# 鷲尾岳地すべりにおけるすべり面付近の粘土の粘土鉱物


| | |
|---|---|
| 著者 | 大八木 規夫 |
| 雑誌名 | 防災科学技術総合研究報告 |
| 号 | 32 |
| ページ | 61-85 |
| 発行年 | 1974-03-30 |
| URL | http://id.nii.ac.jp/1625/00002688/ |

551.243:551.3(522.2)

# 鷲尾岳地すべりにおけるすべり面付近の粘土の粘土鉱物

大八木規夫

国立防災科学技術センター

# Clay Minerals in Clay Layers near Slip Surfaces in Washiodake Landslide Area, Northwest Kyushu, Japan

By

Norio Oyagi

*National Research Center for Disaster Prevention, Tokyo*

Abstract

Washiodake Landslide Area is situated in the Sasebo Coal Field of which the geology is mainly composed of Miocene sediments being called Sasebo Group and Pliocene basalts. Type of the landslide belongs to block glide in the sense of Varnes (1958). Slip surfaces of Washiodake Landslide and other landslides of this type which occurred on the Sasebo Group are found in thin layers of clay which are often called "goma" and of which original rocks are tuff and tuffaceous sediments from mafic to acidic in original composition intercalated in coal measures in the Sasebo Group. Clay minerals of the clay layers are chiefly montmorillonite with various states of inter-layer water, illite-montmorillonite interstratified minerals and a subordinately small amount o layer water, illite-montmorillonite interstratified minerals and a subordinately small amount of kaolinite, while clay minerals of mudstone beds which contact with upper or lower parts of coal beds are composed of illite somewhat "degraded" in the sense of Brown (1954), chlorite and kaolinite. It is concluded from analysis of various samples that the formation of montmorillonite and montmorillonite component in interstratified minerals in those clay layers had been precedent to the first movement of the landslide which would have disturbed the clay layers near slip surfaces by shear strain, and also precedent to the weathering which might have attacked the beds of the Sasebo Group after an upheaval nearly to the present elevation. The formation of clay minerals may probably be originated by diagenesis which took place mainly during Miocene Period in the region of Sasebo Coal Field.

目　次

1．序　　言 …… 62
2．試料採集地点・層準 …… 62
3．試料の処理および測定方法 …… 63
4．結果および同定 …… 63
5．地点別概観 …… 65
5.1　鷲尾岳地すべり変動領域 …… 65
5.1.1　鷲尾隧道　C37c …… 65
5.1.2　試験井　C37c …… 66
5.1.3　金ケ坂隧道　C37c …… 67
5.1.4　鷲尾隧道　C37b，試錐　D8－b コア　C37a …… 67
5.2　鷲尾岳地区における非変動領域 …… 67
5.2.1　鷲尾隧道断層奥　C37c …… 67
5.3　炭鉱における試料 …… 67
5.3.1　飯野松浦炭鉱　C37 …… 67
5.3.2　福島炭鉱　C28 …… 69

6．考察と結論 …… 70

## 1．序　　言

北松地域は地すべりの多発地域である．流れ盤の岩盤すべり（Varnes（1958）のblock glide）の場合には，一つの地すべり地ではそのすべり面は特定の層準に見いだされる．その層準は地域の主要な地質を構成している新第三系佐世保層群に胚胎する炭層である場合がほとんどである．たとえば，平山地すべりのすべり面は第一鱗状または第二鱗状とよばれている沢田（1958）のC42またはC41層準にあるとされている（安藤，1968，1970）．鷲尾岳地すべりでは，隔物とよばれるC37炭層のうちとくにC37c層準に主要すべり面の存在することが確認されている（大八木，1968；大八木ら，1970）．また，受け盤の地すべりの場合にも，すべり面の一部が炭層に発達する場合がある．西分乙女地すべりにその例が認められる（地理院，1970）．では何故，炭層にすべり面が形成されているのであろうか．当地域でみられる炭層は，多くの場合単一の石炭層ではなく，何枚かのはさみを有しているのが一般である．これらのはさみはゴマと呼ばれており，岩石名をあてはめるとすれば酸性ないし塩基性の凝灰岩，凝灰岩質頁岩，凝灰岩質シルト岩などである．地表の露頭で観察する限り，これらのはさみはほとんど粘土層となっており，また，地すべり地の試験コア，坑内における観察では著しくじょう乱した粘土層となっている場合がある．鷲尾岳地すべりでは，はさみは軟質の粘土層となっており，その粘土層のなか，または粘土層と石炭との境界面に主要なすべり面が存在している（大八木ら，1970）．また，平山地すべりの場合にも，炭層に伴なう厚い粘土層に主要なすべり面があると推定されている（安藤，1970）．これらの例に見られるように，いま問題にしているタイプの地すべりでは，すべり面はゴマ層に由来する粘土層と密接な関係があると考えられる．したがって粘土層の成因は北松地域の地すべりの発生機構に関連する基本的な問題であると考えられる．

すべり面を含む粘土層が地すべり変動の開始より先に形成されているか，あるいは地すべり変動の結果として粘土層ができたか，しばしば議論されてきた問題である．しかしながら，この問題については多小の混乱がないとはいえない．なぜなら，粒径で定義された粘土の生成と，粘土鉱物の形成という意味における粘土の生成とではその内容は基本的に異なっているからである．小出（1955，p62）をはじめ，高野（1971，p21），岸本（1966），玉田（1969a，b），中村（1972）などの論じたのは粒径上の問題であり，渡部（1966），平山（1969），安藤（1968，1970，1971）などの記述したのは粘土鉱物としての粘土であった．大観すると，粒径上の問題に関する観察者はすべり面付近の岩石の粘土化を地すべり変動の結果とみなし，粘土鉱物を中心とした観察者は地すべり変動に先立つ風化作用により粘土化 ── モンモリロナイト生成 ── が行なわれたと考えているようである．なお，渡部（1966）は，樽川内地すべりにおいて，地すべり変動によってすべり面付近に新しくモンモリロナイトが形成されたと考えている．地すべりにおける粘土化の問題を取扱う場合に，どの観点で論ずるかを明確にしなければ議論は空転におわるであろう．筆者は，粘土鉱物の生成の問題に視点をおいて，おもに鷲尾岳地すべり地のすべり面付近の粘土や関連する二三の地点の炭層について調査してきたところ，これまでの説とことなった結論へ導くような結果がえられた．まだ十分な解析および考察がなされたとはいえないが，ここに結果の一部を提示して今後の考察の資料としたい

## 2．試料採集地点・層準

本報で取扱う試料の採集地点は鷲尾岳地すべり地および飯野松浦炭鉱および福島炭鉱である．

鷲尾岳地すべり地内のものは長崎県により掘削された排水横坑の鷲尾隧道および金ケ坂隧道，当所が調査研究用に掘削した試験井から採集した．採集した層序的位置は中新世佐世保層群上部柚木層中の炭層C37c（大八木ら，1970）が主で，他に同炭層上下盤の泥岩などである．

ゴマ層の末風化状態を知るために二炭鉱でも試料採集を行なった．飯野松浦炭鉱は坑口が世知原町木浦原にあって，こゝから北東へ10°で下る二本の斜坑がある．試料は人車用斜坑で坑口から約730 m，標高約－34 m，層準は柚木層上部の炭層で同炭鉱で「十二ヘダ」と呼ばれ，おそらくC37層準に対比される．

福島炭鉱は福島町平野南に坑口があり，坑道はこ

れより西へ伊万里湾海底にのびている．試料採集地点は右三卸右7切羽で，標高約－420 mである．層準は福島地区で鍋串二枚と呼ばれ，C28（他地区では柚木三枚とよばれている）層準に対比される．

なお，これらの炭鉱は筆者の試料採集後まもなく閉山された．

## 3．試料の処理および測定方法

粘土状試料は，とくに小量しかないものは別として，30 gを風乾せずそのまま純水に，小量のアンモニア水（1：1）を加えて，分散させた．また岩石状試料は30 gを電動乳鉢で1～2分間粉砕し，粘土状試料と同様純水中に分散させた．分散を十分にするためスターラおよび超音波洗浄器を使用し，さらに一昼夜以上の放置などの方法を併用した．そのあと，沈降法によって2 $\mu$以下の粘土粒子を取り出し，その小量をバイコールガラス，および普通ガラスに液状のままのばして静置し，定方位試料*とした．また，他の一部はhot HCl（1：10）1時間処理を行ない定方位試料*を作った．

X線回折測定の走査範囲は未処理試料で70°～2°（2$\theta$），250℃，450℃，600℃，800℃各1時間処理をバイコールガラス試料について順次行ない，20°～2°（2$\theta$）測定，エチレングリコール処理およびHCl処理試料も同様に20°～2°(2$\theta$)の測定を行なった.** なお測定器機は理学電機2030（デテクタはシンチレーションカウンタ使用），測定条件は対陰極Cu，管電圧30kv，管電流14 mA，走査速度1°/min，入射線側スリット0.3 mm，時定数2である．

