

### (3) 大分県湯布院町の温泉概況

京都大学理学部地球物理学研究施設 山下 幸三郎

(昭和50年10月1日受理)

#### Geophysical and Geochemical Aspects of the Hydrothermal Fields in Yufuin Machi, Oita Prefecture

Kosaburo YAMASHITA

Geophysical Research Station, Kyoto University, Beppu

#### 1. 湯布院町内の温泉の現況

湯布院町は別府市の西方に隣接し、別府と共に由布鶴見の火山地域にあり、又西方は九重火山地域と接している。したがって温泉が各地にあり、大分県では最大の別府温泉に次いで優勢な温泉群を持つ町である。

湯布院町内には4ヶ所に温泉地があり、所在地を図-1に、又大分保健所の調査による温泉の現況、泉質、利用状況を表-1に示す<sup>1)</sup>。

##### 1.1. 由布院温泉

由布院温泉は湯布院町の中央部で四囲山に囲まれ南西方向に延びた三角形の盆地に湧出する。その湧出範囲は約5.5 km<sup>2</sup>で、大分県では別府温泉に次ぐ優勢な温泉群である。温泉の開発は盆地の中央部に湧出する自然湧出泉を中心にして進められ湧出地域が拡大し、昭和25年の調査では活動温泉数は201口であった。

昭和40年以降において急激な開発が行なわれ現在では昭和25年の3倍の口数になり、湧出地域も亦約2倍に拡大されている。このような温泉開発により温泉水頭が地表面下の地域が開発され、過去においては自然湧出泉か自噴井のみであったのが現在では動力による揚湯井が全体の61%と圧倒的に多くなった。又このような温泉口数の増加による温泉水圧の低下により自噴地帯は縮小している。しかし今だ河川や水路に未利用の自然湧出するところが見られる。

泉温は一部の地域に噴気や沸騰泉があってこれが最も高く、昭和47年調査の平均泉温は60.9°Cである。

温泉井の深度は自然湧出地域から離れた地域ほど大きく、又温泉口数の増加と共に浅い温泉井の泉温低下や湧出量の減少により深部の温泉水層が開発され深度は増大し、昭和25年調査の平均深度は44 mであったが、現在は153 mになっている。

泉質は殆んどが中性又は弱アルカリ性の単純温泉であるが、沸騰泉水か、これに近い高温水では弱食塩泉がある。

温泉利用の形態は由布院温泉の特長として個人浴用の利用が圧倒的に多く、全流量の62.9%である。これを温泉口数からみると更に多く全口数の約80%にも達する。温泉の採取量は温泉口数の増加の割に増加せず昭和25年調査時の約25%の増加である。

