

京都大学大学院理学研究科
附属地球熱学研究施設

INSTITUTE FOR GEOTHERMAL SCIENCES
GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE
KYOTO UNIVERSITY

2012

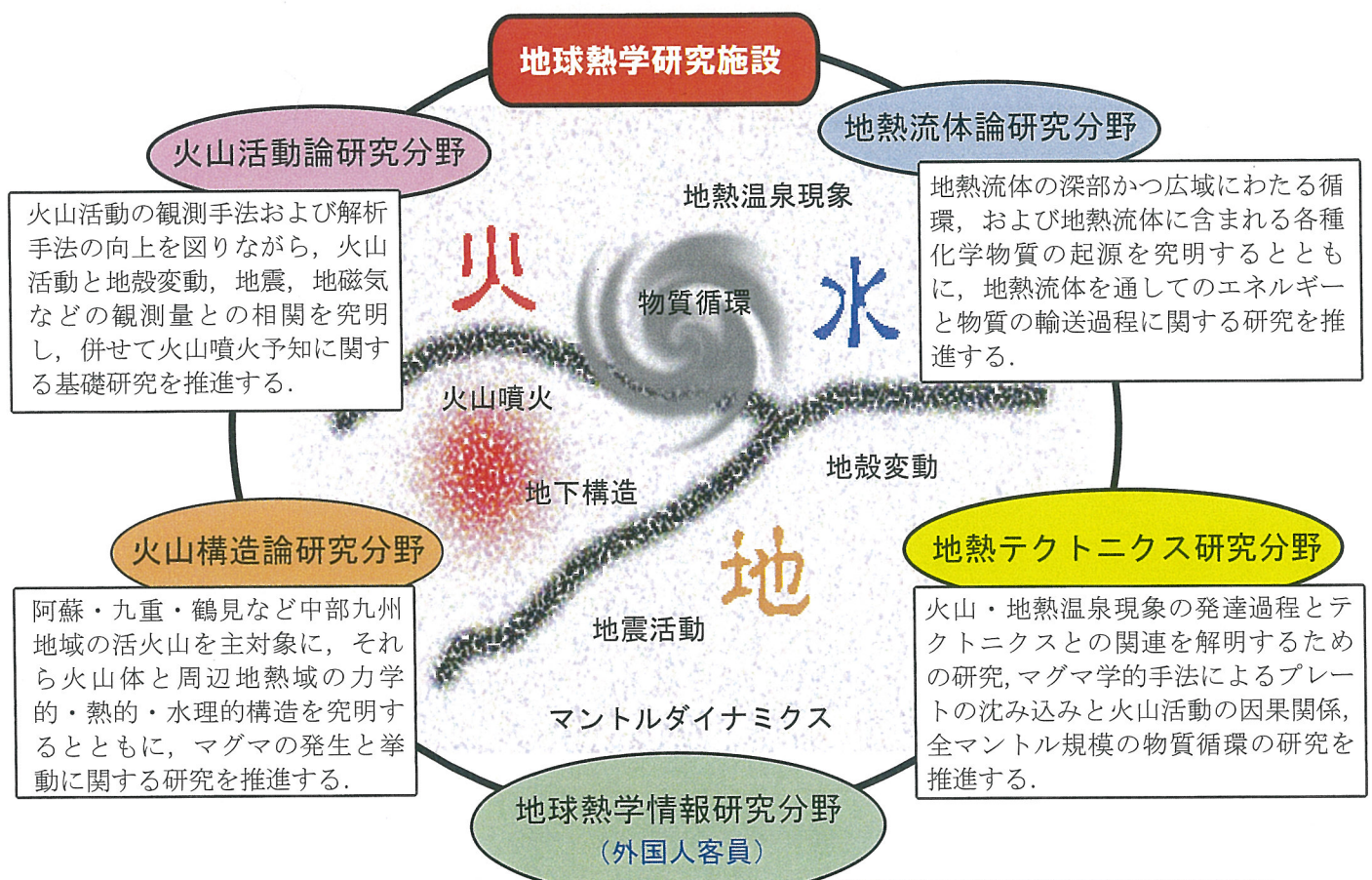
地球熱学研究施設のめざすもの

地球は、内部の熱エネルギーを地殻変動、地震活動、火山活動、地熱温泉活動などの表層現象に変換する巨大な熱機関である。これまでは、これらの表層現象の時間スケールや発現様式の違い、あるいは実生活との関連を重視するあまり、それぞれを独立した現象として取り扱うことが一般的であった。しかし、地球の進化を、予言性をも含めて包括的に理解するためには、これまでの細分化された研究対象と研究手法を融合し、熱機関としての地球を総合的に研究することが必要不可欠である。

