

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

유해물질 산업보건 편람

□ 디메틸아민(Dimethylamine)

2005. 12

연구기관 한양대학교
연구책임자 노영만



목 차

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

1. 물질의 특성

가. 물질의 개요

(1) 한글물질명

디메틸아민

무수 디메틸아민(Anhydrous dimethylamine)

디메틸아민, 수성용액(dimethylamine, aqueous solution)

디엠에이(DMA)

N-메틸메탄아민(N-methylmethanamine)

(2) 영문물질명(IUPAC명, CA명)

Dimethylamine

(3) 이명(異名)

AI3-15638-X, DMA

METHANAMINE, N-METHYL-

N-methylmethanamine

(4) CAS번호

120-40-3

(5) 외관

무색의 가연성 액체 또는 기체

(6) 냄새

코를 찌르는 생선 비린내 또는 암모니아 비슷한 냄새

(7) 기타

- 선적명 -

UN 1032; Dimethylamine, anhydrous

IMO 2.1; Dimethylamine, anhydrous

UN 1160; Dimethylamine solution

IMO 3.2; Dimethylamine solution

Standard Transportation Number:

49 101 64; Dimethylamine

- 표준운송번호 -

49 101 64; Dimethylamine

나. 물리적 성상

(1) 분자량

45.08

(2) 비중

액체 디메틸아민, 4℃에서 0.68 (물 = 1.00)

(3) 녹는점

-96 ℃

(4) 끓는점

6.88 ℃(760 mmHg)

(5) 증기압

1307 mmHg(20℃)

(6) 증기밀도

1.55

(7) pH

디메틸아민 수용액은 암모니아 같은 강한 알칼리성이다.

(8) 점도

1.7 mPa.s at 15.5 deg C / 40 % Dimethylamine aqueous solution

(9) 용해도

물에 잘 용해되고 강염기성 용액($pK_b = 3.32$)을 형성. 알코올과 에테르에도 용해

1기압, 20 ℃, 아니린에서 520 cc/cc 용해

1기압, 20 ℃, 아니솔 252 cc/cc 용해

1기압, 20 ℃, 벤질알코올 528/cc 용해

1기압, 20 ℃, 이소부타놀 598 cc/cc 용해

1기압, 20 ℃, 노르말부타놀에서 504 cc/cc 용해

1기압, 20 ℃, 시드렌 106 cc/cc 용해

1기압, 20 ℃, 알파-클로로나프탈렌 174 cc/cc 용해

1기압, 20 ℃, 시멘 182 cc/cc 용해

1기압, 20 ℃, 데카하이드로나프탈렌 116 cc/cc 용해

1기압, 20 ℃, 디아세톤 457 cc/cc 용해

1기압, 20 ℃, 디벤질에테르 154 cc/cc 용해

1기압, 20 ℃, o-디클로로벤젠 252 cc/cc 용해

1기압, 20 ℃, 디에타놀아민 497 cc/cc 용해

1기압, 20 ℃, 디에틸아닐린 180 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 디에틸렌 글리콜 모노-에틸 에테르 588 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 디메틸아닐린 230 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 디메틸사이클로헥실아민 187 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 디메틸포마미드 298 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 에타놀 727 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 에틸렌 글리콜 860 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 메타놀 992 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 퍼퍼릴알코올 679 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 메타놀 992 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 메틸사이클로헥사놀 439 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 모노에타놀아민 379 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 모노에틸아닐린 324 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 모노메틸아닐린 406 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 몰폴린 580 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 니트로벤젠 226 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, o-니트로톨루엔 221 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 피넨 156 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, n-프로파놀 600 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 퀴놀린 212 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 테트라하이드로나프탈렌 170 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, o-톨루이딘 430 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 트리에틸렌 글리콜 488 cc/cc 용해
 1기압, 20 ℃, 트리메틸렌 722 cc/cc 용해
 40 ℃에서 물에서 163g/100g 용해

(10) 분배계수

$\log K_{ow} = -0.38$

(11) 증발률

Greater than 1 (Butyl acetate = 1)

(12) 냄새의 서한도

0.047~0.34 ppm(ACGIH)

2. 취급현황

2.1 제조 또는 사용현황

- at 300~500 deg C에서 촉매를 과탈수하면서 메탄올과 암모니아의 반응
- nitrosodimethylamine의 촉매 수소첨가에 의하여 메탄올에 암모니아를 생성
- 아민과 유사한 암모니아와 함께 알코올과 반응
- 지속적인 유속시스템의 건조촉매제 공정에서 암모니아와 함께 메탄올의 반응에 의해서 만들어진다.

2.2 사용현황

디메틸아민은 고무 가황, 유제(Tanning), 비누 제조를 위한 촉진제로 쓰이며, 제약 산업에서는 솔벤트로 쓰이고, 섬유 화학에서도 사용된다. 고무를 가황작업(고열로 녹여 수선하는 작업)시 촉진제, 유제로도 쓰이며 그 외로는 세정제; 비누, 해충제, 마그네슘을 위한 시약, 아크릴 섬유 용매 (INTERMED, DIMETHYLACETAMIDE, LAURYL DIMETHYLAMINE), 산화물(SURFACTANT)을 위한 용매제, 2,4 D의 DIMETHYLAMINE 하제 비대칭의 DIMETHYLHYDRAZINE, 산성 가스 흡수제, dimethylformamide와 dimethylacetamide 염료의 제조시 산화방지제, 가스 안정제, 제약, 연료 추진제, 미사일 연료, 살충제, 로켓 추진제, 식물 화학 제품, 탈모제, 표면활성제, 고무 활성제로 사용이 된다.

2.3 발생원 및 발생과정

디메틸아민의 제조 또는 수송과정에서 발생하며, 농약, 살충제, 진균제의 원료로 사용되며, 미사일이나 로켓의 원료로 사용되거나, 철, 강철, 금속 산업에서 부식 억제제로 사용되거나, 마그네슘의 시약으로 사용될 때 주로 발생하는 것으로 되어 있다.

2.3-1 직업적 노출

디메틸아민은 농약의 원료이며 또는 금속의 부식을 억제하는 부식억제물이다. 생산 과정에서 발생하는 노출은 드문 편이며 만약 노출이 발생하더라도 그에 대한 관리가 가능하지만, 이와는 달리 디메틸아민을 사용하는 입장에 있는 이들은 어떤 작업을 하느냐에 따라서 매우 높은 수준의, 그리고 상대적으로 관리가 불가능한 노출에 직면할 수 있다. 공기 중에 포함된 농도가 높아지는 개방된 작업현장에서 증기나 액체 상태의 디메틸아민 노출이 발생한다. 디메틸아민은 공장에서 증기 형태나 폐수형태로 유출될 수 있다.

작업 현장에서 발생하는 디메틸아민 노출은 증기의 흡입에 의한 경우가 주로이지만, 액체에 의한 피부 오염도 발생한다. 디메틸아민의 실제 생산과정에서 발생하는 노출은 상대적으로 낮으며, 구강을 통한 트리클로로에틸렌 섭취사고는 직업적 조건에서 볼 때 그다지 심각한 편이 아니다.

2.3-2 환경적 노출

디메틸아민은 주변 환경에 광범위하게 퍼져 있지만 보통은 아주 낮은 수준에서 누적되어 있을 뿐이다. 예를 들어 침전물 속에는 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 정도의 성분이 잔존하고, 자연수에는 $\mu\text{g}/\ell$ 정도의 낮은 수준으로 존재하며 공기중에는 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도의 농도가 측정되며 수중 생태상에서는 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 정도의 잔류량이 측정된다. 수질오염 발생이 기록된 바가 있지만 사고로 인한 유출을 제외하고는 그 오염 수준이 매우 낮다. 독성에 대한 한정된 데이터에 따르면 수중 생태상의 LC_{50} 수치가 mg/ℓ 수준에 있다.

3. 동물에 있어서의 영향

ACGIH에서는 디메틸아민은 시험 동물의 피부와 눈 모두에서 자극이 있는 것으로 나타났다. 5% 용액을 눈에 투여했을 때 결막 출혈, 각막 부종, 표면 혼탁이 발생했다. 6% 용액은 심한 눈꺼풀 부종과 장액 삼출을 일으켰다. 희석하지 않은 디메틸아민은 거의 투여 즉시 각막을 투명하게 만들었고 심각한 각막 손상을 일으켰다.

6% 디메틸아민 용액을 토끼 피부에 가했을 때 붉게 변했고, 이후 1회 처치 후에 비대 및 궤양화가 발생했다. 3% 용액은 5회 처치 후에 비슷한 효과를 나타냈다. 디메틸아민은 기니 피그 밀폐 피부 검사(Closed

epicutaneous test)에서 피부를 자극시켰다.

디메틸아민의 피부 흡수 위험에 대해 시험은 없었고, 디메틸아민은 경구 경로로 1회 투여했을 때 약간에서 중간 정도의 독성을 나타냈다. 래트, 마우스, 토끼, 기니 피그에서 LD50은 각각 698, 316, 240 mg/kg으로 결정되었다.

독성 특성은 시험한 모든 종의 동물에서 유사했고, 일시적으로 흥분 상태에 이르렀다가 운동 협응의 둔화와 장애가 나타났다. 디메틸아민은 또 점막에 현저한 자극을 일으켰으며, 실험 프로토콜에 따라 죽인 동물에서 위장 기관의 벽에서 상당한 출혈도 관찰되었다. 디메틸아민을 3.5개월 동안 먹이(150 mg/kg체중)에 첨가했을 때 효소 유발인자 카세인이 있어도 간 탈메틸효소 활동이 증가했다. 디메틸아민을 10 mg/kg 투여한 래트에서는 두드러진 독성 영향이 나타나지 않았다.

래트에서 디메틸아민이 약한 독성을 띠었으며, 4시간 및 6시간 LC50이 각각 4700 ppm과 4540 ppm으로 결정되었다. 이 중 독제 연구에서 600-6000 ppm 중 한 농도에 노출된 래트의 호흡 기관을 조직병리학적으로 평가한 결과 폐양 형성과 폐사에서 비염, 기관염, 폐공기증에 이르기까지 농도에 따른 변화가 나타났다. 이 연구의 일부로 마우스에 대한 2시간 흡입 LC50은 7650 ppm이었다.

