



Title	1. 虎杖浜における温泉の地下漏水について
Author(s)	川村, 政和; KAWAMURA, Masayori
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 21, 1-11
Issue Date	1969-02-15
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.21.1
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13949
Type	departmental bulletin paper
File Information	21_p1-11.pdf



1. 虎杖浜における温泉の地下漏水について

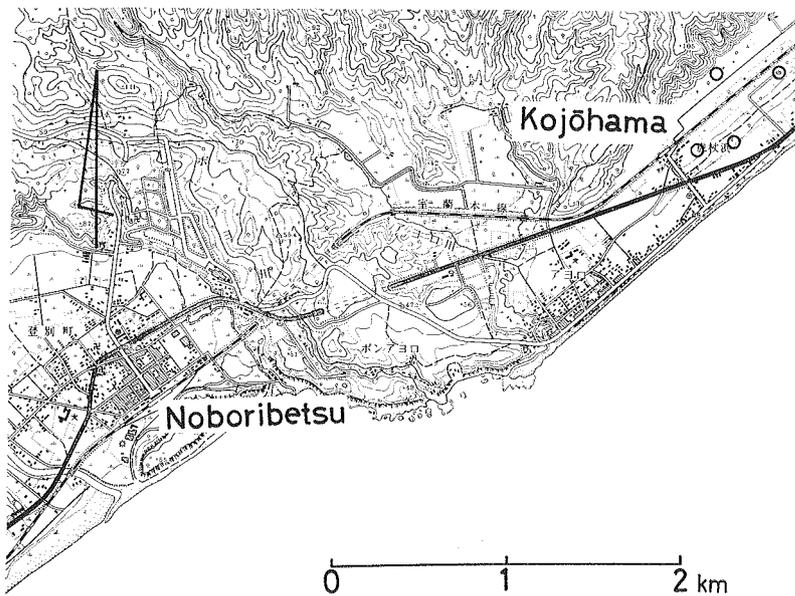
川村政和

(北海道大学理学部地球物理学教室)

— 昭和43年9月受理 —

I. ま え が き

昭和42年9月頃から、国鉄室蘭本線虎杖浜駅前で2本の温泉ボーリングがなされたが、その後その海岸側一帯の人家において、井戸水温の上昇及び水質の変化が起った。筆者は北海道衛生部の依頼により、その状況を調査すると共に付近において1 m 深地温の調査を行なった。本報告は、その結果とそれに対する考察を記したものである。



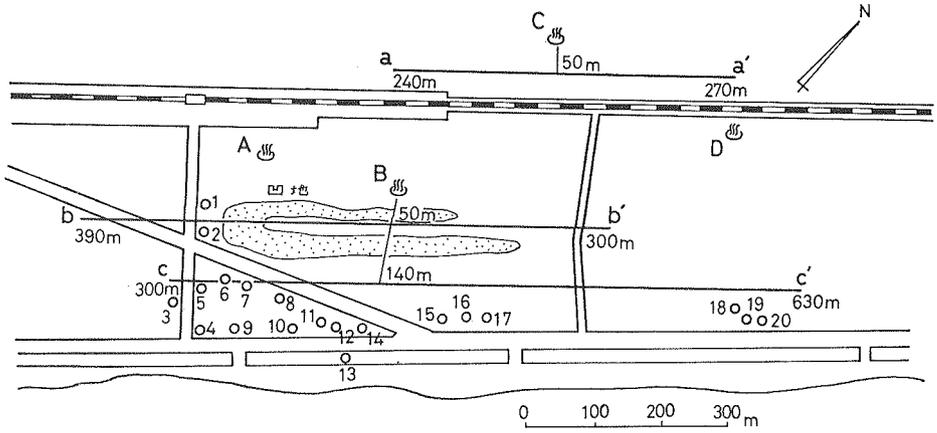
第1図 虎杖浜付近の地形と温泉鑿井の位置 (○印)

Fig. 1. Topographical map of Kojohama hot-spring locality.

