

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）

公衆浴場の衛生管理の推進のための研究

研究代表者 泉山 信司 国立感染症研究所

分担研究報告書

レジオネラ症の感染源調査のための迅速・簡便な検査法の開発

研究分担者

○金谷 潤一 富山県衛生研究所

研究協力者

磯部 順子 富山県衛生研究所

研究要旨

レジオネラ症対策として、感染源のおよそ 4 割を占める入浴施設の衛生管理の向上は重要である。入浴施設におけるレジオネラ属菌の汚染実態を把握するため、公衆浴場におけるレジオネラ属菌の検出状況を調査した。本研究では、2012 年以降の 11 年間の調査結果も合わせて、陽性となった検体の特徴などについてまとめた。本県でレジオネラ症患者から高頻度で検出される遺伝子型（ST）の菌株について、全ゲノム配列を用いた高精度系統解析を実施し、患者および患者が利用した入浴施設から分離された菌株について系統的な近縁度を明らかにした。また、同一検体から複数の菌株を分離し、同一検体内における SNPs の蓄積頻度を明らかにした。

2012 年以降に搬入された検体について、レジオネラ属菌の培養検査を実施した結果、浴槽水の 20.2%（97/480 検体）、シャワー・カラン水の 26.5%（99/374 検体）が陽性となった。また、レジオネラ属菌陽性検体の 46.4%（45/97 検体）からレジオネラ症の主な原因菌である *L. pneumophila* 血清群 1 が検出されたため、レジオネラ症発生防止のためには、施設の衛生管理が重要であると考えられた。迅速な遺伝子検査法である LAMP 法の培養法に対する陰性的中率は 94.6%であったため、検水のレジオネラ属菌陰性を迅速に判定する方法として、LAMP 法の活用が有用であることも明らかとなった。

ST23 や ST120 の全ゲノム配列による系統解析の結果から、患者由来株は、入浴施設由来株だけでなく、水たまり由来株や土壌由来株など自然環境から分離された株とも近縁な系統関係を示した。また、ST502、ST505 を含めた 4 STs において、患者由来株のみで偏ったクラスターなどを形成することはなかった。

10 事例の患者検体から 8 株ずつ分離して、同一検体内における SNPs 解析を実施した結果、9 検体では 8 株内で SNPs は検出されなかった。一方、浴槽水 10 検体からも同様に 8 株ずつ分離し、SNPs 解析を実施した結果、8 株内で SNPs が検出されなかったのは 2 検体のみであった。全ゲノム配列を用いた系統解析による感染源調査の際は、環境検体からは複数の株を解析するのが望ましいと考えられた。複数株の解析が難しい場合は、環境中のレジオネラ属菌の多様性を考慮した上で、同一由来株であるかどうかを判断する必要があると考えられた。

## A 研究目的

2023 年の国内におけるレジオネラ症患者報告数は、2,271 件（暫定値）であり、前年比 106.7%であった<sup>1,2)</sup>。レジオネラ症対策として、感染源のおよそ 4 割を占める入浴施設の衛生管理の向上は重要である<sup>3)</sup>。したがって、入浴施設におけるレジオネラ属菌の汚染実態を把握するため、公衆浴場におけるレジオネラ属菌の検出状況を調査した。本研究では、2012 年以降の 11 年間の調査結果も合わせてまとめ、陽性となった検体の特徴などについて報告する。また、遺伝子検査は、その結果の解釈を監視員や施設管理者にわかりやすく説明することが必要となるため、説明文を作成し、検査成績書と合わせて送付した。

レジオネラ属菌は、土壌、浴槽水など環境中に広く生息しているが、レジオネラ症患者から検出される遺伝子型（ST、Sequence-Based Typing による型別）には偏りがある<sup>3)</sup>。本県でレジオネラ症患者から高頻度で検出される ST の菌株は、複数の環境検体から検出されるため、遺伝子型別結果による感染源特定の判断に迷う場合がある。そこで、これらの遺伝子型の菌株について全ゲノム配列を用いた系統解析を実施し、患者および患者が利用した入浴施設から分離された菌株について系統的な近縁度を明らかにする。また、同一検体から複数の菌株を分離し、同一検体内における SNPs の蓄積頻度を明らかにする。得られた結果は、感染源調査の際に患者由来株と環境由来株の SNPs 解析を実施した場合に、その結果の解釈において参考となる知見となる。また、新規検査法開発の基盤となる知見にもなり得る。本研究により、公衆浴場の衛生管理およびレジオネラ症対策の向上が期待される。

## B 材料と方法

### 1 検査材料

2023 年に公衆浴場などから採水した浴槽水 31 検体、シャワー水 8 検体、カラン水 7 検体を用いた。結果の解析には、2012 年から 2022 年に実施した検査結果も合わせて用いた。

