



# 帯磁率異方性を用いた岩体内部構造に基づく深成岩の貫入定置機構の検討：丹沢トータル岩複合岩体と東山梨火山深成複合岩体を例にして

金丸, 龍夫

---

(Degree)

博士 (理学)

(Date of Degree)

2005-03-25

(Date of Publication)

2013-02-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲3418

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1003418>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



【 256 】

氏 名・(本 籍)	金丸 龍夫	( 山梨県 )
博士の専攻分野の名称	博士 (理学)	
学 位 記 番 号	博い第293号	
学位授与の 要 件	学位規則第5条第1項該当	
学位授与の 日 付	平成17年3月25日	

【 学位論文題目 】

帯磁率異方性を用いた岩体内部構造に基づく深成岩の  
貫入定置機構の検討丹沢トータル岩複合岩体と東山梨火山  
深成複合岩体を例にして

審 査 委 員

主 査	教 授	田結庄 良昭
	教 授	佐藤 博明
	教 授	尼川 大作

## 第1章 はじめに

火成岩の定置機構を考える上で、その定置時に残される構造を調査することは非常に重要である。その手法はこれまでは肉眼観察や顕微鏡観察などによっていた。しかし、これらの手法では客観的・定量的な結果を得ることは困難であった。これに対し岩石の帯磁率異方性を測定することにより、客観的・定量的なデータを比較的容易に得ることが出来るため様々な岩体についてその測定が行われている。しかし、国内の火成岩体に於いて詳細にその測定を行った報告例はほとんど無い。本報告では、丹沢トータル岩複合岩体と東山梨火山—深成複合岩体に於いて帯磁率異方性測定を行い、同時性岩脈や変形組織についての調査を加え、その定置機構についての検討を行った。このような帯磁率異方性を用いて、マグマの貫入定置機構を検討した事例はほとんどなく、我国では初めての試みと言って良いであろう。

## 第2章 帯磁率異方性から見た丹沢トータル岩複合岩体の貫入・定置機構

丹沢トータル岩複合岩体の主岩体において帯磁率異方性測定を行った。これより得られた帯磁率面構造の走向、全岩帯磁率の分布特徴から本岩体は4つの分域に分けられる事が判明した。これは全岩  $\text{SiO}_2$  含有量が各分域の周縁部程増加する累帯深成岩体をなす構造と調和的で、帯磁率異方性の有効性を示すものである。帯磁率線構造、面構造の傾斜は各分域の周縁部程急傾斜で中心部程緩傾斜となる。この特徴から各分域を形成したマグマは各分域の周縁部に存在した供給源から上昇し中心部に向けて水平に移動した事が示唆され、貫入時のマグマ流動が明らかとなった。

岩体の中西部では、帯磁率楕円体の変形度が顕著に大きくなる。この地域の岩石には北西—南東方向の左横ずれ変形による肉眼的に顕著な鉱物配列が認められ、顕微鏡下ではクリスタルマッシュ時に形成された変形組織が見られる。また、岩体中には東西方向に卓越する同時性岩脈が数カ所で見られる。尚、これについては第5章で詳細に報告する。このような変形組織と同時性岩脈の特徴から丹沢トータル岩体は、横ずれ変形帯に置かれていた一種のブルアパートタイプの岩体であるといえることが示唆される。

## 第3章 東山梨火山—深成岩体の帯磁率異方性

東山梨火山—深成岩体は先行する小楯山火山岩類とそれに貫入し、熱変成を与えている小鳥山花崗閃緑岩体からなる。小楯山火山岩類は安山岩質—デイサイト質の溶結凝灰岩からなる。

小楯山火山岩類の帯磁率異方性測定によって得られた帯磁率面構造の走向は、岩体の伸

びの方向に調和的な北北東—南南西方向を示す。傾斜は鳥山花崗閃緑岩の西側の岩体では、 $65^\circ$ 以上の急傾斜なものが卓越する。東側の岩体の低緯度地域では、比較的緩傾斜で東落ちとなり、高緯度地域では、急傾斜で西落ちとなる。肉眼的に観察される溶結レンズと帯磁率面構造の走向は概ね調和的である。帯磁率線構造の方位角も概ね岩体の伸びの方向に調和的である。傾斜は小鳥山花崗閃緑岩に距離が近くなるほど急傾斜になる傾向にある。