地球熱学研究施設では、地球上で最大規模の火山・地熱温泉活動域のひとつである中部九州地域を巨大な実験装置とみなして、野外観測・調査や物質科学的・理論的解析を行い、熱現象の総合解析を推進する。さらに、これらの結果を全地球的規模で展開する同様の研究結果と合わせて、地殻表層からマントル・核にいたる熱構造と熱現象の解析を進め、総合科学としての「地球熱学」の構築を目指している。

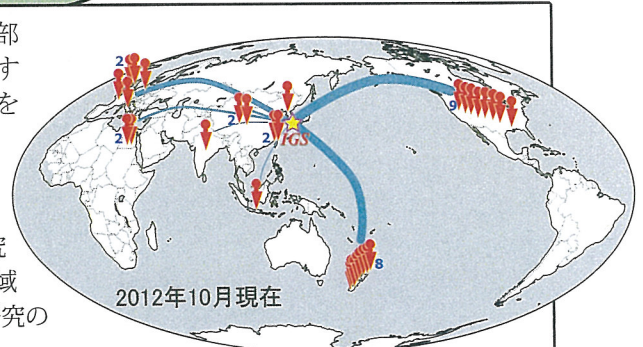
組織・研究領域

専門分野の異なる研究者が弾力的に協力できるよう、大部門制（地球熱学研究部門）を採っている。現在は、以下の5つの研究分野が置かれている。



世界各地における火山・地熱温泉活動および地球内部の熱的特性など地球熱学に関する情報を交換・蓄積するとともに、新手法の開拓を目指した国際共同研究を推進する。

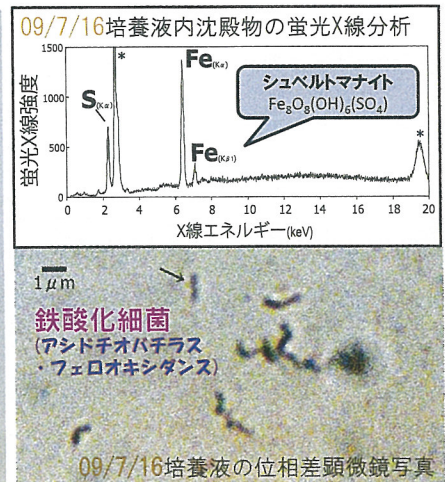
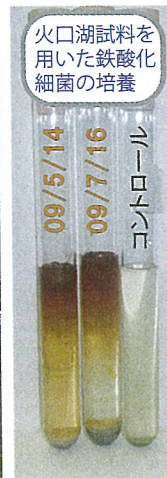
1987年、地球物理学研究施設(別府)に外国人客員部門として設置され、1997年の地球熱学研究施設への改組後も地球熱学情報研究分野として継続し、国際的な地球熱学研究の発展に大きく貢献してきた。2012年までに、地図に示す地域からのべ31名の研究者を別府・阿蘇に迎え、現在も国際的研究の重要なパートナーとして共同研究を継続している。



火口湖水の変色と火山活動

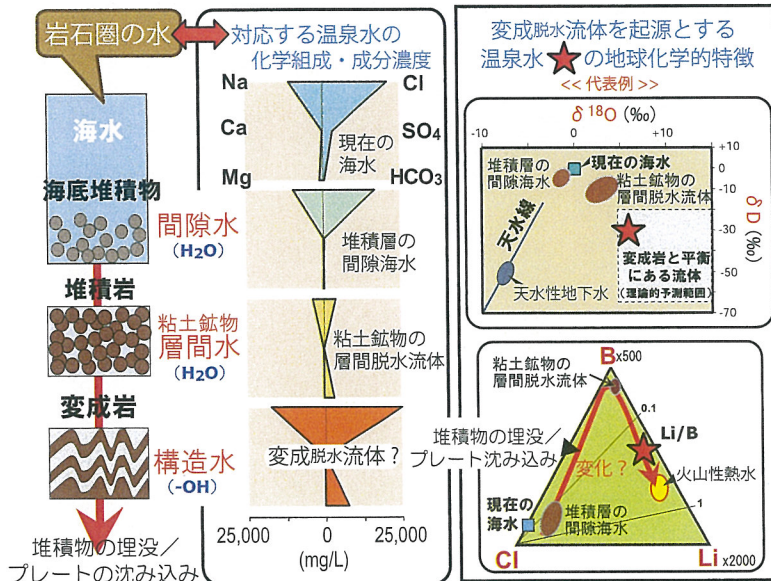
活火山の火口に形成される酸性の火口湖は、湖水の溶存成分や浮遊する微粒子によって独特の色を呈し、湖底噴気活動の消長にともなった噴気ガス成分組成の変化によって色が変わる[恩田ほか, 2003; Ohsawa et al., 2010]. 霧島火山新燃岳の火口湖で起こった湖水の褐色化は、湖に生息する鉄酸化細菌が降下火山灰中の黄鉄鉱によって増殖し、それによって湖水中に供給された鉄イオンと硫酸から褐色の含水酸化鉄系鉱物<シュベルトマナイト>が析出したためであることを明らかにした。

