

同定した。

全有機炭素 (TOC) は、水質基準に関する省令で定める検査方法に従った。なお、特に炭酸濃度が高く、測定値に正の妨害を及ぼす恐れのある検体については、必要に応じて炭酸の中和処理を行った。すなわち、あらかじめ炭酸の中和に必要な 0.1N 塩酸を適量添加し、激しく振とうして炭酸を除去した後、検査に供した。

2. 泉質分類

鉱泉分析法指針「療養泉の泉質の分類」に従った泉質別、温度別の施設数を表 1-2 に示した。なお、200 施設が利用する源泉の泉質名は 46 種に集約されたが、微生物汚染と泉質との影響を評価する際には、以下の 8 グループに再分類した (表 1-3)。

1) 酸性泉: 特殊成分として水素イオンを 1mg/kg 以上含有するもの、2) アルカリ性単純温泉: 溶存物質質量が 1g/kg に満たず、かつ、pH 8.5 以上のもの、3) 単純温泉: 溶存物質質量が 1g/kg に満たず、かつ、pH 8.5 未満のもの、4) 塩化物/炭酸水素塩泉: 陰イオンの主成分あるいは副成分に塩化物イオン及び炭酸水素イオンの両方を有するもの、または、陰イオンの主成分に炭酸水素イオンを有するもの、5) 塩化物泉: 陰イオンの主成分に塩化物イオンを有するもの、6) 硫酸塩泉: 陰イオンの主成分あるいは副成分に硫酸イオンを有するもの、7) 硫黄泉: 特殊成分として硫黄を含有するもの、8) その他・不明

3. 統計処理

統計解析にはフリーソフト R version 2.4.1 及びエクセルアドインソフト エクセル統計 2006 (株) 社会情報サービス) を使用した。多重ロジスティック回帰モデル作成時の変数選択には変数減少法を用いた。

4. レジオネラ属菌検出施設への対応

調査の結果レジオネラ属菌が検出された場合には、入浴者に健康被害が生じる恐れのないよう、施設責任者に対して洗浄・消毒等の自主的な改善を求め、確認検査あるいは継続的な指導を行った。詳細は別添「研究協力者の調査概要報告書」のとおり。

C. 研究結果

1-1 源泉の状況 (表 1-2~1-4、図 1-1)

鉱泉分析法指針の療養泉の分類に従った泉質では、塩化物泉及び単純温泉が比較的多く、硫黄泉、硫酸塩泉が次いだ。泉温は 60°C 以上が 30% であり、湧出量 100 L/分未満の施設が 32% を占めた。200 施設から得られた 46 種の泉質を 8 グループに再分類した内訳を表 1-3 に示す。酸性泉が 40 施設と最も多く、硫黄泉、アルカリ性単純温泉、硫酸塩泉、塩化物泉、塩化物/炭酸水素塩泉と続き、最も施設数が少ない単純温泉は 19 施設であった。

1-2 衛生管理状況

(1) 消毒 (表 1-5~1-7、図 1-2、1-3)

浴槽水を消毒している施設は 26% で、消毒方法は塩素によるものが 90% を占めた。消毒剤の使用方法は浴槽への投げ込みが 45% と最も多く、貯湯槽や配管等の湯口よりも上流側での消毒は 43% であった。

(2) 貯湯槽 (表 1-8~1-14、図 1-4、1-5)

貯湯槽を有する施設は 58% で、その材質は FRP が 58%、コンクリートが 24% であり、外気との遮断がなされていない施設が 17% あった。貯湯槽の設定温度は源泉そのままが 72% で、源泉温度から推定される貯湯槽の温度は 60°C 以上が 31% であった。定期的に清掃している施設は 57% で、その清掃頻度は月 1 回以上が 39% を占める一方、半年以上の間隔で清掃する施設が 47% を占めた。清掃方法はブラシのみあるいはブラシと他の方法を組み合わせている施設が 25 施設あったが、高圧のみの施設も 13 施設あった。

(3) 配管 (表 1-15、1-16)

源泉から施設に至る配湯管本管及び施設内配湯管を清掃していない施設はそれぞれ 69%、65% と高率であった。

(4) 浴槽 (表 1-17~1-23、図 1-6、1-7)

浴槽の容積は 5m³ 未満の小規模なものが 54% を占め、材質は約半数の施設がタイルあるいは石を使用していた。218 浴槽のうち 12 浴槽 (5.5%) で循環配管の存在が明らかとなったため、検査結果の解析からは除外した。浴槽水の完全換水頻度は毎日が

74%を占める一方、2日に1回が11%、3日以上も14%にみられた。湯口から浴槽への補給湯量は20L/分未満が43%を占めたが、100L/分以上の施設も10施設(9%)あった。浴槽容量と補給湯量から算出した浴槽水の換水率(1時間あたりで浴槽水が入れ替わる回数)は0.2回/h未満の施設が45%で最も多かった。浴槽の洗浄方法は162施設(88%)でブラシを使用しており、63施設(34%)はブラシと洗剤を併用、41施設(22%)はブラシと毎日消毒を併用していた。一方、高圧あるいは消毒を主体としてブラシを使用していない施設が23施設(12%)あった。

(5) 泉質別管理状況比較(表1-24、図1-8)

泉質別に管理状況の違いを比較した。酸性泉を利用する施設では、それ以外の泉質と比較すると消毒を実施している施設が稀であり(消毒有:酸性泉5%、その他31%)、貯湯槽を有する施設が少なく(貯湯槽有:酸性泉21%、その他68%)、浴槽水を毎日換水せず2日以上利用する施設が多かった(毎日換水:酸性泉42%、その他81%)。

2-1 検査結果

(1) 調査地点別 病原微生物等検出状況(表2-1、2-2)

(a) レジオネラ属菌

全試料433件中132件(30.5%)からレジオネラ属菌が検出された。その内訳は浴槽40.8%、湯口23.8%、貯湯槽23.1%、源泉8.1%で、浴槽から高率に検出された。貯湯槽及び湯口は同程度の検出率であり、温泉水が源泉から浴槽に至る経路に従って源泉<貯湯槽=湯口<浴槽の順に検出率が増加した。検出されたレジオネラ属菌の平均値は源泉で77CFU/100mlと低く、貯湯槽及び湯口では200CFU/100ml前後、浴槽で463CFU/100mlと浴槽に近づくに従い菌数が増加する傾向が見られた。同一施設で浴槽とその上流にあたる湯口等をペアで調査した150施設中62施設からレジオネラ属菌が検出され、36/62施設(58%)は湯口等が陰性で浴槽のみからの検出であった(図2-1)。

分離されたレジオネラ属菌の菌種について試料件数で比較すると、*Legionella pneumophila*が132件中112件(84.8%)から分離同定され、その他同定さ

れた菌種は*L. londiniensis*7件、*L. oakridgensis*5件、*L. dumoffii*2件、*L. micdadei*1件であった(表2-2)。*L. pneumophila*の血清群別の検出試料数は、血清群1、3、5、6が同程度の検出数であり、それぞれ26件(19.7%)、27件(20.5%)、29件(22.0%)、26件(19.7%)から分離された。次いで血清群4が15件(11.4%)と比較的多く分離され、そのほかには血清群7、8、9、10がそれぞれ4件(3.0%)、5件(3.8%)、9件(3.8%)、10件(4.5%)から、血清群2、11、13、15がそれぞれ1件(0.8%)から分離同定された(表2-2、図2-2)。

遊離残留塩素が0.2mg/L以上検出される試料から*L. pneumophila*血清群1は分離されず、塩素消毒によって血清群1が選択的に増加するという傾向は特に認められなかった。また、pHによる菌種あるいは血清群の偏りは認められなかった(表2-2)。

(b) アメーバ

アメーバは407件中70件(17.2%)から検出された(表2-1)。レジオネラ属菌と同様に浴槽から高率(29.1%)に検出され、濃度も浴槽で高い傾向が見られた。貯湯槽では26件中5件(19.2%)から検出された。

(c) 抗酸菌の検出状況

抗酸菌の分離培養を行った401件中10件(2.5%)から抗酸菌が検出された。試料種別は浴槽9件(4.6%)、貯湯槽1件(4.0%)であった(表2-1)。菌数は100CFU/100ml検出された浴槽が1件あり、他の9件は10~40CFU/100mlであった。同定された菌種の内訳は*Mycobacterium gordonae*が4件、*M. avium*、*M. scrofulaceum*、*M. szulgai*が各2件であった。

