

諏訪湖南盆地の堆積構造に関する土木地質的調査研究

小 鯛 桂 一*

Engineering Geologic Researches under the Plain along the
Southern Shore of Lake Suwa, Nagano Prefecture

By

Keiichi KODAI

Abstract

Density loggings in the existent artesian wells have been made along the route trending from E to W at the southern shore of the lake Suwa.

By combining each logging column, the stratigraphical condition in the upper part of lake deposits and the character of soil have become clear engineering geologically.

要 旨

諏訪盆地のほぼ中心部とみられる湖南側の測線に沿って、天然ガス・温泉等の既存井を利用した γ - γ 密度検層の結果とその他の資料から、100 m 以浅の第四紀堆積構造について土木地質的な検討を試みた。地層は深度60 m前後のところで、測線断面では1.6°位の傾斜を示しており、大別して上部から①シルト質粘土、②腐植土混り砂および砂質シルト、③腐植土を挟むシルト・粘土、④砂・粘土の互層、⑤砂礫の順で存在するが、①と②は盆地端では薄いか、欠除している。粘土を除いて、腐植土・シルト・砂のかさ密度は、全体的に間隙比・含ガス量が大きいなどの理由で小さい値を示すが、砂礫層以深の土質は大方、かさ密度値の大きい安定地盤である。

1. 緒 言

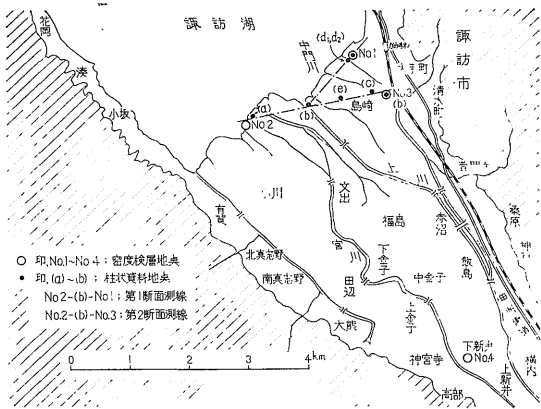
昭和43年11月中旬に経常予算による基礎地盤の土木地質学的研究の一環として、長野県下、諏訪湖の南東に位する平野部を対象とし、堆積構造に関する調査研究を行なった。これまでの多くの文献資料などによると、特に湖岸寄りの地域では、土木地質学的にみて、そうとうの深部まで軟弱な地盤が連続していることが予想されている。この平野部は大部分が諏訪市に属し、南西—北東方向に最大約4 km、北西—南東方向に約6.5 kmのほぼ三角形をなす堆積盆地で、その面積は約26km² あ

る。この地表面には宮川・六斗川などの河川がゆるやかに北流して諏訪湖内に注いでいる。諏訪湖岸の北東方には諏訪市の中核である市街地があり、この周辺には数多くの温泉井が存在する。また湖岸の南西側一帯には、137井以上のガス井が分布している。その他に盆地の南東方にあたる河川上流側では、金子部落と新井部落の家庭用水井戸、福島・赤沼の両部落の温泉井戸などが分布している。これら数多くの井戸の中から、地点的・深度的に、そしてその他の井戸性状が適格で、しかも一時的に借用可能なものを4地点選び（第1図参照）、これらの井戸の孔内を利用して密度検層（ γ - γ 検層）を実施した。調査当初の具体的な目的は、この得られた検層図と既存の柱状資料等をもとにして、軟弱層の対比をこころみ、それによる堆積構造の微細な究明、そして各土層のかさ密度値から種々の土質性状を推定しようとするものであったが、結果的にもほぼこれを満足しうる成果が得られたので、ここに報告する次第である。この調査にあたり御協力下さった諏訪市役所・諏訪天然ガスK.K. 東洋バルブK.K等の関係者各位に謝意を表する。

2. 地 質 概 観

これまでの文献から、諏訪盆地の第四紀層は、おもに砂と粘土とからなり、時に礫層や軽石層を挟むが、湖南平野部のうち湖畔のほぼ中央に位する地帯は、もっとも第四紀層の厚さが大きいところで、大略地表面下450 mと推定され、深度100～200 m位の間に数枚の軽石層を

* 応用地質部



第1図 諏訪盆地調査地点の位置図

挟んでいる。これは松本・伊那谷を通じてみられる小坂田ローム(洪積世)の軽石層であり、このような地下深部における軽石層の存在から、若い地質年代における急激な沈降を物語るものであるとされている。