霧島火山・新燃岳



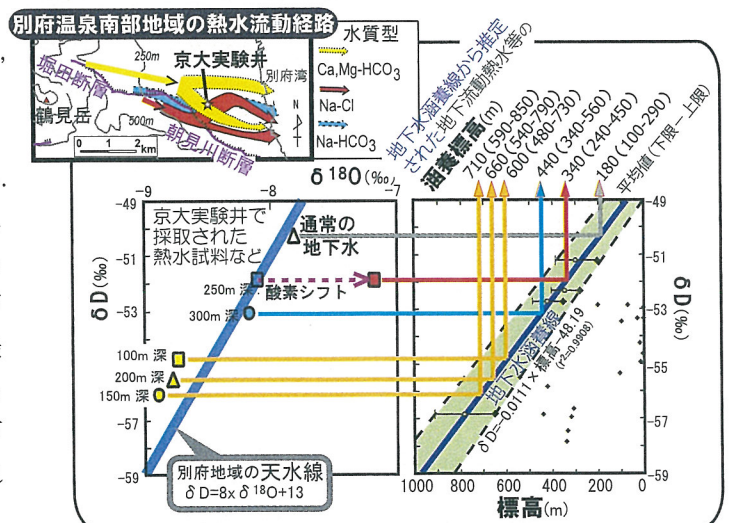
非火山性温泉の起源流体

：続成作用・変成作用で生じる脱水流体
火山や火成活動に関係しない温泉の起源流体に、堆積物の続成作用や岩石の変成作用にともなって発生する脱水流体が想定されていた[例えば, 大沢, 2009]. 宮崎平野の大深度掘削温泉から得られる温泉水の研究から、海底堆積物の続成過程で順次発生する脱水流体（堆積層の間隙海水と粘土鉱物の層間脱水流体）が温泉起源流体として確認された[例えば, 大沢ほか, 2010]. さらに、それらとは異なった地球化学的特徴をもち、大規模な地質構造線沿いに湧出する Na-Cl・HCO₃ 型高塩分温泉水が変成脱水流体に由来する可能性を示した。また、続成-変成-火成作用と累進するにしたがって、脱水流体の化学組成が変わる可能性も示唆した。



地域貢献型の温泉科学

当研究分野が長年取りあげてきた研究テーマであり、地熱開発促進調査や温泉資源保護に関する種々の取り組みなどへの当分野の研究成果の利用の範囲は広く、その貢献度は計り知れない。次は最近の研究例である。
別府温泉南部地域の地下では、3種類の熱水がそれぞれ独自の流動経路を形成して階層的に流動していることが明らかにされている。流路の始まりに当る地下水の涵養域はそれまで明確にされていなかったが、最新の同位体解析法の導入によって涵養域の標高が明らかにされるとともに、断層を通した熱水・蒸気と地下水の相互作用によって多種・大量の熱水が生み出されている様子が浮き彫りにされた[大沢ほか, 2009].

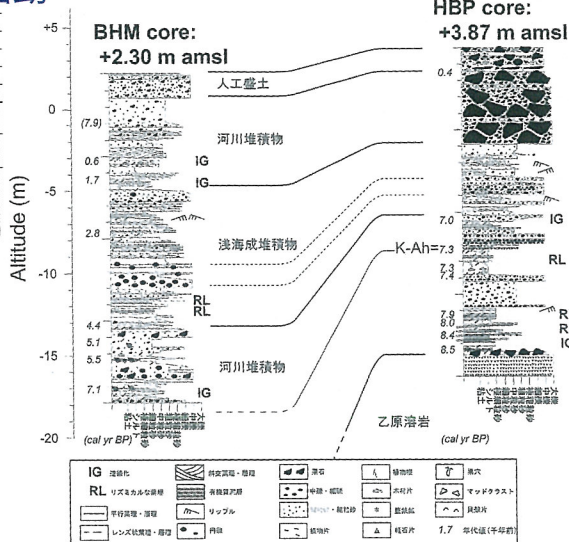
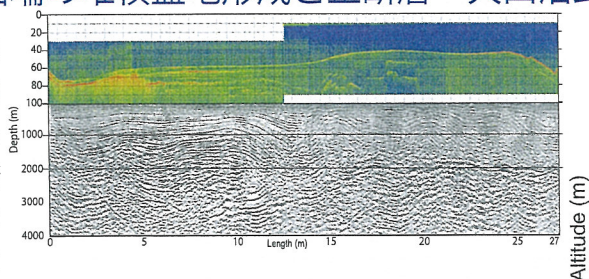


以上の他、地熱流体にかぎらず地球固体圏に存在する様々な流体について、地球化学を中心に据え地球物理学・地質学岩石学と連携しながら研究を進め、ユニークな研究成果を公表している[例えば, Nishimura et al., 2008; Yamada et al., 2008].

