

# 水田のケイ酸供給能に基づく水稻に対するケイ酸質資材施用の要否判定 Predicting Need of Application Silicate Fertilizer for Rice Based on Silicate Supplying Capacity in Paddy Field

松森 信・郡司掛則昭

Makoto MATSUMORI and Noriaki GUNJIKAKE

## 要 約

水稻に対するケイ酸質資材施用の要否判定基準を作成するため、土壌由来と灌漑水由来のケイ酸を類型化して水田のケイ酸供給能を評価し、この供給能が異なる水田において水稻に対するケイ酸質資材施用試験を行った。

土壌類型はアロフェン質黒ボク土と非黒ボク土に、灌漑水については県北のケイ酸濃度が高い水系のグループと県南の低い水系のグループに分類された。これらの土壌タイプと灌漑水グループの組み合わせによって20mM 中性リン酸緩衝液によって抽出される土壌の可給態ケイ酸量は異なった。このことから、黒ボク土で灌漑水濃度が高い水系ではケイ酸供給能は「大」（可給態ケイ酸が30mg/100g 乾土以上）、非黒ボク土で灌漑水濃度が低い水系はケイ酸供給能「小」（同15mg 以下）、残りの組み合わせはケイ酸供給能「中」（同15～30mg）と区分することができた。

ケイ酸供給能が「小」の水田では、水稻に対する a 当たりケイカル10～20kg の基肥施用により、無施用区に対して㎡当たり籾数が増加し収量は増加した。一方で、「中」ならびに「大」の水田では資材の施用効果は判然としなかった。

このことから、区分したケイ酸供給能は水田におけるケイカルの施用要否判定に有効であると考えられた。

キーワード：水稻、ケイ酸質資材、可給態ケイ酸、土壌タイプ、灌漑水、施用基準

## I 緒言

水稻は熊本県水田農業における主要な作物であり、その栽培は多くの農家経営の基本となっている。そして、他の作物と同様に、水稻も収量安定と品質向上のためには土づくりが重要であることが古くから指摘されている。

水稻は養分の中でケイ酸を最も多く吸収する好ケイ酸植物<sup>1)</sup>であり、ケイ酸は光合成の促進、根の酸化力の向上、耐病性の強化ならびに耐倒伏性の向上など水稻の収量品質形成に関わっている<sup>1)</sup>ため、土づくり資材で代表的なものは珪酸苦土石灰（以下、ケイカル）等のケイ酸質資材である。このため、県下の一般的な水稻栽培ごみには、ケイカル10a 当たり100～200kg を施用が推奨されている。

ところが、熊本県が実施した土壌環境基礎調査によると、平成6～10年のケイ酸質資材の農家施用割合は31%であり、低下を続けている<sup>2)</sup>。この理由は、高齢化による労力不足、コスト削減などのほか、資材施用の水稻に対する効果が見えにくいこともあげられる。確かに、筆者らもケイ酸質資材の施用試験においてその効果が認め

られない事例<sup>3)</sup>を経験しており、この原因は水稻のケイ酸吸収量がケイ酸の天然供給能に影響されている<sup>4)</sup>ことも考えられる。

よって、ケイ酸質資材の効果的施用を考えるならば、画一的な施用基準を見直し、資材施用が水稻の生育収量やケイ酸吸収にどのような効果を与え、それがどのような条件下で発揮できるのかを把握した上で、現場の農家や指導員が施用の要否を判断する必要がある。

本研究では、県内水田のケイ酸の天然供給能の区分と、ケイ酸供給能が異なる水田におけるケイ酸質資材の施用効果を確認し、現場で使用可能な資材の施用要否判定基準とこの基準を図示化したマップの作成を試みた。

## II 材料および方法

### 1 県内水田の可給態ケイ酸供給能の評価区分作成

県内の水稻栽培跡地65ヵ所の土壌を採取し、土壌タイプを分類した。さらに、可給態ケイ酸について、水稻のケイ酸吸収との相関が高い<sup>5)</sup>とされている20mM 中性リン酸緩衝液抽出法<sup>6)</sup>により40℃、5時間の抽出を行い、抽出液中のケイ酸濃度をアスコルビン酸還元をとまう

モリブデンブルー法<sup>7)</sup>で比色定量した。また、水稻栽培期間における県下11ヶ所の水田灌漑水を用水路あるいはこれに直結する河川等より採取し、ケイ酸濃度を上記の比色法で定量した。これらの11ヶ所のうち6ヶ所は2006～2008年にそれぞれ6～9回採水し、ケイ酸濃度の変動を調査した。

これら灌漑水と土壌のデータを整理することで、水田可給態ケイ酸供給能の区分の作成を試みた。

## 2 ケイ酸質資材施用試験

水稻の栽培試験を2005年（一部2006年）から2008年にかけて土壌や灌漑水の条件の異なる県内3ヶ所の水田で行った。栽培場所は八代市、熊本市ならびに熊本県農業研究センター（合志市。以下、農研センター）であり（第1図）、その栽培条件は第1表のとおりである。水稻の作型はいずれも6月移植～10月収穫の普通期中苗機械移植栽培とした。供試品種の‘ヒノヒカリ’、森のくまさん’はいずれも熊本県の主力品種であり、互いに草型や熟期も類似していて遺伝的にも近い。処理区はa当たり



