

공중이용시설의 건강성을 확보하기 위한 문제점과 대책

문 경 환 교수

(고려대학교 병설 보건대학 환경위생과)

1. 서론

경제의 발달과 산업구조의 변화에 따라 도시기능이 확대되었고 이로 인한 대규모 고층 복합건물의 건설, 도시공간 이용률을 높이기 위한 지하공간의 확대는 도시기능의 촉진이나 도시환경 정비에 큰 역할을 담당하여 왔으나 이러한 공중이용시설내에 내재되어 있는 부적절한 환경요인으로 인해 거주자에게 육체적인 문제뿐만 아니라 정신적인 문제를 야기하는 등 건강상의 위해성이 나타나고 있다. 공중이용시설이란 다수인이 사용하거나 이용하는 시설로서 이러한 시설에 대한 관리의 개념은 과거에는 외관, 내장 등을 양호한 상태로 유지하고, 설비기기의 능력을 당초 수준으로 유지하는데 국한되었으나 현재에는 쾌적성, 효율성, 청결성 및 안전성 등을 복합적으로 고려한 실내공기관리, 급·배수관리, 청소 및 곤충의 방제 등이 쾌적한 삶을 영위하기 위해 더욱 더 중요한 관리대상으로 변하고 있다.

현대 도시인의 경우 일상생활중 약 80%이상의 시간을 이러한 시설에서 보내게 됨으로써 쾌적한 시설환경에 대한 인식이 새롭게 부각되기에 이르렀다. 국내에서도 공중위생법 시행령 제2조 규정에 공중이 이용하는 건축물 기타 시설물의 청소 및 소독, 급수 또는 배수시설의 위생관리, 실내공기의 위생적 관리 등에 관하여 규정하고 있으나 이를 주관·운영하는 관리주체가 표.1~표.3과 같이 분산되어 있어 오염실태 파악을 위한 조사연구가 체계적이지 못하고 산발적으로 수행되고 있으나 이웃 일본의 경우 후생성에서 '건축물에서 있어서 위생적환경의 확보에 관한 법률'에 의거 이를 통합관리하고 있는 실정이다.

그러므로 본 고에서는 공중이용시설 이용자의 쾌적성과 건강보호를 위해 보건·위생학적 위해성의 예방 및 적정관리를 위한 제도적인 개선방향을 모색하고자 하였다.

표. 1 저수탱크 관리에 관한 법률

구 분	관 계 법 령	내 용	관 련 사 항	비 고
공동주택의 공동저수시설	• 공동주택관리령 제4조	• 공동주택의 안전관리 대상 및 관리내용	• 공동저수시설의 관리	
	• 공동주택관리령 제7조	• 주택관리업자의 저수시설 등에 대한 의무적 관리 대상 공동주택의 범위	• 30세대이상 공동주택 • 승강기설치 공동주택 • 중앙난방방식의 공동주택	관관대상 공동저수시설
	• 공동주택관리에 관한규칙 제3조	• 안전관리대상시설 및 관리 기준	• 공동저수시설에 대한 년2회이상의 청소 및 위생진단 실시	
	• 주택건설촉진법 제39조의 2, 제39조의 7, 제48조, 제52조, 제53조	• 공동주택관리에 대한 감독 업무, 과징금처분 기준 및 처벌규정	• 공동저수시설에 대한 감독업무 및 관리 위반시 과징금 등 처분 규정	분청 - 주택계획과 구청 - 주택과
공중위생법에 의한 공중 이용시설	• 공중위생법 시행령 제27조	• 위생관리를 하여야 할 공중이용시설의 대상	• 일반건물의 저수탱크 관리	서울시 2,694 ('87. 6)
	• 공중위생법 시행령 제27조2항 및 제3항	• 공중이용시설의 위생관리 담당자 지정 및 년2회이상의 정밀검사 실시	• 급수시설에 대한 위생 관리	
	• 공중위생법 시행규칙 제45조1항	• 공중이용시설의 급수시설 등에 대한 관리 기준	• 저수탱크는 6개월에 1회이상 청소 실시	
	• 공중위생법 제29조 및 제43조	• 공중이용시설의 출입, 검사, 시정 요구 및 과태료 처분 규정	• 저수탱크에 대한 관리	분청 - 보건위생과 구청 - 위생과
위생접객업 및 위생관련법 식품접객업	• 공중위생법 시행규칙 제41조	• 위생관리기준	• 위생적이고 안전한 급수시설을 갖출것	
	• 공중위생법 제29조 및 제43조	• 식품접객업 건축물의 소유자에 대한 시설 개수명령	• 급수시설의 개수	
급수시설의 설치	• 건축법시행규칙 제22조의 2	• 건축물에 설치하는 급수 배관 설비구조	• 저수탱크는 유해물질이 들어갈 수 없는 구조로하고 녹스는 것을 방지할 수 있도록 배치	분청 - 건축지도과 구청 - 건축과
급수장치 등의 검사	• 서울시 급수조례 제31조	• 시장은 관리상 필요에 의하여 급수장치 특수가압시설 또는 흡수정 이하의 장치 등을 검사할 수 있으며 급수 사용자 등에 필요한 장치를 명할 수 있다.	• 저수탱크 등의 급수 시설에 대한 검사	상수도사업본부 (수도사업소)

표. 2 실내공기질 관리 대상시설

소관부처	대 상 시 설
공중위생법	<ul style="list-style-type: none"> • 공중이용시설 <ul style="list-style-type: none"> - 연면적 3000m²이상의 사무용건축물 - 공연법에 의한 1,000석이상의 공연장 - 연면적 2000m²이상의 복합건축물, 학원, 지하상가, 결혼예식장 - 1000명이상의 관객 수용가능한 실내체육관 - 도소매 대형점, 대규모 소매점, 도매센터
지하생활공간공기질관리법	<ul style="list-style-type: none"> • 지하역사 • 연면적 2000m²이상의 지하상가 • 지하보도, 지하차도 • 터널
건축법	<ul style="list-style-type: none"> • 관광숙박시설, 위락시설, 관광집회시설 및 바닥면적 합계 500m² 이상인 대중음식점 기타 이와 유사한 용도에 쓰이는 건축물의 객실, 조리장, 관람석, 집회실 및 식당등 • 거실바닥면적 1000m²이상인 지하층

