

大涌沢地すべり対策調査 (昭和59年度) 放熱量調査

杉山茂夫，小鷹滋郎，大山正雄，大木靖衛

神奈川県温泉地学研究所*

Geothermal Study for Prevention of Landslide in
Owaki — dani Solfataric Area, Hakone, 1984

Shigeo SUGIYAMA, Shigeo ODAKA, Masao OYAMA and Yasue OKI
Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture
Hakone, Kanagawa

1. はじめに

この調査は神奈川県土木部小田原土木事務所の依頼により，大涌沢地すべり対策事業の一環として温泉地学研究所が実施したものである。温泉地学研究所は小田原土木事務所の依頼により，昭和53年度から大涌沢上流部と旧神山登山道沿いの噴気地帯の地中温度分布等の調査を毎年実施してきた。

昭和58年度から大涌沢地すべり防止区域を3分割し，3年で大涌沢全域の地温分布，放熱量，水質を調査する計画である。昭和59年度は2年目に当り，その調査地域は図1のとおりである。

2. 地温分布調査

図2に調査地域の深度50cmの地温分布図を示す。図中の大きい白丸は蒸気井である。小さい白丸は地温勾配，熱伝導率を測定した地点であり，黒丸は採水地点である。

90°Cの等温線で囲まれる区域は主として流体で熱が運ばれており，その面積は1,154 m²である。20°C~60°Cの等温線で囲まれる区域は主として熱伝導により放熱しており，その面積は15,112 m²で、90°C以上の面積の13倍である。

