

水 井 戸 の 話

⑩

地下水の水位

村 下 敏 夫

地下水の勉強をするとき 「いの一歩」にマスターしなければならないのは 地下水の水位 である。水位は 地下水の型を決めるのをはじめとして 流れの方向や地下水の源を推察すること 地下水の貯留量 井戸による汲み上げ量の計算やポンプの大きさ 地盤沈下や塩水侵入などの災害を解明し あわせて対策を樹てること——などすべての基本となるものだけに もっとも重要なものである。

地下水は 地中の砂やレキのすき間 岩石の裂け目や割れ目に存在するものであるから その土地の地下水位を知るには まず井戸を掘らなければならない。現在の技術では どのような探査方法でも 地下水位を確認することはできない。井戸を掘ったとき その中に水が湧きでる。静止状態になったときの地表から水面までの深さが水位である。地表の基準面は 地表面や井戸の天端あるいは海水準などである。

もともと水位は 井戸で水を採る帯水層の下盤になっている「不透水性」の盤から水が溜っている高さを言ったものである。言い換えれば 水で飽和されている厚さである。水理学の教科書にのっている井戸の水理公式にある「地下水位」は これをさすのである。帯水層の下盤になっている不透水性の地層は 実際にはなかなか確めにくいし ポンプで水を汲み上げるときには吸い上げ揚程が非常に大事であるから 水位は地表から井戸の水面までの深さとした方が より一層合理的であるように考えられる。

機械で30m 50mあるいは200 mも深く掘っても 井戸のなかの水面は ずっと上の方まで昇ってくる。水面が地表面よりも高くなったり わずか2~3mの浅い位置にくる場合 10~20mの位置にくる場合もある。このように たとえば200 mのところまで採水している井戸もで 水面は帯水層の一番上の位置よりも高くなるのが普通である。この場合 水は帯水層を十分に飽和してなお高くまで水面が昇るので 水は圧力をもっていることになる。もし100 mだけ余分に水面が上っているとすれば 水圧は10kg/cm²あるという。100mも200m

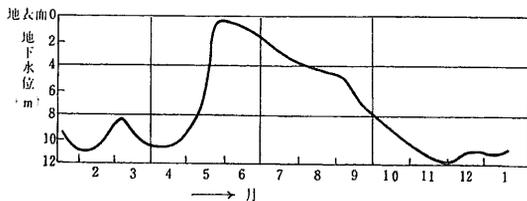


図1 自由水面をもつ地下水の季節的な水位変動を示す図

も深く井戸を掘って よくポンプで汲み上げられるものだと考えておられる方が多いが 深い帯水層は水圧をもっているのだから 水利用が可能なのである。水圧の強さは地層の固さによって相違するもので 柔らかい地層ほど水圧が強く 硬い地層ほど水圧が低いという関係がある。また 地層の透水性は 硬いものほど悪くなる傾向にある。だから 地下水は柔らかい帯水層からよく採れ 硬い帯水層ほど採れにくい。そこで硬い帯水層に入っている井戸では 水位の降下を大きくしなければ水がえられない。

井戸を掘ってすぐに水が湧き出るような一番地表に近い位置にある帯水層では 水面から地表面までの間には空気が充満しているのだから もし雨水や水路から水が浸透すると 簡単に地下水の容積がふえて その分だけ水位が上昇する。図1の例に示されている水位変動はわが国の浅い地下水にほぼ共通した形である。4月から5月にかけては 雪代や降水量が多くなり 一方では水田でかんがい用水が潤沢に使用されるので その浸透水の影響を受けて 水位が急速に上昇する。梅雨の頃には 土の水分が飽和状態になっているから わずかの雨でも地下水になって水位が上昇する。秋から冬にかけては 土が乾燥しているから 少々の降水は土中に保留されて 地下水面にまではなかなか達しない。そこで 水位は下がる一方で 真冬の乾燥時に最低を示すようになる。関東地方の赤土では30mm以上の降水がないと 地下水位が上らないという。川崎市の水道局で行なわれている洗剤ABSの分析では それが飲料用となっている地下水に一番多く含まれるのは 日照りがつついている時に雨が降った直後だそうである。梅雨時には水が多いので稀釈されてABSは少ないという。

圧力をもっている帯水層に井戸を掘ると その圧力に相当するだけの高さまで水面が上昇する。水圧のもとは一語でいえば帯水層の上にある土の重量である。この重量を 帯水層の土と水とが支えている。帯水層が深くなればなるほど水圧が大きくなるのは 土の重量がそれだけ増すからである。だから土と水のどちらか一方たとえば土のもつ支持力が小さいと水圧がその分だけ大

