

丹沢大山附近（鶴巻温泉・七沢温泉）の試錐資料

大木靖衛，広田茂，荻野喜作，大口健志，守矢正則

神奈川県温泉研究所*

（昭和42年1月15日受理）

Temperature, Conductivity, and Heat Flow in Drill Holes
in the Ohyama District, Tanzawa Mountains

Y. ŌKI, S. HIROTA, K. OGINO, T. OHGUCHI, and M. MORIYA

Hot Spring Research Institute of Kanagawa Prefecture

(Abstract)

Subsurface temperatures have been measured in 4 bore holes in the eastern Tanzawa mountains. Thermal gradients in normal area range from 2.10 to 3.31 °C/100m. Thermal conductivity was measured on 6 sets of rock specimens which come from the bore holes. The heat flow of the area ranges from 0.58 to 1.28 heat flow units. Considerable temperature anomaly (10.6°C/100m) was obtained in a bore hole (150m depth) at the Tsurumaki Mineral Springs, where most of temperatures of mineral waters are higher than that of normal shallow ground water by several centigrades. Any igneous source of thermal energy is geologically difficult to assume in the depth of the eastern Tanzawa mountains. Water flow coming up along the fractured zone developed in the southern border of the Tanzawa mountains may carry thermal energy from depth and result higher heat out put (3.15 h.u.) near the surface.

* 神奈川県小田原市南町2-4-45

まえがき

丹沢山塊の東縁部には南北に連らなっていくつかの温泉，鉱泉が分布している（図1）。それらの多くは水温がこの付近の年平均気温（14～15℃）より数度，あるいはそれ以上も高いので，丹沢山地の地殻熱流量が大きいことの現れかも知れないと思われた。最近，東丹沢山地の鶴巻温泉や七沢温泉で温泉を求めるために深いボーリングが行なわれたが，その地下温度などを測ることが出来た。これらの資料に，丹沢山地で我々が得た他の地下温度などの資料を加えて，ここに報告することにした。ボーリング・コアの熱伝導率測定作業が余り進んでいないので正確な熱流量の値を示すことが出来ないが，その値は特異な地点を除くと 0.6～0.9 h.u.* で意外に大きくないようである。

