

腐植質火山灰土「黒ボク」水田の生産力増強に関する研究

—水稲に対する肥料団子の効果について—

坪田五郎・星 静・宮脇謙三

On the increase in productivity of the volcanic ash-soil rich in humus of 「Kuroboku」 paddy field.

Effect of the dumping which contains fertilizer on the paddy rice.

Goro Tsubota, Shizuka Hoshi, Kenzo Miyawaki.

緒 言

黒ボク水田の特性としては施用された肥料（アンモニア、加里）が流亡し易いこと、磷酸の天然供給量は少く、施用磷酸は吸着固定されること及水稻生育の中期以降に異状還元状態となること等が挙げられる。肥料成分の溶脱については原田、久津那両氏による研究⁽¹⁾があり、腐植型土壤は鉍質型土壤に比較してCationの侵入が少く、Negative chargeの主要因が腐植によるものであると報告され、高橋⁽²⁾氏等は全国各府県の水稲体を分析し、窒素の利用率と増収量とは極めて高い相関があり、利用率の高いものは粘質土であり、低いものは砂質土壤又は火山灰土壤であると指摘している。鈴木⁽³⁾氏等は砂質水田の窒素施用について団子肥料を試み著しい効果を得ているが、著者等も黒ボク水田の肥料養分溶脱防止と肥効増

進の機構について研究⁽⁴⁾⁽⁵⁾し、ベントナイト及三紀頁岩風化土の如き塩基置換容量の大きい粘土を客入することによつて水稻の生育収量を著しく高めることができるが、此の場合土壤の養分保持力の増加、生育に適合した養分の放出、養分吸収阻害物質の軽減等の諸要因が関与することを明らかにした。本報告は引続き実施した置換容量の大きい粘土を用いて作った肥料団子の効果について述べる。

I 試 験 方 法

試験は框及圃場を用い室内実験を併せ行つたが主に次の諸点について研究を進めた。(1)塩基置換容量と肥料団子の効果について、(2)肥料団子の種類と肥料団子材料の効果について、(3)塩類添加と肥料団子の効果についての3項目である。

試験設計は次に示すとおりである。

(1)塩基置換容量と肥料団子の効果について。

オ1表 (1955年)

供試圃場本場 坪コンクリート框1区2聯制

試 験 区 名	反 当 施 肥 量 (貫)							
	ベント ナイト	三 頁 紀 岩	宇都宮 三 紀	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	堆 肥	施 肥 方 法
標 準 区	—	—	—	2.0	2.0	2.0	200	Nは硫安、Pは過石、Kは塩加 1.6貫元肥全層、0.4貫穗肥
ベントナイト 200 貫 客 入 区	200	—	—	〃	〃	〃	〃	〃
三紀頁岩風化土 200 貫 客 入 区	—	200	—	〃	〃	〃	〃	〃
硫 安 団 子 A 施 用 区	40	160	—	〃	〃	〃	〃	N.P.K1.1貫を団子とし N.0.5貫植代、0.4貫穗肥
硫 安 団 子 B 施 用 区	—	100	100	〃	〃	〃	〃	〃
尿 素 団 子 施 用 区	—	100	100	〃	〃	〃	〃	〃

反当団子の個数は18,000個、坪当り株数60株、1株1個宛（1個の重さ乾物10匁）品種、水稻農林25号、施肥

6月6日習日灌水、挿秧時団子を1寸深に施用、追肥7月27日、収穫10月17日

(2) 肥料団子の種類と肥料団子材料の効果について
オ2表（1956年）

供試圃場本場水田1坪コンクリート框、1区3聯制

試験区名	反当施肥量貫（団子又は全層施肥）					植代施肥			追肥
	ベントナイト	三紀頁岩	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
標準区	—	—	1.6	2.4	2.4	0.4	0.6	—	0.4
窒素分施区	—	—	0.80	2.4	2.0	0.4	0.6	0.4	1.2
硫酸団子大粒区	100	100	1.6	2.4	1.6	0.4	0.6	0.8	0.4
硫酸団子小粒区	100	100	1.6	2.4	1.6	0.4	0.6	0.8	0.4
尿素団子大粒区	100	100	1.6	2.4	1.6	0.4	0.6	0.8	0.4
尿素団子小粒区	100	100	1.6	2.4	1.6	0.4	0.6	0.8	0.4
材料団子大粒区	100	100	1.6	2.4	2.4	0.4	0.6	—	0.4
材料団子小粒区	100	100	1.6	2.4	2.4	0.4	0.6	—	0.4

反当団子の個数は大粒区9,000個、坪当株数60株、2株の中央に1個の割合、深さ約1寸、小粒区はパチンコ玉大で1株当り約15個位、深さ約1寸としたが植付直後施用

し、大粒の場合より稍浅く施用されたものと思われる。材料団子大小粒は肥料を入れない団子である。栽培法は1955年(1)の試験に準ずる。

(3) 塩類添加と肥料団子の効果について

オ3表（1957年）

供試圃場本場1坪コンクリート框、1区3聯制

試験区名	元肥全層又は団子（反当貫）				植代（反当貫）			追肥（反当貫）	備考
	尿素-N	過石-P ₂ O ₅	溶燐-P ₂ O ₅	硫酸-K ₂ O	硫酸-N	過石-P ₂ O ₅	硫酸-K ₂ O		
対称区	2.0	2.4	—	2.4	0.4	0.6	0.6	0.4	塩類添加の場合は炭酸塩としてCaO 1.35、MgO 0.32、Na ₂ O 1.43貫を施用した。 大谷団子は大谷三紀凝灰岩100貫、ベントナイト100貫を混合して作り、カオリンは羽黒カオリン200貫、赤土団子は赤土200貫を用いて作った。
塩類添加区	—	—	2.4	—	—	—	—	—	
大谷団子区	—	2.4	—	—	—	—	—	—	
カオリン区	—	—	—	—	—	—	—	—	
赤土団子区	—	—	—	—	—	—	—	—	
塩類添加A区	—	—	—	—	—	—	—	—	
塩類添加B区	—	—	2.4	—	—	—	—	—	
赤土団子B区	—	—	—	—	—	—	—	—	
黒ボク団子区	—	—	—	—	—	—	—	—	

栽培法概要は1955年の(1)試験に準じ反当施用団子は18,000個である。

II 試験結果

(1) 塩基置換容量と肥料団子の効果について。(I) 材料の分析成績

オ4表 肥料団子材料の塩基置換容量

材料	水分%	容積比重	水中沈定容積	粘土含量%	遊離酸化鉄%	易還元性過飽%	全珪%	Si O ₂ Al ₂ O ₃	塩基置換容量	
									Ph 7.0	Ph 6.0
黒ボク	8.23	0.716	163	12.55	0.378	0.513	47.58	1.84	26.11	21.73
ベントナイト	6.68	1.126	480	20.40	0.082	0.495	66.42	4.44	72.05	74.87
三紀頁岩風化土	8.85	1.004	143	14.20	0.846	0.980	59.99	5.57	103.92	95.51

肥料団子材料として用いたものは愛知県知多半島先端部産の三紀頁岩風化物並びに群馬県碓氷郡白井町産のbentoniteである。これらは黒ボク土壌に比較して塩基

置換容量が著しく大で、硅礬比も大きく、montmorillonite型の粘土鉱物を含有する。

(II) 栽培試験成績

オ5表 水稻の生育状況 草丈、稈長、穂長

試 験 区 名	草 丈 (cm)					稈 長 (cm)		穂 長 (cm)	
	6.24	7.11	7.25	8.5	8.19	9.9	10.12	9.9	10.12
標 準 区	38.5	56.9	68.6	79.1	—	80.8	80.5	21.6	21.0
ベントナイト200貫客入区	40.0	57.1	70.6	81.8	96.0	81.5	81.2	22.0	21.4
三紀頁岩風化土200貫客入区	41.8	59.9	70.6	81.8	77.0	82.6	81.8	20.5	21.3
硫安団子大粒施用区	40.8	60.8	72.7	81.6	97.0	85.6	84.4	20.3	20.9
硫安団子小粒施用区	49.5	58.8	70.1	80.6	93.1	84.3	82.6	19.8	21.0
尿 素 団 子 施 用 区	38.5	59.0	69.2	79.2	95.4	82.3	82.2	21.2	20.6

