

箱根火山における温泉成分の連続観測, 1971

粟屋 徹, 平野富雄, 広田 茂

神奈川県温泉研究所*

Observation of the Chemical Composition of Thermal Waters in Hakone Volcano, 1971
by

Tōru AWAYA, Tomio HIRANO and Shigeru HIROTA

Hot Spring Research Institute of Kanagawa Prefecture
Hakone, Kanagawa

(Abstract)

Temperature of thermal waters discharged from several drill holes in Gōra and the surrounding area jumped 20°C on May, 1967. The abnormal high temperature has been continued for five years.

Chemical compositions (evaporated residue, chloride, sulfate, hydrocarbonate and silica) of five thermal waters (Fig. 1) were measured from January, 1971 to January, 1972.

In the shallow waters (Yumoto A₂ and Sokokura B₁), variation of dissolved materials, especially evaporated residue and chloride, is closely related with rainfall. In the deep waters (Gōra C), variation of dissolved materials is not distinctly related with rainfall.

まえがき

昭和42年5月に箱根強羅地区の一部で泉温が急上昇した。この現象はしだいに底倉、宮の下に及び、現在まで継続し、5年目になろうとしている。広田他(1969~1972)は、箱根の代表的な地点で温泉および地中温度の連続観測を実施している。強羅地区の泉温異常上昇の水理地質学的考察は、大木他(1968)により解析され、群発地震と関連づけられている。また、泉温異常上昇と温泉成分の変化について、平野他(1968)は両者の相関を明らかにした。この報告は、上記の異常現象の動きと、泉温の変化との関係を補足する意味で、昭和46年1月より約1年間、箱根の5ヶ所の地点で、温泉成分を連続観測したものである。

*神奈川県箱根町湯本997 〒250-03

神奈川県温泉研究所報告 第3巻, 第1号, 33—40, 1972

採 水

採水地点は、泉温の連続観測が行なわれている地点（広田他1972）から5点を選んだ。（図1）、（表1）。採水は毎週または隔週に行なった。現地では、泉温、pH、メタ珪酸 H_2SiO_3 を測定した。他の温泉成分（蒸発残留物、塩素イオン Cl^- 、硫酸イオン SO_4^{2-} および総炭酸物質 ΣCO_2 ）は、なるべく当日測定するようにした。湧出量は測定困難のものが多く、断片的にしか測れなかった。

