

報 文

泥炭地水田のケイ酸供給力に及ぼす客土の効果

柳原 哲司

The Effect of Soil Dressing to Peaty  
Paddy Field on Supplyment of Silicic Acid

Tetsuji Yanagihara  
Hokkaido Central Agric. Exp. Stn.

Summary

The effects of soil dressing on the silicic acid supplying capacity of paddy field soil were investigated, and the results of investigation were summarized as follows.

1. Available silicic acid content of soil for dressing was very high compared to that of paddy field soil.
2. Elution patterns following the change of pH of extraction buffer and extraction capacity are different for soil for dressing and paddy field soil. This result suggest the difference in the forms of supplying source.
3. From the quantitative ratio of silicic acid and alumina which is eluted simultaneously, the form of supply source was assumed to be aluminosilicate, and results of calculation were as follows.  
 $\text{SiO}_2(\text{Al}_2\text{O}_3)_{1.52}$  for paddy field soil and  $\text{SiO}_2(\text{Al}_2\text{O}_3)_{0.50}$  for soil for dressing.
4. Effect of supplying silicic acid by soil dressing was large in test cultivation of paddy rice and amount of absorption of silicic acid was so large as 2-5 times compared to the plot without soil dressing.
5. Easy soluble silicic acid which is contained in soil for dressing is estimated to be migrated and accumulated in soil layer in soil excavation site.
6. Based on the results of investigation of paddy field site, effect of silicic acid by soil dressing showed decrease following the passage of year, and its years of lasting was supposed to be about 10 years.

**Key Words** : Peaty Paddy Field, Soil Dressing, Supplyment of Silicic Acid.

(Soil Phys. Cond. Plant Growth, Jpn, 70,49-54, 1994)

1 はじめに

客土は、地耐力の向上、漏水防止など、泥炭地水田特有の物理的な不良要因を改善することを主な目的として実施されてきた。その結果、これらの不良要因はほぼ改善され、水稻の収量も他の土壌型に劣らない水準に達している。また、泥炭地水田に対する客土は物理的な改善効果に加えて、化学的な改善効果も大きい。特に、代表的なケイ酸植物である水稻にとっては、ケイ酸をはじめ

とする無機成分の供給効果は、非常に大きな意義がある。

しかし、これまで、客土のケイ酸補給効果について詳細に解析した例は少ない。そこで本報告では、客土によるケイ酸の補給効果に着目し、その量と質的な特徴を明らかにし、水稻に対する効果を確認するとともに、供給効果の持続性についても検討を加えた。

北海道立中央農業試験場 (〒069-13 北海道夕張郡長沼町東6線北15号)

キーワード：泥炭地水田、客土、ケイ酸供給

## 2. 試験方法

### 1) 客土材および水田土壌のケイ酸溶出試験

供試土壌：ケイ酸の溶出実験に用いた土壌は表1に示した水田作土（泥炭土3点，対照としてグライ土2点）5点，土取り場の異なる客土材4点である。

土壌からのケイ酸の抽出は以下に示す(1)~(4)の方法を用いた。ケイ酸の定量はモリブデン青による比色法により定量した（新版農芸化学実験書，1957）。

(1)可給態ケイ酸：湛水保温静置法（土壌標準分析・測定法，1986）を採用した。

(2)pH別ケイ酸溶出試験：pH4,5,6,7に調整した酢酸ナトリウム緩衝液を用い，40℃の温水浴中で5時間振とう培養後ろ過し，ケイ酸を定量した。

(3)抽出力別ケイ酸溶出試験：各土壌に非晶質物質を選択的に溶解するpH3.5シュウ酸ナトリウム緩衝液（加藤・佐藤，1977）、可給態ケイ酸抽出法の一つであるpH4.0酢酸ナトリウム緩衝液（今泉・吉田，1958）および水をそれぞれ土液比1：6になるように加え40℃で1週間培養し，ろ液中のケイ酸およびアルミニウムを定量した。アルミニウムの測定は日立Z-8000型原子吸光度計を用い，原子化は黒鉛炉で行った。分析はマニュアル（日立理化学機器分析データ集，1987）に従い，乾燥；80℃、60秒，灰化；800℃、30秒，原子化；2900℃，10秒，キャリアーガス；アルゴン，100ml/min.の条件でおこなった。

