

미세입자 및 실내공기질 측정 기반 실시간 부유미생물 예측기술 개발

조재훈¹, 신우식¹, 김선일²
¹한국생산기술연구원, ²에어랩(주)
e-mail: cjh0107@kitech.re.kr

Development of surveillance technology for real-time floating microorganism based on measurement of fine particle and indoor air quality

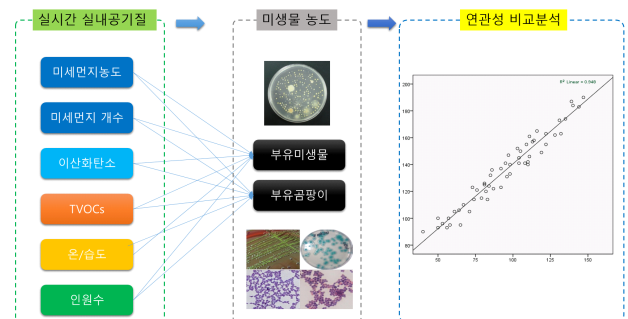
Jaehoon Cho¹, Wooshik Shin¹, Sunil Kim²
¹Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), ²Airlab Co. Ltd

요 약

공기중 부유미생물은 사람에게의 감염, 알레르기로서의 작용, 염증반응 초래, 독소로서의 작용 등을 통해 사람의 건강에 나쁜 영향을 줄 수 있으며, 병원에서의 실내공기질은 환자들의 건강에 치명적인 영향을 미칠 수 있다고 보고되고 있다. 본 연구에서는 다중이용시설의 실내공기질의 다양한 실내공기질과 부유미생물 농도 측정에 따른 상호간의 상관관계를 해석하여 최종 상관계수를 도출하고자 하였다.

1. 서론

최근 실내공기질의 중요성이 인식되면서 실내 환경에서 세균, 진균, 바이러스와 같은 미생물 오염에 대한 공중보건학적 관심도 증가하고 있는 추세이다. 실내 환경은, 실외와 비교하여 외부 공기의 순환이 제한적이고 햇빛의 자외선에 대한 노출이 적어서 상대적으로 공기중 미생물의 장기간 생존이 가능하다. 실내공기중 미생물은 대부분 미세입자나 수증기에 부착된 상태로 존재하며, 따라서 미생물의 농도도 대개 먼지의 농도와 관계가 깊다. 공기의 혼합이 비교적 활발한 외부와 달리 실내환경에서는 오염물질로서 부유미생물에 대한 우려가 상대적으로 더 큰 것이 현실이며, 특히 최근 들어 실내에서 생활하는 시간비중이 늘어남에 따라 밀폐된 실내공간에서의 부유미생물 오염도 측정은 주된 관심사가 되고 있다. 본 연구에서는 다중이용시설(사무실, 카페) 실내공간에서의 미세입자 및 부유미생물 농도를 측정하여 이들의 상관성을 분석하여, 최종적으로 실시간 실내공기질 측정에 의해 미생물 농도 예측기술을 개발하고자 하였다.

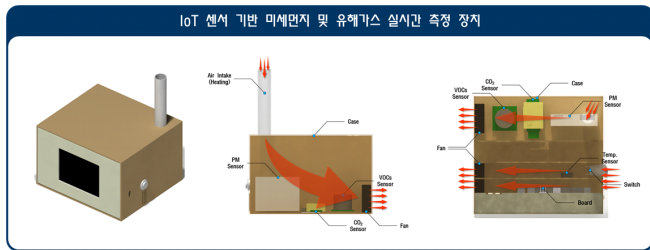


[그림 1] 실내공기질 및 미생물간의 연관성

2. 실험결과 및 결론

2.1 시료채취 및 미세입자 측정

미세먼지의 시료채취는 실내공기공정시험법의 총부유세균 측정법(충돌법)에 따라 KAS- 110 장비를 사용하여 부유미생물은 공기량 280L/10min을 포집하였으며, 배지는 TSA(trypic soy agar)와 PDA(potato dextrose aga)를 사용하여 배양하였다. 실내 미세먼지의 실시간 측정은 에어랩(주)에서 개발 중인 제품(AirWatch)을 이용하여 부유미생물 시료채취 장소와 동일한 장소에서 총 3대를 설치하고 그 평균값으로 상관관계 해석에 적용하였다.



