

오존을 이용한 실내공기 필터 살균장치 개발을 위한 기초 연구

이현경\*, 김태훈\*\*, 정재승\*, 김진규\*  
 경북대학교\*, 한국기초전력연구원\*\*

A Basic Study on Inner Air Filter Sterilization System using Ozone

Heon-Gyeong Lee\*, Tae-Hoon Kim\*\*, Jae-Seung Jung\*, Jin-Gyu Kim\*  
 Kyungpook National University\*, Korea Electrical Engineering & Science Research institute\*\*

**Abstract** - 실내공기 정화를 목적으로 하는 에어컨이나 공기청정기 등의 경우 사용시간이 길어질수록 공기 정화용 필터에 오염물질이 축적되고 수많은 세균이 필터에 증식하게 되며, 이에 대한 유효한 살균방법 중의 하나인 오존살균방법을 이용하게 된다. 오존은 강력한 살균력과 단시간의 환원작용으로 인해 이차적인 잔류 오염물질을 남기지 않는다는 장점이 있다. 본 연구에서는 선대 그물형 전극을 적용한 실내필터 살균용 오존 발생장치의 선전극 개수에 따른 살균을 위한 최적의 오존 발생 특성에 대한 실험을 수행하였다. 실험결과, 실내필터 살균을 위한 최적의 오존농도는 약 2[ppm] 정도가 요구되므로, 본 오존 발생장치의 경우 선전극이 7개이고 인가전압이 18[kV]일 때 1.134[W]의 전력으로 3.527[ppm/W]의 오존을 발생시켰다.

1. 서 론

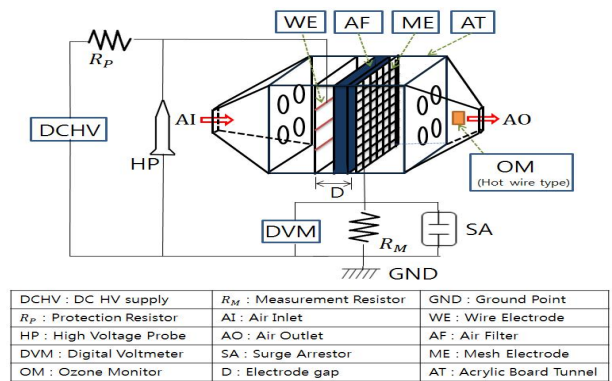
오늘날 현대인은 대부분의 시간을 실내에서 보내고 있으며 이로 인한 실내공기 오염 및 정화에 많은 관심을 가지고 있다. 실내공기 오염의 종류로서는 곰팡이, 부유 분진, 석면, 각종 미생물 등과 같은 내부오염의 요인과 미세먼지, 황사 등과 같이 외부에서 내부로 유입되는 외부오염의 요인이 있다[1-2]. 이를 해결하기 위한 방법으로 환기를 하거나 공기청정기를 사용하는데, 이때 공기청정기의 필터를 장기간 사용 시 각종 세균이 증식할 가능성이 증가하게 된다. 실내 공기 정화용 필터의 세균 살균방법으로는 조사법(UV법), 가스법 등이 있으며, 본 연구에서는 오존에 의한 살균법을 채택하였다[3]. 오존은 산화작용에 의한 강한 살균력을 가지고 있어 대기 오염 물질의 제거, 수질 정화, 살균, 탈취 등 산업 전반에 걸쳐 다방면으로 응용되고 있다. 발생된 오존의 경우 단시간 내에 쉽게 산소로 환원되기 때문에 잔류 오염물질을 발생시키지 않는다는 장점이 있다[4]. 대장균, 고초균, 포도상구균 등과 같은 세균들을 살균하기 위해서는 오존농도가 1~2[ppm]으로 약 90초 정도의 살균시간이 걸린다. 따라서 생활환경 기준치(0.1[ppm]/8[hrs])를 초과하지 않고, 적절한 살균력을 갖도록 효과적인 오존 발생과 더불어 살균 후 잔여 오존량의 적정한 제거가 필요하다[5].

