

報 文

隠岐島後の向ヶ丘層の粘土鉱物

Clay Minerals of Mukogaoka Formation in Oki-Dogo, Island, Southern Japan Sea

永島晴夫*・村上 久**

要 旨

最近新に記載がされた隠岐島後の鮮新統の向ヶ丘には、厚い炭質物に富む粘土層が分布すると述べられている。そこで窯業資源として利用可能であるかの判断をするため、試錐試料の提供を受け、微細粒子の粘土鉱物の概要をX線回折法で検討した。その結果、炭質物に富む粘土層、及びその上下を挟む火山灰層にはカオリン鉱物は極めて少なく、主要な粘土鉱物はスメクタイトであった。地表露頭の試料でも同様な結果を得た。また、向ヶ丘層に堆積物を供給した周辺の風化した岩石の微細粒子の鉱物分析を行ったところ、雲母が主要な鉱物であり、カオリン鉱物が少量含まれていた。これらのことは、向ヶ丘層は全体として堆積後に広範囲での弱い変質作用を受けスメクタイト化され、カオリン鉱物化は極めて脆弱である。既存の硫黄分析結果からも1～2 mass%が含まれていることから、窯業資源として開発するには、この粘土層は適当ではない。

1. はじめに

隠岐島後の地質は、富田^{1～3)}の先駆的で詳細かつ、総合的な記載がある。本地域はその後、多くの研究者により報告されているが、富田の地質記載の概念を大きく外れることは少ない。これらによれば、基盤岩であるペルム紀の隠岐片麻岩の上位には、漸新世末の火山岩活動に引き続き前期中新世～中期中新世の砂、泥、珪藻土が堆積した。この後、後期中新世～更新世に特徴的なアルカリ岩の活動があり、現在の島後の地表面を広く覆っている。これらの中には、鮮新世以降の大規模な堆積物の記載が無い。山内ら⁴⁾は、従来大規模な崖錐堆積物と考えられていた炭質物に富む粘土、火山灰質粘土、泥混り礫で構成される堆積物を詳

細に検討して、海成鮮新統の向ヶ丘層と命名した。村上ら⁵⁾は、その後に引き続き研究で、島後全域における向ヶ丘層の分布を示した。本層に含まれる粘土層は厚さが20mを越える場合があり、黒～暗灰色で炭質物に富んでいる。また、未固結ではあるが粘着力に富み、一見木節粘土様に見える。年代的にも、東海層群の瀬戸陶土層に近い4.2～4.6Ma⁴⁾が示されている。

そこで、窯業用資源としての可能性を求め、微粒子部分の粘土鉱物について、概括的な判定をX線回折でおこない、今後の利用に資するために報告する。

2. 試料及び方法

2.1 試料採取地

向ヶ丘層の分布と試料採取地点を、図1に示す。試錐による試料をB1～B5とした。向ヶ丘層中に含まれる礫の原岩と考えられる火山岩風化物の試料をV1～V9とした。また、向ヶ丘層の周辺の地表に露出する試料をS1～S4とした。

2.2 X線回折用試料の作成

各試料5～10gを粗粉碎し、10%過酸化水素水で泥化と有機物類の処理をおこなった。沈殿した泥類を水で洗浄し、ピロリン酸ナトリウム10%溶液を加えて1500mLの懸濁溶液を作成した。攪拌を十分に行い、約16時間後水面から約15cmの深さの懸濁液を200mL採取し、遠心分離器で固体部分を濃縮し、ガラス板に展開し、室内で自然乾燥させたものを、定方位試料とした。

エチレングリコール処理(以下EG処理とする)は、上記定方位試料に、エチレングリコールを字筆で薄く刷くように塗布した。X線回折に使用した装置は、理学電気株式会社製のRINT2000型X線回折装置である。対陰極は銅であり、モノクロメーターで単色化されたK α 線を使用した。

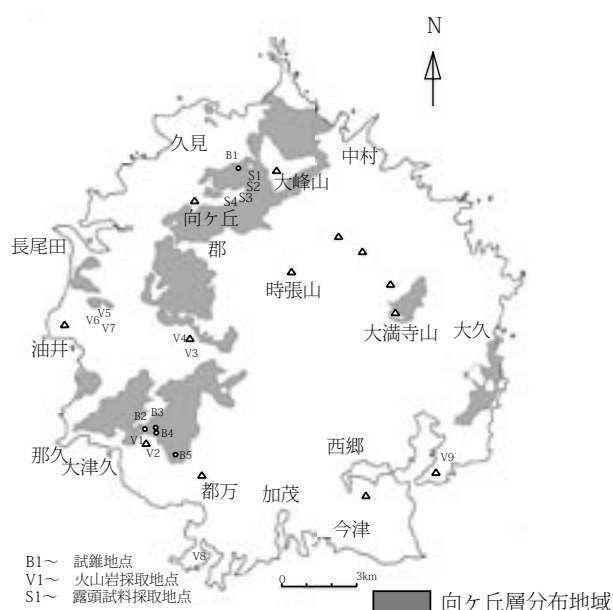


図1 隠岐島後の向ヶ丘層の分布と試料採取地点

* 技術部, ** コスモ建設コンサルタント

電圧電流を 30kV-40mA とし、走査速度を 2°/min. として回折実験をおこなった。

3. 結 果

3.1 各試料の肉眼的観察の概要

3.1.1 試錐試料

B 1 (CS1-B1) 隠岐の島町五箇向ヶ丘 図 2 に示す。

試錐地点の標高 177.89m (36°18'33", 133°15'36")

1～3：火山灰，淡黄褐色，酸性岩の粒子が良く揃った細粒火山灰，軟質化著しく容易に潰せて粘性が強い。

4～10：粘土，黒～暗灰色，著しく炭質物が多く固結化しているが細片化している。

11：火山灰質粘土，淡黄灰色，細粒な酸性火山灰の粘土化物，非常に水が多く粘性が強い。

12～13：礫混じり粘土，淡黄褐色，軟質な火山灰質粘土の中に久見累層の泥岩およびアルカリ火山岩礫が混じる。礫はくさり礫化して軟質なものが混じる。

14：炭質物に富む粘土，暗灰色，よく締まっており，半固結状態で採取される。

15～17：砂礫，灰～黄褐色，15 はくさり礫が多いが，16，17 は硬質礫となる。礫は粗面岩，玄武岩および久見累層の泥岩であり，40cm から 15cm の大きさのものを含む。基質は凝灰質砂および粘土で基質の割合は約 50% である。

