

## 湯河原温泉調査報告

大木靖衛、荻野喜作、長塚綾子、広田 茂、小槻藤幸、高橋惣一、杉本光夫

(昭和38年3月受理)

1 はしがき	7 泉 質
2 謝 辞	8 薬品投入試験
3 地 質	9 温度の連続観測
4 調査の内容	10 検 層
5 沿 革	11 温泉水面回復のために
6 最近の温泉状況	12 文 献

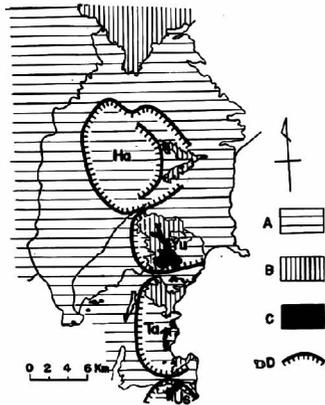
### 1. はしがき

湯河原温泉においては温泉を中心とした観光施設の増大にともない、温泉の需要も急激に増大している。しかし必要な湯量を確保する事は容易な事ではない。湯量を確保するために新しい源泉の開発が試みられ、孔井の増強や強力な揚水ポンプの使用が行われている。このような努力にもかかわらず採取される温泉の量は最近数年間においても、殆んど増加せず、かえって地下の温泉水面が年々低下の一途をたどっている。温泉水面の低下は源泉の温度や揚湯量の低下をもたらし、いわゆる温泉の枯渇現象をまねいている。

この研究の目的は枯渇問題の大きな原因である温泉水面の低下を防止し、出来ればその回復をはかるのに必要な基礎的資料を明らかにすることである。

### 2. 謝 辞

この調査は神奈川県温泉研究所長栗原忠夫博士の指導のもとに行われた。湯河原町八亀武雄町長は現地調査にあたって御便宜をはかれ、ことに温度連続観測網の配線については非常な援助を与えられた。東京大学地質学教室久野久教授、同大学地震研究所水上武教授は終始適切なる助言を与えられた。化学分析法では同大学物性研究所田村正平博士の教示を受けた。工業技術院地質調査所中村久由博士からは当地区の未発表の孔内測温、比抵抗検層資料を参照する機会を与えられた。同地質調査所陶山淳治技官、高木慎一郎技官からは電気検層法の技術に関する指導をいただいた。小田原保健所温泉課内田正男課長、岩田義徳氏からは多数の資料の提供を受け、とくに湯河原温泉の沿革について貴重な意見をよせられた。同所試験室和田裕氏は当温泉地の浅い地下水の調査に協力された。湯河原町の塚田裕三氏、菊川道昌氏、須藤近喜公営事業課長、同課の佐藤芳猶氏、菅沼盛義氏、杉山哲夫氏、勝久子嬢には現地調査にあたって色々お世話をいただいた。こゝに明記して以上の方々に厚くお礼申し上げる。



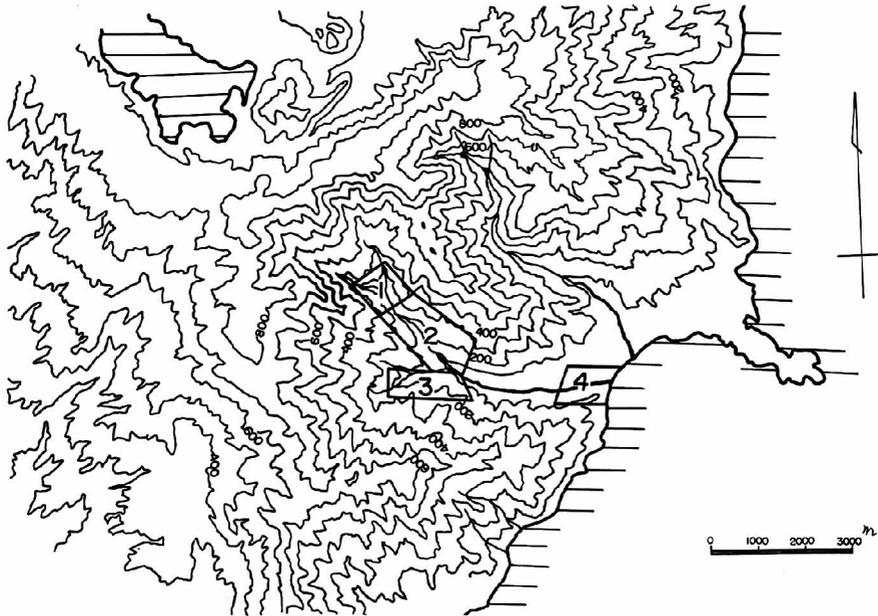
第1図 箱根・伊豆地方の火山 (久野久—1952—原図) A: 更新世火山噴出物 B: 中期中新世及至鮮新世岩石, C: 古期中新世火山岩, D: カルデラ壁, H: 箱根火山, Y: 湯河原火山, T: 多賀火山, U: 宇佐美火山

### 3. 地 質

湯河原火山は伊豆半島の頸部にあたり箱根、多賀、宇佐美火山と共に南北に連なる火山列をなす(第1図)。湯河原温泉は湯河原火山の開析された火口のほぼ中央にある。本報告では湯河原温泉を便宜上北より広河原地区、温泉場地区、泉地区及び海岸地区に区分して説明することにする。

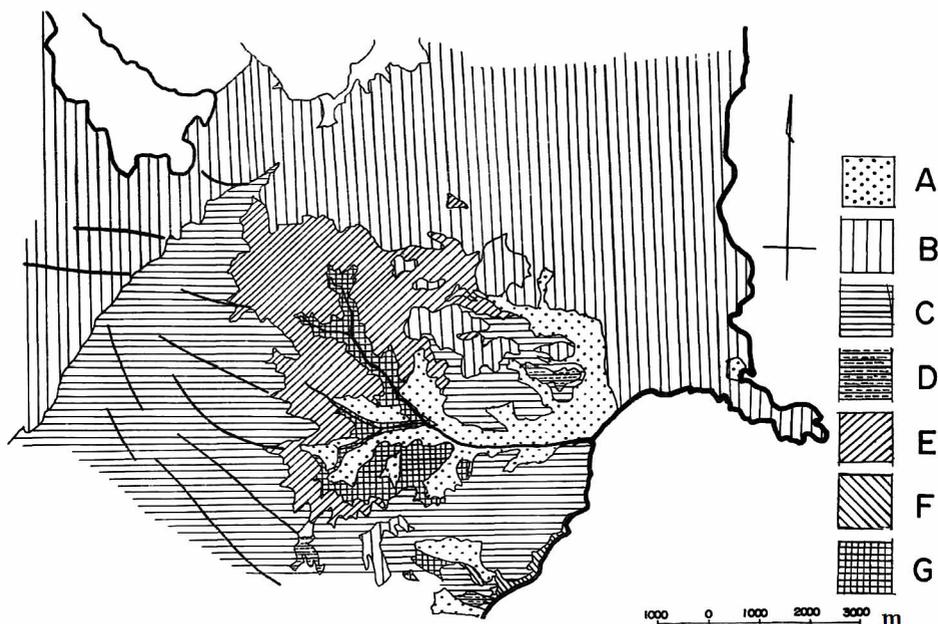
伊豆箱根地方の地質については既に久野久(1950, 1952)のくわしい研究があり、それにもとづいて湯河原火山の地質について略記する(第2・3図、第1表)。

湯ヶ島層群: 本層群は湯河原火山の基盤をなすもので、千才川、藤木川に沿って露出する。伊豆湯ヶ島が本層群の標式地であるので湯ヶ島層群と名づけられた。本地域では主に暗緑色緻密な玄武岩及至安山岩熔岩よりなり、火山碎屑岩類がその上位を占める。本層群は激しい温泉変質作用を受け、沸石、緑色粘土鉱物、方解石、石英の細脈やスポットが形



第2図 湯河原火山地形略図

1: 広河原地区, 2: 温泉場地区, 3: 泉地区, 4: 海岸地区



第3図 湯河原火山地質図(久野久一1950—原図) A: 洪積世堆積物、B: 箱根火山噴出物、C 湯河原火山噴出物、D: 石英安山岩噴出岩体、E: 天昭山玄武岩類、F: 稲村安山岩類、G: 湯ヶ島層群

第 1 表	箱 根 火 山	} …… 洪 積 世 ( 第 四 紀 )
	湯 河 原 火 山	
基盤岩類	天昭山玄武岩類……鮮新世	} ( 新 第 三 紀 )
	湯ヶ島層群……下部中新世	

成されている。桜井及び林(1952)は本地域の沸石類を研究し、不動滝より新沸石を発見して、湯河原沸石と名づけた。湯河原温泉の大部分は、湯ヶ島層群中に掘さくされた孔井から直接揚水されている。

天昭山玄武岩類：湯ヶ島層群をおよって厚さ約 400m を有する玄武岩及至安山岩の熔岩と、火山碎屑岩の互層よりなる天昭山玄武岩類がある。その標式的露出は広河原の北約 1.5km の天昭山にある。本岩類も湯ヶ島層群と同様に温泉変質作用を受け、その下位層準程著しく沸石、緑色粘土鉱物、方解石などの細脈や気孔充填物がある。本火山岩の噴出の中心は現在残っていないが、広河原付近で層厚が最大であるので、この附近が噴出の中心と推定されている。本累層中火山碎屑岩類は風化を受け褐色土壌化しているところが多く、特に上位層準程著しい。

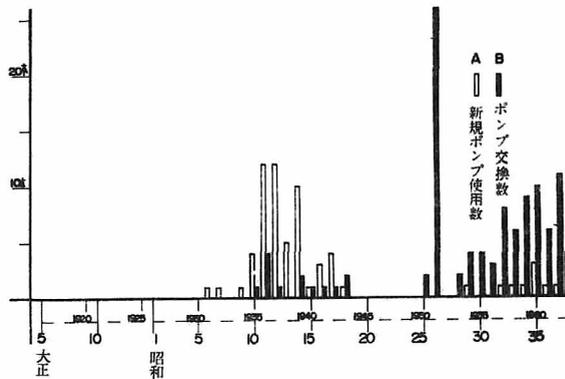
湯河原火山：湯ヶ島層群及び天昭山玄武岩類の上に著しい不整合をもって湯河原火山の噴出物が累積している。本火山岩は主に玄武岩質安山岩及びその火山碎屑岩よりなる。本火山岩は殆んど変質、風化作用を受けていないので、風化や温泉変質作用の著しい基盤岩

類とは明瞭に区別されると云う。湯河原火山は単純な成層火山で、湯河原町を中心とした円錐体をなし、その中央に開析されて旧火口より著しく拡大されたカルデラ状低地が出来ている。

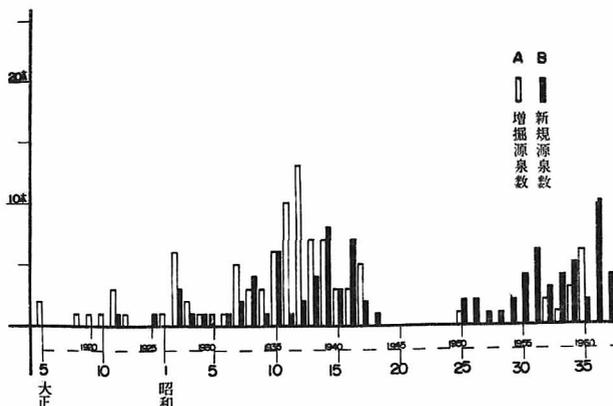
#### 4. 調査の内容

湯河原温泉は緻密な岩石よりなる湯ヶ島層群中の裂罅（割れ目）に沿って湧出している。

この緻密な岩石は地下深所から上昇して来る熱エネルギーを逸散させない大切な役割を果たすが、一方、温泉水はこの岩石中のどこでも自由に流れる事は出来ない。温泉の動きは地下の割れ目に従うので、本地域の割れ目の分布様式を明らかにする事に本調査の目標をおいた。調査地域には人家が密集し、道路、河川の土木工事が完備しているので、地表調査は殆んど不可能であった。そのために泉質の分布様式、揚水量の大小等により割れ目の分布を推定し、温泉孔井に適切な薬品を投入し、追跡して割れ目の存在を確める事にした。



第5図 動力使用許可数経年変化図 A：新規ポンプ使用許可数 B：ポンプ交換許可数  
(小田原保健所温泉台帳による)



第4図 掘さく源泉数経年変化図 A：新規掘さく源泉 B：増掘源泉  
(小田原保健所温泉台帳による)

## 5. 沿革

本温泉の沿革を述べるにあたって、小林儀一郎(1914)の大正三年(1912)に行われた報告は興味深い。本地域は明治37年頃まで自然湧出の温泉であったが、明治37・8年頃、初めて堀抜井戸がつくられ、自噴する温泉が利用された。以後、堀抜井戸の数は増して大正2年に約20に達した。堀抜井戸の深度は30-180mにわたり、50-100mが最も多く、すべて自噴で温度は80℃前後のものが多かった。堀抜井戸は温泉場地区に密集し、当ても井戸の数が増すにつれて既存の井戸の温度、湧出量が低下していく様子が述べられている。

大正5年以後の事情は温泉台帳により詳細にうかがう事が出来る。第4図は一年間に完成した新しい源泉と既存源泉の増掘数を年代順に並べたものであり、第5図は新規揚水ポンプの使用件数及びポンプ交換数(多くの場合は揚水能力の増大を伴う)を年代順に並べたものである。温泉孔井の掘さくは昭和10年より15年にかけて多数行われ、台帳に登録される源泉数は約90に達した。これは現在の源泉数の9割にあたる。この時期は東海道線丹那トンネルの完成直後で、東海道線の通過によって一挙に湯河原温泉が発展した事が明瞭に推察される。丹那トンネル完成以前は、大部分の温泉が堀抜井戸からの自噴であったが、昭和10年以後の乱掘により自噴量が低下し、或は停止したために揚水ポンプの普及した事が第5図より明らかである。大正末期からの自噴時代にも、水車式ポンプ、ピニオン・ポンプと称される揚水装置が使用された源泉も少しあった。昭和10年以後のポンプは殆んどがエアリフト・ポンプ\*であり、本地域でタービン・ポンプが使用された例はエアリフト・ポンプが現れはじめた頭初を除くと全くない。初期からエアリフト・ポンプが使用された理由は、本温泉でのスケールの沈着が激しいので、簡単に掃除し易いエアリフト・ポンプが好まれた事によるのであろう。最近における強力なエアリフト・ポンプの使用は、温泉水面が地下100mにも達する異常な源泉ばかりなので、他の形式のポンプでは揚水が困難な事によるのであろう。

昭和15年以後、新規掘さく数が少くなるが、これは当時既に施行されていた“源泉相互間の距離は110m以上でなければならない”と云う神奈川県の内規のために、温泉場附近で新規掘さくが困難になった事によるのであろう。

それに代って既存源泉の増掘数は次第に増加する傾向がある。第二次大戦中は台帳に殆んど記載が行われなくなったので詳細は分らないが、この間に本温泉地が陸軍の療養地となり十分な温泉をとるために、主に揚水ポンプの増力が試みられたようである。

終戦後の行政機構の改革により警察部にあった温泉業務は衛生部に移管され、現地では保健所の主管として取扱れるようになった。昭和23年には現温泉法が公布され温泉台帳が再整備された。

昭和25・6年に一斉調査が行われて戦中・戦後に増力されていた揚水ポンプの実態が明らかとなり改めて台帳に記載された。昭和29年以後、再び増掘数が増し、温泉場を離れて新しい地域に新規掘さくが行われはじめた。この時期は増掘と強力な揚水ポンプの設

