

温泉中の高温菌について（第一報）

地熱探査への応用

和田 裕・福原 健一

神奈川県小田原保健所
（昭和39年10月26日受理）

I ま え が き

細菌の発育、増殖は環境温度に密接な関係があり、温泉、食品、堆肥中に高温で繁殖する細菌が存在することは、すでに知られている^{1),2),3),5),6),7)}。

筆者等は、昭和37年10月、温泉浴槽中の汚染度の調査を実施した際、源泉中の細菌を検査するにあたり、菌の増殖至適温度を調べるために、37°C、45°C、60°C、に分けて培養検査した結果、37°C 48時間後測定では、何等の細菌の発育を見なかったが、45°C、60°C培養24時間後測定では、多数の細菌の発育を見た。

さらに一般井水、地表水、（河川水、工場排水、浴場水等）における分布を調査し、また非地熱地帯の鉱泉についても同様な方法で培養試験の結果、一般井水については、5m以上の井深のある地下水では、ほとんど高温菌を検出せず、非地熱地帯の鉱泉にも同菌を検出しなかった。

温泉を湧出する地熱地帯における、高温菌の検出頻度を非地熱地帯の地下水と比較することにより、高温菌の検出が地熱探査に利用出来る可能性を認めた。

II 細菌の増殖温度による分類

各細菌にはそれぞれ増殖至適温度があり、常在している環境の温度に適していることが多く、増殖温度により、次の3種に大別される^{7),8),13)}。

- a. 好冷菌、または低温菌 (psychrophilic bacteria) 至適温度 12°C ~ 18°C、最低温度 0°C、最高温度 25°C
- b. 好温菌または中温菌 (mesophilic bacteria) 至適温度 25°C ~ 37°C、または、37°C ~ 50°C、最低温度 15°C、最高温度 45°C ~ 55°C
- c. 好熱菌または高温菌 (thermophilic bacteria) 至適温度 50°C ~ 60°C、最低温度 40°C、最高温度 75°C

この分類は特定の種類の菌をさすのではなく、高温菌の増殖温度が高いことを示すのである。しかし、その区別は、細菌分類学の立場からみると、必ずしも画然としていない。

Ⅲ 実験方法

水中細菌（地表水，地下水，その他）の検査法は，衛生検査指針，上下水道試験法^{9),10)}，薬学会協定法¹¹⁾等に規定されている方法として，普通寒天培地に1mlの試料を混積培養し，37°C 24時間±2時間後判定する。その他大腸菌群検査もあるが，地下水に存在する細菌は，環境衛生学上の汚染度を知るための有効な手段として，広く検査されている。この細菌検査は，1ml中の一般細菌数として，すべての細菌を総括した合計数によって，汚染度を規定している。

筆者等は，温泉中の高温菌を測定するため昭和37年10月より培養温度37°C，45°C，60°Cに分けて培養試験した。

1. 試料の採取方法

温泉調査のさい，200ml滅菌瓶に試料を採取する。これを次の方法で培養する。

2. 培養方法

高温菌は培地の種類により，相当の検出差があるが，標準寒天培地を使用した。細菌のよく増殖する各種液体培地を使用すると，いわゆる耐熱性細菌も同時に増殖する可能性があるが，固型培地を使用すれば，菌の分離が簡単であり，更に試料中の菌の個数を測定出来るので好都合である。

標準寒天培地の組成は表1の通りである。試料2～5mlを滅菌シャーレにとり混積培養し，37°C，45°C，60°Cに分けて，48時間後に測定した。

表1. 標準寒天培地の組成

培地	1000mlにつき
肉エキス	4g
ペプトン	10g
ブドウ糖	1g
寒天	15g

さらに，こゝに得たコロニーを釣菌して60°Cに培養，菌の消長を見た（培地は上記の培地を使用）。これにより，60°Cで増殖する菌を，一応高温菌と見なした。

ここで厳重に注意することは，使用器具，培地等の完全な滅菌である。特に市販の培地に高温菌が存在し

ていることがある。

Ⅳ 高温菌の分布

a. 地表水（河川水等）における分布

地表における高温菌の分布は，前述の通り，食品関係，農業関係に多く研究され，食品，堆肥中に多く存在することが知られている。地表水における分布は，昭和37年9月より，2年間，河川水142件，工場排水関係21件，し尿浄化槽12件，浴場水35件を調査した（表2）。河川中の高温菌の分布は，広範囲にわたっている。