オ6表 茎数、穂長

試 験 区 名	茎 数 (株当本)					穂 数 (本)	
	6.24	7.11	7.25	8.5	8.19	9.9	10.12
標 準 区	7.8	17.3	14.6	13.1	15.3	11.2	10.3
ベントナイト200貫客入区	9.3	18.0	16.8	14.9	16.2	12.9	12.3
三紀頁岩風化土200貫客入区	8.5	17.8	18.1	15.0	17.1	13.5	13.9
硫安団子大粒施用区	9.3	21.0	21.9	19.7	20.0	15.4	14.3
硫安団子小粒施用区	8.1	19.4	17.5	15.9	17.7	14.7	14.2
尿 素 団 子 施 用 区	9.2	20.2	19.7	16.8	18.2	15.2	14.3

オ7表 収 量

試 験 区 名	収 量 (畝 当 り 匁、升)								
	全 重	葉 重	穂 重	精粗重	枇 重	玄米重	屑米重	精粗容	玄米容
標 準 区	202.3	161.4	139.9	124.9	1.00	104.9	0.630	0.432	0.269
ベントナイト200貫客入区	340.5	186.9	152.2	141.0	1.40	116.3	0.776	0.483	0.298
三紀頁岩風化土200貫客入区	366.7	197.0	168.0	157.0	1.65	130.3	0.864	0.541	0.334
硫安団子大粒施用区	367.5	200.6	165.7	159.7	1.20	135.0	0.878	0.555	0.360
硫安団子小粒施用区	361.6	195.9	164.2	155.2	1.45	129.6	0.931	0.535	0.341
尿 素 団 子 施 用 区	348.6	179.8	167.5	158.0	1.25	130.4	0.790	0.549	0.330

試 験 区 名	1 升 重 (匁)		5 瓦 粒 数		収 摺 歩 合 (%)			収 量 比		
	精 粗	玄 米	精 粗	玄 米	重 量	容 量	葉 重	穂 重	玄米重	玄米容
標 準 区	289.0	390.0	203.0	220.5	84.0	62.3	100.0	100.0	100.0	100.0
ベントナイト200貫客入区	292.0	390.0	194.4	224.5	82.5	61.7	115.8	108.8	110.9	110.8
三紀頁岩風化土200貫客入区	290.0	390.0	191.5	226.5	83.0	61.7	122.1	120.0	124.2	124.2
硫安団子大粒施用区	288.0	390.0	193.0	219.5	84.5	64.9	124.3	118.4	128.7	133.8
硫安団子小粒施用区	290.0	380.0	190.0	221.0	83.5	63.7	121.4	117.4	123.6	126.7
尿 素 団 子 施 用 区	288.0	395.0	190.0	227.5	82.5	60.1	111.4	119.7	124.3	122.7

才8表 時期別養分吸收量風乾物重 (株当瓦)

試 驗 区 名	地 上 部			葉	穂	計	葉	穂	計
	7.11	7.25	8.16	9.8	9.8	9.8	10.14	10.14	10.14
標 準 区	9.3	27.2	44.3	46.5	10.2	56.7	39.9	36.0	75.9
硫安団子大粒施用区	13.3	20.6	75.0	78.2	21.2	99.4	49.5	38.8	88.3

才9表 養 分 含 有 率 (風乾物中%)

事 項 区 名	7. 11					7. 25				
	水 分	Si O ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	水 分	Si O ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
標 準 区	13.98	—	1.45	—	—	13.45	8.02	0.88	0.40	2.09
硫安団子大粒施用区	16.48	6.77	1.73	0.28	2.56	12.40	7.50	0.95	0.42	2.05

事 項 区 名	8. 16					9. 8 葉				
	水 分	Si O ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	水 分	Si O ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
標 準 区	8.20	9.11	0.98	0.32	1.97	8.83	10.90	0.73	0.25	1.52
硫安団子大粒施用区	7.66	9.32	0.92	0.40	1.57	9.04	10.30	0.59	0.24	1.30

事 項 区 名	9. 8 穂					10. 14 葉				
	水 分	Si O ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	水 分	Si O ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
標 準 区	10.82	9.29	1.02	0.47	4.38	10.03	14.80	0.31	0.13	1.70
硫安団子大粒施用区	10.59	8.14	0.93	0.93	0.44	9.39	12.50	0.42	0.21	1.49

事 項 区 名	10. 14 葉				
	水 分	Si O ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
標 準 区	11.23	3.93	0.96	0.58	0.36
硫安団子大粒施用区	10.60	5.74	0.95	0.63	0.39

才10表 養 分 吸 收 量 (株当瓦)

事 項 区 名	7. 11				7. 25				8. 16			
	Si O ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Si O ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Si O ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
標 準 区	—	0.135	—	—	2.180	0.239	0.109	0.568	4.04	0.656	0.142	0.873
硫安団子大粒施用区	0.900	0.230	0.037	0.340	1.550	0.196	0.087	0.422	6.99	0.690	0.300	1.180

事 項 区 名	9. 8 葉				9. 8 穂				9. 8 合 計			
	Si O ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Si O ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Si O ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
標 準 区	5.07	0.339	0.116	0.707	0.948	0.104	0.048	0.039	6.018	0.443	0.164	0.746
硫安団子大粒施用区	8.05	0.461	0.188	1.020	1.730	0.197	0.083	0.093	9.780	0.658	0.271	1.113

事 項 区 名	10. 14 葉				10. 14 穂				10. 14 合 計			
	Si O ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Si O ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Si O ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
標 準 区	5.91	0.124	0.052	0.678	1.410	0.346	0.209	0.130	7.320	0.470	0.261	0.808
硫安団子大粒施用区	6.19	0.208	0.104	0.738	2.230	0.369	0.244	0.151	8.420	0.577	0.348	5.889

肥料団子の施用は草丈、茎数、稈長、穂長共標準区に比較して初期から良好で特に7月上旬の有効分けつ期には明らかに勝れた。その結果収量に於ても葉重、穂重共2割以上の増収を示した。時期別乾物重量の増加も極めて明瞭であり、各種養分の吸収量も増加している。含有

率については窒素は分蘖期及び収穫期の含量が高く、他の養分では生育中標準と大差なく経過し、収穫期には葉穂共各養分共に含有率が増加したが、肥料団子中のアンモニア態窒素が十分に吸収保持された結果生育時期に従って除々に利用されたものと推察される。

(2) 肥料団子の種類と肥料団子材料の効果について (I) 栽培試験成績

才11表 水 稻 の 生 育 状 況

事 項 試験区名	草 丈 (cm)				稈 長 (cm)		穂 長 (cm)	
	6月26日	7. 11	7. 25	8. 6	9. 13	10. 8	9. 13	10. 8
標 準 区	36.6	51.4	61.2	69.7	71.7	72.4	20.4	20.1
窒 素 分 施 区	35.5	50.1	67.0	73.8	73.0	73.2	20.4	20.5
硫 安 団 子 大 粒 区	34.7	53.9	66.4	74.5	74.3	75.7	20.1	20.1
硫 安 団 子 小 粒 区	36.7	56.4	66.0	73.6	74.7	74.4	19.9	20.3
尿 素 団 子 大 粒 区	35.0	55.8	67.9	75.1	76.9	75.9	20.0	20.3
尿 素 団 子 小 粒 区	36.2	54.1	66.9	74.8	74.7	76.4	19.9	20.0
材 料 団 子 大 粒 区	35.6	51.0	62.2	74.5	71.5	72.1	20.6	20.6
材 料 団 子 小 粒 区	37.0	54.5	62.3	73.4	73.7	73.7	20.3	19.8

事 項 試験区名	茎 数 (株当本)				穂 数 (本)		出 穂 及 び 成 熟 状 況			
	6月26日	7. 11	7. 25	8. 6	9. 13	10. 8	出穂始	出穂期	穂揃期	成熟期
標 準 区	12.6	19.8	17.6	16.7	14.3	15.0	8月24日	9月1日	9月4日	10月16日
窒 素 分 施 区	11.3	18.3	18.1	17.5	14.7	15.1	8. 26	9. 2	9. 5	10. 16
硫 安 団 子 大 粒 区	9.9	19.5	20.7	20.3	16.3	16.9	8. 27	9. 3	9. 5	10. 16
硫 安 団 子 小 粒 区	12.1	21.0	20.7	21.1	16.0	16.3	8. 26	9. 1	9. 4	10. 16
尿 素 団 子 大 粒 区	10.5	21.5	22.1	21.5	16.3	16.6	8. 29	9. 3	9. 5	10. 16
尿 素 団 子 小 粒 区	11.8	22.0	22.7	23.2	17.7	17.8	8. 27	9. 2	9. 4	10. 16
材 料 団 子 大 粒 区	12.7	20.4	18.6	19.1	14.5	14.8	8. 26	9. 1	9. 4	10. 16
材 料 団 子 小 粒 区	12.1	21.0	19.1	20.1	14.5	15.2	8. 25	9. 1	9. 4	10. 16

