

タイ国水田土壌の粘土鉱物にかんする 2, 3 の考察

服部 共生・古川 久雄・川口 桂三郎

1 は し が き

京都大学農学部土壌学研究室を中心とする東南アジアの水田土壌にかんする研究は1963年11月第1回の現地調査に出発して以来、次の諸項目について研究が進められている。

A) Pedological (基礎土壌学) な立場から

1. 東南アジアの水田土壌の生成過程
土壌の母材、沖積作用の特徴、地表水の挙動などに重点をおいて
2. 水田土壌の分類
人工土壌と称すべき日本の水田土壌と大部分が自然土壌ともいべき東南アジアの水田土壌とを総合した分類体系の樹立と土壌の地域性の特徴の把握

B) Edaphological (立地土壌学) な立場から

3. 土壌中の粘土の構成成分の同定
4. 土壌有機物の特性分析
5. 窒素の有効化、有効態窒素発現の機構
6. リン酸化合物の形態と有効化の機構
7. カリ、マグネシウム、ケイ酸に関する諸問題
8. *Indica* の稲と *Japonica* の稲との養分吸収力、根の環境に対する反応の差

以上の他に当農学部植物栄養学研究室においては講座担当高橋助教授のもとで土壌中の窒素固定菌、水稻の養分吸収にかんする研究が行われている。

さて本稿で述べるのは上記のB) 3. 土壌中の粘土の構成成分の同定にかんするものの一部である。土壌粘土の鉱物組成の決定はX線回折だけでなく、示差熱分析、熱分析、化学分析、カチオン交換容量、表面積の測定などの結果から総合的に行われるべきであるが、X線回折結果だけからでも相当の信頼度で行なうことができ、また多数の試料について上記の諸方法をすべて適用することは、本調査において要求される粘土鉱物の同定の精度に対しては必ずしも必要でない。そこでいわば一つの試みとしてタイ国水田土壌の粘土鉱

物学的特徴をX線回折図の解析だけから推定し、その結果から熱帯水田土壌における風化過程や農業生産に関連があると考えられる土壌の諸性質についての問題点の指摘を行なってみた。

2 X線回折図の解析による粘土鉱物組成の推定法

粘土の採取は Jackson の方法¹⁾に準じて 2μ 以下の部分を沈降法で採取し、置換性カチオンを Ca および K のモノ・カチオンとし、① Ca-風乾、② K-風乾、③ K-500°C 加熱、④ Ca-glycerol の4種の処理を行ない、オリेंटされた試料 (oriented specimen) について $\text{CuK}\alpha$ をX線源とするX線回折図を島津X線回折装置でえた。その結果の一部は図1*に示すとおりである。

さて粘土の定量的な鉱物組成の決定には Jackson¹⁾、Aomine²⁾、Barshad³⁾ により提案された方法があるが非常に多くの労力を要する。Johnson⁴⁾ はX線の回折強度からその構成鉱物の近似的な含量を推定する方法として、粘土中の結晶性粘土鉱物の相対量を回折線の高さだけから求めている。しかし本稿で述べる試料の大部分では montmorillonite の混在により、X線の回折強度にくらべ回折線の高さが低くなっているおそれがあるため、回折線の面積からも求めてみた。

まず Ca-風乾処理と K-風乾処理との両者について 7Å の回折線の強度と 10Å 以上の回折線の強度との割合 (百分率) を求めた。その結果を表 1-A に示す。この場合 7Å の回折線は kaolin 鉱物、10Å 以上のもののうち 10Å は illite、12~13Å は mixed layer 鉱物、14~15Å は montmorillonite および vermiculite (Al-interlayered 鉱物を含む) であると考えている。

