

箱根地域における温泉資源の状況 —実態調査結果にもとづく検討結果—

板寺一洋*・菊川城司*

State of hot spring resources in Hakone district
(Considerations based on on-site inspection results)

by

Kazuhiro ITADERA and Joji KIKUGAWA

1. はじめに

神奈川県を代表する観光地である箱根には、現在、二十湯とも呼ばれる温泉地がある（平野,1994）。図1に温泉地学研究所のKOGMAプロジェクト（萬年ほか、2009）により所在地を把握している箱根地域の源泉分布図を示した。これらの源泉から湧出し、あるいは揚湯される温泉が箱根地域の観光を支えており、その量は毎分23,000リットルにも及ぶ（2003年神奈川県生活衛生課調べによる）。

箱根における温泉開発は、温泉旅行が一般に浸透した昭和30年から40年代（1950～1970年ごろ）の高度経済成長期に顕著であり、源泉数・揚湯量が急増した（大山、迫；1987）。それと並行するように、箱根各地で自然湧泉や横穴湧泉の消失や、既存源泉の水位低下および温度低下が観測され、温泉の枯渇化が深刻化していった（大山、1989）。

温泉地学研究所では、箱根火山の活動監視と併せて、温泉枯渇の状況をモニタリングするため、1968（昭和43）年以来、箱根地域の温泉について定期的な観測調査を継続している。菊川（2003）は、この観測結果に基づき1990年から2002年までの温泉の温度、湧出量、静水位の推移について報告している。

これらの観測は、長期間にわたって同一の源泉を対象として行う都合上、利便性などの条件を満たした源泉のみを対象としていることから、この観測調査の結果だけから、箱根地域全体における温泉資源の状況を推し量るには限界がある。

一方、菊川・板寺（2008）は、箱根湯本地区において実施された4回（1970年、1980年、1990年および2006・2007年）の調査結果をもとに、全調査の対象となった40源泉の温度、量、主要成分濃度などの平均値、

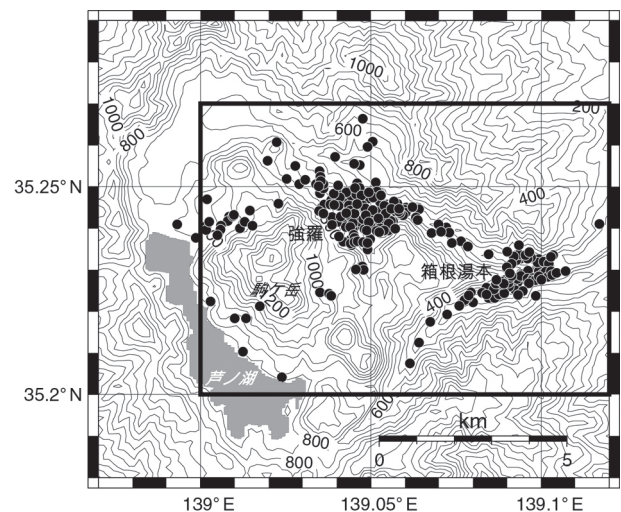


図1 箱根地域における源泉分布（太枠は、図5および6の表示範囲、源泉位置は萬年ほか（2009）による）

最大値、最小値の推移について検討し、主要成分の減少傾向が、1990年以降緩やかになっていることを報告している。

本報告では、行政機関により、箱根地域に分布するほぼ全ての源泉を対象として実施された実態調査等の立ち入り調査の結果を整理し、箱根地域における温泉資源の推移について検討した結果について報告する。

2. 使用したデータ

2009年3月に環境省が公表した「温泉資源の保護に関するガイドライン」では、温泉資源の状況を的確に把握するためのモニタリング項目として、温泉の湧出量、温度及び井戸の水位が適当であるとしている。

箱根地域の温泉を管轄する小田原福祉事務所では、温泉台帳に登録されているすべての源泉を対象とした立ち

* 神奈川県温泉地学研究所 〒250-0031 神奈川県小田原市入生田 586
報告，神奈川県温泉地学研究所報告，第41巻，57-62，2009.

