

메틸알코올 급성중독의 독성학적 유해성 및 급성독성 사고발생 원인

산업안전보건연구원 화학물질독성연구실 / 이권섭 연구부장(박사, 기술사)

들어가기

인간은 생활의 편리함을 위하여 화학물질을 사용해 왔으며 끊임없이 새로운 화학물질을 개발하고 있다. 화학물질을 사용하게 되면서 화학물질의 환경오염 사건과 건강에 미치는 영향은 대중적인 관심사였다. 특히 어떠한 물질에 노출되었을 때 그것이 건강에 어떤 영향을 미치는지 궁금증이 제기되어 왔다. 스위스 의학자 파라셀수스(Paracelsus, 1493~1541)는 “모든 화학물질은 독성물질이며, 독성물질이 아닌 화학물질은 없다. 적절한 양을 기준으로 독성물질(poison)이나 치료약(treatment)이나를 구별할 수 있으며, 적재적소에 적절한 양을 사용하면 치료약이지만 그렇지 않으면 독성물질이다.” 라고 말했다. 따라서 모든 화학물질은 건강상의 장애를 초래 할 수 있다는 전제하에서 관리되어야 한다.

최근 2016. 1월~2월 사이에 인천 및 부천 소재의 핸드폰 부품을 생산하는 제조업체 3개소에서 근로자 5명이 CNC(Computer numerical control) 절삭 작업과 검사 작업을 수행하면서 고농도의 메틸알코올(Methyl alcohol, Methanol), CH₃OH, CAS No. 67-56-1)에 노출되어 시력이 손상(3명 실명, 2명 시력손상 및 시야결손)되는 급성중독사고 발생하였다. 메틸알코올은 고인화성 액체 및 증기로 눈에 심한 자극을 통한 시신경에 손상과 호흡기계 자극 및 중추신경계 손상을 일으키는 물질로 알려져 있다.

화학물질의 유해·위험성은 사용하고 있는 화학물질의 종류, 사용량 그리고 그 위험에 따라 많은 차이가 있으며, 이들 화학물질을 안전하게 관리하기 위해서는 작업현장에서 사용하거나 발생될 수 있는 화학물질의 독성과 물리화학적 특성에 대한 정확한 정보를 얻을 수 있는지를 우선적으로 확인해야 한다. 다음에는 그 정보가 화학물질 사용자에게 적절하게 제공되고 있는지를 파악해야 한다. 즉, 화학물질에 대한 정확한 정보를 얻고 이를 해당되는 화학물질 사용자에게 인지도시킴으로써 화학물질로 인한 사고를 예방하는 것이다.

메틸알코올의 용도와 유해성·위험성 분류정보

메틸알코올은 다양한 화학제품의 생산을 위한 원료와 연료의 용도 등으로 산업현장에서 광범위하게 사용되는 용제이다. 메틸알코올은 포름알데히드, 아세트산, 그리고 다수의 이차 유도체의 기초제로 다양한 화학 중간물질의 생산에 사용되어지며, 이러한 이차 유도체는 합판, 파티클 보드, 발포제, 합성수지, 플라스틱 등의 광범위한 제품 생

산에 사용된다. 일상생활에서 흔히 사용되는 페인트 희석제, 자동차 워셔액, 페인트 제거제, 에탄올의 변성제, 폐수 처리제, 실험실 약용식물 추출제 등 다양한 용도로 쓰이고 있다. 최근에는 친환경 자동차 연료로 메틸알코올 연료의 사용이 증가되고 있으며, 연료 전지의 연료로도 이용되고 있다.

메틸알코올에 대한 고용노동부 및 미국산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)의 노출(허용)기준은 시간가중평균노출기준(TWA) 200 ppm, 시간노출기준(STEL) 250 ppm으로 설정되어 있으며, 피부흡수에 의한 피부장해가 있는 화학물질로 관리되고 있다.