표. 3 소독을 실시하여야 하는 시설의 소독회수

전 영 병 예 방 법	소 독 회 수
호텔 및 여관(객실수 20실 이상), 관광숙박업소	1회 이상/1월
식품접객업소(연면적 300제곱미터 이상)	1회 이상/1월
고속버스·시내버스·시외버스·전세버스·장의자동차·항공법에 의한 항공기, 해운법에 의한 여객선 및 대합실(연면적 300제곱미터 이상의 대합실에 한한다. 이하 이 표에서 같다) 및 철도법에 의한 여객운송차량 및 여객대합실	1회 이상/1월
도매시장·일반소매시장·백화점·쇼핑센터 및 대형점	1회 이상/1월
종합병원·병원·치과병원 및 한방병원	1회 이상/1월
계속적으로 1회100인 이상에게 식사를 공급하는 집단급식소	1회 이상/2월
50인 이상을 수용할 수 있는 기숙사 및 합숙소	1회 이상/2월
공연장(300석 이상)	1회 이상/2월
체육관 및 시설강습소(연면적 1천제곱미터 이상)	1회 이상/2월
사무실용 건축물(연면적 3천제곱미터 이상)	1회 이상/2월
복합건축물(연면적 2천제곱미터 이상)	1회 이상/2월
공동주택(300세대 이상)	1회 이상/3월

II. 공중이용시설의 환경위생상태 설문조사 결과

공중이용시설의 환경을 고려함에 있어서 거주자나 이용자의 건강이 가장 우선시되어야 하는 것은 의문의 여지가 없다. 1970년도 초반에 이러한 시설에 있어서 본격적으로 열, 소음, 빛 등과 같이 인간의 생리적 욕구를 충족시키는 환경요인에 대한 연구가 시작되었으며, 최근에는 이러한 시설 이용자의 쾌적함에 직접적인 영향을 미치는 과밀에 대한 이용자의 반응, 물, 공기 등의 물리·화학적 특성에 대해서도 많은 실험적 연구 결과가 보고되고 있다. 이를 위해서는 이러한 시설을 이용하는 사람들의 감각적인 인지도가 기본적으로 파악되어야 하므로 1997년 10월 총 268명의 건물내 근무자를 무작위 추출한 후 건물환경에 대한 느낌 및 불만사항, 자각증상 등을 설문조사에 의해 조사하였으며 그 결과는 표. 4, 표. 5와 같다.

표. 4 환경에 대한 인지도

건물의 환경	남녀별정도			많이 느낀다(%)			조금 느낀다(%)			느끼지 못한다(%)		
	남	여	평균	남	여	평균	남	여	평균	남	여	평균
냄새 (화장실, 사무실 등)	7.2	12.8	10.0	51.6	50.7	51.2	41.2	36.5	38.8			
담배 연기가 방해된다	4.1	6.4	5.3	41.2	50.6	45.9	54.6	43.0	48.8			
바퀴벌레가 있다	8.3	16.0	12.1	40.3	41.0	40.7	51.6	42.9	47.2			
수돗물에서 냄새가 난다	5.2	0.6	2.9	31.9	37.8	34.9	62.9	61.5	62.2			
수돗물이 색깔을 띤다	0	0	0	24.7	30.8	27.8	75.3	69.2	72.3			

표. 5 근무시간중에 나타나는 자각증세

증세	정도	많이 느낀다(%)			조금 느낀다(%)			느끼지 못한다(%)		
		남	여	평균	남	여	평균	남	여	평균
눈의 건조함과 자극		13.4	20.5	17.0	23.7	32.1	27.9	62.9	47.4	55.1
두통이 있다		10.3	14.1	12.2	33.0	40.4	36.7	56.7	45.5	51.1
목이 마르거나 아프다		10.3	12.2	11.3	24.7	35.9	30.3	65.0	51.9	58.4
숨이 막힘, 콧물의 흐름과 막힘		7.2	9.6	8.4	13.4	28.2	20.8	79.4	62.2	70.8
피부건조·가려움		7.2	14.7	11.0	11.3	32.1	21.7	81.4	53.2	67.3
피로·지침·졸음		19.6	26.3	23.0	36.1	35.9	36.0	44.3	37.8	41.0

환경인지도에 관한 설문조사에서 자신이 근무하고 있는 환경에서 화장실 등의 '냄새가 난다.'가 61.2%로 가장 높게 나타났으며, '바퀴벌레가 있다.' 52.8%, '담배연기가 방해된다.' 51.2%, '수돗물에서 냄새가 난다.' 37.8%, '수돗물이 색깔을 띤다.'가 27.8%로 나타났으며, 모든 문항에서 여성이 남성보다 좀더 예민한 반응을 나타냈다.

또한 근무시간 이외에는 나타나지 않으나 근무시간중에만 나타나는 자각증상에 있어서 남성의 경우 두통을 호소하는 경우가 43.3%로 가장 높게 나타났으며, 여성의 경우 62.2%가 피로·지침·졸음 등을 호소하는 것으로 나타났고 남녀 모두 40% 이상이 눈의 건조함과 자극, 두통, 목이 아픈 증상을 호소하였다. 특히 피부의 건조와 가려움에서는 여성에게 두드러지게 나타나는 증상임을 알 수 있었다.

