

Bio Clean Room(BCR)의 멸균을 위한 산소 클러스터이온 발생 장치 개발에 관한 연구

박 동 일, 정 광 섭^{**}, 김 영 일^{*}, 김 성 민
서울과학기술대학교 에너지환경대학원, ^{*}서울과학기술대학교 건축학부

A Study on the Development of Oxygen Cluster Ion Generator for Sterilization of Bio Clean Room(BCR)

Dong-il Park, Kwang-Seop Chung^{**}, Young-Il Kim^{*}, Sung-Min Kim
Graduate School of energy and environment, Seoul National University of Science and Technology,
Seoul 139-743, Korea

^{*}School of Architecture, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea

(Received October 15, 2012; revision received December 7, 2012)

ABSTRACT: Bio Clean Room(BCR) and pharmaceutical product manufacturing facilities require careful assessment of many factors, including HVAC, controls, room finishes, process equipment, room operations, and utilities. Flow of equipment, personnel, and product must also be considered along with system flexibility, redundancy, and maintenance shutdown strategies. It is important to involve designers, operators, commissioning staff, quality control, maintenance, constructors, validation personnel, and the production representative during the conceptual stage of design. Critical variables for room environment and types of controls vary greatly with the clean space's intended purpose. It is particularly important to determine critical parameters with quality assurance to set limits and safety factors for temperature, humidity, room pressure, and other control requirements. In this paper, oxygen cluster ion equipment was utilized in order to enhance the indoor air quality and to prevent the airborne infection of ward in hospital. Moreover, the performance test of the equipment was also performed in order to develop the optimal sterilization system of BCR using the equipment.

Key words: Bio clean room(바이오 클린룸), Oxygen cluster ion(산소이온클러스터), Prototype of sterilization system(멸균시스템의 시제품)

1. 서 론

Bio Clean Room(이하 BCR)은 크게 제약시설, 동물실험실, 식품산업, 그리고 병원으로 분류할 수 있

다. 우리나라의 BCR에 있어서 제약시설은 GMP (Good Manufacturing Practice), 동물실험실은 GLP (Good Laboratory Practice), 식품산업은 HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points)의 규정에 따라 어느 정도 구체화된 시설은 갖추고 있다. 하지만 병원은 아직도 구체화된 규정이 없는 실정으로 국내 병원클린룸 시설은 일본병원설비협회 규정을 따라가고 있다.

† Corresponding author

Tel.: +82-2-970-6561; fax: +82-2-974-1480

E-mail address: kschung@seoultech.ac.kr

병원에서 클린룸이 필요한 이유는 원내감염(No-socomial Infection) 때문이다. 전 세계적으로 병원 클린룸이 본격적으로 도입된 것은 1966년 미국 버튼 기념 병원 수술실을 시작으로 전 세계 병원의 클린룸에 적용되었으며, 국내의 경우는 2000년도부터 도입되고 있다.

원내감염의 원인은 크게 의료기구나 의료진에 의한 접촉감염과 공기에 의한 비접촉감염으로 나뉘어진다. 접촉감염을 방지하기 위해서는 의료진들이 환자와 직접접촉을 최소화하고 의료기구를 청결하게 유지관리하기 위한 SOP(Standard Operating Procedure)가 필요할 것이고, 비접촉감염을 방지하기 위해서는 HEPA Filter 설치, 청결구역의 양압유지, 오염구역의 전배기 등의 클린룸 공조설비가 계획되어 교차오염 및 감염확산의 위험성이 없도록 해야 할 것이며, 나아가서는 멸균(탈취)시스템의 도입도 필요하다.

본 연구는 바이오 클린룸의 멸균을 위한 산소클러스터이온 발생장치를 개발하기 위해 이온발생 장치의 재질 및 덕트 내의 설치 위치(거리)에 따른 음이온 발생량을 파악하여 발생기의 최적의 구성안을 제안하는데 목적이 있다.

