

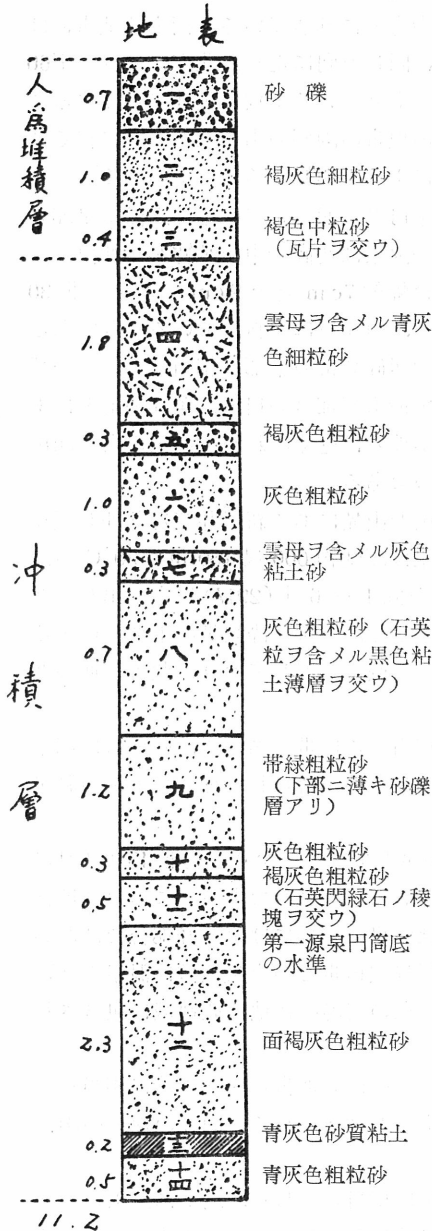
道後温泉の研究

(第10回日本温泉科学学会特別講演)

高津寿雄

(愛媛大学文理学部)

第1図 道後温泉場試掘井地質断面図



1. 位置及び地勢

道後温泉は松山市の中心より東北約1.5km, 愛媛大学文理学部より東方約0.8kmの道後町にあって、現在第一源泉以下第十源泉までの10箇所の源泉をもっている。道後町の北方は北西より南東に走っている丘陵でありこれを通称道後山といい、海拔224mが最高である。道後町の中央部即ち温泉場の南方には海拔約50mの冠山があり出雲丘という別名がある。これより約200m南方にある道後公園には湯月城趾があり高さ冠山と略々等しい丘陵をなしている。道後山の南西は冠山及び城趾を囲んで平地があり、南西に向って極めて緩慢に低下している。道後温泉は此の平地より湧出しているのである。