Mezentzeva는 813-1626 ppm 디메틸아민에 노출된 마우스는 안구 및 호흡기 자극을 일으켰고 5420 ppm 이상에서 청색증, 경련, 죽음이 발생했다. 병리학적 분석 결과 노출 중에 죽은 마우스에서는 폐 주변부 근처에서 대량 출혈과 주변 폐공기증이 발생한 것으로 나타났다. 노출 후 20일 만에 죽은 마우스의 폐에서는 작은 출혈이 관찰되었다.

디메틸아민은 감각 자극제이다. 마우스와 래트에서 10분 노출 도중에 RD50 농도는 각각 511 ppm과 573 ppm이었다. 마우스에 대해서는 RD50 농도가 더 낮은 70 ppm(63-80 ppm의 95% 신뢰 한계)로 보고되었다.

Non-Human Toxicity Values:

LD50 Rat oral 698 mg/kg [Snyder, R., 1990]

LD50 Mouse oral 316 mg/kg [Snyder, R., 1990]

LD50 Guinea pig oral 240 mg/kg [Snyder, R., 1990]

LC50 Rat inhalation 4700 ppm/4 hour [ACGIH, 1991]

LC50 Rat inhalation 4540 ppm/6 hr [Snyder, R., 1990]

LC50 Mouse ihl 7650 ppm/ 2 hr [Lewis, R., 1996]

LD50 Rabbit oral 240 mg/kg [Lewis, R., 1996]

가. 급성독성

다양한 종에서 흡입, 경구, 경피, 또는 비경구로 100 -200 ppm에 18-20주간 노출되었을 때, 호흡기 자극과 폐부종이 발생하였고 심지어 간손상까지 유발되었다. 이 농도에 9일간 노출되었을 때, 기니 피과 토끼에서 각막손상이 발생하였고, 원숭이 한 마리와 열 마리 쥐중 한 마리에서는 고환의 퇴행성 변화가 관찰되었다.

디메틸아민은 눈, 피부, 점막 그리고 기도에 자극을 일으킨다[Hathaway et al. 1991].

남성 F344 래트를 6시간 동안 600-6000 ppm 의 농도에 전신 폭로하면, 중증의 울혈과 궤양성 비염 그리고 코선반의 괴사를 포함한 비강 통로에 병리학적 변화가 발생한다. 호흡기계 밖의 병변은 2500-6000 ppm의 농도에 노출했을 때 래트의 간에서 나타나고, 1000 ppm 의 농도가 래트의 눈에 노출되었을 때 각막 부종이 발생하였다; 2500-6000 ppm의 농도에 노출되었을 때, 각막 궤양, 각막염, 부종 그리고 데스멘트 막(Descement's membrane)의 소실이 관찰되었다; 게다가 4000 또는 6000 ppm 에 노출된 많은 래트에서 급성 백내장 형성을 의심하는 홍채의 괴사와 수정체의 중증 변성이 관찰되었다[Clayton, G., 1993].

(1) 급성흡입독성

랫트에서 6시간 LC(50)은 4,540 ppm이고 준치사농도는 600 ppm에서 2,500 ppm 사이다.

랫트 실험에서 4540 ppm에 1시간 노출되었을 때 눈의 자극, 움켜잡기, 눈물, 침분비, 코에서의 혈액분비물이 흘러나오는 등의 증상을 보였다. 3시간 이 지나자 각막혼탁이 발생하였고, 그후 경련을 일으키면서 사망하였다. 부검에서 코선반(nasal turbinate)의 심한 울혈과, 궤양, 괴사가 관찰되었다 [Hathaway et al. 1991].

2500ppm 이상에 노출되면 공기증(emphysema), 기관지폐렴, 간세포사(liver cell death)와 각막 궤양이 발생하였고, 170-500 ppm에 노출되었을 때에는 덜 심한 폐의 변화가 관찰되었다. 준치사량의 농도에 노출되면, 기관염, 기관지염, 폐부종, 폐장염등이 발생하고, 경구 섭취하면 위장자극과 출혈이 발생할 수 있다.

증기를 흡입할 경우, 기침과 재채기 그리고 호흡곤란 등의 증세가 나타나기 쉽다.

가) 호흡기영향

농축된 증기에 노출된 동물에서 점막 자극과 호흡기 자극을 일으키는 증거를 발견하였다. 준치사량의 농도에 노출되면, 기관염, 기관지염, 폐장염 그리고 심지어 폐부종이 발생하고 액체형태로 피부에 노출되면 피부괴사가 발생한다[ACGIH, 1986].

호흡율을 50%(RD50)로 낮추는 농도에서 10개의 감각성 자극제에 노출 후 호흡기계에서 나타난 병변은 형태와 심각도를 비교한다. 디메틸아민의 RD50 농도는 511 ppm이다. 쥐가 5일동안 하루 6시간씩 노출된 후 호흡기계에는 조직병리학적 변화가 온 것을 관찰할 수 있다. 모든 자극제는 앞쪽과 뒤쪽의 심각도의 차이에 의해 비강내에 병변을 형성할 수 있다. 병변의 양, 심각도 그리고 특성은 다양한 변이를 갖고 있다. 병변은 가벼운 상피 비대 또는 과다형성에서 상피의 미란 궤양 그리고 상피하조직의 다양한 염증 증을 동반한 괴사까지 유발할 수 있다[Buckley LA et al., 1984].

600 - 6000 ppm 의 농도에 1회 노출된 쥐의 호흡기계를 조직학적으로 살펴보면 궤양과 괴사에서 비염, 기관염, 폐기종까지 다양한 변화가 관찰된다[ACGIH, 1991].

813 - 1626 ppm에 노출된 마이스는 눈과 호흡기 자극이 유발되었다. 5420 ppm 이상의 농도에서는 청색증, 경련이 나타나고 사망하였다. 병리학적으로 vp의 말초성 중증 출혈이 나타나고, 노출된 동안 죽은 쥐에서는 말초성 폐기종이 나타났다. 20일동안 노출되고 죽은 쥐의 폐에서 경미한 출혈이 관찰되었다[ACGIH, 1991].

디메틸아민은 2차 자극제이다; RD50(마이스나 랫트에서 10분동안 노출 후 호흡률이 50%로 감소하는 농도)은 각각 511 그리고 573 ppm 이다. 마이스에서 RD50이 70 ppm(95% 신뢰구간: 63-80 ppm) 정도 낮은 것이 보고되었다[ACGIH, 1991].

반복적으로 노출시킨 연구에서 마이스는 5일동안 하루 6시간씩 디메틸아민 511 ppm 의 농도를 흡입하였다. 흡입한 모든 마이스에서 10-25%의 체중감소가 있었고, 노출받는 동안 24마리의 마이스중 3마리가 치사하였다. 이 동물에서 코의 병변이 관찰되었다[ACGIH, 1991].

나) 심혈관계영향

급성흡입 노출로 인한 심혈관계 영향에 관한보고는 아직 없다.

다) 소화기계영향

급성흡입 노출로 인한 소화기계 영향에 관한보고는 아직 없다.

라) 혈액학적영향

급성흡입 노출로 인한 혈액학적 영향에 관한보고는 아직 없다.

마) 근골격계영향

급성흡입 노출로 인한 근골격계영향에 관한보고는 아직 없다.

바) 간의 영향

급성흡입 노출로 인한 간의 영향에 관한보고는 아직 없다.

10마리 쥐와 6마리 기니아 피크 그리고 1마리 토끼에 각각의 성별에 5마리 여성쥐와 1마리 원숭이를 더한 그룹에서 18-20주간 주당 5일씩 매일 7시간씩 반복적으로 노출시켰을 때 183 또는 97 ppm에서 모두 9일 후 기니가 피크와 래빗에서 각막 손상이 보고되었고 간의 중심 소엽성 지방 변성과 간 실질의 피사가 관찰되었다. 쥐, 기니아 피크, 래빗, 마이스에서 고농도에서 남성 래빗의, 저농도에서 남성 원숭이의 고환관 변성이 관찰되었다[ACGIH, 1986]. 또한 그것은 부식작용 또는 전신적인 알칼리화에 기인한 것으로 볼 수 있다[Gosselin, R., 1984].

사) 신장의 영향

급성흡입 노출로 인한 신장의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

아) 내분비계 영향

급성흡입 노출로 인한 내분비계의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

자) 피부 영향

급성흡입 노출로 인한 피부의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

차) 체중에 대한 영향

체중에 대한 영향에 관한 보고는 아직 없다.

카) 대사성 영향

급성흡입 노출로 인한 대사성 영향에 관한보고는 아직 없다.

타) 면역체계에 대한 영향

질소화합물을 300, 400, 500 그리고 600도로 가열하면 가열된 물질로부터 생성된 돌연변이성 활동은 S9과 섞여 대사성 활성화의 유무에 관계없이 살모넬라 균 TA98와 TA100으로 평가할 수 있다. 디메틸아민을 포함한 14개의 가열물질은 돌연변이성 활성화를 나타낸다. S9과 섞여 있는 경우, 돌연변이성은 400도에서 가열하면 발생할 수 있다. 돌연변이성 가열 물질은 TA100보다는 TA98에서 보다 활동적이다. 실험에서 300도에서 3분간 가열했을 때 돌연변이 활성화를 나타낸 것이 하나도 없지만, 몇몇의 질소화합물은 300도에서 20분간 가열 후 약한 돌연변이성 활성화를 나타낸다[Ohe T et al., 1982].

파) 신경학적 영향

신경학적 영향에 관한보고는 아직 없다.

