

冷却排水地下還流に関する調査報告 1

—実施の事例調査と三共 K. K. における予備試験の結果について—

蔵田 延男* 岸 和男* 小林 竹雄**

Preliminary Report on the Artificial Ground Water Recharge

by

Nobuo Kurata, Kazuo Kishi & Takeo Kobayashi

Abstract

As one manner for the conservation of the ground water resources, the writers have studied the procedure and technique of the artificial ground water recharge since 1956.

Some factories are successful on it, but others failed by reason of blockade of the screen pipe and increasing of the temperature of the ground water.

Indeed to decide the suitable location for the injecting well is very difficult in the limited area of the factory site and consequently it is often practiced at the unsuitable site in the point of hydro-geology.

The writers practiced a preliminary examination of injecting well at Sankyō Co. Ltd., Tokyo, from 1958. They tried to inject the cooling waste water into the alluvial sand-gravels through the testing well, 60 m in depth. The writers are failed the test of artificial ground water recharge by reason of the technical deficiency of the borehole, although they acquired the preliminary experience for this manner.

要 旨

1) この報文は、工業用地下水源保全のために、工場がその冷却～冷房排水を地下に還流することについて、昭和35年3月までに、地質調査所が直接あるいは間接に関係したものを紹介、解説するとともに、わが国におけるこの方面における従来の実施例を記載している。

2) 地質調査所で間接に指導して成功した例として、水温低下による用水量の増加をはかつた東洋レーヨン K. K. 瀬田工場の圧入井の場合、地盤沈下の進行を抑止しえた東京都赤坂のラジオ東京スタジオの注入井の場合について紹介している。

3) 大阪市・尼崎市・富山市そのほか全国の実施例が示されている。

4) 地質調査所が直接試みた東京都品川区三共 K. K. における地下圧入井の予備試験の経過および成果について述べている。井戸の仕上げの技術的欠陥から、期待したような成果は得られなかつたが、圧入井についての今後の技術的問題点、とくに還流すべき水の確保、還流井の位置選定などがきわめてむずかしいことが実地に経験された。

5) 総合的にみて、冷却排水の地下還流は工業用地下水源保全の観点からきわめて重要なことであつて、積極的にこれを行なう必要を認めるが、付近運転井の揚水量の適正化、還流井の経済的規模、持続性、還流用水の確保、還流地点の選定などについて、それ相応の事前調査を必要とすることが要望される。

1. ま え が き

地下水を利用する工場がこれ以上水位を下げずに揚水

* 地質部
** 技術部

量を増加させようと考えたり、また実際に自然供給量を上廻つて揚水を行ない、異常な水位低下を生じたりしている場合に、一度使つた排水のうち水質が物理的にも化学的にもあまり汚染されていない分を、特定の井戸を通じて地下に注入・還流し、地下水の増強を行なう試みは、わが国における工業用水源の実情からみてきわめて必要なことと思われる。

工場によつては下水道料金を支払う代りに地下に還流している場合があり、また温まつた冷却排水の水温を下げるために、冷却塔の代りに大地と熱交換させることを目的として部分的に行なつている場合もある。もともと注入する水は冷却排水の場合、高温になつていと考えられるので、それを地下に入れた場合、本来の地下水温に同化されるに必要な空間がなくてはならないということは、どれだけ水が地下に入るかということ以外にきわめて重大な関心事なのであるが、いずれの場合にも、地下水保全という観点からすれば奨励すべきことと考えてよい。

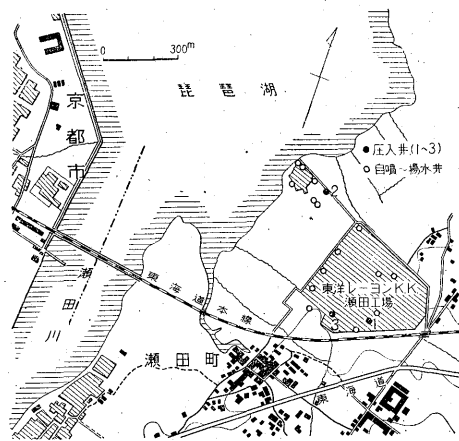
私たちは工業用水源としての地下水の保全ならびに合理的開発を行なうための基本調査を行なうかたわら、この種の工場排水の地下還流を水理地質の観点から調査・研究を行なつてきた。こゝにその事例調査の結果を紹介するとともに、私たちが直接試みた東京都品川区西品川三共 K. K. 品川本社工場内における予備試験の結果を述べてこの方面の今後の研究の参考に資したいと思う。

