

중앙집중식 냉방시설의 냉각탑수중 레지오넬라균과 실내외 미생물 분포에 관한 연구

방선재[†] · 이철민* · 김윤신* · 선우 영

건국대학교 환경공학과

*한양대학교 환경 및 산업의학연구소

Indoor and Outdoor Distribution of Legionella spp and Microbes on Cooling Towers Water of Central Air Conditioning Facilites

Seon Jae Bang[†] · Cheol Min Lee* · Yoon Shin Kim* · Young Sunwoo

Department of Environment Engineering, Konkuk University

*Institute of Environmental & Industrial Medicine, Hanyang University

(Received 11 June, 2002; Accepted 19 August, 2002)

ABSTRACT

Cooling towers water has frequently been known as a source of infection in outbreaks of Legionnaires' disease and a source of indoor air pollution. However, there have been a few reports on the presence of *Legionella* in cooling towers water and aerosols of various public facilities. This study was carried out to investigate the indoor and outdoor distribution of *Legionella* spp and microbe from 132 cooling towers water of public facilities detected *L. pneumophila* in Seoul and Gyeonggi-Do areas. The results showed that the *L. pneumophila* among the selected 132 cooling towers was detected mostly in July (12.0%), followed by August (4.0%) and June, September no-detected. The *L. pneumophila* in public facilities was detected mostly in department store (27.3%), followed by hospital (8.7%), office building (5.9%), big market (5.0%) and hotel, subway no-detected. The pH values of cooling towers water with presence of *L. pneumophila* showed mostly 8.0 or higher (9.5%), followed by 7.0~8.0 (6.8%), lower 7.0 no-detected. The temperature of cooling towers water with presence of *L. pneumophila* showed mostly 30°C or higher (9.8%), followed by 26~30°C (6.9%), lower 25°C no-detected. The turbidity of cooling towers water with presence of *L. pneumophila* showed mostly 1~2 NTU (8.8%), followed by above 2 NTU (5.9%), lower 1 NTU no-detected. The correlation coefficient between indoor and outdoor concentration of microbes in public facilities showed 0.67 in *Legionella* spp. ($p>0.05$), 0.93 in *bacteria* ($p<0.01$), 0.94 in *fungus* ($p<0.01$), 0.98 in *coilform* ($p<0.01$), respectively.

Keywords : *Legionella pneumophila*, Indoor/Outdoor concentration, Microbes

I. 서 론

현대인의 경우 하루 중 80% 이상의 시간을 여러 형태 즉, 가정, 사무실, 공공건물, 학교, 병원, 지하시설물, 상가, 음식점, 자동차, 지하철 등의 실내공간에서 생활하고 있으며, 특히 어린이와 노약자, 병약자들의 경우 대부분의 시간을 실내에서 보내고 있는 실정에 있어 실

내공기 오염이 인체에 미치는 영향은 크다고 할 수 있다.^{1,2)}

실내환경에는 대기환경과 달리 물리적, 화학적 및 생물학적으로 매우 다양한 오염물질들이 존재할 가능성이 있다. 이러한 오염물질들은 복합적인 배출원에서 기인되며 그 배출량은 물질에 따라 상당히 편차가 있을 뿐 아니라 오염물질 농도분포 역시 시간적, 공간적 특성에 따라 다양하게 나타날 수 있다.³⁾

실내공기질에 관련하여 지금까지 국내에서 수행된 대규모 조사연구로는 환경부가 1989년도에 한국환경과학 연구협회의를 통하여 "지하공간의 공기오염 및 공기 중

[†]Corresponding author : Department of Environment Engineering, Konkuk University
Tel: 031-852-7812, Fax : 031-852-7823
E-mail : bangsj68@yahoo.co.kr

미량 유해물질에 관한 조사 연구"사업⁴⁾을 실시한 바 있으며, 이를 바탕으로 1990년도에 지하공간의 환경, 위생관리 개선을 위하여 "지하공간 환경기준 권고치"를 제정한 바 있다. 최근 들어 환경부에서는 지하철역, 지하상가 등 지하생활공간의 규모나 이용객 수의 급증에 따른 실내공기오염에 대한 심각성이 사회적으로 인식됨에 따라 1995년에 지하생활공간 공기질 관리법을 입법화하여 시행하고 있으며 그 시행규칙으로 7개 항목에 대한 지하공기질 허용기준을 설정한 바 있다.⁵⁾ 또한 서울시에서는 최근에 서울시내 지하생활공간 공기오염 저감방안을 자체적으로 마련한 바 있다.⁶⁾

실내공기오염을 일으키는 오염물질은 SO_x, NO_x, 흡연, 먼지 등 여러 종류가 있고, 이것들에 대한 연구는 계속 연구가 진행되고 있으나, 호흡기성 감염을 일으키는 레지오넬라균(*legionella* spp), 세균(*bacteria*), 진균(*fungus*) 등에 대해 실내공기오염 측면에서 다른 연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

레지오넬라균이 처음 실내공기에서 대두된 것은 1976년 미국 펜실베이니아주의 한 호텔에서 개최된 미국 재향군인회 총회에서 집단폐렴증상이 나타난 221명 환자 중 34명(15%)이 사망한 사건으로 관심을 가지게 되었으며,⁷⁾ McDade 등이 이것의 원인균을 분리해내고,⁸⁾ Brenner 등이 처음으로 이를 *Legionella pneumophila* 라고 명명하였다.⁹⁾ 후에 이 질병을 재향군인병, 레지오넬라증(Legionnaires' Disease)이라고 부르기 시작하였다.

