



Title	十勝川温泉の地球物理学的調査
Author(s)	浦上, 晃一; URAKAMI, Koichi; 大槻, 栄 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 35, 61-73
Issue Date	1976-06-30
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.35.61
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14061
Type	departmental bulletin paper
File Information	35_p61-73.pdf



十勝川温泉の地球物理学的調査

浦上晃一・大槻 栄・三好日出夫
小泊重能・大友和雄・佐倉保夫
太井子宏和・内田和隆・池田隆司
陶山秀明

北海道大学理学部地球物理学教室
(昭和50年12月11日受理)

Geophysical Investigation on Tokachigawa Hot Springs in Eastern Hokkaido

By Koichi URAKAMI, Sakae OTSUKI, Hideo MIYOSHI,
Shigeyoshi KODOMARI, Kazuo OTOMO, Yasuo SAKURA,
Hirokazu TAISHI, Kazutaka UCHIDA, Ryuji IKEDA,
and Hideaki SUYAMA

Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University
(Received December 11, 1975)

A geophysical investigation on Tokachigawa Hot Springs was carried out from October 15 to 23 in 1971.

The results are summarized as follows:

(1) Several aquifer layers are inferred by electrical resistivity sounding surveys and by the measurements of vertical temperature in wells.

(2) The highest temperature area, which is deduced from the measurements of underground temperature at 1 m depth, is located in the hot spring region, whereas higher temperature zone distributes in the area around the highest temperature region and over western parts of the area.

(3) The temperature of discharged hot water shows 40°C at the center parts of the hot spring region and 20°C in the western area away from the hot spring region.

(4) From pumping tests, storage and transmissibility coefficients of the hot water aquifer are calculated to be 4.33×10^{-4} , 9.6 cm²/sec, respectively.

I. 序 言

十勝川温泉は帯広から東方へ約 11 km, 池田から西方へ約 12 kmで, 十勝川中流域の左岸の海拔約 30 m の段丘上に, 泉温 26~44.9°C, 弱アルカリ性で多少褐色を呈した温泉水を湧出してい

る。なお、対岸の山麓には幕別温泉，土幌川の支流長流枝内川沿に筒井温泉がある (Fig.1)。

十勝川温泉については，すでに地質学，地球物理学，地球化学の各分野で専門的な調査が数多く実施されている。著者らは北海道の依頼により昭和46年10月15日～23日にわたって，地球物理学的調査：各泉源の湧出温度・湧出量・ Cl^- 濃度の測定・1m深地温の測定・比抵抗法による電気探査・管中水温の鉛直分布の測定・揚湯試験による泉源間の相互影響等の調査を実施した。本報告はこれらの結果をまとめたものである。

II. 地質の概略

十勝川温泉附近は，新第三紀の池田層，第四紀の帯広層，段丘砂礫層が分布している。池田層は頁岩，砂岩及びその互相を主とし，しばしば亜炭層を夾在することが特徴である。頁岩には砂質や凝灰質のものもあり，砂岩には凝灰質のものもある。帯広層は，礫層を主とし砂層を夾在している (鈴木ほか，1956)。

III. 調査結果

1. 一般調査

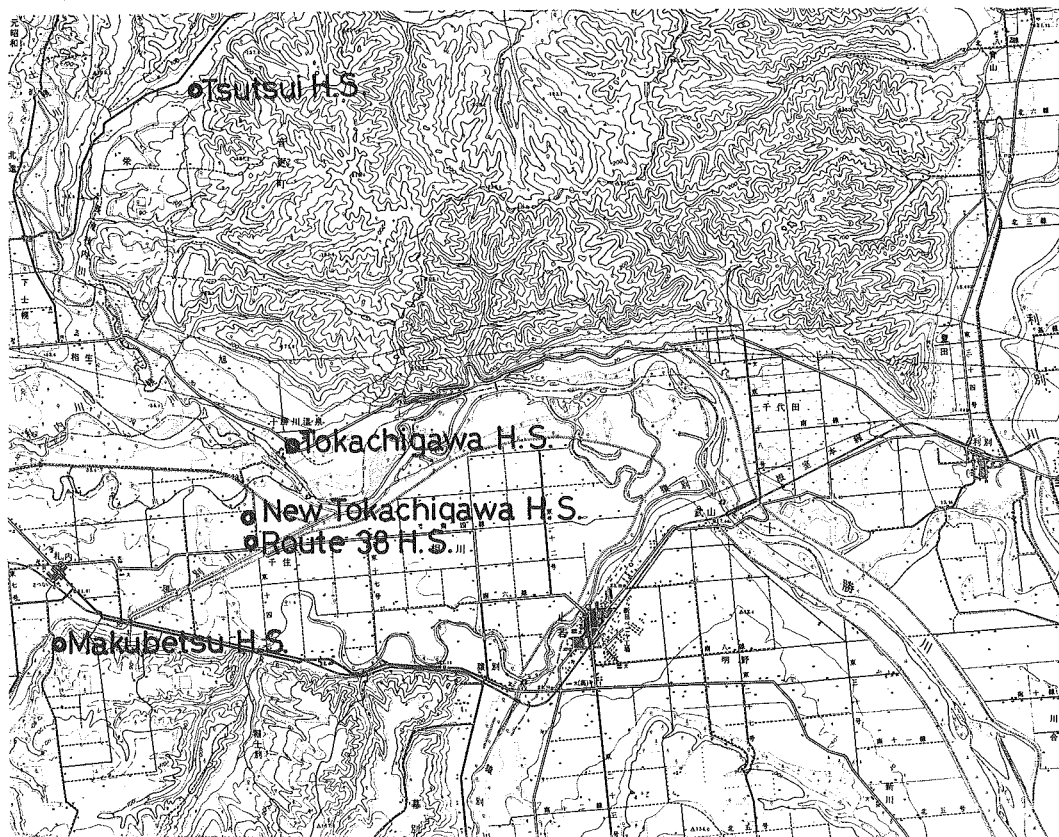


Fig.1. Topographical map of neighbourhood of Tokachigawa hot Springs.