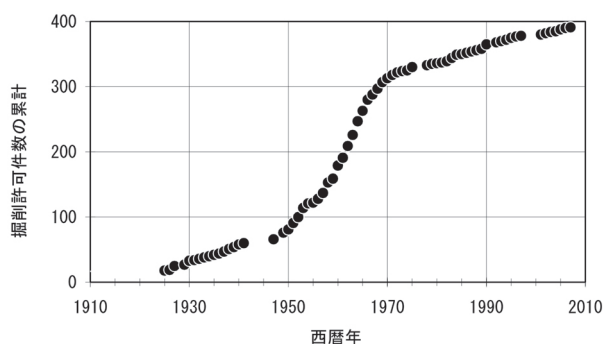


図2 箱根地域全体の温泉掘削許可件数の推移
(小田原保健福祉事務所温泉課資料による)

入り調査(温泉実態調査)を実施し、温泉の温度、静水位、導電率、揚湯量などを実測している。最も古いデータは、揚湯量と温度が1925年、導電率が1973年、静水位が1956年のものであり、最新のデータは各項目とも2009年のものであった。調査の頻度は、地区ごと、あるいは源泉ごとに異なるが、概ね、1960年代までは数年に一度、1970年代から1990年代前半までは毎年、それ以降は3年に2度の頻度で実施されている。

温泉資源の状況を把握するにあたっては、たとえば、個々の源泉の温度や静水位などの推移に着目する方法が考えられるが、既に述べたとおり、箱根地域には280以上の源泉があり、それらの一つ一つの状況について検討するのは非常に煩雑である上、全体の状況を把握するためには効率も悪い。

図2に箱根地域全体における温泉掘削許可件数の累計の推移を示す。図2は源泉数そのものの推移を示しているわけではないが、箱根地域における温泉開発状況が、どのように推移してきたのかを把握することができる。図2によれば、温泉の開発得傾向は1920年代から始まり、特に1950～1970年ごろに顕著であった。その後、許可数の増加傾向はゆるやかになり、年間数件程度の状況が続いている。そこで本稿では、このような源泉数の推移に対応させて、データの存在期間を1925～1949年、

1950～1969年、1970～1989年、および1990年から2009年の4つに区分し、各期間の揚湯量、温度、導電率、静水位の各項目の経年変化の傾向について検討することとした。経年変化の傾向を示す指標として、各期間における各データの時系列を、最小二乗法により直線近似し、その勾配(以下、トレンドとする)を用いた。なお、同じ年に複数回測定が行われている項目については、その平均値を、その年の測定値として計算に用いた。

3. 結果

3.1.トレンドの頻度分布

温泉実態調査による揚湯量、温度、導電率、静水位の各データをもとに、上記の各期間におけるトレンドを源泉ごとに算出し、ヒストグラム(図3)および累積度数分布曲線(図4)を作成した。また、各期間、各項目の平均値、中央値について表1にまとめた。度数を集計するデータ区間の値の正負については、一般的に温泉枯渇化を示すと考えられる傾向、すなわち、揚湯量減、温度低下、導電率低下、静水位低下の場合に、それぞれ負となるように設定した。

各項目のトレンドのヒストグラム(図3)は、検討した全ての期間で、正負両方の区間に裾をひいた単峰性(ピークが一つ)の形状となっている。データ区間の端で若干頻度が高くなっているが、これは個々の源泉の状況や、その付近のローカルな状況の変化の影響を受けている可能性もあり、ここでは検討しないこととする。

こうしたヒストグラムの特徴から、過去に温泉資源の枯渇化が深刻な問題とされていた時期においても、箱根地域の全ての源泉が枯渇化傾向にあったわけではないことがわかる。一方、トレンドの最頻区間は4期間を通じて同一であり、揚湯量は年間 $-2 \sim 0$ ($\text{l} \cdot \text{min}^{-1} / \text{年}$)、温度は $-0.5 \sim 0$ ($^{\circ}\text{C} / \text{年}$)、導電率は $-0.1 \sim 0$ ($\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1} / \text{年}$)、静水位が $-0.5 \sim 0$ ($\text{m} / \text{年}$)であった。したがって、全体的に見た場合は、今もなお枯渇化傾向が続いていると考えられる。

