

昭和 40 年 3 月

原 著

温泉の地球化学的研究 (第 11 報)  
伊東温泉の化学成分の経年変化

中央温泉研究所\* 益 子 安・甘露寺 泰雄  
(昭和 38 年 11 月 21 日受理)

Geochemical Studies on Mineral Springs.  
XI. On Change of Chemical Components  
with Lapse of Years in Ito Spa

Yasushi MASHIKO and Yasuo KANROJI  
(Hot Spring Research Center, Chemical Institute)

Hot springs in Ito Spa are divided into two groups. One is a common salt spring, which is characterised by a high content of sodium and chlorine ions. The other is a simple thermal spring containing sodium and sulfate ions as main components.

Common salt springs are located in Kuzumi and Matsubara areas as well as in the northern part of the Oka area, and simple thermal springs are also located in the Oka area.

The temperature of the thermal springs in the Oka area are higher than those in the Kuzumi and the Matsubara areas.

Comparison of latest data on temperature and chemical components with past ones reveals the following points:

- (1) The temperature of thermal springs tends to become lower except in the southern part of the Oka area.
- (2) The region of high content of chlorine ions has spread towards the southwestern direction from 1936 to 1952, and then contracted from 1952 to 1961. The concentration of chlorine and sulfate ions has decreased in most parts of the Matsubara and the Kuzumi areas, and in the northern part of the Oka area from 1952 to 1961. It seems that underground water has mixed into thermal springs in these areas.
- (3) Marked changes of millival % of chlorine and sulfate ions were observed in the northern part of the Oka area from 1952 to 1961 (Geological distribution of thermal springs of  $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$  type in Kuzumi and Matsubara areas has extended to the southwestern direction).

The changes mentioned above may have resulted from the unbalance of pressure between underground and thermal waters below the ground surface due to drawing up of a large quantity of thermal water for the past several years.

\* 豊島区高田南町 2 の 593

## 1. ま え が き

伊東温泉については、すでに昭和 11 年と 15 年に福富ら<sup>1)</sup>によつて湧出状況、化学成分、潮汐の影響などに関する詳細な調査研究が行なわれた。その後昭和 17 年には黒田<sup>2)</sup>、昭和 22～23 年には中西<sup>3)</sup>によつて化学成分と潮汐の関係および湧出機構に関する研究が行なわれた。昭和 27 年には著者の一人益子<sup>4)</sup>は同温泉の化学成分の地域的特性について報告した。その後著者らは昭和 35～36 年にかけて再び多くの源泉について化学分析その他の調査を行なう機会を得た。本報告はこれらの調査をもとにして同温泉の化学成分とその経年変化について種々検討を行なつたものである。

福富<sup>1)</sup>は、伊東温泉は二つの性質の異つた源泉と一つの冷地下水の混合により構成されていることを明らかにした。すなわち、源泉の一つは岡地区の西部、大久保、下窪方面の地下より湧出し、泉温は 55°C 以上で成分含量の少ない単純温泉であり湧出勢力が極めて旺盛である。他の一つは松原、玖須美地区に湧出し、泉温は 47°C 以上で、塩素、硫酸、カルシウム含量が多く食塩泉に属している。また海岸に近い温泉の湧出量は潮汐の満干によつて増減する。なおこれらの温泉に混入する冷地下水が伊東平野の東南部の地下に湧出するという。

著者らによる昭和 27 年および 35～36 年の化学分析結果でも、伊東温泉は 2 種類の温泉源より構成されていることおよび岡地区が海岸方面の玖須美、松原地区に比較して高温であることが認められた。ただし、泉温および成分の分布状況は昭和 11 年、27 年、35～36 年と変わつて来ていることが判明した。この報告も主として泉温、成分の変遷と原因の検討に主眼を置いた。ここで問題となるのは昭和 27 年より昭和 35～36 年まで存在した源泉はかなりあるが、昭和 11 年より現在までひきつづき存在している源泉井はほとんどないことであつて、同一源泉井について成分の変化を十分に検討できなかつた。また成分の経年変化を検討するまえに、潮汐の影響を考慮する必要がある。この潮汐による成分の変化は概して海岸に近い源泉ほど強くあらわれ、黒田<sup>2)</sup>、中西<sup>3)</sup>らの報告を参考にすれば最大 ±5% 程度と推定される。この値は昭和 22 年以前の調査によるもので、現在でも同じ程度の変化があるかどうかは不明である。著者らが本報告で経年変化として取扱う成分の変化は、いまのべた潮汐による ±5% 程度の変化よりも著しく大きい場合を指すものとする。なお、昭和 11 年より 36 年までは泉温、塩素、硫酸イオンの地理的分布の変化について、昭和 27 年～36 年にかけては同一源泉井の成分の増減について検討した。

## 2. 泉温の経年変化

昭和 11 年については、福富らのデータをそのまま引用し、昭和 27 年および 36 年では伊東温泉組合が調査した資料を参照して、45°C および 50°C の等温線の変化を示すと Fig. 1 のようになる。

45°C 等温線は南西方向に移動し、50°C 等温線は寺田川方面では 45°C 線とほぼ同じ方向に移動しているが、松川流域とその右岸の岡地区では北東方に移動してゆく傾向が認められる。このことは、岡地区の松川右岸では高温帯が東の方へのびてゆくのに反し、寺田川方面では南西方向に縮少しているものといふことができる。

