



Title	4. 北海道、鹿部温泉の調査
Author(s)	福富, 孝治; FUKUTOMI, Takaharu; 藤木, 忠美 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 10, 43-59
Issue Date	1963-03-25
DOI	<a href="https://doi.org/10.14943/gbhu.10.43">https://doi.org/10.14943/gbhu.10.43</a>
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/13847">https://hdl.handle.net/2115/13847</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	10_p43-59.pdf



## 4. 北海道, 鹿部温泉の調査

福富孝治・藤木忠美・須川 明

和田昭夫・伊藤公介

(北海道大学理学部地球物理学教室)

— 昭和 37 年 9 月受理 —

### I. 序 言

鹿部温泉は北海道南部, 横津岳の東麓, 太平洋岸に沿って北西から南東に連なる幅 50~300 m, 長さ約 2 km の細長い海岸平野中の鹿部村市街地に湧出する。泉源は凡そ 25 口, 多くは boring によって得られた温泉で, 湧出温度は 40~100°C である。

昭和 33 年 11 月 7~12 日, 和田・伊藤の両名が第一次調査を行なったが, その後鹿部村から北海道衛生部を通じて調査の依頼があり, 北海道大学理学部の地質学鉱物学教室と地球物理学教室で昭和 36 年 10 月 31 日~11 月 2 日に第二次調査を行なった。本報告は地球物理班(福富・藤木・須川・和田)による第二次調査と第一次調査の結果を総合したものである。

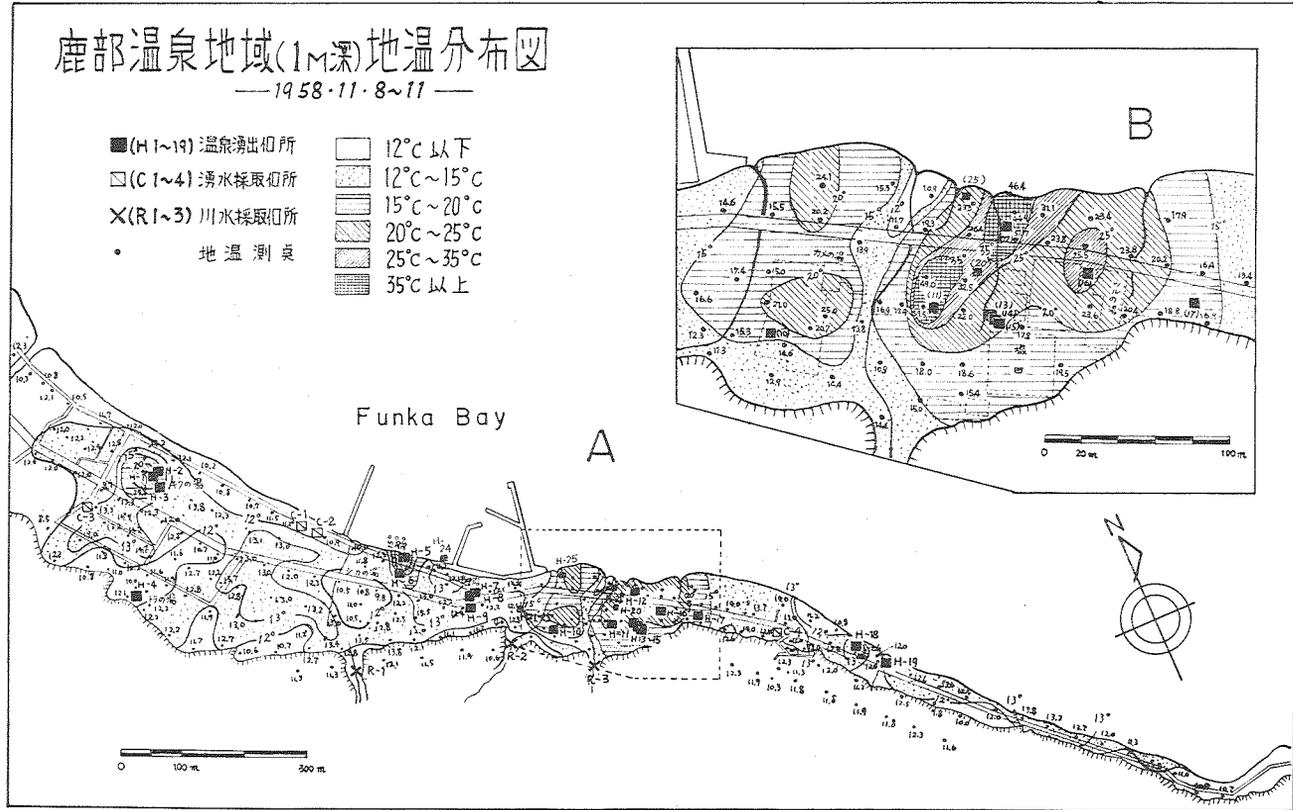
### II. 1 m 深地温分布と自然電位分布

第一次調査(昭和 33 年 11 月 7~12 日)では鹿部村市街地域の 200 測点で 1 m 深地温を測定し, 第二次調査(昭和 36 年 10 月 31 日~11 月 1 日)では 88 測点と海岸平野後方の高さ 30~40 m の丘の上にとった 30 測点で 1 m 深地温を測定した。地温の測定法は従来の方法<sup>1)</sup>によった。第二次調査の地温は全体として第一次の地温に比較して 2~3°C 高めであった。第二次の測定値を第一次の値に換算するため福富の方法<sup>2)</sup>を用い, 両回の周辺地域の地温の差の平均 2.7°C を第二次の値から差引いた値を求め, これを第一次の測定値と同等に地図上に記入して地温の等温線を引いたのが第 1 図(A)である。但し, 中央地区の地温の高い部では地表下 10 m 以浅まで温泉熱源が達していると思われる所があり, この場合は福富の方法を適用することは出来ないで, その部分は第一次測定値のみを記入して第 1 図(B)とし, この部分の第二次の測定値は第 2 図として別に示した。

第 1 図 A, B から判るように, 市街地の外れでは 10~11°C であるが, 市街地一帯は 12°, 13° 台を示し, その中に 12° 以下の低温部が所々に挟っている。この低温部は多くは小川の付近に存在するので, 地表水や浅い冷地下水の影響であると思われる。15° 以上を示す地域は第 1 図(A)の西部, 喜久の湯と鹿の湯を含む 2 つの小面積と図中央部の 450×100 m<sup>2</sup> のかなり広い面積

