

Characteristics of *Legionella* Species Isolated from the Public Facilities in Busan, 2013–2022

Su-Jeong Hwang*, Su-Jin Shin, Ji-Hye Kang, Young-Ran Na, Eun-hee Park

Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment, Busan 46616, Republic of Korea

Corresponding

Su-Jeong Hwang, Researcher
Busan Metropolitan City Institute of
Health & Environment, 120,
Hambakbong-ro 140 beon-gil, Buk-gu,
Busan 46616, Republic of Korea
Phone : +82-51-309-2824
E-mail : kies98@korea.kr

Received : September 22, 2023

Revised : November 28, 2023

Accepted : November 29, 2023

No potential conflict of interest relevant
to this article was reported.

Analysis of the distribution of *Legionella* species in public water systems and investigation of the degree of contamination are the best ways to establish a preemptive management system that can respond quickly in the event of an outbreak. In this study, distribution of *Legionella* species isolated from public water systems in Busan facilities from 2013 to 2022 was analyzed. Culture and PCR methods were performed for 15,161 environmental water samples collected from public water systems including buildings, hotels, shopping centers, hospitals, public baths, and welfare facilities. Of these samples, a total of 2,156 strains (14.2%) of *Legionella* species were detected. A total of 1,512 (70.1%) isolates of *L. pneumophila* were obtained and non-*L. pneumophila* species were identified in 468 strains (21.7%) with 176 (8.2%) strains showing co-detection. *Legionella* species were detected in different facilities, including public baths (19.4%), hotels (19.3%), ships (18.6%), buildings (14.2%), hospitals (12.1%), welfare facilities (9.8%), others (9.3%), and shopping centers (9.0%). Detection results for water sources included hot water (19.9%), cooling tower water (15.3%), tank water (11.3%), cool water (8.2%), and others (7.6%). *Legionella* species were detected mainly in summer, although statistically significant differences in detection among different seasons were not found. High colonization was more frequently detected in water sources from cooling tower water in buildings and hot water in public baths. These results might be useful for preventing and controlling future outbreaks of legionellosis.

Key Words: Legionella, Public facilities, Environmental surveillance

INTRODUCTION

레지오넬라균은 그람음성 호기성 간균이며 주로 에어로졸 형태의 비말로 사람의 호흡기로 흡입되어 레지오넬라증을 일으키는 것으로 알려져 있다 (1). 레지오넬라증은 사망에 이를 정도로 심각한 폐렴을 일으키는 레지오넬라 폐렴(Legionnaires'disease)과 경미한 독감 증상이 나타나는 폰티악 열(Pontiac fever)로 나뉜다. 이 감염증은 사람과 동물 모두 감염될 수 있지만 동물이 매개체로 작용하지 않는 것으로 알려져 있다 (2).

레지오넬라증은 1976년 미국 필라델피아에서 개최된 재향군인총회에 참석한 회원들과 인근 지역 주민들을 중심으로 221명의 집단 폐렴환자가 발생하였고 이 중 34명(15%)이 사망하면서 처음으로 보고되었다 (3). 국내의 경우, 1984년 중환자실에서 근무한 의료인과 환자에서 집단 발병한 것이 폰티악 열로 인한 레지오넬라증의 첫 사례이며 중환자실에 입원한 환자 3명이 같은 날 사망하여 역학조사 과정에서 알려지게 되었다 (4), 그리고 레지오넬라

Copyright © 2023 Journal of Bacteriology
and Virology

©This is an Open Access article
distributed under the terms of the Creative
Commons Attribution Non-Commercial
License
([http://creativecommons.org/
license/by-nc/3.0/](http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/)).

폐렴의 첫 보고는 1990년에 중환자실에 입원한 환자에게 발생한 의료관련 감염이었다 (5). 이후, 2000년 법정 감염병으로 지정된 후, 산발적인 발생이 지속적으로 보고되다가 2015년(45건)을 기점으로 2016년에는 128건으로 전년도 대비 57.9%가 급증하였으며, 이후로도 증가 추세로, 코로나19라는 특수상황에서도 연간 300건 이상의 발생을 보이고 있다 (2). 마찬가지로 전 세계적으로 레지오넬라증은 산발 또는 집단으로 발생하고 있으며 미국, 유럽, 일본 등의 국가에서 환자수가 지속적으로 증가하는 경향을 보이고 있다 (6).

레지오넬라균은 강, 호수, 토양과 같은 자연환경 및 냉각탑, 목욕시설, 온천, 분수 등의 인공수계에 모두 존재하며, 자연환경에서 서식하는 레지오넬라는 상대적으로 감염을 일으킬 가능성이 낮지만 균이 인공수계로 유입된 후에는 그 환경조건에 따라 급격히 증식하여 레지오넬라증을 일으킬 수 있다 (7). 레지오넬라에 오염된 건물 용수시스템(샤워헤드, 수도꼭지, 스파, 호흡기 치료기기, 가습기, 냉각탑수)을 이용하는 불특정 다수를 대상으로 집단 감염이 발생 (8) 할 수 있어 더욱 주의가 필요하다.