전형적인 오존 발생장치의 경우 유전체 장벽방전, 전위방전, 펄스 코로나 방전, 표면방전, 무성방전, 글로우 방전 등을 이용하고 있다. 이와 같은 방식 중 코로나 방전방식은 가장 단순한 구조를 가지면서 강한 불평등 전계를 형성하여 오존을 효율적으로 발생시킬 수 있는 방법으로 알려져 있다[6-8]. 본 연구는 불평등 전계에 의한 코로나 방전이 가능한 선대 그물형 전극을 이용한 실내필터 살균용 오존 발생장치에서의 살균을 위한 최적의 오존 발생 특성에 대한 기초연구이다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

그림 1은 실험장치의 개략도로서, 직육면체 아크릴 챔버(가로 470[mm], 세로 250[mm]) 내부에 코로나 전극인 선전극과 그물형인 접지전극으로 구성된 오존 발생장치를 설치하였다. 선전극은 직경 0.2[mm], 길이 230[mm]인 스테인리스(stainless 402) 선전극이고, 접지전극은 그물형 전극(stainless mesh, 가로 230[mm], 세로 205[mm])이다. 선전극과 그물형 전극 사이에 공기정화용 필터(현대자동차용 실내필터, 가로 230[mm], 세로 205[mm], 두께 2[mm])를 삽입하였다. 그 외에 직류고전압 장치(Spellman, SL600), 오존 모니터(In USA, IN-2000), 고전압 프로브와 DVM 그리고 측정저항, 보호저항이 사용되었다.



<그림 1> 실험장치 개략도

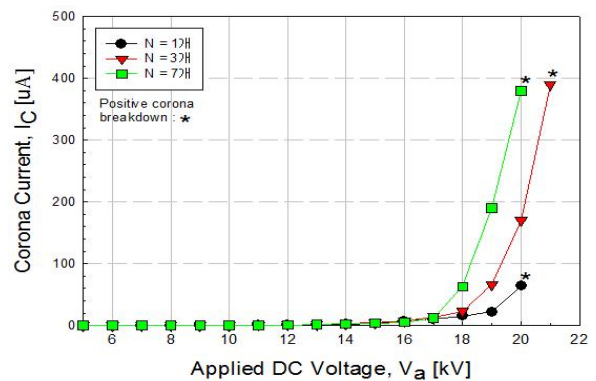
2.2 실험방법

코로나 선전극은 직경 0.2[mm]로 고정하고, 코로나 전극과 접지 전극 간격(electrode gap, D)은 20.0[mm]으로 하였으며, 전원으로는 0~40[kV]의 직류고전압을 사용하였을 때 선전극의 개수에 따른 전압, 전류, 오존량을 측정하였다.

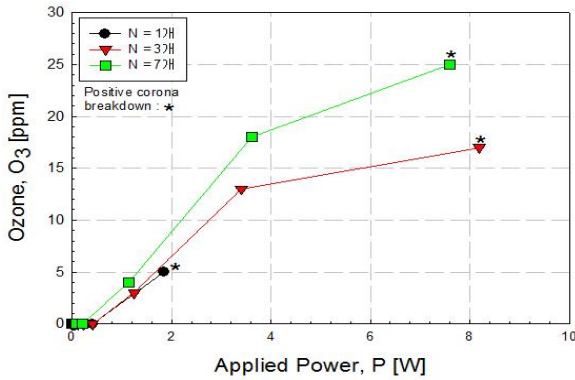
코로나 전극에 인가되는 전압과 방전 전류는 DVM(Yokogawa, 73401)과 고전압 프로브 그리고 측정저항(1[kΩ])을 사용하여 측정하였다. 오존 측정은 접지 전극으로부터 280[mm] 후방에서 오존을 샘플링하여 오존 발생장치 내부에서 발생하는 평균오존을 측정하였다. 실험은 외부와 차단된 온도 24.5[°C], 습도 45[%]인 실험실에서 수행되었다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 2는 코로나 선전극의 개수에 따른 전압-전류의 특성을 나타낸다. 코로나 선전극에 직류 고전압을 인가하면 코로나 방전개시 전압 이후에 방전 전류가 급격히 증가하다가 절연과파가 되는 전형적인 코로나 방전 특성을 보인다. 코로나 방전개시는 공통적으로 전압이 약 15[kV]일 때 시작되었고, 절연과파전압은 선전극의 개수가 1개, 3개, 7개일 때, 각각 20[kV], 21[kV], 19.6[kV]으로 나타났다. 전기전도도를 나타내는 기울기(전류상승분/전압상승분 : slope=ΔI/ΔV)는 전압이 8[kV]~12[kV]



