

이 보고서는 노동부의 「화학물질에 의한 근로자 건강장해예방 연구용역사업」에 의한 것임

유해물질 산업보건 편람

□ 디에탄올아민(Diethanolamine)

2005. 12

연 구 기 관 한국방송통신대학교



목 차

1. 물질의 특성	1
2. 취급현황	9
3. 동물에 있어서의 영향	25
4. 인체영향	31
5. 각국의 노출기준 요약 및 해설	34
6. 취급근로자 건강장해예방 지침	45

〈표 차례〉

<표 1-1> 디에탄올아민의 물질 개요	1
<표 1-2> 디에탄올아민의 물리적 특성	2
<표 1-3> 디에탄올아민의 냄새 서한도와 자극을 일으킬 수 있는 수준(1989년 미국 산업위생학회)	5
<표 1-4> 디에탄올아민의 화학적 성상	6
<표 1-5> NFPA 및 OSHA의 인화성 및 가연성 액체 분류	7
<표 2-1> 디에탄올아민에 대한 국내 사용량 비교	9
<표 2-2> 디에탄올아민의 국내 제조량 및 수출량, ton	10
<표 2-3> 디에탄올아민 노출 근로자 수 현황	10
<표 2-4> 업종별 디에탄올아민의 사용용도 및 조사내용 개요	11
<표 2-5> 디에탄올아민 드럼포장에 대한 위험성평가 결과	13
<표 2-6> 수용성 금속가공유에 디에탄올아민을 혼합하는 공정에 대한 위험성평가 결과	16
<표 2-7> PPG(폴리올)에 디에탄올아민을 혼합하는 공정에 대한 위 험성평가 결과	18
<표 2-8> 기계가공에 사용되는 수용성금속가공유에 포함된 디에탄 올아민에 대한 위험성평가 결과	20
<표 2-9> 디에탄올아민을 취급하는 공정별 노출경로의 가능성에 대한 정성적인 평가	21
<표 3-1> 디에탄올아민에 대한 급성경구독성 동물실험 결과	25
<표 3-2> 디에탄올아민에 대한 급성경피독성 동물실험 결과	26
<표 3-3> 디에탄올아민에 대한 급성흡입독성 동물실험 결과	26

<표 3-4> 디에탄올아민 용량에 따른 아급성독성 동물실험 결과 I	27
<표 3-5> 디에탄올아민 용량에 따른 아급성독성 동물실험 결과 II	28
<표 3-6> 디에탄올아민에 의한 생식독성	30
<표 5-1> 미국 OSHA, ACGIH, NIOSH의 디에탄올아민 노출기준 과 설정근거 요약	36
<표 5-2> 디에탄올아민에 대한 ACGIH의 노출기준 변화 및 역사	38
<표 5-4> 독일의 디에탄올아민 노출기준 설정근거 요약	41
<표 5-5> 스웨덴의 디에탄올아민 노출기준 설정근거 요약	42
<표 5-6> 프랑스의 디에탄올아민 노출기준 설정근거 추정 요약	44
<표 6-1> 환기장치를 설치해야 할 작업내용 또는 공정	46
<표 6-2> 세안기, 가스검지기, 방유제를 설치해야 할 공정	49
<표 6-3> 디에탄올아민을 안전하게 취급하기 위한 공학적인 대책 (사용금지, 대체, 격리)	51
<표 6-4> 석유정제업에서 황화수소 흡착용으로 사용한 모노에탄올 아민의 대체 효과	52
<표 6-5> 기계가공 공정에서 디에탄올아민의 아미노알콜 대체	53

〈그림 차례〉

[그림 1-1] 끓는점과 공정운전 온도에 따른 액체의 휘발성 구분. ...	3
[그림 1-2] 1차, 2차, 3차 아민의 구조식.	5
[그림 2-1] 디에탄올아민 제조공정.	12
[그림 2-2] 디에탄올아민 포장.	13
[그림 2-3] 디에탄올아민이 황화수소를 흡착하는 공정.	14
[그림 2-4] 수용성 금속가공유에 디에탄올아민이 첨가제로 첨가됨. ·	15
[그림 2-5] 수용성절삭유 혼합탱크에 디에탄올아민을 첨가.	16
[그림 2-6] PPG(폴리올)에 디에탄올아민을 첨가하는 공정.	17
[그림 2-7] PPG(폴리올)탱크에 연결된 진공펌프라인을 통해 디에탄 올아민 첨가.	18
[그림 2-8] 기계를 가공할 때 디에탄올아민이 포함된 금속가공유가 사용되는 공정.	19
[그림 2-9] 수용성금속가공유가 미스트로 발생하는 모습.	20
[그림 2-10] 수용성 금속가공유가 묻어 있는 제품을 손으로 검사하 는 작업.	24
[그림 5-1] 디에탄올아민에 대한 각 나라 및 기관의 노출 기준(2005 년).	35
[그림 5-2] 디에탄올아민에 대한 연도별 노출기준(ACGIH TLV-TWA)의 변화 추이.	39
[그림 6-1] 디에탄올아민 포장기 위에 설치된 외부식 원형 국소배기 장치.	47

[그림 6-2] 수용성 금속가공유가 사용되는 기계가공 공정에서 국소 배기장치.	48
[그림 6-3] 디에탄올아민이 저장된 실외 공정에 설치된 세안설비.	50
[그림 6-4] 디에탄올아민저장 탱크에 설치된 방유제(혹은 방류조).	50
[그림 6-5] 디에탄올아민의 실외 보관(근로자와 격리).	55
[그림 6-6] 수용성 금속가공유가 사용되는 기계가공 공정에서 밀폐 사례.	56
[그림 6-7] 디에탄올아민을 포장하는 공정에서 간략한 안전표시.	57

1. 물질의 특성

가. 물질의 개요

□ Diethanolamine(이하 디에탄올아민이라 함)은 알카놀아민(Alkanolamines) 또는 아미노알코올의 1차, 2차, 3차 아민을 치환한 것이다. 즉 암모니아의 수소원자를 히드록시에틸 라디칼($-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$)로 치환하여 만든다.(<표1-1> 참조).

<표 1-1> 디에탄올아민의 물질 개요

개 요	내 용
한글물질명	디에탄올아민(diethanolamine, DEOA)
영문물질명 (IUPAC명, CA명)	Diethanolamine(DEA), 2,2'-iminodi-Ethanol
이명(異名)	디에탄올아민(Diethanolamine, Diaethanolamin), (2-히드록시에틸)아민((2-Hydroxyethyl)amine), 디에틸롤아민(diethylolamine), 디올아민(Diolamine), 2,2'-디히드록시디에틸아민(2,2'-dihydroxydiethylamine), 비스(히드록시에틸)아민(bis(hydroxyethyl)amine), 디(2-히드록시에틸)아민(Di(2-hydroxyethyl)amine), 2,2'-이미노비스에탄올(2,2'-iminobisethanol), 2,2'-이미노디에탄올(2,2'-iminodiethanol)
CAS번호	111-42-2
외관, 냄새 등	실온에서 무색의 고체이거나 시럽과 같은 액체임. 녹는점인 28℃ 이상에서는 연한 암모니아 냄새가 나는 흰색의 액체임.
화학물질 분류	종양형성제(Tumorigen), 생식계영향물질(Reproductive Effector), 의약품(Drug), 1차 자극제(Primary Irritant)
분자식	$\text{C}_4\text{H}_{11}\text{NO}_2$, $(\text{HOCH}_2\text{CH}_2)_2\text{NH}$ $ \begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \\ & & & & & & \\ \text{HO} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{N} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{OH} \\ & & & & & & \\ & \text{H} & \text{H} & & \text{H} & \text{H} & \end{array} $

○ 디에탄올아민과 같이 분자량이 높은 아민들은 휘발성이 낮고, 냄새가 없으며, 물에 부분적으로 용해된다. 이들 용액은 매우 자극적이어서 눈, 피부, 호흡기에 접촉 시 손상을 일으킬 수 있다. 디에탄올아민은 연한 흰색액체로써 암모니아 냄새가 난다.

나. 물리적 성상

□ 디에탄올아민의 물리적 성상은 <표 1-2>와 같다. 건강상의 장애와 관련하여 특별히 관심을 가져야 할 특성은 높은 증기압, 끓는점, 용해도, 증기밀도, 분배계수, 냄새서한도 등이다.

<표 1-2> 디에탄올아민의 물리적 특성

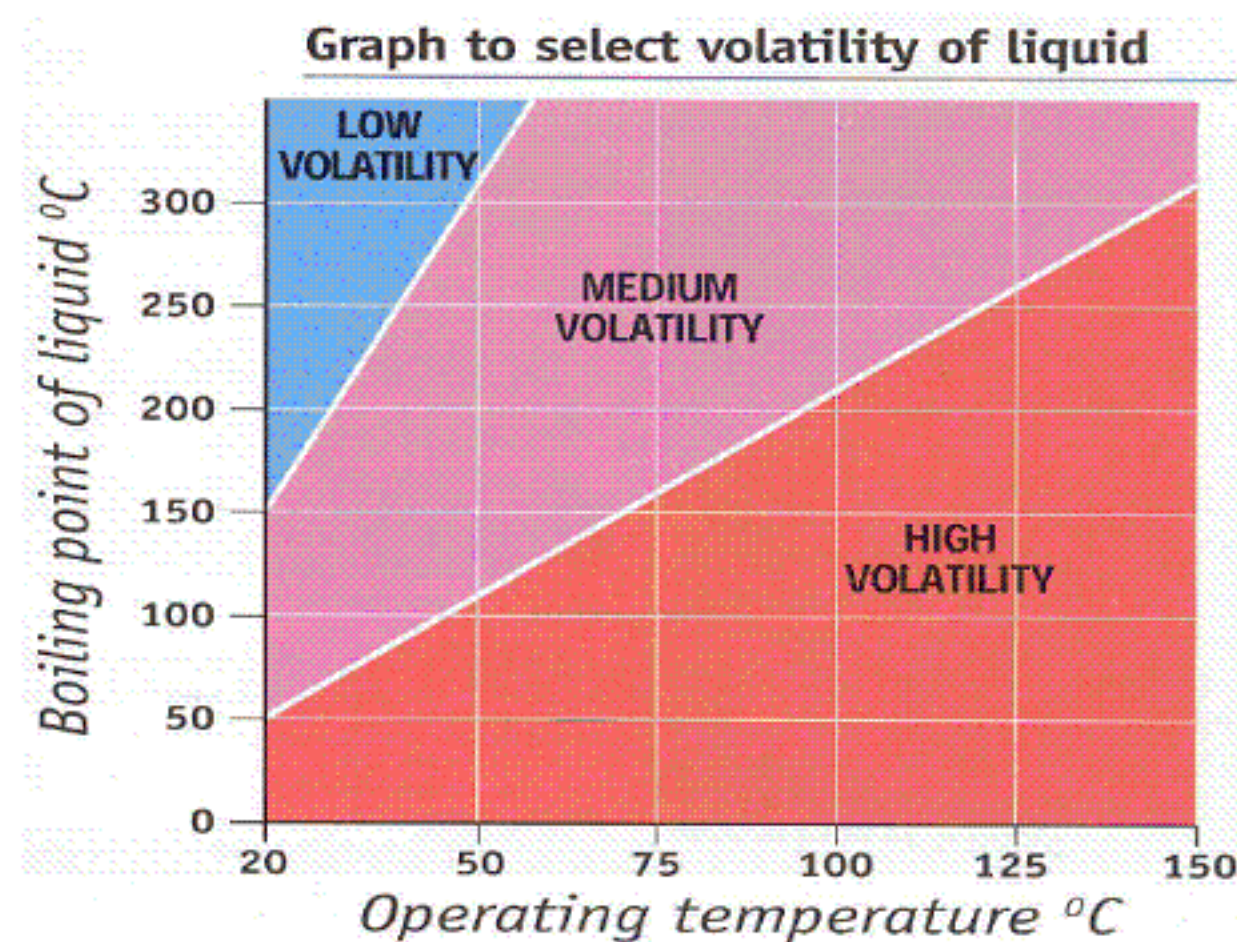
구 분	특 성
분자량, g	105.14
비중 (20℃, 물 = 1)	1.0966
녹는점, ℃	28
끓는점, ℃	268.8(760mmHg)
증기압, mmHg	0.01(20℃, 0.001kPa)
증기밀도(디에탄올아민이 끓는점에서의 공기 = 1)	3.65
pH	11(0.1 N), pKa = 8.88로 강한 염기성임.
점도(점성계수)	351.9(30℃), 53.85(60 ℃)
물에 대한 용해도, g/100ml	물에 매우 잘 녹음(95.4%). (알코올에 매우 잘 녹으며, 벤젠(4.2%), 에테르(0.8%), 헵탄(0.1%))
분배계수(옥탄올/물)	-1.44(Log Kow, 25 ℃)
증발률(부틸초산=1)	0.01 이하
냄새의 서한도, mg/m ³	0.27
단위전환인자, 25 ℃, 760 mmHg	1 ppm = 4.29 mg/m ³ , 1 mg/m ³ = 0.23 ppm

□ 산업보건학적 의미

○ 물리적 성상이란 화학적 변화를 수반하지 않고 그 물질이 본래 가지고 있는 특성을 나타내는 성질로서 분자량, 밀도, 증기압, 비중, 끓는점, 녹는점, 결정구조, 색상 등을 말한다.

(1) 끓는점

□ 끓는점 이하에서는 액체 상태로 존재하고 끓는점 이상의 온도에서는 기체 상태로 바뀌게 된다. 즉 상온인 25℃에서는 액체로 존재하게 된다. 디에탄올아민은 끓는점이 268.8℃ 높아 휘발(증발) 가능성이 매우 낮아 공기 중으로 증발(휘발)이 잘 일어나는 않는 “저 휘발성(low volatility) 물질”이다([그림 1-1]참조). 따라서 디에탄올아민은 작업장에서 취급할 경우 호흡기노출 가능성은 크지 않다.



[그림 1-1] 끓는점과 공정운전 온도에 따른 액체의 휘발성 구분.

□ 공정에서 사용하는 화학물질의 끓는점과 공정상 운전 온도와의 관계에 따라 휘발성 정도를 그림처럼 구분하여 휘발성이 높은 물질일수록 근로자의 호흡기 노출 잠재위험이 크므로 이에 대한 적절한 관리대책을 수립하는데 활용할 수 있다. 디에탄올아민을 사용하는 공정의 온도가 50℃ 이상

초과하지 않는다면 공기 중 증발로 인한 노출위험은 거의 없다.

(2) 증기압(vapor pressure)

□ 디에탄올아민의 증기압은 0.01 mmHg(20℃ 기준)으로 매우 낮다. 화학 물질의 증기압이 낮으면 증발이 쉽게 일어나지 않는다. 디에탄올아민은 상온에서는 공기 중 포화농도가 낮아 흡입을 통해 인체에 미치는 영향은 매우 낮을 것으로 판단된다.

(3) 증기밀도

□ 디에탄올아민의 증기밀도는 끓는점 온도에서 공기를 기준으로 할 때 3.65이다. 즉 디에탄올아민의 증기가 공기보다 무겁다는 뜻이다. 디에탄올아민은 거의 증발이 되지 않으므로 증기밀도에 의한 안전상 및 보건상의 문제는 거의 일어나지 않는다.

(4) 용해도

□ 디에탄올아민과 같이 탄소수가 5개 미만인 물질은 물에 매우 잘 녹는 친수성물질로 분류된다.

□ 디에탄올아민과 같이 친수성을 나타내는 화학물질은 흡입 시 호흡기의 상기도 부분에서 흡수되어(녹아) 바로 호흡기계 점막을 자극(irritation)한다. 디에탄올아민에 대한 노출기준도 이러한 상기도의 자극을 예방하기 위한 기준이다. 이외에도 눈, 코 등의 자극도 초래한다.

