.38	0.09	7.01
わら 稲 わ ら	わら	0.72	0.12 <sup>-aa, -bb</sup>	1.57	0.36	0.09	9.00 <sup>aa</sup>
無 機 改 良	無機改良	0.60 <sup>-aa, -bb</sup>	0.07 <sup>-aa, -bb</sup>	1.49 <sup>-b</sup>	0.30 <sup>-aa, -bb</sup>	0.12 <sup>aa, bb</sup>	14.05 <sup>aa, bb</sup>
総 合 改 善	総合改善	0.65 <sup>-aa, -bb</sup>	0.09 <sup>-aa, -bb</sup>	1.53	0.31 <sup>-aa, -bb</sup>	0.11 <sup>a, b</sup>	12.70 <sup>aa, bb</sup>
	無 窒 素	1.12	0.26	0.32	0.04	0.10	4.56
	化学肥料単用	1.26	0.26	0.32	0.04	0.10	3.04
粉 稲 わ ら	わら	1.22	0.26	0.31	0.04	0.09	3.23
無 機 改 良	無機改良	1.21 <sup>-a</sup>	0.26	0.31	0.03 <sup>-aa, -bb</sup>	0.10 <sup>bb</sup>	4.71 <sup>aa, bb</sup>
総 合 改 善	総合改善	1.25	0.28 <sup>b</sup>	0.32	0.03 <sup>-a, -b</sup>	0.10 <sup>bb</sup>	4.48 <sup>aa, bb</sup>

注) aa,aは1%水準、5%水準で化学肥料単用区に対して有意差があることを示す。

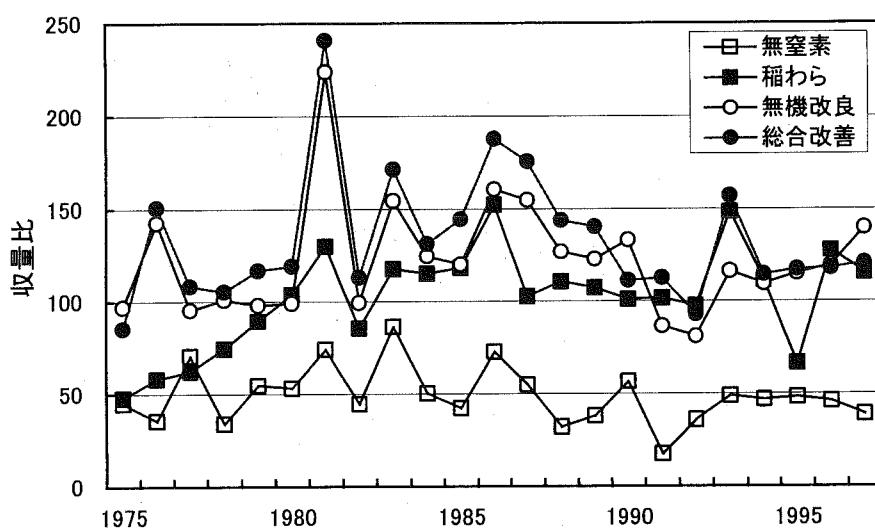
bb,bは1%水準、5%水準で稻わら施用区に対して有意差があることを示す。

第10表 土壤改良法が成熟期水稻の無機養分吸収量に及ぼす影響（1975～1997年）

試験区	無機養分吸収量(kg/10a)			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>
無 窒 素	4.49	2.03	5.93	51.51
化学肥料単用	11.40	4.78	13.70	60.25
稻 わ ら	11.85	4.83	14.36	81.64
無 機 改 良	11.16	4.33 <sup>-aa, -b</sup>	13.48	123.86 <sup>aa, bb</sup>
総 合 改 善	11.42	4.63	14.12	114.05 <sup>aa, bb</sup>

注) 成分吸収量=10a当たり乾物生産量(kg)×成分含有率(%)、aa,aは1%水準、5%水準で化学肥料単用区に対して有意差があることを示す。

bb,bは1%水準、5%水準で稻わら施用区に対して有意差があることを示す。



第3図 土壤改良法がタマネギの収量指数に及ぼす影響

注) 化学肥料単用区を100とした

量指数の経時変化を示した。総合改善区で増収効果が最も高く、次いで無機改良区であった。稻わら区は試験開始より5年間は減収したが、その後は増収に転じた。無窒素区は収量が徐々に低下する傾向であった。無機改良資材と稻わら施用により草丈が高くなつたが、葉数は減少する傾向であった（第11表）。

#### 4. タマネギの無機養分含有率と無機養分吸収量

第12表に収穫期における無機養分含有率を示した。茎葉中の窒素、加里含有率は無機改良資材と稻わら施用により低下する傾向であった。カルシウムとマグネシウムは無機改良区と総合改善区で高くなつた。球中の窒素含有率に差は認められ

第11表 土壤改良法が収穫期のタマネギの草丈・葉数に及ぼす影響

試験区	草丈(cm)	葉数
無 窒 素	36.2	5.1
化学肥料単用	55.8	6.7
稻 わ ら	62.3 <sup>aa</sup>	6.5
無 機 改 良	59.8 <sup>a</sup>	6.1 <sup>-aa, -bb</sup>
総 合 改 善	63.8 <sup>aa</sup>	6.5

注) 草丈と、葉数は1984~1997年の平均

aa,aは1%水準、5%水準で化学肥料単用区に対して有意差があることを示す。

bb,bは1%水準、5%水準で稻わら区に対して有意差があることを示す。

ず、リンとマグネシウムの含有率は無機改良区と総合改善区で高くなつた。カルシウムの含有率は稻わらと無機改良資材の施用区で低くなつた。無機養分吸収量は稻わらを施用した区で窒素と加里の吸収量が多く、熔リンを施用した区で球のリン含有率が高くリン酸の吸収量が増加した（第13表）。

#### 5. 土壤理化学性

第14表に試験開始時の土壤理化学性を示した。1968年より水稻単作ほ場で土壤改良を実施していたため無機改良区と総合改善区ではpH(H<sub>2</sub>O)、交換性石灰・苦土、有効態リン酸と有効態ケイ酸が高かった。

