

# 나노기술 | 미래의 새물결?

## 1. 서언

필요는 발명의 어머니이다. 그러나 발명은 안전전문가에 대하여 새로운 문제를 야기시키는 할아버지이다. 회사의 장비담당자는 새로운 기술이 가져다 줄 장래의 상업적 가치 주위에서 바빠 움직이는 동안 안전전문가와 산업위생담당자는 이 “장래의 거물”이 불가피하게 가져오게 되는 안전보건 및 환경에 대한 잠재적 위험을 감지해 내야 한다.

2005년도에서부터 이미 “장래의 거물”은 나노기술이 되었다. 새로운 기술은 새로운 산업안전·보건 위험성을 가져오게 되는데 나노기술도 예외가 아니다. 나노입자란 그 크기가 100 나노미터 미만으로 감소된 물질을 지칭한다. 사람의 적혈구 한 개의 직경이 약 5000 나노미터임을 볼 때 나노기술은 분자 또는 원자 수준에서 물질의 처리나 제조를 가능케 한다.

이론적으로 어떤 원소이든 그 같은 크기로 감소시킬 수가 있으며, 이 크기일 때 물질들은 독특한 특성을 나타내기 시작한다. “나노기술”의 핵심은 이들 특성을 연구 개발 및 활용하는 것이다.

## 2. 문제점

NIOSH에 따르면 나노기술에 대한 세계 각국 정부의 투자는 1997년에 연간 4억 3천 2백만 달러에서 2003년 30억 달러에 육박하는 수준으로 크게 증가하고 있다. 이 기술이 세계 경제에 미치는 영향은 2015년까지 1조 달러를 초과할 것으로 기대된다. 2002년에 실시한 (미국)노동성 조사에 의하면 2백만 명으로 추정되는 미국 근로자들이 나노기술과 관련된 산업에 종사하는 것으로 나타났다. 그리고 다가오는 10년 동안 예상되는 수요를 충족시키기 위하여 추가로 2백만 명의 근로자들이 나노기술 관련 산업에 종사할 것으로 추정한다.

메이나드씨에 의하면 나노입자의 새로운 응용분야가 새로운 건축자재와 의료 제품 등 매일 새롭게 출현하고 있고, 몇몇 제약회사들은 신체내의 특정 세포로 약물을 직접 공급하기 위한 나노물질 사용 가능성을 연구하고 있다고 전한다. 이미 나노기술을 사용하여 생산되고 있는 소비자 제품은 표와 같다.

- 금속 절단공구	및 번쩍거림 방지코팅	- 치아의 접착제
- 화상 및 상처용 연고	- 부식, 굽힘 및 복사열로	- 햇볕 그늘림 방지제 및
- 자동차 범퍼	부터 보호용 도표 및 코	화장품
- 소형트럭의 발판 보조	팅제	- 내구성 테니스공
장치	- 오염 방지 피복 및 매트	- 경량, 내구성 테니스라
- 자동차 촉매변환장치	리스	켓
- 안경 및 자동차의 보호용	- 잉크	

또한, 메이나드씨는 나노기술의 미래의 영향을 판단하기는 쉽지 않지만 잠재적 응용부문의 수량 및 투자자들의 관심도를 볼때 장기적으로 경제적 효과는 “대단할 것”이라고 말한다.

그는 또 이 잠재력은 선진국뿐만 아니라 개발도상국에 대해서도 전망이 유망한 분야가 될 것이라고 덧붙였다. “나노기술은 국부적인 전력생산을 가능하게 할 수 있으며, 세계적으로 개발부문에서 막대한 영향을 미치게 될 것이다.”라고 주장한다.

### 3. 나노기술의 안전성

나노입자의 고유한 특성은 많은 상업적 응용의 잠재력을 가지고 있지만, 안전전문가들은 이들 물질이 인체와 환경에 미치는 영향 등 심각한 문제를 제기하였다.

그러나 제기된 내용이 아직 명확한 사항은 아니다. 그 이유는 첫 번째로 산업체 및 정부가 지난 몇 년 동안 이 부분에 대한 연구를 시작만 했을 뿐, 안전·보건 및 환경에 대한 전반적인 영향을 알아내려면 더욱 많은 연구 검토가 요구된다. 예를 들면 금을 나노크기로 축소할 경우 다른 특성을 가지게 될 것이고, 사람들이 여기에 노출될 때 아마도 다른 영향을 나타내게 될 것이다.

두 번째는 나노크기로 축소시킬 수 있는 물질이 수 없이 많다는 점이다. 각 물질은 각각의 고유 특성을 가지며, 인체에 대하여 다르게 영향을 준다. 그리고 다른 물질과 서로 다르게 상호 작용을 하게 된다. 연구원들은 나노입자에 노출이 큰 입자에 노출보다 더 위험한지, 같은지 또는 덜 위험한지를 아직 파악하지 못하고 있다.