2. 排水地下還流の実施事例について

2.1 琵琶湖畔における圧入の場合

滋賀県瀬田町の琵琶湖畔にスフ工場として操業している東洋レーヨン K. K. 瀬田工場はそのキャリヤ用水を、深度 190m 前後の自噴性井戸によつて取得していた。もともとこの工場は周囲にかんがい用の掘抜井戸があるので、ポンプ揚水を禁ぜられたかたちで、自噴水量だけを用いて操業していた。したがつて昭和 29 年当時、一応工場敷地内に分散施設されている 8 本の自噴井の自噴水量約 12,500 m³/day が、井戸に直接ポンプを挿入せず得られる水量として、ほゞぎりぎりの量と考えられた。30年以降生産の増加計画に伴つて用水量の拡張がぜひ必要となつたので、私たちの指導により、一部キャリヤ排水を地下に還流し、地下水を補強しながら一部の井戸にポンプ揚水を行なう計画をたてる一方、約半年にわたり付近一帯の掘抜井戸を含め、各種の水理地質調査を行なつたのである。

こうしてまず既設井の 1 本を圧入井につくりかえ、これに平均約 2,400 m³/day、最大 3,000 m³/day の排水を



第 1 図 東洋レーヨン K. K. 瀬田工場の圧入井配置関係

圧入したところ、隣接井を含め、既設井全体として約 22,000 m³/day の取得が可能となつた。むろん既設井のうち 2 本は直接ポンプ揚水を行なつての結果ではあるが、自噴井の自噴量自体にもプラスの影響を与え、とくに 55m を距てた揚水井における揚水によるみかけの増量は著しく大きかつた。しかも 21°C の圧入水による原水温 (18~20°C) の増温は、少なくともその年内中には認められず、しかも圧入効果は週末に至つて地下水が疲労してくるにつれてむしろより大きく現われてくるという成果をえたのである。(同工場は日曜および夜間が休みで自噴井のバルブが閉められ、昼間約 10 時間開けられるが、その昼間の自噴高を丹念に測定すると、月曜から土曜にかけて漸次低下していき、日曜に大幅に回復し、次週の月曜を迎える。)

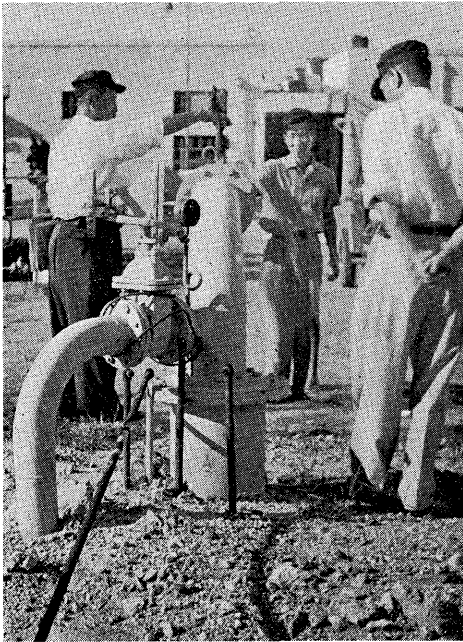
同工場はそこで側吹きをしないよう地下 30 m までの井戸側管周囲にセメントグラウティングを行なう圧入専用井 2 本を新設するとともに、鉄および鉄生物の多い原水の性質と、それを連続して注入した場合生じると思われる注水層の目づまりなどを憂慮して、当時としては斬新な無煙炭粉を汙材にした急速ろ過器を設け、一応考える最良の条件を与えて 6,000~7,000 m³/day の圧入を行なうようになった。そしてこのほか用水現場の水使用の合理化、浅い地下水の利用などを含め、水温平均 18.5°C の水を最大 25,000 m³/day の割合いで取得できる状態をつくりだしたわけである。もつともキャリヤ用水がおもだから、時季的に圧入および揚水の必要なのは夏季の 4 カ月に限られるのであるが、排水の還元が直接生産の増強に貢献しえたという点では劃期的なものと考えられる。

