

冷却排水地下還流に関する調査報告 2

—おもに東邦レーヨン K. K. における試験結果の中間報告—

高橋 稠*

Preliminary Report on the Artificial Ground Water
Recharge, No. 2

by

Shigeru Takahashi

Abstract

As one manner of the hydrogeological study for the conservation of the ground water, the writer tried the artificial recharge through an injecting well in order to restrain the salt water intrusion in Tokushima Factory of Tohō Rayon Co., 1960.

The writer give an account of the outline of this injecting test in this paper.

The injecting well was not satisfactorily constructed, so that some of the injected water leaked to the surface. But the efficacy of the injection to check the increase of Cl ion in the pumping water of the factory was recognized.

要 旨

(1) 地下水源保全を目的とする冷却排水地下還流試験の一環として、昭和35年度地下水塩水化抑止対策としての圧入井方式による地下水涵養試験を行なった。

(2) 徳島県旧吉野川流域には南海大地震による地盤沈下に伴って生じた地下水へへの塩水侵入現象がきわめて顕著にみられる。とくに近年用水型工場の進出によってその塩水化が促進される可能性があるため、1年でもはやくこれを抑止する策を打出しておきたいと考えられたため、とりあえず板野郡北島町東邦レーヨンK. K. 徳島工場内にその調査・観測拠点を設けて、水位、Cl⁻などの測定を行なっていたが、併せて圧入井を施設し、旧吉野川表流河過水を約半年にわたって圧入し、地下水の変化を観察した。

(3) 圧入井はセメントグラウティング工法により側噴きを防ぎ、圧入水量については積算流量計によつて精確な記録をとつた。

(4) 正味120日にわたる圧入経過のうち、最初は60 m³/h の割合で圧入ができたが、試験の後半には数次にわたり地上への漏水が生じ、圧入水量を減少しなければならなくなつたため、全体として圧入水量は約80,000m³

前後に止まり、まだ期待しただけの圧入効果はえられていない。しかしすでに140 m距つた揚水井の一部には塩水の増加していくのを減少させる傾向を生じており、今後若干の技術的検討を行なつて、圧入水量を増加するとともに、長時間にわたつて継続すれば充分効果をあげる見通しがえられている。

(5) とくに技術的に地上漏水を防止できるようにグラウティング工事について検討が必要である。

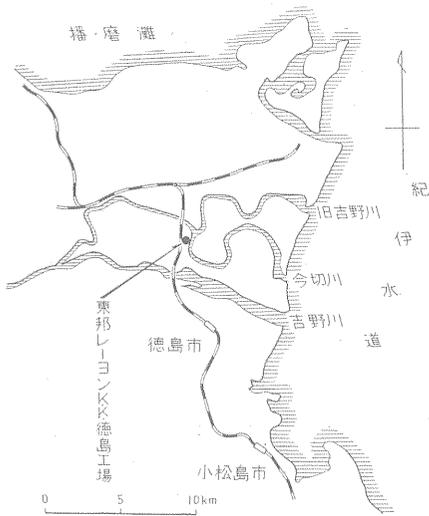
(6) 昭和35年度に予備調査を行なつた広島県三原市帝国人造絹糸K. K. 三原工場の地下水塩水化抑止の可能性については、注入水量確保に経済的見通しがつかないので、とりあえず試験着手を延期した。

(7) 前年度掘さくした名古屋市日清紡績K. K. 名古屋工場の排水地下還流井は、伊勢湾台風による被害が思うように除去できないので、30m³/h の注入を行なつた程度に止め、水位観測井として利用することとした。

I. ま え が き

徳島県の旧吉野川に沿う流域一帯には地下20~30m付近に制限層としてきわめて有効な粘土層があり、その下側に30m前後の厚さの、一連の砂礫層があつて、有力な被圧地下水を蔵している。その一部住吉透水帯上には、

* 地質部



第1図 圧入井試験実施箇所位置図

東邦レーヨンK. K., 東邦セロファンK. K., 東亜合成K. K., 日清紡績K. K. など、大規模な用水型工場が操業を行なっている。さらにはこの下流域の平野部では著しい蛇行をしてその流れは非常に緩やかな勾配となっている。ここでは南海大地震によって起こった地下運動のため、塩水の遡上限界は河口から10数kmの上流までにも及んでいる。また臨海部における被圧地下水は次第に塩水化の一途をたどり、その一部では地下水の揚水にあたって不安な状態が生じている。年々用水型工場の増加も加わって被圧地下水の圧力減退は、次第に塩水によって汚染される範囲が上流側に向かって拡大している傾向にある。