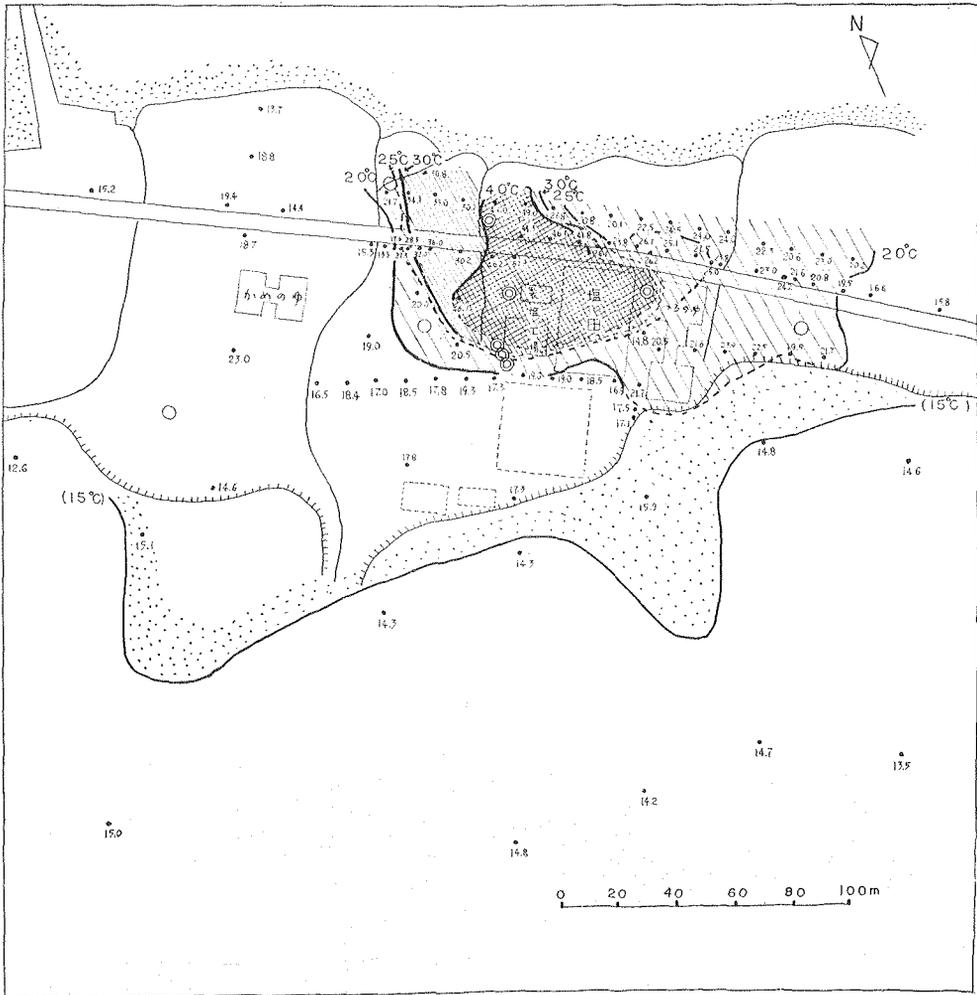
1) 福富孝治: 1 m 深の地中温度より温泉探査の可能性, 北大地球物理学研究報告 1 (昭和 26 年) 21.

2) 福富孝治: 1 m 深地温についての 2, 3 の問題, 北大地球物理学研究報告 9 (昭和 37 年) 45.



第1図 鹿部温泉地域の1m深地温分布(A:全域, B:中央地域, 黒点は1m深地温の測点, それにつけた数字は1m深地温の値, 黒四角は温泉湧出口, 白四角は掘抜井戸, 樹印は小川の採水地点, それらにつけた数字は第1表中の番号である。)

Fig. 1. Geographical distribution of underground temperature at a depth of 1 m in Shikabe hot spring locality. (A: Total area, B: Central area, Dots: Points of measurement of underground temperature at a depth of 1 m, Numerals attached to the dots: Values of underground temperature, Black quadrangles: Orifices of hot spring, White quadrangles: Artesian wells, Cross marks: Sampling point of stream, Numerals attached to those are number in Table 1.)



第2図 鹿部温泉中央地域における1m深地温分布(第2次調査)  
 (图中二重丸は沸騰泉又は間歇泉, 白丸は普通の温泉)

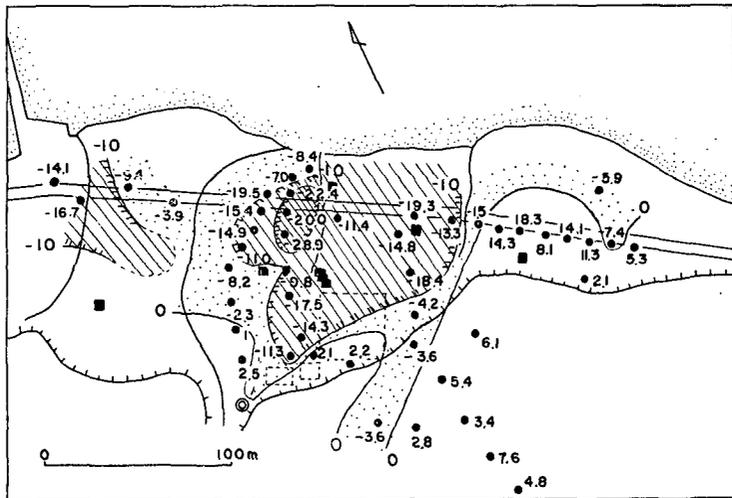
Fig. 2. Geographical distribution of underground temperature at a depth of 1 m in the central area of Shikabe hot spring locality (the 2nd investigation.) (White circle and double circle are respectively the normal hot spring and the boiling spring or the geyser.)

の部分である。この中央の地域中には、第1図(B)から判るように、 $20^{\circ}\text{C}$ 以上の高温部が3カ所あるが、その最も広い地域にある温泉はH-25を除いて何れも沸騰泉である。沸騰泉の存在する高温部には更に $30^{\circ}\text{C}$ 以上の地温を示す所もある。第4図(C)は海岸道路に沿って北西から南東方向への1m深地温の変化を示したものであるが、沸騰泉地域で最高であるが鹿の湯温泉付近でも極大を示している。

中央部における第二次測定の結果(第2図、图中 $30^{\circ}$ 以上の等温線は沸騰泉の位置を含むように引いた)は第一次測定の結果(第1図B)と地温分布が部分的に少々異なっている。即ち、第一次測定では $30^{\circ}$ 以上の高温部が沸騰泉地域の湧出口H-12からH-11へ向って南西に走っ

ているが、第二次測定では H-12 から H-11 へ向かずに南乃至南東へ向いているように見える。後に述べるように、沸騰泉地域の湧出口付近では石灰華の沈澱が著しいこと、第 1 表から判るように、H-11 は第一次の測定当時は湧出口の温度が  $95.2^{\circ}\text{C}$  であったが、第二次測定では殆んど湧出しない状態で水温  $38.7^{\circ}\text{C}$  であったこと、一般に北海道南部の諸温泉では石灰華の沈澱が著しいが、特に二股温泉では湧出口の閉塞が激しく、毎年のように湧出口の位置が変化していること等を併せ考えると、H-11 の地下湧出路が第一次調査の後 3 年間に石灰華の沈澱のため閉塞され、地下温泉の流れが変化したことに原因するのではないかと思われる。

鹿部中央部の高温帯がどの方向に延びているかは、海岸平野の幅が狭いためあまり明らかでないが、後方の丘 (比高凡そ 20 m) の上で測定した 1 m 深地温の値を見ると、高さが異なるので数量的には比較できないが、第 2 図の丘の上に引いた  $15^{\circ}\text{C}$  の等温線に示されるように平野中央の高温部の南乃至南西方の丘の上で僅かに周囲より高温となっている。



第 3 図 鹿部中央地域における自然電位差分布 (黒丸は測点, 数字は基準点に対する電位差(ミリボルト) 二重丸は基準点)

Fig. 3. Distribution of geo-electric potential difference in the central part of Shikabe Hot Spring Localities. (Double circle: Standard pt., Dot: Pt. of measurement, Numerals: Value of potential difference in millivolt based on the standard point.