つきに表 1-A にみられるように Ca-風乾処理と

* 本稿中に記載されている土壌はその番号と採取地名だけを一括して表5として末尾に掲げた。その他の記載は省略する。

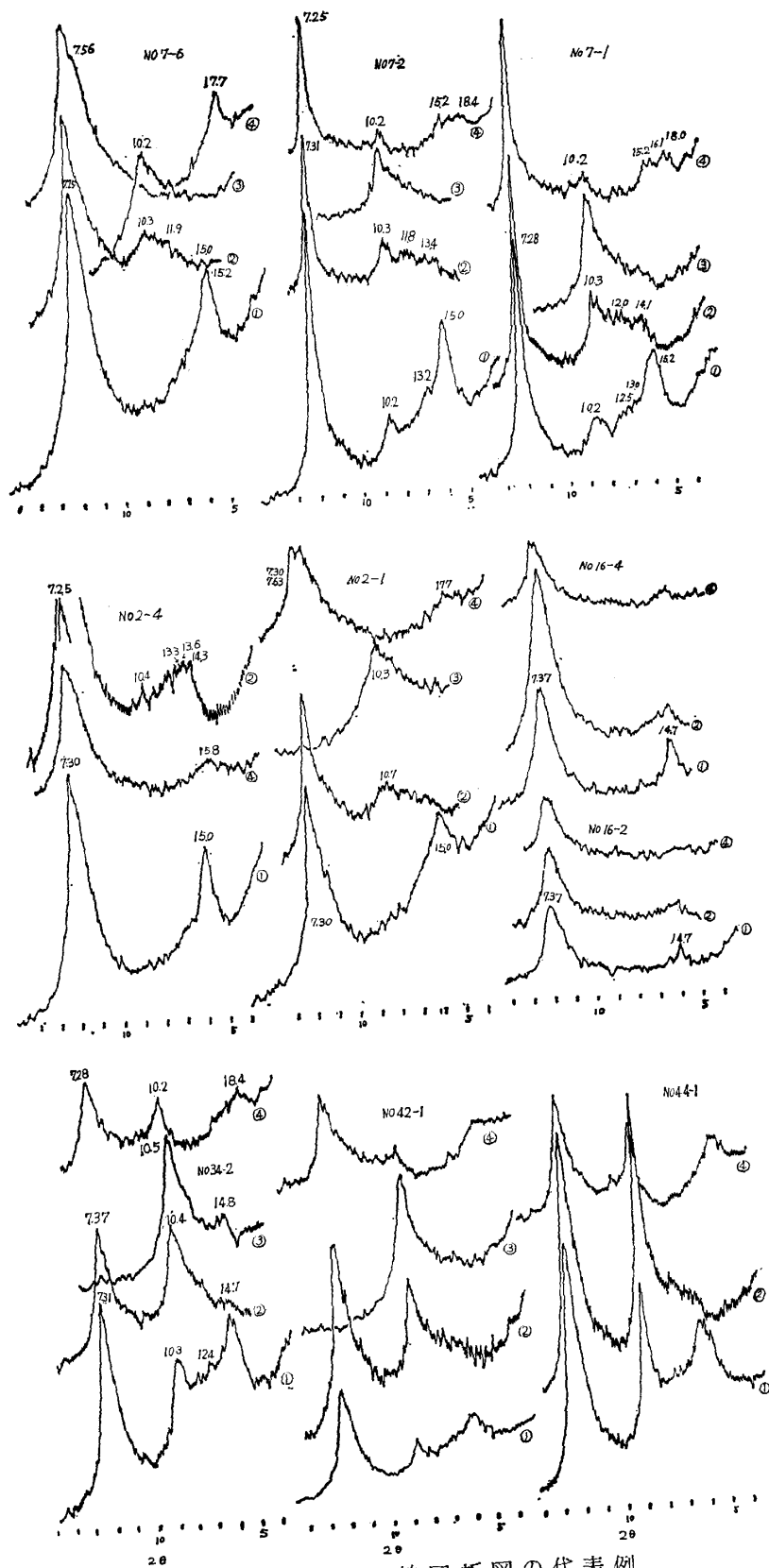
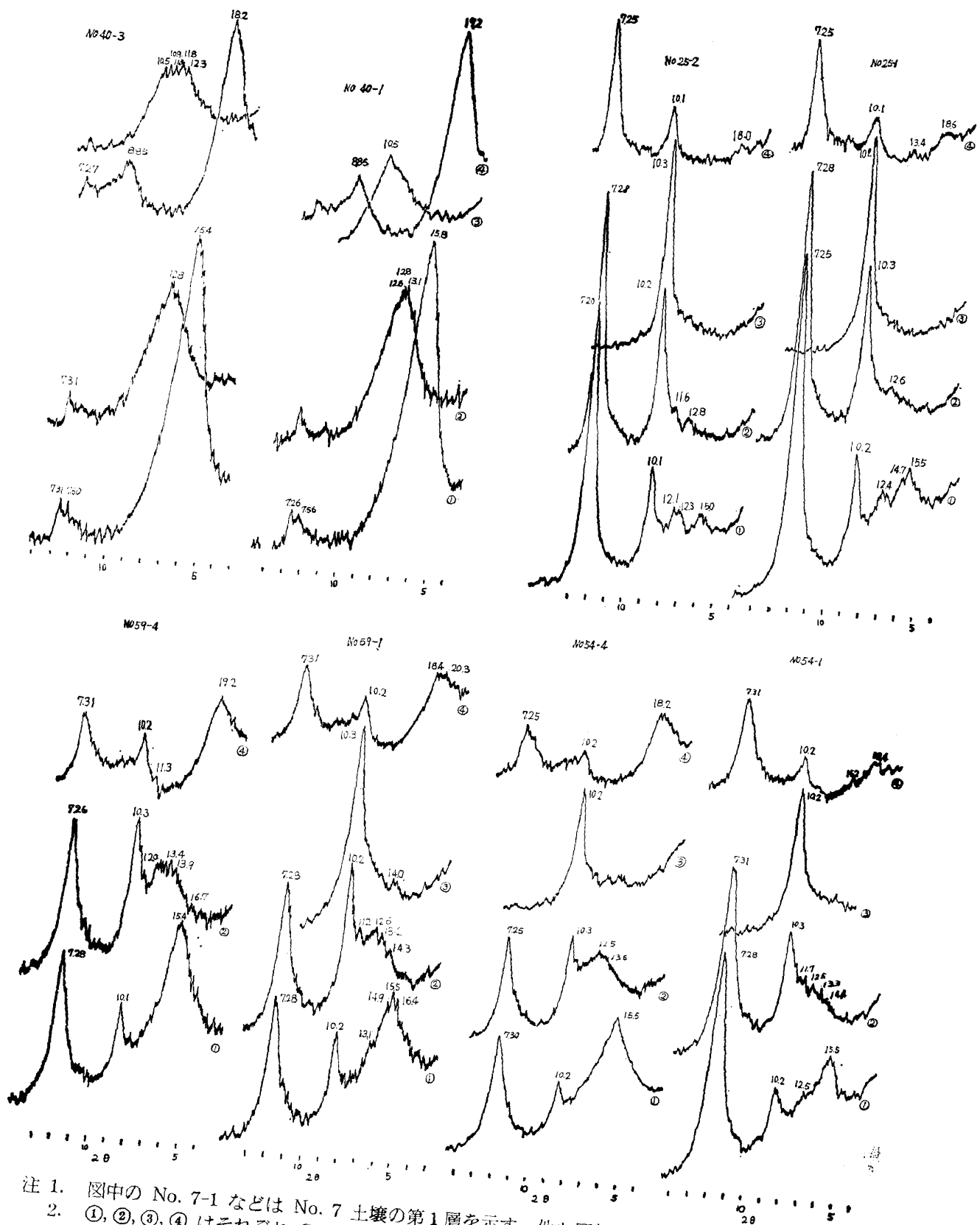