WHO의 조사결과에 의하면 선진국 사무실 근로자의 대한 증상 유병율은 약 30%라고 보고된 바 있으며, 덴마크 코펜하겐에 근무하는 공무원(4369명)을 대상으로 한 설문조사 결과 복사기 사용, 컴퓨터 작업 등이 일반적인 증상유병율과 관계가 있다고 한다. 이러한 조사결과로도 알 수 있듯이 많은 사람들이 하루의 대부분을 생활하는 건물, 공중이용시설의 부적절한 환경, 수질오염, 공기오염 등으로 인해 건강을 위협받고 있는 실정이므로 이에 대한 특성분석과 위해성 평가, 관리대책 및 법적, 행정적인 규제가 더욱 강화되어야 할 필요성이 있다.

III. 공중이용시설의 위생관리

1. 급수위생

급수위생의 기본은 먹는물의 안전성 확보와 목욕탕수나 세탁용수 등 생활용수의 수질을 확보함으로써 전염병, 유독물질, 유해물질로 인한 건강상의 장애를 방지하는데 있다. 여러 가지 정수과정을 거쳐 최종적으로 소독된 물은 송수관, 배수관, 급수관, 옥내배관, 수도전을 통하여 수요지에 공급되며, 대형 건물이나 아파트 단지 등과 같이 다량으로 수돗물을 공급해야 되는 지역에서는 저수조를 설치하여 일정량을 저수한 다음 필요시 소비자에게 공급되도록 하고 있다. 그러나 최근 여론조사에서 시민 78%가 수돗물에 대한 불신을 나타내고 있으며 수돗물 질적 저하의 원인으로서는 원수, 정수처리, 수송과정 뿐 아니라 저수조의 구조불량, 저수조 바닥침전물의 부패로 최종소비단계에서 수질이 악화되는 경우가 있다.

수돗물에서의 건강상 유해 물질로는 병원성 미생물(bacteria, protozoa, algae), 병원성 바이러스, 각종 독성화학물질, 발암성 물질 등이 있으며, 상수원이 오염되고 수질관리가 부적절한 경우에는 이러한 물질들로 인해 질병을 유발할 가능성이 커지게 되며, 또한 급수원이 적절하게 보호되지 않을 때나 누수와 단수등이 빈번할 때 병원성 미생물이 배수계를 통해 소비자에게 도달될 수 있음은 주지의 사실이다. 특히 병원성 미생물로 인한 수인성 질병발생의 가능성은 가장 큰 보건상 위해가 되고 있다. 연구에 의하면 급수방법별 질병 발생율은 개인수도전 이용자보다 공동수도전 이용자의 발병률이 약 2.4배 높은 것으로 나타나 급수시스템의 비위생적 관리로 인한 문제점을 시사한 바 있다. 표. 6은 수인성 질병의 발생빈도와 사망률을 나타낸 것이다. 미국과 같이 선진국의 경우에도 1993년 장마때 원충류인 *Cryptosporidium*에 의한 식수오염으로 감염된 환자수가 40만명에 이르고 그중 100여명이 사망한 것으로 보고되었으며, 세계적으로 가장 보편적으로 퍼져있는 *Giardiasis*는 지난 20~25년간 인간의 수인성 질

환으로서 중요성을 더해왔다. (Rose, 1990) 그러나 병원성 세균에 의한 연구는 *Yersinia*나 *Legionella* 등 소수에 한정되어 있는 형편이며, 정수처리에 대한 미생물의 처리정도와 영향 등도 주로 *Poliovirus*, *Rotavirus*, A형 간염바이러스와 *Giardia*, *Cryptosporidium* 등의 원생동물을 대상으로 연구되어 왔으나 장내세균을 비롯한 bacteria에 대한 연구는 그리 많지 않은 실정이므로 질병에 노출될 수 있는 위험이 상존하고 있다. 한편 최근에는 수돗물 배수계통내에 있는 미생물작용에 대한 관심이 집중되고 *Acinetobacteria*, *Aeromonas*, *Anthrobacte Bacillus*, *Caolobacter*, *Cythophase*, *Flavobacterium*, *Spirillum* 등의 각 속을 포함한 다양 종류의 세균이 수돗물에 존재함이 발표되고 있어 급수위생에 대한 필요성이 더욱 강조되어야 하며, 특히 불특정 다수인이 이용하는 공중이용시설의 경우에는 더욱 더 세심한 관심을 기울여야 할 것이다.

표. 6 수인성질병의 발생빈도와 사망률

Disease	Morbidity cases	Mortality (deaths/yr)	Disease	Morbidity cases	Mortality (deaths/yr)
Diarreal disease	4,002,000,000	2,473,000	Schistosomiasis	200,000,000	20,000
Typhoid fever	16,000,000	600,000	Trichuriasis	45,530,000	10,000
Dengue fever	3,100,000	138,000	Cholera	120,000	6,000
Amoebiasis	48,000,000	70,000	Giardiasis	500,000	-
Hookworms	151,000,000	65,000	Trachoma	152,420,000	-
Ascariasis	250,000,000	60,000	Dracunculiasis	130,000	-

• Source : WHO, 1997

(1) 부식 및 녹물, 양금발생에 의한 수질악화의 문제점

급·배수관의 부식현상은 누수율의 증가와 관의 통수능력을 감소시키는 직접적인 원인이 되며, 녹물발생으로 식수로서의 미관적 문제 뿐 아니라 부식생성물의 축적은 세균, 효모, 다른 미생물의 보호막을 제공하고 이런 미생물이 재성장하여 맛, 냄새, 슬라임, 병원성 세균성장 등의 수질문제를 일으킬 수 있다. 관내의 내부부식을 촉진하는 수질영향인자는 pH, 용존 산소, 잔류염소, 수온, 전기전도도, 산도가 있으며, 부식을 억제하는 영향인자로 알칼리도, 경도, 칼슘 등이 있다. 최근에는 상수원수의 수질악화로 정수과정중 투입되는 약품량에 따라 변화되는 부식성 수질이 부식을 유발하는 원인이 되고 있으며, 부식성 수질의 변화는 금속을 급격하게 용출하지는 않으나 지속적으로 관벽을 공격하여 철, 구리, 아연 등의 용출을 증가시켜 양금 및 녹물발생의 원인이 된다.