表1 揚湯量、温度、導電率、静水位のトレンドの平均値と中央値

項目 期間	揚湯量(リットル/分/年)			温度($^{\circ}\text{C} / \text{年}$)			導電率($\text{mS} / \text{cm} / \text{年}$)			静水位($\text{m} / \text{年}$)		
	N	平均値	中央値	N	平均値	中央値	N	平均値	中央値	N	平均値	中央値
1925-1949	41	-8.4	-1.0	52	-1.1	-0.3	-	-	-	-	-	-
1950-1969	251	-0.6	-0.6	265	0.5	0.2	-	-	-	20	-2.5	-0.8
1970-1989	337	-2.4	-0.5	354	-0.4	-0.1	79	0.0	0.0	146	-0.6	-0.6
1990-2009	344	0.7	-0.3	359	-0.1	-0.1	335	0.0	0.0	104	-0.5	-0.2

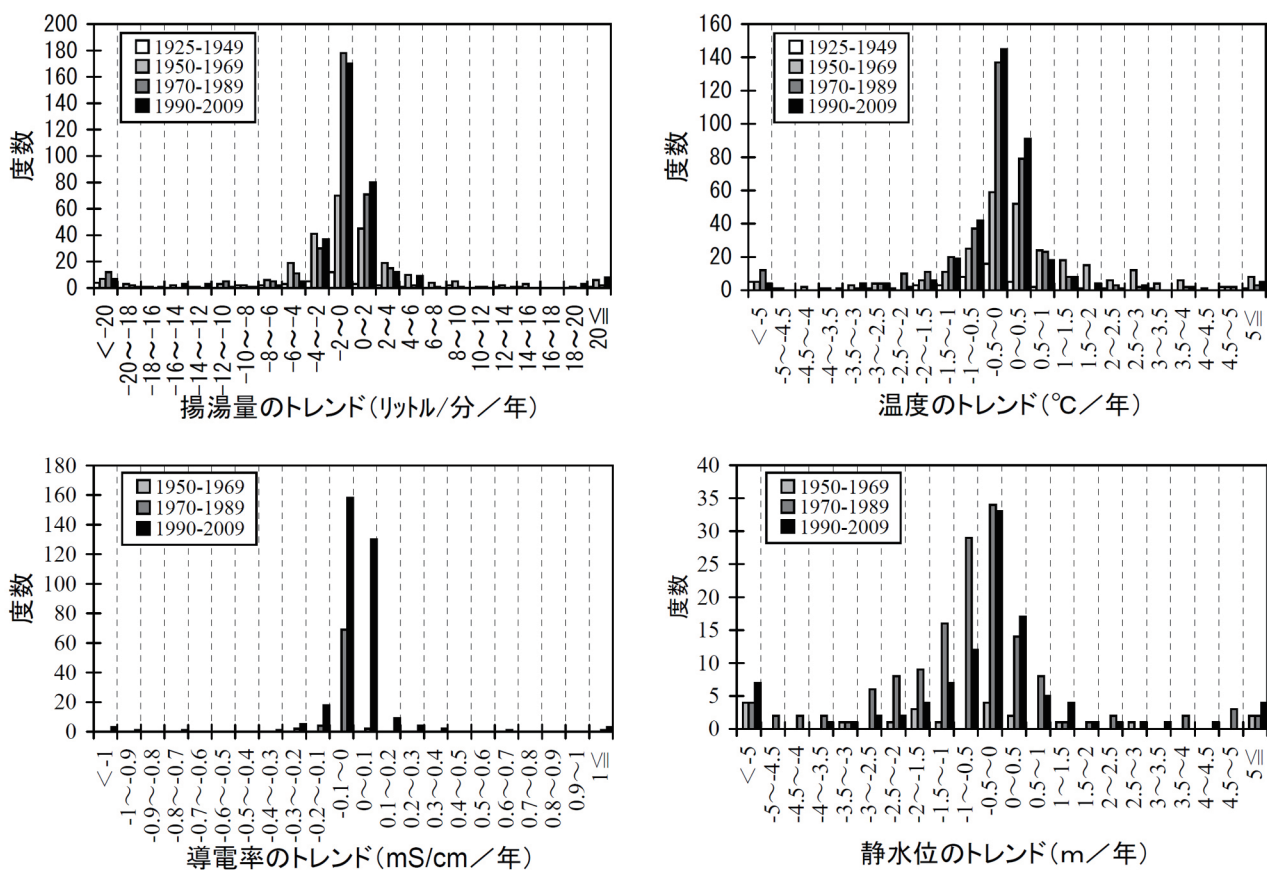