試験後期（1993~1997年）における土壤の化学

第13表 土壤改良法が収穫期におけるタマネギの無機養分吸収量に及ぼす影響

試験区	無機養分吸収量(kg/10a)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
無 窒 素	1.86±0.77	1.33±0.64	3.47±1.31
化学肥料単用	5.31±1.50	1.81±0.88	7.54±1.97
稻 わ ら	5.85±2.08	1.98±0.79	8.55±2.34 <sup>a</sup>
無 機 改 良	5.62±2.03	2.56±1.51 <sup>aa, bb</sup>	7.84±2.80
総 合 改 善	6.61±1.93 <sup>aa, b</sup>	2.96±1.64 <sup>aa, bb</sup>	9.27±2.58 <sup>aa</sup>

注) aa,aは1%水準、5%水準で化学肥料単用区に対して有意差があることを示す。

bb,bは1%水準、5%水準で稻わら区に対して有意差があることを示す。1980~1997年

第12表 土壤改良法が収穫期におけるタマネギの無機養分含有率に及ぼす影響

部位	試験区	無機養分含有率(%)				
		N	P	K	Ca	Mg
	無 窒 素	2.27±0.48	0.48±0.16	3.21±0.61	1.79±0.44	0.16±0.04
茎	化学肥料単用	2.61±0.51	0.20±0.05	2.95±0.59	1.54±0.33	0.14±0.04
	稻 わ ら	2.50±0.45	0.21±0.07	2.87±0.77	1.54±0.36	0.14±0.05
葉	無 機 改 良	2.37±0.34 <sup>-aa, -bb</sup>	0.22±0.06	2.40±0.55 <sup>-aa, -bb</sup>	1.74±0.43 <sup>aa, b</sup>	0.37±0.10 <sup>aa, bb</sup>
	総 合 改 善	2.47±0.49	0.21±0.05	2.62±0.60 <sup>-aa</sup>	1.59±0.34	0.24±0.06 <sup>aa, bb</sup>
	無 窒 素	0.88±0.27	0.32±0.10	1.29±0.23	0.51±0.15	0.08±0.02
球	化学肥料単用	1.27±0.35	0.23±0.05	1.39±0.25	0.45±0.13	0.09±0.02
	稻 わ ら	1.21±0.40	0.23±0.05	1.40±0.25	0.41±0.14 <sup>-aa</sup>	0.09±0.02
	無 機 改 良	1.22±0.35	0.27±0.05 <sup>aa, bb</sup>	1.39±0.28	0.39±0.13 <sup>-a</sup>	0.12±0.03 <sup>aa, bb</sup>
	総 合 改 善	1.20±0.35	0.27±0.07 <sup>a, b</sup>	1.39±0.25	0.37±0.13 <sup>-aa, -b</sup>	0.11±0.03 <sup>aa, bb</sup>

注) aa,aは1%水準、5%水準で化学肥料単用区に対して有意差があることを示す。

bb,bは1%水準、5%水準で稻わら区に対して有意差があることを示す。1980~1997年

第14表 試験開始時の土壤理化学性

試験区	pH (H <sub>2</sub> O)	T-C (%)	T-N (%)	交換性塩基 (mg/100 g)			有効態P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100 g)	有効態SiO <sub>2</sub> (mg/100 g)
				CaO	MgO	K <sub>2</sub> O		
無 窒 素	5.7	1.26	0.13	90	13	12	7	6
化学肥料単用	5.7	1.26	0.13	90	13	12	7	6
稻 わ ら	5.8	1.31	0.14	100	13	17	8	8
無 機 改 良	7.2	1.14	0.14	219	28	10	44	77
総 合 改 善	6.6	1.22	0.13	176	23	15	20	39

注) 1972~1974年の平均値

性は土壤改良を反映して、土壤のpH(H<sub>2</sub>O)、交換性石灰・苦土、有効態リン酸と有効態ケイ酸は無機改良区が、全炭素と全窒素は稻わら区が最も高く、交換性加里は各処理区とも同程度であった(第15表)。

全炭素は稻わら区で土壤改良当初(1975年)と同程度であり、無機改良区の減少が最も大きかった。

た(第4図)。

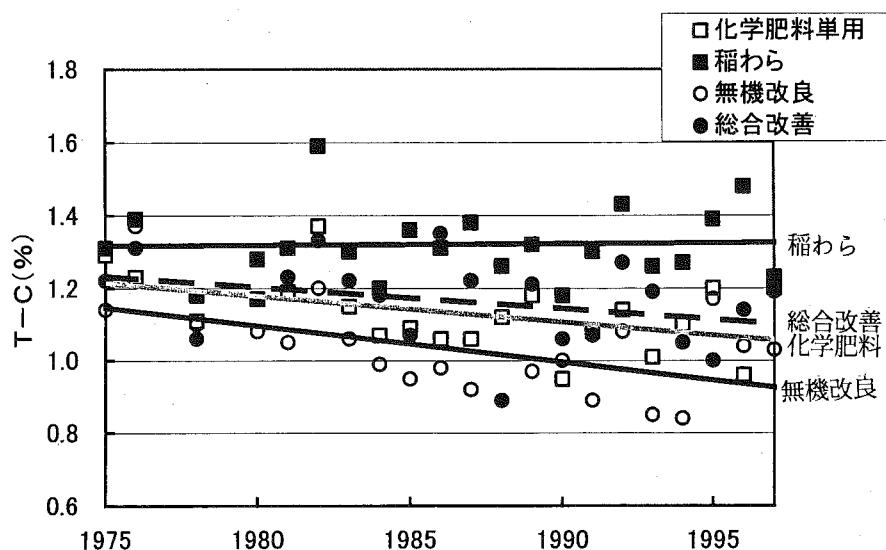
熔リンの施用により有効態リン酸は増加した。その増加傾向に相関が認められ、無機改良区で乾土100g当たり年間約5.9mg、総合改善区で3.2mgが増加した。熔リンを施用しない化学肥料単用区と稻わら区においても有効態リン酸の増加傾向が認められた(第5図)。

第15表 試験後期における土壤の化学性(1993~1997年の平均)

