

福岡県水田土壌の粘土鉱物組成：筑後山間・筑後平野地域

江頭, 和彦
九州大学農学部土壌学講座

城領, 美紀
九州大学農学部土壌学講座

渡邊敏朗
福岡県農業総合試験場生産環境研究所

<https://doi.org/10.15017/23529>

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 49 (1/2), pp.23-39, 1994-11. 九州大学農学部
バージョン：
権利関係：

福岡県水田土壌の粘土鉱物組成

——筑後山間・筑後平野地域——

江頭和彦・城領美紀・渡邊敏朗*

九州大学農学部土壌学講座

(1994年3月30日受理)

Clay Mineralogical Composition of Paddy Soils of Fukuoka Prefecture ——Chikugo-sankan・Chikugo-heiya Regions——

Kazuhiko EGASHIRA, Miki JYORYO and Toshirou WATANABE

Laboratory of Soils, Faculty of Agriculture,
Kyushu University, Fukuoka 812

緒 言

土壌のもつ植物生産能および環境保全能を評価する基礎資料として、粘土鉱物分布の面的な広がりを明らかにすることを目的に、前報(江頭ら, 1993)では、福岡県内の北九州市近郊、豊前東部および豊前西部地域の水田土壌の粘土鉱物を分析した。これらの地域では、水田土壌の大部分が粘土含量 300gkg^{-1} 以下で、カオリン鉱物を主とし、雲母粘土鉱物、パーミキュライト、2:1型鉱物—緑泥石中間種鉱物を伴った。その結果に基づき、北九州市近郊、豊前東部および豊前西部地域の水田土壌は、地域に共通して大きくは低粘土含量、カオリン鉱物主で特徴づけられ、土壌のもつ水稲生産能および環境保全能は潜在的には低いであろうことを予測した。本報では、筑後山間地域と筑後平野地域を対象に、前報(江頭ら, 1993)と同じ主旨に沿って解析した結果を報告する。すなわち、土壌環境基礎調査で集められた筑後山間および筑後平野地域の水田土壌試料の粘土鉱物分析結果、粘土鉱物組成と粘土含量に基づく粘土鉱物組成区分、組成区分の地域内分布、両地域の粘土鉱物学的特徴、および粘土鉱物組成区分と水稲収量の関係について述べる。本報告は、平成5年度の城領美紀の卒業論文を中心にまとめたものである。

* 福岡県農業総合試験場生産環境研究所

試料と方法

1. 地域並びに地質概況

土壌環境基礎調査では、福岡県を10の地域に分ける。筑後山間地域(浮羽郡、八女郡(広川町を除く))と筑後平野地域(久留米市、大川市、柳川市、筑後市、八女市、大牟田市、三潞郡、八女郡(広川町のみ)、山門郡、三池郡)は福岡県の南部に位置し、福岡県全体の水田面積 78800ha (1993年現在)の33.6%を占める(筑後山間7.3%;筑後平野26.3%)。

筑後山間および筑後平野地域の主要な水田地帯は、筑後川水系および矢部川水系の流域である。久留米市より上流の筑後川中流域と矢部川上・中流域を筑後山間地域、久留米市より下流の筑後川下流域と矢部川下流域を筑後平野地域と呼ぶ。筑後山間地域では、水田は筑後川中流の氾濫原およびこれに続く耳納山地北部の山麓に(浮羽郡)、あるいは矢部川の上、中流および支流の細長い平坦地帯、川沿いの山腹あるいは山麓に(八女郡)分布する。筑後平野地域では、水田は筑後川下流および矢部川下流に広がる海岸平野に分布する(福岡県立農業試験場, 1980;福岡県農業総合試験場経営環境研究所環境保全全部土壌保全研究室, 1982;福岡県, 1988;竹下, 1988)。

筑後川は九州最大の河川であり、九重、阿蘇火山地や耶馬山地に源を発して西流し、玖珠・日田盆地を経て平野部に入り、久留米市付近で南西方向に向きを変

えて有明海に注ぐ。中流域の氾濫原を筑後川中流平野（両筑平野）と呼び、河成堆積物から成る。下流域に広がる平野を南筑平野と呼び、河海成ないし海成の堆積物から成る。筑後川の上流域の地質は安山岩質である。耳納山地は筑肥山地の北縁に位置し、東部は安山岩、西部は一部に花崗岩を混じえる結晶片岩から成る。耳納山地の西端には更新世台地が続く。矢部川は耳納山地および八女山地を源として有明海に注ぐ。筑肥山地のうち福岡県南部を中心とした山地を八女山地と呼び、結晶片岩から成る山地である。筑肥山地の西部、大牟田市には花崗岩、第三紀堆積岩、阿蘇熔岩等の地帯が散在する（福岡県立農業試験場，1980；福岡県農業総合試験場経営環境研究所環境保全部土壤保全研究室，1982；福岡県，1988；竹下，1988）。

筑後山間地域の水稲の平年収量は、浮羽郡が5.0Mgha⁻¹で、福岡県全体の平年収量4.9Mgha⁻¹とほぼ同じレベルにある。一方、八女郡（広川町を除く）では低く、4.4Mgha⁻¹である。筑後平野地域に属する各市・郡では、大牟田市（4.7Mgha⁻¹）と八女郡広川町（4.8Mgha⁻¹）を除いて、平年水稲収量は5.2から5.5Mgha⁻¹の範囲にあり、福岡県内で最も高い水稲生産力を示す地帯となっている。

2. 土壌試料

土壌環境基礎調査では、耕地（水田・畑・樹園地）を対象に、各地域に数箇所から十数箇所の調査地区を設定し、地区ごとに5地点から土壌試料を採取する。これら試料のうち、本報では、筑後山間地域7地区35地点、筑後平野地域12地区60地点、合計95地点の水田土壌試料を分析に用いた。付表1に、供試試料の地域、地区-地点番号、採取地点、土壌統群、土壌統、母材をまとめて示す（福岡県立農業試験場，1980；福岡県農業総合試験場経営環境研究所環境保全部土壤保全研究室，1982）。筑後山間地域の試料は1984年、筑後平野地域の試料と筑後山間地域のうち地区番号317の試料は1991年に採取された。断面を通して類似の粘土鉱物組成が予想されるので、第1層の試料のみを分析した。

3. 粘土画分の採取とX線回折

風乾細土(<2mm)5.00gを秤取、7%過酸化水素水で加熱処理し、有機物を分解した。水洗後音波処理し（水槽型、40kHz、300W）、1M水酸化ナトリウムを添加してpH10に合わせた。けんたく液を1L容沈定シリンダーに移して定容とし、所定の時間後20cmの深さからサイフォンで粘土画分(<2μm)を採取した。音波処理(20分間)-沈定-粘土画分採取の操作を全部で3回繰り返した。採取した粘土ゾルに少量の3M塩化

ナトリウムを加えて凝集させ、上澄液を捨て定容としたのち粘土濃度を測定し、粘土含量（風乾細土基準）を求めた。

粘土画分の鉱物の同定はX線回折法により行い、X線回折用の試料は次のように調製した。粘土50mgを含む粘土ゾルを2本の10mL容ガラス製遠沈管に取り、遠心分離した。上澄液を捨て、1M酢酸ナトリウム(pH5)-1M塩化ナトリウム混液で2回遠沈洗浄した。続いて一方の遠沈管には1M塩化カリウム、他方には0.5M塩化マグネシウムを加えて、それぞれ3回遠沈洗浄した。1回の液量は8mLとし、2回目の洗浄の際一夜放置した。両方の遠沈管に8mLの水を加えて遠沈洗浄し、脱塩した。水1mLを加えてよくけんたくし、その0.4mL（粘土約20mg）をスライドガラス（28mm×48mm）の2/3をおおようにメスピペットで滴下、風乾した。このようにして調製した試料は定方位粉末試料であり、カリウム飽和粘土は風乾、573K加熱と823K加熱試料、マグネシウム飽和粘土は風乾とグリセロール処理試料のX線回折を行った。X線回折には理学ディフラクトメータを用い、コバルトKα線（鉄フィルター）を照射して、以下の条件で行った。管電圧：30kV；管電流：10mA；スケールレンジ：1000cps；時定数：2s；走査速度：2°min⁻¹；チャート速度：1cm min⁻¹；スリット系：1'-0.3mm⁻¹；走査範囲：3°から35°2θ。

4. 粘土鉱物含量の計算

粘土画分のX線回折の結果、層状ケイ酸塩鉱物として、雲母粘土鉱物（以下雲母と呼ぶ）、スメクタイト、パーミキュライト、緑泥石、2:1型鉱物-緑泥石中間種鉱物（以下中間種鉱物と呼ぶ）、カオリン鉱物、雲母とパーミキュライトあるいは雲母と中間種鉱物の混合層鉱物（以下混合層鉱物と呼ぶ）が同定された。これら7種の鉱物の含量をX線回折図のピーク強度に基づいて計算した。ピーク強度と質量は、それぞれの鉱物間で必ずしも1対1には対応しないので、ピーク強度から質量への換算に当たっては、雲母を基準にした、表1に示す換算係数を用いた。

