

葛根田地域の熱水系 - 熱源モデル

Hydrothermal-heat source model for the Kakkonda field

玉生 志郎[1], 藤本 光一郎[2]

Shiro Tamanyu[1], Koichiro Fujimoto[2]

[1] 地調・地殻熱, [2] 産総研

[1] Geotherm., GSJ, [2] AIST

葛根田地域の地熱系を熱水系 - 熱源モデルの観点からとりまとめた。NEDO の研究成果を、貯留構造、熱構造、熱水・水理構造の項目に分けてレビューした。また地質調査所の研究成果は、地質・地化学モデル、物理探査モデル、発達史モデルに大別した後、貯留構造、熱構造、熱水・水理構造の項目に分けてレビューした。その後、NEDO モデルと地調モデルを比較検討し、研究成果を総括表にとりまとめた。また、葛根田の深部地熱系モデルとして、Fournier によって提唱された火山深部の熱水系発達モデルと比較検討して、新たに温度低下モデルを提案した。

Uchida, et al. (1996)は葛根田地域の第四紀花崗岩に関連した地熱系モデルを、NEDO(1999)は葛根田地域の熱構造モデル、水理構造モデルをそれぞれ提案している。これらの図面を基に、Fournier モデルを参考にしながら総合モデルを作成した。

Fournier(1999)の概念モデルでは、地表に火山体があり、脆性 - 塑性変形境界は熱水対流域と熱伝導域の境界と一致して、その温度は 370-400 と見込まれている。しかし、Uchida, et al. (1996), NEDO (1999) の解析では、葛根田では地表に火山は分布せず、また脆性 - 塑性境界を微小地震の震源下限域と見なすと 300-320 の温度領域に相当する。そして、熱水対流域と熱伝導域の境界は、より高温の花崗岩体中の 380 の等温線に相当している。これは現在の葛根田地熱系は、Fournier モデルと比較すると、マグマ貫入後、全体として温度低下が生じていること、および、その温度低下にもかかわらず脆性 - 塑性境界の深度はほとんど変化していないことを示している。このような温度構造と脆性 - 塑性境界との不一致は、急激な温度低下によるものか、または脆性 - 塑性境界と見なした微小地震の震源下限域が、温度よりも還元水などの影響で生じた間隙水圧の変化によるものか見極める必要がある。

葛根田地域の温度低下については、接触変成鉱物の生成温度と現在の地下温度を比較することで、200 以上の温度低下が生じていると指摘されている (Sasaki, et al., 1998, 竹野ほか, 2000)。花崗岩の閉鎖年代 (Doi, et al., 1998) から、花崗岩の貫入は約 20 万年前以前に生じたと考えられる。それ以降、葛根田地域では熱源としての花崗岩の冷却に伴い温度低下が生じたと思われる。この温度低下に拍車をかけた要因が二つある。一つは NEDO(1999)の熱構造モデルに表現されている通り、1978 年以降の熱水還元である。もう一つは、地表面の削剥である。花崗岩が貫入した当時は、現在地下 1.2 km 深の接触変成帯の最上部 (黒雲母アイソグラッド) が約 400 であったこととなり、その上位に期待される熱水系は水の沸騰曲線よりもはるかに高温であったことになってしまう。それは不自然なので、当時の地表面がもっと上方にあり、その後、急激に削剥された可能性が考えられる。すでに Muramatsu (1984)は、坑井の初生包有物の深度別の最高均質化温度の分布および塩濃度測定結果を用いて、流体は静水圧状態にあったという仮定から、当地域は主要脈鉱物である石英や方解石の生成 (0.7-0.1Ma)後、今日に至るまでに少なくとも 900m は削剥されたと推定している (村松, 1987)。このような要因で温度低下が生じたと思われるが、一方では葛根田ではいまなお活発な熱水系が維持されている。これを説明するには深部から浅部への連続的または断続的な熱および熱水の供給を考えなければならない。

Fournier(1999)は、脆性 - 塑性境界が完全にセルフシーリングされた状態(a)と、それが時々破られて下位のマグマ性流体が上方の熱水系に供給される状態(b)とをモデル化している。葛根田地域では現在の脆性 - 塑性境界 (WD-1a の深度約 2300m) は、ほぼ浅部貯留層と深部貯留層の境界に相当する。これは過去のセルフシーリング・ゾーンが現在も透水構造に影響を及ぼしている結果と考えられる。一方、温度検層プロファイルから熱水対流 - 熱伝導境界域が WD-1a の 3100 m (380)に確認されている。これは温度低下のために、セルフシーリング・ゾーンが下方に移動して、熱水対流 - 熱伝導境界部に新たに形成されつつある過程と考えられる。それは、Muraoka et al. (1999)の塑性領域での屈曲点(深度 3100 m)に相当するものである。小松ほか (1998) は固相・液相・気相を含む多相包有物が葛根田花崗岩のみならず、第三系にも含まれていることを指摘している。これは、セルフシーリング・ゾーンが上方 (深度約 2300m) にあったとき、第三系下部も塑性領域になり、Fournier(1999)の言うマグマ性流体の水平レンズの一つが発達した結果かもしれない。または、現在の地熱系で、形成されつつあるセルフシーリング・ゾーン (深度約 3100m) が破れて、下位の花崗岩中のマグマ性流体が漏出した可能性も考えられる。現在のところ、セルフシーリング・ゾーンからのマグマ性流体の漏出の確証は得られていない。今後、本当にセルフシーリング・ゾーンからマグマ性流体が漏出しているか否か、見極めていく必要がある。