1968년 미시간주에서 114명이 집단 발생한 Pontiac fever가 1977년이 되어 *L. pneumophila* serogroup 1이라고 동정되어 이것이 *Legionella* 균속 임이 밝혀졌다.¹⁰⁾

우리 나라에서도 처음 1985년 K병원 중환자실에서 발생한 집단 발생이 보고된 예가 있다.¹¹⁾

미국은 물론 세계 각국에서 다수의 산발적 집단발생 예가 보고되어 이들 국가들의 이 질환을 예방하기 위한 지침을 발표하였으며, 세계보건기구(WHO)는 1989년 11월 제네바 본부에서 세계 레지오넬라 회의를 열

어 레지오넬라증의 역학과 예방대책에 대하여 협의하고 공표하였다.¹²⁾

우리 나라도 공공건물 및 대형건물에 중앙 집중식 냉방시설이 보급화되면서 감염원이 될 수 있는 냉각탑이 급속히 늘어 *Legionella* 증이 발생할 가능성이 증대되고 있는 실정이다.

이에 본 연구는 중앙집중식 냉방시설의 냉각탑수에서 레지오넬라균의 분포특성과 영향인자(pH, 온도, 탁도) 및 미생물(*bacteria*, *fungus*, *coliform*, 기타 호흡기질환 미생물)과의 관련성과 실내·외 공기 중의 레지오넬라균 및 미생물의 분포 특성을 제시함으로써 향후 지하생활공간 공기질관리법¹³⁾ 규제항목에 레지오넬라균 및 미생물을 한 항목으로 설정하는데 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 크게 중앙집중식 냉방시설의 냉각탑수 중 1단계 연구로 레지오넬라균과 영향인자 및 호흡기 감염을 일으키는 미생물의 분포특성 실험과 2단계 연구로 실내의 공기질 중 레지오넬라균 및 호흡기 감염 미생물의 분포 및 상관성을 조사하기 위한 실험을 실시하였다.

1단계 연구는 2001년 6월부터 9월까지 서울 및 경기도내 중앙집중식 냉방시설을 갖춘 호텔, 사무실, 병원, 백화점, 지하철, 대형할인점 132곳을 대상으로 냉방기 가동시에 멸균 채수병에 냉각탑수 2ℓ를 채취하여 검액으로 사용하였다(Table 1).

2단계 연구는 1단계 연구에서 레지오넬라균이 검출된 중앙집중식 냉방시설의 실내외 10곳을 선정하여 공기오염측정기(Air Sampler MAS 100(Cat No. 1.09090.0001, MERK, Germany)를 이용하여 시료를 포집하였다. 실내 시료 포집위치는 냉방기를 가동하고

Table 1. Distribution of 132 cooling towers water by monthly and central air conditioning facilities

Central air conditioning facilities	Sampling period				Total
	June	July	August	September	
Hotel	1	5	2	0	8
Office	9	32	17	10	68
Hospital	5	12	3	2	22
Department store	0	11	0	0	11
Subway	0	3	0	0	3
Big mart	4	13	2	1	20
Total	19	76	24	13	132

있는 시간대에 10인 이상 사람이 모여 있는 장소 10곳을 포집 위치로 선정하였으며, 실외 시료 포집위치는 냉각탑 주변을 10곳으로 분할하여 시료를 포집하였다.

2. 기구 및 재료

1단계 연구에서 냉각탑수의 온도는 Sibata사의 thermal anemometer(Model:ISA-11)로, pH는 pH meter(Radiometer. Co. Denmark)로, 탁도는 탁도계(Nippon Denshoku, WA220K)를 사용하여 측정하였다.

사용배지(Medium)는 GVPC, BCYE α , plate count agar, Sabouraud dextrose agar, desoxycholate agar, tryptic soy broth, mannitol salt agar, asparagine (Difco, USA)를 사용¹⁴⁾하였으며, 표준균주는 *Legionella pneumophila* ATCC 33152, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853을 국립보건원에서 분양받아 사용하였다.

2단계 연구에서 사용된 공기오염측정기(Air sampler MAS 100)는 종래의 낙하세균방법과는 달리 impactor type으로 공기포집을 수직, 수평으로 할 수 있고, 강력한 원심흡인력으로 공기를 흡인하는 원리를 이용한 것이다.

3. 연구방법

1) 예비동정실험 검사과정

① *Legionella* 균

냉각탑수 1l를 양압여과기(Advantec. Co. Nippon)를 이용해 여과지(0.45 μ m)에 통과시켜 균을 모은 후 여과지를 잘게 잘라 생리식염수 20 ml에 부유시킨다. 레지오넬라균의 배양을 위해 50°C에서 30분간 열처리를 한 후 L-cystein, soluble ferric(Fe³⁺) pyrophosphate가 포함된 BCYE α 배지(buffered charcoal yeast extract α -ketoglutarate) 또는 이 배지에서 항균제(polymyxin, cyclohexamide, vancomycin) 및 glycine 또는 항진균제(anisomycin)를 첨가한 선별배지(GVPC)에 접종하였다. 접종한 배지는 습도가 유지되고 2.5~5.0% CO₂가 주입되는 35°C 배양기에서 3~7일간 배양하였다.¹⁵⁾

② *Bacteria* 및 *fungus, coliform*, 기타 호흡기 질환 미생물

Bacteria 실험은 검수 1 ml를 10배~10⁵배 희석하여 plate count agar(Difco)배지를 부은 후 35°C에서 48 hr 배양후 균수를 센다.

Fungus 실험은 Sabouraud dextrose agar(Difco)에 검수 1 ml를 10배~10⁵배 희석하여 접종후 22°C에서 5~7 일 배양한 후 균수를 센다.

Staphylococcus aureus 실험은 tryptic soy broth(10%

NaCl첨가) 90 ml에 검수 10 ml를 35°C에서 24 hr 증균시킨 후 증균된 균을 mannitol salt agar(Difco)에 접종 후 35°C에서 24 hr 동안 배양시킨다.

*Coliform*은 검수 1 ml를 10배~10⁵배 희석하여 desoxycholate agar(Difco)를 부은후 35°C에서 24 hr 배양후 균수를 센다.