中央構造線西端の堆積盆地形成と正断層・火山活動

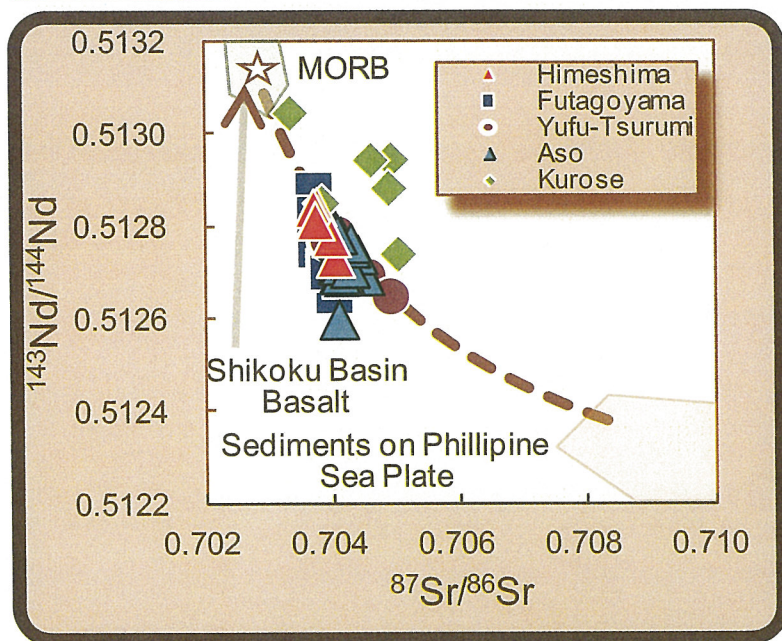
別府湾および別府地溝は、中央構造線西端における横ずれ断層と正断層の組み合わせによって形成されて

きた。別府湾中央部（左図上：別府湾東西浅層音波探査、左図下：深層反射法地震探査）および別府地溝南縁（右図：浜脇における朝見川断層北側のボーリング）には、A級（千年あたり1 m以上の変位速度）の正断層が発達し、テクトニクスの研究が進められた。また別府地溝の火山（特に鶴見岳・伽藍岳、鬼箕山火山）の活動史の詳細が火山岩の年代測定や古地磁気方位決定、および火山灰層序学的研究によって明らかにされてきた。



九州のマグマとマントル沈み込むプレートとアセノスフェア

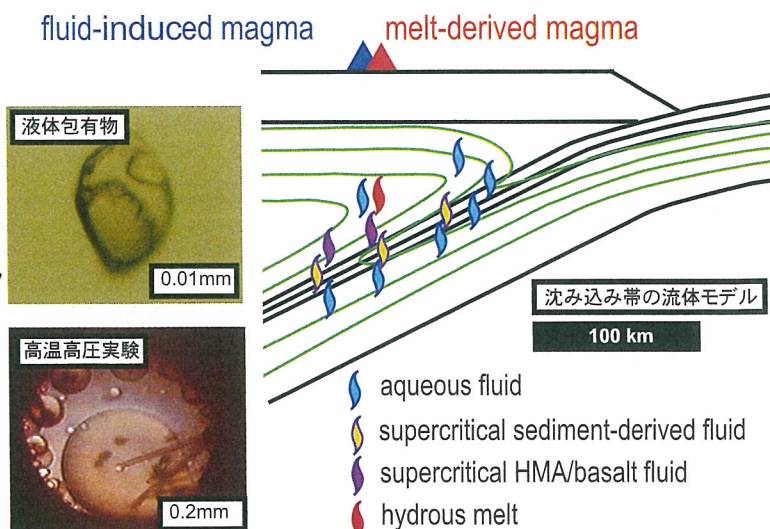
九州では1,200 万年前から現在まで、マグマの活動が活発に起こってきた。このマグマの活動には、沈み込むプレートやアセノスフェアなどが影響を与えていると考えられている。この事は、地球上で起こる複数のタイプのマグマの活動が、ほぼ全て観察できる可能性を示している。私たちは、これまで九州では分析値があまり報告されていない、マグマが冷え固まってできた溶岩やマントル物質がマグマとともに地表に出てきたマントル捕獲岩のストロンチウム・ネオジム・鉛の同位体組成などを分析し、九州のマグマが何をもとに、どのようなプロセスでできたのか研究し、フィリピン海プレートの部分熔融や脱水、アセノスフェアや上部マントル起源のメルトの流入などの知見が得られてきている。