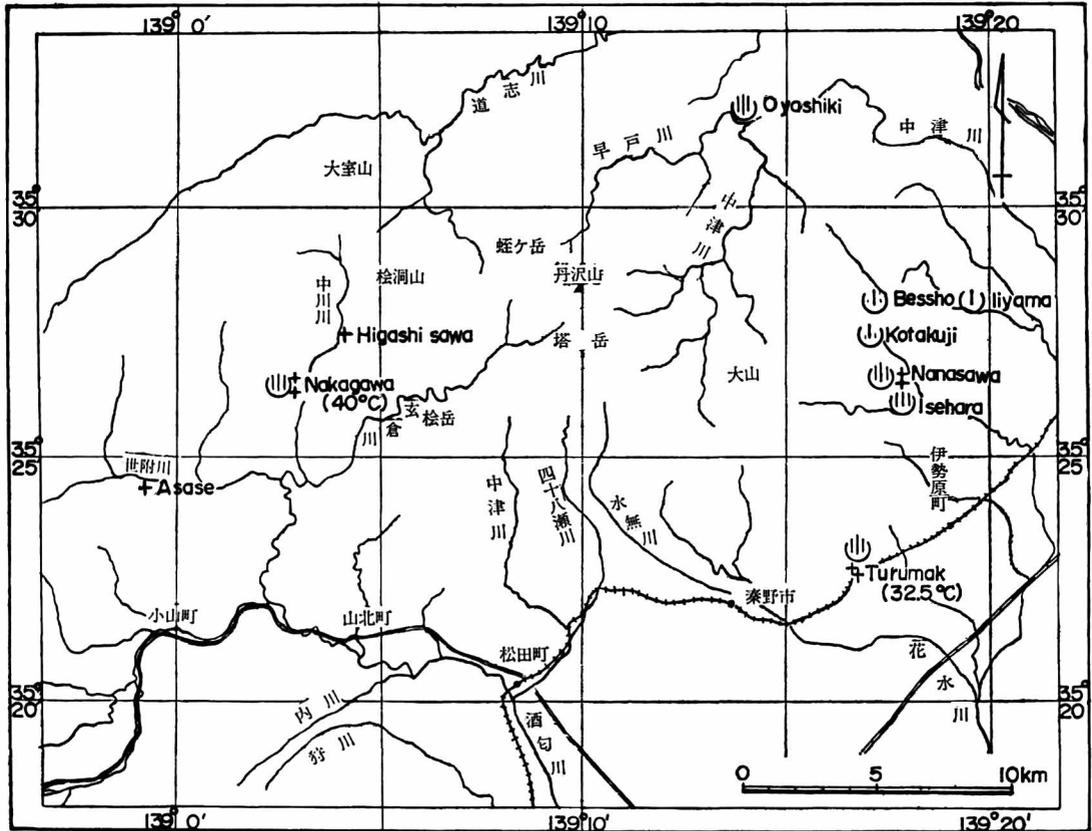


図1 丹沢の試錐資料分布図

+は試錐地点

* h.u.=heat flow unit ($10^{-6}\text{cal/cm}^2 \text{ sec}$)

鶴巻温泉

鶴巻温泉は大山（1245.6m）山麓の南端にある含塩化土類弱食塩泉とその派生的な性質の温泉である（大木他, 1964）。温泉は数米ないし数十米の深さの孔井から湧出しており、水温は 20°C を越すものが多い(図2, 表1)。この附近の年平均気温 14.4°C^* をもって地下水温とすると、多くの源泉の水温は数度以上も異常に暖かいことになる。温泉水は丹沢層群の上位を占める大沢凝灰岩 (Mikami, 1962) の割れ目から湧出している。

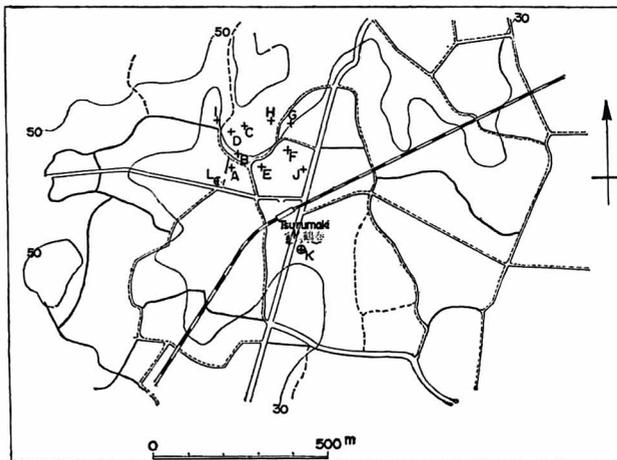


図2 鶴巻温泉の源泉分布図
⊕は試錐資料の得られた源泉

表 1

	源泉名	井深m	水位m	水温 $^{\circ}\text{C}$	自噴量 ℓ/min
A	光鶴園	50.00		25.2	
B	大和	6.05	3.45	16.4	
C	陣屋(庭内)	72.00		20.8	3.78
D	陣屋(プール横)	36.00		22.9	4.80
E	つるよし	4.62	0.35	15.7	
F	温泉会館	76.00		22.9	5.00
G	千鶴	5.61	3.51	16.6	
H	たかね	2.60	0.60	18.6	
I	しのぶ	10.30	6.50	19.2	
J	鶴巻荘	4.94	3.94	16.9	
K	渡瀬	605.35	2.68	35.7	
L	ゆたか1号	148.00		32.0	75.00

38—8—8測定 ** 41—12—23測定

* 秦野の年平均気温, 横浜地方気象台 (1962) P197より

最近“ゆたか1号井”（図2のL源泉）の掘さく中、深さ150mに達するまでに32.0°Cの微温泉が毎分75ℓも自噴して注目を浴びた。

この水温は予期される水温よりも10°C以上も高く、これまでに調査されている他の浅い源泉の水温がこの地域の年平均気温よりも数度も高かった事と合せて興味ある問題となった。

図3は鶴巻L源泉（ゆたか1号井）、図4はK源泉（波瀬氏源泉）の温度検層の結果である。L源泉では深さ124mと127mに主要な温泉亀裂があり、この部分から湧出した温泉が地表に流出して32.0°Cとなっている。K源泉では深さ250mと430m附近から微温泉が湧出し、孔内を上昇し