하) 생식기 영향 및 발달에 미치는 영향

9일동안 하루 6시간씩 디메틸아민 175 ppm의 농도에 노출되면 쥐에서 섬모정체보다 더 점액정체가 발생하여 점액섬모기능의 방해가 나타난다

(2) 급성 경피독성

디메틸아민이 피부에 노출 되었을 경우, 피부자극이 발생하고 지속적으로 노출되면 괴사가 발생하기도 한다[Genium 1986]. 눈에 노출되었을 경우에는 심한 안구동통이 발생하고 각막 손상과 영구적인 각막 혼탁이 유발되었다[Hathaway et al. 1991; Grant 1986]. 희석되지 않은 디메틸아민 용액을 토끼의 눈에 점안하면 1분 이내에 각막이 공막과 같이 하얗게 변한다. 6%의 디메틸아민 용액이 토끼의 피부에 닿게 되면 빨갛게 부어오르고, 한번 처치후 궤양이 발생한다. 3% 용액 또한 5번 처치 후 비슷한 효과가 발생하였다[ACGIH, 1991].

디메틸아민은 기니아 피에서 폐쇄피부위검사(closed epicutaneous test)에서 피부에 민감한 것으로 되어 있다[ACGIH, 1991].

가) 호흡기 영향
급성경피 노출로 인한 호흡기계 영향에 관한보고는 아직 없다.

나) 심혈관계영향
급성경피 노출로 인한 심혈관계 영향에 관한보고는 아직 없다.

다) 소화기계영향
급성경피 노출로 인한 소화기계 영향에 관한보고는 아직 없다.

라) 혈액학적영향
급성경피 노출로 인한 혈액학적 영향에 관한보고는 아직 없다.

마) 근골격계영향
급성경피 노출로 인한 근골격계 영향에 관한보고는 아직 없다.

바) 간의 영향
급성경피 노출로 인한 간의 영향에 관한보고는 아직 없다.

사) 신장의 영향
급성경피 노출로 인한 신장의 영향에 관한보고는 아직 없다.

아) 내분비계 영향
급성경피 노출로 인한 내분비계 영향에 관한보고는 아직 없다.

자) 체중에 대한 영향
급성경피 노출로 인한 체중에 대한 영향에 관한보고는 아직 없다.

차) 대사성 영향
급성경피 노출로 인한 대사성 영향에 관한보고는 아직 없다.

카) 면역체계에 대한 영향
급성경피 노출로 인한 면역학적 영향에 관한보고는 아직 없다.

타) 신경학적 영향
급성경피 노출로 인한 신경학적 영향에 관한보고는 아직 없다.

파) 눈의 영향

5% 용액을 토끼 눈에 한 번 점안했을 때, 결막출혈과 각막부종 그리고 표재성 혼탁이 관찰되었다. 희석되지 않은 디메틸아민을 래빗의 각막에 점안하면, 수초안에 각막이 흰색계통의 푸른빛과 투명성을 지니게 되고 수분 후 공막처럼 하얗게 변한다[Grant, W., 1986].

토끼에서 5%의 용액을 눈에 넣었을 때, 결막의 출혈과, 각막 부종 그리고 표재성 혼탁이 나타났다. 그리고 6%의 용액을 넣었을 때는 심각한 눈꺼풀의 부종과 심각한 삼출물이 유발되었다; 희석되지 않은 디메틸아민은 즉각적으로 각막을 투명하게 하고 중증의 각막 손상을 일으킨다[ACGIH, 1991].

나. 아급성독성(아만성독성)

Buckley 등은 마우스에게 디메틸아민 511 ppm을 5일 동안 하루 6시간씩 흡입 노출시켰다. 전체 실험동물에서 체중이 10-25% 감소했고, 24마리 중 3마리는 노출 도중 죽었다. 모든 동물에서 코 환부가 관찰되었다.

또 다른 연구에서는 래트를 디메틸아민을 10, 30, 100 ppm 중 한 농도로 13주 동안 일주일에 5일, 하루 6시간씩 흡입 노출시켰다. 첫째 주에는 30 ppm과 100 ppm 노출군에서 체중 감소가 관찰되었고, 둘째 주에는 100 ppm 노출군에서 관찰되었다. 10 ppm 노출군에서는 체중에 대한 영향이 나타나지 않았다.

한 아만성 연구에서는 래트 15마리, 기니피그 15마리, 토끼 3마리, 개 2마리, 원숭이 3마리에게 90일 동안 디메틸아민 5 ppm을 연속으로 흡입 노출시켰다. 죽은 동물이나 독성 증상은 나타나지 않았으며, 모든 혈액 치수도 정상이었다. 조직 병리학적 분석 결과 모든 종에서 폐에 장 염증 변화가 나타났다. 토끼 3마리와 원숭이 2마리에서는 기관지 확장이 관찰되었다.

(1) 아급성 흡입노출

가) 호흡기계 영향

15마리 쥐와, 15마리 기니아 피그, 3마리 토끼, 2마리 개 그리고 3마리 원숭이를 대상으로 한 아급성 연구에서 90일동안 약 5 ppm 의 농도에 지속적으로 흡입노출을 시켰다. 죽은 동물도 없었고 독성징후를 보이지도 않았으며 모든 혈액학적 소견은 정상이었다. 조직병리학적 검사에서 장의 염증성 변화가 관찰되었고 동일하게 폐에도 관찰되었다. 3마리 토끼와 2마리 원숭

이는 기관지의 확장 소견을 보였다[ACGIH, 1991].

나) 심혈관계 영향

아급성흡입 노출로 인한 신경학적 영향에 관한 보고는 아직 없다.

다) 소화기계 영향

15마리 쥐와, 15마리 기니아 피그, 3마리 토끼, 2마리 개 그리고 3마리 원숭이를 대상으로 한 아급성 연구에서 90일동안 약 5 ppm 의 농도에 지속적으로 흡입노출을 시켰을 때 조직병리학적 검사에서 장의 염증성 변화가 관찰되었다[ACGIH, 1991].

라) 혈액학적 영향

아급성흡입 노출로 인한 혈액학적 영향에 관한 보고는 아직 없다.

마) 근골격계 영향

아급성흡입 노출로 인한 근골격계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

바) 간의 영향

아급성흡입 노출로 인한 간의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

사) 신장의 영향

아급성흡입 노출로 인한 신장의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

아) 내분비계 영향

아급성흡입 노출로 인한 내분비계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

자) 피부 영향

아급성흡입 노출로 인한 피부의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

차) 체중에 대한 영향

랫트를 13주동안 주당 5일씩, 하루 6시간씩 10, 30, 또는 100 ppm의 디메틸아민 농도에 흡입노출을 시켰다. 첫째주에 30 그리고 100 ppm 군에서 체중감소가 관찰되었고 둘째주에는 100 ppm 군에서만 관찰되었다. 10 ppm 농도에 흡입노출된 쥐에서는 체중에 대한 아무런 영향이 없었다[ACGIH, 1991].

카) 대사성 영향

아급성흡입 노출로 인한 대사성 영향에 관한 보고는 아직 없다.

타) 면역기능에 대한 영향

아급성흡입 노출로 인한 면역기능의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

(2) 아급성 경구노출

가) 호흡기계 영향

아급성경구 노출로 인한 호흡기계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

나) 심혈관계 영향

아급성경구 노출로 인한 심혈관계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

다) 소화기계 영향

아급성경구 노출로 인한 소화기계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

라) 혈액학적 영향

아급성경구 노출로 인한 혈액학적 영향에 관한 보고는 아직 없다.

마) 근골격계 영향

아급성경구 노출로 인한 근골격계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

바) 간의 영향

3.5개월 동안 디메틸아민을 몸무게당 150 mg 씩 섞어서 주었을 경우 효소 유도 카세인이 있음에도 불구하고 간에서 디메틸레이즈 활성화가 증가하였다[ACGIH, 1991].

사) 신장의 영향

아급성경구 노출로 인한 신장의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

아) 내분비계 영향

아급성경구 노출로 인한 내분비계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

자) 피부 영향

아급성경구 노출로 인한 피부의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

차) 체중에 대한 영향

급성경구 노출로 인한 체중의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

카) 대사성 영향

아급성경구 노출로 인한 대사성 영향에 관한 보고는 아직 없다.

타) 면역기능에 대한 영향

아급성경구 노출로 인한 면역기능 영향에 관한 보고는 아직 없다.

(3) 아급성 경피노출

가) 호흡기계 영향

아급성경피 노출로 인한 호흡기계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

나) 심혈관계 영향

아급성경피 노출로 인한 심혈관계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

다) 소화기계 영향

아급성경피 노출로 인한 소화기계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

라) 혈액학적 영향

아급성경피 노출로 인한 혈액학적 영향에 관한 보고는 아직 없다.

마) 근골격계 영향

아급성경피 노출로 인한 근골격계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

바) 간의 영향

아급성경피 노출로 인한 간의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

사) 신장의 영향

아급성경피 노출로 인한 신장의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

아) 내분비계 영향

아급성경피 노출로 인한 내분비계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

자) 피부 영향

아급성경피 노출로 인한 피부의 영향에 관한보고는 아직 없다.

차) 체중에 대한 영향

아급성경피 노출로 인한 체중의 영향에 관한보고는 아직 없다.

카) 대사성 영향

아급성경피 노출로 인한 대사성 영향에 관한보고는 아직 없다.

타) 면역기능에 대한 영향

아급성경피 노출로 인한 면역기능 영향에 관한보고는 아직 없다.

파) 신경학적 영향

아급성경피 노출로 인한 신경학적 영향에 관한보고는 아직 없다.

다. 만성독성

2년 흡입 연구에서는 수컷 95마리와 암컷 95마리의 래트와 마우스에게 디메틸아민을 10, 50, 175 ppm 중 한 농도로 일주일에 5일, 하루 6시간씩 흡입 노출시켰다. 농도에 따른 독성이 나타났는데, 체중 감소(175 ppm 노출 군에서만)와 코통로에서 진행 염증성, 퇴행성, 증식성 환부가 나타났다. 코 독성은 래트와 마우스 모두 동일하게(성별에서도 차이 없이) 호흡기 및 후각 상피가 영향을 받았다. 175 ppm 농도에서는 환부가 심각했고, 50 ppm에서는 중간 정도였고, 10 ppm에서는 국소적이거나 가벼웠다. 이 연구 결과, 호흡기 자극에 대한 최대무영향농도(NOEL: No-Observable-Effect Level)는 10 ppm에 근접할 것으로 보인다.

