

水 井 戸 の 話

②②

地 下 水 強 化

村 下 敏 夫

地下水は自分の土地で自由に安易に採水できしかも水温が低く水質がよくて年中安定している値段が安いという特長をもっているから豊富にある間は有難味がわからない。しかし地下水が枯れてくると生活用水が不足し水稲が枯れ工場の操業にくるいが生じまた軟弱な地盤地帯では地盤が沈下し海岸地帯ではきれいな地下水が塩水で汚染されるような事態になる。そこで枯れゆく地下水をなんとか長持ちするようにという保全の方法が考え出される。すなわち一方では地下水を造り一方では合理的に汲み上げるという地下水利用の方法は資源の有効利用の一つの方法である。他の鉱物資源は採掘すればそれだけ減少し新たに人工的に造り出せないが地下水は減少しても造り出すことができる。

ここで用いている地下水強化という意味は少ない地下水に活を入れていつまでも有効利用していこうということである。このような試みは農業土木の面でも考えられたことがあり可知貫一さんが「地下水強化と農業水利」(昭和20年8月25日発行 地人書館)の中に那須野が原水利開発計画という論文をのせておられる。著者が考えられた開発計画は水田に必要な水を明治19年に開さくされた那須疏水以外に地下水に求めその対策として地下ダムを造築して地下水を人工的に増加させようというものである。また那須野が原はこのような地下水強化を行なうには適したところのようである。現在使用されている「人工地下水」という用語は前記の図書の序文にあり原語はKünstliches Grundwasserである。

地下水造りには帯水層が地表もしくは地表近くにあるところに地表水を撒布して地下に浸透させるという方法がある。わが国では水稲栽培がこのような地下水造りに大いに貢献している。また地下水利用がさかんに行なわれている地帯もしくはその周辺の地帯において井戸を通じて地表の水を帯水層に注入して地下水強化を行なうという方法もある。地下水利用者がもつともやりやすいのはこの方法であろう。

わが国における地下水強化の研究は大阪湾港湾技術調査会が昭和29年頃から大阪・尼崎の地盤沈下防止対策のために行なったのが最初であろう。

武庫川の河口近くに武庫川の表流水を注入する目的で浅井戸が掘られたが濁水処理がなされなかったので大きな成果はえられなかった。また工場の井戸を使用しての研究は実験の段階にとどまったようである。

廃井を利用しての注水は製薬会社や化学会社が独自で行なったのを見聞している。注入する水はおもに工場の冷却排水であって温度が高いのを除いては水質の面では原水とほとんど変わらないものであった。しかし注水の効果についての長期的な観測を行なうだけの時間と余裕は会社側にはなかったようである。

会社が地下注水を計画的に実施し成功したのは琵琶湖畔にある繊維工場である。そのいきさつは揚水によって工場周辺の自噴井に水量低下の損害を与えたからである。この方法は蔵田延男さんの指導によって立案され浄化した水を注入目的のために掘った井戸に加圧送水して帯水層の圧力を高めることに成功した。とくに夏の最盛時には工場での揚水がさかんとになるので注水することによって深井戸の水頭圧が高められるとともに周辺の自噴井とのトラブルも緩和されるようになった。

東京においてもテレビ会社や化学会社が地下水強化のために新井・廃井を用いて冷却排水の地下注入を行なった。テレビ会社の場合には冷房装置の改善によって地下水の使用量が少なくなり今ではクーリングタワーだけに頼っている。化学会社の場合には排水の温度帯水層の性質井戸の間隔などの要因から隣接工場の井戸水の温度が上昇して操業上の限界にまで達したので中止してしまった。なお余談ではあるが最近クーリングタワーによくて安いものができるようになり90 m³/h程度の水量だと水井戸を掘るよりも安いということである。

ここで地下水強化のための注水について少し説明したい。水を入れる帯水層には上の方が開放されたものと上下を粘土層のような不透水性の地層で封じられたものがある。上方が開放された帯水層に水が入るとその分だけ水で飽和された厚さが増す。しかし上下を不透水層で封じられている帯水層では容積が変わらないからその分だけ水は横の方へ動かなければならない。帯水層の状態が違うと水の動き方がこれだけ異なるから浅井戸方式と深井戸方式とは基本的な相違点がある。これから説明するのは注入がもつとも困難な深井戸方式でとくに重要な問題点をあげてみる。