(d) 大腸菌、大腸菌群

大腸菌は396件中88件(22.2%)から検出された(表2-1)。浴槽では206件中80件(38.8%)と高頻度に検出されるのに対し、貯湯槽は22件中2件(9.1%)、湯口は137件中6件(4.4%)であった。検出された浴槽水の平均菌数は204MPN/100ml、最大値は2,400MPN/100mlであった。

また、大腸菌群は394件中110件(27.9%)から検出された(表2-1)。大腸菌と同様、浴槽から47.1%と高頻度に検出され、浴槽水の平均検出菌数は594

MPN /100ml、最大値は 24,000 MPN /100ml であった。100 MPN/100ml 以上の菌数を示した浴槽は 204 件中 51 件 (25.0%) であった。

(e) 緑膿菌、黄色ブドウ球菌

緑膿菌及び黄色ブドウ球菌ともに浴槽から高頻度に検出され、検出率はいずれも 29.6% であった。浴槽における緑膿菌の平均検出菌数は 229 MPN/100 ml、最大値 2,400 MPN /100ml であり、WHO ガイドラインに示された管理基準値 (残留消毒剤を使用しない天然温泉 (natural spa) : 10/100ml 未満) を超える試料は 203 件中 32 件 (15.8%) であった (表 2-1)。また、黄色ブドウ球菌の浴槽水における平均検出菌数は 150 MPN/100ml、最大値は 2,400 MPN/100 ml であり、WHO ガイドラインに示された目標値 (プールで健康被害が疑われた場合 : 100 /100ml 未満) を超える試料は 203 件中 13 件 (6.4%) であった (表 2-1)。

(f) 従属栄養細菌数 (HPC)

清浄度の指標となる従属栄養細菌数は、浴槽での平均値が 3.5 log CFU/ml で、湯口及びその上流域と比較して有意に高かった。浴槽では 4~5 log CFU /ml の階級での頻度が高く、最大値は 6.9 log CFU /ml であった (表 2-1(2))。

(g) 全有機炭素 (TOC)

有機物の指標となる TOC は 349 件について測定を行った。浴槽と浴槽以外の源泉、貯湯槽、湯口との測定値に大きな差は見られず、全試料の平均値は 0.8 mg/L、最大値は 7.8 mg/L であった (表 2-1(2))。

(2) レジオネラ属菌と相関する検査項目

従属栄養細菌、一般細菌、アメーバ、全有機炭素 (TOC) について、レジオネラ属菌陽性試料と陰性試料の平均値を比較した。従属栄養細菌数、一般細菌数及びアメーバ数は、レジオネラ属菌陽性試料の平均値が陰性試料と比較して有意に高かったが (Mann - Whitney U test、 $P < 0.001$)、TOC に有意差は見られなかった (表 2-3)。特に、従属栄養細菌数については、菌数が高い場合にレジオネラ属菌数も高くなる傾向がみられたが、一般細菌数及びアメーバ数には同様な傾向は認められなかった (図 2-3)。

2-2 温泉の性状と病原微生物検出率

(1) pH (表 2-4、図 2-4)

浴槽、湯口、貯湯槽、源泉を含めた全調査試料 433 件について、pH 3.0 未満の酸性泉、pH 3.0-5.9 の弱酸性泉、pH 6.0-7.4 の中性泉、pH 7.5-8.4 の弱アルカリ性泉、pH 8.5 以上のアルカリ性泉の 5 階級に分け、pH 階級別の病原微生物等検出状況を検討した。階級別件数は pH 7.5-8.4 の弱アルカリ性泉が 157 件と最も多く、pH 3.0-5.9 の弱酸性泉は 20 件と少数であり、pH の最低値及び最高値はそれぞれ 1.6 及び 9.6 であった。

レジオネラ属菌の検出率は、pH 6.0 以上で 40% 程度と高率に検出され、中性~アルカリ性のいずれの階級においても検出率に差はみられなかった。一方、pH 3.0-5.9 の弱酸性泉では検出率が 15.0% に低下し、pH 3.0 未満の酸性泉では 78 件すべて陰性で、他の階級と比較して検出率に有意差がみられた。レジオネラ属菌の増殖に関与するアメーバは、レジオネラ属菌と同様に pH 6.0 以上の中性~アルカリ性領域で 20.1~26.4% と高率に検出されるものの、pH 6.0 未満では 96 件すべて陰性であり、pH 6.0 を境に検出率に有意な差がみられた。従属栄養細菌数の平均値でも同様の傾向が認められ、酸性泉、弱酸性泉では菌数が有意に低下した。

他の病原微生物についてもすべて pH 6.0 未満では検出率が有意に低下した。抗酸菌及び緑膿菌は pH 6.0 未満からは全く検出されず、大腸菌及び大腸菌群は弱酸性泉で 5% 程度の検出率があったが酸性泉からは全く検出されなかった。黄色ブドウ球菌は中性、弱アルカリ性泉でそれぞれ 24.3%、20.7% と高い検出率を示したが、それ以外の酸性、弱酸性あるいはアルカリ性泉では 5.0~9.7% と検出率が低下した。

(2) 温度 (表 2-5、図 2-5)

浴槽、湯口、貯湯槽、源泉を含めた全調査試料 433 件について、温度階級別の病原微生物等検出状況を検討した。浴槽水の約 8 割が 40°C 以上 45°C 未満の階級に属するため、この階級が全体の 59.8% (259 /433) を占め、他の階級は 29~57 件と少数であった。温度の最低値及び最高値はそれぞれ 15.9°C、

70.0°Cであった。

レジオネラ属菌は 50°C以上で検出率が有意に低下した。50°C未満の検出率は 31.6~40.4%で、50°C以上 55°C未満の階級では 11.1%に低下し、55°C以上では 3.4%で 29 件中 1 件のみの検出であった。レジオネラ属菌が検出された温度の最高値は 56.3°Cで、pH 6.9 のナトリウム・塩化物泉の湯口水からであった。アメーバは 40°C未満で 34.1%と最も高い検出率を示し、40°C以上 45°C未満で 20.2%、45°C以上 50°C未満で 9.1%と温度の上昇に伴って検出率が低下し、50°C以上の 60 件はすべて陰性であった。従属栄養細菌数においてもレジオネラ属菌と同様の傾向がみられ、45°C以上では温度階級の上昇に伴って菌数が減少する傾向がみられた。抗酸菌は 50°C以上の試料からは検出されなかった。

その他のヒト由来病原微生物(大腸菌、大腸菌群、緑膿菌、黄色ブドウ球菌)においては、浴槽水の割合が高い 45°C未満で検出率が高く、45°C以上で低下する傾向がみられた。

(3) 遊離残留塩素濃度 (表 2-6、図 2-6)

浴槽、湯口、貯湯槽、源泉を含めた全調査試料 433 件について、遊離残留塩素濃度 0.2 mg/L 未満、0.2-0.4 mg/L、0.5-0.9 mg/L、1.0 mg/L の 4 階級に分けて塩素消毒の効果を検討した。塩素消毒を実施している施設が少ないため 0.2mg/L 未満の試料が 90.5% (392/433) 占め、遊離残留塩素が検出された試料は 33 件 (7.6%) にとどまった。

レジオネラ属菌の検出率は 0.2 mg/L 未満で 32.1% (126/392)、0.2-0.4 mg/L で 23.5% (4/17)、0.5-0.9 mg/L で 20.0% (2/10) と塩素濃度の上昇に伴ってわずかながら検出率の低下がみられ、1.0 mg/L 以上では 6 件すべて陰性であったが、件数が少ないことから有意差は認められなかった。0.2 mg/L 以上でレジオネラ属菌が検出された 6 件はいずれも 40~46°Cの温度範囲で、pH 7.0 のナトリウム・塩化物・炭酸水素塩泉 1 件、pH 7.7-8.0 のナトリウム・塩化物泉 3 件、pH 9.1 のアルカリ性単純温泉 2 件であった。アメーバについては検出された 69 件すべてが 0.2 mg/L 未満の試料であり、0.2 mg/L 以上の試料 32 件からは検出されなかった。従属栄養

細菌数は 0.2 mg/L 未満の平均菌数 2.7 log CFU/ml に対し、0.2-0.4 mg/L の階級では 1.1 log CFU/ml と有意に低下した。一方、抗酸菌は 0.2 mg/L 未満で 1.9% (7/360) に検出されたのに対し、0.2-0.4 mg/L の階級で 17.6% (3/17) と高い検出率を示した。

ヒト由来病原微生物(大腸菌、大腸菌群、緑膿菌、黄色ブドウ球菌)においては、いずれも 0.2mg/L 以上の塩素濃度 33 件中 3 件 (9.1%) に検出され、大腸菌、大腸菌群、黄色ブドウ球菌では 1mg/L 以上での検出例が 1 例ずつみられた。