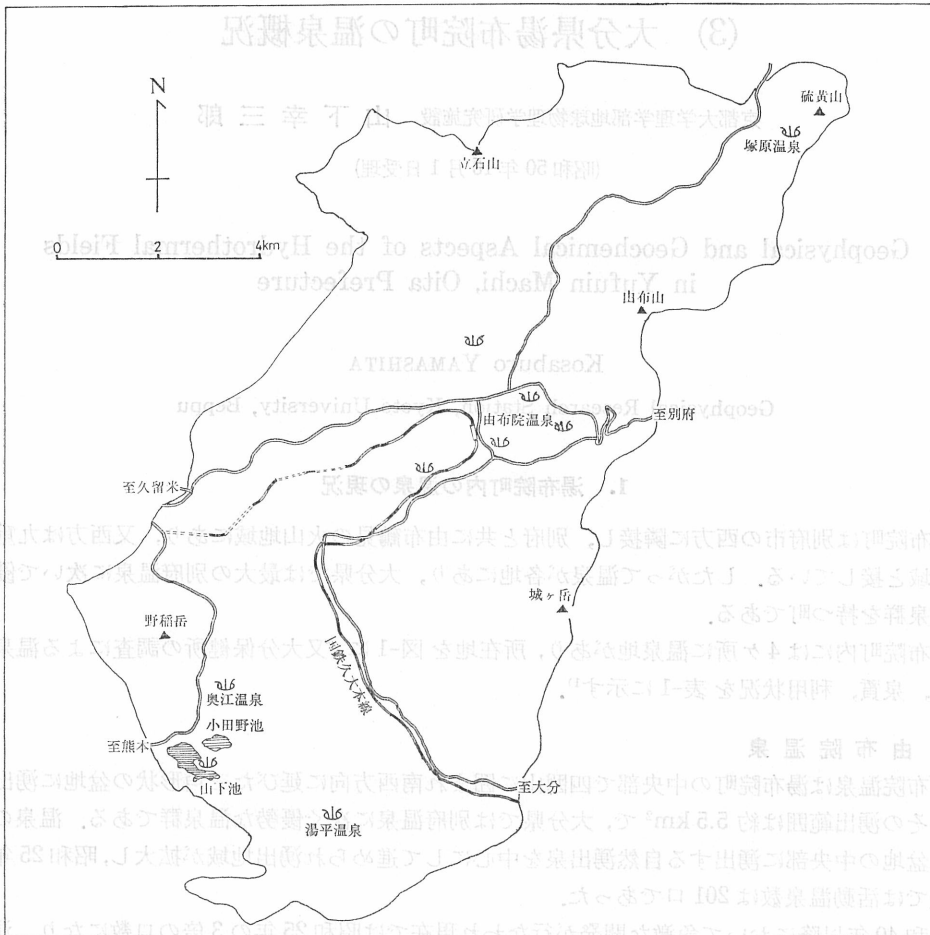


図-1. 湯布院町内温泉分布図

### 1.2. 湯平温泉

湯平温泉は町の南部花合野川の左岸に自然湧出する温泉である。明治の初期頃より湯治場として開かれたと云われている。昭和になって交通の便もよくなり、又胃腸病に卓効があるとの医学的研究により湯治場として発展した。<sup>2)</sup>

泉温湧出量について昭和11年以降5回の調査が実施され、その結果平均泉温は66.5~57.7°Cと低下してきているが、湧出量は200 l/min前後で殆んど変化していない<sup>3,4,5,6)</sup>。湧出量の大部分は町有であり公衆浴場に利用されていたが、昭和45年新しい泉源の開発と共に各旅館への配湯を行なっている。又一部の旅館では自己の泉源を持っている。

### 1.3. 塚原温泉

町の北部硫黄岳(海拔1045 m)の山腹海拔900 mの高所にある。爆裂火口内で広範囲に硫黄孔がある。温泉はこの蒸気で浅層水が加熱され流出していると思われる。したがってこのような温泉の一般的な性質として酸性でpH 1.0~1.85を示す酸性泉又は明礬、緑礬泉である<sup>7)</sup>。

表-1. 湯布院町の温泉統計 (昭和49年末現在)

温泉地名		由布院温泉	湯平温泉	塚原温泉	奥江温泉
活動温泉数		609	13	5	3
自然湧出泉		25	11	5	0
自噴井		213	0	0	0
揚湯井		371	2	0	3
最高深度 (m)		450	345	0	635
最高泉温 (°C)		98	88	65	68
総流量 (l/min)		12,500	350	74	83
泉質		単純温泉 弱食塩泉 重曹泉	弱食塩泉 単純温泉	明礬泉 緑礬泉 酸性泉	単純温泉
温泉の利用比率 (%)	旅館	12.8	57.8	100	60
	保養所	5.9	0	0	0
	病院	3.4	0	0	0
	公衆浴用	7.6	39.7	0	40
	個人浴用	62.9	2.5	0	0
その他	7.4	0	0	0	

1.4. 奥江温泉

町の西部にあり昭和30年以降に開発された温泉である。山下池の付近では湯布院温泉の最深である635mの試錐が行なわれ、地温は166°Cと高温な地熱地帯であることが判明した<sup>8)</sup>。しかし優勢な熱水層又は蒸気層が存在せず、現在利用している温泉は浅層の温泉水層から動力により揚湯しているが流量は少ない。

2. 由布院温泉の温泉口及び泉温の分布

温泉の開発は分布図(図2)の中央で古来自然湧出のあった温泉の密集している岳本、湯坪、乙丸、田中市、八山地域を中心にして進められ、佐土原、並柳、津江、平地域は昭和40年以降に開発された温泉で温泉水面は地表面下で揚湯は殆んどがエアリフトである。又中央部の温泉のない地域があるが、ここは水田で圃場整備事業によって温泉の開発が出来ないからである。

