

## 秦野盆地における地下水の人工涵養 (I)

長瀬和雄\*, 宮永昭二\*\*, 横山尚秀\*, 大木靖衛\*  
 荻野喜作\*, 遠藤栄一\*\*, 和田泰造\*\*, 加藤 武\*\*

神奈川県温泉研究所

Artificial Recharge of Groundwater in the Hadano Basin (I)

by

Kazuo NAGASE, Syōji MIYANAGA, Takahide YOKOYAMA, Yasue ŌKI,  
 Kisaku OGINO, Eiichi ENDO, Taizo WADA and Takeshi KATO

Hot Spring Research Institute of Kanagawa Prefecture  
 Hakone, Kanagawa

(Abstract)

The Hadano basin is filled with thick pile of the alluvial fan deposits composed of volcanic materials mostly came from the Hakone volcano and covered with Fuji Volcanic ashes. These deposits are 200 m thick. The basement of the basin and mountains around the basin are composed of Tertiary rocks, so called "Green Tuff" formation.

These deposits are good aquifers from which 40,000 tons/day of groundwater is pumping up. The amount of discharging is greater than the natural recharging, resulted with lowering of groundwater table year by year.

To prevent lowering of the water table, we have attempted water recharging by two wells of 85 m deep and paddy field  $2.2 \cdot 10^4 \text{ m}^2$  space. The water recharged amounts to about 500,000 tons of surface water.

\*神奈川県温泉研究所 神奈川県箱根町湯本997 〒250-03  
 \*\*秦野市水道局 神奈川県秦野市桜町1-3-2 〒257  
 神奈川県温泉研究所報告 第7巻, 第3号, 135—144, 1976

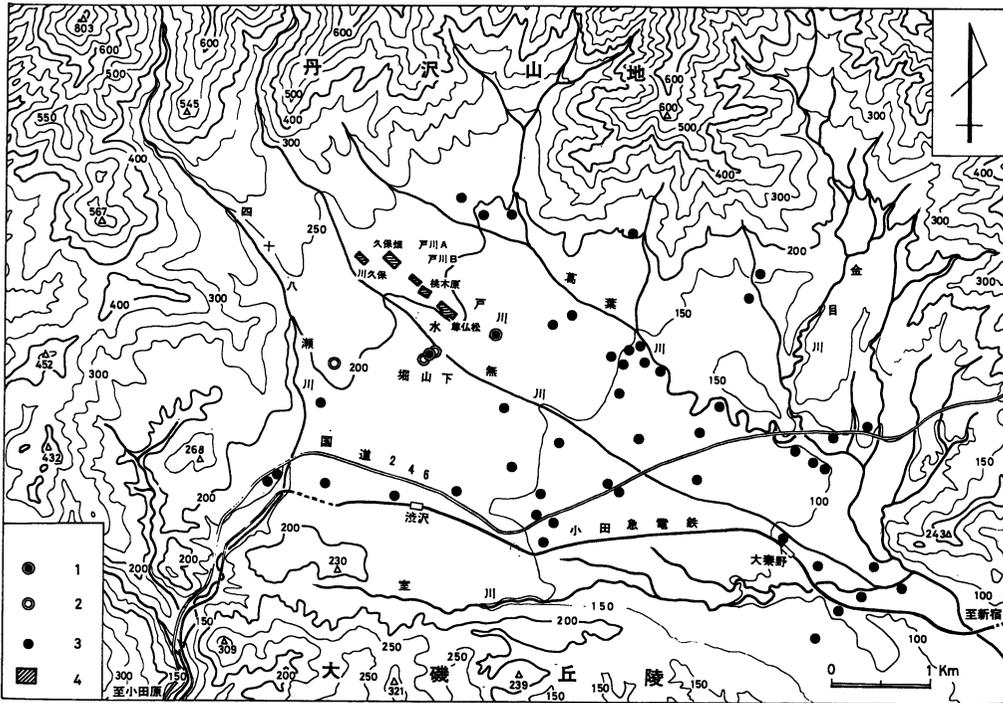


図1 秦野盆地の地形図

1：注水井，2：深井戸観測井，3：水源井，4：地下水涵養に利用した水田，  
戸川A・戸川B：図5の井戸K<sub>1</sub>・K<sub>2</sub>の位置，戸川C：秦野市水道1号注水井（戸川C・図5のK<sub>3</sub>）