とくに今切川河畔の東邦レーヨンK. K. では徳島県下最大規模をもつ地下水が工業用として揚水されている。ここでは約18本の揚水井によってまかなわれているが、最近の需要増加により工場における揚水井の一部では塩水を引き込み、地下水中のCl⁻増加が次第に見られるようになった。

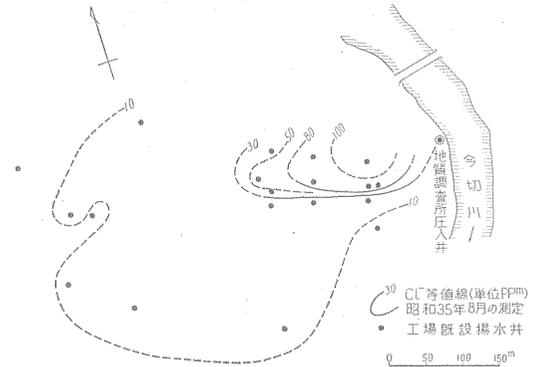
地質調査所ではこうした事情にかんがみて、地下水源保全の観点から、地下水強化によつてすこしでも塩水化をやわらげ、増大する塩水の侵入を抑止する目的で、とりあえず東邦レーヨンK. K. 徳島工場内に地下水補強のための圧入井試験を計画した。

この報告はその試験結果に関する35年3月末における中間報告であつて、計画全体は蔵田延男が、測定・観測は高橋桐および尾崎次男・村下敏夫、水質分析の一部は池田喜代治・比留川貴が担当し、高橋桐が一括とりまとめたものである。

なお35年度中に、野間泰二が帝国人造絹糸K. K. 三原工場の塩水化防止対策予察調査を、蔵田延男が日清紡績K. K. 名古屋工場の排水地下還流試験の一部を行なつたが、これらについてもその結果を簡単に要旨中に示しておいた。