## 3. 化学成分の経年変化

まず塩素イオンの絶対量について、昭和 11 年、27 年、36 年と比較してみると (Fig. 2,

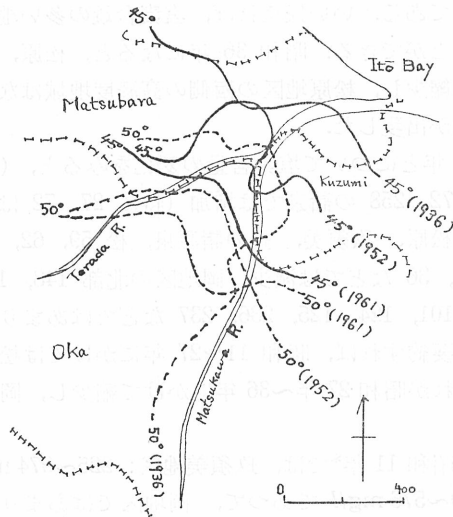


Fig. 1. Change of isothermal line.

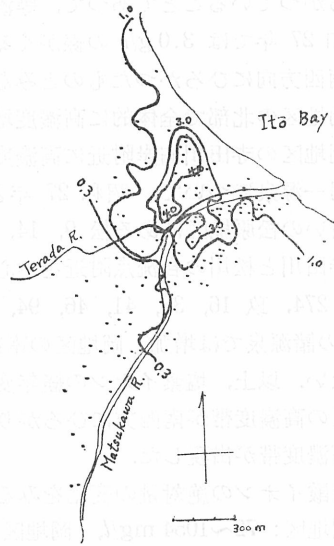


Fig. 2. Geographical distribution of amount of Cl (g/l) in 1936 (by Fukutomi's report).

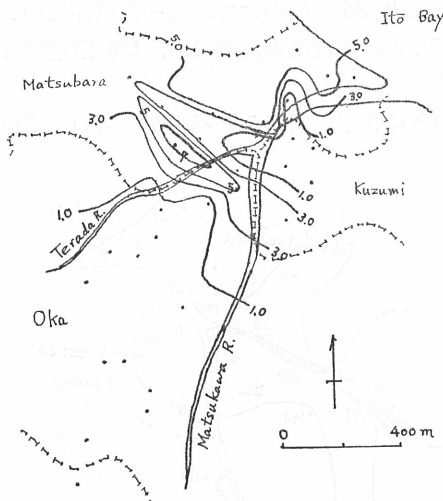


Fig. 3. Geographical distribution of amount of Cl (g/l) in 1952.

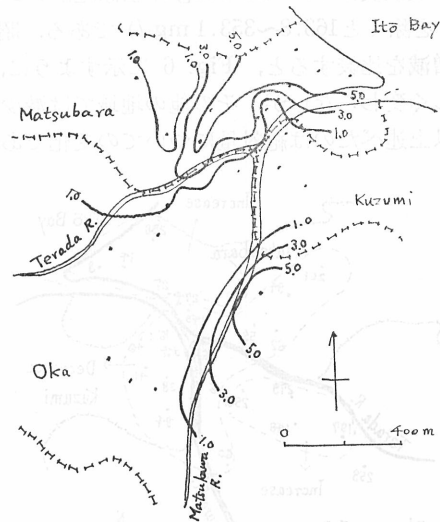


Fig. 4. Geographical distribution of amount of Cl (g/l) in 1961.

3, 4) 昭和 11 年当時は塩素の最高含量は  $6.34 \text{ g/l}$  で、松川と寺田川の合流点よりほぼ北北東の方向に海岸にむかつてひょうたん型に高濃度地域が存在した。また  $1 \text{ g/l}$  以上の濃度分布地域は伊東湾がわで広く、岡地区方面ではせまくなつたほぼ三角形をなしている。これが、昭和 27 年になると今までみられなかつた  $8.964 \text{ g/l}$  (松 62) のとき高含量の源泉が出現し、また分布図では高濃度地域が二つにわかれ、その一つは海岸に近く、他は松 62 を中心とする松原の西方地域に存在するようになる。ここで重要なことは、昭和 11 年時に比較して高濃度

地域がひろがっていることであつて、等濃度線でこれを見ると、昭和 11 年の  $0.3 \text{ g/l}$  の線の位置に昭和 27 年では  $3.0 \text{ g/l}$  の線がくるようである。いい換えれば、塩素含量の多い地域が全体的に南西方向にひろがったものとみなすことができる。昭和 36 年になると、松原、玖須美および岡地区の北部で全体的に高濃度地域が縮少し、松原地区の西側の高濃度地域はなくなり、逆に岡地区の寺田川右岸附近に高濃度地域が出現した。

つぎに同一源泉について、昭和 27 年と 36 年とについて塩素含量の変化をみると、(Fig. 5), 海岸沿いの松原地区にある松 9, 14, 27, 72, 258 の諸泉では増加(特に 27, 72 は著しく増加)寺田川と松川の合流点附近を中心とし松原、玖須美、岡の諸源泉, 松 59, 62, 94, 145, 261, 274, 玖 16, 38, 41, 46, 94, 岡 6, 36 などでは減少, 岡地区の北部 148, 197, 250, 279 の諸源泉では増加, 岡地区の南部の 101, 124, 125, 236, 237 などではあまり著しい増減がない。以上、塩素イオンの経年変化を要約すれば、昭和 11~27 年にかけては松原、玖須美地区の高濃度帯が南西方にひろがり、これが昭和 27 年~36 年にかけて縮少し、岡地区の一部に高濃度帯が出現した。

