京都府相楽丘陵の水理地質

清水 欣一*・川崎 敏**

Hydrogeologic Studies of the Soraku Hill in Kyoto Prefecture

Kin-iti SIMIZU and Satoshi KAWASAKI

Abstract

In the period 1973~1975, the hydrogeological studies were carried in the area of the Soraku hill, Kyoto Prefecture. The conclusion are summarized as follows:

- 1) The geology of the Soraku hill consist of Sonoha formation and the lower part of the Osaka group. The main aquifers are sand bed and sand and gravel bed of the Osaka group.
- 2) The artesian wells are about 110 to 120 meters in depth and their discharge is about 700~800 m³/day. From the consideration of land subsidence in Osaka, it is suggested that the unit area discharge of ground water for further development of this area is about 1,000 m³/day/km² or 300,000 m³/year/km².
- 3) The depth of the basement was presumed from the result of gravity survey. The maximum value in the depth situated near Simouredani is approximately 240 meters under the ground.
- 4) Though the quality of shallow wells is bad, that of deep wells is good.

1. はじめに

相楽（そうらく）丘陵は京都府相楽郡木津町・加茂町に属し、山城盆地と奈良盆地の接合点にあたる。その主部は東西 3 km, 南北 2 km である。丘陵を刻む谷は、河川水やため池によって、水の得られる限りは水田として利用されているが、水の得られない斜面は畑地や果樹園として利用され、この地区で約 200 ha の畑地と果樹園が、かんがい用水が無いままに放置されている。

筆者らは、かんがい用のための地下水資源の有無を検討するため、この丘陵の地下水調査を昭和 48 年より 3 年間にわたり実施し、若干の水理地質学的知見を得たので、ここに報告する。

本調査にあたり、重力探査については京都大学阿部悦夫、桂京造、西村進博士ら、地質踏査については石田志朗博士ら、花粉分析については大阪市立大学松岡教充氏、水質分析については鶴巻道二博士らの御協力を得た。また、近畿農政局、京都府、木津町、加茂町の関係者の方々の御助力を得た。ここに記して謝意を表する。

2. 一般地形地質

相楽丘陵は、北は基盤山地と木津川の沖積地に限ら

* 中国四国農政局

** 近畿農政局

図-1 位置図

れ、東は基盤山地に接する。南は奈良盆地周辺の丘陵に連なり、西は山城盆地と連なる木津町の沖積面に接している。相楽丘陵は、標高 100 m 前後で、丘陵を刻む水系は木津川支流の赤田川および井関川であり、それ

らの沖積面の標高は 30~50 m 前後である。

基盤山地の地質は、主に花崗岩と片麻岩で、一部に古生層のホルンヘルスがある。丘陵の構成地質を 表-1 に示す。

表-1 相某丘陵の地質層序

地 質 時 代	地 層
完 新 世	沖 積 層
更 新 世	中位段丘堆積物
	高位段丘堆積物
	大 阪 層 群
	市 坂 砂 泥 互 層
鮮 新 世	下 梅 谷 れ き 層
	上 梅 谷 砂 層
	ソノハれき層

先大阪層群はソノハれき層（文献 2, 3）で、厚さ約 50 m で、主に中れきのチャート、ホルンヘルス、石英斑岩のれきからなり、花崗岩、片麻岩のれきを時にふくまれている。丘陵の尾根部でとくに風化をうけ、チャートを除いては、くさりれき化している。マトリックスは花崗岩質の粗砂である。いわゆる山砂利層と呼ばれているものにあたり、鮮新世のものとしておく。

大阪層群は厚さ約 250 m、大まかに下から、砂、れき、砂泥互層に分けることができ、それらは上梅谷砂層、下梅谷れき層、市坂砂泥互層と呼ばれている（文献 4）。

上梅谷砂層は厚さ約 180 m に達し、丘陵のほとんどを構成する。おもに花崗岩質の中粒砂で、上部では粘土が多くなる。中下部にチャートれきをふくむ層があり、この層準に 2 枚の薄い火山灰をはさむ。うち下位の火山灰はバミス火山灰であり、上位の火山灰は白色・ピンク色である。