浴槽水での消毒効果を確認するため、遊離残留塩素が 0.2 mg/L 以上検出された浴槽水と 0.2 mg/L 未満の浴槽水とで各病原微生物の検出状況を比較した(表 2-7、図 2-7)。アメーバ及び大腸菌群については 0.2 mg/L 以上検出された試料で検出率が有意に低下し、従属栄養細菌においても有意な菌数の低下が認められた。レジオネラ属菌、大腸菌、緑膿菌、黄色ブドウ球菌では有意差はなかったものの、0.2 mg/L 以上の試料で検出率の低下がみられた。なお、抗酸菌については遊離残留塩素 0.2 mg/L 以上の試料 16 件中 2 件 (12.5%) から検出された。

(4) 泉質 (表 2-8、図 2-8)

浴槽、湯口、貯湯槽、源泉を含めた全調査試料 433 件について、主に pH と陰イオンの成分に基づいて泉質を分類し、病原微生物等の検出率を比較した。その他・不明を除いた各グループの試料件数は、最も多い酸性泉で 92 件であり、最も少ない塩化物/炭酸水素塩泉で 41 件であった。

レジオネラ属菌の検出率は、アルカリ性単純温泉が 55.0%と有意に高く、塩化物/炭酸水素塩泉、塩化物泉がそれぞれ 43.9%、43.4%と同程度の検出率であり、次いで硫酸塩泉、単純温泉がそれぞれ 32.6%、30.0%で全体の平均検出率と同程度であった。一方、硫黄泉、酸性泉はそれぞれ 19.6%、3.3%と有意に低く、特に酸性泉は 92 件中 3 件と極めて低い検出率を示した。酸性泉については、アメーバ、抗酸菌、大腸菌、大腸菌群、緑膿菌のいずれも全く検出されず、従属栄養細菌数も有意に低下したが、黄色ブドウ球菌では 91 件中 7 件 (7.7%) 検出され、他の泉

質より検出率は低下したが有意差はみられなかった。また、抗酸菌がアルカリ性単純温泉で他よりも高い検出率を示し(5/42、11.9%)、塩化物/炭酸水素塩泉では大腸菌、大腸菌群、緑膿菌及び黄色ブドウ球菌の検出率が高くなる傾向が見られた。浴槽水のみのデータで同様に解析を行ったが、全体的に検出率が上昇するものの、全試料の場合と比較して特に比率の変化は認められなかった(表 2-9、図 2-9)。

2-3 施設・設備の衛生管理と微生物汚染

(1) 貯湯槽(表 2-10、2-11、図 2-10、2-11)

貯湯槽の有無とレジオネラ属菌汚染との関係を検討した。全試料、湯口上流、浴槽水のいずれも貯湯槽を有する場合にレジオネラ属菌の検出率が高くなる傾向を示した(有意差なし)。ただし、レジオネラ属菌がほとんど検出されない酸性泉では貯湯槽を使用しない施設が多いことから、酸性泉を除外した346件の検出率で比較した。その結果、貯湯槽の有無でレジオネラ属菌の検出率に差はみられなかった。

(2) 浴槽の材質(表 2-12、図 2-12)

レジオネラ属菌が検出されないことが明らかな pH 3.0 未満及び遊離残留塩素が 1mg/L 以上検出された施設を除外して、浴槽の材質別にレジオネラ属菌検出率を比較した。石を使用した浴槽の検出率が 56.5%と最も高く、タイル及び木を使用した浴槽の検出率がそれぞれ 47.1%及び 44.4%と続き、コンクリートでは 33.3%と最も低い検出率を示した(表 2-12(a))。複数の材質を組み合わせた浴槽を利用する施設も多数見られたため、組み合わせ別の検出率を比較した(表 2-12(b)、図 2-12)。複数回答の場合と同様な傾向が見られたが、石を使用しない場合に検出率がやや低くなったが、有意差は認められなかった。

(3) 浴槽の洗浄方法(表 2-13、図 2-13)

レジオネラ属菌が検出されないことが明らかな pH 3.0 未満及び遊離残留塩素が 1mg/L 以上検出された施設を除外して、浴槽の洗浄方法別にレジオネラ属菌検出率を比較した。複数回答をそのまま集計した場合、ブラシや洗剤を使用する施設は検出率が低く、消毒を行うと逆に検出率が高くなる傾向がみ

られた(表 2-13(a))。そこで、ブラシ洗浄の有無を基本に、消毒や洗剤等の併用方法で分類を行い、検出率を比較した(表 2-13(b)、図 2-13)。ブラシを使用せず高圧水や消毒のみで洗浄を行っている施設の 68.4%からレジオネラ属菌が検出され、ブラシ洗浄と消毒を毎日実施している施設でも 62.1%と高い検出率を示した。一方、ブラシ洗浄の際に洗剤を使用している施設では 50.0%と低下し、ブラシ洗浄のみあるいは高圧水洗浄や週 1 回の消毒を補助的に使用している施設では 29.4%と低い検出率を示した。「ブラシ主体」と「ブラシなし」あるいは「ブラシ+消毒」との間には検出率に有意差が認められた。

(4) 浴槽水の完全換水及び洗浄頻度

浴槽水の完全換水及び洗浄を行う頻度(日数)と微生物汚染について検討した。日数が明らかになった 188 件のうち毎日換水を実施しない施設が 46 件あったが、毎日換水を実施する浴槽のほうが病原微生物等の検出率が高い傾向がみられた(表 2-14)。レジオネラ属菌がほとんど検出されない酸性泉では換水日数が長い傾向があることから、pH 6.0 未満の酸性、弱酸性泉を除外した 143 件の検出率で比較した。その結果、完全換水の日数による明確な検出率の差は認められなかった。

2-4 温泉の利用状況と微生物汚染

(1) 浴槽水の換水率(表 2-15、図 2-14)

微生物検出率が明らかに低い pH 3.0 未満及び遊離残留塩素濃度 1.0mg/L 以上の試料を除き、浴槽水の換水率(1 時間あたりに浴槽水が入れ替わる回数、回/時間)別に病原微生物等の検出率を比較した。

レジオネラ属菌については換水率が 0.9 未満(約 1 時間に 1 回の入れ替わり)であれば 52~66%と高い検出率を示したが、0.9 以上では 10%に低下し、0.1 未満と比較して有意差が認められた。アメーバでは有意差は認められなかったが、レジオネラ属菌と概ね同様の傾向を示した。しかし、他の病原微生物においては、換水率が高ければ汚染が少ないといった傾向はみられなかった。試料採取時刻や入浴者数の要因を加味してさらに換水率の影響を検討したが、対象試料数が限られてくることもあり、ヒト由

来と考えられる大腸菌、緑膿菌、黄色ブドウ球菌の検出と換水率との関係は明らかではなかった。

(2) 入浴者数 (表 2-16、図 2-15)

微生物検出率が明らかに低い pH 3.0 未満及び遊離残留塩素濃度 1.0mg/L 以上の試料を除き、試料採取時点での入浴者数別に浴槽水の病原微生物等の検出率を比較した。レジオネラ属菌については、洗浄換水後の入浴者がいない場合でも 37.0%の浴槽から検出され、入浴者数に依存せず概ね 40~60%の検出率であった。アメーバにおいても同様の傾向が見られ、入浴者数と検出率に有意な相関はみられなかった。一方、ヒト由来と考えられる大腸菌、大腸菌群、緑膿菌、黄色ブドウ球菌については入浴者数が多い浴槽ほど検出率が有意に高くなり、採取までに 100 人を超える入浴があった浴槽ではそれぞれ 77.8%、83.3%、55.6%、61.1%と高い検出率を示した。

(3) 採取時刻 (表 2-17、図 2-16)

微生物検出率が明らかに低い pH 3.0 未満及び遊離残留塩素濃度 1.0mg/L 以上の試料を除き、試料採取時刻別に浴槽水の病原微生物等の検出率を比較した。レジオネラ属菌については採取時刻に関わらず概ね 40%前後でほぼ一定の検出率を示した。一方、アメーバ及びヒト由来細菌 (大腸菌、大腸菌群、緑膿菌、黄色ブドウ球菌) では、採取時刻が遅いほど検出率が有意に高くなった。

