

松田町寄(やどろぎ)の塩化カルシウム型温泉  
(冷鉱泉)

平野富雄, 小鷹滋郎, 栗屋 徹

大山正雄, 広田 茂, 大木靖衛

神奈川県温泉研究所\*

Calcium Chloride Type Water from Yadorogi, Matsuda,  
Kanagawa Prefecture

by

Tomio HIRANO, Shigeo ODAKA, Tōru AWAYA, Masao ŌYAMA,  
Shigeru HIROTA and Yasue ŌKI

Hot Spring Research Institute of Kanagawa Prefecture  
Hakone, Kanagawa

(Abstract)

Mineral water discharged from a newly drilled deep well (700 m) at Yadorogi, Matsuda, southern foot of the Tanzawa mountains is characterized as calcium chloride type water. Total dissolved materials amount to about 6000 ppm predominating in  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Cl}^-$  followed by  $\text{Na}^+$  and  $\text{SO}_4^{2-}$ . Calcium chloride type waters also gushing out at Tsurumaki about 11 km east of Yadorogi are characterized by predominance of  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Cl}^-$  followed by  $\text{Na}^+$ .

Calcium chloride waters are widespread among the petroleum brines, however the Ca-Na-Cl- $\text{SO}_4$  type water of Yadorogi has no relation to petroleum. Calcium chloride water rich in  $\text{SO}_4^{2-}$  would be related to the lack of organic matters in the sediments.

Comparing the Yadorogi and the Tsurumaki waters to the Matsushiro groundwaters, Nagano Prefecture tremendously discharged in connection with the earthquake swarms, two types of calcium chloride water, Ca-Na-Cl- $\text{SO}_4$  and Ca-Mg-Na-Cl- $\text{HCO}_3$  are recognized.

\*神奈川県箱根町湯本997 〒250-03

神奈川県温泉研究所報告 第7巻, 第2号, 93-104, 1976

## 1. はじめに

丹沢山地から流れ出る中津川と四十八瀬川が合流し、川音川になる手前の採石場跡を整地した宅地分譲地内（湯ノ沢地区）の深さ700mの孔井から、CaCl<sub>2</sub>型（塩化カルシウム型）の温泉\*（本文中では冷鉱泉と書くこともある）が揚水された。この温泉の主要成分はCa<sup>2+</sup>（カルシウムイオン）、Na<sup>+</sup>（ナトリウムイオン）、Cl<sup>-</sup>（塩素イオン）、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>（硫酸イオン）で、それらの溶存量が温泉法の規定を満たした。

CaCl<sub>2</sub>型の温泉は、本孔井から約11km東の鶴巻温泉では古くから湧出している。この報告書は、新たに揚水されたCaCl<sub>2</sub>型冷鉱泉の組成を、鶴巻温泉のそれとあわせて記載し、その特徴についてのべたものである。

1965年にはじまった松代群発地震は水噴火ともいわれ（中村，1972），大量のCaCl<sub>2</sub>型地下水が湧出したが，その化学組成とも比較を試みる。