(4)連続培養実験：フタ付き遠沈管に風乾土と水を1：10の割合でとり，40℃で1週間培養後，遠心分離により上澄液をとりケイ酸を定量した。沈澱部分は35℃で1日乾燥後再び水を加え同様の操作を繰り返した。

### 2) 水稲栽培試験

1987年2月に当該稲作部泥炭地水田（岩見沢市）(No.1)に2種類の客土材（No.6；土性SLおよびNo.7土性LiC）を客土し，同年春から水稲栽培試験を実施した。客土量はそれぞれ100，200および300m<sup>3</sup>/10aの3段階（客土深として10，20，30cm）とし無客土水田を対照とした。

品種は1987年「ともひかり」，1988~1990年「ゆきひかり」，1990年「きらら397」を供試した。

### 3) 現地調査

1989年美唄市において，客土後経過年数が0~22年までの異なる泥炭地水田30ヶ所を選定し，成熟期水稲のケイ酸吸収量と客土後の経過年数の関係について調査した。選定した水田は，同一の土取り場からの客土が行われており，客土量はほぼ同一（50m<sup>3</sup>/10a）である。

表-1 供試水田土壌および客土材

Table. 1 Properties of soils

地目	No.	採取地点	土 壤	土性	pH
水田作土	1	岩見沢市上幌向	無客土泥炭土	HC	5.8
	2	岩見沢市上幌向	グライ土	SiC	5.2
	3	北村豊里	グライ土	CL	6.0
	4	北村大願	客土泥炭土	CL	5.7
	5	新篠津村	客土泥炭土	LiC	5.1
客土材	6	美唄市峰延	洪積土	SL	5.1
	7	美唄市峰延	洪積土	LiC	5.4
	8	美唄市峰延	洪積土	LiC	5.9
	9	当別町ビトエ	洪積土	CL	5.3

## 3. 試験結果および考察

### 1) 客土材および水田作土中のケイ酸含量および形態的な特徴

表2に供試土壌の可給態ケイ酸およびpH別の溶出ケイ酸量を示した。水田作土の可給態ケイ酸含量は，無客土泥炭土およびグライ土水田で低く，客土された泥炭土水田ではそれらよりもやや高かった（全水田作土試料平均8.5mg/100g）のに対して，客土材は17.0~33.4mg/100g（平均25.2mg/100g）と圧倒的に多く，客土材は多量の可給態ケイ酸を含んでいることを示している。

さらに，ケイ酸溶出条件を詳しく検討するためにpH別のケイ酸溶出量を測定した。両土壌ともにpHが下がるにつれて溶出量が増加する傾向は同様であったが，いずれのpHでも客土材のケイ酸溶出量は水田作土より多かった。これは，今泉・吉田(1958)によると，含まれるケイ酸の形態が主にSilicate Typeであることを示すものであった。しかし，水田作土と客土材のpHの変化に対するケイ酸溶出量の変化を比較すると，明かな違いが

表-2 供試土壌の可給態ケイ酸およびpH別溶出ケイ酸量

Table. 2 Available silicic acid content of soils and elution patterns following the change of pH

地目	No.	可給態ケイ酸	pH別溶出ケイ酸量(mg/100g)				pH7/pH4 (%)
			4	5	6	7	
水田作土	1	5.7	10.9	7.9	3.1	1.0	9.2
	2	6.7	5.8	5.4	2.3	0.6	10.3
	3	7.8	13.5	6.2	3.8	1.4	10.4
	4	12.1	18.4	9.2	4.5	1.7	9.2
	5	10.1	6.7	4.2	3.5	1.2	17.9
	平均	8.5	11.1	6.6	3.4	1.2	11.4
客土材	6	33.4	20.5	20.1	16.3	14.2	69.3
	7	23.2	22.4	19.8	12.0	9.9	44.2
	8	27.0	26.7	23.2	15.8	12.9	48.3
	9	17.0	14.8	13.0	6.5	4.4	29.7
	平均	25.2	21.1	19.0	12.7	10.4	47.9

