

秦野盆地における深井戸による人工涵養実験(I)

長瀬和雄, 荻野喜作, 横山尚秀, 小沢 清

神奈川県温泉研究所*

Artificial Recharge by a Deep Well in Hadano Basin (1)

by

Kazuo NAGASE, Kisaku OGINO, Takahide YOKOYAMA and Kiyoshi OZAWA

Hot Spring Research Institute of Kanagawa Prefecture

Hakone, Kanagawa

(Abstract)

The Hadano basin is composed of thick pile of the Quaternary alluvial fan deposits, containing volcanic materials mostly derived from Hakone volcano and covered with Fuji volcanic ash. We made an experiment of artificial recharging of water through a newly opened deep well.

Here describes the variation of the transmission coefficient in the experiment of recharging. In this experiment, 20,000 tons of water recharged into the aquifer by the well of 85 meter deep. By the first recharging of 10,000 tons water (480 l/min. for 15 days), the transmission coefficient of the aquifer was decreased from 5.6×10^{-3} (before the run) to 4.9×10^{-3} (after the run) m^2/sec . After the second recharging of 10,000 tons (630 l/min. for 11 days), the value increased from 4.9×10^{-3} to $5.2 \times 10^{-3} m^2/sec$.

まえがき

秦野盆地は近年首都圏の通勤圏内に入って、急激に宅地造成が進み人口が増加している。また多くの工場が盆地内に建設されている。そのため盆地内の水の需要は急激に増加している。秦野市の上水道の80%は盆地内に掘さくされた深井戸から揚水されており、その他に多くの工場で深井戸を掘って地下水を工業用水として利用している。秦野盆地内の地下水の利用量は上水道用水、工業用水あわせて日量30,000 t に達している。地下水を湛えた、水瓶としての秦野盆地において、地下水の利用量の増加の一方、工場や住宅の建設、下水道や降水排水設備の整備、道路の舗装化などにより、雨水など

