

직독식 흡입성 분진 측정기기·현 측정 방법간 평가

제1차(연구개발사업) 김현기 아

국외논문정보

원제 : Direct-Reading Inhalable Dust Monitoring-
An Assessment of Current Measurement Methods

저자 : Andrew Thorpe and Peter T. Walsh

출처 : Ann. Occup. Hyg. Vol.57, No.7, pp.824~841, 2013

서론

직독식으로 호흡성 분진을 측정할 수 있는 광산란식 기기는 많이 나와 있으나, 흡입성 분진을 측정할 수 있는 장비는 그렇지 못하다.

광산란식으로 분진을 정확히 측정하려면 측정대상 분진을 중량법으로 측정한 후, 평균 보정계수(calibration factor, CF)를 구해 적용하게 된다. 흡입성 분진을 측정하기 어려운 이유는 장비를 표준 물질로 보정할 때, 입자의 크기가 호흡성보다 커지면 광산란 장비의 반응이 급격하게 감소하기 때문에 평균 CF를 적용할 경우, 실제보다 저 또는 고 평가되는 문제가 발생한다(Thorpe, 2007).

이런 문제에 보다 덜 영향을 받는 다른 장비로는 경사 진동식 마이크로밸런스(tapered element oscillating microbalance, TEOM) 개인모니터링 기기, 다단 버츄얼 임팩터, 입자계수 기능을 결합한 광산란식 기기 등이 있다.

목적

본 연구의 목적은 현재 시판되고 있는 직독식 분진측정기가 흡입성분진도 잘 측정하는지를 실험하고,

다른 측정기기도 개인용 흡입성 분진 측정기기로 이용할 수 있는지와 현장에 적용할 수 있는지를 조사하였다.

■ 방법

직독식 측정장비의 성능은 IOM 채취기로 중량 분석한 후 비교하였다(Mark and Vincent, 1986, HSE 2000). 수정한 TEOM 장비와 Respicon TM 장비도 2차 표준으로 선정해 비교하였다.

광산란식 장비로는 Thermo Fisher DataRam, TSI Sidepak AM510, Casella Microdust Pro이었고, Hund Respicon TM 다단 임팩터, Thermo Fisher 3600 TEOM PDM, Modified PDM 3600, TSI Dustrak DRX, Thermo Fisher TEOM 1400, 그리고 API 이었다.

실험실 시험에 사용된 분진으로는 곡물 분진(〈75, 75~106, 106~180 μm), 목분진(〈150, 〈125, 〈90 μm), 밀가루, 그리고 산화알루미늄 분진이었으며, 실험은 대형 풍동에서 마네킹을 회전판에 설치해 실시하였다. 현장 실험은 소규모 제빵공장, 목재가공 공장, 및 대형 제분공장에서 PDM, DataRam, IOM 기기를 작업자 호흡영역에 장착하여 측정하였고, 지역시료도 동일한 구성으로 측정하였다.

■ 결과

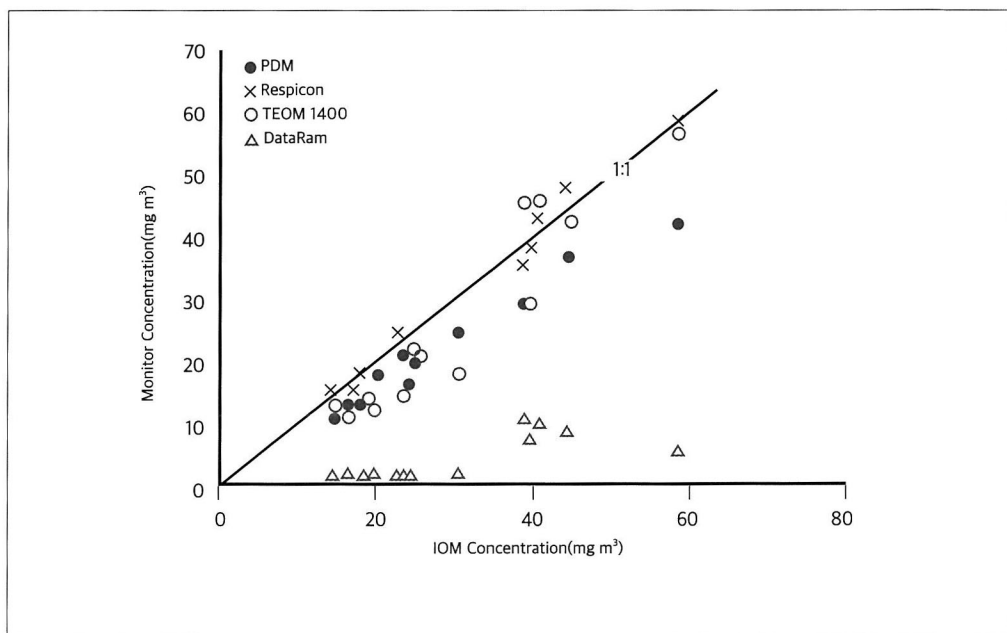
실험실 비교 평가에서 PDM과 Respicon은 IOM과 비교해 매우 좋은 상관성($R^2=0.965, 0.976$)을 보였으나, DataRam(결과는 제시하지 않았으나 Microdust Pro, DRX, Sidep도 비슷한 결과)은 매우 낮은 상관관계를 보였다(그림 1 참고).

광산란식 장비들과 IOM을 비교했을 때 매우 낮은 상관계수를 보였는데, 이는 호흡성분진으로 검량된 장비의 경우, 크기가 큰 흡입성분진을 측정할 때 흔히 나타나는 문제로 보인다. 또 광산란식 측정기기로 흡입성분진의 변이를 측정할 때 평균 CF를 적용하는 경우, 입자의 크기변화에 따라 심각한 오류가 발생할 수 있음도 밝혀졌다.

작업장 결과와 비교하였을 때, DataRam은 항상 IOM 결과보다 훨씬 낮게 측정되었으며, PDM의 결과는 제빵공장에서는 IOM 보다 25 % 정도 낮게 측정되었으나, 제분공장에서는 IOM보다 높게 측정되었다. 이는 유입구에서 중력 침강으로 들어가는 입자들에 의한 과포집으로 보인다. Respicon으로 측정한 결과는 실험실 결과와 유사하게 IOM과 매우 높은 상관관계를 보였다.

결론

현재 시판되는 광산란식 분진측정장비는 흡입성 분진을 측정할 때 저평가될 수 있음을 지적하였다. 또 입자의 크기 변화가 심할 때 평균 CF를 적용하면 심각한 오차가 발생할 수 있다. Respicon은 실험실과 현장 모두에서 IOM과 매우 좋은 상관관계를 보였다. 이 실험은 시판되는 광산란식 장비를 사용할 때 어떤 종류의 분진을 대상으로 측정하는지(특히 흡입성 분진처럼 큰 입자)를 잘 유념하여 사용하여야 함을 보여주고 있다. 🐾



<그림 1> Variation in average monitor concentration with reference IOM concentration for all dust types.

참고문헌

1. Thorpe A (2007). Assessment of personal direct-reading dust monitors for the measurement of airborne inhalable dust. Ann Occup Hyg; 51:97~112
2. Mark D, Vincent JH (1986). A new personal sampler for airborne total dust in workplaces. Ann Occup Hyg; 30: 89~102
3. HSE (2000). Methods for the determination of hazardous substances. General methods for sampling and gravimetric analysis of respirable in inhalable dust. MDHS 14/3, Sudbura, UK: Health and Safety Executive Books.