(5) 분배계수(partition coefficient)

□ 디에탄올아민의 물-옥탄올 분배계수(Log Kow) 값은 25℃에서 -1.44로 친수성물질이다. 분배계수가 1 이하는 물에 대한 용해도가 매우 높고 유기체인 사람에게 생물학적 농축 가능성이 낮은 것을 의미한다. 반대로 분배계수가 높을 경우(4 이상) 물에 잘 녹지 않은 소수성이 높고 생물학적으로 농축가능성이 높다. 이런 이유로 디에탄올아민은 자극성물질이고 영향부위는 대부분 호흡기계의 상기도이다.

(6) 냄새 서한도(odor threshold)

□ 디에탄올아민은 약한 암모니아 냄새가 나는 물질로 냄새 서한도는 <표 1-3>에 나타낸 것처럼 0.27 ppm이다. ACGIH에서 제안하고 있는 노출기준은 0.46 ppm이기 때문에 냄새서한도는 기준 대비 약 59%에 해당한다.

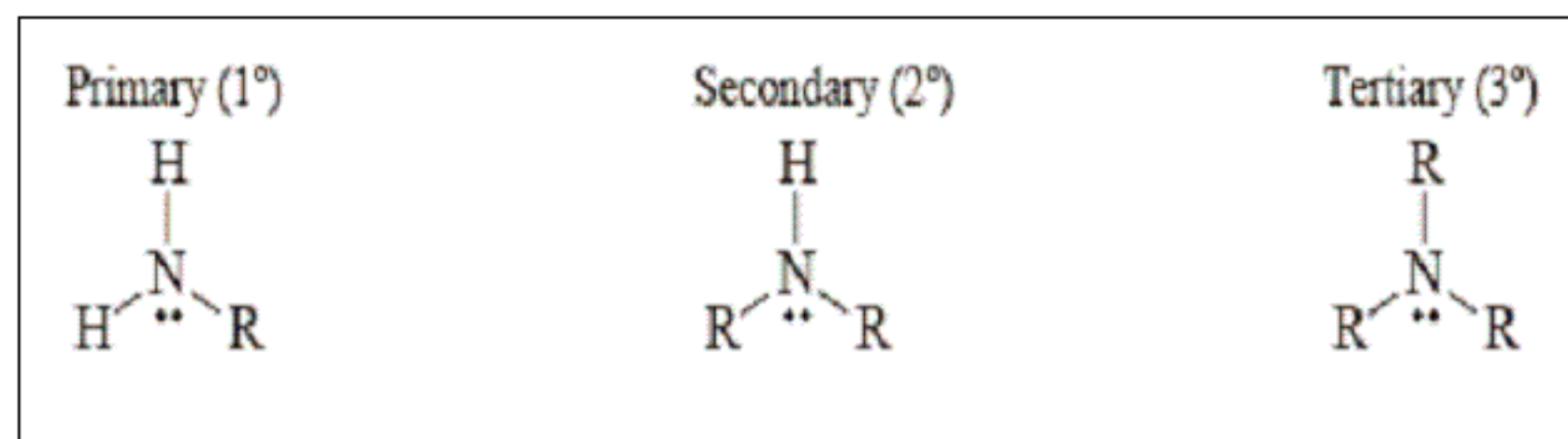
□ 보통 냄새서한도가 노출기준의 10% 이하이면 기준 대비 노출 농도에 대한 좋은 경고 기준이 되어 건강장해 예방에 기여할 수 있다. 따라서 디에탄올아민은 냄새한도가 0.27 ppm으로 엄격한 노출기준 0.46 ppm보다 낮은 농도이다. 따라서 서한도는 노출기준에 대한 사전 경고치가 될 수 있다.

<표 1-3> 디에탄올아민의 냄새 서한도와 자극을 일으킬 수 있는 수준(1989년 미국 산업위생학회)

화학물질	냄새 서한도(ppm)	냄새	노출기준(ACGIH)
디에탄올아민	0.27	암모니아성 냄새	0.46 ppm

다. 화학적 성상

□ 디에탄올아민은 지방족 아민으로 질소 원자에 붙은 수소가 다른 물질로 치환된 수에 따라 1차, 2차, 3차 아민으로 분류할 수 있다. [그림 1-2]와 같이 만약 하나의 기(基, 레디칼, radical)가 치환된다면 1차 아민, 2개는 2차 아민(2°, secondary), 3개는 3차 아민(3°, tertiary)이다.



[그림 1-2] 1차, 2차, 3차 아민의 구조식

□ 디에탄올아민의 화학적성상은 다른 물질과 결합, 분해, 영향 등에 따른 특성으로 폭발, 연소, 발화 등 안전과 관련이 있다. 디에탄올아민의 화학적 성상에 대한 내용은 <표 1-4>에 제시하였다.

<표 1-4> 디에탄올아민의 화학적 성상

항 목	내 용
인화점	137.8~148 ℃ (밀폐상태)
자연발화온도	662 ℃
폭발성 (공기중연소농도(Vol. %))	하한 1.6, 상한 9.8
불안정 조건	공기, 빛, 습기, 137℃ 이상의 온도
금기 (피해야 할 물질)	산화제, 강산, 무수산(acid anhydrides), 아실할라이드(acyl halides), 알킬 및 알릴할라이드(alkyl halides), 니트로화물(nitrosating agent, 질산, 질소산화물 등), 구리, 구리합금, 아연
유해분해산물	보고되지 않음.
소화제	CO ₂ 소화제, 건성 화학물질 파우더, 알코올 포말, 중합체 포말, 수증기, 물 스프레이
특별유의사항	플라스틱류, 고무류, 피복제를 상하게 함.

(1) 인화점

□ 인화점이란 물질이 가연성(可燃性, 물질이 타기 쉬운 성질) 증기가 충분한 상태에서 외부의 발화원에 노출이 되면 불이 붙을 수 있는 최저 온도이다. 디에탄올아민의 인화온도는 밀폐상태에서 137.8~ 148 ℃, 개방상태에서는 152 ℃이다(<표 1-5> 참조).

□ 디에탄올아민은 끓는점과 인화점을 볼 때 Class III B에 속하는 인화성이 매우 낮은 가연성물질이다. 따라서 디에탄올아민은 안전측면에서 특별히 위험한 물질은 아니다.

<표 1-5> NFPA 및 OSHA의 인화성(flammable) 및 가연성(combustible) 액체 분류

등급			인화점	끓는점	NFPA 경고기준	
					경고점수	경고내용
Class I	A	인화성 액체	22.8℃ 미만	37.8℃ 미만	4	인화성 매우 높음
	B	인화성 액체	22.8℃ 미만	37.8℃ 이상	3	인화성 높음
	C	인화성 액체	22.8~37.8℃	-		
Class II	A	가연성 액체	37.8~60℃미만	-	2	인화성 보통
Class III	A	가연성 액체	60~93℃미만	-		
	B	가연성 액체	93℃ 이상	-	1	인화성 낮음

내용 주

* NFPA: National Fire Protection Agency(미국소방방재청, 2005)

* OSHA: Occupational Safety and Health Administration(미국산업안전보건청)

(2) 자연발화점

☐ 자연발화점은 정상적인 공기 조건하에서 스파크나 불꽃과 같은 특별한 점화원 없이 자연적으로 발화하여 연소가 가능한 최저 온도이다

☐ 디에탄올아민의 자연발화점은 662 ℃이다. 상온에서는 자연발화가 일어날 가능성이 거의 없다. 따라서 상온에서 디에탄올아민을 취급할 경우 자연발화에 의한 사고는 염려할 필요가 없다.

(3) 폭발성

☐ 폭발은 분해, 신속한 화학반응, 또는 고체에서 액체로 변하는 과정에서 물질이나 화합물 등이 갑자기 격렬하게 에너지를 방출하는 현상이다.

☐ 디에탄올아민은 가장 등급이 낮은 가연성 액체 또는 고체이다. 디에탄올아민의 연소농도는 하한 1.6 %(10 % LEL, 1,600 ppm), 상한 9.8 %이다. 또한 디에탄올아민의 증기압은 매우 낮으므로 연소농도에 도달할 가능성은 거의 없다. 따라서 디에탄올아민을 취급하는 공정에서 폭발에 의한 위험은 거의 없다.

(4) 반응성

□ 디에탄올아민은 2차 아민과 1차 알코올의 특징적인 반응을 하게 된다. 불안정한 조건은 공기, 빛, 습기, 137℃ 이상의 온도 등이다.

□ 디에탄올아민의 화재, 폭발, 인화성 및 독성화학물질이 생성되는 유해한 상황을 초래하는 화학반응은 산화와 격렬한 반응이다. 디에탄올아민은 산화제, 강산, 무수산, 아실할라이드, 알킬/알칼킬 할라이드, 니트로화물 등과 격렬하게 반응하기 때문에 금기시 된다.

□ 구리, 황동, 청동 등 구리 합금과 아연, 아연 도금된 철 등을 부식시키는 성질이 있다. 따라서 디에탄올아민을 취급하는 공정에서는 열과 피해야 할 이들 물질에 대한 엄격한 통제가 필요하다.

(5) 피해야 할 물질

□ 디에탄올아민은 플라스틱류, 고무류, 피복제 등을 상하게 하는 특성이 있으므로 이 물질들이 있는 곳에서 디에탄올아민의 사용은 피해야 한다.

(6) 소화제

□ 디에탄올아민에 의해서 화재가 발생했을 때에는 소화제로 CO₂소화제, 건성 화학물질 파우더, 알코올 포말, 중합체 포말, 수증기, 물 스프레이 등을 이용하여야 한다.

2. 취급현황

가. 제조 또는 사용현황

(1) 국내 사용량, 국내제조량, 수출입량

□ 국내에서 사용하는 디에탄올아민량은 5,000 톤 미만이다(<표 2-1> 참조). 사용량만을 근거로 우리나라 화학물질 관리와 위험정도를 따진다면 디에탄올아민의 위험은 적다고 볼 수 있다.

○ 디에탄올아민은 2002년 기준으로 화학물질 관리순위 국내 총 사용량이 640위이며, 우리나라 화학물질 유통량 총량인 287.4 백만톤의 0.00002%도 되지 않은 적은 양이다.

<표 2-1> 디에탄올아민에 대한 국내 사용량 비교

년도	국내사용량, 톤	출처
2002	3,803	환경부의 “화학물질유통량 보고서
2003	4,458	국내 디에탄올아민 제조사업장의 국내 유통량과 한국무역협회의 수출량과 수입량을 조합하여 추정한 양
2004	3,512	
2005년 9월 현재	2,469	

□ 디에탄올아민을 제조하는 국내 사업장은 1개소이다. 생산하는 디에탄올아민의 양은 2002년 2,500톤, 2003년 1,650 톤, 2004년 2,300 톤 그리고 2005년 9월 현재 3,700 톤으로 증가되고 있다.

<표 2-2> 디에탄올아민의 국내 제조량 및 수출량, ton

물질명	제조량(a+b)	수출량(a)	국내판매(사용)량 (b)
2002	2,500	9	2491
2003	1,600	50	1,550
2004	2,300	860	1,440
2005	3,700	1,900	1,800

(2) 취급근로자수

□ 디에탄올아민을 취급하는 근로자는 1999년 총 42명, 2004년에는 246명이었다.(<표 2-3> 참조). 이 자료는 한국산업안전공단에서 보고한 작업환경실태조사결과에 근거한 것이다. 본 연구에서 추정한 디에탄올아민이 발생하는 사업장과 근로자수까지 포함한다면 노출근로자수는 2,983명 정도이다.

○ 공정의 특성상 디에탄올아민은 첨가제로 사용되기 때문에 제조 및 사용 근로자는 많지 않다. 그러나 디에탄올아민이 포함될 수 있는 수용성금속가공유를 취급하는 사업장과 근로자는 많다(<표 2-3> 참조).

<표 2-3> 디에탄올아민 노출 근로자 수 현황

년도별	제조		사용		발생		계	
	사업장수	노출 근로자수	사업장수	노출 근로자수	사업장수	노출 근로자수	사업장수	노출 근로자수
1999년 ¹⁾	0개소	0명	6개소	42명	0	0	6개소	42명
2004년	3개소	10명 ²⁾	34개소	236명 ²⁾	7,404개소	2,737 ³⁾ 명	7441개소	2,983명

내용 주

- 1) 1999년 한국산업안전공단에서 5인 이상 사업장을 직접 방문해서 조사한 자료
- 2) 2004년 한국산업안전공단에서 1인 이상 사업장을 직접 방문해서 조사한 자료
- 3) 본 연구: 금속가공유를 취급하는 기계장비 제조업에서 추정한 사업장수와 근로자 수

(3) 제조 또는 사용용도

□ 산업장에서 디에탄올아민은 첨가제나 보조제(<표 2-4>참조)로 사용되는 경우가 대부분이다. 조사하지 못한 업종에서도 디에탄올아민의 사용 특성은 비슷할 것으로 판단된다. 다만 취급시간, 첨가방법 등의 차이가 있을 수 있다.

□ 디에탄올아민을 취급하는 구체적인 공정과 방법은 “나”항에서 설명하였다.

<표 2-4> 업종별 디에탄올아민의 사용용도 및 조사내용 개요

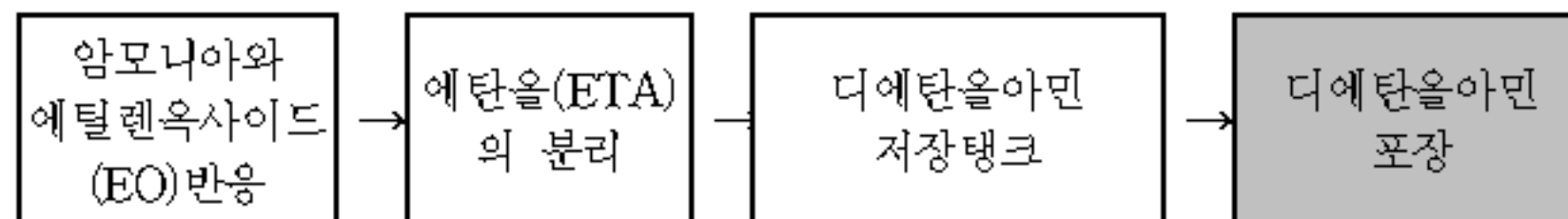
업종	사용형태 및 특성	사용용도 요약
기타화학제품제조업	제조, 수입	제조, 수입, 판매
석유정제품제조업	원료	황화수소 흡착
화합물 및 화학제품제조업	수용성수용성 금속 가공유 제조	수용성 금속 가공유에 첨가
	폴리올에 첨가	플라스틱에 신축성 제공
기계, 장비제조업	수용성 금속가공유에 첨가	pH 조절, 방청제
샴푸 및 화장품	중간첨가제	유화분산제, 광택제
비누제조업:세제 및 유화제	중간첨가제	계면활성
섬유제품제조업	중간첨가제	유연제, 가소제, 정련
시멘트제품 제조업	중간첨가제	응고시간 단축
농약제조업	중간첨가제	발아억제제

나. 공정 분석 및 위험성 평가

(1) 기초화학제품제조업: DEOA제조, 수입, 판매

가) 공정요약

□ 암모니아와 에틸렌옥사이드(ethylene oxide, EO)를 반응시켜 에탄올아민(ETA)을 만든 다음 비점차이에 의해 모노에탄올아민, 디에탄올아민, 트리에탄올아민을 분리하여 저장한 후 포장하여 판매한다([그림 2-1]참조).



[그림 2-1] 디에탄올아민 제조공정.