현재로서는 인공수계로 유입되는 균을 원천적으로 차단하거나 여러 종류의 수계시스템에서 비산되는 에어로졸을 완벽히 통제하는 것은 한계가 있다. 레지오넬라증을 근본적으로 예방하기 위해서는 수계시스템에서의 레지오넬라 증식을 최대한 억제하는 것이 중요하다. 다시 말해, 레지오넬라증의 발생 정도는 수계시스템의 청소 및 소독 관리여부에 따라 좌우되기 때문에 지속적인 환경관리를 통한 레지오넬라증 예방을 강화할 필요가 있다 (9). 따라서, 다중이용시설에서 레지오넬라균의 오염도와 그 특성 분석은 레지오넬라증 환자발생시 감염경로와 감염장소를 구체적으로 파악하는 등의 능동적인 관리시스템 마련을 위한 기초자료로서 중요하다.

이에 본 연구는 2013년부터 2022년까지 10년간 부산지역 다중이용시설의 수계환경에서 분리된 레지오넬라균을 대상으로 연도별, 계절별, 시설별 및 수계별 분포 등을 확인하고 오염도를 파악하는 등의 레지오넬라균의 특성을 분석하였다.

MATERIALS AND METHODS

연구대상

수계환경의 레지오넬라균 분포를 확인하기 위하여 검체채취 장소 및 대상시설 선정은 질병관리청에서 발간한 「레지오넬라증 관리지침」 또는 「호흡기감염병 관리지침」(2)에 따랐다. 또한 검사대상시설은 감염병의 예방 및 관리에 관한 법률 시행령 제 24조(소독을 하여야 하는 시설)도 고려하였다. 이후 대상시설은 대형건물, 목욕시설, 숙박시설, 선박시설, 의료시설, 복지시설, 쇼핑시설 및 기타시설 등으로 구분하였고 시료채취 장소는 냉각탑수, 온수, 냉수 및 저수조 등으로 구분하여 분석하였다. 연구대상의 구분 및 검체채취 건수는 Table 1과 같다.

검체 채취

2013년 1월부터 2022년 12월까지 10년동안 부산지역의 다중이용시설을 대상으로 총 15,161건에 대하여 레지오넬라균 검사를 실시하였다. 검체는 수도꼭지, 샤워기 꼭지 등을 소독한 후 1~2분간 물을 흘려 보낸 후, 무균 채수병에 1 L 이상 취하였다. 채취 후 냉장상태로 수송되어 24시간 이내에 분석하였다.

Table 1. List of sampling site

	No. of samples						Total
	Cooling tower water	Hot water	Cool water	Ship water	Tank water	Others	
Buildings	2,377	63	39	0	68	49	2,598
Public bath	32	2,034	1,465	0	126	66	3,723
Welfare facilities	4	605	593	0	87	7	1,296
Ship	9	0	0	432	0	0	441
Shopping center	816	7	7	0	1	11	842
Hotels	158	138	99	0	83	5	483
Hospitals	396	2,365	2,206	0	303	120	5,390
Others	10	3	3	0	0	372	388
Total	3,804	5,215	4,412	432	668	665	15,161

Table 2. The sequence of primer sets used in this study

Primer	Sequence (5'-3')	Target genes	Product size	Reference
Pl.2	AGG GTT GAT AGG TTA AGA GC	16S rRNA	386bp	(11)
Cp3.2	CCA ACA GCT AGT TGA CAT CG			
Lpm-1	GGT GAC TGC GGC TGT TAT GG	<i>mip</i>	630bp	(12)
Lpm-2	GGC CAA TAG GTC CGC CAA CG			

레지오넬라균 분리 및 동정

수계검체 1 L를 0.45 μ m 멤브레인 필터(MF-Milipore™, Merck, Darmstadt, Germany)를 사용하여 여과시킨 다음, 여과지를 멸균된 증류수 20 mL에 절단하여 넣었다. 이를 5분간 초음파 처리 및 50℃에서 30분간 열처리한 후 이를 검액으로 하였다. 검액 100 μ L를 Glycine Vancomycin Polymyxin Cycloheximide (GVPC, bioMerieux, France) 배지에 도말 한 후, 이를 90% 습도가 유지되는 35℃ 배양기에서 10일간 배양·관찰하였다. 배양 3일 후부터 자라나온 집락 중 전체적으로 매끄럽고 불록하며 회백색의 진주빛을 내는 균 집락을 1차적으로 선별하여 Buffered charcoal yeast extract (BCYE) (Difco, Detroit, MI, USA) 및 BYCE-Cys (L-cysteine 미포함) 각각의 배지에 동시 접종하였다. BCYE 배지에서는 성장하지만 BYCE-Cys 배지에서는 자라지 못하는 집락을 2차적으로 선택하였고 이를 레지오넬라균으로 추정하였다 (2, 10).