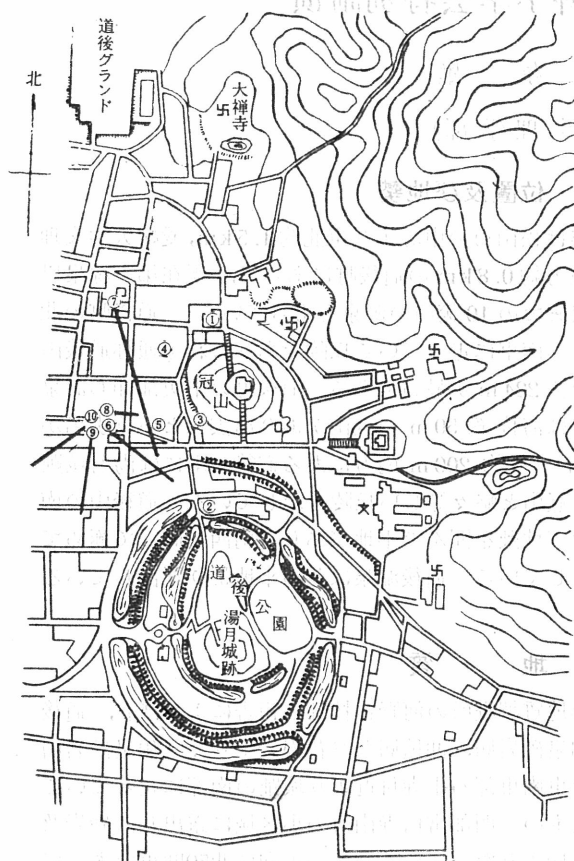
2. 地質

大正三年地質調査所の河野密技師の報告によれば¹⁾、道後町付近は和泉砂岩層、沖積層及び花崗岩よりなり和泉砂岩層は道後町の東南東部石手寺付近より城趾の南部に亘っているものが主なもので西部常信寺南方の小区域に露出し、砂岩及び頁岩の互層よりなっている。その走向は北50度東であって傾斜は南東30度である。沖積層は平地をなし粘土及び砂礫よりなり温泉場の西方空地を掘下げた所その断面は第1図に示す始くであった。図中3, 4, 5, 7の各層は水を含蓄し、温泉場付近の井戸は深さ2m乃至7mで所謂地下水と共に多少温泉水を混在するものと見ることが出来る。花崗岩は黒雲母花崗岩に属し丘陵地を構成し、道後山、冠山並に湯月城趾の間に介在する沖積層の基盤をなしている。この花崗岩は表面分解して疎鬆となりpegmatite岩脈に貫通されているところが多い。この花崗岩が和泉砂岩層に接する付近では砂岩は硬くなり、古生代岩層の岩石を撈取している、その遡発期は中生代以後であることがわかる。道後温泉はこの花崗岩の裂隙中から湧出し、上部にある沖積層に上昇して地表にまで自然湧出するものと考えられている。

その後地質調査所大築洋之助技師²⁾、日本温泉協会学術部員小林儀一郎博士³⁾、東京大学理学部教授故加藤武夫博士⁴⁾その他地質学方面の碩学者⁵⁾の調査が次々と行われたのであ

るが、古来自噴を続けた第一源泉のポンプ汲上げと掘鑿に依って第二源泉及び第三源泉を開発することに成功した後に行われた昭和18年3月の加藤博士の調査結果を第Ⅱ図に従って略述する。

第Ⅰ図 道後温泉地帯 (1/5000)



第Ⅱ図 道後温泉地帯 (1/5,000)

した温泉を集めたものであると認められる。

(6) 冠山と西北方高台との間の低地は此断層砕裂帯の上部に相当する地帯であって、此地域に掘鑿すれば本断層砕裂地帯の上部より下部に至る幾多の平行裂罅を通る鑿井が得られ、従って多量の温泉を集めることが出来るであろう。

(7) 道後公園及び冠山の東側に沿う低地も幅約 50 m の断層地帯を形成しており、約北 45 度 (処により 60 度) 西の方向に走り、東北方に急斜する多くの裂罅を包含しているようである。この砕裂地帯は西北方祝谷方面の谷に引続いている。この砕裂地帯の裂罅群は温泉の上昇には余り好都合ではないようで自然湧出の跡も見られない。然しこの裂罅地帯と西部断層砕裂地帯との交叉地域は温泉上昇に最も好都合の所であって古来道後温泉の自然湧出地点であり、現在の浴湯所在地は此地域に包含されている。

(8) 西部断層砕裂地帯中、浴場の西部及び西北部の地域は東部断層砕裂地帯との交叉地に相当しており、鑿井によって温泉を求めるとに最も好条件を備えているものと考えられる。尚この地域の南に延びる地帯も鑿井に好適である。

(9) 冠山と湯月城跡との中間の低地にある地帯も一つの砕裂帯に相当しており、地下に温水の上昇する傾向があつて道後温泉の主要砕裂帯、換言すれば西部断層砕裂帯と小裂罅を通じて連絡している