세 번째, 우리가 현재 이해하고 있는 위험 범위에 들어가지 않는 환경과 보건에 대한 위험이 존재하지는 않는가 하는 것이다. 바꾸어 말해서 인체가 다른 종류의 나노입자에 대해 어떻게 영향을

받을 것인가에 대해 과학자들은 아직도 충분한 정보를 가지고 있지 못하다는 것이다. 이 기술이 확대됨에 따라 아직 들어 보지 못했던 새로운 위험이 나타날 수 있다.

그러나 연구원들은 현재까지 알려져 있는 정보를 가지고 근로자들이 나노입자에 노출될 수 있는 방법과 사업주들이 어떻게 노출을 감소시키고 위험을 최소화할 수 있는지에 대해 몇 가지 해결책을 강구할 수 있었다. 1990년대 후반 미국에서는 국립 나노기술 구상협의회를 결성하고, 2004년 동 협의회에서는 나노입자의 안전 및 보건상의 연구를 위해 1억 6백만 달러를 투자하였다. 또한, 21세기 나노기술 연구개발 법안에서 2005년부터 2009년 사이에 36억 달러 이상의 예산안을 승인하였으며, 영국과 유럽연합을 포함하여 세계의 여러 나라에서도 본 과제에 대한 연구를 진행하고 있다.

미국 내에서는 자발적으로 공통표준을 개발하고 있는 비영리 기관인 국립표준연구원에서 2004년에 나노입자를 사용하는 산업에 대한 표준을 개발하기 위해 한 위원회를 소집하였다. 동 위원회는 나노기술과 관련하여 가장 시급한 사안으로 용어의 표준화, 독성측정, 위험도 평가, 환경영향 및 관련된 데이터를 분석하기 위한 방법을 개발한다.

### 4. 현황

더욱 많은 연구가 필요하지만 본 과제에 대한 노력이 일부성과를 이룩하였다. NIOSH의 이사인 하워드씨는 나노미터 크기의 입자들이 상용중인 더 큰 입자보다 더욱 독성이 큰 것이라고 했다. 입자의 크기, 고유한 구조 및 고유의 물리·화학적 특성의 수많은 조합 가능성으로 인하여 나노입자를 제조하고 사용할 때 적절히 근로자를 보호하기 위해 수많은 배려가 취해져야 할 것이다.

따라서, 나노 물질의 독성이 현재 진행 중인 연구 중 주요한 부분이 되고 있다.

국립환경보건과학연구원의 독물학 프로그램에 의해 발견된 현상에 관한 2003년 보고서에서는 “초미립자가 사람의 보건 위험을 야기시킨다”는 여러 정황이 있다.

무해한 대형물질이 초미립자로 변환될 경우 이들은 독성을 나타내는 경향이 있는 것이 연구결과 나타나고 있다. “일반적으로 입자가 적으면 적을 수록 그들은 더욱 더 반응성과 독성이 커지게 된다”고 밝히고 있다. 동 연구원은 2008년까지 다양한 종류의 나노물질 독성을 실험하기 위한 물질 및 실험계획서를 개발하기 위하여 작업을 계속하고 있다.

영국에 있는 연구기관들이 나노입자의 안전문제를 다룬다.

런던 왕립학술원과 런던 내 엔지니어링 그룹인 왕립공학한림원에 의해 2004년에 수행된 연구에 의하면 대기오염 가운데 발견되는 나노입자들이 혈압과 심장박동에 있어서 변화와 관계가 있음을 시사하였고, 어떤 나노입자들은 혈관을 통하여 뇌와 다른 기관으로 이동될 수 있다는 증거를 인용하였다.

“나노과학 및 나노기술 : 기회와 불확실성”이란 주제의 공동연구에서 두 기관은 다음과 같이 결론지었다.

- 나노기술의 여러 가지 응용부분은 새로운 보건, 환경 및 안전문제를 야기시키지 않으며, 컴퓨터 디스크에 있어 나노미터 박층 필름이 그 예이다.
- 자유상태의 나노입자는 새로운 보건, 안전 및 환경문제를 야기시킨다.
- 새롭게 제조된 나노입자들이 대기오염에 의해 일어날 수 있는 건강문제와 비슷한 문제를 일으키기에 충분한 양이 체내에 주입되지 못할 것으로 판단되나, 작업장에서는 노출을 제한하기 위하여 주의를 기울여야 한다.
- 산업체들은 새롭게 여러 가지 나노입자를 개발할 것으로 보이며, 이것들은 현재 사용되는 것보다 더 위험할 수가 있을 것이다.
- 어떤 나노입자들은 상당량을 흡입시 독성 보건 위험성을 야기시킨다. 이 위험을 평가하기 위하여 더욱 연구가 필요하다.
- 피부와 접촉하는 나노입자와 관련된 잠재적 위험을 평가하기 위해서 더욱 연구가 필요하다.

메이나드씨는 독성에 영향을 주는 몇 가지 요소에는 입자크기와 표면적 등이 있다고 했다.

