



Title	2. 弟子屈温泉および釧別温泉の調査（昭和44年10月）
Author(s)	福富, 孝治; FUKUTOMI, Takaharu; 浦上, 晃一 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 24, 5-26
Issue Date	1970-09-18
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.24.5
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13978
Type	departmental bulletin paper
File Information	24_p5-26.pdf



2. 弟子屈温泉および釧別温泉の調査

(昭和44年10月)

福富孝治・浦上晃一・三好日出夫
川村政和・佐倉保夫・瀬川良明

前田俊一・滝沢隆俊

(北海道大学理学部地球物理学教室)

— 昭和45年4月受理 —

I. 序 言

弟子屈町の依頼で昭和44年10月1~4日北海道川上郡弟子屈町にある弟子屈温泉ならびに釧別温泉の調査を実施した。これら両温泉については、すでに昭和30年10月末に第1次調査¹⁾を、昭和34年2月に第2次調査²⁾を、また昭和36年9月に北海道衛生部の依頼で第3次調査を行なったが、近年両温泉共に温泉数が増加し、特に弟子屈温泉においては相互影響がやや顕著に現われ、枯渇現象の進行が認められるようになったので、これを確かめることを主な目的として今回の調査を行なったのである。

まず、両温泉の現状を知るために、湧出温度、湧出量または揚湯量、温泉水中の Cl^- 、動力使用状況等の一般調査を行ない、弟子屈温泉についてはいくつかの温泉の揚湯が近くの温泉に及ぼす影響を調査し、釧別温泉については付近の1m深地温分布、自然電位法による電気探査を実施した。

II. 温泉湧出地付近の地形および地質の概況

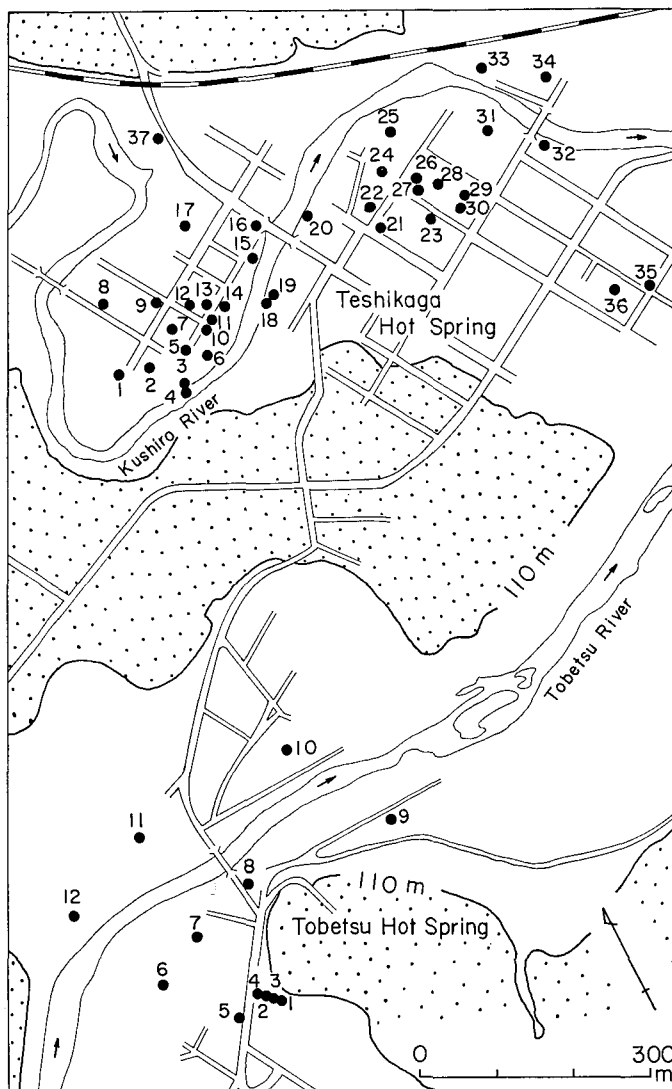
弟子屈市街地一帯には比高10~20mの段丘が発達しているが、屈斜路湖に源をもつ釧路川と弟子屈の西方山地から流出する当別川の2川がこの段丘を開析蛇行して沖積平野を形成している。第1図に示したように、弟子屈温泉は釧路川に沿ってこの沖積平野にはほぼ帯状に分布しているが、多くは深さ30~180mのさく井によって得られている。釧別温泉はその南方およそ1kmの当別川近くの凝灰質段丘の崖下の割れ目から天然に湧出するものと、その付近の沖積平野に掘られた深さ20~150mのさく井から自噴または揚湯されているものがある。

第2図は弟子屈温泉 No. 6 井の boring 孔内の地質と掘削時の孔底温度を河田英氏のご好意によって掲載したものであるが、地表から深さ2.7mまでは川の堆積物(沖積層)で深さ32m

1) 福富孝治・須川 明・藤木忠美；弟子屈および釧別温泉について、北大地球物理学研究報告, 5 (昭32), 33.

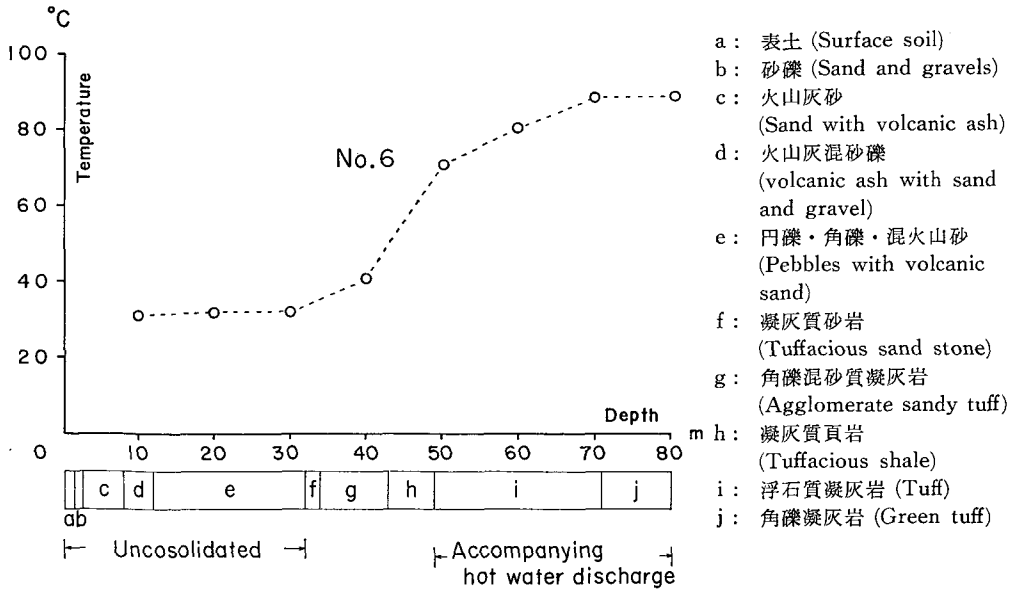
2) 福富孝治・藤木忠美・須川 明・和田昭夫；弟子屈および釧別温泉について(第2報), 北海道衛生部編 北海道温泉調査, 10 (昭38), 1.

以下は新第三紀中新世の地層である。その中間部分の堆積物が洪積世であるか新第三紀漸新世の地層であるかは筆者らにはよく判らない。温度勾配の最も大きいのは深さ 40~50 m 付近で $3^{\circ}\text{C}/\text{m}$ にも及びこの部分の地質が凝灰質頁岩であり、その下に温泉水が存在することから考えてこの凝灰質頁岩が不透過性地層として下層の温泉水を含む被圧帯水層の上盤をなしていると思われる。



第1図 弟子屈温泉および鱒別温泉の湧出口分布 (数字は第1表および第2表中の温泉番号)

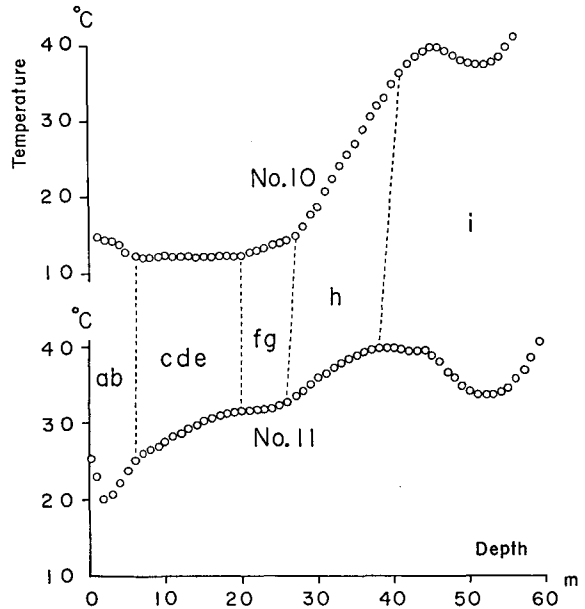
Fig. 1. Location of orifices in Teshikaga and Tobetsu hot springs localities. Numerals in this figure indicate the number of hot spring in Tables 1 and 2.



