大分県内の飲用温泉水に関する細菌学的検討

渕 祐一・緒方喜久代・成松浩志・阿部義昭
樋田俊英・帆足喜久雄・牧野芳大

(大分県衛生環境研究センター)

(受付 平成10年12月16日)

(受理 平成11年2月3日)

Bacteriological Studies on the Drinking Hot Spring Waters in Oita Prefecture

Yuichi FUCHI, Kikuyo OGATA, Hiroshi NARIMATSU, Yoshiaki ABE,
Toshihide HIDA, Kikuo HOASHI and Yoshihiro MAKINO

(Oita Prefectural Institute of Health and Environment, 2-51 Hogawaradai, Oita 870-0948)

Key words: Hot spring, Drinking water, Standard plate count, Coliforms, *Escherichia coli*

緒 言

我が国の温泉水は一般に含有成分が希薄なため飲用の効果は強くないと考えられ、温泉療養は浴用を主体に行われてきた。最近になって薬物療法の補助療法としての医治利用に加え、近年の温泉ブームや自然食嗜好の広がりによって飲用自体を目的とした利用も注目されるようになり、全国的に飲用温泉（以下、飲用泉）は年々増加してきている⁹⁾。

一方、温泉水の飲用には衛生面での安全確保が不可欠であることから、1989年12月に環境庁は温泉利用基準を一部改正²⁾して従来の化学成分の規制に加え、年1回の細菌学的検査を義務付けた。温泉水は水道水と異なり消毒せずにそのまま飲用されるため、二次的な汚染による感染症や食中毒を起こす可能性も考えられる。実際に、浴用温泉水の誤嚥により感染したレジオネラ肺炎患者の症例が報告⁴⁾されており、その後の調査で全国17温泉の浴槽水からレジオネラ属菌が検出されている¹³⁾。しかし、飲用泉の衛生実態については、林ら¹⁾が飲用利用施設21カ所を調べた報告があるだけで、そのほかには飲用利用でない鉱泉水を調査した世取山ら^{11, 12)}、坂根ら¹⁰⁾の報告が散見される程度である。

今回、著者らは飲用泉としての許可申請に際して採水された大分県内の温泉水を用いて、細菌学的検査を中心に飲用泉の衛生状況を調査したので、その結果を報告する。

材料および方法

1. 材料

1995年7月から1998年10月までに大分県内で採取した温泉水90検体を検査材料とした。これらは、いずれも飲用泉として新規に許可申請が予定された温泉水である。

2. 方法

2.1 採水方法

細菌検査用試料の採水には200 mlポリエチレン製の滅菌容器を用いた。採水前、十分に排水した後、採水した。採水後は直ちに氷冷して冷蔵し、7時間以内に試験室に搬入して、直ちに検査に供した。

2.2 微生物学的衛生管理基準項目の検査

一般細菌数、大腸菌群および過マンガン酸カリウム消費量（以下、KMnO₄消費量）の微生物学的衛生管理基準3項目は、温泉利用基準一部改正通知の試験方法²⁾に従って行った。

なお、細菌検査では、酸性（pH 4以下）の検水は滅菌した2N炭酸ナトリウム溶液を加え、pH試験紙（東洋ろ紙(株)製ユニバーサル）で中性（pH 7）になるように調節した後、検査に供した。強アルカリ性を示した検水はなかった。

1) 一般細菌数：検水原液およびPBS（－）溶液（日水(株)製）で10倍に希釈した検水希釈液の各1 mlをそれぞれ2枚ずつの滅菌シャーレ（テルモ(株)製）に採り、標準寒天培地（栄研化学(株)製）を用いて混釈し37℃

で24時間培養した。培養後の集落数を計測し、検水原液の集落数が300未満ではその平均値を、300以上では10倍希釈した検水の集落数から算出した平均値を、一般細菌数とした。

