九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

長崎県に分布する赤黄色土の粘土鉱物組成

江頭，和彦
九州大学農学部土壌学講座

中島，康夫
森永醸造(株)

秋山，美保子
九州NECソフトウェア(株)

林，由紀子
福岡県立香住丘高等学校

他

https://doi.org/10.15017/22247

出版情報：九州大學農學部學藝雜誌. 42 (1/2), pp.15-25, 1987-12. 九州大學農學部
バージョン：
権利関係：

九大農学芸誌 (Sci. Bull. Fac. Agr., Kyushu Univ.)
第42巻 第1・2号 15-25 (1987)

長崎県に分布する赤黄色土の粘土鉱物組成

江頭和彦・中島康夫*・秋山美保子†
林　由紀子‡・和仁佳子†
九州大学農学部土壌学講座
(1987年5月11日　受理)

Clay Mineralogical Composition of Red-Yellow Soils Distributed in Nagasaki Prefecture

KAZUHIKO EGASHIRA, YASUO NAKASHIMA, MIHOKO AKIYAMA
YUKIKO HAYASHI and YOSHIKO WANI
Laboratory of Soils, Faculty of Agriculture,
Kyushu University 46-02, Fukuoka 812

緒　　言

長崎県は日本の最西端に位置し，面積 4,110 km^2，長い海岸線と島の多いことで特徴づけられる．地形は，山地，丘陵地，台地が多く，その上には赤黄色土が広く分布する．長崎県の耕地率は17%，耕地面積の60%近くを赤色土，黄色土，暗赤色土が占め，畑や樹園地として利用されている（農林水産省農蚕園芸局，1980）．このような農業上の重要性から，長崎県に分布する赤黄色土の物理的および化学的性質については，地力保全基本調査（長崎県総合農林試験場，1978）や土壌環境基礎調査（長崎県総合農林試験場，1985）を通して明らかにされてきている．しかし，その粘土鉱物学的性質については，長崎県下全域の赤黄色土にわたつた，系統的な研究は今までのところなされていない．この観点から，土壌環境基礎調査で集められた土壌のうち赤黄色土について，粘土鉱物学的性質を調べるのが本報告の目的である．そして，今後赤黄色土の生産性や肥沃度を論じる場合，物理的，化学的性質に加えて，粘土鉱物学的性質を考慮するための布石とするものである．

分析に用いた試料は，土壌環境基礎調査で集められた土壌の一部である．土壌試料をいただくに当り御尽力いただいた長崎県総合農林試験場中島征志郎氏（現在，長崎県農林部）と矢野文夫氏に感謝する．ギブサイトの定量は愛媛大学農学部松枝直人氏に，数量化分析Ⅰ類のコンピュータ計算は九州大学農学部久原哲氏にお願いした．記して謝意を表する．

試料および実験方法

1. 土壌試料

実験に用いた土壌試料は，昭和54年度から57年度にかけて，長崎県で行なわれた土壌環境基礎調査（定点調査）で集められた土壌である．土壌環境基礎調査（長崎県総合農林試験場，1985）では，長崎県下全域にわたつて75の調査地区，各地区5調査地点を設定し，断面調査および採取した土壌試料について物理的，化学的分析を行なつている．75の調査地区のうち，赤色土，黄色土あるいは暗赤色土に分類されるのは48地区である．そのうち43地区と灰色台地土に分類される1地区の44地区について，各地区1ないし3地点（大部分の地区は1地区2地点）合計89地点の表層土（作土）と下層土を粘土鉱物分析に用いた．

表1に，分析に用いた土壌試料の調査地区名を，母岩および地域ごとに区分して示す．地域区分は，長崎県の土壌地域区分（長崎県農林部，1986）に準拠している．**表1**の各区分に属する調査地区の数は，耕地としての利用状況が加味されているけれども，各種母岩

* 現在，森永醸造（株）
† 現在，九州NECソフトウェア（株）
‡ 現在，福岡県立香住丘高等学校

表1. 赤黄色土試料の母岩，地域，採取地.

母　岩	地域[1]	調査地区名（地区番号，所在市町村）
玄　武　岩	1	丹納(108，西海町)，白崎(111，西彼町)，日並(412，時津町)
	2	西正寺(202，北有馬町)，白木野(203，南有馬町)，早崎(204，口之津町)
	3	小川原浦(301，小長井町)，赤木(403，東彼杵町)
	4	中央(208，鷹島町)，調川(209，松浦市)，志佐(210，松浦市)，星鹿(211，松浦市)，福崎(212，田平町)，木浦原(213，世知原町)，中野(216，芦辺町)，片山(218，勝本町)，若松(219，郷ノ浦町)，上柚木(308，佐世保市)，木場(309，佐々町)，奥山(310，佐世保市)，針尾東(311，佐世保市)，前平(312，大島村)
	5	浜ノ畔(114，三井楽町)，楠原(115，岐宿町)，狩立(119，富江町)，平(315，宇久町)
安　山　岩	1	佐瀬(409，多良見町)，本川内(410，長与町)，馬込一本松(411，長与町)
	3	蔵本(402，東彼杵町)，平似田(404，東彼杵町)，荒瀬(406，大村市)
安山岩質凝灰角礫岩	2	京泊(206，南串山町)
	3	小峰(302，高来町)，長田(303，諫早市)，上原(307，飯盛町)
熔結凝灰岩	5	有川(318，有川町)
第三紀堆積岩	4	乙石尾(214，吉井町)
	5	豆酸(418，厳原町)
結　晶　片　岩	1	七ツ釜(109，西海町)，小松(110，大瀬戸町)，形上(113，琴海町)，千々(413，長崎市)，川原(414，三和町)

[1] 1，西彼杵半島地域・長崎半島地域；2，島原半島地域；3，多良山麓地域；4，佐世保地域・県北島しょ地域・壱岐地域；5，五島列島地域・対馬地域.