第2図 弟子屈温泉 No. 6 における削井中の地質と掘削時の孔底温度 (河田英氏による)

Fig. 2. Geology and bottom temperature of well No. 6 in the Teshikaga hot springs locality (after E. KAWATA).

第3図は温泉削井 No. 6 に近い No. 10 および No. 11 の削井孔内の水温の垂直分布をサーミスター温度計を用いて上方から1m毎に測定した結果である。これら2井は近年は湧出口に栓をして使用していないものである。図から判るように、これらの温度分布はいくつかの線分の連結した形となっており、しかもこれらの折れ目は図中に点線で示したように互に対比される。また、No. 10 の温度分布の形は大勢において第2図の No. 6 の形と相似な形をなしているので、No. 6 の柱状図に示した地層の境を第3図の折れ目に対比させ、ab, cde, fg, h および i の5層とした。このように第3図のh層は上記の不透過性地層に対比される



第3図 弟子屈温泉の廃井 No. 10 および No. 11 中の温度の深さに対する分布

Fig. 3. Vertical ground temperature distribution at No. 10 and No. 11 wells in the Teshikaga hot springs locality.

第1表 昭和44年10月1~4日弟子屈温泉一般調査の結果

温泉番号 Spring No.	所有者 Owner's name	温泉削井 Hot spring well			昭和44年10月 (October)				
		掘削年月日 Date of boring (昭和年月日)	口径 Dia. (mm)	深度 Depth (m)	湧出温度 Dis-charge temp. (°C)	孔底温度 Bottom temp. (°C)	湧出量 Flowing rate (l/min)	揚湯量 Discharge rate by pumping (l/min)	揚湯時間 Time interval of pumping per day (hour/day)
1(23)	国立弟子屈病院				(38)			4.0	
2(1)	中野マキ	32.10.10	75	100	80.5			133	20
3(6)	中野和好								
4(8)	"	33.1.28	75	100	49.0		1.8		
5(5)	"				(70)				
6(22)	北炭観光 K.K.	32.6.28	75	92	69			100	
7(10)	小野武	31.2.20	64	76	—	75.0(72m)	0		
8-1	辻谷直作	34.10.13	75	120	53.6			25.5	24
8-2	"			70	24.0		31.7		
8-3	"			80	21.0		2.9		
9(2)	三井貞次	33.1.16	115	51	58		0		
10(30)	北炭観光 K.K.	34.6.26	75	86	—	56.5(83m)	0		
11(3)	三井貞次	33.1.16	75	115	—	92.5(155m)	0		
12(4)	立山貫裕	29.1.9	50	50	45.2			11.3	24
13(31)	"	34.3.25	50.6	70	34.0			6.6	24
14(11)	小野武								
15(15)	小林秀美(銀林荘)	31.9.5	57	103	47.0			19.3	24
16(21)	"(瑞鳳荘)	34.3.25	75	90	49.2			3.3	24
17	神戸駒吉	27.6.28	75	150	26			15	
18(17)	町有9号泉(洗たくゆ)			天然	26.2		—	動力なし(天然)	
19(33)	弟子屈農協	24.4.23	64	123		74.5(68m)	0		
20(13)	土沼ミチ		75	100	67.5			9.3	5
21(18)	弟子屈町4号泉	32.9.11	127	130	97.5		58.2		
22(19)	弟子屈町10号泉	36.3.6		15	60.0			27.6	24
23(28)	宮脇幸一	33.7.5	50	50	83.0			10.6	2
24(12)	弟子屈温泉浴場	38.1.10	48	80	>45.6			52.1	24
25(29)	釧路開発建設部			(天然)	廃井				
26(16)	弟子屈町1号泉 (双岳荘)				36.3			27.7	
27(25)	日本電電公社	38.10.13	150	3	41.5			76.5	15
28(26)	国岡キク	33.4.1	75	45	76.0			10.3	8
29	島田ハルノ	33.4.1	75	50	46.8			25.5	24
30(20)	今泉秀雄	30.1.20		22		44.3(21m)	0		
31	弟子屈町長(遺族会)	42.12.20	75	100	39.1			49.4	12
32(34)	千葉弥市	33.3.31	50	100		46.0(84m)	0		
33(9)	中野和好	33.1.10	75	99		49.0	0		
34(14)	長谷部徳明	33.1.10	75	108		50.5(101m)		動力あり	
35(27)	館孝(東岳荘)	25.9.27	75	150				9.8	24
36	"(")	36.3.17	75	150	45.3				
37	山下			(176)					

* 熱量は10°Cを基準

** 動力を使用しない場合には微量を自噴

総計 744 l/min

Table 1. Result of investigation of Teshikaga Hot Springs in October 1~4th, 1969.

の 調 査 1969)			昭和36年9月の調査 (September, 1961)					温度変化 Change of temp. between two invest. (°C)	記 事 Note
平均使用量 Average discharge rate (l/min)	熱量* Flowing rate of heat ($\times 10^5$ cal/min)	Cl ⁻ 含有量 (mg/l)	湧出温度 Dis. temp. (°C)	孔底温度 Bottom temp. (°C)	湧出量 Flowing rate (l/min)	揚湯量 Dis. rate by pump- ing (l/min)	Cl ⁻ (mg/l)		
111	1.1 78.2	958	28.9 93.0	33 (69m)	47	35	19	-12.5	
1.8	0.7	802	(60) 52.5			16	742		
100	59.0	—	64.8	92.5 (115m)	微小	17	939	+ 4.2	{昭和44年10月** しゅんせつ 使用せず
0			54.3			18			
25.5	11.2	300							
31.7	4.4	7.6							
2.9	0.3	6.3							
0			(46)			10			
0			(43)			動力			
0			41.0			20	316		
11.3	3.5	363	47.0			18	293		
6.6	1.3	32.3	41.0			40	255		
			(28)	0					
19.3	7.1	310	50.9		15	620	- 3.9		
3.3	1.3	471	62.0		20	525	-12.8		
15	2.4								
—	—	370	35.0		4.8	天然	405		
0			51.3		微		680		使用せず
1.9	1.1	838	70.0		4.7		818	- 2.5	
58.2	50.9	1651	98.7		64		1530	- 1.2	
27.6	13.8	998	82.5			40	1465	-22.5	
0.9	0.7	1388							
52.1	18.8	290	67.0			60	1030	-21.4	
			50.0		3.6	23	1131		埋 没
27.7	7.3	580	(48)		10				
47.8	15.1	614	52.4			50	1027	-10.9	
3.4	2.2	1470	69.9			20	1263	+ 6.1	{動力を長時間停 めれば微量を自 噴する
25.5	8.8	1024							
0			(62)		20				使用せず
24.7	7.2	733							
0			35.0	37.3 (31m)	微		1383		使用せず
0			51.3		18.8		420		使用せず
—		158							
9.8	3.5	1130	46.0			20	1130	- 0.7	
			14.5	43.2 (154m)	0		32		(手押ポンプ)

$\Sigma = 608$ $\Sigma = 3.0 \times 10^7$
l/min cal/min

第2表 昭和44年10月1~4日
Table 2. Result of investigation of

温泉番号 Spring No.	所有者 Owner's name	温泉削井 Hot spring well			昭和44年 (October,	
		掘削年月日 Date of boring	口径 Dia.	深度 Depth	湧出温度 Discharge temp.	孔底温度 Bottom temp.
		(昭和年月日)	(mm)	(m)	(°C)	(°C)
1 (35)	弟子屈町5号泉	天然湧出			a 67 b 60.3	
2 (36)	弟子屈町7号泉	"			66.3	
3 (37)	弟子屈町8号泉	"			66.0	
4 (38)	弟子屈町13号泉			50	66.0	
5 (39)	渡辺隆一	33.4.1	64	120	55.7	
6 (40)	釧路土木現業所寮	32.10.7	75	50	47.7	
7	釧路鉄道管理局寮	—		20	63	
8	国岡麗子	44.1.7	75	110	55	
9	辻谷直作	44.7.9	64	200	45	52.3
10	宮崎覚雄	38.9.28	50.6	100	48	
11	渡辺喬	36.3.17	75	75		38.8 (6 m)
12	"	38.9.21	75	90		68.5 (88 m)
13	進藤栄吉	44.4.3	75	100	34	

* 熱量は10°C基準

が、温度勾配の大きいこと、この直下のi層の上部に40°Cの温泉水の存在が期待されることなどよく説明される。

すなわち、弟子屈温泉の温泉水は地表下40~50m以下の新第三紀の被圧帯水層内に貯溜されていることが推定される。

鎧別温泉の天然湧出泉がその割れ目から湧出する段丘崖の地質は新第三紀漸新世のシケレペンベツ層の軽石流堆積物³⁾であるという。付近の当別川河床にも新第三紀層と思われる堆積岩が見られることから考えて、平野部の地質は弟子屈温泉の場合と大同小異であろう。

III. 一般調査結果

弟子屈本町地区における36の温泉、鎧別地区における13の温泉について、その温度、湧出量または揚湯量、Cl⁻含有量等の調査結果をそれぞれ第1表(弟子屈温泉)および第2表(鎧別温泉)に示した。これらの温泉の位置は第1図に黒丸で示したが、丸につけた番号は各表中の温泉番号である。温泉番号欄の括弧内の数字は、前報²⁾第1表および第2表中の温泉番号である。表には参考のため昭和36年9月の第3次調査の温度・湧出量等も掲げた。温泉削井の年月日・深度・口径の値は北海道標茶保健所の資料によった。

3) 北海道開発庁; 5万分の1地質図幅説明書(弟子屈), (昭42), 57.