2.2 大阪市における自然流入の場合

大阪市東淀川区十三にある武田薬品工業 K. K. 大阪工



図版 1 わが国で最初にキャリヤ排水の地下圧入に成功した東洋レーヨン K. K. 瀬田工場の圧入専用井
4本の細いパイプはセメントグラウテイング用のもの

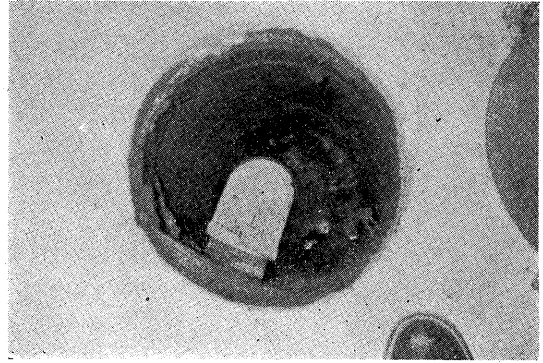


図版 2 東洋レーヨン K. K. 瀬田工場 3号井

場では昭和 31 年当時冷凍機、蒸溜装置および各種水管の冷却用に日量約 10,000 m³ の地下水を用いていた。これらは構内 27 本の深井戸によって揚水されていたが、水位の低下になやまされた結果、自主的に冷却排水の一部 2,800 m³/day を 3 本の 6 吋管の井戸に自然流下で注

入させ、水位の低下防止にある程度役立てていた。注入水は曝気・ろ過を行なった後に入れているのであるが、32~33°C の水温のため、比較的近距离にある隣接井若干の原水温を 1~2°C 高めていた。

大阪市ではこのほか臨海部の地盤沈下激化地帯で住友化学工業 K. K. 西島工場や大阪市立大学で行なった水道水の地下注入試験の結果がある。これらはある程度組織



図版 3 自然流入で冷却排水の地下還流を行なっている武田薬品工業 K. K. 十三工場 (大阪市) の排水還流井

的に行なわれたのであるが、近接井に影響を認めるほど大量・継続的には注入されなかつたようである。住友化学の場合は直接地盤沈下の進行を抑止することをねらって行なっている点、興味深い記録であるが、所詮沈下が進み、すでに十分に圧密・変形した地下水層に対する直接の効果を期待するにはやゝ規模の小さすぎた感がある。

堺市の大日本セルロイド K. K. 堺工場でも深井戸に冷却排水を注入する試験を行なったことがあり、同じく協和醸酵 K. K. 堺工場でも、小孔径の旧井を利用して、排水の圧入を行ない、その両側に位置する 2 本の揚水井の水位上昇をはかろうとしている。

2.3 尼崎市における場合

尼崎市では地盤沈下地帯の地下水を補強する目的で、昭和 27 年ごろ武庫川左岸に深度 60 m 程度の井戸を設け、武庫川の表流を自然流入のかたちでとり入れる試みを行なった。しかしこれは井戸の仕上げが不備であつたうゑに除濁装置を全く欠いていたので、濁水が短時日のうちに地下水層の目づまりを促がし、吸い込み能力を喪失させてしまった。

その後同市水道局で神崎浄水場内で昭和 29 年 3,000 m³/day 揚水した場合と、同じ井戸で 2,000 m³/day 揚水し、それを上流 230m の所の井戸に還流し、揚水井と注入井との中間にある井戸で種々観測した結果によると、揚水井と同じ影響圏内の同じ地下水層に還流すれば、注

