

深さによる火山岩層の後火成作用の特徴*

D.S. Korzhinskii

黒田 吉益 訳

最近、著者は、各地の、いろいろの時代、いろいろの深さの火山岩層を見学する機会をもつた。すなわち、深く浸食されているものとしては、古生代のウラル、カザフスタン、中央アジアの火山岩層、および中生代の変形したザコーカサスの火山岩層がある。中位のものとしては、スコットランド、トランスバールの第三紀の変形していない火山岩層がある。最後に、カムチヤツカやパラムシール島の第四紀ないし現在の火山岩類である。これらの火山岩層の変成作用や交代作用には、その深さに応じた興味ある違いがみられる。地表に近づくとつれて、後火成作用は高～中温のものが、だんだん低温のものへ移りかわる傾向があり、それと同時に、溶液やガスの中で、Na に較べてKの activity がますようである。

比較的深い所のものが現われている例としては、デボン紀の安山岩層がある。それは石英閃緑岩に貫かれている（ウラル）。ここには、高温（スカルン）から低温に至るまでの、後火成作用の全部にわたる温度段階のものがある。中位の温度を示すプロピライト安山岩が、もつとも広く分布しているが、それは albite + epidote + chlorite + pyrite + leucosene という組合せである。それより若干高温のものでは、actinolite をもっている。

中位の深さのものは、より深い所のものと、次の2つの特徴で区別することができる。1) 深い緑色岩の変成作用には zoisite や clinozoisite が典型的であるが、中位のものには、それがない。2) 中位のものには、割れ目に沿って aduralization や、より後期の zeolitization がある。しかし、それらは弱いもので、アルカリ交代作用が行なわれない所だけである。この時、aduralia は epidote と伴うが、低温の aduralization の時には、epidote が伴わない。

このようなタイプのプロピライト化作用は、古生代・中生代の火山岩層に典型的である。しかし、古典的プロピライトの産地であるネバダ (USA) の第三紀火山岩層は、これに属している。

浅い例としては、トランスバールの第三紀火山岩層があり、これには特有の subvolcanic facies がみられる。それは、よく知られているように、金や polymetallic な金属鉱床をもっている。それは、post- orogenic な安山岩、石英安山岩、および若干の流紋岩からなっている。そして、褶曲はしておらず、あまり浸食も受けていない。鉱床地域では、プロピライト化を受けて緑色になつている。しかし、このプロピライト化は上述のものとは、たいへん違つている。chlorite と calcite という組合せの時に、epidote または actinolite がまったくみられない。これは低温を示すものである。いま一つ、著しい特徴は、albitization がないことである。有色鉱物が chlorite と calcite の集合に、完全にかわつてしまつていても、plagioclase は新鮮なままのこつていて、網目状の微細な割れ目に沿って aduralia が生じているだけである。若干、zeolite が生じていることもある。しばしば magnetite が含まれており、強くプロピライト化した場合のみ pyrite にかわつている。プロピライト化と同時の脈がない。深いプロピライト化の場合には、石英脈や緑れん石脈が同時に形成されているが、このような脈がない。

トランスバールの低温のプロピライト化は neck や stock のものであり、一部の学者は、auto

* Д.С. Коржинский: Особенности послемагматических явлений в вулканических формациях в зависимости от глубинности. Доклады АН СССР, Том. 133, No. 5, p. 1194~1197, 1960

metamorphism で late-magmatic なものであると考えている。このような侵入岩体の内部状況にもかかわらず、そのまわりに、高温～中温の変成作用がまったくないことは、特筆すべきである。epidote がないばかりでなく (古生層中の侵入岩にも epidote は少ないけれど)、深い所の auto metasomatism に典型的な二次的な amphibole や鱗片状の biotite もない。

バイヤ、アリエシ (オフエンバシニヤ) では、第三紀の neck や stock と古生層の石灰岩とが接している。石灰岩中に鈳化作用はあるが、スカルン鈳物は形成されていない。他の岩石との接触部でも、ホルンフェルス化は行なわれていない。かくて、この岩石類には、高～中温の後火成作用はない。

トランシルバンスクの酸性岩中のアルカリ化作用や鈳化作用のゾーンにも、albitization はまったくない。ここでは、aduralization が典型的である。plagioclase は、直接、aduralia と sericite にかわり、ついで、純粋な aduralia になる。ある場合には、plagioclase は sericite や hydromica にかわる。炭酸塩としては calcite の他に、ankerite や siderite があるが、それは低温の母岩の変質を示すものである。

次に、現在の火山地域の late-magmatic な作用をみてみよう。古い火山岩層をみなれた岩石学者は、現在の火山岩をみると、その新鮮さにびつくりする。ここでは、まったく、プロピラトイ的な緑色岩化はみられない。岩石は、玄武岩や安山岩では黒っぽい色を、石英安山岩では灰色をしており、slag 様の表面もよくみられる。火口では、噴出物のガラスが、酸化して赤い色になっていることがあるが、その時でも、斑晶などの有色鈳物は新鮮であり、opacitization などはみられない。噴気孔のまわりでは、割れ目の近くが白くなっていることがあるが、これは数 cm 程度のものである。この低温の変化 (オパール化、硫黄化、argillization, alunitization, markasitization) は、hydrous solution の滞集によつて起こる。カムチャッカの火山における、このような変化は、フッ素を含んだ溶液が、岩石から Si や Fe を溶かし出して、腐食させただけである。したがつて、そのような変化は、広く発達していないで、噴火口のまわりにかざられている。

