Sc-P004 会場：ポスター 時間：6月9日 17:30-19:30

葛根田地熱地域における微小地震分布の下限について

On the base of the seismogenic zone in the Kakkonda geothermal area

大久保　泰邦 [1]，大湊　隆雄 [1]，赤工　浩平 [1]，土井　宣夫 [2]，池内　研 [3]，茂原　諭 [4]
Yasukuni Okubo [1], Takao Ohminato [1], Kohei Akaku [1], Nobuo Doi [2], Ken Ikeuchi [2], Satoshi Shigehara [3]

[1] ＮＥＤＯ，[2] 日重化，[3] 日本重化学工業，[4] 地熱エンジニアリング（株）
[1] NEDO, [2] JMC, [3] Geo-E

地震の発生深度に下限が存在することはよく知られており、地温の上昇に伴い岩石の破壊様式が脆性から塑性へ移行するというメカニズムによって説明されることが多い。ＮＥＤＯの深部地熱資源調査が実施されている葛根田地域は震源分布と温度分布が詳細に調べられており、両者を直接比較できる絶好のフィールドとなっている。微小地震の震源分布と温度分布を比較して両者の関係について議論するとともに、地震発生深度の下限を決めるメカニズムに関して（１）温度分布、（２）水理特性、（３）応力場の３要素について考察する。葛根田の地震発生深度の下限は３００～３５０℃の等温線に対応しているが、透水性や応力場との対応は明瞭ではない。

１．はじめに

新エネルギー・産業技術総合開発機構（ＮＥＤＯ）では、葛根田地熱地域において「深部地熱資源調査」を実施している。調査の一貫として葛根田地熱地域に４０００m級の調査井を掘削し、温度検層等の各種調査を実施するとともに、葛根田地域で発生する微小地震の精密震源決定を１９９５年から継続している。

地震の発生深度に下限が存在することはよく知られており、地温の上昇に伴い岩石の破壊様式が脆性から塑性へ移行するというメカニズムによって説明されることが多い。地殻内地震発生深度の下限は東北地方内陸部で通常１０～１５ｋmであるが、火山付近では１０ｋmより浅くなっている。これまでの、岩石の脆性－塑性境界に関する議論はリソスフェアーアセノスフェア境界のような大深度を対象とする定性的な議論に留まることが多かったが、葛根田地域は震源分布と温度分布が詳細に調べられており、両者を直接比較できる絶好のフィールドとなっている。葛根田地域においてＮＥＤＯが掘削した３７２９mの調査井は脆性－塑性境界を貫いたと考えられている世界でも希な地熱井であるが、この地域では深部調査井の他にも地熱開発の進展に伴って多数の坑井が掘削されており、地下温度分布情報の蓄積がもっとも進んだ地域の一つといえる。

今回は微小地震の震源分布と温度分布の比較を行い、両者の関係について議論するとともに、地震発生深度の下限を決めるメカニズムについて考察する。

２．震源分布を決める要因

葛根田地域で観測される微小地震の震央は大局的には葛根田川に沿って北西－南東方向に並んで分布するが、その中に、北北東方向に指状に並ぶスウォームが認められる。深部の震源分布を見ると、震源の下限は葛根田地域の熱源と考えられている貫入花崗岩上面に平行に分布し、花崗岩上面より数百m浅い。以下、微小地震の発生域を決める要因と考えられる（１）温度分布、（２）水理特性、（３）応力場の３要素について考察する。

（１）温度分布

葛根田地域における温度測定は坑井掘削の進行とともに徐々に進められており、それぞれの温度測定は異なる時期になされているため、得られている等温線は温度分布のスナップショットとは必ずしも言えない。この点に留意しつつ、震源分布と温度分布を比較すると、葛根田地域における微小地震の発生域には下限があり、おおよそ３００～３５０℃の等温線と対応しているという特徴がみとめられる。また、蒸気生産ゾーン付近の高温部では微小地震の発生数が少ないのに対し、還元ゾーン付近の低温度領域などでは微小地震が多数発生している。

（２） 水理特性

葛根田地域においては深度２ｋm程度までは逸泥が多く透水性が高いが、それ以深では逸泥箇所が減り透水性が低下する。透水性が高いゾーンは微小地震の多発する領域でもある。一方、葛根田地熱地域の熱源と考えられる花崗岩上面付近では、一部透水性の高い地域も見られるが、微小地震の発生はない。透水性の分布と地震発生深度の関係については、どちらが原因であり結果であるかについては議論の分かれるところである。地震の発生に伴いフラクチャーが発達し、高い透水性が生じていると考えることも可能だが、逆に透水性が高い浅部では水の進入により実効封圧が低下し、地震が発生しやすい状態になっているという議論も可能であろう。ＦＭＩ解析からは、地震発生頻度と亀裂の頻度の対応は明瞭でなく、地震の発生に伴いフラクチャーの発達が進んでいるという議論は成り立たないように見える。

（３） 応力場

葛根田地域は東西圧縮の広域的な応力場の中にあり、微小地震のメカニズムもこの応力場に調和的である。深さ方向の応力場の変化は掘削時に坑井内に生じる亀裂（ＤＴＦ）から推定することができる。ＤＴＦ解析から得られる応力場は東西圧縮が卓越するが、深部で微小地震の発生数が低下することを支持するような深さ方向の応

力場の変化は得られていない。
　　今後は、従来の解析で得られた震源分布の他に、コラプシング解析で新たに決められた震源分布を加えて、温度・水理特性・応力場との関係を更に詳細に議論する予定である。