<그림 2> 선전극 개수에 따른 I-V 특성

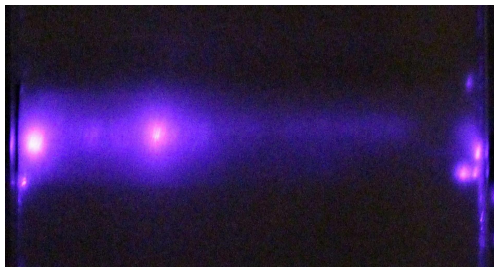


〈그림 3〉 인가 전력에 따른 오존 발생 특성

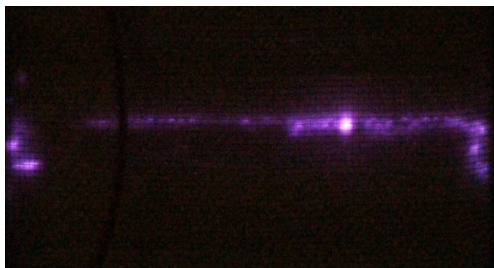
까지는 0.2[uA]/1[kV]로 일정하고, 13[kV]~15[kV]의 구간에는 1[uA]/1[kV]이다. 15[kV] 이상인 코로나 방전개시전압 이후부터는 그 기울기가 급격하게 변화하여 절연과괴로 이행되었다. 동일한 인가전압에서는 선전극의 개수가 증가함에 따라 방전 전류가 증가하지만, 절연과괴 직전의 코로나 전류는 선전극이 3, 7개인 경우에서 유사하게 나타난다.

그림 3은 코로나 선전극의 개수변화에 따른 인가전력-오존 발생 특성을 나타낸 것이다. 인가전력은  $P=VI$ 로 계산된다. 오존은 코로나 개시전압 이후부터 발생하기 시작하며, 절연과괴가 되는 부분에서 최대 오존 발생량이 얻어진다. 동일한 인가 전력에서의 오존발생량은 선전극의 수가 증가할수록 증가하는 것으로 나타나며, 이는 오존 발생영역인 코로나 방전 영역의 증가에 의한 것으로 사료된다. 최대 오존 발생량은 선전극이 7개, 전력이 7.6[W]일 때 25[ppm]이다.

그림 4는 본 실험에 사용된 코로나 방전장치의 코로나 방전 사진이다. 그림 4(a)는 코로나 방전 전극에서 발생한 코로나 방전 사진이며, 선전극에서 발생한 코로나 방전뿐만 아니라 필터상에서도 방전이 발생함을 알 수 있다. 그림 4(b)는 접지전극을 찍은 사진이며 필터에서 발생한 방전이 더욱 분명하게 나타나 있다.



(a) 방전전극 사진



(b) 접지전극 사진

〈그림 4〉 선대 그물형 코로나 방전 사진

표 1은 실험에 사용된 코로나 방전장치의 전기적 특성, 오존발생량, 전력대비 오존 발생 효율을 나타낸 표이다. 오존 발생의 효율,  $\eta=O_3/P$ [ppm/W]로 계산된다. 코로나 방전 전극 개수가 증가하면 오존 발생량이 증가하는 것을 볼 수 있지만, 절연과괴전압에 가까워질수록 코로나 전류는 급격히 증가하는 데 비해 오존발생량의 증가 폭은 크게 감소하게 되어 전력대비 효율이 감소하게 된다. 선전극이 7개이고, 전압이 19[kV]일 때 오존 발생 효율이 4.986[ppm/W]으로 최대로 나타나며, 선전극이 1개 일 경우의 2.717[ppm/W]과 비교하면 약 1.83배가 차이가 낮

다. 살균에 필요한 오존농도는 약 2[ppm] 정도이며, 이를 위해서는 선전극이 7개이고, 18[kV] 일 때 전력소비가 1.134[W], 오존 발생 효율이 3.527[ppm/W]로 현 실험에서 얻을 수 있는 최적의 조건으로 볼 수 있다.

