

PD2) 전자산업단지에서의 인체 위해도 평가

Human Health Risk Assessment in Electronic Industrial Complex

김영환 · 최재영 · 정종환 · 최우건 · 김태오

금오공과대학교 대학원 환경공학과

1. 서 론

과거에는 환경오염에 대한 인지도가 낮아 피해의 유무, 즉 인과관계를 규명하는 것이 일차적 관심이었으나 경제발전과 더불어 국민들의 의식수준도 향상되고 있다. 환경에 대한 관심은 특정 유해화학물질에 노출됨에 따라 발생 가능한 인체 영향에 대한 계량적인 정보와 이들 정보를 토대로 허용 가능한 오염수준을 정하기를 요구하고 있다. 이러한 사회적·학문적 요구에 대두한 과학적인 방법론이 건강 위해성 평가(Health Risk Assessment)이다. 위해성 평가는 사람이 환경적 위협에 노출되었을 경우, 발생 가능한 영향을 정성 또는 정량적으로 추정하는 과정이다. 환경오염으로 인한 인체영향에 대해 “위해도(risk)”를 지표로 하는 종합적이고 계량적인 정보를 제공하기 때문에 복잡한 사회 속에서 이해관계와 불확실성으로 얽혀있는 환경문제를 이해할 수 있도록 하는 과학적이고 합리적인 방법론으로 평가받고 있다(김예신 등, 2003). 구미지역의 산업단지는 전자산업과 합성수지 산업이 전체 산업의 50% 이상을 차지하고 있다(최우건 등, 2004). 본 연구에서는 이러한 특성을 반영하여 구미지역의 VOCs에 대한 인체 위해도 평가를 정량적으로 파악하고자 하였다.

2. 연구 방법

대기 중 오염물질로 인한 건강 위해성 평가 방법은 U.S. EPA에서 제공하고 있는 발암 물질에 대한 위해성 평가 방법론을 사용하여 평가하였다. 발암성 물질에 대한 위해성 평가는 대상지역에서의 오염물질에 대한 노출 평가를 수행한 후, U.S. EPA에서 제공하고 있는 IRIS(Integrated Risk Information System) 자료를 이용하여 국내 노출 인구에 적용되는 단위 위해도를 산출하고, 구미시의 이론적 암 발생 사망자수를 추정하였다.

연구대상 물질들은 VOCs로서 IRIS에 열거된 용량-반응 정보가 존재하면서 측정 자료가 존재하는 물질들을 대상으로 하였다. 대상지역은 구미의 제 1산업단지, 제 2산업단지, 도심지역, 주거지역, 중간지역으로 5곳으로 선정하였다.

이 연구에 사용된 오염농도는 최우건 등(2004)에서 제시된 자료이며, 여름과 겨울 농도의 평균값을 사용하였다. 그 값은 그 지역의 대기농도를 대표한다고 가정하였다.

cancer risk는 U.S. EPA IRIS에서 제공하고 있는 unit risk 값을 사용하였다. 이 때 단위 위해도는 가능한 우리나라 상황에 맞게 보정하기 위하여 주요노출인자 모수치(체중 60kg, 호흡량 20m³/d, 기대수명 70년)를 적용하였다. 역학자료는 특정 인종을 대상으로 한 연구결과이기 때문에 인종 간 용량-반응 간 차이가 없는 것으로 가정하였다. 노출 인구수는 최종영향이 암으로 인한 사망이므로 잠복기를 고려하여, 20세 이상의 구미지역 성인 250,408명(구미시 통계연보, 2004)으로 하였다.

Hazard Index는 U.S. EPA IRIS에서 제공하는 기준노출(RfD 가능한 인체 허용수준)값을 사용하였다. 일반적으로 비발암 독성물질의 경우는 일정 용량 이상에서 노출되어야 유해 영향이 관찰된다는 가정을 전제로 하고 있다. 다시 말해서, 일정 용량 이하로 노출되었을 경우 유해영향이 발생하지 않을 것으로 기대된다.

3. 결론 및 고찰

표 1에서 보는 바와 같이, 구미시 VOCs 발암물질로 인한 발암 위해도의 경우 선정 지역 모두 허용

기준 1.0E-06을 초과하였으며, 특히 2산업단지 1.53E-04로 허용기준을 100배 이상 초과하였다. 그리고 선정된 5곳의 발암 위해도 평균값을 사용하여 계산한 인구 집단 위해도는 23.9명으로 추정되었다. 비발암 물질로 인한 비발암 위해도의 경우 선정지역 모두 기준 1이하로 잠정적 위해도가 없는 것으로 추정되었다.

본 연구에서는 U.S. EPA에서 제공하는 인체 위해도 평가방법과 역학자료 등을 이용하여 위해도 평가를 하였다. 이 과정에서 필연적으로 수반되는 불확실성에 대한 문제들이 발생한다. 먼저 이론적 사망자 수 추정 시 사용된 단위 위해도는 U.S. EPA IRIS에서 제공하는 값을 이용하여 산출하였는데, 이것은 고농도에서 동물실험이나 역학자료에서 생성되는 것이기 때문에 실제 오염도가 비교적 낮은 곳에서 노출된 사람에게 적용하기에 불확실성이 내재되어 있으며, 또 동물 실험의 결과를 이용하는 경우 동물에서 사람으로의 용량 외삽, 인구집단으로의 외삽에 있어서의 불확실성을 내포하고 있다. 다음으로 오염농도의 대표성 문제를 들 수 있는데 선정지역 내의 한 곳에서 측정된 시료의 농도를 그 지역의 대표농도로 가정한 것과 1년간의 측정 자료로 암 발생 기대 대상자들의 전체 평생 동안의 위해도를 추정한 것에 대한 불확실성을 가져올 수 있다.

Table 1. Cancer Risk

| compounds | ind1 | ind2 | urb | resid | middle | ave | population risk | annual population risk |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|------------------------|
| benzene | 2.90E-05 | 3.15E-05 | 3.68E-05 | 3.06E-05 | 3.75E-05 | 3.31E-05 | 8.28E+00 | 1.18E-01 |
| chloroform | 4.78E-05 | 1.19E-04 | 1.77E-05 | 5.30E-05 | 5.89E-05 | 5.93E-05 | 1.48E+01 | 2.12E-01 |
| 1,2-dichloroethane | 3.65E-06 | 2.92E-06 | 3.29E-06 | 2.92E-06 | 3.29E-06 | 3.21E-06 | 8.05E-01 | 1.15E-02 |
| Total Cancer Risk | 8.04E-05 | 1.53E-04 | 5.77E-05 | 8.65E-05 | 9.97E-05 | 9.56E-05 | 2.39E+01 | 3.42E-01 |

참 고 문 헌

- 최우건, 배상호, 박덕신, 정연구, 김태오 (2004) 구미산업단지 대기 중 휘발성유기화합물(VOCs)의 농도 특성, 한국환경과학회지, 13(3), 205-214.
- 김예신, 박화성, 이용진, 임영욱, 신동천 (2003) 서울지역에서 인체 위해도에 입각한 대기오염물질의 관리 우선순위 선정에 관한 연구, 한국대기환경학회지, 19(2), 205-216.
- 구미시 통계연보, 2004.