래트에게 디메틸아민 1600 mg을 첨가한 먹이를 2.5년 동안 먹였을 때 대조군에서는 디메틸아민이 종양 발생률을 높이지 않았다. 하지만 모든 래트가 매일마다 실제 디메틸아민 복용량을 섭취했는지는 명확하지 않다. 직업 노출과 관련해 실시된 한 연구에서는 디메틸아민의 흡입 통로에 대한 발암 위험을 평가했다. 마우스 95마리와 래트 95마리에게 디메틸아민을 10, 50, 175 ppm 중 한 농도로 2년 동안 일주일에 5일, 하루 6시간씩 노출시켰다. 선택된 동물을 6, 12, 18, 24개월째에 희생시켜 병리학 검사를 실시했다. 종양 발생률이 증가하지 않았으며, 발암성 반응에 대한 어떤 증거도 관찰되지 않았다.

(1) 만성 흡입노출

디메틸아민에 5 ppm에 지속적으로 노출되었을 때 독성에 대한 증거가 발견되지 않았으나, 부검결과 폐에 염증성 변화가 관찰되었다.

가) 호흡기계 영향

랫트, 마우스, 기니아 피그 그리고 래빗을 18-20주동안 주당 5일씩 매일 7시간씩 디메틸아민 97 또는 185 ppm 에 노출시켰을 경우 기니아 피그와 래빗의 간에 중심 소엽성 지방 변성과 괴사 뿐만 아니라 눈의 각막 손상까지도 발생하였다. 그러나 디메틸아민 9 mg/cu의 농도에 90일동안 지속적으로 노출된 랫트, 기니아 피그, 래빗, 원숭이 그리고 개의 조직병리학적 검사에서 단지 폐에 경도의 염증성 변화가 관찰되었다; 래빗과 원숭이에서 기관지의 확장도 관찰되었다[Clayton, G., 1993].

나) 심혈관계 영향

만성흡입 노출로 인한 심혈관계 영향에 관한보고는 아직 없다.

다) 소화기계 영향

만성흡입 노출로 인한 소화기계 영향에 관한보고는 아직 없다.

라) 혈액학적 영향

만성흡입 노출로 인한 혈액학적 영향에 관한보고는 아직 없다.

마) 근골격계 영향

만성흡입 노출로 인한 근골격계 영향에 관한보고는 아직 없다.

바) 간의 영향

10마리 쥐와 6마리 기니아 피그 그리고 1마리 토끼에 각각의 성별에 5마리 여성쥐와 1마리 원숭이를 더한 그룹에서 18-20주간 주당 5일씩 매일 7시간씩 반복적으로 노출시켰을 때 183 또는 97 ppm에서 모두 9일 후 기니아 피그와 래빗에서 각막 손상이 보고되었고 간의 중심 소엽성 지방 변성과 간 실질의 괴사가 관찰되었다[ACGIH, 1986]. 또한 그것은 부식작용 또는 전신적인 알칼리화에 기인한 것으로 볼 수 있다[Gosselin, R., 1984].

오랜 기간동안 디메틸아민을 흡입하면, 동물실험에서 간손상이 유발된다는 보고가 있다[ACGIH 1991].

사) 신장의 영향

만성흡입 노출로 인한 신장의 영향에 관한보고는 아직 없다.

아) 내분비계 영향

만성흡입 노출로 인한 내분비계 영향에 관한보고는 아직 없다.

자) 피부 영향

디메틸아민 가스에 지속적으로 노출된 후, 때때로 근로자들에게서 피부염과 결막염이 발생하기도 하였다[Genium 1986; NLM 1995].

차) 체중에 대한 영향

일년간의 흡입 연구에서 남성과 여성의 F344 래트와 B6C3F 마이를 12개월동안 주당 5일씩, 매일 6시간씩, 디메틸아민 0, 10, 15 또는 175 ppm에 노출시켰다. 175 ppm의 농도에 노출된 래트와 마이의 평균 체중은 3주후에 대조군과 비교하여 90%의 감소를 보였다. 오직 다른 처치를 한 후의 효과는 래트와 마이에서 모두 비슷하게 나타난 비강 통로에 국한된 용량관련병변이다; 그러나 노출 12개월 후 래트에서 더 심한 후각병변이 관찰되었다[Clayton, G., 1993].

카) 대사성 영향

만성흡입 노출로 인한 대사성 영향에 관한보고는 아직 없다.

타) 면역기능에 대한 영향

만성흡입 노출로 인한 면역기능의 영향에 관한보고는 아직 없다.

파) 신경학적 영향

만성흡입 10마리 쥐와 6마리 기니아 피그 그리고 1마리 토끼에 각각의 성별에 5마리 여성쥐와 1마리 원숭이를 더한 그룹에서 18-20주간 주당 5일씩 매일 7시간씩 반복적으로 노출시켰을 때 183 또는 97 ppm에서 모두 9일 후 기니아 피그와 래빗에서 각막 손상이 보고되었다[ACGIH, 1986]. 또한 그것은 부식작용 또는 전신적인 알카리화에 기인한 것으로 볼 수 있다[Gosselin, R., 1984].

(2) 만성 경구노출

장기간 0.035 mg/kg에 경구노출 되었을 때, 쥐와 기니 피크에서 특별한 영향은 보이지 않았다[Hathaway et al. 1991; ACGIH 1991; NLM 1995].

가) 호흡기계 영향

만성경구 노출로 인한 호흡기계 영향에 관한보고는 아직 없다.

나) 심혈관계 영향

만성경구 노출로 인한 심혈관계 영향에 관한보고는 아직 없다.

다) 소화기계 영향

만성경구 노출로 인한 소화기계 영향에 관한보고는 아직 없다.

라) 혈액학적 영향

만성경구 노출로 인한 혈액학적 영향에 관한보고는 아직 없다.

마) 근골격계 영향

만성경구 노출로 인한 근골격계 영향에 관한보고는 아직 없다.

바) 간의 영향

만성경구 노출로 인한 간의 영향에 관한보고는 아직 없다.

사) 신장의 영향

만성경구 노출로 인한 신장의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

아) 내분비계 영향

만성경구 노출로 인한 내분비계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

자) 피부 영향

만성경구 노출로 인한 피부의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

차) 체중에 대한 영향

만성경구 노출로 인한 체중의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

카) 대사성 영향

만성경구 노출로 인한 대사성 영향에 관한 보고는 아직 없다.

타) 면역기능에 대한 영향
만성경구 노출로 인한 면역기능의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

파) 신경학적 영향
만성경구 노출로 인한 신경학적 영향에 관한 보고는 아직 없다.

(3) 만성 경피노출

가) 호흡기계 영향
만성경피 노출로 인한 호흡기계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

나) 심혈관계 영향
만성경피 노출로 인한 심혈관계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

다) 소화기계 영향
만성경피 노출로 인한 소화기계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

라) 혈액학적 영향
만성경피 노출로 인한 혈액학적 영향에 관한 보고는 아직 없다.

마) 근골격계 영향
만성경피 노출로 인한 근골격계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

바) 간의 영향
만성경피 노출로 인한 간의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

사) 신장의 영향
만성경피 노출로 인한 신장의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

아) 내분비계 영향
만성경피 노출로 인한 내분비계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

자) 피부 영향
디메틸아민이 피부에 지속적으로 노출되면 괴사가 발생한다는 보고가 있다

[Genium 1986].

차) 체중에 대한 영향

만성경피 노출로 인한 체중의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

카) 대사성 영향

만성경피 노출로 인한 대사성 영향에 관한 보고는 아직 없다.

타) 면역기능에 대한 영향

만성경피 노출로 인한 면역기능의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

파) 신경학적 영향

만성경피 노출로 인한 신경학적 영향에 관한 보고는 아직 없다.

라. 변이원성

디메틸아민의 돌연변이 유발성에 대해 보고된 바가 거의 없다.

마. 생식독성

디메틸아민의 배아/태아의 독성과 기형학적 잠재성은 발생가능하나 아직 보고된 바가 거의 없다.

바. 발암성

디메틸아민을 경구노출에 의한 발암성에 대해 조사하였다. 95마리 마이스와 95마리 래트의 군을 2년동안 주당 5일씩, 매일 6시간씩 10, 50, 175 ppm의 디메틸아민 농도에 노출시켰다. 선택된 동물은 6, 12, 18, 그리고 24개월에 죽었고 병리학적 검사가 진행되었다. 종양 발생률의 증가는 관찰되지 않았다. 이 동물들에서 발암성 변화에 대한 증거는 관찰되지 않았다[ACGIH, 1991].

직업 노출과 관련해 실시된 한 연구에서는 디메틸아민의 흡입 통로에 대한 발암 위험을 평가했다. 마우스 95마리와 래트 95마리에게 디메틸아민을 10, 50, 175 ppm 중 한 농도로 2년 동안 일주일에 5일, 하루 6시간씩 노출시켰

다. 선택된 동물을 6, 12, 18, 24개월째에 희생시켜 병리학 검사를 실시했다. 종양 발생률이 증가하지 않았으며, 발암성 반응에 대한 어떤 증거도 관찰되지 않았다.

4. 인체영향

디메틸아민에 대한 인체 노출은 생선과 발효 음료를 섭취할 때 일어난다. 디메틸아민이 동물 발암물질이자 인간 발암 의심물질인 니트로소디메틸아민으로 *in vivo* 변환될 위험이 있기는 하지만, 이러한 변환이 인체의 어떤 기관에서 발암 위험을 높일 가능성이 있다는 연구 결과는 없었다.

가. 인체내 작용기전

미국국립산업안전보건연구원에서는(NOES Survey 1981-1983) 잠재적으로 27,777명(이 중 여성이 1,918명)의 근로자들이 디메틸아민에 노출되었다고 추정하였다. 디메틸아민의 직업적 노출은 디메틸아민이 쓰이는 작업장에서 흡입이나, 피부접촉을 통해 발생할 수 있다. 일반인구는 음식이나, 담배를 통해 디메틸아민에 노출된다[NIOSH, 1983].