추정 균주를 중합효소연쇄반응(PCR, polymerase chain reaction)을 통하여 유전자를 확인하여 최종 동정하였다. 유전자 확인 시 사용한 primer는 Table 2와 같다(11, 12). PCR 반응은 95℃ 5분 1회, 95℃ 1분, 60℃ 1분, 72℃ 1분 30회, 75℃ 5분의 조건으로 실시하였다. 증폭산물은 자동전기영동장치인 QIAxcel (Qigen, Hilden, Germany)로 증폭 유무를 확인하였다. 16S rRNA 및 *mip* 유전자 모두를 가지고 있는 균을 *L. pneumophila*로, 16S rRNA 유전자만을 가진 균은 non-*L. pneumophila*로 동정하였다.

통계분석

레지오넬라균 검출에 따른 계절별, 기준별, 시설별 및 환경수계별 등에 따른 통계분석은 Pearson의 카이제곱 검정을 적용하여 p값이 0.05미만인 경우를 유의한 것으로 판단하였다. 또한 확인된 레지오넬라균의 부하 값에 대하여 기하평균(Log₁₀ CFU/L), 표준편차, 중앙값, 백분위수 범위 및 사분위수 범위를 확인하였고 이는 Microsoft Excel (Microsoft Corp, Redmond, WA, USA)를 사용하여 분석하였다.

RESULTS

레지오넬라균 연도별 분리 현황

2013년부터 2022년까지 10년간 부산지역 다중이용시설에서 15,161건의 인공 수계 검체를 대상으로 레지오넬라균을 검사한 결과, 총 2,156주(14.2%)의 레지오넬라균이 분리되었다. 연간 검사건수와 분리건수 및 분리율은 Fig. 1과 같다. 연도별 레지오넬라균 분리율은 2017년에 16.8%로 가장 높았으며, 2014년에 7.4%로 가장 낮았다. 또한, 레지오넬라균의 세균 부하 값을 연도별로 확인한 결과는 Table 3와 같다. 세균 부하 값은 기하평균(Log₁₀ CFU/L), 표준편차, 중앙값, 백분위수 범위 및 사분위수 범위 등으로 표현하였다. 연구기간 동안 세균 부하 값의 최소값은 2.30 Log₁₀ CFU/L 이었고 최대값은 2021년에 6.15 Log₁₀ CFU/L 인 것으로 나타났다.

레지오넬라균의 분포 현황

분리한 레지오넬라균 2,156건 중 1,512건이 *L. pneumophila*로 대부분을 차지하였고 non-*L. pneumophila* species가 468건, 하나의 검체에서 *L. pneumophila*과 non-*L. pneumophila* species가 모두 분리된 건은 176건으로 확인되었다. 레지오넬라균의 연간 분포현황은 Fig. 2와 같다.

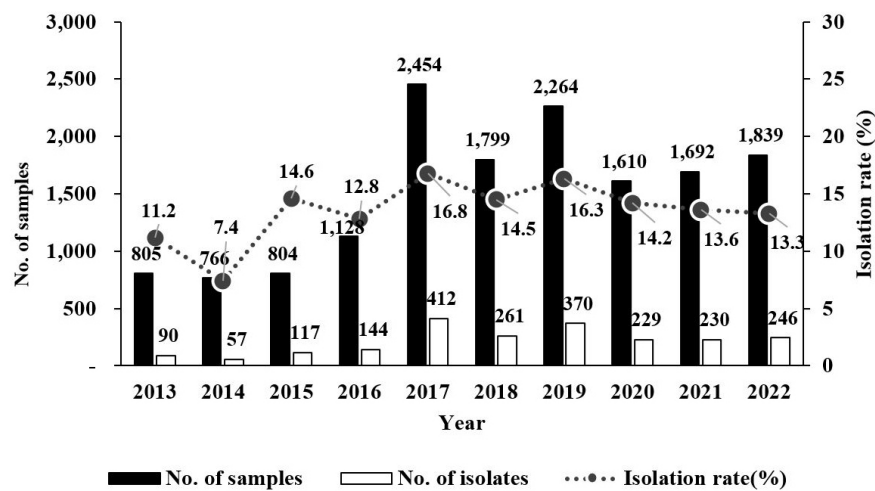


Fig. 1. Isolation status of *Legionella* species, 2013-2022.

