



아크릴아미드(Acrylamide) 유해성 및 사용실태 를 기초로 한 근로자 건강장해 예방 방안



산업안전보건연구원
화학물질독성연구실
전문위원 **임 경 택**

Ⅰ 배경 및 문제점

대전 및 의정부 소재 아파트 공사현장에서 각각 발생한 말초신경병 증을 조사하는 과정에서 동일시기(2014년 6월)에 동일제품의 방수제(아크릴아미드 함유)를 사용하여 천장 방수작업을 하다가 아크릴아미드에 중독되어 말초신경병증이 발생했음을 인지하였고, 방수제를 사용한지 1개월이 경과한 시점에서 신경병증 증상이 나타났다. 이 공정은 누수주입방식으로 작업 중 갑작스러운 역 분사 등에 의한 피부노출 가능성이 높았다.

30세 남자 근로자 박 씨는 1991년부터 모 석유화학업체에 입사하여 아크릴로니트릴 생산부서에서 근무하다가, 1997년 8월경부터 서서히 시작된 양팔과 양다리의 감각 이상과 약화로 병원을 방문하여 신경병증의 진단을 받아 근로복지공단에 요양신청을 하게 되었다.

상기 요양신청에 대해 산업안전보건연구원에서는 작업환경측정 결과, 박 씨의 과거 병력과 가족력 상 특이한 소견은 없고, 의무기록에 의하면 내원 당시 사지의 감각 이상, 사지약화, 걸음걸이 이상, 연하곤란, 발음의 이상 등의 증상과 진동 감각의 이상, 사지의 심부건반사(DTR)의 약화 또는 소실, 협동 기능 검사상 이상 등의 신경병증 소견이 관찰되었다.

아크릴아미드에 노출될 경우 심하면 중추신경계의 이상도 나타날 수 있지만 주로 말초신경계의 이상이 나타나며 초기에 진동 감각 이상, 감각 이상, 손가락과 발의 심한 땀, 경증의 운동실조 등의 증상이 나타났다. 이 결과 등을 종합할 때, 근로자 박 씨는 신경염의 증상과 소견이 뚜렷하고, 전기생리 검사상 이상 소견이 관찰되어 요양을 필요로 하는 질병이 있고, 작업환경 측정상 고농도의 아크릴아미드에 노출되었을 가능성이 높기에 아크릴아미드 노출에 의한 다발성신경염이 발생할 가능성이 높은 것으로 판단되어 업무상 재해로 인정이 되었다.

석유화학업체에서 일하던 박모(가명·43)씨는 아크릴아미드로 인해 다발성 말초신경병증에 걸렸다. 박씨가 (주)○○석유화학에 입사한 것은 25세 때인 '91년 ○○석유화학은 미생물을 촉매로 이용해 아크릴로나이트릴과 아크릴아미드를 생산하는 회사로 170여명의 노동자들이 일했다.

작업공정은 공기와 물속에 있는 미생물을 가열 또는 여과해 멸균하고 제품생산에 필요한 미생물을 주입해 배양하는 '미생물 배양공정', 배양이 완료된 미생물을 고속 원심분리기에서 여과해 생축매로 만드는 '분리공정', 반응기에 물과 생축매·아크릴로나이트릴을 주입해 아크릴아미드를 제조하는 '수화반응공정', 원심분리기·활성탄·필터 등을 통해 아크릴아미드에서 미생물을 제거하고 제품저장 탱크로 보내는 '후처리공정'으로 나뉜다.

박씨는 아크릴로나이트릴 생산부서에서 일하다 95년부터 아크릴아미드 생산부서에서 4조 3교대로 8시간 근무를 했는데 주로 야간작업을 했다. 아크릴아미드가 여과되는 필터를 교체하는 일을 했다. 그가 몸에 이상을 느끼기 시작한 것은 아크릴아미드 생산부서에서 일한 지 1년 9개월째 되던 97년 8

월부터다. 처음엔 손과 발에 땀이 많이 났다 얼마 지나지 않아 팔과 다리에 무력감이 느껴져 병원을 찾았다. 검진 결과 아크릴아미드에 의한 다발성 말초신경병증이었다. 박씨가 직업병으로 판정받은 후 작업환경측정이 이뤄졌다. 측정 결과 야간작업을 하는 노동자들에게 노출기준의 8배를 초과한 아크릴아미드가 검출됐다.

II 목적

본 보고에서는 방수제 성분인 아크릴아미드에 의한 중독(말초신경병증) 발생 경보를 사례로 하여 아크릴아미드(CH₂CHCONH₂)의 유해성을 고찰하고, 아크릴아미드(Acrylamide) 사용실태를 기초로 한 근로자 건강장해 예방 방안 및 의심환자 발생 시 조치사항 등을 알아보하고자 하였다.

