

鉍さいの溶解性と肥効に及ぼすアルミナの影響

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	安藤, 淳平 尾和, 尚人 浅野, 径幸
巻/号	59巻1号
掲載ページ	p. 27-32
発行年月	1988年2月

鉍さいの溶解性と肥効に及ぼすアルミナの影響*

安藤淳平**・尾和尙人***・浅野径幸**

キーワード 製鉄高炉さい, 転炉さい, 石炭ガス化鉍さい, ケイ酸の吸収利用

1. まえがき

前報までの研究では, ケイ酸質肥料として用いられている鉍さいはほとんどすべて非晶質(ガラス質)であって, その中の可溶性アルミナがケイ酸の肥効を低下させることを認めた¹⁾. 今回の研究では市販の鉍さいについて上記見解を確認するとともに, シリカが多くて石灰や苦土の少ない鉍さいの場合には, アルミナが逆にケイ酸分の溶解性を高めること, また植物のケイ酸吸収を向上させる場合があることを見出し, この理由について各種のガラス質を合成して検討した. また, ケイ酸の肥効試験のあり方やケイ酸利用率の表示方法などにも問題点があることを見出したので, これらの結果について報告する.

2. 供試鉍さいと合成鉍さいの試験方法

供試鉍さいの組成を第1表に示す. 製鉄高炉さい BF-5(水砕), およびシリコマンガニ鉍さい SM-5(徐冷)はいずれもほぼ完全にガラス質である. ガラス質以外に製鉄高炉さい BF-5'(徐冷)はかなりのゲーレンナイト $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ を, 転炉さい CS-2(徐冷)は少量の $\beta\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ や $3\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$, $\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$ を含んでいる. 以上の試料はいずれも肥料として用いられている.

特殊な鉍さいとして, 石炭ガス化鉍さい(F-A, F-B)についても試験した. これは微粉炭に少量の石灰石を加え 1300°C 程度でガス化する際の鉍さいで, CaO が少なく, Al_2O_3 が多く, ほぼ完全なガラス質で微粉状である.

その他, これらの鉍さいの配合物や, 試薬のシリカ, アルミナ, 炭酸カルシウム, 炭酸マグネシウムの配合物を融解して各種の鉍さいを合成した. 融解に先立って配合物について三角錐法で軟化溶融点を測定し, これより約 100°C 高い温度で融解した. 融解には黒鉛をつぼに試

料約 100 g を入れて約 500°C に加熱し, あらかじめ所定温度 ($1350\sim 1500^\circ\text{C}$) に加熱した電気炉に入れ, 15 分で所定温度に達して融解するようにし, その温度で 15 分保ってから直ちに融液を水中に流し込んで水砕した. 融液の一部は比較のため炉内で数時間かけて徐冷した.

合成ガラス質試料のうち MgO 10% のものの組成と O/Si 原子比とを第2表に示す. この他 MgO を 20% 含む 15 種類のガラス質試料も合成して試験した.

これらの試料は $210\ \mu\text{m}$ 以下に粉砕して公定法の $1/2\text{M}$ 塩酸(HC と略記)および参考法の酢酸ナトリウム緩衝液(SA と略記)で溶解率を調べた. 溶解率としては溶解による重量減少率を測定した. 多くのガラス質試料では各成分がほぼ一様に溶解し, 各成分の可溶率はほぼ重量減少率に近いことが認められた. ケイ酸分の多い試料ではゲル状ケイ酸が析出してケイ酸の可溶率が他成分の可溶率より低くなるので, このような試料についてはケイ酸分の可溶率をも測定した.

また, 水稲による肥効試験を行った. 市販の各種鉍さいと合成ガラス質試料については農業環境技術研究所で, 石炭ガス化鉍さいについては日本肥糧検定協会に委託して行った. 肥効試験用の試料はすべて HC 可溶ケイ酸を分析し, その一部は SA 可溶ケイ酸も測定した.

