

昭和 43 年 12 月

原 著

福井県の温泉について
—とくに芦原温泉について—

福井大学 塚 野 善 蔵

(昭和 43 年 11 月 7 日受理)

Thermal Springs of Fukui Prefecture, with
Special Report on the Awara Spa

Zenzō TSUKANO

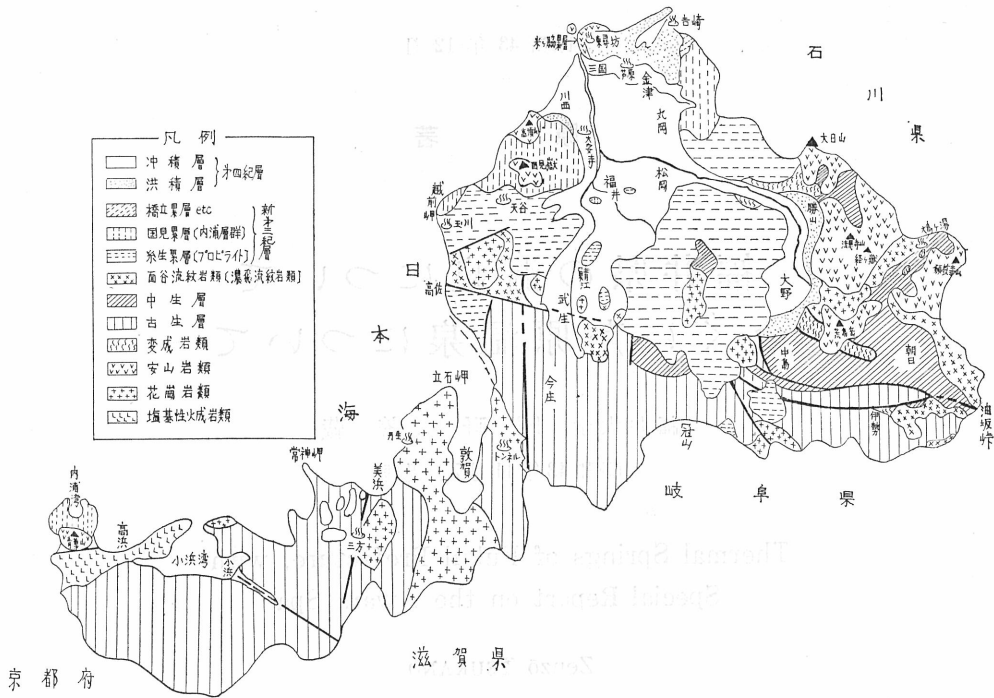
Geological Laboratory, Fukui University

Fukui Prefecture is not blessed with many hot springs, although several hot springs, i.e. Mikata, Tamagawa, Tsuruga, Daianji, Tojimbo and Yoshizaki, were recently exploited, but the waters of most hot springs are not hot enough to be used for thermal-bath purposes. The Spa Awara is the only hot spring in that prefecture whose water is suitable to be used for the above mentioned purpose. Awara Hot Spring is located in the northern part of the so-called Fukui Plain. There are 24 hot spring wells registered in that town. In this area the hot water is pumped up from the aquifers in the deluvial deposits. The water is supposed to be partly permeating through the fractured zones (NE-SW and NW-SE directions) in the Tertiary basal rocks. Recently, with increasing consumption of hot spring water, it has become conspicuous that the ordinary underground water is gradually permeating into the hot-spring-water-aquifers vertically and horizontally from the surrounding area, and thus the thermal water is being diluted and its temperature lowered.

Although various measures have been undertaken to prevent cold water penetrating the hot spring aquifers, no effective method has been found.

は じ め に

福井県は全国的視野からみて、かならずしも温泉に恵まれているとはいえない。第1図の福井県地質概念図からも理解できるように、岐阜県境油坂峠から、日本海沿岸高佐にいたる顕著な地質構造線以南は、青葉山周辺を除き、ほとんどの大部分は古生層とこれを貫く花崗岩類(中生代末侵入)からなり、温度のある温泉の期待はむずかしいし、現在のところ開発されているものはない。



第 1 図 福井県地質概念図

北陸トンネル開さく工事中、敦賀口から 6,450.5 m 付近で、角閃花崗岩と古生層との接触破碎帯に遭遇し、角閃花崗岩中 15 m に亘り、水温 26.2°C、水量 600~700 l/m の著しい湧出をみた。これと同時に、この地点の直上、約 200 m の新保鉈泉の湧出がとまった。泉質は全く同じく、上記トンネル温泉では総硫黄 2 mg/kg 以上含み温泉法の規格に該当、敦賀市当局の要請に基づき、国鉄は湧水範囲 15 m に亘り集水溝を設け、敦賀口まで配管工事を行なって送水することにした。市当局は、市の南郊吉河地区の山林 3 万坪を買収、温泉街建設のため土地造成を行ない、敦賀口からさらにこの地まで配管、誘致温泉旅館に対し、加熱給湯することとし、既に 2~3 の旅館が完成し営業を行なっている。この温泉水は破碎帯にみられる玢岩々脈に関係したものと推定される。温泉水の蒸発残渣量は 112.7 mg/kg に過ぎない。

最近、福井県は若狭湾国定公園の誕生以来、とくに三方五湖の景勝地に、温泉開発の可能性につき、筆者の意見を求めてきた。高温泉の開発は望めなくとも、敦賀・美浜にかけて分布する黒雲母花崗岩に関係したラドン泉の開発が可能なることを提唱、その泉徴地調査を京大初田教授に委嘱することにした。その結果、民家の井戸水・野外湧水 28 地点に多くのラドン量を検出、この内、療養泉規格 (8.25 マツヘ以上) に入るもの 22 地点、その大部分は三方旧町を南北に走る三方断層の付近に集中している。このため、初田教授は自然水のラドンの供給源として、当然付近に分布する花崗岩類に求めるべきであるが、深部からの通路として三方断層を重要視し、その明確な位置及其の性格を究明するため、電気探査法・放射能的地下探査法・重力探査法を併用した。三方断層に沿い、南は倉見付近から北は気山付近にいたるまで、小さな新旧の複合扇状地が発達する。この扇状地には部分的に断層崖下の崖錐的性格をもっているものもある。扇状地末端近くの各所に湧水がみられ、民家がこれを井戸水として利用しているも

のが少くない。ラドン量の多い井戸は、東側の花崗岩類に近接した地域に限られている。筆者は、ラドンは浅い伏流水に含まれ、そのラドンは三方断層を通じ、深部からのみ供給されているものではないと推定する。10 マツへ内外のラドン泉は、今後さらにこの花崗岩体の分布する各所に発見される可能性がある。滋賀県境に近い深坂トンネル上にペグマタイトを採掘している小鉢山がある。地表から深さ 10 m 内外の坑内に湧出する地下水にも約 10 マツへのラドンが含まれ、蒸発残渣量僅々 50 mg/kg 内外に過ぎない。ラドン泉の温度は美浜・三方地区とも 14°C 内外である。既に三方町ではラドン泉を利用する宿泊施設を三方湖の南岸に設置した。

油坂峠・高佐線以北はいわゆる飛騨帯に属し、飛騨片麻岩類とこの成生に密接に関連する船津型花崗岩類からなる基盤岩がみられるところである。この基盤岩上に、東部はおもに中生層（おもに手取統、侏羅-白堊紀層）、西部には新第三紀層が発達する。両者の境界は概ね大野盆地を南北に走る線である。火成岩類として、花崗岩類（中生代末ないし第三紀）・面谷流紋岩類（中生代後期）・各種安山岩がみられる。温泉の熱源として注目されるものは新第三紀層中の安山岩、あるいは第三紀末ないし洪積世の噴出にかかる安山岩である。東部から願教寺山・荒島岳・経ヶ嶽・法恩寺山・大日山・国見岳・高須山・東尋坊を中心とする区域の安山岩類などは後者の例である。しかし、高温泉として知られているものは、遺憾ながら芦原温泉があるのみで、東部の奥越地方には期待されながらも、打波川上流に鳩ヶ湯鉱泉が存在するに過ぎない。戦後の温泉開発ブームにのって、吉崎温泉（泉温 30.5°C）・大安寺温泉（泉温 38°C）・玉川温泉（泉温 30.2°C）・東尋坊温泉（泉温 30°C）の 4 温泉が開発され、とくに東尋坊温泉はやや規模の大きいファミリー・ランドを建設した。吉崎温泉は筆者らが協力し、初田教授が中心となって調査開発せられたものである。地質調査・地温測定・電気探査・放射能的探査によって、石川県境近く北潟湖畔の沖積地に選点し、試錐を行なった。沖積層（0~17.6 m）、橋立累層（17.6~323.4 m）を貫き、大聖寺累層中をさらに約 100 m を掘さくしたが、深度 288 m（細呂木凝灰岩層；安山岩質集塊岩）中の割目から揚湯することとし、泉温 30.5°C・泉量 50 l/m に達した。泉質は推定していたように、塩化土類含有強食塩泉で蒸発残渣量 19,193 mg/kg におよんだ。玉川温泉は日本海に面する海岸に位置し、北陸開発株式会社により試掘せられたものである。糸生累層の下部即ち安山岩とこれに伴う凝灰岩類（プロピライト）中を掘さくしたもので、深度 575 m に達したが、泉温は 30.2°C に過ぎず、泉量は 12 l/m でかならずしも豊富とはいえない。すでに入浴・休養の設備をもっている。蒸発残渣量は 184.2 mg/kg・PH は 9.32 である。福井市の北西にある大安寺温泉は福井市当局の依頼により、筆者の所属する教室によって調査せられ、開発されたところである。民家の井戸水調査・地質調査・地温測定・電気探査などの積み重ねによって、確信を深め、試錐を行なった。沖積層（0~50 m）から国見累層中の安山岩に当り、深度 256.62 m で安山岩の下限をきり、下位の凝灰質頁岩に入った。温度は順調に上昇、深度 197 m で 39.5°C に達したが、夫以降温度は下降、凝灰質頁岩に達しても昇温しなかった。幸に、深度 188~197 m 間の亀裂から泉温 38°C の温泉水を日量約 200 噸を確保したので、今後の開発は将来これを使用する企業団体に委すこととし、工事を終了した。蒸発残渣量は 1,000 mg/kg 内外、泉質は含石膏芒硝泉である。古くから知られている丹生山地中の天谷鉱泉は、糸生累層の角礫凝灰岩の割れ目から湧出し、水温 25°C・蒸発残渣量 875.75 mg/kg、含石膏芒硝泉としての泉質を有し、芒硝を主体とする溶存成分をもつ玉川温泉とともに、大安寺温泉を含み、石川県の山代・山中両温泉と類似の泉質を示すことは地質的にまことに興味深いことである。

三国から海岸に沿い北方浜地にいたる間に、鮮新世に属すると考えられる米ヶ脇累層が発達する。この米ヶ脇累層と複雑な関係をもって東尋坊・雄島・松島の各種安山岩がみられる。このほか米ヶ脇累層との関係がよくわからないが、陣ヶ岡・三国の安山岩流がある。北陸開発株式会社は三国の北方で 20 余本に及ぶ、温泉探索のための試錐を行なった。

その内、6 号井は深度 692 m に及び、深度 328, 375, 380.5, 627 m で温泉脈に遭遇、泉温 30°C・泉量 180 l/m の採湯に成功したといわれる。坑底温度 47°C、ストレーナーの位置は次の如くである。

この結果につき、多少の疑問があるが、この北方隣接地区、すなわち安島・松島間に日本海観光開発株式会社がこれまた 10 数本に及ぶ温泉試掘を行なったことがある。両者の試錐結果から、安山岩の下限は深度約 140 m、これより約 320 m 間は角礫凝灰岩を主体とし、その下位に顕著

深 度	泉 量	泉 温
(m)	(l/m)	(°C)
328	20	33.2
375	50	34.7
380.5	50	34.8
627.2	60	47.0

な頁岩がみられ、深度 520 m より下は再び角礫凝灰岩が優勢である。少くとも頁岩層から以下は米ヶ脇累層の下位の橋立累層に属することは明らかである。両者の地温測定では、地温の上・下変化が著しく、日本海観光 2 号井では、深度 260 m の凝灰岩層中で 55°C を記録している。多くの細い泉脈が認められるけれども、所要の泉量が得られないようである。日本海観光の試掘井からとった温泉の水質は一般に塩分にとみ、海水との関連性を示している。これに対し、東尋坊温泉の泉質は蒸発残渣量約 230 mg/kg に過ぎないが可溶成分として NaHCO₃ を主体とし、Na₂SO₄・NaCl を含むもので、海水との関連性はない。

