

2011年4月11日いわき地震(M7)の余震に伴う地下水位変動 Groundwater level changes associated with aftershocks following the 2011 M7 earthquake occurred in Iwaki City, Japan

大槻 憲四郎^{1*}

OTSUKI, Kenshiro^{1*}

¹ 東北大学理学研究科地学専攻

¹ Dept. of Geol., Grad. S. of Sci., Tohoku Univ.

3.11 東日本太平洋沖巨大地震に誘発され、同年4月11日にいわき市西部でM7の正断層型地震が発生し、北北西-南南東方向、延長10数km、西落ち2mに達する塩ノ平断層が出現した。余震に伴う地下水動変動を短時間で観測できる機会であり、多数の地震を間近で観測してあわよくば前兆的变化を捉えたかった。4月21日から約50日間、水位変動の臨時観測を余震域内に借用した2本の深層孔井で実施した。孔井SMKは塩ノ平地震断層南端から南東に4.3km離れ、もうひとつの孔井HLNは前者から東に6.2km離れている。使用した水位計は応用地質社製S&DL高性能Model-4640A型で、精度は1mmで、データは1分毎に採取した。生データに9分間の移動平均を施し、10分毎のデータを用意し、さらに1時間毎のデータを抜き出した。観測期間中に内陸直下の23個の余震に加え、いわき市沖での4個の地震に関連した地下水位変動が観測された。

1) 観測期間中にSMKで4m余り上昇し、HLNで5m余り低下した。これらの水位変化は、いわき地震発生時刻をゼロとしたとき、ともに指数関数でよく近似でき(R^2 は0.99以上)、地震直後にSMKでは8mほど水位が低下し、その後緩和時間47.6日で上昇、HLNでは10m余り上昇し、その後29.4日の緩和時間で低下したことを示す。

2) BAYTAP-Gを用いて水位に対する潮汐と気圧の効果を補正した。出力された潮汐による水位変化成分とGOTIC-2で計算した潮汐による体積歪の理論値とを比較すると、SMKとHLNでの1mmの水位変化はそれぞれ0.30 nano-strain、および0.24 nano-strainに相当する。

3) 小名浜観測点で震度1を記録した地震1,600個をJMAのデータから抽出し、その中から $M^* > 1$ を満足する158個の地震を選んだ($M^* = M - M_c$ 、 $M_c = 2.4 \log r - 1.0$ 、と定義、 r は震源距離で単位はkm)。これらをBAYTAP-Gから出力された水位変化のtrend成分と比較した。この成分の大きなステップ状変化ほど大きな M^* に対応する傾向が明瞭で、SMKでは27個、HLNでは10個の地震に対応する水位変動が記録されていた。最大の変動は52mmであった。

4) 地震性の水位変化をより多く記録していたSMKに関して、水位変動として検出され得る下限マグニチュード M_c は、 $M_c = 2.48 \log r - 1.00$ と表された。観測された水位変化 w (mm)と M^* との関係は $M^* = 0.704 \log w - 0.196$ で近似され、理論と調和的である。

5) 水位変動を伴った27個のうち、24個の発進機構解がJMAかNIEDのwebsiteに公開されている。これらの震源パラメータと地殻変動解析プログラムMICAP-Gを用いてSMKとHLNでの静的体積歪変化を計算し、それを水位変化に換算した。この水位変化の理論値を観測値と比較した。その結果、63%にあたる15個の地震について観測値と理論値とがほぼ一致した。震央の位置や震源の深さを、それらの決定誤差の範囲内で変化させることを許容して初めて観測値と理論値とを調和させることのできる地震は7個(29%)である。これら合わせて92%の地震のうち、個数の多いSMKからのデータに関しては、体積歪と水位変化の比が0.38 nano-strain/mmであり、水位換算体積歪0.30 nano-strain/mmと調和的である。これらのことは水位変動の要因が静的歪変化であることを示している。しかし、これでは説明できない2個の地震があり、地震動による可能性がある。

6) 地震の3時間前頃から数mm以下の微弱な水位変動が認められることは、稀ではない(37観測事例中の11例)。地震直後の変動と極性が同じで在る場合も反対である場合もある。これらの変動が潮汐成分の除去が不完全であることが原因である可能性を検討したが、そうではないようであった。しかし、これらが前兆的変動である証拠は無い

キーワード: 地下水位, いわき地震, 余震, 体積歪, 前兆

Keywords: groundwater level, Iwaki earthquake, aftershocks, volumetric strain, precursor