II. 調査地域における温泉及び井戸の状況

第2図において A~D は温泉鑿井 (写真1は B の湧出状況), 1~20 は井戸 (大体 7 m 深) の位置である。

温泉鑿井 C, D はそれぞれ昭和41年6, 9月に掘られたものである。温泉鑿井 A, B はそれぞれ昭和42年7, 6月に掘られたが、B から 70 m 程離れたところにある凹地に、放出された温泉水が溜って池となった (第2図参照)。温泉の湧出量と水温及び深さは第1表に示されて



第2図 温泉鑿井, 井戸, 地温測線の位置

Fig. 2. Location of hot-springs, wells and observation spans.

第1表 温泉鑿井の深さ, 湧出量及びその水温, 塩素量

Table 1. Well depth, volume out-put, temperature and chlorinity of hot spring.

	Depth (m)	Flow (l/m)	Water Temp. (°C)		Chlorinity (mg/l)	
			Sep.	Jun.	Jul.	Nov.
A	558	3,200			49.0 630	44.6 556
B	680	3,600		50.0 518		45.0 365
C	550	1,400	48.0 483			
D	550	1,500				



写真1 温泉鑿井Bの湧出状況

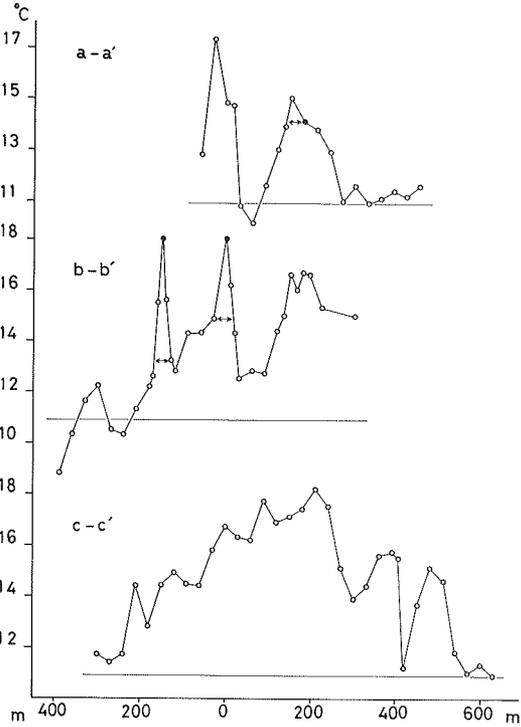
Photo 1. Hot-spring: B.

いる。井戸水温の上昇及び水質の変化はその後暫くして起った。このため、バルブにより放出が止められたが、それによって井戸水が元の状態にもどるようなことはなかった。水温が 20°C 以上に上昇した井戸は第 2 図中 10~17 である。尚、調査時には、凹地に溜められた湯は干上っていた。

III. 地温分布

1 m 深地温の測線は、温泉鑿井 C から海岸側に 50 m 離れた地点を基点としてほぼ海岸線に平行に a-a' を、同様に温泉鑿井 B から 50 m 及び 140 m の距離にそれぞれ b-b', c-c' をとり、それらに沿って 30 m 間隔に、ところによっては 10, 15 m 間隔で 1 m 深地温を測定した (写真 2 は測線 c-c' の概観)。

測定した地温は第 3 図に示してあるが、黒丸はその山側に温泉鑿井があること



第 3 図 測線の地温変化

Fig. 3. Variation of 1 m depth temperature along the observation span.

