

湯本・塔ノ沢温泉の最近の動向について

大山正雄, 大木靖衛

神奈川県温泉研究所*

Conditions des Sources Thermales de Yumoto-Tōnosawa

par

Masao ÔYAMA et Yasue ÔKI

Institut de la Source Thermale de la Préfecture de Kanagawa

Hakone, Kanagawa

(Résumé)

La station thermale de Yumoto-Tōnosawa se trouve à peu près à l'est dans la caldeira de Hakone. Beaucoup de puits des eaux thermales sont forés aux environs du confluent du Hayakawa et du Sukumo. Pour cette raison, les surfaces des eaux thermales southerraines voisins d'ici baissent d'une année à l'autre puisque les eaux thermales sont tirés excessivement.

En examinant les récentes statistiques (Tableau 1), nous avons trouvé que la quantité totale d'eau thermale divisé par le nombre du puits $f(x)$ s'est rapporté au nombre du puits (x) par la relation suivante :

$$f(x) = 147 \exp(-0.00917x)$$

Les problèmes des diminutions des quantités tirés, des températures des eaux thermales et des matières dissoutes de chaque puits de la station thermale de Yumoto-Tōnosawa sont principalement pour la baisse de la surface des eaux thermales souterraines.

* 神奈川県箱根町湯本997 〒 250-03

神奈川県温泉研究所報告 第4巻, 第2号, 91-98, 1973

はじめに

近時の観光ブームによる温泉需要の増大が各地で温泉開発を盛んにしてきた。しかし、温泉を採取出来る場所は一定地域に限られているので、過剰の温泉揚湯のために地下の温泉水面低下を引き起こしている。多くの温泉地では湧泉の消滅が進行し、伊東温泉の様に海岸近くでは温泉の海水化が生じている所さえある。このため、各源泉間では湯の争奪が行なわれ、温泉源の保護が重要な課題となっている。

箱根、湯河原でも殆どの地域が温泉保護、あるいは準保護地区に指定され、泉源の保護が行なわれている。それにもかかわらず、揚湯量、泉温、溶存物質は年々減少しているところもある。

これ等の問題を解決するには高温熱水の生成機構や地下水の混入機構等を解明すると共に、どの程度温泉を汲上げたらどの位地下水面が下がるのか、また、適切な揚湯を指導する場合、何を基準にしたら良いのかという事をはっきりさせる必要がある。