表-3 各種抽出液とケイ酸溶出量の関係

Table. 3 Silicic acid content eluted by some extracting solvents

地目	No.	ケイ酸溶出量(mg/100g)			溶出割合(%)	
		水	酢酸塩	シュウ酸	水	酢酸塩
水田作土	1	5.7	18.6	105.5	5.4	17.6
	2	6.7	13.9	97.4	6.9	14.3
	3	7.8	27.7	105.7	7.4	26.2
	4	12.1	29.6	146.3	8.3	20.2
	5	10.1	17.6	125.8	8.0	14.0
	平均	8.5	21.5	116.1	7.2	18.5
客土材	6	33.4	51.5	227.5	14.7	22.6
	7	23.2	39.6	173.9	13.3	22.8
	8	27.0	52.3	172.7	15.6	30.3
	9	17.0	31.8	134.4	12.6	23.7
		平均	25.2	43.8	177.1	14.1

認められた。すなわち、水田作土ではpHが中性になるに従い急激に溶出量が減少し、pH7での溶出量はpH4での溶出量の1~2割程度であるのに対し、客土材ではその減少がゆるやかで、pH7でも3~7割もの溶出量が認められた。

このように、客土材からのケイ酸溶出は、水田作土に比較して量が多いのみではなく、pHの変化に対する溶出パターンも異なることから、両者の可溶性ケイ酸はその溶解性に違いがあると考えられた。そこで抽出力の異なる溶媒を用いて溶出するケイ酸を測定し、その結果を

表3に示した。

pH3.5シュウ酸塩可溶ケイ酸は、非晶質画分のケイ酸と考えられ、通常の水田状態で可溶化し得るケイ酸の潜在量を示している。また、酢酸塩および水可溶のケイ酸はより易溶性の画分であり、シュウ酸塩可溶画分に含まれると考えられる。いずれの画分でもケイ酸溶出量は水田作土より客土材の方が多かった。しかも、シュウ酸塩可溶画分に対する酢酸塩および水可溶画分の比率で比較すると客土材の方が高いことから、客土材中のケイ酸は水田作土中のケイ酸に比較して量が多いだけではなく、より易溶性の画分の比率が高いことが明らかとなり、ケイ酸給源物質の存在形態に違いがある事がわかった。

今泉・吉田(1958)は、土壌中のケイ酸給源物質はおもにアルミナと結合した形態であると推定している。そこで、本報告でもケイ酸の給源形態をアルミノケイ酸塩と仮定し、溶出実験から得られたアルミニウムの量からその組成式の推定を試みた。その結果、水田作土では $\text{SiO}_2(\text{Al}_2\text{O}_3)_{1.52}$ であるのに対して、客土材は $\text{SiO}_2(\text{Al}_2\text{O}_3)_{0.50}$ と推定された。このことから、客土材中のケイ酸給源物質は水田作土に比較して約3倍もケイ酸に富んでいることが示唆され、客土材が易溶性ケイ酸に富む一つの要因と推定された。

次に、供試した客土材中にこのような易溶性ケイ酸含量が多い原因を知るために、岩見沢近辺3ヶ所の土取り場(表1の土取り場とは地点が異なる)で層位ごとに試料を採取し、pH、交換性塩基および可給態ケイ酸の土