### 2 平板培養法

平板培養法は、「公衆浴場における浴槽水等のレジオネラ属菌検査方法（薬生衛発 0919 第 1 号）」に準じて実施し、10 CFU/100 mL 以上を陽性とした。分離菌の血清型別は、病原体検出マニュアル（国立感染症研究所）に従い加熱抗原を作製後、レジオネラ免疫血清（デンカ）および *Legionella* Latex Test (Thermo Fisher Scientific) を用いて実施した。

### 3 LAMP 法

検水の 100 倍濃縮液 2 mL を用いて、Loopamp レジオネラ検出試薬キット E（栄研化学）を使用して取扱説明書に従い実施した。

### 4 SNPs 解析

2005 年以降に県内でレジオネラ症患者から高頻度で検出された 4 STs（ST23 : 14 株、ST120 : 23 株、ST502 : 33 株、ST505 : 31 株）の菌株を用いて、SNPs 解析を実施した。菌株の由来は、患者および浴槽水の他に、シャワー水、カラン水、水たまり、土壌である。また、同一検体から分離された菌株の SNPs を比較するため、10 事例（散発）のレジオネラ症患者から 8 株ずつ分離し、同一 ST であることを確認後、SNPs 解析に用いた。同様に、浴槽水 10 検体からも 8 株ずつ分離し、同一 ST であることを確認後、SNPs 解析に用いた。

菌株の DNA は、QIAamp DNA Mini Kit（キアゲン）を用いて抽出した。イルミナ社のプロトコルに従い、Nextera XT DNA Library Preparation Kit、Nextera XT Index Kit および MiSeq Reagent Kit v3 (600 Cycles) を用いてライブラリーを作製後、RUN を実施した。遺伝子型ごとに BactSNP で pseudogenome を作成後、Gubbins を用いて組換え領域を除去し、SNPs を比較した<sup>4)</sup>。箱ひげ図の作成は、David らの文献を参考にした<sup>5)</sup>。レファレンスには、*L. pneumophila* str. Pari 株（Accession no. NC\_006368.1）のゲノム配列を用いた。

## C 結果

### 1 浴槽水等の平板培養法および LAMP 法による結果

2012年以降に搬入された検体についてレジオネラ属菌の検査を実施した結果を、表1から7に示した。

## 2 4 STs の菌株における全ゲノム配列の系統解析

解析の結果は図1~4に示した。ST23やST120の結果から、患者由来株は、入浴施設由来株だけでなく、水たまり由来株や土壌由来株など自然環境から分離された株とも近縁な系統関係を示した。また、ST502、ST505を含めた4 STsにおいて、患者由来株のみで偏ったクラスターなどを形成することはなかった。今回解析に用いた菌株のうち、患者および患者が利用した入浴施設の浴槽水から菌株が分離された散発事例が7事例確認された。このうち6事例については、同一事例で分離された患者および浴槽水由来の株は、同一STの菌株内の比較においてもそれぞれ互いに近縁な系統であり、疫学調査の結果を反映していた。事例4については、患者由来株と浴槽水由来株との間で31 SNPs 検出された。その他の事例では、それぞれ0~15 SNPs であった。

## 3 同一検体由来株における SNPs 解析

10事例の患者検体から8株ずつ分離して、同一検体内におけるSNPs解析を実施した結果、9検体では8株内でSNPsは検出されなかった(表8)。1検体(Patient 08)については、1株のみ他の7株と比較し、1SNP 検出された。一方、浴槽水10検体からも同様に8株ずつ分離し、SNPs解析を実施した(表9、Facility 06は7株のみ解析)。その結果、8株内でSNPsが検出されなかったのは2検体のみであった(Facility 02、Facility 09)。

4検体においては、SNPs解析によって7種類のvariantsが検出された(Facility 01、Facility 05、Facility 06、Facility 10)。また、Facility 08の検体においては、最大で98 SNPs 検出された。得られた結果から、解析した菌株数とSNPs解析によって検出可能なvariantsについて箱ひげ図を作成した(図5)。患者由来株においては、1または2株をSNPs解析することですべてのvariantsが検出できる結果であったのに対し、浴槽水由来株については、すべてのvariantsを得るためには少なくとも7株解析する必要がある結果であった。

