



아크릴로니트릴 역학조사

산업안전보건연구원 직업병연구센터 / 이 유 진 · 김 은 아

플라스틱 가공업체에서 자동차 음향기기(오디오) 및 에어컨 케이스를 조립하는 일을 해 오던 54세 여성근로자는 작업을 시작한지 약 2년쯤 지난 뒤부터 몸이 떨리고 가슴과 머리가 아프고 호흡곤란이 발생하였다.

이 근로자를 대상으로 폐기능 검사나 흉부방사선촬영 등 각종 검사를 해 보아도, 기관지천식이나 폐의 섬유화 소견은 보이지 않았다. 더 자세한 진단을 위해 고해상도 흉부컴퓨터단층사진 촬영을 했는데, 그 결과, 기관지확장증 및 전기인두 부착작업 중 발생하는 자극성 가스에 의한 기관지염이라고 진단되었다.

산업안전보건연구원은 현장 방문을 통해 이 근로자의 작업은 ABS수지(Acrylonitrile - Butadiene - Styrene 수지)를 원료로 한 오디오 케이스를 전기인두로 부착하는 일이라는 사실을 알게 되었고, 작업 중에

acrylonitrile이 발생할 수 있다는 것을 파악할 수 있었다. 또, 근로자의 작업 공간에는 국소배기장치가 없었으며, 보호구도 착용하지 않고 작업을 하여 이러한 자극성 가스나 흠에 쉽게 노출될 수 있는 상황이었다.

전기인두 부착작업에서 인두로 지지게 되는 오디오 케이스의 원료 ABS 수지는, 인두의 열에 녹으면서 acrylonitrile이 발생하고, 이 Acrylonitrile은 호흡기 자극이 매우 심하다고 알려져 있었다.

이러한 자극성 가스에 반복적으로 노출되면서 이 여성의 기관지는 지속적으로 자극성 염증을 앓게 되었고, 그 결과 주로 만성적인 감염에 의해 생기게 되는 기관지확장증까지 발생한 것이라고 판단되었다.¹⁾

아크릴로니트릴은 청화물과 비슷한 작용을 하는 화학적 질식제이다. 국제암연구소

1. 산업안전보건연구원, 직업병진단사례집(2005), 2006.

(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서 발암성 의심물질(group 2B)로 분류하고 있으며 작업환경분야의 독성연구에 관심이 있는 경우, 아크릴로니트릴의 발암성에 초점을 맞추곤 하였다.

한편, 아크릴로니트릴은 니트릴기가 붙어 있는 만큼, 고농도로 노출될 경우 청색증과 유사한 제반 혈관계통 증상이 나타나기도 하며, 신경독성과 간기능 이상을 나타낼 수 있다고 알려져 왔다.

아크릴로니트릴은 프로필렌과 암모니아를 원료로 산화반응 및 정제공정을 거쳐 제조되는 무색무취의 유독성 액체이다. 아크릴로니트릴의 다른 이름은 2-프로펜니트릴(2-propenenitrile), 비닐시아나이드(vinyl cyanide), 시아노에틸렌(cyanoethylene), 아크릴론(acrylon), 벤톡스(ventox), 푸미그레인(fumigrain) 등 매우 다양하다.

이 화학물질은 아크릴섬유 제조, 합성고무, 합성수지, 접착제, 색소, 제약 등 고분자 합성에 이용되며 훈증 살충제에 이르기까지 매우 다양하다. 또한 ABS/SAN(Styrene Acrylonitrile)수지의 원료로 주로 사용되며 이외에도 아크릴아미드, 호제 및 아디포니트릴, 합성고무, Latex 등의 원료로도 폭넓게 사용되고 있다. 즉 아크릴 섬유를 사용해서 스웨터, 모포 등을 제조하고 ABS수지

는 컴퓨터 모니터, TV케이스, 카메라 케이스, 라디오 케이스, 전화기 케이스 등 우리 생활과 매우 밀접한 제품을 만드는데 원료로 사용되고 있다.