III 조사 및 분석내용

지난 2002년 감자칩이나 시리얼, 빵 등에서 암을 유발하는 물질이 발견됐다는 연구 결과가 나와 사회적 관심이 집중된 적이 있다. 문제가 된 “아크릴아미드(Acrylamide)”라는 물질은 스웨덴국립식품청에서 처음 발표한 후 미국과 영국·독일 등에서도 유사한 실험결과가 나와 전 세계를 깜짝 놀라게 했다. 세계보건기구(WHO)는 기름에 튀긴 탄수화물 식품이 암을 유발할 수 있다고 우려를 나타냈다. 아크릴아미드 섭취가 암 발병 위험을 높인다는 것은 입증되지 않았지만 논란은 여전히 진행 중이다. 아크릴아미드는 접합체의 도료나 물 처리제, 종이·섬유의 마무리로 사용되는 화학물질로, 신경계통에 영향을 미치고 발암가능성이 있는 물질로 알려져 있다.

<표1> 아크릴아미드에 대한 요약

구분	내용
용도	아크릴아미드는 아크릴로니트릴로부터 합성되는 비닐 단량체(모노머)이다 아크릴아미드가 되어 폐수 처리, 종이 강화제, 그라우팅 재료, 겔, 접착제로 사용되는 플로쿨레이터(flocculator)를 만들기 위해 중합된다. 아크릴아미드의 주 용도는 중합체(폴리머) 제조이다.
독성	50~100 mg/kg 일회 또는 축적 용량에서 신경 결손을 유발 할 수 있다. 300 mg/kg 이상의 용량에서 급성의 심각한 중추신경계 및 심혈관계 영향을 유발할 수 있다. GHS 유해성 위험성 분류상 급성 독성(경구) 항목은 구분3(삼키면 유독함), 발암성 항목은 구분1B(암을 일으킬 수 있음)에 해당되는 물질이다.
주의사항	유독성이 있으며, 흡입, 섭취, 피부 접촉은 심각한 상해나 사망을 유발할 수 있다. 녹은 물질과의 접촉은 피부와 눈에 심각한 화상을 유발할 수 있기 때문에 노출되지 않도록 주의한다.

아크릴아미드는 접착제, 그라우팅 화학재료, 플라스틱을 위한 중합체와 공중합체, 연료 제조, 토양

개량, 응집제, 하수와 폐수 처리 및 연료, 교차 결합제, 영구 압축 옷감 및 댐과 터널 기초 공사를 위한 유기 화합물 생산과 광물 가공에 사용되고, 섬유, 거푸집, 페이퍼사이징, 직물 및 물 응집제로, 카르복실화 코모노머와 화장품 첨가제 등으로 사용된다. 아크릴아미드 단량체는 폴리아크릴아미드를 만드는데 사용되고, 콘택트렌즈와 기름 회수 첨가제의 성분이고, 생명공학 분야에서 일상적으로 사용되는 겔 전기 영동법(gel electrophoresis)의 구성 물질 및 겔 크로마토그래피에 사용된다. 주로 폴리아크릴아미드 중합체를 제조하는 산업에서 사용된다. 정화제, 접착제, 인쇄용 잉크 유화제, 농업용 스프레이에 사용되는 농화제 및 수분 보조제와 같은 제품에 사용된다.

〈표2〉 아크릴아미드의 물리화학적 특성

색상	무색 ~ 흰색의 얇은 조각 같은 결정형 분말 고체
냄새	냄새 없음
끓는점	103 °C (5 mmHg 에서) 125 °C (25 mmHg 에서)
어는점	
녹는점	843 °C
증기압	25 mmHg (125 °C) 0,07 mmHg (50 °C) 0,007 mmHg (25 °C)
밀도	액체 105 g/mL (25 °C 77 °F)와 760 mmHg)
비중	1,122 (30°C)
용해도	<p>A) 물에서</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 아크릴아미드는 물에 섞인다. 2) 2155 g/100 mL 물 (30 °C에서) 3) 2151 x 106 mg/L (30 °C에서) <p>B) 유기 용매에서</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 알코올과 섞인다 2) 아세톤, 벤젠, 클로로포름, 에탄올, 에테르, 에틸아세테이트, 헵탄과 메탄올에 녹는다. 3) 아크릴아미드는 물과 산소를 함유시킨 용매에 녹는다. 4) 30 °C에서의 각각의 물질에 대한 아크릴아미드 용해도 <ol style="list-style-type: none"> a) 아세톤 631 g/100 mL b) 벤젠 0,346 g/100 mL c) 클로로포름 266 g/100 mL d) 에탄올 862 g/100 mL

1. 질환과의 관련성

비흡연자보다 흡연자에게서 체내 아크릴아미드(Acrylamide) 농도가 4~5배 높았다(Hagmar et al, 2005; Schettgen et al, 2003).