入井の揚水能力の70~80%が自然流入で還流が可能であり、また同じ影響圏内で揚水が行なわれていないときは、注入井の揚水能力の50%が還流可能なことが示されている。これはつまり大量揚水をして圧力面の下がっている所ほど還流による効果が大きく、そうした所では水位の上昇に伴って揚水しやすくなることを示している。しかしこの場合には揚水直後の水を還流しているので水温の同化機能については不明であった。現在尼崎市では、工業用水法の指定に伴って建設された表流水源の工業用水道の水温が夏季高温になるので、供給水の水温を下げるため、地下に一部の水道原水を注入し、供給水の水温の低下をはかることが問題になっているが、こうした希望は今後各地で表流水源依存の工業用水道を計画している都市で漸次でてくる可能性がある。

2.4 京都市における場合

市営青果市場の製氷工場で深度の浅い井戸に排水を戻し、近接した別な井戸で吸い上げている。

2.5 富山市における場合

富山市北部の化学工場群のなかには、一旦冷却に使ったあと、一部を揚水井中に還元しているものがある。排水温がそれほど高くなく、透水路に位置している関係上、揚水される水の温度は14~15°Cで、付近の地下水温と比較してとくに高くはなっていないし、少なくとも揚水条件をよくするためには役立つように思われる。

2.6 東京における諸例

東京都内においては、工場とともにビルが冷房用水の取得のために、排水の地下還流を行なっているのが目立っている。

中央区数寄屋橋の近くにある共同建物ビルでは、夏季冷房排水の下水道料金を節約する目的から、排水の全量を3本の井戸の一番北の井戸に流入させている。注入水は浅部の、すでに地下水をほとんど含まない砂礫層を通じて、中央の井戸の上位のストレーナの部分に現われ、その井戸中を落下して、下位のストレーナから適当に深部の地下水層に混入し、一番南に位置する揚水井の水位をいくらかたかめている。水温には別條なく、すでに数年これを繰り返している。

また最近の例として昭和32年以来局部的な地盤沈下を生じた港区赤坂付近で、その直接の原因となつたと考えられるK.K.ラジオ東京が、既存の深度90mの被圧面井戸4本について、私たちの間接的な指導で、各井戸をして適正揚水量の範囲内で揚水水位を一定に保つて揚水できるように按配し、排水130m³/hの約40%を4本のうちの1本に還流することによつて、いままで進行し

ていた地盤沈下をくい止めえられる見通しがつくところまできている。これはなお夏季の用水ピーク時に対し、本格的な注入施設を計画中であるが、約30m距つている隣接井に2m以上の水位上昇をもたらす、しかもそれがほとんど瞬間的に影響をあらわす点など、興味深い記録が詳細にえられている。

都内の工場としては、品川区の三共K.K.品川本社工場で、水位低下の防止をねらつて昭和32~33年当時、32~33°Cの冷却排水約20m³/hを旧井に自然流入させていた。この結果約20m距つた揚水井に3°C程度の水温上昇を認めていたが、地下水中の鉄、浮遊物などによつて目づまりを生じ、数ヶ月で吸込み能力を失つてしまった。北区の科研化学K.K.十條工場では井戸管理の一環として、旧井を利用して冷却排水の地下還流を計画し、34年夏、40m³/hの割合の注入を続けた。隣接井の距離が80~90mあつて、注入による水位の上昇は充分確実にそのためだと断定しがたいが、少なくとも夏季にもつとも激しく生じる水位低下を和らげた点は指摘できそうに思われる。

このほか目黒区五反田にある小規模な製氷工場では、揚水井から僅か数m距つた別な深井戸に排水を注入・還流し、揚水水位の維持につとめている。揚水水温はたかまつているが、ありあわせの井戸で簡便に還流を行なっている例として注目に値しよう。

既往における冷却排水地下還流の実施事例はおおよそ、上述のようなものであるが、なおこのほかにも必要にせまられて小規模に行なっている例があろう。いまこれを全体としてみると、多くの工場で排水還流の希望はあるが、