Pseudomonas aeruginosa 실험은 아스파라긴(Difco)배지 90 ml에 검수 10 ml를 35°C에서 24 hr 배양후 자외선램프(365 nm)를 이용해 녹색형광을 띠는지 유무로 녹농균을 판정한다.

이 방법은 먹는물 수질공정시험법(2000.7.1개정)¹⁶⁾ 및 식품공전(2000, 식품의약품안전청)¹⁷⁾에 의해 실행되었다.

2) 생화학검사 및 혈청학적 동정검사 과정

*Legionella*균 검사는 BCYE agar에 접종된 집락을 그람염색하여 Gram negative bacillus이고 dissecting microscope로 관찰하여 'cut-glass'모양을 하고 회백색의 집락을 선택하여 혈액배지나 cystein이 없는 BCYE α 배지에서 증식하지 않는 균주를 대상으로 동정실험을 하였다.

Catalase test, nitrate test, hippurate hydrolysis, urease test, oxidase test, indole test등과 혈청형의 동정을 위하여 순수분리 배양된 *L. pneumophila* 균주를 Serotyping kit(Seiken, Japan)와 *Legionella latex test kit*(Oxoid, UK)을 이용하여 혈청형을 동정하였다.

*Staphylococcus aureus*는 mannitol salt agar에서 크고 뚜렷한 노란색집락이 발생시 그람염색과 API STAPH(Biomerius, France)및 생화학 실험을 수행하였다. *Pseudomonas aeruginosa*는 녹색형광발생시에는 아세트아미드 한천배지에 이식하여 35°C 24 hr 배양하여 적자색으로 변할 경우 그람염색과 API 20 NE (Biomerius, France) 및 생화학 실험을 실시한다. 세부적인 실험은 Bergey' manual of systemic bacteriology¹⁸⁾을 참고로 수행하였다.

3) Air Sampler를 이용한 레지오넬라균 포집검사

Air sampler MAS 100(Merk, Germany)를 이용해 분당 100 l를 포집해 채취된 배지 GVPC, BCYE α , plate count agar, Sabouraud dextrose agar, desoxycholate agar는 1단계와 동일하게 배양온도, 습도, 배양기의 CO₂농도, 배양시간을 설정하였다. 세균동정 단계도 1단계와 동일하게 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 냉각탑수의 레지오넬라균 분포

1단계 연구로 2001년 6월부터 9월까지 중앙집중식 냉

방시설을 갖춘 호텔, 사무실, 병원, 백화점, 지하철, 대형할인점의 냉방기 가동시기에 냉각탑수에 대한 레지오넬라균을 조사하기 위해 냉각탑수 132곳을 대상으로 균배양 및 동정을 실시한 결과 10곳(7.6%)에서 레지오넬라균이 검출되었다.

레지오넬라균의 분리율 및 혈청형분포는 Table 2와 같다.

7월은 76건 중 9건(12%)으로 가장 높게 검출되었고, 8월은 24건 중 1건(4%)이 검출되었으며, 6월에 19건, 9월은 13건을 검사하여 모두 검출되지 않았다.

박^{19,20)} 등과 정²¹⁾ 등에 의하면 다중이용시설의 레지오넬라균 분리가 냉방기 가동률이 가장 높은 7월과 8월에 높게 검출되었다고 보고하였다. 이 결과는 본 실험 결과와 일치하는 결과로 냉방기의 가동률이 가장 높은 7월과 8월에 레지오넬라균이 높게 검출되었으며, 계절적인 요인으로 인해 7월에 가장 높은 검출률을 나타내었다. 따라서 7월과 8월에는 좀 더 세심한 주의가 필요하다고 사료된다.

레지오넬라균이 검출된 10곳의 혈청형분포를 보면 *L. pneumophila* group 1이 9건으로 검출률이 90%이며, *L. pneumophila* group 4가 1건으로 검출률이 10%를 차지하였다. 이는 냉각탑수의 레지오넬라균속 중 *L. pneumophila* group 1 검출이 약 80%된다는 김 등²²⁾의 보고를 뒷받침하고 있다.

2. 시설별 레지오넬라균의 분포

호텔, 사무실, 병원, 백화점, 지하철, 대형할인점의 냉각탑수의 레지오넬라균 수를 살펴보면 Table 3과 같다.

백화점이 11건 중 3건이 검출되어 27.3%로 가장 높게 검출되었고, 병원이 22건 중 2건(9.0%), 사무실이 68건 중 4건(5.9%), 대형할인점이 20건 중 1건(5.0%)이 검출되었고, 그 외 호텔 8건, 지하철 3건은 모두 검출되지 않았다.

사무실에서 검출된 4곳은 100~200 CFU/100 ml가 1건, 201~300 CFU/100 ml가 1건, 401~500 CFU/100 ml가 1건, 501~600 CFU/100 ml 1건으로 조사되었다. 또한 병원에서 검출된 2곳은 100~200 CFU/100 ml가 2건, 백화점에서 검출된 3곳은 100~200 CFU/100 ml가 3건, 대형할인점 1곳은 100~200 CFU/100 ml가 1건이 조사되었다.

일본후생성에서 레지오넬라증 방지지침²³⁾으로 권장하고 있는 레지오넬라균수와 대책에 의하면 이 실험에서 검출된 냉각탑수 10건의 레지오넬라균수는 모두 '관찰을 요하는 범위'로 균수의 변화를 관리하여 재검사등의 대책을 강구해야 할 것으로 사료된다.