図3 揚湯量、温度、導電率、静水位のトレンドのヒストグラム

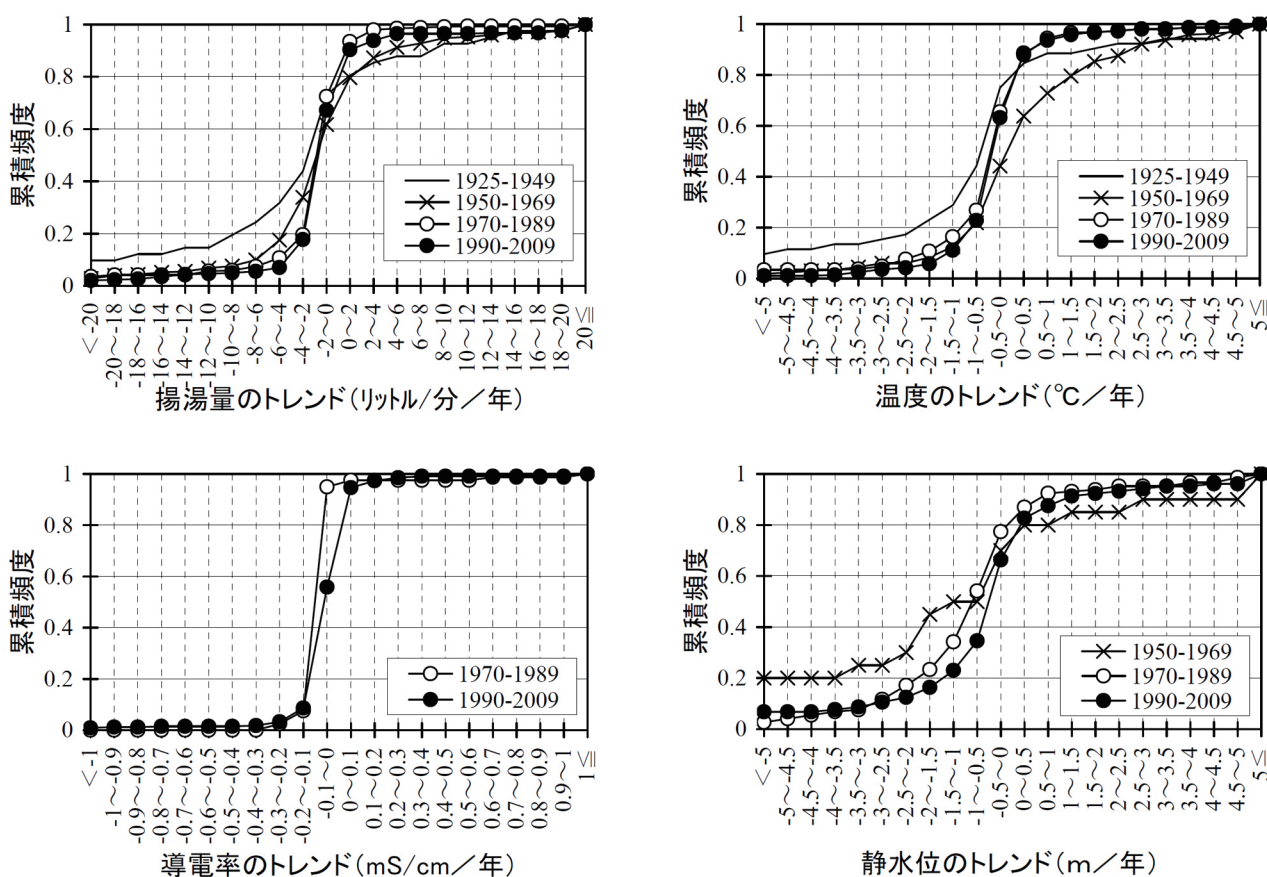


図4 揚湯量、温度、導電率、静水位のトレンドの累積頻度分布曲線

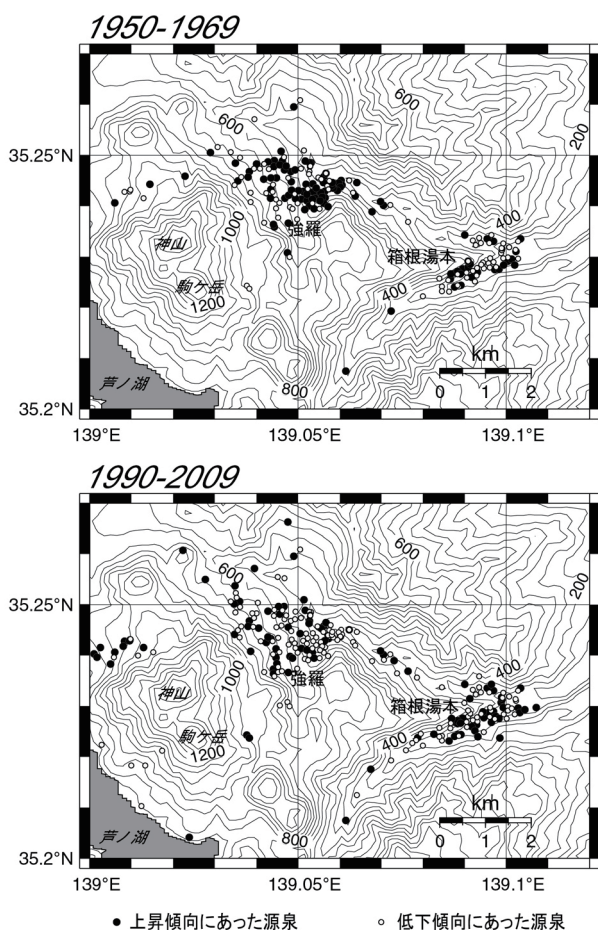


図5 温度のトレンドの地理的分布（上：1950～1969年、下1990～2009年）

累積頻度積算曲線（図4）についてみると、各項目とも、年代が進むにつれて、最頻区間における曲線の勾配が急になっている。特に、1950～1969年の温度を除くと、負のデータ区間における累積頻度および、その増加傾向が小さくなっていることが注目される。トレンドの平均値と中央値についても、1950～1969年の温度と揚湯量を除けば、年代が新しいほど大きくなる傾向が認められる。以上のことから、年代が進むとともに強い枯渇化傾向を示す源泉の割合が減少しており、全体的な枯渇化傾向も緩和されていると考えられる。

