

# 三重県熊野市の井内浦観測点掘削で得られたボーリングコア試料からみた熊野酸性岩の構造と岩石学的特徴

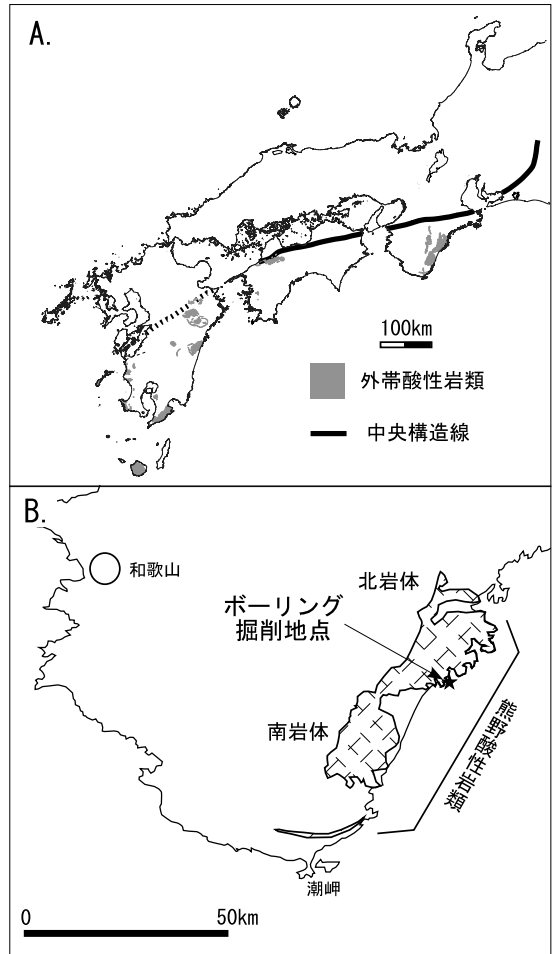
下司 信夫<sup>1)</sup>・中島 隆<sup>1)</sup>・及川 輝樹<sup>1)</sup>・新正 裕尚<sup>2)</sup>・三浦 大助<sup>3)</sup>・小泉 尚嗣<sup>4)</sup>

## 1. はじめに

「東南海・南海地震予測のための地下水等総合観測点整備」で2006年に実施された観測点(表紙のN4)の掘削は、西南日本外帯で最大の珪長質火成岩体として知られる熊野酸性岩類の分布地域のほぼ中央部で実施され、地表から深度600mの孔底まで、ほぼ連続した熊野酸性岩体の垂直連続試料を採集することができました。このコア試料の地質学的・岩石学的解析によって、熊野酸性岩の内部構造に関する様々な新しい情報を得ることができましたので、ここにその概要を紹介します。

## 2. 掘削地点

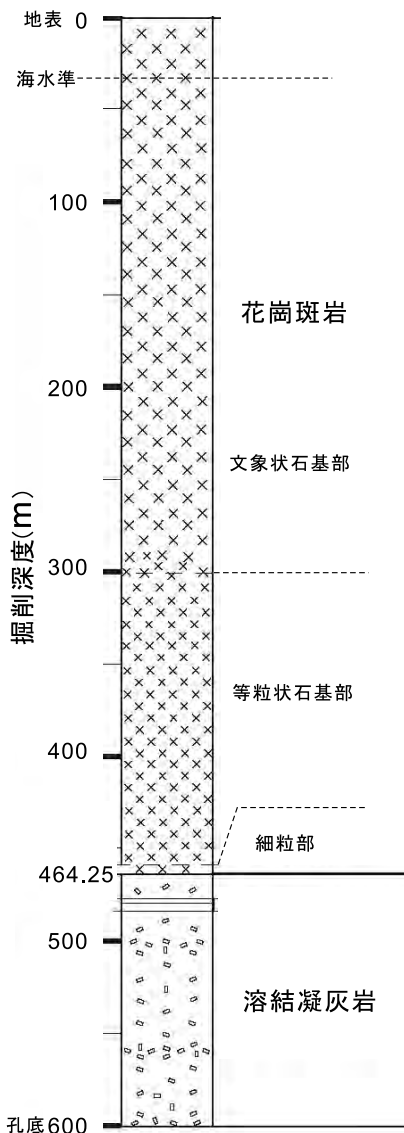
井内浦観測点<sup>いちゅうら</sup>は、三重県南西部にある熊野市磯崎町の海岸部に位置し、熊野酸性岩体を構成する北岩体の南東端に位置します。今回掘削が行われた熊野酸性岩体は、約1,500万年前の中期中新世に現在の九州南部から東海地方にかけての西南日本外帯に点々と形成された大規模な珪長質岩体の一つです(第1図A)。熊野酸性岩体はこれらの中で最大の露出面積を持つ岩体として知られています。この熊野酸性岩体は、熊野市付近を境に大きく北岩体と南岩体に分かれており、それぞれがさしわたし30~40kmの規模を持つ陥没カルデラ構造を持つと考えられています(Miura, 1999; Kawakami *et al.*, 2007)(第1図B)。熊野酸性岩体の北岩体は下位から神ノ木流紋岩、尾鷲白浜火砕岩類、熊野花崗斑岩に区分されています。井内浦観測点付近の地表には熊野花崗斑岩が分布していますが、掘削地点の西方約2kmの鬼ヶ