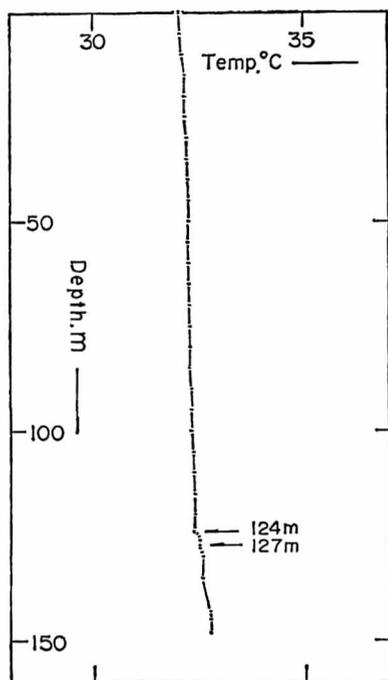


図3 鶴巻L源泉（ゆたか1号井）の孔内温度
昭和41年12月23日測定

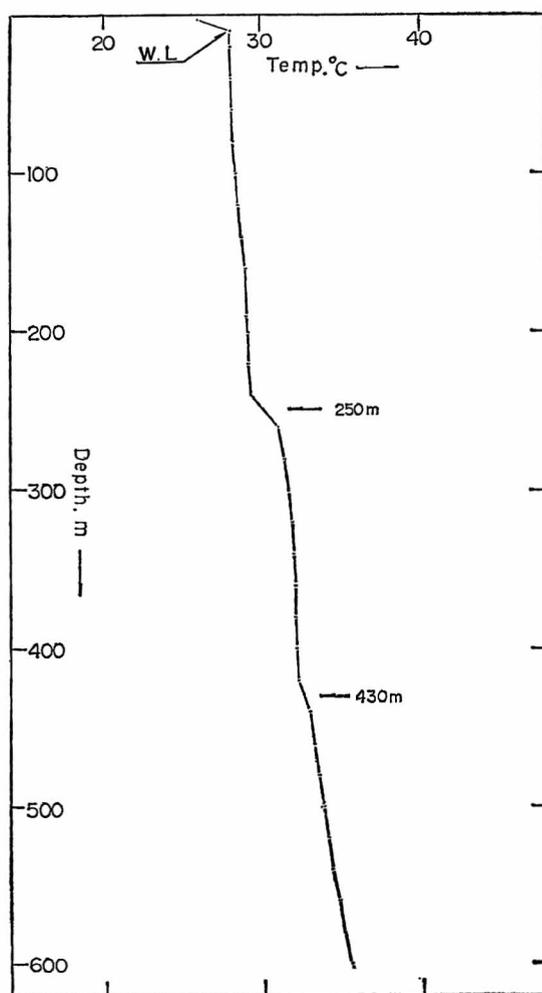


図4 鶴巻K源泉（波瀬氏源泉）の孔内温度
昭和38年8月8日測定

て、地表の洪積層中に流入している。いづれの孔井でも孔内を水が流動しているので、これらの資料から地温勾配を求める事は出来ない。この地域の浅い源泉（10mより浅い井戸）の水温の平均をもって地表温度とすると16.8°Cになる。この地表温度とK源泉，L源泉の孔底温度とを直線的に結び地温勾配を求めるとK源泉では3.15°C/100m，L源泉では10.6°C/100mとなる。本地域附近で地温勾配が10°Cにも達することは非常に異常な事である。恐らくこの附近では、地下深部より数十度Cの温泉が上昇して来ており、地表近くだけ大きな地温勾配を見せているものであろう。L源泉のボーリング・コアはすべて塊状の火山礫凝灰岩で、岩相変化に乏しい。その熱伝導率を測定した結果は表2に示した。熱伝導による熱流量は3.15h.u.となった。K源泉のボーリング・コアは得られていないのでL地点の岩石の熱伝導率を用いると0.95h.u.となる。

七 沢 温 泉

昭和38年に神奈川県は厚木市の郊外の七沢地区に温泉を利用したリハビリテーション・センター*を建設する計画をたてた。昭和39年に、温泉法によって指定され得る水質の地下水が得られるかどうかについて調査するよう命令を受けた。我々は地表調査と共に深さ150mのボーリングを試みた。pHの高い丹沢山地特有の鉱泉が毎分5ℓ程度自噴したが、岩石が塊状で空隙が少