つぎに硫酸イオンの絶対量の変化をみると、昭和 11 年\*では、玖須美地区:  $225\sim 974 \text{ mg/l}$ , 松原、湯川地区:  $72\sim 1054 \text{ mg/l}$ , 岡地区:  $149\sim 576 \text{ mg/l}$  であつて、岡地区ではあまり高含量のものは存在しない。昭和 27 年には玖須美地区:  $235\sim 830 \text{ mg/l}$ , 松原地区:  $286\sim 1385 \text{ mg/l}$ , 岡地区:  $310.4\sim 943.2 \text{ mg/l}$  (岡 6.36 を除くと  $310.4\sim 372 \text{ mg/l}$ ) である。昭和 36 年では、玖須美は  $83\sim 132.5 \text{ mg/l}$ , 松原地区:  $201.6\sim 1276 \text{ mg/l}$ , 岡地区:  $163.8\sim 1179 \text{ mg/l}$  (No. 121 を除くと  $163.8\sim 353.1 \text{ mg/l}$ ) である。昭和 27 年より 36 年にかけて、同一源泉井について増減を比較すると、Fig. 6 に示すように、海岸近くと、岡地区の南部 124, 125 附近では著しく変わらないが、その他の地域では減少している。

以上述べたのは絶対量についての変化であるが、つぎに化学組成(ミリバル%)について検

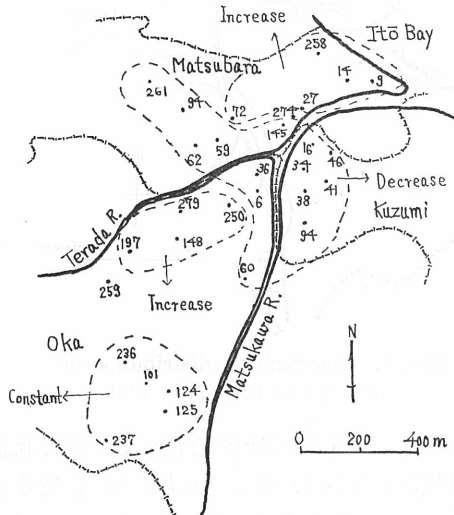


Fig. 5. Change of  $\text{Cl}^-$  content (from 1952 to 1961).

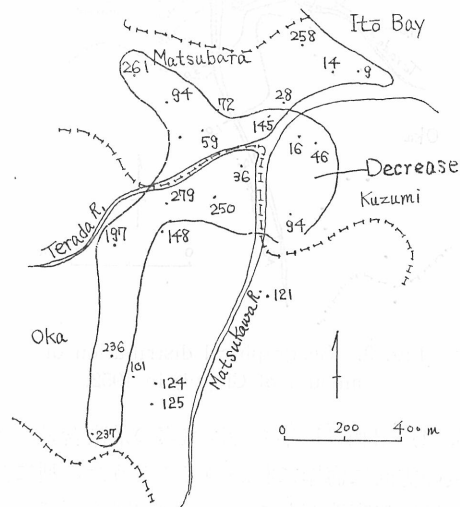


Fig. 6. Change of  $\text{SO}_4$  content (from 1952 to 1961).

\* 福富氏らのデータを参考とした。

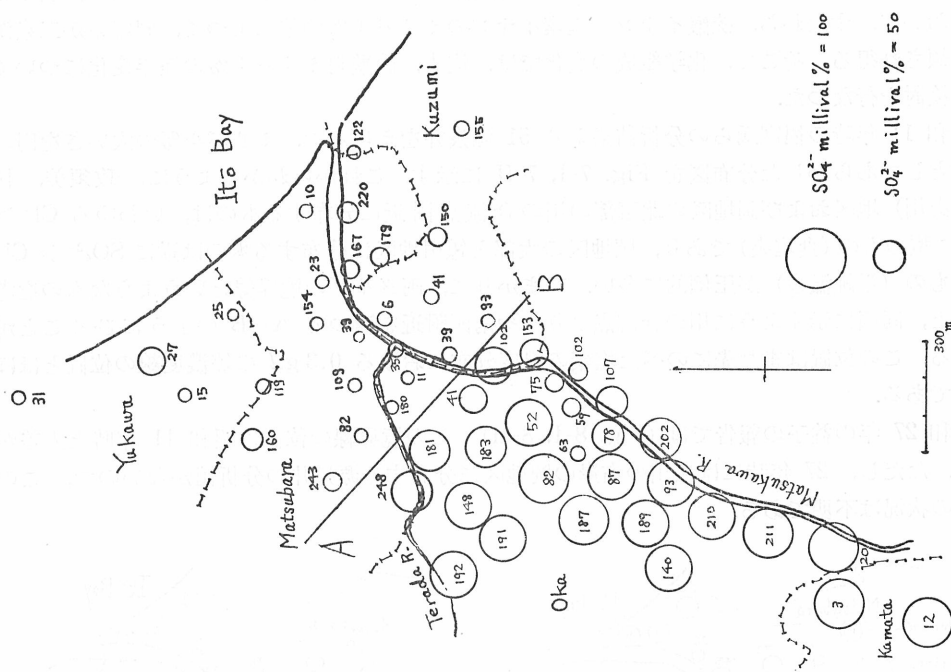


Fig. 7-II. Geographical distribution of millival % of  $\text{SO}_4^{2-}$  in 1936.