第1図 A) 西南日本外帯に分布する中新世酸性火成岩体の分布。  
B) 熊野酸性岩の地表露出域と井内浦観測点の位置。

1) 産総研 地質情報研究部門  
2) 東京経済大学  
3) 電力中央研究所  
4) 産総研 活断層・地震研究センター

キーワード: 熊野酸性岩, 花崗斑岩, 凝灰岩, ボーリングコア, カルデラ



第2図 井内浦観測井600mボーリング(孔1)の概略柱状図.

城海岸付近には、熊野花崗斑岩の下位に当たる尾鷲白浜火砕岩類が露出しています。

### 3. 掘削された試料

今回の掘削によって得られたコア試料は、地表から464.25mまでが花崗斑岩、それ以深の深度600mまでが凝灰岩からなります(第2図)。回収された花崗斑岩および下位の凝灰岩はその特徴から、それぞれ



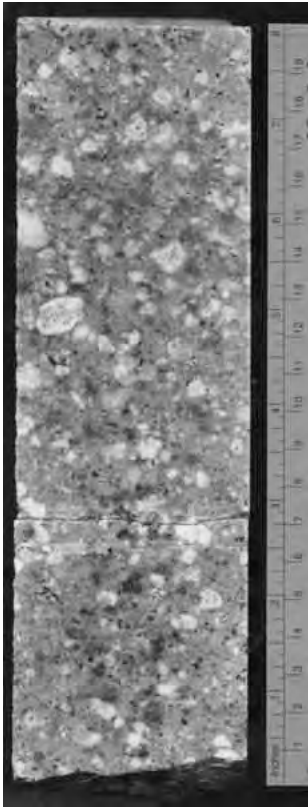
第3図 回収されたコア試料の一部。溶結凝灰岩部分のコア試料(深度480~490m)が写っていますが、亀裂等がほとんどありません。

掘削地点近傍の地表に分布する熊野花崗斑岩(荒牧・羽田, 1965; Miura, 1999; Kawakami *et al.*, 2007) および尾鷲白浜火砕岩類(Kawakami *et al.*, 2007)に当たると考えられます。回収されたコア試料は、地表から約40mまでの区間は風化の影響を受けていますが、それよりも深部からはきわめて新鮮な試料が回収されました(第3図)。

### 3.1 花崗斑岩

コア試料の上部にみられる熊野花崗斑岩は、斑晶鉱物として斜長石、アルカリ長石、石英、斜方輝石、黒雲母を含む花崗斑岩で、角閃石があまり含まれないのが特徴です(第4図)。これらの斑晶鉱物は大きいものでは1cmを超えます。また、花崗斑岩中には捕獲斑晶と思われる堇青石、紅柱石、ザクロ石の結晶が少量含まれています。さらに、花崗斑岩の中にはホルンフェルスや片麻岩様の構造を持つ変成岩、斑状トーナル岩・細粒花崗閃緑岩・斑糲岩<sup>ほんれいがん</sup>といった深成岩の捕獲岩片が含まれているのが特徴です。