*神奈川県箱根町湯本997 ☎250-03
神奈川県温泉研究所報告 第5巻, 第3号, 111—119, 1974

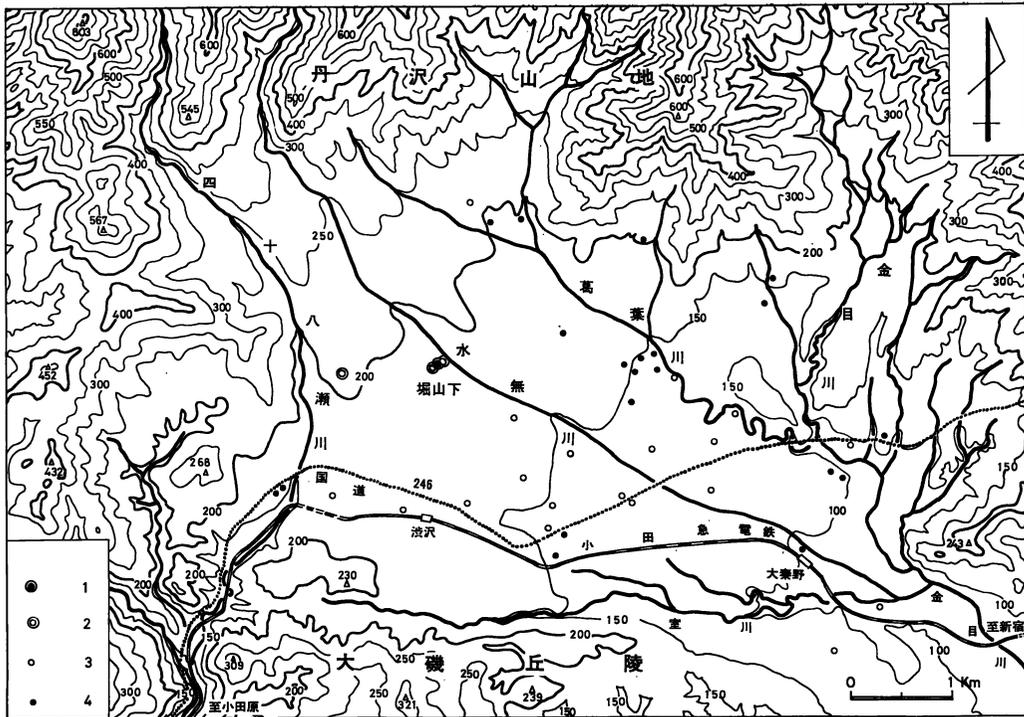


図1 秦野盆地の地形図 1 注水井 2 観測井 3 秦野市水源井 4 工場等水源井

地表水の涵養量が減少している。

地表水を用いて人工的に地下水の涵養を行なうためには溜池や堀を作ってそこに水を流し込み浸透を待つ方法もあるが、帯水層の深度まで井戸を掘さくし、それに注水することは最も直接的な涵養方法である。盆地内に水収支を考慮にいれて多数の井戸を掘さくし、地表水に余裕のあるときには注水し、またそれ等の井戸に水中ポンプなどの揚水施設を設備しておけば必要に応じて揚水も可能であり秦野盆地の地下水を安定した状態で効率良く利用できる。昭和48年8月、深井戸による人工涵養の実験装置が完成し、2回の連続注水実験をおこない20,000tの注水を行なったので、ここにその結果を報告する。