まず、以下のピークの強度をピーク高さに半価幅をかけて計算する。

処理	ピーク	ピーク強度
Mg, 風乾	1.4-1.5nm	a
	1.2nm	b
	1.0nm	c
	0.7nm	d
Mg, グリセロール	1.8nm	e

表1 等しい質量を有する鉱物の X 線回折ピークの相対強度

鉱物	処 理			
	Mg, 風乾	Mg, グリセロール	K, 風乾	K, 823K 加熱
雲母	1.0nm 1	1.0nm 1	1.0nm 1	1.0nm 1
スメクタイト	1.5nm 3	1.8nm 3		
パーミキュライト	1.4nm 1.5	1.4nm 1	1.0nm 1	
緑泥石	{ 1.4nm 1	1.4nm 1		1.4nm 1
	{ 0.7nm 2		0.7nm 2	
中間種鉱物	1.4nm 2	1.4nm 1		
カオリン鉱物	0.7nm 2		0.7nm 2	
混合層鉱物	{ 1.2nm 1.5		1.2nm 1.5	
			1.0nm 1	

K, 風乾 1.4nm *f*
 1.2nm *g*
 1.0nm *h*
 0.7nm *i*
 K, 823K 加熱 1.4nm *j*

(*ch+int*) の寄与を *kl*: (*ch+int*)=1:n と推測し、
W_{ch}, *W_{int}*, *W_{kl}* を次式により計算した。

$$j = W_{ch}$$

$$d/(1+n) = 2W_{kl}$$

$$d \times n/(1+n) = 2W_{ch} + 2W_{int}$$

鉱物の質量を雲母を *W_{mi}*, スメクタイトを *W_{sm}*, パーミキュライトを *W_{vt}*, 緑泥石を *W_{ch}*, 中間種鉱物を *W_{int}*, カオリン鉱物を *W_{kl}*, 混合層鉱物を *W_{mix}* で表わすと、ピーク強度と質量は次のように関係づけられる。

続いて、他の土壌と同様に、

$$c = W_{mi}$$

$$h \times (d/i) - \{b - g \times (d/i)\} / 1.5 = W_{mi} + W_{vt}$$

$$b = 1.5W_{mix}$$

$$c = W_{mi}$$

$$a \times e / (e + 3f) = 3W_{sm}$$

$$a \times 3f / (e + 3f) = 1.5W_{vt} + W_{ch} + 2W_{int}$$

$$h \times (d/i) - \{b - g \times (d/i)\} / 1.5 = W_{mi} + W_{vt}$$

($\{b - g \times (d/i)\}$ の値は正か小さくとも零)

$$j = W_{ch}$$

$$d = 2W_{ch} + 2W_{kl}$$

$$b = 1.5W_{mix}$$

を解いて *W_{mi}*, *W_{vt}*, *W_{mix}* を得、全体を100とおいて粘土画分中の鉱物含量 (%) を求めた。

土壌によっては、一次鉱物としてクリストパライト、石英、長石、角セン石のピークが認められたが、鉱物含量の計算には加えなかった。

結果と考察

1. 粘土鉱物分析結果

式を解いてそれぞれの鉱物の質量を得、

分析した筑後山間および筑後平野地域95地点の水田土壌の粘土画分の鉱物含量および土壌の粘土含量と比表面積を付表2に載せる。なお、比表面積は次式により計算した。

$$k \times \{W_{mi} + W_{sm} + W_{vt} + W_{ch} + W_{int} + W_{kl} + W_{mix}\} = 100$$

$$S = 10^{-5} w \sum m_i s_i$$

となるようにおき、各質量に係数 *k* をかけて鉱物含量 (%) を求める。

ここで、*S* は土壌の比表面積 (m²kg⁻¹; 風乾細土基準)、*w* は土壌の粘土含量 (gkg⁻¹; 風乾細土基準)、*m_i* は粘土画分中の個々の鉱物の含量 (%), *s_i* は個々の鉱物の比表面積で、スメクタイトに 800 × 10³ m² kg⁻¹, パーミキュライトに 400 × 10³ m² kg⁻¹, 雲母, 緑泥石, 中間種鉱物, カオリン鉱物, 混合層鉱物にそれぞれ 100

緑泥石とそれに由来する中間種鉱物を含み、かつカオリン鉱物によるピークが小さくスメクタイトのピークがみられない土壌では、カオリン鉱物の過大評価を防ぐために、次のように計算した。すなわち、まず 0.357nm と 0.354nm のピーク強度比から、0.7nm ピークにおけるカオリン鉱物 (*kl*) と緑泥石+中間種鉱物

$\times 10^3 \text{m}^2 \text{kg}^{-1}$ を仮定した。

前報(江頭ら, 1993)で調べた北九州市近郊, 豊前東部および豊前西部地域の水田土壌が, 大部分カオリン鉱物を主とし, 粘土含量は 300gkg^{-1} 以下, 比表面積は $50 \times 10^3 \text{m}^2 \text{kg}^{-1}$ 以下であったのに対し, 本報で調べた筑後山間および筑後平野地域では, カオリン鉱物を主とする土壌, 緑泥石と中間種鉱物の含量の高い土壌からスメクタイトを主とする土壌まで, 幅広い組成の粘土鉱物がみられた。さらに粘土含量も 78gkg^{-1} と 430gkg^{-1} の間で変動し, その結果比表面積は $9 \sim 218 \times 10^3 \text{m}^2 \text{kg}^{-1}$ の範囲にあった。このような粘土鉱物組成および粘土含量の変異は, 地域間および地域内で潜在的な水稲生産能および環境保全能に大きな相違がみられることを示唆する。

2. 粘土鉱物組成区分

筑後山間および筑後平野地域の水田土壌の粘土鉱物組成を, 前報(江頭ら, 1993)と同様にして区分した。すなわち, 次に示すように, 粘土画分中の鉱物含量を大きさによって4段階に分け, 1から4までの数字で表示した。

雲母, 緑泥石, 中間種鉱物,

カオリン鉱物, 混合層鉱物	スメクタイト	パーミキュライト	表示
20 - 35%	10 - 25%	15 - 30%	1
35 - 50%	25 - 40%	30 - 45%	2
50 - 65%	40 - 55%	45 - 60%	3
65%以上	55%以上	60%以上	4

雲母をM, スメクタイトをS, パーミキュライトをV, 緑泥石をC, 中間種鉱物をI, カオリン鉱物をK, 混合層鉱物をMxで表わし, これら鉱物記号に含量段階を示す数字を付して, 例えばK4あるいはS3のように表わして, 粘土鉱物組成を区分した。さらに, 粘土含量が 300gkg^{-1} 以下であれば, 例えばK4'のようにをつけて, 300gkg^{-1} 以上の試料と区別した。

このようにして全土壌試料を区分した結果を付表2に載せる。95地点の水田土壌が23に区分された。最も多いのはK1S111'で, 以下K3', K4', I2M1', S3の順であった。表2に, 得られた23の粘土鉱物組成区分, 並びに各組成区分に属する土壌試料の試料数, 粘土画分中の鉱物含量および土壌の粘土含量と比表面積の平均値を挙げる。

3. 粘土鉱物組成区分の地域内分布

粘土鉱物組成区分の結果をもとに, 筑後山間地域と筑後平野地域の粘土鉱物学的性質について述べる。

3.1 筑後山間地域

106地区(浮羽町新川・小塩)は耳納山地北部山麓の

水田で, 安山岩を母材とする黄色土であり, いずれの地点も粘土画分中65%前後のカオリン鉱物含量を示し, K3'あるいはK4'と区分された。107地区(浮羽町三春・高見・古川・西隈上), 108地区(吉井町八和田・新治), 109地区(田主丸町船越), 110地区(田主丸町志塚島・以真恵・牧)は筑後川中流平野の水田(褐色低地土)であり, この順に上流から下流に位置している。この4地区では, 107地区の三春と高見を除いて, 粘土画分中10ないし35%のスメクタイトが含まれ, 107地区と108地区ではK1S1', K1S2'あるいはK2S1'と区分され, 109地区と110地区ではスメクタイトの緑泥石化が多少とも進み, K1S111'と区分された。107地区の三春(107-11)と高見(107-22)はK3'と区分され, 耳納山地(東部)の安山岩に由来する堆積物の影響を受けていると思われる。