才12表 収 量 (框当匁、升)

事 項 試驗区名	葉重量	穂重量	精 粳		秕 重	玄 米		粳摺歩合		収 量 比	
			重 量	容 量		重 量	容 量	重 量	容 量	葉 重	穂 重
標 準 区	92	109	100	0.333	0.47	83.1	0.218	83.1	65.5	100.0	100.0
窒 素 分 施 区	112	110	101	0.334	0.47	84.6	0.222	83.8	66.5	121.7	100.9
硫安団子大粒区	120	129	117	0.384	0.67	98.4	0.259	84.1	67.5	130.4	118.4
硫安団子小粒区	123	124	111	0.362	0.70	93.7	0.246	84.4	68.0	133.7	113.8
尿素団子大粒区	127	134	111	0.359	0.67	87.4	0.232	78.8	64.6	118.0	122.9
尿素団子小粒区	137	131	120	0.395	0.71	100.8	0.265	84.0	67.1	148.9	120.2
材料団子大粒区	96	109	97	0.313	1.30	82.8	0.224	85.4	71.5	104.3	100.0
材料団子小粒区	104	103	94	0.304	0.45	79.9	0.210	85.0	69.1	113.0	94.5

生育状況は草丈、茎数についてみると植付後4日では各区の差がまだ明らかでないが、概して肥料団子の大粒区が劣り、1ヶ月後の7月11日では明らかに差異が現れ、標準区に比較して窒素分施及び材料団子大粒区が劣る。

硫安、尿素何れも小粒の場合は大粒より初期勝り、硫安と尿素的差では草丈は大差なく茎数は尿素の方が少々勝る結果で、以後草丈では大粒区が勝る。茎数は終始尿素団子小粒の場合が多く、出穂成熟も生育の遅れた大粒区が1~2日遅れ、標準区及び材料団子施用区では同様であつた。

時期別乾物重量の変化については7月6日既に各区共

標準より多く、肥料団子相互の間では大差ないが概して生育状況と同様の傾向を示した。

収量については、葉重量は各区共標準区に比較してすぐれ殊に肥料団子施用の各区は勝れた。穂重、粒重、玄米重量等は窒素分施、材料団子施用の各区は標準区と大差なく、肥料団子施用の各区が何れも勝り、穂重量で比較すると13~20%の増収である。

肥料団子の間では尿素団子が硫安団子に比較して4.5~6.4%増収、大粒、小粒の間では尿素の場合大差なく、硫安団子の場合は大粒の方が4.6%増収である。

収穫物の1升重量、収歩合等では一定の傾向が認められない。

才13表 時期別乾物重量の増加(株当瓦)

事 項 試験区名	葉			9月8日			11月16日		
	7月6日	7月24日	8月6日	葉	穂	計	葉	穂	計
標準区	3.38	10.63	23.38	42.50	8.13	50.63	50.50	50.00	100.50
窒素分施区	3.63	12.75	27.50	44.50	8.75	53.25	52.13	52.50	104.63
硫安団子大粒区	4.13	17.63	34.88	55.25	10.25	65.50	54.13	56.63	110.76
硫安団子小粒区	5.88	14.38	33.63	57.25	11.38	68.63	55.88	56.38	112.26
尿素団子大粒区	4.38	17.50	39.75	60.87	10.63	71.50	60.25	56.88	117.13
尿素団子小粒区	3.88	17.88	29.00	59.88	9.75	69.63	54.50	59.00	113.50
材料団子大粒区	4.50	15.56	26.81	43.88	9.00	52.88	46.13	44.81	90.94
材料団子小粒区	4.13	12.19	28.88	44.25	9.38	53.63	53.25	55.31	108.56

才14表 時期別養分含有率(風乾物中%)

N

事 項 試験区名	葉			葉	穂	葉	穂
	7.6	7.24	8.6	9.8	9.8	10.16	10.16
標準区	2.20	1.40	1.44	0.74	0.93	0.40	0.89
窒素分施区	2.07	1.50	1.33	0.72	0.89	0.42	0.84
硫安団子大粒区	1.64	1.60	1.17	0.70	0.96	0.43	0.86
硫安団子小粒区	1.35	1.40	1.20	0.67	1.13	0.38	0.85
尿素団子小粒区	1.64	1.35	1.29	0.72	0.95	0.46	0.92
尿素団子大粒区	2.55	1.34	1.29	0.77	0.86	0.43	0.84
材料団子大粒区	1.34	1.27	1.18	0.70	0.51	0.30	0.79
材料団子小粒区	2.46	1.34	1.20	0.68	0.92	0.41	0.88

P₂O₅

標準区	0.51	0.43	0.39	0.45	0.43	0.19	0.46
窒素分施区	0.56	0.40	0.40	0.44	0.41	0.20	0.52
硫安団子大粒区	0.71	0.41	0.40	0.37	0.46	0.18	0.53
硫安団子小粒区	0.52	0.42	0.41	0.41	0.42	0.20	0.56
尿素団子大粒区	0.42	0.42	0.36	0.36	0.39	0.21	0.50
尿素団子小粒区	0.51	0.42	0.44	0.43	0.42	0.21	0.52
材料団子大粒区	0.57	0.41	0.46	0.43	0.42	0.21	0.52
材料団子小粒区	0.50	0.43	0.44	0.42	0.45	0.19	0.53

K₂O

事 項	藥			藥	穗	藥	穗
	7.6	7.24	8.6	9.8	9.8	10.16	10.16
試 驗 區 名							
標 準 區	1.18	1.10	1.23	0.87	0.28	0.79	0.16
窒 素 分 施 區	1.57	1.11	1.18	0.85	0.28	0.85	0.20
硫安团子大粒区	1.87	1.17	1.18	0.84	0.25	0.93	0.21
硫安团子小粒区	1.68	1.25	1.20	0.83	0.27	0.87	0.19
尿素团子大粒区	0.86	1.20	1.21	0.83	0.22	0.79	0.19
尿素团子小粒区	1.61	1.18	1.14	0.83	0.27	0.94	0.19
材料团子大粒区	1.61	1.10	1.18	0.78	0.27	0.74	0.20
材料团子小粒区	1.53	1.10	1.18	0.78	0.28	0.87	0.19

Ca O

標 準 區	0.22	0.27	0.25	0.16	0.09	0.31	0.016
窒 素 分 施 區	0.35	0.27	0.22	0.15	0.10	0.29	0.017
硫安团子大粒区	0.45	0.24	0.21	0.18	0.11	0.29	0.017
硫安团子小粒区	0.25	0.24	0.20	0.16	0.09	0.31	0.022
尿素团子大粒区	0.27	0.25	0.22	0.17	0.09	0.29	0.023
尿素团子小粒区	0.43	0.24	0.21	0.14	0.10	0.30	0.022
材料团子大粒区	0.33	0.26	0.23	0.17	0.10	0.35	0.033
材料团子小粒区	0.33	0.29	0.24	0.19	0.09	0.31	0.029

Mg O

標 準 區	0.19	0.14	0.12	0.092	0.151	0.085	0.095
窒 素 分 施 區	0.18	0.14	0.12	0.086	0.146	0.094	0.122
硫安团子大粒区	0.25	0.14	0.11	0.101	0.131	0.098	0.119
硫安团子小粒区	0.12	0.16	0.11	0.084	0.154	0.085	0.119
尿素团子大粒区	0.11	0.15	0.11	0.098	0.128	0.105	0.118
尿素团子小粒区	0.14	0.16	0.11	0.081	0.152	0.103	0.116
材料团子大粒区	0.18	0.13	0.13	0.072	0.146	0.079	0.132
材料团子小粒区	0.20	0.14	0.12	0.033	0.148	0.131	0.127

Si O₂

標 準 區	9.37	8.77	8.34	9.81	9.29	14.69	2.73
窒 素 分 施 區	8.80	8.51	7.82	9.24	9.50	14.09	4.07
硫安团子大粒区	12.24	7.80	7.42	9.46	9.28	14.55	3.94
硫安团子小粒区	7.29	8.03	7.65	9.82	9.08	14.18	3.76
尿素团子大粒区	7.36	7.70	7.20	9.66	9.67	13.56	3.63
尿素团子小粒区	9.19	7.90	7.94	9.90	9.61	14.19	3.49
材料团子大粒区	8.53	8.27	7.80	9.83	9.24	15.65	4.33
材料团子小粒区	—	8.91	7.99	9.19	8.90	14.11	3.96