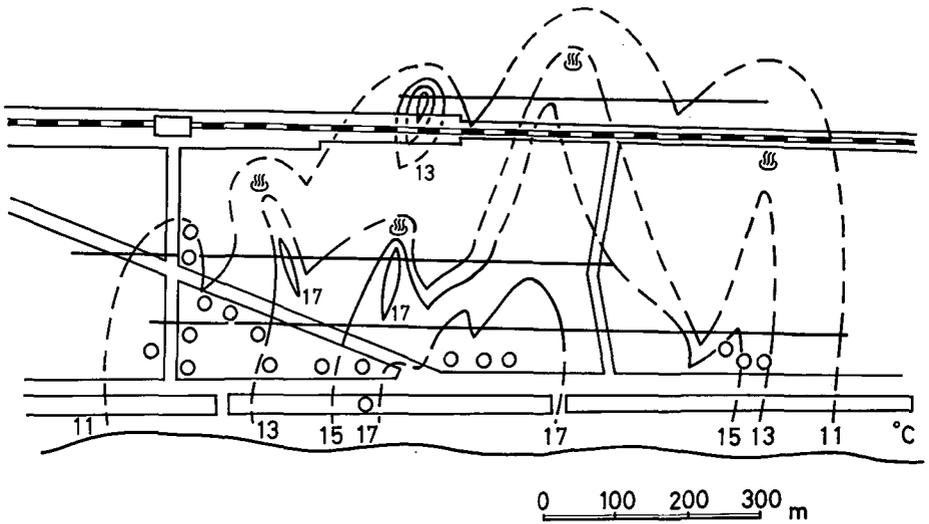


写真 2 地温測線 c-c' の概観

Photo 2. Topographical feature along the observation span c.

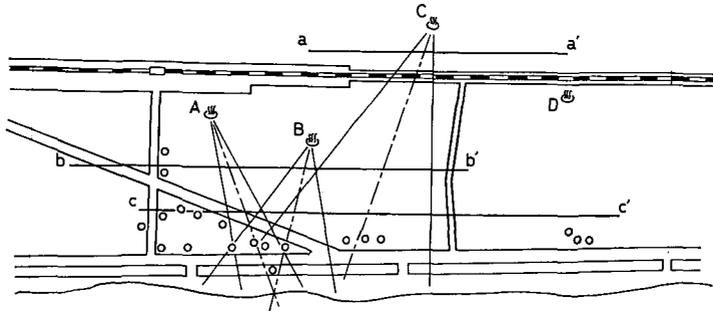
を意味している。図から判るように、地温には温泉鑿井の下手でかなり急な温度上昇が認められるが、それは泉源の地下で漏れた温泉水が、いずれも浅層を帯状に流れているためであると思われる。但し測線 a-a' の西側で 17.3°C に達する高い地温を示しているところがあるが、それは温泉鑿井 C からパイプでひかれた温泉水が付近で放出され、その温泉水が地温を測定した地点のすぐわきを流れていたためである。これらの 1 m 深地温の測定結果を用いて、この地域の 1 m 深地温分布の概況を等温線で示すと第 4 図のようになる。

第 3 図に於て地温が最も急に変化している範囲をとり、それと温泉鑿井とを結ぶと第 5 図のように扇状となる。鎖線はその中心線である。その方向を漏水方向と仮定し、これら扇状地域の境界線が各測線と交わる点をとると、第 6 図に示すように、各々の扇状地域の延長と地温の山が非常によく対応を示していることが判る。この事からも、上述の漏水が地下で帯状をなして海の方へ水平に流れていることが推察される。



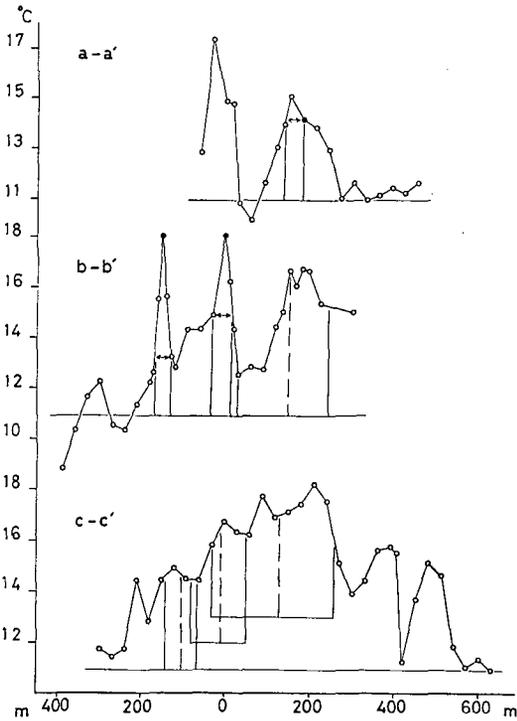
第 4 図 地温の水平分布

Fig. 4. Horizontal distribution of 1 m depth temperature in the locality.



第 5 図 温泉水の漏水方向

Fig. 5. Direction of underground leakage of hot-spring water.



第6図 測線における地温変化にみられる温泉鑿井からの漏水の影響

Fig. 6. Influence of hot water leakage on the underground temperature of observation spans.