표. 7 K 아파트 수돗물의 앙금 및 여액종의 중금속 농도

구분		Fe	Mn	Zn	Al
수돗물	직수	0.157	0.093	0.065	0.079
	탱크수	0.165	0.094	0.374	0.118
앙금	직수	0.000	0.004	0.055	0.030
	탱크수	0.012	0.014	0.264	0.115
여액	직수	0.157	0.089	0.010	0.049
	탱크수	0.153	0.080	0.110	0.003
앙금함유율(%)	직수	0	4.3	84.6	38.0
	탱크수	7.3	14.9	70.6	97.5

표. 7은 박 등(1993,1994)의 자료에 의한 아파트내의 수도꼭지물과 이 물을 여과하여 분석한 결과를 나타낸 것으로 S동의 경우 아연과 알루미늄의 경우 직수에 비해 저수조를 거친 수돗물에서의 농도가 높게 검출되었으며, 직수 및 저수조수의 원수농도에 대한 앙금의 농도 퍼센트가 Zn이 84.7% 및 70.6%였으며, Al은 각각 38%, 97.5%를 나타냈다고 보고하고 있다. 이는 아연도강관의 부식으로 인한 용출과 정수처리시 응집제로 사용되는 알루미늄이 배·급수계통에서 재응집 되었기 때문이며, 특히 알루미늄의 경우 탱크수에 체류시간이 길어질 수록 응집률이 97.5%까지 증가하여 앙금을 형성하기 때문으로 생각된다.

◆ 대 책

- ① 정수장에서 사용되는 응집제와 응집보조제를 적절히 사용함으로써 잔류 알루미늄의 양을 줄이며, 정수장 여과지를 통과한 처리수의 pH를 상승시켜 알루미늄이 용해상태로 배·급수관을 통과할 수 있는 방법을 검토할 필요성이 있다.
- ② 현재 배급수관의 주요 재질인 철은 관내부의 환경변화에 의해 부식이 촉진되어 앙금을 형성할 수 있으므로 금후 노후관의 갱생 또는 교체시에는 내구성 및 충격에 강하고 강도가 큰 관종으로 교체되어야 한다.
- ③ 잔류염소는 배급수관 부식에 영향을 미치는 중요한 인자중의 하나이므로 정수장에서 후염소처리시 염소투입은 가능한 적게 하고 배수지에서 잔류염소농도를 측정후 필요에 따라 재 투입함으로써 급수구역내 잔류염소의 균등화를 이루는 방안을 강구하여야 한다.

(2) 저수조 및 배·급수관에서 미생물 재생장에 관한 문제점

저수조내에는 외부로부터 유입된 오물이나 먼지등을 제외하더라도 많은 미생물이 상수도관과 저수조에 자생하고 있어 정수처리된 상수가 저수조에서 다시 오염되고 잔류염소가 낮은

지역에서는 박테리아, 조류와 같은 미생물이 재생장(regrowth)하거나 외부로부터의 유입으로 인해 재 오염이 된다. 또한 저수조내에는 잔류영소에 강하거나 잔류영소를 피할수 있는 저수조벽면에 붙어 잔존하는 유기물과 다른 미생물의 사체를 이용해서 자생하는 곰팡이와 같은 것들이 있다. 저수조 내부의 부대시설로 사용되는 사다리나 저수조 벽면, 그리고 출입구의 문 등은 장시간 잠겨 있음으로써 그 환경에 알맞은 박테리아나 균류가 자생하게 되고 철재와 같은 자재를 부식시키는 원인이 된다. 그 중에는 철을 부식시키는 박테리아류, 유황박테리아류, 방선균류 및 규명되지 않은 균류등의 다양한 미생물이 존재한다.

저수조의 장소에 따른 미생물 등의 종류를 살펴보면 주로 철박테리아류중 부유성인 *Sphaerotilus*를 제외한 대부분은 저수조 바닥의 침전물이나 벽에 부착한다. 유황박테리아류는 주로 고형물질이나 저수조 표면에 부착하여 번식하며 방선균류는 주로 저수조의 표면과 벽면에서 발견된다.

또한 음용수중의 미생물 재생장은 맛, 냄새, 색도를 유발할 뿐 아니라 수인성 질병을 야기시켜 위생적, 공중보건학적 문제를 야기하고 있다. 미생물 재생장 문제는 갑자기 수돗물에서 일반세균 또는 대장균군이 증가하는 원인규명을 하는 과정에서 대두되었으며, 미국에서는 coliform을 미생물 재생장의 지표로 하고 있다. Ridgway, Olson(1981)재생장의 원인 규명을 하기 위해 수도관 내부 표면을 전자현미경(SEM)으로 관찰, 동정 분리하였고 수돗물의 물리, 화학적 환경요인과 미생물 재생장과 상관을 연구한 바 있다. 1980년대에 세균의 재생장은 관망내부 벽면에 부착된 생물막에서 발생한다는 것과 생물막을 형성하는 요인들이 규명되기 시작했다.

생물막 성장은 부착성 박테리아(attached bacteria)가 관망내의 생물분해가능한 용존성 유기탄소(Biodegradable Dissolved Organic Carbon, BDOC)를 섭취하여 이루어지며, 노후에 의해 자연 사멸되거나 물리·화학적으로 사멸된다. 물리적인 사멸은 관내부의 유속을 크게 하거나 역류 또는 관외벽에서 수격작용(hammer effect)을 주어 탈착시키는 방법으로 일시적인 효과는 있으나 부분적인 탈착으로 인해 생물막내부에 있는 세포에게 더 많은 영양소를 공급하게 되어 문제를 더욱 크게 유발시키기도 한다.