観 測 結 果

それぞれの温泉について、測定結果を（表2 a～e）、（図2 a～e）に示す。比較のために、「神奈川県気象月報」による、その地域の降水量をあわせて記入した。

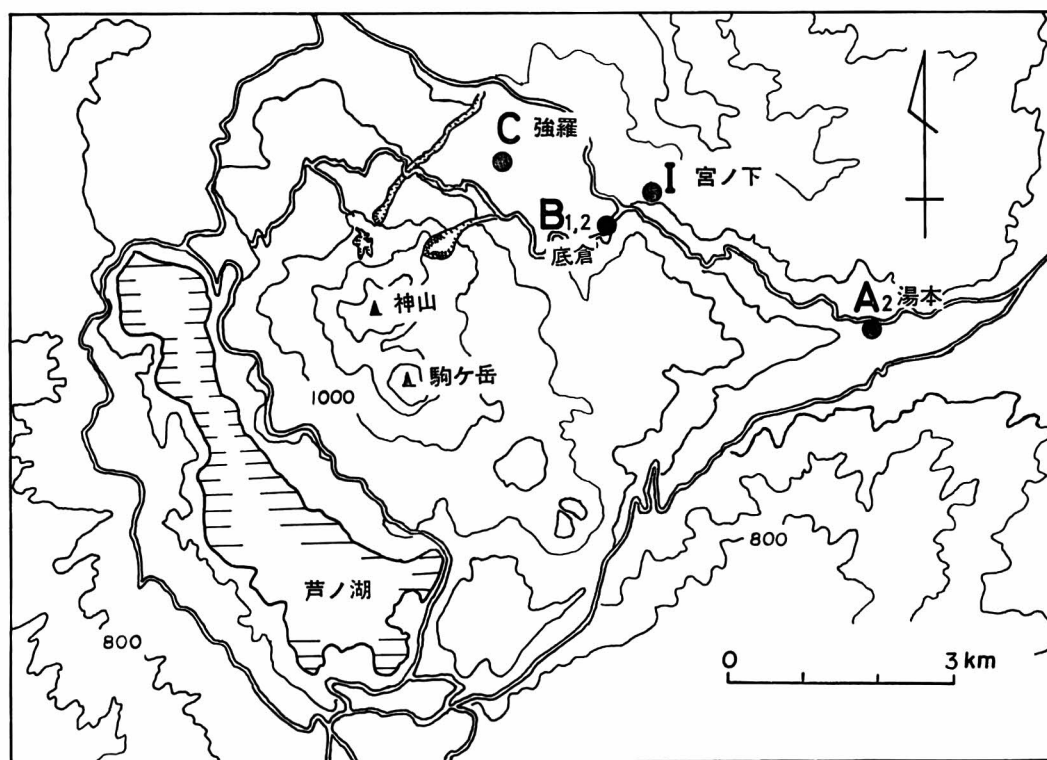
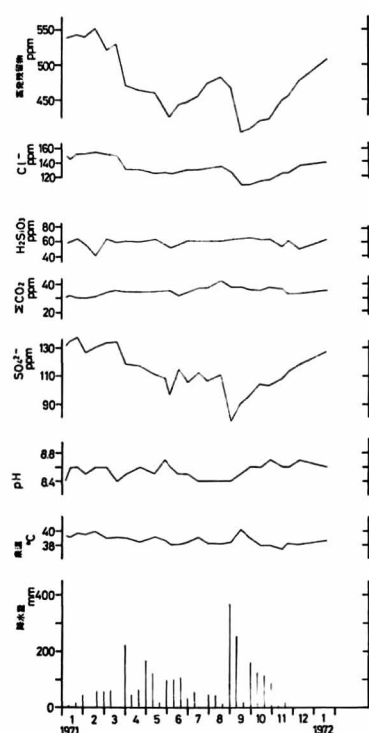


図1, 表1 採 水 位 置

地 区	位	置	源泉台帳番号	摘 要
A ₂	湯本字湯場	湯 本 旧 湯	元 湯 本 町 9 号	竪穴湧泉
B ₁	底 倉	蛇 骨	元 温 泉 村 30 号	蛇骨川右岸より自然湧出
B ₂	底 倉	蛇 骨	元 温 泉 村 28 号	同 上
C	強 羅	翠 光 館	元宮城野村50号	エアーリフトポンプによる揚湯
I	宮 の 下	奈 良 屋	元 温 泉 村 50 号	横穴湧泉

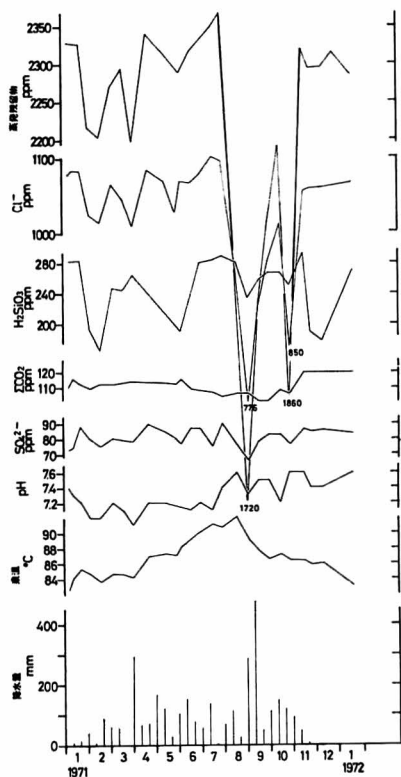
湯本 A₂ これは湯坂山山体より自然湧出する 地下の浅い温泉で、基盤岩類中の温泉一塩化物重炭酸塩硫酸塩泉（混合型）に属する（大木他 1968）。蒸発残留物は降水量の増加とともに減少し、降水量が減少すると増加する。 Cl^- や SO_4^{2-} も、蒸発残留物と同様に、降水量に影響される。しかし、 H_2SiO_3 や ΣCO_2 は降水量にそれほど影響されず、ほとんど一定である。pH は 8.4~8.7 とほとんど一定で、夏季にやや低下する。