Table 3. Number of samples resulting positive for *Legionella* species by year, geometric mean (\log_{10}) and descriptive statistics

Year	Pos./Tot. (%)	Mean (\pm SD)	Min	25 th Percentile	Median	75 th Percentile	Max
2022	246/1,839 (13.4)	2.99 (\pm 0.76)	2.30	2.30	2.90	3.60	5.34
2021	230/1,692 (13.6)	3.09 (\pm 0.79)	2.30	2.30	3.08	3.75	6.15
2020	229/1,610 (14.2)	3.03 (\pm 0.84)	2.30	2.30	2.90	3.76	5.86
2019	370/2,264 (16.3)	2.94 (\pm 0.71)	2.30	2.30	2.78	3.41	5.40
2018	261/1,799 (14.5)	2.96 (\pm 0.73)	2.30	2.30	2.90	3.41	5.05
2017	412/2,454 (16.8)	2.85 (\pm 0.65)	2.30	2.30	2.78	3.30	4.93
2016	144/1,128 (12.8)	2.92 (\pm 0.79)	2.30	2.30	2.78	3.51	5.43
2015	117/804 (14.6)	3.08 (\pm 0.71)	2.30	2.30	3.00	3.75	5.25
2014	57/766 (7.4)	2.83 (\pm 0.57)	2.30	2.30	2.78	3.26	4.46
2013	90/805 (11.2)	2.91 (\pm 0.69)	2.30	2.30	2.78	3.56	4.62
Total	2,156/15,161 (14.2)	2.96 (\pm 0.74)	2.30	2.30	2.90	3.53	6.15

SD, standard deviation; <2.30 log CFU/L, detection limit.

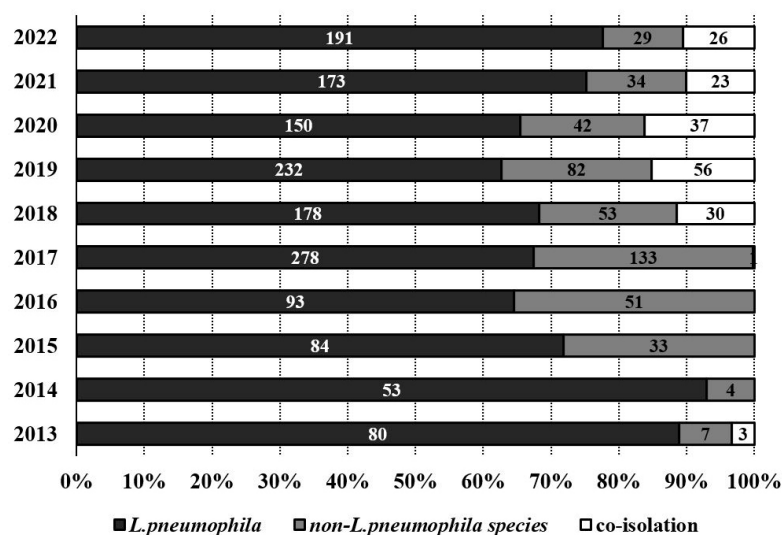


Fig. 2. Bar chart showing percentage of *Legionella* species detected by year. The number in each bar means the number of isolates.

계절별 검출 현황

10년간의 레지오넬라균의 계절별 검출 분포를 분석한 결과, 환경 중 레지오넬라검사를 시행한 빈도와 분리율은 월별로 차이가 있었다. 월별로 7월에 레지오넬라균 검사를 가장 많이 시행하였고 레지오넬라균 분리율은 계절별로 보았을 때 가을에 높았으며 월별로는 10월에 15.7%로 가장 높았다 (Table 4). 계절과 레지오넬라균 분리율의 관련성을 알아보기 위하여 카이제곱검정을 실시한 결과, 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다($\chi^2=3.333$, $p=0.354$).

시설별 및 환경수계별 분리 현황

시설별, 환경수계별로 레지오넬라균의 분리율을 확인한 결과, 시설별로는 목욕시설 19.4%, 숙박시설 19.3%, 선박시설 18.6%, 대형건물 14.2%, 의료시설 12.1%, 복지시설 9.8%, 기타 9.3%, 쇼핑센터 9.0% 순으로 나타났다. 환경수계별로는 온수 19.9%, 냉각탑수 15.3%, 저수조 11.3%, 냉수 8.2%, 기타 7.6% 순으로 확인되었다 (Table 5). 시설별 및 환경수계별 레지오넬라균의 검출률은 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.001$).