## 4．結果および同定

各資料のX線回折結果は粘土鉱物同定表に示した（表－1～8）．

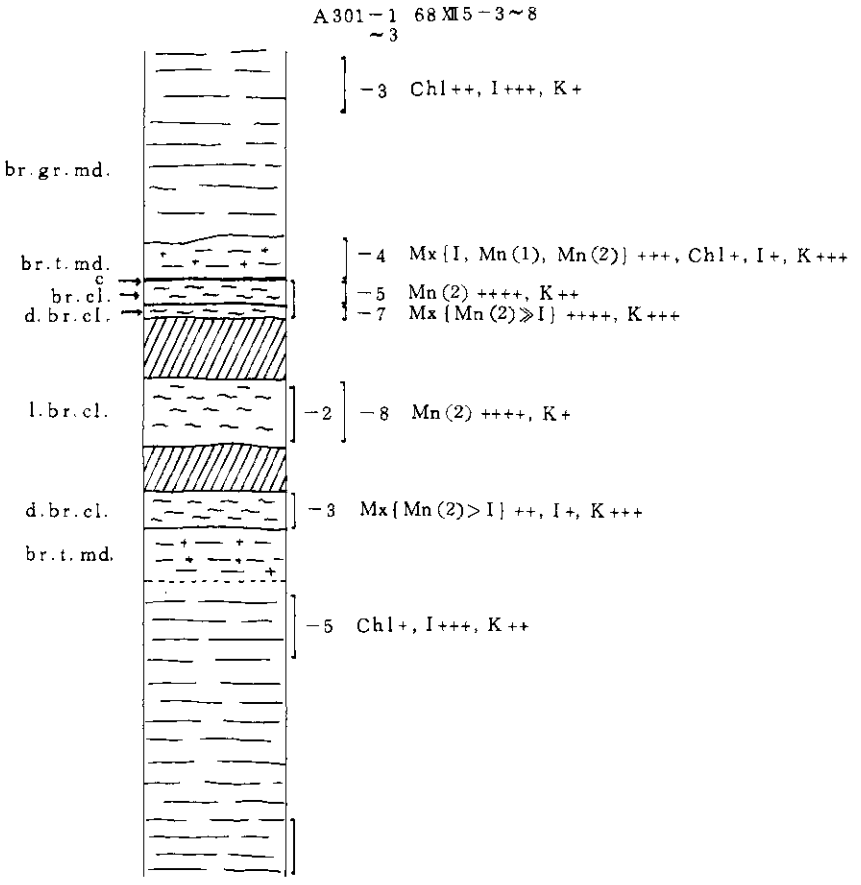
未処理試料における低角（2$\theta$）側にみられる代表的なピークは，やや幅広い15Å（±0.5Å），鋭い14.2Å，幅広い13Å（±0.5Å），幅広い12.5Å，11.6Å～，鋭い，しかししばしば低角側へすそ野をひいた10.0Å，鋭い7.12～7.20Å，および5.00Åのものである．先に鋭いピークの同定をのべ，幅広いピークはその後にのべる．まず，14.2Åのピークは600℃では13.8Åとやや移動しながらも鋭いピークとして残り，800℃では消滅し，またエチレングリコール処理では変化せず，HCl処理によって消滅することから緑泥石の底面反射001と判定される．10Åのピークは加熱処理によっていっそう鋭くなり，800℃まで消滅しない，またエチレングリコール，HCl処理でも変化しないこと，かなり強い5Åピークを伴うことからイライトの底面反射001であり，5Åのピークはその002であると判定される．さきに述べたように，10Åピークには未処理試料で低角側へ尾を引いたものが泥岩試料にしばしばみいだされ，Brown(1954)の“degrading illite”や，小林・生沼（1960)が北海道の古第三系堆積物から報告したものに類似したパターンを示している．7Åのピークは600℃の加熱処理によって消滅するが，エチレングリコール処理では変化しない．HCl処理によって，7.17～7.19Åのピークは鋭く強まって残る，しかし，未処理試料に強くあらわれた7.11～7.13Åのものは消滅している．これから，7Åのピークはカオリナイトの001，および緑泥石の002の重なったピークと解される．しかし，その高角側すなわち，7.11～7.13Å付近は緑泥石の002からなり，低角側すなわち7.17～7.19Å付近はカオリナイトの001であると判定される．緑泥石の004は3.537Å付近，カオリナイトの002は3.567Å付近にあらわれ，現在の測定条件ではかろうじて分離している．

前述のごとく，取扱った種々の試料から11.6Åから15.5Åにいたる種々値を示す幅広いピーク(diffused peak）が認められた．これらのピークの同定については詳細を別途報告するが，結論的にのべると，それらは基本的にはイライト－モンモリロナイト系（dioctahedral 2：1 layer）の不規則混合層鉱物である．

15.4～15.5Åのピークはこれを001とすると，その高次反射として002，5.08～5.12Å，および003，3.10～3.12Åを伴っており，エチレン・グリコール処理によって17.0～17.2Åになり，その高次反射として，002，8.61Å，そして003，5.63Åなどが確認される．250℃以上の加熱処理によって10Åになる．以上から，これは2層の層間水をもつモンモリロナイトと判定される．また，12.4

* 配列が良くない場合もあり，準あるいは半定方位試料というべきものもある．

** 場合によっては30°～2°(2$\theta$)の場合もある．




地質柱状左側の文字は岩質，右側の数字は試料番号，さらに右端は粘土鉱物組成を示す．
b：褐色，gr：灰色，gn：緑色，l：淡色，d：暗色，md：泥岩，t：凝灰岩または凝灰岩質，f：細粒，c：石炭，cl：粘土，g：ゴマ，ss：砂岩，Mn：モンモリロナイト，( ) 内の数字は層間水の状態．Mx：混合層鉱物，［ ］内は構成成分，Chl：緑泥石，I：イライト，k：カオリナイト．＋：微量，＋＋＋＋＋：ほとんど当鉱物のみ，その他＋＋～＋＋＋＋は両者の中間的量を示す．
図－２以下の記号もすべて図－１と同様である．

図－１　鷲尾隧道Ａ坑道左側壁　Ｃ37c

～12.5 Åのピークは6.15 Å（002），3.098 Å（004）の高次反射が認められ，エチレン・グリコール処理では16.8 Å，8.50 Å，5.61 Å が現われる．これらのピークを MacEwan（1961）の Fig. XI. 17, 18, 19によって検討した結果，主として一層の層間水をもつモンモリロナイト（$d_{001}$＝12.4 Å）からなり，これにイライト（10Å），二層の層間水をもつモンモリロナイト（15.4 Å）がごく少量不規則に混合したものが多いと判定される．しかし，主としてイライトと二層の層間水をもつモンモリロナイト（15.4 Å）との混合層と考えられるものもある．その他のピーク，11.6～11.8 Å，13.3～14.9 Å などは主としてイライト成分（10 Å）と二層の層間水をもつモンモリナイト成分（15.4 Å）と，一層の層間水をもつモンモリロナイト（12.4 Å）からなる三成分系不規則混合層鉱物であると判定された．ピークが15.4 Åに近づくほど二層の層間水をもつモンモリロナイト成分が多く，10 Åに近づくほどイライト成分が多くなると考えられる．13Å 付近のものは一層の層間水をもつモンモリロナイト成分が多いようである．これらの混合層鉱物を主とした試料にも各成分の partial segre-

gation は存在するようである．

なお，これらの他石英・長石等が混入し，それらのピークがしばしば認められる．しかし，表－1～8には省略した．また，少量の Gypsum および Jarosite がやゝ古い坑道で採集した試料にしばしば検出された．

## 5．地点別概観

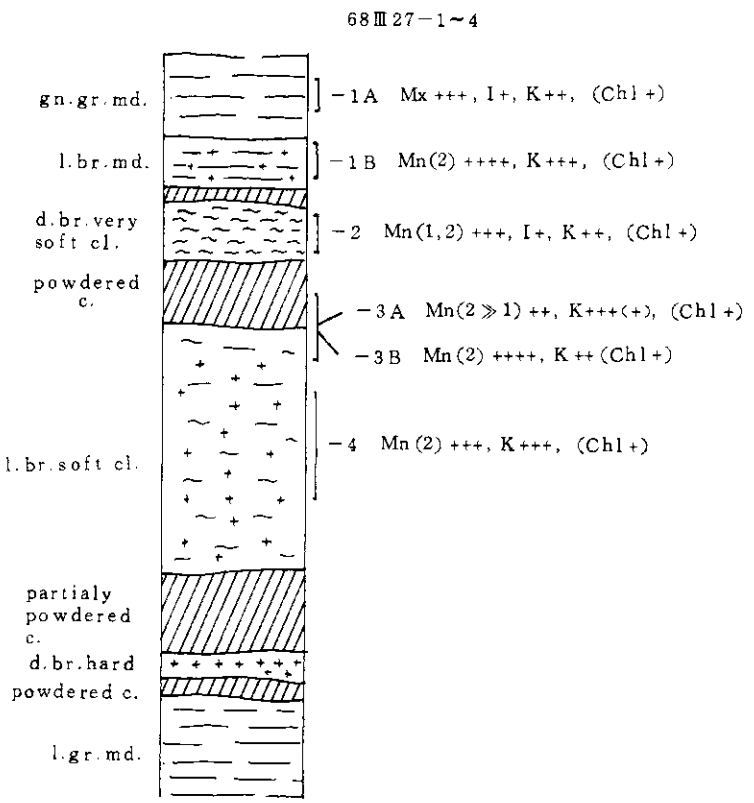
### 5.1 鷲尾岳地すべり変動領域

#### 5.1.1 鷲尾隧道 C37c （図－1，表－1）

鷲尾岳地すべりの主すべり面が認められるC37cに挟在する粘土と上下盤の泥岩の試料は鷲尾隧道のA坑*で坑口より 262～272 m 付近で採集した．採集箇所の地質柱状，試料番号，粘土鉱物組成を図－1に示した．

同地点の地質柱状を下位からみると，C37c の下盤は灰色のシルト質頁岩（または泥岩）で，その上部には数cmから10cmの褐色の凝灰岩質泥岩をへて C37c となる．その最下部には2cmないし5cmの暗褐色の粘土，その上に石炭を挟んで淡褐色の粘土，さらにこの上に石炭を挟んで1cmないし3cmの暗褐色粘土がある．坑口から 260 m の地点では，この中に明瞭なすべり面が確認されている．しかし，さらに10m奥の地点ではこの粘土とその上に接する薄い石炭との境界面がすべり面となっている　薄い石炭層の上は再び3～5cm褐色の凝灰岩質泥岩をはさんで上盤の泥岩に達する．

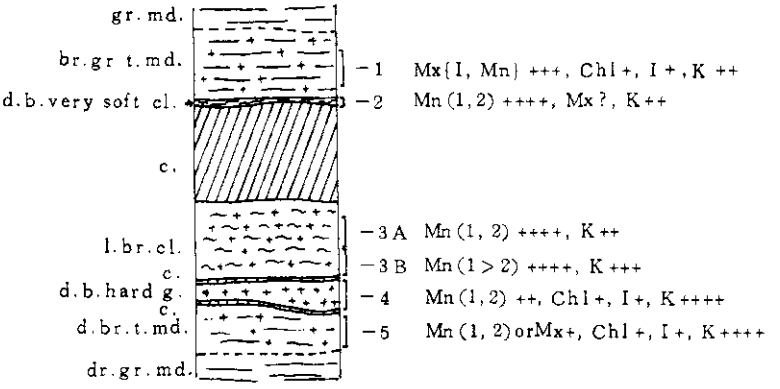
粘土鉱物は C37c から隔たった上，下盤の泥岩は緑泥石，イライト，カオリナイトからなっている．C37c に接する凝灰岩質泥岩（上盤）は，それらの鉱物の他にイライト―モンモリロナイト系混合層鉱物が加わっている．C37c 中の三枚の粘土層は主としてモンモリロナイトあるいはモンモリロナイトを主成分とする混合層からなり，これにカオリナイトが加わり，イライトは小量認められる程度にすぎない．これら粘土層の中のモンモリロ




図－2　試験井S30°E付近　C37c

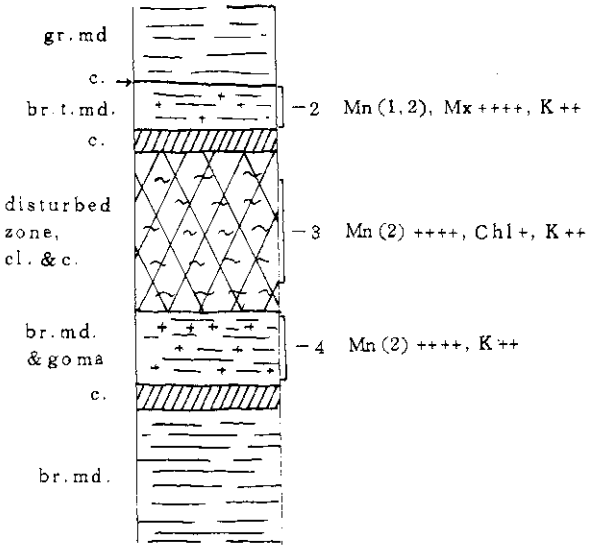
*鷲尾隧道坑口から直線状に入った坑道．地すべり地の中央部に位置している．詳細は大八木ら（1970）参照．