우리나라에서는 울산석유화학단지내에 소재한 (주)태광산업과 (주)동서석유화학 등 2개소에서 아크릴로니트릴을 생산하고 있다. (주)태광산업에서는 1997년 몬산토 공법을 적용하여 연산 250,000톤의 아크릴로니트릴 생산 공장을 준공하여 약 50,000톤은 자체 아크릴 섬유 공장의 원료로 사용하고 있으며 약 200,000톤을 국내·외 수요업체에 공급하고 있으며(태광산업, 2008), (주)동서석유화학에서는 일본의 아사히카세히에서 직접 개발된 고효율 촉매를 사용하여 매년 약 270,000톤을 제조하고 있다(동서석유화학, 2008).

따라서 우리나라에서 매년 생산되는 아크릴로니트릴의 양은 약 520,000톤으로 추정된다.

비록 아크릴로니트릴이 한국에서 심각한 직업성질환 집단 발병을 일으킨 것은 아니지만, 발암의심물질로, 잠재성을 갖고 있어 향후 산업보건학적 중요성이 부각될 가능성이 있으므로, 산업안전보건연구원은 2000년도에 전국의 아크릴로니트릴 취급 사업장에 대한 역학조사를 실시하였다.

이 당시의 역학조사의 목적은 1) 우리나라

라의 아크릴로니트릴 사용 작업자의 현황을 파악, 2) 작업환경측정과 생물학적 모니터링을 통하여 작업장별, 작업부서별 아크릴로니트릴 노출량을 파악하는 것으로 하였다.

조사대상과 조사방법

한국산업안전보건공단이 실시한 1999년의 제조업체 작업환경실태조사 자료, 통계청의 광공업통계조사보고서(통계청, 1999), 한국정밀화학총람(Chemical Information Service, 1998)을 통하여 2000년 현재 국내에서 생산 및 사용되고 있는 아크릴로니트릴의 유통량에 관한 조사를 실시하였다.

당시 국내의 아크릴로니트릴 생산량은 연간 약 30만 톤으로 두 곳의 제조사에서 국내 사용처의 대부분을 공급하고 일부는 외국으로 수출하고 있었다.

예비조사와 자료조사 결과, 국내의 아크릴로니트릴은 대부분 플라스틱, 화섬사 제조업체에서 소비되며 일부는 섬유용 호제 등 접착제 제조업체에서 소비되는 것으로 판단되었다.

그런데, 플라스틱 생산공장은 대부분 옥외 대형 반응조와 배합조 설비로 운영되며 작업자는 실내 컨트롤 룸에서 스크린을 보며 작업하므로 사용량에 비하여 작업자가 반응 원물

질에 노출되는 경우는 거의 없을 것으로 추정되었다. 오히려 접착제 제조공장처럼 소형 반응조에서 반개방형 작업형태로 작업하는 경우 사용량은 적지만 노출 가능성이 높아질 수 있다고 생각되었다.

2000년 전국 32개 사용사업장에 대하여 예비조사를 실시한 후, 본 조사 대상으로는 아크릴로니트릴에 노출될 가능성이 높은 사업장 9개소와 섬유용 호제를 사용하고 있는 섬유공업체 중 이전의 작업환경측정 결과에서 아크릴로니트릴이 검출된 사례가 있는 사업장 1개소를 선정하였다.

이 10개 아크릴로니트릴 사업장에서, 근로자 140명을 대상으로 작업환경측정과 생물학적 모니터링을 실시하였다.

작업환경측정은 당일 아크릴로니트릴을 사용하는 공정에서 근무하는 작업자 전원을 대상으로 개인 시료와 지역시료를 포집하였다.

공기중 아크릴로니트릴 시료 채취와 분석은 미국국립산업안전보건연구소(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)에서 추천하는 공정시험법 1604(1994)에 의하여 실시하였다. 현장에서 이송해 온 시료를 가스크로마토그래피로 분석하였다.

역학 조사에 동의한 근로자에 대하여 문진과 혈액 채취를 하였는데, 전체 146명의 작업

자 중 110명이 동의하여, 이들에 대한 생물학적모니터링으로 헤모글로빈 부가물분석을 실시하였다.