3. 合成ガラス質試料の溶解性

合成ガラス質試料(第2表)の溶解率(重量減少率)を第1図, 第2図に, ケイ酸分の可溶率を第3図に示す. Al_2O_3 を含まない 40-0, 35-0 などの試料は HC に対して重量減少率は 95% 以下, ケイ酸可溶率は 80% 以下であった. 40-0 の場合には O/Si 比は 3.15 でケイ酸イオン SiO_4^{4-} の平均連結数は 7 個であり, 35-0 や 30-0 では O/Si 比は 3 以下でケイ酸の無限連鎖を含む場合に相当する(第3表). これらの SiO_2 の一部を Al_2O_3 で置換すると溶解率やケイ酸可溶率が高まったが, これは O/Si 比が大きく連結数が小さくなるためである.

一方 Al_2O_3 が多過ぎても溶解率は低下した(第1図, 第2図). 溶解率が極大になったのは, CaO 35~40% では Al_2O_3 5%, CaO 30% では Al_2O_3 10~15%, CaO 20% では Al_2O_3 が約 20% であり, これはいずれも O/Si

* 各種鉍さいの構造・溶解性と肥効(第5報)

** 中央大学理工学部(112 東京都文京区春日 1-13-27)

*** 農業環境技術研究所(305 つくば市観音台 3-1-1)

昭和62年6月8日受理

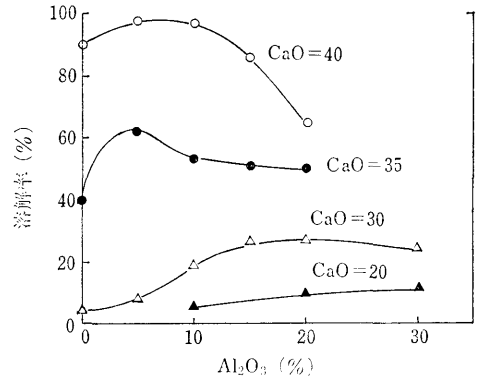
日本土壤肥科学雑誌 第59巻 第1号 p. 27~32 (1988)

第 1 表 供試鉱さいの成分と O/Si 比

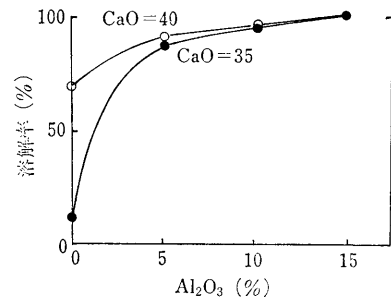
	成 分	(%)					O/Si 原子比	
		CaO	MgO	MnO	FeO	Al ₂ O ₃		
製鉄高炉さい BF-5 (水 砕)		42.93	5.55	0.60	0.71	15.72	35.02	4.37
同 BF-5'(徐 冷)		43.21	3.81	0.42	1.23	13.87	37.45	4.08
シリコマンガ 鉱さい SM-5		27.95	3.86	14.55	0.65	10.14	42.89	3.56
転 炉 さ い CS-2		44.22	6.32	4.33	16.46	6.37	22.30	5.81
石灰ガス化 鉱さい F-A		17.58	3.28	—	6.82	27.10	42.16	3.83
石灰ガス化 鉱さい F-B		20.35	3.12	—	9.04	27.55	38.96	4.12

第 2 表 合成ガラス質試料の成分と O/Si 比

	成 分 (%)				O/Si 原子比
	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	
40-0	40	10	0	50	3.16
40-5	40	10	5	45	3.48
40-10	40	10	10	40	3.88
40-15	40	10	15	35	4.40
35-0	35	10	0	55	2.95
35-5	35	10	5	50	3.22
35-10	35	10	10	45	3.55
35-15	35	10	15	40	3.97
30-0	30	10	0	60	2.78
30-5	30	10	5	55	3.01
30-10	30	10	10	50	3.29
30-15	30	10	15	45	3.63
30-20	30	10	20	40	4.06
30-30	30	10	30	30	5.34
20-10	20	10	10	60	2.90
20-20	20	10	20	50	3.43
20-30	20	10	30	40	4.23