第1図 ケイ酸質資材施用試験の実施場所

ケイカル（ミネックス㈱製、くみあい粒状珪酸苦土石灰4号、可溶性ケイ酸30%、可溶性苦土3%、アルカリ分44%）10kg、同20kg（一部年除く）、熔成珪酸燐肥（南九州化学工業㈱製、粒状スーパーエンリッチ1号、可溶性ケイ酸30%、リン酸15%、可溶性苦土18%、アルカリ分47%）6kgを基肥施用した区、ならびに無施用区を設けた。記述した以外の施肥や栽培管理は慣行体系とした。試験期間中において問題となるような病害虫の発生は認められなかった。水稻玄米は1.8mmで篩別したものを収量とした。生育ステージ別に平均的な生育の稲株を採取して、作物体中のケイ酸濃度を重量法<sup>8)</sup>により測定し、これに作物体重量を乗ずることでケイ酸吸収量を算出した。跡地土壌の可給態ケイ酸は先述の1と同様の方法で測定した。その他の土壌の化学性については常法<sup>9)</sup>に従った。

## 3 ケイ酸供給能マップの作成

上記1で作成した水田の可給態ケイ酸供給能の評価区分をより現場へ普及させるためのプレゼンテーションとして、県下の全地域の水田を対象としたケイ酸供給能マップの作成を試みた。方法は、農林水産省の主題図作成マニュアル<sup>10)</sup>を参考とした。すなわち、パソコン（OS:Microsoft WindowsXP）上の地理情報システム（ソフト:MapInfo Professional Ver. 7。以下、GIS）を用い、デジタル土壌図（土壌環境評価システム土壌図メッシュデータ、日本土壌協会）と国土数値情報「土地利用メッシュ」<sup>11)</sup>に流域河川の情報を加味して、100mメッシュごとにケイ酸供給能を判定して地図上に表示した。

## III 結果

### 1 県内水田の可給態ケイ酸供給能の評価区分作成

採取した水稻栽培跡地の土壌は、一般的に可給態ケイ

第1表 ケイ酸質資材施用試験の試験条件

試験年次	2006～08年	2005～08年	2005～08年
試験場所	八代市	熊本市海路口町	熊本県農業研究センター（合志市栄）
土壌統群	2006年 郡築八番 2007年以降 植柳町 中粗粒灰色低地土 （非黒ボク土）	細粒灰色低地土 （非黒ボク土）	厚層多腐植質多湿黒ボク土 （アロフェン質）
灌漑水水源	球磨川	天明新川	地下水
作土深	16cm	15cm	16cm
作土土性	砂質埴壤土	軽埴土	埴壤土
水稻供試品種	ヒノヒカリ	ヒノヒカリ	森のくまさん
移植期	6月中旬	6月下旬	6月中下旬
収穫期	10月上旬	10月上旬	10月上旬
作付体系	2006年のみレンゲ-水稻 2007年以降は水稻単作	水稻単作	水稻単作
慣行施肥	有機質肥料主体の分施肥体系	肥効調節型窒素含む全量基肥体系	基肥:硫加燐安、追肥:NK化成
稲わら処分法	裁断、ほ場鋤込み	裁断、ほ場鋤込み	0.5+0.3+0.2=1.0kgN/a
試験資材の連用	2007年以降連用	連用	裁断、ほ場鋤込み
試験区の規模	117㎡ × 2反復	104㎡ × 2反復	連用
			72㎡ × 2反復

酸が多いと言われる黒ボク土(アロフェン質)<sup>4)</sup>22点と、それよりも可給態ケイ酸が少ないとされる非黒ボク土43点に分類された。

また、水田灌漑水に用いられる河川水等のケイ酸濃度の測定結果を第2表に示した。県北の白川水系や菊池川水系ならびに緑川水系等の25mg/L以上の比較的濃度の高いグループと、県南の球磨川水系等の15mg/L以下の低いグループに区分された。このうち3年間複数回調査した6地点についてのケイ酸濃度の採水時期による変動は比較的小さく、濃度の変動を加味しても属するグループが変わることはない判断された。

これら土壌2タイプと灌漑水ケイ酸濃度が異なる2グループを組み合わせた場合の可給態ケイ酸実測値を、第3表に示した。すなわち、土壌が黒ボク土で灌漑水のケイ酸濃度が高い水田では、乾土100g当たりの可給態ケイ酸は30mg以上と高く、土壌が非黒ボク土で灌漑水のケイ酸濃度が低い水田では15mg以下と低かった。さらに、土壌が非黒ボク土で灌漑水のケイ酸濃度が高いかまたは黒ボク土で灌漑水の濃度が低い区域では、可給態ケイ酸は15~30mgの範囲であった。よって、第3表の左端に示したように、水田土壌のケイ酸供給能を「大」「中」