第2表 井戸水の水温と塩素量

Table 2. Temperature and chlorinity of well water.

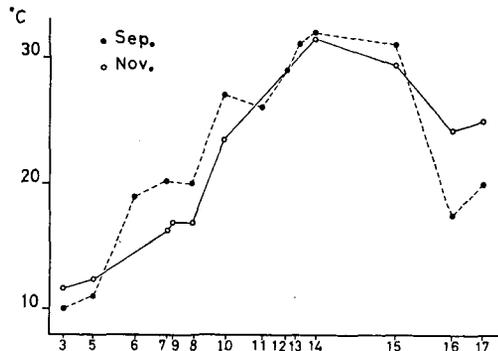
Water Temp. (°C)
Chlorinity (mg/l)

No.	Sep.	Nov.	No.	Sep.	Nov.
1	21.0 184	17.1 496	11	26.0 255	
2	12.5 46	17.2 119	12	29.0 170	
3	10.0 184	11.6 119	13	31.0 220	
4		11.6 142	14	32.0 277	31.6 107
5	11.0 135	12.3 118	15	31.0 326	29.5 231
6	19.0 230		16	17.5 269	24.2 363
7	22.0 177	16.2 117	17	20.0 199	25.0 333
8	20.0 249	16.8 72	18		18.6 72
9		16.9 137	19		18.2 63
10	27.5 263	23.5 134	20		18.1 50

IV. 温泉水, 井戸水の塩素量

第1表及び第2表は、それぞれ各温泉水及び井戸水の水温と塩素量を示したものである。この測定値のうち昭和42年11月のみが筆者の測定値で、他の値のうち温泉水は道立衛生研究所の温泉分析書による値、井戸水については苦小牧保健所の測定値を用いた。表から判るように、11月における温泉鑿井A, Bの水温及び塩素量は、以前の測定値と比べて共に5°C及び100 mg/l程度減っていることが注目される。

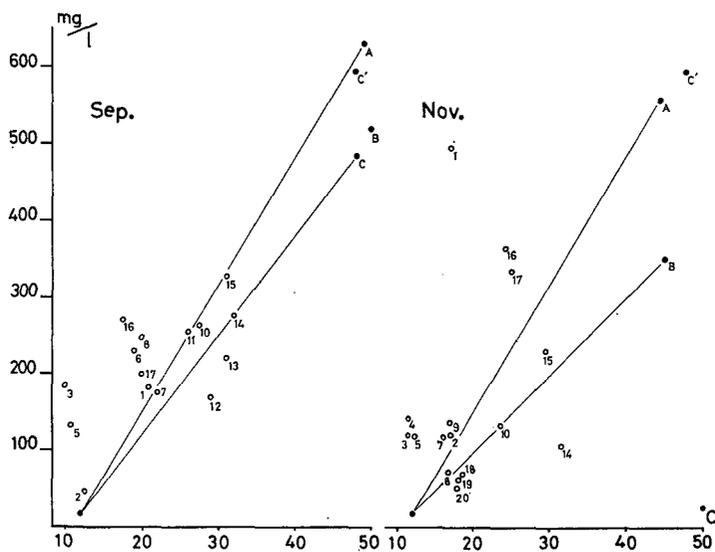
第7図は各井戸の位置を測線Cに投影し、測線上の水温分布を求めたものである。昭和42年11月の筆者の測定値は9月の保健



第7図 測線に投影した井戸水温度

Fig. 7. Temperature distribution of the normal wells projected on the observation span C.

所の測定値と比べると大体同じ傾向であるが、詳細に見ると水温は中央部で下り周辺部で上っている。中央部で下っているのは、凹地に溜めていた温泉水がなくなったため、丁度凹地の下を流れてくる温泉水に地表からの冷却が直接きいてきたのと、温泉水自身の水温が下がったためであろうと思われる。又、周辺部で上っているのは、帯状に流れていた温泉水の影響が周辺部にもきいてきたためであろう。いずれにせよ地下水の流動はほとんど変化していない。