表2 丹沢山地の地熱に関する資料

	岩石資料 の深度 m	熱 伝 導 率 ×10 ⁻³ cal/cmsec°C	温度勾配 °C/100m	熱 流 量 μcal/cm ² sec	北 緯	東 経
七 沢 N - 1 (温 研)	138 144	4.27 3.50	3.31	1.28	35°26'40"	139°17'30"
七 沢 N - 2 (神奈川県)	148 461	2.83 2.65	2.1	0.58	35°26'20"	139°17'30"
鶴 巻 L 源泉 (ゆたか1号)	70 100	3.24 2.79	10.6	3.15	35°22'30"	139°17'00"
鶴 巻 K 源泉 (渡 瀬)		3.02	3.15	0.95	35°22'20"	139°17'00"
浅 瀬		4.96	1.97	0.98	35°24'00"	138°59'00"
中川(県1号)	326	6.10	2.91	1.78	35°26'10"	139°03'00"
中 川(温研)		5 **	12.5 ***	6.25	35°26'30"	139°03'00"
東 沢(温研)		6 **	5.55***	3.33	35°27'30"	139°04'00"

** 仮定

*** 大木他(1964),宝来(1964)

* 七沢病院,七沢特別養護老人ホーム

く、割れ目も少いので、十分な量が得られるかどうか問題であった。また、温泉法にあるような水質の地下水を得るには、地表で水温が 25°C を越すような深さまで掘さくするか、あるいはpHの高い水ではメタ珪酸の含有量が大きい傾向を持つので、メタ珪酸が $50\text{mg}/\text{kg}^{**}$ 以上に達するような深い地下水を探す事が考えられた。昭和40年に500mの掘さくが行なわれ、幸いメタ珪酸を $65.04\text{mg}/\text{kg}$ 含むpH9.6、水温 22.1°C の“温泉”が毎分70ℓも自噴し、はからずも良い結果に終わった。

以前から“七沢温泉”と称されていたものは表3に示したように、pHが10に達すると云う点で丹沢山地の温泉、鉱泉と共通した性質を持っているが、温泉法での温泉には当たっていない。

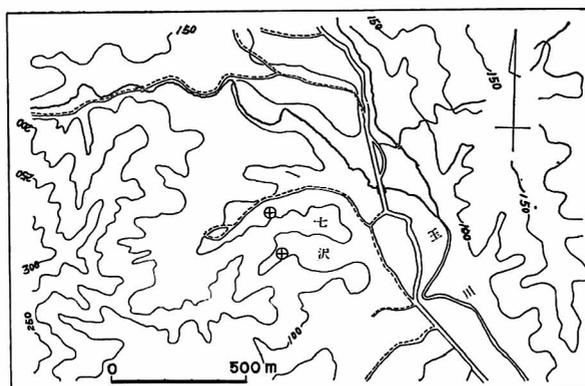


図5 七沢温泉の試錐地点
 上の⊕(N1) 神奈川温研昭和39年7～8月試掘
 下の⊕(N2) 神奈川県昭和40年7～10月掘さく

表3 七沢温泉の源泉

	水温 $^{\circ}\text{C}$	井深m	湧出量 ℓ/min	pH	測定口
玉川館	20.3	1.04	24.9	9.3	38-7-25
福元館	20.6	3.85	33.2	9.3	38-7-25
中屋	20.3	1.70	8.1	9.4	38-7-25
井戸水	15.5	8.70		6.7	38-7-25
温研N-1	19.0	150.00	5.0	9.8	39-9-7
神奈川県N-2	22.1	506.00	75.0*	9.4	40-10-12

* 40-12-16には $45.8\text{ ℓ}/\text{min}$ pH9.6

** 温泉法の規定による温泉の限界値

図6は昭和39年に温研が行った150mの試錐孔についての資料をまとめたものである。毎朝、作業前に測定した孔底温度だけを用いて得た地温勾配は $3.31^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ となる(図6の直線B)。温度曲線Cは掘さく終了後7日目に測定した孔内温度分布曲線である。本孔では深さ55mと122mの2点から地下水が湧出し孔内を上昇している。