に由来する赤黄色土の長崎県での地域分布にほぼ対応する(長崎県農林部，1986)．玄武岩に由来する赤黄色土の分布は長崎県下全域にわたり，特に佐世保地域・県北島しょ地域・壱岐地域に広い．安山岩および安山岩質凝灰角礫岩に由来する赤黄色土は，多良山麓地域，島原半島地域から長崎半島地域にかけて分布し，結晶片岩に由来する赤黄色土は西彼杵半島地域・長崎半島地域に広くみられる．熔結凝灰岩に由来する赤黄色土は五島列島地域に，第三紀堆積岩に由来する赤黄色土は県北島しょ地域と対馬地域に分布する．

赤黄色土の堆積様式と地形についてみると（長崎県総合農林試験場，1985；長崎県農林部，1986)，堆積様式は大部分残積である．地形については，安山岩由来土壌は火山地に，安山岩質凝灰角礫岩由来土壌は火山山麓地に，結晶片岩由来土壌は山地から丘陵地にかけて分布する．玄武岩由来土壌の分布は，熔岩台地上が最も多い．

2. 粘土の分離

風乾細土（<2 mm) 10.0 g を取り，過酸化水素で加熱処理して有機物を除いた．水洗後，1 M NaOH を加えて pH 10 に合わせ，15 分間音波処理した（水槽型，38 kHz，250 W)．1 ℓ 沈定シリンダーに移して定容とし，所定時間放置して粘土（<2 μm) を分離した．この音波処理—静置—粘土分離の操作を，試料中に粘土がほとんど残らなくなるまで繰り返した．分離した粘土は少量の 3 M NaCl を加えて凝集させ，一定量としたのち，ポリびんに保存した．その一部分を取り，脱塩し，乾燥して定量した．

粘土分離後の試料から，まずシルト (2-20 μm) を沈定法によつて分離し，続いて細砂 (20-200 μm) と粗砂 (200-2,000 μm) を篩別した．各画分の全量を蒸発乾固，乾燥し，定量した．

3. 遊離鉄酸化物，非晶質物質，ギブサイトの定量

遊離鉄酸化物は DCB 法によつて定量した（吉永ら，1983；児玉・林，1985)．粘土 50.0 mg を含むように粘土ゾルを取り，遠心分離後，20 ml のクエン酸混液(0.3 M $Na_3C_6H_5O_7$ と 1 M $NaHCO_3$ を 8：1 の比に混合する）を加え，混合した．80°C の湯浴中で加熱し，5 分後に約 0.1 g の $Na_2S_2O_4$ 粉末を加え，よく攪拌した．5 分おきに 2 回同じく $Na_2S_2O_4$ 処理をし，時々攪拌しながら 15 分間 80°C に保つた．冷却後遠心分離し，クエン酸混液で 1 回，さらに 1 M CH_3COONa (pH 5) で 2 回遠沈洗浄した．遠心分離後の上澄液は共に集めて定容とした．Fe を原子吸光分光光度計で測り，Fe_2O_3 に換算した．

非晶質物質は酸性シュウ酸塩法で定量した（吉永ら，1983）．秤量済みの10 ml ガラス製遠沈管に，粘土50.0 mg を含む粘土ゾルを取り，遠心分離した．8 ml の酸性シュウ酸ナトリウム溶液（0.15 M $Na_2C_2O_4$ に 0.15 M $H_2C_2O_4$ を加え，pH 3.5 に調整する）を加え，混合した．90°C の湯浴中で，時々攪拌しながら 15 分間加熱処理した．冷却後遠心分離し，さらに 1 M CH_3COONa（pH 5）で 3 回遠沈洗浄した．脱塩し，乾燥して定量した．処理による重量減を非晶質物質の量とした．

ギブサイトは，示差熱分析での 270°C の吸熱反応を利用して定量した．粘土ゾルの一部を取り，Ca 飽和粘土を調製，その一定量を取り，示差熱分析を行なつた．270°C の吸熱反応のピーク強度（ピーク高さ×半価幅）を測定し，あらかじめ標準ギブサイト試料（Comalco Bauxite, Weipe, Kapeyork, Queensland, Australia）を用いて作成しておいた標準曲線をもとに，その含量を求めた．

4. 粘土の X 線回折

粘土 50 mg を含む粘土ゾルを 2 本の 10 ml ガラス製遠沈管に取り，遠心分離した．上澄液を捨て，1 M CH_3COONa(pH 5)-1 M NaCl 混液で 2 回遠沈洗浄した．つぎに，一方は 1 M KCl，他方は 0.5 M $MgCl_2$ で，それぞれ 3 回遠沈洗浄した．1 回の液量は 8 ml とし，2 回目の洗浄の際 1 時間以上放置した．8 ml の水を加えて遠沈洗浄し，脱塩した．水 1 ml を加えてよくけんだくさせ，その 0.4 ml（粘土約 20 mg）をスライドガラス（48 mm×28 mm）の 2/3 をおおうように滴下，風乾した（定方位試料）．

風乾後の試料を X 線回折した．K 飽和試料は300°C，さらに 550°C で加熱し，Mg 飽和試料はグリセロール処理して，同様に X 線回折した．回折の条件はつぎのようであつた．対陰極：Co；時定数：2；ゴニオメータ速度：2°/min；チャート速度：1 cm/min；管電圧-管電流：30 kV-10 mA．