국내의 한 자료에 의하면 정수장과 배·급수관로, 수도전에서 미생물의 오염도를 비교한 결과 일반세균과 대장균군의 경우 정수장보다 수도전에서 그 수가 증가되는 재생장(regrowth) 현상이 관찰되었으며, 종 조성과 다양성 또한 증가하였다고 보고한 바 있다. 이의 가장 큰 원인은 잔류영소의 소실과 배·급수관에 형성된 생물막의 탈착이나 생물막 세균의 분리에 의한 것으로 판단된다. 또한 정수장에서 공급된 물이 배·급수관을 따라 흐르는 과정에서 나타난 대장균수의 변화중 특징적인 것은 대장균군의 재생장이 일어난 모든 경우에 비록 정수에서 대장균군은 검출되지 않더라도 손상 대장균군(injured coliforms)은 검출된다는 점이다. 이는 정수과정에서 염소소독에 의해 완전히 죽지 않고 손상만 입은 대장균군이 수온이나 영양분과 같은 환경조건이 적합하게 되면 다시 손상된 세포부위가 회복되어 정상적인 세포로 돌아올 수가 있으며, 손상 대장균군 중에는 세균성 이질을 유발하는 *Shigella dysenteriae* 등이 포함되어 세균 재생장은 수인성 질병을 일으킬 가능성이 있다고 한다.

이 등(1997)에 의하면 관의 재질에 따른 종속영양세균의 부착실험결과 스텐레스관에서의 부착성이 아연도강관에 비해 1.5~2배정도 높고 BDOC 농도가 증가할수록 생물막의 평균세균수가 증가한다고 하였다. 이는 스텐레스 표면과 아연도강관은 표면이 수많은 갈라진 틈

과 구멍으로 이루어져 있어 수중 유기물이 침적할 수 있는 기저(substratum)가 되기 때문이다. 또한 표면에는 국내 담수에서 흔히 관찰되는 *synedra*와 막대기 모양의 *baccillaria*, *Navicula*, *Yeast Thalassiosira*, *Trachelomonas*, *Sorastrum*과 같은 미생물 또한 번식한다고 하여 원수에 존재하는 조류가 정수처리과정을 거친다 하더라도 완전히 사멸되지 않음을 관찰하였다.

Allen(1980) 등도 수도관 내부표면을 관찰한 결과 표면에 형성된 녹의 내외부에 많은 colony를 형성하고 있으며, 이들은 사상균과 간균을 비롯하여 규조류와 같은 조류와 방선균 등이었다고 보고하였다. Tolvine(1980) 등도 황산염 환원세균, 아질산염 환원세균, 황산화세균, 기타 종속영양세균 등 강관의 녹에서 다양한 종류의 균을 분리하였는데 이러한 세균분포는 수도관내부의 녹이나 생물막이 호기성, 혐기성 세균도 공존할 수 있는 생태적 지위를 가진다는 것을 보여주고 있다.

◆ 대책

정수장 물에서 대장균군이 검출되지 않는다고 미생물학적으로 안전한 물이라고 말할 수는 없다. 정수된 물이 가정으로 운반 공급되는 경로인 배·급수계통으로부터 오염이 발생할 수 있기 때문이며, 현재 대부분의 정수장에서 채택하고 있는 정수처리 시설은 대장균군의 살균에는 효과적인 것으로 판단되나 배·급수관의 생물막 형성 및 세균의 재생장을 방지하기에는 부적합한 것으로 판단된다. 그러므로 배·급수계통에서 미생물의 오염을 방지하기 위해서는 다음과 같은 대책이 필요하다.

- ① 배·급수계통에서 세균 재생장을 확인할 수 있는 일반세균 및 대장균군의 검출법이 필요하다. 이것은 생물막에서 분리되는 미생물은 영양분이 부족한 빈영양환경에 적응되어 있어 성장속도가 매우 늦거나 염소에 의하여 스트레스를 받은 손상세균이므로 현 공정시험법에 의한 방법으로는 검출이 불가능하므로 R2A나 NWRI배지(APHA)와 같이 유기물함량이 적은 빈 영양배지를 이용 20~25℃의 조건에서 7일 정도 배양해야 하며, 손상대장균군의 존재를 확인하기 위해 mT-7배지를 사용하여야 한다.
- ② 배·급수계통에서의 생물막의 형성속도는 수중 AOC(assimilable organic carbon) 또는 BDOC 농도와 밀접한 관계가 있으며 AOC농도가 50µg/L 이하이면 대장균군의 재생장을 방지할 수 있으므로 정수처리시 이를 감소할 수 있는 고도처리 시설이 필요하다.
- ③ 일반세균의 재생장은 관로에서의 유리잔류염소 농도가 0.2mg/L 이하인 경우에 발생하므로 정수장에서의 1차 소독(primary disinfection) 외에 배수지나 배수관 일정지점에서 재염소소독을 실시하는 2차 소독(secondary disinfection)이 필요하다.
- ④ 배·급수계통에 대한 2차 소독제로는 액체염소에 비해 잔류성이 강하며 생물막 미생물 및 염소에 내성을 가진 미생물에 대한 살균력이 뛰어나고 THM등의 부산물의 생성이 거의 없는 monochloramine이 효과적이다.
- ⑤ 비상저수시설 용량에 대한 재검토가 있어야 한다. 예를 들면 비상시의 정의, 비상시 정수처리시설 및 배급수시설의 운영방법, 수돗물 생산시설, 배수지 용량, 급수구역의 특성과 1인당 사용량 등을 고려하고 일률적으로 용량만 규제하는 것을 탄력성 있게 기준용량을 정하도록 하여야 한다. 특히 학교 저수조의 경우는 방학으로 인하여 수질악화의 우려가 더욱 크므로 이에 대한 대책의 마련이 시급하다.

⑥ 직결급수체계를 확대하고 수요가 저수조를 없애든가 저수용량을 작게하도록 제도를 보완해야 한다. 직결급수체계는 저수조 방식에 비해 수질저하 방지, 토지 및 건물의 유효이용증대, 에너지절감 등 장점이 있는 반면 단수시 수세식변소 등 기능정지와 사고 및 재해 발생시 대응이 곤란한 단점도 있으므로 이런 단점이 최소화되고 보완이 되어야 한다.

