

砂質秋落水田に対する鉄鋳滓施用効果

村上英行*・古山光夫*・三原文吉**・花山英夫*

Effect of Iron-slag Application on the Sandy Autumn-declined ("Akiochi") Paddy Soil,

Hideyuki MURAKAMI, Mitsuo FURUYAMA, Bunkichi MIHARA and Hideo HANAYAMA

目 次

I 緒 言	1	4 跡地土壌の化学性	10
II 試験方法	1	IV 総合考察	12
1 試験地の概況	1	1 施用量について	12
2 試験の材料と方法	2	2 土壌について	13
3 分析法	3	3 残効について	14
III 試験結果と考察	3	V 摘 要	14
1 水稻の生育と収量および米質	3	引用文献	14
2 水稻の養分吸収	6	Summary	15
3 鉄鋳滓施用と窒素の無機化	9		

I 結 言

島根県の秋落水田は15,900ha⁶⁾といわれているが、その中でも特にごま葉枯病、穂枯れが激発し、秋落ちのはなはだしい水田が、能義平野の中海沿岸部および簸川平野の一部に典型的に見られる。このような水田では、水稻は生育中期からごま葉枯病が発生し、出穂以後下葉の枯れ上がり、穂枯れによる凋落が著しく、収量は低い。このような秋落水田の改良法として、従来から優良粘土の客土、含鉄資材、珪酸質資材の施用が行なわれ、それぞれ効果をあげてきた。

これらの対策のうち良質の粘土たとえば水底泥土等を多量に客土するのが最も良い方法であるが、そのような良い客土材料の分布は一部に限られ、また経費の点からも一般的には実施され難い。珪酸あるいは鉄を含む鋳滓が効果も高くまた施用も容易であることから広く一般に施用されている。その代表的なものが珪酸を主成分とする珪酸石灰、および鉄、珪酸を主成分とする平炉滓および転炉滓である。その施用量は一般的には100～200kgとされ、多くても300kgをこえるこ

とはない。この程度の量を毎年施用することによって、ごま葉枯病は減少し、秋落ちに対する効果も高く、水稻は顕著に増収するが、これだけでは秋落ちの解消とまでとはいかず、更に効果のある対策が望まれていた。しかるに最近、森野^{1,5)}は秋落水田に鉄鋳滓を多量にたとえば1～1.5t施用すれば、秋落現象はほぼ確実に解消され、強度の秋落水田に対し効果が大きいとした。これについて各地で追試が行なわれたが、必ずしも期待した効果は得られておらず、適用土壌、施用量に問題があると考えられる。筆者らは県内数か所において現地試験を実施し、これらの点および鉄鋳滓多投による土壌の変化および水稻の生育に与える影響について、二、三の知見を得たので報告する。

II 試験方法

1 試験地の概況

土壌類型の異なる4地点で現地試験を実施した。水稻の生育等はほぼ同様の傾向であったので、ここでは主として2地点について述べることにする。試験地は海成沖積地である簸川郡大社町北荒木(以下北荒木と

* 土壌肥料科

** 農業改良課(専門技術員)

第1表 試験地土壌の粒径組成 (%)

試験地	層位	深さ (cm)	粗砂	細砂	砂合計	微砂	粘土	土性
北 荒 木	1	0~17	78.2	12.8	91.0	3.1	5.9	LS
	2	17~28	80.5	10.7	91.2	3.3	5.5	LS
中 野	1	0~16	51.2	26.8	78.0	12.3	9.7	SL
	2	16~35	48.2	28.8	77.0	14.7	8.3	SL

第2表 試験地土壌の化学性

試験地	層位	pH		置換性塩基		CEC (me)	T-C (%)	T-N (%)	可給態珪酸 SiO ₂ (mg/100g)	遊離酸化鉄 Fe ₂ O ₃ (%)	有効態リン酸 P ₂ O ₅ (mg/100g)
		H ₂ O	KCl	CaO (me)	MgO (me)						
北 荒 木	1	5.8	4.5	1.9	0.3	3.9	0.91	0.09	5.1	0.18	17.6
	2	5.8	4.6	1.7	0.4	3.4	0.78	0.08	3.8	0.14	14.0
中 野	1	4.8	4.1	3.7	0.5	8.2	1.39	0.12	2.0	0.41	22.5
	2	4.8	3.9	4.0	0.8	6.6	1.11	0.08	1.9	0.35	10.4

する)と斐伊川の沖積地である出雲市中野町(以下中野とする)である。土壌の理化学性を第1, 2表に示す。土壌類型は北荒木がグライ土壌砂土型(八幡統), 中野が強グライ土壌砂礫土湧水型(龍北統)で、い

れも粘土含量が少なく、土壌養分の乏しい土壌であり、水稻は後半にごま葉枯病、穂枯れの発生が著しく、収量が低い。両地帯の平年収量は前地区が10アール当り420 kg, 後地区が450 kg程度である。

第3表 試験設計 (kg/a)

試験地	試験区	改良資材 試験 実施年度	平炉滓	転炉滓	珪カル
	平炉滓 500		50	0	0
	〃 1000		100	0	0
中 野	無 処 理	1969~1971	0	0	0
	平炉滓 300		30	0	0
	転炉滓 300		0	30	0
	〃 600		0	60	0
	〃 900		0	90	0
	珪カル 450		0	0	45

第4表 施用改良資材の成分 (%)

資材名	可溶性 SiO ₂	アルカリ分	く溶性 MgO	く溶性 MnO	鉄 Fe ₂ O ₃
平 炉 滓	14.3	46.8	8.8	4.2	28.5
転 炉 滓	14.1	51.6	2.2	4.1	28.6
珪 カ ル	20.0	30.0	3.0	—	—

2 試験の材料と方法

試験設計および使用した資材の分析成績を第3表, 第4表に示す。北荒木は1968~1970年, 中野では1969~1971年までそれぞれ3年間ほ場試験を行なった。供試品種は, 北荒木ではヤエホ, 中野では近畿33号を用い, 両試験地とも5月下旬植えとし, 1区面積は1/4アール, 2連制とした。栽植密度は, 北荒木では1968年が75株/3.3 m², 1969, 1970年は64.3株とし, 中野では1969, 1970年が64.3株, 1971年は88株(稚苗移植)とした。

施肥方法は, 北荒木では, 1968年はアール当り窒素1.2 kgを3回, 1969年は0.5 kgを2回, 1970年は1.35 kgを4回に分施した。カリは1968年が1.35 kg, 1969年は1.0 kg, 1970年は1.5 kgをそれぞれ2回に分施した。リン酸は3年間1.2 kgを全量基肥施用した。1968, 1969年には鶏ふんが施用してあったので窒素, カリの施用量を減らした。中野では3年間, 窒素1.2 kgを4回, カリ1.5 kgを2回に分施し, リン酸は1.2 kgを全量基肥に施用した。