実験結果および考察

1. 粘土中の遊離鉄酸化物，ギブサイトおよび非晶質物質の含量

表 2 に，いくつかの試料について測定した，粘土中の遊離鉄酸化物，ギブサイトおよび非晶質物質の含量を示す．いずれも表層土試料であり，318-11 試料のみ下層土である．遊離鉄酸化物は，遊離の形で存在する結晶質および非晶質の鉄酸化物である．粘土中の遊離鉄酸化物含量は，測定した試料を通して 3.6～13.1% の範囲にあり，玄武岩，第三紀堆積岩，結晶片岩由来土壌で高かつた．

結晶片岩および第三紀堆積岩に由来する土壌（いずれも黄色土）では，粘土中の遊離鉄酸化物含量は7.2～12.1%であつた（**表 2**）．非晶質物質がすべて非晶質鉄酸化物だとしても，残りの 7～10%は結晶質の形で存在する．粘土の X 線回折の結果，比較的に強いゲータイトのピーク（0.418 nm）が認められたので，結晶質鉄酸化物は主としてゲータイトであると推測する．

安山岩および安山岩質凝灰角礫岩に由来する土壌では，土壌型と粘土中の遊離鉄酸化物含量との間に対応がみられた．すなわち，粘土中の遊離鉄酸化物含量は，赤色土の 206-11 試料で最も高く 11.6%であり，ついで暗赤色土の 406-11 試料で 8.3%，黄色土の 409-11，402-11，302-11 および 303-11 試料で 3.6～6.7%であつた（**表 2**）．X 線回折でのゲータイトのピーク強度は，試料間で差がみられずかつ弱かつたので，赤色土の 206-11 試料はゲータイトおよび非晶質態に加えてヘマタイトを含むと思われ，それがこの土壌の赤色発現に寄与している．

玄武岩由来土壌では，黄色土（108-11，111-11，204-11，301-11 以外の試料）でも粘土中の遊離鉄酸化物含量が高く，8.0～10.0%，平均で 9.0%であつた（**表 2**）．X 線回折でのゲータイトのピークは比較的に弱かつたので，ゲータイトに加えて非晶質鉄酸化物がかなりの量含まれると推測する．赤色土の粘土の遊離鉄酸化物含量は 7.1～13.1%，平均で 10.0%であり（301-11試料を除いて9.8～13.1%，平均で11.0%），ヘマタイトも一部含まれると推測する．

粘土中のギブサイト含量は最も高い 115-25 試料でも 3.6%であり，大部分は 2%以下であつた（**表 2**）．ギブサイト含量と母岩あるいは地域との間にも一定の関係はみられなかつた．

粘土中の非晶質物質の含量は多少とも母岩の影響を受け，第三紀堆積岩(平均 0.9%)，結晶片岩(1.5%)＜安山岩質凝灰角礫岩（5.2%）＜安山岩（8.8%）＜熔結凝灰岩（10.9%），玄武岩（11.1%）の順に増大する傾向がみられた．第三紀堆積岩由来土壌と結晶片岩由来土壌の多くは，その非晶質物質含量が 1%以下であり，非晶質物質はほとんど含まれないといえる．非晶質物質含量が 5%以下の試料では，遊離鉄酸化物含量が非晶質物質含量に勝ることから判断して，非晶質物質は大部分非晶質鉄酸化物の形であると推測する．

残りの，非晶質物質含量が 5%以上の試料では，非晶質鉄酸化物に加えて，非晶質アルミノケイ酸塩鉱物も溶解している可能性がある．しかし，非晶質物質の定

表 2． 赤黄色土粘土の遊離鉄酸化物，ギブサイトおよび非晶質物質の含量．

地域[1]	試料の地区－地点番号	遊離鉄酸化物 (%)	ギブサイト (%)	非晶質物質 (%)
玄武岩				
1	108－11	13.1	－	8.3
	111－11	9.8	0.6	7.9
2	202－11	8.1	0.4	16.0
	203－11	－	－	8.4
	204－11	10.0	－	2.7
3	301－11	7.1	－	17.1
	403－11	－	1.0	－
4	208－11	－	－	17.8
	210－11	9.9	1.1	10.1
	212－11	－	0.9	－
	216－25	9.0	0.3	9.3
	308－11	－	2.0	－
	309－11	8.6	－	7.5
	310－11	8.0	－	7.6
	312－11	10.0	0.4	11.2
5	115－25	－	3.6	－
	119－11	9.1	－	15.8
	315－11	9.5	0.8	16.2
第三紀堆積岩				
4	214－11	11.0	1.5	1.2
5	418－11	－	－	0.5
安山岩				
1	409－11	5.2	<0.1	9.6
	411－11	－	0.3	2.6
3	402－11	3.6	－	10.4
	404－11	－	3.5	－
	406－11	8.3	1.1	12.6
安山岩質凝灰角礫岩				
2	206－11	11.6	0.2	4.7
3	302－11	5.1	1.2	9.3
	303－11	6.7	－	1.5
	307－11	－	0.6	－
熔結凝灰石				
5	318－11	4.7	<0.1	10.9
結晶片岩				
1	109－11	8.8	1.1	0.0
	110－11	12.1	0.5	4.6
	113－11	9.1	－	0.4
	413－11	7.2	0.2	－
	414－11	－	－	1.0

[1] **表 1** 参照．

量に用いた酸性シュウ酸塩が結晶性粘土鉱物の一部を溶解する恐れがあり（中井・吉永，1977），また層間化合物を溶出する恐れがあることを考えれば，粘土中の非晶質アルミノケイ酸塩鉱物の含量は多くても5%程度ではないかと推測する．

