

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

화학물질 노출기준 제·개정(안)

연구 및 물질별 산업보건 편람 작성

□ 디메틸아민(Dimethylamine, DMA)

2005. 12

연구기관 한양대학교



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

화학물질 노출기준 제·개정(안)

연구 및 물질별 산업보건 편람 작성

□ 디메틸아민(Dimethylamine, DMA)

2005. 12

연구기관 한양대 학교



제 출 문

노동부장관 귀하

본 보고서를 2005년도 노동부 화학물질에 의한 근로자 건강장해 예방 연구 용역 사업 중 “화학물질 노출기준 제·개정(안) 연구 및 물질별 산업보건 편람 작성”의 최종보고서로 제출합니다.

2005. 12.

연구기관 한양대학교

연구책임자 노영만 교수

공동연구원 :

한양대학교	교수 김 윤 신
한양대학교	교수 이 종 태
한양대학교	교수 홍 종 호
한양대학교	교수 송 재 철
순천제일대학	교수 전 준 민

연구보조원 :

한양대학교	연구원 이 철 민
한양대학교	연구원 송 민 경
한양대학교	연구원 박 화 미
한양대학교	연구원 전 형 진
한양대학교	연구원 김 종 철
한양대학교	연구원 이 소 담
순천제일대학	연구원 고 오 석
순천제일대학	연구원 허 당

<목 차>

I. 연구목적

II. 연구내용 및 방법

- 1. 연구내용 12
- 2. 연구방법 15

III. 연구결과

- 1. 물질의 특성 33
 - 2. 취급현황 49
 - 3. 동물에 있어서의 영향 100
 - 4. 인체영향 120
 - 5. 각국의 노출기준 요약 및 해설 127
 - 6. 작업장 내 근로자 노출실태 180
 - 7. 노출기준 제안 230
 - 8. 취급근로자 건강장해예방 247
 - 9. 규제영향분석 282
- 참고문헌 310

〈표 목 차〉

<표 1> 냄새 표시법	28
<표 2> 주요 화학물질의 최소 감지값	29
<표 3> 디메틸아민 사용현황	54
<표 4> 2003년 배출량 통계자료(지역별 배출량 · 이동량)	56
<표 5> 2003년 배출량 통계자료(산단단지별 배출량 · 이동량)	57
<표 6> 2003년 배출량 통계자료(지역별 배출량 · 이동량)	58
<표 7> 고시품목수 및 등록현황	75
<표 8> 우리나라에서의 농약의 독성 구분	81
<표 9> 유통농약의 독성별 분포(품목수)	81
<표10> 가축 부패방지를 위해서 사용되는 약품	92
<표11> 제혁공장의 알레르겐 목록	94
<표12> 공정별로 취급하는 화학물질	96
<표13> 사용 사업장 조사기간 및 측정사업장 수	181
<표14> 사업장별 디메틸아민 시료포집 개수	182
<표15> 아민화합물의 시료채취 조건	183
<표16> 기기분석법에 의한 아민 화합물 측정항목	184
<표17> TMA 피크에 의한 두 분석방법의 차이	185
<표18> 아민화합물 측정방법의 현장조사 장 · 단점	186
<표19> 아민화합물 분석을 위한 SPME-GC 분석조건(예)	192
<표20> 디메틸아민 최소검출한계치	198
<표21> 디메틸아민 측정결과 및 노출실태(TWA)	223
<표22> 디메틸아민 측정결과와 기술통계수치	224
<표23> 디메틸아민 TWA측정결과와 평가	226
<표24> 디메틸아민 측정결과 및 노출실태(STEL)	227

<표25> 디메틸아민 단기간 노출기준(STEL)의 기술통계수치	228
<표26> 디메틸아민 STEL 측정결과의 평가	230
<표27> 디메틸아민(Dimethylamine)의 주요 나라별 노출기준	231
<표28> 선진국의 노출기준 설정 배경	233
<표29> 1968년 ACGIH TLVs 설정에 사용된 자료의 출처	234
<표30> MAC와 TLV 개념의 차이	239
<표31> 노출기준을 발표하고 있는 국가	240
<표32> 우리나라 노출기준 설정 배경	241
<표33> 적용자료별로 본 1968년 ACGIH TLV 설정배경	245
<표34> 독성별로 본 1968년 ACGIH TLV 설정배경	245
<표35> 폭발시 주위에 미치는 압력의 예	255
<표36> 열교환기 형식에 따른 용량당 표면적	257
<표37> 디메틸아민의 현행 노출기준과 개정 노출기준	286
<표38> 미국 환경청의 편익의 범주, 서비스 흐름, 가치측정방법의 예 ·	295

〈그 립 목 차〉

[그림 1] 악취검사기관 지정서	19
[그림 2] 노출기준값 적용시 고려해야할 요소	30
[그림 3] 98~02년도 화학물질 유통현황	54
[그림 4] 크롬 제혁공정	86
[그림 5] 사업장내 지역시료채취 사진	182
[그림 6] 사업장내 개인시료채취 사진	183
[그림 7] 시료채취 장치	184
[그림 8] 황산침적필터법에 의한 트리메틸아민 표준품 $50\mu\text{l}(320\mu\text{l}/\text{l})$ 크로마토그램	187
[그림 9] 황산침적필터법에 의한 트리메틸아민 표준품 $50\mu\text{l}(320\mu\text{l}/\text{ml})$ 크로마토그램	188
[그림 10] 시료분석농축장치	189
[그림11] 저온 농축관 모식도	190
[그림12] SPME에 의한 농축장치	191
[그림13] 필터 건조에 필요한 시간	193
[그림14] 시료추출방법	194
[그림15] 아민 화합물 표준물질 크로마토그램 분석결과	201
[그림16] 대수확률 산포도와 최소적합선	204
[그림17] 대수확률 산포도와 최소적합선으로부터 기하평균과 기하표준편차의 계산	204
[그림18] B-1 작업공정도	210
[그림19] B-1공정 디메틸아민 시료채취 현장	210
[그림20] B-1공정 디메틸아민 시료채취 현장	211
[그림21] B-2공정 디메틸아민 시료채취 현장	212

[그림22] B-2공정 디메틸아민 시료채취 현장	213
[그림23] B-3 작업공정도	214
[그림24] B-3공정 디메틸아민 시료채취 현장	216
[그림25] B-3공정 디메틸아민 시료채취 현장	217
[그림26] B-3공정 디메틸아민 시료채취 현장	217
[그림27] B-3공정 디메틸아민 시료채취 현장	218
[그림28] B-3공정 디메틸아민 시료채취 현장	218
[그림29] B-3공정 디메틸아민 시료채취 현장	219
[그림30] B-3공정 디메틸아민 시료채취 현장	219
[그림31] B-4공정 메틸아민 시료채취 현장	220
[그림32] B-4공정 메틸아민 시료채취 현장	221
[그림33] B-4공정 메틸아민 시료채취 현장	221
[그림34] B-4공정 메틸아민 시료채취 현장	222
[그림35] B-4공정 메틸아민 시료채취 현장	222
[그림36] 대수확률 산포도와 최소제곱최적선(TWA)	225
[그림37] 선형확률 산포도와 최소제곱최적선(TWA)	225
[그림38] 호흡용 보호구의 종류	273

I. 연구목적

- 우리나라의 노출기준은 1983년 노동부 고시 제1호로 작업환경 측정방법 고시내에 분진, 유기용제 16종, 특정화학물질 43종, 소음 및 연등의 노출기준을 설정하였다.
- 그 이후 1986년 12월에 유해물질 대상을 324종으로 확대하였으며(노동부 고시 제86-45호), 1988년 12월에는 유해물질 373종이 추가되어 697종으로 확대 개정되었다(노동부 고시 제88-69호).
- 1991년에는 노동부 고시 91-21호 하여 노출기준의 관리를 개선시켰으며 1998년에 노동부 고시 97-65호로 하여 유해물질 698종 그리고 물리적인자 소음, 충격소음, 고온으로 개정하여 현재까지 사용하고 있다.
- 이러한 제·개정 절차는 노출기준제안 및 과학적 근거 등의 연구를 통하여 이루어진 것보다는 ACGIH-TLV를 그대로 받아들이거나 OSHA 기준과 ACGIH 기준을 비교하여 엄격한 기준을 채택하였다.
- 그러나 우리나라의 경우 주 6일 근무, 주당 근무시간이 44시간으로 ACGIH-TLV에서의 주당 40시간 근무와 맞지 않으며 앞으로 노사정 합의에 의해 도출되는 근로시간 단축에 따른 노출기준 적용도 고려가 되어야할 실정에 있다.
- 노동부 고시에서는 근로자가 유해성 화학물질에 노출되는 경우 설정된 노출기준 이하 수준에서는 거의 모든 근로자에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 아니하는 농도라고 규정하고 있다.

- 그러나 현행 화학물질 노출기준은 앞에서 제시한 바와 같이 ACGIH의 TLV를 받아들인 것으로 TLV가 안전과 위험 구분의 경계가 아니고 ‘거의 모든’과 ‘건강상 나쁜 영향’ 등의 단어로 표기되어 그 의미가 매우 모호한 것으로서 이를 실제 사업장에 그대로 적용하기에는 여러 문제점이 있다.
- 이에 최근 노출기준의 정의에 대한 올바른 설정과 노출기준 설정기준에 영향을 미치는 여러 인자를 고려한 우리나라 산업환경에 적합한 기준치의 설정에 관한 요구가 증가되고 있다.
- 노동부 고시에서 제시한 화학물질 노출기준 제·개정(안) 연구의 유해물질 중 방향족 아민류는 대부분이 발암성물질이고 제조 등의 금지 및 허가 대상 유해물질이기 때문에 산업보건학적으로 많은 관심이 집중되어 있고 또한 최근에는 염색공장 근로자들에게 직업병이 발생이 됨으로써 사회적으로 관심이 고조되고 있다.
- 또한 아민류는 기타 자극성 있는 기체상 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새로 분류가 되며 정신적으로나 심리적으로 피해를 끼치는 감각공해물질로도 잘 알려져 있다.
- 현재 아민류를 포함한 현행 화학물질의 노동부에서 제시하고 있는 노출기준인 TLV와 OSHA에서 제정한 PEL을 비교해 보면 여러 인자를 고려하지 않은 채 기준이 설정 되어 있음을 알 수 있다.
- 우리나라의 작업장에서 발생하는 화학물질에 대한 노출기준은 발생량이 전혀 없거나 그 양 또한 매우 미미하여 건강상의 장해가 없음에도 허용기준에 표기가 되어있거나 반면 건강장해가 많고 그 위해성 인자가 고려되어져 있음에도 불구하고 노출기준에서 누락된 화학물질이 상당히 있다.
- 또한 노출기준 설정 이후 주기적인 검토가 이루어지지 않아 외국의 수준과

비교시 그 차이가 매우 큰 것으로 보고되고 있다.

- 따라서 산업안전보건법상의 관리물질 전반에 대한 분류체계, 선정기준 및 작업장내 노출기준 등의 제·개정 절차와 관리체계가 요구되어지고 있다.
- 특히 기준 설정 유해인자 중 선진 외국과 비교하여 기준차이가 큰 유해물질인 방향족 아민류에 대해 우리나라 실정에 맞는 허용기준 설정에 관한 연구가 수행 및 연구 수행을 통한 물질별 편람의 재작성이 요구되고 있다.
- 이에 본 연구는 화학물질의 노출기준 설정 이후 주기적 검토가 이루어 지지 않아 선진 외국의 수준과 차이가 큰 유해물질로 알려진 메틸아민, 디메틸아민 및 디에틸아민을 대상으로 우리나라 산업장에서의 발생형태 특성 및 물리·화학적 특성과 독성학적 특성을 제시하고, 이전 연구사례 및 실태조사를 통해 국내 현황 조사를 바탕으로 한 유해성평가 및 규제영향 분석 결과를 바탕으로 현 노출기준의 타당성 검토를 통한 이들 오염물질에 대한 노출기준을 재정하는데 있으며, 나아가 이들 오염물질에 대한 근로자들의 건강장해를 예방하기 위한 산업보건 편람 및 지침서를 개발하는데 있다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구내용

- 본 연구의 최종목표는 메틸아민, 디메틸아민 및 디에틸아민을 대상으로 우리나라 산업장에서의 발생형태 특성 및 물리·화학적 특성과 독성학적 특성을 제시하고, 이전 연구사례 및 실태조사를 통해 국내 현황 조사를 바탕으로 한

유해성평가 및 규제영향 분석 결과를 바탕으로 현 노출기준의 타당성 검토를 통한 이들 오염물질에 대한 노출기준을 재정하는데 있으며, 나아가 이들 오염물질에 대한 근로자들의 건강장해를 예방하기 위한 산업보건 편람 및 지침서를 개발하는데 있다.

○ 이와 같은 연구의 최종목표 달성을 위해 다음과 같은 세부 연구목표를 설정하고 이들 세부 연구목표의 달성을 통해 최종목표가 달성되도록 설계하였다.

○ 본 연구의 세부 연구목표는 다음과 같다.

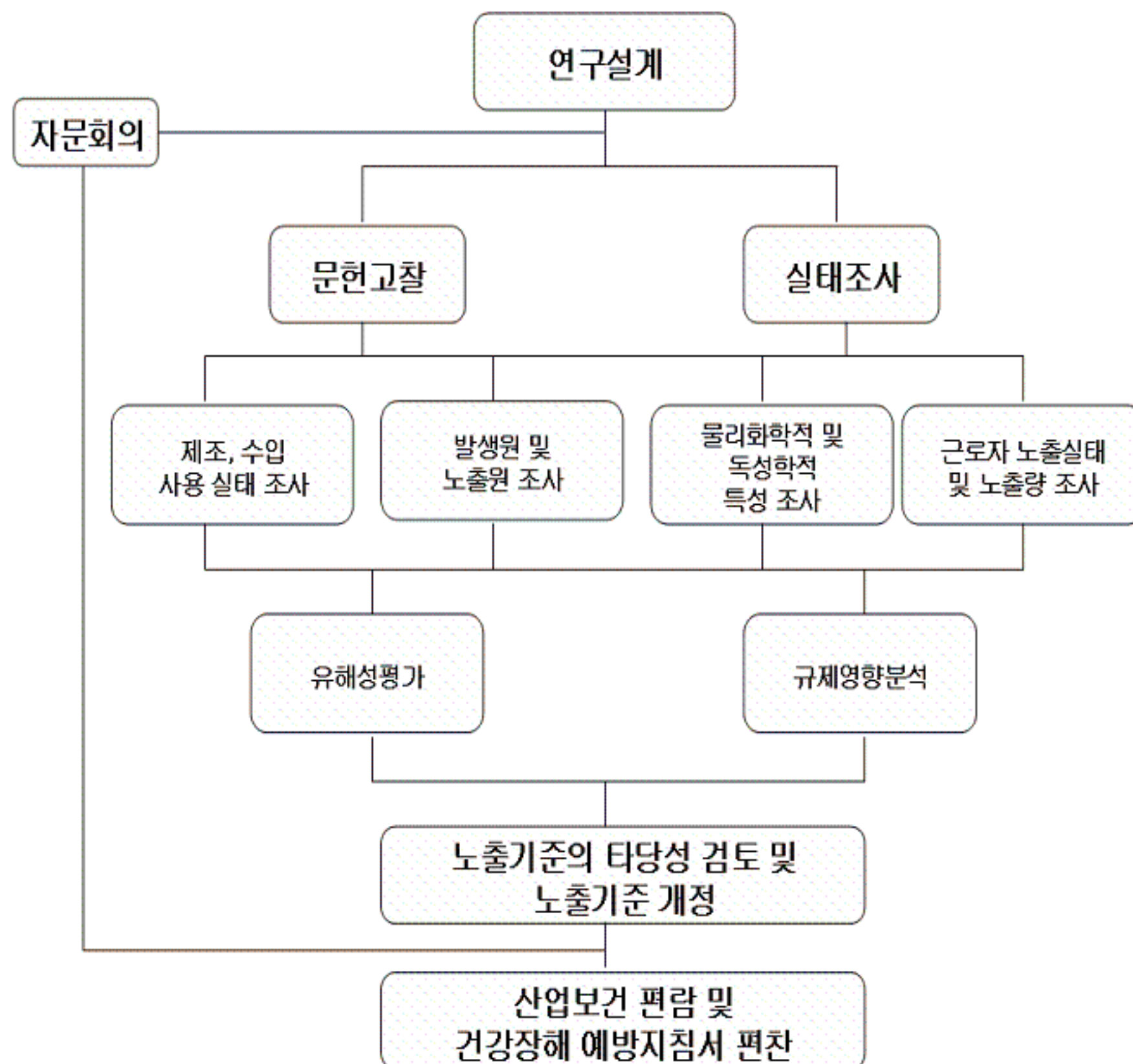
- ✓ 대상오염물질의 제조·수입·사용 실태 및 발생원과 근로자의 노출원 제시
- ✓ 국내 작업장에서의 근로자 노출 실태 및 대상오염물질의 노출량 파악
- ✓ 유해인자의 물리화학적 특성 제시 및 독성·유해성 평가를 통한 현행 노출기준의 타당성 검토 및 개정 노출기준의 제시
- ✓ 대상오염물질 노출기준 개정시의 규제영향분석 결과 제시
- ✓ 대상오염물질에 관한 산업보건 편람 및 건강장해 예방 지침서 작성 및 제시

○ 본 연구의 최종목표 및 세부 연구목표를 도식화하여 제시하면 다음과 같다.

메틸아민, 디메틸아민, 디에틸아민에 대한
국내 실정에 맞는 노출기준 개정 및
산업보건 편람 및 건강장해 예방 지침서 개발에 관한 연구

- 오염물질의 제조, 수입, 사용 실태 및 발생원과 근로자의 노출원 제시
- 국내 작업장에서의 근로자 노출 실태 및 오염물질별 노출량 파악
- 유해인자의 물리화학적 특성 제시 및 독성·유해성평가를 통한
현행 노출기준의 타당성 검토 및 개정 노출기준 제시
- 오염물질 노출기준 개정시의 규제영향분석 결과 제시
- 대상오염물질에 관한 산업보건 편람 및 건강장해 예방 지침서 작성 및 제시

○ 또한 이와 같은 연구의 최종목표 및 세부 연구목표의 성공적 달성을 위한 전체 연구의 수행체계를 도식화하여 제시하면 다음과 같다.



2. 연구방법

○ 오염물질의 제조, 수입, 사용 실태 및 발생원과 근로자의 노출원 제시

오염물질의 제조, 수입, 사용 실태 및 발생원 조사와 근로자의 노출원 조사는 대상오염물질을 배출하고 있는 국내 작업장의 수요 및 현황을 파악하고, 오염물질의 발생원과 발생공정을 제시함으로써 오염물질 관리에 있어 효율성 가져올 수 있다.

근로자의 노출원 조사는 취급 근로자에 대한 오염물질의 노출경로를 제시할 수 있어 향후 노출기준 개정 및 관리대책 마련에 있어 기초적 자료로 활용될 수 있다.

이와 같이 오염물질의 제조, 수입, 사용실태 및 발생원 조사와 근로자의 노출원 조사는 대상오염물질에 관한 국내 제조 또는 사용현황, 취급 근로자수 등을 제공하고, 작업장내의 오염물질의 발생원 및 발생경로에 관한 정보를 제공한다. 또한 취급근로자에 대한 오염물질의 노출경로를 제공하여 줌으로써 향후 오염물질의 노출기준 개정에 있어 기초자료로 활용될 수 있으며, 나아가 오염물질에 대한 관리방안 수립에 있어 기초적 자료로 활용될 수 있어 이에 대한 조사 및 제시가 필요하다 할 수 있다.

○ 연구내용

■ 오염물질의 제조, 수입 및 사용실태조사

- ✓ 오염물질을 사용하는 국내 사업장의 종류 및 그 현황을 파악한다.
- ✓ 사업장별 생산물품의 종류와 생산량 및 사용실태를 파악한다.
- ✓ 오염물질의 연간 수입량을 파악한다.
- ✓ 사업형태 및 연간 수입량과의 연계분석을 통해 연간 오염물질의 발생량을 추정한다.

■ 작업장내의 오염물질의 발생원 및 발생공정 조사

- ✓ 오염물질의 발생원을 파악한다.
- ✓ 작업형태에 따른 오염물질의 발생경로를 파악한다.
- ✓ 작업장별 오염물질의 발생공정을 분류한다.

■ 취급근로자에 대한 노출경로 조사

- ✓ 오염물질별 국내 사업장의 취급근로자 수를 조사한다.
- ✓ 산업장 형태(오염물질의 가공 및 처리 공정)를 고려하여 근로자의 노출경로를 파악한다.

○ 연구방법

■ 문헌조사를 통한 자료의 수집 및 분석을 기본 원칙으로 한다.

- ✓ 노동부, 산업안전관리공단에서 발행되는 보고서 및 간행물
- ✓ 기타 관련 정부기관(산업자원부, 보건복지부, 환경부 및 통계청)에서 보고하는 간행물 및 보고서
- ✓ 오염물질의 발생원, 발생공정, 발생경로 및 노출경로 등의 기초적 자료를 제공하는 문헌의 수집 및 고찰

■ 인터넷 등에서 제공되는 정보를 활용한다.

■ 실태조사 시 조사대상 사업장을 방문을 통한 직접 조사를 통해 발생원, 발생공정, 노출경로 등을 조사한다.

■ 국내외 관계 관련 전문기관의 방문을 통한 관련 자료의 수집 및 관계 전문가와의 협의를 통해 관련 자료를 수집한다.

○ 국내 작업장에서의 근로자 노출 실태 파악(실태조사, 유해성평가 및 규제

영향분석)

국내 작업장에서의 근로자 노출 실태 파악은 크게 세가지 단계로 구분하여 조사하는 것을 원칙으로 한다.

세가지 단계는 첫째, 작업장의 대상오염물질에 의한 오염현황을 조사하고, 둘째, 오염물질에 의한 위해성평가 수행을 통한 근로자의 노출현황 및 건강유해성 수준을 제시하고 셋째, 현 기준치의 개정에 따른 규제영향(비용-편익)의 분석 결과를 제시하는 것을 원칙으로 한다.

(1) 실태조사

연구대상시설은 노동부 및 산업안전관리공단에서 제공하는 자료를 바탕으로 10개의 작업장을 선정하여 조사를 수행하는 것을 원칙으로 한다.

연구대상오염물질의 조사 이외에 실태조사 결과 자료 해석에 혼란 변수로 작용될 수 있는 요소들을 조사하여 결과해석에 있어 혼란 변수 통제를 활용함으로써 신뢰성 있는 결과 산출을 도모한다.

① 작업장 내 오염물질의 오염 정도 파악

○ 연구대상오염물질의 측정은 10개의 작업장을 대상으로 조사한다.

○ 각 작업장 당 시료 채취 수는 단위작업장소 내의 공기질이 가장 나쁠 것으로 판단되는 지점을 최소 2개소 이상 선정하여 조사하는 것을 원칙으로 한다.

○ 단위 작업장의 면적이 500m^2 를 초과하는 경우 매 500m^2 당 1개 지점 이상 추가하여 조사한다.

○ 시료의 채취 높이는 근로자의 호흡영역인 0.9 - 1.5 m 지점에서 시료를

측정한다.

○ 오염물질의 시료 채취 및 분석은 NIOSH에서 제공하는 시험방법을 우선적으로 적용하며, 이 시험방법의 적용이 난이하거나 또는 시험방법이 없는 경우에는 환경부의 악취방지법의 공정시험법에 준한 시험방법을 적용한다.

○ 다음은 본 연구의 참여 연구기간인 순천제일대학 부설 그린전남환경종합센터의 악취검사기관 지정 면허증인 ‘악취검사기관지정서’를 제시한 것으로 본 연구에서의 오염물질의 포집 및 분석은 악취검사기관에서 수행하는 것을 원칙으로 한다.

○ 오염물질의 분석에 관한 정도관리(QA/QC)에 관한 자료는 악취검사기관의 정도관리 프로그램에 준한 자료를 제공함으로써 신뢰성 있는 결과 산출을 도모한다.

지정번호	악취검사기관지정서		
제 2 호			
①성 명(대표자)	전 준 민	②생년월일	1963. 9. 21
③상호(사업장명칭)	그린전남환경종합센터(순천제일대학 부설)		
④사업장 소재지	전라남도 순천시 덕월동 산 9-3번지 (전화 : 740-1261)		
⑤실험실 소재지	전라남도 순천시 덕월동 산 9-3번지 (전화 : 740-1261)		
⑥검 사 항 목	복합악취, 암모니아, 메틸메캅탄, 황화수소, 다이메틸설파이드, 다이메틸다이설파이드, 트라이메틸아민, 아세트알데하이드, 프로피온알데하이드, 뷰티르알데하이드, n-발레르알데하이드, i-발레르알데하이드, 스타이렌		
⑦지 정 조 건	악취방지법 제18조 제5항 및 동법 시행규칙 제17조에 따른 악취검사기관의 준수사항을 이행하여야 함		
「악취방지법」 제18조제4항 및 동법 시행규칙 제15조제2항의 규정에 의하여 악취 검사기관으로 지정하였음을 증명합니다. 2005 년 3 월 11 일 국립환경연구원장			

[그림 1] 악취검사기관 지정서

② 혼란변수로 작용될 수 있는 요소의 조사

○ 작업장 근로자수

- 작업장 내 작업근로자수와 오염물질과의 관계를 분석하는데 활용한다.
- 오염물질의 기준 적정성 평가 및 기준 개정에 있어 기초자료로 활용한다.
- 실태조사 당일 당해 작업장의 근로자 수를 조사원이 직접 조사하는 것을 원칙으로 한다.

○ 체류시간, 시설 이용빈도

■ 실태조사 당일 당해 작업장 근로자들을 대상으로 조사원이 직접 조사하는 것을 원칙으로 한다.

■ 건강유해성평가지 노출평가의 기초자료로 활용한다.

■ 오염물질의 기준 적정성 평가 및 기준 개정에 있어 기초자료로 활용한다.

○ 대상 작업장의 물리적 특성 조사

■ 대상시설의 물리적 특성 즉 건축자재의 종류, 창문 및 출입구의 면적 및 개수, 작업장의 용적, 환기량 등을 조사하여 실태조사 자료 해석에 있어 혼란적 요소를 통제한다.

■ 작업장의 온도, 습도, 기류 등의 기상조건을 조사하여 실태조사 자료 해석에 있어 기상조건에 따른 혼란적 요소를 통제한다.

(2) 인체유해성평가

① 연구대상오염물질 특성을 고려한 정성적 유해성 평가 (위험성 확인) 실시

○ 정성적 유해성 평가를 위한 자료 검색은 다음의 표에 제시한 데이터베이스 목록을 중심으로 연구대상오염물질에 관해 검색한다.

○ 검색된 자료를 바탕으로 한 인체영향 정보의 정리 및 제시

정보원	내 용	자료원
IRIS (Intergrated Risk Information System)	화학물질의 포괄적인 독성자료를 바탕으로 위험성 확인 및 용량-반응 평가 과정에 필요한 정보 제공	위해도 분석 국제협회 (Society of Risk Analysis) http://www.epa.gov/iris
IRPTC (International Register of Potentially Toxic Chemicals)	각국의 식품, 노동환경, 저장, 소비, 운반, 폐기 등에 관한 유해물질의 규제정보 제공	UNEP(United Nations Environment Programme) http://irptc.unep.ch/pic
TOMES plus (Toxicology, Occupational Medicine & Environmental Series)	미국의 국립 의학 도서관이 제공하고 있는 각종 독성자료 (BIOSIS, IPA, NLM)와 미국 화학회의 화학초록(Cheical abstract, NCIS)등을 이용하여 / 약물학, 생화학, 독물학, 및 환경학에 관련된 총제적인 정보 제공	미국 마이크로메덱스 회사(Micormedex) http://www.micromedex.com/products/tomesplus
TOXNET (Toxicology Data Network)	유해화학물질의 건강영향, 환경노출영향 및 환경영향에 관한 실험연구자료 및 정보를 제공	미국 국립의학도서관(US Nstional Library of Medicine) http://www.toxnet.nlm.nih.gov
IPCS (International Programme on Chemical Safety)	화학물질에 대한 환경오염원, 환경동태, 약동력학적 특성, 인체 및 생태 영향 등에 대한 정보 제공.	세계보건기구 (World Heath Organization) http://www.inchem.org

② 독성자료 및 용량-반응평가 자료의 수집

○ 정성적 유해성평가 자료 중 발암성에 대해 정량적인 용량-반응 평가 결

과가 제시되어 있는 자료 수집

- 대상오염물질의 단위위해도 및 독성학적 참고치 자료 제시

③ 노출계수 산정을 위한 기초 설문조사 및 문헌조사

- 근로자를 대상으로 성별, 연령, 체중, 근무시간 등의 기초 설문조사 수행 및 결과 제시

- 근로자를 대상으로 일일 생활패턴(activity pattern)조사를 위한 기록지 작성과 연구 대상자들의 직접기입방법을 통한 일일 생활패턴 조사 및 제시

- 한국표준과학연구원에서 수행된 국민체위조사자료를 활용한 한국인의 근로자들의 성별, 연령별 표준체중 조사 및 제시

- EPA 및 국내 호흡을 관련 연구자료의 수집 및 분석을 통한 호흡을 계수 조사 및 제시

- 통계청에서 제시하고 있는 각 연령별 기대여명의 자료를 바탕으로 한국인의 평균 기대수명 조사 및 제시

(3) 규제영향분석(비용-편익 분석)

- 모집단 선정 및 표본수 결정

- 근로자의 모집단 선정 및 표본수를 결정하여 제시

- 모집단의 선정은 실태조사시 조사된 근로자인원 자료를 바탕으로 선정하여 제시

- 표본수는 표본의 대표성을 확보하기 위해서 모집단의 크기를 고려하며, 또한 비표본오차의 개연성과 자료의 수집시, 수집되는 자료의 양에 비례하여 시간과 비용이 소모되므로 가장 경제적이며 대표성을 높일 수 있는 효율성의 관점에서 표본수를 결정하여 제시

- 모집단의 비율을 추정하기 위한 표본조사라는 표본수 산정은 모집단 비율을 p , 표본비율을 q 라 할 때 대상모집단의유한 모집단이면

$$Var(q) = p(1-p) \cdot \frac{(N-n)}{n(N-1)}$$

따라서, p의 100(1-α)% 신뢰구간은

$$q \pm Z_{\alpha/2} \cdot [p(1-p) \cdot \frac{(N-n)}{n(N-1)}]^{1/2}$$

여기서, 모집단을 추정할 때 발생하는 허용오차 d는

$$d = Z_{\alpha/2} \cdot [p(1-p) \cdot \frac{(N-n)}{n(N-1)}]^{1/2}$$

이를 n에 대하여 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{n = p(1-p)}{\frac{d^2}{Z_{\alpha/2}^2} + \frac{p(1-p)}{N}}$$

(단, p는 모집단 비율, d는 표본에서 모집단을
추정할 때 발생하는 허용오차,

Z는 신뢰도 100(1-α)%에서의 표준화계수, N은
모집단 크기, n은 표본수이다)

○ 가치측정재화의 설정

■ 작업장 내 공기질을 안정성의 확보가 가능하도록 개선하는 것을 평가하고자 하는 대상으로 설정

■ 가치측정대상인 작업장내 오염물질의 오염도를 0 - 100으로 수치화하여
그림으로 표시하여 제시

○ 시장시나리오 구성

■ 조건부 가치 측정방법의 적용을 위한 가상적으로 설정하고 있는 가상 시장에 응답자가 실제로 구입하려고 하는 것을 설문을 통해 밝힐 수 있도록 해주는 시장 시나리오 작성

■ 시나리오 구성은 응답자에게 응답동기를 부여하고 가상적인 상황으로 설정된 시장 시나리오의 신뢰성을 제고하며 편의 발생가능성을 최소화하기 위하여 이해가능성, 적절성, 의미성의 3가지 기준을 충족시킬 수 있도록 작성하여 제시

○ 지불형태 및 지불의사유도방법의 선정

■ 재화에 대하여 중립적인 지불형태를 선택하여 제시

■ 최근 조건부가치측정방법을 이용한 연구의 지불의사유도방법으로 양분선택법을 선택

■ 소득수분별 다른 공공재 공급에 대한 대가로서 세금을 통해 지불하고 있는 금액에 대한 항목으로 오락, 문화, 보건, 지역사회개발, 도로, 사회보장 및 복지, 교육 등 폭넓은 지불 세금 범위의 공공재 공급을 함께 기입함으로 범위 편의 문제를 완화하고 근로자를 대상으로한 면접설문의 특성상 신뢰성 확보를 위한 많은 설문의 확보가 용이하지 않음을 고려하여 지불카드방식을 선정하여 제시

○ 총 편익 추정모형 설정 및 모형의 적합도 분석

■ 사무실내 실내공기질 개선에 대한 근로자의 지불의사분석모형을 설정하고 지불의사액을 추정하고 최종적으로 사무실 근로자의 모집단 크기를 고려하여 편익을 산출

■ 지불의사분석모형의 종속변수에 대한 독립변수의 전체 설명력 평가를 통한 모형 적합도 제시

○ 편익추정결과 산출

■ 작업장의 공기질 개선시에 어느 정도 기꺼이 지불할 의사가 있는가를 도출하여 다중회귀분석을 통해 경제학적 관점에서 화폐단위로 대상시설내 공기질 개선시의 편익을 산출하여 제시

(4) 장기, 단기 노출 시 근로자 건강장해 및 직업병 사례 연구

근로자의 건강장해 및 직업병 사례연구는 각 오염물질별 독성 및 유해성평가가 자료의 수집 및 분석을 수행하고 국내외 관련 오염물질로 인한 근로자의 직업병 발생 사례를 조사하여 제시함으로써 각 오염물질의 중요성을 재인식시키고자 한다.

① 독성 및 유해성평가 자료 수집 및 제시

○ 동물 실험 결과자료 수집 및 제시

■ 급성독성 자료

: 급성경구독성, 급성경피독성, 급성흡입독성

■ 아급성독성 및 아만성독성 자료

: 아급성독성 자료 - 14일 또는 28일 반복투여 독성 자료 조사

: 아만성급성독성 자료 - 90일 반복투여 독성 자료 조사

■ 만성독성

: 1년이상 장기간 투여 독성

: 최대무작용농도(NOEL) 등

■ 변이원성

: 복귀돌연변이시험(Ames test), 염색체이상시험, 소핵시험 등

■ 생식독성

: 수태능력시험,

: 소핵시험 등

■ 발암성

: 설치류 등 동물의 암 유발시험

■ 기타

: 상기 독성정보 이외의 추가정보

○ 인체유해성평가자료 수집 및 제시

▶ 문헌조사를 바탕으로 결과 제시

■ 인체 내 작용기전 조사 및 제시

: 흡수, 분포, 대사, 배설 기전 조사 및 제시

■ 단기노출시 인체 유해성 조사

: 단기간 흡입 또는 섭취시의 인체영향 자료 조사 및 제시

■ 장기노출시 인체 유해성 조사

: 장기간 흡입 또는 섭취시의 인체영향 자료 조사 및 제시

■ 인체 표적장기독성

: 흡입 또는 섭취시 인체의 간, 폐, 신장, 혈액 등에 대한 영향 자료 조사 및 제시

■ 인체 발암성

: 국립암연구학회(IARC), EPA 등에서 연구한 인체에 대한 발암성 정보 자료 수집 및 제시

② 국내외 오염물질별 직업병 판정 사례 조사

○ 국내외 문헌 조사를 통해 대상오염물질에 의한 직업병 판정 사례를 조사하여 제시한다.

○ 근로복지공단 및 직업병 연구센터 등의 방문 및 관계자와의 협의를 통해 국내 대상오염물질로 인한 직업병 판정 사례를 조사하여 제시한다.

○ 국외 관련기관의 인터넷 접속을 통한 직업병 판정 사례를 조사하고 관계자와의 메일로의 연락을 통한 관련 자료를 요청 및 수렴을 통한 결과를 요약하여 제시한다.

○ 필요시 국외 관련기관의 직접적 방문 및 관계자와의 협의를 통해 대상오염물질로 인한 직업병 판정 사례를 조사하여 제시한다.

(5) 유해인자의 물리화학적 특성 제시 및 독성·유해성평가를 통한 현행 노출기준의 타당성 검토 및 개정 노출기준의 제시

① 오염물질의 물리화학적 특성에 관한 자료 수집 및 제시

▶ 문헌조사를 바탕으로 결과 제시

○ 물질의 개요 조사 및 제시

■ 한글물질명

■ 영문물질명 : IUPAC 명, CA 명

■ 이명

■ CAS 번호

■ 외관

■ 냄새

■ 기타 물리적 특성(화학식, 구조식 등)

○ 물리적 성상

■ 분자량

■ 비중

■ 녹는점

■ 끓는점

■ 증기압

- 증기밀도
- PH
- 점도
- 용해도
- 분배계수
- 증발률
- 냄새의 서한도 등

○ 화학적 성상

- 인화점
- 자염발화점
- 폭발성
- 산화성
- 반응성
- 안정성
- 피해야할 물질
- 유해분해산물
- 소화제 등

② 현행 노출기준의 타당성 검토 및 개정 노출기준의 제시

○ 각국의 노출기준 설정근거 조사 및 기준 제시

■ OSHA 노출기준 설정근거 조사 및 제시

: PEL(Permissible Exposure Limits) 기준 설정근거 조사 및 기준 제시

■ ACGIH 노출기준 설정근거 조사 및 제시

: TLV(Thershold Limit Values) 기준 설정근거 조사 및 기준 제시

■ NIOSH 노출기준 설정근거 조사 및 제시

: REL(Recommended Exposure Limits) 기준 설정근거 조사 및 기준 제

시

- 일본 노동성 노동안전위생법상의 관리농도 설정근거 조사 및 기준 제시
- 독일 MAK(Maximum Concentration Values) 기준 설정근거 조사 및 기준 제시
- 스웨덴 OEL(Occupational Exposure Limits) 기준 설정근거 조사 및 기준 제시
- 영국 OEL(Occupational Exposure Limits) 기준 설정근거 조사 및 기준 제시
- 프랑스 OEL(Occupational Exposure Limits) 기준 설정근거 조사 및 기준 제시

○ 우리나라 산업안전보건법에서 제시하고 있는 노출기준 설정근거 조사 및 기준 제시

○ 현행 노출기준의 적용 타당성 검토 및 개정 노출기준 설정

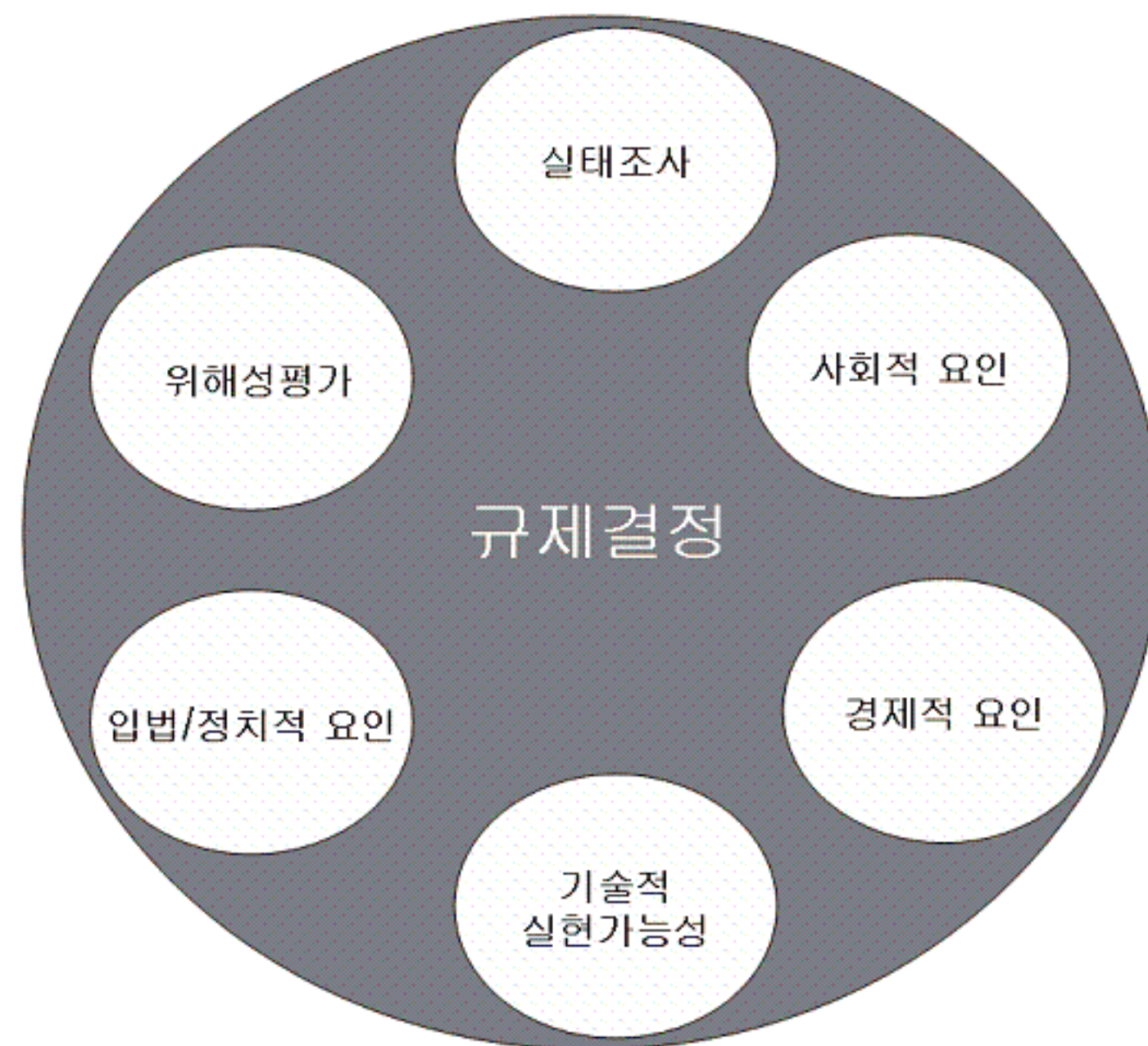
■ 현 오염물질의 노출기준의 설정근거, 실태조사를 바탕으로 한 유해성 및 규제영향분석결과를 활용하여 현 노출기준값의 적정성 평가

■ 문헌조사 및 실태조사 결과를 바탕으로 한 유해성평가 수행을 통해 산출된 오염물질별 노출기준으로의 저감시에 발생할 수 있는 경제적 손실 및 이익 평가(편익분석)을 통해 적정 기준값 제시

■ 기준값의 제시는 TWA, STEL, Ceiling, 생물학측 모니터링 기준으로 구분하여 각각의 기준값을 제시하는 것을 원칙으로 한다.

■ 관계 전문가로 구성된 자문회의의 노출기준값으로의 개정에 따른 입법/정치적 용인, 기술적 실현가능성 및 사회적 요인에 대한 타당성 심의를 거친 개정 노출기준값의 적용 타당성 평가

■ 자문회의에서의 개정 노출기준값의 적용 타당성 심의에 있어 고려하여야 할 요소를 제시하면 다음과 같다.



[그림 2] 규제결정시 고려하여야 할 요소

(6) 오염물질 노출기준 개정시의 규제영향분석 결과 제시

오염물질 노출기준 개정시에 활용된 규제영향분석의 결과를 다음과 같은 내용을 포함한 보고서를 작성하여 제시함으로써 개정 노출농도 산출에 대한 근거를 마련하고자 한다.

규제영향분석 결과 보고서에 포함되는 내용을 간략히 제시하면 다음과 같다.

① 규제영향분석의 내용

○ 노출기준 개정의 필요성 부각

- 규제의 정의 : 현행 작업환경측정에 따른 노출기준의 역할 설명
- 규제의 필요성 : 작업환경 내 오염물질 노출기준 설정의 당위성 설명
- 규제 목표 설정 : 변경되는 노출기준 개정 수준 설명

○ 노출기준 재정의 실현 가능성 도출

■ 규제에 대한 반대 및 사회적 제약 요소 제시

: 노출기준을 개정하는 경우 작업환경 개선비용 소요에 따른 해당 사업주의 반대 및 사회적 파장 설명

■ 기술 수준 등에 비추어본 실현 가능성 제시

: 노출기준 강화시 작업환경 개선에 대한 기술적, 경제적 실현가능성 설명

○ 노출기준 개정의 대체수단 존재 및 기존 규제와의 중복 여부 확인

■ 기존규제로 대체가능 여부 조사

: 노출기준을 개정하지 않고 기존의 노출 기준으로도 직업병 등을 사전 예방할 수 있는지 여부 설명

■ 규제외 다른 방법으로 목적 달성 여부 조사

: 노출기준 강화는 유해물질 취급 근로자 건강장해예방을 위한 최소한의 기본적 조치임을 설명

■ 유사한 기존규제와 중복 여부 확인

: 노출기준 설정과 유사한 기존규제는 없는지 확인

■ 규제의 확대 재생산 가능성 조사

: 노출기준 개정 이외에 규제확대 생산 가능성이 없는지 확인

○ 노출기준 개정 규제의 비용과 편익의 비교 분석

■ 규제의 비용분석 실시

: 노출기준 강화에 따른 작업환경개선 비용을 분석

■ 규제의 편익분석 실시

: 직업병 발생으로 인한 손실 및 노출기준 강화에 따른 편익분석

■ 비용-편익의 비교 및 검토

: 직업병 손실비용 및 작업환경 개선비용의 편익 비교 검토

○ 노출기준 개정 규제의 경쟁 제한적 요소 포함 여부

■ 시장경쟁 제한요소 포함 여부 확인

: 노출기준 개정은 시장경쟁 제한요소가 없음을 확인

■ 기업활동 저해요소 포함 여부 확인

: 노출기준 개정은 기업활동 제한요소가 없음을 확인

○ 노출기준 개정 규제내용의 객관성 및 명료성 제시

■ 규제기준, 절차의 명확성 제시

: 노출기준 개정을 위해 선진국의 기준참고, 전문가 회의, 공청회 등의 절차를 거친 내용의 상세한 설명

■ 규제의 법적 근거 및 존속기한의 타당성 여부 확인

: 노출기준의 성질상 존속 기한을 설정하기 어려움의 제시

(7) 유해물질별 산업보건 편람 및 건강장해 예방 지침서 작성 및 제시

대상오염물질을 배출하는 유해작업장에 근무하고 있는 근무자들의 건강장해를 예방함으로써 작업능률을 향상시키기 위한 방안으로 대상오염물질별 산업보건편람 및 건강장해 예방 지침서를 작성하여 제출한다.

본 산업보건편람 및 건강장해 예방 지침서의 내용은 다음과 같은 내용이 포함되도록 작성하는 것을 원칙으로 한다.

○ 유해공정별 작업환경관리 요령

■ 유해물질 취급 유해공정별 국소배기장치, 시설·설비 등의 작업환경관리 요령 설명

- 유해물질 안전취급 요령
- 유해물질의 대체, 격리 등 안전취급요령 설명

- 취급근로자 노출방지조치
- 유해물질 취급근로자 노출방지조치 설명

- 응급조치요령
- 유해물질 취급시 응급상황에서의 긴급조치 요령 설명

- 유해물질 저장·보관방법
- 유해물질 보관장소의 환기, 안전용기 등 보관 방법 설명

- 개인보호구
- 방독마스크, 보호의, 보호장갑, 보안경 선택 및 착용방법 등 설명

- 기타
- 근로자 예방지침에 필요한 내용 설명

Ⅲ. 연구결과

1. 물질의 특성

가. 물질의 개요

(1) 동의어와 식별명

가) 동의어

AI3-15638-X, DMA

METHANAMINE, N-METHYL-

N-methylmethanamine

나) 조성 및 제조

GRADES: TECHNICAL (ANHYDROUS; 25% AND 40 99%.

[Source ; Lewis, R.J., Sr (Ed.). Hawley's Condensed Chemical Dictionary. 12th ed. New York, NY: Van Nostrand Rheinhold Co., 1993, p. 411

40% and 60% solutions

[Source ; Kuney, J.H., J.M. Mullican (eds.). Chemcyclopedia. Washington, DC: American Chemical Society, 1994., p. 70]

보통 시중에 출시되어 있는 것들은 튜브안에 액체상태로 압축이 되어 있거나 33% aq sol. 형태로 나와있다.

[Source ; Budavari, S. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., 1996., p. 547]

다) 선적명/DOT/UN/NA/IMO명

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

라) 표준운송번호

49 101 64; Dimethylamine

나. 물리·화학적 성상

분자식: C₂H₇N

분자량: 45.08

[Source : Lide, D.R. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 79th ed. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 1998-1999., p. 3-205]

색상/형태: 무색가스 또는 기체

[Source: Note: A liquid below 44 degrees F. Shipped as a liquefied compressed gas], [NIOSH. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. DHHS (NIOSH) Publication No. 97-140. Washington, D.C. U.S. Government Printing Office, 1997., p. 110]

냄새: 암모니아 혹은 생선 같은 냄새(비린내)

[Source: NIOSH. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. DHHS (NIOSH) Publication No. 97-140. Washington, D.C. U.S. Government Printing Office, 1997., p. 110]

대기 중의 냄새의 정도를 수치화하여 표현하는 방법으로 과거 대기오염공정

시험법상의 직접관능법에 의한 악취강도, 일본의 6단계 냄새표시법, 미국의 TIA(Total Intensity of Aroma)등이 방법이 있다. 직접관능법에 의한 악취세기는 최소감지값 수준의 냄새를 1도, 악취로 인식되지 않을 보통의 수준을 2도(규제기준)로 하며, 기타 악취로 느낄 수 있는 세기를 3~5도로 규정하고 있다. 일본의 6단계 냄새표시법은 우리나라의 악취세기와 유사하며, 미국의 TIA는 무취, 약간 냄새, 확실한 냄새, 강한 냄새의 4단계 척도를 이용하고 있으며 메틸아민은 악취도 3에 해당하는 취기

[Source ; Castegnaro, M., D.C. Hunt, E.B. Sansone, P.L. Schuller, M.G. Siriwardana, G.M. Telling, H.P. Van Egmond, E.A. Walker and W. Davis (eds.). Laboratory Decontamination and Destruction of Aflatoxins B1, B2, G1, G2 in Laboratory Wastes. IARC Publications No. 37. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, 1980., p. 757]

<표1> 냄새 표시법

악취도	0	1	2	3	4	5
악취세기	무취	감지취기	보통취기	강한취기	극심한취기	참기어려운 취기
구분	(None)	Threshold	Moderate	Strong	Very Strong	Over Strong

■ 회석배수

회석배수는 당초 미국에서 시료수의 악취세기를 나타내기 위해 정의하였던 것으로, 시료수에 무취의 물을 가하여 회석시료에서 최저한도의 냄새를 명확하게 알 수 있을때의 최대회석배수를 말하며, 후각한계회석 배수라고도 불려진다. 회석배수는 공기시료에 대해서도 동일하게 다루어 질 수 있는데 사업장 등에서 채취한 시료공기를 무취공기로 회석하면서 최소감지값 수준(냄새가 인지되지 않는 순간의 회석치)으로 회석했을 때의 배율로 구할 수 있다. 현행 악취공정시험방법에서는 5인 이상의 판정인이 악취를 감지한 회석배수 중 최

대, 최소 회석배율을 제외한 회석배수의 기하평균값을 회석배수로 하고 있다.

○ 기타의 악취단위

ASTM, D-1391~57(67)에서는 발생원에서 배출되는 악취의 총량을 표현하는 방법으로 후각한계수준의 냄새 1ft³을 1Oder Unit로 정의하고, 냄새시료 1ft³을 후각한계까지 회석시켰을 때의 총용량(ft³)을 Oder Concentration 이라 하고 여기에 단위시간당의 배출가스량을 곱해서 배출원의 부하(OER ; Oder Emission Rate)로서 표현하기도 한다. 이 값의 장점으로는 각 배출원의 영향 범위나 영향정도의 추정, 배출원별 악취오염에 따른 영향도의 상대적인 비교가 용이하게 된다. 최근에는 각 배출원의 OER값을 합산하여 Total Oder Emission Rate(TOER)에 의해 전체 악취의 발생정도를 나타내기도 한다. 표 2는 디메틸아민의 최소감지값이 0.033임을 알 수 있다.

<표2> 주요 화학물질의 최소감지값

Ammonia	0.1	Formaldehyde	0.50
Methyl mercaptane	0.0001	Acrolein	0.0085
Hydrogen sulfide	0.0005	Acrylonitrile	8.8
Dimethyl sulfide	0.0001	Methanol	0.52
Dimethyl disulfide	0.0003	Dimethylamine	0.033
Trimethylamine	0.0001	Methylamine	0.035
Acetaldehyde	0.002	Acetic acid	0.0057
Propionaldehyde	0.002	Benzene	2.7
n-Butylaldehyde	0.0003	Phenol	0.00028
i- Butylaldehyde	0.0009	Carbon disulfide	0.21
n-Valeraldehyde	0.0007	Pyridine	0.063
i- Valeraldehyde	0.0002	Methyl alkyl sulfide	0.00014
i-Butanol	0.01	Carbon tetrachloride	4.6
Ethyl acetate	0.3	Chloroform	3.8
Methyl isobutyl ketone	0.2	Indole	0.00030
Toluene	0.9	Skatole	0.0000056
Stylene	0.03	Ethyl benzene	0.17

o-Xylene	0.38	1,3-Butadiene	0.23
m- Xylene	0.041	Diethyl sulfide	0.000033
p- Xylene	0.058	Ethanol	0.094
Propionic acid	0.002	Ethyl acrylate	0.00026
n-Butyric acid	0.00007	Ethyl mercapton	0.0000087
n-Valeric acid	0.0001	Methyl ethyl ketone	0.44
i- Valeric acid	0.00005	Sulfur dioxide	0.055
1,2,4-Trimethyl benzene	0.12	Nitrogen	
Dioxide	0.12		
1,3,5- Trimethyl benzene	0.17	Methyl acetate	1.7
Acetone	42	Ethyl acetate	0.87
Dichloromethane	160	i-Butyl acetate	0.0080
Trichloroethylene	3.9	o-Cresol	0.00010
Tetrachloroethylene	0.77	m-Cresol	0.000054

ACGIH에서는 디메틸아민을 압축 가스 또는 40%나 60% 수용액으로 사용 가능하다고 보고하였으며. 상온에서는 인화성을 띄고, 디메틸아민은 강력한 암모니아성 냄새를 풍긴다. 냄새 인식 농도는 0.047-0.34 ppm의 범위인 것으로 보고되었다.. 물리화학적 성질은 다음과 같다

분자량: 45.08

비중: 액체 디메틸아민, 4℃에서 0.68 (물 = 1.00)

녹는점: -96℃

끓는점: 1 torr에서 7.4℃

증기압: 10℃에서 2 torr

인화점: 밀폐용기에서 -6.7℃

폭발 한도: 상한 14%, 하한 2.8% (공기 중 체적)

자연발화온도: 402℃

용해도: 물에 잘 용해되고 강염기성 용액(pKb = 3.32)을 형성. 알코올과 에테르에도 용해

25℃, 760 torr에서 변환 인자: 1 ppm = 1.84 mg/m³, 1 mg/m³ = 0.54 ppm

비점: 6.8 deg C

[Source: Lide, D.R. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 79th ed. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 1998-1999., p. 3-205]

녹는점: -92.2 deg C

[Source: Lide, D.R. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 79th ed. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 1998-1999., p. 3-205]

부식성: 디메틸아민 액체는 플라스틱, 고무, 그리고 피복제 형태에 부식

[Source: Mackison, F. W., R. S. Stricoff, and L. J. Partridge, Jr. (eds.). NIOSH/OSHA - Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards. DHHS(NIOSH) Publication No. 81-123 (3 VOLS). Washington, DC: U.S. Government Printing Office, Jan. 1981., p. 2]

임계온도 및 압력: 임계온도 437.22K; 임계압력 5.340MPa

[Source: Lide, D.R. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 79th ed. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 1998-1999., p. 6-50]

밀도/비중: 0.6804 at 0 deg C/4 deg C/액체/

[Source: Lide, D.R. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 79th ed. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 1998-1999., p. 3-205]

분해상수: $pK_a = 10.732$ at 25 deg C

[Source: Lide, D.R. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 79th ed. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 1998-1999., p. 8-47]

연소열: 1743.5kJ/mol at 25 deg C/(액체)

[Source: Lide, D.R. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 75th

ed. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 1994-1995., p. 5-76]

1768.9kJ/mol at 25 deg C/(기체)/

[Source: Lide, D.R. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 75th ed. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 1994-1995., p. 5-76]

증기열 ; 25.05kJ/mol at 25 deg C

[Source :Lide, D.R. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 79th ed. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 1998-1999., p. 6-105]

옥타놀/물 분배계수: log Kow = -0.38

[Source: Hansch, C., Leo, A., D. Hoekman. Exploring QSAR - Hydrophobic, Electronic, and Steric Constants. Washington, DC: American Chemical Society., 1995., p. 13]

pH: 디메틸아민 수용액은 암모니아 같은 강한 알칼리성이다.

[Source: Gosselin, R.E., R.P. Smith, H.C. Hodge. Clinical Toxicology of Commercial Products. 5th ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1984., p. II-106]

용해도: 물에 용해가 되면 에타놀과 에테르에 혼합이 가능하다.

