

昭和 39 年 12 月

原 著

第 17 回日本温泉科学会大会特別講演

## I. 地学的にみたイタリアの温泉

京都大学理学部 湯 原 浩 三

## 1. 総 論

1.1 イタリアの地質と火山活動<sup>1)</sup>

イタリアはヨーロッパ大陸の一部とイタリア半島からなっているが、両者は地質的にもはつきりと区別できる (第 1 図). Po 河流域に広がる平野の北側はアルプス山脈の一部であつて、中生代末より第三紀におこつた造山運動のために地形は高峻、地質は複雑で、氷蝕によつて谷が深く切れ込んでいる. この地域にもつとも一般的な地層は始生代の結晶片岩であつて、諸所に二疊紀、石炭紀に侵入した花崗岩や、それに続いて噴出した斑岩、玢岩などの酸性熔岩が分布している. また主として東部には三疊紀、ジュラ紀の巨大なドロマイト層が拡つており、石膏や熔岩流や火山灰層を交互にはさんでいる. このようにイタリアの大陸部は古い地層からなり立つているといふことができる.

これに反して、半島部からシチリアにかけての地層は、半島先端に始生代の結晶片岩が、また北部に小規模な古生層が散在している以外は、すべてジュラ紀以後の新しいものである. アペニン山脈の軸はジュラ紀から始新統、漸新統、中新統にかけての石膏質石灰岩よりなり、その両側にはアペニン山脈の形成と共に生じた地じりによつてできたと思われる鱗状粘土層や鮮新統の岩屑堆積物が分布している.

シチリア島はイタリア半島部とだいたい似ているが、サルルジニア島はアルプス西部からコルシカ、サルジニアと続く弧上にあつて地層は古い.

イタリアの火山活動はアルプス造山運動と共に始まり、今日まで続いている. 三疊紀には東部アルプスに玢岩、輝緑岩が噴出し、西部アルプスでも同様な小規模な噴出があつた. これらの火山岩と間接的にせよ関連のありそうな高温温泉としてはフランスとの国境に近い Vinadio, Valdieri, Acqui の諸温泉があげられるにすぎない.



第1図 イタリアの地質

始新世には東部アルプスの南麓に熔岩の流出があり、Sirmione 温泉はこの火山活動に関係があると思われる。さらに南東方の平野部で火山爆発があり、Euganei 山塊をつくり Abano 温泉群の熱源となつている。サルジニアの火山活動も同時代にはじまり、第四紀の終わりまで続いた。

鮮新世にはイタリア半島の地中海側に広範な火山活動がおこり、Amiata 山から Vesuvio 山に至る一連の火山を形成した。これらはアペニン山脈に平行した断層線に沿つていて、第四紀にその活動は極大に達している。Toscana 地方の第三紀中期の火成岩の侵入も含めて、こ

これらの火山活動は現在の地熱温泉現象と密接な関係があつて、Toscana, Lazio, Campano 地方の多くの温泉の熱源となつている。

第四紀にはシチリア島南東部や Lipari 群島などの付属諸島でもはげしい火山活動があつた。

### 1.2 温泉の数と主な温泉の分布

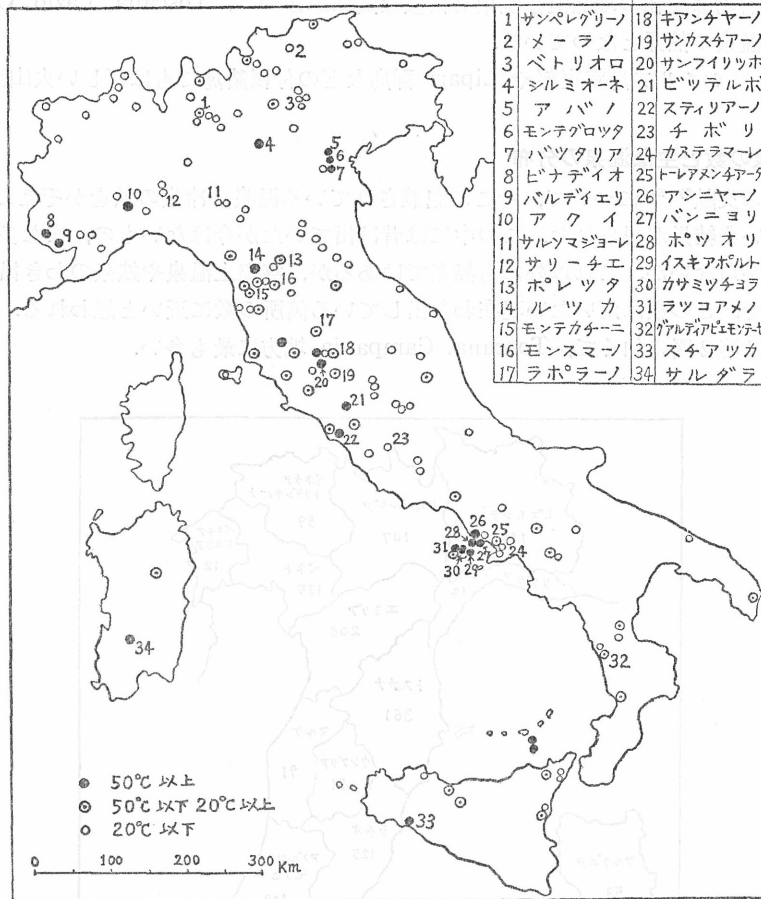
いくつかの文献<sup>2)~6)</sup>について、そこに記載されている温泉、冷泉の数をかぞえたところ、総数 2057 という結果が得られた。この中には昔は出ていたが今はないもの、また多少の重複もあるかも知れないが、これ以外にも無名ではあるが、實際上温泉や鉱泉のわき出ているところもあるので、この数はだいたい現在わき出している箇所の数に近いと思われる。

地方別には第 2 図の如くで、Toscana, Campania 地方に最も多い。



第 2 図 イタリアの地方別温泉数

これらの中であらゆる用途を含めててわずかでも利用されているものはざつとその半分、一応名のある温泉は約 200、さらに普通に温泉地として知られているものは約 50 箇所位のものであろう。主な温泉の位置を第 3 図に示す。



第3図 イタリアの主な温泉

### 1.3 湧 出 量

湧出量が報告されているものを第1表に列記した<sup>7)</sup>。これからみると、イタリアの主な温泉の総湧出量は  $10^3 \text{ m}^3/\text{日}$  以下の order のものが多く、 $10^4 \text{ m}^3/\text{日}$  以上のものはわずかしかない。これは日本の温泉とくらべると全体として1桁小さい。しかしこれはイタリアと日本の温泉源の大小を示すものではなくて、イタリアでは人工的な開発がほとんど行なわれていないという理由によるものと思われる。

第1表には「湧出量の雨量係数」なるものを求めてある。これは1年間の温泉総湧出量を受水面積で割つたもの、すなわち比湧出量と年雨量との比で、降雨が温泉水を涵養するとしたときにその寄与する程度をあらわしている。この湧出量の雨量係数は日本のものに比して同程度か小さいかである。さらにこの係数が、大ざっぱにみて降雨の地下水流出の割合と同程度かそれ以下であることは、イタリアの温泉水も、少なくとも水収支について論ずる限り、大部分循環水として説明できるものであつて、それ以外の水、例えば岩漿水が多量に混入している可能性は少ない。

第1表にはまた、温泉所在地の平均気温を基準にして、温泉による年間の放熱量を示した。

第1表 イタリアの温泉の湧出量と放熱量

	Water temp. °C	Flow 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /d	Area of basin 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>	Specific flow m	Meteorological data in 1959		Precipitation coefficient of flow	Temperature difference °C	Thermal output per year 10 <sup>13</sup> cal.
					Station	Precipitation mm/year			
Merano	5.0*	1.0	—	—	Merano	701	—	-6.4	—
Bagni di Salmone	8.0	1.728	—	—	Debbico	908.1	—	2.6	0.16
S. Pellegrino	26.0	0.96	500	0.070	S. Pellegrino	1822.0	0.038	13.7	0.48
Abano	75.8*	10.005	—	—	Padova	941.4	—	62.2	22.7
Monteortone	63.0*	1.054	—	—	Padova	941.4	—	49.4	1.9
Montegrotto	69.6*	6.048	2625	0.1261	Padova	941.4	0.134	56.0	12.4
Battaglia	56.5*	9.072	—	—	Padova	941.4	—	42.9	14.2
Salice	14.0	0.303	3725	0.00083	Voghera	929.6	—	1.2	0.01
Vinadio	62.0	0.085	1050	0.300	Vinadio	1505.1	0.001	53.6	0.17
Equi	26.0	8.640	—	—	Aulla	1235.6	0.243	12.5	3.9
S. Giuliano	35.0*	1.0	300	0.608	Pisa	865.2	—	19.9	0.73
Casciana	36.0	5.0	300	0.608	Livorno	743.6	0.818	20.2	3.7
Caldana	44.0	0.072	31	0.0824	Suvereto	776.6	—	27.3	0.07
Bagnolo di Monterotondo	43.4	0.07	405	0.0451	Larderello	777.2	0.106	29.3	0.07
Bagno la Perla	37.3*	0.50	53	0.0241	Larderello	777.2	0.058	23.2	0.42
Sasso Pisano	50.6**	1.728	2675	0.0236	Larderello	777.2	0.031	36.5	0.05
Gallerate	25.6**	39.0	224	0.282	Larderello	777.2	0.030	11.5	0.73
Rapolano	52.0	1.73	100	0.631	Siena	698.6	0.404	25.3	1.6
Vignoni	32.5	0.102	100	0.0372	Montalcino	882.8	0.715	39.4	2.5
Asciano	12.0	0.058	—	—	Siena	698.6	0.053	18.8	0.07
Tolentino	38.8	6.048	—	—	Tolentino	844.0	—	-0.1	—
Roselle	37.9*	5.5	700	0.287	Grosseto	775.2	—	23.6	5.2
S. Casciano	39.0*	1.3	425	0.0612	Radicofani	737.5	0.389	27.1	5.4
S. Filippo	38.6	15.	800	1.288	Abbadia S. Salvatore	1592.9	0.038	28.5	1.4
Acqua Santa	37.0	8.0	466	0.0282	Terni	1087.4	1.184	23.5	12.9
Saturnia	23.0	170.0	—	—	Manciano	997.2	0.366	23.6	6.9
Bagni Orientino	15.3	2.410	2125	0.190	Manciano	997.2	0.028	23.6	0.31
Acque Albule	31.2	11.059	903	0.0154	Tivoli	917.3	—	7.0	43.4
Castellammare	38.0**	0.380	9925	0.0611	Piano di Sorrento	1004.0	—	-0.7	—
Guardia Piemontese	47.5**	16.600	—	—	Paola	739.6	0.257	12.8	5.2
Ali	31.0	4.960	575	0.0383	Taormina	775.0	0.020	20.4	0.28
Calatafimi	43.0	0.691	—	—	Castellammare	444.1	0.138	28.4	17.2
Monreale	41.2**	0.604	—	—	Palermo Aer.	614.2	—	13.0	2.4
Termini Imerese	—	—	—	—	Palermo	446.0	—	24.5	0.62
Sciaccia	—	—	—	—	Sciaccia	705.8	0.054	23.1	0.51

\*\* Weighted mean.

\* Arithmetic mean.