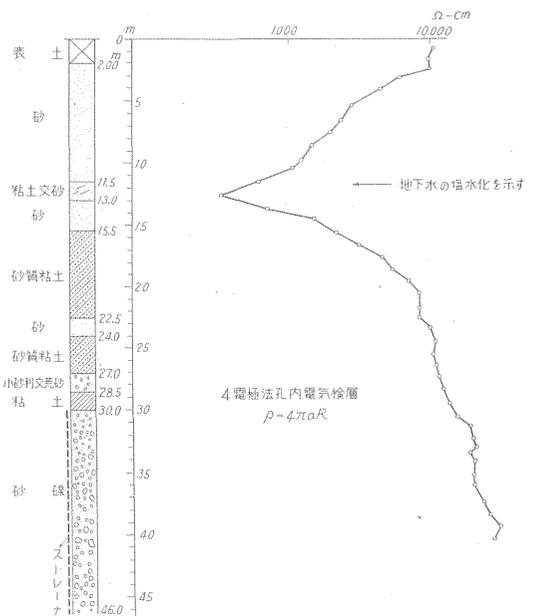
2. 地下水塩水化防止のための圧入井の掘さく

東邦レーヨンK. K. 徳島工場内の今切川畔に第2図に

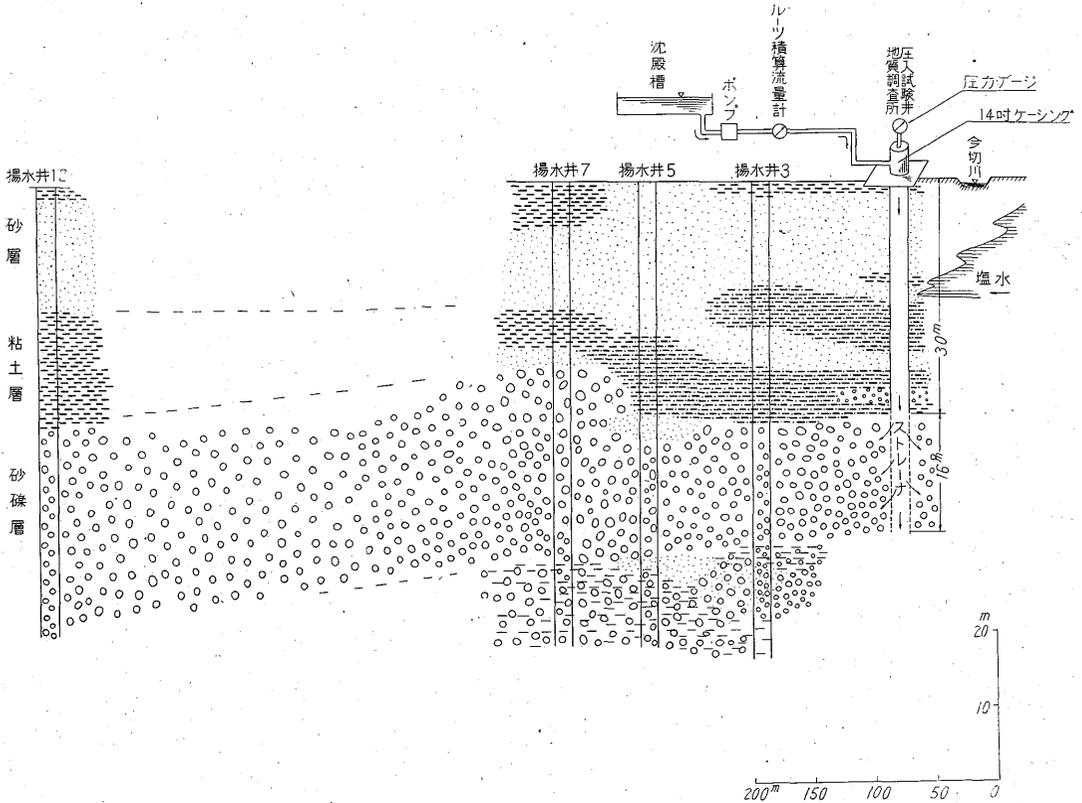


第2図 新設圧入井と既設揚水井との関係位置図

見られるような地下水強化用井戸の掘さくを行なつた。掘さく位置は東邦レーヨンK. K. 工場内の揚水井のうちで、とくにCl⁻の増大している3号井に隣接した地点をえらび、さらに塩水の侵入方向および地下水の流動方



第3図 徳島県東邦レーヨンK. K. 工場内に掘さくした圧入井の電気検層図



第4図 東邦レーヨンK.K.構内における圧入井と揚水井との関係を示す地下地質模式断面図

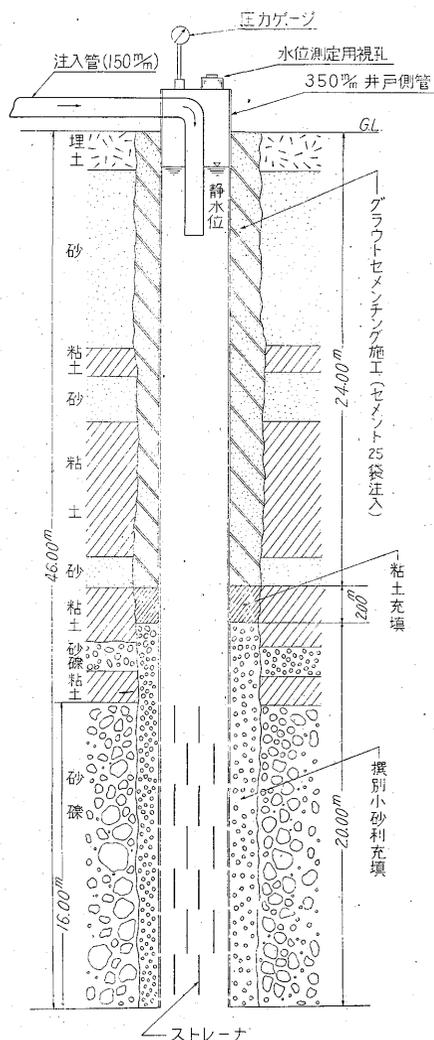
向などを考えあわせて、また注入用水源からの配管操作の制約もあるので、この点などを考慮して、つとめて水源の確保が容易な地点に位置を選定した。なお掘さく井はセメントグラウティング工事を施行して圧入井に仕上げた。圧入井の掘さくは浅野さく井工業K.K.に委託させ、35年9月2日に竣工した。井戸の構造は深度が46m、掘孔径は18吋、ケーシング孔径は14吋である。掘さく結果による地層図は深度30~46mまでが砂礫層となっており、電気検層の結果(第3図参照)によりストレーナを決定した。なおケーシングは肉厚が8mmの14吋鋼管を用い、ストレーナの構造はまだ明型とし、管周に対して16等分に配列されるように開孔し、長さ16mにわたって装管した。ケーシング挿入完了後は約150時間にわたって揚水を行ない、井戸孔内の洗浄を実施した。なおこれは揚水をくりかえすことによつて地下水を孔内に流動させ、目ざまり障害をとりのぞき、圧入の効果を最初から高めようとしたためとくに念を入れたのである。圧入専用井の構造図は第5図に示されるようなものであるが、掘さく工事の経過は第1表に示すとおりである。