表-4 土取り場での層位別ケイ酸、塩基含量

Table. 4 Content of silicic acid and bases in layer at soil excavation site

土取り場層位	深さ(cm)	備考	pH	可給態 ケイ酸*	交換性塩基*			
					CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	
ビトエ-1	0-20	地表	5.1	17.7	135	22	17	
	-2		20-100	5.8	36.2	220	112	7
	-3		100以下	6.4	46.7	316	120	6
光珠内1	0-25	地表	6.5	21.9	316	163	9	
	-2		25-70	6.7	28.3	248	145	7
	-3	70-120	鉄結核有り	6.6	35.7	316	189	9
	-4	120-170		6.2	59.3	329	200	10
	-5	170以下		6.2	45.4	242	140	7
光珠内2	0-20	地表	5.5	8.8	27	15	7	
	-2		20-50	5.6	17.9	128	97	12
	-3		50-80	5.6	37.0	174	114	13
	-4	80-110	鉄結核有り	5.7	33.4	253	154	17
	-5	110-140		5.8	38.6	380	229	16
	-6	140以下		5.7	44.1	208	116	15

\*: (mg/100g)

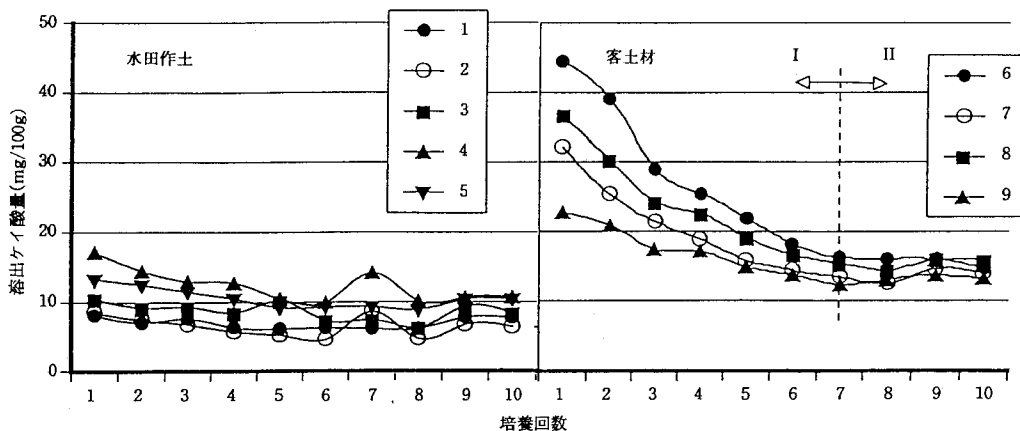


図-1 連続培養実験によるケイ酸溶出量の推移

Fig. 1 The change of extracted content of silicic acid by continuous incubation

層内分布を調査した(表4)。

可給態ケイ酸含量の分布を見ると、上層部の値が低く、下層ほど高い傾向を示した。また、カルシウムおよびマグネシウムも下層に一部集積層が認められることから、土層内で溶脱された塩基およびケイ酸が下層に移動したと推定され、これが客土材中に存在する豊富な易溶性のケイ酸の給源物質となっていると考えられた。

客土材からのケイ酸溶出の持続性を検討するために、湛水培養と風乾を繰り返し、溶出するケイ酸量の推移を調べた。図1に示したように、水田土壌は培養の繰り返しにかかわらず溶出量はほとんど変化しないが、客土材では培養を繰り返す毎にケイ酸溶出量は減少し(7回目まで、図中I)その後ほぼ一定に推移(8回目以降、図中II)した。これは、客土材中には溶解性のことなる2種類のケイ酸給源があることを示しており、培養の初期に速やかに溶出するI画分が客土材に特徴的な易溶性の画分であり、II画分は水田作土中のケイ酸と類似の形態であると推察された。