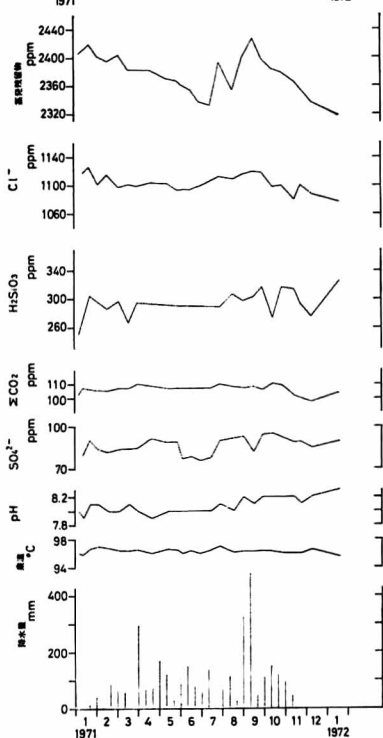
Date	Temp.	pH	Residue	Cl^-	SO_4^{2-}	ΣCO_2	H_2SiO_3
46. 1. 6	39.5		540.	150.	131.	30.7	57.3
46. 1. 12	39.3	8.6		145.	134.	31.8	
46. 1. 22	39.8	8.6	544.	152.	137.	30.7	63.7
46. 2. 4	39.7	8.5	541.	152.	126.	30.1	54.6
46. 2. 18	40.0	8.6	553.	155.	130.	31.2	40.3
46. 3. 4	39.1	8.6	522.	151.	133.	34.0	61.5
46. 3. 18	39.2	8.4	531.	150.	134.	35.6	58.7
46. 4. 1	39.2	8.5	472.	130.	118.	34.3	61.3
46. 4. 21	38.6	8.6	465.	130.	117.		
46. 5. 13	39.3	8.5	461.	124.	111.	34.8	
46. 5. 27	38.8		438.	125.	108.	35.5	
46. 6. 4	38.2		425.	124.	96.2	35.1	51.2
46. 6. 17	38.2	8.5	444.	126.	114.	31.7	
46. 6. 29	38.5	8.5	448.	129.	105.		60.8
46. 7. 15	39.2	8.4	456.	129.	112.	37.0	61.1
46. 7. 28	38.4	8.4	474.	131.	106.	37.3	61.1
46. 8. 17	38.3	8.4	483.	134.	110.	42.1	60.9
46. 9. 2	38.5	8.4	468.	126.	77.0	37.3	63.1
46. 9. 16	40.3	8.5	405.	108.	90.4	37.8	65.3
46. 9. 29	39.0	8.6	409.	108.	96.6	35.7	64.5
46. 10. 14	38.0	8.6	421.	113.	104.	35.2	62.0
46. 10. 27	38.0	8.7	423.	115.	103.	37.3	63.1
46. 11. 15	37.5	8.6	451.	124.	108.	36.7	53.4
46. 11. 24	38.3	8.6	456.	125.	113.	33.1	60.9
46. 12. 10	38.1	8.7	478.	134.	118.	33.7	49.8
47. 1. 20	38.7	8.6	508.	140.	127.	35.6	63.8

図 2-a, 表 2-a 湯本 A₂の連続観測結果

底倉（上） B₁ 蛇骨沢、車沢の合流地点に湧出する蛇骨湧泉の一つである。これは 泉温異常現象が起る以前は 73.5℃（昭和 41 年 8 月）であったが、昭和 42 年以来泉温がしだいに上昇し、現在は 85℃ 前後の高温状態が続いている。昭和 46 年 5 月中旬から泉温はさらに上昇し、8 月中旬には今までの最高の 92.2℃ を示した。その頃から、岩石の割れめから噴出する熱水蒸気は一段と激しくなった。蛇骨石（白い珪華の沈積）の生成も増加した。蒸発残留物や溶存成分は変動が激しく、とくに 9 月 2 日には極端に低下した。これは 8 月 30 日の台風 23 号による 300mm の降水のために、湧出量が増加して温泉成分が相対的に減少したものであろう。