## まえがき

秦野盆地は西・北・東の三方を新第三系丹沢層群の構成する山々とその尾根に囲まれ，南方には第四紀末に隆起した大磯丘陵が広がっている。盆地内では新第三系の基盤岩類の上に約200mの厚さの第四系（丹沢山地から流出した砂礫と箱根火山・富士火山のテフラ）が分布しており，これが良好な容水地盤となっている。

神奈川県温泉研究所では昭和45年より秦野盆地において地下水調査・地下水の人工涵養実験をおこなってきた。これから秦野水盆における地下水の人工涵養と貯留が可能であるという結論を得た。この結果にもとずき秦野市当局は昭和50年度より地下水の人工涵養を実施している。

また，温泉研究所では秦野市当局の依頼に応じ，地下水の人工涵養の効果に関する調査研究をおこなっている。

今回は現在秦野盆地でおこなっている地下水の人工涵養の状況を報告する。

## 地下水の人工涵養

地下水の人工涵養には地下水量の増加・地盤沈下防止・海水の侵入防止・地下水の水質改良・地下

水温の調整などさまざまな目的があり、その目的に応じていろいろな涵養の方法が用いられている。涵養の方法には井戸涵養法・水路法・溜池法・溝渠法・洪水法・坑井法などが知られている。

欧米においてはその水事情により地下水の人工涵養は古くから検討され実施されている。日本においても冬期に水を張った溜池は水持が良いと言われ経験的事実に基き実施されてきた。これは溜池の周辺の帯水層に貯留し、これを利用したものである。科学的知識に立脚した近代的なものとしては可知貫一の那須野ヶ原扇状地の農地開発に伴う地下水涵養計画（1929）があったがこれは実現しなかった。戦後飛躍的な工業の発展にともなう水需要の増大および天然ガス・石油の採取などにより、地下水の涸渇・地盤沈下・地下水の塩水化が社会問題となり、日本においても地下水の人工涵養が叫ばれ各地で実施された。その多くは廃井を利用したり、工場廃水を利用したりした局地的なものであったが、なかには地下水盆という広い視野に立って地下水の涵養が計画されたこともあった。しかし、それらは注水井の目づまりなどによって計画なかばにして挫折してしまった。

このような状況のなかで秦野盆地における地下水の人工涵養の実施は秦野水盆の有効利用つまり水盆の人工管理を目的として実施している。

さて、秦野盆地には年間1,902mm（昭和50年、堀山下）の降雨がある。また盆地内には四十八瀬川、葛葉川、金目川、水無川などが流れており、この雨水と河川水が自然涵養の源である。

他方、秦野市水道局の水源は現在63%を地下水に依存しており、その揚水量は約30,000トン/日に達している。工業用水として現在約13,000トン/日が揚水されているから、合計43,000トンの地下水が秦野水盆から一日に揚水されている。温泉研究所がこれまでにを行った水収支シミュレーションなどの結果から約10,000トン/日ほど揚水量が自然涵養量を超過しているという結果を得ている。このため地下水の人工涵養は当面、10,000トン/日の涵養を目標としている。

しかし、もう少し厳密に検討すると秦野水盆への自然涵養量はその年の降水量の多少によって変動するし、毎年すすんでいる宅地開発・道路の舗装化および下水道・排水施設の増設など地域開発の進展によって減少してゆく。また、工業用水として使用されている地下水の揚水量もその年の経済の状況により変動するし、上水道として利用されている地下水も人口の増加により使用量の増加することが余義なくされる。このためたとえ水源井が新らしく掘さくされなくとも、井戸の揚水時間の増大により揚水量は大きく増加する。自然涵養量の変化や揚水量の変北は秦野水盆の水位変化を検討するときにはかなり大きな意味を持っているので今後検討を加える必要がある。

秦野盆地における地下水の人工涵養は井戸涵養法と洪水法を採用している。

井戸による涵養のために水無川の上流の堀山下と戸川にそれぞれ一本ずつの涵養井がある。それぞれ1,000トン/日の地下水涵養能力を持っている。

次に洪水法による地下水涵養は主に戸川地域で休耕田に水を張って、ここからの涵養を計っているものである。農閑期の水田を借りてここに農業用水を導水し、地表からの地下水涵養をおこなっている。ここからは2,500トン/日の地下水涵養が可能である。