これと類似の現象は中央部の自然電位の測定結果にも見られる。第 3 図はこの地域にとつた 47 測点における自然電位の測定値から引いた等自然電位差線を示したものである。図中、二重丸の地点は自然電位の基準点、黒丸は測点で、測点に付けた数字はミリボルトで表わした基準点に対する自然電位の値である。従来の研究<sup>3)</sup>によると、高温な温泉のある地域では周囲に対し負の大きな値を示すことが知られているが、図を見ると鹿部の場合にも基準点に対し自然電位が負の大きい値を示す区域は沸騰泉地域と略々一致していることが判る。又基準点と等

3) 例えば 近藤忠三: 自然電位法による温泉の調査, 鉱物と地質, **1** (1947), 60.

初田甚一郎: 温泉の物理探査, 岡山大学温泉研究所報告, **18** (昭和 32 年), 11.

電位の点をつないだ曲線(図中実線)は海岸平野後方の丘にまで延びている様子を呈している。即ち、1 m 深地温、自然電位のどちらの結果も温泉の流動が沸騰泉地域から後方の丘の下まで及んでいることを示唆している。

### III. 温泉調査結果

現在鹿部温泉地域には 25 の湧出口があり、その他、鹿の湯の数 10 m 沖合の海底等に天然湧出の温泉があることが土地の人により指摘されている。陸上では中央地域を流れる小川の河口近くの川岸の砂中から滲出している温度 30°C の天然温泉(H-25)があるが、他の温泉は何れも 7~170 m の boring によって得られている。しかし、以前には鹿の湯並びに付近の泉源は天然湧出であったということであるが、現在鹿の湯は深さ凡そ 11 m、付近の H-24 は地下凡そ 7 m の浅い穿井の口から湧出している。又 1 m 深地温が沸騰泉地域の一部では 40~50°C に達していることから推察すると、沸騰泉地域には天然湧出の温泉が古くは存在していたのではないかと思われる。

温泉調査は昭和 33 年 11 月 7~12 日と昭和 36 年 10 月 31 日~11 月 1 日の両回行ない、各湧出口について穿井の深度、湧出温度、孔底温度、湧出量の測定を行ない、採水について pH、Cl<sup>-</sup> 含有量、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 含有量、珪酸塩含有量等の測定を行なった。温泉地域には浅い掘抜井戸があって冷水又は微温水が自噴し、飲料水又は雑用水として用いられているので、参考のためにこれらの井戸と温泉地域を流れる小川の水に対しても同様な調査を行なった。その結果を第 1 表に示した。

第 1 図及び第 4 図(A)において黒の四角又は丸で温泉湧出口の位置を、白の四角又は丸で掘抜井戸の位置を、掛印で小川の採水場所を示した。夫々の印につけた数字は第 1 表中の番号である。

#### 1. 温泉の湧出温度と穿井の深さ

温泉の湧出口における温度は第 1 図中央の沸騰泉地域では 100°C 乃至それに極めて近い値を示し、熱水と水蒸気が地上 0~5 m の高さまで噴騰している。この地域の鶴の湯(H-16)と製塩工場第 3 号(H-15)は間歇泉である。鶴の湯間歇泉については大谷<sup>4)</sup>が昭和 33 年に行なった詳しい調査があり、周期 5 分~9.5 分、噴騰時間 2~4.5 分であることが記載されているが、第二次調査当時は周期が不定であった。H-15 間歇泉は周期 5 分 40 秒噴騰時間 2 分であった。大谷によれば、鶴の湯間歇泉は地下 26 m で 114°C であったが、第二次調査の場合は深さ 23 m で 113°C であった。製塩工場第 2 号(H-14)では管中に付着した石灰華のため、9.4 m の深さまでしか温度計が入らなかったが、この深さでは 105°C であった。

温泉の湧出温度は沸騰泉地域から北西方へいくと、亀の湯群 81~85°C、養鰻試験場群凡そ 75°C、吉の湯群 51~80°C、鹿の湯(H-24 を含む)群 52~75°C、寅の湯群 34~49°C、喜久の湯群 30~46°C で、養鰻試験場群を除けば沸騰泉地域を遠ざかる程段々温度が低下する傾向が

4) 大谷清隆：鹿部、鶴ノ湯間歇熱泉の研究，北大地球物理学研究報告 8 (昭和 36 年) 51.

第 1 表 鹿部温泉調査表 第 I 次 (昭和 33 年)

Table 1. Result of Measurements of Shikabe

No.	温泉名又は所有者 Name of Hot Spring	深さ (m) Depth	湧出温度 (°C) Temperature		孔底温度 (°C) Bottom Temp.	湧出量 (l/min) Volume Output		pH	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	
			I	II		I	II		I	II
H- 1	喜 久 の 湯	(126)	45.8	44.0	—	36	3.0	7.5	324	274
H- 2	"	—	41.5	—	—		—	—	313	—
H 1+2	"	—	—	—	—		—	—	—	240
H- 3	"	87	38.7	29.6	54.3	1.0	0.06	6.9	311	305
H- 4(1)	寅 の 湯	穿井外管	—	33.7	—	—	6	6.9	—	34
H- 4(2)	"	(170)	48.2	49.2	—	43	28	7.4	220	219
H- 5	鹿 の 湯	10.9	74.9	73.7	75.4	40	33	7.5	743	734
H- 6	"	11.8	53.9	52.0	68.0	19.0	1.4	—	536	541
H- 7	吉 の 湯	—	63.4	—	—	2.7	—	—	1003	—
H- 8	"	78	80.2	80.0	80.3	25	20.0	7.3	1127	1095
H- 9	"	60	51.9	51.0	64.0	6.9	微	7.2	752	745
H-10	亀 の 湯	40	84.5	81.0	90.0	7.8	8.6	7.9	900	958
H-11	網干場の湯	埋 没	95.2	38.7	—	微	極微	6.5	—	—
H-12	製 塩 工 場	測定不能	86.3	99.0	—	27	9.9	7.5	1335	1469
H-13	"	(75)	100.1	沸騰	—	596	231	8.2	1581	1596
H-14	"	(75)	99.0	"	105(9.4m)		213		1520	
H-15	"	11.6	98.2	"	95(湧出停止時)		126		平均 23	
H-16	鶴 の 湯	22.6	99.5	103	113	22	20.0	7.7	1584	1642
H-17	"	測定不能	75.8	72.5	—	1.5	5.9	7.3	1633	1658
H-18	不 明	埋 没	47.2	45.0	—	僅少	微	6.6	962	897
H-19	シシベの湯	(60)	86.2	86.3	—	24	27	8.2	1391	1408
H-20	製 塩 工 場	—	—	97.0	—	—	1.0	8.0	—	1539
H-21	養 鯉 試 験 場	(40~50)	}	—	—	—	(9)	—	—	—
H-22	"			(75)	—	—	(9)	—	—	—
H-23	"			—	—	—	(9)	—	—	—
H-24	葛西初三郎	6.9	—	65.5	66.0	—	3.6	7.3	—	903
H-25	網干場海岸川岸	天然湧出	—	30.0	—	—	微	—	—	—
C- 1	天満咲光穿井	19.9	19.2	18.0	24.4	—	3.7	5.5	28.5	26
C- 2	川村宗十郎穿井	11.5	18.2	20.4	24.7	—	2.5	5.3	25.9	35
C- 3	日本通運穿井	(24)	22.8	21.5	—	—	1.7	5.8	59.8	50
C- 4	坂下湧水	—	13.7	14.0	—	—	—	5.4	17.5	21
C- 5	亀谷久吉穿井	11.5	—	13.0	14.0	—	1.4	5.7	—	21
C- 6	小田金蔵穿井	8.3	—	14.7	15.6	—	18.7	7.0	—	36
R- 1	沢 水	—	10.0	—	—	流量約 320	—	—	13.9	—
R- 2	亀の湯脇川水	—	10.5	—	—	多量	—	—	16.6	—
R- 3	塩田裏川水	—	11.0	—	—	多量	—	—	16.4	—

