

畑作に対する鉍滓の効果について

南 松 雄†

I 緒 言

最近、肥料としての鉍滓の利用は農業上はもちろん、冶金工業方面からも注目されるようになり極めて重要な意義を有するものと考えられる。一方、米国およびドイツにおいては鉍滓はすでに相当古くから農業方面に利用されていたのである。

わが国では酸性土壌の分布が広く、酸度矯正資材として石灰の施用が普及奨励されているが、鉍滓をこの方面に利用することはほとんど顧みられなかつた。鉍滓は各種金属を製錬する場合に生産される副産物として年間300万屯以上も副産されているが、そのわずか20~30%がセメント、耐火物、碎石等に利用されているにすぎない。

一般に鉍滓は40%前後の石灰を含有し、かつその大部分が規定塩酸に溶解する点より考えて炭酸石灰の代わりに使用してほぼ同様の効果があることは当然考えられる。しかし、鉍滓中の石灰が珪酸塩として存在するために炭酸石灰と効果が幾分異なるであろうこともまた当然予想されるところである。

従つて、以上の諸点の解明を目的として石灰肥料としての鉍滓の利用に関し、昭和30年度より3カ年間にわたり道内において生産される各種鉍滓についてその酸度矯正力と肥効を確かめるために実施した試験の成績を報告する。

本試験は富士製鉄K.K.室蘭製鉄所研究所長前田元三氏の御好意により実施したものであり、その懇篤な御助言に厚く謝意を表す。なお試験の実施に御協力を頂いた道立農業試験場宗谷支場、当別農業協同組合、浦臼地区農業改良普及所の各関係機関及び職員諸氏に深く感謝する。

II 鉍滓 概 説

(1) 鉍滓の種類

鉍滓は珪酸と石灰を主成分とすることより一名珪酸石灰とも呼ばれているが、原鉍石に石灰石と珪石とを添加、熔融して各種金属を製錬する場合に分離するものであるから、目的とする金属により、また製錬の方法によつて種々の鉍滓が生産される。

(I) 製造する金属によつて

製鉄鉍滓、脱磷鉍滓、マンガン鉍滓、ニッケル鉍滓、クローム鉍滓、銅鉍滓

(II) 熔融方法によつて

高炉鉍滓、平炉鉍滓、電気鉄鉍滓に分けられる。

なお、この鉍滓の製出に当り急冷して粒状化するものと徐冷して塊状化するもの等によつて急冷鉍滓、徐冷鉍滓に分けられる。

これらは鉍滓を処理する方法によつて異なるが結晶構造からみると急冷鉍滓は非結晶のガラス質であり、徐冷鉍滓は結晶質である。さらに鉍滓の主成分である石灰と珪酸との比によつて、塩基性鉍滓 $\text{CaO/SiO}_2 > 1$ 、酸性鉍滓 $\text{CaO/SiO}_2 < 1$ とすることがある。

(2) 鉍滓の組成

わが国で生産される鉍滓の中で主要なもの化学的組成は第1表のとおりであるが鉍滓はあくまで副産物であるから化学肥料のごとく成分の厳密な均一性を望むことは困難である。

このように鉍滓の種類によつて組成が違つている。これは製錬法、原鉍石の種類とその用量等によつて常に変化するものであるが何れも珪酸と石灰とを主成分とすることは共通しており、このほかに高炉鉍滓では礬土が、平炉鉍滓では鉄および苦土が、マンガン鉍滓ではマンガン、砂鉄鉍滓ではチタンが、ニッケル鉍滓では苦土がそれぞれ多い傾向がある。これらの成分がどんな結合をしてい

† 化学部

第1表 鋅滓の化学的組成 (全分析中)

