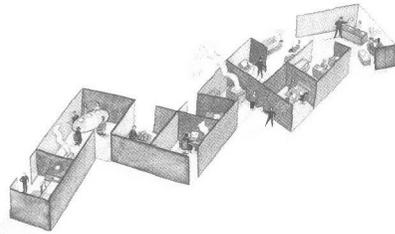


스티렌과 직업병



산업안전보건연구원 직업병연구센터 / 전 희 경 · 김 은 아

스티렌(styren)은 기름 모양 액체로, 방향족의 달콤한 냄새가 나는 화학물질인데, 합성고무 제조 및 여러 종류의 수지를 합성하는데 이용된다.

우리나라에서는 대부분의 소형 선반 건조시에 가볍고 쉽게 구할 수 있는 유리섬유강화 플라스틱(Fiberglass Reinforced Plastic, FRP)을 이용하고 있다. FRP소재의 선박을 제조할 때, 다량의 스티렌 수지를 사용하여 수작업으로 유리섬유와 불포화폴리에스테르 수지를 적층하는데, 이 과정에서 고농도의 스티렌에 노출될 수 있다는 것은 잘 알려져 있다.

스티렌에 노출되었을 때 가장 흔하게 호소하는 증상 및 증후는 그리 특이하지 않은 평범한 증상들인데, 눈 자극증상, 호흡기증상(천명음, 호흡수 증가), 피부자극증상(갈라짐, 발진), 쇠약, 두통, 피로, 어지럼증, 기억장애 등이다. 그런데 직업병과 관련해서

국내외 전문가의 우려를 야기해 온 것은 신경계질환과 함께 발암가능성에 대한 사항이었다.

스티렌에 고농도로 노출되는 경우, 말초신경 마비나 중추신경독성을 일으켰다는 보고가 다수 있으며, 특히 FRP 보트제조업에서 많았다고 하였다(Baker 등, 1985).

발암성에 대해서는 아직 사람의 발암물질로 확정된 수준은 아니지만, 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서 2B(possible human carcinogen), 즉, 사람에서 발암이 가능한 물질로 분류되어, 암과 관련한 건강영향도 걱정될 수 있는 화학물질이다.

스티렌에 의한 직업병 발생 가능성은 잘 알려져 있고, 국내에도 취급 사업장이 많을 것으로 추정되는데도 1990년대까지 우리나라에서는 스티렌 노출 근로자에 대한 노출수준에 대한 파악조차 잘 안 되어 있었다.



스티렌 취급 근로자가 이 물질에 얼마나 많이 노출되는지를 알 수 있는 중요한 방법 중 하나는 소변중의 대사물질인 만델릭산을 보는 것이다.

소변중의 대사물질은 공기 중의 스티렌을 호흡기로 마셔서 근로자의 몸에서 대사되어 나타나는 것이다. 그런데 이러한 대사물질의 수준이 높은지 낮은지를 판단하기 위해 적용하는 기준은 나라별로 약간의 차이가 있는데, 근로자들의 작업환경이나 근무시간, 몸의 대사속도에 따라서 다를 수 있기 때문이다.

이러한 점을 감안하려면 대사물질과 공기 중 노출수준을 그 나라의 다양한 작업환경에서 조사해 보는 것이 필요하다. 한국에서는 당시까지 이러한 평가도 시도되지 못하고 있는 상황이었다.

비록 국내에서 스티렌에 의한 직업병이 문제가 되지는 않았지만 이에 대한 파악은 산업보건 사업 설계에 필수적이라고 판단되었다. 산업안전보건연구원에서는 1993년과 2002년에 각각 우리나라 스티렌 사용 사업장, 특히 합성수지선박 건조 사업장 중심으로 역학조사를 실시하였다.

스티렌 노출수준 평가를 위한 역학조사

1993년 역학조사

산업안전보건연구원(당시 산업보건연구원)은 1993년 5월부터 7월까지 6개 사업장의 근로자 60명에 대하여 스티렌 노출수준과 소변 중 대사물질을 조사하였다. 그 당시 조사한 업종으로는 FRP를 제조하는 사업장 2개소, 변압기를 제조하는 사업장 2개소와 스티렌모노머를 폴리스티렌으로 중합하는 사업장 1개소였다.