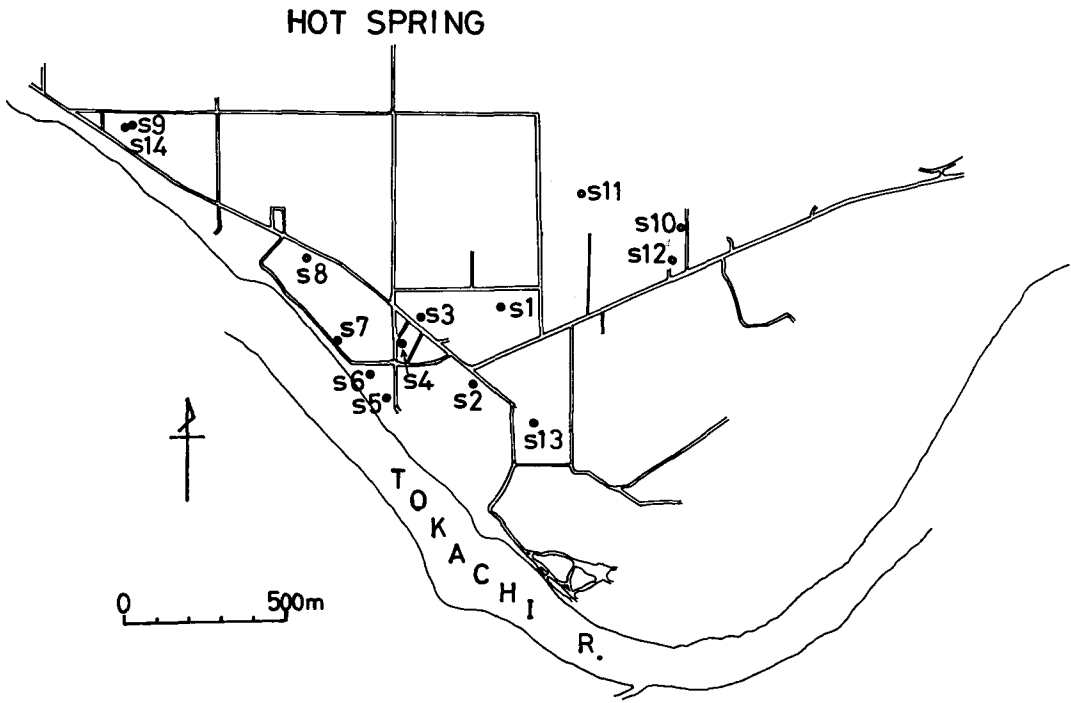


Fig.2. Geographical map of hot springs at Tokachigawa region.

Fig.2. に示した各泉源について、湧出温度，湧出量，Cl⁻含有量を測定した(Table 1).

Table 1. Results of investigation (Hot springs).

No.	井戸所有者	口径	温度	全開湧出量	Cl ⁻ 含有量	推定使用量	使用の現況
S 1	13 笹井ホテル		44.9°C	405.0ℓ/min	50.3 ^{mg} /ℓ	318ℓ/min	自噴
S 2	14 大平原観光ホテル	200mm	43.7	203.0	59.6	180	〃
S 3	18 雨宮館	100	43.6		24.5	150	〃
S 4	17 富士ホテル		42.0	62.1	13.3	60	〃
S 5	15 観月ホテル	75	43.0	163.0	13.0	130	〃
S 6	16 温泉ホテル	100	45.0		17.3	237	動力
S 7	29 第一ホテル	100+30	40.5	92.8	16.7	95	自噴
S 8	1 音更町営農		27	19.4	23.7		〃
S 9	3 簡易保険センター	100	26	169.5	15.6	200	〃
S 10	28 長谷川	100	42.3		764.8		動力
S-14	30 簡易保険2号				33.5		
S 15	21 筒井2号井		27.0	32.6	11.5		自噴
S 16	22 筒井1号井	80	31.5	632	21.6	610	〃
S 17	23 筒井3号井		21.7		6.3		動力
S 18	24 幕別温泉ホテル	100	33.7		8.6	250	
S 19	25 ルート38		21.0		40.2	25	自噴
S 20	26 ニュー十勝川温泉	100	25.0	16.6	29.3	460	〃

Table II. Results of investigation (Shallow groundwater).

	No.	井戸所有者	温度	全開湧出量	Cl ⁻ 含有量	使用の現況
W 1	2	平凡 荘	14.0°C		10.1 mg/l	動力
W 2	4	大塚 次郎	18.3	53.0 l/min	19.2	自噴
W 3	5	大野 輝雄	20.7	38.9	35.7	〃
W 4	6	中村 みね子	12.0		6.7	動力
W 5	7	遠藤 良忠	11.3		35.8	〃
W 6	8	番田 芳夫	10.0		73.5	〃
W 7	9	大野 政光	10.0		18.4	〃
W 8	10	大野 永一	9.8		26.3	〃
W 9	11	小林 正記	12.8		26.7	〃
W 10	12	湧 水	10.4		4.2	
W 11	20	棚橋 澄男	12.3		11.3	動力

各泉源とも被圧状態にあり、一部を除き自噴している。S1の湧出温度が44.9°Cと最も高い。十勝川温泉 (S10を除く) と、幕別温泉とを結ぶ線上にある泉源、及び筒井温泉は、同質の温泉であって、Cl⁻含有量が極めて少なく温泉水は特徴的な褐色を呈している。S10は、深度600mと深く化学成分が極めて高濃度で、他の泉源とは異質のものである。

浅層地下水についても温泉水と同様の測定を行ない、Table IIにその結果を示した。

Fig.3は浅層地下水の湧出温度の分布図であるが、山側の段丘上に10°C以下の最も低温な地域があり、十勝川方向に向かって温度が増加している。また西側に高温な地域が広範囲に分布している。

Fig.4に、温泉水及び浅層地下水の湧出温度とCl⁻含有量の関係を示す。

2. 電気探査

Fig.5に示される地点で、4極法(シュランベルジャー法)による比抵抗探査を行なった。測線は片側300~700m,大部分の測線は400mに取った。解析結果(Fig.6)から、十勝川温泉附近では薄い表土の下に、第2層として比抵抗値の比較的大きい地層が深度7.8~27mまで存在し、これをボーリングの結果と対応して砂層を夾在する礫層と推定した。第3層は、第2層よりやや比抵抗値が小さく地域全般に

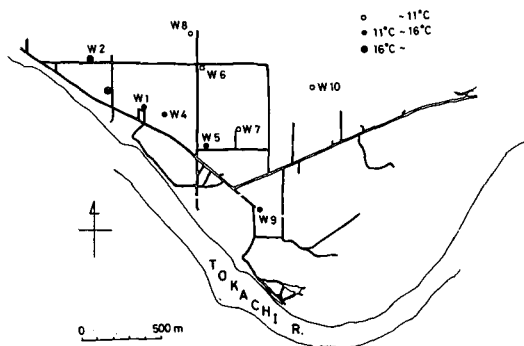


Fig.3. Horizontal temperature distribution of shallow groundwater.