種類	成分	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO/SiO ₂
		%	%	%	%	%	%	
高炉鋅滓(日本鋼管)		33.48	39.90	6.16	15.19	0.81	0.94	1.19
" (八幡製鉄)		33.72	40.10	6.61	16.36	1.19	0.68	1.18
" (富士製鉄)		33.43	40.18	3.83	14.88	0.65	1.43	1.20
平炉鋅滓(")		16.30	39.93	10.72	3.51	17.00	4.16	2.45
電気鋅滓(東北電気製鉄)		32.10	49.87	6.70	5.10	5.12	1.00	1.55
脱磷鋅滓(日本化学)		53.22	41.22	0.83	2.34	1.06		0.77
砂鉄鋅滓(高岡波工業)		19.92	19.64	5.24	9.12	2.07	2.91	0.98
マンガン鋅滓(日本鋼管)		27.75	27.58	6.03	7.32	0.30	23.60	0.99
ニッケル鋅滓(日本鋅業)		43.68	18.63	26.93	6.80	3.96		0.43

るかは明かでないが主に 2CaO · SiO₂ (Dikalzium-silikate), 2CaO · Al₂O₃ · SiO₂ (Gehlenit), CaO · Al₂O₃ · 2SiO₂ (Anorthit) のような結合をしているものといわれている。従つて鋅滓の肥効はこれらの成分の総合作用の結果としてあらわれるもので

ある。

III 試験材料及び方法

本試験に使用した鋅滓の種類および成分は第2表のとおりである。

第2表 鋅滓の種類と成分

種類	成分	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	アルカリ度	CaO/SiO ₂
		%	%	%	%	%	%		
高炉鋅滓(富士製鉄)		33.43	40.18	3.83	14.88	0.65	1.43	46.91	1.20
平炉鋅滓 A(")		16.30	39.93	10.72	3.51	17.00	4.16	43.06	2.45
" B(")		13.50	43.30	10.69	3.16	10.72	4.69	45.27	3.21
フェロマンガナ滓(東邦電化)		37.65	37.37				10.68	42.52	0.99

備考 平炉滓A—徐冷平炉滓
" B—急冷 "

試験実施個所とその土壌の条件は下表のとおり である。

第3表 試験地の概況

試験地名	試験実施個所	地質	土性	試験施行前の土壌		
				pH	置換酸度 Y ₁	置換性灰 %
植木鉢試験	本場硝子室	火山性土	SL	5.54	7.75	0.159
当別試験地	石狩郡当別町	低位泥炭土	CL	4.84	13.50	0.243
歌登試験地	枝幸郡歌登村	沖積土	CL	4.55	32.50	0.182
浦臼試験地	樺戸郡浦臼村	洪積土	L	5.48	7.08	0.114
宗谷試験地	宗谷支場圃場	"	L	5.68	1.55	0.193

備考 植木鉢試験用の土壌採取地は三石郡三石村である。

供試作物および施肥量は第4表に示すとおり地 方標準耕種法に基づく。

第4表 試験設計

試験地	昭和30年度						昭和31年度					
	供作物	1区積	10a当施肥量			供作物	1区積	10a当施肥量				
			硫安	過石	硫加			硫安	過石	硫加		
植木鉢試験	小麦	1/2,000a Wagner氏 植木鉢 m ²	7.08 g	7.55 g	2.79 g	燕麦	前年同様	4.72 g	5.25 g	1.85 g		
当別試験地	小麦	16.2	23.2 kg	28.3 kg	9.2 kg							
歌登試験地	大豆	16.2	7.5	30.0		大麦	16.2	18.8 kg	30.0 kg	7.5 kg		
浦臼試験地						燕麦	12.9	21.4	24.3	6.3		
宗谷試験地						小麦	16.2	15.0	18.8			

備考 植木鉢試験は1/2,000 a Wagner氏植木鉢を使用し、施肥量は1鉢当り量を示す。

試験区別は供試鋤滓の種類により、下記のごとく昭和30年度に設置せる植木鉢、当別、歌登の各試験地はA型式をとり、31年度に設置せる浦臼、宗谷試験地はB型式を採用した。