B 2 (BG-5) 隠岐の島町都万 図 3 に示す。

試錐地点の標高 130.61 m (36°12'58", 133°13'09")

1～3：火山灰質粘土，淡黄褐色，酸性火山灰起源の粘性が著しく強い粘土。

4～5：火山灰質粘土，暗灰色，炭質物が極めて多い，海緑石の生成を認める。

6：礫混り粘土，淡黄褐色，2～4 cm 大の硬質な流紋岩，粗面岩及び松脂岩の小礫を混じえる火山灰起源の粘土。

B 3 (BG-2) 隠岐の島町都万 図 4 に示す。

試錐地点の標高 110.96 m (36°13'00", 133°13'30")

1：火山灰，淡褐色～淡黄褐色，酸性火山灰中に最大 3 cm 大の粗面岩およびシヨシヨナイトの礫が少量混じる。やや炭質で固結している。

2：火山灰質粘土，淡黄褐色，酸性火山灰起源の粘性が強い粘土，完全にくさり礫化した流紋岩および粗面岩が混じる。

3～4：礫混じり粘土，淡黄褐色～淡黄褐色，1 cm 大の硬質な粗面岩，流紋岩の小礫が混じる酸性火山灰起源の粘土，礫の一部はくさり礫化している。

5～6：砂礫，黄褐色～灰色，粗面岩を主とした最大径 10cm の礫もあるが，平均 1 cm 大の小礫を主とする砂礫，基質は固結度の低い砂及び粘土。

7：粘土，暗灰色，炭質物に富み，木片も混じる火山灰起源の粘土。

8～9：粘土，淡青灰～暗灰色，下位ほど炭質物が多くなる。

半固結状態であるが小片に破壊し易い。

B 4 (BG-1) 隠岐の島町都万 図 5 に示す。

試錐地点の標高 97.11 m (36°12'55", 133°13'29")

1～3：粘土，暗灰色，炭質物に極めて富む，半固結状であるが，乾燥すると礫状になる。火山灰質で，流紋岩の 2 cm 大の小礫が僅かに混じり，海緑石の生成がある。

B 5 (BP-2) 隠岐の島町那久 図 6 に示す

試錐地点の標高 109.70 m (36°13'07", 133°12'39")

1～4：粘土，暗灰色，やや固結した炭質物に富む粘土，局部的に著しく水分を含み軟質化して粘着力が強い。海緑石の生成を認める

5～8：火山灰質粘土，淡青灰色，細粒の火山灰が粘土化したもの，軟質で粘着力が強い。

9～11：隠岐アルカリ流紋岩の火砕岩で細～中粒の火山灰からなり，層理が発達する。

12～13：砂岩（郡累層），灰～淡緑灰色，細粒の凝灰岩質砂岩，棒状の試料が得られる軟岩。

3.1.2 火山岩風化物

V1～V9 は，山崎⁶⁾によれば全て後期中新世の島後アルカリ火山岩に属している。また，小林⁷⁾の化学分析によれば粗面岩で SiO₂ が 65～66mass%，流紋岩で 70mass% を示し Na₂O と K₂O の合計が 10mass% を越えている。粗面岩，流紋岩共に原岩は白～灰白色の均質なものであるが，採取した試料は，容易にハンマーが突き刺さるほど風化軟質化している。

V1：流紋岩溶岩

産地：隠岐の島町大津久地内 黄褐色，均質に風化しているが 2～10cm 大の扁平な角礫の軟岩として残る。

V2：流紋岩凝灰岩

産地：隠岐の島町大津久地内 淡黄色～白色，均質であり層理を示す。採取地点の上位にはシヨシヨナイトが慣入している。

V3：粗面岩溶岩

産地：隠岐の島町上那久の林道 白～淡黄色，30cm 大の角礫状風化残留岩が残る。節理に沿って著しく風化が進み軟質部分の幅は 30～50cm で表層になるに従い軟質化部分が多くなる。

V4：粗面岩凝灰岩

産地：隠岐の島町油井の林道横尾線 赤紫～淡黄褐色 2～10cm の礫状岩塊が不均質に散在するような風化形式を示すが，全体としては軟質化している。基質部分は軟質化が著しく，粘土化している。下部は赤紫に変質している。

