

# 개인의 환경노출 평가 중요성

경북대학교 환경공학과  
조완근

## 1. 서론

환경규제 프로그램의 궁극적인 목표는 인간의 건강과 복지를 환경오염으로부터 보호하는 것이다. 이러한 목표를 달성하기 위해서는 환경오염에 의한 위해성(risk)을 평가하고 이를 허용수준이하로 감소시키는 대책이 요구된다. 또한, 이러한 환경오염에 의한 위해성평가(risk assessment)를 위해서는 환경오염 노출평가가 합리적으로 수행되어야 한다.

현존하는 환경규제 프로그램은 실외공기, 강, 호수 또는 해양과 같이 특정 환경의 오염도만을 조사하여 이러한 환경오염도가 허용기준치를 초과하지 않도록 연돌배출 및 공장폐수 배출등과 같이 한정된 오염배출원에 대하여 배출규제를 시행하고 있다. 우리가 실질적으로 일상생활 중에서 경험하는 환경오염노출에 영향을 미치는 주요 오염원인 생활용품, 사무용품 및 가정이나 공공건물의 실내에 존재하는 오염원에 대한 규제는 주목받지 못하고 있다.

미국의 경우 1980년대에 Total Exposure Assessment Methods(TEAM) study 1-2를 통해서 많은 오염물질에 대하여 일상생활중에서 경험하는 개인노출량이 특정 환경에서의 오염도에 근거한 노출량보다 훨씬 높은 것을 확인하였고, 최근에는 개인노출량을 줄이기 위해서 일상생활과 관련된 환경오염원을 규제하는 방안을 검토하고 있는 것으로 알려져 있다. 이와 관련하여 본 발표에서는 개인의 환경노출평가(personal exposure assessment, 개인노출평가) 방법을 간략히 소개하고 개인노출평가에 대한 중요성을 주요 사례를 통하여 소개하고자 한다.

## 2. 개인노출평가 방법

개인노출평가는 오염물질이 인체에 도달하는 모든 노출경로 (ingestion, inhalation and skin contact)가 우선적으로 고려된다. 다음 차례로서, 각 노출경로를 통해서 이동되는 오염물질의 농도에 대한 정보를 수집하고, 높은 개인노출을 야기시키는 특정 미규모 환경과 주요 오염발생원을 확인하기 위한 정보를 제공할 수 있는 일상생활 활동을 기록한 일기를 응답자로부터 수집한다.

개인노출을 확인하고 환경오염물질이 인체로 침투했다는 것을 증명하기 위해서 호기, 소변 및 혈액 등의 오염도를 나타내는 개인의 인체부담(body burden)이 종종 추가적으로 측정된다. 개인노출평가를 위해서는 직접 노출량을 측정하거나 개인노출 모델링을 이용하는 간접적인 평가방법을 이용할 수 있다.

### 3. 개인노출 사례

#### SO<sub>2</sub> 에 대한 개인노출

캐나다 토론토에서 조사된 한 연구에서, 아황산가스에 대한 개인노출은 실내공기보다 실외공기농도에 영향을 더 많이 받은 것으로 나타났다.<sup>3</sup>

#### O<sub>3</sub> 에 대한 개인노출

특정 지점의 측정소에서 측정된 실외공기농도가 실내에서 많은 시간을 보내는 사람들의 개인노출량을 크게 초과하는 것으로 나타났다.<sup>4</sup>

#### NO<sub>2</sub> 에 대한 개인노출

실내에 주요 발생원이 없는 경우에 개인노출은 실외공기농도의 영향을 많이 받고, 가스 스토브를 사용하는 가정에서 생활하는 개인은 실내공기농도의 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났다.<sup>5, 6</sup>

#### CO 에 대한 개인노출

오존의 경우와는 대조적으로 특정 지점의 측정소에서 측정된 실외공기농도가 개인노출량 보다 낮게 (출퇴근시 자동차 실내의 고농도 CO 때문) 나타났다.<sup>7, 8</sup>

#### 휘발성유기화합물에 대한 개인 노출 (volatile organic compounds, VOCs)

VOCs에 대한 개인노출은 실외 공기농도에 의한 영향은 아주 미약하고 실내의 여러 환경조건에 따른 실내공기 농도의 영향을 주로 받는 것으로 알려져 있다. 한 예로서, 미국의 전원지역에서 일상적으로 생활할 때 야기되는 VOCs (17종류의 VOCs)에 대한 개인노출량이 교통량이 많은 미국 뉴저지와 로스앤젤레스의 대도시의 실외공기농도보다 10 내지 100배정도 높게 나타났다.<sup>9</sup> VOCs 종류별 개인노출 source가 아래와 같이 요약된다