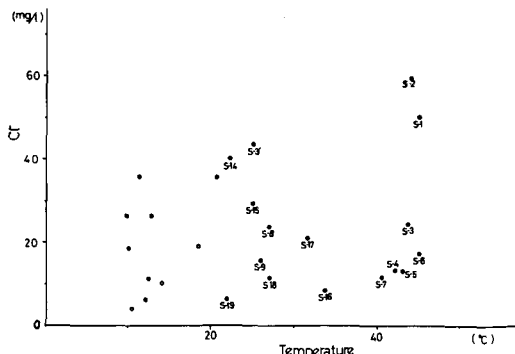


Fig.4. Relationship between temperature and Cl⁻ content of hot water (●) and shallow groundwater (○).

分布する池田層と考えられる。第4層として、小さな比抵抗値10~20Ω-mを示す地層が存在する測点が多く、これらの地層は水分を多量に含む帯水層であろう。

3. 管中水温の鉛直分布

Fig.7は、S12およびS13における管中水温の鉛直分布である。これらの井戸は長時間放置されているので、その分布は地中の温度分布と等しいと考えてよい。S12での温度分布は深度50m

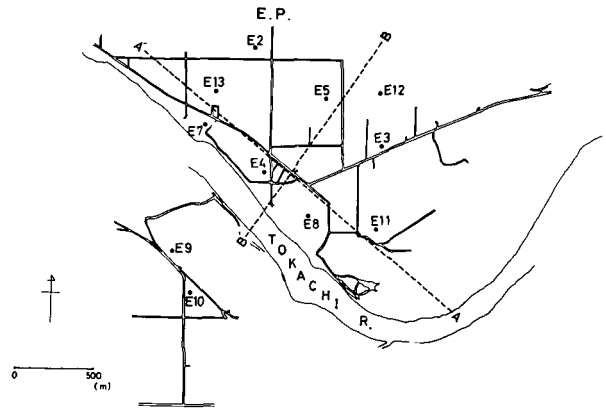


Fig.5. Distribution map of electrical resistivity sounding survey.

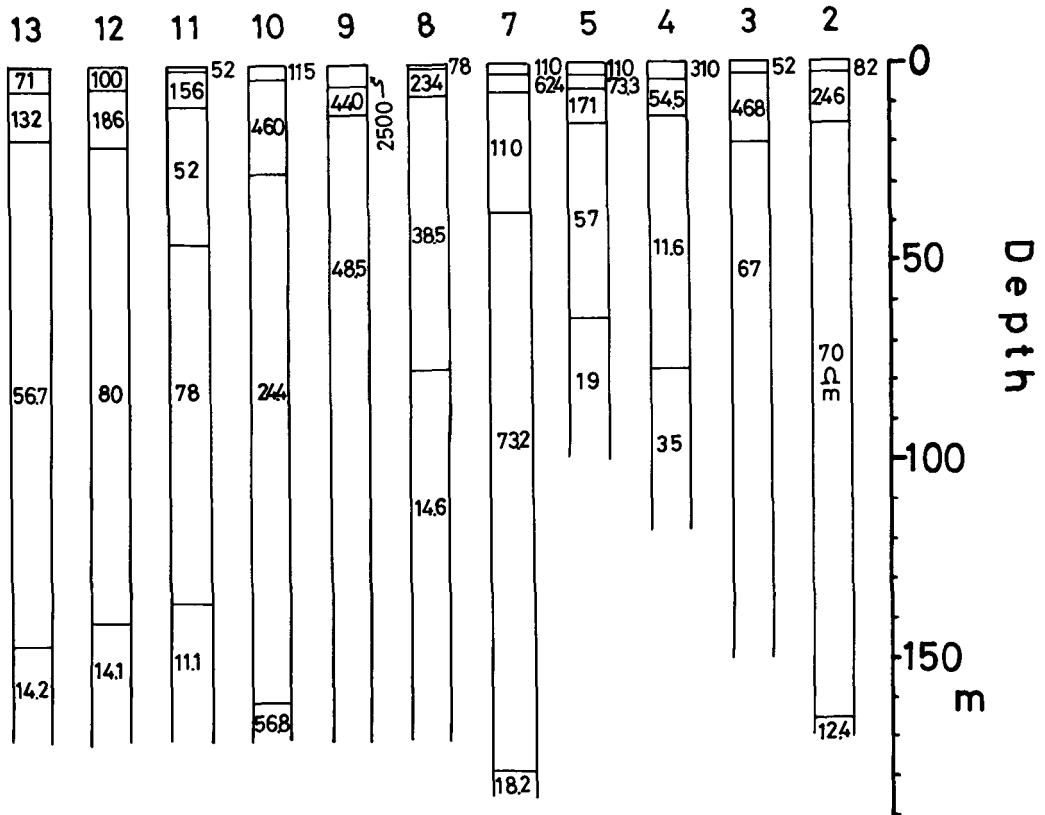


Fig.6. Results of electrical resistivity sounding analysis.

までは直線的に増加し、50~70mでは変化がほとんどなく、70m以深では直線的に増加している。帯水層では、地下水または温泉水の流動のため温度変化が小さい場合が多く、S12の50~70mの地層は帯水層と判断される。S13では、深度75m付近までは温度の上昇が極めて小さく帯水層と推定され、さらに120mまでの地層では滑らかな曲線的分布を示しているが、恐らく上層よりや

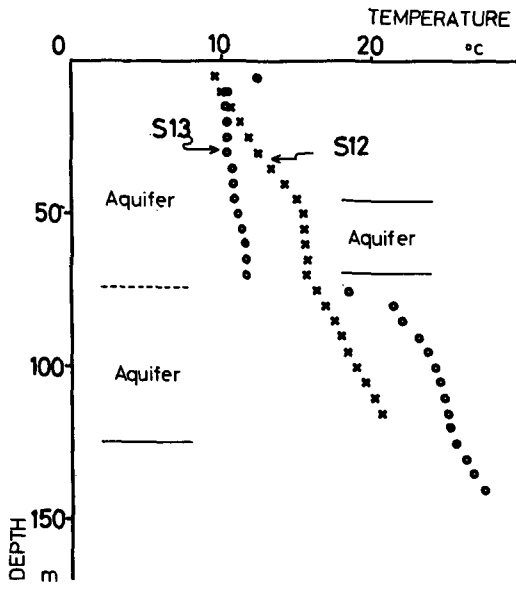


Fig.7. Vertical temperature distribution in well (S12, S13).