鎧別温泉一般調査の結果

Tōbetsu hot springs in October 1~4th, 1969.

10 月 の 調 査 1969)				昭 和 36 年 9 月 の 調 査 (September, 1961)				温度変化 Change of temp. between two invest. (°C)
湧出量 Flowing rate (l/min)	揚湯量 Discharge rate by pumping (l/min)	熱 量* Flowing rate of heat ($\times 10^5$ cal/min)	Cl ⁻ (mg/l)	湧出温度 Orifice temp. (°C)	湧出量 Volume output (l/min)	揚湯量 Discharge rate by pumping (l/min)	Cl ⁻ (mg/l)	
14.5		8.3	221	70	(43)		218	- 3.0
4.9		2.5	234					
2.0		1.1	236	68.7	11.9		213	- 2.4
34.8		19.5	225	52.6	(4)		216	+13.4
	35.3	19.7	234	65.8	—	45	225	+ 0.2
	12.5	5.7	210	57.5	5.4		213	- 1.8
	42.6	16.1	157	48.5	33.0		132	- 0.8
	50	26.5	232					
0		—	—					
0		—	—					
	46	17.5	108					
7.0		2.0	102					
98		57.3	218					
28		6.7	—					

$\Sigma = 376$ l/min $\Sigma = 1.8_3 \times 10^7$ cal/min

弟子屈温泉において現在使用中の温泉は 24 口 (内 2 口は湧出温度 25°C 以下), 湧出温度は 26°~98°C, その使用量は 608 l/min, 総熱量 (10°C 基準) は 3.0×10^7 cal/min である。第 4 図は湧出温度別使用量分布である。

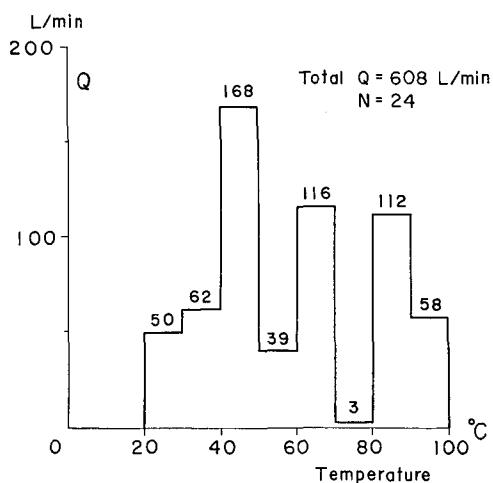
鎧別温泉では 13 口であるが, 昭和 44 年に新しく掘削された No. 8 および No. 9 は自噴しないので未利用である。湧出温度は, 温泉群からかなり離れた No. 13 を除き 39°~67°C, その湧出量または揚湯量の総計は 348 l/min, 総湧出熱量 (10°C 基準, No. 13 も加える) は $1.8_3 \times 10^7$ cal/min である。

IV. 一般調査結果についての考察

1. 弟子屈温泉被圧帯水層へ温泉水を導く

割れ目

弟子屈本町地区の多くの温泉が帯状分布をなすことから, 地下深くから温泉水を導く

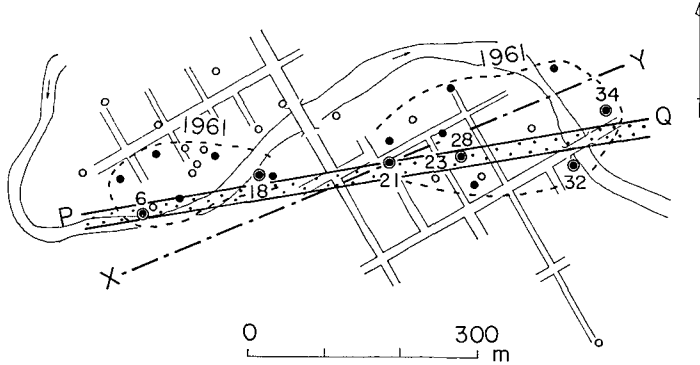


第 4 図 弟子屈温泉における湧出温度別使用量分布

Fig. 4. Relation between discharge rate and discharge temperature in Teshikaga hot springs.

S 80° W から N 80° E へ向う方向の割れ目がこの帯状分布の長軸方向に存在し、帯水層に温泉水を供給していることを前報²⁾において想定した。

第5図中黒丸は昭和36年の第3次調査当時における自噴井の位置を示し、二重丸は今回の調査における自噴井の位置である。



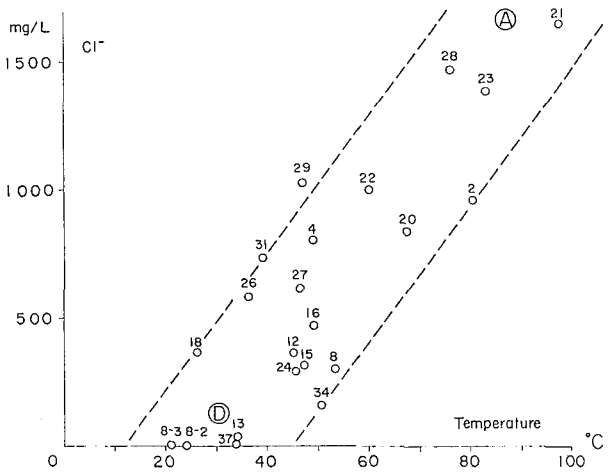
第5図 弟子屈温泉における昭和36年9月の自噴井(黒丸)と昭和44年10月の自噴井(二重丸)の分布の比較

Fig. 5. Comparison of the locations of flowing wells in September, 1961 (black circle) with those in October, 1969 (double circle) in Teshikaga hot springs.

温泉の水圧は温泉源に近いほど高いはずであり、温泉が自噴するのはその静止水頭高が地面より高いからであるが、地面の高さは弟子屈温泉の場合大差はないから、自噴する温泉の位置は地下深くから温泉水を導く割れ目の位置に近い理である。すなわち、昭和36年当時は温泉水圧が温泉帯状分布内のかなり広い幅の範囲で高かったが、今回の調査では高压部が温泉帯状分布の南側の狭い幅に限られてきたことは源温泉水を導く割れ目がこの付近を通ることを意味することになる。このような考えから、これら二重丸の近くを通るPQ直線帯をもってこの割れ目の位置と推定した。

2. 弟子屈温泉における湧出温度とCl⁻含有量との関係

今回の測定結果から帯状分布内の全温泉についてCl⁻と湧出温度との関係を図示したのが第6図である。図から判るように、大略正の直線状関係が見られ、これは図中Aで示される源温泉水とDで示される



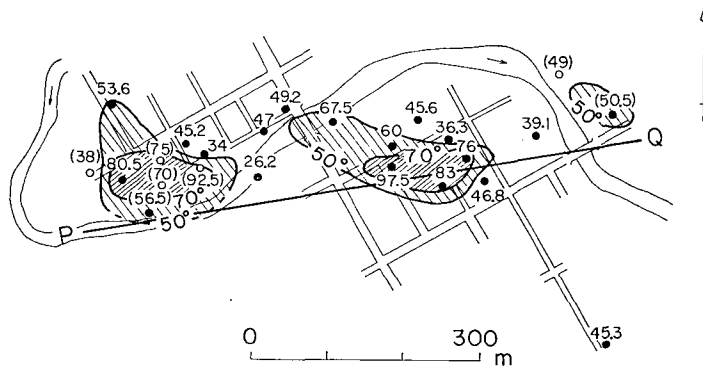
第6図 弟子屈温泉におけるCl⁻と湧出温度との関係

Fig. 6. Relation between Cl⁻ content and orifice temperature in Teshikaga hot springs.