69 N 11－1～5




図－３　試験井　N10°E 付近　C37c

69 N 12－2～4,




図－４　金ケ坂隧道　C37c

ナイトとしたものは15Åのピークを示し，おもに２層の層間水をもつものであるが小量の10Å成分（イライト成分）が混合しているようである．C37c上盤に接する凝灰岩質泥岩中のものは12.8Åピークで，最的に１層の層間水をもつものが主体となった不規則混合層状のものであろう．

5.1.2　試　験　井　C37c（図－２，３，表－２，３）

試験井内壁の深度25～26 mの二個所（S30°E, N 10°E*）で異なった時期に採集した．当採集地点における地質柱状は基本的には鷲尾隧道におけるも

＊　試験井内壁は円筒状であるので，位置は地表からの深度と方位によって表わしている．試験井内壁の地質展開図は大八木ら（1970）付図を参照のこと．

のと変わらない．しかし，各単層の厚さは変動している．鷲尾隧道における3枚の粘土層のうち最下位の暗褐色粘土層に対応するものは，試験井ではやや硬いゴマ層状である．ただし，色調は暗褐色を呈し類似している．

S 30°E付近の場合には，C37c中の三枚の粘土またはゴマ層は，ほとんどすべてモンモリナイトとカオリナイトからなっている．前者の層間水は大部分2層の状態にある．カオリナイトは鷲尾隧道よりやや多い．なお，小量のクロライトが認められる．

N 10°E 付近の場合には，粘土鉱物の量比は，S 30°E付近の場合とほぼ同様の傾向を示しているが，最多鉱物は層間水が1層を主体とする，あるいは1層および2層の層間水をもつモンモリロナイトの種々の量比の不規則混合層状のもの，およびイライト―モンモリロナイト系混合層鉱物などからなっている．C37c 炭層に接する下盤の凝灰岩質泥岩では，イライト―モンモリロナイト系混合層は少なく，緑泥石，イライト，カオリナイトが多くなっている．モンモリロナイトの層間水の状態はこの地点のC37c 内部の粘土層あるいはゴマ層におけるものと類似している．

5.1.3　金ケ坂隧道　C37c　（図－4，表－4）

試料採集地点は，坑口から103 m点を左へ90°折れて集水井の方へ約40 mはいった点の左側壁である．地質柱状に示めされているように上部二枚の粘土層と石炭層はじょう乱されていて区別がつかない．しかし，最下位のゴマ層はあまり乱されていない．

粘土鉱物はじょう乱された粘土層と，最下位のゴマ層はともに2層の層間水をもつモンモリロナイトが主で，小量のカオリナイトを含む．C37c に接する上盤の凝灰岩質泥岩では，イライト―モンモリロナイト系混合層が加わる．

以上をまとめると，地すべり変動領域内のC37c 層準内では粘土層，およびゴマ層を構成する粘土鉱物は主としてモンモリロナイトあるいはモンモリロナイト成分の多いイライト―モンモリロナイト系混合層鉱物からなり，カオリナイトが小量含まれている．モンモリロナイトの層間水の状態は主に二層であるが一層のものもかなり存在する．

5.1.4　鷲尾隧道　C37b，試錐 D8－aコア
C37a（図－5，6，表－5）

C37b 層準は当地すべり地において，主すべり面をもつC37c 層準のすぐ上位にあり，しかも著しく粘土化しておりながらまったくすべり面が形成されていない．またC37c はさらにこの上位にあって多数のゴマ層を含み，しかしほとんど粘土状あるいはじょう乱していない．ごくまれに微量の変動が記録されたことがある（熊谷，1971）が，すべり面は認められない．

表－5に示したように，両試料ともモンモリロナイトを主とし，小量のカオリナイトが含まれている．したがって，すべり面の存在の有無にかかわらずモンモリロナイトがゴマ層―― 粘土層の主体となっていることは明白である．

### 5.2　鷲尾岳地区における非変動領域

5.2.1　鷲尾隧道断層奥　C37c（図－7，表－6）

鷲尾隧道A坑道は志戸氏断層を横断して非変動領域へ約16 mはいっている（大八木ら，1970，図－13）．試料採集地点はA坑道切羽面である．C37c に挟在するゴマ層はいずれも粘土層と呼ぶべき性状のもので，ゴマ層のように凝灰岩の組織を残しておらず，著しく乱されている．

粘土鉱物組成は，C37c 真中のゴマ層では層間水一層のモンモリロナイトを主とし，その他のゴマ層および本炭層に接する凝灰岩質泥岩はイライト―モンモリロナイト系混合層鉱物を主とし，それに小量のカオリナイトが加わっている．

以上を要約すると，粘土鉱物の組成に関しては，C37c 層準のゴマ層―― 粘土層は非変動領域において，すでに変動領域におけるようにモンモリロナイトまたはモンモリロナイト成分の多い混合層鉱物が主要なものとなっている．

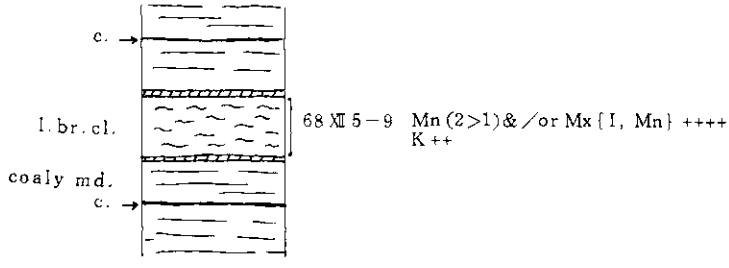
モンモリロナイトおよび混合層鉱物中のモンモリロナイト成分は地すべり変動開始に先行しているかもしれない風化作用によって生成されたのであろうか，あるいは，そのような風化作用を受ける前から存在していたのであろうか．この問題へのアプローチとして深部を開発している炭鉱に着目した．

### 5.3　炭鉱における試料

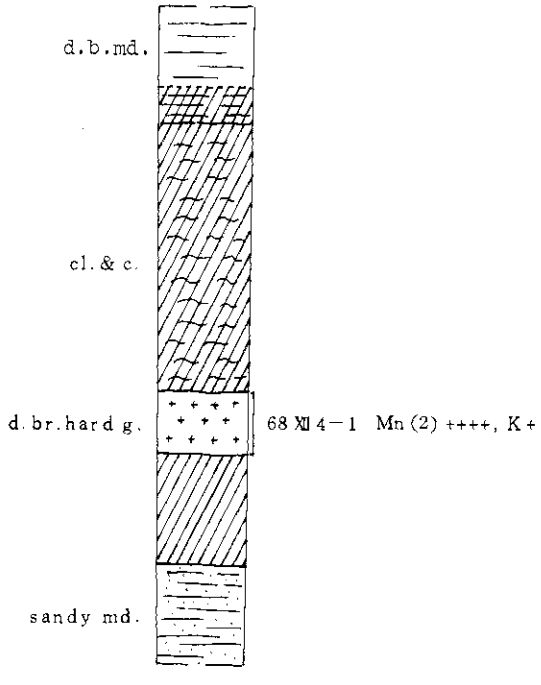
5.3.1　飯野松浦炭鉱　C37（図－8，表－7）

松浦炭鉱の人車斜坑坑壁に露出している炭層に挟在すゴマ層―― 粘土層から試料を採集した．採集した層準は7層準（C33，C34，またはT20，C35？，C36，C37，C38，C39）に及ぶ．これらすべての層準については別途報告する予定であるので，ここではC37 層準のみをとり上げる．

当炭鉱で十二ヘダと呼ばれている炭層はC37 層




図－５　鷲尾隧道　Ｆ坑道　Ｃ37b




図－６　Ｄ８－ａ　試錐コア　Ｃ37a

準である．しかし，本試料の炭層は鷲尾地区のａ～ｅのどれに対比されるか明らかではない．カキ化石帯をもつ砂岩の下位30～50cmにあることからC37a に対比される可能性が強い．

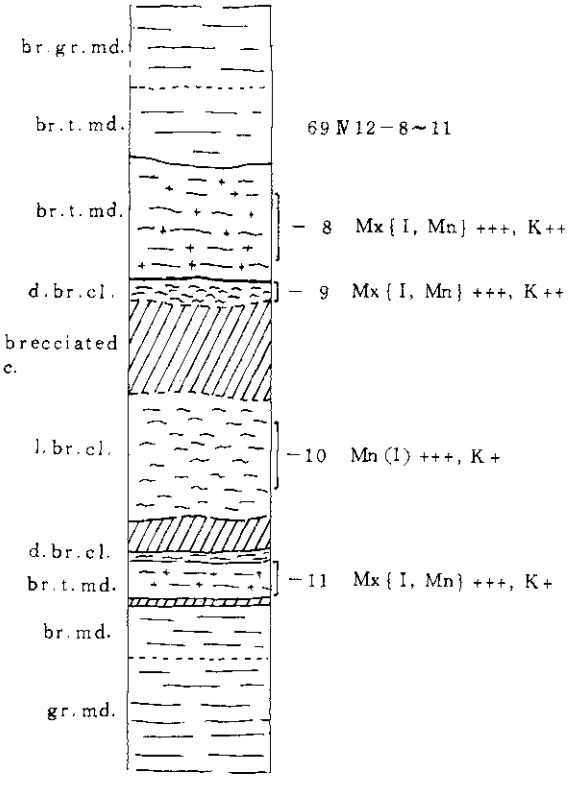
本炭層は下から硬質ゴマ，炭質物まじりのゴマ，および粘土層を挟んでいる（図－８）．

これらのゴマ層および炭層の上位に直接するシルト岩はモンモリロナイトまたはイライト－モンモリロナイト系混合層鉱物を主とし，小量のカオリナイトおよび微量のイライト，ときに緑泥石を伴なう．モンモリロナイトまたは同成分の層間水の状態は１層の多いものから２層の多いものまである．