沈み込み帯での塩水の移動とマグマ発生

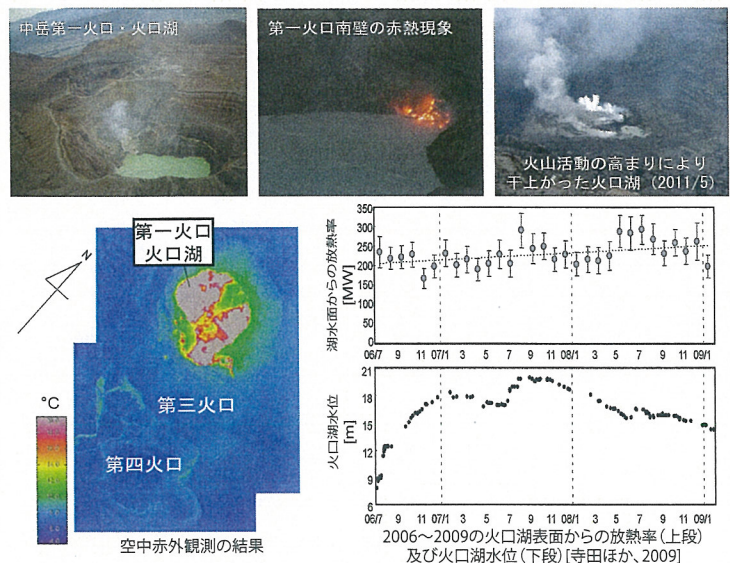
高温高压条件下でマグマと水流体の混和・不混和の条件を決定し、沈み込み帯での水流体の移動とマグマの発生に関する新しい仮説を提案している。スラブ流体は堆積岩成分をたっぷりと溶かし込んだ超臨界流体で、マントルウェッジ内で安山岩マグマと水流体に分離する。水流体はマントルを部分融解させ、玄武岩マグマを生成する。スラブ由来の超臨界流体の水流体とマグマへの分離が、沈み込み帯のマグマの化学的特徴の多様性を生む。

また、マントルの岩石に含まれる水に富む液体包有物の観察から、スラブ流体は海水に似た塩濃度を持つ塩水で、水のほかに炭酸ガスを含むことがわかってきている。塩濃度はマグマと水流体に分離する際の元素の分配にも影響を与え、今後、重要な研究テーマになる。



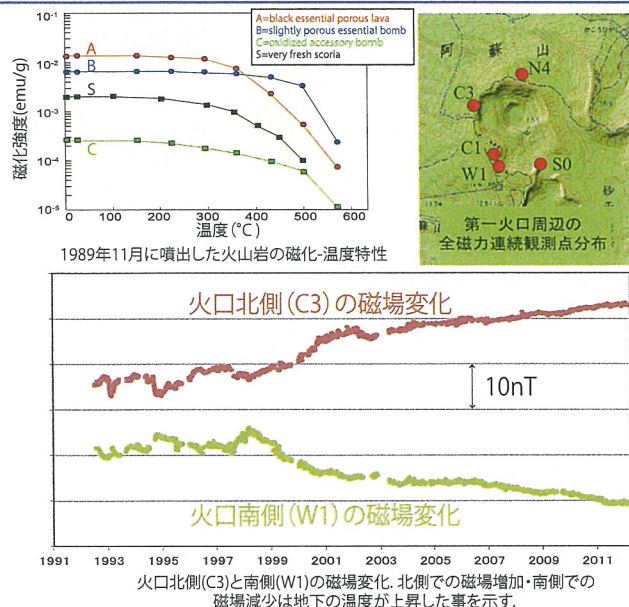
火口湖からの放熱率推定

阿蘇火山・中岳第一火口には火山活動の静穏期に火口湖が形成されている。その水温は60～70℃に達し、このような高温の火口湖が維持されている例は世界的に見ても稀である。火口湖の水温、水量は火山活動に伴い大きく変化するため、こうした情報は第一火口の熱活動を表現する重要な観測量である。我々は火口周辺の降水量測定、自動撮影カメラによる湖水位観測、赤外カメラによる温度測定、ヘリコプターを用いた空中赤外観測などを行った[寺田ほか, 2009]。これらの観測から湖水面からの放熱率、蒸発量の正確な見積もりが可能となり、その結果、蒸発で失われる湖水量は降雨による流入量をはるかに上回り、火口湖の大部分は湖底から噴出する熱水で維持されている事が明らかになった。