Mn O (風乾物100g 中 MnOmg)

標 準 區	29.6	20.5	12.1	6.03	8.08	20.3	2.63
窒 素 分 施 區	30.1	16.4	10.6	4.87	8.56	19.3	3.63
硫安团子大粒区	33.6	16.8	9.3	6.73	8.30	24.3	3.88
硫安团子小粒区	28.2	18.8	9.9	6.27	8.32	23.2	3.93
尿素团子大粒区	15.6	15.5	8.8	5.93	6.68	21.6	3.77
尿素团子小粒区	28.0	13.1	9.2	4.41	8.80	21.6	3.77
材料团子大粒区	27.7	16.1	11.3	5.76	8.40	26.9	4.23
材料团子小粒区	26.9	18.7	9.7	5.21	8.16	18.4	3.03

才15表 収穫期に於ける養分吸収量の比

事 項 試験区名	SiO ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	MnO
標 準 区	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
窒素分施肥区	122.9	104.2	116.5	130.4	111.2	131.7	118.6
硫安団子大粒区	133.1	122.2	131.5	144.0	120.9	149.2	158.9
硫安団子小粒区	134.1	114.2	137.5	145.9	134.9	138.7	155.0
尿素団子大粒区	134.0	136.4	137.9	139.3	132.9	160.3	151.2
尿素団子小粒区	145.6	126.6	141.8	170.6	143.1	161.3	160.5
材料団子大粒区	119.3	86.8	112.4	102.9	123.1	120.9	141.5
材料団子小粒区	113.7	100.0	108.1	122.5	114.7	147.0	103.5

才16表 養 分 の 利 用 率

事 項 試験区名	吸 収 率 (無要素区を差引く)			吸収率 (無要素区を差引かない場合)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
標 準 区	20.42	3.81	—	66.49	27.25	—
窒素分施肥区	23.29	8.30	8.29	69.32	31.75	58.53
硫安団子大粒区	35.20	12.39	18.52	81.27	35.83	64.60
硫安団子小粒区	29.86	14.02	15.21	75.93	37.47	65.46
尿素団子大粒区	44.64	14.13	12.25	90.71	37.58	62.50
尿素団子小粒区	38.12	15.20	26.30	84.20	38.65	76.55
材料団子大粒区	11.63	7.19	—	57.70	30.63	46.16
材料団子小粒区	20.40	6.00	4.72	66.48	29.45	54.97

時期別養分吸収量について才13表以下に示したが、養分含有量については、珪酸に次いで窒素及加里の含有率が高く、次が磷酸、石灰、苦土の順である。珪酸を除き各成分共生育の進むに従って含有率が低下し、窒素は最も低下し、加里と苦土は出穂期迄、磷酸は出穂期以降の低下が目立っており、珪酸は磷酸と逆の傾向を示した。穂中の含有率は窒素、磷酸の含有率が高く、次で苦土、石灰が高い。磷酸の移行は肥料団子施用の各区に於て多いようである。

硫安団子に比較して尿素団子施用の各区は窒素の場合不明であるが磷酸、加里では初期少く、以後次第に増加して窒素は幼穂形成期～乳熟期の両期共高くなる。他の養分は大差がない。肥料団子の大小については7月24日～8月6日の間に於て窒素、磷酸共大粒区が少く殊に尿素団子大粒区は劣る。8月6日以後は差がなくなっている。

時期別養分吸収量は、乾物重及び収量と略同様の傾向で標準区に比較して窒素のみ7月6日肥料団子大粒区が少い外は何れも多く、硫安団子より尿素団子は初期少く、後期7月24日以降は略等しくなるか又は増加する傾向である。大粒の場合も小粒に比較して窒素、磷酸加里

共初期少く7月24日以降は同様である。収穫期には窒素分施肥、材料団子施用の場合は共に標準区と大差なく、肥料団子施用の各区が藁、穂共に勝り、殊に窒素、磷酸、加里、苦土、満俺等は顕著である。硫安の場合は尿素より一般に少く、窒素及苦土は大粒が多く、磷酸、加里、石灰等は小粒が多い。尿素の場合は窒素のみ大粒が多く他の養分は小粒が勝る。

以上の養分吸収量から同一圃場の三要素試験成績の吸収量を差引き養分の利用率を算出すると才16表のようになる。

窒素の利用率は肥料団子の施用により10～15%高まり、磷酸は、5～8%、加里は約10%位高くなる。尿素を用いた場合は硫安の場合よりも窒素利用率が9%位高くなり、大粒の場合は硫安、尿素共小粒の場合より5%程度高くなっている。磷酸の利用率は小粒の方が良い結果で、尿素団子小粒では加里の利用率も大粒より高かった。

跡地土壌及び残留団子の分析結果は才17表以下に示してあるが、肥料団子から水稻に吸収される養分は硫安団子の場合窒素及び加里は大部分、磷酸は約40%位であると思われる。残留団子中の塩基置換容量は製作当初と略

同程度であり、置換性塩基では石灰、加里、苦土共に少く殊に加里は著しく減少していることが認められ、これらの土壌中での移動についてみると肥料団子の周辺土壌

及び上層、下層共団子を施用しない場合の土壌と大差がなかった。

(Ⅱ) 肥料団子及び跡地土壌の分析成績

才17表

事 項 部 位	水 分	PH		全窒素	全炭素	PH4.O 可 溶 Si O ₂	熱 塩 酸 可 溶 成 分					
		H ₂ O	K Cl	N	C		Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Ca O	Mg O	K ₂ O
硫 安 団 子 大 粒	14.69	5.57	5.49	0.767	—	196	9.07	3.55	1.20	4.19	1.63	1.66
硫 安 団 子 大 粒 残 留 団 子	8.23	5.45	4.64	0.079	1,172	130	8.74	4.70	0.73	2.43	1.11	0.81
跡 地 上 部 0~3匁	8.53	5.81	5.32	0.425	6,545	77	13.65	6.38	0.11	1.71	0.72	0.16
周 辺 2 匁	8.64	5.81	4.79	0.520	6,392	90	15.14	4.43	0.17	1.61	0.54	0.18
下 部 8~12匁	9.87	5.84	5.23	0.451	5,713	116	15.40	5.73	0.08	1.71	0.59	0.12
土 中 間 上 部 0~6匁	8.67	5.66	5.32	0.466	6,184	79	15.09	5.43	0.10	1.36	0.68	0.15
標 準 上 部 0~6匁	8.21	5.84	5.57	0.447	6,019	73	14.42	4.78	0.14	1.65	0.62	0.17
標 準 下 部 6~12匁	8.86	5.57	5.32	0.522	6,074	84	14.70	5.16	0.10	1.54	0.56	0.14
肥 料 団 子 材 料	7.76	7.70	6.54	0.054	—	196	9.43	3.88	0.10	1.77	1.65	0.71

事 項 部 位	水中沈 定容積	遊 離 酸化鉄 Fe ₂ O ₃	易還元 性濁度 Mn	塩基置 換容量 m.e.	全 塩 基 量 m.e.	置 換 性 塩 基			30°C21日間浸水後	
						Ca	Mg	K	PH	Eh ₅
硫 安 団 子 大 粒	478	1.18	—	87.83	—	72.07	14.00	26.86	7.54	428
硫安団子大粒残留団子	430	1.09	4.63	94.91	75.18	52.50	7.20	0.59	7.10	305
跡 地 上 部 0~3匁	202	0.87	1.67	20.00	18.17	15.49	2.80	0.54	6.87	— 33
周 辺 2 匁	204	1.28	1.98	22.21	17.77	16.65	2.40	0.46	—	—
下 部 8~12匁	188	0.88	1.39	19.20	18.56	16.49	4.30	0.46	7.18	— 56
土 中 間 上 部 0~6匁	200	1.15	1.87	17.39	14.71	12.30	2.60	0.46	6.92	— 119
標 準 上 部 0~6匁	202	1.30	1.56	20.59	18.02	16.04	3.80	0.55	—	—
標 準 下 部 6~12匁	204	1.19	1.95	20.30	17.56	17.27	4.00	0.62	—	—
肥 料 団 子 材 料	—	0.99	3.38	87.99	72.92	28.15	10.04	10.49	—	—

Fe₂O₃は風乾物中%, Mnは風乾土100g当Mn

塩基置換容量、全塩基は風乾土100g当m.e.