나) 사용용도

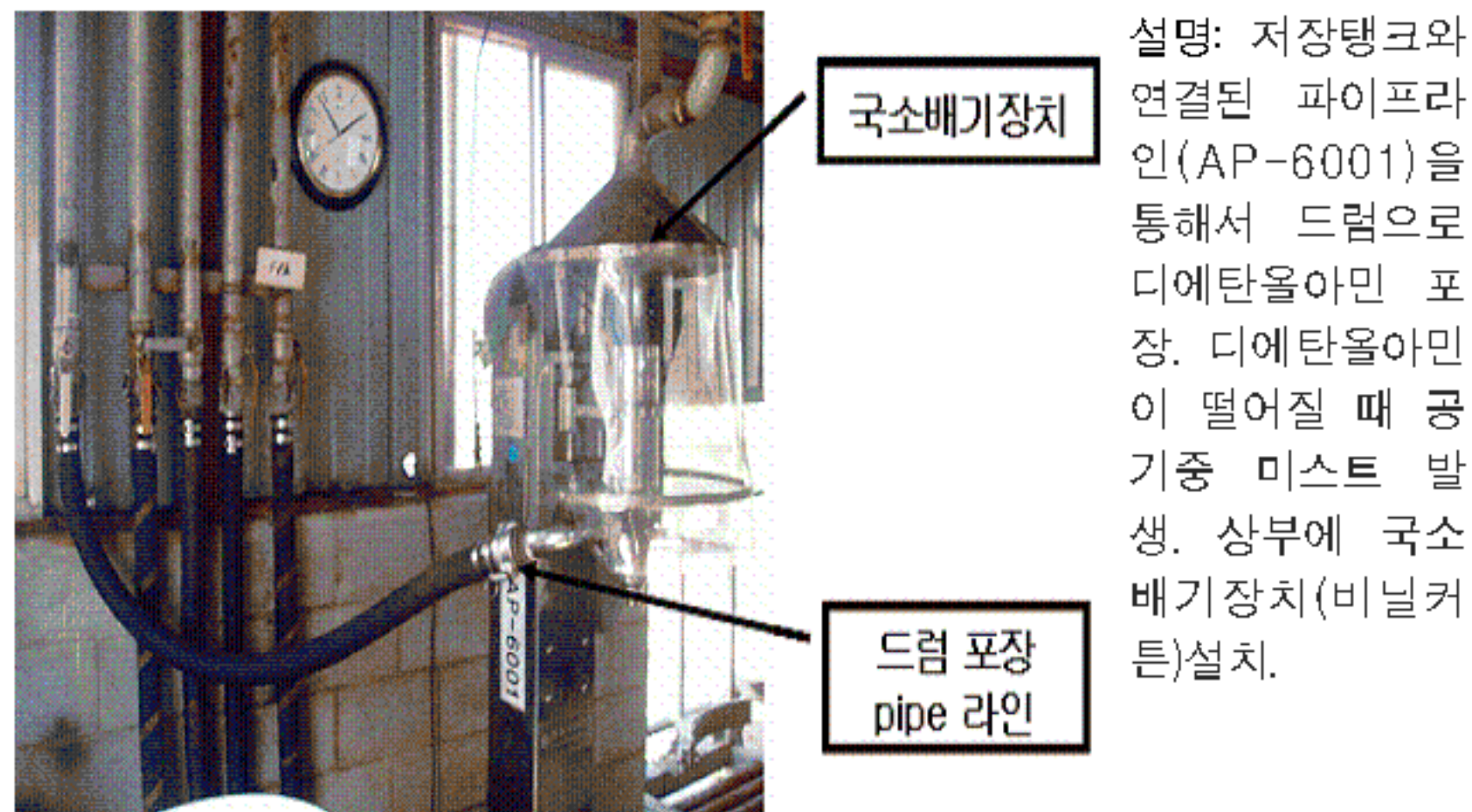
□ 디에탄올아민을 제조한다.

다) 디에탄올아민이 사용된 공정: 포장

□ 저장탱크(600 톤)에 저장된 디에탄올아민을 200 kg용 드럼에 포장하여 화학물질 보관창고에 일정기간 보관 후 납품한다. 드럼포장은 로드셀(자동저울)에 올려서 자동으로 200 kg이 포장된다. 디에탄올아민을 포장하는 공정에서 디에탄올아민에 대한 위험성을 평가한 결과 위험은 “낮음”으로 평가되었다(<표 2-5> 참조). 이것은 디에탄올아민의 증기압이 낮기 때문에(0.01 mmHg) 공기 중으로 증발할 가능성이 거의 없고 피부노출만 주의하면 되기 때문이다. 그러나 디에탄올아민이 떨어지면서 미스트가 발생할 수 있어 이에 대한 노출위험은 있다.

<표 2-5> 디에탄올아민 드럼(200 kg) 포장에 대한 위험성평가 결과

항목	위험성 평가내용	비고
노출범주	Ⅱ(낮음)	포장할 때 디에탄올아민이 미스트가 발생될 경우 노출의 위험성이 있음
유해성 범주	Ⅱ(낮음)	노출기준과 유해성(자극)을 조합한 범주로 공통임
위험성평가	Ⅱ(낮음)	디에탄올아민의 노출로 인한 위험이 낮음
공기 중 농도	측정하지 않음	취급근로자 있음: 근로자가 직접 실내에서 포장



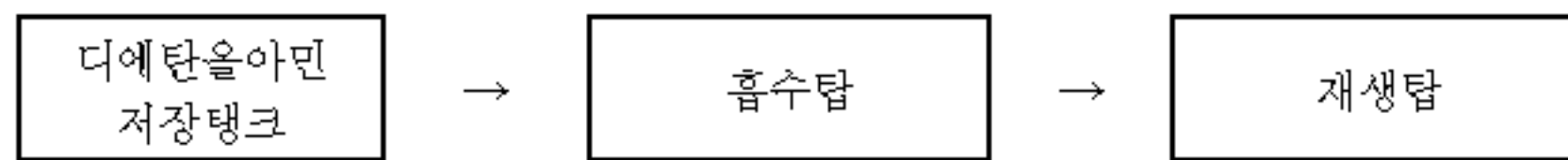
[그림 2-2] 디에탄올아민 포장.

(2) 석유정제품제조업: 황화수소흡착제

가) 공정요약

□ 원유(crude oil)를 정제하는 과정에서 발생하는 부산물 가스(off-gas) 중 황화수소를 제거하기 위하여 디에탄올아민을 사용한다. 황화수소는 흡

수탑에서 디에탄올아민과 접촉하여 흡착된다. 황화수소를 흡착한 디에탄올아민은 재생탑에서 고농도의 황화수소와 깨끗한 디에탄올아민으로 분리된다. 모든 공정이 자동으로 운영된다([그림 2-3 참조]).



[그림 2-3] 디에탄올아민이 황화수소를 흡착하는 공정.

나) 사용용도

□ 원유를 정제할 때 원유를 정제할 때 발생하는 황화수소를 제거하기 위한 흡착제로 사용된다.

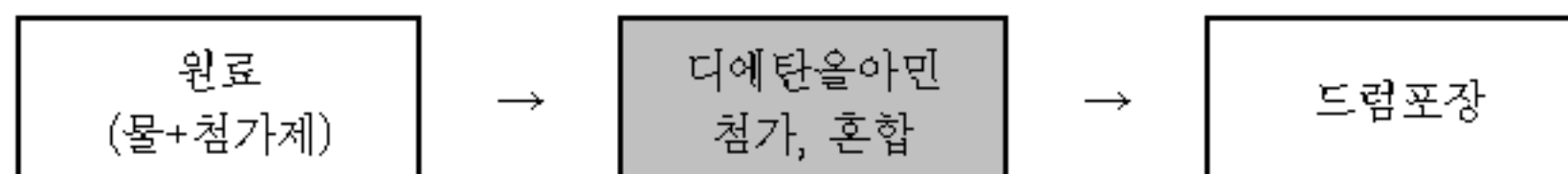
다) 디에탄올아민이 사용된 공정

□ 흡수탑과 재생탑에서 디에탄올아민이 사용된다. 모두 자동으로 운전되므로 근로자가 직접 디에탄올아민을 취급하지 않는다. 따라서 재생탑과 흡수탑에서 디에탄올아민의 노출로 인한 위험은 거의 없다. 다만 재생탑과 흡수탑을 정비하고 검사할 때 출입하는 경우 노출위험은 있다.

(4) 화합물 및 화학제품제조업: 수용성 금속가공유에 첨가

가) 공정요약

□ 기유(base oil), 물, 각종 첨가제(산화방지제, 방청제, 극압첨가제 등)를 혼합(blending)하여 수용성 금속가공유((metalworking fluids, MWF, 또는 절삭유)를 제조할 때 디에탄올아민이 첨가되어 혼합된다([그림 2-4]참조).



[그림 2-4] 수용성 금속가공유에 디에탄올아민이 첨가제로 첨가됨.

나) 사용용도

□ 수용성 금속가공유에서 pH를 조절하고 부식을 방지하기 위해서 첨가하는 제제이다.

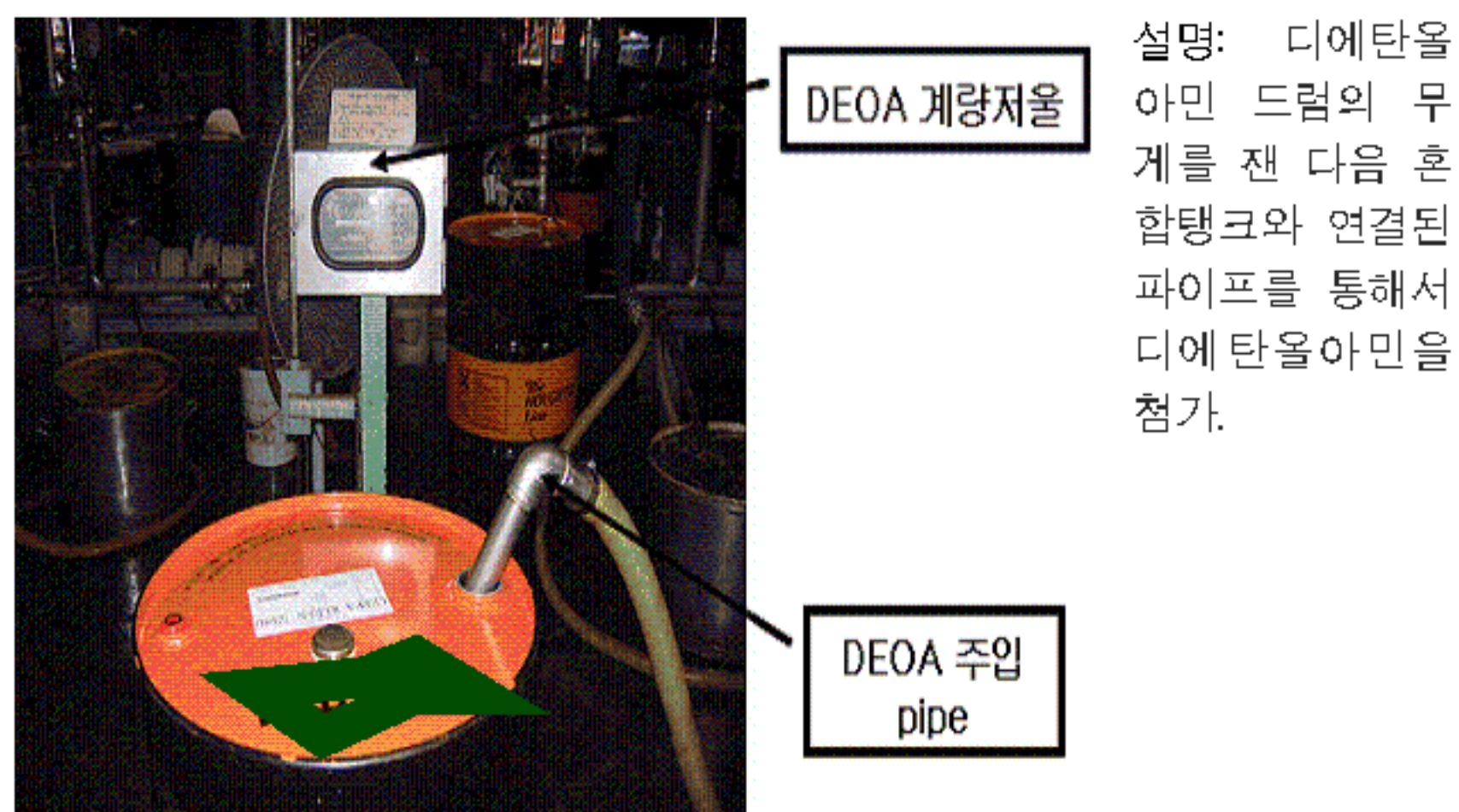
다) 디에탄올아민이 사용된 공정

□ 수용성 금속가공유에 포함되는 원료는 물과 각종 첨가제이다. 혼합탱크에서 물과 각종 첨가제들이 물리적으로 교반기에 의해 혼합된다. 디에탄올아민도 동일한 방법으로 혼합된다. 즉, 근로자가 디에탄올아민의 무게를 잰 다음, 진공펌프로 혼합탱크에 첨가한다.

□ 디에탄올아민을 첨가하고 혼합하는 공정에서 디에탄올아민에 대한 위험성을 평가한 결과 위험은 “매우 낮음” 혹은 “낮음”으로 평가하였다(<표 2-6> 참조). 디에탄올아민의 증기압(0.01 mmHg)이 낮아 증발이 거의 일어나지 않고 호흡기노출 위험은 크지 않기 때문이다. 그러나 근로자가 디에탄올아민을 직접 취급하기 때문에 피부흡수가능성은 있다.

<표 2-6> 수용성 금속가공유에 디에탄올아민을 혼합하는 공정에 대한 위험성평가 결과

항목	위험성 평가내용	비고
노출범주	I (매우 낮음) 혹은 II(낮음)	디에탄올아민의 무게를 잰 다음 수용성절삭유 혼합탱크와 연결된 진공펌프에 연결하여 자동 주입
유해성 범주	II(낮음)	노출기준과 유해성(자극)을 조합한 범주로 공통임
위험성평가	I (매우 낮음) 혹은II(낮음)	디에탄올아민의 노출로 인한 위험이 매우 낮거나 어느 정도 있음. 피부노출을 주의해야 함
공기 중 농도	측정하지 않음	노출가능성 낮음

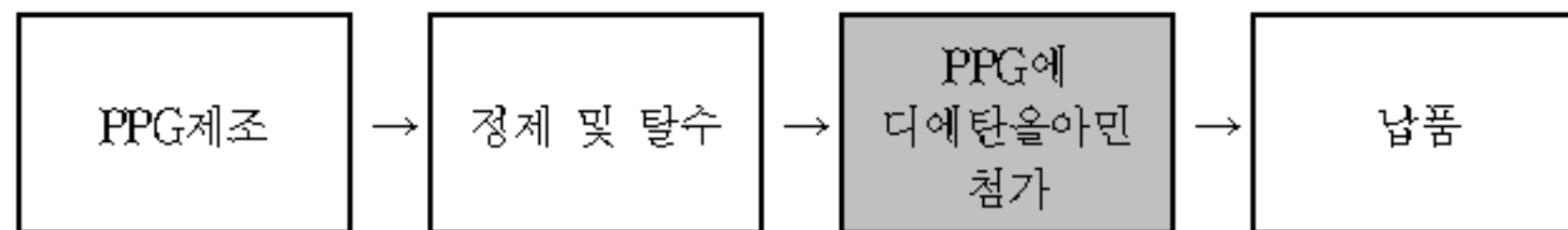


[그림 2-5] 수용성절삭유 혼합탱크에 디에탄올아민을 첨가.

(5) 화합물 및 화학제품 제조업 : PPG(폴리올)수지에 첨가

가) 공정요약

□ 글리세린에 Propylene oxide과 Ethylene oxide를 부가하여 PPG(폴리올)를 제조한다. 수요자(우레탄 수지 제조업종)의 요구에 따라 최종제품인 액체의 PPG에 디에탄올아민을 추가로 첨가하여 납품한다([그림 2-6] 참조).