\* 低圧エアリフト・ポンプ

第2表 湯河原温泉の温度及び揚水量（その1）

源泉 番号	昭和33年*			昭和36年*			昭和37年（4月）		
	T°C	V l/min	VT	T°C	V l/min	VT	T°C	V l/min	VT
2	54.0	40.0	2160	49.5	33.0	1634	51.2	25.6	1311
4	46.8	30.8	1441	44.0	20.1	884	41.5	13.9	577
6	61.6	68.2	4201	56.8	79.5	4516	56.5	65.6	3706
7	67.5	144.0	9720	67.8	88.5	6000	56.3	84.0	4729
11	76.2	41.2	3139	67.1	43.4	2912	68.7	55.0	3779
15	38.8	25.7	997	35.0	18.0	630	—	—	—
18	63.9	33.7	2153	66.8	46.0	3073	66.0	51.2	3379
21	52.0	53.0	2756	49.5	8.9	441	46.0	6.4	294
22	86.9	92.2	8012	89.9	133.2	11975	88.5	124.2	10992
23	52.0	45.0	2340	52.3	28.8	1506	53.5	37.8	2022
25	53.1	53.6	2846	54.0	47.9	2587	53.6	50.8	2723
26	59.5	44.3	2636	—	—	—	—	—	—
28	50.2	26.7	1340	84.5	80.0	6760	—	—	—
29	73.4	18.2	1336	63.7	20.6	1312	70.7	10.8	764
31	—	—	—	85.1	82.0	6978	79.6	67.2	5349
32	71.5	97.0	6936	69.2	80.5	5571	70.1	69.4	4865
33	74.1	164.0	12152	80.5	125.0	10063	79.1	134.5	10639
34	81.6	161.0	13138	84.0	137.0	11508	73.5	155.0	11393
35	68.2	54.5	3717	69.2	37.6	2602	72.9	63.2	4607
36	67.1	50.8	3409	76.0	56.2	4271	68.2	34.0	2319
38	64.0	108.0	6912	68.5	99.5	6816	68.0	78.1	5311
39	—	—	—	85.7	89.3	7653	80.7	69.6	5617
41	48.7	112.0	5454	63.2	95.5	6036	66.2	123.6	8182
43	83.0	50.7	4208	80.4	41.6	3345	75.6	28.2	2132
44	64.5	21.9	1413	54.1	46.0	2489	71.1	46.4	3299
45	—	—	—	64.3	88.5	5691	61.6	73.0	4497
46	52.0	31.8	1653	53.5	34.0	1819	54.1	25.7	1390
47	41.1	38.9	1599	38.6	30.2	1166	—	—	—
51	43.9	60.5	2656	42.5	48.4	2057	40.9	42.1	1722
52	46.3	55.3	2560	51.8	56.9	2947	51.0	37.5	1913
53	87.0	101.0	8787	86.6	78.6	6807	84.1	62.0	5214
54	49.0	50.8	2489	49.2	43.6	2145	49.0	40.7	1994
55	58.7	79.1	4643	66.7	77.7	5183	66.5	60.3	4010
59	59.0	68.3	4030	46.0	30.0	1380	46.6	39.0	1817
60	80.0	290.0	23200	78.5	258.0	20253	76.5	215.0	16448
64	69.5	70.6	4908	—	—	—	83.8	51.9	4349
65	53.5	61.0	3264	51.8	47.2	2445	51.2	50.0	2560
66	49.0	63.0	3087	—	—	—	—	—	—
67	47.0	59.0	2773	—	—	—	—	—	—
68	87.5	84.2	7368	85.7	75.5	6470	81.8	12.1	990

第2表 湯河原温泉の温度及び揚水量 (その2)

源泉 番号	昭和33年*			昭和36年*			昭和37年(4月)		
	T°C	V l/min	VT	T°C	V l/min	VT	T°C	V l/min	VT
69	71.8	39.4	2829	62.2	20.6	1281	67.0	29.4	1970
70	88.7	288.0	25546	89.4	284.0	25390	87.3	280.0	24444
72	61.0	56.8	3465	58.0	30.5	1769	61.1	31.1	1900
77	42.4	35.0	1484	43.8	25.7	1126	43.4	24.7	1072
85	61.0	50.0	3050	—	—	—	65.8	10.3	678
86	50.2	27.0	1355	47.0	22.8	1072	44.6	23.7	1057
87	43.2	48.0	2074	42.5	56.0	2380	42.3	32.5	1375
91	63.5	26.0	1651	79.0	62.4	4930	76.5	49.8	3810
92	49.2	22.0	1082	47.2	31.0	1463	55.0	25.3	1392
94	49.5	61.0	3020	48.5	53.8	2609	48.0	43.5	2088
95	77.0	35.3	2718	—	—	—	—	—	—
101	88.0	174.0	15312	90.7	151.0	13700	88.0	160.0	14080
106	75.5	216.0	16308	—	—	—	—	—	—
107	72.0	160.0	11520	76.2	320.0	24384	72.2	297.0	21443
108	49.0	54.0	2646	78.3	154.0	12058	76.2	120.5	9182
109	82.0	82.8	6790	50.5	34.2	1727	50.5	35.7	1803
113	60.0	46.0	2760	—	—	—	74.1	61.5	4557
114	67.2	34.0	2285	60.5	32.1	1942	61.0	26.3	1604
115	56.3	126.0	7094	55.9	104.0	5814	62.1	122.2	7589
116	67.2	32.0	2006	68.0	29.0	1972	67.0	44.1	2955
117	54.2	94.5	5122	54.0	85.7	4628	53.0	80.8	4282
118	71.5	47.6	3403	79.0	47.2	3729	73.8	44.1	3255
119	65.0	80.5	5233	69.5	141.9	9862	72.0	131.0	9432
120	66.4	147.0	9761	90.8	161.0	14619	87.1	111.4	9703
121	63.4	161.0	10207	71.3	300.0	21390	67.5	248.0	16740
122	69.0	63.0	4347	65.0	60.0	3900	64.0	83.9	5370
123	59.0	61.4	3623	54.5	44.0	2398	53.1	35.3	1874
124	60.2	144.0	8669	55.9	106.0	5925	54.9	98.4	5402
125	—	—	—	82.3	123.0	10123	77.0	131.0	10087
126	—	—	—	54.6	49.2	2686	54.5	52.8	2878
127	59.4	98.0	5821	54.0	39.4	2128	49.9	28.7	1432
129	—	—	—	—	—	—	34.8	108.2	3765
131	—	—	—	66.5	39.3	2613	64.8	38.1	2469
132	—	—	—	80.7	131.0	10572	80.2	94.5	7579
133	—	—	—	72.2	150.0	10830	73.2	98.2	7188
134	—	—	—	44.2	43.7	1932	44.6	44.0	1962
135	—	—	—	39.5	31.4	1240	41.7	31.7	1322
136	—	—	—	59.2	185.0	10952	—	—	—

\*小田原保健所調査。

置とが繰り返えされる事により特色づけられる\*。丹那トンネル開通後の乱掘時代と同様な傾向が、昭和30年以後に再び現れて来ているがその主な原因は、最近における観光事業のめざましい発展により年間を通じて絶え間ない温泉の需要が生じた事による。その結果、年々温泉水面の低下が続き枯渇現象を見るに至った。

## 6. 最近の温泉状況

温泉によってはこぼれる熱量から地下エネルギーの状況を推察し、今後の泉源開発の一指針とするために、温泉の経年変化を検討した。資料は昭和33年\*\*（66本）昭和36年\*\*（70本）、昭和37年（70本）、の稼動源泉の温度及び揚水量である。各温泉孔井の深度は異なり、孔井の構造にも良否があり、揚水用動力装置にも相違があるため採取温泉の温度、揚水量の分布にはかなりのばらつきが現われている。しかし、一応これらの資料が正規分布をするとみなして統計処理を行った。この結果、各年の総括的温泉状態には有意の差が認められない事が分った。また、温泉の推移についてもかなりの情報を得る事が出来た。なお、末項に湯河原温泉の変動についての考察を述べる。

表及び図の説明：第2表に湯河原温泉の昭和33年、昭和36年及び昭和37年における全源泉の温度及び揚水量を示す。この資料を統計処理して得た温度の平均及び標準偏差、揚水量の総計・平均及び標準偏差、温泉熱量の総計・平均及び標準偏差等を第3表に示す。第6図から第8図は、第2表に基いて作成した温度、揚水量及び熱量の度数分布図である。第9・10図は個々の温泉についての塩素イオンと温度の経年変化を示したものである。

第3表 湯河原温泉の経年変化

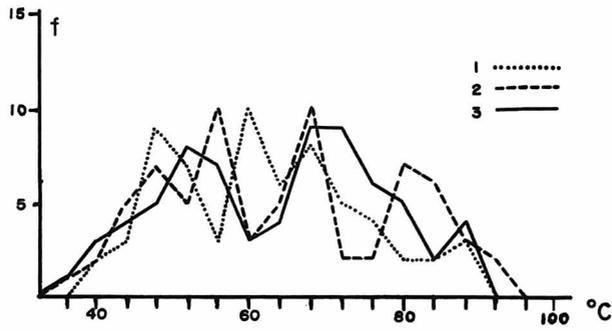
		昭和33年	昭和36年	昭和37年 (4月)
源 泉 数	源 泉 数	110	117	118
	稼 動 源 泉 数	66	70	70
温 度 °C	平 均	62.7	64.0	63.6
	標 準 偏 差	13.0	14.7	13.6
揚 水 量 l/min	総 量	5,160	5,600	5,030
	平 均	79.4	80.3	73.1
	標 準 偏 差	51.8	67.4	59.6
熱 量 kcal/ min	総 量	346,600	395,600	345,400
	平 均	5,610	5,660	4,800
	標 準 偏 差	5,060	5,590	4,930

## 考 察

1. 採取全源泉の総括的状态について：第2表の資料を統計的に処理し採取全源泉の相互の差を検討した結果、各年の温泉状態に本質的に有意とする程の差は見出せなかった。第3表によれば、昭和37年の温泉状態には減少差があるように見受けられるが、この差は昭和33・36年の資料が源泉の揚水状態のよい場合のみの集積であり、昭和37年のものは短時日中に一斉に調査した記録であるので、状態の悪い場合の数値が含まれている事に起因するものである。即ち、各年の温泉状態には本質的な差はないと考えられる。

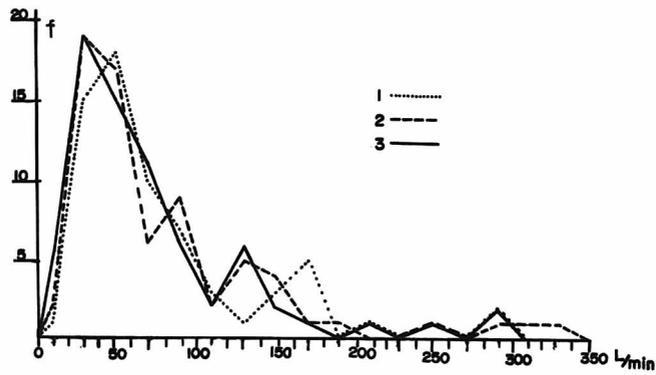
\* 高圧エアリフト・ポンプ

\*\* 小田原保健所資料による



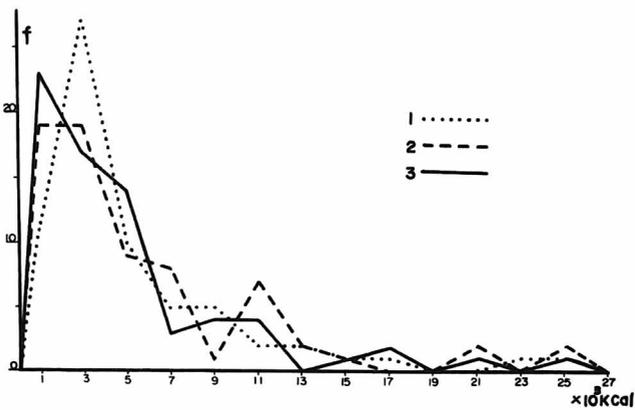
第6図 経年温泉温度度数分布図

1 : 昭和33年、2 : 昭和36年、3 : 昭和37年



第7図 経年温泉揚水量分布図

1 : 昭和33年、2 : 昭和36年、3 : 昭和37年



第8図 経年温泉熱量度数分布図

1 : 昭和33年、2 : 昭和36年、3 : 昭和37年

次に第3表について概略の説明をする。本温泉地区の平均温度は62～64°Cで昭和33年から昭和37年までの間で殆んど差がない。その標準偏差は13～15°Cであり、これは温泉温度のばらつきが大きい事を意味するものである。即ち、平均温度を63°Cとし、標準偏差を平均14°Cとする分布であるならば、全源泉の90%は21°Cから105°Cの範囲にある事になり、全源泉温度は平均温度の近くに集中していないと云う事を意味する。揚水量の一源泉あたりの平均量は、73.1～80.3ℓ/minでその標準偏差は51.8～67.4ℓ/minである。これについても源泉の性質による大きなばらつきのある事がうかがえる。第3表によれば各年の平均揚水量には一見差があるように見受けられるが、調査源泉数と標準偏差とを考慮に入れると、これらの数値間には殆んど差は認められないと云える。例えば、差の大きい昭和36年の平均量80.3ℓ/minと昭和37年の平均量73.1ℓ/minの差の検定(t検定)を行ってみると、この差は有意水準50～40%の間にあり、有意水準5%をはるかに超えているので両者に差があると判定する事が出来ない。したがって、これよりも差の少ない昭和33年の平均量79.4ℓ/minについても有意の差がない事になる。

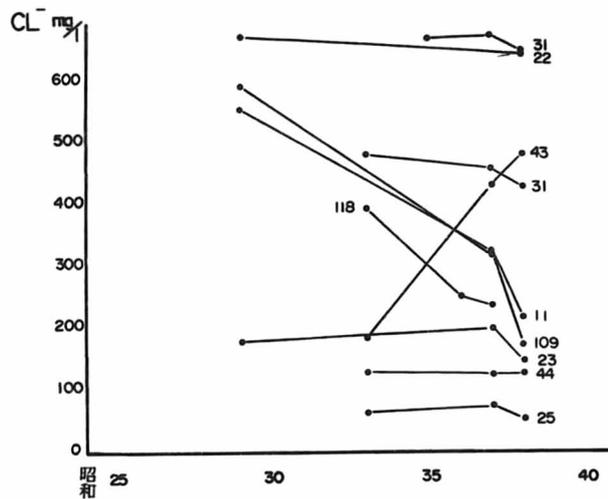
熱量についても同様で、最も差のある昭和36年と37年の数値について検定した結果、有意水準40～30%の間にあり、有意水準5%を上廻っている。したがって、熱量の経年変化についても差があると判定する事が困難である。即ち、昭和33年から昭和37年までの間に採取した温泉の単位時間における総熱量に差が認められないと云う事は、湯河原温泉で地下から温泉として採取した熱量に差がないと云う事に他ならない。

2. 温泉の推移状況について：前項で湯河原温泉の熱量に変化がない事を述べた。実際にはこの間に新規掘さく、増掘、揚水用動力装置の変更等が行われ、高温、多量の源泉が出現しているが、しかもなお総熱量に殆んど変化の見られない事情を第6図から第8図により知る事が出来る。第6図の度数分布表は60～64°Cを境にして、低温部分と高温部分に分けられる。昭和33年の低温部分には48°C、60°Cのピークがあり、高温部分には68°Cと88°Cにピークがある。昭和36年には高温部分の68°Cの源泉数が増え、80°Cのピークが認められる。昭和33年に認められた88°Cのピークは、80°C以上の温度の源泉数が増えているために隠されてしまう。一方、低温部分の60°Cのピークは56°Cに低下し、48°Cの源泉数が減り、これ以下の低温部分の源泉数が増えて来る。即ち、昭和36年を33年と比較して云える事は、高温部分の源泉数が増えて来たと同時に、低温部分の源泉はより温度の低い方向に集まる傾向が見られる。実際、昭和33年から36年までの間に新規掘さくにより、高温温泉を採取するようになった源泉が数本あり、又増掘等の工事により更に深い高温の泉源から温泉を採取するようになったのもいくつかある(第4・5図)。

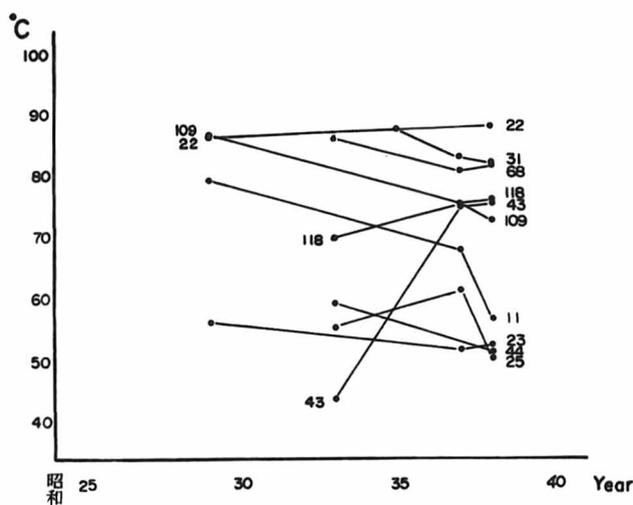
第3表によれば稼動源泉数がわずかに3本しか増えていないのは、恐らく高温源泉が現れたため既存源泉の中には温度低下を起したものもあり、使用不可能にまでおちいった源泉もいくらかある事を物語るものであろう。次に昭和37年の温度度数分布図によれば、低温部分のピークは更に下り52°Cに多く集り、前年の48°Cのピークはそれ以下の低温部分に分配されて消されてしまっている。高温部分では、前年80°Cのピークが低温側に移動し、

68°Cのピークと重なり、68~72°Cに一つのピークをなしている。そして最高のももや、低温側に移行し、新に88°Cにピークを作る。即ち、これを前年と比較し総括して云える事は、一たん高温及び低温側に拡がった分布が再び低温側に移化する傾向が見られる事である。

