

“非火山性”温泉に関する研究

(財) 中央温泉研究所 佐藤 幸二

(昭和48年8月30日受理)

On Some “Non-volcanic” Thermal Springs

Koji SATO

Hot Spring Research Center Institute

I. はじめに

本邦においては、多くの温泉が火山活動によるものであると考えられている。第四紀の火山活動はもとより、第三紀の火山活動や深成岩・半深成岩活動に伴うものもあって、むしろ岩漿性とでも一括すべきであろう。しかし、ここでは便宜上火山性温泉と呼ぶことにする。

温泉の熱源として、火成活動以外に断層などの摩擦運動、放射性物質の壊変、醗酵、化学変化などの非岩漿性ともいえるものが考えられる。さらに、近年は一般地下水が普通の地温上昇率のみによって、温度を得たと考えられる温泉も多くなっている。こゝでいう“非火山性”温泉はこの最後のものである。

II. 濃尾平野の“非火山性”温泉

伊勢湾に面する愛知・岐阜・三重3県に跨がる濃尾平野にあっては、天然ガスを目的とする掘さくによって温泉水が採取された。Fig. 1 のように30井をこえる源泉井があり、愛知県の蟹江地区と三重県の長島地区とに密集して存在する。

1. 地質

当地域を構成する地質は、花崗岩類および古生層の基盤の上にある中新統鮮新統よりなる新第三系と、洪積層沖積層からなる第四系とからなり、鮮新統より上位の岩層は、礫・砂・泥を主とする。中生代末以降の火成岩は周辺に露出せず、掘さく中も遭遇しない。

源泉井の掘さく柱状図によると、鮮新統の下底は Fig. 2 のように長島付近を中心とした盆状構造を有し、各層とも東および北に緩く、西に急に浅くなっている。

2. 地温上昇率

5源泉井の温度検層記録をみると、Fig. 3 のように、地温は深度250mで30~34°Cであり、以深でほぼ2°C弱/100mの地温上昇率を示して、深度1,000mで43~50°Cに達する。Fig. 4 は、同じ記録にもとづく地下温度分布の状況である。

3. 源泉井の状況 (Table 1)

源泉井の掘さく深度は、1,000mを越えるのが一般で2,000mを越えるものもある。口径は大口径のものが多く、もつとも小さいもので仕上り5"である。ストレーナーは遮水の後、最深部に、地質的には鮮新統の基底礫層から中新統の最上部にかけて設置している例が多い。