[Source: Lide, D.R. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 79th ed. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 1998-1999., p. 3-205]

1기압, 20 °C, 아니린에서 520 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 아니솔 252 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 벤질알코올 528/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 이소부타놀 598 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 노르말부타놀에서 504 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 시드렌 106 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 알파-클로로나프탈렌 174 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 시텐 182 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 데카하이드로나프탈렌 116 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 디아세톤 457 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 디벤질에테르 154 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, o-디클로로벤젠 252 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 디에타놀아민 497 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 디에틸아닐린 180 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 디에틸렌 글리콜 모노-에틸 에테르 588 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 디메틸아닐린 230 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 디메틸사이클로헥실아민 187 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 디메틸포마미드 298 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 에타놀 727 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 에틸렌 글리콜 860 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 메타놀 992 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 퍼퍼릴알코올 679 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 메타놀 992 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge,

NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 메틸사이클로헥사놀 439 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 모노에타놀아민 379 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 모노에틸아닐린 324 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 모노메틸아닐린 406 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 몰폴린 580 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 니트로벤젠 226 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, o-니트로톨루엔 221 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 피넨 156 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, n-프로판놀 600 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 퀴놀린 212 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 테트라하이드로나프탈렌 170 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, o-톨루이딘 430 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 트리에틸렌 글리콜 488 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

1기압, 20 °C, 트리메틸렌 722 cc/cc 용해

[Source: Flick, E.W. Industrial Solvents Handbook. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1985., p. 524]

40 °C에서 물에서 163g/100g 용해

[Source: Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. 4th ed. Volumes 1: New York, NY. John Wiley and Sons, 1991-Present., p. V2 371]

□ 특별성질 □

최대흡수(GAS): 190.5 NM (LOG E= 3.51); 222 NM (LOG E= 2.0)

[Source: Weast, R.C. (ed.). Handbook of Chemistry and Physics. 60th ed. Boca Raton, Florida: CRC Press Inc., 1979., p. C-107]

굴절률 ; 1,350 at 17 deg C/D

[Lide, D.R. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 79th ed. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 1998-1999., p. 3-205]

IR: 1140 (Sadtler Research Laboratories Prism Collection)

[Source: Weast, R.C. and M.J. Astle. CRC Handbook of Data on Organic Compounds. Volumes I and II. Boca Raton, FL: CRC Press Inc. 1985., p. V1 562]

MASS: 14 (Atlas of Mass Spectral Data, John Wiley & Sons, New York)

[Source: Weast, R.C. and M.J. Astle. CRC Handbook of Data on Organic Compounds. Volumes I and II. Boca Raton, FL: CRC Press Inc. 1985., p. V1 562]

표면장력: 26.34 mN/m at 25 deg C

[Source: Lide, D.R. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 79th ed. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 1998-1999., p. 6-135]

증기 밀도: 포화증기 밀도: 1.6 (air=1)

[Source: National Fire Protection Association. Fire Protection Guide on Hazardous Materials. 9th ed. Boston, MA: National Fire Protection Association, 1986., p. 325M-41]

증기압: 1520 mmHg at 25 deg C

[Source: Daubert, T.E., R.P. Danner. Physical and Thermodynamic Properties of Pure Chemicals Data Compilation. Washington, D.C.: Taylor and Francis, 1989., p.]

비교증발율 ; Greater than 1(Butyl acetate = 1)

[Source ; Mackison, F. W., R. S. Stricoff, and L. J. Partridge, Jr. (eds.). NIOSH/OSHA - Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards. DHHS(NIOSH) Publication No. 81-123 (3 VOLS). Washington, DC: U.S. Government Printing Office, Jan. 1981., p. 2]

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

[Source ;Gerhartz, W. (exec ed.). Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 5th ed.Vol A1: Deerfield Beach, FL: VCH Publishers, 1985 to Present., p. VA16 536]

□ 그 외 물리화학적 성질 □

변환단위: 1 PPM= 1.84 MG/CU m/air

[Source: Clayton, G.D., F.E. Clayton (eds.) Patty's Industrial Hygiene and Toxicology. Volumes 2A, 2B, 2C, 2D, 2E, 2F: Toxicology. 4th ed. New York, NY: John Wiley & Sons Inc., 1993-1994., p. 1090]

용해열: 5.94 kJ/mol

[Source: Lide, D.R. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 79th ed. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 1998-1999., p. 6-122]

증기 비열비(gas): 1.139

용해열 ; -515 Btu/lb = -286cal/g= -12.0x10⁵ J/kg

[Source ; U.S. Coast Guard, Department of Transportation. CHRIS - Hazardous Chemical Data. Volume II. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1984-5., p.]

포화증기 밀도: 42.110 lb/cu ft;

액체열용량: 0.731 Btu/lb-F;(all at 40 deg F)

[Source: U.S. Coast Guard, Department of Transportation. CHRIS - Hazardous Chemical Data. Volume II. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1984-5., p.]

포화증기압: 29.990 lb/sq in

포화증기 밀도: 0.235505 lb/cu ft ;

[Source: U.S. Coast Guard, Department of Transportation. CHRIS - Hazardous Chemical Data. Volume II. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1984-5., p.]

이상기체열용량: 0.364 Btu/lb-F at 75 deg F

[Source: U.S. Coast Guard, Department of Transportation. CHRIS - Hazardous Chemical Data. Volume II. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1984-5., p.]

지방을 용해하는 아민의 성질

[Source: Grant, W.M. Toxicology of the Eye. 3rd ed. Springfield, IL:

Charles C. Thomas Publisher, 1986., p. 75]

헨리의 법칙 상수: 1.77×10^{-5} atm cu-m/mol @ 25 deg C

[Source: Atkinson R; Christie AO, Crisp DJ; J Appl Chem 17: 11-14 (1967)]

수산기비율상수: 6.54×10^{-11} cu-cm/molc sec @ 25 deg C

[Source: Atkinson R; J Phys Chem Ref Data Monograph 1 (1989)]

2. 취급현황

가. 제조 또는 사용현황

□ 제조 □

at 300~500 deg C에서 촉매를 과탈수하면서 메탄올과 암모니아의 반작용
[SRI, p.]

nitrosodimethylamine의 촉매 수소첨가에 의하여 메탄올에 암모니아를 생성
[Budavari, S. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., 1996., p. 547]

아민과 유사한 암모니아와 함께 알코올과 반응

[Source ; Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. 4th ed. Volumes 1: New York, NY. John Wiley and Sons, 1991-Present., p. V2 373]

지속적인 유속시스템의 건조촉매제 공정에서 암모니아와 함께 메탄올의 반

응에 의해서 만들어진다.

[Source ; Gerhartz, W. (exec ed.). Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 5th ed. Vol A1: Deerfield Beach, FL: VCH Publishers, 1985 to Present., p. VA1 211]

□ 사용 현황 □

디메틸아민은 고무 가황, 유제(Tanning), 비누 제조를 위한 촉진제로 쓰이며, 제약 산업에서는 솔벤트로 쓰이고, 섬유 화학에서도 사용된다.

등급: ANHYDROUS 기술적인 것; 25%와 40%. AQ SOLN) : 99%

[Source ; Lewis, R.J., Sr (Ed.). Hawley's Condensed Chemical Dictionary. 12th ed. New York, NY: Van Nostrand Reinhold Co., 1993, p. 411]

40%와 60% 솔루션

[Source ; Kuney, J.H., J.M. Mullican (eds.). Chemcyclopedia. Washington, DC: American Chemical Society, 1994., p. 70]

튜브의 압축된 액체 형태에(서)또는 33% aq soln으로 시장에 출시가 된다.

[Source ; Budavari, S. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., 1996., p. 547]

고무를 가황작업(고열로 녹여 수선하는 작업)시 촉진제 , 유제,
세정제 ; 비누, 해충제,
마그네슘을 위한 시약

[Source ; Budavari, S. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co.,

Inc., 1996., p. 547]

아크릴 섬유 용매

(INTERMED,DIMETHYLACETAMIDE,LAURYL DIMETHYLAMINE)

산화물(SURFACTANT)을 위한 용매

2,4 D의 DIMETHYLAMINE 하제

비대칭의 DIMETHYLHYDRAZINE

[Source ; SRI, p.]

산성 가스 흡수제

dimethylformamide 와 dimethylacetamide 염료의 제조시 산화방지제

가스 안정제

제약

연료추진제

;미사일 연료

살충제

로켓 추진제

직물 화학 제품

탈모제

표면활성제

고무 활성화제

마그네슘을위한 시약

[Source ;Lewis, R.J., Sr (Ed.). Hawley's Condensed Chemical Dictionary.
12th ed. New York, NY: Van Nostrand Reinhold Co., 1993, p. 411]

사진 화학 제품과 가소제와 이온으로서 교환제로 사용

연료의 내폭제 사용

[Source ; Mackison, F. W., R. S. Stricoff, and L. J. Partridge, Jr. (eds.).
NIOSH/OSHA - Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards.

DHHS(NIOSH) Publication No. 81-123 (3 VOLS). Washington, DC: U.S. Government Printing Office, Jan. 1981., p. 3]

살충제 생산과 용매와 surfactants와 고무 프로세싱과 에폭시 수지 촉진제로의 화학 매개

[Source ; Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. 4th ed. Volumes 1: New York, NY. John Wiley and Sons, 1991-Present., p. V2 380]

Dimethylacetamide을 만들기 위해 아세트산과 함께 반응.

[Source ; Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. 4th ed. Volumes 1: New York, NY. John Wiley and Sons, 1991-Present., p. V1 161]

증류나 공비(혼합물의 기-액 상평형)에 의해 분리

Source ; Lewis, R.J., Sr (Ed.). Hawley's Condensed Chemical Dictionary. 12th ed. New York, NY: Van Nostrand Rheinhold Co., 1993, p. 411]

공비란 비 이상혼합물의 성질 중 특히 관심의 대상이 되는 것은 다음 그림처럼 전압에 대한 조성이 극값을 가지는 2성분 혼합계들이다.

이와 같은 극값을 찾기 위해서 $x_2 = 1 - x_1$ 을 식(3)에 작용한 후 조성 x_1 으로 편미분하면 다음의 관계를 얻을 수 있다.

$$\gamma_1 P_1^{vap} \left(1 + x_1 \frac{\partial \ln \gamma_1}{\partial x_1} \right) - \gamma_2 P_2^{vap} \left(1 + x_2 \frac{\partial \ln \gamma_2}{\partial x_1} \right) = 0$$

위의 식을 해석하기 위해서 다음의 활동도계수를 적용한 Gibbs-Duhem식을 생각하자.

$$(5) \quad x_1 \left(\frac{\partial \ln \gamma_1}{\partial x_1} \right)_T + x_2 \left(\frac{\partial \ln \gamma_2}{\partial x_1} \right)_T = 0$$

식(5)를 식(4)에 작용시키면 다음의 관계식을 얻게 된다.

$$(6) \quad \gamma_1 P_1^{\text{vap}} - \gamma_2 P_2^{\text{vap}} = 0$$

평형관계를 적용시키면 식(6)을 다음과 같이 표현할 수도 있다.

$$(7) \quad \frac{y_1}{x_1} = \frac{\gamma_1 P_1^{\text{vap}}}{P} = \frac{\gamma_2 P_2^{\text{vap}}}{P} = \frac{y_2}{x_2}$$

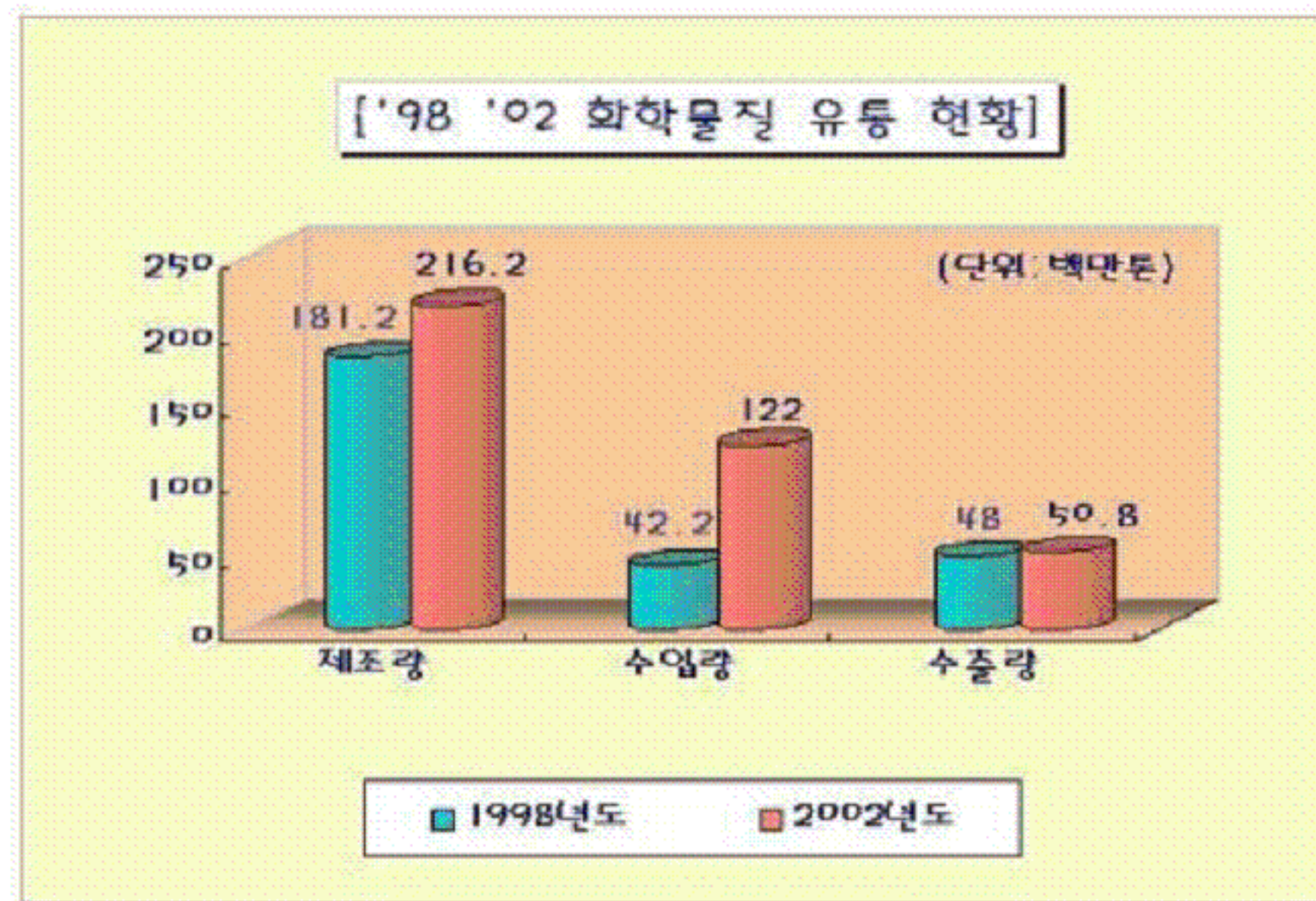
식(7)은 결과적으로 다음과 같은 꼴이 의미를 갖게 된다.

$$(8) \quad x_1 = y_1, \quad x_2 = y_2$$

식(8)은 주어진 평형압력에 대해서 물분을 곡선 중 극값이 발생하는 곳에 대한 현상을 의미하며, 기상과 액상의 조성이 동일하게 된다. 이와 같은 기-액 혼합물을 공비물(azeotrope) 또는 공비혼합물(azeotropic mixture)이라고 한다.

환경부는 지난 2002년 전국 13,000여개 화학물질 취급업체를 대상으로 ‘화학물질 유통량 조사’를 실시한 결과이며 그림○은 98년도에 조사한 화학물질 유

통량과 2002년도에 조사한 유통량을 비교한 것으로 98년도에 조사한 1억 7540만톤에 비해 63.9%가 증가된 2억 8700만 톤으로 그 중에서 디메틸아민의 유통량은 수입을 하는 양이나 제조하는 양이 거의 없어 유통량 조사자료에서는 그 양을 알 수 없었다.



[그림3] 98~02년도 화학물질 유통현황

전국적으로 디메틸아민을 사용하는 현황을 살펴보면 현재 국내에서 디메틸아민을 취급하는 사업장은 13곳이며 노출되는 근로자 수는 65명으로 보고된 바 있고 취급량은 357,487 kg/year으로 조사되었다.

<표3> 디메틸아민 사용현황

물질명	사용현황		
	사업장수	근로자수	취급량(kg/year)
디메틸아민	13	65	357,487

2003년도(환경부) 배출량 조사 통계자료 살펴보면 표O는 지역별로 디메틸아민이 배출되는 배출량과 유통되는양을 지역별로 수계와 토양배출량을 조사한 결과이다. 표에서 배출되는 총량이 가장 많은 지역으로는 공단이 많은 울산지역의 디메틸아민 배출되는 양이 가장 많았으며 배출되는 곳으로는 환경배출량은 토양계보다는 수계로 배출되는 양이 더 많았다.

산단단지별 배출량과 이동량을 알 수 있는 표 O 는 산단단지 이외의 지역에서의 대기배출량이 가장 높았으며 그 다음으로는 울산미포지역의 대기방출량이 가장 많았다. 환경배출량으로는 산업단지 외 지역에서의 대기배출량이 총 37,919,395 kg로 가장 많았으며 수계에서의 배출량은 51,900 kg으로 나타났다. 토양배출량도 총 6,871 kg중 산업단지 외 지역에서 1,982 kg으로 배출량이 가장 높았고 이동량은 총 38,041,021 kg/year 중 5,044,178 kg이 산업단지 외 지역에서의 이동량을 차지하였다.

<표 4 > 2003년 배출량 통계자료(지역별 배출량·이동량)

지역	환경배출량(kg/년)		토양배출량	자가매립량 배출총량	이동량 (kg/년)	계	폐수이동량	폐기물이동량
	대기배출	수계배출						
	37,919,395	114,755	6,871	38,041,021	3,653,296	323,673,785	46,849,263	276,824,521
경기 (경기도)	5,118,796	34,493	5,565	5,158,853	0	55,873,029	4,562,185	51,310,844
경기	25	16	0	41	0	41	1	40
전남 (전라남도)	3,645,779	6,549	0	3,652,328	1,438,636	80,242,613	708,159	79,534,455
전남	23	0	0	23	0	0	0	0
전북 (전라북도)	1,055,287	244	0	1,055,531	19,010	4,685,924	184,918	4,501,006
전북	671	0	0	671	0	412	136	276
인천 (인천광역시)	1,422,264	4,572	11	1,426,847	0	7,500,932	140,337	7,360,595
인천	150	143	0	293	0	1,130	0	1,130
울산 (울산광역시)	6,012,082	24,329	101	6,036,512	0	22,127,247	42,686	22,084,560
울산	185	0	0	185	0	0	0	0

<표 5> 2003년 배출량 통계자료(산단단지별 배출량·이동량)

화학물질명 대기배출량	환경배출량(kg/년) 수계배출량		토양배출량	이동량(kg/년) 배출총량	계	폐수이동량	폐기물이동량
총합계	37,919,395	114,755	6,871	38,041,021	323,673,785	46,849,263	276,824,521
산업단지 외 지역	15,315,005	51,900	1,982	15,368,888	56,669,049	2,096,677	54,572,371
디메틸아민	175	159	0	334	1,171	1	1,170
울산미포	5,029,501	14,576	101	5,044,178	11,092,476	16,321	11,076,154
디메틸아민	185	0	0	185	0	0	0
전주제3지방	225,877	0	0	225,877	2,591,846	6,099	2,585,746
디메틸아민	671	0	0	671	412	136	276
여수국가산단	1,879,862	1,295	0	1,881,156	14,298,375	708,145	13,590,231
디메틸아민	23	0	0	23	0	0	0

<표 6 > 2003년 배출량 통계자료(지역별 배출량 · 이동량)

대기배출량		수계배출량		토양배출량	이동량 (kg/년) 배출총량	이동량	폐수이동량	폐기물이동량
화학물 및 화학제품 제조업 디메틸아민	8,856,288	37,919,395	114,755	6,871	38,041,021	323,673,785	46,849,263	276,824,521
		42,808	1,099	8,900,195	47,786,326	975,856	46,810,468	
		1,053	159	0	1,212	1,583	137	1,446

미국의 경우 생산하는 양과 수입하는 양을 년도별로 제시하였다.

(1972) $4.36 \times 10^{+10}$ G

[SRI, p.]

(1974) $5.30 \times 10^{+10}$ G

[SRI, p.]

(1981) $77,538 \times 10^{+3}$ lb

[Source ; United States International Trade Commission. Synthetic Organic Chemicals-- United States Production and Sales, 1981. USITC Publications 1291 Washington, DC: United States International Trade Commission, 1981., p. 241]

(1984) $3.22 \times 10^{+10}$ g

[USITC. SYN ORG CHEM-U.S. PROD/SALES 1984 p.254]

(1985) $65,904 \times 10^{+3}$ lb

[USITC. SYN ORG CHEM-U.S. PROD/SALES 1985 p.264]

(1992) $2.68 \times 10^{+6}$ kg /Dimethylamine& salts/

/Dimethylamine와 salts/ 1992 $2.68 \times 10^{+6}$ kg

[Source ; United States International Trade Commission. Synthetic Organic Chemicals - United States Production and Sales, 1992. USITC Publication 2720, Feb. 1994 Washington, D.C.: United States Trade Commission, 1994., p.]

U. S. Exports:

(1972) 2.39×10^9 G

[SRI, p.]

(1975) 3.68×10^7 G (TOTAL METHYLAMINES)

[SRI, p.]

나. 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.

(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.

2002년 노동부 고시에 의하면 TWA $10 \text{ ppm}(18 \text{ mg/m}^3)$ 을 넘지 않도록 하고 있고, STEL/Ceiling(C)에 대해서는 특별한 규정이 없다. 미국의 산업안전보건청(The current Occupational Safety and Health Administration; OSHA)의 연구진들은 8시간 TWA와 같은 농도로 최대 허용농도(permissible exposure limit; PEL)를 $10 \text{ ppm}(18 \text{ mg/m}^3)$ 을 넘지 않도록 권고하고 있고(29 CFR 1910.1000, Table Z-1), 미국 국립 산업안전보건 연구소(The National

Institute for Occupational Safety and Health; NIOSH)에서는 최대 추천농도 (recommended exposure limit; REL)를 하루 10시간, 주중 40시간을 기준으로 TWA 10 ppm(18 mg/m^3)을 넘지 않도록 하고 있다[NIOSH 1992]. 미국의 산업 위생학회(The American Conference of Governmental Industrial Hygienists; ACGIH)에서는 TWA 5 ppm(9.2 mg/m^3), STEL 15 ppm(27.6 mg/m^3)을 넘지 않도록 하고 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 섭취 사고는 직업적 조건에서 볼 때 그다지 심각한 편이 아니다.

(2) 환경노출

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

(3) 통제방법

디메틸아민에 노출되는 근로자에 대한 효과적인 통제방법은 다음의 방법을 따르는 것이다.

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

해로운 물질의 노출가능성에 폭로된 근로자들은 산업물질중독편람에 따르면, 공기중 농도 10ppm 이상인 때는 적합한 호흡기 보호구를 착용하도록 권하고 있으며, OSHA's Hazardous Waste Operations and Emergency Response Standard에 의거하여 아래에서 권고하는 보호장비를 반드시 착용할 것을 권하고 있다[29 CFR 1910.120].

통제 방법의 좋은 정보는 다음에서 찾아볼 수 있다.

1. ACGIH [1992]. 작업장 환기(Industrial ventilation)-- 추천되는 실행 지침서(a manual of recommended practice). 21판. 신시내티, 오하이오: 미국 정부 산업위생사 회의(American Conference of Governmental Industrial Hygienists.)
2. Burton DJ [1986]. 작업장 환기(Industrial ventilation)--자가 학습 지침서(a self study companion). 신시내티 오하이오: 미국 정부 산업위생사 회의(American Conference of Governmental Industrial Hygienists).
3. Alden JL, Kane JM [1982]. 작업장 환기 시스템의 설계(Design of industrial ventilation systems). New York, NY: Industrial Press, Inc.
4. Wadden RA, Scheff PA [1987]. 작업장 유해요인의 공학적 설계(Engineering design for control of workplace hazards). New York, NY: McGraw-Hill.

5. Plog BA [1988]. 산업위생의 기본(Fundamentals of industrial hygiene). Chicago, IL: 국가 안전 회의(National Safety Council).

주 발생과정 산업은 다음과 같다.

● 농약산업

농약(pesticides)은 식량 증산에 불가피한 경제독(economic poison)으로 매년 그 종류와 생산량 및 소비량이 증가하고 있으며, 20세기 초의 무기물 농약과는 달리 최근에는 독성이 강한 인공합성 유기물 농약이 주류를 이루고 있어, 사고나 실수 등에 의한 급성 중독과 소량씩 장기간에 걸쳐 폭로되었을 때 만성 중독을 일으키며, 농약을 직접적으로 사용하지 않아도 농산물이나 토양에 잔류하여 축산물을 오염시키는 등 생태계의 사슬을 통한 체내축적(bioaccumulation)이 문제시 되고 있다. 농약은 주로 농업, 공중보건(말라리아 박멸), 임업, 산업(특히, 목재 및 목재 제품처리), 정원관리 및 감염병의 예방 목적으로 널리 사용되고 있으며, 1985년에 전 세계으로 무려 60억파운드 이상의 농약이 살포되어 그 공중보건학적 의의는 점차 증대되고 있다. 우리 나라에서 제조 또는 수입이 허가되어 그 공중보건학적의의는 점차 증대되고 있다. 우리 나라에서 제조 또는 수입이 허가되어 사용될 수 있는 농약은 501개의 품목이 등록되어 있으며 화합물의 종류 270종에 이른다. 1990년 현재 농약 사용량은 경지 1정보당 1.2kg의 농약이 투여되고 있다.

농약관리법을 통해 농약원제 248종, 농약제제 426종에 대하여 품질향상 및 유통의원활, 적정사용, 유효성과 안전성확보를 관리하고 있다.

농약 제조공장에서 근로자들의 건강보호를 위해서는 무엇보다도 먼저 농약 제조 공정이 갖고 있는 특성과 이들 공장에서 이루어지고 있는 작업의 형태를 파악하는 것이 중요하다. 따라서 농약제조공장의 안전상의 특성을 살펴보고자 한다.

○ 농약의 생산과정

가. 농약 제조공장의 특징

농약공장의 제조공정은 대부분이 회분식(Batch) 공정으로서 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

1) 한 개의 설비로써 다품종의 생산품을 계절적인 수요에 맞게 제조하는 공정이다. 따라서 생산계획과 제품의 변경에 따라 취급물질과 생산설비 및 작업내용의 변경이 수반된다.

2) 복잡한 화학구조를 가진 위험성이 잘 알려지지 않은 물질을 취급하는 경우가 많다.

3) 제품을 생산하기 위해 화학반응, 증류, 추출 등의 단위조작을 반복해서 실시하므로써

가) 반응기 등의 기동·정지, 설비기기 내의 세척 및 원료의 투입 등 인력에 의한 작업빈도가 높다.

나) 운전조건의 설정이 각 회마다 행하여지므로 온도나 생성물의 조성 등이 각회마다 현저한 차이가 있을 수 있다.

다) 운전조건의 변화가 크므로 해서 설비의 자동 및 최적화가 일반적으로 곤란하다.

4) 일반적으로 반응기 내부의 운전조건(생성물의 종류와 양, 발생열량 등)이 시간의 경과에 따라 변화한다.

5) 일반적으로 플랜트의 운전은 주문생산의 형태로서 제품의 종류, 양 및 납기가 한정되어 있는 경우가 많다.

나. 안전기술상의 문제점

1) 일반적으로 주문생산으로서 플랜트의 운전은 납기에 따라야 하는 경우가 많으므로

가) 취급물질 및 회전반응 등의 위험성에 관한 조사·검토가 불충분 할

수 있으며

- 나) 화학반응 등에 직면한 설비의 선택이나 개선 등 설비상의 조치가 충분히 실시되지 못하며
- 다) 취급물질, 설비 작업방법에 대한 작업표준의 작성 및 이에 대한 교육이 불충분한 상태에서 플랜트가 운전되므로 위험의 우려가 크다.

- 2) 반응기나 증류기와 같은 열을 공급받는 설비내에 비교적 오랫동안 물질이 체류하는 경우가 많다.
- 3) 반응기 등에 세밀한 온도 제어가 필요하다.
- 4) 인력작업의 빈도가 높아 오조작의 가능성과 유해물질에 대한 작업자의 폭로빈도가 높다.
- 5) 시간경과에 따라 반응온도나 생성물의 조성의 변동이 생기기 때문에 통상 작업 시 예상하기 곤란한 이상상태가 생기기 쉽다.
- 6) 취급물질의 양이 소량일 경우가 많으므로 예상되는 이상 상태를 과소평가하여 대책 수립이 불충분하게 된 경우가 많다.

다. 제조공정의 위험성조사

플랜트(Plant)를 건설하여 운전개시전에 화학물질의 초기저장으로부터 반응, 증류, 건조등의 모든 공정계획과 설계, 작업표준 작성 및 이상상태의 예상자료로서 아래 각 항을 문헌이나 실험을 통하여 사전에 조사하여야 한다.

- 1) 원료 및 제품의 폭발, 화재위험성
- 2) 화학반응식 및 발열량
- 3) 주 반응에 의한 중간체 및 최종 생성물에 대한 폭발·화재 위험성
- 4) 부 반응(Side Reaction)에 대한 폭발·화재 위험성
- 5) 부 반응이 폭발·화재의 위험성이 클 경우에는 부 반응을 일으킬 수 있는 반응조건
- 6) 반응기, 저장탱크 등의 냉각기능정지, 교반기의 정지, 촉매첨가량의

잘못, 원료의 공급순서잘못, 증류나 건조공정의 계속시간 잘못 등 기타 발생가능한 이상시의 위험성

7) 각 공정(Unit Process)의 취급물질에 대한 위험성 평가 각 공정에 대한 위험성평가항목의 예를 들면

가) 증류(Distillation)

- (1) 열안정성(증류온도 및 계속시간에 대한 영향)
- (2) 부산물, 불순물 농축에 따른 위험
- (3) 과열에 대한 위험
- (4) 공기의 접촉위험

나) 건조(Drying)

- (1) 열안정성(건조온도 및 건조 계속시간)
- (2) 건조시에 발생하는 용매 등의 위험성
- (3) 과열의 위험성

다) 분쇄(Crushing)

- (1) 분쇄물의 충격·마찰 등에 따른 위험
- (2) 이물질 혼입에 따른 위험
- (3) 분진폭발의 위험

라) 혼합(Mixing)

- (1) 혼합위험(혼합순서 차이에 의한 위험)
- (2) 이물질 혼입에 따른 위험
- (3) 충격·마찰·기온 등에 따른 위험

마) 저장(Storage)

- (1) 물질이 자기반응성에 의한 위험(저장시간, 온도의 영향, 중합금지제, 분산억제제 등)

(2) 물 등의 이물질 혼입에 따른 위험

바) 세정(Scrubbing)

(1) 세정용제의 폭발·화재 위험성

(2) 세정작업시 산소결핍위험

(3) 산·알칼리 등과 같은 세정제와 피세정물질의 반응위험

사) 배기 덕트(Duct)내에 응축되는 위험물 및 배기가스가 혼합됨으로써 야기될 수 있는 폭발·화재의 위험성

라. 화학물질의 위험성 평가

농약은 기본적으로 살균 또는 살충제로서 화학물질 자체가 독성을 가진 위험물질이므로 취급하는 화학물질 자체의 잠재적 위험성을 충분히 검토하여 설비의 계획과 조작·관리측면의 안전대책을 수립하는 일이 대단히 중요하다.

농약공장의 위험성 사전평가의 대상과 관리되어야 할 물질의 범위와 성상을 파악하여야 하는데 여기에서는 물질이 단독으로 가지고 있는 위험성을 첨가하는 데 필요한 기본적인 방법을 살펴보고자 한다.

1) 문헌을 통한 위험성 추정

문헌을 통하여 지금까지 발표된 폭발·화재 등의 정보를 수집하는 방법

가) NFPA

나) 화학물질사전

다) MSDS

라) 위험물질 Data Book

마) 기타 잡지나 학회지

2) 계산에 의한 추정

화학물질의 화학구조와 분해 또는 인소반응식을 기초로 하여 생성일의 계산이 가능하고 발열량의 정도에 따라 위험성의 예측이 가능하다.

$$\Delta H = \sum \Delta H_{\text{product}} - \sum \Delta H_{\text{reactant}}$$

이에 대한 열역학적 인자는 반응열, 연소열, 분해열 및 산소수지 (O₂ Balance) 등이 있다.

3) 실험

화학물질의 위험성을 파악하기 위한 실험은

가) 열감도 실험

나) 착화성 실험

다) 기계적 감도실험 등이 있다.

3. 주요기기

가. 반응기(Reactor)

1) 과압 방출

모든 반응기는 과압에 대비해야 한다. 이상 반응에 대한 모든 가능성을 검토하여 가상 시나리오보다 큰 압력방출장치를 설치해야 한다.

2) 압력방출장치 토출배관 및 처리

압력방출장치의 토출배관은 먼저 녹아웃 드럼으로 연결하여 액체와 증기를 분리하여 안전한 장소의 대기로 보내거나 스크라바 또는 후레아 스택에서 처리해야 하며 이때에는 환경측면에서의 충분한 검토가 필요하다.

3) 설계압력

금속제로 제작되는 반응기의 설계압력은 대기압에서 운전된다 하더라도 최소 50psig가 되도록 정하는 것이 권고된다. 또한 압력용기의 경우에는 최고 사용압력의 110%와 최고 사용압력에 1.8kg/cdG을 더한 값 중 큰 값으로 정하여야 한다. 이렇게 함으로써 예기치 못한 압력변동에 대한 본질적인 안전이 확보될 수 있다.

4) 원료 및 액체축매 주입

인화성 액체를 반응기내에 주입할 경우에는 정전기 발생을 막기 위해 덤퍼 이프나 엘보우를 설치해야 한다. 원료나 축매의 주입속도가 빠를 경우로써 이상반응이 예상되는 때에는 RO(Restriction Orifice) 등을 공급 배관에 설치하여 유량을 제한하도록 하여야하며 과잉 투입을 막기 위하여 중간 탱크를 두어 자연 유하식으로 투입할 수도 있다.

5) 고형물 투입

인화성 또는 독성이 있는 액체를 취급하는 회분식 반응기에 고형물을 투입하는 경우에는 조작자가 개방된 반응기로 부터 화학물질에 노출이나 위험한 상태에 접하지 않도록 로타리 밸브, 스크류우히드와 같은 설비를 이용하여야 한다. 또 적절한 계장설비와 절차가 준비되어야 하며 밸브나 슈트가 막히지 않도록 주의를 기울이는 방안 등이 포함되어야 한다.

6) 교 반

교반기 날개가 손상되는 등 실제로 교반이 되지 않아 이상반응을 야기할 우려가 있는 경우에는 교반기 이상 감지 및 경보장치를 설치해야 하고 이상이 있을시는 원료나 축매 공급이 차단되도록 연동되어야 하고 재기동 시퀀스가 마련되어야 한다.

또 중합반응과 같이 중요한 반응기에는 정전시에도 전기를 공급할 수 있는 백업시스템을 갖추어야 한다.

7) 이상반응을 대비한 공정조치

이상반응이 일어날 수 있음이 알려져서 이를 위해 대형의 안전장치가 필요한 곳에서는 반응 억제제의 투입을 고려하여야 한다. 또 이러한 때에는 독립적인 기능을 갖는 별도의 온도계를 설치하여 일정한 고온을 읽어서 후속 보완조치가 될 수 있도록 연동되어야 한다.

반응속도를 감소시키기 위해 냉각제나 희석제의 양을 조절할 수 있을 것.

이 조치는 공정설계나 상세설계시 고려되어야 하는데

- 반응물질과 반응하지 않는 물질 선정
- 반응기에 충분한 여유 공간 확보
- 진공에서 운전될 경우는 긴급 진공 파괴장치
- 반응을 중지시키기 위한 반응억제제 공급

이 때에는 반응억제제 주입량에 따른 반응속도의 변화를 검토해야 한다.

- 반응물질의 긴급배출

반응물질을 찬 희석제가 있는 곳으로 긴급히 배출할 수 있도록 하여야 하며, 배출하는 과정에서 배출배관이 막히거나 차단되지 않도록 해야한다.

8) 불활성화

반응 중 폭연을 발생할 우려가 있고 반응기가 폭연의 내압에 견디지 못하도록 설계된 경우에는 보통 질소와 같은 불활성가스로 Blanket 하는 것을 고려하여야 한다. 이 원리는 인화성 증기와 공기가 혼합되어 폭발 분위기를 형성하지 못하도록 하는 것이다.

불활성가스의 공급은 공급압력과 유량을 지속적으로 감시하여야 한다.

따라서 다음과 같은 조치가 필요하다.

불활성가스의 유량과 압력의 제어 및 감시

연속 또는 간헐적인 산소농도의 측정

충분한 불활성 상태를 유지하기 위한 운전절차 및 절차를 위한 컴퓨터 프로그램 등에 정확한 자료제공

9) 가열 및 냉각 시스템

비정상적인 운전시 반응기로 부터 열을 제거하기 위한 시스템이 설계되어야 하는데 이상반응이 일어날 수 있는 경우에는 이상반응이 일어날 수 있는 온도에 도달하지 않도록 온도와 연동되어야 한다. 또 냉각과 가열이 동시에 요구되는 경우에는 안전 및 보건상의 문제점에 대해 충분히 검토한 후 매체를 선정하여야 한다.

10) 그래스 라이닝 반응기의 주의점

그래스 라이닝 반응기에서 주의해야 할 사항은 열적 쇼크와 부식에 의해 라이닝 재질인 유리가 깨지기 쉽다는 점이다. 따라서 반응기를 제작하고자 할 때에는 반응물질, 반응조건, 운전사이클 등을 고려하여 적절한 유리를 선정해야 하고 주기적으로 편홀이 생겼는지의 여부를 검사하여야 한다.

열적 쇼크 가열과 냉각을 반복적으로 하는 회분식 반응기는 온도의 변화에 의해 손상을 받을 수 있다.

- 더워진 유리면에 급작스러운 찬액체의 접촉
- 냉각된 자켓트에 급작스러운 열매의 순환
- 냉각된 용기에 뜨거운 유체의 급작스러운 공급
- 덥혀진 자켓트에 급작스러운 냉매의 순환

부식

산과 알칼리는 부식의 정도 차는 있지만 여러가지 형태로 유리를 부식시킨다. 또 온도가 높으면 높을수록 부식도 촉진되고 유체의 비점을 넘으면

아주 급격히 부식이 일어난다.

부식을 방지하기 위해서도 Dip pipe로 유체를 액체에 직접 주입하는 것이 효과적이다.

11) 제어 및 계기

이상반응시 제어를 위한 System 설치

발열반응인 경우 High Temp. Alaram & Control 및 S/D System 설치

압력 및 온도지시계 설치

압력 및 온도경보계 설치

압력 및 온도기록계 설치

액상반응인 경우 액면지시계, 경보계 및 기록계 설치

온도, 압력, 액면 제어시스템 설치

산화반응의 경우 폭발 범위 밖에서 제어하기 위한 시스템(산소분석계)의 설치

적절한 안전밸브의 설치여부(중합 또는 부식성 물질을 취급하는 경우에는 안전밸브와 파열판을 직렬설치 및 압력계의 설치)

촉매 재생 또는 교체를 위한 시스템 설치

○ 농약산업의 현황

가.농약업계의 현황

우리나라 농약산업은 50여년간의 짧은 역사를 가지고있지만 외국의 기술 도입으로 시작해서,모방의 과정을 거치면서 머지않은 장래에 신물질을 창출할 수 있는 문턱에 와 있다고 하겠다. 현재 농약생산업체는 제품제조 전문업체가 6개,제품 및 원제제조 겸업체가 5개, 원제만 전문으로만 업체가 17개등 총28개 업체가 설립되어 있다.

나. 농약의 유통체계 및 생산 출하상황

현재 농민에게 공급하고있는 농약의 유통체계 시판농약과 농협농약으로 2원화 되어 있다.

농협에서 취급하는 농약중 수도용약인 살균제는,정부가 농약계정을 설치하고 농협중앙회로 하여금 농약을 구입 판매토록 하여 농약수급의 원활과 가격안정을 도모 하도록 하고 있다.

일반적으로 정부가 농협을 통하여 계획 공급하는 농약을 정책농약이라고 하는데,그동안 정책농약은 시판농약의 과도한 저격조작억제,돌발 병해충 발생시 농약수급 불균형의 해소등 기여한바가 크다.그러나 81년 부터 품목허가제에서 품목고시제로 전환된후 인건농약 품목은 제조업체가 경쟁생산 하므로써 농약수급상 부족현상은 일어나지 않고 있으나 과다경쟁으로 유통질서의 문란을 야기 하기도 한다.

그러나 품목고시제도로 인하여 대량 사용하는 품목은 거의가 공통품목화되어 가격이 떨어져서 농민부담이 감소되어 식량증산에 공헌한바도 크다하겠다.

한편 농협농약의 농약계정 측면에서는 정책농약의 낮은 판매마진을,공동방제 농약의 무이자,외상 공급에 따른 이자 부담과 재고농약 금리등으로 적자가 늘어나 정부는 농협중앙회에 재정보전을 하여야 할 입장이다.

따라서 정부에서는 정책농약 제도를 폐지하고 돌발병해충 농약의 원제만을 비축하여 예기치 않은 병해충 발생에 대비토록 하는 방안을 모색하여 90년도 이후부터는 농협농약의 판매를 자율화해 나갈 계획을 가지고 있어,시중의 농약 판매는 농협과의 판매경쟁이 더욱 치열해질 것으로 예상된다.

연도별 농약공급 생산 및 출하량은 표10과 같고 88년도 농약생산량은 87년도 22,582 M/T보다4%가 감소된21,768 M/T으로서 작물별로는 제초제가 4,396 M/T으로 전년도 4,200 M/T 보다 다소 증가된 반면, 수도용은 7,243 M/T으로 8%,원예용은 8,255 M/T으로 1%,기타 약제는 1,909 M/T으로 14%가 감소되었다.

농약 매출액은 총 2,660억원으로 전년도 2,686억원보다 다소 감소 되었으며 출하량은 21,967 M/T보다 5%가 감소되었다.

이를 약제별 작물별로 보면 살균제 8,146 M/T (37.1%),살충제 7,250 M/T (33%),제초제 4,591M/T(20%), 기타약제 6%가 각각 감소 하였으며 작물별로는 수도용의 살균제는 2,878M/T 살충제는 4,164M/T으로 전년도 살균제 3,042M/T,살충제4,957M/T 보다 5%, 16% 씩 감소 하였고 원예용의 살균제는 5,268M/T 살충제는 3,068M/T으로 전년도와 같은 수준이며 제초제에 있어서 답작은 2,686M/T으로 2,864 M/T 보다 6%가 감소되었고 전작 및 기타 과원잡초는 1,905 M/T 으로 전년도 1,802M/T 보다 6%가 증가했고 생장조정제 및 기타약제는 591M/T, 1,389M/T 출하되었다.

다. 농약의 품목고시 및 등록 현황

품목고시를 위한 시험신청은 농약제조업체가 자체시험을 2년이상 실시하여 병충해 방제에 적합하다고 판단되는 농약에 대하여 농촌진흥청 농약연구소에 신청한다. 신청받은 농약연구소에서는 농약관리분과위원회를 개최하여 시험항목에 대한 약제를 선정하고 시험실시 기관도 선정한다.

농약관리분과위원회는 살균제,살충제,제초제,독성 및 잔류성의 5개 분과위원회로 나누어져 있으며 각 농약은 해당 분과위원회의 결의를 거쳐 시험이 실시된다.

분과위원회는 ,관계공무원, 학계,업계 등의 전문인 7~10명으로 구성되며 농약에 대한 생물학적,이화학적,환경학적 타당성을 검토한다.

시험 실시기관은 농촌진흥청 산하 기관 국공립시험연구기관 및 검사기관과 농업계 대학등이다.

시험실시 기관으로 선정된 기관에서는 약효 약해 독성 및 잔류성 시험을 실시 하는데 시험실시 기간은 약효 약해의 경우 2년이며 회신 자체시험 2년까지 합하면 최소한 4년이 소요된다.시험결과는 농약관리 분과위원회에서 평가하여 병충해 방제용으로 적합한 농약일 경우 농림수산부장관에 보고하고 농림수산부장관은 이를 농약관리위원회에 상정 심의한후 합격한 농약을 품목고시한다.

고시한 품목에 대하여는 농약제조 업체는 원제공급증명과 제조 처방전을 첨부

부하여 농림수산부에 등록하고 생산하여 판매한다.

<표7>고시품목수 및 등록 현황

1989. 8.31. 현재

구분		농약명수	품목수	상표수	등록건수
합계		80(7)	448(17)	295(9)	960(20)
수 도 용	계	20(4)	106(17)	65(7)	231(15)
	살 균 제	소계	8	47	114
		종자소독약	1	5	10
		도열병약	2	24	60
		잎집무늬마름 병약	1	10	18
		흰잎마름병약	1	3	18
		기타	3	5	8
	살 충 제	소계	13(4)	59(12)	117(15)
		멸구약	3	26	51
		이화명나방약	10(4)	33(12)	66(15)
		기타		24(7)	66(15)
원 예 용	계	45(4)	239(5)	158(2)	517(5)
	살균제	24	103	75	213
	살충제	21(3)	136(5)	83(2)	304(5)
기 타	계	14	103	72	212
	제초제	5	83	61	153
	생장조정제	7	15	9	35
	기타	2	5	2	24

*()내는 살충, 살균제

○ 농약산업의 전망

가. 농약소비전망과 농약 국산화추진

앞에서 88년도의 농약생산 및 출하에 대하여 살펴본바 있다. 연도별 출하량 추세를 볼 때 해마다 일정량의 농약이 생산출하되지 않고 그해의 기상상태 재배환경 및 재배방법 품종 등과 병해충의 발생양상이 달라지게 됨에 따라 농약의 출하량 즉 소비량은 크게 영향을 받으며 그 변동폭이 심하나 60년대에서 85년까지의 년평균 소비 증가는 15%로 소비량이 많이 늘어 났으나 80년대에 들어와서는 평균 증가율이 현저히 떨어졌다.

이의 평균 증가율은 3~5%로 60~70년대 증가율보다 현저히 줄어들었다.

앞으로 우리나라 농약 소비추세를 예견하여 볼 때 지나온 과거보다는 증가폭이 둔화될 것으로 생각된다.

이는 환경공해문제와 농약잔류문제, 국민소득증가와 더불어 화학물질의 식품 및 환경오염에 대한 소비자들의 우려가 더욱 높아지고 농촌인구의 노령화 부녀화가 더욱 심해질것으로 보아지기 때문이다.

또 농약 국산화 비율을 살펴보면 앞에서 살펴본바와같이 현재까지의 국산화율은 매년 조금씩 늘어나고 있으나 물질특허의 도입과 선진국의 무역개방 압력에 따라 크게 둔화될것으로 예상된다. 그러나 업계의 오랜기간 축적된 기술이 있기 때문에 신물질창출도 머지 않아 이룩될것으로 전망된다.

그리고 수출농약도 더 많은량이 점진적으로 늘어날것으로 본다.

나. 신농약개발의 전망

농약개발에 소요되는 경비와 기간을 보면 실물질 하나를 창출하는데 소요되는 비용은 약 200억원, 기간은 7~11년이 소요된다고 한다.

또한 농약은 인축이나 자연환경에 대한 고도의 안전성등이 더더욱 요구되기 때문에 앞으로의 농약은 유용생물의 보호 및 재배작물의 높은 안전성을 동시에 만족시키면서 잡초나 병해충에 대해 광범위한 생물학적 효과가 있고 소량

사용으로 높은 효과를 가져올수 있으며 여러면으로 만족할 수 있는 농약 출현이 요구된다.

따라서 이에 적합한 농약개발은 저독성이면서도 기존의 유기합성농약과는 달리 새로운 농약으로 보다 효과를 볼 수 있는 각종 동식물이나 미생물로부터 새로운 유용물질들을 개발하거나 이들의 유도체들을 농약으로 개발하는 것을 바라고 있다.

특히 과학기술의 발달과 더불어 최근 이들 유용물질들의 화학구조가 계속 밝혀지고 있어 유기화학공업의 새로운 도약을 가져올수 있으리라 생각된다.

또한 유전자 조작 세포배양등 소위 생물공학을 이용해 이들을 생산농약으로 이용하려는 연구들이 활발히 시도되고 있는데 이들 또한 기대해 볼만하다.

특히 유기합성화학농약에 대한 각국 정부의 규제 강화, 병해충에 대한 내성이나 저항성 문제, 개발비용과 시간이 유기합성화학 농약개발에는 많은 어려움임 예상되지만 생물농약은 유기합성 화학농약에 비하여 짧은 시간과 적은 비용으로 개발할 수 있어 현재까지의 시장 점유율은 극히 낮지만 최근 이들 생물 농약에 대한 연구개발이 일본 미국 등의 여러나라에서 활발히 진행되고 있어 향후 상당한 진전이 있을것으로 예측되어진다. 또 우리나라의 농약개발 전망에 있어서는 각 연구기관에서 꾸준히 개발 연구에 전력을 경주하고있어 멀지 않은 장래에 신물질이 창출될것으로 확신한다.

다. 농약수입 자유화등에 따른 전망

정부는 이제까지 수입을 제한하여 오던 농약완제품을 89. 7. 1. 부터 78개 품목에 대하여 우선 수입이 가능하도록 조치한바 있고 년차적으로 개방을 확대하여 93년 부터는 전면 개방토록 하는 한편 농약제조업 허가 제도도 93년부터 전면 자유화 하도록 하였다.

따라서 기존 농약은 수입농약과 경쟁이 불가피하게 되며 수입제품보다 품질 및 가격면에서 우위에 있어야만이 경쟁력이 살아남게 될 것이다.

농약산업이란 자체가 농민을 상대로 하는 산업이고 그해의 병충해 발생양상

에 따라 수요변동이 심하고 외상판매로 인한 대금회수가 부진할 뿐만아니라 계절산업으로 단기간에 많은 생산자금을 투입하여야 하는등 경영상 어려움이 많고 또 사용자의 이해부족으로 약해발생, 약효저하, 인축독성, 환경공해 등의 안전성문제가 크게 제기되고 사회문제화 되고 있는 것도 사실이다.

모든 산업들이 나름대로 문제점을 가지고 있지만 그 문제점을 확실하게 분석 검토하여 그에 대한 대책을 강구해야만 그 산업이 계속발전하고 그렇지 못한 경우에는 도산하는 경우를 우리는 많이 보아왔다.

그러므로 농약산업도 약효 약해 독성문제를 계속 검토 분석하여 효과가 크고 경제성이 높으며 안전성이 보장되는 저독성농약을 개발보급해야하며 사용자에게 대한 안전사용 계도를 더더욱 실시하여 국민모두가 안심하고 먹을 수 있는 식품을 생산하도록 최선의 노력을 기울여야 할 것이다.

○ 농약의 유해성과 그 대책

농약의 안전성 문제(독성 및 잔류성)는 농약을 제조하는 사업장의 근로자, 농작물을 재배하는 농민이나 이를 이용하는 일반 소비자 뿐만 아니라 나아가서 환경보전이라는 측면에서 볼 때 결코 소홀히 다룰 수 없는 우리 모두에게 매우 중요하면서도 어려운 과제로 등장하게 되었다.

아울러 소득의 증가로 생활수준이 향상됨에 따라 대부분의 사람들은 건강에 대한 관심이 크게 높아져서 우리가 매일 섭취하는 식품에 발암성과 관련이 있는 유해성 농약성분이 잔류하고 있지는 않을까 하고 많은 우려를 하게 되고 심지어는 공포심마저 갖게 되는 경우도 있을 것이다.

농약은 개발과정에서 약효·약해는 물론 급만성독성 및 발암성, 최기형성 등 특수독성과 환경에 미치는 여러 가지 영향 등에 관한 실로 광범위한 분야에 걸쳐 수많은 시험을 거쳐 그 결과를 면밀히 검토하고 농업등 사회경제적인 측면을 고려 유익성/유해성을 종합 평가한후 안정성이 보장되는 약제에 한해서만 엄격한 법절차에 법절차에 따라 등록 사용되고 있다.

그러므로 농약은 정도의 차이는 있으나 독성을 가지고 있으며 또한 유익성도 갖고 있어 이의 사용여하에 따라 우리 인간에게 악영향을 줄 수도 있으므로

로 흔히 농약을 “경제적독물”이라고 부르는 이유도 여기에 있다. 따라서 농약의 사용여하에 따라 우리 인간에게 이익이 되기도 하고 또한 나쁜 영향을 끼칠수도 있기 때문에 우리는 농약이 갖는 특수성인 이러한 양면성(유익성과 유해성)을 잘 저울질하여 유익성이 극대화되 유해성이 극소화되도록 온갖 노력을 기울이고 있다.

▽ 농약의 위해성

앞서 언급한 바와 같이 농약은 병해충 및 잡초를 죽이기 위한 약제이므로 대부분의 농약은 정도의 차이는 있으나 독성을 갖고 있기 때문에 인체내에 흡입되면 갖가지 피해를 야기하게 된다. 따라서 농약은 제조허가시에 독성에 대한 안전성 평가를 엄밀하게 거친후에 등록·사용토록 허가하고 있다.

가. 농약의 독성평가

농약의 독성평가는 결코 쉬운 문제는 아니지만 , 일반적으로 독성 평가시에는 단기적인 급성독성과 중·장기적인 만성독성으로 구분하여 평가하고 있는데, 만성독성과 특수독성이 더욱 중요하게 여겨지는 것은 사실이지만 그 평가 기법이나 기준이 매우 어렵다는 단점 때문에 급성독성만으로 평가하는 경우도 있다.

우리나라에서도 어떤 농약이 새로 품목고시 되기 전에 반드시 해당 농약에 대한 독성평가를 농약관리위원회 독성분과위원회에서 종합검토하고 있다. 이때에는 해당농약의 급성독성 뿐만 아니라 만성독성, 발암성, 최기형성, 차세대 에 미치는 영향, 돌연변이성 등 특수독성은 물론 조류, 어류와 꿀벌, 누에, 천적 등 유익곤충 및 환경생태계에 미치는 영향 등 실로 광범위하게 안전성을 종합평가하고 있으며, 이미 품목고시되어 사용중인 농약이라도 외국에서 그 유해성이 크게 문제시 되면 자료나 정확한 정보를 신속하게 입수하여 독성분과위원회 및 농약관리위원회에 상정, 면밀히 검토·심의한후 계속사용 여부를 결정하게 된다.

나. 독성의 구분

1) 급성독성

농약을 제조, 판매, 운반시에 또는 살포중 흡입 및 접촉에서 오는 중독과 자살·타살에 이용되는 등의 중독사고는 급성독성의 문제인데, 이에는 농약의 섭취경로에 따라 경구독성, 경피독성 및 흡입독성으로 구분한다.

○ 급성독성의 표시

농약의 독성은 동물의 종류, 계통성, 투여방법 및 환경에 따라 크게 차이가 나는데 일반적으로 경구 및 경피독성은 rat, mouse, 토끼, 개 등의 실험동물에 동일조건인 환경에서 약제를 입이나 피부를 통해 투여하여 처리된 동물중 반수(50%)가 치사될때의 동물개체당 투여된 약량을 체중 kg당 mg으로 나타내고 흡입독성은 mg/l공기(4시간 1회노출)로 나타내고 있다. 이를 반수치사약량(LD50)이라 하여 독성구분에 사용하고 있는데 실험동물의 50% 치사량을 기준으로 하는것은 치사율이 50%에 상당하는 부근에서는 약간의 약량차이로 치사율은 그림1에서 보는 바와 같이 커다란 차이를 나타내기 때문인데, 치사율을 세로좌표, 약량수준을 가로좌표로 하여 그래프를 그리면 일반적으로 S자 곡선(sigmoid현상)의 용량반응곡선을 얻을 수있다. 그리하여 LD50 또는 ED50으로 표시하게 되는데, 동일한 약제에 대해서도 시험조건이나 방법이 다르면 LD50 이나 ED50값이 다르므로 반드시 시험법을 동시에 표시하도록 하여야 한다.(LD는 Lethal Dose, ED는 Effective Dose)

농약의 독성은 급성중독에 의한 사망율로서 판정하는데, 이 시험에서는 실험동물에 대하여 경구, 경피적으로 약제를 투여하는 보통이나 피하, 복강, 정맥, 주사법을 이용하여 치사량을 결정하기도 한다.

○ 우리나라에서의 독성구분

우리나라에서의 농약독성 구분은 FAO/WHO의 분류기준에 따라 <표5>에 서와 같이 맹독○, 고독성 및 보통독성으로 구분하고 있는데, 현재 사용하고 있는 448품목을 이표에 의해 분류해 보면 맹독성 농약은 파라치온 유제(47%)와 테믹 입제(15%) 두 품목뿐이며 고독성 농약은 이피엔 유제등 33품목이고

나머지 대부분(92.2%)은 보통독성이다. 고독성 이상의 농약비율이 7.8%로서 이는 일본의 23.7% 보다 훨씬 낮다(표 6참조)

<표 8> 우리나라에서의 농약의 독성구분

투여경로 제제형태 구분	경구독성(mg/kg)		경피독성(mg/kg)		흡입독성 (mg/lair) (4시간 1회노출)
	고체	액체	고체	액체	
맹독성	5미만	20미만	10미만	40미만	0.5미만
고독성	5~50	20~200	10~100	40~400	0.5~2.0
보통독성	50이상	200이상	100이상	400이상	2이상

*고체 및 액체의 적용구분은 사용시 형태에 따라 분류

<표9> 유통농약의 독성별 분포 (품목수)

구분	맹독성	고독성	보통독성	계
한국('88)	2(0.4)	33(7.4)	413(92.2)	448(100)
일본('87)	25(1.2)	453(22.5)	1,542(76.3)	2,020(100)

농약제조공장은 다른 화학제품제조업에 비해 원료, 중간체 및 제품이 대부분 독성 또는 가연성 물질로서 누출이나 폭발, 화재시에 그 규모가 대형재해를 유발할 수 있는 위험성을 내포하고 있으며 취급되는 대부분의 가연성 물질이 유기용제로서 근로자가 유기용제에 피폭시에는 건강장해를 야기시켜 직업병이 항상 뒤따르게 된다.

