

伊豆半島の地下温度構造

大久保太治*¹⁾・角 清愛*²⁾・山田菅三*³⁾・中村久由*⁴⁾

OKUBO, Taiji, SUMI, Kiyoshi, YAMADA, Eizo and NAKAMURA, Hisayoshi (1983) Geothermal structure of Izu Peninsula, Shizuoka Prefecture, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 34 (8), p. 383-412

Abstract: Izu Peninsula with its area of about 1400 km² is characterized by many hot springs whose density per unit area is largest in Japan. Information on underground temperatures is collected from 238 wells which were drilled for prospecting or production of hot waters for bathing. Mean depth of 238 wells is 493 m. Based on these data, the depth-temperature diagrams of each well and seven temperature sections were made. Then, schematic underground temperature distribution maps of whole Izu Peninsula at 300 m and 500 m below sea level were drawn.

From these diagrams and maps, it is concluded that Izu Peninsula can be divided geothermally into conduction and convection dominated areas as far as to 500 m below sea level. Conductive geothermal regime dominates at the southwestern and northeastern parts of the peninsula, whose area is about 400 km². The rest of the peninsula with an area of about 1000 km² is characterized by convective regime. Mean geothermal gradient in the conductive area is 6.2°C/100 m.

The convection-dominated area can be interpreted hydrologically as several pairs of downward and upward flow areas. Most of the downward flow areas are topographically high and geologically composed of porous Late Quaternary volcanic rocks. Relatively lower temperature indicating the downward flow of cold water, i.e. 20-30°C at 300 m or 30-40°C at 500 m below sea level, are observed in relatively large areas of 100-150 km². Similarly, coastal areas with 2-3 km wide facing the Pacific Ocean also show lower temperatures due to probable invasion of cold sea water.

On the other hand, neighbouring the downward flow areas, the upward flow areas are sporadically distributed. The upward flow areas, which are characterized by elevated temperatures, of higher than 60°C at 300 m or higher than 70°C at 500 m below sea level, are generally found at places of low altitudes and as small as 3-30 km² in area.

要 旨

面積約1,400 km² の伊豆半島は, 多数の温泉分布で特徴づけられ, その分布密度は日本最大である。今回 238 本の温泉井の地下温度情報を収集した。井戸の平均深度は493 m である。これらのデータに基づいて各井戸の深度温度図と7枚の温度断面図を作製した。更に伊豆半島全域にわたる海水準下300m及び500mの温度分布平面図を作製した。これらの図からみて, 伊豆半島は, 海水準下500 m から上方に関する限り, 地熱的に伝導及び対流卓越地域に分けることができる。熱伝導的環境は半島南西

部及び北東部の約400 km² の地域で卓越し, 平均的地温勾配は, 6.2°C/100 m である。地熱的にみて熱水対流系の卓越する地域は水理的にいくつかの下降流及び上昇流地域のペアとして解釈することができる。下降流地域の大部分は地形的に高所にあり, 地質的には多孔質の後期第四紀の火山岩から成立している。冷水の下降流を示す比較的低い温度, すなわち海水準下300mにおける20-30°Cまたは海水準下500mにおける30-40°Cという温度は100-150 km² という比較的広い地域に分布する。更に太平洋に面する幅2-3 km の沿岸地域でも冷海水の浸入を示すと思われる同様な低温が観察される。一方下降流地域に隣接して, 上昇流地域が所々に分布する。上昇流地域は海水準下300mで60°C以上, 500mで70°C以上という高温によって区別することができる。上昇流地域は地形的に低く, 面積的には比較的せまく3-30 km² である。

*¹⁾ 元所員*²⁾ 元所員 (現東北工業技術試験所)*³⁾ 地熱熱部*⁴⁾ 元所員 (現日本重化学工業株式会社)

1. はじめに

熱水対流系の三次元的な大きさ、形態及び位置を推定することを目的として伊豆半島の238本の温泉井の地温データを収集し、地温分布図を作成した。伊豆半島を選んだのはそこが日本最大の温泉分布密度をもち、温泉井のデータも最もよく整備されているからである。

本研究は地質調査所経常研究の「地下温度分布に関する研究」として実施したものである。作業は昭和44年度に大久保・山田、昭和46年度に中村・大久保、昭和50年度に大久保・角で実施した。

本研究をまとめるにあたり、温泉井のデータ収集に御協力頂いた熱海・三島・修善寺・松崎及び下田の各保健所御当局に対し厚く御礼申し上げます。とくに実際の収集作業に際して、次の方がたの御手をわずらわしました。ここに深謝いたします。

熱海保健所：伊藤勉課長・石原久澄主事、三島保健所：土屋賢治課長・清水係員、修善寺保健所：小林竜一課長・木村係員、松崎保健所：村山美千代所長・川口衛主任、下田保健所：丸宮善夫課長・松井利明主任・鈴木康太主事。

最後に全文を通読し、厳密な討論をして頂いた地殻熱部松林修技官に感謝いたします。

2. 従来の調査研究

伊豆半島には温泉が非常に多いため、行政の見地からの、全域的調査研究がよく行きとどいている。

地質調査所温泉グループ(1957)は昭和30年から31年にかけて静岡県委の委託を受けて伊豆全域の温泉調査を行なったが、その報告では温泉地ごとの地形、地質、温度、湧出量などがまとめられており、伊豆半島における最初のもうらの調査となっている。

静岡県衛生部(1968)の報告書には昭和43年の2月1日現在の伊豆半島全域の温泉位置が33葉にまとめられている。また源泉数、湧出状態、湧出量、動力の有無別源泉数のほか、これらの年次別の推移の一覧表をはじめ各地域の温泉の温度別、湧出量別源泉数の一覧表、温泉地別実態調査一覧表、温泉湧出地、所有者、深度、口径、許可年月日などが記載され、詳細なデータ集となっている。

鮫島ほか(1968)は、伊豆半島の地熱地帯の概況と長岡・修善寺及び船源・熱海・網代・伊東の各地区の概略の地熱構造を述べ特に熱川・稲取・下河津・下賀茂の4地区については既存温泉井の温度検層、温泉水の電気伝導度測定等をもとに詳細な地熱構造を論じている。

静岡県温泉協会(1970)は静岡県の委託調査報告で、昭和45年2月1日現在の温泉井の状況・揚湯ポンプの状況・温度・湧出量(揚湯量)等の計測結果を記載している。また温泉の分布、年次別源泉数、湧出状態別源泉数、深度別源泉数、湧出(揚湯)温度別源泉数、高温泉温度別内訳等の統計もなされている。

以上の全域的な調査報告のほかに局地的な地熱構造の論文としては、中村(1958)、YUHARA(1961)、佐藤(1959, 1961, 1962)、地質調査所温泉グループ(1963)、中央温泉研究所(1975a, b, 1980)、NAKAMURA *et al.* (1969)、角ほか(1973)、大木ほか(1974)などがある。これらの報告では主として温泉湧出地域を中心とした地熱構造を論じたものが多いが、大木ほか(1974)のみは熱海から網代にかけての約50 km²の比較的広い地域の地熱構造を論じ、とくに天水下降流地域の指摘を行っているのが注目される。

3. 資料収集

地下温度についてのデータを収集した238本の温泉井のうち234本は、各保健所において、4本は温泉井の所有者から直接入手した。

保健所における資料収集作業は主として昭和44年5月と昭和47年3月の2回、一部昭和51年3月に行なった。保健所は熱海、三島、修善寺、松崎及び下田の5管内に分かれ、各管内は行政的には次のようになる。

熱海管内(熱海市・伊東市)、三島管内(韮山町・長岡町・大仁町の一部)、修善寺管内(大仁町の一部・修善寺町・天城湯ヶ島町・中伊豆町・土肥町)、下田管内(東伊豆町・河津町・下田市・南伊豆町・西伊豆町)、松崎管内(西伊豆町・松崎町)。

資料収集した温度井は、熱海管内72井(A1-A72)、三島管内20井(B1-B20)、修善寺管内46井(C1-C46)、松崎管内29井(D1-D29)、下田管内71井(E1-E71)の合計238井でこのうち所有者から直接にデータを得たのはC44、C45、C46及びE71の4本である。

資料収集した温度井の所在地・所有者・深度・温度・水位・揚湯量を第1表に示す。調査地域とこれらの温泉井の位置は第1図及び第2-1図~第2-11図に示す。収集した地質・温度柱状は第3-1図~第3-6図に示す。

なおE71井は大同興業(株)によって掘削されたもので完工は昭和51年5月である。C44井は日本サイクルスポーツセンターによるもので昭和52年に掘削したものである。C45、46井は全国共済農業協同組合連合会によるもので、それぞれ昭和46、49年の掘削である。

伊豆半島の地下温度構造 (大久保太治ほか)

第1表 資料収集した温泉井一覧

()は口元水温を示す。* は自噴を示す。

No.	所在地	所有者	深度 (m)	孔底温度 (°C)	水位 (m)	揚水量 (l/min)
A 1	熱海市 泉元宮字奥の沢429-14	熱海市	600	31	78.4	171
A 2	“ 泉元西山14-4	“	486	54	83.1	68
A 3	“ 泉元宮字西山19-20	養浩荘株式会社	500	47	30	77.4
A 4	“ 泉字塩坪76	竹内茂代	545	35	(中 止)	
A 5	“ 伊豆山字上の池708-5	浅間観光 KK	379	63.5	153	70
A 6	“ 伊豆山字浜604-5	KK 海野ホテル外	600	63	40	171.2
A 7	“ 伊豆山字東足川181-2	合資会社樋口旅館	200	57	14	126
A 8	“ 伊豆山字坪山1065-18	資生堂 KK	600	89	120	70
A 9	“ 伊豆山字大久保997-8	阪神清和土地 KK	600	54	203	48
A 10	“ 伊豆山字押出133-4	中村静尾	200	83	5.15	400
A 11	“ 熱海字荒見場61-3	裁判所	300	74		135
A 12	“ 東海岸町249-5	KK 紅葉館外	200	97	9	145
A 13	“ 熱海字渚343-6	熱海市	250	86	8.7	87
A 14	“ “ 2020-11	“	1,000	92	13	14.6
A 15	“ 伊豆山字桃山978-1	“	450	59	179	63
A 16	“ 伊豆山字土沢後1165-40	東南商事 KK	781	45	280	42.8
A 17	“ 熱海字立石592-3	熱海市	500	92	127	89
A 18	“ 熱海字若林1774-43	大木九兵衛	400	70		135
A 19	“ 熱海字狩場876-1	岡本政次郎	575	72	30	120
A 20	“ 梅園町1165-3	近藤商事 KK	360	70	98	158
A 21	“ 熱海字上の山1838-4	伊豆箱根鉄道 KK	360	59	102	73
A 22	“ 工業力丘町1971-1	創価学会	800	81	104	63
A 23	“ 熱海字小野田1596	日置忠男	450	46	85	40
A 24	“ 上多賀字曾我1027-31	三輪真球工業 KK	600	27	26	132
A 25	“ 下多賀字小山525-2	熱海市	579	37	2	46
A 26	“ 下多賀字砂田464-1	“	500	57	10	165
A 27	“ 下多賀字丸山217	山田広次	350	45.5		57
A 28	“ 下多賀字桜田405-3	熱海市	600	49	11	57
A 29	“ 下多賀字沢田203-1	山岸ヒデ	740	37	25	30
A 30	“ 網代字片町19-2	南熱海 KK	372	65	7.9	400
A 31	“ 網代字荒見山526-4	荒井寛三	500	68	18	86
A 32	伊東市 宇佐見字大山3506-3	齊藤長八郎	651	35		90
A 33	“ 宇佐見字豊田632-3	石田政治	330	34	2.1	300
A 34	“ 宇佐見字中川辺1849-1	土屋栄吉	350	46		170
A 35	“ 宇佐見字阿武桶2789-1	高崎礼三郎	632	41.8		133.3
A 36	“ 宇佐見ワラビ窪3399-1	中銀マンション KK	756	39	95.5	100
A 37	“ 宇佐見字健林3313-1	東観興業 KK	800	51.5	81.2	43
A 38	“ 宇佐見字中沢2085-5	石田政治	600	51	32	100
A 39	“ 湯川字道満618	大基不動産有限公司	600	35.5	16	171
A 40	“ 湯川字横磯547-5	松野良助	380	32		72
A 41	“ 湯川字小谷452-125	日本中央地所 KK	600	43	72	72
A 42	“ 湯川字横磯540-14	KK 濤泉郷外	320	43.5		110
A 43	“ 湯川字宮元20-2	渡辺熊太郎	127	43		60
A 44	“ 湯川字堤297-6	KK ツツミ園	375	43		140
A 45	“ 松原字八津676-18	石塚信夫	176	46	21.9	60