3. 放射能検層

3.1 測定条件

測定する検出器として、日本無線KK医理学製の天然 γ 線用シンチレーター(SL-2型)を改良したものを使用した。すなわち、ゾンデ部の外径は28mmであるが、線源—検出部間の距離を46cmにとり、線源には10mCの ^{137}Cs をとりつけ、薄層のチェックに重点をおいたので、時定数を1secとし、また巻上げ速度を5m/minと定め、それぞれの試験井についてすべて統一して記録した。また γ - γ 密度検層に先立って土質による天然放射能の特徴の有無や、 γ - γ 密度検層への影響の程度をあらかじめ知るために、天然放射能検層(測定レンジはすべて1Kcpm)を実施している。

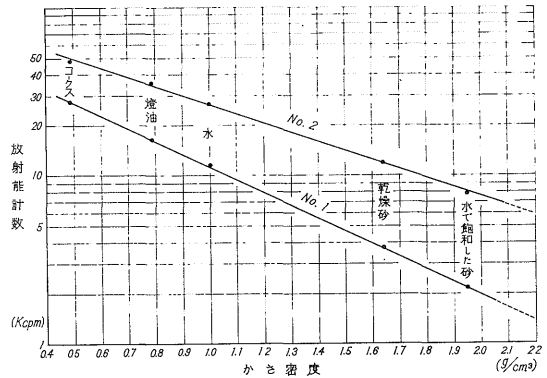
3.2 各試験井の井戸条件

第1図(位置図)に示すように、密度検層を実施した試験井は、調査日程と解析の都合により、軟弱層が厚く堆積しているとみられる湖岸寄りの地帯(No. 1, No. 2, No. 3)に主として集中させた。これらのおもな井戸性状は第1表に示すとおりである。

3.3 校正曲線

上記のように、各試験井の井戸性状のうち、挿入管や孔内水の有無に関してもおのおの相違しているが、すべての井戸性状に合致した校正曲線を全部作成することは大変であるので、比較的深部まで検層できたNo. 1とNo. 2の2井につき、この条件にそった模型として1) 水で飽和した砂、2) 乾燥砂、3) 水、4) 灯油、5) コークスの5種類をドラム管内に充填し、またケーシング孔内を水で満した状態で実験した。その結果、第2図のように校正曲線は、片対数グラフ上では、明瞭に、直線区域内におさまっている。

4. 検層図



第2図 γ - γ 密度検層の校正曲線

第1表 密度検層試験井の井戸性状

孔井名	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
	東洋バルブKK所有の水井戸	諏訪ガスKK所有のガス井戸	宮沢武治所有の温泉井戸	家庭用水井戸
所在地	諏訪市衣之渡	諏訪市文出	諏訪市大手町	諏訪市新井
掘さく者	諏訪市内矢島鉄工所	諏訪ガスKK	諏訪市内矢島鉄工所	—
井戸深度(m)	110	180	90	20
測定深度(m)	93	168	26	18
挿入管	2吋ガス管	2吋塩ビ管	2吋ガス管	1吋ガス管
水位	自噴	〃	地表面下5.1m	自噴

4.1 天然放射能検層強度

自然放射能検層は、密度計数値への影響度を知るために必要である。今回の検層結果とその試験井の柱状図とを対比してみても、堆積土放射能の全般的傾向として、粘土層は比較的強く、腐植土層や砂層は比較的弱い。そして砂質粘土層がその中間的な計数値を示しているようであるが、区別できるようなはっきりした差はあまり認められない。また計数率は各試験井の孔径とケーシングの種類によっても値が異なるが、No. 3 地点井戸では、水位が地表面下 5.1 m で、その上部は井戸条件が異なるために、計数率が特に小さく記録されているにすぎない。ただ 1 点、非常に特異な計数値が、No. 2 地点の深度 92 m の箇所に認められる。すなわちここでは普通の砂・粘土などの計数値に較べて最高 20 倍近い異常値であり、層厚はそれほど大きくないにしても、留意の必要がある。しかし成因的な問題については、今後核資源開発の面から明らかにされるであろう。

