



温泉施設におけるレジオネラ属菌の管理と 迅速遺伝子検査キットの活用利点

原 口 浩 幸¹⁾

(令和元年 11 月 19 日受付, 令和元年 12 月 25 日受理)

The Control of *Legionella* spp. on Hot Spring Facility and Advantages of Using Rapid Gene Detection kit

Hiroyuki HARAGUCHI¹⁾

要 旨

レジオネラ属菌は土壌、河川や湖沼など自然界に広く生息しており、感染するとレジオネラ肺炎を引き起こす。感染事例は国内に限らず海外でも起きており、日本では死亡例もあり、大きな社会問題になっている。レジオネラ属菌の感染の原因は温泉施設での循環ろ過装置の管理不足が考えられている。レジオネラ属菌は生存・増殖するために、アメーバなどの原生動物に寄生しているために塩素系薬剤などの殺菌効果は低い。感染を減らすには循環ろ過装置などの洗浄、殺菌を行うなどの対策が必要である。一方、講じた対策の効果の確認を行うために、レジオネラ属菌の検査を行うことも必要である。最近、培養法に加え、迅速な遺伝子検査法が活用されている。特にパルサー法は操作が簡便で、目視で判定できるため、特別な機器が不要などの特徴を持つ方法である。レジオネラ属菌に特異的に感度が高く、検査結果への塩素系薬剤の影響もない。洗浄と殺菌の効果の確認や浴槽水中のレジオネラ属菌のモニタリングのために日常的にパルサー法を導入することで、安心安全な温泉の提供が可能となる。

1. はじめに

レジオネラ属菌は土壌、河川や湖沼など自然界に広く生息している。一般に、20~50℃で繁殖し、36℃前後が至適温度である。菌の形態は長さ2~20ミクロン、幅0.3~0.9ミクロン程度の細長い菌である (Fig. 1)。レジオネラ属菌を含んだエアロゾルや土埃を吸入すると、レジオネラ属菌が経気道感染し、レジオネラ肺炎などのレジオネラ症を引き起こす。

感染事例は国内に限らず海外で起きており、レジオネラ属菌の集団感染の原因として様々な環境由来の原因が報告されている。日本では温泉に入浴してレジオネラ肺炎になる事例が多く、死亡例

¹⁾株式会社ファスマック 〒243-0041 神奈川県厚木市緑ヶ丘5-1-3. ¹⁾FASMAC Co., Ltd., 5-1-3 Midorigaoka, Atsugi-shi, Kanagawa 240-0041, Japan.

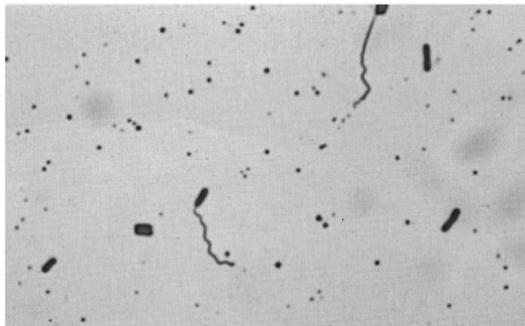


Fig. 1 Photomicrograph of *L. pneumophila*
新版レジオネラ症防止指針より

も報告されている。特に、高齢の男性の感染事例数が多い。1981年に日本で最初にレジオネラ属菌による感染者が発見されたが、その後は大きな話題になるようなことはなかった。しかし最近では温泉に入浴してレジオネラ肺炎に感染し死亡した事例が新聞やテレビ等で報道され大きな社会問題になっている(高橋ら, 1995; 中館ら, 1999)。

