

余効的地殻変動と地下水移動との関係

The relation between postseismic crustal deformation and groundwater migration

藤森 邦夫 [1], 山本 剛靖 [2], 重富 國宏 [3]

Kunio Fujimori [1], Takeyasu Yamamoto [2], Kunihiro Shigetomi [3]

[1] 京大・理・地球惑星, [2] 気象研, [3] 京大・防災研・地震予知

[1] Earth and Planetary Sci., Kyoto Univ., [2] MRI, [3] RCEP., DPRI., Kyoto Univ

六甲高雄観測室のコサイスミックな湧水量変化と逢坂山観測所のコサイスミックな地下水位変化の観測結果から、余効変動の原因は、以下のように考えられる。間隙水圧は、地震時に、コサイスミックな歪変化に対応して変化が生じ、縮みの領域で増加、伸びの領域で減少する。生じた間隙水圧の不均一な空間分布は、高水圧地域から低水圧地域（地表も含む）への地下水の移動により解消される。このような間隙水圧の変化が余効変動を生じさせる。従って、透水係数が分かれば、地震による歪の分布から、余効変動の時空間分布は推定できるであろう。

地震時にステップ的な地殻変動が生じた後、時定数の比較的長い変動が観測されることがあり、余効変動と呼ばれている。このような変動が生じる原因として、震源断層付近で進行するゆっくりとしたすべりや地震時変動に対する地殻の粘弾性応答などが考えられている。本稿では、それらの原因とは別に、地震による間隙水圧の変化が地下水の移動によって解消されることに伴って余効変動が生じると考え、その仮定に基づいて、これまでに得られているいくつかの観測結果について解釈を試みる。

我々は、六甲高雄観測室（神戸市）において湧水量、逢坂山地殻変動観測所（大津市）において地下水位の観測を、歪などの地殻変動観測に並行して行っている。湧水量変化および地下水位変化には地球潮汐に対応する変化が見られるほか、コサイスミックな変化も観測されており、その変化量は地震のマグニチュードや震央距離と関係していることを明らかにしてきた（重富・他，1992；藤森・他，1995）。また、兵庫県南部地震の際には、六甲高雄はその震源域に位置し震央距離約20kmであったことから、地震時および地震後の特徴的な湧水量変化や地殻変動を観測した。

六甲高雄で観測された地震に伴う湧水量変化は、震源が遠方の地震、兵庫県南部地震、そしてその余震でそれぞれ異なる様相を示す。遠方の地震による湧水量変化は、コサイスミックに急増し、その後指数関数的に減少して数日で元のレベルに回復する。兵庫県南部地震による変化は、コサイスミックに急増後、約1週間その湧水量を保ち、その後指数関数的に減少して約3ヶ月後に元のレベルに回復した。余震による変化は、コサイスミックに急増後、数日間さらに増加した後約1ヶ月かけてゆっくりと減少した。これらの様相の差異は、地震に伴う間隙水圧変化量の空間分布と観測点の位置関係の違いによって生じると解釈できる。すなわち、兵庫県南部地震の場合、大きな間隙水圧変化を生じた領域が広範囲にわたり、観測点はその中にあったため影響が長期に及んだと考えられる。余震の場合、観測点は大きな間隙水圧変化を生じた領域に隣接するような位置にあったため、そこからの流入によってしばらく増加したものである。また、遠方の地震の場合は、観測点付近での間隙水圧変化に空間的な差がほとんどなく、局所的な流出で解消されるのであろう。

次に、兵庫県南部地震後の余効的な湧水量変化と地殻変動についてであるが、六甲高雄で観測された湧水量の減少過程と歪・傾斜の余効変動およびGPSにより観測された余効変動（Hirahara et al., 1996）の継続時間（時定数）はいずれも数10日で、様相が似通っており、両者の間に関係があることを示唆している。間隙水圧は、地震時に、コサイスミックな歪変化に対応して変化が生じ、縮みの領域で増加、伸びの領域で減少する。生じた間隙水圧の不均一な空間分布は、それらの領域の透水性に左右されるが、領域間の地下水の流入で解消する方向に向かうであろう。また、兵庫県南部地震後、六甲山と淡路島で大量の湧水が観測された。逢坂山においては、この地震で低下した地下水位が、6月の降雨により回復した。これらは、地表からの水の流入も間隙水圧の回復に寄与することを示すものであろう。このような地震後の間隙水圧変化によって歪変化が生じる現象を、余効変動として観測しているのであろう。従って、透水係数が分かれば、地震による歪の分布から、余効変動の時空間分布は推定できる。山内（1975）は、余効変動の時定数 T と M の関係式として、“ $\log T = 1.43M - 8.05$ ” を得ているが、このような関係は、大きい地震ほど大きい間隙水圧変化の領域が広く、地下水の移動に時間がかかるためであるとも解釈できる。

参考文献

藤森邦夫・他：合同学会予稿集，378，1995。

Hirahara, K. et al. : J. Phys. Earth, 44, 301-315, 1996.

重富國宏・他：京大防災研年報，35B-1, 359-370, 1992.

山内常生：測地学会誌，21，75-80，1975。