

地下水環境の激変をもたらすのは人か地震か

小泉 尚嗣
環境生態学科

2015年10月1日付けで環境生態学科に着任した小泉です。前職は、国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター活断層・火山研究部門という長い名前の所に所属していて、地震や火山活動と地下水との関係を研究していました。特に地下水観測による地震予知は私の学生時代からの研究テーマです。地震は、地面の揺れと地盤の変形(地殻変動)をもたらすので、それに伴う地下水の変化の抽出に力を注いできました。

さて、大地震によって地下水が大きな影響を受けた例を見てみます。21年前の阪神・淡路大震災(1995年兵庫県南部地震、死者・行方不明者：約6,400人)の時は、地震発生直後に、淡路島の低地で大量の湧水が生じる一方、高地で地下水位が低下するという現象がおきました(佐藤・他、1995)。これは、地震時の強い揺れで地盤に割れ目等ができた結果、地盤の透水性(水の通しやすさ)が増したためと解釈されています(Koizumi et al, 1996)。そうして変化した地盤はどのように回復するのかを調べる為に、人工的に断層の近傍に水を注入して透水性を評価する野外実験が、1997年以降に淡路島でくり返し行われました。その結果をみると、地震発生2年後の1997年には高かった透水性が、徐々に小さくなって8年後の2003年以降はほぼ一定になったように見えます(図1)。地震前の透水性の値はわかりませんが、このデータは、地震発生後に破壊された地盤が、水の透水性という観点からは、10年程度で回復することを示唆しています。これが事実とすれば、1つの活断層での大地震の発生間隔は一般に1,000年以上あるので、

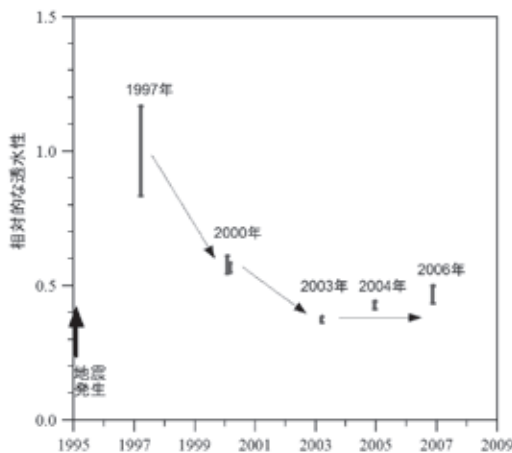


図1 注水実験により推定された地盤の透水性の時間変化。1997年の測定値を1として相対的な変化を示している。北川・他(2008)の図を一部変更。

断層周辺での水環境の変化は累積しないこととなります。

他方、活断層の存在が地下水に影響を与えることが以前から知られています。図2は、兵庫県にある山崎断層という西北西-東南東の走向(断層の方向)を持つ活断層を南北に横切る測線での井戸水位(=地下水圧)や水質等の分布を調べたものです。断層のあるところで、水圧や水質が変化していることがわかります。一般に、活断層の周辺部では岩盤等の破壊のために透水性が増しますが、活断層中央部では、くり返し破碎された岩石の粘土化が進み水を通しにくくなります。水を通さない部分は「ダム」として働く一方、透水性が増した部分は水平方向だけでなく、鉛直方向にも水の出入りがしやすくなると考えられます。図2に示す水圧・水質の変化は、そのような活断層周辺の地下水の状況を反映した物と解釈できます。つまり、くり返し活動した結果、活断層周辺の地下水環境が変化したことになります。

一見矛盾する図1と図2の結果は、見ている現象の時間スケールの違いによるものでしょう。現在の山崎断層は、数十万年程度の断層活動(地震発生のくり返し)の結果生まれたと考えられています。図1が十年スケールの現象なら、図2は十万年スケールの現象ともいえます。この間を埋めることは簡単ではありませんが、原子力発電所等から出る放射性廃棄物の埋設処理のためには、今後10～100万年間の地下水環境を予測することが求められており、我々が避

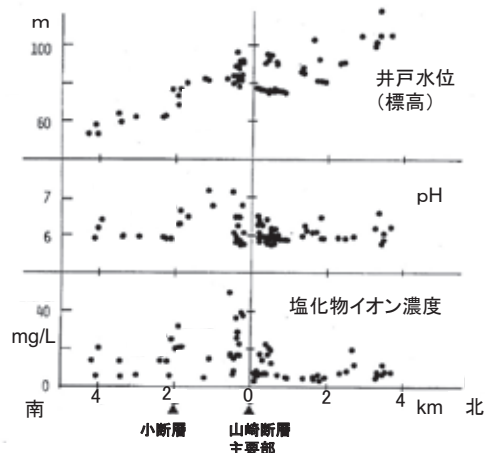


図2 断層を横切る測線における井戸水位・PH・塩化物イオン濃度の分布。右側が北で山側、左側が南で平野側。横軸原点付近に山崎断層主要部、南側2km付近に山崎断層に付随する小断層が通っている。小泉・他(1985)の図を一部修正。