(1) 흡수

랫트에게 23.6 ppm 의 디메틸아민이 함유된 중간치의 음식을 먹이거나 7일간 1 ppm 의 저농도 디메틸아민이 함유된 음식을 먹였다. 디메틸아민의 소변 배출량은 중간치의 음식이나 저농도 디메틸아민 음식에서 대체적으로 각각 432.6 그리고 272.5 ug/head 으로 나타났다. 디메틸아민은 소변으로 대략 95%가 배출되었다. 디메틸아민의 과도한 배출은 아마도 신체의 트리메틸아민의 디메틸레이션(demethylation)에 의한 디메틸아민을 형성하는 과정에 기인하는 것으로 생각된다. 소화기계에서 디메틸아민의 분포는 중간치의 식사를 할 경우 위와 소장애 가장 많이 있고, 맹장과 대장에 낮게 분포하고, 1000 ug 의 디메틸아민이 강제로 함유된 저농도의 디메틸아민 식사를 할 경우 위와 맹장에 낮고 소장애 높게 분포한다[Ishiwata H et al., 1982].

디메틸아민은 인간의 소변에 정상적으로 존재한다[Clayton, G., 1993].

디메틸아민은 정상적으로 동물과 인간의 위와 소변에 존재한다. 이차 아민은 트리메틸아민으로부터 트리메틸아민 N-oxide 그리고 또한 식용 레시틴

과 크레아틴을 통해서도 형성된다. 결과적으로 디메틸아민은 소장에서 일차적으로 쉽게 흡수되고, 위에는 덜 적게 분포하고 소변으로 배설된다. 물고기를 많이 먹는 사람은 소변 디메틸아민 배설량이 최소 4배이상 증가한다 [Snyder, R., 1990]

남성 Fischer 344 래트를 6시간 동안 아민 표시를 한 10 또는 175 ppm 의 농도를 흡입하여 C-메틸아민을 알아보는 실험이 있었다. 노출 72시간 후 두 농도에서 모두 소변과 대변에서 90%이상, 다양한 조직내에 7-8%, CO₂ 와 같은 호기로 1.5% 씩 방사능을 나타냈다. 소변의 방사능 98% 이상이 C-다이메틸아민의 모체라 할 수 있다[Snyder, R., 1990].

극도로 흡수가 잘 된다 (생체이용 72%); 5%는 메틸렌에 의해 탈메틸화되지만 95%는 소변으로 그대로 배출된다[Ellenhorn, M. et al., 1997].

가) 호흡기를 통한 흡수

알칼리 증기를 흡입하면, 상기도 부종과 호흡곤란, 천명, 폐부종, 폐장염등이 발생할 수 있다.

나) 소화기계를 통한 흡수

알칼리 부식성 경구 섭취는 입인두, 상기도, 식도, 그리고 가끔 식도까지 화상을 입힌다. 자발적 구토가 발생한다. 구강 화상이 없으면 식도 화상은 배제할 수 있다. 그렇거럼, 구토, 침흘림, 복통은 대부분의 경우 중증의 식도 손상과 관련되어 있다. 자살의 목적으로 섭취한 경우는 사고보다 식도내시경상 양성소견이 더 잘 관찰된다. 섭취후 기관식도 그리고 대동맥식도 셋길, 구강, 식도 그리고 위의 협착, 그리고 식도암이 지연성 후유증으로 발생할 수 있다.

다) 피부를 통한 흡수

알칼리 부식제의 피부접촉으로 통증과 붉음, 자극 또는 화상을 유발할 수 있다.

다) 안구를 통한 흡수

안구 노출은 중증의 결막 자극과 결막부종, 각막 상피 결함, 가장자리 허혈, 영구적인 시력손상, 중증의 경우 천공까지 유발할 수 있다.

(2) 분포 및 대사

아질산염은 고기나 구운 생선의 음식첨가제로 사용된다. 일부 물고기, 채소, 그리고 과일 주스에는 2차 아민이 포함되어 있다. 위장의 산성 환경은 발암성의 질산아민(nitrosamines)을 형성하는 아질산염과 2차 아민의 화학적 반응을 쉽게 한다[Klaassen, C. et al., 1995].

가) 운반

원숭이 장내의 세균에 의한 나이트로이메틸아민의 위장내 형성은 5000 ppm 염화 아질산염과 1000 ppm 디메틸아민이 함유된 위산에 의해 pH 6으로 조정된 뇌-심장-주입(BHI) 배지에 있는 아질산염과 디메틸아민으로부터 질산염메틸아민(nitrosodimethylamine)의 시험관내 형성에 의해 결정된다. 질산염메틸아민 형성은 원숭이의 위내 함유물에 있는 질산염 감소 세균의 활성화에 의존하며 아질산염의 농도는 확실히 질산염메틸아민의 양에 관계된다. 질산염메틸아민은 단지 pH 5와 6의 뇌-심장-주입 배지속에서 형성된다. 이 배지에 위산을 첨가하면 질산염메틸아민의 형성이 증가한다[Hayashi N et al, 1982].

나) 조직 분포

췌장섬은 칼슘의존성 전환글루타미네이즈(transglutaminase)의 활성을 동일화시킨다. 디메틸아민은 전환글루타미네이즈(transglutaminase)의 활성과 당조절 호르몬인 인슐린 방출을 억제한다[Sener A et al., 1984].

다) 대사

질산아민 형성의 정도와 생체내 질산아민의 대사는 N-안정 동위원소 라벨링을 사용하고 만기된 N의 동위원소 비율에 따라 조사할 수 있다. (15)N-이름이 붙은 디메틸아민 (1.1 mmol/kg)과 이름이 붙지 않은 나이트릴(nitrile) (0.55-2.2 mmol/kg) 또는 남성 쥐에게 디메틸아민을 먹이지 않은 이름이 붙은 나이트릴(nitrile)은 닫혀진 호흡기 체계내에 존재한다. 그 체계는 80% 헬륨과 20% 산소가 혼합가스에 의해 정화되며 재순환하는 대기압의 질소 함유량이 결정된다. 이름이 붙은 디메틸아민과 이름이 붙지 않은 나이트릴(nitrile)을 먹었을 때, 나이트릴(nitrile)은 알파 수산화반응 효소에 의해 2차 아민류를 형성하고 궁극적인 발암성물질로써 분자 N과 알칼리 양이온 으로부터 알킬디아조수산화의 분해는 반응한다. (15)N 나이트릴을 먹었을 때, nitrile 1차 아민과 반응하여 분자 N을 방출하거나 술 또는 올레핀을 형성하는 분자 N이 방출된다[Frank H et al, 1984].

(3) 제거와 배출

디메틸아민을 경구로 섭취한 후 디메틸아민의 높은 비율이 소변으로 배출된다[Clayton, G., 1993]. 생물학적 반감기는 6-7시간이다[Ellenhorn, M. et al., 1997].

나. 단기노출시 인체 유해성

디메틸아민의 증기는 눈에 자극을 유발하여 결막이 충혈되며 통증을 유발한다. 액체 형태로, 눈에 닿으면 심한 통증과 각막 손상을 유발한다. 또한 액체 형태로 피부에 닿게 되면 피부가 빨갛게 되고 지속적으로 노출되었을 경우, 2도 화상을 입게 된다. 심하게 증기를 흡입하고 나면 코감기, 기침, 재채기, 코와 목의 화끈거림, 호흡곤란 등의 증세가 유발된다. 그 후, 발생 가능한 지연성의 폐 영향은 기관염, 기관지염, 폐부종, 폐장염, 그리고 기관지 분비물을 동반한 만성적인 기침과 휴식시 숨참, 열 그리고 호흡곤란 등을 들 수 있다.

다. 장기노출시 인체 유해성

디메틸아민이 만성독성을 유발할 조건에 대해서는 아직 명확한 연구결과가 없으나 디메틸아민에 만성적으로 폭로되었을 경우, 피부염과 결막염이 발생한다는 보고가 있다[NLM 1995].

라. 인체 표적장기독성

디메틸아민 증기는 눈, 피부 그리고 호흡기계의 자극제이다[U.S. Coast Guard, 1984]

눈과 목을 자극하여 재채기, 기침, 호흡곤란등이 유발되고 폐부종, 결막염, 피부염 그리고 피부와 점막의 화상등을 유발할 수 있다[Sittig, M., 1985].

디메틸아민에 잠재적으로 위험 수준에 폭로될 가능성이 있는 근로자들은 반드시 피부, 눈, 만성 호흡기 질환 등의 의학적 상태에 대한 선별검사를 실시해야 한다. 만약 이런 질환이 의심된다면 정밀검사를 의뢰해야 한다[Mackison, F., 1981]

(1) 호흡기에 대한 영향

심하게 증기를 흡입하고 나면 코감기, 기침, 재채기, 코와 목의 화끈거림, 호흡곤란 등의 증세가 유발될 수 있다. 그 후, 발생가능한 지연성의 폐 영향은 기관염, 기관지염, 폐부종, 폐장염, 그리고 기관지 분비물을 동반한 만성적인 기침과 휴식시 숨참, 열 그리고 호흡곤란 등을 들 수 있다.

공기중 디메틸아민 1-46 mg/cu 농도에 노출된 근로자들에서 호흡곤란과 숨막힘 등의 증상이 관찰되었다[Snyder, R., 1990]

(2) 신장에 대한 영향

디메틸아민의 발생가능한 신장의 영향에 대해 알려진 바가 거의 없다.

(3) 심혈관계에 대한 영향

저혈압과 빈맥은 흔하지 않은 증상이다.

(4) 소화기계에 대한 영향

구강 경로를 통한 흡수는 부검을 통해서 심한 위장관 점막의 자극증상이 있었고 동반된 위장관벽의 출혈이 유발되었음을 확인하였다[ACGIH 1991]. 오랜 기간동안 디메틸아민을 흡입하면, 동물실험에서 간손상이 유발된다는 보고가 있다[ACGIH 1991].

(5) 피부와 눈 자극 및 접촉 과민반응

국소적으로 피부에 닿으면, 피부가 빨갛게 되고 지속적으로 노출되었을 경우, 2도 화상을 입게 된다.