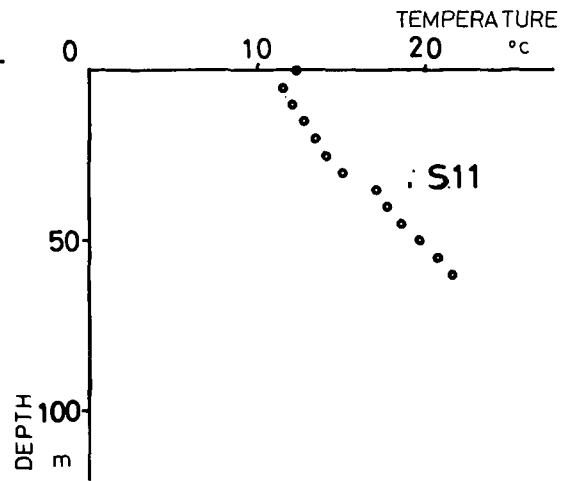


Fig.8. Vertical temperature distribution in well (S11).

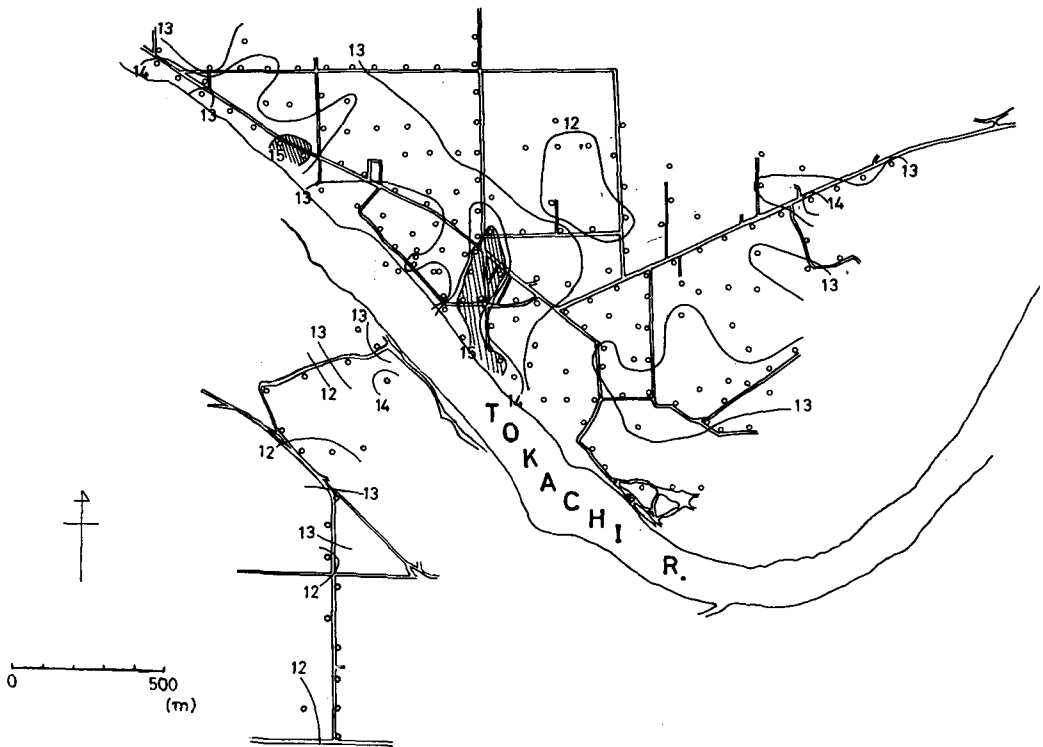


Fig.9. Horizontal distribution of underground temperature at 1-m depth.

や高温な水を含む帯水層であって両者の境界ではこのような温度分布を示すのであろう。

Fig.8のS11の分布では、温度が直線的に増加し優勢な帯水層は見られない。

4. 1 m深地温分布

Fig.9に示される温泉湧出地域及びその周辺の地域において、1 m深地温の測定を行なった。図中の○印が測点の位置である。15°C以上の最も高温な部分は泉源密集地域にあり、や、高温な部分が西側の広い範囲にわたって存在する。山側の段丘上では12°C以下の低温であった。対岸すなわち十勝川右岸では全般的に低い値を示した。また、局所的に高温な部分、例えば地域西方にある15°C以上の場所、東方のや、高温な地域等は、温泉排水または温排水を水田に引水しているためと思われる。1 m深地温の分布状態は、浅層地下水の温度分布と同一の傾向を見せる。

5. 温泉水の分布

十勝川温泉地域の地中温度は深度とともに増加し、S1は深度93mで44.9°C、S2～S7は深度160～200mで40.5～45°Cの温泉水を湧出している。この深度に達するまでの地層は、上部に砂礫堆積層、その下部に池田層があって、地質柱状図からも何層かの帯水層の存在が考えられる。したがって中心部に於いては、下層に40°C以上の温泉水があって、上層では浅くなるにつれて低温となるような温泉水が存在するであろう。

Fig.5のA-A'断面およびB-B'断面に投影した鉛直断面での温泉水の分布を調べてみる。Fig.10およびFig.11に、管中水温の鉛直分布、電気探査の結果から推定した帯水層の位置(太い実線)、