小鳥山花崗閃緑岩の帯磁率面構造の走向は、概ね岩体の形態に調和的な北北西—南南東方向を示す。傾斜は一部を除き  $45^\circ$ 以上の急傾斜を示す。マグマ溜まりの天井部を表していると考えられる緩傾斜な面構造が発達した地域は小鳥山東方や黒金山南方などに存在する。帯磁率線構造の方位角は、帯磁率面構造が急傾斜な地点では北北西—南南東方向を示す。緩傾斜な地点では北西—南東方向を示すものがある。マグマが鉛直方向に流動した場所であると考えられる急傾斜な線構造が発達した地域は、小楯山火山岩類との接触部付近と岩体の中心部付近にみられる。帯磁率異方性の測定結果から小鳥山花崗閃緑岩はいくつかの分域に分けられる可能性が考えられ、岩体中心部や周縁部に鉛直方向のマグマ流動があったと考えられる。

以上のように、東山梨火山—深成複合岩体に於ける帯磁率異方性測定により、これまで溶結構造からしか知ることが出来なかった小楯山火山岩類の構造が明らかとなり、均質な岩相の岩体でも小鳥山花崗閃緑岩からその構造を知ることが出来た。

## 第四章 両岩体中の不透明鉱物と帯磁率異方性の原因について

両岩体に含まれる不透明鉱物について EPMA による組成分析と元素マッピングを行った結果、今回帯磁率異方性を測定した岩石に含まれる不透明鉱物の主要なものは、チタン磁鉄鉱の{111}に沿って格子状のチタン赤鉄鉱ラメラが発達したものと、チタン磁鉄鉱に挟まれる様に赤鉄鉱成分の高いチタン鉄鉱が存在しているものと、チタン磁鉄鉱の周縁部に赤鉄鉱成分に富むチタン鉄鉱が付着したものとがあり、これらは Haggerty(1991)の Trellis Type と Sandwich Type と Composite Type にそれぞれ相当する。これらは高温で晶出した初生チタン磁鉄鉱が被った酸化離溶の程度の違いにより異なる産状を示していると考えられる。丹沢トータル岩複合岩体の全岩  $\text{SiO}_2$  量 70wt%を超える岩石には、不均質な組成を有する赤鉄鉱成分に富むチタン鉄鉱もみられる。また、小鳥山花崗閃緑岩の変質した岩石中には二次的に晶出したと考えられる細粒のチタン磁鉄鉱が有色鉱物中に認められる。

今回、帯磁率異方性を測定した岩石では、チタン磁鉄鉱は、二次的な物を含め、複数集合してクロットを形成したり、角閃石や黒雲母などの苦鉄質鉱物包有されている。全岩帯磁率は強磁性鉱物の関与が重大であり、今回測定した岩石の帯磁率異方性は、有色鉱物の配列・形態に規制されたチタン磁鉄鉱の分布およびチタン磁鉄鉱のクロットの形態の異方

性に由来すると考えられる。

#### 第五章 丹沢トータル岩複合岩体中に産する同時性岩脈について

同時性岩脈およびそれ由来と考えられる岩石と母岩であるトータル岩の境界部はしばしば火炎状の組織を示し、急冷縁をもつ場合や混交した組織をしめすこともある。また、逆入脈によってトータル岩により切られたりする。顕微鏡下では、分解反応組織であるふるい状組織を持つ斜長石や普通角閃石の反応縁を持つ石英などの外来結晶がみられる。

同時性岩脈と苦鉄質包有岩の全岩  $\text{SiO}_2$  含有量は 51wt% から 60wt% まで変化する。これらはトータル岩に比べ  $\text{P}_2\text{O}_5$  に乏しく、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  に富む。また、これらは Gill(1981) の medium-K 系列および高アルカリソレアイト系列に属し、Low-K 系列および低アルカリソレアイト系列に属するトータル岩から単純な結晶分化作用で導くことは出来ない。

以上のような特徴は、丹沢トータル岩が未固結であった時期に親マグマの異なる苦鉄質マグマの貫入を受けて形成されたミングリングを示している。

#### 第六章 丹沢トータル岩複合岩体中に産する局所対流の証拠、いわゆる“的様”について

丹沢トータル岩複合岩体最北部室久保川には、主に角閃石から成る優黒質岩と斜長岩質岩により構成される同心円構造を持つ岩石が露出しており、通称“的様”と呼ばれている。的様を構成する岩石と同様な岩石は的様周辺に点在しており、多くの場合、優黒質岩 (Darkest part & Darker part) と斜長岩質岩は伴って産出する。また、本地域に露出する同時性岩脈には的様を構成する岩石と同様な岩石がしばしば密接に伴い露出しており、岩脈の貫入がそれらの形成に関与していることが示唆される。