八女郡の111地区(上陽町上横山納又)は, 耳納山地南部山間の横山川流域の細長い地帯あるいは山腹の階田状水田(灰色台地土・黄色土)である。結晶片岩を母材とし, 相対的に高い緑泥石と雲母含量によって特徴づけられる。緑泥石の一部は地点によっては中間種鉱物に変化し, また地点によってカオリン鉱物含量に差がみられ, K111M1'あるいはC211M1', C4M1'と区分された。317地区(立花町兼松・谷川)は八女山地山麓の水田(褐色低地土)で, 結晶片岩由来の堆積物を母材とし, いずれの地点もI2M1'と区分された。中間種鉱物は緑泥石の風化によると思われる。

3.2 筑後平野地域

305地区(久留米市善導寺町), 306地区(久留米市山本町豊田・太郎原町), 309地区(久留米市草野町)は久留米市の東部に位置し, 筑後川中流平野から耳納山地北部山麓にかけて位置する。このうち, 305地区の水田(灰色低地土)はもっぱらK1S111'と区分され, 隣接する田主丸町の109地区・110地区と同じ組成区分を示して, 筑後川中流平野の筑後川河成堆積物に由来する土壌と思われ, 多少ともスメクタイトの緑泥石化が進んでいる。306地区の水田は, いずれも中粗粒グライ土と分類されているが, 粘土鉱物組成区分は地点により異なった。すなわち, 太郎原町の306-22と-23の地点はK1S111'の組成区分を有し, 305地区と同様筑後川河成堆積物に由来すると思われる。しかし, 同じ太郎原町でも306-24の地点はK3'と区分され, 筑後川河成堆積物よりもむしろ耳納山地西端に分布する更新世台地からの堆積物に由来する可能性が考えられる。山本町豊田の306-11と-25の地点はI3M1'あるいはI2M1'の組成区分であり, 耳納山地(西部)からの結晶片岩由来

表2 粘土鉱物組成区分, 並びに鉱物含量, 粘土含量および比表面積の平均値

粘土鉱物組成区分	試料数	粘土画分中の鉱物含量 (%)							粘土含量 (gkg ⁻¹)	比表面積 (10 ⁻³ m ² kg ⁻¹)
		雲母	スメクタイト	パーミキュライト	緑泥石	中間種鉱物	カオリン	混合層鉱物		
K4'	9	11	0	4	3	11	68	3	236	26
K3'	13	14	1	3	7	14	56	5	253	30
C4'	1	10	0	2	82	0	6	0	164	17
C4M1'	1	23	0	3	68	0	6	0	128	14
C2'	1	15	9	11	36	18	11	0	204	40
C2M1'	2	28.5	4	10	42	8	6.5	1	156	25
C2I1M1'	1	23	4	4	42	21	6	0	80	11
C1V1M1'	3	28	8	18	28	5	12	1	137	29
I3M1'	1	20	1	3	7	51	14	4	132	15
I2M1'	9	25	1	5	10	41	9	9	176	21
K1C1'	1	16	8	4	29	16	23	4	228	38
K1C1I1'	2	15	7	7	23.5	25	21	1.5	227	39
K1C1M1'	2	23	5.5	11	27	10	21.5	2	183	31
K1I1M1'	3	25	0	4	12	22	31	6	153	17
K1C1	1	15	6	8	28	17	26	0	344	57
K2I1'	5	15	0	3	1	31	45	5	108	11
K2S1'	2	14.5	10.5	12.5	6	15.5	41	0	156	33
K1S1'	4	14.5	21.5	8.5	7	18	30.5	0	187	52
K1S1I1'	16	13	18	3	4	28	33	1	204	48
K1S2'	4	12	35	6	5	16	26	0	193	70
S2I1	4	11	37	5	3	22	22	0	385	145
S3	7	9	46	9	3	15	18	0	326	146
S4	3	9	58	11	1	4	17	0	375	202

堆積物を母材とすると思われる、緑泥石の中間種鉱物への変化が進んでいる。309地区の水田は礫質あるいは中粗粒灰色低地土であり、いずれの地点も類似の粘土鉱物組成を示し、K2I1'と区分された。この組成区分は306-11と-25の地点の組成区分と幾分異なるけれども、同様に結晶片岩由来堆積物に由来すると思われる。

307地区(八女市宅間田・吉田)は久留米市南方に、308地区(久留米市安武町・荒木町・大善寺町)は久留米市南部に位置する。両地区の水田土壌とも更新世堆積物に由来すると思われる、K3'あるいはK4'と区分された。308地区のうち、308-24の地点(安武町安武本)のみK1S1I1'と区分され、筑後川河成堆積物に由来する土壌と同じ組成区分であった。308-24地点の土壌は、台地上に分布する細粒黄色土であり、この組成区分はやや考えにくく、あるいは試料調製・分析・同定のいずれかの段階で、306-24の試料と入れ換わった可能性があるかもしれない。

310地区(三橋町)、313地区(大木町・城島町・大川市)、314地区(柳川市橋本町・大浜町)は南筑平野に位置する。有明海の影響を多少とも強く受けた水田土

壤(細粒灰色低地土・細粒グライ土)であり、300gkg⁻¹以上の粘土含量を有し、粘土画分中の高いスメクタイト含量(35~60%)によって特徴づけられる。310地区は海成堆積物に由来し、5地点のうち4地点の土壌で、粘土画分中45~48%のスメクタイト含量を示してS3と区分され、残りの1地点はスメクタイトの緑泥石化が進んでいて、S2I1と区分された。313地区は、313-11の地点を除いて、海成あるいは河海成堆積物に由来する。今回分析したなかでは最も高いスメクタイト含量を示してS3あるいはS4と区分され、とくに313-23(城島町原中牟田)、-24(大川市下白垣)、-25(大木町上八院)の地点では、粘土画分中55%以上のスメクタイトを含み、S4と区分された。313-11(大木町三八松)の地点は、他の4地点とは異なってK1C1の組成区分であり、粘土鉱物組成上は311地区(筑後市)に類似する。314地区は柳川市地先の干拓地土壌であり、粘土画分中35~45%のスメクタイトと15~25%の中間種鉱物含量を示して、S3あるいはS2I1と区分された。

311地区(筑後市鶴田・久恵)と312地区(瀬高町大草・坂田・長田・小田)は、矢部川をはさんでそれぞ

れ右岸と左岸に位置する水田（灰色低地土）である。矢部川の上流域の地質は結晶片岩であり、粘土鉱物組成にもそのことが反映されている。すなわち、相対的に高い緑泥石と雲母含量が認められ、311地区ではK1C1'、K1C1M1'あるいはK1C1H1'と区分され、312地区ではC2'、C2M1'あるいはC1V1M1'と区分された。この両地区は多少とも海の影響を受けていると思われる。結晶片岩に由来する他の地区の土壌とは異なり、少量のス멕タイトが含まれていた。

315地区（山川町）は八女山地山麓あるいは山間の水田（灰色低地土）であり、315-11と-22（甲田）と-23（河原内）はI2M1'と区分され、同じく八女山地山麓の317地区（立花町）と同じ組成区分を有した。315-24（真弓）と-25（北関）は矢部川水系飯江川の上流域にあり、緑泥石の含量が高く、それぞれC4'、C2M1'と区分された。

316地区（大牟田市上内・岩本）は、大牟田市北東部の山麓に位置する。花崗岩由来堆積物を主な母材とすると考えられ、カオリン鉱物含量が高く、K4'と区分された。

4. 筑後山間および筑後平野地域の水田土壌の粘土鉱物学的特徴

各地区の粘土鉱物学的性質についての論述をまとめ、筑後山間および筑後平野地域の水田土壌の粘土鉱物学的特徴を表わすために、表3を作成した。

筑後山間および筑後平野地域の水田土壌は、粘土鉱物学的特徴のうえからは、大きく3つに分けることができるようである。ひとつは筑後川流域の水田土壌で、ス멕タイトの存在によって特徴づけられる。主要な粘土鉱物組成区分は、筑後川中流平野の上半部から南

筑後平野へ向けて、K1S1'・K2S1'・K1S2'→K1S1H1'→S3・S4・S2H1と変移する。粘土含量および粘土画分中のス멕タイト含量は、中流の筑後川中流平野よりも下流の南筑平野で高く、その結果、土壌の比表面積は、筑後川中流平野に $30\sim 75\times 10^3\text{m}^2\text{kg}^{-1}$ 、南筑平野に $120\sim 220\times 10^3\text{m}^2\text{kg}^{-1}$ と計算される。

二番目は、矢部川下流域と耳納山地および八女山地の山麓・山間の結晶片岩由来堆積物の水田地帯で、基本的には相対的に高い緑泥石と雲母の含量を特徴とする。両者の相対含量、緑泥石の中間種鉱物への変化、カオリン鉱物の存在により、粘土鉱物組成区分は場所によって異なる。矢部川下流域では少量のス멕タイトが含まれる。結晶片岩由来堆積物地帯の粘土含量は最も低く、比表面積は、矢部川下流域に $25\sim 40\times 10^3\text{m}^2\text{kg}^{-1}$ 、耳納山地および八女山地の山麓・山間に $10\sim 25\times 10^3\text{m}^2\text{kg}^{-1}$ と計算された。