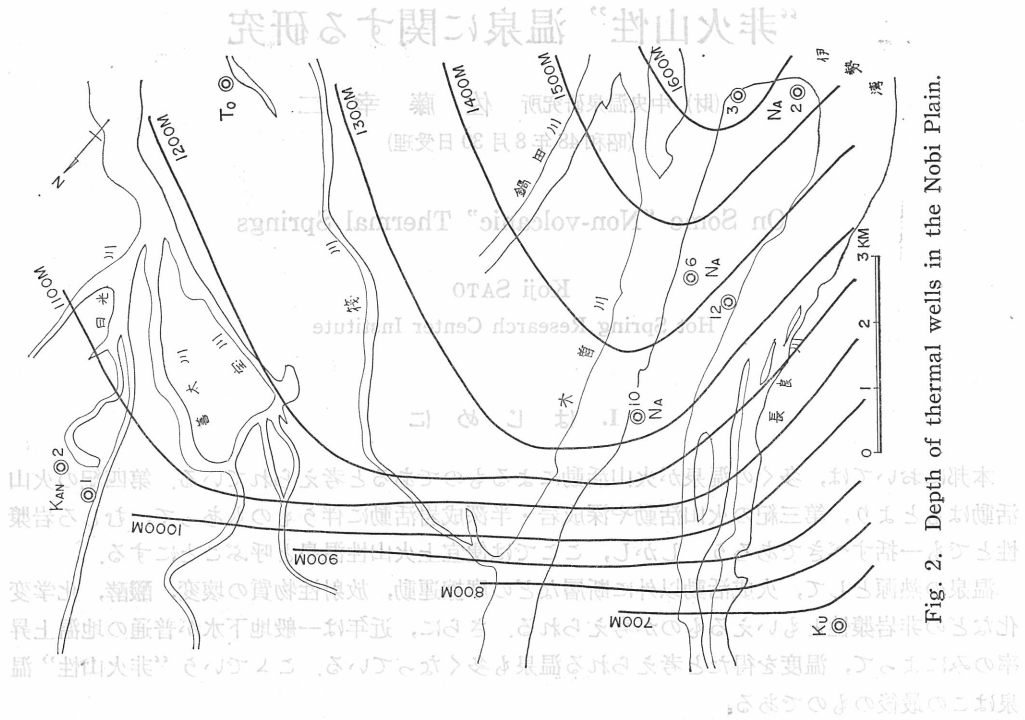


Fig. 2. Depth of thermal wells in the Nobi Plain.

II. 豊平野の“非火山性”温泉

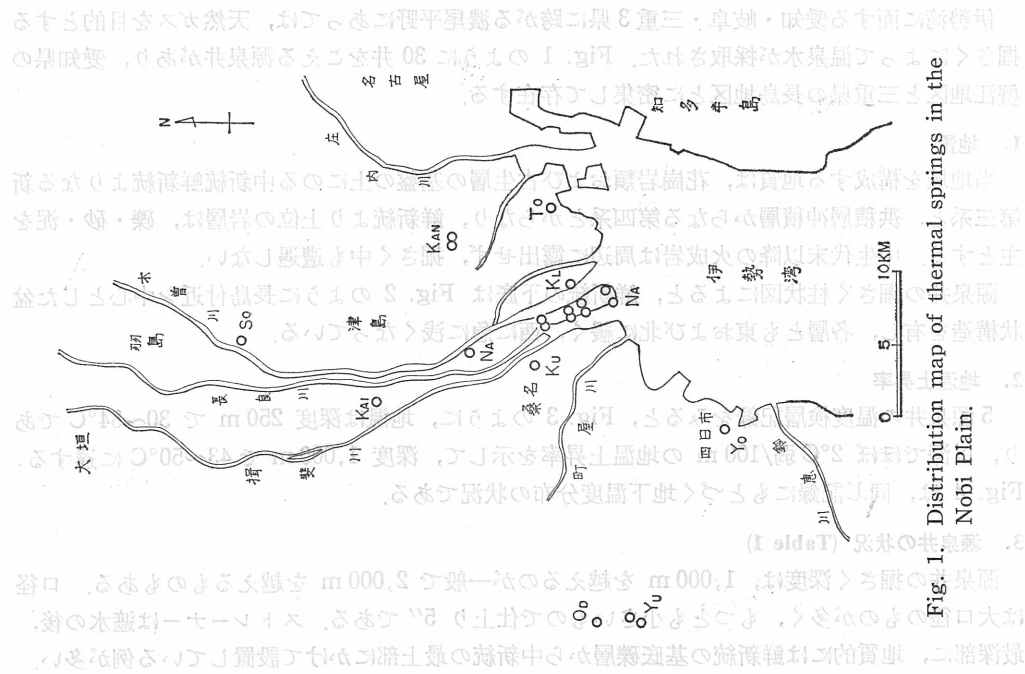


Fig. 1. Distribution map of thermal springs in the Nobi Plain.

