

葛根田地熱地帯の地震について*

Seismological study on Kakkonda geothermal field, northeast Japan

地質調査所**

Geological Survey of Japan

葛根田地熱地帯は、岩手山の西方約20kmにある我が国有数の地熱地帯であり、日本重化学工業ならびに東北地熱エネルギー両社が地熱熱水を生産している。ここでは、両社からの蒸気供給を受けて東北電力が1号機にて50 MW、2号機にて30 MWの商用発電を実施している。この葛根田地熱地帯では、観測主体は工業技術院、地質調査所、新エネルギー・産業技術総合開発機構と代わっているものの、1982年より微小地震観測が実施されている（第1図）。以下、葛根田地熱地帯の微小地震の震源分布等につき概略を記述する。詳細については、別紙（Geothermics, 1998）などを参照されたい。

葛根田に発生する地震は、いくつかの特徴を有している。まず、地震は葛根田川にほぼ沿う3 km×2 kmの領域に発生しており、その領域の外の地震発生はきわめて少ない。この限られた領域に発生する性質は、鉛直断面図上も表われており地震の多くは海面下1 km以浅である。とくに、地熱地帯の東側では浅い地震が多発し、西側では深い地震が目につく。これは、葛根田地熱地帯では、発電のための熱水の汲み上げが主に西側にて行われており、気水分離後の熱水は東側の還元域に戻されているという同地域の熱水生産に左右されていると思われる。

第2図および第3図は地質調査所が事業主体として微小地震観測を実施していた1988年1年間の震源分布図である。この年は、合計6000個以上の微小地震が観測されたが、この前後の年においても震源分布並びに発生回数は同様であった。震源は、葛根田川流域ならびに松沢流域に限られており特に南東部の還元域に大きく集中している。一方、北西部はやや深い地震が発生しておりこれらは熱水生産に関連していると考えられていた。これらの震源分布もこの年の前後ではほとんど変化が見られず、限られた領域で繰り返し微小地震が発生している。

葛根田地熱地帯では蒸気生産のために多くの坑井が掘削されておりそれらの坑井データから地熱フラクチャー（小さな破碎帯で熱水流動を司ったり地熱貯留層を形成すると考えられている）の分布が推定されている。この分布推定では海面下100mのフラクチャーが示されているが、葛根田川ならびに松沢・北白沢沿いにフラクチャー分布が示されている。フラクチャー分布と微小地震の震源域とはおおむね重なり葛根田地熱地帯の微小地震が限られた領域で繰り返し発生していることと符合する。しかし、坑井から推定されるフラクチャー分布は、南東および北西方向に伸びた分布をしており微小地震が観測されていない北白沢領域にもフラクチャー分布が示されている。これは、微小地震が地熱フラクチャーという破壊強度の弱い部分に発生するものの地震発生には他の要因が関係することを示唆させる。

1988年には6000個以上の微小地震が観測されたが、その中には日に100個以上の地震が観測される群発活動が6回含まれている。この群発活動もこの年に固有のものでなく前後の年において年に数回観測されている。この群発活動の震源はほとんどが還元域内で発生しており、その発生の前などに特段の坑井操作が行われていない。しかし、6月の群発活動は震源域が年間の活動域全般に及ぶことならびに群発活動が発電所の定期点検時に併せて行われた生産井からの生産停止に伴って発生している。また、この時期の微小地震は地熱地帯の生産域から始まり全域に拡がるようにもみられる。これは、定性的には、生産井からの生産停止に伴い地熱熱水流動に変化が生じて生産井周辺の圧力ならびに岩石中の間隙水圧が上昇し、有効差応力を減少させて岩石破壊に結びついたものと考えられる。このように葛根田地熱地帯の微小地震は地熱フラクチャーと呼ばれる破壊域が存在している所に間隙水圧の上昇など地熱流体の流

