

阿武隈山地北部の花崗岩に由来する黒雲母の風化変質と その法地質学的意義

学位論文内容の要旨

要旨

花崗岩は日本国内に広く分布し、深層風化と呼ばれる厚い風化殻をしばしば形成している。花崗岩地域では、表層土こそ火山灰の影響を多少なりとも受けているが、地表面下では火山灰や火山岩、あるいは沖積に由来する土壌とは異なる様相を呈し、粗粒で外観上は花崗岩の組織をそのまま残している。花崗岩の風化変質については防災や放射性物質の地層処分など社会生活にも大きなかわりがあることから様々な研究が行われているが、未だにそのメカニズムについては十分に解明されていない。

花崗岩とその風化変質物は日常生活の場となる地域にも普通に存在しているために、事件や事故に関係して容疑者や被害者、あるいは犯罪に使われた車などの道具と事件現場を結びつける重要な鑑定資料となることがある。しかし、火山灰などを母材とする土砂とは異なり、どのような場所のものでも一次鉱物も粘土鉱物も互いに良く似ているために従来の粘土鉱物や顕微鏡観察による鑑定検査法では識別が難しいことから、新たな鑑定検査法の開発が望まれている。

そこで、本研究では阿武隈山地北部の花崗岩に由来する黒雲母に着目して、その風化変質について EDX による元素分析と X 線回折を用いた検討を行い、さらに、これまで法科学的にほとんど利用されてこなかった重鉱物の化学組成と変質に関する情報を取り入れた、新たな鑑定検査法を開発し識別能力の向上につなげることを目的とする。

その結果、新鮮な角閃石と黒雲母の Mg 値はほぼ同じ範囲の値を示しており、さらに、これらは二つの地域に分けられる。すなわち、原岩形成時に黒雲母と角閃石は異なる組成を持っていたと考えられるが、これが亀井・高木(2003)や亀井ほか(2003)の岩体区分とどのような関係があるのかは不明である。角閃石は風化変質を受けて外観上細粒化や色の変化など見られるものでも、新鮮なものと変わらない元素組成を保っており、また、X 線回折による分析によってもほとんど変質していないことが明らかとなった。これに対して、風化変質を受けた斜長石はかろうじて累帯構造や双晶が仮像として顕微鏡下で認められるものの、著しく粘土化が進み、Na に富む部分を除いて全く元の鉱物を残していない。

風化変質を受けた黒雲母の外観は周辺部分が扇状に開いたり色が淡くなったりす

るが、ほぼ元の鉱物の外形を残している。新鮮なものと風化変質を受けたものを比較すると、変質によってK、Fe、Mg、Tiの減少とAlの増加が認められる。黒雲母の風化変質はKの減少に特徴付けられることから、Kを風化の指標として考えたとき、FeはほぼKの減少と同じ程度に起こるが、Mgは変質初期にはあまり減少せず、ほぼ同じ値を保つ傾向がある。しかし、本研究地域では変質初期においてもMg値が大きく変化するほど、Feの溶脱あるいはMgの付加が著しくなく、Mg値はやや増加する傾向があるものの新鮮な黒雲母の値と概ね同じである。Alの増加は直線的に増えていくトレンドとKがかなり減少してから急激に増加するトレンドがあると推定される。黒雲母には風化変質物として、バーミキュライト/黒雲母混合層鉱物が出現するが、Mg値の高いグループでは規則型のhydrobiotiteが形成されていることが確認された。Hydrobiotiteはその形成条件などが未だに解明されていないが、Hoda and Hood(1972)やMurakami et al.(2003)などで報告されているようにMgが多い黒雲母やフロゴサイトではバーミキュライトが黒雲母の変質鉱物として産すること、また、Mgの少ない黒雲母ではバーミキュライトの形成が風化変質の初期にはおきにくいことが知られている。本研究でhydrobiotiteはMg値の高いものにだけ形成されており、不規則型も含めてMg値の高いものの方が12Å付近の回折線がシャープになる傾向がある。したがって、hydrobiotiteは黒雲母がバーミキュライトへと変質する過程で、ある一定の範囲にMgがあるときに黒雲母の構造を残しつつバーミキュライトのドメインもできやすいためにX線的に規則型として検出されるドメインが偶発的に発生するためではないかと推定した。

花崗岩由来の土砂の法科学的な識別は、従来行われてきた土砂中の粘土鉱物を対象とした方法では困難な場合が多く、新たな検査法が求められている。これまで特定の鉱物に着目してその地域差や原鉱物の形成過程からもたらされる情報までもを利用した鑑定検査法はほとんど研究されておらず、黒雲母に関してはHiraoka(1997b)のみである。本研究では黒雲母の「変質の尺度」としてKの含有量が利用でき、初成的な元素組成を推定するためには角閃石の元素分析が有効であることを示した。また、足立ほか(1998)の報告にあるように、Mg値が変質の初期に急激に変化するものがあることについて注意を喚起した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 松 枝 大 治

副 査 教 授 竹 下 徹

副 査 講 師 三 浦 裕 行

副 査 在 田 一 則 (総合博物館資料部研究
員・元理学研究科教授)