優黒質岩の全岩化学組成は、母岩のトータル岩に比べ、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{FeO}^*$ 、 $\text{MnO}$ 、 $\text{MgO}$  に富み、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$  に乏しい。また、優白質岩の全岩化学組成は母岩のトータル岩に比べ、 $\text{CaO}$  に富み、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{MnO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$  に乏しい。優黒質岩、斜長岩とトータル岩の間には、 $\text{P}_2\text{O}_5$  を除く多くの元素でこの法則が成り立つ。同時性岩脈は  $\text{SiO}_2$  量 43~45wt% で、丹沢トータル岩中の他地域に産出する同時性岩脈または苦鉄質包有岩よりも  $\text{SiO}_2$  量に乏しく、Low-K、高アルカリソレアイト系列に属するそれらと同様な特徴を示さない。優黒質岩、斜長岩と周辺のトータル岩の斜長石の An 値 50~75 で大きな違いは見いだせない。また、優黒質岩 (Darker part) と周辺のトータル岩の角閃石は Magnesian-hornblende~Actinolite の組成をもち、こちらも大きな違いを見いだせない。優黒質岩、斜長岩と周辺のトータル岩の全岩化学組成、鉱物組成の特徴と斜長岩が付加集積組織をもつことは、固結間近であったトータル岩マグマから斜長石が分別されたことによりこれらの岩石が形成されたことを示唆

している。同時性岩脈は輝石温度計によると 1000°C 程度の温度を示し、貫入時トータル岩のリキダスよりも高温であったと考えられる。的様を構成する岩石は、固結間近であったトータル岩マグマに高温の苦鉄質マグマが貫入したことにより形成され、苦鉄質マグマにより供給された熱により高温となった粒間のメルとの流動時に起こった流動分化もしくはサーマルプリュームの形成により、同心円構造が形成されたものと考えられる。

#### 第七章 まとめ

丹沢トータル岩複合岩体と東山梨火山—深成複合岩体に於いて帯磁率異方性測定をおこなった。それにより、これまで困難であった岩体の内部構造を定量的・客観的に見積もることが出来た。それをもとに、丹沢トータル岩複合岩体については、岩体内に残された諸現象の調査を加え、その貫入・定置機構を検討した。その結果、丹沢トータル岩体は、ブルアパートタイプによって貫入した岩体であり、そのマグマの固結直前には苦鉄質マグマの貫入を受けた。それによりマグマ溜まり内には局所的な対流が生じていたことが判明した。

氏名	金丸 龍夫		
論文題目	帯磁率異方性をういた岩体内部構造に基づく深成岩体の貫入定置機構の検討 丹沢トータル岩複合岩体と東山梨火山深成複合岩体を例にして		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	教授	田結庄良昭
	副査	教授	佐藤博明
	副査	教授	尼川大作
	副査		

要旨

本博士論文は、丹沢トータル岩複合岩体と東山梨火山—深成複合岩体の帯磁率異方性の測定を行い、帯磁率異方性の配列から、これら岩体の内部構造を明らかにし、さらに、マグマ溜まりでの流動方向から、局所的な対流が生じていたこと示した点で、深成岩体の研究に大きな貢献を行った。また、帯磁率異方性による内部構造と野外での調査などから、この岩体の貫入機構が、従来のダイアピルではなく、プルアパートタイプで貫入した岩体であることを明らかにするなど、深成岩体最大の問題である貫入・定置機構に対し、重要な貢献をなした研究である。研究方法として、深成岩体の帯磁率異方性を系統的に測定し、それらから、深成岩体を形成したマグマの流動を明らかにし、マグマの貫入・定置を検討する全く新しい方法を取り入れた画期的で、独創的な研究である。これまで深成岩体の構造は、野外で研究者が肉眼により主観的に測定するしかなかった。そのため、研究者によりしばしば異なった結果が得られた。本論文では、野外で定方位で採取した試料の磁鉄鉱や鉄に富む有色鉱物から得られる帯磁率の異方性を系統的に測定し、その系統的な配列からマグマ流動の方向を探るもので、客観的にしかも正確に測定でき、これにより、マグマの貫入・定置を科学的に議論することが可能となった日本で初めての研究である。しかも調査岩体は、これまで詳細な野外調査から構造解析が行われた丹沢トータル岩複合岩体と、これまで均質で構造を持たないとされてきた東山梨火山—深成複合岩体を選び、マグマ流動解析からプルアパート機構による貫入であることを明らかにしている。このことは、これまで謎のままであった深成岩の貫入・定置問題に大きな貢献をしたと言える。