\*温泉と鉱泉の使いわけは混乱している。温泉法ではすべてを「温泉」としてあつかっている。温度によって温泉を次のように分類することもある。

冷鉱泉：25℃未満，微温泉：25℃以上34℃未満，温泉：34℃以上42℃未満，高温泉：42℃以上

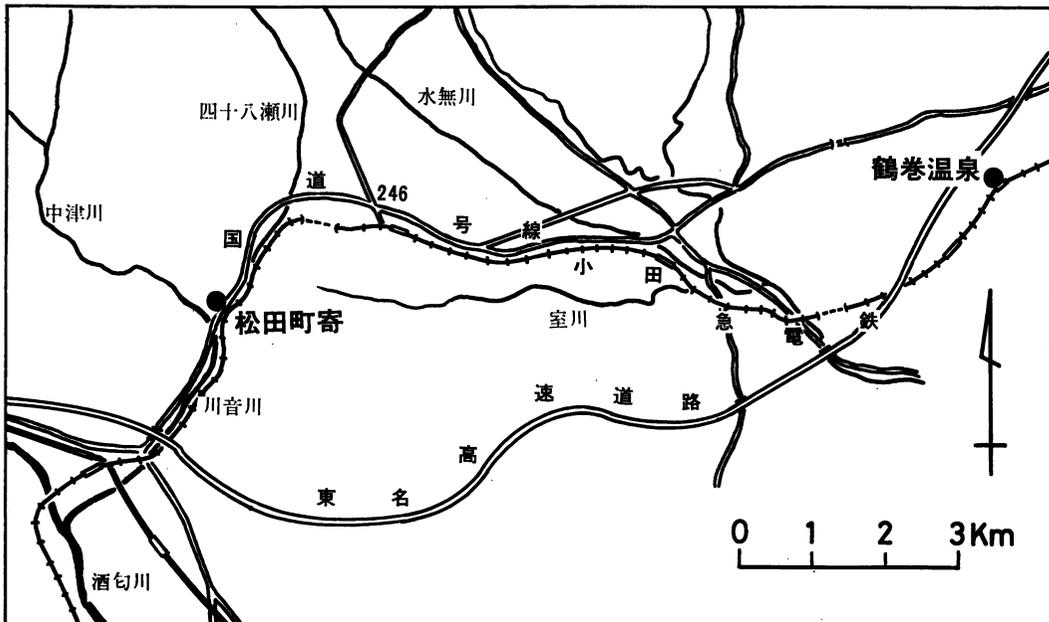


図1 孔井の位置

表 1 掘さく等の経過

1969. 9. 26	温泉掘さく申請
1969. 11. 27	第138回神奈川県温泉審議会 第3号議案に上程
1969. 12. 20	温泉掘さく許可(完成深度 700m)
1970. 2. 13	掘さく開始
5. 22	掘さく終了(実掘進700.5m)
6. 2	第1回揚水試験開始
6. 4	化学分析用試料採取
6. 7	第1回揚水試験終了
1974. 3. 20	新規掘さく終了に伴う動力装置の申請
5. 7	化学分析用試料採取
5. 10	第166回神奈川県温泉審議会 第12号議案に上程(許可) 電動機 15kW, 平山式横型 3段 175×150空気圧縮機 誘導管 口径5.0cm, 長さ550m エア管 口径1.3cm, 長さ300m
6. 21	第2回揚水試験 化学分析用試料採取
9. 11	化学分析用試料採取

## 2. 地質の概要

この付近の地質については、坂本ら(1964)、松島、今永(1968)、大木、小鷹(1975)の報告がある。本温泉孔井は丹沢山塊の南端部に位置し、緑色凝灰岩からなる丹沢層群(新第三紀中新世)中に掘さくされている。温泉孔井の南西の中津川をへだてた数100mのところには北西—南東に走る神繩逆断層が存在し、その南西部には凝灰角礫岩からなる足柄層群(新第三紀鮮新世)が分布している。南部は200~300mのところには東西に走る渋沢断層が存在し、その南側には緑色凝灰岩からなる丹沢層群が分布している。

本温泉孔井は上記二つの構造線の近くにあるが、その関係は現在のところ不明である。

## 3. 掘さく等の経過

神奈川県足柄上郡松田町にはじめて出現した温泉孔井は、同町寄1番123に位置している。孔井は国道246号線の北側、中津川の左岸の宅地造成地内であって、標高は134mである(図1)。この孔井の掘さく等の経過は表1に示す通りで、利根ボーリング株式会社が1970年に品川倉庫建物株式会社の依頼で施工した。

## 4. 孔井

利根ボーリング株式会社が作成した工事報告書により、孔井の地質柱状図、孔内温度および電気検層結果等を図2に示す。地表より10mまでは風化がすすんだ凝灰岩で、10~43.7mは安山岩および凝灰岩と安山岩の互層がつづいている。以下639mまで凝灰岩で、78m, 200m, 230m, 418m付近に破碎帯が、また480m, 510m, 555m, 570m, 600m, 610m付近に粘土化帯があった。セメンティングを251.4mと550.2mでおこない。251.4mまでは4"ケーシング、550.2mまでは3"ケーシングが挿入された。550.2m以下は76mmメタルクラウンでコアボーリングが行なわれた。湧水が期待できる亀裂が663m付近にある。孔内比抵抗検層によると360m付近から比抵抗が著しく小さくなり、それは孔底までつづいている。