1. 芦原温泉の沿革

元来、芦原は舟津・井江葎・小葎・重義・池上など、付近の地名によって理解できるように、水草しげる低湿地であったらしい。明治 16 年 9 月 9 日(旧暦)、堀江十楽字一番の念仏田で、灌漑用の井戸を掘さくしたところ、鉱泉(金沢衛生試験所の鑑定)の湧出をみた。翌 17 年 2 月 12 日、田中々の村民が藁泓(現在の温泉発祥地?)で温泉試掘を行なったところ、華氏 140°(60°C)の温泉が湧出、これが契機となって、舟津・二面の両村民も競って温泉試掘を行なった。このため、明治 19 年 5 月、福井県は福井県令警察類典(第 16 類衛生)、甲部 21 号鉱泉穿掘禁止の件として、越前国坂井郡舟津村・田中々村・二面村・堀江十楽村の村内に当分の内、新に鉱泉を穿つことを禁ずる旨布告した。当時、既に掘られた泉井がいくつあったかは不明であるが、昭和 7 年の警察台帳には舟津 29、田中々 24、二面 23 で計 76 井、現在は 74 井が登録され舟津に属する二井が消滅している。当時、さく井・採湯の方法は、上総掘りにより、口径 2 寸以内深さ 20 間から 40 間未満(30 間内外のものが多い)の穴を掘り、竹筒を挿入し、所定の温泉層(洪積砂礫層)から竹筒の細長い孔を通して自噴する温水を、井戸枠いわゆる「マチ」に溜め、これから自然流下により浴槽に導き入れたものである。このような竹筒を用いる採湯方法は、終戦後数年間なお 1 部に使用されていた。県令による泉井数増加の禁止は、警察力によって、終戦まで維持されてきたが、その間、さく井を保護する竹筒は数ケ年で腐朽するため、交換掘(既存の泉井が不活潑な場合、近くに新しくさく井して以前のものをとめる)の制度をとってきた。

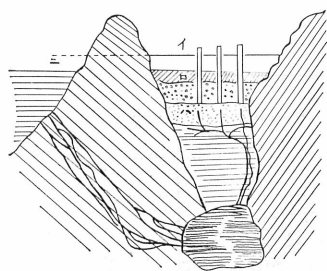
昭和23年6月、福井地震のため、家屋の被害とともに、僅か数本の泉井を除き、大部分の泉井は湧出を停止した。その後、交換掘りなどにより復旧したが、一時的な水位の低下あるいは家屋の改築・修築などによる浴槽の位置の変化などのため、マチからの自然流下による温泉水導入が困難となり、ピストンポンプ(1/2馬力に制限)による揚湯を行なうものが続出してきた。

一方、温泉法施行規則の公布により、昭和25年10月、福井県温泉審議会が誕生、爾来現在にいたるまで、県内における温泉掘さくの件につき、知事の諮問に応じてきた。この内、芦原温泉に関するものについては、先の県令の趣旨、慣行として重んぜられてきた芦原温泉々源保護のための諸対策につき検討し、芦原温泉地審議内規を昭和26年1月設定した。この主な点をあげると次の如くである。芦原温泉の保護区域は、最近改訂したところであるが、最も外側にある温泉井から東・西・南・北に夫々500m離れたほぼ正方形に近い範囲である。この区域内では、すでに登録されている74井以外に、新たに温泉掘さくは認めない。各泉井の深度は91m(約50間)以内とし、夫以深にあると推定される新第三紀層岩盤内の掘さくを禁止している。また各泉井のさく井口径は2吋(但し上位11mは3吋)とし、ポンプは1/2馬力、吸上管の口径は1.2吋以下としている。このような、全国にも稀な徹底した保護対策は、泉井主および温泉引用権者達の強力な支持があるとはいえ、今後この推進には種々の複雑な問題を内蔵しているといえる。

しかし、第一次温泉源として期待される第三紀層内の温泉源の規模・温度・泉質・泉量などにつき、全く未調査である現在、対策なしにこの規制を緩和したり、1部を廃止すれば、一層涸渇を早からしめる事態となることは明らかである。

2. 芦原温泉の調査

明治17年5月、芦原温泉について、理学士石田二男雄¹⁾と大岩貫一郎両氏の調査報告がある。両氏は「地下に必らず一つの大なる裂隙ありて海底に通じ、海水常にこれより入りて、地下の一大空洞に瀝まり、地心の熱を受けて沸騰、



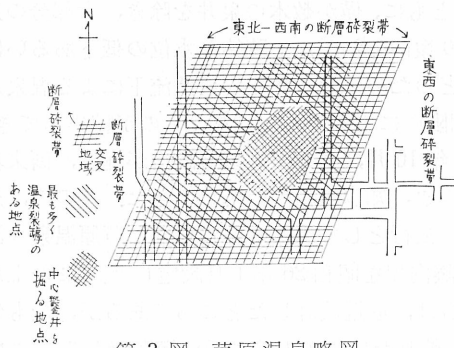
イ: 田面
海面より高さ約十尺
ロ: 旧時の川床
ハ: 砂層
ニ: 道面

(石田二男雄・大岩貫一郎氏による)

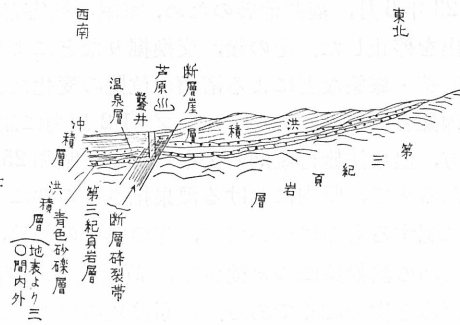
第2図 芦原温泉地層縦断面予想図

下の一大空洞に瀝まり、地心の熱を受けて沸騰、気類の圧力と水圧の力により、支脈を通じて上位の砂層に流れる」ものであると述べ、場所による湧出量の相違は、竹筒を穿口に下す際における技術上の巧拙によるものとしている。そして地下大空洞の所在を温泉の最高温度から測算して大約地下1512間の深さにあると述べている。短文の報告であるが、東京大学理学部地質学科が明治12年に、初めて近代地質学を身につけた第1回卒業生を送り出したことを思えば、文章の表現に多少の問題があっても、本質的にはほぼ正鵠を得たものとして驚嘆に価する。この調査は芦原温泉発見の翌年に当り、明

治19年県令をもって新掘さくを禁止したこととどのように関係があったかは不明である。その後、長く科学的調査は行なわれず、昭和23年6月福井地震の際、泉井の大部分が湧出を停止したので、今後の対策として当時東大教授であった加藤武夫先生²⁾を招き意見を聞いている。



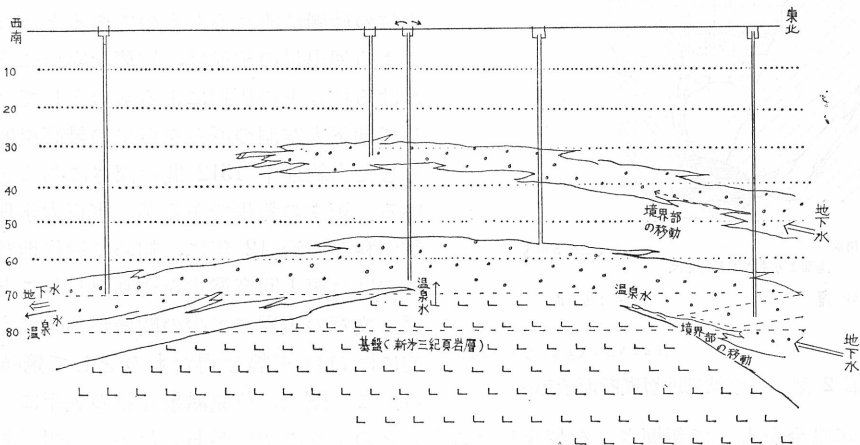
第3図 芦原温泉略図
(加藤教授による)



第4図 芦原を中心とした地質断面図
(加藤教授による)

このとき加藤先生は短文の報告書を提出している。それによると、現在の温泉街の内、60°C内外又はそれ以上の温度の湧出する区域は、東西の断層碎裂帯と東北～西南の断層碎裂帯とが交叉する地域で、この網状の割目を通して、温泉が地下深いところから上昇してきて、沖積層下の洪積層中の砂礫層（上・下2枚）に交りこみ、地下水と一緒に湧き出してくるのであると述べ、今後の対策として、潰れた泉井の穴道を開か、不可能な場合は近くに交換掘りを行なって、できれば含温泉砂礫層の下底まで掘さく、なお竹筒の代りに鉄管を用いることをすすめている。また、さらに将来の方策として、最も温度の高い地域を選び、径6吋・深さ150間以上のさく井をして、第三紀層内を上昇してくる温泉を集める。恐らく自噴すると思われるが、自噴しない場合は動力を用いれば、毎分5石ないし7石位の温泉水を湧き出させることは容易で、かようなさく井を需要量に応じ、1本あるいは2本掘って適当に分湯すれば、現在の旅館全部に十分に供給することができると述べ、なお現状で行くとすれば、さく井の数は絶対に増さぬこと、及びなるべく泉井数を減らすことを心掛くべきであると警告している。

次いで、昭和29年中央温泉研究所が芦原温泉旅館組合の委託によって、芦原温泉全般にわ



(中央温泉研究所報告による)

第5図 湧出機構模型図

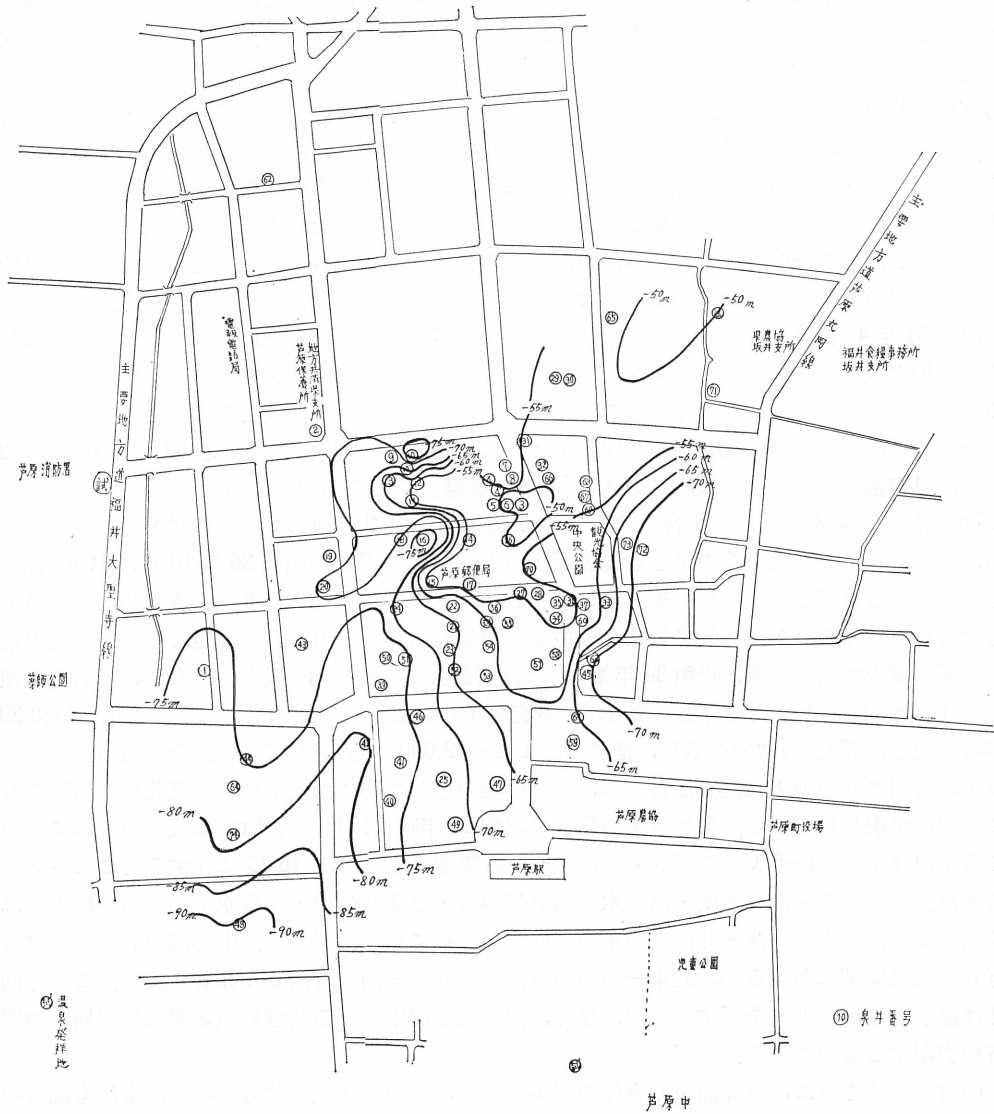
たる科学的調査を実施し、その結果を報告³⁾⁴⁾している。この報告は、地質・泉温・泉質・湧出機構の全般に亘り、科学的に芦原温泉の全貌につき、初めて明かにしたもので極めて貴重なものである。とくに、地質構造と温泉の湧出機構について次の如く論じている。芦原町中心部付近の地層は大体上位より 5m まで粗粒砂、5~30m は砂・粘土の互層、30~35m に粗粒の砂乃至細かい礫層、35~50m に灰色粘土層、50~70m に中粒砂層、そしてその下位に固い灰色の頁岩層（新第三紀層）が続く。基盤岩はここではドーム状を呈し、その上位の地層も幾分中心部で浅く周辺部で深くなっている。基盤の頁岩層の小亀裂から出た温泉水は上位の 2 枚の砂層に貯溜、この際、より高温の温泉がガス圧によってドームの頂部に集中する傾向をもつ。しかし、温泉水の上昇力を促すガス圧は 1/20 気圧程度で強くはない。一方、泉温・塩分濃度の分布から、中心部における揚湯量の増加によって、温泉圧が減少して、貯溜層内に地下伏流水が浸入し、周辺部の温泉井の泉温の低下、塩分濃度の減少がみられる。南西部では地下伏流水と温泉水とが同じ方面に流下し、地下伏流水の混入が認められないので、泉温の低下はあるが、溶存成分量の変化は小さい。しかし、東南側は地下伏流水の混入が顕著で、泉温・泉質とも著しい変化を示している。このことは、また地下伏流水が北東~南西方向に流れているためであろうと述べている。さらに芦原温泉の熱源に触れ、芦原と片山津は地質条件がよく似ていて、和倉と同様、グリンタフよりも新しい安山岩の噴出にその熱源を求め、第三紀層内の温泉の流動に対して、単に垂直方向の裂かのほか、地層の背斜或はドーム構造乃至地層と火山岩体の接触面などが重要な役割をなすかも知れないというように重要な発言を行なっている。