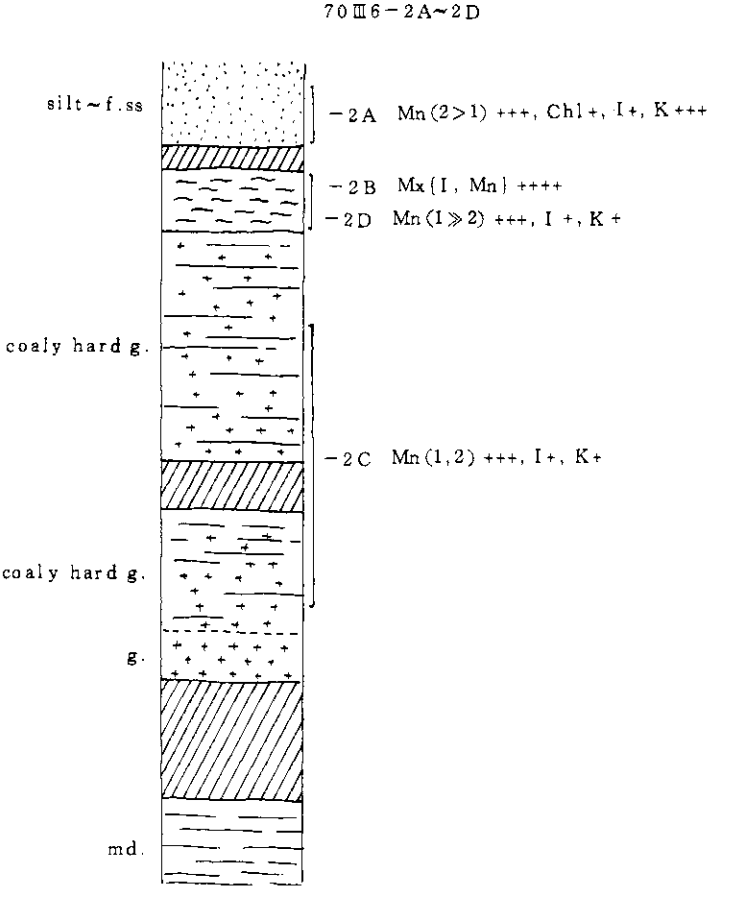
さて，本炭層の試料採集地点は標高－34mであり，この付近の現河床は標高約85mでかつ河床堆積物はほとんどなく，佐世保層群が露出している．したがって過去においてこのレベル以下に河床が下ったことはない．採集地点はこの河床より約110m下位である．この程度の深さにおける地下水流がどういう状態であったか推定は困難であるが，すくなくとも地表付近とくに現河床より高い位置にある地層と比較して風化作用は著しくinactiveであったといえよう．本試料ではすくなくとも現世における風化作用の影響は受けたとしても極めて弱いと考えられる．しかし，洪積世においては問題がある．洪積世の寒冷気候下における最大海水準低下量は－110～－125m前後（星野，1971）あるいは－140m（湊，1966）などといわれている．それ故当時は－110～－140m付近までは風化作用の影響範囲に入らないという保証はない．また，本斜坑は試料採集時すでに坑道掘削後８年を経過しており，掘削後に進行した一種の風化作用の影響がなかったとはいえない．これを吟味することとも困難である．以上のことから，標高－140m以下で，しかも新しい切羽における試料が必要である．

5.3.2　福島炭鉱　C28（図－９，表－８）

北松地区では稼行中の炭鉱はほとんどない状態であるので，層準は異なっても当炭鉱以外に目的




図－７　鷲尾隧道Ａ坑道断層図　C37c




図－8　飯野松浦炭鉱十二ヘダ（C37）

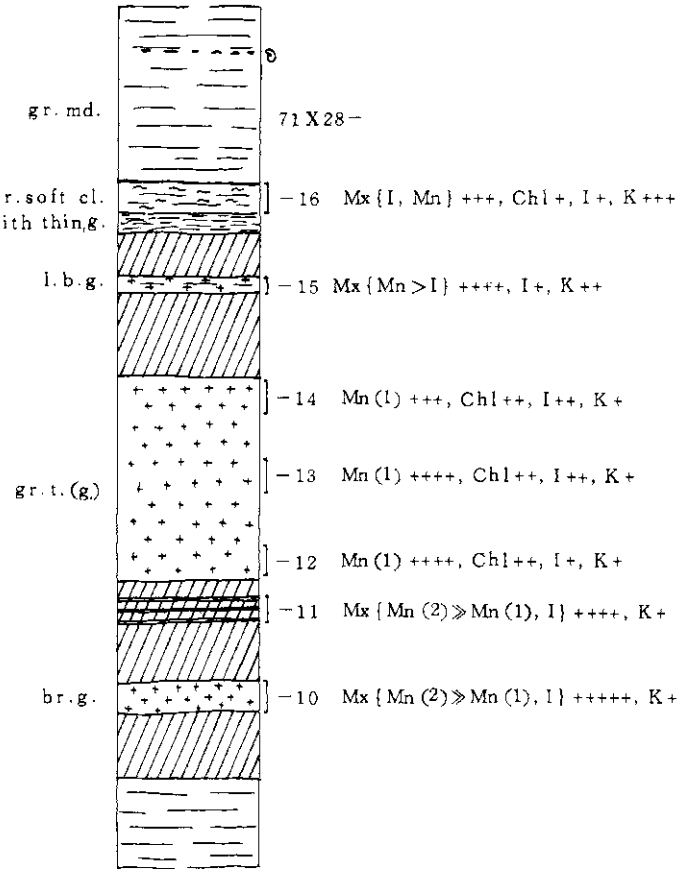
の試料採集は不可能であった．当炭鉱では福島二尺（大瀬五尺C20～C21に対比），および鍋串二枚（柚木三枚C28に対比）の二層準について計4カ所で採集することができた．詳細は別の機会にゆずり，採集当日掘削中の切羽面であった鍋串二枚についてのべる．なお，標高は－420 mであり前記の問題点はのぞかれたと考える．

本炭層の地質柱状は中間に50～60cmの厚さをもつ灰色の酸性凝灰岩層をはさみ，その上下に50～60cmの石炭層がある．また，これらの石炭層には厚さ1～5cmの褐色のゴマ層（凝灰岩層）が2～3枚挟在する．

これらの凝灰岩層・ゴマ層の粘土鉱物は表－8，図－9に示めされているように，主体はモンモリロナイトまたはほとんどモンモリロナイト成分からなる混合層鉱物からなっており，これにイライト，緑泥石，およびカオリナイトが小量加わっている．モンモリロナイトの層間水の状態は中間の酸性凝灰岩層におけるものが一層を主とするもので，混合層鉱物のモンモリロナイト成分は二層のものが多いが一層のものも存在する．最上部の炭層と頁岩との接触部には破砕帯状にじょう乱された，しかし，割合乾いた粘土薄層がみとめられた．ここの粘土鉱物は，モンモリロナイトとイライトの不規則混合層，イライト，緑泥石，カオリナイトなどからなっている．

## 6．考察と結論

(1)　以上の結果を要約すると，鷲尾地すべり変動領域において主すべり面をもつC37c層準の粘土層，すべり面の形成されていないC37a,およびC37b層準の粘土層，非変動領域におけるC37cのゴマ層―粘土層，また現世（Recent）にお




図－9　福島炭鉱　鍋串二枚（C28）

ける風化作用をほとんど受けていないと思われるC37層準，そして層準は異なるが炭層に挟在し洪積世以来まったく風化作用を受けていないと思われるゴマ層あるいは凝灰岩層におけるすべての粘土鉱物組成のうち，量的にもっとも主要なものはモンモリロナイトおよびイライト── モンモリロナイト系混合層鉱物であるということになる．これに，小量のカオリナイト，イライト，緑泥石などが含まれている．以上の結果から次の二つの推論がなされよう．

1）当地すべり地の主すべり面（C37c）付近に認められるモンモリロナイトおよび混合層鉱物のモンモリロナイト成分の大部分は，当地すべりの変動開始時期*以前から存在していた．

2）二つの炭鉱の試料からみて，モンモリロナイトおよび混合層鉱物のモンモリロナイト成分の生成は風化作用が加わった時期よりも先行していた．

この問題と関連が深い問題として，グリーンタフ地域に多数胚胎しているベントナイト，および酸性白土といわれる二種類のモンモリロナイト鉱床の存在がある．これらは一般に流紋岩ないし流紋岩質凝灰岩を原岩として，低温の熱水変質作用か，または続成作用によって形成されたものと考えられている（Takeshi, 1969）．日本におけるような温暖多雨の気候条件下では地表付近における風化作用の影響範囲では地球化学的環境条件は，モンモリロナイトを他の鉱物から生成する方向よりはむしろ，カオリナイト系鉱物生成の方向へ有利であると考えられる（たとえばCarroll, 1970,

＊　当鷲尾地すべりの変動が地表で亀裂発生などによって認められたのは昭和25年（1950）の春である（大八木ら，1970）

Table 2). グリーンタフ地域の鉱床では，既存のモンモリロナイトは風化作用によって次第にカオリナイトへ変化することが認められている（Takeshi et al., 1969). また，炭層の場合には炭層に含まれている硫化物が $O_2$ を多く含んだ地下水によって酸化し，たとえば次の反応

$$2FeS_2 + 2H_2O + 7O_2 \rightleftharpoons 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$$

(Loughnan, 1969, p. 36)

によって水素イオン濃度が増大し，すなわちpHが小さくなり，上記の傾向はさらに強まるものと考えられる．したがって，風化作用の働く以前からモンモリロナイトおよび混合層鉱物のモンモリロナイト成分が存在していたという上の推論は環境条件からみても自然な結果であると考えられる．

(2) それでは，北松地域の場合にモンモリロナイトおよび混合層鉱物のモンモリロナイト成分はどこまでさかのぼれるであろう．佐世保層群堆積固化後の構造運動による圧砕作用などによってモンモリロナイト生成に有利な条件がもたらされなかったかという問題がある．この問題に対する全般的資料はないが，今対象とした試料に関していえば，深部で採集した試料では原岩の組織は乱されていないことが指適できる．北松地域には広範囲にわたって，北松浦玄武岩類が佐世保層群を不整合に覆っている（Kurasawa, 1967). この玄武岩類の噴出時期は鮮新世で約800万年前（Kojima et al and Kurasawa, 1968）とされている．現在北松地域には温泉は認められないので，約800万年前から現在まで活動するような息の長い後火成作用はなかったと考えられる．それでは，約800万年前玄武岩類噴出当時には熱水作用がなかったであろうか．今のところこの点に関する研究は空白状態である．本報で取扱った試料採集地点では，熱水作用を示す証拠は認められていない．しかし，積極的に否定する証拠も認められていない．

以上の考察から，ここで問題としている鉱物組成の起原に関しては，必然的に佐世保層群の堆積から続成作用の進行，そして，北松玄武岩類の活動にいたる一連の時期を研究しなければならないことになろう．この問題は，北松地域における現在の地すべり現象を理解する上で基本的な問題の一つであると考えられる．

(3) 地すべり変動によるモンモリロナイトの新生説（たとえば渡部，1966）は上の考察からみると疑問となるわけである．もちろん，地下水の作用による（風化作用による）モンモリロナイトの生成は全面的に否定されるものではない．