花崗斑岩の石基組織にはその深度に応じて顕著な変化がみられました。下位の溶結凝灰岩との接触面から約5mの範囲では、花崗斑岩の石基はごく細粒で、顕微鏡下でも個々の鉱物粒子を識別することが困難です。境界から5m以上離れると、石基は完晶質で等粒状となり、石基の粒径は次第に大きくなります。また、肉眼で見た石基の色調は暗灰色から次第に灰白色へと変化します。さらに境界から10m以上



第4図 代表的な熊野花崗斑岩の岩相。白く見えるのは斜長石の大型斑晶です。深度449.0～449.2m。

離れると、肉眼でも石基の鉱物粒子が識別できる程度に粗粒化します。境界から10～160mほどの区間

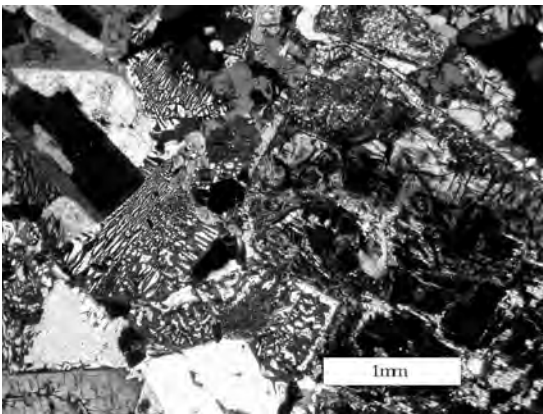
(深度300m～460m付近)では、石基は径数10～100  $\mu\text{m}$ の石英、斜長石、アルカリ長石結晶などからなり、等粒状の組織を示します(第5図B)。さらにその上位の深度260m以浅では、石基中には石英とアルカリ長石からなる微文象組織が発達しています(第5図A)。それぞれの領域の境界は漸移的です。

### 3.2 尾鷲白浜火砕岩類相当の凝灰岩層

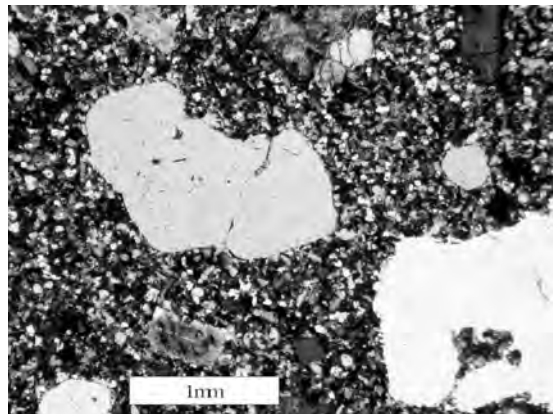
コア試料下部の深度464.25mから孔底600mまでは、尾鷲白浜火砕岩類に相当する溶結凝灰岩層が見られました。この溶結凝灰岩の構成粒子は、主に径1mm前後の結晶・軽石・火山岩片からなり、径1cmを超えるサイズの粒子や、逆に1mm以下の細粒粒子に乏しいことが特徴です(第6図)。この塊状の軽石質凝灰岩には、レンズ状に変形した軽石塊や火山ガラス片が認められることから、溶結凝灰岩であると判断されます。

溶結凝灰岩層を構成する結晶片および含まれる軽石片の鉱物組み合わせは、いずれも、斜長石、石英、カリ長石、黒雲母が主で、少量の変質した苦鉄質鉱物が含まれます。また、凝灰岩層中にはザクロ石、紅柱石、堇青石などの捕獲結晶や、様々な種類の捕獲岩も含まれています。

花崗斑岩との境界から約10mの範囲の凝灰岩は全体に淡緑色に変色し、かつ基質部分の再結晶化が顕著です。変色部では基質に緑泥石、黒雲母、スフェーン、炭酸塩鉱物といった二次鉱物が成長していて、そ

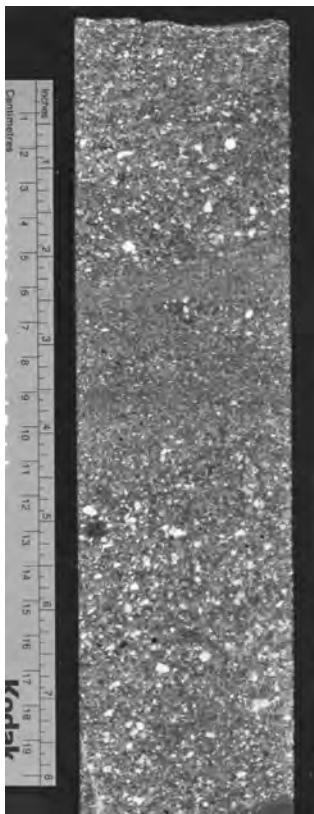


(A)