秦野盆地は箱根火山や富士火山の火砕降下物や丹沢山地から搬出された多量の砂礫によって、埋積されていてその堆積物は非常に厚く、盆地の各所で掘さくされた100mに達する井戸においても基盤の丹沢層群には達していない。水無川、四十八瀬川が作る複合扇状地の扇頂部の堀山下や堀西においてすら100mのボーリングの結果でも基盤岩類には到達しなかった。基盤岩類の深度は電気探査の結果から盆地の中央部で約150mと推定される。

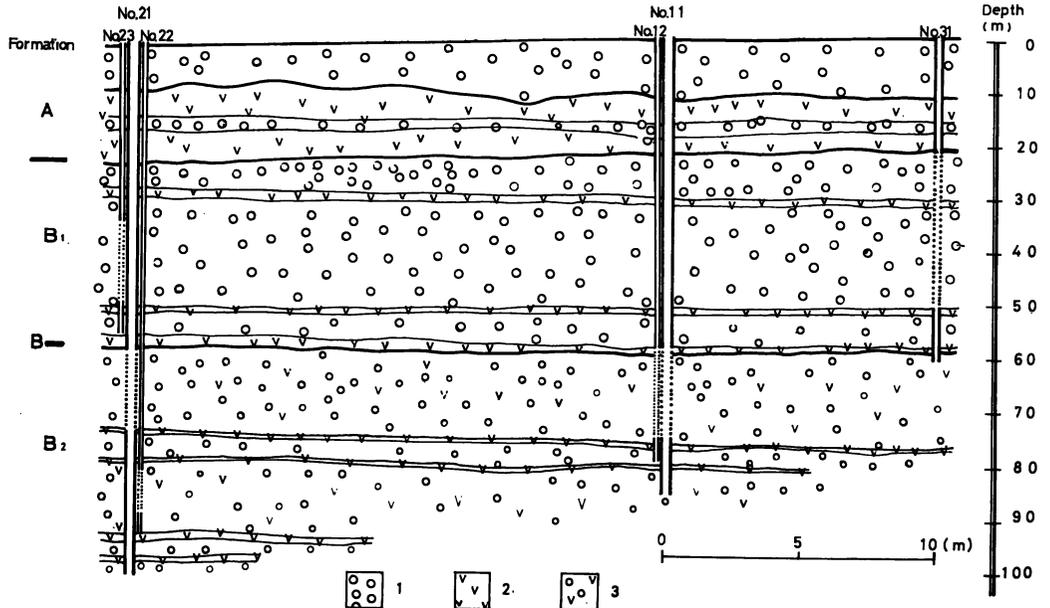


図 2 実験場の地質断面 1 ロームまじり砂礫 2 ローム 3 砂礫を含むローム

地下水人工涵養実験装置

人工涵養実験装置は水無川，四十八瀬川が作る複合扇状地の扇頂部の堀山下に設置した。設置場所は水無川の沖積氾濫原で現在の水無川の流路とは約50m隔たっていて，その間に高さ約2mの人工堤防があるが実験装置と河床面との高低差はほとんどない。この付近は盆地における地下水の涵養域にあたり，渇水期には水無川も枯渇する。