아크릴로니트릴은 몸 안에 들어가면 대부분은 다른 유기용제들처럼 곧바로 배설되지만 그중 일부는 혈액속의 적혈구에 결합하여 3-6개월 동안 몸 안에 남아있게 된다. 따라서 아크릴로니트릴을 사용하는 작업에 종사하는 작업자는 혈액에 부가되어 있는 아크릴로니트릴 부가물의 양을 측정하여 아크릴로니트릴의 노출정도를 파악할 수 있다.

결과

10개 작업장의 기중 아크릴로니트릴 평균치는 0.24 ppm(기하표준편차 4.80)으로 기준치인 2 ppm에는 크게 미달하였다. 그러나 전체 측정 수 140개 중 7%인 11개 측정 수에서 노출기준치가 초과되어 검출된 사례가 있었고 조사대상 10개 사업장 중 5개 사업장에서 기준치에 초과되어 검출되는 경우가 있었다.

작업공정별로는 배합작업에서 0.88 ppm(기하표준편차 3.21)으로 가장 높은 평균 농도를 나타냈고, 반응공정에서도 비교적 높은 0.39 ppm(기하표준편차 3.79)으로 나타났다. 포장공정 및 실험실에서는 각각 0.14 ppm(기하표준편차 4.18), 0.09 ppm(기하표준편차 5.72) 비교적 낮은 농도가 검출되었으며, 섬

유업체의 사이징 공정에서는 아주 낮은 농도가 검출되었다.

10개 아크릴로니트릴 사업장 작업자 중 생물학적 모니터링에 참가한 110명에 대한 생물학적 모니터링 결과 시아노에틸발린 형태로 검출한 헤모글로빈 부가물의 양은 기하평균 1.51 nmol/g globin(기하표준편차 3.43)이었다. 작업환경측정 결과와 마찬가지로 배합작업에서 10.48 nmol/g globin(기하표준편차 1.54)으로 가장 높은 평균 농도를 나타냈고, 반응공정에서도 비교적 높은 2.65 nmol/g globin(기하표준편차 2.38)으로 나타났다.

포장공정 및 공무, 실험실 근무자의 경우 각각 1.59 nmol/g globin(기하표준편차 2.31), 1.07 nmol/g globin(기하표준편차 2.08), 0.74 nmol/g globin(기하표준편차 4.67)로 다른 공정에 비하여 비교적 낮은 농도를 보였으며, 섬유업체의 사이징 공정은 0.21 nmol/g globin(기하표준편차 2.32)로 흡연남자 대조군의 평균농도인 0.28 nmol/g globin 보다 낮았다.

대조군의 평균치는 흡연남자의 경우 0.28 nmol/g globin(기하표준편차 1.45), 비흡연남자의 경우 0.04 nmol/g globin(기하표준편차 1.23), 여자대조군의 경우 0.05 nmol/g globin(기하표준편차 1.43)이었다.

아크릴로니트릴 취급사업장 10개소 중 4개

소에 대하여 산업환기 시스템을 개선하도록 하였으며, 아크릴로니트릴 취급 근로자 중 45명에 대하여 보호구 착용을 권고하였다.

아크릴로니트릴의 작업환경 중 농도와 생물학적 모니터링 결과 시아노에틸발린의 형태로 검출한 헤모글로빈 부가물의 농도와는 상관성이 있었다(상관계수 0.56). 이 상관식에 기중 아크릴로니트릴 기준치인 2 ppm을 대입하면 시아노에틸발린으로 산출한 헤모글로빈 부가물 농도는 6.0 pmol/g globin이며, 이 수치는 곧 미국산업위생협회가 산출하는 방식의 생물학적 노출기준치가 된다.

이와 같이 산출한 생물학적 노출기준치를 본 조사대상자에게 적용해 보면 전체 110명의 생물학적 모니터링 대상자 중 6.0 pmol/g globin을 초과하는 수치를 나타낸 경우는 9명으로 전체 대상자 중 8%에 해당되었다.

맺음말

2000년도 역학조사에서 검토해 본 결과, 아크릴로니트릴의 생산과정에서는 고농도 노출이 발생할 가능성은 흔치 않다.