2) 大腸菌群: 検水 50 ml をダーラム管入りの3倍濃厚乳糖ブイオン培地(栄研化学(株)製)に接種し、37℃で48時間培養後、ガスの発生を観察した。ガスの発生がみられたときは通知の試験方法²⁾に従って、ブリリアントグリーン乳糖胆汁ブイオン培地(同社製)を用いる確定試験、さらにエオシンメチレンブルー寒天培地・標準濃度の乳糖ブイオン培地・普通寒天斜面培地(いずれも同社製)を用いる完全試験を行って大腸菌群を判定した。

3) KMnO_4 消費量: 検水 100 ml を採り、常温の硫酸酸性で 0.01 N- KMnO_4 溶液を滴下して、あらかじめ酸化されやすい物質を酸化した後、煮沸による高温酸性下で 0.01 N- KMnO_4 溶液および 0.01 N-シュウ酸ナトリウム溶液を用いて KMnO_4 消費量を測定した。試薬はいずれも和光純薬(株)製を使用した。

2.3 理化学検査

改定鉱泉分析法指針の試験方法³⁾に従って行った。

2.4 微生物学的衛生管理基準

飲用利用の微生物学的衛生管理基準²⁾(以下、衛生管理基準)では、飲用温泉水の一般細菌数は 100 個/ml 以下、大腸菌群は陰性、 KMnO_4 消費量は 10 mg/l 以下と基準値が定められている。ただし、 KMnO_4 消費量は必要があれば検査すると規定されていて、鉄・硫黄・腐植質を含む温泉水については KMnO_4 消費量は参考にならない。

結 果

1. 微生物学的衛生管理基準の検査結果

飲用利用の衛生管理基準²⁾で判定した検査結果を Table 1 に示した。今回、検討した 90 検体中 30 検体、33.3% が衛生管理基準に不適合であった。この不適合率は細菌検査 2 項目による判定結果で、この 2 項目に必要な時の検査項目とされる KMnO_4 消費量の結果をあわせて判定した不適合は 39 検体で、その不適合率は 43.3% を示した。

項目別の不適合では、一般細菌数が 23 検体 (25.6%)、

Table 1. Hygienical results of the hot spring waters for drinking

	No. of samples tested	No. of positive samples (%)
Bacteriological un conformity	90	30 (33.3)
by Standard plate count		23 (25.6)
by Coliforms		9 (10.0)
by <i>E. coli</i>		1 (1.1)
Un conformity by KMnO_4 consumption	90	12 (13.3)

Fig. 1. Relationship between hygienical results and temperature of hot springs.

大腸菌群が 9 検体 (10.0%)、 KMnO_4 消費量が 12 検体 (13.3%) で、大腸菌群が不適の 1 検体からは *E. coli* が検出された。また、3 項目すべてによる不適は 1 検体 (1.1%) で、一般細菌数と大腸菌群、一般細菌数と KMnO_4 消費量、大腸菌群と KMnO_4 消費量の各 2 項目による不適がそれぞれ 1 検体 (1.1%) ずつあった。

2. 衛生管理基準項目と温泉分類との関係

2.1 泉温との関係

鉱泉分析³⁾では、温泉は泉温により低温泉 (25~34℃未満)、温泉 (34~42℃未満)、高温泉 (42℃以上) に分類される。今回検討した温泉水の泉温は 28.3~101℃の範囲にあったが、泉温分類と衛生管理基準 3 項目の不適合率との関係を Fig. 1 に示した。

一般細菌数の不適合率は、低温泉で 66.7% (6 検体中 4 検体が不適。以下、4/6 と略記する)、温泉で 42.9% (6/14)、高温泉で 18.6% (13/70) と泉温が低いほど高率であった。その菌数の平均値±標準偏差 (S.D.) もそれぞれ 390±340 個/ml, 160±270 個/ml, 130±420 個/ml で、泉温が低いほど高い値を示した。また、大腸菌群の不適合率はそれぞれ 16.7% (1/6), 14.3% (2/14), 8.6% (6/70) で、一般細菌数と同様に泉温が低いほど高かった。*E. coli* が検出された検体は低温泉であった。

