特集2・大阪の水循環再生

大阪平野の地下水 —大阪地下水盆地域流動系の概要—

熊井 久雄*・内山美恵子*

1. はじめに

1995年1月17日未明に発生した兵庫県南部地震は淡路島を含む阪神地域に甚大な被害をもたらした。筆者等は地震後の大阪府内の地盤沈下観測井への地震動の影響を調査して報告した¹⁾。しかし、ここでは地震動の影響を単に井戸のストレーナの深度でしか解析しなかったため、その後の筆者等の調査結果や他研究機関、行政機関の調査・研究結果を参照しながら、地震動の地下水に及ぼす影響を帯水層毎に検討した²⁾。この中で著者等は、これらの影響が単に一度の地震による地下水の動きという事象に止まらず、地層の続成作用の一環として、帯水層劣化の進行過程としてとらえた。古い地層は透水係数が小さいなど、経験的に知られている事象も地域によって異なるのは、その地域に分布する帯水層が置かれた被覆層の層厚や海水準の変化によるのみではなく、地震のような振動による粒子再配列の影響が大きく関わっている可能性を見いだした。

ここでは、これらの成果を盛り込んで大阪地下水盆の概要を示し、盆地内での地下水循環について概説する。ただし、大阪地下水盆の地下水に関しては、1962年に地盤沈下対策の一環としてその利用が制限されて以降、帯水層区分をはじめ地下水収支や地下水流動系の検討は行われてこなかったため、関東地下水盆などに比べると、その精度はかなり不鮮明な部分を残している。そのような状況の中で、大阪市環境保健局環境部と大阪

図一 大阪地下水盆地における大阪層群上部帯水層群の地下水頭分布
図中の●は地盤沈下観測井や温泉掘削井戸など本研究に用いた井戸の位置、縦線で示した範囲は中・古生層や花崗岩など地下水盆の基盤をなす岩体が地表に露出する地域を示す。

府環境保健部環境局で長期にわたって継続している地盤沈下観測井の記録は貴重なものであり、著者等はこのデータを最大限利用させてもらった。記して感謝の意を表する。

* 大阪市立大学大学院理学研究科生物地球系
Hisao KUMAI, Mieko UCHIYAMA

2. 大阪平野下の帯水層区分

大阪地下水盆には先に紹介した地盤沈下観測井のほかに多くの温泉掘削井が分布する。これらの井戸は主として特殊プラント工業株式会社が掘削したもので、同社のご好意によって掘削記録や揚水試験のデータを提供していただいた。両者の井戸の分布を図—1（前ページ）に示した。ここで基盤岩類としたものは市原らが作成した「大阪とその周辺地域の第四紀地質図」³⁾の中・古生層や花崗岩類を示す。Shrestha は温泉ボーリング鑿井時の電気検層をもとに大阪平野の地下地質に対して帯水層区分を試みた^{5,6)}。それによれば、大阪平野地下における地下水の賦存形態は領家複合岩類や中・古生界、中新統などを基盤とする大阪湾を含む地下水盆のなかで流動しているものと考えられる。さらに、この地下水盆は多数の帯水層から構成されるが、それらの帯水層は特徴を同じくするものをまとめて帯水層群としてあつかえることを示した。もちろん、大阪層群の帯水層のように海成粘土層で上下を隔離されたひとつの被圧帯水層と、それらをいくつかまとめた帯水層群ではその特質は異なるものの、現段階では一層一層の帯水層を識別して考察を行えるほど地下地質データが揃っているわけではないので、概況を見る手法としてこのような方法をとった。

Shrestha の帯水層群の区分は、下位から大阪層群最下部、大阪層群下部、大阪層群上部であったが、筆者らはこれに加えて地表近くの不圧帯水層を構成する沖積層（上部更新統一完新統）、一部被圧する段丘相当層（上町層や天満礫層など）の2帯水層群を加えて帯水層単位とした。これらの帯水層群の概要を示すと次のとおりである。

2.1 大阪層群最下部

主として砂礫層などからなるこの帯水層群は比較的透水性の良い、かつ上下に地下水移動が容易な部分でもある。透水係数は $1 \times 10^{-5} \text{m/sec}$ のオーダーである。大阪平野で掘削された多くの温泉井戸の取湯層であり、大阪地下水盆の広域的流動系の底流を形成する。ただし、現在、この帯水層群の中にスクリーンを持った地盤沈下観測井はないので、地震動の記録はない。貯留係数は 1×10^{-4} オーダーであり、かなり被圧している。

2.2 大阪層群下部

この部分は、主として砂礫層と薄いシルトや粘土

層の互層からなるが上部には連続性の良い海成粘土層が3～4層挟在する。この層準から取湯している温泉井は少ないので、詳細は不明であるが、わずかな揚湯試験から透水係数は $1 \times 10^{-6} \text{m/sec}$ のオーダーである。