施用し、ほかの鋤滓はアルカリ度として炭酸石灰と同量施用す。

(ロ) 炭酸石灰および鋤滓の施用法

炭酸石灰および鋤滓は耕起前に(表土15cmに混和)全面撒布し、かつ第1年目のみに施用し、2年目は残効を調査した。

以上の試験設計に基づいて、各種鋤滓の酸度矯正力とその肥効を確かめるために炭酸石灰との比較試験を実施した。

試験区別

- | | |
|---|--|
| <p>A型式</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 無処理区 2) 炭酸石灰区 3) 高炉滓区 4) 平炉滓A区 | <p>B型式</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 無処理区 2) 炭酸石灰区 3) 平炉滓A区 4) " B " 5) フェロマンガン滓区 |
|---|--|

IV 試験成績

1. 生育および収量調査

(イ) 炭酸石灰および鋤滓の施用量
炭酸石灰は中和曲線法による pH 6.5相当量を

各試験地の生育および収量調査は第5表、第6表および第1図のとおりである。

第5表 生育及び収量調査成績(昭和30年度)

試験地	試験区別	成熟期における生育調査			10a当り収量		子実収量比	1㍔重	千粒重
		稈長	穂長	穂数	稈重	子実重			
植木鉢試験	1. 無処理区	70.8 cm	8.2 cm	19 本	17.0 g	11.4 g	100		
	2. 炭酸石灰区	78.3	8.7	30	30.8	19.8	174		
	3. 高炉滓区	79.8	8.7	32	31.7	17.5	158		
	4. 平炉滓A区	86.3	9.3	40	41.9	24.8	218		
当別試験地	1. 無処理区	76.2	9.6	58	242.3 kg	89.6 kg	100	609	24.3
	2. 炭酸石灰区	90.6	10.1	77	354.8	140.6	144	655	24.3
	3. 高炉滓区	91.7	9.9	74	392.6	149.6	153	654	24.4
	4. 平炉滓A区	92.7	10.1	78	402.0	178.9	183	655	25.1
歌登試験地	1. 無処理区	47.8 (草丈)cm	6.6 (分枝数)	32 本(莢数)個	108.4	104.4	100	751	24.0
	2. 炭酸石灰区	67.5	9.4	53	230.6	244.9	233	755	27.0
	3. 高炉滓区	67.9	10.8	63	198.4	211.1	201	753	25.5
	4. 平炉滓A区	73.5	9.3	53	277.1	226.9	217	755	27.8

第6表 生育及び収量調査成績(昭和31年度)