* 神奈川県足柄下郡箱根町湯本997 〒250-03

神奈川県温泉地学研究所報告 第16巻，第5号，1-12，1985

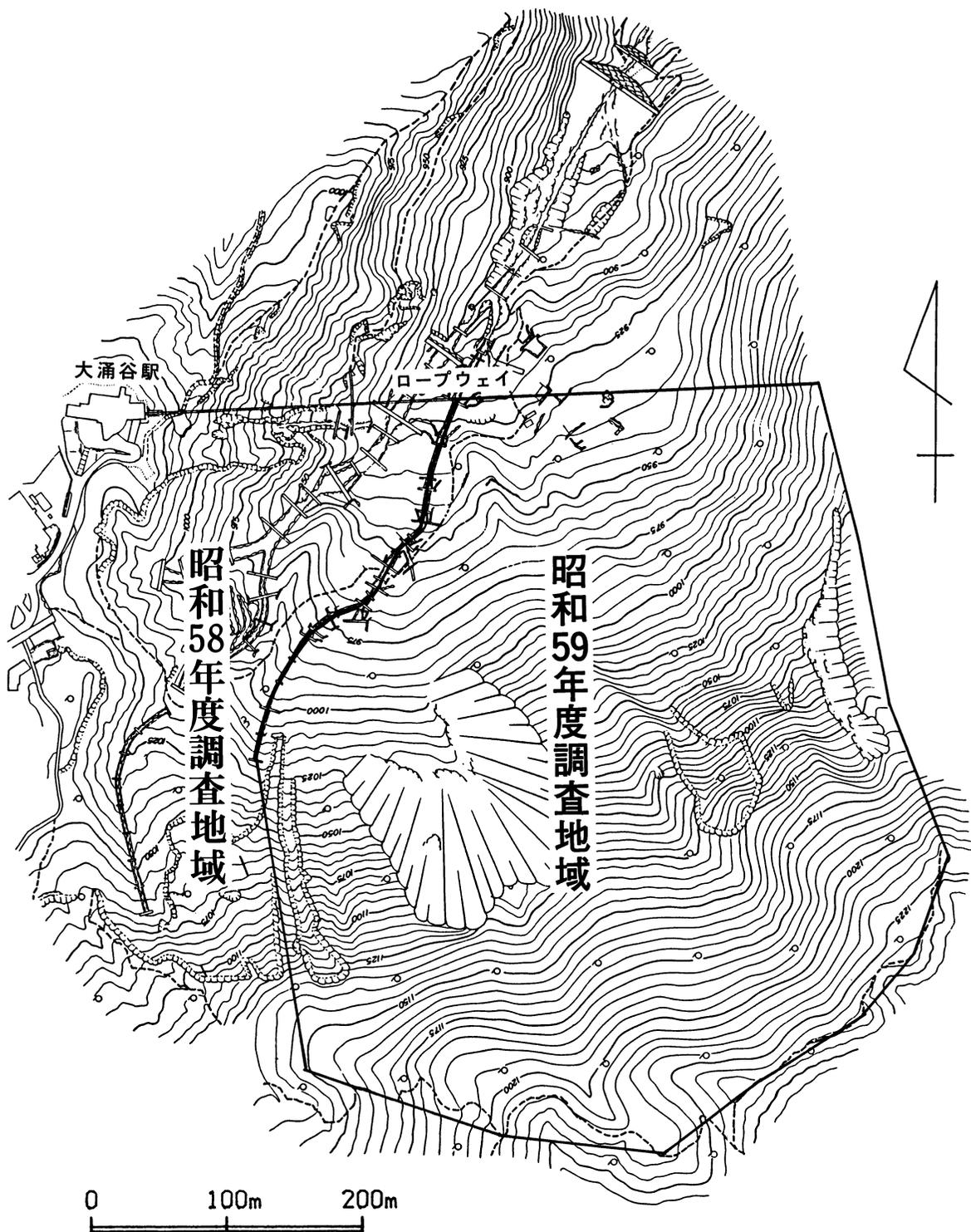


図1 昭和59年度 大涌沢調査地域

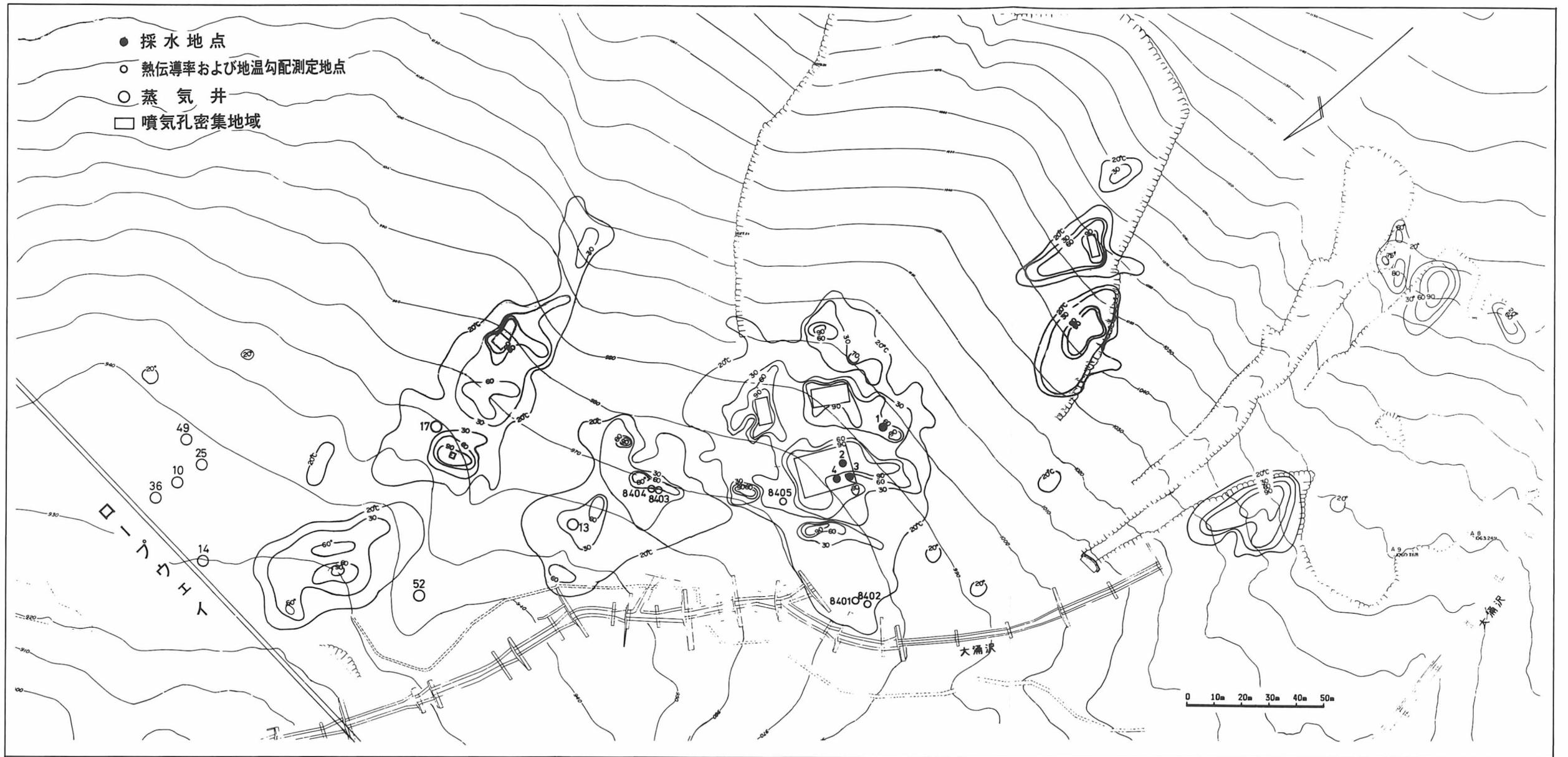


図2 昭和59年度大涌沢調査地域の地中温度分布図（深度50m）

表 1 に 20°C, 30°C, 60°C, 90°C の等温線で囲まれる面積を示した。この地域の調査は 3 年後に実施されるので、その時の地温分布とその面積を比較することより、噴気活動の経年変化を把握することが出来る。

3. 放熱量調査

大涌沢の噴気地帯からは熱伝導、自然噴気蒸気井、湧水によって放熱がおこなわれている。昭和59年度の調査地域には湧水がないので、熱伝導、自然噴気、蒸気井による放熱量を調査した。