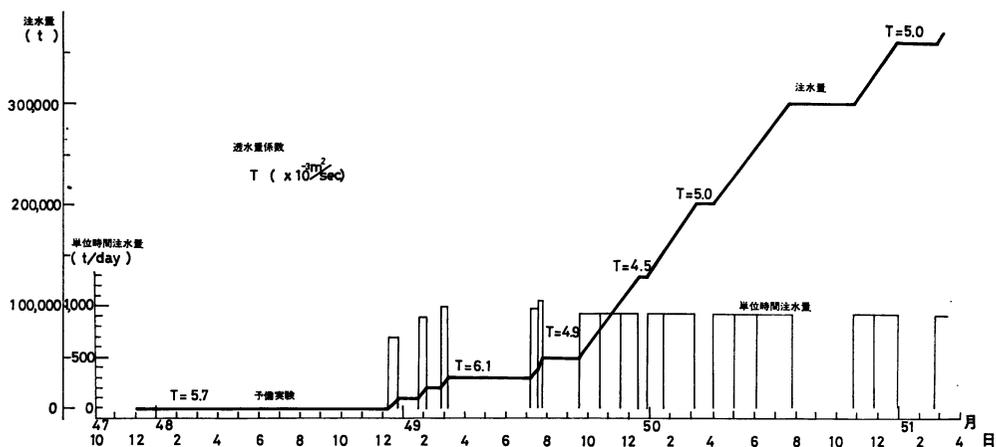


図2 堀山下実験井注入状況  
T：透水量係数

このように現在、秦野盆地においては4,500トン/日の地下水の人工涵養が可能な体制にある。しかし昭和50年12月～51年1月にかけては雨量不足などもあって十分な地表水が得られず、後で述べるような涵養実績しか得られていない。

## 井戸による人工涵養

### (1) 堀山下実験井

地下水涵養のためにこの井戸に注入する水は水無川の河川水を堀山下浄水場で浄化した水道水である。水道水に余剰が生じた時期にのみ注水を行っている。図2は注入の状況である。昭和51年2月までの注入総量は360,000トンである。

注入井の目づまりの問題についてはいろいろ議論されているが、この井戸には空気泡によると思われる一時的目づまり（温研報告 Vol. 6, No. 3）は生じても、後で詳細に述べるように永久的な目づまりはまだほとんど起きていない。その原因は注入水の良い水質（温研報告 Vol. 5, No. 3）にあると推定している。

さて、注入量の増大にともなう透水量係数の変化を吟味してみると、注水前は  $5.7 \times 10^{-3} m^2/sec$ 、30,000トン注水後は  $6.1 \times 10^{-3} m^2/sec$ 、50,000トン注水後は  $4.9 \times 10^{-3} m^2/sec$ 、200,000トン注水後は  $5.0 \times 10^{-3} m^2/sec$ 、360,000トン注水後の現在は  $5.0 \times 10^{-3} m^2/sec$  である。透水量係数は必しも注入総量の増大とともに減少していない。

しかし、縦軸に揚水試験実施時の水位、横軸に透水量係数をとってこれを図示すると（図3）水位が浅い時ほど透水量係数は小さな値を示す関係が明らかになる。揚水試験を行う数日前に充分揚水し帯