三番目はそれ以外の、耳納山地北部山麓（東部）、久留米市南部・八女市、大牟田市北東部山麓で、カオリン鉱物含量の高いことを共通とし、K3'あるいはK4'の組成区分で表示される。耳納山地北部山麓（東部）は安山岩を、久留米市南部・八女市は更新世堆積物由来堆積物を母材とし、粘土含量 $230\sim 290\text{gkg}^{-1}$ で、比表面積は $25\sim 35\times 10^3\text{m}^2\text{kg}^{-1}$ と計算される。一方、大牟田市北東部山麓は花崗岩由来堆積物に主に由来すると思われる。粘土含量は $170\sim 250\text{gkg}^{-1}$ で、比表面積は $20\sim 30\times 10^3\text{m}^2\text{kg}^{-1}$ と計算された。

筑後山間および筑後平野地域の粘土鉱物学的性質の地域的特徴を表わすために、付図1に粘土含量分布を、付図2から4に粘土画分中のス멕タイト、緑泥石+中間種鉱物、カオリン鉱物の含量分布を示す。粘土含

表3 筑後山間および筑後平野地域の水田土壌の粘土鉱物学的特徴

地 域	主要な粘土鉱物組成区分	粘土含量 (gkg ⁻¹)	比表面積 (10 ⁻³ m ² kg ⁻¹)
筑後山間	筑後川中流平野 { 上半部	K1S1', K2S1', K1S2'	150~248
	{ 下半部	K1S1H1'	134~232
	耳納山地北部山麓 (東部)	K3', K4'	234~288
	耳納山地南部山間	K1H1M1', C2H1M1'	80~160
	八女山地山麓	I2M1'	122~206
筑後平野	久留米市東部 { 筑後川中流平野	K1S1H1'	172~238
	{ 耳納山地北部山麓 (西部)	K2H1', I2M1'	78~152
	久留米市南部・八女市	K3', K4'	232~286
	南筑平野	S3, S4, S2H1	280~430
	矢部川下流域	K1C1H1', K1C1M1'	126~232
		C2M1', C1V1M1'	
	八女山地山麓・山間	I2M1', C2M1'	156~198
大牟田市北東部山麓	K4'	168~254	

量は 150gkg^{-1} 以下, $150\sim 225\text{gkg}^{-1}$, $225\sim 300\text{gkg}^{-1}$, 300gkg^{-1} 以上の4段階, スメクタイト含量は10%以下, 10~30%, 30~50%, 50%以上の4段階, 緑泥石+中間種鉱物とカオリン鉱物含量は20%以下, 20~40%, 40~60%, 60%以上の4段階で表示している。

また付図5には, 粘土鉱物組成区分の分布図を示す。分布図作成に当たっては, 23の組成区分を付図に示すように12にまとめている。

5. 粘土鉱物組成区分と水稲収量の関係

前報(江頭ら, 1993)にならい, 土壌環境基礎調査のアンケート調査で集められた水稲収量のデータを用いて, 各粘土鉱物組成区分に属する土壌の水稲収量の平均値を計算し, 粘土鉱物組成区分と水稲収量の関係について調べた(表4)。粘土鉱物組成区分としては, 23の組成区分を12にまとめたものを用い, 筑後山間地域の1984年の収量はデータ不足のため, 筑後平野地域の1991年は風水害による被害が大きき, 検討から除外した。

水稲収量の平均値には, 豊前東部地域とは異なり(江頭ら, 1993), 粘土鉱物組成区分による違いがみられ, とくに筑後平野地域では, 年次により多少の変動はあるものの, 大まかには次のような順序で低下した: $K1S11'$, $S211$, $S4$, $K1S2'$, $S3 > K3'$, $(K1C1' + K1C111' + K1C1M1' + K111M1' + K1C1) > (C4' + C4M1' + C2' + C2M1' + C211M1' + C1V1M1')$, $K4'$, $(I3M1' + I2M1')$, $K211'$ 。このような順序は基本的には水田土壌の自然肥沃度の良否に対応し, 粘土含量と粘土鉱物組成に基づく水田土壌の潜在的水稲生産能の

違いに結びつけられる。

表5には, 筑後山間および筑後平野地域の粘土鉱物学的地帯区分(表3)と水稲収量の関係について示す。水稲収量は, 各地帯区分に属する地点の水稲収量の平均値である。筑後川中流平野と南筑平野の高い水稲収量は, スメクタイトの存在に起因する高い潜在的水稲生産能(自然肥沃度)の寄与が大きき。一方, 耳納山地北部山麓(東部), 久留米市南部・八女市, 矢部川下流域の高いないしやや高い水稲収量には, 肥培管理・土壌管理・水管理の効果が大ききと推測される。耳納山地南部山間, 八女山地山麓(筑後山間), 耳納山地北部山麓(西部), 八女山地山麓・山間(筑後平野), 大牟田市北東部山麓のやや低いないし低い水稲収量は, 水利条件の不備によるのではないかと考えられる。スメクタイト質土壌では天候不良の年には過湿による減収の度合いが大ききように, 水稲収量の年次変動には粘土鉱物組成による違いがみられる(Egashira *et al.*, 1992)。各地帯の粘土鉱物学的特徴を考慮して, その年次の気象条件に対応した肥培管理・土壌管理・水管理が行われることの必要性が示唆される。

要 約

土壌環境基礎調査で集められた, 福岡県筑後山間および筑後平野地域の水田土壌の粘土含量を測定し, 粘土画分の層状ケイ酸塩粘土鉱物を同定した。粘土含量は $78\sim 430\text{gkg}^{-1}$ の間で変動し, 幅広い組成の粘土鉱物がみられた。粘土鉱物組成と粘土含量に基づき, 95地点の粘土鉱物組成区分を行った。

表4 粘土鉱物組成区分と水稲収量の平均値 (Mg ha^{-1})

粘土鉱物組成区分	筑後山間地域		筑後平野地域	
	1979	1989	1981	1986
$K4'$	4.7	5.7	5.2	5.2
$K3'$	5.7	6.0	5.4	5.9
$C4' + C4M1' + C2' + C2M1'$ $+ C211M1' + C1V1M1'$	5.0	3.6	5.2	5.6
$I3M1' + I2M1'$			4.6	5.6
$K1C1' + K1C111' + K1C1M1'$ $+ K111M1' + K1C1$	4.4	4.0	5.6	5.6
$K211'$			4.8	5.2
$K2S1' + K1S1'$	5.4	5.5		
$K1S111'$	5.8	4.9	5.9	6.1
$K1S2'$	5.1	4.8	6.0	5.7
$S211$			5.9	5.9
$S3$			5.5	6.0
$S4$			5.7	6.0

表5 筑後山間および筑後平野地域における粘土鉱物学的地帯区分と水稻収量

地域	地帯	主要な粘土鉱物組成区分	水稻収量 (Mg ha ⁻¹)			
			1979	1989	1981	1986
筑後山間	筑後川中流平野 { 上半部 下半部	K1S1', K2S1', K1S2'	5.4	5.6		
		K1S1I1'	5.8	4.9		
	耳納山地北部山麓 (東部)	K3', K4'	5.2	5.6		
	耳納山地南部山間 八女山地山麓	K1I1M1', C2I1M1' I2M1'	4.6	3.8	5.5	5.2
筑後平野	久留米市東部 { 筑後川中流平野 耳納山地北部山麓 (西部)	K1S1I1'			6.0	6.0
		K2I1', I2M1'			4.5	5.3
	久留米市南部・八女市	K3', K4'			5.4	6.0
	南筑平野	S3, S4, S2I1			5.6	6.0
	矢部川下流域	K1C1I1', K1C1M1' C2M1', C1V1M1'			5.6	5.8
	八女山地山麓・山間 大牟田市北東部山麓	I2M1', C2M1' K4'			4.8	5.3
				5.0	5.2	

粘土鉱物組成区分によれば、筑後山間および筑後平野地域の水田は、大きくは3つの地帯に分けられた。ひとつは筑後川流域（筑後川中流平野・南筑平野）で、スメクタイトの存在によって特徴づけられた。二番目は矢部川下流域と耳納山地および八女山地の山麓・山間で、結晶片岩由来堆積物から成り、相対的に多い緑泥石と雲母粘土鉱物を含んでいた。三番目はそれ以外の、耳納山地東部の安山岩、久留米市南部・八女市の更新世堆積物、大牟田市北東部山麓の花崗岩に由来する堆積物を母材とする地帯で、カオリン鉱物含量の高いことを共通とした。このような粘土鉱物学的性質の違いは、土壤の潜在的水稻生産能、環境保全能の相違に関係づけられ、筑後川流域の水田土壤の最も高い水稻収量に反映された。

