

# 鳥取温泉の経年変化

鳥取県衛生研究所 宮 田 年 彦

(昭和 39 年 5 月 22 日 受理)

## On the Recent State of the Tottori Hot Springs

Toshihiko MIYATA

(Tottori Prefectural Public Health Laboratory, Tottori)

During the period from November, 1956 to April, 1962, hot spring waters and thermal well waters in Tottori were examined for temperature, water level, daily amounts of water taken from the wells by pump and chemical composition of water. The following results were obtained: During the recent six years, (1) temperature changes were relatively small, (2) daily amounts of water pumped from the thermal wells gradually decreased, (3) water levels of thermal wells gradually decreased, (4) chloride contents of thermal waters also decreased.

This phenomenon is clearly being produced by the increased artificial removal of thermal water in the area and is by no means natural.

### 1. 序 言

鳥取温泉は鳥取市街地の東南地域に湧出する温泉である。この温泉は 1930 年頃までは自然湧出の状態にあつたといわれるが<sup>1)</sup>、その後利用の増加に伴つて温泉の水位は低下し、最近では全源泉が動力揚泉にたよつている。しかも、現在では浅層の微温泉を揚泉する 2, 3 の源泉を除く他の源泉では、その動力装置が地表下 2 m の位置にまで切り下げられている実状である<sup>2)</sup>。

著者は 1956 年～1962 年の期間に鳥取温泉の泉温、揚泉量、水位および化学成分などの測定を行ない、この期間における鳥取温泉の総合的な経年変化を観察した。

### 2. 測定および分析方法

鳥取温泉では 1 日のうち 0 時頃から 6 時頃までの間は揚泉を休止している。それで、6 時頃の動力始動時から 10 時頃までの間は一般に揚泉量、水位などの変動が大きい、その後の変動は比較的緩慢である。そこで調査にあつては事情の許すかぎり 12 時から 16 時の間に測定を行なつた。

- 1) 泉温—源泉に最も近い部分の管口から温泉水を流出させつつ留点温度計を用いて測定した。
- 2) 揚泉量—容量既知の容器 (約 15 l) に温泉水を受け、その容器が一杯になるまでの時間を測定して揚泉量を算出した。
- 3) 水位—どの源泉でも源泉管に動力装置が直結されているので、動力を停止させて源泉管を開き、水位の変動が停止してから (開管後約 5 分) 電気水位計\* によつて測定した。その

\* 電気水位計: 複線コードの一端をテスターの抵抗端子に接続し、他端に重りを付けて源泉管に挿入し、コードの端が水面に達すると針が振れるので、このときのコードの長さから水位を求める。

場合、源泉所在地点に最も近い道路の測溝の肩を基準とした。

また、各調査時に1源泉を選定して24時間中の水位の変化を測定し、その他の源泉でもこれと同じ変化をするものと仮定して、各源泉の水位を12時の値に換算した。

4) 化学成分—ポリエチレン瓶に採取して実験室に持ち帰り、できる限り翌日の午前中に処理した。

Cl<sup>-</sup>: 試水 25.0 ml を用い 5% K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> 溶液を指示薬として N/10 AgNO<sub>3</sub> 標準液で滴定した<sup>3)</sup>。

EDTA 硬度: 試水 10.0 ml に 10% KCN 0.2 ml, NH<sub>3</sub>-NH<sub>4</sub>Cl 緩衝液 (pH = 10) 1.0 ml を加え EBT を指示薬として M/100 EDTA 標準液で滴定した<sup>4)</sup>。

その他の成分: 鉱泉分析指針<sup>5)</sup> によつた。

### 3. 測定結果

上述の測定項目について 1956 年 11 月, 1958 年 11 月, 1959 年 6 月, 1960 年 2 月および 1962 年 4 月には鳥取温泉の全源泉を、また 1957 年 3 月, 10 月および 1960 年 11 月には一部の源泉を調査した。