第1章は本研究の独創的な研究方法である帯磁率異方性測定の意義・方法について、詳細に解説している。火成岩の貫入や定置機構を考える上で、岩体の内部構造はきわめて重要であるが、これまでは野外での観察や顕微鏡観察などによっているため、研究者の主観が入り科学的な結果を得ることは困難であった。それに対し、帯磁率異方性の測定による構造は、より客観的・定量的である。しかし、日本での火成岩体に於いて帯磁率異方性の測定を行った報告例はない。本論文では丹沢トータル岩複合岩体と東山梨火山—深成複合岩体に於いて詳細な帯磁率異方性測定を行い、マグマの貫入定置機構を検討した我が国では初めての研究で、きわめて創造的な仕事である。

第2章は帯磁率異方性の測定による配列から丹沢トータル岩複合岩体の貫入・定置機構について述べている。丹沢トータル岩複合岩体は、帯磁率面構造の走向や全岩帯磁率の分布から4つの分域に分けられる事を明らかにした。帯磁率異方性の面構造の走向は、全岩のSiO<sub>2</sub>含有量が周縁部程高くなる累帯深成岩体の構造と調和的で、この研究方法の有効性を示している。次に、帯磁率線構造や面構造の傾斜は、岩体の周縁部程急傾斜で、中心部ほど緩傾斜となっている。この現象はマグマが岩体周縁部に沿って上昇し、中心部に向けて水平に流動したことを示している。上記成果と野外での産状から貫入機構の検討を行った。岩体の中西部では、帯磁率楕円体の変形度が顕著に大きくなり、野外でも顕著な鉱物の配列が認められ、また、岩体中には東西方向に卓越する同時性岩脈が数カ所で見られる。このような変形組織と同時性岩脈の特徴は丹沢トータル岩体が横ずれ変形帯に置かれていた事を示しており、さらに、帯磁率異方性でのマグマの流動方向から、丹沢トータル岩複合岩体は一種のプルアパートタイプによる貫入岩体であることを明らかにするなど、深成岩の貫入機構に新しい概念を提供したと言える。

第3章は東山梨火山—深成岩体の帯磁率異方性について記述している。火山岩類の帯磁率面構造の走向は、岩体の伸びの方向に調和的な北北東—南南西方向を示す。一方、傾斜は小鳥山花崗閃緑岩の西側の岩体では、東落ちで急傾斜なものが卓越するが、地形的低地では比較的緩傾斜で東落ちとなり、地形的高地では、急傾斜で西落ちとなる。帯磁率線構造の方位角も岩体の伸びの方向に調和的である。小鳥山花崗閃緑岩の帯磁率面構造の走向は、岩体の形態に調和的な北北西—南南東方向を示す。傾斜は45°以上の急傾斜を示すが、緩傾斜なものが卓越する地域もある。帯磁率線構造の方位角は、帯磁率面構造が急傾斜な地