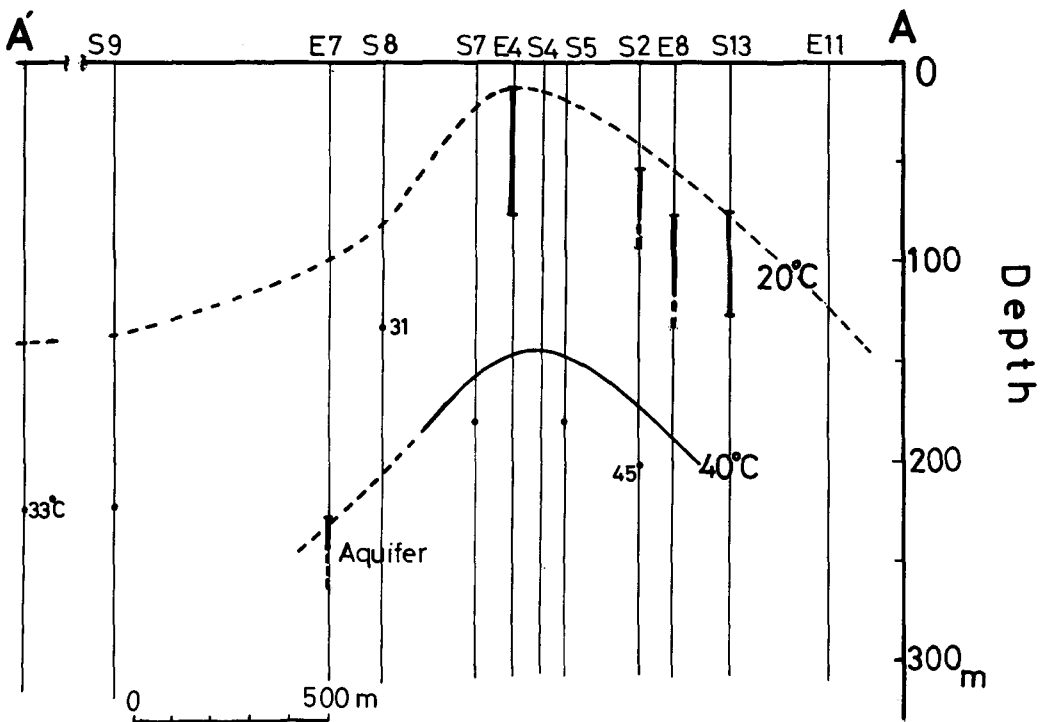


Fig.10. Vertical temperature distribution of hot spring water along the section A-A' in Fig.5.

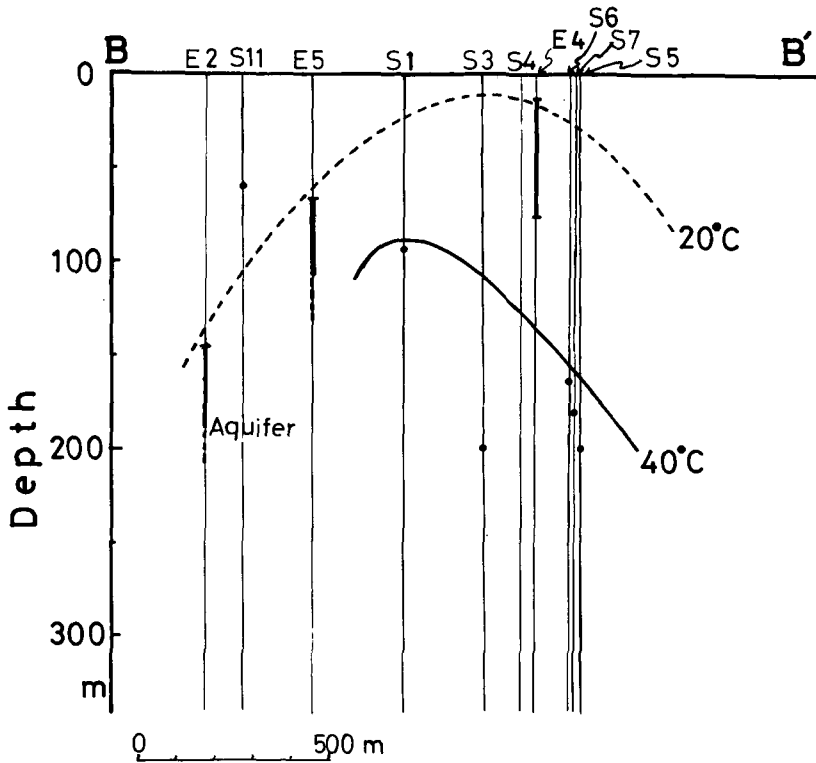


Fig.11. Vertical temperature distribution of hot spring water along the section B-B' in Fig.5.

各泉の深度（・印）および湧出温度等から推定した40°C, 20°Cの温泉水の存在する範囲を示した。

Fig.12に、十勝地方の深層地下水の温度分布を示したが、十勝川温泉を含む広範な地域で高い温度を示し、これらの地域では、比較的浅い部分に20~30°Cの温泉水が存在する可能性が強い。

6. 影響調査

Fig.13は、S13において10月20~22日の3日間観測した静止水頭の変化であるが、15~18時で最大値を、また24時前後で最小値を取る日変化を示している。この原因として、(1)温泉水の揚湯量の変化、(2)浅層地下水の揚水量の変化、(3)大気圧の変動、(4)浅層地下水の流入していると考えられる河川水位の変化等が考えられる。帯広で観測された大気圧の変動、および調査期間中十勝川で測定した水位変化は極くわずかであり、顕著な日変化は見られない。10月21日は温泉水をほぼ一定量揚湯していた。したがって日変化の主な原因は、一般家庭用に使っている浅層地下水量の変化であろう。20日の変動は他に比べ大きく、温泉揚湯量の変化による影響も加わったものと考えられる（20日、21日はS13の近くにある泉源の一部の揚湯を一時停止させた）。

Fig.14~16は、S7の揚湯を停止させ2~3時間経過後、さらに他の泉源の揚湯を停止してその影響を調べたものである。湧出口での圧力が高いので水銀マンノメーターを用い測定した。S7の自噴を停止させかなり長時間経過した後でも水圧は一定値に達せず上昇を続け、Fig.14を除き他泉