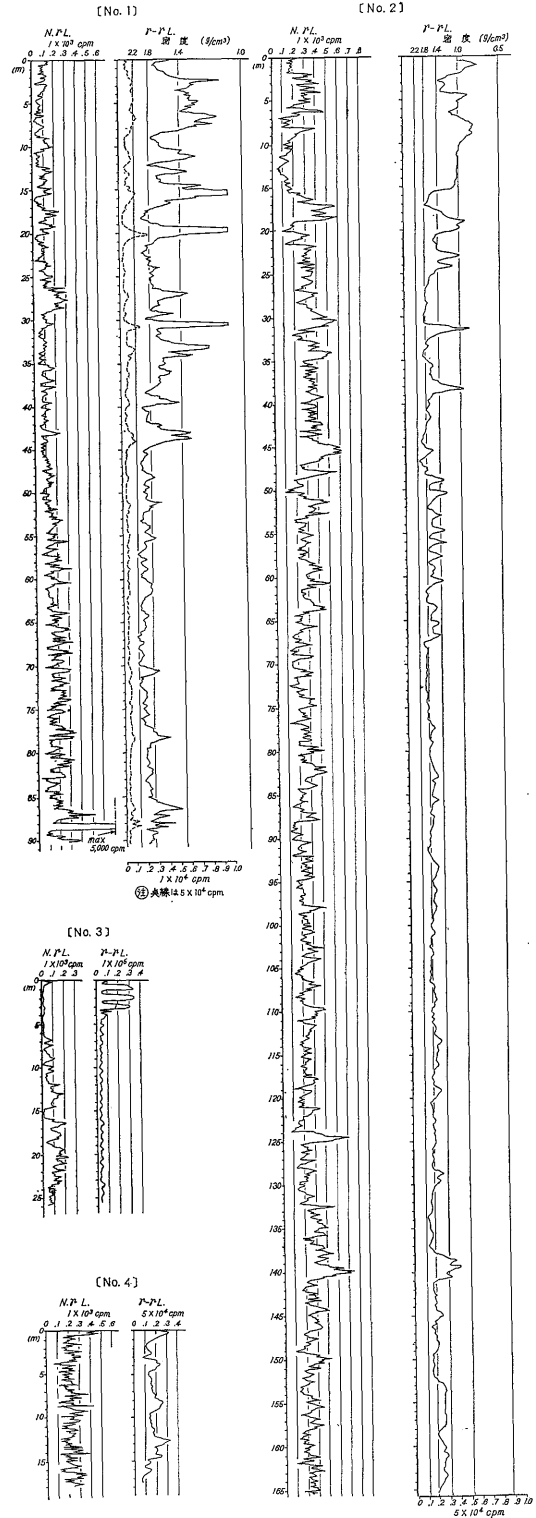
4.2 各密度検層曲線について

各検層記録は孔径とケーシングの種類や孔内水の有無によって全体的な計数率が大きく異なるために、当然各井戸条件に合った適当なレンジにして記録した。ただ No. 1 地点の検層図中にみられるように、密度値が非常に小さい箇所で、一部スケールアウトした。また No. 3 地点の密度検層曲線をみると、地表面から深度 5.1 m までの間は、地下水水位面上にあるので、孔内は帯水していないために検層機構上、帯水している場合よりも計数率としては大きくなることに加えて、土質が密度の小さい（計数率の大きい）腐植土を挟むシルト層であるために、深度 5.1 m 以深の計数と較べて、みかけ上は非常に大きな値を示している。以下得られた各放射能検層図を示すと、第 3 図のようになる。

5. 各層の土質性状

5.1 かさ密度値

第 1 図（位置図）上に示した測線のように、諏訪湖南岸沿いの横断面 No. 2—(f)—No. 1 の第 1 測線と、No. 2—(f)—No. 3 の第 2 測線の 2 断面から、深度 100 m 以浅の土質性状について考察してみる。前節で述べたように、各井における密度計数率は、その井戸条件の違いによって差があるが、較正曲線から得られた密度値の類似性を考慮しながら、検層図曲線の性状を定性的にとらえ、加えて既存の柱状資料を参考にして地層の対比を行なった。この場合に、深度 70 m 位までは第 1 測線断面（第 4 図）・第 2 測線断面（第 5 図）のような対比が可能である。