Table 4. *Legionella* species detection status by season

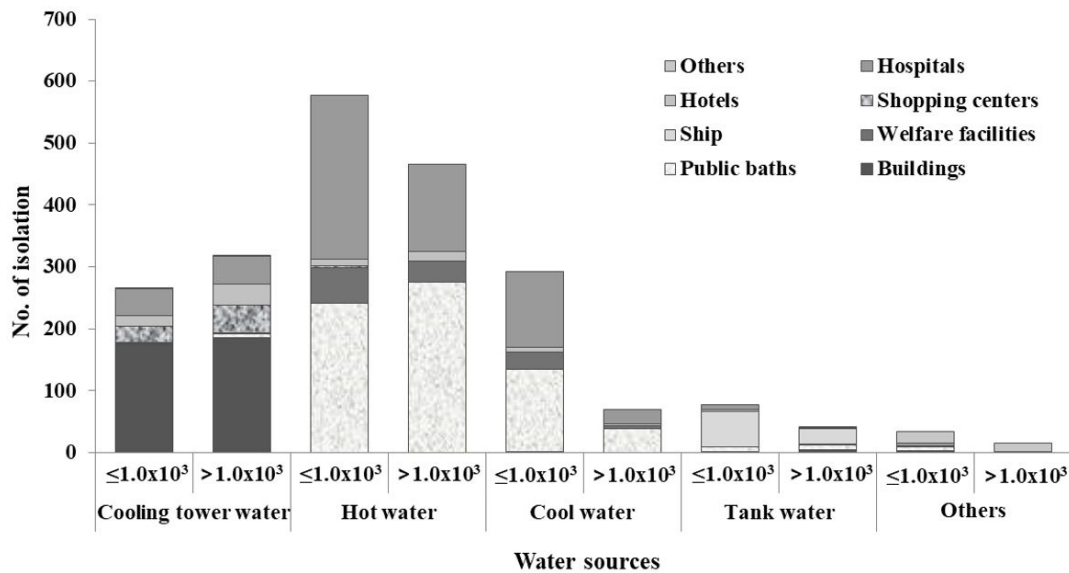
Season	Month	No.	Positive case, n (%)	Positive case of <i>Legionella</i> species, n (%)		
				<i>L.pneumophila</i>	Non- <i>L.pneumophila</i> species	Co-isolation
Spring	Mar	217	22 (10.1)	17 (7.8)	3 (1.4)	2 (0.9)
	Apr	128	19 (14.8)	18 (14.1)	1 (0.8)	0 (0.0)
	May	250	38 (15.2)	29 (11.6)	5 (2.0)	4 (1.6)
	total	595	79 (13.3)	64 (10.8)	9 (1.5)	6 (0.2)
Summer	Jun	2,138	261 (12.2)	191 (8.9)	54 (2.5)	16 (0.7)
	Jul	4,026	546 (13.6)	344 (8.5)	147 (3.7)	55 (1.4)
	Aug	3,098	500 (16.1)	357 (11.5)	113 (3.6)	30 (1.0)
	total	9,262	1,307 (14.1)	892 (9.6)	314 (3.4)	101 (1.1)
Fall	Sep	2,583	395 (15.3)	302 (11.7)	73 (2.8)	20 (0.8)
	Oct	790	124 (15.7)	89 (11.3)	23 (2.9)	12 (9.7)
	Nov	1,165	154 (13.2)	98 (8.4)	32 (2.7)	24 (2.1)
	total	4,538	673 (14.8)	489 (10.8)	128 (2.8)	56 (1.2)
Winter	Dec	453	60 (13.2)	48 (10.6)	8 (1.8)	10 (2.2)
	Jan	160	18 (11.3)	14 (8.8)	2 (1.3)	2 (1.3)
	Feb	154	19 (12.3)	11 (7.1)	7 (4.5)	1 (0.6)
	total	767	97 (12.6)	67 (8.7)	17 (2.2)	13 (1.7)

Table 5. Case counts and percentages of *Legionella* species detected by facilities and water sources

	No. of samples / No. of isolates (%)											
	Cooling tower		Hot water		Cool water		Tank water		Other		Total	
Buildings	2,379	359 (15.1)	63	0 (0.0)	39	1 (2.6)	68	8 (11.8)	49	-	2,598	368 (14.2)
Public baths	32	8 (25.0)	2,034	516 (25.4)	1,465	174 (11.9)	126	17 (13.5)	66	8 (12.1)	3,723	723 (19.4)
Welfare facilities	4	3 (75.0)	605	90 (14.9)	593	32 (5.4)	87	1 (1.1)	7	1 (14.3)	1,296	127 (9.8)
Ship	9	1 (11.1)	-	-	-	-	432	81 (18.8)	-	-	441	82 (18.6)
Shopping centers	816	72 (8.8)	7	4 (57.1)	7	-	1	-	11	-	842	76 (9.0)
Hotels	158	51 (32.3)	138	27 (19.6)	99	10 (10.1)	83	5 (6.0)	5	-	483	93 (19.3)
Hospitals	396	87 (22.0)	2,365	404 (17.1)	2,206	143 (6.5)	303	12 (4.0)	120	5 (4.2)	5,390	651 (12.1)
Others	10	2 (20.0)	3	-	3	-	-	-	372	34 (9.1)	388	36 (9.3)
Total	3,804	583 (15.3)	5,215	1,040 (19.9)	4,412	360 (8.2)	1,100	124 (11.3)	630	48 (7.6)	15,161	2,156 (14.2)