泉温分布では石松、佐土原、並柳にそれぞれ高温地帯があり盆地の中央に向かって低下している。石松の高温地帯は昭和10年頃より開発され最も強勢な地熱地帯で沸騰泉や噴気がある。

佐土原の高温帯にも沸騰泉があり、泉温90°C以上の地帯がある。

石松、山崎、平地域の温泉湧出地帯は別府から鶴見、由布の両山の南麓を通る地質構造線上にあり、この断層が温泉湧出や温泉水層の構造に深い関係を持っている<sup>9)</sup>。

3. 由布院温泉の水頭分布

泉温分布でみられるように各所に高温地帯があり、これらの地帯から流出する温泉水が如何なる範囲の温泉を涵養しているかを知るため、温泉水頭の調査を行った<sup>10)</sup>。その結果図-3のように各高温地帯では何れも水頭が高い。



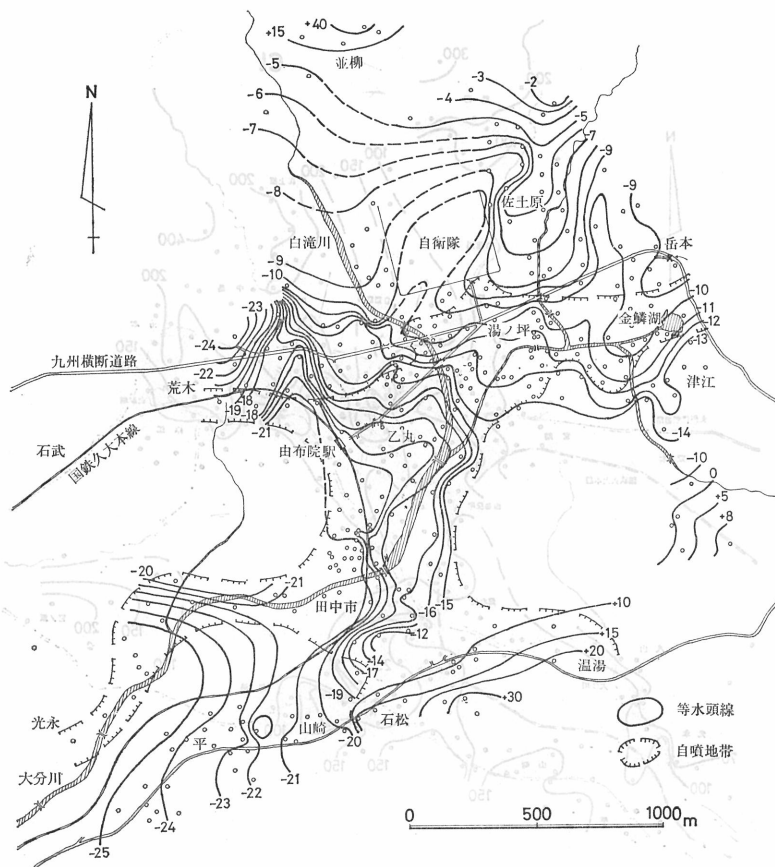


図-3. 由布院温泉の水頭分布 (単位: m)

は4系統の温泉水によって涵養されていることが判明した。

#### 4. 化学成分からみた水系の特性

温泉水の化学組成から各水系の化学的特性と水頭分布からみた涵養領域について検討を行った<sup>11)</sup>。

図-4はCl<sup>-</sup>濃度の分布であるがCl<sup>-</sup>濃度は各水系で高温且つ高水頭地帯で高く、温泉水の流下して行く方向に低下している。この分布状態は水頭分布や泉温分布と同じ様相を示している。しかし他の分析成分にはこれと異なる分布を示すものや、含有量比に相違のあるものもある。その1例としてCl-Liの関係を図-5に示す。Clと他成分との比を取って各水系の特長を示すと表-2及び図-6のようになる。