図1 粘土のX線回折図の代表例

タイ国水田土壌の粘土鉱物に关する2, 3の考察



- 注 1. 図中の No. 7-1 などは No. 7 土壌の第1層を示す。他も同様。
 2. ①, ②, ③, ④ はそれぞれ Ca-風乾, K-風乾, K-500°C, Ca-glycerol の各処理粘土を示す。

表 1-A 代表土壤粘土の X 線回折線強度の相対百分率

土壤番号, 層 位	Ca-風 乾 試 料				K-風 乾 試 料			
	面積より計算		高さより計算		面積より計算		高さより計算	
	7 Å	10 Å 以上	7 Å	10 Å 以上	7 Å	10 Å 以上	7 Å	10 Å 以上
16-2 (I)	88	12	79	21	—	—	—	—
-4 (〃)	87	13	74	26	89	11	83	17
2-1 (II)	71	29	74	26	59	41	77	23
-2 (〃)	81	19	79	21	—	—	69	31
-4 (〃)	80	20	68	32	—	—	64	36
40-1 (III)	9	91	12	88	7	93	23	77
-2 (〃)	6	94	15	85	8	92	27	73
54-1 (IV)	59	41	60	40	52	48	50	50
-3 (〃)	50	50	45	55	55	45	43	57
-4 (〃)	32	68	42	58	35	65	40	60
59-1 (IV)	36	64	36	64	35	65	38	62
-2 (〃)	35	65	45	55	36	64	36	64
-4 (〃)	29	71	44	56	36	64	34	66
34-1 (V)	42	58	50	50	36	64	45	55
-2 (〃)	46	54	40	60	46	54	47	53
-5 (〃)	40	60	45	55	43	57	46	54
42-1 (VI)	55	45	51	49	54	46	61	39
50-1 (VI)	43	57	47	53	42	58	42	58
-5 (VIII)	53	47	48	52	54	46	43	57
7-1 (VII)	52	48	62	38	50	50	51	49
-2 (〃)	55	45	60	40	53	47	58	42
-4 (〃)	64	36	57	43	68	32	58	42
-6 (II)	77	23	70	30	72	28	62	38
44-1 (VIII)	41	59	43	57	51	49	40	60
25-1 (IX)	61	39	63	37	58	42	59	41
-2 (〃)	61	39	64	36	54	46	63	37

注： 最左列のたとえば 16-2 は No. 16 の土壤の第 2 層を示す。それに続くカッコ内の時計文字は表 4 に示す区分番号である。

K-風乾処理との間で 7 Å 対 10~15 Å の強度の比には差異が認められない。またこの比は回折線の強度を回折線の高さから求めた場合と面積から求めた場合とでもほぼ等しい。