Date	Temp.	pH	Residue	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	ΣCO ₂	H ₂ SiO ₃
46. 1. 6	82.4	7.4	2330.	1078.	72.9	110.	283.
46. 1.12	84.0	7.3		1084.	74.5	116.	
46. 1.22	85.3	7.2	2328.	1084.	88.4	112.	284.
46. 2. 4	84.7	7.0	2217.	1025.	79.9	109.	193.
46. 2.18	83.6	7.0	2204.	1014.	75.5	112.	165.
46. 3. 4	84.7	7.2	2271.	1066.	80.6	112.	247.
46. 3.18	84.6	7.1	2294.	1047.	79.5	113.	240.
46. 4. 1	84.2	6.9	2198.	1010.	78.3	114.	265.
46. 4.21	86.9	7.2	2340.	1084.	90.0		
46. 5.13	87.3	7.2	2316.	1070.	85.0	113.	
46. 5.27	87.0		2226.	1027.	80.4	112.	
46. 6. 4	88.3		2289.	1069.	77.0	115.	190.
46. 6.17	89.3	7.1	2317.	1067.	87.3	109.	
46. 6.29	90.2	7.2	2032.	1078.	87.3		281.
46. 7.15	91.2	7.1	2347.	1102.	74.9	107.	284.
46. 7.28	90.7	7.4	2368.	1096.	90.8	104.	289.
46. 8.17	92.2	7.6	1993.	939.	76.6	106.	281.
46. 9. 2	89.2	7.3	1721.	776.	66.0	106.	233.
46. 9.16	87.5	7.5	1982.	904.	78.5	101.	257.
46. 9.29	86.5	7.5	2091.	963.	86.2	101.	267.
46.10.14	87.2	7.2	2192.	1012.	86.1	108.	267.
46.10.27	86.4	7.6	1862.	850.	76.4	106.	250.
46.11.15	86.3	7.6	2320.	1055.	86.7	120.	293.
46.11.24	85.8	7.4	2295.	1059.	85.4		189.
46.12.10	86.0	7.4	2296.	1061.	86.2		177.
47. 1.20	83.0	7.6	2285.	1067.	84.0	120.	271.