第7図の分布図によれば揚水量の大部分は、30~70ℓ/minの範囲に多く集まり、揚水量の大きい値に広く散らばっている。



第9図 温泉成分経年変化図  
数字は温泉台帳番号



第10図 温泉温度経年変化図  
数字は温泉台帳番号

昭和33年の分布において源泉数の最も多いピークは50ℓ/minにあり、その外、揚水量の高い側に小さな2～3のピークがみられる。昭和36年には揚水量200ℓ/min以上の部分の源泉数が増えているが、一方、200ℓ/min以下の部分では50ℓ/minおよび170ℓ/minにあったピークは揚水量のより低い側に移行している。そして、この年では30ℓ/minに源泉が最も多く集っている。更に昭和37年には前年と比較して全体が揚水量のより低い側に移行している結果が現れている。

第8図の熱量分布図も第7図と同様な推移を示している。昭和33年の分布は、昭和36年になると熱量の大きい部分の源泉が現れる一方、度数の多い低熱量のピークは低い値の方にかたよる。そして昭和37年には全体がより低い側に移行している。

第6図から第8図までの分布より示される湯河原温泉の経年推移状況を、一言にして手風琴型変動と云う事が出来る。

3. 既存源泉の経年推移：第9・10図は個々の源泉の最近数年間における成分・温度などの経年変化を示したものである。

大多数の源泉で、年と共に温度成分の低下が進んでいる事がうかがえる。この中でNo. 43源泉のみに特に濃度及び温度の上昇を見るが、この原因は昭和33年の調査直後に源泉孔井の水止め工事が行われ、冷地下水の混入が停止したためである。No. 25、No. 118源泉でも昭和33年から37年にかけて温度がわずかに上昇しているが、この原因は明らかではない。この経年変化は、恐らく温泉採取深度に変更のない既存源泉では、年々冷地下水の混入が増し、より温泉の成分がうすめられ、温度も低下している事を意味するものと考えられる。減少の速度は源泉によって相違がある。

4. 温泉状態の変動について：湯河原温泉のように深い水位の孔井から温泉を採取する場合、その温度、揚水量に変化を与えるものとして降水等の影響が勿論考えられる。しかし一番大きな原因は、揚水ポンプの影響及び揚水管に堆出するスケールの影響である。揚水ポンプの能力は温泉の水位及び揚水管の口径、エア管長、送入空気量に影響されるが、揚水管の口径、エア管長などは温泉揚水用動力装置の許可条件に規定されているので揚水量に変動を与える原因とはならない。送入空気量については空気圧縮機の性能に関係があり、機械の空気洩れ、動力源である電気状態等が影響の原因となる。又スケールは誘導管の内部に堆出し、誘導管の口径を狭くさせるので揚水量低下の原因となり、場合によっては殆んど揚水出来ない事さえある。この場合はスケールを取り除く事（通常井戸掃除と云う）により揚水量を回復させる事が出来るが、各温泉の管理の状況によってまちまちである。各源泉はこのように常に変動した揚水を行っているので、これらの集積である総揚水量、平均温度等も常にある程度の変動の幅を持つ筈である。この変動の幅を出すために最近数年間の調査資料の中より温度、揚水量の一週間から10日間の連続記録のある源泉を45ヶ所選んだ。計算の方法は45源泉の各々の記録から無作為に1つずつの数字を抜き取り温度及び揚水量の総和を求める操作を100回行い、この100回の資料の分布状態を調べて

母集団である全源泉の総量或は平均量の変動量の幅を求めた。全揚水量（平均揚水量）平均を1とすれば、信頼度0.95として上下変動限界の幅は0.076となった。又平均温度の平均を1とすれば、信頼度0.95として上下変動限界の幅は0.027となった。この結果を湯河原温泉にあてはめれば、平均揚水量として約6ℓ/min位、平均温度として、1.7°C位の変動は常に表われている状態と推定される。第3表における昭和37年の揚水量の平均量は、昭和33年、昭和36年の揚水量の平均量と比較して6ℓ/min以上の差がある。これは昭和33年及び昭和36年の資料が源泉の状態のかなり良いもののみ記載されているために起因する誤差と考えると差し支えはないと云う事は既に述べた通りである\*。

## 7. 泉 質

本温泉の泉質は、温泉場地区の含石膏食塩泉及びその派生的泉質のもの、広河原及び泉地区の石膏及びその派生的泉質のものと、最近注目されている海岸地区の著しく海水に近い含塩化土類食塩泉である。泉質の分布を詳細に把握するために、稼動源泉において主要成分の一斉分析を行った。試料は昭和37年2月12日・13日の両日にわたり61源泉より採水されたものである。第11図は源泉分布図である。

実験方法：本調査で用いた分析法を第4表に略記する。Liの分析は他のアルカリ金属と分離した後に焰光法によるのが最も良い方法であるので、その分離にイオン交換樹脂を用いた。本温泉中のMgはCaに比して著しく少いため、EDTA滴定法のみでは正確を期し難い。Liを除く主要元素は既に陽イオン交換樹脂を用いて系統的に分離されているので(Ōki et al 1962)、これにLiを分離する条件をつけ加えて、第12図の如き溶離条件が求められた。本温泉中のMgはCaの $\frac{1}{100}$ 以下であるため、正確なMgを求めるためには本法による事がのぞましい。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は試料を陽イオン交換樹脂に通した際、吸着されずに溶離して来るので、BaCl<sub>2</sub>を用いたMg-EDTAによる置換滴定法で能率よく分析される。Al・Feはごく僅かしか含まれていないしエアリフト・ポンプによる揚水のため、試料中の鉄の酸化状態は自然の状態を示さないなどの理由でこれ等の分析は行わなかった。Siは比色法によって信頼性のある値が得られ難く、重量法によっては多大の時間と労力を要するので分析を省略した。第4表に分析法の概略を、第5表に分析結果を示す。

## 考 察

陰イオン群：本温泉の陰イオンの主成分はCl<sup>-</sup>とSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>でHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>が之に次ぐ。この三成分について当量百分率を算出して三角図（第13図）に投影した。Cl<sup>-</sup>に富む温泉場地区のグループと、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>に富む広河原地区、泉地区のグループに大別される。前者をCl<sup>-</sup>型、後者をSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>型と称する事にする。海岸地区の泉質は著しくCl<sup>-</sup>に富み、Cl<sup>-</sup>型であるが海水の組成と一致しているので、これを海水型として温泉場地区のCl<sup>-</sup>型と区別する。

\* この記録の中には井戸掃除に間近い時の極端に揚水量が低下した数値がない。又常時、井戸掃除を行っている源泉があるので、実際の変動の幅は算出された数値よりもう少し大きいと考えられる。

温泉場地区のCl<sup>-</sup>型はSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>30%の線に沿ってHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>成分の方向にのびた広い成分範囲を示す。HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の多い泉質のものは低温の温泉のものばかりであり(第5表)、これ等はCl<sup>-</sup>成分が減少し、やゝHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>成分が増す事によって生じたものである。換言すれば、温泉場地区に上昇して来る熱水に、浅い地下水が混入して生じた泉質である事を指示している。

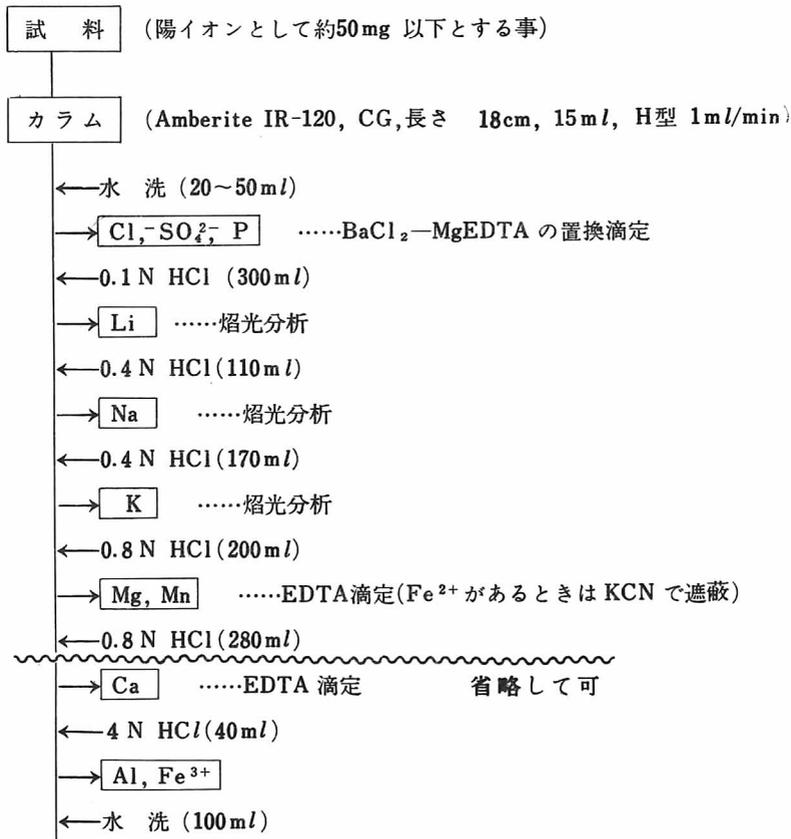
#### 第4表 温泉分析法

##### 現地分析

pH : ガラス電極, pHメーターによる。

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> : メチル・オレンジを指示薬として 0.1 N HCl で滴定。

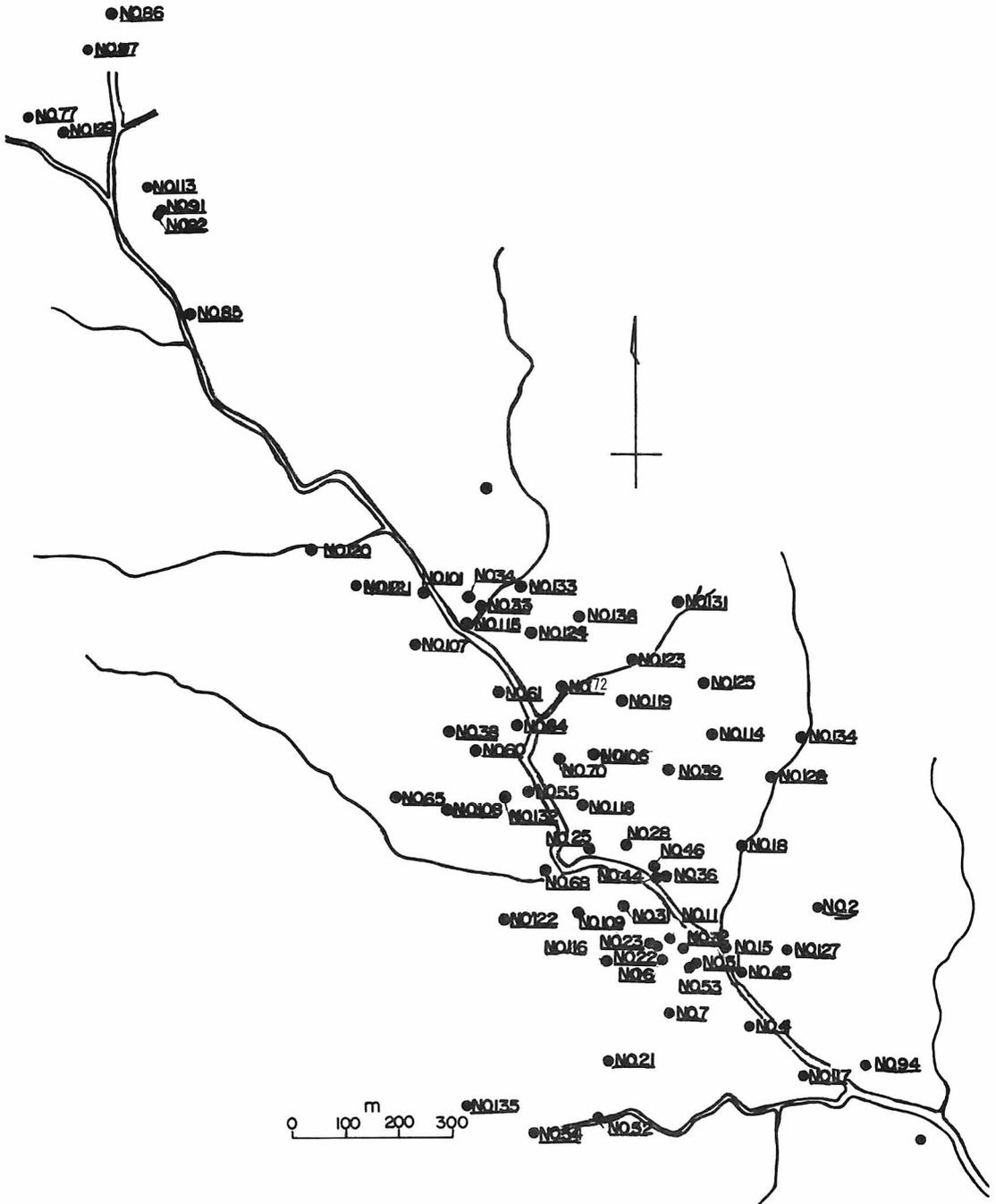
##### 室内分析



Cl<sup>-</sup> : Mohr 法により滴定

Ca : Ca+Mg をBTを指示薬としてEDTA 滴定。

イオン交換法で分離定量したMg を差引いてCa を求める。



第11図 源泉番号

第5表 湯河原温泉の化学成分 (その1)

No.	試料名	水温 °C	pH	Li <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SiO <sub>2</sub>
2	富士屋(山の湯)	52.0	8.9	0.223	193	6.40	44.9	0.48	131	206	96.0	48.2
4	富士屋(風呂場)	41.5	9.2	0.080	65.5	44.0	9.22	0.24	53.8	46.0	96.6	32.4
6	天城館	57.4	9.1	0.120	144	7.40	33.4	0.24	127	151	86.3	
7	伊豆屋	58.3	8.7	0.112	204	10.2	70.1	0.72	161	263	74.1	50.2
11	箱根屋	68.5	9.0	n. d.	188	13.8	74.2	1.06	238	322	92.7	51.2
15	厚生団	34.3	8.9	0.080	91.0	4.86	21.0	0.24	38.4	69.0	85.0	
18	公立学校	66.8	8.7	0.217	385	14.6	134.9	0.38	277	565	58.0	
21	吉沢潔	45.0	9.1	0.096	118	6.80	25.3	0.33	158	68.0	80.5	
23	上野屋(低)	53.3	8.8	0.176	193	9.28	48.5	0.48	158	202	76.0	
25	天野屋(発電所)	62.0	9.2	n. d.	101	6.25	23.6	2.18	84.5	89.0	80.5	35.8
29	天野屋(畑の中)	65.0	9.0	0.168	249	12.5	52.1	0.48	161	270	67.7	67.8
31	天野屋(広間)	83.8	8.6	0.352	489	23.4	158.7	1.69	457	674	115.9	
32	露木ヤス	70.1	9.1	0.140	294	11.5	84.2	0.24	244	331	85.7	
33	露木一号	78.5	8.7	0.560	667	37.0	194.3	1.21	466	1020	70.8	
34	露木二号	77.0	8.7	0.320	526	36.0	168.3	1.21	388	808	59.2	66.2
35	中西(上の湯)	69.6	8.7	0.200	358	17.2	81.0	1.06	231	494	70.8	
36	中西(下の湯)	71.0	8.7	0.232	295	16.6	68.0	0.87	286	335	93.4	
38	永田(山)	68.0	8.7	0.312	416	25.4	176.6	2.22	475	721	51.5	81.6
39	一平荘	78.0	8.7	0.488	620	38.8	173.5	1.50	444	1024	48.3	89.4
41	藤田屋	66.0	8.7	0.304	460	13.5	270.6	n. d.	536	702	51.8	
43	相模屋	75.5	8.2	0.213	359	17.4	83.7	0.24	231	430	64.4	
45	寿荘	63.0	8.9	0.216	187	9.00	64.5	0.24	131	219	81.8	
46	敷島	54.2	8.9	0.192	165	9.60	420.8	0.24	96.1	204	92.7	41.8
51	埼玉荘	40.9	8.9	0.064	75.0	4.40	17.4	0.18	71.0	69.0	94.0	
52	遠田スエ	50.7	8.6	0.040	90.0	7.60	257.8	n. d.	707	73.0	32.2	
53	めぐみ	86.5	8.4	0.384	504	23.8	169.5	0.72	453	688	77.3	
54	安田弘毅	48.7	7.7	0.032	21.5	1.60	455.3	1.21	1023	14.0	22.5	32.4
55	亀や(末広)	67.0	8.7	0.207	312	15.8	109.9	1.16	369	423	69.6	
59	仲屋	48.0	9.0	0.206	129	6.20	25.8	0.48	92.2	110	89.5	
60	永田(砂風呂)	79.0	8.8	0.340	421	19.4	139.0	0.38	361	557	61.2	45.6
64	ひばり	85.2	8.8	0.360	483	25.8	154.3	0.24	440	679	51.5	
68	大伊豆(玄関)	81.7	9.0	0.240	346	16.2	103.4	0	390	458	49.4	65.6
69	緑水	57.0	8.9	n. d.	501	20.8	227.2	0.82	448	780	63.8	
72	中島比路	60.7	8.6	0.180	392	16.3	170.1	0.29	400	612	51.8	
77	加満田	43.2	8.2	0.048	18	2.70	494.4	3.75	1133	3.93	38.0	33.2