NIOSH의 연구위원들은 물리·화학의 원리에 근거하여, 석연, 석면 및 대기오염 관련 입자와 같은 입자크기의 관찰로부터 나노입자의 거동에 관한 몇 가지 결론을 유도해 내었다. 부족한 것은 나노크기 수준에 있어서 각 물질의 특성에 관한 현재의 여러 가지 방안들도 역시 나노입자에 적용되어야 한다.

영국의 안전·보건 규정관련 기관인 안전보건성(HSE)은 2004년 보고서에서 메이나드씨의 주장을 뒷받침 해주고 있다. “나노입자 : 산업보건의 검토”라고 불리는 보고서에서는 나노기술의 안전·보건 사항에 관해 확정지을 만한 것은 거의 없다는 것을 인정하는 한편 몇 가지 현재 사용 중인 산업위생 관행이 노출을 제한하는데 도움을 줄 수 있다고 시사하고 있다. 여기에는 다음과 같은 것들이 포함된다.

- ▶ 공정지역의 완전 밀폐화
- ▶ 국소배기장치에 의한 부분적 밀폐화
- ▶ 국소배기장치
- ▶ 전체적인 배기장치
- ▶ 작업자의 수를 제한하고 관련되지 않은 사람들의 출입통제
- ▶ 노출시간의 감소
- ▶ 벽과 기타 표면을 주기적으로 청소
- ▶ 적절한 개인 보호구의 사용
- ▶ 오염지역 내에서 음식이나 음료의 섭취 금지

동 보고서에 따르면 공기 중 나노입자들은 가스처럼 거동하며, 나노입자를 관리하기 위해 설계된 엔지니어링 제어시스템은 입자상태의 물질보다 가스에 대하여 사용되는 시스템이 더욱 유사하다고 보고되고 있다. 따라서 HEPA 필터와 같은 여과시스템이 나노입자를 여과하는데 역시 효과적이라고 동 보고서에서는 말하고 있다.

# 건강한 작업장을 위한 처방

## 1. 서 언

많은 회사들이 사람들의 행위에 기초를 둔 안전이나 6-시그마와 같은 안전관리시스템에 더욱 중점을 두어 관리를 해오고 있는 한편 건강증진체계가 조용하게 그 뿌리를 내리고 있다.

인터내셔널 트럭·엔진 주식회사는 10년 전에 그들의 건강복지 프로그램을 시작하였다. 이 프로그램은 처음 회사가 근로자들에게 보건위험 평가서를 작성하도록 권장하는 것으로부터 시작하여 그 이후 여러 가지 개선을 거듭해 왔다.

“초기의 보건위험평가서는 이 프로그램의 잠재적인 유용성에 관해 우리에게 나타내 주었다”라고 일리노이 주의 워렌빌 회사의 안전보건관리자인 토머스 J. 슬래빈씨가 설명하였다.

이 프로그램은 유용한 정보를 수집·제공하는 것 이외에도 예방에 초점을 두어 중요한 문화적 변화를 나타낸다. 이전에는 예방에 중점을 둔 적이 없다. 산업에 있어서 언제나 공동지불 또는 공제금액 등과 같은 사항, 누가 지불해야 할 것인가에 관해 논의를 해왔으나, 그 질병을 우선 예방하거나 고비용이 요하는 상태로 진전되지 못하도록 하는 데는 신경을 쓰지 않았다. 이러한 일련의 보건위험평가 과정에 있어서 안전팀이 거의 초기단계부터 참여하게 되었는데, 그 이유는 동일한 목표, 즉 더욱 건강한 근로자가 되도록 하기 위한 목표를 향해 노력하고 있는 회사 내의 모든 부분이 함께 일하는 것이 합리적이라고 판단했기 때문이다.

인터내셔널 트럭사만이 건강증진의 잠재적인 이점에 눈을 뜬 것은 아니다. (미국)국립보건비즈니스그룹에서 실시한 조사에 따르면 보건계획을 통해 생활방식의 변화를 도모하고 있는 사업주의 수는 2004년 2배가 되었으며, 응답자의 70%는 구체적인 질병을 언급하기 위해 질병관리프로그램을 사용하고 있다.

“이 분야는 무한한 기회가 숨겨져 있으며, 우리는 지금 그 표면만을 긁고 있는 상황이다.”라고 슬래빈씨는 말했다. 그 효과에 대하여 알게 되면 될 수록 그 것은 더욱 성장하게 될 것이다. 이러한 건강증진프로그램이 우리의 앞날에 큰 비중을 차지하게 될 것이다.

## 2. 건강복지의 비약적인 적용

건강증진(이것을 건강복지 프로그램이라고 하든 또는 질병관리 프로그램이나 건강 및 생산성 향상 프로그램의 어떤 것으로 명명을 하던지)은 약 3년 전부터 적용하는 회사들이 비약적으로 증가하기 시작하였다. 이와 같이