

秦野盆地の地下水の人工涵養(Ⅱ)

長瀬和雄*, 加藤 武**, 大木靖衛*

神奈川県温泉研究所

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

by

Kazuo NAGASE, Takeshi KATO and Yasue ŌKI

Hot Spring Research Institute of Kanagawa Prefecture

Hakone, Kanagawa

(Abstract)

In the Hadano basin experimental recharge of groundwater has been made by means of deep wells and paddy fields. Recharged groundwater through a deep well at the Horiyamashita station amounted to 200,000m³ in 1974, and 160,000m³ in 1975, respectively. However, remarkable increase of groundwater level due to artificial recharge can not be observed in this short term experiment.

Migration of maximum peak of water level has been observed from the up-stream to the mid-stream of Mizunashi river associated with large flux of groundwater, most of which was probably resulted by the heavy precipitation in 1974.

まえがき

秦野市の水道局は秦野盆地の地下水を有効に利用する目的で深井戸を掘さくし、地表水をここに注水したり、冬期の田圃に農業用水路から水を取り入れ、地下へ浸透させるなどして地下水の人工涵養を行なっている。これに先だって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の調査、地下水の人工涵養実験等を行なってきた。現在、秦野市当局の依頼に応じ温泉研究所では地下水の人工涵養の効果に関する調査研究を行なっている。この種の調査研究には長期間の観測を必要とする。ここでは今まで得られた資料をもとにし、秦野盆地における地下水の涵養の機構を明らかにすることを試み、その中で堀山下注水井からこれまでに注水した約40万m³の地下水がどのような状況を呈

*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8巻, 第3号, 125—133, 1977

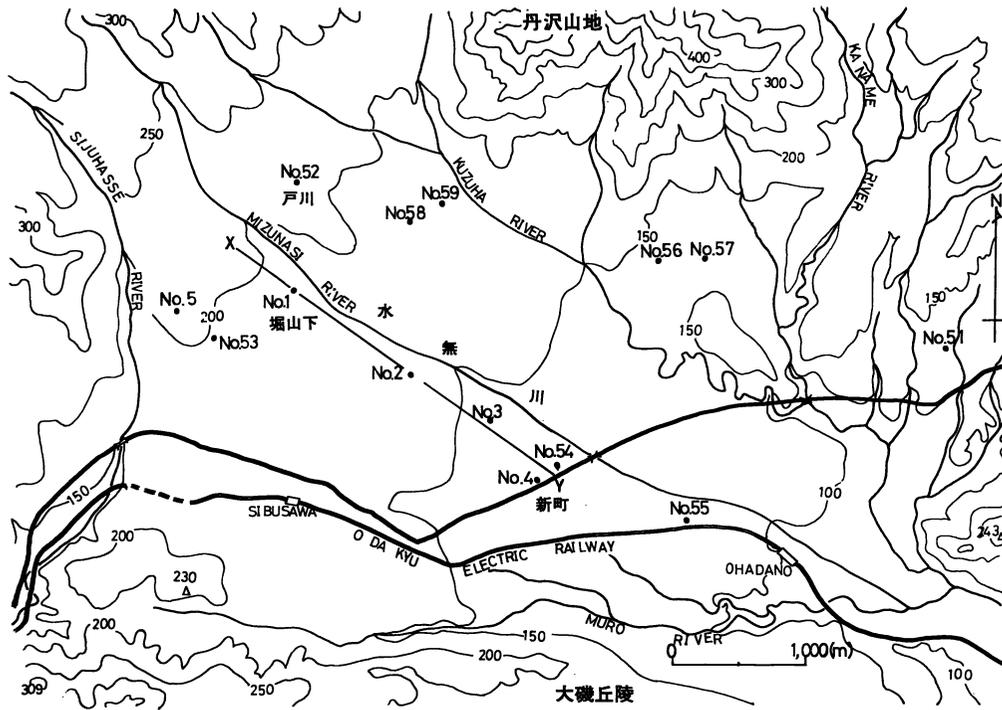


図1 秦野盆地の地形図

No.1~No.5 深井戸, No.51~No.59 浅井戸, X-Y 地質断面線

しているか、主に水無川に沿った地下水脈の流れの様子について現在までの調査結果を述べる。

地下水の自然涵養

秦野盆地の表層は厚い富士火山のテフラによっておおわれている。このテフラは粗粒で透水性が大きいため、盆地内に降る雨の大きな割合がこのテフラに浸透し、地下水となる。以前、秦野盆地では生活用水を得ようとしてこの火山灰層の中に所によっては20mもの深さの手掘りの井戸を掘った。ここではこの手掘りの井戸を浅井戸と呼ぶ。