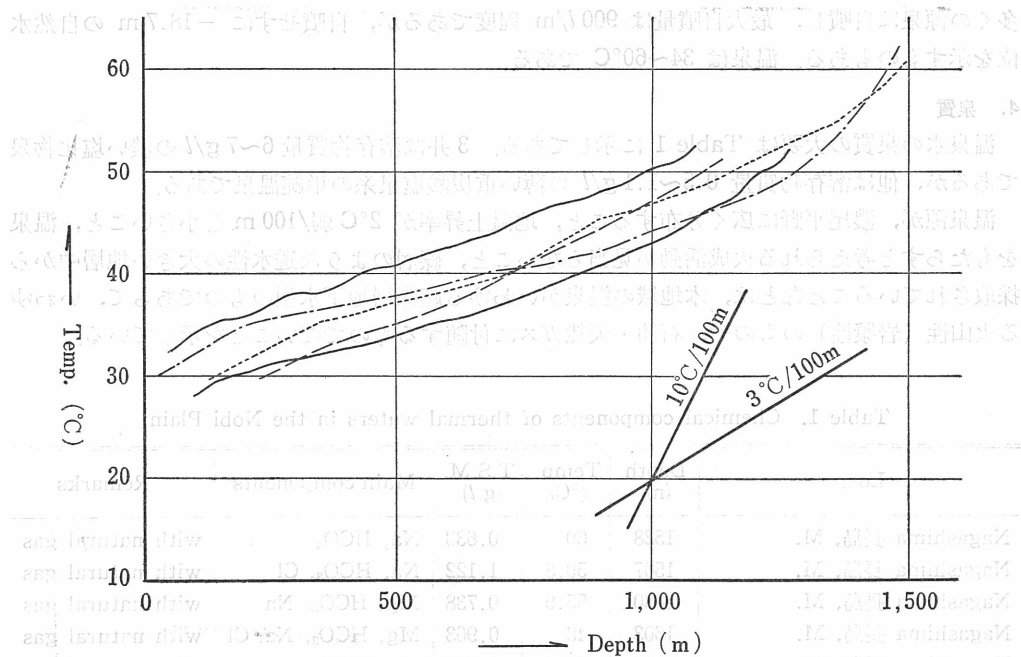


Fig. 3. Temperature-depth relation in thermal wells in the Nobi Plain.

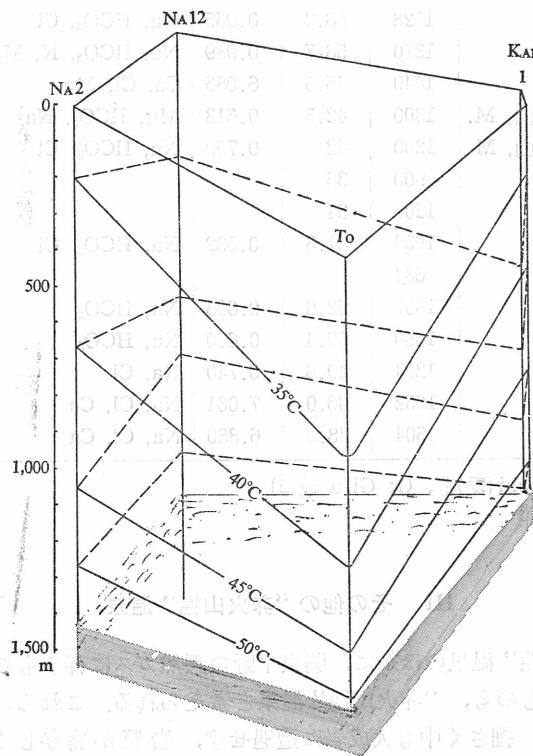


Fig. 4. Schematic diagram of under-ground temperature in the Nobi Plain.

多くの源泉は自噴し、最大自噴量は 900 l/m 程度であるが、自噴せずに -18.7 m の自然水位を示すものもある。温泉は 34~60°C である。

4. 泉質

温泉水の泉質の概要は Table 1 に示してある。3井は溶存物質質量 6~7 g/l の濃い塩化物泉であるが、他は溶存物質質量 0.5~1.1 g/l の薄い重炭酸塩泉系の単純温泉である。

温泉源が、濃尾平野に広く分布すること、地温上昇率が 2°C 弱/100 m と小さいこと、温泉をもたらすと考えられる火成活動が見当たらないこと、礫層のような透水性の大きい地層中から採取されていることなどは、本地域の温泉がいわゆる超深層地下水型のものであって、いわゆる火山性(岩漿性)のものや、石油・天然ガスに付随するものでないことを示している。

Table 1. Chemical components of thermal waters in the Nobi Plain.