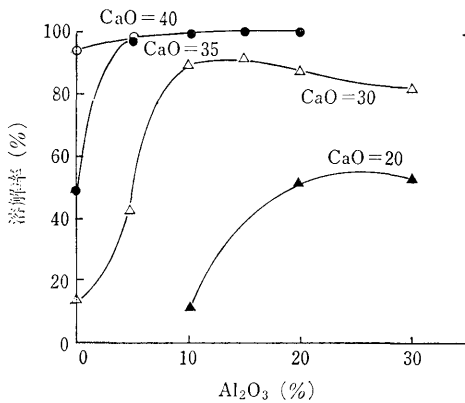
第 2 図 合成ガラスの SA による溶解率 (重量減少率) (MgO=10%, 残りは SiO₂)



第 3 図 合成ガラスのケイ酸分の HC 可溶性 (MgO=10%, 残りは SiO₂)

第 3 表 O/Si 比とケイ酸イオンの平均連結数と HC 溶解性

O/Si	3 以下	3.1	3.2	3.5	4
連結数	無限大	10	5	2	1
溶解性	微	少	中	大	大

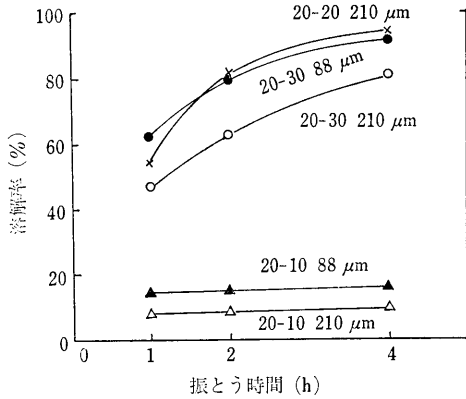


第 1 図 合成ガラスの HC による溶解率 (重量減少率) (MgO=10%, 残りは SiO₂)

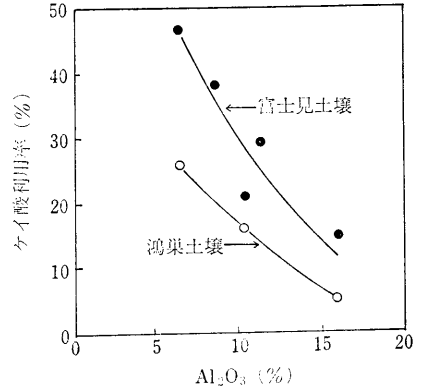
比が 3.5 すなわちケイ酸の連結数が平均 2 個の場合に相当することがわかった. 第 4 図の 20-20 と 20-30 の場合は 1 時間溶解では各成分とも 40 ~ 50% 程度しか溶けな

かったが, 微粉砕し長時間溶解するとほぼ完全に溶解した. これらの試料は O/Si 比は 3.4 以上, 平均連結数 2.5 以下であるから最終的には溶けるが, 溶解が遅い.

すなわち Al₂O₃ にはケイ酸の連鎖を短くする作用と溶解を遅くする作用とがある. また Al₂O₃ の多い試料は HC にはよく溶けても SA にはあまり溶けないことが



第4図 振とう時間とHC溶解率(重量減少率)



第5図 ガラス質鉍さいの Al₂O₃ 含有量とケイ酸利用率

第1図、第2図の比較によって示された。

40-0と35-0ではHCに溶解し残ったものはゲル状のケイ酸で、他成分はほぼ完全に溶解していた。20-10の場合は微粉碎して長時間溶かしても可溶率は著しく低かった。20-10はO/Si比が2.9で、ケイ酸の無限連鎖を含み、試料の表面がゲル状のケイ酸で覆われて溶解が進まないことが認められた。