孔底(700.5m)の温度は35.5°Cであった。

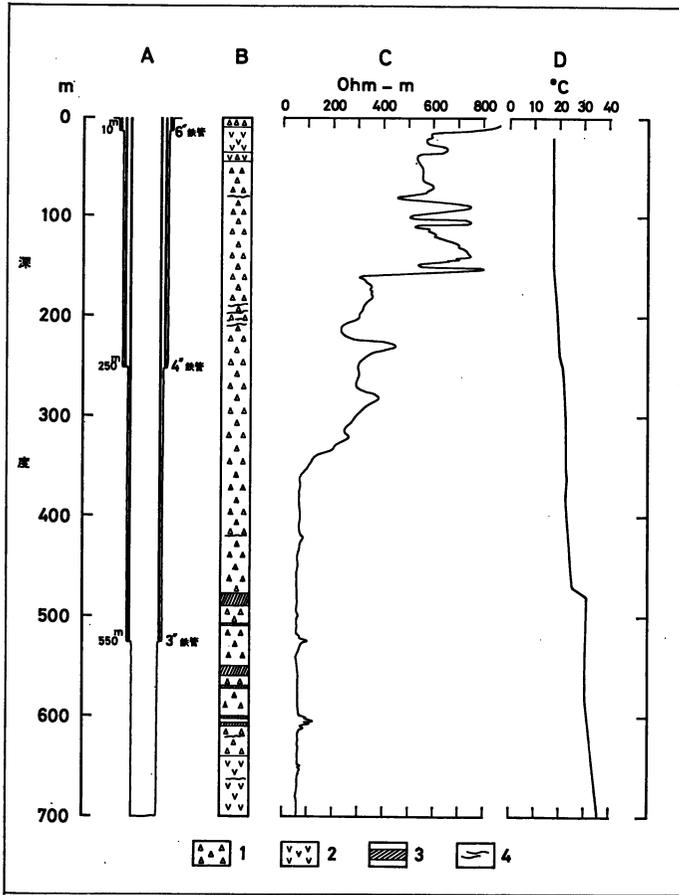


図2 孔井の地質柱状図および孔内検層図

A: 孔井構造図 B: 地質柱状図 C: 見掛比抵抗検層図 D: 温度検層図  
 1: 凝灰岩 2: 安山岩 3: 粘土化帯 4: 亀裂

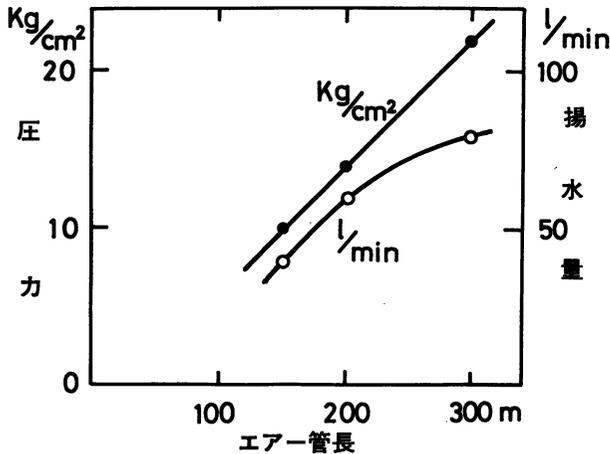


図3 エアー管長と空気圧縮機の圧力および揚水量 (第1回揚水試験)

5. 揚水試験

この孔井の揚水試験は、掘さく工事終了時と揚水装置の設置が許可された時に実施されている。最初の試験は利根ボーリング株式会社が行ない、誘導管とエア管の長さを決めている。2回目の試験は源泉の維持、管理に必要な水理学的資料を得る目的で神奈川県温泉研究所が実施した。

第1回目の揚水試験：揚水試験は1970年6月2～7日に行なわれた。揚水装置は15kW 電動機使用平山式横型3段7×6 空気圧縮機を用いたアエリフトポンプで、誘導管(5φ cm)を550m挿入し、エア管(1.3φ cm)を150m、200m、300mの3段階に変えて試験を行なっている。

この試験の結果を基にしてエア管の長さが300mに決められた(図3)。

第2回目の揚水試験：第1回目の揚水試験では孔井の水理定数が得られていないので、1974年6月21日の午前11時から精密圧力計を用いて3時間の連続揚水試験を行なった。この試験にさきだち6月19日の12時から21日の午前0時ま

で、連続36時間の揚水が行なわれていたので、試験開始時の静水位は42m（エア管長300mと最高動水圧25.8kg/cm<sup>2</sup>より概算した）であった。図4は経過時間に対する水位降下曲線と揚水量変化曲線である。揚水開始後3時間の揚水量は56ℓ/分で、水位降下は102.5mに達してもまだ安定せず平衡になってない。この揚水試験の資料を基にして、タイスの非平衡式により、透水量係数、貯留係数を算出した。図5は水位降下量（s）とr<sup>2</sup>/t（r：孔井半径，t：時間）との関係である。このr<sup>2</sup>/t—s曲線とW(u)—u標準曲線を重ねて、sおよびr<sup>2</sup>/tに対応するu，W(u)を求めると