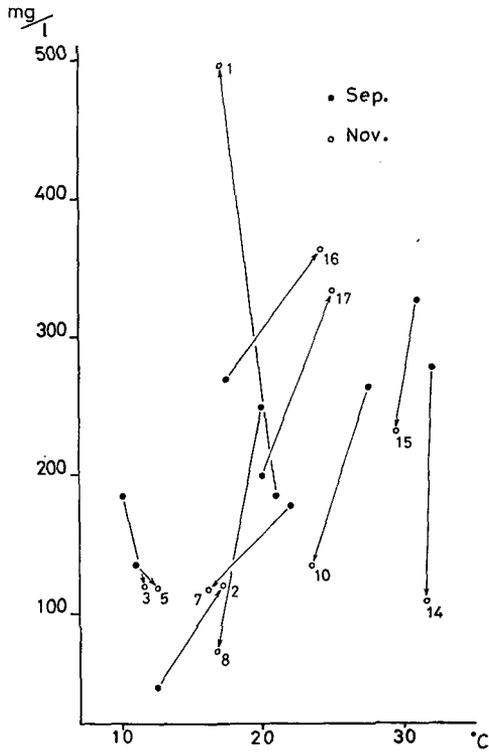
第8図 井戸水と温泉水の水温と塩素量の関係

Fig. 8. Relation between temperature and the corresponding of hot spring water and well water.

第8図は各井戸の水温(横軸)と塩素量(縦軸)との関係を示したものである。ここで実線は、温泉鑿井から直接湧出する温泉水と、その影響がないとみられる駅のすぐそばに掘られた井戸水(12°C, 17 mg/l)とを結んだものである。井戸水の値がこの線の付近にあるのは、これらの温泉鑿井の影響を受けているからである。さて、これらの井戸に対する温泉鑿井A, Bの影響は調査前にも当然予想されたところであり、又、調査によっても明らかとなったが、井戸からかなり離れたところにある温泉鑿井Cの影響が第5図から問題となってきたので、その影響があるかどうかを知るため次の調査を行なった。

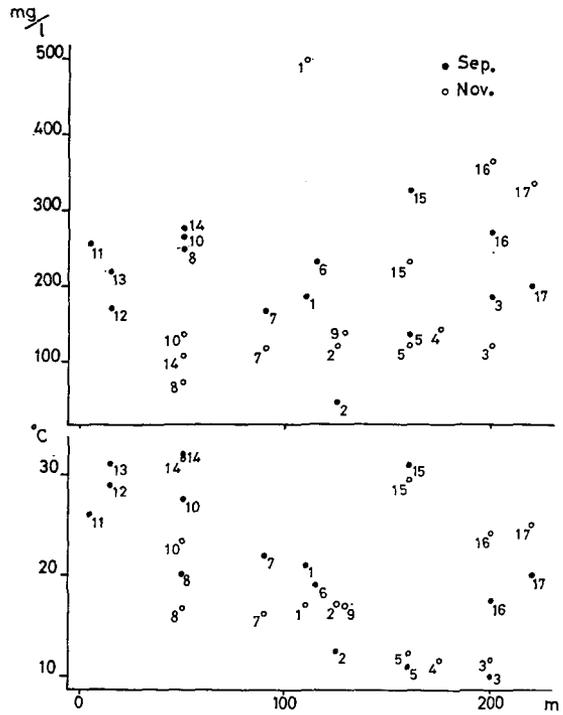
第9図は前図と同様に水温と塩素量との関係を示したものであるが、黒丸は昭和42年9月、白丸は11月の測定値であり、9月から11月の変化を矢印で示した。これによると、多くの井戸では塩素量100 mg/l前後になっているのに対し、井戸1及び15~17は異なっている。但し、井戸1については、そのすぐそばで温泉鑿井Aからパイプでひいた温泉水をしばしば放出しているので、その影響が表われているのであろう。

又、第5図で温泉鑿井AとBの扇状地帯の中心線が互いに交わったが、その交点と温泉鑿井A及びBを結ぶ線から各井戸までの距離に対するその水温、塩素量の関係を示したのが



第9図 井戸水における9月から11月の水温和塩素量の変化

Fig. 9. Variation of the relation between temperature and chlorinity of the normal wells during the period from Sep. to Nov..



第10図 各井戸から第5図における中心線までの距離と水温、塩素量との関係

Fig. 10. Relation among temperature, chlorinity of well water and the distance from the well to the center line in Fig. 5.