(1) 道後温泉は花崗岩中の亀裂を通して深所から上昇するもので途中地下水の通路となる裂罅から来る多少の冷水を混合している。

(2) 温泉裂罅は断層砕裂帯で多くの平行裂罅からなる幅狭い地帯を構成している。

(3) 主なる断層裂罅帯は道後公園湯月城跡及び冠山の西側に沿う低地帯を構成し尚北方に続いて大禪寺方面に延びている。而も此地帯には花崗岩中に同じ方向に走り西北方に 30 度乃至 60 度の傾斜をもっている多数の裂罅が存在することは、この地帯の両側の山麓及び山腹に在る裂罅の測定によって窮知することが出来る。

(4) 古来自然に湧出している神之湯源泉即ち現在の第一源泉は花崗岩中の裂罅から湧出し、その裂罅は幅約 7 cm 乃至 9 cm であつて北 30 度東に走り、西北方に傾斜しているようである。これは此断層砕裂帯の中部に相当している一裂罅であつて最も好都合の自然的条件のもとにあつたものが地表に近く露われて温泉の自然湧出を見たものである。

(5) 冠山西山麓にある新鑿井三号井即ち現在の第三源泉は深度約 600 尺 180 m で 50°C の温泉水が 1 分間 1 石 6 斗 (291 l) 以上湧出したと言ふ。この鑿井は本断層砕裂帯の下部に位する平行裂罅の数個に相遇しており、此等を通路と

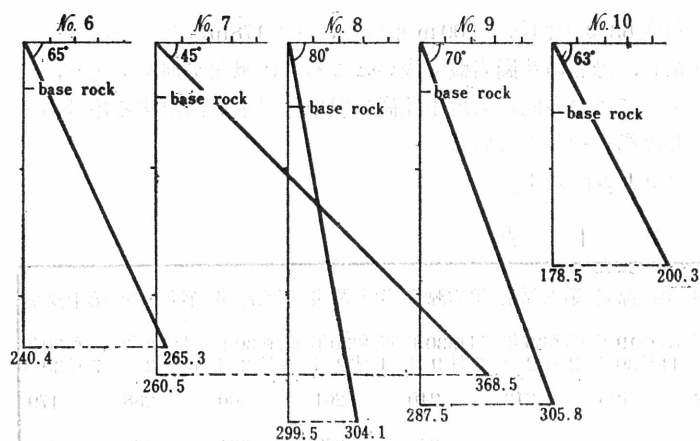
ものであるが、地下水が多量に混入するので温泉を集めるのに好条件を備えているとは認められない。

(10) 石手上流の湧ヶ淵方面の鉱泉は同様は花崗岩の裂隙中から湧出するものであるが、この裂隙は南北に走り西方に約60度傾いており地下水の混入量が多く道後温泉地帯とは直接の関係はない。

これらの調査はその後順次人工に依る温泉の開発に大いに参考となり現在の温泉源は10箇所とも総て加藤武夫博士のいう断層砕裂帯の範囲内に掘鑿されている。そしてこの断層砕裂帯の範囲外に試掘された箇所もあるが温泉源としては成功していない。例えば第一源泉の北方北寄の試掘は進捗略々280 m に及ぶも温泉水の湧出は見られず、僅かに炭酸瓦斯の定性的確認が得られたという程度であり、又第二源泉の東方約120 m の地点の試掘も約70 m に及んだが微温の地下水を得た程度に終わっている。尚第一源泉から南約10 m に深度約300 m の掘鑿を行ったが温泉水の湧出が見られなかった。この試掘については砕裂帯地域にありながら不成功に終り、これは未だ亀裂に到達しないとの理由のもとに以後工事を停止したものであった。その他の掘鑿は総て成功している。

3. 道後温泉の源泉

道後温泉の各源泉について略述する。各源泉の位置及び斜掘の方向や角度については第Ⅱ図及び第Ⅲ図を参照されたい。



第Ⅲ図 源泉掘鑿方向

第一源泉

地表下約4 m の沖積層を経て花崗岩盤に達して居り、この岩盤に比較的大きい裂隙があってここより46.5°Cの温泉が自噴している。これにコンクリート井筒を作り沖積層からの地下水の浸水を防ぎ別に同型の呼井戸を作って連絡し、これからポンプ汲上げを行っている。この源泉は太古よりの自噴を続けて来たもので昔は神之湯源泉と名付け附近の養生湯源泉と共に昭和15年頃までは道後温泉の唯一の主源泉であった。其後人工的に新源泉を順次開発するに及