2. 실험 개요 및 방법

2.1 개요

산소 클러스터 발생장치의 설계도면 완성 전에, 설계품질을 확보하기 위해 시험용으로 산소 클러스터 발생장치의 시제품(Working Sample)을 제작하여, 음이온 발생관의 구성 재료와 발생관의 구조에 따른 음이온 발생량 성능평가 실험을 수행하였다.

2.2 산소클러스터 발생원리 및 발생장치

본 연구는 BCR의 멸균실험을 위해 산소 클러스터 이온을 도입하였다.

산소 클러스터란 산소분자이온이 약 50~60개 정도 모인 집합체로 공기 중의 악취성분이나 세균·곰팡이 균·바이러스에 흡착하여 감싸는 성질이 있다. 이 성질을 이용하여 공기를 정화함으로써 실내의 쾌적한 환경을 조성할 수 있다.

Fig. 1의 산소클러스터 발생 원리에서 나타내고 있는 것과 같이 공기 중의 전기적으로 중성을 가진

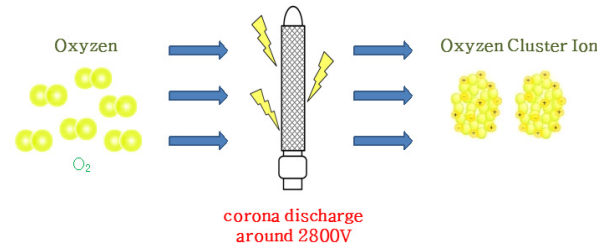


Fig. 1 An principle of oxyzen cluster ion.

산소분자가 교류전압 2800 V로 코로나방전을 하는 생성관에 의하여 마이너스 전자가 떨어져 나가게 되고, 마이너스 전자가 떨어져 나간 산소분자가 O_2^+ 이온이 된다. 또한 떨어져 나간 전자가 다른 산소분자와 결합하여 O_2^- 이온이 된다. 결국 플러스와 마이너스를 하전한 산소분자(O_2^+ 이온 · O_2^- 이온)는 산소분자(O_2)를 끌어들이고, 서로를 끌어당겨 산화현상을 일으킨다. 이것에 의해 O_2^+ 이온, O_2^- 이온, O_2 로 구성된 50~60개의 누적 집합체인 산소 클러스터 이온이 발생된다.

Fig. 2에 나타내고 있는 산소클러스터 발생 장치에서 생성된 방전소자는 바이러스, 곰팡이, 진드기 등의 살균효과와 더불어 담배 냄새, 땀 냄새 등의 탈취효과로 공기를 쾌적하게 만든다.

이러한 방전소자는 유전체를 사이에 두고 위치하는 고압전극과 접지전극으로 구성되며, 외부에 별도로 존재하는 고전압 발생을 위한 회로부를 통해 고전압전극에 고전압을 인가하여 플라즈마 방전한다. 이 과정에서 다량의 산화기 및 수산화기 이온이 다량 생성되어 산화 처리됨으로써 실내공기를 살균, 탈취, 정화시키게 된다.

2.3 시제품의 음이온발생 성능테스트

2.3.1 실험 장치의 구성 및 측정 장비

음이온 발생량을 실험하기 위한 장치를 구성하기 위해 투명 아크릴판을 이용하였으며, 크기는 전체 길이 3,000 mm, 폭 1600 mm, 높이 2100 mm이다. 또한 실험 장치 내부에 설치한 풍도장치는 길이 2,000 mm, 폭 및 높이는 600 mm 정사각형으로 제작하였다.

기류를 층류로 형성하기 위해 토출구로부터 500 mm 떨어진 지점에 정류격자를 설치하여, 기류의 안정성을 도모하였고, 팬 토출구로부터 1 m 떨어진 지점에 산소 클러스터 이온 발생장치를 설치하였다.

Fig. 3은 음이온 측정을 위한 실험 장치의 모습이고, Fig. 4는 발생 이온을 측정하기 위한 측정기이다.

