

## 題名「雨水から知られる恵みと被害」

専門委員 奥野 日出

## 要 旨

平成 13 年 9 月 28 日当委員会で、宅地開発事例を紹介した工事中での気象・水文情報の必要性をお話ししました。兵庫地域の降水量約 20 年間の資料より、有効降雨累積量 RE(mm)と有効時間雨量 rt(mm/h)との関係において降雨量の多い季節に注意して RE と rt の数値から 3 つの土砂災害規模の領域を示し、RE=80mm、rt=20mm/h を警報基準値とし、工事中の事故発生防止に努めた事例です。

集中豪雨は土砂災害のみならず、河川氾濫による洪水被害も近年数多く報道されています。100 年確率の豪雨量を考慮した設計であったとしても宅地、河川、防災斜面の被害を免れないことはありますが、本日は降雨から知られる基本的な知識をいくつか紹介します。

## 1. 年間降雨量と地下水涵養について

日本海側の豪雪地域を除くと国内の年間降雨量は概ね 1500mm 前後です。この値は集中豪雨で大半が海や湖に流出するものを除いて、しとしと雨や通常の雨天での降水量としますと、地盤下には地下水が涵養されます。

地下水涵養量は、市街地を除いた畑地・水田や森林地帯では降水量から蒸発散量を差し引いた量です。

降雨量と蒸発散量は全国各地で様々ですが、故山本荘毅先生は、地下水涵養量を平均 1mm/day として地下水利用に関しては井戸の枯渇や地盤沈下などの被害がないように安全側に示しています<sup>1)</sup>。

1mm/day という値は地下水涵養を考える上で大きな目安となり、飲料水や農工業用水の深井戸をつくるときには雨の降る涵養地域の面積と実際の適正な揚水量を試算するのに役立つと思います。またこの計算によって、涵養量と揚水量のバランスが分かるのでいくつも井戸をつくることはできず、地域地下水保全に関して、地下水の枯渇や地盤沈下防止にも繋がると考えることができます。

例えば、涵養面積が 1000m×1000m としますと、地下水涵養量は  $0.001\text{m} \times 1000\text{m} \times 1000\text{m} = 1000\text{m}^3$  となり、日 1000t の汲み上げ量が最大となります。

よって、地域地下水保全においては、井戸性能が帯水層の性状によってこれより沢山の揚水能力があったとしても、制限しなければ枯渇の方向へ進んで行くと考えられます。しかしながら、試算では実際が分からないので、井戸の周辺では異常がないかの地下水位観測によって監視する必要があると言えます。

## 2. 地域の地下水流動系

地下水は恵みの雨によって全国では飲料水や農工業用水に沢山活用されています。井戸水はミネラルが多く、おいしい水なので工場排水や公害で汚染されないようにしなくてはなりません。しかし、全国各地の地下水問題は、地下水汚染や水のとり合い(我田引水のごとく)であり、地域の自然系を把握しないで闘いをしています。

地域の自然系を把握した上で、公共、企業活動を行えば被害はごく軽減できると思います。

地下水流動系を模式化したものを図-1 に示します<sup>2)</sup>。

これは全国全世界どこでも共通する地下水流動を表していると思います。水は高いところから低いところへ流れるので、図のように「涵養域」と「流出域」に概ね分けることができます。

つまり、涵養域では浅い地層の水位は高く、深い地層の水位が低いので、地下水の流れは下向きとなります。一方、流出域では深い地層の水位は被圧されて浅い地層の水位よりも高いことが特徴となり地下水の流れは上向きとなります。このように地下の水位ポテンシャルが描かれて地下水流動が把握できます。

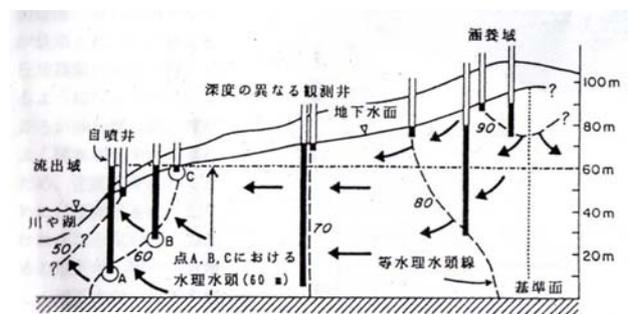


図-1 広域地下水流動系の模式図(Anderson(1987)による)

今全国各地で民家の浅い井戸涸れが問題になっています。この大半は涵養域で発生しています。

公共飲料水の深井戸や企業の工場用水深井戸で多量の地下水を汲み上げて、地下水の下向き流れを加速させて民家の浅いところの水位が下がって井戸涸れを起こすことが大半です。浅い地層と深い地層の間に粘土層の不透水層があるなしに関わらず、下向き流れを加速すれば、浅い井戸が涸れる可能性は高いと言えます。