昭和 31 年 4 月 23 日、フェーン現象による強風の際、芦原駅前の一民家から出火、不幸にして旅館街の大半が焼失した。約 1 ヶ年半後、漸く復興したが、これを転機として各旅館は施設の改善を図るとともに浴槽の規模あるいはその数において著しい増大をみた。

その結果、自然湧出の泉量、いわゆる「マチ」に貯溜する泉量では不足を来し、昭和 33 年 2 月、温泉審議会は旅館側の要望に応え、「マチ」を廃止、その代りに、地表面から下へ測って 5.5m（但し温泉水位が低い場合には約 10m）まで、口径 2 吋の管を口径 3 吋とすることを認め、同時にポンプの吸上管の長さを地表面から下へ測って 7m（昭和 36 年 10 月、11m 以内と改訂）とした。このことが、揚湯量の著しい増大を来し、水位・泉温の低下を招来する結果となったのではないかと心配された。県並びに芦原町当局はこの事態を憂慮し、先の中央温泉研究所の調査に引き続き、昭和 34 年筆者⁵⁾は地質調査所中村久由⁶⁾氏らとともに、両者の依頼を受け、全般に亘る現状分析を行なった。調査結果の概要は次の如くである。揚湯量は昭和 29 年時に比し、43% の増加を示し、推算では 1 日約 2,000 噸に達している。その結果、水位の低下、周辺よりの地下水混入が目立ち、最近の現象として特に西側が目立ち又北側においてもこの兆候が現われている。自然水位の降下は昭和 29 年時に比し、約 1m に及び中心部においても泉温は平均 4~5°C の低下がみられ、その隣接地区では、10°C に達するところさえできた。孔底温度・揚湯温度・温泉水の電気伝導度・蒸発残渣量・揚湯水位などの等値線図には例外なく、北東-南西・北西-南東の方向性が明瞭に現われている。中心部の高温地帯は両方向の交叉地帯にあたるが、北東-南西の方向性は北西-南東方向より顕著である。この方向性は温泉水の流動方向を示すものではなく、温泉水を湧出させる基盤岩（新第三紀岩層）の弱帯を表現するものである。

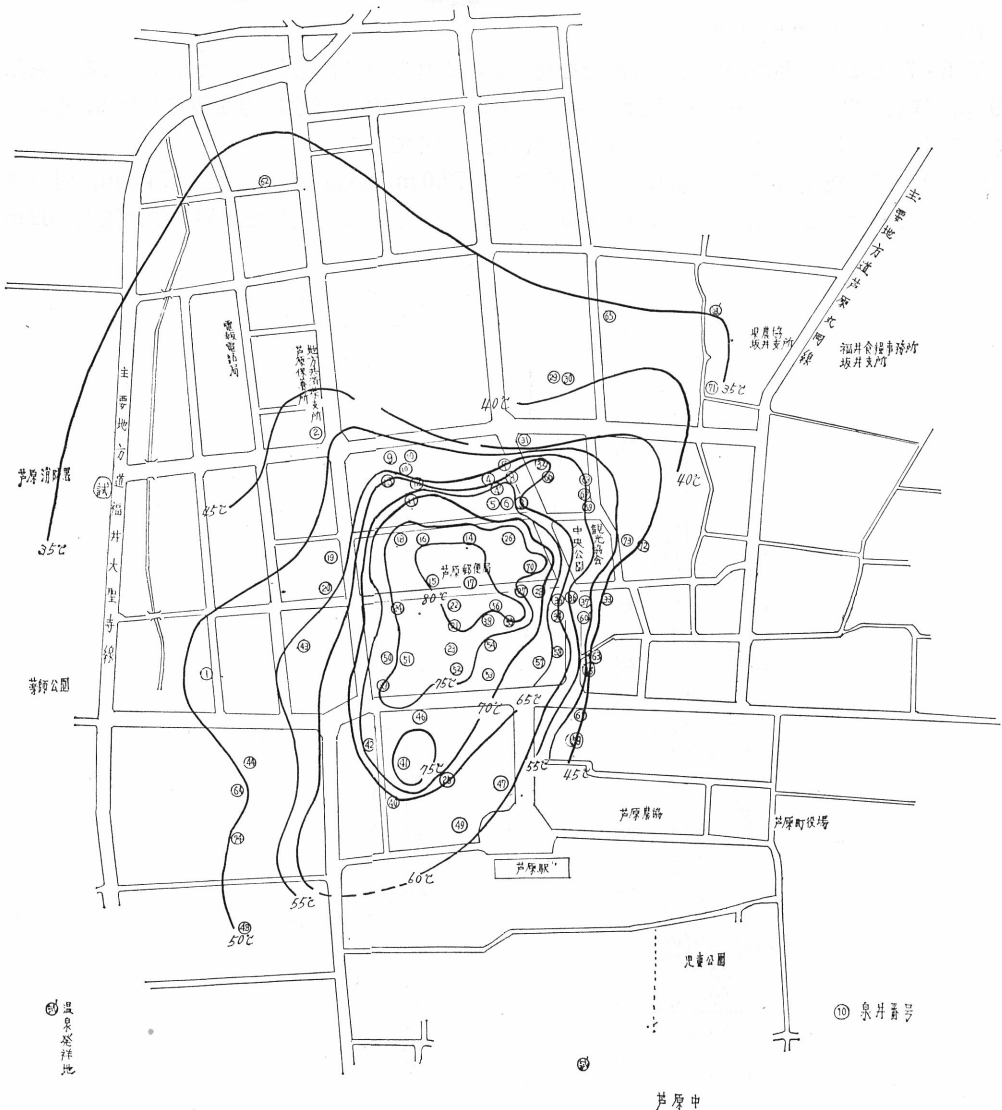
中村氏らはさらに、芦原温泉の今後の対策として、この弱帯上に位置し、しかも最も温度の高い中心地域の適当な地点を選び、少くとも 150m 以上の試錐を行ない、その深部の状況を

知ることが望ましい。実際必要な温泉の使用量は、現在の 2,000 t/d よりはるかに少ない量で済む筈であるから、この必要量が確保できれば、より多くの温泉を掘る必要はなく、結局泉源保全のうえに最も直接的な対策であり、同時に新しい温泉開発の礎石であると結論した。一方、この調査結果に基づき、基盤岩の弱帯確認の一助として、西南延長部にあたる京福三国線に沿う県道踏切近くで、深度 130 m の温泉試推を行なった(第 8 図参照)。深さ 102 m で基盤岩の安山岩に達し、深度 121.6 m 以降凝灰質砂岩、さらに洪積層下部に優勢な礫層の存在を確認し得た。礫層間の温度は 50~60°C、この礫層から相当量の採湯の可能性を認めた。岩盤中に入ってからも昇温し、测温し得た深度 125.0 m で 65.9°C を示した。なお、深度 102~107.5 m



第 6 図 孔底深度等値線図 (昭和 39 年調査)

間に採湯孔を設け、15 HP コンプレッサーによって、揚水試験を行なったところ、揚湯量は日量約 180 噸、泉温 57.5°C であった。この結果は今後の芦原温泉について極めて明るい見透しを得たといつてよい。その後、芦原温泉の保護区域が問題となり、科学的根拠に基づいて設定する必要に迫られると同時に、芦原温泉の将来に対し、適切な計画を立てるため、新第三紀岩盤内の試掘を含め、十分な基礎資料を得る目的をもって、昭和 39 年県並びに芦原町当局の依頼で、中央温泉研究所・地質調査所・福井大学⁷⁾ の 3 者による総合調査を実施した。とくに今回は芦原温泉全泉井の揚湯停止・揚湯開始などによる水位観測に基づく周辺の影響につき調査した。そして、沿革ですでに述べておいたように、従来までの保護区域を改訂することにした。



第 7 図 孔底温度等値線図 (昭和 39 年調査)

このように、芦原温泉は偶然の結果とはいえ、昭和29年、34年、39年と5ヶ年おきに調査され、調査の目的は多少異なっているが、いずれも各泉井の泉温・泉質・泉量並びにあとの2回では各泉井の孔底深度、孔底温度などが調べられている。これらの調査によって、最近10ヶ年にわたる芦原温泉の推移を知り得たことは極めて重要である。

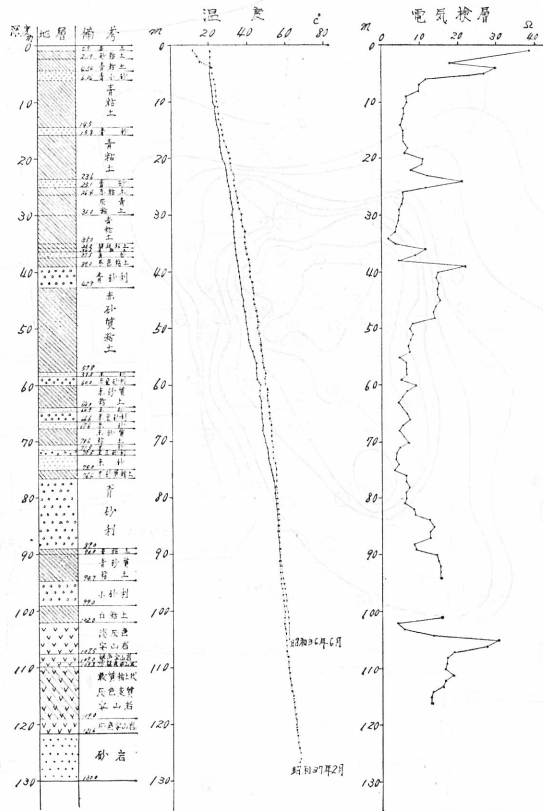
3. 芦原温泉の現況

現在登録されている泉井数は74本、その内、現在(昭42調)休泉中のものは6、7、18、30、34、36、65、72号井の8井である、昭和39年の調査による各泉井の孔底深度・孔底温度・揚湯温度・揚湯水位・揚湯量・化学成分などの概況につき述べてみたい。