V5：粗面岩溶岩

産地：隠岐の島町油井の林道 黄褐色～褐色，試料は著しく風化土壌化した部分であり，地表下約 1m である。それより下位は風化をしているが節理面は

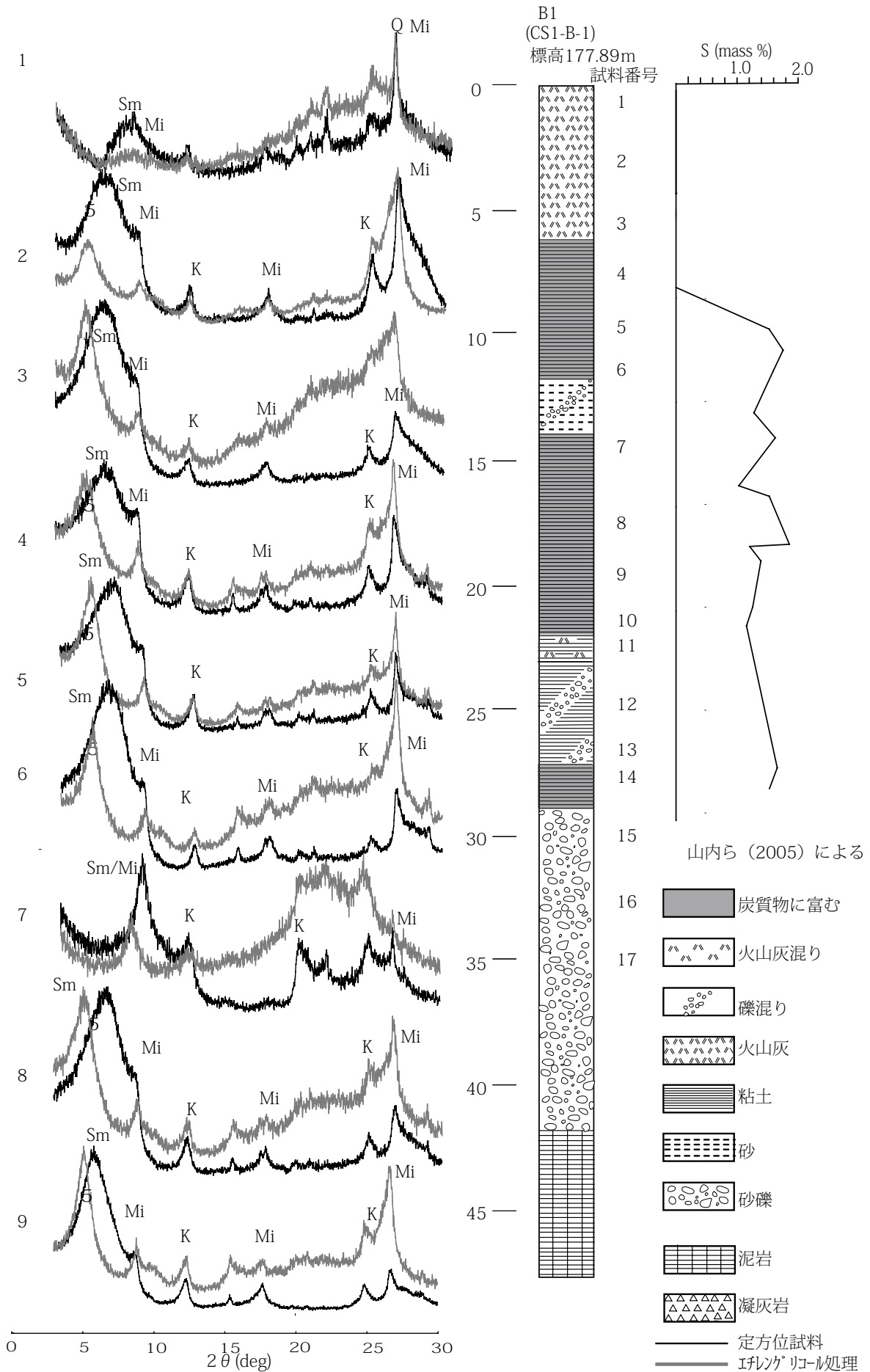
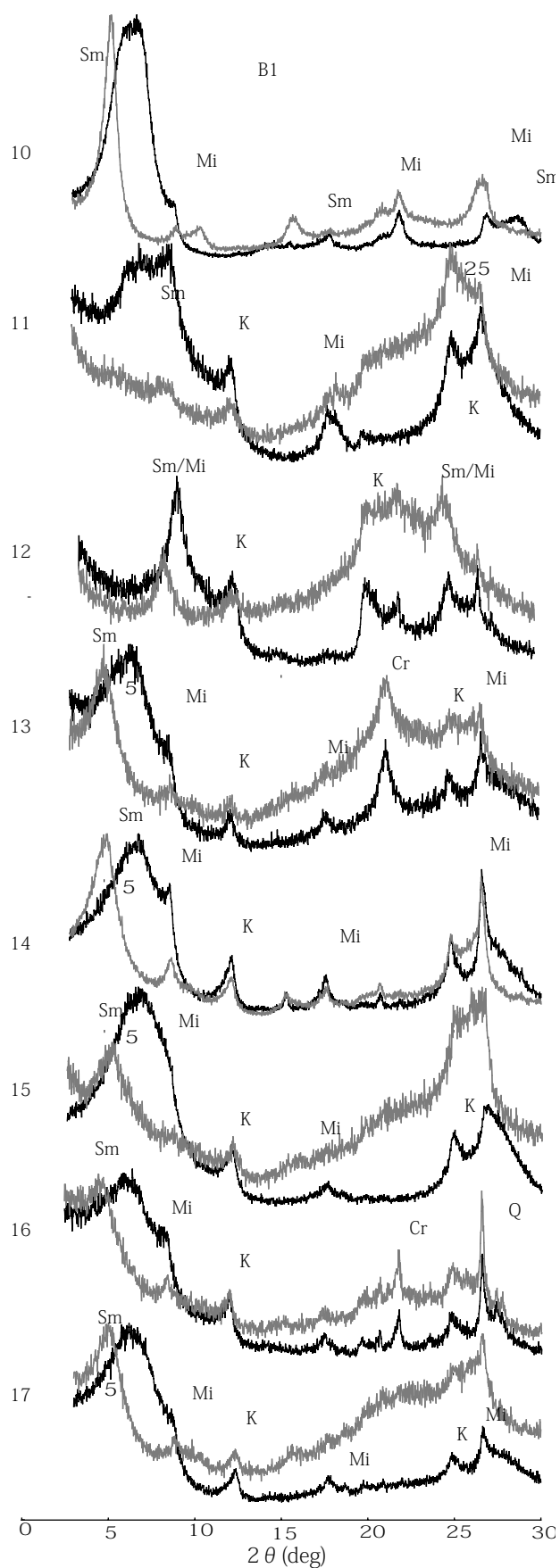