3. 레지오넬라균과 영향인자와의 상관관계

냉각탑수내의 레지오넬라균수의 영향인자로 여겨지는 pH, 온도 및 탁도는 시료를 수집하기 전 냉각탑수를

Table 2. Distribution of *L. pneumophila* in cooling towers water by months

Sampling period	Number of samples	Positive for <i>L. pneumophila</i> (%)	Number of samples yielding <i>L. pneumophila</i> serogroup		
			1	4	6
June	19	(0)			
July	76	9 (12)	8	1	
August	24	1 (4)	1		
September	13	(0)			
Total	132	10 (7.6)	9	1	

Table 3. Distribution of *L. pneumophila* in water of cooling towers by central air conditioning facilities

Cooling tower	No. of samples	Number of positive for <i>L. pneumophila</i>	Distribution of Positive for <i>L. pneumophila</i> (CFU/100 ml)				
			100~200	201~300	301~400	401~500	501~600
Hotel	8						
Office	68	4	1	1		1	1
Hospital	22	2	2				
Department store	11	3	3				
Subway	3						
Big mart	20	1	1				
Total	132	10	7	1	-	1	1

Table 4. Relationship between effect factor (pH, temperature, turbidity) and viable counts of *Legionella pneumophila* in water samples from 132 cooling towers water

Effect factor	Range	Number of total cooling towers water	Number of <i>L. pneumophila</i>
pH	>7.0	2	-
	7.0~8.0	106	6 (5.7%)
	<8.0	24	4 (16.7%)
Temperature (°C)	<25	13	-
	25~30	60	5 (8.3%)
	>30	59	5 (8.5%)
Turbidity (NTU)	<1	13	-
	1~2	102	9 (8.8%)
	>2	17	1 (5.9%)

대상으로 측정하였다.

총 132곳의 냉각탑수의 pH, 온도, 탁도의 분포에 따른 레지오넬라균의 검출 건수는 Table 4와 같다.

총 132곳의 냉각탑수에서 레지오넬라균이 검출된 pH의 범위는 7.0~8.5로 Ikedo 등²⁴⁾ 연구에서 pH 범위가 7.05~8.79에서 레지오넬라균이 검출된 결과와 유사한 결과를 나타냈다. 레지오넬라 양성수가 pH 8.0이상일 때 24건 중 4곳(16.7%)으로 가장 높게 검출되었고, pH 7.0~8.0일 때 106건 중 6곳(5.7%), pH가 7.0미만 일 때는 검출되지 않았다.

이 결과는 레지오넬라균이 발견되는 자연수는 대개 pH 6.0~8.1까지로 자연수에 존재하는 *L. pneumophila*는 인공적인 배지의 최적화 범위인 pH 6.9±4.0보다 더 높은 pH에 존재가 가능하다는 보고²⁵⁻²⁷⁾와 레지오넬라균은 pH 5.5~9.2 사이에서 증식되며, pH가 5.0 이하

이거나 10.5 이상일 경우는 증식이 불가능하다는 보고²⁸⁾와 유사한 결과를 나타냈다. pH와 *L. pneumophila*와의 상관관계를 통계적으로 살펴보면 상관도가 0.62 (p=0.05)로 유의한 상관성이 있는 것으로 조사되었다 (Fig. 1). 이상의 결과를 통해 pH는 레지오넬라균의 증식에 중요한 영향을 미치는 환경인자로 여겨진다.

레지오넬라균이 검출된 온도 범위는 28~33°C로, 레지오넬라균은 25~43°C 사이의 온도에서 증식하고, 특히 32~37°C에서 왕성하게 균이 증식한다는 Leoni 등²⁹⁾의 보고와 일치하는 결과를 나타냈다. 온도가 30°C이상일 때 레지오넬라 양성수가 59건 중 5곳(8.5%)으로 가장 높게 검출되었고, 25~30°C에서 60건 중 5곳(8.3%)이 검출되었으며, 25°C 미만에서는 검출되지 않았다. 온도와 *L. pneumophila*와의 상관관계를 통계적으로 살펴보면, 상관도가 -0.27(p=0.45)로 통계적 유의성은 떨어지나 (Fig. 1) Leoni 등의 온도와 *L. pneumophila*의 상관관계 연구에서 상관도가 -0.48(p<0.01)의 역상관관계를 나타낸 결과와 유사한 결과를 보여주며, 온도 역시 레지오넬라균의 증식에 영향을 미치는 환경인자로 여겨진다.

레지오넬라균이 검출된 탁도의 범위는 1.3~3.2 NTU로 레지오넬라 양성수가 1~2 NTU일 때 102건 중 9곳(8.8%)로 가장 높게 검출되었고, 2 NTU 이상이 17건 중 1곳(5.9%), 1 NTU 미만에서는 검출되지 않았다. 또한 탁도와 *L. pneumophila*의 상관관계를 통계적으로 살펴보면 상관도가 0.40(p=0.25)로 통계적 유의성은 떨어지나 이 등³⁰⁾의 보고에서 유기물질의 오염농도가 높아질수록, 레지오넬라균 증식을 촉진시킨다는 결과와 유사한 결과를 나타내고 있어 탁도 역시 레지오넬라균의 증식에 중요한 환경인자로 생각되며, 냉각탑 자체 내에 있는 부패 철가루 및 청결 상태불량 등으로 냉각

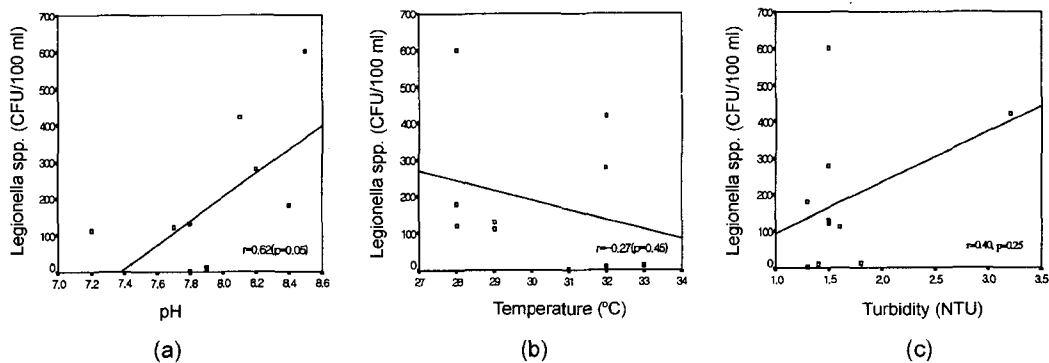


Fig. 1. Correlation between *L. pneumophila* and effect factors((a) pH, (b) temperature, (c) turbidity).