遊離鉄酸化物，ギブサイト，非晶質アルミノケイ酸塩鉱物の残りが結晶性の層状ケイ酸塩粘土鉱物であるとすれば，赤黄色土粘土中の層状ケイ酸塩粘土鉱物の含量は80～90%以上であると推測される．

2．粘土の層状ケイ酸塩粘土鉱物組成

粘土のX線回折図からの層状ケイ酸塩粘土鉱物の同定は常法によつた（和田，1966）．ピーク強度から，全体に占める各粘土鉱物の大まかな含量を推定し（和田，1966），“主要”（25%以上），“かなり”（5～25%），“わずか”（5%以下）の3段階に分けた．そして，“主要”な粘土鉱物の組成によつて，

カオリン鉱物を主要とするタイプ（“Kl”），

カオリン鉱物と2：1型鉱物-緑泥石中間種鉱物を主要とするタイプ（“Kl，2：1-Ch”），

カオリン鉱物とスメクタイトを主要とするタイプ（“Kl，Sm”），

2：1型鉱物-緑泥石中間種鉱物と緑泥石を主要とするタイプ（“2：1-Ch，Ch”），

カオリン鉱物，雲母粘土鉱物，緑泥石を主要とするタイプ（“Kl，Mi，Ch”）

に，各試料を分けた．カオリン鉱物を主要とするタイプは，さらに“かなり”な粘土鉱物の組成によつて，

“かなり”としては含まないタイプ（“Kl≫”），

2：1型鉱物-緑泥石中間種鉱物および/あるいは緑泥石を含むタイプ（“Kl>2：1-Ch，Ch”），

雲母粘土鉱物，バーミキュライトおよび/あるいはスメクタイトを含むタイプ（“Kl>Mi，Vt，Sm”）

に分けた．カオリン鉱物，雲母粘土鉱物，緑泥石を主要とするタイプは，主要な鉱物の組成によつて，“Kl，Mi，Ch”タイプ，“Kl，Mi”タイプ，“Kl，Ch”タイプ，“Mi，Ch”タイプに細分した．

表 3 は，そのようにして分けた粘土鉱物組成の各タイプに属する試料の地区一地点番号を示す．表の記載

は，表層土の分析結果に基づくものであり（318-11試料のみ下層土），粘土鉱物組成には表層土と下層土で本質的な差はみられなかつた．

玄武岩に由来する土壌のうち，西彼杵半島地域・長崎半島地域，島原半島地域，多良山麓地域の土壌は，カオリン鉱物あるいはカオリン鉱物と2：1型鉱物-緑泥石中間種鉱物を主要な粘土鉱物とした（**表3**）．これら粘土鉱物は，塩基性の火成岩に由来する赤黄色土に普通にみられるものである（和田，1986）．カオリン鉱物は，その多くがハロイサイトと同定され（底面間隔が0.72 nm以上），斜長石，輝石などの風化生成物であると考えられる．2：1型鉱物-緑泥石中間種鉱物はバーミキュライトあるいはスメクタイトに由来し，カオリン鉱物（和田，1983）あるいは二次緑泥石への中間にあると考えられる．

島原半島地域の白木野地区の203-23試料と早崎地区の204-11と204-24試料は，カオリン鉱物とスメクタイトを主要な粘土鉱物として含んでいた（**表3**）．スメクタイトの生成については，玄武岩中の角せん石，輝石，斜長石から，“塩基性陽イオン”とケイ酸の高い濃度のもとで形成されたと考えられる（Craig and Loughnan, 1964）．

玄武岩に由来する土壌のうち，佐世保地域・県北島しよ地域・壱岐地域と五島列島地域の土壌には，カオリン鉱物，カオリン鉱物と2：1型鉱物-緑泥石中間種鉱物，カオリン鉱物とスメクタイトを主要とする土壌のほか，2：1型鉱物-緑泥石中間種鉱物と緑泥石を主要とする土壌，カオリン鉱物，雲母粘土鉱物，緑泥石を主要とする土壌がみられた．前三つの鉱物タイプが玄武岩由来土壌に普通にみられ，一次鉱物から風化生成されたと考えられるのに対して，あとの二つの鉱物タイプは，玄武岩由来土壌にはあまり報告されていないものである．

あとの二つの鉱物タイプにみられる粘土鉱物のうち，雲母粘土鉱物は玄武岩にはもともと含まれていないし，一次鉱物から生成されたとも考えにくい．緑泥石は2：1型鉱物-緑泥石中間種鉱物から生成されたとも考えられるが，緑泥石を多く含む場合には，緑泥石として土壌に加えられた可能性が強い．したがって，雲母粘土鉱物や緑泥石は外から，恐らくは中国の砂漠起原の風成塵として土壌に加わつた可能性が強く（Mizota, 1982 ; Mizota and Takahashi, 1982），2：1型鉱物-緑泥石中間種鉱物と緑泥石を主要とするタイプおよびカオリン鉱物，雲母粘土鉱物，緑泥石を主要とするタイプは，風成塵の影響を多少とも強く受けた結果だといえそうである．

“2：1-Ch, Ch”および“Kl, Mi, Ch”の鉱物タイプが風成塵の影響であるとすれば，風成塵の影響は，佐世保地域，県北島しよ地域，壱岐地域，五島列島地域内の広範囲にわたつている．しかし，例えば木浦原地区（213）でみられるように，213-11試料が“2：1-Ch, Ch”タイプ，213-25試料が“Mi, Ch”タイプであるのに対し，213-24試料は“Kl≫”タイプと，同一地区でも風成塵の影響にかなりの違いがある．同一地区は地形的には同じであり（例えば，木浦原地区は熔岩台地（高位）緩斜面，残積），そうすると風成塵の影響の有無は，山地，丘陵地，熔岩台地，火山山麓地などの程度の地形ではとらえられず，もつと細かな地形の差が効いているようである．