아크릴아미드의 급성 및 만성 경구 노출은 인간과 동물 모두에서 중추신경계에 손상을 가져왔으며, 인간을 대상으로 하는 아크릴아미드와 발암성에 대한 자료는 불충분하다. 아크릴아미드에 경구 노출된 설치류에서 여러 장기의 종양 발생률이 증가한 것이 관찰되었다(미국환경청 기술 전파 네

트위크, 2013). 아급성 섭취의 경우 지속적인 기침과 상기도 증상이 보고되었으나 폐 소견은 없었다 (Igisu et al, 1975). 36세 남성에서 고용량의 아크릴아미드에 오염된 미네랄 물을 섭취한 후 24시간 내에 호흡기 부전이 발생하였다. 이 환자는 고용량의 N-아세틸시스테인 처치 후 치유되었다(Mehrhof et al, 2008).

〈표3〉 아크릴아미드의 특성 및 건강영향

용도	방수제, 토양 안정제, 상수 응집제, 섬유의 개질 및 수지가공, 접착제, 아크릴계 경화성 도료 등에 사용
일반적 특성	무색 또는 흰색의 결정형 고체로 물에 잘 용해됨
노출경로	흡입, 피부흡수, 소화기계, 피부 또는 눈 접촉
건강영향	손과 발에 땀이 많이 남, 손발의 저림, 감각 이상, 팔과 다리의 근력저하, 무력감, 졸음 등
유해성·위험성 	삼키거나 피부와 접촉하면 유독함. 신체 중 말초신경에 손상을 일으킴. 장기간 또는 반복노출 되면 신체 중 시신경, 말초신경, 중추신경에 손상을 일으킴. 알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음. 눈에 심한 자극을 일으킴. 유전적인 결함 및 암을 일으킬 수 있음. 태아 또는 생식능력에 손상을 일으킬 것으로 의심됨 급성 독성(경구) : 구분3 급성 독성(경피) : 구분3(고용노동부), 구분4(환경부) 피부 부식성/자극성 : 구분2(환경부) 심한 눈 손상성/눈 자극성 : 구분2 피부 과민성 : 구분1 생식세포 변이원성 : 구분1B(고용노동부), 구분1(환경부) 발암성 : 구분1B(고용노동부), 구분1(환경부) 생식독성 : 구분2 특정표적장기 독성(1회 노출) : 구분1 특정표적장기 독성(반복 노출) : 구분1
작업환경 노출기준	1) ACGIH TLV Values (ACGIH, 2005): TLV-TWA : 0,03 mg/m ³ 2) NIOSH REL and IDLH Values (NIOSH, 2003) TWA : 0,03 mg/m ³ IDLH : 60 mg/m ³ 3) OSHA PEL Values (29 CFR 19101000, 2006) 8-hour TWA : 0,3 mg/m ³
다른 중독 사례	석유화학제품 제조업 아크릴아미드 생산 공정의 근로자에게서 서서히 양팔과 양다리의 감각에 이상이 생기면서 사지가 약화되는 다발성 말초신경염 발생

2. 독성 영향

아크릴아미드의 신경계 영향은 환각, 혼돈, 진전, 간대성 근경련, 활모양강직, 발작, 이상 다행증, 말초 신경증, 자율신경계 영향과 조화운동불능 등이 나타나며, 뇌 병변에서의 도파민, 세로토닌과 5-히드록시인돌 아세트산(5-hydroxyindole acetic acid) 농도의 변화와 뇌파 비정상이 보고되었고, 중증의 중독 혹은 지속적인 직업적 노출에 의해 영구적인 말초 및 중추 신경성 후유증이 유발될 수 있다.

임상 및 비 임상 실험에서 급성 노출 후 신독성과 소변 배설 감소가 보고되었다(McCollister et al, 1964; Donovan & Pearson, 1987).

급성으로 아크릴아미드를 흡입한 1건의 사례에서 고혈당과 아밀라제 수치 증가가 동반된 췌장 손상이 보고되었다(Donovan & Pearson, 1987). 교감 신경계에 미치는 영향이나(Post & McLeod, 1977) 도파민의 반응에 미치는 영향(Tilson, 1981)으로 인해 저혈압이 발생할 수 있다.