1) 井戸あるいは地下水層に目づまりを生じて、吸込むのが短時日のうちに減少してしまうのでないかという懸念

2) 還流による効果に対し、果してほんとうにそううまくいくのかという漠然とした不安などのため、実施にふみきれず、いまかりに実施しても、時間的にも、また操作の規模からしても不足勝ちで、結局十分な効果を認めないうちに中止させられるような事態が起こってくる。そしてその結果しばしば悲観的な結論を打ちだしてしまい勝ちなのである。

もともとこの種の操作を行なうためには、水理地質的に地下水の流動方向、圧力面のかたちなどを充分明らかにして還流井あるいはその掘さく地点を決定しなければならないのであるが、限られた工場などの敷地内では、既存の地上施設による制約もあつて実際には理想的な位

冷却排水地下還流に関する調査報告1 (蔵田延男・岸 和男・小林竹雄)

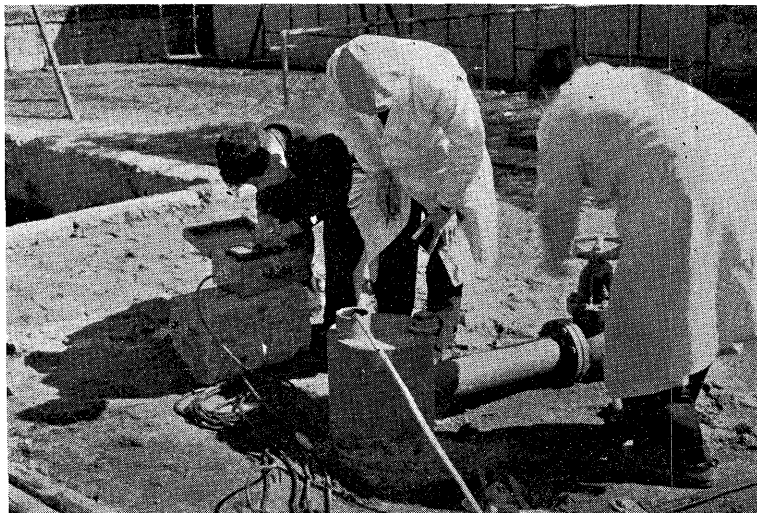
第1表 試験経過の概要

期 間	作 業 の 内 容	担 当 者 名
昭和33年 5月中旬	地点選定, まず城北地区を物色, 最後に三共K. K. 工場内試験井掘さく点の選定	蔵 田 延 男
同 9月1日~10月30日	還流用井戸掘さく, 深度 エヤーリフトによる排泥, 揚水および仕上げ。とくに圧入井にするため側噴き防止のセメンティング	小 林 竹 雄 浅 井 武 夫 蔵 田 延 男
昭和34年 1月中旬	注水用の送水管の高架配管, 全長75m圧入井として井戸の閉塞仕上げ	庶務課の協力による
2月23日~26日	第1次注入試験	小 西 泰次郎 武 居 由 之 森 和 雄
3月2日~5日	第2次注入試験	蔵 田 延 男 村 下 敏 和 岸 和 夫
5月~6月 7月~9月	この間断続的に注入を試みる 排水の供給される製薬工場休止のための一時試験を中止	
10月7日~13日	第3次注入試験	蔵 田 延 男 岸 和 夫
昭和35年 1月20日~2月6日	第4次注入試験 井戸浚渫の目的で揚水ポンプを挿入, 排泥を行なう。揚水と注水を交互に繰り返しつつ注入可能	蔵 田 延 男 下 村 仁 作
2月12日~ 2月20日	量の変化を観測 第5次注入試験 揚水ポンプ引きあげ, 注水用送水管など撤収	蔵 田 延 男