## D 考察

12年間にわたり、富山県内における入浴施設のレジオネラ属菌の汚染実態を調査した結果、浴槽水の約2割、シャワー・カラン水の約3割からレジオネラ属菌が検出され(表1)、入浴施設の水系にはレジオネラ属菌がある一定の割合で生息していた。レジオネラ症は、レジオネラ属菌を含むエアロゾルを吸い込むことが原因で発症することから、エアロゾルが多く発生するシャワー水の管理は重要である。国内で過去に発生した循環式入浴施設における大規模集団感染事例では、10,000 CFU/100 mL以上の*L. pneumophila*が検出されている<sup>9)</sup>。本調査では、浴槽水の2検体、シャワー・カラン水の1検体から10,000 CFU/100 mL以上のレジオネラ属菌が検出された(表2)。これらの施設では特に、衛生管理状況を見直し、適切な消毒等により対策をとる必要がある。最終換水日から7日以上経過した検体では、レジオネラ属菌の陽性率が高い傾向であった(表3)。「公衆浴場における衛生等管理要領等について」では、浴槽水の換水頻度は「1週間に1回以上完全に換水して浴槽を清掃すること」となっている。そのため、浴槽水の換水、洗浄、塩素系薬剤による消毒を適切に実施し、バイオフィルムの形成やレジオネラ属菌の増殖を抑制することが重要である。一方で、換水日に採水した検体の約2割からもレジオネラ属菌が検出されているため、配管洗浄・消毒等により、配管内に付着したバイオフィルムを除去することも重要であると考えられた。

「公衆浴場における衛生等管理要領等について」では、浴槽水の消毒に当たっては、塩素系薬剤を使用し、浴槽水中の遊離残留塩素濃度を0.4 mg/L程度を保つことが求められている。本調査においても、採水時の遊離残留塩素濃度が0.4 mg/L以上であった検体の陽性率は14.5%であったのに対し、0.4 mg/L未満の検体では40.0%と高かったことから、遊離残留塩素濃度の維持がレジオネラ属菌の抑制には重要であることが示された(表4)。シャワー・カラン水についても、「入浴施設の衛生管理の手引き(令和4年5月13日)」によると、

貯湯槽水の温度を60℃以上に保つことができない場合や、調節箱を設置する場合は、遊離残留塩素濃度を0.4 mg/L以上に保つ必要があることが記載されている。本調査では、採水時の遊離残留塩素濃度が0.4 mg/L以上であった検体の陽性率は13.3%であったのに対し、0.4 mg/L未満の検体では29.3%と高かったが(表4)、調節箱の設置の有無や貯湯槽水の温度については調査していない。また、シャワー・カラン水におけるレジオネラ属菌の増殖を抑制するためには、シャワーヘッドやホースの洗浄・消毒も重要となってくるため、これらの箇所を総合的に衛生管理する必要がある。

検出されたレジオネラ属菌を菌種・血清群別に見ると、浴槽水では、レジオネラ属菌が検出された検体の約半数、シャワー・カラン水では約2割から *L. pneumophila* 血清群1が検出された。*L. pneumophila* 血清群1はレジオネラ肺炎の原因菌の90%以上を占めるため、施設の衛生管理が重要であると考えられた(表5)。

LAMP法による遺伝子検査の結果は、概ね培養法と関連していた(表6、7)。培養陰性・LAMP陽性検体の多くは、死菌DNAを検出したことによるものであると考えられた。一方、培養陽性・LAMP陰性検体の多くは、検体中に含まれるレジオネラ菌量が少なかったため、検出感度によるものであると考えられた。本調査では、LAMP法の培養法に対する陰性的中率は94.6%であった。培養法では、検査結果が判定するまでに約1週間を要するため、LAMP法は検体中のレジオネラ属菌陰性を迅速(当日中)に判定する方法として有用であることが明らかとなった。とりわけ、検水の洗浄・消毒効果の判定や、それに伴う施設の営業再開の判断など、早期の結果判定が望まれる際にLAMP法の活用が有用であると考えられた。

レジオネラ属菌の検査成績書を返した際、遺伝子検査と培養検査との結果の不一致の解釈について、監視員や施設管理者からしばしば質問を受ける。遺伝子陽性・培養陰性の結果は、死菌のDNAを検出している可能性が考えられる。また、培養法の検出下限値である10 CFU/100 mL未満のレジオネラ属菌が存在した可能性や、生きていますが培養できない

(viable but non-culturable)状態のレジオネラ属菌を検出している可能性も考えられる。一方、遺伝子陰性・培養陽性の結果は、以下の可能性が挙げられる。

1. 検水に含まれる成分により、遺伝子増幅反応が阻害され、陰性となった。
2. 検査では、検水を培養検査、遺伝子検査のためにそれぞれ取り分けるが、その際、遺伝子検査のために取り分けた検水に、レジオネラ属菌が含まれなかった。
3. 遺伝子検査法の感度が低く、陰性となった。
4. 用いた遺伝子検査法では検出できない種類のレジオネラ属菌が存在した。

上記の結果の解釈を監視員や施設管理者にわかりやすく説明することが必要となるため、「レジオネラ属菌の培養検査・遺伝子検査(LAMP法)の結果について」と題した説明文(別紙)を作成し、検査成績書と合わせて送付し、遺伝子検査結果の解釈の普及に努めた。