小田原保健所温泉課では1958年以来、湯本、塔ノ沢地域における温泉の一斉調査を行ない、温泉保護の基礎資料としている(表1)。

ここでは温泉台帳および、温泉課の資料に基づき、湯本・塔ノ沢温泉の変遷、ならび、揚湯量と源泉数との間に統計的にどのような関連があるのかを調べてみた。

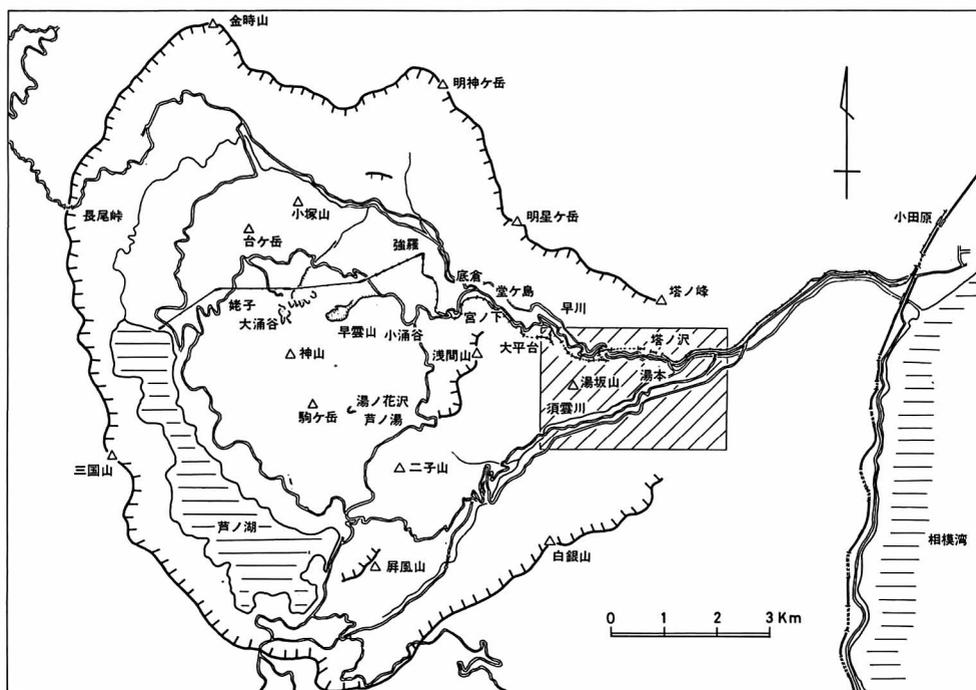


図1 箱根カルデラと湯本・塔ノ沢温泉

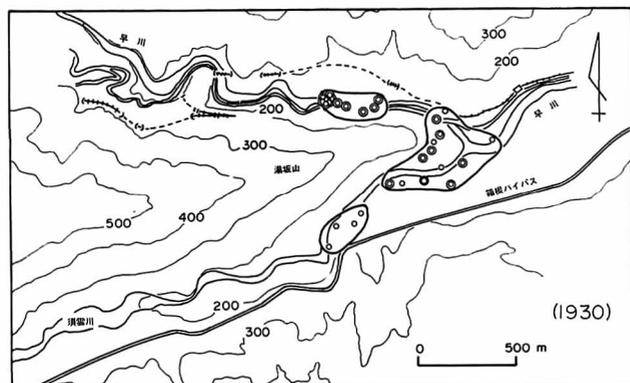


図 2-a 湯本・塔ノ沢温泉の源泉地域の変遷

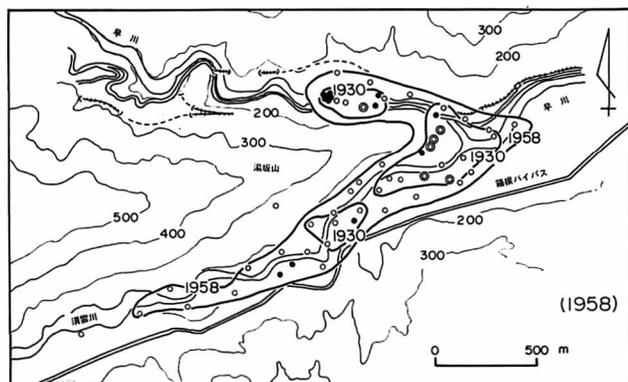


図 2-b 湯本・塔ノ沢温泉の源泉地域の変遷

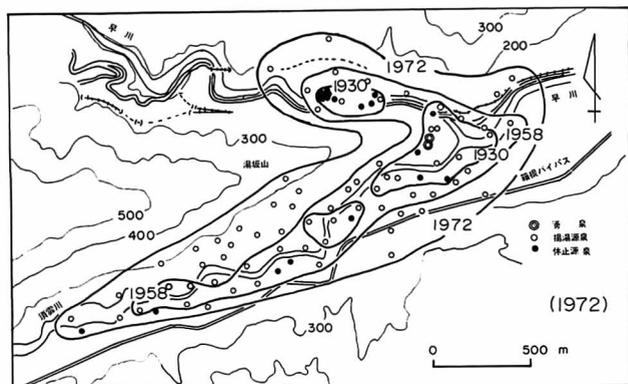


図 2-c 湯本・塔ノ沢温泉の源泉地域の変遷

概 況

湯本・塔ノ沢温泉は箱根カルデラの東側を流れている早川と須雲川の合流点付近に位置している(図1)。大正の中頃まで、湯本・塔ノ沢の湯宿は殆ど、湯坂山の基盤を構成する早川凝灰角礫岩中の割れ目から上昇する自然湧泉を利用していた。この頃、Ishizu, R. が1881年に、佐藤伝蔵が1916年に、清野信雄が1920年に各々温泉調査を行なっている。清野の測定した範囲では温度が37～48.5°C、湧出量が220ℓ/minとなっている。昭和の初期頃から、交通機関の発展と共に温泉開発が急激に進められた。この結果、源泉相互の干渉と共に水位は低下し、自然湧泉の枯渇や湧出量の減少の問題がおきている。昭和7年には既に渦巻ポンプでの揚湯が一部で行なわれ始めた。

図2, 3は源泉地域の変遷と総揚湯量の経年変化を示したものである。