Ehはmv

才18表 肥料団子中の窒素の変化

事 項 団 子 名	水 分		P ₂ O ₅	K ₂ O	NH ₄ — N		尿 素 — N	
	5 月17日	5 月22日	5 月17日	5 月17日	5 月17日	5 月22日	5 月17日	5 月22日
硫 安 団 子	40.33	8.61	1.576	1.788	1273.	1174.	—	—
尿 素 団 子	42.35	7.47	0.909	0.805	16.4	15.5	820	730

団子の材料はベントナイト1.65貫、宇都宮三紀風化土1.65貫

硫安-N42匁、過石P₂O₅52匁、塩化K₂O59匁

尿素団子は尿素-N27.6匁、過石P₂O₅30.0匁、塩化K₂O26.5匁

窒素は乾物100g当mgで示し外は%である。

(3) 塩類添加と肥料団子の効果について

(I) 供試土壌及び材料の分析

オ19表

事 項 材料名	水 分 %	PH		全窒素 %	吸 收 係 数		塩基置 換容量 m.e.	全塩基 m.e.	置 換 性 塩 基 m.e.		
		H ₂ O	KCl		N	P ₂ O ₅			Ca	Mg	K
大谷石粉屑物	5.36	9.10	7.30	0.025	746.6	176.8	118.7	85.04	18.02	2.31	21.10
群馬ベントナイト	7.01	9.70	8.50	0.023	759.1	396.4	64.99	69.72	11.92	1.63	4.27
羽黒関白カオリン	4.08	4.05	5.00	tr	379.1	306.1	5.94	6.56	3.41	0.93	0.99
宇都宮赤土	13.33	—	—	tr	446.3	2512.4	17.62	8.56	7.17	1.65	0.64
宇都宮黒ボク	19.25	5.60	5.50	0.561	259.0	1795.1	32.85	19.72	12.56	1.79	0.99

事 項 材 料 名	熱 塩 酸 可 溶 成 分 (風乾細土 100 分中)									
	炭酸ソー ダ可溶 SiO ₂	塩 酸 可 溶 SiO ₂	SiO ₂ 合 計	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	Ca O	Mg O	K ₂ O	Na ₂ O
大谷石粉屑物	33.63	0.40	34.03	11.71	0.028	2.240	1.108	0.489	4.213	5.405
群馬ベントナイト	10.59	0.32	10.91	4.79	0.006	1.438	0.792	0.464	1.749	3.319
羽黒関白カオリン	—	—	—	14.63	0.101	1.280	1.353	0.611	1.328	1.386
宇都宮赤土	13.20	0.78	13.98	21.26	0.039	7.460	0.407	0.751	0.346	0.312
宇都宮黒ボク	—	—	—	18.10	0.179	4.060	0.820	0.408	0.218	0.294

群馬ベントナイトは前試験に用いたものに類似し、宇都宮市大谷町産大谷石粉砕物は才三紀凝灰岩で塩基に頗る富み珪酸含量も多く、塩基置換容量は風乾物瓦当118.7 meで極めて高く、磷酸吸収係数は少い。カオリンは塩

基置換容量が少く、赤土及黒ボクは置換容量が大谷凝灰岩よりは低く、カオリンより高い。赤土は鉄及苦土の含量が多く、磷酸吸収係数が著しく高い。

(II) 肥料団子の分析

オ20表

事 項 団 子 名	水 分 %	PH KCl	全窒素 %	吸 收 係 数		塩基置 換容量 m.e.	全塩基 m.e.	置 換 性 塩 基 m.e.		
				N	P ₂ O ₅			Ca	Mg	K
大谷団子	11.46	7.20	0.775	435.0	221.6	83.56	68.70	38.64	1.17	53.59
カオリン団子	3.44	7.30	0.682	tr	362.1	15.00	—	43.03	3.25	32.80
赤土団子	24.62	8.90	0.796	tr	2079.1	32.14	19.76	42.31	3.42	24.54
塩類添加赤土団子A	27.25	8.90	0.754	28.71	2007.4	32.85	42.98	62.39	5.37	31.97
総合養分添加赤土団子B	29.68	9.40	—	251.5	2038.1	28.57	52.80	38.42	11.55	22.76
塩類添加黒ボク団子	7.83	8.10	0.654	294.7	1302.5	40.71	52.80	60.05	5.72	30.44

肥料団子の分析結果は10%塩化加里浸出のアンモニヤ態窒素、硝酸、尿素等についてみるに、肥料団子を作ってから施用するまでの間に赤土団子は硝酸化成が最も多く、他の団子は少い。塩類添加黒ボク団子は、作製当時PHが8.0以上であり施用時アンモニヤ臭も認められ飛散した部分も少くないのではないと思われる。

熱塩酸可溶成分に比較して0.2N塩酸可溶成分は石灰、

苦土、加里は相当多いが磷酸は赤土の場合に著しく少かつた。

塩類の添加によつて赤土、黒ボク共に塩基置換容量及置換性塩基を増加し、PHが上昇した。

磷酸吸収係数は赤土の場合稍低く、黒ボクでも塩類添加により低くなっている。

事 項 団 子 名	熱塩酸可溶成分（風乾細土中%）						0.2 N HCl 可溶成分（%）					
	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O	H ₂ O	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO
大 谷 団 子	5.53	1.84	1.01	2.58	0.39	4.06	11.17	0.23	35.20	0.99	1.71	0.11
カオリン団子	4.27	1.29	1.11	2.03	0.37	1.43	3.75	0.04	—	0.78	1.29	0.23
赤 土 団 子	17.90	6.31	0.94	1.70	0.67	1.39	19.08	1.25	62.00	0.21	1.82	0.21
塩 類 添 加 赤 土 団 子 A	18.22	5.85	0.94	2.30	0.78	2.13	15.09	1.26	25.00	0.22	2.48	0.49
綜 合 養 分 添 加 赤 土 団 子 B	17.24	6.20	0.75	1.19	0.62	0.85	—	—	—	—	—	—
塩 類 添 加 黒 ボ ク 団 子	16.31	3.88	1.07	2.40	0.33	1.88	9.53	1.30	10.21	0.78	2.75	0.26

Fe₂O₃ は100g当 mg

事 項 団 子 名	KCl 浸 出			
	全 窒 素	NH ₄ -N	NO ₃ -N	尿素-N
大 谷 団 子	775	38.79	0.374	735.8
カオリン団子	682	17.63	0.303	664.1
赤 土 団 子	796	175.20	1.332	619.5
塩 類 添 加 赤 土 団 子	754	91.67	1.365	661.0
塩 類 添 加 黒 ボ ク 団 子	654	339.20	0.108	314.7

風乾物 100 g当 mg

（Ⅲ）肥料団子施用後土壤中に於ける変化

才21表 PH及Eh₆

月 日 部 位	PH				Eh ₆			
	6 月14日	6 月20日	7 月17日	7 月17日	6 月14日	6 月20日	7 月 1 日	7 月17日
標 準	5.50	5.50	5.60	5.70	553	367	309	343
大 谷 団 子	5.95	5.27	6.80	6.35	443	403	389	338
同 周 辺 土 壤	5.60	6.15	6.60	6.23	285	311	387	286
カ オ リ ン 団 子	5.00	5.59	6.30	6.15	428	357	344	316
同 周 辺	5.50	5.90	6.30	6.15	330	361	335	322
赤 土 団 子	6.30	6.70	7.20	6.67	505	389	409	362
同 周 辺	5.50	5.87	6.30	6.15	361	369	370	316
塩 類 添 加 赤 土 団 子	6.80	7.43	7.50	7.22	414	401	420	359
同 周 辺	5.50	5.77	6.45	6.20	341	347	366	314

新興通信工業株式会社製Ehメーターにより電極挿入60分後に測定、PHは硝子電極による。

団子は6月13日ポットに施用し、1日後、7日、18日、28日後に夫々団子及約1.5 匁周囲の土壌を採取して分析した。団子作成当時のPHも水田に施用した後は灌漑水の滲透により7.0以下に下るようである。Eh₆は大谷団子及カオリン団子が赤土団子より低いようである。肥料団子からの養分の溶出状況等を調べた結果、大谷団子が

らのアンモニアの移動は比較的少く、赤土では多い傾向がうかがはれる。

才20表の結果からも尿素からアンモニア態窒素への化成速度も赤土団子の場合に速く、大谷団子及カオリン団子は遅い傾向である。

才22表 NH_4-N (乾土100g当mg)

