

F-4 교통혼잡지역 대기부유분진의 건강위해성평가 Health risk assessment of air particulates in traffic area

신동천, 임영욱, 박성운, 정용
연세대학교 환경공해연구소

I. 서론

대기에는 오염물질의 오염원만도 130개 이상이 존재할 뿐더러 단일 화학물질로는 약 2800여가지 이상이 포함되어 있다. 대기 부유분진은 이러한 물질들이 혼합되어 있는 화학적 복합체(complex mixture)로써, 건강피해의 주원인 물질로 평가받고 있다. 대기분진에 의한 인체 위해를 평가함에 있어서 전통적으로는 단일물질 하나하나에 대해 평가해 왔으나 최근 이러한 접근 방법이 인체 건강을 보호하기 위한 규제 방법으로는 완전하지 못하다는 지적 때문에 복합물질 자체를 하나의 단일물질로 취급하여 이를 평가하고자 하는 노력이 일고 있다. 특히, 미국 환경보호청에서는 지난 1986년에 처음으로 복합물질의 위해성평가 방법론에 대한 기준을 제정하였고 이후 많은 연구를 통해 적절한 평가 방법론이 발전되어 오고 있다.

우리나라에서도 그동안 대기중의 분진에 관한 연구가 꾸준히 진행되어 오고 있는 가운데 분진의 유기추출물질이 돌연변이 위해를 갖고 있으며 대표적 발암성물질인 polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)도 미량 검출되고 있는 것으로 보고되고 있다. 그러나 우리나라의 부유분진 오염정도가 우리인체에 정량적으로 얼마만큼의 영향을 주고 있는가에 대해서는 알려져 있지 않으며 이를 위한 연구도 많지 않은 상황에 있다.

따라서 이 연구는 대기중 분진을 호흡함으로써 가능한 인체의 위해(risk)를 정량적으로 평가하기 위하여 그동안 개발된 다양한 방법론들을 응용하여 그 결과를 제시하여 보았다.

II. 방법

복합물질의 발암위해를 평가하는 정량적 위해성평가(quantitative risk assessment) 방법론은 3가지 정도로 구분해 볼 수 있다. 첫째는 실제 복합물질("actual mixture")을 단일물질처럼 취급하여 조사평가하는 것이고, 두 번째는 비교잠재력 방법(comparative potency, relative potency method)으로써, 실제 복합물질과 같은 성분을 갖고 있으나 구성비가 다른 유사한 복합물질("similar mixture")을 실제 복합물질과 비교하여 평가하는 방법이다. 세 번째는 복합물질의 몇몇 성분("component based mixture")들을 토대로 위해성을 평가하는 방법이다. 발암물질의 경우에는 반응-상가모델(response additive model)을, 독성물질(systemic toxicant)의 경우에는 용량-상가모델(dose additive model)을 이용하는데 여기에는 위험지수(hazard index)를 이용하는 방법, 독성상대 계수(toxicity equivalency factor, TEF)를 이용하는 방법들이 개발되어 있다.

본 연구에서는 1986년부터 1994년까지 서울의 신촌동에서 측정, 평가된 부유분진의 오염도와 분진에서 추출된 유기물, PAHs성분들의 평균 오염도를 평생 지속된다고 가정하고 이때 가능한 인체 위해도 범위를 추정해 보았다. 위의 방법 가운데 첫째 방법을 제외한 다른 2가지의 방법이 적용가능했으며 이를 대표적 발암물질인 benzo(a)pyrene(BaP)에 의한 발암위해와 비교하였다.

III. 결과

먼저 1986년부터 1994년까지 조사된 서울의 한 교통지역에서의 대기 부유분진의 오염도를 살펴보면 평균 $158.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로, 이중 미세 입자는 총부유분진의 60% 이상을 차지하고 있었다. 추출유기물의 농도는 분진무게의 약 5%정도에 해당되었으며 추출유기물의 80%정도가 중성성분으로 구성되어 있었다. PAHs의 대표적 지표성분인 BaP은 미세 입자에서 평균 $2.07\text{ng}/\text{m}^3$, 조대입자에서 $0.47\text{ng}/\text{m}^3$ 의 오염도를 나타내었으며 이를 포함한 총 17종의 PAHs 성분들의 평균농도는 $30.04\text{ng}/\text{m}^3$ 이었다.

조사된 BaP의 평균오염도($2.54\text{ng}/\text{m}^3$)에 해당하는 인체 발암위해는 4.27×10^{-6} 으로 평가되었으며, TEF를 이용하여 BaP equivalents를 산출한 결과 $8.74\text{ng}/\text{m}^3$ 으로 산출되었다. 본 연구에서는 현재까지의 TEF접근법에 대한 평가가 발암력을 고려한 임시 평가수단이라는 점을 고려하여 발암위해를 산출하지는 않았다. 분진에서 추출된 유기물량을 발암력 비교 산출법에 의해 구해진 대기분진중 유기물의 단위위해도치와 조합해 발암위해를 산출한 결과 1.0×10^{-3} 이었다.

IV. 토의

대기 부유분진과 같은 복합오염물질의 정량적 인체 위해성을 평가하고자 서울의 일부 교통지역에서 조사되어 보고된 바 있는 부유분진의 오염특성을 재종합하여 다양한 위해성평가 방법론을 적용해 보았다. 이상과 같이 대기부유분진 오염에 의해 발생할 위해도를 평가한 결과 단일물질에 의해서는 10^{-6} 의 위해도를 보인 반면, 유기추출물, 분진과 같은 복합물질의 형태에 의해서는 10^{-3} 의 위해도를 보이고 있어 단일물질이 아닌 복합물질의 형태로 평가했을 경우 더 높은 위해도를 나타내고 있음을 알 수 있었다. 또한, 평가된 복합물질에 의한 위해도의 수준은 우리가 허용위해도를 10^{-5} - 10^{-6} 이라고 보았을 때 이를 훨씬 넘어서는 수준이라고 할 수 있다.

현재 복합물질에 대한 위해성을 평가하는 방법론에 있어서는 많은 가정이 전제되며 많은 불확실성이 따르고 있는 것이 사실이나 이는 앞으로도 계속 발전, 수정되어가야 할 부분이다. 복합물질들의 상호기전에 대한 독성학적 연구, 혼합물질의 용량-반응평가 연구등이 병행되어 방법론에 대한 검증과 보완이 뒤따라야 할 것이다.