石松水系では他水系と比較してLi/Clが大きくSO<sub>4</sub>/Clが小さい。津江水系ではNa/Cl, K/Cl, Rb/Cl, HCO<sub>3</sub>/Clが大きく、並柳ではSO<sub>4</sub>/Clが大きい。これらの温泉水系は深部では同一熱水系から供給され、成分変化は湧出過程における壁岩からの溶出や変質鉱物の生成による沈積

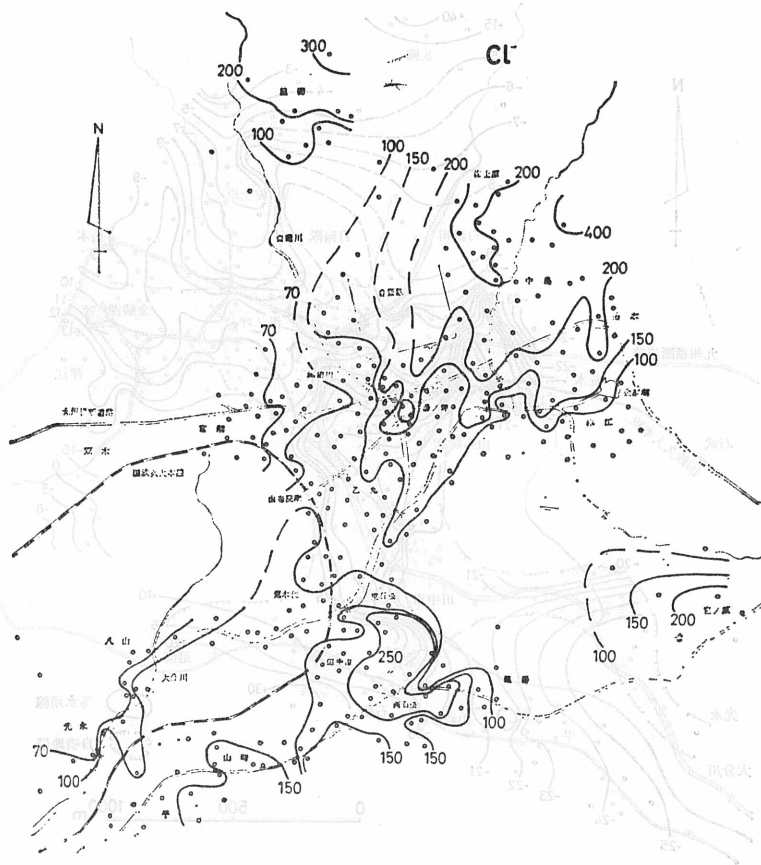


図-4. 由布院温泉の Cl<sup>-</sup> 濃度分布 (単位: mg/l)

によって生じたか、或は別の循環系を持つ水がそれぞれの地域において温泉生成の過程を経て流出しているか、現在までの調査では明らかでない。したがって、別系統の水系としてその涵養域を図-7に又各水系から供給される温泉量を表-3に示す。

石松水系が最も強勢で供給量が多く、次いで佐土原水系である。熱流量からすれば石松、佐土原水系で全体の約73%が供給されている。

### 5. 地下熱構造について

川村はボーリング中に測定した地中温度と完成した井戸についての実測値とから地中温度の分布が得られた<sup>12)</sup>。図-8は平均深度に近い150m深の地温分布である。この分布状態は泉温分布や化学成分の濃度分布と一致し水頭分布からみた熱水の流動に伴う泉温降下の状態をよく示している。

図9は図8に示すA-B-C線に添った水頭及び地温の断面図である。石松における地温が浅層部まで上昇しているのは石松水系において深部の熱水が浅部に流出していることを指示し、又B方向において地温が急激に降下している。この地温分布の様相は既に述べたように石松