[그림 2] 에어랩(주) 제품(AirWatch) 모식도

관계 해석에 따른 상관계수는 다양한 조합의 상관분석결과를 토대로 장소별 및 전체의 부유세균에 대하여 조정결정계수가 0.7이상의 최적 상관계수를 도출하여 실시간 미생물 측정의 가능성을 확인하였다.

2.2 미세입자와 부유미생물 상관관계 연구

직원 6~7명이 상시 근무하며 밀폐환경에서 공기청정기를 가동하는 환경으로 총 14회의 측정을 진행하였으며 실시간 실내공기질 측정과 부유미생물 포집을 병행하여 수행하였다. 실시간 실내공기질 측정결과 측정기간 동안 초미세먼지(PM_{2.5})는 매우 좋음 상태였으며 이산화탄소는 기준치(1,000ppm)를 수차례 초과하였다. 사무실의 부유미생물 측정치는 전체적으로 100 ~ 200 CFU/m³를 나타내고 있으며, 환경부 실내공기 기준치(800 CFU/m³ 이하) 이내임을 확인하였다. 부유미생물과 미세입자 상관관계 분석은 다중회귀분석을 통해 분석하였으며 실시간 실내공기질 측정기로부터 얻은 PM_{2.5} 외 8개의 데이터를 독립변수로 보고 이때 포집한 미생물의 콜로니 수를 종속변수로써 분석하였다. 사무실의 상관계수가 가장 높은 조합은 PM_{2.5}를 외 6개 항목을 포함한 7변의 조합이었으나 독립변수 숫자를 반영한 조정결정계수는 상대적으로 낮은 것을 확인하였다. 조정결정계수(R²_ADJ)가 가장 높은 조합은 5 μ m 이하의 입자개수가 지배적이었으며 상대적으로 습도와 이산화탄소의 기여도는 낮았으며, 이때 조정결정계수가 가장 높은 조합은 1 μ m, 2.5 μ m의 2항목의 조합이 0.904로 가장 높게 나타났다.

[표 1] 다중이용시설(사무실)의 미세입자 및 부유미생물 독립변수 조합

COM	INDEPENDENT_VARIABLES								R	R ²	R ² _ADJ
1	5 μ m								0.805	0.648	0.618
2	1 μ m	2.5 μ m							0.959	0.919	0.904
3	0.5 μ m	1 μ m	2.5 μ m						0.961	0.924	0.901
4	PM _{2.5}	1 μ m	2.5 μ m	5 μ m					0.963	0.928	0.896
5	PM _{2.5}	1 μ m	2.5 μ m	5 μ m	10 μ m				0.967	0.934	0.893
6	PM _{2.5}	0.3 μ m	0.5 μ m	1 μ m	2.5 μ m	5 μ m			0.967	0.935	0.880
7	PM _{2.5}	0.3 μ m	0.5 μ m	1 μ m	2.5 μ m	5 μ m	10 μ m		0.968	0.937	0.864
8	CO ₂	PM _{2.5}	0.3 μ m	1 μ m	2.5 μ m	5 μ m	10 μ m	HUMI	0.870	0.757	0.272
9	CO ₂	PM _{2.5}	0.3 μ m	0.5 μ m	1 μ m	2.5 μ m	5 μ m	10 μ m	0.872	0.760	0.041

2.3 결론

부유미생물의 상관관계 해석결과에서는 사무실 공간의 상관계수는 0.9이상으로 매우 높았으나 전체를 조합했을 경우에 상대적으로 낮아지는 경향이 있었다. 전체데이터에서 외부공기가 유입되는 상황을 제외한 경우 상관계수가 상승하며 이는 실내에 외부공기가 유입되는 환경의 상관성을 별도로 판단해야할 필요성이 제기된다. 미세입자와 부유미생물의 상관