上述の通り、レジオネラ属菌は自然環境中に広く生息しているが、好気性菌であるため酸素が少ない地下から湧出する温泉水では増殖できない。温泉水が温泉施設で使用されるさいに酸素の存在で増殖可能となるが、温泉施設でレジオネラ属菌の感染が起こる原因の一つとして温泉施設が循環ろ過装置を導入した事が挙げられる。循環ろ過装置を備えた循環風呂によるレジオネラ属菌の感染が騒がれ出したのは2000年3月に静岡県掛川市の温泉利用入浴施設で23人が感染し、2人が死亡した事例が起きてからである。中でも2002年8月に宮崎県日向市の第3セクター温泉施設で295人が感染し、7人が死亡した事例はレジオネラ感染の特徴である集団感染として我が国では最大の感染事例となった。原因として、きちんと管理していない循環ろ過装置がレジオネラ属菌に適した生育環境となった可能性が高い。

2. 温泉施設の管理におけるレジオネラ属菌とアメーバの関係

2.1 循環ろ過装置

循環ろ過装置を備えた循環式風呂では、温度を一定に保ちながら、プレフィルターあるいはヘアキャッチャーで頭髮や人体の皮膚表層から剥がれ落ちる粗大汚濁物を取り除き、次いで汚れの原因となる有機物をろ材を充填したろ過器を通すことで、浄化し循環している(Fig. 2)。一方、ろ材に付着した汚れは、ろ材中に存在する微生物にとっての栄養源となる。この循環ろ過装置には物理的に汚れをとる物理ろ過方式と、微生物層を積極的に形成させ、微生物による有機物の分解を利用した生物浄化方式があり、前者には砂や中空糸、後者には多孔性のセラミックボールや麦飯石などのろ材が使われている。現在、循環式風呂の約3分の2が物理浄化方式を採用しているが、レジオネラ属菌の汚染しやすいのは生物浄化方式で、多孔性のためにアメーバを含む微生物はその孔の中で繁殖しやすく、レジオネラに汚染される危険性は高いとされている。もちろん物理浄化方式においてもアメーバの繁殖は見られるが、生物浄化方式に比べれば少ないと思われる。

2.2 浴槽水の殺菌

多くの温泉施設では浴槽水を何らかの方法でレジオネラ属菌を殺菌しているのが現状である。殺菌

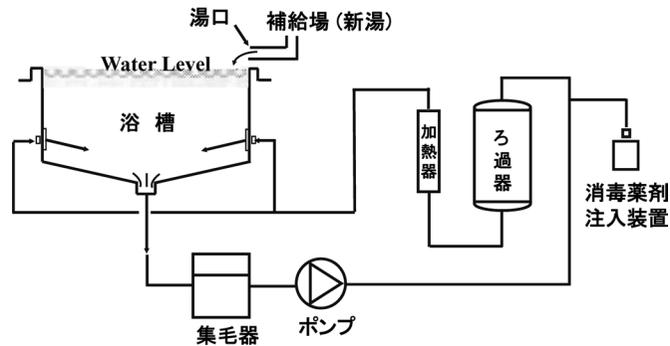


Fig. 2 Flow sheet of circulating bathtub

(厚生労働省健衛発第95号(平成13年9月11日)循環式浴槽におけるレジオネラ症防止対策マニュアルより)

方法としては、塩素系薬剤、銀イオン、銅イオン、オゾン、紫外線、光触媒、高温での殺菌方法などがある。厚生労働省は残留性のある塩素系薬剤による殺菌を推奨し、「公衆浴場における衛生管理要領(2019年9月)」によると遊離残留塩素濃度を通常0.4ppm程度に保つように指導している。しかし、塩素殺菌の能力はpHが高くなるとその効果が激減する。従って、pHが高い温泉では必要以上に高濃度の塩素系薬剤を注入している場合が多く、筆者が把握している限り、特にその傾向は露天風呂で多いようである。また薬湯と称している温泉では、加えた塩素と薬湯が反応し、遊離残留塩素濃度が低くなり、その効果が激減する。それが原因でろ材からレジオネラ属菌が浴槽内に侵入し感染した事例もある。

