

2A3) Lobstermen 작업장에서의 대기오염물 노출분석 Exposure Assessment to Air Pollutants in Lobstermen's Sheds

이병균, John Spengler¹⁾

울산대학교 건설환경공학부,

¹⁾Exposure, Epidemiology and Risk Program, Harvard School
of Public Health

1. 연구 배경

현대인의 많은 사람들은 삶의 85~90%의 시간을 실내에서 보내고 있다고 한다. 그래서 우리의 건강이 바깥공기보다는 실내공기질에 더 많이 좌우된다고 하여도 큰 무리가 없을 것이다. 그래서 우리는 우리가 거주하는 실내공기질에 대한 지대한 관심을 가지고 있으며, 특히 최근 들어 실내공기질을 쾌적하게 또는 청정하게 유지하려는 많은 노력이 경주되고 있다. 실내공기오염원은 실외공기에 포함된 오염물의 영향도 크게 받지만, 실내에 공기오염원에 의한 영향도 매우 크다고 할 것이다. 특히, 추운 겨울철에는 보온등의 이유로 바깥공기와와의 교환이나 환기 상태가 아주 급격히 줄어드는 경우가 많아서 실내의 공기질이 다른 계절에 비하여 크게 저하되는 경우가 많다. 더우기 실내에서 오염물질을 배출하는 작업이 이루어지게 되면, 환기효율이나 성능의 저하와 함께 실내의 공기는 매우 급격히 저하될 것이다.

미국의 북동부 해안은 세계의 많은 사람들이 즐겨먹는 바다가재 (lobster)의 주요 생산지역(어로지역) 중의 하나이다. 특히, 미국의 북동부 지역 중에서도 Maine주는 바다가재의 주요 어로지역이며, Maine주의 Vinalhaven섬은 New England에 있는 가장 큰 바다가재 어로지역이기도 하다. 겨울철에 Lobstermen (바다가재를 잡는 어부)은 주로 바다가재의 어로작업의 성수기 (봄부터 가을까지)를 대비하여 자기들의 실내작업장 (Lobstermen's Sheds)에서 바다가재용 어구 (거물, 밧줄, 미기용 덧, 개인소유 부표) 등을 수리하거나, 청소하거나 떠는 새롭게 만드는 일을 많이 한다. 어구의 수리, 청소 및 신규 제작작업은 Heat Gun을 이용하여 플라스틱을 녹이거나 절단하는 작업에서 많은 양의 Fume이 발생한다. 또 지난해에 사용하였던 각종 어구를 Grinder나 Brush를 이용하여 밧줄이나 부표등에 묻어있는 각종 이물질이나 찌꺼기 등을 갈아내거나 털어내는 과정에서 각종 먼지나 입자성 오염물이 발생한다. 그리고 자기개인 소유의 부표를 페인트 작업을 통하여 자기고유의 그림과 무늬를 만드는 과정에서 페인트 용 용제가 많이 배출되거나 증발하게된다. 이렇게 실내작업과정에서 엄청난 양의 대기오염물이 발생함에도 불구하고 Maine주의 Vinalhaven 일대의 겨울 날씨는 매우 춥기 때문에 (영하 25~35℃), 보온 등의 이유로 대부분의 Lobstermen들은 실내의 문을 거의 모두 닫은 상태로 환기성능이 매우 열악한 상태로 하루 8시간정도나 작업하게된다. 그러므로 Lobstermen들은 겨울철의 실내작업과정에서 엄청난의 대기오염물에 노출된다고 할 것이다. 이에 본 연구는 미국 Maine주의 Vinalhaven에서 Lobstermen의 실내작업중에 대기오염물에 노출되는 정도를 분석하여 실내공기질 저하정도를 평가하였다.

2. 연구 방법

Lobstermen의 실내 각종 대기오염물에 대한 실내 및 개인 노출정도 분석을 위한 실내공기시료 및 작업자 노출시료는 미국 Maine주의 Vinalhaven에서는 여전히 겨울기간이라고 할 수 있는 2003년 3월 3일부터 2003년 3월 6일까지의 기간동안 7개의 큰 작업장 (Lobstermen's Sheds), 1개의 창고 (Storage Room for Used Fishing Facilities), 그리고 바깥공기중에서 포집되었다. 7 Lobstermen들이 본 연구에 참여하였고, 작업공정의 특수성이나 작업장의 사정에 따라 작업장 마다 다소 시료포집 시간은 차이가 있었지만 대체로 5시간에서 27시간정도였다. 시료포집기간동안 큰 강수나 강설은 없었지만 바깥공기는 영하 30~35℃ 정도로 매우 추운 날씨였다. 초미세입자(Ultrafine: 0.02~1.0um)의 수는 TSI