部 位	月 日	6 月14日	6 月20日	7 月 1 日	7 月17日
標 準		3.29	2.32	—	1.03
大 谷 団 子		48.65	15.10	237.26	401.30
同 周 辺		13.98	75.88	74.33	71.91
カ オ リ ン 団 子		11.01	56.91	96.66	85.26
同 周 辺		17.31	58.68	111.44	95.96
赤 土 団 子		259.25	227.28	138.41	125.85
同 周 辺		26.21	107.90	92.54	71.77
塩類添加赤土団子		268.23	181.95	117.14	142.41
同 周 辺		11.15	11.15	73.47	65.43

Feの浸出はPH3.0の0.02% AlCl_3 で乾物約12g当り 100ccを添加し 30分間振盪した。二価鉄及びSulphide-Sの生成は何れも少く、殊に赤土の団子でも二価鉄は以外に少く、むしろ大谷団子の周辺に多く生成された。

才23表 Sulphide-S及二価鉄の生成

部 位	月 日	Sulphide-S (乾土100g当mg)				Fe (乾土100g当mg)			
		6 月14日	6 月20日	7 月 1 日	7 月17日	6 月14日	6 月20日	7 月 1 日	7 月17日
標 準		0.064	0.028	0.426	3.742	0.050	0.491	3.446	13.854
大 谷 団 子		tr	tr	0.392	2.058	2.394	0.026	0.013	1.118
同 周 辺		tr	tr	1.174	0.926	0.039	0.056	0.753	4.090
カ オ リ ン 団 子		tr	tr	0.685	1.559	0.082	0.415	1.125	3.464
同 周 辺		tr	tr	0.916	2.349	0.070	0.328	0.867	3.057
赤 土 団 子		—	0.605	0.729	2.984	0.002	0.006	0.053	0.127
同 周 辺		—	0.099	0.369	3.053	0.074	0.059	1.406	3.083
塩類添加赤土団子		—	1.431	0.455	3.669	0.002	0.008	0.045	0.200
同 周 辺		—	1.125	0.333	2.936	0.050	0.074	1.166	3.020

(IV) 栽培試験成績

才24表 水稻の生育状況

事 項	草 丈 (cm)				稈 長 (cm)		穂 長 (cm)	
	6 月25日	7. 9	7. 25	8. 20	9. 14	10. 10	9. 14	10. 10
試験区名								
対 称 区	84.4	43.7	68.4	89.8	75.6	76.1	20.9	21.1
塩類添加対称区	31.8	46.8	66.9	87.7	75.5	73.7	21.0	20.5
大 谷 団 子 区	30.6	47.9	70.1	88.7	77.2	76.0	21.3	20.7
カ オ リ ン 団 子 区	31.3	49.2	70.0	89.5	77.9	77.6	20.5	20.7
赤 土 団 子 区	30.9	47.5	68.0	88.3	75.9	76.8	21.3	21.0
塩類添加赤土団子A	30.0	47.1	67.2	85.8	73.8	75.4	21.0	20.9
塩類添加赤土団子B	30.3	46.6	70.1	87.4	76.0	77.5	20.9	20.0
塩類添加黒ボク団子区	29.7	44.7	63.5	87.3	75.1	75.4	20.8	20.7

事 項 試験区名	茎 数 (株当本)				穂 数 (本)		出 穂 及 成 熟 状 況			
	6月25日	7.9	7.25	8.20	9.14	10.10	出穂始	出穂期	穂揃期	成熟期
対 称 区	9.0	16.4	16.8	14.4	13.6	14.6	8月29日	9月2日	9月4日	10月19日
塩類添加対称区	7.6	15.7	16.7	14.4	14.7	14.0	8.29	9.3	9.5	10.20
大谷団子区	6.4	15.6	17.0	16.0	15.3	16.0	8.30	9.3	9.4	10.19
カオリン団子区	5.8	15.0	16.1	15.4	13.6	15.0	8.29	9.3	9.4	10.19
赤土団子区	6.0	14.8	15.5	14.0	13.7	14.0	8.29	9.2	9.4	10.19
塩類添加赤土団子A区	5.9	14.4	15.4	14.1	13.3	13.3	8.29	9.3	9.4	10.19
塩類添加赤土団子B区	5.7	13.2	16.0	14.6	14.0	13.7	8.29	9.3	9.5	10.20
塩類添加黒ボク団子区	6.1	14.2	14.0	13.0	12.7	12.3	8.30	9.3	9.4	10.19

才25表 収 量 (櫃当匁、升)

事 項 試験区名	藁重量	穂重量	精 粳		糲 重	玄 米		粳 摺 歩 合		収 量 比	
			重 量	容 量		重 量	容 量	重 量	容 量	藁 重	穂 重
対 称 区	134.1	110.6	101.0	0.353	2.02	74.7	0.189	74.00	53.54	100	100
塩類添加対称区	138.9	111.4	98.7	0.338	4.46	73.7	0.184	74.67	54.44	103.6	100.7
大谷団子区	159.4	132.2	120.7	0.425	3.31	88.5	0.221	73.33	52.00	118.9	119.5
カオリン団子区	149.3	119.0	109.7	0.386	2.38	81.2	0.200	74.00	51.81	111.3	107.6
赤土団子区	155.5	115.8	106.1	0.366	1.85	78.5	0.196	74.00	53.55	116.0	104.7
塩類添加赤土団子A区	126.5	107.4	95.5	0.329	3.76	71.3	0.178	74.67	54.10	94.3	97.1
塩類添加赤土団子B区	147.2	110.5	100.3	0.351	3.13	74.2	0.186	74.00	53.00	109.9	99.9
塩類添加黒ボク団子区	117.4	100.8	92.1	0.322	2.02	68.2	0.173	74.00	53.73	87.5	91.1

栽培試験の結果は水稻の生育状況についてみると、植付後14日では標準の対称区に比較して肥料団子施用の各区は草丈、茎数共に劣り、その後大谷団子区が生育良好となり分蘖盛期には対称区を凌駕する。

塩類添加対称区は赤土団子及塩類添加赤土団子等と共に大差がなかった。

カオリン団子は対称区より草丈、茎数、穂数共勝っている。

葉色も大谷団子が勝り、次いでカオリン団子、塩類添加赤土団子B区が7月中旬から良好であるが他の各区は対称区と大差がなかった。

出穂成熟は前年度より1~2日遅れ。対称区及び赤土団子のみ他の各区より1~2日早い。

収量についてみると対称区に比較して藁重量は塩類添加赤土団子及塩類添加黒ボク団子は劣り、他の各区は勝る。穂重量、粳重量、玄米容量共藁重量と傾向は同様で大谷団子が対称区より約2割増収で最も勝り、カオリン団子がこれに次いで1割弱の増収であつた。

収穫期に於ける養分の吸収状況も収量に比例するがその含有率は、藁中で大谷団子の磷酸及苦土の含量が高く珪酸含量が少かつた外は加里、石灰等では差異がなく塩類添加黒ボク団子の場合には対称区より磷酸含量が少い。

穂の養分含量は対称区が最も少く他の各区は何れも多かつたが、磷酸では差異なく、珪酸は対称区及黒ボク団子が著しく高く、カオリン団子が少い。加里、石灰、苦土では対称区より他の各区が稍少い。

養分吸収量を対称区と比較するに、塩類添加対称区B対称区は殆んど同様で、塩類添加黒ボク団子では各養分共に少く、大谷団子では最も吸収量が多かつた。一番多く吸収されたのは磷酸であり、窒素、加里、苦土がこれに次ぎ、珪酸は意外に少い。赤土団子では石灰と鉄の吸収量が多くなり、カオリン団子は苦土、磷酸が少く、石灰が多い。

水稻刈取後残留団子を掘り出して分析した。採取直後の硬さは赤土団子が硬く、大谷団子とカオリン団子は極めて軟かい。施用前の団子では0.2N HClに溶解する成

※26表 収穫期に於ける養分含有率（風乾物中％）

事 項 試験区名	藁							
	水 分	SiO ₂	N	P O ₅	K ₂ O	Ca O	MgO	Fe ₂ O ₃
対 称 区	11.50	16.47	0.48	0.068	1.14	0.268	0.078	0.0305
塩 類 添 加 対 称 区	10.31	15.34	0.41	0.072	1.16	0.262	0.085	0.0322
大 谷 団 子 区	10.49	14.43	0.44	0.092	1.20	0.255	0.099	0.0318
カ オ リ ン 団 子 区	9.90	15.73	0.44	0.064	1.19	0.305	0.072	0.0368
赤 土 団 子 区	10.23	15.48	0.41	0.084	1.23	0.340	0.089	0.0463
塩類添加赤土団子A区	10.51	15.80	0.46	0.073	1.22	0.315	0.085	0.0376
塩類添加赤土団子B区	10.17	15.61	0.46	0.072	1.19	0.274	0.081	0.0296
塩類添加黒ボク団子区	10.23	15.51	0.43	0.056	1.21	0.299	0.063	0.0410