んでその影響を受け自然湧出量を極度に減じ現在では涸渇に等しく利用され難くなっている。

第二源泉

小林儀一郎博士の指示に従って掘鑿し成功したものであるが、沖積層深く且303 m までの掘進には苦心を要したとの記録がある。

第三源泉

第二源泉同様小林儀一郎博士の指示によって得た源泉で当時では505°Cという最高温泉の自噴を見たものである。

第四源泉

加藤武夫博士の指示による源泉で第一源泉より約50 m 西南寄りに掘鑿したもので人工開発源泉中では第一源泉に最も接近して居り相互間の影響が最も大きい。

第五源泉

第三源泉の西約20 m の地点道後町放生池畔に掘鑿して成功したもので源泉中で最高温の51°Cを示し、ラドンの含有量も初期自噴温泉では8.8 マツヘを測定し得られたものである。以上第二源泉より

第五源泉までは垂直掘鑿によって開発されたものである。

第六源泉

道後町稲荷神社の境内から南60度東に向って水平角度65度の傾斜に掘鑿し掘進 265 m, 地表よりの垂直深度 240 m に及んでいる。

第七源泉

椿湯西北隅の地点より南17度東の方向に水平角度45度の傾斜で 368 m 掘鑿して開発したもので、垂直深度260mに及び第五源泉に接近して通過している。

第八源泉

第六源泉と同様の神社境内から東方に水平角度 80 度の傾斜で約 304 m 掘鑿し、深度約 300 m に及び第五源泉に向って接近している。

第九源泉

同神社境内より南13度西の方向に水平角度 70 度の傾斜で掘進 306 m, 深度288mに及んでいる。本源泉は既設の源泉からは離れて居り、相互影響は少ないと見られる。

第十源泉

同神社境内より南60度西に向って水平角度 63 度の傾斜で 200 m 掘鑿し、深度178mに及んでいる。本源泉は更に既設の各源泉より離れて存在し、母岩の花崗岩盤も浅いところでは風化が進んで居り、深度も浅く従って泉温も低いが本掘鑿によってこの方向にも地下花崗岩盤中に温泉を湧出する亀裂のあることが証明され今後の源泉開発に重要な指針を与えている。

以上の各源泉についての概略を一括して第 I 表に示す。

第 I 表

	第一源泉 (神之湯 源泉)	第二源泉	第三源泉	第四源泉	第五源泉	第六源泉	第七源泉	第八源泉	第九源泉	第十源泉
開発年月日	太古	昭和15年 6月30日	昭和17年 4月18日	昭和19年 11月30日	昭和27年 2月2日	昭和30年 3月9日	昭和30年 4月2日	昭和30年 5月2日	昭和30年 6月2日	昭和30年 7月30日
垂直深度 m	4	303	202	195	213	240	261	300	288	179
斜掘進度 m	—	—	—	—	—	265	369	304	309	200
沖積層 m	4	42	26	22	29	—	—	—	—	—
斜掘沖積層 m	—	—	—	—	—	37	53	54	41	77
孔底温度 °C	—	43.0	49.5	49.5	54.0	52.5	51.0	55.0	55.0	47.0
泉 温 °C	46.5	41.5	48.0	48.0	51.0	50.5	42.0	50.5	47.0	41.0
自然湧出量 /min	290.2	132.7	345.5	220.0	145.0	120.0	21	150	170	63

