

九重火山地域の熱水系における深部熱源の役割

The influence of a magma chamber on the hydrothermal system in the Kuju volcanic region, central Kyushu, Japan

蘭 幸太郎 [1]; 江原 幸雄 [2]; 藤光 康宏 [2]

Kohtaro Araragi[1]; Sachio Ehara[2]; Yasuhiro Fujimitsu[2]

[1] 九大院・工・資源; [2] 九大院・工・地球資源

[1] Earth Resources Eng., Kyushu Univ.; [2] Earth Resources Eng., Kyushu Univ.

本研究の対象領域である九重火山地域は 80 年代後半より大規模深部の地熱開発を目的として、地質学、地球化学、地球物理学といったさまざまな観点からの調査が行われてきた。また、その過程で得られた成果をもとに、バツファ領域を除き海拔-2000m 以浅を対象として、その地域への熱水の流入を仮定したシミュレーション (例えば NEDO(1984)) も行われてきた。

一方、この地域におけるボーリングの検層結果からの推定によって海拔-2000m からの地温分布図が得られている (NEDO, 1987)。その結果、この地域では地温異常が海拔-2000~-1000m に 1 つ (200~300 °C)、海拔-1000~-300m に 2 つ (50~300 °C)、80m 深地温分布図に 5 つ (20~60 °C) 存在し、階層構造を呈していることが推定される。

さらに本地域の基盤岩以深の構造について吉川ら (2005) によって行われた地震波速度構造についての研究より、大岳・八丁原地域直下及び九重火山南方に溶融マグマの存在を示唆する low Vp・low Vs 領域が推定されている。

こうした熱源及び熱水系に基づく観測結果はあるものの、これを基盤岩以深の熱源とその活動・規模・物性に基づいてモデリングし、九重火山地域の熱水系について熱源から包括的に説明を試みた例はこれまでなかった。本研究では、シミュレーションによって地温分布図の再現を試みる中で、本地域の熱源と熱水系の相関性について明らかにする事を目指した。

シミュレータには 3 次元で気液二相流を扱える HYDROTHERM Ver. 2.2 (Hayba and Ingebritsen, 1994) を用いた。NEDO(1987) において地温異常が表れている 20km 四方、及び NEDO(1990) において推定されている熱源深度約-7km を計算対象領域とした。定常状態になるまで 150000 年間計算し、その後熱源であるマグマの定置が生じるとした。マグマ定置後の計算期間すなわち、想定した火山の活動期間については、鎌田 (1997) に基づき約 40000 年とした。

熱源についてまず、1) 非定常状態、2) 定常状態の二通りを仮定し計算を行った。前者については定置後マグマが冷却過程にあるものとして、また、後者については計算期間中、連続的にマグマが深部から供給されているものとして解釈できる。この結果、非定常状態では地熱系が発達しないまま冷却し、NEDO(1987) によって示されたような 200~300 °C の高温異常が特に基盤岩以浅の領域にまで発達しない結果となった。

さらに、熱源が地熱系の発達についてどの程度寄与するのかを明らかにするために、初期温度及び規模についてパラメータスタディを行った。初期温度については NEDO(1999) によって推定された値に基づき 800~1000 °C まで 100 刻みで 3 通り、規模については九重火山中心部下において水平方向および高さ方向に約 1km 刻みで 3km 程度まで値を変えた。結果について等温面の広がり及び熱水流動パターンの可視化を行い、又、同一地点における深度別の地温変化について比較した。これによってまず、九重火山中心部から八丁原にかけての地温異常については単一の熱源で議論できること、さらに、NEDO(1987) で示された様な高温異常を得るには熱源が計算期間中一定に維持されていることが重要であり、初期温度やその規模には大きくは影響されないことがわかった。

また、計算結果について実際の地温分布図と比較してみたところ海拔-2000m については 400 °C 程度までの地温異常が類似し、また、標高 0m 付近では 200 °C 程度の地温異常を再現することができた。ただし、北西の涌蓋山周辺から九重中心部にかけての 200 °C の広域の地温異常や 80m 深の地温分布図については再現することができなかった。

深部熱源から地表に至るまでの地熱系を理解するために、本研究では九重中心部の放熱量についても検討した。九重中心部に相当する硫黄山からの放熱量については江原 (1981) によって約 100MW の値が推定されている。本研究ではこの値とシミュレーション結果について 1) 高透水性の領域 (火道) を設けない場合の放熱量、2) 火道を設けた場合の放熱量及び透水性を変化させた場合の変化量、この 2 つを算出し比較した。火道には、Ehara(1992) に基づいて 50m の領域を、577 × 577m の広さで熱源上端まで設けた。結果として 1) については最大 1.6MW、2) については最大約 30MW の値を得ることができた。さらに 2) について 200 °C 等温分布面及び熱水流動の可視化を行ったところ、等温面の拡大が計算初期において既に地表に達している一方、その領域はあくまで局所的なものに留まっていることが分かった。

本研究におけるシミュレーションの結果より、九重火山中心部におけるマグマ溜まりの活動について、少なくとも最近 35000 年間は連続的なマグマの供給が生じていること、さらに九重中心部の放熱量、地温異常の階層構造の決定要因としては透水性が大きな役割を担っている可能性が高いことが明らかになった。