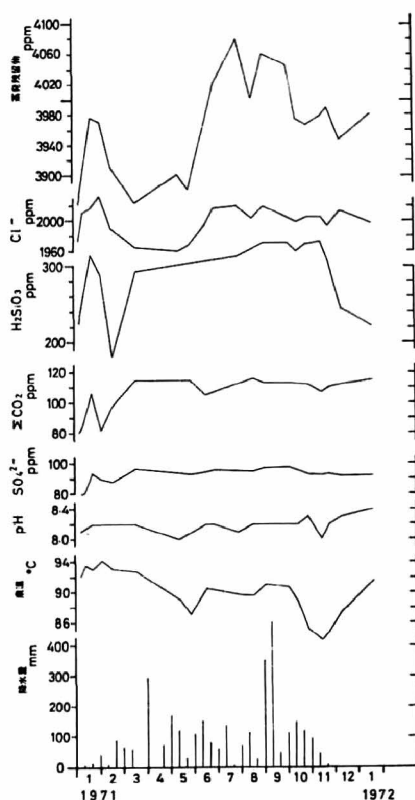
図2-b, 表2-b 底倉 (上) B₁の連続観測結果

Date	Temp.	pH	Residue	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	ΣCO ₂	H ₂ SiO ₃
46. 1. 6	96.0	8.0	2405.	1119.	65.6	102.	250.
46. 1.12	95.9	7.9		1117.	79.1	107.	
46. 1.22	96.7	8.1	2419.	1126.	89.9	106.	304.
46. 2. 4	97.0	8.1	2402.	1101.	83.5	105.	
46. 2.18	96.8	8.0	2395.	1115.	81.2	105.	285.
46. 3. 4	96.4	8.0	2404.	1097.	83.7	107.	296.
46. 3.18	96.4	8.1	2383.	1101.	83.7	107.	266.
46. 4. 1	96.5		2383.	1099.	84.4	110.	295.
46. 4.21	96.0	7.9	2382.	1104.	91.2		
46. 5.13	96.6	8.0	2370.	1103.	88.5	107.	
46. 5.27	96.5		2367.	1093.	88.9	107.	
46. 6. 4	96.0		2361.	1094.	76.3	107.	296.
46. 6.17	96.4	8.0	2354.	1094.	78.2	107.	
46. 6.29	96.0	8.0	2337.	1098.	75.5		290.
46. 7.15	93.5	8.0	2333.	1107.	77.5	107.	289.
46. 7.28	97.0	8.1	2393.	1112.	89.6	110.	289.
46. 8.17	96.2	8.0	2354.	1109.	91.6	108.	307.
46. 9. 2	96.3	8.2	2400.	1115.	92.3	107.	297.
46. 9.16	96.3	8.1	2426.	1119.	81.7	108.	302.
46. 9.29	96.4	8.2	2398.	1118.	93.5	106.	316.
46.10.14	96.3	8.2	2383.	1098.	94.3	110.	272.
46.10.27	96.1	8.2	2379.	1100.	92.0	109.	316.
46.11.15	96.1	8.2	2366.	1080.	88.2	102.	314.
46.11.24	96.0	8.1	2356.	1101.	88.7	100.	294.
46.12.10	96.5	8.2	2338.	1088.	84.8	97.4	275.
47. 1.20	95.5	8.3	2319.	1077.	89.3	104.	325.

図2-c, 表2-c 底倉 (中) B₂の連続観測結果

底倉(中) B₂ 底倉(上)と約50m離れた地点にあるが、泉温および温泉成分の変化の様子は異なっている。すなわち、泉温は96℃で一定しており、蒸発残留物と降水量との直接的な関係は見られない。年間を通じて、蒸発残留物は2400ppmから2300ppmへ減少し、Cl⁻も約400ppm減少している。H₂SiO₃、ΣCO₂およびSO₄²⁻はほとんど一定である。

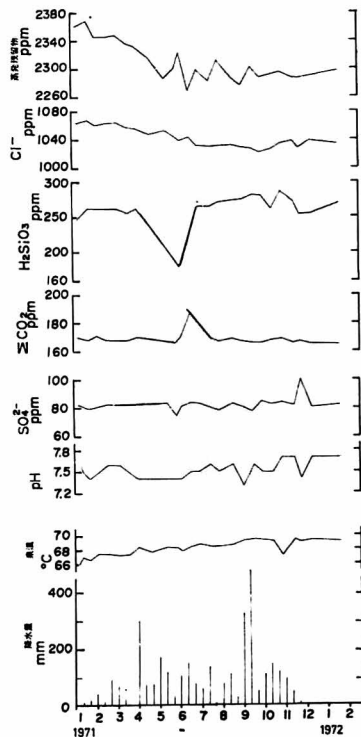
強羅 C 42年5月に異常高温が観測され、注目を浴びた翠光館源泉を観測した。これは典型的な食塩泉で、深さ約400mである。エアーリフトポンプで断続的に揚湯しているが、炭酸カルシウムの沈積物が付着しやすく、2～3ヶ月に一回、井戸掃除をしている。泉温は92℃前後を変動しているが5月下旬と11月上旬に低下している。蒸発残留物やCl⁻は類似の変化をするが、降水量との関係は明らかでない。



Date	Temp.	pH	Residue	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	ΣCO ₂	H ₂ SiO ₃
46. 1. 6	92.0	8.1	3859.	1971.	79.1	79.5	224.
46. 1.12	93.5			2010.	80.2	86.4	
46. 1.22	93.0	8.2	3977.	2017.	93.5	106.	315.
46. 2. 4	94.2	8.2	3971.	2033.	89.6	81.8	288.
46. 2.18	93.0	8.2	3911.	1990.	87.7	97.7	180.
46. 3.18	92.7	8.2	3864.	1965.	96.2	115.	294.
46. 5.13	89.0	8.0	3902.	1960.	93.9		
46. 5.27	87.0		3881.	1968.	93.1	115.	
46. 6.17	90.5	8.2	3958.	1995.	94.3	105.	
46. 6.29		8.2	4024.	2018.	95.5		310.
46. 7.28	89.7	8.1	4081.	2020.		112.	313.
46. 8.17	89.6	8.2	4002.	2003.	95.0	116.	324.
46. 9. 2	91.0	8.2	4061.	2020.	97.0	113.	331.
46.10. 2	90.7	8.2	4046.	2005.	97.4	113.	331.
46.10.14	88.7	8.2	3974.	1999.	95.4		320.
46.10.27	85.2	8.3	3967.	2005.	93.1	112.	330.
46.11.15	83.7	8.0	3978.	2005.	92.6	107.	333.
46.11.24	84.8	8.2	3990.	1993.	93.1	110.	306.
46.12.10	87.5	8.3	3947.	2014.	91.9	112.	244.
47. 1.20	91.6	8.4	3982.	1997.	92.3	115.	221.