図2-1 試錐 B1 の X線回折



Sm: スメクタイト Mi: 雲母 K: カオリン鉱物
 Q: 石英 Cr: クリソバライト Ch: 緑泥石
 Sm/Mi: 雲母/スメクタイト混合層

図2-2 試錐 B1 の X 線回折

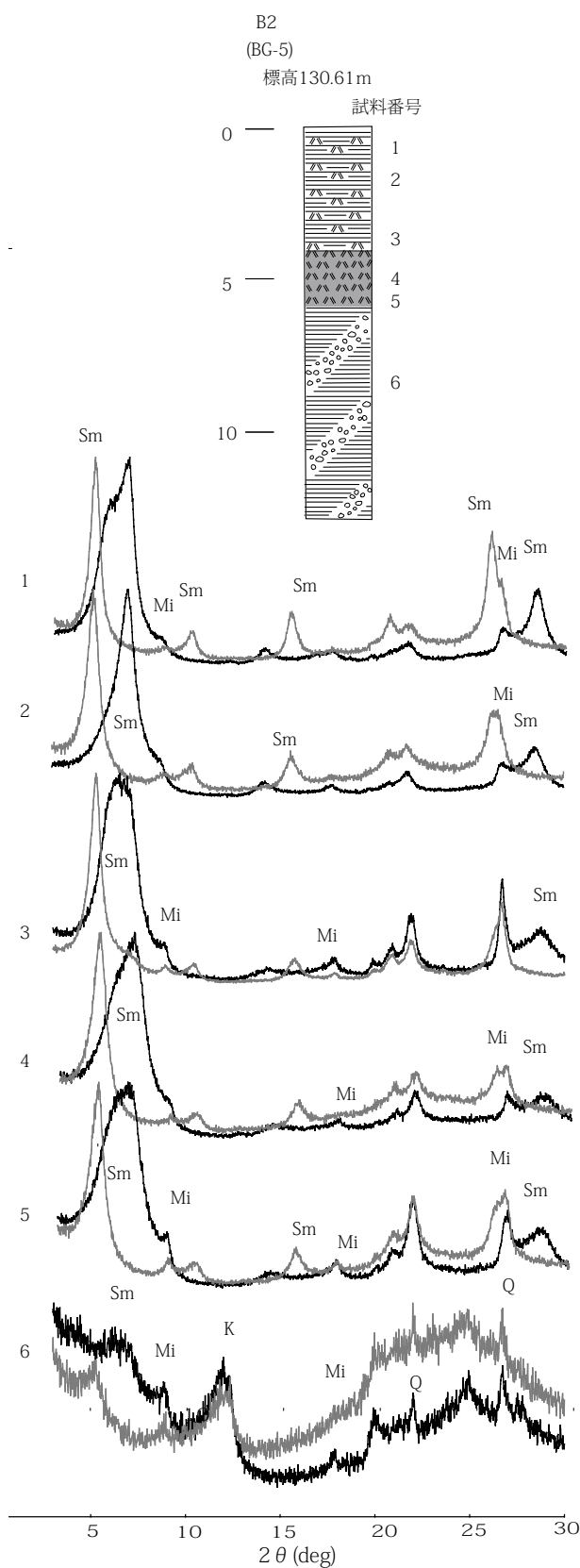


図3 試錐 B2 の X 線回折

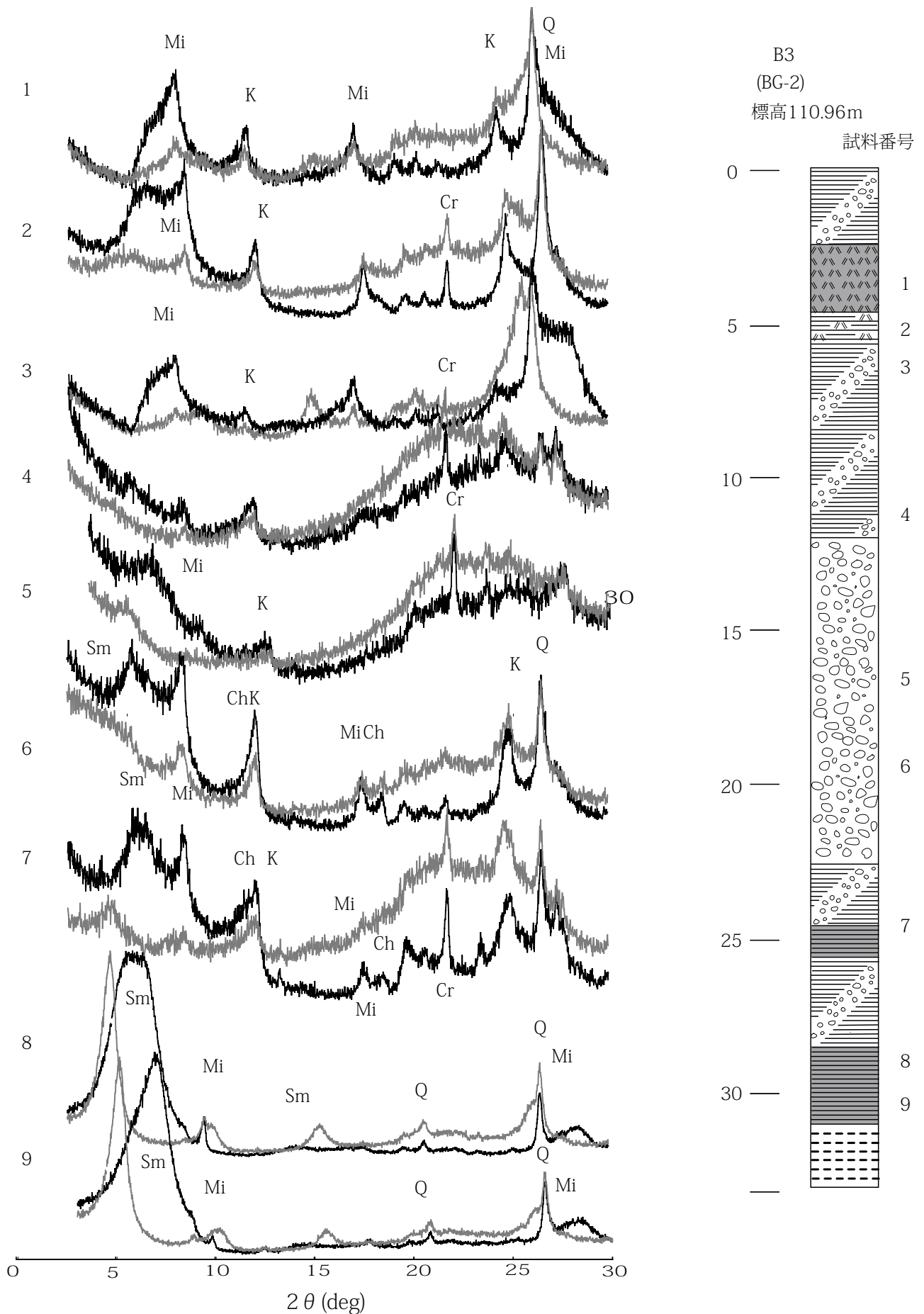


図4 試錐 B3 の X線回折

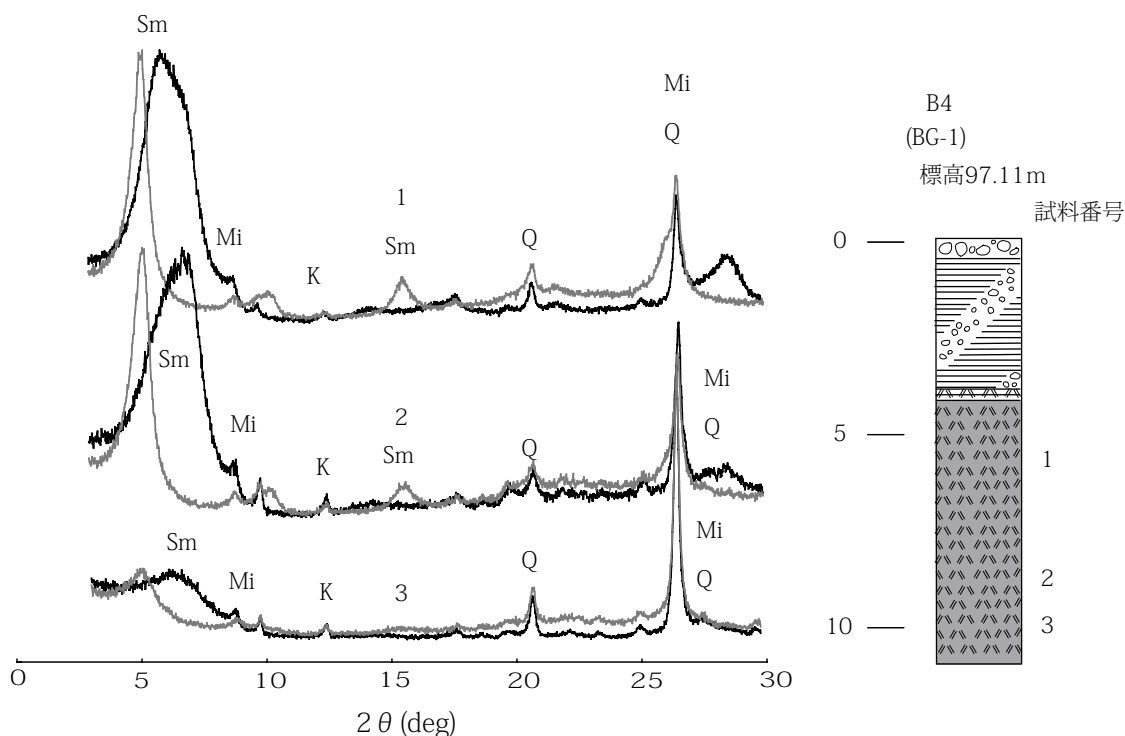


図3 試錐 B2 の X 線回折

土壌化するが 2～20cm 長さの板状の風化残留の軟岩質の礫として残る。

V6：粗面岩凝灰岩

産地：隠岐の島町油井の林道 淡赤紫色，堆積構造を示し，層理が発達する。均質に軟質化している。

V7：粗面岩溶岩

産地：隠岐の島町油井の林道 黄褐色～淡黄色 地表から約 2m は，硬質な岩盤で構成される物を試料とした。上部には，2～10cm の角礫状の風化残留礫を含む土壌化した風化帯が形成されている。

V8：流紋岩溶岩

産地：隠岐の島町津戸の林道 白～淡黄色，20cm 大のブロック状節理が発達し，全体は風化軟質化している。土壌状態である部分は地表から約 1m 程度である。

V9：流紋岩溶岩

産地：隠岐の島町西郷津井 白～淡灰色，2～10cm の硬質な角礫状の風化残留岩が残る。風化部分は指頭で押し潰せば容易に微粉化するが粘着力に乏しい。

3.1.3 向ヶ丘地内の地表で採取した試料

S1：暗灰色，均質で淡質物に富む粘土を試料とした。上部は淡黄褐色～黄土色の風化著しい砂礫に覆われる。