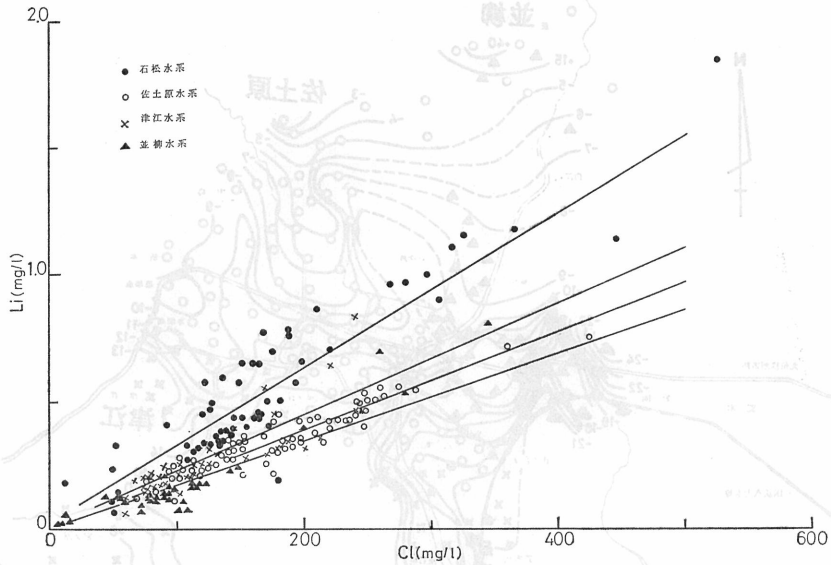


図-5. 由布院温泉の Cl-Li の関係

表-2. 由布院温泉の各水系の化学成分比 (重量比)

水系名	Na/Cl	K/Cl	Ca/Cl	Mg/Cl	Li/Cl	Rb/Cl	HCO <sub>3</sub> /Cl	SO <sub>4</sub> /Cl
石松	1.28	0.13	0.11	0.044	3.08	0.89	2.22	0.349
佐土原	1.22	0.14	0.13	0.043	1.93	1.10	2.17	0.448
津江	1.43	0.27	0.12	0.059	2.17	1.38	2.69	0.549
並柳	1.30	0.10	0.16	0.041	1.67	0.78	1.92	0.683

