

- ① 地下水かん養のための冷却排水の地下還元..... 2
- ② 琉球の天然ガス..... 6
- ③ 地質調査所の標本 ⑩ 螢石.....13
- ④ 第21回万国地質学会の様子とおもな決議.....16
- ⑤ 滄英2年の生活を顧みて.....18
- ⑥ 各部課を尋ねて⑧.....24

表紙の写真

玄 武 洞 本洲路①

山陰本線玄武洞駅から東へ半軒 朝来川<sup>あさご</sup>の対岸にある玄武洞は柱状節理の産物としては最も美しいものだと思う 塩基性の火山岩である玄武岩が冷却固結するときに行われる割れ目 一節理— によって直径 30cm くらいの柱状を示している それぞれの柱はさらに直交する節理が発達し ちょうど 厚さ 10~20cm の餅を積み重ねたようである この地を尋ねると近所の家々の庭石に 石垣に また踏石にこの細粒緻密質の玄武岩が愛用されている(石)

キャノンP キヤノン 50mm F.1.8  
 f8 125分の1秒 ネオパンSS D76  
 フジプロ F-2 コレクター

# 地下水かん養のための 冷却排水の地下還元

上水・かんがい・工業などの用水として地下水の利用がさかになると 必然的に地下水位が低下する。ある限界をこえた水位の低下が広範囲の地域でおけると地盤沈下とか塩水の侵入というような災害が誘起される。地下水の自然供給量を増加させる目的で また そのような災害の原因となる地下水位の低下を幾分なりとも防止する目的で 人工的に地下水をつくることと 井戸の揚水量を適正化することとあわせて 積極的に行われてよい時期にきている。

地下水を人工的につくることは 欧州大陸で発達したもののようで 最初は自然の地下水に類似した水質の水を人工的につくりだして水道の水源に用いようという意図で行われた。このような地下水は細菌も少なく 水温の較差も少ないという長所をもっている。わが国でも最近ではこの水温変化の少ないという長所に注目して冷却用水に使おうということが試験され 一部では実際に行われるようになった。なお地下水の開発・保全の見地から 地下水かん養が立法化されて 揚水井を新設

する場合には 還元用の井戸をあわせて掘ることが定められている国または洲がある。

地下水を人工的につくるには いろいろな方法があるなかでも地下水増加にもっとも直接に 密接に関連がある方法は 大別すると 「地表かん養」と「井戸かん養」とにわけ

られる。

帯水層が地表に露出あるいは浅く存在していて 雨水や地表水が浸透して地下水となるような機構をそなえているところを 地下水のかん養地帯と呼ぶことがある。

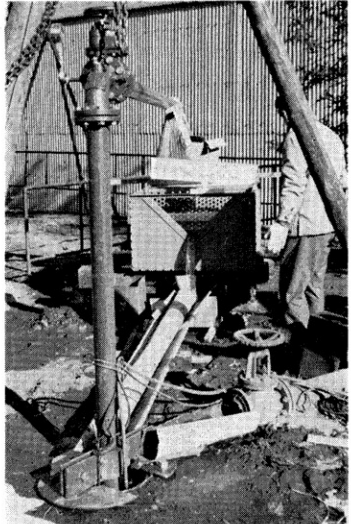
このかん養地帯に溜池をつくり 溝を掘り あるいは大量の水を地表面にゆっくりと流すといったような工法で地表水を地表に浅く広く拡散させて地下に浸透させる——これが**地表かん養の方法**である。

地下水を多量に汲み揚げて 地下水位が低下しているような地帯に 浅井戸や深井戸を掘って 地表水や排水などを注入 または 圧入する——これが**井戸かん養の方法**である。この方法は 地表かん養に比較して広い敷地を必要としないし 簡単にできて経済的であるという長所をもっているが 注入地点の選定にあたっては地表かん養の場合と同様によく調査をすることが大切で 水も出ないような井戸に水を注入しようとするは無謀にちかい。

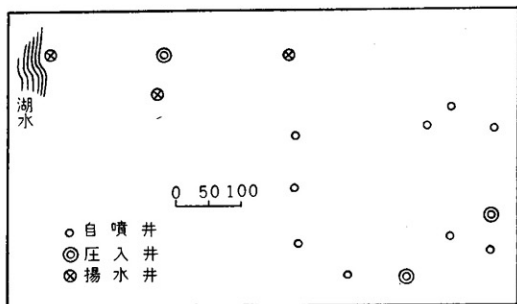
最近の土地ブームは驚異的なものであって 住宅は平地から丘陵や山の方へと移動していく傾向にある。そして森林が開発され 下水が完備していくと せっかくの地下水の水源と浸透の機構が破かいされて 地下水のかん養が行われなくなる。