第 3 図 諏訪地区における各放射能検層図

第 2 表 上諏訪地区 No. 1・No. 2 地点土質別かさ密度値

土質名	No. 1		No. 2	
	かさ密度 (g/cm ³)	深度 (m)	かさ密度 (g/cm ³)	深度 (m)
シルト質粘土			0.75	0 ~ 2.0
腐植土混り砂			0.9 ~ 1.3	~ 7.0
腐植土混り砂質シルト			0.8 ~ 1.0	~15.3
砂	1.55 ~ 1.7	0 ~ 2.0	1.4 ~ 1.8	~18.5
腐植土混りシルト	1.1 ~ 1.3	~ 3.5	0.9 ~ 1.0	~20.0
砂	1.25 ~ 1.3	~ 6.0	1.4 ~ 1.45	~22.5
腐植土混りシルト	1.15 ~ 1.4	~ 8.0	1.0 ~ 1.4	~25.0
シルト・粘土	1.25 ~ 1.8	~14.3	1.6 ~ 1.8	~30.7
腐植土	1.0>	~16.0	0.9	~31.5
シルト・粘土	1.5 ~ 2.0	~19.0	1.4 ~ 1.9	~37.5
腐植土	1.0>	~20.5	0.95	~38.5
シルト・粘土	1.6 ~ 2.0	~30.0	1.6 ~ 2.0	~48.0
腐植土	1.0>	~30.7	—	
砂・粘土互層	1.2 ~ 1.7	~39.5	1.2 ~ 1.8	~60.5
砂	1.8 ~ 1.9	~42.5	1.9	~62.7
粘土	1.3 ~ 1.5	~44.0	1.4 ~ 1.7	~67.0
砂礫	1.6 ~ 2.2		1.8 ~ 2.0	~76.0

第 3 表 上諏訪地区の土質性状 (既存資料から)

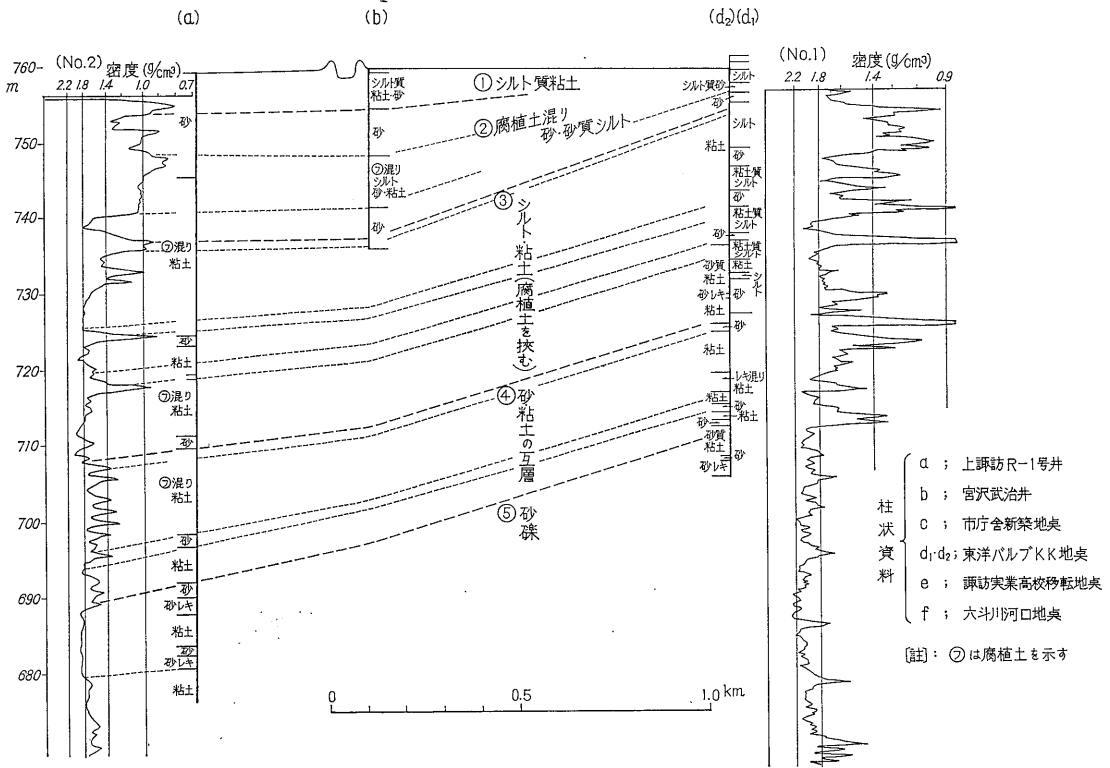
土質名	単位体積重量 (g/cm ³)	自然含水比 (%)	土粒子比重	間隙比 (%)
腐植土	1.06~1.35	97.7~421.6	1.60~2.62	2.62~7.25
シルト	1.26~1.43	98.1~191.2	2.40~2.67	2.60~2.85
砂質シルト	1.56~1.76	35.4~123.1	2.28~2.68	1.26~3.26
粘土	1.62~1.90	33.6~ 58.5	2.62~2.74	1.07~1.55