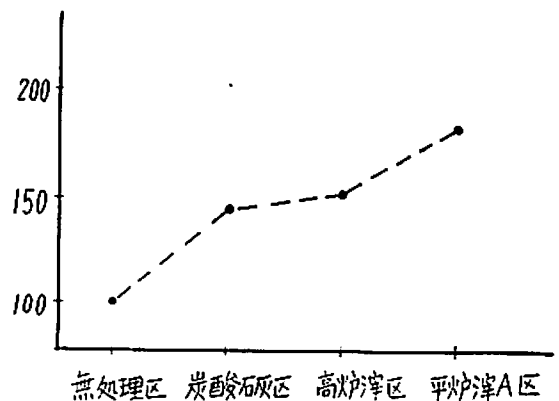
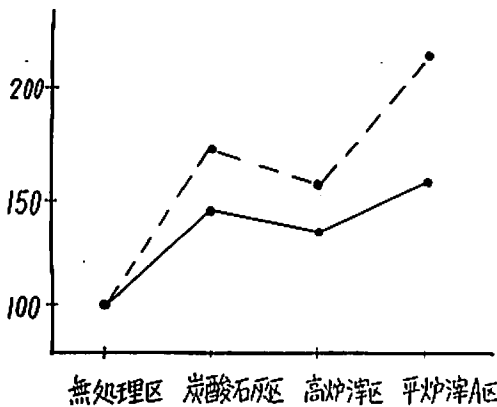
試験地	試験区別	成熟期における生育調査			10a当り収量		子実収量比	1斗重	千粒重
		稈長	穂長	穂数	稈重	子実重			
植木鉢試験	1. 無処理区	66.3 ^{cm}	15.9 ^{cm}	15	17.7 ^g	14.3 ^g	100		
	2. 炭酸石灰区	69.6	16.1	15	22.2	20.8	145		
	3. 高炉滓区	70.9	16.4	16	20.9	19.3	135		
	4. 平炉滓A区	72.9	17.8	16	27.3	22.6	158		
歌登試験地	1. 無処理区	43.7	4.8	14	88.9 ^{kg}	31.5 ^{kg}	100	370	18.8
	2. 炭酸石灰区	108.3	4.8	50	224.3	73.9	235	410	21.4
	3. 高炉滓区	102.2	5.2	46	172.1	56.6	180	435	21.4
	4. 平炉滓A区	118.5	5.3	50	249.0	75.8	242	412	21.4
浦臼試験地	1. 無処理区	97.9	19.1	34	347.6	280.4	100	590	
	2. 炭酸石灰区	105.1	20.2	37	382.6	306.4	109	611	
	3. 平炉滓A区	105.9	20.3	38	411.7	331.7	118	607	
	4. 平炉滓B区	108.0	20.2	40	408.5	342.0	121	607	
	5. フェロマンガ ン滓区	102.9	20.2	37	418.2	312.2	111	593	
宗谷試験地	1. 無処理区	120.0	9.8	67	257.6	108.8	100	661	25.1
	2. 炭酸石灰区	120.3	9.9	68	270.0	112.1	103	676	27.4
	3. 平炉滓A区	123.3	10.0	68	293.3	128.3	118	699	28.9
	4. 平炉滓B区	126.4	10.7	70	328.9	135.4	124	696	28.9
	5. フェロマンガ ン滓区	119.0	9.2	68	281.3	105.0	96	684	26.3

備考 第5表及び第6表中の植木鉢試験の収量は1鉢当りの収量を示す。

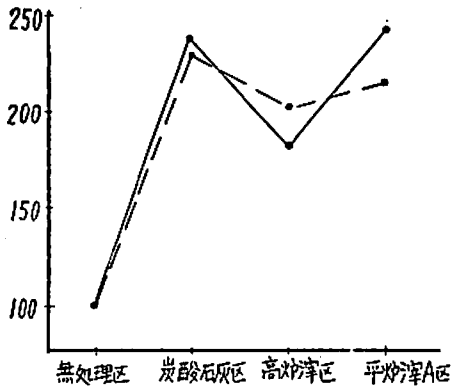
第1図 各区の子実収量指数

植木鉢試験 (昭和30年度 小麥
昭和31年度 燕麥)

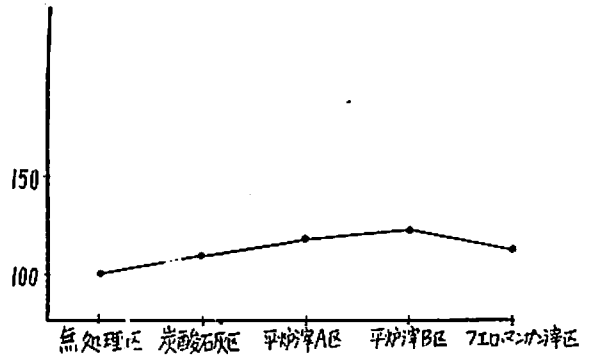
当別試験地(昭和30年度 小麥)



歌登試験地 (昭和30年度 大豆 昭和31年度 大麦)



浦白試験地 (昭和31年度 燕麦)



宗谷試験地 (昭和31年度 小麦)