図2は降雨とその後の浅井戸(図1のNo.51~No.59)の水位の上昇を週1回、約2カ月間測定したときの結果である。

- (1)浅い地下水面の井戸ほど降雨後、地下水面は急に上昇し、極大に達する。
- (2)深い地下水面の井戸の水位上昇は緩慢に起る。
- (3)浅井戸の雨に対応する水位上昇の様式は井戸の盆地内での地理的配置より、水面の深さに関連し、水面の深さが増加するにしたがい連続的に変化している。

図3はNo.52(図1, 2)の降雨と水位上昇の関係を時間の目盛をもっと拡大して描いたものである。水位の上昇は降雨の開始数時間後に始まり、水位のピークは降雨の2日後に現われている。

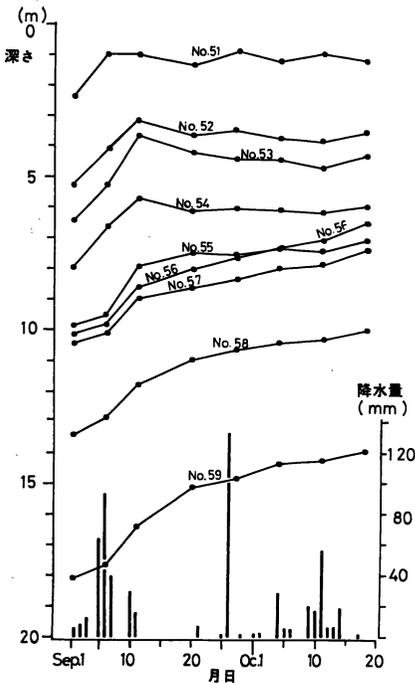


図2 降雨と浅井戸の水位変化
No.51~No.59 図1の位置の浅井戸

図4は降雨の少ない時のこの井戸の水位低下の状況を
示している。この井戸に現われた地下水は水位の高低
に関係なく、ほぼ一定の速さで低下することが分る。そ
してここから更に地下へ浸透した地下水はやがて約30m
下の盆地全域に広がっている地下水面に達する。

堀山下では従来、温研報告 (Vol.5, No.3, Vol.6,
No.3)に示したように図10B層をB₁層とB₂層などに区
分し、B₁層には観測井No.31、B₂層には注水井No.11、
観測井No.21などがストレナを設けている。降雨により
No.52の水位が上昇をはじめるとほぼ同時にNo.31 (B
層上部)の水位も上昇するが、梅雨期、台風期などの雨量
に対応した極大はNo.52の20日おくれで現われている。

戦後、盆地内において、機械によりB層まで達する井
戸が掘られるようになった。これらの井戸をここでは深
井戸という。これらの深井戸は従来堀山下において区分
していたB₁層、B₂層の両方にストレナを設けている。
そこで堀山下の観測井の水位資料を他の深井戸の水位資
料と比較して使用するために、堀山下の観測井No.21、

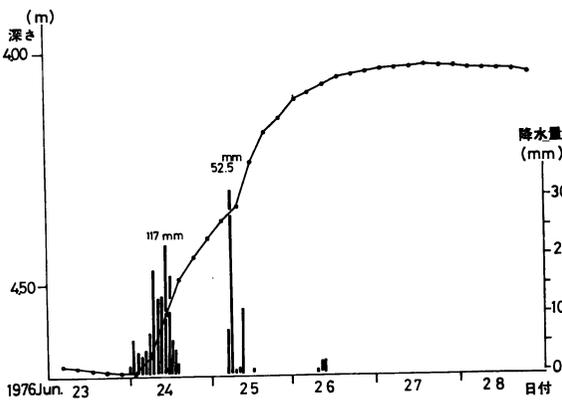


図3 降雨と浅井戸の水位変化 (No.52の場合)