第 2 表 イ タ リ ア の

温 泉 地 名*	源 泉 名	temp. °C	pH	Res. (180°C) (g/l)	K (g/l)	Na (g/l)	Ca (g/l)
Brennero	Calda	21.6	7.1	0.42	0.0040	0.0033	0.1085
Bagni di Salmone		8.	6.8	0.079	—	0.0035	0.0160
Bagni di Verdines		10.	6.7	0.1188	—	0.0135	0.0163
Bagni della Cascata		13.	6.5	0.281	—	0.0233	0.0674
Merano	Galleria 31	5.0	6.95	0.0380	0.0005	0.0029	0.0036
Saint Vincent		9.5	6.7	7.35	0.0700	1.9304	0.1642
San Pellegrino		26.0	7.03	1.1039	0.0048	0.0498	0.2108
Levico-Vetriolo	Forte	9.8	3.2	6.9	0.0021	0.0030	0.0717
Sirmione	Boiola	64.0	7.2	2.527	0.07034	0.61276	0.19880
Abano	Montirone	85.1	7.5	5.5512	0.0815	1.3804	0.3864
Monteortone	Fonteghette	76.5	7.6	3.8886	0.0081	0.8251	0.344
Montegrotta	Neroniane	82.0	7.8	5.4124	0.0092	1.2996	0.3220
Battaglia	Lavoratori	76.2	7.7	2.4288	0.0076	0.7445	0.1562
Vinadio	Fanga Antica	55.0	—	0.7414	—	0.2327	0.02645
Crodo	Cistella	12.3	6.9	2.06	—	0.0071	0.5215
Arta	Fonte Pudia	9.7	—	2.3186	0.0020	0.0030	0.4990
Rabbi		8.8	—	1.6912	0.0339	0.4500	0.1175
Acqui	Bollente	71.	—	2.3114	0.0133	0.0674	0.1377
Lurisia		10.	6.4	0.0450	0.0010	0.0042	0.0038
Garessio	San Bernardo	7.3	—	0.051	—	0.0045	0.012
Masino		38.	—	0.53	0.0012	0.0440	0.0882
Salice	Salsobromiodica	14.0	7.5	104.2031	—	28.4517	4.3020
Boario	Antica Fonte	15.0	7.2	2.4875	0.0003	0.0110	0.6278
Bracca		18.5	7.25	0.76408	0.00282	0.02147	0.14967
Gaverina		14.0	—	0.8295	0.0082	0.2700	0.0226
Salsomaggiore		16.2	—	151.571	0.1990	49.25	5.69
Tabiano	Arvè	14.0	6.6	3.03564	0.00814	0.15766	0.61848
Saint' Andrea	Salsobromiodica	—	—	22.5120	0.0425	7.5360	0.6349
Poretta	Marte	38.	—	5.684	0.0201	2.1911	0.0278
Castrocaro	Aristide Conti	14.1	—	41.742	0.1040	14.0089	1.0002
Fratta	Acqua Romana	—	—	18.7400	1.4871	5.0129	0.6437
San Carlo		12.5	—	0.0407	0.00064	0.00711	0.00188
Lucca	Doccione	54.1	—	3.10	—	0.4122	0.5312
Gallicano		28.3	—	5.2240	0.04025	0.92844	0.58613
San Giuliano		41.2	—	2.1896	0.0031	0.044831	0.58071
Uliveto		27.6	—	2.38	—	0.35331	0.43436
Casciana		36.0	7.4	2.87	—	0.0276	0.6312
Livorno	Vittoria	14.5	—	14.01000	0.34719	4.02405	0.36763
Caldana		44.	6.8	2.220	—	0.0322	0.4829
Montecatini	Tamerici	18.6	7.5	17.1	0.1394	5.3250	0.7021
Monsumano	Grotta Giusti	34.5	7.17	1.9430	0.0236	0.1722	0.3500
Rapolano	S. Giovanni	39.	6.9	4.784	0.0379	0.4417	0.9363

温泉の化学組成

Mg (g/l)	Li (g/l)	Sr (g/l)	Cl (g/l)	SO <sub>4</sub> (g/l)	HCO <sub>3</sub> (g/l)	Br (g/l)	I (g/l)	放射能 Mache	文献
0.0009	—	—	0.0103	0.1254	0.2515	—	—	13.75	8
0.0031	—	—	0.0002	0.2758	0.0189	—	—		8
0.0039	—	—	0.0021	0.0325	0.0348	—	—		8
0.0089	—	—	0.0208	0.0302	0.1130	—	—		8
0.0009	—	—	—	0.0040	0.0189	—	—	99.00 ~343.75	9
0.3232	0.0022	0.0009	0.9922	2.2711	2.8282	0.0101	0.0015		10
0.0577	0.0003	—	0.0733	0.5665	0.2277	—	—	3.01	11
0.0832	—	(Fe 1.7512)	—	4.3875**	—	—	—		p.***
0.03425	0.000105	—	1.1353	0.1586	0.3760	0.00195	0.000255	3.99	3
0.0791	0.0006	—	2.3891	0.8962	0.0861	0.0078	0.0004	6.4	6
0.0384	0.0004	—	1.2645	0.8657	0.1101	0.0045	0.0006	7.2	6
0.0534	0.0008	—	2.3180	0.6417	0.1407	0.0061	0.0008	7.2	6
0.0307	0.0002	—	0.9918	0.3234	0.1012	0.0026	0.0002	4.2	6
—	0.0023	—	0.3309	0.11765	—	—	—		3
0.0360	—	—	0.0009	1.3717	0.0465	—	—		p.
0.1140	—	—	0.0040	1.4639	—	—	—		p.
0.0359	0.0020	—	0.1925	0.0104	1.5139	0.00025	—	5.5	p.
0.00174	0.0028	0.0036	1.1335	—	—	0.0025	0.0004		3
0.0004	—	—	0.0004	0.0055	—	—	—	3153.15	p.
0.00139	0.0000013	—	0.00106	0.00769	0.0439	—	—		12
0.0030	0.0005	—	0.0117	0.2832	0.0311	—	—		p.
1.6960	—	—	56.4017	—	0.1525	0.2115	0.0317		13
0.0950	—	—	0.0082	1.7048	0.1860	—	—		14
0.04581	0.00040	—	0.03596	0.34069	0.25580	—	—	16.5	p.
0.0051	—	—	0.0148	0.0177	0.3315	—	—		p.
1.457	0.0915	0.3995	91.05	0.1379	0.1007	0.2358	0.0549		p.
0.10916	0.00030	0.01004	0.1319	1.67990	0.45179	—	—		15
0.1363	0.0010	—	14.3475	0.0535	0.4032	0.0477	0.0357		pi
0.00820	0.001601	—	2.8920	0.0059	0.9150	—	—		p.
0.6588	0.0801	—	25.5320	0.0021	0.2590	0.1150	0.0216		16
0.3496	—	—	11.1021	0.0185	0.3050	—	0.0050		p.
0.00191	0.00003	—	0.01090	0.00387	0.01112	—	—		p.
0.0746	—	—	0.2584	1.7588	0.4052	—	—		p.
0.16122	0.00109	—	1.59954	1.68481	0.09313	—	—		3
0.1099463	0.000095	—	0.07898	1.1658	—	—	—		3
0.039	0.00066	—	0.36075	0.44868	1.27055	—	—		p.
0.1216	—	—	0.0257	1.6704	0.4370	—	—		17
0.4953 <sup>2</sup>	0.00004	—	7.80393	0.71193	0.13890	0.00039	0.01960		3
0.1003	—	—	0.0398	1.4383	0.1635	—	—	23.38	18
0.1366	0.0067	—	8.5626	1.3756	0.7732	0.00027	0.00025	72.88	p.
0.0767	—	—	0.2807	0.6623	0.6147	—	—	1.38	p.
0.2272	—	—	0.3368	1.2386	3.0620	—	—		p.

第 2 表 つ

温 泉 地 名*	源 泉 名	temp. °C	pH	Res. (180°C) (g/l)	K (g/l)	Na (g/l)	Ca (g/l)
Chianciano	Acqua Santa	32.3	9.7	3.3730	—	0.0476	0.7606
San Castiano	Bagno del Portico	43.0	6.9	2.14	0.00406	0.0467	0.5991
Galleriaie	Bagni Esterno	51.	8.2	2.903	—	—	—
La Perla	—	45.5	—	0.7076	0.003438	0.08860	0.144155
San Filippo	Poggetto Basso	50.	6.3	—	—	—	0.784
San Faustino	—	13.	—	1.1472	0.00298	0.00873	0.42450
Nocera Umbra	Angelica	11.6	7.65	0.2485	0.0045	0.0010	0.0868
Saturnia	—	37.5	6.9	2.8115	0.0094	0.0732	0.5937
Nepi	—	17.4	—	0.532	0.0415	0.0276	0.0830
Viterbo	Bullicame	61.3	—	2.785	0.0280	0.0380	0.5860
Stigliano	Bagno Grande	35.4	—	—	0.0021	0.0015	0.3950
Terme Traiano	—	56.	—	—	0.11955	0.04221	0.58930
Vicarello	—	48.	—	—	0.0820	0.1889	0.2293
Acqua Albule	Solfatara	23.0	—	2.923	—	—	—
Acquasanta	—	36.	—	5.017	0.099562	1.160965	0.340697
Tolentino	Rofanello	12.7	6.3	<b>180.1760</b>	<b>6.3172</b>	<b>60.4016</b>	<b>10.1841</b>
Caramanico	La Salute	11.9	5.9	2.5210	0.0143	0.0561	0.6142
Napoli	Chiatamone	20.2	—	13.210646	1.28402	2.222473	0.875942
Torre Anunziata	Vesuviana Nunziata	25.0	8.7	4.0400	0.0203	0.2641	0.2810
Castellammare	Solfurea	16.8	6.5	10.7190	0.1355	2.9717	0.5304
Telese	—	20.0	—	1.876	0.01973	0.12009	0.32705
Villamainoa	—	28.	—	0.8288	0.0040	0.0201	0.3148
Agnano	—	38.5	—	3.2153	0.17202	0.86934	0.05977
Pozzoli	Puteolane	—	—	15.7952	0.8333	4.9240	0.1984
Porto di Ischia	Fontana	65.	—	5.6940	0.0860	0.0050	0.9446
Casamicciola	Gurgitello	65.	—	4.1717	0.1719	1.6465	0.2555
Lacco Ameno	—	59.7	—	18.282	0.6689	5.9974	0.2655
Forio	—	61.1	7.1	5.8168	0.06989	1.8400	0.09220
Guardia Piemontese	Caronte	45.	—	5.1116	0.3134	0.8158	0.4145
Torre Cane	Autesana	18.	—	9.09002	0.2595	2.4197	0.3273
Lipari	—	62.	—	9.7701	0.1092	2.7629	0.5286
Ali	Nuova Sorgente	39.5	—	37.335	—	11.5850	1.4980
Castroreale	Ciappazzi	30.3	6.5	3.9290	0.19350	0.93095	0.20872
Acireale	—	22.	7.3	7.0255	0.05950	2.27120	0.11080
Termini Imerese	—	43.	—	14.6	0.2135	4.2793	0.5999
Palermo	Acqua Santa	—	—	—	0.7877	5.1471	0.6742
Segestane	—	45.	—	2.1554	—	0.2693	0.2922
San Lorenzo	—	31.	—	0.6892	—	0.0892	0.06628
Sciaccia	Solfurea	54.4	5.75	23.0482	0.5745	6.4486	1.4552
San Michele	—	44.5	9.8	0.33	—	0.075	0.06
Monticelli	—	—	6.	131.64	—	—	—