Table 6. Detection results of *Legionella* species by the level of colonization

Year	No. of samples with level (CFU/L) of colonization (%)	
	$\leq 1.0 \times 10^3$	$> 1.0 \times 10^3$
2013	53 (58.9)	37 (41.1)
2014	31 (54.4)	26 (45.6)
2015	58 (49.6)	59 (50.4)
2016	88 (61.1)	56 (38.9)
2017	260 (63.1)	152 (36.9)
2018	158 (60.5)	103 (39.5)
2019	218 (58.9)	152 (41.1)
2020	130 (56.8)	99 (43.2)
2021	112 (48.7)	118 (51.3)
2022	138 (56.1)	108 (43.9)
Total	1,246 (57.8)	910 (42.2)

**Fig. 3.** Level of *Legionella* species colonization from cooling tower water, hot water, cool water, tank water and others in facilities.

기준별 분리 현황

2022년에 발간된 질병관리청 호흡기감염병 관리지침_레지오넬라증에 따르면 환경수계에 검출된 레지오넬라균 수에 따라 냉각탑수는 1.0×10^3 CFU/L 미만 검출 시 적절한 관리 여부를 확인하고, $1.0 \times 10^3 \sim 10^4$ CFU/L일 경우 재검사하여 확인 후 청소 및 소독 등의 대책을 강구한 후 재검사를 실시해야 하며, 1.0×10^4 CFU/L 초과 시 청소·소독 조치 후 재검사하여 관리방법 점검과 개선을 해야 한다고 되어 있다. 또한, 급수시설 및 냉·온수에서는 $1.0 \times 10^2 \sim 10^3$ CFU/L의 범위에서는 균 검출 검체 수에 따라 조치 수준을 결정하며, 1.0×10^3 CFU/L 초과 시 청소 및 소독 조치를 실시하고 재검사를 시행해야 한다 (2).

이에 따라, 확인한 시설에 따른 환경수계별 검출현황은 Table 6와 같다. 청소 및 소독 등의 대책이 필요한 1.0×10^3 CFU/L 초과에 속한 그룹이 전체의 42.2%를 차지하였고, 관리가 적절한지 확인하거나 점검해야 하는 1.0×10^3 CFU/L 이하는 57.8%로 나타났다. 대부분의 연도가 1.0×10^3 CFU/L 이하의 비율이 높았으나, 2015년과 2021년은 1.0×10^3 CFU/L 초과 비율이 높았다. 그리고 각 시설의 환경수계 중에서도 특히, 대형건물·의료기관의 냉각탑수 및 목욕시설의 온수는 1.0×10^3 CFU/L 이상의 분포가 높은 것으로 나타났다 (Fig. 3).

DISCUSSION

레지오넬라균은 물이 있는 환경에 널리 분포하는 세균이다. 다중이용시설의 인공수계로 유입된 후 기하급수적으로 증식하여 비말형태로 인체에 흡입, 폐에 도달하여 레지오넬라증을 유발한다. 인공수계 환경에서 지속적으로 레지오넬라균을 확인하고 그 특성을 분석하는 것은 레지오넬라증 유발 위험시설을 조기에 파악하고 감염원을 구체적으로 확인하며, 유지·관리 시스템을 마련할 수 있는 토대가 된다. 따라서 본 연구는 2013년부터 2022년까지 부산지역의 다중이용시설에서 채취되어 부산광역시 보건환경연구원에 의뢰된 수계환경 검체 15,161건을 대상으로 레지오넬라균을 확인하고 이에 대한 특성을 분석하였다. 연구기간 동안 레지오넬라균은 매년 분리되었으며, 평균 14.2%의 분리율을 보였다. 최근 몇 년 동안은 감소 추세인 것으로 나타났으나 정확한 판단을 위해서는 계속적으로 레지오넬라균 모니터링이 필요하다.