第1表つづき

No.	所在地	所有者	深度 (m)	孔底温度 (°C)	水位 (m)	揚水量 (l/min)
A46	伊東市岡字登り立1425-4	佐々木孝芳	500	52	63.5	250
A47	“ 松原字長田488-2	名古屋郵政局	250	46.5		180
A48	“ 松原字中島60-2	KK エビナ	81	41		144
A49	“ 玖須美元和田字静海563-3	稲葉キミ外	136	37		50
A50	“ 岡字宮の上1073-3	鈴木 智	491	38	7.86	70
A51	“ 岡字広町446-7	KK いざみ荘	250	42.5	12.6	60
A52	“ 鎌田字松葉523-4	村上 久	275	51		135
A53	“ 岡字大樋166-3	三菱健康保険組合外	450	55	6	180
A54	“ 岡字山賀下709-3	社団法人新井会	600	55	8.4	200
A55	“ 鎌田字下方358-3	広島外蔵	507	44		72
A56	“ 南2丁目56-4	大和土地建物 KK	600	46.5	11.5	88.8
A57	“ 岡字細久保1278-9	市川常利	700	47	30.3	90
A58	“ 川奈センジャクボ1385	杉本藤五郎	719	48	123	80
A59	“ 川奈字戸立1286-2	富士急不動産 KK	1,000	60.5	196	95
A60	“ 吉田字長畑道上1022-32	KK 龍石	717	44.5	163	80
A61	“ 吉田字シフデ1012-61	“	1,000	70.5	153.5	82.7
A62	“ 吉田凡越1005-120	岡 法之	502	47.5	16.5	120
A63	“ 吉田字藤原815-195	東日本観光 KK	600	32	220	70
A64	“ 萩字堂ヶ峰566-1	住友不動産 KK	1,000	38	147.7	15.7
A65	“ 八幡野磯道1041-36	富士産業 KK	1,000	35.5	42.2	240
A66	“ 八幡野字倉菅沢1667	KK 伊豆別荘土地	899	36	8	270
A67	“ 赤沢字下落合252	名鉄不動産 KK	1,000	22.8		50
A68	“ 赤沢字上入谷94-2	殖産土地相互 KK	1,000	49.8	69	11.5
A69	“ 赤沢字大窪160-3	恒陽土地開発 KK	702	36	81.9	200
A70	“ 赤沢字横瀬370	小松建設工業 KK	795	37.5	236.2	48
A71	“ 赤沢字下大峰306-1	殖産土地相互 KK	600	43		800
A72	“ 赤沢字入谷64-1	藤原重雄	783	25	23	50
A1 ~ A72の平均			545			
B1	田方郡函南町小草切527-125	パシフィック航業 KK	1,000	49.3	242	48
B2	“ 菫山町奈古花ヶ崎1014	高橋広夫	436	41.5		60
B3	“ “ 菫山字山木55-7		500	33	137	26
B4	“ “ 山木字山の根451	日通伊豆観光開発	500	34	6.5	16.5
B5	“ 長岡町北江間字谷戸入1540-1	渡辺義男	550	54	63	
B6	“ 菫山町字西町110-1	松下秀作	500	63.5	116	
B7	“ “ 字寺塚853-57	永谷芳郎	400	62		
B8	“ “ 寺塚字入幡免496-2	東急観光 KK	595	69	139.6	16
B9	“ “ 南条字下大久保562	温泉共同組合	500	70	110.63	74.4
B10	“ 長岡町間之上谷戸洞270-1	中島 渉	370	75		
B11	“ “ 古奈91-5	松下きく他2	363	77	117.5	
B12	“ “ 字広塚837	坂倉利郎	450	64.5		
B13	“ “ 字岩穴口741-1-1	望月金八	600	64	160.8	64
B14	“ “ 字北ノ入536-1	松本東江	430	62	167.2	44
B15	“ “ 字皆沢183-4	松本 旭他1	600	74	118	50*
B16	“ “ 字大芝原1311	小野 豊	588	62	151	74

伊豆半島の地下温度構造 (大久保太治ほか)

第1表つづき

No.	所在地	所有者	深度 (m)	孔底温度 (°C)	水位 (m)	揚水量 (l/min)
B 17	字出口72	宮崎新太郎	400	70	166	
B 18	古奈字中ノ台301	久保田幸雄	450	85	98.38	
B 19	古奈字込和田208-1	井川雄治	363	75		
B 20	大仁町字小山田118-1	矢田藤夫	500	46.9	0	53
B 1 ~ B 20の平均			505			
C 1	田方郡大仁町神島1159-2	大仁町	800	50	24	330
C 2	沖の原851-1	"	250	72	13.55	251.4
C 3	修善寺町熊坂字柿尾戸15	帝国産金興業	151	52	18.56	214.3
C 4	柏久保557	関野 朗	363	(35)	5.2	20
C 5	字金付免699-1-1	温泉組合	400	(28.8)	7.8	104
C 6	字硯沢860	野田 勲	321	(40)	56.4	68.4
C 7	字岩ノ坊970-2	相原浩人	250	73	60.8	40
C 8	字白山3696	三須 渡	529	(64)	166.1	54
C 9	字寺山3686	"	600	66	250	18.1
C 10	字神戸沢4281-13	野田 勲	700	(35)	10	13.4
C 11	熊坂字大芝山1257-60	近藤多和	690	60	230	24.5
C 12	堀切字大芝山1004-16	近藤愛和	700	56.2	153	55
C 13	字神戸沢4281-37	野田 勲	700	64.5	17	60
C 14	字白井田1153-1	"	420	82	85.8	60
C 15	字皇子ヶ原3359	棒葉喜量	537	(48)	110	23
C 16	字仙知山3389	三須 渡	400	78	119	57
C 17	字田沢山4176	"	490	92	128	80
C 18	字岩の坊3465-2	植田 平	215	(58)	81.8	51.8
C 19	南山4188-2	野田八郎	300	66	97.7	80
C 20	天城湯ヶ島町大平柿木945	堀 久作	500	51	11	15
C 21	矢熊栗原126-1	堀江善衛	191	(38)	1.9	144
C 22	上船原字道坊畑477-1	横井英樹	529	66	2.22	64
C 23	字前横金588-1	"	600	72	2.5	110
C 24	字釜の洞617-2	立岩範男	600	66	17.1	30
C 25	月ヶ瀬清水407-2	柏村 澁	150	(48)	1.7	126.3
C 26	古奈温泉本91-6	城所真一	161	(48)		192
C 27	古奈字稻駒191-1	広野光俊	197	31.8		
C 28	門野原大久保223-3	天城湯ヶ島町	500	53	8.4	80
C 29	坂下439-3	佐野せつ	270	(35)	0	26*
C 30	字登石2684-1	鈴木君次	100	66.2	6.9	1,000
C 31	字瀬ノ滝1945-4	浄 蓮 荘	200	(58)	42	57
C 32	字湯之上2656-2	天城湯ヶ島町	300	53	68	48
C 33	向原347-2	たつた旅館	400	51	8.5	40
C 34	中伊豆町土白字谷戸峰200-4	中伊豆町	500	64.5	14.6	120
C 35	姫之湯字刈川234-2	"	500	42.5		20-27*
C 36	冷川字大幡野1523-1	全国共済組合連合会	1,000	33.8	131.6	94
C 37	冷川字猪道1234-1	古川為三郎	1,172	84	33.6	171.5
C 38	柳瀬字馬場尺366-4	中伊豆町	900	74	6.6	108.1
C 39	土肥町小土肥字寸湯651-1	土肥町	600	53	23.15	446.1

第1表 つづき

No.	所在地	所有者	深度 (m)	孔底温度 (°C)	水位 (m)	揚水量 (l/min)
C40	字山の神3750	〃	577	52.5	102.8	250
C41	字水ヶ洞3700-1	〃	408	64	104	250
C42	字中村1041	鈴木誠一	600	67	90.4	300
C43	八木沢字出口1649	土肥町	975	62	5	170
C44	修善寺町大野	日本サイクルスポーツセンター(NC-1)	1,200	79		
C45	中伊豆町冷川	全共連(ZK-1)	1,020	42.5		
C46	大幡野	〃(ZK-3)	700	82		
C1~C46の平均			514			
D1	賀茂郡西伊豆町宇久須深田	宇久須村	156	30.5	0	140*
D2	宇久須	〃	200	28	0	30*
D3	仁科297	加藤博康	600	46	16.5	200
D4	仁科	表辰之助	600	46		
D5	仁科3016	森幸次郎	700	67		
D6	仁科2149	西伊豆町	397	45		
D7	松崎町591-1	大石美代子	800	72		
D8	宮城	松崎町	500	51		
D9	南郷下鮎川612-1	斉藤只春	900	31	0	5.2*
D10	桜田465	佐藤唯邦	500	55		
D11	〃	松崎町	645	70		
D12	那賀中耕地170-3	〃	700	63	0	40*
D13	南郷上鮎川567-1	〃	700	52	0	30*
D14	宮内	〃	513	53		
D15	宮内301-1	高橋文也	774	59	0	600*
D16	道部	松崎町	500	56		
D17	大沢字沢の田217	堤伝平	200	29	0	343*
D18	大沢里	森幸次郎	700	39.2	0	1,100*
D19	大沢	依田敬一	350	43		
D20	大沢字小石278	〃	350	43	8	343
D21	大沢字川之本445-2	依田佳夫	300	49.3	0	170
D22	大沢字小石口345-4	依田布夫	150	43	0	40
D23	大沢川之本176	佐藤三蔵	400	22.5	0	10
D24	大沢里宣の畑1428-2	堤伝平	300	29		150*
D25	石部字附の浦592-27	大石美代子	245	49	0.6	400
D26	石部77	高橋文也	321	49	(掘進中)	
D27	石部592-4	山本政雄	560	69	43	450
D28	雲見	松崎町	604	48		
D29	雲見字ヤグラ磯1656-1	雲見漁業共同組合	400	41	0	28*
D1~D29の平均			485			
E1	賀茂郡東伊豆町大川新田735-1	大森武雄	600	72		
E2	大川字南原248-1	宮本由松	500	74.5		
E3	大川白井谷戸384	小林金吉	600	80		
E4	大川字真崎1105-1	切力素重	600	89		
E5	〃 1100-1	石井道次郎	600	85		

伊豆半島の地下温度構造 (大久保太治ほか)

第1表 つづき

No.	所 在 地	所 有 者	深 度 (m)	孔底温度 (°C)	水 位 (m)	揚水量 (l/min)
E 6	" "	奈良本松葉199-4	土屋 実	500	124	
E 7	" "	奈良本本間376-3	新磯信雄	500	114.5	
E 8	" "	奈良本田ノ上1369-3	内田文雄	600	110	
E 9	" "	奈良本字井戸尻543-1	石井久男	520	120	
E 10	" "	奈良本平沢1349-1	大村敬一	600	59.3	
E 11	" "	白田字棚町1462-2	鈴木一弘	803	67	
E 12	" "	白田字水神上1294	小倉重蔵	400	62	
E 13	" "	白田字原田993	小宮康義	495	60	
E 14	" "	片瀬上赤川1070-9	斉藤清市	700	109	
E 15	" "	片瀬1122-1	鈴木 勲	445	111	
E 16	" "	白田字馬場	持田勝郎	300	114	
E 17	" "	白田字磯田1731-36	藤田元一	520	54	
E 18	" "	稲取字馬道571	一川口元吉	600	63	
E 19	" "	稲取字北ニワ堀239-1-4	鳥沢与曾吉	500	70	
E 20	" "	稲取字志津摩2149	加藤博康	500	65	
E 21	" "	稲取字小山尻1972	眞崎留吉	400	88	
E 22	" "	梨本惣ヶ平1156	大塩附元	400	32	
E 23	" "	梨本字葛原1185-2	石田春恵	500	65	
E 24	" "	梨本字大畑359-2-1	社 団 法 人	307	42.5	
E 25	" 河津町	小鍋字久保田30	平川道雄	400	58	
E 26	" "	小鍋字坂口108	鈴木善一他 3	300	55	
E 27	" "	湯ヶ野字扇畑275	萩原好之助	300	53	
E 28	" "	筏場字西34	河津財産区	400	53	
E 29	" "	筏場字大炬1155-1	高橋元吉	500	59	
E 30	" "	沢田字石山269	小野 章	400	52	
E 31	" "	峰字湯ヶ野133	松井宗五郎	400	111	
E 32	" "	峰333-1	堀川栄一郎	350	86	
E 33	" "	峰字大地深906-1	小林 実	240	90	
E 34	" "	峰字大沢入1136-2	山後政七	395	82	
E 35	" "	峰字下河原769-15		400	60	
E 36	" 下田町	須原字上取戸2487	下 田 町	100	21	
E 37	" "	箕作字松之田1015	"	60	17.5	
E 38	" "	北湯ヶ野川込田	日満興業	200	37	
E 39	" "	加増野字松場574-2	下 田 町	60	22.2	
E 40	" "	加増野帯字湯ノ平898	土屋健治	100		
E 41	" "	横川字平清沢535	蚊爪定蔵	300	43.5	
E 42	" "	相王字梶沢36-2	内藤恒治	600	78	17.10
E 43	" "	蓮台寺字花越415-1	温 泉 組 合	300	60	240
E 44	" "	河内字堀坊山1346	"	171	68	
E 45	" "	大沢洗戸1073-4	河合晃晴	41	55	0
E 46	" "	蓮台寺207	小川仁一郎	600	56	0
E 47	" "	田岡方敷根603	飯田準太郎他 1	285	33.6	300*
E 48	" "	大字中田476-3	萩原撰治	1,042	60	14.9
E 49	" "	鵜島1188	永田好雄	100	31	1.8
E 50	" "	大賀茂字上条494-2	萩原長治	800	62	42