(1) 熱伝導による放熱量

熱伝導による熱流量 Q' は dZ 間の温度差 dT による温度勾配 dT/dZ と熱伝導率 K から

$$Q' = K \frac{dT}{dZ} \dots\dots\dots (1)$$

となるので、地表の面積 S からの放熱量 Q は

$$Q = SQ' \dots\dots\dots (2)$$

として求められる。

土壌粒子や岩石などの混合物である噴気地帯の土の平均熱伝導率は梶原（1960）の装置

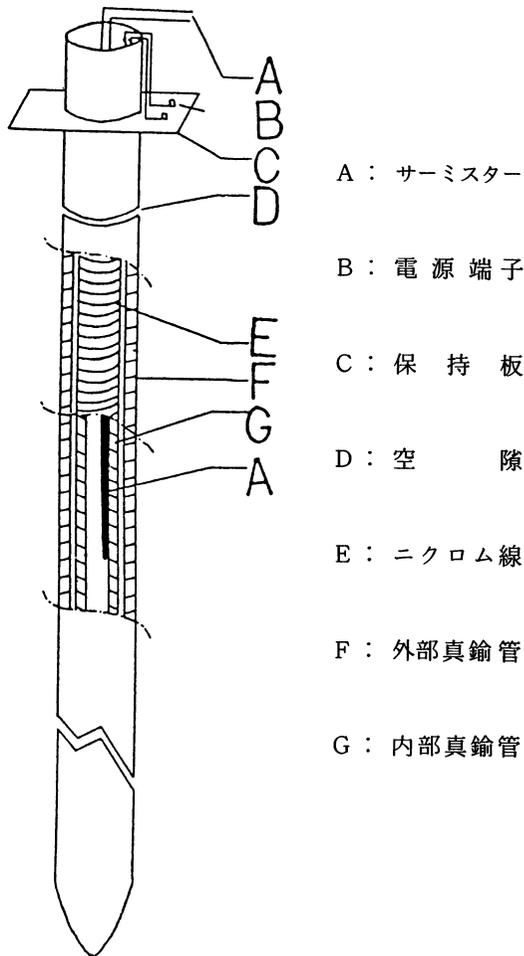


図 3 熱伝導率測定装置（梶原，1960）

（図 3）とほぼ同様の装置で測定した。地中に埋めた長さ 1 m の真鍮管に連続的に熱を与え、管内の温度上昇の時間的変化をサーミスタ温度計で計測し（加熱法）その直後、熱の供給を停止し、管内の温度低下を同様に計測した（回復法）。