なお、MgOを20%含むガラス質試料についても同様の試験を行い、O/Si比とAl₂O₃の作用について上記と同様の現象を認めた。

4. 市販鉍さいの肥効試験

第1表に示す製鉄高炉さい、シリコマンガン鉍さい、転炉さい、およびこれを50:50の割合に配合して融解水砕した鉍さいについて、水稻(ニホンバレ)によるポツ

ト試験(a/4000ポット、1区4連)を行った。供試土壤は灰色低地土(富士見土壤、砂質、pH 4.74、有効態SiO₂ 7.6 mg/100 g)および灰色低地土(鴻巣土壤、pH 5.44、有効態SiO₂ 25.2 mg/100 g)である。鉍さい施用量は可溶性SiO₂としてポットあたり富士見土壤2.5 g、鴻巣土壤3.0 gとし、いずれの場合もポットあたりN 0.7 g、P₂O₅ 0.6 g、K₂O 0.6 gを用いた。栽培試験は昭和60年に実施し、その概要は、移植6月7日、3本1株、出穂開始8月23日、収穫10月23日であった。

試験結果の主要部分を第4表に、鉍さい中のAl₂O₃の量と施用ケイ酸の利用率との関係を第5図に示す。富士見土壤、鴻巣土壤の両方の場合とも鉍さいのケイ酸利用率はAl₂O₃が多いほど低いことが示された。

これらの鉍さいはすべてO/Si比は3.5以上で、ケイ酸は大部分がSiO₄⁴⁻またはSi₂O₇⁶⁻として存在する場

第4表 ケイ酸の吸収とわら、もみの収量

土 壤 資 材	Al ₂ O ₃ (%)	ケイ酸の吸収 (g/ポット)	ケイ酸利用 (%)	収量 (g/ポット)		収 量 指 数		
				わら	もみ	わら	もみ	
鴻巣土壤	ケイ酸無添加	—	4.08	—	64.0	33.8	100	100
	BF-5(水砕)	15.72	4.18	4.0	62.7	38.3	98	113
	BF-5'(徐冷)	13.87	4.24	6.0	62.8	38.6	98	114
	SM-5	10.14	4.55	16.3	64.3	36.7	100	109
	CS-2	6.37	4.84	26.0	63.4	39.8	99	118
富士見土壤	ケイ酸無添加	—	3.04	—	67.8	47.2	100	100
	BF-5(水砕)	15.72	3.40	14.4	67.8	41.6	100	88
	BF-5'(徐冷)	13.87	3.86	32.8	66.3	42.2	98	89
	SM-5	10.14	3.55	20.4	66.1	43.9	97	93
	CS-2	6.37	3.21	46.8	65.1	46.9	96	99
	ケイ酸無添加	—	2.88	—	63.9	49.3	100	100
	BF-5+CS-2(水砕)	11.05	3.61	29.2	64.2	47.0	100	95
	BF-5+CS-2(徐冷)	11.05	4.07	47.6	67.5	48.9	106	99
	SM-5+CS-2	8.26	3.82	37.6	65.0	48.6	102	99

合に相当する。これらの形のケイ酸は肥効が高いが²⁾, Al_2O_3 が加わると $SiAlO_7^{7-}$ や $Si_2AlO_{10}^{6-}$ などをつくってケイ酸の肥効を低下させるものと考えられる。

第 4 表に示すように、BF 系の試料 (Al_2O_3 が多い) では、水砕品よりも徐冷品のほうがケイ酸利用率が高い。徐冷品はゲルナイト結晶を含むのでガラス中の Al_2O_3 が減少しており、このため利用率が高まるのである。

なお、わらの収量は無ケイ酸区と鉍さいを用いた場合で明らかな差は認め難かった。もみの収量は、鴻巣土壤では鉍さいの使用で増加したが、富士見土壤では鉍さい無添加でも高い値を示し、鉍さい使用の効果は明らかではなかった。したがって、鉍さい中の Al_2O_3 との関係も明らかではなかった。

5. 合成鉍さいの肥効試験

合成試料について、イネによる肥効試験を行った (第 5 表)。試験方法は前項と同じ富士見土壤を用いて、昭和 61 年に実施し、移植は 5 月 28 日、出穂開始 8 月 22 日、収穫 10 月 8 日である。

40-0 から 40-15 までの水砕品の場合を比較すると、ケイ酸利用率 (第 5 表の a) は Al_2O_3 の少ないほど高い結果となり、第 5 図の場合と一致した。