3 多重ロジスティック回帰分析

(1) レジオネラ属菌の検出に影響を及ぼす温泉成分

温泉の泉質によってレジオネラ属菌の検出率に有意な差がみられたことから、温泉分析書の入手が可能であった 142 施設から得た 365 件 (浴槽 169 件、湯口上流 196 件) を対象に、レジオネラ属菌汚染に影響を及ぼす成分要因を検討した。まず、レジオネラ属菌検出の有無により濃度に有意な差が認められる成分項目を抽出した (表 3-1)。レジオネラ属菌陽性試料において有意に高値を示した項目は、pH 及び塩化物イオン、炭酸水素イオン、炭酸イオンの 3 種の陰イオンであり、有意に低値を示した項目は温度のほか陽イオン 7 項目、陰イオン 4 項目であった。これらの 16 項目を表 3-2 に示した階級で分けたカ

テゴリー変数とし、多重ロジスティック回帰モデルを作成した。

単変量解析で抽出された陽イオン (水素イオン、バリウムイオン、アルミニウムイオン、マンガンイオン、鉄イオン) は、酸性泉 (低 pH) との相関が高かったことから交絡因子として変数選択で除外され、表 3-3 に示した成分がレジオネラ属菌陽性の因子として得られた。pH が 6.0 未満であれば全試料及び湯口上流でレジオネラ属菌の汚染リスクを有意に減少させたが、浴槽では pH 6.0 未満の試料がすべてレジオネラ属菌陰性であったため、代わりに水素イオンがリスク低下因子として選択された。また、温度については 50°C 以上で湯口上流及び全試料でのレジオネラ属菌汚染リスクを有意に減少させた。温泉成分としては、硫酸イオン ($\geq 600\text{mg/kg}$) 及び総硫黄 ($\geq 5.0\text{mg/kg}$) の濃度が高い場合は汚染リスクを低下させ、逆に塩化物イオン ($\geq 1000\text{mg/kg}$) の濃度が高い場合は汚染リスクを増加させた。

(2) 掛け流し式温泉におけるレジオネラ属菌の汚染リスク要因

今回の実態調査でレジオネラ属菌の検出に影響を及ぼす要因について、単変量解析による調整しないオッズ比を表 3-4、3-5 にまとめた。これらの因子を説明変数として多重ロジスティック回帰モデルを作成し、変数選択を行ったうえで汚染のリスク因子を評価した結果を表 3-6 に示した。55°C 以上の温度は汚染リスクを低下させるほか、泉質では酸性泉が低下因子、アルカリ性単純温泉が増加因子と考えられた。また、有意ではないが塩化物泉、塩化物炭酸水素塩泉は増加側に、硫黄泉は減少側に作用する傾向がみられた。浴槽でのリスク因子としてはブラシ主体による洗浄が汚染リスクを低下させ、逆にブラシを使用しない場合はリスク増加因子と考えられた。また、貯湯槽の存在は、湯口上流の汚染リスクを増加する傾向がみられたが、有意ではなかった。

D. 考察

平成 17、18 年度の 2 年間にわたり、全国 200 施設の掛け流し式温泉を対象に、施設状況及び微生物汚染状況を調査した。本調査では、循環系を持たな

い掛け流し式温泉のみを対象に、施設の構造及び管理手法の現状と、微生物汚染の実態及びリスク要因を明らかにした。

1 レジオネラ属菌等汚染のリスク因子について

掛け流し式温泉は、循環式浴槽に比較してレジオネラ属菌汚染のリスクは小さいというイメージがある。これは、浴用施設を介した過去の大規模なレジオネラ属菌感染事例が主に循環式浴槽によって引き起こされたものであり、掛け流し式温泉を原因とする集団発生事例があまり知られていないことによる。しかし、本調査により、掛け流し式温泉では浴槽水の40.8%から10 CFU/100mlを超えるレジオネラ属菌が検出されるという汚染の実態が明らかとなった。検出された試料の64%は100 CFU/ml未満であり、菌数としては比較的低濃度の施設が多いが、汚染の事実を認識した上で施設の実情に合わせた対策を講じる必要がある。汚染場所としては、源泉から貯湯槽、配管を経て湯口に至る過程で検出率が8%から24%に上昇していることから、まずは配管及び貯湯槽での汚染対策を講じることで清浄な原湯の供給を確保し、その上で浴槽の汚染対策を施すことが重要である。

汚染のリスク因子としては、本研究によって初めて泉質の影響が明らかとなった。アルカリ性単純温泉では最も汚染のリスクが高く、塩化物泉においてもリスクが増加する一方、硫黄泉ではリスクが低下する可能性が示唆された。これまで、泉質とレジオネラ属菌の生息状況との関係を指摘した報告はあまりないが、今回調査対象とした掛け流し式温泉では消毒を実施していない施設が73%に上り、遊離残留塩素が0.2mg/L以上検出された試料は全体の8%に満たないこと、浴槽水を循環使用していないことなどの理由により、特に泉質の影響が表れやすかった可能性が考えられる。アルカリ性単純温泉においてリスクが増加する原因はよくわかっていないが、同化性有機炭素(AOC)濃度が高く従属栄養細菌が増加しやすいとの結果も出ており(本報告書、温泉における微生物汚染ポテンシャルの評価)、今後さらに評価を行う必要がある。また、塩化物泉においては

0.1%-0.5%のNaCl濃度がレジオネラ属菌の生存率を高めるとの報告があり、本調査でも1g/kg以上の塩化物イオン濃度でリスクが高いことが示されたことなどから、レジオネラ属菌汚染と泉質との関係については今後さらに検討すべき課題と考えられる。これらのハイリスク群では、貯湯槽や配管の洗浄頻度を多くすることでバイオフィルムの蓄積を防ぐ等の一層の注意が必要であろう。

pH及び温度の影響については、従来から指摘されている通りpH 6未満及び50℃以上では検出率が低下し、pH 3未満の酸性泉及び55℃以上ではほとんど検出されないという結果が得られた。温度については、レジオネラ属菌の増殖に関与するアメーバが50℃以上では全く検出されないことから、55℃以上の維持は対策として非常に有効な手段と考えられた。温泉のpHを施設側でコントロールすることはできないが、温度は貯湯槽などの貯留施設自体を加温することで汚染を防ぐ指標として活用することが可能であり、汚染のリスクが高い泉質などでは充分考慮する必要があると考えられる。

また、浴槽の汚染においては、洗浄方法が重要なリスク因子であることが明らかとなった。ブラシ主体で洗浄すればリスクは低下し、ブラシを使用しない高圧や消毒ではリスクが高くなるという結果が得られた。浴槽でレジオネラ属菌が検出される場合の58%が湯口陰性・浴槽陽性であり、浴槽内での汚染が高率であることが明らかとなっているが、循環配管や温度センサー等がない掛け流し式の浴槽では、浴槽内壁自体がバイオフィルム提供の場となっている場合が少なくないと考えられる。入浴客が自然の景観を意識した石造りの浴槽を好むこともあり、洗浄効率を考慮しない設計がなされることが多く、結果的に洗浄効果の劣る高圧洗浄に頼ることが推察される。できるだけブラシを使用した洗浄と洗浄後の高濃度塩素噴霧を心がけるとともに、毎日のブラシ掛けが困難な場合においても、ブラシを使用した定期的(隔日等)な徹底洗浄を励行することが重要と考える。

本調査においては浴槽水の消毒を実施している施設が26%にとどまり、0.2mg/L以上の遊離残留塩素

が検出された試料も全体の 8%に満たなかったことから、塩素消毒の効果を論じるにはデータが不足しているが、1mg/L 未満の濃度では 22% (6/27) の試料からレジオネラ属菌が検出されており、消毒の有意な効果は確認できなかった。6 件のなかには pH 9.1 のアルカリ性単純温泉が 2 件含まれているが、それ以外には pH 7.7-8.0 のナトリウム-塩化物泉が 3 件、pH 7.0 のナトリウム-塩化物・炭酸水素塩泉が 1 件あり、高 pH により消毒効果が低下したことのみに原因を求めることはできない。消毒効果を得るためには、泉質に応じた適切な濃度を維持して接触時間を充分にとることが重要であるが、掛け流し式では循環式に比較して消毒効果が得られにくいことを認識すべきである。また、浴槽水の消毒を行う場合であっても、管理の基本は施設・設備の徹底洗浄であること指摘したい。

なお、本調査で検出されたレジオネラ属菌の菌種別内訳をみると、*Legionella pneumophila* が 132 件中 112 件 (84.8%) から最も高頻度に分離された。集団感染事例が多発している血清群 1 は 132 件中 26 件 (19.7%) から分離され、血清群 3、5、6 とほぼ同程度の検出率であった。平成 13 年以降、入浴施設に塩素消毒が徹底されるに伴って、血清群 1 の占める割合が増加しているとの危惧が報告されているが (遠藤卓郎、平成 16 年度厚生労働科学研究事業報告書)、本調査では循環式浴槽施設に比して塩素消毒に頼る施設が少なかったためか、血清群 1 の占める割合は平成 13 年以前のデータと同程度であった。