\* 順序は大体北から南へ並べた。

\*\* 太字はイタリアでの最大値を示す。

\*\*\* 記号 p. は、それぞれの温泉で発行されているパンフレットによることを示す。



づ き

Mg (g/l)	Li (g/l)	Sr (g/l)	Cl (g/l)	SO <sub>4</sub> (g/l)	HCO <sub>3</sub> (g/l)	Br (g/l)	I (g/l)	放射能 Mache	文献
0.1840	0.00002	—	0.0260	1.8350	0.9961	—	—		p.
0.10986	—	—	0.09162	1.29644	0.45599	—	—	9.32	p.
—	—	—	0.0071	1.5956	0.661	—	—		19
0.022542	0.000078	—	0.039332	0.003765	0.734160	—	—		p.
0.220	—	—	0.006	1.317	1.744	—	—		20
0.01246	0.0000027	—	0.01347	0.044031	1.303925	—	—		p.
0.0015	—	—	0.0070	0.0022	0.2600	—	—		21
0.1300	0.0007	0.0087	0.0745	1.5000	—	—	—		p.
0.0261	—	—	0.0176	0.0385	0.4098	—	—		p.
0.1289	—	0.0013	0.0150	1.2166	1.0762	—	—		22
0.2250	—	—	0.1795	0.3565	0.0795	0.0017	0.0425		3
0.07868	—	—	0.03456	1.34179	0.26562	—	—		3
0.0295	—	—	0.0171	0.3837	0.9578	—	—	9.90	p.
—	—	—	—	—	—	—	—		2
0.09317	0.000135	—	0.87533	0.707831	0.204903	—	0.000011		3
<b>2.1350</b>	—	<b>1.0484</b>	<b>118.7575</b>	0.0452	0.0907	0.0359	<b>0.0602</b>	7.70	23
0.2776	—	—	0.0240	1.0908	0.29278	0.0051	—		24
0.27714	0.000065	—	4.609107	0.453757	1.740974	—	0.000178		3
0.2412	—	—	0.9265	0.1193	0.1130	—	—		25
0.3382	—	—	5.3850	0.7483	1.1819	0.0114	—	22.	3
0.05512	—	—	0.16282	0.01384	1.32156	—	—		p.
0.0417	—	—	0.0426	0.0462	—	—	—		p.
0.05576	—	—	0.38224	0.73440	1.90078	—	—		p.
0.0899	0.0036	—	7.7307	1.5275	0.2074	0.0250	—		p.
0.1684	—	—	0.8115	0.3500	1.1135	0.0032	—	4.68	p.
0.0230	0.0161	—	0.6565	0.2891	1.7060	0.0039	0.0041		3
0.1418	0.0010	—	9.5163	0.8394	1.0141	0.0315	0.000077	1237.5 ~2035.	26
0.00450	—	—	1.734	1.729	0.1144	—	—	47.85	p.
0.0582	—	0.0045	1.2990	1.2250	0.4270	0.0050	0.0099		27
0.2576	0.00002	—	4.6803	0.4348	—	0.0091	—		28
0.3219	—	—	3.8630	1.8842	0.2758	—	—		p.
0.6885	0.0308	0.0262	20.0949	2.2980	1.1041	0.00799	0.0066		p.
0.19860	0.00588	0.02841	0.11500	0.02366	<b>4.27305</b>	—	—		29
0.19350	0.00080	0.00537	3.82900	0.06938	0.79750	—	—		30
0.3825	—	—	7.9246	1.0877	0.4120	—	—		31
0.1680	—	—	6.8474	0.7655	0.2217	—	—		3
0.04759	—	—	0.469	0.5316	0.464	—	—		32
0.02124	—	—	0.0372	0.1382	0.3249	—	—		32
0.4154	—	—	13.223	0.5193	—	—	—		p.
0.002	—	—	0.115	0.04	0.006	—	—		5
—	—	—	—	—	—	<b>0.4</b>	<b>0.02</b>		33

これも日本のものに比して1桁小さい。その理由は湧出量の場合と同様であろう。

#### 1.4 化学組成

主な温泉の化学組成は第2表に示す。温泉孔の多くある温泉ではそのうちの代表を選んで示してある。

イタリアの温泉の化学成分の全般的な特徴としては、非常に濃い食塩泉が多いこと、酸性泉がほとんどないことなどがあげられる。組成は多種多様であるが、地球化学的な観点から整理すれば、その中にいくつかのグループが存在することが明らかになる<sup>7)</sup>。すなわち、主要イオン相互の比率、地理的な分布や地質との関係、微量成分の傾向などから、

- I) アペニン山脈の北東側に北西—南東方向に並んでいる高濃度の食塩泉、
- II) 諸所の海岸近くにあつて、組成も海水によく似た食塩泉、
- III)  $\text{CaSO}_4$  を主な溶解塩とするもので、地理的には Toscana 地方に多いもの、
- IV) 地理的には海岸に近いがまた火山にも近く、成分的には (II) と (III) の中間に位するもの

の四つのグループを選び出すことができる。

## 2. 北イタリアの温泉

### 2.1 概観

最初に述べた如く、Po 河流域平野の北側はアルプス山脈およびその支脈が重畳し、その間には氷蝕による谷が深く切れ込み、その谷の中には諸所に温泉（冷泉）が湧出している。第4図に示すように大部分は泉温が低く、 $20^\circ\text{C}$  以上のものは数箇所あるに過ぎない。また、化学成分も濃いものは少なく、最高は S. Orsola 炭酸鉄泉の  $7.75 \text{ g/l}^{33)}$  である。地質的には三畳紀、ジュラ紀のドロマイト層から湧出しているものが多い。

### 2.2 Levico, Vetriolo 温泉<sup>33)</sup>

Vetriolo の冷泉はイタリア最高所の温泉場 (1490 m) で、そして唯一の酸性泉 (pH 3.2) である。この水は約 1000 m 下の Levico にパイプで送られ Levico 温泉となつている。

### 2.3 Vinadio, Valdieri, Lurisia 温泉<sup>33)</sup>

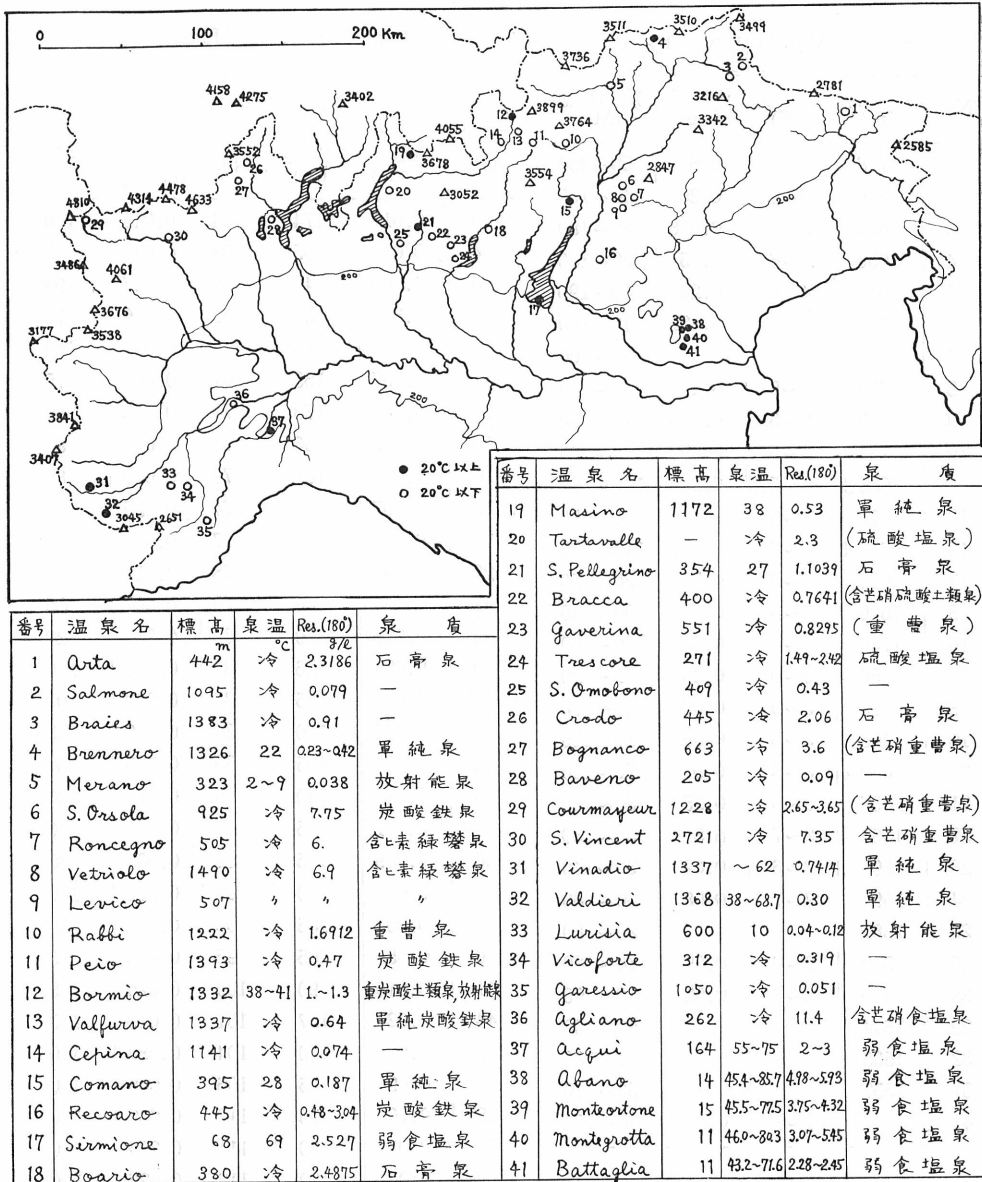
西方フランスとの国境近くにもいくつかの温泉がある。その中で Vinadio, Valdieri は Marittime 山中の高所にあつて、片麻岩、花崗岩より湧出し、両者共  $60^\circ\text{C}$  以上の温度である。その東麓にある Lurisia は燐灰ウラン鉱に富んだ山中に掘られた長さ 360 m のトンネル中に湧出する放射能泉で、8 箇の湧泉があつて、最大放射能は Garbarino 泉の 3,153.15 マッペである。

### 2.4 Acqui 温泉<sup>33)</sup>

Lurisia の北東、Po 河の支流 Bormida 河に沿つて有名な Acqui 温泉がある。河をはさんで北の市街地にある新温泉と南の旧温泉にわかれ、新温泉には Bollente といわれる  $75^\circ\text{C}$  の湯が多量 (1.5 トン/分) にわき出している。一方旧温泉には  $55^\circ\text{C}$  の温泉の他に 9 コの泥池があつて鉱泥を沈積している。

### 2.5 Sirmione 温泉<sup>33)</sup>

アルプス山脈と Po 河流域平野との境に位置する Garda 湖の南端にある湖底温泉で、岸から約 300 m、深さ 18 m の湖底から湧出し、もとで  $69^\circ\text{C}$ 、湖岸の浴場で  $52^\circ\text{C}$  といわれている。