東北・北陸地方の新第三系に分布する地すべり地において，モンモリロナイトはごく一般的に存在している（谷津，1965). それらのモンモリロナイトの成因については，地すべりの研究者の間では一般的に風化作用が重視されている．しかし，続成作用によって形成されたモンモリロナイト鉱床の例，および北松地域の例から考えて，東北・北陸地域の場合もすべて風化作用でかたづけられる問題ではなさそうである．

(4) 上の結果および推定される環境条件は，地層とともにゴマ層のうけた風化作用を否定するものではない．X線回折の手法による同定範囲では，一応モンモリロナイトと同定されたものでも，すでにみたように層間水の状態には種々のものが認められる　現在，他の分析を行なっていないのでその原因はつかめていない．グリーンタフ地域におけるモンモリロナイトの鉱床，あるいは泉南地方の堆積物では地表付近の風化作用によって，モンモリロナイトの陽イオン交換能，交換性イオンの種類，結晶内部構造に変化が認められている(Takeshi et. al, 1969; 宇野・武司，1971). 北松地域のゴマ層── 粘土層のモンモリロナイトの場合にも，上のような変化が風化作用によってもたらされているにちがいない．モンモリロナイトの場合にはその土質力学的性質は陽イオン交換能の大小や，交換イオンの種類によって著しい相異が生じるといわれている(Grim, 1961, p. 206～p. 264)ので，X線回折による同定範囲では風化作用の影響が明瞭に検出されなくても，交換イオンに変化があれば土質力学的には無視できない大きな変化が起こっていることになるであろう．混合層鉱物の場合，たとえば北松地域の試料のようにイライト―モンモリロナイト系混合層の場合に，その混合層構造のなかでイライト成分とモンモリロナイト成分はそれぞれ単体で存在するものと同様の土質力学的性質をあらわすのであろうか．もしそうであれば，その混合層鉱物からなる粘土の土質力学的性質は両者の存在比の函数になるはずである．あるいは混合層となったために別の性質を持つのであろうか．

これらの諸点も今後の重要課題である．

(5) さて，前述のような鉱物組成の凝灰岩質薄層（ゴマ層・粘土層）がどのような過程を経て，また何故に剪断面あるいは剪断帯（すべり面・すべり帯）を形成しやすい層準に発展してきたので

あろうか．この問題に関しては稿を改めて考察したい．

謝辞：炭鉱における試料採集にあたっては九大名手教授野田光雄氏，三扇コンサルタント本村芳政氏，元福島炭鉱，および元飯野松浦炭鉱の方々に種々の御助力を賜った．ここに記して感謝の意を表したい．

## 引　用　文　献

安藤　武（1967）：北松地域における地すべり層準について．地すべり，Vol. 4, No.2, 1－9.

――――（1968）：北松地域における地すべり層準について（その2）．地すべり，Vol. 4, No. 3, 9－18.

――――（1971）：地すべりと風化機構に関する考察．地すべり，Vol. 8, No. 2, 1－10.

安藤　武・大久保太治・古川俊太郎（1970）：地すべり層準の研究(1)――在世保北部地域について．防災科学技術総合総研報　No. 22, 55－76

BROWN, G. (1954): "Degrading illite". Nature, **173**, 644.

CARROL, D. (1970): Rook weathering. Plenum Press, New York, p. 203.

GRIM, R. E. (1962): Applied clay mineralogy. McGrow-Hill, New York, p. 422.

平山光衛（1969）：地すべり粘土の化学組成（要旨）．地すべり　Vol. 5, No. 3, 34.

星野通平（1971）：大陸棚．浅海地質学　東海大学出版会，p 445.

岸本良太郎（1966）：地すべり土の微細構造の形態学的研究と地すべり履歴論．農土試報，No. 4, 171－197.

小林和夫・生沼　郁（1960）：北海道石狩炭田上砂川地方に分布する白亜紀，第三紀の堆積岩の粘土鉱物学的研究（I）．地質雑，Vol. 66, 506－516.

小出　博（1955）：日本の地すべり．東洋経済社，p. 256.

国土地理院地図部地形課（1970）：北松地域における最近の地すべり変動の地形特性（予報）．防災科学技術総合研究報告，No. 22, 5－38.

熊谷貞治（1971）：鷲尾岳地すべり地の変位測定（II）．防災科学技術総合研究報告，No. 27, 69－92.

KURASAWA, H. (1967): Petrology of the Kita-Matsuura basalts in the Northwest Kyushu, Southwest Japan. Report No. 217 of Geological Survey of Japan. p. 108.

LAUGHNAN, F. C. (1969): Chemical weathering of the silicate minerals. Elsevier, Yew York, p. 154.

MACEWAN, D. M. C., A. Ruiz AMIL, and G. BROWN (1961): Interstratified clay minerals, Chapter XI in The X-ray identification and crystal structures of clay minerals edited by G. Brown. Mineralogical Society London, 393–445.

湊　正雄（1966）：日本列島最後の陸橋．地球科学，85・86, 2－11.

中村浩之（1972）：黒色泥岩地帯における地すべりの土質工学的特性――特に猿供養寺地すべりについて――　地すべり．Vol. 9, No. 2, 33－43.

大八木規夫（1968）：北松鷲尾岳地すべり地におけるすべり面．第5回災害科学総合シンポジウム講演論文集，217－218.

大八木規夫・大石道夫・内田哲男（1970）：北松鷲尾岳地すべりの構造要素，防災科学技術総合研究報告，No. 22, 115－140.

OZIMA, M., I. KANEOKA, M. KONO, H. KINOSHITA, K. KOBAYASHI, N. OHNAKA & T. NAGATA and H. KURASAWA (1968): Paleomagnetism and K-Ar ages of successive lave flows (2)–Kita-Matsuura basalts, Kyushu Japan. Jour. Geomag. Geoelect. Vol. 20, No. 2, 85–92.

沢田秀穂（1958）：日本炭田図 II　北松炭田地質図ならびに説明書．地質調査所．

TAKESHI, H. (1969): Montmorillonite minerals, The Clay of Japan. Geological Survey of Japan, 130–120.

TAKESHI, H., N. FUJII and T. FUJINUKI (1969): The transformation of montmorillonities in acid clay deposits by weathering. Proceedings of the International Clay Conference, Tokyo, Japan, Israel University Press, 369–382.

高野秀夫（1971）：続地すべりと防止工法．地球出版，p. 135.

玉田文吾（1969ａ）：長崎県北松地区における地すべり発生機構の特性（平山地すべり―その１―）．地すべり，Vol. 6，№1，23－34.

――――（1969ｂ）：長崎県北松地区における地すべり発生機構の特性（平山地すべり―その２―）．地すべり，Vol. 6，№2，10－18.

宇野泰章・武司秀夫（1971）：大阪層群（泉北地すべり地域）の粘土鉱物と生成環境．粘土科学．Vol. 11，№1，25－30.

VARNES, D. J. (1958): Landslide types and processes. Landslides and Engineering Practice. NAS-NRC Publication 20--47.

渡辺景隆（1966）：地殻表面の変化．地学ハンドブック，朝倉書店，257－301.

谷津栄寿（1965）：日本の地すべり粘土について．粘土科学，Vol. 4，№2，8－20.

表－1　鷲尾隧道A坑道左側壁C 37c

| Treatment / Sample No. | Ut | 250°C | 450°C | 600°C | 800°C | EG | HCl | Identification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 68XII5-3 | 14.2 (6) | 14.02 (4) | 14.0 (4) | 13.8 (5) | — | 14.2 (3) | | Chl (001) ++ |
| | 10.02 (21) | 10.06 (25) | 9.91 (30) | 10.04 (12) | 10.04 (10) | 9.93 (14) | | I (001) +++ |
| | 7.12 (22) | 7.08 (18) | 7.08 (16) | — | — | 7.13 (15) | | K (001) +, Chl (002) |
| | 4.99 (13) | 4.96 (14) | 4.96 (15) | 5.01 (7) | 5.03 (7) | 4.99 (6) | | I (002) |
| | 4.72 (5) | 4.70 (4) | 4.72 (4) | — | — | 4.72 (3) | | Chl (003) |
| | 4.48 (4) | 4.47 (4) | 4.46 (5) | 4.50 (7) | 4.50 (5) | 4.48 (2) | | |
| | | | | 4.26 (9) | 4.26 (8) | | | |
| | 3.56 (3) | 3.56 | 3.56 | — | — | | | K (002) |
| | 3.535 (12) (14) | 3.54 (11) | 3.53 (10) | | | | | Chl (004) |
| | 3.336 (80) | 3.330 (70) | 3.327 (85) | 3.340 (57) | 3.51 (1) | | | I (003), Q (101) |
| 68XII5-4 | 14.1 ? (2) | | | | | | | Chl + |
| | 12.8 b (22) | 10.8 (20) | 10.13 (21) | 9.99 (10) | 10.02 (2) | 16.6 b (10) | | Mx {I, Mn (1), Mn (2)} +++ |
| | 10.04 (2) | <9.95 (2)> | | | | 9.98 (2) | | I + |
| | | — | | | | 9.06 b (2) | | |
| | 7.19 (51) | 7.14 (44) | 7.13 (40) | | | 7.15 (37) | | K +++ |
| | 4.99 (7) | 4.98 b (8) | 4.95 (9) | 4.95 b (5) | — | 5.36 b (3) | | |
| | 4.74 (2) | ··· ? shd | ··· shd | | | — | | |
| | 4.48 (12) | 4.47 (10) | 4.46 (9) | 4.48 (12) | 4.48 (4) | 4.50 | | |
| | 3.57 (40) | 3.57 (35) | 3.57 (35) | — | | | | |
| | 3.340 (35) | 3.336 (30) | 3.332 (32) | 3.340 (25) | 3.343 (12) | | | |
| 68XII5-4 | 14.2 (2) | | | | | 14.2 (1) | | Chl + |
| | 12.6 b (4) | | | | | 17.7 b (2) | | Mx {I, Mn (1), Mn (2)} ++ |
| | 10.04 (2) | | 10.04 (3) | 10.10 (3) | | 9.98 (2) | | I + |
| | 7.16 (10) | 7.16 (14) | 7.15 (13) | — | | 7.16 (9) | | K +++ |
| | 4.48 (2) | | | 4.48 | | | | |
| | 3.573 (7) | | | | | | | |
| | 3.342 (21) | | | | | | | |
| 68XII5-5 | 15.3 (50) | 11.6 b (13) | 10.1 b (15) | 9.84 b (9) | 9.71 b (7) | 17.1 (30) | 12.3 b (8) | Mn (2) ++++ |
| | | | | | | 8.75 b (3) | 10.03 (5) | G |
| | 7.62 (2) | | | | | 7.62 (3) | | |
| | 7.19 (20) | 7.13 (8) | 7.13 (17) | — | — | 7.17 (15) | 7.18 (4) | K ++ |
| | 5.06 b (5) | 4.87 b (3) | 4.87 b (4) | 4.84 b (3) | 4.82 (3) | 5.57 b (4) | | |
| | 4.48 (10) | 4.48 (10) | 4.48 (10) | 4.45 (12) | 4.46 (11) | | | |
| | 3.57 (17) | 3.567 (19) | 3.56 (16) | 3.52 (2) | | | | |
| | 3.340 (15) | 3.35 | 3.335 (13) | 3.342 (13) | 3.342 (9) | | | |
| 68XII5-7 (ff) | 14.7 b (100) | 12.0 b (70) | 10.5 b (65) | 10.25 (27) | 9.93 (20) | 16.7 b(100+) | | Mx {Mn (2) >> I} ++++ |
| | | | | | | | 12.7 b (22) | |
| | | | | | | 8.86 b (14) | | |
| | 7.62 (2) | | | | | 7.62 (2) | 7.18 (15) | K +++ |
| | 7.18 (15) | 7.19 (18) | 7.21 (16) | — | — | 7.19 (13) | (f) | |
| | 5.03 b (24) | 4.90 b (18) | 4.90 b (19) | 4.86 b (8) | 4.86 b (8) | 5.54 b (18) | | |
| | 3.57 (16) | 3.58 (10) | 3.58 (10) | — | — | | | |
| | 3.14 b (22) | 3.30 b (28) | 3.26 b (37) | 3.23 b (13) | 3.24 b (15) | | | |