これらの値から総合的に判断してまず kaolin 鉱物の近似的な百分率をだし、残りの 2:1 型鉱物 (10 Å 以上の回折線をもつ) の百分率を 10 Å (illite), 12~13 Å (mixed layer 鉱物) および 14~15 Å (montmorillonite あるいは vermiculite) の各回折線の強度比に分配してそれぞれの鉱物の百分率を求

めた。表 1-B はこうして求めた粘土の鉱物組成である。

3 タイ国水田土壤の粘土の鉱物組成

A) 構成粘土鉱物の種類

供試した試料は Ca-風乾処理の X 線回折図においてつぎの 2 つに大別される。

- (1) 7 Å と 14~15 Å とにだけ回折線を有するもの
- (2) 7 Å, 10 Å および 12~15 Å (12 Å の明瞭な回折線を欠く場合あり) に回折線を有するもの

表 1-B 代表土壌粘土の鉱物組成

土壌番号, 層 位	鉱 物 組 成 %			
	Kaol	Mont, Verm	Mixed Layer	Ill
16-2 (I)	90	10		
-4 (〃)	90	10		
2-1 (II)	75	25		
-2 (〃)	75	25		
-4 (〃)	75	20	5	
40-1 (III)	10	90		
-2 (〃)	10	90		
54-1 (IV)	60	15	10	15
-3 (〃)	45	25	15	15
-4 (〃)	40	40		20
59-1 (IV)	35	25	20	20
-2 (〃)	40	40		20
-4 (〃)	35	45		20
34-1 (V)	45	20	15	20
-2 (〃)	45	20	15	20
-5 (〃)	45	20	15	25
42-1 (VI)	50	20	15	15
50-1 (VI)	45	25	15	15
-5 (VII)	50	15	10	25
7-1 (VII)	50	30	10	10
-2 (〃)	55	25	10	10
-4 (〃)	60	20	10	10
-6 (II)	75	20	5	
44-1 (VIII)	40	15	30	
25-1 (IX)	60	10	10	20
-2 (〃)	60	5	10	20

注 1. Kaol=Kaolin 鉱物
 Mont=Montmorillonite
 Verm=Vermiculite
 Mixed layer=Mixed layer minerals
 Ill=Illite

2. Mont, Verm には Al-interlayered minerals を含む

このうち 7Å の回折線は K-500°C 加熱処理で消失し、その他の処理で変化しないことから kaolin 鉱物によるものであり、10Å の回折線は glycerol 処理で変化せず、500° 加熱処理でも残ることから illite (あるいは mica) によるものと考えられる。

14~15Å の回折線は種類の 2:1 あるいは 2:2 型鉱物の存在を予想させる。すなわち glycerol 処理で

つぎの 3 つにわかれる。

(i) 14~15Å に回折線をそのまま残すもの
 (No. 16, No. 7 など)

(ii) 18Å 付近に移るもの (No. 40-3, No. 54 など)

(iii) 19~20Å に移るもの (No. 40-1, No. 59 など)

また K-風乾処理においても、つぎの 3 つになる。

(i) 10Å の回折線を強めるもの (N. 44, No. 42 など)

(ii) 12~13Å に巾広い回折線を示すもの (No. 54, No. 40 など)

(iii) 14~15Å にそのまま回折線を残すもの
 (No. 2-4, No. 34 など)

これらの結果からつぎの推定をすることができる。

a) glycerol, K-風乾の両処理でともに (i) の型となるものは vermiculite である。

b) 同じくともに (ii) の型のものは montmorillonite である。

c) 同じくともに (iii) の型のものは Al-interlayered 鉱物である。またこれに vermiculite 系列と montmorillonite 系列の 2 種あることが Kawasaki and Aomine⁵⁾の結果から推定できる。そして glycerol 処理で 19Å~20Å に expand し、K-500°C 加熱処理で 14~15Å になお回折線を残すものが montmorillonite 系列と考えられ、glycerol 処理、K-風乾処理でともに 14~15Å に回折線を示すものが vermiculite 系列と考えられる。しかしこの Al-interlayered 鉱物についてはさらにくわしい検討を必要としよう。

d) No. 25 の試料に明瞭にみられる 12~13Å の回折線 (Ca-風乾処理) は 15Å と 10Å の混層鉱物の 002 の回折線と考えられる。

e) No. 25-2 の試料の K-風乾処理の X 線回折図にみられる肩状の 11.6Å の回折線は 10Å (mica) と 12Å (K-montmorillonite) の混層鉱物の 002 であろう。

f) glycerol 処理の X 線回折図における 19~20Å の回折線は、かんぜんに gibbsite 層を挟んだ Al-interlayered montmorillonite の回折線が 22Å に現われることを考えると、Al-interlayered montmorillonite と montmorillonite の混層鉱物の 002 であろう。