文 献

- Egashira, K., K. Osaka and S. Nakashima 1992
Technical classification of the clay mineralogical composition of paddy soils using multivariate analysis in reference to rice production. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **38**: 431-442
- 江頭和彦・森あゆみ・秋山朋子・渡邊敏朗 1993 福岡県水田土壤の粘土鉱物組成—北九州市近郊・豊前東部・豊前西部地域—. *九大農芸誌*, **48**: 1-11
- 福岡県 1988 福岡県土地分類基本調査総括報告書
- 福岡県立農業試験場 1980 昭和54年度土壤保全対策事業成績書, 土壤環境基礎調査 (定点調査) 成績
- 福岡県農業総合試験場経営環境研究所環境保全全部土壤保全研究室 1982 昭和56年度土壤保全対策事業成績書, 土壤環境基礎調査
- 竹下敬司 1988 九州の地形. 土と基礎, **36** (3): 9-14

Summary

The layer-silicate clay mineralogy of paddy soils of the regions of Chikugo-sankan and Chikugo-heiya situated in the southern part of Fukuoka prefecture, Kyushu, was investigated. The clay mineralogical composition of the paddy soils was well correlated with the geological characteristics of the sediment from which the paddy soils were derived. The paddy soils distributed along the Chikugo river, the biggest river in Kyushu, were characterized by the presence of smectite. The paddy soils along the Yabe river and at the foots of the Minou and Yame mountains composed of crystalline schist contained relatively high amounts of chlorite and clay mica. The paddy soils at the foots of mountains composed of andesite or granite and on the Pleistocene terrace were dominated by kaolin mineral. The mineralogical difference of the soils can be related to the difference in the natural soil fertility and soil buffering ability, and was reflected in the highest rice grain yield of the paddy soils along the Chikugo river.

付表1 水田土壌試料の記載

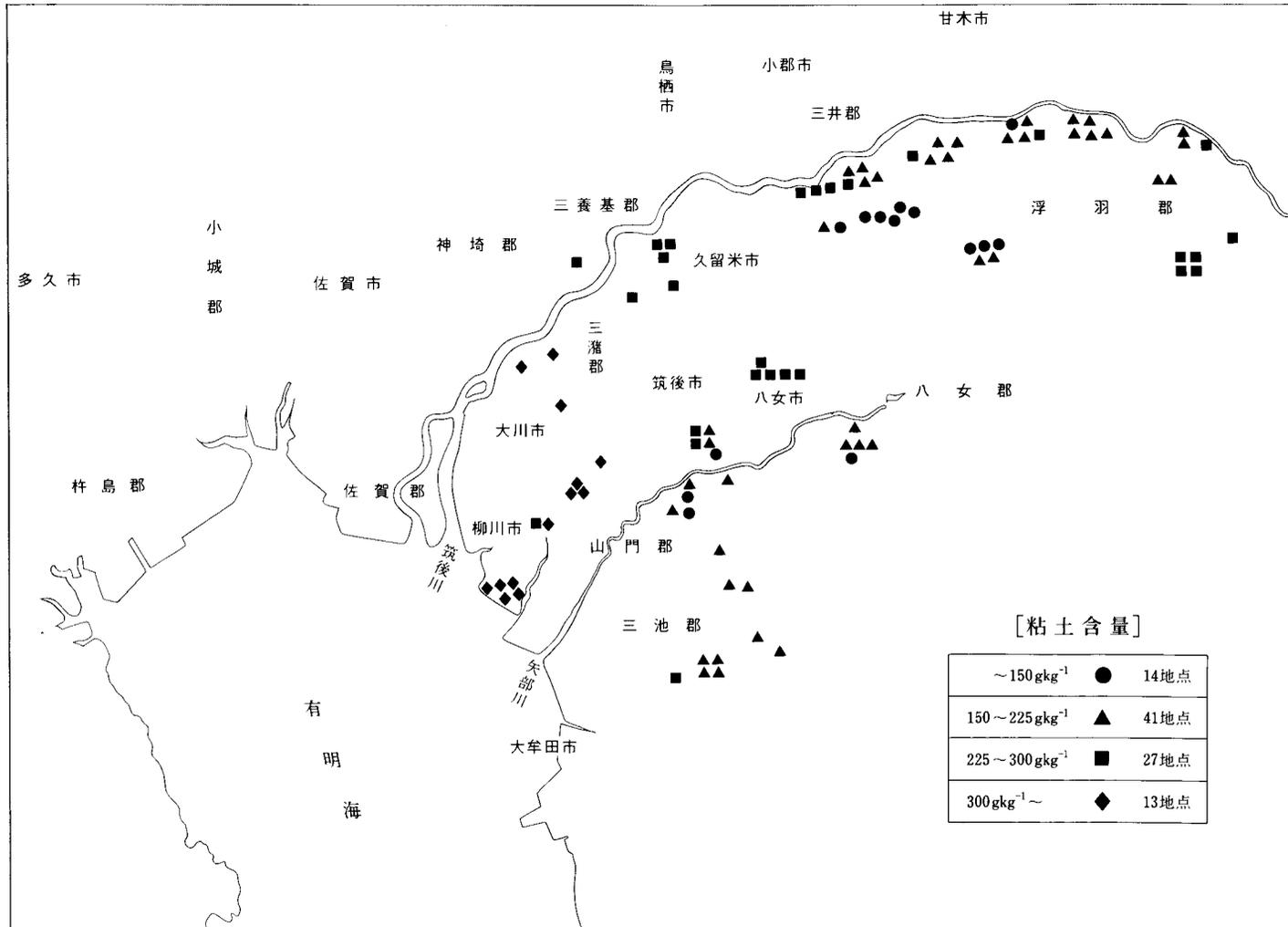
地域	地区-地点 番号	採取地点	土 壌 統 群	土 壌 統	母 材
筑 後 山 間	106-11	浮羽町新川	礫質黄色土, 斑紋あり	氷見	固結火成岩
	-22	〃 小塩	〃	〃	〃
	-23	〃 新川	〃	〃	〃
	-24	〃 〃	〃	〃	〃
	-35	〃 〃	細粒黄色土, 斑紋あり	蓼沼	〃
	107-11	浮羽町三春	細粒褐色低地土, 斑紋あり	江刺	非固結堆積岩
	-22	〃 高見	〃	〃	〃
	-23	〃 古川	〃	〃	〃
	-24	〃 西隈上	〃	〃	〃
	-25	〃 〃	〃	〃	〃
	108-11	吉井町八和田	中粗粒褐色低地土, 斑紋あり	荻野	非固結堆積岩
	-22	〃 新治	〃	〃	〃
	-23	〃 八和田	〃	〃	〃
	-24	〃 新治	〃	〃	〃
	-35	〃 〃	細粒灰色低地土, 灰褐色	多多良	〃
	109-11	田主丸町船越	中粗粒褐色低地土, 斑紋あり	長崎	非固結堆積岩
	-22	〃 〃	〃	〃	〃
	-23	〃 〃	〃	〃	〃
	-34	〃 〃	〃	荻野	〃
	-35	〃 〃	礫質褐色低地土, 斑紋あり	八口	〃
	110-11	田主丸町志塚島	中粗粒褐色低地土, 斑紋あり	荻野	非固結堆積岩
	-22	〃 〃	〃	〃	〃
	-23	〃 〃	〃	〃	〃
	-24	〃 以真恵	〃	〃	〃
	-35	〃 牧	細粒褐色低地土, 斑紋あり	江刺	〃
111-11	上陽町上横山納又	中粗粒灰色台地土	長笹	変成岩	
-22	〃	〃	〃	〃	
-23	〃	〃	〃	〃	
-24	〃	〃	〃	〃	
-35	〃	礫質黄色土, 斑紋あり	風透	〃	
317-11	立花町兼松	細粒褐色低地土, 斑紋あり	常万	非固結堆積岩	
-22	〃 〃	〃	〃	〃	
-23	〃 〃	〃	〃	〃	
-34	〃 〃	礫質褐色低地土, 斑紋あり	八口	〃	
-35	〃 谷川	〃	大沢	〃	
筑 後 平 野	305-11	久留米市善導寺町木塚	細粒灰色低地土, 灰褐色	多多良	非固結堆積岩
	-22	〃 〃 〃	〃	〃	〃
	-23	〃 〃 〃	〃	〃	〃
	-24	〃 〃 〃	〃	〃	〃
	-25	〃 〃 〃	〃	〃	〃
	306-11	久留米市山本町豊田	中粗粒グライ土	上兵庫	非固結堆積岩
	-22	〃 太郎原町	〃	〃	〃
	-23	〃 〃	〃	〃	〃
	-24	〃 〃	〃	〃	〃
	-25	〃 山本町豊田	〃	〃	〃