피부 노출로 탈락성, 홍반성 발진이 특히 손에 나타날 수 있으며(Garland & Patterson, 1967), 손과 발에 과도한 발한, 냉감, 청색증이 나타날 수 있다(Igisu et al, 1975). 토끼 눈에 아크릴아미드 40% 용액을 노출 시켰을 때 통증, 결막 자극, 망막 손상을 일으키지 않았으며, 모든 징후는 24시간 내에 사라졌다(ACGIH, 1991). 급성 또는 아급성으로 노출된 환자에서 중증의 저혈소판혈증과 반상출혈이 보고되었고(Igisu et al, 1975; Donovan & Pearson, 1987), 원위 말단 근육 소모, 근육 통증과 경련 발생이 보고되었다(Garland & Patterson, 1967).

〈표4〉 아크릴아미드의 유해성(발암성 등) 분류 및 독성 수치

기관명	IARC	국제암연구소
분류	2A	인체 발암 추정물질 (Probably carcinogenic to human)
근거	인체	인체에 대한 발암성의 근거가 부적절함
	동물	동물실험상 유전자변이와 염색체 이상을 유발하는 등 발암성의 근거가 충분함

종말점	동물종	투여경로	용량	독성효과	참고자료
TDLo	Rat	경구	50 mg/kg	혈액 - 기타 변화 생화학적 - 기타 단백질	Toxicological Sciences V 41, Jan 1998-
LD ₅₀	Rat	복막 내	90 mg/kg	세부적 보고 없음	Archives des Maladies Professionnelles de Medecine du Travail et de Securite Sociale V7- 1946-
LD ₅₀	Mouse	경구	107 mg/kg	세부적 보고 없음	Archives of Toxicology V32- 1974-
LD ₅₀	Rabbit	피부	1,680 µl/kg	행동 - 환각, 지각 왜곡	Journal of the American College of Toxicology, Part B V1- 1990-
LD ₅₀	Guinea pig	피하	170 mg/kg	행동 - 진전, 근육 수축 혹은 경직 위장관 - 구역, 구토	Medicina del Lavoro Industrial Medicine V16- 1925-

2.1. 유전독성 및 발암성

설치류 실험에서 DNA 억제, 돌연변이 유발성, 염색체 변형/변이와 발암성 형질전환이 유발되었다. 원핵생물 대상의 돌연변이원성 실험에서는 돌연변이 유발성을 보이지 않았다(Park et al, 2002). 아크릴아미드는 유럽 연합 위원회(Commission of the European Communities)에서 생식세포 유전 영향

의 세부적인 연구에 사용될 물질로 채택되었다. 부계 노출 후 자손에서 유전적 영향을 유발하는 것으로 나타났다.

실험동물의 정모세포에서 유전성 전위, 소핵, 자매 염색분체 교환과 염색체 변형을 유발하였다. 미생물 돌연변이와 포유류 체세포 돌연변이를 이용하여, 마우스 림프구 돌연변이를 검출하였다. 랫드와 마우스의 생체 내 우성치사실험에서 돌연변이가 관찰되었다. 초파리(*D. melanogaster*) 생체 내 돌연변이가 특정 유전자위 실험으로 관찰되었다(RTECS, 2002). 아크릴아미드는 살모넬라(*Salmonella typhimurium*)에서는 돌연변이 유발성이 없었다(Hashimoto & Tanii, 1985). 1~3%의 아크릴아미드 배지로 대장균을 배양 시 세포의 연장, 세포 분열 억제, 핵산 합성 억제, 삼투압 안정성 감소, 외부막의 초미세 구조적 이상의 변화를 야기하였다(HSDB, 1999). 아크릴아미드 대사체인 글리시다마이드(glycidamide)로 투여한 수컷 랫드와 미처리 암컷을 교배시킨 자손에서 대조군에 비해 DNA 합성이 약 18배 증가하였고 유전성 전위 빈도가 2배 증가하였다(Generoso et al, 1996).

설치류 실험에서 아크릴아미드에 노출 시 DNA 억제, 돌연변이 유발성, 염색체 변형과 발암성 전이가 유발되었다. 유럽 연합 위원회는 생식세포 유전 효과의 정밀한 연구를 위한 물질로 아크릴아미드를 채택하였다. 아크릴아미드는 부계 노출 후 자손에서 유전적 영향을 유발하는 것으로 보인다. 실험동물의 정모세포에서 유전성 전위, 소핵, 자매염색분체교환, 염색체 변형을 야기하였다.