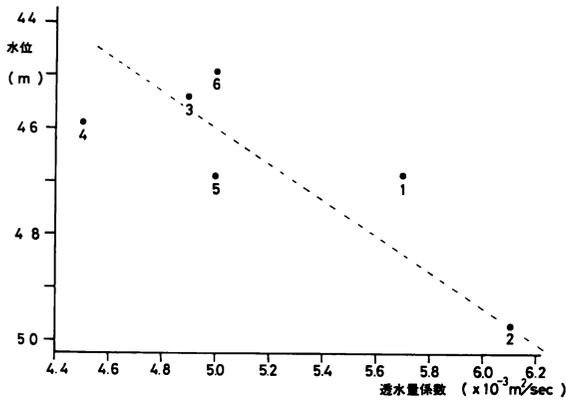


図3 透水量係数の変化

1: 48年11月, 2: 49年4月, 3: 49年8月  
4: 49年12月, 5: 50年3月, 6: 51年2月

ることが堀山下実験井の揚水試験時に経験されている。 $4S$ の値が低気圧通過時に100 cmとなりその前後の値114 cmに比べ減少したのである(これをもとにして透水量係数を計算すると低気圧通過時の透水量係数はその前後に比べ12%増加した)。図3において注水量の増大にともなう透水量係数の減少は気圧の変化などによる値の変動と明白に区別できる大きさでない。つまり他の種々の原因によって起る透水量係数の変化から目づまりによる透水量係数の減少を区別できるほど著しい目づまりは現時点では起っていないといえる。

## (2) 秦野市水道1号注水井

この井戸は水無川の左岸で河岸から東方に400m、河床より15mの高さに掘さくされている。ここは古扇状地砂礫層(洪積世後期)とこれを厚く覆う富士火山のテフラで構成された丘陵である。

図4は注水井掘さく時の地質資料、電気検層資料である。この地質の状況は西南西約700m水無川の沖積汎濫原にある堀山下実験井の地質状況とは著しく異なっている。ここでは堀山下に見られた $B_1$ 層(温研報告Vol. 5, No. 3)に相当する厚い砂礫層が欠けている。しかし、スクリーンを付設した40~75m付近の砂礫層は堀山下の $B_2$ 層に相当し、これは南方にある工場や水道局の水源井の下部の帯水層に対比される。この付近の地質に関しては別の機会に記載する。

この井戸の揚水試験の結果からヤコブの式を用いて透水量係数を計算すると $1.9 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{sec}$ の値を得る。この値は同じ方法を用いて計算した堀山下実験井の透水量係数とほぼ等しい。しかし秦野市水道1号注水井は堀山下実験井の約2倍のスクリーン(33m)を付設してあるから、ここの帯水層の透水係数は堀山下の約半分の多きさしか持たないことになる。

この井戸の掘さくは昭和50年9月に完了したが注入設備が完備したのが昭和51年2月なので注水し

水層内の空気泡を取り除き、また揚水試験は2日間に亘って連続揚水し、揚水井とそれから20m離れた観測井の水位が平衡に達した状態で平衡式を使って透水量係数を計算している。各々の揚水試験における揚水量はほぼ一定であるから透水量係数は揚水による揚水井の水位低下と観測井の水位低下の差( $4S$ )によって決定される。図から揚水試験時の水位が深いときほど透水量係数が大きい( $4S$ が小さい)、または揚水井と観測井との間の地下水面の勾配が小さい)関係のあることが分る。この理由についてはまだ資料が不十分で今後検討を加える必要がある。また、 $4S$ は低気圧の通過のとき(気圧の低下により)減少す