普通の地下水よりもやや温度の高い地下水とが地下被圧帯水層内で混合して種々の温度・泉質の温泉を生じていると考えられることは前報に指摘した。図から判るように、源温泉水 A に近い性質の温泉は No. 21, No. 28, No. 23 であるが、これらの位置が前節に述べた地下深くから温泉水を供給する割れ目 PQ に近接しているのは当然の結果であろう。

3. 弟子屈温泉における湧出温度の分布

第 7 図は弟子屈温泉の湧出温度の分布図である。図から判るように、湧出温度 50°C 以上の区域は帯状分布内の 3 カ所に分かれているが、これは割れ目 PQ の幅が場所によって異なることを示すものと思われる。最も西の湯の島地区の高温部では温泉水は割れ目 PQ の北側に主に拡がっているが、中央の高温部では割れ目の南北両側にやや拡がっている。また中央高温部では温度の高い源温泉水が地表下浅い所まで達していることも前報¹⁾に指摘した通りである。



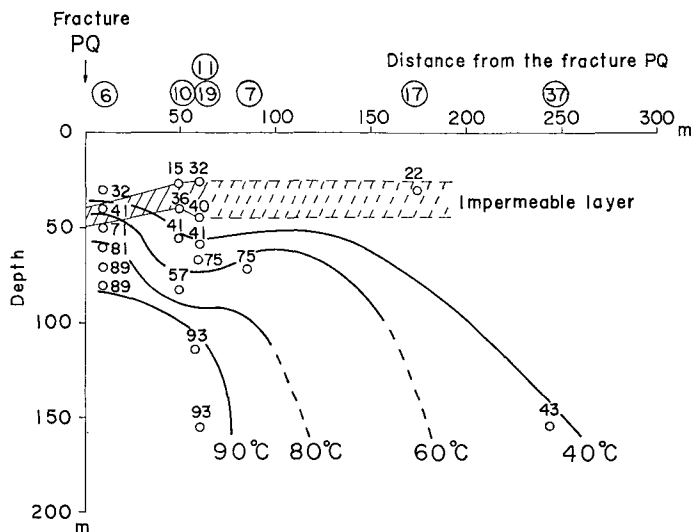
第 7 図 弟子屈温泉における湧出温度の分布

Fig. 7. Areal distribution of orifice temperature in Teshikaga hot springs.

4. 割れ目 PQ に垂直な鉛直断面内の地中温度分布

弟子屈温泉湯の島地区における温泉について、今回測定された孔底温度および第 2 図、第 3 図等の温度を割れ目 PQ に垂直な鉛直断面上に投影し、その等温線の概略を示したのが第 8 図である。

すなわち、割れ目伝いに地下深くから上昇した 93°C 以上の温泉水は地下 50~200 m に存在する新第三紀の被圧帯水層内で北方へ流動しながらやや高温な地下水と混合していることを示している。



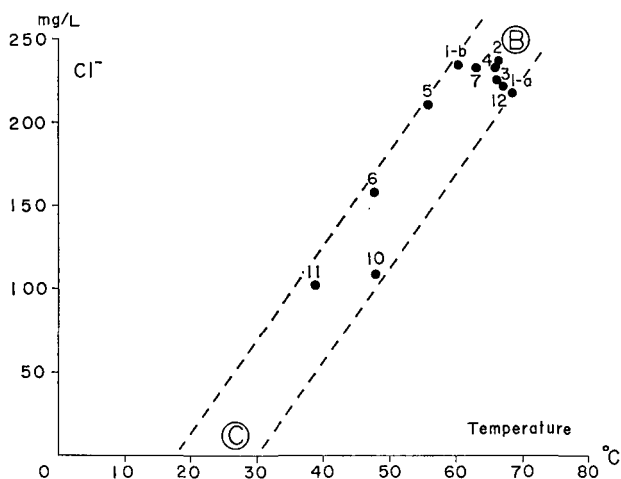
第 8 図 弟子屈温泉湯の島地区における割れ目 PQ に垂直な鉛直断面内の地中温度分布

Fig. 8. Underground temperature distribution in a vertical section in Yunoshima region.

5. 鎧別温泉における湧出温度と Cl^- 含有量との関係および湧出温度の水平分布

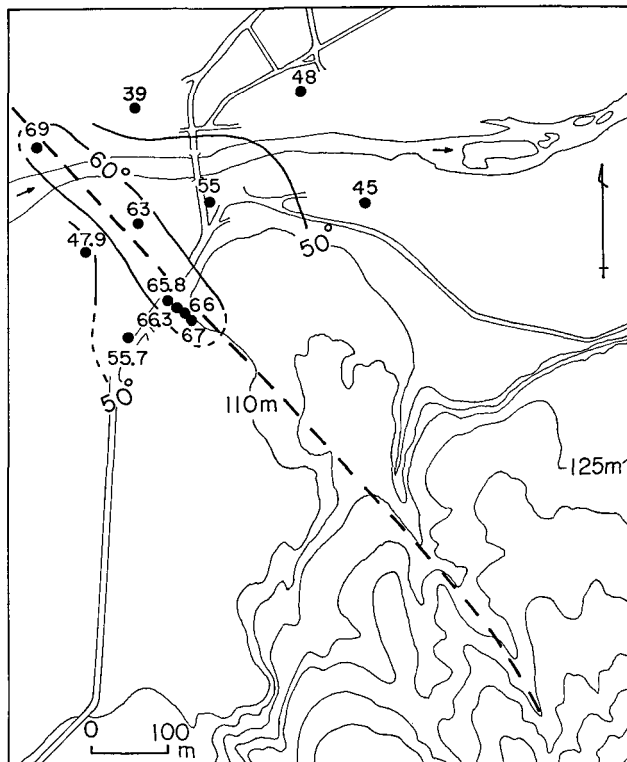
鎧別温泉の湧出温度と Cl^- 含有量との関係を第9図に示した。図から判るように、弟子屈温泉と同様に正の直線状関係が見られるが、弟子屈温泉と同一直線ではなく別な系統である。すなわち、鎧別温泉は図中に B で示した温度 70°C 、 Cl^- 凡そ 240 mg/l の源温泉水と C で示した温度 $20\sim 30^\circ\text{C}$ 、 Cl^- 微小の微温地下水との混合によって生じていることが推察される。また、源温泉水に近い性質の温泉は No. 1, 2, 3, 4, 7 および 12 である。

第10図は地図上で温泉の位置に湧出温度を記入し 60°C および 50°C の等温線を引いたものであるが、 60°C 以上の区域内に前記の6カ所の源温泉水に近い性質の温泉が入っている。しかも 60°C 以上の区域は NW から SE へ細長く帯状をなしている。温泉 No. 1, 2, 3 および 4 は新第三紀層に属する段丘崖の凝灰質岩石の割れ目から湧出していることから、これらの細長い帯状の高温部の地下には割れ目が走っていることが考えられるので、この帯状部の長軸を SE 側に直線状に延長してみると、図から判るように、この段丘の南西側の崖にはほぼ沿って 200 m ほど走り、その先は山地の急な谷間に沿って 400 m ほど走っており、地



第9図 鎧別温泉における Cl^- と湧出温度との関係

Fig. 9. Relation between Cl^- -content and the orifice temperature in Tôbetsu hot springs.



第10図 鎧別温泉における湧出温度の分布

Fig. 10. Distribution of spring temperature in Tôbetsu hot springs.

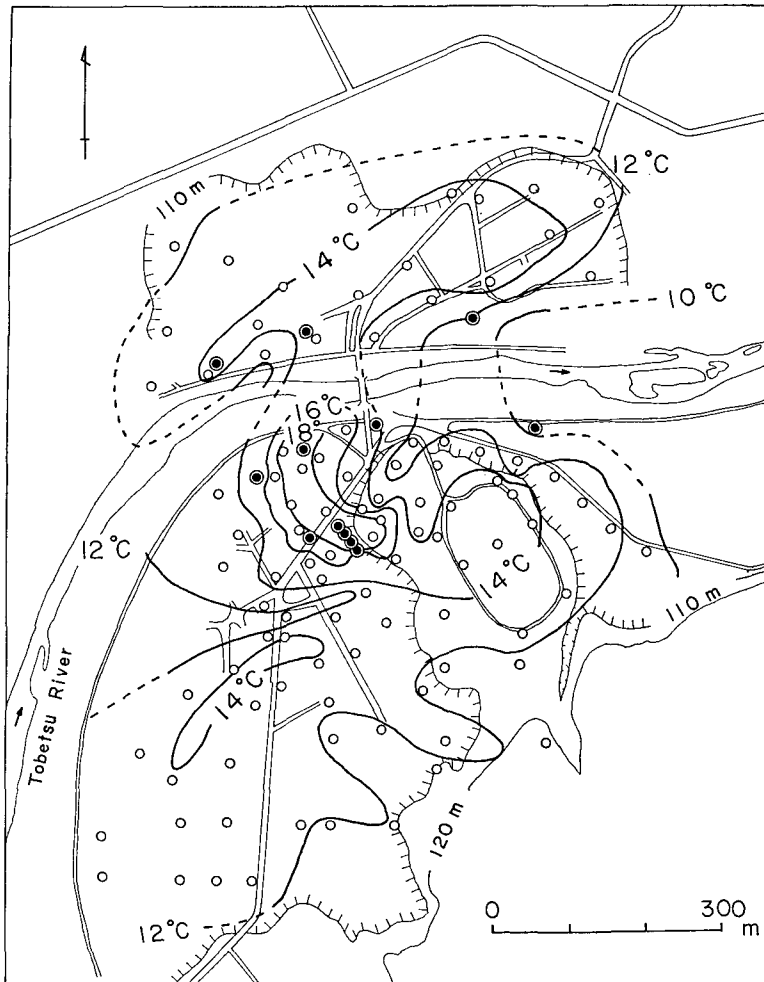
形上の構造線をなすように見える。あるいは、これは小さな断層であってこれに沿って所々に割れ目が開き温泉水の通路となっているのかも知れない。

要するに、鎧別温泉は、弟子屈温泉と同様に、新第三紀層中の割れ目から湧出するか、この割れ目から新第三紀の被圧帯水層に広がっている温泉水が削井によって自噴するか揚湯されているものである。

V. 鎧別温泉地域における 1 m 深地温と自然電位の測定結果

1. 1 m 深地温

この地域の 1 m 深地温はすでに昭和 36 年 9 月に測定²⁾されているが、今回は前回測定しな



第 11 図 鎧別温泉地域における 1 m 深地温の分布 (白丸は測点, 二重丸は温泉位置)

Fig. 11. Distribution of ground temperature at a depth of 1 m in Tōbetsu hot springs locality. White circles and double circles denote respectively sites of ground temperature measurement and of hot springs.

