

PF6) 항균 필터의 미생물 오염에 관한 수치적 연구

Numerical Study on the Microbial Contamination of Antimicrobial Air Filters

윤기영 · 박재홍 · 김양선 · 박철우 · 황정호
 연세대학교 기계공학과

1. 서 론

바이오에어로졸은 바이러스, 세균, 곰팡이 등을 포함하는 생명체로부터 기인한 부유 입자상 물질을 의미한다. 바이오에어로졸은 감염, 독성, 또는 알러지 반응 등을 통해 인체에 유해한 영향을 미친다. 실내 공간에서 바이오에어로졸은 공조 시스템(HVAC system) 내부의 필터 및 열교환기 등에서 부착 및 번식하여 그 수가 증가하며, 이는 특히 습도가 높은 환경에서 주로 관찰된다(Bonnevie Perrier et al., 2008). 항균처리는 이러한 문제에 대한 해결책이 될 수 있으며, 요오드, 은 등의 다양한 항균 물질들이 공조용 필터에 항균 처리를 위해 적용된 바 있다(Lee et al., 2008; Yoon et al., 2008b). Verdenelli et al. (2003)은 항균 처리된 공조용 필터가 미생물의 번식을 지연시키는 역할을 하며, 이를 완벽하게 억제할 수 없다는 것을 실험적으로 규명하였다. 본 연구에서는 수치적 모델을 이용하여 항균필터 상에서 미생물이 번식하는 현상에 대해 모델링을 수행하였다.

2. 방 법

본 연구에서는 특정 환경 내에서 개체수의 증가를 모델링하기 위해 주로 사용되는 logistic model을 항균 필터의 특성에 맞게 다음과 같이 변형하여 사용하였다.

$$dN_{exist}'' / dt = r(1 - N_{exist}'' / N_{max}'')N_{exist}'' + \dot{N}_{surv}'' \quad (1)$$

여기서, N_{exist} 는 필터 상에 존재하는 미생물의 수를 나타내며, N_{max} 는 필터 상에서 번식할 수 있는 미생물 수의 최대값을 나타낸다. r 은 필터상의 미생물이 번식하는 번식 속도를 의미하며, N_{surv} 는 필터에 포집된 바이오에어로졸 중, 항균 필터의 항균 성능에 의해 생명성이 저하된 후, 필터 상에서 번식할 수 있는 생명성을 지닌 바이오에어로졸의 수를 의미한다. 필터 상의 미생물은 식(1)에 의해 번식하며, 번식된 미생물 중 일정 비율만큼 비산되어 실내 공간으로 유입된다고 가정하였다.

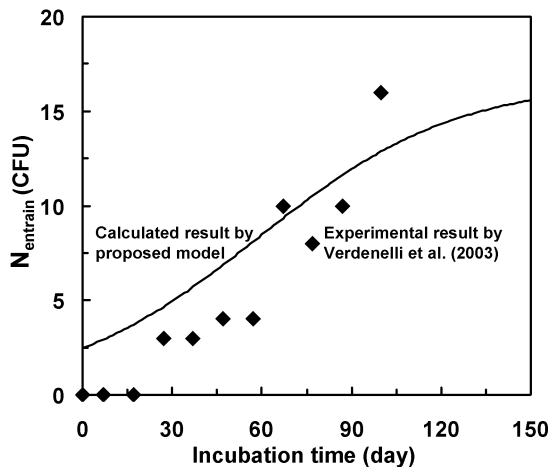


Fig. 1. Comparison of the experimental and numerical results.

3. 결 과

Trial-and-error 방식으로 실험 결과와 계산 결과를 비교하며, 적절한 r 값을 설정할 수 있었다. 이렇게 구해진 r 값과 Verdenelli et al.(2003)의 실험 조건을 식 (1)에 대입함으로써 항균필터 상에서 미생물이 번식하고 비산되는 경향을 계산할 수 있었다. 선행 연구인 Verdenelli et al.(2003)의 실험 결과와, 본 연구에 의해 계산된 결과를 비교하여 그림 1에 나타내었다. 실험 결과와 유사한 경향을 보이며, 필터 상의 미생물이 번식하고, 비산되는 것을 수치적으로 모델링 할 수 있었다.

이를 바탕으로 다양한 항균 성능을 갖는 항균 필터가 500CFU/m³의 농도로 바이오에어로졸이 존재하는 공간에 적용되었을 경우를 모델링하였다. 이 때, 필터의 면적 1cm²를 대상으로 계산하였고, 필터를 통과하는 유속은 0.1m/s로 가정하였다. 필터의 집진 성능은 80%로 설정하였고, 항균 성능은 1%~99%로 설정하였다. 본 조건에서의 계산 결과를 그림 2에 나타내었다. 항균 성능이 높을수록 항균 필터 상에서의 미생물 번식이 억제되며, 따라서 미생물 번식에 의한 바이오에어로졸 비산도 지연되는 것을 수치적으로 확인할 수 있었다.

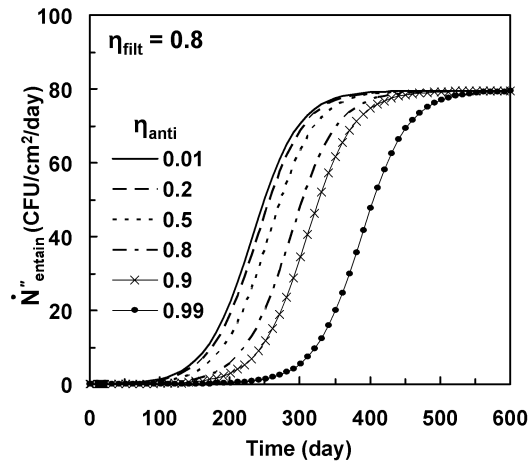


Fig. 2. Entrainment of bioaerosols from the contaminated antimicrobial air filters.

사 사

본 연구는 한국연구재단의 지원에 의해 진행되었음.

참 고 문 헌

- Bonnevie Perrier, J.C., L. Le Coq, Y. Andrès, and P. Le Cloirec (2008) SFGP 2007-Microbial growth onto filter media used in air treatment devices, *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, 6, A9.
- Lee, J.H., C.Y. Wu, K.M. Wysocki, S. Farrah, and J. Wander (2008) Efficacy of iodine-treated biocidal filter media against bacterial spore aerosols, *Journal of Applied Microbiology*, 105, 1318-1326.
- Verdenelli, M.C., C. Cecchini, C. Orpianesi, G.M. Dadea, and A. Cresci (2003) Efficacy of antimicrobial filter treatments on microbial colonization of air panel filters, *Journal of Applied Microbiology*, 94, 9-15.
- Yoon, K.Y., J.H. Byeon, C.W. Park, and J. Hwang (2008) Antimicrobial effect of silver particles on bacterial contamination of activated carbon fibers, *Environmental Science and Technology*, 42, 1251-1255.