이러한 사실을 뒷받침 해주거나 하듯이 금세기 최대 산업재해로 알려진 인도 보팔시의 MIC공장 누출사고는 우리에게 타산지석의 교훈을 실감하게 하여 주었다.

이에 인간존중의 정신에 바탕을 두고 재해예방을 추구하는 당공단에서는 유

비무환의 일환으로 '88년도에 농약공업협회 회원사인 25개 업체를 대상으로 국내농약제조업체의 안전관리실태를 점검하였고 '89년도에는 '88년도 개선요청사항의 시행여부와 각 사업장에서 취약할 수 있는 안전기술상의 지도를 실시하게 되었다.

▽ 농약제조공정의 특징

농약을 제조하는 공정은 대부분이 회분식(Batch)공정으로서 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

한 개의 설비로써 다품종의 생산품을 계절적인 수요에 맞게 제조하는 공정이다. 따라서 생산계획과 제품의 변경에 따라 취급물질과 생산설비 및 작업내용의 변경이 수반된다.

복잡한 화학구조를 가진 위험성이 잘 알려지지 않은 물질을 취급하는 경우가 많다.

제품을 생산하기 위해 화학반응, 종류, 추출등이 단위조작을 반복해서 실시하므로써

반응기등의 기동, 정지 설비기기내의 세척 및 원료의 투입등 인력에 의한 작업빈도가 높다.

운전조건의 설정이 각회마다 행해지므로 온도나 생성물의 조성등이 각회마다 현저한 차이가 있을 수 있다.

운전조건의 변화가 크므로 해서 설비의 자동화 및 최적화가 일반적으로 곤란하다.

일반적으로 반응기 내부의 계의 상황(생성물의 종류와 양, 발생영량 등)이 시간의 경과에 따라 변한다.

일반적으로 플랜트의 운전은 주문생산의 형태로 제품의 종류 양 및 납기가 한정되어 있는 경우가 많다.

현재 농약공장의 주용한 공정설비는 대체로 반응기, 응축기 및 각종 화학물질을 저장하는 탱크로 구성되어 있다.

작업공정에서 발생가능한 유해가스나 분진은 근로자의 건강장해를 일으켜 직업병을 유발할 뿐만 아니라 이로 인하여 사고를 유발한다

진단 및 지도과정에서 파악된 결과를 살펴보면 국소배기시설을 설치하였으나 몇 개의 사업장은 형식에 그친 인식을 받은 곳이 있었으며, 특히 유기인제 입제 포장공정에는 공히 근로자가 많이 상근하는 장소로서 자동포장, 포장기의 밀폐, 국소배기 장치의 개선 및 보호구의 착용 등의 조치가 필요하다.

○ 농약공장 근로자의 농약중독예방

농약에 의한 각종장해를 예방하기 위해서는 무엇보다도 농약의 피부접촉이나 흡입을 최대한 방지하는 데 있으며 그 방법은 다음의 3가지 방향에서 검토되어야 한다

1. 설비의 안전화
2. 환경의 안전화
3. 근로장의 안전화(교육, 점검, 보호구 착용 등)

가. 설비의 안전화

화학산업은 장치산업인 동시에 작업공정이 대부분 자동화 되어 있으므로 이상 발생시 즉각적인 경보와 차단 압력 조절 등 안전장치가 완전하도록 유지되어야 하므로 부단한 점검과 관리가 용망된다. 이러한 점검과 관리는 작업과정에서 작업의 일환으로 이루어져야 한다. 이러한 점검내용은 각종 계측장치의 정상작동 여부, 각종 밸브의 정상치 여부, 국소배기장치의 정상작동 여부, 보호구의 이상유무 및 작업후 정비보존, 농약의 누출 여부, 부식설비의 파손 및 부식상태 등이다.

나. 환경의 안전화

공장 근로자는 자신이 작업하는 작업환경을 항상 정도하고 청력을 유지해야

한다. 특히 농약을 운반 또는 용기에의 투입, 포장 작업등을 하다보면 바닥이나 운반 경로에 누출되거나 확산되는 경우가 있다. 이런 경우 근로자는 확산 누출을 최소한 억제하고 부득이 하여 누출되었을 때는 작업후 즉시 제거작업을 하고 환기장치나 국소배기장치를 가동하는 것을 잊어서는 안된다.

다, 근로자의 안전화

농약을 취급하는 근로자는 반드시 보건안전교육을 이수한 후 취업해야 하며, 규정된 보호구를 확인하고, 착용한 후 작업에 임해야 하며, 작업후에는 농약을 제거 보존한다. 또한 작업후에는 세척을 철저히 하고 작업복과 평상복을 함께 보관하지 말아야 함과 동시에 지시받지 아니한 작업을 임의로 하여서는 안되며 안전수칙을 꼭 지켜야 한다

● 가축제조업

동물의 표피를 박리하여 피복류 등을 비롯한 여러 가지 용도에 사용하였음은 인류발상과 거의 동시에 시작된 것이라 할 수 있다.

우리 나라의 표준산업분류에 의하면 가축제조업은 원모피와 머리부분이 달린 원피를 제외한, 각종 원피를 가공 처리하여 가죽을 생산하거나 재생가죽을 제조하는 산업활동을 말한다. 원피 가공업은 소, 말, 양, 염소, 파충류, 아가미동물 등의 원피를 무두질, 다듬질, 끝손질, 돌음 새김질 및 윤내기, 염색 등을 하여 각종 천연가죽을 생산하는 산업활동으로 유연 처리 가죽 제조, 무두질 가죽 제조, 원피 가공처리, 천연가죽 제조, 가죽염색 및 가공처리 등이 있다. 재생 및 특수가공 가죽 제조업은 천연가죽 조각 및 부스러기를 접착제 등으로 응집·집합시켜 재생가죽을 생산하거나, 기타 가공 처리하여 특수 가공가죽을 제조하는 산업활동으로 세무가죽 제조, 금속화 가죽 제조, 파치먼트 가죽 제조, 재생가죽 제조, 폐이턴트 가죽 제조, 특수 가공가죽 생산 등이 있다.

원피는 여러 가지 복잡한 단백질로 되어 있는 데, 동물의 종류에 따라 구조가 다르며, 같은 수피라 할 지라도 부분에 따라 다르다 .학술적으로 수피

(hides)란 소와 말 같은 큰 동물의 피를 말하며, 원피(skins)란 염소, 양, 송아지 같은 작은 동물의 표피를 말하고, 킵(kip)은 때때로 완전성숙된 송아지보다 조금 작은 동물의 표피에 쓰이는 말이다. 가죽제조자에게 입수되는 원피는 상피층, 진피층, 피하조직의 세층으로 분류된다. 이 가운데 진피층이 원피의 가죽형성 부분이고, 주로 단백질인 콜라겐(collagen)과 엘라스틴(elastin)으로 되어 있다. 그러나 동물의 원피는 그 성질이 막연해서 잘 알려져 있지 않으며 가죽과 제혁 공업에 있어서 화학과 기술은 매우 복잡하다.

가죽 공업의 복잡한 기술은 피부에 영향을 주는 많은 활성 물질, 즉 효소, 박테리아, 염기, 산, 타닌산, 타닌 대용물, 유지, 염 등에 의하여 더욱 복잡해진다. 제혁의 품질은 제혁 공정간에 처리하는 약품에 따라 크게 좌우되기 때문에 제혁 기술의 Know-how란 결국 사용 약품과도 직결된다고 볼 수 있다. 제혁 공업에 있어서 싼 가격으로 좋은 가죽을 만들기 위해 새로운 시약들이 계속 연구되고 있다. 제혁공업은 화학약품들을 많이 소비하는 산업이다. 따라서 가죽제조공장의 산업보건문제는 다양한 화학물질의 특성과 독성을 파악하여 이에 적합한 예방대책을 강구하는 것이다.

1970년대 들어 선진국에서 환경오염문제와 노동력 확보의 어려움 등으로 선진국의 제혁 산업이 사양화되면서 발전의 기틀을 마련한 우리 나라의 제혁 산업은 80년대에는 약 400업체에 이를 정도로 성장하였다. 그러나 우리 나라에서도 과거 선진국에서 겪었던 과정을 겪고 있어서 1996년도 광공업통계조사보고에 의하면 우리 나라에 가죽제조업체의 수는 266 개으로 감소하였다. 이 가운데 소가죽 제조업체가 188개로 가장 많았으며, 돼지가죽이 37개, 양가죽이 16개 등으로 현재 우리 나라의 가죽 생산 구조를 살펴보면 종류별로 생산량의 90%이상을 우피가 차지하고 있고 용도별로는 가죽제 신발 및 가죽제 의류용이 주종을 이루고 있다.

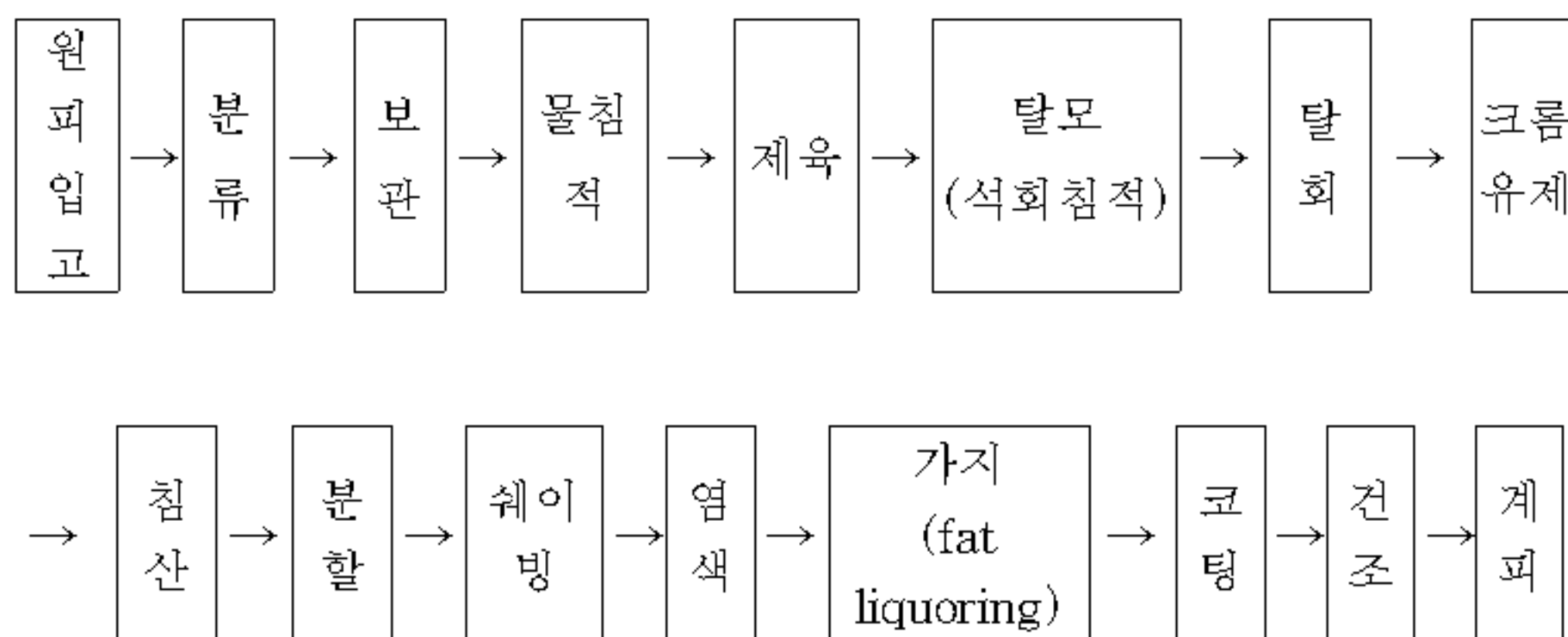
○ 가죽제조(제혁)공정

동물의 표피를 정련 순화하여 기본 성분인 단백질 섬유소 조직을 정착하여 고정시키거나 필요에 따라 염색가공을 실시하는 것을 제혁(leather

manufacturing)이라 한다. 이와 같은 제품을 제혁 또는 숙피라고 한다.

제혁공정은 크게 준비공정(preparation)→유제공정(tanning process)→마무리 공정(finishing) 등의 3단계로 진행된다. 준비공정은 원피에 존재하고 있는 유해 또는 불필요한 성분을 화학적 방법이나 기계적인 방법으로 제거하는 것으로 주로 털과 원피에 붙어 있는 잔류 육질 등을 제거하는 과정이다. 소가죽 하나의 무게가 30-40kg정도나 되어 준비공정은 노동력이 가장 많이 요구되는 작업인데다 열악한 작업환경으로 근로자들이 기피하는 공정이다.

다음은 진피층의 기본 단백질인 섬유 조직(콜라겐)을 여러 가지 유제(tanning agent)로 처리하여 고정시키고 내수성을 부여하여 상호간의 접착을 방지하고 콜라겐섬유간의 결합을 강화하는 유제 공정(또는 유성공정)이 실시된다. 이공정은 식물성 타닌을 사용하는 식물성 제혁공정(또는 타닌 제혁공정)과 크롬을 사용하는 크롬 제혁공정이 있다. 마지막 공정으로서 외관을 개선하고 물리적 성질을 개선하기 위하여 염색(dyeing), 연마(buffing), 광택 부여 및 프레스, 도장 등의 끝맺음(finishing)을 한다. 크롬 제혁공정을 보다 세분화한 것이 그림 1이다.



[그림 4]. 크롬 제혁공정

1) 준비공정

준비공정은 먼저 원피를 용도에 따라서 잘 선정하여 구별하고 유제공정에 적응하도록 준비하는 작업이다. 이와 같은 작업의 순서는 다음과 같이 요약된

다.

① 만약 원피를 선별, 검사하고 소독을 한다. 원피는 쉽게 상하기 때문에 부패를 방지하기 위해서 농약, 염화아연(zinc chloride), 염화수은(mercury chloride), 클로로페놀(chlorophenol) 등을 사용하여 소독처리 한다.

② 원피는 12-24시간 동안 물에 담그고, 가죽에 붙어 있는 육질을 제거한다.

③ 원피는 어느 정도 털을 제거하고, 포화 석회 용액에 황화 나트륨 혹은 수황화물(sulfahydrate)과 디메틸아민 및 계면활성제과 같은 탈모 촉진제를 첨가하여 3-7일 동안 처리한다. 석회처리(liming)란, 수피로부터 상피층과 털을 느슨하게하여 제거를 용이하게 하는 것으로 대개 나무통이나 콘크리트통에서 행한다. 석회용액에 침적시키지 않는 다른 방법으로는 탈모의 효과가 있는 석회반죽, 황화물(sulfide) 등을 원피의 육질층의 표면에 바르는 방법이 있다.

④ 잔존하는 털은 기계나 손으로 제거한다.

⑤ 털이 깨끗하게 제거된 원피에 있는 석회를 제거한다. 이것을 탈회공정(deliming)이라고 하며 사용되는 약품으로는 황산암모늄(ammonium sulfate, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)나 암모늄 클로라이드(ammonium chloride, NH_4Cl)와 단백질분해효소등이 있다. 이 약품들은 석회용액으로 처리된 알칼리성의 원피를 중화시키는 작용과 탈석회화를 촉진하는 작용이 있다.

⑥ 물로 씻어 낸 후 수피는 제혁을 하기 위해 유제공정으로 들어간다. 크롬 제혁법으로 유제처리가 되는 경우에는 황산과 소금으로 조성된 액에 침전시켜두어야 한다. 크롬제혁 처리에 사용되는 유제(tanning agent)들이 알칼리 상에는 녹지 않기 때문이다. 이상이 준비공정이다.

2) 유제 공정

유제공정은 원피를 가죽으로 변화시키는 핵심적인 공정으로 소, 돼지 또는 양 등의 가죽을 화학물질(유제)로 처리하여 진피층의 단백질의 분자구조를 안정시켜 부패하지 않고 건조해지지 않으며, 내수·내열성을 가리게 하는 공정이다.

(1) 크롬제혁

크롬제혁 공정은 다음과 같다.

- ① 준비된 원피는 소금과 황산조에서 절인다.
- ② 이 절인 수피를 중크롬산나트륨 용액에 담근다.
- ③ 중크롬산염(dichromate)으로 포화시킨 원피는 환원 드럼에서 티오황산나트륨으로 처리한다.
- ④ 크롬염은 정치 드럼에서 원피에 붓사를 가함으로써 조직에 정착시킨다.
- ⑤ 세척후 가죽은 마무리를 위해(finishing)을 위하여 준비된다. 마무리 공정은 제혁의 두 방법이 어느 정도 비슷하다.
- ⑥ 무드질된 수피는 염색한다.
- ⑦ 이 가죽을 기름에 넣는다(가지공정; fat liquoring).
- ⑧ 이 가죽을 갈라서 더 얇고 부드러운 제품을 만든다(쉐이빙).
- ⑨ 이 가죽 표면을 다림질과 유리 실린더에 의한 가죽의 재킹으로써 광택을 낸다.
- ⑩ 재킷된 가죽은 건조시키고, 압착 세공시켜, 정확하게 측정한다.

이 공정은 복잡하며, 또 이것을 수행할 수 있는 경험자를 요한다. 크롬 제혁법은 위에서 든것과 같이 2 회분 공정(two-bath process)과 1 회분 공정(one-bath process)의 두가지가 있는 데, 최근에는 1회분공정으로 하고 있다. 1회분공정은 유제(tanning agent)로 황산크롬을 사용하고, 2 회분 공정(two-bath process)은 중크롬산 나트륨을 사용한다. 2회분공정에서는 작업자가 6가 크롬에 노출된다. 질과 조절면에서 더 잘쓰이는 1 회분 공정은 산처리한 원피와 소모된 피클액(pickling)을 포함한 목재 드럼에 크롬 용액을 가한다. 대개 펜타클로로페놀(pentachlorophenol)과 같은 곰팡이 억제제를 가한다. 제혁 조작이 완결될 때까지 5-6시간 동안 드럼을 회전시킨다.

크롬 제혁법으로 만든 가죽은 식물성 제혁으로 만든 것보다 얇고, 수명이 길다.

(2) 식물성 제혁(또는 탄닌제혁)

식물성 제혁 공정은 다음 과정으로 이루어진다.

① 준비된 원피는 잔존하는 석회를 중화하기 위하여 유기산(붕산, 젖산, 초산 등)으로 처리한다.

② 제혁은 몇 개의 제혁조에서 이루어지는 데, 표면 경화(casehardening)를 방지하기 위하여 처음에는 약하나 점차적으로 강하게 처리한다. 이 것은 1개월이 소요된다.

③ 이렇게 된 원피는 타닌(tannin)을 넣은 큰 통에 60일 동안 방치해 둔다.

식물성 제혁은 크롬제혁과 달리 구두나 벨트류에 사용하는 두꺼운 가죽을 만드는 데 사용된다. 식물성 제혁 시약의 활성 성분은 타닌산(tannic acid)이라 불리우는 복잡한 유기 화합물로 이루어졌다. 타닌산은 식물계에 아주 많이 있으며, 가죽 제조에 사용되는 공업적으로 중요한 타닌산을 얻는 주원천은 여러 종류의 나무, 관목, 식물의 껍질, 잎, 작은 가지, 열매, 꼬투리, 뿌리들이다. 타닌공정을 거친 가죽은 뻣뻣해진다. 식물성 제혁은 탄액과 수피를 넣은 나무통에서 행해진다. 최근에는 신탄(syntan)이라고 합성 타닌이 이용되고 있다.

4) 마무리 공정

제혁조작이 완결된 후 가죽을 빨리 건조시키면 매우 뻣뻣해져서, 갑자기 꺾으면 대개가 부러지며, 사용하기에도 적합하지 않다. 섬유는 부드러움을 주기 위해 매끄럽게 해야 한다.

흔히 필요로 하는 두께를 얻기 위하여 피대형의 칼날에 의하여 쪼갠다. 식물성 제혁 가죽은 때때로 세척하고, 표백하고, 혹은 갈고 닦는다. 표백과 세척은 대개 Na_2CO_3 와 NaOH 나 황산과 물을 포함한 회전드럼에서 이루어진다. 다른 표백제로서 산성 아황산 나트륨, 아황산, 아황산셀룰로오스 용액, 여러 신탄(syntan)들이 사용된다.

다음 조작은 유지와 그리이스와의 결합을 포함하는 것으로, 스테핑(stuffing) 또는 가지(fat liquoring)라 한다. 가죽은 젖은 것이든지 건조한 것이든지 손 또는 회전 드럼에서 기름이 첨가되는 데(stuff), 손으로 더욱 균일한 작업을 이룰 수 있다. 구두의 창가죽은 대개 황산마그네슘이나 셀룰로오스

같이 필요로 하는 성질을 주는 어떤 물질을 넣는다.

완성된 가죽의 색깔과 색깔의 명암은 염색과 마무리 공정의 결합에 의하여 이루어진다. 염색은 가지(fat liquoring)공정과 함께 하거나 또는 전후해서 이루어진다. 현재 대부분의 염료는 산성, 염기성 또는 직접염료가 사용된다. 염색에 있어 가장 일반적인 방법은 회전 드럼이나 교반 막대가 달린 통 속에서 한다. 가죽 생산에 있어 일련의 완결조작은 가죽에 대한 기계적 처리와 가죽에 마무리공정에 사용되는 각종 약품 처리하는 모든 것을 포함한다. 다음은 가죽 완결조작에 사용되는 가장 일반적인 물질들이다.

① 셀룰로오스 에테르 ② 왁스 ③ 수지 ④ 염료 ⑤ 안료 ⑥ 래커물질 ⑦ 방부제 ⑧ 용제, 향료. 비누, 술폰화 기름, 금속염, 가소제, 산, 알칼리 등이다

가죽 마무리공정의 기계적 조작은 스테이킹(staking, 가죽을 부드럽고 느슨하게 하기 위하여 가죽의 가장자리를 굽히는 것), 윤활제를 칠하는 것(glazing), 가죽을 부드럽게 하는 것(buffing), 가죽의 거죽을 도톰도톰하게 하는 것(graining), 다듬는것(trimming), 로울링(rolling), 솔질(brushing), 플레이팅(plating) 등을 포함한다.

○ 건강위험요인과 관리

가죽제조공장에 종사하는 근로자들은 생물학적, 독성학적 및 발암성 요인들에 의해서 발생하는 여러 가지 질병의 위험상태에 놓여 있다. 가죽제조공장에서 발생하는 특징적인 질병들은 근로자가 작업중에 질병발생위험요인에 노출되는 정도 및 기간과 관련이 있다. 그리고 이것은 근로자가 가죽제조공장에서의 직업과 작업장소에 따라 다르게 나타난다.

가죽제조공장에서 문제가 되는 건강위험요인으로는 미생물의 감염, 분진, 소독약품, 산, 알칼리 등의 각종 화학물질에 노출되는 것과 발암물질에 노출되는 것 등이다. 이외에도 소음노출과 인력운반작업등에 의한 근골격계 질환의 위험성이 있다. 보통의 소가죽 한 장의 무게가 30-40kg정도 이므로 기계화되지 않는 준비공정에서 작업하는 근로자는 육체적인 무리가 많이 따르는 중노

동을 하게 된다. 따라서 준비공정의 드럼을 비롯하여 제육(fleshing)과 할피(splitting) 등에 사용하는 기계를 자동화 시설로 교체하고 원피나 나피를 투입, 추출, 운송, 집적하는 작업이 기계적으로 이루어 질 수 있도록 함으로써 중노동이 요구되는 과정을 줄여나가야 한다.

준비공정에서 문제가 되는 것은 앞에서 언급한 무리한 육체적 노동 외에도, 건조된 가죽에서 나는 분진, 소독을 위해서 사용된 각종 약품에 노출되는 것과 원피를 취급하는 근로자는 탄저병과 같은 인수공통 질병에 감염될 위험성 등이다. 제혁 공정을 위해 준비공정에서는 원피의 상피를 제거하고 진피만이 제혁공정을 거쳐서 가죽이 되도록 한다. 상피를 제거하는 과정에서 감염(infection)은 지속적으로 근로자의 건강을 위협하는 요인이다. 왜냐하면 원피는 여러 가지 미생물의 서식처로서 이용되기 때문이다. 탄저균은 건조된 원피에도 포자형태로 남아 있기 때문에 원피를 취급하는 근로자의 몸이 헐었거나 칼에 베인상처가 있을 경우, 이 탄저균에 감염되기 쉽다. 감염초기에는 뽀루지만 생기고 통증이 없는 데, 뽀루지의 색깔이 자주색 혹은 흑색으로 변하면서 통증이 심해진다. 이 외에도 테타니(tetanus), 렙토스피라증(leptospirosis), 동물유행성 아프타(epizootic aphta), Q 열(Q fever), 부르셀라증(brucellosis) 등이 가죽제조공정에서 근로자가 감염된 원피 때문에 발생할 수 있는 감염성 질환들이다. 곰팡이의 집락이 형성될 수 있는 데 특히 *Aspergillus niger*과 *Penicillium glaucum*이 서식하게 된다. 곰팡이의 발육을 방지하기 위해서 염소화 페놀류 특히 펜타클로로페놀이 제혁공장에서 많이 사용된다. 이러한 화학물질은 근로자에게 독성이 있다. 흡입을 방지하기 위하여 적절한 호흡용 보호구를 착용하여야 하고, 근로자는 작업이 끝난 후에 비누 또는 연성세제로 피부에 묻은 오염물질을 씻어 내어야 한다. 이외에도 부패방지를 위해서 사용되는 약품으로는 다음 표 〇에 제시하였다.

<표10>. 가죽 부패방지를 위해서 사용되는 약품

소독약품	독성
염화아연(zinc chloride) 염화수은(mercury chloride), 클로로페놀(chlorophenol) 아염소산 소다 초산(acetic acid) 황화나트륨(sodium sulfate) 붕산(boric acid) 바이구아니딘 염산염 (biguanidine hydrochloride) 포름알데히드(formaldehyde) 나프탈렌(naphtalen) 백색비소(white arsenic)와 가성소다(NaOH) 불화규소산(sodium silico fluoride) DDT 6가염화벤젠 (benzene hexachloride)	무독성으로 취급 및 사용이 안전한 약품 이다. 알레르겐으로 작용한다

분진은 제혁 공장의 여러 공정에서 발생한다. 화학성 분진은 원피를 드럼이나 탱크에 적재할 때 발생한다. 가죽분진은 여러 가지 기계적 조작을 할 때 발생하며 특히 가죽을 부드럽게 하기 위한 버핑작업(buffing)에서 가죽분진이 많이 발생한다. 제혁 공장의 분진에는 털의 미세한 조각, 곰팡이, 배설물 뿐만 아니라 화학물질이 함께 혼합되어 있다. 따라서 효율이 좋은 국소배기시설이 제혁 공장에 필요하다.

피부습진과 접촉성피부질환들은 원피에 여러 가지 보존제를 처리하는 근로

자들에게 발생한다. 가죽제조과정에는 산, 알칼리등 여러 종류의 자극물질 뿐만 아니라 크롬을 포함한 많은 종류의 알레르기 반응을 유발할 수 있는 물질이 있다. 표 2는 이들 알레르겐의 목록을 제시한 것이다. 각 가죽 유제처리(tanning process)와 마무리작업을 하는 근로자들은 높은 피부질환을 발생을 가지고 있다. 우리 나라에서도 1991년도에 제혁공장 근로자들을 대상으로 한 피부질환의 역학조사에서 대상자 총 310명중 168명(54.2%)이 1가지 이상의 피부질환을 가지고 있다고 보고하였다. 피부질환에 문제가 되는 것으로는 준비공정에서 수유화소다, 유화소다, 소다회와 석회 등이 자극성 물질로 작용하며 유화소다는 특히 강해 화상을 입는다고 하며 세제, 방부제와 효소가 자극 또는 알레르기 물질로 작용한다. 유성공정에서는 개미산, 황산이 강산으로 화상의 원인이 되며 크롬이나 포름알데히드가 알레르기성 피부질환의 주원인이 된다. 웨이빙, 염색공정에서는 중화기름, 삭산, 중조(sodium bicarbonate)와 같은 중화제와 여러 종류의 염료가 주요 접촉물질이 된다. 건조과정은 분진이 문제가 되며 또한 가죽을 짜는 과정에서 전 과정에서 물질들과 접하게 된다. 코팅공정에서는 아세톤이나 신나 등의 용제와 색소, 왁스, 안료 등이 자극 또는 알레르기 물질로 작용한다. 유성공정에서 사용하는 하이드로퀴논(hydroquinone)에 의해서 백반증이 생길 수 있다. 크롬 제혁과정에서 비산하는 크롬산 흙에 의하여 비중격 천공이 발생할 수 있으며 인후와 비점막의 자극증상이 발생한다. 특히 손부위 피부의 크롬 궤양(chrome ulceration)은 크롬 제혁공정에서 발생한다.

<표 11> 제혁공장의 알레르겐 목록

Potassium dichromate	Thiuram mix	Dichlorophene
Wool alcohol	Formaldehyde	Disperse yellow
2-mercaptobenzothiazole	Nickel sulfate	Glutaraldehyde
Ammoniated mercury	Methyl methacrylate monomer	Hydroquinone
Carba mix	p-tert-Butylphenol-formaldehyde resin	Tolune isocynate
p-Phenylenediamine	p-Aminoazobenzene	Rosin(colophony)
Mercapto mix	p-aminoazophenol	Phenol
PPD	Dibutyl phthalate	formaldehyde resin
o-Phenylphenol	Resorcinol	Phenylmercuric acetate
Amerchol L 101	Urea formaldehyde resin	Tricresyl phosphate
		Gold sodium thiosulfate
Difenylmethan-4,4-Diisocyanate		

제혁공장에서 발생하는 피부질환은 취급하는 여러 가지 화학물질에 의한 알레르기성 피부질환과 산과 알칼리 같은 강한 자극물질에 접촉하여 생기는 접촉성 피부질환 그리고 공정 특성상 발생하는 물리적 자극에 의해서 생기는 특히 조갑이상 등이 대부분을 이루고 있다. 제혁공장의 공정별로 특이적으로 발생하는 피부질환으로 첫째로는 준비, 유성, 웨이빙, 염색공정에서 유화소다, 개미산, 황산암모늄과 같은 강한 자극성 물질에 접촉하여 생기는 피부질환이 있다. 그러나 이러한 물질들의 자극성 때문에 적절한 보호대책을 강구하게 되고 비교적 접촉물질에 대한 노출 기회가 줄어들어 오히려 상기 공정에서의 피부질환 발생이 낮을 수 있다.

둘째로는 준비공정의 할피공정(가죽의 피하지방을 떼어내는 공정)이나 웨이

빙, 염색공정에서의 웨이빙 공정(가죽을 주어진 두께로 깎는 공정)에서는 젖은 가죽을 팽팽하게 잡아당겨야 하므로 손톱과 손가락에 무리한 힘이 걸리게 되어 손톱의 이상이 쉽게 올 수 있다. 또한 건조공정에서 토글링(가죽을 평평하게 늘려말리는 공정)에서 토글 기구에 의해 굳은 살이 많이 생긴다.

조잡이상은 주로 준비,유성, 웨이빙, 염색공정에서 높은 빈도로 나타나 앞에서 언급한 물리적 자극에 의해 높은 빈도를 보였다 하겠다.

따라서 제혁공장의 피부질환을 예방하기 위해서는 웨이빙이나 활피공정 등에서 가죽을 손으로 직접 당기는 등 조잡에 물리적 자극이 많이 가는 공정을 자동화하거나 가죽을 당기는 도구를 사용하여 조잡의 이상을 줄이도록 할 필요가 있으며, 자극 또는 알레르기 물질과의 접촉을 최소화하기 위하여 비침투성의 작업복과, 보호장갑 등을 착용하고 작업을 하도록하여야 한다.

화학적 위험요인으로는 여러 가지 다양한 산과 알칼리, 타닌류, 유기용제, 소독약품 등이 있으며, 이들은 호흡기와 피부자극제로 작용한다. 식물성 제혁공정에서 발생하는 분진, 석회(lime), 여러 과정에서 발생하는 가죽가루, 화학물질의 미스트와 증기 등은 만성기관지염을 일으킨다. 준비공정에서는 황화물과 황산염과 같은 황화합물에 주로 노출되며 이들이 산과 접촉하게 되면 황화수소(H_2S)가 발생하고 아황산가스가 발생할 수 있다. 탈회공정에서는 염화암모늄과 황화암모늄에서 암모니아가 생성될 수 있다. 표 3은 각 공정별로 주로 취급하는 화학물질을 제시한 것이다.

<표 12>. 공정별로 취급하는 화학물질

석회옥 침적(탈모촉진제)	탈회공정	유제공정	염색 및 코팅공 정
수유화 소다 (hydrated sodium sulfate)	중아황산나트륨 (sodium bisulfate)	s o d i u m dichromate	coloring matter
유 화 소 다(sodium sulfate)	유기질산 (붕산, 유산, 초 산)	formic acid	wax
황화물 탈모용액	염화암모늄 (a m m o n i u m chloride)	Sulfuric acid	binder
황산화된 방향족 산들의 염	황화암모늄 (a m m o n i u m sulfate)	formaldehyde	glue
디에틸아민	염산	glucose	resin
디메틸아민	황산	tannic acid	acetone
황화비소 (arsenic sulfide)	개미산	chestnut tannin	plasticizer
암모니아	유산	Syntan	solvent
유 기 황 화 물 (mercaptans)	붕산	(방향족-나프탈 렌계, 페놀계, 지방족 -Glutaraldehyde, 수지계)	aniline dye sodium bicarbonate

각종 탈모촉진제의 사용을 줄이기 위해서 석회옥 침적에 의한 원피의 탈모방식을 털을 용해시키지 않고 탈모시키는 새로운 공정의 도입이 필요하다. 탈모촉진제의 사용을 줄이는 방법으로는 Sirolime 법, Blair법, Enzyme법 등이 알려져 있다. 그 외에 약품을 사용하지 않고 기계적으로 탈모시키는 방법에 대한 개발도 필요하다.

제혁공장에서 암을 유발할 수 있는 발암물질로는 6가 크롬, 아닐린, 아조염

료, 식물성 타닌, 유기용제(벤젠 등), 포름알데히드와 펜타클로로페놀 등이다. 이들에 노출됨으로 해서 여러 부위에 특이적인 암의 발생이 초래된다. 국제암연구소(IARC)에서는 1981년에 1980년대 이전의 연구결과들을 종합하여 볼 때 가죽제조공장과 비강암(nasal cancer)와의 관련성을 제시할 만한 증거는 없다고 결론을 내렸다. 그 이후 여러 가지 증례보고와 역학적 연구에서 제혁공정(tanning process)에서 일하는 근로자들에게서 폐암, 부비강암, 췌장암 등의 위험성이 증가한다는 것을 제시하고 있다. 마무리공정에서는 방광암과 고환암의 발생과 관련성이 있다는 것을 제시하고 있다. 이탈리아에서는 1990년도에 폐암발생 위험이 제혁공장 근로자들에게 있다는 연구를 보고하였으며 미국에서도 환자-대조군 연구를 수행하여 이러한 사실을 보고하였다. 그러나 다른 연구들에서도 이와 동일한 결과가 보고되지는 않았다. 크롬과 비소화합물이 폐암초과발생의 요인으로 거론되고 있다. 유성공정에서 크롬을 능가하는 새로운 종류의 유해성이 낮은 유성제의 개발이 필요하다. 이것은 장기적으로 연구가 이루어져야 할 과제이며 우선은 크롬의 사용량을 줄임으로써 크롬에 의한 노출을 낮추기위한 개선이 필요하다. 이탈리아와 영국에서는 연부조직의 육종(sarcoma)가 유성공정에서 일하는 근로자들에게 초과 발생하였다고 보고하였다. 연구자들은 유성공정에서 사용하는 펜타클로로페놀이 육종을 일으켰을 가능성이 있다고 제시하였다. 펜타클로로페놀은 동물에서 암을 발생시켰다는 보고들이 있다. 스웨덴에서는 제혁공장 근로자들에게서 췌장암이 세배까지 초과하여 발생하였다고 하였다. 이러한 결과는 스웨덴의 다른 연구와 이탈리아의 연구에서도 동일한 결과를 보였다. 그러나 아직까지 췌장암을 일으키는 환경적인 인자는 확인되지 않고 있으며, 이러한 결과는 아마도식이습관과 관련이 있을 수 있다고 보고 있다. 고환암의 초과발생에 대한 보고도 있다. 이탈리아에서 보고된 환자-대조군 연구에서는 부비강 암의 초과 발생하였다고 보고하였다. 이것에 대하여 크롬, 가죽먼지, 타닌류 등이 원인물질로 거론되고 있다. 1990년에 중국의 가죽제조공장에서 아조염료(벤지딘을 원료로 사용함)를 사용한 근로자들에게서 방광암의 발생이 증가하였다고 보고하였다. 그러나 아직까지 이러한 관련성이 분명하게 입증된 것은 아니다.

1) 펜타클로로페놀(pentachlorophenol, C_6Cl_5OH)

펜타클로로페놀은 담갈색이 침상 결정체이며 뜨거울 때는 코를 쏘는 듯한 냄새가 난다. 눈과 상기도를 자극하고 흡수되면 대사가 항진되어 체온이 상승한다. 피부에 오래닿으면 좌상과 비슷한 피부염을 일으킨다. 사람이 1 mg/m^3 이상의 먼지 또는 미스트에 폭로되면 코와 목이 아프고 재채기와 기침이 몹시 난다. 0.3 mg/m^3 농도에서는 코를 약간 자극한다.

중독증상으로는 무력증, 식욕부진, 체중감소, 발한, 발열, 빈맥, 호흡촉진 등이 특징적이며 두통, 현기증, 구역, 구토, 호흡곤란, 복통, 심한 갈증, 사지통 등이 생긴다. 치명적인 경우에는 증상이 생긴지 3시간 안에 혼수상태에 빠져서 사망한다. 더운 계절에는 종종 중독을 일으킬 위험이 크다.

급성중독으로는 산화인산화작용이 중단되어 세포의 대사가 항진되어 열의 방출이 촉진되기 때문에 생긴다. 급성중독때에는 간과 신기능이 장애되고 알칼리 인산효소(ALP)와 혈청 크레아티닌, 혈중요소질소치(BUN)가 상승한다. 음이온의 부족으로 대사성 산혈증을 초래한다.

만성폭로때는 결막염, 만성 부비강염, 기관지염, 다발성 신경염 및 피부염의 유병률이 높아진다. ACGIH에서는 TLV-TWA를 0.5 mg/m^3 으로 규정하고 있으며 우리 나라도 이와 동일하다. 노출을 확인하기위하여 주간작업종류직전이나 직후에 요중 총 펜타클로로페놀 배설양(참고치, 2mg/g Cr)이나 혈장내의 유리 펜타클로로페놀농도(5mg/l)를 측정한다.

2)크롬산염(chromates)

크롬금속과 그의수용성 및 불용성 염류는 비교적 독성이 없다. 또한 2가 및 3가의 염류는 피부와 점막을 통해서 잘 흡수되지 않으므로 심한 중독증상을 일으키는 일이 거의 없다. 3가의 크롬염에 의해서 피부염이 생기는 수가 있다.

6가의 크롬화합물은 비점막의 궤양, 비중격 천공, 비염, 비출혈, 고막천공, 폐수종, 천식, 신장해, 심와부동통(epigastric pain), 치아산식증과 치아변색, 1차적 자극성 피부염, 감각성 피부염 및 피부궤양을 일으킨다.

크롬산염에 노출되는 근로자에서는 기관지암이 잘생긴다. 크롬산염 취급자

가 호흡기 암으로 죽는 상대위험도는 대조군의 약 20배 정도로 보고있다. 잠복기는 비교적 짧다. IARC에서는 크롬산 제조공에게 폐암을 일으키는 물질로 규정하고 있다. 크롬 도금공장에서 산화크롬을 위시하여 수용성 크롬화합물 6가에 폭로되면 폐암발생의 위험성이 높다.

크롬궤양은 주로 손과 팔 등 상피에 상처가 있었던 곳에 잘 생긴다. 크롬산 이온에 의하여 조직세포가 직접괴사를 일으키기 때문이라고 생각된다. 궤양은 아프지 않고 잘 낫지 않으며 특유의 깊은 흉터를 남긴다.

3)하이드로퀴논

하이드로퀴논은 일차적으로 눈에 작용한다. 급성으로 폭로되면 눈을 자극하고 만성으로 폭로되면 결막 및 각막이 안검내 조직에 국한해서 갈색으로 변하고 각막에 작은 혼탁이 생기며 각막에 구조적인 변화가 생겨서 시력을 잃게된다. 색소침착은 회복되지만 각막에 구조적인 변화는 서서히 진행된다. 하이드로퀴논의 입자가 직접 눈에 닿으면 즉시 눈을 자극하고 각막궤양을 형성한다. 경구적으로 대량을 섭취하였을 때는 중추신경증상이 나타나지만 산업장에서 저농도에 만성으로 폭로되어 전신중독을 일으킨 일은 아직 없다. 하이드로퀴논 크림(보통 5% 이상 함유)을 반복해서 피부에 바르면 피부를 자극하고 알러지성 감작, 피부염, 색소탈락 등이 생긴다. IARC에서는 하이드로퀴논의 발암성을 확인하지 못하고 있다.

4)염화암모늄

염화암모니아는 눈, 코, 목, 폐 및 피부를 약하게 자극한다. 산업장에서 특별히 문제가 되지 않으며 ACGIH에서는 TLV-TWA 를 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 로 정하였고 우리 나라도 이와 동일하다.

다. 노출경로

디메틸아민의 제조 또는 수송과정에서 발생하며, 농약, 살충제, 진균제의 원

료로 사용되며, 미사일이나 로켓의 원료로 사용되거나, 철, 강철, 금속 산업에서 부식 억제제로 사용되거나, 마그네슘의 시약으로 사용될 때 주로 발생하는 것으로 되어 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). 6% 용액은 심한 눈꺼풀 부종과 장액 삼출을 일으켰다(7). 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(7). 디메틸아민은 기니 피그 밀폐 피부 검사(Closed epicutaneous test)에서 피부를 자극시켰다.

디메틸아민의 피부 흡수 위험에 대해 시험은 없었다.

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 독성 연구에서 600-6000 ppm

중 한 농도에 노출된 래트의 호흡 기관을 조직병리학적으로 평가한 결과 궤양 형성과 괴사에서 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. 병리학 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 픽과 토끼에서 각막손상이 발생

하였고, 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 병리학 적 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) 급성 흡입독성

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. 3시간이 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 점막자극과 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 노출후 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 염증을 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 노출후 호흡률이 50%로 감소하는 농도) 은 각각 511 그리고 573 ppm 이다. 마이스에

서 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) 간의영향

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 기니아 피크와 래빗에서 각막 손상이 보고되었고 간의 중심 소엽성 지방 변성과 간실질의 피사가 관찰되었다. 쥐, 기니아 피크, 래빗, 마이스에서 고농도에서 남성 래빗의, 저농도에서 남성 원숭이의 고환관 변성이 관찰되었다[ACGIH, 1986]. 또한 그것은 부식작용 또는 전신적인 알카리화에 기인한 것으로 볼 수 있다[Gosselin, R.,

1984].

사)신장의영향

급성흡입 노출로 인한 신장의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

아)내분비계영향

급성흡입 노출로 인한 내분비계의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

자)피부영향

급성흡입 노출로 인한 피부의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

차)체중에 대한영향

체중에 대한 영향에 관한 보고는 아직 없다.

카)대사성영향

급성흡입 노출로 인한 대사성 영향에 관한 보고는 아직 없다.

타)면역체계에 대한영향

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 가열 물질은 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 가열후 약한 돌연변이성 활성화를 나타낸다[Ohe T et al., 1982].

파)신경학적영향

하) 생식기 영향 및 발달에 미치는 영향

9일 동안 하루 6시간씩 디메틸아민 175 ppm의 농도에 노출되면 쥐에서 섬모 정체보다 더 점액정체가 발생하여 점액섬모기능의 방해가 나타난다[Snyder, R., 1990].

(2) 급성 경피독성

디메틸아민이 피부에 노출 되었을 경우, 피부자극이 발생하고 지속적으로 노출되면 피사가 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 픽에서 폐쇄피부위검사(closed epicutaneous test)에서 피부에 민감한 것으로 되어 있다[ACGIH, 1991].

가) 호흡기 영향

급성경피 노출로 인한 호흡기계 영향에 관한보고는 아직 없다.

나) 심혈관계 영향

급성경피 노출로 인한 심혈관계 영향에 관한보고는 아직 없다.

다) 소화기계 영향

급성경피 노출로 인한 소화기계 영향에 관한보고는 아직 없다.

라) 혈액학적 영향

급성경피 노출로 인한 혈액학적 영향에 관한보고는 아직 없다.

마)근골격계영향

급성경피 노출로 인한 근골격계 영향에 관한보고는 아직 없다.

바)간의영향

급성경피 노출로 인한 간의 영향에 관한보고는 아직 없다.

사)신장의영향

급성경피 노출로 인한 신장의 영향에 관한보고는 아직 없다.

아)내분비계영향

급성경피 노출로 인한 내분비계 영향에 관한보고는 아직 없다.

자)체중에대한영향

급성경피 노출로 인한 체중에 대한 영향에 관한보고는 아직 없다.

차)대사성영향

급성경피 노출로 인한 대사성 영향에 관한 보고는 아직 없다.

카)면역체계에대한영향

급성경피 노출로 인한 면역학적 영향에 관한 보고는 아직 없다.

타)신경학적영향

급성경피 노출로 인한 신경학적 영향에 관한 보고는 아직 없다.

파)눈의영향

5% 용액을 토끼 눈에 한 번 점안했을 때, 결막출혈과 각막부종 그리고 표재성 혼탁이 관찰되었다. 희석되지 않은 디메틸아민을 래빗의 각막에 점안하

면. 수초안에 각막이 흰색계통의 푸른빛과 투명성을 지니게 되고 수분후 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 흡입 노출

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 원숭이는 기관지의 확장 소견을 보였다[ACGIH, 1991].

나) 심혈관계영향

아급성흡입 노출로 인한 신경학적 영향에 관한 보고는 아직 없다.

다) 소화기계영향

15마리 쥐와, 15마리 기니아 피크, 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) 혈액학적영향

아급성흡입 노출로 인한 혈액학적 영향에 관한 보고는 아직 없다.

마) 근골격계영향

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) 내분비계영향

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 두째주에는 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 경구 노출

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)근골격계영향

아급성경구 노출로 인한 근골격계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

바)간의영향

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

사)신장의영향

아급성경구 노출로 인한 신장의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

아)내분비계영향

아급성경구 노출로 인한 내분비계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

자)피부영향

아급성경구 노출로 인한 피부의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

차)체중에 대한영향

아급성경구 노출로 인한 체중의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

카)대사성영향

아급성경구 노출로 인한 대사성 영향에 관한 보고는 아직 없다.

타)면역기능에 대한영향

아급성경구 노출로 인한 면역기능 영향에 관한 보고는 아직 없다.

(3) 아급성 경피노출

가)호흡기계영향

아급성경피 노출로 인한 호흡기계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

나)심혈관계영향

아급성경피 노출로 인한 심혈관계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

다)소화기계영향

아급성경피 노출로 인한 소화기계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

라)혈액학적영향

아급성경피 노출로 인한 혈액학적 영향에 관한 보고는 아직 없다.

마)근골격계영향

아급성경피 노출로 인한 근골격계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

바)간의영향

아급성경피 노출로 인한 간의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

사)신장의영향

아급성경피 노출로 인한 신장의 영향에 관한보고는 아직 없다.

아)내분비계영향

아급성경피 노출로 인한 내분비계 영향에 관한보고는 아직 없다.

자)피부영향

아급성경피 노출로 인한 피부의 영향에 관한보고는 아직 없다.

차)체중에 대한영향

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 노출군에서만)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 않았

다.

(1)만성 흡입노출

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

가)호흡기계영향

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

나)심혈관계영향

만성흡입 노출로 인한 심혈관계 영향에 관한보고는 아직 없다.

다)소화기계영향

만성흡입 노출로 인한 소화기계 영향에 관한보고는 아직 없다.

라)혈액학적영향

만성흡입 노출로 인한 혈액학적 영향에 관한보고는 아직 없다.

마)근골격계영향

만성흡입 노출로 인한 근골격계 영향에 관한보고는 아직 없다.

바)간의 영향

10마리 쥐와 6마리 기니아 픽 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 픽과 래빗에서 각막 손상이 보고되었고 간의 중심 소엽성 지방 변성과 간실질의 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)내분비계영향

만성흡입 노출로 인한 내분비계 영향에 관한보고는 아직 없다.

자)피부영향

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

차)체중에 대한영향

일년간의 흡입 연구에서 남성과 여성의 F344 래트와 B6C3F 마우스를 12개월동안 주당 5일씩, 매일 6시간씩, 디메틸아민 0, 10, 15 또는 175 ppm 에 노출시켰다. 175 ppm 의 농도에 노출된 래트와 마우스의 평균 체중은 3주후에 대조군과 비교하여 90%의 감소를 보였다. 오직 다른 처치를 한 후의 효과는 래트와 마우스에서 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 대한영향

만성흡입 노출로 인한 면역기능의 영향에 관한보고는 아직 없다.

파)신경학적영향

만성흡입 노출로 인한 신경학적 영향에 관한 보고는 아직 없다.

파)눈의 영향

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 기니아 피크과 래빗에서 각막 손상이 보고되었다[ACGIH, 1986]. 또한 그것은 부식작용 또는 전신적인 알칼리화에 기인한 것으로 볼 수 있다[Gosselin, R., 1984].

(2)만성경구노출

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

가)호흡기계영향

만성경구 노출로 인한 호흡기계 영향에 관한보고는 아직 없다.

나)심혈관계영향

만성경구 노출로 인한 심혈관계 영향에 관한보고는 아직 없다.

다)소화기계영향

만성경구 노출로 인한 소화기계 영향에 관한보고는 아직 없다.

라)혈액학적영향

만성경구 노출로 인한 혈액학적 영향에 관한보고는 아직 없다.

마)근골격계영향

만성경구 노출로 인한 근골격계 영향에 관한보고는 아직 없다.

바)간의영향

만성경구 노출로 인한 간의 영향에 관한보고는 아직 없다.

사)신장의영향

만성경구 노출로 인한 신장의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

아)내분비계영향

만성경구 노출로 인한 내분비계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

자)피부영향

만성경구 노출로 인한 피부의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

차)체중에 대한영향

만성경구 노출로 인한 체중의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

카)대사성영향

만성경구 노출로 인한 대사성 영향에 관한 보고는 아직 없다.

타)면역기능에 대한영향

만성경구 노출로 인한 면역기능의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

과)신경학적영향

만성경구 노출로 인한 신경학적 영향에 관한 보고는 아직 없다.

(3) 만성 경피노출

가)호흡기계영향

만성경피 노출로 인한 호흡기계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

나)심혈관계영향

만성경피 노출로 인한 심혈관계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

다)소화기계영향

만성경피 노출로 인한 소화기계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

라)혈액학적영향

만성경피 노출로 인한 혈액학적 영향에 관한 보고는 아직 없다.

마)근골격계영향

만성경피 노출로 인한 근골격계 영향에 관한 보고는 아직 없다.

바)간의영향

만성경피 노출로 인한 간의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

사)신장의영향

만성경피 노출로 인한 신장의 영향에 관한 보고는 아직 없다.

아)내분비계영향

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 노출시켰다. 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 레시틴과 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 랫트를 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%, CO₂와 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 보정된 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 5와6의 뇌-심장-주입 배지속에서 형성된다. 이 배지에 위산을 첨가하면 질산염메틸아민의 형성이 증가한다[Hayashi N et al, 1982].

나)조직분포

췌장섬은 칼슘의존성 전환글루타미네이즈(transglutaminase)의 활성을 동일화시킨다. 디메틸아민은 전환글루타미네이즈(transglutaminase)의 활성과 당조절 호르몬인 인슐린 방출을 억제한다[Sener A et a., 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, 발생가능한 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 며칠 후 자연적으로 치료가 되지만 심한 노출 후에는 며칠 후 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 각막이 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 디메틸아민에 노출될 경우 가능한 발암성에 대해 아직 역학연구가 이루어진 바가 거의 없다.

(8) 노출된 근로자에서 유전자에 대한 영향

직업적으로 디메틸아민에 노출될 경우 가능한 발암성에 대해 아직 역학연구

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

5. 각국의 노출기준 요약 및 해설

각 나라와 조직이 작업장을 위한 노출기준절차를 확립하였다. 각각의 보고서 분석에 사용된 standard organizational scheme은 다음과 같다.

- 기준설정에 사용된 선택기준과 우선순위
- 기준의 과학적 근거
- 기준설정의 비용효과분석 과정
- 채택된 허용기준을 만들어 가는 접근성에 대한 결정방안
- 노출기준을 위한 이론적 근거의 문서화
- 기준의 법적시행
- 공개적검토와 승인과정

- 기준을 개정하는 방법
- 집행

가. 미국

(1) OSHA ; PEL(Permissible Exposure Limits)기준 제시 및 설정근거 요약

- 산업안전보건법(1970)에 따라 산업안전보건청(OSHA)이 설립되어 근로자들의 작업생애동안 안전하고 건강한 작업조건을 제공하고자 하였다. 이런 목표를 성취하기 위한 하나의 방법이 보건과 안전기준을 제정하는 것이다.
- OSHA기준은 허용노출기준(PELs)으로서 언급되었고 의회는 기준을 첨가하거나 삭제하고 수정할 필요성을 인지하고 그것을 수행하기 위해 특별한 절차를 Act section 6에 포함시켰다. 1988년 OSHA는 24개 물질별 기준과 3개의 일반규정을 만들었다.
- 1988년 OSHA는 400개 이상의 물질에 대한 새로운 PELs과 수정된 PELs을 제안하였다.

가) 물질 선택기준과 우선순위

- 기준설정시의 의견수렴 집단
 - 관심있는 개인
 - 고용주, 노동자 조직 대표
 - 국가에서 인정한 기준개발 조직
 - 보건복지부 장관
 - 국립 산업안전보건 연구소
 - 주정부 또는 정당의 해당부서
 - 노동부
- OSHA는 자문위원회의 권고안을 요구할 수 있다. 그러나 법규와 대법원에서는 현저한 건강장애의 위험을 증명할 때만 기준으로 결정한다.

- 우선순위는 ① 긴급히 기준설정이 필요할 때
② 복지부장관의 권고에 기반을 두고 설정된다.

나) 과학적 근거

- OSHA의 기준은 연구, 시험, 실험, 근로자에 대한 최상의 안전보건학적인 보호, 가장 최근의 과학적 지표에 근거한다.
- 기준은 근로자가 평생동안 유해인자에 계속적으로 노출되어도 보건 또는 기능해를 겪지 않도록 설정된다.
- 이 기준은 다음의 것들을 광범위하게 고찰하여 설정한다.
 - 과학적 문헌(사람연구와 동물연구 포함)
 - 다른 나라에 존재하는 노출기준
 - 다른 기관이나 연구소로부터의 정보(NIOSH, EPA, IARC, ACGIH)
- OSHA에서 설정한 허용기준의 형태
 - ① PELs : 8시간 평균가중치로 표현되는 최대허용기준
 - ② Action level : 8시간 평균가중치로 표현되는 기준으로서 이 기준이상에서는 특별한 조치를 취해야 한다.
 - ③ STEL : 15분간의 평균가중치로 표현되는 최대허용농도
 - ④ Ceiling level : 어느 순간이라도 초과해서는 안되는 최대허용농도
 - ⑤ Excursion limit : 특정 시간동안의 평균가중치로서 표현되는 최대허용기준

다) 경제요인

- OSHA는 제안된 기준의 경제적 영향을 산업별로 평가한다.
- 경제요인에 대한 OSHA의 고려는 규제완화조치인 행정명령 12291에

기초한다.

라) 실행가능성

- OSHA는 제안된 기준의 기술적 가능성을 산업별로 고려한다. 기술적 가능성이 있다고 고려되면 기술적 관리를 실행하는데 필요한 경제적 요인이 고려된다.

마) 문서 / 논리적 근거

- 법규에 의해 OSHA는 Federal Register에 기준의 설정, 수정, 철회 이유를 발표하여야한다.