第1表つづき

No.	所在地	所有者	深度 (m)	孔底温度 (°C)	水位 (m)	揚水量 (l/min)
E 51	加茂郡下田町吉佐美字天谷685-2	鍋島紀久子	500	44.5	4.5	132
E 52	“ “ 吉佐美字喜背谷1900-8	田中 勇	650	45	4	200
E 53	“ “ 吉佐美字前磯	鍋島眞泰	650	52		
E 54	“ 南伊豆町一条桜田145	渡辺一平	500	78		
E 55	“ “ 毛倉野字田保644-1	宮崎喜代栄	500	51.5	9.6	70
E 56	“ “ “ 404-5	“	300	38	0	180*
E 57	“ “ 子浦字伊鈴浜21-1	萩原春樹	550	32.4	0	92
E 58	“ “ 妻良字浜田面83-1		605	34		
E 59	“ “ 入間字前田1187-1	岩崎与八郎	708	61		
E 60	“ “ 大字トウコウ160	日 満 興 業	400	31		
E 61	“ “ 加納戸字矢熊525-1	合 理 組 合	250	121		
E 62	“ “ 加納戸字森前615-2	“	302	112		
E 63	“ “ 宇南野山1220-6	森田光男	270	50		
E 64	“ “ 宇河原353-4	加藤清作	250	105		
E 65	“ “ 加納戸字野山122-38	深井福太郎	293	83		
E 66	“ 西伊豆町字水神628	山田 等	160	101		
E 67	“ “ 宇山田885-3	合理化共同組合	250	74		
E 68	“ “ 字地藏堂865	加畑宗次	231	59		
E 69	“ “ 宇小島35	渡辺健次郎他 1	200	41.5		
E 70	“ “ 宇湯ノ本755-4	古島安二他 2	130	40.4		
E 71	“ 河津町見高	大同興業(株)	1,160	60.6		
E 1 ~ E 71の平均			425			
総平均			493			

4. 深度と温度との関係

孔内温度と孔口の気温とを結んで海拔高度・温度図を作成した(第4-1図～第4-12図)。孔口気温は標高による気温変化などは今回は考慮せず一率に理科年表¹⁾の大島の年平均気温(14.9≒15°C)を用いた。孔口の海拔高度は各孔井の標高を5万分の1地形図上で読みとった概略の値である。

深度温度曲線はWHITEの熱水系モデル(MUFFLER and WHITE, 1968)によればおおむね次の3つのタイプに分類される。

I型: 温度勾配が一定で、温度が直線状に上昇し伝導卓越型を示すもの。

II型: 浅所で温度勾配が非常に大きく深所で急激に地温勾配が小さくなり、地熱水の上昇地域と考えられるもの。

III型: 浅所で地温勾配が非常に小さく深所で急激に地

温勾配が大きくなり、地表水の浸透地域と考えられるもの。

以下各管内の深度、温度曲線をこのI、II及びIII型に分けて考察してみる。

I、II及びIII型の分類は孔底温度データのみで温泉井では不可能であるので、途中深度の温度データ²⁾のある三島、修善寺、松崎及び下田管内の温泉井について考察する。

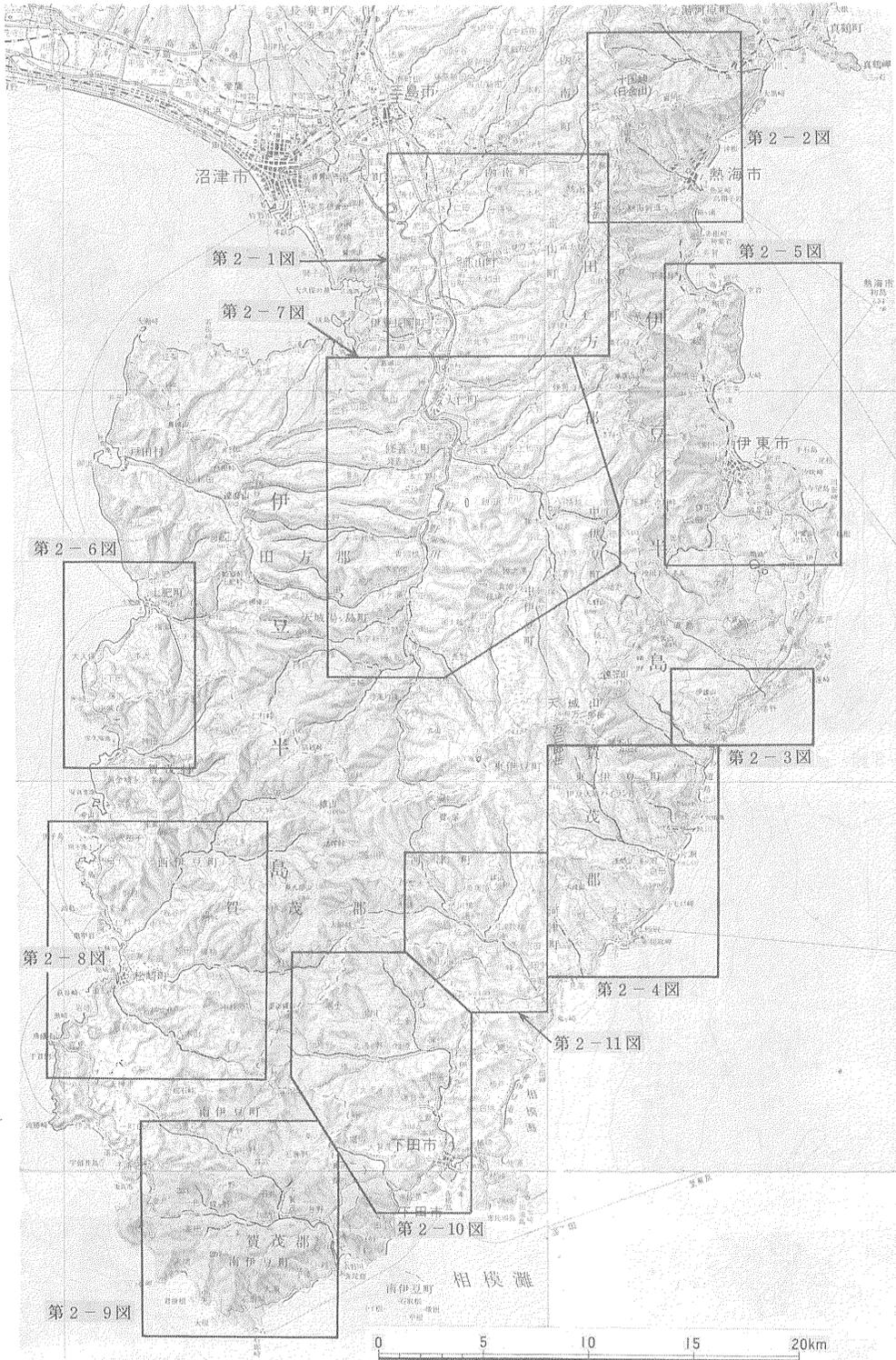
4.1 畑、湯塚温泉、四日町及び長岡温泉地区(第4-4図)

I型を示す温泉井としては、四日町地区のB6井にその可能性があるが途中測定点が1点だけであるので断定は出来ない。II型を示す温泉井は、湯塚温泉地区のB2井、長岡温泉地区のB8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18及び19井である。これらは長岡温泉や湯塚温泉近傍に位置しているので、熱水の上昇地域を示すII型温度分布を示すのであろう。III型を示す温泉井は、畑地

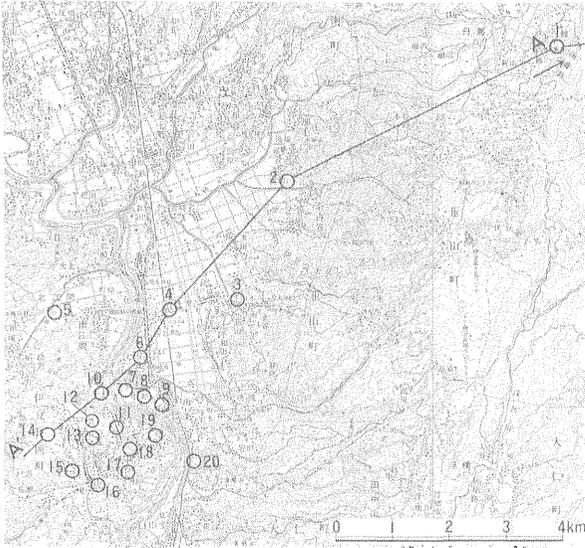
1) 東京天文台(1982)理科年表, p. 気9.

2) ほとんどのデータが掘削中の孔底温度とみられる。

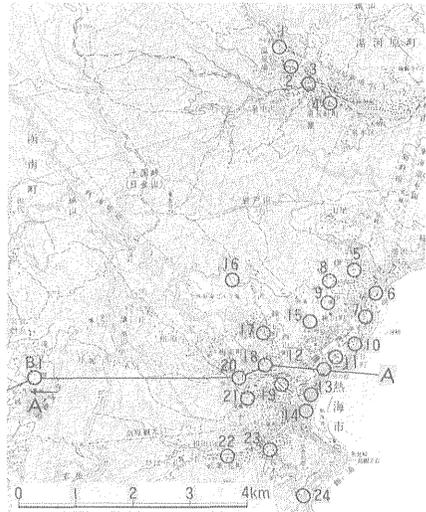
伊豆半島の地下温度構造（大久保太治ほか）



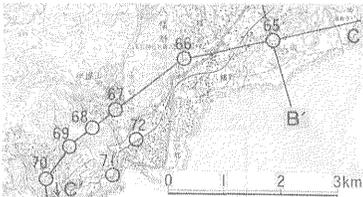
第1図 調査区域図



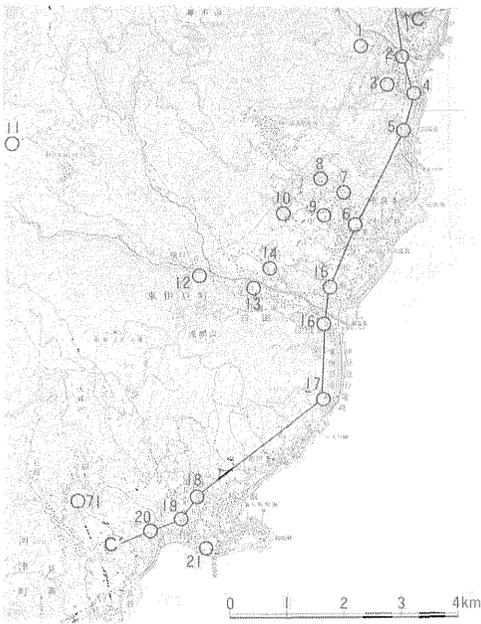
第2-1図 温泉井位置図 その1 (B1-B20)