3.2. 温度・揚湯量のトレンドの地理的分布

1950～1969年における温度のトレンドは、累積頻度曲線（図4）の最頻区間から正のデータ区間にかけての勾配が緩やかであり、中央値、平均値とも正の値をとる（表1）など、他期間・他項目とは明らかに異なる特徴を示している。

そこで、この期間と、最新の20年間（1990～2009年）について、温度（揚湯量）が上昇（増加）傾向にあった

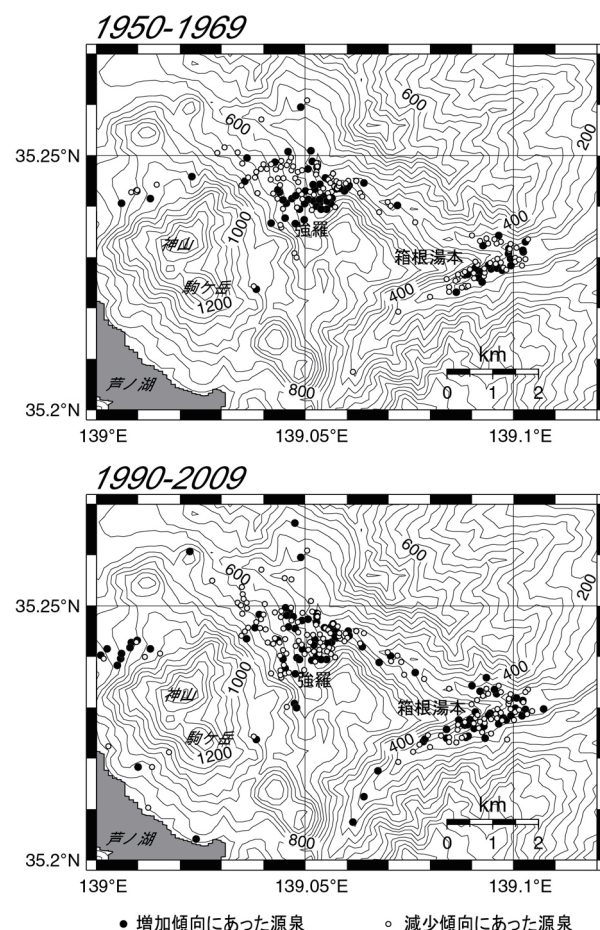


図6 揚湯量のトレンドの地理的分布（上：1950～1969年、下1990～2009年）

源泉と、低下（減少）傾向にあった源泉の地理的分布図（図5および6）を作成し、それぞれの特徴を比較した。分布図の作成にあたっては、温泉地学研究所のKOGMAプロジェクト（萬年ほか、2009）により把握している源泉の位置情報を用いた。なお、導電率と静水位については、1950～1969年に測定を実施した源泉数が少なかったため比較ができなかった。