表2 代表土壌の粘土の構成鉱物

土 壌 番 号	層 位	主 成 分	副 成 分	随伴成分
No. 16 (I)	各 層	Kaol	Verm, Al-Verm	Qu
No. 2 (II)	表 層	Kaol	Mont, Verm, Al-inter	Qu, Gib
	下 層	"	Al-Verm, Verm	Qu
No. 40 (III)	表 層	Mont	Al-Mont	Qu
	下 層	"	Kaol	"
No. 54(IV)	表 層	Kaol	Mont, Verm, Il, Al-Mont, Mixed	Qu
	中間層 (暗色層)	"	Al-Verm, Verm, Mont, Il, Mixed	"
	下 層	"	表層と同じ	"
No. 59 (IV)	各 層	Kaol	Mont, Verm, Il, Al-inter, Mixed	Qu
No. 34 (V)	各 層	Kaol	Il, Mont, Verm, Al-inter, Mixed	Qu, Gib
No. 42 (VI)	表 層	Kaol	Il, Verm, Mont, Al-inter, Mixed	Qu
No. 7 (VII)	表 層	Kaol	Verm, Mont, Al-inter Mixed, Il	Qu
	下 層	"	Verm, Mont, Al-inter, Mixed	"
No. 44 (VIII)	表 層	Kaol	Il, Verm, Mont, Al-inter, Mixed	Qu
No. 25 (IX)	表 層	Kaol	Il, Verm, Mont, Mixed, Al-inter	Qu
	下 層	"	Il, Mixed, Verm, Mont, Al-inter	"

注 1. Kaol=Kaolin 鉱物, Il=Illite, Verm=Vermiculite, Mont=Montmorillonite,
Al-Verm=Al-interlayered Vermiculite, Al-Mont=Al-interlayered Montmorillonite,
Al-inter=Al-Verm および Al-Mont を含む, Mixed=Mixed layer 鉱物, Qu=Quartz,
Gib=Gibbsite

2. 土壌番号に続くカッコ内の時計文字は表4に示す区分番号である。

表3 粘土中の Kaolin 鉱物含量の地域的分布

Kaolin 鉱物の含量 %	表 層			下 層		
	東 北 部	北 部	中 央 平 地	東 北 部	北 部	中 央 平 地
90	16			16		
75	2			2		
70		26		7, 9	26	
65	20, 23	27		20, 23	27	
60		24, 25	47, 54		24, 25	46, 47
55	9		46, 50, 51, 64			50, 51
50	5, 7	30	34, 42	5	30	42, 61
45	4	29	37, 60			37, 64
40			44, 59, 61		29	34, 44, 54, 60
35				4		59
10			40			40

注：最左列をのぞく表中の数字は土壌番号を示す。

表 4 タイ国水田土壌の粘土鉱物組成による区分

Ca-風乾試料回折図の特徴	同左、各ピークの強度の特徴	K-風乾試料回折図の特徴	土 壤 番 号	区分番号
7Å+15Å	7Å>>15Å		No. 16	I
	7Å>15Å		No. 2, 9, 7-6, 20, 23	II
	7Å<15Å		No. 40	III
7Å+10Å+15Å	7Å>15Å>10Å	12Åに巾広いピーク	No. 24, 29, 51, 54, 59	VI
		10Åから15Åにかけてなだらかに Tailing し強度大	No. 4, 5, 34, 35	V
		10Åのピークは鋭く強くなり、15Åにかけての Tailing の強度がやや大	No. 37-3, 42, 46-2, 3, 47, 50-1, 60, 64	VI
		10Åのピークは強まるが14Åに明瞭なピークを示す	No. 7	VII
	7Å>10Å>15Å	10Åのピークが鋭く強くなり、15Åへの Tailing の強度は小	No. 30, 37, 44, 46-1, 50-5, 61	VIII
7Å+10Å+12Å+15Å	7Å>10Å>12Å>15Å		No. 25, 26, 27	IX

注：右から2列目 7-6, 37-3 の如き数字はそれぞれ No. 7 土壌の第6層, No. 37 土壌の第3層を示す。他もこれに準じる。

このように考えると、供試した試料には多少とも種類の混層鉱物の存在が予想される。

つきにさきにのべた K-風乾処理で (i) の型を示すものはさらに4つの型に区分される。③ 15Åへかけての tailing の強度が弱いもの (No. 44), ④ この tailing の強度が比較的強いもの (No. 22), ⑤ 10Åの回折線は強まるが鋭くなく、tailing のX線強度が比較的大きい (No. 34), ⑥ 10Åの鋭い回折線を強めるがさきの (ii) の型の回折線ももつ (No. 59)。

そしてこのようなX線回折図を示す場合、Ca-風乾処理の15Åの回折線の巾は③→⑥の順に広い傾向を示している。この結果は③から⑥への順に、vermiculite 含量が減少し、montmorillonite 含量が増加していること、vermiculite の結晶子は大きく、montmorillonite の結晶子は小さいことなどを示すものである。