図2-d, 表2-d 強羅 Cの連続観測結果

宮の下 I 奈良屋源泉の自然湧出している「月の湯」を観測した。泉温は徐々に上昇しており、年間を通じて約3℃上昇している。広田他(1972)は高温泉の流れがこの地域にはい出てきたと推定している。しかし、蒸発残留物、Cl⁻は減少する傾向を示し、この泉質の変化は説明しにくい。今後の観測が期待される。



Date	Temp.	pH	Residue	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	ΣCO ₂	H ₂ SiO ₃
46. 1. 6	66.0	7.7	2360.	1064.	82.3	170.	247.
46. 1.12	67.0	7.5					
46. 1.22	66.6	7.4	2369.	1068.	79.2	168.	263.
46. 2. 4	67.5		2346.	1061.		171.	
46. 2.18	67.5	7.6	2346.	1064.	82.9	168.	
46. 3. 4	67.3	7.6	2348.	1065.	77.5	168.	262.
46. 3.18	67.4	7.5	2337.	1058.	82.1	168.	256.
46. 4. 1	68.4	7.4	2332.	1056.	81.4	170.	262.
46. 4.21	67.7	7.4	2316.	1048.	82.7		
46. 5.13	68.4	7.4	2287.	1053.	83.5		
46. 5.27	68.3		2301.	1044.	74.3	166.	
46. 6. 4	67.8	7.4	2322.	1039.	81.1	170.	181.
46. 6.17	68.5	7.5	2269.	1044.	83.8	187.	
46. 6.29	68.8	7.5	2299.	1031.	83.5		265.
46. 7.15	68.5	7.6	2283.	1030.	80.7	170.	265.
46. 7.28	68.5	7.5	2313.	1031.	78.1	167.	271.
46. 8.17	68.7	7.6	2289.	1032.	83.1	169.	274.
46. 9. 2	69.3	7.3	2277.	1029.	80.7	167.	275.
46. 9.16	69.5	7.6	2303.	1027.	77.4	166.	281.
46. 9.29	69.4	7.5	2288.	1022.	84.6	166.	280.
46.10.14	69.2	7.5	2292.	1026.	82.7	168.	261.
46.10.27	67.2	7.7	2296.	1034.	84.0	169.	286.
46.11.15	69.5	7.7	2288.	1038.	81.7	166.	272.
46.11.24	69.1	7.4	2287.	1028.	99.7	167.	153.
46.12.10	69.4	7.7	2290.	1038.	80.2	165.	254.
47. 1.20	69.2	7.7	2299.	1034.	82.1	165.	269.

図2-e, 表2-e 宮の下 I の連続観測結果

考察

陰イオンモル比の変化 平野他(1968)

は泉温異常上昇により Cl^- が増加し、相対的に SO_4^{2-} , ΣCO_2 が減少する事を示した。それぞれの温泉について、温泉中の主な陰イオン (Cl^- , SO_4^{2-} , ΣCO_2) のモル比を三角座標に投影した (図3)。湯本 A_2 がかなりばらついているのは温泉成分が少なく、地表水の影響を受けやすいためであろう。底倉 (上) B_1 , 底倉 (中) B_2 , 強羅 C および宮の下 I では個々の成分は季節や降水量により変動するが、陰イオンモル比をとるとほとんど一定している。