「小」の3つに区分し、そのしきい値を中性リン酸緩衝液抽出法による可給態ケイ酸で15(mg/100g 乾土)ならびに30(同)と設定した。

2 ケイ酸質資材施用試験

試験を行った場所を前述のケイ酸供給能区分にあてはめると、農研センターは多湿黒ボク土で灌漑水ケイ酸濃度も高いため「大」、熊本市は非黒ボク土である灰色低地土で灌漑水ケイ酸濃度は高く「中」、八代市は同様に非黒ボク土で灌漑水ケイ酸濃度は低く「小」に区分された。

試験年次ごとの水稻の玄米収量を第4表に示した。ケイ酸供給能「小」の八代市では、試験年次に関わらず水稻の収量はケイカル10あるいは20kg/aの施用により無施用と比較して1~9%増収した。しかしながら、「中」の熊本市、「大」の農研センターではケイカルの施用が収量に与える効果の傾向は判然としなかった。熔成珪酸磷肥6kg/aの施用では「大」の農研センターで有意に増収した。

第5表には水稻の㎡当たり初数を示した。有意差は認められなかったが、無施用区と比較して増収した場合の初数は増加する傾向がうかがえた。

第2表 水田灌漑水のケイ酸濃度

採水地点	水源	ケイ酸濃度 SiO <sub>2</sub> mg/L	調査回数	グループ
農研センター	地下水	58.4 ± 2.3	7	県北 濃度高 25mg/L 以上
熊本市海路口町	天明新川(白川水系)	41.7 ± 9.5	6	
菊池市加恵	迫間川(菊池川水系)	33.5 ± 3.9	8	
菊池市砂田	迫間川(菊池川水系)	30.4 ± 2.5	6	
城南町千町	緑川	29.0	1	
城南町下宮地	浜戸川(緑川水系)	38.3	1	
宇城市小川町	砂川	28.8	1	県南 濃度低 15mg/L 以下
宇城市松橋町	萩尾溜池	13.9	1	
氷川町宮原	氷川	13.8	1	
八代市植柳	球磨川	14.2 ± 1.7	9	
あさぎり町	百太郎溝(球磨川水系)	11.5 ± 1.7	7	

注) 調査回数が複数のものは2006~08年採水。全期間の平均値±標準偏差で示した。  
調査1回のは2008年採水。

第3表 熊本県内の水田土壌のケイ酸供給能区分

ケイ酸供給能	区分基準 土壌中可給態 ケイ酸	土壌中可給態 ケイ酸 実測値	土壌タイプ	灌漑水のケイ酸	
				グループ(第2表)	濃度(SiO <sub>2</sub> )
大	>30mg	55.6 ± 7.1	黒ボク土 (アロフェン質)	県北 濃度高(白川、菊池川水系等)	25mg/L以上
中	15~30mg	22.1 ± 8.2		県南 濃度低(球磨川水系等)	15mg/L以下
		21.1 ± 4.8	非黒ボク土	県北 濃度高(白川、菊池川水系等)	25mg/L以上
小	<15mg	7.6 ± 5.2		県南 濃度低(球磨川水系等)	15mg/L以下

注) 可給態ケイ酸は20mM中性リン酸緩衝液抽出(40℃5r)によるSiO<sub>2</sub>mg/100g 乾土。平均値±標準偏差で示した。

第4表 水稻の玄米収量

試験場所 ケイ酸供給能	八代市				熊本市				農研センター(合志市)					
	小				中				大					
資材 \ 栽培年	2006	'07	'08	平均	2005	'06	'07	'08	平均	2005	'06	'07	'08	平均
無施用	381	452	523	452	620	492	620	533	566	650	508	544	581	571
ケイカル 10kg/a	391 (103)	491 (109)	541 (103)	105*	620 (100)	502 (102)	596 (96)	502 (97)	99	647 (100)	486 (96)	574 (106)	602 (104)	101
ケイカル 20kg/a	— —	486 (108)	530 (101)	104*	— —	508 (103)	614 (99)	514 (99)	100	— —	487 (96)	587 (108)	578 (99)	101
熔成珪酸燐肥 6kg/a	375 (98)	521 (115)	552 (106)	106	620 (100)	486 (99)	628 (101)	512 (96)	99	661 (102)	515 (101)	549 (101)	608 (105)	102*

注) 収量(kg/10a)には無施用100に対する指数(%)をカッコ書きで付した。

第5表 水稻のm<sup>2</sup>当たり籾数

水稻栽培場所 ケイ酸供給能	八代市				熊本市				農研センター(合志市)					
	小				中				大					
栽培年	2006	'07	'08	平均値	2005	'06	'07	'08	平均値	2005	'06	'07	'08	平均値
無施用	322	252	269	281	459	347	387	348	361	406	288	313	311	304
ケイカル 10kg/a	317	291	272	293	473	371	368	284	341	465	254	329	297	293
ケイカル 20kg/a	—	302	269	286	—	395	401	275	357	—	251	318	330	300
熔成珪酸燐肥6kg/a	371	307	270	316	407	381	392	266	346	471	301	317	325	314