地下水実験装置は，深度85m，口径300mmの注水井（No. 11）が中央にある。水無川の流路と直交する方向で水無川と反対側へ注水井より20mの位置に深度100mの観測井（No. 21）があり，注水井から水無川より10mの位置に深度60mの観測井（No. 31）がある。No. 11，およびNo. 21にはその本管

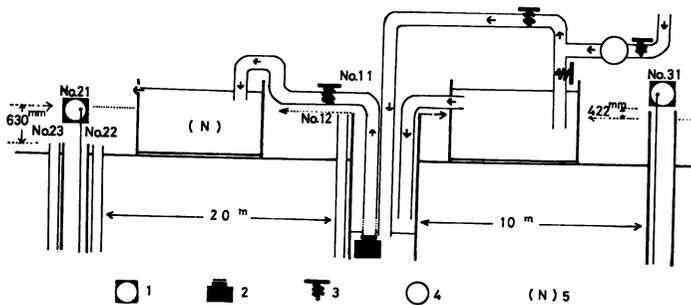


図 3 地下水人工涵養実験装置

1 水位計 2 水中ポンプ 3 バルブ 4 積算量水計 5 三角堰

の外側に本管とは異なった位置にストレーナーを付した径3cmの鉄管を挿入してあるが，それに関しては後に記す。実験装置の地下の地質断面図を図2に示す。ここに分布する地層を便宜上，地表から深度22mまでをA層，それ以深をB層とし，B層を更に区分して，深度22~57mをB1層，それ以深をB2層とする。A層は主に富士火