고용노동부(한국산업안전보건공단)와 환경부(국립환경과학원) 등의 메틸알코올에 대한 GHS 기준의 유해성·위험성 분류정보는 [표 1]에서와 같이 물리적 위험성의 경우 인화성 액체(구분2), 건강 유해성의 경우 심한 눈 손상성 및 눈 자극성(구분2), 특정표적장기 독성-1회 노출(구분1) 등으로 분류되는 유해화학물질이다. 이러한 유해성·위험성 분류정보와 별도로 유럽화학물질청(EU ECHA)과 환경부 유독물질에서는 메틸알코올에 대한 급성독성(경구, 경피, 흡입-구분3)을 추가 분류하고 있으나, [표 2]이외의 급성독성 분류에 사용된 정확한 독성자료를 확인할 수 없는 상태이다.

[표 1] 메틸알코올의 용도 및 유해성·위험성 분류정보

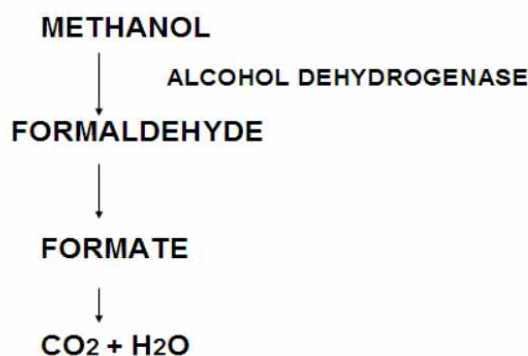
한글 물질명	메틸알코올(메틸알코올)
영문 물질명	Methyl alcohol, Methanol
CAS No.	67-56-1
유럽연합(EC)번호	200-659-6
분자식	CH ₃ OH
용도	유기용제, 화합물 합성 중간체, 페인트 희석제, 자동차 워셔액, 페인트 제거제, 폐수 처리제, 자동차 및 실험실 약용식물 추출제, 연료전지 연료 등
유해성·위험성 분류	인화성 액체 : 구분2 심한 눈 손상성/눈 자극성 : 구분2 특정표적장기 독성(1회 노출) : 구분1 ※ EU ECHA 및 환경부 유독물질의 추가 분류 내용 급성독성-경구 : 구분3 급성독성-경피 : 구분3 급성독성-흡입 : 구분3
노출기준 (고용노동부 및 ACGIH)	TWA : 200 ppm STEL : 250 ppm
국내법적규제현황	산업안전보건법 작업환경측정대상물질 (측정주기 : 6개월) 관리대상유해물질 특수건강진단대상물질 (진단주기 : 12개월) 노출기준설정물질 화학물질관리법 사고대비물질, 유독물질
노출기준 (고용노동부 및 ACGIH)	TWA : 200 ppm, skin STEL : 250 ppm

[표 2] 메틸알코올의 급성독성 자료(미국 국립의학도서관 TOXNET Databases)

독성시험	시험동물(종)	투여경로	독성용량	참고자료
LD50	Rat	경구	5,628 mg/kg	Occupational Diseases. Vol. 19(11), Pg. 27, 1975.
LC50	Rat	흡입	6,400 ppm/4시간	Raw Material Data Handbook, Vol.1: Organic Solvents, 1974. Vol. 1, Pg. 74, 1974.
LD50	Rabbit	피부	15,800mg/kg	Raw Material Data Handbook, Vol.1: Organic Solvents, 1974. Vol. 1, Pg. 74, 1974.

메틸알코올의 독성학적 정보

메틸알코올 중독은 대사산증과 안구 손상으로 특징지을 수 있다. 메틸알코올의 독성은 메틸알코올 자체보다는 그 대사산물 때문이다. 이러한 메틸알코올은 호흡기, 위장관, 피부 등 모든 경로로 흡수될 수 있다. 피부 흡수율이 높으므로 피부에 손상이 있거나 장시간동안 피부가 메틸알코올에 접촉되는 경우 피부흡수가 증가되게 된다. 메틸알코올은 위장관에서는 대부분이 흡수될 수 있는 반면, 폐로 흡수되는 양은 약 절반정도인 것으로 알려져 있다. 메틸알코올의 독성은 메틸알코올 자체보다는 대사산물인 개미산(Formic acid)에 의해 발생한다. 흡수된 메틸알코올은 간에서 [그림 1] 에서와 같은 체내 대사과정을 걸쳐 다음과 같이 분해된다.