表示のように道後温泉の各源泉は開発竣工当時は総て温泉水を自噴したものであるがその後増湯の目的でポンプ汲上を行い現在では吸上ポンプの装置はそのまま残しエヤリフト汲上装置を新しく設備して揚湯し総汲上量日間約 11500 石内外の温泉水を得てこれを共同浴槽、家族浴槽及び旅館の内湯に配湯している状況にある。

4. 道後温泉の泉質⁶⁾

自然湧出の温泉水についての科学分析の結果は第 II 表に示す如くである。

第 II 表

源泉名	第1源泉	第2源泉	第3源泉	第4源泉	第5源泉	第6源泉	第7源泉	第8源泉	第9源泉	第10源泉
分析年月日	昭.29. 7.27.	昭.28. 4.25.	昭.29. 6.25.	昭.29. 6.27.	昭.29. 7.29.	昭.30. 3.25.	昭.30. 6.10.	昭.30. 8.25.	昭.30. 8.25.	昭.30. 7.10.
気 温 °C	31.0	13.3	24.0	—	31.0	—	—	—	—	—
泉 温 °C	36.0	42.6	50.2	45.6	50.3	49.5	48.0	49.9	51.5	41.4
比 重	1.00021	1.00020	—	1.00022	1.00031	1.00010	1.00008	1.00012	1.00002	1.00006
PH	8.5	8.0	8.9	8.8	8.9	8.67(G)	8.32(G)	8.41(G)	8.41(G)	8.41(G)
蒸 発 残 渣	0.2196	0.2112	9.2173	0.1967	0.2344	0.2386	0.2350	0.2450	0.2218	0.2320
K ⁺	0.0020	0.0088	0.0080	0.0041	0.0079	0.0016	0.0015	0.0078	0.0073	0.0081
Na ⁺	0.0320	0.0396	0.0350	0.0313	0.0413	0.0345	0.0311	0.0362	0.0373	0.0343
Ca ⁺⁺	0.0110	0.0044	0.0064	0.0034	0.0091	0.0049	0.0097	0.0048	0.0043	0.0127
Mg ⁺⁺	0.0018	0.0011	0.0015	0.0011	0.0010	0.0006	0.0007	0.0009	0.0005	0.0007
Fe ⁺⁺	0.0014	0.0012	0.0017	0.0012	0.0018	0.0012	0.0014	0.0012	0.0006	0.0008
Al ⁺⁺⁺	0.0014	0.0011	0.0013	0.0009	0.0010	0.0010	0.0006	0.0007	0.0005	0.0007
Cl ⁻	0.0282	0.0407	0.0330	0.0337	0.0377	0.0231	0.0284	0.0329	0.0313	0.0360
SO ₄ ⁻⁻	0.0147	0.0077	0.0139	0.0117	0.0142	0.0137	0.0126	0.0088	0.0104	0.0101
PO ₄ ⁻⁻⁻	trace	trace	trace	trace	trace	0.0009	0.0017	0.0003	0.0009	0.0003
HS ⁻	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace	trace
H ₂ SiO ₃	0.0403	0.0468	0.0468	0.0392	0.0423	0.0502	0.0426	0.0395	0.0403	0.0575
Rn マツヘ	5.44	3.10	4.44	4.10	(8.60)	4.58	0.60	4.39	2.18	2.74

表で見ると道後温泉の泉質は弱アルカリ性の単純泉に属してラヂウムエマネーション即ちラドンを含み、最近の定量分析に依れば7乃至16p.p.m程度で弗素を含有している。泉温も適温であるし石鹼のびもよく、医療効果も認められている⁷⁾。ただ湯の量が浴客の激増に対して少ないことに悩まされ、その増湯について種々研究している。