3. 아크릴아미드 사용실태조사

안전보건공단 보건분야 기술자료인 화학물질 유통·사용 실태조사-아크릴아미드(전홍진 등, 2007)에 따르면, 2005년도에 아크릴아미드에 대하여 작업환경측정을 실시한 사업장 43개소 중 업종별, 규모별, 지역별 분포를 고려하여 아크릴아미드를 취급하는 것으로 확인된 34개소를 조사대상으로 선정하였다. 규모별 현황은 10~30인 규모의 사업장이 16개소로 가장 많았으며, 그 다음은 50인 이상 사업장이 10개소였고, 10인 미만 사업장과 30~50인 미만 사업장이 각각 4개소였다.

국내에서 아크릴아미드를 생산하는 사업장은 모두 2개소이며, 생산량은 아크릴아미드 100%를 기준으로 했을 경우 약 20,000톤(ton) 정도인 것으로 조사되었다. 아크릴아미드의 용도별 판매현황을 살펴본 결과 약 78%가 고분자 응집제 제조공정에서 사용되고 있으며, 약 18%는 지력 증강제 제조공정에서 사용되고 나머지 4%는 기타 접착제 공정 등에 판매되고 있었다. 2004년에 안전보건공단에서 실시한 전국의 제조업체에서 사용하는 화학물질 사용량에 대한 실태조사 결과에 의하면 총 82개 사업장에서 506명의 근로자가 아크릴아미드를 취급하고 있으며, 총 사용량은 약 54,049톤(ton)에 이르

는 것으로 조사되었다. 또한 환경부에서 조사한 2005년도 화학물질 배출량 조사에 따르면 아크릴아미드 제조량은 38,407톤(ton)이고, 수입량은 2,689톤(ton)으로 총 사용량은 41,096톤(ton)으로 조사되었다.

2005년도에 작업환경측정기관에서 실시한 작업환경측정 결과를 분석하여 본 결과, 2005년 상반기에 전국의 아크릴아미드를 취급 및 사용하는 총 43개 사업장의 106개 공정에서 작업환경측정을 실시하였으며, 2005년 하반기에는 42개 사업장의 95개 공정에서 작업환경측정을 실시하였다. 동 측정 결과를 분석하여 본 결과 총 측정대상 201개 공정 중 노출기준 미만으로 측정된 공정이 47개 공정이고 불검출(N·D)로 검출된 공정이 154개 공정이며 노출기준을 초과한 공정은 없었다.

용도별 취급현황은 제품원료로 사용되는 경우가 30,525,600 kg을 취급하고 있어 가장 많이 사용하고 있었다. 그 다음으로는 중합반응 공정에서 582,200 kg을 취급하고 있었으며, 지력 증강제 제조 공정에서 252,800 kg, 접착제 제조공정에서 22,600 kg을 사용하고 있었다. 또한 분산제, 첨가제로 각각 2,790 kg 및 4,506 kg을 사용하고 있었으며, 기타 가교제 및 촉매로 사용되고 있었다. 아크릴아미드를 취급하는 49개 공정 중 43개 공정에서 작업환경측정을 실시하고 있었으며, 동 43개 공정에 근무하는 270명의 근로자에 대하여 특수건강진단을 실시하고 있었다.

그러나 6개 공정은 작업환경측정을 실시하지 않고 있었으며, 6개 공정에서 근무하는 17명의 근로자는 특수건강진단을 실시하지 않는 것으로 조사되었다. 아크릴아미드 제조공정에 대한 작업환경측정 결과 분석실험실 및 운전실에서 근무하는 작업자는 노출기준 미만으로 나타났다.

지역시료에 대한 측정 결과 모든 측정 장소에서 아크릴아미드가 검출되었으며 드럼 출하장 내부에서는 노출기준을 2배 이상 초과하는 것으로 나타났다. 분석실험실에서도 지역시료의 측정농도가 허용농도의 약 7% 이상이 검출되었으며, 특히 작업자들이 별도의 보호구를 착용하지 않고 흡연을 하는 등 휴식을 취하는 휴게실에서도 노출기준의 약 20%가 검출되었다. 또한, 공정동 건물에서는 허용기준의 약 73% 정도까지 검출되었으며 아크릴아미드 제조공장이 위치한 공장내부 도로 근처 및 외부 도로에서도 소량의 아크릴아미드가 검출되는 등 공장 내의 모든 측정 장소에서 아크릴아미드가 검출되었다.

아크릴아미드 사용공정에 대한 작업환경측정 결과, 운전실에서 근무하는 작업자는 노출기준 미만으로 나타났으나, 포장작업을 담당하는 작업자는 노출기준을 약 118배 초과하는 것으로 나타났다. 또한, 지역시료에 대한 측정결과 모든 측정 장소에서 아크릴아미드가 검출되었으며 4개 지점에서 아크릴아미드가 노출기준을 초과하여 약 80% 정도의 장소에서 노출기준을 초과하는 것으로 나타났

다. 특히 반응기 하부에서는 노출기준의 7배 이상을 초과하였으며, 건조기에서도 노출기준의 2배 이상의 아크릴아미드가 검출되었고, 특히 조정실 내부에서도 노출기준의 101배를 초과하였다.