表－1　つづき

| Treatment / Sample No. | Ut | 250°C | 450°C | 600°C | 800°C | EG | HCl | Identification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 68XII5-8 | 15.1 b (63) | 10.5 b (10) | 9.93 (16) | 9.80 b (11)<br>8.25 b (3) | 9.71 (8) | 17.0 (32)<br>8.58 b (4) | 12.9 b (35) | Mn (2) ++++ |
| | 7.14 (3) | 7.18 (3) | 7.18 (3) | | — | 7.19 (2) | 7.16 (2) | K + |
| | 5.04 b (7) | 4.88 b (5) | 4.84 b (7) | 4.82 b (4) | 4.85 b (5) | 5.57 b (5) | | |
| | 4.48 (19) | 4.48 | 4.48 | 4.48 | 4.46 | | | |
| | 3.58 (2) | 3.57 (3) | 3.58 (2) | — | — | | | |
| | 3.338 (10) | | | 3.338 (7) | 3.343 (6) | | | |
| A301-2 | 15.2 (20) | 10.84 b (13) | 10.27 (11) | 9.73 b (12)<br>8.38 (4+) | 9.82 (7) | 17.3 b (13)<br>8.91 b (2) | | Mn (2) ++++ |
| | 7.62 (3) | | | | | | | G |
| | 7.19 (9) | 7.18 (8) | 7.19 (7) | — | — | 7.19 (6) | | K + |
| | 5.03 b (4) | 4.88 b (2) | 4.92 b (3) | | 4.9 b (3) | 5.53 b (12) | | |
| | 4.48 (17) | 4.48 | | 4.47 (9) | 4.46 (17) | | | |
| | 3.57 (6) | 3.57 (6) | 3.58 (6) | — | — | | | |
| A301-3 | 14.9 b (8) | 14.36 (2) | | | 13.0 b (10) | 16.7 b (3) | | Mx {Mn (2) > I} ++ |
| | 10.1 (2) | 10.18 (3) | | | 10.1 (2) | 10.0 (2) | | I + |
| | 7.17 (62) | 7.19 (16) | | | | 7.17 (35) | 7.17 {100+} | K +++ |
| | 5.70 (2) | | | | | | | J |
| | 5.10 (4) | 5.06 (3) | | | | 5.09 (3) | | J |
| A301-5 (ff) | 14.2 (4) | 14.3 (4) | 14.4 (4) | 13.8 (6) | 12.7 b (1) | 14.3 (3) | | Chl + |
| | 9.99 (40) | 10.10 (60) | 10.07 (72) | 10.12 (27) | 10.10 (18) | 9.98 (16) | | I +++ |
| | 7.14 (26) | 7.15 (28) | 7.14 (18) | — | — | 7.13 (17) | | K ++ |
| | 4.97 (16) | 5.00 (25) | 4.99 (28) | 5.02 (15) | 5.03 (11) | 5.01 (9) | | |
| | 4.75 (5) | 4.75 (5) | 4.75 (2) | | | 4.75 (3) | | |
| | 3.56 } (12) | 3.57 } (18) | 3.57 } (6) | | | | | |
| | 3.54 } | 3.54 } | 3.54 } | 3.51 (2) | | | | |
| | 3.336 (5) | 3.330 (45) | 3.330 (53) | 3.348 (43) | 3.348 (35) | | | |

表－2　試験井S 30°E付近C 37c

| Treatment / Sample No. | Ut | 250°C | 450°C | 600°C | 800°C | EG | HCl | Identification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 68III27-1A<br>S30°E | 14.2 b (6)<br>9.91 (1)<br>7.11 (14)<br>5.27 b (5)<br>4.45 (21) | | | | | 17-14b (2)<br><br>7.11 (8) | | Mx +++<br>I +<br>K ++?, Chl (002) + ? |
| 68III27-1B | 15.6 (48)<br><br>7.18 (29)<br>5.08 b (5)<br>4.480 (12)<br>4.261 (7)<br>3.586 (27) | | | | | 17.4 (30)<br>8.72 b (3)<br>7.18 (21)<br>5.70 b (5) | | Mn (2) ++++<br><br>K +++?, Chl (002) + ? |
| 68III27-2 | 13.6 b (8)<br>10.0 (2)<br>7.53 (3)<br>7.09 (8)<br>5.92 (2)<br>5.66 (5)<br>5.06 (6) | | | | | 16.9 b (10)<br><br>7.51 (2)<br>7.09 (5)<br>6.05 (4)<br><br>5.05 (6) | | Mn (1, 2) +++<br>I +<br><br>K ++?, Chl (002) + ?<br>F<br>F |
| 68III27-3A | 15.2 b (18)<br>7.18 (80)<br>5.01 b (1)<br>4.46 (6) | | | | | 17.4 b (15)<br>7.18 (64) | | Mn (2>>1) ++<br>K +++?, Chl (002) + ? |
| 68III27-3B | 15.5 b (75)<br>7.18 (65)<br>5.12 b (7)<br>4.48 (14)<br>4.255 (10)<br>3.571 (57) | | | | | 17.2 b (57)<br>7.18 (50)<br>5.59 b (6) | | Mn (2) ++++<br>K ++?, Chl (002) + ? |
| 68III27-3B | 15.5 (40)<br><br>7.16 (4)<br>6.402 (2)<br>5.145 b (4) | | | | | 17.0 (26)<br>8.51 b (3)<br>7.17 (2)<br>5.59 b (4) | | Mn (2) ++++<br><br>K +?, Chl (002) + ? |
| 68III27-4 | 15.4 b (68)<br><br>7.18 (80)<br>5.09 b (4)<br>4.48 (5)<br>4.257 (9) | | | | | 17.3 (62)<br>8.61 b (3)<br>7.18 (62)<br>5.61 b (6) | | Mn (2) +++<br><br>K +++?, Chl (002) + ? |

表－3　試験井N 10° E付近C 37c

| Treatment / Sample No. | Ut | 250°C | 450°C | 600°C | 800°C | EG | HCl | Identification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 69IV11-1 | 28.(2)? | | | | | | | |
| | 12.1 b (30) | 12.0 b (26) | | 13.9 (2) | — | 16.9 b (10) | 11.8 b (42) | Mx {I, Mn} +++, Chl + |
| | 10.3 (shd) | | 10.17 (40) | 10.04 (44) | 10.01 (28) | 10.16 (3) | | I + |
| | | | | | | 9.19 (4) | | |
| | 7.19 (32) | 7.19 (32) | 7.21 (30) | — | — | 7.18 (22) | 7.18 (31) | K ++ |
| | 5.04 (6) | 5.04 b (10) | 5.00 (18) | 4.95 (20) | 4.95 (18) | 5.41 b (5) | 5.01 (1) | |
| | 4.49 (12) | 4.48 (8) | 4.50 (8) | 4.49 (7) | 4.48 (8) | 4.50 (7) | 4.49 (8) | |
| | 4.26 (3) | | | | | | | |
| | 3.577 (30) | | | | | | | |
| | 3.528 (shd) | | | | | | | |
| | 3.347 (9) | | | | | | | |
| | 3.201 b (15) | | | | | | | |
| 69IV11-2 | 13.0 b (45) | 12.6 b (32) | 10.35 b (28) | 10.10 (28) | 9.78 (20) | 17.2 (35) | 12.5 b (31) | Mn (1, 2) ++++, Mx? |
| | 7.21 (32) | 7.20 (32) | 7.22 (31) | — | — | 7.18 (22) | 7.17 (23) | K ++ |
| | | 5.20 b (3) | 4.94 b (8) | 4.87 b (8) | 4.84 (8) | 5.6 b (4) | | |
| | 4.49 (5) | 4.50 (5) | 4.50 (4) | 4.49 (4) | 4.46 (?) | 4.48 (4) | 4.48 (4) | |
| | 4.277 (3) | | | | | | | |
| | 3.583 (28) | | | | | | | |
| | 3.347 (3) | | | | | | | |
| 69IV11-3A | 13.6 b (42) | 13.4 b (20) | 10.12 (30) | 9.92 (26) | 9.80 (17) | 17.1 (50) | 12.7 b (50) | Mn (1, 2) ++++ |
| | | | | | | 8.70 (5) | | |
| | 7.18 (46) | 7.19 (46) | 7.20 (47) | — | — | 7.18 (38) | 7.21 (48) | K ++ |
| | 5.15 b (2) | 5.04 b (6) | 4.95 (10) | 4.85 (19) | 4.84 (8) | 5.60 b (6) | 6.25 b (2) | |
| | 4.50 (9) | 4.50 (6) | 4.48 (5) | 4.49 (5) | 4.46 (5) | 4.48 (3) | 4.50 (7) | |
| | 4.261 (6) | | | | | | | |
| | 3.580 (44) | | | | | | | |
| | 3.343 (13) | | | | | | | |