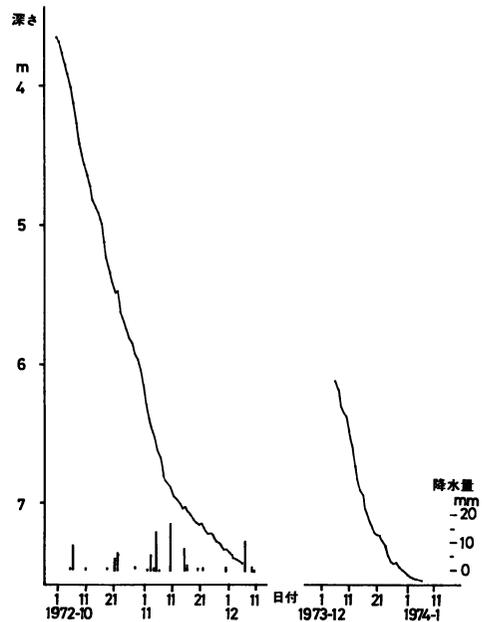


図4 浅井戸の水位低下 (No.52の場合)

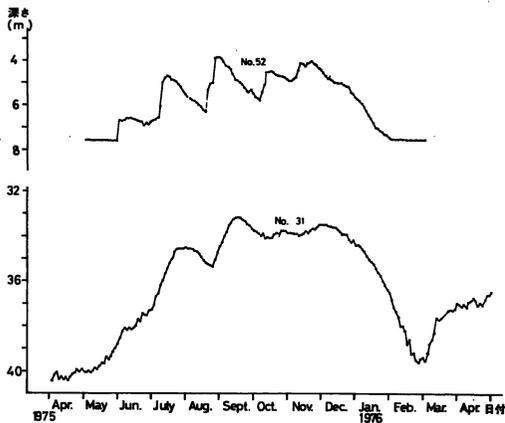


図 5 浅井戸と深井戸の水位変化
No.52は図1の位置 No.31図1のNo.1の位置(本文参照)

図10に示すように年間を通じて水頭勾配の最大値と最小値はNo.1～No.2の間は平均値の±30%で大きい。他の区間は、平均値の±10%幅の中に入る。横方向の流れの断面積および、その流路の透水係数を一定とするとこの水頭勾配の変化はその区間の断面積を通過する流量の変化を意味する。つまり、No.2より下流では年間を通じて横方向の流れの変化は平均値の±10%の幅に入ることになる。そのため図6に示される極大は主にその井戸の付近での垂直涵養の増加と減少によって起きると言える。横方向の流量の変化は垂直涵養によってできる極大の時期を遅らせ、その幅を大きくする働きをするものと思われる。

図6はNo.52の1973～1976年のあいだの水位変化を示している。この井戸は毎年12～3月頃は空になる。4月を過ぎると地下水が現われる。この井戸の地下水(宙水)は一定の速さで地下へ浸透する。その浸透を上まわる地表からの補給があるとこの井戸の水位は上昇する。そのためこの井戸の水面変化が1年間に示した曲線を積分すると、その値はここから地下へ浸透した地下水量に比例する値を示すことになる。つまり、この値により、富士山のテラフの中で、さらに下の帯水層へ浸透した地下水量の多少を知ることができる。1972～1976年間の各年の積分値を横軸に、その年の降水量を縦軸に

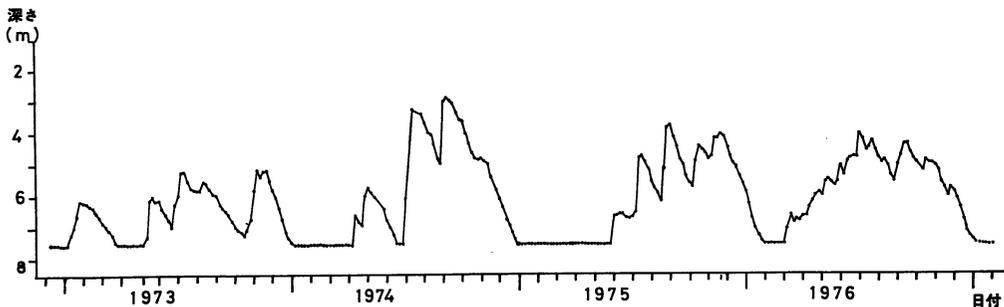


図 6 浅層地下水の水位変化 No.52について

No.31の水位資料、それぞれの透水量係数から1本の井戸にNo.21, No.31のストレータを設けたときの水位を計算し、その計算を堀山下No.1の水位資料とした。