試験区	pH (H <sub>2</sub> O)	T-C (%)	T-N (%)	交換性塩基 (mg/100 g)			有効態P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100 g)	有効態SiO <sub>2</sub> (mg/100 g)
				CaO	MgO	K <sub>2</sub> O		
無 窒 素	6.5	0.958	0.110	125	15	22	47	21
化学肥料単用	6.3	1.094	0.110	89	19	18	38	11
稻 わ ら	6.5	1.326 <sup>a</sup>	0.144 <sup>aa</sup>	118	19	22 <sup>a</sup>	41	17 <sup>aa</sup>
無 機 改 良	7.0 <sup>a</sup>	0.986 <sup>-bb</sup>	0.112 <sup>-bb</sup>	229 <sup>aa, b</sup>	47 <sup>aa, bb</sup>	17 <sup>-bb</sup>	175 <sup>aa, bb</sup>	397 <sup>aa, bb</sup>
総 合 改 善	6.6	1.114 <sup>-b</sup>	0.126 <sup>a-b</sup>	166 <sup>aa</sup>	26	20 <sup>-b</sup>	90 <sup>aa, bb</sup>	163 <sup>aa, bb</sup>

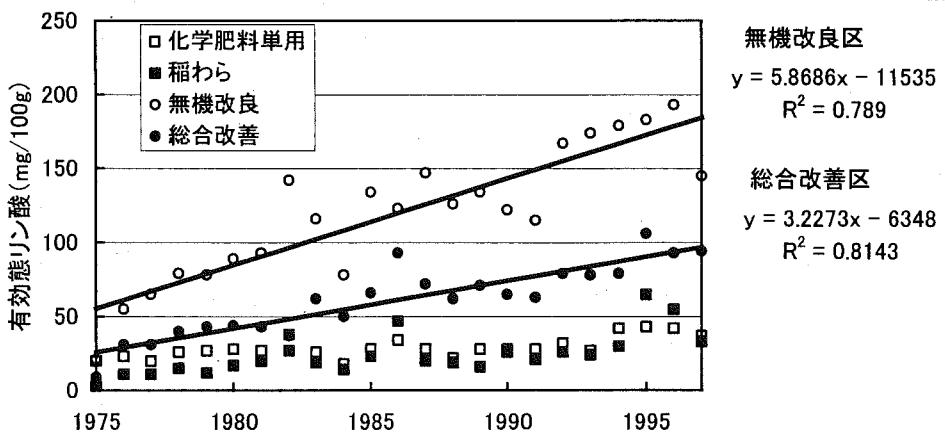
注) aa,aは1%水準、5%水準で化学肥料単用区に対して有意差があることを示す。

bb,bは1%水準、5%水準で稻わら施用区に対して有意差があることを示す。



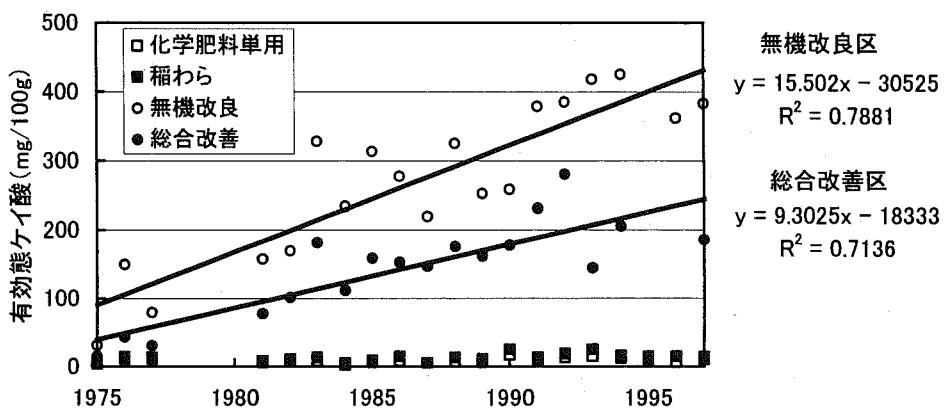
第4図 土壤改良法が全炭素含有率に及ぼす影響

注) 水田跡土壤、1975~1997年



第5図 土壤改良法が有効態リン酸に及ぼす影響

注) 水田跡土壤, 1975~1997年



第6図 土壤改良法が有効態ケイ酸に及ぼす影響

注) 水田土壤, 1975~1997年

珪カルと熔リンの施用量と土壤中の有効態ケイ酸に相関が認められ、無機改良区で乾土 100g 当たり年間約 15.5mg、総合改善区で 9.3mg が増加した。稻わら区と化学肥料単用区では有効態ケイ酸の増加は認められなかった(第6図)。

土壤中の遊離酸化鉄含有率を 1984 年より調査

したところ稻わら施用区で含有率が高く、稻わらの無施用区で低くなかった(第16表)。

水稻跡土壤とタマネギ跡土壤の理化学性について有意差を検定したところ、水稻跡に比べてタマネギ跡では pH と交換性苦土が低下し、全炭素、全窒素と交換性の加里が増加した(第17表)。

第16表 土壤改良法が遊離酸化鉄含有率に及ぼす影響

処理区	遊離酸化鉄(%)
無 窒 素	2.19±0.22
化学肥料単用	2.17±0.19
稻 わ ら	2.38±0.37
無 機 改 良	2.04±0.29
総 合 改 善	2.27±0.32

注) 稲わら区は無機改良区に1%, 無窒素区と化学肥料単用区に5%の有意差有り。総合改善区は無機改良区に1%の有意差有り、水田跡土壤, 1975~1997年

第17表 土壤改良法が水稻作とタマネギ作の跡地土壤における土壤化学性に及ぼす影響

試験区	作付	pH (H <sub>2</sub> O)	T-C (%)	T-N (%)	交換性塩基 (mg/100 g)			有効態P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100 g)
					CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	
無 窒 素	水 稲	6.7	1.05	0.106	167	15 <sup>aa</sup>	31	37
	タマネギ	6.4	1.09	0.114	187 <sup>aa</sup>	11	41	54 <sup>aa</sup>
化学肥料 単 用	水 稲	6.0 <sup>a</sup>	1.13	0.109	105	13 <sup>a</sup>	20	29
	タマネギ	5.6	1.20 <sup>a</sup>	0.125 <sup>aa</sup>	100	9	29 <sup>aa</sup>	32
稻 わ ら	水 稲	6.1 <sup>a</sup>	1.32	0.132	114	13	27	24
	タマネギ	5.7	1.42 <sup>aa</sup>	0.144	130	14	37 <sup>a</sup>	30
無機改良	水 稲	7.3 <sup>a</sup>	1.03	0.105	239	44 <sup>aa</sup>	21	120
	タマネギ	6.9	1.09 <sup>a</sup>	0.115	242	38	34 <sup>aa</sup>	130
総合改善	水 稲	6.9 <sup>aa</sup>	1.16	0.118	182	31 <sup>a</sup>	23	61
	タマネギ	6.3	1.24 <sup>a</sup>	0.129	192	27	36 <sup>aa</sup>	66