供試肥料は, 1968年の北荒木で幼形期追肥にNK化成(25-0-25)を用いた以外は, 両試験地とも窒素が塩安, リン酸が苦土重焼リン, カリが塩化カリであ

る。

3 分析 法

分析は毎年収穫時の植物体と跡地土壌について行なった。試料の採取は植物体がもみ, わらの各部位別とし, 土壌は作土と次層について採取し分析に供試した。

植物体; 硝酸, 過塩素酸, 硫酸による湿式灰化後各成分を分析した。

N: ケルダール法。

P₂O₅: バナドモリブデン黄法。

K₂O: 炎光法。

SiO₂: 重量法。

土壌

置換性カルシウム, マグネシウム: キレート滴定法。

可給態珪酸: 酢酸緩衝液法 (pH 4)。

有効態リン酸: TRUOG法

遊離酸化鉄: ハイドロサルファイト-EDTA法。

易還元性マンガン: ハイドロキノリン酢酸アンモニウム法。

III 試験結果と考察

第5表 北荒木試験地生育調査

試験区	1968			1969				1970			
	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数* (本)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数* (本)	生葉数 (枚)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数* (本)	生葉数 (枚)
無 処 理	86.0	19.7	409	87.8	20.5	487	1.7	87.8	21.5	350	1.6
平炉滓 500	89.7	20.4	409	91.6	20.6	428	1.8	94.2	21.2	389	1.7
〃 1000	95.4	20.2	432	93.4	21.2	467	1.8	94.5	21.8	389	1.7

注) * m²当り

第6表 中野試験地生育調査

試験区	1969				1970				1971			
	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数* (本)	生葉数 (枚)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数* (本)	生葉数 (枚)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数* (本)	生葉数 (枚)
無 処 理	79.5	18.4	467	1.9	81.5	20.3	448	1.9	78.8	18.6	505	2.4
平炉滓 300	79.8	18.6	448	2.1	83.3	21.6	448	2.2	81.3	18.3	505	2.3
転炉滓 300	79.6	18.8	428	2.7	82.6	19.5	428	2.2	82.1	18.6	478	2.3
〃 600	85.7	19.4	467	2.8	84.1	20.0	448	2.1	85.4	19.1	505	2.8
〃 900	86.4	19.0	448	2.7	84.0	19.3	448	2.1	82.9	19.1	478	2.6
珪カル 450	85.6	18.9	467	2.1	81.9	19.5	428	2.2	79.4	18.8	505	2.3

注) * m²当り

第7表 北荒木試験地収量調査

試験区	総重 (kg/a)	わら重 (kg/a)	もみ重 (kg/a)	もみ/ わら	精玄米重 (kg/a)	玄米指数	玄米 千粒重 (g)
1968	無処理	138.5	72.5	67.1	0.93	55.0	100
	平炉滓 500	161.1	83.6	74.3	0.89	61.3	111
	〃 1000	162.6	84.9	74.2	0.87	60.8	110
1969	無処理	133.2	66.7	61.0	0.92	49.4	100
	平炉滓 500	152.4	75.9	68.8	0.91	54.2	110
	〃 1000	153.8	75.1	71.0	0.95	57.0	115
1970	無処理	115.3	59.3	50.0	0.84	36.9	100
	平炉滓 500	125.4	64.4	54.5	0.85	40.5	110
	〃 1000	128.3	66.6	54.7	0.82	40.8	111

第8表 中野試験地収量調査

試験区	総重 (kg/a)	わら重 (kg/a)	もみ重 (kg/a)	もみ/ わら	精玄米重 (kg/a)	玄米指数	玄米 千粒重 (g)	平均一 穂粒数	登熟歩合 (%)
1969	無処理	130.9	64.8	60.6	0.94	49.3	100	23.6	
	平炉滓 300	127.6	63.8	59.0	0.93	47.8	97	23.4	
	転炉滓 300	133.5	66.5	61.4	0.92	49.8	101	24.3	
	〃 600	145.9	72.9	66.8	0.92	53.6	107	23.9	
	〃 900	146.4	73.8	65.8	0.89	52.4	106	23.4	
珪カル 450	137.1	67.9	63.0	0.93	50.2	102	24.2		
1970	無処理	125.0	65.7	53.8	0.82	42.1	100	20.7	64.7
	平炉滓 300	132.3	71.9	57.7	0.80	44.7	106	20.5	60.1
	転炉滓 300	137.2	70.7	60.7	0.86	47.1	112	21.7	67.8
	〃 600	144.5	75.7	62.8	0.83	49.5	118	21.2	68
	〃 900	140.4	71.7	63.6	0.89	49.8	118	21.5	64.2
珪カル 450	132.9	68.1	53.9	0.79	43.4	103	21.5	61	
1971	無処理	141.6	76.8	61.6	0.79	47.7	100	23.8	48
	平炉滓 300	142.7	77.1	61.8	0.80	48.7	102	23.8	49
	転炉滓 300	145.9	77.7	63.9	0.82	50.6	106	24.0	50
	〃 600	145.7	79.1	62.3	0.79	49.7	104	23.9	54
	〃 900	147.0	78.7	64.3	0.82	51.1	107	24.0	53
珪カル 450	143.4	78.7	61.5	0.78	48.1	101	23.9	49	

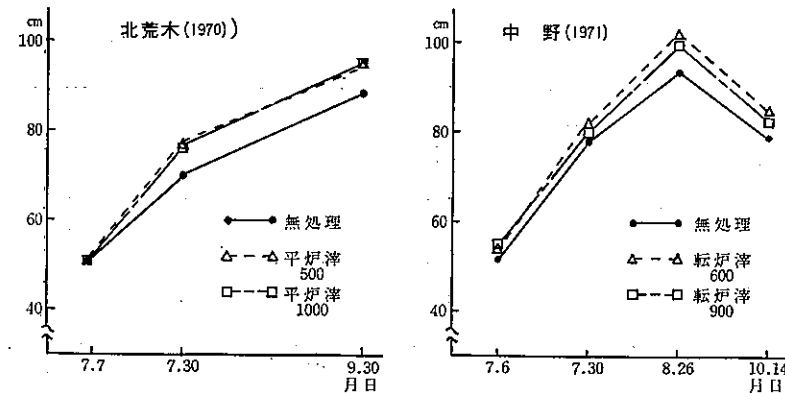
1 水稻の生育と収量および米質

第5, 6表に3年間の成熟期生育調査結果を, 第1図に各試験地の3作目の草丈の推移を, 第7, 8表に収量調査結果を示した。

1968年は出穂時に台風の被害を受け, 穂ずれによる不稔粒, 稔実不良米が多く, 1971年は6月中旬の低温と8月下旬~9月上旬の低温日照のため収量は高くな

った。

北荒木: 10アール当り平炉滓 500 kg の施用で, 生育中期頃から生育がまさり, 成熟期の稈長は無処理区に比較して3年間3~6cm高かった。無処理区では7月上旬頃からごま葉枯病が発生し, 成熟期には止葉が褐色になる程度まで増加したが, 平炉滓 500 kg 区では明らかに少なく, 成熟期の葉色もやや濃く, 生葉数も多