図8は堀山下の水位変化(No.1)、堀西の観測井(No.5)、秦野市水道局の水源井(No.2, No.3, No.4)等の1973年以降の水位変化の状況である。

No.1の水位の極大および最低水位から約1カ月おくれて、これに対応するNo.2, No.3, No.4などの水位の極大や最低がそれぞれほぼ同時に現われている。

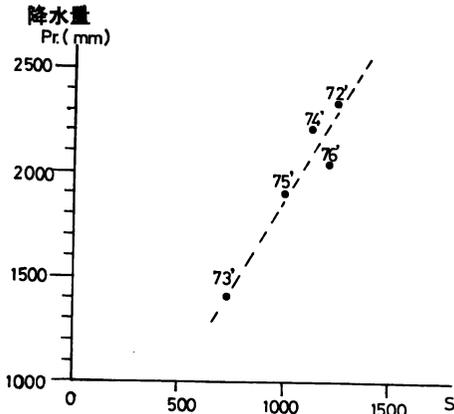


図7 降水量と浅層地下水の涵養量
S No.52の地下水水位が描いた曲線を
1年間積分した値(1972~1976)

とって描いたグラフが図7である。多少のばらつきはあるがほぼ一直線にのり、その年に降った雨量と地下水の涵養量がほぼ比例することが分る。

このばらつきは雨の降り方、蒸発や地表流出の違いあるいは井戸が空の状態のときの雨量などによるものである。富士山のテラフは盆地全域をおおっているので、盆地内ではほぼ一様にこのような地下水涵養が行なわれていると言える。