3. 圧入井試験

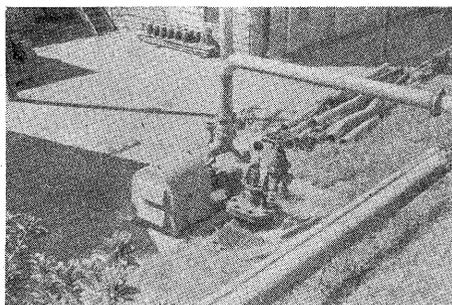
圧入井の掘さく工事が完了し、9月19日からいよいよ最初の注入試験を行なつた。なお都合により試験のための注入水は東邦レーヨンK.K.が今切川から取り入れて、現在工業用に使用している表流水の一部を使用させてもらった。最初はまだ流量計の装置が取付けられておらなかつたので、正確な数字を計測するまでには至らなかつた。このためやむを得ず送水ポンプの圧力ゲージによつて注入水量を推定した。10月1日~3日にわたつて写真に見られるような積算式の流量計を取付けることができ、この結果積算流量と瞬間指示量とが正確に記録されることができるようになった。流量計の取付後は時間あたり20~25 m³の割合で注入のかたちをとつて昼夜にわたり圧入試験を継続した。しかし間もなく地上への漏水現象が発生し、このままでは注入試験を継続することが困難となつた。すなわち次第に井戸側管の外をかためているセメント部外周に沿つて水の噴き出しが増加し、地上への湧水量が増大するばかりなので、一時圧入を中止しなければならなくなつた。こうした地上への湧水は井戸仕

第1表 東邦レーヨンK. K. における昭和35年度圧入井さく井工事ならびに圧入試験の経過について

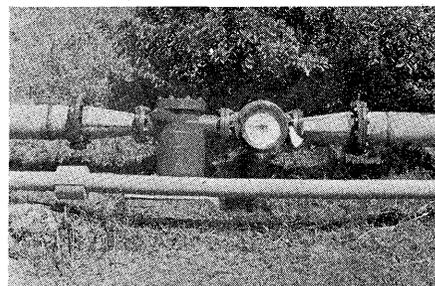
期 間	作 業 の 内 容
昭和35年 6月11日	圧入井さく井の請負は、入札により浅野さく井工業 K. K. に決定
〃 6月12日~21日	掘さく地点付近の予察調査を実施 東邦レーヨン K. K. 徳島工場内今切川畔のさく井地点再検討
〃 7月5日~23日	圧入井の掘さく工事
〃 7月27日~8月7日	圧入井の仕上げ (セメンティング工事施工)
〃 8月15日~31日	井戸洗浄のため揚水作業, ならびに送水パイプの配管工事
〃 9月2日	工事竣工検査
〃 9月19日~30日	注入試験実施 (第1次)
〃 10月1日~3日	積算式流量計の取付 (注入一時休止)
〃 10月4日~21日	注入試験継続
〃 10月24日~31日	地上漏水のため浅野さく井工業 K. K. の手によつてセメンティングの補強工事
〃 11月1日~12月5日	セメント硬化の養生期間
〃 12月6日~昭和36年 3月末日まで	第2次圧入試験の継続