Q を吸発熱量、 K を熱伝導率とすれば、時間 t_1 と t_2 の温度差 ΔT は近似的に

表 1 昭和59年度大涌沢調査地域の等温線で囲まれる面積

20 ~ 30 °C (㎡)	30 ~ 60 °C (㎡)	60 ~ 90 °C (㎡)	90 °C 以上 (㎡)
8, 926	4, 452	1, 734	1, 154

Fig.4 (Thermal Conductivity Analysis)

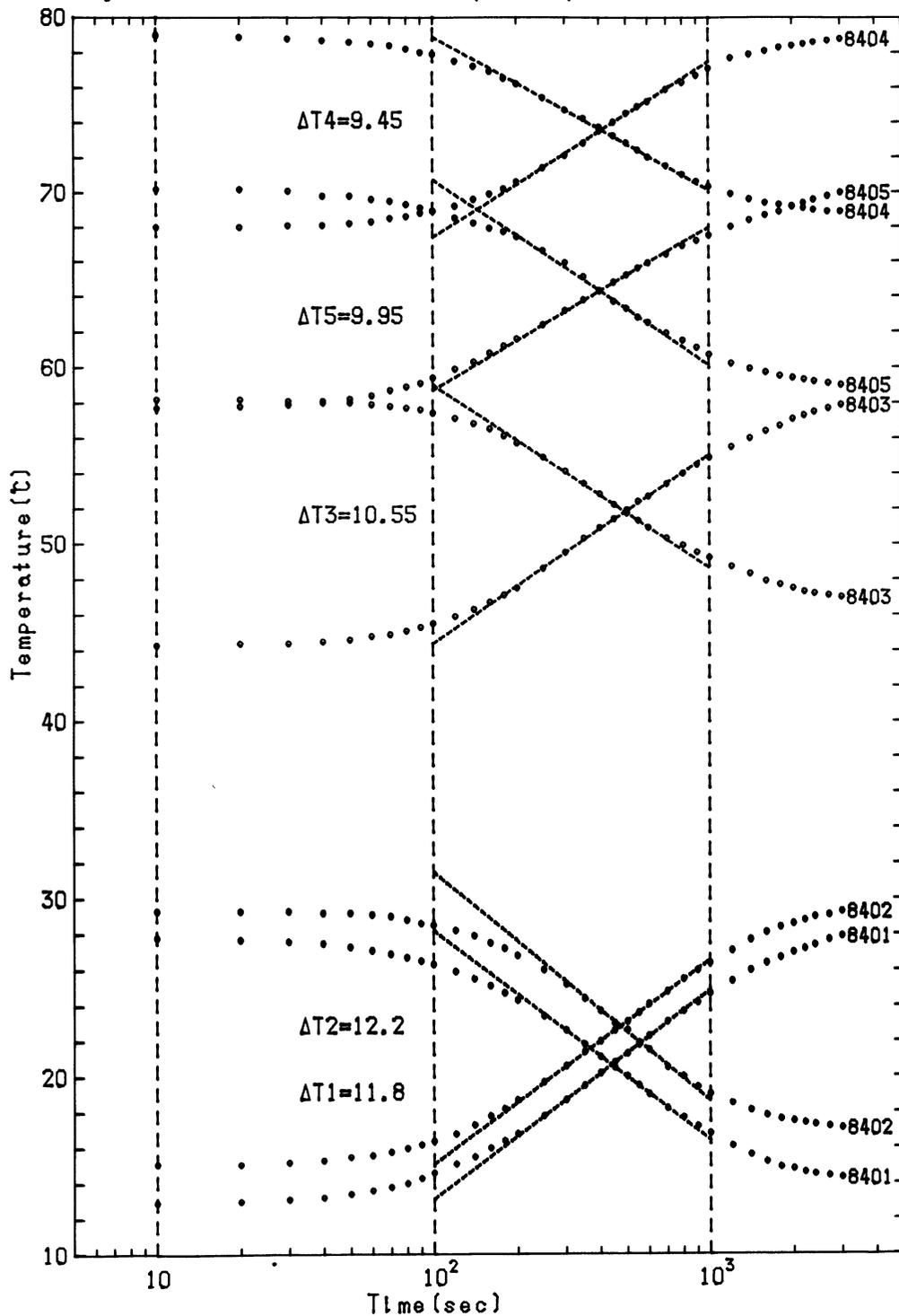


図4 加熱熱伝導率測定法及び回復熱伝導率測定法による時間に対する温度変化
 (ΔT は1サイクルの温度差)

$$\Delta T = \frac{Q}{4 \pi K} \log \left(\frac{t_2}{t_1} \right) \dots\dots\dots (3)$$