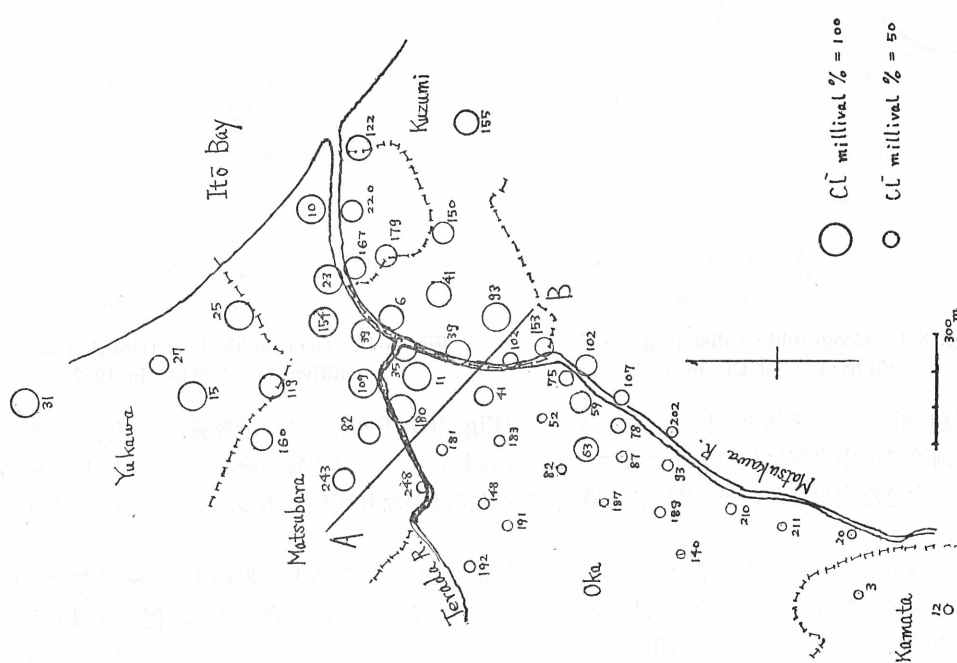


Fig. 7-I. Geographical distribution of millival % of  $\text{Cl}^-$  in 1936.

討をおこなった。伊東温泉では陽イオンの主要成分はすべてナトリウムイオンであり、陰イオンにおいて、すなわち、硫酸イオンと塩素イオンのミリバル%の差によつて、同温泉が二源泉に分類され得る。そこで、化学組成の変化では、塩素、硫酸両ミリバル%の経年変化についてのみ検討を行なつた。

昭和 11 年時の福富氏らの分析結果より 51 源泉井をえらんで、ミリバル%の大きさを円の直径としてあらわした分布図を Fig. 7-I, 7-II に示す。これからわかるように、玫須美、松原（湯川）地区および岡地区の北東部の川の合流点附近に分布するものは、いわゆる  $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$  型のもの（食塩泉）であり、岡地区の大部と鎌田地区に分布するものは逆に  $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$  型のもの（単純温泉）が圧倒的に多い。いまかりに、両タイプの境界線というようなものを考えると、同図に示すように川の合流点よりやや南西附近を通つて A—B のようにひくことができる。この位置はまた先にのべた塩素の濃度分布における 0.3 g/l の等濃度線の位置とほぼ同じである。

昭和 27 年の益子の報告では (Fig. 8-I, 8-II), この境界線の位置は昭和 11 年時と大差がない。ただし、27 年時には松川の右岸の岡地区に分布する源泉井の分析値がないので、この地域の状況は不明である。

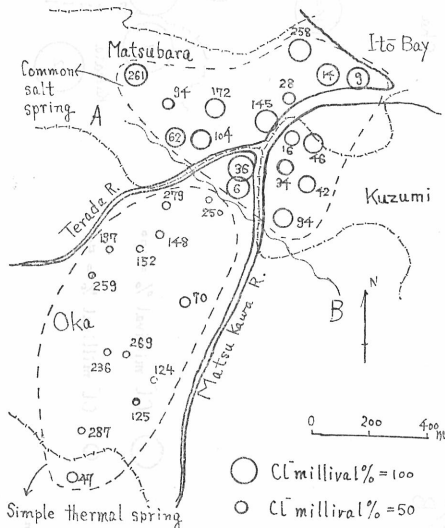


Fig. 8-I. Geographical distribution of millival % of  $\text{Cl}^-$  in 1952.

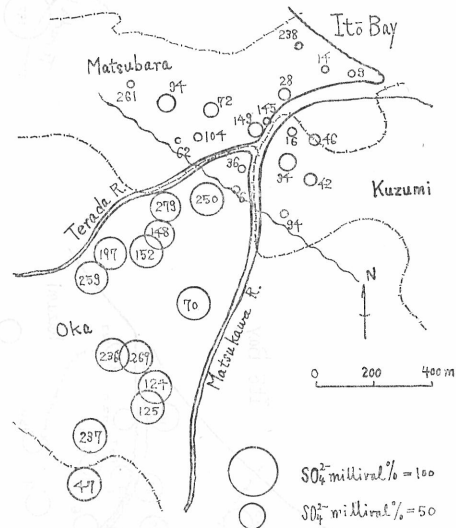


Fig. 8-II. Geographical distribution of millival % of  $\text{SO}_4^{2-}$  in 1952.