氏名	金丸龍夫
<p>点では北北西—南南東方向を示し、帯磁率面構造が緩傾斜な地点では北西—南東方向を示す。このように、東山梨火山—深成複合岩体は帯磁率異方性測定により、火山岩類の構造のみならず、野外では無構造の小鳥山花崗閃緑岩もその構造を明らかにするなど、深成岩体の構造の研究にとって、画期的結果を提供したと言える。</p> <p>第4章は帯磁率異方性を測定した試料の不透明鉱物について述べている。不透明鉱物はチタン含有量の低いチタン磁鉄鉱で、クロットを形成したり、角閃石や黒雲母などに包有されて産する。なお、全岩帯磁率は磁鉄鉱のような強磁性鉱物の関与が重大で、試料の帯磁率異方性は、有色鉱物の配列・形態に規制されたチタン磁鉄鉱の分布および形態の異方性に由来することを、証拠写真を出して示している。</p> <p>第5章は丹沢トータル岩複合岩体中に特徴的に産する同時性岩脈について詳細に記載して、その成因について述べている。同時性岩脈と母岩のトータル岩の境界部は、しばしば火災状の組織を示し、急冷縁をもつ場合や混交した組織を示すことが多い。時には逆に岩脈がトータル岩により切られたりする。顕微鏡下では篩状組織の斜長石や普通角閃石の反応縁を持つ石英などの外来結晶がみられる。同時性岩脈と苦鉄質包有岩の全岩SiO<sub>2</sub>含有量は51wt.%から60wt.%まで変化する。この組成は母岩のトータル岩に比べ、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>Oに富む。これらはGill(1981)の分類によるmedium-K系列および高アルカリソレライト系列に属しており、Low-K系列および低アルカリソレライト系列に属する丹沢トータル岩からの結晶分化作用では形成されない。おそらく丹沢トータル岩マグマが苦鉄質マグマの貫入を受けて形成されたミングリングであると指摘している。</p> <p>第6章は丹沢トータル岩複合岩体中に産する局所対流の証拠である、いわゆる“的様”について、その産状や化学組成から、成因を詳細に述べている。丹沢トータル岩複合岩体最北部には、主に角閃石からなる優黒質岩と斜長石により構成される優白質岩(斜長岩)が同心円構造をなして露出している。これは通称“的様”と呼ばれ、多くの場合、優黒質岩と斜長岩は伴って産出する。また、母岩であるトータル岩が未固結であった時期に貫入したと考えられる同時性岩脈もみられる。この岩脈には急冷縁が発達している。この岩脈には“的様”を構成する岩石が密接に伴い露出しており、岩脈の貫入がそれらの形成に関与していることが示唆される。優黒質岩部分の全岩化学組成は、母岩のトータル岩に比べ、FeO*、MnO、MgOに富み、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO、Na<sub>2</sub>Oに乏しい。一方、優白質岩の全岩化学組成は母岩のトータル岩に比べ、CaOに富み、TiO<sub>2</sub>、FeO、MnO、MgOに乏しい。優黒質岩、優白質岩(斜長岩)とトータル岩の間には、多くの元素で、この法則が成り立つ。同時性岩脈はSiO<sub>2</sub>量43~45wt.%で、丹沢トータル岩中のLow-K、高アルカリソレライト系列に属する苦鉄質包有岩よりもSiO<sub>2</sub>量に乏しく、化学組成を異にしている。優黒質岩、斜長岩と周辺のトータル岩の斜長石のAn値はいずれも50~75で大きな違いは見いだせない。また、優黒質岩と周辺のトータル岩の角閃石はMagnesio-hornblendeからActinoliteの組成をもち、やはり大きな違いを見いだせない。優黒質岩、斜長岩と周辺のトータル岩の全岩化学組成、鉱物組成の特徴と斜長岩が付加集積組織をもつことから判断すると、固結間近であったトータル岩マグマから斜長石が分別されたことによりこれらの岩石が形成されたことを示唆している。なお、同時性岩脈の輝石温度計による温度見積りによると1000℃程度の温度を示す。これらデータから、“的様”を構成する岩石は、トータル岩マグマに高温の苦鉄質マグマが貫入したことにより形成され、苦鉄質マグマによる熱のため、被貫入部はブリュームとなって上昇し、同心円構造が形成されたものであると結論づけている。</p> <p>第7章はまとめである。丹沢トータル岩複合岩体と東山梨火山—深成複合岩体に於いて帯磁率異方性測定を行い、それらにより内部構造が解明された。また、丹沢トータル岩複合岩体については、岩体内に残された野外での諸現象もあわせて判断すると、プルアパートタイプによって貫入した岩体であり、そのマグマの固結直前には苦鉄質マグマの貫入を受けたと結論づけられる。さらに、マグマ溜まり内には局所的な対流が生じていたことを明らかにしている。このように、本論文は、丹沢トータル岩複合岩体と東山梨火山—深成複合岩体の帯磁率異方性の配列から岩体の内部構造を検討し、マグマ溜まりでの流動方向を明らかにした。さらに、帯磁率異方性による内部構造と野外での調査から、岩体の貫入機構としてプルアパートタイプで貫入した岩体であると結論づけている。</p> <p>本研究は丹沢トータル岩複合岩体が帯磁率異方性の配列によるマグマ溜まりの流動方向からプルアパートタイプで貫入した岩体であることを研究したものであり、深成岩のマグマの貫入機構について重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。</p> <p>よって、学位申請者の金丸龍夫は、博士(理学)の学位を得る資格あると認める。</p>	