レジオネラ属菌と同様の生息環境を好むとされる抗酸菌は、401 件中 10 件 (2.5%) から検出され、循環式浴槽での検出率が 20%程度であることと比較すると (遠藤卓郎、平成 16 年度厚生労働科学研究事業報告書)、掛け流し式温泉の汚染の度合いはかなり小さいものと考えられた。

2 ヒト由来微生物汚染のリスク因子について

大腸菌、緑膿菌、黄色ブドウ球菌については大部分がヒト由来であるため、特殊な場合を除きほとんどが浴槽水からの検出であった。緑膿菌については WHO ガイドラインに示された管理基準値 10/100

ml 未満を超える菌数が 15.8%の浴槽から、また、黄色ブドウ球菌については WHO に示された目標値 30/100ml 未満を超える菌数が 6.4%から検出された。いずれも直ちに重篤な健康被害に結びつくものではないが、大腸菌は入浴者による糞便汚染を示し、また、緑膿菌や黄色ブドウ球菌は毛囊炎等の化膿性皮膚疾患を引き起こす可能性があるため、消毒剤の添加を行わない掛け流し式温泉においては注意を払わなければならない病原体と考えられた。

これらのヒト由来病原体は浴槽内での汚染が問題となるため、温度による制御は困難であるが、レジオネラ属菌と同様に pH 6.0 未満ではリスクが低下すると考えられた。泉質としては塩化物炭酸水素塩泉で検出率が高くなる傾向がみられたが、有意ではなかった。浴槽内での汚染の動向をみると、いずれの病原体も入浴者数が多いほど、また、採取時刻が遅いほど検出率が明らかに高くなることがわかった。採取時刻の影響は入浴者数の増加と同義と考えられることから、浴槽水の消毒を行わない施設においては、当然のことながら入浴者数が増えるほど汚染のリスクが増加することを充分理解し、入浴者への衛生教育を含めた対策を講じる必要があると考えられた。

E. 結論

全国の循環系を持たない掛け流し式温泉 200 施設について、浴槽水、湯口水、貯湯槽水及び源泉の計 433 件を調査した結果、132 件 (30.5%) からレジオネラ属菌が検出された。採取地点別の検出率は、浴槽 40.8%、湯口 23.8%、貯湯槽 23.1%、源泉 8.1% で、浴槽から高率に検出された。抗酸菌の検出率は 2.5%と低値であり、ヒト由来微生物である大腸菌、緑膿菌、黄色ブドウ球菌の浴槽での検出率は 30~40%であった。レジオネラ属菌汚染のリスク因子として、本研究によって初めて泉質の影響が明らかとなり、アルカリ性単純温泉で最も汚染のリスクが高く、塩化物泉においてもリスクが増加する一方、硫黄泉ではリスクが低下する可能性が示唆された。また、pH 3 未満の酸性泉及び 55℃以上ではほとんど検出されないことが確認された。リスクの高い泉質

を利用する施設では貯湯槽や配管において 55°C以上の温度管理を徹底すること、あるいは洗浄消毒の頻度を増やすこと等、バイオフィルムの蓄積を防ぐための一層の注意が必要と考えられた。さらに、浴槽では洗浄方法が重要なリスク因子であり、ブラシ主体で洗浄すればリスクは低下し、ブラシを使用しない高圧洗浄や消毒ではリスクが高くなることが明らかとなった。可能な限り、ブラシ洗浄および洗浄後の消毒の励行が望まれる。また、大腸菌、緑膿菌、黄色ブドウ球菌などのヒト由来微生物については、入浴者数が増えるほど汚染のリスクが増加することを充分理解し、入浴者への衛生教育を含めた対策を講じる必要があると考えられた。

F. 参考文献

- 1 井上博雄ほか：厚生労働科学研究費補助金健康科学総合研究事業「掛け流し式温泉における適切な衛生管理手法の開発等に関する研究」平成 17 年度研究報告書，平成 18 年 4 月。
- 2 遠藤卓郎ほか：厚生労働科学研究費補助金健康科学総合研究事業「温泉・公衆浴場、その他の温水におけるアメーバ性髄膜脳炎の病原体 *Naegleria fowleri* の疫学と病原性発現に関する研究」，平成 15 年度研究報告書，平成 16 年 4 月。
- 3 環境省自然環境局：鉱泉分析法指針，平成 14 年 4 月
- 4 R Development Core Team (2006). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL

<http://www.R-project.org>.

- 5 WHO : Guidelines for safe recreational waters. Vol. 2 : Swimming pools and similar recreational water environments. 2006.
- 6 レジオネラ症 1999.4~2002.12, 病原微生物検出情報, 2003, 24, 27-28
- 7 藪内英子ほか：日本の温泉水中の *Legionella* 属菌の分布, 感染症学雑誌, 1994, 68, 549-551.
- 8 笹原武志ほか：温泉水における *Legionella* 属菌汚染と泉質に関する調査・研究, 感染症学雑誌, 2004, 78, 545-553.
- 9 古畑勝則ほか：温泉水からのレジオネラ属菌の分離状況, 感染症学雑誌, 2004, 78, 710-716.
- 10 Heller R *et al.* : Effect of salt concentration and temperature on survival of *Legionella pneumophila*. Lett Appl Microbiol 1998, 26, 64-68.
- 11 遠藤卓郎ほか：厚生労働科学研究費補助金健康科学総合研究事業「循環式浴槽における浴用水の浄化・消毒方法の最適化に関する研究」平成 16 年度研究報告書, 平成 17 年 4 月。

G. 研究発表

なし。

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし。

表 1-1 調査施設数及び解析数

(a) 全調査件数

県名	施設数	浴槽水 (うち露天)		湯口	貯湯槽	源泉	合計
A	34	37	(1)	11		1	49
B	23	24	(6)	17	2	2	45
C	15	15	(1)	15			30
D	12	16	(7)	11		1	28
E	43	46	(2)	36		13	95
F	8	8	(1)	6		2	16
G	10	10	(3)	10	7	4	31
H	10	17	(5)	13	1	1	32
I	8	16	(14)	12	4		32
J	7	7	(1)	8	4	4	23
K	7	9		5	3	1	18
L	11	23		12		1	36
M	12	27		21	10	10	68
計	200	255	(41)	177	31	40	503

(b) 再検査等を除いた解析件数

	施設数	浴槽水 (うち露天)		湯口	貯湯槽	源泉	合計
平成17年度	107	116	(23)	58	18	13	205
平成18年度	93	90	(13)	106	8	24	228
計	200	206	(36)	164	26	37	433

表 1-2 泉質、泉温別調査施設数

泉質分類	泉温(°C)							計
	<25	25-	40-	50-	60-	70≤	不明	
単純温泉		12	18	9	6	5	2	52 (26.0)
二酸化炭素泉	1							1 (0.5)
炭酸水素塩泉			2	4		2		8 (4.0)
塩化物泉		3	9	25	9	13		59 (29.5)
硫酸塩泉		1	7	12	9	2		31 (15.5)
含鉄泉						1		1 (0.5)
含アルミニウム泉		1	1	5				7 (3.5)
硫黄泉	1	2	8	11	6	5	1	34 (17.0)
酸性泉						1		1 (0.5)
放射能泉	1	1					1	3 (1.5)
冷鉱泉	2							2 (1.0)
不明		1						1 (0.5)
計	5	21	45	66	30	29	4	200
(%)	(2.5)	(10.5)	(22.5)	(33.0)	(15.0)	(14.5)	(2.0)	(100)