2.3 大阪層群上部

主として砂礫層と海成粘土層からなるこの帯水層群の透水係数は $1 \times 10^{-4} \text{m/sec}$ のオーダーであり、貯留係数は地域的にバラツキがあるが平均すると0.1のオーダーであり、被圧度は低い。

2.4 段丘相当層

主として未固結の砂層からなる本層の透水係数は地域的な層相を反映してバラツキが大きい、等粒の砂層からなる場合は $1 \times 10^{-3} \text{m/sec}$ オーダーに達する。上町台地を構成する上町層を除いて上位に重なる沖積層によって被圧されているが、その被圧度は低く、貯留係数は0.1オーダーで、有効空隙率に近い。

2.5 沖積層

多くの場所で沖積層は粘土層からなるために透水係数は $1 \times 10^{-5} \text{m/sec}$ 前後の値を示している。地盤沈下観測井もこの層の中だけにストレーナーを切ったものがなく、詳細は不明である。中川（1995）⁷⁾によれば、兵庫県南部地震のおりにはこの帯水層での液状化が目立ち、地下水揚水規制以降回復しつつある水位が液状化を促進したのではないかと指摘している。

3. 大阪地下水盆中の地下水流動系

大阪地下水盆の地下水流動のうち、盆地全域にわたる広域流動系⁸⁾を概観すると、図—2のようになる。地震時の帯水層別地下水変動を観察した際にも記載したが⁹⁾、大阪地下水盆では一般に下位の帯水層ほど水頭圧が高く、通常であれば、上方の揚水により減圧した上位の帯水層へ下方から地下水が漏水してくる状況である。これに反して、盆地東部では最下部帯水層群の水圧が異常に低く、上位の帯水層群から激しい漏水が生じているようである。このことは、図—1で示した大阪層群上部帯水層の水圧分布をみても明らかであり、この地域へ向かって大阪湾方向から地下水の流動が認められる。

平面的な広域地下水流動系を概観すると、大阪平野の南側が山地を含めて良好な涵養源となっており、ここから平野中央部地下へ向かう流れが主流と

図ー2 大阪地下水盆の広域流動系概念図

断面線の位置は図ー1に示す。この図の作成にあたっては断面線近傍の井戸に関する Shrestha (1996) の帯水層区分に、Shrestha (1996) 作成による各帯水層の被圧水頭分布図から読み取った水頭分布を入れて断面2次元の等高線で示した。

なっている。これに対して浅い地下水流動系として大阪湾から大阪市を経て東大阪や八尾市方向への流れがあり、湾岸の塩水化を促進している。また、前述の液状化に関連した沖積層を主とする浅い帯水層群では水圧は下方より高く、地震時の液状化の懸念はあるものの、下位の大阪層群上部帯水層は未だー10 mの低水位を保っているので、1960年代の過剰揚水の名残は完全には解消されていないものと考えられる。

4. おわりに

大阪地下水盆の広域流動系について概観したが、帯水層区分や長期的な水圧変化などにまだ問題が残されている。たとえば、帯水層常数の算出に用いられている揚水試験のデータは温泉掘削などの際に得られたものなので、複数のストレーナーのものが合わさったものであるとか、深い地下水に関する長期観測データが得られていないなどである。ともあれ今後の地下水汚染問題などを検討する場合には、その基本となる立体的な地下水流動系の解明は不可欠であり、この広域地下水流動系の実態を検討するとともに、地域的流動系にいたるより詳細な検討が待

たれる。

参考文献

- 1) 大阪市立大学阪神・淡路大震災学術調査団地下水班、兵庫県南部地震の温泉を含む地下水への影響。柴崎達雄・植村武・吉村尚久編「大震災」東海大学出版、p.133-147, (1996)。
- 2) 熊井久雄・高村陽子・内山 高、兵庫県南部地震に対する大阪平野の地下水の反応。地下水技術, 38, 39-49, (1996)。
- 3) 市原 実・吉川周作・三田村宗樹・水野清秀・林 隆夫, 12万5千分の1「大阪とその周辺の第四紀地質図」。アーバンクボタ, 30号, (1991)。
- 4) 山本栄作・中川康一・三田村宗樹・戸田 茂・西田智彦・寺田祐司・宇田英雄・横田 裕, 大阪平野中央部における反射法地震探査1—淀川(十三～柴島)側線—。日本応用地質学会平成4年度研究発表会講演論文集, 185-188, (1992)。
- 5) Shrestha, S. D., Groundwater System in the Osaka Basin-with specific reference to the groundwater from the depth-. Dr.thesis of Osaka City Univ., pp.120, (1996)。
- 6) 熊井久雄, 大阪地下水盆の特性。平成7年度地下水情報に関する報告書, 地下水地盤環境に関する研究協議会, 88-97, (1996)。
- 7) 中川康一, 大阪地盤の震害軽減に関連した地下水対策。地下水技術, 37, 43-50, (1995)。
- 8) Toth, J., A Theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. Jour. Geophys. Res. 68, 4975-4812, (1973)。