여름과 가을에 레지오넬라균의 분리율(여름 14.1%, 가을 14.8%)이 높게 나왔고 이는 기존 연구와도 유사하였다 (13). 하지만 카이제곱검정을 통하여 계절의 변화와 레지오넬라균의 검출률과의 유의성을 확인한 결과에서는 유의한 차이가 없었다. 또한 봄과 겨울의 경우, 검체 의뢰수가 적은 편임에도 불구하고 분리율이 12.0% 이상으로 확인된 점과 각 계절의 레지오넬라균 분리율 차이가 비교적 적게 나타난 것은 레지오넬라균 증식이 여름과 가을에 국한되어 있지 않음을 나타낸다. 이는 대형목욕탕, 찜질방 및 스파 등의 온급수를 이용하는 시설이 계절과 상관없이 이용되고 있기 때문으로 사료된다.

질병관리청은 2017년 국내에서 레지오넬라 분리율이 높은 시설로 대형건물, 쇼핑시설, 목욕시설(온천, 대형목욕장, 찜질방), 의료기관, 숙박시설, 복지시설, 기타 순으로 보고(9)하였으며, 경기도(연구기간: 2015년, 2008~2012년)의 경우 목욕시설과 쇼핑시설에서 (14), 충남(연구기간: 2017~2019년)은 대형건물과 목욕시설에서 분리율이 높은 것으로 보고하였다 (13).

본 연구와 마찬가지로, 대부분의 연구에서 목욕시설이 레지오넬라균 분리율이 높은 것으로 나타났는데 이는 인체에 동반된 유기물 등 이물질의 유입이 활발하고, 탕 내에서 주로 사용하는 온도인 25~42℃가 레지오넬라균의 최적의 증식온도이기 때문이다. 또한 목욕시설의 수계시스템 내부는 항상 습하고 인체에서의 이물질로 인한 유기물들이 축적되기 쉬우며, 수도꼭지나 샤워헤드 내부 및 순환여과식 욕조수 등은 관리가 쉽지 않아 레지오넬라균이 서식하기 좋은 환경으로 판단된다.

그리고 '항만도시'라는 부산의 특성상 선박 내에서 운용되는 선박수의 의뢰도 많았는데 검사결과, 레지오넬라균 분리율이 목욕시설, 숙박시설에 이어 3번째로 높게 나왔다. 선박시설은 운항기간 중에는 정박 전까지 생활용수의 교체나 공급이 어렵다, 그래서 수계시스템의 필터 유지관리 부실 및 부적절한 소독 등으로 인하여 레지오넬라균이 증식이 쉬워 (15) 선박 승선기간 동안 승선자들은 레지오넬라증 발병 위험에 지속적으로 노출될 수 밖에 없다. 2004년 사르디니아 북부 항구에 정박한 크루즈선과 여객선 내 선박수의 레지오넬라균을 확인한 결과, 42.2%가 레지오넬라균에 오염되어 있으며 이중 77.8%가 10⁴CFU/L 이상인 것으로 보고(16)하였고, 2015년 호주 해안에서 운항하는 상선의 선원들 사이에서 레지오넬라균 집단발병 보고(17)도 있었다.

환경수계별 레지오넬라균 분리율이 온수와 냉각탑수에서 높게 나왔는데 일반적으로 레지오넬라균은 자연에서는 저농도로 존재하다가 인공수계에 유입되어 증식조건(25~42℃의 수온, 생물막 조성 등)이 충족되면 고농도로 증식한다 (7, 18). 냉각탑의 경우 대체적으로 물과 공기가 직접 접촉하는 구조로 되어 있어 레지오넬라균의 유입이 용이하고 레지오넬라균 증식에 적합한 온도의 물이 순환하는 시스템으로 되어있기 때문에 고농도 증식이 이루어질 수 있는 환경을 지니고 있다. 대부분의 연구에서도 온수와 냉각탑수는 레지오넬라균의 주요 오염원으로 보고하고 있다 (13, 14, 19).

이상의 결과들을 종합적으로 살펴보았을 때, 레지오넬라균의 주요 오염원은 대형건물 및 의료기관의 냉각탑수와 목욕시설의 온수인 것으로 확인하였다. 레지오넬라균은 이상적인 환경에서의 성장과 악조건의 환경에서 성장 메커니즘 둘 다 존재하기 때문에 특히, 대형건물 및 의료기관의 냉각탑수와 목욕시설의 온수는 청소·소독을 철저히 하고 체계적인 관리방법을 세우는 등의 노력이 필요할 것으로 판단된다.