- 1992년 Cadmium의 documentation 예
 - Introduction
 - Pertinent legal authority
 - Chemical identification, production, and use
 - Health effects
 - Metabolism
 - Noncarcinogenic health effect (acute, renal, pulmonery, skeletal, reproductive / developmental, and other effects)
 - Mutagenicity
 - Carcinogenic health effect
 - Quantitative risk assessment
 - Significance of risk
 - Regulatory impact analysis
 - Summary and impact of the final standards
 - Final standards

바) 규제

- 다양한 규제기능
 - 작업장 감독
 - 위반시 소환
 - 민사벌칙과 벌금
 - 근로자의 사망을 초래한 고의적인 경우 형사벌칙

사) 검토와 승인과정

- OSHA에서 기준에 필요하다고 생각되는 정보를 제공받거나 개발
 - 이 정보는 검토와 권고를 위해 자문위원회에 제출된다
 - Office of Management and Budget(OMB)에 검토를 요청한다.
 - 기관과의 협조를 거쳐 Federal Register의 semianual regulatory agenda의 공고로서 발표한다.
 - 제안된 규정제정의 예정공고가 Federal Register에 출판된다.
 - 기관간의 협조 속에 의견들이 수렴된다.
 - 공청회가 열린다.
 - 제안된 규정이 Federal Register에 출판된다.
 - 이익집단이 의견이나 반대이유를 서류로 제출하고 대중 청문회를 요구할 수 있다.
 - 공청회 결과를 수렴한다.
 - OSHA에서 기준을 정할지 또는 제안된 규정을 철회할지를 결정한다.
 - 미국 노동성과 OMB에서 기준의 최종안을 검토한다.
 - 최종 규정이 공포 된다
 - 탄원서에 대하여 대응한다.
 - 규정이 효력을 발휘한다.

아) 개정과정

- 기준은 위의 단계를 거쳐 수정되거나 철회될 수 있다.

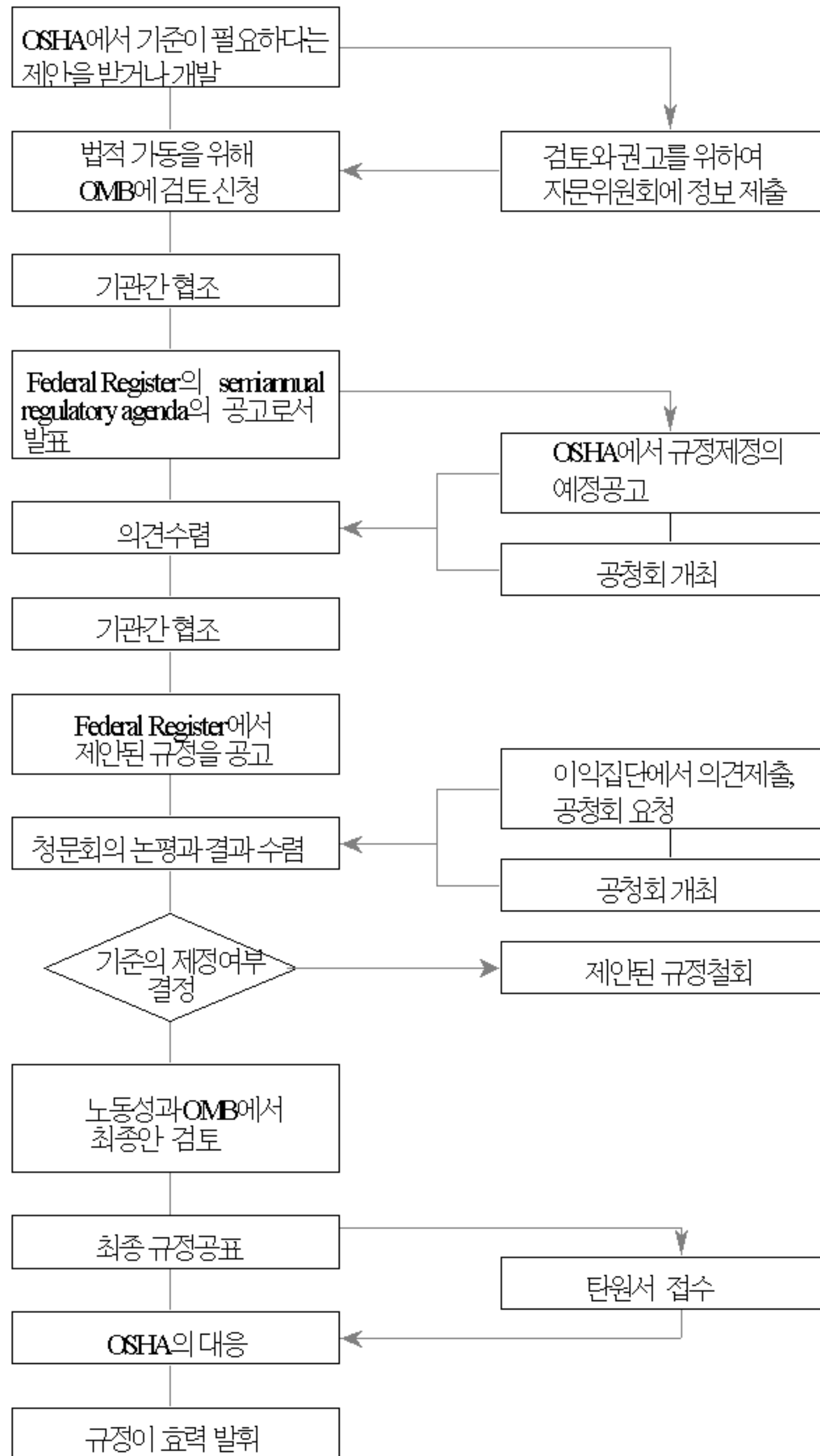
자) 실행

- 기준은 법정에서 문제가 되지 않는 한 공표후 90일 이내에 효력을 발휘한다.

차) 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.

OSHA



(2)ACGIH ; TLV(Threshold Limit Values)기준 제시 및 설정 근거 요약

가) 배경

ACGIH이사회(Board of Director)는 1944년에 화학물질TLV위원회(Cgemical Substances Threshold Limit Value Committee)를 구성하였고 위원회는 1946년에 처음으로 TLV권고치를 이사회에 제출하고 현재 해마다 제안을 하고 있다. 위원회는 20-25명과 자문가(한명의 독일 MAK 위원)로 구성되어 있다.

ACGIH TLV 위원회는 현재 3개의 소위원회로 구성되어 있다.

- MISCO - miscellaneous organic compounds,
- D & I - dusts and inorganic substances,
- HOC - compounds containing hydrogen, oxygen, and carbon

ACGIH는 1982년에 Biological Exposure Indices (BEI) 위원회를 설립하였으며 84년부터 BEI를 제안하였고 최초의 BEI는 1986년에 공식적으로 채택되었다.

나) 물질선정 기준과 우선순위

노출기준 설정물질은 TLV 위원회 위원과 자문단에 의해 선정된다. 1) 새로운 혹은 적용 가능한 직업성 노출자료에 대한 지식, 2) 정부조직, 근로자, 근로자 조직, 개인회사, 개개인의 요구에 근거하여 물질을 선정한다. 연구대상 화학물질의 목록은 매년 TLV booklet 에 발표한다.

TLV 위원회는 어떤 화학물질이 연구되어야 하는가와 무엇을 할지에 대하여 적어도 1년에 한번씩 투표를 한다. 이러한 것에는 TLVs에 대한 변경채택, NIC(Notice of Intened changes) list에 대한 변경 또는 추가, TLV

booklet(TLVs for Chemical Substance and Physical Agent and BEIs)에 대한 수정, TLV documentation이 포함된다. 또 이와 같은 활동을 TLV booklet의 NIC 부분에 기록한다.

다) 과학적 근거

TLVs는 작업장 경험, 사람에 대한 연구, 그리고 동물실험연구로부터 가장 유용한 정보에 기초하여 정해진다.

그중에서 근로자 노출자료가 있는 역학연구가 가장 중요하다. 값을 설정하기 위한 근거는 물질들에 따라 다양하며 다음과 같은 건강영향의 범주가 포함되어야 한다.

- Pneumoconiosis
- Narcosis
- Irritation of eyes, nose, throat and bronchi
- Allergic effects
- Reproductive effects
- Neurotoxic effects
- Carcinogenic effects
- Nuisance effects

TLVs는 “대부분의 근로자가 매일 노출되어도 건강장해를 일으키지 않는 공기중 농도”로 정의된다.

ACGIH에 의해 제안되거나 채택된 TLVs의 세 가지는 아래와 같다.

- TLV - TWA :

매일 노출되어도 거의 모든 작업자가 건강장해를 받지 않는 하루 8시간, 주 40시간의 평균농도

- TLV - STEL :

하루 작업동안 어느순간에도 노출되어서는 안되는 15분, 시간가중 평균농도

- TLV - C :

작업하는 동안 어느 순간이라도 초과해서는 안되는 농도

다양한 TLV범주에 추가하여 점막과 눈을 포함한 경피에 의한 폭로가 중요한 영향을 미칠 때에 ACGIH는 “skin”을 표시한다.

ACGIH는 다음 범주에 대한 선택된 TLV물질의 발암성에 대하여 표시하고 있다.

- A1 - Confirmed Human Carcinogen
- A2 - Suspected Human Carcinogen
- A3 - Animal Carcinogen
- A4 - Not Classifiable as a Human Carcinogen
- A5 - Not Suspected as a Human Carcinogen

라) 경제요인

ACGIH의 일차적인 관심은 경제적인 요소 또는 기술적인 접근정보보다 건강 영향에 있다.

마) 문서 / 논리적 근거

각 화학물질에 대한 documentation은 처음에는 기안형태로 만들어지고 나중에 TLV 소위원회에 의하여 최종 형태로 된다. 이들은 ACGIH's Documentation of Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices (and its supplements)에 발표된다.

TLV documentation은 일반적으로 다음과 같은 내용이 포함된다.

- Chemical and physical properties
- Major uses or sources of occupational exposure
- Animal studies
- Reproductive / developmental studies
- Genotoxicity studies
- Pharmacokinetics / metabolism studies
- Human studies
- TLV recommendation
- Other recommendation
- Carcinogenic classification
- Other nations
- References

바) 규제

TLVs ACGIH에 의해 법적 기준이 아닌 권고 또는 지침서로 제공된다.

사) 검토 및 승인과정

TLV에 대한 검토와 승인과정의 단계는 다음과 같다.

- TLV 위원회 위원과 자문단이 설정해야 할 물질을 지정한다.
- TLV위원회는 지정된 화학물질에 대하여 토의한 후 제정 또는 개정할 물질을 선정하여 적절한 소위원회에 할당한다.
- 고려중인 물질목록은 매년 TLV booklet에 수록된다.
물질에 대한 정보, 자료 및 의견 등을 이익 집단으로부터 수렴한다.
- TLV 소위원회는 정보, 검토자료등을 수집하고 토의하여, 기준치 TLV 안를 준비하고 documentation 초안을 작성한다.
- TLV위원회는 NIC에 새로운 기준치를 넣을 것에 대하여 투표하고 매년 TLV booklet에 발표한다. 제안된 TLV가 승인되지 않았을때는 적절한 소위원회로 회부된다.

- 제안된 TLV가 승인되었을때는 적어도 1년동안 NIC에 기재된다. 그 동안 각 이익단체들은 의견을 제시하고 고려해야 할 자료를 제출할 수 있다.
- 매년 TLV 위원회는 제안된 TLVs가 투표를 위하여 ACGIH 이사회에 전달되어야 하는지에 대하여 결정한다.
- 이사회에 전달된 TLVs는 매년 ACGIH 총회에서 표결한다. 승인되어 권고된 활동들은 매년 TLV booklet과 TLV documentation volume에 포함된다. 승인되지 않은 권고활동은 다시 더 많은 연구를 위해 TLV 위원회로 돌려진다.

아) 개정 과정

TLVs는 VIII과 같은 과정을 거쳐서 개정된다.

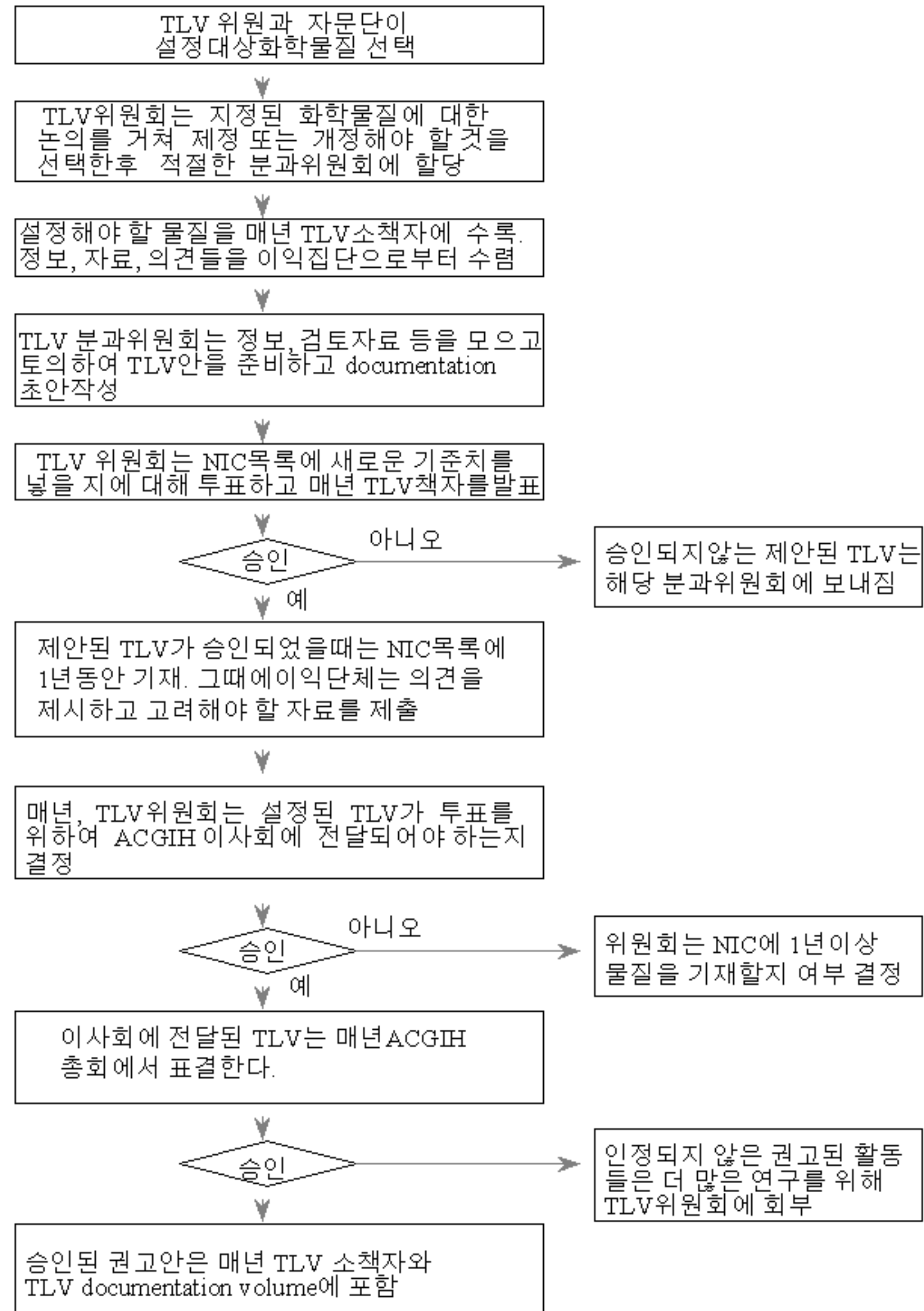
자) 실행

TLVs는 ACGIH에 의해 채택되고 발표된다.

차)설정근거

다른 아민 계열과 마찬가지로 디메틸아민도 시험 동물의 피부와 눈 모두에 자극을 나타냈다(6-10). 경구 또는 흡입 노출 후 실시한 병리학적 동물 분석 결과, 위장 기관과 호흡 기관에 대해 각각 자극이 있는 것으로 나타났다(9,13-15). 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 결과(18,20)를 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(15,18). 따라서 디메틸아민은 A4(인체 발암성 물질로 분류되지 않음) 표기로 지정된다. Skin 또는 SEN 표기를 제시할 만한 충분한 데이터가 없었다.

ACGIH



ACGIH의 TLVs설정절차

(3)NIOSH ; REL(Recommended Exposure Limits)기준 제시 및 설정근거 요약

가) 서론

- 산업보건법(1970)(29 USC 1900)과 광산안전보건법(30 USC 80)에 따라 NIOSH에서 RELs을 개발하고 정기적으로 수정한다.
- 적절한 예방수단을 권고한다.
- OSHA와 광산 안전보건 행정부와 의견을 교환한다.
- 정부, 산업계, 학계에 이 권고안을 배포한다.

나) 물질 선택기준과 우선순위

- 주된 활동
 - 1970년 전국적으로 작업장의 유해도 조사를 수행하였다.
 - 1980년대 상위 10개의 직업병과 산재분류를 설정하였고 예방전략문서를 개발하기 위해 심포지엄을 개최하였다.
 - 1982-1983년 전국적으로 직업노출에 대한 조사를 시행하였다. 특정한 직업과 관련된 물질 약 5,000개가 확인되었다.
- 물질선택에 영향을 주는 요인
 - 미국 Department of Health and Human Service에 의해 설정된 2000년 목표
 - OSHA와 MHSA의 regulatory agenda
 - 한 달에 한 번 열리는 OSHA, NIOSH, EPA의 대표자 모임인 “One 위원회”에의 참여

- Interagency Testing 위원회(ITC)에 의 참여
- 대중의 요구(public demand)와 법적인 요구
- TSCA 8(a), 8(b), 8(e) 보고서의 재조사와 제출

- 선택된 물질의 우선순위에 영향을 주는 요인

- 노출근로자의 수
- 현저하게 높은 위험수준을 보이는 직업특성
- 현재의 허용기준이 있는지의 여부
- 이미 규제되고 있는 물질에 대한 새로운 정보
- NIOSH 과학자의 전문가적인 판단

다) 과학적 근거

- NIOSH는 위해물질과 관련하여 알려진, 그리고 이용 가능한 모든 의학, 생물학, 공학, 화학, 상업과 그 외 다른 정보를 평가한다. 이 과정에는 다음과 같은 내용이 포함된다.

- 광범위한 문헌검색
- 다른 정보 출처의 고찰 : OSHA 파일, NIOSH 파일, EPA의견서
- 모든 정보의 전문가적인 검토
- 양-반응 평가

- NIOSH에서는 어떤 경우에는 다른 조직과 협동하여 산업보건기준의 초안을 개발한다. 예를 들면 NEG(Nordic Expert Group)의 OEL 문서에 NIOSH에서 사인을 한다. 두 조직간의 협동산물의 하나는 권고 OEL을 설정하는데 필요한 과학적 근거를 제공하는 문서개발이다. 이 문서에는 다음과 같은 내용이 포함된다.

- 물리화학적 성상
- 사용과 발생
- 분포, 대사
- 일반 독성학
- 조직영향
- 면역체계
- 돌연변이성과 유전독성
- 발암성
- 생식기 독성
- 용량-효과, 용량-반응관계
- 연구 필요성

• NIOSH criteria documents에는 권고기준, NOAELs, LOAELs를 위한 근거를 공식적으로 나타낸다. Criteria document에 포함되어 있는 정보는 다음과 같다.

- 권고기준 (RELs, 노출모니터링, 의학적 모니터링, 표지부착, 방어복과 장비 위해에 관해 근로자들에게 정보제공, 공학적 조절, 작업실무, 위생, 기록유지)
- 도입
- 성상, 생산, 폭로잠재성
- 노출 영향
- 위해의 인지
- 다른 기준과 권고
- 영향 평가
- 근로자 보호방법
- 연구 필요성
- 참고문헌

• NIOSH에서는 RELs을 전 작업기간을 통해 보건과 안전에 있어 근로

자를 보호하는 OEL의 권고기준으로 정의하였다. RELs는 작업의 공학적 조절, 노출과 의학적 모니터링, 표지부착, 근로자 훈련, 개인보호구사용에 복합적으로 사용된다. 이 기준의 형태는 다음과 같다.

- TWA : 1일 10시간까지, 주 40시간의 평균 가중치이다.
- STEL : 대체로 15분에 초과하지 않는 농도
- Ceiling limit : 어떤 시기에도 초과하면 안되는 농도
- RELs가 대체적으로 특정 물질에만 적용되더라도 일부 RELs는 alkanes, ketones, PCBs의 경우와 같이 그룹별로 적용된다.

라) 경제요인과 실행가능성

- RELs은 주로 건강장애와 관련한 과학적 정보에 기초하지만 일부 criteria document는 경제요인과 실행가능성을 고려하여 만든다.

마) 문서 / 논리적 근거

NIOSH권고는 여러 가지 다른 문서로 출판된다.

- Criteria documents : 건강장해와 산업재해를 줄이거나 없애기 위한 적절한 예방방법과 작업장 노출기준을 권고.
- Current Intelligence Bulletins(CIBs) : 산업유해에 관한 새로운 과학적 정보의 배포
- Alerts : 새로 밝혀진 산업위해를 예방, 해결, 관리하는데 협조를 요구하고 새로운 정보를 간단히 나타냄
- 특별한 유해에 관한 고찰, 산업유해 평가, 기술지침 : 특별한 물질과 연관된 안전, 보건문제를 평가하고 또 적절한 관리방법과 감시방법을 권고함에 의해 NIOSH의 다른 기준개발활동을 보완하고 지지해준다.

바) 규제

- NIOSH에서 권고기준을 만들지만 이것은 법적 기준은 아니다.

사) 검토와 승인과정

RELs 개발의 단계는 다음과 같다.

- RELs개발을 위한 계획서를 의견서로 NIOSH 총괄책임자에게 제출한다.

→ 선임연구원이 의견서를 검토한다.

→ 승인되면 Criteria document의 형태로 RELs를 개발하기 위해 책임자를 배정

→ Criteria documents의 초안이 연구원들에 의해 내부평가

→ 내부평가 완료후 Criteria documents의 초안은 논평을 위해 외부평론가단에게 제출(40명)

평론가단은 정부기관, 전문가, 노동조합, 산업계대표, 학계에서 선택

→ 연구원들은 외부평가에서 받은 논평을 다시 검토하고 Criteria document에 이를 적절히 반영

→ NIOSH에서 수정된 안을 광범위하게 내부고찰하고 선임연구원들이 정리한다.

→ 총괄책임자, 책임자, 선임연구원들은 모든 내부와 외부의 논평을 조사한다.

→ 총괄책임자는 RELs을 출판할 것인지를 결정한다.

→ 출판을 결정하면 Criteria document는 완성되고 OSHA와 MSHA 책임자에게 송부된다.

아) 개정과정

- CIBs는 산업위해에 관한 새로운 과학정보를 배포한다.

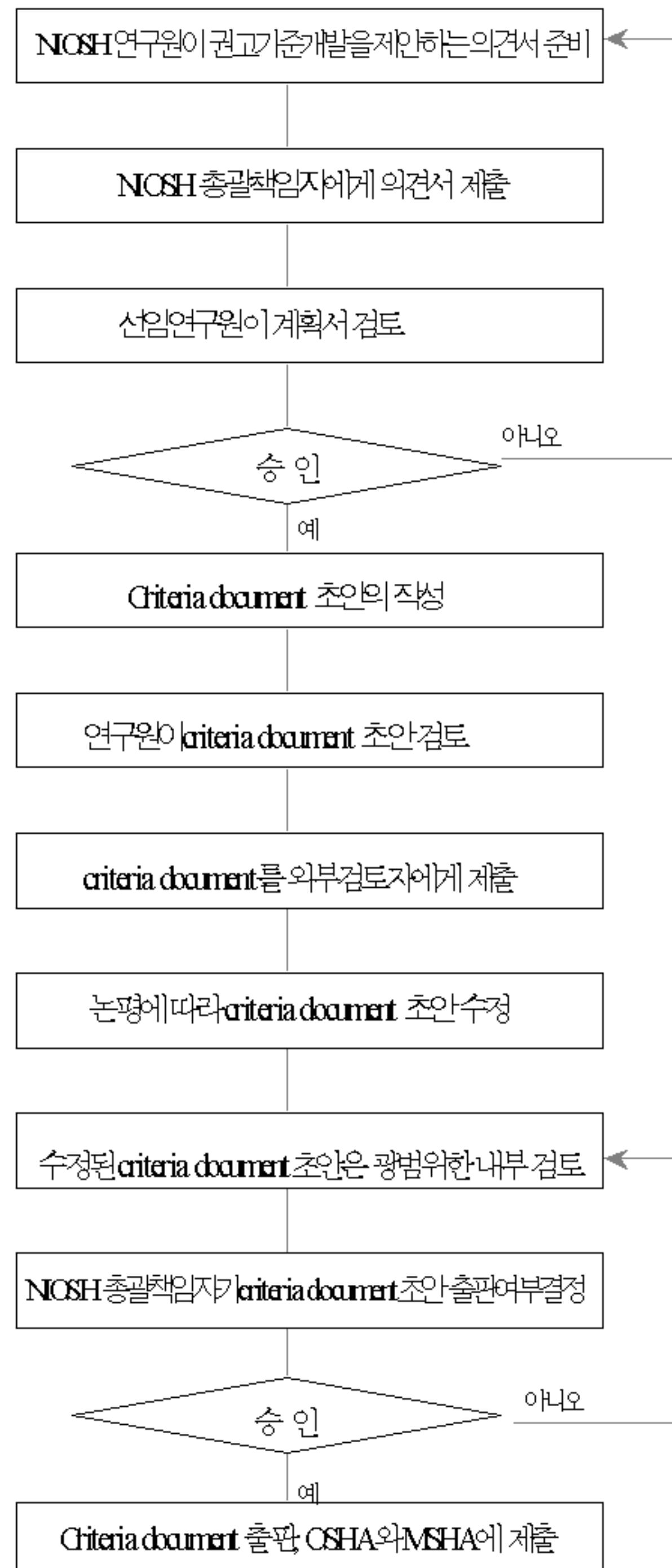
자) 실행

- 권고기준은 출판되어 법적기준을 만드는데 도움이 되도록 OSHA와 MSHA로 송부된다.

차) 설정근거

디메틸아민에 대한 설정근거 없음

NIOSH



나. 일본

(1)노동성 ; 노동안전위생법상의 관리농도 제시 및 설정근거 요약

가) 배경

협회는 위원회들로 구성된 민간학술단체로 협회안의 노출허용기준(PEL)위원회에서 노출기준에 대한 정보를 평가하고 안을 마련한다.

나) 물질선택기준과 우선순위

다음의 기준에 의하여 우선순위의 물질을 선정한다.

- 사업장에서 사용되어지는 유해화학 물질
- 유해한 영향을 미치는 농도 및 그 특성에 대한 유용한 자료가 있을 것.
- 물질의 사용량 및 그 독성에 근거한 기존의 기준이 있는 물질

일본에서의 허용농도에 대한 기준 설정은 거의 ACGIH의 값의 영향을 받고 있는 실정으로써 대부분 ACGIH의 TLV list를 채택하고 10%에 있어서만 기타 자료를 참고하고 있다.

다) 과학적 근거

노출허용기준은 대기중에서 호흡영역에 존재하는 유해 물질 농도의 기준치이며 이는 참고치로서 사업장에만 적용가능하다.

과학적 근거는 인체 및 동물실험의 결과와 사업장에서의 경험으로 이루어진다.

허용농도는 1일 8시간, 1주 40시간의 시간가중치로 나타내며 이 의미는 기준농도에 노출되는 경우에 대부분의 근로자에게서 유해한 효과가 일어나지 않는다는 것을 뜻한다.

라) 경제요인

노출허용기준은 유해물질에 노출되었을때의 건강장애에 기초하여 제안되지만, 새로운 허용농도가 제시되는 경우에 위원회에서는 종종 경제적인 영향을 고려하게 된다. 특히 발암물질에 대한 허용농도 제정에 있어서의 사회 경제적 영향력은 크며 또한 위원회는 경제적인 면에서 기술적 가능성을 고려한다.

마) 실행가능성

제출된 허용농도를 검토하는 1년동안 위원회에서는 노출허용기준의 준수가 어느정도 가능한지 검토한다. 이러한 기준은 그 이하의 농도에서는 대부분의 근로자에게 건강장애가 나타나지 않는 농도를 의미하지만 그 이하에서도 건강장애, 불쾌감, 기존질병의 악화 등이 생길 수 있다는 것을 인식하고 있다. 또한 허용농도를 절대적으로 고수하는 것이 언제나 가능한 것은 아니지만 작업장에서 15분 간의 평균농도가 허용농도의 1.5배를 넘지 않아야 한다는 것을 제안하고 있다.

바) 문서 / 논리적 근거

허용농도치에 대한 이유 및 근거는 매년 Japanese Journal of Industrial Health에 출판된다.

사) 규제

협회는 민간학술단체이기 때문에 제정된 농도를 강제적으로 적용시킬 만한 권한을 갖지 못한다. 따라서 협회에서 제정된 농도는 단지 참고치이다.

아) 검토 및 승인과정

이전에는 없었던 허용농도를 결정함에 있어서 위원회는 여러 참고 문헌을 검토하게 된다. 위원회 위원이 이러한 가용한 정보에 기준하여 어떤 물질의 허용농도치의 제안을 하고 그 근거를 마련한다. 검토위원회에 제출된 이러한 기준치가 승인된다면 다시 협회의 승인을 거쳐 Japanese Journal of Industrial

Health에 기재되고 1년동안 의견을 수렴한 뒤 더 이상의 의견이 없을 경우 다음 협회 회의에서 공식적인 노출허용기준으로 채택이 된다. 의견이 제시될 경우 합의가 이루어질때까지 많은 토의가 전개된다.

자) 개정과정

노출허용기준의 개정과정은 검토 및 승인과정과 같다. 1차로 제시된 허용농도는 Japanese Journal of Industrial Health에 기재되고 1년동안 의견 수렴된 의견이 없을 경우 다음 학회에서 공식적인 노출허용기준으로 채택이 된다. 의견이 제시될 경우 합의가 이루어질때까지 많은 토의가 전개된다.

차) 실행

사업장에서 협회의 노출허용기준을 어느정도 지키고 있는지 파악하기가 어렵다. 또한 협회는 강제적인 법적 규제력을 지니고 있지 않다.

카) 설정기준

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.

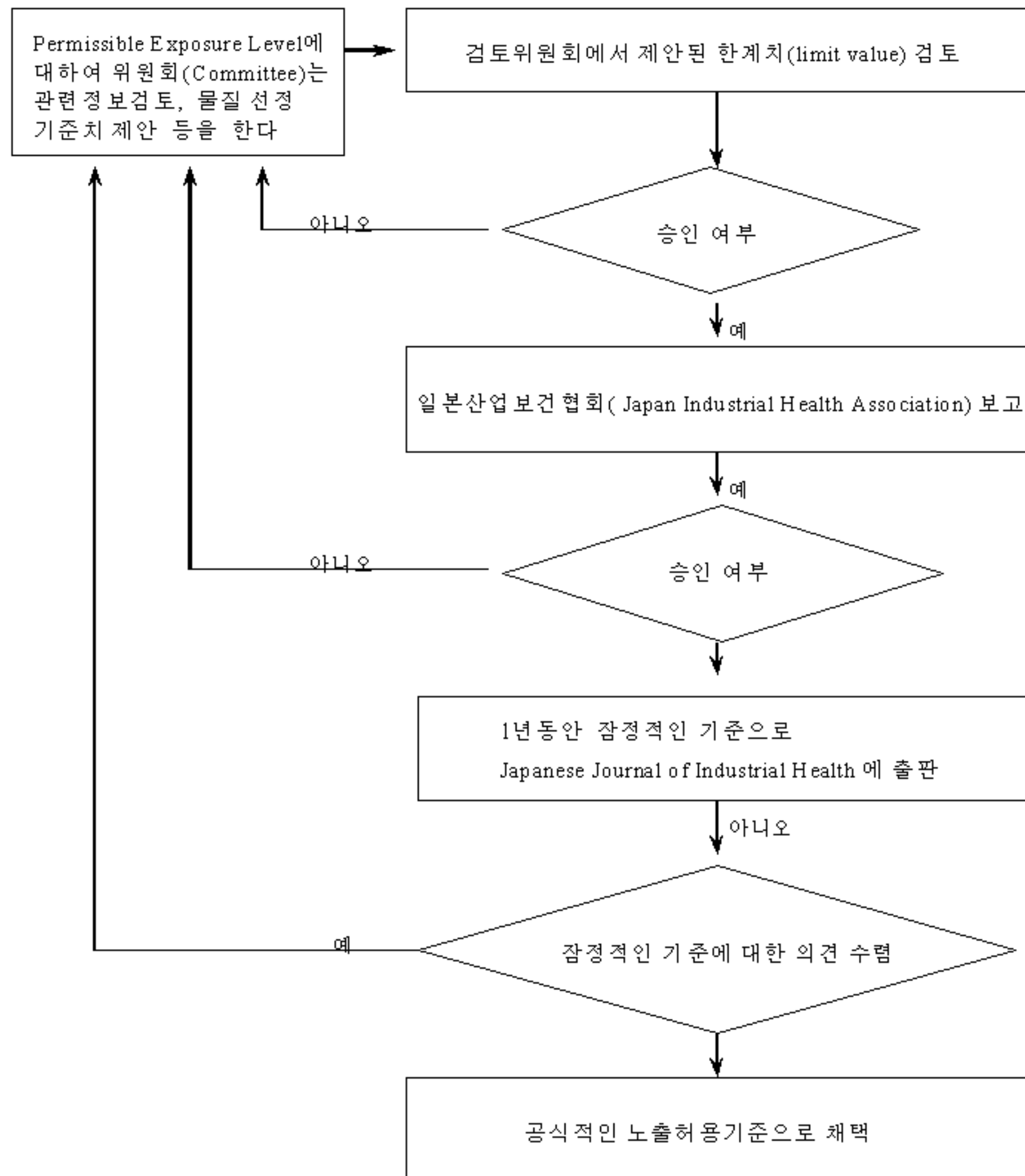
만성작용 ; 토끼, 원숭이, 랫트, 마우스, 모르모트의 흡입실험에서는 183 ppm 또는 97 ppmdml 디메틸아민에서는 1일 7시간, 주 5일, 18~20일 노출시킨 경우 모르모토, 마우스에서는 9일 후에 각막의 장애가 확인되었다. 랫트, 모르모토, 토끼, 마우스에서는 간의 중심소엽의 간지방변성과 실험세포의 괴사

가 확인되었다. 5 ppm에 연속 90일간 노출시킨 경우 중독증상은 확인되지 않았고, 혈액소견도 거의 정상이었고 한 마리도 사망하지 않았다. 그러나 해부해보면 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.

Japan



다. 독일 ; MAK(Maximum Concentration Values)기준 제시 및 설정근거 요약

가) 서론

- 사업장의 화학물질 유해성 조사를 위한 위원회(Commission for the investigation of Health Hazard of chemical Compounds in the Work Area)
 - 작업장에서 사용되는 화학물질의 최대 허용가능한 기중 농도(MAK) 설정
 - MAK는 규제 기준

나) 물질 선택기준과 우선순위

- 위원회에서 MAK설정을 위한 물질 선택
- 근로자에 있어서 예방가능한 의학적 문제의 중요성에 따라 선택하며 위원회 위원, 산업계, 정부에서 제안할 수 있다.
- MAK 값을 설정하는데 혼합물의 효과를 먼저 고려

다) 과학적 근거

- MAK 값 : 현재의 지식으로는 일반적으로 근로자의 건강에 장애를 주지 않는 작업장의 공기중에 존재하는 화학물질의 최대농도
- 위원회는 연구소 산하에 있는데 이 연구소의 현장에는 다음과 같은 내용이 있다.

① 위원회는 작업장에서 독성물질에 의한 근로자의 건강장애를 예방하기 위해서 과학적인 토대를 연구할 책임을 가지고 있다.

② 위원회는 제약없이 학문적 자유를 가지고 연구한다.

- 물질의 선택과 우선순위를 정하는데 자유롭지만 산업계나 정부가 요구하는 물질을 연구해야 할 의무가 있다.

- 복지부와 노동부의 요구에 우선권이 있다.

③ 특히 위원회는 활동에 있어 가능하면 투명성을 보장하기 위하여 주어진 절차에 따라 운영한다.

④ 위원회에서는 오로지 과학적인 논의만이 있을수 있다.

⑤ 보건전문가만이 위원회의 토론에 참여할 수 있다.

- MAK 값을 설정하기 위해서 해당 물질의 산업보건과 독성영역의 정보를 얻어야 한다.

- 원칙적으로 인간의 경험이 다른 자료에 비해 우선적으로 다루어 진다.

- 기타 기준의 설정

① Technical Exposure Limits(TRKs)

- 발암성, 돌연변이성 화학물질
- 작업장에서 보호를 위한 지침으로 가스, 증기, 기중입자 농도
- 잠재적인 건강위험을 완전히 배제할 수는 없음

② Biological Tolerance Value(BAT)

- 화학물질, 그의 대사물의 최대허용량
- 건강한 개인에 있어서 천정치(ceiling value)
- 혈중과 소변에서의 측정값으로 설정
- 8시간 가중치로서 적용
- 작업장 공기중 화학물질 농도는 실제로 변동한다는 것을 고려하여 최대치 설정
- 단기 노출기준(Short-term excursion limit)의 설정

- MAK 값을 가진 화학물질의 기타 효과도 구분하여 정리

- 감각과 피부흡수의 효과
- 발암성 정도
- 임신에 대한 잠재적 영향

- 돌연변이

라) 경제요인

- 경제적 요인 고려안함

마) 실행가능성

- 고용주는 작업장에서 MAK, BAT, TRK를 지켜야 할 책임이 있음
- TRK에 대해서는 고용주는 기준보다도 가능한 더 낮게 유지해야 한다.

바) 문서 / 논리적 근거

- 위원회에서는 새로운 항목이나 변경에 대해 1년전에 사전 공고
 - 공식적인 출판, 또는 인정된 출판물을 통해
 - 산업보건 관련 조직에 정보제공

사) 규제

- 독일연방정부에서 MAK 값을 규제농도로 작업장에 부과
- 고용주는 MAK 값을 초과하지 않을 책임이 있음
- 고용주는 연방정부의 감독관을 통해 작업장 측정하고 모니터링 책임이 있음

아) 검토 및 승인과정

- 위원회에서는 매년 MAK와 BAT를 검토한다.
- 또한 노동부에서도 검토하게 되고 다음의 조직에도 통보된다.ion을 검토

하게 한다.

- LASI: 산업안전과 기술보장을 위한 연방위원회
- 독일산업연맹
- 산재 보험 연합회
- 독일노동조합연맹

자) 개정과정

- MAK 항목의 출간과 더불어 위원회에서는 개정 또는 제정 목록을 1년전에 공고(보통 7월)
 - 위원회는 개정 이유를 설명
 - 다음해 2월까지 서면으로 의견을 받음
 - 5월까지 응답
 - 문제해결이 안되면 이 분야의 한명이상의 전문가에게 요청
 - 과학적인 근거가 충분하지 않으면 다음해까지 연기
- 응급시는 건강장해를 피하기 위하여 조기 공고
 - 정상적인 과정을 거치지 않고 빨리 시행할 수 있다. 이러할 경우에는 정보를 제공받는 곳에 자세한 과학적인 이유를 제공하여야 한다.

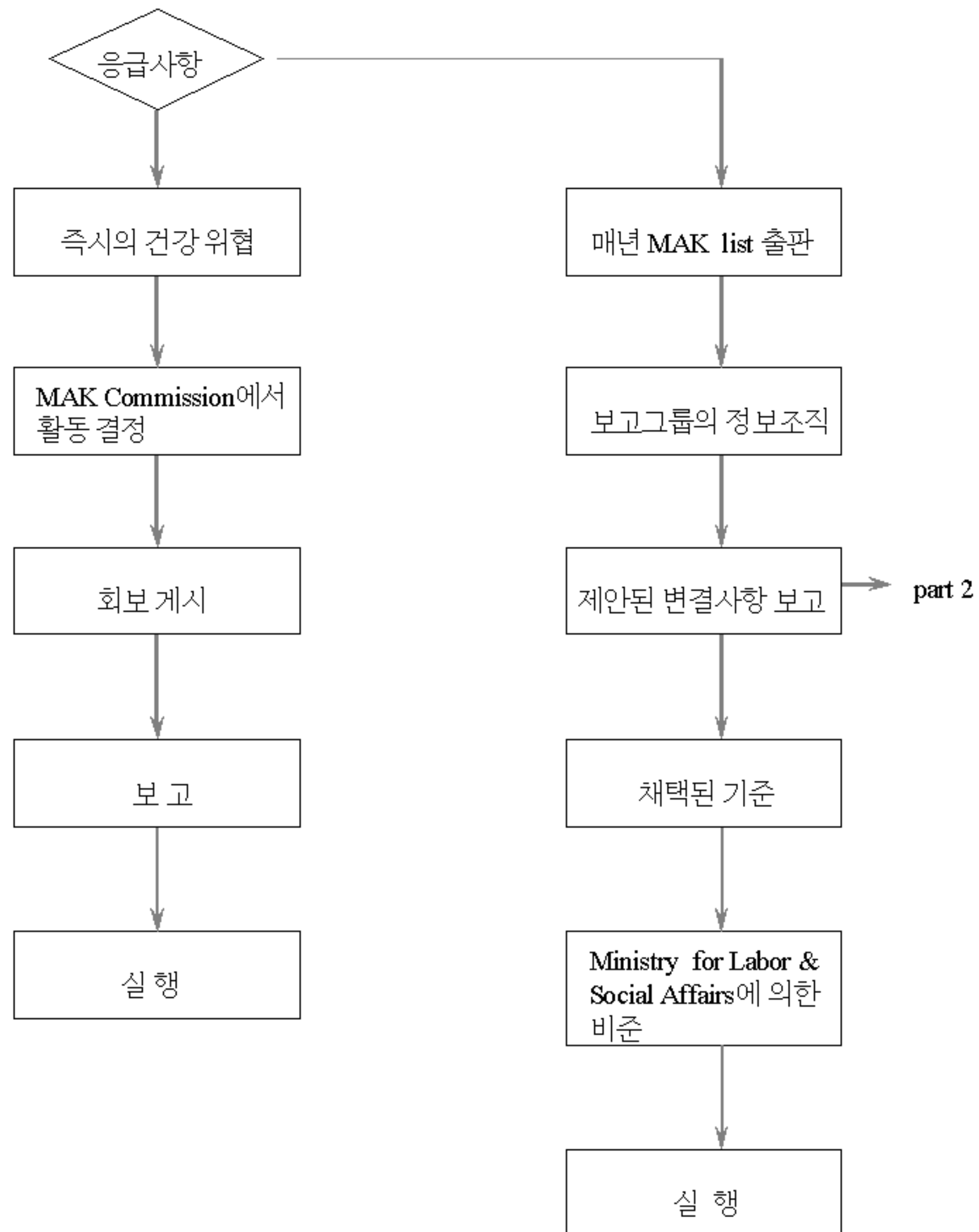
차) 실행

- 고용주는 독일산업연맹, 노동부로부터 정보를 제공받음

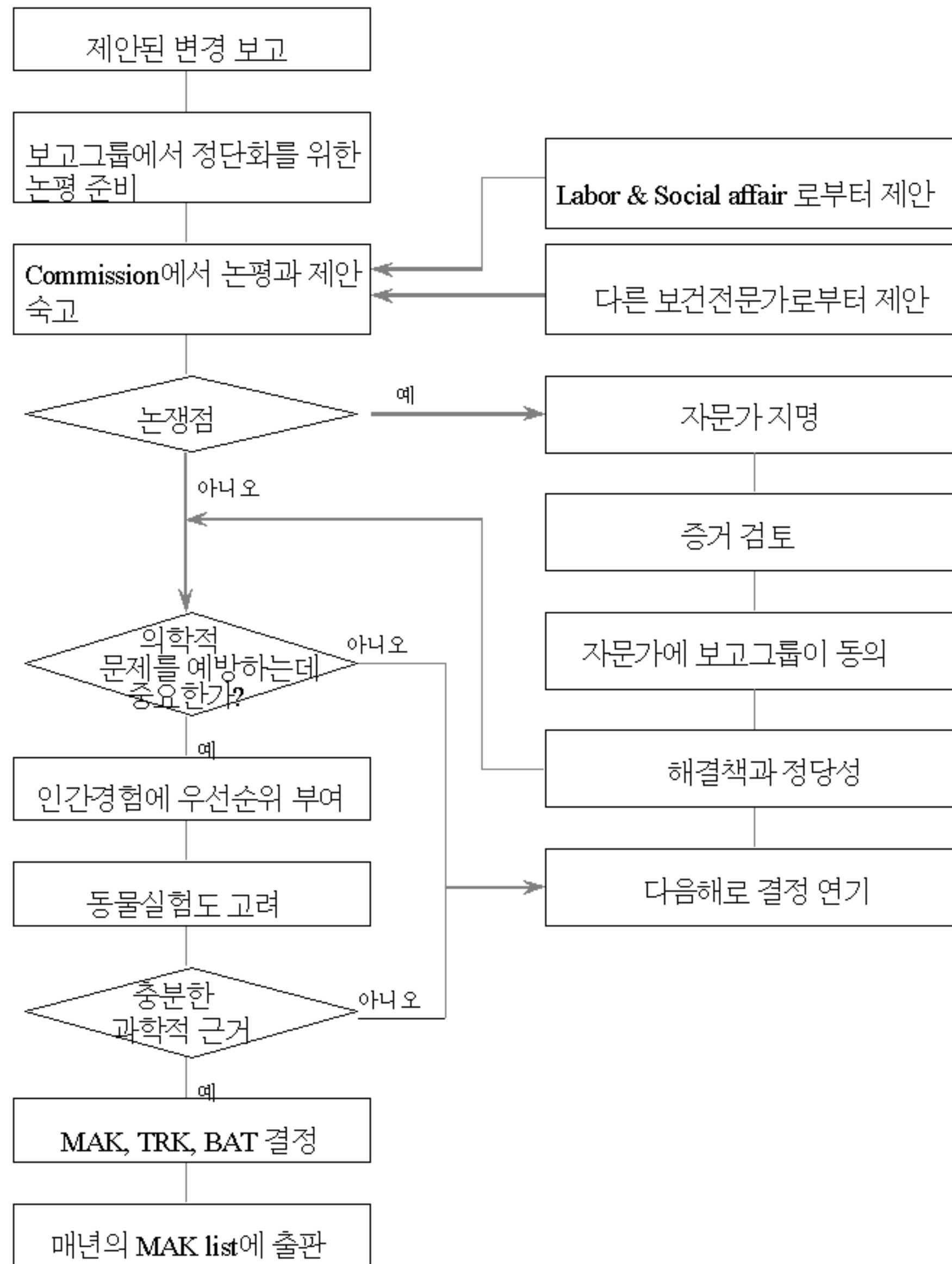
카)설정근거

디메틸아민에 대한 설정근거 없음

Germany - part 1



Germany - part 2



라. 스웨덴 ; OEL(Occupational Exposure Limits)기준 제 시 및 설정근거 요약

가) 배경

스웨덴은 허용농도 제정을 위해서 노동자, 고용주, 노조의 3자간의 협조체계를 이용한다. 스웨덴의 허용농도 설정의 중추적인 기능은 정부기구인 산업안전 보건국이 담당하고 있다. 산업안전 보건국에는 감독부서, 행정부서와 의사결정기관인 간사회를 두고 있다.

산업안전보건국에서는 허용농도 제정의 임무 수행을 위하여 산학의 긴밀한 협조체계를 갖추며 기술, 화학, 생리학적 분야 및 산업의학 분야의 연구활동을 수행한다.

1987년 7월, 국립산업보건연구원이 산업안전보건국의 후원아래 연구 활동을 수행하기 위하여 설립되었으며 300여명의 과학자와 30여명의 staff진으로 구성되어 있다.

나) 물질선택기준과 우선순위

물질 허용농도의 제정 및 수정은 대개 3년마다 이루어지는데 정부, 노국 사업주 대표로 이루어진 조정위원회에서 최신에 소개되는 정보에 근거하여 물질의 우선순위를 정하게 된다. 제안서는 조정위원회에서 결정되는데 우선 스웨덴에서 사용되는 물질이어야 하고 사업장에서 문제가 되었던 자료를 바탕으로 제안서를 작성하게 된다. 제안서는 고용자, 고용주, 과학자, 산업의학 전문가, 근로감독관, 조정위원회 비서 등으로부터 제출되면 산업안전보건국에서는 면밀히 자료를 검토하고 미국, 독일, 스칸디나비아, 유럽 공동체의 활동을 참고한다.

모든 제안서들을 취합한 후에 조정위원회에서 선택물질의 초안을 잡고 우

선순위를 배정한다. 선택물질목록은 과학적 근거를 위하여 기준위원회에 제출된다.

다) 과학적 근거

1) The Criteria Document

과학적 근거는 기준위원회에서 설정하는데 그 구성원은 산업위생전문가, 독성학자, 산업의학, 정신생리, 생화학 전문가 등으로 구성된다.

Criteria Document에 기재되어야 하는 정보에는 다음과 같은 사항이 있다.

- 현재의 허용농도(OEL)
- 제안된 OEL
- 외국에서의 허용농도와 다른 기관에서의 제안농도
- 건강 효과
 - 작업장내, 외의 급성 노출 수준
 - 자료의 타당성
 - 개인 노출
 - 잠재적인 노출수준(대기, 흙, 음식물, 물)
- 사용처
 - 사용처와 이용형태
 - 사용량
 - 사업장 자료
- 노출과 흡수에 관한 양적 정보
- 측정 기술과 분석 방법
 - 노출 측정 방법
 - 생체조직, 혈액, 호기시의 내부 농도
 - 측정 전략, 기술, 수집된 자료에서의 분석과정
 - 노출 유형의 다양성

- 생체학적 monitoring
- 중독에서의 정량적인 자료
- 지역별, 사업장별 다양성
- 환경적 요소
- 중요한 물리, 화학적 성상 및 사용양상
- 작업장 노출 수준
- 측정의 신뢰도

2) 노출 결과의 평가

노출결과의 평가는 Criteria Document와 함께 허용농도 설정의 기본 자료로 중요한 역할을 한다. 사업장과 마찬가지로 개개인의 결과가 평가되어지고 과학적 근거도 허용치의 적용과 수행단계에서 고려된다.

기준위원회에서는 간단한 보고서를 발행하여 물질들의 노출에 대한 인간 및 동물 실험의 효과를 포함한 자료들을 발표한다. 스웨덴의 Criteria Document는 Nordic Group 및 Dutch Expert Committee와 같은 국제적 조직에서도 관여한다. Nordic Group은 Nordic Council 내에 존재하며 그들은 과학적 자료를 바탕으로 5개 Nordic 국가에서의 사용을 위한 Criteria Document를 작성한다.

정보들은 이외에도 Nordic 국가의 산업보건연구자, WHO, EU, NIOSH, ACGIH TLV list에서도 수집된다. 기준위원회에 의해 작성된 과학적 기준은 모든 회원들의 동의에 의하여 과학관련 문헌에 출판한다. 기준위원회에서는 양-효과, 양-반응관련 자료들을 발표하는데 임계농도는 건강 위해효과가 나타나는 최저 농도를 말하고 허용농도 수립시 이때의 농도가 고려된다.

노출결과의 평가에 기재되는 내용은 다음과 같다.

- 물리화학적 성질
 - Chemical Abstract Service No.
 - 약어
 - 동의어
 - 공식

- 구조
- 분자량
- 밀도
- 어는점
- 끓는점
- 녹는점
- 수증기압
- 포화농도
- 발화점

- 흡수 / 생체변화, 배설

- 호흡기
- 피부흡수
- 물질대사
- 음식
- 소변

- 독성효과

- 인간 대상 자료, 동물실험 자료
- 시험관 실험때의 영향
- 급성 독성
- 유전자적 독성
- 급성 중독
- 독성에 영향을 주는 요인

- 돌연변이성

- 발암성, 기형성
- 태아 기형효과

- 양-반응 / 양-효과 관계
 - 단기노출, 장기노출
 - LOEL(lowest observable effect level) / NOEL(no observable effectlevel)
 - 동물(경구 / 경피)
 - 인간(경구 / 경피)

3) 임계효과

산업안전보건국에서는 허용치에 있어서 NOEL을 목표로 하고 있다. 특정물질에 대한 safety factor는 사업장의 노출현황, 잠재적인 발암능력, 불쾌정도, 과학적 자료들을 물질별로 고려하여 정한다.

AFS 1993 ; 9에서 물질들을 크게 6가지로 나누었다.

1. 물질의 최대허용수준을 나타내는 한계치의 목록 제공. 빨리 작용하거나 특별히 위험한 물질인 경우에는 ceiling limit가 적용.
2. 단지 어떤 상황에서만 사용이 가능한 발암물질(Group A)
3. 근로감독관의 허가를 받은 후에만 사용가능한 발암물질(Group B)
4. 발암물질(Group C)
5. 민감성 있는 물질(Group D)
6. 생식기 장애를 초래하는 물질(Group E)

AFS 1993 ; 9에 대한 일반 권고에서는 ‘한계치는 오염물질에 노출된 사람이 건강장애를 일으키지 않는 최고농도’라고 규정하고 있고 민감도, 단기노출요인, 생물학적 성상과 오염물질 제거를 위한 기술적인 측면의 가능성이 함께 검토된다.

다음과 같은 사항이 허용농도 제정에서 고려되어진다.

- 교호작용
- 작업부하
- 발암물질
- 감작물질

- 피부 흡수
- 생식기관에 작용하는 물질
- 생물학적 요인

라) 경제요인

과학적 기준을 결정하는 것 외에 조정위원회는 경제적인 요인을 고려하게 된다. 조정위원회는 노출되는 노출 근로자수와 각 사업장에서의 농도등을 검토하고 여러 출판자료를 검토하는 일련의 과정을 거친다. 따라서 건강과 사업장의 요인을 함께 검토하게 되고 이러한 경제적인 요인은 감사회에게도 고려되게 된다.

마) 실행가능성

앞서 설명된바와 같이 과학적인 면과 사회 경제적인 요인이 고려되므로 기존 시설내에 실제 적용시키는 것을 전제로 허용기준 수치를 내리는 정책은 매우 어려운 일이다. 반면, 새로운 설비시설이 건설되는 단계에서 이러한 변화는 다소 가능하다. 따라서 이미 존재하는 건물과 새로 건축하는 건물사이에 다소 차이가 생길 수 있다.

스웨덴의 허용기준이 단지 의학적이거나 독성효과에만 근거하지는 않는다. 노출 수준에 따라 건강과 비건강을 구분할 수도 없다.

AFS 1993:9의 The General Recommendation은 언급하기를 “허용기준 이하에서도 작게나마 불이익을 초래할 수 있는 근로자가 조재할 수 있다는 사실을 배제할 수는 없다. 또한 적은 소수에서 질병 증상을 보이는 것을 배제할 수 없다.”라고 언급하고 있다.

일반적으로 고용주는 근로자의 질병을 초래할 수 있는 물질에 대해서는 가능한한 노출이 최소화되도록 해야 한다. 이러한 사실은 허용기준이 궁극적인 목표라기보다는 지침이라는 것을 의미한다.

바) 문서 / 논리적 근거

기준위원회는 Regulation Group에 과학적인 근거를 뒷바침하는 Criteria document를 제출한다. 이것은 다시 감사회에 전달되게 되어 검토되고 최종 보고서는 국립산업보건연구원에서 출판된다.

사) 규제

제정된 허용농도에 근거하여 사업주는 허용농도를 준수하여야 하는 의무를 진다. 그러나 허용농도는 엄격한 수치로 제정된 것은 아니며 가능한 허용될 수 있는 수준으로 가능한 낮추라는 것을 의미한다.

사업장을 지도하고 감시하는 역할은 근로감독관이 맡고 있다.

아) 검토 및 승인과정

검토단계는 정상적으로 3년 마다 열려 법규가 개정된다.

