

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	平田 康人
論文題目	柱状節理の発達した火成岩の組織・構造とそれに規制された球状風化メカニズム		
(論文内容の要旨)			
<p>球状風化は節理から化学的風化が進むことで、岩石表層の風化層が次々と剥離して、節理に囲まれた中心に球状のコアストーンが残り、岩塊の周囲を球状に剥離物が覆うという岩石の典型的な風化現象である。球状風化は古くから多数の火成岩に報告されてきたが、その発現理由は、岩石の初生的構造、化学的風化過程および物理的性質の変化を踏まえた形では明確に説明されておらず、特に表層部が剥離する際の亀裂の発達過程は明らかでなかった。本研究では、柱状節理の発達した火成岩の球状風化過程を明らかにすることを目的として、紀伊半島南東部の熊野花崗斑岩と近畿北部の田倉山火山の玄武岩質溶岩を対象に、節理と岩石の初生的構造を調べ、風化に伴う岩石の物理的性質、鉱物組成と化学組成の変化を調べた。これらの花崗斑岩と玄武岩は柱状節理に囲まれた岩石内部に初生的構造を有し、節理から供給される酸素と水による化学的風化の進行と、その風化に伴う亀裂形成とが、この初生的組織・構造に強く支配される結果、球状風化を示すことが明らかになった。その初生的岩石組織は石柱表面の緻密な領域および同心円状の間隙分布からなり、岩石構造は石柱の中央から広がって柱状節理近傍で柱状節理軸方向に湾曲した低角節理、または節理の交差部の内側を面取りする亀裂からなる。それらの構造のほとんどは柱状節理の形成後の岩石が延性を持つ状態で冷却により形成されたと推測される。</p> <p>花崗斑岩と玄武岩の化学的風化は、地表からの地下水が柱状節理の隙間を通して供給されるために、柱状節理から始まる。化学的風化が石柱内部の横断節理または面取り亀裂に達すると、その曲面がコアストンの表面になり、コアストーンは丸みを帯びる。ただし、両岩石では、鉱物の化学的風化、風化に伴う岩石の物性変化、および亀裂発達のメカニズムが異なる。花崗斑岩では、斑状に分布する有色鉱物の集合体中の黄鉄鉱と緑泥石が酸化して、集合体の周囲に水酸化鉄沈殿を生じ、それに伴う膨張が微小亀裂を発生・進展させて、厚さ6 cm以下の皮殻状の剥離物を生じていた。水酸化鉄沈殿を生じたコアストーン表層部では、P波速度は未風化部分の3.5-4.0 km/sよりも0.2-0.5 km/s増加したが、岩石の引張強度は10 MPaから7 MPaへ減少していた。このようなP波速度の変化は他の球状風化する花崗岩類においても認められた。このため、花崗岩類の球状風化における亀裂発達も、水酸化鉄の沈殿による岩石の膨張が原因である可能性がある。玄武岩では、斜長石がハロイサイトへ変質し、カンラン石がイデイングス石に変質していた。ハロイサイトの形成に伴う体積増加と、ハロイサイトが節理表面で脱水・収縮することによって、横断節理または面取り亀裂の先端部を拡大させ、その外側を皮殻状に剥離させていた。その斜長石の変質は石柱内部の平均0.22 μmの間隙径のところよりも、石柱表面の平均0.07 μmの間隙径を示す緻密な領域で著しく弱かった。また、それは玄武岩内部の同心円状の明暗の縞模様においても、緻密な暗色の部分で遅れていた。したがって、玄武岩の表層暗色層や暗色帯は反応物の拡散が遅いために、コアストーン表面からの風化がその内側よりも遅れ、コアストーンから皮殻状に分離していると考えられる。このように、柱状節理の発達した火成岩は、その初生的な岩石組織・構造に影響を受けた球状風化の形態を示すと考えられる。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

球状風化は、角張った岩塊が風化の過程で角を失い、核岩(コアストーン)と呼ばれる球体状になっていく風化様式であり、非常に特徴的なため、古くから知られていた。しかしながら、その風化メカニズムに関しては、節理に囲まれた岩塊が節理表面から次第に化学的風化作用を受け、岩塊の角部で速く風化するために次第に丸みを帯びると漠然と考えられている程度であった。2000年代になってわずかに地球化学的な研究がおこなわれるようにはなったが、総体としてどのような要因やメカニズムが球状風化に対して支配的であるのか、明らかになっていなかった。そのため、同じ岩石であっても、ある場合には球状風化し、ある場合にはそうではない、という単純な問題に対しても明確な回答は得られていなかった。申請者は、典型的な球状風化は火成岩に認められることから、その代表例として、花崗斑岩と玄武岩とを選び、これらの球状風化過程について岩石学的、鉱物学的、また物理的性質の側面から多面的に研究した。その結果、これらの球状風化した岩石が、風化前にすでに球体の原型ともいえるべき岩石組織・構造を持っていることを見出し、球状風化はこの初生的な性質に大きく規制されて進行するものであるという、今まで誰も気づけなかったことを明確にした。

申請者は、柱状節理の発達した2種類の火成岩、すなわち半深成岩である花崗斑岩と火山岩である玄武岩とを対象として、まず、これらの岩石の風化前の性質を丹念に調べた。その結果、両者ともに柱状節理に囲まれた石柱に同心円状の組織があること、さらに、個々の石柱を横断し、柱状節理付近でそれに漸近するような2つの湾曲面に分かれる節理、あるいは節理の交差部の内側を面取りするような亀裂があることを見出した。そして、これらの組織・構造が柱状節理形成後の冷却段階で形成されたこと、そして、球状風化の初期的形態を支配し、また、その後の進行を規制していることを明らかにした。

申請者は、上記の花崗斑岩と玄武岩とに由来する球状風化岩石を綿密に分析し、その球状風化の過程を明らかにした。花崗斑岩では、節理表面から内側に供給される酸素が岩石内に斑状に分布する有色鉱物集合体中の黄鉄鉱と緑泥石を酸化して、集合体の周囲に水酸化鉄沈殿を生じ、それに伴う膨張が微小亀裂を発生・進展させて表層部を剥離させることを見出した。玄武岩では主造岩鉱物である斜長石がハロイサイト化して膨張し、また、脱水・収縮することによって表層部を剥離させていくことを見出した。そして、申請者は、これらの化学反応と表層部の剥離が次第に岩石内部に及ぶことによって球状風化が進むことを明らかにした。

上記のように、本研究は、誰もが知っているにも関わらずメカニズムが明確でなかった球状風化について、多面的な研究によって初めてメカニズムを明らかにしたものであり、岩石の風化の研究として高く評価される。しかも、本研究は、岩石風化の研究において、火成岩岩石学の分野でもほとんど知られていなかった岩石の冷却過程で形成される組織と構造をも明らかにし、それらが風化過程を規制していることを明確にした。これは、細分化・先鋭化している地球科学の研究において、包括的な理解によって初めて新たな発展があることも明確に示したものである。よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成30年1月17日に、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った。その結果合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降