Loc.	Depth (m)	Temp. (°C)	T.S.M. (g/l)	Main components	Remarks
Nagashima 長島, M.	1528	60	0.633	Na, HCO ₃	with natural gas
Nagashima 長島, M.	1507	50.8	1.122	Na, HCO ₃ , Cl	with natural gas
Nagashima 長島, M.	1880	55.6	0.738	Mg, HCO ₃ , Na	with natural gas
Nagashima 長島, M.	1603	48	0.963	Mg, HCO ₃ , Na, Cl	with natural gas
Nagashima 長島, M.	1800	59.4	0.624	Mg, HCO ₃	with natural gas
Nagashima 長島, M.	1450	52.8	0.559	Mg, HCO ₃ , Na, Cl	with natural gas
Nagashima 長島, M.	1528	58.2	0.955	Na, HCO ₃ , Cl	with natural gas
Nagashima 長島, M.	1370	58.7	0.989	Na, HCO ₃ , K, Mg	with natural gas
Nagashima 長島, M.	1440	45.5	6.086	Ca, Cl, Mg	
Shin-yunoyama 新湯の山, M.	1300	42.5	0.613	Mg, HCO ₃ , Na	turbid
Shin-yunoyama 新湯の山, M.	1200	42	0.750	Na, HCO ₃ , Cl	turbid
Shin-odaka 新尾高, M.	900	36			
Yokkaichi 四日市, M.	1200	34			
Kisomisaki 木曾岬, M.	1650	51.8	0.532	Na, HCO ₃ , Cl	with natural gas
Kuwana 桑名, M.	684				
Kanie 蟹江, A.	1097	52.0	0.693	Na, HCO ₃	turbid,
Kanie 蟹江, A.	1080	52.4	0.650	Na, HCO ₃	with natural gas
Tobishima 飛鳥, A.	1264	49.8	0.740	Na, Cl	with natural gas
Sofue 祖父江, A.	1052	36.0	7.081	Na, Cl, Ca	pale yellow
Kaizu 海津, G.	1504	48.0	6.880	Na, Cl, Ca	

M; Mie(三重), A; Aichi(愛知), G; Gifu(岐阜)

III. その他の“非火山性”温泉

濃尾平野の“非火山性”温泉のほかに、関東平野の天然ガスに伴うもの、庄内・新潟平野の石油・天然ガスに伴うものも、“非火山性”温泉と考えられる。これらの温泉でも、源泉の周辺に火成岩は存在せず、掘さく中も火成岩に遭遇せず、岩漿が寄与しているとは考えられない。

Fig. 4. Schematic diagram of under-ground temperature in the Nobi Plain.

1. 関東平野

千葉県から神奈川県にかけての関東平野では、天然ガス採取のための掘さく井から温泉水も採取されている。Table 2 のように、掘さく深度 500 m から 2,100 m の源泉井をみると、温

Table 2. “Non-volcanic” thermal waters in the Kanto Plain.

Loc.	Depth (m)	Temp. (°C)	T.S.M. (g/l)	Main components	Remarks
Kuramae 蔵前, T.	902	30.2	17.212	Na, Cl, Br, I	Yellowish brown, turbid
Ikebukuro 池袋, T.	1200	26	2.614	Na, Cl, HCO ₃	Dark brown, turbid
Omori 大森, T.	525	27.3	3.847	Na, HCO ₃ , Cl	
Asakusa 浅草, T.	700	26.3	1.835	Na, HCO ₃	
Juniso 十二社, T.	1000	29.2	1.951	Na, HCO ₃ , Cl	
Heiwajima 平和島, T.	965	25.2	21.024	Na, Cl, Br, I	
Kameido 亀戸, T.	650	28.5	18.222	Na, Cl, Br, I, Ca	
Kameido 亀戸, T.	618	29.5	15.678	Na, Cl, Br, I	
Arakawa 荒川, T.	900	29		Na, Cl, HCO ₃	
Senzoku 千束, T.	900	31.3	17.184	Na, Cl, I	
Soka 草加, S.	1586	46.0	25.239	Na, Cl	Whitish yellow, turbid
Okabe 岡部, S.	1200	30	20.663	Na, Cl, B	Yellowish brown
Kawasaki 川崎, K.	780	29.0	14.742	Na, Cl, HCO ₃	
Yokohama 横浜, K.	1100	38.5	15.188	Na, Cl, HCO ₃	Brown
Funabashi 船橋, C.	2107	55.0	21.891	Na, Cl	Yellowish brown, turbid