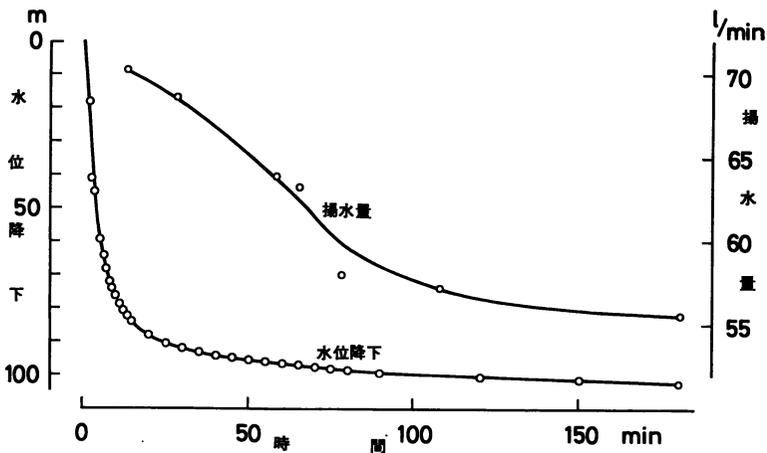


図4 第2回揚水試験における、時間(t)—水位降下(s)，揚水量低下

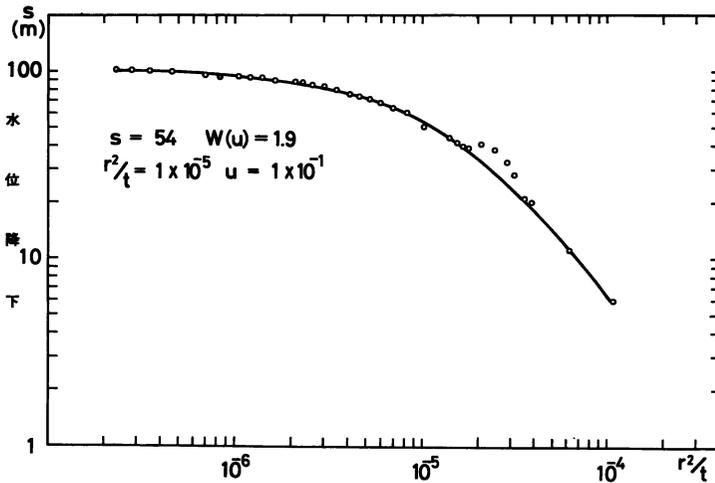


図5 第2回揚水試験における r<sup>2</sup>/t—s 曲線

$$s = 5.4 \quad u = 1. \times 10^{-1}$$

$$r^2/t = 1 \times 10^5 \quad W(u) = 1.9$$

となる。この値を非平衡式に代入すると

$$T = \frac{Q}{4\pi} \cdot \frac{W(u)}{s} = \frac{9.81 \times 10^{-4}}{12.56} \times \frac{1.9}{5.4} = 2.74 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$$

T : 透水量係数    Q : 揚水量    W(u) : 井戸関数    s : 水位降下量

で透水量係数 (T) は  $2.74 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$  となる。また貯留係数 (S) は

$$S = \frac{4uTt}{r^2} = \frac{4 \times 1 \times 10^{-1} \times 2.74 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-5}} = 1.09 \times 10^{-1}$$

S : 貯留係数    t : 時間    r : 孔井半径

$S = 1.09 \times 10^{-1}$  となる。

また、揚水量 (Q) を水位降下量 (s) で除したものを比湧出量 ( $Sc = Q/s$ ) といい、透水量係数はこの比湧出量の程度でできまってくる。本孔井の透水量係数と比湧出量との関係を湯河原温泉および箱根火山の温泉と比較して図6に示した (大山, 1976)。

$\text{CaCl}_2$  型冷鉱泉が揚水されるこの孔井の透水量係数や貯留係数は非常に小さく、毎分56ℓの揚水で動水位は100m以上も低下する。このように地下水位を大きく下げて揚水することは、源泉をながく維持するために好ましいことではない。

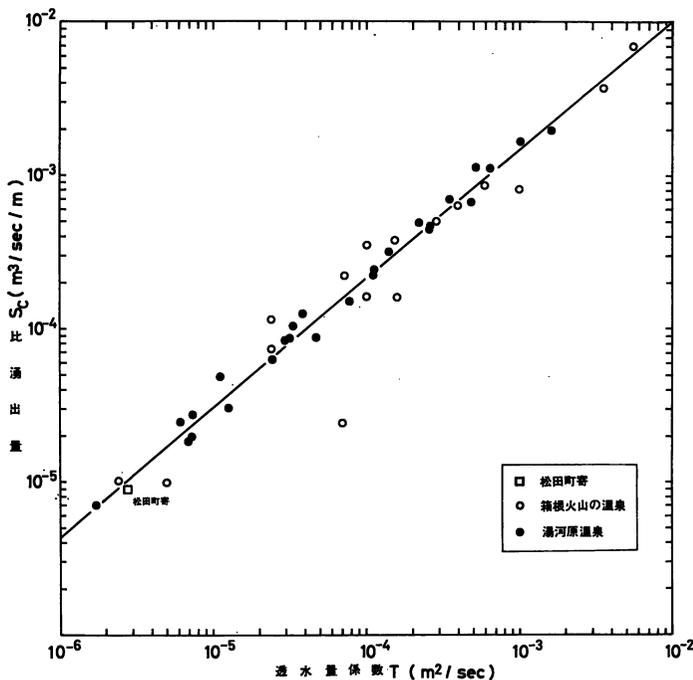


図6 比湧出量と透水量係数 (大山 (1976), による)

## 6. 化学組成

この孔井の試料は、まず孔井完成後の揚水試験終了時に採取され化学分析が行われた。その後4年間この孔井は利用されなかったが、揚水装置の許可申請が提出された前後に実施された試験の時に採水して、溶存成分の増減を調べた(表2)。