## 3. 揚水過程での留意点

雨水は地下水になって飲料水や農工業用水として恵みをもたらします。しかし、地下水の汲み上げ方法によっては先ほどの井戸涸れや地盤沈下など公害をもたらすことに加えて、地域の環境に及ぼす影響もあり、地域全体の地下水賦存量が少なくなると様々な生態系にも悪影響を

与えることが十分に考えられます。森林植物の腐敗化、これによって昆虫や鳥などの死滅も考えられます。

故酒井軍治郎先生は、井戸の揚水試験において段階的に揚水量を上げてきたときに下がりつつある水位低下量が次の段階揚水量で回復することがあり、この水位が回復したときの交点を第二の交点として、限界揚水量としてはならないと述べています<sup>3)</sup>。

この第二の交点を限界揚水量として設計された井戸が実に多いことを知りました。何故なら、一般に行われる段階揚水試験結果の整理方法が両対数軸で揚水量 $Q$ と水位低下量 $\Delta Sw$ のプロット値から折れ曲がる交点を拾ってそれを限界揚水量 $Q_c$ としたときに第二の交点よりも低い本来正しい $Q_c$ を見落とすことがあるからです。

したがって、筆者は正しい $Q_c$ を見落とさないように比湧出量 $\Delta Q(=Q/\Delta Sw)$ と $Q$ との関係を両対数軸にプロットして図-2に示します。そうしますと第二の交点がよく分かり $Q_c$ を見落とさないのです。

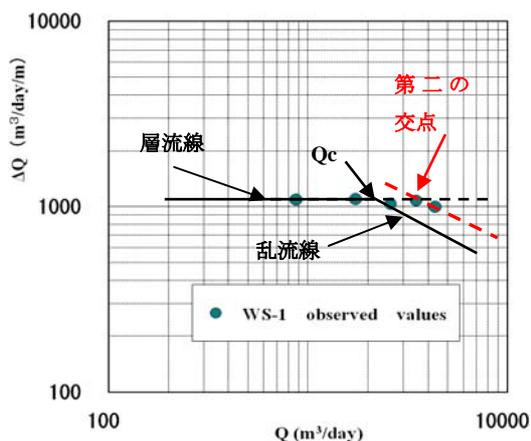


図-2 段階揚水試験で求まる限界揚水量

第二の交点は揚水過程によって新たな水みち（地下空洞）ができると考えられますので注意が必要です。

図-2 から、井戸によっては $Q_c$ と第二の交点との差が数百から数千 $m^3$ になる量が出てきて、第二の交点では過剰揚水を行うことになります。過剰揚水は、井戸の劣化に留まらず、周辺地下に空洞ができたりして道路の陥没や地盤沈下は免れないことになります。

#### 4. 建設工事で被害がないように

市街地で地下鉄や埋設管工事でドライワークのために、多量の地下排水を行うことがあります。これは井戸の汲み上げ同様に周辺被害に十分な注意が必要です。

地下排水を過剰に行う、すなわち地盤沈下や道路陥没などは第二の交点を過ぎて排水すると発生してもおかしくない。ウエルポイントなどは地下水面を下げるだけに注目していますが、周辺の水位観測を行い、地盤・建物

に変状がないように工事計画が不可欠です。

#### 5. 宅地造成地での留意点

宅地造成の開発では、開発前後の雨水対策は雨水の速やかな排水であります。流出係数は一般に0.9~1.0で浸透や蒸発はほとんど考慮しなくて、地下水位の上昇によって泥流を起こさず、造成法面の崩壊を防止するために排水溝、植生工、調整池などの工事を行います。まれに海底の埋め立てや軟弱地盤上の造成もありますが、これらは沈下対策を講じています。

最近造成済の市街地に防災用の飲料水、消火水、緑化環境のために井戸がつくられることが増えてきました。

地下水の活用は、まことに好ましいと言えますが、この稼働については地域環境保全を十分配慮して行うことが必要であり、地下水は循環系にあるので、降水量、蒸発散量、流出量を地域毎に捉え、涵養量を把握して環境保全を妨げることなく利用することが望まれます。

#### 参考文献

- 1) 山本莊毅(1985)：新版地下水調査法，古今書院
- 2) 佐倉保夫 (2000)：水環境における地下水の役割とその評価—地下水流動系の意義—地下水技術協会，第42巻第6号，P. 2
- 3) 酒井軍治郎(1971)：井戸の揚水テストと井戸定数の計算—誤解されている考え方とやり方-(3)，地下水と井戸とポンプ(1990から“地下水技術”に改名)，Vol.13, No.9, pp.2-6.