가) 피부 및 눈 자극성

디메틸아민의 증기는 안구자극을 유발하여 결막이 충혈되며 통증을 유발한다. 액체 형태로, 눈에 닿으면 심한 통증과 각막 손상을 유발한다.

불편함이나 장애가 발생하지 않을 정도의 저농도 디메틸아민의 증기에 노출된 후 근로자들에게서 시야의 뿌옇게 됨과 테두리현상(halo)을 경험하게 된다. 일차적으로 시야를 방해하는 각막 상피의 부종은 며칠후 자연적으로 치료가 되지만 심한 노출후에는 며칠후 눈부심과 각막표피의 불편함을 동반한 부종과 화상이 발생할 수 있다[Grant, W., 1986].

나) 접촉 과민 반응

희석되지 않은 디메틸아민 용액을 토끼의 눈에 점안하면 1분 이내에 각막

이 공막과 같이 하얗게 변한다.

액체에 짧은 시간 노출되면 피부에 1도 화상을 입게 되고 오랜기간 노출되면 2도 화상도 유발될 수 있다[U.S. Coast Guard, 1984].

(6) 대사산증에 대한 영향

심한 화상이나 속을 경험한 환자에서 대사성 산증이 유발될 수 있다.

(7) 생식, 태아독성 및 기형발생

직업적으로 디에틸아민에 노출될 경우 가능한 발암성에 대해 아직 역학연구가 이루어진 바가 거의 없다.

(8) 노출된 근로자에서 유전자에 대한 영향

직업적으로 디에틸아민에 노출될 경우 가능한 발암성에 대해 아직 역학연구가 이루어진 바가 거의 없다.

마) 인체 발암성

ACGIH에서는 디메틸아민을 A4로 인간의 발암물질로 분류되지 않은(Not classifiable as a human carcinogen) 등급으로 분류하고 있다 [ACGIH, 2005]. 하지만 직업적으로 디메틸아민에 노출될 경우 가능한 발암성에 대해 아직 역학연구가 이루어진 바가 거의 없다[ACGIH, 2005].

바. 사람에 대한 국내외 재해사례

디메틸아민의 중독에 대한보고는 특별히 알려진 바가 없다. 스웨덴의 어부에서 디메틸아민의 소변농도가 20-60mM/mol creatinine이 측정되었다 [Svensson BG et al., 1995)] .

5. 각국의 노출기준 및 요약

가. 미국

(1) OSHA ; PEL(Permissible Exposure Limits)설정근거

디메틸아민 직업 노출에 대한 TLV-TWA 권고값은 10 ppm(18 mg/m³)이다. 이 값은 디메틸아민의 흡입 또는 경구 투여에 노출된 동물에서 입증된 피부, 눈, 호흡기, 위장관 자극 위험을 최소화하기 위해 정해졌다. TLV-STEL 권고값은 감각기관 영향을 최소화해야 한다. 발암성 반응의 증거가 나타나지 않은 래트와 마우스 종양발생 연구들은 A4(인체 발암성 물질로 분류되지 않음) 표기를 정당화한다. Skin 또는 SEN 표기를 제시할 만한 충분한 데이터가 없었다.

(2) ACGIH ; TLV(Threshold Limit Values)설정근거

다른 아민 계열과 마찬가지로 디메틸아민도 시험 동물의 피부와 눈 모두에 자극을 나타냈다. 경구 또는 흡입 노출 후 실시한 병리학적 동물 분석 결과, 위장 기관과 호흡 기관에 대해 각각 자극이 있는 것으로 나타났다. 여러 종의 동물을 대상으로 90일 동안 실시한 연속 흡입 노출 연구 결과를 근거로, 메틸아민 및 에틸아민에서 유추하여, 이전에는 디메틸아민에 대한 TLV-TWA를 10 ppm으로 채택했다(메틸아민과 에틸아민에 대한 현재의 TLV 문서 참조). 하지만 래트에서 NOEL을 약 10 ppm으로 결정했던 2년 흡입 연구의 결과를 보면, TLV-TWA와 TLV-STEL을 각각 5 ppm과 15 ppm으로 정하는 것이 좋을 것이다. 래트와 마우스로 실시한 디메틸아민의 발암성 실험 결과는 이 화학물질이 발암성이 없음을 보여준다. 따라서 디메틸아민은 A4(인체 발암성 물질로 분류되지 않음) 표기로 지정된다. Skin 또는 SEN 표기를 제시할 만한 충분한 데이터가 없었다.

(3) NIOSH ; REL(Recommended Exposure Limits)설정근거

디메틸아민에 대한 설정근거는 없음

나. 일본

(1) 노동성 ; 노동안전위생법상의 설정근거

동물에 있어 치사량 ;

경구 LD₅₀ : 698 mg/kg(rat), 316 mg/kg(mouse), 240mg/kg(모르모토)

피하 LD : 2000 mg/kg(mouse), 정맥 LD : 4000 mg/kg(토끼)

급성작용 ; 고농도의 디메틸아민 증기에 노출된 동물에서는 눈, 호흡기의 자극증상이 확인되어 있다. 치사량 이하의 노출에서는 기관, 기관지염, 폐염 및 폐수종이 생긴다.

만성작용 ; 토끼, 원숭이, 랫트, 마우스, 모르모트의 흡입실험에서는 183 ppm 또는 97 ppm/dml 디메틸아민에서는 1일 7시간, 주 5일, 18~20일 노출시킨 경우 모르모트, 마우스에서는 9일 후에 각막의 장애가 확인되었다. 랫트, 모르모트, 토끼, 마우스에서는 간의 중심소엽의 간지방변성과 실험세포의 괴사가 확인되었다. 5 ppm에 연속 90일간 노출시킨 경우 중독증상은 확인되지 않았고, 혈액소견도 거의 정상이었으며 한 마리도 사망하지 않았다. 그러나 해부해 보면 거의 모든 실험동물에서 폐의 가벼운 염증성 변화가 있었고 토끼, 원숭이에게서는 기관지 확장이 확인되었다.

ACGIH에서는 앞에서 기술한 만성작용의 보고를 참고로 해서 10 ppm으로 권고하고 있다. 독일의 허용기준은 10 ppm, 소련은 1 mg/m³(약 0.5 ppm)이다.

일본의 자료에서는 나타나 있지 않는 상기의 자료중, 5 ppm을 90일간 노출시킨 동물에서 임상소견은 없지만 병리해부학적으로는 호흡기의 변화가 확인되었다는 보고에 주의할 필요가 있다. 현재의 자료에서는 10 ppm을 제안하는 것이 타당하다고 생각되어 진다.

다. 유럽

(1)OEL(Occupational Exposure Limits)설정근거

6. 취급근로자 건강장해 예방지침

건강진단 실무지침에 대해서는 아직 보고된 바 없지만 노출 근로자들에게 있어서 있어 메틸아민에 대한 건강검진은 특수건강검진은 아니나 관리대상유해물질인 만큼 노출되는 작업부서 전체 근로자에 대해 배치 전 검사를 시행하고 특수건강진단 주기는 3-5년에 1회 이상으로 하며, 업종을 바꾸거나 직장을 끝마칠 때 특수건강진단을 실시하는 등의 건강 예방조치가 필요하다.

- 건강진단 주기 및 대상자 ; 메틸아민에 노출되는 작업부서 전체 근로자에 대해 배치 전 검사를 시행하고 특수건강진단 주기는 3~5년에 1회 이상으로 하며, 업종을 바꾸거나 직장을 끝마칠 때 특수건강진단을 실시한다.
- 집단적 주기 단체조건 ; 다음의 어느 하나에 해당하는 경우 당해 공정에서 당해 유해인자에 노출되는 모든 근로자에 대하여 특수건강진단 기본주기를 다음 회에 한하여 1/2로 단축시켜야 한다.

- (1) 당해 건강진단 직전의 작업환경 측정결과 메틸아민 농도가 노출기준 이상인 경우
- (2) 메틸아민에 의한 직업병 유소견자가 발견된 경우

- 배치전 건강진단 후 첫 번째 특수건강진단 ; 6개월 이내에 근로자 개별적으로 실시하되, 배치전건강진단 실시후 6개월 이내에 사업장의 특수건강진단이 실시될 예정이면 그것으로 대신할 수 있다.

■ 건강진단 항목

▪ 필수항목

- (1) 직업력 및 폭로력 조사
- (2) 과거병력 조사 ; 주요표적장기와 관련된 조사
- (3) 자각증상 조사 ; 문진표 작성내용 확인
- (4) 임상진찰 ; 신경계, 피부, 간, 심장에 유의하여 진찰
- (5) 임상검사
 - ① 혈액학적 검사 ; 혈색소량, 혈구용적치
 - ② 요검사 ; 단백뇨
 - ③ 간기능검사 ; 혈청지오티, 혈청지피티, 감마지티피
- (6) 생물학적 노출지표검사 ; 요중 총삼염화물 또는 삼염화초산 (주말 작업 종료시 채취)

▪ 선택항목

- (1) 신기능검사 ; 요침사 현미경검사, 단백뇨정량, 크레아티닌, 요소질소(BUN)
- (2) 간기능검사 ; 총단백/알부민, 총빌리루빈, 알칼리포스파타제(AP), 유산탈수효소(LDH)
- (3) 간염바이러스검사 ; B형간염s항원(HBsAg), B형간염s항체(HBsAb), B

형간염e항원(HBeAg), B형간염e항체(HBeAb), B형 간염c항체(HBcAb), C형 간염검사(Anti-HCV), A형간염검사(Anti-HAV)

- (4) 심전도검사
- (5) 객담도말검사
- (6) 폐기능검사
- (7) 안저검사

- 산업의학적인 측면에서의 평가 ;

건강관리구분		건강관리구분내용
A		건강관리상 사후관리가 필요없는 자 (건강자)
C	C ₁	직업성 질병으로 진전될 우려가 있어 추적조사 등 관찰이 필요한 자 (요관찰자)
	C ₂	일반질병으로 진전될 우려가 있어 추적관찰이 필요한 자 (요관찰자)
D ₁		직업성 질병의 소견을 보여 사후관리가 필요한 자 (직업병유소견자)
D ₂		일반 질병의 소견을 보여 사후관리가 필요한 자 (일반질병유소견자)
R		일반건강진단에서의 질환의심자 (제2차 건강진단 대상자)

