

1602 水蒸気爆発場の物理・化学状態の把握と火山流体の挙動

担当者 野上健治(knogami@ksvo.titech.ac.jp)

・実施機関（代表機関）名

東京工業大学火山流体研究センター

・研究目的

わが国で発生する噴火の多くは水蒸気爆発型噴火であるが、その発生予測は、マグマが直接関与する噴火に比べて困難であるとされる。一般的に噴火規模が小さく、マグマの顕著な移動を伴わずに噴火が発生する事例も報告されているためである。本研究課題の実施担当者らによるこれまでの電磁気学的地下構造研究から、水蒸気爆発の準備領域では、熱水変質した難透水性の蓋と、その直下に蒸気の卓越した熱水流体溜りが存在することが明らかになりつつある。水蒸気爆発は、この熱水流体溜りへの過剰な火山流体の供給によって溜り内の温度・圧力が高まり、何らかのトリガー（恐らくは火山流体のパルス的入力）で発生すると考えられる。従って、水蒸気爆発の予測の高度化のためには、爆発場を形成する活動火口下浅部の物理・化学状態の変動を火山流体の挙動とリンクさせて捉えることが不可欠である。

草津白根山湯釜周辺では、近年、水蒸気爆発が繰り返し発生している。1996年2月のごく小規模な噴火を最後に17年間噴火は発生していないが、2009年3月に湯釜火口内で新たな高温領域が複数箇所を確認されて以降、地表付近での熱的な活動は高まった状態で推移している。一方、地下浅部での蓄熱・放熱過程をモニタリングできる地磁気観測からは、火口直下やや深部の熱的な状態が冷却過程にあることを示すデータが一貫して得られている。このことは、個々の観測では爆発場のエネルギー蓄積状況を正しく把握することが難しく、熱水系全体の熱収支・物質収支を把握する必要があることを強く示唆している。

草津白根山の活動火口の特徴の一つとして、火口湖の存在が挙げられる。火口湖は、火山から放出される揮発性成分を一時的に貯留する、いわばコンデンサのような役割を果たしており、地下浅部熱水系の一部が地表に現れたものと捉える事ができる。そのため、火口湖の水位・水温を精度よく測定し、気象条件を合わせて数値的に解析することで、火山から放出される熱量・物質量をモニタリングすることが可能である。同じく火口湖を有する阿蘇火山では、火口湖水位・水温が火山性微動と同期して変動していることが本研究の実施担当者により明らかにされており、火山性微動が流体輸送と密接に関連していることを示している。草津白根山においても、地震・地殻変動観測による力学的状態や地磁気観測による熱的な状態がモニタリングされている。また、1976年の地球化学的噴火予測の成功をはじめとして火山ガスや湖水の化学成分分析が長年継続的に行われている。これらを火口湖解析と合わせて総合的に解釈することで、熱や物質の蓄積過程の理解が大きく進展することが期待される。

以上のように、本研究計画では、水蒸気爆発発生場における火山流体の挙動の詳細を明らかにし、それと同期する発生場の熱・圧力状態の変動を捉えることを目指す。草津白根山山麓には草津温泉や万座温泉があり、夏季には避暑地として、冬季にはスキーリゾートとして年間を通じて約100万人の観光客が訪れている。活動火口である湯釜には、多くの観光客が容易に近づくことができることに加え、わずか80年前には、現在立入規制されていない火口周縁部においても水蒸気爆発が発生しており、湯釜周辺での爆発発生は重大な結果を招く恐れがある。一方で、危険性のみを重視して過剰な規制を行えば、近隣自治体の経済は大きく衰退してしまう。観光資源の活用と火山爆発による人的被害の軽減を両立させるためには、水蒸気爆発予測の高度化は大きな社会的要請である。爆発発生場の熱・物質収支を調べる本研究計画の実施は、その要請に対しても一定の役割が果たせるはずである。

熱水系の卓越する火山では、気液二相が共存する熱水貯留層が火山体の地下浅所に発達している。気相は噴気ガスとして、液相は温泉水や火口湖水として火山体から常時放出されている。多くの場合、水蒸気爆発で放出される火山噴出物には、粘土鉱物などの二次生成鉱物や、変質鉱物などが多量に含まれているが、これらは噴気ガスや酸性熱水と火山体を構成する岩石との反応によって生成したものである。これらの変質鉱物の組み合わせは、物理的・化学的条件に大きく依存する事から、その組み合わせと安定性を明らかにすることで水蒸気爆発発生場の物理的及び化学的条件の解明を進める事ができる。

本研究課題では、これらの二次生成鉱物の生成過程と、その安定性について実験的に明らかにする事を目指す。また、岩石や粘土鉱物と熱水の反応による熱水の組成変化を実験的に検討し、天然の熱水系での観測結果と比較検討する事も目的とする。

活動火口周辺の熱活動は、しばしば、噴火に先行して変化する。これは、火口周辺が浅部熱水系の状態を直接的に反映していることや、揮発性成分はマグマよりも速やかに上昇すること等が関係している。そのため、熱観測は火山監視の重要項目のひとつとされてきた。しかし、実際には温度測定に留まっているのが現状である。そこで本課題では熱エネルギー計測・迅速解析技術を開発し、既往の火山モニタリング項目に、新たな物理量としてエネルギー放出率(J/s)を追加する。

活動火山で噴気活動に変化が認められる理由は様々であるが、もし、マグマや熱水の上昇により、地下浅部の熱・質量バランスが変化しているならば、防災上も重要である。これを検討するためには、観測から推定される地下浅部変化(地球磁場なら熱、地殻変動ならば質量)と、火口からの熱質量放出量変化とを定量比較する必要がある。これにより、地下浅部での蓄積過程、すなわち、深部からの **Input** と、火口からの **Output** の大小関係を、その時間変化も含めて評価できる。これは活動評価に直結する。