第4図 北イタリアの温泉

2.6 Merano 放能射泉<sup>9)</sup>

主な源泉のある San Vigilio 山には結晶片岩中に著しい断層があつて、それに沿つて眼球片麻岩が貫入している。この片麻岩層の厚さは約 100 m でその中には微細な放射性鉱物（ジルコン、褐簾石、チタン石など）を含んでいて、そこを通る水に放射能を与えていると思われる。降雨に際して湧出量が増加し、放射能も増加する。これについてはこれらの水の大部分が放射性岩石中にあつたものとして説明されている。

1937 年第 3 表に示した約 30 の泉の水を集める溝がつけられ、1940 年頃それを利用する場

第 3 表

a) San Vigilio 山の放射能泉					b) San Vigilio 山と Merano の間の トンネル中で見出された放射能泉					
No.	標高 (m)	温度 (°C)	湧出量 (l/sec)	放射能 (M.)	大トンネル					
No.	湧出量 (l/sec)	放射能 (M.)	No.	湧出量 (l/sec)	放射能 (M.)					
1	1718	3~8	0.6	50~200	3	0.011	174	54	0.045	110
2	1679	3~8	0.25	40~100	4	0.012	195	58	0.043	85
3	1675	3~6	0.016	50~180	5	0.100	240	59	0.047	98
4	1650	3~6	0.05	50~180	6	0.333	251	62	0.166	70
5	1650	4~6	0.20	50~190	9	0.200	186	66	0.022	100
6	1655	4~6	0.222	40~100	11	0.007	168	67	0.067	75
7				10~100	12	0.027	173	71	0.025	80
8	1655	3~5	0.1	40~70	13	0.025	156	72	0.042	85
9	1705	2~5	0.345	10~70	16	0.027	181	73	0.010	80
10	1722	3~6	0.09	10~100	18	0.007	139	74	0.125	100
11	1655.2	3~5.5	0.2	100~180	19	0.058	120	77	0.008	110
12	1610	4~6		4~50	23	0.058	136	78	0.111	115
13	1607.5	4~6	1.111	110~180	42	0.060	180	79	0.007	85
14	1620	4~5	0.5	120~150	25	0.076	159	80	0.200	120
15	1620	2~5	0.05	100~120	29	0.025	126	81	0.016	110
16	1746	3~4	0.454	20~60	30	0.019	115	83	0.003	90
17	1750	3~9	0.25	1~20	31	0.166	110	84	0.009	125
18	1713	3~9	0.09	10~70	32	0.006	135	85	0.125	160
19	1708	3~6	0.08	10~120	33	0.111	150	86	0.017	120
20	1640.4	3~4	0.9	70~130	34	0.111	135	87	0.058	110
21	1637	3~5	0.25	80~150	36	0.009	175	88	0.003	185
22	1635	2~7	0.5	50~130	37	0.067	180	91	0.020	140
23	1591	2~6	0.023	30~140	39	0.003	185	93	0.041	100
24	1594	2~7	0.08	30~80	40	0.052	205	95	0.016	95
25	1587			20~80	41	0.010	190	100	0.025	105
26	1572	2~7	0.25	10~80	44	0.020	127	101	0.019	115
28	1520	3~6	0.05	30~60	45	0.031	100	104	0.083	110
29	1544			50~100	47	0.090	85	106	0.006	146
32	1535			~180	48	0.100	75	110	0.027	120
37	1557			50~140	51	0.010	160	111	0.200	140
41		4~7	0.2	40~100	53	0.043	180	112	0.027	120

c) Tivoli 地区の放射能泉

No.	湧出量 (l/sec)	放射能 (M.)	温度 (°C)
42	0.35	50~300	11~13
42	0.50	50~140	11~13

南トンネル

No.	湧出量 (l/sec)	放射能 (M.)	No.	湧出量 (l/sec)	放射能 (M.)
1	0.069	75	13	0.250	90
2	0.059	80	14	0.005	70
4	0.100	110	16	0.250	110
11	0.005	93	17	0.005	84

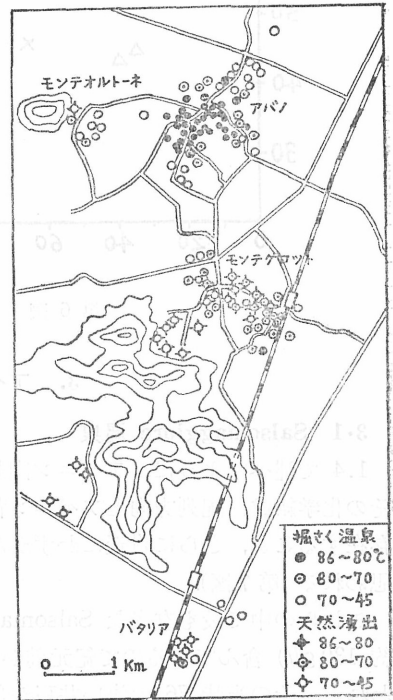
所まで運ぶ問題がおこり、San Vigilio 山を迂する方法とその山にトンネルを掘る方法とが考えられた。結局、水の成分を保護するためとトンネル中でさらに放射能泉が見出される可能性のために後者が採用された。トンネルは 2 本で全長 1206 m、平均の高さ 1.9 m である。掘さく中に 1952 年から 1955 年にかけて記録された泉は 120 で、現在は北トンネルに 62 泉、南トンネルに 8 泉ある。湧出量は、1937 年に発見された Tivoli 地区のものを合せて、663.36 l/分 に達している。

2.7 Abano 温泉群<sup>6)</sup>

この温泉群はアルプス山脈とは全く別に孤立している Euganei 山塊の東麓にあるので Euganei 温泉群ともいわれる。Euganei 山塊は南北 18km 東西 12km の楕円型をした山塊で Venda 山 (603 m) を最高として 400~500 m 程度の粗面岩の火山丘の集りである。始新世にアルプス造山運動に呼応して最初の噴出があり、粗面岩が岩脈あるいは貫入岩としてジュラ紀、白亜紀の堆積岩中に侵入した。その後しばらく静止期間をおいた後、第二回目の噴出があり、より広範に連続した貫入や流出がおこっている。温泉はこの山塊の東麓の沖積層から湧出しており、Abano, Monteortone, Montegrotto, Battaglia の諸温泉がある。これらの温泉はほぼ北北東-南南西の線上に並んでいるが、その方向に断層とか割れ目があるというよりは、むしろ沖積層を通して流れている温泉水脈の方向を示していると解釈されている。

第 5 図に示した温度分布をみると、一般に Abano, Montegrotto, Battaglia の順に温度が低くなっている。蒸発残分についても同様な関係が認められ、北から南への温泉水の流動があるように思われる。

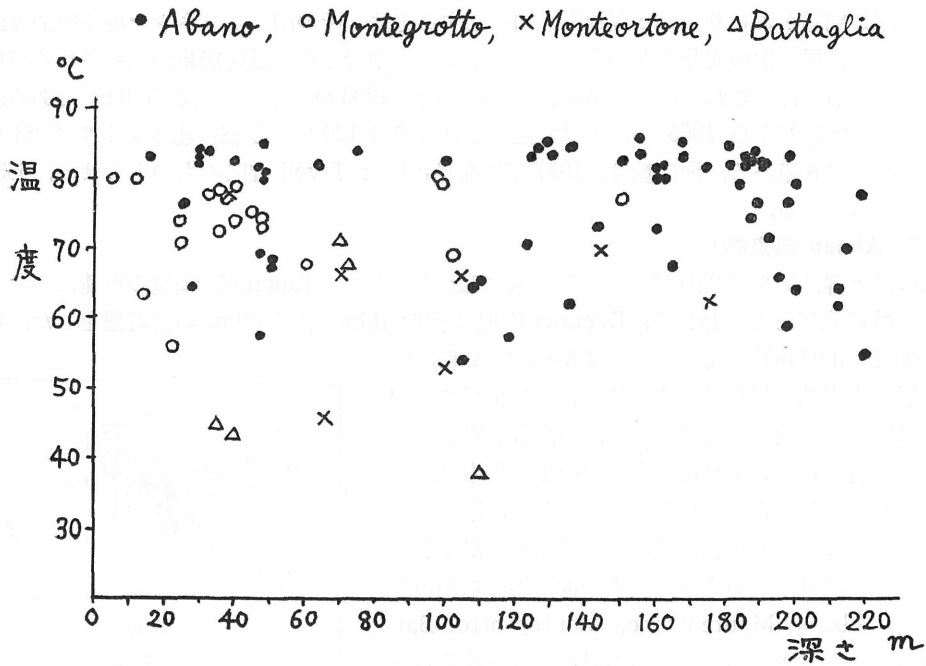
Abano 温泉群には古来の天然湧出も残っているが、イタリアとしては珍しく掘さくによる泉源が多い。掘さく状況は第 4 表、深度と温度の関係は第 6 図に示す。



第 5 図 アバノ温泉群

第 4 表 アバノ温泉群の温泉井深度分布

	~200 m	199~150 m	149~100 m	99~50 m	49~	平均 (m)
Abano	7	33	16	4	16	130
Montegrotto	0	1	1	4	15	50
Monteortone	0	1	3	2	0	100
Battaglia	0	0	1	2	2	47
計	7	35	21	12	33	



第 6 図 アバノ温泉群の深さと温度の関係

### 3. アペニン山脈北東麓の食塩泉

#### 3.1 Salsomaggiore 温泉

1.4 で述べたように、アペニン山脈の北東麓には非常に濃い食塩泉が並んでいる。これらはその化学組成、配列方向とアペニン背斜軸との関係、配列線の延長上に泥火山や天然ガス井の存在すること、さらに附近にわずかながら油徴があることなどから、油田鹹水に間違いないと思われる(第7図)。

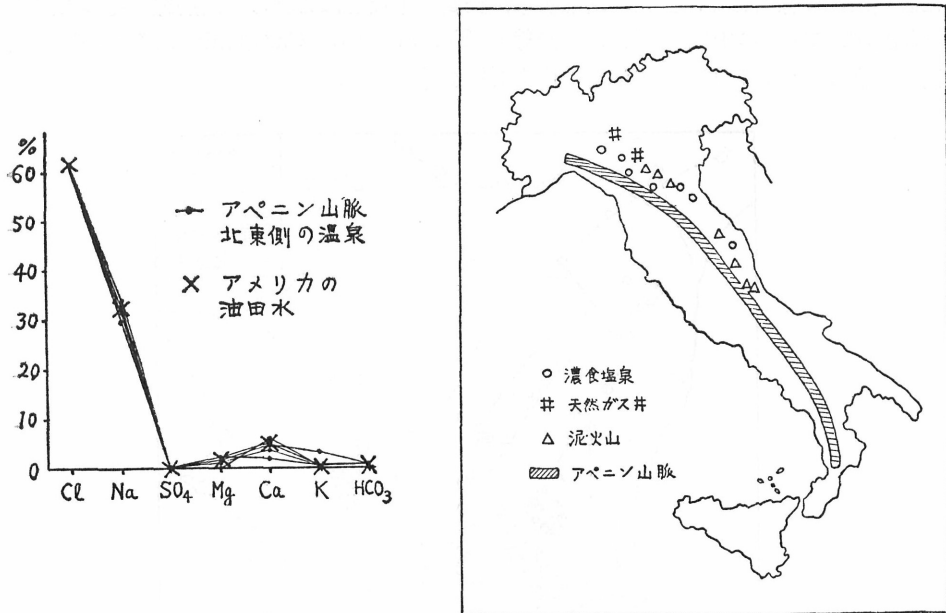
これらの中で最も有名な Salsomaggiore 温泉は温度約 16°C、食塩を非常に多く (NaCl を約 130 g/l) 含んでいるので紀元前から塩を取るのに用いられ、1857 年までそれが続いたといわれる。その当時 76 の浅い井戸から年間 1435 トンの食塩が採取された<sup>3)</sup>。しかし温泉としては歴史が浅く 1839 年にはじめて治療に用いられた。