として求められる。

片対数グラフの算術目盛に温度T, 対数目盛に時間tをとって, 計測した各数値をプロットする。このT-t曲線に近似する直線を作図し, log t の1サイクルにおける温度変化ΔTを求めた。図4に昭和59年度に測定した結果を示す。

図4のΔTは log t の1サイクルの温度変化なので(3)式は

$$K = \frac{0.183}{\Delta T} Q \dots\dots\dots (4)$$

となる。

(4)式より求めた熱伝導率Kは $4.2 \times 10^{-2} \sim 5.2 \times 10^{-2}$ cal/cm·sec·°C であった。昭和58年度の測定結果より数値のばらつきは少ないが, 高温になると, 昭和58年度と同様大きくなる傾向がある。図5に昭和58年度の測定結果と併せて示す。

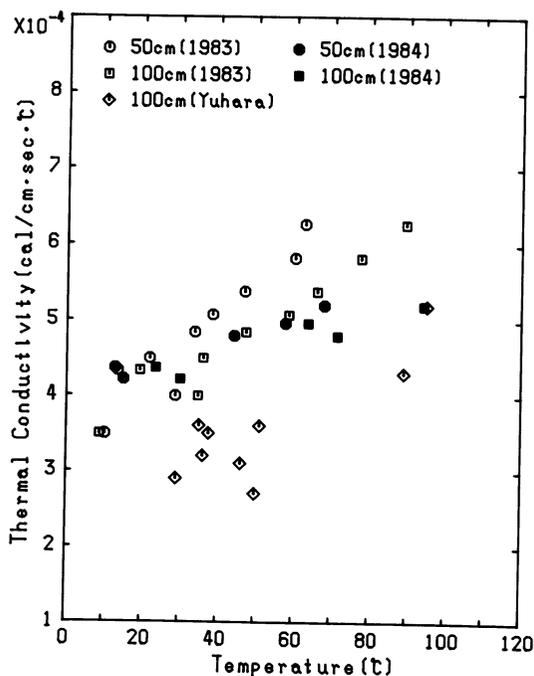


図5 地中温度(深度50cm, 100cm) に対する熱伝導率

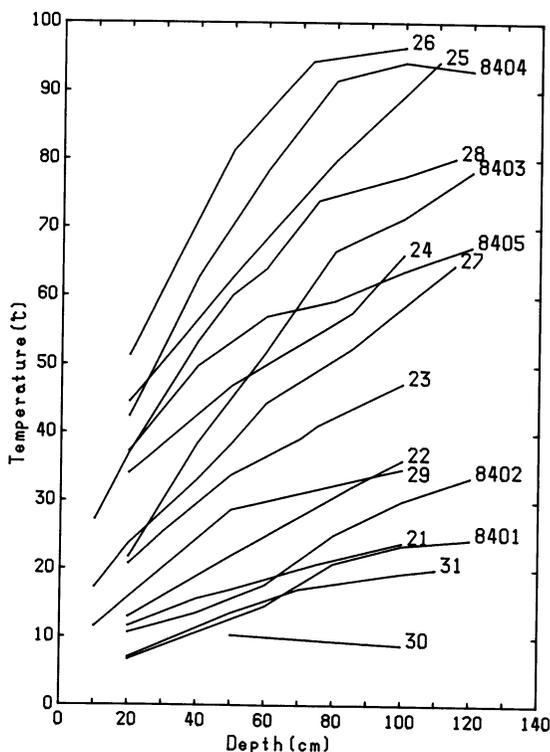


図6 深度による温度変化(8401-8405は昭和59年度, 他は昭和58年度)

図6及び7は昭和58年度と昭和59年度（8401～8405）に測定した地温変化及び地温勾配である。地温が高い程地温勾配が大きくなるが、90℃以上になると地温勾配は小さくなる。