きくなり 逆に土の支持力が大きいと水圧がそれだけ小さくなる。ところで自噴井の圧力はどの位あるものだろうか。エジプトの砂漠では 800 m位の井戸の口で 7 kg/cm^2 もあるという。もちろん3年たつと半減し5年たつと $1/3$ にもなるという。動力が得にくい砂漠であるから 自噴という自然のエネルギーはまことに得がたい神の恵みともいえよう。日本の場合には私の体験ではせいぜい 1 kg/cm^2 程度であった。

水圧をもつ帯水層には地上の水がじかに浸透して地下水になるという性質のものではないが つねに地上の影響をうけて水位が変動している。これはある種の圧力伝達によるものようである。降水やかんがい用水洪水などによる水位変動が浅い地下水でおこるとそれだけの荷重が深い帯水層に伝達されて水圧が上昇する。気圧の変動 交通機関による震動 地震動なども水圧には大きな変動を及ぼす。海岸の近くにある自噴井の水量が 潮の干満によって きわめて鋭敏に増減するのも圧力の伝達によるいたずらである。潮の影響は 400 mの深さまで達することが記録されているし 内陸の方には 2~5 kmもの奥まで及んでいるところがある。

以上は自然の力で水圧変動がおこることを紹介したが 井戸の汲み上げによってほかの帯水層の水圧が変動することを紹介しよう。仮に浅い井戸と深い井戸があって別個の帯水層から採水しているとする。いま浅い井戸を揚水すると深い井戸の水位が上昇し 深い井戸を揚水すると浅い井戸の水位が低下する。地下水の汲み上げと水位とは相関し 汲み上げると 図2のように水位が下がる。ところが汲み上げ量が多い日中に水位が上昇し 量が少なくなる夜分に水位が低下する傾向を示すが地下水位の観測記録にあらわれることがある。これらの変動は上下の帯水層の間隔がかなりあっても起こる。これは 井戸の揚水によって生じる水位低下が不透水層を通して上下の帯水層に伝達されるからである。最近の井戸理論では 揚水中の水の補給は地層全体から行なわれるという考え方が強いが 多くの水位変動の記録はこの考え方をよく裏付けている。

さてこの頃深い地下水が枯れてきた とよくいわれるようになった。これは水位が下がって ポンプで汲み上げにくくなったことをさすのである。埼玉県南水道企業庁の栗山巳紀雄さんのお話によると ある水源井の水位は 昭和12年に1.02m 35年に17m 37年に24m 40年に30mと28年間に約30mも低下したという。こんなに水位が低下すると それに応じてポンプも高揚程の新型にかえていかなければならない。

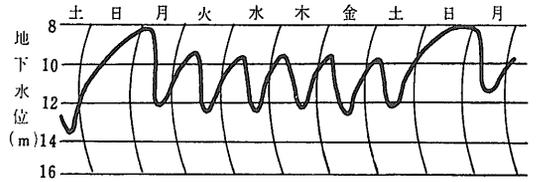


図2 一週間の水位変動を示す図

動力がなかった時代の水汲みは 手汲みか自噴井の利用であつたらう。

動力があまり普及しなかった大正時代では 最新式のポンプといえばエアーリフトであつたようだ。その頃の水理学の本にはこの揚水方法が紹介されているし 現在でも電力がえにくい山奥での揚水は これである。

水位が7m位までの浅い井戸には 渦巻式のポンプが使用される。それ以上の深さになると 深井戸タービンポンプ (ポアーホールポンプ) かジェット式のポンプになる。深井戸タービンポンプは 昭和5年頃に輸入されたようで 揚水中の水位は30m位まで効率よい。ジェット式の方は 15m位の水位までである。次にあらわれたのは 水中モータポンプで これはモータが水中にあるという革命的なものである。輸入されたのは昭和25年で 私は28年に名古屋でお目にかかった。このポンプは工業用水法を検討していた30年頃には まだ一般化していなかったが 33年頃から各地でおそろおそろ使用されだしたのではないかと思う。そして 今では深井戸用のポンプといえば 水中モータポンプという時代になっている。

なぜポンプの話になったかということ 水位低下の最大の原因は 地下水の汲み上げ量が増加したことにあるがそれを促進させたのはポンプであると考えられるからである。地下水の汲み上げが自然の供給量よりも多くなると 水位低下が当然おこる。使用量は増す一方であるから揚水が過剰となり 水位がますます低下する。このイタチゴッコは何時まで続くか予測できないが現在 200 mも吸い上げるポンプが稼働しているから ここ当分はポンプメーカーの技術革新が続くであろう。

水圧が低下することは 地下水が枯れることにつながる。浅い地下水は 天水や地表水によって養われやすいが 深くなるほど養われにくくなる。だから深い帯水層の水圧が低下することは 危険である。公害として恐れられている地盤沈下 塩水による汚染などは 水圧の低下によって起こるものである。したがって地下水位は 帯水層の健康状態を表わすバロメーターでありその監視が重要である。