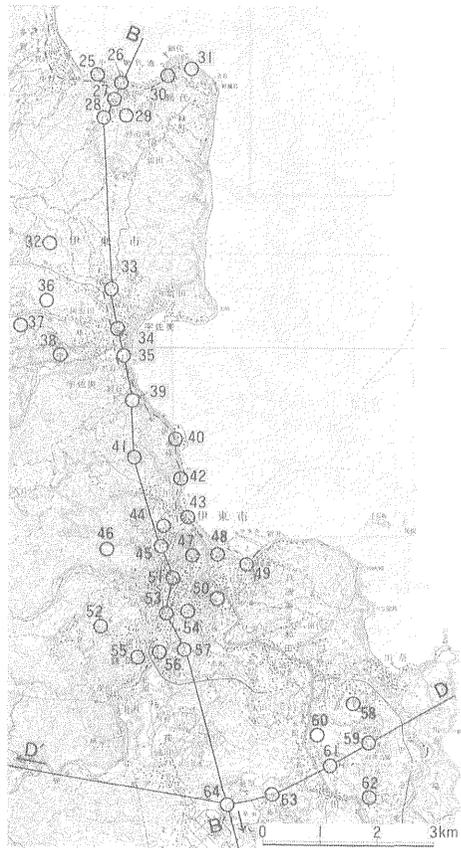
第2-2図 温泉井位置図 その2 (A1-A24, B1)



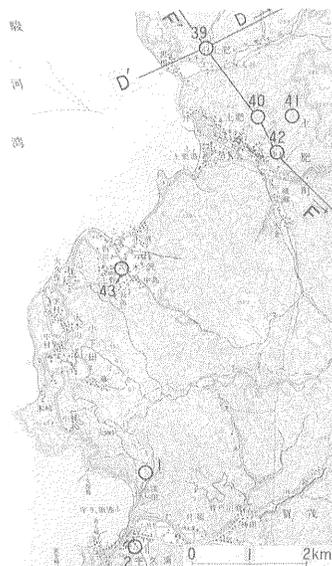
第2-3図 温泉井位置図 その3 (A65-A72)



第2-4図 温泉井位置図 その4 (E1-E20-E71)



第2-5図 温泉井位置図 その5 (A25-A64)



第 2-6 図 温泉井位置図 その 6
(C39-C43, D1-D2)



第 2-7 図 温泉井位置図 その 7 (C1-C38, C45-C46)

区の B 1 井のみである。この井戸は長岡温泉の北東約 9 km, 熱海温泉の西約 5 km, 海拔約 320m の山地にあり, ここで地表水の浸透を示す温度分布を示すことは注目される。

4.2 修善寺温泉, 土肥温泉, 湯ヶ島温泉及び中伊豆地区 (第 4-6 図)

I 型に近い温泉井としては土肥温泉地区の C39 井及び中伊豆地区の C44, 46 井がある。C39 井は土肥温泉の北西 2 km の地点に位置する。II 型を示す温泉井は, 中伊豆地区の C37, 38 井, 土肥温泉地区の C42 井である。ただし中伊豆地域のものは II 型の傾向はそれほど強くなく, III 型への漸移型を示している。III 型を示す温泉井は, 中伊豆地区の C36, 45 井である。これらの井戸は II 型の C37 井の南方, 天城火山寄りの山地に位置しているが, その間の距離はそれぞれわずか 1 及び 2 km しか離れていないにも拘らずこのようなちがいを示すのは注目される。

4.3 宇久須, 堂ヶ島, 及び松崎地区 (第 4-7 図)

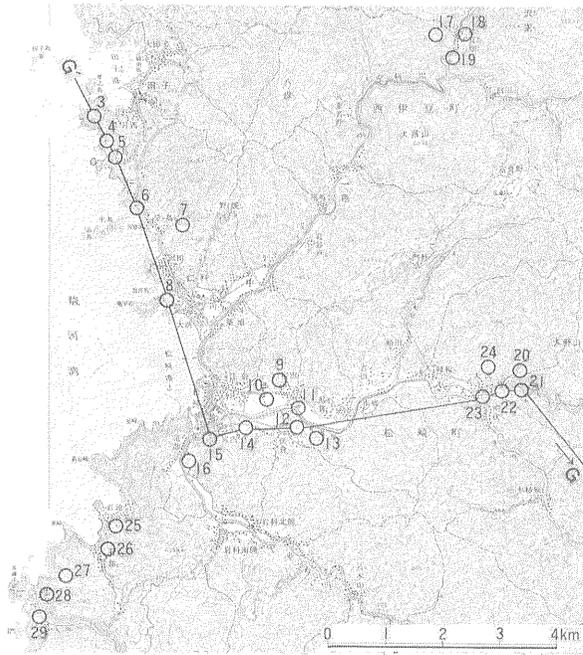
I 型を示す温泉井は, 宇久須地区の D 2 井, 堂ヶ島地区の D 5, 8 井, 松崎地区の D10, 11, 14 井と非常に多い。このことは本地域全般が熱的に伝導卓越型の地域であることを示している。II 型の温泉井の典型的なものはみられないが近いものとしては宇久須地区の D 1 井及び堂ヶ島地区の D 7 井がある。III 型の温度分布を示す温泉井もみとめ難い。

4.4 松崎町, 雲見, 大沢及び大沢里地区 (第 4-8 図)

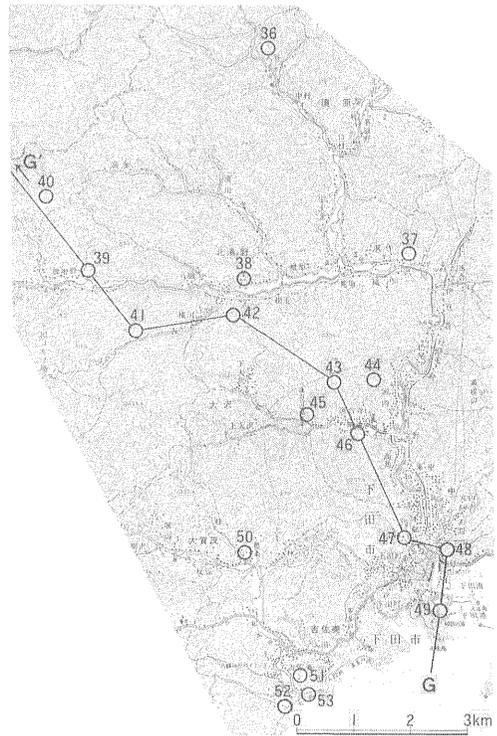
I 型を示す温泉井は, 松崎町地区の D16 井及び雲見地区の D28 井である。II 型を示す温泉井は, 大沢里地区の D19 井, 大沢地区の D20 井, 雲見地区の D26 井である。III 型の温度分布を示す温泉井はみられない。

4.5 北川温泉, 熱川温泉及び片瀬温泉地区 (第 4-9 図)

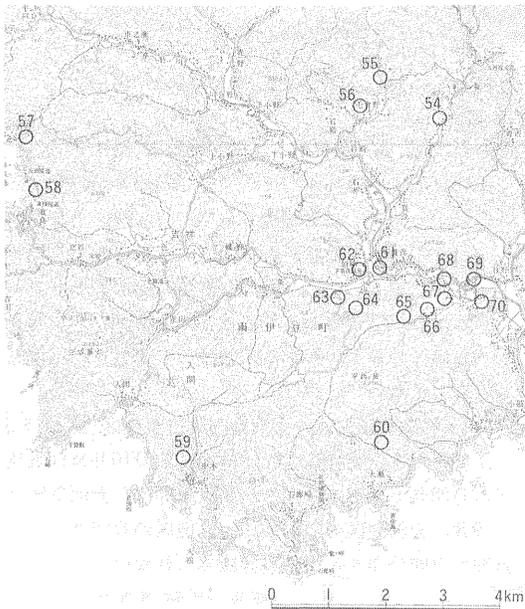
I 型の温泉井の典型的なものはみられないが北川温泉地区の E 1, 4 井, 熱川温泉地区の E 8 井がややこれに



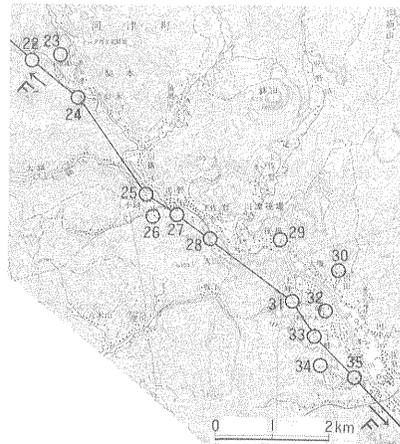
第2-8図 温泉井位置図 その8 (D3-D29)



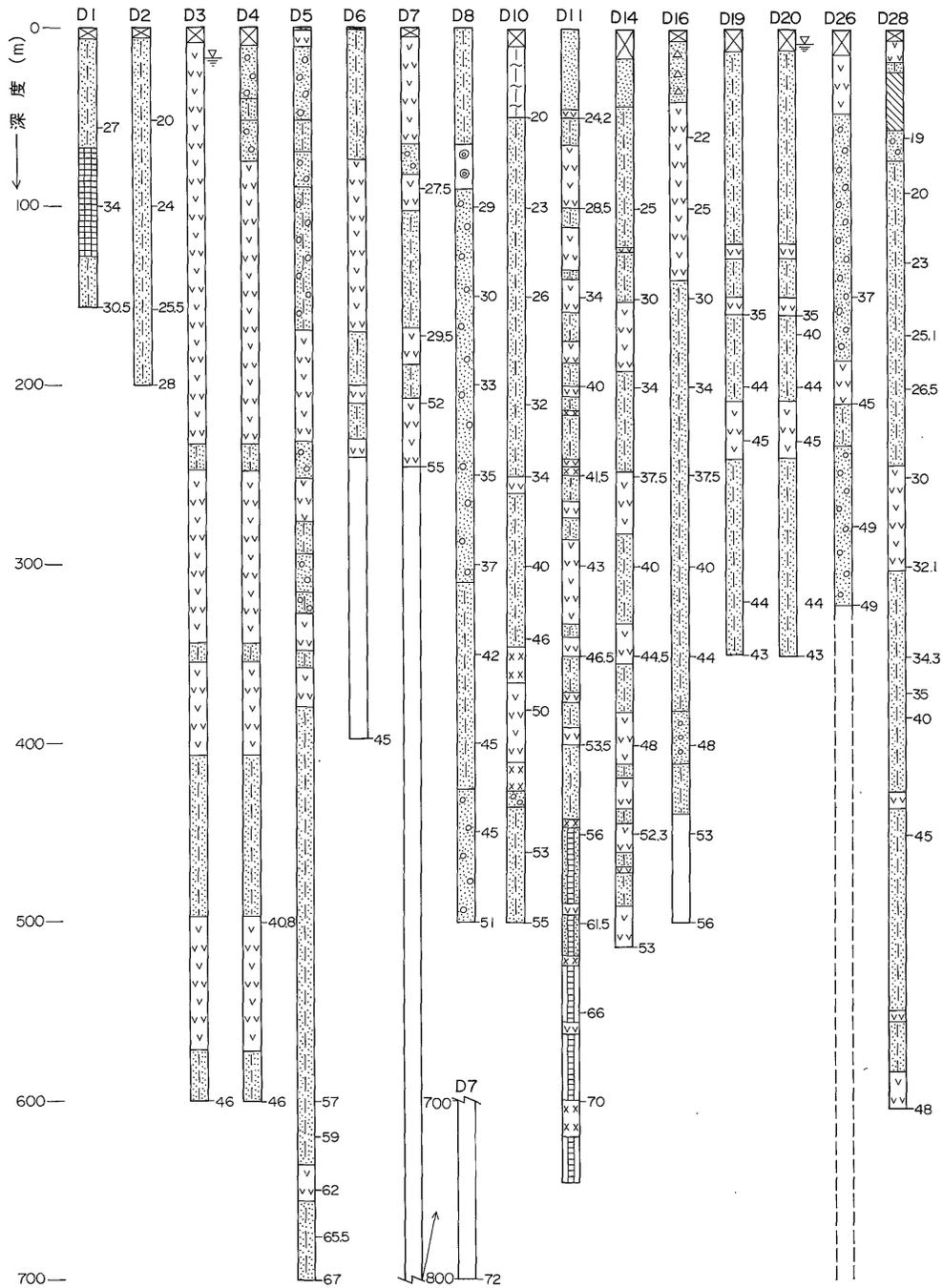
第2-10図 温泉井位置図 その10 (E36-E53)