35-0 の試料では前述のようにケイ酸がゲル化して析出し、可溶ケイ酸分が著しく低く、施肥量を可溶ケイ酸で他と同様 2.5 g にすると試料の量としては他の 7~8 倍の施用を必要とする。そこで全ケイ酸を 3.44 g (他の試料では全ケイ酸は 2.6~3.5 g) とし、可溶ケイ酸は 0.36 g とした。この場合のケイ酸利用率 (通常の表示法によるもので第 5 表の a) は 133% となり、可溶ケイ酸

以外のケイ酸分も吸収されたことを示した。このような場合には通常の表示法は不合理である。そこで利用ケイ酸の全ケイ酸に対する百分率 (第 5 表の b) を求めると 14% となった。すなわち、分解しゲル化するようなケイ酸は HC 不溶でもある程度は吸収されることが示された。

35-5, 35-10, 35-15 の場合はケイ酸分の可溶率は高く、標準量の可溶ケイ酸が施用された。この場合のケイ酸利用率は a でも b でも 35-10 が最もよい結果を示した。35-5 は O/Si 比が 3.22 (平均連結数 4.5 個) で、これよりも 35-10 のように Al_2O_3 を増して O/Si 比を 3.55 (平均連結数 2) としたほうが利用率が高まったことになる。それ以上 Al_2O_3 が増した 35-15 では HC による溶解率もケイ酸可溶率も一層高まったがケイ酸の利用率は低下した。なお、35-15 は SA による溶解率は比較的低かった (第 2 図)。

40-0 (O/Si 比 3.15) と 40-5 (O/Si 比 3.48) のケイ酸利用率を比べると、 a では 40-0 のほうが高いが b では 40-5 のほうが高かった。この結果も、O/Si 比が 3.2 付近のものよりはやや Al_2O_3 が増してもケイ酸の連結数を 2 個程度に下げたほうが吸収率がよくなる可能性を示すといえよう。SA による溶解率は 40-5 が最も高く、利用率 b とよい対応を示した。

40-15 は O/Si 比は 4.4 でケイ酸の連鎖はつくりにくい組成である。この場合は水砕品よりも徐冷品のほうが利用率は a も b も高かった。この結果も BF 系の場合と同様で、CaO の多い鉍さいで O/Si 比が十分大きい場合は、可溶性 Al_2O_3 を結晶化させて難溶性にしたほうがケイ酸利用率が高まることを示す。

わらやもみの収量については、40-0 から 40-15 までの

第 5 表 合成ガラス質試料の肥効

	可溶ケイ酸 (%)	吸収ケイ酸 (g/ポット)	ケイ酸利用率 (%)		収量 (g/ポット)		収量指数	
			a^*	b^{**}	わら	もみ	わら	もみ
ケイ酸無添加	—	1.71	—	—	54.9	45.6	100	100
40-0 (水砕)	34.91	2.41	28.0	19.5	53.1	46.3	97	102
40-5 (水砕)	40.43	2.31	24.0	21.5	51.5	43.9	94	96
40-10 (水砕)	38.32	2.23	20.8	19.9	52.8	44.8	96	98
40-15 (水砕)	36.43	2.23	20.8	18.9	58.4	46.0	106	101
40-15 (徐冷)	31.60	2.40	27.6	21.8	56.5	49.3	103	108
35-0 (水砕)***	5.73	2.19	133.3	14.0	52.4	47.1	95	103
35-5 (水砕)	46.20	2.01	12.0	11.1	56.4	49.3	103	108
35-10 (水砕)	43.03	2.26	22.0	21.0	59.4	47.9	108	105
35-15 (水砕)	40.02	1.93	8.8	8.8	55.1	46.4	100	102

* a は利用ケイ酸と施用可溶ケイ酸の比率。

** b は利用ケイ酸と施用全ケイ酸との比率。

*** 可溶ケイ酸 0.36 g (全ケイ酸 3.44 g) 施用。

第6表 石炭ガス化鉍さいと製鉄鉍さいの可溶性ケイ酸(%)