[그림 2-6] PPG(폴리올)에 디에탄올아민을 첨가하는 공정.

나) 사용용도

□ PPG를 원료로 제조된 프라스텍은 딱딱하므로 신축성 및 복원력이 없다. 신축성과 복원력을 필요로 하는 제품(의자 시트, 접착제, 스펀지 등)을 요구할 경우, 최종 생산된 PPG에 디에탄올아민을 일정량 첨가해서 납품한다.

다) 디에탄올아민이 사용된 공정

□ 중합반응과 정제공정을 거쳐서 완성된 수지가 드럼으로 자동 포장된다. 복원력과 신축성이 있는 프라스텍 제품을 요구하는 경우 PPG에 일정량의 디에탄올아민을 근로자가 직접 첨가한다. 첨가할 때는 PPG저장 탱크와 디에탄올아민 드럼을 진공펌프로 연결하여 혼합(blending)한다. 작업조건이 상온이므로 디에탄올아민의 공기 중 증발 가능성은 거의 없다.

□ 디에탄올아민을 첨가하고 혼합하는 공정에서 디에탄올아민에 대한 위험성을 평가한 결과 위험은 “매우 낮음”으로 평가하였다(<표 2-7> 참조). 디에탄올아민의 증기압(0.01 mmHg)이 낮아 증발이 거의 일어나지 않으므로 호흡기노출 위험은 크지 않기 때문이다. 그러나 근로자가 디에탄올아민을 직접 취급하기 때문에 피부흡수가능성은 있다.

<표 2-7> PPG(폴리올)에 디에탄올아민을 혼합하는 공정에 대한 위험성평가 결과

항목	위험성 평가내용	비고
노출범주	I (매우 낮음) 혹은 II(낮음)	디에탄올아민의 무게를 잰 다음 PPG(폴리올) 혼합탱크와 연결된 진공펌프에 연결하여 자동 주입 - 야외 작업
유해성 범주	II(낮음)	노출기준과 유해성(자극)을 조합한 범주로 공통임
위험성평가	I (매우 낮음) 혹은 II(낮음)	디에탄올아민의 노출로 인한 위험이 매우 낮거나 어느 정도 있음. 피부노출을 주의해야 함
공기 중 농도	측정하지 않음	노출가능성 낮음



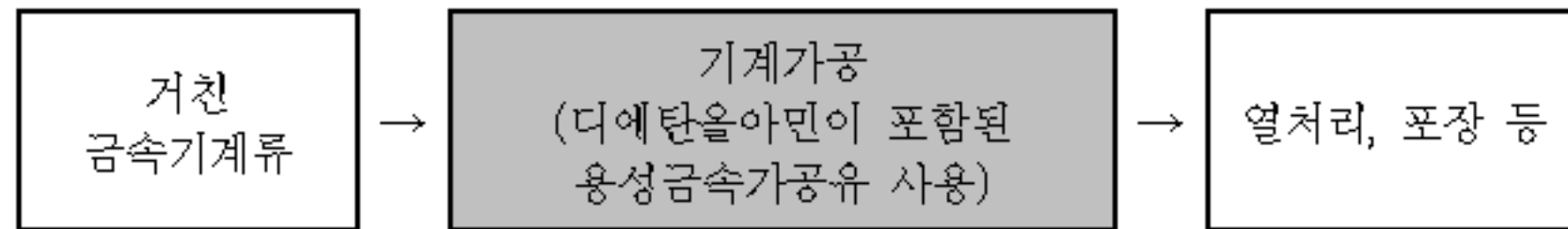
설명: 진공펌프를 이용하여 드럼에 있는 디에탄올아민을 반응에 필요한 일정량만 PPG(폴리올)수지에 첨가함.

[그림 2-7] PPG(폴리올)탱크에 연결된 진공펌프라인을 통해 디에탄올아민 첨가.

(7) 기계, 장비제조업 : 수용성금속가공유에 첨가

가) 공정요약

□ 금속과 금속이 부딪히고 가공될 때 발생하는 열을 식히기(제거하기) 위해서 액체의 금속가공유(또는 절삭유)를 뿌린다. 각종 기계, 장비 등(자동차, 트레일러, 자동차엔진, 부품, 기타 운송장비, 선박 및 보트, 철도장비, 항공기, 우주선 및 부품 제조업 등)을 제조하거나 가공하는 업종에서 금속가공유를 사용한다([그림 2-8] 참조).



[그림 2-8] 기계를 가공할 때 디에탄올아민이 포함된 금속가공유가 사용되는 공정.

나) 사용용도

□ 수용성 금속가공유의 적절한 pH를 유지하고 방청특성을 부여할 목적으로 Alkanolamine류가 첨가된다. 다른 alkanolamine류는 모노에탄올아민, 디에탄올아민, 트리에탄올아민중 하나가 사용된다.

다) 디에탄올아민이 사용된 공정

□ 수용성절삭유에는 모노에탄올아민, 디에탄올아민, 트리에탄올아민 중의 하나가 포함되어 있다. 수용성절삭유는 가공하고자 하는 기계위로 뿌려진 후 탱크(sump)로 흘러들어가고 다시 순환되어 기계에 뿌려진다. 수용성절삭유는 탱크 → 파이프(혹은 관) → 기계 위 → 탱크 등으로 순환한다. 탱크는 수용성절삭유가 모이는 일정 크기의 통이다.

□ 디에탄올아민의 증기압은 0.01 mmHg이하로 낮기 때문에 수용성금속가공유가 흐를 때 디에탄올아민이 증발되지 않는다. 그러나 수용성금속가공유가 기계위에 뿌려져서 수용성 금속가공유가 미스트로 발생될 때 포함된 디에탄올아민도 함께 공기 중으로 발생될 수 있다.

□ 디에탄올아민은 포함된 수용성금속가공유가 사용되는 기계가공 공정에 대한 위험성은“중간”으로 평가하였다(<표 2-8> 참조). 디에탄올아민의 증

기압(0.01 mmHg)이 낮아 증발 가능성은 낮지만 공정특성상 미스트 발생 위험은 매우 크다. 따라서 미스트에 포함된 디에탄올아민의 노출에 대한 위험은 “어느 정도(중간)” 있는 것으로 평가하였다.

<표 2-8> 기계가공에 사용되는 수용성금속가공유에 포함된 디에탄올아민에 대한 위험성평가 결과

항목	위험성 평가내용	비고
노출범주	Ⅲ(중간)	근로자가 디에탄올아민이 포함된 수용성금속가공유에 노출됨
유해성 범주	Ⅱ(낮음)	노출기준과 유해성(자극)을 조합한 범주로 공통임
위험성평가	Ⅲ(중간)	디에탄올아민의 노출로 인한 자극
공기 중 농도	측정 함	취급근로자 있음 측정수 : 73 개 - 평균 : 0.072 mg/m ³ -검출범위: 검출한계 미만 ~ 3.3 mg/m ³



수용성절삭유
미스트로 발생

설명: 디에탄올아민이 포함된 금속가공유가 움직이거나 회전하는 가공기구에 뿌려지면 증발이 아닌 분산에 의해 미스트가 공기 중으로 발생됨.

[그림 2-9] 수용성금속가공유가 미스트로 발생되는 모습.

다. 노출경로

□ 디에탄올아민을 취급하는 업종별 공정별로 호흡기, 소화기, 피부노출 가능성을 정성적으로 평가하였다(<표 2-9> 참조). 공정이나 작업의 특성에 따라 노출경로의 위험은 서로 차이가 있다. 디에탄올아민의 주된 노출경로는 호흡기와 피부이다.

<표 2-9> 디에탄올아민을 취급하는 공정별 노출경로의 가능성에 대한 정성적인 평가

공정	호흡기노출	피부노출	이유
디에탄올아민 반응, 흡착, 저장	매우 낮음	낮음	자동공정 실외작업 파이프체결 후 저장: 반자동
디에탄올아민 포장	실내 : 중간 실외 : 낮음	실내: 중간 실외: 낮음	드럼 포장 시 낙하에 의한 미스트 발생가능
디에탄올아민 혼합(첨가)	실내 : 낮음 실외 : 매우 낮음	실내: 낮음 실외: 낮음	음식물 오염 거의 없음 파이프체결 후 혼합: 반자동
디에탄올아민 보관창고	매우 낮음	매우 낮음	사용 후 남은 양 저장 취급 주의
기계가공	중간	중간	미스트로 노출 작업장내 음식 섭취시 소화기노출 가능 제품검사: 피부노출 위험

(1) 호흡기노출 가능성

□ 호흡기를 통해 흡수되기 위한 가장 중요한 요소는 공기 중으로 증발 혹은 분산될 가능성이다. 디에탄올아민의 증기압은 매우 낮기 때문에(0.01 mmHg) 물질자체의 증발 가능성은 거의 없다. 따라서 호흡기노출 가능성은 공정 및 작업특성이 결정적으로 영향을 미친다.

□ 디에탄올아민이 공정이나 작업의 특성으로 인해 미스트로 발생되는

경우 호흡기노출의 위험이 있다. 이러한 근거를 바탕으로 업종별 공정별로 호흡기 노출의 가능성을 아래와 같이 정성적으로 평가하였다.

① 매우 낮음 혹은 거의 노출되지 않음(해당 없음): 반응, 저장, 보관창고

○ 공정운영이 자동으로 이루어져 근로자가 디에탄올아민을 직접 취급할 필요가 없는 반응공정이나 포장된 상태의 디에탄올아민을 보관하거나 운반하는 공정이다. 석유정제업의 흡착공정, 디에탄올아민의 보관창고 등이다.

② 낮음 : 첨가, 혼합, 저장 등

○ 디에탄올아민을 단순히 첨가하거나 혼합하는 공정에서는 공기 중으로 디에탄올아민이 분산될 가능성은 매우 낮다. 첨가하는 방법이 파이프를 체결하고 이후 자동으로 첨가되기 때문이다. 디에탄올아민을 단순히 첨가하는 공정과 업종(수용성금속가공유, PPG에 디에탄올아민 첨가)이 저장탱크에 저장하는 공정에서의 호흡기 노출위험은 낮다.

③ 중간 : 드럼 포장

○ 디에탄올아민을 드럼으로 포장하는 작업은 호흡기노출 가능성이 어느 정도 있을 수 있다. 디에탄올아민이 드럼으로 떨어지면서 낙하되고 액체에 부딪히면서 미스트(mist)가 공기 중으로 분산될 수 있기 때문이다.

④ 높음 : 금속가공

○ 디에탄올아민이 포함된 금속가공유가 움직이거나 회전하는 가공기구에 뿌려지면 증발이 아닌 분산에 의해 미스트가 공기 중으로 발생되고 이로 인해 호흡기 노출은 일어난다. 기계가공 공정에서 수용성 금속가공유는 근로자가 작업시간 동안 디에탄올아민을 직접 취급하므로 호흡기 노출가능성은 높다고 할 수 있다.

(2) 피부노출 가능성

□ 디에탄올아민은 피부를 통해서도 몸으로 흡수된다. 따라서 피부흡수

에 영향을 미치는 가장 중요한 요소는 작업방법이다. 피부를 접촉할 가능성이 많은 작업일 경우 피부를 통한 흡수 가능성은 높다.

① 매우 낮음 또는 해당없음: 반응공정

○ 디에탄올아민을 직접취급하지 않는 공정에서는 피부 노출 가능성이 매우 낮거나 거의 없다. 공정운영이 자동으로 이루어지기 때문에 근로자가 디에탄올아민을 직접 취급할 필요가 없고 따라서 피부로 흡수될 가능성이 거의 없는 공정이다. 디에탄올아민을 제조하는 반응공정과 석유정제업의 흡착공정 등이 여기에 해당된다.

② 낮음: 첨가, 포장, 저장

○ 디에탄올아민을 첨가, 포장, 저장할 경우 디에탄올아민을 직접 취급하게 된다. 특히 디에탄올아민을 드럼에 포장할 경우 피부 접촉 빈도는 늘어난다. 따라서 피부노출은 어느 정도 일어날 수 있다.

③ 높음 : 금속가공공정

○ 금속가공공정에서는 작업특성 때문에 디에탄올아민의 피부를 통한 흡수 가능성이 높다. 근로자는 금속가공유가 묻어 있는 제품을 검사, 운반, 제거 등을 위해서 손으로 만지는 경우가 매우 많다. 이 때 피부를 통한 흡수가 일어난다.

○ 작업 중에 공기 중으로 비산되는 미스트가 얼굴, 손, 눈, 피부 등에 접촉될 수 있다. 수용성 금속가공유와 함께 디에탄올아민이 피부를 통해 몸으로 흡수될 수 있다.

○ 금속가공 공정에서 금속가공유가 피부를 통해 흡수되어 각종 피부질환의 발생사례는 많다. 따라서 수용성 금속가공유를 취급하는 공정에서 디에탄올아민의 피부노출 가능성은 높다고 할 수 있다([그림 2-10] 참조)



가공 제품 검사

설명: 근로자가 금속가공유가 묻어 있는 제품을 검사, 운반, 제거 등을 위해 손으로 직접 만지는 과정에서 피부 노출됨.

[그림 2-10] 수용성 금속가공유가 묻어 있는 제품을 손으로 검사하는 작업.

(3) 소화기노출 가능성

□ 소화기를 통한 흡수는 음식에 오염되어 음식과 함께 몸으로 흡수되는 경우이다. 디에탄올아민이 취급되는 사업장 안에서 음식을 먹지 않는다면 소화기를 통한 흡수는 거의 일어나지 않는다.

3. 동물에 있어서의 영향

가. 급성독성

(1) 급성경구독성

□ 디에탄올아민에 대한 급성경구독성 동물실험 결과는 <표 3-1>에 제시하였다. 나타난 주요 독성은 중추신경계 기능저하, 간기능 장애, 신장기능 장애, 근위 세뇨관 부종 등이다.

□ 실험동물의 절반이 죽은 치사 경구량(LD₅₀)은 마우스가 3,300mg/kg 이었고, 기니아피그는 2,200mg/kg 그리고 토끼는 2,200mg/kg이었다.

<표 3-1> 디에탄올아민에 대한 급성경구독성 동물실험 결과

실험대상 Species	노출기간 (빈도)	노출경로	농도	관찰내용
랫트	1회 투여	경구	200mg/kg	중추신경계 기능 저하 간 기능 장애 간세포 미토콘드리아 손상
랫트	1회 투여	경구	200mg/kg 이상	신장 기능 장애 근위 세뇨관 부종
마우스	1회 투여	경구	3300mg/kg	LD ₅₀
기니아 피그	1회 투여	경구	2200mg/kg	LD ₅₀
토끼	1회 투여	경구	2200mg/kg	LD ₅₀

(2) 급성경피독성

□ 디에탄올아민에 대한 급성경피독성 동물실험 결과는 <표 3-2>이다. 동물실험 결과에서 나타난 주요 독성은 피부 발적 및 손상, 안구화상 등이었다.

<표 3-2> 디에탄올아민에 대한 급성경피독성 동물실험 결과

실험대상 Species	노출기간 (빈도)	노출경로	농도	관찰내용
랫트	1회 접촉	피부	10% 이상 디에탄올아민	피부의 발적 및 손상
랫트	1회 접촉	안구	40% 디에탄올아민	안구 화상
랫트	1회 접촉	안구	15% 디에탄올아민	경미한 손상

(3) 급성흡입독성

□ 디에탄올아민에 대한 급성흡입독성 동물실험 연구결과는 <표 3-3>에 제시되어 있다. 랫트를 대상으로 노출시킨 결과 나타난 주요 독성은 폐부종으로 인한 사망이었다.