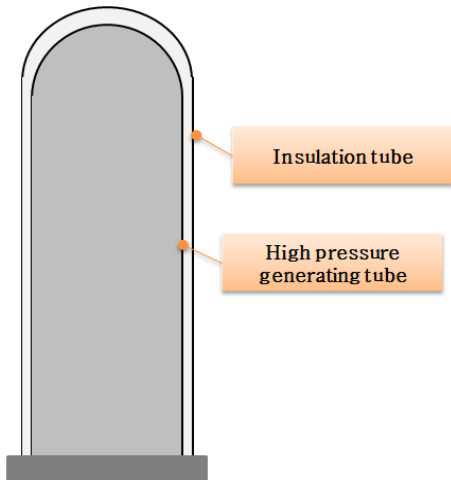


Fig. 2 The structure of oxyzen cluster ion generating tube.

이온측정기는 공기이온(+/-이온)측정을 위한 장비이며, 측정범위는 10~1,236,000 EA/CC, 검출시간은 약 0.25초/1회이다.



Fig. 4 Ionic tester.

2.3.2 산소 클러스터 이온 발생장치의 구성 재질과 측정 지점

산소 클러스터 이온 발생장치의 재질에 따른 음이온 발생량을 파악하기 위하여 절연관과 고압발생부의 재료로 구성된 각각의 시작품을 제작하였다.

절연관의 재질은 석영과 강화유리이며, 고압발생부의 재질은 동관, 동다공관, 알루미늄 다공관, 메쉬 망으로 구성하였다. 또한 덕트 내의 이온클러스터

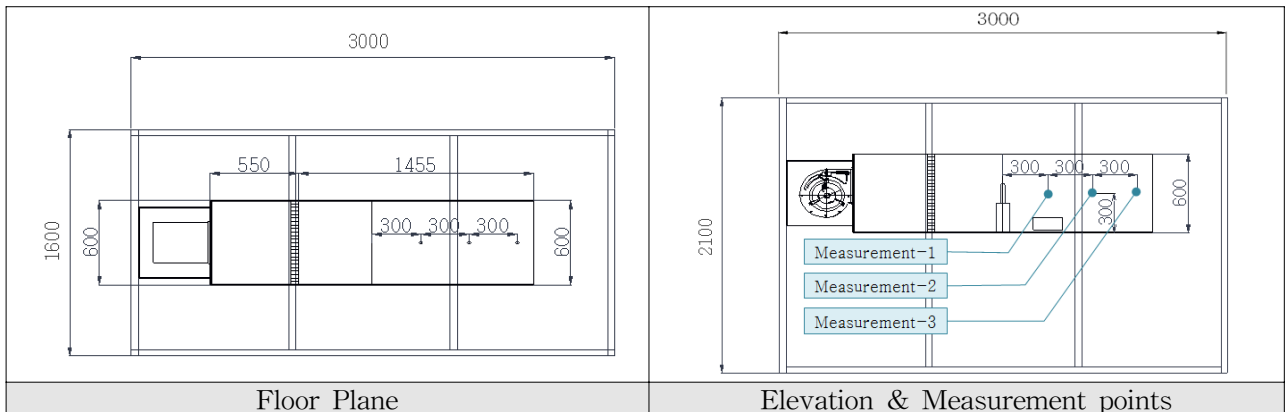
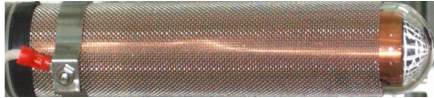





Fig. 3 Drawings of experiment equipment and measurement points.

Table 1 Working sample

The material of High pressure generating tube	Working Sample
Copper plate	
Copper perforated panel	
Aluminum perforated panel	
Mesh panel	

의 위치에 따른 음이온 발생량을 파악하기 위해 실험 장치 내에 설치된 덕트의 팬 토출구로부터 1 m 떨어진 지점에 음이온 발생기를 설치하고, 음이온 발생기로부터 300 mm, 600 mm, 900 mm 떨어진 지점에서 음이온 발생량을 측정하였다.