事 項 試験区名	穂							
	水 分	SiO ₂	N	P O ₅	K ₂ O	Ca O	MgO	Fe ₂ O ₃
対 称 区	11.62	5.09	0.85	0.44	0.45	0.039	0.155	0.0110
塩 類 添 加 対 称 区	11.84	4.28	0.94	0.43	0.42	0.025	0.127	0.0101
大 谷 団 子 区	12.13	4.43	0.92	0.49	0.42	0.022	0.130	0.0099
カ オ リ ン 団 子 区	12.10	2.90	0.91	0.38	0.33	0.029	0.115	0.0069
赤 土 団 子 区	9.80	3.37	0.87	0.42	0.38	0.029	0.120	0.0086
塩類添加赤土団子A区	12.11	4.32	0.88	0.42	0.41	0.033	0.135	0.0096
塩類添加赤土団子B区	11.78	3.30	0.92	0.44	0.39	0.031	0.129	0.0080
塩類添加黒ボク団子区	10.23	4.71	0.95	0.48	0.44	0.034	0.137	0.0104

※27表 養 分 吸 収 量 の 比

事 項 試験区名	SiO ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃
対 称 区	100.	100.	100.	100.	100.	100.	100.
塩 類 添 加 対 称 区	94.1	101.5	100.2	102.6	97.3	94.0	105.5
大 谷 団 子 区	104.1	120.4	136.9	121.8	108.2	119.4	120.1
カ オ リ ン 団 子 区	97.2	109.3	94.8	107.1	121.7	88.5	119.0
赤 土 団 子 区	100.9	103.3	106.8	116.1	139.7	100.5	154.5
塩類添加赤土団子A区	88.9	95.9	94.0	97.9	107.8	91.5	109.1
塩類添加赤土団子B区	96.1	107.1	102.5	107.7	108.7	94.9	98.7
塩類添加黒ボク団子区	87.1	91.9	95.1	92.0	95.7	76.8	110.5

※28表 養 分 の 利 用 率

事 項 試験区名	吸 収 率		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
対 称 区	28.64	12.02	27.29
塩 類 添 加 対 称 区	29.70	13.73	29.40
大 谷 団 子 区	42.60	22.22	44.96
カ オ リ ン 団 子 区	34.98	12.48	33.01
赤 土 団 子 区	30.92	15.25	40.34
塩類添加赤土団子A区	25.86	12.31	25.58
塩類添加赤土団子B区	33.48	14.26	33.54
塩類添加黒ボク団子区	23.09	12.55	20.80

分は※30表に示すとおり熱塩酸可溶の成分に比較して磷酸は大谷団子が最も多く、赤土団子は著しく少い。赤土団子でも石灰、加里、苦土は多く又置換性成分は熱塩酸可溶の全成分に比較して加里、石灰は略0.2NHCl可溶成分と同様に溶出量が多かつたが苦土は少い。

次に残留団子の成分を施用前に比較すると窒素と加里が著しく減少しており、磷酸の減少もこれらに次いで顕著であつた。石灰と苦土は施用前と大差ないが苦土の方が少い。

出穂期以後根をみると黒ボク団子は僅かに数本の太い根が団子を貫通しているが細根が少く根毛も少い。太い

(V) 残留団子の分析成績

才29表

事 項 団 子 名	水 分 %	PH (H ₂ O)	硬 度	直 径 cm	全窒素 N	熱 塩 酸 可 溶 成 分			
						P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
大 谷 団 子	40.59	6.15	2.4	4.08	0.074	0.544	3.481	2.489	0.250
カ オ リ ン 団 子	20.37	6.40	2.25	3.41	0.019	0.432	0.102	0.479	tr
赤 土 団 子	40.10	6.85	11.70	4.44	0.099	0.707	0.503	0.983	0.291
塩類添加赤土団子A区	52.30	7.50	9.83	4.35	0.138	0.963	0.874	2.152	0.225
塩類添加赤土団子B区	51.24	8.00	17.00	4.62	0.012	0.900	0.787	2.720	0.641
塩類添加黒ボク団子	45.15	7.00	4.93	4.24	0.509	1.015	1.095	2.587	0.361

(水分は採取当時の%, 他は乾土中%)

才30表 施用前団子の0.2N HCl可溶成分及置換性塩基

事 項 団 子 名	0.2NHCl				置換性塩基		
	Hot HCl sol. %				Hot HCl sol. %		
	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	CaO	MgO	K ₂ O
大 谷 団 子	97.89	39.90	65.99	28.99	41.99	6.08	62.22
カ オ リ ン 団 子	70.18	88.37	63.52	62.17	59.35	17.56	108.18
赤 土 団 子	20.54	63.94	99.29	70.74	69.66	10.37	83.15
塩類添加赤土団子A	20.29	72.48	92.56	53.26	76.09	13.86	70.56
塩類添加赤土団子B	—	—	—	—	90.37	37.56	126.26
塩類添加黒ボク団子	73.92	107.49	116.67	80.05	70.04	35.15	76.22

根の色は団子外の根と同様に鉄の沈積が認められるが暗色で弱々しい。大谷団子は湛水後間もなく約3日後から膨潤して生育期間中は団子だけ取出すことは困難であるが落水後は大体その形状のまゝ取り出すことができる。団子の一部は硫化物で黒色に染まっている。根は太根が多数集り、しかも団子の中に容易に伸長しており、団子内部の根は細根が多く活力があるように見受けられる。硫化物で汚染された根は弱々しく外部の根より痛んでいるが数は少かつた。

カオリン団子は大谷団子よりも団子中及周辺の根は弱く細い根であるが、団子の中には太い旺盛な根が数本あり外部よりは好条件のようである。硫化物による汚染は大谷団子より少い。赤土団子は固くて粘着性の少いのが特徴的で落水後作製当時と同様であるが水の滲透によつて崩れ易くなる。しかし根は団子中に伸長することが少く稀には数本の根が入っているが糸のような細かい根が多い。団子の周辺には根が纏りついて硫化物の斑紋が団子の周囲に認められるのは大谷団子で内部にみられるのとは対象的である。塩類添加赤土団子の方が太い根の貫通が認められる。概して何れの団子も内部の根は白色で太く活力があり外部の根は弱く黒褐色～褐色に汚染され

ており、湛水中は黒変する根が多い。

Ⅲ 考 察

水稻の根が蔓延するのは主に耕土中である。耕土の機能は養分を供給する能力と養分を吸収保持する能力、水と酸素を保有する能力等であるが、養分を吸収保持する能力は土壌の持つ性質のうちで最も重要なものの一つであると考えられる。

土壌による陽イオンの吸収は吸収体の種類によつて異なるばかりでなく、養分イオンの添加量と共存イオンの種類と量によつて異なる。土壌によるイオンの吸収にはこのような複雑性があるために、これを正確に測定して現す方法はないが、塩基置換容量によつて概略の量を期待できると考えて⁽¹⁾試験はこれと生産力の関係を検討し、最も有効な方法を見出そうとして肥料団子の施用を試みた。

従来行はれた客土の意味は土層を深くし、灌排水並に地下水位の条件を良好にすること、鉄及塩類の補給をすること、粘土の補給を行うことの三点であるが、黒ボク水田に於ては有機物を含むため単位容積重が少く才4表から置換容量を単位容積当りに換算するとPH6.0の醋酸

アンモンによる置換容量は100cc当り15.56m. e. となり、長野の18.10m. e. に比較して少い。従つて客土の意味も陽イオン吸収を司る置換母体を変える点に大きなねらいがある。又一方耕土中根の伸長と養分吸収を阻害する原因がある場合は耕土の置換容量の増加と共にこれを除かねば生産力が向上しないことは云うまでもない。

さて⁽¹⁾試験に於て硫安団子Aは塩基置換容量が100瓦当97.55になるが、窒素及加里の各1.1貫を200貫の材料に吸収せしめると50.97m. e. に当るから略々吸収されるはずである。従つて200貫の材料を用いて肥料団子を作る場合は少くも置換容量が50m. e. 以上のものでないといけな。