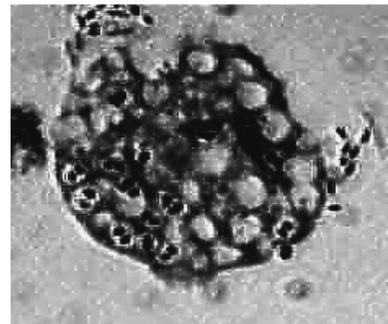


Fig. 3 Photomicrograph of Amoeba eating bacteria

その他、温泉施設での浴槽水の塩素系薬剤による殺菌に対して指摘されている問題点として、以下の点がある。

- ・大勢の入浴客による有効塩素の消費
- ・残留塩素濃度の不均一な分布
- ・泉質やpHによっては有効に働かない
- ・塩素による有害物質の産生
- ・配管およびろ材でのバイオフィルムの形成
- ・アメーバの生息

レジオネラ属菌の感染を防ぐためには温泉施設の泉質を考慮し、循環ろ過装置の殺菌方法を選択してレジオネラ属菌を殺菌することが必要である。しかしながら、循環ろ過装置の配管やろ材、また浴槽中に存在するアメーバ中に潜んでいるレジオネラ属菌の管理は簡単ではない。

2.3 レジオネラ属菌とアメーバとの関係

レジオネラ属菌は生存・増殖するために、他の細菌や藻類などから必要な栄養分を吸収し、アメーバなどの原生動物に寄生する(Fig. 3)。レジオネラ属菌はアメーバに侵入後、アメーバのファゴソーム(食胞)内において増殖する(八木田ら, 1998)。一般的にはアメーバに捕食された細菌は、アメー

バ細胞内のファゴソームに閉じ込められ、続いて溶菌酵素が詰まったライソソームが近づき融合してファゴライゾームになり、菌体は酸と溶菌酵素にさらされ溶菌する。しかし、レジオネラ属菌の場合、運動性や病原性を発現した状態にあり、酸に抵抗し、ライソゾームとの融合を阻害する成分を分泌する。さらに侵入後のファゴソーム内では、病原性に関する遺伝子群の発現は停止し、細胞分裂に関連する遺伝子群が転写発現され、レジオネラ細胞は活発に細胞分裂を繰り返す。最終的にはファゴソームを破り、アメーバを破壊して、再び新たなアメーバ細胞をターゲットにする。このとき破壊されたアメーバから放出されたレジオネラ属菌はアメーバの小胞に包まれ、エアロゾルを発生させやすいシャワーやジャグジーなどでエアロゾルとなる(加藤ら, 2005)。このレジオネラ属菌を含んだエアロゾルを吸い込むことがレジオネラ肺炎の感染源となる。

2.4 アメーバ中のレジオネラ属菌の殺菌

浴槽水中に遊離しているレジオネラ属菌は 0.2~0.4 mg/L の遊離残留塩素で死滅するが、アメーバはその濃度領域では約 50% しか破壊されない (Fig. 4) (加藤ら, 2011)。それにアメーバに寄生している状態のレジオネラ属菌はアメーバ細胞の中に保護されることによって塩素薬剤による殺菌作用から逃れることができるため、0.2~0.4 mg/L の遊離残留塩素での殺菌効果はほとんどない (Fig. 5)。どの殺菌方法も通常使用する殺菌剤濃度ではアメーバに寄生しているレジオネラ属菌を殺菌することはできないので、アメーバを破壊して、レジオネラ属菌を殺菌するとなると、かなり高い濃度の殺菌剤で浴槽、ろ材や配管を洗浄することになる。しかし、これでは泉質を大幅に変化させることになり、温泉本来の入浴感を失ってしまいかねない。従って、現状ではこまめに浴槽の清掃を行い、定期的にもろ過装置や配管の洗浄と殺菌を行う必要がある。