また一方 水稻栽培は 地下水強化にきわめて役立っていて 地下水位が夏季に上昇するという現象は 水稻かんがいのおかげとすることができる。雨量の多い季節の地下水位が高いのと同じような機構で 地下水かん養がしらすらすのうちにされている。

工業用水は原料・冷却・温度調節・洗浄・製品処理などの用途に使用されている。通商産業省昭和33年工業用水統計表によると 淡水の使用量は約 24,000,000m<sup>3</sup>/日



注入水量を正確に測定するための三角堰と注入井



工場における自噴井と圧入井との位置関係(単位m)

で そのうち地下水の取得量は約 7,840,000m<sup>3</sup>/日 と全体の約32.8%を占めている。

工場内で地下水をとる場合には 一般に水利権というわずらわしいものがいらぬし 他人に気がねなく また低い投資ですますことができる。さらに冷却・温度調節などの目的をもつ工業用水は 水温がやかましく低温かつ恒温ということを必要条件としている。したがってこのような用途の水源としての地下水は きわめて重要な価値をもっている。

しかしまとまった工業地帯や井戸が集団しているところでは 最近地下水源の減少がいちじるしく 憂いよすべき状態にある。いくつかの地域については 工業用水法が適用されて 地下水源の保全を図っているが この法ではある制限深度内のさく井は 実質的に不可能となっているので その打開策として工業用水道による満足な淡水の供給以外に 冷却・温度調節排水の地下注入が 新しい水源確保というかたちで注目されるのである。

このような排水は 原水に比較すると温度の上昇はあるが 水質的にはほとんど差がなく かつ一般に清澄である。地下水保全という立場からしても 清澄かつ無毒の排水の地下還元はきわめて有効であるが ややすれば有毒な廃水を地下水利用地帯に封じこめようという考えが でてくるのは危険なことである。

井戸を通して 排水や地表水を地下に注入する方法は 小規模ながら わが国でも行われており なかには好成績をあげている例もある。これらのなかには その目的が地下水かん養の場合もあれば また下水道料金の節約という場合もある。

関西方面で 従来行われている冷却排水の地下還元の方法は 廃井を利用して排水を注入のかたちで行っている。排水は未処理のままであり また注入量およびそ

の成果を確認するような観測がないが ある水頭のもとで注入できているところから いくらかでも地下水かん養の効果は あがっていると思われる。

東京でも最近になって これと同じような方法で 冷却排水を地下に注入している工場やビルがある。しかし地下水利用の反面 起ってくる水位低下や地盤沈下に対処するために ただ廃井の利用という安易な従来の考え方から一歩すすんで 最近では注入のための新井をつくることが行われるようになってきている。

地下還元用の専用井戸を計画的に設置して成功している工場がある。この工場は自噴水量によって用水の大半をまかなっているが 使用水量の増加にあたり冷却排水の地下還元による自噴水量の増加を考えた。そして井戸の配置・帯水層の状態について精密な調査を行ってのち 圧入井を新設し かつ圧入水の水処理の施設をつくって まず 1.5 kg/cm<sup>2</sup> の圧力で地下に入れたところ 圧入水量の約76%を回収することに成功した。その後 3本の専用井戸によって地下水使用量の最盛期にそなえたが ここでは圧入による増加量以外に 冷却排水の圧入によって懸念される地下水原温の上昇がないのは大きな収穫といわなければならない。また鉱山の毒水を地下に封じこめている例がある。かんがい用水として有害な酸性の水を 山間部に掘られた井戸に導き浸透させる方法で 井戸の浸透能力が低下すると新しい井戸に注入する。井戸による地下還元の方法には 乾式と湿式との2つがある。乾式は井戸底が地下水面よりも上にある乾燥した



圧入専用井 井戸の周りの細いパイプはセメントグラウティング用のもの

井戸のなかに水を入れる方法。湿式は普通の揚水井と同様な井戸に注入する方法である われわれが一般に用いるのは後者

の方法である。

井戸における注入の理論は揚水理論を適用することができるが まったく同じではないようである。水位差の少ないところでは井戸に大量の水を注入または圧入することができない。地表かん養が地表面と地下水水位との差の大きいところほど有効であると同様に地下水水位の低下しているところほど注入カ所として適している。理論的にも実験的にも揚水井に近いほど注入量が多いという結果は注入カ所の選定に忘れてはならない法則の1つということができる。また揚水井にはすでに地質ニュースで紹介しているように揚水の適正限界があるが注入井にも同じように注入限界がある。ある限界を越えた圧力のもとで注入が行われると注入速度が増して帯水層の自然状態が破かいされ悪結果を招くようになる。