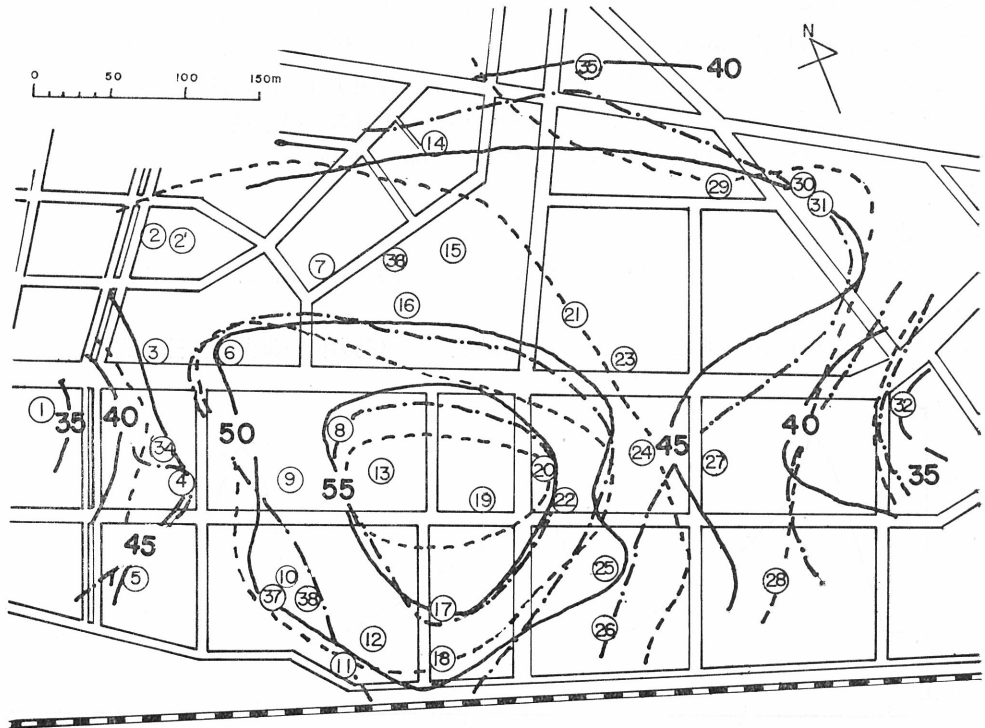


図1. 泉温分布

- ①, ②, …, ⑳は源泉の位置および番号  
 — は等温線 (1956年11月)  
 - · - · " (1956年6月)  
 - - - " (1962年4月)

### 3.1 泉 温

1956年11月, 1959年6月および1962年4月に測定した泉温の水平分布を図1に示した.

どの調査時にも No. 13, No. 19 源泉付近を中心にしてその周辺部に行くにしたがつて次第に低い泉温が観測された. 中心域ではほぼ同心円状の分布が認められたが, 周辺部ではやや複雑な分布を示した. 中心域から東, 北および南々西の方向に向つては温度低下の勾配は小さいが, 西側に向つてはかなり大きい.

泉温は全調査を通じて 22~60°C の間にあつて, 55~60°C の高温を示す中心域では泉温の年次変化はほとんど認められなかつたが, 40~50°C の泉温を示すその周辺地域では, 比較的大きな変化が認められ, とくに中心域の東側においては著明であつた. また中心域の西側における変化の度合はそれほど大きくはないが, 東側の変化とは逆の傾向を示していた. 35°C 未満の源泉は浅層の温泉を揚泉しており, いずれも地表より揚泉可能なもので, 温度変化はあまり著明ではなかつた.

### 3.2 揚 泉 量

すべての源泉に動力装置が設置されており, そのほとんどすべてが 2 HP のピストンポンプであるが, 動力能力の数分の 1 しか揚泉されていなかつた. また揚泉量の地域による差異は認められなかつた.

1962年4月23~27日にわたつて 12時30分~16時30分の間に測定した各源泉 (34カ所) の揚泉量は 3.1~111.7 l/min. の間にあり, その平均値は 45.3 l/min. であつた (表 1). この値を鳥取温泉の 1 源泉についての 1 日の平均揚泉量と仮定すれば, 1日に6時から24時までの 18 時間揚泉しているので, 鳥取温泉全般について 1 日の総揚泉量  $Q$  は,

$$Q = 45.3 \text{ l/min.} \times 60 \times 18 \times 34 = 1.66 \times 10^6 \text{ l/day}$$

となる.

### 3.3 水 位

図2は No. 38 源泉について 1961年9月に水位の変動を自記水位計によつて記録したものである.