〈표 1〉 코로나 선전극의 개수(N)에 따른 방전 특성

* 절연과괴전압	전압 [kV]	전류 [μA]	전력 [W]	오존 [ppm]	효율 [ppm/W]
N = 1	20*	92	1.84	1~5	2.717
N = 3	19	66	1.254	1~3	2.392
	20	170	3.4	~13	3.823
N = 7	21*	390	8.19	~17	2.075
	18	63	1.134	1~4	3.527
	19	190	3.61	~18	4.986
	20*	380	7.6	~25	3.289

#### 4. 결 론

본 연구는 공기 정화용 필터의 살균을 위한 선대 그물형 전극구조의 오존 발생장치에서의 코로나방전 특성과 오존 발생 특성 결과로 다음과 같은 결론을 얻었다. 코로나 선전극이 1개, 3개 일 때, 코로나 최대 전류는 각각 92[uA], 390[uA]으로 약 4.23배가 차이가 났다. 그리고 선전극이 7개일 때의 코로나 최대 전류는 380[uA]으로 감소하였다. 이는 선전극의 간격이 가까워져서 방전 공간 내 불평등 전계의 불평등도가 감소하여 코로나 방전이 약해지기 때문이라고 사료된다. 오존 발생 효율은 선전극의 개수(N)가 7개이고, 전압이 19[kV]일 때 4.986[ppm/W]으로 최대로 나타난다. 그리고 개수가 1개일 경우에는 2.717[ppm/W]로 7개일 경우가 약 1.83배로 효율이 높게 나타났다. 살균을 위한 오존농도는 약 2[ppm] 정도가 필요하므로 본 연구에서는 저전력에서 효율적 전극구조인 선전극이 7개인 경우가 인가전압이 18[kV]일 때 전력소비가 1.134[W]에서 3.527[ppm/W]의 효율적인 오존발생량을 나타내었다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] J. J. Yee, "Indoor Air Pollution and Ventilation System", 空氣調和冷凍工學 제24권 제1호 1-13 (13 pages), 1995.2.
- [2] 홍성갑, 정용태, 천경호, 백순영, "Isolation and Identification of Bacteria from Air Conditioners and its Hygiene", 미생물학회지 39 권 4호 283-287 (5 pages), 2003.12.
- [3] 황상구, 최홍규, 송영주식, 윤철구, 이정은, 신혜영, "A study on the Lighting Fixture with Sterilization Feature about Airborne Bacteria", 한국조명·전기설비학회 2010 추계학술대회 논문집 19-21 (3 pages), 2010.9.
- [4] Stanislav Pekarek, "Ozone production of hollow-needle-to-mesh negative corona discharge enhanced by dielectric tube on the needle electrode", Plasma Sources Sci. Technol. 23, 062001 5pp, 2014.
- [5] W.J. Kowalski, W.P. Bahnfleth, T.S. Whittam, "Bactericidal Effects of High Airborne Ozone Concentrations on Escherichia coli and Staphylococcus aureu", Ozone Science & Engineering Vol. 20 pp. 205-221, 1998.
- [6] K. Teranishil, N. Shimomural, S. Suzuki, H. Itoh, "Development of dielectric barrier discharge-type ozone generator constructed with piezoelectric transformers: effect of dielectric electrode materials on ozone generation", Plasma Sources Sci. Technol. 18,045011 10pp, 2009.
- [7] Z. Buntat, IR. Smith, NAM. Razali, "Ozone Generation by Pulsed Streamer Discharge in Air", Applied Physics Research, 2009.
- [8] Z. Buntat, IR. Smith, NAM. Razali, "Ozone generation using atmospheric pressure glow discharge in air", Applied Physics Research, 2009.