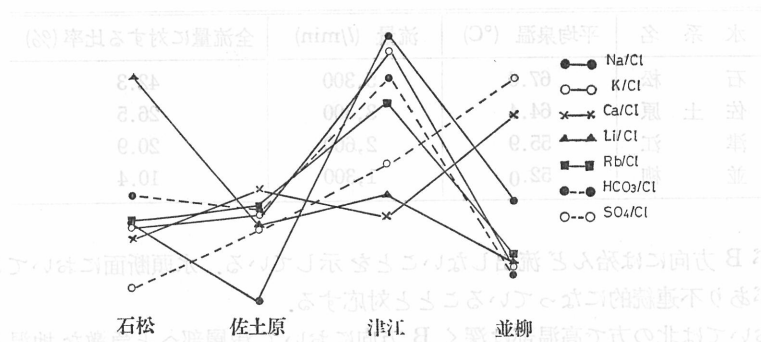


図-6. 各水系の化学成分比の比較

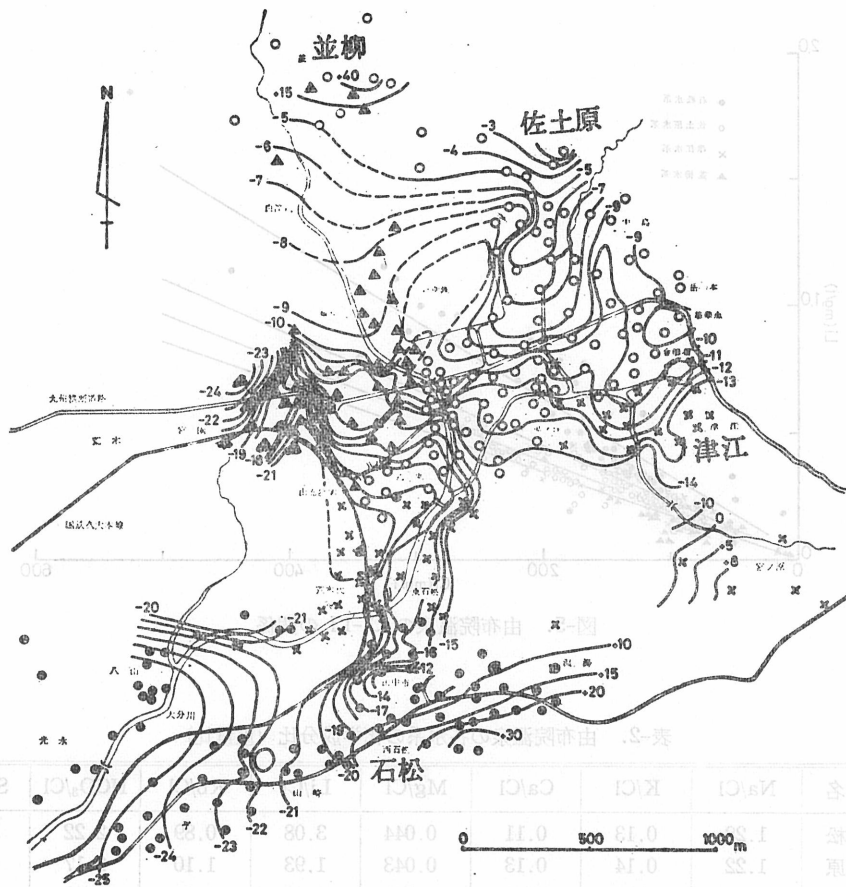


図-7. 由布院温泉の水頭分布と温泉水系の涵養域 (水頭単位: m)

○佐土原水系, ▲並柳水系, ×津江水系, ●石松水系

表-3. 各水系からの温泉採取量

水系名	平均泉温 (°C)	流量 (l/min)	全流量に対する比率 (%)
石松	67.6	5,300	42.3
佐土原	64.4	3,300	26.5
津江	55.9	2,600	20.9
並柳	52.0	1,300	10.4

水系の熱水が B 方向には殆んど流出しないことを示している。水頭断面においてこの地点で大きい落差があり不連続的になっていることと対応する。

佐土原においては北の方で高温部は深く B 方向において浅層部へと急激な地温上昇が見られる。水頭分布で明らかなように佐土原水系の熱水が浅層部に流出していることを示す。

A-B の中間点において水頭が地表面より高く又急激な低下がみられる。この地域は湯坪, 乙丸の自然湧出泉や自噴井の多数ある地域で, 水頭低下は多量の温泉水が流出しているからであ