Table 1은 산소 클러스터 이온 발생장치 중 절연관의 재질이 석영관이고, 고압발생관의 재질이 각각 동판, 동다공판, AL 다공판, 메쉬망으로 구성된 시작품의 사진이다.

3. 실험 결과 및 고찰

본 연구는 음이온 발생장치의 구성 재질과 효율적인 배치 안을 제안하기 위해 음이온발생 장치의 재질과 장치로부터의 거리에 따른 음이온 발생량을 측정하였다.

3.1 이온발생장치 재질 변화에 따른 음이온 발생량

3.1.1 석영관의 고압발생부 재질 변화에 따른 음이온 발생량 비교

절연관의 재질이 석영인 이온발생장치의 고압발생부 재질을 Table 2와 같이 변화시켜 음이온발생량을 측정하였다.

Fig. 5와 Fig. 6은 고압발생부 재질변화와 측정 지점에 따른 음이온 발생량을 나타낸 그래프이고, Table 3은 재료 및 측정지점 변화에 따른 음이온 발생량을 나타낸 표이다.

300 mm 지점에서 측정한 결과 석영관의 고압발생부의 재질이 동판으로 이루어졌을 때 음이온 발생량 214 EA/CC로 가장 높게 나타났고, 메쉬망 재질이 153 EA/CC로 가장 낮게 나타났다.

600 mm 지점의 경우도 300 mm 지점과 동일하게 동판 재질의 음이온 발생량 209 EA/CC로 가장

Table 2 Experimental condition

The material of Insulation tube	The material of High pressure generating tube			
Quartz tube	Copper plate	Copper perforated panel	Aluminum perforated panel	SUS Mesh panel #24

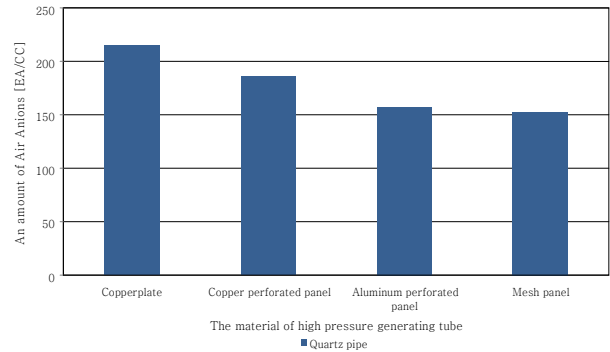


Fig. 5 The anion emission according to material changes of ion generation device(Quartz pipe).

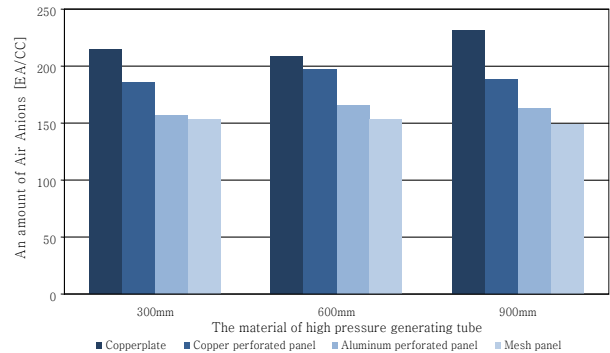


Fig. 6 The anion emission according to the distance(Quartz pipe).

Table 3 An amount of the anions(Quartz pipe)

Measure distance	Copper plate [EA/CC]	Copper perforated panel [EA/CC]	Aluminum perforated panel [EA/CC]	Mesh panel [EA/CC]
300 mm	214	186	157	153
600 mm	209	197	166	153
900 mm	231	189	163	149

높게 나타났고, 가장 낮게 발생된 재질도 메쉬망으로 나타났다.

900 mm 지점에서 측정한 결과도 역시 고압발생부의 재질이 동판으로 이루어진 경우가 음이온 발생량 231 EA/CC로 가장 높았고, 메쉬망 재질이 가장 낮게 나타났다.