#### 3.2 Salice 温泉<sup>13)</sup>

1880 年石油採掘の目的で掘られた孔井 (深さ 80 乃至 20 m) から石油は出なかつたが多量の塩水が出た (80,000 l/日)。これを治療に用いたのがこの温泉の始めて現在は 7 箇の孔井からポンプで揚水され、水温約 20°C。揚水量は 180,000 l/日 である。ここには食塩泉の他に石膏泉と重碳酸土類泉がある。前者は町はずれにローマ時代から採掘された硫黄鉱山があつて、1868 年その調査のときに発見されたもので、温度は 12°C、非結晶石膏層を通して浅い孔井より湧出し、湧出量は 43,200 l/日 である。

#### 3.3 Porretta, Tolentino 温泉

Porretta 温泉も溶解成分の 90% まで食塩であるが、前述の両温泉のように多くはなく高々 7 g/l 程度である。そのかわり温度が比較的高く、33~39°C の範囲にある。



第 7 図 アペニン山脈北東の濃食塩泉

Tolentino<sup>23)</sup>にある Rofanello 源泉は第 2 表にみられる如くイタリア最大の濃度である。

### 3.4 泥火山<sup>1)</sup>

アペニン山脈の北東麓には高濃度食塩泉の他に泥火山，天然ガス孔，Ardenti の泉（前者の自然発火したもの）が存在する。この泥火山はメタンガスの噴出に伴う泥流の噴出であつて，中新統，鮮新統の粘土からなる丘陵地帯にあり，噴出泥水中には NaCl が含まれている。泥は冷たくて一般に高さ数 m の小円錐丘をつくっている。1835 年 1 月 4 日の Sassuolo 泥火山の爆発の際には大きな石が投出され，流出泥流の容積は 1,000,000 m<sup>3</sup> 以上に及んだといわれている。

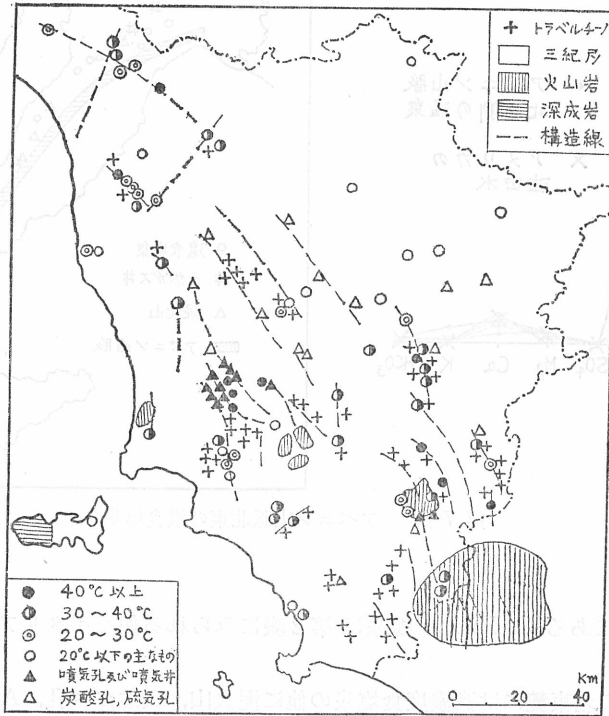
## 4. Toscana 地方の温泉と地熱

### 4.1 温泉分布と地質構造<sup>5)</sup>

Toscana 地方はイタリアでもつとも温泉の豊富な地方であり，温泉以外にも噴気孔，Lagoni，硫気孔，炭酸孔などいわゆる地熱現象が多い。さらにアンチモン，水銀，銀，銅などの金属鉱床も沢山あつて，これらの分布はこの地方の地質構造を反映しているといわれている。

Toscana 地方の基盤は大きづばにいつて中生代から古生代にかけての一連の地層からなりたつており，その上にはアペニン山脈の形成に伴つた大規模な地滑りの堆積物であるジュラ系から漸新統までの薄層をなした鱗状粘土層が乗っている。この基盤をなす中生層，古生層の片岩や石灰岩にはアペニン山脈と平向な方向すなわち北西—南東方向の断層線が幾本もあり，こ

れに直角な断層線もある。温泉、地熱現象、金属鉱床などはこれらの断層線にそつて並んでいる(第8図)。アペニン山脈に平行な構造線は Toscana から Campania に至る一連の火山の配列をも支配しているイタリア半島の代表的構造線である。



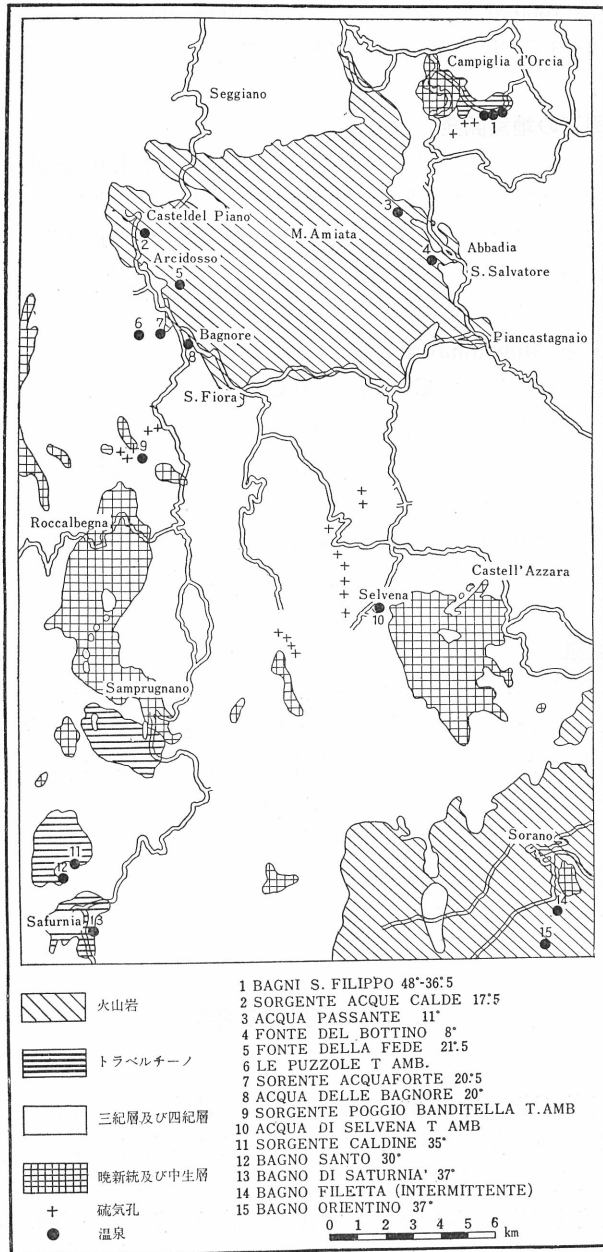
第8図 トスカナ地方の温泉と地質構造

火山岩はこの地方の南端にある Amiata 山, Volsini 山以外には二三の所に小規模に散在しているだけである。温泉や Larderello の噴気の熱源としては第三紀中期の侵入花崗岩が考えられており, Elba 島にみられる花崗岩はその露頭であるとされている。

第5表 ラルデレロ地域の地区別の蒸気組成

地区名	ガス含有量 l/kg	CO <sub>2</sub> %	H <sub>2</sub> S	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	He	A
Larderello	5~25	94.9	1.4	1.7	0.8	1.2	0.0010	0.0021
Casteonuovo	5~40	96.0	1.2	1.3	0.6	0.8	0.0015	0.0023
Serrazzano	18~20	91.8	2.3	2.7	0.8	2.5	0.0018	0.0025
Lago	8~20	88.7	2.9	3.9	0.7	3.7		
Lagoni Rossi	18	92.3	2.0	2.0	0.7	3.0		
Sasso Pisano	15~22	91.4	2.3	2.7	0.9	2.8		
Monterotondo	10~15	87.0	1.8	6.7	1.2	3.3		
Lustignano		88.5	3.3	3.1	1.2	4.0		
Travale	40~110	91.1	0.4	6.1	2.1	0.2		
Monte Amiata		91.7	0.2	7.0	0.8	0.3		





第9図 アミアタ山周辺の地質と温泉

#### 4.2 Larderello 地熱地帯

通称 Larderello 地熱地帯というのは Larderello を中心とする約 200[km<sup>2</sup>] の地域をさし、そこでは 1961 年現在 285 の噴気井から 24,881,236 トン/年の蒸気を噴出し、7 カ所の発電所と後述の Amiata 地域とを合せて年間 2,292,400,217 KWh の発電をしている<sup>34)</sup>。これはイタリアの発電量の約 5% といわれている。

噴気井の深さは最深 1600 m であるが、約半数は 100~300 m である。蒸気の温度は 140~230°C、噴出圧力は 3~6 気圧といわれている<sup>35)</sup>。蒸気中には非凝縮ガスがかなり多く組成は第 5 表の如くである。

#### 4-3 Amiata 山周辺の地熱開発

Amiata 火山は第四紀の粗面岩質熔岩よりなり、その下には Larderello 地域とほぼ同様に漸進統から三畳系にかけての現地成層とその上についでいる鱗状粘土層がある<sup>5)</sup> (第 9 図)。

1950 年来この地域で噴気井が掘さくされ、1962 年現在、約 30 の孔井 (400~1,100 m) と 3 カ所の発電所 (計 14,000 kW) がある。この噴気の特徴は非凝縮ガスを非常に多く含むことであつて、ガスの組成は年と共に多少変化している<sup>36)</sup>。

#### 4-4 Montecatini と Monsumano 温泉

Montecatini は泉温は最高 34.4°C 多くは 20°C 前後で高くない。溶解成分は最高 18.1 g/l で海水とよく似ている。海水によく似た他の温泉が海岸近くにあるに反し、ここは現在の海岸より約 40 km はなれたところにある。しかし附近には昔食塩を採取した塩分の多い井戸<sup>3)</sup> もあるので、昔の海水がとじこめられているのかもしれない。

南東約 4 km にある Monsumano は Lias 層の山の南西に延長 250 m、幅 0.5 m から 15 m の洞穴<sup>37)</sup>があり、その奥から 37°C の湯がわき出し、そこで蒸気浴をするようになってい