**CaCl<sub>2</sub>型の水質と療養泉の分類**：この孔井から揚水される水の温度は24.3°C(1974年9月11日)で温泉法の温度の規定(25°C以上)は満たさないが、溶存物質総量は6,000mg/kgに達し「温泉」になる。

その主要化学成分は陽イオンがCa<sup>2+</sup>、Na<sup>+</sup>で陰イオンがCl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>であり、とりわけCa<sup>2+</sup>とCl<sup>-</sup>のしめる割合が多くCaCl<sub>2</sub>型あるいは塩化土類泉とでも呼ぶべき水質である(副成分を考慮すると含芒硝塩化土類泉)。

温泉は療養泉の判定に資するため、泉質を大きく11に分け\* それらをさらに細分しているがCa<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>を主成分とする泉質名はふくまれてないので、この孔井の温泉の泉質名はつけられてない。

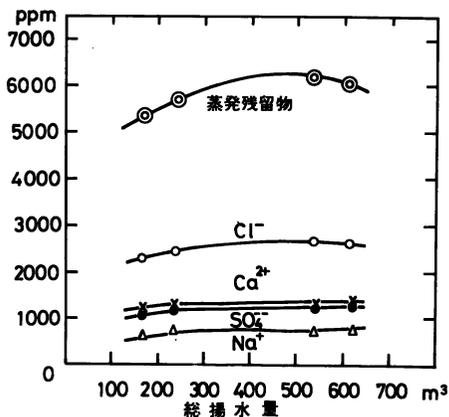


図7 総揚水量と溶存成分

**溶存成分と揚水量**：1970年6月と1974年の分析結果を比較し、その増減を調べた。この孔井から揚水された全水量は揚水時間と揚水量(ℓ/分)から大まかに計算できる。最初の揚水試験らしいの揚水量の総計と溶存成分との関係を図7に示した。揚水量が増すにつれて成分量も増加したが、揚水量の総計が約600m<sup>3</sup>を越えた時点で総溶存物質量は減少する傾向を示した。

**鶴巻温泉の化学組成**：松田町に隣接する秦野市の鶴巻温泉には、古くから化石海水型と考えられているCaCl<sub>2</sub>型の温泉が湧出している(坂本ら1964, 大木ら1964, 平野ら1967)。鶴巻温泉で最も温度の高い「ゆたか」源泉は、

最高40.5°Cに達したが、1970年には34.3°Cに低下し自噴をつづけている(表2)。

**松田町寄と鶴巻のCaCl<sub>2</sub>型の比較**：地理的に接近した2つの地域に、化学組成が類似した温泉が湧出しているが、これらを胚胎する地層は同じでなく、水の起源を同一のものとして論じる根拠は今のところない。表2の分析表から陽イオン(Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>)および陰イオン(Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)の組成比を求め三角図に投影した(図8)。これら2つの地域のCaCl<sub>2</sub>型温泉も、副成分としてSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が多いか否かの相違がある。

### \*泉質(療養泉)の分類

1. 単純温泉 2. 単純炭酸泉 3. 重炭酸土類泉 4. 重曹泉 5. 食塩泉 6. 硫酸塩泉 7. 鉄泉
8. 明ばん泉 9. 硫黄泉 10. 酸性泉 11. 放射泉

食塩泉はさらに次のように分けられる。

- a 純食塩泉 b 含炭酸食塩泉 c 強食塩泉 d 弱食塩泉 e 含重曹食塩泉 f 含芒硝食塩泉 g 含芒硝重曹食塩泉 h 含塩化土類食塩泉 i 含土類食塩泉 j 含石膏食塩泉 k 含土類石膏食塩泉 l 含臭素食塩泉 m 含ヨウ素食塩泉 n 含臭素ヨウ素食塩泉 o 含ホウ素食塩泉

これらの水が、それぞれの地層にとじこめられた海水起源のものと考えて良いならば、海水に比べて松田町寄のCaCl<sub>2</sub>型冷鉱泉はSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の比率が著しく増しており、鶴巻はSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が減少している。このSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>溶存量の相違は、地下水を含む地層の鉱物組成と関連させて解決しなければならない。

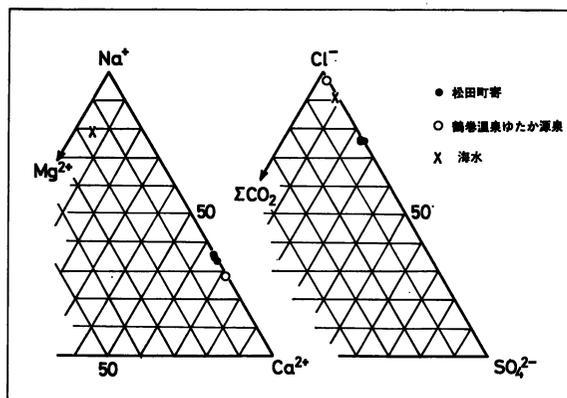


図 8 陽イオンおよび陰イオン組成比 (当量比)