| Treatment / Sample No. | Ut | 250°C | 450°C | 600°C | 800°C | EG | HCl | Identification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 69IV11-3B | 12.7 b (53) | 12.7 b (37) | 10.11 (38) | 9.78 (21) | 9.63 (11) | 17.1 (55) | 12.4 (55) | Mn (1 > 2) ++++ |
| | | | | | | 8.66 b (4) | | |
| | 7.19 (63) | 7.19 (62) | 7.18 (62) | — | — | 7.15 (45) | 7.15 (46) | K +++ |
| | 6.02 b (2) | 6.05 b (6) | 4.96 (13) | 4.84 (10) | 4.79 (8) | 5.61 b (7) | 6.19 b (2) | |
| | 4.49 (8) | 4.49 (5) | 4.49 (4) | 4.49 (1) | — | 4.48 (3) | 4.48 (5) | |
| | 4.255 (5) | | | | | | | |
| | 3.572 (59) | | | | | | | |
| | 3.343 (15) | | | | | | | |
| 69IV11-4 | 14.1 (2+) | | | 13.8 (3) | — | 17.3 b (6) | | Mn (1, 2) ++, Chl +, |
| | 13.5 b (10) | 14.0 b (9) | 13.5 b (4) | | | | 12.6 b (8) | |
| | 10.11 (2) | | | 10.2 b (7) | 9.87 b (4) | | | |
| | 7.18 (78) | 7.19 (81) | 7.18 (83) | — | — | 7.18 (54) | 7.19 (62) | +++ |
| | | | | 4.80 b (2) | 4.84 b (2) | | | |
| | 4.467 (10) | 4.48 (3) | 4.48 (4) | 4.46 (2) | | 4.48 (3) | 4.48 (4) | |
| | 4.371 (8) | | | | | | | |
| | 4.255 (5) | | | | | | | |
| | 4.183 (6) | | | | | | | |
| | 3.576 (72) | | | | | | | |
| | 3.343 (9) | | | | | | | |
| | 3.193 (3) | | | | | | | |
| 69IV11-5 | 13.2 b (5) | 13.4 b (3) | | 14.0 (3) | — | 17.3 b (3) | 12.7 (6) | Mn (1, 2) or Mx +, Chl +, I |
| | | | | 11.6 (1) | | 15.4 | | |
| | | 10.1 (2) | 10.18 b (3) | 10.14 (5) | 10.05 (4) | 10.05 (2) | 11.0 b (4) | |
| | 7.22 (60) | 7.22 (60) | 7.19 (60) | — | — | 7.13 (6) | 7.21 (70) | K ++++ |
| | 6.41 (2) | | 4.99 (1) | 4.85 b (1) | 4.90 b (1) | 4.91 (2) | | |
| | 4.48 (5) | 4.48 (6) | 4.48 (5) | 4.48 (6) | | 4.74 (2) | | |
| | 4.371 (5) | | | | | 4.46 (6) | | |
| | 4.267 (3) | | | | | | | |
| | 4.183 (4) | | | | | | | |
| | 4.046 (3) | | | | | | | |
| | 3.873 (3) | | | | | | | |
| | 3.767 (2) | | | | | | | |
| | 3.587 (44) | | | | | | | |
| | 3.352 (6) | | | | | | | |

表－4　金ケ坂隧道 C 37c

| Treatment / Sample No. | Ut | 250°C | 450°C | 600°C | 800°C | EG | HCl | Identification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 69IV12-2 | | | | * | * | 25.7 (2) | | |
| | 13.7 b (52) | 13.7 b (30) | 10.09 (53) | 9.92 (36) | 9.93 (27) | 17.1 b (40) | 12.0 (39) | Mn (1, 2), Mx ++++ |
| | | | | | | 8.97 b (7) | | |
| | 7.18 (15) | 7.17 (15) | 7.18 (14) | — | — | 7.19 (10) | 7.17 (15) | K ++ |
| | 5.09 b (10) | 5.05 b (13) | 4.94 (18) | 4.90 (13) | 4.92 | 5.51 b (6) | | |
| | 4.48 (13) | 4.49 (10) | 4.48 (11) | 4.48 (10) | 4.48 (10) | 4.49 (5) | 4.48 (7) | |
| | 3.579 (12) | | | | | | | |
| | 3.343 (6) | | | | | | | |
| | 3.167 b (10) | | | | | | | |
| 69IV12-3 | | | | 14.0 (2) | | | | Chl + |
| | 15.1 b (76) | 14-10 b (15) | 10.0 (25) | 9.93 (30) | 9.85 (21) | 17.2 (60) | 12.7 (80) | Mn (2) ++++ |
| | | | | | | 8.63 b (6) | | |
| | 7.18 (24) | 7.18 (25) | 7.18 (24) | — | — | 7.18 (18) | 7.18 (20) | K ++ |
| | 5.07 b (9) | 4.94 b (9) | 4.88 b (10) | 4.85 b (10) | 4.85 (10) | 5.59 b (6) | 6.26 b (4) | |
| | 4.49 (7) | 4.49 (5) | 4.49 (3) | 4.49 (4) | 4.48 (4) | 4.48 (3) | 4.48 (4) | |
| | 4.26 (4) | | | | | | | |
| | 3.580 (10) | | | | | | | |
| | 3.343 (5) | | | | | | | |
| | 3.191 (2) | | | | | | | |
| | 3.097 b (6) | | | | | | | |
| 69IV12-4 | 15.4 (51) | 15-10 b (8) | 9.97 b (12) | 9.83 (17) | 9.82 (13) | 17.1 (43) | 12.8 (72) | Mn (2) ++++(+) |
| | | | | | | 8.56 b (3) | | |
| | 7.19 (11) | 7.19 (12) | 7.19 (12) | — | — | 7.15 (7) | 7.24 (12) | K ++ |
| | 5.11 b (6) | 4.94 b (5) | 4.87 (6) | 4.83 b (6) | 4.84 b (5) | 5.61 b (4) | 6.32 b (4) | |
| | 4.49 (15) | 4.49 (5) | 4.49 (6) | | 4.47 (5) | 4.48 (3) | | |
| | 4.261 (4) | | | | | | | |
| | 3.573 (10) | | | | | | | |
| | 3.343 (9) | | | | | | | |

表－5　驚尾隧道F坑道C37bおよびD8－a試錐コアC37a

| Treatment / Sample No. | Ut | 250°C | 450°C | 600°C | 800°C | EG | HCl | Identification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 68XII5-9 | 14.6 b (45) | 10.5 b (18) | 10.04 (35) | 9.93 (20) | 9.95 (13) | 17.0 b (15) | 11.9 (35) | Mn (2 > 1) and/or Mx {I, Mn} ++++ |
| | | | | | 8.26 (2) | 8.95 (5) | | |
| (C37b) | 7.17 (10) | 7.21 (10) | 7.22 (6) | – | 7.49 (2) | 7.17 (6) | 7.17 (9) | K ++ |
| | | | (6.19 vb (2)) | – | | 5.43 b (5) | 5.53 b (2) | |
| | 5.03 b (13) | 4.95 (15) | 4.93 b (7) | 4.90 b (8) | 4.95 b (6) | | | |
| | 4.48 (12) | 4.50 (11) | 4.50 (7) | 4.48 (13) | 4.49 (14) | 4.48 (9) | | |
| | 3.57 (8) | 3.58 (6) | 3.59 (5) | – | – | | | |
| | 3.52 (2) | 3.53 (1) | 3.53 (1) | 3.52 (1) | 3.52 (1) | | | |
| 68XII4-1 (C37a) | 15.3 b (27) | 14.7 b (8) | 10.11 b (10) | 9.97 (13) | 9.88 (10) | 17.1 (16) | 12.2 b (28) | Mn (2) ++++ |
| | | | | | | 9.06 b (2) | | |
| | 7.16 (2) | 7.16 (2) | 7.18 (2) | – | – | | 7.17 (2) | K + |
| | 5.12 b (2) | 5.00 b (3) | 4.89 b (3) | 4.86 b (3) | 4.86 b (3) | | | |
| | 4.50 (3) | | 4.496 (3) | 4.498 (2) | 4.462 (3) | | | |
| | 4.251 b (3) | | | | | | | |
| | 3.343 (3) | | | | | | | |

表－6　鷲尾隧道A坑道奥C37c（非変動領域）

| Treatment / Sample No. | Ut | 250°C | 450°C | 600°C | 800°C | EG | HCl | Identification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 69IV12-8 | 12.6 b (23)<br>7.18 (16)<br>5.05 b (10)<br>4.50 (10)<br>3.576 (14)<br>3.343 (5)<br>3.195 b (7) | 12.2 b (20)<br>7.22 (18)<br>5.05 b (11)<br>4.51 (10) | 10.1 (30)<br>7.20 (17)<br>4.97 (14)<br>4.50 (6) | 10.1 (35)<br>—<br>4.95 (13)<br>4.49 (10) | 10.0 (27)<br>—<br>4.98 (13)<br>4.50 (12) | 14.8 (17-13 b) (6)<br>9.28 b (5)<br>7.20 (13)<br>5.05 b (5)<br>4.50 (7) | 11.6 b (53)<br>7.20 (11)<br>5.61 b (2)<br>4.50 (7) | Mx {I, Mn} +++(+)<br>K ++ |
| 69IV12-9 | 14.6 b (33)<br>7.20 (24)<br>5.03 b (8)<br>4.49 (2)<br>4.26 (3)<br>3.586 (16)<br>3.343 (3) | 13.4 b (20)<br>7.20 (25)<br>4.93 b (6) | 10.5 b (27)<br>7.21 (23)<br>4.90 (5) | 10.1 (35)<br>—<br>4.95 b (8) | 10.1 (25)<br>—<br>4.93 b (7)<br>4.48 (3)? | 17.3 b (15)<br>9.28 b (4)<br>7.22 (17)<br>5.44 b (3)<br>4.50 (2) | 12.2 b (36)<br>7.22 (15)<br>4.48 (3) | Mx {I, Mn} +++<br>K ++(+) |
| 69IV12-10 | 12.5 b (12)<br>7.19 (3)<br>5.98 (2)<br>5.09 (3)<br>4.48 (15)<br>4.263 (7)<br>3.576 (3)<br>3.343 (31) | 12.1 b (7)<br>7.19 (3)<br>5.09 (3)<br>4.46 (15+) | 10.1 b (14)<br>7.18 (4)<br>5.00 (3)<br>4.50 (15+) | 10.02 (7)<br>—<br>4.92 (3)<br>4.50 (15) | 9.87 (7)<br>—<br>4.90 (3)<br>4.48 (25) | 17.2 b (7)<br>7.14 (3)<br>5.09 (3)<br>4.48 (10) | 12.2 b (15)<br>7.18 (4)<br>4.48 (15) | Mn (1) +++<br>K +(+)<br>J<br>Mn, J |
| 69IV12-11 | 12.4 b (11)<br>7.19 (3)<br>5.98 (2)<br>5.78 (2)<br>5.09 (4)<br>4.48 (15)<br>4.257 (6)<br>3.574 (3)<br>3.343 (31) | 7.20 (18)<br>4.47 (10) | 7.22 (18)<br>4.48 (10) | 10.8 b (1)<br>—<br>4.49 (5) | 10.0 b (1)<br>— | 16.3 b (1)<br>7.21 (11)<br>4.47 (7) | 12.8 b (3)<br>7.18 (20)<br>4.46 (12) | Mx {I, Mn} +++<br>K +(+)<br>J<br>J<br>J |