地域	地区-地点 番号	採取地点	土 壤 統 群	土 壤 統	母 材
筑後 平野	307-11	八女市宅間田	細粒灰色低地土, 灰色系	宝田	非固結堆積岩
	-22	〃 吉田	〃	〃	〃
	-23	〃 宅間田	〃	〃	〃
	-34	〃 吉田	細粒強グライ土	田川	〃
	-35	〃 〃	〃	〃	〃
	308-11	久留米市安武町安武本	細粒黄色土, 斑紋あり	北多久	非固結堆積岩
	-22	〃 荒木町白口	〃	〃	〃
	-23	〃 安武町安武本	〃	〃	〃
	-24	〃 〃 〃	〃	〃	〃
	-35	〃 大善寺町宮本	細粒灰色台地土	小向	〃
	309-11	久留米市草野町紅桃林	礫質灰色低地土, 灰色系	追子野木	非固結堆積岩
	-22	〃 〃 矢作	〃	〃	〃
	-23	〃 〃 吉木	〃	〃	〃
	-34	〃 〃 草野	〃	国領	〃
	-35	〃 〃 吉木	中粗粒灰色低地土, 灰色系	清武	〃
	310-11	三橋町蒲船津	細粒灰色低地土, 灰色系	四倉	非固結堆積岩
	-22	〃 江曲	〃	〃	〃
	-23	〃 藤吉	〃	〃	〃
	-24	〃 蒲船津	〃	〃	〃
	-25	〃 〃	〃	〃	〃
311-11	筑後市鶴田	細粒灰色低地土, 灰色系	宝田	非固結堆積岩	
-22	〃 久恵	〃	〃	〃	
-23	〃 鶴田	〃	〃	〃	
-24	〃 〃	〃	〃	〃	
-25	〃 〃	〃	〃	〃	
312-11	瀬高町大草	中粗粒灰色低地土, 灰色系	清武	非固結堆積岩	
-22	〃 坂田	〃	〃	〃	
-23	〃 長田	〃	〃	〃	
-24	〃 小田	〃	〃	〃	
-25	〃 長田	〃	〃	〃	
313-11	大木町三八松	細粒灰色低地土, 灰色系	佐賀	非固結堆積岩	
-22	城島町芦塚	〃	〃	〃	
-23	〃 原中牟田	〃	〃	〃	
-24	大川市下白垣	〃	〃	〃	
-25	大木町上八院	〃	〃	〃	
314-11	柳川市橋本町	細粒グライ土	川副	非固結堆積岩	
-22	〃 〃	〃	〃	〃	
-23	〃 〃	〃	〃	〃	
-24	〃 〃	〃	〃	〃	
-35	〃 大浜町	細粒灰色低地土, 灰色系	佐賀	〃	
315-11	山川町甲田	礫質灰色低地土, 灰色系	追子野木	非固結堆積岩	
-22	〃 〃	〃	〃	〃	
23	〃 河原内	〃	〃	〃	
-34	〃 真弓	細粒灰色低地土, 灰色系	宝田	〃	
-35	〃 北関	礫質灰色低地土, 灰色系	国領	〃	
316-11	大牟田市上内	礫質灰色低地土, 灰色系	追子野木	非固結堆積岩	
-22	〃 〃	〃	〃	〃	
-23	〃 〃	〃	〃	〃	
-34	〃 〃	細粒強グライ土	田川	〃	
-35	〃 岩本	細粒グライ土	三隅下	〃	