第10図である。但し、井戸からの距離は近い方をとった。ここでは、中心線からの距離が大きくなるにつれて温泉水の影響が少なくなっていることがはっきり見られるが、井戸15~17が他の井戸と異なる傾向を示していることも知られる。つまり、井戸15~17には温泉鑿井A、B以外の温泉水（即ち温泉鑿井C）の影響があると推定される。

さて、各井戸の塩素量が少なくなっているのは、温泉鑿井A、Bの温泉水の塩素量が少なくなっているためであろうが、井戸16、17は逆に増加の傾向を示しているため、それは温泉鑿井Cの影響、つまりC温泉水の塩素量が増加した影響を受けたものと思われる。道立衛生研究所の中谷¹⁾の調査によると、塩素量は483 mg/lから昭和42年8月には593 mg/lと100 mg/l以上増加していることが明らかとなった。即ち、井戸15~17はかなり温泉鑿井Cの影響を受けているものと思われる。ところで、温泉水の成分の変化が短期間にもかかわらず非常に大きいのは、この地区が最近急激に温泉開発が進み多くのボーリングがなされたため、又、その湧

1) 中谷省三、他；北海道の温泉成分の化学的研究（第8報）登別町臨海温泉および白老町虎杖浜温泉群、北海道立衛生研究所報、第18集（昭和43年）、117。

出量も相当多いので、ボーリングのたびに温泉水の流動に変化をきたしているためであろうと思われる。

V. 放熱係数の推定

第11図に於て、地表面から鉛直下方に x 軸をとり、大気は常に一定温度 0°C に保たれ、地表面からは Newton の冷却が行なわれているとする。又、地下 $l\text{ m}$ のところに温度 $T_i^{\circ}\text{C}$ なる水平な熱源があるとす。この部分の温度は総て定常状態に達しているとする、熱伝導方程式及び境界条件は次のようになる。

$$\frac{d^2T}{dx^2} = 0 \quad (1)$$

$$x = 0 : k \frac{dT}{dx} = h(T_s - 0) \quad (2)$$

$$x = l : T = T_i \quad (3)$$

但し、 k は熱伝導率、 h は Newton の冷却定数、 T_s は地表温度、 T_i は地下熱源の温度、 T は地表下 x における地温である。

これらの式を解くと

$$T = T_i \frac{1 + \lambda x}{1 + \lambda l} \quad (4)$$

但し、 $\lambda = h/k$ であり、これを放熱係数と呼ぶことにする。

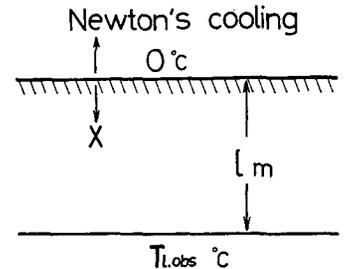
さて、実測された 1 m 深地温 ($T_{1,\text{obs}}$)、泉温 ($T_{l,\text{obs}}$) はそのまま上式に用いることはできない。一般に、地温は気温の日変化、年変化の影響を受けるが、地中 1 m 深ではほとんど日変化の影響はなく、又、地中 10 m 深になると年変化の影響も無視できるようになる。

1 m 深地温の実測値 ($T_{1,\text{obs}}$) は、今考えている地下熱源の他に、大気温度、地下非常に深い所にある仮定の定常な熱源 (この影響として、普通 100 m につき $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ の地下増温率を示す) 等の影響を受けているが、それを地下 $l\text{ m}$ にある熱源のみの影響による値 (T_i) に直さねばならない。又、大気温度が 0°C であると仮定したので、泉温の実測値 ($T_{l,\text{obs}}$) を地下熱源のみの温度 (T_i) に換算しなければならない。これを行なうには、 1 m 深地温、泉温の実測値から 1 m 深標準地温、年平均気温を差し引けばよい。

$$T_i = T_{1,\text{obs}} - 10.9 \quad (^{\circ}\text{C}) \quad (5)$$

$$T_i = T_{l,\text{obs}} - 10.0 \quad (^{\circ}\text{C}) \quad (6)$$

尚、 1 m 深標準地温 (10.9°C) は福富の表²⁾、又、年平均気温 (10.0°C) は白老の調査前1年間の



第11図 熱伝導の模式図
Fig. 11. A schematic representation of underground structure of the area.