注入の計画にあたっては帯水層・水質・注入井の構造について慎重な調査を行わなければならない。そしてそれぞれについてつぎのようなことに留意しておかなければならない。まず注入しようとする付近の帯水層について数・厚さ・分布などの地質的な調査と地下水位・帯水層の透水係数・貯溜係数などの水文学的な調査を平行して行い注入地点を選ぶ。

注入地点は一般に揚水からあまり遠くに離れていては効果がない。距離があると地下水強化のために注入した水が揚水井に達しないで流出してしまうおそれがある。愛知県では工場からかなり離れたところにある井戸の水位が上昇して工場内の揚水量・水位にはほ

んど影響がなかった例がある。したがって揚水井の影響圏内に注入地点を選ぶことが必要となる。

つぎには水質が重要なファクターをしめる。注入水が帯水層の目づまりを起すことは致命的な障害となるから注入水の水質は慎重に吟味されなければならない。まず注入する水は

1. 浮遊物を含まないこと
2. 帯水層あるいは粘土層と化学反応を起さないこと
3. バクテリアが繁殖しないこと
4. 水質が安定していること

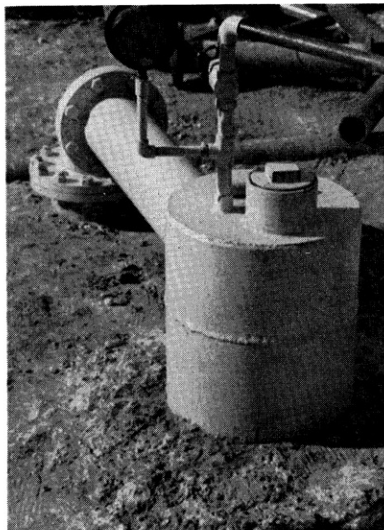
などの条件をそなえていることが肝要である。注入井の効率が急速に低下する例が多いがこれらの多くは濁度の高い水を注入していることに原因があるらしい。

井戸の洗浄によって注入量はふたたび増加している。また溶存酸素の多い水も注入水としては不適である。

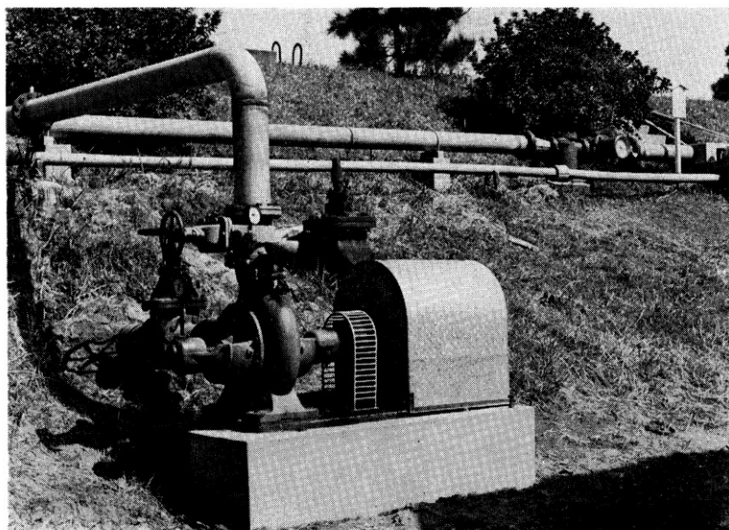
地下水が還元状態におかれていると溶存酸素と溶存成分とのあいだに化学反応が生じて沈殿物が生成され微生物の活動が促進されることがある。異質の水が注入されて帯水層周辺の粘土層がある化学反応によって変化し帯水層に不透水性の物質を生じることもある。

注入井・圧入井の構造もまた適切であることがのぞまれる。帯水層の浸透係数や貯溜係数がきまると井戸のケーシング口径や注入する水層の位置・長さが求められる。揚水井は一般に多層の帯水層から取水している。しかしどの帯水層がもっとも有効に働いているかということになるとはなはだ疑問である。