<표 3-3> 디에탄올아민에 대한 급성흡입독성 동물실험 결과

실험대상 Species	노출기간 (빈도)	노출경로	농도	관찰내용
랫트	1회 흡입	흡입	1471ppm	폐부종, 사망

나. 아급성독성(아만성독성)

□ 디에탄올아민에 대한 아급성독성 동물실험 결과는 <표 3-4>와 <표 3-5>에 요약되어 있다. 미국독성프로그램(NTP)에서 1992년에 랫트를 대상으로 경구, 피부 노출 실험을 한 결과 발견한 주요 독성은 체중의 감소, 피부 자극 반응, 빈혈, 간과 신장의 무게 증가, 신장의 변성, 요소질소 증가, 피부의 궤양/과각화증 등이었다.

<표 3-4> 디에탄올아민 용량에 따른 아급성독성 동물실험 결과 I

실험대상 Species	노출기간 (빈도)	노출 경로	농도	관찰내용
랫트, 수컷 (F344)	13주	경구	5.0 mg/l	2/10사망, 진전, 빈혈, 요소질소 증가, 간/신장 무게 증가, 신장 변성, 탈수초화, 정자수 감소, 부신수질 공포화, 흉선 임파 조직 감소, 폐 대식세포 증식
랫트, 수컷 (F344)	13주	경구	1.25, 2.5 mg/l	빈혈, 진전, 요소질소 증가, 간/신장 무게 증가, 신장의 변성, 탈수초화, 정자수 감소, 부신수질 공포화, 흉선 임파 조직 감소, 폐 대식세포 증식
랫트, 수컷 (F344)	13주	경구	0.63 mg/kg	빈혈, 진전, 요소질소 증가 간/신장 무게 증가, 신장의 변성
랫트, 수컷 (F344)	13주	경구	0.32 mg/kg	빈혈, 진전, 요소질소 증가, 신장 변성, 신 장 무게 증가
랫트, 암컷 (F344)	13주	경구	2.5 mg/l	2/10사망, 진전, 빈혈, 요소질소 증가 간/신장 무게 증가, 신장 변성, 탈수초화, 부신수질 공포화, 흉선 임파 조직 감소, 폐 대식세포 증식
랫트, 암컷 (F344)	13주	경구	1.25 mg/l	빈혈, 진전, 요소질소 증가 간/신장 무게 증가, 신장의 변성, 탈수초 화, 부신수질 공포화, 흉선 임파 조직 감 소, 폐 대식세포 증식
랫트, 암컷 (F344)	13주	경구	0.63 mg/kg	빈혈, 진전, 요소질소 증가 간/신장 무게 증가, 신장의 변성, 탈수초화
랫트, 암컷 (F344)	13주	경구	0.32 mg/kg	빈혈, 진전, 요소질소 증가, 신장의 변성, 간/신장 무게 증가
랫트, 암컷 (F344)	13주	경구	0.16 mg/kg	진전, 요소질소 증가, 신장의 변성, 간/신장 무게 증가

<표 3-5> 디에탄올아민 용량에 따른 아급성독성 동물실험 결과 II

실험대상 Species	노출기간 (빈도)	노출 경로	농도	관찰내용
랫트, 수컷 (F344)	13주	피부	500 mg/kg	1/10 사망, 체중의 감소, 피부자극 반응, 적혈구 감소, 혈색소 감소, 요소질소 증가, 피부의 궤양/파괴화증
랫트, 수컷 (F344)	13주	피부	250 mg/kg	체중의 감소, 피부자극 반응, 적혈구 감소, 혈색소 감소, 요소질소 증가, 피부의 궤양/파괴화증
랫트, 수컷 (F344)	13주	피부	125 mg/kg	피부자극 반응, 혈색소 감소, 피부의 궤양/파괴화증
랫트, 수컷 (F344)	13주	피부	63 mg/kg	피부의 궤양/파괴화증
랫트, 수컷 (F344)	13주	피부	32 mg/kg	적혈구 용적 감소
랫트, 암컷 (F344)	13주	피부	500 mg/kg	2/10 사망, 체중의 감소, 피부자극 반응, 적혈구 감소, 혈색소 감소, 요소질소 증가, 피부의 궤양/파괴화증
랫트, 암컷 (F344)	13주	피부	250 mg/kg	체중의 감소, 피부자극 반응, 적혈구 감소, 혈색소 감소, 요소질소 증가, 피부의 궤양/파괴화증
랫트, 암컷 (F344)	13주	피부	125 mg/kg	피부자극 반응, 적혈구 감소, 혈색소 감소, 요소질소 증가, 피부의 궤양/파괴화증
랫트, 암컷 (F344)	13주	피부	63 mg/kg	적혈구 감소, 혈색소 감소, 요소질소 증가, 피부의 궤양/파괴화증, 적혈구 용적 감소
랫트, 암컷 (F344)	13주	피부	32 mg/kg	적혈구 감소, 혈색소 감소

다. 만성독성

□ 디에탄올아민의 만성독성에 관한 주목할 만한 연구는 1999년 미국국립독성프로그램(NTP)에서 랫트를 이용한 실험결과이다.

○ 디에탄올아민의 만성 독성은 F344 랫트를 이용한 2년간의 경피독성 연구에서는 발암 독성을 나타내지 않았지만, B6C3F1 마우스에서는 디에탄올아민이 간의 종양발생과 밀접한 관련성이 있음을 확인하였다. 또한 B6C3F1 수컷 마우스에서는 신장의 세뇨관에서 발생하는 종양과도 관련이 있음을 확인하였다.

○ 피부접촉을 통한 디에탄올아민의 독성은 각화증과 극세포증과 관련이 있었으며, 암컷에서는 신장기능의 감소와도 관련이 있었다.

○ 마우스에서는 피부를 통한 디에탄올아민의 독성이 간의 세포질과 합포체의 변형을 유도하고 세뇨관의 과증식과 피부의 각화증과 관련이 있음을 확인할 수 있었다.

라. 변이원성

□ 살모넬라균, 햄스터 난자 세포 그리고 마우스 림포마 세포를 이용한 변이독성 검사에서 모두 음성으로 나타났다.

마. 생식독성, 발암성

□ 디에탄올아민의 생식독성에 대한 동물실험 연구결과는 <표 3-6>에 요약되어 있다. 랫트를 대상으로 경구노출시킨 결과 나타난 주요 독성은 착상률 감소, 태아 체중감소, 조기 사산률 증가 등이었다.

<표 3-6> 디에탄올아민에 의한 생식독성

실험대상 Species	노출기간 (빈도)	노출 경로	농도	관찰내용
랫트	제태 6-19일	경구	300mg/kg	착상률의 감소, 태아 체중 감소
랫트	제태 6-19일	경구	250mg/kg	착상률의 감소, 조기 사산을 증가, 태아 체중 감소
랫트	제태 6-19일	경구	200mg/kg	착상률의 감소, 태아 체중 감소
랫트	제태 6-19일	경구	125mg/kg	조기 사산을 증가
랫트	제태 6-19일	경구	50mg/kg	-

□ 미국독성프로그램(NTP)에서 디에탄올아민의 발암성에 대해 동물실험을 한 결과 주로 간세포 종양, 신장 세뇨관에서의 종양을 발생시키는 것을 발견하였다.

4. 인체영향

가. 인체내 작용기전

(1) 흡수

☐ 디에탄올아민은은 흡입, 섭취 및 피부로 흡수되어 독성 작용을 일으키게 된다.

○ 피부를 통한 흡수가 직업적으로 또는 화장품의 사용 시 주요한 노출 경로가 된다. 디에탄올아민의 흡수는 접촉한 양과 비례하여 증가하는 것으로 알려져 있다.

(2) 분포

☐ 경구 및 피부를 통한 디에탄올아민의 흡수는 적은 양이지만 뇌와 심장에도 축적이 된다.

☐ 정맥을 통한 디에탄올아민의 흡수 시에는 보다 적은 양이 비장과 폐에 축적되게 된다.

☐ 조직에서의 디에탄올아민 중 70-80%는 대사되지 않고 원래의 형태를 유지하고, 일부는 대사되며, 간에서 발견되는 수용성의 물질들은 인산화된 형태로 존재한다.

(3) 대사

☐ 디에탄올아민과 인지질(phospholipid)의 결합은 정상 세포막의 구조를 파괴하며, 세포막의 기능을 변형을 초래한다.

(4) 배설

☐ 디에탄올아민의 배설은 아주 느리게 발생하며, 주로 소변과 대변으로 배출된다. 극히 소량은 호기를 통해 배설되는 것으로 알려져 있다.

나. 단기노출시 인체 유해성

(1) 단기간 흡입 또는 섭취시의 인체영향

☐ 디에탄올아민의 인체 유해성에 대한 주목할 만한 연구 결과는 아직까지 보고되지 않았다.

다. 장기노출시 인체 유해성

☐ 디에탄올아민에 대한 인체 유해성에 대한 주목할 만한 연구 결과는 아직까지 없다.

라. 인체 표적장기독성

(1) 흡입 또는 섭취시 인체의 간, 폐, 신장, 혈액 등에 대한 영향

☐ 디에탄올아민의 인체에 대한 영향은 노출로 인한 상기도의 점막 및 피부의 자극 증상이 대부분이며, 일부에서는 접촉성 피부염 및 직업성 천식의 원인이 된다는 보고가 있다.

마. 인체 발암성, 사람에 대한 재해사례

☐ 에탄올아민과 그 첨가제를 취급하는 근로자의 암 발생률 및 사망률을 파악하기 위한 코호트 연구와 환자-대조군 연구가 진행되었다.

○ 그 결과, 다양한 신체 부위, 위와 식도, 인두에서 암 발생률이 약간 증가하는 것으로 나타났다.

○ 이들 연구들은 사용하고 있는 물질 중에 디에탄올아민이 얼마만큼 포함되었는지, 노출 정보에 대한 제공이 없어 디에탄올아민의 인체 발암성을 확인하기는 어렵다.

○ 디에탄올아민이 아질산과 같이 존재할 때는 발암성이 있는 N-nitrosodiethanolamine을 형성한다고 확인되었으나, 이와 같은 반응이 인체에서도 발생하는지는 확인되지 않았다.

□ 디에탄올아민이 인체에서 발암독성을 가진다는 것을 확인할 만한 자료는 충분치 않으나, 1999년 미국국립독성프로그램(NTP)에서 시행한 시험에서는 디에탄올아민이 B6C3F1 마우스에서 간의 종양 발생과 밀접한 관련이 있음은 확인할 수 있었다.

□ 국제암연구소(IARC)에서도 디에탄올 아민이 설치류에서의 간세포 종양 발생의 원인 물질이기는 하지만, 인체에서는 발암독성이 없는 것으로 평가하여 “Group 3”으로 분류하였다.

5. 각국의 노출기준 요약 및 해설

가. 각 국의 노출기준 요약 및 비교

□ 미국, 일본, 독일, 영국, 스웨덴, 프랑스 등 주요 선진외국의 디에탄올아민(diethanolamine)에 대한 노출기준은 [그림 5-1]과 같다.

○ 우리나라, 미국정부산업위생전문가협회(ACGIH), 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH), 스웨덴, 프랑스가 시간가중평균기준(TWA)을 설정하였다.

○ 단시간노출기준(STEL)은 유일하게 스웨덴에서만 설정하였다. 그리고 피부흡수(skin)는 ACGIH, 독일, 스웨덴에서만 노출기준에 포함시키고 있다. 디에탄올아민에 대한 노출기준의 특성은 나라마다 차이가 있다.

○ 또한 특별한 점은 독일은 디에탄올아민을 감작물질(sensitization, Sh)로 명기하였으며 동물실험에서는 나타났으나 사람에게 암을 나타내는지 자료가 충분하지 않은 물질인 “A 3(MAK-3)”로 규정하였다.

○ 한편 영국은 2005년에 디에탄올아민에 대한 노출기준을 삭제하였다.

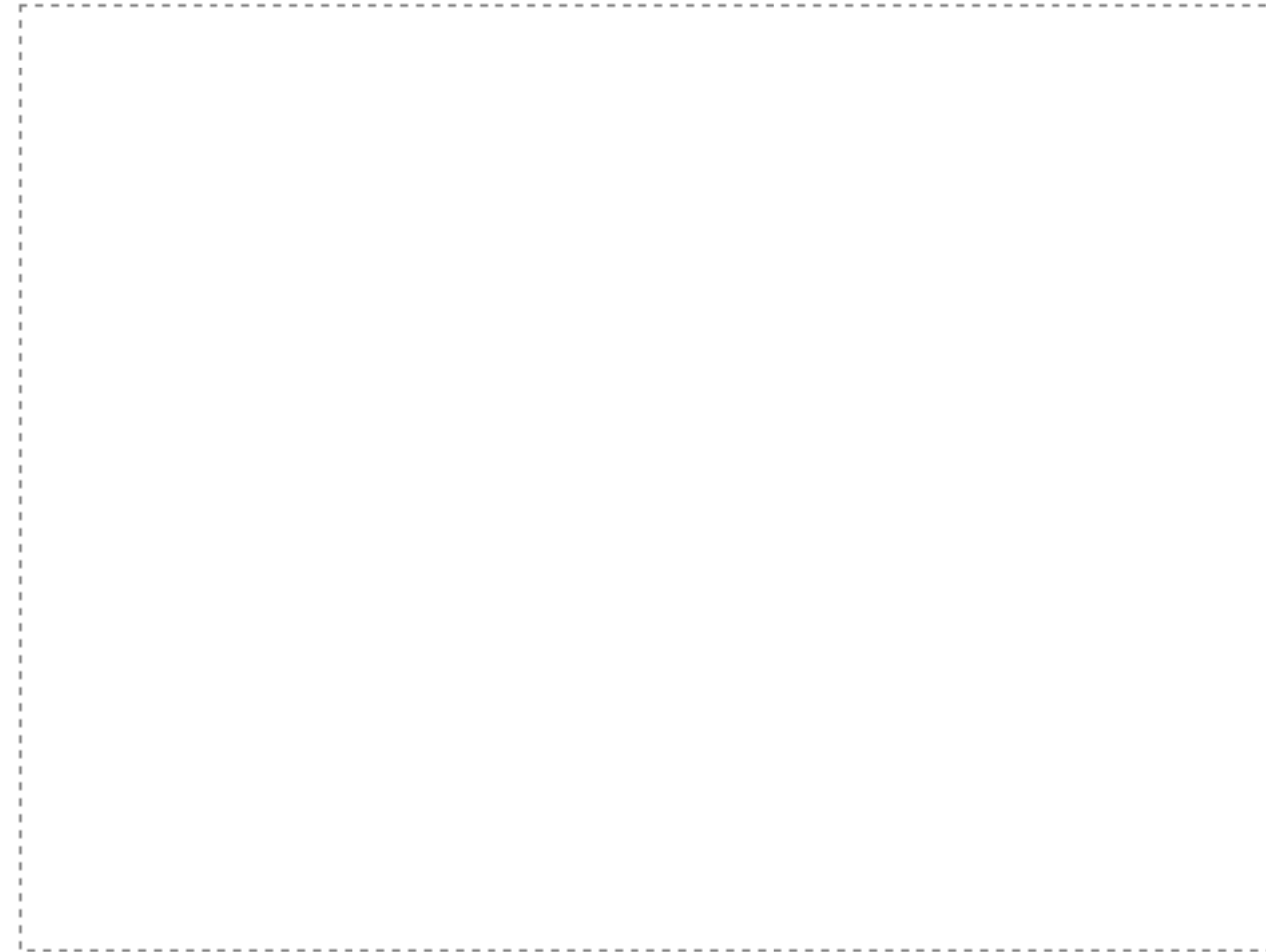
□ TWA는 디에탄올아민의 TWA는 2 그룹(0.46 ppm, 3 ppm)으로 분류할 수 있다([그림 5-1] 참조).

○ ACGIH에서 권고한 0.46 ppm

○ 우리나라와 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH), 스웨덴, 프랑스 등의 3 ppm

○ 미국 산업안전보건청(OSHA), 일본, 독일, 영국은 노출기준이 없다.