[그림 1] 메틸알코올의 체내 대사과정

- 체내 흡수된 메틸알코올은 Alcohol Dehydrogenase(ADH) 효소의 작용으로 포름알데히드(Formaldehyde)로 대사된다.
- 포름알데히드는 Formaldehyde Dehydrogenase(FDH)에 의하여 개미산(Formic Acid)로 대사된다. 이 개미산이 대사성 산증을 유발하여 전신적인 중독증상을 발생시킨다.

○ 개미산은 이산화탄소(CO₂)와 물(H₂O)로 변하면서 해독된다.

메틸알코올 급성 노출 후에 바로 실시하는 혈중 메틸알코올은 환자의 임상적 상태와 예후를 예측할 수 있는 가장 좋은 지표이며, 만성적 노출은 소변 중 메틸알코올로 조사할 수 있다. 급성중독 등의 노출 후(12-24시간) 잠재기 이후에는 개미산의 대사산중 정도가 환자의 예후에 가장 중요한 지표이다. 개미산의 대부분은 이산화탄소로 대사되어 호기로 나오지만 일부가 소변으로 배출된다. 메틸알코올의 반감기는 소량을 섭취한 경우 3시간이며 다량에 노출된 경우 30시간 정도인 것으로 보고되고 있다.

메틸알코올의 중독증상은 노출수준이 낮을 경우 상기도자극, 두통, 메스꺼움, 나른한 느낌 등을 일으키는 가역적 반응이다. 메틸알코올 농도 약 200-375 ppm에서 두통이 호소될 수 있으며, 메틸알코올에 의한 대사산중은 메틸알코올 급성 노출 후 약 6-30 시간이후에 나타날 수 있다, 이를 지연성 산중(Delayed acidosis)라고 한다. 이 대사산중은 개미산으로 인한 것인데 일부는 저혈압과 개미산의 세포호흡 결과로 발생하는 젖산 때문에 발생하기도 한다. 메틸알코올에 의한 시신경 손상과 신경학적 증상의 원인은 개미산에 의한 대사산중이 안구 손상을 가속화시키는 것으로 알려져 있다. 메틸알코올의 노출수준이나 중독의 심각도에 따라서 시력이 손상되거나 완전한 실명으로 회복되지 않은 사례도 보고되었다. 간헐적으로 메틸알코올 중독의 신경학적 후유증(다발성 신경염, 파킨슨증후군, 경도의 치매 등)이 보고된 바 있다.

메틸알코올 급성중독 사고개요 및 발생원인

2016. 1월~2월 사이에 인천 및 부천 소재의 핸드폰 부품(알루미늄 버튼)제조업체 3개소에서 발생한 메틸알코올 급성중독 사고의 사고개요를 정리한 결과는 [표 3]과 같다.

[표 3] 메틸알코올의 급성독성 사고의 개요

- 2016. 1월~2월 사이에 인천 및 부천 소재의 핸드폰 부품(알루미늄 버튼)제조 업체 3개소에서 [그림 1] 과 같은 절삭 CNC(computer numerical control) 작업과 검사 작업을 수행하는 과정에서 절삭유제로 메틸알코올을 사용
 - CNC가공 시 절삭유를 사용 후 잔류오일 제거를 위해 세척작업을 실시하였던 기존의 작업방법을 변경하여 기계 가공시간의 단축할 수 있으며, 절삭유 대신 마찰열 감소와 세척이 동시에 가능한 저가의 메틸알코올 사용
- 절삭설비(CNC)에 국소배기장치가 설치되어 있었으나 제어속도 등의 효율이 매우 낮은 상태였으며, 압축공기를 사용하는 에어건으로 제품표면의 이물질을 제거하면서도 작업근로자가 고농도의 메틸알코올에 노출되었을 것으로 추정
- 재해발생 사업장에 대한 작업환경측정 결과 메틸알코올 농도가 노출기준(200ppm)의 5~10배 수준으로 높게 나타났으며, 근로자 18명에 대한 소변 중 메틸알코올 농도 분석결과 생물학적 노출지표(BEI 15mg/L)를 2명이 초과하였고, 6명이 노출지표기준의 50% 초과하는 것으로 조사됨
- 핸드폰 부품(알루미늄 버튼)제조업체 3개소 고농도의 메틸알코올에 노출된 작업 근로자 5명의 시력이 손상(3명 실명, 2명 시력손상 및 시야결손)되는 급성중독 사고 발생
- 산업안전보건법령에 의한 사업주 의무사항인 작업환경측정과 특수건강진단의 실시 및 국소배기장치 등의 환기장치 설치가동, 개인보호구 착용관리 부실 등 법적제도 미 이행