1日の水位は0時頃を最低としてそれ以後6時頃まで (動力停止期間) 急速に高くなり, そ

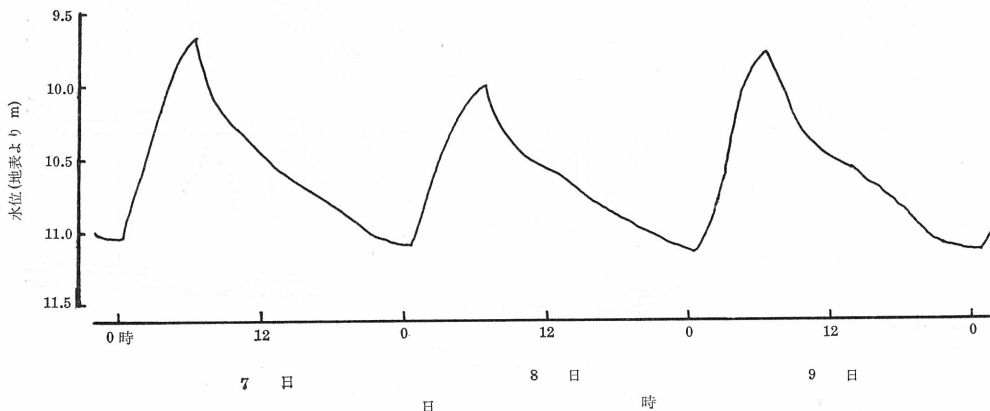


図 2. 水位変化の一例

No. 38 源泉, 1961年9月自記水位計による.

の後前述したように各源泉の動力の始動に伴って再び急速に低下して行くが、この低下の割合は 10 時頃以降比較的緩慢になり、この状態が 24 時頃の動力停止時期まで続いている。この変化は 1957 年 10 月岡部ら<sup>9)</sup> によつて観測された変化と異なっていない。

1962 年 4 月現在の水位は、1957 年 10 月のそれより平均約 140 cm 低下しており、8.92~10.68 m の間にあつて、その平均は 9.56 m であつた。

さきに述べた No. 38 源泉について測定した 1 日の水位変化は約 120 cm であるが、動力揚泉が行なわれない 0 時~6 時の間にこれだけ回復するから、この値から鳥取温泉の有効面積  $S \text{ cm}^2$  を求めると、

$$S \text{ cm}^2 \times 120 \text{ cm} \simeq 1.66 \times 10^6 \text{ l} \times \frac{6}{24}$$

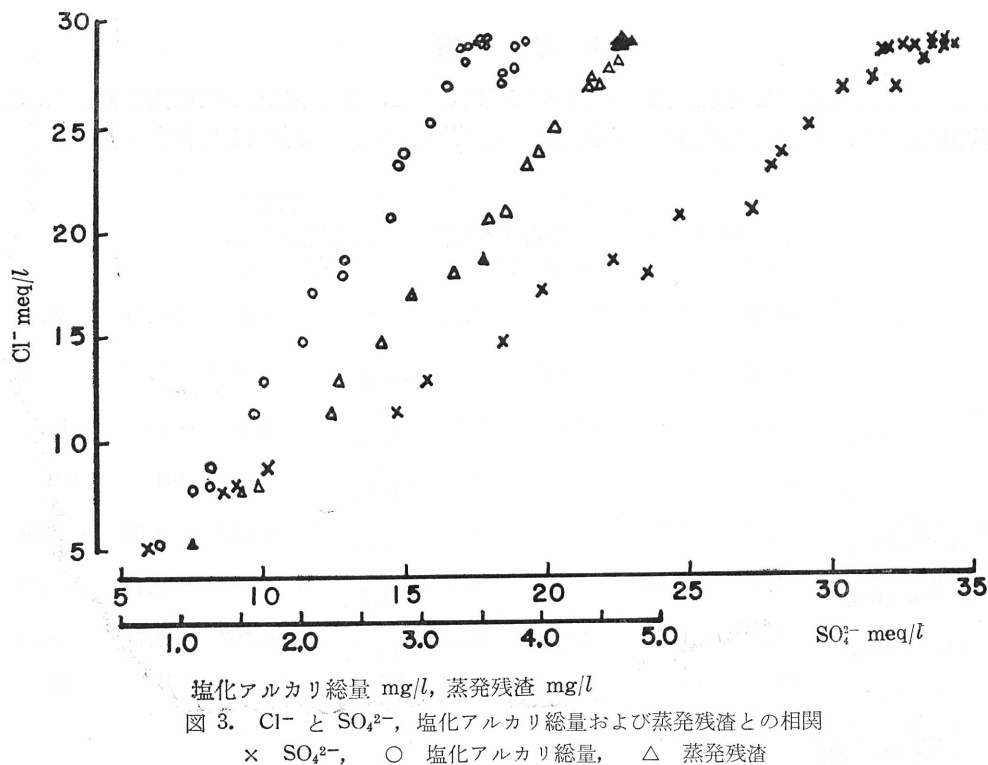
$$\therefore S \text{ cm}^2 \simeq 3.35 \times 10^6 \text{ cm}^2$$