温泉湧出量総計 979(l/min)661(l/min)

N. B., H: Hot spring, C: Cold ground water, R: Small stream.

( ) 中の値は掘穿時の値, Numerals in bracket are values at the time when boring was carried out.

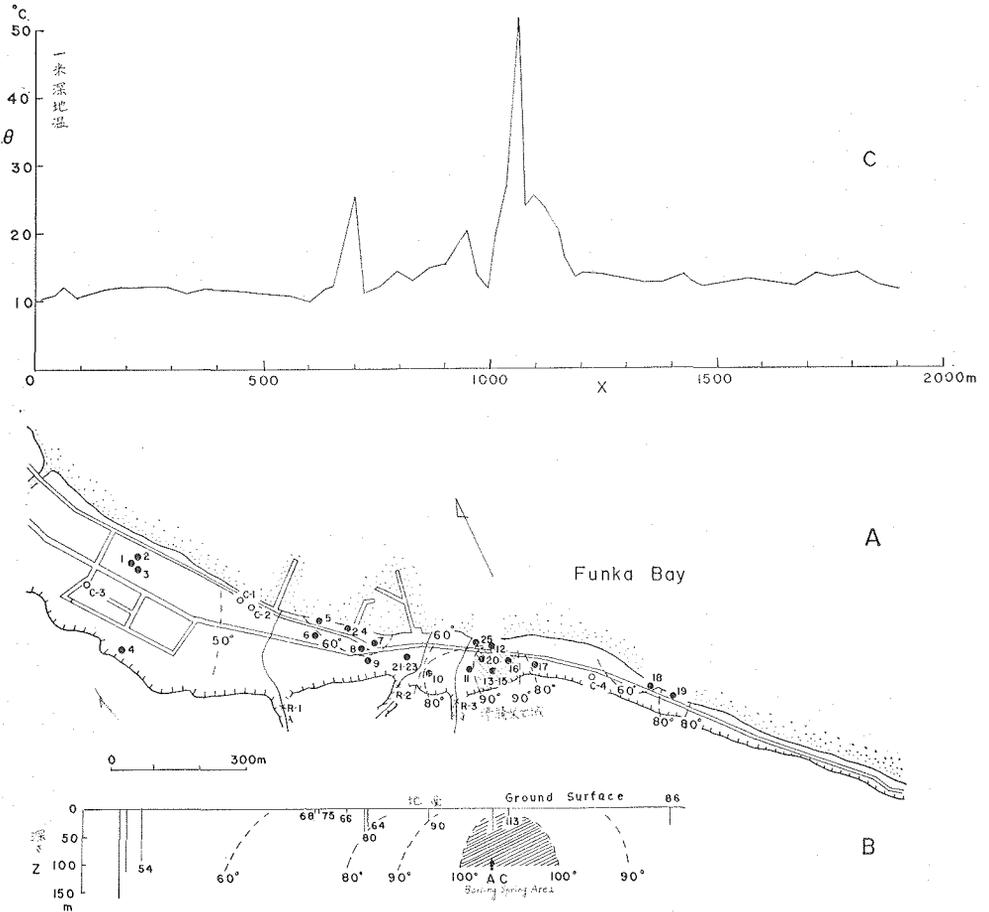
11月7~12日, 第II次(昭和36年10月31日~11月1日)

Hot Springs in Nov., 1958 (I) and Nov., 1961 (II).

SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)		H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (mg/l)		熱量(cal/min) Heat Quantity	備 Notes	考	
I	II	I	II				
551	545	27.4	1.02×10 <sup>5</sup>		昭和11年8月220尺掘ったとき湧出量7升/分, ポンプ1馬力 昭和31年 415尺 " " 8升/分, ポンプにより10.8 l/分 ポンプ直結のため採水不能 (II)		
400	—	31.9	—				
—	429	—	—				
550	590	23.0	0.01 "		口径7.2 cm, 自噴		
—	163	—	1.40 "		自噴		
252	273	36.0	11.0 "		1馬力ポンプ		
553	823	38.6	20.9 "		海岸の湧出口		
400	635	33.1	0.59 "				
451	—	29.1	—				
480	565	33.8	14.0 "		ガリ少量付着		
250	262	31.2	—				
350	416	59.6	6.11 "				
—	—	—	—				
450	550	48.7	8.80 "		赤色の比較的軟いガリ付着, 白鉄鉢沈澱		
445	578	70.0	208 "		白色ガリ付着1日に5mm位, 噴騰高5m位		
420		66.9	202 "		" " "		
440	579	68.0	20.9 "		間歇泉(周期5m40s, 噴騰時間2m高5m位)白色ガリ多し		
410	466	65.9	20.6 "		間歇泉(周期不定, 噴騰高1m位)ガリ多し		
335	444	39.1	3.69 "		脈動的湧出(周期40s, 20s位湧出盛となる)ガリ少し		
175	180	31.1	—				
290	314	51.8	20.4 "		赤色軟弱なガリ付着, 自噴		
—	535	—	0.87 "				
—	—	—	17.6 "	}	1緒にして3馬力ポンプ, 運転中は湧出量倍となる		
—	—	—					2馬力ポンプ, "
—	—	—					
—	562	—	2.00 "		口径10.1 cm		
—	—	—	—				
35	96	35.1	0.30 "				
45	82	32.4	0.26 "				
115	148	46.5	0.20 "				
30	101	26.2	—				
—	112	—	0.04 "				
—	104	—	0.88 "				
25		23.0	—				
25		23.9	—				
20		21.5	—				

計 5.6×10<sup>3</sup>(cal/min)

ある。沸騰泉地域の南東側では H-17 が  $73\sim 76^{\circ}\text{C}$ , H-19 が  $86^{\circ}\text{C}$  で沸騰泉地域の温度より低い  
が、北西方のような傾向は認められない。第 4 図 (A) は湧出温度の分布を等温線で示したもの  
である。図中黒丸は湧出口の位置でそれに付けた数字は第 1 表中の温泉番号である。



第 4 図 (A) 鹿部温泉地域における温泉湧出口(黒丸)と測定した掘抜井戸(白丸), 小川の観測点(R)の分布並に温泉湧出温度の分布(点線), 点に付けた数字は第 1 表中の番号  
(B) 地域の中央を通る南東方向の鉛直面内の地温分布の概略(直線は温泉穿井, これにつけた数字は孔底温度, 点線は  $10^{\circ}$  毎の等温線)  
(C) 海岸道路沿いに(A) 図の左端を基準とした距離に対する 1m 深の地温の水平分布

Fig. 4. (A) Distribution of sites of hot springs (Black circles), artesian wells (white circles) and sampling points of streams, and isotherms of orifice temperature of the hot springs (Dotted lines). Numerals attached to the circles are the number in Table I.  
(B) Distribution of underground temperature in the vertical plane passing through the central part of Shikabe hot spring locality to the direction of SE. Full line indicates the depth of boring and numerals attached to it show the bottom temperature. Dotted line indicates the isotherm.  
(C) Change of underground temperature measured at a depth of 1 m along the coastal road from NW to SE in Shikabe hot spring locality.