S2：淡赤紫色，礫岩であり，20cm 大に風化した玄武岩や流紋岩及び粗面岩で構成される。基質の量が少ない礫岩の風化物であり，全体は容易にハンマーで崩れる。

S3：暗灰色，砂礫中に 2～3m の厚さで分布する炭質物に富む粘土，連続性は悪い。

S4：淡黄色～黄土色，細粒で均質な酸性火山灰，湿潤状態では指頭で容易に潰れるが，乾燥すれば軽質で硬くなる。

3.2 X線回折結果

各試料の X 線回折結果を図 2～図 8 に示す。

鉱物名はハロサイト，カオリナイト類をカオリンとし，EG 処理で 17 Å 付近まで膨順するものをスメクタイトとした。

図 2 に B1 試錐試料の結果を示す。

試料 1～17 まで試料 1，7，12 を除いて，粘土鉱物はスメクタイトを主成分とし，少量の雲母粘土鉱物とカオリンで構成される，ほぼ相似の X 線回折結果が得られた。試料 1 は表層に近い風化の影響を強く受けたものであり，鉱物の結晶性が破壊されつつあると判断した。試料 7 及び 12 は雲母粘土鉱物の回折位置が EG 処理での移動が少ないことから，雲母粘土鉱物とスメクタイトとの混合層鉱物を形成されたものである。B1 試料について，山内らの報告に全硫黄濃度が報告されているので柱状図に付け加えた。この全硫黄濃度は 1～2 mass% が求められており，海成層としての判断材料とされている。試料 13 及び 16 にはクリストバライトが認められるが，後述の流紋岩の風化物にも認められることから，礫層中の流紋岩由来と判断できる。

図 3 に B2 試錐試料の結果を示す。

軟質化した火山灰及び炭質物に富む粘土共にスメクタイトが殆どで，極少量の雲母粘土鉱物が混じる。最下部の試料 6 にはカオリンが混じるが，基盤岩との境界付近であることから地下水の影響による風化の可能性がある。