注) aa,aは1%水準、5%水準で水稻作・タマネギ作に対して有意差があることを示す。1975~1977年の平均値

1997年に試験終了後の土壤を用いて0.1N-HCl抽出の重金属含有量を調査したところ、珪カルと熔リンを施用した無機改良区と総合改善区でニッケルと亜鉛の含有量が僅かであるが増加した(第18表)。

試験中後期のタマネギ栽培跡土壤の物理性を測定した。稻わらを施用する稻わら区と総合改善区で試験初期よりも固相率と仮比重が低くなつた(第19表)。

## 6. いもち病発生の抑制効果

1998年(平成10年度)に水稻・品種「キヌヒカリ」を栽培したところ7月上旬よりいもち病が発生した。試験区によりその発生量が異なり、化学肥料単用区の発病度が0.32と最も高く、珪カルと熔リンを施用する無機改良区と総合改善区で発生が抑えられた(第7図)。

## 考 察

### 1. 稲わら、珪カルと熔リンの連用が水稻とタマネギの生育と収量に及ぼす影響

近年、消費者は健康や環境に配慮した農産物を求めており、良食味・安全嗜好の意識が強い。和

第18表 土壤改良法が1997年における水稻跡地土壤の重金属含有量に及ぼす影響

試験区	Ni(ppm)	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)
無 窒 素	0.47	6.30	3.68	0.18
化 学 肥 料 単 用	0.52	6.44	2.80	0.19
稻 わ ら	0.75	6.21	4.59	0.17
無 機 改 良	2.99	—	6.82	0.14
総 合 改 善	1.90	4.86	5.51	0.16

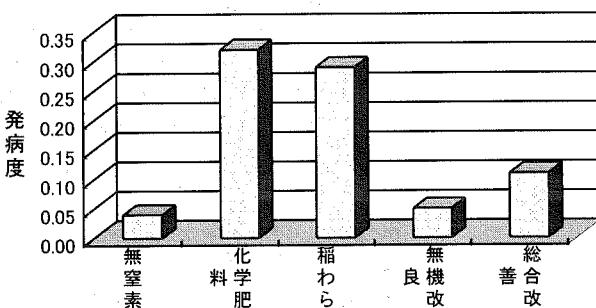
注) 1997年水稻後作土壤, 0.1N-HCl抽出

第19表 土壤改良法が土壤物理性に及ぼす影響

試験区	1976年			1991~1993年の平均量		
	固相(%)	孔隙(%)	仮比重	固相(%)	孔隙(%)	仮比重
無 窒 素	41.0	59.0	1.09	41.0	59.0	1.133
化 学 肥 料 単 用	40.2	59.8	1.06	37.4	62.6	1.050
稻 わ ら	39.9	60.1	1.06	36.1	63.9	1.034
無 機 改 良	41.6	58.4	1.10	42.0	59.0	1.097
総 合 改 善	40.6	59.4	1.08	36.4	62.2	1.052

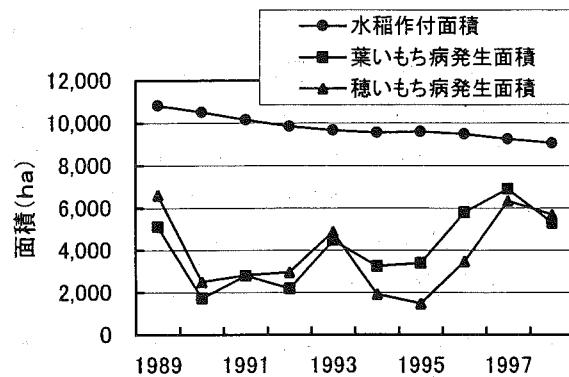
注) タマネギ栽培跡土壤

歌山県内では良食味である「キヌヒカリ」を1990年奨励品種に採用、その作付面積が増加し1998には全水田面積の1/3で栽培が行われている。1996年頃より平坦部でのいもち病発生が問題となっており、秋雨と台風による被害もあるが、1996~1998年のいもち病発生面積は全水田面積の50%以上である(第8図)。前述の試験結果に



第7図 土壤改良資材の施用がいもち病の発病度に及ぼす影響

注) 1998年、品種:「キヌヒカリ」、窒素:5kg/10a  
 発病度=(5A+4B+3C+2D+E)/(5×調査株数)、A:病班面積50%以上、B:病班面積10~50%、C:病班面積~10%、D:病班面積0~2%、E:病班なし。



第8図 水稻作付面積といもち病発生面積の推移

注) 和歌山県病害虫防除所

もあるよう珪カル・熔リン施用区でいもち病の発生が抑えられており、農薬散布回数を減らすためにもケイ酸資材の施用は必要不可欠であろうと考えられる。

本試験の水稻栽培では比較的早い時期より稻わら、珪カルと熔リンの施用効果が現れた。珪カルと熔リンを施用している無機改良区と総合改善区では施用当初よりケイ酸含有率が高く、試験期間中を通じてその吸収量は他の有効成分に比べて非常に多いことから、両区における増収にケイ酸が関与（松尾、1990；神谷ら、1994）していると考えられる。

ケイ酸が水稻生育に及ぼす影響として、今回の試験では草丈の伸長（生育の促進）、いもち病の抑制（耐性の向上）、わら重・粉重の増加（乾物生産量の増加）、登熟の向上や1穂粉数の増加が認められた（松尾、1990）。この他にも珪カルの多量施用により窒素吸収量が抑制されているにも関わらず収量は高いため、ケイ酸施用による窒素施肥量削減効果（第20表）が認められた。また、水稻中の窒素含有率低下も認められることから食味改善効果も示唆された。

