

深層地下水の精密温度連続観測による宮城県沖地震を予知する研究

Prediction of large earthquakes off Miyagi Prefecture by observation of groundwater temperature in a deep borehole

南須原 美恵 [1]; 大槻 憲四郎 [2]

Yoshie Nasuhara[1]; Kenshiro Otsuki[2]

[1] 東北大・理・地学; [2] 東北大・理・地学

[1] Geology, Tohoku Univ.; [2] Earth Sci., Tohoku Univ.

迫り来る宮城県沖地震を予知するため、仙台市内にある孔底深度 1,200m のボアホール内の地下水温度の精密連続観測を 2004 年 6 月から開始した。このボアホールは深度 820m で長町 - 利府断層の破碎帯を貫いている。この断層は北東方向で北西傾斜の逆断層性の活断層である。活断層の破碎帯は歪集中帯であり、pre-seismic な地殻変動に関するシグナルを増幅する天然のセンサーであると思われる。水晶温度センサー（分解能は 0.0002 ）を深度 820m にある断層破碎帯直近に設置し、一分間隔で採取した温度データを携帯電話で研究室の PC に自動転送し続けた。

周期 5 ~ 10 日・振幅 0.1 と周期 11 ~ 21 日・振幅 0.2 の特徴的な波形の断続的変動に長期間悩まされた。センサーからの信号、計測器本体を検査し、異常が無いことを確認した。さらに、センサーの深度を変化させたり、揚水テストを行ったりした結果、センサーが正常に作動していることを再確認した。その後、グラシヨフ数とプラントル数の積から孔内には自然対流が発生し得ることを確認した。そのため、センサーの上下に対流止めを設置したところ、上記の短周期の方の温度変化は見られなくなった。

センサーは潮汐と同調した温度変化を捉えており、満月・新月時の振幅は約 0.001 であった。そのときの潮汐による地殻歪は約 2×10^{-8} (1kPa) なので、温度データのノイズレベルを考慮すると、この計測システムの歪（応力）分解能は約 1×10^{-8} (0.5kPa) である。水温が最小になる時刻は月の南中の時刻から 6 時間後、つまり観測点が月からほぼ 90 度回転した位置にある時である。この時、観測点は水平方向の引張応力を受け、南北方向の割れ目が緩みやすくなる。このことから、ボアホール内の水が開口割れ目から吸い込まれることによって温度が低下するものと考えられる。

潮汐力から求められた計測システムの歪（応力）分解能をもとに、宮城県沖の震源域がどの程度の断層すべりを起こしたなら温度変化を検地できるかを検討した。地殻変動解析支援プログラム MICAP-G (Okada, 1992; 内藤・吉川, 1999) を用いて、将来起こると予想されている宮城県沖地震について地震調査研究推進本部 (2003) が採用したパラメータを入力し、断層に 1m の変位を与えた。観測点付近での主引張歪は 3×10^{-7} strain となった。この計算結果と温度センサーの分解能から、我々の観測システムは M6 以上の地震を捕捉できると判断される。

観測を開始した 2004 年 6 月以来、仙台が震度 III 以上を感知した全ての地震をリストアップし、その中からセンサーを設置していなかったときに起きた地震、およびボアホール内で対流が発生していた期間に起きた地震を除外した。さらに、震源からの距離が 150 km 以上の地震、およびスラブ内地震を除外した。残った地震は 9 つで、そのうちの最大の地震は 2005 年 12 月 2 日に宮城県沖で発生した M6.6 の地震（これは 2005 年 8 月 16 日に宮城県沖で発生した M7.2 の震度の最大余震）である。この地震の 2 時間半前から温度が低下し始め、約 1 時間前までに 0.003 下がった。その後、その後上昇に転じて本震の約 10 分後に約 0.002 の明瞭なピークを示した。潮汐に対する水温の応答を基準にすると、この 0.003 という値は M6.6 の地震に相当する。このことは、この地震が本震の地震モーメントに匹敵する非地震性の preslip を伴ったことを示唆する。