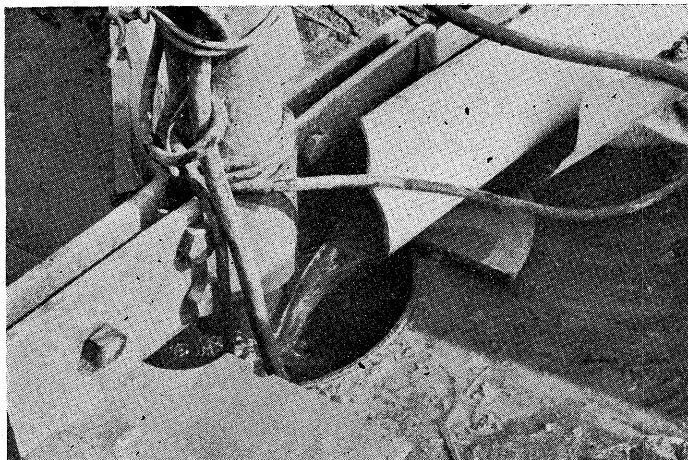
第2表 三共 K. K. 工場構内深井戸水水質分析結果

	Tw (°C)	pH	HCO ₃ ⁻ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	Fe ²⁺ (ppm)	Fe ³⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Total Hard- ness (°dH)	Total SiO ₂ (ppm)	KMnO ₄ cons. (ppm)	P (ppm)	備 考
1号井	—	8.2	679.5	56.8	0.4	15.0	202.0	—	—	11.5	19.3	6.09	—	179.0	—	黄褐色
4 "	17.3	7.2	198.9	38.3	0.2	8.8	33.5	2.9	0.8	35.3	20.3	9.65	49.3	20.8	—	僅かに 黄褐色
5 "	17.7	8.0	515.4	52.5	0.8	11.6	138.0	0.4	0.8	17.3	20.6	7.20	—	181.9	—	黄褐色
6 "	18.2	6.8	216.5	49.0	0.1	11.0	37.3	5.1	0.7	47.2	29.7	13.45	45.2	17.9	0.06	
7 "	16.6	6.9	314.2	52.5	0.1	9.9	49.9	3.6	0.2	54.3	28.7	14.20	46.3	12.5	0.05	
8 "	16.8	6.8	273.8	34.9	0.0	9.5	23.8	4.9	0.6	133.8	23.5	24.18	40.0	13.1	0.07	
10 "	16.9	7.6	373.6	40.5	0.4	13.3	86.0	0.5	0.7	17.9	15.5	6.09	—	56.1	—	黄褐色

1959年2月採水 分析: 池田喜代治



図版 4 東京都三共K. K. 工場内で冷却排水地下還流予備試験のため圧入井として設けられた試験井



図版 5 三共K. K. 工場内試験井の吸い込み状態井戸側管頭近くに水位を保っていると 0.25l/sec の割合で吸込まれていく

度まで湧水を認めずに継続できるのであるが、結局こうした試験を繰り返した結果から判断して、注入可能水量は管口に水面を保った自然流入状態で0.25/sec、圧入状態で約10 m³ (圧入中は1/sec前後の割合)を限度として、それ以上の還流はできないという結論に達した。

たゞしこの場合圧入を1時間以上継続していると、隣接の6号井自身の自然水位に多少の変化が認められるが、同じく試験井から30m 距つている10号井の方にはその傾向すら認められなかつた。すなわち30m 距つている6号井の場合には、水位は毎日朝から夕方にかけて減少していくのが、多少不規則に減少をくい止める傾向が密知できたのである。しかし継続できないため確認できなかったのが残念であつた。

以上私たちの仕上げた圧入井は、一応計画した仕様通りにできているはずなのにかゝらず、必ずしも期待したほどの注入～圧入水量を得ることができないことがわかつた。そこで35年1月に入り、K.K. 電業社の好意によつて借用した3時7.5HP 水中モーターポンプを試験井に挿入、井戸ざらいを兼ね揚水を行なつてみた。深度22m以下が6時のため、ポンプストレーナを深度20.5mの位置に止めなければならなかつた関係上、水位降下に著しい制限を受け、揚水量10 m³/h、(三角堰により実測)の場合、20～25 sec 程度に止まるが、同時にさく井当時用いたベントナイトを含む泥はほとんど排出せず、むしろ介殻混りの細砂の排出が認められた。

こうして還流用の注水バルブを開いて注水を行ない水を補給しつつ揚水したりする操作を間にはきみ、繰り返し100回以上の揚水を行なつたのである。しかし結局揚水前とほとんどかわらない水量しか入らないことがわかつたのである。