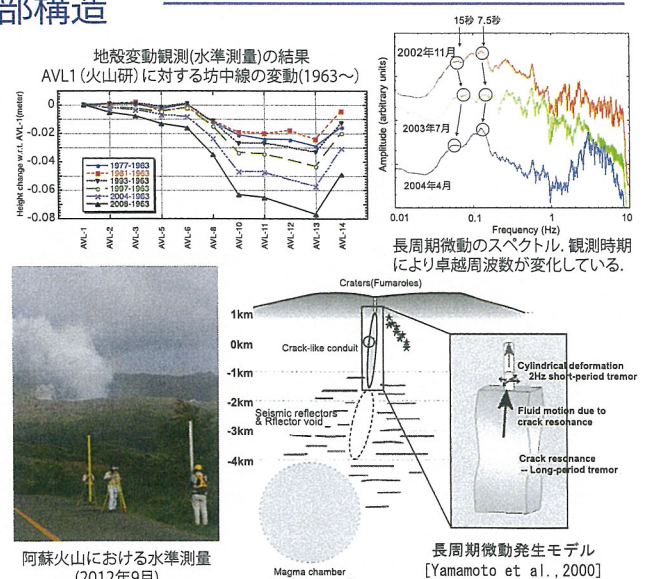
地磁気変化を用いた 火口直下の温度モニタリング

一般に火山岩は強い磁化を持つため、火山周辺には磁気異常が形成されている。また岩石磁化は温度依存性を持ち、温度が高くなると磁化が弱まる性質を持つことから、地下で温度変化が生じた場合、周辺の岩石の磁化強度が変化し磁気異常分布に変化が生じる。こうしたことから、火口周辺で地磁気を観測しその時間変化を捉える事で、地下の温度状態の推移を推定する事が出来る。当施設では火口周辺にプロトン磁力計を用いた観測点アレイを展開し地磁気全磁力の連続観測を行っている。この観測の結果、火口周辺の全磁力値は、中岳の火山活動に応じた時間変化をしている事が明らかになった。その解析から、磁場変化源が第一火口やや西寄りの地下200～300mに求まり、この位置に温度変化域の重心が位置する事が明らかになった。



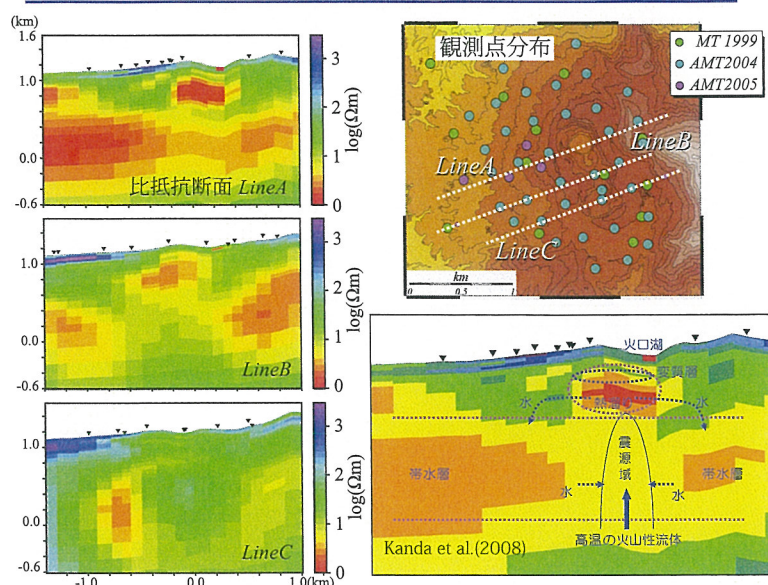
長周期微動から推察される阿蘇火山の内部構造

阿蘇火山では長周期微動 (LPTs, Long-Period Tremors) と呼ばれる特徴的な微動が常時発生しており、そのメカニズムを解明するため、当施設では1997年に広帯域地震計を用いた高密度観測ネットワークを構築した。この観測網で得られたデータから、LPTsの振動源は地下の亀裂である事が明らかになった。この亀裂は火口列のやや西寄り、深さ1.5kmから僅かに傾いて深部に達すると推察されている。当施設で継続されてきた地殻変動、地震観測の結果、草千里ヶ浜火口の直下数kmにマグマだまりがあると推察されており、長周期微動はこのマグマだまりから放出される火山性流体がこの亀裂を通り地表に達する際の共鳴現象により発生すると考えられている[Yamamoto et al., 1999]。さらに最近の研究から、この長周期微動の振動周期は火山性流体の温度や成分の変化に伴って変化している事が明らかになった。