工場排水においては他の地表水に比して菌数が多い。紡績工場，缶詰工場などの食品工場，製紙工場などに多く，無機工場からはほとんど検出されなかった。

浴場水における分布は，37°C培養で1ml中に数万～数百万の細菌を検出されるが，45°C培養では，37°Cのときよりさらに多数の細菌が検出される。したがって，37°Cでは菌の検出を見なかった浴場水でも，45°Cに培養する時，無数の細菌が検出される可能性があり，事実そうした事例があ

る¹⁴⁾。しかし、60°C培養すれば浴場水中の細菌は同一試料でほとんど検出されなかった。

表2 地表水中の37°C、60°C培養における菌検出比較表

	検査数(件)	37°C培養(件)	60°C培養(件)
河川水	142	142	85
工場排水	21	20	17
浄化槽排水	12	12	1
浴場水	35	35	2
計	210	209	105

b. 地下水における分布

日常の依頼検査に提出された試料について、通常の試験（厚生省衛生検査指針）以外に、この報告に用いた方法で細菌検査を行ない、高温菌の分布を検討してみた。高温菌は井水中からも発見されることもあるが、それ等の井戸の深さは、ほとんど5m以内にあり、特に3m以内が多い（表3）。検査した総数は、875件で高温菌の検出件数は38件であった。検出された38件の高温菌のうち、36件は深さ5m以内の浅井戸からのものであり、これ等の高温菌は地表からの汚染によるものと推定される（図1）。なお37°C培養の細菌数と、60°C培養の細菌数には相関々係が見い出せない。

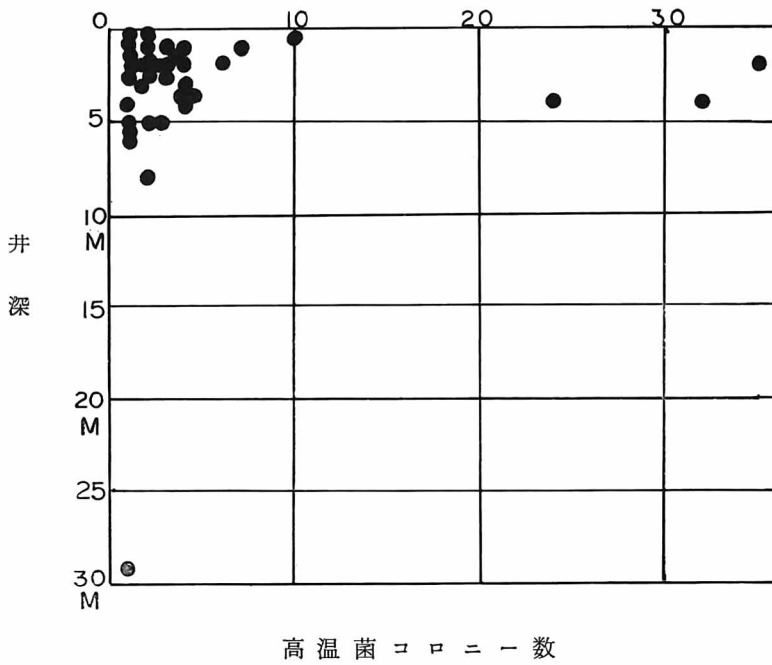
表3 地下水の37°C、60°C培養における菌検出比較表

井深(m)	検査数(件)	37°C(件)	60°C(件)
3	118	118	25
5	192	192	11
10	375	375	1
20	36	36	0
20以上	154	153※	1 ※37°C不検出1件
計	875	874	38