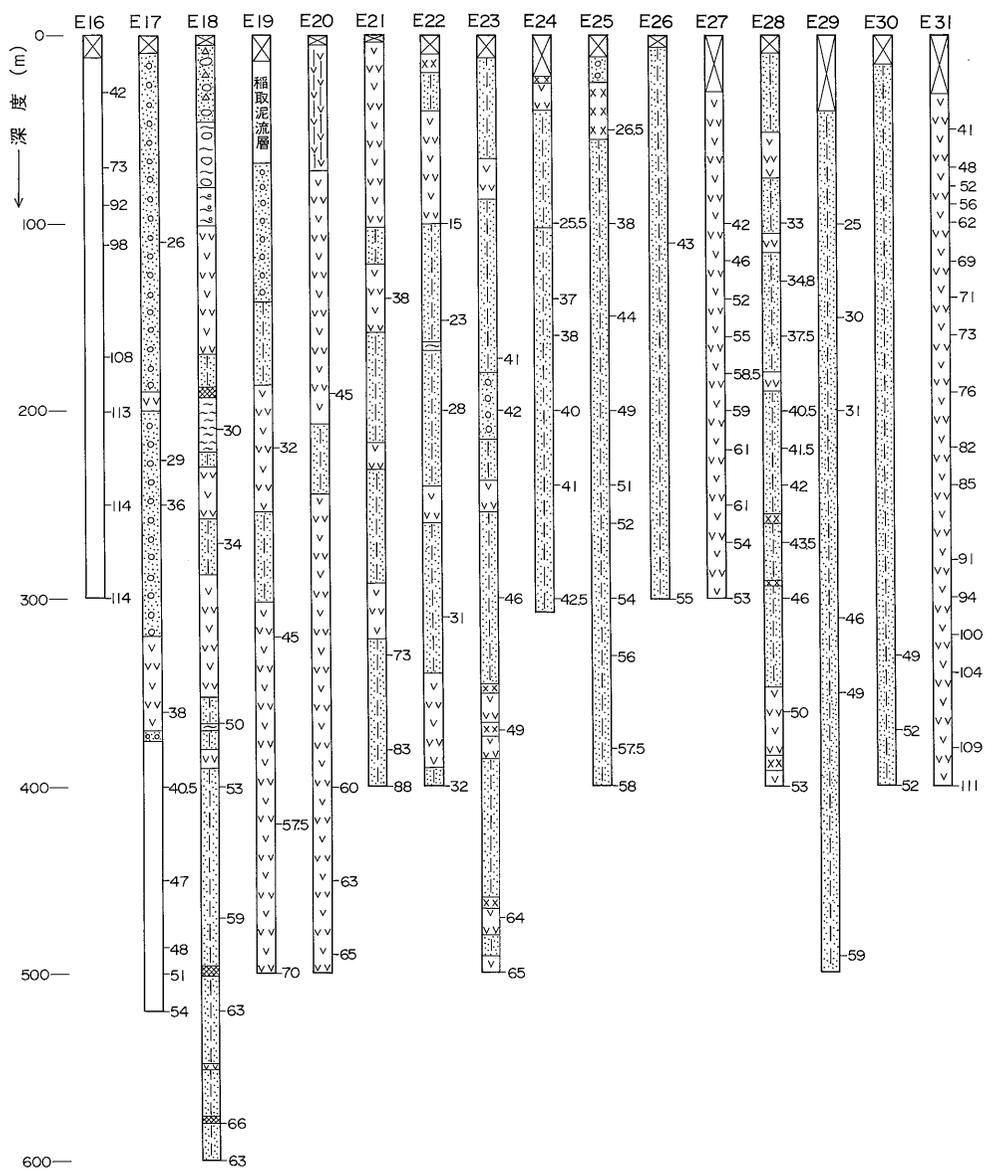
第2-9図 温泉井位置図 その9 (E54-E70)



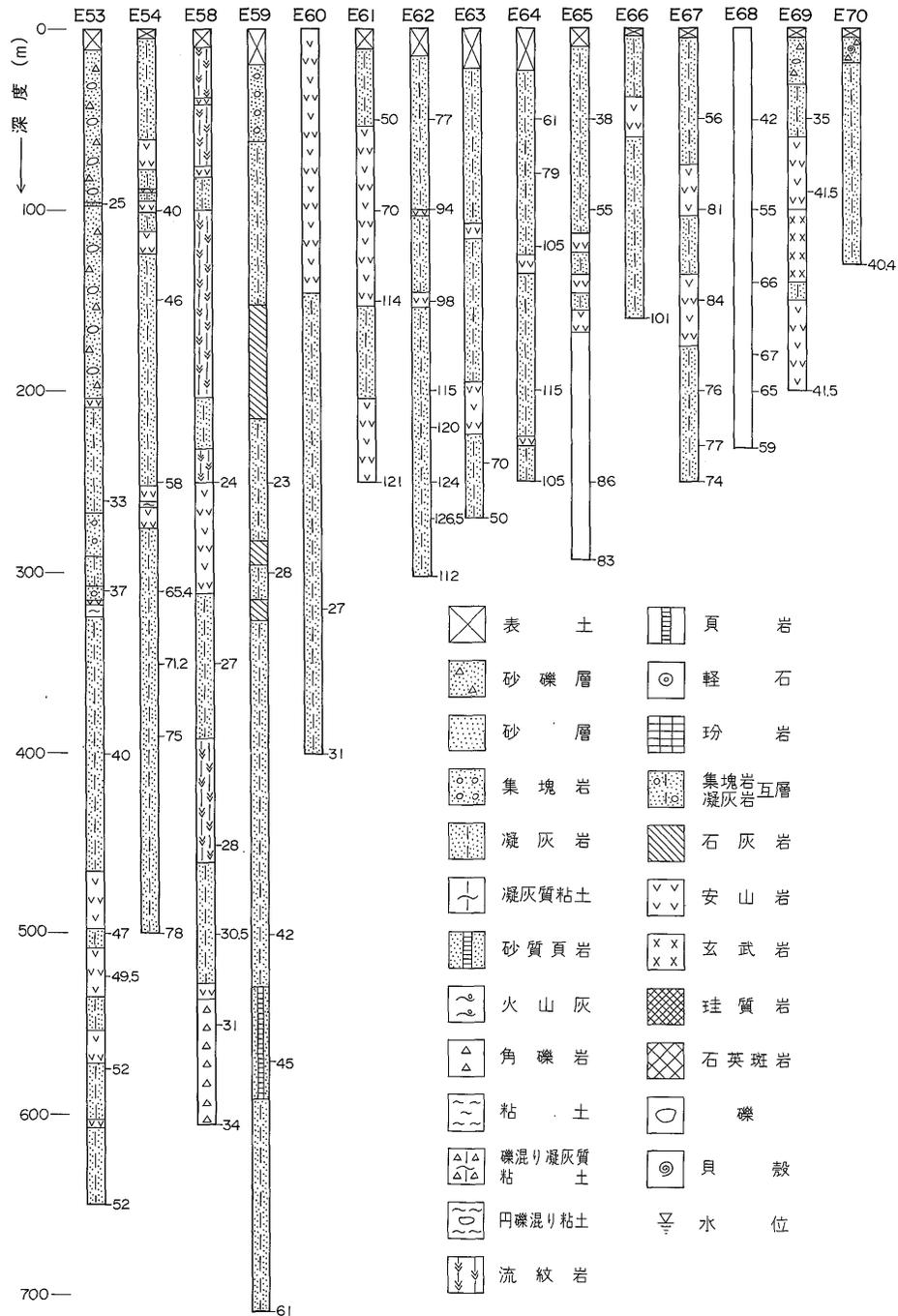
第2-11図 温泉井位置図 その11 (E22-E35)



第3-2図 温泉井の地質・温度柱状図 その2 凡例は第3-6図参照

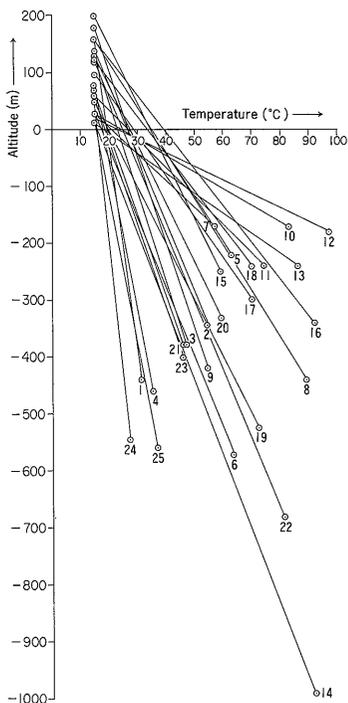


第3-4図 温泉井の地質・温度柱状図 その4 凡例は第3-6図参照

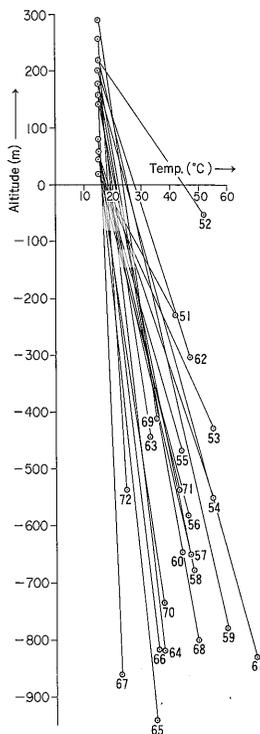


第3-6図 温泉井の地質・温度柱状図 その6

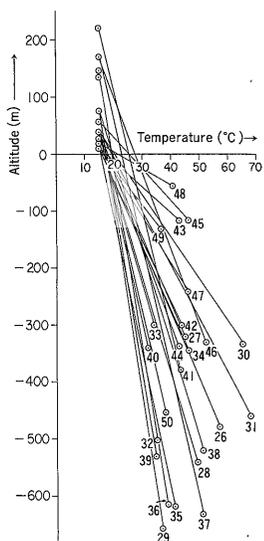
伊豆半島の地下温度構造 (大久保太治ほか)



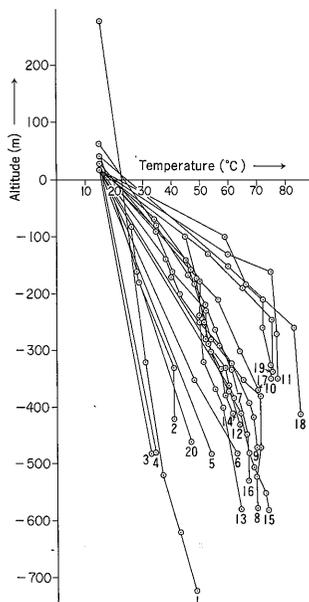
第 4-1 図 伊豆山及び熱海地区の温泉井の深度—温度曲線。数字は温泉井番号，記号 A は省略



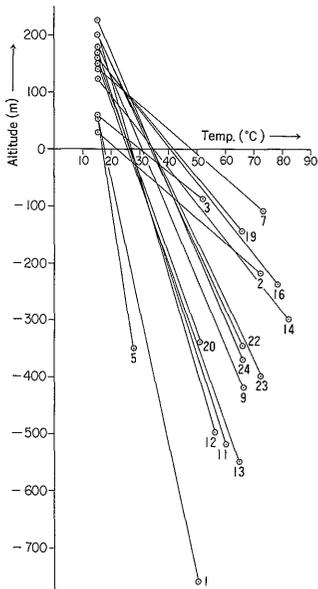
第 4-3 図 伊東市・吉田及び八幡野地区の温泉井の深度—温度曲線。数字は温泉井番号，記号 A は省略



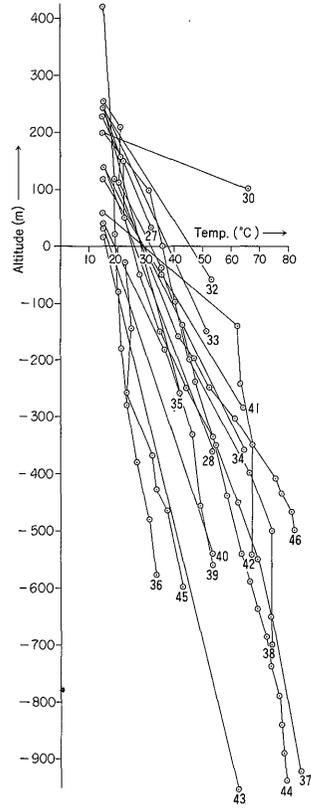
第 4-2 図 網代・宇佐見及び伊東地区の温泉井の深度—温度曲線。数字は温泉井番号，記号 A は省略