- - - - - 昭和30年度
 - - - - - 昭和31年度

第5表および第6表より、各試験地における生育状況を通覧すると各処理区間に判然たる差異を生じ、酸度矯正の効果が顕著に現われており、生育全期間をつうじて各試験区の中で平炉滓区の生育が一番良好である。これに反してフェロマンガ滓区、高炉滓区はやや劣るようである。

次に昭和30、31両年度の子実収量をみると平炉滓区>炭酸石灰区≧フェロマンガ滓区>高炉滓区>無処理区の順に明瞭な差異が認められた。一般に平炉滓施用区は両年ともに炭酸石灰区より遙かに高い収量を示し、かつ、千粒重量も優っている。一方、これに反してフェロマンガ滓区、高炉滓区は幾分劣っている。また、平炉滓A区とB区とを比較するとやや平炉滓B区すなわち、徐冷平炉滓より急冷平炉滓の方が良好な効果を示した。

特に注目すべきことは火山性土、泥炭土のごとき特殊土壌に対して平炉滓、高炉滓施用区が炭酸石灰区に比較して高い増収率を示した事実は作物

の生育、収量に対して鋳滓がその酸度矯正力のみならず、その鋳滓中に含まれる珪酸、苦土、マンガン等の副成分が相当大きな役割を持っていることが充分窺われる。

次に31年度の収穫物につき、分析を行なった結果を示すと第7表および第2図のとおりである。

2. 収穫物の分析調査

第7表および第2図より各成分の含有率、吸収量をみると、鋳滓施用区は一般に炭酸石灰区より珪酸の含有率、吸収量が非常に高い。特に平炉滓区は炭酸石灰区より珪酸のほかに磷酸、石灰、苦土の吸収量が高く、このことが炭酸石灰区より高収量をもたらした原因とも推定される。これに反してフェロマンガ滓区、高炉滓区は収量が低いことと関連して炭酸石灰区より各成分の吸収量はやや低い。

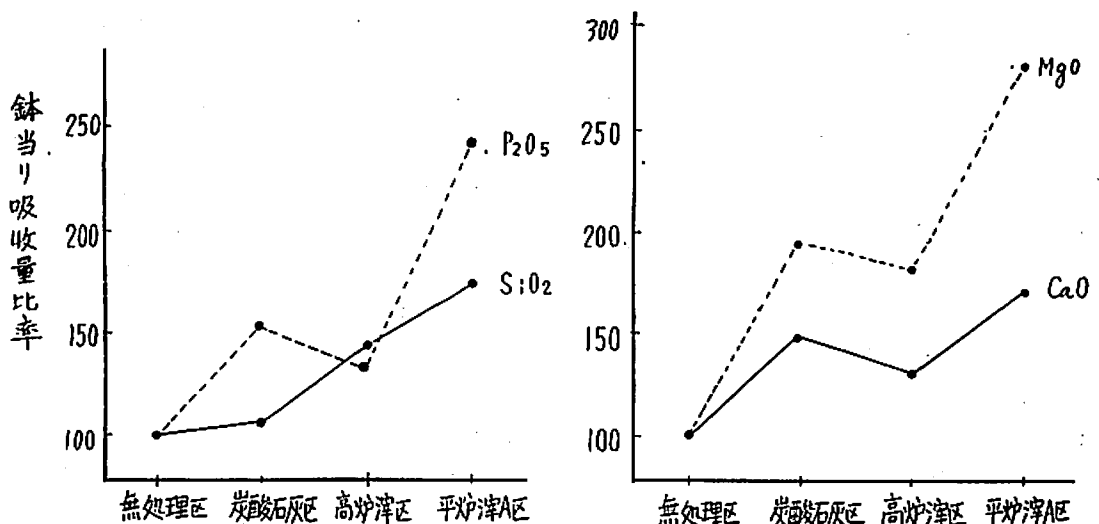
また、同じ製鉄鋳滓でも高炉滓施用区が平炉滓施用区より磷酸の含有率、吸収量が遙かに低いことは興味ある事実である。

第7表 収穫物の成分含有率(乾物百分中)