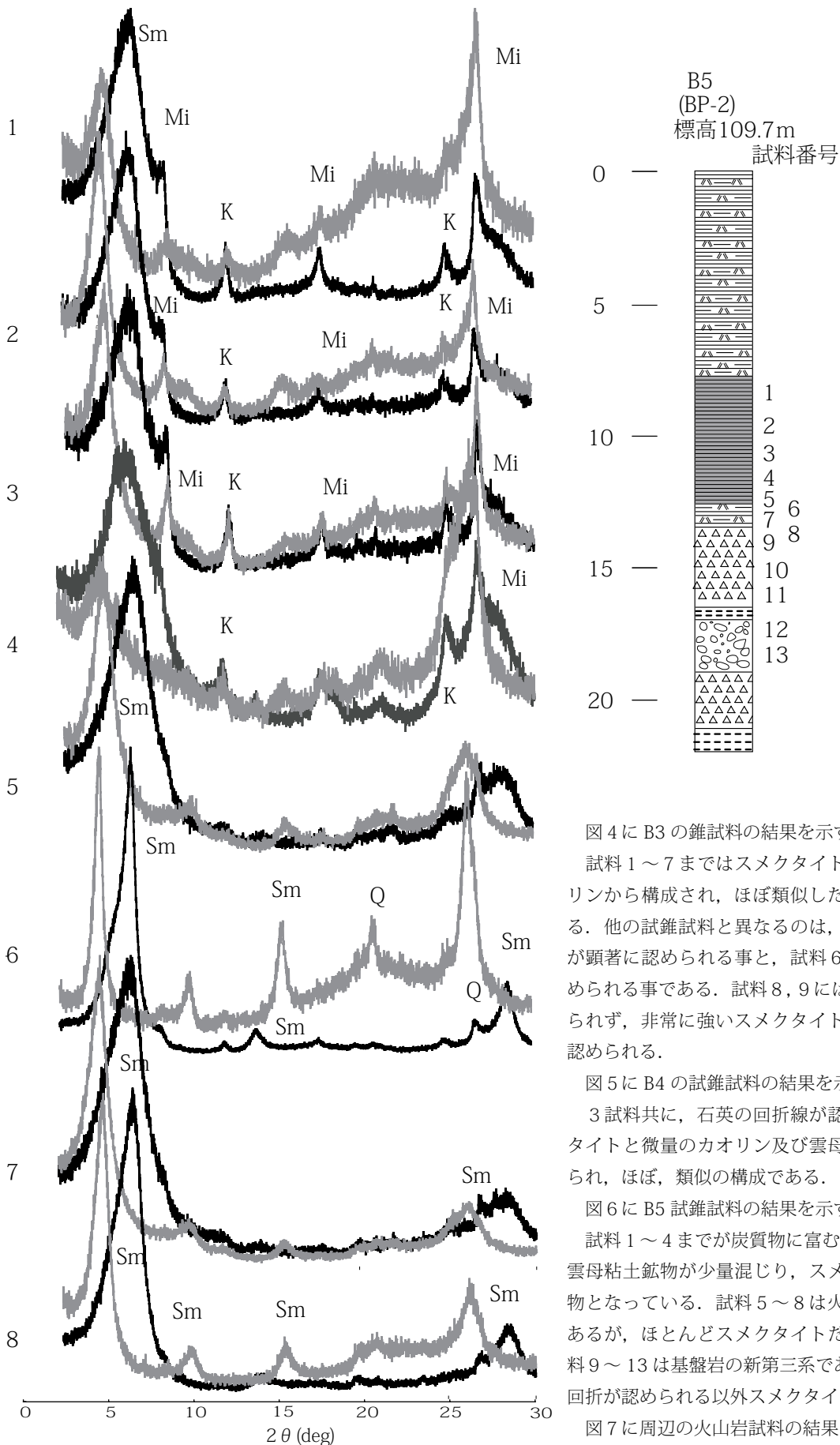


図6-1 試錐 B5 の X線回折

図4に B3 の錐試料の結果を示す。

試料1～7まではスメクタイト、雲母粘土鉱物及びカオリンから構成され、ほぼ類似したX線回折図形を示している。他の試錐試料と異なるのは、クリストバライトの回折が顕著に認められる事と、試料6と7に緑泥石の徴候が認められる事である。試料8、9にはカオリンの回折線が認められず、非常に強いスメクタイトと微量の雲母粘土鉱物が認められる。

図5に B4 の試錐試料の結果を示す。

3試料共に、石英の回折線が認められるが、強いスメクタイトと微量のカオリン及び雲母粘土鉱物の回折線が認められ、ほぼ、類似の構成である。

図6に B5 試錐試料の結果を示す。

試料1～4までが炭質物に富む粘土層であるがカオリン、雲母粘土鉱物が少量混じり、スメクタイトが主要な粘土鉱物となっている。試料5～8は火山灰が非常に多い粘土であるが、ほとんどスメクタイトだけで構成されている。試料9～13は基盤岩の新第三系であり、試料9にカオリンの回折が認められる以外スメクタイトだけで構成されている。