となり、岡部ら<sup>9)</sup> が 1957 年 11 月の測定成績から得た値 ( $5 \times 10^6 \text{ cm}^2$ ) の約 70% にあたり、当時より温泉補給域が小さくなつたことを示している。

### 3.4 化学成分

鳥取温泉の泉質は芒硝と食塩とを主成分とし<sup>6)7)</sup>、主成分である塩化アルカリ総量、 $\text{SO}_4^{2-}$  および  $\text{Cl}^-$  の間には正の相関係が認められ、さらにこれらと蒸発残渣および EDTA 硬度との間にも同様の関係が認められる (図 3, 4)。

これらの主成分を分析するにはその操作上多大の労力と時間を必要とするので、上述の事実に基づいて著者はこの成分中比較的簡単な操作によつて容易に高い精度の測定値が得られる



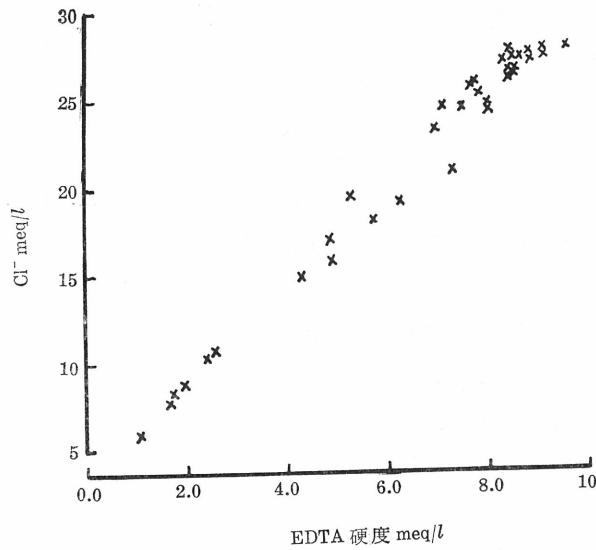


図 4. Cl<sup>-</sup>-EDTA 硬度

Cl<sup>-</sup> と EDTA 硬度とを測定して、化学成分濃度および泉質の変化の指標としている。

この関係は、いずれの調査時にもほとんど変化がなかつた。したがつて、本調査期間中には化学成分の組成には変化はなかつたものと考えられる。

#### 4. 考 察

調査した源泉数および対象が各時期によつて異なるので、各源泉についての測定値の単なる平均値を求めても、各調査時における状態を相互に比較するための値として代表させることは

表 1. 泉温・揚泉量・水位および Cl<sup>-</sup> 含有量等の年次推移  
各源泉についての測定値を 1959 年 6 月の測定値に対する  
偏差としてあらわし、年月別はその値の平均値を示した。

測定年月	'56.11	'57.3	'57.10	'58.11	'59.6	'60.2	'60.11	'62.4
泉 温 (°C)	+ 0.95	+0.52	- 1.97	-0.91	0 (45.87)**	+ 0.44	+ 1.75	+ 0.99
揚 泉 量 (l/min.)	+20.8	+1.18	- 4.83	+9.39	0 (55.47)	- 2.52	- 7.86	-10.2
水 位 (cm)	+50*	—	+31.7	—	0 (844.0)	-80.8	-104	-112
Cl <sup>-</sup> 含有量 (×10 <sup>-1</sup> meq/l)	+ 6.42	+3.78	—	-6.17	0 (222.0)	- 0.937	- 8.38	- 3.51
Cl <sup>-</sup> 量 (×10 <sup>-1</sup> eq/min.)	+ 4.24	+0.475	—	+ 2.64	0 (11.53)	- 0.901	- 2.72	- 2.62
熱 量 (×10 <sup>2</sup> Cal/min.)	+ 6.32	+1.35	-3.14	+ 3.36	0 (15.43)	- 0.797	- 2.71	- 3.19
源 泉 数	35	35	34	34	34	34	34	34