T; Tokyo (東京), S; Saitama (埼玉), K; Kanagawa (神奈川県), C; Chiba (千葉), T.S.M.; Total soluble matter

Table 3. “Non-volcanic” thermal waters in the Shonai and Niigata Plain.

Loc.	Depth (m)	Temp (°C)	T.S.M. (g/l)	Main components	Remarks
Niigata 新潟, N.	2000	59.0	32.400	Na, Cl, I	Pale yellow
Niigata 新潟, N.	1530	53	33.190	Na, Cl, I	Pale yellow, iodic odor
Niigata 新潟, N.	2100	60	32.309	Na, Cl, I	Pale yellow
Niigata 新潟, N.	2000	58.2	32.732	Na, Cl, I	Pale yellow, turbid, iodic odor
Niigata 新潟, N.	2000	61.5	33.337	Na, Cl, I	Pale yellow
Niigata 新潟, N.	1620	50		Na, Cl, Ca	
Niitsu 新津, N.	900	47		Na, Cl	
Teradomari 寺泊, N.	1500	36		Na, Cl	
Kashiwazaki 柏崎, N.	1534	48		Na, Cl	
Naoetsu 直江津, N.	1500	30		Na, Cl, HCO ₃	
Nagaoka 長岡, N.	973	38.2		Na, Cl	
Nagaoka 長岡, N.	1777	55	22.922	Na, Cl, Ca	Oily odor
Naganuma 長沼, Y.	1503	57	26.310	Na, Cl, Ca, I, Br	with natural gas
Hanezawa 羽根沢, Y.	648	48	3.957	Na, HCO ₃ , Cl	with natural gas
Shinjo 新庄, Y.	900	39.4	10.953	Na, Cl, HCO ₃ , B, I, Br	with natural gas

N; Niigata (新潟), Y; Yamagata (山形)

度は 26~55°C となっており、泉質は溶存物質量 2~25 g/l の食塩泉重曹泉がある。15 g/l 以上の溶存物質を含む濃い食塩泉が多い。源泉井の掘さく深度と泉温との関係は、平均して 2°C/100 m のみかけの地温上昇率を示す。温泉水の外観は、有機物質による醬油のような色がついている場合が多い。

2. 庄内・新潟平野

東北裏日本では、石油・天然ガスを目的とする深い掘さくによって、温泉水も採取されている。山形・新潟両県下の源泉についてみると、Table 3 のように掘さく深度 650~2,100 m、泉温 30~61.5°C、泉質は濃い食塩泉となっている。掘さく深度と泉温との関係から、みかけの地温上昇率は 2°C/100 m となる。醬油のような色はなく、石油臭や沃素臭がある。

このような、濃尾、関東、庄内・新潟の 3 地域の“非火山性”温泉を比較すると Table 4 の如く、濃尾平野の多くは単純温泉であるのに、他の 2 地域では濃い食塩泉が多いというような差はあるが、地温上昇率は 2°C/100 m というごく普通のものである。また周辺に火成活動が見られず、掘さく中に火成岩に遭遇しないという共通点もある。

Table 4. Characteristics of “non-volcanic” thermal waters of Japan.