3. 迅速遺伝子検査法を用いたレジオネラ属菌検出

3.1 レジオネラ属菌の検査方法

温泉施設でのレジオネラ属菌の感染予防のために洗浄、殺菌を行うが、その効果を確認するために、レジオネラ属菌の検査を行うことも必要である。レジオネラ属菌の検査方法として、一般的に

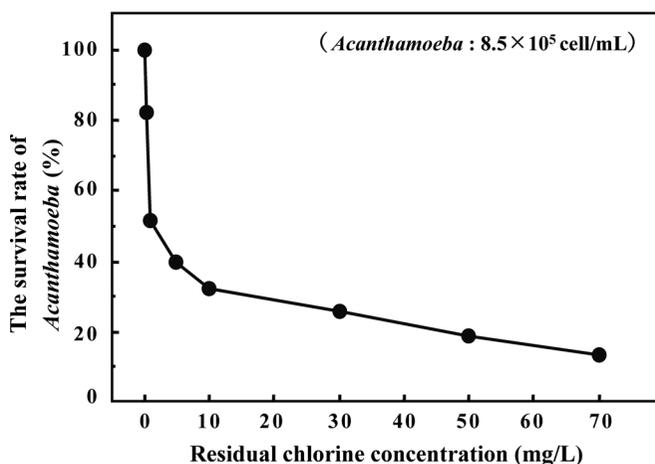


Fig. 4 The effect of chlorine sterilization against *Acanthamoeba*

(加藤ら, 2011)

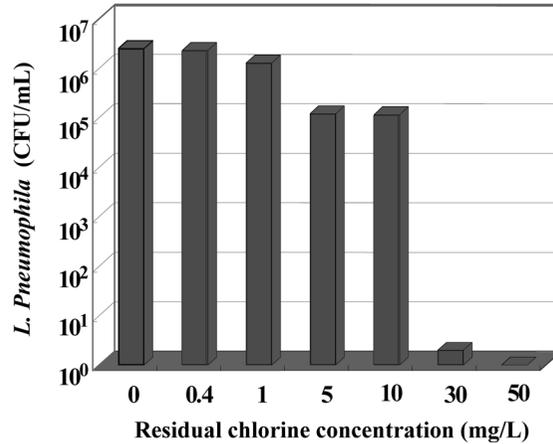


Fig. 5 The effect of chlorine sterilization against *L. pneumophila* eaten by Amoeba
(加藤ら, 2011)

Table 1 The comparison between rapid genetic analysis methods

Method	qPCR	LAMP	PALSAR
Amplification of DNA	Synthesis	Synthesis	Self-assembly
Enzyme	Polymerase	Polymerase	None
No. of Primer / Probe	2 / 1	0 / 4	0 / 2
Amplification product	Target DNA	Target DNA/ Pyrophosphate	Signal
Temp. cycle	Yes	Yes	No

は培養法が広く用いられているが、以下の問題がある。

- ・結果を得るまでに6~8日を要し、迅速な洗浄殺菌効果の確認には不向き
- ・培地に共存する他の細菌の増殖を制御するための抗生剤の影響でレジオネラ属菌も生育阻害
- ・VBNC (Viable But Non-Culturable) 状態のレジオネラ属菌は検出困難

一方、遺伝子検査法は培養法に比べ迅速な検査法として活用されている。現在、開発されているレジオネラ属菌の遺伝子検査法にはPCR (Polymerase Chain Reaction) 法、LAMP (Loop-mediated isothermal amplification) 法とパルサー法がある (Table 1)。

3.2 パルサー法の特徴

パルサー法は16SrRNAをターゲットとしているため、生菌のみではなくVBNC菌も検出可能である。またキット化されており、操作時間が5時間以内で、比色系の検出法による目視判定を行うため (Fig. 6a)、特別な検出機器が不要である。遺伝子検査では一般的に検体からのDNAの精製が必要となるが、パルサー法では溶菌作業のみで十分であり、精製作業が不要である。また、上表の通り遺伝子を増幅しないので増幅産物によるコンタミネーションは起こらない。パルサー法を用いてレジオネラ属菌の菌株特異性を調べたところ、すべての菌株を検出することが可能であった