注) 籾数/m<sup>2</sup>(×100)で示した。いずれも統計的有意差は認められなかった。

第6表 水稻の生育時期別ケイ酸濃度

	八代市				熊本市				農研センター(合志市)				
	最高分	減数分	収穫時		最高分	減数分	収穫時		最高分	減数分	収穫時		
	げつ頃	裂期頃	わら	籾	げつ頃	裂期頃	わら	籾	げつ頃	裂期頃	わら	籾	
'06年	無施用	7.9	7.2	10.4	4.6	12.1	11.6	15.3	5.7	11.0	11.4	15.9	5.0
	ケイカル10kg/a	8.2	7.4	10.4	3.9	12.1	11.1	14.8	5.7	11.0	10.9	15.8	5.2
	ケイカル20kg/a	—	—	—	—	11.9	11.0	15.9	5.4	10.7	11.3	15.9	5.1
	熔成珪酸燐肥6kg/a	8.1	7.6	11.3	4.8	12.3	11.7	16.1	5.7	10.5	11.1	15.8	5.3
'07年	無施用	—	6.5	8.1	4.0	11.3	12.8	16.7	6.8	10.2	12.8	15.1	6.3
	ケイカル10kg/a	—	7.2	9.0	4.3	12.1	13.6	15.9	7.2	10.8	12.5	14.8	6.6
	ケイカル20kg/a	—	6.6	9.2	4.7	12.3	13.5	16.5	6.7	10.8	12.6	15.1	6.2
	熔成珪酸燐肥6kg/a	—	8.9	9.1	4.5	12.5	13.8	16.0	6.9	10.3	12.9	14.8	6.3
'08年	無施用	7.0	7.3	8.8	3.1	11.9	12.6	17.1	6.1	9.6	11.5	15.8	4.9
	ケイカル10kg/a	7.0	7.9	10.8	3.7	11.8	12.4	17.0	6.3	10.2	11.5	15.4	5.2
	ケイカル20kg/a	8.0	8.3	11.6	3.8	12.2	13.2	16.8	6.0	9.9	10.6	15.1	5.3
	熔成珪酸燐肥6kg/a	8.0	8.5	12.1	3.8	12.5	13.1	17.5	5.9	10.2	10.8	16.0	5.4

注) 数値は乾物当たりSiO<sub>2</sub>濃度(%)。

いずれの区でも玄米の外観品質や玄米中タンパク質に一定の傾向は見いだせなかった(データ省略)。

第6,7表に示した水稻のケイ酸吸収では、ケイ酸供給能「小」である八代市の作物体中のケイ酸濃度ならびに

ケイ酸吸収量のレベルは「中」「大」のそれと比較して明らかに低く、収穫時無施用区のわらのケイ酸濃度は8~10%程度であった。また、「小」の八代市では資材施用によるケイ酸濃度あるいは吸収量の増加傾向が確認で

第7表 水稻の生育時期別ケイ酸吸収量

	八代市					熊本市					農研センター(合志市)					
	最高分	減数分	収穫時			最高分	減数分	収穫時			最高分	減数分	収穫時			
	げつ頃	裂期頃	合計	わら	籾	げつ頃	裂期頃	合計	わら	籾	げつ頃	裂期頃	合計	わら	籾	
'06年	無施用	1.0	2.4	7.6	5.3	2.3	2.6	5.8	14.2	10.8	3.4	1.1	3.4	12.6	9.7	2.9
	ケイカル10kg/a	1.2	2.6	7.4	5.4	2.1	2.6	4.9	13.6	10.1	3.4	1.4	3.6	12.2	9.3	2.9
	ケイカル20kg/a	—	—	—	—	—	2.4	5.1	14.1	10.8	3.3	1.5	4.3	12.3	9.5	2.8
	熔成珪酸燐肥6kg/a	1.2	3.0	8.4	5.9	2.4	2.5	5.9	13.8	10.5	3.3	1.1	3.8	13.1	9.9	3.1
'07年	無施用	—	3.8	7.0	5.0	2.0	1.6	5.5	18.7	13.6	5.1	1.9	3.4	15.3	11.4	3.9
	ケイカル10kg/a	—	4.1	8.0	5.7	2.3	2.0	5.4	17.6	12.6	5.0	1.9	4.8	15.9	11.6	4.3
	ケイカル20kg/a	—	3.9	8.3	5.8	2.5	2.0	5.4	18.4	13.5	4.9	2.3	4.2	15.9	11.8	4.1
	熔成珪酸燐肥6kg/a	—	4.8	8.2	5.7	2.5	2.1	6.0	19.0	13.8	5.2	2.1	5.2	15.6	11.6	4.0
'08年	無施用	1.7	3.5	6.2	4.5	1.7	2.6	5.6	15.9	12.2	3.7	1.9	5.3	14.2	11.2	3.0
	ケイカル10kg/a	1.9	3.6	8.7	6.6	2.1	2.1	5.2	14.3	11.6	3.7	2.2	5.3	14.7	11.4	3.3
	ケイカル20kg/a	1.7	3.6	9.0	6.8	2.2	2.5	5.3	15.0	11.5	3.5	2.1	5.0	14.1	10.9	3.2
	熔成珪酸燐肥6kg/a	1.8	3.5	9.3	7.1	2.2	2.8	5.6	13.4	10.1	3.4	2.0	5.5	14.8	11.3	3.5