一方、 KMnO_4 消費量の不適合率はそれぞれ 0% (0/6), 14.3% (2/14), 14.3% (10/70) で、また平均値±S.D. はそれぞれ 3.2±1.7 mg/l, 5.2±6.1 mg/l, 6.9±12.4 mg/l で、いずれも泉温が高いほど高い値を示した。

2.2 pH との関係

鉱泉は液性により酸性泉 (pH 3 未満)、弱酸性泉 (pH 3~6 未満)、中性泉 (pH 6~7.5 未満)、弱アルカリ性泉 (pH 7.5~8.5 未満)、アルカリ性泉 (pH 8.5 以上) に分

類される³⁾。今回検討した温泉水の pH は 3.2~9.5 の範囲にあったが、pH と衛生管理基準項目の不適率との関係を Fig. 2 に示した。

一般細菌数の不適率は、弱酸性泉で 0% (0/2)，中性泉で 30.0% (9/30)，弱アルカリ性泉で 26.8% (11/41)，アルカリ性泉で 17.6% (3/17) を示し、中性~弱アルカリ性域で高くなる傾向が認められた。その菌数の平均値±S.D. は、弱酸性泉が 2 ± 3 個/ml に対して、中性~アルカリ性泉は $96 \pm 230 \sim 310 \pm 790$ 個/ml で、弱酸性泉が低い値を示した。また、大腸菌群の不適率は、中性泉および弱アルカリ性泉がそれぞれ 13.3% (4/30) および 12.2% (5/41) であるのに対し、弱酸性泉とアルカリ性

泉はいずれも不適がなく (0/2 と 0/17)，一般細菌数と同様に中性~弱アルカリ性域で高い不適率を示した。*E. coli* の検出検体は中性泉であった。

一方、KMnO₄ 消費量の不適率は弱酸性泉で 0% (0/2)，中性泉で 10.0% (3/30)，弱アルカリ性泉で 12.2% (5/41)，アルカリ性泉で 17.6% (3/17) と pH が高いほど高率で、平均値±S.D. もそれぞれ 2.7 ± 2.2 mg/l, 4.5 ± 5.1 mg/l, 4.6 ± 4.8 mg/l, 11.7 ± 20.7 mg/l と pH の上昇に従って高い値を示した。

2.3 泉質との関係

調査した 90 検体を療養泉の泉質³⁾によって分類すると、単純温泉が 47 検体 (52.2%)，炭酸水素塩泉が 21 検体 (23.3%)，塩化物泉が 13 検体 (14.4%)，アルカリ性単純温泉が 7 検体 (7.8%)，硫酸塩泉と硫化水素泉が各 1 検体 (1.1%) であった。Fig. 3 には各泉質別の衛生管理基準項目の不適率を示し、調査した全検体の不適率と比較した。

一般細菌数では全泉質の不適率 25.6% (23/90) と比べて、炭酸水素塩泉の不適率が 33.3% (7/21) とやや高かった。しかし、その菌数の平均値±S.D. は、炭酸水素塩泉 (21 検体) が 160 ± 150 個/ml で、ほかの泉質検体の 150 ± 440 個/ml と比べて大差なかった。一方、アルカリ性単純温泉では大腸菌群による不適がなく (0/7)，ほかの泉質と比べて特徴的であった。

KMnO₄ 消費量は、泉質との間で明らかな関係が認められなかった。また、硫酸塩泉と硫化水素泉の各 1 検体は、衛生管理基準の 3 項目すべてに適合していた (図示せず)。

Fig. 2. Relationship between hygienic results and pH.

Fig. 3. Relationship between hygienic results and medicinal spring types.

Fig. 4. Comparison of hygienical results in color or turbidity.