稻わら区、無機改良区と総合改善区では稈長が化学肥料単用区に比べて長くなっている、稻わら施用区では稻わら由来窒素による影響も考えられるが、無機改良区では施用していないためケイ酸の施用により水稻中ケイ酸含有率が高まり、伸長期における養分転流が円滑に進むのではないかと考えられる。このような効果は、水稻中の微量のケイ酸が持っている特性ではなく絶対量が問題で、水稻の健全な生育には多量のケイ酸が必要（松尾、1990）という見地から考えると、本試験の造成時の土壤は有効態ケイ酸含有量が少なく、ま

た、灌漑水である紀ノ川支流・貴志川水系・山田ダムのケイ酸含有量が2.3ppmと極めて低いなど天然供給量が不足していたためケイ酸の増収効果が顕著に現れたと考えられる。

なお、県内主要河川の中流におけるケイ酸含有量は第21表（平田、1999）に示した10～12ppmであり、全国における灌漑水質平均値の18.2ppm（高橋、1981）と比較すると非常に低く、ケイ酸資材施用効果が十分に現れると推察される。

第21表 県内主要河川の中流におけるケイ酸濃度

河川名	SiO <sub>2</sub> (ppm)
紀ノ川	10.3
日高川	11.3
南部川	11.6
富田川	9.8
日置川	10.1
古座川	12.2

ケイ酸の利用率について差し引き法により推定すると稻わら区で36%、無機改良区で29%、総合改善区で39%となり、稻わら全量還元を基準としてケイ酸の補給必要量を算出すると42kg/10aとなり、この値は珪カル140kg施用量に相当する。

水稻においては熔リンの施用によるリン含有率の増加は認められず、試験開始より無機改良区と総合改善区でわらのリン含有率が低く推移した。この現象には土壤pHと相関関係が認められ、pHが高くなるにつれて稻わら中のリン含有率が低下した（第9図）。粉中のリン含有率が同程度であることから稻わら中のリンとケイ酸の間に拮抗

第20表 水稻とタマネギの土壤改良による無機養分吸収量の収支

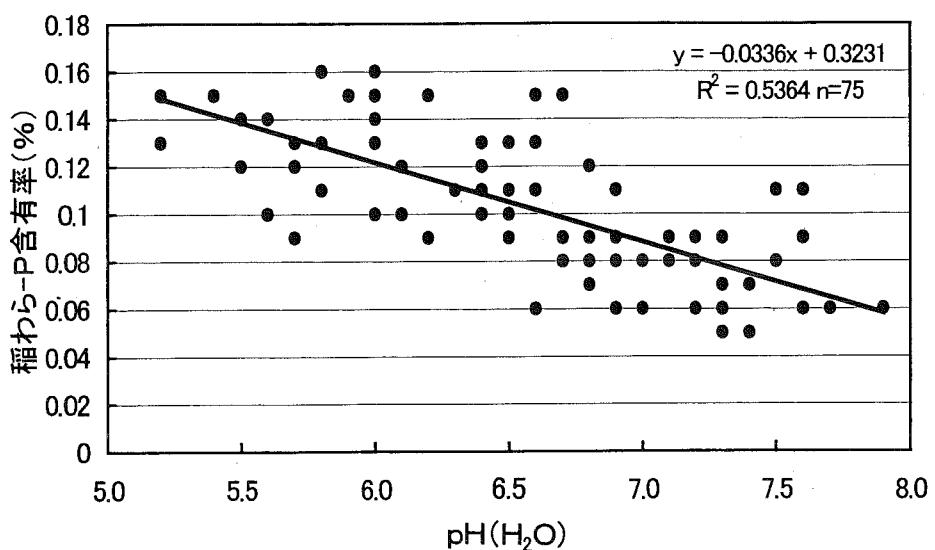
効果	水稻 (kg/10a)				タマネギ (kg/10a)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
3要素施用効果	6.92	2.75	7.77	8.74	3.45	0.48	4.07
稻わら施用効果	0.45	0.05	0.66	21.39	0.54	0.17	1.01
珪カル・熔リン施用効果	-0.24	-0.44	-0.22	63.61	0.31	0.75	0.30
総合改善効果	0.02	-0.15	0.42	53.81	1.30	1.15	1.73

注) 吸収量の差し引き法、3要素施用効果：化学肥料単用区－無窒素区、稻わら施用効果：稻わら区－化学肥料単用区、珪カル・熔リン施用効果：無機改良区－化学肥料単用区、総合改善効果：総合改善区－化学肥料単用区

抗作用が働いたと考えられた(第10図)。リン酸の効果として初期の茎数を増加させ、最高分けつ期を早めるという報告(藤原・大平, 1959)があり、本研究では珪カルと熔リンを多量に施用する無機改良区で最高分けつ期の茎数と穂数は少ない

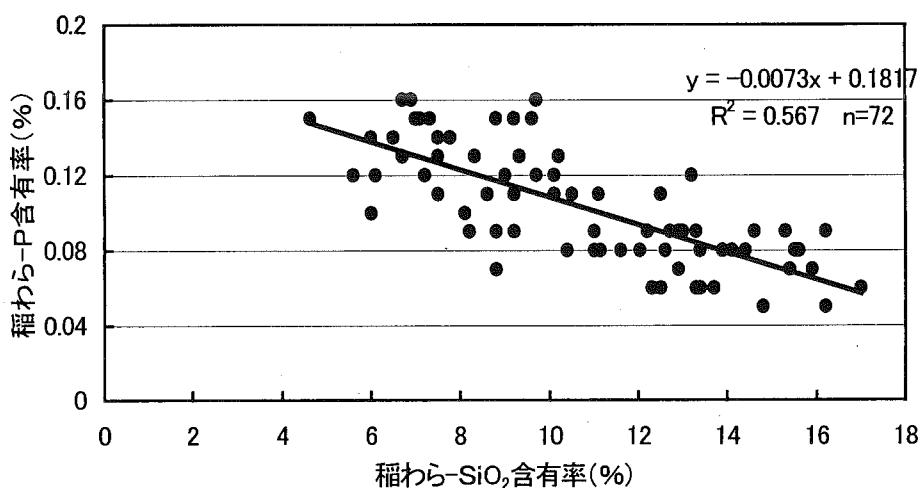
傾向であるので、リン酸のケイ酸による吸収抑制は生育初期より生じていたと考えらる。