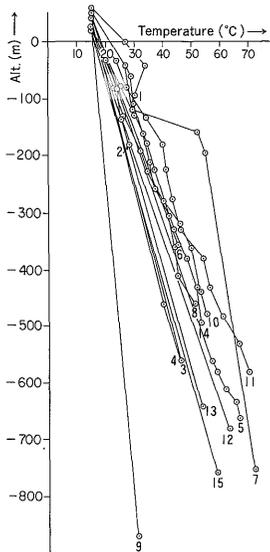
第 4-4 図 畑・湯塚・四日町及び長岡温泉地区の温泉井の深度—温度曲線。数字は温泉井番号，記号 B は省略



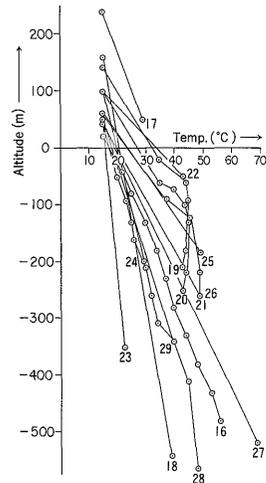
第4-5図 大仁及び修善寺地区の温泉井の深度—温度曲線。数字は温泉井番号、記号Cは省略



第4-6図 土肥・湯ヶ島及び中伊豆地区の深度—温度曲線。数字は温泉井番号、記号Cは省略

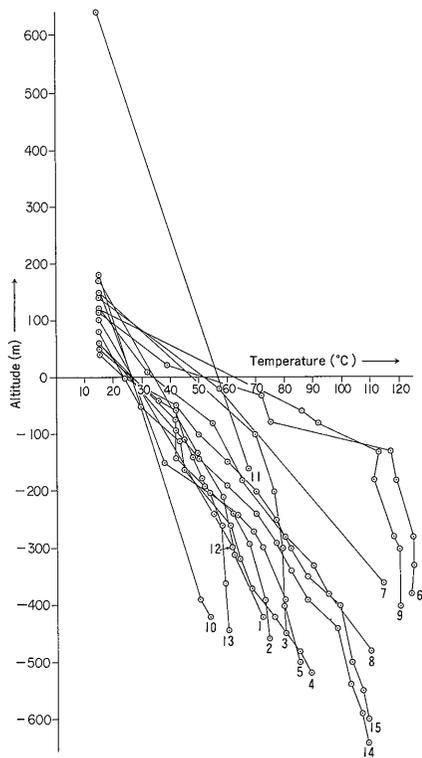


第4-7図 宇久須・堂ヶ島及び松崎地区の深度—温度曲線。数字は温泉井番号、記号Dは省略

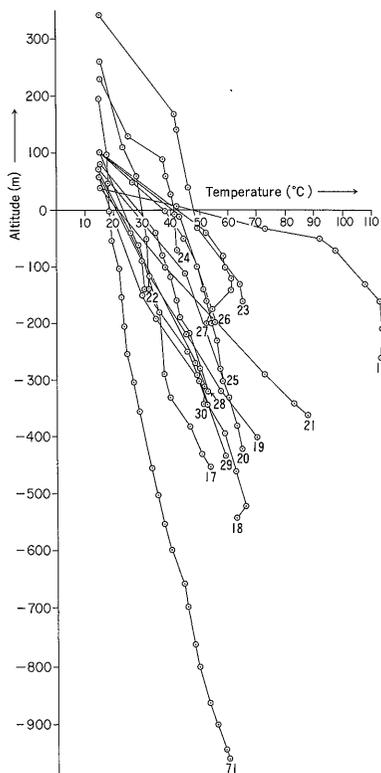


第4-8図 松崎・雲見及び大沢地区の深度—温度曲線。数字は温泉井番号、記号Dは省略

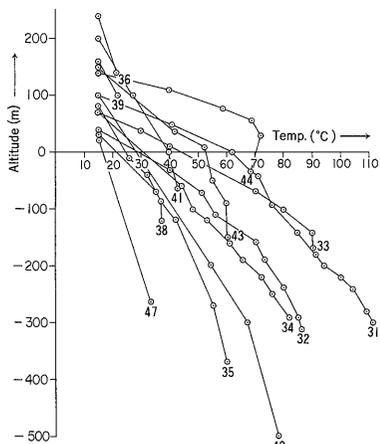
伊豆半島の地下温度構造（大久保太治ほか）



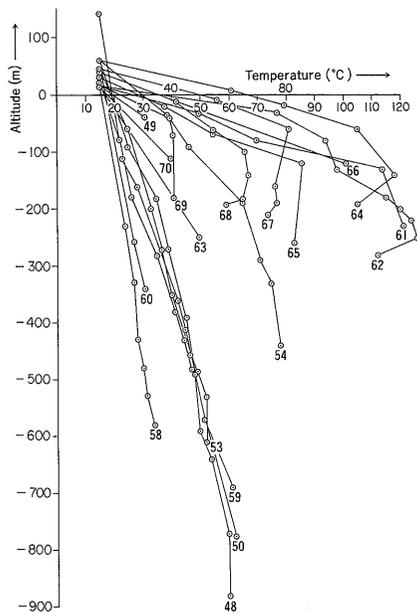
第4-9図 北川・熱川及び片瀬温泉地区の深度—温度曲線。数字は温泉井番号、記号Eは省略



第4-10図 片瀬温泉・稲取温泉及び河津温泉地区の深度—温度曲線。数字は温泉井番号、記号Eは省略



第4-11図 峰及び蓮台寺地区の温泉井の深度—温度曲線。数字は温泉井番号、記号Eは省略



第4-12図 下賀茂温泉地区の温泉井の深度—温度曲線。数字は温泉井番号、記号Eは省略

かがわれる。南方のA64, 65井方向へは急激に温度が低下し大室山高原地区における天水(あるいは海水)浸透の水利構造を示している。

C-C'断面(第5-3図)はE4-E16の北川, 熱川, 片瀬温泉とE18-E20の稲取温泉における温泉水上昇を示している。すなわち, 片瀬温泉のE16井, 熱川温泉のE6井を中心に著しい高温を示し, 本報告中最高の125°Cが観測されている。北方の北川温泉のE5, 4井方向へはやや温度は低くなっているものの全体として広い高温域を示している。白田浜の南方へ向っては, 一旦E17井は急激に温度が落ちこみ小区域の天水浸透地域が存在を示し, 続いて南方稲取の温泉水上昇地域のE18, 19, 20井へと再び温度が上昇してゆく。一方北東方の赤沢付近は北方の大室山高原地区より更に進んだ深所低温型で浅層地下水の大規模な深部浸透が推定される。

D-D'断面(第5-4図)は修善寺温泉付近では温泉水上昇を示すC19井の浅所高温と, 冷水浸透を示す西方地区の深所低温とが著しいコントラストをみせている。修善寺温泉から東方, 中伊豆地区のC34井, 38井へと向って広範囲の温度の高まりがみられる。一方東端は前述の大室山高原地区であり冷水浸透を暗示する温度構造を示している。

E-E'断面(第5-5図)では修善寺温泉のC7, 16井の浅所高温から大仁温泉のC1井方向に温度が急激に低下する。一方南方はC20井で温度がやや低下するものの低下の度合いは北方ほど大きくなく, 上船原のC22井, 湯ヶ島温泉のC32井で再び温度は上昇傾向となり広範囲にやや高い温度分布を示す。

F-F'断面(第5-6図)は峰温泉のE31井が高温を示し, E35井から海岸方向に急激に温度は低下する。しかし山地方向に向けては, 温度の低下はそれほど著しくなく, 湯ヶ野のE27井から萩のE24井付近の浅所にやや高温の広がりが見られる。断面中央部はデータは少なく温度分布平面図(第6-1図, 第6-2図)と調和するように作図したもので地形に関連する冷地下水浸透を示す温度分布が推定される。

G-G'断面(第5-7図)は南東部が熱水対流卓越型を示すが, それを除いては安定した伝導卓越型の温度分布を示す。すなわち, 蓮台寺のE43井は高い温度を示すが, すぐ南のE46井から急に温度が低くなり, 北西側と南東側との著しい対照がみられる。南東側低温部はそのまま海岸部のE48井へと連続している。北方の横川のE42井及び加増野のE41井に向っては温度の変化はあまり顕著ではない。この傾向は断面西方の駿河湾岸部へ続き全般に安定したやや高い温度を示し, 熱的に伝導卓越型の環

境を示している。ただ北方田子のB5, 4, 3井方向へ向けてわずかに温度が低くなる傾向がみられる。

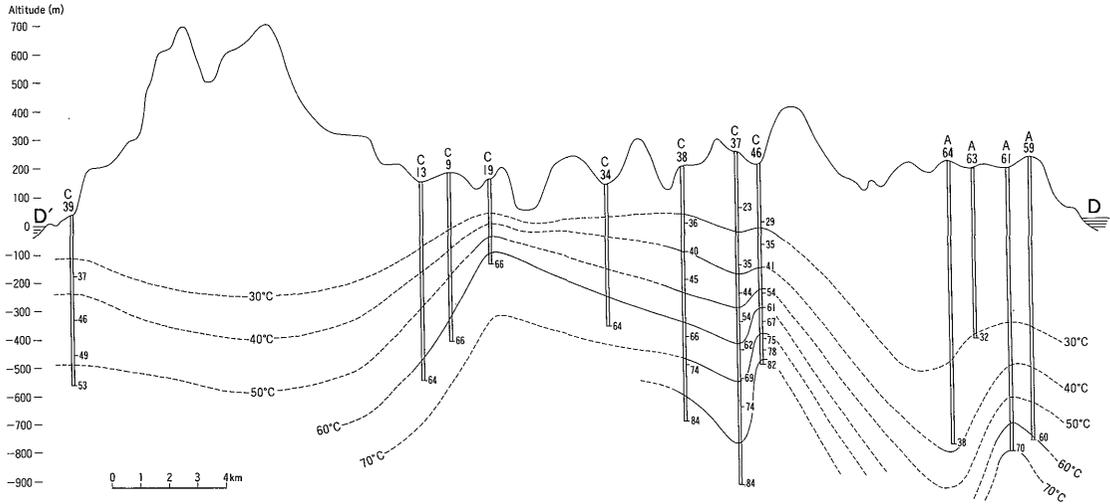
6. 水準別水平温度分布

次に海水準下, 300m及び500mの水平地温分布図を作成し, これを(第6-1図及び第6-2図)に示した。温度を推定する場合, 1本の温泉井の至近の2つの温度からの内挿または外挿による方法と温度断面図から読みとる方法とがある。後者の方法は近傍の複数の温泉井のデータが組込まれることになるのでより確かであるが, 今回は広域的な温度構造を問題としているが主として後者の方法を, 一部前者の方法を採用した。ただし100mを超える外挿は行っていない。海水準下500mの温度分布図は300mの図よりもコントロールポイントが少ないが「500m水準温度は300m水準温度より低いことはない」と言う前提で等温線を作図した。これらの図のベスマップは星野ほか(1978)の図を使用した。

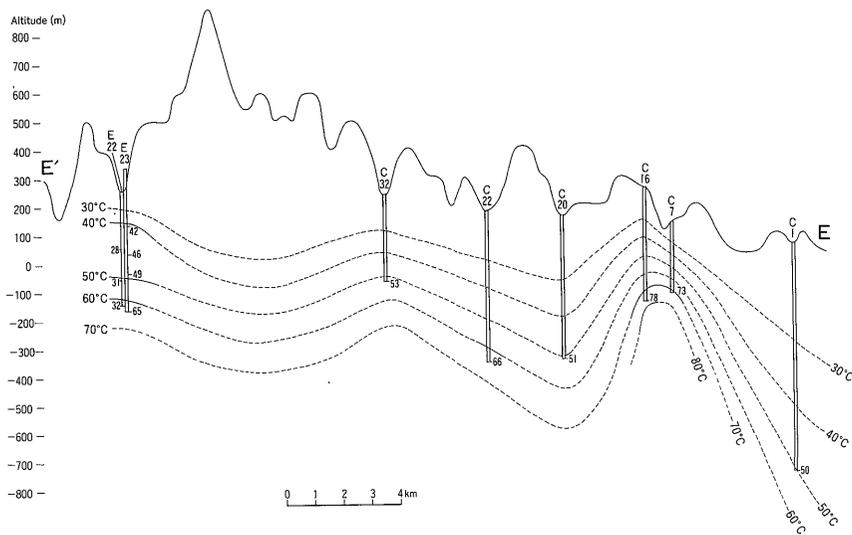
7. 伊豆半島における熱伝導卓越地域

伊豆半島の大部分を占める1,400km²の地域の水準別地温分布図(第6-1図, 第6-2図)から伊豆半島の地温分布を概観してみる。前述のように深度-地温分布曲線の形状は伝導卓越型(I型), 熱水上昇流型(II型)及び冷地下水(または海水)下降流型(III型)の3つに分類される。質量の動きの収支を考えるとII型とIII型とはペアとして一つの熱水対流系を構成するはずであるから, 広域的な地熱構造は伝導卓越地域(I型)と熱水対流系卓越地域(II型・III型)とに2大別されるはずである。これまでの研究では大木ほか(1974)が伊豆半島北東部についてII・III型のペアとしての分布を論じているほかは局地的なII型地域の熱構造を論じているにすぎない。