第5表 湯河原温泉の化学成分（その2）

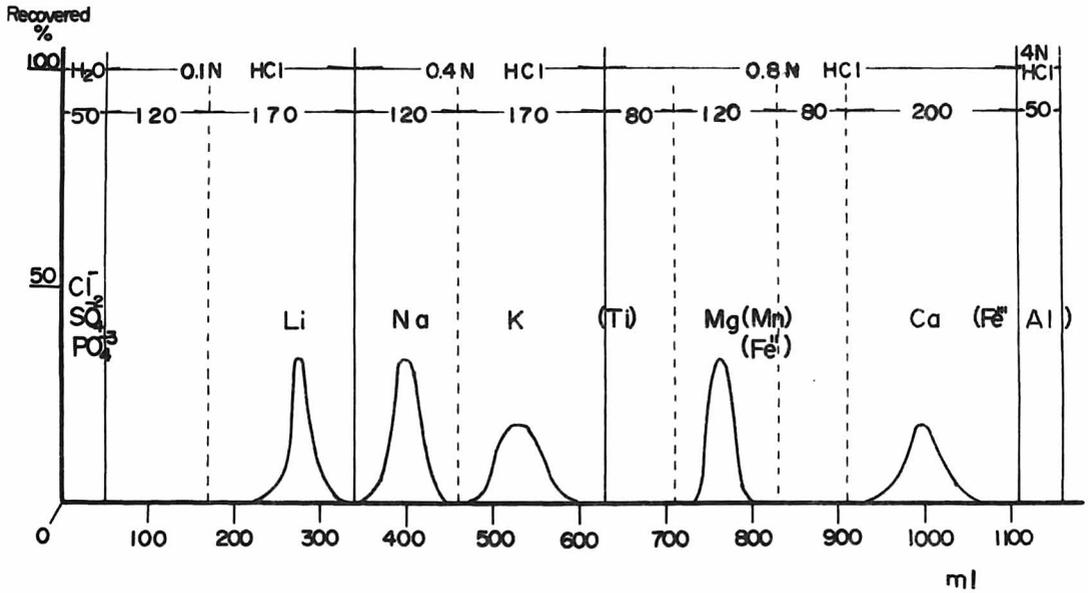
No.	試料名	水温 °C	pH	Li <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SiO <sub>2</sub>
85	国土計画	75.2	8.6	0.536	570	14.4	241.2	0.96	498	980	42.5	
91	青巒荘	75.4	8.4	0.544	622	45.2	358.1	1.36	703	1131	82.4	
94	松坂屋	48.0	8.6	0.080	138	3.60	75.6	0.62	248	132	41.9	
101	養浩荘	87.3	8.7	0.576	657	49.2	190.0	0.58	469	964	56.0	
107	永田2号	75.1	8.9	0.444	540	31.5	199.4	1.02	542	825	40.0	77.2
109	箱根屋(山)	76.0	9.0	0.192	n. d.	16.4	71.2	0.33	276	320	51.5	
113	山翠楼	57.5	8.5	0.256	270	21.2	410.1	2.37	863	447	80.5	
115	露木5号	59.2	8.6	0.232	405	21.6	186.8	0.96	401	647	70.8	
117	遠州屋	52.5	8.6	0.150	192	6.00	71.7	n. d.	179	265	66.3	
118	天野屋(竹やぶ)	76.0	9.2	0.152	228	10.0	38.7	n. d.	268	252	64.4	29.6
119	東光閣	72.5	8.9	n. d.	483	32.8	164.7	1.69	379	840	51.8	
120	生長園	84.3	7.6	0.624	725	52.4	197.5	1.94	390	1107	106.2	
121	室伏1号	70.4	8.8	0.388	398	27.2	156.8	1.06	361	658	65.7	56.6
122	大伊豆2号	65.4	5.1	0.060	128	7.25	201.2	0.48	492	140	48.3	45.6
124	石川1号	62.2	8.7	0.320	450	26.6	125.1	1.06	292	722	74.1	70.6
125	小松	76.0	8.7	0.740	990	n. d.	223.8	1.06	382	1522	67.2	67.2
126	矢部勇一郎	55.8	8.7	0.304	330	13.4	97.8	0.82	236	455	122.3	
127	亀や	58.0	8.8	0.138	209	9.13	88.5	0.34	188	264	81.1	47.8
131	喜代川	64.0	8.5	0.500	654	41.2	249.0	0.14	436	1152	57.7	
132	寒川	82.6	8.8	0.324	489	28.8	148.8	1.16	409	669	70.8	90.8
133	石川3号	71.5	8.9	0.488	550	38.4	230.8	1.21	519	1966	41.9	
137	好雅園	35.8	7.4	0.800	7250	60.8	242.9	1081	2243	17640	80.8	125.0
	町営2号	28.3	7.8	0.350	5979	70.0	201.6	732	1883	14007	88.3	41.6
	清光園	38.0	8.7	0.020	53.6	3.50	39.6	0.24	110	56.0	n. d.	
	千代田温泉組合	36.6	8.6	0.020	46.2	2.45	29.8	n. d.	79.7	140	n. d.	
	観光荘	50.8	8.6	0.056	134	7.00	168	0.91	451	143	n. d.	41.4
	南湯河原2号泉	48.0	8.3	n. d.	36.0	2.06	216	0.24	518	12.9	25.8	45.8
	静岡県側	50.1	8.7	0.104	144	6.40	191	0.48	486	148	45.1	

採水日 昭和37年2月13, 14日

但し町営2号は昭和38年1月31日に、好雅園は昭和38年2月11日に採水したものである。

単位 mg/l

分析者 長塚 綾子

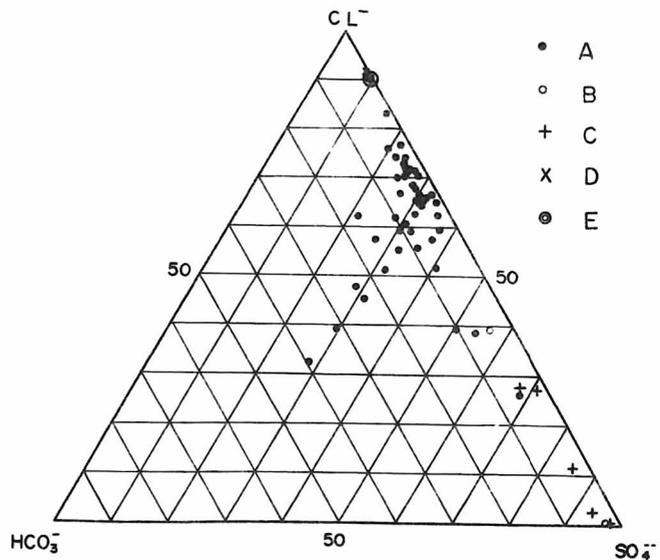


第12図 イオン交換樹脂による陽イオンの分離：Amberlite IR-120-CG，樹脂柱 18cm，15ml.

温泉場地区の泉地区に近いものは、よりSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>に富むようになるが、Cl<sup>-</sup>型との関係は不連続ではない。

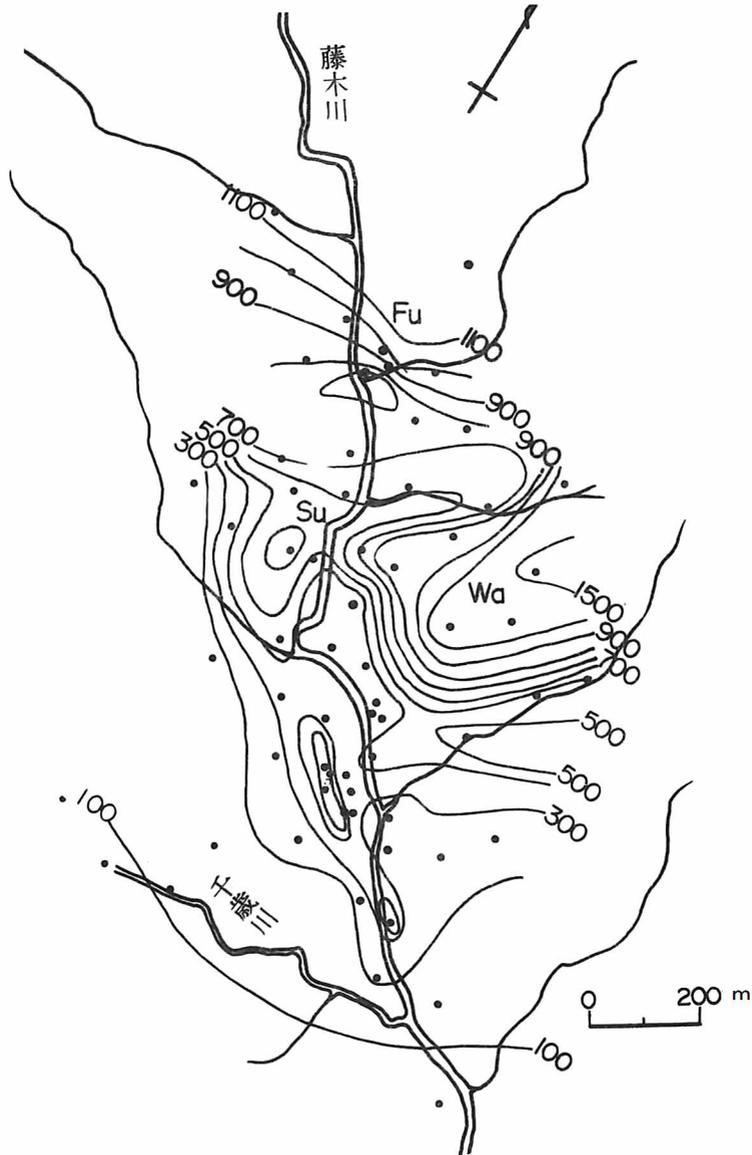
泉質の地理的分布を考察するために、Cl<sup>-</sup>分布図(第14図)とSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>分布図(第15図)を描いた。

Cl<sup>-</sup>分布図：大多数の源泉が位置する温泉場地区では高温の温泉程溶存成分、殊にNa-Cl<sup>-</sup>に富む事が一般であるから、Cl<sup>-</sup>分布図は温泉活動の中心地や、之に混合する地下水の多い割れ



第13図 陰イオン組成比三角図  
A：温泉場地区、B：広河原地区、C：泉地区、D：海岸地区、E：海水

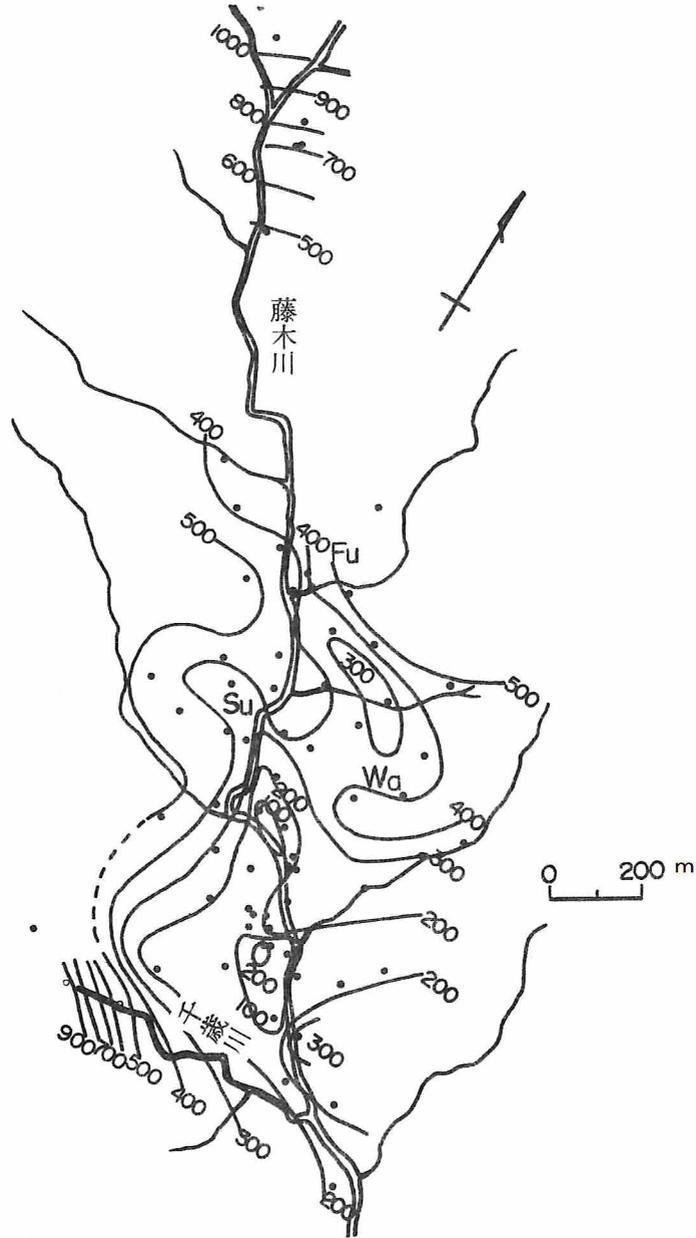
目地帯などを指示する。Cl<sup>-</sup>濃度は温泉場地区から泉地区に向かって低下する。最高のCl<sup>-</sup>濃度地帯は温泉場の東南側にある若草山にあり、不動滝附近が之に次ぎ、藤木川の西側に沿って帯状に連なるや、高濃度分布がある。藤木川に沿う地帯は古くから温泉が湧出し、小林(1914)の調査した頃は現在の2倍以上のCl<sup>-</sup>成分を含んでいた。現在は低Cl<sup>-</sup>濃度帯が藤木川に沿って高Cl<sup>-</sup>濃度帯と平行にのびている。更に、若草山の南と北の沢に沿い藤



第14図 Cl<sup>-</sup>分布図 (単位 mg/l)  
H: 広河原、S: 末広橋、W: 若草山

木川に斜交する低濃度地帯も認められる。之等は Cl<sup>-</sup> 濃度地帯は地下水の容易に流れる割れ目地帯を示しているものであろう。

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>分布図: SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の分布は泉地区と広河原地区において最も高く、温泉場に向かって低下する。藤木川に沿う温泉場附近では、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>分布も Cl<sup>-</sup>分布と同様に不規則に乱れ、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の著しく低い濃度が生じている。室住(1960)は伊豆地域の温泉は大きく見て2系列があり、それ等は Cl<sup>-</sup>型と SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>型によって代表され、各種の泉質の温泉は両者の混合する割合によ



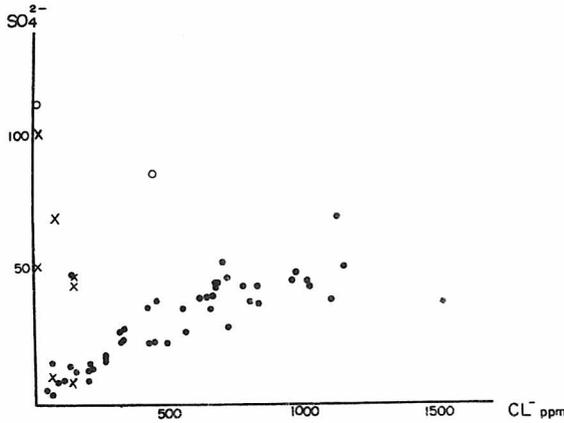
第15図  $\text{SO}_4^{2-}$ 分布図 (単位 $\text{mg/l}$ )

って説明されるとした。同様の傾向が本地域でも認められ、高温温泉は  $\text{Cl}^-$  型で、低温温泉は  $\text{SO}_4^{2-}$  型である。

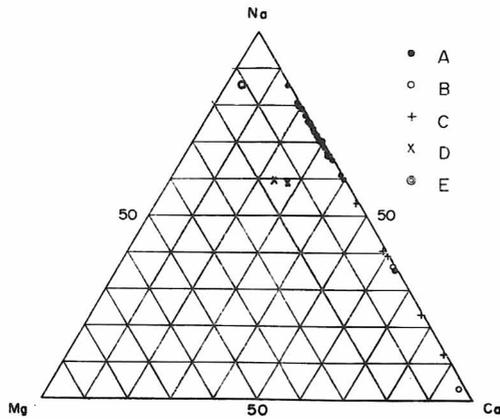
本温泉の  $\text{Cl}^-$  と  $\text{SO}_4^{2-}$  の関係を第16図に示す。本図においても、温泉場地区と広河原・泉両地区のグループが明瞭に区別される。温泉場地区では  $\text{Cl}^-$  と共に  $\text{SO}_4^{2-}$  が増す傾向が認められるが、高  $\text{Cl}^-$  濃度の泉質になると急激に  $\text{Cl}^-$  成分の方が増大する傾向をなす。しかし、本図でも  $\text{Cl}^-$  型と  $\text{SO}_4^{2-}$  型とは不連続ではない。これ等の事実は  $\text{SO}_4^{2-}$  に富み著しく  $\text{Cl}^-$  に乏