	Nobi Plain	Kanto Plain	Shonai-Niigata Plain
Depth of wells (m)	680~1880	525~2107	648~2100
Temperature of water (°C)	34~ 60	26~ 55	30~ 61.5
T.S.M. (g/l)	0.5~1.1 (except 3 waters showing 6~7 g/l)	15~ 25 (except 4 waters showing 2~4 g/l)	11~ 33 (except 1 thermal water showing 4 g/l)
Main chemical components	HCO ₃ , Na, Mg	Cl, HCO ₃ , Na	Cl, Na
Remarks	with a small amount of gas	with natural gas, dark brown	with natural gas, oily odor, pale yellow

IV. 火山性温泉および一般地下水

火山性温泉を活火山地帯温泉、温泉地帯温泉に分け、一般地下水と共にその地質、化学組成、地温上昇率について考察する。

1. 地質

火山性温泉は、中生代末以降の火成岩地帯あるいはその近くにあり、ことに活火山地帯温泉は第四紀の新しい火山あるいはそのごく近くに存在する。

一般地下水は、特殊な場合を除いては、新生代新第三紀末の、未だあまり固結の進んでいない礫岩層、砂岩層や、第四紀の礫層、砂層のような透水性の大きい岩層から採取されているものが圧倒的に多い。

2. 化学組成

活火山地帯の温泉水の化学組成は、菱形図 (Fig. 5) で、温泉水、海水、中間の 3 領域に分布し、温泉地帯の温泉水のそれは、海水領域に多く、温泉水、停滞地下水、中間の領域にも分布する。

一般地下水は、地下水領域を中心とし、海水、停滞地下水、中間の領域にも分布する。“非火山性”温泉をも含めてまとめると、Fig. 6 のようになる。

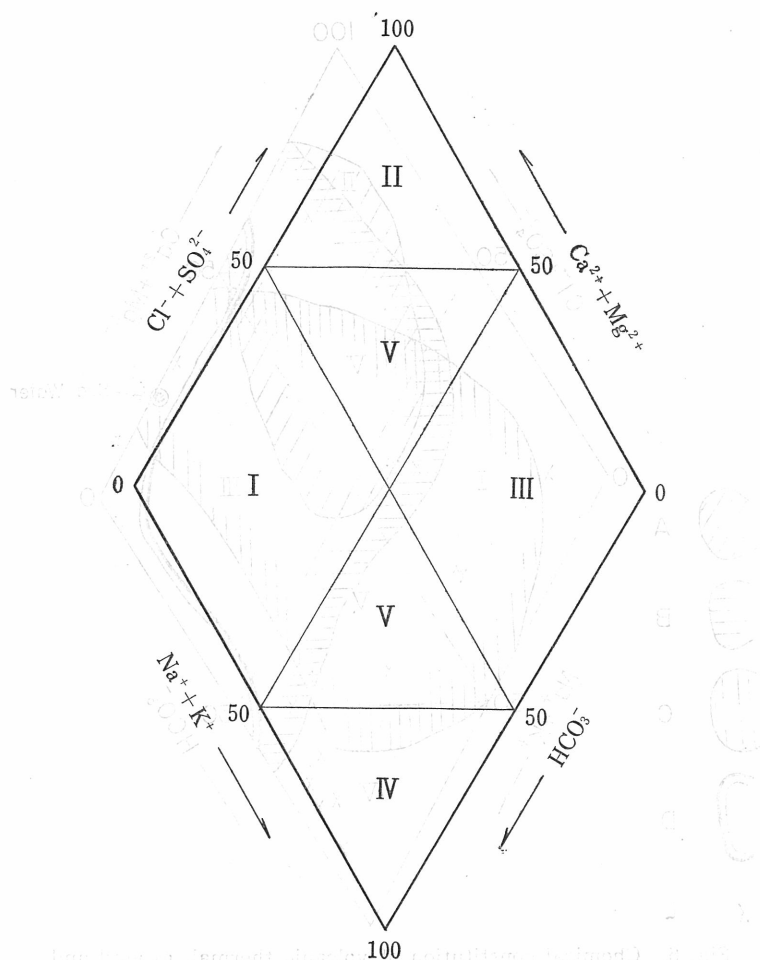


Fig. 5. Diagram showing type of waters classified by chemical components in millival %.