穿井の深さは鹿の湯群が最も浅く 7~12 m，沸騰泉地域の間歇泉が 12~26 m で比較的浅く，最も北西方の喜久の湯・寅の湯は最も深く夫々 126 m 及び 170 m である。他は 20~80 m である。

これら穿井の底の温度を鹿部温泉地域の長軸方向に切った鉛直断面に投影して地温の分布を調べたのが第 4 図(B)である。斜線を施した部分は地温が 100°C 以上の区域である。

沢や小川の水温は 10~13°C，掘抜井戸は市街地の北西端の C-5, C-6 で穿井の深さ 12~8 m で 13~15°C で大体普通地下水の水温に近いが，C-3 は深さ 24 m で水温 22~23°C，鹿の湯と喜久の湯の中間で少し鹿の湯寄りの C-1, C-2 は深さ 20~12 m で 18~20°C で少々温度が高く，温泉地域の地下 10~20 m では普通地下水に温泉が多少混入していることを示している。

## 2. 湧出量

鹿部温泉の総湧出量は第一次調査 980 l/分，第二次調査 660 l/分であるが，その大部分は沸騰泉地域から湧出しており，第一次調査 770 l/分，第二次調査 500 l/分 で夫々総湧出量の 79% 及び 76% に当たっている。中でも製塩工場の H-13 と H-14 の 2 湧出口だけで 596~444 l/分の最高値を示している。他の湧出口で湧出量が 20 l/分 を越えるものは沸騰泉地域の H-16, H-15 の両間歇泉，その他の地域でシシベ湯(H-19)，吉の湯(H-8)，鹿の湯(H-5)及び寅の湯(H-4(2))に過ぎない。

微温泉又は浅い地下水の湧出量は一般に微小である。

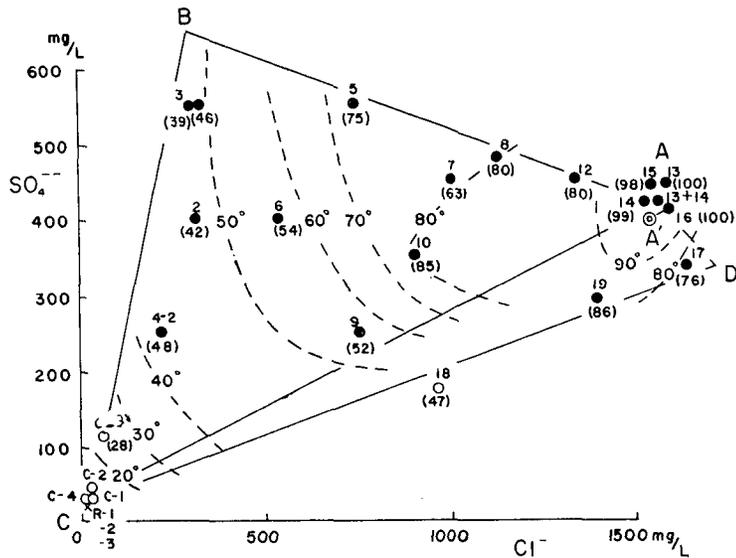
## 3. 湧出温度と主要化学成分との相関関係

鹿部温泉に含まれる主要化学成分は，太秦・那須・瀬尾<sup>5)</sup>によれば，Cl<sup>-</sup>，Na<sup>+</sup> が最も多く SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>，HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> がこれに次ぎ H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>，HBO<sub>2</sub> 等の順になっており，蒸発残留物は 1.8~3.9 g/l である。同氏等は鹿部における代表的な 7 温泉について分析した結果から，泉源によって HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> と SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> の比はあまり変わらないが Cl<sup>-</sup> の割合が大きく変ること，Cl<sup>-</sup> は温度と正の相関を示し，Cl<sup>-</sup> と HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 又は SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> とは負の相関を示すことを認め，鹿部温泉は Cl<sup>-</sup> に富む温度の高い水と HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 及び SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> に富む水との混合によって生じていることを指摘している。

筆者等は鹿部にある 20 の温泉と 7 の微温泉又は掘抜井戸の水について Cl<sup>-</sup>，SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 及び H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> の分析を行なったので(その結果は第 1 表に示した)，これらの成分及び湧出温度の間の関係を次に調べてみた。

第 5 図は第一次調査の資料を用いて各温泉の SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 含有量と Cl<sup>-</sup> 含有量との関係を図示したものである。黒丸は温泉，白丸は掘抜井戸，掛印は小川を示し，各印につけた数字は第 1 表中の番号，括弧中の数字は湧出温度である。これらの各点とその面積中に大体収まる様に四辺形 ABCD を引くと，中央部の沸騰泉地域の温泉は何れも頂点 A 附近に密集し，掘抜井戸又は小川の水は頂点 C 附近に密集している。しかも沸騰泉地域の北西側にある温泉は何れも △ABC 内に入り，沸騰泉地域の南東側の温泉は △ACD 内に入っている。又北西側では沸騰泉地域に

5) 太秦康光・那須義和・瀬尾淑子：日本化学雑誌 80 (1959), 862.



第 5 図 鹿部温泉における  $\text{SO}_4^{2-}$  含量と  $\text{Cl}^-$  含量との関係(黒丸, 白丸, 掛印は夫々温泉湧出口, 掘抜井戸, 小川を示し, それらに付けた数字は第 1 表中の番号, 括弧内の数字は湧出温度である)。

Fig. 5. Relation between  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{Cl}^-$  of hot springs in Shikabe. (Black circle, white circle and cross mark are respectively the value of hot spring, ground water and that of stream water. Numerals and those in parentheses attached to the mark are respectively the number in Table 1 and the water temperature.