#### 4-5 Rapolano 温泉

中生層とそれをとりまく鮮新統の地層の接触面からわき出している泉温 28~40°C の硫黄泉である。ここには以前 39.8°C の断続泉があつたが、前述の Amiata 山地域の地熱開発に際して附近でボーリングが行われたために噴出を停止した。これは 14 分間湯とガスを噴出し湯の量は一日に 145 トンであつた<sup>5)</sup>。あるいはまた一説には、湧出は連続していたけれども強いガスの噴出と共に規則正しく 15 分間隔で湧量が増加し、この状態が 5 分間続いたといわれる。この現象の説明としては、サイホン仕掛よりもむしろ、地下の空洞に湯とガスが別々に供給され、そのガスが膨脹することによつて湯が押し出されるのであらうといわれているが<sup>37)</sup>、詳細は不明である。

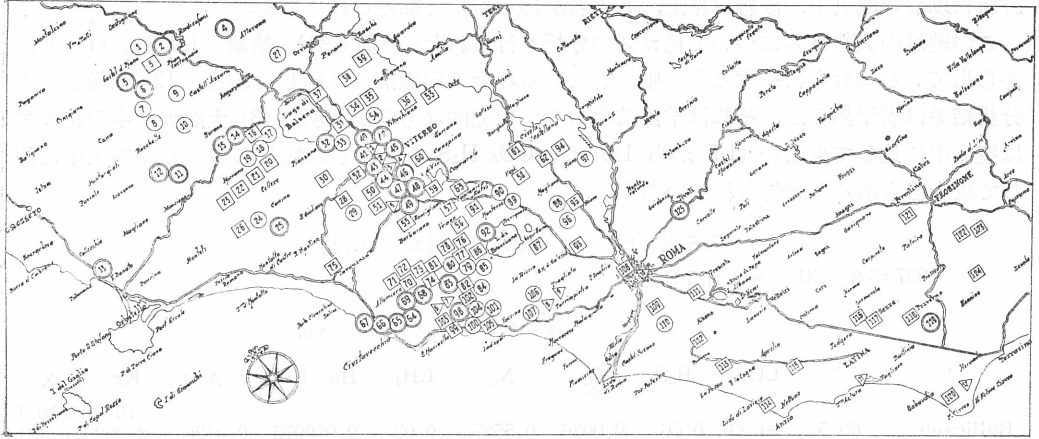
### 5. Roma 周辺の温泉

#### 5-1 概観

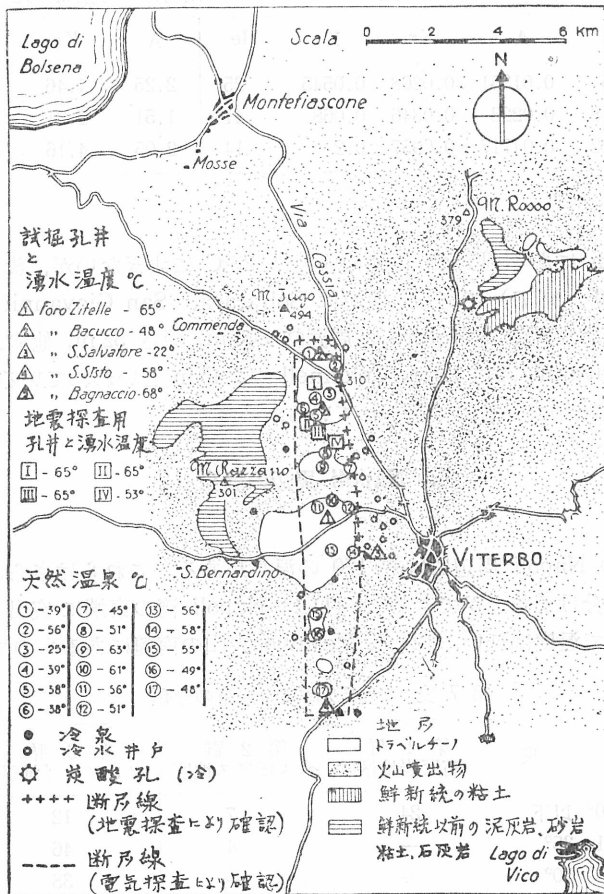
Toscana 地方の南東に連なる Lazio 地方も地質的には前者とほぼ等しく、温泉、冷泉、ガス孔は Roma の北西に多い (第 10 図)<sup>38)</sup>。これらは一般には火山と海との間に多く、大部分火山体の外にあつて、火山層と堆積層の接触部から湧出している。温泉はトラベルチーノの地帯に集っているが、比較的温度の高いものは Viterbo 附近 (第 10 図の No. 40 から No. 49)、Civitavecchia 東方 (第 10 図の No. 64 から No. 69) に集っている<sup>39) 40)</sup>。

#### 5-2 Viterbo 温泉群

Roma の北西約 70 km Volsini 火山と Cimini 火山にはさまれた Viterbo 地域には昔からいくつかの比較的温度の高い温泉と炭酸ガスを伴う冷泉とがあつて、これらは南北方向に延びた幅約 1 km、長さ約 11 km の地帯内に並んでいる<sup>41)</sup> (第 11 図)。この地帯は南北方向、東西方向に二本ずつある断層線によつて囲まれていることが電気探査と地震探査によつてたしかめられており<sup>42)</sup>、これらの温泉はトラベルチーノ、凝灰岩層から湧出しているが、その下には



◎ 温泉, ○ 冷泉, □ 炭酸孔, 硫気孔, △ 試掘井  
第 10 図 ローマ周辺の温泉分布



第 11 図 ビッテルボ西方の温泉地帯

鮮新世以前の泥灰土、砂岩、粘土、石灰岩があるものと推定されている。

この地域の天然ガスについて稀ガスの分析も行なれたが(第6表)、結論としては、(1) 泥池から出ている場合も湯や水と共に噴出している場合も定性的には同じである、(2) 前後二回の分析結果は若干異なるが、それは季節的なものか偶発的なものか不明、(3) 天然ガス中の稀ガスは空気中に比して少ない(1/5 から 1/2) が、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S を吸収した残りについては空気中に比して数十倍もあると報告されている<sup>43)</sup>。

第6表 ビツテルポ地域での稀ガスの分析

1937年3月31日～4月5日採取

	t (°C)	天 然 ガ ス 中 vol. %								
		CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	He+Ne	A	Kr	X
Bullicame	60.5	99.33	0.06	0.0036	0.5537	0.03	0.000075	0.0126	$\times 10^{-5}$ 0.268	$\times 10^{-6}$ 0.491
Bagnaccio. 1	30.5	98.44	0.06	0.0075	1.200	0.271	0.000309	0.02124	0.346	0.615
Carletti	57	97.68	0.012	0.0184	2.1684	0.069	0.000161	0.04399	0.957	1.80

	天然ガスと空気の比				残留ガスと空気の比			
	He	A	Kr	X	He	A	Kr	X
Bullicame	0.15	0.01351	0.0268	0.0545	25	2.25	4.46	9.1
Bagnaccio. 1	0.618	0.0228	0.0346	0.068	41	1.51	2.31	4.55
Carletti	0.322	0.04717	0.0957	0.2	14	2.05	4.16	8.69

### 5.3 Tivoli 温泉

Roma 東方 20 km にある Tivoli 温泉は泉温は 23°C にすぎないが、湯量の豊富なことイタリア第一(170,000 トン/日)である。泉源は Solfatar, San Giovanni, Colonnella という三つの池であつて、最大の Solfatar は周囲約 800 m、深さ 52 m、他の二つもかなり大きく、深さは San Giovanni は約 20 m、Colonnella は 46 m といわれている<sup>2)</sup>。これらの水は約 2 km はなれた温泉場まで暗渠で送られている。

## 6. Napoli 周辺の温泉

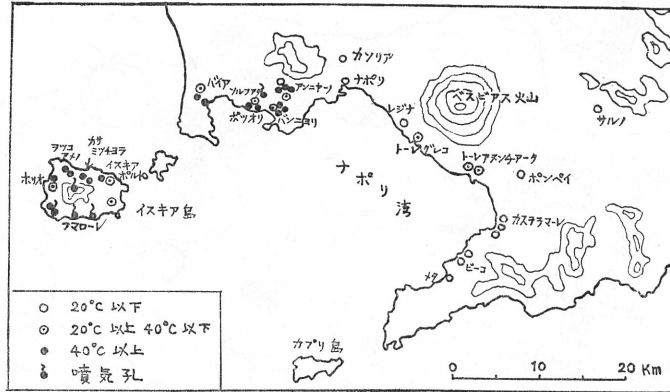
### 6.1 概 観

Campania 地方の Napoli 周辺には約 170 の温泉がある。これらはさらに第7表に示す如く三つのグループに分けることができる<sup>3)</sup>。(1) は Napoli 湾の東端に突出した石灰岩からなる半島部にあるもので温度は低い。(2) は Vesuvio 火山の南麓にあるもので温度は第1群よ

第7表 ナポリ周辺の温泉の分類

温 泉	第1群 石灰岩地区	第2群 ベスピアス地区	第3群 フレグレイ地区
20° 以下	24	7	12
21~35°	—	4	46
36~50°	—	—	38
50° 以上	—	—	38

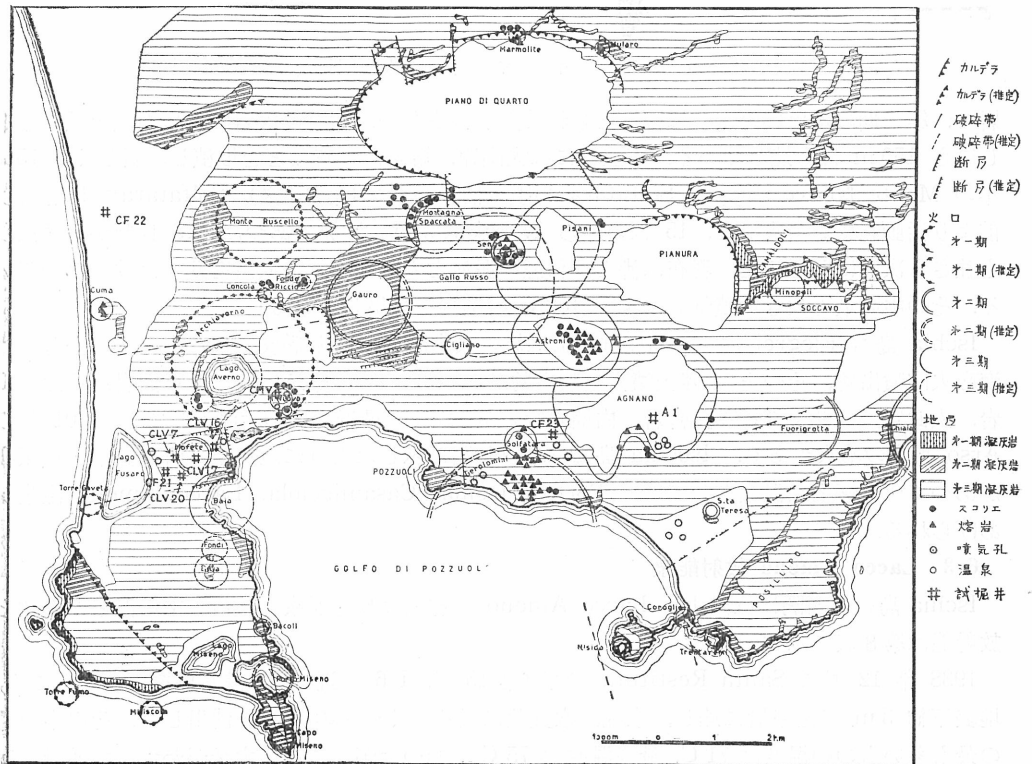
りやや高いが高々 30°C までである。(3) は Napoli 市西部の Flegrei 地区および Ischia 島にあるもので、低温から沸とうしているものまであり、噴気孔もある(第 12 図)。