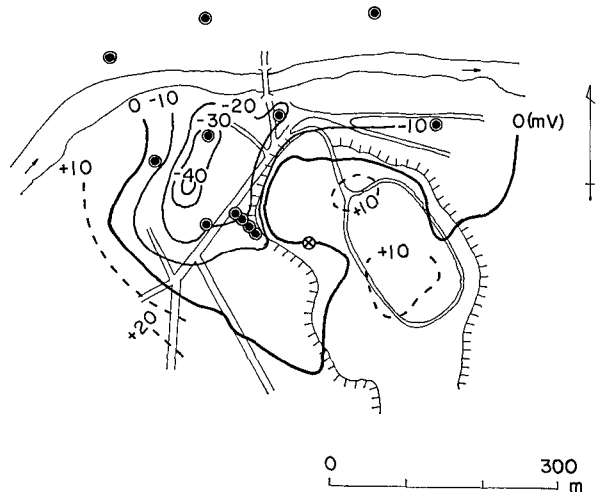
かった西方の地域をも含めさらに広範囲に亘って108の地点(第11図中白丸)で測定した。図中の実線は 2°C 毎の等温線で二重丸は温泉の位置である。

図から判るように、当別川南岸の比高約10mの段丘の西端に沿って 18°C 以上の高温部があり、その北部には温泉削井No.7を含み南部には天然湧出の温泉4口が含まれている。 16°C の等温線の形は 18°C の等温線と大差はなく第10図に示した温泉の湧出温度の高温部ともかなりよい一致を示している。また、 14°C 以上の比較的温度的の高い部分は段丘の上および当別川の対岸にも拡がっているが、当別川に接している場所では地温がやや低く、川水および浅層地下水によって冷却されていることを示している。

今回の測定値を前回と比較すると相対的な分布状態はほとんど変わらないが、各測点における地温がいずれも $2^{\circ}\sim 4^{\circ}\text{C}$ 低い。測定は今回は10月1~3日、前回は9月2~4日と1カ月の違いがあるが、1m深地温の年変化による差は福富の表⁴⁾によれば 1°C となるので多少低下が大きいことになるが、この値は土の熱伝導率やその年の気候条件等によって異なるであろうし、地下熱源の温度低下に因ることも考えられるが、現在の資料では断定はできない。

2. 自然電位

当別川南岸の段丘を中心とした区域で島津製作所EP型電位差測定器を用いて自然電位を測定した。第12図中⊗印は基準点である。実線は負の等電位線、点線は正の等電位線で 10mV 毎の値である。電位が -20mV 以下の場所は1m深地温の 16°C 以上の所とはほぼ一致する。このように、負電位の原因は従来言われているように地下の温泉水と考えられる。正電位は段丘上および南方の一部に見られるが、段丘上のは地形の影響が現われたものであろう。



第12図 錫別温泉地域における自然電位の分布
⊗は基準点、二重丸は温泉、実線は 10mV 毎の等電位線

Fig. 12. Distribution of geo-electric potential in Tōbetsu hot spring locality. ⊗: Standard point, double circle: hot spring.

VI. 弟子屈温泉における相互影響

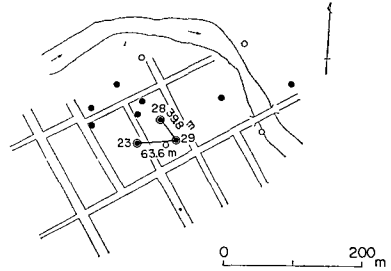
弟子屈本町地区の温泉は互に近接して存在するので、ある温泉の揚湯が付近の温泉の湧出量に及ぼす影響はかなり大きい。今回の調査において3カ所で以下に述べる測定を行なった。

4) 福富孝治; 1m深地温より温泉探査の可能性, 北大地球物理学研報, 1(昭26), 5.

1. 測定結果

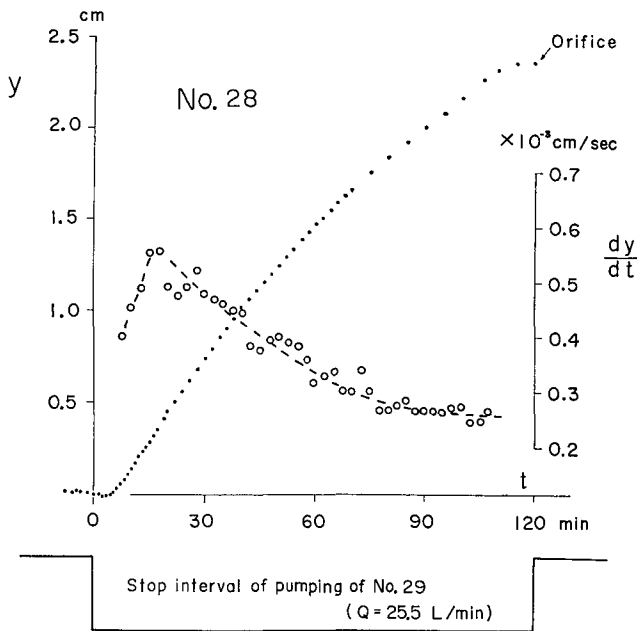
(1) 温泉 No. 29 の揚湯を停止した場合、付近の No. 28 および No. 23 における静止水頭上昇の測定

第 13 図は温泉 No. 29 付近の温泉分布図で黒丸は使用中の温泉、白丸は湧出停止状態の温泉である。測定に際しては問題の温泉以外は測定時間中その湧出または揚湯状態を変化させないよう依頼した。No. 29 は 1 日中休止することなく 25.5 l/min の揚湯を行なっている温泉であるが、これを急に停止し、この温泉からそれぞれ 39.8 m および 63.6 m にある No. 28 および No. 23 においてその静止水頭の上昇を精密水位計を用いて測定した。No. 28 における測定結果を第 14 図に示した。図の横軸は No. 29 の揚湯停止の時刻を 0 として測った経過時間 t 、縦軸 (左側) はこの停止時刻における No. 28 の水頭を 0 として測った水頭の上昇 y 、縦軸 (右側) は測定した y から計算した $\frac{dy}{dt}$ の値である。



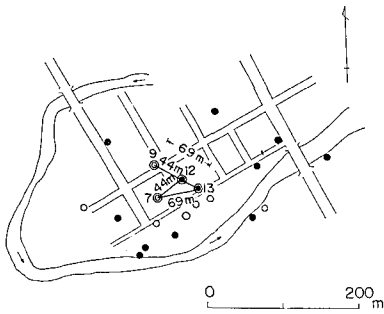
第 13 図 弟子屈温泉 No. 29 付近の温泉分布

Fig. 13. Distribution of hot springs in the vicinity of No. 29.



第 14 図 温泉 No. 29 の揚湯停止による No. 28 の静止水頭の上昇 y と $\frac{dy}{dt}$ の時間的变化

Fig. 14. Increase of pressure head at No. 28 well y and its $\frac{dy}{dt}$ with time due to the stop of discharge of No. 29.



第15図 弟子屈温泉 No. 12 および No. 13 付近の温泉分布

Fig. 15. Distribution of hot springs in the vicinity of No. 12 and No. 13.