3. 衛生管理基準項目と外観および飲用利用の理化学成分との関係

3.1 外観との関係

温泉の外観検査項目³⁾である色および濁りと衛生管理基準項目の不適合率との関係を Fig. 4 に示した。調査した 90 検体中着色が認められた 38 検体 (42.2%) の不適合率は一般細菌数で 34.2% (13/38), 大腸菌群で 13.2% (5/38), KMnO₄ 消費量で 23.7% (9/38) を示した。一方, 着色のなかった 52 検体 (57.8%) の不適合率は, それぞれ 19.2% (10/52), 7.7% (4/52), 5.8% (3/52) で, 各項目とも着色した温泉水の方が高かった。そこで, 着色の有無別に検体の一般細菌数および KMnO₄ 消費量の平均値±S.D. を算出した。各平均値は着色検体が 210±520 個/ml および 8.4±15 mg/l, 無着色の検体が 110±310 個/ml および 4.0±4.6 mg/l で, いずれも着色した温泉水の方が高い値を示した。また, *E. coli* は着色検体から検出された。

一方, 濁りがみられた 20 検体 (22.2%) の不適合率は一般細菌数で 35.0% (7/20), 大腸菌群で 15.0% (3/20), KMnO₄ 消費量で 5.0% (1/20) を示したのに対し, 濁りのなかった 70 検体 (77.8%) の不適合率はそれぞれ 22.9% (16/70), 8.6% (6/70), 15.7% (11/70) であった。混濁の有無別に検体の一般細菌数および KMnO₄ 消費量の平均値±S.D. を比較すると, 混濁検体で 140±210 個/ml および 3.9±2.8 mg/l, 濁りのない検体で 160±450 個/ml および 6.4±11 mg/l であった。一般細菌数には差が認められなかったが, KMnO₄ 消費量は濁りのない温泉水の方が高い値を示した。*E. coli* は混濁した温泉から検出された。

以上の結果から, 着色や濁りのある温泉水は細菌検査により, また混濁がなく着色した温泉水は KMnO₄ 消費量により, それぞれ衛生管理基準不適合になる可能性が高いことが示唆された。

3.2 飲用利用の化学成分との関係

飲用利用基準²⁾が適用される温泉水の化学成分はヒ素, 銅, フッ素, 鉛, 水銀, 遊離炭酸の 6 成分で, これら成分の総摂取量は, ヒ素 0.3 mg, 銅 2 mg, フッ素 1.6 mg, 鉛 0.2 mg, 水銀 0.002 mg (以上, 大人の 1 日量), 遊離炭酸 1,000 mg (同 1 回量) を超えないように飲用許容量が制限されている。今回検討した温泉水 90 検体中, 飲用量の制限が必要なものは 27 検体 (30.0%) であった。ヒ素によるものが 11.1% (10/90), フッ素によるものが 22.2% (20/90) で, うち 3.3% (3/90) は両成分による飲用制限を必要とした。Fig. 5 には, ヒ素およびフッ素と衛生管理基準項目の不適合率との関係を示した。

ヒ素により飲用量が制限された 10 検体の一般細菌数による不適合率は 20.0% (2/10) で, 大腸菌群および KMnO₄ 消費量による不適合はなかった。一方, 飲用制限を受けなかった 80 検体の不適合率はそれぞれ 26.3% (21/80), 11.3% (9/80), 15.0% (12/80) を示した。両検体別の不適合率は一般細菌数では大差なかったが, 大腸菌群および KMnO₄ 消費量では差が認められた。そこで, 大腸菌群および KMnO₄ 消費量とヒ素濃度との関連性について検討した。

大腸菌群の不適合 9 検体と適合 81 検体および KMnO₄ 消費量の不適合 12 検体と適合 78 検体について, 適・不適合の検体別にヒ素濃度の平均値±S.D. を比較したところ, 大腸菌群の不適合検体で 0.089±0.112 mg/l, 適合検体で 0.159±0.034 mg/l, また KMnO₄ 消費量の不適合検体で 0.011±0.016 mg/l, 適合検体で 0.173±0.344 mg/l と算定された。ヒ素濃度の平均値は, 大腸菌群および KMnO₄ 消費量とも適合した温泉水の方が高い値を示した。

次に, フッ素により飲用制限を受けた 20 検体の一般細菌数による不適合率は 30.0% (6/20) で, 大腸菌群による不適合はなく, KMnO₄ 消費量による不適合率は 25.0%

Fig. 5. Comparison of hygienic results in A_s or F^- content.