近い温泉は AC 線寄りであるが遠ざかる程 BC 線の方へ寄る傾向がある。この事実は次の様に説明することが出来る。

すなわち、鹿部地域には沸騰泉地域の地下から湧出する A 源温泉 ( $\text{Cl}^- = 1550 \text{ mg/l}$ ,  $\text{SO}_4^{2-} = 430 \text{ mg/l}$ ) と鹿部北西部の地下から湧出する B 源温泉 ( $\text{Cl}^- = 300 \text{ mg/l}$ ,  $\text{SO}_4^{2-} = 650 \text{ mg/l}$ ) と表層近くに存在する普通地下水 C ( $\text{Cl}^- = 20 \text{ mg/l}$ ,  $\text{SO}_4^{2-} = 25 \text{ mg/l}$ ) 及び沸騰泉地域の直ぐ南東方の地下にある D 源温泉 ( $\text{Cl}^- = 1700 \text{ mg/l}$ ,  $\text{SO}_4^{2-} = 370 \text{ mg/l}$ ) の温度・水質の異なる 4 つの水があって、沸騰泉地域の北西側では A, C, B が混合して各温泉を生じているが、沸騰泉地域に近い程 A の割合が大きく北西方に遠ざかると段々 A より B, C の割合が大きくなっていること、沸騰泉地域の南東側では全く B は混入せず A, C, D の混合によって温泉を生じているという解釈である。図の各点の湧出温度の値から  $10^\circ$  毎に大略の等温線を引いてみると、図の四辺形中で点線のようなになる。即ち、A 源温泉の温度が最も高く D 源温泉, B 源温泉の順に温度が低下することが判る。先に述べた太秦・那須・瀬尾の挙げた 2 水系の中、 $\text{Cl}^-$  に富む水は A 源温泉に  $\text{HCO}_3^-$  及び  $\text{SO}_4^{2-}$  に富む水は B 源温泉に当たっている。

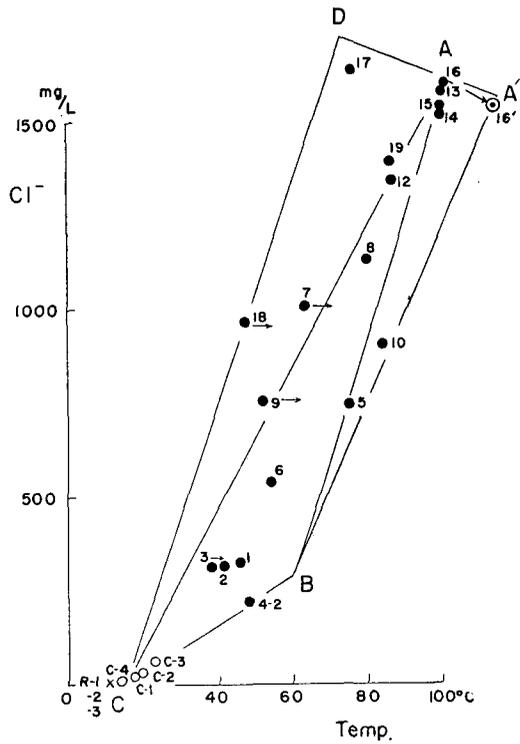
以上と同様な説明は、 $\text{Cl}^-$  と湧出温度の関係についても大体成立っている。第 6 図は  $\text{Cl}^-$  含有量を縦軸にとりそれに対応する湧出温度を横軸にとってそれらの関係を図示したものであるが、図中四辺形 ABCD は前と同様な意味のものである。ただし、沸騰泉地域の温泉の湧出温

度は地下浅い所で沸騰現象が起った結果 100°C 近くになっているが，地下更に深い所で未だ沸騰現象の起らない場所での温泉温度は 100°C よりかなり高い筈である。前に述べたように，鶴の湯間歇泉の地下 25 m では 114°C が測定された。沸騰の際は水の一部は水蒸気となって逃げ去るので沸騰前の温泉では温度が高いと共に化学成分は沸騰後に比較して少し薄い理である。鶴の湯間歇泉の場合，湧出口では第 6 図中で H-16 の点で示されるが，沸騰前は二重丸 (H-16') で示されることになる。これは福富が沸騰泉について出した式<sup>6)</sup> によって計算したものである。従って，頂点 A は地下かなりの深さでは大略 A' に移動する。(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-Cl<sup>-</sup> 図の場合は第 5 図に示したように A' と A とは僅かしか差がない。)

さて，第 6 図については，温泉湧出量が少ない温泉 (H-7, H-9, H-12, H-18 等) では湧出途中の冷却が著しいため湧

出温度が地下の温度より稍々低くなり図中の点が左方にずれる傾向があり，第 5 図の場合ほど関係が明瞭ではないが大体同じ説明が成立つ。即ち，各温泉を表わす点は四辺形 ABCD 又は四辺形 A'BCD の中に大体入っており，しかも沸騰泉地域の南東側の温泉は △ACD 中に，沸騰泉地域の北西側の温泉は △ABC 又は △A'BC 中に大体入っている。これらの三角形の頂点として A と A' の何れを取るべきかあまり明瞭ではないが，頂点を A' よりも A に近くとった方が第 6 図中の点の配置を説明するのに都合がよい様である。これは B, C 水系との混合は，沸騰泉地域地下かなりの深さにある A' 水系よりも，むしろ浅い所にある A 水系によって行なわれていることを意味し，これは次章に述べるように地下構造に示唆を与える。

各主要化学成分及び温度の相互関係は，第二次調査の場合に就いても定性的には相似であるが，只第二次調査では各源温泉共に SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> が稍々増大している傾向がある。



第 6 図 鹿部温泉における Cl<sup>-</sup> 含量と湧出温度との関係 (黒丸, 白丸及び数字は第 5 図に同じ)

Fig. 6. Relation between Cl<sup>-</sup> and orifice temperature of hot springs in Shikabe. (Notations used in the figure are the same as those in Fig. 5.)

6) T. Fukutomi: On the Constant Boiling Springs in Izu Peninsula, Journ. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Series II, 3 (1942), 144.

#### IV. 温泉湧出に関する地下構造の推定

以上の調査と従来の調査の結果から次の事柄が知られた。即ち、

1) 鹿部温泉は横津岳の東麓の海岸に沿って NW から SE へ細長く連なる海岸平野又は附近海底から湧出しているが、温度が高くしかも湧出量の大部分が湧出するのは中央部の沸騰泉地域であること、

2) 中央部の高温帯はあまり明瞭ではないが、1 m 深地温分布及び自然電位分布からみて、海岸平野後方の丘の下へ少し延びている傾向があること、

3) 主要化学成分及び湧出温度の相互関係から、沸騰泉地域の地下浅い部分にある高温で  $\text{Cl}^-$  に富む A 源温泉と温泉地域の北西端喜久の湯又は寅の湯附近の地下から湧出する  $\text{SO}_4^{2-}$  に富んだ B 源温泉と海岸平野の浅層にある C 地下水の 3 水系の混合によって沸騰泉地域より北西方の温泉が生じ、沸騰泉地域の南東側では A 源温泉の近くにあるが A よりも温度が少々低く  $\text{Cl}^-$  が幾分か多い D 源温泉と A 源温泉、C 地下水の 3 水系の混合によって温泉が生じていると考えられること、

