

鈴鹿花こう岩に認められる貫入時の変形構造

大谷具幸

三重・滋賀県境に露出する白亜紀後期鈴鹿花こう岩の変形構造を調べることにより、花こう岩体の貫入・上昇過程の解明を試みた。変形構造を用いて貫入・上昇過程を調べるためには、次の3点を解明する必要がある。1) 変形時期、2) 変形条件、3) 運動像。

変形時期は、次の3点から特定された。1) 鈴鹿花こう岩の火成活動の末期に花こう斑岩が岩体の西部に貫入しており、花こう岩をゼノリスとして取り込んでいる。2) 一部のゼノリスは変形し、カタクラサイト化を受けている。3) 花こう岩と花こう斑岩の接触部では、花こう岩はカタクラサイト化しているのに対して、花こう斑岩は変形を受けていない。これらは花こう斑岩の貫入・固結以前に花こう岩がカタクラサイト化を受けたことを示しており、変形時期が鈴鹿花こう岩の火成活動中であることを示している。

変形条件は、偏光顕微鏡及びSEM・カソードルミネッセンス像を用いた微細組織の観察に基づき推定された。カソードルミネッセンス像によると、石英集合体の多くは石英粒の間を2次的な石英が充填することにより構成されており、流理構造を示す石英の多くは、塑性変形ではなく、脆性変形を受けたことが判明した。この結果、塑性変形の卓越するマイロナイトはわずかしか存在せず、脆性的な変形が主であることが明らかになった。

運動像は、剪断指標を用いて剪断センスを解析することにより推定された。剪断指標には、非対称プレッシャーシャドウ、リーデルシェア、黒雲母のフィッシュ、引きずり出しを用いた。その結果、岩体各地から東側が上昇する逆断層のセンスが得られた。花こう斑岩は花こう岩が変形中に貫入しており、花こう斑岩の分布形態、内部構造、花こう岩の変形構造より、シェア・ゾーンに形成されたP-fractureに貫入したと考えられる。花こう岩も貫入・上昇時に花こう斑岩と同じような変形の場におかれていたので、花こう斑岩と同様のメカニズムで貫入した可能性が考えられる。(地殻熱部)

Keywords : Suzuka granite, mylonite, cataclasis, deforma-

tion, pluton emplacement, cathodoluminescence

深沢黒鉱鉱床産褐色黒鉱の鉱物組成及び地球化学

石塚 治

秋田県深沢黒鉱鉱床においては、角掛沢第1鉱体東端部で褐色黒鉱と呼ばれる通常の黒鉱鉱石とは異なった鉱石が見られる。褐色黒鉱の名はその色に由来するが、それ以外に銀品位が高く(約2000g/t)、銅品位が低いという特徴を持つため現場で注目されていた。同タイプの鉱石は他の黒鉱鉱床からも報告があり、分布は非常に限られているものの黒鉱鉱床中で普遍的に存在するものと考えられる。褐色黒鉱は、構成鉱物、産状などから、層状鉱、塊状鉱、角れき岩中に鉱染した褐色の鉱石、角れき岩中に鉱染した黒色の鉱石、珪質鉱、黄鉄鉱に富む鉱石に分けられる。構成鉱物としては、閃亜鉛鉱、重晶石が多くこれに方鉛鉱、黄鉄鉱、四面銅鉱が伴う。閃亜鉛鉱には、球状細粒のものやコロフォーム状のものが多く、通常黄銅鉱病変を伴わない。また銀鉱物としてピアス鉱及びエレクトラムが存在し、重晶石のパッチ状の集合体及び脈に産する。構成鉱物の沈殿順序は、一般にフランボイダル黄鉄鉱が最初に形成され、その後鉱石の主要部を構成する閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄鉄鉱が沈殿している。その後鉱化の最終ステージで金銀鉱物が沈殿した。

各鉱石の特徴は鉱石の生成場所及び生成条件の違いを反映していると考えられる。黄鉄鉱に富む鉱石は酸化還元境界付近で比較的低温で形成され(重晶石で約240°C)、層状鉱、珪質鉱及び鉱染した褐色の鉱石は黄鉄鉱に富む鉱石の殻の下で270°C前後の温度で形成されたと予想される。また鉱染した黒色の鉱石は、黄銅鉱の鉱化作用に関連した高温の鉱液の通路に相当していると考えられる。この黄銅鉱の鉱化は、鉱染した黒色の鉱石と塊状鉱以外では見られない。初生的と思われる鉱物組織(組成ゾーンを含む)が褐色黒鉱で広く認められるのは、高温の鉱液の活動が極めて限られていたのが一つの原因かもしれない。金、銀の鉱化は重晶石の流体包有物の均質化温度から、鉱石主要部よりも低温(約250°C)で起きたと考えられる。