学 位 論 文 題 名

阿武隈山地北部の花崗岩に由来する黒雲母の風化変質と その法地質学的意義

花崗岩類は、その風化変質物であるいわゆる“マサ”を伴って日本国内に広く分布しており、“マサ”は元の岩石の組織的特徴を残したまま鉱物の変質して仮像となっていることが多い。花崗岩類の風化変質は自然災害や地層処分など社会的な問題を含めた様々な観点から研究が行われているが、そのメカニズムが十分に理解されているとは言い難い。

花崗岩類の風化変質物は人間活動の場にも多く存在しており、犯罪の証拠物件としてしばしば鑑定検査の対象となっている。粘土やシルトなど細粒なものを多く含む表層土の鑑定検査法はある程度は開発されているが、花崗岩類の風化変質物は表層土に比べて粗粒で鉱物組み合わせが単純であり、粘土画分に大量のカオリン鉱物を含むため、粒径区分ごとの鉱物組み合わせから異同を判断する現在の方法では識別が困難であることが多い。これまでは、同一の鉱物種についての鉱物学的分析法を用いた鑑定検査法の研究はほとんど行われておらず、証拠試料の土砂中にしばしば粗粒あるいは片状の粒子として含まれている黒雲母や角閃石が有している地域的情報は活用されていない。

黒雲母は、花崗岩類に含まれる他の主要造岩鉱物と比較すると風化に対して中程度の耐性を有し、その変質については多くの研究があり、変質経路が複数あるとされている。バーミキュライト化はその主要なものの一つで、その過程でバーミキュライト/黒雲母混合層鉱物が形成される場合があることが報告されているが、その成因については不明な点が多く、詳細な鉱物学的検討が必要であった。

研究地域の阿武隈山地北部の福島県田村市には、いわゆる古期花崗岩類の黒雲母角閃石花崗閃緑岩が分布しており、風化変質を受けているが一部に新鮮な岩石を含んでいる露頭がある。新鮮な黒雲母は濃褐色で、薄片観察では一部が緑泥石化しているのが認められた。

風化変質物中では新鮮なものより色が淡く、褐色から淡褐色で白色になっている部分があり、薄片ではヘキ開に沿って干渉色の変化が観察された。

新鮮な黒雲母とその変質物（以下、黒雲母とする）の元素分析の結果、この地域ではマグネシウム値が比較的高いグループ（約 0.3~0.4）と低いグループ（約 0.1~0.2）があることが明らかとなり、母岩の組成に由来するものと考えられる。黒雲母変質物は、カリウム含有量が半減するまでは元の黒雲母とほぼ同じマグネシウム値を示し、さらに変質が進むとマグネシウム値が次第に減少していく。黒雲母変質物のX線回折の結果、**hydrobiotite** は高いマグネシウム値（約 0.3~0.4）を有するグループに認められ、低いマグネシウム値（約 0.1~0.2）のものには不規則型パーミキュライト/黒雲母混合層鉱物が形成されていた。また変質は、顕微鏡観察、反射電子増観察、元素分析および色の異なる部分についてそれぞれ行ったX線回折の結果から、鉱物粒子の周囲とヘキ開に沿って進行していることが明らかである。

Hydrobiotite の(001)および(002)およびパーミキュライト/黒雲母不規則混合層鉱物の 12 Å 付近の回折線は、ブロードでいずれも結晶度はあまり良くないものと考えられる。パーミキュライトと黒雲母の混合層鉱物の形成は、もとの黒雲母中のマグネシウムの含有量に規制されている可能性がこれまでも示唆されており、本研究地域ではマグネシウムが多いものほど規則・不規則に関わらず回折線がシャープになる傾向があることから、黒雲母の層構造に沿ってランダムにパーミキュライト層が発達し、一定の組成を超えるとX線に可干渉な規則型混合層の構造を示すことが推定される。

また、顕微鏡観察で細粒化が進み褐色から緑色に変質している角閃石について元素分析およびX線回折を行い、新鮮な角閃石との比較をおこなった。その結果、主成分元素組成にはほとんど変化は見られず、また、X線回折も回折線は互いに良く類似していたことから、角閃石は風化変質に耐性があることが確認された。

これまで示したように、鉱物の元素組成や個々のX線回折データは花崗岩類の風化変質物の法科学的な識別に有効であると考えられることから、従来の鑑定検査法に改良を加える必要がある。**Hiraoka(1997)**は黒雲母の鉄とマグネシウムの量比が識別の指標になることを示したが、特にマグネシウムの量が少ないものについては風化変質の影響を考慮する方法が無かった。しかし、風化変質の指標としてカリウムを加えることで元素分析の結果をより有効に活用できるものと考えられる。ただし、その変質様式には地域性があるものと考えられ、愛知県の新城花崗岩体では非変質の黒雲母はマグネシウム値が低いものの、変質の初期に急激なマグネシウム値の上昇があり、パーミキュライトと黒雲母の混合層鉱物を形成しないものが露頭によって出現することが報告されている。したがって、黒雲母と角閃石の両鉱物が含まれている場合には、両者の分析値の比較によって変質前の化学組成と変質様式の推定を行い、異同識別や地域推定に用いることが望ましいと考えられる。

これを要するに、著者は、花崗岩の風化に伴う黒雲母の変質作用について鉱物学的な観点から明らかにし、同鉱物の詳細な風化過程に関する新知見を得たものであり、さらに法地質学的応用に対して国際的にも貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士(理学)の学位を授与される資格あるものと認める。