

나노기술: 차세대를 이끌 기술인가, 아니면 별 것 아닌 소동인가?

원제 : Nanotechnology: The Next Big Thing, or Much
Ado about Nothing?

저자 : Andrew D. Maynard

출처 : Ann. Occup. Hyg. Vol. 51, No. 1, pp1-12, 2007

이 논문은 아직 산업보건 분야에서 크게 다루고 있지 않은 나노기술의 산업보건학적 문제를 다루고 있다. 전 세계적으로도 새로운 분야이고 많은 연구가 이루어지지 않았기에 미지의 분야이지만, 향후 우리나라도 연구가 필요할 것으로 판단되어 소개하고자 한다.

나노 기술은 나노 크기의 입자를 조작하여 새롭고 신기한 행태를 보여주는 새로운 물질이나 제품, 장비 등을 만들어 내는 정교한 기술을 모두 포함한다. 이 신기술은 잠재적으로 대단히 이로울 수 있으나, 한편으로는 이런 점이 인간에게 해로울 수도 있는 양날의 칼로 여겨진다. 이런 점을 감안하여 이 논문은 그동안 이 분야에 진행되어 왔던 연구들을 망라하여 검토하고 산업보건 측면에서 접근해야 할 시사점들을 제시하고 있다.

불과 5년 전만하더라도 전문가를 제외하고는 거의 알려진 바 없는 이 기술은 이제 새롭게 산업혁명을 불러일으킬 신기술 혁명으

로 보도되고 있다. 1990년 제논 원자를 이용해 IBM 로고를 니켈 원자에 새긴 이래, 처음 만든 나노 재료는 탄소나노튜브였다. 그 후 여러 제품이 개발되었고 현재는 시중에 이미 300개 이상의 제품이 시중에 유통되고 있는데, 컴퓨터 칩이나 스포츠 물품, 의복, 화장품, 다이어트 식품 등이 있다. 2014년까지는 나노기술을 이용한 제품이 2조 5천억 달러가 될 것으로 보고 있다. 연구 개발도 활발하여 전 세계적으로 2005년에만 100억 달러의 연구비가 투입되었고, 향후 가볍고 강한 재료의 제조, 성능이 향상된 배터리와 태양전지 외에도 정밀 암 치료, 미세 센서, 생명체를 닮은 장비 등이 가까운 장래에 등장할 예정이다.

문제는 산업보건학적으로 직접적으로 어떤 위험이 존재하는지, 어떻게 취급해야 하며, 어떻게 예측하고 관리해 나가야 할 지 알려진 바가 없다는 점이다. 몇몇 선도적인 연

구를 보면 제조된 나노물질의 구조와 화학적 성질을 건강상 위험요소로 보고 있다. 폐질 환이 입자의 크기와 구성성분에 따라 다르며, 석면도 화학적 성질과 물리적 특성인 길이가 다른 성질을 보이는 것과 유사하게 나노 물질의 구조와 화학적 특성이 중요한 요소이다. 나노입자의 크기는 물질의 체내전이(translocation)에 영향을 주는데, 한 예로 쥐의 폐에서 간으로 전이되는 양이 입자의 크기에 따라 다름이 밝혀졌다. 또 호흡기의 비강 부위에서 뇌혈관장벽(blood-brain barrier)을 통하지 않고 냄새 세포를 통해 뇌로 직접 전이되는 경우, 또 피부를 통해 침투하는 경우, 입자가 작아지면 염증 반응이 증가하는 연구도 보고 되었다. 나노 입자의 구조뿐 아니라, 표면 화학적 특성도 관련이 있는 것으로 연구되었다.

나노 입자가 건강상 영향을 줄 것이라는 증거는 계속 나오고 있지만 건강상 위험을 어떻게 다루어야 할 지는 아직 잘 모른다. 영국에서는 <100nm 이하의 입자를 건강상 위험한 크기로 보고 있는데 크기만 갖고는 충분치 않다. 따라서 입자의 유해성(독성 및 건강상 결과), 노출(경로 및 양), 그리고 입자 특성 등을 고려해야 한다. 어떤 연구자는 독성 실험 시 16가지의 물리화학적 변수를 고려해야 한다고 하는데, 표면적과 표면 화학적 특성, 입자 크기분포, 그리고 대전량 등이며, 노출 평가에서는 개수 농도, 표면적 농도, 중량농도

를 중요한 변수로 본다. 측정 기기로는 DC2000CE diffusion charger나 Electrical Aerosol Detector가 있으며, 현재는 폐에 침착할 수 있는 입자의 표면적 농도를 측정할 수 있는 기기도 시판되고 있다.

나노입자를 제어할 방법으로는 기존의 국소배기나 필터링, 호흡보호구 등은 기중에 방출될 나노입자에 대해서도 유효할 것으로 보인다. 그러나 문제는 어느 정도로 제어하여야 충분한지 모르는데 있다. 따라서 충분한 정보가 없는 상황에서는 control banding과 같은 실용적인 개념을 활용하는 것이 유용하다. 이것은 재료의 유해성, 비산성, 사용량을 조합해서 관리하는 방식으로써, 이것을 나노 입자에 대입하면 성분에 따른 유해성과 나노구조(표면적, 표면 화학특성, 모양, 입자크기 등)를 조합한 “impact 지수”와 사용량과 비산성을 조합한 “노출지수”를 가지고 관리 대상과 방법을 결정할 수 있다.

향후 나노 입자에 대한 불확실성을 줄이기 위해서는 많은 연구가 필요한데 단기적으로는 독성, 측정 방법, 제어기술, 취급 방법 및 연구 방법 등이고, 장기적으로는 노출로 인한 질병 관계, 새로 등장할 나노입자의 유해성 예측 등이 필요하다.

아직은 초보단계이지만 산업보건학적 문제가 될 소지가 있으므로 우리나라도 이에 대한 연구와 대비가 필요할 것으로 본다. ☞

제공 | 편집위원 김 현 옥

참 고 문 헌

Stern ST, McNeil SE. Nanotechnology Safety Concerns Revisited. Toxicol Sci. 2007 Jul 4;

Nohynek GJ, Lademann J, Ribaud C, Roberts MS. Grey goo on the skin? Nanotechnology, cosmetic and sunscreen safety. Crit Rev Toxicol. 2007 Mar;37(3):251-77. Review.

Balbus JM, Florini K, Denison RA, Walsh SA. Getting it right the first time: developing nanotechnology while protecting workers, public health, and the environment. Ann N Y Acad Sci. 2006 Sep;1076:331-42.

Seaton A. Nanotechnology and the occupational physician. Occup Med (Lond). 2006 Aug;56(5):312-6.

Lam CW, James JT, McCluskey R, Arepalli S, Hunter RL. A review of carbon nanotube toxicity and assessment of potential occupational and environmental health risks. Crit Rev Toxicol. 2006 Mar;36(3):189-217. Review.

Holsapple MP, Farland WH, Landry TD, Monteiro-Riviere NA, Carter JM, Walker NJ, Thomas KV. Research strategies for safety evaluation of nanomaterials, part II: toxicological and safety evaluation of nanomaterials, current challenges and data needs. Toxicol Sci. 2005 Nov;88(1):12-7. Epub 2005 Aug 24.

Lachance PA. utraceutical/drug/anti-terrorism safety assurance through traceability. Toxicol Lett. 2004 Apr 15;150(1):25-7.