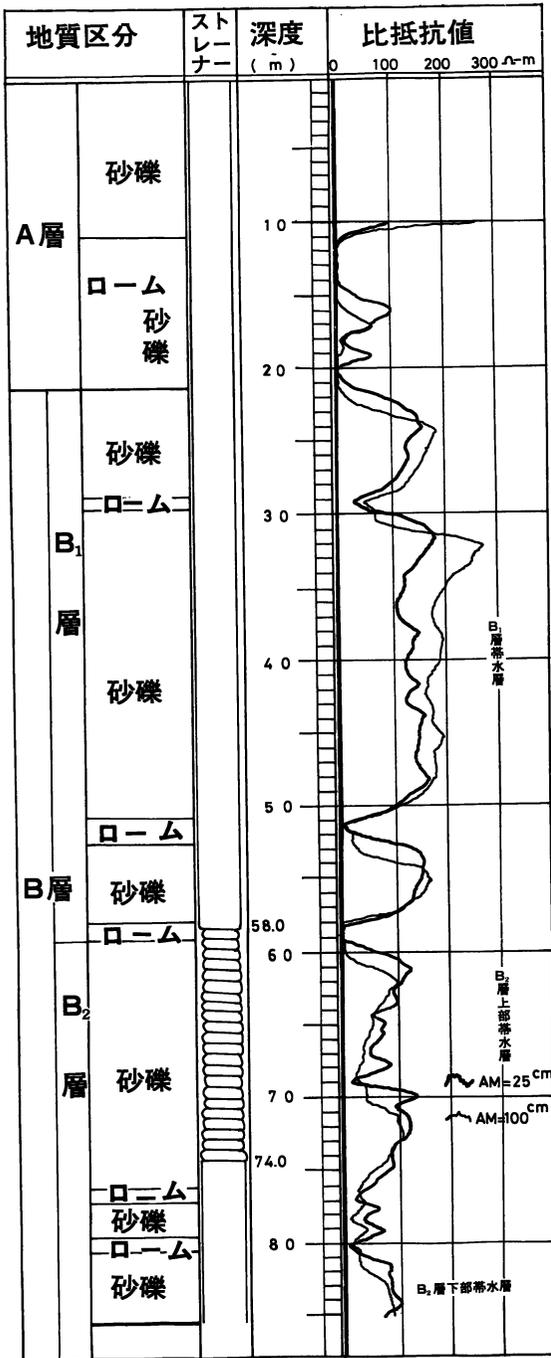


図4 注水井の構造

山が活動した時期のテフラおよびその二次的堆積物と丹沢山地から搬出された砂礫でできている。地表から深度10mまでは水無川の沖積層で、径30~40cmときに100cmを越える巨礫の間をロームが充填している。深度10~22mは赤褐色のローム層で主に富士火山起源のテフラである。深度15m付近に厚さ2~3mの礫層が狭在されている。B層は主に箱根火山が活動していた時期の堆積物である。B₁層(深度22~57m)の大部分は透水性の良い礫層でしめられている。礫の大きさは径20~30cmのものが多いが、100cmを越える巨礫も含まれている。深度30m付近には浮石片を含んだ厚さ1.5mの褐色ローム層があり、これは箱根火山起源のテフラである。観測井No. 31は、昭和35年に掘さくされたかつての秦野市水道局の水源井で、ストレーナーは深度21~49mに設置され、このB₁層の礫層から取水していた。この帯水層の水位は変動が大きく渇水年には水位が異常に低下し揚水が不能となったので昭和42年以降は使用されず、現在は観測井として使用している。かつて揚水時には0.8mの水位降下で約370 l/minの揚水がおこなわれており、これからB₁層帯水層の透水係数は $4.4 \times 10^{-2} \text{ cm/sce}$ と概算される。観測井No. 23もこの帯水層にストレーナーを設置してある。この帯水層の自然水位はほぼ35m(昭和48年12月)である。深度50mと57m付近には厚さ約1mのローム層が狭在され、これが不透水層となってB₂層帯水層は被圧帯水層となっている。B₂層の礫層はA層やB₁層に較べ、ロームの含有率が高く透水性は悪い。B₂層には深度76mおよび80m付近

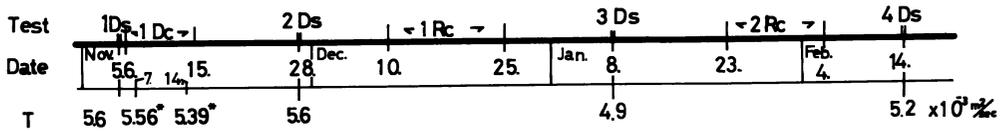


図 5 実験の実施状況と透水量係数の変化

1Dc：連続揚水試験，1Rc：第1回連続注水実験，2Rc：第2回連続注水実験，1Ds：第1回段階揚水試験，2Ds：第2回段階揚水試験，3Ds：第3回段階揚水試験，4Ds：第4回段階揚水試験

に厚さ 1 m ほどのローム層が挟まれていて上部と下部に分けられる。B₂層上部の礫層は深度59~76mに分布し、この帯水層に注水井No. 11, 観測井No. 12, No. 21 がストレーナーを設けている。この帯水層の自然水位はほぼ45m (昭和48年12月) である。透水係数は $3.4 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ である。B₂層の下部の礫層は深度80~92mに分布し、膠結作用が進んでいる。電気検層の結果から透水係数を推定するとB₂層上部帯水層より2割ほど小さい値が得られる (荻野他 1971)。B₂層下部帯水層には観測井No. 22がストレーナーを設けている。自然水位はB₂層上部帯水層より40cmほど浅い。

注水実験に使用した水は秦野市水道局堀山下浄水場から送水された水道水で、その水は丹沢山地の山間部を流れる水無川の上流で取水されたものである。注入装置は最大注入量 900 l/minまで注入が

