

水 井 戸 の 話

⑬

影 響 圏

村 下 敏 夫

「新しく井戸を掘りたいが 隣の工場からどの位離れたらよいか」 「古い井戸と同じだけの水量をえたいが 井戸の間隔をいくらにしたら適当か」

——といったような質問は 新設工場での水井戸計画の相談や地下水関係の講演会の席上で 必ずといってよほど出てくる。

水井戸の影響圏は その設計には不可欠の要素でありながら 一般には莫然としたものとしてしか考えられていない。 その理由にはいろいろあるが 大きなものをあげてみると 次のようである。

まず第1は 限られた敷地がほかの条件ですでに決定していることである。 これは たとえば事業所が土地を求めるとき 水井戸の設計は初期の段階では入念に検討されるのであろうが 次第に他の経済的な諸条件が優先考慮されるようになり そのうちに地下水は何とかなるだろうという甘い考えに支配されてしまうために起こる。

第2は 地下水に私有権が認められていることである。 工業用水法の指定地域や自主的な調整が行なわれている工業地帯では地下水は公共のものであるという観念の下で水井戸の計画がなされている。 ところが ほかの所では地下水の私有権を楯に取って 水井戸の間隔は無視されて井戸を林立させるといった状態がみられる。 これなどは 法でいう「権利の濫用」であろうが……

さて 読者のなかには 川や池の水を大きなポンプで汲み上げているのを見た人があろう。 そして 水面が

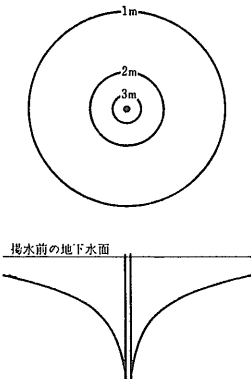


図1

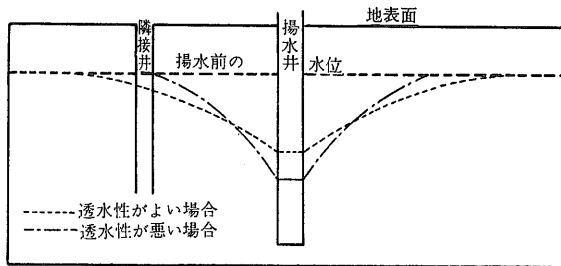


図2

ポンプのフートバルブの近くでくぼんでいるのに気付いた人もあろう。 地下水の場合も同様で井戸に取り付けたポンプで吸い出すと 地下水が井戸の方向に流れの向きを変えて集ってくる。 井戸の中心からそこまでの距離が 影響圏といわれるものである。

影響圏内での地下水の流れは 井戸から遠い所ではごく緩慢であるが ポンプに近づくにつれて早くなる。 地下水は地中の砂や礫のすきま 岩石の割れ目などに含まれているものであるから 水が流れるときにはそれらがじゃまになる。 これは 抵抗といわれるものである。 川や池の水が流れるときの抵抗は ごく小さいものであるから ポンプのすぐそばで水面の形が変わるが 地下水の場合には抵抗が大いから 広い範囲にわたって水面の形が変わる。 この形は 平面的にみると 図1のように井戸を中心とした同心円状の形になり 断面でみると同図のようにロート状の形となる。

影響圏の大きさや形は 帯水層の性質や状態と地下水の源によって決まる。

帯水層となっている砂や礫は 小さなすきまをもっている。 そのなかを水が流れるときの抵抗は すきまの大きさによって違う。 すきまが大きいときには抵抗が小さく すきまが小さいときには抵抗が大きくなる。 この関係を地下水面の形で表現すると 影響圏は図2のようにすきまの大きい——透水性のよい帯水層ほど大きくなる。 ふつう影響圏は透水性がよい帯水層では小さいと考えられがちであるが 透水性がわるい帯水層ほど小さいのである。 そのかわり 井戸の近くでの水面の形は透水性がわるいほど急傾斜となる——水位降下が大きくなるのである。 また 影響圏は帯水層の状態によっても異なる。

- ① 影響圏の大きさは 被圧状態にある帯水層の方が自由水面を有する帯水層よりも大きい
- ② 影響圏の拡大する速度は 自由水面を有する帯水層でのろく 被圧状態では早い

影響圏は 透水性の変化や地下水の源との関係にもとずけてもさまざまな形をなす。

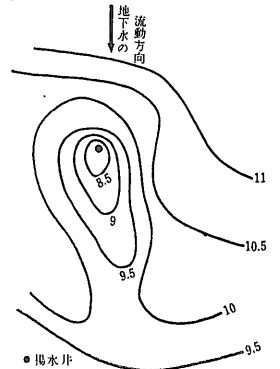
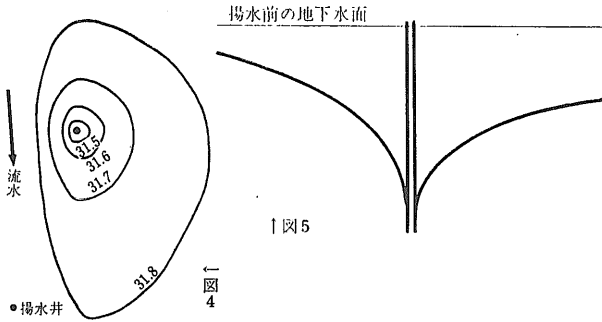