人工涵養

図9は図1X-Y方向の地質断面図である。図でA層は粗い富士火山のテラフで盆地全域をおおっている。

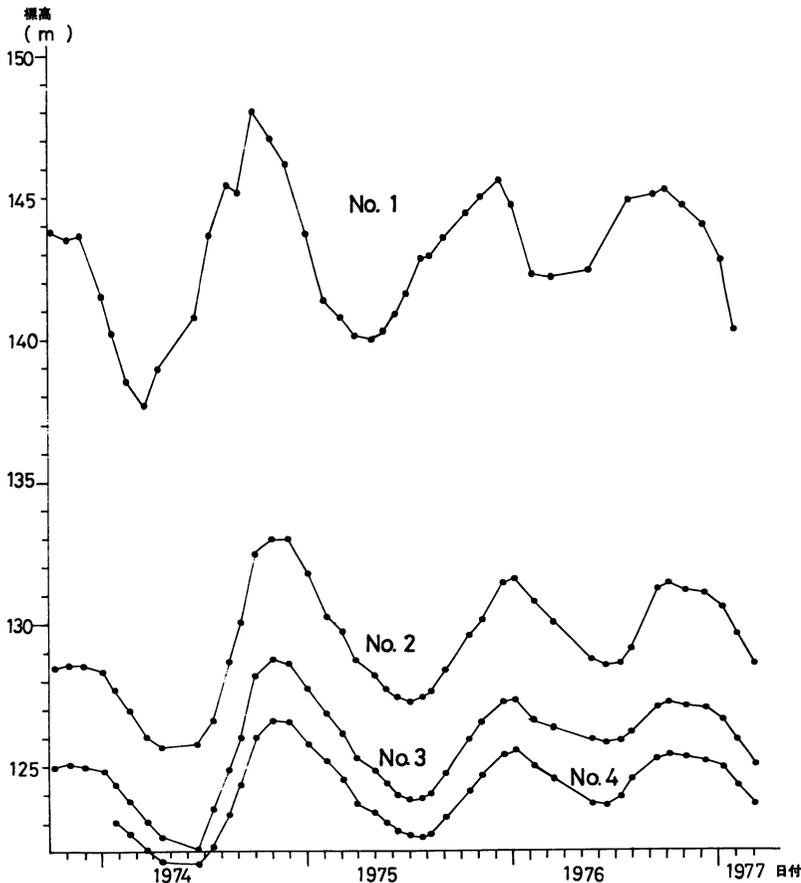


図8 深井戸の水位変化 No.1~No.4 図1の位置

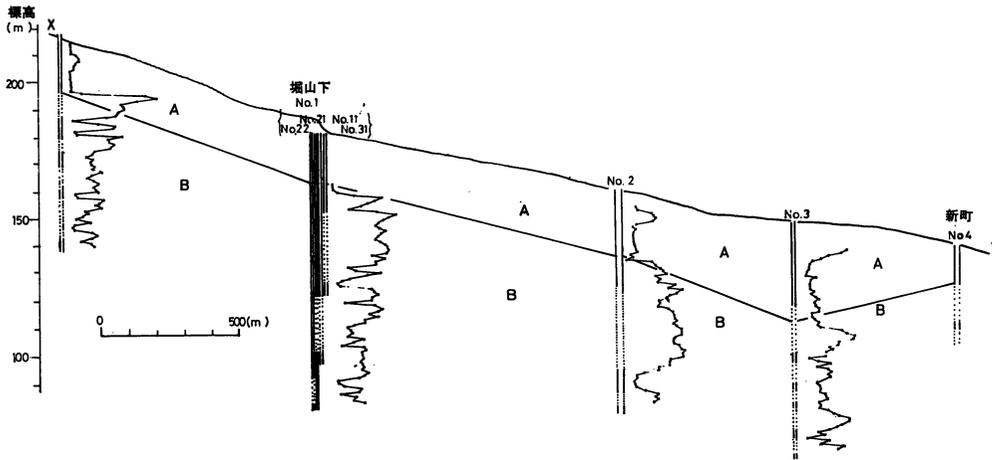


図9 地質断面図 X-Y図1

この中には所により現在の河床に沿った横方向に拡がりのある薄い礫層を狭在する。B層の上部には透水係数の比較的大きな砂礫層がある(堀山下のNo.31の揚水試験では透水係数は $4.4 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$)。この砂礫層は電気検層では大きな比抵抗値(約 $200 \Omega \cdot m$)を示す。ウルム水期の谷を埋めた砂礫層と考えている。B層の中部以下はいわゆるローム層と砂礫層の互層でローム層は軽石層を挟む。透水係数はB層の上部よりやや小さい(堀山下No.11で $3.4 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$)。

堀山下には注水井 (No. 11), 観測井 (No. 21, No. 31) などがある。注水井からB層の中部に, 昭和48年12月より51年4月までの間に約 $40 \text{万} m^3$ の地表水を注水した。No. 2, No. 3, No. 4は秦野市の上水道の水源井で, 年間それぞれ $15 \sim 50 \text{万} m^3$ の揚水を行なっている。

図10は水無川に沿うX-Y方向の地下水の流量の状況を知るためにNo. 1 ~ No. 2, No. 2 ~ No. 3, No. 3 ~ No. 4の区間の水頭勾配の月ごとの変化を示したものである。縦軸にその区間の水頭勾配, 横軸に年月をとっている。この地下水脈の流路に直交するその流路の断面積, およびその透水係数を一定とすると図の勾配の変化は流量の変化を示すことになる。また図にはNo. 1 (No. 21) の注水の状況, No. 2, No. 3, No. 4からの揚水の状況を示してある。

表1は1971~1976年の6年間の秦野盆地における降水量である。1973年は盆地北部において1,410

表1 降水量 (mm)

	北(堀山下)	南(寿町)
1971		1,787
1972	2,329	1,945
1973	1,410	1,281
1974	2,201	1,987
1975	1,901	1,542
1976	2,035	1,623

表2 流量比

	1975/1974	1976/1974
No. 1 ~ No. 2	0.951	0.923
No. 2 ~ No. 3	1.040	0.951
No. 3 ~ No. 4	1.098	1.242

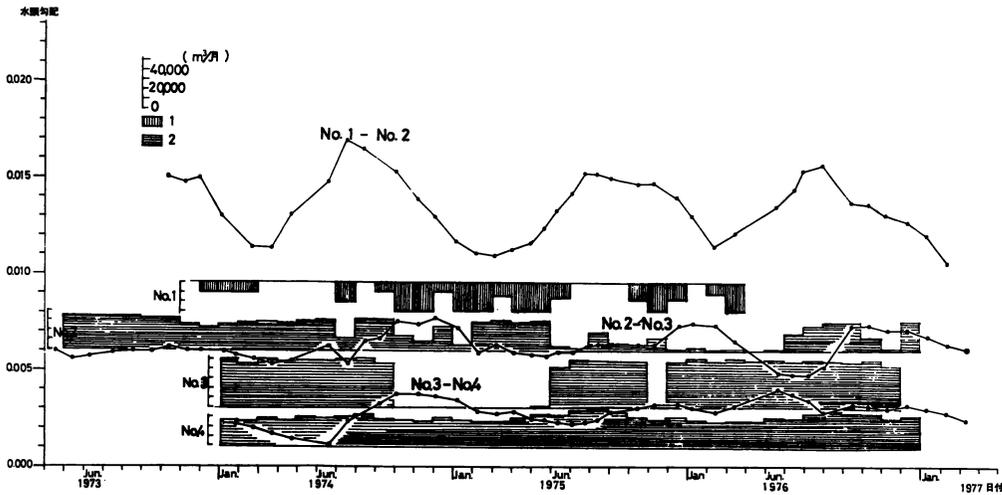


図10 水頭勾配の変化

図1 No.1~No.2, No.2~No.3, No.3~No.4 間の水頭勾配の月変化,
 1 掘山下におけるB層への注水量
 2 No.2, No.3, No.4 からの揚水量