측점 지점에 따른 음이온 발생량은 절연관의 재질이 석영인 이온발생장치의 경우 고압발생부의 재질이 동판으로 이루어지고, 발생장치로부터 900 mm 떨어진 지점에서 음이온의 발생량이 가장 높게 나타나

Table 4 Experimental condition

The material of Insulation tube	The material of High pressure generating tube			
	Copper plate	Copper perforated panel	Aluminum perforated panel	SUS Mesh panel #24
Tempered glass pipe				

는 것을 알 수 있었다.

음이온 발생량이 가장 높은 것과 가장 낮은 것의 발생량은 약 35% 정도 차이가 났으며, 측정 지점의 경우는 일정한 패턴을 보이지 않았다.

3.1.2 강화유리의 고압발생부 재질 변화에 따른 음이온 발생량 비교

절연관의 재질이 강화유리인 이온발생장치의 고압발생부 재질을 Table 4와 같이 변화시켜 음이온 발생량을 측정하였다.

Fig. 7과 Fig. 8은 고압발생부 재질변화와 측정

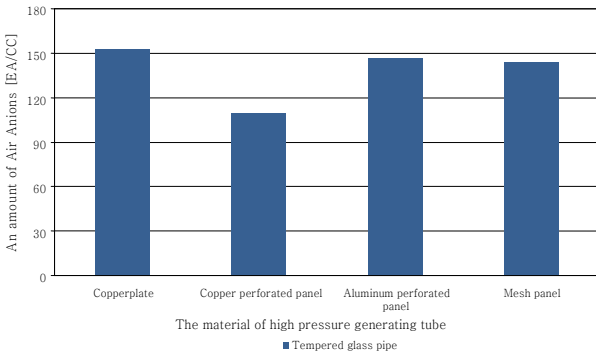


Fig. 7 The anion emission according to material changes of ion generation device(Tempered glass pipe).

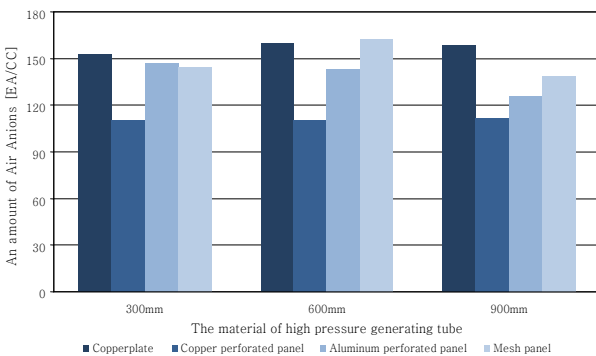


Fig. 8 The anion emission according to the distance(Tempered glass pipe).

Table 5 An amount of the anions(Tempered glass pipe)

Measure distance	Copper plate	Copper perforated panel	Aluminum perforated panel	Mesh panel
	[EA/CC]	[EA/CC]	[EA/CC]	[EA/CC]
300 mm	153	110	147	144
600 mm	160	110	143	163
900 mm	159	111	126	139

지점에 따른 음이온 발생량을 나타낸 그래프이고, Table 5는 재료 및 측정지점 변화에 따른 음이온 발생량을 나타낸 표이다.

300 mm 지점에서 측정한 결과 강화유리의 고압발생부의 재질이 동판으로 이루어졌을 때 음이온 발생량 153 EA/CC로 가장 높게 나타났고, 동다공판 재질이 110 EA/CC로 가장 낮게 나타났다.

600 mm 지점에서 측정한 결과 강화유리의 고압발생부의 재질이 메쉬망으로 이루어졌을 경우가 음이온 발생량 163 EA/CC로 가장 높게 나타났고, 가장 낮게 발생된 재질은 동다공판 재질로 동일하게 나타났다.

900 mm 지점에서 측정한 결과는 300 mm 지점과 동일하게 고압발생부의 재질이 동판으로 이루어졌을 경우가 음이온 발생량 가장 높았고, 동다공판 재질이 가장 낮게 나타났다.