Table 5. Distribution of average *L. pneumophila* and average bacteria, average fungus, average coliform, average *S. aureus*, average *P. aeruginosa* by monthly

	Sampling period			
	June	July	August	September
Average <i>L. pneumophila</i> (CFU/100 ml)	N.D.	200	600	N.D.
Average bacteria (CFU/100 ml)	16,000	85,000	110,000	42,000
Average fungus (CFU/100 ml)	97	87	57	53
Average coliform (CFU/100 ml)	17	27	17	16
Average <i>Staphylococcus aureus</i> (CFU/100 ml)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Average <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (CFU/100 ml)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

탑수의 유기물질 오염이 레지오넬라균의 증식을 촉진시키고 있는 것으로 여겨지므로, 이에 대한 중앙집중식 냉방시설 냉각탑에 대한 관리대책이 필요하다고 생각된다.

4. 냉각탑수의 레지오넬라균과 미생물과의 관계

중앙집중식 냉방시설의 냉각탑수 132곳을 대상으로 미생물의 균분리 및 확인 동정 실험을 실시하여 이들 자료를 토대로 레지오넬라균과의 관련성을 조사하였다.

총 132곳의 냉각탑수에서 검출된 월평균 레지오넬라균수, 박테리아수, 진균수, 대장균군수 및 기타 호흡기 계미생물수는 Table 5와 같다.

레지오넬라균의 평균집락수는 7월과 8월에 각각 200 CFU/100 ml, 600 CFU/100 ml로 조사되었으며 6월과 9월에는 검출되지 않았다. *Bacteria*는 6월부터 9월까지 모두 검출되었으며, 8월에 110,000 CFU/ml로 가장 높은 평균집락수를 나타냈다. *Fungus*와 *coliform* 역시 4월부터 9월까지 모두 검출되었으며, *Fungus*는 6월에 97 CFU/ml로, *coliform*은 7월에 27 CFU/ml로 가장 높은 평균집락수를 나타냈다. 호흡기 질환을 유발하는 미생물로 알려진 *S. aureus*와 *P. aeruginosa*는 6월부터 9월까지 모두 검출되지 않았다.

냉각탑수의 레지오넬라균과 미생물간의 관계는 살펴보면 Table 6과 같이 냉각탑수의 레지오넬라균의 검출과 *bacteria*, *fungus* 및 *coliform*의 검출간에는 관련성이 없는 것으로 나타났다. 이는 Capabianca 등³¹⁾의 연

구결과와 같은 결과를 나타내고 있어 *bacteria* 등을 통해 레지오넬라균 등 다른 미생물의 검출 여부를 추론하는 것은 적합하지 않다는 것을 알 수 있다. 레지오넬라균의 경우 미국 등 세계 각국에서 폐렴의 원인균으로 확정하고 레지오넬라균에 의한 질환을 예방하기 위한 지침을 공포하고 있는 바, 국내에서도 향후 지하생활공간 공기질관리법 규제항목에 레지오넬라균을 한 항목으로 설정하고 관리하여야 할 것으로 사료된다.

5. 시설별 실내외 공기 중 미생물의 평균 집락수

시설별로 냉각탑수 132곳을 대상으로 레지오넬라균이 검출된 10곳(사무실 4곳, 병원 2곳, 대형할인점 1곳, 백화점 3곳)을 대상으로 실내 10곳과 실외 10곳을 선정하여 공기 중 미생물의 평균 집락수(Table 7) 및 실내외 공기 중의 상관성을 조사하였다(Fig. 2).

시설별 *Legionella* spp.의 평균집락수는 실내의 경우는 병원-1과 대형할인점-1이 8 CFU/m³으로 가장 높게 조사되었으며, 사무실-1에서는 검출되지 않았다. 실외의 경우는 병원 1과 대형할인점-1이 11 CFU/m³으로 가장 높게 검출되었으며, 백화점-2에서는 검출되지 않았다. *Legionella* spp. 평균집락수의 실내외 비의 범위는 0.3~2.0로 조사되었으며, 실내외 공기 중의 상관관계를 통계적으로 살펴보면 상관도가 0.67(p=0.06)로 실내외 공기 중의 *Legionella* spp.간에 유의한 상관성이 있는 것으로 나타났다.

병원-1과 대형할인점-1에서 실내외 공기 중 가장 높

Table 6. Relationship between *L. pneumophila* and indicator organisms in cooling towers water of central air conditioning facilities

<i>L. pneumophila</i>	Microbe					
	<i>Bacteria</i>		<i>Fungus</i>		<i>Coliform</i>	
	Positive	Negative	Positive	Negative	Positive	Negative
Positive	10 (7.6%)	- (0%)	9 (6.8%)	1 (0.8)	6 (4.5%)	4 (3.0%)
Negative	110 (83.3%)	12 (9.1%)	69 (52.3%)	53 (40.2%)	42 (31.8%)	80 (60.6%)

Table 7. Distribution of average *Legionella* spp., average *bacteria*, average *fungus*, average *coliform* by central air conditioning facilities