表 1-3 泉質分類

泉質分類	施設数(%)	解析件数(%)
1) 酸性泉	40 (20.0)	92 (21.2)
酸性-アルミニウム-硫酸塩・塩化物温泉	15	36
酸性-ナトリウム-塩化物・硫酸塩泉	11	22
酸性-含硫黄-アルミニウム-硫酸塩・塩化物温泉	7	20
酸性-含硫黄-アルミニウム-硫酸塩泉	2	4
酸性-含鉄-硫酸塩泉	1	2
酸性-含硫黄-カルシウム-硫酸塩・塩化物泉	1	2
酸性-カルシウム・マグネシウム-硫酸塩・塩化物泉	1	2
単純酸性温泉	1	2
単純酸性硫黄泉	1	2
2) アルカリ性単純温泉	25 (12.5)	60 (13.9)
アルカリ性単純温泉	25	60
3) 単純温泉	30 (15.0)	60 (13.9)
単純温泉	27	53
単純弱放射能泉	3	7
4) 塩化物/炭酸水素塩泉	19 (9.5)	41 (9.5)
ナトリウム-塩化物・炭酸水素塩泉	5	10
ナトリウム-炭酸水素塩泉	3	12
カルシウム・ナトリウム-硫酸塩・炭酸水素塩・塩化物泉	3	9
ナトリウム-炭酸水素塩・塩化物・硫酸塩泉	2	1
ナトリウム-炭酸水素塩・硫酸塩・塩化物泉	2	1
ナトリウム・カルシウム-塩化物・炭酸水素塩・硫酸塩泉	1	2
ナトリウム-塩化物・炭酸水素塩・硫酸塩泉	1	2
ナトリウム-塩化物・硫酸塩・炭酸水素塩泉	1	2
含二酸化炭素-ナトリウム-塩化物・炭酸水素塩冷鉱泉	1	2
5) 塩化物泉	34 (17.0)	76 (17.6)
ナトリウム-塩化物泉	24	51
ナトリウム・カルシウム-塩化物泉	7	16
カルシウム・ナトリウム-塩化物泉	3	9
6) 硫酸塩泉	26 (13.0)	43 (9.9)
ナトリウム・カルシウム-硫酸塩泉	5	9
カルシウム・ナトリウム-塩化物・硫酸塩泉	2	6
ナトリウム-硫酸塩・塩化物泉	4	6
ナトリウム・カルシウム-硫酸塩・塩化物泉	4	4
ナトリウム-塩化物・硫酸塩泉	2	4
ナトリウム・カルシウム-塩化物・硫酸塩泉	2	4
カルシウム・ナトリウム-硫酸塩泉	2	3
ナトリウム・カリウム-硫酸塩泉	2	2
カルシウム-硫酸塩泉	1	2
ナトリウム・カルシウム-炭酸水素塩・硫酸塩泉	1	2
ナトリウム・カルシウム-硫酸塩・炭酸水素塩泉	1	1
7) 硫黄泉	23 (11.5)	51 (11.8)
単純硫黄泉	8	22
含硫黄-カルシウム・ナトリウム-硫酸塩・炭酸水素塩泉	2	8
含硫黄-ナトリウム・カルシウム-塩化物泉	3	6
含硫黄-カルシウム-硫酸塩泉	2	2
含硫黄-ナトリウム-炭酸水素塩・硫酸塩泉	2	2
アルカリ性単純硫黄泉	1	3
含硫黄-カルシウム・マグネシウム・ナトリウム-硫酸塩・塩化物泉	1	2
含硫黄-ナトリウム-炭酸水素塩・塩化物泉	1	2
含硫黄-ナトリウム-塩化物泉	1	2
含硫黄-ナトリウム・カルシウム-硫酸塩泉	1	1
含硫黄-ナトリウム-炭酸水素塩泉	1	1
8) その他・不明	3 (1.5)	10 (2.3)
冷鉱泉	2	7
不明	1	3
計	200 (100)	433 (100)

表 1-4 湧出量

配湯量・湧出量(L/分)	<100	100-	200-	300-	400-	500-	不明	計
施設数	64	28	23	8	5	18	54	200
(%)	(32.0)	(14.0)	(11.5)	(4.0)	(2.5)	(9.0)	(27.0)	(100)

最小値:5.4L/分、最大値:4,150L/分

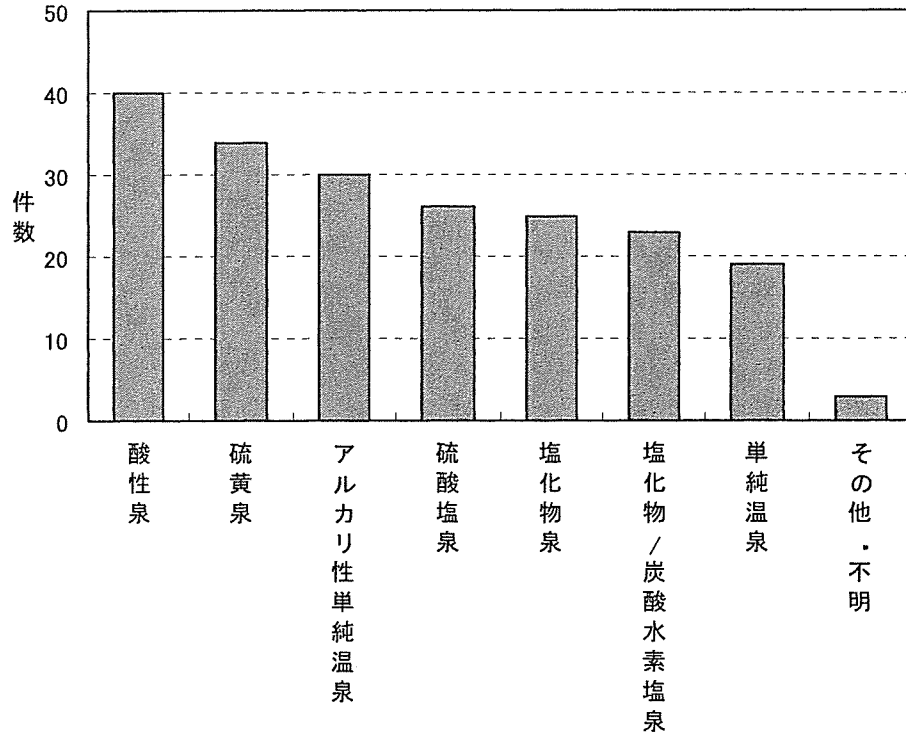


図 1-1 泉質グループ別施設件数

表 1-5 浴槽水の消毒状況

消毒あり	消毒なし	不明	計
52 (26.0)	145 (72.5)	3 (1.5)	200 (100)

表 1-6 消毒方法（複数回答）

塩素	二酸化塩素	紫外線	4級アンモニウム	その他	計
47 (90.4)	2 (3.8)	2 (3.8)	1 (1.9)	1 (1.9)	52 (100)

表 1-7 消毒剤の注入場所と注入方法

注入方法	注入場所						計
	浴槽	貯湯槽	配管	機械室	源泉	不明	
投げ込み	22	4					26 (53)
連続	1	7	6	1	1	2	18 (37)
時間設定	3	1			1		5 (10)
計	26 (53)	12 (24)	6 (12)	1 (2)	2 (4)	2 (4)	49 (100)

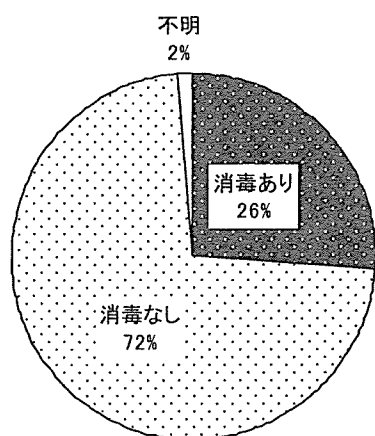


図 1-2 消毒の有無

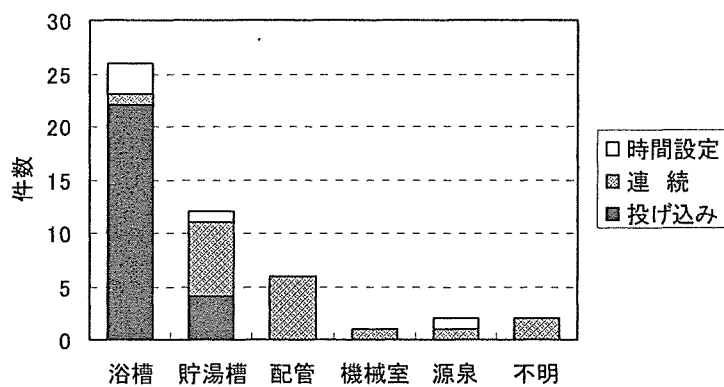


図 1-3 消毒剤の注入場所と注入方法

表 1-8 貯湯槽の有無

貯湯槽あり	貯湯槽なし	不明	計
116 (58.0)	80 (40.0)	4 (2.0)	200 (100)

表 1-9 貯湯槽の材質

FRP	コンクリート	木	FRP+コンクリート	その他・不明	計
64 (55.2)	28 (24.1)	7 (6.0)	1 (0.9)	16 (13.8)	116 (100)

表 1-10 貯湯槽の外気との遮断

遮断あり	遮断なし	不明	計
87 (75.0)	20 (17.2)	9 (7.8)	116 (100)