まず伊豆半島における熱伝導卓越は直線的な地温勾配(I型)によって示されるから, これに分類される24本の温泉井の地温曲線(第7図)から地温勾配を求めた(第2表)。全体の平均値は8.5°C/100mとなる。しかし, たとえばE8(深度600m), E21(深度400m)及びE34(深度395m)の3本の温泉井はひん度分布(第8図)からもわかるように, 極端に高い値を示しており, かつ熱川・稲取・峯という典型的な熱水対流卓越地域に位置している。このためI型の温度曲線が比較的広範囲に分布する伝導卓越地域である伊豆半島南西部(第9図, 面積約300km²), 中伊豆北方(面積約100km²)稲取北方及び土肥の15本(第2表の*印の井戸)に限って, 平均値を求めた。その平均値は6.2°C/100mである。



第5-4図 温度断面, その4 (D-D')



第5-5図 温度断面, その5 (E-E')

8. 伊豆半島における熱水対流系

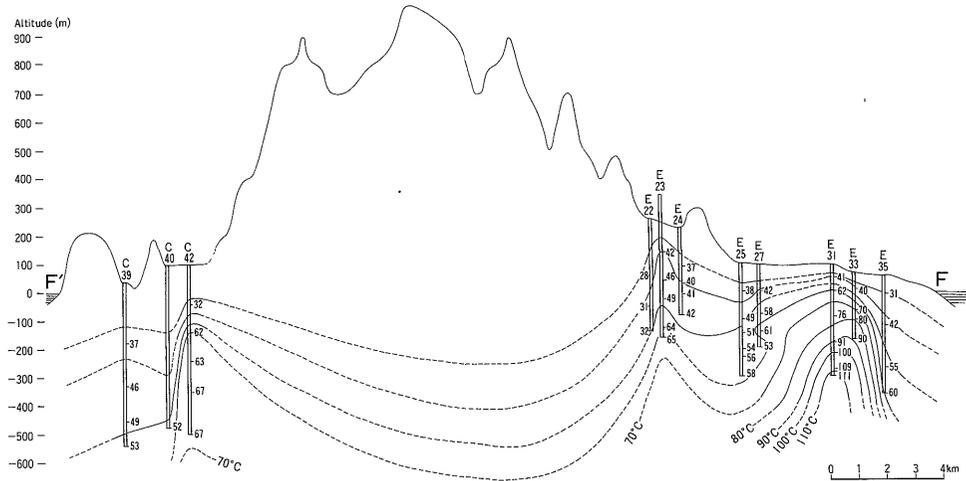
前節に述べた伊豆半島南西部を中心とする熱伝導卓越地域を除く他の大部分の面積約1,000 km² 地域は、地温分布上、熱水上昇流を示すⅡ型あるいは冷地下水下降流を示すⅢ型の地温分布を示し、全体として熱水対流系を形成していると考えられる。熱水対流系の大よその場所と規模を推定するには次の3つの基準を採用することが出来る。

a. 冷水の下降流あるいは側方流の卓越するⅢ型の地域は地温が広範囲にわたって伝導的熱流によって期待さ

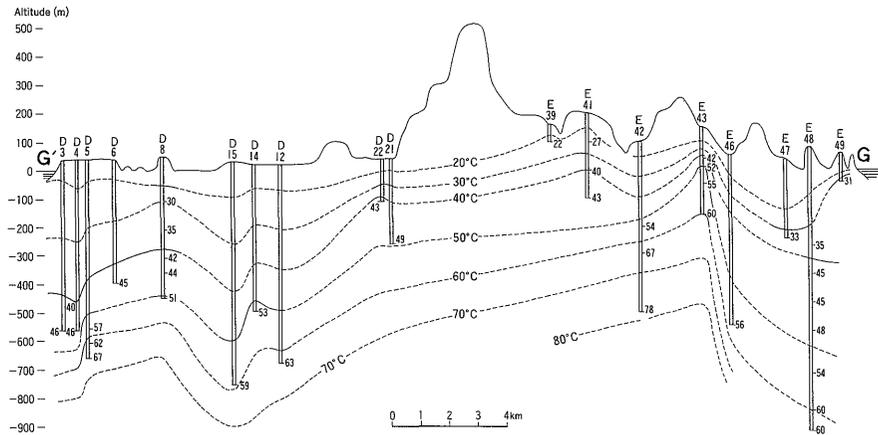
れる温度より低いはずである。したがってその温度としては、海拔-300m及び-500mにおけるそれぞれ34℃及び46℃を用いて考察を試みたい。これは前述のように伊豆半島における伝導的熱流による平均的溫度勾配は6.2℃/100mであるから、海水準溫度を15℃とすれば、海拔-300m及び-500mでそれぞれ34℃及び46℃が与えられることになる。

b. Ⅱの地域はⅢの地域から質量の供給を受けるから、水収支の点からみてⅢの地域に隣接して両者は“ペア”として分布するはずである。この結果Ⅱ-Ⅲ地域境界部は水平方向の溫度勾配が大きいことになる。湯原

伊豆半島の地下温度構造 (大久保太治ほか)



第5-6図 温度断面, その6 (F-F')



第5-7図 温度断面, その7 (G-G')

(1973)の北海道南西部の地温分布の考察はそのよい例である。

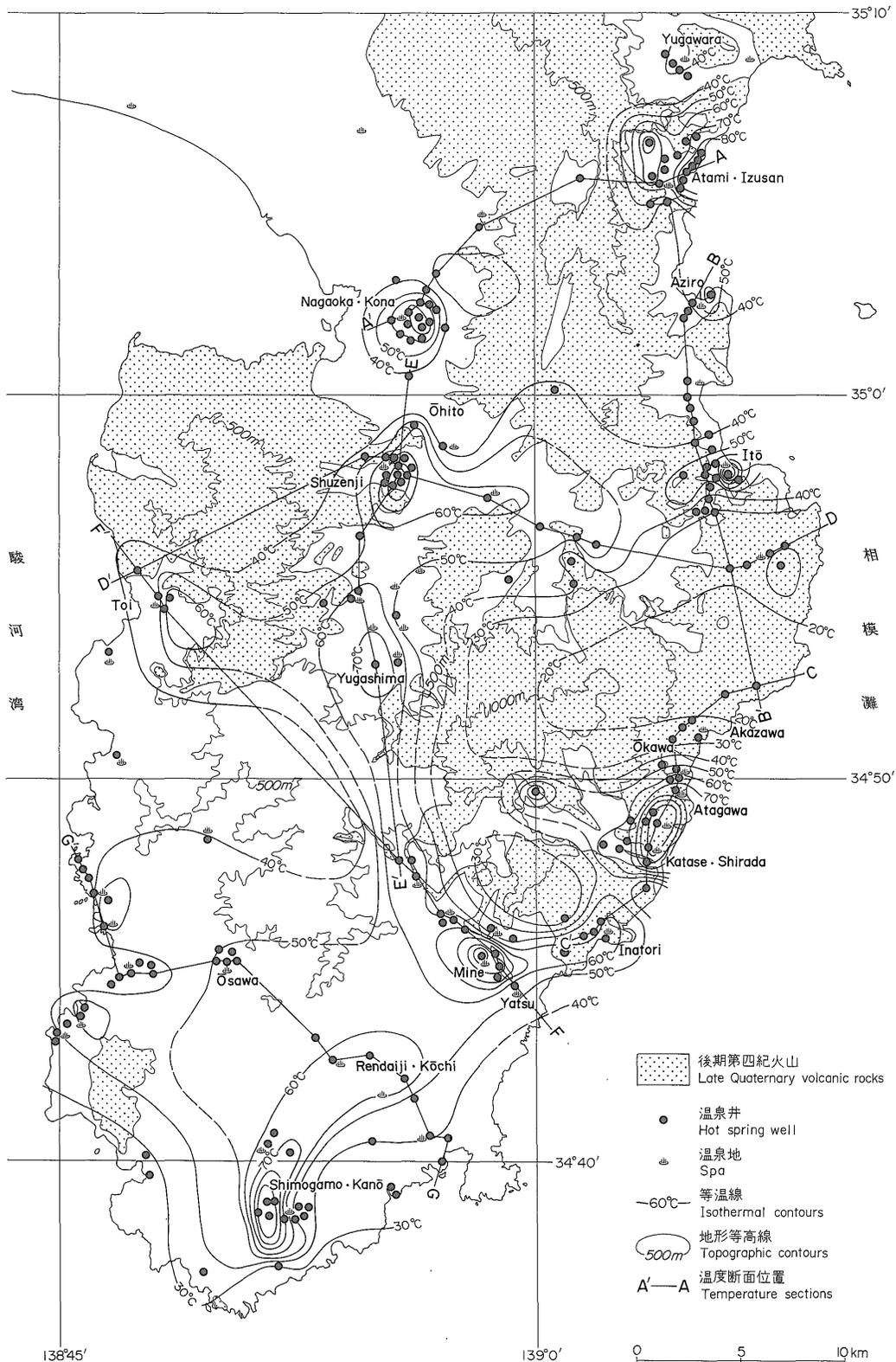
c. IIの地域は基準bによって推定される高温地域であり、これに特定の温度の限界値を定めることはむづかしいが、地温分布をみると、海水準下300mで60°C以上、海水準下500mで70°C以上程度が妥当のようである。

まず基準aによって、第6-1、6-2図を使用して、III型の地域の分布をみると、このような地域の大部分は地形的に高く、かつ後期第四紀火山岩分布地域に相当している(第9図参照)。また一部半島南部の海岸線に沿っても低温域が分布する。これらはそれぞれ多孔質の後期第四紀火山の山体中に含まれる冷水の下降流及び、海水の側方及び下方浸透流を示すのであろう。面積はそれぞれ100-150 km² で中でも典型的かつ最大のものは天城火

山地域の10 km×15 kmの広さにわたる地域である。興味あることは、浸透地域の分布が-300mと-500mとで本質的に変わらないことであり、伊豆半島の熱水対流系の下降流は少なくとも-500mより、更に深くまで及んでいることがわかる。また半島南部の第三紀火山岩地帯における海水の側方浸透は2-3kmのオーダーといえる。半島の東部及び北西部では海岸部が後期第四紀火山岩で構成されているため、山体からの地下水と海水の浸透との両方が重なり、両者の関係は明らかでない。