\* 鳥取温泉実態調査表<sup>2)</sup>による。

\*\* 測定値の平均

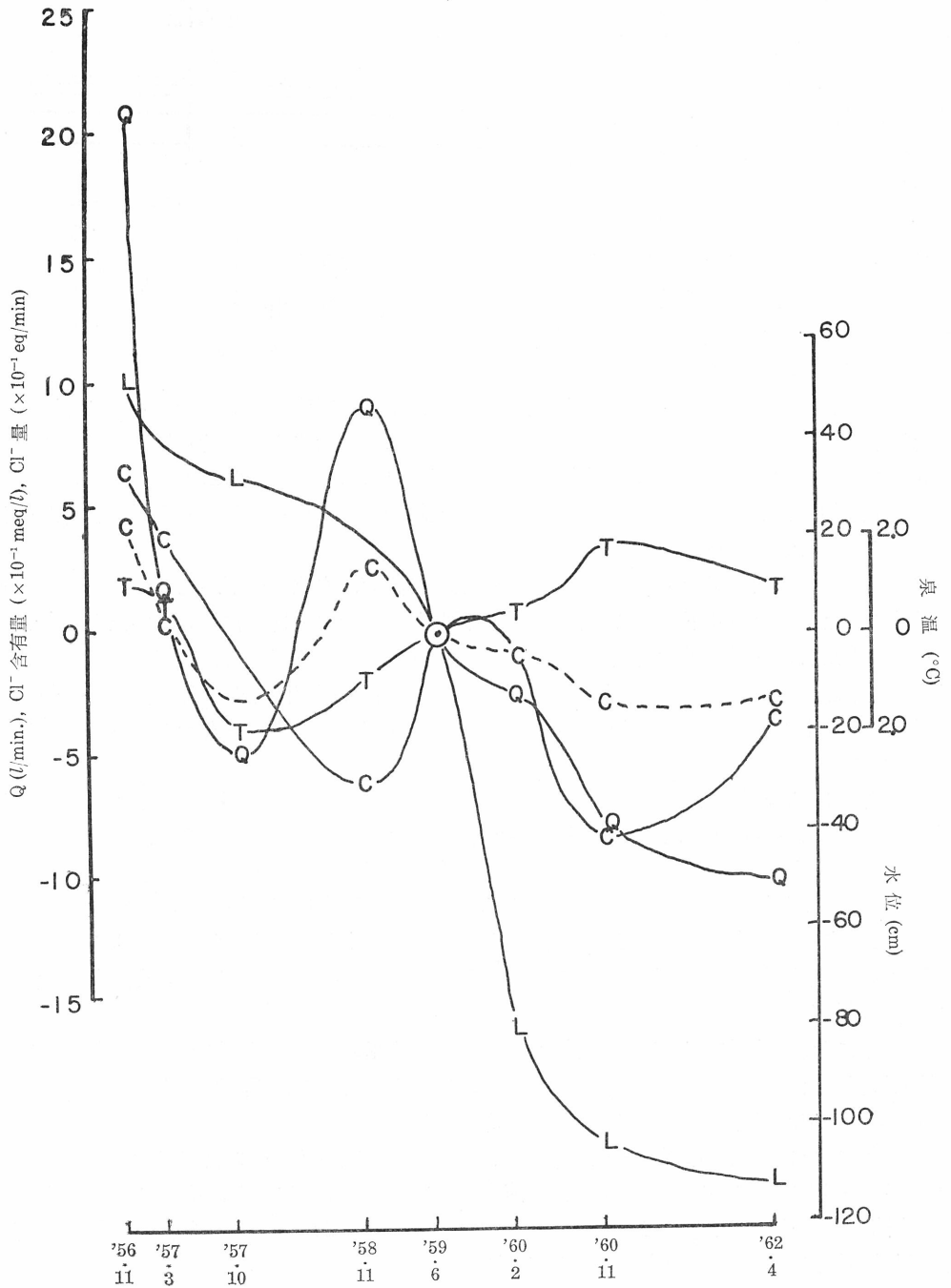


図 5, 泉温・揚泉量・水位および Cl<sup>-</sup> の年次推移

1959 年 6 月の測定値を基準とし, 各源泉の変化の平均値を示す (表 1 参照)

-T- 泉温 (°C), -Q- 揚泉量 (l/min.), -L- 水位 (cm),  
 -C- Cl<sup>-</sup> 含有量 (meq/l), ...C... Cl<sup>-</sup> 量 (eq/min.)