表 1-11 貯湯槽の設定温度

温度設定	推定温度(°C)						計
	<40	40 -	50 -	60 -	70 ≤	不明	
源泉そのまま	6	22	25	19	11		83 (72)
加温		9	1	2	2		14 (12)
加水		2	2			10	14 (12)
不明					2	3	5 (4)
計	6 (5)	33 (28)	28 (24)	21 (18)	15 (13)	13 (11)	116 (100)

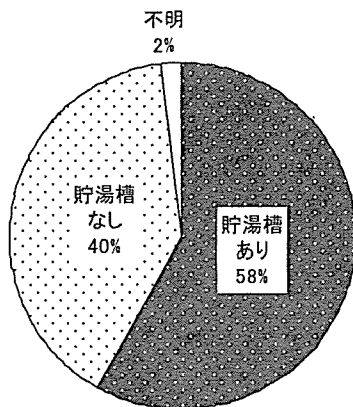


図 1-4 貯湯槽の有無

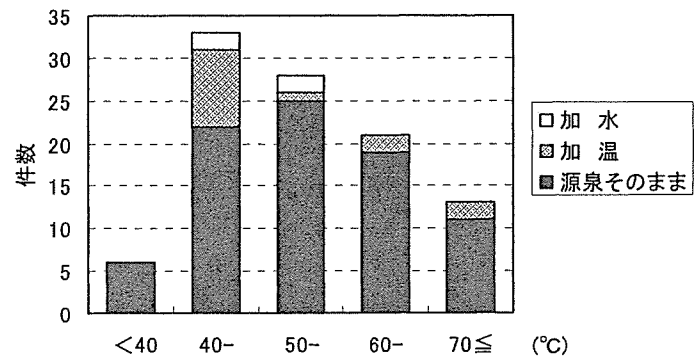


図 1-5 貯湯槽の推定温度

表 1-12 貯湯槽の清掃の有無

定期的に	不定期	未実施	不明	計
66 (56.9)	17 (14.7)	27 (23.3)	6 (5.2)	116 (100)

表 1-13 貯湯槽の清掃頻度

週	月	3ヶ月	半年	年	不明	計
6 (9.1)	20 (30.3)	7 (10.6)	18 (27.3)	13 (19.7)	2 (3.0)	66 (100)

表 1-14 貯湯槽の清掃方法（複数回答）

清掃方法	ブラシ	高圧水	洗剤	消毒	加熱	業者委託	その他・不明	計
施設数	25	24	7	26	5	7	17	83
(%)	(30.1)	(28.9)	(8.4)	(31.3)	(6.0)	(8.4)	(20.5)	(100)

洗浄方法の組み合わせ（n=58）

洗浄方法	施設数	洗浄方法	施設数
高圧のみ	13	加熱+洗剤	2
ブラシのみ	10	ブラシ+洗剤	2
ブラシ+消毒	9	ブラシ+高圧+洗剤	1
消毒のみ	8	ブラシ+高圧+消毒	1
高圧+消毒	7	ブラシ+高圧	1
加熱	3	ブラシ+洗剤+消毒	1

表 1-15 配湯管本管清掃

清掃あり	清掃なし	不明	計
47 (28.0)	116 (69.0)	5 (3.0)	168 (100)

表 1-16 施設内配湯管清掃

清掃あり	清掃なし	不明	計
59 (30.9)	124 (64.9)	8 (4.2)	191 (100)

表 1-17 浴槽の容積

	浴槽容積(m ³)							小計	不明	計
	<2	2-	5-	10-	15-	20-	50≤			
件数	39	55	39	21	9	7	6	176	42	218
(%)	(22.2)	(31.3)	(22.2)	(11.9)	(5.1)	(4.0)	(3.4)	(100)		

表 1-18 浴槽の材質

	浴槽材質(複数回答)					小計	不明	合計
	タイル	石	木	コンクリート	FRP			
件数	100	88	25	16	1	206	12	218
(%)	(48.5)	(42.7)	(12.1)	(7.8)	(0.5)	(100)		

表 1-19 循環配管の有無

循環配管あり	循環配管なし	不明	計
12 (5.5)	184 (84.4)	22 (10.1)	218 (100)

表 1-20 完全換水頻度

	完全換水の頻度					小計	不明	計
	毎日*	2日	3-4日	5-7日	30日			
件数	148	23	12	14	2	199	19	218
(%)	(74.4)	(11.6)	(6.0)	(7.0)	(1.0)	(100)		

* チェックアウト毎、10人入浴毎の各1件を含む

表 1-21 浴槽への補給湯量

	補給湯量(L/分)						小計	不明	計
	<20	20-	40-	60-	80-	100≤			
件数	49	31	12	8	4	10	114	104	218
(%)	(43.0)	(27.2)	(10.5)	(7.0)	(3.5)	(8.8)	(100)		

表 1-22 換水率（1時間あたりで浴槽水が入れ替わる回数）

	換水率(回/時間)						小計	不明	計
	<0.2	0.2-	0.4-	0.6	0.8	1.0≤			
件数	49	30	12	6	2	10	109	109	218
(%)	(45.0)	(27.5)	(11.0)	(5.5)	(1.8)	(9.2)	(100)		

表 1-23 浴槽の洗浄方法

	洗浄方法(複数回答)						小計	不明	計
	ブラシ	洗剤	消毒(毎日)	消毒(毎週)	高圧	熱湯			
施設数	162	65	53	10	29	3	185	33	218
(%)	(87.6)	(35.1)	(28.6)	(5.4)	(15.7)	(1.6)	(100)		

洗浄方法	施設数	洗浄方法	施設数
ブラシのみ	62	ブラシ+消毒(毎日)+高圧	4
ブラシ+洗剤	42	ブラシ+消毒(毎週)	3
ブラシ+消毒(毎日)	27	ブラシ+洗剤+消毒(毎日)+高圧	2
高圧のみ	8	ブラシ+洗剤+熱湯	2
ブラシ+洗剤+消毒(毎日)	7	ブラシ+高圧	2
高圧+消毒(毎日)	7	洗剤+高圧	2
ブラシ+洗剤+消毒(毎週)	6	ブラシ+消毒(毎日)+熱湯	1
消毒(毎日)のみ	5	消毒(毎週)のみ	1
ブラシ+洗剤+高圧	4		

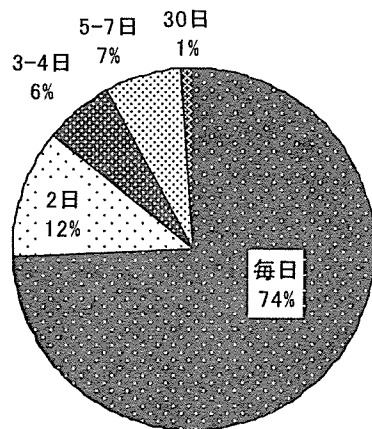


図 1-6 浴槽の完全換水・清掃頻度

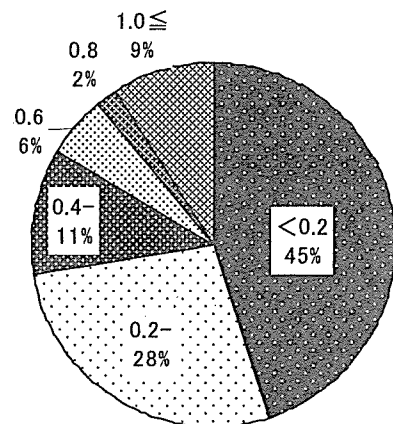


図 1-7 浴槽の換水率 (L/時間)

表 1-24 泉質別 管理状況比較

泉質分類	施設件数	消毒有 (%) ¹⁾	貯湯槽有 (%) ¹⁾	浴槽毎日換水 (%) ¹⁾
酸性泉	40	2/39 (5.1) a	8/39 (20.5) a	15/36 (41.7) a
アルカリ性単純温泉	25	12/25 (48.0) b	15/25 (60.0) b	23/26 (88.5) b
単純温泉	30	7/29 (24.1)	17/29 (58.6) b	23/31 (74.2)
塩化物/炭酸水素塩泉	19	6/19 (31.6)	13/18 (72.2) b	20/21 (95.2) b
塩化物泉	34	13/33 (39.4) b	24/33 (72.7) b	28/32 (87.5) b
硫酸塩泉	26	6/26 (23.1)	22/26 (84.6) b	17/24 (70.8)
硫黄泉	23	5/23 (21.7)	15/23 (65.2) b	19/26 (73.1)
その他・不明	3	1/3 (33.3)	2/3 (66.7)	3/3 (100)
計	200	52/197 (26.4)	116/196 (59.2)	148/199 (74.4)

1) a と b との間に比率の有意な差が認められる。(Tukeyの多重比較、 $P < 0.05$)