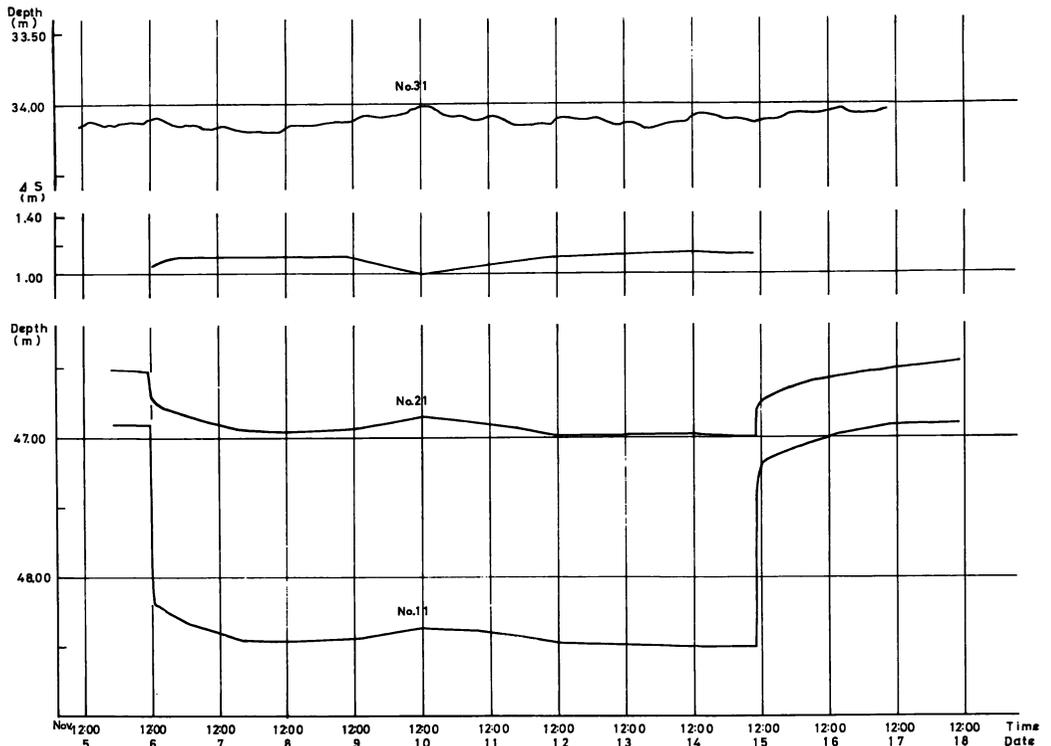


図 6 連続揚水試験

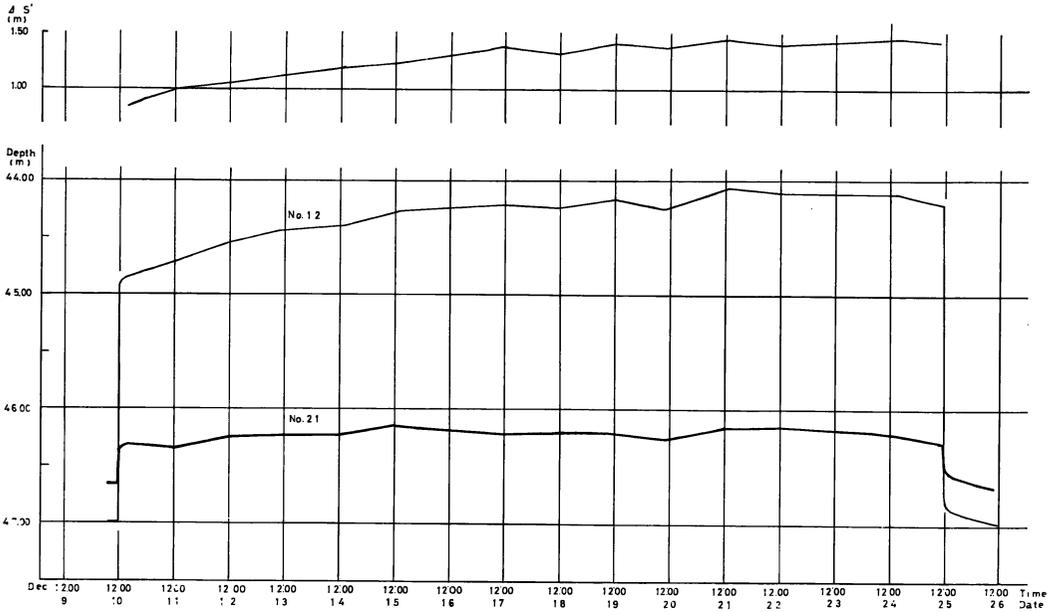


図7 第1回連続注水実験

可能である。注水井には深度66mに水中ポンプ（7.5kW）を取付けてあり、最大480ℓ/minの揚水が可能である。

揚水実験および注水実験

この報告書で取り扱った実験の実施状況を図5に示す。連続揚水試験（1Dc）や、2回の連続注水実験（1Rc, 2Rc）の前後には合計4回の段階揚水試験（1Ds, 2Ds, 3Ds, 4Ds）をおこなって、連続揚水試験や、連続注水実験により帯水層の透水性がどのように変化するかを検討した。この一連の実験における透水量係数の変化の状況を図5に示す。透水量係数を算出するにあたっては、揚水あるいは注水を行なったB₂層上部帯水層を、上位のB₁層帯水層および下位のB₂層下部帯水層から不透水層によって区分された独立した1枚の被圧帯水層であると仮定し、チームの平衡式を用いた。

$$T = \frac{0.366Q}{4S} \log \frac{r_2}{r_1}$$

において観測井までの距離 r₁, r₂は一定である。揚水量Qを一定にすれば、透水量係数Tは2本の観

表1 地下水・注入水

試料	採水日	水温 (°C)	pH	蒸発残留物 (ppm)	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
注水井	1973.11.5	16.3	7.38	114.	0.53	4.29	20.0	6.12
注入水	1973.12.4	11.0	7.48	60.5	0.23	2.57	11.3	2.79