注) 数値はSiO<sub>2</sub>kg/a。

第8表 跡地土壌の可給態ケイ酸

水稻栽培場所	八代市			熊本市				農研センター(合志市)			
	小			中				大			
	栽培年	2006	'07	'08	2005	'06	'07	'08	2005	'06	'07
無施用	3.4	5.9	6.3	18.9	19.2	15.9	15.1	47.2	55.4	33.6	31.6
ケイカル 10kg/a	3.4	6.6	6.3	18.6	21.2	17.7	15.9	46.1	52.1	31.0	29.9
ケイカル 20kg/a	—	7.3	6.4	—	23.1	17.9	18.3	—	50.6	30.9	29.7
熔成珪酸燐肥6kg/a	3.4	7.1	6.3	20.3	20.8	18.5	14.4	46.2	53.6	29.5	29.5

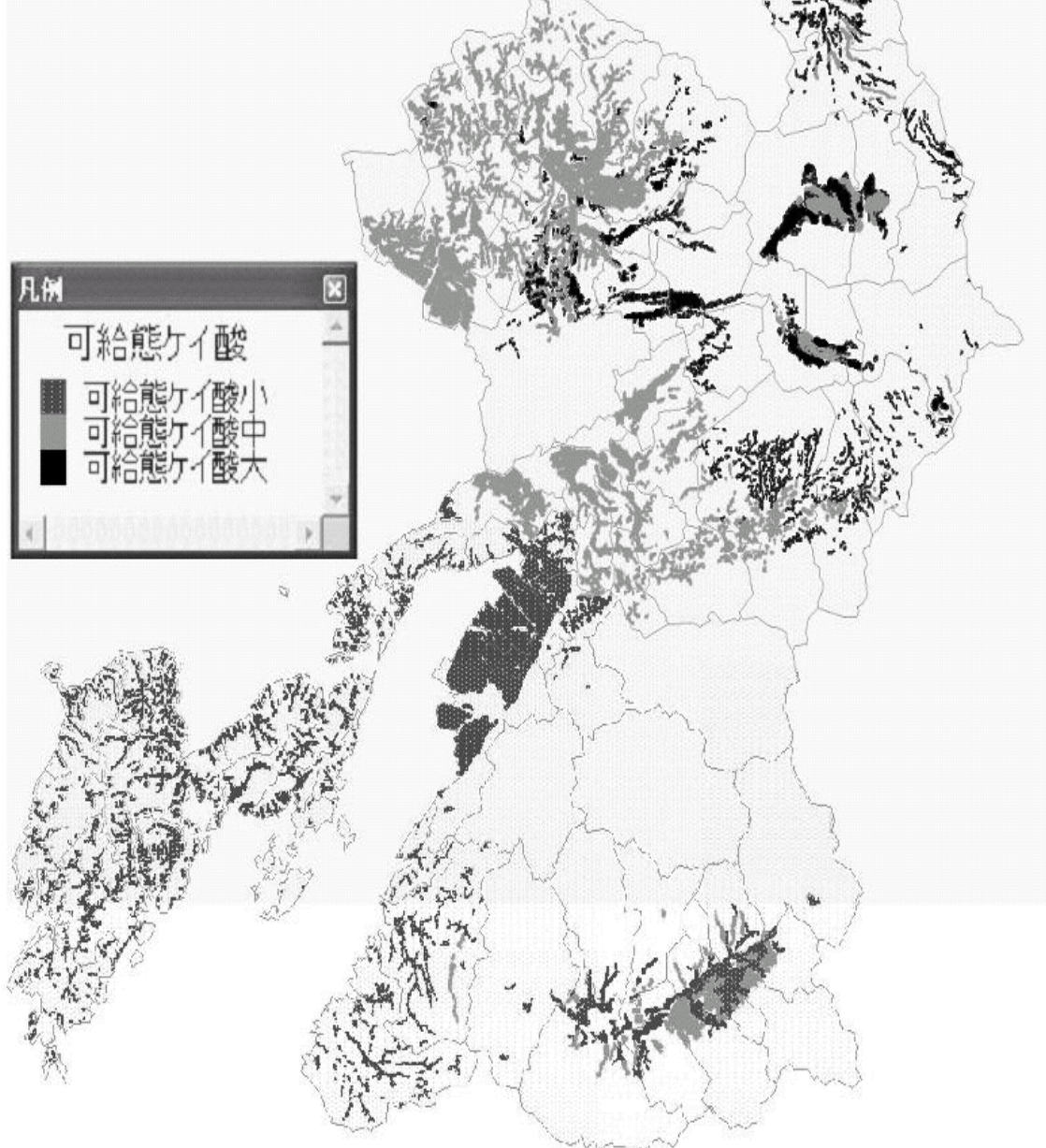
注) SiO<sub>2</sub>mg/100g乾土。

第9表 跡地土壌の化学性 (ケイ酸以外、2007年)