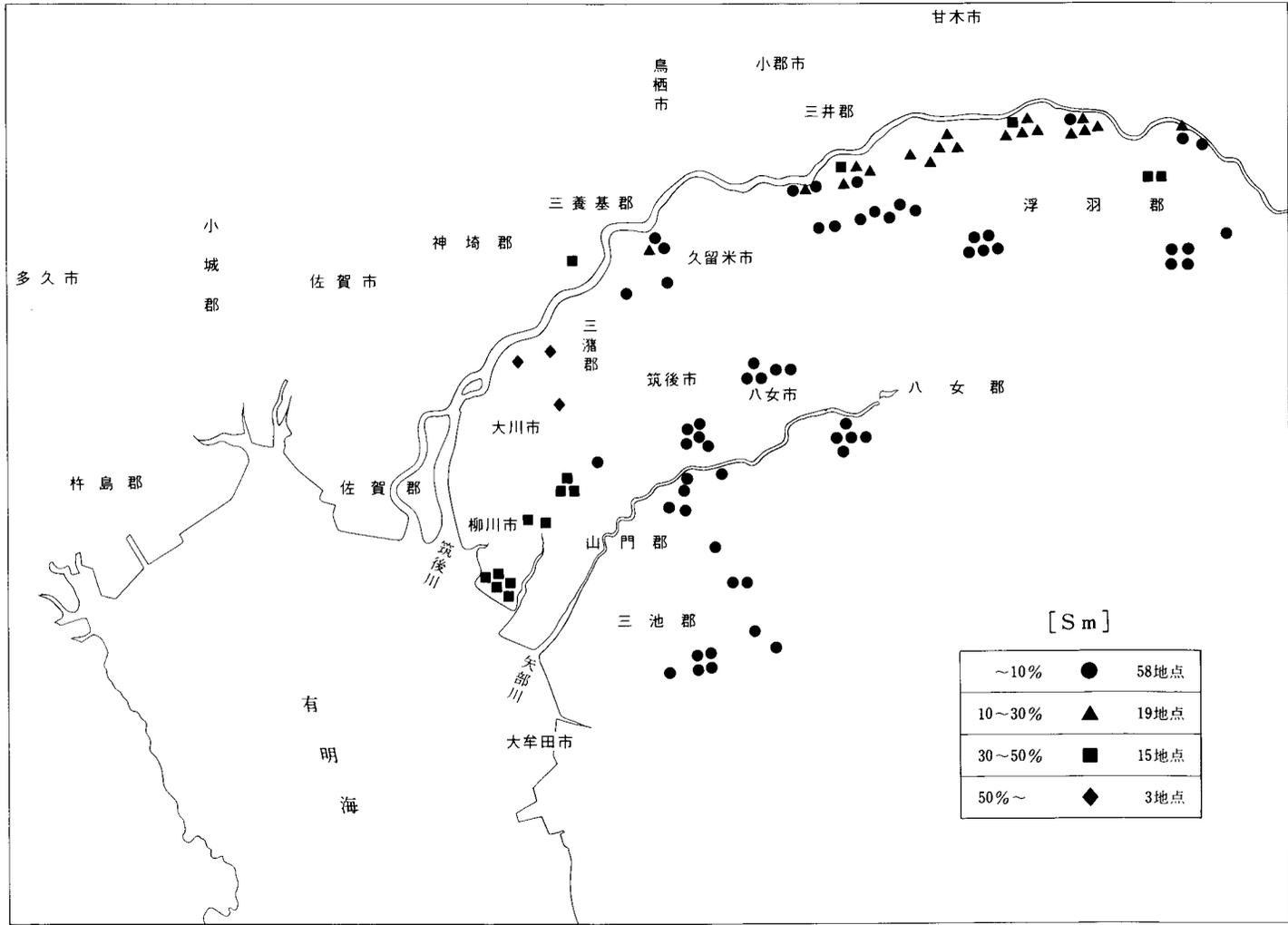
付表2 粘土鉱物分析結果

地区-地点 番号	粘土画分中の鉱物含量 (%)							粘土含量 (gkg ⁻¹)	粘土鉱物 組成区分	比表面積 (10 ⁻³ m ² kg ⁻¹)
	雲母 (M)	スメク タイト (S)	パーキユ ライト (V)	緑泥石 (C)	中間種 鉱物 (I)	カオリン 鉱物 (K)	混合層 鉱物 (Mx)			
106-11	14	0	3	9	14	60	0	234	K3'	26
-22	11	0	5	7	12	65	0	284	K4'	33
-23	14	0	7	9	3	67	0	270	K4'	33
-24	12	3	5	10	9	61	0	266	K3'	36
-35	14	0	2	9	13	62	0	288	K3'	31
107-11	21	2	4	3	13	57	0	248	K3'	31
-22	11	3	14	5	12	55	0	218	K3'	36
-23	13	23	10	5	15	34	0	168	K1S1'	49
-24	11	32	11	4	18	24	0	166	K1S2'	59
-25	13	35	7	3	20	22	0	204	K1S2'	75
108-11	14	8	15	4	16	43	0	150	K2S1'	30
-22	15	13	10	8	15	39	0	162	K2S1'	36
-23	12	22	7	9	17	33	0	210	K1S1'	58
-24	19	15	6	8	20	32	0	174	K1S1'	39
-35	14	26	11	6	19	24	0	194	K1S1'	61
109-11	15	21	0	5	25	34	0	134	K1S111'	33
-22	11	26	0	6	21	36	0	168	K1S111'	47
-23	15	24	0	5	23	33	0	186	K1S111'	50
-34	14	31	2	5	11	37	0	230	K1S2'	74
-35	17	13	1	3	28	38	0	190	K1S111'	39
110-11	15	12	9	2	30	32	0	170	K1S111'	36
-22	11	20	4	1	30	34	0	192	K1S111'	48
-23	12	28	4	3	24	29	0	208	K1S111'	64
-24	11	16	12	5	26	30	0	210	K1S111'	52
-35	15	19	7	3	25	31	0	232	K1S111'	59
111-11	27	0	2	18	22	25	6	142	K111M1'	15
-22	21	0	4	7	26	36	6	158	K111M1'	18
-23	26	0	6	11	19	32	6	160	K111M1'	19
-24	23	0	3	68	0	6	0	128	C4M1'	14
-35	23	4	4	42	21	6	0	80	C211M1'	11
317-11	26	0	0	10	46	7	11	204	I2M1'	20
-22	27	1	0	6	47	9	10	166	I2M1'	18
-23	26	0	6	13	40	9	6	190	I2M1'	22
-34	34	0	0	8	42	6	10	122	I2M1'	12
-35	20	1	8	9	34	22	6	206	I2M1'	27
305-11	9	42	4	10	14	21	0	172	K1S2'	70
-22	14	21	3	4	28	30	0	238	K1S111'	61
-23	7	28	3	7	25	30	0	200	K1S111'	61
-24	13	16	0	3	27	33	8	204	K1S111'	43
-25	17	8	6	1	31	33	4	184	K1S111'	32
306-11	20	1	3	7	51	14	4	132	I3M1'	15
-22	15	12	5	7	29	32	0	228	K1S111'	45
-23	13	9	2	6	33	37	0	238	K1S111'	40
-24	13	2	5	4	13	63	0	236	K3'	30
-25	23	3	13	23	31	7	0	152	I2M1'	24
307-11	15	0	0	8	9	61	7	248	K3'	25
-22	14	0	0	13	13	50	10	286	K3'	29
-23	13	0	6	4	18	51	8	268	K3'	32
-34	9	0	2	4	16	56	13	250	K3'	27
-35	10	0	0	6	22	48	14	242	K3'	24

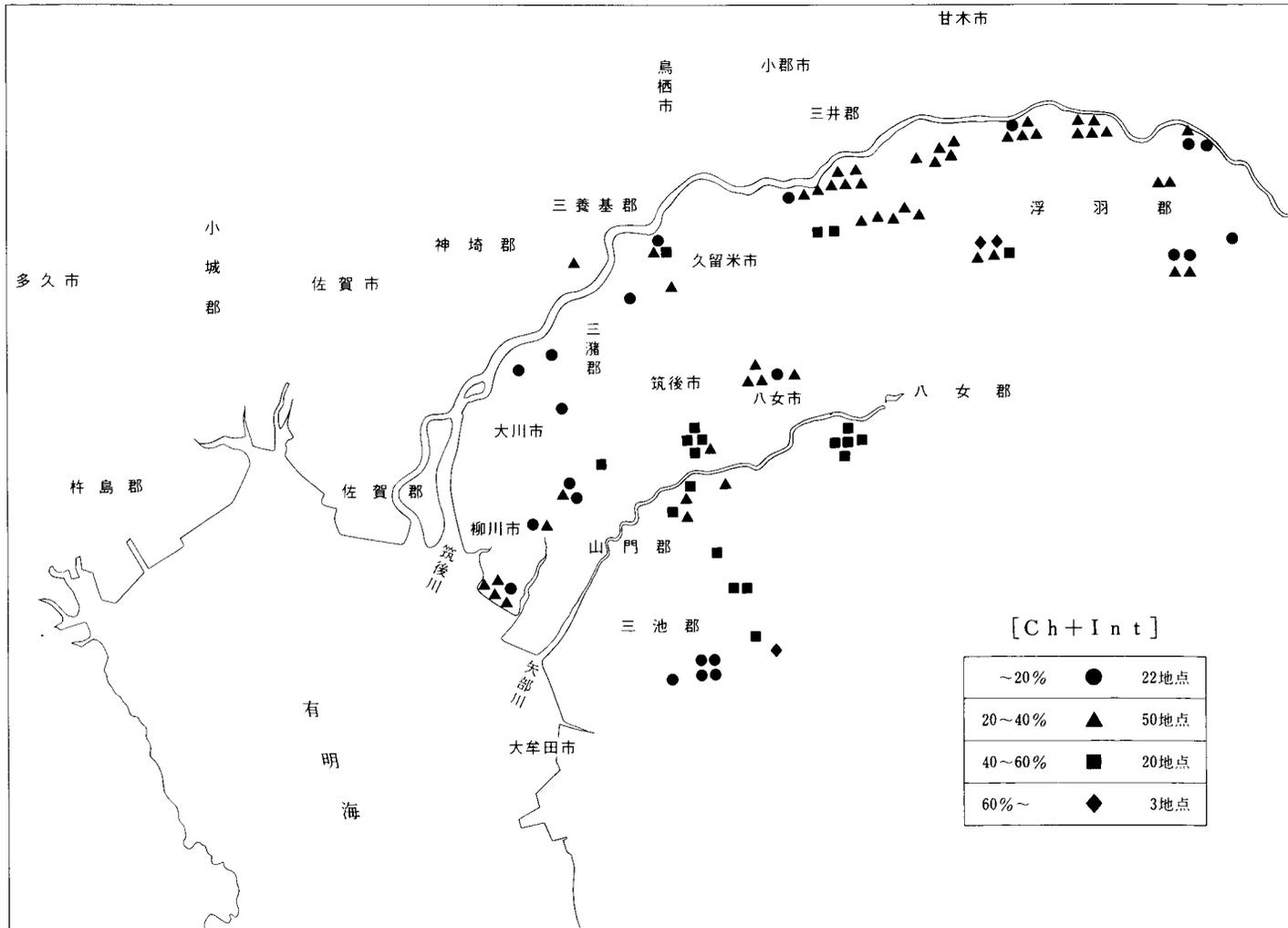
地区-地点 番号	粘土画分中の鉱物含量 (%)							粘土含量 (gkg ⁻¹)	粘土鉱物 組成区分	比表面積 (10 ⁻³ m ² kg ⁻¹)
	雲母 (M)	スメク タイト (S)	パーミク ライト (V)	緑泥石 (C)	中間種 鉱物 (I)	カオリン 鉱物 (K)	混合層 鉱物 (Mx)			
308-11	14	1	5	8	14	58	0	278	K3'	34
-22	18	0	0	9	17	45	11	232	K3'	23
-23	16	1	0	3	10	70	0	270	K4'	29
-24	14	12	0	5	36	33	0	288	K1S111'	53
-35	7	0	2	4	9	78	0	268	K4'	28
309-11	14	0	6	1	25	48	6	78	K2I1'	9
-22	16	0	0	1	35	44	4	114	K2I1'	11
-23	13	0	6	1	31	48	1	114	K2I1'	13
-34	16	0	1	1	34	42	6	98	K2I1'	10
-35	15	0	0	2	33	44	6	136	K2I1'	14
310-11	9	45	12	3	14	17	0	324	S3	146
-22	8	46	14	4	12	16	0	280	S3	130
-23	6	48	5	3	17	21	0	354	S3	160
-24	9	36	5	4	24	22	0	316	S2I1	116
-25	10	48	13	2	9	18	0	342	S3	162
311-11	16	5	8	24	23	21	3	232	K1C111'	37
-22	26	6	15	25	5	19	4	148	K1C1M1'	28
-23	16	8	4	29	16	23	4	228	K1C1'	38
-24	20	5	7	29	15	24	0	218	K1C1M1'	34
-25	14	9	6	23	27	21	0	222	K1C111'	40
312-11	25	6	22	26	2	17	2	126	C1V1M1'	26
-22	15	9	11	36	18	11	0	204	C2'	40
-23	30	9	15	27	9	10	0	128	C1V1M1'	27
-24	29	8	18	32	4	8	1	156	C1V1M1'	33
-25	28	8	13	36	8	7	0	156	C2M1'	30
313-11	15	6	8	28	17	26	0	344	K1C1	57
-22	8	45	6	3	19	19	0	288	S3	125
-23	9	56	12	1	7	15	0	402	S4	212
-24	9	62	12	1	0	16	0	382	S4	218
-25	8	55	9	1	6	21	0	342	S4	175
314-11	11	42	10	3	15	19	0	386	S3	164
-22	12	38	6	2	20	22	0	430	S2I1	165
-23	10	47	4	4	18	17	0	308	S3	136
-24	11	36	3	4	24	22	0	386	S2I1	139
-35	12	39	7	3	19	20	0	408	S2I1	161
315-11	18	0	8	9	46	9	10	198	I2M1'	25
-22	25	0	5	8	42	9	11	180	I2M1'	21
-23	27	0	7	8	37	5	16	166	I2M1'	20
-34	10	0	2	82	0	6	0	164	C4'	17
-35	29	0	7	48	8	6	2	156	C2M1'	19
316-11	8	0	5	1	13	66	7	172	K4'	20
-22	8	0	9	2	15	62	4	168	K4'	21
-23	6	0	0	1	18	70	5	218	K4'	22
-34	6	0	0	1	15	69	9	222	K4'	22
-35	20	0	6	1	5	65	3	254	K4'	30