図7に周辺の火山岩試料の結果を示す。

V1, V8及びV9の流紋岩の試料には微細部分にもクリストバライトの回折線が現れることが特徴である。粘土鉱物

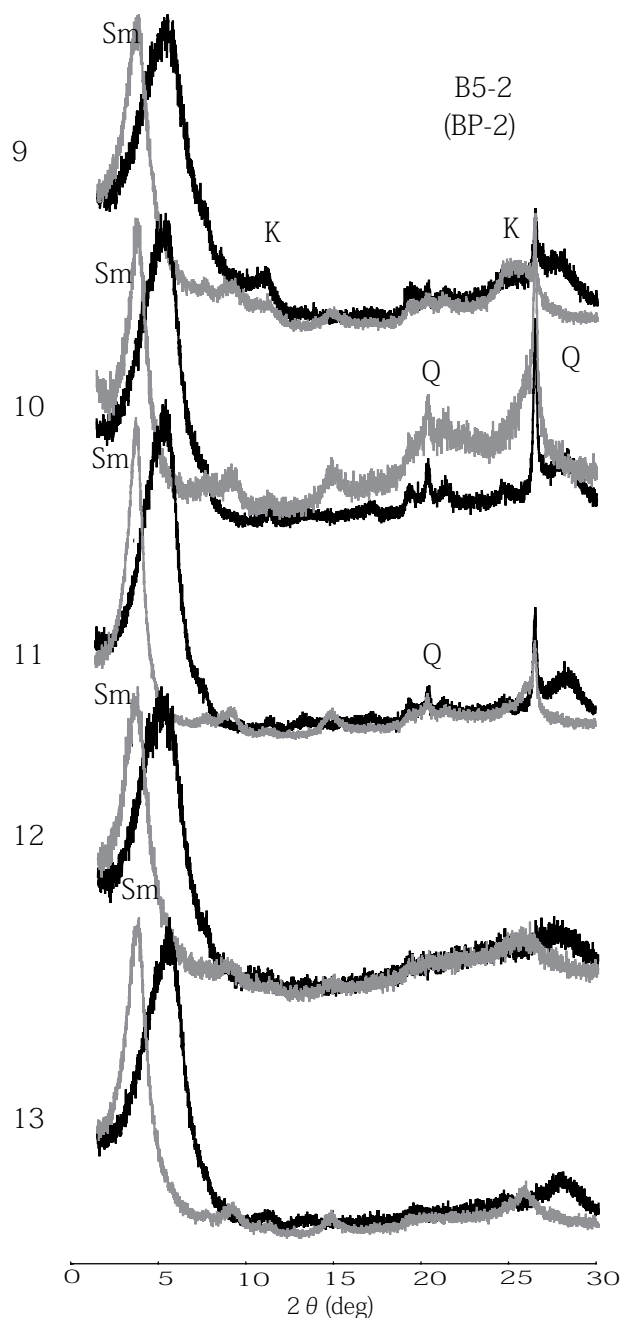


図6-2 試錐 B5 の X線回折

は雲母粘土鉱物が主要であるが、EG 処理で僅かに膨潤する事から雲母粘土鉱物とスメクタイトとの混合層鉱物である。また、V7 と V9 にはカオリン及緑泥石が随伴している。

他の試料は粗面岩及びその凝灰岩であるが、雲母粘土鉱物とスメクタイトとの混合層鉱物が認められる。

図8に向ヶ丘地内の露頭試料の結果を示す。

地表での粘土層の鉱物は雲母粘土鉱物を主とし、カオリンとスメクタイトが少量混じる。地表の凝灰岩試料 S4 はスメクタイトだけで構成されている。

4. 考 察

4.1 全体の傾向

向ヶ丘層を構成する粘土層、火山灰層及び砂礫層中の粘

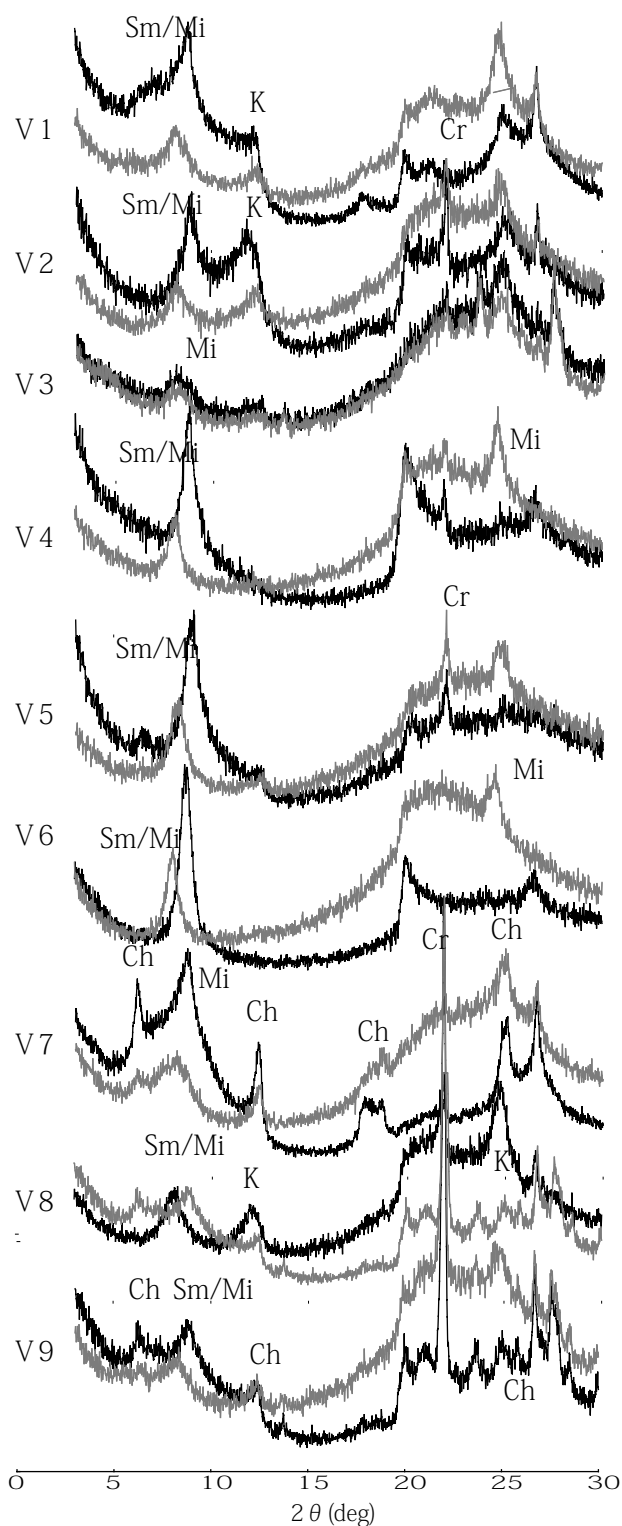


図7 火山岩風化物 X線回折

土鉱物はスメクタイトが主要部分であって、雲母粘土鉱物やカオリンが僅かに混じるのが一般的である。向ヶ丘層が形成された時の供給元と考えた粗面岩、流紋岩の溶岩及び凝灰岩の現状での風化岩石の粘土鉱物の X線回折結果では、雲母粘土鉱物とスメクタイトの混合層鉱物及び緑泥石と少量のカオリンの混合物であり、膨潤性の著しいスメクタイトは含まれていない。従って向ヶ丘層中のスメクタイトは、炭質物に富む粘土層と火山灰共に堆積後の変質作用で形成