第1図 3作目の草丈・稈長の推移

い傾向であった。

収量では無処理区に対し, 平炉滓 500 kg 区は3年間もみ重, わら重が多く, 収量指数はそれぞれ, 111, 110, 110, 平均110で効果は明らかであり, 初年度のみ500kgの施用で, 3年間効果が認められた。平炉滓1,000kg区では, 生育, ごま葉枯病の発生とも平炉滓500kg区と大差なく, 3年間の収量指数はそれぞれ110, 115, 111, 平均112であり, 平炉滓500kgと1,000kgの差はほとんど認められなかった。

中野: 無処理区は北荒木同様生育中期からごま葉枯病が発生し, 徐々に増加し成熟期には止葉まで発生した。また, 下葉の枯れ上がり早く, 成熟期の生葉数は1~2葉と少なかった。これに対し平炉滓300kg, 転炉滓300kg区は, 稈長, 穂長には差がなかったが, ごま葉枯病はやや減少し, 生葉数もやや多い傾向を示した。平炉滓300kg区の3年間の収量指数は97, 106, 102で効果は明らかでなかったが, 転炉滓300kg区は収量指数101, 112, 106, 平均106で効果が認められた。施用量を600kgに増施すると, ごま葉枯病はさらに減少し, 稈長は3年間無処理区より3~7cm増大した。また, 葉色も濃く, 穂長, 生葉数も増大する傾向であった。収量では2年目までもみ, わらの増大が大きく, 収量指数は3年間それぞれ107, 118, 104, 平均110で増施の効果, 残効とも明らかであった。しかし, さらに施用量を増した900kg区では, 生育, ごま葉枯病の発生とも600kg区と同程度であり, 収量指数も3年間106, 118, 107, 平均110で増施の効果は認められなかった。

一方, 珪カルの効果を転炉滓と比較検討するため

に, 珪酸施用量を転炉滓600kg区と等しくした珪カル(可溶性珪酸20%)450kg区は, 稈長の増大, 生葉数等に示されるように初年目には明らかに無処理区にまさる生育で, ほぼ転炉滓600kgにちかかったが, 2年目, 3年目にはしだいに無処理区の生育と差がなくなった。収量は3年間1~3%の増収率で, 効果はほとんど認められなかった。ただ, ごま葉枯病は減少し

3年間転炉滓600kgと同程度であった。

このように, 北荒木では平炉滓500kgを, 中野では転炉滓600kgを, それぞれ一時に施用し秋落水田の生育, 収量に対する効果の大きいことが認められた。このことについて, 先に, 森野⁴⁾は秋落水田を分類し, ごま葉枯病が比較的早い時期から発生し, 稈長の短いものをⅠ型, 減数分裂期以降止葉を中心にごま葉枯病等の褐色斑点が激発するものをⅡ型, それらの中間型をⅢ型とした。Ⅰ型では10アール当り300kgで効果がみられ, 1,500kgまではば施用量に応じて増収し, Ⅲ型では300kg程度では効果がなく, 800kg以上で効果があらわれるとした。しかるに, 本試験の水田は, いずれも森野の分類したⅠ型に属すると考えられるが, 北荒木では500kgから1,000kgに, 中野では600kgから900kgに増施しても, 生育, 収量に対して効果は認められなかった。

つぎに, これら平炉滓, 転炉滓施用の効果を収量構成からみると, 穂数は両試験地いずれの年にもほとんど増加しなかったが, 第8表が示すように, 1970年には一穂着粒数, 登熟歩合が明らかに増大していた。1971年には登熟歩合は増加せず, むしろ減少した区が多かったが, 増収した区の一穂着粒数は常に増加していた。また, 千粒重は, 北荒木では増大しなかったが, 中野では300kg施用で増大した。しかしそれ以上の施用ではさらに増大する傾向はみられなかった。以上のことから増収は主として粒数増によるのではないかと考えられる。

1970年, 1971年に米質について調査した。その結果を第9表に示す。1970年は台風のため, 1971年は登熟

第9表 各試験地における2, 3の米質調査

試験地	試験区	1970			1971			
		玄米千粒中の		検査等級	玄米千粒中の		腹白米数	検査等級
		青米数	茶米数		青米数	茶米数		
北荒木	無処理	126	144	規格外	—	—	—	—
	平炉滓 500	135	145	5 上	—	—	—	—
	〃 1000	169	117	5 上	—	—	—	—
中野	無処理	49	401	規格外	57	251	142	5 下
	平炉滓 300	69	395	5 中	51	302	109	5 下
	転炉滓 300	63	288	5 中	72	258	123	5 中
	〃 600	85	267	規格外	74	272	119	5 下中
	〃 900	71	254	5 中	58	293	125	5 中
	珪カル 450	61	347	規格外	63	399	100	規格外

期の低温か照のため稔実不良米が多く、全般に米質は低下した。しかし平炉滓、転炉滓施用により、1968年には北荒木、中野とも概して茶米が減少し、施用量を増すとさらに減少する傾向を示した。青米は逆に施用量とともにやや増加した。また検査等級は、北荒木では上っており、中野ではやや上っている傾向であった。珪カル 450 kg区では茶米の減少は少なく転炉滓 300 kg区程度であり、青米の増加も多くなかった。検査等級は無処理区と同程度であった。1971年は、転炉滓、平炉滓施用区とも、茶米、青米は増加した区が多かったが、検査等級はやや上っている。珪カル 450 kg区は茶米、青米とも無処理区より多く、検査等級も劣った。以上より鉄鋳滓施用は、米質に対し、プラスに働き、検査等級を上げたと考えられる。特に台風の通過した1968年に、その傾向が強いが、このような災害時には茶米等の被害粒の発生が多いと考えられるので、それに対してある程度抑制効果があったのではな

いかと思われる。

2 水稻の養分吸収

3年間の各試験地の無機成分含有率と吸収量を第10～13表に示した。また、2, 3図に珪酸の含有率と吸収量の推移を示した。

北荒木：N 含有率は、1968年もみ、わらとも全般に高い。これは、鶏ふんが施用してあったため窒素施用量を減らしたが、なお施用量が多めであったことによると考えられる。このように、年によって鶏ふん施用の有無、窒素施用量の差があり、含有率はまちまちであるが、概して平炉滓施用によって無処理区より含有率が高まる傾向であった。吸収量は 500 kg区で3年間もみ、わらとも増大し、合計吸収量では 0.11～0.23kgの増加となった。この吸収量の増大は鶏ふんの施用してあった1968, 1969年が大きかった。また、1,000kgに増施した場合には 500 kg区にくらべわずかに増大する傾向であった。

第10表 北荒木試験地収穫物中の N, P₂O₅, K₂O 含有率 (%)