図7は温研ボーリング孔から約200m南にある地点で行なわれた深さ500mのボーリング孔か

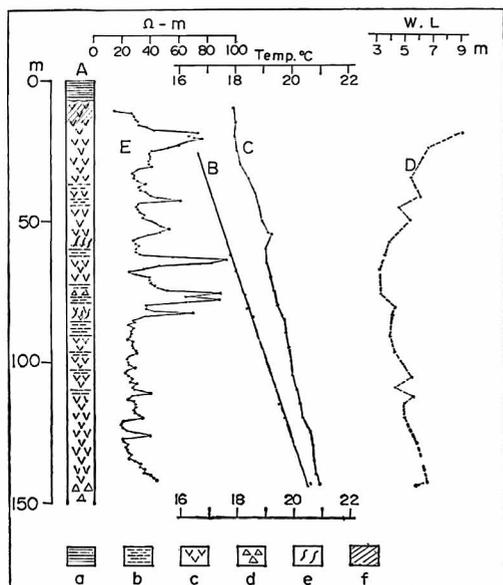


図6 七沢N-1地点の神奈川温研試掘井の資料
 A 地質柱状図 a 表土(関東火山灰),
 b 凝灰岩, c 火山礫凝灰岩,
 d 凝灰角礫岩, e 沸石脈, f 風化帯
 B 地温勾配 ($3.31^{\circ}\text{C}/100\text{m}$)
 C 掘さく終了後の孔内温度分布
 D 掘さく中の孔内水位の変化
 E 電気検層(比抵抗)

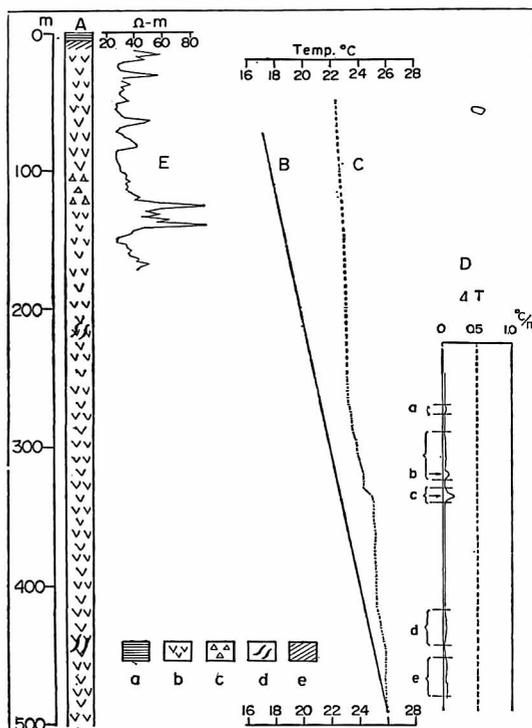


図7 七沢N-2地点の神奈川県源泉の資料
 A 地質柱状図 a 表土, b 火山礫凝灰岩, c 凝灰角礫岩, d 沸石脈, e 風化帯
 B 地温勾配 ($^{\circ}\text{C}/100\text{m}$)
 C 掘さく終了後の孔内温度分布
 D 示差温度検層曲線
 E 電気検層(比抵抗)

ら得られた資料である。深さ220mまでは作業前に孔底温度の測定が出来たが、200mより深くなってからは210~220m付近で崩れがおきて温度計を孔底まで降す事が出来なかった。深さ100mまでの掘さくでは 16.1°C の水が毎分18ℓ湧出した。297mまでは湧水量は変化なく、それ以後表4に示したように深さが増すと共に湧水量も増加し最後には毎分71ℓに達した。曲線Cは掘さく終了後の温度検層、Dは示差温度検層である。検層の結果でもa(271~276)、b(289~321)、c(330~345)、d(418~445)、e(451~473)の各部分から湧水がある事が判定される(大木

他, 1966)。掘さく中の湧水量の変化と示差温度検層から推定される有効な亀裂とがよい一致を示している(表4)。本孔井からは $2.1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ の地温勾配が求められる。

これらの孔井から採集したコアの熱伝導率の測定結果は表2にある。岩石がもろいので測定用の試料を作る事がかなり困難であるため十分な量の測定結果はまだない。熱伝導率として平均値を用いると $1.28\sim 0.58\text{h.u.}$ の地殻熱流量となる。

鶴巻温泉の場合と同様に、浅い方のボーリング孔からの地温勾配の方が深いボーリング孔からの地温勾配より大きくなっている。深い部分の方が岩石の密度が大きくなっているので熱伝導率が大きくなり、地温勾配が小さく現れていると考える事も出来るが、これを支持する資料はまだない。

表4 七沢神奈川県(N-2)源泉の湧水帯

	湧水帯*	湧水量 ℓ/min
	29.8~30.7m	3.1
	54.2~57.3	18.2
a	271 ~ 276	30
b	289 ~ 321	40
c	330 ~ 345	50
d	418 ~ 445	75
e	451 ~ 473	71

