

2C2) 실내먼지에 의한 Soiling 메커니즘 규명에 관한 연구

A Study on the Mechanism of Soiling by Dust Deposit to Indoor Surfaces

윤영훈·피터 블림블콤¹⁾·김윤신

한양대학교 환경 및 산업의학연구소, ¹⁾영국 이스트 앵글리아 대학 환경학과

1. 서 론

보건학적 측면에서, 아스마를 유발시키는 원인제공 하는 먼지에 관하여 현재 세계 여러 나라에서 연구관심의 대상이 되고 있으며 사무실, 작업장, 일반가정, 이용객이 많은 공공건물 뿐만 아니라 그 외의 다중이용시설에서는 먼지 클리닝에 대한 소요비용 절감문제에 접하게 된다(Lloyd et al., 2002). 또한, 축적된 먼지는 제거의 어려움이 수반될 뿐 아니라 장기간 축적되어 있을 경우 미생물성 물질들의 먹이가 되기도 하고 생물학적, 물리적, 화학적 요소를 수반한 주위 환경요인에 의한 2차 오염물질을 생성시키는 오염원이 되기도 한다(Yoon and Brimblecombe, 2004). 최근 일반 대기로부터 실내로 유입되는 낙하먼지 제거를 위한 클리닝 방법 및 인건비를 포함한 소요비용에 많은 예로 사항을 가지고 있는 실정이다. 섬유질 화이버를 포함하여 낙하된 거대 먼지는 간단한 브러싱 등의 방법으로 표면에서부터 용이하게 제거할 수 있지만, 오랫동안 표면에 축적되어 있는 동종의 이런 먼지들은 표면의 부착력이 강해서 표면으로부터 제거하기가 어렵게 된다(Yoon and Brimblecombe, 2006). 본 연구의 목적은 먼지 부착현상에 대한 메커니즘을 이해하고, 먼지가 오랫동안 축적되면 회색 빛깔의 cement현상을 띠어 제거하기 어려운가에 대한 원인을 규명하고자 하는데 있다. 한편, 공공건물 내에 입장한 방문객들이 실외로부터 의복에 부착된 먼지를 유입시켜 결국 실내에 재 비산시킨다는 연구 결과가 나오기도 하였다(Yoon and Brimblecombe, 2000). 언제 그리고 얼마만큼의 빈번도를 가지고 반복적인 클리닝을 하느냐 하는 것은 비용절감 문제에 있어 중요한 연구의 대상이 아닐 수 없다. 따라서 본 연구에서는 낙하 정도를 측정하기 위한 Soiling현상을 규명하기 위하여 방문객수가 많은 다중이용시설에서 본 연구의 시설대상물로 정하여 실시하였으며, 낙하된 먼지에 의한 cementation현상에 가장 크게 기여하는 습도에 대하여 중점적으로 그 미치는 영향을 조사하였다. 본 연구를 통하여 과학적인 연구를 토대로 한 실내 낙하먼지 기준치를 각각의 실내환경에 나누어 분류 및 적용하고, 거주자, 빌딩관리자 및 실내전문가들을 위하여 최종적으로 클리닝 시기 및 빈번도에 가이드라인을 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

본 연구의 주 목적은 실내의 먼지의 주요오염원을 규명하고 먼지에 대한 표면상의 더럽혀짐(Soiling)을 조사하고 그 메커니즘을 규명하기 위함이다. 따라서 본 연구에서는 거주 및 방문자들의 신발과 의류에서 재발생 되는 먼지를 주 오염원으로 간주하여 그 주 발생원으로 초점을 맞추었고, 자체 고안한 Sticky Sampler 및 Dust bug를 이용하여 오염원으로 발생하는 실내의 낙하먼지의 형태 및 입경분포를 현미경법과 이미지 분석을 통해서 조사하였으며, cement현상 규명을 위하여 오랜 기간 동안 축적된 먼지를 수집하여 Lab실험을 병행 하였다. 자체 고안한 sticky sampler를 여러 공공건물을 대상으로 수평 방향으로 폭로시켜 4주 후에 수거하였고 수거된 샘플은 Image Anlysis 기법을 이용하여 낙하 먼지의 soiling 분포 및 정도를 계산하였다(Yoon and Brimblecombe, 2001). 한편 최근에 고안한 Dust deposit monitoring 장치를 이용하여 자동 측정할 수 있는 시스템을 도입 있으며 추가적인 soiling측정을 병행하였다. 최종적으로 수집된 먼지는 일반 전자 현미경과 SEM-EDX로 분석을 하였으며 cement현상에 대한 다른 습도 조건에서의 생물학적인 원인요소가 있는지도 본 연구의 조사대상에 포함시켰다.