しい深層地下水（本地区では低温の温泉）とCl<sup>-</sup>に富む熱水との混合によって温泉場地区の泉質が生じたものと解釈出来る。

陽イオン群\*：本温泉の主要陽イオンはNaとCaであり、特にCaが多くMgが少ない事が



第16図 Cl<sup>-</sup>-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>図  
●：温泉場地区  
○：広河原地区  
×：泉地区



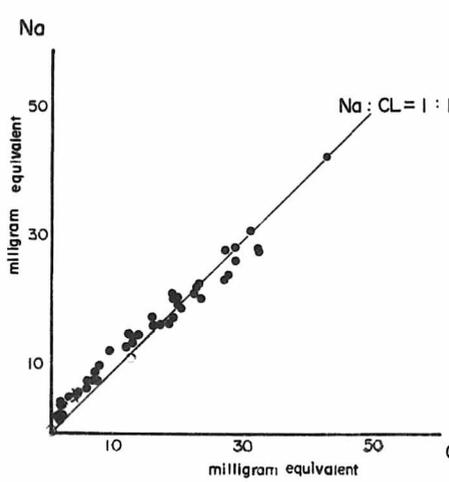
第17図 陽イオン組成比三角図  
記号は第8図と同様

特色である。海水はかなりMgに富む。したがって、海岸地区のものではMgも主要成分となる。第17図にこれ等の事情が具体的に表現されている。温泉場・広河原・泉各地区のいずれも著しくMgに乏しいが、海岸地区のものはかなりMgが多い。温泉場地区は広河原・泉地区に比較してよりNaに富み、後者はよりCaに富む。この事はNa:Cl<sup>-</sup>、Ca:SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の対応関係が強い事を暗示する。第18図及び第19図はNa:Cl<sup>-</sup>及びCa:SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の関係を示す。いずれもNaCl及びCaSO<sub>4</sub>の理想式に近い位置にすべての泉質が投影されている。先に陰イオンにより本温泉地の泉質をCl<sup>-</sup>型、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>型に分類したが、これ等をNaCl型とCaSO<sub>4</sub>型と呼んだ方がむしろ本泉質の内容をよく表現出来るので適当であろう。

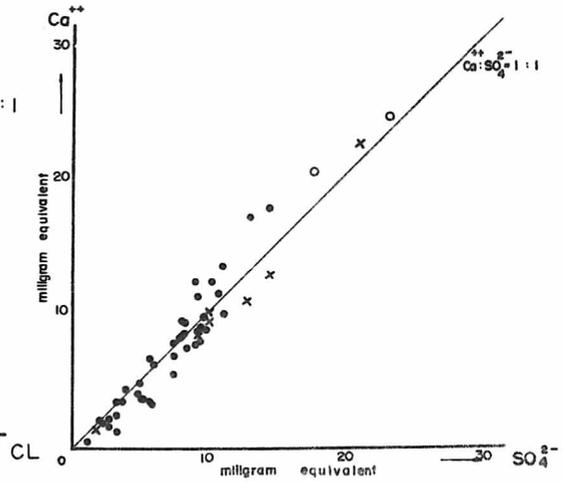
アルカリ金属イオン：温泉水の大部分は地表より滲透した地下水であり、溶存成分の主体をなすNaClは高温高圧下で岩漿より分離して来るガス相に由来すると云われている(White, 1957)。岩漿性の熱水であるか海水性の熱水であるかの区別は鉍水中のLi含有量を

\* 本温泉の特に高温のものでは、常に少量のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>が検出される。

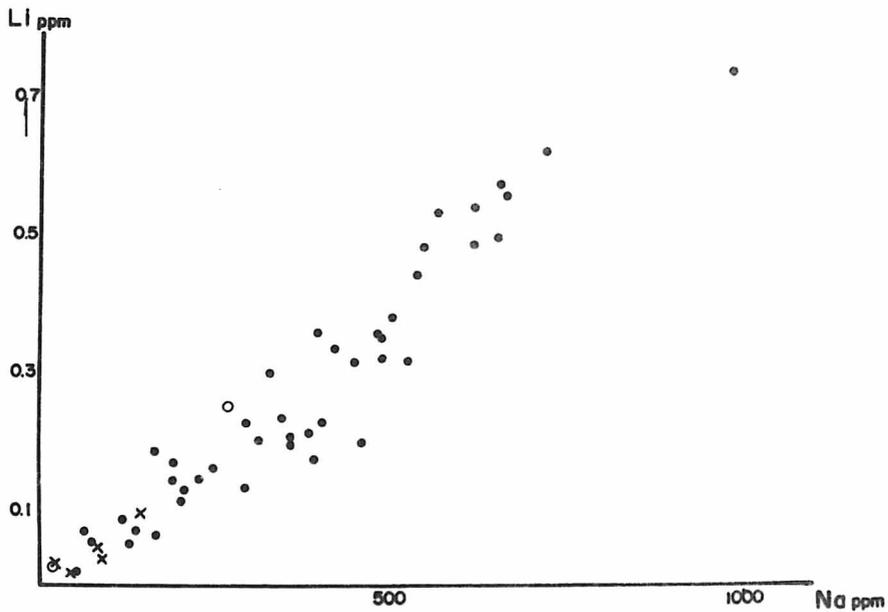
測定する事によってかなり明瞭に区別されると云う(WHITE, 1957)。本温泉中のNaとLi, Kの相関関係を第20・21図に示す。Naの増大と共にKもLiも増大する。本温泉中のLi/Naは $6.8 \times 10^{-4}$ で、海水中のLi/Naは $1.8 \times 10^{-5}$ に比較すれば海水の約40倍のLiを有する事になり岩漿性の温泉である事がうかがわれる。又海水型の温泉ではLi/Naは $6.84 \times 10^{-5}$ であり、本温泉中心地のLi/Na( $6.84 \times 10^{-4}$ )と比較すると海水型のものとは10分の1のLiを有する事になり、明らかに岩漿性のものと区別される。



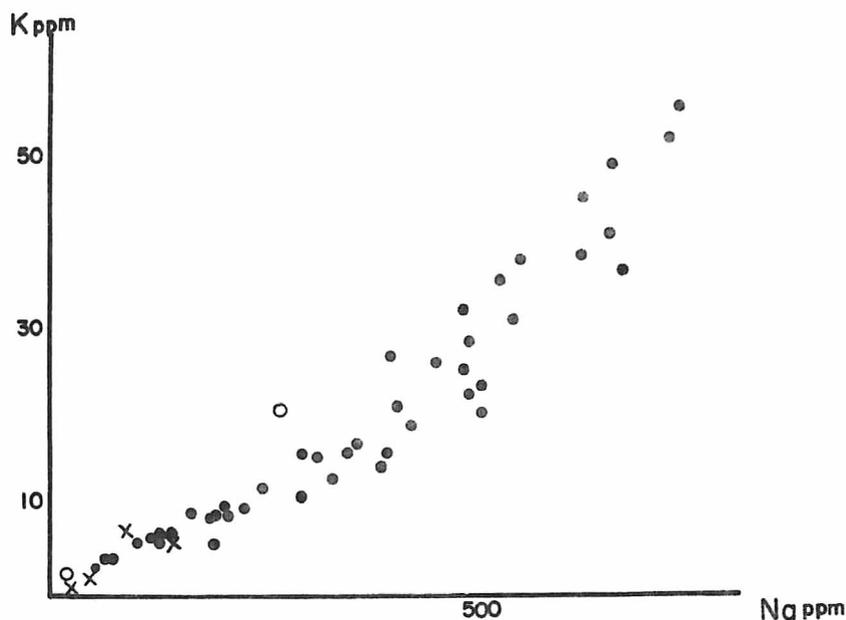
第18図 Na-Cl<sup>-</sup>図  
記号は第8図と同様



第19図 Ca-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>図  
記号は第8図と同様



第20図 Na-Li 図



第21図 Na-K 図

$\text{SO}_4^{2-}$ 型の泉質の成因については、本地域の近くで硫黄活動があり、地表近くで硫化水素の酸化により生じた硫酸が地下水中に溶けこんで温泉活動の中心（温泉場地区）に向かって流れて来ると云う考えも成立するが、例えば現在、湯河原火山のどこにも硫黄作用を見る事が出来ないと云う困難がある。

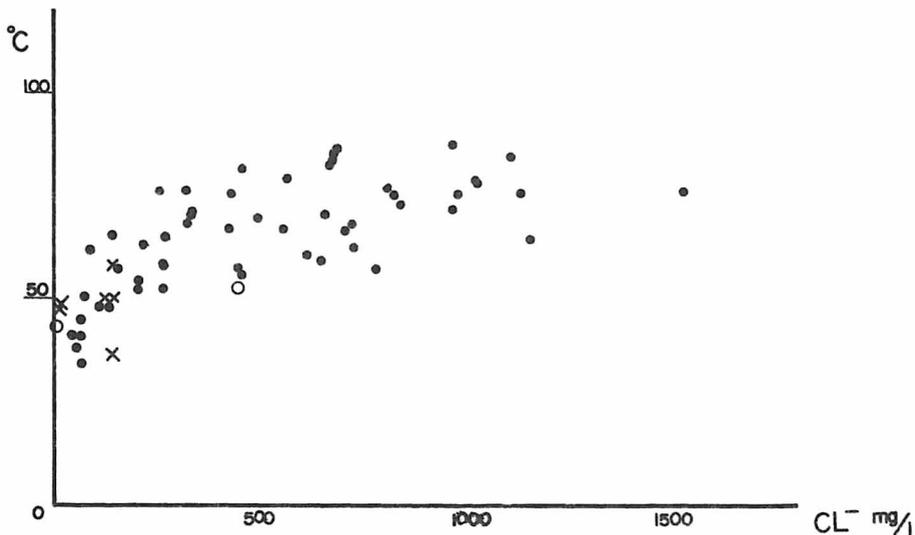
湯河原火山では、以前激しい硫黄活動が行われた証拠が各地にある。例えば広河原から大観山に至る道路などにも良く観察出来る。また、ボーリングコアを検討すると亀裂に沿って著しい黄鉄鉱の鉱染が認められる。これらの事実は湯河原火山の各地で広く硫化鉱物や硫酸塩鉱物が形成されていて、それらが次第に酸素に富む地下水によって酸化され、 $\text{SO}_4^{2-}$ を生じ或は硫酸塩鉱物が溶解して地下水中に混入したと推定される。恐らくNaCl型の温泉は岩漿活動より直接導かれた熱水と地下水の混合物であり、 $\text{CaSO}_4$ 型の温泉は地熱地帯の地下水が熱伝導によって運ばれた熱エネルギーにより生じたものと考えられる。なお、温泉場地区での温泉に比較的 $\text{SO}_4^{2-}$ の乏しい事は、次のように説明される。例えば、十分に $\text{O}_2$ ガスを溶かしている地下水が周囲の山地から地熱地帯に向かって流れ込むとする。地熱地帯に入ると地下水は暖められ $\text{O}_2$ ガスが分離しはじめる。暖い地下水は十分に $\text{O}_2$ に対して飽和しているので、硫化鉱物を酸化し硫酸を生ずる\*。温泉場地帯では以前からこの作用が激しく続けられているので、浅い部分(200m)の硫化鉱物は次第に酸化物に変化して、

\* ボーリングコアでは黄鉄鉱から酸化により生じた酸化鉄のスポットがかなり広範囲に認められ、特に大きな亀裂中に多い。

硫化物より硫酸の出来る量は次第に少くなる。したがって、この附近の深い地下水（温泉）は著しく $O_2$ に対して過飽和であると考えられる。勿論少量の $H_2S$ は岩漿活動によって $NaCl$ と共に地上にもたらされている事は十分ありうる事である。

本温泉中の $Ca$ は石膏の溶解によるものや、或は黄鉄鉱より導かれた硫酸が岩石中の二次鉱物である方解石などを分解したときに、温泉中に溶けこんだものと考えられる。<sup>\*</sup>母岩中には $Mg$ を含む鉱物がかなり多量にあるが、何故温泉水中に $Mg$ が著しく少ないかはまだよく分っていない。長い時間での温泉による母岩の変質は著しいものであっても、刻刻に流れ出る温泉中に溶け込む珪酸塩鉱物の量は温泉中の主成分比を大きく変える程多くはないと思われる。

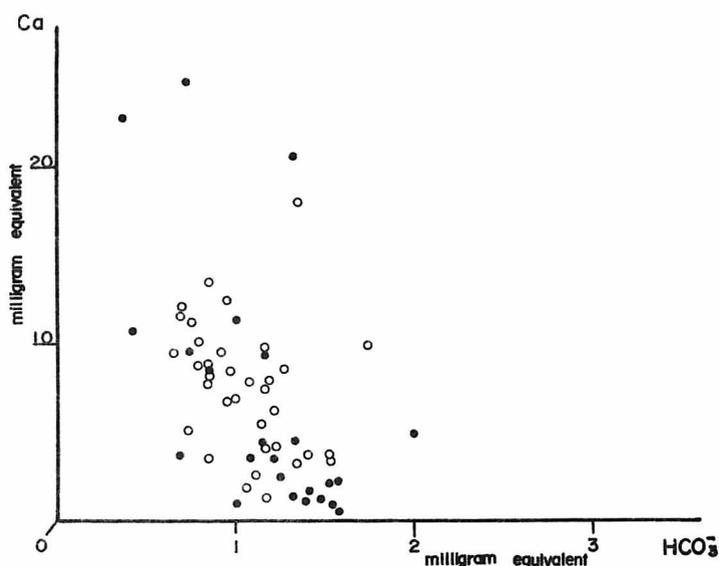
泉質と温度：高温の温泉程溶存成分に富み、したがってその主成分である $Cl^-$ と温度とは多くの温泉において正の相関々係を持つ。第22図は温泉揚水口で測定された温度とその温泉水中の $Cl^-$ との関係を示す。温度と成分との関係にはかなりばらつきがある。岩漿性の熱水を全く含まない地下水を $Cl^- = 0$ の位置にあるとすれば熱水に混入する地下水の温度は $50 \sim 30^\circ C$ の範囲の温度を持っている事を示す。本温泉地の地熱が異常に高いために、冷地下水が熱水と混入する以前にかなり高温になる事と、大部分の源泉孔井が300m以上の深度をもち、 $20^\circ C$ 程度の浅い冷地下水が混入しがたい事などの理由によって、熱水に混合する深い地下水の温度が $50 \sim 30^\circ C$ となっているのであろう。



第22図 温度- $Cl^-$  図

黒丸：温泉場地区、白丸：広河原地区、掛印：泉地区。

<sup>\*</sup>炭酸ガスを含む水は方解石を溶解する事はよく知られている事であるが、本温泉中の大部分の $Ca$ は、温泉中の $HCO_3^-$ に対して著しく多く、これをすべて地表水のための溶解により説明出来ない事は第23図より明らかである。

第23図  $\text{Ca}^{2+}-\text{HCO}_3^-$  図

## 8 薬品投入試験

泉質の分布図、揚水量分布図などをもとにして、本地域の“割れ目地帯”のありかたを推定して第24図を得た。注水法によって水位回復をはかるにしても、このようにして推定された割れ目地帯が确实である事を明らかにしなければ、まだ大きな危険が伴なう。温泉場地区で利用出来る休止中の源泉孔井を利用し、検出の容易な薬品を投入し、その流れ方を追跡した。薬品投入を試みた源泉は第6表の如くである。

第6表 薬品投入試験

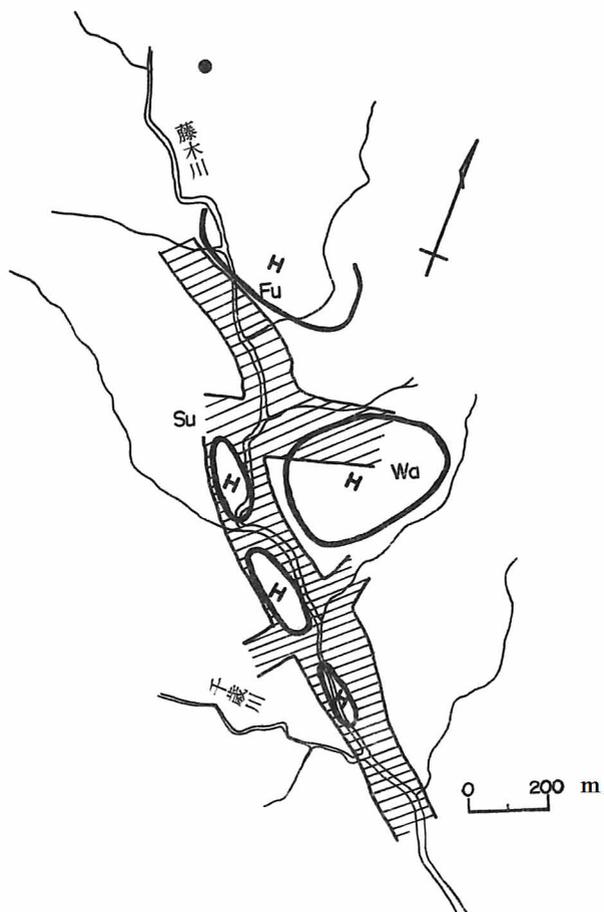
薬品投入源泉	投入年月日	投入薬品	
No. 26 (天野屋・築山)	昭和38年1月18日	塩化アンモニウム	9 kg
No. 29 (天野屋・畑中)	" 2月4日	"	25 kg
No. 17 (松井利男)	" 2月5日	硝酸カリウム	20 kg
No. 47 (大商不動産)	" 2月18日	塩化アンモニウム	50 kg
No. 20 (伊豆屋)*	昭和36年11月	フルオレセイン	50 g