昭和 36 年の分析値より同じ図をえがくと (Fig. 9-I, 9-II), この境界線は南西方向に移動し、岡地区の中央部に位置するようになる。すなわち、ミリバル%の分布は、昭和 11 年～27 年では大きな変化はないが、27 年～36 年にかけてはかなり変化があつたものといふことができる。

ミリバル%の分布を塩素イオンの絶対量の分布と比較してみると、昭和 11 年～27 年にかけてはミリバル%は大きな変化を示していないが、塩素イオンでは高含量地帯、例えば 1 g/l 以上の範囲は、玫須美、松原（湯川）地区ではひろがつている。すなわち、この地域では、 $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$  型という点では変化せずに濃度のみが総体的に増加したものとみなされる。ところ

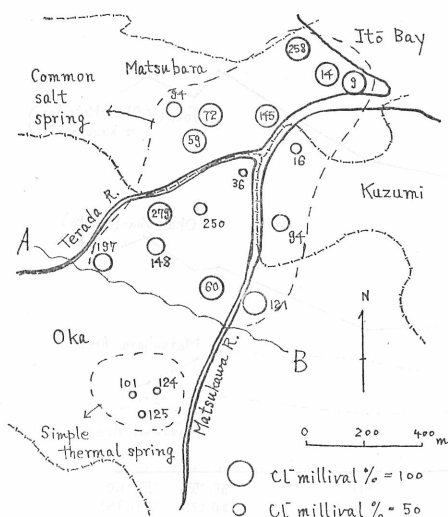


Fig. 9-I. Geographical distribution of millival % of  $\text{Cl}^-$  in 1961.

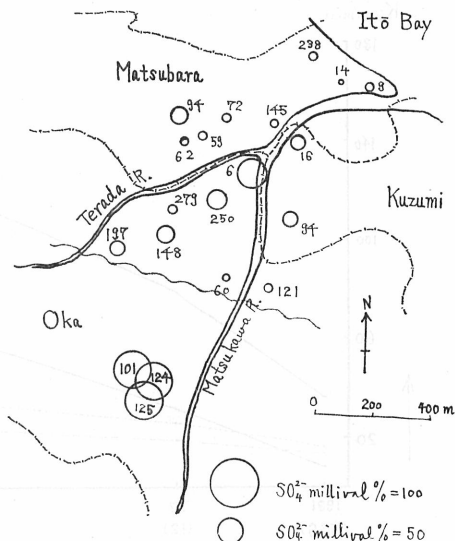


Fig. 9-II. Geographical distribution of millival % of  $\text{SO}_4^{2-}$  in 1961.

が、昭和 27 年より 36 年にかけては、松原、玫須美地区では大きくみて、絶対量は減少、高濃度地域は縮小すると同時にミリバル%で著しく変化を示した。換言すれば、 $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$  型のものがうすまってさらに南西方向にひろがって来た（逆にいえば、岡地区の単純温泉が縮小し、それにつれて玫須美、松原の食塩泉が南西方向において来た）とみなすこともできる。

以上述べた化学成分の変化は、先に述べた等温線の変化と合わせ考えると一層興味がふかい。すなわち、等温線は化学成分のミリバル%の境界線 A—B の移動方向と同じ南西方向に移動している。また岡地区の松川よりでは高温帯が東の方へひろがる傾向があるが、成分でも同じ地域に塩素イオンの高濃度地域が出現している (Fig. 4)。

#### 4. 湧出状況の変化

温泉の湧出状況は昭和 11 年～36 年にかけてかなり変わって来ている。

昭和 11 年当時はすべて自然湧出で、静止水頭は福富の調査によるとすべて海面より 2～14 m 高く、特に岡地区で優勢な温泉源があったことがわかる (Fig. 10)。また当時のくつつく

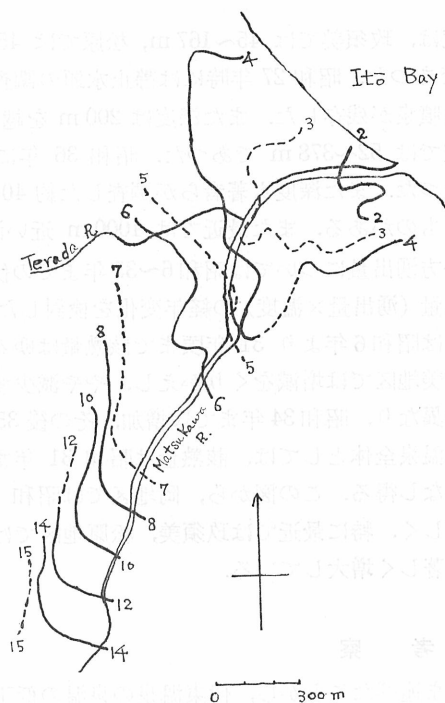


Fig. 10. Geographical distribution of height of static head above mean sea-level in meter (by Fukutomi's report in 1963).