4 STsの菌株における全ゲノム配列の系統解析の結果、分離株の由来による系統の偏りは認められなかったため、レジオネラ症は入浴施設だけでなく、水たまりや土壌も感染源となる可能性があると考えられた。また、6/7事例では、それぞれの事例で分離された患者および浴槽水由来株は遺伝的に近縁であった。したがって、疫学調査の結果と合わせて、これらの入浴施設が感染源ではないかと疑われた。しかしながら、事例4は患者および浴槽水由来株との間に31 SNPs検出され、他の事例と比較し、やや遠縁であった。浴槽水は、温度やアメーバなどの原生動物の存在によりレジオネラ属菌が増殖しやすい環境であるため、レジオネラ属菌の多様性が高いと考えられる。そのため、SNPsの蓄積した菌株を検査に供した可能性が考えられる。あるいは、当該患者はもう1か所公衆浴場を利用していたため、別の感染源が存在した可能性も考えられる。ただし、その施設の検水からは、レジオネラ属菌は検出されなかった。

同一検体内でのSNPsの蓄積頻度を調査した結果、患者から分離した株においては、SNPsはほとんど検出されなかった。一方、浴槽水から分離した株においては、多数のSNPsが検出された。上述の通り、浴槽水中

では SNPs が蓄積しやすいためではないかと考えられる。SNPs が完全一致した株を取得するのは容易ではなく、何株を釣菌すれば一致するかは、その環境におけるレジオネラの多様性や割合に左右されそうである。したがって感染源調査の際は、環境検体からは複数の株を解析するのが望ましいと考えられた。複数株の解析が難しい場合は、環境中のレジオネラ属菌の多様性を考慮した上で、同一由来株であるかどうかを判断する必要があると考えられた。

## E 結論

公衆浴場におけるレジオネラ属菌の検出状況を調査から、県内の公衆浴場からは、ある一定程度の割合でレジオネラ症の主な原因菌である *L. pneumophila* 血清群 1 が検出されたため、レジオネラ症発生防止のためには、施設の衛生管理が重要であると考えられた。とりわけ、検水の消毒にあたっては、適切な遊離残留塩素濃度の維持 (0.4mg/L 以上) が重要であった。また、検水のレジオネラ属菌陰性を迅速に判定する方法として、LAMP 法の活用が有用であることも明らかとなった。全ゲノム配列を用いた系統解析による感染源調査の際は、環境検体からは複数の株を解析するのが望ましいと考えられた。複数株の解析が難しい場合は、環境中のレジオネラ属菌の多様性を考慮した上で、同一由来株であるかどうかを判断する必要があると考えられた。

## 参考文献

- 1) 国立感染症研究所感染症発生動向調査週報 (IDWR) 速報データ 2023 年第 52 週。  
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/data/12442-idwr-sokuho-data-j-2352.html>
- 2) 国立感染症研究所感染症発生動向調査週報 (IDWR) 速報データ 2022 年第 52 週。  
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/data/11740-idwr-sokuho-data-j-2252.html>
- 3) Amemura-Maekawa J et al. *Legionella pneumophila* and

other *Legionella* species isolated from legionellosis patients in Japan between 2008 and 2016. *Appl Environ Microbiol.* 2018, 84(18), pii: e00721-18.

- 4) Nakanishi N, et al. Investigation of a *Legionella pneumophila* outbreak at a bath facility in Japan using whole-genome sequencing of isolates from clinical and environmental samples. *Microorganisms.* 2022 Dec 22;11(1):28.
- 5) David S, et al. Low genomic diversity of *Legionella pneumophila* within clinical specimens. *Clin Microbiol Infect.* 2018, 24(9):1020.e1-1020.e4.
- 6) (公財) 日本建築衛生管理教育センター: レジオネラ症防止指針 (第 4 版)、p.125、2017 年 7 月.

## F 研究発表

- 1) Kanatani J et al. Correlation between bacterial microbiome and *Legionella* species in water from public bath facilities by 16S rRNA gene amplicon sequencing. *Microbiol Spectr.* 2024 Feb 16:e0345923.

## G 知的財産権の出願・登録状況

なし

表1. 培養検査におけるレジオネラ属菌の陽性率

	検体数	陽性数 (%)
浴槽水	480	97 (20.2)
シャワー・カラン水	374	99 (26.5)

表2. 検出されたレジオネラ属菌の菌数の分布

CFU/100 mL	検体数 (%)	
	浴槽水	シャワー・カラン水
< 10	383 (79.8)	275 (73.5)
10-99	66 (13.8)	56 (15.0)
100-999	23 (4.8)	33 (8.8)
1000-9,999	6 (1.3)	9 (2.4)
≥ 10,000	2 (0.4)	1 (0.3)
計	480 (100)	374 (100)

表3. 最終換水日からの経過日数と陽性率

経過日数	検体数	陽性数 (%)
0	128	24 (18.8)
1	142	34 (23.9)
2-6	155	24 (15.5)
≥ 7	40	13 (32.5)
計	465	95 (20.4)