3. 결과 및 고찰

기상 상태에 따른 차이는 있지만 신발은 실내 바닥면지의 중요한 먼지 유입 오염원이고 실내바닥으로부터 다시 부유하는 거대입자의 영향 높이는 바닥으로부터 30~40cm 정도에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 실내로의 실외먼지 유입 및 인간활동에 의한 자체 재 발생 되는 먼지는 거주자 및 방문객의 의복에 의한 요소가 크다고 사료되며 실내를 오염시키는 중요한 역할을 하는 오염원으로 간주될 수 있다. 고안된 Sticky Sampler는 낙하먼지 측정에 중요한 방법으로서 증명되었고 측정기간 동안에 Sticky Sampler에 포집된 먼지의 커버정도, 즉 (s^{-1})을 이용한 것이 다른 방법을 사용해서 사용한 단위보다 낙하먼지 정도를 판별하는 실제적인 측정 단위로 여겨진다. 거주자 및 방문객 수는 Soiling에 가장 큰 요인으로 여겨지고 각기 다른 건물특성에 기인한 Soiling 메커니즘은 한 사람당의 발생한 정도로 계산 되는 것이 바람직하다고 사료된다. 또 하나 중요한 결과는 표면에의 낙하먼지에 대한 영향을 최소화 하기 위한 방법의 하나로 거주자와의 이격 거리인데 먼지 오염원으로 부터 Soiling 정도가 매 30cm마다 1/2씩 감소되는 것으로 나타났기 때문에 Soiling을 줄일 수 있는 이상적인 방법으로는 오염원과의 일정 이격거리를 두거나 입구에 Air-shower를 설치하여 유입되는 먼지의 양을 최소화시키는 것이 바람직하리라 본다.

본 연구에 의하면, Cementation 현상은 생물학적, 화학적, 물리적 요인 작용이 모두 관계가 있으며 습도가 결부되어 있을 때 그 상관관계는 더욱 밀접하게 연계된다고 판단된다. 특히, 영국의 경우 습도가 높은 겨울철에 그 양상은 더욱 더 현저히 나타나고 있으며, 클리닝시점을 방문시즌이 끝나는 시점 즉, 휴무기간인 습도가 높은 겨울철 이전에 실시하는 것이 바람직하리라 보여진다. 입자상 물질과 표면 사이의 부착성분을 파악하기 위한 작업은 대부분 두 표면간의 동질의 화학적 성분 및 미세크기의 부분으로 되어있어 극도의 세세한 관찰 및 분석이 없이는 판별화 하기가 쉽지는 않다. 본 연구에서는 Calcite 성분 형태의 입자 분리 동시에 표면에의 침착성분 메커니즘은 Confocal Raman Spectroscopy 와 SEM-EDX으로 분석하였다. Dover에서 낙하먼지의 Cl 음이온 대상을 기초로한 열역학 계산에 의하면, calcite는 충분히 염분에 용해성이 있음을 나타내었는데, 이는 즉, 염분이 cement 현상에 공헌 한다는 것을 입증함을 나타낸 것이다. 더불어 해안지방에서의 먼지 입자에 침착한 염분의 용해성에 기인한 cementation현상은, 주변의 높은 습도가 가장 큰 주요인자라 볼 수가 있다. 본 연구는 거대입자에 의한 연구가 진행되었지만, 미세입자에 의한 부착현상의 메커니즘에 대한 연구 및 이를 컨트롤 할 수 있는 대책을 위한 연구의 필요성이 대두되며, 따라서 향후 입자의 형태, 색깔, 표면에 향한 부착력 등을 포함한 soot같은 미세입자에 의한 soiling현상 규명 및 측정 방법에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 하리라 사료된다.

참 고 문 헌

- Lloyd, H., K. Lithgow, P. Brimblecombe, Y.H. Yoon, K. Frame, and B. Knight (2002) The effects of visitor activity on dust in historic collections, *The Conservator*, 26, 27-32.
- Yoon, Y.H. and P. Brimblecombe (2000) Clothing as a source of airborne particles, *Journal of Cultural Heritage*, 1, 445-454.
- Yoon, Y.H. and P. Brimblecombe (2001) The distribution of soiling by coarse particulate matter in the museum environment, *Indoor Air*, 11(4), 232-240.
- Yoon, Y.H. and P. Brimblecombe (2004) Dust on books, *Views*, 41, 25-27.
- Yoon, Y.H., D.J. Bowden, P. Brimblecombe, and D. Thickett (2006) Formation of mudpacks on the bedspreads at Knole, *Views*, 43, 61-63.
- Yoon, Y.H., D. Thickett, and P. Brimblecombe (2008) Cementation of Dust to surfaces indoors, *ES & T*(in preparation).