

地下水取水に関する問題点

京都大学工学部工博 岩 井 重 久
○京都大学 大学院 平 野 栄 一

近年工業用水として利用される地下水量が激増するにつれ、地盤沈下の問題、あるいは海岸や汚濁河川の近くで取水した場合の地下水汚染の問題などが各地で大きくとりあげられるようになってきた。本研究はまず基本的な問題として透水係数について検討した後、とくに海、湖沼、または河川などの地表水の水質が地下水に及ぼす影響について、理論的、及び実験的な検討を試みたものである。

1. 透水係数の測定における問題点について

地下水の水質に与える地表水の影響を考えるためにはまず地下水の水理を検討しなければならないが、その際第一に問題となるのは透水係数の測定である。

これには実験室における定水頭及び変水頭透水試験、または現場においては定常揚水試験として Thiem の方法など、あるいは非定常揚水試験として Theis の方法がある。さらに海岸近くの潮汐の影響をうける地点では海岸からある距離はなれた観測井の水位の昇降を調べ、潮汐の昇降と比較して位相のずれ、または振巾の減衰から透水係数を求めることもできる。

ここでは海岸近くにおいてボーリングにより採取した試料の室内透水試験、および現場揚水試験と潮汐の影響による方法とからそれぞれ透水係数を求め比較検討した。

試験の結果を調べてみるとかなりの差が認められた。こうした測定結果の相違は一応室内透水試験と現場の同試験とが、乱された試料と自然状態の土を対象にしたことによると考えられるが、詳細にみてゆけばさらに複雑な問題と関連している。従つてまずこの問題について考察を試みた。

現場試験では対象とする地下水流の影響区域、例えば揚水試験ではその影響円内において帯水層の非均質性を影響区域の大きさに比較して無視し、平均的な透水係数を与えるものと考えられている。このため影響区域の大きさや形状がちがうと現場試験でも異つた値を示すことも推定できる。しかし実際の場合には無視しえない非均質性もあらわれてくるはずである。例えば、断層などのため透水層があるところで不透水層により区切られている場合、河川や海の影響をうける場合、または透水性が著しくことなる地層に連続している場合などであり、この時は帯水層の非均質性を仮定した公式がそのままでは成立せず修正が必要である。

一方室内実験では、対象区域の小部分の試料をとるわけであり、帯水層の非均質性が試料の大きさに比較して無視しえなくなることが多く、その小部分の透水係数を推定することはできても全体としての帯水層の透水係数をこれにより議論するには問題が生ずる。従つてこの点の慎重な検討が乱された試料であることと共に重要な意義をもつてくる。

また現場試験では不透水層面の位置が多くの場合不明瞭であること、あるいは透水係数の方向性なども考慮すべきであろう。

このように透水試験を行う場合にはそれが実際の地下水流対しいかなる意味をもっているか、さらにはその適用限界について十分検討する必要があると思われる。

2. 地表水の水質が地下水に及ぼす水質学的影響

海岸、または河川近くの地下水を取水する場合にはそれによる水質上の影響がみられる。ここではまず流水の影響として塩素イオンに注目した。塩素イオンは土粒子の吸着能、篩効果などの阻止効果が小さいので無視でき、水と共にそのまま移動すると考えられ、取扱いが簡単である。まず Thejse の理論をもとに基礎方程式の線型性から、海面昇降の効果と、単位巾あたり q なる地下水量が海へ向つて流れているとした場合の効果を加え合せて海岸地下水の揚水による水頭曲線を求め、これにもとづいて海水の侵入をあらわす理論式をみちびいた。次にこの理論式と実際の適合性を検討するため、海岸から約 60 m 離れた地点にある実際の井戸を用いて揚水実験を行い、井戸水にあらわれる塩素イオン濃度を測定した。理論と実際とは多少の差がみられるが、これは理論式の誘導過程において海水と淡水の密度差に関し簡単な仮定をおいたことと、拡散による影響を無視したことによると考えられ、この点については今後さらに研究を進める予定である。

塩素イオン以外の例えば鉄イオンなどは、土粒子の吸着能の影響をうけ、水と一緒に行動しない。また同様に懸濁物質は土粒子による篩効果、静電吸着などの影響をうけ、有機物などは地下水中の溶存酸素、バクテリアの土粒子の篩効果による捕獲などによつて土粒子の阻止効果は複雑な様相を呈する。従つてまずここでは簡単な仮想状態として、一様な砂層中を一定速度で水が流れている場合を想定し、ろ過筒によるカラム実験を行い、土粒子による阻止効果を実験的に検討した。すなわち、まず溶存イオンとしてコバルトイオン、懸濁物質としてカオリン、あるいは有機物をそれぞれ単独に砂層に供給し、ろ過時間またはろ過水量に対し、ろ過水のそれぞれの濃度を測定した。

ついでコバルトイオンとカオリン、またカオリンと有機物を組合せて同様な実験を行い、相互の干渉効果について検討した。

今後はさらに水頭をかえることによつて流速を変化させ、また砂の粒度すなわち透水係数を変化させて同様な実験を行い、こうした実験結果の検討の後この問題の理論的解明をはかる予定である。

なお、著者の一人は以上のうち溶存イオンが土粒子の吸着能により阻止される効果について研究を行つたが、これについては〔土木学会誌第40巻12号、岩井、合田、神山、井上；砂層による溶解性物質の除去について〕を参照されたい。

3. 結 言

本研究はまず透水係数の測定についてのべ、ついで地下水を取水する場合にその水質に及ぼす地表水の水質の影響につき、塩素イオンに注目して理論的及び実験的検討を試みた。理論式と実際との適合は必ずしも満足すべきものではないが、この問題に対する一つの研究の方向を示すものとして参考となれば幸甚である。また鉄などのカチオン、懸濁物質、有機物などの移動については、上述した阻止効果などによつて複雑となり、簡単な仮想状態に対しての実験的検討にとどめた。これらの効果を考慮して実際に地下水を取水する場合に水質的影響がどうなるかについては実験的にもかなりの困難があり、また理論的にも複雑で、今後の問題として残されている。