1930年頃までの源泉井は早川と須雲川の合流点付近に集中している。湯量は温泉台帳で確認されている総量である。浴槽の構造上湯量の測定の不可能なものや記載もれは30年に8, 32年に6源泉あった。なお、前後の関係から、32年の総湯量は1,630ℓ/minと推定される。

第二次大戦から敗戦の一時期にかけ、温泉掘さくが殆ど行なわれていないことや戦争に伴う種々の事情

から総湯量は停滞あるいは減少していたものと想像される。活発な温泉開発が再び始まったのは経済状態が回復しはじめた1950年頃である。1952, 54年の値は常時採取されていたと思われる総湯量である。1952年にはまだ9源泉が自噴していたが、深度に関係なく揚湯可能なエアーリフトポンプも既に登場（6源泉）し、総湯量は2,810 ℓ /minと増加している。

1958年以降は小田原保健所温泉課が行なっている一斉調査によるものである。1955年頃から源泉数が急に増えたことによって揚湯量も飛躍的に増加した。

1958年頃になると、湧泉は湯場地区付近に僅かに残すのみとなり、塔ノ沢地区では殆ど消滅している。新期源泉は主に須雲川沿いに上流に向かって開発されている。この年の利用源泉中、85%が動力装置を使って揚湯している。エアーリフトポンプによるものが全体の74%、渦巻ポンプが11%であった。全源泉の平均深度は300mに及んでいる。

1972年になると、湧泉は湯坂山を枝状に横穴を掘さくし、自然流下によって集湯している源泉のみになった。一方、源泉は1958年頃の源泉井を中心として山の手に向かって開発が進められている。掘さく深度は益々増加し、1,000mに達している源泉井もある。平均深度は418mに及び、エアーリフトポンプを利用しているのが90%を占めている。この様に、源泉地域は拡大し、深層温泉滞水層が開発されてきたが、多量な温泉を揚湯している源泉は殆ど早川と須雲川の両河川と湯坂山に挟まれた狭い地域に限られ、そこから離れるに従い揚湯量も一般に少なくなっている。