稻わらの施用により稻の窒素、リン酸、カリとケイ酸吸収量が増加、わら重、収量、草丈、茎数、穂数の増加することが認められた。この要因とし



第9図 土壌pHと稻わらリン含有率の関係

注) 無窒素区除く



第10図 土壌pHと稻わらケイ酸含有率の関係

注) 無窒素区除く

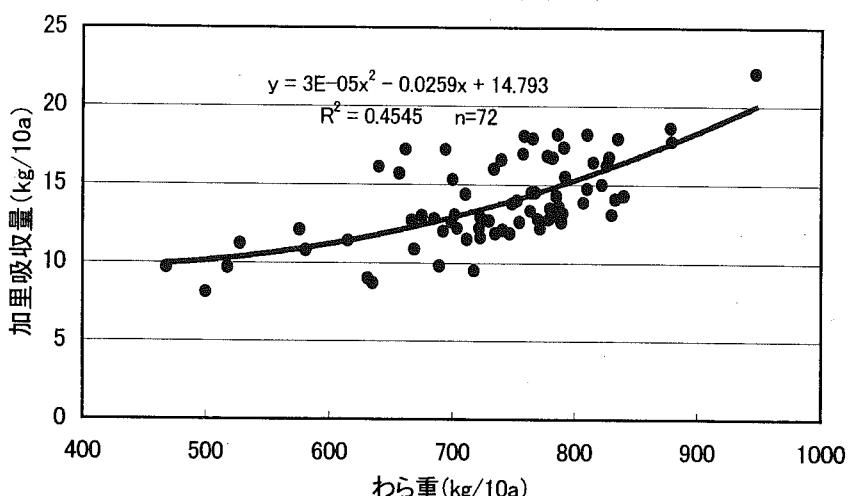
て試験開始前の水稻単作ほ場での処理による影響が輪作ほ場での試験開始当初より現れたものと考えられ、連年施用により施用窒素放出率が増加する（農業研究センター、1985）という見地からすると、細粒黄色土では施用開始より10～15年で窒素放出が上限に達しその後の増収につながると考えられた。また、加里の吸収量とわら重に相関が認められ、稻わら施用区では稻わら由来の加里が水稻に吸収されるため、3要素施用区よりも0.66～0.42kg/10aの加里吸収量増加が認められ、このことがわら重増加の1要因であると考えられる（第11図、第7、20表）。

稻わら施用によるタマネギ収量は試験開始初期において化学肥料単用区より減収したが、年々増加し6年目以降で増収に転じる効果が認められた。今回の調査では稻わら施用による減収の要因を明らかにすることは出来なかった。しかし、六本木ら（1987）によると稻わら鋤込み時に窒素を施用することで小麦の減収を回避できるが、連用5年後からは窒素過多により減収に転じるという報告もあることから、植え付け直前の稻わら施用による窒素飢餓が減収の1要因であると考えられる。稻わらの半量還元（総合改善区300kg）では窒素飢餓が少なくなるとともに、無機改良資材の施用による増収効果が現れるため減収が回避されるものと考えられる。同報告では小麦作時に稻わらを埋設し分解過程を調査したところ冬期にも稻わらは分解し、埋設1ヶ月で15%，3ヶ月で40%，小麦作終了時で50%以上が分解するとしている。また、窒素飢餓が回避されたと考えられる6年目以降、タマネギ収量は増加しているが、無機養分

含有率に変化が認められない。このことからタマネギの増収に土壤物理性の改善効果等が関与していると考えられた。土壤物理性の改善による効果として、相馬ら（1974）は土壤養水分の保持により葉身、球中の養分濃度が高く推移し、吸収量も多く増収につながるとしている。今回の試験においては土壤の保水力について調査を行っていないが、稻わら施用区では固相率・仮比重が他区よりも低いことから、保水力も高いものと推察される。

熔リンを施用している無機改良区と総合改善区でタマネギの増収効果が認められた。タマネギ栽培では従来よりリン酸が収量の増加に関与している（広部ら、1981～1982；相馬、1993）といわれており、本試験においても熔リンを施用している無機改良区と総合改善区でリン含有率が高まった。しかし、増収効果は試験開始より総合改善区で大きいことから熔リンの施用と併せて稻わらの施用による土壤物理性の改善が収量増に関与していると考えられた。

なお、今回の試験ではタマネギ球の球径（規格）について調査を行っていないが、リン酸の多施用による土壤中のリン酸蓄積量が80～130mg/100g乾土以上（灰色低地土・褐色低地土）では球の肥大が抑制されるとされている（相馬、1993）。また、広部ら（1981～1982）は灰色低地土でのリン酸施肥レベルとして有効態リン酸100mg/100g乾土以下では標準施肥であるが100mg乾土以上では施肥量の削減効果が高いとしている。本試験での収量は試験開始より10～15年でピークを迎えた後化学肥料単用区より増収しているものの収量指数は低くなっている。この要因をリン酸過



第11図 わら重と加里吸収量の関係  
注) 無窒素区除く

剰による球肥大の抑制とすると黄色土では有効態リン酸の値が50~100mgまでは熔リンと施肥による増収効果が高いと考えられた。

以上のことから、稻わら施用効果として水稻ではケイ酸の補給効果が最も高く、タマネギでは前述したとおり土壤物理性の改善効果が高いが、無機改良資材併用により稻わら由来窒素の利用効率は69%（稻わら区14%）と非常に高まる。珪カル・溶リン施用効果として水稻ではケイ酸の吸収量が増加し、窒素、リン酸と加里の吸収量が低下していることから、ケイ酸施用により3要素施肥削減の可能性が示唆された。総合改善効果は水稻で低いがタマネギでは最も高いことから、タマネギでは稻わらと無機改良資材による土壤改良が良いと考えられる（第20表）。このため、水稻－タマネギ栽培では稻わらと珪カルによる土壤改良を行い、今後タマネギ栽培では有効な施肥方法について検討するとともに、残存する肥料成分を水稻作で利用する施肥体系等についても考える必要がある。リン酸については珪カルとの併用施用により吸収量が低下するため、水稻作においては施肥又は土壤改良どちらか一方で良いであろう。また、水稻－タマネギ栽培では有効態リン酸が50~100mgを上限としてタマネギ栽培においても施肥のみで対応することが望ましいと考えられた。