表4. 採水日の遊離残留塩素濃度

	遊離残留塩素濃度	検体数 (%)	
		検体数	陽性数 (%)
浴槽水	< 0.4 mg/L	110	44 (40.0)
	≥ 0.4 mg/L	359	52 (14.5)
シャワー・カラン水	< 0.4 mg/L	304	89 (29.3)
	≥ 0.4 mg/L	45	6 (13.3)

表5. 分離菌の菌種・血清群

菌種・血清群	陽性数 (%)	
	浴槽水 (N = 97)	シャワー・カラン水 (N = 99)
<i>L. pneumophila</i> 血清群1	45 (46.4)	15 (15.2)
<i>L. pneumophila</i> 血清群3	8 (8.2)	10 (10.1)
<i>L. pneumophila</i> 血清群5	16 (16.5)	27 (27.3)
<i>L. pneumophila</i> 血清群6	26 (26.8)	31 (31.3)
<i>L. pneumophila</i> 血清群9	14 (14.4)	5 (5.1)
その他の <i>L. pneumophila</i>	24 (24.7)	31 (31.3)
<i>L. pneumophila</i> 以外の菌種	10 (10.3)	21 (21.2)

表6. 培養法と遺伝子検査法(LAMP法)との相関

培養法に対する (%) :	浴槽水 (N = 247)	シャワー・カラン水 (N = 215)	全検体 (N = 462)
感度	84.6	82.0	83.1
特異度	62.5	80.6	70.5
陽性的中率	29.7	56.2	40.2
陰性的中率	95.6	93.7	94.6
一致率	66.0	80.9	72.9

表7. 培養法と遺伝子検査法(LAMP法)との相関(2×2表)

## A) 浴槽水

	培養 (+)	培養 (-)	計
LAMP (+)	33	78	111
LAMP (-)	6	130	136
計	39	208	247

## B) シャワー・カラン水

	培養 (+)	培養 (-)	計
LAMP (+)	41	32	73
LAMP (-)	9	133	142
計	50	165	215

## C) 全検体

	培養 (+)	培養 (-)	計
LAMP (+)	74	110	184
LAMP (-)	15	263	278
計	89	373	462

図1. Lp1 ST23 の全ゲノム配列による系統解析 (14 株)

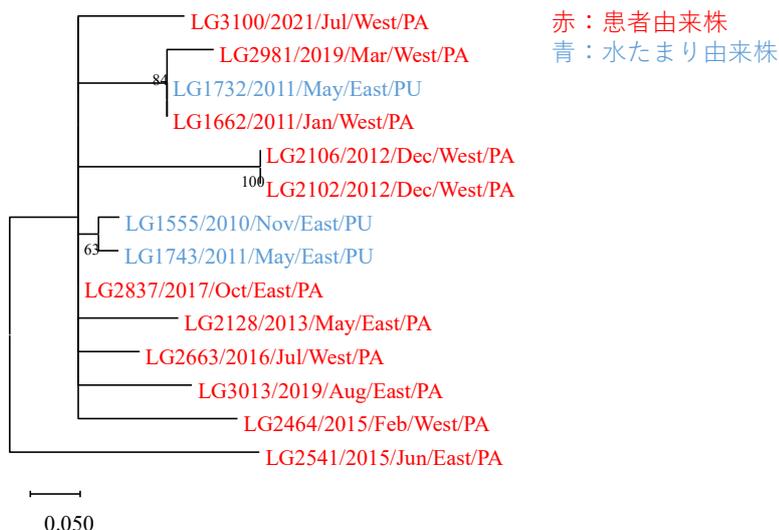


図2. Lp1 ST120 の全ゲノム配列による系統解析 (23 株)