本報告で用いた玄武岩に由来する土壌のうちで，スメクタイトを主要な粘土鉱物として含んでいたのは，島原半島地域の白木野地区（南有馬町）と早崎地区（口之津町），県北島しよ地域の調川地区（松浦市）の土壌であつた（**表3**）．このうち白木野地区と調川地区の土地利用は水田である（長崎県総合農林試験場，1985）．スメクタイトを主要とする土壌の分布が比較的に狭い範囲に限られることは，微地形的な条件—“塩基性陽イオン”とケイ酸の高濃度環境をもたらすような—がスメクタイト生成のひとつの要因であることを示すと思われる．

安山岩および安山岩質凝灰角礫岩に由来する土壌の多くは，カオリン鉱物あるいはカオリン鉱物と2：1型鉱物-緑泥石中間種鉱物を主要な粘土鉱物とした（**表3**）．この鉱物タイプは，玄武岩由来土壌にみられたものと同じであり，その生成についても，玄武岩由来土壌と同様に考えることができる．カオリン鉱物とスメクタイトを主要とするタイプは，安山岩および安山岩質凝灰角礫岩由来の土壌にはみられなかつた．

同じようにカオリン鉱物を主要とするとしても，安山岩由来土壌が“Kl>2：1-Ch, Ch”あるいは“Kl, 2：1-Ch”タイプであつたのに対し，安山岩質凝灰角礫岩に由来する土壌では半分は“Kl≫”タイプであり（**表3**），安山岩質凝灰角礫岩由来土壌で，カオリン鉱物の含量が相対的に高い傾向がみられた．この傾向は，“2：1-Ch, Ch”タイプと“Kl, Mi, Ch”タイプが安山岩由来土壌でのみみられたことからも支持される．

熔結凝灰岩に由来する土壌の主要な粘土鉱物は2：1型鉱物-緑泥石中間種鉱物と雲母粘土鉱物であり，それに緑泥石，カオリン鉱物，バーミキュライトを伴なつた．雲母粘土鉱物は母岩に由来したと考えられるが，

表 3． 赤黄色土粘土の層状ケイ酸塩粘土鉱物組成．

母岩	地域[1]	Kl			Kl, 2:1-Ch	Kl, Sm	2:1-Ch, Ch	Kl, Mi, Ch			
		Kl≫	Kl>2:1-Ch, Ch	Kl>Mi, Vt, Sm				Kl, Mi, Ch	Kl, Mi	Kl, Ch	Mi, Ch
玄武岩	1	412-22 (1)	108-23 412-11 (2)	111-23 (1)	108-11 111-11 (2)						
	2		202-11 (1)	202-24 203-11 (2)		203-23 204-11 204-24 (3)					
	3	403-11 (1)		301-24 (1)	301-11 403-23 (2)						
	4	210-23 213-24 216-25 218-24 311-24 (5)	212-22 310-24 (2)	208-24 219-23 (2)	208-11 210-11 308-23 310-11 311-11 (5)	209-11 209-24 (2)	211-24 212-11 213-11 308-11 (4)	312-22 (1)	309-11 309-23 (2)	219-11 (1)	213-25 312-11 (2)
	5	115-25 315-11 315-25 (3)		114-22 (1)			114-11 119-23 (2)	115-11 (1)			119-11 (1)
安山岩	1		409-11 409-24 409-25 410-24 411-25 (5)		411-11 (1)						410-11 (1)
	3	402-11 (1)			404-11 404-24 406-23 (3)		406-11 (1)	402-22 (1)			
安山岩質凝灰角礫岩	2	206-24 206-25 (2)	206-11 (1)								
	3	303-22 307-11 (2)	302-11 302-22 303-11 (3)		307-24 (1)						
熔結凝灰岩	5						318-11 (1)				
第三紀堆積岩	4				214-11 214-24 (2)	214-25 (1)					
	5				418-24 (1)				418-11 (1)		
結晶片岩	1				113-11 113-25 (2)		109-25 (1)		109-11 (1)	414-11 414-24 (2)	110-11 110-23 110-25 413-11 413-22 (5)

[1] **表 1** 参照．

（ ）内の数字は試料数を表わす．

五島列島地域は，玄武岩由来土壌の粘土鉱物組成から風成塵の寄与の可能性が示されたので，風成塵として加わつた可能性もある．中間種鉱物はバーミキュライト-緑泥石中間種鉱物であり，雲母粘土鉱物からバーミキュライトを経て形成されたと考えられる．

第三紀堆積岩に由来する土壌のうち(**表 3**)，県北島しよ地域の乙石尾地区では，214-11 と 214-24 試料がカオリン鉱物と 2：1 型鉱物-緑泥石中間種鉱物を主要とし，214-25 試料がカオリン鉱物とスメクタイトを主要とした．前二つの試料でもかなりのスメクタイトが含まれており，214-11 試料では，スメクタイトは一部スメクタイトとカオリン鉱物の不規則混合層鉱物に変つていた．これらスメクタイトは，凝灰岩の浅海底での化学変質により形成されたと考えられる．対馬地域の豆酸地区では，418-11 試料がカオリン鉱物と雲母粘土鉱物を，418-24試料がカオリン鉱物と2：1型鉱物-緑泥石中間種鉱物を主要な粘土鉱物として含んでいた．スメクタイトは豆酸地区の試料には含まれていなかつた．カオリン鉱物は，両地区ともカオリナイトと同定され(底面間隔が 0.72 nm 以下)，他の鉱物と共に第三紀堆積岩中にもともと存在していたものである．