(1) 孔底深度と孔底温度

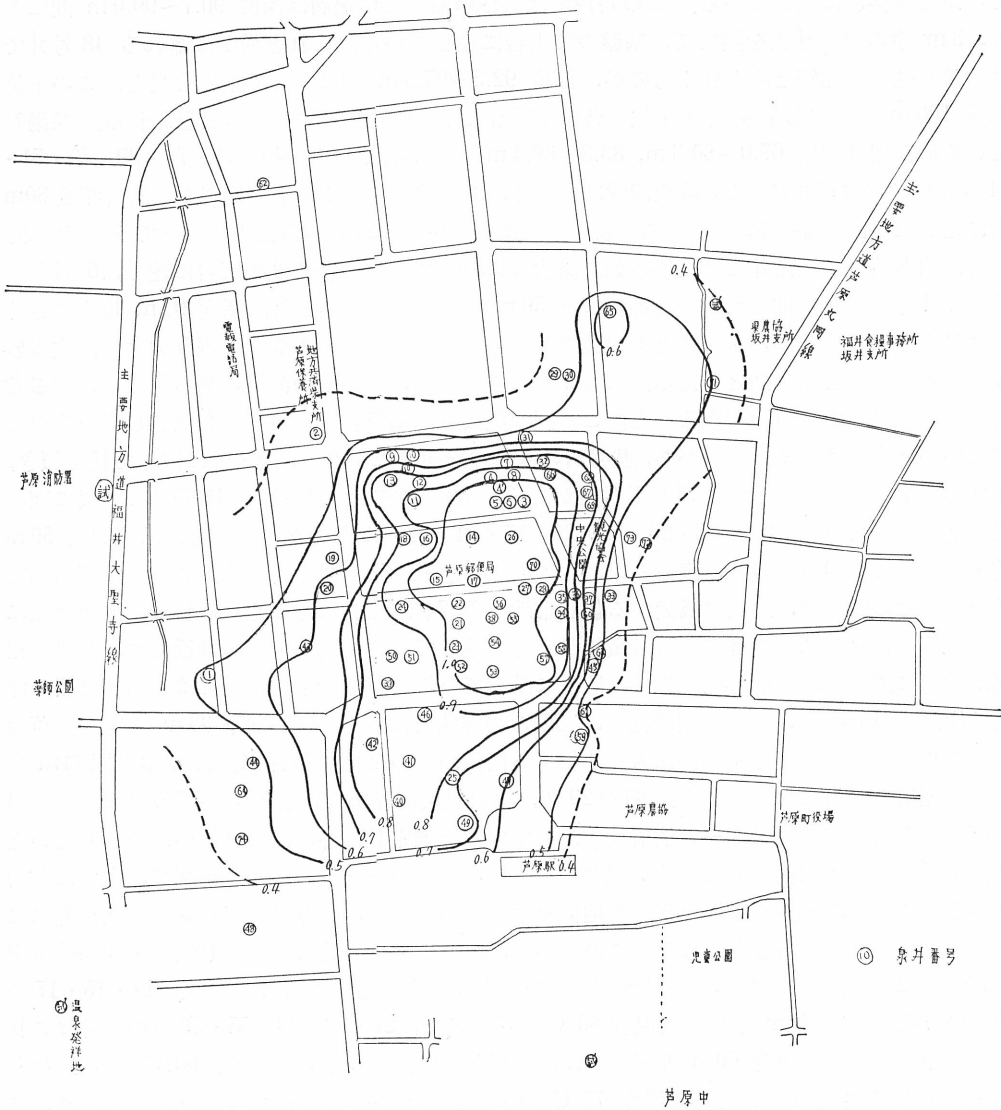
第6・7図は各泉井の深度と孔底温度を調査し、これらの等値線を描いたものである。昭和39年、芦原温泉全泉井の揚湯停止又は揚湯開始による周辺に及ぼす影響圏調査のため、くっさくした4本の観測井では、夫々の基盤岩深度は次の如くである。

県農協旧坂井支所裏では50.5m、消防署前では72.0m、芦原小学校裏では74.5m、温泉発祥地では70.0mである。それに、昭和35年京福三国線沿いに実施した試掘井では深度102m



第8図 昭和35年温泉試掘井地質柱状図

で明瞭な基盤岩に達している。この井戸では洪積層最下部の礫層は深度 90.7~99.0 m 間にあり、3 m 余の白色粘土を隔てて、基盤の安山岩に達している。これと僅かに離れる 48 号井では、この礫層の連続とみられるものが、深度 92.5~95.5 m 間にあって粘土を交え、この下位深度 100 m までは砂質粘土である。恐らく間もなく基盤岩に達するものと思われる。採湯している砂礫層は深度 67.0~80.3 m, 83.3~89.4 m 間の 2 層である。40・41・74・39・50・51・24 号井の各井は周囲に比し、坑底深度は大きく、16 号井ははとくに下部探査の目的で深度 80 m 余に達したが、基盤岩に到達せず、最下部の礫層は深度 72 m から掘止めに至るまで及んでいる。一方、旧農協裏の観測井では既述の如く深度 50.5 m で新第三紀角礫凝灰岩に達し、6 号井の傍らで 4 号井の交換掘を行なった際、深度 50 m 余で基盤岩に達した。深度 91 m 以上のさく井は禁止されているが、各泉井とも泉温の高いものを望む以上、可能なる限り大きい深度の砂礫層を求めることは当然といえる。このような観点から、基盤岩の深度の明らかなものを参考として、孔底深度等値線図をみると、この図は間接的に基盤岩表面の起伏を反映しているのではないかと推定される。すなわち、基盤岩の深度は北東部に小さく、西・南に向かって緩く傾き、深度を増している。そして、48 号井付近から 39・50 号井の付近を経て、16 号井の位置に向かって凹地がのびている。3・5・6・26・35・28・17・14・11・12 号井などを含む地域は深度 50 m 前後を示して基盤岩は浅く、東あるいは西に向かって急激に深くなっている。こうした新第三紀基盤岩表面の起伏は、北側に展開する加越台地(第 27 図参照)にもよくみられる。加越台地には、新第三紀層上に不整合にのる洪積層が広く発達している。三国・金津付近では、新第三紀層が地表に露出し、芦原付近一帯では地下に没している。芦原中学校付近では新第三紀層の深度は海面下 15 m で、この北側は深く、二面の青雲閣では、深度は海面下 33 m にある。芦原温泉の東南郊、京福三国線が西に大きく転ずる内側沿いの試掘井(昭和 4)では、深度 144 m で新第三紀層の頁岩に当たっている。昭和 29 年、中央温泉研究所の人達が、芦原温泉直下の新第三紀層からなる基盤岩がドーム状構造をなしていると推定したが、ほぼ間違いなかったといえる。第 7 図は夫々深度を異にする温泉井の孔底温度をそのまま用いた等値線図で、大いに問題はあると思うが、基盤岩に近い部分の地温を示すものとして、基盤岩内の泉源の所在探究には重要な手がかりになると思われる。この図から、ほぼ直交する北東—南西(顕著)・北西—南東(微弱)の 2 方向が看取され、高温地帯はこの二方向の会合地点に当たっている。14・15・17 号井は僅々孔底深度 50 m 余で孔底温度 80°C 前後に達し、21・22・38・55・56 号の各井はこれらよりやや深く孔底深度 60 m 前後で、ほぼ同様な孔底温度を示している。80°C の等値線(北西—南東方向)をとりまいて孔底温度 75°C の等値線(北東—南西方向が現われる)があり、この等値線内にある泉井数は前者を含めて約 18 泉井に及び、全泉井数(使用中)の 24% 余に及んでいる。この高温地帯の東・西側では孔底温度の低下は強く、北東—南西方向では弱く、とくに南西の温度低下は緩慢である。第 9 図には地温増加率の等値線を示した。深度 10 m から孔底にいたる平均増加率を試算して作製したものであるが、高温地帯は 1°C/m 以上の値を示している。この図においても北東—南西の方向性が強く示されている。一方、観測井である消防署前の井戸の孔底温度(基盤岩直上、深度 72.0 m)は 36.9°C、小学校裏の井戸では孔底温度(基盤岩直上、深度 74.50 m)は 37.0°C、予想外に高い温度分布を示している。また、北東側の旧農協横の観測井では、基盤岩直上(深度 51.0 m)で 35.0°C、さらに岩盤内の温度分布を知るため、約 12 m を掘進、孔底温度を測定したところ 42.7°C を示し、7.7°C の温度上昇を確認することができた。温泉発祥地の観測井では、基盤岩直上(深度 70.0 m)の温度は 36.8°C、孔底

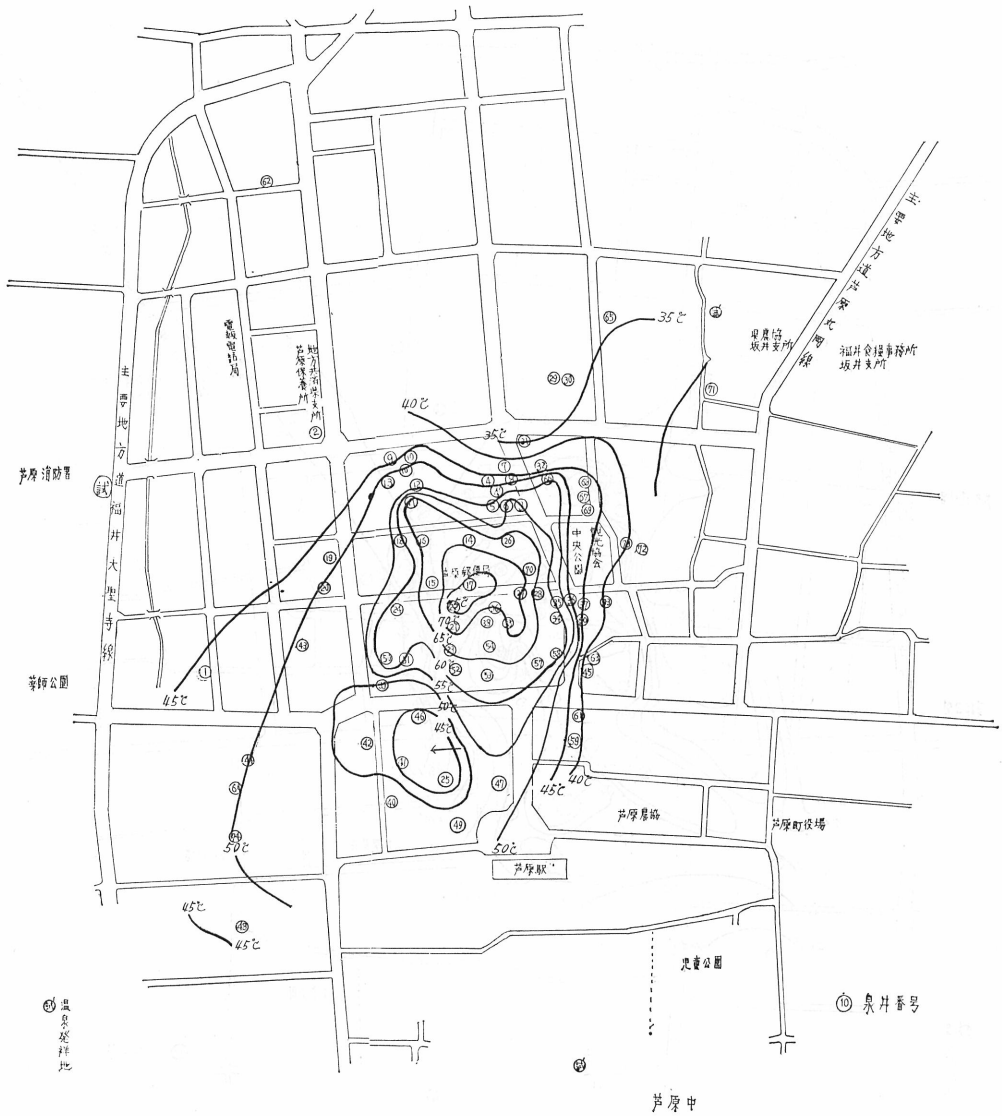


第 9 図 地温増加率等値線図 (昭和 39 年資料, °C)

温度 (深度 76.50 m) は 37.2°C で、5.50 m 間に僅かに 0.4°C の地温増加をみるに過ぎなかった。既述の京福三国線沿いの試掘井では基盤岩直上 (深度 102 m) で 58.6°C、孔底温度 (深度 126.60 m) は 65.9°C を示し、24.60 m 間に 7.3°C の温度上昇がみられた。

(2) 揚湯温度

第 10 図に、全泉井についての揚湯温度等値線を示した。孔底温度・地下増温率の等値線図とはほぼ同様なパターンを示し、北東—南西の方向性が強くあらわれている。中央部よりやや南の 25・41・46 号井がとくに低温であるのは、高温を示す洪積層下部に適当な帯湯層がなく、洪積層上位の砂礫層から揚湯しているためである。中心部はいずれも揚湯温度 60°C 以上を示