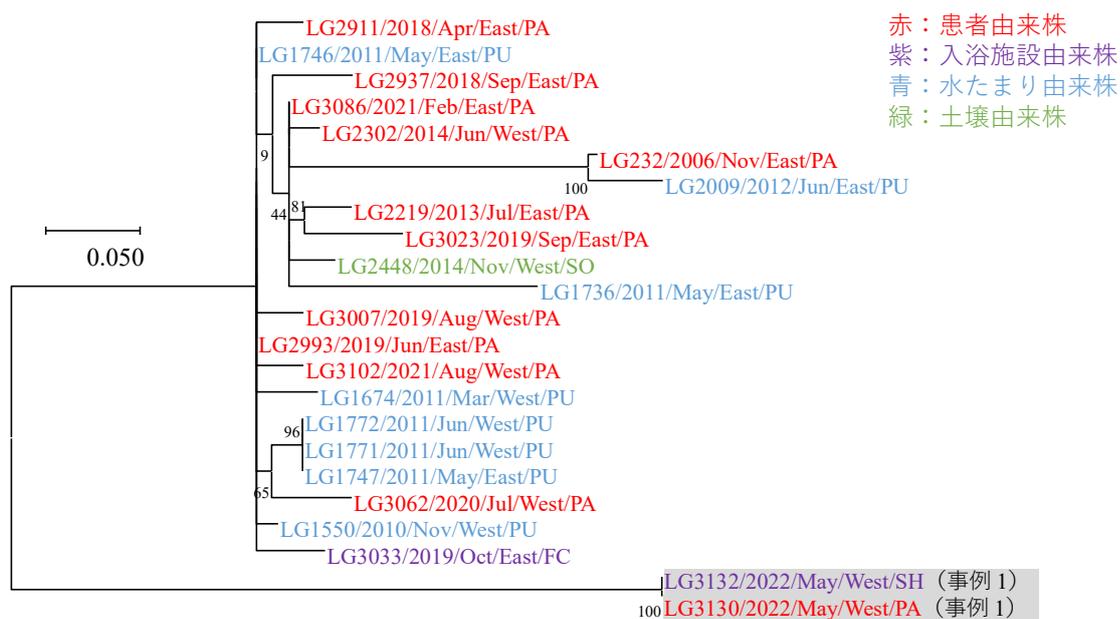


図3. Lp1 ST502 の全ゲノム配列による系統解析 (33 株)

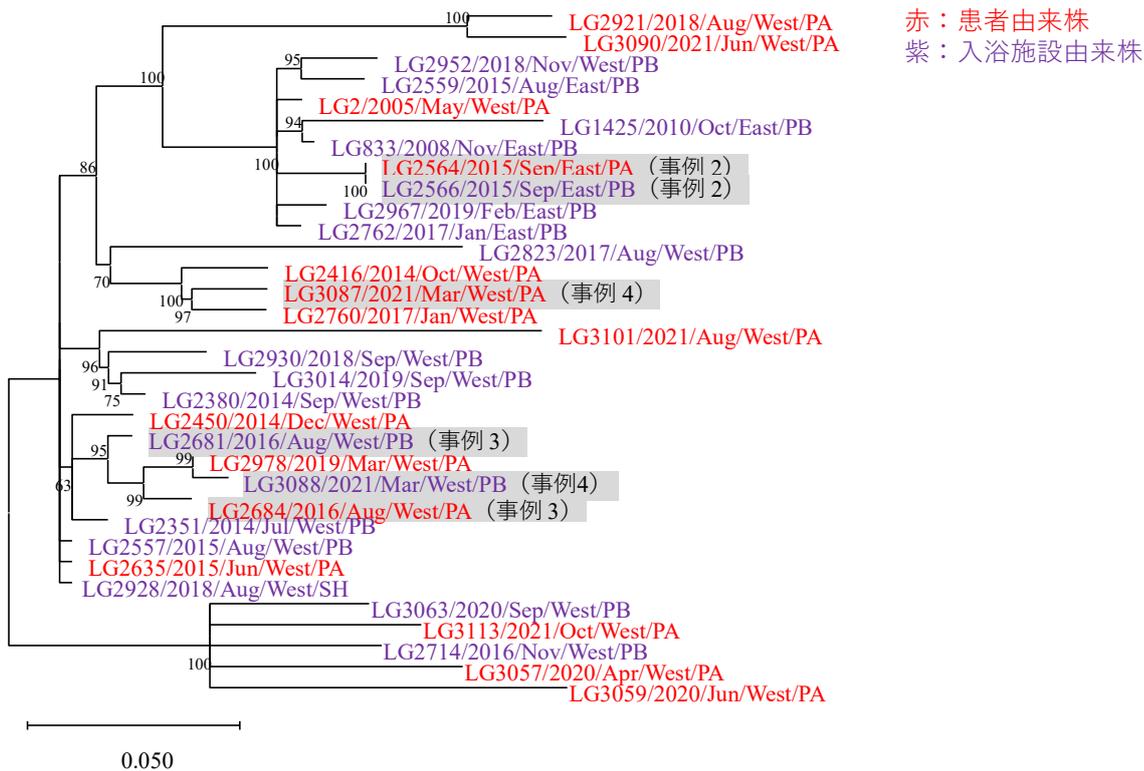


図4. Lp1 ST505 の全ゲノム配列による系統解析 (31 株)