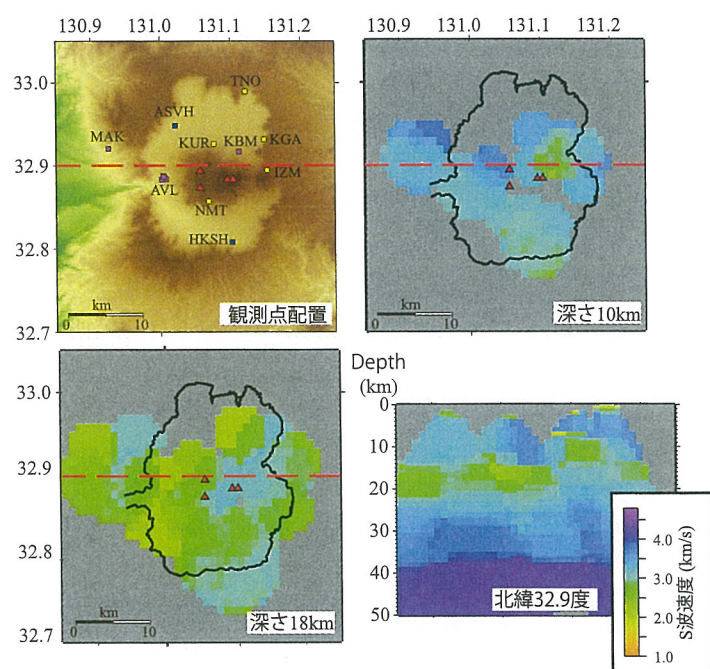
中岳火口直下の電気比抵抗分布

火山ガスの溶存成分を含む熱水は低い電気抵抗を持つ事が知られており、比抵抗構造から地下熱水系の存在域・規模に関する情報が得られる。我々は中岳火口周辺で高密度な電磁(MT, AMT)探査を実施し、火口浅部の詳細な比抵抗分布を得た[Kanda et al., 2008]。その結果、第一火口の西寄り、深さ数百mに極めて低い比抵抗(1~数Ωm)を示す領域が局在する事が明らかになった。この低比抵抗域の位置は、長周期微動の解析から示唆される地下の亀裂の上端部にあたることから、火口直下の熱水変質層がキャップロックとなってマグマだまりから供給される火山性流体の一部がこの領域に停留し、熱溜まりを形成しているというモデルが提案されている。



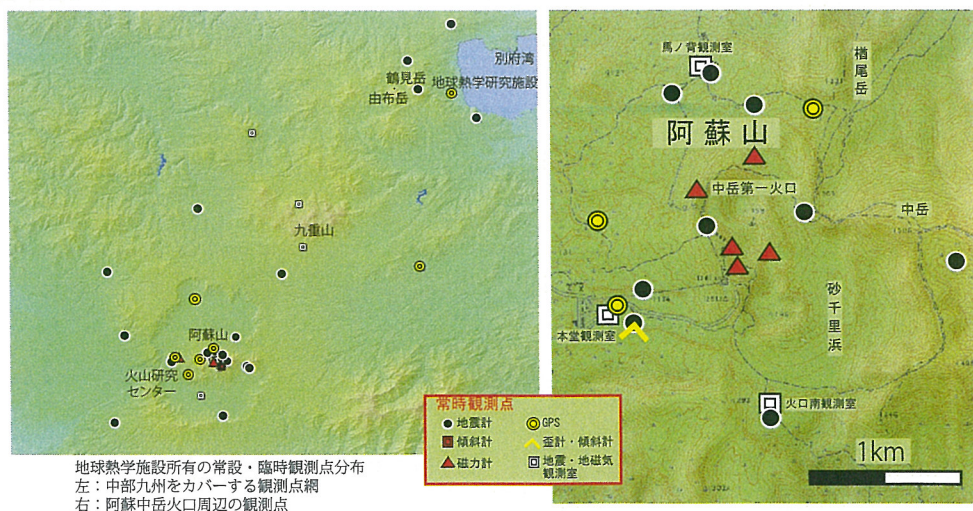
阿蘇カルデラの地殻深部構造

P波が地震波伝播速度の異なる媒質の境界を通過するとそこでS波が発生する。レシーバ関数を用いると、遠地地震波形からそのようなS波を検出することができ、境界の位置およびS波速度のコントラストを推定することができる。マグマや水などの流体を含む領域は周囲より地震波の伝播速度が遅く、その領域の境界に地震波速度のコントラストが生じる。そのため、その境界面の深さ・位置を推定することで、流体の含まれる領域を特定することができる。我々は阿蘇カルデラにおいて稠密な地震観測を行ない、得られた遠地地震波形からレシーバ関数を作成し、遺伝的アルゴリズムインバージョンを用いて地殻のS波速度構造を推定した。その結果S波速度が2.4km/s程度の低速度層がカルデラ西部・北東部の深さ15-20kmの領域、および中央火口丘東部の深さ8-15kmの領域に存在することがわかった。この低速度層は最大で15%のマグマか30%の水を含むと考えられ、珪長質マグマを生成する部分溶融領域に対応する可能性がある。



地球熱学施設所有の観測点

地球熱学施設では、阿蘇火山・阿蘇カルデラのほかにも、九重火山や別府市周辺の火山など九州の火山周辺に観測点を設置し、火山の地下構造推定や噴火メカニズム解明を目的とした観測・研究を行っている。このほかにも、他の研究機関との共同研究やデータ共有などを通して、国内外の火山においても観測・研究活動を実施・展開している。