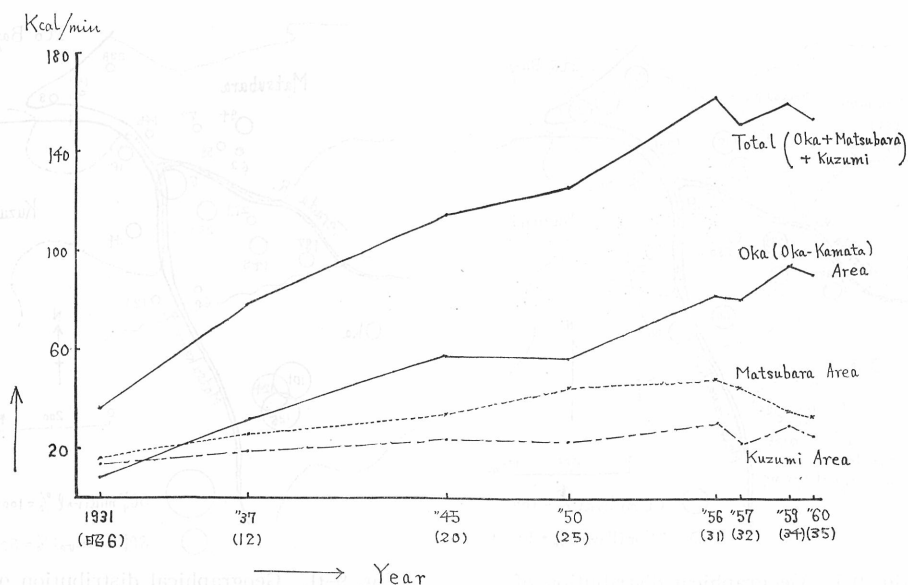


Fig. 11. Change of heat energy discharged from thermal water in Ito-spa.

深度は、玖須美では 45~167 m, 松原では 45~198 m, 湯川では 73~270 m, 岡では 37~200 m であつた。昭和 27 年時には静止水頭の調査は行なわれなかつたが、岡地区ではかなり優勢な自噴泉が残存した。また深度は 200 m を越えるものがかなりあらわれ、益子による 33 井の調査では 52~378 m であつた。昭和 36 年になると自噴泉は全くなり、すべて動力揚湯となつた。また深度も著者が調査した約 40 井については 100~550 m となり、500 m を越えるものがある。また最近では 1000 m 近い深度を有する井戸もあるという。

一方湧出量については昭和 6~35 年までの伊東温泉組合が調査した資料があり、これから放出熱量(湧出量×温度)の経年変化を検討した報告<sup>9)</sup>を参照すると(Fig. 11), 玖須美, 松原地区では昭和 6 年より 31 年頃まで該熱量はゆるやかに上昇し、それ以降は松原地区では減少, 玖須美地区では増減をくりかえし、やや減少する傾向がある。岡地区では玖須美, 松原地区と幾分異なり、昭和 34 年までは増加、その後 35 年に至つていくらか減少しているようである。伊東温泉全体としては、該熱量は昭和 31 年まで増加、その後は増減をくりかえすがほぼ一定とみなし得る。この図から、岡地区では昭和 10 年頃より他の地区にくらべて該熱量の放出ははげしく、特に最近では玖須美, 松原地区では増加よりも減少を示しているのに反し、岡地区では著しく増大している。

## 5. 考 察

いま述べたことから、伊東温泉の泉温の低下、高温帯の縮少、静止水頭の低下、自噴泉の衰退と動力揚湯井の出現などの現象は、ここ数十年來のくみ上げ量の増加に伴つておこつて来たものと考えられる。また化学成分では昭和 11 年~27 年にかけては塩素, 硫酸のミリバル%の分布には著しい変化なく、塩素イオンの濃度が高い地域が南西方にひろがつた傾向があり、昭和 27 年~36 年にかけてはミリバル%の分布に著しい変化があり、 $Cl^- > SO_4^{2-}$  型の温泉の分



布が南西方向にひろがり、塩素、硫酸イオン共に海岸近くの地域を除いて、松原玖須美地区の大部と岡地区の東部では減少、岡地区の寺田川よりでは塩素イオンが増加した。これらの化学成分にみられる経年変化は、温泉全体が南西方向に縮少するにつれて、地下水が周囲より浸入し、温度、成分濃度を低下させると共に、玖須美、松原の食塩泉もまた南西方向にひろがつて来たためと解釈される。また昭和 27 年～36 年にかけて、松原、玖須美の大部分は塩素、硫酸イオン共に減少するが、寺田川沿いの No. 148, 197, 250, 279 の数井は塩素は増加するが硫酸イオンは減少している。この地域では、先に述べた地下水による希釈効果と、玖須美、松原の  $\text{Cl} > \text{SO}_4^{2-}$  型の温泉の浸入効果の両方が共に起こっているものと推定される。なお、岡 197, 60 の 2 井は深度が著しく深く、共に昭和 27～36 年にかけて塩素量が増加している。この塩素量が増加したのは深度が増したためとも思われる。しかしながら、岡 125 では深度が 160～446 m と変化するにもかかわらず塩素量はほとんど変わらない。また玖須美 No. 94 は、深度 190～500 m と変化するにもかかわらず塩素量は減少している。また岡 60 井附近には昭和 11 年当時にも深度 91～140 m で  $\text{Cl} > \text{SO}_4^{2-}$  型のものが存在している。これらのことから塩素量の増加は必ずしも深度が増したためとはいえない。しかしながら、地域によつては 1000 m 附近で極めて塩素イオンの高濃度な源泉が湧出していることが最近判明しており、成分濃度と深度との関係は今後くつさく長が増した場合に詳細が検討されるべき問題であろう。