なお7Åの回折線においてもその巾にかなりの差異が土壌間にみられ、No. 7 のようにこの回折線の巾の狭い試料は kaolin 鉱物の結晶子が大きいことを推察させる。そして一般的に結晶子の大きいものは結晶度が高いと考えてよいのであろう。このように考えると、採取粘土部分を粗粘土 (2~0.2 μ) と細粘土

(<0.2 μ) とに分けて、それぞれの粘土につき上記の方法によって、鉱物組成の決定を行なうことにより、より明瞭な種類の結果がえられるであろう。

さて以上に述べたところより試料の構成鉱物の種類は表2のように推定することができる。

B) 定量的にみた鉱物組成の特徴

10Å以上に回折線を示す鉱物の個々の含有率は、X線回折結果からだけでは、kaolin 鉱物の場合ほどには精度が上らない。そこでここでは単にカオリン型 (1:1型) 鉱物と 2:1型あるいは 2:2型鉱物の相対的な含有率について検討するにとどめ、地域的な差を知るために kaolin 型鉱物の含有率の分布を表3のようにまとめた。東北部、北部の土壌では Central Plain の土壌に比べて kaolin 鉱物含有率が高い傾向がうかがえる。

C) タイ国水田土壌粘土の鉱物組成の特徴

以上述べた構成粘土鉱物の種類と量的な関係を組合せて表4に示すように、粘土鉱物組成を9つの型に区分することができる。図2は表上についてその地理的分布を示したものである。すなわち東北部の土壌は一般に kaolin 型鉱物と 14~15Å に basal diffraction をもつ vermiculite, montmorillonite, Al-

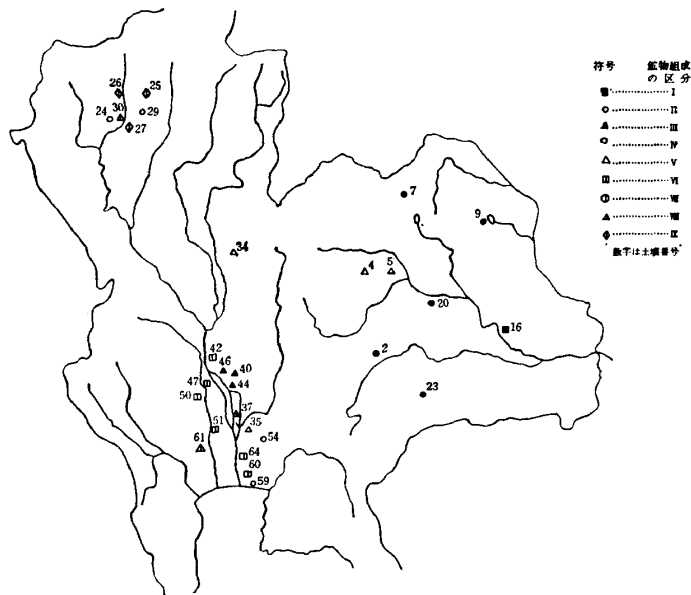


図2 表土の粘土の鉱物組成区分の地理的分布

interlayered 鉱物で構成され、kaolin 型鉱物含有率が比較的高い傾向を示すが、北部および中央平地の土壌では構成鉱物種間の差異はほとんどなく、kaolin 型鉱物、illite、14~15Å に回折線を示す鉱物、混層鉱物の組合せからなり、kaolin 型鉱物含量では北部は東北部に近似し、中央平地にくらべて多い傾向を示す。なお No. 40 のように石灰質岩石の風化物を母材とする土壌にあっては montmorillonite を主成分としている。

4 粘土鉱物組成からみた土壌生成論上の問題点

沖積水田土壌の生成・分類を考察する場合、特に注意すべきものの一つは母材である。それは土壌の生成過程において沖積土では新しい母材の堆積があり断面を通じて母材の均一性を予想しにくいことと、母材にはすでに陸上風化で生成された粘土鉱物を含むためである。これらのことを考慮に入れてタイ国水田土壌の母材についての問題点を、1) kaolin 鉱物の結晶度の相違、2) 多少とも各土壌に含まれる vermiculite と montmorillonite の出現の様相の相違、3) 土壌中での風化作用の結果生成したと考えられている Al-interlayered 鉱物の断面での分布、の3点から考察してみたい。