試験区	1968			1969			1970			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
無処理	もみ	1.22	0.56	0.26	1.11	0.49	0.34	1.23	0.61	0.39
	わら	0.86	0.25	1.91	0.63	0.31	1.95	0.79	0.43	2.41
平炉滓 500	もみ	1.23	0.56	0.26	1.18	0.49	0.35	1.23	0.61	0.42
	わら	0.85	0.19	1.90	0.69	0.28	2.12	0.90	0.39	2.52
〃 1000	もみ	1.35	0.49	0.27	1.22	0.48	0.37	1.26	0.58	0.40
	わら	0.81	0.19	1.99	0.70	0.25	2.65	0.83	0.49	2.37

第11表 北荒木試験地収穫物中の N, P₂O₅, K₂O 吸収量 (kg/a)

試験区	1968			1969			1970			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
無処理	もみ	0.83	0.39	0.18	0.68	0.30	0.21	0.62	0.31	0.20
	わら	0.62	0.18	1.38	0.42	0.21	1.31	0.47	0.25	1.43
	計	1.45	0.57	1.56	1.10	0.51	1.52	1.09	0.56	1.63
平炉滓 500	もみ	0.91	0.42	0.19	0.81	0.34	0.24	0.66	0.34	0.23
	わら	0.71	0.16	1.59	0.52	0.21	1.61	0.58	0.24	1.62
	計	1.62	0.58	1.78	1.33	0.55	1.85	1.24	0.58	1.85
〃 1000	もみ	1.00	0.36	0.20	0.87	0.34	0.26	0.69	0.33	0.22
	わら	0.69	0.17	1.69	0.53	0.18	1.56	0.55	0.32	1.58
	計	1.69	0.53	1.89	1.40	0.52	1.82	1.24	0.65	1.80

第12表 中野試験地収穫物の N, P₂O₅, K₂O 含有率 (%)

試験区	1969			1970			1971			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
無処理	もみ	1.25	0.51	0.35	1.41	0.57	0.25	1.30	0.62	0.30
	わら	0.87	0.26	2.64	0.82	0.31	2.33	0.76	0.24	1.79
平炉滓 300	もみ	1.30	0.50	0.30	1.26	0.58	0.25	1.26	0.60	0.30
	わら	0.88	0.28	2.55	0.74	0.31	2.06	0.76	0.25	1.74
転炉滓 300	もみ	1.18	0.50	0.32	1.29	0.60	0.27	1.12	0.61	0.32
	わら	0.73	0.20	2.42	0.84	0.32	2.10	0.65	0.32	1.71
〃 600	もみ	1.31	0.49	0.32	1.30	0.59	0.27	1.40	0.61	0.32
	わら	0.83	0.26	2.42	0.78	0.33	2.15	0.79	0.21	1.86
〃 900	もみ	1.17	0.48	0.31	1.34	0.59	0.31	1.23	0.61	0.32
	わら	0.76	0.21	2.23	0.83	0.31	2.17	0.74	0.23	1.95
珪カル 450	もみ	1.20	0.51	0.33	1.34	0.61	0.24	1.27	0.62	0.31
	わら	0.81	0.20	2.43	0.80	0.34	2.02	0.83	0.28	1.90

P₂O₅ 含有率、吸収量とも一定の傾向はみられなかった。

K₂O 平炉滓 500 kgの施用でもみ、わらとも3年間含有率、吸収量とも増大し、1,000 kgに増施すると含有率、吸収量とも年により、さらに増大する場合もあった。

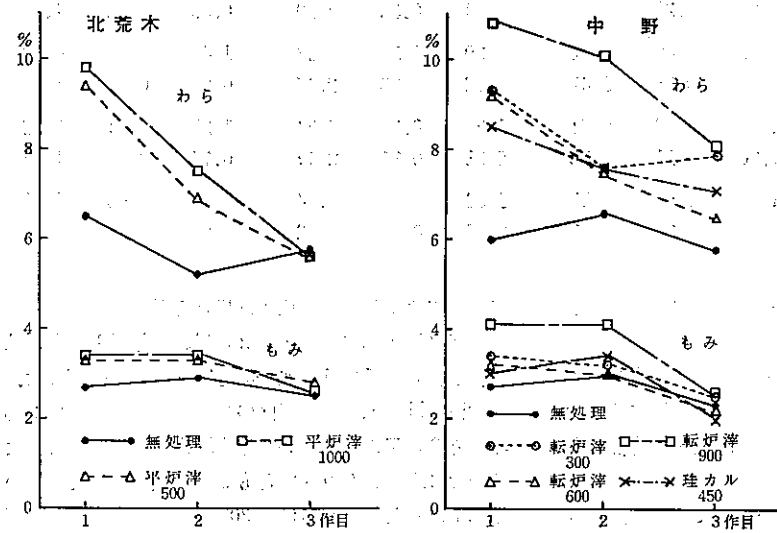
SiO₂ 1968年には平炉滓 500 kg区で、もみ、わらとも含有率、吸収量が増大したが、特にわらでの増大が著しく含有率では約3%、吸収量ではアール当り3kgの増加であった。しかし、1,000kg区では含有率、吸収量とも500kg区よりわずかに高い程度で、平炉滓

の増施によるそれらの増大はほとんどみられなかった。第2図に示すように、2年目、3年目と含有率は減少し、3年目には無処理区と同程度まで低下した。

中野：N 転炉滓施用区の含有率は600kg区で、初年目と3年目にもみ、わらとも増大の傾向がみられたほか300kg, 900kg区とも3年間無処理区より低い傾向であった。吸収量は、300kg区は無処理区と同程度あるいはそれ以下であったが、600kg区は3年間いずれの年も顕著に増大した。しかし900kg区は2年目に多かったがその他は無処理区と同程度であった。珪カル 450kg区の含有率は3年目のわらで無処理区より

第13表 中野試験地収穫物中の N, P₂O₅, K₂O 吸収量 (kg/a)

試 験 区	1969			1970			1971			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
無 処 理	もみ	0.76	0.31	0.21	0.76	0.31	0.14	0.80	0.38	0.18
	わら	0.56	0.17	1.71	0.54	0.20	1.53	0.58	0.18	1.37
	計	1.32	0.48	1.92	1.30	0.51	1.67	1.38	0.56	1.55
平 炉 滓 300	もみ	0.77	0.29	0.18	0.73	0.33	0.14	0.78	0.37	0.19
	わら	0.56	0.18	1.63	0.53	0.22	0.48	0.59	0.19	1.35
	計	1.33	0.47	1.81	1.26	0.55	1.62	1.37	0.56	1.44
転 炉 滓 300	もみ	0.73	0.31	0.20	0.78	0.37	0.16	0.72	0.39	0.21
	わら	0.48	0.14	1.61	0.59	0.22	1.48	0.50	0.17	1.33
	計	1.21	0.45	1.81	1.37	0.64	1.64	1.22	0.56	1.53
〃 600	もみ	0.87	0.33	0.22	0.82	0.37	0.17	0.87	0.38	0.20
	わら	0.60	0.19	1.77	0.59	0.25	1.58	0.63	0.24	1.47
	計	1.47	0.52	1.99	1.41	0.62	1.75	1.50	0.62	1.67
〃 900	もみ	0.77	0.32	0.21	0.85	0.38	0.20	0.79	0.40	0.21
	わら	0.56	0.16	1.65	0.62	0.22	1.56	0.58	0.18	1.53
	計	1.33	0.48	1.86	1.47	0.60	1.76	1.37	0.58	1.74
珪 炭 450	もみ	0.78	0.32	0.21	0.83	0.34	0.13	0.78	0.38	0.19
	わら	0.55	0.16	1.65	0.49	0.22	1.37	0.65	0.22	1.50
	計	1.33	0.48	1.86	1.32	0.56	1.50	1.43	0.60	1.69