できない。そこで、各源泉について 1959 年 6 月における測定値を基準とし、その他の時期における測定結果は、その基準からの偏差としてあらわした。そして、各調査時ごとに全源泉についてのそれらの偏差の平均値を求め、これをもつて鳥取温泉の総体的な推移を観察することにした(表 1 および図 5)。

すでに述べたように、現在では鳥取温泉の全源泉が動力揚泉に依存しており、しかもそのほとんどすべてにおいて動力装置の設置位置の切り下げ(以下“切り下げ”と略す)が行なわれている。この切り下げは 1955 年頃から始められ 1956 年頃には過半数の源泉において、さらにそれ以後引続き残りの源泉において実施され、1958 年には深層の温泉を揚泉する全源泉について切り下げが完了している<sup>2)</sup>。またさらに、それ以後 1960 年までの間にはそれまで切り下げが 2 m 未満しか行なわれていなかった源泉においても 2 m まで切り下げが追加実施されている。それで、本調査の成績の上にも当然これらの措置の影響が現われているものと考えられる。

すなわち、1956 年から 1957 年末にかけて揚泉量の激減、水位の低下が見られたのは、1956 年以前に行なわれた切り下げ後に過剰の揚泉が行なわれ、その影響が存続していたものと考えられる。またこの期間に  $\text{Cl}^-$  含有量および泉温も低下しているが、これは切り下げによつて揚泉量が増加したため、温泉補給量と混入地下水との割合の平衡関係が破れ、低圧になった温泉源への地下水の混入割合が増加し、それに伴つて泉温および  $\text{Cl}^-$  含有量の低下があらわれたものであろう。

すなわち、1956 年から 1957 年末にかけて揚泉量の激減、水位の低下が見られたのは、1956 年以前に行なわれた切り下げ後に過剰の揚泉が行なわれ、その影響が存続していたものと考えられる。またこの期間に  $\text{Cl}^-$  含有量および泉温も低下しているが、これは切り下げによつて揚泉量が増加したため、温泉補給量と混入地下水との割合の平衡関係が破れ、低圧になった温泉源への地下水の混入割合が増加し、それに伴つて泉温および  $\text{Cl}^-$  含有量の低下があらわれたものであろう。

1958 年末には全源泉で切り下げが完了したので、それに伴つて従来揚泉不可能であつた余剰の温泉水の揚泉が可能となり、再び揚泉量が急増したものと見られる。そのため  $\text{Cl}^-$  含有量そのものは低下しているにもかかわらず  $\text{Cl}^-$  供給量(=揚泉量  $l/\text{min.} \times \text{Cl}^-$  含有量  $\text{meq}/l$ )は揚泉量の増加と共に増加した。しかしながら、それ以後揚泉量が泉源よりの供給量より多かつたので、水位は急速に低下して揚泉量もそれに伴つて減少した。そして、混入する地下水の割合も  $\text{Cl}^-$  含有量の変化の上に認められるように 1958 年秋を最大として以後減少し、温泉の源流が増加してきた。

1959 年における傾向としては、急速な水位の低下が認められたが、揚泉量の減少はむしろ比較的緩慢となつた。また、 $\text{Cl}^-$  含有量の変化はほとんど認められず、混入地下水量が温泉の源流に対し一定の割合を保つに至つたものと考えられる。

1960 年には水位低下の傾向もやや緩慢となつたが、揚泉量の低下は依然として認められた。1961 年から 1962 年にかけては水位の低下速度は極めてゆるやかになり、それに伴つて揚泉量の減少速度も非常に遅くなつてきた。しかるに、この期間における  $\text{Cl}^-$  含有量と泉温との関係は以前の傾向と異なり逆の変化を示している。

この現象を説明する手段として、図 5 の変化を分かりやすくするため鳥取温泉のモデルを仮定した。すなわち、地下においては温泉源流、それが冷却されたもの、成分は有しないが加温された地下水および冷地下水などが混合していると考えられるが、これらを簡単に図 6 の如く地下の温泉源流が湧出して来る途上において地下水に希釈され、それが揚泉されるものとし、

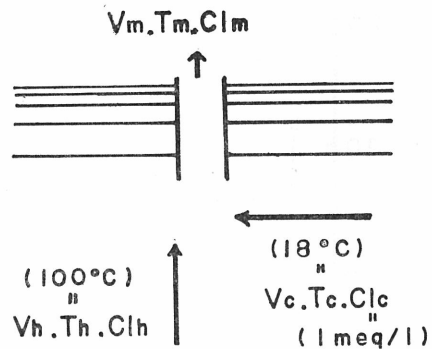


図 6. 鳥取温泉のモデル

放熱による冷却は考慮しないことにし、量  $V$ 、温度  $T$  および  $\text{Cl}^-$  含有量の関係を求めると、

$$V_m = V_h + V_c \quad (1)$$

$$T_m \cdot V_m = T_h \cdot V_h + T_c \cdot V_c \quad (2)$$

$$\text{Cl}_m \cdot V_m = \text{Cl}_h \cdot V_h + \text{Cl}_c \cdot V_c \quad (3)$$