□ STEL은 스웨덴만 설정하였다. 미국 ACGIH, 독일, 스웨덴의 노출기준에서만 피부 흡수에 대한 주의를 포함하였다. 디에탄올아민에 대한 발암성은 독일에서 “A3”(동물실험에서 암이 발견되었으나 충분한 자료가 없어 인간에게 일어난다고 할 수 없다는 의미)로 규정하였다.



[그림 5-1] 디에탄올아민에 대한 각 나라 및 기관의 노출 기준(2005년).

나. 미국의 노출기준 설정 근거

□ <표 5-1>에 미국 OSHA, ACGIH, NIOSH의 디에탄올아민에 대한 노출기준 설정근거를 요약하였다.

○ 디에탄올아민에 대한 노출기준과 설정근거는 OSHA는 없고 ACGIH와 NIOSH만 있다. ACGIH의 노출기준(TWA 0.46 ppm)은 NIOSH의 3 ppm에 비해 6.5 배 더 엄격하다.

○ NIOSH의 3 ppm은 ACGIH에서 1978년부터 1993년까지 활용했던 TWA이다.

<표 5-1> 미국 OSHA, ACGIH, NIOSH의 디에탄올아민 노출기준과 설정근거 요약

기관별	노출기준	주요 근거
OSHA: PEL	TWA : 없음 STEL : 없음 피부흡수주의 : 없음	해당 없음
ACGIH: TLV	TWA : 0.46 ppm STEL : 없음 피부흡수주의	□ Barbe 등이 랫트와 마우스를 대상으로 13주 동안 흡입독성 실험을 수행한 결과, 무관찰작용량(NOAEL)이 15mg/kg/day으로 더 낮아졌으며, 13주 동안 6 ppm(25.7 mg/m³)의 농도의 노출에서 악영향을 발견함 □ 1993년에 ACGIH는 이 결과를 근거로 TWA로 환산한 노출기준으로 0.46 ppm을 제안하고 현재까지 활용하고 있음 □ 디에탄올아민의 유해성은 피부, 간, 신장, 혈액에 대한 만성독성임. 따라서 단시간노출에 의해서 건강상의 장애가 발생되지 않음. 따라서 디에탄올아민의 단시간 고농도 노출에 의한 장애예방은 상한치 노출기준으로 관리할 수 있음 □ 스웨덴을 제외한 모든 나라와 기관에서 STEL은 설정되어 있지 않음
NIOSH: REL	TWA : 3 ppm STEL : 없음 피부흡수 없음	□ 1993년 이전에 랫트를 대상으로 단기간(90일) 급성 동물실험에서 얻어진 무관찰작용량 20 mg/kg/day에 근거한 것임

내용 주

OSHA: 미국산업안전보건청

ACGIH: 미국정부산업위생전문가협의회

NIOSH: 미국국립산업안전보건연구원

(1) 미국 OSHA의 PEL이 설정되지 않은 이유

□ OSHA는 미국 노동성(U.S. Department of Labor)에 속한 기관으로 안전보건 법규(기준)의 개발과 실행, 작업장 안전보건에 있어 지속적인 향상을 위한 독려, 협력관계 확립, 교육/훈련/구호활동 제공 등을 통해 미국 근로자들의 안전과 보건을 확보하는 것이 기관의 임무이다.

□ OSHA의 디에탄올아민에 대한 노출기준과 설정근거는 없다. OSHA는 1988년에 420종 화학물질의 PEL에 대한 개정을 제안하게 되었다. 여기에 디에탄올아민 TWA 3 ppm도 NIOSH의 권고를 근거로 제안되었다.

□ 그러나 산업체와 노동계의 법률 소송으로 법원은 OSHA로 하여금 각 물질의 건강영향에 대해 좀 더 광범위한 논의가 필요하므로 비발암 물질의 정량적 위험성 평가를 수행하고 실행가능성을 좀 더 자세하게 분석할 것을 선고하였다.

□ 이러한 이유 때문에 OSHA는 여전히 디에탄올아민에 대한 노출기준이 없다.

(2) 미국 ACGIH의 TLV 설정 근거

□ ACGIH는 미국정부의 산업위생전문가들이 작업환경 중 근로자의 건강과 관련된 각종 자료를 수집·연구하고 700여 종의 화학물질 노출기준(TLVs : Threshold Limit Values)을 정하여 권고하고 있다.

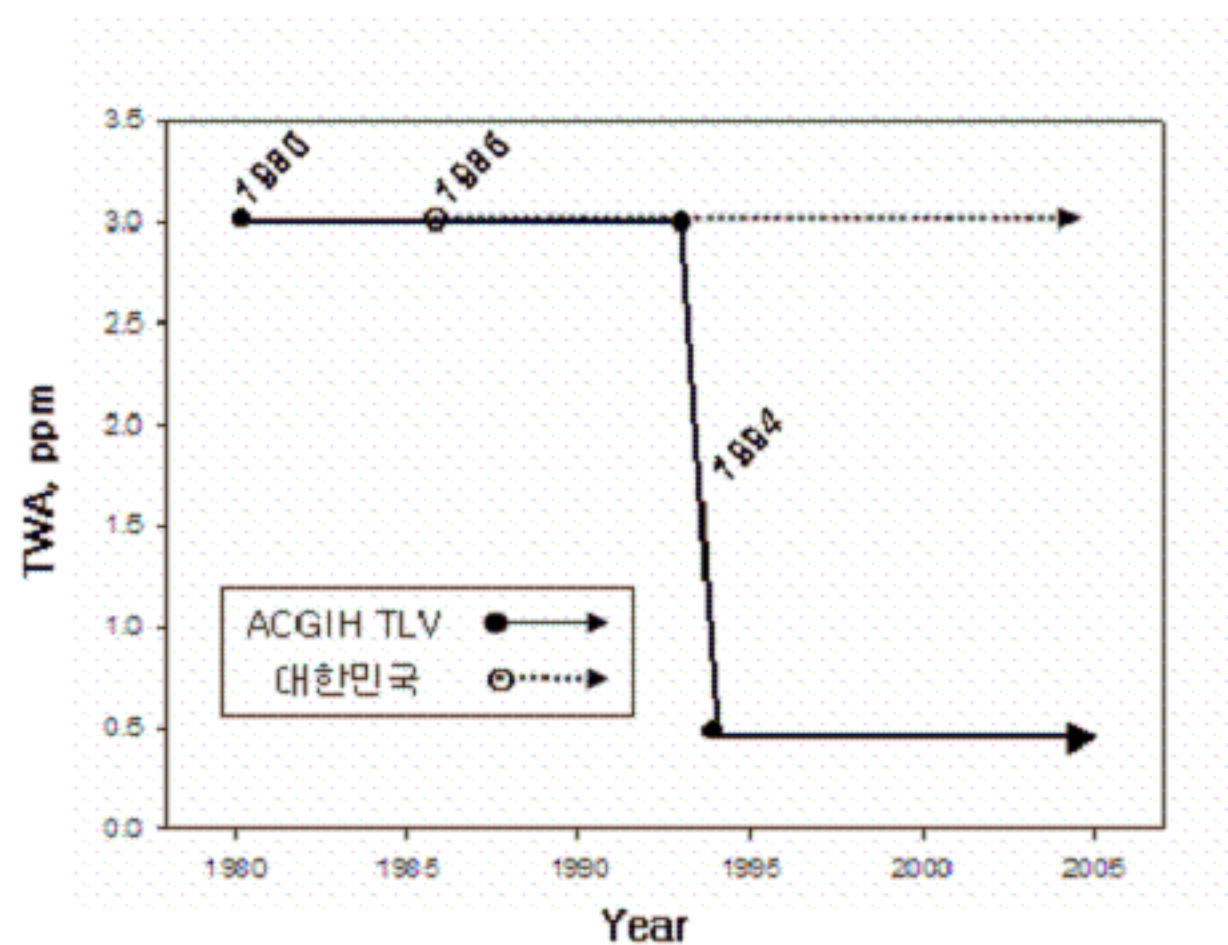
□ ACGIH의 TWA의 변화는 <표 5-2>와 [그림 5-2]와 같다. ACGIH에서는 디에탄올아민에 대해서 1978년도에 처음 TWA로 3 ppm을 제안하였다. 제안된 TWA가 1980년부터 1993년까지 적용되었다. 1993년에 다시 TWA를 0.46 ppm 그리고 피부흡수를 제안하였다. 이 제안된 기준이 1994년부터 현재까지 권고되고 있다.

○ 1980년 3 ppm이었던 것이 1994년부터 현재까지는 0.46 ppm이 권고되고 있다. 기준이 매우 엄격해지고 있음을 알 수 있다.

○ 우리나라의 경우는 1988년에 ACGIH의 3 ppm 기준을 도입하여 현재 까지 그대로 적용하고 있다.

<표 5-2> 디에탄올아민에 대한 ACGIH의 노출기준 변화 및 역사

연 도	내 용(ACGIH, 2005)		
	TLV-TWA	TLV-STEL	피부/발암성 표시
1978	3 ppm (12.9 mg/m ³) 제안	설정하지 않음	
1980~1993	3 ppm	설정하지 않음	
1993	0.46 ppm 제안	설정하지 않음	"피부" 제안
1994~현재	0.46 ppm	설정하지 않음	"피부"



[그림 5-2] 디에탄올아민에 대한 연도별 노출기준 (ACGIH TLV-TWA)의 변화 추이.

□ 인체의 디에탄올아민영향에 대한 자료는 한정적이어서 동물연구 결과에 의해 현재의 TLV를 설정하였다.

○ 90일간 랫트의 식이조사에서 20 mg/kg/day가 영향이 나타나지 않은(no-ill-effect) 양으로 밝혀졌다. 이양을 노출기준으로 환산하면 3 ppm (12.9 mg/m³)이며 1983년까지 TLV 설정근거로 이용되었다.

○ 이후, 동물실험 기간을 연장하여 13주간 랫트와 마우스를 경구 대상으로 흡입 실험이 수행되었다. 모든 경구조사의 평가에서 랫트는 15 mg/kg/day 이하의 무관찰부작용량(NOAEL)이 권고되었다. 그러나 이 양으로 환산한 노출기준 6 ppm (25.7 mg/m³)에서도 부작용이 일어났다.

○ 따라서 2 mg/m³(0.46 ppm)의 시간가중평균 노출기준이 급성, 만성 영향(간, 신장, 혈액)의 잠재위험을 최소화하기 위해 제안되었다.

○ 한편 디에탄올아민에 대한 표지(SEN)나 발암성 표지, 단시간 노출기준을 권고할 충분한 자료가 없다고 하였다.

(3) 미국 NIOSH의 REL 설정 근거

□ 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)은 직업 관련 상해(work-related injury) 질병을 예방하기 위한 연구를 수행하고 권고안을 만드는 책임이 있는 연방기관이다. NIOSH는 미국보건부(CDC) 산하의 질병관리본부(CDC)의 부속 연구기관이다.

□ NIOSH에서 제안하고 있는 디에탄올아민의 REL 설정근거는 3 ppm에 해당되는 동물실험 결과이다.

○ 랫트를 대상으로 식이 연구에서 매일 20 mg/kg농도가 디에탄올아민의 TWA(3 ppm)이다

○ 3 ppm이상에서 나타날 수 있는 건강 손상과 관련된 뚜렷한 눈의 손상과 피부 자극의 위험성으로부터 근로자를 보호할 수 있다고 믿고 있는 기준이다.

다. 일본의 노출기준 설정근거

□ 일본 노동성과 일본산업위생학회(SJOH)는 디에탄올아민에 대한 술을 관리농도(CL)를 설정하지 않고 있다.

라. 독일의 노출기준 설정근거

□ 독일 산업의학중앙연구소가 속해있는 보건부에서 작업환경 중 유해물질에 대한 노출기준은 MAK과 TRK가 있다.

○ MAK은 일반 화학물질에 대한 노출기준이다. 즉, 작업장 내에 존재하는 화학물질(가스, 증기 및 분진형태)의 최대허용농도로 현재의 과학적인 근거에 의하여 근로자의 건강을 해치지 않으며 불필요한 불편함을 주지 않는 수준이다.

○ TRK는 독일 연방 고용 및 사회부에 속한 3자위원회(정부, 근로자대표, 경영자대표)인 유해화학물질 위원회에서 결정한다. TRK 형태의 노출기준을 갖는 물질은 독성이 높은 발암물질 등이다.

□ <표 5-4>는 독일의 디에탄올아민에 대한 MAK 설정근거를 요약한 표이다. 독일에서는 현재까지 디에탄올아민에 대한 TWA, STEL 등의 노출기준을 권고하지 않고 있다.

○ 그러나 디에탄올아민에 대한 발암성으로는 3A, 피부 흡수에 관한 주의를 위해 “피부” 표시를 하였으며 감작(Sh)에 대해서도 규정하고 있다.

○ 디에탄올아민은 인체에 대한 발암증거가 불충분(inadequate)하고 동물실험에서도 제한된 증거가 있을 경우에 해당된다.

<표 5-4> 독일의 디에탄올아민 노출기준 설정근거 요약

노출기준 분류	노출기준	주요 근거
MAK	TWA : 없음 STEL : 없음 피부흡수 주의 A3(MAK 3) Sh	□ TWA, STEL은 설정하지 않음 □ 디에탄올아민을 “A3”(인간에게 발암성을 나타내는 충분한 자료가 없음), “Sh”(감작물질)로 규정하고 있음
TRK	설정하지 않음	디에탄올아민은 발암성을 나타내는 물질이 아님

내용 주

MAK : Maximum Allowable Concentration

TRK : Technical Guidance Concentration

마. 스웨덴의 노출기준 설정근거

□ 스웨덴에서는 세 곳의 이해당사자가 협력하여 OEL을 설정하는 작업반(working group) 체계이다. 즉, 정부 기관인 산업안전보건위원회가 중심기관으로 감독부서, 행정부서, 정부위원회로 구성되어 있다. 공기 중 오염물질에 대해 법적 기준치에 대한 논의가 필요할 경우 감독부서에서 관련그룹을 소집한다. 이 그룹에는 위원회, 노조, 고용주 조직의 대표자가 속해 있다. 위원회 활동은 법적으로 작업환경법과 작업환

경법령에 근거하고 있다.

□ 랫트를 대상으로 한 흡입 연구에서 디에탄올아민 25 ppm에 216 시간동안 지속적으로 노출되었을 때 랫트의 간과 신장의 상대중량이 증가되었고, 간 효소의 혈청 수치도 상승되었다. 디에탄올아민 6 ppm에 13주일 동안(90일) 노출된 후에도 신장과 폐의 상대중량이 증가되었다.

□ 쥐(rat)를 대상으로 디에탄올아민이 함유된 음식을 투여하였을 때 독성효과를 나타내지 않은 최대 일일 농도는 20 mg/kg이었다. 90 mg/kg의 일일 용량에서는 명백히 간과 신장에서 손상이 나타났다.

□ 따라서 영향이 관찰되지 않은 20 mg/kg을 공기 중 농도로 환산한 값이 TWA 3 ppm이었고 STEL이 6 ppm이었다.