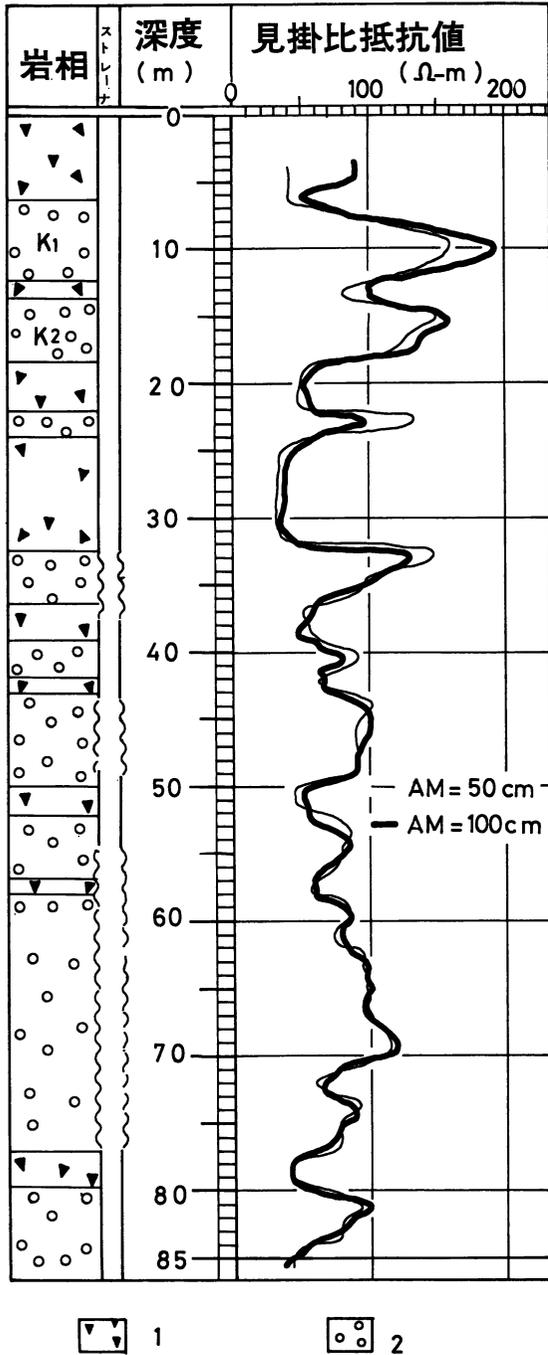


図4 秦野市水道1号注水井  
1: ローム, 2: 砂礫, K<sub>1</sub>K<sub>2</sub>: 図5の井戸の帯水層

た資料はまだとれていない。この井戸への注入水は堀山下実験井の注入水と全く同じ堀山下浄水場で浄化した余剰水道水である。

水田による涵養

秦野盆地の地下水涵養域にあたる戸川や堀山下は厚い富士火山起源のテフラによって覆われている。このテフラは粗粒のため透水係数が大きく、雨水は短時間で地下へ浸透してゆく。図5に戸川地区の降雨と浅井戸・深井戸の水位変化を示してある。戸川A (K<sub>1</sub>)は手掘りの井戸で図4の6.5~12.2mの礫層の上部、戸川B (K<sub>2</sub>)は同じく手掘りの井戸で13.8~18.2mの礫層に相当する地層まで掘られている。戸川C (K<sub>3</sub>)は秦野市水道1号注水井 (図4)である。

これらの井戸の水位変化の様子から雨水が地下水に変わってゆく様子が良く理解できる。

さてこの区域の表土は透水性が大きいため水田は少ない。しかし小区域において客土を使って水田の耕作が行なわれている。秦野盆地の地下水涵養域にある尊仏松、桃木原、川久保、久保畑の各地区にある水田 (合計面積2.2ヘクタール)へ昭和50年12月から農業用水を導水し、これらの水田を透して地下水盆の地下水涵養を行っている。

図6は戸川尊仏松における数枚の水田の水の地下への浸透の状況を減水深 (地下への浸透による一時間当りの水田の水面低下)を示している。上位の水田は下位の水田に比べ減水深は大きい。これは畦を透して側方向への流れがあるためである。この値を平均すると平均減水深5.3mm/時を得る。満水状態の水田