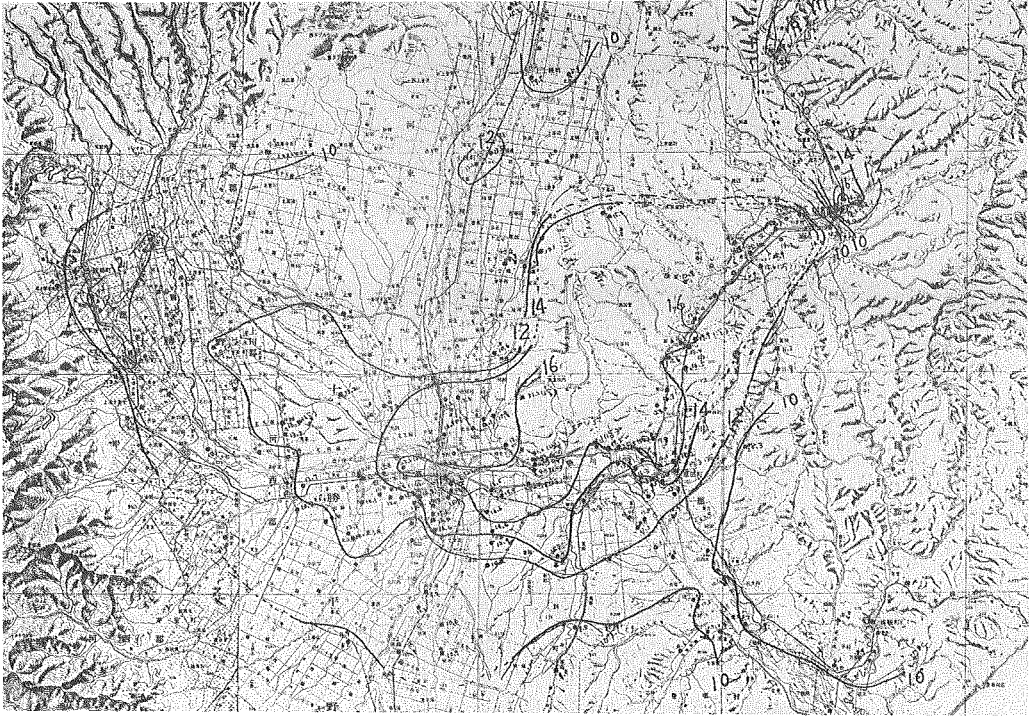


Fig.12. Horizontal temperature distribution of deep groundwater

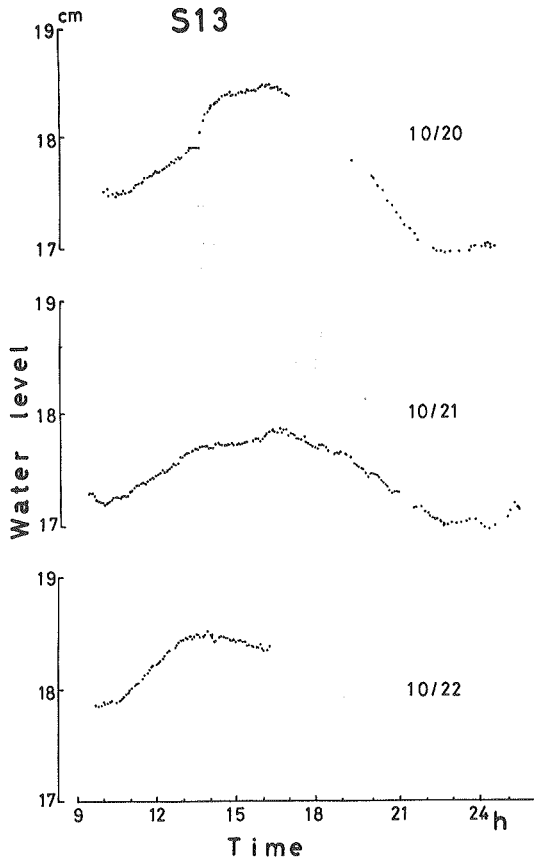


Fig.13. Change of water level at observation well S13. (20~22, Oct., 1971)

源の揚湯を停止したときの影響が明らかでない。しかし、Fig.15およびFig.16を見ると、他泉源の揚湯停止時を境にして水圧上昇率がわずかに増加している。そこで、S7の停止時($t=0$)を基準にとって、他の泉源を停止させるまでの水圧変化を時間(t)の逆数の巾級数の多項式で近似し(係数は最小自乗法を用い決定した)、 t の大きい部分まで外挿し観測値との差をとると、Fig.15, 16の枠内のようなになる。またFig.14ではS6を停止させたときのS7の水圧は一定と見なした。

透水量係数 T 、貯留係数 S が一定であるような無限に拡がった被圧帯水層の底まで達する泉源があって、時間 $t=0$ でその湧出量 Q を停止したとき、距離 r 離れた水位上昇 y は、

$$y = \frac{Q}{4\pi T} (-0.5772 - \ln U) \quad (1)$$

と近似できる。ここで U は

$$U = \frac{r^2 S}{4 T t} \quad (2)$$

である。

S7の水圧 y と $\log t$ の関係(Fig.17)から、(1)および(2)式を用いると T が決定でき、3個の平均値は $9.1 \text{ cm}^2/\text{sec}$ であった。

この他、井戸関数 $w(u) = \int_u^\infty e^{-u}/u \, du$ の特性を用い T および S を決定する方法があって、

$$\left. \begin{aligned} T &= 1.74 \times 10^{-2} \frac{Q}{y_0} \quad \text{cm}^2/\text{sec} \\ S &= 6.98 \times 10^{-2} \frac{t_0 Q}{y_0 r^2} \quad \text{cm}^2/\text{sec} \end{aligned} \right\} (3)$$

なる関係がある。こゝで y_0 は dy/dt が極値となる時間 t_0 での y の値である。今回S7を停止した瞬間の水圧が測定できなかったので、Fig.14のS6を停止させたときの水圧変化を用

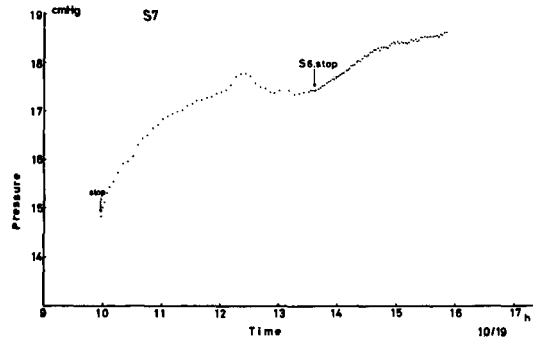


Fig.14. Change of water pressure at observation well S7. The discharge of S6 was stopped in the midst of observation.

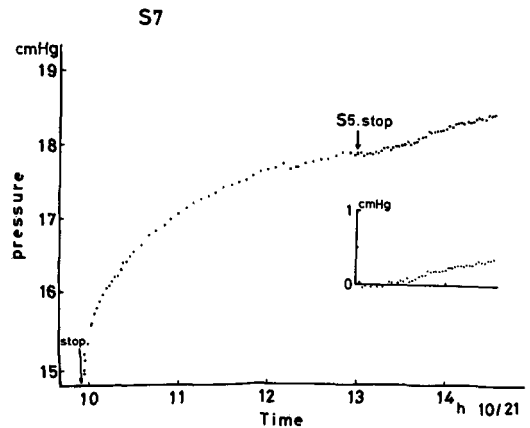


Fig.15. Change of pressure head at observation well S7. The discharge of S5 was stopped in the midst of observation.