mm, 南部で1,281mmの降水量しかなかった。このため盆地の地下水位はこの年から次の年にかけて著しく低下した(図8)。その結果, 水源の湧出量や揚水量の減少が生じた。しかしこの程度の雨量の減少は秦野では数年に一度は起こっている。1974年には盆地北部で2,201mm, 南部で1,987mmの降雨があり, 地下水位は急速に上昇した。1975年, 1976年の降雨量は1974年より少なく, 地下水位のピークの最高も1974年に示したものより低い。

図10では水無川に沿った地域でこの期間の水位変化にともなう上流から下流への横の流れの流量の変化の状況を知ることができる。

No.2~No.3の最大はNo.1~No.2のそれより約6カ月おくれている。これはその年に降った雨による流量の最大が波として上流から下流に伝わってゆくため, この遅れが生じるものと思われる。この波が上流から下流に流過した後も雨量の影響は残っている。

3月から次の年の2月までを1水文年とし, 1974水文年の1年間についてNo.1~No.2の曲線を積分した値とこれと同様に1975水文年について積分した値の比をとると, その比は断面積, 透水係数を一定とすると1974水文年と1975水文年にNo.1とNo.2の間の断面を流れた流量の比を表わす。これと同じ方法で各水文年のNo.2~No.3, No.3~No.4などの区間のそれぞれの1974水文年の流量に対する比をとって表2に示す。この流量の変化の第一の原因は下流側で揚水などによる著しい水位低下が起こっていないので(図8, No.4), 地下水の涵養の変化によるものであるといえる。表2の結果から流量の増加が上流から次第に下流に移っている。その原因は第1には1974年の雨量の増加によるものと思われるが, その中には掘山下の人工涵養の影響, 各水源井の揚水量の変化の影響も入っている。つまり, 秦野盆地ではある水文年に降った雨量とその時期は盆地内の地下水面に, その水位曲線

を描かせる重要な因子となり、その年に生じる水位の最高や、次年に現われる最低を決める最も大きな要因となる。水位曲線が最高や最低を描いた後でも、その雨量の影響は残っている。盆地の地下水の横方向への流れに対して雨量の変化は少なくとも数年の単位で影響を与えている。地下水の人工涵養の効果についてまだ調査期間も短かくその規模も小さいためまだ明白な効果は資料の上には現われていないが、この雨量の影響のように現われるものと思う。

今後の問題

1976年より No. 3 をはじめ秦野盆地内の十数カ所の井戸や地下水湧出地点でトリチウムとラドンの測定を実施している。また現在、水位観測も続けている。これらをもとに、秦野盆地の地下水の循環機構をさらに明確にし、その中で人工涵養の効果を明らかにしてゆくつもりである。

謝辞

この調査をまとめるにあたって、東京教育大学地質学教室渡部景隆教授にはいろいろと御指導をいただいた。

秦野市遠藤栄一水道局長、和田泰造工務課長にはいろいろと調査の便宜をはかって戴いた。また同水道局振原滋氏、大津昇氏、山崎俊也氏にはいろいろと資料を提供して戴いた。

農林省農業土木試験場木村重彦氏、小前隆美氏、東京教育大学化学教室池田長生教授、関李紀氏、土屋敏彦氏にはトリチウム、ラドンの測定などにいろいろ御指導、御協力を得た。ここに関係者の方々に厚く感謝の意を表する。

なお、この調査は温泉等研究調査費、秦野市からの調査依託費によって実施した。

参考文献

- 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.
- 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.
- 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, 90—97.
- 永井 茂，村下敏夫（1972），人工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.
- 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, 57—64.
- 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.
- 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, Vol. 3, 111—120.
- 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），一いつ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.
- 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.
- 柴崎達雄, 熊井久雄 (1968), 被圧地下水盆の水収支, 地質学雑誌, Vol. 74, No. 3, 165—176.
- 渡部景隆 (1972), 石川県手取川扇状地の地下水, 石川県.
- 渡部景隆 (1976), 石川県手取川扇状地の地下水—第2報, 石川県.
- 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, 神奈川温研報告, Vol. 3, No. 2, 41—56.
- 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.
- 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.
- 横山尚秀 (1976), 秦野盆地・水無川扇状地の深層地下水について, 地理学評論, Vol. 49, No. 9, 640—645.