ただし、 $m, h$  および  $c$  はそれぞれ揚泉された温泉、温泉源流および地下水を表わす。  
が成立する。

この (1), (2) 式より

$$V_h = V_m \cdot \frac{T_m - T_c}{T_h - T_c} \quad (4)$$

(1), (3) 式より

$$\text{Cl}_h = \frac{V_m}{V_h} \cdot (\text{Cl}_m - \text{Cl}_c) \quad (5)$$

が得られる。

上式の  $T_c, \text{Cl}_c$  には鳥取温泉地における浅層地下水の温度  $18^\circ\text{C}$  および  $\text{Cl}^-$  含有量  $1 \text{ meq/l}$

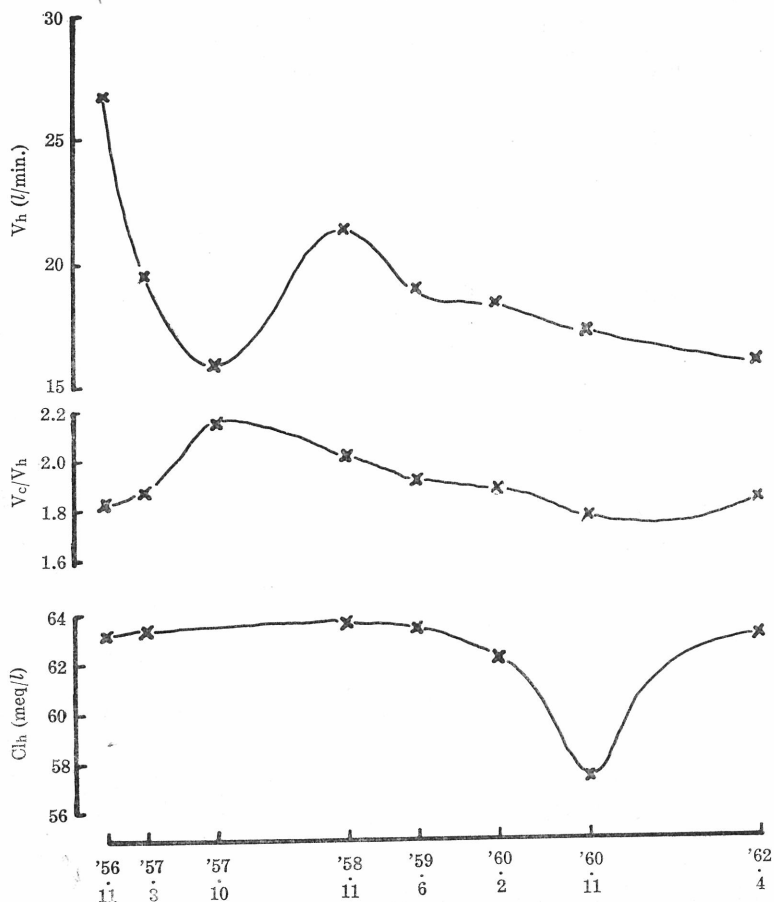


図 7.  $V_h, V_c/V_h$  および  $\text{Cl}_h$  の変化



を代用できるが、その他に  $T_h$ ,  $Cl_h$  および  $V_h$  の 3 未知数を有するので、今  $T_h = 100^\circ\text{C}$  と仮定した。これらの値と、表 1 の値を (4) および (5) 式に代入してそれぞれの測定時における  $V_h$ ,  $Cl_h$  を求め、 $V_h$  の値を (1) 式に代入して  $V_o/V_h$  の値を求めた。これらの値の変化を図 7 に示した。なお、図示しなかつたが  $T_h$  に 150, 200 などの値を代入しても図 7 の変化の型は変わらない。

すなわち、1960 年以降温泉源流より供給される温泉量は低下の一路をたどっているが、 $V_o/V_h$  が示す如く、1960 年末頃に地下水の混入割合が極小を示したので泉温は極大を示した。しかし、 $Cl^-$  含有量が低下したのは地下水の混入による希釈に起因するものではなく、人工的な“切り下げ”による急激な温泉湧出の促進が原因し、温泉源流の泉温  $100^\circ\text{C}$  のところにおける  $Cl^-$  含有量が低下したものと思われる。この現象は一時的なもので、1962 年の調査時には回復している。