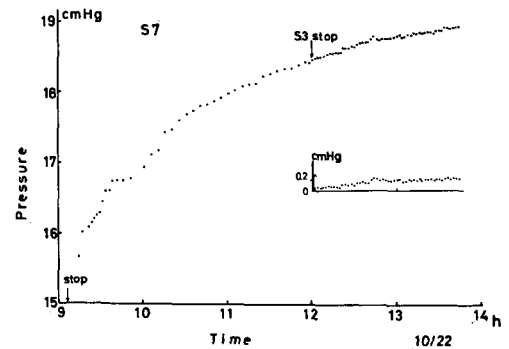


Fig.16. Change of pressure head well S7. The discharge of S3 was stopped in the midst of observation.

い(3)式から、 $T=10.1\text{cm}^2/\text{sec}$ 、 $S=4.33\times 10^{-4}$ を求めた。なお、S6を停止したとき $t=0$ 、 $y=0$ として観測結果をさらにsmoothingして y_0 、 t_0 を決定した(Fig.18)。

次に定常状態の理論を用い泉源相互間の影響を調べた。いま透水量係数が一定なる帯水層中に n 個の泉源があり、その湧出量をそれぞれ $Q_1, Q_2, \dots, Q_i, \dots, Q_n$ とすると

$$Q_i = Q_{i0} - k_{i1} Q_1 - \dots - k_{ij} Q_j - \dots - k_{in} Q_n \quad (4)$$

なる関係がある。 Q_i は他の泉源がないとした場合の i 番目の泉源の湧出量である。福富・高橋(1964)は k_{ij} を泉源 i に及ぼす泉源 j の影響度と定義し

$$k_{ij} = \frac{\log\left(\frac{r_{ij}}{R}\right)}{\log\left(\frac{r_{wi}}{R}\right)} \quad (5)$$

となることを示した。ここで r_{ij} は泉源 i 、泉源 j 間の距離、 r_{wi} は泉源 i の孔径、 R は円で近似した影響圏の半径である。

帯広保健所によって昭和35年5月から測定された十勝川温泉の各泉源の湧出量 (Table III) をもとに、最小自乗法を用いて影響度を計算した。S1は自然な状態で自噴しているが、他の泉源は湧出量を規制したり、また湧出の状況が不明の場合が多かったので、S1に対する影響度を求めたにとどめた。結果は $k_{12} = 0.134$ 、 $k_{13} = -0.018$ 、 $k_{15} = -0.154$ 、 $k_{16} = 0.029$ 、 $k_{17} = 518.2 \text{ l/min}$ である。なお、S1の湧出量が Q_1 となるごとく、添字 i は S_i に対応する。

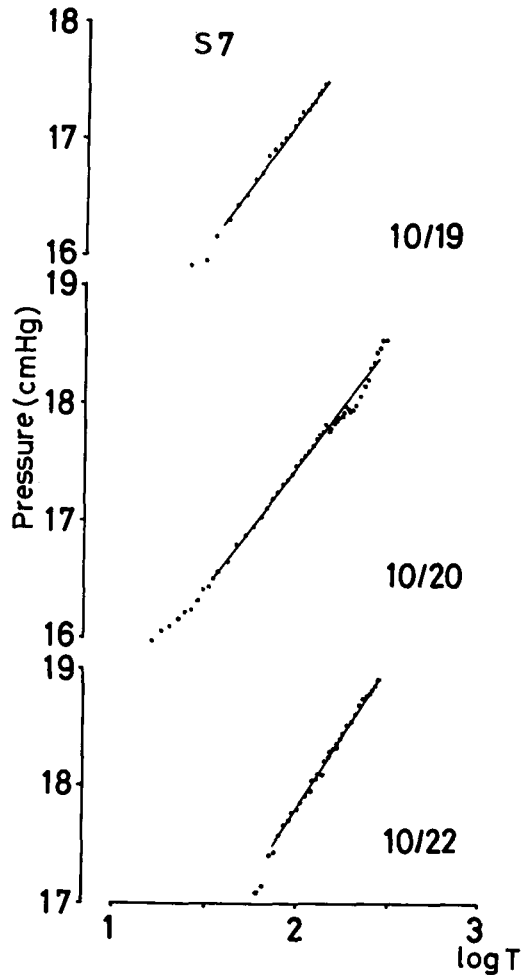


Fig.17. Relationship between pressure head and $\log t$ at observation well S7.

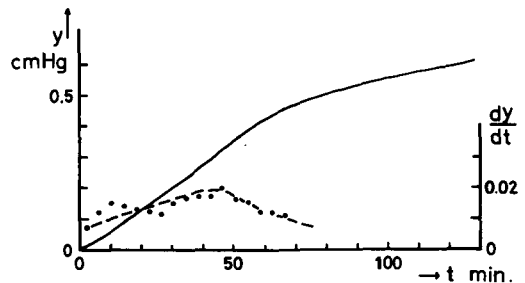


Fig.18. Change of pressure head y smoothing from Fig.14 and its differentiation with respect to time dy/dt at St 7.

Table III. Results of discharge ($Ql/min.$) and Temperature ($T^{\circ}C$) investigation from the hot springs of Tokachigawa, during the period from May, 1960 to October, 1970 observed by the public Health Center of Obihiro.