第5図 東邦レーヨンK. K. 構内の圧入井施工図



図版1 注入水圧入ポンプ (工場側から借用)



図版2 注入水量計測用ルーツ流量計

上げの不完全なことに原因があると考えられ、再度のセメンティング工事が必要となつた。このような地上への噴き出し現象は当然起るべき障害として予想していたので、さらにセメントグラウティングをやりなおし、補強工事を実施することにした。このようにして圧入井としての構造を強化することによつて、さらに充分な圧入操作が期待できるものと判断し、ふたたび浅野さく井工業 K. K. にセメンティングの補強工を行なわせた。まず地表から割合に浅いところでは軟弱な砂層からなつてい



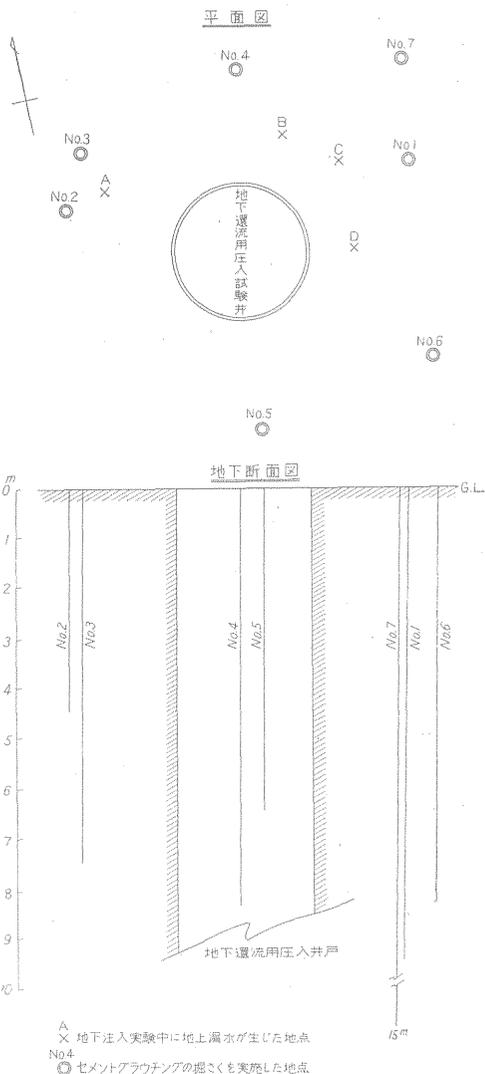
図版3 東邦レーヨンK.K.工場構内圧入井(1号井)。太い円筒状のもの、細い管は排圧管。

要であると考え、第6図に示されるように深度7~8mまでわたってセメントグラウティングを施工した。その後約35日間のセメント硬化期間を置き、昭和35年12月5日から第二次の圧入実験を再開した。

試験中は圧入送水量と注入圧力の変化を観測しながら注入操作を続け、前回同様昼夜にわたって連続して圧入を繰り返した。この間、積算流量計によつて正確な送水量の計測を行ない、圧入状況を観察した。この結果は第7図に示されるとおりであるが、圧入量は時間あたり40~60 m³の割合で持続され、これに伴う注入圧力の変化も記録した。なお注入圧力はその前半で0.5~0.9 kg/cm²、後半では0.9~1.1 kg/cm²の上昇を見せ、次第に圧力は高くなっていく傾向を示している。この間に一時圧入水量を変化させてみる意味で、最大90 m³/hに上昇させたところ、注入圧力は1.4 kg/cm²まで上昇した。

約4カ月間にわたって一連の圧入実験によると、圧入水量は約60 m³/hを限度として、その後は次第に注入圧が上昇をみるに至り、圧入水量もこれに応じて次第に減少し、ふたたび地上への湧水現象となつてあらわれるに至つた。このため地上への漏水をくいとめるため、圧入水量を減少させる必要が起つてきた。

すなわち昭和36年1月下旬における送水量は時間あたり約40 m³/hの割合であつたが、その後2月から3月にかけては約30 m³/h前後までにおさえなければ地上への漏水は止まらなくなつた。12月の下旬から種々圧入条