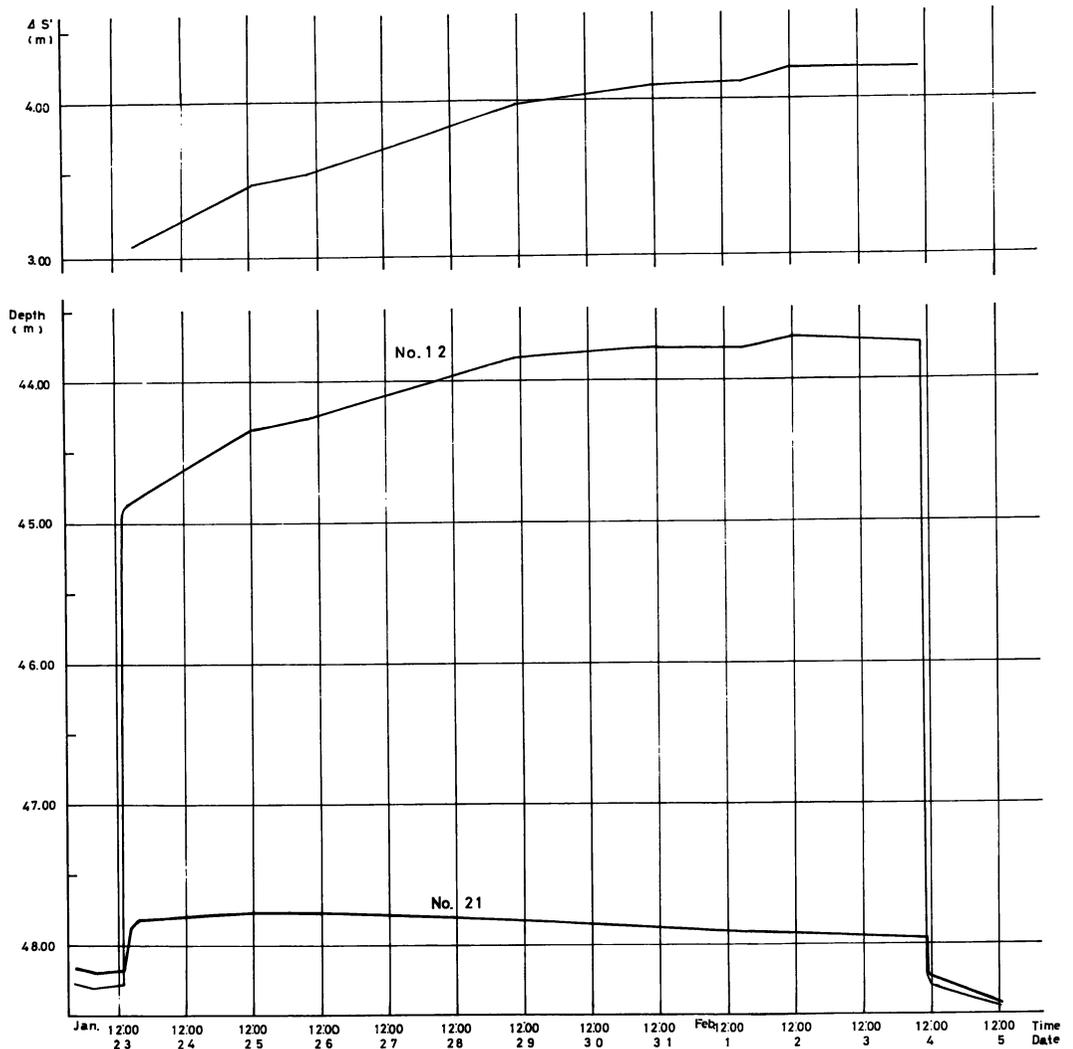


図 8 第 2 回連続注水実験

測井の揚水による水位低下の差 ΔS によって決定される。連続揚水試験 (1Dc) において、 ΔS は図 6 に示されるように変化する。11月10日付近で ΔS が急に小さくなるが、これは 9 日15時から10日12時ごろまで降った雨量の影響である。図 5 において連続揚水試験中の透水量係数 T は試験前の T より減

化 学 成 分 (分析値の単位は ppm)

(分析者 平野富雄)

Fe	Mn ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ SiO ₃	CO ₂	総 計
0.	0.	4.63	12.3	72.5	n.d.	25.2	3.78	149.4
0.	0.	2.52	6.29	43.5		16.0	1.68	86.9