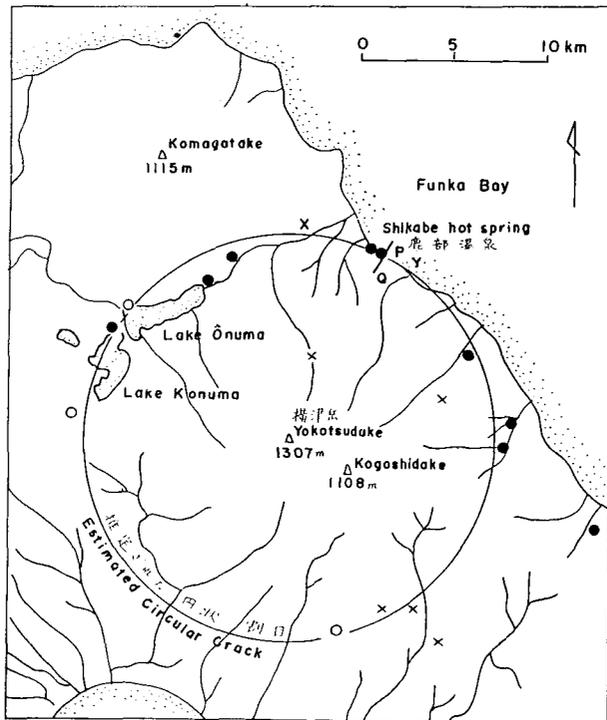
4) 地質班の調査<sup>7)</sup>によると、温泉地域の北西端附近を除くと、地表附近で地下水の水平流動を考え得るような新しい時代の堆積岩は薄くせいぜい数 m 又は以下に過ぎず、温泉はそれ以深の古い堆積岩中の比較的厚さの薄い、流紋岩の岩脈から湧出しているのが多いと思われること、

5) 福富忠男の調査<sup>8)</sup>によれば、横津岳及び周辺には温泉、硫黄鉱山又はその廃坑多く、その分布が横津岳山頂附近を中心とする放射状又は同心円の割目に沿うように思われること。

以上 5 項の事実を満足する様な鹿部温泉の湧出に関係ある地下構造として、筆者等は現在の所、次の様な構造を想像している。即ち、第 7 図に概略を示したように、横津岳附近にはその山頂部を中心とする同心円の割目があって、温泉・硫黄鉱床を生ずるに好都合な条件を与えているが(第 5 項)、その割目の部分 XY 上に鹿部温泉群が存在し(第 1 項前半)、A'・B なる源温泉がこの割目に沿って地下から湧出していること(第 3 項)、特に鹿部温泉地域の中央部沸騰泉地域には、この割目に交わる他の割目 PQ(或いは上述の同心円の割目に対し、放射状の割目であるかも知れないが、現在の調査の段階では断定できない)が存在し(第 1 項後半)、これら 2 つの割目の交線を伝って地下深くから優勢な A' 源温泉が湧出していること(第 3 項)、C は海岸平野浅層にある普通地下水で丘陵地域から地下水又は小川として供給されていること、D 源温泉についてはよく判らないが、一応割目 PQ の海底部から或他の通路を伝って割目 XY に侵入した海水と割目附近の地下水によって A が少し変質したものではないかとの疑いをもつ

7) 石川俊夫他：未発表

8) 福富忠男：湯川温泉と其の地質，仮印刷(昭和 22 年)。



第 7 図 横津岳付近の温泉 (黒丸), 微温泉 (白丸) 及び硫黄鉱山 (掛印) の分布と横津岳を中心とする円形割目 (仮定)

Fig. 7. Distribution of hot springs (blank circle), tepid springs (whith circle) and sulphur mines (cross mark) in the vicinity of Shikabe Hot Spring, and an estimated circular crack of which center lies nearly on the center of Pleistocene volcano of Yokotsudake.

ていること, そして A・B は割目 XY の上又は側面から割目に侵入した地下水 C と XY 面内で混合して沸騰泉地域の北西側の温泉を生じ, 沸騰泉地域の南東側では A と主に D が地下水 C と割目 XY 内で混合して温泉を生じていると考えている。

#### V. 鹿部温泉地域から放出される総熱エネルギー

鹿部温泉地域の 25 の温泉湧出口から湧出する温泉の温度と湧出量は 第 1 表 に示したように測定されているから, 周辺地域の普通地下水又は小川の水温 (10°C を採用した) を基準として, 各湧出口から単位時間に出る温泉の熱量を算出した。第二次調査のこれらの値を参考までに第 1 表に示した。それらの合計即ち鹿部温泉地域から温泉として湧出する熱エネルギー  $Q_1$  は  $5.58 \times 10^7$  cal/min となった。H-12, H-13, H-14, H-15, H-16, H-20 を含む沸騰泉地域から温泉として湧出する熱エネルギーは  $4.61 \times 10^7$  cal/min であって鹿部全域の  $Q_1$  の 83% に当たっている。

鹿部温泉地域の地中から岩石を伝って地表へ流出している熱量  $Q_2$  も従来の方法<sup>9)</sup> により 1 m 深地温分布図と、温度垂直勾配と 1 m 深地温との関係とを用いて計算した。但し、土の熱伝導度として  $1.7 \times 10^{-3}$  c.g.s. を仮定し、周辺地域の地温の垂直勾配は測定値の平均値  $2.6 \times 10^{-2}$  °C/cm を用いた。第二次調査の結果として、 $Q_2 = 0.53 \times 10^7$  cal/min を得た。沸騰泉地域における値は  $0.26 \times 10^7$  cal/min であった。

従って、 $Q_1$  と  $Q_2$  の和、即ち鹿部温泉地域から放出されている総熱エネルギー  $Q$  は第二次調査の場合  $Q = 6.1 \times 10^7$  cal/min となり、温泉の熱階級 (Heat Energy Index)<sup>10)</sup> は III である。沸騰泉地域から出る  $Q$  の値は  $4.9 \times 10^7$  cal/min で全体の  $Q$  の 80% に当たっている。

第一次調査の場合の湧出量及び  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q$  の値は第二次調査の値と共に第 2 表に掲げた。

第 2 表 鹿部温泉から出る総湧出量及び熱エネルギー

Table 2. Total volume output and heat energy discharged from Shikabe hot spring locality I: Nov., 1958. II: Nov., 1961.

	総湧出量 (l/min) (Total Volume Output)		温泉として湧出す る熱 (cal/min) $Q_1$		伝導による熱 (cal/min) $Q_2$	
	I 次	II 次	I 次	II 次	I 次	II 次
沸騰泉地域 (Boiling Spring Area)	771(79%)	498(83%)	—	$4.61 \times 10^7$	—	$0.26 \times 10^7$
其 他 (The Other Part)	208(21%)	163(17%)	—	$0.97 \times 10^7$	—	$0.27 \times 10^7$
計 (Total Sum)	979	661	$7.87 \times 10^7$	$5.58 \times 10^7$	$0.93 \times 10^7$	$0.53 \times 10^7$

	総熱エネルギー (cal/min) (Total Heat Energy) $Q$		$Q_2/Q$		温泉の 熱階級 (Heat Energy Index)
	I 次	II 次	I 次	II 次	
沸騰泉地域 (Boiling Spring Area)	—	$4.87 \times 10^7$	—	—	III
其 他 (The Other Part)	—	$1.24 \times 10^7$	—	—	
計 (Total Sum)	$8.8 \times 10^7$	$6.11 \times 10^7$	0.11	0.09	

表から判るように、第一次調査の場合は 3 年後の同季節の第二次調査に比較して湧出量、 $Q_1$ ,  $Q_2$  共に大きく、総熱量  $Q$  は 1.44 倍に当たっている。

$Q_2/Q$  は第一次調査では 0.11, 第二次調査では 0.09 となっており、熱伝導により岩石を伝って地表に出る熱エネルギーは全体の 1 割程度に過ぎない。

## VI. 温泉からの石灰華及び白鉄鉄の沈澱

北海道南部の温泉、特に二股・湯の川・谷地頭では湯出口付近に石灰華の沈積が著しいが

- 9) 例えば福富孝治・須川 明・藤木忠美：川湯温泉の地球物理学的研究，北大地球物理学研究報告 4 (昭和 31 年), 52.  
10) T. Fukutomi: Rates of Discharge of Heat Energy from the Principal Hot Spring Localities in Hokkaido, Japan, Journ. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. VII, 1 (1961), 315.