핸드폰 산업의 발달로 알루미늄 버튼에 대한 수요량이 증가함에 따라 하청업체에서 절삭작업 등의 기계 가공시간 단축을 위해 절삭·세척제로 에틸알코올을 대신하여 유해 화학물질(고용노동부 관리대상 유해물질 및 환경부 사고대비물질 등)인 저가의 메틸알코올 대신하여 사용하였다. 사용물질의 독성에도 불구하고 산업안전보건법령에 의한 사업주 의무사항의 준수 및 이행 수준도 극히 미흡하였다. 작업환경측정과 특수건강진단이 미 실시, 국소배기장치 등의 환기장치 설치가동 및 개인보호구 착용관리 부실, 물질안전보건자료(MSDS) 및 경고표지에 의한 화학물질 유해성 정보전달 미 실시, 근로자에 대한 MSDS 등 보건교육의 미 실시 등이 대표적인 위반사항 들이다. 메틸알코올 사용에 따른 현장관리 및 근로자건강보호 대책 부재도 급성중독사고발생의 원인이다. 주문량 증가에 따른 장시간, 야간작업 수행으로 과다 노출, 작업환경관리시설(국소배기

장치)을 미설치하거나 성능 미흡, 호흡용보호구(송기마스크), 화학물질용 보호복, 화학물질용 안전장갑 등의 미착용, 절삭작업 후 이물질 제거 및 건조를 위해 압축공기 분사용 에어건 사용으로 작업장내 확산유발 등의 현장관리의 부실은 메틸알코올 급성중독사고의 발생을 초래한 직접적인 이유이다.

사고발생 사업장은 산업안전보건법의 사각지대에 있는 소규모·영세사업장으로 화학물질의 위험관리체계 미비한 수준이었다. 다단계 하청구조를 가진 소규모·영세사업장으로 파견업체 사업주 및 파견근로자 모두 사용업체의 사용되고 있던 메틸알코올에 대한 유해성·위험성의 인지가 부족한 상황이었다. 또한 화학물질 중독 초기 증상자에 대한 조기 인지 및 긴급조치를 위한 보건관리 절차가 미흡하였고 정부적인 직업병 감시체계도 미흡한 수준이었다.

메틸알코올 등 국내 급성중독사고의 예방조치 방안

국내 제조·유통·사용되고 있는 급성중독 원인 화학물질에 대한 유해성 정보전달 체계, 화학물질 관리시스템, 중독성질환 발생 모니터링 등에 대한 근본적인 원인분석 및 대책수립이 요구된다. 급성중독 사고의 원인이 되는 화학물질과 작업 조건에 대한 더 많은 조사와 연구가 필요하며, 적절한 건강장해 예방조치의 방법을 강구하여야 한다.

새로운 작업방법 및 화학물질로 인한 급성중독사고 재해의 발생을 예방하기 위해서는 새로운 작업공정에 대한 기술적 평가 및 작업환경관리 기술의 전파, 저독성 대체물질의 개발·사용의 촉진 및 기술개발, 법 제도의 개선을 통한 올바른 화학물질 및 작업환경관리 제도의 시행, 사고발생 화학물질의 예방에 필요한 취급 근로자용 개인보호구의 개발·보급 및 적절한 착용관리 등의 노력을 통해 근로자 건강보호 대책을 마련하는 것이 필요하다.

메틸알코올을 취급 하는 작업은 밀폐설비에서 수행되는 것이 바람직하며, 반드시 국소배기장치를 설치하고 적절히 가동해야 한다. 작업장 작업환경측정 및 근로자 특수건강진단을 정기적으로 실시할 수 있도록 관리하여야 한다. 근로자 개인보호구는 호흡용 보호구 송기마스크, 화학물질용 보호복, 화학물질용 안전장갑, 보호장화 등 한국안전보건공단의 안전인증을 필한 보호구가 착용되도록 하여야한다. 메틸알코올을 취급하는 근로자에 대한 MSDS 교육과 소량용기(용량 100 ml 이하) 및 반제품 용기에 대한 경고표지의 작성·부착의무를 강화할 필요가 있다.