3.2 試験成果に対する所見 および今後の排水還流計画にあつた問題点

3.2.1 還流井位置選定について

還流井の位置を水理地質の観点から、地下水の流動方向(むろん適正揚水条件下の運転時における流動方向)を考へて、その事業場の井戸群に積極的にプラスされるようなところに選定しなければならないことはいうまでもないことであるが、実際には限られた事業場敷地内にあつて、しかも既存の建物・装置などによる制約、操業に絶対必要な揚水量の確保、還流用の排水の取得の難易など各種の制約があつて、水理的に好ましいと考えられる位置に、還流井を掘さくすることは現実にはきわめてむずかしい場合が多いのである。とくに小規模試験となると予算面からするその制約は一層厳しさを加える。

とくに還流排水によつて地下水の原水温をたかめない

ようにしようとすれば、いきおい注入～圧入水量を少な目にしなければならず、いきおい水位上昇に対する効果は減少させられる傾向に向かう。そしてしかもその結果が工場の建設投資に見合う有意なものとならなければならないのであるから、この点が一つの研究問題である。三共K.K.に試験井選定前、城北地区で第一工業製薬・大日本インキ製造・中外製薬など数カ所の工場についてこうした点の現地調査を行なつたのであるが、結局どこも一長一短を免かれなかつた。三共K.K.はこの点地質的には必ずしもすぐれたところではなかつたにせよ、以前に20 m³/hの旧井を通じての還流成果があり、近接して水位・水質の観測可能な既設井があり、小規模試験を行なうには一応よい条件であつた。

3.2.2 還流用の排水の水質について

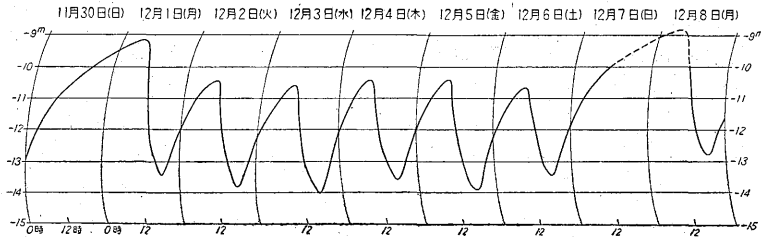
排水の地下還流を希望している多くの工場でいわれている不安の一つは、還流排水中の浮遊物による目詰まりの問題である。とくにキャリヤ排水の浮遊物は比較的簡単にスクリーンなどで除去できるとしても、地下水そのものなかに鉄イオンとくに2価の鉄を含むものは、還流井到着前後に酸化沈殿する公算が大きく、不慮の障害を生じやすいことは明らかに指摘できる。東洋レーヨンK.K. 瀬田工場の場合には鉄の含有量が多いので、あらかじめろ過装置を用いたのであるが、三共K.K.の試験にあつては、比較的水質のよい6号井の使用後の排水であつたうへ、予算の関係もあつてそのまゝの状態でも還流した。しかしその試験成果からみて、水質が原因で目詰まりを生じ、注入～圧入水量が減少したとは考えられない。

しかしいづれにしても排水地下還流には、注水前の水質を吟味して、注入水の充分な清澄化をはかつておくことが肝要であろう。

3.3 還流用井戸の施工について

揚水が可能な限り逆に注入が可能なことは当然である。しかしポンプが強い吸引力をもつて砂あるいは砂礫層中の地下水を吸い集めてくることのできるのに比較すると、かりに井戸側管内部に20m、30mの水頭圧を加えたとしても、単位時間に、既存の地下水をおしのけて入つていく水量には限りがあり、それ以上入れるには、上位の地下水の減少している透水部を対象にするか、あるいは人為的に加圧しいわゆる圧入井として水を地下に送り込まなければならない。

三共K.K.の場合には地下20m余で露われる第三紀層上の沖積層基底の砂礫層にあてがわれているストレーナが、付近の深井戸では、少なくとも揚水中ほとんど裸出してしまつているので、この部分に排水の還流を試みれ



第4図 三共K.K.内に設けた排水還流試験井にあらわれる隣接揚水井による水位の週間変化(1959年3月, 自記水位計による)