### 7. CaCl<sub>2</sub> 型の天然水が存在するところ

北野 (1969) は、その著書「水の科学」の中で、松代群発地震にもなった湧水がCaCl<sub>2</sub>型の稀な化学組成であることを強調し、次のように書いている。『この塩化カルシウム型の天然水が、日本のどんどこに存在しているか、まず調べてみた。いろいろの天然水、とくに600種ぐらいの温泉水の化学組成も調べつくしてみたが、ついに一つもみつげることができなかった。世界中で、すでに紹介議論してきた、海水が堆積層に長い間にとじこめられて変質し、ふたたび出てきた油田塩水、南極ドンファン池の水、そして紅海の深いところの水に見出せたのに過ぎなかった。』

DEGENS, et al. (1967)によると、CaCl<sub>2</sub>型の水は地表の条件では生成されないが、油田塩水には広く見られるという。

油田とは無関係な松田町寄や鶴巻に、CaCl<sub>2</sub>型の温泉が湧出することを強調する必要があるだろう。

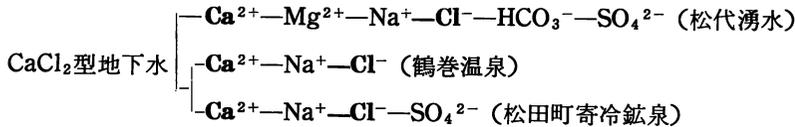
表 2 分 析

試 料	採 水 日	温 度 (°C)	揚水量 (ℓ/分)	pH	蒸 発 残 留 物 (*130°C)	Li <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
松 田 町 寄	1970. 6. 4	22.8	45.	7.20	5300.		2.500	670.0	1190.0	0.5700
	1974. 5. 7	—	—	7.5	*5772.			759.	1181.	0.86
	1974. 6. 21	24.1	56.	6.8	*6159.			787.	1265.	0.19
	1974. 9. 11	24.3	52.	6.4	*6029.	0.06	5.59	782.	1245.	0.17
鶴 巻 温 泉 (ゆたか源泉)	1967.10. 7	36.8	270. (自噴)	9.4	*9749.	0.14	5.20	1068.	2349.	0.
松代地震にもなった湧水 (St. No. 1)	1968.12.27	16.2	—	6.2				445.	1935.	372.

## 8. 松代地震で湧出した $\text{CaCl}_2$ 型地下水

1965年8月から長野県松代町を中心にしておきた群発地震は、1966年8月にその第三の活動期にはいると、地われが著しく発達し9月になると各地で湧水がはじまった。この湧水は  $\text{Ca}^{2+}$  および  $\text{Cl}^-$  を一定の割合に含むもので、湧水量の増加とともに  $\text{Ca}^{2+}$  や  $\text{Cl}^-$  の濃度が増大した (KITANO, et al. 1967, YOSHIOKA, et al. 1970, 吉岡ら1971)。これらの湧水の化学組成の一例を表2に示し、その水質構成を図9に示した。図9には、松田町寄および鶴巻の水質構成もあわせて示した。

**$\text{CaCl}_2$  型地下水の分類：**松代の湧水や松田町寄、鶴巻の  $\text{CaCl}_2$  型地下水は  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$  以外の副成分によって、さらに2つに分類することができる。松代地震の湧水の陰イオンの主要成分は  $\text{Cl}^-$  と  $\text{HCO}_3^-$  であるが松田町寄のは  $\text{Cl}^-$  と  $\text{SO}_4^{2-}$ 、鶴巻はほとんど  $\text{Cl}^-$  だけである。このことは陽イオンにも反映されている。松代の湧水の陽イオンは  $\text{Ca}^{2+}$  について  $\text{Mg}^{2+}$  が多く  $\text{Na}^+$  がそれにつぐが、松田町寄や鶴巻では  $\text{Ca}^{2+}$  について  $\text{Na}^+$  が多く、 $\text{Mg}^{2+}$  は非常に少ない。



今まで、一括して述べてきた  $\text{CaCl}_2$  型の水質も、それぞれの湧出地ごとで、化学組成に大きな相違があることが判る。上記の分類や水質構成図 (図9) からみて、鶴巻温泉が最も  $\text{CaCl}_2$  型にふさわしい水質のように思える。

## 9. 松田町寄の $\text{CaCl}_2$ 型冷鉱泉は有機物を含まない地層に胚胎された

有機物を堆積した地層に  $\text{SO}_4^{2-}$  を溶存した地下水がとりこまれると、 $\text{SO}_4^{2-}$  は有機物によって還元され  $\text{S}^{2-}$  となり、また有機物は  $\text{HCO}_3^-$  に酸化されることは、最近の間隙水の化学組成の研究などでは良く知られている (SAYLES, et al. 1975, SHOLKOVITZ, 1973)。