(1)式により熱流量は熱伝導率と地温勾配の積として求められる。図8に深度35cmの地温勾配から求めた熱流量を前年度と併せて示す。表2は昭和59年度測定地点の地温勾配、熱伝導率、熱流量をまとめたものである。

図2の深度50cmの地中温度20℃～90℃の所は熱伝導により放熱していると仮定すると、(2)式より放熱量を面積と熱流量の積として求めることができる。面積は表1、熱流量は図8の25℃、45℃、75℃に対応する数値を使用した。熱伝導による放熱量は 3.58×10^4 cal/secであった。表3に地温別の放熱量を示す。

(2) 自然噴気による放熱量

図2、表1の90℃以上の所は自然噴気（火山性蒸気）により放熱していると仮定する。昭和58年度に箱型熱流量測定装置（図9）により90℃以上の所の熱流量を測定している（表4）。昭和59年度調査地域内の噴気孔の数及び噴気密集面積を実測し、自然噴気による放熱量を求めた。自然噴気による放熱量は 2.38×10^5 cal/secで、熱伝導による放熱量より1オーダー大きい放熱量であった。表5に自然噴気による放熱量の詳細を示す。

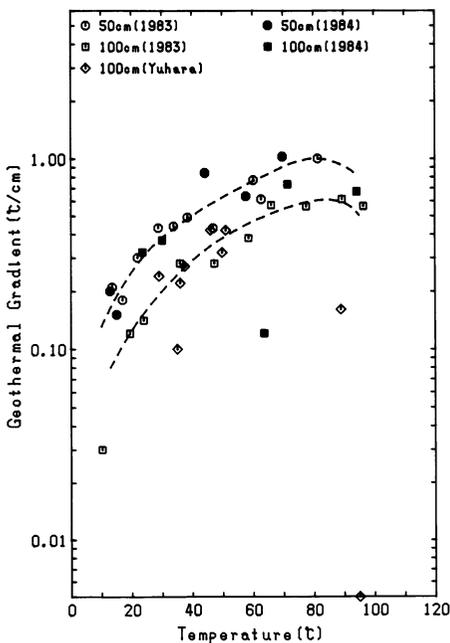


図7 地中温度（深度50cm, 100cm）に対する温度勾配（深度35cm, 75cm）

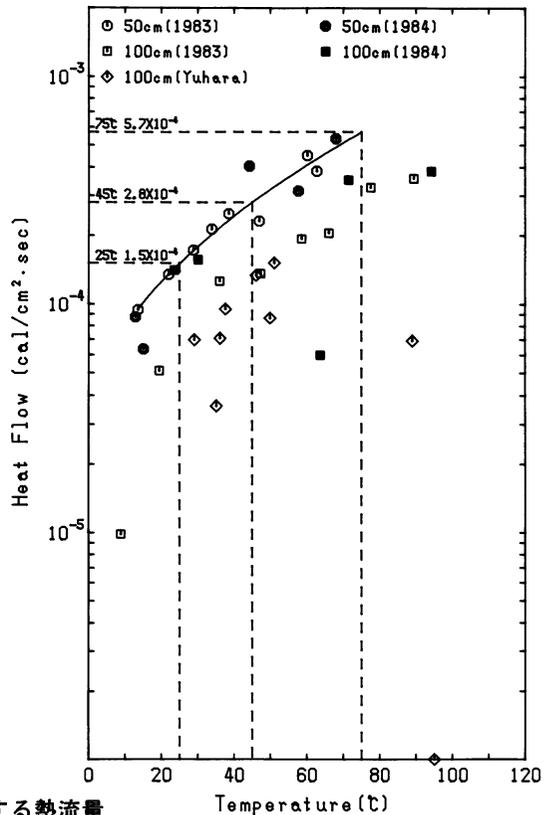


図8 地中温度（深度50cm, 100cm）に対する熱流量
（図中の数値により放熱量を計算した）

表2 昭和59年度測定地点の地温勾配, 熱伝導率, 熱流量

測定地点	深度50cmの温度℃	深度35cmの地温勾配℃/cm	熱伝導率×10 ⁻² cal/cm·sec·℃	熱流量×10 ⁻⁴ cal/cm ² ·sec
8401	12.8	0.20	4.36	0.87
8402	15.0	0.15	4.21	0.63
8403	44.2	0.84	4.79	4.02
8404	69.7	1.02	5.20	5.30
8405	57.6	0.63	4.96	3.12