(5/20)であった。一方、飲用制限を受けなかった70検体の不適率は、それぞれ24.3% (17/70), 12.9% (9/70), 10.0% (7/70)を示した。両検体別の不適率に明らかな差が認められた大腸菌群およびKMnO₄消費量について、フッ素濃度との関連性を検討した。大腸菌群およびKMnO₄消費量の適・不適検体別にフッ素濃度の平均値±S.D.を比較したところ、大腸菌群は不適検体で 0.262 ± 0.264 mg/l, 適合検体で 1.38 ± 2.20 mg/l, またKMnO₄消費量は不適検体で 2.30 ± 2.89 mg/l, 適合検体で 1.11 ± 1.94 mg/lと算定された。フッ素濃度の平均値は、大腸菌群では適合した温泉水の方が、KMnO₄消費量では不適合の温泉水の方が、それぞれ高かった。なお、*E. coli*を検出した温泉は、ヒ素およびフッ素による飲用制限を必要としなかった。

以上の結果から、ヒ素およびフッ素濃度が高い温泉水では大腸菌群検出の可能性は低い、フッ素濃度の高い温泉水ではKMnO₄消費量により不適となる可能性が高いことが示唆された。

考 察

温泉水の飲用を許可していない四国など一部の地域を除いて、近年全国的に飲用泉は増加の傾向にある⁹⁾。しかし、温泉水の飲用は薬事法や食品衛生法の適用を受けないため衛生上の問題が生じやすく、環境庁自然保護局長通知²⁾によって、飲用泉には微生物学的衛生管理のための3項目基準と化学物質6成分の飲用利用基準が定められている。今回、飲用泉許可の申請が予定された大分県内温泉水90検体を対象に衛生状況を検討したが、衛生管理基準の不適率は33.3%で極めて高かった。衛生管理基準では、KMnO₄消費量は必要があれば検査し、鉄、硫黄、腐植質を含む温泉については参考にならないとされている。今回の結果はこれに従って判定したが、

KMnO₄消費量も全検体について調査した。そこで、細菌検査の結果にKMnO₄消費量の結果をあわせて判定したところ、衛生管理基準の不適率は43.3%で、さらに高率を示した。また、衛生管理基準の項目別の不適率は一般細菌数が25.6%で最も高く、以下KMnO₄消費量が13.3%、大腸菌群が10.0%の順であった。

林ら¹⁾は静岡県内の飲用泉21検体を調べ、検出率を一般細菌数で71.4%、大腸菌群で9.5%と報告している。また、飲用泉に鉱泉26検体と貯湯槽7検体を加えた合計54検体での検出率は、一般細菌数で68.5%、大腸菌群で9.3%、糞便性大腸菌群で5.6%という¹⁾。世取山らは栃木県内の飲用対象でない鉱泉222検体¹¹⁾を調べ、衛生管理基準の不適率が7.7% (項目別の不適率は一般細菌数で3.2%、大腸菌群で6.3%)、また那須温泉における同様の鉱泉87検体¹²⁾では不適率が23.0% (一般細菌数で8.0%、大腸菌群で25.3%)と報告している。これらの報告と今回の調査結果を比較すると、大腸菌群の不適率は那須温泉の結果を除いてほぼ同程度と考えられた。

一方、一般細菌数の不適率は、世取山らの報告の方が著者らの結果より低く、一般細菌数の不適率の違いが衛生管理基準の不適率に反映していると考えられた。他方、林らの調査では、一般細菌数は検出率で68.5~71.4%と報告されている。今回の調査での一般細菌数の検出率は77.8%で、林らの結果と大差なかった。一般細菌数の不適率における世取山らとの相違は、地域差のほか河川水流入などによる環境汚染、自然湧出泉など温泉の形態や成因¹¹⁾などが原因として考えられる。坂根ら¹⁰⁾は、静岡県内の鉱泉4カ所 (温泉と冷鉱泉の各2カ所) を約3年間にわたり合計12回調べ、一般細菌数が温泉ではそれぞれ0~108個/mlおよび7~151個/ml、冷鉱泉ではそれぞれ6~460個/mlおよび0~115個/mlの