2. 실내공기질 관리

환경 분야에서 새롭게 대두되는 문제 중 하나는 빌딩증후군(SBR, Sick Building Syndrome) 과 BRI(Building Related Illness)라 불리는 실내 오염으로 인한 건강 장애로 일부 전문가들은 이를 21세기 들어 폭발적으로 증가할 '침묵의 유행병'으로 믿고 있다. 빌딩증후군은 빌딩내 거주자가 부적절한 환경에 노출되었을 때 눈이나 피부, 상기도(上氣道)의 자극, 피부 발적, 두통, 피로감, 소화기 장애 등이 단기간내에 나타나는 급성적인 증상을 말하며, BRI는 병인균(etiological agent)에 의해 발병되는 Legionnair's disease, 결핵, 홍역, 렴, 감기, 비염 등으로 증상의 발현이 늦고 빌딩증후군에 비해 회복에 장시간이 요구되나 병인을 파악할 수 있는 질병을 말한다.

미국 환경청(US EPA)에서도 최근 실내공기질(Indoor Air Quality) 문제를 환경문제 중 우선순위로 취급하고 있으며, OSHA(Occupational Safety and Health Administration)에서는 근 공청회를 열어 가이드라인을 제시한 바 있다. 한편 환경청을 포함한 정부청사내의 근무자들이 실내공기질에 불만을 품고 항의시위를 하는 일도 발생했다.

실내공기오염이 건강과 관련지어 중요한 이유는 사람의 일상생활과 직접, 간접으로 관계되기 때문이며, 일반적으로 도시인은 하루 24시간 중에서 80%이상을 가정, 사무실, 학교, 지하시설물 등의 다양한 실내 공간에서 생활하고 있다. 특히, 21세기는 에너지 보존을 위해 새로운 건축 자재의 개발과 사용이 증가되면서 건물의 밀폐화로 오염물질이 방출되어도 확산되지 않아 일시적 혹은 만성적인 증상을 호소하는 일이 증가하고 있다. 이같은 증상은 개인의 건강상태에 따라 질병으로 발전될 수 있어 환경 보건학적으로 중요한 이슈가 되고 있다.

NIOSH(National Institute of Occupational Safety and Health)에서 약 500여개의 빌딩태를 조사, 분석한 결과에 의하면 50%정도의 건물에서 통풍장치의 결함이 발견되었으며, 25%정도는 건물 내외의 오염물질, 5%는 세균에 의해 오염된 것으로 보고한바 있다.

빌딩증후군이나 BRI를 유발하는 실내 오염의 주요 원인물질로는 표. 8과 같이 일산화탄소, 이산화탄소, 질소 화합물, 라돈, 곰팡이류 등과 포름알데히드가 포함된 바닥용 깔개나 세정제 품, 복사기, 새 가구나 페인트 등에서 배출되는 휘발성 유기 탄화수소 등이 있으며, 실내 습도, 소음, 조명 뿐 아니라 건물의 노후 정도, 환기 장치의 유무와 효율성, 건물 내 사람의 밀집 정도, 실내 흡연 상태 등도 질병유발을 가속화시키는 원인으로 제기되고 있다. 따라서 빌딩증후군의 증상 발현과 직업적, 환경적 또는 개인적 요인과의 관련을 밝히는 연구가 매우 필요한 실정이다.

빌딩증후군의 증상은 개인적 요인으로서 감염성 질환에 걸리기 쉬운 사람에게서 많이 나타나고 있으며, 초등 학교 아이들의 상기도 질환에 의한 결석 빈도의 변화가 빌딩증후군의 증상 변화와 관련이 있는 것으로 밝혀지고 있다. 또한 유전적으로 과민한 사람에게 일어나는 알레르기성의 악성 피부염인 아토피성 피부염(atopic allergic response)이나 금속에 대한 알레르기가 있는 사람에서도 증상 유병률이 높게 나타나고 있다. 환경적인 요인으로서 최근

영국 의사들의 조사에 의하면 신축건물이나 개조건물의 30% 이상이 빌딩증후군을 촉발하는 것으로 나타났으며, 단말기를 사용하는 작업자의 25퍼센트 이상에서 작업시 눈 또는 피부 증상과 관련성이 나타나 빌딩증후군과 관계가 있음을 보여주고 있다.

(1) 실내공기질 관리의 문제점

국내에 현재 시행중인 실내공기질 관련법규는 보건복지부, 환경부, 건설교통부 등 각 부처마다 여러종류의 법이 분산되어 적용되고 있으며 특히 공중위생법과 건축법에 규정된 기준은 환기시설과 관련된 물리적인자의 조절을 위한 성격이 강하여 다양한 형태의 실내공간의 공기질에 대한 화학적, 생물학적 특성 및 거주자의 생리적, 심리적 특성을 충분히 반영하고 있다고 보기는 어려운 실정이다.

실내공기질 관리의 근본적인 목적은 이들 시설을 이용하는 일반국민의 건강보호가 대상이 되며, 이들 시설내에서 장기간 거주하는 근무자도 포함된다. 특히 사무실이나 백화점과 같은 경우에는 근무자의 건강보호 성격이 포함될 경우 작업환경을 다루는 노동부와 보건복지부 사이에 동일시설에 대해 서로 다른 기준적용의 문제가 대두될 가능성이 있다. 또한 선진국의 실내공기 관리동향과 국내의 실정등을 감안해 볼 때 현행 실내공기 관련기준치에 내재된 문제점중 가장 미흡한 부분은 휘발성 유기화합물(VOC) 등을 포함하는 미량유해성 물질의 관리라고 할 수 있다. VOC는 그 종류도 다양할 뿐 아니라 각종 생활용품, 장식재, 건자재 등에서도 배출되므로 실내공기 오염물질중에서도 적정관리가 어려운 항목중의 하나로 인식되고 있다. 선진국의 경우 실내오염물질에 대한 특성분석과 위해성평가 등 다양한 연구를 통하여 자료를 수집하고 이를 토대로 각종 생활환경 및 건축물에 대한 적절한 기준을 마련해 가고 있으나 국내에서는 이에 대한 자료나 조사연구가 미흡한 실정이므로 향후 대두될 이들 물질에 대한 관리대책 마련에 많은 어려움을 겪을 것으로 생각된다.