2) 福富孝治; 1 m 深の地中温度より温泉探査の可能性に就いて (第1報), 北海道大学地球物理学研究報告, 1 (昭和26年), 21.

平均気温によった。

(4), (5), (6) より次の式が成立する。

$$T_{1,obs} - 10.9 = (T_{L,obs} - 10.0) \frac{1 + \lambda}{1 + \lambda L} \quad (7)$$

さて、測線 c-c' は井戸 5, 7, 8 のすぐそばを通っている。ここで熱源温度 (井戸水温), 1 m 深地温, 井戸の深さ (地下 7 m) がわかっているから、式 (7) を用いて λ の値を決定することができる。以上のようにして求めた地点での λ はほぼ等しい値となり、平均すると $\lambda = 0.7 \text{ m}^{-1}$ となる (第 3 表)。

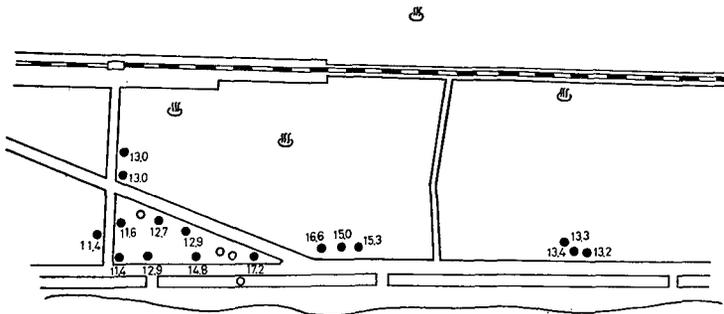
第 3 表 λ の計算値

Table 3. Estimated value of relative heat-transfer coefficient (λ).

No.	$T_{L,obs}$ (°C)	$T_{1,obs}$ (°C)	λ (m^{-1})
5	12.3	11.6	0.62
7	16.2	12.7	0.69
8	16.8	12.7	0.86

$\lambda_m = 0.7 \text{ m}^{-1}$

このようにして求められた λ の値を用いて、各井戸からその 1 m 深地温を逆に計算して各井戸にその数値を記入したのが第 12 図である。これらの値は第 4 図に示した 1 m 深地温分布とかなり一致している。但し、井戸 1, 2 は実際より高い値を、井戸 15, 16, 17 は低い値を示しているが、前者はその付近一帯に宅地用に盛土した形跡があり、用いた λ の値がこの部分では適当でないためかも知れない。又、後者については、測線 c-c' は東側に行くに従って土地が低くなっており、井戸 15, 16, 17 付近では国道縁より 1 m も低くなっているためであると思われる。ちなみに、井戸 17 の水温 25.0°C を用いて、1 m 低いところの 1 m 深地温を計算すると 15.9°C となり近い値となる。以上の結果からみて、 $\lambda = 0.7 \text{ m}^{-1}$ はこの地域に対し適当な値であろう。

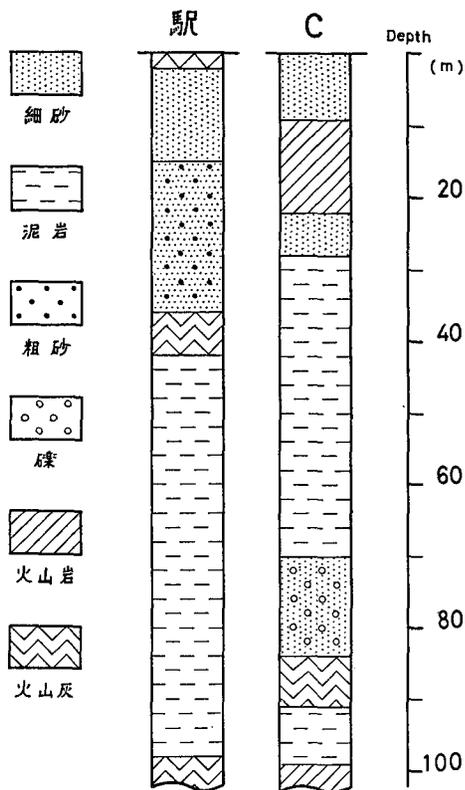


第 12 図 $\lambda = 0.7 \text{ m}^{-1}$ によって計算した各井戸の 1 m 深地温
 Fig. 12. Estimated temperature at a depth of 1 m at the location of each well assuming by $\lambda = 0.7 \text{ m}^{-1}$.