第6図 東邦レーヨンK.K.構内圧入井におけるグラウティングの補強工事説明図

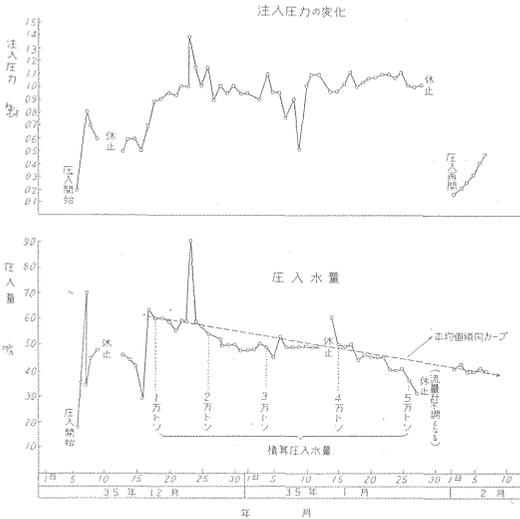
件を変えて試験を行なつたのであるが、地上への漏水のため圧入水量を減少して地上への湧出量を抑えなければならなくなり、期待した圧入条件を持続することに失敗した。

これはおそらく揚水を行なつたといえ、まだ掘りたての井戸のため充分ついていない水みちが注入水によつて漸次目づまりを生じてくるためと考えられる。注入水中の浮遊物も若干ながら含まれるのでそれによる目づまりも懸念される。とにかくこうして圧入機能の減退が地上への漏水となつて現われるに至つたものと推定される。以上のように圧入井試験は最初計画されたほどの圧入水量を持続することはできなかつたのであるが、昭和35年

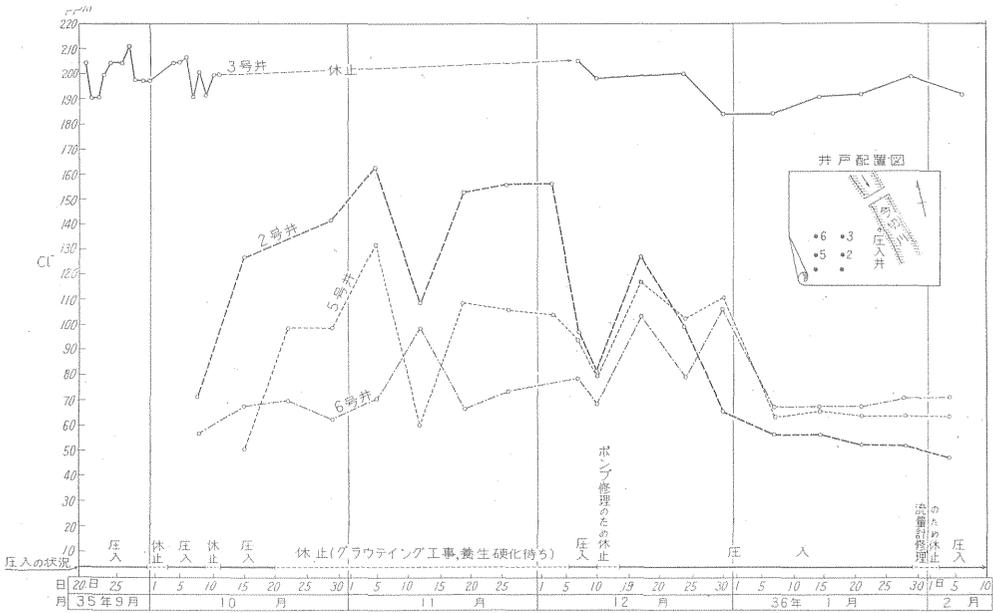
第2表 東邦レーヨン K.K.

No.	試料採取地点	Tw (°C)	pH	RpH	Dis. O ₂ (cc/l)	FreeCO ₂ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₂ ⁻ (ppm)
1	東邦レーヨン K.K. 揚水1号井		7.2	7.5	1.65	5.0	82.5	8.7	0.05
2	〃 3号井		7.2	7.4	0.95	7.0	147.0	208	0.00
3	〃 5号井	17.7	7.4	7.6	4.89	4.0	119.8	77.9	0.03
4	地質調査所掘さく井 (圧入井)		7.2	7.5	2.56	5.0	86.0	25.9	0.00
5	今切川の表流水 (圧入用原水)	—	—	—	—	—	—	7.1	—