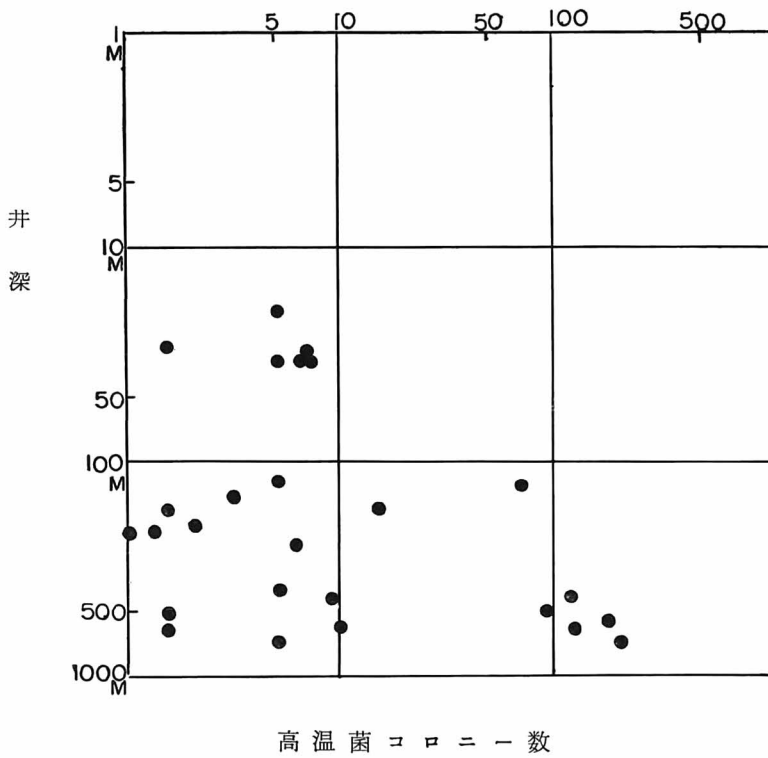
c. 温泉中の高温菌の分布

温泉中の高温菌については、他の地下水、地表水に比して、多く研究がなされているが、その研究方法は、研究者によって異っている。

筆者等は前述の通りの方法で実施したが、地熱地帯の地下水は、他の地下水に比較して高温菌の検出頻度は、非常に高くなっている。特に深井戸であっても、菌の検出頻度が高くなっていることは、他の地下水に見られないことである。また興味あることは、地熱地帯以外の冷鉱泉地帯には、高温菌



高温菌コロニー数
 図1. 地下水における井深と、高温菌の検出状況



高温菌コロニー数
 図2. 地熱地帯における地下水の高温菌の検出状況

を見い出さなかった点である（表4，図2）。

たとえば，東丹沢の鶴巻，七沢，横浜地区の日吉，戸塚，鎌倉地区の大船等の鉱泉として採取された試料には，高温菌が検出されなかった。

地熱地帯であっても，高温菌が必ずしも検出されるわけではなく，37°C培養で検出される菌もあり，またほとんど無菌状態であることも多い。これは周囲の環境の如何，地下構造の如何（地表からの汚染によるもの，無菌の場合，非常に緻密な岩石の下にある時，または温度が非常に高く菌の生棲出来ない時）によるものであろう。

なお45°C培養における各水質別菌検出頻度は，37°C培養と60°C培養との中間を示し，浴場水以外には，興味ある成績を示さなかったため，表及び図示は省略する。

表4 地熱地帯の地下水，温泉水，及び非地熱地帯の冷鉱泉の，37°C，60°C培養における菌検出比較表

		検査 (件)	37°C (件)	60°C (件)	不検出 (件)	
地熱地帯	箱根	26	5	11	13	
	湯河原	18	5	9	5	
	西丹沢 (中川)	6	0	6※	0	※地下32m附近
非地熱地帯	〃 (東沢)	1	1	0	0	
	〃 (箒沢)	1	1	0	0	
	南丹沢 (鶴巻)	4	4	0	0	
	〃 (七沢)	5	5	1※※	0	60°C ※※は地表水
	〃 (その他)	4	4	0	0	
	横浜 (日吉)	3	3	0	0	
	〃 (戸塚)	1	1	0	0	
鎌倉 (大船)	1	1	0	0		
計		70	30	27	18	

V 丹沢の地熱探査への応用

上記の結果により，非地熱地帯の地下水と，地熱地帯の地下水には，高温菌の存在の有無に差位を認めた。これによって地下水中の高温菌の有無を調べることにより，地熱地帯であるかどうかを推定する事も可能である。