また褐色黒鉱においてはバクテリアなどの生物組織を

\* 平成6年5月10日本所において開催

基盤として形成されたと予想される閃亜鉛鉱のフィラメント状組織が見られる。この事実と負の硫黄同位体比値を示すフランボイダル黄鉄鉱に富む鉱石の存在から、褐色黒鉱生成の場での活発な生物活動の存在が示唆される。

褐色黒鉱の構成鉱物に関しては、鉱体レベル及びグレインレベルでの組成変化が観察され、鉱体内での物理化学的条件の勾配の存在及び鉱液の状態の時間変化が示唆される。

明らかになった褐色黒鉱の特徴から、この鉱石は鉱液の温度が比較的低い温度に留まり( $<300^{\circ}\text{C}$ )、かつ生物活動が活発な海底熱水活動縁辺部において形成されたものと考えられる。比較的鉱液の温度が低かったこと、海水の影響が大きい環境であったことが特徴的な銀、金の鉱化に関連している可能性があると思われる。

(地殻化学部)

Keywords : brown ore, high Ag content, framboidal pyrite, filamentous texture

## 伊豆小笠原の孤立深発地震とスラブの形状 —スラブの運命に関する一考察—

大滝壽樹

### はじめに

スラブが下部マントルへ沈み込んでいるか、上部マントル中に溜まっているかはマントル対流が1層か2層か、上部、下部マントルは化学成層しているのかなどからんでくる重要な課題の一つである。ここ数年上部マントル中に溜まっているスラブの存在が主張されている。では、この停留したスラブは局在しているのか、それとも普遍的な現象なのだろうか？

停留したスラブの存在が最も確からしいのは伊豆小笠原の北部である。本研究ではその南の伊豆小笠原南部に着目し地震波速度構造の解析を行った。この地域は一ヶ所を除き深発地震が起きておらず、その速度構造はほとんどわかっていない。この周囲から孤立した深発地震群(北緯24度、東経142度、深さ600km)から日本への波は震源をほぼ水平に出射するため、この領域を調べる目的に最適である。

### 解析

この対象領域は地震が少ないためトモグラフィのような大規模データ処理では十分な像が描けない。そこで本研究では簡単なモデル化を行い解析を行った。データと

してISCのP波走時残差及びJMAの59型5秒計の波形記録を用いた。

この地震と、日本への波線が似ている伊豆小笠原北部の深発地震とを選び、両者のP波走時残差の差を取り解析を行った。3次元波線追跡を行い走時を計算した結果、この2つの地震を結ぶ線に沿って地震を起こしていないスラブが存在すること、このスラブはその西側にも東側にも大きく停留していないことが明らかになった。震源の誤差、読み取りの精度は結果に大きく影響しない。

この地震のP波は一般に単純な波形を示すが、中部での波形は振幅が小さく立ち上がり前に伸びること、関東での波形は波が2つ来ていることが見いだされた。この現象は震源過程や観測点近傍の構造ではなく上部マントル深部不均質構造に原因がある。中部の波形はスラブの下面付近を通ってきたための回折、関東の波形はスラブの下を通ってきたことによるマルチパスであると考えられる。Gaussian Beam Methodを用いて波形計算を行い、上記のスラブモデルで中部、関東の波形を定性的に説明できることを確かめた。

この地震のsP波の振幅が中部、近畿で大きいという現象が見られた。この現象は球対称モデルでは説明できず、この地震の上部に地震を起こしていないスラブを導入すると説明できる。

### 結論

伊豆小笠原南部にある深発地震の起こっていない領域にも地震を起こしていないスラブが存在すること、伊豆小笠原の北部とは対照的にそのスラブは上部マントル中に大規模に溜まっていないことが明らかになった。

(国際協力室)

Keywords : seismology, deep earthquake, slab, Bonin, seismic structure

## マグマ水蒸気爆発による火山ガラス屈折率への影響 —爆発エネルギー量推測への試み—

伊藤順一

マグマ水蒸気爆発により発生するベースサージの伝播プロセスの理解や、それに随伴する災害の予測・評価を行うためには、爆発エネルギー量の評価方法の確立が必要であると考えられている。そこで本研究は、ガラス物質の物性(屈折率や密度)はガラス化時の急冷速度によっ