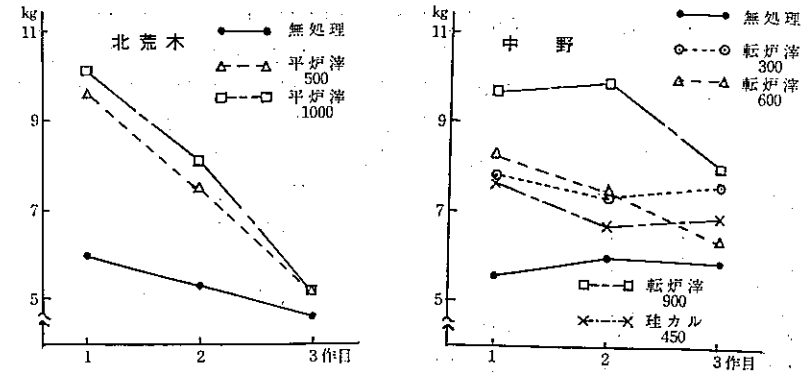
第2図 3年間の水稻の珪酸含有率

高かった以外はいずれも低かった。吸収量は初年目、2年目は無処理区とほぼ同等で3年目のみやや増大

した。SiO₂ 初年度の含有率は転炉滓 300 kg施用でもみ、わらとも増大したが、600kg施用ではそれ以上増大せ

した。P₂O₅ 含有率は3年間、各区とも明らかな傾向はみられなかった。吸収量は、転炉滓 600 kg区が各年とも多かったが、300 kg区、900 kg区は2年目には多く、その他は無処理区と同程度だった。珪炭区は2年目、3年目に無処理区より増大していた。

K₂O 含有率には明らかな傾向がみられなかったが、吸収量は2年目、3年目に、転炉滓 600 kg、900 kg区が無処理区より高かった。



第3図 3年間の水稻の珪酸吸収量

ず、900 kg区でわずかに高まった。吸収量は施用量に応じて増大し、900 kg区は無処理区に対しアール当たり約4 kgの増加であった。珪炭区も含有率は無処理区より増大したが、珪酸施用量の等しい転炉滓 600 kg区より低く、吸収量も同様の傾向を示した。第2図のように、初年目に増大した SiO₂ は2年目、3年目と減少したが、北荒木の場合と異なって3年目にもなお差がみられ、転炉滓 900 kg区>同 300 kg区>珪炭 450 kg区>転炉滓 600 kg区>無処理区の順に含有率は高かった。また本試験地では、含有率は2年目から、吸収量は3年目に、600 kg区より300 kg区が高い値を示した。

このように鉄鋳滓、珪炭施用により増大した珪酸含有率は年次の経過とともに減少し、北荒木では、3年目には各区とも無処理区と同程度になった。これに

対し、中野では3年目にも施用量により含有率に差がみられ、900 kg区はなお高い値を示していた。

以上のように、平炉滓、転炉滓、珪炭の施用により、各種の養分吸収は増加する傾向を示した。最も顕著なのは珪酸であり、各資材の施用により含有率、吸収量ともに増加した。しかし施用量と吸収との関係は2試験地で異なり、北荒木

では平炉滓 500 kg以上では珪酸吸収の増加は少なかったが、中野では900 kgまで増加した。窒素は珪酸に次いで吸収が増加した。ただし平炉滓、転炉滓の300 kgおよび珪炭 450 kgでは効果がなく、平炉滓、転炉滓の500~600 kgの施用で吸収量が増加し、この増加は中野よりも北荒木で顕著であり、またそれ以上の増施では吸収量の増加はみられなかった。カリの吸収も窒素について増加したが、傾向は同様であり、リン酸も同様の傾向を示したが、吸収量の増加はわずかであった。

養分吸収の特徴より各資材の種類と量を見ると、珪酸吸収には各資材とも、また量に応じて効果があるが、窒素の吸収には珪炭では効果なく、平炉滓、転炉滓の500~600 kgで効果があり、これも量が少ないと効果はない。このことは、平炉滓、転炉滓500~600 kg施用が水稻収量に顕著な効果があったことと関連が

第14表 資材添加後インキュベーションして得られたpHとNH₄-N (ng/100 g)

試験地土壌	処 理 区	4 週 間		10 週 間	
		pH	NH ₄ -N	pH	NH ₄ -N
北 荒 木	無 処 理	6.2	7.3	6.4	9.3
	平 炉 滓 500	7.9	8.8	8.0	10.6
	〃 1000	8.7	9.3	8.6	11.7
	珪 炭 500	7.8	8.9	7.8	9.8
中 野	無 処 理		10.9		12.4
	転 炉 滓 300		12.2		13.1
	〃 600		11.8		13.9
	〃 900		12.1		13.4
	珪 炭 450		12.0		13.4

第15表 跡地土壌の4週間インキュベーション後のNH₄-N (mg/100g)

試験地	試験区	1作跡	2作跡	3作跡
北荒木	無処理	7.3	9.0	8.5
	平炉滓 500	8.3	10.0	9.5
	〃 1000	7.8	9.8	9.1
	珪カル 450	12.1	13.3	11.1
中野	無処理	13.3	13.4	10.9
	転炉滓 300	13.8	13.2	12.2
	〃 600	14.1	11.9	12.2
	〃 900	13.8	13.4	11.6

あると考えられる。

3 鉄鋳滓施用と窒素の無機化

前項で、平炉滓、転炉滓の500～600kg以上の施用によって窒素吸収量が增大することを報告した。この窒素吸収の増大について、著者等は、たん水期間の土壌中における窒素の無機化の相違によってもたらされるものと考え、これを確かめるために北荒木、中野の無処理土壌をそれぞれ35g、25g用い、北荒木土壌には転炉滓a当り500kg、1,000kgおよび珪カル500kgに相当する量を、中野土壌には転炉滓300、600、900kgおよび珪カル450kgに相当する量を混合し、たん水してインキュベーションし4週間後、10週間後にpHとアンモニア態窒素を定量した。また、それぞれの試験地の3年間の跡地土壌を1作ごとにインキュベーションして4週間後にアンモニア態窒素を定量した。その結果は第14、15表のとおりである。