下梅谷れき層は厚さ約 40 m、チャートの中、小れきをふくみ、マトリックスは花崗岩質砂であるが、一部にマトリックスが粘土で、れきの少ない部分もある。

表-2 試掘井 W2 の花粉分析（松岡による）

Pollen/Sample	深 度 48~50 m	深 度 50 m	深 度 71.5~73 m
Abies	+	1	1
Picea	50	17	36
Pinus	39	20	11
Tsuga	2	2	4
Taxodiaceae	1	+	1
Alnus	1	5	6
Quercus	2	12	10
Fagus	3	34	23
Ulmus-Zelkova	—	1	—
Juglans-Pterocarya	—	—	+
Betula	2	3	3
Carpinus	+	—	—
Corylus	+	1	+
Elaeagnus	—	—	+
Ericaceae	+	+	—
Symplocos	+	—	+
Ilex	—	+	+
Tilia	—	+	—
Percicaria	+	+	1
Graminae	1	—	+
Compositae	—	+	+
Artemisia	+	—	—

約 300 個数えた百分率

＋ は 1% 未満，－ は全くみあたらないもの

市坂砂泥互層は厚さ 2~5 m の砂と厚さ 1~2 m の泥との互層である。とくに上部に泥層が多く、またチャートの小角れきをふくむところもある。上部に薄い白色火山灰層をはさむ。

試掘井 W2 の大阪層群の粘土の花粉分析の結果を表-2 に示す。

火山灰層序と花粉分析結果より、相某丘陵の大阪層群は大阪層群下部であると考えられる。

段丘堆積物は高位段丘と中位段丘が識別される。

3. 水理地質

相某地区の水理地質は、いままでほとんど知られていなかった。筆者らが調査を行なう以前には、梅谷、下梅

表-3 表相某地区のさく井一覧表

No.	さ く 井 名	深 度 m	口 径 cm	揚水量 m ³ /day	自然水位 m/揚水水位 m	比湧出量 m ³ /day/m	備 考
W1	上梅谷試掘井	118	20	734	13.09/47.86	21.4	117.5 m で着岩
W2	高田試掘井	110	20	810	11.3/21.1	82.6	105 m で着岩
W3	美加の原カントリークラブの井	126	20	720	35/49.3	50.4	
W4		128	30	26	2.5/80	0.3	110 m? で着岩
W5	加茂町水道水源	122	15	1100	+0.5/6.75	151.7	

表-4 試掘井の水理定数

No.	ストレーナー m	T m ² /sec	S
W 1	35~37, 81~105	2.87×10^{-4}	4.9×10^{-5}
W 2	22~44, 49.5~55, 61~88	1.1×10^{-3}	6.5×10^{-5}

谷、高田などの集落に飲雑用の浅井戸があるほかは、美加の原カントリークラブの深井戸（W 3）があるのみであった。調査にともない、加茂町の上水道水源として深井戸（W 5, W 6）が掘削され、また水田の補水対策として W 4 が掘削された。このようなさく井分布を勘案し、上梅谷（W 1）と高田（W 2）に調査用深井戸を掘削し、水理地質を検討した。各さく井の単元を示せば、表-3 のごとくである。

試掘井の揚水試験による水理定数を表-4 に示す。

さく井の掘りくずによって地質状況のよくわかったのは W 2 である。柱状図を図-2 に示す。深度 81.5 m まで大阪層群、以下 105 m までソノハレき層、以下 110 m までは、まさ化した花崗岩のスライムが採取されている。

帯水層は大阪層群の砂れき・砂層であり、ソノハレき層は比較的良好に膠結されているため、難透水層と考えられる。このような見地で、表-3 に見られる揚水量のばらつきを説明することができる。すなわち、大阪層群の厚いところでは揚水量が大きいが、W 4 のように大阪層群が薄く、ソノハレき層の厚いところでは帯水層が乏しいため、揚水量が少ないのであろう。W 5 は観音寺東方の基盤の凹部の中心近くで、大阪層群もかなり深くまで分布するため、揚水量も多いのであろうと考えられる。この考え方は、図-4 の断面図にも図示されている。

a) 地下構造

電気探査と重力探査を行なった。

電気探査は応用地質製 ES-G 1 を用い、深度約 200 m の 4 極法による垂直探査を実施したが、解析された比抵抗値で基盤か否かを判定することは不可能であった。しかし、さく井柱状図と対比したとき ρ -a 曲線の形で、すなわち直視的な見方で、ある程度、基盤の推定が可能なものもある。

重力探査は Wordon 重力計を用い、地区内に 77 点測定した。試掘井 W 2 の花崗岩の基盤深度を基準として、各測点について対比した。図-3 に示すごとく、探査地区

図-2 試掘井 W 2 柱状図

図-3 基盤等深線図 (重力探査による)