4. 응급치료

아크릴아미드는 피부와 호흡기·눈·소화기 점막을 통해 쉽게 흡수되고 빠른 속도로 전신으로 퍼진다. 급성중독 증상으로는 졸음이 오면서 권태감과 피로감·메스꺼움·구토·설사·복통 등이 발생한다. 발한증세와 함께 손가락 부위에 시큰시큰한 통증이 오기도 한다. 만성증상으로는 말초신경장애로 손발 저림, 반사기능 약화, 진동·위치감각의 소실 등이 나타난다. 아크릴아미드 취급 사업주는 물질안전보건자료를 작성해 근로자들이 잘 볼 수 있는 곳에 게시하고 유해 위험성과 취급 시 주의사항에 대해 교육해야 한다. 6개월에 1회 이상 작업환경측정을 실시해 아크릴아미드의 농도를 관리하고, 아크릴아미드 증기 발생구역에는 밀폐설비나 국소배기장치를 설치해야 한다. 아크릴아미드 취급 노동자들은 신경전도·근전도 등 신경계 이상을 느낄 경우 업무를 중단하고 치료를 받아야 한다.

〈표5〉 의심환자 발생 시 조치사항

▶ 아크릴아미드 중독 의심환자

- 손발 저림, 땀 분비 이상, 근육 약화 등의 증상을 호소하는 환자가 과거 또는 현재에 공사현장에서 천장방수작업 등 방수제 도포작업을 실시한 경우

▶ 의심환자 발생시 조치사항

- 안전보건공단 직업건강실(전화 052-703-0649)로 신고해 주시기 바랍니다.
- 위의 환자와 유사한 시기(2014년 6월~7월경)에 증상이 시작된 말초신경병증 의심환자가 있는 경우, 경과 관찰시 직업력을 확인해 주시기 바랍니다.

IV 정책제언

아크릴아미드 취급근로자의 건강장해 예방조치는 우선 작업환경관리로, 사업장에서 일어날 수 있는 잠재적인 건강장해에 대하여 인식하고 작업이 안고 있는 위험과 유해성을 평가하며, 이에 대한 대책을 수립하고 실천하는 것이다. 작업환경을 적절히 관리하기 위해서는 작업장의 유해요인 유무를 파악하고 이런 유해요인의 작업장 내 농도와 노출시간을 평가하여야 하며, 작업장에 맞는 관리기법을 사용하여 쾌적한 근로환경을 영위할 수 있도록 하는 것이다.

아크릴아미드를 취급하는 사업장에 국소배기장치를 설치한 후 처음으로 사용하는 때 또는 국소배

기장치를 분해하여 개조하거나 수리한 후 처음으로 사용하는 때에는 다음에 대비하여 사용 전에 점검을 하여야 하며 그 기록(내용: 점검연월일, 점검방법, 점검구분, 점검결과, 점검자의 성명, 점검결과에 따라 필요한 조치사항 등)을 남기고, 점검결과 이상이 발견된 때에는 즉시 청소·보수 그 밖의 필요한 조치를 하여야 한다.

가동 중인 시설에 대한 작업환경 대책은 크게 행정적 또는 관리적 대책(administrative controls), 공학적 대책(engineering controls), 개인보호구(personal protective equipment) 사용 등 3가지로 구분할 수 있다. 행정적 또는 관리적 대책으로는 작업자의 노출을 줄이는 방법으로 작업시간을 변경하거나 작업량을 조절하거나 복수의 인원을 배치하여 노출량을 줄이거나 교육 및 훈련 등을 통하거나 경영진의 참여, 순환배치, 의학적 검진, 정리정돈 및 청소 등을 들 수 있다.

공학적 대책은 유해인자나 요인을 근원적으로 제거하는 방법으로 유해물질의 대체, 공정변경, 작업방법의 변경, 격리, 밀폐, 국소배기장치 사용 등의 방법이 많이 사용된다. 건강상 유해한 물질을 덜 유해하거나 전혀 유해하지 않은 물질로 교체하여 근원적으로 문제를 해결하거나, 해당 공정을 다른 공정으로 대체하여 유해한 요소를 없애는 방법으로, 근원적으로 무해한 환경을 만들게 되므로 가장 좋은 방법이다. 유해한 물질을 유해하지 않거나 덜 유해한 물질로 성공적으로 대체하게 되면 더 이상 유해하지 않은 환경이 되므로 근원적으로 문제를 해결할 수 있으며, 비용-효과 면에서도 매우 좋은 결과를 가져다준다.