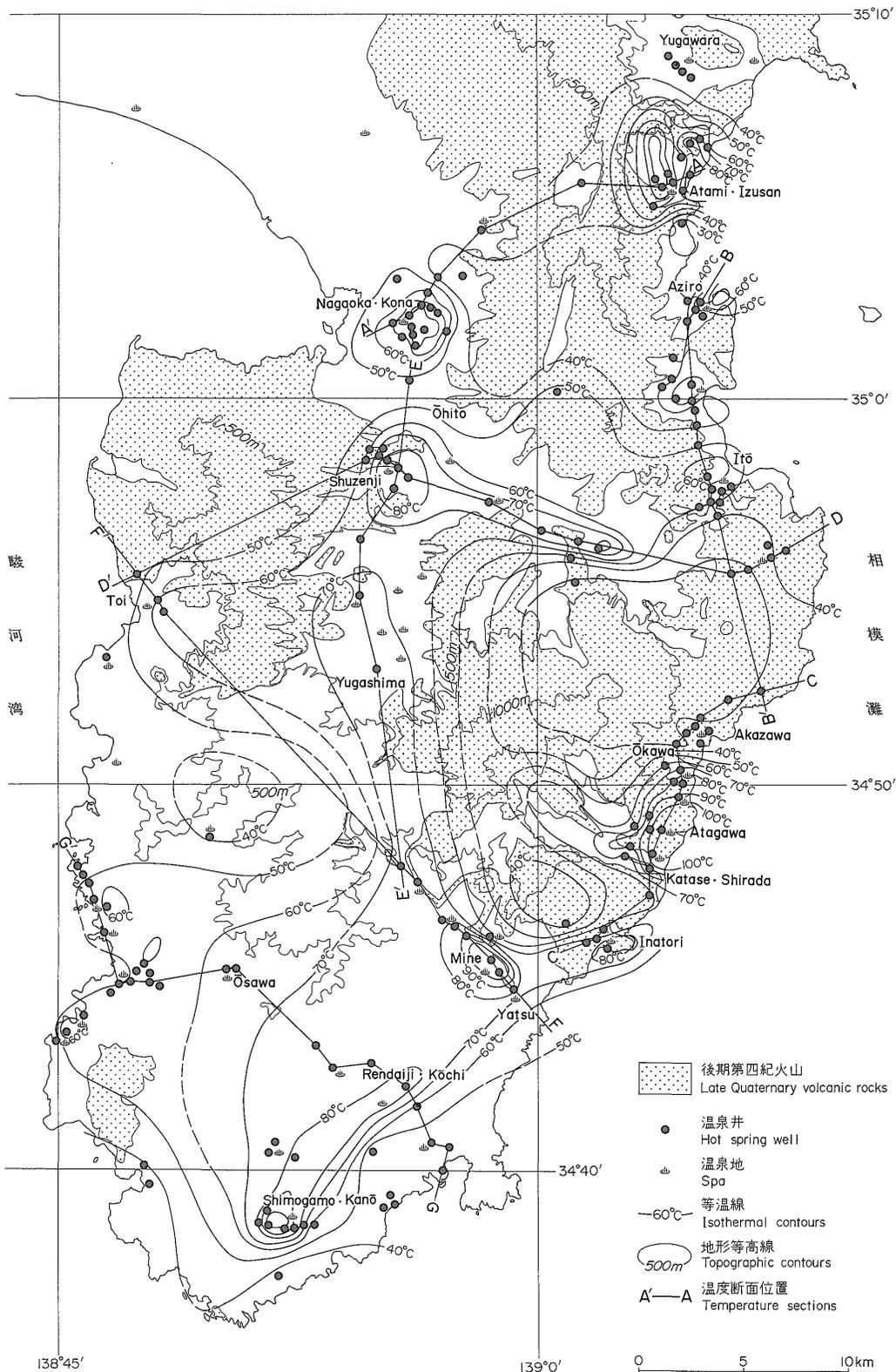
山地の地下水の下降による低い地温分布の物理的考察がHANAOKA(1980)やMORGAN *et al.* (1981)によってなされたが本地域に於ても彼らのモデルが適用できると思われる。

次に基準bによって、熱水対流系のうちの熱水上昇流

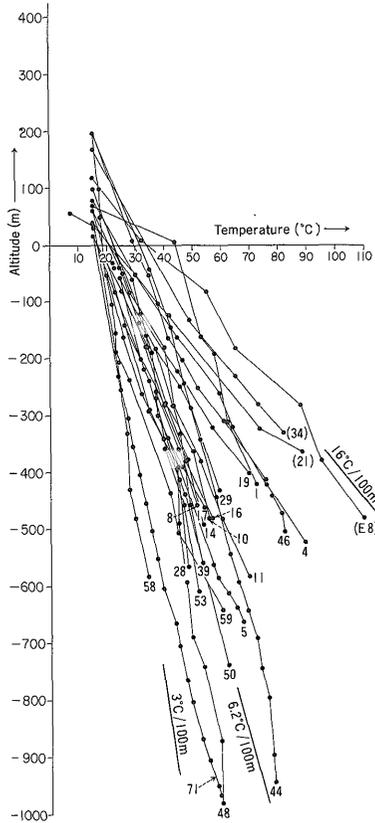


第6-1図 海拔-300mの地温分布

伊豆半島の地下温度構造 (大久保太治ほか)



第6-2図 海拔500mの地温分布



第7図 直線的地温分布を示す温泉井の深度-温度曲線

地域(II地域)の分布を考察してみよう。天城火山地域の低温帯とこれを取り巻く熱川-稲取-峰-湯ヶ野-湯ヶ島の半円弧状の高温帯は本地域で最も典型的なII-IIIのペアである。また長岡、修善寺及び土肥の高温域も近接のいずれかの低温帯とペアを作るものであろう。熱海、伊東、熱川及び稲取は後期第四紀火山体のほかに海水からも質量流の影響を受けているのであろう。下賀茂-蓮台寺の高温域のみは付近に後期第四紀火山体がなく、水谷・浜砂(1972)は下賀茂温泉の地球化学的研究から、その海水起源を論じているが、その点から考えても下田-石廊崎海岸部の低温帯とペアをなすものであろう。

最後に基準cによって「熱水上昇流地域」を定義した場合に、それらは下降流地域に比較して一般に地形的には低い位置にあり、また面積的にはせまく夫々3-30km²ということができる。

第2表 直線的地温分布を示す温泉井の地温勾配

温泉井 No.	T (°C)	Z ₁ (m)	Z ₂ (m)	ΔT/ΔZ (°C/100m)
C39*	53	40	-560	6.3
D5*	67	40	-660	7.4
D8*	51	40	-460	7.2
D10*	55	20	-480	8.0
D11*	70	20	-625	8.5
D14*	53	20	-493	7.5
D16*	56	20	-480	8.2
D28*	48	40	-564	5.5
E1	72	170	-430	9.5
E4	89	80	-520	12.3
E8	110	120	-480	15.8
E17	54	60	-460	7.5
E19	70	100	-400	11.0
E21	88	40	-360	18.2
E29	59	60	-440	8.8
E34	82	70	-325	16.9
E48*	60	60	-982	4.3
E50*	62	60	-740	5.9
E53*	52	40	-610	5.7
E58*	34	20	-583	3.2
E59*	61	60	-648	6.6
C44*	79	260	-940	5.3
C46	82	200	-500	9.6
E71*	60	190	-960	3.9
平均				8.5
* 印の平均				6.2

T: 孔底温度, Z₁: 井戸元の海拔高度, Z₂: 孔底の海拔高度

$$\Delta T/\Delta Z \text{ (温度勾配)} = \frac{T-15}{Z_1-Z_2}$$

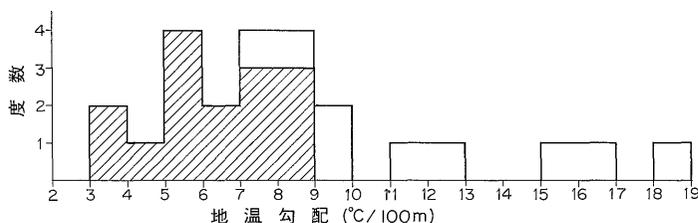
* 印の温泉井は伊豆半島西南部等の熱伝導卓越地域

9. まとめ

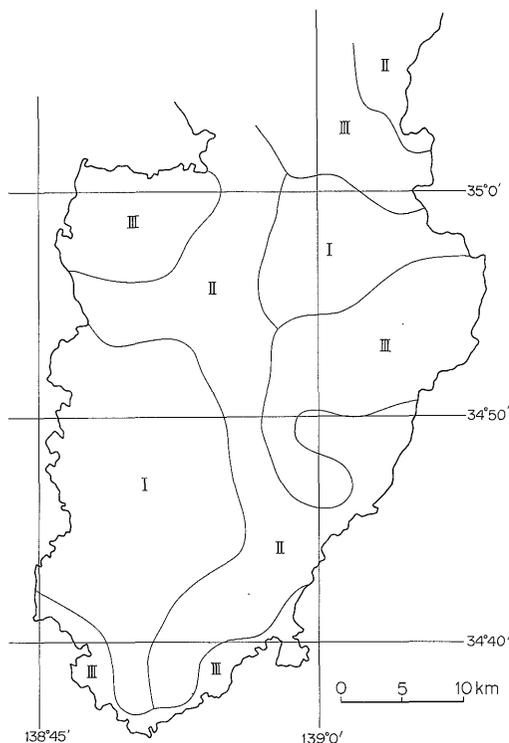
伊豆半島(面積約1,400 km²)の238本(平均深度493 m)の温泉井の地温データから7枚の温度断面図及び2枚(海水準-300m及び-500m)の平面的地温分布図を作成し、三次元的地温分布を考察した。この結果、熱的に伝導の卓越する地域は伊豆半島の西南部の約300 km²の地域及び北東部の100 km²の地域であり、他の面積約1,000 km²の地域は熱水対流系の卓越する地域とみなされる。

・熱水対流系は天城火山地域を始めとする後期第四紀の火山地域(それぞれ面積100-150km²),一部幅2-3 kmの海岸地域の冷水浸透域とこれに隣接する熱水上昇地域(面積3-30 km²)から構成される。この温度分布は-300

伊豆半島の地下温度構造 (大久保太治ほか)



第8図 直線的な温度勾配を示す温泉井の地温勾配の度数
ハッチ部は熱水対流系卓越地域から離れた地域のもの



第9図 伊豆半島の広域的熱構造区分 (海水準下300-500m)
I: 伝導卓越, II: 上昇性熱水対流系卓越, III: 下降性熱水対流系卓越

m水準と-500 m水準とでは大きなちがいはなく、熱水対流系の下限は海水準下500mより更に深部に及ぶものと推定される。

今後、昭和52年度以降のデータの追加等によって、伊豆半島の地下温度構造を更に明らかにしていきたい。

文 献

地質調査所温泉グループ(1957) 静岡県伊豆地方温泉調査報告. 静岡県衛生部, 164 p.
——(1963) 熱海温泉の泉源保護・保全に関する基礎的調査研究報告. 31 p.

中央温泉研究所(1975a) 南熱海温泉科学調査報告. 静岡県衛生部, 16 p.

——(1975b) 湯ヶ島温泉および同辺温泉地域科学調査報告. 静岡県衛生部, 23 p.

——(1980) 大仁温泉科学調査報告. 静岡県衛生部, 12 p.

HANAOKA, N. (1980) Numerical model experiment of hydrothermal system—Topographic effects—. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 31, p. 321-332.

星野一男・橋本知昌・松田時彦(1978) 10万分の1伊豆半島活断層図. 構造図4, 地質調査所.

水谷義彦・浜砂武聖(1972) 伊豆下賀茂温泉水の起源. *火山*, ser. 2, vol. 17, p. 123-134.

MORGAN, P., HARDER, V., SWANBERG, C. A. and DAGGETT, P. H. (1981) A groundwater convection model for Rio Grande Rift geothermal resources. *Geothermal Resources Council, Transactions*, vol. 5, p. 193-196.

MUFFLER, L. J. P. and WHITE, D. E. (1972) Geothermal energy. *Science teacher*, vol. 39, no. 3.

中村久由(1958) 温泉の存在状態と地質構造との関係(1), 伊豆古奈長岡温泉の熱構造. *温泉科学*, vol. 9, p. 118-123.

NAKAMURA, H., MAEDA, K., ABE, K., YAMADA T. and KODAI K. (1969) Remarks on hydrothermal system in Atami hot spring area, Central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 20, p. 367-394.

大木靖衛・藤田元一・広田 茂(1974) 熱海温泉の地下温度構造. *地熱*, vol. 11, p. 21-26.

鮫島輝彦・岩橋 徹・黒田 直(1968) 伊豆半島の地熱開発に関する基礎調査報告書. 静岡県, 88 p.

佐藤幸二(1959) 伊豆修善寺温泉地域の地質及び温

- 泉. 地質学雑誌, vol. 65, p. 154-164.
- 佐藤幸二(1962) 伊豆箱根地方の温泉と地質. 温泉科学, vol. 13, p. 41-55.
- (1961) 中伊豆上狩野村の温泉について. 地質学雑誌, vol. 67, p. 249-260.
- 静岡県衛生部(1968) 温泉実態調査報告書. 静岡県, 193 p.
- 静岡県温泉協会(1970) 温泉実態調査報告書. 静岡県温泉協会, 19 p.
- 角 清愛・長谷紘和・西村嘉四郎・阿部喜久男
- (1973) 北伊豆矢筈山周辺における地熱基礎調査報告. 東京電力株式会社, 43 p.
- YUHARA, K. (1961) Hydrological study of Atami hot spring. *Mem. Collge Sci. Univ. Kyoto, ser. A*, vol. 24, no. 3, p. 283-311.
- 湯原浩三(1973) 地殻熱流量におよぼす熱水系の影響. 火山, ser. 2, vol. 18, p. 129-141.

(受付: 1983年1月10日; 受理: 1983年2月25日)