조사 결과, 작업장의 공기 중 스티렌 노출수준은 평균 8.16 ppm 이었는데, FRP 제품 제조업에서는 29.38 ppm으로 높았고, 폴리스티렌을 중합하는 작업장은 2.10 ppm으로 비교적 낮은 수준이었다.

근로자들의 요중 만델릭산의 평균은 0.519 g/ g creatinine 이었는데, 소형변압기 제조업 사업장에서는 0.895 g/ g creatinine로 높았고, 폴리스티렌 중합업에서는 0.04 g/g creatinine으로 낮았다. 공기 중 스티렌과 요중 만델릭산 농도의 상관성이 0.64 정도로 나타났는데, 이는 공기 중 스티렌 50 ppm에 해당하는 요중 만델릭산의 농도는 0.890 g/g creatinine 이었다.

2002년 역학조사

2002년 역학조사에서는 합성수지선박 건조사업장(FRP 조선소)을 중점적으로 조사하여, 11개소를 조사대상으로 선정하였다. 그 외 유리강화플라스틱제조업 1개소, 합성고무제조업 1개소, 합성수지제품(단추)을

제조하는 사업장 1개소 등도 포함하여, 총 14개 사업장에 대해 스티렌 노출 정도, 근로자들의 신경영향 정도 등을 파악하기 위한 역학조사를 실시하였다.

작업환경측정을 실시한 결과, 합성수지선박 건조업의 공기 중 스티렌 기하평균 농도는 능동형과 수동형에서 각각 33.2 ppm과 33.0 ppm이었다.

전체적으로 고용노동부의 노출기준 50 ppm(2002년 기준)을 상회하지는 않으나 개별사업장에 따라서는 합성수지선박 건조업의 경우, 수동형 포집기의 평균이 고용노동부의 노출기준을 경미하게 초과(50.5 ppm)하는 곳이 1개소이었다. 합성수지선박 건조업 이외의 사업장에서 공기 중 스티렌 농도는 능동형과 수동형 모두에서 노출기준과 비교해서 매우 미미한 수준이었다.

다만, 합성수지선박 건조업의 경우 적층부서의 측정 결과는 능동형 포집기 결과 86.9 ppm, 수동형 포집기 결과 93.4 ppm 으로 고용노동부의 노출기준을 초과하는 사업장이 각각 1개 사업장이 있었으며, 노출기준에 근접한 수준(48.8 ppm, 48.1 ppm)의 사업장도 각각 1개 사업장이었다.

개인별로는 합성수지선박 건조업의 근로자가 노출수준을 초과하는 경우가 능동형과 수동형의 경우 전체 적층부서 역학조사 대상

근로자 67명 가운데 각각 19명과 18명으로 나타났으며 합성수지선박 건조업의 적층부서를 제외한 부서와 스티렌을 취급하는 역학조사 실시 대상의 타사업장에서는 모두 노출수준 이하의 결과를 나타냈다.

스티렌에 대한 생물학적 노출지표로 요중 만델릭산과 함께, 2002년에는 요중 페닐글리옥실산도 조사하였다.

요중 만델릭산의 합성수지선박 건조업 전체 기하평균은 454 mg/g creatinine으로 근로자 건강진단 실무지침의 기준 800 mg/g creatinine(2002년 기준)과 비교했을 때 노출기준을 초과하지 않는 것으로 나타났으며, 요중 페닐글리옥실산의 합성수지선박 건조업 전체 평균은 201 mg/g creatinine으로 근로자 건강진단 실무지침의 생물학적 노출기준인 240 mg/g creatinine(2002년 기준)과 비교했을 때 노출기준을 초과하지 않는 것으로 나타났다.