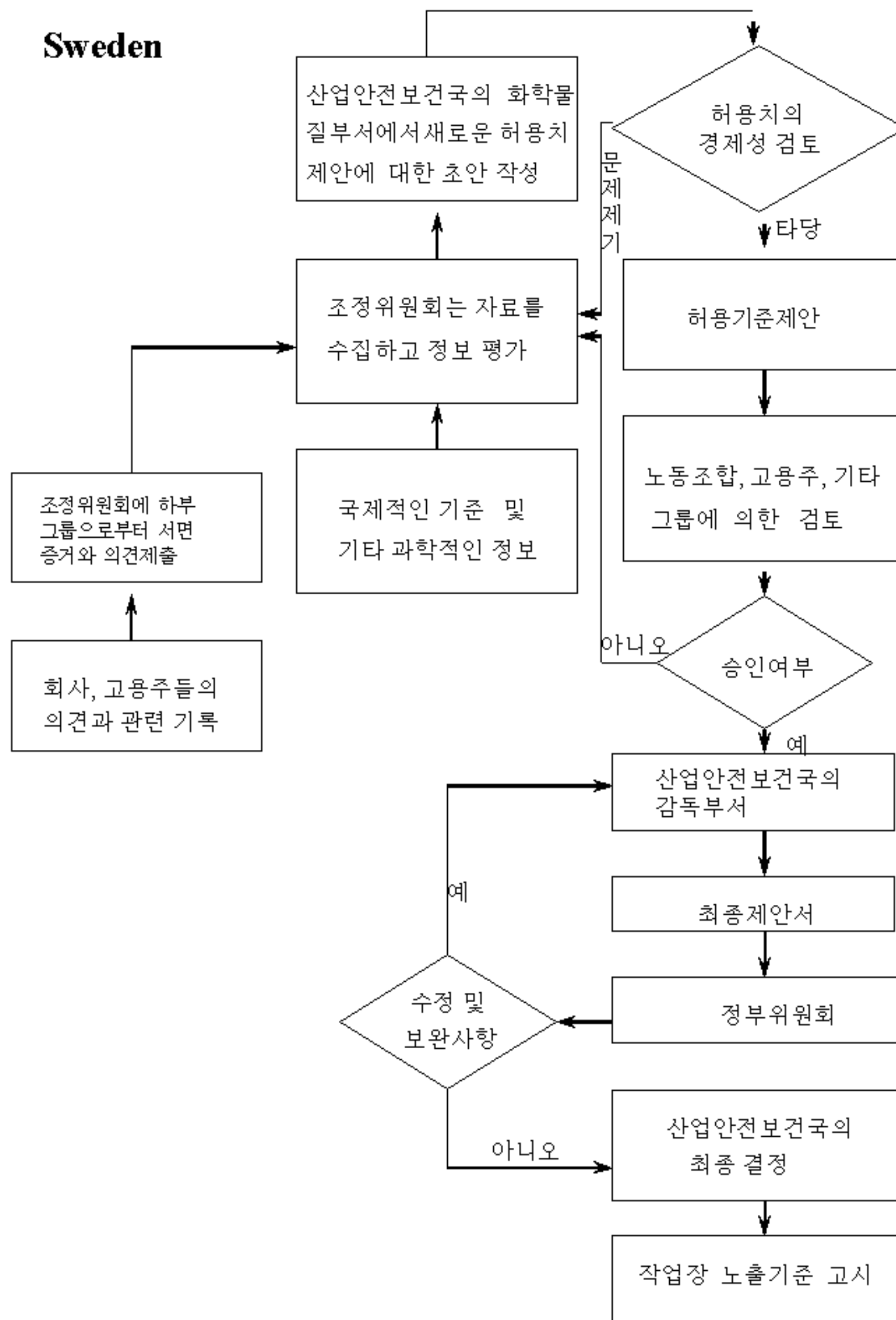
자) 실행

산업안전보건국에서 작업환경관리를 위한 허용농도를 설정할 수 있도록 법규에 명문화되어 있다. 산업안전보건국에서 이에 대한 정보를 자체 신문 및 기타 매체를 통하여 전파한다.

차) 설정근거

디메틸아민에 대한 설정근거 없음

Sweden



마. 영국 ; OEL(Occupational Exposure Limits)기준 제시 및 설정근거 요약

가) 배경

유럽공동체내의 각 국가들은 각자의 OELs를 설정하고 있으나 유럽공동체내에 산업안전보건의 조화를 이루고자 하는 열망이 크다. Council Directive 80 / 1107 / EEC와 Council Directive 90 / 394 / EEC는 화학물질, 물리적 인자, 생물학적 인자에 대한 OELs 설정기준을 정하고 사업주에게 안전한 작업환경을 제공하도록 하는 의무를 부여하고 있다.

나) 물질선택기준과 우선순위

대상물질은 전문가, 회원국의 대표, 이익집단 대표들에 의하여 선정된다. 위원회의 임무는 작업장의 안전, 위생 및 건강증진 분야의 활동을 준비하고 실행하는데 기여하며 행정부서와 노동조합, 고용주 조직간의 협력을 촉진하는 것이다. 위원회는 정부 대표자, 근로자 대표, 산업계 대표 등 총 54명으로 구성되어 있다.

위원회에서는 유럽 이외의 국가인 미국, 캐나다, EFTA 국가들로부터 물질 선정을 위한 정보와 자료를 얻는다.

현재 27개 물질에 대한 허용치가 설정되어 있으며 계속적인 추가작업이 이루어지고 있다.

대상 물질의 우선 순위는 작업장 노출과 관련된 독성에 근거하고 있다. 가장 심각한 건강장애를 일으키는 물질을 우선적으로 검토한다. 또한 폭로 근로자수, 사용량, 독성정도, 기타 관련 요인들이 함께 고려된다.

다) 과학적 근거

1) 과학적 참고자료의 준비

유럽공동체에 의하여 OELs이 정해진 물질이 적은 이유는 자료가 부족하였기 때문이다. 자료는 회원국가의 전문가, 산업체와 기업협회, 노조, 기타 이해단체 등 모든 가능한 자원으로부터 수집된다. 선택된 물질들에 대한 평가는 평가가 행해질 때 가장 유용한 자료에 기초한다. 과학적 참고자료는 다음과 같은 사항을 포함한다.

- 직업노출과 관련된 건강영향에 관한 유용한 자료들이 있는 criteria documents

- 과학적 검토가 들어간 최신 정보
- 분석과 측정에 대한 적절한 자료

위원회는 여러 단계에서 유용한 자료를 모두 수집하며 널리 분포된 자료의 총 취합의 중추적인 역할을 맡는다. 유럽 공동체는 또한 미국, 캐나다 등의 국가와 WHO, IPCS, OECD 등과 같은 국제 조직과 협조체제아래 정보 교환을 시행한다.

우선순위 결정에 있어서의 고려 사항으로는 노출, 건강 위해효과, 역학자료, 독성정도 등이 있다.

2) 과학적 참고 자료의 평가

위원회는 독립적이면서 과학적으로 관련 자료를 검토할 독성학, 산업의학, 산업위생학 전문가로 구성된 SEG (Scientific Expert Group)를 구성한다. SEG의 역할은 과학적 자료에 근거하여 기준치 설정에 대한 제안서를 작성하는 것이다. 사회경제적 요인은 고려하지 않으며 필요로 하는 영역의 자료들이 불충분할 경우 과학적 자료에 근거한 OEL의 제정이 부적절할 수 있다.

현재의 OEL setting procedure는 산업계의 참여가 없고 산업계는 SEG가 위원회에 제안서를 제출하고 난 후에야 공식적인 자문을 받는다.

3) 과학적 평가

위원회에 의하여 다음과 같은 내용의 정보가 수집되고 평가된다.

- 상세한 물질 확인
- 물리 화학적 성질
 - 색깔, 성상
 - 녹는점
 - 끓는점
 - 20℃에서의 비중
 - 20℃에서의 증기압 및 포화농도
 - 증기밀도
 - 용해도
 - 냄새 및 '냄새 감지한계'
 - 옥탄올/ 물 분배계수
 - 발화능 ; 산화능 ; 폭발점
- 발생 및 사용
 - 발생량
 - 지역적 및 부문별 분포
 - 환경적 요인
 - 불안정하거나 반응성 물질에 대한 잠재적 영향
 - 가장 중요한 물리 화학적 성상 및 사용현황
 - 작업장 노출수준
 - 측정자료의 신뢰성
- 생산 및 사용자료
 - 생산 및 사용방법
 - 생산량 및 사용량
- 노출과 흡수에 대한 양적인 정보

- 작업장 내외에서의 실제 노출 수준
 - 자료의 타당성
 - 개인 노출
 - 배경 노출량(대기, 토양, 음식, 물)
 - 측정 전략, 기술, 분석 과정
 - 개인 노출 패턴에서의 다양성
 - 생물학적 모니터링
- 측정 기술 및 분석 방법
 - 노출 측정 방법
 - 혈액, 호기, 소변, 대변 등 생체조직/기관내의 농도
 - 측정 한계치
 - 특수 분석

- 독성학

자료의 수준이 비슷한 경우에는 동물 실험보다는 인체대상 자료가 유용하게 사용되고 과학적인 OEL 설정을 위하여 주요장기, 주요효과, NOAELs, LOAELs, 생물학적 반감기 등이 중요하게 고려된다.

a. Toxicokinetics

- 흡수
- 분포
- 생변환
- 배설
- 생물학적 모니터링

b. Toxicodynamics

- 기간
- 노출 경로

- 단기 노출, 장기 노출, 단일 노출
- 노출의 유형
- 급성 / 아급성
- 만성 / 아만성
- 증상 / 소견
- 혼합 노출
- 불쾌감
- 표적 장기
- 취약 장기 및 영향
- 노출 / 양-반응관계
- 노출 - 영향 관계
- NOAEL / LOAEL
- 돌연변이성
- 발암성
- 생식기관 독성
- 면역성

- 기존지식과의 차이
- 위험군
 - 질병 과민성
- 기존의 OEL
- 요약된 평가 및 OEL에 대한 과학적인 권고

요약 평가는 SEG가 OEL설정에 관련하여 검토하는 구간이다.

라) 경제요인

SEG는 경제적인 요소를 고려하지 않는다. SEG는 단지 과학적인 자료에 근거해 OEL을 권고한다. SEG의 제안이 중요한 요소이기는 하지만 위원회에서 이 외에도 기술적인 면이나 사회 경제학적인 측면, 정책적인 요인들을 부

수적으로 고려하여야 한다.

SEG는 보고서의 초안을 위원회에 제출하게 되고 위원회는 고용자, 노동자, 정부의 3자 협의회를 구성하여 제안서를 검토하는 과정을 거친다. 이 과정에서 제안된 기준을 실행할 때 드는 비용과 건강상의 이득을 저울질하여 집중토의한다.

그러나 위원회의 기본 원칙은 경제적인 측면을 강조하기보다는 근로자의 안전을 도모하는 것이다.

마) 실행가능성

사회경제적인 측면을 고려할 때 함께 고려된다.

바) 문서 / 논리적 근거

위원회는 관련단체에 기준문서 (criteria document)와 SEG 권고 근거를 간단히 정리한 summary documentation을 제공한다. 기준문서내 평가 및 권고사항을 요약한 항목은 SEG가 OELs를 정한 근거를 분명하게 기술한다.

다음은 기준이 채택된다면 출판되는 documentation의 기본 틀을 제시하여 주는 것이다.

1. 물질의 확인 - CAS/EINECS/EEC name and numbers/ chemical formulae

2. 발생 및 사용

- 가장 중요한 물리 화학적 성질 및 사용현황
- 작업장 노출 수준
- 측정 자료의 신뢰성

3. 건강 유해성

- 자료의 가용성, 자료의 질 및 수준

- 표적 장기
- NOAEL / LOAEL 및 양-반응 관계

4. 권고기준

- TWA / STEL / BOEL
- OLE 설정시 가장 중요한 자료
- 외삽 기술 / 불안정성 인자
- 피부표기
- OEL 수준에서 측정 가능성
- 적절한 방법의 가용성
- 추가로 필요한 연구

사) 규제

EC내에 특정한 규제 규정이 따로 존재하지는 않으나 회원국들은 OELs을 준수할 의무가 있다. 일반적으로 기록 보관, 작업환경측정, 안전보건 연구, 조사감독 등이 규정 집행 항목이다.

아) 검토 및 승인과정

여러 회원국들과의 상담을 통하여 유럽의 위원회는 OELs의 제안서를 작성하게 된다. 회원국 대표로 구성된 위원회에서 공식적인 투표에 의해서 OEL을 채택한다.

SEG에서 OEL을 권고한 후에, 위원회는 모든 기술적 자료와 사회 경제적 요인들을 검토하여 노출기준에 대한 위원회 제안서를 ‘사업장 안전, 위생 및 건강증진에 대한 자문위원회’에 제출하고 “Official Journal of European Community”에 출판하게 된다.

자문 위원회는 위원회의 제안서를 산업계, 근로자, 정부 대표들로 구성된 3자 실무그룹에서 검토하게 한다. 이들의 자문을 거쳐 자문위원회는 권고사항

을 위원회에 제출한다.

위원회에서 이를 바탕으로 행정규칙을 만들어 채택되면 이는 Official Journal에 출판된다.

자) 개정과정

각 회원국들에게 OEL을 수정 보완하도록 개방되어 있고 개정과정은 새로운 물질의 기준을 제정하는 절차와 동일하다.

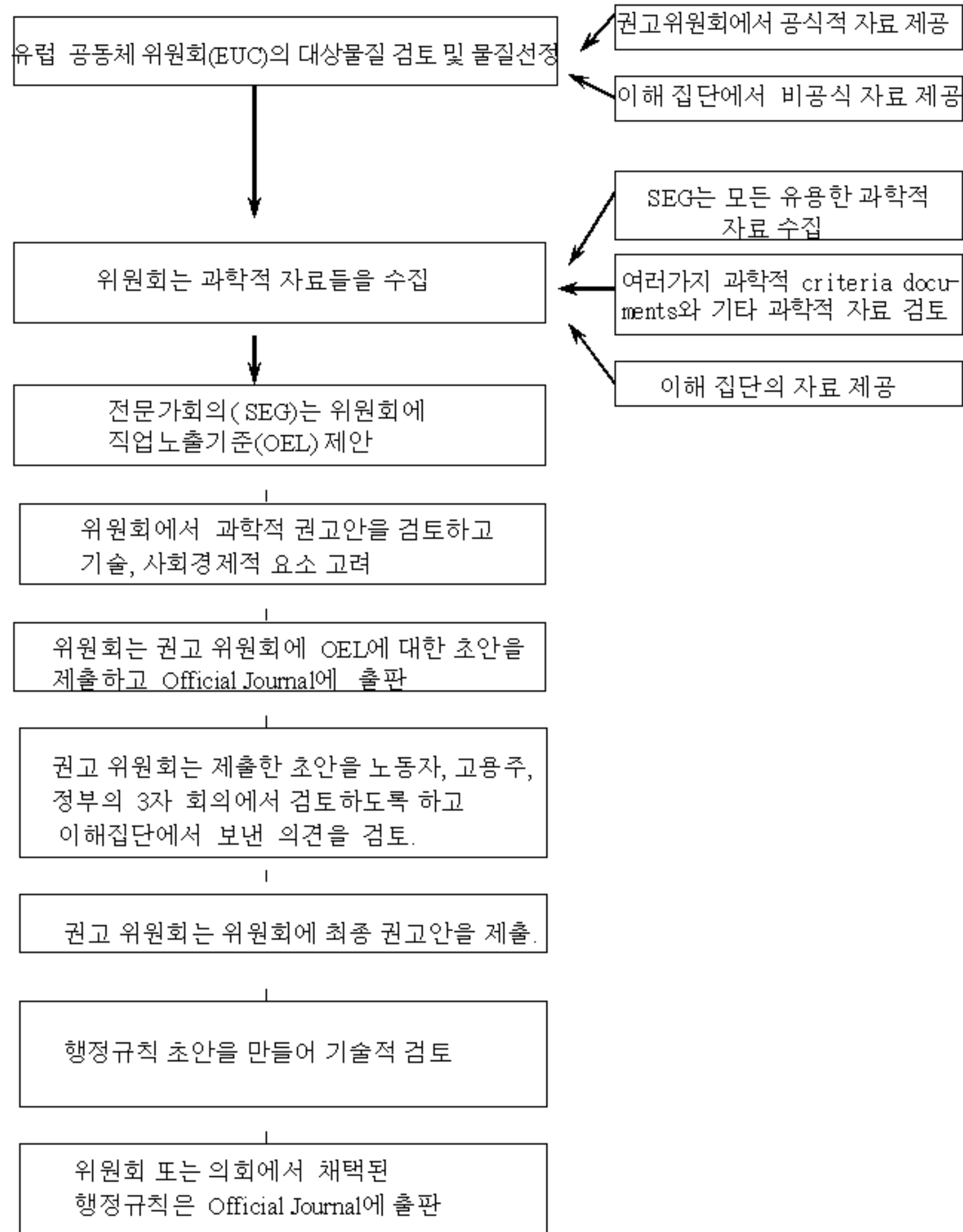
차) 실행

EC의 행정규칙은 정해진 기간, 흔히 채택 일부터 보통 2년 이내에 회원국들의 국가법으로 수행되어진다. 법규의 준수여부 감독은 각 회원국들에게 달려있다.

카) 설정근거

디메틸아민 설정근거 없음

European Union



바. 프랑스 ; OEL(Occupational Exposure Limits)기준 제 시 및 설정근거요약

가) 배경

- 프랑스에서는 직업병과 산업위해의 예방을 위하여 위험한 물질에 근로자가 노출되는 것을 피하게 하거나 최소수준으로 감소시키고자 한다.
- OELs에 대한 첫 목록은 1982년에 출판
- 현재 직업성 노출기준(OELs)은 2가지 종류가 있다.
- 특정물질에 대한 허용기준
 - asbestos
 - vinyl chloride
 - dusts
 - benzene
 - lead
 - fumigation gases [HCN, CH₃Br, PH₃]
- 권장기준
- OELs설정 & 개정
- 직업성노출기준은 직업성 위해 예방을 위한 의회의 작업환경감시 위원회에서 설정되고 개정된다.

나) 물질 선택기준과 우선순위

- 매우 위험하다고 생각되는 6개물질 그룹에 대해서는 허용기준이 있고 이는 준수하는 것은 의무사항이다.
- 기타물질(500종이상)에 대해서는 권장기준이 설정되어 있다.
- 일반적으로 직업성 노출기준 선택근거
 - 국제과학 간행물(international scientific publications)

- ACGIH TLV의 변화(특히 감소)
- 지역보건당국의 연구
- 노출기준의 2형태
 - 8시간 가중치
 - 단기노출기준(15분)

다) 과학적 근거

- 국제과학 간행물
- 보건당국의 연구

라) 경제요인

- 산업계 참여
- 경제적 현실 반영

마) 실행가능성

- 직업환경감시위원회는 모든 노출기준이 측정가능하도록 하고 또 준수하기 쉬운 표준방법을 만든다.

바) 문서 / 논리적 근거

- Official Journal, Official Bulletin과 National Institute of Safety Research에 출간된다.

사) 규제

- 노출기준에 대한 감독과 규제는 노출기준 종류에 따라 다르다

- 노출허용기준 - 법규에 관리방안 기록
- 노출권장기준 - 노동부 조례

근로감독관이 사업주에게 위험물질의 영향을 평가하기 위한 연구를 수행하도록 요구할 수 있고, 위해평가가 된 후 감소시키기 위한 활동을 해야 함

아) 검토 및 승인과정

- 노출허용기준의 설정은 작업환경감시위원회에서 하는데 여기는 전문가, 과학자, 산업계에서 참여하며 노동계는 참여하지 않는다.

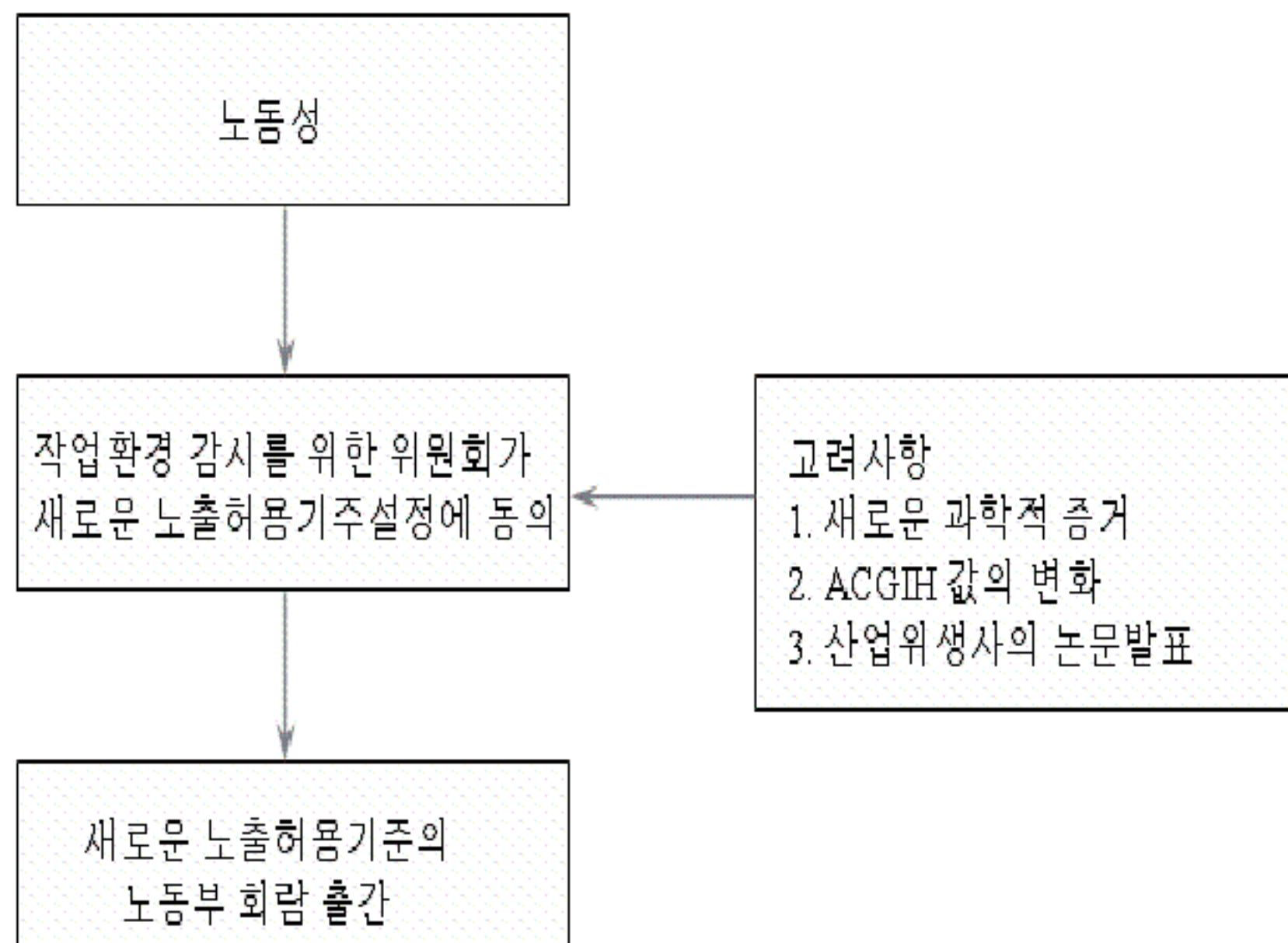
자) 개정과정

- 규칙적으로 개정하며 새로운 과학적 증거와 ACGIH TLV의 변화가 개정의 촉매제이다.

차) 설정근거

디메틸아민 설정근거 없음.

France



6. 작업장내 근로자 노출실태

가. 작업환경측정

(1) 작업환경측정 대상

디메틸아민 노출실태 조사 일환으로 실시한 사업장별 배출원 조사는 2005년 8월부터 실시하였다. 조사대상 사업장은 2가지의 자료를 근거로 하여 선정하였다. 첫째, 본 연구 대상물질인 메틸아민 성분에 대한 사업장별 사용현황을 고려하여 연구팀이 노동부로부터 제공 받은 대상 사업장과 사업장 목록에는 제시되어 있지 않지만 메틸아민을 사용하는 사업장을 본 연구진이 섭외하여 근로감독자와 사전 협의 및 조사를 통해 1차 조사는 8월 1일부터 8월 26일 까지 2사업장을 조사하였으며, 2차 조사는 9월 10일부터 조사대상 사업장을 선정하여 2사업장에서의 시료채취를 실시하였다.

사업장내 조사지점은 주요 메틸아민을 사용하는 공정에 대해 시간가중평균치(TWA), 단시간노출허용농도(STEL)를 측정하였다.

(1) 작업환경측정 대상

디메틸아민 노출실태 조사 일환으로 실시한 사업장별 배출원 조사는 2005년 8월부터 실시하였다. 조사대상 사업장은 2가지의 자료를 근거로 하여 선정하였다. 첫째, 본 연구 대상물질인 디메틸아민 성분에 대한 사업장별 사용현황을 고려하여 연구팀이 노동부로부터 제공 받은 대상 사업장과 사업장 목록에는 제시되어 있지 않지만 메틸아민을 사용하는 사업장을 본 연구진이 섭외하여 근로감독자와 사전 협의 및 조사를 통해 1차 조사는 8월 1일부터 8월 26일 까지 2사업장을 조사하였으며, 2차 조사는 9월 10일부터 조사대상 사업장을 선정하여 2사업장에서의 시료채취를 실시하였다.

사업장내 조사지점은 주요 메틸아민을 사용하는 공정에 대해 시간가중평균

치(TWA), 단시간노출허용농도 (STEL)를 측정하였다.

<표 13> 사용 사업장 조사기간 및 측정사업장 수

구분	조사기간	측정 사업장수	조사지점
현장조사 (1차)	8월1일~ 8월 26일	2개소	▶ <u>아민화합물 사용 사업장 실태 조사</u> (노동부 제안 사업장) · 본 연구대상물질 (메틸아민, 디메틸아민, 디에틸아민)조사 · 시간가중평균치(TWA), 단시간노출허용 농도(STEL) · 각 사업장 별 대상물질 사용공정
현장조사 (2차)	9월10일~ 10월25일	2개소	▶ <u>아민화합물 사용 사업장 실태 조사</u> (본 연구진 선정 사업장) · 본 연구대상물질 (메틸아민, 디메틸아민, 디에틸아민)조사 · 시간가중평균치(TWA), 단시간노출허용 농도(STEL) · 각 사업장 별 대상물질 사용공정

(2) 시료채취 및 분석방법

가)시료채취 방법

아민화합물 시료 채취는 맑은 날에 실시하였으며, 조사대상 사업장에서는 연구 대상물질을 취급하는 공정 및 저장시설에서 시료를 채취하는 것을 원칙으로 하였고, 사업장 여건상 시료채취에 어려움이 있는 몇 지점의 경우 변경을 하여 측정하였다. 지역모니터링과 개인모니터링을 모두 실시함으로 고정된

장소에서의 시료채취를 함으로써 공정설비로부터 방출하는 농도를 측정하고, 근로자 개인이 실제 노출되는 양도 측정을 하였다. 아래의 표는 A1~A4공장별 지역모니터링과 개인모니터링의 시료양을 표로 나타낸 것이다.

개인이 실제 노출되는 양도 측정을 하였다. 아래의 표는 B1~B4공장별 지역모니터링과 개인모니터링의 시료양을 표로 나타낸 것이다.

<표 14 > 사업장별 디메틸아민 시료포집 개수

	방문횟수	지역모니터링	개인모니터링
B-1 사업장	2	5	2
B-2 사업장	2	5	2
B-3 사업장	3	9	4
B-4 사업장	3	9	4
측정사업장수	10	28	12

시료채취 도관은 테프론 재질을 사용하였으며, 측정 지점 별 고유 도관으로 시료를 채취하였다. 분석대상 물질은 아민화합물(메틸아민, 디메틸아민, 디에틸아민)은 필터침적법을 이용하여 분석하였다. 사업장내 시료채취는 개인포집과 지역포집으로 채취를 하였다.



[그림 5] 사업장내 지역시료채취 사진



[그림 6] 사업장내 개인시료채취 사진

<표 15> 아민화합물의 시료채취 조건

분 류		내 용	비 고
시료채취 시간 및 유량	TWA	8 Hr, 0.12 ℓ /min	펌프 이용
	STEL	30 min, 1.6 ℓ /min	펌프 이용
시료채취 방법 및 도구	아민류	H ₂ SO ₄ 필터침적법	

나) 분석방법

본 연구에서는 국내 및 국외에서 선행된 아민화합물 분석방법에 대한 문헌 고찰을 바탕으로 효과적인 분석방법을 선정하여 아민화합물 성분 중 3개 물질에 대해 다음과 같은 방법으로 기기분석을 이용하여 메틸아민, 디메틸아민, 디에틸아민 성분을 검출하였다.

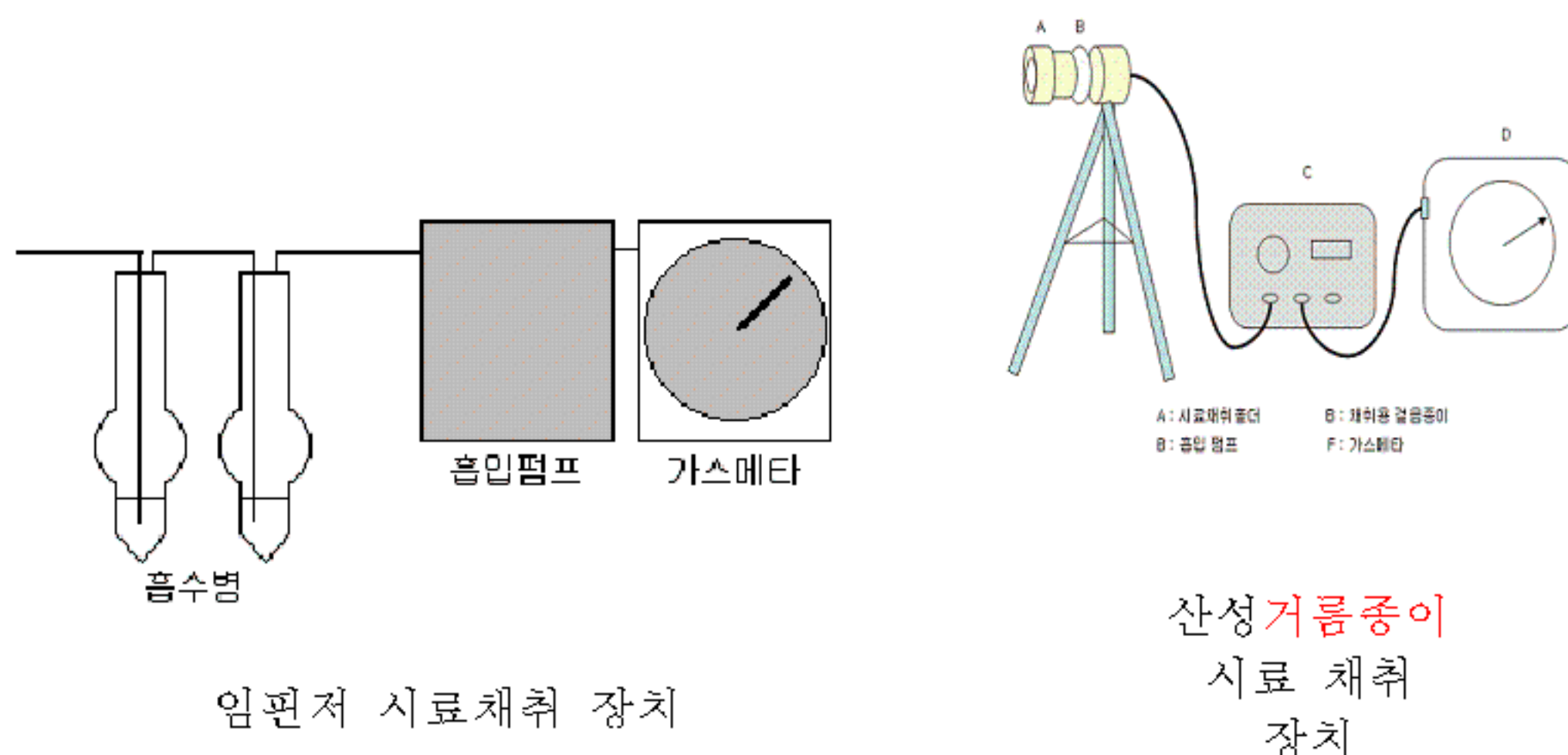
대상물질에 대한 측정방법은 필터 채취법에 의한 악취성분 측정 및 GC-FID를 이용한 분석을 실시하였으며, <표16>과 같다.

<표 16> 기기분석법에 의한 아민화합물 측정 항목

분 류	성 분	분석법	측정방법
아민화합물	디메틸아민	GC-FID	황산필터 침적법 SPME 농축

가. 황산용액흡수법과 황산함침필터법의 비교

아민화합물을 채취하는 방법에는 용액흡수법과 산성여과지법으로 구분 되고



[그림 7] 시료채취 장치

본 연구 대상물질과 동일한 물질은 아니지만 아민계열로 메틸아민, 디메틸아민, 디에틸아민과 같은 특성을 가지고 있는 트리메틸아민의 경우를 비교한 자료이다.

가스크로모토그래피법(GC/FID)으로 아민물질을 정량할 때 검량선 기울기를 비교하여 황산함침필터법이 황산용액흡수법보다 4배 이상 큰 기울기를 보이는 것으로 조사 되었다. 이는 분석되는 절대량이 같아도 황산함침거름종이의 경

우가 4배 정도 더 크게 검출된다는 것을 의미한다.

<표 16>는 바이엘에 같은 양의 트라이메틸아민(1600 ng)을 넣고, 황산용액 흡수법과 황산함침필터법의 분석방법대로 수산화칼륨 용액을 주입하여 분석한 트라이메틸아민의 면적을 나타낸 것이다.

황산용액흡수법은 트라이메틸아민을 1600 ng 넣고, 여기에 흡수용액으로 사용되는 100 mN 황산용액 4 ml와 수산화칼륨 용액 5 ml 넣어 실험하였다. 황산함침거름종이법은 트라이메틸아민을 1600 ng 넣고, 여기에 수산화칼륨 용액 9 ml를 넣어 실험하였다

분석결과 동일량의 트라이메틸아민을 넣어주었지만 황산함침거름종이법이 황산용액흡수법에 비해 약 3배 높게 트라이메틸아민이 검출되었다. 이렇게 황산함침필터법이 황산용액흡수법에 비해 높은 반응을 나타내는 이유는 주입한 수산화칼륨 용액의 양에 따른 차이와 바이알 내 곤죽(slurry)화된 필터의 존재로 그 이유를 설명할 수 있다.

<표 17>. TMA 피크에 의한 두 분석방법의 차이**

분석방법	황산침적필터법	황산용액흡수법
	786879	2671405
	889530	2418324
	829276	2540039
평균	835228	2543256

** 냄새환경학회(2005)

황산용액흡수법의 경우 시료를 넣어 주었을 때 시료를 넣어준 만큼은 수산화칼륨 용액을 충분히 넣어줄 수 없었기 때문에 동일량의 트라이메틸아민이 존재한다 할지라도 황산함침필터법에 비해 낮은 검출을 보였다. 따라서 바이

알을 사용하는 트라이메틸아민의 분석에는 황산함침필터법을 사용하는 것이 더 적합함을 알 수 있었으며, 현장에서 아민화합물 측정 시 <표 18>과 같은 차이점도 알 수 있다.

<표 18> 아민화합물 측정 방법의 현장조사 장 · 단점

	황산침적 필터법	황산용액 흡수법	비 고
안전성	안전	주의	황산용액의 취급상 주의문제 화상 등
시료보관	용이	주의	시료의 기밀성 등

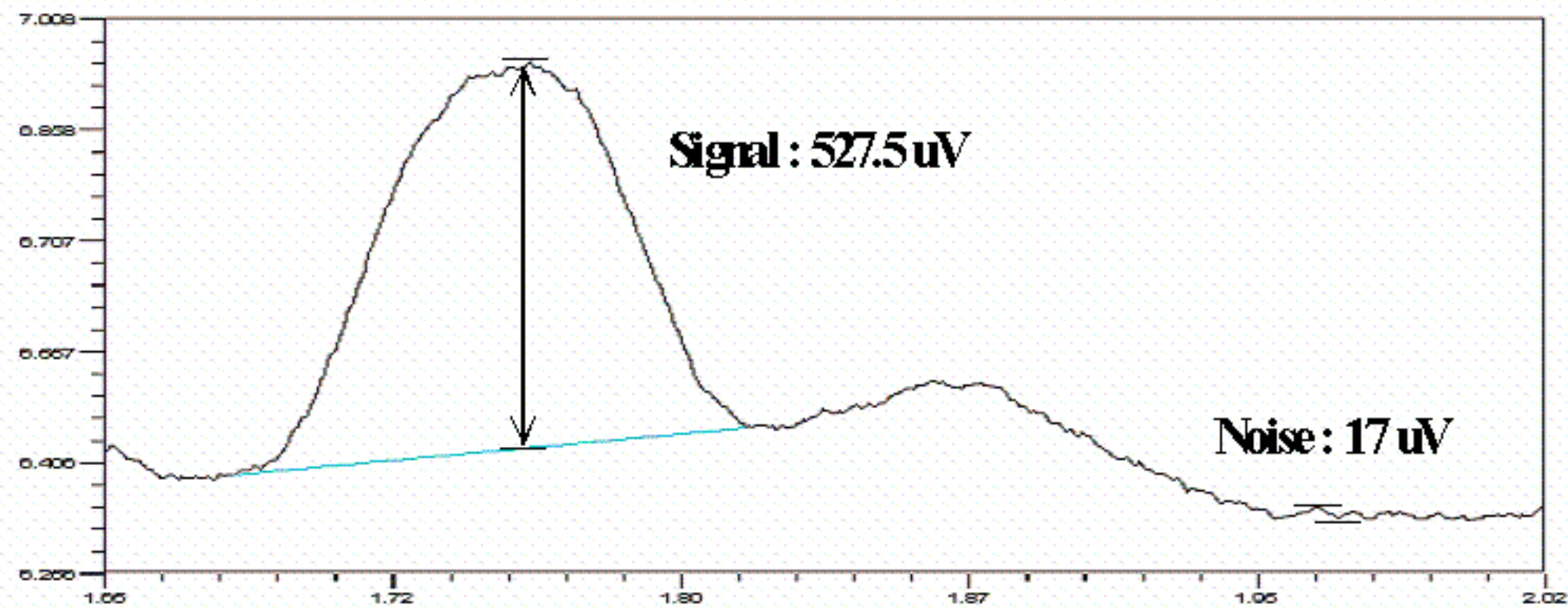
나. 분석컬럼의 비교

국내 연구 자료(김만구, 2005)를 분석하여 아민화합물 분석에 적합한 컬럼을 선정하였다. 본 연구진이 사용하는 컬럼은 알칼리 처리된

UA-Carbowax(KOH treated) (30 m long × 0.53 mm I.D. × 1.0 μm film thickness, Frontier lab, Japan)모세관 컬럼으로 poraplot amines이 코팅된 CP 7594(25 m long × 0.53 mm I.D. × 20 μm film thickness, Varian, USA)모세관 컬럼을 비교한 자료이다. 검출한계(S/N 비 방법)에 의한 방법은 검출한계(detection limit)로 주어진 신뢰도 수준에서 검출이 가능한 최소의 농도 또는 무게로써 분석신호와 바탕신호의 비에 의존하는 것으로 구하는 방법으로 이 논문에서는 신호 대 잡음비(signal to noise)를 이용하여 검출한계를 구하였다. 신호 대 잡음비를 이용하는 방법은 HPLC나 GC에서 가장 많이 사용하고 있는 방법으로 신호(signal)와 잡음(noise)을 크로마토그램 상에서 직접 재어 계산하는 방법으로 아주 낮은 농도를 분석하여 신호 대 잡음비를 계산한다.

- UACW-KOH treated 컬럼

그림 8은 320 $\mu\text{g}/\ell$ 농도의 트라이메틸아민 표준용액을 황산함침필터법에 50 $\mu\ell$ 를 주입하여 분석한 크로마토그램이다.

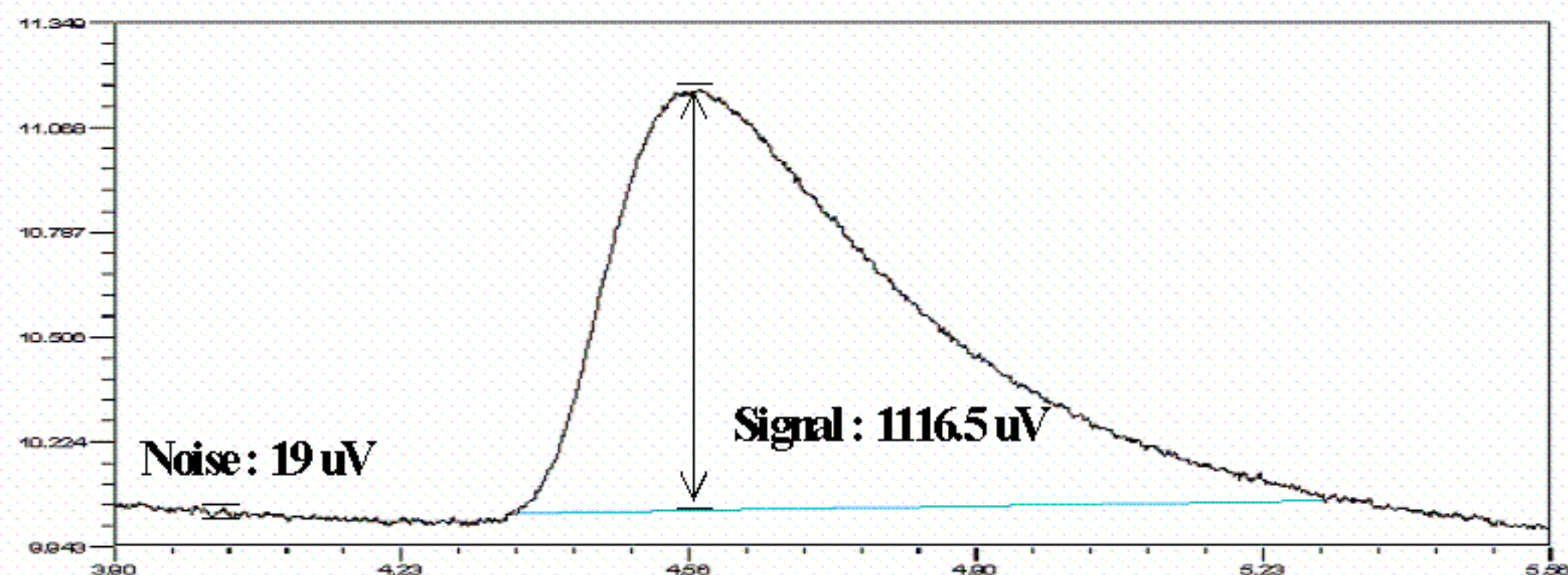


[그림 8] 황산침적필터법에 의한 트리메틸아민 표준품 50 $\mu\ell$ (320 $\mu\text{g}/\ell$) 크로마토그램.

분석한 결과 신호 대 잡음비는 31로 이를 이용하여 $S/N=3$ 일 때의 황산함침 거름종이법의 검출한계는 31.00 $\mu\text{g}/\ell$ 였다. 이를 50 ℓ 시료채취시 대기 중의 검출한계로 구해보면 0.05 ppbv에 해당한다.

- CP 7594 컬럼

그림 9은 3.2 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 농도의 트라이메틸아민 표준용액을 황산함침거름종이에 50 $\mu\ell$ 를 주입하여 분석한 크로마토그램이다. 분석한 결과 신호 대 잡음비는 31로 이를 이용하여 $S/N=3$ 일 때의 황산함침거름종이법의 검출한계는 163.40 $\mu\text{g}/\ell$ 였다. 이를 50 ℓ 시료채취시 대기 중의 검출한계로 구해보면 0.25 ppbv에 해당한다.



[그림 9]. 황산침적필터법에 의한 트리메틸아민 표준품 50 μl (3.2 $\mu\text{g}/\text{ml}$) 크로마토그램

CP 7594 컬럼은 PLOT 컬럼으로 흡착메커니즘을 사용하고 있고, 알칼리가 처리되어 있지 않아 일부 아민이 흡착되어 손실될 가능성이 있다. 이러한 이유로 UACW-KOH treated 컬럼이 CP 7594 컬럼보다 낮은 검출한계를 나타내고 트라이메틸아민 봉우리의 테일링도 작게 나타나는 것으로 생각된다. 그림 ○에서 나타난 테일링의 정도는 CP 7594 컬럼에 첨부된 표준 크로마토그램에 나타난 테일링의 정도(representative chromatogram in column test report CP 7594)와 유사한 수준이다. 그러므로 낮은 농도의 아민 분석에는 알칼리 처리된 분배 메커니즘의 정지상이 흡착메커니즘을 이용하는 PLOT 컬럼보다 효과적일 것으로 생각된다. 그러나 PLOT 컬럼이 분배메커니즘의 정지상 컬럼보다 분해능이 높기 때문에 FID 검출기는 사용하는 실제 시료의 분석에서 트라이메틸아민과 중첩되는 탄화수소화합물을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

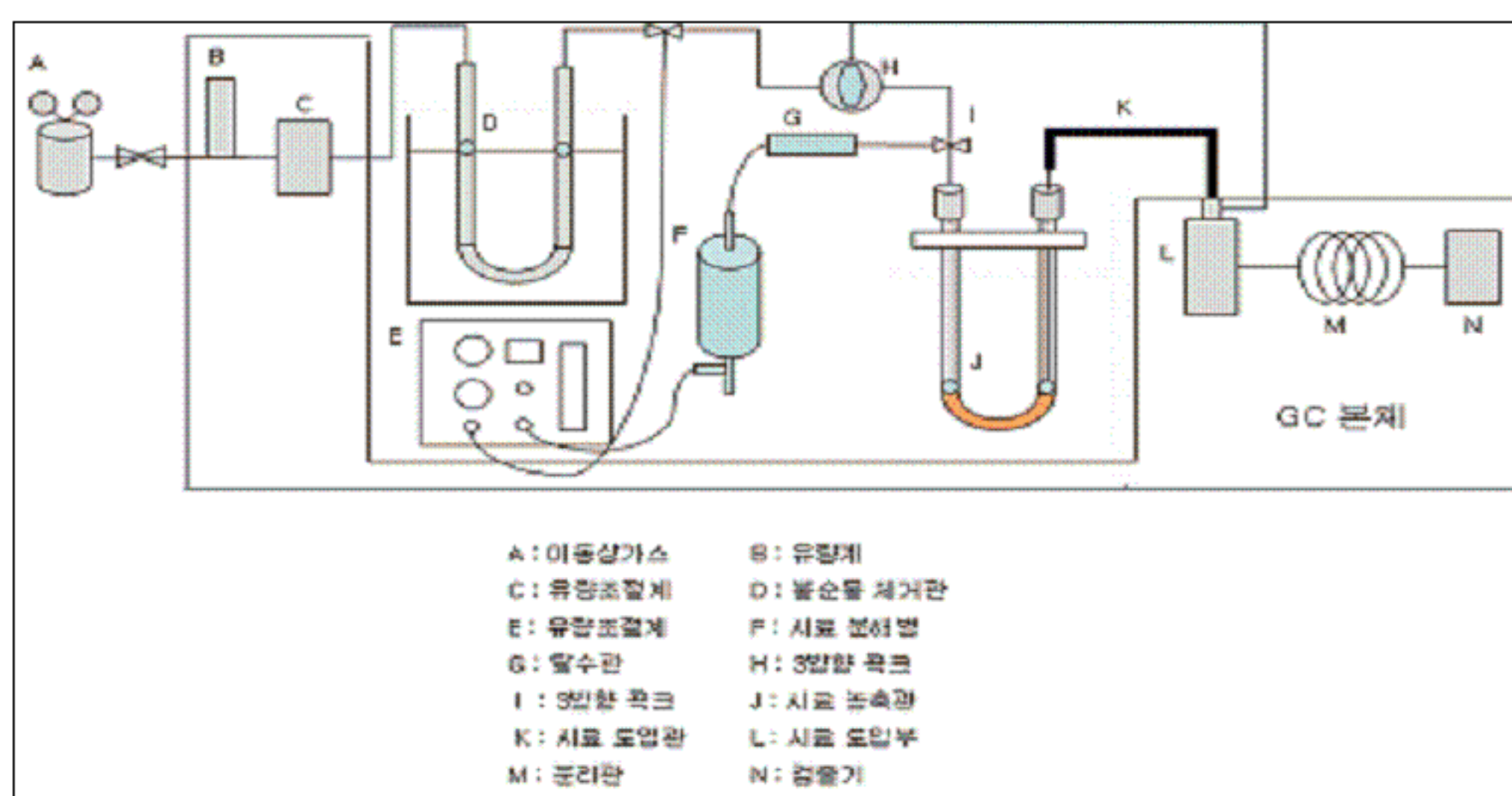
다. 저온농축법과 고체상미량추출법

선진 외국에서는 본 연구 대상물질인 아민화합물중 메틸아민, 디메틸아민, 디에틸아민 성분과 유사한 트리메틸아민 성분에 대한 연구가 진행되어져왔으며, 일본의 경우 악취물질을 22개 물질로 구분하여 관리하고 있다. 저온농축법

과 고체상미량추출법은 아민화합물을 분석하기에 적합한 방법으로 국내 약취 공정시험법에서도 주 시험법으로 사용하고 있다. 그러나 채취된 시료의 추출 용량에서 저온농축법은 20ml의 전량이 분석에 사용되기 때문에 초기 시료 채취 시 많은 용량의 시료가 필요한 단점을 가지고 있으나 고체상미량추출법은 시료량이 3ml정도가 필요하므로 추출된 시료 20ml를 여러 번 반복 실험 할 수 있어 재현성 평가에도 장점이 있다. 또한, 두 실험 방법이 전처리 과정에서 메뉴얼 형태이긴 하나 고체상 미량추출법이 훨씬 간단하여, 본 연구진은 아민 화합물 분석방법에서 고체상미량추출법을 선택하여 사용하였다.

- 저온농축법

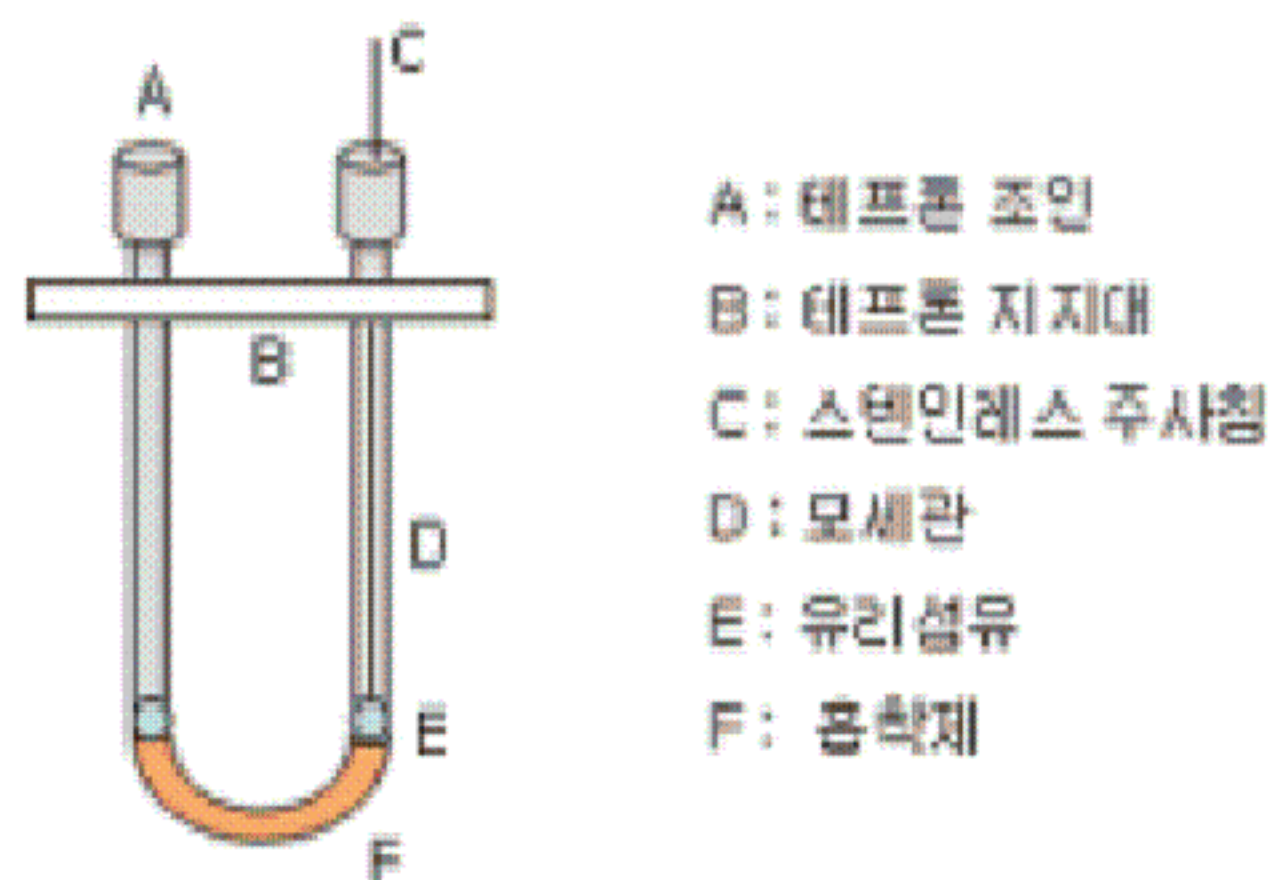
이 분석법은 알카리 분해병에서 시료중의 트라이메틸아민 을 중화분해 반응으로 휘발시키고 이를 다시 저온농축관에서 농축 후 탈착하여 충전형칼럼GC으로 분리하여 GC로 분석하며 검출기로는 불꽃염광광도계(FID) 혹은 질소인 검출기(NPD)를 사용하여 트라이메틸아민을 분석하는 방법이다. 전체적인 실험 모식도는 그림 10과 같다.



[그림 10] 시료분석농축장치

- 저온농축-충전형 컬럼GC

알칼리 분해병과 저온농축관으로 구성된다. 알칼리분해병은 아래콕크 부분에서 휘발가스를 불어 넣을 수 있는 구조이어야 한다. 저온농축관은 아래의 모식도와 같으며 다음의 조건을 구비하여야 한다. 저온농축관은 내경이 5mm 정도인 경질 유리제를 사용하여야 한다. 내부를 10%수산화칼륨용액으로 씻고 물로 세척하여 건조한 후 다음 피검성분의 분석에 사용하는 것과 동종의 기체 크로마토그래피 충전제 또는 이와 동등 이상의 성능을 갖는 것을 충전한다. 시료농축관은 수분에 의해 단시간에 응축할 경우에는 분해 병의 바로 뒤에 수산화칼륨을 충전한 탈수 관을 연결한다. 시료농축관은 시료의 저온농축과 열탈착 시 온도의 보존을 위해 보온장치와 가열장치를 하여야 한다.

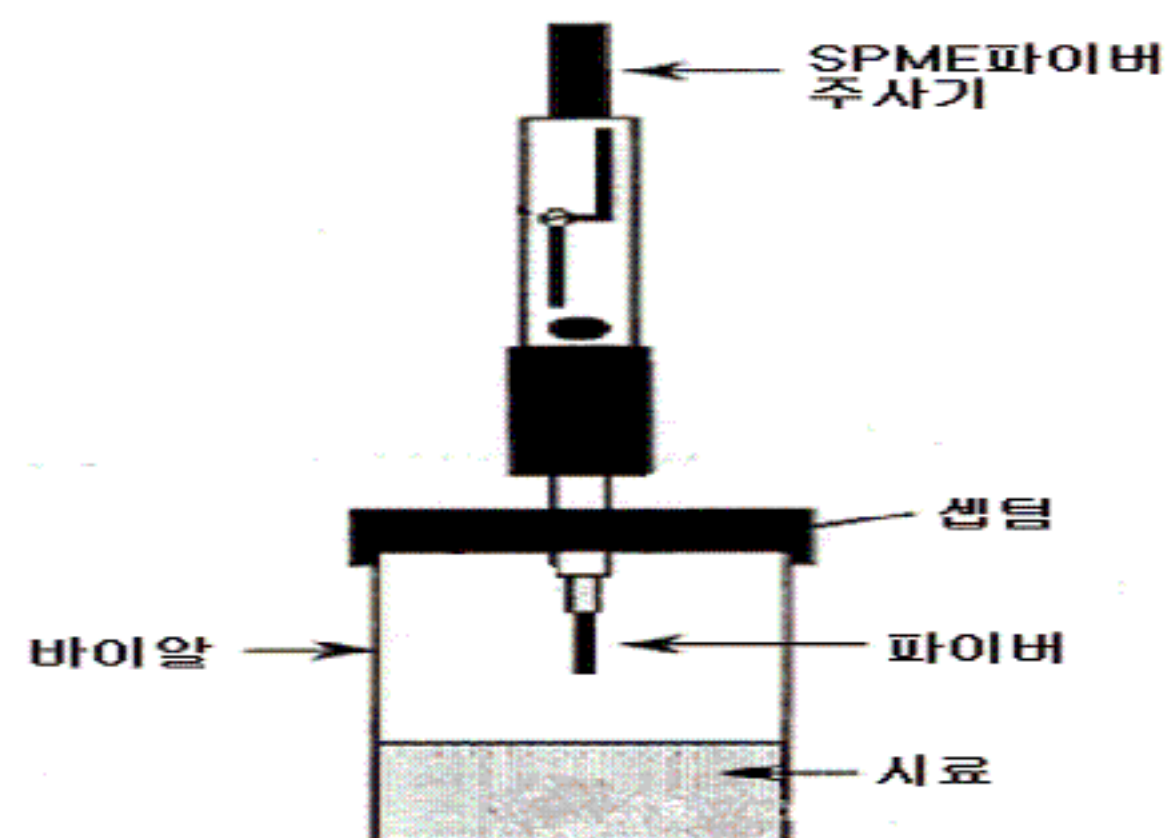


[그림 11] 저온 농축관 모식도

- 고체상 미량 추출(Solid Phase Micro Extraction, SPME)

SPME 주입장치는 아래 그림 11과 같이 구성되어 있고, 일정한 두께로 흡착 코팅한 파이버와 일반적인 주사기를 변형한 모양으로 되어있다. SPME파이버는 carboxen/polydimethyl siloxane(CAR/PDMS)이 75~85 μm 으로 입혀진

파이버를 사용한다. 파이버는 사용전에 GC주입구에서 250 ℃에서 1시간 가열 처리 한 후 사용한다.



[그림 12] SPME에 의한 농축장치

헤드스페이스에서 농축된 시료는 모세관컬럼을 사용하며 분리한다. 기체크로마토그래피는 불꽃 이온화 검출기(FID; Flame Ionization Detector)혹은 질소인검출기(NPD ; Nitrogen Phosphorus Detector)를 갖고 있는 것이어야 한다.