結晶片岩に由来する土壌の粘土鉱物組成は，七ツ釜地区（109）を除いて，同一地区内では類似した（**表 3**）．いずれも，雲母粘土鉱物，緑泥石，カオリン鉱物，あるいは 2：1 型鉱物-緑泥石中間種鉱物を主要な粘土鉱物として含んでいた．雲母粘土鉱物と緑泥石は母岩に直接に由来し，カオリン鉱物は母岩中の斜長石あるいは角せん石から形成され，中間種鉱物は雲母粘土鉱物からバーミキュライトを経て，あるいは緑泥石から直接に形成されたと考えられる．試料間でみられる鉱物組み合わせの違いは，母岩の鉱物組成の差を反映していると思われる．結晶片岩由来土壌中では，雲母粘土鉱物と緑泥石は，それぞれ単独で存在するほか，しばしばバーミキュライト-緑泥石中間種鉱物と不規則混合層鉱物を形成していた．

3. 赤黄色土の粘土含量と母岩，地域，粘土鉱物組成との関係

表 4 に，母岩ごとに，県全体，各地域あるいは各粘土鉱物組成に属する試料の粘土含量の平均値をあげる．粘土鉱物分析の結果に対応して表層土の値である．県全体の平均値の対比からわかるように，粘土含量は母岩の影響を受け（Araki and Kyuma, 1986），その値は，玄武岩，安山岩質凝灰角礫岩＞安山岩＞第三紀堆積岩＞熔結凝灰岩＞結晶片岩の順に低下した．玄武岩に由来する土壌の中では，粘土含量に多少とも地域差がみられ，それは佐世保地域・県北島しよ地域・壱岐地域で高く，島原半島地域と五島列島地域で低かつた．粘土含量の地域差は，安山岩および安山岩質凝灰角礫岩に由来する土壌では明らかでなかつたが，第三紀堆積岩に由来する土壌ではみられ，粘土含量は県北島しよ地域で高く，対馬地域で低かつた．

玄武岩由来土壌について，粘土含量と粘土鉱物組成の関係をみると（**表 4**），粘土含量は“Kl≫”タイプで最も高く，ついで“Kl, 2：1-Ch”と“Kl, Mi, Ch”タイプで高かつた．これらが，風化が進んだ玄武岩由来土壌の粘土鉱物であるとすれば，“Kl≫”タイプと“Kl, 2：1-Ch”タイプは一応もつともだと思われる(Araki and Kyuma, 1986)．

粘土含量と母岩，地域，粘土鉱物組成との間の相関を調べるために，数量化分析 I 類を行なつた．数量化分析 I 類は，回帰分析において説明変数が定性的な形で与えられる場合に相当する．粘土含量を外的基準(目的変数）とし，要因（説明変数）には母岩，地域，粘土鉱物組成に加えて，地形，堆積様式を採用した．各要因のカテゴリーは**表 5** に示す通りである．数量化分析 I 類の計算には，SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) のコンピュータプログラムを用いた．

計算結果を**表 5** に示すように，粘土含量（全土壌）と各要因との重相関係数は $R=0.86$であつた．$R^2=0.74$であるから，粘土含量の変動の 74%は，ここで用いた要因とカテゴリーによつて説明される．偏相関係数の値をみると，要因の中では母岩が最も強く粘土含量に影響している．地域，粘土鉱物組成，地形の影響は母岩に比べて小さく，堆積様式はほとんど寄与していない．

カテゴリー数量から，土壌の粘土含量が予測される．例えば，ある土壌の母岩が玄武岩，地域が佐世保地域・県北島しよ地域・壱岐地域，粘土鉱物組成が“Kl≫”，地形が熔岩台地緩斜面，堆積様式が残積であるとすれば，その粘土含量は，$4.96+3.89+5.30+3.90+0.04+45.83=63.9$%と予測される．同じ要因ーカテゴリーに属する試料は 3 点あり，その粘土含量の平均値は 68.8%であつた．もう一例，母岩が結晶片岩，地域が西彼杵半島地域・長崎半島地域，粘土鉱物組成が“Kl, Mi, Ch；Kl, Mi；Kl, Ch；Mi, Ch”，地形が山地緩斜面，堆積様式が残積である土壌の粘土含量は，$-25.60-1.18-2.85-2.87+0.04+45.83=13.4$%と予測される．同じ要因ーカテゴリーに属する試料は 4 点あり，その粘土含量の平均値は13.5%であつた．

表4. 赤黄色土の粘土含量（%）.