## 2. 稻わら、珪カルと熔リンの連用が土壤理化学性に及ぼす影響

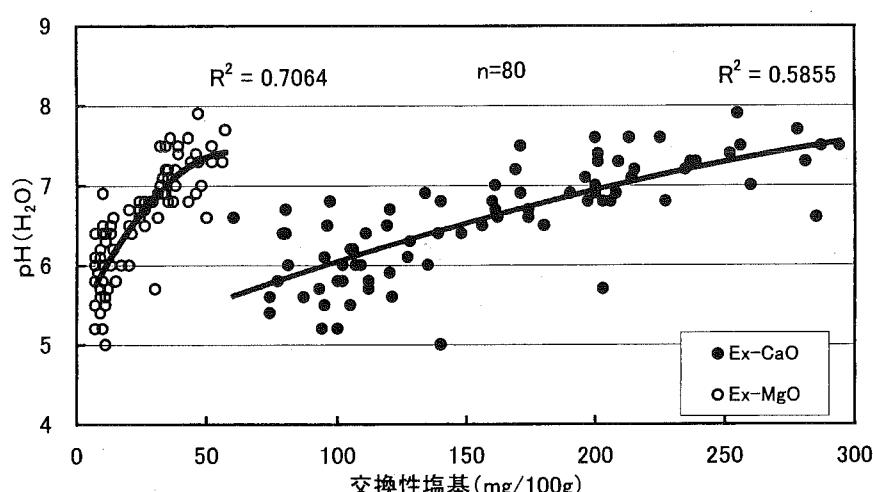
水稻とタマネギの作付跡土壤を比較すると、タマネギの作付けによりpHが低下、水田で上昇す

るという傾向があり、同様な傾向が交換性苦土において認められ、栽培法による肥料成分の流亡等によるものと考えられる。逆にT-C、T-Nと交換性加里はタマネギの作付け跡土壤で増加し、水稻跡で減少した。土壤改良資材の稻わら施用時期と水稻作付後の土壤理化学性を考慮すると、T-C、T-Nと交換性加里は特に水稻作での消耗が大きい養分であると考えられた。

土壤pHは珪カルと熔リンを施用している無機改良区と総合改善区で高く推移した。水稻跡地土壤における試験後期5年間（1993~1997年）の平均値は無機改良区で7.2、総合改善区は6.6と高くなかった。土壤pHと交換性石灰、苦土の間に相関関係が認められ、pHの高い土壤で交換性石灰と苦土が高くなかった。珪カル・熔リンにはアルカリ分として石灰と苦土を含有しており、本試験ではその施用量が多いため、無機改良区と総合改善区で交換性石灰、苦土の含有量が高まり土壤pHが上昇したと考えられた（第12図）。

全炭素の分析結果から稻わらを10a当たり600kg施用することにより土壤改良前の土壤炭素含有率を維持することが可能であり、試験開始15年後の土壤物理性は稻わらの施用区で固相率・仮比重が低くなっている。このため、腐植の維持と物理性改善のためには稻わらの全量還元、またはそれ以上の有機物施用が必要であると考えられる。

有効態リン酸は熔リンの無施用区においても微増していることから、水稻作6.9(9.8)kg－タマネギ作20.7kgの施用では施肥過剰で、今後リン



第12図 土壤交換性石灰(CaO)・苦土(MgO)とpHの関係  
注) 水田跡土壤

酸の有効利用のためには設計よりも少ないリン酸の施肥が望ましいと考えられる。

熔リンの施用区は試験年数と有効態リン酸の増加に相関が認められている。作土層を 15 cm, 仮比重を 1 とすると、それぞれ年間 8.8kg, 4.8kg が蓄積する。年間のリン酸投入量が無機改良区 67kg, 総合改善区 48kg, 吸收量が 6.9kg, 7.6kg であることから、水稻とタマネギを合わせたリン酸の利用率がそれぞれ 10%, 16% となり、残量の 14%, 12% が有効態リン酸で、70% 強のリン酸が作土層より流亡又は不溶化していると推察される。リン酸が土壤中での移動が少ない成分であるとされているが、リン酸とケイ酸を併用して施用しているためにケイ酸が鉄やアルミニウム酸化物によってリン酸を土壤に固定するのを抑制（東海, 1981）すること、有機態リン酸の無機化を促進すること（高井ら, 1976）等が示されているため、今後全リン酸の分析を行い全体的なリン酸収支の検討が必要であると考えられる。水田における有効態リン酸蓄積が環境に及ぼす影響として、大橋（1989）は有効態リン酸の増加に伴い水溶性リン酸が増加、代かき時の流亡が大きいとしており、これらの点においても検討が必要である。

有効態ケイ酸は無施用区で増加が認められないことから、適正量を連年補給する必要がある。有効態ケイ酸についても有効態リン酸と同様に珪カルの施用区で試験年数と増加量に相関が認められる。水稻作でのみリン酸と同様に考察すると、施用量の約 10% が有効態ケイ酸として土壤に蓄積、50~60% が流亡又は不溶化していると考えられる。有効態ケイ酸の不溶化の要因として供試土壤が細粒黄色土であり土壤中に多量の遊離酸化鉄を含むために鉄とケイ酸の結合（三宅, 1993）によるのではないかと考えられる。このことは遊離酸化鉄含量の年次変化は殆ど認められないが、稻わらを施用している稻わら区と総合改善区は無機改良区と化学肥料単用区よりも高い傾向であることから、稻わら施用により不溶化が抑制されるのではないかと考えられる。

重金属の蓄積に関しては珪カルと熔リンを施用した無機改良区と総合改善区でニッケルと亜鉛の含有量が増加した。23 年間の処理でニッケルが最大 2.2 ppm、亜鉛が 3~4 ppm 増加している。この増加量は極僅かで自然含有量（大橋 1998）と