範囲で変動したが、季節による影響はなかったと報告している。泉源によっては温泉水の一般細菌数は、かなり大きな幅で変動していることが推察される。

今回の調査では衛生管理基準の複数項目による不適は4検体で、*E. coli* の検出も1検体に限られていた。しかし、一般細菌数の不適率が極めて高かったことは、そのすべてが二次汚染によるものとは考えにくい。飲用泉における衛生指標としての重要性を示唆している。

衛生管理基準項目と温泉分類との関係からは、細菌検査項目による不適は泉温が低く、中性～弱アルカリ性(pH 6～8.5 未満)を示す温泉に多い傾向がみられた。世取山¹⁾は高泉温の温泉で不適率が高いことを報告しているが、林¹⁾は泉温とpHに関して著者らの結果と同様の傾向を報告している。高い泉温や、強酸性または強アルカリ性の温泉では、二次的汚染が起こりにくことが推察された。また、ヒトに健康被害を及ぼす病原菌の多くは中温菌であることから、泉温の高い温泉では例えば汚染が起こってもその影響は少ないと考えられる。高温泉(泉温 42℃以上)以外に分類される温泉水の飲用には、特に注意が必要と思われた。療養泉の泉質分類では、アルカリ性単純温泉には大腸菌群による不適がなかった。これは同泉のpH 8.5以上が原因していると考えられた。林らはアルカリ性単純温泉で一般細菌数が少ないことを報告しているが、今回の調査結果では同泉の7検体中2検体(28.6%)が一般細菌数により不適を示した。

衛生管理基準項目と外観との関係では、着色や濁りのある温泉で細菌検査による不適が多い傾向がみられた。温泉ではしばしば腐植質による着色がみられる。特に大分県内の温泉地は多くが山間部に点在しており、また平野部に分布する大分温泉でも深部800 mからの採湯で腐植質の地層を通過するため、温泉水の多くが着色している^{5, 6, 8)}。しかし、着色や混濁は二次的汚染によっても起こり両者を区別できないことから、着色や濁りのある温泉水の飲用にはやはり注意が必要である。腐植質中のフミン酸はカシンベック病との関連性が指摘されており⁹⁾、この点からも飲用は望ましくない。

衛生管理基準の参考項目であるKMnO₄消費量は、泉温やpHが高い温泉ほど、また着色した温泉の方が、いずれも高い値を示す傾向がみられた。温泉水の着色は腐植質によることが多く、KMnO₄消費量が高値を示すのはこれに由来すると考えられた^{6, 8)}。飲用利用の化学成分ではヒ素とフッ素により飲用量が制限を受けた。両成分の濃度と大腸菌群およびKMnO₄消費量の間には関連性が認められ、大腸菌群を検出した温泉では両成分の平均濃度が低かった。KMnO₄消費量が不適な温泉ではヒ素の平均濃度が低く、フッ素の平均濃度が高い傾向がみられた。ヒ素およびフッ素とも生物学的には有害物質であり、このことが大腸菌群の検出に関係している可能性が考えられる。

なお、今回の調査で衛生管理基準に適合した温泉のうち、実際に飲用泉の許可申請がなされ利用施設に登録されたのは約半数であった。

大分県は全国一の源泉数を有し、特に別府市は単独の温泉地としては源泉数、湧出量とも全国第一位を誇っている^{5, 7)}。近年、大分県内の飲用泉は新規の許可申請が増え、飲用施設数も急増している⁷⁾。他方、飲用泉には年1回の細菌学的検査が義務付けられているが、必ずしも遵守されていない。今回の調査で大分県内に位置する飲用泉の衛生上の問題点が明確になったことから、これまで以上に微生物学的衛生管理を徹底していく必要がある。また、今回は新規に飲用泉許可を申請するに際しての温泉水を対象に衛生状況を検討したが、既存の飲用泉施設についても広範な調査が必要と考える。さらに近年、温泉水を容器に入れて持ち帰るなどの事例が全国的に問題となっているが、飲用泉の適正な利用の指導と衛生知識の啓発が、今後ますます重要と思われる。