한편 관리업무 체계를 일본과 미국을 중심으로 보면 일본의 경우 노동성과 후생성에서 우리와 유사한 규제 및 권고기준을 정하여 관리하고 있으나 측정횟수의 경우에는 보건복지부가 년 2회 측정하나 일본 노동성에서는 년 6회 이상을 측정하도록 하는 것이 다른점이라 할 수 있다.

◆ 대 책

- ① 일반 생활환경에서의 국민의 건강과 복지를 고려하면 실내환경기준치와 항목의 설정은 정부 부처간의 협의를 통하여 재정립하는 것이 바람직하며 업무를 일원화하여 관장할 수 있는 행정적 전담기구의 설치가 필요하다.
- ② 실내공기오염물질로 인한 보건학적 피해를 정확히 평가하고 법적, 행정적, 기술적인 대책을 수립하기 위해서는 오염물질에 대한 위해성 평가가 선행되어야 하며, 규제기준에 들어있지 않은 잠재적인 오염물질들에 대한 연구조사를 활성화하고 장기적이고 신뢰성 있는 기초자료 확보에 관심과 투자가 병행되어야 한다.

표. 7 실내공기오염물질의 종류 및 발생원

오염물질	발생원	인체영향
먼지	대기중의 먼지가 실내 유입, 실내바닥의 먼지, 담배재	규폐증, 진폐증, 탄폐증 등
담배연기	담배	두통, 피로감, 기관지염, 폐렴, 기관지 천식, 폐암
연소가스 (CO, NO ₂ , SO ₂)	각종 난로 (연탄, 가스, 석유) 벽난로, 연료연소, 가스렌지 등	만성폐질환, 기도저항증가, 중추신경영향
라돈	콘크리트, 흙, 지하수, 화강암 등	폐암 등
포름알데히드	각종 합판, 보드, 가구, 단열재, 소취제, 담배연기, 화장품, 옷감, 실험실 등	눈, 코, 목 자극증상, 어지러움, 기침, 설사, 피부질환, 정서불안증, 기억력 상실 등
석면	단열재, 절연재, 석면타일, 방열재	피부질환, 호흡기질환, 석면증, 폐암
미생물성 물질 (곰팡이, 박테리아, 꽃가루)	가습기, 냉방장치, 냉장고, 애완동물, 세탁소, 왁스, 방향제 등	피로감, 정신착란, 두통, 구역, 현기증, 중추신경 억제작용
유기용제 (알데히드, 케톤 등)	페인트, 접착제, 스프레이, 연소과정, 세탁소, 왁스, 방향제 등	피로감, 정신착란, 두통, 구역, 현기증, 중추신경 억제작용
악취	각종 악취 발생원	식욕감퇴, 구토, 불면, 알레르기증, 정신신경증 등
전자파	각종전자제품	식욕감퇴, 홀몬감소, 백혈병 등

- ③ 공조설비의 경우 부적절한 관리로 인해 설비자체가 오염원이 될 수도 있으므로 이들 시설에 대한 적절한 유지관리는 매우 중요하며 이를 관리할 수 있는 위생관리인의 자격요건과 임무의 내용을 한층 더 강화할 필요가 있으며, 측정횟수 또한 증가시키는 방안도 강구되어야 한다.
- ④ 실내공기오염물질의 종류, 특성, 배출량 및 외부공기오염도를 동시에 조사하여 가장 적절한 공조시스템의 도입을 적극 유도하여야 하며, 일반인이 가장 장시간 노출되는 주거용건물과 오염이 취약한 어린이들이 장시간 노출되는 학교, 병원 등에 대한 기준설정 또한 검토되어야 한다.

표. 8 빌딩내 water system에서의 *Legionella*균 측정결과

system type	sample	Legionella samples	%Positive
Evaporating cooling tower	1038	65	6.26
Drinking water system	817	2	0.24
Hot water heater	607	73	12.03
Potable water distribution system	2625	184	7.01
Miscellaneous system	751	40	5.33
Total	5838	364	6.23

* miscellaneous : humidifier, swimming pools, whirl poll spas

3. 냉각탑 관리

냉방설비의 기본목적이 쾌적한 생활환경을 유지하기 위한 것은 재론의 여지가 없으나 최근 냉각탑을 중심으로 한 호기성세균, 특히 *Legionella*에 의한 국부적인 오염이 문제시 되고 있다. *Legionella*균은 호수나 연못과 같은 자연수와 냉각탑수 혹은 냉방장치 그리고 병원, 호텔의 배수관 등 인위적인 환경중에서 분리되는 그람음성의 병원성세균으로 Legionellosis는 *Legionella*가 병인균으로 임상적 또는 역학적으로 구분되는 Legionnaire's disease와 Pontiac fever의 두가지 증후군으로 나누어진다. Legionnaire's disease는 폐렴을 동반하며 발병율이 0.5~5%로 낮으나 잠복기는 2~10일로 비교적 길며 치사율이 15~19%인 반면 Pontiac fever는 비폐렴형이고 발병율이 90%이상이며 잠복기가 30~40시간으로 치사율이 0인 점이 특징이다.(1984)