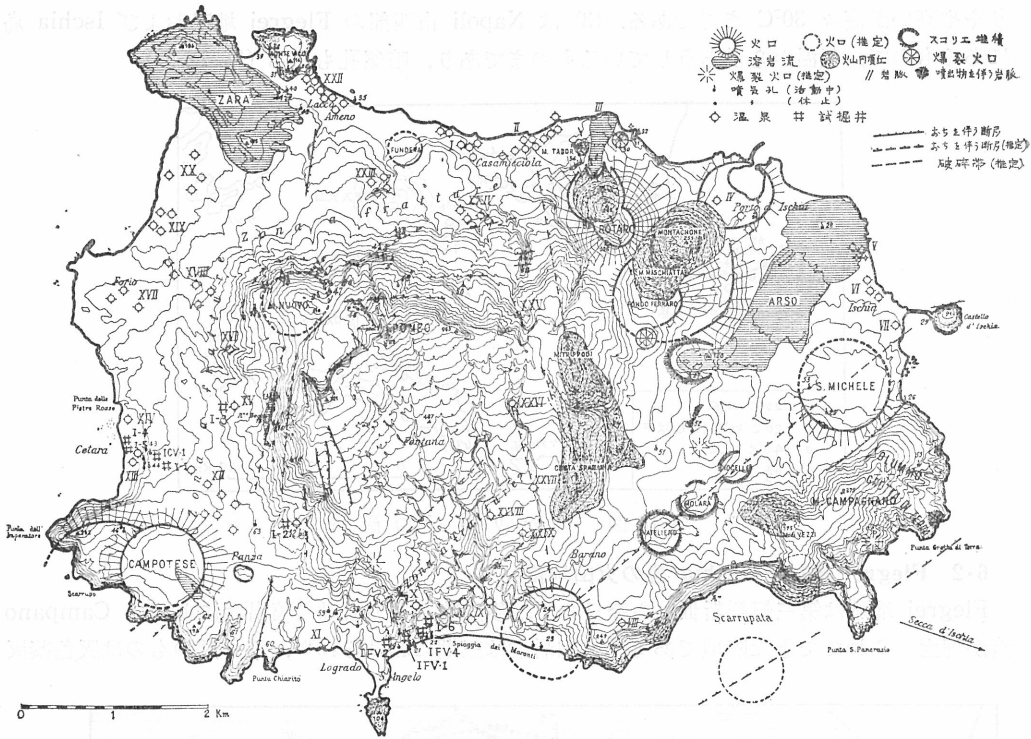
第 12 図 ナポリ附近の温泉

### 6.2 Flegrei 地域と Ischia 島の火山地質

Flegrei 地域は第三紀鮮新世から今日まで、移動性の火山活動の噴出物によって Campano 湾が埋立てられてできた陸地である。火山活動は三期にわけられ<sup>85)</sup>、第一期のものは灰色凝灰



第 13 図 フレグレイ地域の火山地質



第 14 図 イスキア島の火山地質

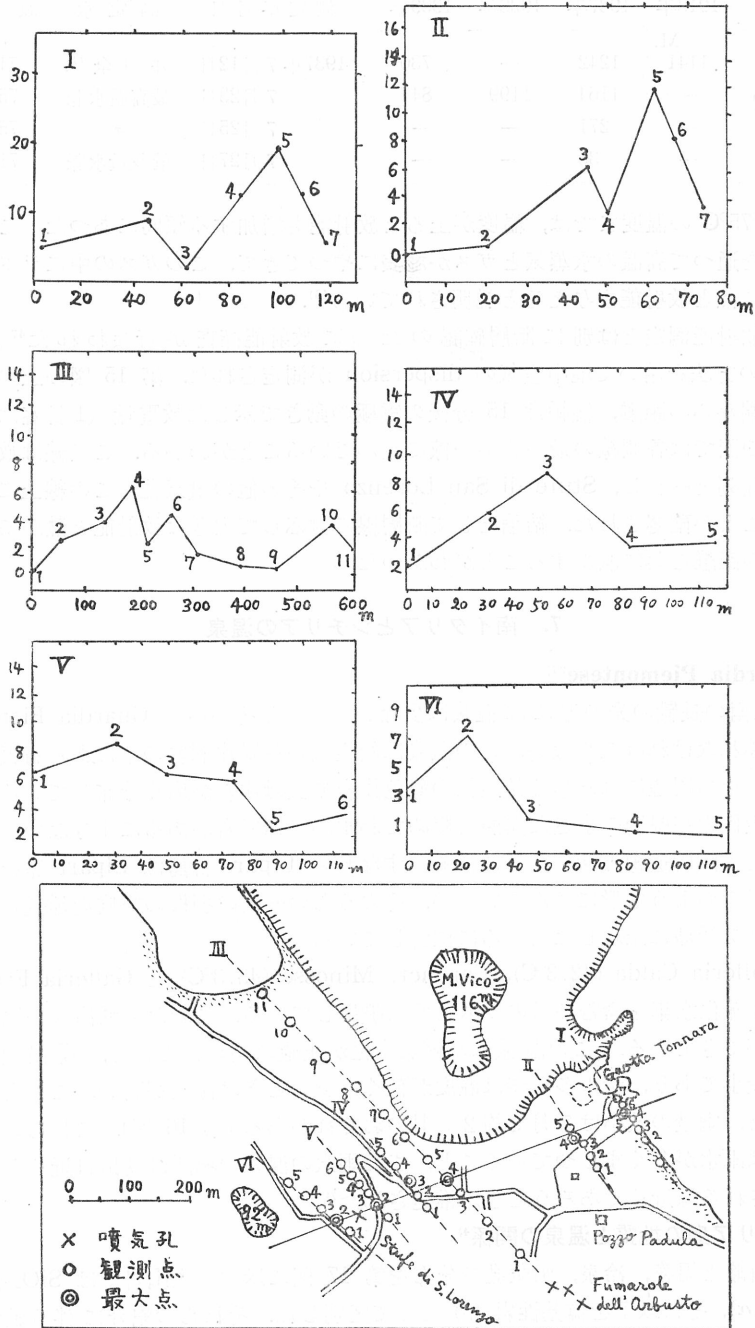
岩で、第二期の黄色凝灰岩にほとんど蔽れて露頭は少ない。黄色凝灰岩はこの地域全域に分布し厚さ 150 m にも達している。第三紀には火山礫、熔岩、軽石などを堆積し、新しくは 1538 年の Monte Nuovo の噴火、Solfatarata の噴気活動がつた(第 13 図)。Solfatarata<sup>44)</sup> は有史以前より活動している火口で、15 世紀から 17 世紀にかけて活発であつた。18 世紀からは掘りも強さも次第におとろえ、現在は沸とう状態の泥池とガスと蒸気の放出を残すだけとなつている。その中の最も大きな噴気孔は現在 162°C の蒸気を噴出している。

Ischia 島も Flegrei 地域と同様鮮新世以後の火山活動により形成されたもので、基盤には海底火山噴出物、その上に陸上噴火の噴出物がのつている。岩石としては粗面岩、粗面安山岩、玄武岩、バサルタイト、響岩、白榴岩などがある。最近の火山活動としては 1301 年の Arso 火山の噴火がある。Isochia 島には第 14 図に示したように全島至る所に温泉・噴気孔があつて<sup>45)</sup>、著名な温泉としては、Porto d'Ischia, Casamicciola, Lacco Ameno 温泉があげられる。

### 6.3 Lacco Ameno 放射能泉

Ischia 島の北西隅に位置する Lacco Ameno は有名な放射能泉である。主な温泉の温度と放射能は第 8 表に示す。

1938 年 12 月に Santa Restituta の庭(第 15 図, I-6 の近く)に浅井戸を掘つたところ、地表下約 3 m で温泉層に達し、水温、水質共に異なるいくつかの温泉が湧出した。その中で量の最も多いものの温度は 71°C、最高温度は 75°C であつたが、これは水量がわずかで放射能は最大であつた(第 9 表)。以上の如く Lacco Ameno では温度と放射能の関係は、少なくとも



第 15 図 ラッコ・アメノ温泉における放射能探査

第8表 ラッコ・アメノ温泉の放射能

源泉名	1918年	1937年	1938年	1939年
	M. 1141	1242	—	730
Greca	—	1164	1199	847
S. Restituta	—	271	—	—
Romana	—	36	—	—
R. Isabella	—	—	—	—

第9表 ラッコ・アメノで測定された最大放射能

測定年月日	測定水	温度	放射能
1937年7月12日	井戸全体	71 °C	M. 1700
7月23日	最高温水脈	75	2700
7月25日	"	75	2850
7月27日	最多量水脈	71	1390

観測された 75°C の温度までは、温度が上ると放射能も増加する傾向にあつた。これについては、割れ目を通つて高温の水蒸気とガスが地表にやつてきて、このガスの中にラドンが含まれていて、水に熱と放射能を与えると説明されている<sup>46)</sup>。

温泉水の放射能測定とは別に断層確認のために放射能探査が行なわれた<sup>47)</sup>。すなわち Ambronn の方法を用いて地中空氣の dispersion が測定された。第 15 図の上の部分には横軸は各測線東端からの距離、縦軸は 15 分後の電極の動きで示した放電量 (1 目盛は約 12 Volt) である。下の図では各測線の最高値が一線に並んでいることがわかる。この線は放射能を多く含む温泉の配列と一致し、Stufe di San Lorenzo やその他の噴気孔もこの線上にあつて、断層線であることが確認された。結論として断層線に対応して大きな放射能と熱があり、それらが断層からの距離と共に減少することがわかつた。

## 7. 南イタリアとシチリアの温泉

### 7.1 Guardia Piemontese<sup>27)</sup>

Napoli 以南の長靴の先の方には温泉は少ない。しかしその中で Guardia Piemontese 温泉には一寸ふれなければならない。この温泉は始生代の花崗片麻岩の中にある石灰岩塊から湧出しており、その周辺には同じく始生代の緑色片岩や雲母片岩が広く分布しているが、火成岩としては古生代の花崗岩の小さな露頭と極めてわずかの輝緑岩があるにすぎない。しかしその位置からみて火山構造線と深い関係にある。すなわち Lipari 群島は Lipari 島を中心に三枚羽根のプロペラのような形に並んでいるが、そのうちの一枚の羽根の方向を延長したとき、その線がイタリア半島に上陸したところに位置している。