HS-SPME-GC방법은 기존의 방법이 알카리 분해병에서 알카리 용액을 질소로 퍼지하는 대신 작은 바이알에서 알카리 분해 후 기화된 트라이메틸아민 가스를 SPME로 농축하여 GC로 주입함으로써 복잡한 전처리 과정을 보다 간단하고 편리하게 할 수 있다.

기존 방법에서는 고용량의 질소 퍼지 가스를 농축해야 하므로 이를 농축하기 위해서 고용량의 농축관을 사용하여야 하였으며, 고용량 농축관을 탈착시켜 GC에 주입하기 위해서는 용량이 큰 충전형 분리관을 사용하여야 한다. 또한 분해병에서 트라이메틸아민을 질소로 퍼지하는 과정에서 많은 양의 수분이 농축관으로 이동되므로 이를 제거하기 위해서 KOH 수분 제거관을 사용하나

충분이 수분이 제거되지 않으므로 많은 양의 수분이 농축 후 GC칼럼으로 이동된다. 그러므로 분리관에서 수분의 영향이 매우 크므로 충전형 칼럼을 사용하지 않고는 분석이 제대로 이루어지지 못하였다.

SPME 방법을 사용함으로써 수분의 영향을 최소화 할 수 있었으며, 농축 및 탈착과정에서 일어나는 기존방법의 제한점을 개선하여 분리능이 좋은 모세관 칼럼으로 트라이메틸아민을 분석할 수 있게 되었다. 여러 가지의 아민 성분이 동시에 존재할 경우에는 충전형 칼럼의 경우 분리능이 낮으므로 정확한 분석에 문제점이 있을 수 있으나, 모세관 칼럼은 고 분해능의 분리가 가능하므로 복잡한 성분의 아민이 동시에 존재하는 시료의 경우 보다 정확한 측정이 가능한 장점이 있다.

<표 19>아민화합물 분석을 위한 SPME-GC 분석조건(예)

구 분	사양 및 분석기기
GC-FID (SPME)	GC-NPD-SPME
	GC
	- UACWK amines column 30m*0.53mm*1um
	- oven temp. : 65℃(5min) ---> 20℃/min ---230℃
	- split ratio 1:1
	- inlet temp.: 230℃
	- column flow : 3ml/min
	NPD
	- detector temp. : 230℃
	- H2 : 30ml/min, air : 300ml/min
	SPME
	-65um PDMS/DVB fiber
	- absorp. time : 15min
	- desorb. time : 3min

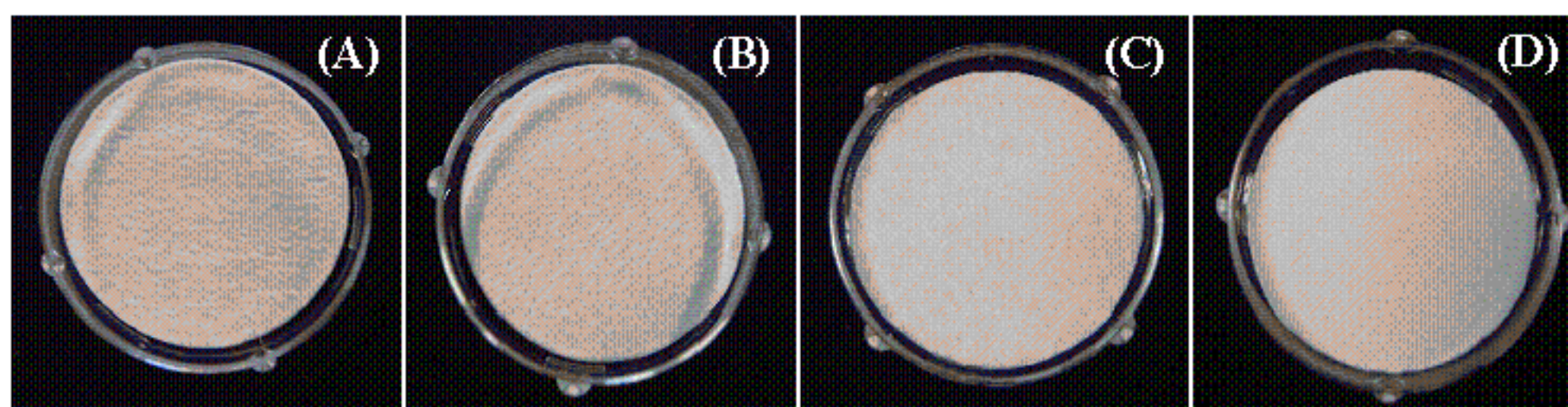
라. 황산침적필터 제조

시료채취 거름종이는 직경 47 mm, 유효구멍크기 0.3 μm 의 원형 유리거름종이 (GF 75, Adventec)를 사용한다. 거름종이는 전기로에 넣고 500°C 로 1시간 가열처리한 후 식힌다. 식은 거름종이는 페트리디쉬 안에 넣고 여기에 1N 황산 (H_2SO_4)용액 1 ml를 넣은 후 건조시켜 사용한다. 함침거름종이 건조방법으로 실리카겔 데시케이터나 진공오븐을 이용한다.

거름종이를 사용한 시료채취의 경우 거름종이를 함침 시킬 때 사용하는 황산용액을 완전 건조시키는 것이 중요하다.

- 실리카겔 데시케이터

거름종이를 담은 페트리디시에 1N 황산용액 1 ml를 넣고, 실리카겔 데시케이터 안에 넣는다. 1시간이 경과한 후 거름종이가 약간 건조되어 있는 것을 볼 수 있었고, 6.5시간 후에는 황산함침거름종이가 완전 건조됨을 알 수 있었다. 그림 13은 실리카겔 데시케이터 안에서 건조되고 있는 거름종이의 모습으로 (A)는 1N 황산용액 1 ml를 넣어 건조시키기 전의 모습이고, (D)는 황산을 함침시킨 거름종이가 완전히 건조된 그림이다. 거름종이가 완전히 건조되었다는 것은 육안으로 거름종이 표면이 수분에 의한 번들거림이 없는 상태이며, 거름종이를 세라믹 칼로 자를 때 수분에 의한 찢김이 없어야 한다.



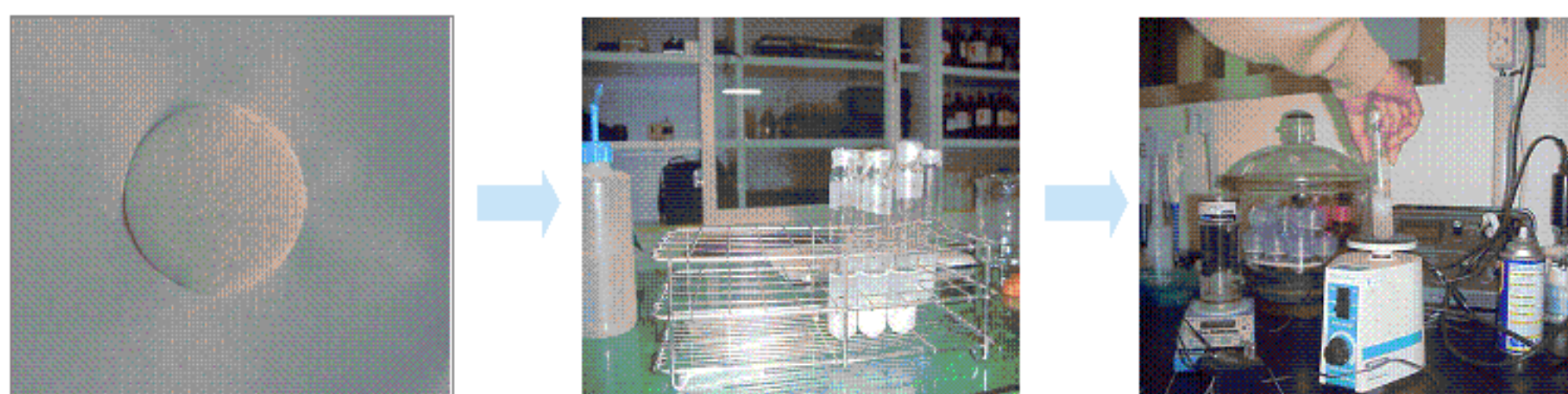
[그림 13] 필터 건조에 필요한 시간. (A) 습한필터, (B) 3시간 건조필터, (C) 4시간 건조필터, (D) 6시간 30분 건조필터.

- 진공오븐

거름종이를 담은 페트리디시에 1N 황산용액 1 ml를 넣고, 이를 진공오븐에 넣는다. 이때 오븐의 압력은 가능한 낮게 유지한다. 처음 황산함침 거름종이를 넣고 잠시 지나면 수분이 증발되어 내부창이 뿌옇게 된다. 그러면 다시 진공펌프를 작동하여 오븐내 압력을 낮추어준다. 진공오븐 안에서 건조시킨 황산함침거름종이는 20℃에서 약 5시간 후에 완전 건조되었다. 80℃에서는 약 3시간 정도면 완전 건조된다.

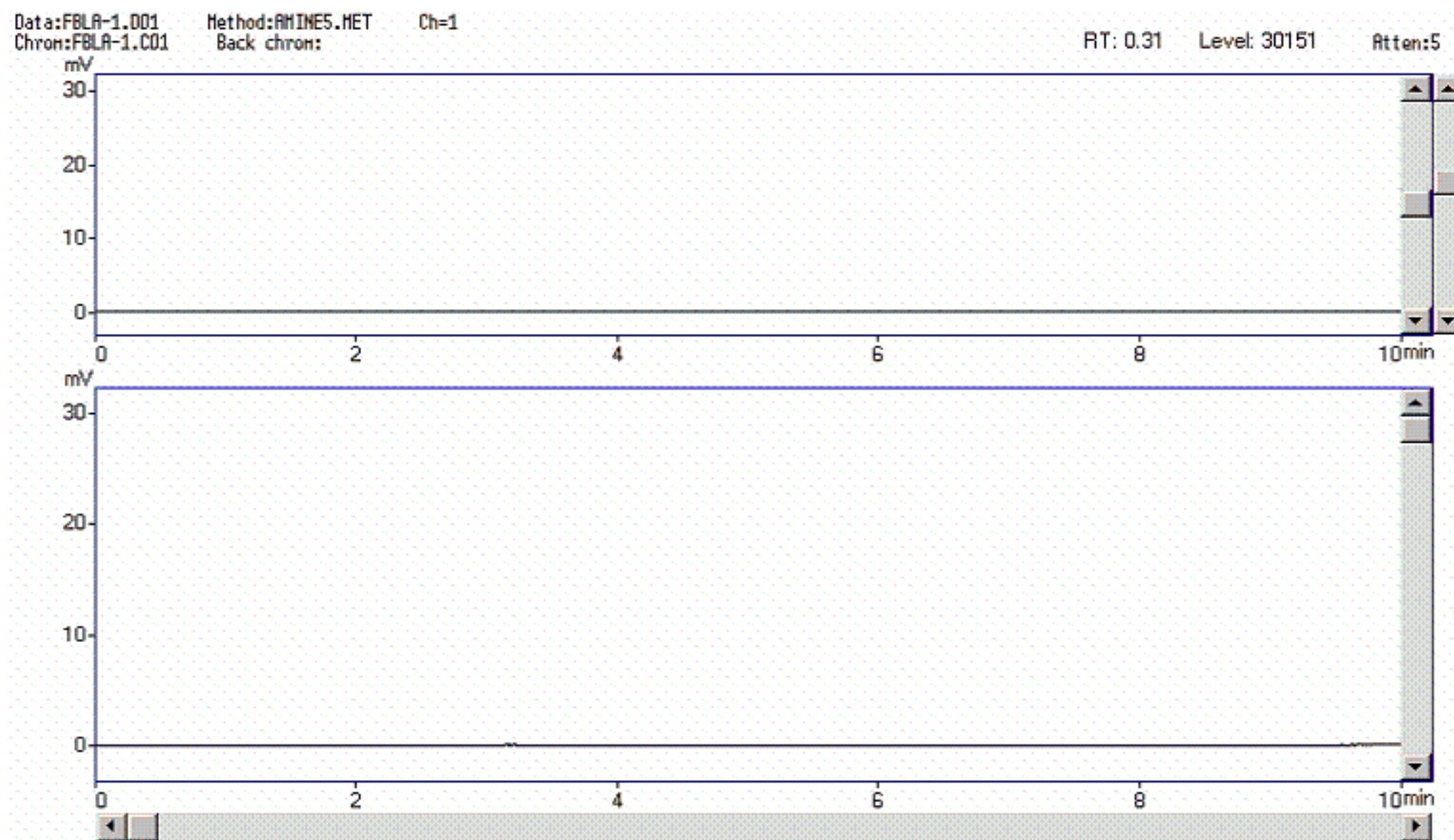
마. 채취시료의 전처리

채취된 시료를 채취한 거름종이를 세라믹 가위 혹은 칼을 이용하여 2~4등분하여 분석시료로 직접 사용하며, 자른 거름종이를 핀센을 이용하여 바이엘에 담아 밀폐시키고, 주사기를 이용하여 분해시약을 넣고 진탕기를 이용하여 충분히 흔들어 준다. 이를 가열하여 10분간 방치시킨 뒤 헤드스페이스를 분석한다. 거름종이에 의한 시료 분석은 거름종이를 얼마나 곤죽(slurry)화 시켜주었느냐에 따라 트라이메틸아민의 회수율이 다르게 나타난다. 황산용액흡수법과는 달리 초음파 처리하는 것보다 상하 왕복운동을 하는 진탕기와 손을 사용하는 것이 트라이메틸아민 추출에 효과적인 것으로 나타났다.



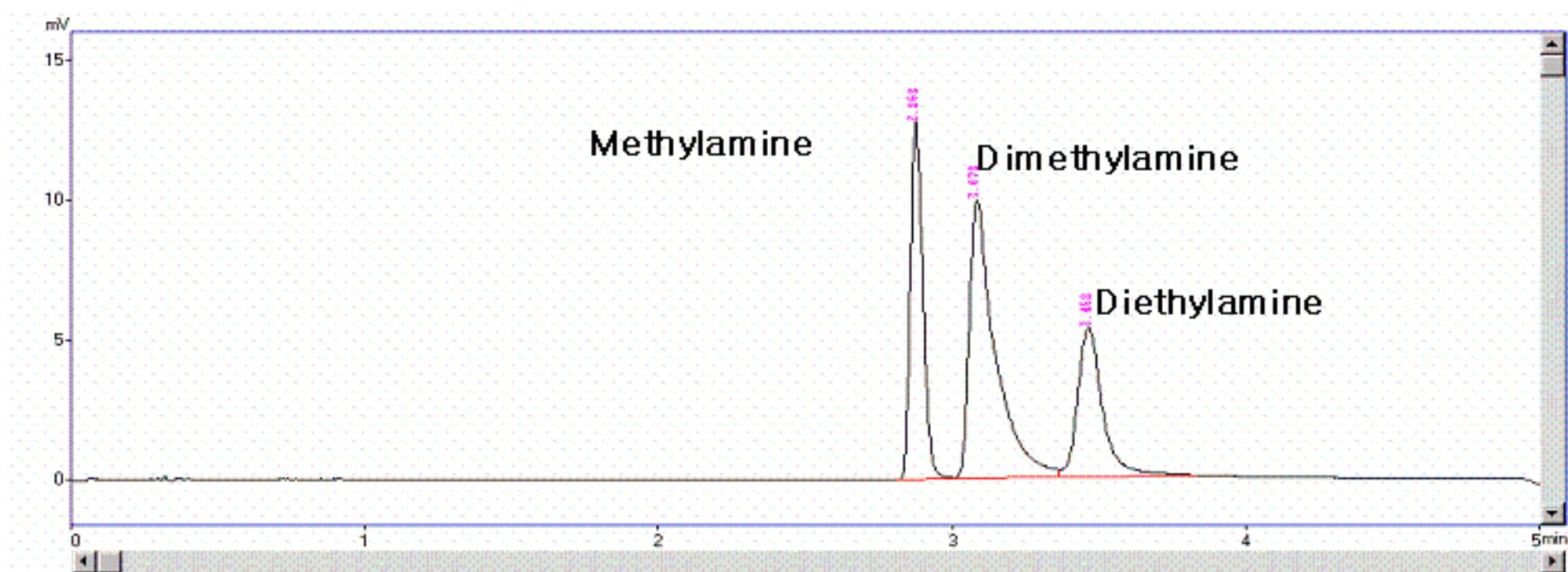
[그림 14]] 시료추출방법.

☐ Filter Blank(필터 공실험)

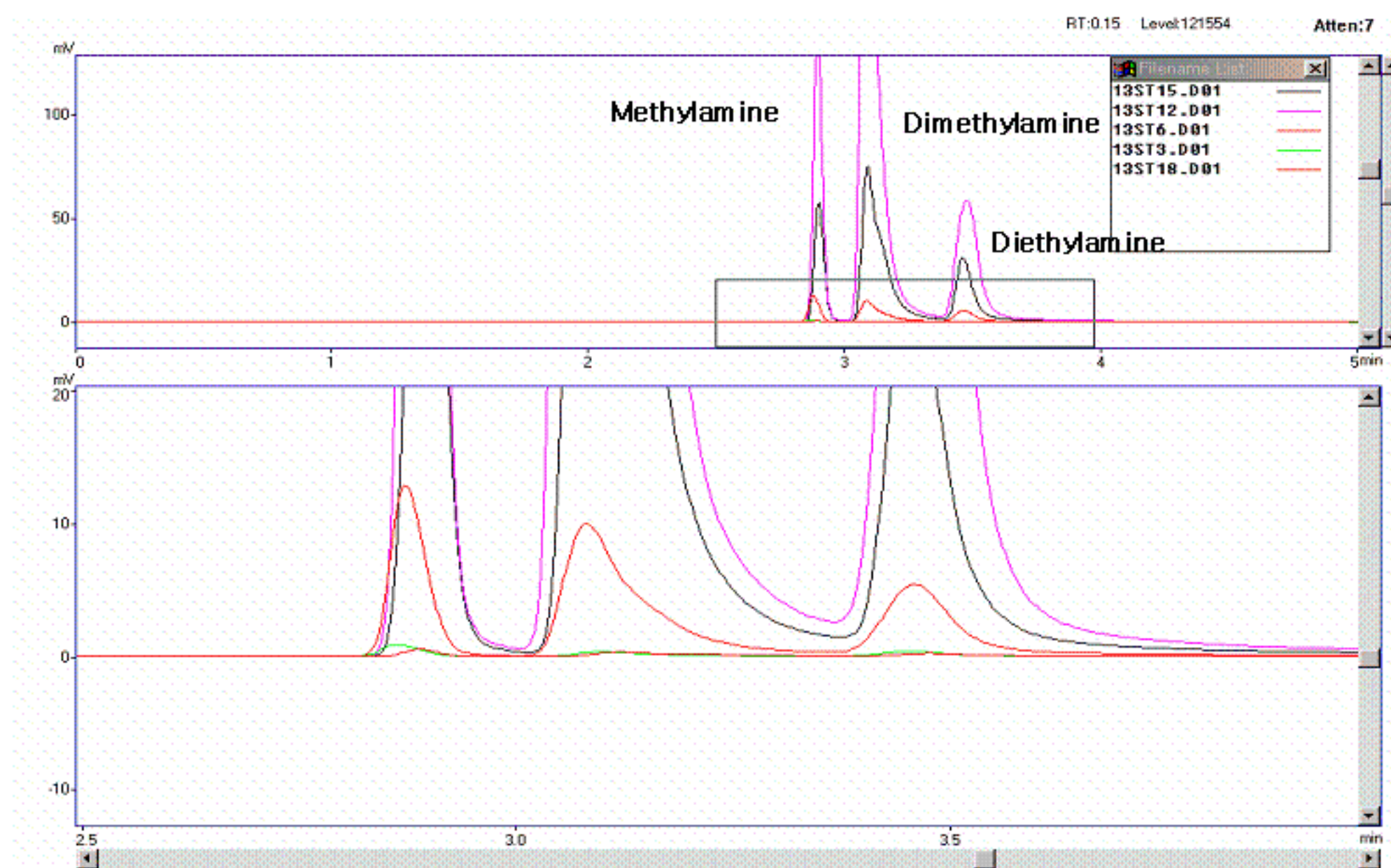


☐ 표준시료 분석크로마토그램

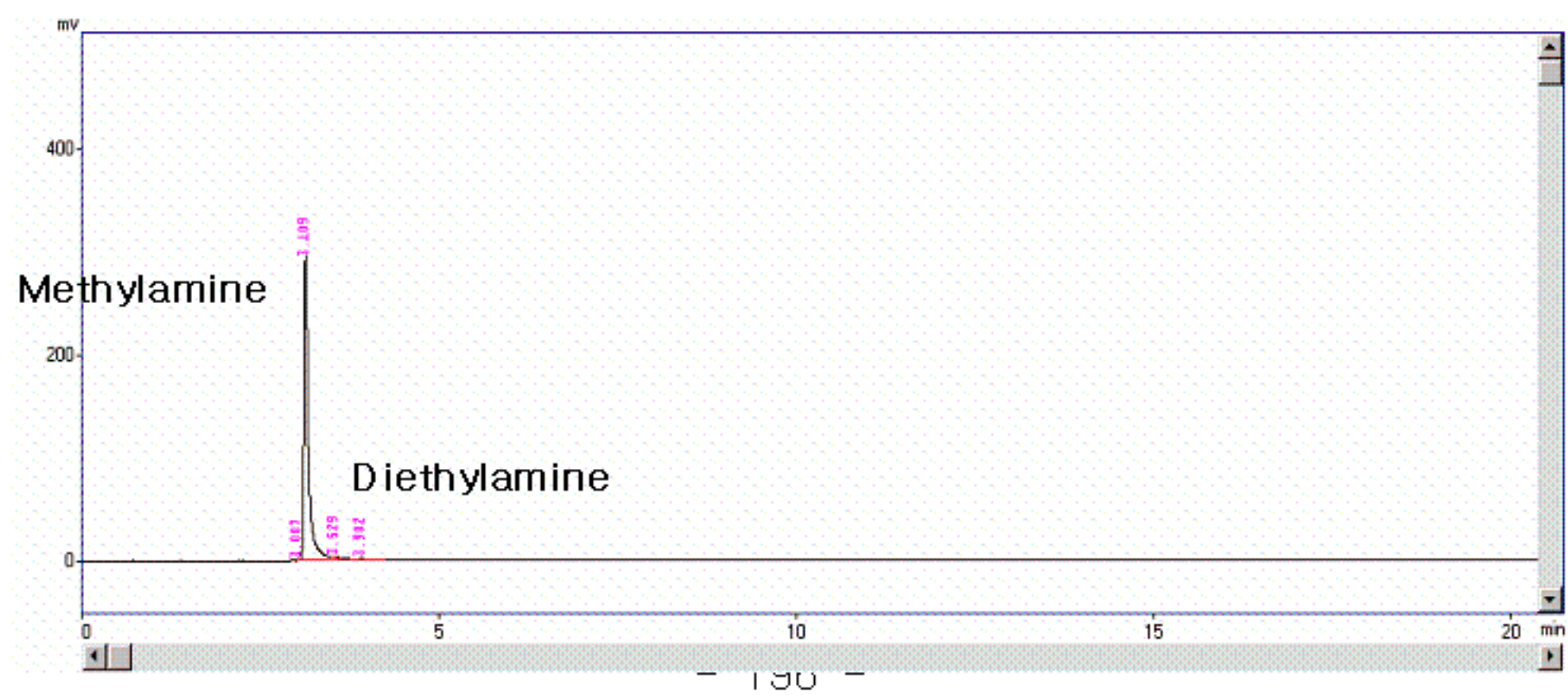
- 1회 분석크로마토그램(예)



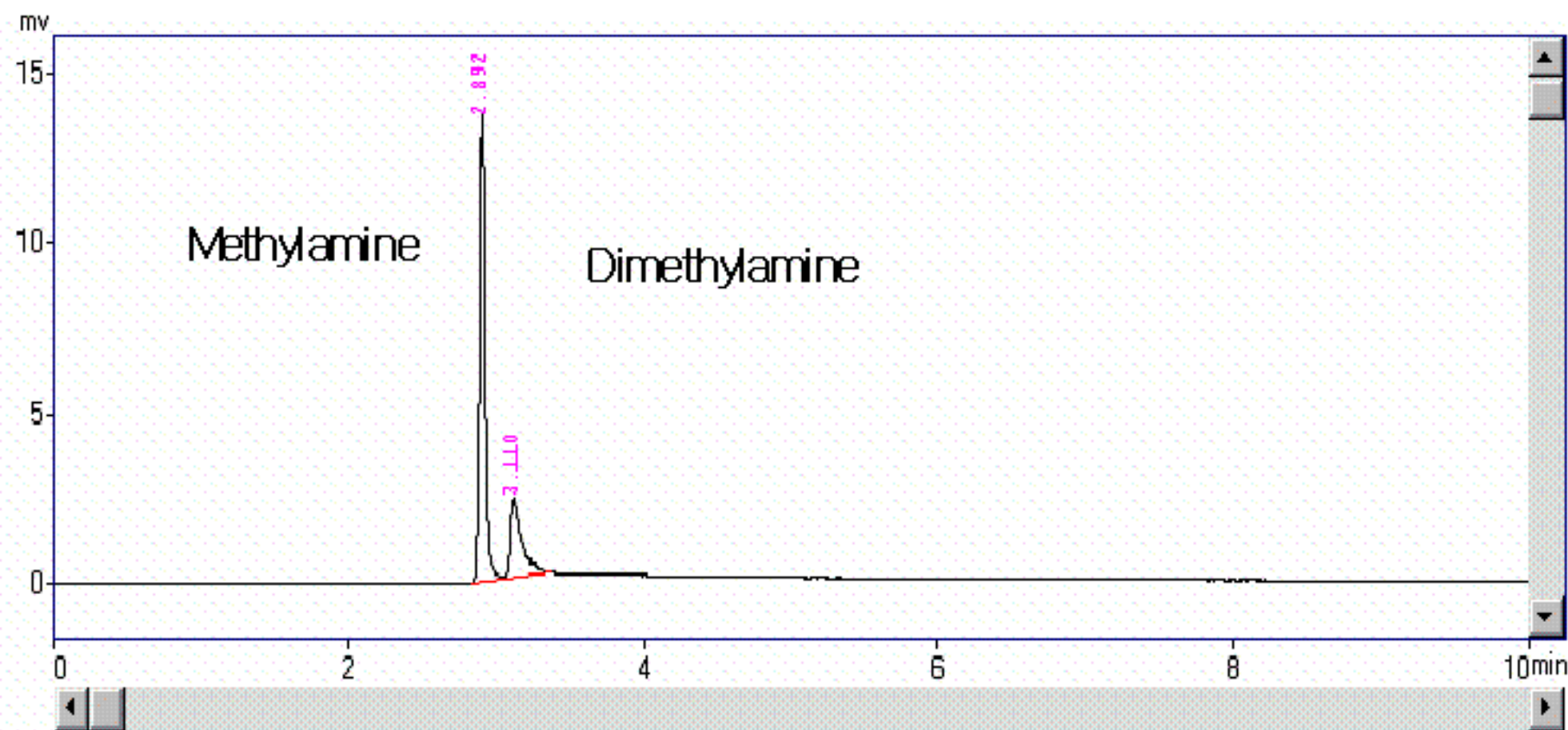
-5회 분석 크로마토그램



□ 현장시료 분석크로마토그램(예1)



□ 현장시료 분석크로마토그램(예2)



바. 내부정도관리

- 검출한계측정

선행된 연구결과를 살펴보면 검출 분석한계 미만의 모니터링 결과치를 버리지 않고 통계적 분석에서 검출 한계 미만의 자료를 포함한 자료를 단순한 접근법을 이용하여 사용하였는데 단순한 접근법은 통계적 분석에서 검출한계의 분율을 사용하는 것으로 비교적 낮은 변동이 있는 자료($GSD < 3$)에는 검출한계 0.7배 인자가 가장 적당하고, 반면에 변동이 큰 경우($GSD > 3$)에는 검출한계 0.5배 인자가 가장 좋다고 조사된 바 있다. (GSD ; 기하표준편차)

[Source ; U.S. Environmental Protection Agency ; Dermal Exposure Assessment : Principles and Applications (EPA/6008-9-91). Washinton, D.C. : U. S. Environmental Protection Agency/Office of Research and Development, 1992.]

<표 20> 디메틸아민 최소검출한계치

반복분석 회수	검출 면적	검출 농도(ng)
1	1240	15.1857
2	1438	
3	1429	
4	1387	
5	1479	
6	1298	
7	1349	
평균	1374.2857	
표준편차	84.33	
MDL(ppb)	264.80	14.0518
정밀도(%)	표준편차/평균*100	6.14

아래의 표는 분석방법의 검출한계를 결정하기 위해서 검출한계에 다다를 것으로 생각되는 디메틸아민의 농도를 7번 반복 측정한 후 이 농도값을 바탕으로 하여 얻은 표준편차에 3.14를 곱하여 분석방법의 검출한계(MDL) 및 정밀도를 계산하였다. 동일한 시간동안 동일한 조건에서 구한 정밀도는 10 %이내에 값을 선택하였다. 본 연구 대상물질인 디메틸아민(6.14 %)은 정밀도 10 %범위이내에서 산정하였다. 따라서 1차 측정결과의 시료 10개의 모든 샘플과 2차 측정결과 중 3개의 미검출 시료값에 적용을 시켜 간접적으로 평가를 하였다.

- 검출한계 계산방법

최소검출한계를 알았으면 그 값에 표준편차를 계산해야 하는데 우선 평균에서 각각 값의 변이 제곱의 합을 구한 후 표준편차를 구해 $3 \times S.D$ 값으로 LOD를 정의한다.

계산식에 의해 LOD의 값이 0.00047로 검출한계 미만 처리된(N.D) 자료에 0.00047 값을 검출한계 값으로 추정하여 제시하였다.

자료의 표준편차 계산은 다음의 식으로 계산이 된다.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

대수 전환자료의 평균 = $\bar{y}$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$

대수 전환자료의 표준편차 = S_y

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

대수 전환된 자료의 평균과 표준편차가 계산되었으면 기하평균과 기하표준 편차는 아래와 같은 계산식에 의해 계산한다.

기하평균(GM) ; $GM = \text{antilog}(\bar{Y}) = e^{\bar{y}}$

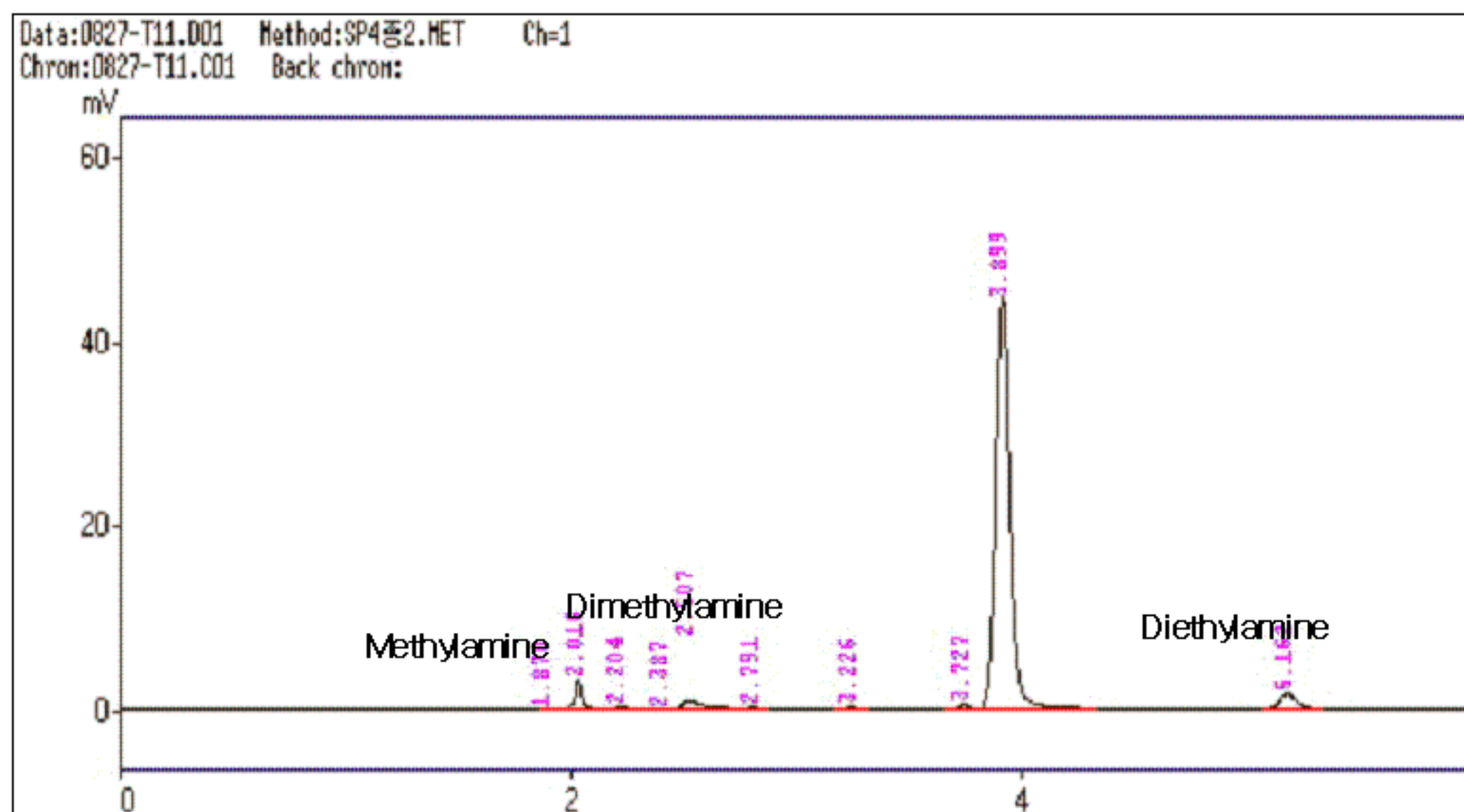
기하표준편차(GSD) ; $\text{antilog}(S_y) = e_y^s$

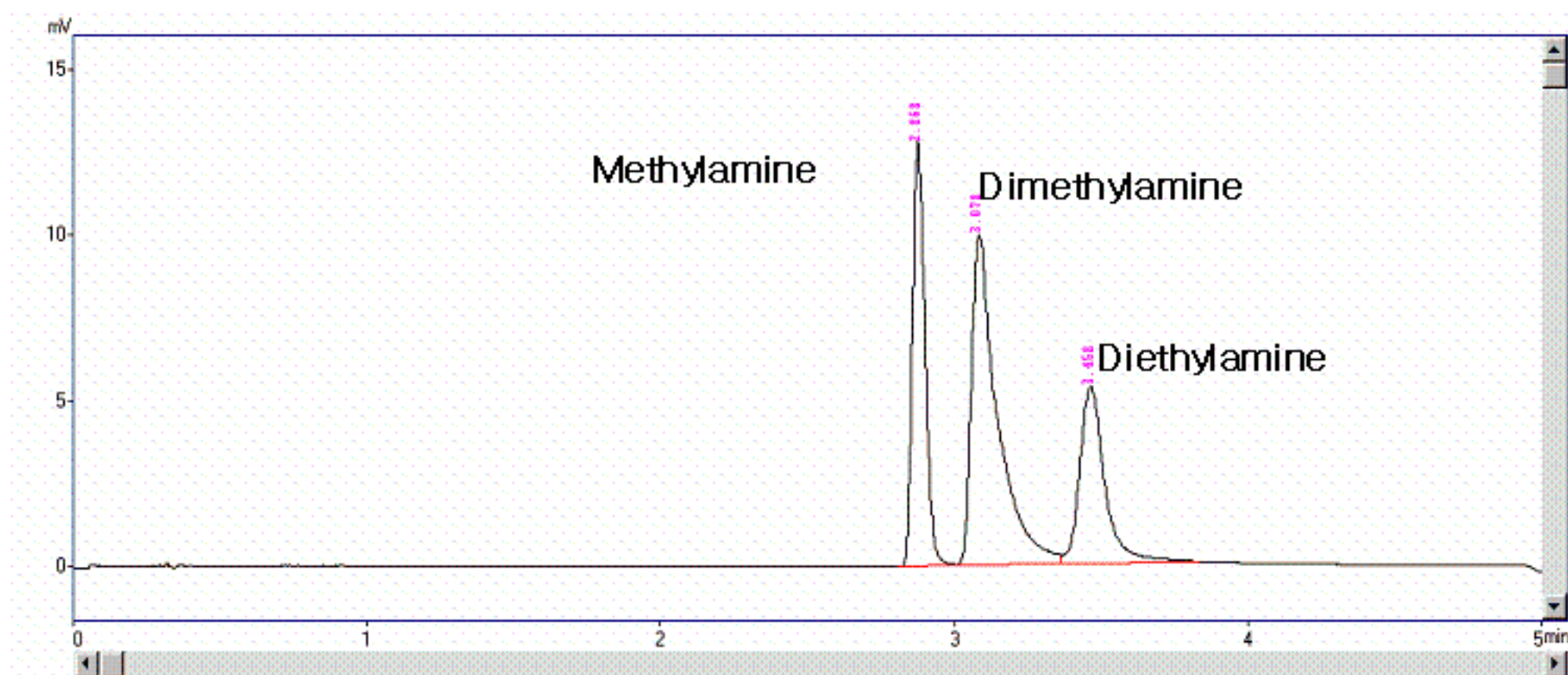
- 분석정밀도 및 직선성

동일한 시간동안 동일한 조건에서 3회 반복 분석하여 크로마토그램의 적분면적과 피이크(peak)의 체류시간(RT: Retention Time)의 정밀도를 확인한다. 모든 분석과정을 통한 측정·분석의 정밀도는 3회 반복 분석의 표준편차로서 구하고 이 값은 XX ppm 의 농도에서 10 % 이내로 한다. 직선성은 XX ppb 범위에서 $r^2 = 0.98$ 이상이어야 한다.

- 표준물질크로마토그램

본 연구 대상물질인 메틸아민, 디메틸아민, 디에틸아민 표준물질은 미국 SUPELCO사에 1000ug/ml를 주문 조제한 표준품을 사용하였으며, 크로마토그램은 다음 그림 15와 같다.

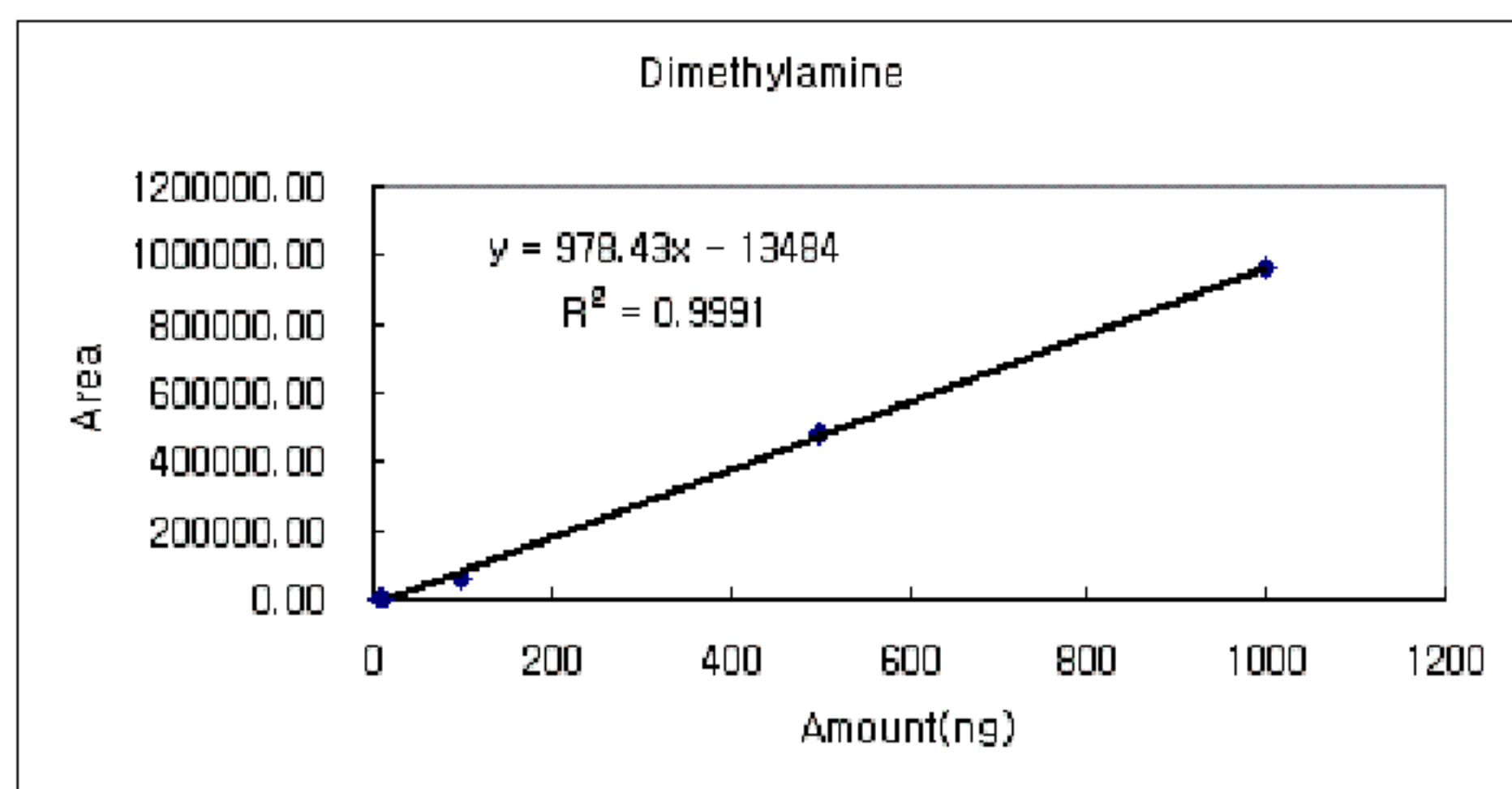




[그림 15] 아민 화합물 표준물질 크로마토그램 분석결과

- 농도의 계산

표준용액의 검량선에서 실제시료의 면적 값에 농도($\mu\text{g/L}$)를 구하고 다음 식에 의해 대기 중 아민화합물의 농도를 구한다.



$$C = \frac{m}{V_s} \times \frac{24.46}{M}$$

여기서 C ; 대기 중 아민화합물의 농도(ppm ; mmol)
 m ; 검량 선에 의해 계산된 아민의 양(ng)
 Vs ; 표준상태(25 ℃, 1기압)로 환산한 대기시료의 양(L)
 M ; 아민의 분자량(g/mole)

$$V_s = Q \times t \times \frac{298}{273 + T} \times \frac{P}{760}$$

여기서 Vs ; 표준상태로 환산한 대기시료의 양(L)
 Q ; 채취한 대기시료의 흡입속도(L/min)
 t ; 대기시료의 채취시간(min)
 T ; 시료 채취 시 온도 (℃)
 P ; 시료 채취 시 압력(mmHg)

$$m = C_x \times V_x$$

여기서 m ; 검량선에 의해 계산된 아민의 양(ng)
 Cx ; 검량선에 의해 계산된 아민의 농도(μg/L)
 Vx ; 시료 채취용액의 전체부피(mL)

나. 측정결과 및 평가

(1) 측정결과 분석방법

가) 기술통계를 이용한 노출대표 값의 산정방법

기술통계량은 표본수(n), 최대값(max), 최소값(min)을 측정한 자료로 얻을 수 있으며 직업적 노출기준 초과 백분율(% > OEL)의 , 표본평균의 계산은 다음과 같다.

$$\text{영역} = \text{최대값} - \text{최소값}$$

$$\% > \text{OEL} = \text{직업적 노출기준 초과 표본수} / \text{전체 표본수} \times 100$$

$$\bar{x} = \text{모든 데이터의 총계} / \text{표본수} = \frac{\sum x_i}{n}$$

중앙값은 정렬된 자료를 관찰함으로써 구할 수 있으며 만약 표본수가 홀수이면 중앙값은 단순히 자료의 중간 값이 되고, 만약 표본수가 짝수이면 중앙값은 자료의 두 중간 값의 평균이 된다.

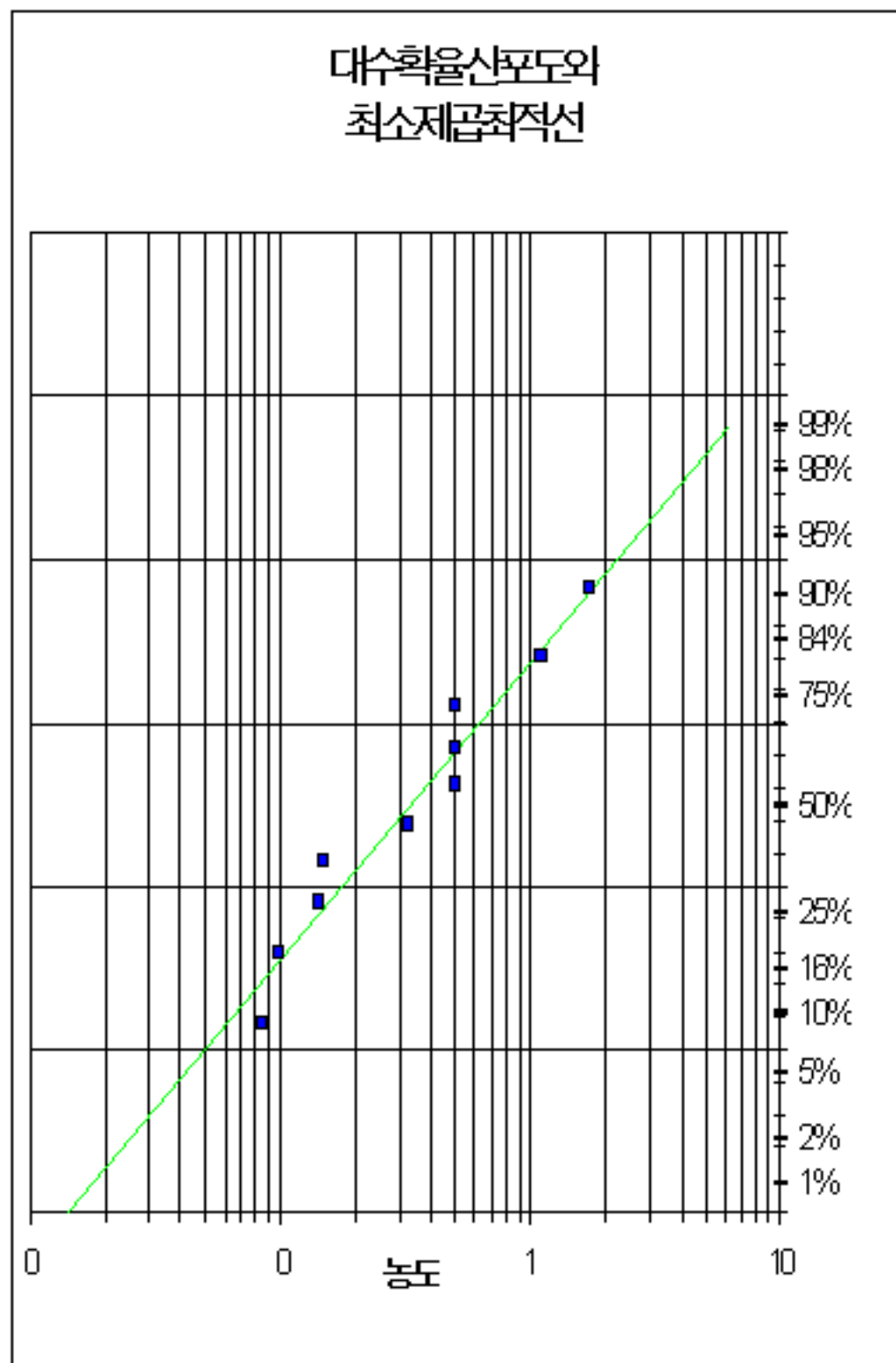
대수확률 산포도와 최소 적합선에 대한 그래프는 자료를 순위화하여 통상의 방법대로 좌표 위치를 계산한 것이다. 이 자료는 통상의 방법으로 산포도를 그리고, 검출 한계값 미만을 의미하는 점들을 포함하여 각 점들을 따라 가장 적합한 직선을 그리는데 그리는 단계는 다음과 같다.

- ① 자료를 순서로 나열한다. 가장 낮은 것부터 가장 높은 것으로
- ② 가장 낮은 것에 1을 준 후 순서대로 값을 주어 가장 높은 것에는 n을 준

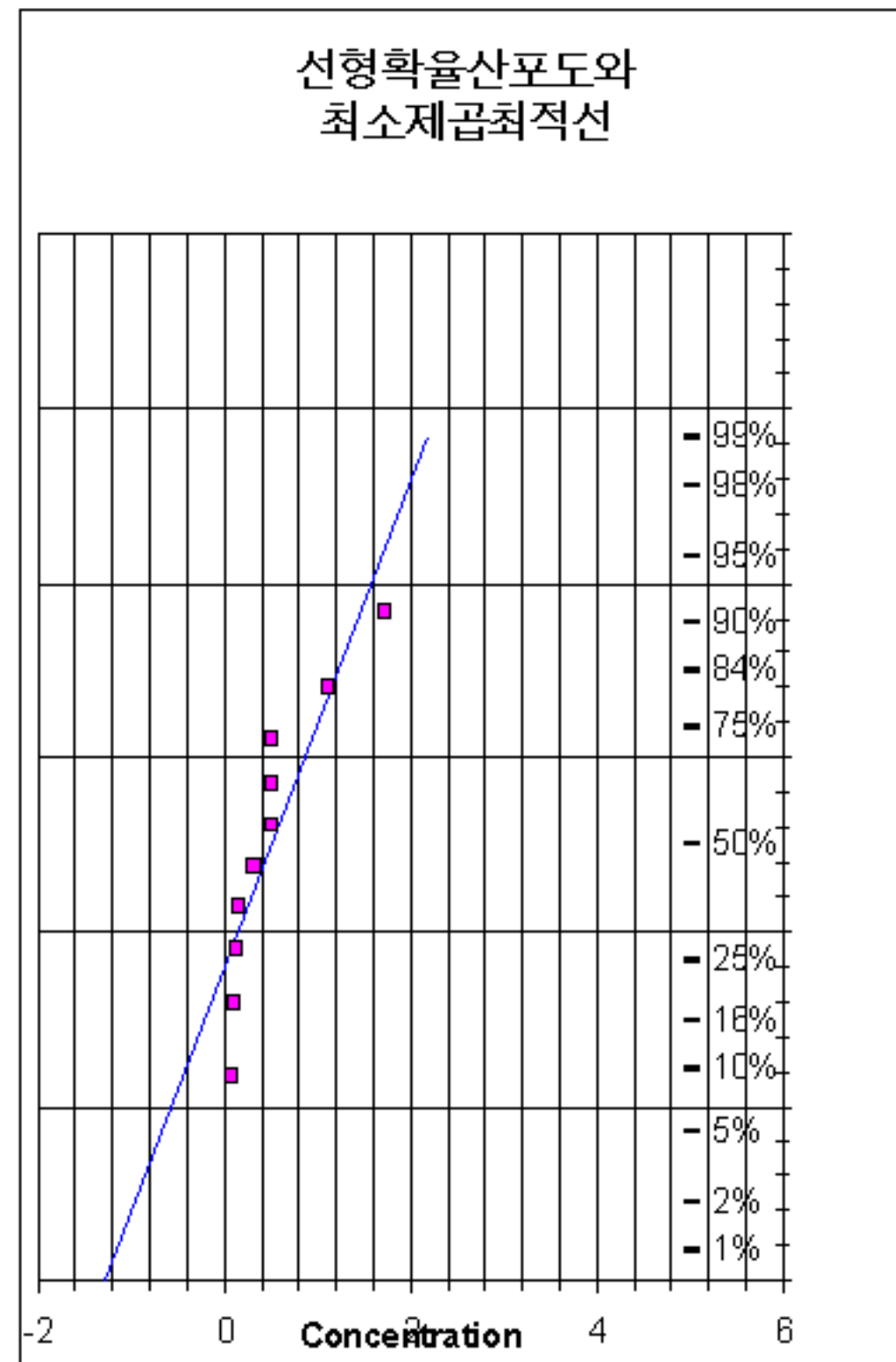
다.

③ 각 값에 대한 좌표 위치를 계산한다. ; 좌표위치 = 순위/(n+1)

④ 해당하는 좌표 위치에 농도를 산포도에 그린다.



[그림 16] 대수확률
산포도와 최소 적합선



[그림 17] 대수확률
산포도와 최소제곱 적
합선으로부터 기하평균
과 기하표준편차의 계
산

최적선을 그린 후 자료가 일직선에 대하여 논리적으로 적합한지 여부를 가려내는데 그림 16는 일직선에 가까우므로 정규분포를 한다고 가정할 수가 있다.

이는 기하평균, 기하 표준편차, 관심있는 백분위수는 가장 적합한 직선으로

부터 추정이 되는데 가장 작은 3개의 값이 모두 0 미만의 적은 농도임을 알 수 있다.

일직선에 논리적으로 적합한 직선이 기하평균, 기하표준편차, 백분위수를 추정할 수 있다.

자료가 특정 분포에 적합한지 여부를 알아보는 방법에는 W검정이 있는데 이는 표본자료가 정규분포 대수 변환된 자료라면, 대수 정규분포에서 유래가 되었는지 여부를 결정하는 한 방법이다.

W검정은 표본수(n)가 아주 적을 때 ($n \leq 50$) 정규 혹은 대수 정규자료의 적합성을 검정하는 가장 강력한 방법 중에 하나이다.

① 자료를 가장 작은 것부터 가장 큰 것 순으로 나열한다.

② k를 계산한다 ; 표본수가 짝수이면 $k = n/2$, 표본수가 홀수이면 $k=(n-1)/2$

③ W통계량을 계산한다.

$$W = \frac{\left(\sum_{i=1}^k \alpha_i (X_{(N-i+1)} - X_{(i)}) \right)^2}{S^2(n-1)}$$

④ 해석은 정규성에 대한 shapiro & Wilk W검정의 값의 도표를 참고하여 주어진 백분율보다 크다면 자료는 정규분포를 하는 모집단에서 나온 경우인데 본 연구대상 물질인 메틸아민의 경우 W검정은 정규분포를 하지 않았다는 것을 알 수 있다.

대수정규분포에 대한 산술평균의 신뢰구간에서 Land의 정확한 추정법으로는 산술평균의 신뢰구간에 대하여 가장 정확하고 최소 편의된 추정치를 제공하는데 표 O는 Hewett & Ganser 에 의해 개발된 그래프에서 곡선을 추정하기 위한 것으로 다음과 같은 계산식에 의해 신뢰구간을 계산한다.

① $y = \ln(x)$ 의 경우 대수 변환된 자료의 평균과 표준편차를 계산한다.

② Land의 식에서 C-인자를 얻는다.(95 %하위신뢰한계는 0.05 , 95 %상위신뢰한계는 0.95)

③ 95 %상위신뢰한계를 계산한다.

$$CL = \exp(\ln(\tilde{u})) + C \frac{S_u}{\sqrt{n-1}}$$

노출양상이란 유사노출군에 의해서 표현되어지는 노출의 요약된 윤곽이다. 이것은 노출의 중앙 집중성을 평가해 주는 대푯값(예를 들어; 노출의 평균)과 노출의 폭이나 변동(예를 들어: 최소 노출값, 최대 노출값 혹은 직업적 노출기준을 초과하는 노출의 빈도 수)을 이해하는 것이다.

노출평가를 할 때에는 전문적인 판단에 대한 신뢰도가 공정에 대한 경험이 많을수록 증가하듯이 측정의 신뢰도는 측정 시료수가 많을수록 증가하게 된다. 측정 시료수가 적을수록 실제 분포를 나타내는 노출양상의 윤곽에 대한 신뢰도는 떨어진다. 노출 변이는 측정수가 적을수록 평가하기가 어렵고 분포 극단(예를 들어 ; 노출양상의 상위 꼬리)의 노출추정을 양호하고 유용하게 하기 위해서는 “최고 노출상황” 측정전략을 이용하여야 하며 몇 개의 노출 측정 시료수를 가지고는 추정이 거의 불가능하다. 최고 노출상황 조건을 확인하기 위해서는 노출에 대한 정석적 이해와 변이에 영향을 주는 요소를 근거로 하는 판단이 필요하다. B-1사업장~B-2사업장의 1차 작업환경 측정결과는 모두 시료수가 양호했음에도 불구하고 노출평가를 할 수 없을 정도로 모든시료에 대해 검출되는 디메틸아민이 없었다.

따라서 선행된 연구결과를 살펴보면 검출 분석한계 미만의 모니터링 결과치를 버리지 않고 통계적 분석에서 검출 한계 미만의 자료를 포함한 자료를 단순한 접근법을 이용하여 사용하였는데 단순한 접근법은 통계적 분석에서 검출 한계의 분율을 사용하는 것으로 비교적 낮은 변동이 있는 자료(GSD<3)에는 검출한계 0.7배 인자가 가장 적당하고, 반면에 변동이 큰 경우(GSD>3)에는 검출한계 0.5배를 곱하여 최저검출한계를 0.00027 ppm으로 값을 처리하였다.

[Source ; U.S. Environmental Protection Agency ; Dermal Exposure Assessment : Principles and Applications (EPA/6008-9-91). Washinton, D.C. : U. S. Environmental Protection Agency/Office of Research and

Development, 1992.]