6. 堆積構造

第1測線断面中の下部層は No. 1 地点から No. 2 地点に向かって、1 km につき 30 m 近くも地層が傾斜しているが、柱状資料から、六斗川河口・宮川河口周辺の上層は当時の河川水勢に影響されて、腐植土混りの砂や砂質シルトが厚く流移堆積している。検層の密度値から No. 2 地点上部 20 m までのこの層は、密度 1.0 以

下の小さい値で、土質の種類や堆積環境を考慮した場合に、固結性の小さいゆるい地盤で、深度 20 m 以深の地層に較べて、堆積年代的にははるかに新しいことによる結果であると考えられる。

No. 2 地点の深度 70 m 以深には、密度が非常に小さいと思われる腐植物や間隙率の大きい弱軟なシルトなどが認められない一方、比較的密度の大きい固結性の粘土や砂・礫の類が連続するが、各地層間の計数値差はあ



第5図 第1測線断面図

まりない。他方第2測線断面図中のNo. 3地点井戸は、もともと温泉井として上総堀りで掘さくされたものであるが、深度90mあたりで硬い岩質になったため、この方法では掘さく不能となり、掘進を一時中止しているものである。文献(中村, 1962)を参考にすると、この地点では深度からみて、ちょうどこの井底あたりで集塊岩になるものと推定される。またこの上部、深度70mの間は、地下温度が高いこと、また焼粘土・焼砂といった柱状記録からみて、温泉地熱による変質部分であると判断される。なおNo. 1地点では、同様な推定から、深度150m前後で集塊岩に到達することが考えられる。

No. 3 検層図によると顕著な腐植土層は深度4m位までであって、この地点ではこれ以深ごく薄いものを互層状に挟むようであるが、検層図上から特に密度値の小さい箇所は認められず、変化の小さい波動的な計数値を示している。No. 3—No. 2 測線断面図上における地層対比は難しいが、第1測線断面図やその他の柱状資料などを併せ考えると、第2測線断面で示したように、上部の腐植土層が連続すると考えて特に不都合はなく、このNo. 3地点周辺ではかなり急な地層勾配をしているものと考えられる。

第1測線断面図上におけるNo. 2地点の深度160mまでの間で、地表面下深度141~144mのところ、検層図にはっきり確認される軽石層が1カ所ある。この軽石層は上部層の傾きから判断して、洗崎地点の深度133~137mのものに対比できる。

7. 湖南側盆地の地盤地質

諏訪湖南岸沿いに盆地を北東方に横断して切った測線断面図について、各前節までに述べたような考察結果から地層を大別すると、上から①シルト質粘土、②腐植土混り砂および砂質シルト、③腐植土を挟むシルト・粘土、④砂・粘土の互層、⑤砂礫、⑥粘土……の順序に分けられる。No. 2地点では表層に層厚5mの①が載っており、その次に層厚25mもある②が続くが、これはNo. 1地点やさらに盆地北東方の端部に寄るに従って薄くなるか、欠除して行く。その下部に③の層がNo. 1, No. 2の両地点で25mの層厚で分布するけれども、東西方向の層厚変化はあまりないようである。このさらに下部には、地表面下深度48m (No. 1地点)~70m (No. 2地点)のところまで16~17mの厚さを有する④の砂と粘土の互層がくるが、これは1.5m位の間隔で細かく互層してい

て、この間にはもはや、炭化作用における初期の成生過程を示す密度値の小さい腐植土層が認められない。以下、砂礫層・粘土層と続くが、これらの層準は深は検層かさ密度値からみて、深くなるにつれて地盤的に序々に締まっていく傾向があり、砂・礫・粘土などの違いによるかさ密度値の大きな差は認められなくなる。そして地盤強度は、全体的にみて、締った安定地盤であることが推測できるけれども、深度的には大き過ぎる難点がある。深度60 m前後の下部層はNo. 1地点からNo. 2地点に向かって全体的に1.6°位の偽傾斜であり、文献(本島外2名, 1953)では、No. 2地点の近くの地点に向かって東、南、西方から地層が傾斜して、その急な部分では8°前後に達しており、このNo. 2地点の周辺が諏訪盆地中、産ガス量がもっとも大きい地点の一つであるとされていることから考えても、諏訪湖堆積物の累積によって生じた、いわば地向斜状の沈降の中心部であることは間違いないさそうである。