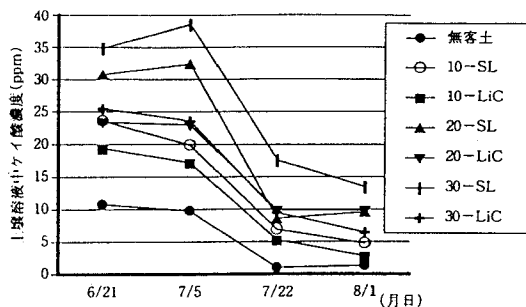


図-2 土壤溶液中ケイ酸濃度の推移

Fig. 2 The change of silicic acid concentration in soil solution

表-5 成熟期の茎葉ケイ酸含有率の年次推移

Table. 5 The change of silicic acid content of rice shoot by years

客土深 (cm)	土性	客土材 表1 No.	茎葉ケイ酸含有率(%)				
			1987	1988	1989	1990	4カ年平均
0	-	-	5.6	3.8	3.8	4.9	4.5
10	SL	6	14.1	12.4	11.7	10.2	12.1
10	LiC	7	13.6	11.0	10.7	9.5	11.2
20	SL	6	16.8	14.4	13.9	12.7	14.5
20	LiC	7	15.5	12.7	13.8	12.1	13.5
30	SL	6	18.3	15.5	16.1	13.7	15.9
30	LiC	7	17.2	13.9	15.2	12.8	14.8

2) 客土が水稻のケイ酸吸収に及ぼす影響

表1に示したNo6, 7の客土材をNo1の無客土泥炭土水田に客土し、水稻のケイ酸吸収の変化を検討した。

図2に湛水期間中における土壤溶液のケイ酸濃度の推移を示した。土壤溶液中のケイ酸濃度は常に客土区において無客土区よりも高く推移した。これは圃場条件でも客土材から豊富にケイ酸が溶出していることを示している。

表5に客土の量、種類の違いが成熟期の茎葉ケイ酸含有率に及ぼす影響を示した。客土区的水稻はケイ酸含有

率が無客土区の約3倍と顕著に高まり、その程度は客土量が多いほど多かった。また、客土材間の比較をすると、ケイ酸溶出量の多かったNo6客土材（土性SL）の方がNo7客土材（土性LiC）よりケイ酸含有率が高く、土壌の分析値と一致する結果となった。

以上のように、客土材から溶出するケイ酸は、水稻に非常に吸収利用され易く、客土のケイ酸補給効果は大きいことが認められた。

### 3) 客土によるケイ酸補給効果の持続性

図1で示したように客土材からのケイ酸溶出量は湛水培養の繰り返により徐々に減少した。また、表5に示すように圃場試験でも客土後の経過年数にともなって、ケイ酸の吸収量は減少する傾向が認められた。そのため、

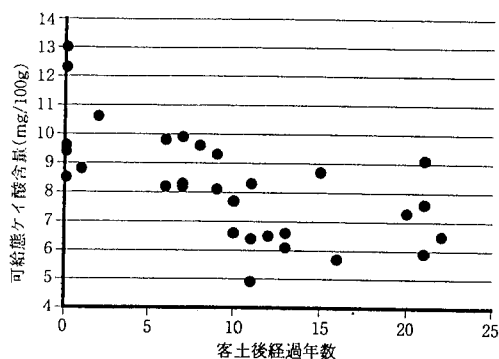


図-3 客土後経過年数と可給態ケイ酸含量の関係

Fig. 3 The relationship of available silicic acid content and years from soil dressing

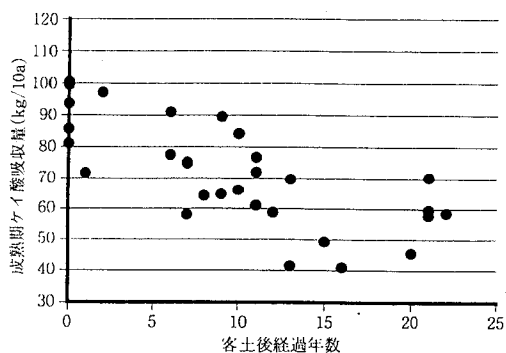


図-4 客土後経過年数とケイ酸吸収量の関係

Fig. 4 The relationship of silicic acid uptake by rice and years from soil dressing