けて通れない課題でもあります。

大地震が地下水に与える影響の別の例を見てみます。図3に、1999年に台湾西部で発生した集集地震(死者・行方不明者:約2,400人)の震央(震源を地表に投影したもの)と地表地震断層(地震によって地表に生じた断層)を示しました。震源地近傍の濁水溪(Choushui river)付近の扇状地・平野では、井戸水位が大きく変化しました。図4は、地震直前の井戸水位の標高から、地震時に井戸水位がどの程度変化したのかを示したものです。山間部(高地)で最大約10mの水位低下、平野部(低地)で約8mの水位上昇が観測されました。これらは確かに大きな変化でしたが、そのほとんどが、地震発生の数ヶ月～数年後には元の水位に戻ったことがわかっています。他方、沿岸部付近の井戸水位を見ると、地震前から広範囲に海水面より下になっていました。最も低いところでは、海水面より25mも低くなっています。自然状態であれば、地下水圧(井戸水位)の高さは、山側から海側に向かってなだらかに低くなっていき、かつ、海水面より下になることはありません。それにもかかわらず、海岸側で井戸水位が数十mも低くなっているというのは、この付近で、産業用に多量の揚水が常時行われていることを示しています。すなわち、1999年集集地震よりもはるかに大きな影響を、人間活動が、沿岸部付近の地下水環境に常時与えていることとなります。

以上からわかるように、タイトルの答えは「人も地震も」ということとなります。環境変化を短期的

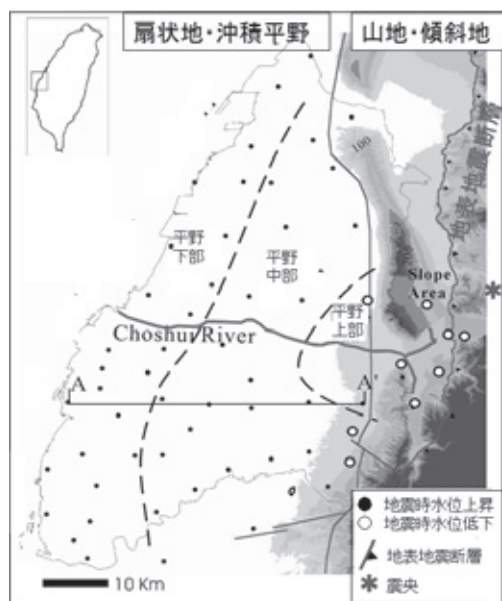


図3 1999年集集地震の震央(*)と地表地震断層と地下水観測点(●・○)の位置。●が地震直後の井戸水位上昇、○は直後の井戸水位低下を示す。小泉・他(2011)の図を一部修正。A-A' 方向の断面に井戸水位の変化を投影したのが図4。

に見るか長期的に見るかで両者の影響の大小も変わって来ます。琵琶湖の水流入量の1~2割程度が地下水と言われていることからわかるように、地下水は琵琶湖環境に大きな影響を与えます。琵琶湖に流入する地下水の多くは、山地と活断層が多い湖西地域からのものです。湖西の山々に降る雨や雪が地下に浸透し、流れていく途中で花折断層や琵琶湖西岸断層といった湖西地域の活断層によって流れを変えられて最終的に琵琶湖底で湧出していると考えられます。その地下水は断層活動の影響を受ける一方、断層活動に影響を与えるかもしれません。また、地下水は湖西地域の開発も含めた人間活動に影響を受けると共に影響も与えるでしょう。従来の私の研究は、地震予知を主目的として、自然要因による地下水変化を探求することが課題でした。今後は、もう少し視点を広くして、主に湖西地域の地下水環境の形成と変化のメカニズムを、自然要因だけでなく人的要因も考慮して明らかにしていきたいと考えています。

参考文献

- 北川有一・藤森邦夫・向井厚志・加納靖之・小泉尚嗣(2008), 地質調査総合センター第11回シンポジウム「地下水のさらなる理解に向けて~産総研のチャレンジ~」予稿集。
 小泉尚嗣・吉岡龍馬・見野和夫(1985), 京都大学防災研究所年報, 28B-1, 119-125。
 Koizumi,N.,Y.Kano,Y.Kitagawa,T.Sato,M.Takahashi,S.Nishimura and R.Nishida(1996), J.Phys.Earth, 44, 373-380。
 小泉尚嗣・松本則夫・頼文基(2011), 地質調査研究報告, 62, 185 - 190。
 佐藤努・高橋誠・松本則夫・佃栄吉(1995), 地質ニュース, 496, 61-66。

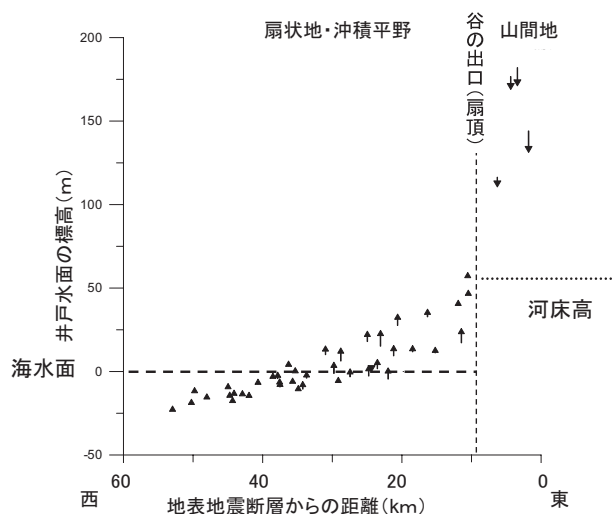


図4 地震前後の井戸水位の標高の変化。西側(図面左側)で水位が海水面より下がるのは揚水の影響と考えられる。小泉・他(2011)の図を一部修正。