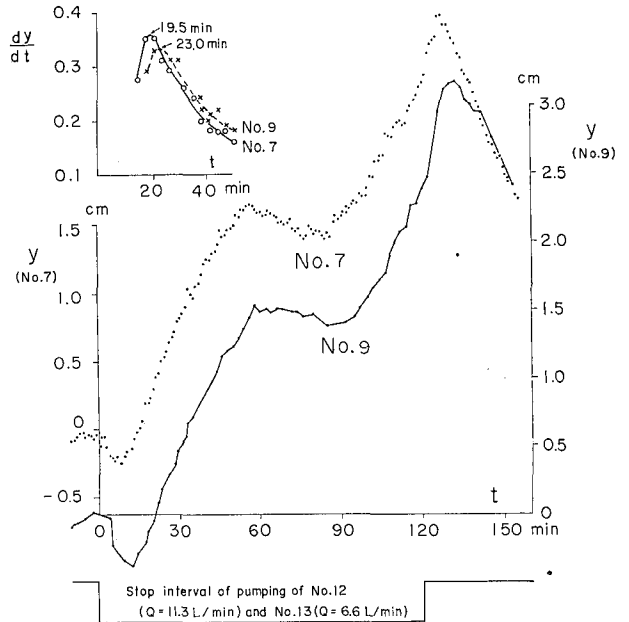
(2) No. 12 および No. 13 の揚湯を同時に停止した場合，No. 7 および No. 9 における水頭上昇の測定

第15図には湯の島地区における温泉の分布状態を示したが，黒丸白丸等は第13図と同様である。No. 12 および No. 13 は休止することなくそれぞれ 11.3 l/min および

6.6 l/min の揚湯を継続している温泉であるが，これを同時に2時間停止し，No. 12 からどちらも 44 m の距離，No. 13 からどちらも 69 m の距離にある廃井 No. 7 および No. 9 に据付けた精密水位計によって水頭の変化を測定した。測定結果を第16図に示した。測定開始後およそ1時間に，どこか付近の温泉で揚湯を30分間ほど行なったと思われる水頭の降下が見られたので，最初の1時間についてのみ $\frac{dy}{dt}$ を計算し，第16図の左上方に示した。

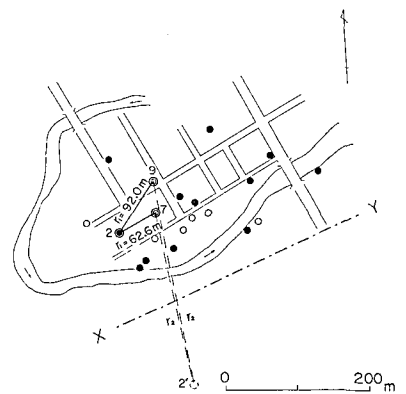
(3) No. 2 の揚湯停止による No. 7 および No. 9 の静止水頭変化の測定

第17図は湯の島地区温泉 No. 2 付近の温泉分布を示した図で黒丸白丸は第13図と同様である。No. 2 は測定開始以前には揚湯停止状態であったので，一応 133 l/min の揚湯を185分間行ないその後およそ2時間揚湯を停止し，測定は揚湯停止直前から行なった。静止水頭変化の測定は No. 2 からそれぞれ 62.6 m および 92.0 m の



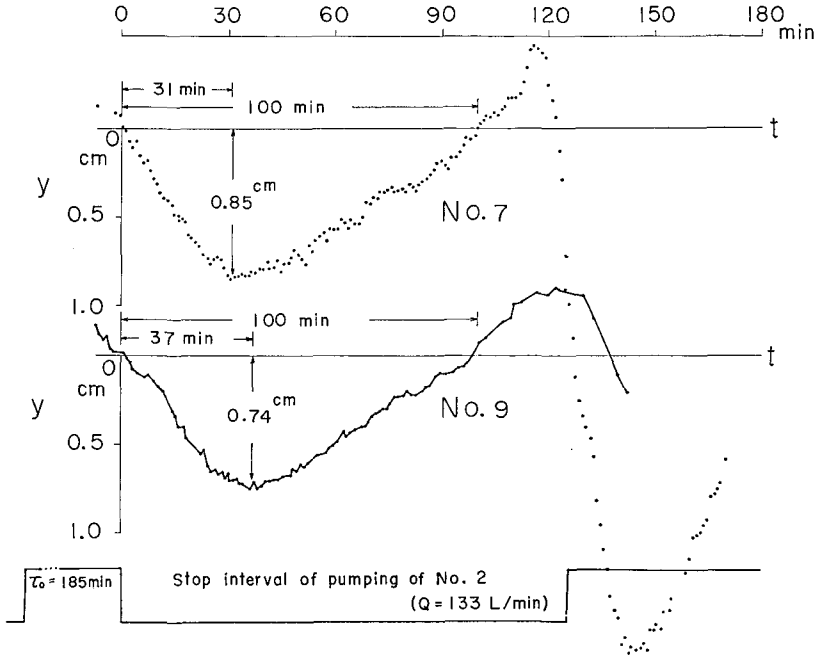
第16図 温泉 No. 12 および No. 13 の揚湯停止による No. 7 および No. 9 の静止水頭の上昇 y と $\frac{dy}{dt}$ の時間的变化

Fig. 16. Change of pressure head y and $\frac{dy}{dt}$ at No. 7 and No. 9 with time due to the stop of discharge of No. 12 and No. 13.



第17図 弟子屈温泉 No. 2 付近の温泉分布

Fig. 17. Distribution of hot springs in the vicinity of No. 2.



第18図 温泉 No. 2 の揚湯停止による No. 7 および No. 9 の静止水頭の上昇 y と $\frac{dy}{dt}$ の時間的变化

Fig. 18. Change of pressure head y and $\frac{dy}{dt}$ with time at No. 7 and No. 9 due to the stop of discharge of No. 2.

距離にある廃井 No. 7 および No. 9 で行なった。その結果を第 18 図に示した。

2. 測定結果から温泉帯水層の地層常数の算出

上記の測定を行なった弟子屈温泉地域の地下の状態は、第 8 図に示したように、地下深くから割れ目 PQ 伝いに上昇した温泉水が地表下 40~50 m 以下の新第三紀被圧帯水層内へ流入し、拡がっている構造である。

それで、水平で半無限の拡がりをもつ被圧帯水層の一端が鉛直な割れ目で切断されていて、この割れ目に沿って地下深くから温泉水の補給が充分であるため、割れ目上では温泉水は常に一定水頭 H に保たれている場合を考え、この帯水層の到る所でその厚さ、透水量係数 T 、貯溜係数 S は一様であるとする。この帯水層を貫通し割れ目から水平距離 b に揚湯井 A があり、定常状態となるまで充分長時間一定量 Q なる揚湯が行なわれていたが、時刻 $t=0$ で突然揚湯が停止されたとする。この揚湯井 A から r_1 の距離にある観測井 P においてその水頭 h の時間的変化を $t=0$ における P の水頭を基準として測定しこれを y とし、揚湯井 A の割れ目に対する対象点 A' と P を結ぶ線分の長さを r_2 とすれば、前報⁵⁾により

5) 福富孝治・他；山形県天童温泉の地球物理学的研究，北大地球物理学研報，18 (昭42)，23.

$$y = \frac{Q}{4\pi T} \left\{ W\left(\frac{Sr_1^2}{4Tt}\right) - W\left(\frac{Sr_2^2}{4Tt}\right) \right\} \quad (1)$$

で表わされる。但し、 W は井戸関数で

$$W(x) = \int_x^\infty \frac{e^{-x}}{x} dx \quad (2)$$

である。

(1) $\frac{r_2}{r_1}$ が 3 以上の値であれば、後に述べる転向点を越える t に対し (1) 式右辺第 2 項を無視して、次の式により帯水層の透水量係数 T および貯溜係数 S を求めること⁵⁾ができる。

$$T = 1.744 \times 10^{-2} \frac{Q}{y_0} \quad (3)$$

$$S = 6.98 \times 10^{-2} \frac{t_0 Q}{y_0 r_1^2} \quad (4)$$

$$\frac{t_0 \left(\frac{dy}{dt} \right)_0}{y_0} = 1.675 \quad (5)$$

また、これらの近似式を用いることの可否は (5) 式が近似的に成立するか否かによって確かめることができる。但し、 t_0 は水頭上昇曲線の転向点における t の値であるが、 $\frac{dy}{dt}$ が極大となる t の値である。 y_0 および $\left(\frac{dy}{dt} \right)_0$ は $t=t_0$ における y および $\left(\frac{dy}{dt} \right)$ の値である。

実測 VI-1-(1) の場合にはこれが適用できる。第 14 図によれば、 $t_0=16.5$ min, $y_0=0.325$ cm, $\left(\frac{dy}{dt} \right)_0=0.55 \times 10^{-3}$ cm/sec であるから、(3), (4) 式から $T=22.8$ cm²/sec, $S=57.1 \times 10^{-4}$, (5) 式の左辺の値は 1.673 となって (5) 式右辺の値とよい一致を示すので、この取り扱いが正しいことを示している。

(2) 次に、2つの揚湯井 A および B が引き続いてそれぞれ Q_A および Q_B なる量を継続して揚湯していた場合、同時に $t=0$ において揚湯停止をして後任意の t における観測井 P の水頭を与える式を求めると、

$$y = \frac{Q_A}{4\pi T} \left\{ W\left(\frac{Sr_{A1}^2}{4Tt}\right) - W\left(\frac{Sr_{A2}^2}{4Tt}\right) \right\} + \frac{Q_B}{4\pi T} \left\{ W\left(\frac{Sr_{B1}^2}{4Tt}\right) - W\left(\frac{Sr_{B2}^2}{4Tt}\right) \right\} \quad (6)$$

となる。但し、 r_{A1} および r_{B1} はそれぞれ揚湯井 A および B から観測井 P までの距離、 r_{A2} および r_{B2} はそれぞれ A および B の割れ目に対する対象点 A' および B' と P との距離である。