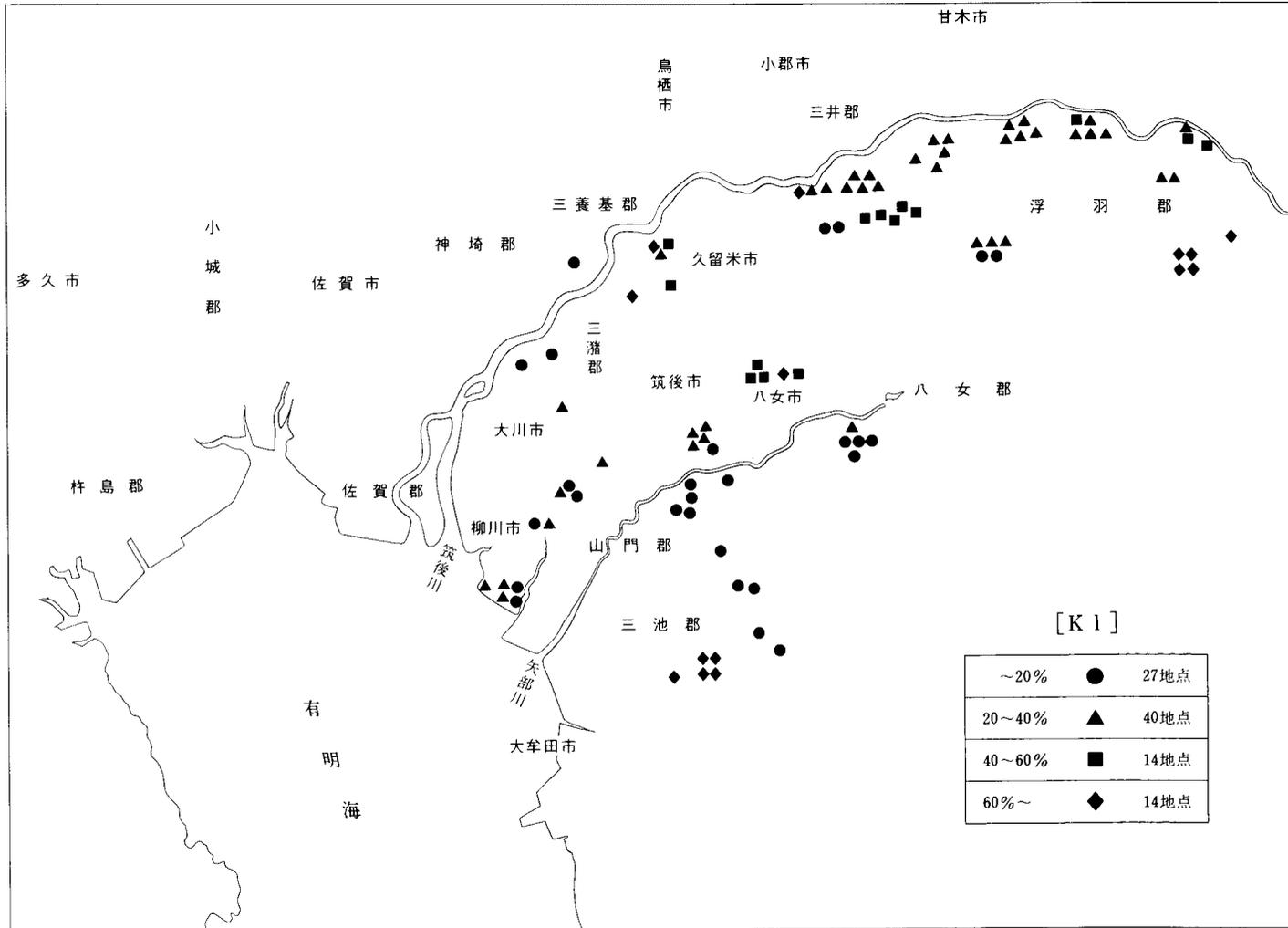
付図1 筑後山間および筑後平野地域の水田土壌の粘土含量分布図



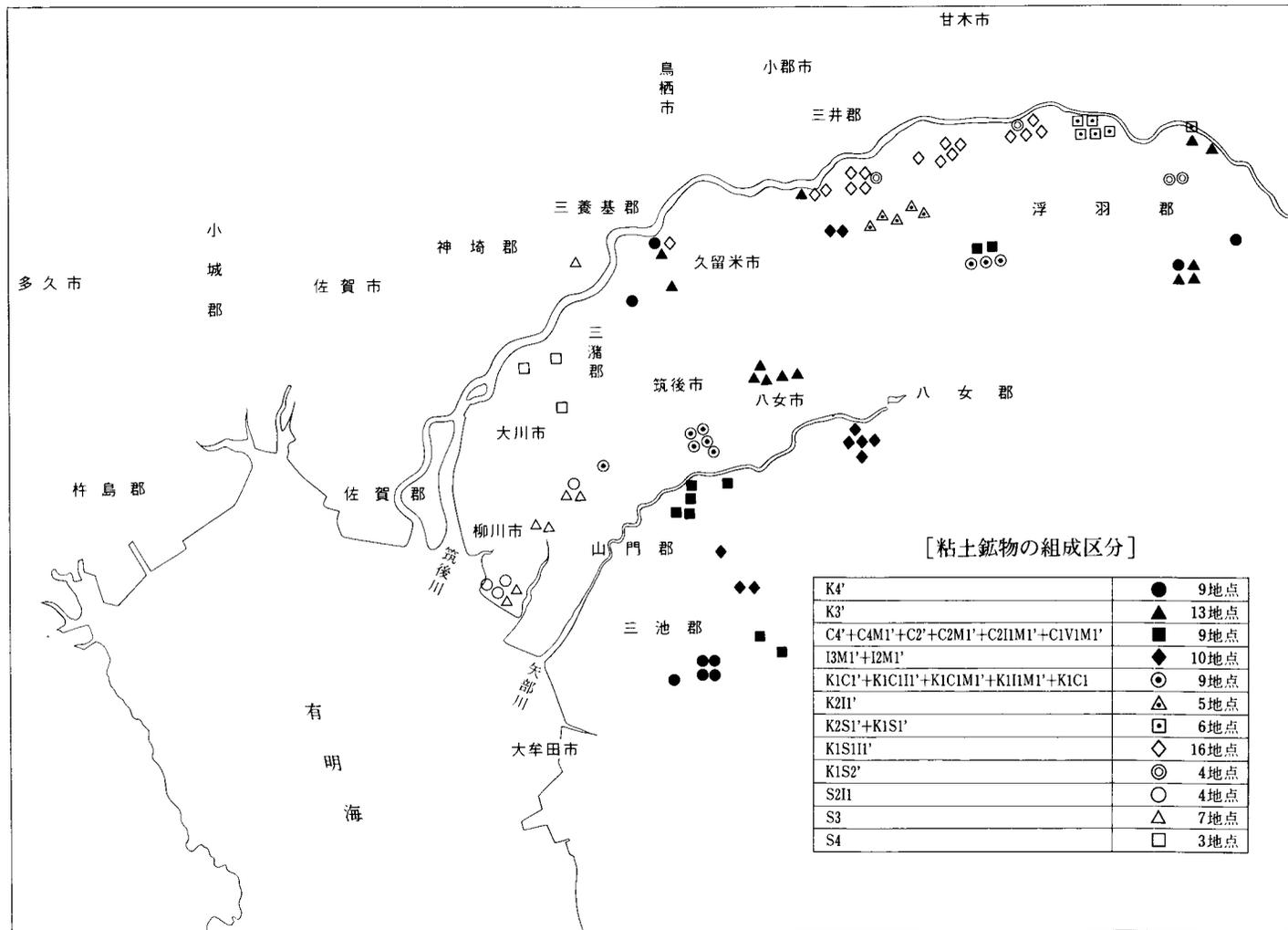
付図2 筑後山間および筑後平野地域の水田土壌の粘土画分中のスメクタイト含量分布図



付図3 筑後山間および筑後平野地域の水田土壌の粘土画分中の緑泥石+中間種鉱物含量分布図



付図4 筑後山間および筑後平野地域の水田土壌の粘土画分中のカオリン鉱物含量分布図



付図5 筑後山間および筑後平野地域の水田土壌の粘土鉱物組成区分分布図