第14表が示すように、北荒木では4週間のインキュベーションで転炉滓添加土壌は、その添加量に応じて無処理土壌よりpHが上昇し、アンモニア態窒素は増加した。10週間後には、さらにアンモニア態窒素は増加したが、無処理土壌も増加しており、転炉滓添加土壌との差は4週間後の値と変わらなかった。珪カル添加土壌も4週間後にはpH、アンモニア態窒素とも無処理土壌より高く、ほぼ転炉滓500kg相当量添加土壌と同等であったが、10週間後にはpHの上昇はみられず、アンモニア態窒素も増加はわずかであった。中野の4週間後の転炉滓添加土壌のアンモニア態窒素はいずれも無処理土壌より多かったが、その添加量による差はみられなかった。10週間後にはさらに増大した

が、北荒木の場合と同様無処理土壌の増加が大きく、転炉滓添加土壌との差はほとんど変わらなかった。珪カル添加土壌も転炉滓添加土壌と差はなかった。第15表が示すように、跡地土壌を4週間インキュベーションした場合にも、北荒木では3か年転炉滓施用区のアンモニア態窒素が高い値であり、中野では乱れているが概して転炉滓、珪カル施用区は無処理区より高い傾向であった。

以上の結果から平炉滓、転炉滓、珪カル施用により土壌のpHが上昇し、地力窒素の無機化が促進されることが明らかとなった。

アルカリ効果については原田⁷⁾によって研究され、土壌にアルカリを添加した後たん水すれば、処理当初のアルカリ性の度合に応じて有機態窒素の無機化が促進されるとした。また上田⁷⁾は珪酸石灰を用いた室内実験により、土壌中のアンモニア態窒素が増加することを認めている。本実験では土壌と鋳滓の比を圃場試験と同一とし、均質に混合しているが、実際の圃場では施用量が多くなり、500～600kgにもなると、均質に土壌と混合することは不可能であり、部分的には土壌に対し鋳滓の割合の高い場所もあって、そのpHは本実験の値よりも高くなり、したがって窒素の無機化も多くなる可能性が高い。

また鋳滓が土壌pHに与える影響はその粒度によって異なるが、一般的には珪酸石灰よりも平炉滓、転炉滓添加によってpHはより高くなる。本県で使用されている鋳滓のpHについて、島根県肥飼料検査所の調査によると、それぞれの資材5点では、珪酸苦土石灰Aでは、pH10.1～10.2、珪酸苦土石灰B、10.8～10.9、平炉滓、11.3～12.0、転炉滓、11.8～11.9であり、珪酸石灰よりも平炉滓、転炉滓のpHが高い。これよりみても、土壌有機態窒素の無機化に対しては珪酸石灰よりも平炉滓、転炉滓の効果が高いと考えられる。

4 跡地土壌の化学性

試験地土壌は、北荒木、中野とも砂質漏水田であり、保肥力が小さく土壌養分の乏しい土壌であった。特に、置換性塩基、可給態珪酸、遊離酸化鉄、易還元性マンガンは少なく、この傾向は、中野よりも北荒木で著るしかった。しかし、各試験地とも平炉滓、転炉滓あるいは珪カル施用により土壌の化学性に大きい変化が起った。1作、2作および3作後の土壌分析成績を第16～17表に示す。

第16表 北荒木試験地跡地土壌の化学性

試験区	pH	置換性塩基		可給態珪酸 SiO ₂ (mg/100g)	遊離酸化鉄 Fe ₂ O ₃ (%)	有効態リン酸 P ₂ O ₅ (mg/100g)	易還元性 マンガン MnO (mg/100g)	
		CaO (me)	MgO (me)					
1968	無処理	5.6	1.8	0.3	3.7	0.18	26.1	0.3
	平炉滓 500	6.5	3.8	0.7	10.2	0.27	46.8	4.6
	〃 1000	7.1	4.5	0.9	13.2	0.30	44.2	6.4
1969	無処理	6.2	2.0	0.3	1.7	0.20	26.7	0.6
	平炉滓 500	6.6	3.0	0.2	2.8	0.20	35.3	5.3
	〃 1000	6.9	3.1	0.2	3.8	0.27	31.5	8.0
1970	無処理	5.6	1.8	0.4	1.4	0.19	22.3	0.7
	平炉滓 500	5.9	2.5	0.3	2.0	0.24	29.5	4.3
	〃 1000	5.9	3.0	0.4	3.2	0.28	30.6	7.4

北荒木：平炉滓500kg施用し、水稻作後の分析成績ではpHが上昇し無処理区5.6に対し平炉滓500kg6.5、1,000kg7.1と施用量に応じて高くなった。可給態珪酸、置換性カルシウム、マグネシウムおよび有効態リン酸は明らかに増大し、遊離酸化鉄もやや増大する傾向を示した。また易還元性マンガンは無処理区の10倍以上に増大した。1,000kgの施用では上記無機成

分は500kg区よりさらに増大する傾向であった。しかし、易還元性マンガンをのぞいては、2年目、3年目とこれら無機成分は減少し、pHも低下した。特に、2年目の珪酸の減少は著るしかった。このことは第3区に示すように、水稻の珪酸吸収量が初年目に極めて多く、2年目、3年目と直線的に減少することと一致する。

第17表 中野試験地跡地土壌の化学性

試験区	pH	置換性塩基		可給態珪酸 SiO ₂ (mg/100g)	遊離酸化鉄 Fe ₂ O ₃ (%)	有効態リン酸 P ₂ O ₅ (mg/100g)	易還元性 マンガン MnO (mg/100g)	
		CaO (me)	MgO (me)					
1969	無処理	5.3	2.6	0.4	3.9	0.51	13.5	1.8
	平炉滓 300	5.7	4.0	1.6	5.1	0.52	14.6	—
	転炉滓 300	5.9	4.2	0.8	5.7	0.48	14.9	4.5
	〃 600	6.2	5.4	0.5	9.2	0.59	16.2	7.5
	〃 900	6.3	5.5	0.5	9.5	0.51	17.4	7.6
珪カル 450	6.1	4.1	0.6	6.5	0.53	15.6	1.5	
1970	無処理	5.0	4.2	0.6	2.3	0.54	9.7	1.1
	平炉滓 300	5.2	3.2	1.0	2.9	0.49	11.1	—
	転炉滓 300	5.2	4.4	0.9	3.0	0.46	9.9	3.5
	〃 600	5.4	4.7	0.9	4.6	0.49	10.4	5.9
	〃 900	5.8	5.0	0.8	7.3	0.55	12.5	9.7
珪カル 450	5.3	4.5	0.8	5.0	0.48	10.2	1.0	
1971	無処理	5.3	2.5	0.6	3.2	0.47	8.3	1.3
	平炉滓 300	5.3	3.2	0.7	3.1	0.52	8.9	—
	転炉滓 300	5.4	3.4	0.6	2.8	0.47	9.6	4.8
	〃 600	5.4	3.8	0.6	2.9	0.52	11.1	7.3
	〃 900	5.7	4.5	0.6	4.0	0.51	12.0	9.0
珪カル 450	5.4	3.5	0.6	2.8	0.48	10.0	1.5	