다만, 합성수지선박 건조업 적층부서의 경우 요중 만델릭산의 평균농도 결과가 근로자 건강진단 실무지침의 기준 800 mg/g creatinine을 초과하는 경우가 다수 있었는데, 3개 사업장(1,169 mg/g creatinine - 2,429 mg/g creatinine)의 근로자는 30명이었다.

요중 페닐글리옥실산의 평균농도 결과가 근로자 건강진단 실무지침의 생물학적 노출

기준인 240 mg/g creatinine을 초과하는 경우가 9개 사업장(241 mg/g creatinine - 711 mg/g creatinine) 근로자 35명에 해당되었다.

요중 만델릭산보다는 요중 페닐글리옥실산의 평균농도가 각각의 근로자 건강진단 실무지침의 기준과 비교했을 때 노출기준을 상회하는 사업장이 많은 것으로 나타났다.

합성수지선박 건조업의 적층부서를 제외한 부서와 스티렌을 취급하는 역학조사 실시 사업장의 경우에는 근로자 1명만의 요중 페닐글리옥실산 결과치가 근로자 건강진단 실무지침의 생물학적 노출기준인 240 mg/g creatinine을 초과한 것으로 나타났다.

혈액검사에서는 전체 대상근로자 113명 중 25명에서 혈색소치 감소, AST치 증가, ALT치 증가, r-GTP치 증가, ALP치 증가, 총 빌리루빈치 증가, 백혈구 수 감소, 총콜레스테롤치 증가, 중성지방산치 증가, B형 간염 항원 양성 등이 나타났으며, C형 간염 항체에서 양성 결과를 나타내는 근로자는 없었다. 다만, 1개 사업장의 외국인 근로자 6명의 경우 일부에서 AST치 및 ALT치가 참고치와 비교하여 참고범위 이상의 결과를 나타냈으며, 특히 r-GTP치는 근로자 모두에게서 참고치를 상회하는 결과를 나타내었다.

유기용제 자각증상에 대한 설문조사 결과

전신피로감을 많이 호소하였으나 급성중독 증상, 인지력, 기억력, 말초신경증상, 감정변화 및 기타 신경증상과 함께 저노출군과 고노출군의 차이는 없었다.

스티렌 노출정도에 따라 구분한 세 개 군의 신경행동검사 결과는 숫자암기정수와 역순, 단순반응시간, 부호 숫자에서 세 군 간의 유의한 차이를 보였고 중노출군의 수행능력이 가장 떨어졌으나, 노출 정도, 나이, 교육기간, 근무기간을 독립변수로 하여 다중회귀분석을 한 결과, 부호 숫자는 나이에 의한 차이가 유의한 결과를 보였고 다른 변수는 유의한 결과를 보이지 않았다. 그러나 신경행동검사의 개인별 결과로 직접적으로 중추신경계 및 말초신경계의 이상여부를 판단할 수는 없었다. 개인별로 학력수준, 연령, 지적수준에 따라 다양한 결과를 보일 수 있기 때문에 판단되었다.

역학조사 결과에 따른 개선사항

2002년 역학조사에서 나타난 이 사업장들의 가장 큰 문제점은, 스티렌에 대한 작업환경측정이 제대로 이루어지지 않고 있었다는 것이었다. 특히, FRP 선박제조사업장의 법적 작업환경측정 결과는 연구원의 역학조사 결과와 큰 차이를 보였다.

연구원의 역학조사 결과는 능동형 포집방

법과 수동형 포집방법을 이용하여 검증하였고, 생물학적 모니터링으로 확인하여 결과의 신뢰성을 확보하였으므로, 연구원은 작업환경측정기관에 이 역학조사 결과를 통보하고 작업환경측정 시 유의하도록 하였다.

일부 건강진단기관에서는 95% 이상 스티렌에 노출되는 근로자에게 스티렌에 대한 특수건강진단이 아니라 톨루엔 등 다른 유기용제에 대한 특수건강진단을 실시하는 사례가 있어 스티렌에 대한 특수건강진단을 실시하도록 하였다. 또한 건강이상소견을 보인 9개 사업장의 근로자에 대해 추적검사 및 내과진찰을 권고하였으며 알코올성 간질환 및 간기능 이상자가 있는 4개 사업장에는 금주하도록 조치하였다.