Table 2 The specificity of Legionella strains and the detection limit by PALSAR method

Legionella Spp.	Detection limit (CFU/well)	Legionella Spp.	Detection limit (CFU/well)	Legionella Spp.	Detection limit (CFU/well)
<i>L. pneumophila</i> subsp. <i>pneumophila</i> SG1	22	<i>L. pneumophila</i> subsp. <i>pneumophila</i> SG12	16	<i>L. tairimensis</i>	64
<i>L. pneumophila</i> subsp. <i>pneumophila</i> SG2	21	<i>L. pneumophila</i> subsp. <i>pneumophila</i> SG13	18	<i>L. pneumophila</i> subsp. <i>pneumophila</i> SG9	330
<i>L. pneumophila</i> subsp. <i>Pneumophila</i> SG3	19	<i>L. pneumophila</i> subsp. <i>pneumophila</i> SG14	83	<i>L. greslensis</i>	4
<i>L. pneumophila</i> subsp. <i>fraseri</i> SG4	74	<i>L. pneumophila</i> subsp. <i>fraseri</i> SG15	83	<i>L. beliardensis</i>	12
<i>L. pneumophila</i> subsp. <i>fraseri</i> SG5	60	<i>L. dumoffii</i>	100	<i>L. drozanskii</i>	1
<i>L. pneumophila</i> subsp. <i>pneumophila</i> SG6	43	<i>L. cincinnatiensis</i>	2	<i>L. rowbothamii</i>	3
<i>L. micdadei</i>	47	<i>L. brunensis</i>	3,376	<i>L. fallonii</i>	1
<i>L. bozemani</i> SG1	18	<i>L. quinivarii</i> SG1	47	<i>L. santicroucis</i>	1,636
<i>L. jordanis</i>	2	<i>L. moravica</i>	436	<i>L. pneumophila</i> UT	311
<i>L. wadsworthii</i>	13,547	<i>L. tucsonensis</i>	1,522	<i>L. pneumophila</i> UT	531
<i>L. pneumophila</i> SG7	6	<i>L. adelaidensis</i>	6	<i>L. pneumophila</i> UT	2,822
<i>L. pneumophila</i> subsp. <i>pneumophila</i> SG8	8	<i>L. fairfieldensis</i>	121	<i>L. bozemanae</i> SG2	36,372
<i>L. oakridgensis</i>	158	<i>L. gratiana</i>	272	<i>L. feeleii</i> SG1	92
<i>L. sainthelensii</i> SG1	3	<i>L. lansingensis</i>	2,925	<i>L. feeleii</i> SG2	223
<i>L. anisa</i>	15	<i>L. shakespearei</i>	14,082	<i>L. hackeliae</i> SG1	127
<i>L. steigerwaltii</i>	4,455	<i>L. pneumophila</i> subsp. <i>pascuilei</i> SG5	1	<i>L. hackeliae</i> SG2	174
<i>L. parisiensis</i>	2,378	<i>L. geestiana</i>	171	<i>L. longbeachae</i> SG1	6
<i>L. spiritensis</i> SG1	3	<i>L. londiniensis</i> SG1	4	<i>L. longbeachae</i> SG2	9
<i>L. maceachernii</i>	46	<i>L. nanutarum</i>	3	<i>L. busanensis</i>	119
<i>L. jamestowniensis</i>	620	<i>L. quateirensis</i>	408	<i>L. londiniensis</i> SG2	821
<i>L. cherrii</i>	3	<i>L. worpleiensis</i>	1,811	<i>L. impletisoli</i>	176
<i>L. rubrilucens</i>	1	<i>L. waltersii</i>	75	<i>L. yabuuchiiae</i>	5,731
<i>L. erythra</i> SG1	6	<i>L. sainthelensii</i> SG2	12	<i>L. norrlandica</i>	1,440
<i>L. pneumophila</i> subsp. <i>Pneumophila</i> SG10	3	<i>L. gormanii</i>	8	<i>L. steelei</i>	4
<i>L. pneumophila</i> subsp. <i>Pneumophila</i> SG11	58	<i>L. quinivarii</i> SG2	1	<i>L. nagasakiensis</i>	3,791
<i>L. israelensis</i>	1,697	<i>L. spiritensis</i> SG2	1	<i>L. cardiaca</i>	967
<i>L. birminghamensis</i>	1				