5. 道後温泉附近の鉱泉について⁸⁾

(1) 奥道後の鉱泉

道後町の東北約5km、石手川に沿って湧ケ淵がある。この辺の石手川は花崗岩の峡谷を作り兩岸絶壁をなしている。石手川は一つの断層峡であってこの断層は東北から西南に走り主断層に伴って平行な多くの割目が発達しており石手川はこの断層砕裂帯を彫刻して流れている。湧ケ淵はこの東北より西南に走る花崗岩中の断層砕裂帯を南北に走る殆んど垂直の割目群よりなる砕裂帯と交叉する場所にあつて、南北の割目からは所々微温の鉱泉が湧出して石手川に落ちておりこの辺の石手川の水岸には瓦スの泡立っている箇所もある。湧ケ淵鉱泉は石手川水岸に接近した花崗岩の露頭に直ちに垂直掘鑿を行ったもので深度188mに及ぶ開発鉱泉源である。自噴量多く鉱泉水は岩漿源の温泉が地下水を混じて上昇してくるものと見られ、更に深度を進めると或は温泉を得るのではないかとの説もある。

湧ケ淵の下流約500m、石手川に萱谷川の合さる所に湯元鉱泉がある。これも湧ケ淵と同様に石手川の東北より西南に走る断層砕裂帯と萱谷川の南北の小断層砕裂帯と交叉する地点に湧出しているもので南北の砕裂帯が主な温泉通路になっていると考えられている。この鉱泉も197mまで掘鑿して

32°C 程度の微温湯を自噴させているのであるが多量の地下水の混入が想像されている。

湯元鉱泉より西南約 500 m を隔て、同様石手川岸に露出花崗岩の小亀裂から僅かに鉱泉の自噴するのを知って昭和 27 年 5 月より花崗岩盤中を約 300 m 近く掘鑿して泉温 34°C に近い鉱泉源を開発し末鉱泉と名付けている。

これらの地帯に鉱泉源のあるのは上述のように石手川断層とこれに交叉する小断層が数多くあって網の目のような地帯構造をしていてこの断層線の中割目の多い部分を通して地下深部より昇って来る温泉が地下水と混って湧出して来るものと考えられている。これらの鉱泉は既開発のものであり尚この附近では鉱泉開発の予定される地点が所々に考えられこの地区一帯を奥道後と称している。現在湯元鉱泉以外は利用されていない。

(2) 瀬戸内海方面の鉱泉

道後町より西北方約 3 km の直線距離を隔てて御幸寺山の北側山麓に潮見鉱泉がある。相当古くから知られていたが昭和 28 年 9 月に開発し深度 121 m で 19°C の自噴鉱泉を得た。又これより更に西北方約 2.5 km の地点、国鉄堀江駅を距る約 1.5 km、東南東に権現鉱泉が黒雲母花崗岩の裂罅より自噴して居り最近開発を計画している。この地帯はいつでも道後町祝谷断層に連って西北から東南に走る断層と、潮見では東北より西南に走る所謂潮見小断層との交叉点、権現では西北から東南に走る所謂権現小断層との交叉点にあたっているという地域である。現在ではこの地域も松山市になっている。

(3) その他の鉱泉

道後町より南東約 1.5 km の畑寺、更に約 2 km 南方の温泉郡久米村にも夫々鉱泉を自噴する所があり殊に久米村鷹の子では且て深度約 121 m 試掘を行ったことがあるといわれ、現在でも湧水は屢々浴用に利用しているという。

尚松山市外砥部町宮内にある鉱泉は上述の諸源泉と泉質を全く異にした食塩泉でリチウムを含有している。砥部川岸で砂質頁岩盤の亀裂より自噴しその附近の数個所の亀裂からも僅かに自噴しているのを見る。現在自噴孔の最も大きい所の母岩に径 1 m、深度 1.5 m の井戸を掘り湧出鉱泉について再試験中である。現在これを一本松鉱泉と仮称している。