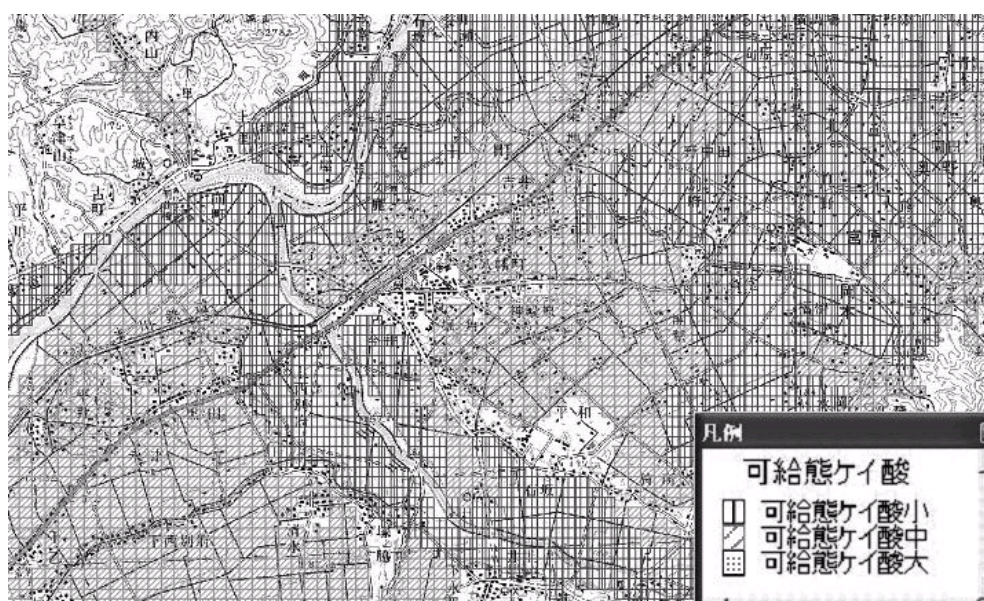
試験ほ場	試験区	pH	交換性塩基			Truog態 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	可給態 N	T-N	T-C	リン酸吸収係数
			1:2.5 (H <sub>2</sub> O)	K <sub>2</sub> O mg	CaO mg					
農研センター(合志市)	無施用	6.8	42.1	580.4	110.2	3.0	9.7	0.41	6.21	2000
	ケイカル10kg	6.9	41.6	598.7	113.9	1.7	—	—	—	—
	ケイカル20kg	6.9	39.9	594.9	106.6	1.6	—	—	—	—
	熔成珪酸燐肥6kg/a	6.9	37.5	599.0	116.6	1.6	—	—	—	—
熊本市	無施用	6.0	38.4	217.8	70.6	40.9	13.8	0.14	1.63	770
	ケイカル10kg	6.1	37.3	199.2	73.5	38.7	—	—	—	—
	ケイカル20kg	5.8	41.7	235.8	71.1	42.6	—	—	—	—
	熔成珪酸燐肥6kg/a	6.0	40.7	244.3	67.2	37.9	—	—	—	—
八代市	無施用	6.0	18.1	257.4	28.9	31.5	12.7	0.23	2.33	580
	ケイカル10kg	6.2	18.5	255.1	32.2	36.8	—	—	—	—
	ケイカル20kg	6.4	18.6	258.8	33.7	35.0	—	—	—	—
	熔成珪酸燐肥6kg/a	6.3	21.2	259.9	39.6	38.7	—	—	—	—

注) mgは100g乾土あたり。





第2図 熊本県水田のケイ酸供給能マップ（県全域）



第3図 熊本県水田のケイ酸供給能マップ（あさぎり町付近拡大図）  
注）1メッシュは約100m×100m

きたが、「中」「大」では資材施用によるケイ酸吸収の向上傾向は判然としなかった。

跡地土壌の可給態ケイ酸を第8表に示した。ケイ酸供給能「小」の八代市の可給態ケイ酸は「中」「大」に比較して明らかに低かった。第9表に示した可給態ケイ酸以外の跡地土壌の主要な化学性では、各試験場所の pH は5.8~6.9の範囲であるなど、県内の既存のデータ<sup>1,2)</sup>と比較して通常の範囲内であった。