벤젠의 경우 흡연자가 없는 가정보다 흡연자가 있는 가정의 실내공기농도가 약 2배 정도 높게 나타났고, 흡연자의 흡연후 호기농도가 비흡연자의 호기농도보다 5 내지 10배 정도 높게 나타났다.<sup>10</sup>

대부분의 target VOCs에 대하여, 출퇴근시 버스를 이용할 경우 개인노출은 실외 공기보다 3배정도 높게 노출되고, 승용차를 이용할 경우에는 개인노출이 버스보다 2배 가까이

높게 나타났다.<sup>11</sup>

Aninl carcinogen으로 알려져 있는 이 VOC는 방충제 (moth crystal), 탈취제 및 살균제로 가정에서 많이 이용되며 이러한 사용은 개인노출을 증가시킨다. 한 예로서, 액체 또는 고체 탈취제 사용할 때 파라다이클로로벤젠의 실내농도는 사용전 보다 2배정도 높게 나타났다.<sup>10</sup>

세탁소의 세탁용제로 이용되는 이 VOC는 세탁소를 방문하거나 dry-cleaning된 세탁물을 가정에 보관할 경우 개인노출이 증가된다.<sup>10</sup>

#### 클로로포름

염소처리된 수도수를 마실 경우뿐만 아니라 화장실, 설거지, 세탁, 목욕 및 샤워 등과 같이 염소처리 수도수를 가정에서 여러 용도로 활용할 때 또는 수영시 호기 또는 피부접촉으로 클로로포름에 대한 개인노출이 증가하는 것으로 보고되었다.<sup>12</sup>

## 4. 결 론

앞에서 언급된 바와 같이, 대부분의 경우 개인노출은 실외보다는 실내의 다양한 오염원과 개인의 활동종류에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 고정된 측정망에서 측정하는 실외 공기농도와 같이 특정 환경의 오염도만을 조사해서는 개인의 실질적인 노출평가가 이루어질 수 없다. 그러므로, 환경오염에 의한 건강위해성(risk)을 합리적으로 평가하고 이를 허용수준 이하로 실질적으로 감소시키기 위해서는 환경규제프로그램에 개인노출평가가 포함되는 것이 바람직하다.

## 참 고 문 헌

1. Wallace, L. A. The TEAM Study : Summary and Analysis : Volume I, EPA600/6-87/002a, NTIS No. PB 88-100060, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 1987.
2. Pellizzari, E. D.; Perritt, R.; Hartwell, T. D.; Michael, L. C.; Sheldon, L. S.; Sparacino, C. M.; Whitmore, R.; Leninger, C.; Zelon, H.; Handy, R. W.; Smith, D.; Wallace, L. A. Total Exposure Assessment methodology (TEAM) Study : Elizabeth and Bayonne, New Jersey; Devils Lake, North Dakota, and greensboro, North Carolina: Volume II, EPA600/6-87/002b, NTIS PB 88-100078, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 1987.
3. Silverman, F. *Environ. Int.* 1982, 8, 311-316.
4. Stock, T. H. Presented at the International Symposium on the Biomedical Effects of Ozone and Related Photochemical Oxidants, Pinehurst, N.C., March 14-18, 1982.

5. Dockery, D. W.; Spengler, J. D. presented at the 70th Annual meeting of the Air Pollution Control Association, Toronto, Ontario, Canada, June 20-24, 1977.
6. Nitta, H. ; Maeda, K. *Environ. Int.* 1982, 8, 243-48.
7. Ott, W. R. : Rodes, C. E. : Drago, R. J. : Williams, C. ; Burmann, F. ; *J. of the Air Pollution Control Association*, 1986, 36, 883-887.
8. Ziskind, R. A. ; Fite, K. ; Mage, D. T. *Environ. Int.* 1982, 8, 283-293.
9. Wallace, L. A. ; Pellizzari, E. : Hartwell, T. D. : Sparacino, C. : Whitmore, R. ; Sheldon, L. ; Zelon, H. ; Perritt, R. *Environ. Res.* 1987, 43, 290-307.
10. Wallace, L. A. ; Pellizzari, E. ; Hartwell, T. D. : Davis, V. ; Michael, L. C. : Whitmore, R. W. *Environ. Res.* 1989, 50, 37-55.
11. Jo, W. K. : Choi, S. J. *J. Air & Waste Manage.* 1996, 46, 749-754.
12. Weisel, C. P.; Jo, W. K. *Environmental Health Perspectives*, 1996, 104, 48-51.