<표 5-5> 스웨덴의 디에탄올아민 노출기준 설정근거 요약

노출기준 종류	주요 설정근거
TWA : 3 ppm STEL : 6 ppm 피부흡수 주의	□ 랫트를 대상으로 한 흡입 연구에서 디에탄올아민 25 ppm에 216시간동안 지속적으로 노출되었을 때 간과 신장의 중량증가를 초래하였고, 간 효소의 혈청 수치를 상승. 6 ppm에 13주일동안(90일) 노출된 후 신장과 폐의 상대중량이 증가됨 □ 랫트를 대상으로 단기간(90일) 동안 섭식으로 투여한 결과 무관찰작용량(no-ill-effect)으로 발견한 20 mg/kg/day을 근거로 환산한 값 □ 위 실험결과에 따라 TWA(3 ppm)와 STEL(6 ppm)을 설정함

바. 영국의 노출기준 설정근거

□ 영국은 1930년대에 작업환경의 공기 중 목화먼지와 석면에 대한 기준을 설정하고 있었으나, 1948년 미국 ACGIH에서 TLV를 발표하고

난 후 좀 더 체계적인 노출기준 체계를 갖추기 시작하였다. 영국의 노출기준은 1974년 제정된 보건안전법에 따라 보건안전성(Health & Safety Executive)에서 산업장의 유해물질을 규정하였다. 납, 석면 등 10종의 발암물질을 관리기준(Control Limit, CL)으로 규정하고 나머지 유해물질은 권고기준(Recommended Limit, RL)으로만 규정하였었는데 이는 ACGIH의 TLV와 비슷한 원칙을 가지고 비슷한 수준으로 설정하였다.

□ 1988년에 COSHH 법규(Control of Substances Hazardous to Health Regulations)에서 ACGIH의 TLV를 그대로 수용하는 원칙을 철회하고 RL은 OEL(Occupational Exposure Limit, 직업노출기준)로, CL은 MEL(Maximum Exposure Limit, 최대노출농도)체제로 전환하였다.

□ 2005년부터는 위의 두 가지 개념의 노출기준을 통합하여 396가지 물질에 대한 WEL(Workplace Exposure Limits)이란 새로운 하나의 개념을 적용시키고 있다. WEL 값은 초과해서는 안 되는 기준으로 8시간 시간가중평균 기준이다.

□ 영국에서는 디에탄올아민에 대해 TWA로 3 ppm을 제안하여 유지해오다가 2005년부터 영국 보건안전위원회(HSC)에 의해 노출기준을 철회하였고 현재는 공식적으로 설정된 기준은 없다.

□ 그러나 법적으로 노출기준이 없어진 상태이지만 사업주가 작업장 현장에 대해 노출을 저감시킬 수 있는 개선활동을 하면서 사용할 수 있다는 것을 의미한다.

사. 프랑스의 노출기준 설정근거

□ 프랑스에서는 직업병과 직업성 유해성을 예방하기 위해서 근로자가 위험한 물질에 노출되는 것을 방지하고 최소수준으로 낮출 것을 요구하고 있다. 프랑스에서 최초로 OEL이 발간된 것은 1982년으로 노동성의 판보에 실렸다. 여기에는 다음과 같이 두 가지 형태의 OEL이 있다.

○ 석면, 비닐클로라이드(vinyl chloride), 먼지, 벤젠, 납, 훈증가스 (HCN, CH₃Br, PH₃) 등에 대한 법령 및 강제적인 OEL

○ 그 외 물질에 대해 권고되는 OEL

□ 프랑스에서는 디에탄올아민에 대한 노출기준으로 TWA 3 ppm을 설정하였다. 프랑스와 마찬가지로 디에탄올아민에 대한 TWA 3 ppm을 설정한 국가는 스웨덴이다.

□ TWA 3 ppm은 미국 ACGIH에서 1980년부터 1993년까지 활용한 노출기준이다. 따라서 프랑스에서 디에탄올아민에 대한 설정근거의 핵심은 ACGIH의 1993년 이전에 활용한 3 ppm의 설정근거와 비슷할 것으로 추정된다.

<표 5-6> 프랑스의 디에탄올아민 노출기준 설정근거 추정 요약

노출기준 종류	주요 설정근거 추정
TWA : 3 ppm STEL : 없음 피부흡수 주의 없음	랫트를 대상으로 단기간(90일) 동안 섭식으로 투여한 결과 무관찰작용량(no-ill-effect)으로 발견한 20 mg/kd/day을 근거로 환산한 값일 것으로 추정함

6. 취급근로자 건강장해 예방조치

가. 유해공정별 작업환경관리요령

(1) 환기장치(ventilation)

☐ 환기는 디에탄올아민이 작업환경(공기) 중으로 배출된 후에 가능하면 근로자에게 호흡기 노출이 일어나지 않도록 관리하는 공학적인 대책이다.

☐ 업종별 공정별 위험에 따라 설치해야 할 환기장치를 <표 6-1>에 요약하였다. 구체적인 환기의 형태 등 구체적인 사양은 작업의 특성에 맞게 추가로 대책을 수립해야 한다.

○ 디에탄올아민의 증기압(mmHg)은 0.01 mmHg이하로 매우 낮기 때문에 상온에서 공기 중으로 증발할 가능성은 매우 낮다.

○ 따라서 작업특성으로 인해 디에탄올아민이 미스트로 발생되지 않으면 상온에서 공기 중으로 증발되어 호흡기 노출이 일어날 가능성은 매우 낮다.

가) 국소배기장치를 설치해야 할(권고할) 업종의 공정

☐ 디에탄올아민은 증기압이 매우 낮기(0.01 mmHg) 때문에 상온에서 증발이 일어나지 않는다. 따라서 국소배기장치의 설치여부는 작업특성에 따라 결정된다.

○ 국소배기장치를 설치해야 할 공정은 기초화학제품 제조업에서 디에탄올아민을 수입하여 포장하는 공정과 디에탄올아민이 포함된 수용성 금속가공유를 이용하여 기계, 장비를 가공하는 공정이다.

① 포장공정 : 기초화학제품 제조업에서 디에탄올아민을 판매

☐ 디에탄올아민을 직접 제조하거나 수입하여 200 kg 드럼에 포장하는

작업이다. 포장은 파이프라인을 통해서 드럼의 구멍(입구)으로 떨어져서 이루어진다. 디에탄올아민이 떨어질 때 디에탄올아민미스트가 발생할 가능성이 있기 때문에 국소배기장치를 설치해야 한다(<그림 6-1참조>).

- 노출을 근원적으로 예방하고 노출가능성을 최소화하기 위해서 상부에 국소배기장치를 설치하는 것이 바람직하다. 국소배기장치를 설치하면 노출을 억제할 수 있다.

<표 6-1> 환기장치를 설치해야 할 작업내용 또는 공정

환기시설 종류	작업내용	이유
국소배기장치와 전체환기장치	☐ 디에탄올아민 포장 공정 ☐ 수용성금속가공유를 취급하는 기계가공 공정	☐ 디에탄올아민이 미스트 형태로 공기 중으로 비산할 가능성이 있으므로 ☐ 배기된 공기 양만큼 공급
전체환기장치만 설치	디에탄올아민이 취급되는 실내공간: 첨가, 혼합, 운반, 저장 등	☐ 신선한 공기 공급
환기장치 설치 불필요	디에탄올아민이 자동으로 취급되거나 실외인 경우 : 황화수소 흡착	실외, 자동공정이므로 디에탄올아민 취급하지 않음

② 기계가공공정 : 기계가공시 수용성 금속가공유를 이용한 가공

☐ 기계, 장비를 가공할 때 수용성금속가공유가 가공되는 부위로 뿌려진다. 기계가 가공되는 과정에서 디에탄올아민을 포함한 수용성 금속가공유가 공기 중으로 비산되지 않도록 밀폐형 국소배기장치를 설치해야 한다.

- 기계가공 특성에 따라 설치되는 국소배기장치의 형태는 매우 다양하다. 작업공정에 지장을 받지 않는다면 수용성 금속가공유 미스트가 발생되지 않도록 밀폐하는 것이 바람직하다

- [그림 6-2]는 기계가공 공정에 설치된 국소배기장치를 나타낸 것이다.

작업공간이 밀폐되어 있다.

나) 전체환기장치를 설치해야 할 업종 및 공정

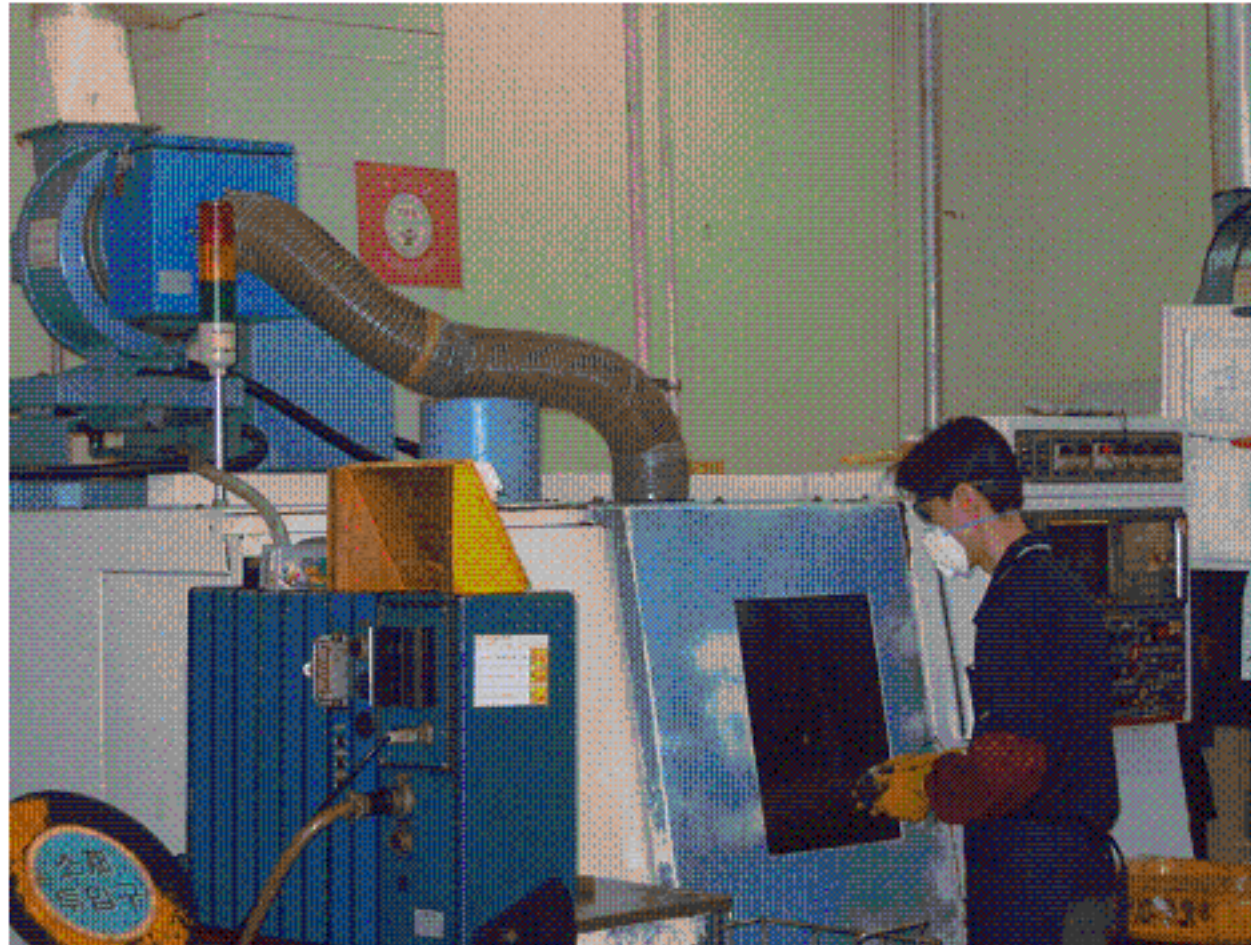
□ 전체환기장치는 실내 공간이면 유해물질의 취급과 상관없이 설치해야 한다. 외부의 신선한 공기를 공급해야 하기 때문이다.

□ 또한 국소배기장치가 설치된 곳에서도 전체환기장치는 설치되어야 한다. 배기되는 양 이상의 공기를 공급해야 하기 때문이다.



설명: 포장공정에서 디에탄올아민의 떨어지면서 포장될 때 발생되는 미스트를 국소배기장치를 통해서 제거함.

[그림 6-1] 디에탄올아민 포장기 위에 설치된 외부식 원형 국소배기장치.



설명: 기계가공
공정에서 발생하
는 수용성 금속
가공유 미스트가
공기 중으로 발
생되는 것을 억
제하기 위한 밀
폐형 국소배기장
치.

[그림 6-2] 수용성 금속가공유가 사용되는 기계가공
공정에서 국소배기장치.

(2) 세안설비: 긴급세척시설

□ 세안설비는 순간적으로 근로자의 눈이나 피부가 디에탄올아민에
과다하게 노출될 경우 긴급하게 세척할 수 있는 시설이다.

□ 세안설비는 디에탄올아민이 눈을 포함한 피부점막에 묻었을 때
곧바로 현장에서 접촉된 부위를 씻어내기 위한 안전장치이다.

○ 세안장치의 설치가 필요한 공정은 근로자가 디에탄올아민을 직접 취
급하는 공정은 모두 해당된다. 디에탄올아민을 저장, 포장, 혼합, 수용성
금속가공유를 취급하는 공정 등이다(<표 6-2>와 <그림 6-3> 참조)

(3) 가스검지기 설치

□ 디에탄올아민의 증기압은 0.01 mmHg으로 공기 중으로 증발은 거의 일어나지 않는다. 따라서 가스검지기를 설치할 필요가 없다.

(4) 방유제 설치

□ 디에탄올아민을 액체 상태로 저장하는 저장탱크나 디에탄올아민을 취급하는 공정은 사고로 디에탄올아민이 누출되었을 때 환경(지하수, 수로 등)으로 확산되는 것을 방지하기 위하여 방유제를 설치하여야 한다([그림 6-4] 참조).

○ 산업안전보건법 산업안전기준에 관한 규칙 제 291조의 2에 의하면 디에탄올아민은 방유제를 설치해야 하는 물질이다.

○ 디에탄올아민을 저장하는 탱크가 해당된다.

<표 6-2> 세안기, 가스검지기, 방유제를 설치해야 할 공정

설비, 시설	작업내용	이유
세안기	디에탄올아민을 직접 취급하는 모든 작업: 포장, 첨가, 청량, 운반, 보관 등	디에탄올아민을 근로자가 직접 취급하므로 눈, 피부에 노출될 가능성이 있음
가스검지기	가스검지기를 설치해야 할 작업 없음	증기압이 0.01 mmHg 이므로 공기 중으로 증발할 가능성이 없기 때문
방유제	디에탄올아민을 저장하는 공정: 드럼, 창고 등	디에탄올아민 누출 가능성



세안 장치

설명: 디에탄올아민에 근로자의 눈이나 피부가 노출되었을 때 신속히 물로 씻어 급성노출을 예방할 수 있는 설비

[그림 6-3] 디에탄올아민이 저장된 실외 공정에 설치된 세안설비.



설명: 디에탄올아민 저장탱크에서 디에탄올아민이 사고로 누출되었을 때 환경 중으로 누출되는 것을 억제하기 위한 방유제.

[그림 6-4] 디에탄올아민저장 탱크에 설치된 방유제(혹은 방류조).

나. 유해물질 안전취급요령

(1) 공학적인 대책

☐ 디에탄올아민을 안전하게 취급하기 위한 공학적인 대책으로는 사용금지, 대체, 격리 등이 있다. 디에탄올아민에 대한 안전한 관리대책을 작업내용별로 <표 6-3>에 요약하였다.

<표 6-3> 디에탄올아민을 안전하게 취급하기 위한 공학적인 대책(사용금지, 대체, 격리)

설비, 시설	작업내용	이유
대체	☐ 황화수소 흡착 공정 : 모노에탄올아민	☐ 흡착 효율 증가 ☐ 폐기물 발생 감소
	☐ 기계장비 가공 공정 : 아미노알콜	☐ 유해성 낮으나 가격 비쌈 ☐ 적용되지 못하고 있음
밀폐	수용성금속가공유를 취급하는 기계가공 공정	기계가공공정에서 수용성금속가공유가 미스트로 비산할 수 있기 때문
격리	☐ 흡착공정, 기계가공공정, 보관창고	☐ 직접 취급하지 않음 ☐ 작업량이 일정하게 유지(기계가공, 흡착 공정)
	☐ 반자동: 혼합, 저장, 첨가	☐ 반자동: 디에탄올아민 취급시 파이프로 체결하고 이후는 자동으로 주입

가) 사용금지(elimination)

☐ 디에탄올아민을 사용하지 않을 대책이다. 디에탄올아민을 사용하지 않고 공정의 목적을 달성한다면 가장 바람직한 대책이다. 디에탄올아민의 사용으로 발생될 수 있는 건강상의 장애가 일어나지 않기 때문이다.