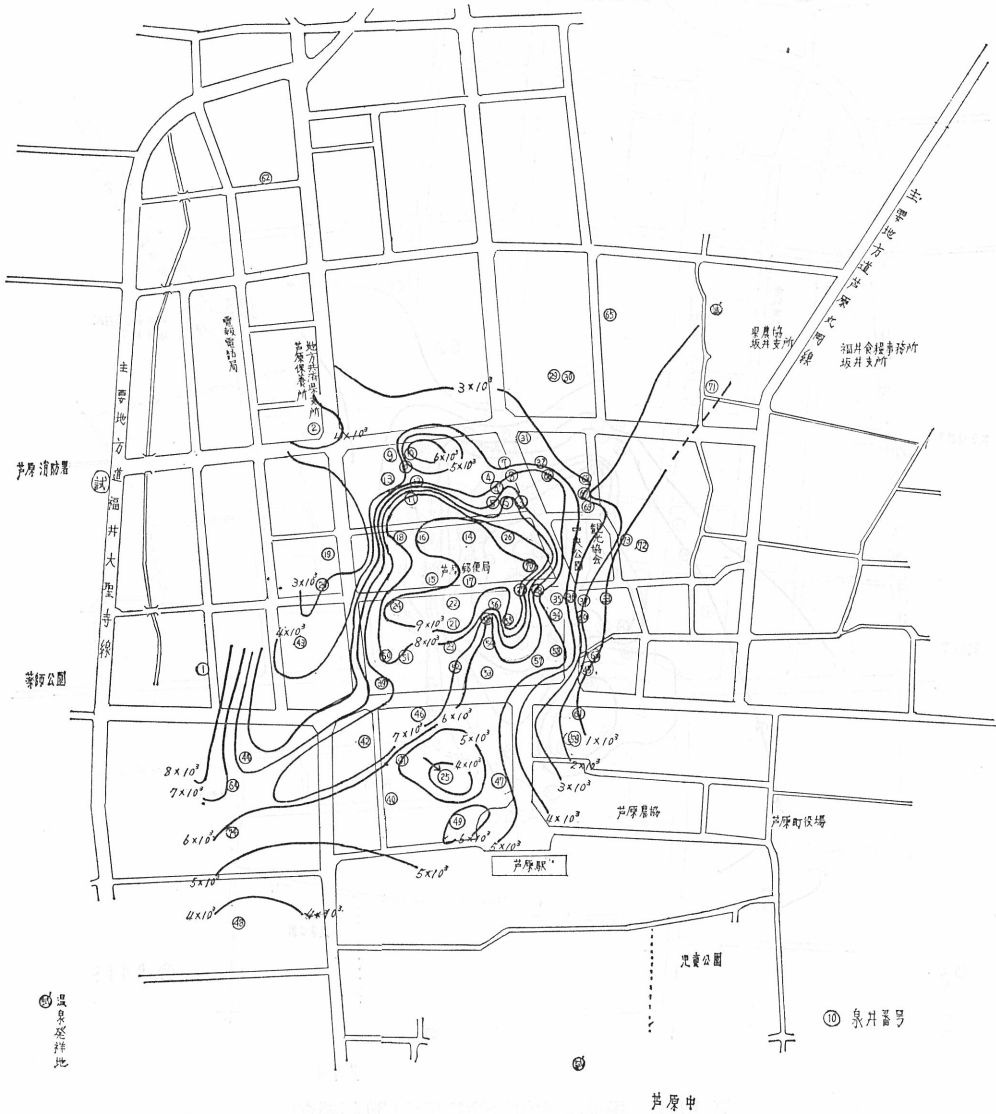
第 10 図 揚湯温度等値線図 (昭和 39 年調査)

し、その数 22 井に及び、これらは一旦マチで貯溜するか、あるいは水によって低温化し浴用に供している。

(3) 溶存成分 (泉質)

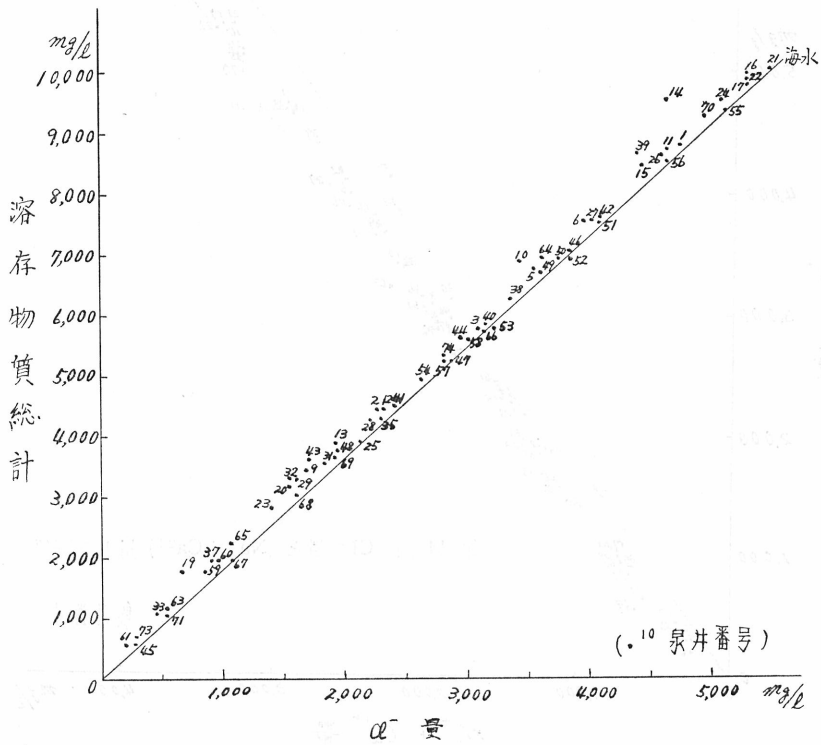
芦原温泉は含塩化土類食塩泉に属する。昭和 39 年度調査時 (中央温泉研究所の調査資料による) における全泉井の平均蒸発残渣量は 5,095.8 mg/kg で、最高 9,880 mg/kg から最少 551.0 mg/kg の値を示している。

第 11 図は蒸発残渣量の等値線図である。8×10³ mg/kg 以上の値を示す範囲は揚湯温度 60°C 以上の値をもつ範囲に一致し、3,000 mg/kg 以下の値を示す範囲は揚湯温度 45°C 以下

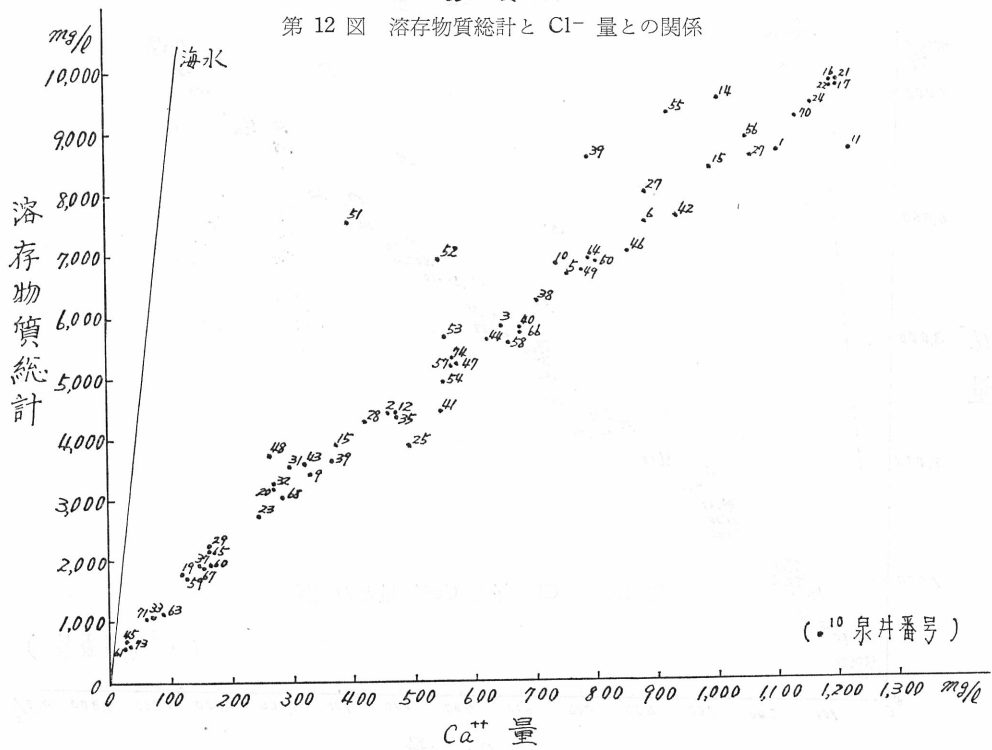


第 11 図 蒸発残渣量等値線図 (昭和 39 年調査, mg/kg)

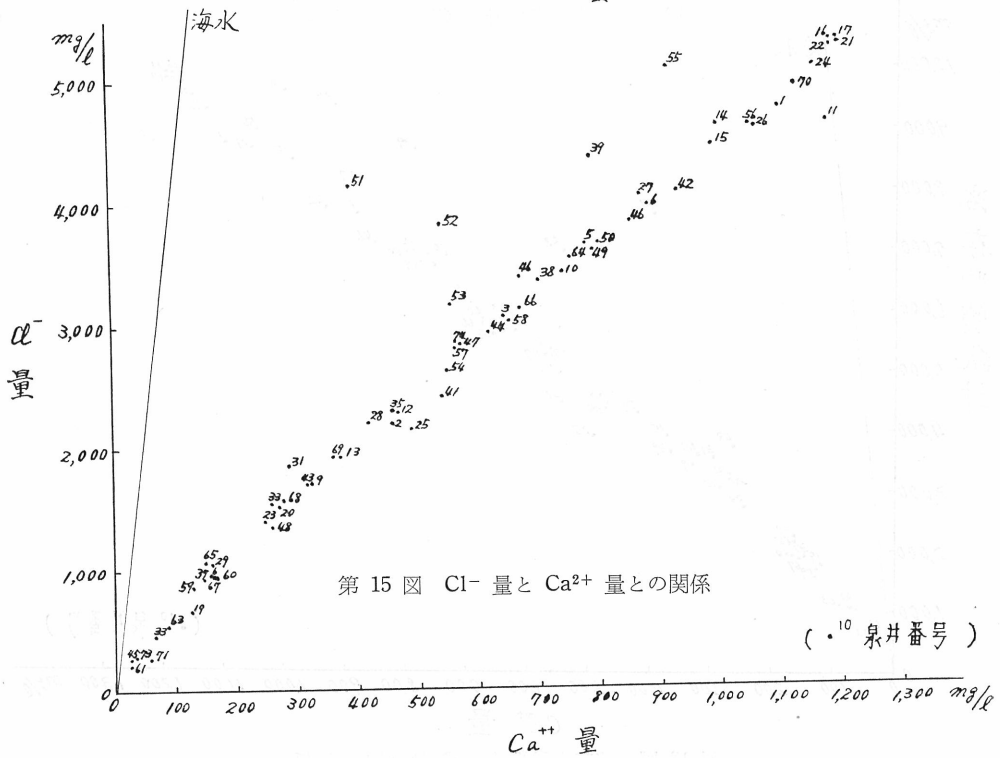
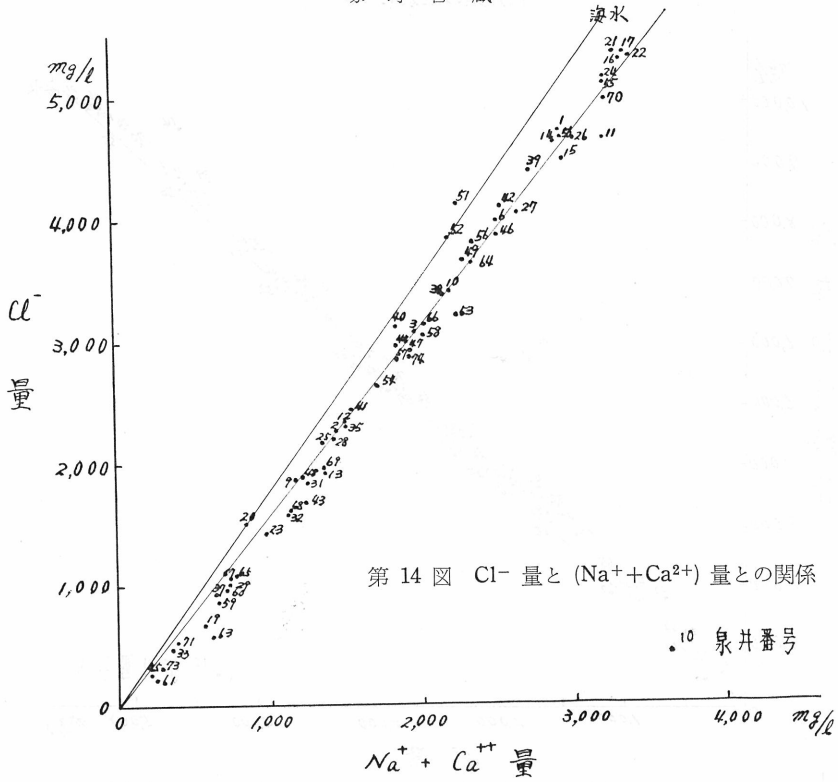
蒸発残渣量 (mg/kg)	泉井数	蒸発残渣量 (mg/kg)	泉井数
10,000 ~ 9,000	8	5,000 ~ 4,000	6
9,000 ~ 8,000	6	4,000 ~ 3,000	9
8,000 ~ 7,000	5	3,000 ~ 2,000	3
7,000 ~ 6,000	6	2,000 ~ 1,000	8
6,000 ~ 5,000	9	1,000 ~ 0	3