さらに、当然のことであるが前述の仮定により得られた図 7 の変化は、他の測定時における各測定値の変化をもよく説明し得る。

また、温泉によつて地下から取り出された熱量  $H$  は鳥取温泉地の浅層地下水が上述のように  $18^\circ\text{C}$  の水温を有しているので、各調査時の各源泉については、

$$H \text{ Cal/min.} = (\text{泉温} - 18)^\circ\text{C} \times \text{揚水量 } l/\text{min.}$$

として計算されるが、鳥取温泉全般についての変化の平均的推移は表 1 に示した通りである。この値の変化と  $Cl^-$  供給量の変化との間には図 8 に見られるような高い正の相関々係が認められ、次の実験式が成立している。

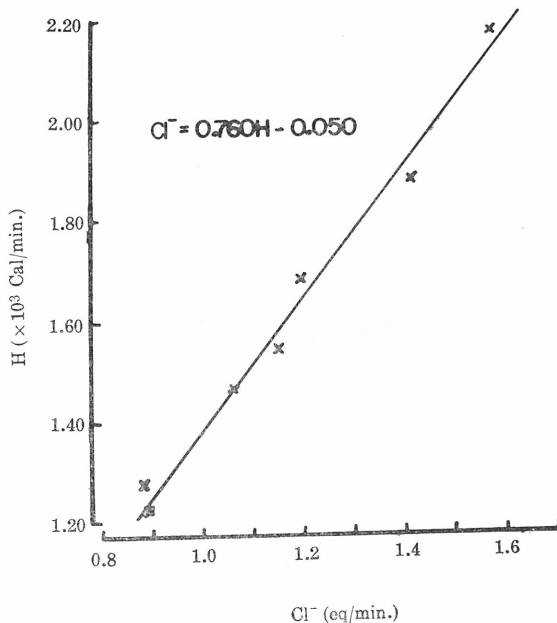


図 8.  $Cl^-$ - $H$

泉の推移を調査した。

- 1) 泉温にはあまり大きな変化は認められなかつた。
- 2) 揚水量および補給される温泉源流は 1956 年 11 月以後次第に減少して行く傾向が認め

$Cl^-$  eq/min.

$$= 0.760 H \text{ Cal/min.} - 0.050$$

すなわち地上に取り出された熱量  $H$  は  $Cl^-$  供給量と同様に变化しており、 $Cl^-$  は温泉源流に由来することを示し、今までの記述中  $Cl^-$  含有量を温泉変化の一指標として取り扱つたことを正当づけるものである。

以上鳥取温泉の本調査期間中における推移をみると、全体的にその状態は衰退の傾向にあると言ひ得る。

## 5. 総 括

鳥取温泉について 1956 年 11 月から 1962 年 4 月までの期間に各源泉の泉温、揚水量、水位および化学成分を測定し、その間における同温

られたが、1958年には動力装置設置位置の切り下げによつて一時的に増加した。

3) 水位は本調査期間中もつぱら低下して行く傾向を示した。とくに、全源泉について切り下げが完了した1959年6月から1960年2月にかけては急速であつた。

4) 温泉水中の $\text{Cl}^-$ 含有量は切り下げに伴つて多少の変化が認められたが、一般に低下して行く傾向が認められた。

5) 温泉水中の主要成分の間およびこれらとEDTA硬度との間には正の相関々係が認められた。

6) 地上に取り出された熱量は $\text{Cl}^-$ 供給量と同様な変化を示した。

終わりに臨み御指導御校閲を賜つた岡山大学温泉研究所梅本春次教授、鳥取県衛生研究所小倉道雄所長に謹んで感謝の意を表する。また、本調査を行なうに当り、種々御助力いただいた鳥取県衛生課温泉係の方々および地元温泉所有者の各位に厚く御礼申し上げる。

#### 文 献

- 1) 西尾準二・岡部 茂：鳥取大学学芸学部研究報告（自然科学）2, 18 (1951)
- 2) 鳥取県厚生部衛生課：鳥取温泉実態調査表（1959）による。
- 3) 厚生省編：衛生検査指針，VI 鉱泉分析指針（1952）
- 4) 上野景平：キレート滴定法，6版，南江堂（1960）
- 5) 岡部 茂・田中昌也・宮腰潤一郎：鳥取大学学芸学部研究報告（自然科学）9, 14 (1958)
- 6) 厚生省大臣官房国立公園部編：日本鉱泉誌，青山書院（1954）
- 7) 鳥取県衛生研究所：温泉分析書原簿による。