○ 공정별로 사용하지 않을 방안을 연구하는 것이 필요한 물질이다.

나) 대체(substitution)

□ 대체는 디에탄올아민을 유해성이 낮은 다른 화학물질로 바꾸는 것이다. 공정에 지장이 없고 유해성이 덜 하거나 혹은 다른 경제적인 이득이 있는 물질을 찾아내는 것은 매우 중요한 산업보건활동이다.

○ 디에탄올아민을 취급하는 사업주는 디에탄올아민보다 안전보건측면에서 덜 유해한 물질이 국내외 동종업종에서 사용하고 있는지 꾸준히 관심을 가져야 한다.

○ 디에탄올아민을 공정효율성이 우수한 다른 물질로 대체한 사례를 소개하였다.

□ 사례 1

: 석유정제업에서 디에탄올아민을 모노에탄올아민(monoethanolamine, MEOA)으로 대체

○ 대부분의 석유정제업에서 황화수소를 흡착할 목적으로 디에탄올아민을 사용하는 것이 일반적이다. 일부 석유정제 사업장에서 디에탄올아민에 의한 흡착의 효율성이 낮고 또한 불필요한 폐기물이 발생하는 문제점을 발견하였다.

○ 동일한 화학적 특성과 활용도를 가지고 있는 모노에탄올아민(MEOA)은 황화수소 흡착용으로 사용한 결과, 흡착효율은 오히려 증가되었고 폐기물의 거의 발생되지 않은 것으로 설명하였다(<표 6-4> 참조).

<표 6-4> 석유정제업에서 황화수소 흡착용으로 사용한 모노에탄올아민의 대체 효과

흡착효율	폐기물 감소량	적용가능성
10 % 향상	년 1탱크 정도 감소	일부 사업장에서 이미 대체

□ 사례 2
: 수용성 금속가공유에서 디에탄올아민대신 아미노알콜(aminoalcohol)로 대체

○ 디에탄올아민은 방청특성과 적절한 pH를 유지하기 위한 목적으로 수용성 금속가공유에 첨가된다. 이와 같은 목적으로 첨가될 수 있는 화학물질은 동일한 기능기를 가진 alkanolamine 그룹인 MEOA(monoethanolamine), TEOA(triethanolamine)가 있다. 이들도 역시 디에탄올아민과 비슷한 유해성(호흡기계질환 초래, 피부자극제)을 초래하므로 대체물질로 바람직하지 않다.

○ 아미노알콜이 디에탄올아민과 같은 동일한 사용목적에 달성할 수 있고 유해성 또한 낮기 때문에 대체물질로 적합한 것으로 이미 개발되었다.

○ 그러나 가격이 디에탄올아민보다 2배 이상 비싸기 때문에 여전히 수용성 금속가공유에는 피부자극 및 호흡기계질환을 초래하는 디에탄올아민을 포함한 MEOA, TEOA가 아직까지 광범위하게 사용되고 있다(<표 6-5참조>).

<표 6-5> 기계가공 공정에서 디에탄올아민의 아미노알콜 대체

장 점	단 점	적 용 가 능 성
유해성 낮음	가격 비쌈	대체되지 못하고 있음

다) 격리(isolation)

□ 격리는 디에탄올아민과 근로자를 격리하는 대책이다. 즉 근로자가 가능하면 디에탄올아민을 취급하지 않도록 시간, 거리, 공간 등을 격리하는 대책이다.

□ 공정의 자동화: 흡착공정, 기계가공공정, 보관

○ 공정을 자동화하여 근로자가 디에탄올아민을 가능하면 취급하지 않도록 하는 대책이다. 공정을 자동화하기 위해서는 디에탄올아민의 사용량이 일정해야 하는 작업요건이 있어야 한다. 가끔 운영되는 공정이나 반응은 자동공정을 운영할 수 없다.

○ 디에탄올아민을 취급하는 공정에서 격리가 가능한 공정은 황화수소흡착공정, 디에탄올아민의 별도보관 그리고 기계가공공정이다. 이 대책들은 근로자가 디에탄올아민을 직접 취급할 필요가 없다(<그림 6-5참조>).

○ 자동화가 불가능한 공정에 대한 대책은 노출을 최대한 억제하기 위해서 반자동화, 환기, 보호구 착용 등을 추가로 마련하는 것이 필요하다. 수동으로 디에탄올아민첨가에 필요한 조치를 취한 다음 자동으로 일정량이 첨가되도록 하는 작업은 반자동이다. 완전자동은 아니지만 가능하면 디에탄올아민의 취급시간을 줄이기 위한 대책으로 디에탄올아민을 혼합, 첨가, 포장하는 공정이 해당된다.

○ 자동화는 근로자의 건강보호측면에서는 바람직한 대책이다. 그러나 비용이 투입되는 대책이므로 공정의 가능성, 경제적인 여건 등을 고려하여 적용할 필요가 있다. 간헐적인 작업이거나 자동공정이 어려운 경우 완전한 격리는 불가능하다.



설명: 디에탄올아민을 별도의 보관장소에 다른 화학물질과 보관. 물질안전보건자료(MSDS) 게시.

[그림 6-5] 디에탄올아민의 실외 보관(근로자와 격리).

라) 밀폐(enclosure)

□ 밀폐는 디에탄올아민이 사용되는 공정을 가능하면 밀폐하여 디에탄올아민이 공기 중으로 증발되지 않도록 하는 대책이다. 디에탄올아민은 상온에서 거의 증발이 일어나지 않으므로(증기압: 0.01 mmHg), 공정의 특성상 미스트가 발생될 수 있는 작업을 가능한 밀폐하는 것이 바람직하다.

□ 수용성 금속가공유 취급업종

○ 탱크와 수용성 금속가공유가 순환되는 도관은 가능하면 덮어서 밀폐하여야 한다. 디에탄올아민이 포함된 수용성 금속가공유가 흐르면서 미스트 형태로 공기 중에 분산될 수 있기 때문이다. 또한 수용성 금속가공유가 뿌려지는 기계, 장비 가공 공정은 가능하면 밀폐를 해야 한다. 밀폐를 하지 않을 경우 미스트가 쉽게 공기 중으로 비산되어 근로자에게 노출될 수 있다. 기계, 장비를 가공하는 공정은 밀폐가 가장 중요한 공

학적인 대책이다([그림 6-6] 참조).



설명: 수용성 금속가공유가 뿌려지는 기계, 장비를 밀폐하여 미스크가 공기 중으로 비산되는 것을 차단함.

[그림 6-6] 수용성 금속가공유가 사용되는 기계가공 공정에서 밀폐 사례.

(2) 행정적인 대책

□ 디에탄올아민의 위험을 예방하기 위한 행정적인 대책은 교육, 물질안전보건정보(MSDS)의 게시, 작업환경측정 등이다. 디에탄올아민을 취급하는 업종별 공정별로 행정적인 대책을 설명하면 다음과 같다.

가) MSDS 게시

□ 디에탄올아민을 취급하는 모든 공정에는 MSDS를 게시하여야 한다. 근로자가 보기 쉬운 곳에 요약된 MSDS를 게시하도록 한다. 간단한 안전표시도 필요하다(<그림 6-7참조>).

나) 작업환경측정

□ 현재 산업안전보건법 시행규칙 제 93조에 의하면 디에탄올아민

을 취급하는 공정은 주기적으로 근로자의 노출을 측정하도록 되어 있다.

○ 디에탄올아민은 증기압이 20 ℃에서 0.01 mmHg이므로 공기 중 증발이 거의 일어나지 않은 물질이다. 호흡기노출위험은 크지 않다. 디에탄올아민에 대한 노출을 평가해야 하는 공정은 포장과 기계가공 공정이다.



설명: 위험물 저장 안전수칙 등의 게시물과 표시를 통해 디에탄올아민으로 인한 위험을 예방.

[그림 6-7] 디에탄올아민을 포장하는 공정에서 간략한 안전표시.

다) 교육

□ 교육은 디에탄올아민으로 인한 위험을 예방하기 위한 행정적인 대책의 방법이다.

○ 디에탄올아민을 취급하는 모든 근로자를 대상으로 안전보건교육을 실시해야 한다. 주요 교육내용으로는 디에탄올아민을 안전하게 취급하는 요령(작업), 디에탄올아민의 유해성 고지, 보호구 착용 요령,

디에탄올아민에 대한 응급조치 등이다. 교육내용은 본 편람에서 제공하는 내용을 요약하면 된다.

다. 보호구 착용

(1) 호흡보호구

□ 디에탄올아민은 상온에서 취급하는 경우 공기 중으로 거의 증발이 일어나지 않는다. 디에탄올아민을 취급하는 대부분의 공정에서는 호흡보호구를 착용할 필요가 없다.

○ 그러나 디에탄올아민이 미스트로 발생될 수 있는 디에탄올아민포장 공정과 기계가공 공정은 호흡보호구를 착용하고 작업을 해야 한다.

○ 또한 디에탄올아민이 저장되었던 탱크를 정비하거나 수리할 목적으로 출입할 경우 적절한 호흡보호구를 착용하여야 한다.

(2) 피부보호구

□ 디에탄올아민은 피부를 통해서도 몸에 흡수된다. 따라서 디에탄올아민을 취급할 경우 눈과 피부를 보호할 수 있는 피부보호구를 착용하여야 한다.

○ 디에탄올아민을 직접 취급하는 포장, 운반, 첨가 등의 공정에는 피부보호구를 착용하고 작업해야 한다.

○ 또한 디에탄올아민이 포함된 수용성 금속 가공유를 취급하는 기계가공 공정에서도 보호의, 보호장갑 등을 착용해야 한다. 만약 피부가 액체상태의 디에탄올아민에 노출되었을 경우 세안설비에서 노출된 부위를 즉시 씻어야 한다.

(3) 보안경

□ 디에탄올아민은 눈과 피부자극을 초래할 수 있다. 디에탄올아민을 직접 취급하는 포장, 운반, 첨가 등의 공정에는 보안경을 착용하고 작업해야 한다. 만약 근로자의 눈이 액체상태의 디에탄올아민이나 0.75%이상의 디에탄올아민을 포함하는 용액에 노출될 경우 세안시설에서 즉시 씻어야 한다.

라. 응급조치요령

(1) 누출 혹은 누설(leak or spill)되었을 때

□ 디에탄올아민이나 디에탄올아민이 포함된 용액이 누출되었을 때는 현장이 깨끗하게 조치(청소)되기 전까지는 적절한 보호구와 보호의를 착용하지 않은 사람은 출입을 하지 못하도록 조치한다.

□ 디에탄올아민이나 디에탄올아민이 포함된 용액이 누출(혹은 누설)되었을 때는 다음과 같은 조치를 취한다.

○ 누출(혹은 누설)된 물질(용액)을 만지지 않도록 한다. 만일 특별한 위험이 없다면 누출(혹은 누설)을 막을 수 있는 조치를 취한다.

○ 담당자(안전관리자 혹은 보건관리자)에게 즉시 알리도록 한다.

○ 모든 열원이나 점화원을 제거한다. 디에탄올아민은 가연성물질이기 때문이다

○ 잠재적으로 일어날 수 있는 폭발을 대비하기 위하여 환기를 충분히 하도록 한다.

○ 디에탄올아민이 증발되도록 한다. 디에탄올아민의 증기가 밀폐공간, 하수구 등으로 유입되지 않도록 해야 한다. 디에탄올아민의 증기가 밀폐된 공간에서 높은 농도로 정체되어 있으면 폭발할 가능성이 있기 때문이다.

(2) 근로자에게 과다하게 흡입, 접촉, 노출되었을 때

가) 흡입

□ 호흡기를 통해서 디에탄올아민 미스트에 과다하게 노출되었을 때 다음과 같은 조치를 취하도록 한다.

○ 공기 중에 있는 과다한 양의 디에탄올아민을 흡입하면 눈, 호흡기에 자극을 초래할 수 있다. 따라서 근로자를 디에탄올아민이 발생하지 않는 신선한 지역으로 옮기고 따뜻하게 하는 한편 충분한 휴식을 취하게 한다.

○ 호흡이 멈추었다면 인공호흡을 하도록 하고 가능한 빠르게 의학적인 조치를 취한다.

나) 피부에 접촉(exposure) 되었을 때

□ 디에탄올아민은 피부를 통해서 몸으로 흡수될 수 있으므로 피부에 접촉되었을 때 즉시 다음과 같은 응급조치를 취해야 한다.

○ 디에탄올아민으로 피부가 오염될 경우 세척하고 샤워를 해야 한다.

○ 디에탄올아민이나 디에탄올아민이 포함된 용액에 작업복이 젖었을 경우, 신속하게 침투한 의복 등을 벗고 가까운 세안설비나 화장실에서 15분 이상동안 피부를 비누와 물로 세척한다.

○ 눈, 손 등 피부에 접촉할 경우 가까운 곳에 설치되어 있는 세안설비나 수도에서 물로 씻어 내리고 비누로 충분히 접촉한 피부를 세척한다.

○ 물로 접촉된 피부를 세척한 후에도 자극이 계속되면 의학적인 조치를 받아야 한다.

○ 디에탄올아민에 젖은(묻은) 보호의(옷)나 작업복은 디에탄올아민이 완전히 제거된 것이 확인되거나 폐기될 때까지 밀폐된 저장용 폐기통에 두어야 한다.

다) 눈에 접촉(eye exposure) 되었을 때

□ 디에탄올아민을 직접 취급하는 작업 중에 디에탄올아민 용액이 튀어서 눈으로 들어갈 수 있다. 디에탄올아민이 눈에 들어갔을 때 다음과 같은 조치를 취하도록 한다.

○ 디에탄올아민이나 디에탄올아민이 포함된 용액이 눈에 들어갔을 때 즉시 눈의 위아래 눈꺼풀을 감박거리면서 물로 여러 번 씻어야 한다. 그런 다음 곧바로 병원치료를 받도록 한다.

○ 디에탄올아민을 취급할 때는 콘택트 렌즈를 착용하지 말아야 한다.

라) 삼켰을 때

□ 디에탄올아민이나 디에탄올아민이 포함된 용액을 삼키는 경우는 의도적인 사고를 제외하고는 거의 일어나지 않는다. 만약 디에탄올아민이 소화기를 통해서 흡수되었을 때 다음과 같은 조치를 취하도록 한다.

○ 디에탄올아민이나 디에탄올아민이 포함된 용액을 삼켰을 때는 많은 양의 물을 즉시 마시도록 한다. 그리고 난 다음 손가락으로 입안의 목젢 안쪽을 누르면서 토하게 한다.

○ 의식이 없다면 토하게 하지 말아야 한다. 만약 호흡이 일어나지 않을 경우 응급조치로 인공호흡을 실시하고 신선한 곳으로 옮긴 다음 병원으로 긴급히 후송한다.

(3) 응급구조(rescue)

□ 디에탄올아민에 의해 영향을 받은 사람은 다음과 같은 조치를 취하도록 한다.

- 위험노출지역에서 신속히 신선한 곳으로 옮긴다.
- 디에탄올아민에 노출된 사람이 회복되면 다른 사람에게 알리고 설정된 응급구조절차를 실행한다.
- 평소 응급상황이 발생되기 전에 공장의 응급구조절차를 이해하고

구조장비가 있는 장소를 알아둔다.