Date	笹井ホテル		大平原観光ホテル		雨宮ホテル		観月ホテル		十勝川温泉ホテル		第一ホテル		富士屋ホテル		total Q	Note
	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q		
35. 5. 26	46.	466.6	44	182.6	44	182.6	43	103.5	43	247.0	41	91.3			1273.6	
5. 26	46.	466.6	44	186.5	44	262	43	108.0	43	222.0	42	244.0			1489.1	
6. 20	46.	442.1	44	182.6	44	254.5	43	137.7	43	221.0	42	239.1			1477.0	
6. 28	46.	454.0	43	174.0	44	262	43	140	43	168	42	230			1428.0	
7. 6	46.	468	43	156	44	198	43	117	43	246	41	117			1302.0	
7. 8	46.	468	43	162	44	198	43	117	43	294	41	118			1357.0	
7. 12	45.5	442	43	161	43	190	43	140	42	289	40.5	127			1349.0	
7. 15	46.	468	43.5	246	43	210	43	130	43	276	41.5	228			1558.0	
7. 19	46.	420	43.5	247	44	250	43	131	43.5	247	41.5	222			1517.0	雨宮ベルト2本使用
7. 23	46.	448	43.5	247	44	247	43	138	43	216	41.5	222			1518.0	
7. 27	46.	444	43	247	44	324	43	131	43	210	41.5	228			1584.0	
8. 1	46.	466	43.5	175	44	262	43	137	43	233	42.0	224.2			1477.2	
8. 6	46.	456	43	190	44	247	43	137	43	233	41.5	221.9			1484.9	
8. 15	46.	450	43	198	44	264	43	137	43	210	41.5	193			1452.0	観月外パイプ規制
8. 20	46.	444	43	162	44	198	43	114	43	282	41	198			1398.0	
8. 27	46.	462	43	162	44	234	43	120	43	246	42	198			1422.0	
9. 1	46.	462	43	162	44	234	43	84	43	174	41	156			1272.0	
9. 5	46.	462	43	162	44	246	43	126	43	198	41	159			1353.0	
9. 14	46.	462	43	161	44	246	43	114	43.5	264	41	100			1347.0	雨宮停電の為パイプ全開
10. 8	46.	462	43	161	44	246	43	120	43	246	41	192			1427.0	
10. 14	46.	462	43	161	44	264	43	126	43	222	41	192			1427.0	
11. 24	46.	466	43.2	161	44.5	262	43	123	43	249	41	142			1403.0	
12. 29	46.	466	43	170	44.5	262	42.5	120	43	250	41	163			1431.0	
12. 10	45.8	460	44.0	161	44.5	262	42.8	131	44.2	323	41.2	131			1468.0	雨宮規制
12. 14	46.	466	43.8	146	43.8	262	42.8	130	43.2	262	41.2	171			1437.0	雨宮規制
36. 1. 6	45.1	467	43	161.5	44	255	42.3	127	42.9	175	40.5	187			1372.5	第一ホテル全開
1. 25	45.	443	43	168	44	262	42.5	120	42.9	227	41	202			1422.0	雨宮規制
1. 31	45.	457	43	162	44	263	42.1	127	42.6	263	41	112			1384.0	第一ホテル規制
2. 3	45.2	456	43	161	43.7	262	42.2	127	42.5	262	40.5	124			1392.0	第一ホテル規制
2. 27	45.	466	43	161.	44	262	42.5	131	43.2	237	41	110			1367.0	
7. 4	45.	500	43	180	44	250	42.5	145	43	321	41	195	42	65	1656.0	
37. 4. 11	45.	500	43	172	43.7	280	41.8	128	43	280	40.9	173	42	40.5	1573.5	
7. 13	45.2	500	43	180	44	280	42.5	117	42.6	265	41.0	180	42.5	58	1580.0	
7. 30	45.2	500	42	172	44	249	42.2	131	42.8	300	41.0	196	42.5	50	1589.0	
8. 24	45.5	500	43.8	173	43.6	321	42.5	121	42.8	321	41	166	42	50	1652.0	
9. 19	45.2	500	43.3	180	44	300	42.5	128	43	321	41	180	42	59	1668.0	
38. 2. 11	45.5	450	43.8	173	43.6	280	42.2	121	42.8	366	40.8	160	42.2	59	1609.0	
3. 19	45.5	410	43.0	173	43.2	265	42.0	136	42.6	280	40.5	170	42.1	64	1498.0	
39. 1. 10	45.	432	43.5	158	43.5	216	42	194	42	259	41	134	42	66	1459.0	
2. 27	45.5	439	43.5	165	44	230	42.1	172	42	266	40.0	136.8	42	69	1477.8	
3. 31	45.2	432	43.2	165	43	262	42	180	42	194	41	136.8	42	66	1435.8	
4. 28	45.	411.5	43.5	168	44	240	42	176.5	42	300	40.8	146.5	42	62.7	1555.2	
5. 29	45.	444	43.2	164	44	214	43	158	42	300	40.5	144	42	55	1479.0	
6. 25	46.	429	43	164	43	231	42	177	42	300	41	158	41	82	1531.0	
7. 29	45.5	429	43.5	167	44	222	42	167	42	240	41	146	42	59.9	1430.9	
8. 28	45.5	480	43.0	172	43.8	240	42.0	240	42.0	273	41.0	150	42.0	75.5	1630.5	
9. 29	45.5	429	43.8	172	44	240	42	194	42.2	240	40.8	146	42	63	1484.0	
44. 10. 22	45.5	500	44.0	177	43.0	240	42.0	162	41.0	376	40.0	130	42.0	23.4	1608.4	
45. 8. 7	45.0	461	43.0	167	42.5	250	41.5	167	41.0	400	40.0	107	42.0	47.6	1599.6	
10. 14	45.0	450	44.5	164	43.0	250	43.0	160	42.0	286	41.0	91	42.0	46.0	1447.0	

IV. 結 語

今回の調査結果をまとめると次のようになる。

- 1) 比抵抗法による電気探査および管中水温の鉛直分布の測定結果から、帯水層と推定される地層が種々の深度に地域全般にわたって存在する。
- 2) 1 m 深地温は泉源密集地域が最も高く、やや高温な地域が中心部から西方にかけて広範囲に分布する。また浅層地下水の温度分布も同様の傾向を示し、これらは温泉水の分布と関係づけられる。
- 3) 温泉水の分布は、温泉街中心部で40°C以上の温泉水が存在し、20°C以上の温泉水は中心部から西方の国枝廃井附近まで分布する。この西方の地域では30°C前後の温泉水の存在が認められる。
- 4) 影響調査の結果から、温泉帯水層の貯留係数、透水量係数をそれぞれ 4.33×10^{-4} 、 $9.6 \text{ cm}^2 / \text{sec}$ 、と求めた。また各泉源で測定された湧出量の資料を用いて影響度を計算した。

調査に際し、帯広保健所、音更町役場、現地の皆様に御援助、御協力をいただいた。ここに厚く感謝致します。

なお計算は、北海道大学大型計算機センターFACOM230-60を使用した。

文 献

- 福富孝治, 1955. 十勝川温泉について、北海道温泉調査報告, 1, 17-22.
- 福富孝治・藤木忠美・須川明, 1956. 十勝川温泉の地球物理班調査報告。北海道衛生部環境衛生に関する報告, 11, 11-17.
- 福富孝治・高橋勝, 1964. 十勝川温泉における泉源相互間の影響度。北海道大学地球物理学研究報告, 12, 113-126.
- 鈴木醇・石川俊夫・大町北一郎・鈴木淑夫, 1956. 十勝川温泉地質班報告。北海道温泉調査報告,
- 太奏康光・西村雅吉・那須義和・瀬尾淑子, 1956. 温泉の化学的研究(第36報)。北海道温泉調査報告,