て変化するという特性に着目することで、火山噴出物から爆発エネルギー量を推測する手法を開発することを目的としている。今回の発表は、その中間報告である。

新島、向山火山を研究対象とし、活動初期のマグマ水蒸気爆発により放出された火砕物と、活動後期に噴出した溶岩を採取した。本火山を選定した理由は、本火山が同種マグマによる多様な噴火活動を発生したこと、活動年代が西暦886年で比較的最近であること、噴出物のガラス部が顕微鏡観察では清浄であったことである。採取した火砕物・溶岩両者のガラス部について、E. P. M. A. による組成分析及び屈折率測定を実施した。また、それらを実験材料として用い、制御された急冷条件下でのガラス試料を作成した。

E. P. M. A. 分析結果によると、溶岩のガラス部はほぼ均質な組成を示した。これに対し、マグマ水蒸気爆発による放出物は $\text{Na}_2\text{O}$ と $\text{K}_2\text{O}$ 含有量でややばらつきが認められ、また溶岩に比較すると $\text{Na}_2\text{O}$ 含有量が0.5wt%程度少ない傾向にあった。屈折率に関しては、マグマ水蒸気爆発の噴出物は屈折率値1.495付近に明瞭なピークを持つ頻度分布を示した。溶岩では、屈折率値1.480—1.495の広い範囲に測定結果がばらついた。溶融・急冷実験では、両試料を1030度—1400度に加熱し、3種の条件下[水冷・空冷(冷却速度を変えたもの2種)]で急冷試料を作成した。その試料については屈折率測定中である。

ガラス物質の屈折率は冷却速度だけでなく、化学組成(主成分組成及び含水量)に大きな影響を受けることが知られている。E. P. M. A. 分析値をもとに火砕物と溶岩の比屈折度を計算した結果、主成分組成の差異が屈折率に与える影響はごく少ないと判断できた。ガラスの水和作用の影響については、含水量の測定が行われておらず、現在のところ明確ではない。しかしながら、水和作用は噴出後の二次的な作用だけでなく、マグマ—水相互作用時にも発生している可能性もある。今後、マグマ水蒸気爆発の噴出物に関しては、水和作用の影響をその発生プロセスも併せて考慮することが必要であると思われる。

火山ガラスの屈折率測定及びその物性については京都フィッシュン・トラック(株)の檀原 徹氏、溶融実験には岩手大学教育学部の重松公司助教授に御討論・御協力いただいた。本研究の一部に科研費(重点領研究“蒸気爆発の動力学”代表者秋山 守)を使用した。(環境地質部)

Keywords : phreatomagmatic explosion, explosion energy, the refractive index of volcanic glass

## ユレイライト隕石の45.6億年の ウラン—鉛(U—Pb)年代

鳥越紀子

ユレイライト隕石はオリビン、輝石のmmサイズの結晶とそれを埋める炭素質(グラファイト、ダイヤモンドなど)、鉄ニッケル金属、硫化物などの鉱物からなっているエイコンドライト(分化した石質隕石)である。アルカリ金属、Al、希土類元素(REE)などのマフィックな鉱物に入り難い元素に欠乏していることから隕石母天体中で珪酸塩の溶融と固液分離を経て作られたものと考えられている。しかし同時に酸素同位体比の隕石ごとの不均一や希ガスの濃縮など、分化していない始源的隕石に見られるような特徴を示し、これを説明する火成作用については隕石の分野でも最も未解決な分野として残されている。

ユレイライト隕石の年代測定は通常測定に利用されるK, Rb, U, Th, REEなどの元素がどれも極めて欠乏しているため技術的に困難であった。また、これまでに数例報告されたRb—Sr, Sm—Nd年代は約37—42億年であり、大部分の隕石が45億年前後の年代に集中しているのに比べ系統的に若い。このためユレイライト隕石には形成後数億年後にこれらの元素の移動が起きるような天体上の過程が何かあったのではないかという議論も盛んになった。この点を明らかにするため二つのユレイライト隕石Goalparaと南極産のMET78008隕石についてU—Th—Pb年代及びSm—Nd年代測定を行った。試料はそれぞれ粉碎し、ハンドピッキング法や電磁分離法を用い分離した後主に地球上のPbの汚染を除くために希釈した臭酸、硝酸を用いてleachingを行った。各試料ごとに化学分離をし質量分析計を用いてU, Th, Pb, Sm, Ndの同位体分析を行った。