\*小田原保健所・岩田義徳氏による

薬品投入方法：塩化アンモニウム又は硝酸カリウムを温泉水に溶かしながら、大量の冷水と共に孔井に流し込んだ。投入した薬品がすみやかに孔内の割れ目に到達する程度の水量を流し込んだ。採水はほぼ24時間毎に周囲の源泉について行い、次の方法で検出した。

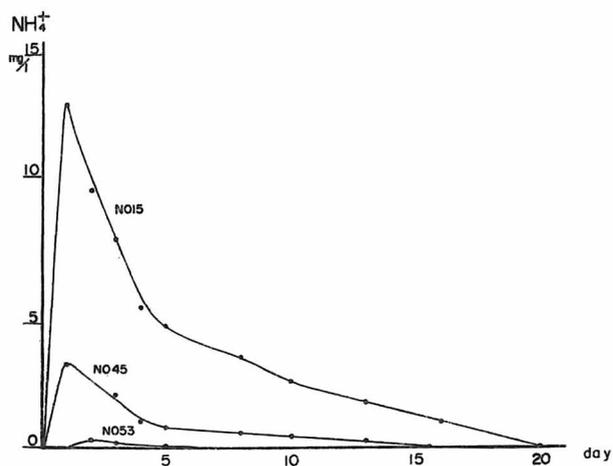
$\text{NH}_4^+$  : ネスラー試薬による定性及び定量分析

$\text{NO}_3^-$  : G・R試薬による定性分析



第24図 亀裂帯分布概念図

斜線の部分が亀裂帯、H：温泉活動の中心地、Fu：不動滝、Su：末広橋、Wa：若草山。

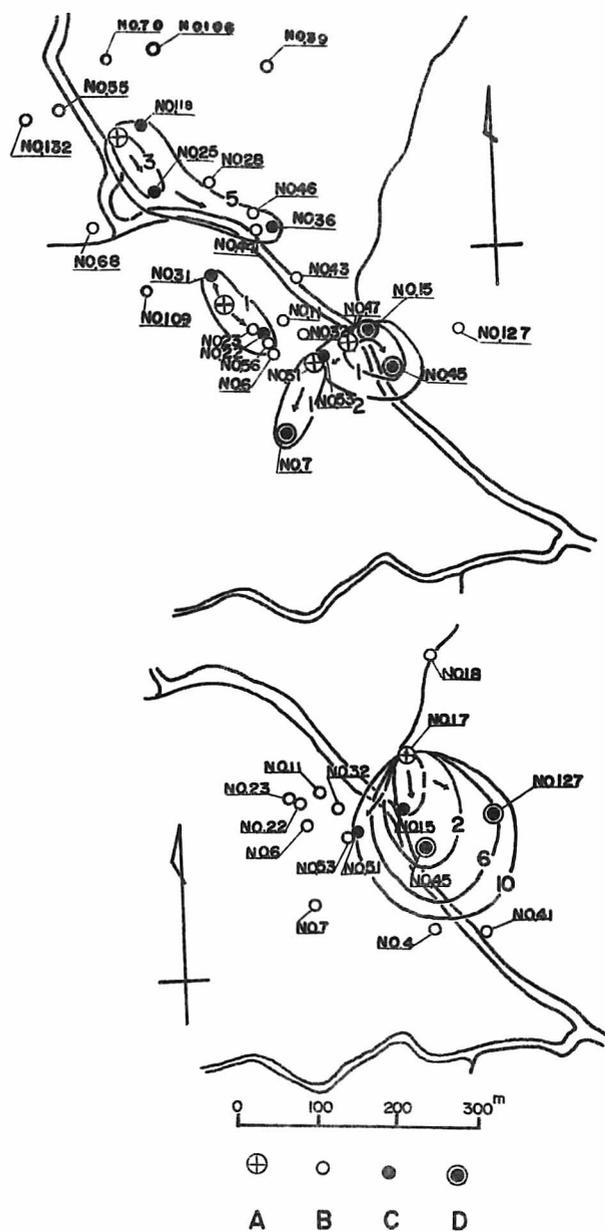


第25図 観測孔井で検出された投入薬品の濃度時間曲線。

高温の源泉中には常に少量の $\text{NH}_4^+$ が存在するので、薬品投入前に各源泉より採水したものを基準にして、それに対する各種イオン濃度の相対的増大をもって投入薬品が確認されるとした。一つの源泉について薬品が検出され、消失するまでの濃度変化の一例を第25図に示す。薬品は2日～10日にわたって検出されるので、採水は24時間毎で十分である事が分った。

結果：第26図A・Bに薬品投入試験の結果を図示する。多くの場合薬品は藤木川に沿い、上流から下流に向かってかなりの速さで流れている事が分る。本図に於て適当な楕円で囲まれた地域とそれに附した数字は薬品投入後、その数の日数以内に温泉中から投入薬品が検出された孔井の分布する地域と云う意味である。正確に云えば、楕円で囲んだすべての源泉に薬品が検出されるのではなく、或る特定方向の特定の源泉にだけ検出され、その間に分布する他の源泉に全く検出されない事がしばしばあると云う事が分った。つまり、割れ目地帯の割れ目は唯一本の割れ目でなく、こゝでは小さな各種の方向の割れ目が雑然と集っていて大きく見ると第24図に示したような方向に分布していると表現すべきであろう。

或る一つの源泉にはそれと特に深いつながりをもつ源泉がある事が多い。したがって、もし注水実験を行なうときはあらかじめそうした関係の源泉の孔内水面、温泉温度、揚水量などの変化に十分注意をしながら実験を試みないと、特定の源泉に冷水化の大きな危険が発生する恐れがある。



第26図 A・B薬品投入試験

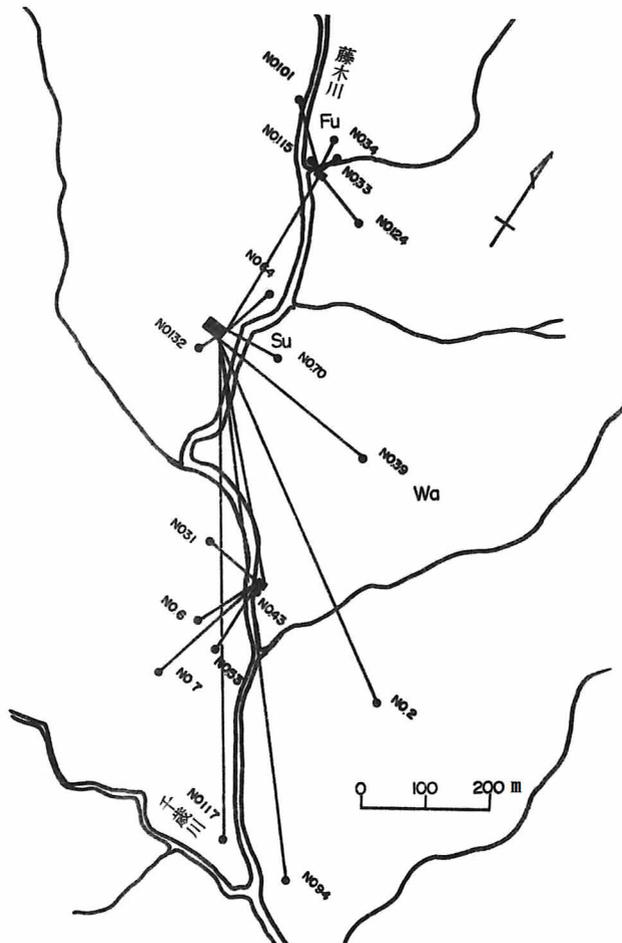
A：薬品投入源泉、B：薬品の検出されなかった源泉、  
C：薬品検出源泉、D：高濃度に検出された源泉。

## 9 温度の連続観測

各源泉の温度が次第に低下している事は事実であるが、季節変化（主に降雨量）と温泉温度とがどのような関係にあるのかはまだ分っていない。本温泉地の代表的地点の源泉に連続観測の出来る温度計を配置する事によって温泉温度の経年変化を詳細に知る事が出来る。また、将来水位回復のための色々な実験がなされるにしても、この観測網なしにはとうてい実験の効果も、実験による予期しないような危険も全く知る事が出来ないであろう。

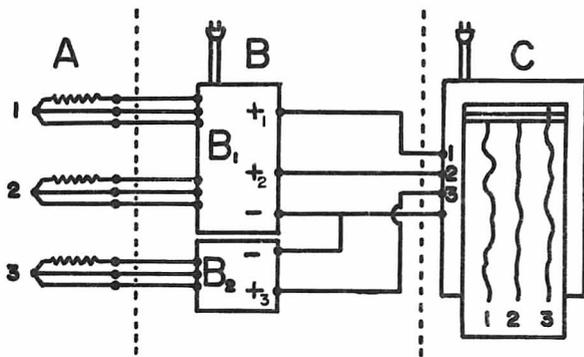
湯河原町の多大な協力により末広橋の近くに町営温泉観測所が完成し、そこに電子管式12点記録計が2台配置された。温泉場各地の源泉に配置された温度計よりの情報が観測室に集められ、温度観測が続けられている。第27図は温度観測網のあらましを示し、第28図は観測装置のブロック・ダイアグラムである。

記録計が設置されてからまだ数ヶ月にも満たないので、温度の年変化についてはまだ報告出来ない。現在までに知られた各種の温度変化のタイプについて述べる。

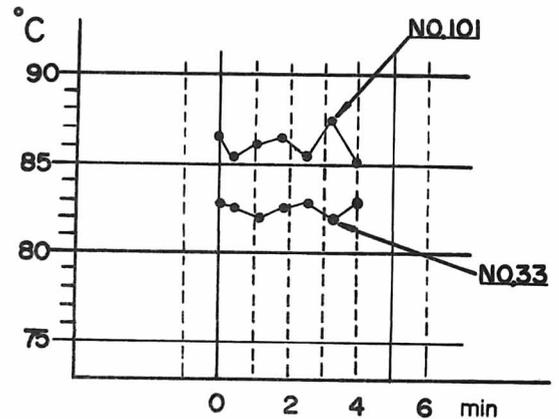


第27図 温度観測網図

常に円滑に揚水している源泉では、泉温の日変化はごくわずかで±1℃以内にある。しかし、エアーリフト・ポンプと揚水量との調和の乱れているものにおいては、揚水されるときと殆んど空気ばかりが出て来るときとが交互に起り、いわゆる“息をつく”現象が見られる。揚水されるときは温度が高く揚水が停止して空気ばかり出て来るときは温度が低下するので、数分間隙の温度のリズムが記録される（第29図）。一日の温度はしたがって最もポンプの好調のとき、つまりその日の最高温度によって代表せしめる事が好都合である。高温の源泉（80℃）では孔井内に多量のCaCO<sub>3</sub>のスケールが次第に沈積して、孔井をつまらせるのでCaCO<sub>3</sub>の沈積の増すにつれて揚水量が低下し、同時に温度も次第に低下する。数日から数10日の間隙で孔井のスケール掃除が行われると、再び揚水量は増大し、泉温も上昇し再びこのリズムを繰り返す。No.64の温度変化はその典型的な例である。源泉の温度として井戸掃除直後の温度をとるべきかそれとも各リズムの平均温度をとるべきかは、俄かには決めがたい。恐らく地下の熱水の温度変化を代表せしめるには最高温度の経年変化に注目すべきであろうし、揚水による熱エネルギーを求めようとするときには平均温度の方をとるべきであろう。



第28図 温度連続観測装置  
A：白金抵抗温度計、B<sub>1</sub>：多点用温度変換器、B<sub>2</sub>：1点用温度変換器、C：多点記録計。



第29図 揚水中の温泉温度の時間変化



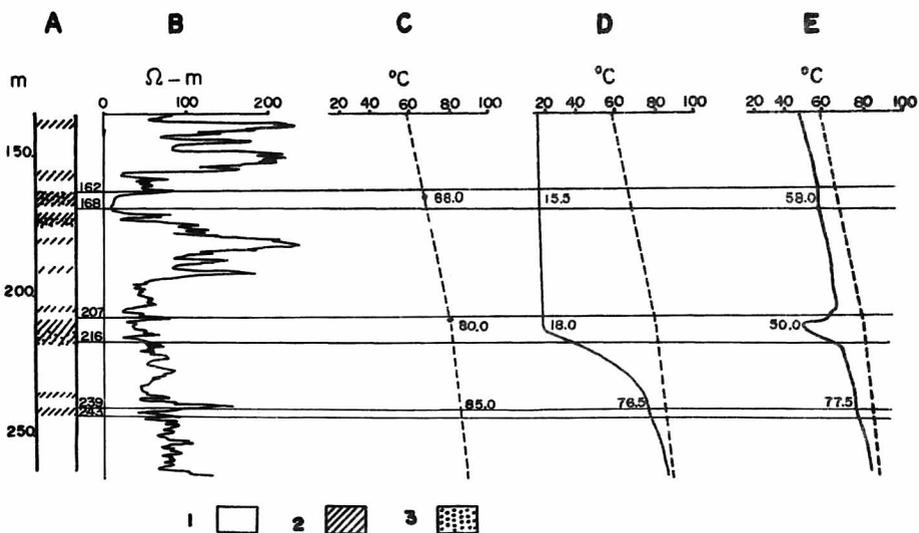
第30図 温泉温度の月変化  
矢印は源泉孔井掃除を示す。（温第64号泉一ひばり荘）  
昭和37年10月26日～昭和38年1月27日。

## 10 検 層

油井の探査で発達した電気検層法は温泉孔井の検層にもしばしば応用されているが、本地域では十分な成果をあげるまでに至っていない。本地域の温泉を胚胎する地層は激しい温泉変質作用を受け、変質鉱物が源岩の空隙を完全に充填して緻密な岩石に変化している。既に述べた如く温泉は岩石中の亀裂に沿って流動するので検層は温泉を湧出する亀裂の検出を行う方向に進められた

本温泉地のように多くの人家が密集し、各種の電気動力が昼夜の区別なく活動しているところでは比抵抗検層法は可能であっても、自然電位の測定は迷走電流のために全く不可能であった。したがって検層は比抵抗と温度について行われた。

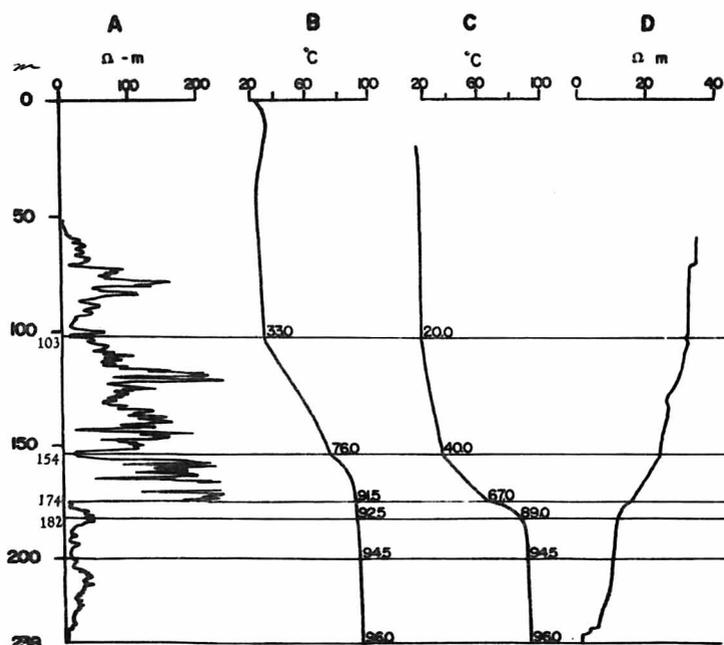
温泉孔井の掘さくは衝撃式で行われるので、ボーリング・コアが採取される場合は少ない。まづコア・ボーリングがなされている孔井においてコア・柱状図と掘さく終了後に得られた電気検層図との対応を求めた。第31図は温泉場富田旅館の孔井で得られたコア・柱状図及び電気検層図である。肉眼観察によればコアは岩質的に細分する事が不可能で、すべて変質した暗緑色の安山岩質岩石である。柱状図Aに示した亀裂帯以外の部分では岩石は緻密で4 mにも達する連続したコアが採取される事がしばしばあった。亀裂には沸石や方解石が沈澱して白色細脈となっているものもある。著しい亀裂帯では更に激しい粘土化作用を受け淡緑色を呈する岩相を伴い全く源岩の構造を失っている。亀裂帯や粘土帯は電気検層図Bの低比抵抗値とよく対応している。これ等低比抵抗部分のどこから



第31図 検層図その1 温第103号泉(富田旅館)昭和37年11月6日～8日測定。A…コア・柱状図・1:安山岩(湯ヶ島層) 2:亀裂の多い部分 3:粘土の多い部分、B…比抵抗検層図・電極間隔25cmノルマル、C…掘さく中の孔底温度曲線、D…注水中の温度検層図・注水開始16時間後から測定、注水温度12.8°C、注水量180 l/min. サーミスタ電極降下速度2 m/min. E…注水停止後の温度検層図・注水停止20時間後から測定、サーミスタ電極降下速度2 m/min.