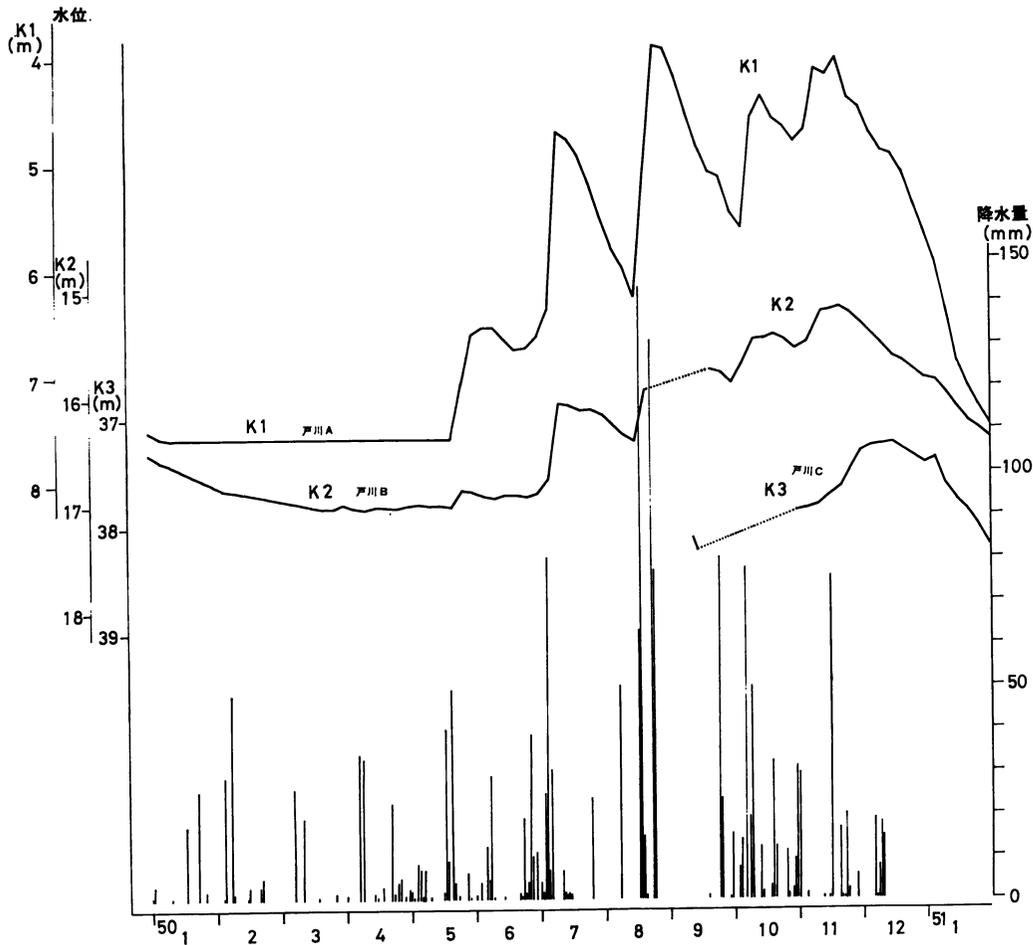


図5 雨量と水位

K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>: 図1の位置にある図4の帯水層まで達している井戸の水位  
 K<sub>3</sub>: 秦野市水道1号注水位の静水位

からは一日約12.7cmの水が地下へ浸透することになる(蒸発量は1日約3mm)。同様に桃木原, 久保畑, 川久保における平均減水深を計算するとそれぞれ5.1mm/時, 2.3mm/時, 3.5mm/時である。

水田に導水している農業用水は水無川の上流で取水したものである。尊仏松地区の水田では取入口の水量2.08トン/分, 排出口の水量1.34トン/分で差引0.74トン/分(約1,000トン/日)の水が地下に浸透したことになる。この値は減水深から計算した値とほぼ一致している。この農業用水路の水無川からの取水口付近には上水道の堀山下浄水場への取水口や水無川右岸の農業用水の取水口がある。昭和50年12月から51年1月にかけて降水量0の日が続いた。そのため水無川の水量は1月になって著しく減少した。図6の上部にこの農業用水の取水直後の水量の変化を示してある。12月25日その値は3,200トン/日である。このときの尊仏松における水田の取水口では1,000トン/日の水量があったが