総揚湯量は1958年以来現在に至るまで直線的に増加している。

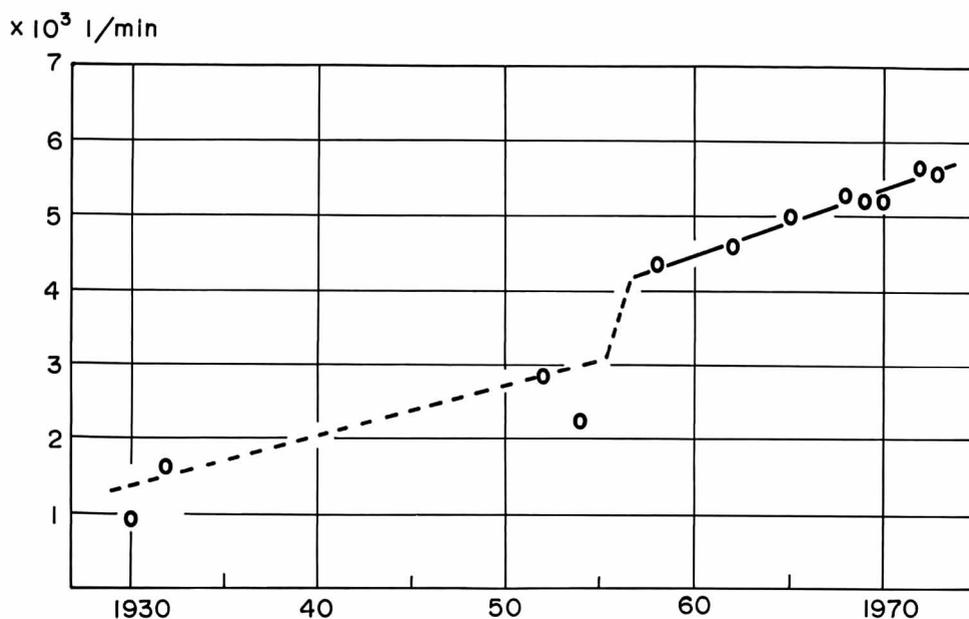


図3 総揚湯量の経年変化

利用源泉数と揚湯量との関係

湯本・塔ノ沢の温泉需要の増大が源泉数と総揚湯量を年々増加させてきた。しかし、温泉開発がなされるに従い、個々の源泉の揚湯量は全般的に減少していく傾向にある。

図4は過去8回行なった一斉調査の統計結果(表1)に基づき、平均揚湯量と利用源泉数との関係を示したものである。平均揚湯量と源泉数との関係が指数函数的に示されるとして、その係数を最小自乗法で求めると

$$(1) \quad f(x) = 147 \exp(-0.00917x)$$

という関係式が得られた。ここで、 x は利用源泉数、 $f(x)$ は平均揚湯量である。

実測値は小円に測定年代を付け、(1)式で求めた値は実線で各々示した。

個々の源泉は揚湯している温泉滞水層の構造や性質の地域的相違、エアー管の長さや動力装置などが異なっているので揚湯量の減少も様々ではあるが、図中の8つの点は1本の線上にきれいにのっており、平均揚湯量と利用源泉数との間に密接な関係があることがわかる。

揚湯量の減少は地下滞水層へのかん養を上回る過剰揚湯によって地下水位面が低下した結果、引き起こされたものである。どの源泉も揚湯量が減少し、しかも、源泉数と平均揚湯量との間に密接な関係があることは各々の滞水層の地下水位面が滲出などによって相互に強く影響しあっているものと想像される。

神奈川温研の小鷹他(1971)の調査によると、湯本・塔ノ沢地域の基盤岩類中には多数の断層が発達し、深さ数百米の試錐孔から揚湯される温泉はこれらの割れ目から採取されている。この様に、基盤岩類の割れ目によって各滞水層間が連絡しあっているので、温泉揚湯が湯本・塔ノ沢地域全体の地下水面の変動に敏感に反応しているものと考えられる。図5は利用源泉数と総揚湯量との関係を示し

表1 箱根湯本塔ノ沢温泉の統計結果

調査年度	総源泉数	利用源泉数	総揚湯量 ℓ/min	平均揚湯量 ℓ/min	平均泉温 ℃	平均深度 m
1958	64	44	4355	99	54.2	302
1962	70	48	4578	95	54.4	333
1965	77	54	5055	93	53.6	363
1968	87	66	5290	80	52.8	385
1969	92	63	5214	83	52.6	394
1970	92	67	5226	78	53.6	403
1971	94	71	5607	79	52.0	418
1972	97	69	5550	80	51.9	447