温泉が最も良く採取されるか判断しなければならない。これらのいくつかは以前温泉の流路になっていたとしても、なお現在も温泉の流路であるかどうかは全く保証されていない。

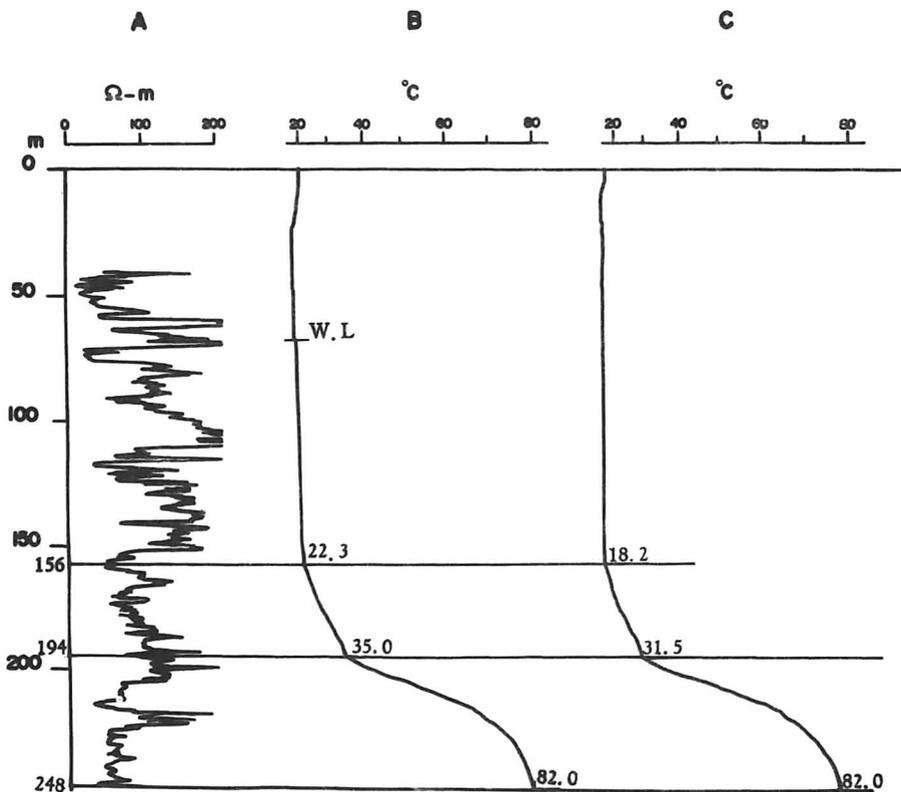
ところで揚水量の大きな孔井に注水するとやはり多量の水が呑込まれる事はよく知られている事実である。注入水は透水性の大きな地層や亀裂内に圧入される。地熱地帯の孔井で冷水を用いこの実験を行えば主要な亀裂までの温度は注入水の温度により近づき、それ以深の温度は急激に上昇してより真の地下温度に近づく事になる。つまり注水によって孔内温度に著しい異常分布を生じさせて、これを検層に利用する。既に山口久之助(1963)は温泉孔井の検層に揚水中(又は注水中)の温度測定を行って良い結果を得ている。なお、本調査では主に注水法による検層を試みたが、その主な原因は本地域の温泉水面が著しく低下していて、揚水実験が大変困難な事による。注水温度検層を用いる事によって比抵抗検層で一意的に決定されなかった温泉亀裂を容易に決定する事が出来る。第31図のCは掘さく中の孔底温度分布を示し、Dは注水(180 l/min)開始16時間後の温度検層図である。深さ 210mに主要な亀裂があり、注入水の大部分がこゝに呑込まれている。Eは注水停止20時間後に得られた温度検層図である。注水中圧入されていた冷水が十分に地熱により暖められないまゝ、孔内に逆流している様子が明瞭に見られる。なお更に 170m及び 245m附近にも温泉亀裂がある事がうかがわれる。各温度異常点が柱状図の亀裂帯や低比抵抗帯とよく対応している事が興味深い。



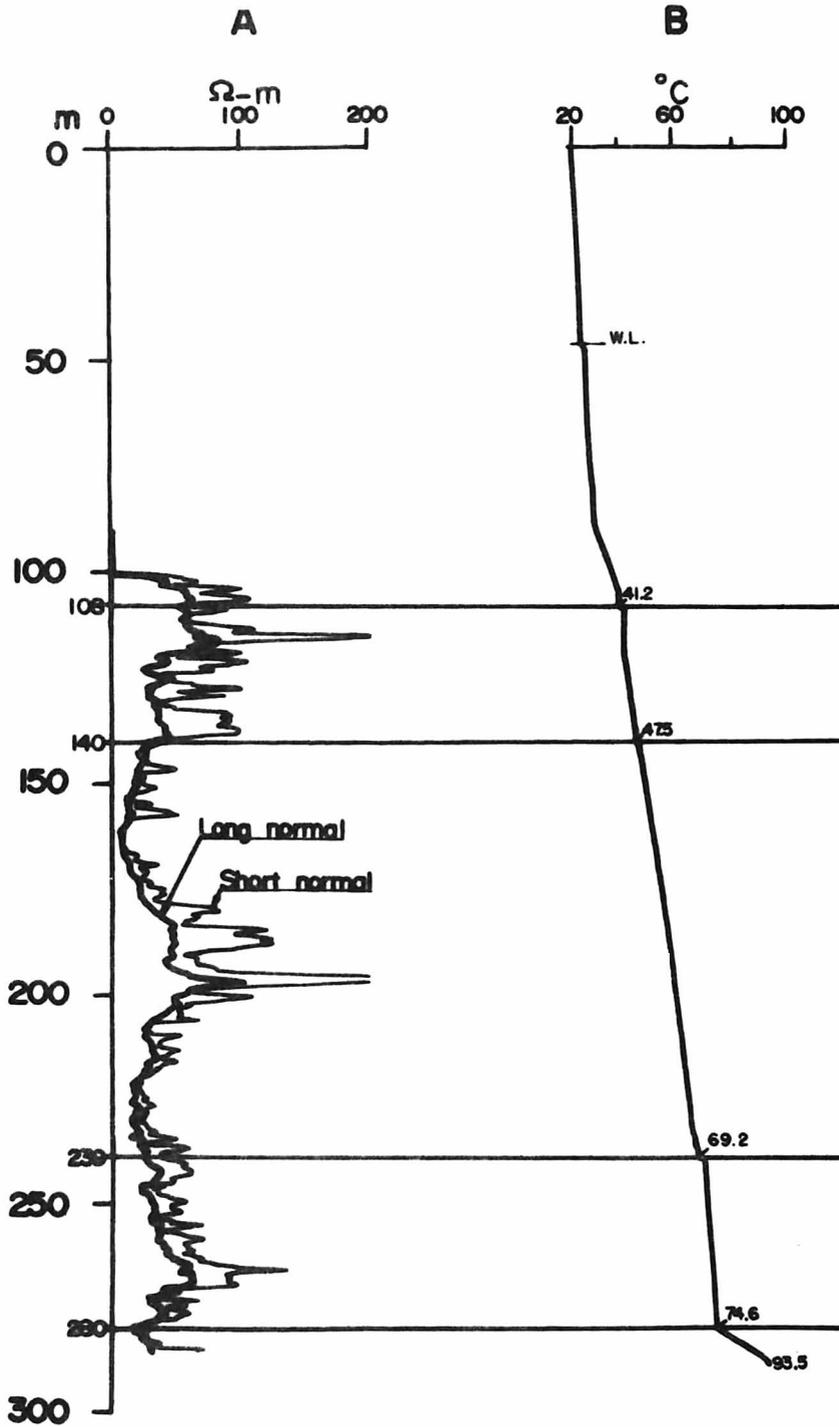
第32図 検層図その2 温第25号泉(天野屋発電所) 昭和38年3月26日~29日測定。A…比抵抗検層図・電極間隔25cmノルマル、B…温泉揚水停止5時間後の温度検層図・サーミスタ電極降下速度2m/min。C…注水中の温度検層図・注水開始19時間後から測定、注水温度16°C、注水量50l/min。D…孔内水比抵抗検層図・注水中の状態。

本地域の孔井には人工的に注水をしなくても注水と同様な孔内温度分布を示すものが多い。第32図は掘さく当時（昭和2年）良好な温泉が得られていた源泉において最近低温化の一途をたどっているが、その原因を求めるために検層を行った結果である。Aは比抵抗検層図、Bは揚水停止5時間後の温度検層図、Cは注水開始19時間後の温度検層図である。Bでは103m及び154mに異常点が見られるが、Cでは更に174m及び182mに弱い温泉亀裂が現われている。揚水停止5時間後にして注水と同様な効果が観察された事は浅い地下水の水止め工事が不備で、大量の冷地下水が下方から来る温泉に混入して揚水されていた事を意味する。掘さく当時は地下温度が現在よりはるかに高く、現在の冷地下水を供給する部分も高温の温泉帯水層であったので、孔井の構造に工夫をこらさずに良好な温泉が得られたものである。なおDは注水中の孔内水の比抵抗検層図で、注水中の温度分布とよい一致を示している。第32図と同様な例を第33、34図に示した。

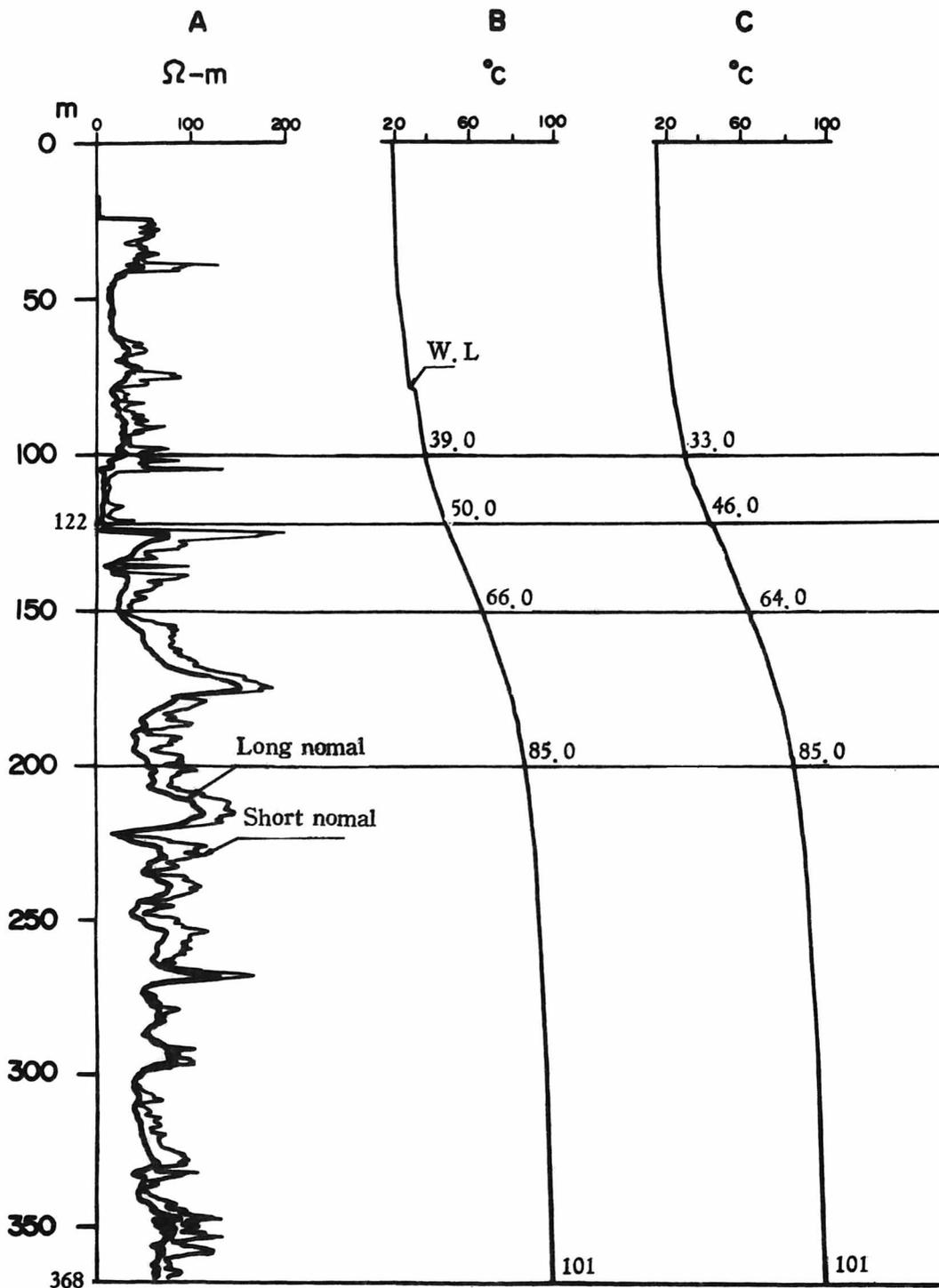
孔井が温泉亀裂を貫通していない場合は注水をしてもごく少量の水しか吞込まれない(第35図)。本例ではわずかに約14 l/minの水量で注入水が孔口からあふれ出る程であった。



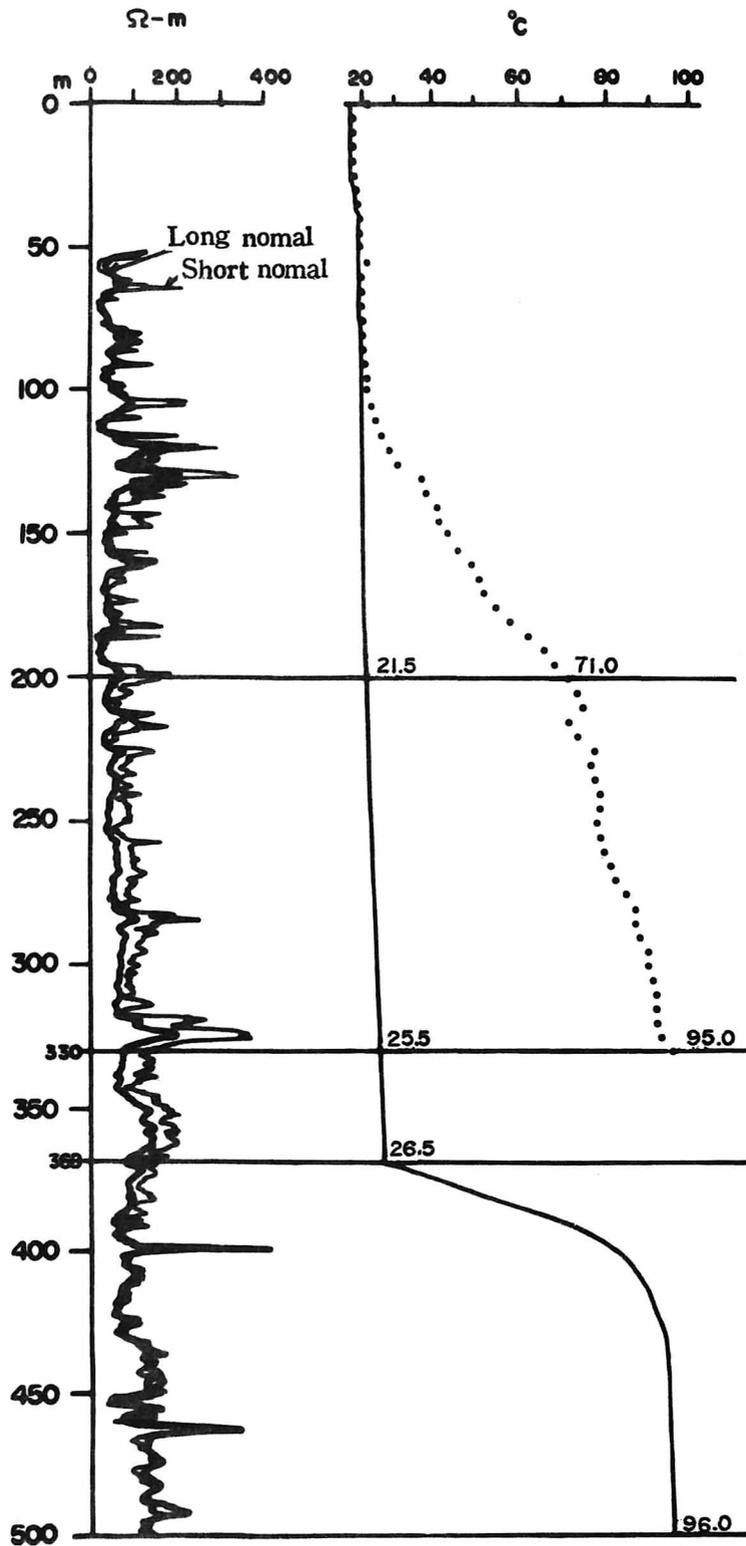
第33図 検層図その3 温第47号泉（大商不動産） 昭和37年10月9日～11日測定。A…比抵抗検層図・水道水を注入しながら測定、電極間隔25cmノルマル、B…注水前の温度検層図・サーミスタ電極降下速度2m/min、C…注水中の温度検層図・水道水注入開始、16時間30分後から測定、注水温度14.5°C、注水量70 l/min、サーミスタ電極降下速度2m/min、A及びCは注水中なので水位はBより高い。BとCで156m及び194mの温度差に注意。