그러나 한 물질을 다른 물질로 대체할 경우 주의하여야 할 사항으로는 새로운 물질로 인한 환경오염이나 화재위험, 다른 화학물질과의 반응이나 상호관계, 그리고 예견하지 못한 건강상문제 등이 있을 수 있으므로 이런 상황도 염두에 두어야 한다. 새로운 물질이나 공정으로 대체하려할 때는 사전에 충분한 검토가 필요하고, 어떤 경우는 이런 대체가 불가능할 때도 많다. 또 생산성이나 제품의 품질 등을 이유로 현장에서 잘 받아들이지 않으려는 점도 있을 것이지만, 앞서 언급한 바와 같이 대체가 성공적으로 이루어진다면 가장 비용이 적게 들면서, 유해성 문제를 완벽하게 해결할 수 있고, 이로 인한 장점과 비용절감 효과는 매우 크기 때문에 산업위생전문가들은 적극적으로 이 방법의 사용 여부를 검토하도록 하여야 한다.

〈표6〉 아크릴아미드에 의한 건강장해 예방조치

▶ **작업장의 충분한 환기 실시**

- 아크릴아미드를 취급하는 작업장에는 밀폐설비나 국소배기장치를 설치·가동

▶ **특수건강진단 및 작업환경측정 실시**

- 신경계 검사, 눈 및 피부의 점막자극 검사(특수건강진단)를 정기적으로 실시
- 정기적으로 작업환경측정을 실시하여 노출기준(TWA 0.03 mg/m³) 이내로 관리

▶ **작업관리 및 보호구 착용 등**

- 방독 또는 방진마스크, 불침투성 보호복, 보호장갑 등 개인보호구 지급·착용
 - ※ 방독마스크의 경우 착용 후 작업장에 들어가기 전 안면부 밀착도 자가점검 등 실시
- 취급 작업장내 MSDS 게시·비치, 용기·포장 등에 경고표지 부착
- 취급 근로자에 대한 MSDS(물질 특성 및 인체에 미치는 영향 등) 교육 실시

작업방법이나 공정을 변경하게 되면 유해한 물질이나 인자의 발생을 감소시킬 수 있으며, 부수적으로 작업환경도 개선되기도 한다. 이런 변경은 주로 생산성이나 품질을 향상시키기 위한 동기에서 시작되는 경우가 많다. 유해한 공정에 작업자가 노출되고 있고, 공정 그 자체를 손대기 어려운 경우가 있다면 이런 노출을 최소화하기 위하여 공정이나 작업자를 격리 또는 밀폐하거나 시간이나 공간적으로 격리하는 방법을 고려할 수 있다.

또한 국소배기장치를 설치하고 안전보건교육을 통하여 아크릴아미드의 유해성에 대하여 지속적으로 작업자에게 교육을 실시하여야 한다. ☺

참고 문헌

1. ACGIH: Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, 6th ed, Am Conference of Govt Ind Hyg, Inc, Cincinnati, OH, 1991, pp 23-25
2. Bergmark E, Calleman CJ & Cost LG: Formation of hemoglobin adducts of acrylamide and its epoxide metabolite glycidamide in the rat; Government Report Announcements and Index (GRA&I), 11 National Technical Information Service (NTIS), 1992
3. Burek JD, Albee RR, & Beyer JE: Subchronic toxicity of acrylamide administered to rats in the drinking water followed by up to 144 days of recovery J Environ Pathol Toxicol 1980; 4:157-182
4. Cavigneaux A & Cabasson GB: Poisoning by acrylamide Archives des Maladies Professionnelles 1972; 23:115-116
5. Donovan JW & Pearson TO: Ingestion of acrylamide with severe encephalopathy, neurotoxicity and hepatotoxicity (Abstract) Vet Human Toxicol 1987; 29:462
6. Dooms-Goossens A, Garmyn M, & Degreef H: Contact allergy to acrylamide Contact Dermatitis 1991; 2:71-72
7. Edwards PM: Neurotoxicity of acrylamide and its analogues and effects of these analogues and other agents on acrylamide neuropathy Br J Ind Med 1975; 32:31-38
8. Edwards PM: The insensitivity of the developing rat foetus to the toxic effects of acrylamide Chem Biol Interact 1976; 12:13-18
9. Eskin TA, Lapham LW, & Maurissen JPU: Acrylamide effects on the macaque visual system Invest Ophthalmol Vis Sci 1985; 26:317-329
10. Garland TO & Patterson MWH: Six cases of acrylamide poisoning Br Med J 1967; 4:134-138