鹿部の沸騰泉地域の温泉においても石灰華の沈積がかなり見られる。特に H-13, H-14, H-15, H-16 の湧出口において著しく、中でも H-13, H-14 の湧出口では湧出管の出口付近で 2~3 mm/day の速さで白色の脆弱な沈澱が管壁に平行に 3~10 mm の厚さの層状構造をなして生じており、2日に1回位宛鉄棒で落さなければならぬ程である。H-16 では少々赤褐色を呈している。H-12 及び鹿部温泉南東端の湧出口 H-19 でも H-16 に似た沈積が生じている。

亀の湯より北西側では、吉の湯の湧出口に僅かな白色の固い沈積が見られるばかりで、他には殆んど見られない。

第二次温泉調査の際、沸騰泉地域の最も海岸寄りの現在使用されていない H-12 の湧出口では、石灰華の沈積で出来た小湯溜り中であつた巻介及び二枚介の殻の表裏両面いっばいに黄鉄鉱のような黄金色の鉱物と一部黒い粉状の沈澱とが附着しているのを発見した。この温泉穿井は数年前に掘られたものであるが、地上約 1 m の湧出鉄管口には木製の栓がしてあり、その隙間から温度 99°C、湧出量約 10 l/min の温泉が洩れて管口の周囲に石灰華が厚く付着しているが、その中に湯溜りができてそれから湯が溢れ出していた。介殻がどうして地上約 1 m のこの湯溜りに入ったかは判らないが、土地の人の話では子供が貝を入れて煮たものの残りではないかとのことである。何れにせよ、この介殻は穿井の出来た後に入れられたものであり、湯溜りをつくっている石灰華は赤褐色を呈し温泉に鉄分が含まれていること、及び太秦・那須・瀬尾<sup>11)</sup>によって行なわれた鹿部温泉の分析結果によれば、沸騰泉地域の温泉には H<sub>2</sub>S も含まれているので、現在このような鉱物が沈澱しつつあることは確かであろう。

この鉱物は北大理学部地質学鉱物学教室の原田準平教授に見て戴いた所、黄鉄鉱と同成分である白鉄鉱 (Marcasite, FeS<sub>2</sub>) であるとのことであつた。

北海道の温泉でこの様な金属化合物が現在確実に沈積している例はあまり聞かないので、ここに報告した次第である。

## VII. 結 語

昭和 33 年 11 月と昭和 36 年 11 月に鹿部温泉の概況につき調査した結果をとりまとめたのが本報告である。地球物理学的に興味ある問題が多く残されているので、将来も研究を続けたいと考えている。

終りに臨み、本調査を実施するに当り、種々御援助をいただいた鹿部村長棟方健太郎氏始め現地の方々に対し、第二次調査に同行され御協力をいただいた北海道衛生部環境衛生課の西尾健二氏に対し、温泉から沈澱中の白鉄鉱の鑑定をして下さった原田準平教授に対し厚く感謝の意を表する次第である。

本調査に要した費用の一部は、文部省科学研究費によつたことを記し当局に対し謝意を表する。

11) 太秦・那須・瀬尾：前出<sup>9)</sup>

#### 4. On the Hot Spring of Shikabe, Southern Hokkaido

By Takaharu FUKUTOMI, Tadaharu FUJIKI, Akira SUGAWA,  
Akio WADA and Kôtsuke ITÔ

(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

Shikabe hot spring, situated at a narrow coastal Alluvial plain of about 2 km in length and of 50~300 m in width on the eastern slope of Pleistocene volcano of Yokotsu, has 25 orifices of hot spring which were obtained by boring (Fig. 1 and Fig. 4) and its temperature ranges from 40°C to 100°C.

Orifice temperature, volume output of hot springs, depth of artesian wells, their bottom temperature and chief chemical constituents were observed by the authors in November, 1958 and November, 1961 as shown in Table 1. And also, geographical distribution of underground temperature at a depth of 1 m in the hot spring locality and that of geoelectric potential were investigated as shown in Figs. 1, 2, 3 and 4 (C).

The results of the investigation are summarized as follows :

1) Geographical distribution of hot springs, sulphur mines and their abandoned mines in the neighborhood of Yokotsu volcano suggests that they are distributed on a circular crack hidden in the mountain slope as shown in Fig. 7. Shikabe hot spring lies on the crack (XY) and its orifices of hot water are nearly distributed on a zone running from NW to SE corresponding to the direction of the crack at that place.

2) Hot springs in median part of the zone have orifice temperature of about 100°C (temperature of H-16 spring in this area indicates 113°C at 25 m below the ground surface) and volume output of about 77% of the total discharge of hot water from Shikabe hot spring locality. This area is also corresponded to the highest underground temperature zone in the locality as illustrated in Figs. 1, 2 and Fig. 4 (B), and two geysers exist in the area. The authors called this area as "Boiling Spring Area".

3) The boiling spring area is supposed to be elongated in some extents to the underground of the western hill from the point of view of the geographical distribution of underground temperature at a depth of 1m (Fig. 2) and from that of geoelectric iso-potential lines (Fig. 3). This zone may correspond to another crack (PQ) intersecting to the above-mentioned concentric crack.

4) From mutual relation among  $\text{Cl}^-$ -content,  $\text{SO}_4^{2-}$ -content and orifice temperature of respective hot spring (Figs. 5 and 6), it is concluded that hot springs in north-western side of the boiling spring area may be originated by different mixing ratios among original hot waters A, B and ground water C, and those in south-eastern side of the boiling spring area may be caused by mixing among the original hot water A, D and ground water C. The original hot water A and B are respectively considered to be discharged from the deep in the boiling spring area and in neighborhood of H-4 spring in Fig. 4 through the crack (XY), and A is characterized by the highest temperature and high chlorinity, on the contrary, B is distinguished by high sulphate and high carbonate from A. D is presumed to exist at shallow underground in the vicinity of the boiling spring area and is characterized by the highest chlorinity. C is the cold underground water which exist in the

shallow layer of the hot spring locality.

5) At the orifice of H-13~H-16 in the boiling spring area, deposition of travertine is observed. Especially at H-13 and H-14, the rate of deposition attains to 2~5 mm/day. At orifice H-12, deposition of Marcasite ( $\text{FeS}_2$ ) is in process from hot water of 99°C.

6) Heat energy discharged as hot water  $Q_1$  and that conducted through surrounding rock  $Q_2$  are respectively estimated as  $6.7 \times 10^7$  cal/min and  $0.73 \times 10^7$  cal/min.