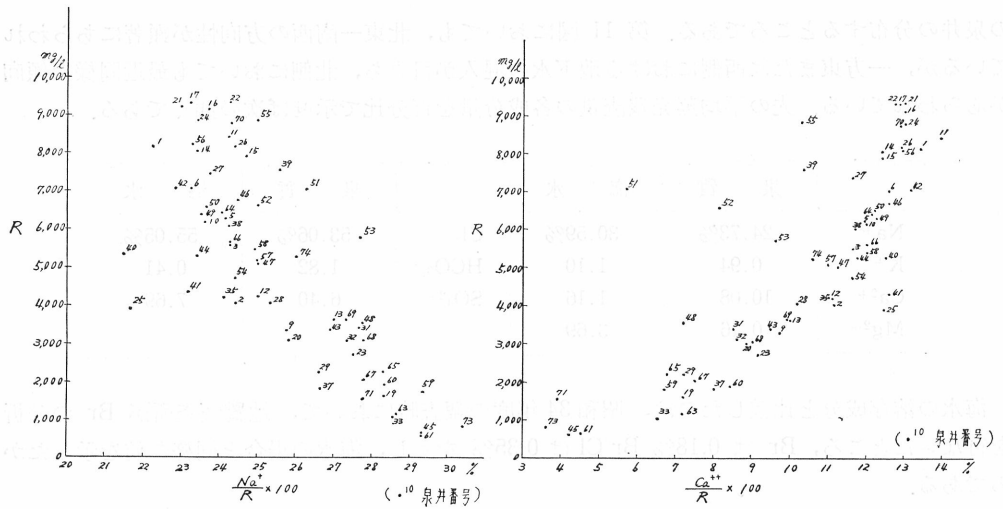


第 12 図 溶存物質総計と Cl⁻ 量との関係



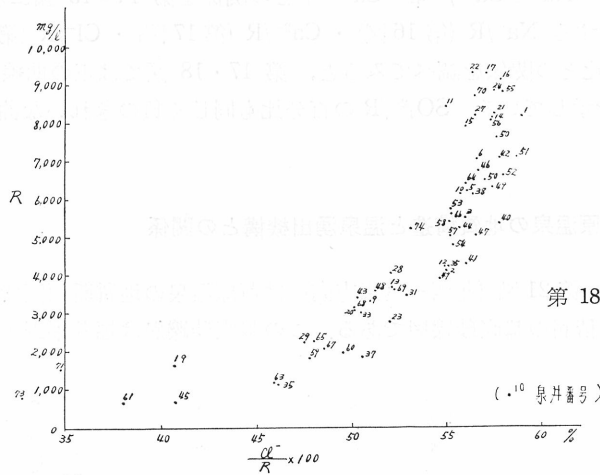
第 13 図 溶存物質総計と Ca²⁺ 量との関係



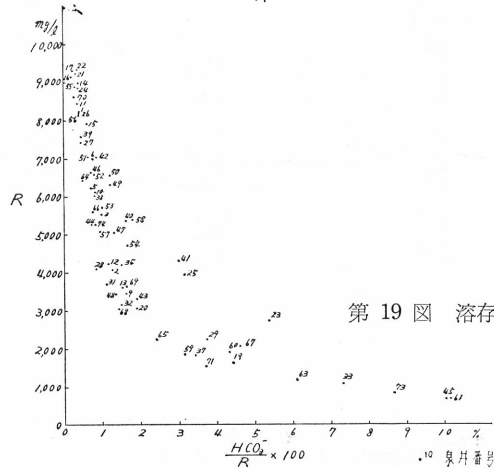


第 16 図 溶存物質総計 (R) と $\frac{Na^+}{R} \times 100$ との関係

第 17 図 溶存物質総計 (R) と $\frac{Ca^{2+}}{R} \times 100$ との関係



第 18 図 溶存物質総計 (R) と $\frac{Cl^-}{R} \times 100$ との関係



第 19 図 溶存物質総計 (R) と $\frac{HCO_3^-}{R} \times 100$ との関係

の泉井の分布するところである。第 11 図においても、北東—南西の方向性が顕著にあらわれているが、一方東または西側における地下水の混入が目立ち、北側においても最近同様の傾向があらわれている。先の平均蒸発残渣量の各成分量を百分比で示せば次の如くである。

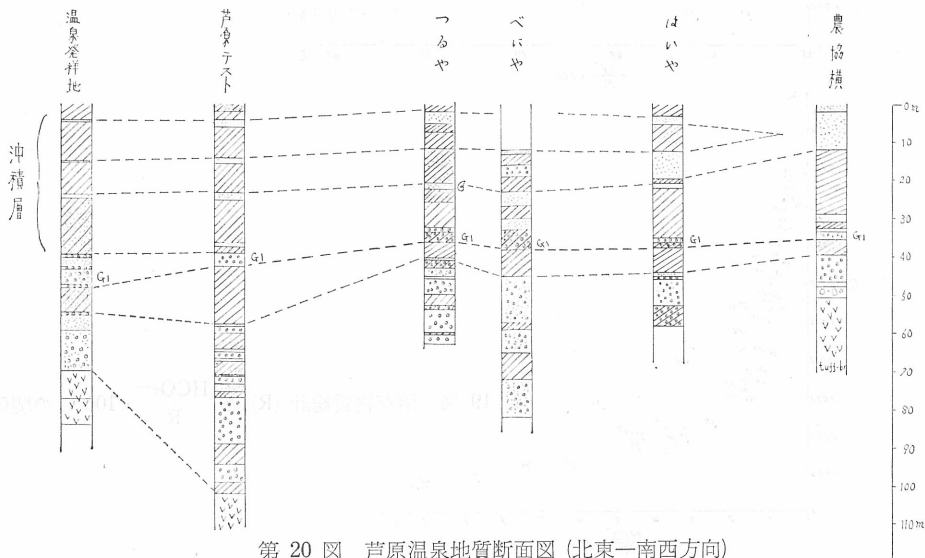
	泉 質	海 水		泉 質	海 水
Na ⁺	24.73%	30.59%	Cl ⁻	53.06%	55.05%
K ⁺	0.94	1.10	HCO ₃ ⁻	1.82	0.41
Ca ²⁺	10.08	1.16	SO ₄ ²⁻	6.40	7.69
Mg ²⁺	0.16	3.69			

海水の溶存成分と比較したのは、昭和 34 年度の調査時において、地質調査所が Br の分析を行なったところ、Br は 0.18% Br/Cl は 0.35% を示し、海水の場合と同様な値を示したからである。

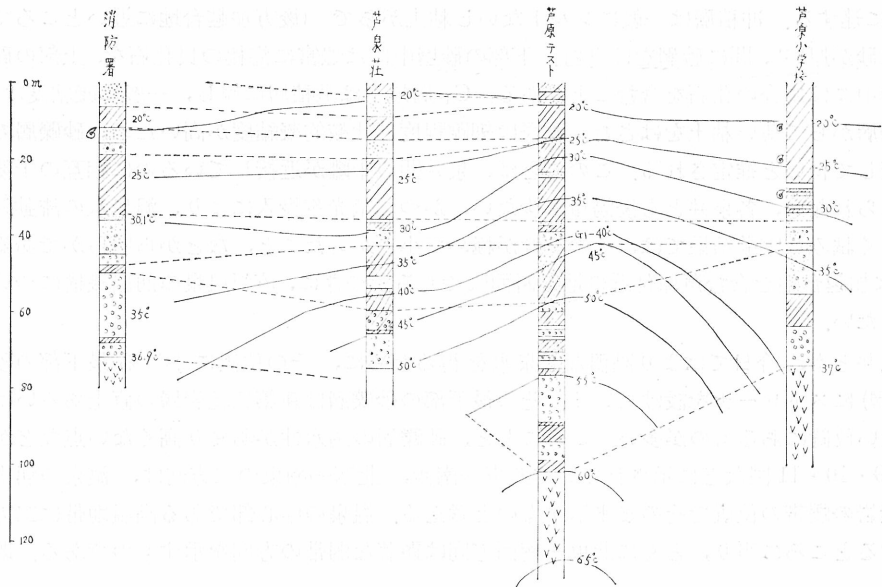
溶存物質総計に対する Cl⁻ (第 12 図)・Ca²⁺ (第 13 図) の各成分量との関係はきれいな正の直線関係を示す。Cl⁻ 量と (Na⁺+Ca²⁺) 量・Ca²⁺ 量との関係を第 14・15 図に示した。また、溶存物質総計 (R) に対する Na⁺/R (第 16 図)・Ca²⁺/R (第 17 図)・Cl⁻/R (第 18 図)・HCO₃⁻/R (第 19 図) の百分比との関係を調べてみると、第 17・18 図では正の曲線関係、第 16・19 図では負の曲線関係を示している。SO₄²⁻/R の百分比も同じく負のきれいな曲線関係をもっている。

4. 芦原温泉の地質構造と温泉湧出機構との関係

第 20 図 (北東—南西方向)、第 21 図 (北西—南東方向) は芦原温泉の地質断面図である。両図に示されている G₁ 層は沖積層の基底砂礫層である。この基底砂礫層は福井平野全域に亘っ

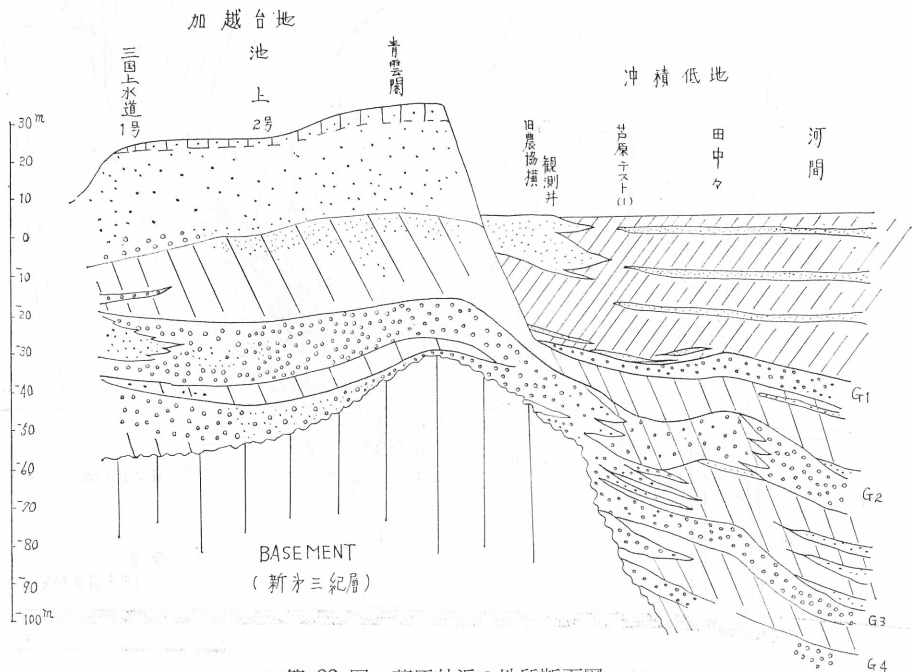


第 20 図 芦原温泉地質断面図 (北東—南西方向)



第 21 図 芦原温泉地質断面図 (北西—南東方向)