ポンプのフードバルブに近い帯水層のみが100%きいていて他の帯水層からは水がでていないということも



注入と圧入とを兼ねた試験井戸  
注入中の水位はケーシングの頭についている測定孔から、また圧入中の圧力はゲージメーターによって測定する



圧入井に送水するポンプ

ある。それと同様に注入する帯水層の選択にあたってはさらにいっそう精密な調査がのぞまれる。と同時に帯水層を破かいしないような注入限界圧力を求めておかなければならない。これは注入量と注入水位との関係から求められる。

つぎに地下水強化のための井戸を注入井とするか圧入井とするかについての検討がある。注入井の場合には普通の揚水井と同様な井戸をつくれればよいが圧入井の場合には異なった井戸をつくることになる。

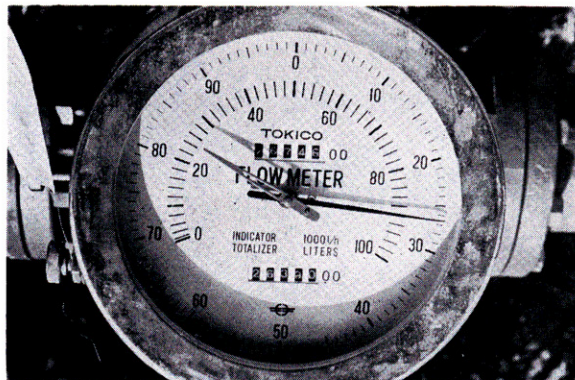
圧入井は地表面よりも注入水頭が高くなるので入れた水が帯水層に流れこまずにケーシングの外側に回って地表に噴きだすことがある。これを防ぐためには

1. さく井後 掘さく泥水を完全に洗うこと
2. 粘土やセメントで井戸壁とケーシングの間を密閉すること

が行われる。とくに 2. の場合には技術の面でおもわしい結果がえられないことがある。それは充填した粘土やセメントミルクが帯水層のなかに入って帯水層をふさぐことである。したがって圧入井は二重ケーシングにして上部の遮断を完全にするのがのぞましい。

このようにして注入井・圧入井が完成するが注入時間の増大とともに注入効率は低下する。さきに照会した自噴井の圧入の例のように十分に処理された水が圧入されている場合にはそれほど心配はないが処理の不十分な——少なくとも濁度のある水が注入されると次第に注入量が減少する。このような場合を考慮しておいて揚水井と注水井とを交互に切替えられるようにはじめから計画することが必要のようである。そうすれば揚水井と注水井との間隔をある程度せまくすることができるしまたその方が注入の効果をあげる結果ともなる。

東京の某工場の試験例は揚水井2本と廃井1本とを利用して廃井を注入井として活用している。3本の井戸の間隔は50～80mであるが廃井に注入した場合の成績は注入量の3分の2を越えた水量が回収されるという結果をえている。それまでには廃井を観測井として帯水層の透水係数や貯溜係数が測定されつぎに1本の揚水井を観測井として廃井に注入したときの各井戸の水位や他の1本の揚水井の揚水量などが測定された。



圧入水量を計測する流量計

また廃井は水位の低下によって上層のストレーナーがあいたままになっているのでこれの遮断などの工事が行われた。この工場はさしせまった用水対策として当初計画した井戸の新設をとりやめて冷却排水の地下還元利用によって従来と変わらない地下水をとることに成功している。なお水を注入するときの細かい注意としてはつぎのことがあげられる。

1. 水を井戸に入れるときにはもとの地下水面まで注入管をおろしておくこと
2. 注入井にまず注入しておいて揚水を開始すること

前者は注入水の落下によって地下水面がかく乱されることを防ぎできるかぎり静水面を保つようにして溶存酸素量の増加をくいとめるために必要である。また揚水井の多くは適正限界をこえた状態で稼動しているから井戸の周りでは水の流れが乱流となっている。この状態を変えるような作用がおくと流速が変化して砂の移動が急に促進されることがある。実験の例では揚水を開始してから注入井の水位が高まると揚水井の排砂量が多くなりしかも長時間継続するが注入井の水位をさきに高めておいて揚水すると排砂量がごくわずかにかつ短時間のうちに清澄となることがわかっている。

冷却用水の循環利用にはタワーや池をつかって温度を下げる方法があるが気温以下に水温を下げるということはコストの点で採算にあわない。

井戸による地下水かん養は東京の工業地帯のように良質の地下水がえられかつ冷却排水がほとんどというところでは年々急激に減少する地下水を少しでもくいとめて長く利用するために是非とも考えなくてはならない問題である。

(地質部 工業用水課)