### 3 ケイ酸供給能マップの作成

県内水田の可給態ケイ酸供給能の評価区分に基づき作成したマップを第2図ならびに第3図に示した。パソコンの GIS 上で動作するため、拡大縮小して閲覧できた。ケイ酸供給能「大」「中」「小」の評価が地点ごとに表示され、ケイ酸施用の要否決定に使用することが可能となった。

## IV 考察

熊本県内の水田土壌のうち、多湿黒ボク土や黒ボクグライ土などの黒ボク土を主体とする土壌群は全体のおよそ4分の1の面積を占め、その他は灰色低地土やグライ土などの非黒ボク土である<sup>1,3)</sup>。県内の黒ボク土壌は主としてアロフェン質であり<sup>1,4)</sup>、非晶質であるため溶出されてくるケイ酸が多く、非黒ボク土よりも可給態ケイ酸が多いことが知られている<sup>4)</sup>。

一方で、調査の結果より、県内の灌漑水はケイ酸濃度が高いグループと低いグループに区分できることが明らかとなった。植木ら<sup>1,5)</sup>が熊本県下125地点の河川のケイ酸濃度を測定した報告によると、県の中央部を境として県北は火山系地質、県南は中生代等地質であり、県北の白川、菊池川ならびに緑川等で河川水のケイ酸濃度が高く県南の球磨川や天草で低いのは説明できるとしている。今回の灌漑水のケイ酸濃度調査の結果はこの報告とおおむね一致していると考えられる。

以上のことから、水田の養分供給の給源となる土壌と灌漑水には、ケイ酸供給の面で県内の地域により大きな差があることが明らかとなった。これら土壌と灌漑水の組み合わせにより決定される水田のケイ酸供給能は、中性リン酸緩衝液で抽出される土壌の可給態ケイ酸に反映されていた。水稻の主要なケイ酸吸収源は土壌と灌漑水であること<sup>4) 1,6)</sup>、およびこの抽出法による可給態ケイ酸は水稻のケイ酸吸収と相関が高いことが明らかにされている<sup>4) 5)</sup>ことから、このケイ酸供給能の区分は適正であると考えられた。

このケイ酸供給能の3つの区分にそれぞれあてはまる場所で行ったケイ酸質資材施用試験では、ケイ酸供給能「小」である八代市の水稻に対してケイカル10~20kg/a

施用による増収という確実な効果が見られた。この理由は、ケイ酸供給が少ない水田においては資材無施用時の作物中のケイ酸濃度が低いとともにケイ酸吸収量が少ないため、施用された資材の肥効によってケイ酸の吸収が増加し、 $m^2$ 当たり籾数の増加や緒言で述べたケイ酸施用の効果<sup>1)</sup>が発現したことが考えられる。一方で、「中」「大」の熊本市や農研センターでは効果が判然としなかった。この場合の水稻茎葉のケイ酸含有率は資材の施用に関わらず16%前後であった。これは既存の様々な文献に照らしてもかなりの高濃度であり、水稻のケイ酸吸収が頭打ちになっている可能性が高い<sup>4)</sup>。今泉らが山形県等で行った結果では、珪酸石灰の施用効果が現れる水稻茎葉のケイ酸含量の基準は11~13%の間にある<sup>4)</sup>としており、今回の試験結果もこの数値を挟んで資材施用の効果が異なるという同様の結果であった。

一方、ケイカルとは異なるケイ酸質資材である熔成珪酸燐肥の効果は、農研センターにおける水稻収量への効果が高かった。この理由として、資材の含有するリン酸の施用効果が黒ボク土において高かった可能性があること、リン酸とケイ酸が溶融した資材であり溶解の過程や機構がケイカルとは異なる<sup>1,7)</sup>ことが考えられる。

また、跡地土壌の可給態ケイ酸は、ケイ酸供給能の異なる試験場所間の差は認められたが、同じ試験場所内での試験区による差は認められないかまたは小さかった。これはケイ酸供給能に与える影響が土壌自身等の天然供給由来で大きく、資材由来で小さいことを示している。このため、ケイ酸供給力「小」の水田ではある程度の連年施用が必要と考えられる。

なお、熊本市ならびに農研センターにおいてケイカル施用が水稻の収量に及ぼす影響は試験年次によって変動したが、この理由ははっきりせず、気象条件や生育の過程からの再検討が必要である。

さらに、ケイ酸供給能区分は土壌タイプと河川水系の2つの情報があれば判定が可能であるという特性を活かし、ケイ酸供給能マップを作成した。紙面での配付もっており、現場で誰にでもわかりやすい簡易的な判断として活用が進んでいる。また、ケイ酸供給能の評価の基本は可給態ケイ酸測定による土壌診断であるが、最近、全農型簡易土壌分析器が開発され<sup>1,8)</sup>、普及現場でも簡単に測定ができるようになってきており、今後の普及が期待される。