스티렌 취급 사업장 14개소 중 13개소에 대하여 개선 또는 권고 조치를 취하였는데 적층작업 시 스티렌 고농도에 노출되는 8개 사업장에 대해서는 유기용제에 대한 특수건강진단을 6개월에 1회 실시하고, 유기용제 전용 마스크 착용 및 1주 1회 이상 필터 교체 사용을 권고하였으며, 그 중 1개 사업장에 대해서는 스티렌에 의해 직업병이 발생할 가능성은 매우 높아 작업환경에 대한 공학적인 개선을 제시하였다.

한편, 연구원 생물학적 모니터링 기준제정 위원회에서는 작업환경측정 결과와 생물학적 모니터링 결과의 상관관계를 검토한 결

과, 우리나라 노출기준 50 ppm(2002년 기준)에 합당한 요중 만델릭산과 페닐글리옥실산의 생물학적 노출지표 수준은 각각 900 mg/g creatinine, 400 mg/g creatinine으로 판단되므로 생물학적 노출지표물질 기준을 한국인의 근거에 맞추어 개정할 필요성을 제시하였다.

맺음 말

산업안전보건연구원은 스티렌 사용 사업장의 스티렌 노출 정도를 파악하고 근로자들의 신경영향 정도를 평가하기 위한 역학조사를 수행하였다.

이 역학조사 결과, 한국의 스티렌 노출은 합성수지선박 건조업에서 가장 큰 문제가 되고 있음을 확인할 수 있었다. 이들 사업장에서는 작업환경측정 및 특수건강진단이 제대로 이루어지지 않고 있었다는 것이 큰 문제로 파악되었으므로, 연구원은 이를 준수할 것을 사업장에 권고하였다.

또한, 작업환경측정 결과와 생물학적 모니터링 결과의 상관관계를 검토한 결과, 우리나라 노출기준 50 ppm(2002년 기준)에 합당한 요중 만델릭산과 페닐글리옥실산의 생물학적 노출지표 수준으로 개정할 필요가 있음을 확인하는 계기가 되었다. 🍀



☉ 참고 문헌

1. 정호근, 강성규, 양정선, 김기궁, 이증성, 조영숙, 박인정. 스티렌 폭로 근로자들의 기증 및 혈중 스티렌과 요중 만델릭산과의 관계 분석. 대한산업의학회지 1994;6(1):113-121
2. 산업안전보건연구원. 2002년도 역학조사 총괄 결과보고서. 2003.
3. Baker ELB, Smith TJ, Landrigan PJ. The neurotoxicity of industrial solvents:A review of the literature. Am J Ind Med. 1985;8(3):207-17. 2010
4. 산업안전보건연구원. 근로자 건강진단 실무지침 제3권 유해인자별 건강장해

원고를 보내주세요

월간 「산업보건」은 여러분의 관심 속에 산업보건의 발전과 홍보에 일익을 담당하는 전문지로서 자리매김해 가고 있습니다. 산업보건에 관심 있는 분이라면 누구나 이용 할 수 있는 월간 「산업보건」에 많은 투고와 성원을 기다리며 다음과 같이 원고를 모집합니다.

- 투고 부문 : 산업보건에 관한 학술논문 및 조사연구 보고
산업보건 사례
산업보건관련 자료
- 원고 송부 : e-mail : pr@kiha21.or.kr
우편 : 서울시 서초구 서초3동 1490-32
대한산업보건협회 월간 「산업보건」담당자 앞
- 문의 : e-mail : pr@kiha21.or.kr / TEL : (02) 2046-0531

채택된 원고에 대해서는 소정의 원고료를 드립니다.
원고를 보내실 때 성명, 소속기관명, 주민등록번호, 주소, 연락처, 계좌번호를 알려주십시오.