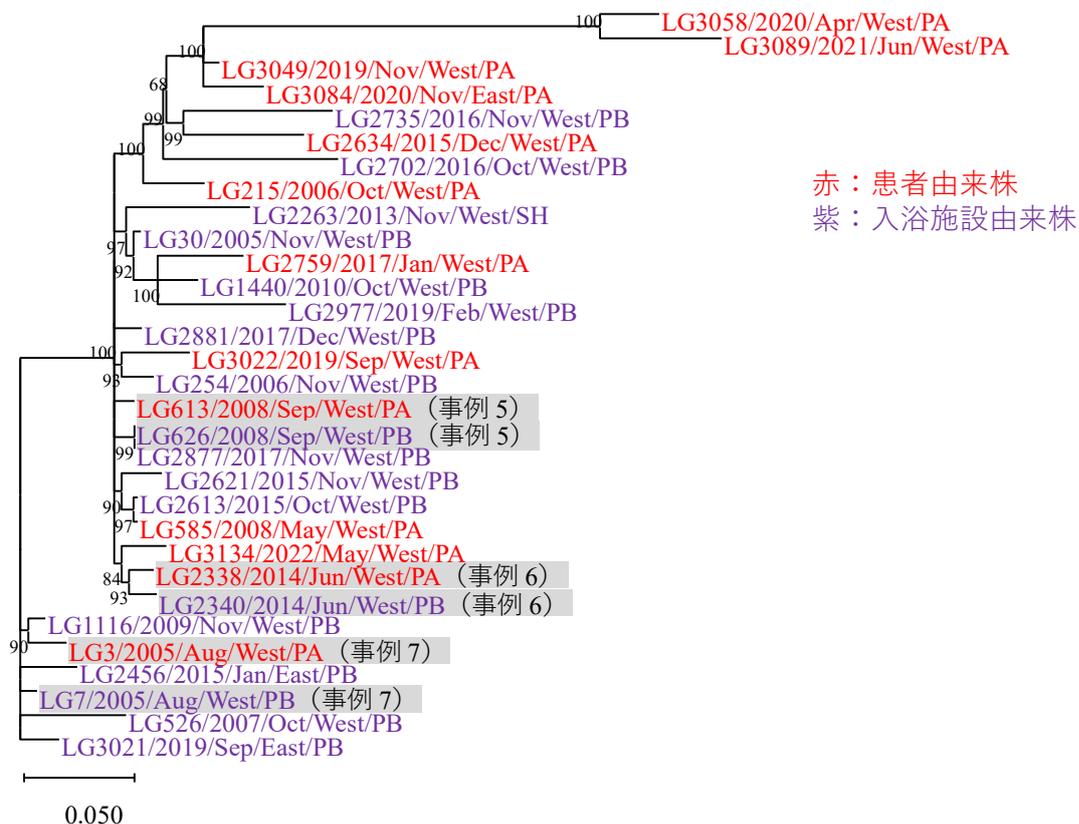


表 8. 同一患者由来の各 8 株における SNPs 解析

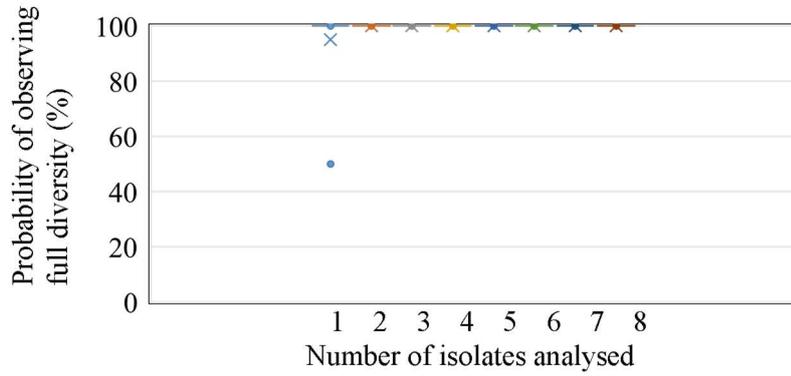
Patient	SBT		SNPs between pairs			No. of SNP variant
	ST	Allele no.	range	mean	median	
Patient 01	ST89	(4, 10, 11, 15, 29, 1, 6)	0 SNPs between all			1
Patient 02	ST2856	(6, 10, 15, 15, 17, 14, 6)	0 SNPs between all			1
Patient 03	ST609	(3, 13, 1, 1, 14, 9, 1)	0 SNPs between all			1
Patient 04	ST2930	(3, 13, 1, 3, 12, 9, 6)	0 SNPs between all			1
Patient 05	ST502	(6, 10, 19, 3, 19, 4, 6)	0 SNPs between all			1
Patient 06	ST502	(6, 10, 19, 3, 19, 4, 6)	0 SNPs between all			1
Patient 07	ST23	(2, 3, 9, 10, 2, 1, 6)	0 SNPs between all			1
Patient 08	ST1798	(7, 10, 17, 10, 13, 4, 11)	0-1	0.25	0	2
Patient 09	ST1273	(7, 6, 17, 10, 13, 11, 6)	0 SNPs between all			1
Patient 10	ST89	(4, 10, 11, 15, 29, 1, 6)	0 SNPs between all			1