沿革

1923年(T12) 12月	大分県および別府町の援助により別府本館建物が竣工
1924年(T13) 1月	研究および業務の開始
1926年(T15) 10月	開所式を挙行. 名称は地球物理学教室附属地球物理学研究所 フランスのAlfred LACROIX, およびアメリカのA. L. DAYの両博士が 初代所長志田順博士に阿蘇火山に研究所を設立するよう勧奨
1927年(S2)	国費および熊本県の援助によって火山研究施設本館（阿蘇）の起工
1928年(S3) 3月	火山研究施設本館一部完成とともに研究を開始. 地震計を設置
1932年(S7)	第2回極年(polar year). 火山研究施設に地磁気観測が付加
1937年(S12)	本学官制の一部改正に伴い地球物理学研究所（別府）と 火山研究施設（阿蘇）が統合. 火山温泉研究所と改称
1959年(S34) 3月	文部省令により両研究所が分離, 理学部附属地球物理学研究施設と 同附属火山研究施設が設置され設備と定員が拡充された
1987年(S62) 4月	地球物理学研究施設（別府）に熱水環境部門および地熱形態研究部門 （外国人客員研究部門）の2部門（10年時限）を増設
1997年(H9) 4月	両研究施設を統合し, 理学部附属地球熱学研究施設を設置. 本部を 別府に置き, 阿蘇の施設は地球熱学研究施設火山研究センターと称する
1998年(H10) 4月	大学院理学研究科附属地球熱学研究施設および同施設火山研究センターと 改称



初代所長
志田順博士

構成員

教職員（2012年10月現在）

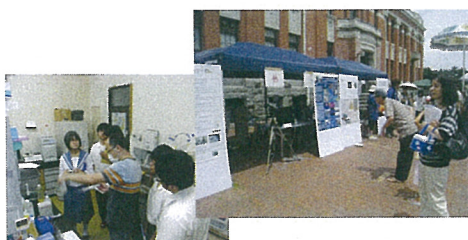
教授4（公募中1）, 准教授2, 助教4, 技術専門職員2,
技術職員2, 研究員<機関研究員>4, 非常勤職員6

施設運営協議会（2012年度）

一号委員5, 二号委員7, 三号委員1
（専任 教授・准教授）（地球惑星科学専攻 教授）（副研究科長）

教育・地域社会貢献

平成16年の国立大学法人化や平成15年に採択された理学研究科地球惑星科学専攻21世紀COEプログラムなどを契機に, 地球熱学研究施設の教育貢献の要求度が高まり, 現地教育を中心に据えた野外実習プログラムや観測・実験マニュアルの整備を進めた. それにより, 京都から多くの学生・教員が研究施設を訪れるようになり, 国際的な人材育成を視野に入れた全学規模の現地滞在型実習も展開している. また, これらを補う教育ツールとしてテレビ会議システムが導入され, 機能を充実させて研究施設関連のゼミにも利活用している.



「京都大学の窓」としての隔地施設の役割を意識して, 平成16年より研究施設の一般公開を実施しており, 毎年100名を超える来訪者を迎えている. さらにSSHなど高校生の高度理科教育への支援や教員研修などを積極的に行い, アウトリーチ活動に着々と成果をあげている. また, 各教職員は両拠点が位置する大分県, 別府や阿蘇の自治体がかかえる課題である温泉資源保護, 地震被害想定や火山噴火予知などの委員として重要な役割を果たしていることも特筆される.

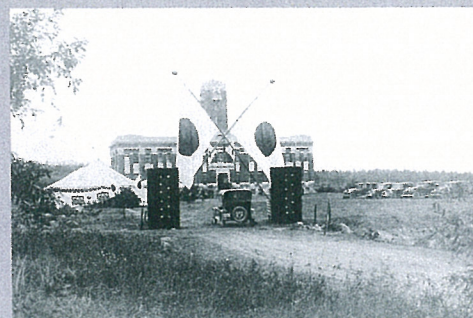
施設一覧



登録有形文化財(建造物)1997 面積 21,410m²

京都大学大学院理学研究科 附属地球熱学研究施設 本部

〒874-0903
大分県別府市野口原3088
tel: 0977-22-0713
fax: 0977-22-0965
URL: <http://www.vgs.kyoto-u.ac.jp/>



地球物理学研究所（別府）の開所式
(大正15年10月28日)



登録有形文化財(建造物)2012 面積 335,730m²

京都大学大学院理学研究科 附属地球熱学研究施設 火山研究センター

〒869-1404
熊本県阿蘇郡南阿蘇村河陽5280
tel: 0967-67-0022
fax: 0967-67-2153
URL: <http://www.aso.vgs.kyoto-u.ac.jp/>



開所当時の火山研究センター



京都大学大学院理学研究科 附属地球熱学研究施設 京都分室

〒606-8502
京都府京都市左京区北白川追分町 京都大学理学研究科1号館
tel: 075-753-3938
fax: 075-753-3938



ちねつちゃん