*Received 4 Dec., 1998

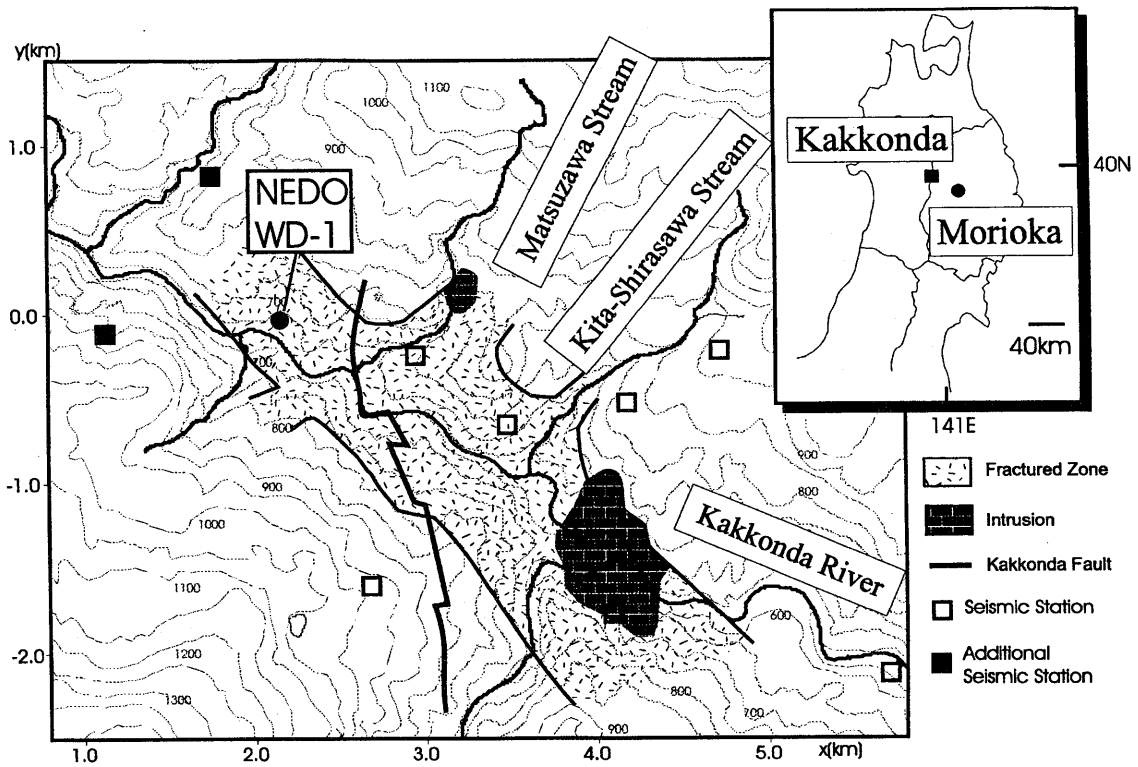
** 当舎利行・杉原光彦・西 祐司

Toshiyuki Tosha, Mitsuhiro Sugihara, and Yuji Nishi

動に伴う圧力変化により発生したものと考えられる。このような熱水流動を微小地震と関連づけると、地震が発生している所には熱水活動が期待され、地熱探査上の掘削指針となりうる。地下2 km以深にて微小地震が急激に減少するが、近年その存在が確認された葛根田花崗岩体が影響しているものと考えられる。