Central air conditioning facilities			Microbe (CFU/ml)			
			<i>Legionella</i> spp.	<i>Bacteria</i>	<i>Fungus</i>	<i>Coliform</i>
Office	1	Indoor	N.D.	190	40	46
		Outdoor	4	130	11	31
		I/O	-	1.5	3.6	1.5
	2	Indoor	6	250	47	70
		Outdoor	3	200	24	81
		I/O	2.0	1.3	2.0	0.9
	3	Indoor	3	250	55	150
		Outdoor	3	160	39	130
		I/O	1.0	1.6	1.4	1.2
	4	Indoor	5	230	75	180
		Outdoor	9	180	52	160
		I/O	0.6	1.3	1.4	1.1
Hospital	1	Indoor	8	450	160	210
		Outdoor	11	300	95	200
		I/O	0.7	1.5	1.7	1.1
	2	Indoor	3	500	120	170
		Outdoor	5	400	51	150
		I/O	0.6	1.3	2.4	1.1
Big mart	1	Indoor	8	300	200	190
		Outdoor	11	200	170	160
		I/O	0.7	1.5	1.2	1.2
Department store	1	Indoor	2	310	110	170
		Outdoor	6	270	73	150
		I/O	0.3	1.1	1.5	1.1
	2	Indoor	4	320	150	160
		Outdoor	N.D.	250	110	140
		I/O	-	1.3	1.4	1.1
	3	Indoor	6	280	150	150
		Outdoor	7	250	94	110
		I/O	0.9	1.1	1.6	1.4

은 *Legionella* spp. 평균집락수를 나타낸 이유는 실내외의 경우 건물노후와 덕트 청소불량 및 이동인구가 많아 다른 공중이용시설에 비해 실내 공기 중 먼지 등의 실내 부유 오염물질 농도가 높았으며, 이러한 실내부유 오염물질로 인한 냉각탑 수의 유기물질 축적이 증가되어 냉방기 가동시 부유균의 오염이 증가되었으며, 또한 실외의 경우 두 공중이용시설이 신도시에 위치하고 있어 주변에 많은 건물 신축공사 및 기타 공사현장에서 발생된 비산먼지 등이 바람에 의해 냉각탑수에 침입해 입자성 부유분진에 의한 오염도가 증가됨에 따라 다른 중

앙집중식 냉방시설에 비해 실내외에서 가장 높은 평균 집락수를 나타낸 것으로 추정된다.

실내외 공기 중 *bacteria*의 평균집락수의 경우 병원-2가 실내외 각각 500 CFU/m³, 400 CFU/m³으로 가장 높게 조사되었으며, 사무실-1이 실내외 각각 190 CFU/m³, 130 CFU/m³으로 가장 낮은 것으로 조사되었다. *Bacteria* 평균집락수의 실내외의 비의 범위는 1.1~1.6로 실외 공기 중의 *bacteria* 평균집락수에 비해 실내 공기 중의 *bacteria* 평균집락수가 높은 것으로 조사되어 *bacteria*의 경우 실외에 비해 실내 공기 중에 많이 존

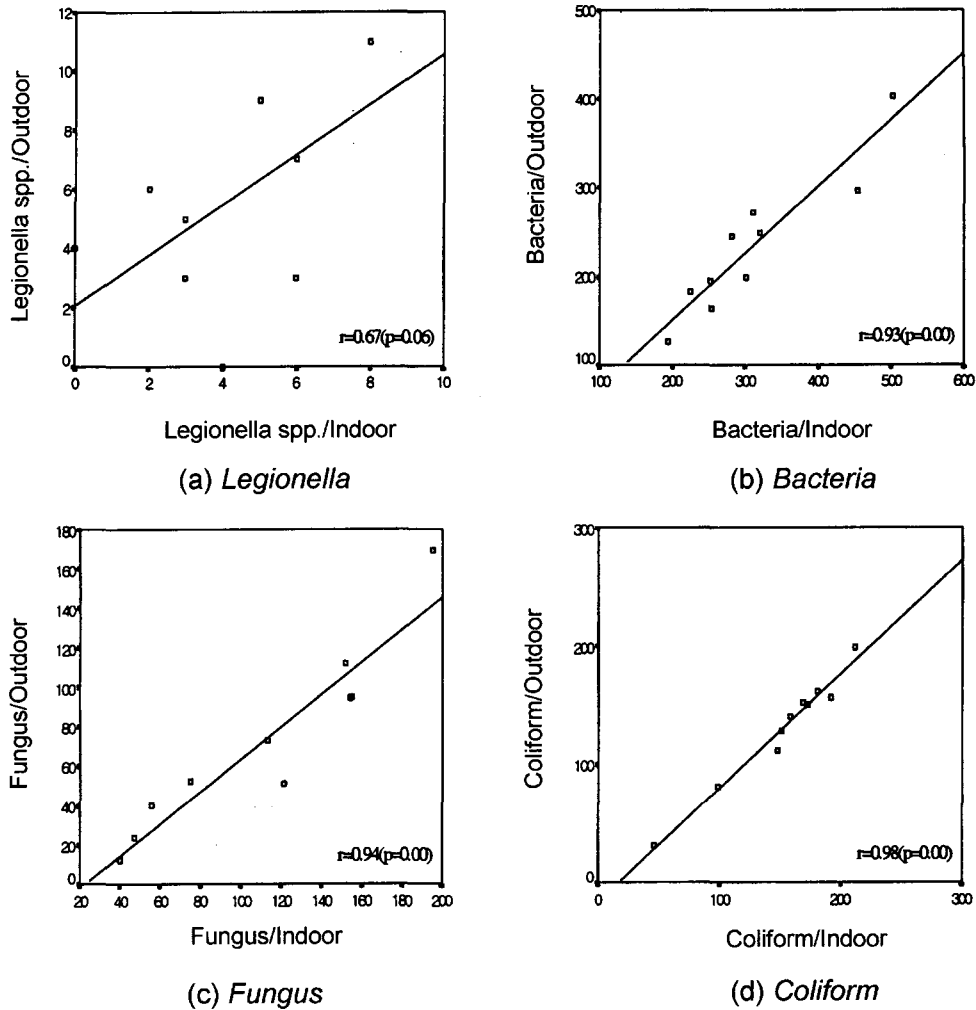


Fig. 2. Correlation between indoor and outdoor (a) *Legionella* spp., (b) *bacteria*, (c) *fungus*, (d) *coliform*.