表3 熱伝導による放熱量

深度50cmの地温℃	等温線で囲まれる面積㎡	熱流量 cal/cm ² ·sec	放熱量 cal/sec
20 ~ 30	8,926	1.50 × 10 ⁻⁴	1.34 × 10 ⁴
30 ~ 60	4,452	2.80 × 10 ⁻⁴	1.25 × 10 ⁴
60 ~ 90	1,734	5.70 × 10 ⁻⁴	0.99 × 10 ⁴
合計	15,112		3.58 × 10 ⁴

表4 箱型熱流量測定装置による熱流量 (昭和58年度測定)

条件	熱流量 cal/cm ² ·sec
噴気孔	1.13 × 10 ⁻¹
噴気密集地域	2.88 × 10 ⁻²
上記以外の90℃以上	1.04 × 10 ⁻²

(3) 蒸気井による放熱量

蒸気井の放熱量は造成温泉量から求めることができる。調査地域内には蒸気井が8本あり、それらの放熱量は 3.23×10^6 cal/secであった。表6に蒸気井による放熱量の詳細を示す。

(4) 大涌谷調査地域の総放熱量

昭和59年度調査地域の種類別放熱量は表7のとおりである。総放熱量は 3.50×10^6 cal/sec その内蒸気井の放熱量は 3.23×10^6 cal/secで、全体の92%を占め、自然噴気の放熱量は 2.38×10^5 cal/secで、7%、熱伝導による放熱量は 3.58×10^4 cal/secで、わずかに1%である。大部分の放熱は蒸気井によっておこなわれているといえる。

たしかに蒸気井以外の自然放熱量は少ない

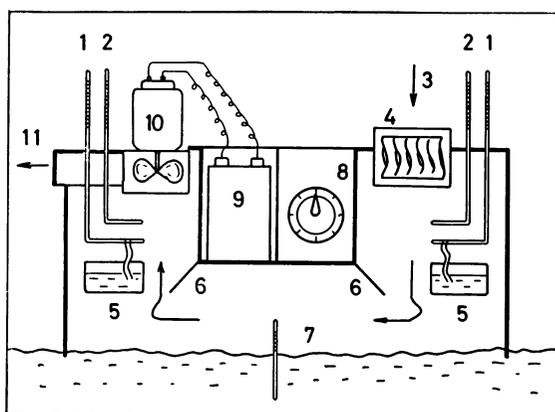


図9 箱型熱流量測定装置

- 1 : 乾球温度計, 2 : 湿球温度計, 3 : 入口,
4 : 風速計, 5 : 水入れ, 6 : そらせ板,
7 : 地中温度測定孔, 8 : 送風量調整,
9 : バッテリー, 10 : モーター, 11 : 出口

表5 自然噴気による放熱量

深度50cmの地温等	等温線で囲まれる面積 m^2	熱流量 $cal/cm^2 \cdot sec$	放熱量 cal/sec
90℃以上	646	1.04×10^{-2}	0.67×10^5
噴気孔密集地域	479	2.88×10^{-2}	1.38×10^5
噴気孔(265ヶ)	29	1.13×10^{-1}	0.33×10^5
合計	1,154		2.38×10^5

表6 蒸気井による放熱量 (造成温泉量より計算)

蒸気井の番号	造成前の温度 (℃)	造成温度 (℃)	造成温泉量 (m^3/day)	造成熱量 (cal/sec)	造成効率70%とした放熱量 (cal/sec)
10	6	70	150	1.11×10^5	1.59×10^5
13	6	70	400	2.96×10^5	4.23×10^5
14	6	70	200	1.48×10^5	2.12×10^5
17	6	70	100	0.74×10^5	1.06×10^5
25	6	70	300	2.22×10^5	3.17×10^5
36	6	70	650	4.81×10^5	6.88×10^5
49	6	70	750	5.56×10^5	7.94×10^5
52	6	70	500	3.70×10^5	5.29×10^5
合計			3,050	2.26×10^6	3.23×10^6