절연관의 재질이 강화유리인 이온발생장치의 경우 고압발생부의 재질이 메쉬망으로 이루어지고, 발생장치로부터 600 mm 떨어진 지점에서 음이온의 발생량이 가장 높게 나타나는 것을 알 수 있었으며, 음이온 발생량이 가장 높은 경우와 가장 낮은 경우 발생량은 약 33% 정도 차이가 나는 것을 알 수 있었다.

3.2 절연관 재질 변화에 따른 음이온 발생량

Fig. 9~Fig. 11은 절연관의 재질 변화와 고압발생부의 변화에 따른 음이온 발생량을 비교한 그래프이고, Table 6은 그 발생량을 나타낸 표이다.

300 mm 지점에서 절연관과 고압발생관의 재질에 따른 음이온 발생량을 비교한 결과 절연재질이 석영으로 구성되어있는 경우가 강화유리로 구성되어있는 발생장치보다 약 20% 정도 높게 측정되는 것을 알 수 있었다.

고압발생관의 재질이 동다공판일 때 음이온 발생

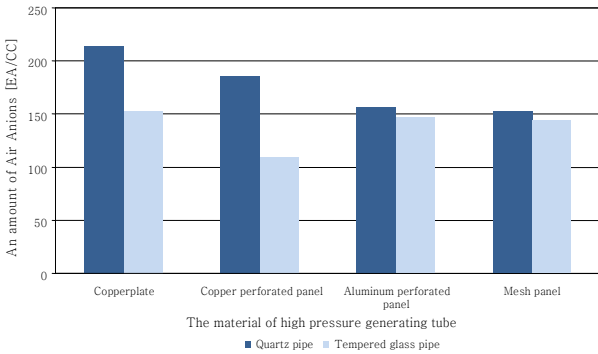


Fig. 9 The anion emission according to material changes of ion generation device(Measurement point : 300 mm).

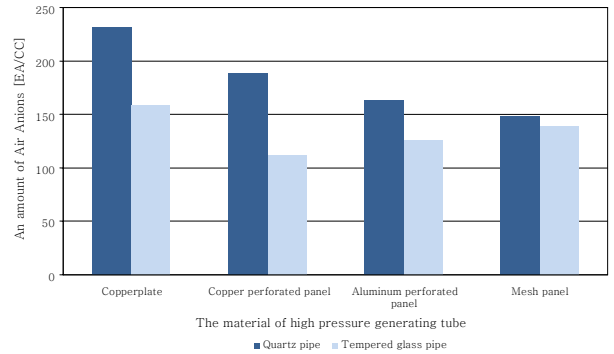


Fig. 11 The anion emission according to material changes of ion generation device(Measurement point : 900 mm).

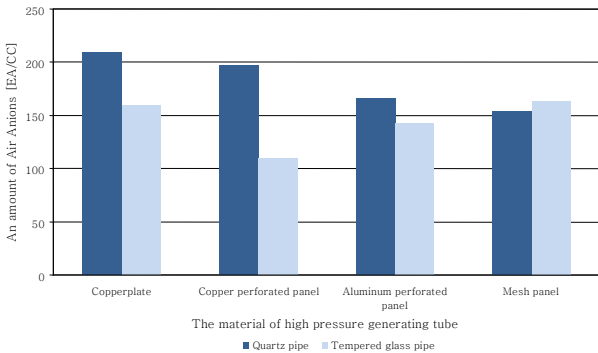


Fig. 10 The anion emission according to material changes of ion generation device(Measurement point : 600 mm).

량의 차이가 가장 크게 나타났으며, 절연관의 재질이 석영일 때와 강화유리일 때 음이온 발생량 차이는 약 41% 정도로 나타났다.