神奈川県衛生部(1972)による。

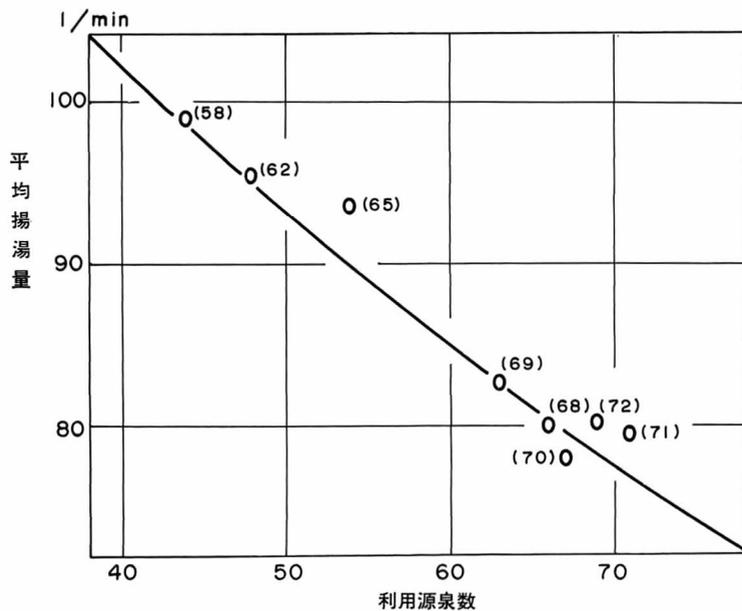


図 4 利用源泉数と平均揚湯量

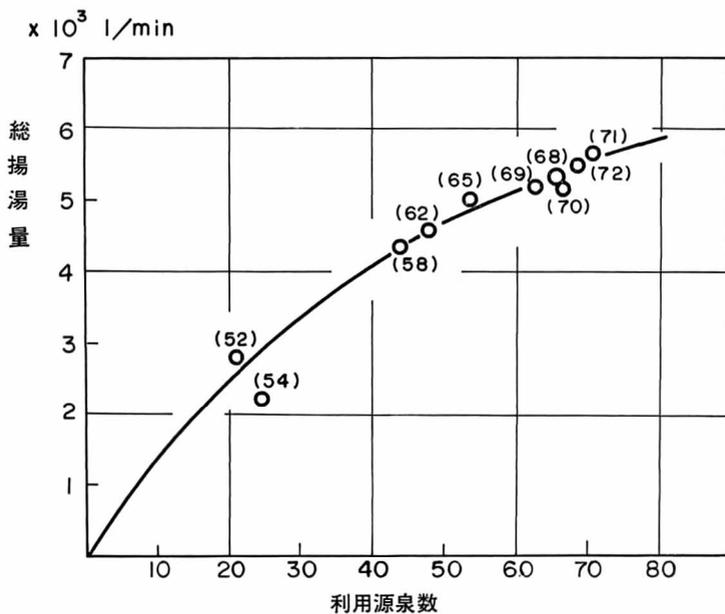


図 5 総揚湯量と利用源泉数

たものである。この両者の関係式は(1)式から、次の様に表わせる。

$$(2) \quad F(x) = x \cdot f(x) = 147x \exp(-0.00917x)$$

実測値は(2)式から求めた実線上にあり、総揚湯量と源泉数との間にもかなりきれいな関係が成り立っていることが見出せる。

温泉地域の拡大と深層温泉滞水層の開発に従い、総揚湯量は増大している。しかし、各源泉の揚湯量は減少しているため、1965年頃から源泉数が増加しても総揚湯量はあまり増加していない。この15年間の利用源泉数の増加は6割、一方、総揚湯量の増加は3割に満たない。

泉温の変化

温泉需要の増大に伴ない温泉地域は拡大し、深層の高温泉の開発が行なわれてきた。その結果、湯本・塔ノ沢温泉の総揚湯量と共に温泉によって地下から運び出される熱量は増加している(図6)。しかし、表1から、平均泉温は1958年の54.2°Cから1972年の51.9°Cへと衰微の傾向を示している。特に、須雲川と早川沿いの源泉の温度低下は著しく、1958~72年の間に5~12°Cも下がっている。

湯本・塔ノ沢温泉の化学成分の経年変化を調査している平野、大木(1972)らはこの地域の各温泉の溶存物質もやはり全般的に著しく減少し、浅層地下水や河川水のそれに近づいていると報告している。

