

전기식을 이용한 공기 중 미생물 입자 수집 및 농축 장치 개발 연구

이창익*, 김상웅*, 김태환*, 서동성*
*한소주식회사
e-mail:cilee@hansoinc.com

Development of Microbial Particle Collection and Concentration Device in Air Using Electrical System

Chang Ick Lee*, Sang Woong Kim*, Tae Hwan Kim*, Dong Sung Seo*,
*HANSO Inc.

요약

공기 중에 부유하는 미생물입자를 코로나방전을 통한 정전기적 인력을 이용하여 수집 및 농축하는 미생물 수집장치에 관한 연구로서, 본 장치는 공기 중 미생물입자를 효율적으로 수집하여 10 μ m 이상의 크기와 1 μ m 미만의 작은 입자 까지도 효과적으로 수집할 수 있으며, 0.1 μ m 크기의 미생물입자는 95% 이상의 높은 수집효율을 나타낸다. 특히 공기 중 바이러스 크기가 0.02~0.3 μ m임을 감안하면 전기식 수집 및 농축장치는 바이러스의 수집과 농축이 가능하며, 수집과정에서 바이러스의 손상이 낮아 살아있는 바이러스를 더 많이 수집할 수 있으므로 검사의 신뢰성을 높일 수 있다.

1. 서론

현재 전 세계의 코로나 사태에서 보듯이 바이러스는 인류에게 큰 영향을 미친다. 특히 바이러스는 다양한 전파경로를 통하여 빠른 속도로 전염되어, 공기 중 바이러스 또는 박테리아를 수집하여 검사하고 분석하는 감시시스템의 필요성이 높아지고 있다. 신속하고 정확한 분석과 검사를 위해서는 공기 중의 바이러스나 박테리아의 수집이 선행되어야 하며, 수집된 시료의 빠른 분석과 검사를 통하여 공기 중의 전염성 미생물의 오염 여부를 확인하는 시스템의 구축이 필요하다.

본 연구에서는 울산과학기술원(UNIST), 장재성교수 연구팀과 공동으로 공기 중의 입자를 코로나방전을 통하여 하전을 띠게 하여 정전기력을 이용함으로써, 공기 중의 바이러스 크기의 입자까지 효율적으로 수집할 수 있는 상용장치를 개발하였다. 전기식 수집방식은 10 μ m 이상의 크기부터 1 μ m 미만의 작은 입자까지 효과적으로 수집할 수 있으며, 수집과정에서 손상되기 쉬운 바이러스 같은 미생물입자를 살아있는 상태로 많이 수집할 수 있어 분석과 검사의 신뢰성을 높일 수 있다. 또한 실험실 수준의 장치를 상용제품으로 개발하여 이동 및 운반의 용이성과 수집장치의 신뢰성을 높였다.

2. 연구내용

전기식 수집장치는 수집되는 공기에 함유된 미생물을 포함한 입자들을 +2~+5kV의 전압의 코로나방전을 통과시켜 하전을 띠게 한 다음, 수집 기체를 반대극성인 -5~-10kV 전압으로 대전된 수집전극에 부딪혀서 정전기적 인력으로 달라붙어서 수집하게 된다.

전기식 수집장치의 성능을 평가하기 위해 전체적인 실험장치의 구성은 그림 1에서 보는 바와 같이 나타나며, 이는 크게 에어로졸 발생장치, 에어로졸 측정장치 그리고 본 연구에서 제작된 전기식 수집장치로 구성되어 있다. 1~3 μ m 크기의 입자들은 PSL(Polystyrene latex particle)을 사용하여 분무가 이루어졌으며, PSL 입자의 밀도는 1.05g/cm³이다. 전기식 수집장치는 PSL입자를 사용하여 수집효율을 측정하였다.

크기가 0.1 μ m, 1 μ m 그리고 3 μ m인 3종류의 PSL입자를 입자발생장치(3-Jet aerosol nebulizer; CN24, TSI)를 이용하여 발생시켰다.

본 실험에서는 압축공기가 HEPA필터(High efficiency particulate air filter; TSI)를 입자발생기로 들어가게 된다. 이때 입자발생기로 들어가는 유량은(Mass flow controller; M3030V, Line Tech)로 조절되며 입자발생기로 들어가는 공기의 유량은 2~5L/min이다. 에어로졸 발생기로부터 생성된 에

사사

본 연구는 방위사업청과 산업자원통상부의 ‘민군기술 적용연구사업’으로 수행된 연구에서 개발된 결과입니다. 이에 감사드립니다.

어로졸에 존재하는 수분을 제거하기 위하여 확산건조기(Diffusion dryer)가 설치되었고, 건조기를 통과한 에어로졸의 입자들이 가지는 하전이 Boltzmann 분포에 가깝게 하기 위하여 입자중화기(Soft X-ray charger; XDR-370, HCT Inc)를 통과한 다음 공기와 혼합되고 희석하게 된다. 혼합되는 희석 공기는 MFC로 조절되며 유량은 5~10 L/min로 공급된다. 공기와 희석된 시험 입자는 전기식 수집장치로 들어가며 수집장치 입구와 출구에서 입자들의 크기와 개수를 측정되어 수집장치의 효율을 측정한다.

이때 수집장치의 수집유량은 1.2~2.0L/min이며 나머지 유량들은 밖으로 배출된다. 0.1 μ m의 크기를 가지는 PSL입자는 SMPS(Scanning mobility particle sizer, 3936L10, TSD)를 사용하여 측정되며, 1 μ m와 3 μ m의 크기를 가지는 입자들은 OPC(Optical particle counter, Gremme, Model-1109)를 사용하여 측정되었다.

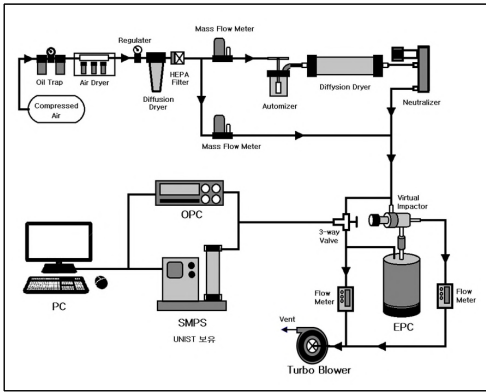


그림 1. 실험장치 구성도

3. 기대효과

본 연구에서 개발한 전기식 수집장치는 1.2L/min의 유량에서 크기가 0.1 μ m, 1 μ m 그리고 3 μ m인 PSL입자의 수집 효율이 99%로 성능이 우수한 것으로 나타났다. 현재 상용 수집장치들과 비교하였을 때 특히 0.1 μ m크기의 입자의 수집효율이 높게 나타났다. 공기 중 바이러스의 크기가 0.02~0.3 μ m 임을 감안하면 전기식 수집방식은 바이러스의 수집이 가능함을 알 수 있다. 이러한 수집방식은 공기 중에 부유하는 바이러스, 특히 공기 중 전파가 가능한 전염성 바이러스의 수집이 가능하며, 우수한 효율로 수집된 높은 농도의 시료는 빠른 분석과 검사를 통하여 판별할 수 있는 기회를 제공할 수 있다.

참고문헌

[1] 홍성결, 장재성, “Gentle Sampling of Submicrometer Airborne Virus Particles using a Personal Electrostatic Particle Concentrator”, Environmental Science & Technology, 11월, 2016년.