より長期的な視点から、客土のケイ酸補給効果の持続性を検証する必要性が認められた。そこで、客土後の経過年数が異なる水田を調査し、水稻栽培年数とケイ酸供給力の関係について検討を加えた。調査地域は、長年同一の土取り場から採取した客土材を客土してきた地域であり、客土量もほぼ50m<sup>3</sup>/10aである。調査地点における客土後経過年数と可給態ケイ酸含量の関係を図3、水稻のケイ酸吸収量との関係を図4に示した。これより可給態ケイ酸およびケイ酸吸収量は客土直後で多く、以後経過年数とともにほぼ10~15年までは明らかに減少する推移を示した。しかし、10年目以降の圃場でみるとばらつきは大きい、ほぼ横ばいの推移を示した。これらの推移と連続培養実験の結果を総合すると、客土材に含まれる易溶性ケイ酸の溶出は10年程度は持続すると推察された。

### 4) おわりに

水稻は、年間10aあたり100kg以上のケイ酸を吸収する最も代表的なケイ酸植物である（吉田, 1965）。また、水稻に対するケイ酸の生理的な意義は広く認められており（三井・高遠, 1959; 奥田・高橋, 1961a, b; 吉田, 1965）、収量や食味の向上に有意義であることが示されている（水野, 1992; 柳原ら, 1992）。

ところで、水稻へのケイ酸の供給は、水田土壌からの寄与が圧倒的に大きく（今泉・吉田, 1958）、資材による補給はあくまでも補助的な寄与に過ぎない。そのため、水田土壌中の可給態ケイ酸は、水稻による年々の吸収により常に減少する傾向にあると考えられる。特に、元来無機成分に乏しい泥炭地水田ではこの傾向がいっそう顕著であり、これに対する客土のケイ酸補給効果は大きいことから、将来的には物理性の改善を目的とした客土だけではなく、ケイ酸の供給力向上を目的とした客土の発想も必要と考えられる。

### 引用文献

- 土壌標準分析・測定法委員会編(1986): 土壌標準分析・測定法, 161-165, 博友社.
- 日立理化学機器分析データ集編集委員会編(1987): 日立理化学機器分析データ集, 偏光ゼーマン原子吸光, P9.
- 今泉吉郎, 吉田昌一(1958): 水田土壌のケイ酸供給力に関する研究. 農業技術研究所報告B第8号: 261-304.
- 加藤秀正, 佐藤久雄(1977): 腐植粘土複合体の構造に関する研究(第2報), 非晶質物の分別溶解法について, 土肥誌, 48: 419-424.
- 京都大学農学部農芸化学教室編(1957): 新版農芸化学実験書(増補), 第1巻, p130, 産業図書.

- 三井進午, 高遠宏(1959): 禾本科作物に対する珪酸の栄養学的意義 (第1報), 水稻の無珪酸栽培とその症状, 土肥誌, 30: 535-539.
- 水野直治(1992): 水稻の登熟に対するケイ酸の効果 (第7報), 総合考察, 北農, 54(11), 16-21.
- 奥田東, 高橋英一(1961a): 作物に対するケイ酸の栄養生理的役割について (第2報), ケイ酸欠除の時期が水稻の生育ならびに養分吸収におよぼす影響, 土肥誌, 32: 481-488.
- 奥田東, 高橋英一(1961b): 作物に対するケイ酸の栄養生理的役割について (第3報), ケイ酸の供給量が水稻の生育ならびに養分吸収におよぼす影響, 土肥誌, 32: 533-537.
- 柳原哲司, 宮森康雄, 藤倉潤治, 稲津脩, 関口久雄, 谷口健雄(1992): 客土による泥炭地産米の食味向上, 北農, 59(1): 76-81.
- 吉田昌一(1965): 水稻体内におけるケイ素の存在様式と生理的意義に関する研究. 農業技術研究所報告B第15号, 1-55.

(受稿年月日 1994年4月16日)