この様に、泉温低下や溶存物質の減少は深層温泉滞水層の開発と自然かん養量を上回る過剰揚湯によって地下水圧が低下し、上部にある温度の低い浅層地下水や河川水の浸入を促進している結果である。

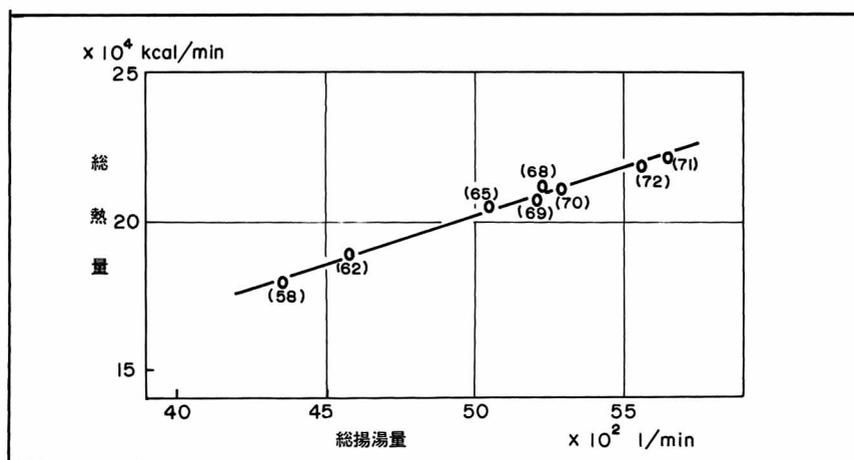


図6 総揚湯量と総熱量

ま と め

以上の結果をまとめれば次の様になる。

- 1) 温泉採取は過剰揚湯となっているので、温泉地下水面が年々低下している。利用源泉数と平均揚湯量との間には統計的に

$$f(x)=147\exp(-0.00917x)$$

という式で表わせる。

- 2) 各源泉の揚湯量、泉温、溶存物質の減少の問題は主に、過剰揚湯に伴なう地下水面の低下に起因している。
- 3) 揚湯量の試験は地下水面の変動を基礎として行なわれることが望まれる。

謝 辞

この調査を行なうに当り、小田原保健所岩田義徳温泉課長、浜野功係長、久保寺公正氏からは有益な助言と貴重な資料をいただいた。神奈川県温泉研究所小鷹滋郎主任研究員には地質について、平野富雄氏には化学成分について御教示を仰いだ。今野武雄先生には *Résumé* を閲読していただいた。平賀士郎温泉地質科長、荻野喜作地下水科長には終始温かい激励をいただいた。小梶藤幸氏、広田茂氏、伊東博氏には現地調査に御協力いただいた。杉山喆美嬢には図面を作成していただいた。ここに、厚く御礼申し上げる。なお、この研究は神奈川県衛生部温泉調査研究費によった。

参考文献

- ISHIZU, R. (1915), *The mineral springs of Japan*, Sankyo, Tokyo.
- 小鷹滋郎, 大木靖衛, 広田茂 (1972), 湯本・塔ノ沢温泉の湧出機構, 神奈川温研報告, Vol. 3, No. 3, 95—108.
- 大木靖衛, 平野富雄, 田嶋綾子 (1968), 箱根温泉の成因, 神奈川温研報告, Vol. 1, 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, 神奈川県.
- 大木靖衛, 岩田義徳 (1971), 温泉の保護と適正利用, 観光, No. 39, 50—56.
- 佐藤伝蔵 (1917), 箱根温泉調査報文, 地学雑誌, Vol. 29, No. 339, 167—178.
- 清野信雄 (1920), 神奈川県塔ノ沢温泉, 地調報, No. 79, 85—87.
- 神奈川県衛生部 (1959), 昭和34年箱根湯河原温泉源泉表.
- 神奈川県衛生部 (1972), 昭和46年温泉実態調査報告書.
- 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.