(Table 2). 菌株ごとの検出限界を調べたところ、菌株により検出下限が異なり、調べた菌株の約80%が約40 cfu/well以下であった (Morinakaら：2017). この結果はパルサー法を用いたキット開発において、使用する検水量とキットの検出下限を設定するのに有効なものとなった.

一方、レジオネラ属菌以外の菌株は検出することはなかった (Table 3) (Morinakaら：2017).

温泉施設でレジオネラ属菌の殺菌に一般的に使用されている塩素のパルサー法の結果に及ぼす影響を調べた. 0.2~1.0 ppmの次亜塩素酸ナトリウム水を用いて、 1.3×10^3 CFU/100 mL濃度の *Legionella pneumophila philadelphia* を40°Cで1~22時間以上処理した後、パルサー法で測定した結果、目視判定ですべて陰性となり (Fig. 6a), 確認のため反応液の吸光度を測定したところ、バックグラウンド値ほどであったことから、パルサー法で検出できるレジオネラ属菌は存在しなかったと考えられる (Fig. 6b). また、培養法 (WYO α 培地)の結果と一致した (森中ら, 2014). これより、パルサー法は次亜塩素酸ナトリウム水に影響を受けず、レジオネラ属菌の殺菌効果の確認に応用できると考えられる.

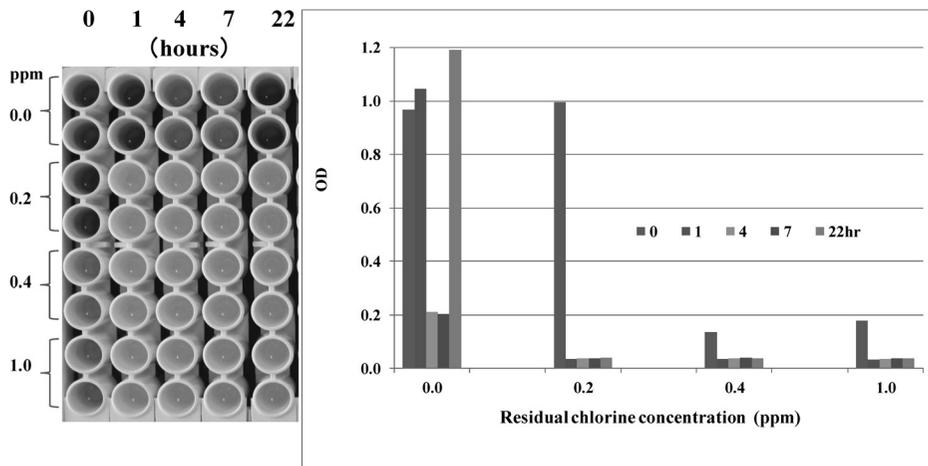
3.3 パルサー法による実証試験

実際の温泉施設から採取した浴槽水を用いてパルサー法と培養法の結果を比較した (Table 4). その結果、培養法の結果と一致した検体の他に、培養法で検出限界以下 (検出限界 10 cfu/100 mL), パルサー法で陽性となった検体があった. この結果の原因は培養法で用いた選択培地の影響で菌数が検出限界以下に減少したためと考えられた. また、銀イオン消毒でもパルサー法と培養法との結果が一致したことから、銀イオン消毒の効果の確認に応用できることがわかった (森中ら, 2014).