1) 注水井戸

注水用の井戸は 廃井もしくは揚水井でもよいが 地下の地質の状況がよく把握されていないと 帯水層の性質やストレーナーの位置がよく理解できないので 注水効果を十分に観測できない場合が多い。注水井として使用する井戸の構造は よく分っているものにした方がよい。

2) 注水井と揚水井との間隔

揚水井に対して注水井の間隔をどのぐらいにしたらよいかということ は 注水する帯水層の選択と同様にきわめて重要な事である。注水の温度 帯水層の透水性など未知の要素が多いので 確定した考え方はまだないようであるが 原則は揚水井の影響圏内に注水井を設けるということである。圧力を有する深井戸に注水する方法は 圧力低下の大きいところを選ばなくては 効果がない。いいかえれば 揚水井に近いほど帯水層の圧力低下が大きいので 注水効果がよい。しかし あまり近すぎると 注水の温度が地熱によって下がることなく ほとんど生のままの状態 で伝達されることがある。低温の地下水を人工的に造成しようという試みは井戸間隔を誤ると失敗に終わってしまう。外国には 30m以上の間隔を定めている例がある。

3) 帯水層

地下注水でもっとも重要なことは 帯水層の選択である。帯水層は 広がり 厚さ 透水性などすぐれているものほどよい。この条件は 揚水井の場合よりもっと強く要求されるかもしれない。

帯水層が広がりをもっていると 注入した水は 井戸を中心として四方に拡散していくが もし逆の状態の場合には拡散する範囲がせまいので 注水効果はあがらない。透水性は注入量を支配するもので 透水性がよい帯水層には低い水頭圧で水が浸透する。

なお 注水井の帯水層と揚水井の帯水層とは 同一のものが好ましい。廃井を利用して注水したところ 自家構内の揚水井にはなんの効果もあられないうで 隣接の工場がその恩恵を受けていたという例は 案外と多い。

4) 注 入 水

注入する水は 濁度の高い水であってはならない。また 空気が多量に混合もしくは含有している水であってもいけない。もし注入水に空気が混合しているとこれが帯水層を構成している砂や礫の間隙に気泡となって入り込む。もし圧力をかけて注入すると 有圧状態で存在するようになり このために注入水の浸透が防害

され また注入を停止して井戸内の圧力が減少すると 気泡の容積が増加して 砂などとともに井戸内に押し出してくる。さらに空気の多い水が還元物質を多く含んでいる地下水と接触すると 帯水層内に酸化物が形成されて目づまりが生じ 水の浸透がわるくなる。

したがって 注入水にはなるべく空気が入らないような施設が必要となる。そこで 直接空気が混入しない方法——たとえば 注水井戸内への送水管に空気を抜く装置をとりつけたり 地下水面が変動しないようにパイプを地下水面下までおろしておくような工事をやっておいても 現実には注入水そのものに空気が溶けこむのでまことに厄介である。前記の琵琶湖畔の成功例は 脱気装置をつけて問題の解決にあたったのであって そのために多額の出費をみている。

5) 注 水 量

注水は 揚水井の場合と同様に 一度に大量であると帯水層にかかる負荷が大きいため 徐々に増加していくことが原則である。注水井には 揚水井に限界揚水量があるのと同様に 注水の限界量がある。その限界量は 揚水井のそれよりも少なく ときには限界揚水量の $\frac{1}{2}$ から $\frac{1}{6}$ にもなることがある。また揚水井の場合と同様に 圧力を加えればいくらかでも注入できるように考えられがちであるが 帯水層への浸透量は透水性に支配されるから 残りの水は注水井戸の外側を通過して地上へ噴出し 井戸の周囲が陥没して時ならぬ大騒動をひき起こすことすらある。

地下水強化の一方法として採用できる地下注水の方法は一見効果的のようではあるが大きな問題をもかかえている。一つは 水コストの点である。水の合理化使用によって排出される水は 原水よりもかなり水質の悪いものである。地下注入に用いる水は 地下水を汚染しない清澄なものでなくてはならないから 水処理費がかさむ。また そのような処理水は 別の用途にも十分に回せるから 地下注水は地下水源としての特別な価値があるときに限られる。また一つは 注水量の回収率はよくてせいぜい60%どまりである。残りの水は隣接の土地へ逃げてしまう。地下水利用者に公德心がなければ 地下水強化はかけ声だけに終わってしまうおそれがある。そしてもう一つは地下水強化に名を借りた毒水の地下注入である。これが危険なことは すでに繰り返し述べた通りで 土地所有者の私有物権の考え方は資源保護の立場からも許されない。

(筆者は応用地質師)