작업장에서 메틸알코올이 함유된 화학물질을 취급하거나 메틸알코올 원액을 사용할 경우에는 가급적 에탄올 등 저독성 물질로 대체하는 것이 권고하고, 중소기업에 대한 유해화학물질의 대체기술 개발·보급 및 대체물질의 사용을 지원하기 위한 행정적·재정적 지원방안을 강구할 필요가 있다.

산업계의 올바른 화학물질 및 작업환경관리를 위한 법 제도의 개선사항으로는 메틸

알코올, 염화메틸렌 등의 급성중독사고 원인 물질의 유해성·위험성 평가를 실시하여 산업안전보건법 시행령 제31조(허용기준 이하 유지 대상 유해인자)에 포함하여 관리할 필요도 있다.

맺음말

최근 국내에서 발생한 메틸알코올 급성중독 사고는 2005년 발생하였던 전자부품 세척공정에서 작업하던 외국인 근로자(8명)의 집단중독 사고를 일으킨 노말렉산 사고와 유사한 산업보건 제도의 사각지대에서 발생한 대표적인 사례이다. 사업주가 산업안전보건법만 제대로 준수했어도 발생하지 않았을 사고이다. 유해화학물질의 관리는 화학물질 사용에 따른 안전성을 향상시키는 방향으로 관리되어야 한다. 산업현장에서는 사용물질의 현황을 파악하고, 노출기준이 상대적으로 높은 물질 중에서 그 유용성을 우선적으로 검토하여 사용하여야 한다. 또한 이번 사고는 정부적인 화학물질관리 정책과 중독성질환에 대한 발생 모니터링 등에 대한 근본적인 대책의 미흡으로 발생한 급성중독 사고라 할 수 있다. 이와 관련하여 전문가들은 허술한 사업장의 유해화학물질 관리와 정부의 부실한 대응은 시한폭탄과 같은 화학물질 중독 사고를 언제든지 재발할 수 있다고 경고하고 있다.

따라서 금번 메틸알코올 급성중독 사고를 계기로 사업장의 유해화학물질에 대한 유해성 정보전달 체계, 화학물질 관리시스템을 종합적으로 분석하여 문제를 해결하는 노력이 필요하다. 정부적인 중독성질환 발생 모니터링 등에 대한 근본적인 원인분석 및 대책으로 동종 재해발생 예방을 위한 손에 잡히는 실질적인 산업보건학적 화학물질 관리대책을 마련되었으면 한다.

참고문헌

1. European Union(EU)-European Chemicals Agency(ECHA). C&L Inventory. 2016.3
available from: URL:<http://echa.europa.eu/information-on-chemicals/cl-inventory-database>
2. 고용노동부. 산업안전보건법 및 산업안전보건 기준에 관한 규칙. 2016.
3. 고용노동부. 2015 산업재해현황분석. 2015.
4. 국립환경과학원. 화학물질정보시스템(NCIS)-유해화학물질 분류·표시 지원시스템. 2016.3.
Available from: URL:<http://ncis.nier.go.kr/ghs>
5. 김은아. 메틸알코올 중독 기본 상식을 통해 본 메틸알코올 중독의 위험성. 산업안전보건연구원 연구동향 Vol.9 No.1, 통권66호. 2016.
6. 미국 국립의학도서관. TOXNET Databases. 2016.3. Available from: URL:
<http://chem.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/chemidlite.jsp>
7. 식품의약품안전평가원. Tox-info 독성정보제공시스템. 2016.3. Available from: URL:
<http://www.nifds.go.kr/toxinfo/Index>

8. 한국산업안전보건공단. 화학물질정보-MSDS 검색. 2016.3. Available from: URL:
<http://msds.kosha.or.kr/kcic/msdsdetail.do>
9. 환경부. 유독물질 및 제한물질·금지물질의 지정. 환경부고시 제2016-2호. 2016
10. 환경부. 화학물질의 등록 및 평가에 관한 법률(법률 제11789호). 2016.