		玄武岩	安山岩	安山岩質凝灰角礫岩	熔結凝灰岩	第三紀堆積岩	結晶片岩
県全体		52.7 (50)	46.9 (13)	52.0 (9)	25.5 (1)	33.8 (5)	15.6 (11)
地域[1]	1	52.5 (6)	45.6 (7)				15.6 (11)
	2	45.0 (6)		50.0 (3)			
	3	52.8 (4)	48.4 (6)	53.0 (6)			
	4	55.8 (26)				38.7 (3)	
	5	48.6 (8)			25.5 (1)	26.4 (2)	
粘土鉱物組成	Kl≫	61.0 (10)	38.8 (1)	51.0 (4)			
	Kl>2:1-Ch, Ch	51.6 (5)	46.5 (5)	53.3 (4)			
	Kl>Mi, Vt, Sm	48.5 (7)					
	Kl, 2:1-Ch	57.1 (9)	47.2 (4)	50.8 (1)		31.9 (3)	11.9 (2)
	Kl, Sm	49.4 (5)				43.1 (1)	
	2:1-Ch, Ch	46.0 (6)	57.8 (1)		25.5 (1)		12.4 (1)
	Kl, Mi, Ch	57.8 (2)	30.9 (1)				
	Kl, Mi	38.8 (2)				30.1 (1)	13.8 (1)
	Kl, Ch	53.2 (1)					22.3 (2)
	Mi, Ch	48.4 (3)	61.1 (1)				15.4 (5)

[1] **表1**参照.
（ ）内の数字は試料数を表わす.

玄武岩由来土壌について，粘土含量を外的基準，地域，粘土鉱物組成，地形，堆積様式を要因として数量化分析Ⅰ類を行なつた．結果を**表5**に示すように，重相関係数 $R=0.71$，$R^2=0.50$ であるから，粘土含量の変動のうち50%がこれらの要因とカテゴリーによつて説明される．要因の中では地域と粘土鉱物組成の影響が大きく，かつ同程度である．カテゴリー数量から予測されるように，もし他の要因のカテゴリーが同じであれば，佐世保地域・県北島しよ地域・壱岐地域の玄武岩由来土壌と島原半島地域の玄武岩由来土壌の間には，粘土含量に17%もの差がある．粘土鉱物組成については，粘土含量は“Kl≫”，“Kl, Sm”，“Kl, 2:1-Ch”タイプで高く，“Kl, Mi, Ch；Kl, Mi；Kl, Ch；Mi, Ch”と“2:1-Ch, Ch”タイプで低い．風成塵は，粘土の質的な面だけでなく，量的な面にも影響しているようである．

要　　約

長崎県に分布する赤黄色土の粘土鉱物組成を，母岩および地域との関連で調べた。玄武岩に由来する赤黄

表 5． 粘土含量の数量化分析 I 類．

要因	カテゴリー	粘土含量（全土壌，n=89） 例数	カテゴリー数量	偏相関係数	重相関係数	粘土含量（玄武岩由来土壌，n=50） 例数	カテゴリー数量	偏相関係数	重相関係数
母岩	玄武岩	50	4.96	0.76	0.86				0.71
	安山岩	13	3.89						
	安山岩質凝灰角礫岩	9	4.00						
	熔結凝灰岩	1	−3.85						
	第三紀堆積岩	5	−9.79						
	結晶片岩	11	−25.60						
地域	西彼杵半島地域・長崎半島地域	24	−1.18	0.38		6	1.73	0.60	
	島原半島地域	9	−4.80			6	−12.01		
	多良山麓地域	16	1.04			4	−7.71		
	佐世保地域・県北島しょ地域・壱岐地域	29	3.89			26	5.00		
	五島列島地域・対馬地域	11	−5.26			8	−4.69		
粘土鉱物組成	Kl≫	15	5.30	0.34		10	7.10	0.58	
	Kl>2:1-Ch, Ch;Kl>Mi, Vt, Sm	21	0.15			12	−1.88		
	Kl, 2:1-Ch	19	1.19			9	3.26		
	Kl, Sm	6	−1.49			5	5.33		
	2:1-Ch, Ch	9	−4.67			6	−9.07		
	Kl, Mi, Ch; Kl, Mi; Kl, Ch; Mi, Ch	19	−2.85			8	−6.24		
地形	山地斜面	7	−6.59	0.37		6	−8.38	0.50	
	山地緩斜面	11	−2.87			2	−10.55		
	山地急斜面	17	−2.90			4	8.07		
	丘陵地緩斜面	12	2.62			8	−2.37		
	熔岩台地緩斜面	22	3.90			22	2.26		
	火山山麓地緩斜面	20	0.48			8	1.05		
堆積様式	残積	70	0.04	0.16		47	0.31	0.15	
	残積／崩積	12	2.05			3	−4.84		
	崩積	7	−3.87						
		定数項45.83				定数項52.71			

色土は県下全域に分布し，特に佐世保地域・県北島しょ地域・壱岐地域に広く分布する．玄武岩由来土壌はカオリン鉱物あるいはカオリン鉱物と2：1型鉱物-緑泥石中間種鉱物を主要な粘土鉱物とし，地区によつてはカオリン鉱物とスメクタイトを主要とする．安山岩および安山岩質凝灰角礫岩に由来する赤黄色土は多良山麓地域，島原半島地域から長崎半島地域にかけて分布し，カオリン鉱物あるいはカオリン鉱物と2：1型鉱物-緑泥石中間種鉱物を主要とする．熔結凝灰岩由来赤黄色土の分布は五島列島にみられ，その主要な粘土鉱物はバーミキュライト-緑泥石中間種鉱物と雲母粘土鉱物であつた．第三紀堆積岩に由来する赤黄色土は県北島しょ地域と対馬地域に分布し，カオリン鉱物と2：1型鉱物-緑泥石中間種鉱物を主要な粘土鉱物とするものが多い．県北島しょ地域の土壌は，それに加えてスメクタイトを含む．結晶片岩に由来する赤黄色土は西彼杵半島地域・長崎半島地域に広く分布する．結晶片岩由来土壌は雲母粘土鉱物，緑泥石，カオリン鉱物，あるいはバーミキュライト-緑泥石中間種鉱物を主要な粘土鉱物とし，そのうちどれを含むかは地区によつて異なる．