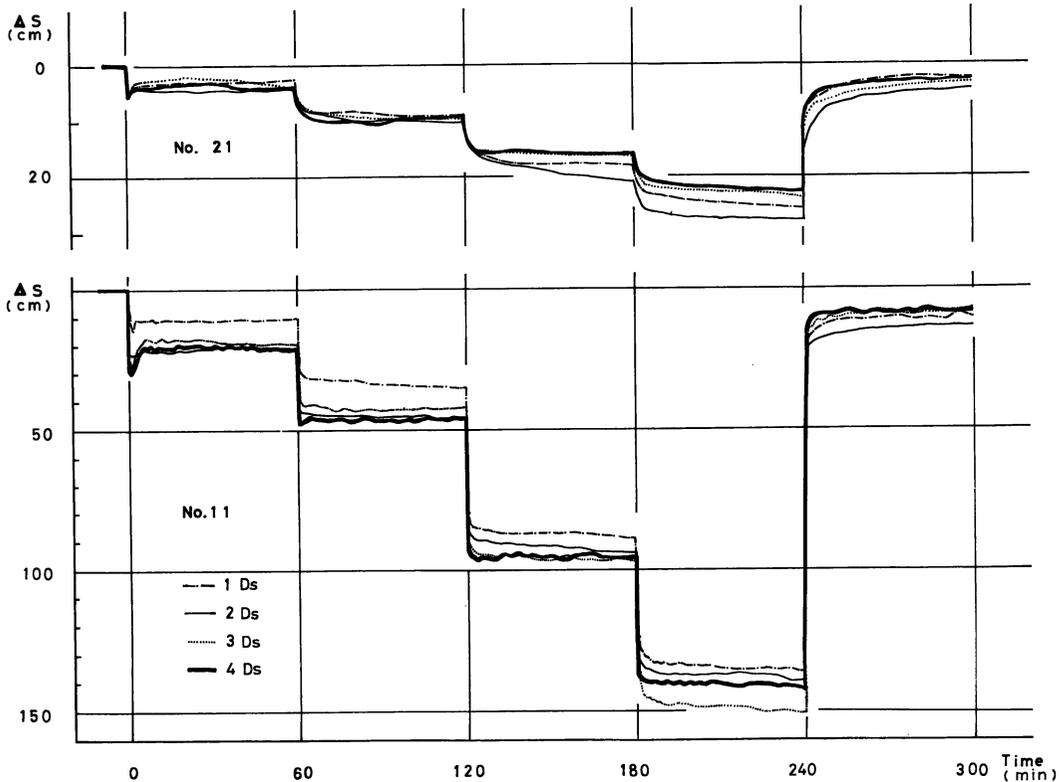


図9 段階揚水試験

少している。しかし連続揚水試験後充分水位の回復を待った後ではTはもとの値にもどっている。

次に第1回の注水実験(1 Rc)は、注水量 $480 \ell/\text{min}$ で15日間注入し、約 $10,000 \text{ t}$ の注水をおこなった。図7に注水時の観測井の水位の変化を示した。この注水実験の後の帯水層の透水量係数Tの値は実験前の値に較べ $5.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ から $4.9 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ に減少した。第2回注水実験(2 Rc)は前回より単位時間の注水量を増加させ、 $630 \ell/\text{min}$ で11日間注入し $10,000 \text{ t}$ の注水をおこなった。この時の水位変動を図8に示す。第2回連続注水実験の結果、透水量係数は $4.9 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ から $5.2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ に増加した。

注入水、およびB₂層上部帯水層の水の化学成分を表1に示す。

今後の問題

今回の一連の実験ではB₂層上部帯水層を1枚の独立した被圧帯水層と仮定し、この帯水層に地表水を注入した時に帯水層の目づまり等により透水性がどのように減少するかを検討することを実験の目的としていた。しかし単位時間あたりの注入量が少なかった第1回の注水実験では、その前後の透水量係数Tが $5.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ から $4.9 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ に減少したが、前回より単位時間あたりの注入量を多くした第2回の注水実験ではその値は、 $4.9 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ から $5.2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ に増加している。

今後は、モデルを現実に近い被圧帯水層自身が地下水の涵養を受けて膨脹し、あるいは地下水の排出により収縮することを考慮に入れ、更にこの帯水層から周辺の帯水層への浸透、あるいは周辺の帯水層からの漏水や、しぼり出しによる流入などを考えることがのぞましい。

謝 辞

栗原藤次秦野市長は地下水涵養実験のために市有地を使用することを許可された。熊沢武雄秦野市水道局長は注水実験に使用する多量の水道水を提供して下さった。山田健造水道局工務課長はじめ水道局職員の方々、注水実験実施にいろいろと便宜をはかって下さった。柴崎達雄博士、農林省農業土木試験場木村重彦氏、国際航業株式会社田中正利氏には神奈川県平塚市で昭和48年におこなわれた注水実験の未発表の貴重な資料を見せていただいた。大木靖衛温泉研究所長にはこの報告をまとめるにあたり多くのご助言をいただき、平野富雄主任研究員には注入水や地下水の化学分析をおこなっていただいた。守矢正則氏には野外および室内で、いろいろご協力をいただいた。杉山喆美氏には資料の整理にご助力をいただいた。また、牧野弘美管理課長、井上喜弘主任主事には繁雑な事務手続きに携わっていただいた。ここに関係者の方々に厚く感謝の意を表する。

参考文献

佐賀県農林部 (1967), 白石平野の地下水と地下水注入実験.

小西泰次郎 (1968), 冷却排水の地下への還元再使用, 工業用水, 第118号, 90—97.

荻野喜作, 大木靖衛, 小鷹滋郎, 小沢清, 広田茂 (1971), 秦野盆地の地層係数と透水係数, 神奈川温研報告, Vol. 2, No. 2, 71—82.

長瀬和雄, 大木靖衛, 荻野喜作 (1973), 秦野盆地における観測井のさく井資料, 神奈川温研報告, Vol. 4, No. 3, 145—152.

Marvin J. DVORA, and Sam H. PETERSON (1971), Artificial recharge in water resources management, Jour. Irrigation and Drainage Division, 219—232.