- I : Ground-water
- II : Thermal water and fossil water
- III : Sea water
- IV : Piestic surface ground-water
- V : Intermediate (stream water, underflow water and free surface ground-water)

3. 地温上昇率

活火山地帯温泉の場合は、ごく浅い深度で高い温度を示し、100°C/100 m にも及ぶような極めて大きな地温上昇率を示す。温泉地帯温泉にあっては、10~50°C/100 m の地温上昇率を示し、深さとともに高温になるものが多い。

一般地下水の場合は、温泉法の関係から、水温 25°C 未満の地下水がほとんどである。その地温上昇率として 1~17°C/100 m のいろいろな値が報告されている。

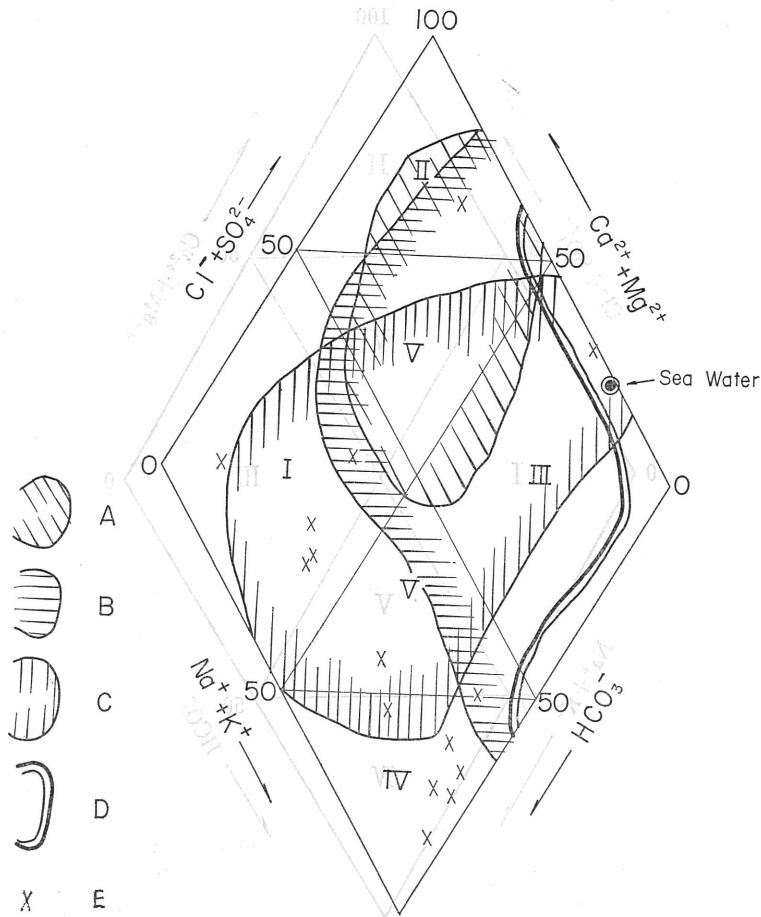


Fig. 6. Chemical constitution of volcanic thermal, ground and "non-volcanic" thermal water (in millival).
 A: Volcanic thermal water (volcanic region)
 B: Volcanic thermal water (thermal spring region)
 C: Ground-water
 D: "Non-volcanic" thermal water of Kanto, Shonai and Niigata Plain
 E: "Non-volcanic" thermal water of Nobi Plain

V. ま と め

以上述べたように、本邦の多くの温泉は、火成活動に伴うものとされているが、そのほかに火成活動と全く関係がなく、ごく普通の地温上昇率のみによって温度を得ている“非火山性”温泉がある。現在このような“非火山性”温泉の存在が明らかになっているのは、濃尾平野、関東平野、庄内・新潟平野である。これらの温泉水の化学組成は、火山性の温泉水や一般地下水と大きな差はないが、その地質状況はむしろ一般地下水のそれに近く、火成活動の寄与が考えられない。またその地温上昇率は 2°C/100 m 程度で、ごく普通の地温上昇率である。