最後に海水の混入の問題について若干ふれてみると、昭和 11 年の分析結果より福富は塩素、硫酸量が多い温泉が海岸に沿つてあることから、この化学成分が海水と無関係にあるとはみえないことを述べている。昭和 27 年時にも海岸よりでは塩素量は多く（松 9, 14, 258）約 4～6.8 g/l で、昭和 11 年時より増加しており、また昭和 27 年～36 年にかけては、松原、玖須美の多くは塩素、硫酸量が減少しているにもかかわらず、この三井は増加が認められることから、松原の海岸よりでは地下水よりもむしろ海水が次第に混入しつつあるように思われる。しかしながら、海岸近くの源泉の成分の増減は海水の混入を必ずしも考える必要はないという報告<sup>2),3)</sup>もあるので、この問題については今後の検討をまつて明らかにしたいと考えている。

## 6. ま と め

昭和 11 年時の福富らの報告、昭和 27 年、35, 36 年の著者らによる調査結果にもとづいて、伊東温泉の泉温、主要成分（塩素および硫酸イオン）の経年変化について検討した。

1. 泉温は岡地区の南部をのぞいて全体的に低下している。高温帯は寺田川流域では南西方向に縮少し、松川流域の岡地区では東方へひろがる傾向が認められた。

2. 湧出状況では、昭和 11 年当時はすべての温泉が自噴泉であつたが、昭和 36 年現在では自噴泉は全くなり、すべて動力揚湯となつた。くつさく深度も増し 500 m を越えるものが存在するようになった。

3. 伊東温泉が二種の温泉源（一つは  $\text{Cl} > \text{SO}_4^{2-}$  型で成分含量の高い食塩泉、他は  $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$  型で成分濃度のうすい単純泉）より構成されている点はむかしも今も変りはない。ただし、両者の境界は南西方向にかなり移動している。特に昭和 27 年～36 年にかけては、玖須美、松原地区では海岸に近い地域を除くと、地下水の混入により成分濃度が低下し、また  $\text{Cl} > \text{SO}_4^{2-}$  型の温泉が南西方向（岡地区の方向）にひろがる傾向が認められた。

4. 岡地区の南部の高温かつ優勢な源泉では泉温、成分の変動がほとんどみとめられない。

5. 海岸近くの松原地区にある源泉の中には、塩素、硫酸イオンなどが増加する傾向があ

Table 1. Analytical Results of

No.	Depth (m)			Temp. (°C)			pH		Evaporated Residue (mg/l)		Cl <sup>-</sup>	
	1952	1960	1961	1952	1960	1961	1952	1961	1952	1961	1952	
Oka	6	144	165	44	41		7.8		10752		5341	
	36	77.5	80	94.53	47.3	36.5	42	7.46	7.8	3092	664	1319.3
	60		600	550		52~45	50		7.5		4532	
	70	75.9	90.9	90.9	49.5			7.9		702		
	101			450		54.8	54.8~55		7.0		723	
	121			600		52.5	52.2		7.2		16713	
	123		473	473		53.5	52.5~52.8		7.4		1223	
	124	398	398	394	25.0		53.5	8.2	6.8	788	717	78.44
	125	160	466	446	55		55	8.2	7.2	706	714	75.58
	126			180			53		7.5			
	148	107.3	154	127.3	51.8	53.0	53	7.68	6.8	864	1409	133.8
	152	220	240	240	53.0			8.4		782		77.25
	191		190	190		54.0	53		6.9		1258	
	197	91.8	672	672	51.0	55.0	49	7.4	7.2	786	1384	57.09
	223						54		7.6			
	236	218	233	233	55		55~56	8.1	7.7			72.5
	237	237	337	337	49.8			8.1	8.1			73.68
	250	84.2	97.18	97.18	51	48.2	48.5	7.66	7.6	786	772	102.2
	251		600	476.46		51.5	52.4		7.1		1306	
	259	27.6	286	286	52.3			8.0		774		72.4
269	195.4	250	250	56.0			8.12		806		77.01	
279	240	250	250	49.7	51.0	49.9	7.6	7.3	754	2633	99.64	
Matsu	9	157.4	96.35	167.46	42.7		43.2	7.4	7.4	839	12071	4034.4
	14	213.5	225.5	225.5	43.0	41.5		7.5	7.6	13952	13176	6671.5
	27	87.8	87.8	87.8		36			7.7		2727	
	28	55.9	67.87	67.87	42.0			7.62		1794		734.6
	59	290	218.2	290		42.3	40		7.8		11735	
	62	300.7				43.2	46.0	7.3		18308		8964
	72	134	197	197	48.0		43.0	7.28	8.0	6226		2908
	94	215	227.8	227.8	43		37~38	8.0	7.8	1088		306.5
	104	290	300	300	49			7.57		4904		2243.9
	145	290	300	300	46	40	38	7.5	7.9	14750	6235	7033.8
	149	77.9	79.9	90.9	47			7.78		1808		634.8
	258	148	158.8	158.8	43		41.5	7.62	7.9	13568		6785
	261	368	380	380	42	42		7.3		8718		4249
	274	359.4	122.0	122.0		44	43.5		7.9			
Kuzumi	16	52.7	67.26	63.63	40.5		32.0	7.0	8.2	1182		423.0
	34	54.7	84.03	81.81	48.5			7.8		1450		477.8
	88		54.54			29.0	24.5		6.9		303	
	41		63.63	244		32.5	30.5		7.9		563	
	42	112	122	257	45			7.28		1424		484.8
	46	72.6	82.57		42.7		34	8.05	8.2	1900		753.8
	94	190	206	500	47.8	39.0	36.0	7.66	7.7	8450	857	3998