※ C₁ 판정기준 : 다음의 첫째 또는 둘째에 해당하는 경우

- 첫째, (1) 임상검사결과 참고치를 벗어나거나, 임상진찰결과 간, 신장, 심전도, 중추신경계 등의 이상증후를 보이고
 (2) 작업장 가중농도, 노출기간, 취급방법, 생물학적 노출지표검사 등을 고려할 때, 메틸아민 노출에 의한 것으로 추정되며,
 (3) D₁에 해당되지 않고 관찰이 필요한 경우

둘째, 생물학적 노출지표검사 결과 생물학적 노출기준을 넘는 경우

※ D₁ 판정기준

- (1) 임상검사 또는 임상 진찰결과, 간장장애, 신장장애, 피부장해, 심장장애, 또는 중추신경장애 등이 있고
- (2) 작업장 기중농도, 노출기간, 취급방법, 생물학적 노출지표검사 등을 고려할 때, 메틸아민 노출에 의한 것으로 추정되는 경우

근로자들에게 일정한 업무 수행 적합여부를 평가하는 기준으로는 네 가지의 경우를 두는데 현재 조건에서 작업이 가능한 경우와

업 무 수 행 적 합 여 부 평 가 기 준

- 건강관리상 현재의 조건하에서 작업이 가능한 경우
 - 일정한 조건 (환경개선, 개인보호구착용, 건강진단의 주기를 앞당기는 경우 등)하에서 현재의 작업이 가능한 경우
 - 건강장해가 우려되어 한시적으로 현재의 작업을 할 수 없는 경우(건강상 또는 근로조건상의 문제를 해결한 후 작업복귀 가능)
 - 건강장해의 악화 혹은 영구적인 장해의 발생이 우려되어 현재의 작업을 해서는 안되는 경우
-

가. 유해공정별 작업환경관리

사업장 내에 규제된 오염물질의 배출되거나 살포될 위험요인이 있는 곳에는 모두 국소 배기장치를 설치해야 한다. 공기 매개 오염물질에 대한 작업자 노출을 최소화하기 위한 가장 경제적이고 안전한 방법은 오염물질 발생원 가까운 곳에 배기 장치를 설치하는 것이다. 메틸아민에의 노출을 조절하는 방법들의 효율성은 실행가능성에 따라 다음과 같다.

- * 과정의 차단(process enclosure)
- * 국소 배출 환기장치(Local exhaust ventilation)
- * 일반적인 희석 환기(General dilution ventilation)
- * 개인보호 장비

유해 물질의 방출 또는 잠재적 방출에 해당되는 근로자는 OSHA의 폐기

물 조치와 응급 반응 기준의 (q)절(OSHA's Hazardous Waste Operations and Emergency Response Standard)에 요구되는 것 같이 보호되어야 한다. [29 CFR 1910.120].

나. 유해물질 안전취급요령

(1) 대피 ;

탱크나 궤도차량, 탱크트럭에 화재가 났을 경우에는 모든 방향으로부터 최소 800m(1mile) 이상 격리한다. 모든 방향으로 최소 800m(1mile) 초기 대피를 고려해야 한다.

탱크, 탱크트럭, 화물열차가 화재와 관련되면 반경 800m 구역내의 접근을 차단한다.(또한 반경 800m 외곽으로의 초기대피를 고려한다.)

(2) 화재또는 폭발 ;

인화성이 매우 높은 물질로서 열, 전기불꽃, 화염등으로 인해 점화될 수 있다. 공기와 섞여서 폭발성 혼합물을 형성할 수가 있는데 이는 액화 가스에서 배출된 증기는 공기보다 무겁고 지면을 따라 넓게 퍼지는 특성이 있기 때문에 증기가 점화원으로 이동하여 발화할 수 있다.

아민류의 몇몇 물질들은 물과 격렬히 반응을 하며 용기가 가열이 되었을 시는 폭발할 수 있다.

이 물질은 발화점이 매우 낮기 때문에 화재 진압을 위해 물분무 장치를 사용해도 효과가 없을 수 있다.

작은 화재 시는 분말소화기나 CO₂소화기를 이용하며 큰 화재시는, 알코올형포, 니트로메탄이나 니트로에탄 소화기를 이용하며 건식분말소화기는 사용하지 않는다. 또한 분무 시 물분무, 포그, 알코올형포 등은 직접 방수하지 않도록 해야 한다. 안전하다면 화재 구역 밖으로 용기를 옮기며 탱크 또는 차량이나 트레일러 화물 화재시는 최대 거리를 두고 화재를 진압하거나 무인 호스 홀더나 모니터 노즐을 사용해 진압을 시키도록 한다. 화재가 완전히 진압될 때까지 충분한 양의 물로 용기를 냉각시키고 혹시 통기 안전장치에서 소리가 나거나 탱크가 변색되었을 경우에는 즉시 피하도록 한다. 대형 화재시에는 무인 호스 홀더나 모니터 노즐을 사용하고 이것이 불가능하다면 그 장소에서 피하고 그대로 타도록 놔둔다.

(3) 유출 또는 누출 ;

우선 모든 발화원을 제거한다(인접 구역에서 흡연, 섶광, 불꽃 화염 금지). 제품을 취급할 때 사용하는 모든 장치는 접지를 시켜야 하며 유출물을 만지거나 가까이 가지 않도록 하고 안전하게만 할 수 있다면 누출을 멈추도록 한다. 수로, 하수구, 지하실, 기타 밀폐 공간으로 들어가지 않도록 하고 증기 진압 폼을 사용해 증기를 줄이는 것도 방법이다.

건조된 흙, 모래, 기타 비가연성 재료로 흡수시키거나 덮고 용기로 옮기고 깨끗하고 전기 불꽃이 발생하지 않는 도구를 사용해 흡수된 재료를 모은다.

대형 유출 시에는 차후에 처리할 수 있도록 액체 유출물 앞에 제방을 쌓는다. 물분무를 사용해 증기를 줄일 수도 있지만 밀폐 공간에서는 점화를 막지 못할 수도 있다.

누출시 화재가 없으면 완전밀폐식 화학보호복을 착용하며 유출물질과 접촉하거나 가로질러 다니지 않도록 해야한다. 가능하면 용기를 돌려놓아 액체가 누출되지 않도록 하고 가스 상태로 누출되도록 해야하며 증기의 발생을 억제시키거나 분산시키기 위하여 분무주수하며, 유출물질에 물이 접촉되지 않도록 해야한다.

(4) 보건(Health)

흡입하거나 피부를 통해 흡수되면 독성영향을 미칠 수 있다. 이 물질을 호흡하거나 피부에 접촉하게 되면 피부와 눈에 자극 또는 화상을 입을 수 있다. 불이 붙을시 자극성, 부식성, 유독성 가스가 발생이 되며 발생하는 증기로 인해 현기증과 호흡곤란을 일으킬 수도 있다. 화재 진압시 흐르는 물이나 회석수는 오염을 일으킬 수 있다.

(5) 개인보호

증기를 호흡하지 않도록 하고 바람에 날리지 않도록 유지해야 한다. 이 물질과 관련된 하재를 진압할 때는 자급식 호흡보호구를 착용하며 보호구를 착용하지 않은 상태에서는 패키지를 취급하지 않는다.

메틸아민이 신체에 접촉되었을 때는 충분한 양의 물 또는 비누로 씻어낸다.

다. 취급근로자 노출방지조치

피부보호를 위해 양압 자급식 호흡보호구(SCBA)를 착용한다. 구조 소방수 보호복은 제한적인 보호만을 할뿐 유출상황에는 보호복으로 적합하지 않다.

디메틸아민을 취급하는 작업장에서의 호흡기 선택 권고사항 조건으로는 해당 화합물로부터 착용자를 보호하는 턱 형식, 앞쪽 또는 뒤쪽 부착 여과통이 장착되어 있고 공기정화 기능이 있는 전면형 안면보호 호흡기(가스마스크)가 적합하며 분리식으로는 자급식 호흡보호구(SCBA)가 적당하다.

공기호흡기(SCBA)와 적응성 있는 화학보호복을 착용한다. 화학보호복은 방열효과가 거의 또는 전혀 없을 수 있으며 화재진압복은 화재시 제한적으로 보호될 수 있으며 유출상황이 되었을 경우는 부적합하다.

자급식은 SCBA라고 불리우며 공기, 산소, 또는 산소발생물질을 착용자 자신이 운반하여 사용한다. 자급식에는 공기호흡기, 산소호흡기 등이 있다.

- 공기호흡기 ; 공기호흡기는 압축공기를 충전한 용기를 근로자가 등에 짊어지고 착용하는 보호구이다. 마스크 내부는 항상 양압으로 유지시켜 오염물질이나 유해가스의 침투를 막도록 되어 있다. 순환식 산소호흡기와 다른 점은 산소를 충분히 함유하고 있는 내쉬는 공기가 마스크 밖으로 그래도 방출되어 버리는 것이다.
- 산소호흡기 ; 광산의 갱내, 공장 화재현장, 선박의 화재, 폭발사고에서 인명구조 소방활동에 쓰이는 산소호흡기는 구조형식에 따라 순환식과 개방식으로 크게 나뉘는데 실제 작업현장에서는 산소소모량이 적은 순환식이 많이 이용되고 있다.

○ 눈 및 안면보호구

- 차광안경 ; 차광안경은 가스용접, 아크용접, 가열절단, 노주위작업과 기타작업 등에서 발생하는 유해광선으로부터 눈을 보호하기 위해 사용하는 보호구이다. 차광안경을 사용함으로써 강열한 가시광선을 약하게 하고, 유해한 자외선을 차단하며, 적열물체에서 발생하는 유해한 적외선을 차단하여, 눈을 보호하고 작업대상을 잘 보면서 안전하게 작업할 수 있다.
- 방진안경 ; 방진안경은 그라인더 작업을 할 때 발생하는 불꽃이나 미세

한 물질, 공작기계의 절삭작업이나 수공구 등을 사용할 때 발생하는 칩, 유기용제 등 화학물질을 취급할 때 액체의 비말 등이 날아오는 것 등의 작업 중에 발생하는 위험·유해물로부터 눈을 보호하는 데 사용되는 보호구이다. 방진안경의 종류에는 렌즈가 유리로 된 유리 보호안경, 플라스틱으로 된 플라스틱 보호안경이 있다.