以上の結果より、今回提案したケイ酸供給能区分は、ケイカル施用の要否判定に使用できることが明らかとなり、水稻生産現場での活用が可能となった。

## V 謝辞

現地試験における農家との連絡調整に御協力いただいた熊本県八代地域振興局(当時)の三ツ川昌洋氏ならびに安武智臣氏に深く謝意を表します。

## VI 引用文献

- 1) 高橋英一：ケイ酸植物と石灰植物，農文協，1987.
- 2) 松森 信：シリカゲル肥料による土壌の珪酸供給力維持，平成14年度九州沖縄農業土壌肥料研究会 農耕地の物質循環機能活用に向けた土壌肥料研究の新展開，18-23，2002.
- 3) J A全農 肥料農薬部 安全・安心推進課：水田におけるケイ酸供給力向上技術の確立試験成績書，2009.
- 4) 今泉吉郎・吉田昌一：水田土壌の珪酸供給力に関する研究，農技研報B，8，261-304，1958.
- 5) 郡司掛則昭：水田土壌の可給態ケイ酸の動態と水稻吸収，九農研，62，52，2000.
- 6) 茂重正延・橘田安正・久保省三・水落勁美：リン酸緩衝液抽出法による水田土壌の可給態ケイ酸評価法，土肥誌，73，383-390，2002.
- 7) 柳井政史・吉田吉明・清水義昭：酢酸緩衝液抽出法による土壌の可給態ケイ酸のアスכולビン酸粉末を用いた比色定量法，土肥誌，67，273-278，1996.
- 8) 作物分析法委員会：栄養診断のための栽培植物分析測定法，養賢堂，141-142，1975.
- 9) (財)日本土壌協会：土壌、水質及び植物体分析法，2001.
- 10) 農林水産省農産振興課技術対策室土壌保全班対策係：基準素案主題図の作成簡易マニュアル，2003.
- 11) 国土交通省国土計画局参事官室：国土数値情報ダウンロードサービス，<http://nlftp.milt.go.jp/ksj>
- 12) 熊本県農業研究センター：平成15年度土壌保全対策事業成績抄録，1-4，2004.
- 13) 熊本県：地力保全基本調査総合成績書，1978.
- 14) 松山信彦・三枝正彦：西日本におけるアロフェン質黒ボク土と非アロフェン質黒ボク土の分布，ペドロジスト，38，2-8，1994.
- 15) 植木 肇・西田浪子・太田原幸人：熊本県の河川水中の比色けい酸濃度，熊本県衛生公害研究所報，15，24-27，1985
- 16) 松森 信・村上 章・郡司掛則昭：異なる地域における水稻のケイ酸吸収特性とケイカル施用効果 続報 ケイ酸供給力の異なる土壌を用いた水稻栽培におけるケイカルならびに灌漑水由来のケイ酸利用率，土肥学会2006年度秋田大会講演要旨集，139，2006.
- 17) 加藤直人：ケイ酸質資材の普及拡大に向けた最近の研究動向，ケイ酸と作物生産，農文協，120-155，2002.
- 18) 田中 達也：携帯・設置併用型の小型土壌分析器『ZAPARSONAL』について，肥料，106，71-77，2007.

## Summary

### Predicting Need of Application Silicate Fertilizer for Rice Based on Silicate Supplying Capacity in Paddy Field

Makoto MATSUMORI and Noriaki GUNJIKAKE

For the purpose to produce criteria for predicting need of silicate fertilizer application for paddy rice, silicate supplying capacity in Paddy Field of Kumamoto prefecture was evaluated by soil type and silicate concentration of irrigation water, and silicate fertilizer application experiment was conducted for rice on paddy fields which have different levels of silicate supplying capacity.

Soil type in paddy fields of Kumamoto prefecture were classified as allophanic Ando soil and non Ando soil. Irrigation water was classified as two groups, one was a high silicate concentration water group in the northern part of Kumamoto pref, other was a low-concentration group in the southern part. The amount of available silicate in paddy soil by the 20mM neutrality phosphate buffer extraction method was different by combination of soil type and irrigation water group. Therefore, paddy field which has 'high' silicate supplying capacity (available silicate is extracted more 30mg per 100mg soil) belong to Ando soil and high-concentration silicate water group, which has 'low' silicate supplying capacity (below 15mg, same as above) belong to non Ando soil and low-concentration water group, and which has 'middle' capacity (15-30mg) belong to other combination of soil type and irrigation water group.

In paddy field of 'low' silicate supplying capacity level, the basal application of 10-20kg/a calcium silicate increased yield of



rice compared to non-application, regardless of weather conditions by increasing the number of rice. On the other hand, in 'middle' and 'high' silicate supplying capacity level, the effect is not certain.

From these results, it was concluded that the silicate supplying capacity levels classified can be used for apply to predict need of calcium silicate application for Rice. In addition, 'silicate supplying capacity map of paddy field in Kumamoto prefecture' was produced by Geographic Information System which soil type and river information imported to.

keywords: paddy rice (*Oryza sativa L.*), silicate fertilizer, available silicon, soil type, irrigation water, criteria for predicting application need