表 9. 同一浴槽水由来の各 8 株における SNPs 解析

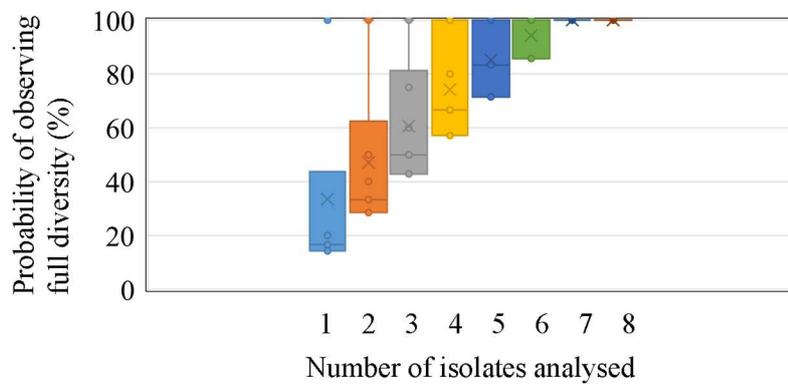
Facility	SBT		SNPs between pairs			No. of SNP variant
	ST	Allele no.	range	mean	median	
Facility 01	ST1151	(7, 43, 31, 3, 48, 15, 40)	0-4	1.929	2	7
Facility 02	ST1095	(6, 10, 15, 28, 21, 14, 11)	0 SNPs between all	0	0	1
Facility 03	ST644	(6, 10, 20, 10, 9, 14, 11)	0-4	2.393	2	6
Facility 04	ST1	(1, 4, 3, 1, 1, 1, 1)	0-4	1.821	2	6
Facility 05	ST502	(6, 10, 19, 3, 19, 4, 6)	0-7	4.607	5	7
Facility 06 (N = 7)	ST141	(2, 12, 3, 6, 8, 14, 9)	1-17	6.238	3	7
Facility 07	ST1101	(6, 6, 15, 3, 9, 14, 11)	0-10	2.75	1	4
Facility 08	ST763	(6, 10, 19, 28, 19, 4, 11)	0-98	50.89	56	5
Facility 09	ST1528	(6, 10, 17, 28, 17, 14, 9)	0 SNPs between all	0	0	1
Facility 10	ST1	(1, 4, 3, 1, 1, 1, 1)	0-8	3.786	3.5	7

図5. SNPs解析による同一検体内における解析株数と検出可能な variants の箱ひげ図

A) 患者由来株



B) 浴槽水由来株



## レジオネラ属菌の培養検査・遺伝子検査(LAMP法)の結果について

培養検査は、生きたレジオネラ属菌そのものを検出する検査法です。一方、遺伝子検査法（LAMP法）は、レジオネラ属菌の遺伝子を検出する方法です。それぞれの結果についての解釈は、下記のとおりです。

### 1 結果における解釈

- 1) 培養検査陰性・遺伝子検査陰性  
検査した水に、レジオネラ属菌は存在していないと考えられます。
- 2) 培養検査陽性・遺伝子検査陽性  
検査した水には、生きたレジオネラ属菌が存在しています。
- 3) 培養検査陽性・遺伝子検査陰性  
検査した水には、生きたレジオネラ属菌が存在しています。遺伝子検査で陰性になった理由として、以下の可能性が考えられます。
  - 3-1) 水に含まれる成分により、遺伝子増幅反応が阻害され、陰性となった。
  - 3-2) 検査では、水を培養検査、遺伝子検査のためにそれぞれ取り分ける。その際、遺伝子検査のために取り分けた水に、レジオネラ属菌が含まれなかった。
  - 3-3) 遺伝子検査法の感度が低く、陰性となった。または、用いた遺伝子検査法では検出できない種類のレジオネラ属菌が存在した。

4) 培養検査陰性・遺伝子検査陽性

検査した水には、レジオネラ属菌の遺伝子が含まれています。培養検査で陰性となった理由として、以下の可能性が考えられます。

4-1) 既に死んでいるレジオネラ属菌の遺伝子を検出している。

塩素などの消毒効果により、人に感染し病気を起こす可能性のあるレジオネラ属菌は存在していないと考えられます。消毒剤により遺伝子も消滅あるいは変異するので、遺伝子検査は陰性になります。遺伝子が陽性になるという結果は、その水には検査の少し前まで生きたレジオネラ属菌が存在していたという事実を示しています。

4-2) 培養検査では検出できないが、生きているレジオネラ属菌の遺伝子を検出している。

培養検査は、すべてのレジオネラ属菌を検出できるわけではありません。ただし、このようなレジオネラ属菌でも遺伝子検査は陽性となりますので、遺伝子検査の結果は水の中にレジオネラ属菌が生存しているという事実を示していることが考えられます。

## 2 衛生管理の必要性

1) 結果1の場合は、これまで通り、衛生管理を継続してください。

2) 結果2、3、4の場合は、衛生管理上の注意が必要です。汚染が疑われる場所の消毒・清掃が必要です。また、レジオネラ属菌が増えないよう、常時、塩素などの消毒により管理する必要があります。