水稲3作後の土壌分析成績によると、pH、マグネシウムは無処理区と差はなく、カルシウム、珪酸およびリン酸は減少しながらもなお無処理区よりわずかに高い値を示している。易還元性マンガンは3年後も減少せず、無処理区に比較し顕著に含量が高い。遊離鉄含量も3年後の処理区では高いがその絶対値は低い。

中野：第17表に示すように、北荒木とほぼ同様の傾向であり処理により、pHおよび各成分含量は増加した。中野に比較して有効態リン酸の増加が少ないが、本土壌では遊離鉄含量が多いことから、リン酸の固定が多いためと考えられる。また遊離鉄の増加がはっきりしないのも、施用した鉄鋳滓に比較して、土壌中の遊離鉄含量が多いためであろう。珪カル450kg施用区では、1作後珪酸、カルシウム、マグネシウムが増加しているが、当然のことながらマンガン、リン酸および鉄の増加はない。本土壌でも2作目、3作目には珪酸の減少が顕著で、石灰、苦土も減少する。3作後はマンガン含量が転炉滓の施用量に応じて多いのが特徴的である。石灰、リン酸が各処理区に、また可給態珪酸が転炉滓900kg区にやや多い他は、珪酸およびマグネシウムは、各処理区ともに無処理区と差はない。

以上より跡地土壌分析より見た特徴は、平炉滓、転炉滓施用により、pHの上昇、可給態珪酸、易還元性マンガン含量が顕著に、石灰、苦土、有効態リン酸も明らかに増加するが、これらはマンガンを除いて1作ごとに減少し、3作後には無処理区とほとんど差がなくなる。ただしマンガンのみは3作後も無処理区に比較して顕著に多い。珪カル処理区もほぼ同様であるが、当然のことながら鉄、マンガンとリン酸の増加はない。

IV 総合考察

1 施用量について

北荒木、中野両試験地と、また別に実施した求院(ぐい)、論田両試験地の収量指数をとりまとめて第18表に示す。平炉滓あるいは転炉滓500~600kgの施用により、初年目と、2年間の残効を含めて、3年間の収量の平均では、4試験地ともに10%の増収となっている。施用量をさらに増加して900~1,000kgとしても収量の増加はほとんどない。また施用量が少ない場合平炉滓300~400kgでは収量指数はいずれも102、転炉滓300kgでは106とやや多いが、600kg施用には及ばない。ここにあげた4試験地では500~600kg施用が適当で、また経済的にもなりたつ量である。

第18表 各試験地の収量指数

北荒木試験地, グライ土壌砂土型 (八幡統)					
処	理	1968	1969	1970	平均
無	処	100	100	100	100
平	炉	500	111	110	110
	滓	1000	110	115	111
無処理区収量 (kg/a)		55.4	52.1	36.7	48.1
中野試験地, 強グライ土壌砂礫土湧水型 (竜北統)					
処	理	1969	1970	1971	平均
無	処	100	100	100	100
平	炉	300	97	106	102
転	炉	300	101	112	106
	滓	600	109	118	110
	滓	900	106	118	107
珪	カ	450	102	103	101
無処理区収量 (kg/a)		49.3	42.1	47.7	46.4
求院試験地, グライ土壌砂土型 (八幡統)					
処	理	1968	1969	1970	平均
無	処	100	100	100	100
客	土	12 t	119	101	106
	滓	24 t	110	104	107
平	炉	1000kg	122	106	111
無処理区収量 (kg/a)		43.8	55.3	47.9	49.0
論田試験地, 灰褐色土壌砂土型 (納倉統)					
処	理	1968	1969	1970	平均
無	処	100	100	100	100
客	土	12 t	119	101	106
	滓	24 t	110	104	107
平	炉	1000kg	122	106	111
無処理区収量 (kg/a)		43.8	55.3	47.9	49.0

森野はいわゆる森野の秋落水田型の水田では平炉滓1,500kgまで施用量に応じて効果があるとしたが、本試験では500~600kg以上の施用では効果はみられなかった。この点は土壌の性質による差、あるいは平炉滓の粒度による差などが考えられる。森野によると、特に粒度に注意し、粒の大きいものを使用したことである。粗粒のものを大量に使用することによって

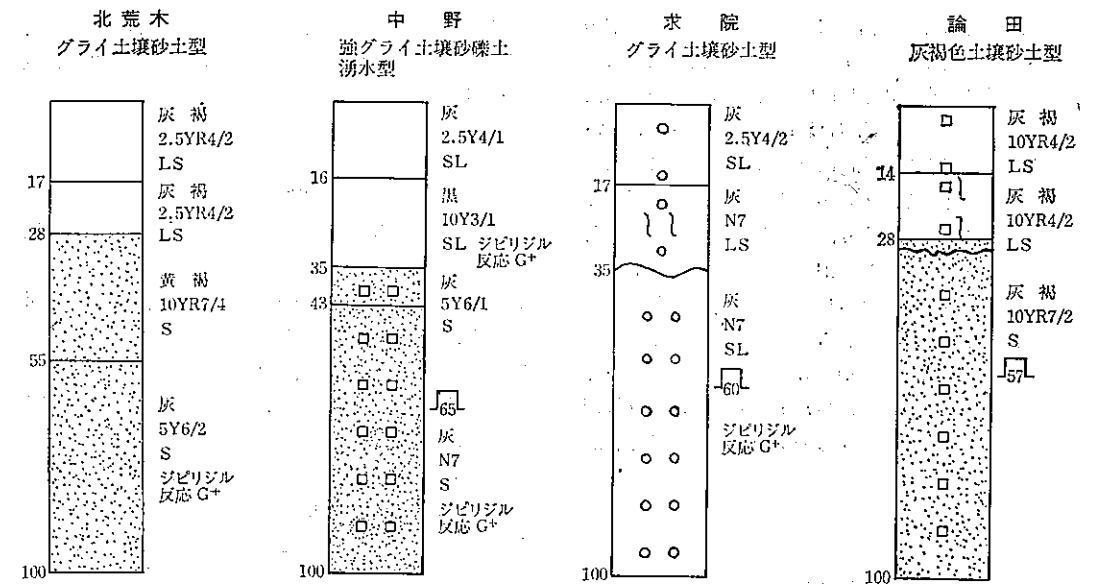
効果をゆるやかにし、更に長期にわたらせるためである。

2 土壌について

4試験地の土壌断面調査を第4図、求院、論田両試験地の土壌分析成績を第19表に示す。4試験地は強グライ土壌、グライ土壌、灰褐色土壌と土壌類型は異なるが、共通する点は、いずれも粗粒質であることである。作土はSL~LSであり、下層土はいずれもLS~Sで、礫を含むことが多い。したがって各土壌ともに漏水過多といえる。