まず kaolin 鉱物についてであるが、わが西南日本にみられる赤色土の粘土鉱物がおもに、kaolin 型鉱

物でそれは現気象条件下での生成が疑わしいとされ、alitic 風化のはげしい気象条件下で生成されたものと推論されているが、これと同様にタイ国水田土壌にみられる kaolin 型鉱物が現気候下で生成されるものであるのか、あるいはさらにはげしい気候条件下で生成されたものであるかが一つの重要な問題となる。たとえば No. 7 の 7Å の回折線は非常に鋭く結晶子が大きく、結晶度の高いことが予想されるが、これと他の比較的巾の広い 7Å の回折線を示す kaolin 型鉱物が同じ気候条件下での生成物であるか否かの問題である。タイ国水田土壌の粘土の大部分を占める kaolin 型鉱物の結晶度の相違が土壌の示す諸性質に反映することは当然考えられ、土壌の区分を行なう場合の一つの区分特性となるであろう。

すべての土壌に montmorillonite と vermiculite が多少とも存在しているが、これら鉱物は一般に sialitic な風化を受けて生成されるものと考えられている。montmorillonite と vermiculite は前者が dioctahedral 型で octahedral layer に charge をもち、後者は trioctahedral 型で tetrahedral layer に charge をもつものである。しかし土壌中の montmorillonite、vermiculite は dioctahedral 型で tetrahedral layer に charge をもつ beidellite、Al-vermiculite と考えられている*。とすれば両者の相違は octahedral layer での charge の発現量の相違となり、glycerol 処理や K-風乾処理での basal spacing の expanding や shifting の難易のみの差になるであろう (K-風乾処理の No. 44, 42, 34, 59 の X 線回折図を比較されたし)。これら鉱物の出現の差が土壌あるいは母材の受けた風化の強度の差で表われたものか、母岩の性質の差を受けついだものかを明らかにする必要がある。粘土中でのこの montmorillonite と vermiculite の構成割合もまた当然土壌の

*ここに用いた試料についてはそれらの検討はしていないが、一次鉱物中に含マグネシウム—鉄鉱物がほとんどないことから想像されるように、はげしい風化を受けていると考えられる熱帯の水田土壌でいわゆる montmorillonite や vermiculite の存在は疑わしい。

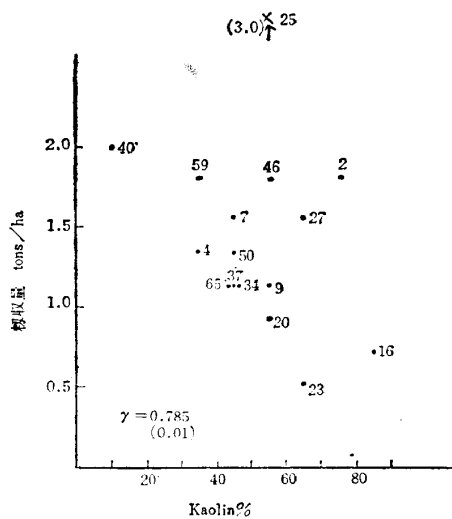


図3 収量と粘土中の Kaolin 鉱物含量との相関

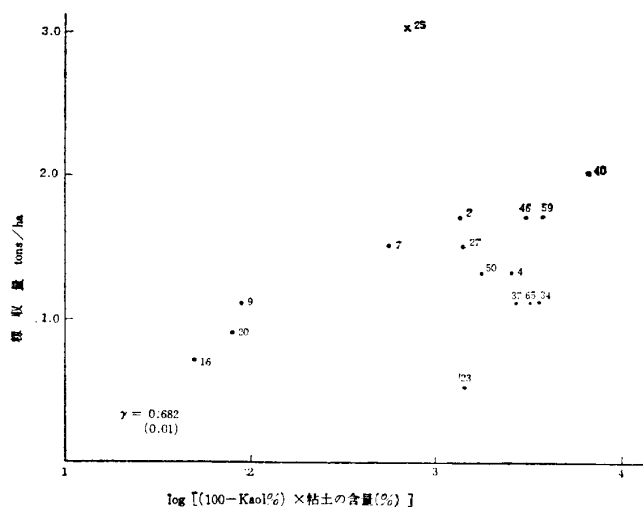


図4 収量と粘土鉱物組成および粘土含量との関係

諸性質に反映し、土壌の区分特性としうるであろう。

現在温帯湿潤気候下での土壌化の過程で粘土鉱物の変化は Al-interlayering であるとされている。タイ国水田土壌についてもわが国の水田土壌の場合ほど明らかではないが、1, 2 の例外を除いて各土壌とも表層での Al-interlayering の進行を認めることができる。たとえば glycerol 処理での basal diffraction が表層では 19~20Å にまで expand するのに反し、下層では 18Å であることなどはその一証拠であろう。この Al-interlayering の進行は当然粘土鉱物の性質を変えるので土壌の諸性質もまた変化するであろう。タイ国の水田土壌においてもこの Al-interlayering