最初に分析したGoalpara隕石は5元素全てについて欠乏しており化学操作によるブランク量(数pg—数十pg)と同程度の試料もあった。Pbの同位体組成はU, Thの存在量が極めて低いため壊変による成分は少なく、酸で数回leachingしたにもかかわらず地上のPb汚染の影響は完全に除けなかった。Sm—Nd系についても地上の物質に特有の同位体組成を持つ成分が認められ汚染のある可能性が高かった。

次に測定したMET78008隕石は他のユレイライトとは異なりCaに富む輝石を含みREEの濃度も高く、Goalparaに比べ今回の同位体測定結果も地上の汚染による影響を余り受けていなかった。汚染量の極めて低い

データーを用いて年代を求めたところ Pb—Pb 年代は  $45.6 \pm 0.2$  億年, U—Pb 年代は  $45.72 \pm 0.06$  億年という結果が得られた。これは始源的な炭素質コンドライト隕石から得られている隕石最古の年代 45.6 億年とよく一致している。Sm—Nd 系は輝石のデーターが 45.5 億年の等時線の上にプロットされたが、他のデーターはそのまわりにばらついて正確な年代は求められなかった。しかし複数の試料から消滅核種  $^{146}\text{Sm}$  (半減期 1 億年) からの壊変による  $^{142}\text{Nd}$  の同位体比異常が検出された。同位体比異常の度合から MET78008 隕石形成時の  $^{146}\text{Sm}$  の存在度を計算したところ、他の年代値の古い隕石から推定されている 45.6 億年前の存在度とよく一致した。このことは分化の程度の激しいユレイライトのような物質を作った火成作用が隕石母天体中で太陽系の形成の極初期に起こっていたことを示唆するものである。

(地殻化学部)

Keywords : meteorite, U—Th—Pb age, Sm—Nd age, Ureilite

## 坑井間における CDP 重合法適用の試み

松島 潤

近年、物理探査の分野や油層工学の分野において、頻繁に“レーザーバキュラクタイゼーション”という言葉が聞かれる。これはレーザーバを効率的に管理、生産し、経済性を上げる目的でレーザーバの静的、動的な性質を明らかにするものである。そこで従来探鉱段階で適用されていた地震探査技術が生産段階で適用され、その可能性が研究されている。

現在、三次元的広がりをもつ石油などの貯留層の幾何学的な構造を把握するためには、三次元地震探査が一般的である。一方、鉛直方向の物性値の変化を高分解能で調べるため、物理検層が行われる。しかし検層技術では、平面的にみて点位置でのデータ取得に限られる。よって探査範囲の広さ及び分解能を考えるならば、両者の手法の特質には大きな差異がある。

坑井間反射法はこの間の差異を埋める技術として位置づけられている。坑井間で観測される反射波を利用した

イメージングに関しては、いくつかの手法が提案されているが、その多くは初動走時を用いたトモグラフィ技術により得られる速度情報を利用している。

しかし坑井間の幾何的制約を考えた場合、現在主流となっている初動近傍の情報を用いて解析する手法以外に、初動以降の波形情報を利用する、より高度な探査法も必要である。

そこで本研究では、坑井間で観測される反射波に着目したデータ処理を行った。特に坑井間の幾何的配置において、従来の地震反射法の中核技術である CDP 重合法の適用を試み、その可能性及び問題点などを数値実験及び室内模型実験により検討した。

まず、坑井間における共通反射点に関しては、各深度における CDP アンサンブルを構成するトレースは深度によって異なってしまう。このことは CDP アンサンブルをあらかじめ選択するデータ処理は行えないことを意味する。そこでこの問題を解決するために、本研究では各深度において CDP アンサンブルを構成するトレースを全データから選び出しては処理する手法を試みた。次に坑井間のジオメトリより反射波の走時式を導き、この式により NMO 補正が可能になり、速度解析を行った。更に速度解析結果より重合速度関数を決定し、CDP 重合記録が得られる。以上の手法を数値実験(水平構造、断層構造、速度異常点構造)及び室内模型実験(水平構造)に適用し、坑井間中央付近においてある程度の再生結果を得た(断層構造、速度異常点構造に対してはマイグレーション処理を行った)。

以上の結論として以下のことを得た。

1. 坑井間における CDP 重合法適用の可能性は充分にあることが示された。ただし坑井間の幾何的制約のため、各反射点における重合数が異なり、常に各処理過程や結果において重合数の状況を検討に加える必要がある。
2. 室内模型実験データに適用した結果、P—P 反射波のみならず、S—S 反射波による構造イメージングができ、S 波利用による反射波イメージングの可能性を示唆できた。

(地殻物理部)

Keywords : reservoir characterization, cross-well seismic, CDP stacking, velocity analysis, reflection imaging