재하고 있음을 알 수 있었다. 또한 실내의 공기 중 의 상관관계를 통계적으로 살펴보면 상관도가 0.93($p=0.00$)으로 아주 높은 상관성을 나타냈다.

*Fungus*의 평균집락수는 실내의 경우 대형할인점-1이 200 CFU/m³으로 가장 높았고, 사무실-1이 40 CFU/m³으로 가장 낮았다. 실외의 경우는 대형할인점-1이 170 CFU/m³으로 가장 높았고, 사무실-1이 가장 낮게 조사되었다. 실내외의 비의 범위는 1.2~3.6으로 *bacteria*와 같이 실외에 비해 실내 공기 중에 많이 존재하고 있음을 알 수 있었으며, 실내외 공기 중 *fungus*의 상관도 역시 0.94($p=0.00$)로 아주 높은 상관성을 나타냈다.

실내외의 모두 높은 *fungus* 평균집락수를 보인 대형할인점-1의 경우 실내 냉방기 및 냉장고 가동 등으로 공

기 중 습기가 높아 곰팡이균이 자랄 수 있는 환경의 조성되어 있으며, 실외 백화점 주변 도로의 많은 교통량에서 발생하는 먼지에 의해 다른 중앙집중식 냉방시설에 비해 실내외 공기 중에서 높은 평균집락수를 보인 것으로 여겨진다.

*Coliform*의 평균집락수는 실내외 모두 병원-1이 각각 210 CFU/m³, 200 CFU/m³으로 가장 높은 것으로 조사되었으며, 사무실-1이 각각 46 CFU/m³, 31 CFU/m³으로 가장 낮은 것으로 조사되었다. 실내외 비의 범위는 0.9~1.5로 실외에 비해 실내공기 중에 많이 존재하고 있는 것으로 조사되었으며, 실내외 공기 중 *coliform*의 상관도는 0.98($p=0.00$)으로 아주 높은 상관성을 나타냈다. *coliform*의 경우 실내외 모두 병원-1에서 높게 나타

났는데 이는 *Legionella* spp, *bacteria*의 검출과 같은 원인에서 발생되었다고 생각된다.

IV. 결 론

2001년 6월부터 9월까지 1단계 연구로 중앙집중식 냉방시설(호텔, 사무실, 병원, 지하철, 대형할인점) 132곳을 대상으로 냉각탑수를 검사하여 균분리 및 확인 동정시험을 실시하였으며, 2단계 연구로 1단계 연구에서 레지오넬라균이 검출된 대상건물의 실내의 공기 중의 미생물의 분포 및 상관성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 총132건을 대상으로 냉각탑수를 검사한 결과 10건(7.6%)의 레지오넬라균이 검출되었다.

계절별로는 7월(12%)>8월(4%)>6월, 9월 불검출 순이다.

혈청형 분포를 살펴보면 *L. pneumophila* group 1이 9건(90%), group 4가 1건(10%)을 차지하였다.

2. 시설별로 냉각탑수의 레지오넬라균의 검출률은 백화점(27.3%)>병원(9.0%)>사무실(5.9%)>대형할인점(5.0%)>호텔, 지하철(불검출) 순이다.

3. 냉각탑수의 pH별 레지오넬라양성수는 pH8.0 이상(16.7%)>pH7.0~8.0(5.7%)>pH 7.0 미만 불검출 순으로 조사되었으며, 상관도는 0.62(p=0.05)로 유의한 상관관계를 나타냈다.

또한 냉각탑수의 온도별 레지오넬라양성수는 30°C 이상(8.5%)>25~30°C(8.3%)>25°C 미만은 불검출 순으로 조사되었으며, 탁도별 레지오넬라양성수는 1~2 NTU 이상(8.8%)>2 NTU 이상(5.9%)>1 NTU 미만은 불검출 순으로 조사되었다.

4. 냉각탑수의 레지오넬라균의 평균집락수는 7월과 8월에 각각 180 CFU/100 ml, 600 CFU/100 ml로 조사되었으며 6월과 9월에는 검출되지 않았다. *Bacteria*는 6월부터 9월까지 모두 검출되었으며, 8월에 110,000 CFU/ml로 가장 높은 평균집락수를 나타냈다. *Fungus*와 *coliform* 역시 4월부터 9월까지 모두 검출되었으며, *Fungus*는 6월에 97 CFU/ml로, *coliform*은 7월에 27 CFU/ml로 가장 높은 평균집락수를 나타냈으며, 냉각탑수에서의 레지오넬라균의 검출과 *bacteria*, *fungus* 및 *coliform*의 검출간에는 관련성이 없는 것으로 나타났다.

5. Air Sampler를 이용한 실내의 공기 중 미생물의 분포는 *Legionella* spp.의 경우 병원 1과 대형할인점-1에서 실내의 각각 8 CFU/m³, 11 CFU/m³으로 가장 높게 나타났으며, 실내의 비의 범위는 0.3~2.0, 상관도는 0.67(p=0.06)으로 나타났다.

*Bacteria*는 병원-2에서 실내의 각각 500 CFU/m³, 400 CFU/m³으로 가장 높게 나타났으며 실내의 비의 범위는 1.2~1.5, 상관도는 0.93(p=0.00)으로 나타났다.

*Fungus*는 대형할인점-1이 실내의 각각 200 CFU/m³, 170 CFU/m³으로 가장 높게 나타났으며, 실내의 비의 범위는 1.2~3.6, 상관도는 0.94(p=0.00)로 나타났다.

*Coliform*은 병원-1에서 실내의 각각 210 CFU/m³, 200 CFU/m³으로 가장 높게 나타났으며, 실내의 비의 범위는 0.9~1.5, 상관도는 0.98(p=0.00)으로 나타났다.