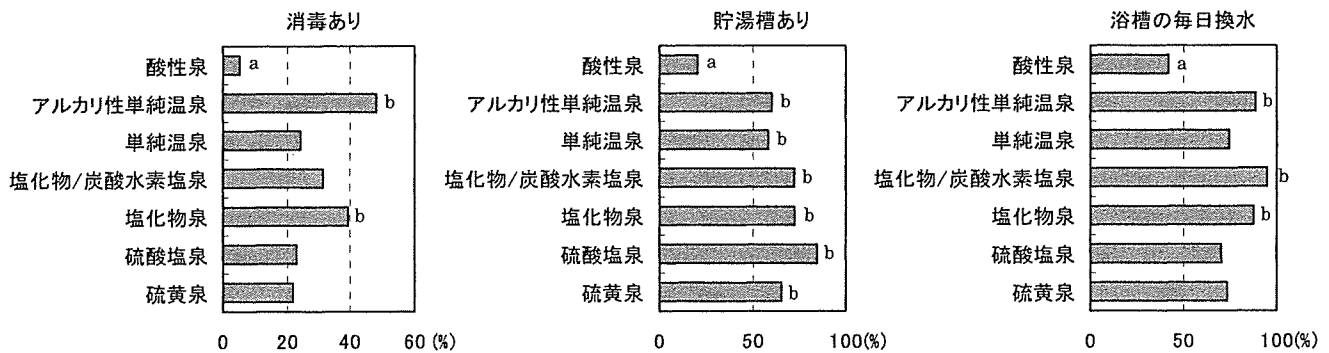


図 1-8 泉質別 温泉管理状況

表 2-1 調査地点別 病原微生物等検出状況 (1)

検査項目	種 別	検査数	検出数(%) ¹⁾	平均± SD		最大	濃度階級別検出件数				
				(CFU/100ml)			10 ⁻	10 ²⁻	10 ³⁻		
レジオネラ属菌				(CFU/100ml)			10 ⁻	10 ²⁻	10 ³⁻		
	浴 槽	206	84 (40.8) ^a	463 ± 1,181	6,800	6,800	54	21	9		
	湯 口	164	39 (23.8) ^b	185 ± 640	4,000	4,000	28	10	1		
	貯湯槽	26	6 (23.1)	220 ± 254	670	670	3	3			
	源 泉	37	3 (8.1)	77 ± 90	180	180	2	1			
	計	433	132 (30.5)	361 ± 1,012	6,800	6,800	87	35	10		
アメーバ				(PFU/100ml)			<10	10 ⁻	10 ²⁻	10 ³⁻	
	浴 槽	196	57 (29.1) ^a	282 ± 583	2,500	2,500	18	17	16	6	
	湯 口	151	7 (4.6) ^b	30 ± 35	100	100	3	3	1		
	貯湯槽	26	5 (19.2)	77 ± 126	300	300	2	2	1		
	源 泉	34	1 (2.9)	5	5	5	1				
	計	407	70 (17.2)	238 ± 534	2,500	2,500	24	22	18	6	
抗酸菌				(CFU/100ml)			10 ⁻	10 ²⁻	10 ³⁻		
	浴 槽	195	9 (4.6)	26 ± 30	100	100	8	1			
	湯 口	146									
	貯湯槽	25	1 (4.0)	10	10	10	1				
	源 泉	35									
	計	401	10 (2.5)	26 ± 32	100	100	9	1			
大腸菌				(MPN/100ml)			<10	10 ⁻	10 ²⁻	10 ³⁻	
	浴 槽	206	80 (38.8) ^a	204 ± 390	2,400	2,400	22	31	20	7	
	湯 口	137	6 (4.4) ^b	36 ± 58	150	150	4	1	1		
	貯湯槽	22	2 (9.1)	42 ± 47	75	75	1	1			
	源 泉	31									
	計	396	88 (22.2)	189 ± 375	2,400	2,400	27	33	21	7	
大腸菌群				(MPN/100ml)			<10	10 ⁻	10 ²⁻	10 ³⁻	
	浴 槽	204	96 (47.1) ^a	594 ± 2,497	24,000	24,000	14	36	30	16	
	湯 口	137	10 (7.3) ^b	74 ± 143	460	460	5	3	2		
	貯湯槽	22	3 (13.6)	521 ± 551	1,100	1,100	1		1	1	
	源 泉	31	1 (3.2)	460	460	460			1		
	計	394	110 (27.9)	544 ± 2,338	24,000	24,000	20	39	34	17	
緑膿菌				(MPN/100ml)			<10	10 ⁻	10 ²⁻	10 ³⁻	
	浴 槽	203	60 (29.6) ^a	229 ± 510	2,400	2,400	28	17	8	7	
	湯 口	134	5 (3.7) ^b	33 ± 66	150	150	4		1		
	貯湯槽	22	1 (4.5)	1,400	1,400	1,400				1	
	源 泉	30	1 (3.3)	240	240	240			1		
	計	389	67 (17.2)	232 ± 507	2,400	2,400	32	17	10	8	
黄色ブドウ球菌				(MPN/100ml)			<10	10 ⁻	10 ²⁻	10 ³⁻	
	浴 槽	203	60 (29.6) ^a	150 ± 387	2,400	2,400	27	20	9	4	
	湯 口	134	3 (2.2) ^b	3 ± 1	4	4	3				
	貯湯槽	22									
	源 泉	30									
	計	389	63 (16.2)	143 ± 379	2,400	2,400	30	20	9	4	

1) aとbとの間に比率の有意な差が認められる。(Fisher exact test、 $P < 0.001$)

表 2-1 調査地点別 病原微生物等検出状況 (2)

検査項目	種 別	検査数	平均 ± SD	最大	濃度階級別検出件数					
					<2.0	2.0-	3.0-	4.0-	5.0-	6.0-
従属栄養細菌数(HPC)			(log CFU/ml) ¹⁾							
	浴 槽	203	3.5 ± 2.1 ^a	6.9	50	24	28	44	34	23
	湯 口	144	1.7 ± 1.5 ^b	5.7	75	41	19	6	3	
	貯湯槽	24	2.4 ± 1.6 ^b	5.9	10	4	7	2	1	
	源 泉	37	1.4 ± 1.5 ^b	4.3	23	7	5	2		
	計	408	2.6 ± 2.0	6.9	158	76	59	54	38	23
全有機炭素 (TOC)			(mg/L)							
	浴 槽	190	0.9 ± 1.1	7.8	66	81	24	8	4	7
	湯 口	125	0.8 ± 1.2	7.8	61	42	16	2		4
	貯湯槽	19	0.4 ± 0.3	1.5	14	4	1			
	源 泉	15	1.0 ± 1.9	7.6	9	3	2			1
	計	349	0.8 ± 1.2	7.8	150	130	43	10	4	12

1) aとbとの間に平均値の有意な差が認められる。(Steel-Dwassの多重比較、 $P < 0.05$)

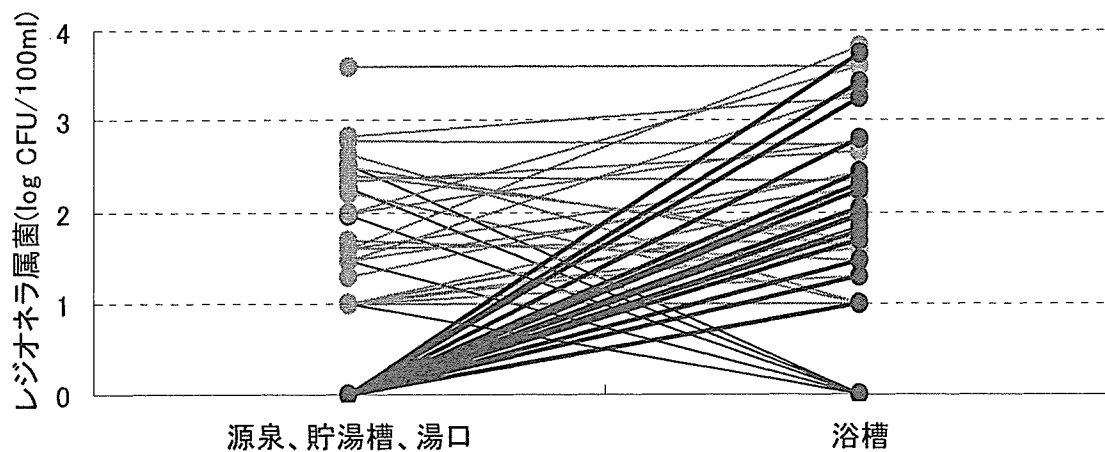


図 2-1 同一施設ペア試料でのレジオネラ属菌数の動向 (n=150)