11. Generoso WM, Sega GA, & Lockhart AM: Dominant lethal mutations, heritable translocations, and unscheduled DNA synthesis induced in male mouse germ cells by glycidamide, a metabolite of acrylamide *Mutat Res* 1996; 3:175-183
12. Hagmar L, Wirfält E, Paulsson B, Tothmqvist M Differences in hemoglobin adduct levels of acrylamide in the general population with respect to dietary intake, smoking habits and gender *Mutat Res* 2005;580:157-65
13. Hashimoto K & Tani H: Mutagenicity of acrylamide and its analogues in *Salmonella typhimurium* *Mutat Res* 1985; 158:129-133
14. He F, Zhang S, & Wang H: Neurological and electroneuromyographic assessment of the adverse effects of acrylamide on occupationally exposed workers *Scand J Work Environ Health* 1989; 15:125-9
15. HSDB : Hazardous Substances Data Bank National Library of Medicine Bethesda, MD (Internet Version) Edition expires 1999; provided by Thomson Healthcare Inc, Greenwood Village, CO
16. Igisu H, Goto I, & Kawamura Y: Acrylamide encephaloneuropathy due to well water pollution *J Neurol Neurosurg Psychiatr* 1975; 38:581-584
17. Kesson CM, Baird AW, & Lawson DH: Acrylamide poisoning *Postgrad Med J* 1977; 53:16-17
18. Kudlacz EM, Gerald MC, & Wallace LJ: Sensory nerves and urinary bladder function: effects of diabetes, capsaicin and acrylamide treatment *Gen Pharmacol* 1989; 20:31-34
19. LeQuesne PM: Clinical and morphological findings in acrylamide toxicity *Neurotoxicol* 1985; 6:17-24
20. Maurissen JPJ, Weiss B, & Davis HT: Somatosensory thresholds in monkeys exposed to acrylamide *Toxicol Appl Pharmacol* 1983; 71:266-279
21. McCollister DD, Oyen F, & Rowe VK: Toxicology of acrylamide *Toxicol Appl Pharmacol* 1964; 6:172-181
22. Mehrhof F, Joerres A, Dietz R, et al: A message in a bottle: a case report *Crit Care* 2008; 12(1):411-411
23. Merigan WH, Barkdoll E, & Maurissen MPJ: Acrylamide-induced visual impairment in primates *Toxicol Appl Pharmacol* 1982; 62:342-345
24. Miller MS & Spencer PS: The mechanism of acrylamide axonopathy *Ann Rev Pharmacol Toxicol* 1985; 25:643-666
25. Myers JE & Macun I: Acrylamide neuropathy in a South African factory: an epidemiologic investigation *Am J Ind Med* 1991; 19:487-493
26. RTECS : Registry of Toxic Effects of Chemical Substances National Institute for Occupational Safety and Health Cincinnati, OH (Internet Version) Edition expires 1999; provided by Thomson Healthcare Inc, Greenwood Village, CO
27. RTECS : Registry of Toxic Effects of Chemical Substances National Institute for Occupational Safety and Health Cincinnati, OH (Internet Version) Edition expires 2002; provided by Thomson Healthcare Inc, Greenwood Village, CO
28. Sakamoto J & Hashimoto K: Reproductive toxicity of acrylamide and related compounds in mice -- effects on fertility and sperm morphology *Arch Toxicol* 1986; 59:201-205
29. Satchell PM & McLeod JG: Megaesophagus due to acrylamide neuropathy *J Neurol Neurosurg Psychiatr* 1981; 44:906-913
30. Schettgen T, Kutting B, & Hornig M: Trans-placental exposure of neonates to acrylamide--a pilot study *Int Arch Occup Environ Health* 2004; 77:213-216
31. Schettgen T, Weiss T, Drexler H, Angerer J A first approach to estimate the internal exposure to acrylamide in smoking and nonsmoking adults from Germany *Int J Hyg Environ Health* 2003;206:9-14
32. Shiraishi Y: Chromosome aberrations induced by monomeric acrylamide in bone marrow and germ cells of mice *Mutat Res* 1978; 57:313-324
33. US EPA Technology Transfer Network, 2013
34. Walden R, Squibb RE, & Schiller CM: Effects of prenatal and lactational exposure to acrylamide on the development of intestinal enzymes in the rat *Toxicol Appl Pharmacol* 1981; 58:363-369
35. Zenick H, Hope E, & Smith MK: Reproductive toxicity associated with acrylamide treatment in male and female rats *J Toxicol Environ Health* 1986; 17:457-472
36. 전홍진, 김효규, 화학물질 유통·사용 실태조사 - 아크릴아미드(Acrylamide), 2007 안전보건공단 보건분야 기술자료