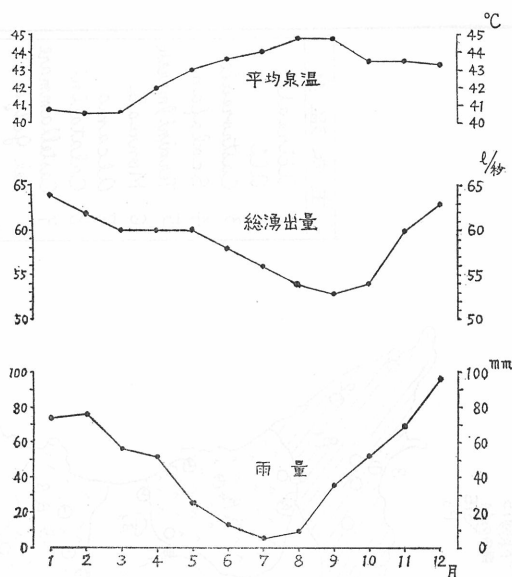
泉源は Galleria Calda (42.3°C)、Caronet, Minosse (43.3°C) と Galleria Fredda (21.2°C) とあつて硫化水素を含む多量のガスと共に噴出している。このため湧出口の池の水面には硫黄の薄層ができていて、この温泉は季節的变化が正確に測られていて、湧出量は 1 月に最大、9 月に最小であり、量の多い時は温度が低く、少いときは温度が高い。これを雨量の年変化と比べると、雨量の最小は 7 月で約 2 カ月のおくれがある (第 16 図)。これらの資料から、この温泉には雨水が多くまじっていること、また雨水の混入の場所は湧出口近くよりもむしろ温泉の生成される源近くであろうことが推定された<sup>7)</sup>。

### 7.2 シチリア島の地質と温泉の関係<sup>4)</sup>

地層の概略と温泉、冷泉、噴気孔の分布を第 17 図に示す。火山岩では SiO<sub>2</sub> が 50% 以上を酸性岩 (α)、それ以下を塩基性岩 (β) として区別した。それらの記号に伴う数字は、中生代の火山活動によるものを (1)、第三紀の隆起前のものを (2)、第三紀の隆起後および第四紀のもの (3)、歴史時代のもの (4) である。

非火山性地域では第四紀層と第三紀層が卓越している地域と中生代の白雲石灰岩や古生代の





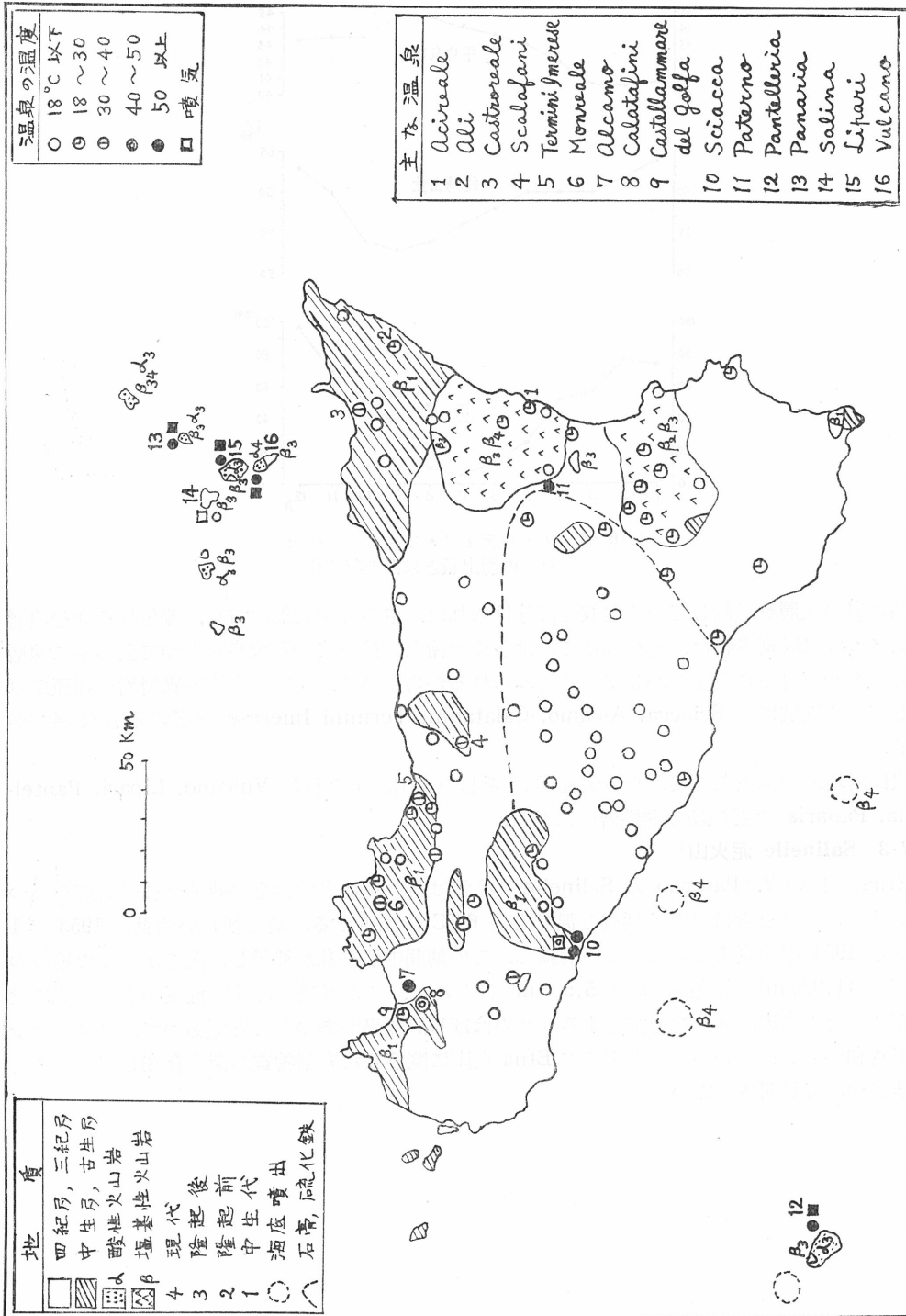
第 16 図 グアルディア・ピエモンテセ  
温泉の湧出量と泉温の年変化

結晶片岩の互層が卓越している地域とに分けられた。さらに中央部の石膏，硫化鉄を含む地層が大ざつばに区別された。それはここには多くの冷たい硫黄泉や食塩泉があつて明らかに地層中の硫黄や石膏や食塩を溶かしているとみられるからである。西部の白雲石灰岩層の露頭が卓越している地域には Sciacca, Alcamo, Calatafini, Termini Imerese などの著名な温泉がある。

火山岩地域では主な温泉群や噴気孔群は新しい火山，すなわち Vulcano, Lipari, Pantelleria, Panaria などの島の酸性岩中にある。

### 7.3 Salinelle 泥火山<sup>1)</sup>

Etna 火山の南，Paterno の Salinelle は平常は冷たい食塩泉で食塩の結晶が孔の周辺を蔽っているが，ときどきはげしく活動し温度も約 60°C に上昇する。最も新しい活動は 1953 年 1 月から 1954 年の夏までののはげしい活動で，この期間中活動孔が移動し，泥をかぶつた地域の面積は 11,000 m<sup>2</sup>，全噴出泥量は 5,500 m<sup>3</sup> に及んだ。この爆発の特徴は温度の上昇と共に炭酸ガス，硫化水素，メタンを主とするガスのはげしい放出があつたことであつて，メタンは少し不調和かもしれないが，この下に古 Etna 火山に関連した岩漿物質が深く存在していることと結びつけて説明されている。



第17図 シチリア島の温泉

## 文 献

- 1) T. C. I.: L'Italia Fisica, (1957)
- 2) L. Marieni: Acque Minerali, (1870)
- 3) G. S. Vinaj, R. Pinali: Le Acque Minerali e gli Stabilimenti Termali Idropinici ed Idroterapici D'Italia, (1916~1923)
- 4) G. F. Gion, C. Sommaruga: Rivista Mineraria Siciliana, 4, 172, (1953).
- 5) G. P. Francalanci: Atti Soc. Toscana di Sc. Naturali, A-II, 65, 371, (1959)
- 6) F. Mameli, U. Carretta: Accademia Patavina di Scienze Lettere ed Arti, 66, (1954)
- 7) K. Yuhara: Annali di Geofisica, 16, 139, (1963)
- 8) M. Betti, G. B. Bonino: Reale Accademia D'Italia, 5, 1, (1933)
- 9) B. P. Boschesi: L'Acqua di Merano, (1960)
- 10) G. Puggioni: Minerva Medica, (1960)
- 11) L. Devoto: Indicazioni dell'Acqua di S. Pellegrion, (1954)
- 12) G. Guidi, C. Starnotti: Archivio Italiano di Scienze Farmacologiche, 1, (1934)
- 13) L. Gnocchi: Salice Terme e le sue Cure, (1956)
- 14) G. Bragagnoxo: Annali di Chimica Applicata, 29, (1939)
- 15) R. Andrisano, L. Amoretti, G. C. Artusi: 3° Simposio Internazionale di Solfoterapia, 2, (1959)
- 16) G. Bonamartini: L'Idrologia, la Climatologia e la Terapia Fisica, 33, (1922)
- 17) B. Grassi, C. Villani: La Clinica Termale, 11, 89, (1953)
- 18) C. Porlezza: Indagini Chim. e Chimico-fisiche sull'Acque di Caldana, (1954)
- 19) L. Oddone: Cenni Orientativi sulla Stazione Climatica-Idrotermale delle Galleraie
- 20) P. Berbeni: Annali di Chimica, 50, 1769, (1960)
- 21) G. Sigismondi: L'Acqua Angelica e i Bagni di Nocera Umbra, (1952)
- 22) A. B. Sannelli: Igiene e Sanita Pubblica, 17, 390, (1961)
- 23) P. C. Federici, I. Palumbi: Minerva Idroclimatologica, 1, 214, (1961)
- 24) D. Giaxa: Analisi delle Acque di Caramanico, (1941)
- 25) F. Arienzo: Politera, nella Stazione Balneo-Termale di Torre Annunziata, (1951)
- 26) B. Visintin: Collana Scientifica Centro Studi Ischiaterme, 1, (1956)
- 27) I. Donfrancesco: Le Acque Termali di Guardia Piemontese, (1951)
- 28) A. Milella: Le Acque di Torre Canne, (1960)
- 29) G. Ruata: Le Terme di Castoreale, (1950)
- 30) M. Scudero: La Clinica Termale, 8, 218, (1955)
- 31) G. Massaro: Idrologia, 135, (1931)
- 32) C. Serio: Rivista Mineraria Siciliana, 5, 251, (1954)
- 33) T. C. I.: Stazioni Idrominerali, (1955)
- 34) Statistica: Rivista Mineraria Siciliana, 1~13, (1950~1962)
- 35) F. Penta: Annali di Geofisica, 8, 3, (1954)
- 36) 湯原浩三: 地熱, No. 2, (1963)
- 37) B. Lotti: Geologia della Toscana, IV, (1910)
- 38) B. Conforto: L'Ingegnere, 6, (1956)
- 39) A. Noi: Le Sorgenti Termominerali e le Manifestazioni Fumaroliche nel Lazio, (1956)
- 40) K. Yuhara, R. Ribacchi: L'Industria Mineraria, 14, 261, (1963)
- 41) B. Conforto: L'Industria Mineraria, 3, (1952)
- 42) B. Conforto: L'Ingegnere, 4, (1954)
- 43) U. Sborgi: La Ricerca Scientifica, 2, 323, (1937)
- 44) L. Sicardi: Bulletin Volcanologique, II, 18, 151, (1956)
- 45) B. Santi: Bulletin Volcanologique, II, 16, 3, (1955)
- 46) G. Imbo: La Ricerca Scientifica, 18, 929, (1939)
- 47) G. Imbo: La Ricerca Scientifica, 17, 936, (1939)