일반적으로 아크릴로니트릴 모노머는 원료배합 - 중합 - 포장 공정을 거쳐 아크릴로니트릴 폴리머 형태로 생산된다. 이 과정에서 대부분의 아크릴로니트릴은 스티렌, 아크릴산 등 다른 모노머, 용제와 함께 반응조에 투

입된다. 반응조에 투입되기 전 모노머 등 원료들은 배합조에 일차 일정비율로 저장된 후 투입되거나 저장고에서 바로 반응조로 투입되기도 한다.

역학조사결과 가장 문제가 되는 공정은 원료배합계량 공정이었다. 이 역학조사에서 배합부서는 공기중 아크릴로니트릴 측정 결과 뿐만 아니라 생물학적모니터링 결과에서도 다른 부서에 비하여 높은 수치를 보여, 배합 작업에 근무하는 작업자들의 노출수준이 높음을 보여주었다.

산업안전보건연구원은 조사대상사업장들에 대하여 배합조 지역에 국소배기장치의 성능을 점검하거나 배합조 설비를 옥외에 설치하고 파이프라인을 통하여 자동 이송하도록 하는 등의 관리가 필요함을 권고하였다.

그런데, 대부분의 사업장은 배합, 반응, 포장 공정이 한 작업공간에서 이루어지므로 배합부서의 관리를 철저히 하여야 전체 노출량을 줄일 수 있을 것으로 생각되어, 노출수준을 감소하기 위한 개선안은 쉽지는 않을 것으로 예상되었다.

대부분의 반응조에서의 반응공정은 밀폐, 고압 반응으로 반응 공정에서 원료물질에 고농도로 노출되는 경우는 드물다.

또한 반응이 종결된 후의 완제품(폴리머)을 포장하는 공정에서도 미반응 모노머가 잔류하는 경우는 드물어 포장 공정에서 고농도로 노

출될 가능성은 거의 없는 것으로 판단되었다.

그런데, 플라스틱, 화섬사 등 대부분의 대규모 사업장에서는 이들 공정이 대부분 밀폐된 라인을 통해서 콘트롤 룸의 통제에 의해 이루어지나 일부 소형 작업장에서는 드럼통에 호스를 연결해 펌프로 반응조까지 퍼 올리는 경우도 있었다. 이러한 작업은 대개 아침 일찍 반응준비를 위하여 원재료를 배합하는 과정에서 이루어지는데, 이때 순간적으로 과폭로가 일어날 가능성이 존재하는 것으로 추정하였다.

우리나라 산업현장에서 아크릴로니트릴이 청색증이나 신경중독 등 급성중독을 일으킬 가능성은 그리 흔한 일은 아니다. 그러나 ABS수지 등의 플라스틱류는 산업사회에서 매우 광범위하게 사용되고 있는 만큼, 앞서 서두에서 언급한 사례처럼 기도 자극이나 염증반응은 흔히 발생할 수 있으며, 이러한 자극이 만성적으로 반복되면 만성적인 호흡기

질환이 발생될 수도 있다.

2000년의 역학조사는 수지 취급 사업장이 아니라 아크릴로니트릴 자체를 생산하는 사업장이나 원부자재로 사용하는 사업장을 조사하여, 배합공정이 가장 노출위험이 큰 것을 파악하였다.

그러나 실제 건강이상은 아크릴로니트릴이 함유된 제품을 조립하는 과정에서 발생된 것을 볼 때, 제조사업장 뿐 아니라 함유제품의 사용사업장에 대해서도 주의 깊은 관리가 필요함을 알 수 있다.

산업안전보건연구원의 2000년 역학조사에서는 이러한 함유제품사용사업장을 포함하지는 못하였으나, 2008년 실시된 한국산업안전보건공단 경기남부지도원의 화학물질 유통사용 실태조사²⁾에서는 다양한 업종에서 노출되는 아크릴로니트릴의 사용실태와 관리실태를 종합 보고하고 있어, 산업보건관리에 좋은 참고가 될 것으로 생각된다. ☺

2. 한국산업안전보건공단 경기남부지도원, 화학물질 유통·사용실태조사결과 종합보고서, 2008.