P-Trak (Model 8525)에 의하여, PM_{2.5} 입자의 농도와 수와는 TSI DustTrak (Model 8520)과 Aircoity IAQ 100에 의하여, PM₁₀ 입자의 농도는 Aircoity IAQ 100에 의하여, 다환방향족 (PAHs)는 PAS 2000CE에 의하여 측정분석되었다. 온도, 습도, CO 및 CO₂는 Aircoity IAQ 100와 TSI Q-Trak에 의하여 측정분석되었으며, 그리고 라돈(Rn), 오존 (O₃) 및 총휘발성유기화합물질농도 (Total VOCs)는 Aircoity IAQ 100에 의하여 측정분석되었다. 각 작업장에서의 VOCs의 성분과 농도분석을 위한 시료포집은 ATD tube (흡착튜브)와 Personal sampling 펌프에 의하여 이루어졌고, 가스분석기 (GC-MSD)를 이용하여 성분의 확인과 농도분석이 이루어졌다. 독물질인 Endotoxins은 endotoxin filter와 2.3L/min의 유량을 가진 펌프를 사용하여 시료포집되었고, endotoxin의 총농도는 KLARE method에 의하여 관련 실험실에서 분석이 이루어졌다.

3. 결과 및 고찰

Ultrafine particle의 수농도에 대한 실내에서의 기준은 없지만 150,000pt/cc를 넘을 경우 그 농도가 상당히 높은 것으로 나타났다. 그냥 실내에서 서서하는 평이한 작업과정에서도 158,526pt/cc 정도였으며, 실내에서 용접과정이나 작업자의 흡연과과정에서는 기기의 측정 상환치인 20,000,000pt/cc를 초과할 정도로 매우 높은 농도를 나타내었다. PM_{2.5}과 PM₁₀에 대한 실내환경에서의 기준치도 현재 설정되어 있지 않지만, 100개의 사무실에 대한 연구조사에 근거하여 PM_{2.5}농도가 20 ug/m³ 이상이면, 또 PM₁₀농도가 ug/m³ 이상 주의를 요하는 정도라고 알려져 있다. 본 연구에서 Lobstermen 작업장에서 확인되는 Peak 기간동안의 PM_{2.5}농도는 1,300 ug/m³ 이나 될 정도로, 또 PM₁₀농도는 634 ug/m³ 이나 될 정도로 매우 높은 미세먼지 농도를 나타내었다. 확인된 주요 VOC는 벤젠, 톨루엔, 자일렌, 에틸벤젠, 그리고 1,3-butadiene, 각종 클로린계 탄화수소 등으로 아주 다양한 종류가 확인되었고, 독성이나 발암성이 매우 높은 벤젠과 1,3-butadiene의 평균농도가 각각 136 ug/m³(43ppb)과 2.6 ug/m³(1.3ppb)이나 될 정도로 매우 높은 농도를 나타내었다. 실내에서 Aircoity로 측정된 Total VOC Index는 35를 초과하지 말 것을 추천하는데 본 연구에서 확인된 TVOC Index는 측정 기기의 최고값은 150을 훨씬 초과하는 경우가 많은 것으로 나타났다. 비록 EPA의 PAHs에 대한 기준치가 아직 설정되어 있지 않지만, 선행연구자들에 의하면 공기 중의 PAHs 값은 40 ng/m³ 이상되면 높은 값으로 보는 데, 본 연구에서는 부표의 Branding (heat Gun으로 녹이며 표시하는 것)과정과 Welding 과정에서 하로 하는 것이 40 ng/m³ 이상으로 나타났다. Endotoxin에 대한 여러 연구에서 45EU/m³ 이상의 Endotoxin농도에 노출되면 여러 가지 노출증상이 나타나는 것처럼 보이는데, 본 연구에서는 0.08~77.5 45EU/m³ 정도의 범위를 나타내었는데, 이러한 Endotoxin은 바다에서의 어로작업 중 어구에 달라붙은 여러 해초 식물내지는 공팡이류에서 배출되는 것으로 추정된다.

사 사

본 연구에 도움을 준 하버드대학교 여러 대학원생들 및 의학박사 Donahue께 감사드립니다.