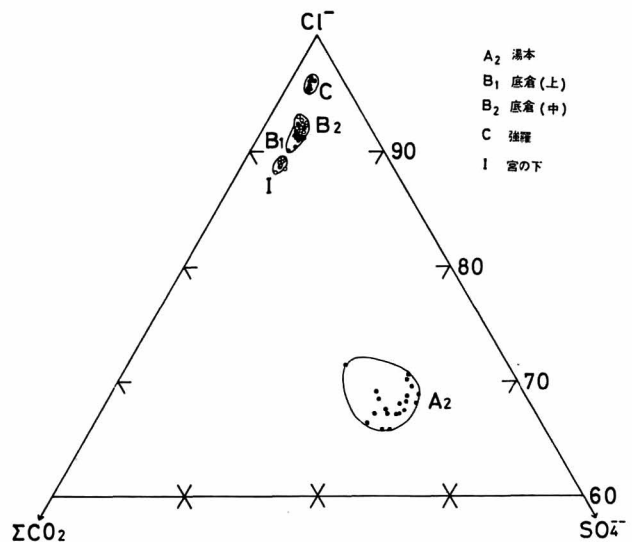


図3 それぞれの温泉における、一年間の陰イオン比の変化

蒸発残留物と泉温, Cl^- , SO_4^{2-} , H_2SiO_3 および ΣCO_2 との関係 それぞれの温泉について, 溶存成分のあるものは蒸発残留物と類似の変化を描き, あるものはほとんど一定で変化しない。これを(図4 a~e)で検討しよう。

湯本A₂では泉温, Cl^- および SO_4^{2-} は蒸発残留物に比例し, H_2SiO_3 や ΣCO_2 は蒸発残留物が増減しても一定である。底倉(上)B₁では Cl^- は蒸発残留物と良い比例関係を示し, ほとんど一直線上にのる。 H_2SiO_3 および泉温は蒸発残留物が多くなると図上でばらつきが出てくる。底倉(中)B₂では Cl^- は蒸発残留物にやや比例し,

泉温, ΣCO_2 および SO_4^{2-} は一定であり, H_2SiO_3 は分散しており相関がない。強羅Cでも H_2SiO_3 は分散しており, 泉温も同様である。 ΣCO_2 や SO_4^{2-} は一定である。