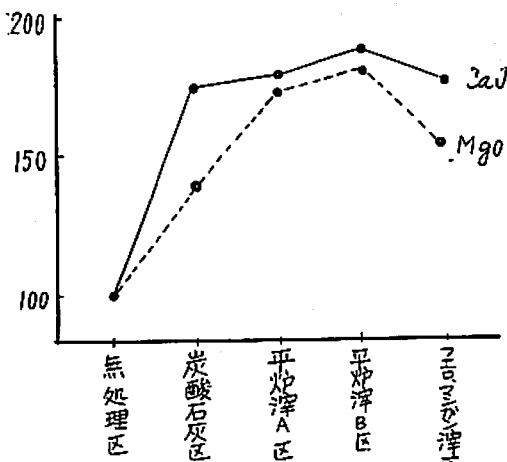
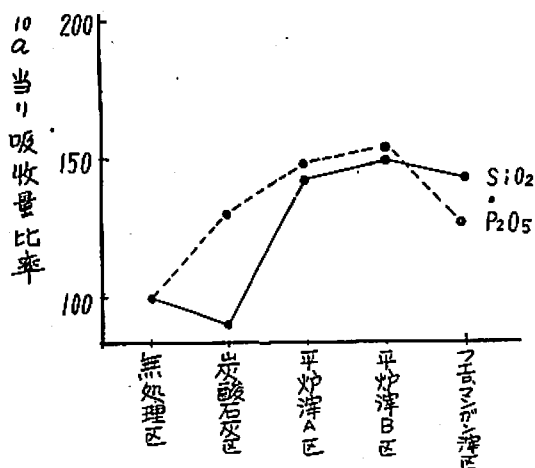
試験地	試験 區別	SiO ₂		P ₂ O ₅		CaO		MgO		T-N	
		茎 稈	子 実	茎 稈	子 実	茎 稈	子 実	茎 稈	子 実	茎 稈	子 実
植木鉢試験 (燕麥)	1	4.09	1.80	0.22	0.94	0.74	0.50	0.25	0.14	1.25	2.08
	2	3.06	1.76	0.23	1.02	1.03	0.36	0.42	0.15	1.17	2.30
	3	4.97	1.92	0.21	0.97	0.87	0.43	0.38	0.19	1.20	2.26
	4	4.72	1.89	0.28	1.08	0.98	0.36	0.49	0.21	1.11	2.15
歌登試験地 (大麥)	1	3.89	2.15	0.52	1.27	0.66	0.50	0.18	0.11	1.24	2.40
	2	3.15	1.85	0.54	1.34	0.81	0.41	0.24	0.14	1.10	2.29
	3	5.13	2.38	0.48	1.30	0.70	0.44	0.22	0.16	1.04	2.22
	4	4.96	2.35	0.69	1.43	0.79	0.41	0.29	0.18	1.19	2.28
浦臼試験地 (燕麥)	1	4.28	1.62	0.19	0.86	0.52	0.37	0.17	0.10	1.18	1.74
	2	3.48	1.32	0.20	1.06	0.61	0.46	0.22	0.12	1.05	2.02
	3	5.28	1.73	0.24	1.09	0.58	0.44	0.24	0.16	1.02	1.87
	4	5.55	1.75	0.25	1.08	0.60	0.46	0.25	0.17	1.03	1.95
	5	5.36	1.73	0.20	0.99	0.58	0.44	0.22	0.14	1.00	1.86