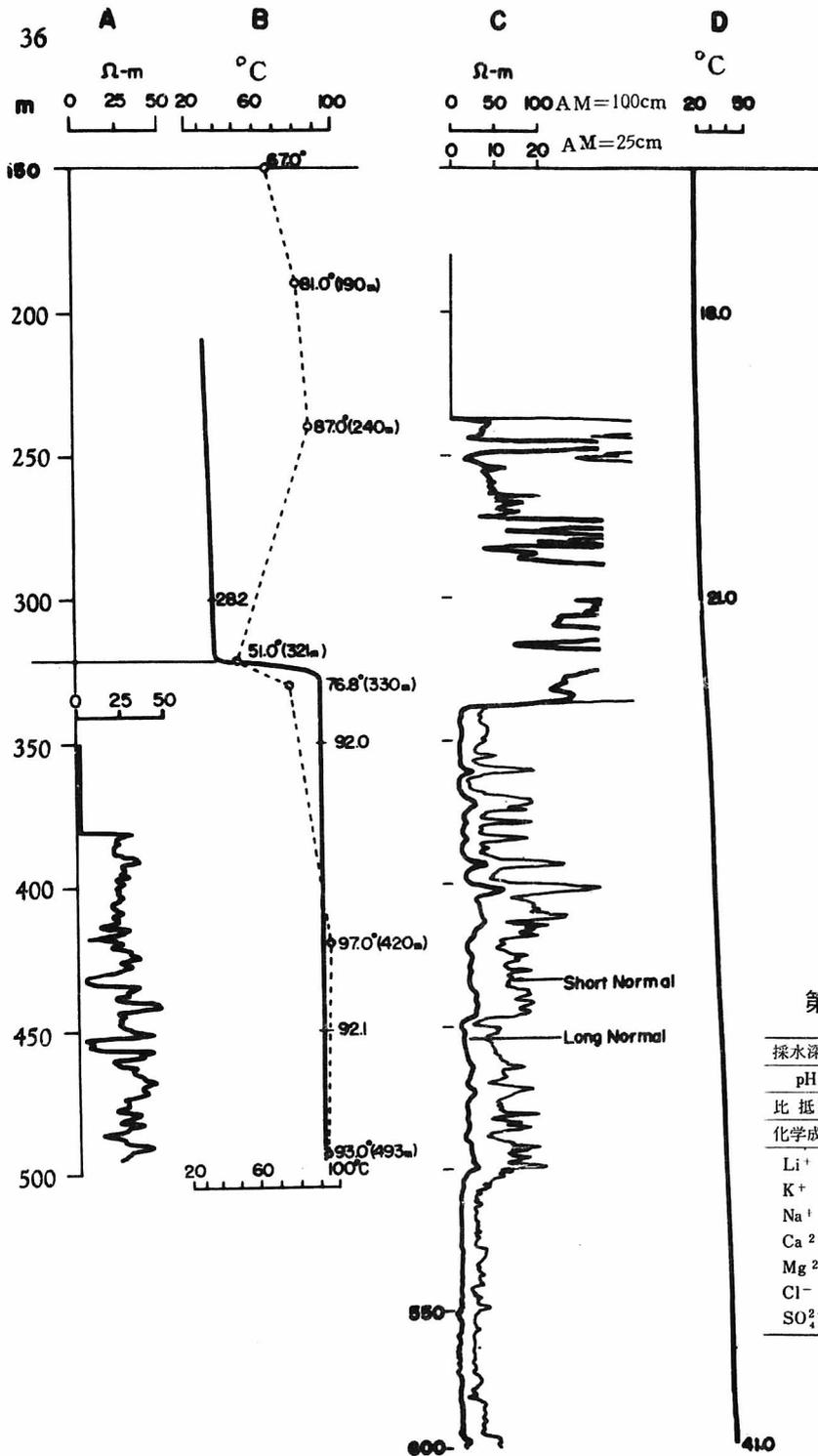
第34図 検層図その4 温第28号泉(天野屋大風呂横)  
 昭和37年4月19日~21日測定 A...比抵抗検層図・電極  
 間隔25cm及び100cm. B...温度検層図・サーミスタ電極  
 降下速度5m/min. 108m、140m、239m、280mに温  
 度異常点が認められる。



第35図 検層図その5 温第95号泉(生長園川端の湯) 昭和37年11月13日~15日測定。  
 A…比抵抗検層図・注水開始直後に測定、電極間隔25 cm及び100 cm。B…注水前の温度検層図・サーミスタ電極降下速度4 m/min。C…注水中の温度検層図・水道水注入開始1時間30分後から測定、注水温度14°C、注水量13.5 l/min(わずかにover flow)、サーミスタ電極降下速度6 m/min。注水量が少ないことに注意、温度曲線に異常変化が殆んどない。亀裂を貫かない温泉孔井検層の一例。



第36図 検層図その6 温第66号泉（東京建物桜山旧1号泉） 昭和37年10月15日～17日測定。A…比抵抗検層図・電極間隔25 cm 及び100 cm。B…温度検層図・サーミスタ電極降下速度4 m/min。点線は井深330 mのときの孔内温度分布（昭和36年4月12日小田原保健所温泉課岩田義徳測定）。亀裂貫通後、浅い冷地下水が深い割れ目に向って流入して注水と同様な効果が明瞭に表われている。



第7表 孔内水の水質

採水深度	290 m		580 m	
pH	7.78		7.40	
比抵抗	3.36 Ω-m (20°C)		0.38 Ω-m (20°C)	
化学成分	mg	m-Val	mg	m-Val
Li <sup>+</sup>	0.048	0.007	0.56	0.08
K <sup>+</sup>	8.00	0.19	87.0	2.23
Na <sup>+</sup>	413	18.0	6600	287.0
Ca <sup>2+</sup>	112	5.59	1395	69.61
Mg <sup>2+</sup>	41.0	3.37	751.1	61.77
Cl <sup>-</sup>	947	26.7	12600	355.4
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	123	2.56	1801	37.50

分析者 長塚 綾子

第37図 検層図その7と8 温第20号泉(川崎別荘1号泉) 昭和37年1月30日測定。A…比抵抗検層図・電極間隔25cmノルマル。B…温度検層図・サーミスタ電極降下速度 5 m/min。破線は掘さく中の孔底温度を結んだもの。

温試第433号泉(湯河原町営2号泉) 昭和37年6月4日~5日測定。C…比抵抗検層図・電極間隔25cm及び100cm。孔内水比抵抗3.36 Ω-m/20°C(深度290m)、0.38 Ω-m/20°C(深度580m)。海水と淡水の境界が338mに明瞭に現われている。比抵抗を測定した水質の化学分析値を第7表に示す。D…温度検層図・サーミスタ電極降下速度5 m/min。

この場合には孔内温度は殆んど変化せず、温度検層図にも異常点が現われて来ない。

第36図は深さ 330mの孔井で孔内温度が高いにも拘らず十分な温泉が得られなかった為に、更に深さ 500mまで増掘した温泉孔井の検層図である。増掘前（昭和36年4月）に小田原保健所岩田義徳が測温したところ 200mで71℃、330mで95℃であった。増掘終了直後の温度検層図と比較すると、330mで実に69.5℃の温度差がある。増掘後の温度検層図では温度異常点が368mにあり、それ以深で急激に温度が上昇する。本地域の地下温度が約1年半でこれ程急激に低温化する事はあり得ない事で、むしろ368mの大亀裂に浅所の冷地下水が流下して注水と同一の効果を示しているのであろう。

温泉掘さく中の孔底温度は掘さく終了後の検層の孔内温度と一致しないのが普通である。第37図（A・B）はその一例である。温度検層図によれば注水効果による温度異常点が321mに現われている。321m以深では急激に温度が上昇し、掘さく中の孔底温度との差が小さくなる。

なお掘さく中321mで孔底温度が急激に低下しているが、温泉亀裂を貫いたときこの部分の水圧が十分高くなかったために浅所の冷地下水が多量に流下して孔底温度の低下となったのであろう。

本調査で行なった検層は一例（第35図）を除いて孔内温度分布に常に注水効果<sup>が</sup>現れている。注水効果は本地域のように深い孔井で強力なポンプにより過剰に揚水し続けられているところでは常に見られる現象と考えられる。温泉掘さく者が温泉脈を貫くと水面が急激に低下すると称しているのもこの種の事情を物語っているものであろう。なお本地域のような大温泉地で採水器による各深度の孔内水を採水する場合、検層によって浅所の地下水が深所の亀裂に呑込まれていない事を確かめる必要がある。注水効果は大温泉地の特徴であり、これを完全に除く事は困難であろう。

深い部分で亀裂のない地層中の孔内温度は注水を行っても余り変化しない。稼動中の源泉孔井でも、このような部分で真の地下温度に近いものを測定する事が出来るであろう。

第37図（C・D）は海岸地区の温泉孔井の検層図を参考までに示したものである。

## II 温泉水面回復のために

温泉活動の最も激しいところでは高温の温泉が得られる。一般に高温程NaClに富む事は既に示した第9図にも明らかであるので、Cl<sup>-</sup>濃度の高い地域を温泉活動の中心とみてきしつかえない。一方、水が流れるところには十分な亀裂がなければならない。そのようなところでは低温の温泉がかなり大量に揚水可能であり、同時にCl<sup>-</sup>濃度は低い値を示すであろう。これらの条件を満足する地帯を第18図に斜線で示し、一応亀裂地帯と見る事が出来る。最も大規模な亀裂は藤木川に沿って走り、末広橋と藤木橋附近においてこれに斜交する小規模の割れ目がある。これらは既に述べた如く薬品投入試験によってかなり明瞭に追跡されている。不動滝附近については薬品投入試験が出来なかったので推測の域を出ない。久野久の談話によれば藤木川に沿う断層の一部が末広橋附近の河原で観察されたと

云うが、現在では護岸工事のコンクリートにお、われてそれを見る事が出来ない。温泉活動の中心は亀裂地帯の内部に列をなして分布するが、自然湧出していた頃はこれらが一連のものであったと推定される。小林儀一郎の調査によれば大正二年頃はこの附近が最も温泉活動の盛大なところで浅いところでも高温の温泉が得られたと云う。

注水法により温泉水面の回復を計る場合の効果については、未だ未解決の問題が多い。例えば、注水する事により現在よりも多量に熱エネルギーを採取する事が出来るだろうかと云う事についてはそれを支持する資料は容易に得られない。今までの湯河原温泉の沿革から知られるように、強力なポンプや多数の孔井の掘さくがなされたにもかかわらず採取された熱エネルギーは著しく増大しないばかりか、地下水面の一方的低下が見られるばかりである。地下熱エネルギーを注入水で運び出すために、はじめは大量のエネルギーが採取されるであろうが、地下温度が著しく低下すると大変な事になる。

恐らく注水法により最も期待出来る事は高温の温泉の温度を下げて湯量を増し、高温地帯で急激に揚水せずに注水によって生じた温泉を亀裂に沿って流し、現在枯渇現象を生じている温泉地帯に導いて低温で水位の低い地帯をより高温にし水面を上昇せしめる事である。特定の孔井に注水の影響が鋭敏に現われる可能性が大きい事は薬品投入試験で明らかであるので、注水の際にはあらかじめ薬品によりそのような孔井を見つけて、この孔井に測定器を集中し危険な状態の発生しないように十分に注意しながら注水量を増大する実験を繰り返す事が必要である。注水の効果は揚水している孔井の温度、揚水量の測定では正確に把握する事が困難である。揚水された温泉の温度は揚水ポンプの調子を鋭敏に反映するので、地下の温度の変化、水面の変化がお、い隠されてしまう。したがって数点の観測用孔井を設定して地下の亀裂部分の温度、温泉水面の変化などを連続観測する事が望まれる。なお、注水実験の望まれる地点は周囲に源泉が少く、温泉活動の中心に近く、地下の割れ目の多いところが最も適当である。

そのような地点として若草山附近をあげる事が出来る。もし藤木川に沿った亀裂帯が更に不動滝以北にまで続くとすれば藤木川に沿う不動滝—広河原間も注水を試みるのに好適である。注水用の水を得るのは藤木川に沿う地域が適当であるが、源泉が密集していて注水用孔井を得るのに非常に困難である。若草山附近では亀裂と地熱があっても、水利が悪く実現するのにかなりの困難が伴う。したがって、水利の良い事と影響源泉のないと云う好条件をそなえている不動滝以北に十分な亀裂があれば最も適当である。不動滝までの距離は 500m程あり、注水を行うと不動滝にいたる間に十分暖められ冷水塊が直接温泉中に流入する恐れはない。不動滝附近より湯河原温泉の約 6 割の揚水が行われ、かつ町宮源泉の中心点であるので、この附近の源泉に好影響が現われる事は湯河原温泉にとっても好ましい事である。そのためにこの地域の今後の調査が期待される。

## 12. 参考文献

- 小林儀一郎 (1914) : 神奈川県湯河原温泉調査報文 ; 地調報, No. 48, 69-84.
- Kuno, H (1950-1951) : *Geology of Hakone Volcano and Adjacent Areas, Part I & II* ; Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec. II, vol. 7, Parts 3-5, pp 257-288, Parts 6-10, pp 351-402.
- 久野久 (1952) : 7万5千分の1熱海図幅説明書 ; 地質調査所.
- 室住正世 (1960) : 伊豆箱根温泉の地球化学的研究 ; 第1報, 日化誌, Vol. 81, pp 713-718 ; 第2報, 日化誌, Vol. 81, pp 719-724 ; 第3報, 日化誌, Vol. 81, pp 903-906.
- Ōki, Y., Ōki, S., and Shibata, H. (1962) : *The Systematic Analysis of Silicate Rocks using Ion Exchange Resin* ; Bull. Chem. Soc. Japan, Vol. 35, No. 2, pp 273-276.
- 大木靖衛, 荻野喜作, 松坂進, 広田茂 (1963) : 温泉孔井の検層 ; 温泉工学会誌 (投稿中).
- Sakurai, K. and Hayashi, A. (1952) : *Yugawaraite, a New Zeolite* ; Sci. Rep. Yokohama Nat. Univ., Sec. II, pp 69-77.
- 上野景平 (1961) : キレート滴定法 ; 南江堂.
- White, D. E. (1957) : *Thermal Water of Volcanic Origin* ; Bull. Geol. Soc. Am., Vol. 68, pp 1637-1658.
- (1957) : *Magmatic, Connate, and Metamorphic Water* ; Bull. Geol. Soc. Am., Vol. 68, pp 1659-1682.
- 山口久之助 (1963) : 鑿泉の電気検層法 ; 昭晃堂.

## Thermal Water of the Yugawara "Hot Spring"

By

Y. Ōki, K. Ogino, Y. Nagatsuka, S. Hirota,

F. Kokaji, S. Takahashi, and M. Sugimoto

### Abstract

The Yugawara "Hot Spring" is located in the bottom of the dissected creata of the Yugawara volcano. Natural hot spring have run dry almost twenty five years ago, and thermal water is now entirely pumping up by means of deep drill holes.

Hydrology of thermal water is studied by geochemical and geophysical points of view. Two types of thermal water - sodium chloride type and calcium sulfate type are recognized as fundamentally important to explain the chemical property of thermal water of the present area. Sodium chloride is considerably predominant in the high temperature area and poor in the surrounding low temperature area. Calcium sulfate predominates in the low temperature area. Sodium chloride is probably derived from deep magmatic emanations as indicated in the high Li content. Sulfate ion seems to be originated by oxidation of pyrite whose impregnation took place through out present area in the ancient activity of the Yugawara volcano. The content of Ca is stoichiometrically comparable with  $\text{SO}_4^{2-}$ . It is suggested that sulfuric acid derived from the oxidation of pyrite attacks calcite formed during the hydrothermal alteration of country rocks.

Some consideration of well logging in the geothermal area is also discussed. Temperature measurement in recharging of cold water is very applicable for the logging of drill holes as well as the electric logging.