1960年8月採水 分析:比留川貴



第7図 圧入井試験における圧力の上昇と地下圧入水量の関係



第8図 東邦レーヨン K.K. 槽内圧入結果によって既設井の地下水にみられた Cl⁻ 含有量の変化

12月6日から圧入を再開して以来、積算流量計によつて計測された圧入水量の累計はおよそ 60,000 m³ に達し、一応3月末日をもつて徳島における昭和35年度の圧入井試験を終了した。なお、この圧入井試験はさらに昭和36年度に強化継続される予定となつている。

4. Cl⁻ の変化にみられる圧入効果

圧入井試験を継続するかわら、東邦レーヨン K.K. 工場内の隣接井における Cl⁻ の変化を観測し、圧入井による圧入効果を監視したのであるが、揚水井のうちで圧入試験井からもつとも近接する3号井、2号井および5号井につき工場側が実施した Cl⁻ の分析結果につき検討してみると、およそつぎのような点を指摘することができる。

すなわち、圧入試験の結果いままでも Cl⁻ のもつとも大きかつた3号井には、圧入の影響と考えられるような水

工場用水の水質分析結果

SO ₄ ²⁻ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	Fe ²⁺ (ppm)	Fe ³⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Total Hardness (°dH)	Total SiO ₂ (ppm)	KMnO ₄ cons. (ppm)	P (ppm)
17.0	0.1	1.5	26.3	0.00	tr.	7.9	4.1	2.05	10.1	3.1	0.07
78.1	0.1	7.0	157	tr.	0.04	28.1	17.6	7.98	18.4	2.5	0.07
48.9	0.2	4.2	85.4	0.00	0.09	13.3	8.1	3.72	11.1	5.9	0.07
26.2	0.1	2.9	32.2	0.01	0.03	12.9	6.1	3.21	9.2	1.9	0.16
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

質変化はほとんど認められない。しかし2号井および5号井などにおける Cl⁻ 変化を比較してみると、12月に較べて1～2月における方が明らかに減少している。すなわち11月から12月にかけての2号井と5号井はそれぞれ80～130 ppm となつているが、圧入を継続中の1月から2月になると2号井では48～58 ppm、5号井および6号井ではそれぞれ63～70 ppm 程度に減少をみせている。こうした非常に落つた横ばい傾向が認められるのは明らかに地下還流の圧入結果による影響であると考へてよさそうである。圧入井と3号井との距離間隔は約100 m、また2号井とは140 m ぐらいとなつている。このうち圧入井にもつとも近接する3号井には Cl⁻ の変化があまり認められなかつたのに対し距離的にいつてむしろ圧入井から遠くにある2号井の方に圧入の影響が表われてきたことは非常に興味ある点といえる。いずれにして圧入井試験の結果、隣接する揚水井から、Cl⁻ 変化がわずかではあるが一応認められだしてきたということは、今後におけるこの試験に希望をもたせるのである。

5. 圧入井試験についての所見

この試験に使用された圧入井の静水位は約2.50～3.00 m であり、地下水の圧力面は非常に高い。このように

圧度の高い地下水の場合には、加圧注入を行なうことが必要になるわけであるが、同時に地上への漏水という現象が予想されるので、側噴きが生じないようにグラウティングによつて圧入井に仕あげることが必要となる。つまり圧入によりある一定の圧力限界までもちこたえられるだけの井戸仕上げの施工がぜひ必要となるわけである。今回のように割合に地下浅いところの地質が軟弱である場合には、セメンティングによる補強工事がとくに慎重に吟味されなければならない。今後圧入のための井戸仕上げにあつては、こうした技術的な問題点について、よく検討されることが必要と考へる。

昭和36年度、圧入井の西方10 m のところに観測井を設け、透水量係数、貯溜係数を測定し、注入可能水量算出を中心とするやや基礎的な研究を行ない、これらの結果と夏季における圧入試験結果を併せてかん案したうへ、さらに圧入井を追加掘さくするなどの強化策をとりながら、試験を継続する予定でいる。

以上の報告を行なうにあたり種々熱心に御協力頂いてゐる東邦レーヨンK. K. 本社ならびに徳島工場の関係者の方々に厚く御礼申し述べておきたい。

(昭和35年6月～36年3月調査)