第2圖 養分吸収量比率

植木鉢試験



浦白試験地



備考) 無処理区の鉢当り及び10a 当りの吸収量を100とする。

次に試験実施後の収穫跡地土壌の分析成績は第8表に示すとおりである。

3. 土壤酸度矯正試験成績

次に乾土100gをビーカーにとり、中和曲線法

第8表 収穫跡地土壌の分析成績

試験地	試験 区別	昭和30年度						昭和31年度			
		播種後45日目			収穫後			収		穫後	
		pH	置換酸度 Y ₁	置換性 石灰	pH	置換酸度 Y ₁	置換性 石灰	pH	置換酸度 Y ₁	置換性 石灰	置換性 苦土
植木鉢試験	1	4.88	8.76	0.204	4.80	13.53	0.245	5.45	12.78	0.348	
	2	5.56	0.88	0.360	5.90	2.13	0.565	6.20	1.84	0.694	
	3	5.22	7.52	0.285	5.50	6.76	0.390	5.82	7.78	0.538	
	4	5.56	1.50	0.325	5.85	2.75	0.553	6.15	2.54	0.674	
当別試験地	1	4.37	15.02	0.238	4.87	10.39	0.243				
	2	5.96	1.25	0.569	6.00	1.25	0.585				
	3	4.88	4.13	0.336	5.20	6.26	0.334				
	4	5.65	2.38	0.541	5.85	1.50	0.570				
歌登試験地	1				4.25	34.18	0.210	4.45	28.55	0.215	
	2				5.48	0.75	0.490	6.63	0.38	0.622	
	3				5.10	12.65	0.317	5.74	3.17	0.386	
	4				5.50	1.00	0.497	6.84	0.23	0.660	
浦白試験地	1							5.35	10.91	0.152	0.029
	2							6.30	1.27	0.348	0.010
	3							6.28	0.51	0.347	0.053
	4							6.31	0.63	0.348	0.054
	5							6.16	1.01	0.337	0.024
宗谷試験地	1							5.99	2.16	0.172	
	2							6.50	0.51	0.326	
	3							6.37	0.69	0.299	
	4							6.50	0.51	0.328	
	5							6.32	1.02	0.277	

による pH6.5 相当量の炭酸石灰および鉄滓を添加し、畑地状態に保つて置換酸度 Y_1 の変化を調査した成績を第9表にかかげる。

第9表 置換酸度の推移

試験区別	1日	3日	7日	30日	60日
1. 無添加	10.26	10.40	10.38	10.31	9.46
2. 炭酸石灰	1.71	0.85	0.43	0.43	0.42
3. 徐冷平炉滓	4.54	3.56	2.70	1.85	0.90
4. 急冷平炉滓	3.70	2.98	2.10	1.53	0.74
5. 高炉滓	6.55	6.23	5.55	5.23	4.10
6. フェロマンガ ン滓	5.37	5.29	4.01	3.50	1.24

備考) 供試土壌は夕張郡栗山町近郊の鉄質酸性土壌であつて pH(H₂O)4.98, 置換酸度10.58である。

第8表および第9表より明かなごとく、各試験地をつうじてその酸度矯正力の強さを比較してみると、炭酸石灰 \geq 平炉滓B \geq 平炉滓A $>$ フェロマンガ
ン滓 $>$ 高炉滓 $>$ 無処理区の順である。

一般に鉄滓の酸度矯正力は炭酸石灰よりもやや劣る傾向があり、炭酸石灰の効果が速効性であるのに反して鉄滓の効果は緩慢に現われる傾向があるが、しかしながら、相当の酸度中和力を示すことがわかる。

次に鉄滓間の酸度矯正力を比較すると、平炉滓は炭酸石灰とほぼ同程度の矯正力を示すが、一方フェロマンガ
ン滓、高炉滓はやや劣る。また、徐冷滓と急冷滓とでは急冷平炉滓の酸度矯正力が幾分優るようであるが大差はない。炭酸石灰区は置換性石灰の含量に反して苦土含量がかなり低い
が、平炉滓区は置換性石灰はもちろん置換性苦土含量もかなり高いことが注目をひく。

V 考 察

各種鉄滓の中で平炉滓の酸度矯正力は炭酸石灰とほぼ同程度であるがその施用に伴なう作物の生育および収量におよぼす効果は炭酸石灰よりやや優る。これに反して、フェロマンガ
ン滓、高炉滓の石灰含量およびアルカリ度はともに平炉滓とほぼ同程度であるにも拘わらずその酸度矯正力は遙