要 約

1995年7月から1998年10月にかけて大分県内で採水された温泉90検体を用いて、細菌学的検査を中心に飲用泉の衛生状況を検討した。飲用利用の衛生管理基準の細菌検査による不適率は33.3%で、これにKMnO₄消費量の結果をあわせたときの不適率は43.3%であった。項目別の不適率は一般細菌数で25.6%、大腸菌群で10.0%、KMnO₄消費量で13.3%を示した。

衛生管理基準と温泉分類との関係から、細菌検査による不適は泉温が低く、中性～弱アルカリ性の温泉に多い傾向がみられた。泉質との関係では、アルカリ性単純温泉には大腸菌群による不適がなかった。外観との関係では着色や混濁のある温泉で細菌検査による不適が多い傾向がみられ、化学成分との関係では大腸菌群を検出した温泉はヒ素およびフッ素の平均濃度が低かった。

他方、KMnO₄消費量は泉温やpHが高い温泉ほど、また着色した温泉やフッ素濃度の高い温泉で、高値を示す傾向がみられた。衛生管理基準に適合した温泉のうち、実際に飲用泉の利用施設に登録されたのは約半数であった。

本調査結果から、大分県内の飲用泉施設について微生物学的衛生管理をさらに徹底するとともに、利用者には飲用に当たっての適正な指導と衛生知識の啓発が重要と考えられた。

参 考 文 献

- 1) 林 道明, 秋山真人, 村上正博, 仁科徳啓, 杉枝正明, 塩澤寛治, 橋本圭司, 海野忠市, 小澤邦雄, 大橋康弘: 静岡県内の温泉の細菌学的調査。静岡県衛生環境センター報告, 29, 89-93 (1986).
- 2) 環境庁: 温泉利用基準の一部改正について。環自施第438号, 環境庁自然保護局施設整備課長通知, 平成元年12月6日(1989).

- 3) 環境庁：鉱泉分析法指針（改定），環境庁自然保護局，昭和53年5月（1978）.
- 4) 真柴晃一，浜本龍生，鳥飼勝隆：温泉水の誤嚥により発症したと考えられるレジオネラ肺炎の1症例．感染症学雑誌，**67**(2), 163-166 (1993).
- 5) 森山善蔵：大分県の地質と温泉．温泉科学，**38**(1, 2), 43-51 (1988).
- 6) 野田俊郎：大分市内温泉の化学的特性．大分県温泉調査研究会報告，**32**, 71-77 (1981).
- 7) 大分県：温泉の現況と保護及び利用対策．平成9年環境白書，大分県生活環境部生活環境課，p. 45-50，大分県，大分（1998）.
- 8) 大沢信二，油佐悠紀：温泉の色について．大分県温泉調査研究会報告，**48**, 41-49 (1998).
- 9) 酒井幸子：群馬県の飲泉について．温泉工学会誌，**25**(1), 16-21 (1997).
- 10) 坂根弓子，海野忠市，池谷静雄，大滝高明，渡辺 稔，滝本俊晴，若沢秀幸，仁科啓徳：温泉水の季節変動調査（第2報）．静岡県衛生環境センター報告，**32**, 113-118 (1989).
- 11) 世取山 守，大森亮一，八島里美，谷田部秀夫，長門顕子，江連陽子，鈴木秀夫：源泉の飲用のための細菌学的研究．温泉工学会誌，**24**(1), 18-26 (1990).
- 12) 世取山 守，長門顕子，谷田部秀夫，福田尚二，岡田安雄：那須温泉の地区特性について—泉温と化学成分の関係，成分等の濃度分布，噴気泉，飲用のための細菌汚染状況—．栃木県衛生研究所報，**22**, 57-68 (1992).
- 13) 藪内英子，王 笠，荒川迪生，矢野郁也：日本の温泉水中の *Legionella* 属菌の分布．感染症学雑誌，**68**(4), 549-551 (1994).