また、実際の浴場から採取された検体を用いて、パルサー法や他の迅速遺伝子検査法の培養法の結果と比較した評価を行った. パルサー法の場合、感度 83.7%, 特異度 68.3%, 一致率 72.6%となり、他の方法もパルサー法と同等の結果となった. これらの迅速遺伝子検査法は培養法と相関性がある

Table 3 The specificity of non-*Legionella* and the detection limit by PALSAR method

Non- <i>Legionella</i> spp.	Reactivity
<i>Campylobacter jejuni</i> subsp. <i>Jejuni</i>	(-)
<i>Clostridium perfringens</i> str.13	(-)
<i>Enterococcus faecalis</i> SS499	(-)
<i>Escherichia coli</i> LT(+)	(-)
<i>Escherichia coli</i> ST(+)	(-)
<i>Escherichia coli</i> VT1/VT2	(-)
<i>Escherichia coli</i> VT2	(-)
<i>Lactobacillus casei</i> YIT 9029	(-)
<i>Listeria monocytogenes</i> EGD-e	(-)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> PAO1	(-)
<i>Shigella dysenteriae</i> 2871	(-)
<i>Shigella flexneri</i> 2457T	(-)
<i>Shigella sonnei</i> HW383	(-)
<i>Staphylococcus aureus</i> 2012-1	(-)
<i>Streptococcus pneumoniae</i> D39	(-)
<i>Streptococcus viridans</i> KSP141	(-)
<i>Yersinia enterocolitica</i> WA2-1	(-)
<i>Yersinia pseudotuberculosis</i> S.49	(-)



a) Results of hot PALSAR method

b) Absorbance of reaction solution of PALSAR method

Fig. 6 The effect of chlorine sterilization against the results from PALSAR method

Table 4 The demonstration of the detection of *Legionella* in hot spring water from hot spring baths by PALSAR method

Facility of hot spring	Component of hot spring	Residual chlorine concentration (ppm)	PALSAR method		Culture method (WYOα) (CFU/100mL)
			n=2 (OD)	(visual)	
A	Na · Ca-Cl	< 0.1	0.043	+	7.0 × 10 ¹
B	Na · Ca-Cl	< 0.05	0.086	+	< limit
C	Na · Ca-Cl · SO ₄	> 2.0	0.029	—	< limit
D	Na · Ca-Cl · SO ₄	< 0.05	0.034	—	< limit
E	Na-Cl	< 0.05	0.121	+	1.0 × 10 ¹
F	Na-Cl	< 0.05	0.100	+	< limit
G	Na · Ca-SO ₄	Ag ⁺	0.108	+	4.70 × 10 ²
H	Na · Ca-SO ₄	Ag ⁺	0.040	—	< limit
Control	NTC(OD)		PTC(DNA 0.8 fmol/mL)		
	0.029		0.203		

ことが確認された (Table 5) (前川純子 2018).

3.4 パルサー法の温泉施設での活用

パルサー法は培養法に比べ、迅速で簡易なレジオネラ属菌の検査方法であるため、温泉施設でのレジオネラ属菌の管理において、日常の管理を確認する方法として活用できる方法である。また、レジオネラ属菌の実態調査を行い、汚染エリアの特定し、管理方法の改善を行うことも可能である。新たな設備や洗浄方法の検証にも活用できる。パルサー法はキット化されているので、温泉施設でもキットを用いた自主検査が可能であるため、結果を知るのに時間を要さないため、管理状態を日常的に知ることができ、また問題が生じた際にも迅速に対策を講ずることができる。

Table 5 The comparison between the results of the detection of *Legionella* by rapid genetic analysis methods

Culture method vs. PALSAR					Sensitivity 83.7%	Specificity 68.3%	Concordance 72.6%
		Culture					
		≥10	<10	Total			
PALSAR	+	41	40	81			
	-	8	86	94			
Total		49	126	175			