1. 沖積層 2. 段丘堆積物および大阪層群 3. ソノハ礫層, 西小礫層 4. 花崗岩
 および古生層 5. 重力探査による基盤等高線 (EL, m) 6. 深井戸 7. 浅井戸水
 質調査地点 8. 地表水水質調査地点

の東縁部, 加茂町高田から西小にわたる地域と, 北部の木津町鹿背山附近では基盤面までの深さが浅く, 西縁部および北東部の赤田川, 石部川流域から西南部の井関川流域にかけては深くなっている。前者は花崗岩類の露出地域に隣接し, 後者は沖積層ないし大阪層群の地層が見られる地域で, 探査結果と地表地質踏査の結果はよく一致している。相楽丘陵で最も基盤が深いのは下梅谷西方で, 地表下約 200 m であると推定される。

さきに述べたことから, 将来の地下水開発の可能性の濃い場所は, 大阪層群が深く分布するところであるとい

うことを指摘しうが, 重力探査による基盤等深線図はこのような場所を暗示している。すなわち, 加茂町観音寺東方から高田地区西方にかけての基盤の凹部や, 梅谷西方の凹部などがこれにあたる。

b) 水 質

水質分析の結果を, トリリニヤー・ダイヤグラム (図-5) とパターン・ダイヤグラム (図-6) に図示した。これらの図によって, 各試水の特徴をあげると以下のごとくである。

1. さく井 W3, W6, W7 は表流水 301 にくらべ,

図-4 地下構造断面図

1. 粘土 2. 粘土まじり砂 3. 砂 4. 砂礫 5. 粘土まじり砂礫 6. 花崗岩
 7. 地質境界 8. 重力探査による基盤上面 9. ストレナー 10. 自然水位
 11. 揚水水位 12. 自噴 13. 揚水量 (m³/day)
 t 段丘堆積物 K 上梅谷層 So ソノハ礫層 Gr 花崗岩

図-5 トリリニャー・ダイアグラム (鶴巻による)

アルカリ度と Na がやや高濃度化している。

2. さく井 W5 は、上記の2成分の高濃度化がさらに進行し、SO₄、NO₃ が僅少となり、Fe²⁺ の増加をもたらしている。トリリニャーダイアグラムでは、表流水→W1、W3 群→W5 群の水質変化の傾向がよくあらわれている。

3. 浅井戸 101 では SO₄、NO₃ が、また浅井戸 102 では NaCl がきわめて高い濃度を示している。

4. 地下水資源についての考察

相楽丘陵の大阪層群はある程度の地下水資源をもっているが、過度の地下水開発は地盤沈下などの地下水災害をまねくおそれがあるので注意を要する。

大阪層群の地下水開発で地盤沈下を起こした例として、大阪市の場合がある。いま、この実例を検討してみよう。

図-7 は大阪市の地盤沈下および地下水位の経年変化

図-6 パターン・ダイアグラム
(鶴巻による)

を示したもので、速見頌一郎らは大阪市の地盤沈下を4段階に区分している。すなわち、第1段階は1925~1943年間で、地盤沈下が大へんいちじるしく、大阪市の工業も盛んで地下水を盛んにくみあげられた時代である。第2段階は1944~1951年間で、地盤沈下はきわめて弱かったり時にはほとんど停止しており、この時期は大阪府が空襲で焼け、地下水の使用も減少した時期である。第3段階は1952~1965年間で、戦後の復興が進み工場が再開され、地下水の使用が盛んとなり、地盤沈下もそれに呼応して次第にいちじるしくなった時期である。第4段階は1964年より現在までで、建物用地下水のくみあげ規制、工業用地下水のくみあげ規制により地下水使用が減り、地盤沈下も一応安定した時期である。図-7で地盤沈下と地下水の変動はよく対応している。

なお、1959~1967年の大阪市の年間地下水使用量が

図-7 Secular variation of ground water head and amount of land subsidence in Osaka (文献によるものに一部加筆)