宮の下Iでは ΣCO_2 , SO_4^{2-} は一定であるが, 泉温は蒸発残留物に逆比例しており, 特異的である。

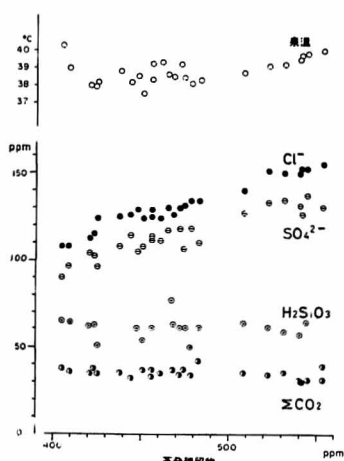


図4-a 湯本 A₂

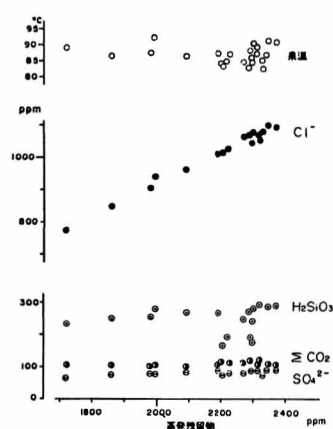


図4-b 底倉 (上) B₁

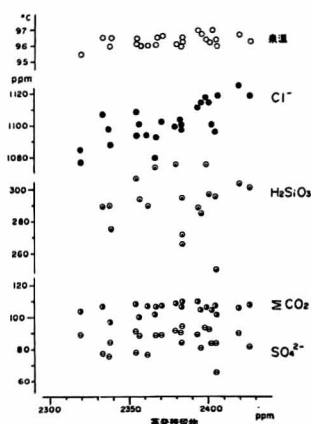


図4-c 底倉 (中) B₂

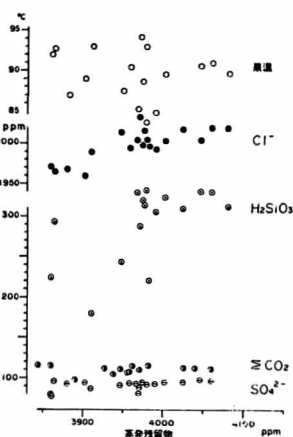


図4-d 強羅 C

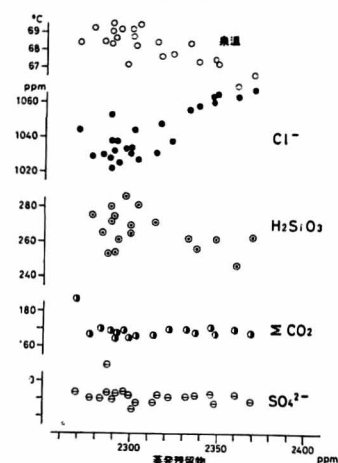


図4-e 宮の下 I

ま と め

強羅, 底倉地区では現在に至るまで高温異常現象が続いているので, 箱根火山をとりまく5地点の温泉の溶存成分を連続的に測定した。今後, この高温異常が何年続くか, さらに観測を続けなければならない。

謝 辞

温泉採水にあたって、湯本旧湯、富士屋ホテル、翠光館、奈良屋の各源泉所有者には、便宜をはかって頂いた。小田原保健所岩田義徳温泉課長には、温泉課に集められている資料を参照する機会を与えて下さった。温泉研究所長大木靖衛博士、久保田博管理課長、平賀士郎温泉地質科長、荻野喜作地下水科長、他多くの職員の方々は調査を円滑に進めるために色々お世話をして下さった。記して謝意を表します。この調査は神奈川県温泉研究所の温泉等研究調査費で実施した。

参考文献

- 平野富雄，大木靖衛，田嶋鍬子（1968），箱根強羅温泉の温度異常上昇と温泉成分の変化について，神奈川温研報告 No. 6，51—62.
- 平野富雄，田嶋鍬子（1969），箱根姥子湧泉の泉質の連続観測，神奈川温研報告 No. 8，13—22.
- 平野富雄，大木靖衛，栗屋徹（1972），箱根湯本，塔ノ沢温泉の泉質，神奈川温研報告 Vol. 3，No. 3，109—130.
- 広田茂，平賀士郎，河西正男（1969），箱根火山における温泉および地中温度の連続観測，1968，神奈川温研報告 No. 7，31—37.
- 広田茂，平賀士郎，河西正男，小鷹滋郎，小沢清（1970），箱根火山における温泉および地中温度の連続観測，1969，神奈川温研報告 No. 11，25—32.
- 広田茂，横山尚秀，河西正男，大山正雄，小沢清（1971），箱根火山における温泉および地中温度の連続観測，1970，神奈川温研報告 Vol. 2，No. 2，21—30.
- 広田茂，栗屋徹（1972），箱根火山における温泉および地中温度の連続観測，1971，神奈川温研報告，Vol. 3，No. 1，25—32.
- 池田長生（1955），那須温泉の化学的研究，第7報，日本化学雑誌 Vol. 76，No. 7，711—713.
- 池田長生（1955），那須温泉の化学的研究，第10報，日本化学雑誌 Vol. 76，No. 8，836—839.
- 神奈川県農政部，横浜気象台共編（1971），神奈川県気象月報，第246号～第256号.
- 神奈川県小田原保健所温泉台帳.
- 益子安，甘露寺泰雄（1965），伊東温泉の化学成分の経年変化，温泉科学 Vol. 15，No. 3～4，113—124.
- 日本火山学会編（1971），箱根火山，箱根町.
- 大木靖衛，荻野喜作，平野富雄，広田茂，大口健志，守矢正則（1968），箱根強羅温泉の温度異常上昇とその水理地質学的考察，神奈川温研報告 No. 6，1—20.
- 大木靖衛，平野富雄，田嶋鍬子（1968），箱根温泉の成因，神奈川温研報告 No. 6，35—50.
- 大木靖衛，平野富雄（1970），箱根火山の温泉，箱根町集団施設地区計画調査報告書別刷，140—338.
- 湯原浩三，瀬野錦蔵（1969），温泉学，地人書館.