레지오넬라증 발병에서 사람 간 감염 의심사례는 단 1건밖에 없는 것으로 알려져 있으며 (20), 환경에서 사람으로 감염이 일반적이다. 그렇기 때문에 다중이용시설에서 단순히 균이 검출된 자체가 의미가 있는 것은 아니며 검출된 균의 농도가 얼마나 높은지와 이를 적절히 관리하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 10년간 부산지역 다중이용시설 수계환경의 레지오넬라균 분포 조사를 통하여 시설별, 환경수계별 오염도와 계절별 변동성을 확인하여 지역사회로의 감염에 대한 잠재적 위험을 파악할 수 있었다. 향후, 확보된 레지오넬라균의 혈청형 및 병원성 등을 파악하고 환자 임상감시 결과 등이 추가된다면 레지오넬라증 환자 발생 시 감염경로를 추적하고 연관성을 규명하는 데 유용한 자료로 제공될 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Palusińska-Szys M, Cendrowska-Pinkosz M. Pathogenicity of the family Legionellaceae. *Arch Immunol Ther Exp* 2009;57:279-90.
- 2) KDCA. Management guidelines of respiratory infectious disease. Osong: Korea Centers for Disease Control and Prevention Agency, 2022.
- 3) Fraser DW, Tsai TR, Orenstein W, Parkin W, Beecham HJ, Sharra RG, et al. Legionnaires' disease: Description of an epidemic of pneumonia. *N Engl J Med* 1977;297:1189-97.
- 4) Kim JS, Lee SW, Shim HS, Oh DK, Cho MK, Oh HB, et al. An outbreak of legionellosis in ICU of K hospital, Korea. *Kor J Epidemiol* 1985;7:44-58.
- 5) Kim SJ, Gwack J, Lee YC, Bea GR. Epidemiological Characteristics of Legionellosis in South Korea, 2010-2013. *PHWR* 2014;7:529-33.
- 6) CDC. Developing a Water Management Program to Reduce Legionella Growth & Spread in Buildings. IMPLEMENTING, A. PRACTICAL GUIDE TO. Versin 1.1, 2017.
- 7) Bartram J, Chartier Y, Lee JV, Pond K, Lee SS. Legionella and the prevention of legionellosis. ed World Health Organization, 2007.
- 8) Fields BS, Benson RF, Besser RE. Legionella and Legionnaires' disease: 25 years of investigation. *Clin Microbiol Rev* 2002;15:506-26.
- 9) Lee J, Jung SO, Yoo JE, Hwang KJ. Distribution of Legionella Species from Environmental Water Sources of Public Facilities in South Korea, 2018-2019. *PHWR* 2020;13:1808-14.
- 10) NIER. Analysis Method for Legionella in Environment. Inchen: National Institute of Environmental Research, 2013.
- 11) Jonas D, Rosenbaum A, Weyrich S, Sucharit B. Enzyme-linked immunoassay for detection of PCR-amplified DNA of legionellae in bronchoalveolar fluid. *J Clin Microbiol* 1995;33:1247-52.
- 12) Jaulhac B, Nowicki M, Bornstein N, Meunier O, Prevost G, Piemont Y, et al. Detection of Legionella spp. in bronchoalveolar lavage fluids by DNA amplification. *J Clin Microbiol* 1992;30:920-4.
- 13) Cheon YH, Lee HA, Nam HS, Choi JH, Lee DY, Ko YE, et al. Characterization of Legionella Isolated from the Water System at Public Facilities in Chungcheongnam-do Province. *J Environ Health Sci* 2021;47:472-8.
- 14) Lee HK, Park YB, Hwang SI, Kim YS, Park NJ, Park KH, et al. Distribution of Legionella species from water systems and genetic diversity of L. pneumophila serogroup 1 in Gyeonggi-do. *Kor J Microbiol* 2017;53:156-62.
- 15) Mouchtouri VA, Rudge JW. Legionnaires' disease in hotels and passenger ships: a systematic review of evidence, sources, and contributing factors. *J Travel Med* 2015;22:325-37.
- 16) Azara A, Piana A, Sotgiu G, Dettori M, Deriu MG, Masia MD, et al. Prevalence study of Legionella spp. contamination in ferries and cruise ships. *BMC Public Health* 2006;6:100.
- 17) Inglis TJJ, Spittle C, Carmichael H, Downes J, Chiari M, McQueen-Mason A, et al. Legionnaires' disease outbreak on a merchant vessel, Indian Ocean, Australia, 2015. *Emerg Infect Dis* 2018;24:1345-8.
- 18) Correia AM, Ferreira JS, Borges V, Nunes A, Gomes B, Capucho R, et al. Probable person-to-person transmission of Legionnaires' disease. *N Engl J Med* 2016;374:497-8.
- 19) Kim SH, Kim MJ, Kee HY, Kim TS, Seo JJ, Kim ES, et al. Surveillance of Legionella contamination on water supply systems of public utilizing facilities in Gwangju, Korea. *J Bacteriol Virol* 2010;40:19-28.
- 20) EPA. Technologies for Legionella Control in Premise Plumbing Systems: Scientific Literature Review. D.C. United States Environmental Protection Agency, 2016.