この種肥料団子の施用によつて作物の生育が順調に進み、養分吸収量が多く収量を増加したが、このことは塩基置換容量の増加に伴い生育時期別にアンモア態窒素が徐々に利用された結果であると推察される。

肥料団子の種類と団子材料の検討を⁽²⁾試験に於て行つた。この場合前試験に於て肥料団子の効果と共に客土の効果もあつたので更に団子とした場合の差異について検討した。

肥料団子の種類では硫安団子の場合生育や吸収量からみて比較的効目が早いこと、又大粒より小粒の方が肥効が早いことが知られる。水稻の収量に対してどの時期に効果があるかは養分量の違いや気象及栽培法、品種の特性などにより当然異なる筈であるが、本県のように土壌有機物の分解が水稻の生育後半に多くなり勝ちな場合は、比較的早目に肥効を現すような方法をとる必要があるので、小粒団子の効果も相当あつたことと推察され、一株一箇程度の大粒が最も適当で尿素の方が肥効持続の面で若干よかつたものと思はれる。

材料だけの団子ではアンモニア態窒素の吸収が殆んど標準と同様に黒ボク土壌によつて行はれた結果であると考えられる。

次に⁽¹⁾表のEh₆に示されるとおり肥料団子の部分は局所的に還元進行が少かつたこと、養分吸収量は窒素や加里の外磷酸及苦土、石灰等の吸収も増加している事実を考慮して塩類添加の影響について⁽³⁾の試験を行つた。

大谷三紀凝灰岩は本県で得られる塩基置換容量の最も大きな材料であり、カオリン、赤土には大谷団子相当量の塩類を添加した。

塩基置換容量の面からみると大谷団子以外はどれも添加した肥料養分の方が過剰であり、赤土及黒ボク団子は磷酸吸収係数が極めて高いもので、塩類添加の目的は

塩類の効果によつて磷酸の肥効増進ができるか否かにある。大谷団子に対する塩類添加は次の段階の試験による。一応大谷団子程度の肥効を期待する考へで赤土及黒ボク団子に塩類を添加した。団子の分析結果は置換性塩基は略大谷団子に類似したがPHが高くなつた。

又塩類添加によつて赤土、黒ボク団子は磷酸吸収係数が極めて高くなつてゐる。つまり時期的経過の差はあつても肥料として殆んど原土の吸収係数程度の磷酸を添加した団子について測定しても尚原土相当程度吸収されてゐる点については磷酸の吸収に対して塩類添加が正の効果があつたものと考えられる。

一般に磷酸は土壌中の活性の石灰、鉄、礬土等と純化学的に難溶性化合物を作つて吸収される以外に土壌膠質複合体中の水酸イオンや珪酸イオンを置換して粘土粒子の表面に吸着される。三井⁽⁴⁾氏等は土壌反応がアルカリ側に於ては塩類による土壌への磷酸の吸着増加が著しく、濃度の増加に従い塩類効果が増大するとし、塩類添加により吸着増加した磷酸は塩濃度の低下により再び溶出するという。

0.2N 塩酸可溶磷酸は大谷団子に比較して何れも少く、赤土団子は最も低かつた。黒ボク団子はこれより明らかに溶出量が多く認められる。肥料団子のアンモニア化は黒ボク団子が極めて早く、施用する迄に半量以上が変化した。赤土団子がこれに次ぎ大谷、カオリン団子で少かつた。

硝酸化は何れも少く赤土団子が比較的多い程度であつた。アンモニア態窒素の溶出はアンモニア化速度とも関係があろうが赤土団子が最も多く早い傾向で、大谷団子では遅いようである。鈴木氏等も暖地中国農試に於て硫安団子の場合は尿素団子より溶出が早いと報告⁽⁵⁾されているが、団子の材料によつても異なることが知られる。

作物の生育収量については大谷団子が前⁽²⁾までの試験と同様に極めて良好な結果を示したが、カオリン団子では約1割の増収を示したのみで、赤土及塩類添加赤土団子の効果が認められずただ赤土団子は収穫期に石灰と鉄の吸収が増加した。

結局黒ボク水田に対する肥料団子の効果は

(1)水稻の生育に適した養分の供給ができること。即ち水稻の根が伸びて行けば何時でも供給される体勢にあるわけで、団子の大きさや施用する位置で各地の生育に適するような方法が工夫できる。

(2)阻害物質が発生しても団子中の吸収根は保護される。黒ボク水田土壌を湛水放置すれば有機酸や硫化水素などが生成され植生に有害であるが、団子中の根はこれ

らの害から逃れることができる。

(3) 養分の利用率が高まる。黒ボク水田水稻の窒素の利用率は3割程度であるが、肥料団子を施用すると1~1.5割高まる。加里も同様で磷酸は慣行法で1割位であるが、その2倍位まで高めることができる。この外苦土、石灰、満俺、珪酸等の吸収も増加する。

以上の原因は主として窒素と加里の溶脱防止と磷酸の肥効増進の点であるが、磷酸の肥効増進に対して塩類を添加した場合赤土の磷酸吸収に対しては正の効果があるが、水稻の生育収量に対しては期待した結果が得られなかった。これは窒素の溶脱防止にはならなかったこともあるが、その外団子の硬さの点及共存塩類の種類及濃度等について不明な問題が多いので今後の検討が必要である。

要 約

(1) 塩基置換容量の大きい粘土鉱物を材料として肥料団子を作り水稻を栽培した結果、肥料団子の施用によって水稻の生育収量を増加し、窒素、磷酸、加里等の外石灰、苦土、満俺の吸収量も増大した。

(2) 肥料団子の大小、硫酸団子、尿素団子等その種類を検討した結果、尿素団子の方が4.5~6.4%増収となり、硫酸団子の場合は小粒より大粒が勝り、尿素団子では大粒及小粒の間に収量の差がなかった。何れの団子も窒素、磷酸、加里の利用率を高め窒素の利用率は10~15%上昇した。

(3) 塩類加添の肥料団子は宇都宮赤土及黒ボクを材料とした場合はその効果が明らかでなく、大谷団子を施用すると三要素の中殊に磷酸の吸収が多く、水稻体中の磷酸含量も高くなり良好な結果を得、根の発達と阻害回避の状況も明らかである。

文 献

- (1) 原田登五郎：久津那浩三：土肥誌 23, 217
- (2) 農林省農業技術研究所土壤化学第一研究室
試験研究成績の概要：昭30, 昭31
- (3) 鈴木新一：農園 31, 75 (1956)
- (4) 坪田五郎：星 静：土肥誌 27, 336 (1956)
- (5) 坪田五郎：星 静：土山豊：農園 32, 1055 (1957)
- (6) 三井進午：天正清：土肥誌 28, 345 (1957)

正 誤 表

ページ	誤	正
目次	鶴見一	鶴見一
1	なほ	なお
2	12%	13%
2, 5 (表)	慣行区対比率	標準区対比率
2	坪当本数	坪当穂数
3 (表)	5%	5 %水準
3	溶 磷	熔 磷
4, 5, 6, 7(表)	それは	慣行区の
11	坪当茎数	坪当穂数
11	減 収	減 少
12	思かれた	思われた
22	CIPC	CIPPC
"	風乾物瓦当	風乾物100瓦当
23	置検容量	置換容量
"	Fe O ₃	Fe ₂ O ₃
30 (表)	Ehメーター	Ehメーター
" (表)	宇内川	宇田川
" (表)	塩礫土	埴礫土
" (表)	Her	Hot
" (表)	Foee	Free
" (表)	BA	A/B
"	49gr	4gr
"	L-L-dipyridle	α - α' -dipyridyle
31	incudate	incubate
33	非添加区比べ	非添加区に比べ
39	発病調査は才1章の基準で	発病調査はⅡの基準で
40	農事改良資料才13	農事改良資才139
41	Peaohes	Peaches
"	2 箇年	2 ケ年
42 (左.5)	有袋のものの	有袋のもの
"	500	50.0
45	大きい。着色面積	大きい着色面積
"	3 箇年	3 ケ年
"	黒星の発生	黒星病の発生
46	478	47.8
47 (右.9)	1957	1954
"	考え合せ	考え併せ
48 (右.31)	1947	1957
" (右.33)	1957	1953
" (右.44)	無無果実	無袋果実
49	Shuniti	Shunniti
52 (表)	ASh	Ash