かりに、松田町寄の  $\text{CaCl}_2$  型冷鉱泉が、有機物を堆積した地層にとじこめられたとすると

表

(分析値の単位はppm)

$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Fe}^{3+}$	$\text{Mn}^{2+}$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{H}_2\text{SiO}_3$	$\text{HBO}_2$	$\text{CO}_2$	総計	イオン強度	備考
1.20			2269.	1064.	18.25	56.7	3.44	2.72	5277.		利根ボーリングKK (中央温泉研究所)  孔井深度 700m
			2428.	1087.	24.7			2.43			
			2619.	1136.	12.1			2.43			
1.47		0.14	2595.	1139.	9.8	14.6	9.1	4.05	5812.	0.1398	
0.			5595.	240.	24.1	28.1	3.7				孔井深度 500m
			3893.	433.	1704.	55.4 ( $\text{SiO}_2$ )					吉岡竜馬氏の第126回 松代水質分析表による

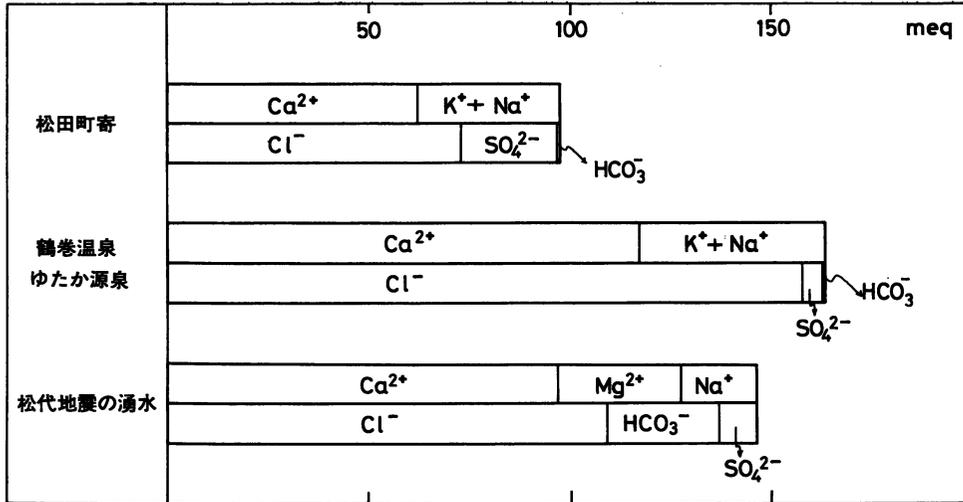
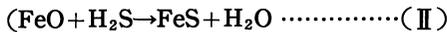
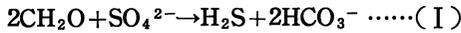


図9 水質構成図



(I)式による酸化-還元反応がすすみ、ついでには  $\text{SO}_4^{2-}$  を溶存しない  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  を陰イオンの主要成分とする水質に変わることができる。

実際は、松田町寄の冷鉱泉の  $\text{HCO}_3^-$  は非常に少なく、陰イオンの主要成分は  $\text{Cl}^-$  と  $\text{SO}_4^{2-}$  で、 $\text{SO}_4^{2-}$  は有機物による還元を受けてないと思われる。これは、この冷鉱泉が胚胎する地層に、有機物がとりこまれてないことを反映していると考えてよいだろう。

このような見方をすると、 $\text{HCO}_3^-$  が多く  $\text{SO}_4^{2-}$  が少ない松代の  $\text{CaCl}_2$  型湧水は、有機物を堆積した地層にとりこまれていたと考えて良いだろう。そう考えると、松代の湧水は始めは  $\text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-}$  を陰イオンの主要成分とする松田町寄の冷鉱泉のような組成であった可能性がある。

実際に、これらの地下水を含む地層の鉱物組成等を調べて、上記の推定を確かめる必要がある。

10. 松田町寄の  $\text{CaCl}_2$  型冷鉱泉は見掛け上は硬石膏と平衡

松田町寄の  $\text{CaCl}_2$  型冷鉱泉のイオン強度を計算し、Debye-Hückelの式によって  $\text{Ca}^{2+}$  と  $\text{SO}_4^{2-}$  の活動度を求めると、その積  $[\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]$  は  $10^{-4.52}$  である。石膏 ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , Gypsum) および硬石膏 ( $\text{CaSO}_4$ , Anhydrite) の溶解度積 (25°C) は各々  $10^{-4.6}$ ,  $10^{-4.5}$  で温度が高くなるにつれて溶解度積は小さくなる (KRAUSKOPF, 1967)。

松田町寄の  $\text{CaCl}_2$  型冷鉱泉の  $\text{Ca}^{2+}$  と  $\text{SO}_4^{2-}$  は見掛け上は硬石膏と平衡にあるらしい。このことも地