以上述べたように東西方向に対する堆積情況は詳細に判明したけれども、他方、南北方向の従断面については、測定点が少ないために不明な点が多い。第3図中のNo. 4検層図のように、盆地の東南端にあたる新井地点では、深度17 mまでの浅い検層ではあるが、地質は砂礫・砂質粘土・砂礫と続いており、その間には薄いシルト層を数枚挟むようであるが顕著ではなく、地盤強度的には砂礫を主とする良好な地盤である。また天然ガス調査(本島外2名, 1953)から、産ガス量のきわめて少ない下金子——文出を結ぶ線上の地域は、砂礫層がよく発達しているものと推定されている。これらから考えると、新井——下金子——文出を結ぶ地帯は、大部以前からこの地域の主流をなす河川道であったに違いない。一方、これより南西側従断面の田辺——小川を結ぶ線については、地表電気探査による調査結果(長野県, 1968)がある。これによると上部は砂を主とする地層からなり、一般に薄い、上流側では幾分厚さを増し、深度4~24 mまでの範囲にあり、次にくるシルトを主とする地層が、10~35 mの層厚で分布しているということであるから、盆地の端部と中央部では地質構造的にだいぶ様子が違うようである。

8. 総括

諏訪湖の南岸沿いにとった測線断面図から、第四紀後半以後に堆積した地質構造を考察した結果、大別して上部から①シルト質粘土、②腐植土混り砂および砂質シルト、③腐植土を挟むシルト、④砂・粘土の互層、⑤砂礫、⑥粘土の順で堆積していて、土質強度的に特にゆるい地盤とみられる①・②の層は盆地端では薄いか欠除し

ている。No. 1地点からNo. 2地点にかけての下部層の偽傾斜は1.6°前後である。

No. 2地点の深度141~144 mの間で顕著な軽石層が認められ、渋崎地点の深度133~137 mのものとは対比される。

土質別のかさ密度値として、腐植土は、1.0前後の値が多く、間隙比・ガス含有率などが高いためにかなり小さな値を示す。シルトは、1.25~1.6の範囲にあって普通1.3~1.4の値である。粘土は各層準によって値が異なるが、間隙比小・土粒子比重大のために、平均して1.6~1.7と比較的高値であり、その他の土質性状からシルトおよび砂質シルトに較べて粘土の方が性状は安定している。砂は全体的に土粒子比重が小さく、またシルト分の含有が大きいために、かさ密度値として小さい傾向にあるが、上部層の砂は間隙比とフリーガス含有量が大きいために、1.0~1.3と特に見掛上のかさ密度値が小さく、これより下部の砂も普通1.4~1.6の値である。

砂礫層以深では、土質性状の劣る腐植土・シルトの挟みは認められないで、比較的密度の大きい固結性の粘土や砂・砂礫などが連続し、各層間のかさ密度値の差は顕著でなく、全体的な地盤強度は締った安定地盤である。

湖南盆地を貫流する河川に沿った南北方向断面の堆積構造については、未だ不明であるが、新井——下金子——文出を結ぶ地帯は古くから主流をなす河川道であったものとみられ、砂礫層がよく発達しているようである。また盆地南西側の田辺——小川を結ぶ断面では、上部に砂を主とする薄層があり、その下にシルトを主とする地層が10~35 mの層厚で分布しており、盆地の端部と中央部では地質地盤の様子がだいぶ違っている。

(昭和43年11月調査)

文 献

- 小鯛桂一(1969) : サウンディングとその孔を利用した密度検層による地質地盤の研究, 地質調査所月報, vol. 20, no. 4
- 小林国夫(1960) : 信州の温泉とその地質——とくに諏訪付近の温泉, 温泉科学, vol. 11, no. 1
- 中村久由(1962) : 本邦諸温泉の地質学的研究, 地質調査所本報告, no. 192, p. 61~62
- 長野県企画部(1968) : ハケ岳山麓諏訪地域地下水源調査報告書
- 本島公司外2名(1953) : 諏訪湖天然ガス鉱床調査報告, 地質調査所月報, vol. 4, no. 9