文献1に示されているので、これらを大阪市の総面積206 km²で割った値を計算し、図-7にあわせ記す。

この値は大阪市の1 km²あたりの地下水の年間揚水量であり、すなわち、被圧地下水の年単位面積排水量 (Z) の変化の様子を示す。

図-7より、地盤沈下の安定した時期、すなわち1965年の年単位面積排水量をみると、 $27 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{year}/\text{km}^2$ である。大阪市の地下水利用は工業用、建築用で、1日大体10時間稼働で休日を除き年間約300日使用されていると考えれば、1 km²あたりの日間揚水量すなわち5日単位面積排水量(文献6, 7, 8参照)は

$$27 \times 10^4 \div 300 \div 900 \text{ m}^3/\text{day}/\text{km}^2$$

ということになる。大阪市の場合、この程度の地下水の揚水量であれば、地盤沈下はそれほど目立たないものであるらしい。

また、文献5によると、大阪市に同様の大阪層群の分布する泉州地域で行なわれた調査結果では、泉大津市の南部、忠岡町の全域、和泉市の西端部と岸和田、貝塚市の臨海部の1.8 km²では、日単位面積排水量 1600 m³/day/km²で地盤沈下を起こしているが、泉佐野市、田尻町、泉南町、阪南町では2270 m³/day/km²でも地盤沈下を発生していないとし、地盤沈下の発生するかどうかは、海成粘土の発達している大阪層群上部が存在するかしなにかによるものであろうとしている。

相楽丘陵の場合は大阪層群上部は分布せず大阪層群下部のみである。また、大阪市のように建物とコンクリート道路で舗装され、地表よりの涵養のほとんどないところと、相楽丘陵のように農地や林野よりなる地帯では涵養条件が大へん異なる。したがって、大阪市や泉州地域の値をそのままあてはめることに疑問もあり、以下の目安よりもかなり大きい値でも地盤沈下を起こさないとも考えられるが、相楽丘陵の一応の地下水開発の目安として、被圧地下水の日単位面積排水量 1000 m³/day/km²、年単位面積排水量 300000 m³/year/km²を指摘しておく。

なお、畑地かんがいの場合は3日に1回の割合でかんがいし、雨の降ることもあるので年間揚水日数は100日以下となるであろう。また、作物によって多少は異なるが、畑地かんがいの日消費水量は6 mm位であり、1 haに要する水量は約60 m³であるので、W1やW2のさく井では、約10 haの畑地かんがいが可能である。

相楽地区の場合、すべての畑地を深井戸によってかんがいするには地下水災害との関連もあり、今後検討を要する問題点があるが、上記に記した目安程度の地下水開発は可能であろう。

5. 要 約

相楽丘陵は水理地質学的に調査、研究した結果、以下のことがわかった。

1) 丘陵の主要な構成地質はソノハレき層と大阪層群で

あり、うち大阪層群の砂れき、砂層が主な帯水層であると考えられる。

2) 丘陵には被圧地下水が賦存し、深度110~120 mの深井戸で、700~800 m³/dayの揚水量がある。丘陵の地下水開発は日単位面積排水量 1000 m³/day/km²、年単位面積排水量 300000 m³/year/km²を目安として行なうべきであろう。

3) 丘陵の基盤岩は花崗岩と片麻岩で、重力探査によって基盤を推定することができた。丘陵の最深部は木津町の下梅谷西方で、地表下240 mに達すると推定される。

4) 浅井戸の水質は汚染されているが、大阪層群を帯水層とする深井戸の水質は良好であり、表流水→W₁、W₃群→W₅群への水質変化の進行がみられる。

文 献

- 1) Editorial Committee for Technical Report on Osaka Land Subsidence (1969): Report on Land Subsidence in Osaka
- 2) 粉河昭平 (1954): 奈良三笠山附近の地質——特に火山活動の年代について、地質雑、Vol. 60, No. 710
- 3) —— (1955): 奈良三笠山附近の植物および昆虫化石、地質雑、Vol. 61, No. 714
- 4) 日本住宅公団大阪支所企画用地部企画課 (1971): 木津川沿岸地質概況調査報告書
- 5) 大阪府公害対策審議会専門委員会 (1974): 泉州地域における地下水採取の規制に伴う技術的基準(案)に関する検討結果報告書
- 6) 清水欣一 (1965): 湧泉の見掛け単位面積排水量に関する考察 (主としてカルスト泉の水理地質について)、応用地質、Vol. 6, No. 3, p. 145~157
- 7) —— (1966): 中国四国地方の地下水の研究——とくに地下水の単位面積排水量と水理地質条件との関連、応用地質、Vol. 7, No. 2, p. 51~78
- 8) —— (1967): 地下水の単位面積排水量について、水処理技術、Vol. 8, No. 8, p. 1~10
- 9) ——, 川崎 敏 (1976): 農業用地下水調査開発調査相楽地区調査報告書、近畿農政局