## Hot Springs in Ito Spa.

(mg/l)		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)			HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		Cl <sup>-</sup> (m val %)		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (m val %)		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (m val %)	
1960	1961	1952	1960	1961	1952	1961	1952	1961	1952	1961	1952	1961
677.3		943.2			101.2		87.61		11.42		0.97	
200.6	79.0	436.2		298.3	62.8	41.28	78.62	24.44	19.19	68.14	2.17	7.42
282.2	2080			259.2		49.93		91.42		8.32		1.26
		322.6			70.7		20.00		68.20		11.77	
91.66	72.62		348.5	353.1		39.95		20.37		73.1		6.52
7090	8467		803.2	1179		36.62		90.47		9.30		0.23
215.2	361.7					36.62						
	70.48	369.6		351.4	55.1	39.95	20.46	19.96	71.18	73.47	8.353	6.57
	72.04	351.4		347.4	57.0	33.29	20.51	20.71	71.50	73.73	9.04	5.56
	72.04											
591.6	502.0	351.7		344.8	56.1	36.62	31.34	64.54	60.95	32.72	7.64	2.74
		358.0			43.0		21.08		72.10		6.82	
388.0	373.7					33.29						
1048	422.6	351.2		242.8	51.6	46.60	16.64	67.19	74.83	28.50	8.66	4.31
	73.76											
	73.18	372.0		293.8	47.9		19.34		73.23		7.42	
	56.04	331.6		163.8	48.0		21.27		70.68		8.05	
208.1	214.9	340.7	221.4	228.8	54.2	46.60	26.53	52.30	65.30	41.11	8.174	6.59
317.5	405.6					33.29						
		360.4			49.7		19.99		72.17		7.84	
		354.8			57.5		20.68		70.34		8.98	
1220	1180	340.6		208.2	53.4	46.60	26.09	86.72	65.78	11.29	8.12	1.99
	5810	737.4		711.8	87.5	69.91	87.14	91.11	11.76	8.25	1.10	0.64
7006	7056	1168.6		1226	129.0	113.2	97.81	87.90	11.34	1.25	0.95	0.94
638.2	1387					73.23						
		310.2			79.2		72.76		22.68		4.55	
8106	6219		1212	963.0		93.21		89.04		10.18		0.78
677.3		1385			91.1		89.29		10.19	11.28	0.527	
	5652	770.7		1237	66.3		82.73	85.27	16.20	13.77	1.09	
	247.6	286.4		201.6	58.1	73.23	55.56	56.40	38.32	33.91	6.12	9.69
		567.8			63.8		83.13		15.50		1.371	
3139	2964	1171.2		637.8	119.5		88.35		10.89		0.87	
		349.8			59.6		68.68		27.56		3.85	
	7843	1160		1276	88.7	106.5	88.19	88.66	11.14	10.64	0.65	0.70
3760		810.8	165.8		65.0		86.97		12.29		0.78	
359.4	275.7											
	105.8	234.8		83.12	67.6	89.88	66.81	48.20	27.37	28.0	5.81	23.8
		381.0			51.3		60.56		35.66		3.78	
141.1	56.58											
275.1	189.3					76.56						
		326.8			55.1		63.95		31.84		4.25	
	228.6	317.6		125.1	67.7		73.36		22.81		3.82	
359.8	287.2	830.4		132.5	81.0	66.58	85.84	67.78	13.16	23.09	1.01	9.13

り、海水の混入がうたがえる。

6. 以上述べた現象は、ここ十数年来温泉のくみ上げ量が増大するにつれて、水位の低下、温泉水帯の縮少がおこり、これに伴つて周囲より地下水（あるいは海水）が浸入し、地下における平衡がみだされたためにおこつたものと考えられる。

本研究の一部は、昭和 34, 35 年度厚生科学研究補助金を使用した。

本研究に際し、貴重な資料をいただいた北海道大学教授福富孝治博士、御指導をたまわつた坂本峻雄博士に感謝致します。また研究に御便宜をたまわつた須川元静岡県衛生部長、安方熱海保健所長、静岡県衛生部上松、佐野両氏、熱海保健所木村氏、伊東温泉組合土屋氏に感謝致します。

なお、本研究に種々御助言、御協力をいただいた当研究所佐藤幸二博士に感謝致します。

文 献

- 1) 福富孝治, 藤井次郎: 地震, **15**, 506 (1940); 福富孝治: 地震, **12**, 394 (1940).
- 2) K. Kuroda: Bull. Chem. Soc. Jap., **17**, 381, 435 (1942).
- 3) 中西正城: 日本温泉気候学会誌, **13**, 25 (1947); 同誌, **13**, 81 (1948).
- 4) 益子 安: 中央温泉研究所年報, 119 (1953).
- 5) 坂本峻雄ら: 昭和 34, 35 年度厚生科学研究補助金による研究 (未発表).