この場合も、 r_{A2}/r_{A1} および r_{B2}/r_{B1} が 3 以上の値であれば

$$y \approx \frac{Q_A}{4\pi T} \left\{ W\left(\frac{t_a}{t}\right) + \frac{Q_B}{Q_A} W\left(\frac{t_b}{t}\right) \right\} \quad (7)$$

$$\frac{dy}{dt} \approx \frac{Q_A}{4\pi T} \left\{ e^{-t_a/t}/t + \frac{Q_B}{Q_A} e^{-t_b/t}/t \right\} \quad (8)$$

$$\text{但し、} \quad t_a \equiv \frac{Sr_{A1}^2}{4T}, \quad t_b \equiv \frac{Sr_{B1}^2}{4T} \quad (9)$$

となり、転向点 (y_i, t_i) においては $\left. \frac{d^2y}{dt^2} \right|_{t=t_i} = 0$ であるから

$$\frac{Q_B}{Q_A} e^{-(r_{B1}^2/r_{A1}^2-1)\frac{t_a}{t_i}} \left\{ \frac{t_a}{t_i} \left(\frac{r_{B1}}{r_{A1}} \right)^2 - 1 \right\} = 1 - \frac{t_a}{t_i} \quad (10)$$

である。

$\frac{Q_B}{Q_A}$ と $\frac{r_{B1}}{r_{A1}}$ は既知であるから (10) 式から $\frac{t_a}{t_i}$ が求まり、 y の転向点における t_i と y_i を測定から求めると、(9) 式から $\frac{S}{T}$ の値がきまり、(7) 式から T の値が求められる理である。

測定 VI-1-(2) の場合に、温泉 No. 12 を A, No. 13 を B とし、No. 7 および No. 9 を P とすれば、 $Q_A=11.3$ l/min, $Q_B=6.6$ l/min, $r_{A1}=44$ m, $r_{B1}=69$ m は共通であって $\frac{t_a}{t_i}=0.821$ となり、第 16 図から No. 7 に対し $t_i=19.5$ min, $y_i=0.30$ cm, No. 9 に対し $t_i=23.0$ min, $y_i=0.12$ cm であるから、No. 7 については $S/T=1.98 \times 10^{-4}$ sec/cm², $T=16.4$ cm²/sec, $S=32.4 \times 10^{-4}$, No. 9 については $S/T=2.34 \times 10^{-4}$ sec/cm², $T=40.9$ cm²/sec, $S=95.7 \times 10^{-4}$ が求められた。

(3) 次に (1) の場合と他は同様であるが、揚湯停止前の揚湯継続時間が充分長時間ではなく有限時間 τ_0 であり、それ以前は充分長時間揚湯停止の状態であった場合を考える。

いま、再び揚湯停止をした時刻を時間の原点 $t=0$ とし、 $t \leq -\tau_0$ の停止状態にあった揚湯井 A から $-\tau_0 \leq t$ の時間に一定量 Q を揚湯したとき、 $t > 0$ である t における観測井 P の水位を $t \leq -\tau_0$ の水位 H を基準として測った水位低下を s_1 とすれば

$$s_1 = \frac{Q}{4\pi T} \left\{ W\left(\frac{t_1}{\tau_0+t}\right) - W\left(\frac{t_2}{\tau_0+t}\right) \right\} \quad (11)$$

$$\text{但し、} \quad t_1 \equiv \frac{Sr_1^2}{4T}, \quad t_2 = \frac{Sr_2^2}{4T} \quad (12)$$

で与えられる。

次に、 $t \geq 0$ では A から $-Q$ の揚湯を継続したとし、 t における P の水位の H からの低下を s_2 とおけば

$$s_2 = \frac{-Q}{4\pi T} \left\{ W\left(\frac{t_1}{t}\right) - W\left(\frac{t_2}{t}\right) \right\} \quad (13)$$

となる。

故に、 $t \leq -\tau_0$ では A の揚湯停止、 $-\tau_0 < t < 0$ で A から Q の揚湯、 $t \geq 0$ では再び揚湯停止という状態においては、 $t > 0$ なる t における観測井 P の水位の基準面 H からの低下は (s_1+s_2) で表わされる。

さて、 $t=0$ における観測井 P の水位を H からの低下 s_3 で表わすと、これは (11) 式に $t=0$ とおけば得られるから

$$s_3 = \frac{Q}{4\pi T} \left\{ W\left(\frac{t_1}{\tau_0}\right) - W\left(\frac{t_2}{\tau_0}\right) \right\} \quad (14)$$

である。故に、 $t=0$ における P の水位を基準として測った t における P の水位上昇 y は

$$y = s_3 - (s_1 + s_2)$$

$$\therefore y = \frac{Q}{4\pi T} \left[\left\{ W\left(\frac{t_1}{t}\right) - W\left(\frac{t_1}{\tau_0 + t}\right) + W\left(\frac{t_1}{\tau_0}\right) \right\} - \left\{ W\left(\frac{t_2}{t}\right) - W\left(\frac{t_2}{\tau_0 + t}\right) + W\left(\frac{t_2}{\tau_0}\right) \right\} \right] \quad (16)$$

で表わされる。

実測 IV-1-(3) の場合には揚湯井 A は No. 2, 観測井 P は No. 7 または No. 9 であり, $Q=133$ l/min, $\tau_0=185$ min, No. 7 は $r_1=62.6$ m, No. 9 は $r_1=92.0$ m である。No. 7 および No. 9 の観測水位変化 (第 18 図) において, 水位は $t=0$ で $y=0$ であるが, 時間経過につれて y は一旦低下し $t=t_3$ で極小値 y_3 となり, 以後は上昇して $t=t_4$ で再び $y=0$ となっている。これらの値は

$$\text{No. 7; } t_3 = 31 \text{ min, } y_3 = -0.85 \text{ cm, } t_4 = 100 \text{ min}$$

$$\text{No. 9; } t_3 = 37 \text{ min, } y_3 = -0.74 \text{ cm, } t_4 = 100 \text{ min}$$

である。

いま,

$$\left. \begin{aligned} f(t) &\equiv W\left(\frac{t}{t_4}\right) - W\left(\frac{t}{\tau_0 + t_4}\right) + W\left(\frac{t}{\tau_0}\right) \\ F(t) &\equiv e^{-t/t_3}/t_3 - e^{-t/(\tau_0 + t_3)}/(\tau_0 + t_3) \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

とおけば

$$F(t_1) = F(t_2) \quad (18)$$

$$f(t_1) = f(t_2) \quad (19)$$

なる関係があるから, (18) 式と (19) 式を同時に満足する t_1 と t_2 の値を求めれば, (12) 式から S/T の値と r_2 の値が求められる理である。また, t_3 と y_3 の値を (16) 式に代入すれば T の値したがって S の値もきまる。このような方法を用いて次の結果を得た。

$$\text{No. 7; } S/T = 4.31 \times 10^{-4} \text{ sec/cm}^2, T = 15.8 \text{ cm}^2/\text{sec}, S = 68.0 \times 10^{-4}$$

$$\text{No. 9; } S/T = 2.32 \times 10^{-4} \text{ sec/cm}^2, T = 19.8 \text{ cm}^2/\text{sec}, S = 46.0 \times 10^{-4}, r_2 = 292 \text{ m}$$

No. 9 に対して得られた r_2 の値を用い, 弟子屈温泉で温度の最も高い No. 21 を通るように割れ目の位置を求めると第 17 図中 XY のようになる。この位置は第 4 図から求めた PQ と大略一致している。

(3) 以上に得られた 3 測定の結果を纏めて示せば第 3 表のようになる。

3. 考 察

弟子屈温泉における温泉水を含む被圧帯水層の諸常数は第 3 表に示したが, この値を本邦の他の温泉地域の値と比較するために, 第 4 表にこれらの値を示した。

第 3 表 弟子屈温泉の被圧帯水層の諸常数

Table 3. Constants of the confined aquifer in Teshikaga hot springs locality.

揚湯井 Pumping well	観測井 Observation well	透水量係数 Transmissibility T (cm^2/sec)	貯溜係数 Storage constant S (-)	S/T (sec/cm^2)	備考 Note
No. 2	No. 7	15.8	68.0×10^{-4}	4.31×10^{-4}	— $r_2 = 292 \text{ m}$
	No. 9	19.8	46.0×10^{-4}	2.32×10^{-4}	
No. 12 & No. 13	No. 7	16.4	32.4×10^{-4}	1.98×10^{-4}	
	No. 9	40.9	95.7×10^{-4}	2.34×10^{-4}	
No. 29	No. 28	22.8	57.1×10^{-4}	2.50×10^{-4}	
	No. 23	23.2	57.1×10^{-4}	2.46×10^{-4}	
平	均	23.1	59.4×10^{-4}	2.65×10^{-4}	

第 4 表 本邦の温泉地における被圧帯水層の諸常数

Table 4. Constants of the confined aquifer in several hot spring localities in Japan.