나) 산업안전보건법규에 의한 측정결과 평가 방법

산업안전보건법(이하 “법”)에서 작업환경측정 및 정도관리 규정을 살펴보면 (노동부고시 제2003-62호) 측정농도의 평가방법으로(제33조 관련)평가를 하는데 그 결과는 다음과 같다.

본 연구대상 물질에 대한 시료채취는 작업시간 전체에 1개의 시료를 채취하였으며 이 경우

- ① 측정농도(X), 노출기준(OEL) 및 시료채취분석오차(Sampling and Analytical Error, SAE)를 구한다.
- ② 측정농도 X를 노출기준으로 나누어 표준화한 값 Y를 구한다.
- ③ 95 %의 신뢰도를 가진 상한치(Upper confidence limit, UCL)

$$\text{상한치(UCL)} = Y + \text{SAE}(\text{디메틸아민의 경우 } 0.120)$$

- ④ 95 %의 신뢰도를 가진 하한치(Lower Confidence Limit, LCL)을 계산한다.

$$\text{하한치(LCL)} = Y - \text{SAE}$$

- ⑤ 다음과 같이 노출결과를 구분한다.
 - 상한치 ≤ 1 일때 노출기준 미만
 - 하한치 ≤ 1 , 상한치 > 1 일 때 노출기준 초과 가능
 - 하한치 > 1 일때 노출기준 초과

$\therefore$ 상한치 ≤ 1 :노출기준미만

하한치 ≤ 1 :노출기준초과 가능

(2) 작업환경측정 및 작업공정

1차 실태조사 실시 후 분석결과 디메틸아민이 전혀 검출이 되지 않아 2차 조사는 여천공단과 울산공단 내 대표적인 악취배출시설을 미리 사전조사를 하여 사업장을 선정한 후 시료채취를 하였다.

한 사업장에서의 시료채취는 2개 이상 측정을 하였으며 그 평균을 구해 값을 제시하였다. 통계적 기법을 이용하여 노출되는 모집단을 정확하게 평가하기 위해서는 표본은 노출되는 모집단으로부터 무작위로 얻어진 것이기 때문에 채취동안의 날씨상황, 공정 작업의 이동, 그 외 변수들에 대해 간섭 받지 않도록 하였고 문제가 생겼을 시는 재측정을 하여 변수들을 최소화 하였다.

시료채취는 맑은 날 주위 건물의 영향을 받지 않는 지점에서 지상으로부터 1.5 m높이에서 채취하였으며 개인모니터링과 지역 모니터링 모두 실시함으로 노출양상의 특성을 파악하였다. 그러나 조사대상의 사업장들 모두가 메틸아민이 투입되는 장소에서 지속적인 근무가 아니라서 개인시료포집 분석결과 전혀 검출이 되지 않았다. 따라서 주로 지역모니터링의 결과값을 인용하여 제시하였다.

다음은 지역모니터링의 특성과 개인 모니터링의 특성에 대해 자세히 설명하였다.

■ 지역 모니터링

지역 측정은 고정된 장소에서 측정하므로 대체로 개인 노출은 정확히 반영하지 못한다. 이는 공정설비로부터 방출하는 농도나 환경인자에 대한 배경수준 측정에 이용한다. 지역 모니터링은 실내의 대략적인 유해인자의 농도나 성분(음압수준과 같은)을 결정하는데 이용할 수 있다. 실작업 시간동안만의 지역 모니터링은 급성 독성 물질의 최고 농도 검출(측정과 경보를 통하여)을 포함한 다양한 목적으로 사용한다. 특히 냄새가 나는 등 경고를 해주는 특성이 적은 물질(일산화탄소, 황화수소)에 대해서는 실시간 지역 모니터링의 활용도가 크다. 또한 지역 모니터링은 계절적 변이, 공정의 주기, 환기 효율성의 변화를

시간 경고에 따른 경향을 분석하는데 이용할 수도 있다. 이러한 결과들은 진단 모니터링을 이론적으로 뒷받침하는데 주로 이용된다.

때로는 지역 모니터링이 노출에 부적합한 경우가 있다. 그 이유는 지역 또는 일정 위치의 측정은 근로자들이 항상 고정(움직임이 없는)되어 있는 경우에만 근로자에 대한 노출을 대표할 수 있기 때문이다. 유사노출군들은 작업으로부터 대부분이 노출되고 인접한 공정에서도 노출된다. 발생원에서 멀리 떨어진 지역의 유사노출군에 대한 고정 위치측정은 부정확하다.

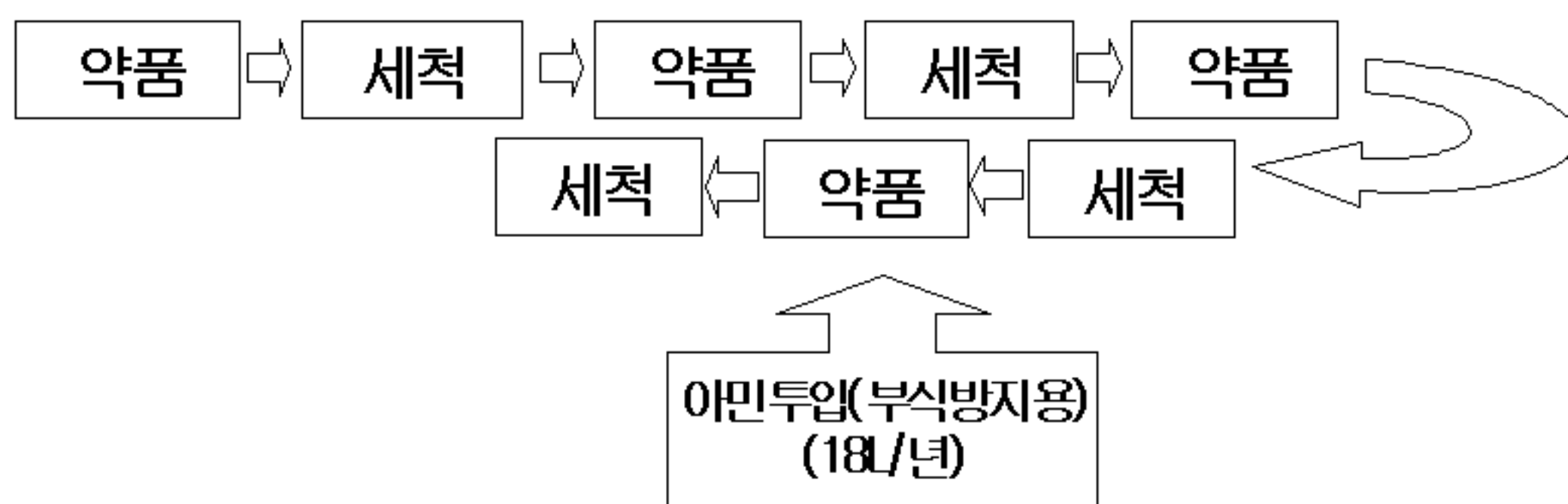
■ 개인 모니터링

개인 모니터링의 목적은 평가 기간동안 근로자가 환경인자에 노출되는 양을 추정하는 것이다. 실제로 노출되는 양을 측정하기는 어렵기 때문에 이를 대용할 수 있는 추정치로 측정한다. 가장 흔한 대용방법으로는 근로자 호흡영역에서의 유해인자의 농도와 청음영역의 소음 수준이다. 근로자의 입과 코 근처에서 유해인자의 평균치를 측정하거나 소음 누적 측정기를 사용하는 경우에는 귀 근처에서 측정한다. 측정된 농도는 노출을 대표하며 만약 개인 보호구를 착용하고 있는 경우는 유효노출이 더 낮다.

조사대상이 된 공장별 노출근로자수와 각 업체의 주 생산품목, 작업공정을 살펴보면 다음과 같다.

1) B-1사업장

주업종 및 생산품	코팅
총근무시간/노출근무시간	8시간/ 0시간
작업장 실제노출근로자수	0명



[그림 18] B-1 작업공정도



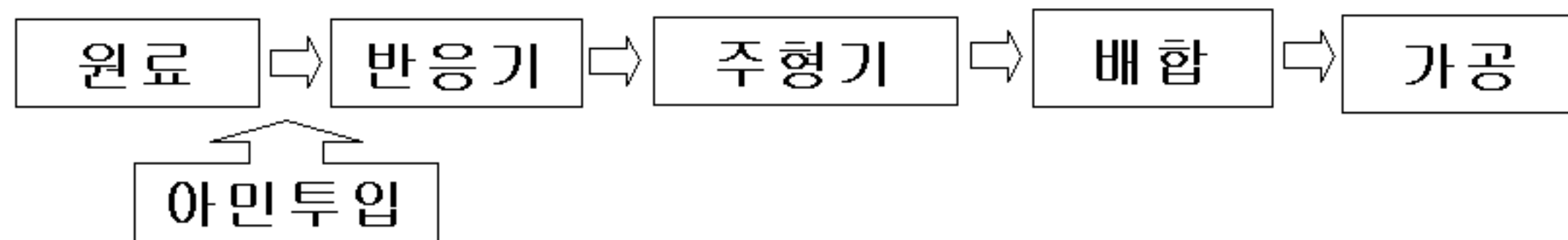
[그림 19] B-1공정 디메틸아민 시료채취 현장



[그림 20] B-1공정 디메틸아민 시료채취 현장

2) B-2 사업장

주업종 및 생산품	합성수지제조
총근무시간/노출근무시간	8시간/ 4시간
작업장 실제노출근로자수	4명(현장측정시 2명)



[그림 21] B-2공정 디메틸아민 시료채취 현장

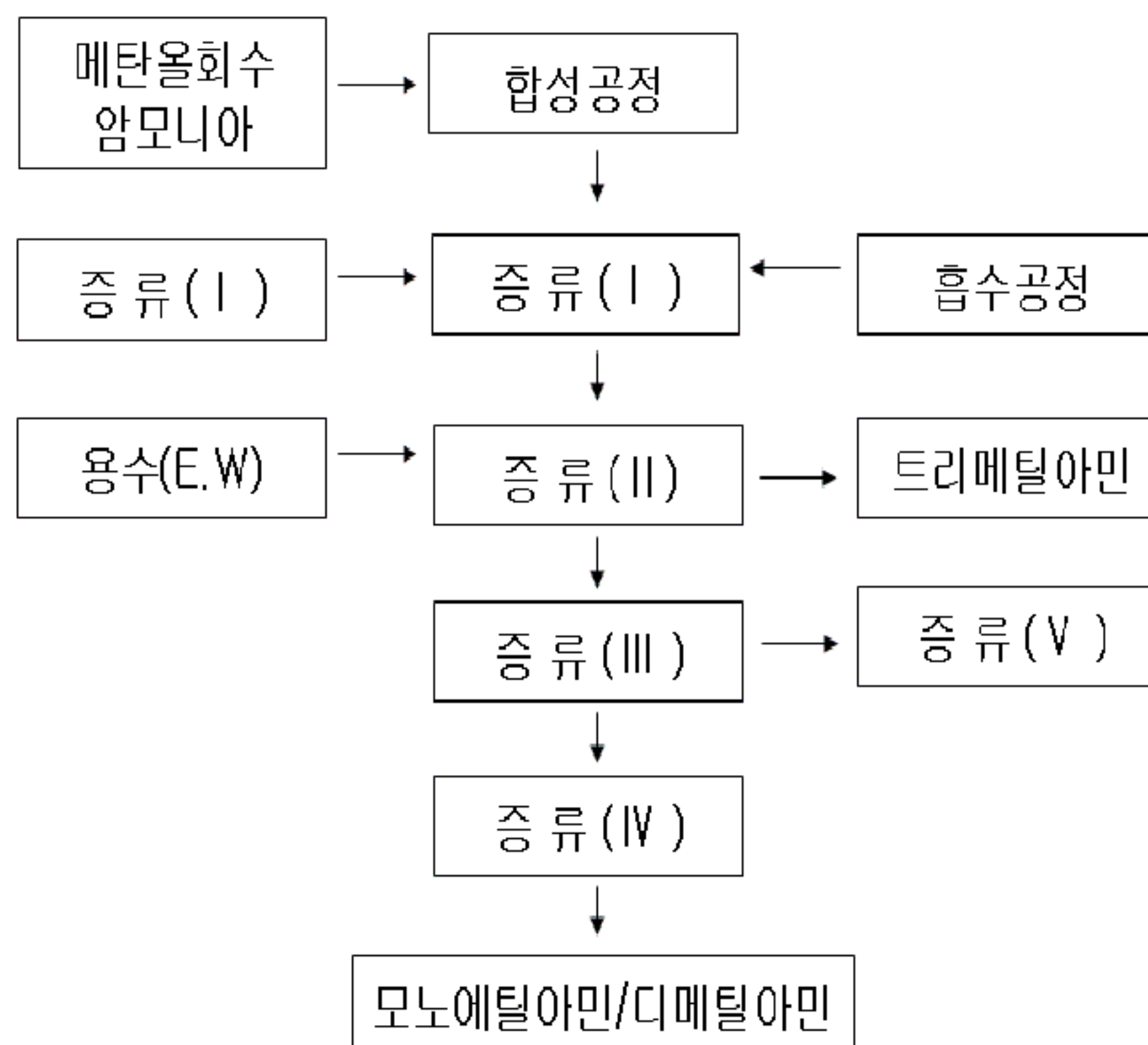
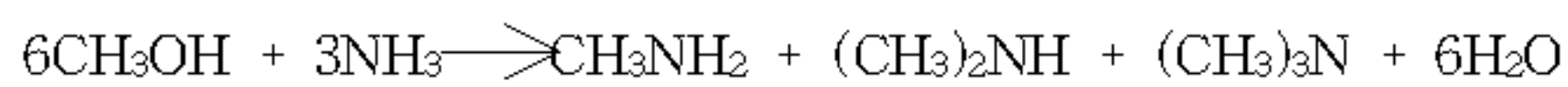


[그림 22] B-2공정 디메틸아민 시료채취 현장

2) B-3 사업장

주 생산품	요소비료, 멜라민, 메셀로스
노출 근로자수	5명
측정항목	MMA, DEA, DMA

※ 공정도



[그림 23] B-3 작업공정도

메틸아민 공정은 크게 3가지로 분류하여 합성, 증류, 제품처리 공정으로 요약할 수 있다. 메틸아민은 촉매 존재하 일정 온도, 압력하에서 메탄올과 암모니아가 반응하여 모노메틸아민(MMA), 디메틸아민(DMA), 트리메틸아민(TMA), 물이 생성되며 이 혼합물은 증류공정에서 정제, 분리되어 제품처리공정으로 보내진다.

① 합성공정

암모니아 증류탑에서 원료 암모니아가 기화되어 메탄올, Recycle gas 와 함께 열교환기를 거쳐 승온되어 합성탑으로 공급된다. 합성탑에서 메탄올, 암모니아, Recycle gas는 촉매층을 통과하면서 Mono-, Di-, Trimethylamine과 상당량의 물, 그리고 미량의 수소와 일산화탄소가 생성된다. 합성된 메틸아민류와 암모니아, 물은 열교환기를 통해 응축되어 증류단계로 넘어가고 폐가스(일산화탄소, 수소)는 Vent System으로 보내져 물에 흡수된 후, 회수되며 Inert gas는 Flare Stack으로 보내져 소각되어 진다.

② 증류공정

암모니아 증류탑에 공급된 합성액(메틸아민류, 암모니아, 물)은 분리된 후 암모니아는 기화되어 합성공정으로 순환되고, 메틸아민류와 물은 TMA증류탑으로 공급된다.

TMA증류탑으로 공급된 혼합물은 공비혼합물을 분리하기 위하여 공급된 물에 의해 트리메틸아민이 분리되어 일부는 제품저장시설로 보내지고, 나머지는 합성측으로 순환된다. TMA증류탑에서 나온 혼합물은 물 분리 증류탑에 공급되어 물과 아민류로 분리된 후 메틸아민류와 별도로 증류탑에서 재분리되어 물은 폐수처리장으로 보내지고 미량의 아민류는 모아져 소각시설로 보내진다. 나머지 아민류(Mono, DMA)는 다음 증류탑으로 보내져서 보내진 아민류는 각각 분리되어 제품 저장시설로 보내지고, 모노메틸아민의 일부는 합성공정으로 순환된다.

③제품처리과정

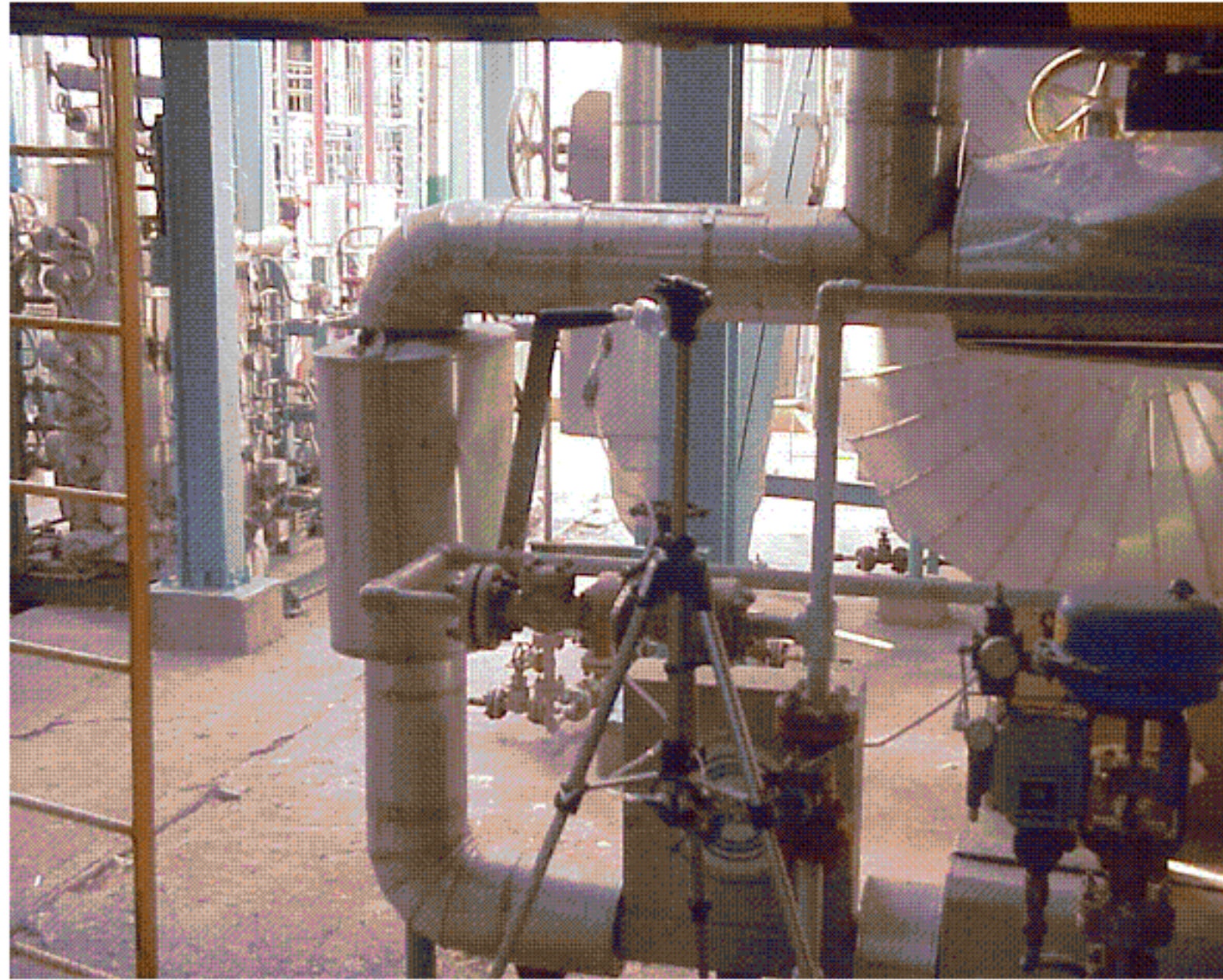
제품처리과정은 생산된 모노메틸아민, 디메틸아민, 트리메틸아민을 Batch Tank로 받아 분석한 후 저장탱크로 보내져 용도별로 사용되고 출하된다.

④기타

아민류는 대기방출 방지를 위하여 3개의 흡수탑이 설치되어 있으며 모든 아민류, 암모니아는 물에 흡수되어 회수되고 물에 흡수되지 않은 Gas는 Flare Stack으로 보내져 소각된다.



[그림 24] B-3 공정 디메틸아민 시료채취 현장



[그림 25] B-3 공정 디메틸아민 시료채취 현장



[그림 26] B-3 공정 디메틸아민 시료채취 현장



[그림 27] B-3 공정 디메틸아민 시료채취 현장



[그림 27] B-3 공정 디메틸아민 시료채취 현장



[그림 29] B-3 공정 디메틸아민 시료채취 현장



[그림 30] B-3공정 디메틸아민 시료채취 현장

4) B-4 작업장

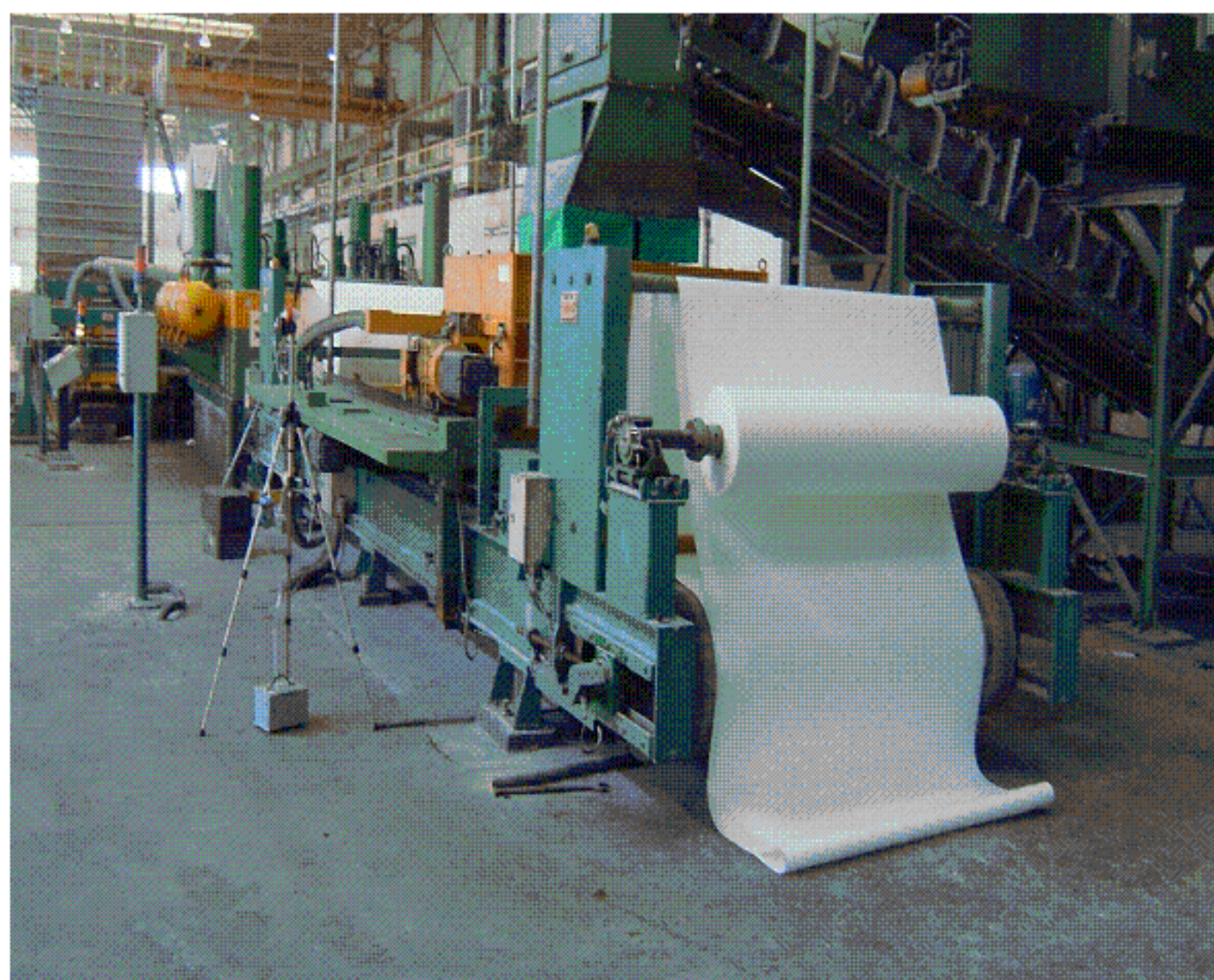
주생산품	
노출근로자수	1명
측정항목	MMA, DMA



[그림 31] B-4 공정 디메틸아민 시료채취 현장



[그림 32] B-4 공정 디메틸아민 시료채취 현장



[그림 33] B-4 공정 디메틸아민 시료채취 현장



[그림 34] B-4 공정 디메틸아민 시료채취 현장



[그림 35] B-4 공정 디메틸아민 시료채취 현장

가) 장시간 노출 측정 결과(TWA)

○ 기술통계를 이용한 측정평가 결과

측정값을 읽고 해석하는데 있어 기술통계량은 자료를 요약하는데 이용이 되며 특히 자료의 중앙 집중성을 알아보는 대표 값(평균, 중앙값, 기하평균)과 자료의 흩어진 정도를 측정하는 산포도(영역, 최소값 및 최대값, 표준편차, 기하표준편차)를 구하는 것이다. 이러한 통계량을 계산하는 것은 측정자료를 이용하여 노출을 이해하도록 체계화를 하여 주며 기술통계량과 직업적 노출기준(OEL)을 비교하여 판단할 수 있다.

다음의 기술통계량은 모든 측정자료에서 항상 계산되어야 하며 프로그램화된 스프레드시트를 산업위생학회 홈페이지(<http://ksoeh.org>)의 산업위생 자료실에서 다운을 받아서 실시하였다.

<표 21 > 디메틸아민 측정결과 및 노출실태(TWA)

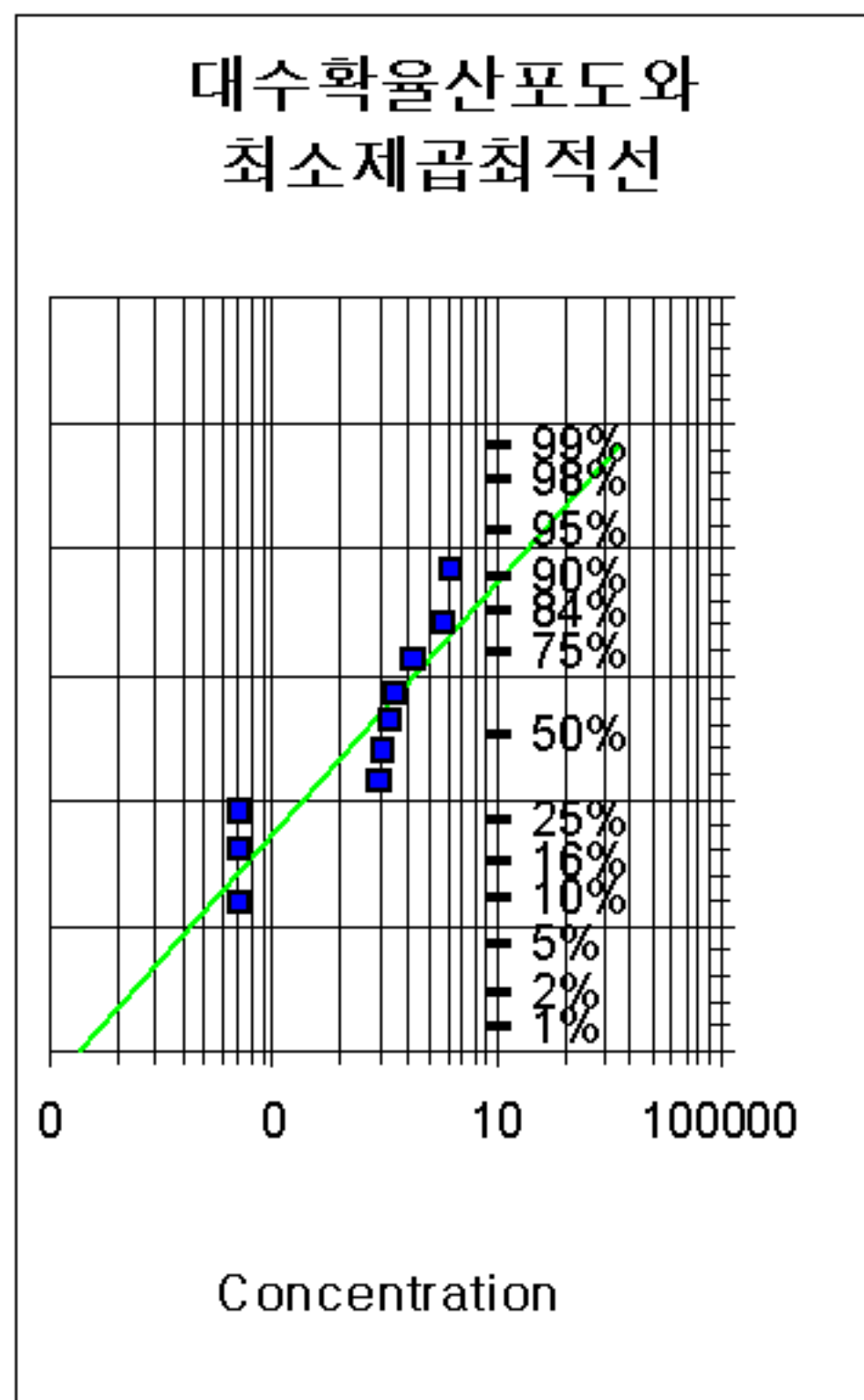
단위 ; ppm

측정장소	TWA	노동부 TWA/STEL	ACGIH TWA/STEL
TWA-1	0.0848	10 /	5 / 15
TWA-2	1.1123	10 /	5 / 15
TWA-3	1.7393	10 /	5 / 15
TWA-4	0.1410	10 /	5 / 15
TWA-5	0.3287	10 /	5 / 15
TWA-6	0.1488	10 /	5 / 15
TWA-7	0.0994	10 /	5 / 15
TWA-8	0.00047	10 /	5 / 15
TWA-9	0.00047	10 /	5 / 15
TWA-10	0.00047	10 /	5 / 15
M±S.D	0.3656±0.58624	10 /	5 / 15

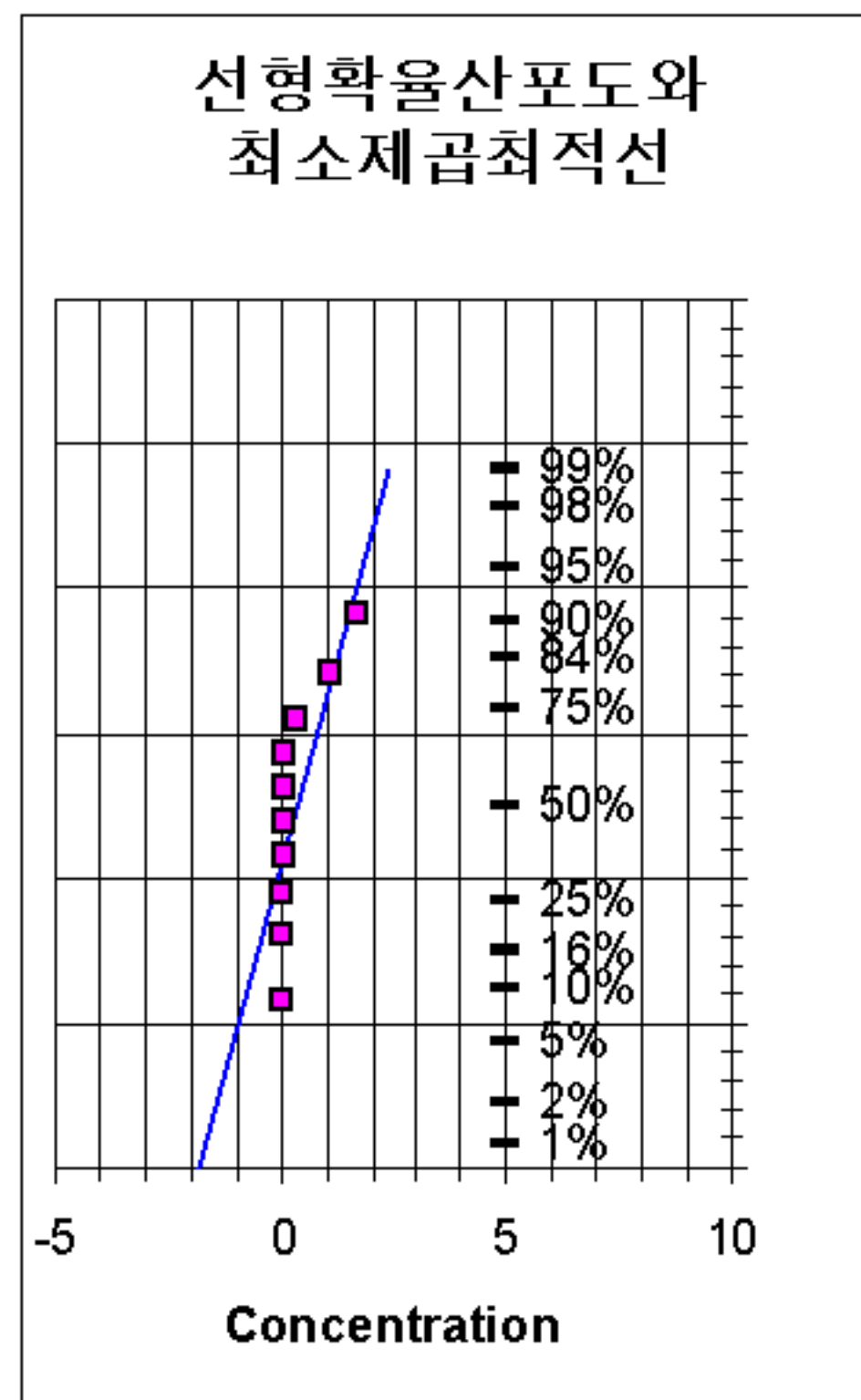
표 22는 2차 작업환경 측정장소인 B-3사업장~B-4사업장 작업현장에서의 노출농도 값을 나타낸 표로서 평균 0.3656 ppm값이 측정되었으며 표준편차 값은 0.58624 ppm으로 조사연구 대상 물질인 디메틸아민의 농도값이 모두 현 노동부와 ACGIH 에서 제시하는 TWA값이 전혀 초과하지 않을뿐더러 매우 낮은 노출양상을 나타냄을 알 수 있다.

<표 22 > 디메틸아민 측정결과와 기술통계수치

시료수 (n)	10
최대 (max)	1.73930
최소 (min)	0.00047
범위	1.73883
OEL이상% (%>OEL)	0.000
평균	0.366
중앙값	0.120
표준편차 (s)	0.586
대수변환자료의 평균 (LN)	-3.208
대수변환자료의 표준편차 (LN)	3.226
기하평균 (GM)	0.040
기하표준편차 (GSD)	25.184



[그림 36] 대수확을
산포도와 최소제공최
적선(TWA)



[그림 37] 선형확을
산포도와 최소제공최
적선 (TWA)

○ 산업안전보건법규에 의한 측정결과 평가

표 23은 디메틸아민 측정값을 이용하여 현재 노동부의 TWA기준치와 변경하고자 하는 농도값 5 ppm을 노출기준 값으로 개정해서 계산한 결과 상한치와 하한치의 값이 모두 농도를 벗어나지 않았음을 알 수 있다. 이는 현 기준치가 실제 작업현장에서 노출되는 농도와는 떨어져 있어서 노출기준이 실제 현장과는 맞지 않음을 짐작해 볼 수 있다.

<표 23 > 디메틸아민 TWA 측정결과의 평가

	현기준치(15 ppm)	개정기준치(5 ppm)
Sample-1	상한치(UCL)-미만	미만
	하한치(LCL)-미만	미만
Sample-2	상한치(UCL)-미만	미만
	하한치(LCL)-미만	미만
Sample-3	상한치(UCL)-미만	미만
	하한치(LCL)-미만	미만
Sample-4	상한치(UCL)-미만	미만
	하한치(LCL)-미만	미만
Sample-5	상한치(UCL)-미만	미만
	하한치(LCL)-미만	미만
Sample-6	상한치(UCL)-미만	미만
	하한치(LCL)-미만	미만
Sample-7	상한치(UCL)-미만	미만
	하한치(LCL)-미만	미만
Sample-8	상한치(UCL)-미만	미만
	하한치(LCL)-미만	미만
Sample-9	상한치(UCL)-미만	미만
	하한치(LCL)-미만	미만
Sample-10	상한치(UCL)-미만	미만
	하한치(LCL)-미만	미만

나)단시간 노출(STEL) 측정결과

STEL이란 ACGIH에 의해 사용된 용어로 TLV값 - 시간가중평균치를 초과하지 않고 1)자극증상, 2) 만성 또는 비가역성 조직손상, 3) 사고 가능성을 증가, 자기보호 능력상실, 현저한 작업 수행능력의 감소 등을 초래할 정도의 혼수 등이 없으면서 근로자가 단기간 동안 노출될 수 있는 농도 short - term -exposure limit라고 한다.

관찰된 생물학적 영향을 감안하여 시간을 정할 수 있지만 보통은 15분간의

시간가중평균치로 정의된다. 본 연구에서는 15분간 1시간 이상의 간격을 두어 2번 측정을 하였고 그에 따른 평균값을 구해 제시하였다.

○ 기술통계를 이용한 측정평가 결과

<표 24 > 디메틸아민 측정결과 및 노출실태(STEL)

단위 ; ppm

측정장소	STEL	노동부 TWA/STEL	ACGIH TWA/STEL
STEL-1	0.5941	10 / 기준없음	5 / 15
STEL-2	0.00047	10 / 기준없음	5 / 15
STEL-3	0.5046	10 / 기준없음	5 / 15
STEL-4	0.9744	10 / 기준없음	5 / 15
STEL-5	0.5116	10 / 기준없음	5 / 15
STEL-6	0.5448	10 / 기준없음	5 / 15
STEL-7	0.5614	10 / 기준없음	5 / 15
STEL-8	0.9561	10 / 기준없음	5 / 15
STEL-9	0.00047	10 / 기준없음	5 / 15
STEL-10	0.00047	10 / 기준없음	5 / 15
M±S.D	0.465±0.2786	10 / 기준없음	5 / 15

표24는 디메틸아민을 사용하는 작업장의 작업환경 측정결과 중 STEL 노출농도 값을 나타낸 것으로 우리나라에는 현재 기준이 없어서 ACGIH의 STEL값을 인용하여 분석하였다.

살펴보면 검출 분석한계 미만의 값으로 처리된 3개의 값에 대해서는 TWA에서 구했던 거와 같이 검출 한계 미만의 자료를 포함한 자료를 단순한 접근법을 이용하여 표준편차를 구해서 검출한계 LOD 값을 0.00047의 값으로 대신

하였다.

<표 25 > 디메틸아민 단기간 노출기준(STEL)의 기술통계수치

시료수 (n)	10
최대 (max)	0.97440
최소 (min)	0.00047
범위	0.97393
OEL이상% (%>OEL)	0.000
평균	0.465
중앙값	0.528
표준편차 (s)	0.363
대수변환자료의 평균 (LN)	-2.612
대수변환자료의 표준편차 (LN)	3.493
기하평균 (GM)	0.073
기하표준편차 (GSD)	32.895

기술통계량 수치는 표본수(n), 최대값(max), 최소값(min)을 측정한 자료로 얻을 수 있으면 노출기준 초과 백분율이 0 %이며, 평균값이 0.465 ppm으로 현재 기준치인 15 ppm보다 매우 낮은 농도임을 알 수 있다.

이는 실제 작업현장에서 노출되는 농도는 매우 낮아서 기준치농도는 다소 높아서 현재 작업장 상황과는 맞지 않았다. 그러므로 제정하고자 하는 수치인 5 ppm으로 제정이 되었을 시 노출근로자들에게 있어 건강상 피해는 없을 거라 사료되어 진다.

○ 산업안전보건법규에 의한 측정결과 평가

산업안전보건법(이하 “법”)에서 작업환경측정 및 정도관리 규정에서 제시한 (노동부고시 제2003-62호) 측정농도의 평가방법으로(제33조 관련) STEL값을 평가한 결과는 다음 표 26과 같다.

표 26와 같이 모든 사업장에서 15 ppm으로 기준을 두고 95 %의 신뢰도를 가진 상한치와 하한치를 계산하였을 때 모든 사업장에서의 기준미만이 나왔음을 알 수 있었다.

이상과 같이 TWA와 STEL치의 산업안전보건법규에 의한 측정결과 평가 결과에 따른 조치로는 노출기준미만일시는 현재의 작업상태를 유지하고 농도값에 대한 기준변화가 있어도 검출농도가 벗어나는 사업장이 없을 때에는 시설이나 설비 등 작업방법의 점검후 개선 및 적정보호구 지급에 대한 추가 비용이 거의 들지 않는다고 볼 수 있다.

<표 26 > 디메틸아민 STEL 측정결과의 평가

	현기준치(없음)	개정기준치(15 ppm)
Sample-1	상한치(UCL)-	기준미만
	하한치(UCL)-	기준미만
Sample-2	상한치(UCL)-	기준미만
	하한치(UCL)-	기준미만
Sample-3	상한치(UCL)-	기준미만
	하한치(UCL)-	기준미만
Sample-4	상한치(UCL)-	기준미만
	하한치(UCL)-	기준미만
Sample-5	상한치(UCL)-	기준미만
	하한치(UCL)-	기준미만
Sample-6	상한치(UCL)-	기준미만
	하한치(UCL)-	기준미만
Sample-7	상한치(UCL)-	기준미만
	하한치(UCL)-	기준미만
Sample-8	상한치(UCL)-	기준미만
	하한치(UCL)-	기준미만
Sample-9	상한치(UCL)-	기준미만
	하한치(UCL)-	기준미만
Sample-10	상한치(UCL)-	기준미만
	하한치(UCL)-	기준미만

7. 노출기준 제안

가. 노출기준 요약 및 해설

본 연구의 최종목표 달성을 위해 각국의 노출기준 설정에 관한 배경 및 근거와 국내 기존 노출기준 설정의 배경 및 근거에 대한 고찰은 필수적이라 여겨진다.

표27는 각 나라별 디메틸아민 노출기준이 제시된 표로써 TWA, STEL, Ceiling, 발암성, 등을 나타낸 표이다.

<표27> 디메틸아민(dimethylamine)의 주요 나라별 노출기준

Agency	Sampling Unit	TWA	STEL	Ceiling	Carcino-genicity
ACGIH TLV	ppm	5	15		A4
Alberta-Canada	ppm	5	15		
Australia	ppm	10			
Belgium	ppm	2	5		
Brazil	ppm	8			
China	mg/m ³	5	10		
Czech Republic	mg/m ³	3.8	9		
EU-IOELV	ppm	2	5		
Finland	ppm	2	5		
Germany-MAK	ppm	2	4		
Hong Kong	ppm	5	15		A4
Ireland	ppm	2	5		
Japan-JSOH	ppm	10			
Malaysia	ppm	5			
Mexico	ppm	10			A4
Netherlands	ppm	1			
New Zealand	ppm	10			
Norway	ppm	2			
Ontario-Canada	ppm	5	15		
Poland	mg/m ³	3	9		

Quebec-Canada	ppm	10			
South Africa-DOL					
RL	ppm	10			
Spain	ppm	2	5		
Sweden	ppm	2	5		
United Kindom	ppm	2	6		
U S A - N I O S H					
IDLH	ppm			500	
USA-NIOSH REL	ppm	10			
USA-OSHA PEL	ppm	10			

이에 본 연구에서는 선진국들의 기준 설정의 배경 및 근거와 국내 기존 노출기준 설정 배경에 대해 고찰함으로써 향후 국내 실정에 적합한 노출기준 설정에 있어 배경자료로 활용하고자 한다.

표 28는 선진국에서 노출기준이 설정된 배경을 요약하여 나타낸 것이다.

<표 28> 선진국의 노출기준 설정 배경.

연도	기관 / 사람	내용
1941	ASA/	Z-37로 허용기준 발표
1942	ACGIH/	63종의 물질에 대한 Maximum permissible Concentrations제정
1945	/Cook	132종의 화학물질에 대해 maximum allowable Concentration발표
1946	ACGIH/	131종의 화학물질과 13종의 분진에 대해 2배, 10배 폭로시의 증상 발표
1948	ACGIH/	MAC을 Threshold Limit Value(TLV)로 개칭하여 사용
1956	ACGIH/	238종의 물질에 대해 2배, 10배 폭로시의 증상 발표
1958	AIHA/	hygiene standard 발표
1962	ACGIH/	Documentation 발간
1972	OSHA/	TLV를 근거로 Permissible Exposure Limit (PEL)제정

(1) 미국의 노출기준

○ 1962년 ACGIH에서 처음으로 허용기준에 관한 documentation이 발간된 후 여러 차례 개정을 통해 1970년 OSHA에서 PEL 을 정하기 전까지 미국의 노출기준 자료로 사용되었다.

<표 29> 1968년 ACGIH TLVs 설정에 사용된 자료의 출처.

자료의 출처	유해물질수	백분율
산업장(인간)경험	157	38
인체자원 실험	45	11
동물실험		
만성흡입	83	20
급성흡입	8	2
동물실험		
만성경구	18	4.5
급성경구	2	0.5
유사성	121	24

출처 ; 이병국. 한국산업의학회지 26(3), 1987

현재의 제정방법은 ACGIH의 TLV를 근거로 하여 NIOSH에서 재검토하여 권고농도치를 설정하고 이후 OSHA에서 재조정 후 채택하여 PEL을 제정하였다.

1962년 ACGIH에서 처음으로 허용기준에 관한 TLV는 Peak exposure는 여전히 해로우며 복합물질의 동시적 노출에 의한 상승협동 작용이 간과되었다는 점과 육체적 노동강도가 높아질수록 호흡수가 증가하는 점 등 TLV는 최소한의 필요조건으로 가장 열악한 허용조건을 대표한다는 비판이 꾸준히해지자 여러 차례의 개정을 통해 PEL(Permissible Exposure Limit)은 미국 연방정부에서 공식적인 공기중 유해물질의 노출기준으로 적용되어 오고 있다.

○ TLV- ACGIH의 정의

▽ 미국산업위생전문가회의(ACGIH)는 허용한계치(TLV)를 다음과 같이 정의하고 있다.

▽ 거의 모든 근로자가 7-8시간, 일주 40시간을 작업하여도 작업장환경에 존재하는 유해한 가스, 증기, 분진으로부터의 피해가 없다고 믿어져 허용될수 있는 한계의 수치이다. 이 수치는 학자에 따라서 또는 국가에 따라서 다소의 차이가 있다.

즉 "허용한계치는 모든 물질의 공기중 농도에 관한 것으로 거의 모든 근로자가 매일 반복해서 폭로되어도 유해한 영향을 받는 일이 없다고 믿어지는 조건을 제시한 것이다. 그러나 개인의 감수성은 폭넓은 차이가 있기 때문에 역치(threshold) 이하의 농도라도 물질에 따라서는 소수의 근로자는 불쾌감을 경험할 지도 모르며, 또 보다 소수의 근로자는 기존의 신체적 조건의 악화나 직업성 질환의 진전으로 강한 영향을 받을지도 모른다. 한계허용치에는 다음 세 가지의 범주가 있다.

①시간하중평균(TLV-TWA, time weighted average)

-1일 8시간, 주 40시간

②단시간폭로한계(TLV-STEL, short term exposure limit)

-단기간동안(15분) 자극, 만성장애, 사고 능률 저하 등이 없이 노출될 수 있는 농도

③천정치(TLV-C, ceiling) -> 허용농도

-1일 작업시간 동안 잠시라도 초과되어서는 안되는 농도

○ TLV의 설정 및 적용원칙

▽ 대부분의 근로자가 건강에 악영향을 받지 않으면서 매일 반복하여 폭로될 수 있는 상태로 설정한다.

▽ 개인의 감수성이 크게 다르기 때문에 소수의 근로자는 어떤 물질에 대해

서는 이 기준이나 그 이하의 농도에서도 불쾌감을 경험할 수 있고, 일부의 근로자는 이전부터의 나쁜 상태가 더욱 악화되거나 다른 직업성 질환이 진행됨으로서 더 심한 영향을 받을 수 있다.

▽TLV는 잠재적인 건강위험에 대한 대책을 세울 때의 지침으로서 도움을 주고자 하는 것이지, 대기오염이나 생활환경의 물리적 요인을 평가하거나 이에 대한 대책을 세운다거나 연속적으로 폭로되는 경우나 연장작업 기간인 경우의 독성정도를 추정하는데는 사용하지 않는다.

○ PEL과 TLV의 비교

▽ ACGIH-TLV

- 대부분의 모든 근로자(nearly every worker)가 건강장해 없이 작업장에 근무하는 동안 매일 폭로되어도 괜찮은 농도
- 일일 8시간동안의 폭로에 따른 주당 40시간 폭로시의 기준

▽ OSHA-PEL

- 모든 근로자들이 건강장해를 가져오지 않는 농도
- 일생근무기간동안(Working life time) 아무런 건강장해를 가져오지 않는 기준

▽ 미국 OSHA- PEL기준 설정

- | | |
|-------------------------------|------------------|
| ○ Sensory irritation | ○ Neuropatic |
| ○ Analogy | ○ Narcosis |
| ○ Physical irritation | ○ Liver/Kidney |
| ○ Respiratory | ○ Cancer |
| ○ Systemic toxicity | ○ Sensitization |
| ○ Biochemical/Metabolic | ○ Cardiovascular |
| ○ No observed adverse effects | ○ Ocular |
| ○ Odor | |

(3) 영국의 노출기준

○ OEL(Occupational exposure limit)의 개념을 사용하고 있는데 법에 의해 규제되는 관리기준(control limit)과 권장기준(recommended limits)로 나누어 있다.

○ Her Majesty's Factory Inspectorate(HMFI)에서 매년 Guidance Note인 EH40/year를 발행

- 초기에는 ACGIH의 TLV를 복사승인 받아 사용
- 먼분진, 석면에 대한 기준을 영국 고유의 것으로 도입
- 노·사·정 참여하에 HSWA, 1974년 제정
- 최초의 관리기준(Control Limit)
 - 납, 석면 등의 10종의 발암물질
 - Single Hit Theory
 - 가능한 수준에서 j될 수 있는대로 낮은 농도 유지
- 권장기준(Recommended Limit)
 - ACGIH 의 TLV와 유사

(4) 독일의 노출기준

- 1968년 미국의 TLV체계를 벗어나 자체고유의 목록과 체계를 개발.
- 독일연구위원회(Deutsche Forschungsgemeinschaft)에서 산업장 화학물질 건강위해조사위원회를 구성하여 노출기준 설정(1955년)
- 1958년 작업장 최대농도 및 생물학적 인내치 목록(MAK-list)발간.
- MAK-list는 오스트리아, 스위스에서 일부 또는 수정되어 채택
- 최대치(MAK ; Maximum concentration in the workplace)
 - 작업장에 존재하는 화학물질(가스, 증기 및 분진형태)의 최대허용농도
 - 현재의 지식수준에 의하여 근로자의 건강을 해치지 않으며 불편함

을 주지 않는 수준.

- 하루의 근로 중 또는 한 교대근무 중에 해당하는 시간동안의 평균 농도
- 인체자료 우선
- MAK-list는 산업장 화학물질건강조사위원회에 의해서 최대치 농도의 독성학적, 산업의학적 근거(Occupational Toxicants)란 제목으로 발간

○ 노출최대치제한(Limitation of Exposure Peak)

- 8시간 시간가중평균의 개념
- Local irritants
- Substances with systemic effects
- Substances eliciting very weak effects
- Substances having intensive odor
- "S" 표시; 피부나 호흡기에 감작성(Sensitization)에 의하여 알레르기 반응을 가져오는 물질에 표기
- "H" 표시; 표피를 쉽게 침투, 치명적인 중독을 일으킬 수 있는 물질 (glycol ether, aniline, nitrobenzene, nitroglycol, nitroglycerine, phenol 및 일부 살충제)

○ 배아 및 태아독성이 있는 물질은 따로 분류하여 표기

- Group A ; 배아 또는 태아에게 손상을 주는 물질
- Group B ; 배아 또는 태아에게 손상을 줄 가능성이 있는 물질
- Group C ; 배아 또는 태아에게 손상을 줄 위험이 없는 물질
- Group D ; A~C분류 불가능 물질

(5) 러시아의 노출기준

○ 러시아의 경우 1948년과 1966년 상대적인 위험을 뜻하는 MAC(Maximum Allowable Concentration)의 개념이 설명되어 진다.

○ 러시아에서 사용하는 MAC는 근로자들이 일생동안 하루 8시간의 작업 시간동안의 유해물질 폭로에도 어떤 질환을 유발하지 않고 더 나아가서 현재 측정이 가능한 검사 방법으로 인체내의 정상상태에서 조그만 이탈에도 유발하지 않는 농도를 말하며 TLV와의 개념의 차이는 다음과 같다.

<표 30> MAC와 TLV 개념의 차이

명칭	MAC(러시아)	TLVs(미국)
	Maximum Allowable Concentration	Threshold Limit Value
관련영향	모든 근로자들을 보호하고 어떠한 심리 생리학적 변이도 허용안됨.	거의 모든 사람들을 보호하고 비가역적인 건강장해는 허용되지 않으나 생체의 대사기능이 보상할 수 있는 변이는 허용함.
영향의 양상	행동중독학적 접근 중추신경계통 영향 중시	질병과 생체내의 생화학적 반응에 중점.
방법	동물실험	작업장에서의 역학자료
접근방법	이론적, 건강기준	현실적, 행정적

출처; 이병국. 한국산업의학회지 26(3), 1987

거의 대부분의 선진국에서는 이러한 분류기준 및 정의에 관련한 규정이 별도의 규정 혹은 법 내에서 기술할 때에는 별도의 장으로 독립하여 기술하고

있다. 미국, 영국, 호주 및 유럽연합 각국이 모두 그러한 법, 규정 체계를 갖추고 있다.

선진국의 경우 유해물질 분류체계의 기본적인 골격은 유해물질에 대한 일반적인 정의가 존재하고 각론으로서 물리적, 화학적 및 인체 유해성에 따른 세부적인 분류기준을 정의하고 있다

(6) 각국의 노출기준 제정 현황

○ 1987년 노출기준을 발표하고 있는 국가들은 43개국으로 그 제정 방법에 의하여 다음과 같이 구분할 수 있다.

<표 31> 노출기준을 발표하고 있는 국가

구분	국가
ACGIH TLV를 그대로 받아들인 나라	남아공, 네델란드, 대만, 말레이시아, 멕시코, 벨기에, 브라질, 베네수엘라, 아르헨티나, 아일랜드, 이집트, 에쿠아도르, 이스라엘, 인도, 인도네시아, 칠레, 캐나다, 콜롬비아, 태국, 필리핀, 한국, 호주
러시아의 영향을 받은 나라	러시아, 루마니아, 불가리아, 유고, 중국, 체코, 폴란드, 핀란드, 헝가리
독자적 허용기준을 만들었으나 거의 ACGIH TLV를 사용하는 나라	스위스, 스페인, 일본
독자적 허용기준이나 ACGIH TLV를 참고한다고 하는 나라	독일, 영국, 프랑스
별도의 허용기준 제정	노르웨이, 덴마크, 스웨덴

출처; 이광묵, 한국산업의학회지 4(1), 1994

○ 표 ○에서 제시된 바와 같이 대부분의 국가들이 ACGIH TLV를 그대로 받아들이고 있거나 독자적 허용기준을 만들었으나 ACGIH TLV치를 거의 사용하고 있는 국가들에 반해 ACGIH TLV치를 참고로 하여 독자적 기준을 마련하고 있거나 별도의 허용기준을 제정하고 있는 국가도 있다.

나. 우리나라 실정에 적합한 노출기준 제시

(1) 우리나라 노출기준

○ 우리나라는 1991년 2월 8일 이전에 국내에 유통되는 화학물질들을 조사하여 1992년에 최초로 기존화학물질목록을, 1993년과 1994년에 각각 추가목록 I, II를 발간하였다. 그리고 1996년에 노동부의 “기존화학물질명부”와 환경부의 “기존화학물질목록과 추가목록 I,II”를 통합하고 일부화학물질을 추가·재편집하여 개정된 기존화학물질목록(35,661종)을 발간하였다.

<표 32> 우리나라 노출기준 설정 배경

연도	내용
1979	1953년 근로기준법의 보건관리규정 제 16조, 제19조 및 제 36조 1항의 규정에 의해 노동청 예규 225호로 유해물질의 노출기준 정함
1982	1981년 공포된 산업안전보건법의 시행령 제정공포
1983	노동부 고시 제1호로 작업환경측정방법 고시내에 분진, 유기용제 16종, 특정화학물질 43종, 소음 및 연등의 허용기준 설정
1986	유해물질 대상을 324종으로 확대
1988	유해물질 373종이추가되어 697종으로 확대 개정
1991	노동부 고시 91-21호로 하여 관리철저를 기함

○ 그리고 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(노동부 고시 97-5호)에 698종의 화학물질 노출기준이 정해진 목록과 노출기준이 제정되어 있는 12종의 발암성 물질로 확인된 물질 목록과 27종의 발암성 물질로 추정되는 물질 목록, 노출기준 미제정 발암성 물질로 4종의 발암성 물질로 확인된 물질 목록과 13종의 발암성 물질로 추정되는 물질 목록이 있다.