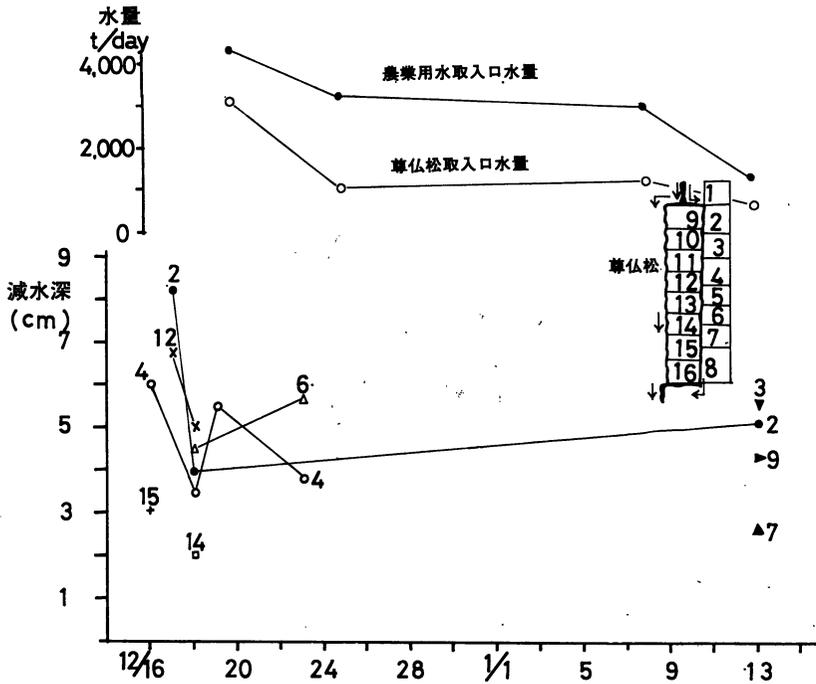


図 6 農業用水流量と水田の減水深の変化  
1~16尊仏松における各水田の位置とその減水深の変化

その排水口では80トン/日たらずであった。それ以後用水の水量は減少し、尊仏松の取水口の流量も1,000トン/日を割るようになった。そのため水田では所々土が露出するようになった。

12月16日の水田への導水開始から1月末日まで、これらの水田を透しての地下水涵養量を概算すると約6万トンとなる。

今後の問題

現在秦野盆地において、地下水の人工涵養のための深井戸が堀山下と戸川にあり合計2,000トン/日の涵養が可能であるまた。地下水涵養のため昭和50年度は戸川地区において2.2ヘクタールにわたる農閑期の水田を借用した。地表水が充分確保できれば、ここから最大2,400トン/日の地下水涵養が可能である。しかし、これらの地下水涵養システムにおいて涵養に使用する水はすべて水無川の河水により賄われている。水無川の渇水期の水量はこれらのシステムを常時十分に活用して地下水涵養を実施するには充分でない。秦野盆地には四十八瀬川、金目川など水無川とほぼ同程度の水量を保有している河川がある。これらの河水の有効利用は今後に残された大きな問題である。次に精度をもう一歩前進させて秦野水盆の沖積・洪積統からなる容水地盤を箱根火山・富士火山のテフラと旧河道の堆積物という見地に立ってその構造を明確にし、その容水地盤の地質構造に即した地下水のシミュレーションを行なう必要がある。また現在秦野盆地南部の湧水・自噴井の水についてトリチウムの測定を

行なっているが雨水と地下水の関係、そして地下水の流動の状態をさらに明白にしてゆきたいと考えている。

## 謝 辞

栗原藤次秦野市長は秦野盆地の地下水の人工涵養を積極的に実施しているが秦野盆地における地下水研究にも積極的に御援助くださっている。地下水涵養事業のなかばにして退職された熊沢武雄秦野市水道局長、転勤された山田健造工務課長、橋本輝雄計画係長は水道局在職中にこの事業の基礎を作られ、地下水の調査研究にも多大の御助力をくださった。温泉研究所の牧野弘美管理課長、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

- 藤本治義 (1928), 秦野盆地付近の地形と地質, 東京高師博物学雑誌, No. 36, 26—29.
- 佐賀県農林部 (1967), 白石平野の地下注入実験.
- 柴崎達雄, 熊井久雄 (1968), 被圧地下水盆の水収支, 地質学雑誌, 第74巻, 第3号, 165—176.
- 小西泰次郎 (1968), 冷却排水の地下への還元再使用, 工業用水, No. 118号, 90—97.
- 高橋宏光, 大木靖衛, 小鷹滋郎, 小沢清, 横山尚秀 (1970), 秦野市水源井の地質柱状図と揚水資料, 神奈川温研報告, Vol. 1, No. 12, 53—62.
- 大木靖衛, 小鷹滋郎, 小沢清, 横山尚秀, 長瀬和雄 (1971), 秦野盆地の水文地質, 神奈川温研報告, Vol. 2, No. 2, 31—55.
- 長瀬和雄, 大木靖衛, 荻野喜作, 横山尚秀, 小沢清 (1972), 秦野盆地の地質, 神奈川温研報告, Vol. 3, No. 2,
- 横山尚秀, 荻野喜作, 大木靖衛, 長瀬和雄, 小沢清 (1972), 秦野盆地地下水の水文学的研究, 神奈川県温研報告, Vol. 3, No. 2, 41—56.
- 平賀士郎, 小鷹滋郎, 広田茂, 大山正雄, 伊東博 (1972), 秦野盆地における弾性波探査, 神奈川温研報告, Vol. 3, No. 2, 65—72.
- 永井茂, 村下敏夫 (1972), 人土地下水における注水井戸の目づまりと井戸能力の回復, 工業用水, 第170号, 48—54.
- 柴崎達雄 (1973), 地下水資源学, 共立出版.
- 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.
- 横山尚秀, 荻野喜作, 長瀬和雄 (1973), 秦野盆地の深層地下水について, 神奈川温研報告, Vol. 4, No. 3, 129—144.
- 長瀬和雄, 荻野喜作, 横山尚秀, 小沢清 (1974), 秦野盆地における深井戸による人工涵養実験(I), 神奈川