600 mm 지점에서 절연관과 고압발생관의 재질에 따른 음이온 발생량을 비교한 결과도 300 mm와 동일하게 절연관의 재질이 석영으로 구성되어있는

경우가 강화유리로 구성되어있는 발생장치보다 높게 측정되었다. 600 mm 지점에서 측정된 석영과 강화유리의 음이온 발생량의 차이는 약 19% 정도로 나타났다.

600 mm 지점에서 측정된 결과 음이온 발생량의 차이가 가장 큰 것은 300 mm 지점의 결과와 동일하게 동다공판으로 나타났으며, 절연재질의 재질이 석영일 때와 강화유리일 때 음이온 발생량 차이는 약 44% 정도로 나타났다.

900 mm 지점에서 절연관과 고압발생관의 재질에 따른 음이온 발생량을 비교한 결과 역시 300 mm, 600 mm 지점과 동일하게 절연관의 재질이 석영으로 구성되어있는 경우가 강화유리로 구성되어있는 발생장치보다 높게 측정되었으며, 그 차이는 약 25% 정도로 나타났다.

900 mm 지점의 절연관의 재질에 따른 음이온 발생량 차이 역시 300 mm 지점과 600 mm 지점과 동일하게 나타났으며, 그 차이는 약 41% 정도로 나타났다.

Table 6 An amount of the anions

Measure distance	The material of Aion generating tube	The material of high pressure generating tube			
		Copper plate [EA/CC]	Copper perforated panel [EA/CC]	Aluminum perforated panel [EA/CC]	Mesh panel [EA/CC]
300 mm	Quartz pipe	214	186	157	153
	Tempered glass pipe	153	110	147	144
600 mm	Quartz pipe	209	197	166	153
	Tempered glass pipe	160	110	143	163
900 mm	Quartz pipe	231	189	163	149
	Tempered glass pipe	159	111	126	139

4. 결 론

본 연구에서는 음이온 발생장치의 구성 재질에 따른 음이온 발생량과 설치 위치에 대한 변화를 측정·분석하여 다음의 결론을 얻었다.

음이온 발생장치의 음이온 발생량은 재질이 석영관-동판으로 구성된 것이 가장 높았으며, 다른 재질의 발생장치보다 약 26% 정도 높은 것을 알 수 있었다.

다음으로 석영관-동다공판, 석영관-AL 다공판 순으로 높게 나타났으며, 강화유리-동다공판으로 구성된 발생장치의 음이온 발생량이 가장 낮은 것으로 나타났다.

음이온 발생장치와 측정 거리에 따른 발생량은 900 mm가 가장 높게 나타났지만, 거리에 따른 발생량 변화에 대한 일정한 패턴은 보이지 않는 것을 알 수 있었다.

향후 보다 더 정확한 기준을 도출하기 위해서는 풍량 변화에 따른 음이온 발생량과 미세 먼지 농도, 그리고 음이온 발생량과 멸균(제균)효과에 관한 검증실험이 필요할 것으로 판단되며, 기존의 병원 바이오 클린룸 설비와의 조합에 관한 연구가 수반되어야 할 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 2012년도 서울과학기술대학교와 가족

회사(하나지엔씨)의 연구교류회 지원비로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Healthkorea, 2009.
2. WHO, 2007, Avian Influenza, Including Influenza A(H5N1), in Humans : WHO Interim Infection Control Guideline for Health Care Facilities.
3. Esswein, E. J. et al., 2004, Environmental and Occupational Health Response to SARS, Taiwan, EID, Vol. 10, No. 7.
4. CDC, 2007, Guidelines for Isolation Precautions : Preventing Transmission of Infectious Agents in Healthcare Settings-Recommendations of CDC and HICPAC.
5. Healthkorea, 2009.
6. Axley, J. W., 2000, Design and Simulation of Natural Ventilation Systems Using Loop Equations. in Healthy Buildings 2000, Espoo, Finland.
7. ASHRAE Laboratory Design Guide.
8. Adams, E. W. et al., 1993, Simulations of IAQ and comfort in multizone buildings. Indoor Air, Vol. 93, pp. 533-538.