表－7　飯野松浦炭鉱十二ヘダ（C 37）

| Treatment / Sample No. | Ut | 250°C | 450°C | 600°C | 800°C | EG | HCl | Identification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 70III6-2A | 14.6 b (30) | 14.6 b (25) | 14.2 (3) | 13.8 (7) | 12.7 b (2) | 17.2 (32) | 12.4 b (45) | Mn (2 > 1) +++, Chl + |
| | 10.0 (25) | 10.0 (30) | 10.0 (56) | 10.0 (56) | 10.1 (47) | 10.0 (17) | 10.1 (25) | I + |
| | 7.16 (32) | 7.16 (30) | 7.17 (25) | 7.17 (4) | — | 7.17 (20) | 7.17 (20) | K +++ |
| | | | | | | 5.79 b (4) | | |
| | 5.00 (15) | 4.99 (15) | 4.99 (20) | 4.99 (20) | 5.02 (17) | 5.00 (6) | 5.00 (7) | |
| | 4.87 (2) | | | | 4.94 (shd) | | | |
| | 4.74 (3) | 4.73 (3) | 4.73 (2) | tr | | | | |
| | 3.574 (15) | | | | | | 3.576 (13) | |
| | 3.537 (3) | | | | | | | |
| 70III6-2B | 11.6 b (13) | 11.0 (19) | 10.1 (19) | 10.1 (13) | | 13.9 (1) | 11.5 (23) | Mx {I > Mn} ++++ |
| | | | | | | 9.3 (1) | | |
| | 7.62 (3) | | | | | | | G |
| | 5.32 (2) | | | | | | | |
| | | | 4.99 (5) | 4.97 (7) | | | | |
| 70III6-2C | 13.8 b (22) | 13.9 b (15) | | | | 17.5 (25) | 12.5 (22) | Mn (1, 2) +++ |
| | 10.1 (1) | tr | 10.1 (10) | 9.99 (10) | 9.82 (11) | | | I + |
| | | | | | | 8.8 b (2) | | |
| | 7.18 (5) | 7.17 (6) | 7.17 (5) | — | — | 7.17 (5) | 7.17 (5) | K + |
| 70III6-2D | 12.8 b (17) | 12.0 (13) | 10.1 (12) | 9.89 (9) | | 17.4 (15) | 12.7 (33) | Mn (1 >> 2) +++, I + |
| | | | | | | | 10.1 (1) | |
| | 7.60 (7) | | | | | 7.60 (2) | | G |
| | 7.17 (2) | tr | 7.17 (2) | — | — | | 7.17 (2) | K + |
| | 5.94 (2) | 5.94 (2) | | | | | | J |
| | 5.67 (2) | 5.73 (2) | | | | | | J |
| | 5.09 (5) | 5.08 (5) | 4.92 b (3) | 4.86 (2) | | 5.10 (3) | | Mn, J |

表－８　福島炭鉱鍋串二枚（C28）

| Treatment / Sample No. | Ut | 250°C | 450°C | 600°C | 800°C | EG | HCl | Identification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 71X28-10 | 14.9 (100+)<br>12.6 (shd)<br><br>7.16 (6)<br>6.10 b (3)?<br>5.08 b (7)<br>3.576 (4)<br>3.074 b (25) | 9.98 (52)<br><br><br>7.17 (6)<br><br>4.89 (22) | 9.78 (76)<br><br><br>7.17 (6)<br><br>4.84 (26) | 9.69 (74)<br><br><br>—<br><br>4.82 (26) | 9.63 (15)<br><br><br>—<br><br>4.54 (15) | 16.3 (34)<br>8.44 b (2)<br><br>tr<br>5.59 b (6) | 12.9 (85+)<br><br><br>7.17 (5)<br>6.27 b (8) | Mx {Mn (2) >> Mn (1), I} +++++<br><br><br>K + |
| 71X28-11 | 14.7 (100+)<br>12.6 (shd)<br><br>7.16 (18)<br>6.15 b (2)<br>5.09 b (8)<br>3.583 (12)<br>3.520 (3)<br>3.063 b (23) | 10.0 (56)<br><br><br>7.14 (17)<br><br>4.91 (20) | 9.83 (74)<br><br><br>7.17 (16)<br><br>4.87 (24) | 9.69 (70)<br><br><br>—<br><br>4.81 (27) | 9.70 (40)<br><br><br>—<br><br>4.81 (18) | 16.6 (56)<br>8.48 b (5)<br>7.20 (4)<br>5.60 (10) | 12.8 (100+)<br><br><br>7.17 (14)<br>6.27 b (8) | Mx {Mn (2) >> Mn (1), I} ++++<br><br><br>K + |
| 71X28-12 | 14.2 (4) shd<br>12.5 (100)<br>10.0 (35)<br><br>7.11 (52)<br>6.11 b (4)<br>4.98 (19)<br>4.73 (13)<br>3.567 (24)<br>3.537 (5) shd | 14.0 (6)<br>12.3 (60)<br>10.0 (56)<br><br>7.11 (50)<br><br>5.01 (27)<br>4.73 (12) | 14.1 (7)<br><br>9.99 (86+)<br><br>7.11 (36)<br><br>4.97 (47)<br>4.94 (4) shd | 13.8 (19)<br><br>9.98 (42)<br><br>—<br><br>5.00 (24) | —<br><br>10.0 (35)<br><br>—<br><br>5.00 (22) | 16.9 (66)<br>9.94 (18)<br>8.49 (5)<br>7.09 (27)<br>5.61 (12)<br>4.99 (15)<br>4.73 (12) | 12.7 (82+)<br>10.1 (20)<br><br>7.17 (9)<br>6.22 b (5)<br>5.01 (10) | Chl ++<br>Mn (1) ++++<br>I ++<br><br>K + |
| 71X28-13 | 14.2 (7)<br>12.5 (100+)<br>10.0 (30)<br><br>7.13 (45)<br><br>6.15 b (5)<br>5.00 (19)<br>4.73 (10) | 14.0 (7)<br>12.3 (67)<br>10.0 (36)<br><br>7.11 (44)<br><br>tr<br>5.00 (25)<br>4.73 (9) | 14.2 (10)<br><br>10.0 (86+)<br><br>7.11 (35)<br><br>—<br><br>4.98 (45)<br>4.75 (3) shd | 13.8 (27)<br><br><br>10.0 (83)<br><br>—<br><br><br>5.00 (33)<br>4.89 (2) shd | —<br><br><br>10.0 (72)<br><br><br><br>5.03 (32)<br>... shd tr | 17.0 (49)<br>9.94 (11)<br>8.56 b (4)<br>7.10 (13)<br>5.63 (8)<br>5.53 (3)<br>4.99 (7)<br>4.73 (5) | —<br>12.7 (81+)<br>10.1 (17)<br><br>7.17 (13)<br><br>6.19 b (3)<br>4.98 (10) | Chl ++<br>Mn (1) ++++<br>I ++<br><br>K + |
| 71X28-14 | 14.2 (9)<br>12.5 (76)<br>10.1 (32)<br><br>7.11 (63)<br>6.02 b (3)<br>5.00 (21)<br>4.73 (19) | 14.2 (12)<br>12.2 (45)<br>10.0 (58)<br><br>7.08 (61)<br><br>5.00 (28)<br>4.73 (18) | 14.2 (13)<br><br>10.0 (86+)<br><br>7.11 (52)<br><br>4.99 (45)<br>4.73 (10) | 13.8 (42)<br><br>10.0 (73)<br><br>—<br><br>5.00 (36)<br>tr | 13.0 (3)<br><br>10.0 (65)<br><br>—<br><br>5.03 (43)<br>tr | 14.2 (2) shd<br>17.0 (32)<br>9.98 (15)<br>8.51 (2)<br>7.09 (27)<br>5.60 (6)<br>4.98 (12)<br>4.71 (12) | <br>12.7 (53)<br>10.1 (33)<br><br>7.17 (7)<br>6.22 b (2)<br>5.00 (10) | Chl ++<br>Mn (1) +++<br>I ++<br><br>K + |

| Treatment / Sample No. | Ut | 250°C | 450°C | 600°C | 800°C | EG | HCl | Identification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 71X28-15 | 13.3 b (65) | 12.2 b (27) | | | | 16.9 (55) | 12.8 (57) | Mx {Mn (1), Mn (2) > I} ++++ |
| | 10.1 (10) | 10.1 (25) | 9.98 (48) | 9.65 b (12) | 9.57 (7) | 9.98 (4) | 10.0 (3) | I + |
| | | | | | | 8.50 (4) | | |
| | 7.15 (47) | 7.17 (45) | 7.17 (47) | — | — | 7.12 (28) | 7.17 (33) | K ++ |
| | 6.1 b (1) | | | | | 5.60 (8) | 6.26 b (2) | |
| | 4.99 (5) | 4.97 b (13) | 4.94 (7) | 4.81 (10) | 4.84 (7) | 4.97 (4) | 5.00 (2) | |
| 71X28-16d | 14.5 (13) | 14.2 (7) | 14.3 (4) | 13.8 (10) | — | 14.4 b (6) | 11.2 b (37) | Mx {I, Mn} ++, Chl + |
| | 10.0 (33) | 10.0 (53) | 10.0 (68) | 10.1 (52) | 10.1 (50) | 9.99 (26) | 10.1 (47) | I ++ |
| | 7.16 (67) | 7.17 (63) | 7.17 (59) | — | — | 7.17 (45) | 7.19 (65) | K +++ |
| | 5.00 (22) | 5.00 (20) | 5.00 (22) | 5.03 (23) | 5.03 (21) | 5.00 (10) | 5.00 (11) | |
| | 4.75 (6) | 4.73 (3) | 4.73 (2) | tr? | | | | |
| 71X28-16ℓ | 14.1 (3) | 14.2 (4) | 14.0 (3) | 13.8 (6) | — | 14.0 (4) | — | Chl + |
| | 11.8 b (35) | ...slope (30) | | | | | 11.3 (57) | Mx {I, Mn} +++ |
| | 10.0 (22) | 10.0 (35) | 10.0 (71) | 10.0 (60) | 10.0 (42) | 9.91 (4) | 10.0 (10) | I + |
| | 7.17 (90+) | 7.17 (90+) | 7.17 (90+) | — | — | 7.13 (40) | 7.17 (90+) | K +++ |
| | 5.66 (2) | 5.57 (2) | | | | 6.27 (5) | 5.52 b (2) | |
| | | | | | 5.02 (19) | 4.98 (6) | | |
| | 5.01 (18) | 5.00 (23) | 4.98 (31) | 4.99 (25) | 4.92 (3) | | 5.00 (5) | |
| | 4.74 (3) | 4.73 (2) | 4.73 (2) | tr | tr | ? | | |

表－1～8　各地点試料の粘土鉱物同定表

Mn：モンモリロナイト，（）内の数字は層間水の状態を示す（本文参照），Chl：緑泥石，I：イライト，K：カオリナイト，Mx：不規則混合層混合層鉱物．＋の数は＜2μ粘土分中のおおよその相対的量を示し，＋＋＋＋は極めて多く，＋は微量含まれていることを示す．Ut：未処理，EG：エチレングリコール処理，250℃～800℃：各温度の1時間処理，HCl：hot HCl 1時間処理