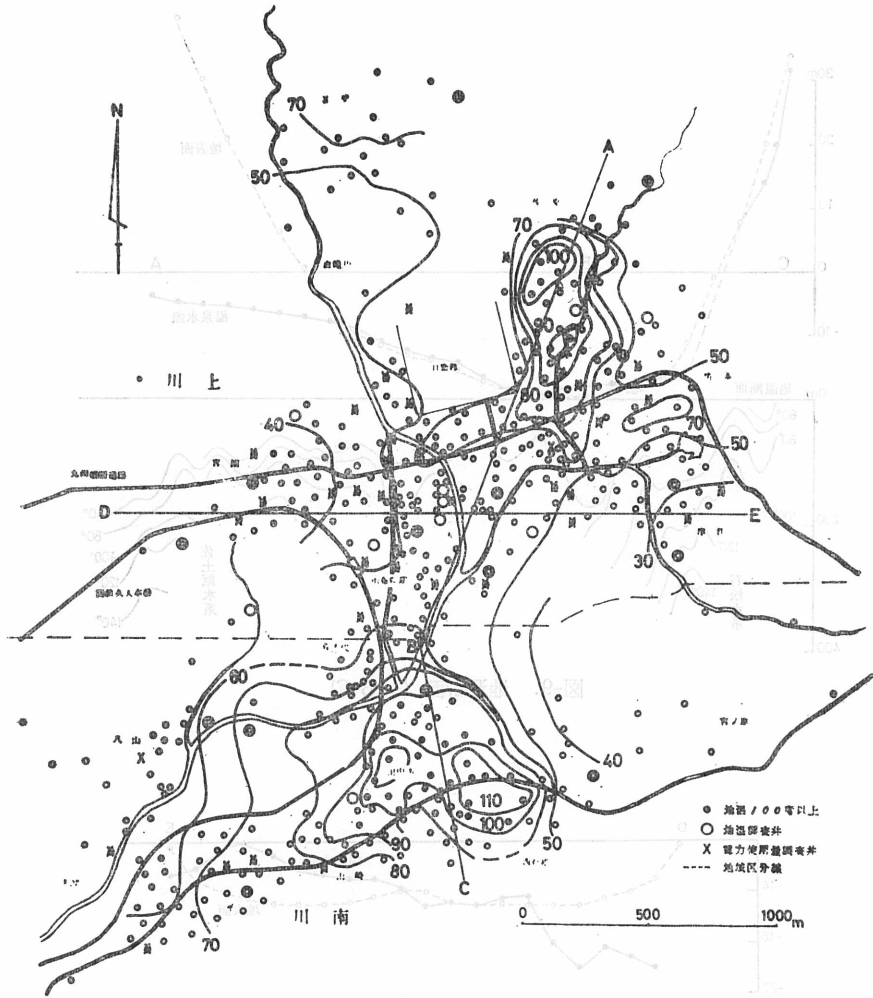


図-8. 由布院温泉の 150 m 深の地温分布 (単位: °C)

る。したがって地温も浅層まで高くなっている。

図 10 は図 8 の D-E 断面である。中央部白滝川の附近において地温は浅層まで高くなっている。この地域は佐土原水系の温泉水が流出し自然湧出泉や自噴井があり、又並柳水系の温泉水が白滝川の西方で佐土原水系と合流している。したがって水頭は地表面かそれより高く、広範囲に浅層で地温の高い地域が生じている。津江において地温の浅層まで上昇した地点があり、ここは津江水系の温泉水の流出する地域で、この地点において水頭が高くなっている。D の方向においても地温が浅層まで高くなっているところがあり、温泉水頭も亦高い。この地点は並柳水系の温泉水が流出していることを示している。このように地温分布は各水層における温泉水の伏流状態を示している。

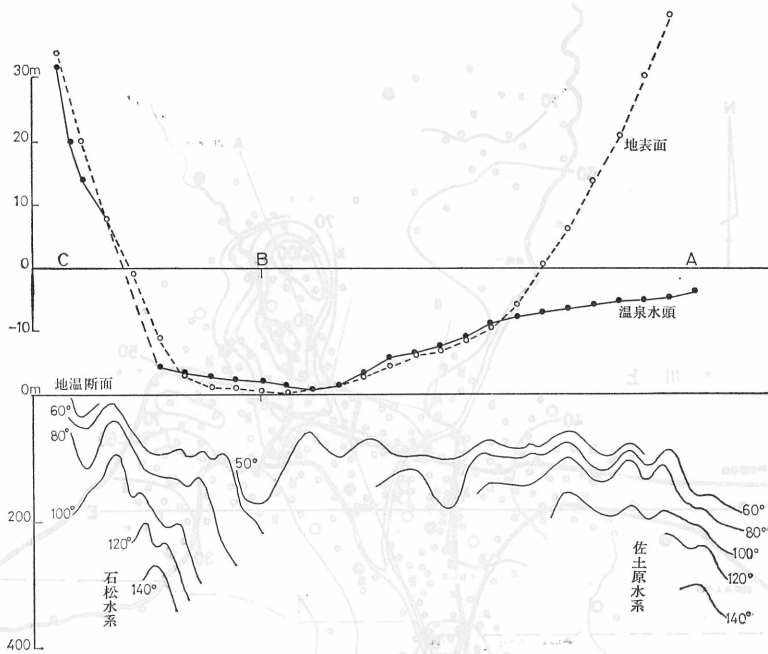


図-9. 地温断面 (A-B-C)

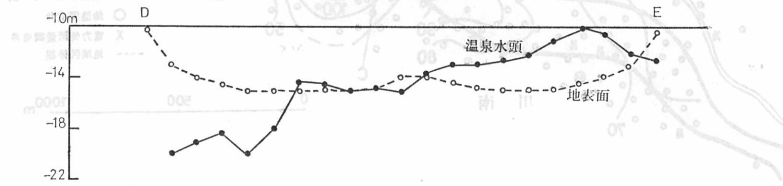


図-8. 地温断面 (D-E)