(B)

第5図 熊野井内浦ボーリングコアでは、熊野花崗斑岩が地表から464.25mまでを占めます。熊野花崗斑岩は、地表から深度250m付近までは石基部に石英とアルカリ長石からなる微文象組織が発達し(A)、それより深部では石基は細粒等粒状の石英・斜長石・アルカリ長石からなります(B)。口絵2も参照してください。

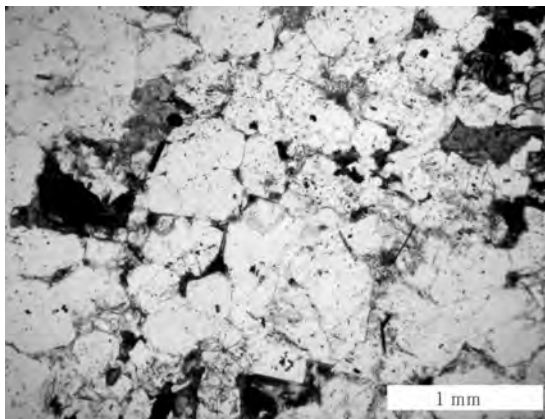


第6図 尾鷲白浜火砕岩の溶結凝灰岩の代表的な岩相。砂サイズの粒子が構成粒子の大部分を占めます。深度481.15～481.37m。

の結晶粒径は花崗斑岩との境界に近づくにつれて次第に粗粒になります。

### 3.3 花崗斑岩と尾鷲白浜火砕岩との貫入関係

井内浦のコア試料では、花崗斑岩と凝灰岩の境界は深度464.25m付近に出現しました。この深度は、掘削地点の西方約2kmの地表で見られる緩く東に傾く両者の境界の延長にほぼ一致します。花崗斑岩・凝灰岩層とも境界からの距離に応じた系統的な組織の変化が見られます。花崗斑岩は境界部から次第にその石基結晶粒子が大きくなり、最も強く冷却を受けた境界部から花崗斑岩岩体の内部に向かって徐々に冷却速度が小さくなったことを示しています。一方、花崗斑岩の貫入を受けた凝灰岩層にも境界からの距離に応じた変化が見られ、花崗斑岩マグマによって凝灰岩が熱変成を被ったことを示しています。このような境界部からの系統的な変化を読み取ることがで



第7図 変成岩ゼノリスに見られるマイクログラノプラステック組織の、石英と斜長石の半自形結晶。粒界会合部に部分熔融の痕跡と思われる細粒有色鉱物の多角形の集合体が見られます。深度52.15 m。下方ポローラーのみで撮影。

きたことは、今回の掘削の大きな成果の一つです。

掘削地点周辺の地表地質とあわせて考えると、カルデラを埋めていた尾鷲白浜火砕岩類に花崗斑岩が巨大なシル(岩床)として貫入したものと考えられます。掘削地点で地下460mまで花崗斑岩が確認されていること、掘削地点周辺の標高500m前後の山塊がすべて熊野花崗斑岩でできていることを考えると、井内浦観測点付近ではこの貫入岩体の厚さは1,000mに及ぶものと考えられます。

### 3.4 捕獲岩片

今回のボーリングコア試料では、花崗斑岩や凝灰岩中に様々な種類の捕獲岩片が認められます。火成岩源のものとしては、斑状トータル岩・細粒花崗閃緑岩など母岩よりも苦鉄質成分に富む岩石が含まれ、まれに斑礫岩の小片も見られます。斑状トータル岩には大きさ数十cmに及ぶものもあり、大きいものは不規則な形状を示します。これら火成岩の捕獲岩は、花崗斑岩や尾鷲白浜火砕岩のような大規模な珪長質マグマの起源に、苦鉄質マグマが関与していることを示唆する重要な情報源となります。