* 示差温度検層法による 図7-D
昭和40年7月1日から同年10月17日までに測定した

考 察

丹沢山塊で地温が比較的深い孔井で求められている資料を集めると表2, 図7に示した通りである。これらの孔井のボーリング・コアは十分に集まっていない。しかし、丹沢層群では岩相変化の規模が数十米以上のものが多く、偶然我々が手にいれる事の出来た数個の岩石資料から各地点の地の層平均の熱伝導率と考へても余り大きな間違いはないであろう。このように考へて求めた岩石の熱伝導率と、その結果として得られる地殻熱流量を表2に記入してある。

丹沢山塊で大きな地殻熱流量の値が出て来るのは、中川温泉と鶴巻温泉であるが、いずれも温泉と云う異常な地点である。

中川温泉では浅いボーリング結果からは大きな地温勾配が求められているが、そのような地点でも深いボーリングの資料が得られた結果では、深くなるにつれて地温勾配が次第に小さくなる傾向が見られる。中川温泉の地熱活動の範囲は狭く長さ1km巾500m程度にすぎない。熱エネルギー

ギーは数十度Cの温泉によって地表に運ばれているので、地表附近を除くと地温勾配は余り大きくないのであろう（大木他，1967）。

同様な事が鶴巻温泉の地温についても云えるものと考えられる。東丹沢では熱源となる火成岩類を地表で全く認める事が出来ないし、現在までの資料では熱源となる火成岩体を地下に仮定する事も苦しい。鶴巻温泉のL源泉（ゆたか1号井）で推定されるような大きな地温勾配は地表に近い部分だけに限られているものと思われる。中川温泉の場合と同様に数十度Cの温泉水が割れ目に沿って上昇して来ているのであろう。温泉活動の範囲は亀裂（断層）に沿った狭い範囲と思われる。更に想像すると、丹沢山塊の南縁を区切る神繩断層の延長が鶴巻温泉附近を走り、この断層に沿って地下深部からの水が熱エネルギーや地層中の間隙水、塩分などを集めて上昇して来ているのであろう。丹沢山塊の南縁を区切るこの破さい帯には laumontite や stilbite などよりなる無数の白色細脈があり、これらの沸石脈の形成されたときの温度は数十度から百数十度C位の範囲になっていたと考えられる。鶴巻温泉はそのような特殊な場所の熱水活動のなごりと見るべきものかも知れない。鶴巻温泉の泉質は化石海水型であるが、横浜や川崎地域などで知られているフミン酸を含む褐色の化石海水とは異なり、フミン酸を含んでいない。

東丹沢の他の温泉、鉱泉は鶴巻温泉よりも成因的には浅いものであり（地下1~2km）、鶴巻温泉は地下2~3kmからのものと考えられる（地温勾配2~3°C/100mを用いて数十度C以上になる深さ）。

謝 辞

岩石の熱伝導率の測定については東大地震研究所の宝来帰一博士の指導を頂いた。丹沢山地の地質については、横浜国大の見上敬三助教授、東大地震研究所の松田時彦助教授から教えられるところが多かった。野外調査では県衛生部の石井喜一主任技師や秦野保健所、松田保健所の係の方々にお世話になった。ボーリングの作業中に色々困難な問題がおきたときには神奈川県温泉研究所々長代理の高橋惣一氏、前所長林秀博士から心暖まる援助を頂く事が出来た。丹沢山地の温泉などの化学成分については神奈川県温泉研究所の平野富雄、田島縉子両氏から教示を頂いた。以上の方々に厚くお礼申し上げる。

参考文献

HORAI, K. (1964), Studies of the thermal state of the earth, the 13th paper: Terrestrial heat flow in Japan, Bull. Earthquake Res. Inst., 42, 93-132.

宝来帰一(1964), 丹沢山中川温泉近傍の地熱流調査, 神奈川温研報告, No. 2, 11-13.

松田時彦, 杉田宗満 (1964), 丹沢山塊の地質学的調査, 神奈川温研報告, No. 2, 1-11.

MIKAMI, K. (1962), Geological and petrographical studies on the Tanza a Mountainland, Sci. Rep. Yokohama National Univ., Sec. II, 8/9.

大木靖衛他 8 名 (1964), 丹沢山地の温泉鉱泉神奈川温研報告, No. 2, 19-38.

大木靖衛他 5 名 (1967), 中川温泉の地下温度構造, 神奈川温研報告, No. 5, 23-34.

坂本峻雄他 3 名 (1964), 丹沢山塊の地質, 丹沢大山学術調査報告書, 1-53, 神奈川県.

UYEDA, S. and HORAI, K. (1964), Terrestrial heat flow in Japan, Jour. Geophysical Res. v. 69. 10, 2121-2141.