表7 調査地域の種類別放熱量

放熱量の種類	放熱量 cal/sec	面積 m^2
蒸気井	3.23×10^6	—
自然噴気	2.38×10^5	1,154
熱伝導	3.58×10^4	15,112
合計	3.50×10^6	16,266

が、自然噴気地帯の地温分布、放熱量、水質等の経年変化を把握することが地すべり対策上必要である。特に地温分布の経年変化は重要なので、一度に広範囲を正確に調査できるリモートセンシングによる地温分布調査を今後は検討すべきであろう。

謝 辞

箱根温泉供給株式会社の辻内和七郎氏、田口勝稔氏には蒸気井による温泉造成量の貴重な資料を提出して頂いた。

小田原土木事務所の熊切保河川砂防部長、川井一元河川砂防第二課長、森川武進副技幹、清水卓三

主任技師には調査が円滑に進むよう御配慮して頂いた。

温泉地学研究所の平賀士郎研究部長には有益な助言と指導をして頂いた。

以上の方々に厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 平野富雄, 大木靖衛, 田島綾子(1965)箱根大涌谷の温泉沈積物, 温泉工学会誌, Vol 3, No 3, 131-138
- 広田 茂, 栗屋 徹, 大山正雄, 大木靖衛(1977)大涌谷—神山登山道に出現した噴気地帯の調査, 神奈川県温泉研究所報告, Vol 8, No 1, 27-38
- 梶原昌弘(1960)表土1 mの平均熱伝導率測定, 北海道大学地球物理学研究報告, 第7号
- 小鷹滋郎, 広田 茂, 大山正雄, 栗屋 徹, 平野富雄, 大木靖衛(1979)大涌谷地すべり対策調査(昭和53年度)神奈川県温泉地学研究所報告
- 小鷹滋郎, 大山正雄(1980)大涌谷地すべり対策調査(昭和54年度), 神奈川県温泉地学研究所報告
- 小鷹滋郎, 杉山茂夫, 大山正雄, 大木靖衛(1981)大涌谷地すべり対策調査(昭和55年度)神奈川県温泉地学研究所報告
- 大木靖衛, 平野富雄, 小鷹滋郎, 栗屋 徹, 大山正雄, 杉山茂夫(1981)箱根温泉誌(I)・(II), 神奈川県温泉地学研究所報告, Vol 12, No 5・6
- 大山正雄, 小鷹滋郎, 杉山茂夫, 栗屋 徹, 山本千秋, 村山省二(1979)箱根火山硫黄山硫気地帯の調査, 廃熱の有効利用技術調査・研究
- 大山正雄, 小鷹滋郎, 平野富雄, 杉山茂夫, 小沢 清, 伊東 博(1980)早雲山噴気地帯の調査と金属材料試験, 廃熱の有効利用技術調査・研究
- 大山正雄, 平野富雄, 栗屋 徹, 鈴木孝雄(1971)箱根火山の蒸気, 神奈川県温泉研究所報告 Vol 2, No 3, 133-142
- 大山正雄, 栗屋 徹, 伊東 博(1973)箱根火山硫黄山硫気地帯の調査, 神奈川県温泉研究所報告, Vol 4, No 2, 83-90
- 杉山茂夫, 大木靖衛(1982)箱根大涌谷の岩石の変質, 神奈川県温泉地学研究所報告, Vol 13, No 5, 47-54
- 杉山茂夫, 小鷹滋郎, 大木靖衛(1982)大涌沢地すべり対策調査(昭和56年度)神奈川県温泉地学研究所報告
- 杉山茂夫, 大木靖衛, 小鷹滋郎(1983)大涌沢地すべり対策調査(昭和57年度)神奈川県温泉地学研究所報告
- 杉山茂夫, 大山正雄, 小鷹滋郎, 平野富雄, 栗屋 徹, 大木靖衛(1984)大涌沢地すべり対策調査(昭和58年度)神奈川県温泉地学研究所報告
- 湯原浩三, 大久保太治, 竹内三郎(1969)箱根大涌谷・早雲山地熱地域からの放熱量, 地質調査所月報 Vol 20,



写真1 大涌沢昭和59年度調査地域（昭和59年11月）

写真2 熱伝導率測定風景（昭和59年11月）