一方、細粒均質の泥岩～泥質ホルンフェルスや片麻岩様の構造をもつ変成岩、さらに変成鉱物の外来斑晶も数多く見られます。これらの起源は、当時の地表および地殻上部に分布していた中新世熊野層群および尾鷲層群、四万十層群の砂泥質堆積岩と考え

られ、花崗斑岩マグマの上昇に伴って様々な深度から取り込まれたものと推測されます。これら捕獲岩の中でも、片麻岩の捕獲岩は、含まれる変成鉱物から角閃岩高温部程度の変成条件を示し、一部には部分熔融していたと考えられる痕跡が見られるなど(第7図)、比較的地殻深部で高温状態にあった部分から取り込まれたことを示しています。このような捕獲岩は、熊野酸性岩体が形成された当時、西南日本弧の外縁部の地殻深部がどのような温度・圧力条件にあったかを知る手掛かりとなります。

#### 4. 全岩化学組成

コア試料の花崗斑岩および凝灰岩層中に含まれる本質岩片を、おおむね深度15~20m間隔で採取しそれぞれの全岩組成を測定しました。その結果、コア試料の花崗斑岩の全岩組成は $\text{SiO}_2 = 70.2 \sim 73.0 \text{ wt} \%$ で、深度に対して系統的な変化はほとんど認められず、きわめて均質な岩体であることがわかりました。一方、凝灰岩部の組成は、 $\text{SiO}_2 = 71.5 \sim 72.4 \text{ wt} \%$ の範囲でほぼ一定でした。花崗斑岩に含まれる火成岩組織を持つ暗色包有物の全岩組成は、花崗斑岩本体に比べて全岩 $\text{SiO}_2$ 量がやや低く、 $\text{SiO}_2 = 67 \sim 69 \text{ wt} \%$ でした。

花崗岩の主成分元素の化学組成からマグマの起源物質を推定する指標としてアルミナ飽和度指数(A.S.I., Alumina Saturation Index)がよく用いられます。熊野酸性岩類のA.S.I.は1.06~1.21と比較的高く、Iタイプ花崗岩に特徴的なA.S.I.と $\text{SiO}_2$ 量との正相関が見られないことから、地殻物質を多く取り込んだSタイプ花崗岩の特徴をもっていることが示されます。これは、花崗斑岩が角閃石をほとんど含まず斜方輝石を含んでいるという特徴や、部分熔融の痕跡を持つ泥質片麻岩捕獲岩が見られること、変成鉱物の捕獲結晶を多量に含むことと調和的です。

#### 5. まとめ

熊野酸性岩類北岩体の南端部で行われた井内浦観測点の掘削によって、熊野酸性岩類の全長約600mにわたるコア試料が回収されました。回収されたコア試料の上部から464.25mは熊野花崗斑岩からなり、それ以深は孔底まで尾鷲白浜火砕岩類に対比される溶結凝灰岩からなります。両者の境界部では花崗斑岩が尾鷲白浜火砕岩類に貫入する接触関係が観察されました。また、風化等の影響のない良質な岩石試料を得ることができ、熊野酸性岩体を作ったマグマの成因などについても新たな知見を得ることができました。さらに、今回は触れませんでした。構造岩石学的な検討や岩石物性の試験なども行われています。観測井掘削の副産物として得られたコア試料ですが、今後も様々な分野で有効に利用され、多くの知見がもたらされると期待されます。

#### 引用文献

- 荒牧重雄・羽田 忍(1965)：熊野酸性岩の中部および南部の地質。地質学雑誌, 71, 494-512.
- Kawakami, Y., Hoshi, H. and Yamaguchi, Y. (2007) : Mechanism of caldera collapse and resurgence: observations from the northern part of the Kumano acidic rocks, Kii peninsula, southwest Japan. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, **167**, 263-281.
- Miura, D. (1999) : Arcuate pyroclastic conduits, ring faults, and coherent floor at Kumano caldera, southwest Honshu, Japan. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, **92**, 271-294.

GESHI Nobuo, NAKAJIMA Takashi, OIKAWA Teruki, SHINJOE Hironao, MIURA Daisuke and KOIZUMI Naoji (2009) : Structure and Petrology of the Kumano Acidic Rocks in the drilling core obtained from the Ichiura observatory of Geological Survey of Japan, AIST.

<受付：2009年8月10日>