かに劣る。

このように各種鉄滓の施用効果の差異は鉄滓中の石灰、苦土、珪酸含量よりもむしろ珪酸と石灰と礬土との結合形態の差異に原因しているものと考えられる。

すなわち製鉄鉄滓の category に属する高炉滓と平炉滓との成分割合を比較すると、鉄滓中の石灰と珪酸との比率が非常に異なつており、高炉滓中の石灰と珪酸との分子比(CaO/SiO₂)は1.20、平炉滓は3.21で平炉滓の方が遙かに大である。このことは当然、石灰と珪酸との結合形態に差があり両鉄滓の施用効果に差異を生じた原因の一つではないかと考えられる。

一般に鉄滓は塩基性であるが中には酸性鉄滓、すなわち石灰に比べ珪酸含量の著しく多い鉄滓があり、珪酸の効果に重点をおいて水田に施用する場合は別として石灰肥料として畑に鉄滓を施用する場合に酸性鉄滓を塩基性鉄滓とまつたく同様に考えて良いか否かはさらに、検討する必要がある。

また、同じ製鉄鉄滓でも高炉滓区が平炉滓区より磷酸の吸収量が少ないことは酸度中和力の劣ることに基因する作物の生育量の差によるものとも考えられるが、しかし W. H. Mac. Intire(1947)の指摘しているごとく、鉄滓中の礬土含量の多寡が磷酸の吸収に影響しているのではないかと考えられる。すなわち、平炉滓の礬土含量は3~4%に対し、高炉滓では14~16%である。

VI 摘 要

昭和30年度より3カ年にわたり、石灰肥料としての鉄滓の利用に関して各種鉄滓の酸度矯正力とその肥効を確めるために炭酸石灰との比較試験を実施して次のような結果をえた。

1) 畑作物の生育および収量に対しては平炉滓区 \geq 炭酸石灰区 $>$ フェロマンガ
ン滓区 $>$ 高炉滓区 $>$ 無処理区の順に明瞭なる施用効果の差異が認められ、一般に酸度矯正力の強い鉄滓ほどその肥効が高い傾向がある。

2) 鉄滓の酸度矯正力は概して炭酸石灰よりやや劣る傾向がある。しかし、鉄滓の中で特に平炉

滓の酸度矯正力は炭酸石灰とほぼ同程度であり、緩慢ながら相当の酸度中和力を示す。また、作物および土壌中の苦土含量が高くなる点より考えて鉍滓の効果は単に石灰による土壌酸度矯正力のほかに鉍滓中の含有副成分特に苦土の効果がかなり附加されているように考えられる。

3) 一般に鉍滓施用区は炭酸石灰区より珪酸の吸収量がかかなり高く、特に平炉滓区は珪酸のほかに磷酸、苦土の吸収量も高い。

4) 各種鉍滓の肥効の差異は鉍滓中の石灰含量およびアルカリ度の多少に関係なく、それよりもむしろ石灰、珪酸、礬土との結合形態の差異が大いに関係しているものと考えられ、石灰と珪酸との分子比が高い鉍滓ほどその肥効が高い傾向が認

められた。また鉍滓中の礬土含量の高いものほど作物の磷酸吸収量が低いようであるが、この点についてはなお十分に検討する必要がある。

5) 同じ平炉滓でも急冷滓の方が徐冷滓より酸度矯正力がやや優るようであるが大差はないものと思われる。

参 考 文 献

1. 中村 輝雄：1952；製鉄スラッグの効果について、特産資料。
2. 太田道雄他：1953；珪酸塩類の肥科学的価値，山梨大学学芸学部研究報告。
3. W. H. Mac. Intire et al. : 1947; The comparative effectness of blast furnace & electric furnace slags in greenhouse. Proceeding of Soil Science Society of America. 12.