第四紀の火山でも、深く侵食されたものや、ボーリングの結果からわかるように、ある深さまでゆくと、熱水作用による変化をうけている。もつとも広いのは、凝灰岩の zeolitization で、sericite, chlorite, calcite ; carbonate, hydromica, anhydrite, gypsum, pyrite を含む。酸性の (訳注1) アルカリ化作用のゾーンでは、sericitization, alunitization, argillization, opalization (深い所では珪化作用、石英化作用)、sulphur の添加、markasitization, pyritization がある。ウラソフによれば、カムチャッカや千島列島では、明るい色に着色された変質岩が、浸食されたカルデラに、普通数平方 km ~ 数10平方 km にわたつて分布している。これらの変質岩には、硫黄を含む珪岩があるが、これは地表から数 100 ~ 数10m の深さの割れ目に沿つて上昇する溶液やガスにより生じる。トランシルバニの第三紀層でも、plagioclase は albitization をうけていない。それは、zeolite や clayey minerals や opal などにかわるまで、新鮮なままである。深くなるとともに、zeolitization は aduralization にかわる。ノーボイ・ゼランディの温泉地域のボーリングのデータによれば、zeolitization と aduralization の境は、200 ~ 350m の深さである。そこでの水は、約200°C である。

上記のいろいろの例を検討すると、次のことがいえる。地表に近づくにつれて、高～中温の late-magmatic な交代作用の温度が下がる。これは、前に書いた、 H_2O と CO_2 の変成作用時における研究に基礎をおいた説と一致している。すなわち、珪酸塩岩の変成作用は、水溶液が濃集して、活動する場合のみ起こる。その溶液は、普通 CO_2 に飽和している。地表に近い所では、溶液が濃集している状態は、低温の場合にかぎる。深くなつて圧力が増してくると、温度が高くてもよい。

中位の温度のプロピライト化作用 (epidote をもつ) は、少なくとも 1 km の厚さの岩石の load が必要である。これは、トランシルバニの若干の地域からも明らかである。そこは、山

訳注1) Si の多いという意。

嶽地帯で600mも解析されている所があるが、それでも中位の温度の変質現象はみられない。その他、数100mの岩石の覆いがある所でも、zeoliteのゾーンがあることも注意すべきである。

このような比較は火山岩層中における、鉱物形成の深さに対する評価に新しい見解をあたえるものである。ウラルの黄鉄鉱鉄床や、カザフスタンの典型的な塊状の二次的珪岩^{訳注2)}が、はげしい中温のプロピライト化を伴なっていることは、それらが、地表に近いところか、またはsubvolcanicな条件で形成されたという考えが、あやまりであることを示している。形成場所が深くなると、aduraliaizationがなく、albitizationがある。カザフスタンの二次的珪岩では、andalusiteやcorundumなどの比較的高温の鉱物もある。ウラルやカザフスタンでは、その形成場所は、少なくとも1.5kmの深さがあつたであろう。

天然の溶液中のCO₂含有量は、浅くなるとともに減少し、圧力も下がる。その結果、カチオンのactivity coefficientが変化する。albitizationが、地表に近づくにつれてaduraliaizationとなるのは、このためである。深い所では、溶液はCO₂にとんでいいる。したがって、MCO₃の溶解度が大きな意義をもつてくる。温度が100°下がる、Na₂CO₃の溶解度S(100gのH₂O中のgram)は6.5分の1に下がるが、Kの方は1.5分の1に下がるだけである。

	0°	100°	S ₁₀₀ : So
Na ₂ CO ₃	7	45.5	6.5
K ₂ CO ₃	105.2	155.5	1.5
NaCl	35.7	39.8	1.1
KCl	27.6	56.7	2.1
Na ₂ SO ₄	19.5	42.5	2.2
K ₂ SO ₄	7.35	24.1	3.3

Activity coefficientは溶解度に逆比例する。すなわち、Naのactivity coefficientの増大はKよりも大きい(約4倍)ので、炭酸溶液の温度の下降はNa-長石(albite)がK-長石(orthoclase, aduralia)をおきかえるのがやさしくなるであろう^{訳注3)}。溶液が地表に近づくにつれて、CO₂が失われてくるので、アニオンとしては、Clと(あまり大したことはないが)SO₃が意義をもつてくる。上のデータから、明らかなように、NaCl(Na₂SO₄)よりもKCl(K₂SO₄)の方が溶解度の低下が大きいし、絶対値も低い。したがって、ClやSO₄を含む溶液中では、Kのactivity coefficientが増加する。かくて、浅くて低温の所では、plagioclaseのaduraliaizationが起こる。

地表に近づくにつれて、溶液中のCO₂の量が減ることは、volcanic~subvolcanic formation中のplagioclase中のanorthite分子が、比較的やられないことの原因でもある。一般に低温変成作用のときに、plagioclaseが分解して生じたCaはcalciteに結びつく。しかし、溶液中のCO₂の含有量が下がる、calcite中のCaのchemical potentialは、mass-actionの法則によつて増大する。したがって、anorthite分子の炭酸塩化作用の反応の自由エネルギーが下らねばならない。かくて、浅いところでは、plagioclaseの分解(deanorthitization)の反応は深い所よりも不活発である。

訳注2) ソビエトではquartziteという語を、いわゆる浅熱水鉄床などにおける珪化帯の岩石に対しても用いることがある。

訳注3) ここで、表のデータは100°から0°に下がる場合であるが、ここで述べているのは、後火成作用により温度が下がる、という場合について述べている。したがって100°とか0°とかいう温度でなく、もつと高温でも、いずれにせよ、温度が下がることはNaのactivity coefficientを増す、ということ述べているわけである。