図5および6によれば、1950～1969年では、強羅地域に温度上昇傾向の見られた源泉が集中している。また、同地域の南側において、揚湯量が増加傾向の源泉が多く分布している。一方1990～2009年の地理的分布には、温度上昇（揚湯量増加）の傾向のある源泉が特定の範囲に集中している状況は認められない。

1950～1969年の期間中は、1966年に箱根群発地震活動が発生しており、それに続いて強羅温泉の異常昇温が1967年に観測されている（大木ほか、1968）。温泉の異常昇温は、その後徐々に下流へ波及し（広田・栗屋、1973）、強羅地域の末端部にあたる自然湧泉では、5年後の1972年に温度のピークが観測されている（大山ほ

か、1985)。1950～1969年における温度のトレンドの地理的分布および頻度分布の特徴は、こうした異常昇温の影響を反映しているものとみられる。

4. まとめ

温泉実態調査結果にもとづき、2009年までの、温泉の揚湯量、温度、導電率、静水位のトレンドについて検討した結果から、箱根地域における温泉枯渇化の傾向は現在も続いているものの、年代とともに緩和されていると見ることができる。

しかしながら、菊川・板寺（2008）によれば、1990年以降、箱根湯本地域の温泉溶存成分の減少傾向が穏やかになっている一方で、温泉地の中心部で溶存成分の減少が進んでおり、塩類泉が減少し、単純温泉が増加している。ここで検討したトレンドについても、20年間の平均的な傾向であることを考慮すれば、決して小さな値とは言えず、源泉によっては、依然看過できない状況にあることを示している。本稿では検討しなかったが、大きなトレンドを示した源泉については、源泉そのものはもちろんのこと、周辺のローカルな状況も把握し、経年的な変動の原因を明らかにする必要がある。

本稿で示した通り、温度や揚湯量など、現地で測定可能な基本的項目により、地域の温泉がどのような状況にあるか把握することが可能である。今後も、可能な限り多数の源泉を対象としたモニタリングを継続することが重要である。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、小田原保健福祉事務所温泉課の温泉実態調査結果を利用させていただきました。膨大な帳票データの入力に尽力された横山洋司温泉課長を

はじめ温泉課職員の皆様に敬意を表するとともに、記して感謝いたします。

参考文献

- 箱根湯本温泉旅館組合（2000）箱根湯本・塔之沢温泉の歴史と文化―箱根湯本温泉旅館組合創立50周年記念誌，399p.
- 平野富雄（1994）箱根二十湯，神奈川新聞社，259p.
- 広田茂・栗屋徹（1973）箱根火山における泉温および水の連続観測，昭和47年（1972），温研報告，4（1），32-32.
- 菊川城司（2003）箱根火山における温泉の温度・湧出量・水位の観測結果 1990（平成2）～2002（平成14）年，温地研報告，35，79-90，2003.
- 菊川城司・板寺一洋（2008）箱根湯本地区温泉の泉質経年変化の評価―成因の解明に向けて，神奈川博調査研報，13，195-210.
- 萬年一剛・小田原啓・菊川城司・代田寧・板寺一洋（2009）温泉利用施設の意識調査―アンケート結果から―，観測だより，59，25-38.
- 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，温研報告，6，1-20.
- 大山正雄・伊東博・大木靖衛（1985）箱根温泉の温度と湧出量の観測 昭和57-58年（1982-1983），温地研報告，16（5），41-52.
- 大山正雄・迫茂樹（1987）箱根湯本・塔の沢温泉の水位の経年変化，温地研報告，18（2），25-36.
- 大山正雄（1989）箱根湯本湧泉の流出解析（第2報），温地研報告，20（2），43-56.