これらの鉱泉についての化学分析結果は第 III 表に示した。

第 III 表

鉱泉名	湧ヶ淵	湯之元	末	潮見	権現	久米	鈍川	砥部
分析年月日	昭. 28. 1. 12	昭. 28. 11. 2	昭. 29. 7. 29	昭. 28. 9. 1	昭. 28. 8. 22	昭. 28. 10. 8	昭. 29. 4. 13	昭. 29. 10. 31
気 温 °C	9.7	—	29.0	26.5	31.5	23.5	15.0	23.0
泉 温 °C	29.5	32.7	30.2	22.5	24.5	23.2	17.5	21.4
比 重	—	1.00017	1.00007	1.0000	1.0000	1.00016	1.00010	1.0010
P H	8.7	8.6	9.1	9.3	8.9	9.1	9.1	8.4
蒸 発 残 渣	0.1491	0.3009	0.2306	0.1632	0.1751	0.3582	0.2006	3.7580
K ⁺	0.0040	0.0080	0.0036	0.0021	0.0014	0.0052	0.0041	0.1375
Ma ⁺	0.0336	0.0722	0.0322	0.0290	0.0323	0.0775	0.0375	1.0104
Ca ⁺⁺	0.0092	0.0044	0.0071	0.0047	0.0029	0.0059	0.0032	0.0722
Mg ⁺⁺	0.0004	0.0009	0.0026	0.0007	0.0002	0.0005	0.0007	0.0196

Fe ⁺⁺	0.0006	0.0009	0.0026	0.0002	0.0002	0.0002	0.0010	0.0126
Al ⁺⁺⁺	0.0013	0.0011	0.0018	0.0002	0.0006	0.0002	0.0006	0.0034
Cl ⁻	0.0177	0.0140	0.0226	0.0105	0.0071	0.0433	0.0093	0.8951
SO ₄ ⁻⁻	0.0129	0.0151	0.0167	0.0136	0.0133	0.0067	0.0185	0.0189
PO ₄ ⁻⁻⁻	trace	trace	trace	trace	—	trace	—	—
SH ⁻	trace	—	trace	—	trace	—	trace	trace
H ₂ SiO ₃	0.0206	0.0334	0.0383	0.0364	0.0272	0.0178	0.0385	0.0472
Li ⁺								0.0122
CH ₄								発 生
Rn マツヘ	3.66	1.16	3.20	4.60	2.33	2.30	5.40	0.00
深 度 m	188	197	212	121	自然湧出	—	自然湧出	自然湧出
湧 出 量 l/min	1820	25	300	—	—	—	1.0	—
孔 底 温 度 °C	—	38.0	—	—	—	—	—	—
冲 積 層 m	—	—	—	1.5	—	—	0.0	—

表に見るように各鉱泉の泉質はいづれも弱アルカリ性の単純泉に偏し、ラドン及び弗素を含有して居り道後温泉の泉質に似ている。

6. 結 論

後温泉は含角閃石黒雲母花崗岩を母岩とし地表下約200m以下に断層破裂帯があり、温泉は更に最深部より上昇して来る岩漿水とこれら破裂帯の亀裂より浸入して来る地下水との混合状態で地表に自噴して来るものであるが現在はこれをエヤリフト汲上操作によって倍量以上に揚湯している。泉質は単純泉で泉温は48.5°C乃至49.5°Cで浴用に好適であるが浴客の激増に比して湯量充分でなく、道後温泉当局では増湯対策について種々研究を続けている。一方消極的な増湯計画の一策として奥道後の開発利用をも考究している次第である。

文 献

- 1) 地質調査所報告：第48号 33~67 (1914)
- 2) 地質調査所報告：第59号 81~106 (1916)
- 3) 道後温泉調査要項 I (1939) II (1940) III (1941) IV (1942)
- 4) 道後温泉増湯掘鑿に関する調査報告 I (1943) II (1944) III (1948)
- 5) 6) 8)
- 愛媛大学地域社会総合研究所研究報告 B. 第4号 (1955)
- 日本化学会 [75] 1233 (1953), [76] 957 (1954)
- 愛媛大学紀要 [2] I A. 13 (1954), [2] I A. 21 (1954)
- [2] I A. 27 (1954),
- [2] II A. 41 (1955), [2] III A. 131 (1956)
- 7) 九州大学温泉治療学研究所 温研紀要 特別号 III (1955)