Legionellosis가 처음으로 학계에 알려진 것은 1976년으로 미국 필라델피아에서 221명이 발병하여 34명이 사망하였으며, 그 원인이 냉각탑에 존재하는 *Legionella pneumophila*에 의한 것으로 판명되었다. 그 후에도 1985년 영국에서 101명이 발병하여 사망 28명, 1987년 호주에서 44명이 발병하여 10명이 사망한 것으로 보고되고 있다. 우리나라에서 Legionellosis 발병보고는 최초로 1984년 고려병원에서 있었으며, 이들 환자는 모두 *Legionella gormanii*의 감염에 의한 Pontiac fever임이 확인되었고 그 후에도 여러차례 검출되었음이 보고된 바 있다. *Legionella*균은 냉각탑 뿐 아니라 가정용 난방시스템, 제습기, 백화점 등의 분수전에서도 발견되고 있으며 오염된 온수 수도꼭지나 샤워기를 통해서 나올 때 생긴 aerosol에도 함유되어 있다고 한다. 표. 8은 영국 IWS(Industrial water Society)에서 빌딩내 water system에서 *Legionella*균을 조사한 자료로서 총 5,838건의 시료중 6.23%에서 *Legionella*균이 검출되었으며, 난방시스템에서의 검출율이 12.03%, 냉각탑에서의 검출율이 6.26%로 나타난 것으로 보고되고 있다.(Hodgson 1997)

guinea pig를 *Legionella pneumophila*를 함유한 aerosol에 폭로시켰을 때, aerosol속에 있는 균수에 있어서 median infectious dose는 129개 이하이고 LD₅₀은 1.4×10⁵개라고 한다.

*Legionella*균은 주로 정체수 및 침전물에서 발견되며, 온도 35~46℃, 습도 65% 이상, pH 2.0~8.5, 철염과 L-cysteine-HCL이 존재할 때 균의 성장이 촉진된다. 그러므로 우리나라에서도 많은 사람들이 *Legionella*에 의한 잠재적인 감염의 위험에 폭로되어 있다고 생각된다.

◆ 대책

- ① 질병예방을 위해 환경중의 분포상황과 발견되는 균의 특성에 관한 체계적인 연구가 이루어져야 한다.
- ② 실내의 상대습도를 70%이하로 유지하고, 냉각시스템에 제습장치를 부착하며 냉각탑에서의 aerosol의 확산을 방지할 수 있는 시설을 설치하여야 한다.
- ③ *Legionella*균은 50℃이상, 20℃이하에서 성장이 둔화되므로 난방이나 냉방시스템의 배관을 단열재로 감거나 유속을 빠르게 함으로서 온도저하 또는 상승을 방지하고 최대한으로 정체시간을 적게 하여야 한다.
- ④ 냉각탑의 저수조를 염소소독을 실시하거나 소형 오존살균장치를 부착하는 방법도 강구되어야 한다.

IV. 요약 및 결론

우리나라의 경우 도시공간의 이용률을 높이기 위해 대규모 건축물이나 공중이용시설의 수가 급증하고 있으며 이러한 시설에 대한 급수·배수시설의 위생관리, 실내공기질 관리 등이 쾌적한 삶을 영위하게 더욱더 중요한 관리대상으로 변하고 있다. 그러나 현실적으로 이와같은 시설의 적정관리에는 많은 제한요인이 필연적으로 나타나게 되며, 이들 문제들은 어느 특정분야의 연구만으로 그 해결책을 제시하기는 어려울 것이므로 환경과학기술과 보건위생학, 건축기술사이의 상호 보완적인 학제간 연구를 통하여 해결책을 강구하지 않으면 안될 것이다.

본 연구에서는 공중이용시설 이용자의 쾌적성과 건강보호를 위해 보건·위생학적 위해성의 예방 및 적정관리를 위한 제도적인 개선방향을 모색하고자 하였다. 현행 우리나라의 공중이용시설 관리는 이를 주관, 운영하는 부서가 분산되어 있어 업무의 효율성이 낮으므로 정부 부처간의 협의를 통하여 이를 재정립하는 것이 바람직하며 업무를 일원화하여 관장할 수 있는 행정적 전담기구의 설치가 필요하다.

또한 각종 오염물질로 인한 보건학적 피해를 정확히 평가하고 법적, 행정적, 기술적인 대책을 수립하기 위해서는 오염물질에 대한 위해성 평가가 선행되어야 하며, 규제기준에 들어있지 않은 잠재적인 오염물질들에 대한 연구조사를 활성화하고 장기적이고 신뢰성있는 기초자료 확보에 관심과 투자가 병행되어야 한다.

그러기 위해서는 이를 관리할 수 있는 위생관리인의 자격요건과 임무의 내용을 한층 더 강화할 필요가 있으며, 측정횟수 또한 증가시키는 방안도 강구되어야 할 것으로 생각된다.

V. 참고 문헌

1. 박성주, 조재창, 김상중, 상수도 계통에서의 세균 분포 및 변화, 한국미생물학회지 31, 245-254, 1993.
2. 박성주, 조재창, 김상중, 상수도 배급수관 생물막에서의 미생물 천이, 한국미생물학회지 32, 1994.
3. 이지형, 안지숙, 김동윤, 수도관 재질에서 BDOC농도에 따른 미생물 성장에 관한 연구, 대한환경공학회지, Vol 19(3), 403~414, 1997
4. Allen. M. J., Taylor. R. H, The occurrence of microorganism in water ma enclustations, J. AWWA. 72(11), 614~625, 1980.
5. Tuovien,O. H., Button, K. S., Viorinen, A., Calson, L., Mair, D.M., Yut, L. Bacterial, chemical and mineralogical characteristics of tubercles in distributi pipelines, J. AWWA, 72(11), 626~635, 1980.
6. Ridgway, H, F., Olson, B. H., Scanning electron microscope evidence for bacte colonization of drinking water distribution system, Appl. Microbiol, 41(1), 274~28 1981.
7. Loreen. A. H., etc, A new *Legionella* species, *Legionella feelii.*, *L nova*, cau Pontiac fever in an automobile plants, Ann. Intern. Med, 333~338, 1984.
8. Hodgson, J. M, Prevalence of *Legionella* bacteria in building water system, 1997.
9. Rose, Joan. B., Occurence and control of Crptosporidium in drinking water : drinking water microbiology Edited by Gordon A McFetere, New York, 297~32 1990.