- 도수보호안경 ; 근시, 원시 또는 난시인 근로자가 유해광선이나 비산물(비산물) 등으로부터 눈을 보호하기 위해 착용하는 보호안경이다.
- 용접용보호안면 ; 용접용보호안면은 아크용접, 가스 용접, 절단작업을 할 때 발생하는 유해한 자외선, 강열한 가시광선 및 적외선으로부터 눈을 보호하고, 용접광 및 열에 의한 화상 또는 가열된 용제 등의 파편에 의한 화상의 위험에서 용접자의 안면, 머리부위 및 목 부분을 보호하기 위한 보호구이다.
- 일반보호안면 ; 일반작업 및 용접작업을 할 때 발생하는 각종 비산물과 유해한 액체로부터 머리의 전면, 이마, 턱, 목 앞부분, 코, 입을 보호하고 눈부심을 방지하기 위해 보안경 위에 겹쳐 착용하는 보호구이다.

라. 응급조치요령

상해자들을 맑은 공기가 있는 장소로 옮긴 후 119 또는 응급 의료반을 부른다. 호흡을 하지 않는 상해자가 있을 때는 인공호흡을 하며 상해자가 이 물질을 섭취했거나 흡입했을 때에는 구강 대 구강 인공호흡을 하지 않고 일방향 밸브가 달려있는 인공호흡용 마스크 또는 다른 적합한 호흡 의료 장치를 사용해 인공호흡을 한다. 호흡이 어려울 때에는 산소를 공급하여 오염된 옷과 신발을 벗겨 분리 보관한다. 액화 가스에 접촉한 경우는 미지근한 물로 언 상해 부위를 녹인 후 상해자들을 따뜻하고 편한하게 유지시키며 상해자들을 보살핀다.

접촉이나 호흡에 의한 영향은 늦게 반응을 보일 수도 있으므로 의료진들이 해당 물질을 알고 있는지, 어떠한 조치를 취했는지 확인을 하도록 한다.

디메틸아민이 함유된 용액에 피부가 접촉될 위험을 막기 위해 피부보호구를 착용하고 눈에 들어가는 것을 막기 위해 보안경을 착용하며 디메틸아민이 함유된 용액이 젖은 옷에 몸이 노출이 되며 즉시 옷을 벗고 몸을 씻고 인화성 위험을 피하기 위해서 오염된 옷은 즉시 처리를 해야 한다.

① 일반적인 점 ; 일반적인 중독에 대해서는 대증치료를 실시하고 디메틸아민 과다노출 또는 실제중독의 경우 의학적인 충고가 언제든지 되어야 한다.

② 섭취 ; 의식이 있는 경우에는 즉시 대량의 물을 마시게 한 후, 목젓 가까이 손가락을 넣어 위 내용물을 토하게 한다. 의식을 잃은 사람은 토하게 하지 말고 즉시 의사의 치료를 받게 한다.

③ 흡입 ; 대량의 증기를 흡입하였을 때는 즉시 신선한 공기가 있는 곳으로 옮긴다. 호흡이 멎었을 때는 인공호흡을 한다. 보온에 유의하고 쉬게 하며 의사의 치료를 받게 한다.

④ 피부의 노출 ; 즉시 오염된 옷을 벗기고 물을 흘려 오염부위를 씻은 다음 의사의 치료를 받는다.

⑤ 눈의 노출 ; 즉시 대량의 물을 흘려서 15분 동안 완전하게 세척한다. 그 후의 치료에 관한 안과적인 상담이 수행되어야 한다.

마. 유해물질 저장·보관방법

저장 ; 디메틸아민이 산화되는 것을 피하기 위해서는 산성과 할로젠의 원료와는 급격히 반응하기 때문에 피하도록 하며 바람이 잘 통하고 환기가 잘 되는 곳에 화재의 위험이 없는 곳에 저장하여야 한다.

밀폐 ; 산업보건기준에 관한 규칙(노동부, 2003) 제 11장 ‘관리대상유해물질에 의한 건강장해의 예방’ 제 2절 ‘설비기준 등’ 제 168조(관리대상유해물질과 관계되는 설비)에서 ‘사업주는 실내작업장에서 관리대상유해물질을 취급하는 업무에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 당해 작업장에 관리대상유해물질의 가스·증기 또는 분진의 발생원을 밀폐하는 설비 또는 국소배기장치를 설치하여야 한다’고 정하고 있다.

NFPA 위험요인 분류

인화성 : 4.4 = 이 등급에서 인화성가스, 자연 발화성 액체, 1A등급의 인화성 액체가 포함된다. 권장되는 화재 진압 방법에는 그대로 타게 놔둔 상태에서 노출되지 않도록 보호하거나 재료의 흐름을 멈추게 하는 방법이다.

보건 ; 3.3 = 단시간 노출되면 모든 신체 접촉으로부터 보호해야 하는 것과 같은 심각한 일시적 또는 잔류성 장애가 발생할 수 있다. 소방수는 이 물질에 대한 접촉으로부터 완전히 보호된 상태에서 현장에 들어갈 수 있다. 자급식 호흡보호구, 코트, 바지, 장갑, 부츠, 팔과 다리, 허리를 감싸는 밴드를 포함하는 완전 보호복을 착용해야 한다. 피부 표면에 노출되지 않아야 한다.

바. 작업환경 관리

보통의 취급온도에서 디메틸아민은 비가연성, 불연성 성분으로 작용한다. 보통의 상황에서 디메틸아민의 폭발을 유발하는 것은 불가능하다. 하지만 디메틸아민이 밀폐된 공간에 있거나 섭씨 402도가 넘는 조건에 처하면 디메틸아민은 질소산화물과 일산화탄소 같은 유독가스와 증기를 발생시킨다. 또한 디메틸아민은 가연성이 매우 높아 화재위험이 있다. 누출사고시 대처방법은 다음과 같다.

- ✓ 대기중 유출 : 물분무를 사용하여 증기의 발생을 감소시킬 것. 누출된 물질은 잠재 위험성 폐기물로서 처리하도록 수집할 것.
- ✓ 토양 유출 : 누출된 물질을 깊은 물웅덩이의 바닥이나 별도로 격리 수용 가능한 장소 또는 모래주머니를 쌓은 방벽 내에 가두어 둘 것. 추후의 처리를 위한 제방을 축조할 것. 모래 또는 다른 비가연성물질을 사용하여 흡수시킬 것.
- ✓ 수중 유출 : 활성탄으로 흡수할 것. 호스를 사용하여 가두어 둔 물질을 흡입하여 제거할 것. 1986년 California Safe Drinking Water and Toxic Enforcement Act(제안 65)에 해당함. 상수도 및 하수도에서 떨어진 곳에 둘 것.
- ✓ 직업적 유출 : 열, 화염, 스파크 및 기타 점화원을 피할 것. 작업자가 위험없이 누출을 중단시킬 수 있으면 중단시킬 것. 작은 액체상 유출: 모래 또는 다른 비가연성물질을 사용하여 흡수시킬 것. 다량 누출: 추후의 처리를 위한 제방을 축조할 것. 발화원을 제거할 것. 관계인 외의 접근을 막고 위험 지역을 격리하며 출입을 금지할 것.

사. 화재 진압방법

화재를 진압하기 전에 가스 흐름을 멈춘다. 물분무 장치를 사용해 화재에 노출된 용기를 낮은 온도로 유지하며 수용액에 일어난 화재에는 물분무, 분말소화기, 알코올형 포를 사용한다.

이 재료가 화재 장소에 있거나 이 재료에 불이 붙었을 경우는 흐름을 멈출 수 있거나 안전하게 차단할 수 있을 때까지 화재 진압을 하지 않는다. 충분한 양의 물을 포그로 사용하며 직접방수는 효과가 없을 수도 있다. 영향을 받은(디메틸아민이 사용되었던, 용액이 묻은) 모든 용기는 충분한 양의 물로 씻어내되 되도록 먼 거리에서 물을 가하도록 한다. 이때 알코올형포, 분말소화기, CO₂ 소화기를 사용한다. 물분무를 사용해 증기는 제거하도록 한다.

액체 디메틸아민 또는 디메틸아민이 함유된 용액에 피부가 접촉될 위험을 막기 위해 필요한 비침투성 보호복, 장갑, 안면보호구(최소 8인치), 기타 적합한 보호구를 작업자들에게 지급하고 이를 착용하도록 해야 한다. 액체 디메틸아민 함유 용액이 튀어 눈에 들어갈 수도 있는 경우에는 작업자들에게 보안경을 제공하고 이를 착용하도록 해야 한다. 작업자들의 눈이 액체 디메틸아민 함유 용액에 노출될 수도 있는 경우에는 작업장 내에 비상용 세안 시설을 갖추도록 한다.

아. 예방대책

디메틸아민 함유 용액에 젖은 옷은 폐기될 때까지 eh는 그 옷에서 디메틸아민을 제거하기 위한 조치를 취할 때까지 밀폐용기에 보관해야 한다. 이 옷을 세탁하거나 또는 디메틸아민을 제거하기 위한 처리를 하는 경우에는 그 작업자에게 디메틸아민의 유해특성에 대해 알려야 한다. 작업자 신체가 액체 디메틸아민에 노출될 위험이 있는 경우, 작업장 내에는 비상용으로 신체에 묻은 오염물질을 재빨리 씻어낼 수 있는 설비를 갖추어야 한다. 비침투 보호복이 액체 디메틸아민에 오염되었을 경우에는 이를 즉시 벗어야 하며 세척해서 디메틸아민이 제거될 때까지는 다시 착용하지 않도록 주의하여야 한다.