土壌分析成績からみても保肥力、肥沃度の劣る土壌であって、第2表、第19表によって4試験地の水稲の秋落と関係の深い土壌の化学性をみると、塩基置換容

量が1.9~8.2meと低い。遊離酸化鉄は0.18~0.41%とこれも少ない。可給態珪酸は2.0~7.7mgで、一般に珪酸欠乏の限界²⁾といわれる13mgよりもはるかに低い。また北荒木、中野両試験地の成績では易還元性マンガンはそれぞれ0.3mg、1.8mgであって、マンガン欠乏の限界³⁾といわれる2.5mgよりも顕著に少ない。したがってこれらの土壌では鉄、珪酸、マンガンが欠乏しており、置換容量が低く、しかも漏水するので窒素の肥効も適当でなく、秋落がはげしいものと思われる。これを改良するにはこれらの欠点を総合的に改良する必要がある。珪酸石灰によっては珪酸の補給と、アルカリ効果による窒素の放出もある程度あってこれららがその効果の主なものであろうが、その他の鉄、マ



第4図 各試験地の土壌断面形態

第19表 求院・論田試験地土壌の理化学性

試験地	深さ (cm)	土性	pH	T-N (%)	CEC (me)	置換性塩基		遊離酸化鉄 Fe ₂ O ₃ (%)	可給態珪酸 SiO ₂ (mg/100g)	風乾生成量 (NH ₄ -N) (mg/100g)
						CaO (me)	MgO (me)			
求院	0~17	SL	6.2	0.13	6.2	2.6	1.6	0.39	7.7	4.6
	17~35	LS	6.0	—	4.8	2.4	1.6	0.39	2.0	2.1
	35~	LS	5.8	—	3.2	1.4	2.0	0.36	0.9	0.6
論田	0~14	LS	—	0.11	1.9	1.6	0.8	0.22	4.5	5.9
	14~28	LS	—	—	1.9	1.4	0.5	0.16	3.1	4.2

ンガンの欠乏に対して効果がない。平炉滓、転炉滓によれば、珪酸、鉄、マンガン等が補給され、アルカリ効果による地力窒素の放出も珪酸石灰より大きいので、このような秋落水田に効果が高いと思われる。なおこれらの土壌における各種成分の欠乏があまりに大きく、また漏水が激しくて施用した資材の流亡も多いので、少量の施用では効果がなく、ある程度多量を一時に施用してはじめて効果があらわれると考えられる。地力窒素の放出も鉄鋳滓の施用量が少なくて効果はなく、ある程度の量を一時に施用してpHが十分高くなった時にはじめて効果があるわけである。なお地力窒素が放出されれば当然易分解性の有機物が減少するわけであるから、堆肥、稲わらを施用しなければならない。

3 残効について

鉄鋳滓施用により水稻の収量は、北荒木では毎年10%でいどの増収であったが、その他の3試験地では概して初年目に高く、3年目には低くなった。一方水稻の珪酸吸収は初年目には資材施用により顕著に多いが、これは1作ごとに急速に減少し、3作目には北荒木では無処理とほとんど差がなくなり、一方中野では3作目にもなお無処理より高かった。また3作後の土壌分析によるとマンガンは別として、pHは低下し、珪酸、塩基類の減少は著しく、無処理とほとんど差がみられなくなった。これらの点よりみて、4作以降の残効については、試験地にもよるであろうが、多くは期待できないであろう。したがって鉄鋳滓600kg程度を3~4年に1回施用するのが現実的であると判断される。

V 摘 要

ごま葉枯病、穂枯れが激発し、秋落ちのはなはだし地帯4か所で現地試験を実施し、鉄鋳滓多量施用の効果を検討した結果は次のとおりである。

1 平炉滓、転炉滓500~600kgの施用では、残効を含めて3年間の平均で約10%の増収となったが、これ以上は増産の効果はなく、これ以下の量では効果は少なかった。また珪酸石灰の効果も少なかった。

2 4試験地はそれぞれ強グライ、グライおよび灰褐色土壌であったが、共通点はいずれも粗粒質で、作土はSL~LS、下層土はLS~Sで漏水のはなはだしいこと、また塩基置換容量が低く、遊離酸化鉄、可給態珪酸および易還元性マンガン含量がはなはだしく低い点であった。

3 これらの資材施用による水稻の養分吸収の特徴は珪酸および窒素の吸収量の増加であり、前者は鉄鋳滓、珪酸石灰すべてにみられたが、後者は鉄鋳滓500~600kg以上施用の場合にのみみられた。室内実験の結果とあわせて、アルカリ効果も鉄鋳滓多量施用の効果の原因の一つと推定した。

4 水稻の収量、養分吸収、跡地土壌の化学性の推移よりみて、鉄鋳滓500~600kg施用の効果はほぼ3年程度とみられる。

5 以上より2に示したような土壌における秋落対策としては、3ないし4年に1回、鉄鋳滓600kg程度の施用が適当と認められた。ただし堆肥、わら等の有機物は毎年十分に施用しなければならない。

引 用 文 献

- 1) 原田登五郎(1951): 水田の窒素的潜在地力(1). 農業技術 6:13-15.
- 2) 今泉吉郎・吉田昌一(1958): 水田土壌の珪酸供給力に関する研究. 農技研報B 8:261-304.
- 3) 川口菊雄・橋本重久(1968): 水田土壌のマンガン欠乏、土壌診断の手引. 地力保全調査事業全国協議会. p 36-39.
- 4) 森野治(1970): 製鉄鋳滓の多投効果(1). 農業技術 25:481-489.
- 5) 森野治(1970): 製鉄鋳滓の多投効果(2). 農業技術 25:529-530.
- 6) 低位生産地調査事業十周年記念全国協議会(1957): 低位生産地調査事業十周年記念論文集. p 1016-1017.
- 7) 上田和雄(1961): 老朽化水田における水稻の秋落現象とケイ酸との関係についての植物生理的研究. 1-128.

Summary

The effect of heavy application of iron-slag in sandy autumn-declined ("akiochi") paddy soils was studied by four field experiments. The results were as follows:

1) Application of 5 or 6 tons of iron-slag per hectare increased rice yield by ten per cent on the average of three years, and more application did not have more effect, and small by less application.

2) The soils of four experimental field were Strong gley, Gley and Grayish-brown soil, but these soils had common nature; the textures were all coarse, namely surface soils were Sandy loam or Loamy sand and subsurface were Loamy sand or Sand, they were heavily leaky, cation exchange capacities were small, and the contents of free iron, available silicate and easily reducible manganese were very low.

3) By the application of iron-slag and calcium silicate, silicate uptake was increased remarkably, while the nitrogen uptake was increased only by 5 or 6 tons of iron-slag or more per hectare. From the field and laboratory experiments, it was assumed that one of the factors of yield increase caused by heavy application of iron-slag might be the mineralization of soil organic nitrogen by alkaline effect.

4) From the transition of rice yield, nutrient uptake and soil chemical nature, it is suggested that the effect of iron-slag 5 or 6 tons per hectare succeed nearly three or four years.

5) For the improvement of autumn-declined ("akiochi") soils as described above, it is recommended to apply 6 tons of iron-slag per hectare once in three or four years.