	HC 可溶	SA 可溶
F-A	20.42	11.88
F-A'	17.06	3.94
F-AC	24.56	6.23
F-B	25.36	14.48
F-B'	23.33	9.05
F-BC	32.83	15.06
製鉄高炉さい*	31.65	—

* BF-5 とは別の市販水砕品。

試料のうちでは、40-15の水砕の場合にわらわが、40-15の徐冷の場合にもみが高い収量を示したが、他は無ケイ酸区と大差はなかった。35-5と35-10はわら、もみとも比較的高い収量を示した。

6. 石炭ガス化鉍さいの肥効試験

石炭ガス化鉍さいについて水稲による肥効試験を行った。この鉍さいは微粉末で通常の鉍さいと状態が異なるので、比較のため実験室で再融解して水砕し直したものの(F-A', F-B')と、CaO 10%を加えて再融解水砕したもの(F-AC, F-BC)をつくり、210 μ m以下に粉碎して供試した。

これらの試料の可溶性ケイ酸を第6表に示す。F-A, F-Bとも再融解によって可溶性ケイ酸が減り、石灰を加えて融解すると可溶性は高まった。なお、これらの試料はいずれもO/Si比は3.5以上であり、そのHC溶解性は第4図の20-20および20-30と同様、210 μ m以下では40~65%であったが、88 μ m以下に粉碎して4時間溶解するとほぼ100%溶解した。

これらにつき、製鉄高炉さいを対照とし、水稲でノイバウエル幼植物試験(2連制ポット試験)を行った。施肥量はポットあたりHC可溶ケイ酸100mgとN50mg, P₂O₅75mg, K₂O50mgを用いた。土壌としては硬質酸性黄色土(愛知県一宮土壌)の風乾細土(pH5.40, 有効態SiO₂7.6mg/100g)を用いた。

栽培にはポットに洗浄した石英砂100gと上記の風乾細土250gをつめ、肥料と蒸留水を加え、催芽した水稲(コシヒカリ)種子100粒を播種し、25日間栽培して地上部を刈り取ってケイ酸分の定量を行った。

この結果は第7表に示すように、利用率 a は石炭ガス化鉍さいが製鉄高炉さいよりも高く、ケイ酸分の可溶率の低いF-A, F-A', F-B'などでは特に高かった。この理由として、ケイ酸分可溶率の低い鉍さいでは全ケイ酸分は多量に施用することが関係すると思われる。そこで利用率 b を比較すると、F-AやF-A'は最低でF-Bの

第7表 作物体のケイ酸吸収

	乾物重 (g)	ケイ酸含有量 (mg)	ケイ酸利用率(%)	
			a^*	b^{**}
ケイ酸無添加	1.157	31	—	—
製鉄高炉さい	1.011	62	31	30
F-A	1.265	78	47	22
F-A'	1.171	82	51	21
F-AC	1.195	78	47	30
F-B	1.255	75	44	28
F-B'	1.272	79	48	28
F-BC	1.159	73	42	38

* a 利用ケイ酸と施用可溶ケイ酸との比率。

** b 利用ケイ酸と施用全ケイ酸との比率。

ほうが高く、これらより製鉄高炉さいやF-BCのほうが高く、 a の場合と逆になった。

この結果も、可溶ケイ酸分の多い試料と少ない試料、あるいはケイ酸分可溶率の高い試料と低い試料のケイ酸分の肥効を比較するには、従来の施肥基準や利用率の表示方法に問題があることを示すといえよう。

なお、石炭ガス化鉍さいは塩基性成分が少なくAl₂O₃が多いので、ケイ酸利用率は著しく低いと予想したが、実際にはかなりの利用率が示された。これには土壌の性質や施肥量の関係もあろうが、鉍さい自身の構造にも起因するように思われる。すなわち、Al₂O₃は周知のように両性酸化物であり、Alは塩基性成分の多いガラス中では4配位をとってケイ酸と連結して吸収率を下げるが、酸性成分の多いガラス中では6配位を多くとって塩基として作用し、この6配位のAlはケイ酸とは連鎖をつくらぬ³⁾。このために酸性の鉍さい中ではAl₂O₃はケイ酸の利用率をあまり下げないことが考えられ、この点はさらに検討を要する。