という粘土鉱物の変化がみられることは、温帯・熱帯を通じて共通的な水田土壌化作用の一つとみなしうるものであろうか。

5 粘土の鉱物組成からみた立地土壌学的 (edaphological) な問題点

粘土の鉱物組成は土壌の分類、区分上低次のカテゴリーにおける安定した識別特性 (differentiating characteristics) として重要である。一方土壌の立地土壌学的な諸性質との関連も深い。ただしわが国の如く多肥栽培を行なう場合には収量との直接的な相関関係は不明確化されている場合が多い。また粘土の鉱物組成のもつ意義の一部は定量のはるかに簡単なカチオン交換容量 (CEC) その他の表面反応の大きさによって代行されうることも知られている。これらの諸点を東南アジアの水田土壌について吟味することも不可欠の事項であろう。

いま試みに聴き取りによる収量と作土の粘土中の kaolin 型鉱物含量 (パーセント) との相関をみると図3のとおりであり、また作土の粘土中の kaolin 型鉱物以外の粘土鉱物含量と当該土壌中の粘土パーセントとの積を求め、これと収量との関係を示したものが図4である。

図3, 4にみられるように粘土の鉱物組成が直接収量との間に高い相関関係を示していることは、わが国の耕地土壌についての知見よりみると甚だ特異的であって、収量の地力への依存度の高い地域において初めて認められるのであろう。粘土鉱物組成の相違が水稻の収量の違いとなって現われるための諸因子——たとえばアンモニヤ態窒素の吸収力、固定力、ケイ酸の供給力、塩基の供給力、 Fe^{2+} や Mn^{2+} のような有害成分の吸収力、土壌の物理的諸性質——の相互の比重なども温帯水田のそれとは著しく異なると考えられるが、いずれにせよ東南アジアの水田土壌の研究において立地土壌学的な見地からも粘土の鉱物組成の決定は重要である。

6 む す び

東南アジアの水田土壌に関する研究の一部として、タイ国の水田土壌について粘土の鉱物組成を X 線回折図だけから求めた。

こうして得られた粘土の鉱物組成の特徴から基礎土

壤学的にも立地土壌学的にもきわめて有用な知見をうるることができる。

しかしもし粘土の鉱物組成の決定をより精細に行なうならば、人為の加わる程度の低い水田土壌では、多肥栽培下にある水田土壌については期待できないような、粘土の鉱物組成と生産力との関係などを導きうるものと予想される。

文 献

1. Jackson, M. L. : *Soil Chemical Analysis, Advanced Course pp. 171-250.(mimeographed)*. Madison, 1955.
2. Aomine, S. and M. L. Jackson : Allophane Determination in Ando Soils by Cation-Exchange Capacity Delta Value, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **23**, 1959. pp. 210-214.
3. Barshad, I. : *Method of Soil Analysis Part 1*. Amer. Soc. of Agronomy, Inc. Madison. 1965. pp. 728-740.
4. Johnson, L. J., et al: Clay Mineral Characterization of Modal Soil Profiles in Several Pennsylvania Counties, *Soil Sci. Soc. Amer., Proc.* **27**. 1963. pp. 568-572.
5. H. Kawasaki and S. Aomine : Hydroxy-Al Complexes of Montmorillonite and Vermiculite and Identification of Intergrades of Montmorillonite-Chlorite and Vermiculite-Chlorite in Soils, *Soil Sci. and Plant Nutrition* **11**, 1965. pp. 24-29.

表5 土 壤 採 取 地 名

土 壤 番 号	地 名	土 壤 番 号	地 名
東 北 部	2 Phimai Experiment station	中 央 平 地	34 Ban Pitsanulok (Wang Thong 西 10km)
	4 Chumpae Rice Sattion		37 Nang Sadet
	5		40 Chong Kae Irrigation Officeの西1km
	7 Ban Kao Noi (Udon 北 2km)		42 Ban Khung Sam Poa
	9 Sakon Nakhon Rice Station		44 Ban Hua Samroung
	16 Ban Dong Kan Yai, Amphur Kum Kuan Kao		46 Ban Thak (Sapphaya 近傍)
	20 Ban Kudping (Mahasarakhan 西 8km)		47 Bang Sam Chook, Amphoe Sam Chook
北 部	23 Ban Bua (Burirum 南 10km)	平 地	50 Ban Don Taku (Si Prachan 西 4km)
	24 San Pa Thong Rice Station		51 Ban Kanlam (Ban Pra Mong 北3km)
	25 Doi Saket の西 4km		54 Bang Ongkarak, Amphar Ongkarak
	26 Amphur Mea Rim		59 Ban Bang Pu, Amphur Samut Prakan
	27 Ban San Pa Yang Nong		60 Ban Pho (Suphanburi 南)
	29 San Kham Phaeng		61 Ban Yang (Khampang Saen 北)
	30 Ban Nong Feak		64 Ban Paklet (Pathum Tani 南 9km)