温研報告, Vol. 5, No. 3, 111—120.

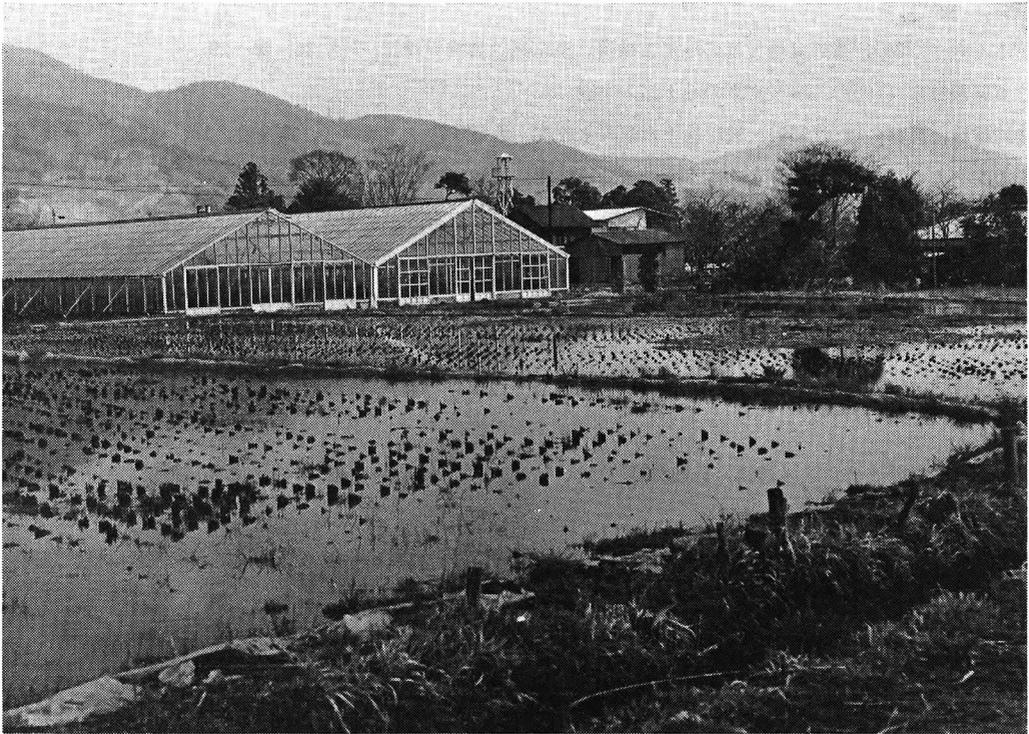
横山尚秀, 大木靖衛, 荻野喜作, 長瀬和雄 (1974), 秦野盆地地下水の水収支シミュレーション, 神奈川温研報告, Vol. 5, No. 3, 121—132.

綾部弘, 横山尚秀 (1974), 秦野市曾屋水源の湧水記録, 神奈川温研報告, Vol. 5, No. 3, 133—140.

ヨーノス・M・T. (1974), 人工かん養井戸の目づまり, 工業用水, No. 195, 34—39.

長瀬和雄, 荻野喜作, 横山尚秀 (1975), 秦野盆地における深井戸による地下水の人工涵養実験(Ⅱ)—いわゆる目づまり現象について—, 神奈川温研報告, Vol. 6, No. 3, 117—124.

長瀬和雄, 熊沢武雄 (1975), 秦野盆地における地下水の人工涵養, 工業用水, No. 205, 65—72.



戸川地区の水田からの地下水涵養風景 (昭和51年2月)