ば、一応の成果を得ると考えたのである。しかしたまたま試験井掘さく地点は、旧目黒川河谷の礫質堆積物とその両側の細砂質の堆積物との境界付近にあたり、予想した厚さの砂礫層にめぐまれないかつた。しかしこれも1時間当り 1 m^3 程度しか吸い込まれないという直接の原因であるとは考えにくい。

人為的に加圧をして地下に水を送り込むためには、東洋レーヨンK.K.の場合には 1.5 kg/cm^2 程度のポンプを用いている。三共K.K.の場合には製薬工場が高所より排水している関係上、地上約8mの圧を自動的に得ていたわけであつた。一方圧入井として井戸側管外側掘孔壁との間には、東洋レーヨンK.K.の場合経験された側噴き防止のため、深度15m以浅に急結法によるセメンティングをしたのであるが、粘土水中であり、グラウティングでなかつたため充分その成果をおさめえなかつたように思われる。深度10.1mの所には、鉄管溶接部の割れ目を通じて終始漏水がみられ、少なくともこの付近にセメンティングの効果がみられない点はその証拠の一つと考えられる。おそらく8m脇の通路面に湧水を見るのも、この割れ目を通じて圧入した水が、介殼混り細砂層中に直接侵入し、そのまゝ手近かな水みちに沿つて地上に噴きでたのであろう。

なお、試験井が掘さく直後から異様に水位が高く、昼間工場操業時、30m距つた6号井あるいは10号井の揚水水位が20~30m間になつていても、試験井の静止水位は7~8mから12~13m前後までの間に止まつていた点も、第4図のように一応揚水井群の影響は受けるが、うわ水の受け入れがある程度関係していたように判断される。

こうした点をも併せて考えると、セメンティングは深度15m以深の部分に充填してある砂利の上面に充分な遮断をつつたうえで、その上部に対してのみ効果を發揮するようにして試みなければならない。アメリカ合衆国のカリフォルニア州マンハッタンビーチ市で行なわれている圧入井をみると、井戸1本当りの圧入量はつとめて少なくし、10時程度の井戸側管を用い、掘孔との間隙を

できる限り小さくし、その間に充填物を入れず、土圧で自然にしまるようにして仕上げ、成功している。こうした施工上の点については、地質対象との関連において今後充分に研究をすすめる必要があらう。

4. 排水地下還流に関する総合的所見

以上のとおり、三共K.K.において直接掘さく、仕上げた排水還流試験井の成果については、おもに井戸仕上げ上の不備によつて、積極的な成果は得られなかつたのであるが、この種の操作をすすめるうえに必要ないくつかの問題点を把握することができた。すでに既設井を利用し、あるいは専用井を新設して、一部の事業場では、排水の地下還流を試み、そのあるものは成功しているのである。

地下水保全のために、開発計画の合理化に必要な地域調査ならびに地質に見合つた井戸揚水量の適正化のための調査と相まつて、今後、地下還流の可能性、とくにその経済的効果の有無・大小を水理地質の観点から技術的に調査していくことは、きわめて重要な問題と考えられるので、今後さらに慎重、かつ充分な技術的配慮のもとに研究をすすめたい所存である。

(昭和33年9月~35年2月調査)

文 献

- 1) 尼崎市河港課・京都大学：尼崎市地盤沈下抑制試験調査について、大阪湾港湾技術調査会昭和29年度事業報告書、1955
- 2) 平田徳太郎 外3名：地下水の人工補給について、水利科学, Vol. 2, No. 5, 1959
- 3) オスカー・E・メンザー：人工地下水涵養の一般原理, 山本荘毅・羽田二郎抄録, 水道協会雑誌, No. 219, 1927
- 4) 大阪市計画課・大阪市立大学：地下水還元実験, 大阪湾港湾技術調査会昭和28年度事業報告書, 1954
- 5) 山本荘毅：汚水の地下注入処理について, 水利科

学, Vol. 3, No. 1, 1959

なお水道協会雑誌・水利科学および用水と廃水などに若干の関係文献が掲載されている。