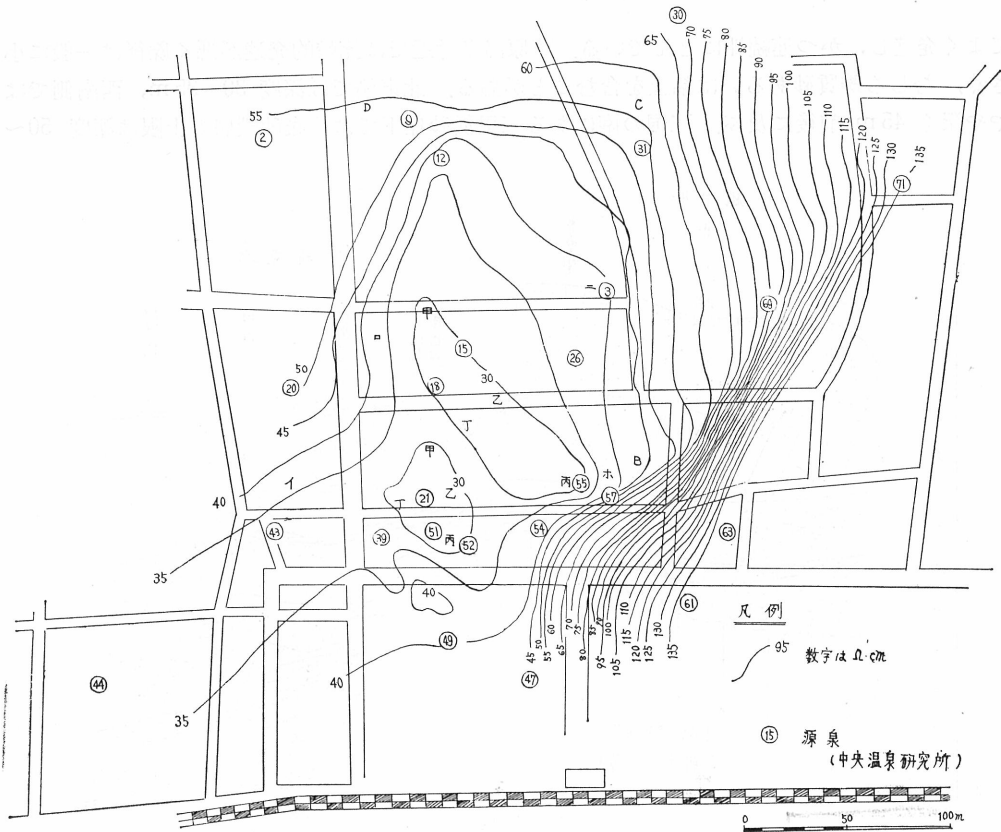
てよく発達し、かつ連続性にとんでいる。芦原温泉付近では比較的発達が悪く礫径は一般に小さく、むしろ礫質砂あるいは粘土を含むことがある。北東側では深度 30~35m、西南側ではやや深く 45m 前後に及ぶ。三国の南にある三里浜砂丘下では基底砂礫層の上限は深度 50~



第 22 図 芦原付近の地質断面図

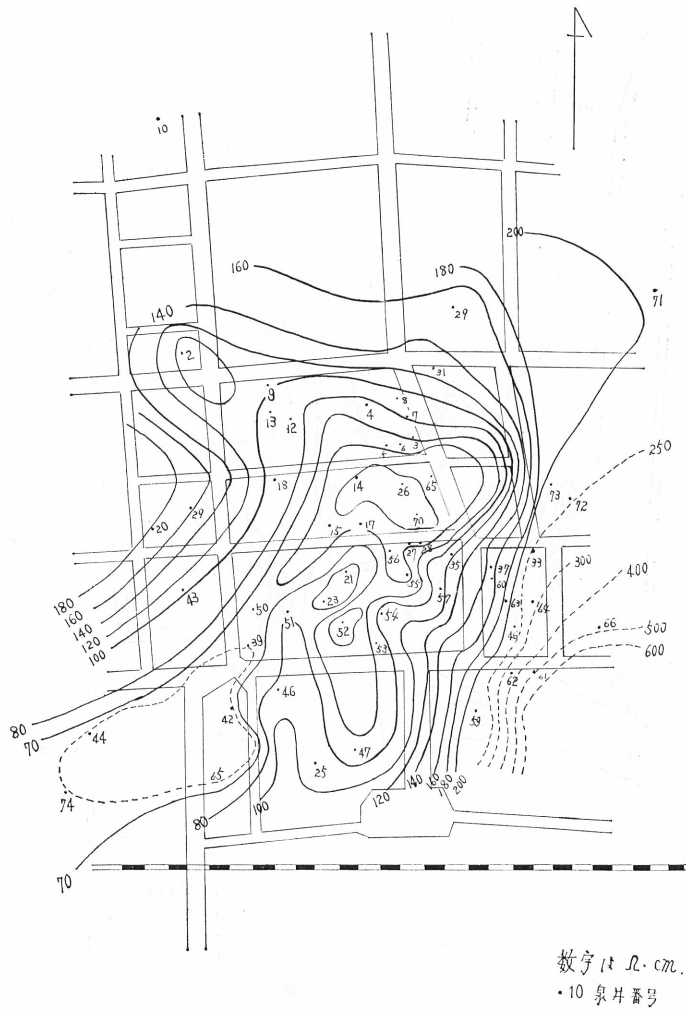
60 m に達する。沖積層は一般にシルトないし粘土がちで（後方加越台地に近いところでは、上部は砂が厚い）、間に砂層をはさむ。下部の砂層中には豊富に海棲の貝化石を、上部の砂・シルト層中には蜆介の化石を含むことがある。G₁ 層以下は洪積層に属し、一般に凝結度は高い。砂・礫層がちで薄い粘土をはさむ。礫径は細礫程度、比較的凝結度が高いため、砂礫層の透水性は概して低いと推定される。このことは、泉井間の距離が近接しているのに相互の干渉が顕著にみられない、各泉井とも揚湯量が少ない、かつて螢光剤投入により、温泉水の流動速度を知るべく試みた実験結果では、その速度が極めて小さかったこと、などから明らかである。第 22 図は加越台地を含む芦原付近の地質断面図である。つぎに、芦原温泉の湧出機構について述べてみたい。

各泉井とも、今日ではより高温な温泉水を得るために、その位置における最下部の砂礫層（帯湯層）にストレーナを設けている。その最下部の砂礫層は新第三紀岩層の直上あるいは、それに近い位置にあるものが多い。このことと、砂礫層の透水性があまり高くない点などから、第 7・9・10・11 図などに示されている北東—南西、北西—南東の二方向は、温泉の湧出を促す基盤岩の弱帯の位置をそのまま示すものとする。温泉の中心部である高温地帯は二方向の交叉するところに当り、とくに北東—南西方向は顕著な弱帯の方向を示すものである。既に述



第 23 図 温泉水水比抵抗分布図 (昭和 29 年)

べたように、旧農協横の観測井では深度 50.5 m で基盤岩の風化帯に達し、地温約 35.0°C、深度 52.8 m で新鮮な綠色角礫凝灰岩となり、孔底深度 62.93 m で地温 42.7°C、この間 12.43 m で 7.7°C の地温上昇を示している。また、昭和 35 年の京福三国線沿いの試験井でも、深度 99.0 m で基盤岩の風化帯である白色粘土に当り、地温は 59.0°C、深度 102.0 m で安山岩となり、深度 121.60 m より凝灰質砂岩に変わった。深度 125.0 m で地温は 65.9°C になったのであるから、この間 26 m で 6.9°C の地温上昇を示している。地温増加率は前者では 0.64°C/m、後者では 0.26°C/m を示す。しかも、後者では岩盤内の上部ではあるが（ストレーナの位置、深度 102~107.5 m）、泉温 57.5°C の温泉水を日量約 180 噸汲み上げることに成功したことは既述の通りである。このことは北東側・南西側ともに、岩盤の弱帯内に温泉水を貯溜し、また弱帯から洪積層の砂礫層中に温泉水浸透の可能性を十分示唆するといつてよい。

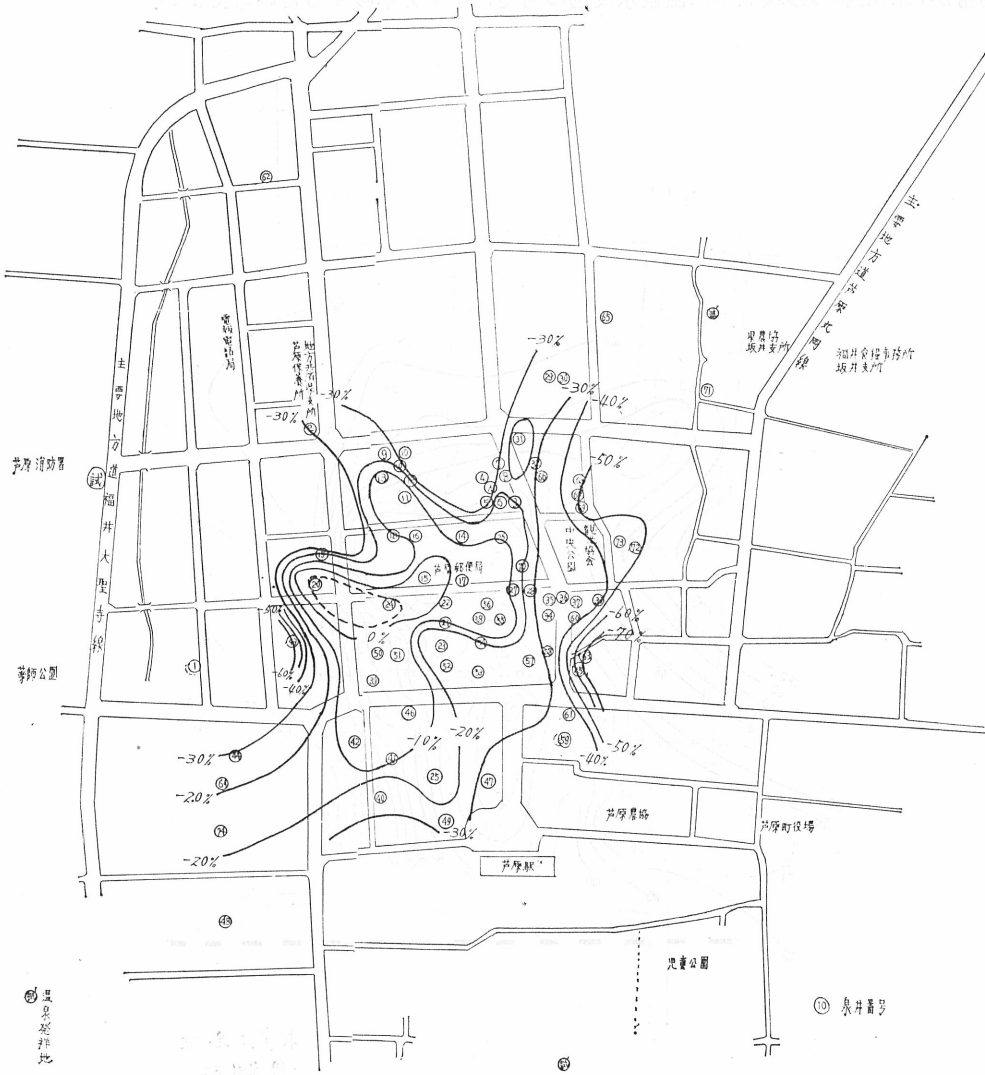


第 24 図 温泉水水比抵抗分布図 (昭和 34 年)

5. 最近 10 年余にわたる芦原温泉の推移

昭和 29・34・39 年とたまたま 5 ケ年ごとになった 3 回の調査によって、泉温・揚湯水位・揚湯量・溶存成分量などの変遷をつかみ得たことは幸であった。この報告で述べてきた揚湯温度は、各泉井がポンプ揚湯であるので、温泉井から最短の距離で測定し得た値である。

揚湯量総計は昭和 29 年の 940 l/m から、昭和 34 年 1,345 l/m を経て、昭和 39 年 1,424 l/m となり、昭和 29 年に比し昭和 34 年は 43.1%、昭和 39 年は 51.5% の増加となった。昭和 29 年から昭和 34 年への急激な増加は、昭和 31 年の芦原大火後、浴室の規模拡大・その数の増加による消費湯量に見合うための採湯方法の変更による原因がある。



芦原中

第 25 図 昭和 34 年～39 年 C1- 減率等値線図

このことは結果として、揚湯水位が最大 (-)4~(-)8.5m の降下となってあらわれ、いきおい周辺から地下水の混入を誘発し、孔底温度・泉温の低下、溶存成分量の減少を招来することとなった。しかし、この変化の傾向には場所による相違がみられる。即ち、泉温 66°C 以上の中心部にあたる高温地帯(8井)は1井当りの平均揚湯量はむしろ減少し、そのため揚湯水位降下は僅小、依然として高い泉温を維持している。この南に隣接する9井は泉温は 50~70°C を示し、一井当りの平均揚湯量は 25% 程度増加、水位降下は (-)4~(-)7m に達する。南西域の9井は1井当りの平均揚湯量は前者と同程度の増加を示し、水位降下は (-)4~(-)7.5m とやや大きくなっているが、泉温は 50°C 内外を長く維持している。このことは注目すべきことで、昭和39年の調査時に、芦原の全泉井を同時に揚湯停止、水位回復後(概ね自然水位に達する)また同時に揚湯開始をした際の周辺に及ぼす影響圏調査を行なったが、この方向即ち西南方向における影響範囲がとくに小さかったことと思ひ合わせ、水理地質学的に今後考究すべき問題である。中心部の高温地帯に北接する7井は1井当りの平均揚湯量は 87% 増加、ために水位降下は (-)4~(-)8.5m となって芦原温泉地区内で最大値を示し、泉温の著しい下降を示している。溶存成分量は中心部において 18%、南接地域は 37%、南西域は 40%、北東域は 47% の減少となっている。周辺からの地下水混入の状態を窮知する一方法として、昭和29年(第23図)、昭和34年(第24図)の水比抵抗分布図、それから昭和34~39年間の Cl⁻ 減率等値線図(第25図)を掲げた。第23図では地下水が東側から強く西方に押している状況が窮われ第24図では西側からも、また北側からも中心部に向かって地下水が同じく強く押している。第25図でもこの状況がよく表現されている。