VI. おわりに

“非火山性”温泉の存在は、上記3地域に限られるものではなく、今後他の地域にもその伏在があきらかになってくるであろう。例えば青森県においても、小川原湖周辺の温泉は基盤岩の深い区域に掘さくされており、Fig. 7に示すような $5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 程度の地温上昇率を示す。また黒石市内の温泉も同様で、Fig. 8の如く $4\sim 5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ と、付近地下水の場合と同じようなみかけの地温上昇率を示し、“非火山性”温泉のようである。

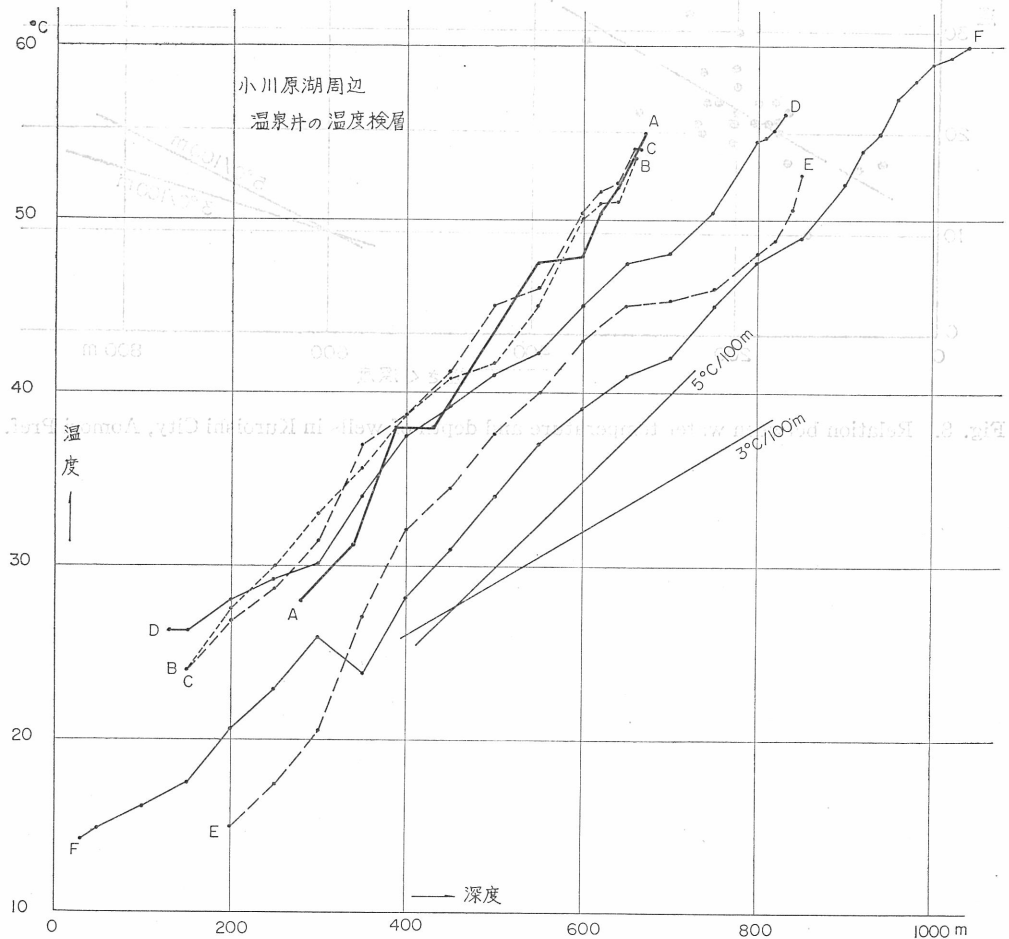


Fig. 7. Temperature-depth relation of “non-volcanic” thermal wells near Lake Kogawara, Aomori Pref.).

“非火山性”温泉は、普通の地温上昇率を考えても、十分高温になるような深度に、地下水を流動貯溜させるような透水性の大きい岩層が存在すればいいのであって、新しい堆積物が深くまで存在する海岸平野とか大きな盆地とかの地域に今後見出されるであろう。