Culture method vs. LAMP					Sensitivity 84.4%	Specificity 77.7%	Concordance 79.5%
		Culture					
		≥10	<10	Total			
LAMP	+	65	46	111			
	-	12	160	172			
Total		77	206	283			

Culture vs. (EMA-)qPCR					Sensitivity 82.4%	Specificity 61.5%	Concordance 65.5%
		Culture					
		≥10	<10	Total			
EMA-qPCR	+	28	55	83			
	-	6	88	94			
Total		34	143	177			

「厚生労働科学研究費補助金 健康安全・危機管理対策総合研究事業
公衆浴場等施設の衛生管理におけるレジオネラ症対策に関する研究（課題番号：H28-健危-一般-006）平成29年度 総括・分担研究報告（研究代表者 前川純子）平成30（2018）年5月」より一部改変

Sensitivity：陽性数/培養法陽性数， Specificity：陰性数/培養法陰性数， Concordance：培養法の陽性と陰性との一一致率

4. おわりに

日本におけるレジオネラ肺炎の感染源は温泉の場合が多く、その予防には温泉施設における浴槽や循環ろ過装置の清掃と殺菌が一番効果的であると筆者は考えている。また、その洗浄と殺菌の効果の確認や浴槽水中のレジオネラ属菌のモニタリングのために日常的にパルサー法を導入することで、安心安全な温泉の提供が可能となる。

謝 辞

パルサー法を用いたキットの開発においては東邦大学医学部加藤尚之先生、看護学部大野章先生に貴重なご助言を頂き、深謝致します。また、「厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）公衆浴場等施設の衛生管理におけるレジオネラ症対策に関する研究 レジオネラ属菌迅速検査法の評価」の研究代表者である国立感染症研究所細菌第一部 前川純子先生と分担研究者と研究協力者の皆様にはパルサー法の評価をして頂き深謝致します。また、実用化にあたり特定非営利活動法人入浴施設衛生管理推進協議会、天童温泉滝の湯、キノシタ設備株式会社には多大なるご協力を頂き深謝いたします。

引用文献

- 加藤尚之（2005）：温泉のレジオネラ問題について。温泉科学，55，89-93。
加藤尚之，齋藤宏治，大野 章（2011）：温泉での *Legionella pneumophila* および *Acanthamoeba castellanii* に対する塩素消毒効果の検討。東邦大学教養紀要，43，1-8。

- 高橋良一, 中嶋良行, 山崎正貴, 河 哲吉, 門阪庄三, 儀間 充, 佐藤克明, 山田智裕, 牧 和夫, 村上貞次, 米田誠一, 梶田芳弘, 藤田洋一, 佐藤俊之 (1995): 河川および温泉が感染源と推定されるレジオネラ肺炎の 2 例. 日胸, **54**, 469-475.
- 中館俊英, 山内広平, 井上洋西 (1999): 温泉を感染源としたレジオネラ肺炎の集団発生例. 日呼吸会誌, **37**, 601-607.
- 八木田健司, 遠藤卓郎 (1998): レジオネラの宿主アメーバ. 検査と技術, **26**, 245-247.
- Rieka Morinaka, Junko Amemura-Maekawa, Junichi Kanatani, Mari Sasaki, Junko Isobe, Hiroyuki Haraguchi, Satoshi Futo, Fumiaki Kura (2017): 9th International Conference On Legionella Abstract, 14.
- 森中りえか, 加藤尚之, 大野 章, 原口浩幸, 布藤 聡 (2014): 日本温泉科学会第 67 回大会要旨集, 104.
- 前川純子 (2018): 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合研究事業「公衆浴場等施設の衛生管理におけるレジオネラ症対策に関する研究 (課題番号: H28—健危—一般-006)」平成 29 年度総括・分担研究報告, 62-70.