層の鉱物組成を調べて確かめる必要がある。また硫黄（S）元素の起源については今のところ不明である。

## 11. おわりに

足柄上郡松田町寄にはじめて開発された、CaCl<sub>2</sub>型冷鉱泉の特徴と孔井の状態について述べた。

おどろくことに、箱根や湯河原を含む神奈川県内の温泉で孔井が仕上がりに、利用前に正確な揚水試験が行なわれたのは、この松田町寄の孔井がはじめてである。神奈川県内の温泉行政は温度と揚水量の資料に基づいてすすめられており、今だに正しい水文学を基礎にした行政は展開されてない。

## 12. 謝 辞

この調査をすすめるにあたり、次の方々のお世話になった。

品川倉庫建物株式会社の松川孝次氏は揚水試験等に協力され、さらに利根ボーリング株式会社が作成した工事報告書の利用の便宜をはかって下さった。

京都大学防災研究所の吉岡竜馬氏からは、松代地震にともなった湧水に関する多数の研究報告や分析データ集の寄贈を受け、その数値の使用を許していただいた。神奈川県内の2箇所のCaCl<sub>2</sub>型温泉と松代のCaCl<sub>2</sub>型湧水の組成の比較が出来たのは、同氏のおかげである。

松田保健所の松本正弘氏は揚水試験等の実施にあたり御協力していただいた。神奈川県温泉研究所平賀士郎温泉地質科長には、この調査が円滑にすすむよう御配慮していただき、終始はげましていただいた。以上の方々に厚くお礼申し上げる。しかし、本文の内容についてはすべて著者等に責任がある。

なお、この調査は温泉研究所温泉等研究調査費によった。

## 参考文献

DEGENS, E. T. and G. V. CHILINGAR (1967), Diagenesis of subsurface waters, in Diagenesis in Sediments, LARSEN, G. and CHILINGAR, G. V. edit. 477—502 Elsevier Pub. Co.

平野富雄, 田嶋雛子, 大木靖衛 (1967), 七沢, 鶴巻の温泉, 鉱泉, 神奈川県温泉報告, Vol. 1, No. 5, 11—22.  
KITANO, Y., R. YOSHIOKA, S. OKUDA and K. OKUNISHI (1967), Geochemical study of ground waters in the Matsushiro area (Part 1), Bull. Dis. Prev. Res. Inst. Kyoto Univ. Vol. 17, Part 2, No. 123, 47—71.

———, ———, ———, ———, (1968). Geochemical study of ground waters in the Matsushiro area (Part 2), *ibid.* Vol. 18, Part 1. No. 133, 49—58.

北野 康 (1969), 水の科学, 日本放送出版協会.

厚生省編 (1957), 衛生検査指針(VI), 鉱泉分析法指針.

KRAUSKOPF, K. B. (1967). Introduction to Geochemistry, McGraw-Hill Book Company.

松島義章, 今永 勇 (1968), 神繩逆断層について, 神奈川県立博物館研究報告, Vol. 1, No. 1, 66—73.

中村一明 (1972), 水噴火としてみた松代地震, 日本火山学会 1971 年度秋期大会講演要旨, 火山, 第 2 集, Vol. 17, No. 1, 33.

大木靖衛, 田嶋綾子, 平野富雄, 荻野喜作, 広田茂, 高橋惣一, 小椋藤幸, 守矢正則, 杉本光夫 (1964), 丹沢山地の温泉鉱泉, 神奈川温研報告, Vol. 1, No. 2, 19—38.

——, 小鷹滋郎 (1975), 土地分類図 (表層地質図—平面的分類図—) 神奈川県, 国土庁土地局.

大山正雄 (1976), 湯河原温泉の水位と湧出地域の透水性, 神奈川温研報告, Vol. 7, No. 2, 69—84.

坂本峻雄, 見上敬三, 松田時彦, 大木靖衛 (1964), 丹沢山塊の地質, 丹沢大山学術調査報告書, 1—53. 神奈川県.

SAYLES, F. L. and F. T. MANHEIM (1975), Interstitial solutions and diagenesis in deeply buried marine sediments: results from the Deep Sea Drilling Project, Geochim. Cosmochim. Acta. Vol. 39, 103—127.

SHOLKOVITZ, E. (1973), Interstitial water chemistry of the Santa Bardara Basin sediments, Geochim. Cosmochim. Acta. Vol. 37, 2043—2073.

利根ボーリング (1970), 松田温泉井試掘工事報告書.

YOSHIOKA, R., S. OKUDA and Y. KITANO (1970), Calcium chloride type water discharged from the Matsushiro area in connection with swarm earthquakes, Geochem. Jour. Vol. 4, 61—74.

吉岡竜馬, 奥田節夫, 北野康 (1971), 松代群発地震地域の地すべり地帯に湧出した地下水のハロゲン元素について, 京都大学防災研年報, No. 14, B, 667—675.