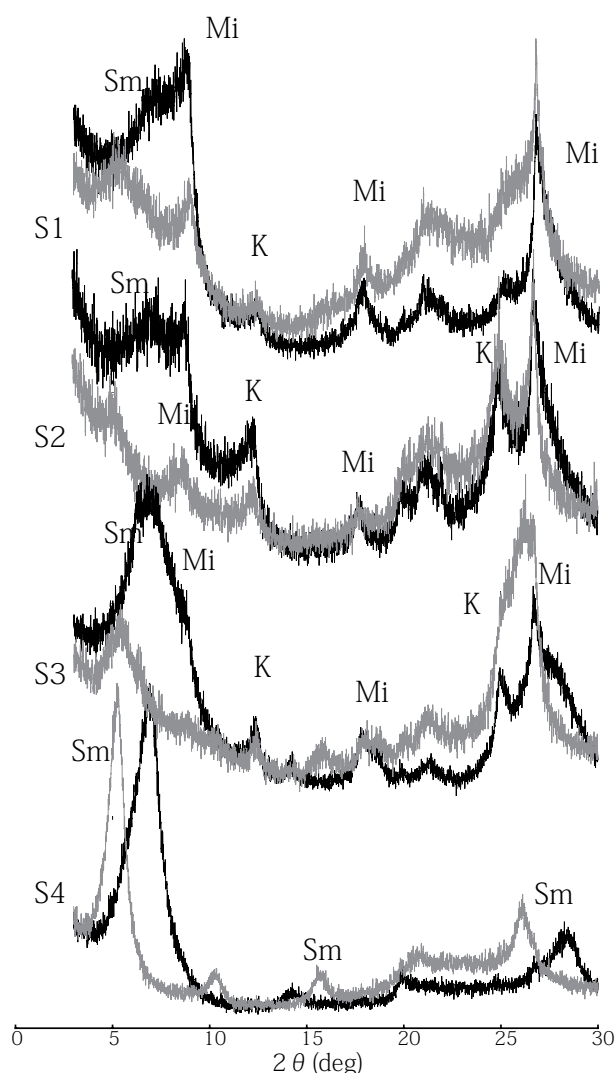


図8 露頭試料のX線回折

されたと考えることが適切である。一方、向ヶ丘層の堆積後、島後における火山活動は局所的な玄武岩の活動が認められるのみであることから、広域的な熱水循環の場におかれていたわけではなく、スメクタイトが熱水変質により形成されたとは考えにくい。粘土層と凝灰岩の粘土鉱物の構成を比較すると、これらに差異がないことから、粘土層の供給物質は火山灰を主としたものと判断できる。試錐 B1 について、山内らが硫黄の分析した結果、粘土層中 20m の範囲で、1～2 mass% を示している。硫黄濃度が 0.3mass% を超えた場合、他の炭素、窒素分析結果と合わせて、海成の堆積物と判断⁸⁾している。全硫黄濃度の分析結果や試料観察での海緑石の存在から、向ヶ丘層の粘土層は海成堆積物であり、ほぼ全域がこのような状況と推定できる。

また、炭質物に富む粘土層の X 線回折図形にはシャープなもの、形状が乱れたものが認められる。一般に回折強度の半価幅の増大は結晶子が小さいか、結晶構造の不整であるとされている。X 線回折図形のシャープなものは、試料が棒状に近く採取されたものが多く、形状が乱れたものは水分が多く、試料が破損して採取されていた。このことは、市原⁹⁾が指摘するように海成粘土では、鉱物が風化

を受ける事で、結晶子の構造破壊が生じ、回折波形が乱れるとの意見と一致する。採取試料では、試錐試料に亀裂が生じ、通水が認められた個所のものも多く、向ヶ丘層形成後、地盤に多数の亀裂が生じ、地下水によって風化が促進され粘土鉱物の構造破壊が一部で生じたと判断した。

4.2 窯業資源としての検討

炭質物に富む木節粘土様の今回の試料は、主要な粘土鉱物はスメクタイトであり、少量の雲母粘土鉱物が混じり、少量のカオリンが存在する場合がほとんどである。堆積物中の硫黄の存在は硫化鉄の存在を示唆し、窯業資源としては避けるべきものである。

島根県の主要な窯業資源としての都野津層中の粘土鉱物はカオリンを主とし、少量のスメクタイトを混じえることと比較すれば、大きな差異がある。従って、隠岐島後の向ヶ丘層中の炭質物に富む粘土層は窯業資源としては適当ではない。

5. まとめ

隠岐の島町に分布する向ヶ丘層中の粘土鉱物を X 線回折の手法で解析した。向ヶ丘層中の粘土鉱物はスメクタイトが主要鉱物で、少量の雲母粘土鉱物、カオリンが随伴していた。海緑石の存在や全硫黄の分析結果から向ヶ丘層は海成であり、カオリンを主要鉱物とする窯業資源としては適当ではない。

謝 辞

本研究を進めるに当たって、島根県隠岐支庁土木建築局から試料の提供と公開の許可を戴いた。深く感謝いたします。

文 献

- 1) 富田達. 隠岐島後の地質学的並びに岩石学的研究 (其十). 地質学雑誌. 1931a. 38, p. 155-174.
- 2) 富田達. 隠岐島後の地質学的並びに岩石学的研究 (其十一). 地質学雑誌. 1931b. 38, p. 203-222.
- 3) Tomita, T. Geology of Dogo, Oki Islands in the Japan Sea. Shanghai Sci. Inst. 1936. Sec. 2, 2, p.37-146.
- 4) 山内靖喜, 村上久, 三瓶良和, 浜崎晃, 内田澄夫, 平井正継, 守岡康一, 朝倉隆之, 片山直樹, 星野孝孝, 折橋裕二. 隠岐・島後で新たに発見された海成鮮新統“向ヶ丘層”. 地球科学. 2005, 59, 1, p. 35-48.
- 5) 村上久, 山内靖喜. 島後で最近発見された向ヶ丘層について, 隠岐の文化財, 隠岐の島町教育委員会, 海士町教育委員会, 西ノ島町教育委員会, 知夫村教育委員会編集発行. 2006, p. 1-21.
- 6) 山崎博史. 隠岐島後, 西郷湾北方の新生界層序, 地質学雑誌. 1991, 14, p. 81-88.
- 7) 小林伸治, 沢田順弘, 吉田武義. 隠岐島後における末期中新

- 世, 隠岐アルカリ火山岩類の地質とマグマ供給系. 岩石鉱物科学. 2002, 31, p. 137-161.
- 8) Berner RA. Sedimentary pyrite formation: An up-date. *Geochimica Cosmochimica Acta*. 1984, 48, p. 605-615.
- 9) 市原優子. 海成粘土層にみられる粘土鉱物風化の一例. 粘土科学. 1961, 3, p. 178-184.