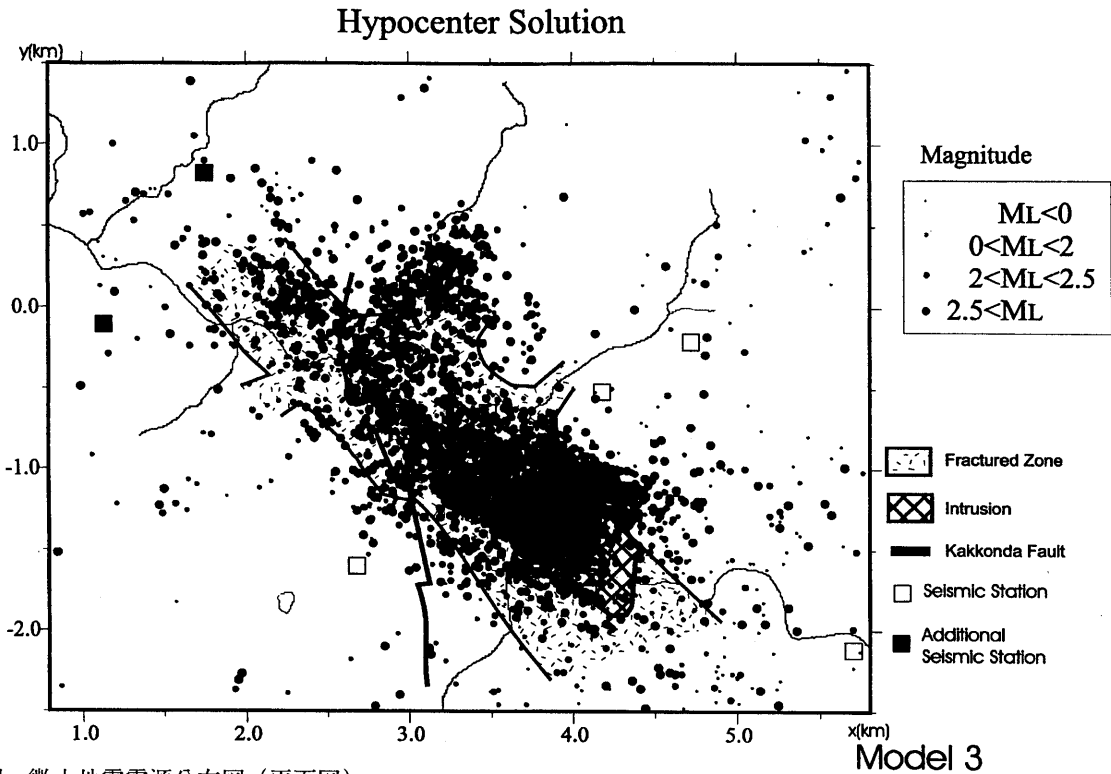
参 照 文 献

Tosha, T., Sugihara, M. and Nishi, Y. (1998) Revised hypocenter solutions for microearthquakes in the Kakkonda geothermal field, Japan, *Grothermics*, in press.



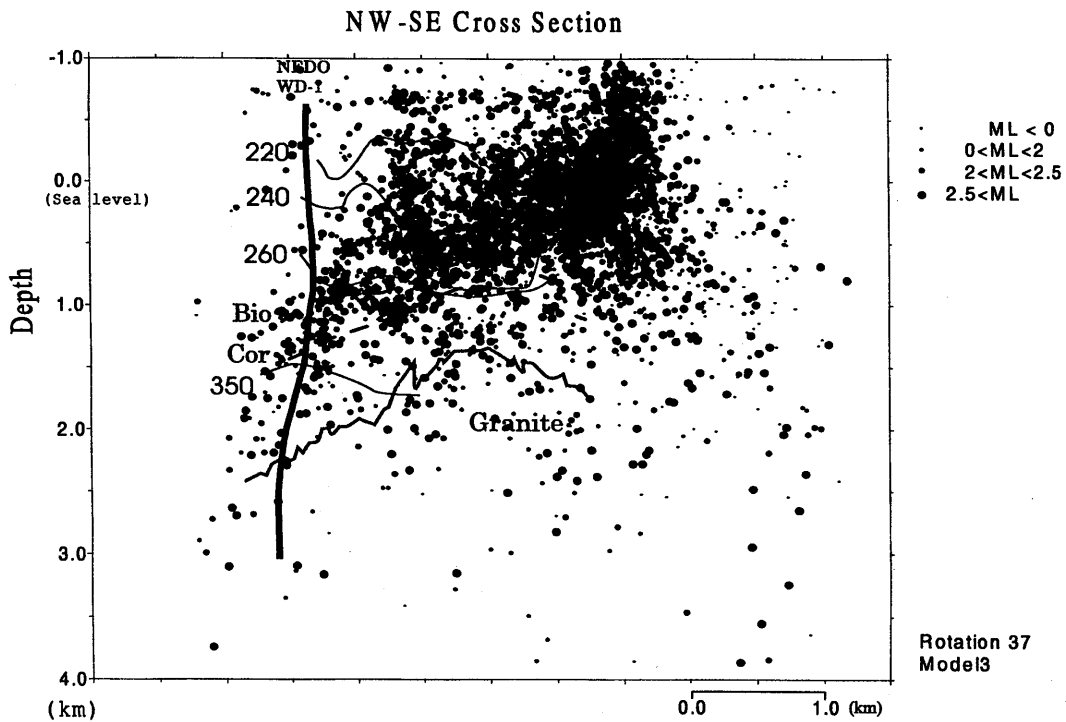
第1図 葛根田地熱地帯の位置と地質ならびに微小地震観測のための観測点配置図。

Fig. 1 Map showing the location and topography of the Kakkonda geothermal field. Seismic stations and the fractured zone estimated from the well date are shown on the map with the major fault system, Kakkonda fault. Two seismometers were added to the network for the project conducted by NEDO to extend the coverage of the network toward the north-west. NEDO well WD-1, for the project, is also shown.



第 2 图 微小地震震源分布图 (平面图)。

Fig. 2 Hypocenter distribution observed in 1988 by the 8 -seismic stations. The fracture zone, intrusions and the Kakkonda fault are also shown.



第 3 图 微小地震震源分布图 (北西-南东断面图)。

Fig. 3 Cross-section of the hypocenters along the northwest-southeast axis. The temperature contours estimated by well logging data and the first occurrence of the metamorphic minerals such as biotite (Bio) and cordierite (Coe) are shown in thin lines and broken lines, respectively. Well WD-1 and the top margin of the Kakkonda Granite are also shown.