佐世保地域・県北島しょ地域・壱岐地域と五島列島地域の玄武岩に由来する赤黄色土の中には，雲母粘土鉱物および/あるいは緑泥石を主要な粘土鉱物として含む土壌がみられる．雲母および緑泥石はもともと玄武岩には含まれていないので，それらは風成塵として土壌に加わつたと考えられる．風成塵の影響を受けたと思われる土壌は地域内に点在し，粘土鉱物組成が異なるだけでなく，粘土含量も他の玄武岩由来土壌に比べて低い．

長崎県に分布する赤黄色土の粘土含量は，母岩の影響を強く受ける．粘土含量は地域，地形，粘土鉱物組成によつても影響されるが，その影響は二次的である．粘土含量の変動のうち約75%は，母岩，地域，地形，粘土鉱物組成によつて説明される．

文　　献

Araki, S. and K. Kyuma 1986 Chemical and clay mineralogical characteristics of red and/or yellow colored soil materials in relation to lithology and weathering indices. *Soil Sci. Plant Nutr.*, *32: 265-271*

Craig, D. C. and F. C. Loughnan 1964 Chemical and mineralogical transformations accompanying the weathering of basic volcanic rocks from New South Wales. *Amt. J.Soil Res.*, *2:* 218-234

児玉秀臣・林　久人　1985　化学溶解法の比較検討—非晶質鉱物の同定と定量への応用—．粘土科学，**25**：139-147

Mizota, C. 1982 Mineralogy of the tropospheric dusts in rainwater collected in Fukuoka, northern Kyushu. *Soil Sci. Plant Nutr.*, *28* :225-234

Mizota, C. and Y. Takahashi 1982 Eolian origin of quartz and mica in soils developed on basalts in northwestern Kyushu and San-in, Japan. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **28**: 369-378

長崎県農林部　1986　土づくりのための長崎県の土壌

長崎県総合農林試験場　1978　地力保全基本調査総合成績書—長崎県（42）—

長崎県総合農林試験場　1985　土壌環境基礎調査（定点調査）成績書

中井　信・吉永長則　1977　非晶質成分の溶出におけるしゆう酸塩処理法の検討．日本土壌肥料学会講演要旨集，**23**：9

農林水産省農蚕園芸局　1980　地力保全基本調査総合成績書—統計編—

和田光史　1966　粘土鉱物の同定および定量法．日本土壌肥料学雑誌，**37**：9-17

和田光史　1983　2：1型から1：1型粘土鉱物への変化—新しい中間性粘土鉱物の可能性．粘土科学，**23**：131-136

和田光史　1986 土壌粘土鉱物学のすすめ．粘土科学，**26**：1-11

吉永長則・溝田智俊・中井　信　1983　土壌非晶質粘土成分の分析法—選択溶解・示差赤外線吸収スペクトル法—．粘土科学，**23**：31-37

Summary

Red-Yellow soils are widely distributed on the mountains, hills, and plateaus in Nagasaki Prefecture, located at the most western part of Japan, and used as an important agricultural land. They are derived from various kinds of parent rock including basalt, andesite, andesitic tuff breccia, welded tuff, Tertiary sedimentary rock, and crystalline schist. The purpose of the present study is to investigate the clay mineralogical composition of the Red-Yellow soils in relation to their parent rocks.

The clay fraction (< 2 μm) was separated by repeated sonification-sedimentation-siphoning at an alkaline medium after H&-treatment. The clay mineralogical composition of the clay fraction was analyzed by the X-ray diffraction method. Free iron oxides of the clay fraction was determined by the DCB method, gibbsite by the differential thermal analysis, and amorphous materials by the acid oxalate method. Total content of the free iron oxides, gibbsite, and amorphous materials was estimated to be 10 to 20% at the most.

The mineralogical composition of layer silicates in the clay fraction was closely related to the parent rocks. Most of the Red-Yellow soils derived from basalts were mainly composed of kaolin mineral (mostly halloysite) or kaolin mineral and 2 : 1 mineral (vermiculite or smectite)-chlorite intergrade. Small numbers of the basalt-derived soils contained kaolin mineral and smectite as principal clay minerals. The Red-Yellow soils derived from andesites and andesitic tuff breccias were dominated by kaolin mineral or kaolin mineral and 2 : 1 mineral-chlorite intergrade, similar to those of the soils derived from basalts.

The principal clay minerals of the Red-Yellow soil derived from welded tuff was vermiculite-chlorite intergrade and mica accompanied by chlorite, vermiculite, and kaolin mineral. The Red-Yellow soils derived from Tertiary sedimentary rocks were mainly composed of kaolin mineral (kaolinite) and 2 :1 mineral-chlorite intergrade. Smectite was also contained in the soils derived from the sedimentary rocks of marine-origin. The Red-Yellow soils derived from crystalline schists contained mica, chlorite, kaolin mineral, or

vermiculite-chlorite intergrade. The composition of principal clay minerals of the soils varied from site to site.

Some of the basalt-derived Red-Yellow soils distributed in the northern part of Nagasaki Prefecture contained mica and/or chlorite as principal clay minerals. Mica and chlorite are not originally contained in basalt and also not newly formed in the soil, leading to the possibility that the mica and chlorite is eolian-origin. Thus it is considered that the basalt-derived Red-Yellow soils containing mica and/or chlorite in a considerable amount were more or less influenced by the tropospheric dust.

The clay content of the Red-Yellow soils was affected by the parent rock followed by the clay mineralogical composition, regional division, and landform. The parent rock is a determining factor of both type and amount of clay minerals of the Red-Yellow soils in Nagasaki Prefecture.