たとえば丹沢中川温泉には，現在33°Cの微温泉が湧出しているが，更に深く掘さくすれば40°C以上の温泉を得られるかどうか問題となり調査が進められている。

昭和37年10月24日温研大木が，中川温泉信玄館源泉より採集した水より，60°Cで培養される細菌が検出され，37°C及び45°Cでは細菌が検出されなかった。その後3回にわたり上記の方法で培養を行ない，(昭和37年11月16日，38年2月9日，同年10月14日)高温菌の存在に再現性がある事を確めた。

つまり、高温菌検査からは、中川温泉に少なくとも40°C以上の温泉水が期待される結果となった。

その後、中川温泉地区の地下温度勾配を求めるためのテストボーリングが温研の手によって行なわれ、12.6°C/100mの高い温度勾配が測定され、深く掘さくすれば40°C以上の温泉が得られる可能性が強調された¹²⁾。このテストボーリングの際に、深さ32mより19.7°Cの地下水が自噴したが、この19.7°Cの地下水からも信玄館と同様に、60°C培養でのみ検出する菌が多数検出された。丹沢山地には中川温泉以外にも多くの冷鉱泉が知られているが、高温菌は中川温泉以外からは、1ヶ所も発見されていない。この事は丹沢山地の中川以外の地域には、地熱地帯のないと云う推定の一資料となった。

東丹沢においては、高温菌が検出されなかったが、調査した源泉中には、37°Cで培養される細菌が検出されているので、東丹沢の鉱泉水は無菌状態でない。

VI ま と め

地表水、地下水、温泉水に分けて、高温菌の分布を調査した結果、細菌検査方法による地熱探査に利用出来る可能性を示した。

本方法のみで、地熱の有無を判定することは危険であるが、物理化学的、地質的探査と相俟って実施すれば、さらに正確度は増すであろう。

本方法の利点としては、結果が短時間で得られ、経費が安く、簡便であることがあげられる。

しかし、これに反して、地表に多く存在する高温菌と混同するおそれがあるので、菌の同定、生物学的性状の調査が、今後の重要な課題となるであろう。

終りに、本調査のさい、激励を頂いた神奈川県小田原保健所長 林 秀博士、御助言を頂いた神奈川県衛生研究所 宮本泰博士に感謝の意を表する。

参 考 文 献

1. 江本義数(1958)温泉中の微生物について. 温泉研究14
2. 浜本典男, 他(1964)乳製品に存在する高温性細菌について. I, II, 食品衛生学会第7回学術講演要旨.
3. 栗原忠夫, 他(1963)細菌学検査法による温泉浴槽水中の汚染度の研究. P78~87. 温泉工学会誌vol. 1, No. 2
4. 厚生省編. (1950)衛生検査指針IV, 飲料水検査指針
5. Molish, H. (1926) Pflangenbiologie in Japan
9. 宮原淳雄, 川口信行(1963)温泉の沈積物について. P88~92. 温泉工学会誌vol. 1, No. 2
7. 宮路憲二(1958)応用菌学 上巻 下巻 岩波書店
8. 中村豊(1957)細菌学免疫学講本 I 金原出版株式会社
9. 日本水道協会(1960)上水道試験法

10. 日本水道協会（1953）下水道試験法
11. 日本薬学会協定（1957）衛生試験法 第15版 南山堂
12. 大木靖衛，他（1964）丹沢山地の温泉鉱泉. 温泉研報 No. 2
13. 坂崎利一（1963）培地学講座IX メディヤサークル, 48号
14. 和田裕, 福原健一（1964）浴槽水における細菌数と培養温度との関係について, 投稿中

Thermophilic Bacteria in Thermal Water

Application of Bacteriological Test for Prospecting of Geothermal Area

By

Yutaka Wada and Kenichi Fukuhara

(Odawara Health Center)

The distribution of thermophilic bacteria in surface water (river, sewage, industrial sewage, and public bath), ground water, and thermal water (hot spring) has been studied by means of plate culture with agar medium at 37°C, 45°C, and 60°C respectively. Thermophilic bacteria are contained preferably in hot spring and ground water in the geothermal area, and may well be an excellent indicator of the geothermal activity in the depths.

The bacteriological test is carried out in the mineral water as well as ground water of the Tanzawa mountains. It is suggested that weak geothermal activity is now taken place in the shallow depths of Nakagawa spa.