比較しても非常に低い値であり、水稻とタマネギに与える影響はないと考えられた。

## 摘要

1975 年から 1997 年の 23 年間、黄色土水田において無窒素、3 要素、稻わら 600kg/10a、珪カル 300kg/10a・熔リン 100kg/10a（年 2 回施用）、稻わら 300kg/10a（年 1 回）・珪カル 150kg/10a・熔リン 50kg/10a（年 2 回施用）の各連用試験を行い、水稻とタマネギの生育、養分吸収量と跡地土壤の変化について検討した。その結果は以下のとおりである。

1. 水稻-タマネギ栽培で田畠輪換を 23 年間繰り返したが、黄色土壌では稻わら 600kg/10a の施用により土壤物理性の改善が認められ、土壤改良当初の全炭素量を維持することが可能であった。水田土壤の持続生産力を維持、向上させるためには稻わらの全量還元と併せて他の有機物を投入するとともに、珪カルの施用が必要であり、熔リンに関しては有効態リン酸 50~100mg/100g までの施用が望ましいと考えられた。
2. 水稻収量に対する稻わらの施用効果は連用 10~15 年より高まり、タマネギに対しては 5~10 年後に認められる。稻わら由来の窒素供給量は水稻、タマネギ両作で約 1 kg/10a/年であると考えられた。水稻作では稻わら分解により生じるケイ酸等の吸収も增收に関与していると推察され、タマネギ作では無機改良資材の併用により稻わら由来窒素の利用効率が高まる。增收効果は 23 年間で水稻が 104%、タマネギは施用 6 年以降で 112% であった。
3. 硅カル・熔リンの施用により水稻とタマネギの增收効果が認められ、水稻增收効果はケイ酸の吸収量増加に伴う登熟歩合と 1 穂粒数の向上であった。タマネギはリン酸含有率増加に伴う球重の増加と稻わら施用による土壤物理性の改善が大きいと考えられた。
4. 硅カルと熔リンの施用により土壤中の有効態ケイ酸と有効態リン酸が蓄積することから、土壤診断による適切な施用が重要である。
5. 水稻に対する硅カルの施用量を試算すると 140kg（ケイ酸 30% 含有）であった。

## 謝　辞

終わりに本研究の実施にあたり長年にわたり調査を継続された関係職員の方々（第22表）とご指導を頂いた和歌山県農林水産総合技術センター農業試験場平田滋氏に深く感謝の意を表します。また、収穫および調査に多大のご協力を頂いた当場職員の西岡義高氏、アルバイト職員の小西君子氏と北橋恵美子氏に厚くお礼申し上げます。

第22表 本調査の試験担当者、担当期間と現職場

試験担当者名	担当期間	現職場
広部 純	1975～1983	農林水産総合技術センター
森下 年起	1984～1988	農業試験場 環境保全部
林 純一	1989～1990	暖地園芸センター
川口 博	1991～1992	日高地域農業改良普及センター
平田 滋	1993	農業試験場 環境保全部
赤井 敬二	1994	那賀振興局 農林水産振興部
橋本 崇	1995～1997	農業大学校

## 引用文献

- 大橋一弘. 1998. 土壤の有害金属汚染. p. 7－37. 博友社. 東京.
- 大橋恭一. 1989. 農耕地におけるリン酸の動態に関する研究. 滋賀県農研特報. 16 : 3－86.
- 神谷径明・大石達明・嶋田昭史・水本順敏・堀兼明. 1994. 中粗粒灰色低地土水田における有機物及び珪カルの連用が土壤及び水稻に与える影響. 静岡県農業試験場研究報告. 38 : 1－10.
- 相馬 晓・平井義孝・岩淵晴郎. 1974. 春播きタマネギの生育・収量・貯蔵性に及ぼす土壤水分の影響. 北農. 41-8 : 1－12.
- . 1993. タマネギの施肥問題と施肥設計. 農業技術体系野菜編8-. 基187－200. 農村漁村文化協会. 東京.
- 高井康雄・早瀬達郎・熊沢喜久夫. 1976. 植物栄養土壤肥料大辞典 512. 養賢堂. 東京.

- 高橋和夫. 1981. 鉱さいの水稻に対する肥効と水田土壤中の有効態ケイ酸に関する研究. 四国農試報. 38 : 75－114.
- 東海林覚. 1981. 土肥誌. 52 : 253－258.
- 農業研究センター. 1985. 農耕地における有機物施用技術. p. 8－28. 茨城県.
- 農林水産省農蚕園芸局農産課編. 1979. 土壌環境基礎調査における土壤、水質及び作物分析法. p. 1－202. 土壌保全調査事業全国協議会. 東京.
- 平田 滋. 1999. 和歌山県内主要河川中溶解性成分濃度調査. 平成11年度-東海・近畿ブロック土壤保全対策事業成績検討会-府県関係資料.
- 広部 純・平田 滋・上田長和・藤井孝夫. 1981－1982. タマネギに対する土壤リン酸レベルとリン酸施肥効果判定試験. 和歌山県農業試験場試験研究の概要.
- 藤原彰夫・大平幸次. 1959. 高等植物における燐の生理的機能に関する研究(水稻編) 第1報. 土肥誌. 30. 162－170.
- 松尾孝嶺. 1990. ケイ酸の吸収と生理. 稲作大成第2巻生理編. 321－331. 農村漁村文化協会. 東京
- 三宅靖人. 1993. 土壤の活性ケイ酸と植物. 岡山大学農学部学術報告 81 : 61－79.
- 六木本和夫・秋本俊夫・鈴木清司. 1987. 稲・麦わらの連用が作物生育及び水田土壤の肥沃土に及ぼす影響. 埼玉県農業試験場研究報告. 42 : 17－60.
- 農林水産省統計情報部. 2000. 和歌山県統計書. 農業センサス.
- 和歌山県農業試験場. 1978. 地力保全基本調査総合成績書. p. 47－49. 和歌山県農業試験場. 和歌山.
- 和歌山県農林水産部. 2000. 和歌山県の農林水産業. p. 12. 和歌山県農林水産部. 和歌山.