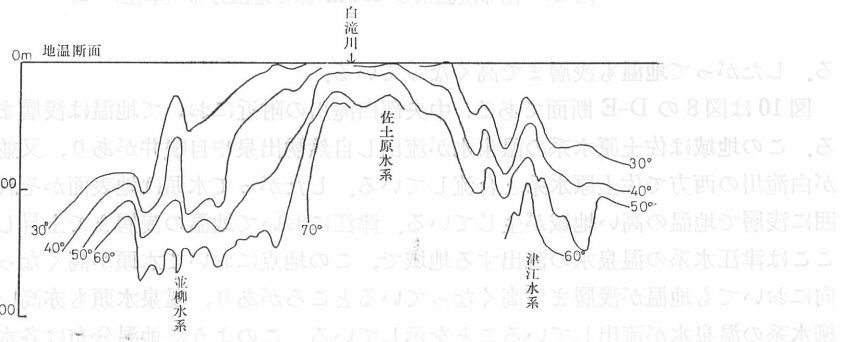


図-10. 地温断面 (D-E)

参 考 文 献

- 1) 大分保健所：管内温泉概況，昭和47年。
- 2) 高安慎一：胃腸病療養地としての湯平温泉，関西医事，4，17，1932。
- 3) 瀬野錦蔵：大分県湯平温泉について，地球物理，4，4，昭和15年。
- 4) 山下幸三郎：湯平温泉調査報告，大分県温泉調査研究会報告，2，昭和26年。
- 5) 湯原浩三：全 上 全 上 10，昭和34年。
- 6) 佐藤光一，その他：湯布院温泉現況調査 全 上 18，昭和42年。
- 7) 大分県厚生部：大分県鉱泉誌，1970。
- 8) 森山善蔵，川西 博：別府内及び湯布院町の温泉孔における岩芯調査報告（第2報），大分県温泉調査研究会報告，16，昭和40年。
- 9) 鈴木政達：別府附近の地史と温泉脈，地球物理，1，1，昭和12年。
- 10) 川村政和，山下幸三郎：由布院温泉の静止水頭分布，大分県温泉調査研究会報告，23，昭和47年。
- 11) 川村政和，山下幸三郎：由布院温泉における化学成分からみた水系とその流界，大分県温泉調査研究会報告，24，昭和48年。
- 12) 川村政和：由布院温泉の地下熱構造と熱エネルギー及び化学物質排出量，大分県温泉調査研究会報告，25，昭和49年。

こ の こ と

湯平温泉は、その湯質が非常に良いため、古くから温泉地として知られてきた。湯平温泉の湯質は、硫酸塩カルシウム型であり、pH値は7.5から8.5程度である。湯温は40℃から50℃程度である。湯平温泉は、大分県湯布院町にあり、湯平温泉の湯質は、硫酸塩カルシウム型であり、pH値は7.5から8.5程度である。湯温は40℃から50℃程度である。湯平温泉は、大分県湯布院町にあり、湯平温泉の湯質は、硫酸塩カルシウム型であり、pH値は7.5から8.5程度である。湯温は40℃から50℃程度である。

泉 泉 泉

湯平温泉の泉質は、硫酸塩カルシウム型であり、pH値は7.5から8.5程度である。湯温は40℃から50℃程度である。湯平温泉は、大分県湯布院町にあり、湯平温泉の湯質は、硫酸塩カルシウム型であり、pH値は7.5から8.5程度である。湯温は40℃から50℃程度である。

泉 泉

湯平温泉の泉質は、硫酸塩カルシウム型であり、pH値は7.5から8.5程度である。湯温は40℃から50℃程度である。湯平温泉は、大分県湯布院町にあり、湯平温泉の湯質は、硫酸塩カルシウム型であり、pH値は7.5から8.5程度である。湯温は40℃から50℃程度である。

湯 泉 泉

湯平温泉の泉質は、硫酸塩カルシウム型であり、pH値は7.5から8.5程度である。湯温は40℃から50℃程度である。湯平温泉は、大分県湯布院町にあり、湯平温泉の湯質は、硫酸塩カルシウム型であり、pH値は7.5から8.5程度である。湯温は40℃から50℃程度である。