7. 要約

1) 肥料として使用されている鉍さいは大部分がガラス質(非晶質)であり、CaOやMgOが多く溶解性の高い鉍さい(O/Si比3.5以上、ケイ酸イオンの連結数2以下)の場合は、ガラス質中のAl₂O₃はケイ酸の利用率を低下させる。

2) CaOやMgOが少なくO/Si比が3.2程度以下(ケイ酸イオンの連結数は5以上)の場合には、若干のAl₂O₃が加わったほうがO/Si比が大きくなり、溶解率が高まる。またケイ酸の利用率も向上することがある。

3) 上記のAl₂O₃が加わる場合、O/Si比が3.5すなわちケイ酸イオンの平均連結数が2個になる程度が溶解率が最高で、ケイ酸の利用率も高い。Al₂O₃が多過ぎる

と溶解が遅くなり、溶解率も利用率も低下した。

4) CaO や MgO が少なく SiO₂ (T-SiO₂) の多い酸性のガラス質鉱さい中では、Al の多くが 6 配位をとって Al₂O₃ が塩基のような作用をし、このため組成によってはケイ酸の可溶率や利用率を向上させるものと考えられる。

5) ケイ酸質肥料の肥効試験では通常は可溶ケイ酸の量が一定になるように施すので、可溶ケイ酸の少ない、あるいはケイ酸分可溶率の低い鉱さいは多量に施すことになり、可溶ケイ酸以外の成分すなわち HC 不溶ケイ酸や CaO, MgO などが多く加えられる。ケイ酸吸収率は可溶ケイ酸にもとづいて算出するために 100% を越える

場合もある。このような試験方法や表示方法はさらに検討を要する。

謝 辞 この研究にあたり研究費の補助をして下さった珪酸石灰肥料協会および石灰ガス化鉱さいの肥効試験を担当して下さいました日本肥糧検定協会の井口長光氏に厚く謝意を表します。

文 献

- 1) 安藤淳平・竹村和夫・三幣正巳：製鉄高炉さいの構造・溶解性と肥効，土肥誌，**52**，523～529 (1981)
- 2) 安藤淳平・竹村和夫・松島文明・渡辺正人：高炉さいと製リンさいのケイ酸の溶出，同上，**53**，299～305 (1982)
- 3) 安藤淳平：各種溶融リン肥・スラグの鉱物組成・ガラス構造と溶解性，工業化学雑誌，**63**，83～92 (1960)

Studies on Structure, Solubility, and Agronomic Response of Industrial Slags (Part 5)

Effects of Alumina on Solubility and Agronomic Response of Slags

Jumpei ANDO, Naoto OWA* and Michiyuki ASANO

(*Fac. Sci. Eng., Chuo Univ., *Natl. Inst. Agro-Environ. Sci.*)

Various vitreous slags including blast furnace slag, convertor slag, coal gasification slag, and synthetic slags were tested to study the effects of alumina on solubilities in M/2 HCl and sodium acetate solution (pH 4.5) and agronomic response of the slags. Alumina in the slags rich in CaO and MgO (O/Si atomic ratio larger than about 3.5) significantly reduced the acetate solubility and SiO₂ uptake by rice plant. On the other hand, the addition of a small amount of alumina to the slags containing less CaO and MgO (O/Si ratio smaller than about 3.2) increased both M/2 HCl and acetate solubilities and tended to improve the agronomic response. Both solubilities and response reached a maximum when the O/Si ratio of the slags was increased to about 3.5 by the addition of alumina.

Alumina has been known as an amphoteric oxide. In a slag rich in basic components, alumina may act as an acidic component, combines with silica, and reduces the activity. In acidic slags, alumina may behave as a basic component and thus improves or little reduces the solubilities and agronomic response.

Key words blast furnace slag, convertor slag, coal gasification slag, silica uptake

(*Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.*, **59**, 27-32, 1988)