たまたま、昭和42年夏、芦原温泉の全泉井に対し、揚湯温度・揚湯水位・揚湯量の測定を行なう機会を得た。使用泉井数は 66、揚湯量は 1,083 l/m、昭和39年に比し 24% 減となった。しかし、揚湯温度は中心部といわず全泉井にわたって 1~3°C 内外の低下を示している。揚湯水位には大きな変化はみられないが、中心部において 6m をこえるものがでてきた。溶存成分量については殆んど著しい変化はみられない。

6. 芦原温泉の泉源の保護と開発

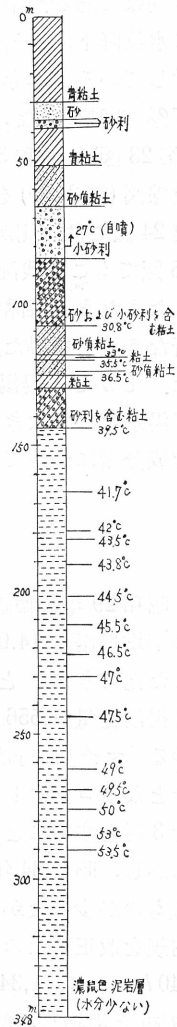
昭和29年の調査時には、自然水位は 0~(-)1.0m、揚湯水位は (-)0.10~3.0m、1井当りの平均揚湯量 14.91 l/m、全揚湯量は約 940 l/m(日量 1,353 噸)、自然湧出量の範囲内で需要にこたえてきた。ところが、昭和33年4月、芦原町役場の調査による泉井使用者の申告に基づく揚湯総量(1,556 噸/日)は大火後の復興と共に 18% の増加を示している。このとき既にいわゆる「マチ」に貯溜される泉量では需要に応じきれず、県の温泉審議会では昭和33年2月、マチとなるコンクリート井戸側のかわりに、地表から下へ測って 10m まで、2吋のさく井口径を3吋とすることを認め、ポンプの吸上管(口径1吋以下)を地表から下へ測って 7m とした。しかし、昭和34年の調査時には、この吸上管の口径は1吋2分、長さが 10m におよんでいるものが少なかった。このため、昭和36年10月、県の温泉審議会はこの事実を認め、審議内規を改正したのである。こうした採湯方法の変更が昭和34年には揚湯総量が昭和29年時の 940 l/m から 1,345 l/m (43% 増加)となり、さらに昭和39年の調査時には 1,424 l/m (51.5% 増加)と累増し、結果として揚湯水位は (-)0.1~(-)3.0m から (-)4.7~9.02m へと著しい低下を示し、周辺からあるいは上部から地下水の侵入を招来し、孔底温度・泉温の低下、溶存

成分量の減少となってあらわれてきた。昭和42年夏の調査時には揚湯総量は1,083 l/mと激減したが、温泉街の最も閑散期に当り、この数字に安心はできない。このような経緯から直ちにいえることは、現在の芦原温泉が洪積層の帯湯層(第2次温泉源)から採湯している限り、昭和29年時の揚湯量にもどらなければ過剰揚湯といわざるを得ない。

明治19年開湯当時から、既に述べたように、掘江十楽・二面・舟津・田中々の4地籍において新に温泉の掘さくが禁ぜられ、爾来終戦まで58年間の長きに亘り、県警察部は採湯方法にも制限を加え、交換掘こそ認めたが泉井数74本(昭和の初め頃まで76本)におさえ、専ら泉源保護に終始してきた。終戦後、旅館組合の代表が中心となり自主的に管理してきたが、混乱期にありながら従来の規制をよく守ってきた。昭和23年、温泉法制定にともない、新発足した福井県温泉審議会も従来の規制をよく尊重し、自主的に審議内規を設け、芦原温泉に関する知事の諮問に答えてきた。しかし、現行の温泉法は泉源保護をうたいながら、どちらかといえば温泉の開発、庶民に温泉を解放するという考え方が強いように思われる。従って、温泉法にもない保護区域を設け、交換掘を認めながらも74本に制限し、かつ揚湯方法に規制を加える審議内規は、自由を抑制し、かつ外部に対しとかく閉鎖的な印象を与える結果となる。しかし、現在の如く等二次温泉源を対照とする限り、その上、新第三紀層岩盤内の第一次温泉源のあり方が明らかでない限り、暫定的にも保護区域を設け、新掘さくを禁止し、揚湯方法に規制を加える処置は科学的見地から絶対に必要である。ただ問題なのは著しい過剰揚湯で、これを適正なものにしない限り、審議内規の精神が守られていないことになる。一方、今後芦原町が郊外に伸びて行くにつれ、保護区域内における住民の一般家庭用水収得のためのさく井を拒否できるかということである。とくに水質が温泉規格外であった場合は認めざるを得ない。もし、洪積層の砂礫層から取得するさく井数が増せば、保護区域の設定の意識が失われる心配がある。

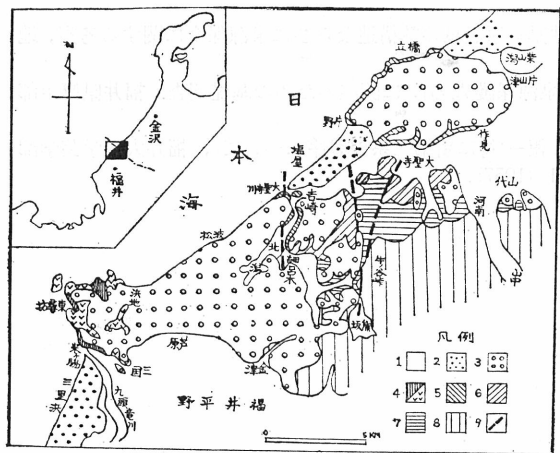
このように考えるとき、芦原温泉にとって緊急に必要なことは、第1に揚湯量の制限を強力に行ないながら、これと平行に第2には第一次温泉源の探索に志すべきである。先ず、温泉の中心部を通り、北東—南西方向に基盤の弱帯が推定されるので、加藤先生・中村氏の主張の如くこの弱帯上に少なくとも150m以上の試錐を2-3本行ない、第一次温泉源の規模・温度・泉質・泉量などの詳細な状況を把握することが大切である。実際必要な温泉の使用量は現在の2,000噸/日よりはるかに少なくて済む筈で、同時に温泉開発の礎石となる可能性が十分期待される。

旧農協横・消防署前・温泉発祥地・芦原小学校裏の観測井掘さくの際、夫々深度70m前後で37~43°Cの孔底温度を示すことからわかるように、第一次温泉源の規模は決して小さいものではない。また、かつて(昭和4年7月~10月)京福三国線沿いの番田地籍内(北西—南東方向の延長に当る)で深度348.5mの温泉試掘(第26図)を行なったことがある。この時、作製された柱状図では深度144mまで、粘土・砂・礫などからなり、以下孔底までは薄鼠色の均質な泥層岩からなる。深度65~



第26図

84 m 間は砂礫層で、27°C の微温湯が多量に自噴 (地上 6 尺) し、芦原温泉の水位を低下したともいわれている。泉質は芦原温泉に類似していたとのことである。昭和 39 年の調査時には、自然水位 (-) 1.57 m、深度 75 m で 24°C の地温を記録した。掘さく当時の泥岩層の地温はかなり高く、直接温泉の湧出をみななかったが、二ヶ所において地温の急上昇を示し、深度 290 m で地温は 53.5°C に達したことは極めて注目すべきことである。この地点から芦原温泉街を含む当地域下の新第三紀層の層序については、僅かの試錐資料によって類推するに過ぎない (第 27 図参照⁸⁾)。



加越台地周辺の地質略図 (三浦編図)

1. 沖積層
2. 砂丘
3. 段丘堆積物
4. 米ヶ脇累層
5. 橋立累層
6. 大聖寺累層
7. 三谷累層
8. 河南累層
9. 断

第 27 図

上述の番田地籍内の温泉試掘にみられた層厚 200 m に近い泥岩層は、第 1 表に示されている細坪泥岩層に対比されることはほぼ間違いない。温泉街西南部の温泉試掘でみられた安山岩類は細呂木凝灰岩層のものに属し、細呂木部落の神社境内にみられる安山岩類とほぼ噴出を同じくし、その下位の凝灰質砂岩は細呂木凝灰岩層の下位にくる錦城山砂岩層の最上部に当るものと推定される。旧農協横・芦原小学校裏の観測井の孔底にみられる角礫凝灰岩も細呂木凝灰岩に属する。従って、温泉発祥地・消防署前の観測井の孔底にみられた泥岩・砂岩は第 2 表の吉崎凝灰質泥岩砂岩層に対比されるものと思われる。かく考えると、温泉街西南の温泉試掘でみられた安山岩を米ヶ脇累層に含め、これが芦原温泉の熱源に関連あるものとして、かつて推定したが、むしろこれを細呂木凝灰岩層中のものと訂正すれば、これが芦原温泉の熱源に関係あるものと速断はできない。三国町北方の崎 (雄島) 付近で、かつて日本海観光株式会社が温泉試掘を行なったことがある旨、既に述べたが、これらの結果では各種安山岩を含む米ヶ脇累層を貫いて明らかにその下位の橋立累層に及ぶ試掘が 2 本ある。これらの地温測定をみると橋立累層中で 50°C 以上を示す箇所が 3 ヶ所に及ぶ。これらの熱源は米ヶ脇累層中の安山岩に関連があると思われるので、芦原温泉についても多少とも鮮新世以降の火成活動にその熱源を求むべきものと考えられる。

第 1 表
加越台地地質系統 (三浦)

第四紀	沖積層及び砂丘 段丘堆積物	
	鮮新世	米ヶ脇累層 米ヶ脇累層
中新世	橋立累層	弃天岬集塊岩層 鹿島山凝灰質砂岩層
		吉崎凝灰質泥岩砂岩層
		細呂木凝灰岩層
新第三紀	大聖寺層	錦城山砂岩層 花房凝灰質層
		三谷累層
世	河南累層	曾宇凝灰岩層 河南凝灰岩層 桂谷凝灰質砂岩層
		?

河南累層 → 国見累層

文 献

- 1) 石田二男雄・大岩貫一郎： 芦原温泉について，福井県坂井郡誌，p. 78 (1884).
- 2) 加藤武夫： 福井県芦原温泉について，芦原温泉観光協会発行，p. 49 (1948).
- 3) 坂本峻雄・益子 安・田熊鴻十郎・甘露寺泰雄・佐藤幸二・細谷 昇： 芦原温泉調査報告，日本温泉協会手術部委員会・中央温泉研究所 (1954).
- 4) 坂本峻雄・益子 安・佐藤幸二： 温泉の地球化学的研究(第3報) 芦原温泉，温泉化学，7, 86-99 (1956).
- 5) 塚野善蔵： 芦原温泉の水利地質学的研究，福井大学学芸学部紀要 第2部 自然科学，第10号，第5集 119-146 (1960).
- 6) 中村久由・前田憲二郎・鈴木 孝： 福井県芦原温泉の熱構造ならびに泉源保全に関する考察，地質調査所月報，13, 40-62 (1962).
- 7) 坂本峻雄らほか7人： 福井県芦原温泉泉源保護ならびに開発のための基礎調査．福井県厚生部 (1966).
- 8) 三浦 静： 福井県加越台地の地質—第1報—(特に新第三系の層序について)，福井大学学芸学部紀要自然科学，第7集，第5号，149-161 (1957).

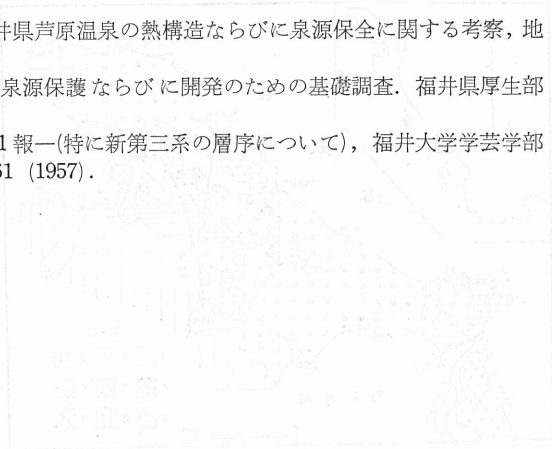


Figure 1: A geological cross-section diagram of the area around the Arima Onsen. The diagram shows various geological layers and features, with labels in Japanese indicating different strata and structural elements. The diagram is oriented vertically and shows a complex geological structure with different strata and possibly a fault line or boundary.