참고문헌

- Chanpin, E. S. : Human activity patterns in the city : Things people do in time and in space. John Wiley and Sons., New York, 1974.
- 김윤신 : 실내공기오염에 관한 보건학적 고찰. 대한보건협회지, 9(3), 27-39, 1983.
- Yocom, J. E. : Indoor-outdoor air quality relationships - a critical review. JAPCA, 32, 1982.
- 백남원, 김윤신, 김광종 : 지하공간의 공기오염 및 공기 중 미량유해물질에 관한 조사연구. 한국환경과학연구협의회, 1989.
- 환경부 : 지하생활공간 공기질 관리법 시행규칙. 관보 13816호, 1998.
- 서울특별시 : 지하생활공간 공기오염 저감방안에 관한 연구. 1997.
- Fraser, D. W. : Legionnaires' disease: four summer harvest. Am. J. Med., 68, 1-2, 1980.
- McDade, J. E., Shepard, C. C., Fraser, D. W., Tsai, T. R., Redus, M. A. and Dowdle, W. R. : Legionnaires disease: Isolation of a bacterium and demonstration of its role in other respiratory disease. N. Engl. J. Med., 297, 1197, 1977.
- Winn, W. R. Jr. : Legionnaires' disease: Historical perspective. Clin. Microbiol. Rev., 1, 60-81, 1988.
- Glick, T. H., Gregg, M. B., Berman, B., Mallison, G., Phodes, W. W. and Kassanoff. Pontiac fever : An epidemic of unknown etiology in a health department. I. Clinical and Epidemiologic aspects. Am. J. Epidemiol., 107, 149, 1978.
- 김정순, 이성우, 심한섭, 오대규, 조민기, 오희복, 우세홍, 정윤섭 : 1984년 7월 K병원 중환자실을 중심으로 집단발생한 비폐렴성 Legionellosis(Pontiac fever)에 관한 역학적 연구. 한국역학회지, 7, 44, 1985.
- Meers, P. D., Goh, K. T. and Lim, E. W. : Legionella species, serogroups and subgroups found in the environment in Singapore. Ann Acad Med Singapore, 18(4), 375-8, 1989.
- 환경부 : 지하생활공간 공기질관리법. 2001.
- Kusnetsov, J. M., Jousimies-Somer, H. R., Nevalainen, A. L. and Martikainen, P. J. : Isolation of Legionella from water samples using various culture methods. J. Appl. Bacteriol., 76(2), 155-62, 1994.
- 국립보건원 : 개정 감염병 실험실 진단지침. 1996.

16. 환경부 : 먹는물수질공정시험법(2000.7.1개정), 2000.
17. 식품의약품안전청 : 식품공전, 2000.
18. Krieg, N. R. and Holt, J. G. : Bergey's manual of systematic bacteriology. William and Wilkins, Baltimore, 498-506, 1984.
19. 박석기, 황영옥, 정지현, 정윤태 : 서울시내 다중이용시설 냉각탑수의 레지오넬라균 분포 및 혈청학적특성. 서울시보건환경연구원보, **35**, 21-26, 1999.
20. 박석기, 황영옥, 정지현, 정윤태 : 서울시내 다중 이용 시설 냉각탑수의 레지오넬라균 분포 및 혈청학적특성 (1994~1998). 서울시보건환경연구원보, **34**, 10-16, 1998.
21. 정종학, 강복수, 김석범, 사공준 : 환경수(냉각탑수)로부터 *Legionella*속 균의 분리. 영남의대학술지, **5**(1), 1988.
22. 김권범, 김우주, 김민자, 박승철, 유세화, 심희선, 함희진, 박석기 : 서울시내 대형건물 냉각탑 수의 레지오넬라균의 오염도 조사와 분자형별 분석에 관한 연구. 감염, **30**, 207-217, 1998.
23. 厚生省 生活衛生局 企劃課 : Legionellosis 防止指針. 財團法人 Building 管理教育 Center, 1993.
24. Ikedo. Yabuuchi : Ecological studies of *Legionella* species. I, viable counts of *Legionella pneumophila* in cooling tower water, *Microbiol. Immunol.*, **30**(5) 413-423, 1986.
25. Feeley, J. C., Gorman, G. W., Weaver, R. E., Mackel, D. C. and Smith, H. W. : Primary isolation media for legionnaires disease bacterium. *J. Clin. Microbiol.*, **8**, 320-325, 1978.
26. Fliermans, C. B., Cherry, W. B., Orrison, L. H., Smith, S. J., Tison, D. L. and Pop, D. H. : Ecological distribution of *Legionella pneumophila*. *Appl. Environ. Microbiol.*, **41**, 9-16, 1981.
27. Tison, D. L., Pope, D. H., Cherry, W. B. and Fliermans, C. B. : Growth of *Legionella pneumophila* in association with blue-green algae(Cyanobacteria). *Appl. Environ. Microbiol.*, **39**, 456-459, 1980.
28. Pope, D. H., Soracco, R. J., Gill, H. K. and Fliermans, C. B. : Growth of *Legionella pneumophila* in two membered culturer with green algae and cyanobacteria. *Curr. Microbil.*, **7**, 319-322, 1982.
29. Leoni, P. P. and Legani : Comparison of selective procedures for isolation and enumeration of *Legionella* species from hot water system. *J. Applied Microbiol.*, **90**, 27-33, 2001.
30. 이용우, 성원근, 오현수, 오희복, 박미연, 이명숙, 박경식, 백승복 : *Legionella* spp.의 감염 및 분포에 관한 연구. 국립보건원보, **23**, 297-307, 1986.
31. Capabianca, R. M., Jurinski, V. B. and Jurinski, J. B. : A comparison of *Legionella* and other bacteria concentrations in cooling tower water. *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, **9**(5), 358-361, 1994.