図3



- ① 帯水層の透水性が一樣で 地下水の流れがごくわずかなときの形は 図1のようにほぼ同心円状である
- ② 透水性が一樣で 地下水の流れが大きいときの形は 図3のように下流側に広がる形となる
- ③ 透水性が一樣で川のすぐそばで水を汲み上げているときの形は 図4のように川とは反対の側に広がる形をなす
- ④ 透水性が変わっている場合の形は 図5のように透水性のわるい側(図の右の方)の水位降下がよい方よりも大きくなる

影響圏の大きさは ふううどの位かという 河原の砂利程度のあらさだと 2000 mから 6000 m 細砂程度だと 100m 内外である。もちろん この長さは 1日という時間の単位でのことである。影響圏の大きさは 一般には汲み上げの時間とともに増大するものである。地下水の汲み上げ量が補給量よりも多い場合には 汲み上げ時間を t とすると \sqrt{t} に比例して影響圏が拡大する。しかし 川のそばに井戸があって 汲み上げるだけの量が川から補給される場合には 影響圏は時間に関係なく一定の大きさを持続する。ところで ここで重要なことは 帯水層の性質や状態が同じであれば 揚水量が変動しても同一時間後の影響圏はほとんど同じであるということである。たとえば揚水量を 1000 2000 3000 m³/日と変動させても一定時間後の影響圏の大きさはほとんど変わらない。ただ変わるの は 井戸に向って流れ込む水の速度 すなわち地下水面の形では動水勾配が大きくなるということだけである。

影響圏の大きさや形を実際に野外で確めるには 揚水中における水位の変動が水井戸の周囲に設置した水位の観測井にあらわれる時間と変動の大きさを求める方法がよく用いられる。水位変動は水井戸から離れるにしたがって小さくなる。その変動が 1 mmとなる所までの距離が 学問的にはよく採用される。

影響圏の形は 水位の観測井をたくさん設けておけばより正確に作図で求められるが これらを利用して帯水層の透水性や貯留性を計算で知ることができるから そのときの水理公式にも利用できるような配置にしておいた方が便利である。それには まず地下水の流動方向や地下水汲み上げ中における水の補給源の方向について

の予備知識が十分でなくてはならない。

揚水井を中心として水位の観測井を並べる方向は 一般原則としては 地下水の流れや補給源に対して 直角と平行の方向である。そして観測から得られた影響圏の大きさや形 その圏内におこる水面の形などから 逆に帯水層の性質や状態 地下水の流動方向 補給源の方向などを推察することができる。

前にも述べたように揚水によって水位が 1 mm以上下がる範囲を影響圏とすることは 学問的には意義深いことであっても 地下水の有効利用という面では 考慮する余地が残されている。まず第1に お互の井戸が影響を及ぼさない範囲で水を汲もうとすれば たとえば 24 時間に 4000mも拡大するような地区では井戸間隔を 8000mにもしておかなければならない。もし 24時間以上も連続して揚水するとすれば その揚水時間に見合うだけの井戸間隔をみておかなければならない。それほど のギセイを払っても 少量の揚水しかできないとなれば 配管や配電の設備に莫大な費用が嵩むだけに 水のコストがベラボウに高くなる。第2には 現実に井戸を設置する用地は考えるほど安易に求められるものではない。自家構内もギリギリの予算で購入した面積であれば 井戸の間隔を 100 m以上にすることも容易ではない。したがって 地下水の有効利用という立場で影響圏を定義すれば 「お互の揚水によって水量が減少しても不経済にならない程度の最大限の間隔」ということになる。地下水の利用者が気にかけている井戸の影響圏は 現実ばなれした議論ではなくて お互の影響圏が重なり合っている中でしかも従来の揚水量がたとえ減少して不経済にならない程度のものであってほしいと考える。どうしても井戸の間隔が十分にとれない場合には ストレーナーの位置を変えた井戸が掘れるかを検討してみる。

帯水層が何枚も重なってある地区では 上部の方からだけ採水する井戸と下部の方からだけ採水する井戸をすることが可能であろう。そうすれば 二つの井戸の影響圏を考慮する必要は ほとんどない。このときの井戸の間隔は 掘さく作業ができるだけのものでよいことになる。帯水層は深さによって水圧が違うから このように上下に分けて採水すると 予期以上の揚水量がえられるものである。しかし透水性のよい帯水層が限られて存在する地区では 影響圏は厳正に検討しなければならない。そのためには必要に応じて 地下水利用者の自主調整による井戸配置の決定が行なわれることは望ましいことである。