VI. 温泉水の漏水深度の推定

$\lambda = 0.7 \text{ m}^{-1}$ を用いて、泉源 C における漏水深度を推定してみよう。第 13 図は温泉鑿井 C と駅で掘られた井戸における柱状図の地下 100 m の部分を示したものである。この C の柱状図では、地下 0~10, 22~28, 70~91 m が砂層となっていることが知られ、漏水はこのいずれ

かの層を通過してなされていると思われる。しかし、測線 a-a' における 1 m 深地温の上昇が割合急激であったことから、漏水は比較的浅い層であると思われる。そこで、22~28 m 砂層で漏水しているとし、 $l=22\text{ m}$ をとると、その 1 m 深地温には式 (7) より 14.9°C なる値が得られる。又、0~10 m 砂層で漏水しているとする、 $l=10\text{ m}$ ととっても 1 m 深地温は 19.0°C になる。しかし温泉鑿井付近における 1 m 深地温の実測値の最高は 15.0°C であり、 $l=10\text{ m}$ 層からの漏水とするよりも、22~28 m 層からの漏水と考えれば推定値とよく一致するので、漏水は地下 22~28 m の砂層を通過してなされていると考えられる。ここで、温泉鑿井 C に於て 22 m の深さで漏れている温泉水が、どうして海岸側の人家では地下 7 m の井戸に混入するのかという疑問が生ずる。さて、温泉鑿井 C からそれほど遠くない駅の柱状図には火山岩の層が見られず、地下 0~36 m は砂層となっている。これより温泉鑿井 C の柱状図に見られる火山岩層はそれほど広がっているものではなく、温泉鑿井 C の柱状図に見られる地下 0~10, 22~28 m の砂層は続いているのであろう。このため、海岸近くでは地下 7 m の井戸にも温泉水が混入するのであろうと思われる。



第 13 図 温泉鑿井 C 及び虎杖浜駅前における地層柱状図

Fig. 13. Geologic structure estimated by boring at the hot-spring: C and the front of kojohama Station.

以上のように、温泉におけるこの種の問題の調査には、1 m 深地温を用いて、その状況及び原因を追求することが有効であるという一例をここに報告した。

終りに、調査に同行していただき御尽力下さった北海道衛生部の星昭五氏、苫小牧保健所の太田寿氏、曾我豊三氏、資料を提供下さった北海道立衛生研究所の中谷省三氏、又、終始御指導いただいた福富孝治教授、適切なる御助言をいただいた藤木忠美助教授、中尾欣四郎助手、浦上晃一助手、並びに陸水学教室の先輩諸兄に厚く感謝致します。

1. Underground Leakage of Hot-Spring Water from Artesian Wells at Kojohama, Hokkaido

By Masayori KAWAMURA

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

After about one year passed since two hot-spring wells had been bored in the neighborhood of Kojohama Station of Muroran Main Railway Line, temperature of the normal ground water wells situated on sea side at a distance of about 300 m from the hot-spring wells was increased remarkably in September 1967. To investigate this phenomenon, measurement of the underground temperature distribution at a depth of 1 m in the locality, changes of water temperature and those of the chlorinity of the hot-spring wells and normal wells were carried out by the writer. The underground temperatures at a depth of 1 m were measured along the three observation spans that run nearly parallel to coastal line (Fig. 2). And it is ascertained that the underground temperature is moderately high in a fan-shaped area with the hot-spring well as its node (Fig. 3). Then, it was presumed that the hot-spring water was leaking from the hot-spring well and was flowing through the shallow aquifer along the flow direction of ground water. From those observation spans, isothermal lines of the underground temperatures at a depth of 1 m in this area were drawn as indicated in Fig. 4. And, a relation between water temperature and chlorinity of the hot-spring water and ground water was shown in Fig. 8. Then, the coefficient of relative heat transfer (λ) in this area and the leaking depth are determined.