温泉地域 Hot spring locality	温度 Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	透水量係数 Transmissibility T (cm^2/sec)	貯溜係数 Storage constant S (-)	S/T (sec/cm^2)	測定者 Name of observer
Nakagawa (Kanagawa Pref.)	40	5.28	0.90×10^{-4}	1.70×10^{-5}	Ogino & others ⁶⁾
Tendo (Yamagata Pref.)	56~65	34.2 (7)	4.87×10^{-4} (7)	1.42×10^{-5}	Fukutomi & others ⁵⁾
Higashine (Yamagata Pref.)	58~65	35.8 (4)	1.31×10^{-4} (4)	0.37×10^{-5}	Urakami & others ⁷⁾
Western part of Takeura (Hokkaido)	41~52	5.9	0.38×10^{-4}	0.65×10^{-5}	Fukutomi & others ⁸⁾
Teshikaga (Hokkaido)	34~98	23.1 (6)	59.4×10^{-4} (6)	26.5×10^{-5}	Fukutomi & others

N.B. T, S の欄の括弧内の数字は平均した測定数

すなわち、弟子屈温泉の値は他の温泉地の値と比較して、透水量係数 T は同程度であるが、貯溜係数 S の値が非常に大きく、したがって S/T の値も非常に大である。被圧帯水層における井戸周辺の地下水流動の基礎方程式 (r は井戸の中心軸からの水平距離, h は水頭)

$$\frac{S}{T} \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} \quad (20)$$

において、 $\frac{S}{T}$ の値が非常に大きいことは、流動が定常状態に達するまでに長い時間を要することを意味する。(20) 式の解である (1) 式において、 t が充分大であれば

- 6) 荻野喜作・他；中川温泉の水理学的考察，神奈川県温泉研究所報告，5 (昭 42)，35。
 7) 浦上晃一・他；山形県東根温泉の調査，北大地球物理学研究報告，22 (昭 44)，9。
 8) 福富孝治・他；北海道白老町虎杖浜・竹浦地域の温泉調査報告，北大地球物理学研究報告，24 (昭 45)，47。

$$y \simeq \frac{Q}{4\pi T} \left\{ \log_e \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 - \frac{t_1}{t} \left(\frac{r_2^2}{r_1^2} - 1 \right) \right\} \quad (21)$$

となり、更に t が大きい y の究極値を y_0 とおけば

$$y_0 = \frac{Q}{4\pi T} \log_e \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 \quad (22)$$

となる。いま $y = ky_0$ (但し $k < 1$) となる t を t_k とおけば

$$\frac{t_k}{t_1} = \left\{ \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 - 1 \right\} / (1-k) \log_e \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 \quad (23)$$

である。

$k=0.99$, すなわち水頭 y がその定常値 y_0 の 99% に達するに要する時間 t_k を弟子屈温泉の場合について求めてみよう。

揚湯井を No. 2, 観測井が No. 9 の場合を例にとると, $r_1=92$ m, $r_2=292$ m であるから (23) 式から $t_k/t_1=397$ となり, $S/T=2.65 \times 10^{-4}$ sec/cm² を用いると (12) 式から $t_1=1.56$ 時となり結局 $t_k=25.8$ 日となる。このように, 弟子屈温泉の場合, 揚湯を開始したり停止したりした場合, 付近の温泉への影響が定常的になるには 20~30 日という長い時間がかかるのである。

このように長時間後に到達する水頭上昇の究極値 y_0 は (22) 式で与えられるが, 前記の例の場合には, $Q=133$ l/min であるから $T=23.1$ cm²/sec を用いれば $y_0=18$ cm になる。

観測井の半径を r_0 , 割れ目までの距離を b_0 とおけば, 静止水頭上昇 y_0 に伴い, 自噴井であれば

$$4Q_0 = 4\pi T y_0 / \log_e \left(\frac{2b_0}{r_0} \right)^2 \quad (24)$$

で示される湧出量増加 $4Q_0$ が生ずる。揚湯井から割れ目までの距離を b とすれば, (24) 式と (22) 式とから

$$4Q_0/Q = \log_{10} \left(1 + \frac{4bb_0}{r_1^2} \right) / \log_{10} \left(\frac{2b_0}{r_0} \right)^2 \quad (25)$$

となり, $4Q_0/Q$ は揚湯井が観測井に及ぼす湧出量の影響度⁹⁾ である。

$b=b_0$ として, 前例の場合 ($r_0=4.0$ cm, $b=165$ m) を求めてみると $4Q_0=17.0$ l/min, $\frac{4Q_0}{Q}=0.13$ となる。

第 5 表は $b=b_0$, $r_0=5.08$ cm の場合, 湧出量の影響度 $4Q_0/Q$ が温泉間の距離 r_1 と割れ目までの距離 b によって如何に変わるかを示したものである。

弟子屈温泉の帯状分布の幅は 150 m 以下であるから b も多くは 150 m 以下であるから湧出量の影響度は大きくて 20% 程度であろう。揚湯井の湧出量を 100 l/min とすれば影響量 $4Q_0$ は大きくて 20 l/min ということになる。しかし, 弟子屈温泉ではおよそ半数は 20 l/min 以下の

9) 福富孝治; 被圧層状温泉における相互影響と枯渇現象の理論的研究, 北大地球物理学研究報告, 15 (昭 41), 38.

第 5 表 湧出量の影響度 $\frac{\Delta Q_0}{Q}$ の値の b および r_1 による変化
($b=b_0, r_0=5.08 \text{ cm}$) の場合

Table 5. Interference factor $\frac{\Delta Q_0}{Q}$ due to change of mutual distance r_1 and of length of perpendicular b . from the hot spring to the fracture

r_1 (m) \ / b (m)	50	100	150	200	300
50	0.11	0.05	0.03	—	—
100	0.17	0.10	0.06	0.04	0.03
150	0.21	0.14	0.09	0.06	0.04
200	0.23	0.16	0.12	0.09	0.06
300	0.27	0.20	0.16	0.13	0.08

湧出量または揚湯量の温泉であるので近くに多量の揚湯をする温泉ができると非常に影響を受けるのである。

VII. 枯 渴 現 象

1. 弟子屈温泉

弟子屈温泉についての前回と今回の調査結果を比較すると、約 8 年間に温泉の湧出状況にかなりの変化が認められる。すなわち、第 6 表から判るように、湧出量または揚湯量は大体同程度であるのに天然湧出泉や削井による自噴井の数が減少し、削井であるが自噴しない温泉の数と廃井の数が増加している。また、両回共実測値のある 14 口の湧出温度の値を第 1 表から比較すると温度が低下している温泉数 12, 上昇している温泉数 2, これらの温度差を平均すると 6.5°C の温度低下という結果になる。さらに、最も温泉分布密度の大きい湯の島地区の温泉

第 6 表 昭和 36 年 9 月と昭和 40 年 10 月における弟子屈温泉の湧出状況の比較

Table 6. Comparison of the discharge condition of Teshikaga hot springs in October, 1969 with that in September, 1961.

調 査 年 月 日 (Date)	昭和 36 年 9 月 2~4 日 (September 2~4, 1961)	昭和 44 年 10 月 1~4 日 (October 1~4, 1969)
湧出または揚湯による総量 (Total discharge rate)	734 l/min	744~608 l/min
天然湧出温泉数 (Number of natural hot springs)	4	1
削井により自噴する温泉数 (Number of flowing wells)	12	5
削井であるが自噴しない温泉数 (Number of un-flowing wells)	20	18
廃井 (Abandoned wells)	—	10
計 (Total)	36	34

No. 7 は、前回においては微量の自噴を行っていたが、今回は湧出口下 184 cm まで静止水頭が降下して廃井状態になっていた。

これらの事実は弟子屈温泉においては枯渇現象がかなり進行していることを示している。

2. 鎧別温泉

鎧別温泉については削井数の増加に伴い湧出量および揚湯量も倍増（前回の総量 143 l/min, 今回は 376 l/min）しているのに、現在も前回同様に天然湧出泉が 3～4 口存在し、削井による自噴井も削井総数のおよそ半数を占めている。また、両回の湧出温度を比較すると、6 口の内の 4 口が温度低下、2 口が上昇しているがそれらを平均するとむしろ 0.9°C の温度上昇となっている。

したがって、鎧別温泉については枯渇現象はあまり進行していないと考えられる。

VIII. 謝 辞

本調査に際して弟子屈町当局の多大のご協力と北海道標茶保健所の衛生課長田尾民男氏と衛生係長白川博久氏のご助力をいただいた。また No. 6 の削井資料は河田英氏のご好意によって掲げることができた。さらに本報告の図は三浦カヲル嬢の手を煩わした。ここに記して厚く謝意を表する次第である。

2. On Some Geophysical Investigations on Teshikaga and Tobetsu Hot Springs in Eastern Hokkaido

By Takaharu FUKUTOMI, Koichi URAKAMI, Hideo MIYOSHI,
Masayori KAWAMURA, Yasuo SAKURA, Yoshiaki SEGAWA,
Shunichi MAEDA and Takatoshi TAKIZAWA

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

The hot springs of Teshikaga and Tobetsu, situated in a distance of 15 km southwestward from Kuccharo Lake in Eastern Hokkaido, have respectively 36 and 13 orifices of hot springs (Fig. 1), temperature of which are 26°~98°C. Some geophysical investigations, including especially measurements of the mutual interference among hot springs for the former and those of the underground temperature distribution at a depth of 1 m and of the geoelectric potential for the latter, were carried out by the writers in October, 1969.