○ 우리나라의 현행 유해물질의 노출기준은 주로 ACGIH의 1988-89 허용기준 697종 중 648종(96%)을 채택한 것이며 특히 발암성물질이나 발암추정물질에 대한 규정은 ACGIH의 기준을 모두 수용하고 있다.

(2) 디메틸아민 노출기준제시

노출기준은 광범위한 문헌조사를 통하여 독성자료가 수집되고 평가된 후 설정된다. ACGIH에서는 매년 최신 독성자료를 조사한 후, 필요하면 기존의 노출기준을 개정하는 절차를 밟는다.

먼저 노출기준을 개정할 것을 일정한 기간 동안 공고하고 여러 전문가의 의견을 수집한 후 최종적으로 확정한다. 노출기준 설정에는 다음과 같은 자료가 이용이 된다.

산업장 역학조사 ; 실제로 사업장 현장 경험에서 얻은 자료이므로 노출기준 설정에 있어서 가장 중요하고 필요한 자료이다. 그러나 사업장에서 노출량과 반응과의 관계를 정확히 평가하여 양-반응 관계를 규명하기가 매우 어렵고 이러한 연구에는 사업장 관련 전문가들의 참여가 필요하다. 본 연구에서는 실제 디메틸아민을 사용하는 사업장에서의 시료를 채취하여 분석한 결과를 제시하였고 그 결과 개정하고자 하는 기준치로는 노출농도의 범위를 벗어나지 않음을 알 수 있었다..

인체실험 ; 유해물질의 독성에 관한 인체실험 자료는 거의 찾아볼 수 없다.

다만 2차 세계대전시 일본과 독일에서 한국인, 중국인, 러시아인 및 유대인을 대상으로 전쟁 준비를 위한 인체실험을 실시했던 사실이 있다. 오늘날 인체실험은 다음과 같은 조건 하에서 매우 제한적으로 실시될 수 있다.

- 안전한 물질을 대상으로 한다.
- 자발적 참여자를 대상으로 하고 그들에게 발생할 수 있는 모든 유해작용을 알려주어야 한다.
- 영구적 신체장해를 일으킬 가능성은 없어야 한다.
- 실험 참여자는 서명으로 실험에 참여할 것을 동의해야 한다.

랫트, 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 위장기관의 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 랫트에서는 두드러진 독성 영향이 나타나지 않았다.

랫트에서 디메틸아민이 약한 독성을 띠었으며, 4시간 및 6시간 LC50이 각각 4700 ppm과 4540 ppm으로 결정되었다. 이 중 둘째 연구에서 600-6000 ppm 중 한 농도에 노출된 랫트의 호흡기관을 조직병리학적으로 평가한 결과 폐양형성과 폐사에서 비염, 기관염, 폐공기증에 이르기까지 농도에 따른 변화가 나타났다. 이 연구의 일부로 마우스에 대한 2시간 흡입 LC50은 7650 ppm이었다.

동물실험 ; 이것은 인체실험이나 사업장 역학조사 자료가 부족할 때 적용된다. 흡입독성자료가 가장 필요하며 피부흡수에 의한 자극 및 전신작용에 관한 자료도 이용된다. 실험에는 감수성이 예민한 동물로서 충분한 숫자가 사용되어야 하며, 노출량과 반응과의 관계를 정량적으로 볼 수 있는 양-반응 관계(dose-response relationship)가 있어야 한다. 동물실험 자료를 적용하여 노출

기준을 정할 때는 안전계수(safety factor)를 충분히 해주어야 한다. 메틸아민의 동물실험에서 급성독성은 마우스를 대상으로 실험한 결과 2시간 흡입 LC₅₀이 2400 mg/m³으로 나타났다. 수컷 래트로 구성된 네 집단에서 코로만 하루 6시간, 일주일에 5일, 총 2주 동안 0.75, 2.50, 750 ppm의 메틸아민을 증기로 각각 흡입시킨 후 래트는 10번째 노출 직후 또는 14일 회복 기간 이후 중 한 시점에서 죽었으며 750 ppm농도에서의 반복 노출에는 견디지 못하고 노출과 회복 기간 모두에서 죽었다.

이 농도에서 나타나는 독성 효과로 상당한 체중 감소가 나타났고, 혈청 콜레스테롤의 증가와 알라닌 및 아스파라진산 아미노전이효소 활동의 증가, 혈청 단백질 감소(간 손상을 시사), 조혈 비정상과 같은 임상 병리학적 변화도 나타났다. 그 예로 회복기간 중에 생존 동물에서 적혈구 수, 적혈구용적률, 헤모글로빈이 증가하였다.

래트에 의한 각각 다른 증기의 메틸아민 증기의 농도의 흡입에 의한 급성 흡입 독성 실험이 수행되었다. LC₅₀은 0.448 ml/l이었다.(Sarkar SN, 1992)

화학구조 ; 가장 기초적인 단계로서 물질의 화학구조를 조사하고 구조가 유사한 다른 물질, 즉 독성이 알려진 물질과 비교하여 해당물질의 노출기준을 정한다. 이 방법은 동물실험, 인체실험 및 사업장 역학자료가 부족할 때 이용된다.

1968년도 ACGIH-TLV는 1970년에 발족된 미국OSHA에 의하여 행정력을 가진 법규로 채택되었으므로 매우 중요한 의미를 가진 노출기준이다. 이때 노출기준의 설정배경을 적용자료별로 보면 표 33과 같다.

<표 33> 적용자료별로 본 1968년 ACGIH-TLV 설정배경

적용자료	적용물질수	
	수	%
산업장 역학조사	157	38
자발적 인체실험	45	11
동물실험-흡입, 만성중독	83	20
동물실험-흡입, 급성중독	8	5
동물실험-경구, 만성중독	18	4.5
동물실험-경구, 급성중독	2	0.5
화학구조의 유사성	101	24
계	414	100

노출기준 설정배경으로 이용된 유해물질의 독성에는 여러 종류가 있으며 기관장해, 자극성 및 중추신경장해에 의한 마취작용 등 총 11종이 인용되었다. 1968년 ACGIH-TLV 설정시 인용되었던 독성을 보면 표O와 같다.

<표 34> 독성별로 본 1968년 ACGIH-TLV 설정배경

적용자료	적용물질수	
	수	%
기관장해	201	49
자극성	165	40
마취성	21	5
냄새	9	2
기관 기능장해	8	2
알러지성 감작반응	6	1.5

압	6	1.5
생화학적 변화	8	2
고열	2	0.5
시각변화(Halo)	2	0.5
시력	2	0.5
맛	1	0.25
X-선상의 변화	1	0.25
피부화상에 영향을 미침	1	0.25

노출기준 설정을 위한 검토사항으로 노출기준에 대한 정보를 수집해서 정리해보고 평가하여 그에 따른 안을 제시한다.

가) 측정결과 ; 디메틸아민을 취급하는 사업장에서 시료채취를 한 결과 평균 0.366 ppm, 표준편차 0.586 ppm 의 농도가 검출이 되었다. 이는 ACGIH 의 기준을 초과하지 않는 범위로써 새로운 허용기준이 제시된다 하더라도 사회경제적인 측면에서의 영향이 그다지 크지 않음을 알 수 있다.

나) 급성작용 ;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 없다.

3) 만성작용 ; 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 노출군에서만)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 근접할것으로 보인다

4) 사례 ; 노출된 사례는 국내·외 보고된 바 없다.

5) 다른나라들의 노출기준 ; 미국의 ACGIH와 앨버타 캐나다, 벨기움, 중국, 독일, 홍콩, 말레이시아, 네델란드, 캐나다 퀘벡시 등이 TWA 의 기준치를 5 ppm으로 설정하였고 STEL 값은 미국의 ACGIH와 앨버타 캐나다, 벨기움, 중국, 홍콩, 에서의 노출기준이 15 ppm을 유지하고 있다.

이상의 모든 자료를 종합하여 디메틸아민의 TWA와 STEL 값을 제·개정 하는데 노동부고시(02년)에 나와있는 기준값보다 TWA는 15 ppm에서 5 ppm으로의 기준강화를 하고 현재 기준치가 없는 STEL 값은 15 ppm으로 제정을 하여도 사업주가 이 기준에 경제적인 측면에서나 기술적으로 준용이 가능할 것으로 판단된다.

8. 취급근로자 건강장해 예방조치

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 1

회 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 특수 건강진단이 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 작업종료시 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), B형간염e항원(HBeAg), B형간염e항체(HBeAb), B형간염c항체(HBcAb), C형간염검사(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, 간장해, 신장장해, 피부장해, 심장장해, 또는 중추신경장해 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 네가지의 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 작업환경관리요령

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 격리수용 가능한 장소 또는 모래주머니를 쌓은 방벽내에 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.

나. 유해물질 안전취급요령

(1) 격리 ;

탱크나 레도차량, 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.)

[Source ; U.S. Department of Transportation. 2000 Emergency Response Guidebook. RSPA P 5800.8 Edition. Washington, D.C: U.S. Government Printing Office, 2000,p. G-118]

(2) 화재시 ;

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.

[Source ; U.S. Department of Transportation. 2000 Emergency Response Guidebook. RSPA P 5800.8 Edition. Washington, D.C: U.S. Government Printing Office, 2000,p. G-118]

(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 진압품을 사용해 증기를 줄이도록 한다.

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.

[Source ; U.S. Department of Transportation. 2000 Emergency Response Guidebook. RSPA P 5800.8 Edition. Washington, D.C: U.S. Government Printing Office, 2000,p. G-118]

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.

다. 취급근로자 노출방지조치

피부보호를 위해 적당한 피부보호구를 착용

[Source ; NIOSH. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. DHHS (NIOSH) Publication No. 97-140. Washington, D.C. U.S. Government Printing Office, 1997., p. 200

이 화학제품을 취급하는 근로자는 콘택트렌즈를 착용하여서는 안된다.

[Source ; NIOSH. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. DHHS (NIOSH) Publication No. 97-140. Washington, D.C. U.S. Government Printing Office, 1997., p. 200]

(1) 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 희석수는 오염을 일으킬 수 있다.

(2) 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.

디메틸아민이 신체에 접촉되었을 때는 충분한 양의 물 또는 비누로 씻어낸다.

취급근로자들의 노출방지를 위한 방법으로 화학물질을 관리하는데 있어 사업장의 근원적 안전성 확보는 제어 시스템, 인터록 설비, 경보 설비 등을 설치하거나 개선하는 것보다 화학물질의 양을 줄이거나 유해 위험성이 적은 물질로 대체, 사용하는 조건을 완화하는 등 위험성이 원천적으로 감소되도록 설계되는 것이 무엇보다 중요하다. 제시한 기준은 설계단계에서 근원적인 안전성 확보를 위한 지침을 주는데 있다.

일반적으로 공장을 안전하게 설계하는 방법에는 다음과 같은 방법이 있다.

① 반응기 ; 화학공정에서는 반응기 내부에 많은 양의 유해·위험한 물질을 보유하고 있다. 그러므로 반응기 설계시에는 가능하면 반응율을 최대로 하고 반응기의 크기를 줄임으로써 공정의 경제성 및 설비의 안전성을 높일 수 있

다.

- 연속식 반응기 ; 연속식 저조 반응기가 회분식 저조 반응기보다 크기가 작으므로 안전상 훨씬 유리한데 그 이유는 다음과 같다.
 - 연속식 반응기가 혼합효과가 더 좋으므로 품질이 균일하고 부반응이 적다.
 - 반응기의 단위 체적당 열전달 면적이 연속식 반응기가 크므로 온도제어가 용이하고 열에 의한 폭주 반응 위험을 줄일 수 있다.
 - 반응기가 작으므로 같은 비용으로 설계압력을 높일 수 있다.
 - 발열 폭주반응을 일으키는 어느 제조 공정에서 같은 양을 생산할 수 있는 연속식 반응기(내용량 ; 0.4 m³)와 회분식 반응기(내용량 ; 11m³)의 폭발시에 주위에 미치는 압력의 차이를 예시하면 표o 와 같다. 단, 반응기의 설계압력 및 과열압력은 동일한 것으로 간주한다.

<표 35 >폭발시 주위에 미치는 압력의 예

거리(m)	폭발시에 미치는 압력(kg/cm ² G)	
	회분식 반응기(11 m ³)	
15	0.239	0.044
30	0.077	0.019

- 관형 반응기 ; 관형 반응기를 이용하면 반응기 내부에 가지고 있는 유해 · 위험성 물질을 최소화할 수 있다. 관형 반응기는 설계가 단순하고 교반기 같이 움직이는 부분이 없고 누출 가능성이 있는 연결부위가 최소화되어 있으므로 위험도가 매우 작다.
 - 그 예로 진한 황산과 과산화수소를 원료로 하여 카로산을 제조하는 공정에서 300 kg/day를 생산하는데 30 용량의 교반식 등온반응기에 약 30분동안 반응시켜야 한다. 만약 이를 20 ml용량 관형 반응기를 이용하여 약 3초동안 반응시키면 같은 물질 300 kg/day를 생산할 수 있다. 같은 양을 만들면서 반응기의 내용량을 1/1500로 축소하여 위험을 최소화

할 수 있다.

② 저장 및 이송 ; 원료, 중간제품 및 제품의 저장량을 필요이상으로 확보하는 경우가 많은데 공장설계시 저장량을 최소화하여 위험을 줄이도록 한다.

③ 이송배관 ; 이송배관 내의 정체량도 설비의 위험요인 중의 하나이다. 배관에 관련된 위험을 최소화하기 위하여 배관의 크기 및 배치에 안전성이 고려되어야 한다.

④ 증류시스템 ; 증류시스템에서는 위험물질 정체량을 감소시킬 수 있는 방법에는 다음과 같은 방법이 있다.

- 환류(Reflux)용 저장조 및 재비기(Reboiler)의 크기를 최소화하는 방법
- 내부 환류 응축기(Reflux condenser) 및 내부 재비기(Reboiler)를 사용하는 방법
- 내부 정체량을 최소화할 수 있는 탑 충전물(Column internal)을 사용하는 방법
- ※ 일반적으로 포종단(Bubble Cap tray), 체판(Sieve tray), 충전층(Packed bed)순으로 내부 정체량을 적게한다.
- 탑(Colimn)의 안지름을 작게하여 정체량을 감소시키는 방법
- 공정에서 독성, 부식성 기타 위험한 물질을 먼저 제거하는 방법

⑤ 열교환 시스템 ; 열교환 시스템은 그 형태에 따라 단위부피당 전열면적의 차이가 매우 크다. 그러므로, 필요한 전열면적을 확보하면서 위험물질의 정체량이 최소화되도록 표 0 와 같은 기준에 따라 열교환기를 설치한다.

<표 36> 열교환기 형식에 따른 용량당 표면적

형식	용량당 표면적(m ² /m ³)
관형(Shell & Tube)	70~500
판형(Plate)	120~225(< 1,000)
나선판형(Spiral plate)	<185
Fin 튜브형(Shell & Finned tube)	65~270(<3,300)
Fin 플레이트형(Plate fin)	150~450(<5,900)
재생(Regenerative)-회전형(Rotary)	<6,600
재생(Regenerative)-고정형(Fixed)	15,000

⑥ 원료의 대체 ; 제조공정에서 사용되는 원료 또는 중간제품을 위험성이 낮은 물질로 대체할 수 있으면 설비의 근원적인 안전성을 높일 수 있다. 작업 공정을 변경하는 것으로도 노출을 줄이거나 없앨 수 있으며 작업효율에 영향이 미치지 않는 범위내에서 가능하면 독성이 덜한 물질로 대체하여 사용한다. 물질을 대체하는 경우에는 물질안전보건자료(MSDS) 등의 자료를 면밀히 조사·검토하여 가능한 한 저독성 또는 무독성물질로 선정하여야 한다.

용제 - 휘발성이 큰 유기용제를 수용성 시스템 또는 위험성이 적은 유기용제로 대체하여 제조공정 또는 제품의 위험성을 적게하는 공정이 많이 개발되고 있다. 그 예는 다음과 같다.

- 유기용제를 사용하는 대신에 물을 용제로 사용한 페인트 및 접착제 제조하는 공정
- 유기용제를 사용한 농약 대신에 물 또는 건식 농약 제조하는 공정

⑦ 유틸리티 ; 공정또는 설비의 근원적 안전을 확보하기 위하여 유틸리티로 사용되는 물질을 대체하는 것을 검토한다.

- 가연성 열매 대신에 물 또는 수증기 사용
- 물 또는 수증기로 아니 되는 경우에는 인화점이 높은 오일 또는 용융염(Molten salt)의 사용

⑧ 회석 ; 회석이라 함은 저비점의 위험물리적 저장시에 근원적 위험을 감소시키는 방법으로 저장하는 압력을 줄이거나 누출되었을 때 초기 대기중 농도를 낮게하는 방법이 있다. 저비점 물질을 고비점 물질에 회석하여 저장함으로써 저장하는 압력을 낮게 할 수 있으며 저장하는 물질이 누출되더라도 확산속도를 줄일 수 있다.

⑨ 냉동 ; 냉동저장은 저장압력을 낮추며, 누출되었을 때 초기 증발량을 감소시키고 또한 누출시 액체 에어로졸 형성을 감소시키므로 위험물질 저장설비로부터 누출시의 영향을 줄일 수 있다.

⑩ 부지 또는 안전거리 ; 위험설비의 적절한 위치 선정은 위험물질 또는 에너지의 누출로 인한 주위 주민 및 시설물에 미치는 영향을 줄일 수 있으며, 초기사고로 인하여 주위에서는 2차사고를 예방할 수 있다. 위험물질 취급설비, 저장설비 및 제조공정간에는 적절한 안전거리를 확보한다.

⑪ 저장탱크 ; 액화가스 저장설비에 있어서 증기운 폭발위험성을 최소화하기 위하여 다음의 조건들이 만족되도록 설계한다.

- 접촉표면적을 최소화한다.
- 대기에 접촉하는 면적(Pool surface)을 최소화한다.
- 탱크 내부로 전달되는 열용량 또는 열전도도를 줄인다.
- 용기의 벽 또는 방류제(Dike)에 튀기지 않도록 한다.
- 빗물의 고임을 피한다.
- 누출된 액체가 배수설비로 흘러 들어가지 않도록 한다.
- 액체표면에 바람과 공기가 자유로이 접촉하지 않도록 한다.
- 흡수설비 등 배기가스 처리시스템을 설치한다.
- 가능한 한 액체 회수설비를 설치한다.

- 액체표면에 태양열이 직접 비추지 않도록 한다.
- 인화성 물질인 경우에는 화재시에 비등액체팽창증기폭발(BLEVE) 위험성을 줄일 수 있도록 저장탱크에서 누출된 물질을 안전한 곳으로 이송시킬 수 있는 설비를 설치한다.

⑫ 밀폐시설 ; 물질을 저장, 취급하는 설비의 파손시 누출 영향을 최소화하기 위하여 밀폐시설을 설치한다.

⑬ 연소 ; 초기에 대기압하에서 가연성의 분진 또는 증기의 폭연에 의하여 발생하는 최대 압력이 8.5~10.5 kg/cm²G정도이므로 해당 설비가 이 압력 이상에서 견디도록 설계한다.

⑭ 배관 ; 배관은 누출을 예방하기 위하여 후렌지 등의 부속품 사용을 최소화한다. 연결 부위를 가능하면 용접으로 하고 나사식 연결은 가연성 및 독성 물질 취급시에는 사용하지 않는다.

⑮ 정전 시 자동개폐 밸브 ; 전기 또는 공기로 조작되는 모든 밸브는 정전 또는 고장시 자동적으로 가장 안전한 위치(열림 또는 닫힘)로 전환되도록 한다.

라. 취급시 주의사항

화재 또는 폭발의 위험 ; 인화성이 매우 높은 물질로서 열이나 전기불꽃, 화염으로 인하여 점화될 수가 있으며 공기와 섞여 폭발성 혼합물을 형성할 수 있다. 액화 가스에서 배출된 증기는 공기보다 무겁고 지면을 따라 퍼지기 때문에 증기가 점화점 으로부터 이동하여 발화할 수 있다. 이 계열의 몇몇 물질은 물과 격렬히 반응을 하기도 하며 보관하는 용기가 가열이 되면 폭발하며 튕겨져 나가기 때문에 매우 위험하다.

[Source ; U.S. Department of Transportation. 2000 Emergency Response Guidebook. RSPA P 5800.8 Edition. Washington, D.C: U.S. Government Printing Office, 2000,p. G-118]

화재시 누출을 멈출 수 없을 경우에만 누출 가스 화재를 끄도록 한다. 작은 화재시는 분말소화기 또는 CO2 소화기. 큰 화재시는 물분무 소화설비 또는 통상적인 폼 소화설비. 안전하게 할 수만 있다면 화재 장소 밖으로 용기를 옮긴다. 손상된 실린더는 전문가만 취급해야 한다. 탱크 화재: 최대한 거리를 유지해 진압하거나 무인 호스 홀더나 모니터 노즐을 사용한다. 화재가 완전히 진압될 때까지 충분한 양의 물로 용기를 냉각시킨다. 누출 지점이나 안전 장치에 직접 물을 가하지 않도록 한다. 그렇지 않으면 동결될 수도 있다. 통기 안전장치에서 소리가 나거나 탱크가 변색되었을 경우에는 즉시 피한다. 화재 장소의 탱크에서는 멀리 떨어져 있어야 한다.

불이 붙지 않은 유출물 또는 누출물을 취급할 때는 완전히 밀폐되고 증기가 침투하지 못하는 작업복을 착용해야 한다. 유출물을 만지거나 가까이 가지 않도록 한다. 안전하게 할 수만 있다면 누출을 멈춘다. 가능하다면 액체보다는 가스가 배출되도록 누출 용기를 돌린다. 물분무 장치를 사용해 증기를 줄이거나 증기 구름을 전환시킨다. 흐르는 물이 유출된 재료에 닿지 못하도록 한다. 물을 유출부 또는 누출원에 직접 가하지 않는다. 긴급구호를 요청하며 최대 100~200m(330~660 feet)내에는 격리를 시키며 담당취급자가 아니면 가까이 다가가서는 안되며 멀리 떨어져 있되 바람을 거슬러서 머물도록 해야 한다. 누출이 되면 많은 가스가 방출이 되고 공기보다 무거운 성질로 인하여 지면에 넓게 퍼지기 때문에 하수구나 지하실, 탱크 속 같은 낮은 장소에는 머물지 않도록 해야 한다. 또한 누출된 장소로 들어가야 할 경우는 들어가기 전에 먼저 환기를 시킨 후 들어가도록 해야 한다.

[Source ; U.S. Department of Transportation. 2000 Emergency Response Guidebook. RSPA P 5800.8 Edition. Washington, D.C: U.S. Government Printing Office, 2000,p. G-118]

수중으로 유출시에는 흡수성 시트 또는 누출물 확산을 막을 수 있는 패드나

쿠션으로 덮어 중화시킨 후 흡수제를 사용하여 적합한 용기에 담아 수거하도록 한다. 또한 활성탄을 이용해 흡수를 하며 호스를 사용하여 가두어 둔 물질을 흡입하여 제거한다. (1986년 California Safe Drinking Water and Toxic Enforcement Act(제안 65))

작업중에 누출이 되었을 때는 열, 화염, 스파크 및 기타 점화원을 피하고 작업자가 위험없이 누출을 중단시킬 수 있으면 중단

작은 액체상 유출이 되었을 시는 모래 또는 다른 비가연성 물질을 사용하여 흡수시킨다.

다량 누출시 추후의 처리를 위한 제방을 축조하고 발화원을 제거한다. 관계인 외의 접근을 막고 위험지역을 격리하며 출입을 금지시킨다.

개인보호 ; 직접적으로 들이마시지 않도록 하며 바람을 거슬러 있도록 하고 화재시 진압을 할 시에는 꼭 피부보호구를 착용하도록 하며 보호용 장비가 불충분 할때에는 진압하지 않도록 한다. 물질에 접촉시에는 충분한 양의 물과 비누로 몸을 세척하도록 한다.

[Source ; Association of American Railroads. Emergency Handling of Hazardous Materials in Surface Transportation. Washington, D.C.: Assoc. of American Railroads, Hazardous Materials Systems (BOE), 1987., p. 462]

마. 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 사용

해 인공호흡을 한다. 호흡이 어려울 때에는 산소를 공급하여 오염된 옷과 신발을 벗겨 분리보관한다. 액화 가스에 접촉한 경우는 미지근한 물로 연 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.

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

[Source ; Sittig, M. Handbook of Toxic and Hazardous Chemicals and Carcinogens, 1985. 2nd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Data Corporation, 1985., p. 584]

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

② 섭취 ; 의식이 있는 경우에는 즉시 대량의 물을 마시게 한 후, 목젖 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. 심하게 폭로되었다고 생각되면 즉시 입원시키고 뒤늦게 중증 폐수종이 발생하지 않는가를 72시간 동안 관찰한다. 흉부 X-선을 촬영하여 폐침윤이 있는가를 확인한다.

④ 피부의 노출 ; 즉시 오염된 옷을 벗기고 물을 흘려 오염부위를 씻은 다음 의사의 치료를 받는다. 피부염이 생겼을 때는 피부과전문의의 치료를 받도록 하며 화상이 심한 경우는 코디손을 사용한다.

각막상피가 재생하는 동안 교원효소 억제제를 사용하면 알칼리 화상때의 궤양 형성을 줄일 수 있다. 예를 들면 0.9 % NaCl용액에 탄 0.2M 시스틴 용액을 하루 4~5회, 3방울씩 점안하고 0.2M 칼슘 EDTA를 매 2시간마다 1방울씩 점안한다.

⑤ 눈의 노출 ; 즉시 대량의 물을 흘려서 5분 동안 세척한다. 국소마취제를 점안하고 계속해서 20~30분 동안 식염수로 세척한다. 알칼리에 의해서 눈에 화상을 입었을 때는 충분히 세척하여야 한다. 눈에서 강알칼리에 의한 pH 변화에 대해서 완충작용을 하지 못하게 때문인 것과 알칼리는 안조직에 신속하게 투입되기 때문이다. 홍채염이 생기면 0.2 %스콜폴라민 또는 2 %아트로핀 등 모양근 마비제(cycloplegic)를 사용한다. 안용 항생제를 눈에 넣어 유착을 예방한다.

바. 유해물질 저장·보관방법

저장 ; 디메틸아민이 산화되는 것을 피하기 위해서는 산성과 할로겐의 원료와는 급격히 반응하기 때문에 피하도록 하며 바람이 잘 통하고 환기가 잘되는 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, IA등급의 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 상태에서만 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.

[Source ;Fire Protection Guide to Hazardous Materials. 12 ed. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 1997., p. 49-86]

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.

환기 ; 동 규칙 제 11장 ‘관리대상유해물질에 의한 건강장해의 예방’ 제 3절 ‘국소배기장치의 성능 등’의 제 175조(국소배기장치의 성능)에서 ‘사업주는 국소배기장치를 설치하는 때에는 별표 8에서 정하는 제어풍속을 낼 수 있는 능력을 갖춘 것을 설치하여야 한다’고 정하고 있다.

별표 8. 관리대상유해물질관련 국소배기장치 후드의 제어속도(제175조 관련)

물질의 상태	후드 형식	제어속도(m/sec)
가스상	포위식 포위형	0.4
	외부식 측방흡인형	0.5
	외부식 하방흡인형	0.5
	외부식 상방흡인형	1.0
입자상	포위식 포위형	0.7
	외부식 측방흡인형	1.0
	외부식 하방흡인형	1.0
	외부식 상방흡인형	1.2

- 주) 1. 물질의 상태에서 가스상 이라 함은 관리대상유해물질이 후드로 흡인될때의 상태가 가스 또는 증기인 경우를 말한다.
2. 물질의 상태에서 입자상 이라 함은 관리대상유해물질이 후드로 흡인될 때의 상태가 흙, 분진 또는 미스트인 경우를 말한다.
3. 이 표에서 제어풍속이란 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우 제어풍속을 말한다.
4. 이 표에서의 제어풍속은 후드형식에 대하여 각각 다음에 정한 위치에서의 풍속을 말한다.
- 가. 포위식후드에서는 후드 개구면에서의 풍속
- 나. 외부식후드에서는 당해 후드에 의하여 관리대상유해물질을 흡인하고자 하는 범위 내에서 당해 후드 개구면으로부터 가장 먼거리의 작업위치에서의 풍속

이 밖에도 동 절에서는 환기와 관련한 다음과 같은 관련규정을 정하고 있다.

제176조(전체환기장치의 성능) ①사업주는 단일성분의 유기화합물이 발생되는 작업장에 전체환기장치를 설치하고자 하는 때에는 다음 식에 따라 계산한 환기량 이상으로 설치하여야 한다.

작업시간 1시간당 필요환기량 = (24.1×비중×유해물질의 시간당사용량×K /분자량 × 유해물질의 노출기준) × 10⁶
주) 시간당 필요환기량 단위 : m³/hr 유해물질의 시간당사용량 단위 : ℓ/hr K:안전계수로서 K=1 : 작업장내의 공기 혼합이 원활한 경우 K=2 : 작업장내의 공기 혼합이 보통인 경우 K=3 : 작업장내의 공기 혼합이 불완전한 경우

②사업주는 유기화합물의 발생이 혼합물질인 경우에는 각각의 환기량을 모두 합한 값을 필요환기량으로 정한다. 다만, 상가(相加)작용이 없을 경우에는 필요환기량이 가장 큰 물질의 값을 적용한다.

제177조(작업장의 바닥) 사업주는 관리대상유해물질을 취급하는 실내작업장의 바닥은 불침투성의 재료를 사용하고 청소가 쉬운 구조로 하여야 한다.

제178조(설비의 방지조치) 사업주는 관리대상유해물질의 접촉설비에 대하여는 녹슬지 아니하는 재료로 만드는 등 필요한 조치를 하여야 한다.

제179조(누출의 방지조치) 사업주는 관리대상유해물질 취급설비의 뚜껑·후렌지·밸브 및 코크 등의 접합부에는 새지 아니하도록 가스켓을 사용하는 등 필요한 조치를 하여야 한다.

제180조(경보설비 등) ①사업주는 관리대상유해물질 중 금속류, 산·알칼리류, 가스상 물질류를 1일 평균 합계 100리터(기체인 경우에는 당해 기체의 용적 1세제곱미터를 2리터로 환산한다) 이상 취급하는 사업장에서는 해당 물질이 새 우려가 있는 경우에는 경보설비를 설치하거나 경보용 기구를 비치하여야 한다.

②사업주는 제1항의 규정에 의한 작업장에는 관리대상유해물질 등이 새는 경우에 대비하여 당해 물질의 제거를 위한 약제·기구 또는 설비를 비치·설치하여야 한다.

제181조(긴급차단장치의 설치 등) ①사업주는 관리대상유해물질 취급설

비 중 발열반응 등 이상화학반응에 의하여 관리대상유해물질이 셀 우려가 있는 설비에 대하여는 원재료의 송급을 막거나 불활성가스 및 냉각용수 등을 송급하기 위한 장치를 설치하는 등 필요한 조치를 하여야 한다.

②사업주는 제1항의 규정에 의한 장치에 설치한 밸브 또는 코크를 정상적인 기능을 발휘할 수 있는 상태로 유지하여야 하며, 관계근로자가 이를 안전하고 정확하게 조작 할 수 있도록 색깔로 구분하는 등 필요한 조치를 하여야 한다.

③사업주는 관리대상유해물질을 내보내기 위한 장치는 밀폐식구조로 하거나 내보내지는 관리대상유해물질을 안전하게 처리할 수 있는 구조로 하여야 한다.

저장용 탱크는 산업안전기준에 관한 규칙(이하 안전규칙이라고 한다.)에 의거하여 다음과 같은 항목을 중심으로 검사하여야 한다.

- ① 탱크내·외부에 대하여 동체, 경판, 노즐, 차체와 부속 구조물의 접합부 등에 부식, 변형, 균열 등의 결함이 있는지 여부를 확인하는 외관검사
- ② 각 부위의 누설이나 이상팽창 여부를 검사하는 내압시험
- ③ 부식 등에 의하여 손상되는 두께의 적정 여부를 판단하는 두께 측정
- ④ 균열이나 용접 결함을 찾아내는 비파괴검사
- ⑤ 각 부의 누설 여부를 확인하는 기밀시험

검사준비로는 아래와 같다.

- ① 물질안전보건자료(MSDS)를 활용하여 내용물의 화학적 성질을 검토한다.
- ② 소화기 비치, 경계표시 설치, 검사인원 배치, 차량통제 등 위험을 방지할 수 있는 제반 여건을 확인한다.
- ③ 검사원에 대한 사전 안전교육 및 작업방법에 대한 교육을 실시한다.
- ④ 비상시 비상조치계획에 의한 즉각 조치를 할 수 있도록 준비한다.

디메틸아민은 가연성 및 인화성 물질이므로 잔류가스 처리작업시는 아래와

같은 사항을 유지하며 처리하도록 한다.

① 가스연소설비(연소기)를 사용하여 잔류가스를 연소시킬 경우에는 탱크내의 압력이 0 kgf/cm²G될 때까지 연소시키면서 배출한다.

② 잔류가스 회수설비를 이용하여 잔류가스를 회수하는 경우에는 탱크내의 압력이 0.5 kgf/cm²G이하가 되지 않도록 하고 계속하여 가스연소설비로 교체하여 탱크내의 압력이 0kgf/cm²G가 될 때까지 연소시키면서 배출한다.

③ 탱크내의 압력이 0 kgf/cm²G가 되었을 때 잔류가스는 물로 치환하여 제거한다. 이 경우 다음의 기준에 의하여 실시한다.

- ◆ 탱크로리의 탱크 본체를 확실히 고정하여 스프링 기구를 보호한다.
- ◆ 물은 서서히 주입하고 물과 치환된 가스는 탱크의 상부 균압노즐로 배출한다.
- ◆ 물 치환에 의해 배출된 가스는 우너칙적으로 탱크 상부로부터 물이 넘쳐나올때까지 연소시킨다.
- ◆ 대기로 방출할 경우에는 화기취급장소 또는 인화성물질이 있는 장소로부터 8 m이상 떨어진 통풍이 양호한 장소에서 실시한다.
- ◆ 대기로 방출하는 경우는 탱크의 주위에서 당해 가연성가스 폭발하한계의 25퍼센트를 초과하지 아니하도록 가스검지기로 가스의 농도를 측정하면서 작업을 실시한다.

독성가스의 경우 잔류가스 처리는 통풍이 양호한 장소에서 실시하고 가스검지기 등으로 농도를 측정하여 해당가스의 농도가 화학물질 및 물리적인자의 노출기준을 초과하지 않도록 해야하는 데 아민류의 경우 노출기준의 허용농도는 10 ppm으로 산업안전기준에 관한 규칙 제288조의 7(배출물질의 처리)규정에 의하여 세정처리를 하여야 한다.

디메틸아민을 운반할시 다음과 같은 휴대품을 확인하여야 한다.

① 독성가스의 종류에 따라 적합한 격리식 방독 마스크와 보호의, 보호장갑, 보호장화 등의 휴대

② 적색기, 휴대용 손전등, 메가폰 또는 휴대용 확성기, 로프(길이 15 m이상

인 것), 명석, 물통, 누설검지액, 차바퀴고정물(2개이상)을 각각 1개이상 휴대

③ 20 kg이상의 소석회를 비에 맞지 않도록 조치한 상자에 넣어 휴대

④ 해머 또는 나무망치, 스패너, 가위, 칼, 밸브개폐용 핸들 등 각 1개이상 휴대(단, 가연성인 독성가스인 경우에는 방폭공구를 사용해야 함)

운송시 안전관리 주의사항은 다음과 같다.

① 탱크로리 운전자는 육체적 피로가 쌓이지 않도록 주행전에 충분한 휴식을 취해야 한다.

② 도로상이나 주택가, 상가 등 지정된 장소가 아닌 곳에서는 탱크로리 상호간에 취급물질을 입·출하시켜서는 안된다.

③ 운송전에는 아래와 같은 운행계획의 철저한 수립과 확인이 이루어져야 한다.

- ◆ 운송 도착지까지 이용하는 주행로 확정
- ◆ 이용도로에 대한 제한속도
- ◆ 운송지역에 대한 기상상태
- ◆ 눈·비 등 기상 악화시 도로상태
- ◆ 운송중 주·정차 예정지 확인
- ◆ 운송 도중 사고 또는 수리를 할 경우를 대비하여 미리 정비공장을 지정하고 고장을 고려한 대비책을 수립
- ◆ 기타 안전운송에 필요한 사항

④ 운송중은 물론 정차시에도 허용된 장소 이외에서는 흡연이나 그 밖의 화기를 사용하지 않아야 한다.

⑤수리를 할 때에는 통풍이 양호한 장소에서 실시해야 한다.

⑥운송할 물질의 특성, 차량의 구조, 탱크 및 부속품의 종류와 성능, 정비점점의 요령, 운행 및 주차시의 안전조치와 재해발생시에 취해야 할 조치를 숙지해야 한다.

사. 개인보호구

- 호흡기 선택 권고사항 조건 ; 최대사용농도 100 ppm의 호흡기 등급,
 1. 해당 화합물로부터 착용자를 보호하는 전면형 안면 보호구
 2. 카트리지가 달려있는 화학 카트리지 호흡기
 3. 해당화합물로부터 착용자를 보호하는 턱 형식, 앞쪽 또는 부착 여과통이 장착
 4. 공기 정화기능이 있는 전면형 안면보호 호흡기(가스 마스크)를 착용
 5. 카트리지가 달린 전동식 공기정화 호흡기
 6. 눈 보호구 필요
 7. 전면형 자급식 호흡보호구
 8. 전면형 송기식 호흡보호구

개인용 보호 장비는 노출의 종류와 수준과 관련하여 준비되어야 한다. 심각한 피부 저촉이 발생하기 쉬운 경우 그에 맞는 보호의상을 입어야 하며 또한 이러한 보호의상의 올바른 유지방법과 교체주기를 염두하고 있어야 한다. 호흡기를 통한 노출의 경우에는 유기 증기성분에 대한 거름필터가 붙어있는 전면 마스크의 사용(기본적으로 단기간이나 응급상황에서 사용한다), 자체적으로 호흡을 가능케 하는 장비, 또는 공기 공급관이 연결되어 있는 마스크가 필요할 수 있다. 자체적으로 호흡을 가능케 하는 장비는 위급한 상황을 대비하여 늘 준비되어 있어야 한다. 공기중 농도 10ppm 이상인 때는 적합한 호흡기 보호구를 착용한다. 방수된 보호의(고무옷), 고무장갑, 보호면(최소 20cm) 등을 착용하여 피부접촉을 방지한다(산업중독편람, 1995).

눈보호 : 비산물 또는 유해한 액체로부터 보호되는 보안경을 착용할 것. 작업장 가까운 곳에 분수식 눈 세척시설 및 비상세척설비(샤워식)를 설치할 것.

보호의 : 적절한 내화학적 보호의를 착용할 것.

안전장갑 : 적당한 내화학적 장갑을 착용할 것.

작업현장에서 발생하는 트리클로로에틸렌에의 노출사고의 많은 경우는 다음 호흡용보호구 및 최대 사용농도는 미국 국립산업안전보건연구소(NIOSH) 및 또는 미국 산업안전보건청(OSHA)에서 작성한 것 임.

모든 검지가능한 농도에서 - 공기호흡기(압력디맨드형, 전면형)

송기마스크(복합식 에어라인 마스크)

대피 - 공기여과식 호흡보호구(유기가스용 정화통 및 전면형)

공기호흡기(대피용)

미지농도 또는 기타 생명이나 건강에 급박한 위험이 있는 경우 -

송기마스크(복합식 에어라인 마스크)

공기호흡기(전면형)

산업안전기준에 관한 규칙(노동부, 2003) 제 11장 ‘관리대상유해물질에 의한 건강장해의 예방’ 제 6절 ‘보호구 등’에서 보호구와 관련된 규정은 다음과 같다.

제197조(호흡용보호구의 지급 등) ①사업주는 다음 각호의 1에 해당하는 업무에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 당해 근로자에게 송기마스크를 지급하여 착용하도록 하여야 한다.

1. 유기화합물을 넣었던 탱크(유기화합물의 증기가 발산할 우려가 없는 것을 제외한다) 내부에서의 세정 및 도장업무

2. 제170조제2항의 규정에 의하여 유기화합물의 증기 발산원 밀폐설비 또는 국소배기장치를 설치하지 아니한 실내작업장에서의 유기화합물 취급업무

②사업주는 다음 각호의 1에 해당하는 업무에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 당해 근로자에게 송기마스크 또는 방독마스크를 지급하여 착용하도록 하여야 한다.

1. 제169조·제170조제1항· 제171조· 제172조 및 제174조의 규정에 의하여 밀폐설비 또는 국소배기장치가 설치되지 아니한 장소에서의 유기화합물 취급업무

2. 유기화합물취급 장소에 환기장치를 설치하고 당해 환기장치내의 기류가 확산 될 우려가 있는 형태를 가진 물체를 다루는 유기화합물 취급업무

3. 유기화합물취급 장소에서 유기화합물의 증기 발산원을 밀폐하는 설비(당해 설비 중 청소 등으로 유기화합물이 제거된 것을 제외한다)를 개방하는 업무

③사업주는 제1항 및 제2항의 규정에 의하여 근로자에게 송기마스크를 착용하도록 하는 때에는 당해 근로자에게 신선한 공기를 공급할 수 있는 성능을 가진 장치가 부착되어 있어야 한다.

④사업주는 금속류, 산·알칼리류, 가스상물질류 등을 취급하는 작업장에서는 근로자의 건강장해예방에 적절한 호흡용보호구를 근로자에게 지급하고 필요시 착용하도록 하고 호흡용보호구의 공동사용으로 인하여 근로자에게 질병감염의 우려가 있는 때에는 개인전용의 것을 지급하여야 한다.

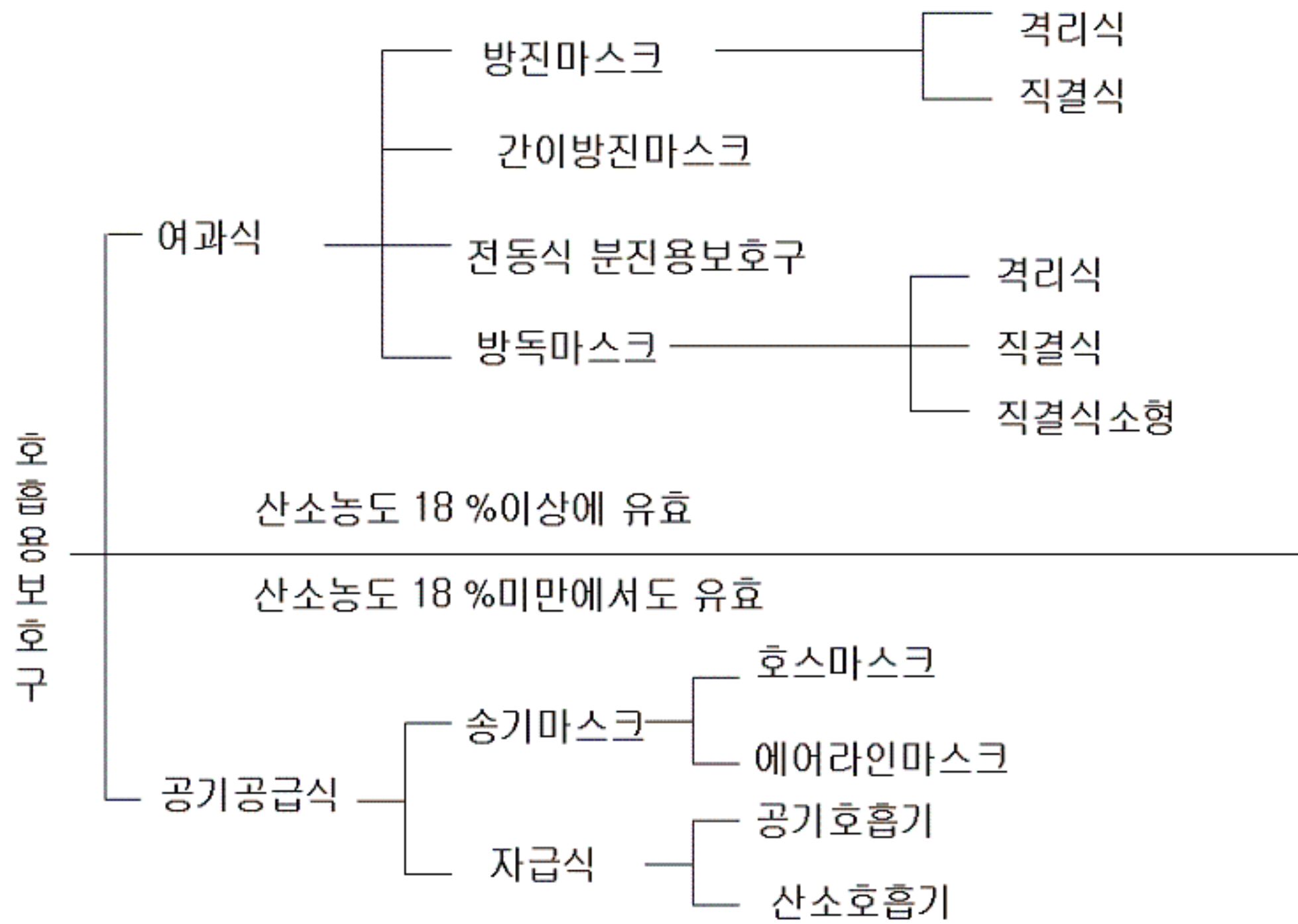
제198조(보호의 등) ①사업주는 근로자에게 피부 자극성 또는 부식성 관리대상 유해물질을 취급하도록 하는 때에는 불침투성 보호의·보호장갑, 보호장화 및 피부보호용 도포제를 비치하고 이를 사용하도록 하여야 한다.

②사업주는 관리대상유해물질이 흩날리는 업무에 근로자를 종사하도록 하는 경우에는 보안경을 지급하고 착용하도록 하여야 한다.

③사업주는 관리대상유해물질이 피부나 눈에 직접 접촉될 우려가 있는 경우에는 즉시 물로 씻어낼 수 있도록 세면·목욕 등에 필요한 세척시설을 설치하여야 한다.

제199조(호흡용보호구 등의 관리) 사업주는 제197조 및 제198조의 규정에 의하여 지급한 호흡용보호구 등을 상시 점검하여 이상이 있는 것에 대하여는 보수하거나 다른 것으로 교환하여 주어야 한다.

호흡용 보호구는 크게 다음과 같이 분류되어 있다.



[그림 38] 호흡용 보호구의 종류

산소농도 18 %이상과 미만에서 사용할 수 있는 것과 18 %이상에 유효한 여과식마스크 중에서도 간이방진마스크, 전동식 분진용보호구, 방독마스크가 있다. 간이방진마스크는 분진의 종류에 따라 특급, 1급, 2급으로 분류가 되며 방독마스크는 안면부와 정화통이 연결되어 있는 직결식과 양자를 고무관으로 연결하는 격리식으로 구분되어져 있다.

호흡용 보호구를 선택할때는 다음과 같은 선택사항에 유의해야 한다.

- ① 착용자가 면체와 안면과의 밀착성이 좋고 나뻐를 쉽게 확인할 수 있는 구조일 것
- ② 여과제의 탈착이 가능할 것
- ③ 여과제가 수축하여 상처가 난 경우는 사용하지 말 것
- ④ 배기면 흡기면의 성능과 공기누설은 착용전에 필히 점검할 것
- ⑤ 분진의 특성에 맞는(특급, 1급, 2급 중)보호구를 선정할 것

⑥ 근로자들의 착용시험을 거쳐 가장 이상적인 제품을 선정할 것

가) 방독마스크

방독마스크는 유독가스 등으로부터 작업자를 보호하기 위한 보호구이다. 그러나 작업용으로 언제나 사용하는 것은 아니고, 어디까지나 일시적인 작업, 또는 긴급용으로 사용하여야 한다. 실제로 방독면에서 정화통이 유기가스를 제독시키는 성능을 유지하는 시간은 불과 수 십분에 불과하고, 그 이상의 시간에서는 제독의 능력이 거의 없으므로 계속 착용하고 있을 때 생명의 위험을 가져올 수도 있다. 방독마스크는 근본적으로 유해인자를 없애주는 것이 아니라, 사람을 유해인자로부터 보호해 줄 뿐이며, 한 개의 마스크로 모든 가스를 다 막아줄 수는 없기 때문에 산소가 18 %이하인 작업장에서는 사용하면 안된다. 방독마스크는 산소를 따로 공급해 줄 수 없기 때문에 작업장에서는 주로 산소공급을 따로 해 줄수 있는 송기마스크나 산소마스크를 사용해야 한다.

방독마스크는 흡수관에 들어 있는 흡수제에 따라 여러 가지 유해물질에 대한 용도가 다르다. 만능용(universal)흡수제도 있기는 하나, 이것은 유해물질이 단 한 가지만 있을 때 사용하기에는 적당치 않고, 어디까지나 성질이 다른 여러 가지 물질이 섞여 있을 때의 응급용으로 밖에는 적당치 않다. 흡수제로서 가장 많이 쓰이는 것은 활성탄(activated carbon)이며, silicagel, sodalime, hopcalite, kupramite 등도 사용된다. 대상 유해물질에 따라 흡수제가 다르므로 잘못 사용하는 일이 없도록 하기 위하여 흡수관에는 용도별로 색깔 및 기호가 표시되어 있다.

방독마스크의 사용시 주의 사항은 아래 사항과 같다.

- ① 대상가스에 맞는 정화통을 사용할 것
- ② 유효시간이 불분명한 경우와 산소결핍 위험이 있는 경우는 송기마스크나 작업식 호흡기를 사용할 것
- ③ 사용중에 조금이라도 가스냄새가 나는 경우 새로운 정화통으로 교환할 것
- ④ 정화통은 온도나 습도에 영향을 받으므로 정화통은 건냉소에 보관할 것

⑤ 방독면을 사용한 후에는 반드시 사용시간을 기록할 것

※ 사용가능한 시간 = 표준유효시간 × 시험가스 농도 / 공기중의 유해가스
농도

(예) 공기중의 사염화탄소 농도가 0.2 %, 사용하는 정화통의 정화능력이 사
염화탄소 0.5 %에서 100분간 사용가능하다면 유효시간 = $100 \times 0.5/0.2=250$ 분

나) 송기마스크

송기마스크는 마스크를 착용한 작업자에게 호스를 이용하여 마스크 내에 신
선한 외부공기를 공급하는 보호구이다. 특징은 근로자가 작업중 호흡에 필요
한 공기를 외부에서 공급해 주므로, 유해가스 농도가 아주 높은 곳이나 산소
가 전혀 없는 곳에서도 사용할 수 있으며, 작업시간에 크게 지장을 받지 않고
여과식 마스크와 달리 호흡하는 공기량이 적당량의 유속으로 공급되므로, 호
흡이 편하며 사용방법이 간단한 점을 들 수 있다.

공기를 운반할 필요가 없으므로 가볍고 간단하지만 호스와 에어라인으로 인
하여 활동이 제한되고 들어갈 때와 똑같은 길로 되돌아 나와야 하는 번거로움
이 있으며, 호스와 에어라인이 손상을 입거나 갈라질 가능성이 있다. 송기마스
크에는 호스마스크와 에어라인마스크가 있는데

- 호스마스크 ; 호스마스크는 자신의 폐력에 의해서 공기를 흡입하는
폐력흡인식과 전동기나 손으로 송풍기를 돌려 공기를 공급하는 송풍
기식이 있다.
- 에어라인마스크 ; 에어라인마스크는 직경이 작은 에어라인을 통하여,
압축기로 공기를 공급하거나 고압공기 용기에 들어 있는 공기를 공급
한다.

호흡기 선택 권고사항 조건 ; 갑자기 발생하는 호흡기 위험요인에서 대피한
다. 호흡기에 대한 등급은 해당 화합물로부터 착용자를 보호하는 턱 형식, 앞
쪽 또는 뒤쪽 부착 여과통이 장착되어 있고 공기정화 기능이 있는 전면형 안
면보호 호흡기(가스 마스크)를 착용하고 적당한 탈착형식의 자급식호흡기.

호흡 보호구도 사용이 가능하다.

[Source ; NIOSH. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. DHHS (NIOSH) Publication No. 97-140. Washington, D.C. U.S. Government Printing Office, 1997., p. 200]

또한 노출된 농도를 알수 없거나 IDLH 조건을 접하게 된 위급한 상황일 시 호흡기 등급은 압력 요구 또는 기타 양압 모드로 작동하는 전면형 자급식 호흡기나 보조 자급식 호흡보호구 착용을 요한다.

[Source ; NIOSH. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. DHHS (NIOSH) Publication No. 97-140. Washington, D.C. U.S. Government Printing Office, 1997., p. 200]

○ 자급식호흡기

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 미세한 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 비래물(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, 목앞부분, 코, 입을 보호하고 눈부심을 방지하기 위해 보안경 위에 겹쳐 착용하는 보호구이다.

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 가능

한 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.

아. 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 용액

이 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.

자. 예방대책

디메틸아민 함유 용액에 젖은 옷은 폐기될 때까지는 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.

차. 기타 ;

산업안전기준에 관한 규칙(노동부, 2003) 제 11장 ‘관리대상유해물질에 의한 건강장해의 예방’ 제 5절 ‘관리 등’에서는 다음과 같은 규정들을 정하고 있다.

제190조(관리대상유해물질의 저장)

①사업주는 관리대상유해물질을 운반하거나 저장하는 때에는 당해 물질이 새거나 발산될 우려가 없는 뚜껑 또는 마개가 있는 견고한 용기를 사용하거나 견고한 포장을 하여야 하며 그 저장장소에는 다음 각호의 조치를 하여야 한다.

1. 관계근로자외의 자의 출입을 금지시키는 표시를 할 것
2. 관리대상유해물질 증기를 실외로 배출시키는 설비를 설치할 것

②사업주는 관리대상유해물질을 저장하는 때에는 일정한 장소를 지정

하여 저장하여야 한다.

제191조(빈 용기 등의 관리) 사업주는 관리대상유해물질의 운반, 저장 등을 위하여 사용한 용기 또는 포장에 대하여는 당해 용기 또는 포장을 밀폐하거나 실외의 일정한 장소를 지정하여 보관하여야 한다.

제192조(청소) 사업주는 관리대상유해물질을 취급하는 실내작업장, 휴게실 또는 식당 등에 대하여는 관리대상유해물질로 인한 오염을 제거하기 위하여 청소 등을 실시하여야 한다.

제193조(출입금지 등) ①사업주는 관리대상유해물질을 취급하는 실내작업장에는 관계 근로자외의 자의 출입을 금지시키고 그 뜻을 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다. 다만, 관리대상유해물질 중 금속류, 산·알칼리류, 가스상물질류를 1일 평균 합계 100리터(기체인 경우에는 당해 기체의 용적 1세제곱미터를 2리터로 환산한다) 미만을 취급하는 작업장을 제외한다.

②사업주는 관리대상유해물질이나 이에 의하여 오염된 물질은 일정한 장소를 정하여 폐기·저장 등을 하여야 하며 당해 장소에는 관계근로자외의 출입을 금지시키고 그 뜻을 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다.

제194조(흡연 등의 금지) 사업주는 관리대상유해물질을 취급하는 실내작업장에서는 근로자가 흡연을 하거나 음식물을 먹지 아니하도록 하여야 하며 그 뜻을 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다.

제195조(세척시설 등) ①사업주는 관리대상유해물질을 취급하는 작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 세면·목욕·세탁 및 건조를 위한 시설을 설치하고 필요한 용품 및 용구를 비치하여야 한다.

②사업주는 제1항의 규정에 의하여 설치하는 탈의시설은 오염된 작업복과 평상복을 구분하여 보관할 수 있는 구조로 하여야 한다.

제196조(유해성 등의 주지) ①사업주는 관리대상유해물질을 취급하는 작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 당해 물질의 유해·위험성 등 다음 각호의 사항을 작업 배치 전에 근로자에게 널리 알려야 한다.

1. 명칭 및 물리·화학적 특성
2. 인체에 미치는 영향 및 증상

3. 취급상의 주의사항
4. 착용하여야 할 보호구 및 착용방법
5. 위급상황시의 대처방법 및 응급조치요령
6. 그밖에 근로자건강장해예방에 관한 사항

②사업주는 별표 7 제1호 카목·토목·수목·르목·떠목·자목의 물질을 근로자에게 취급하도록 하는 때에는 당해 물질이 급성독성을 일으키는 물질임을 작업전에 근로자에게 알려야 한다.

장을 제외한다.

②사업주는 관리대상유해물질이나 이에 의하여 오염된 물질은 일정한 장소를 정하여 폐기·저장 등을 하여야 하며 당해 장소에는 관계근로자외의 출입을 금지시키고 그 뜻을 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다.

제194조(흡연 등의 금지) 사업주는 관리대상유해물질을 취급하는 실내작업장에서는 근로자가 흡연을 하거나 음식물을 먹지 아니하도록 하여야 하며 그 뜻을 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다.

제195조(세척시설 등) ①사업주는 관리대상유해물질을 취급하는 작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 세면·목욕·세탁 및 건조를 위한 시설을 설치하고 필요한 용품 및 용구를 비치하여야 한다.

②사업주는 제1항의 규정에 의하여 설치하는 탈의시설은 오염된 작업복과 평상복을 구분하여 보관할 수 있는 구조로 하여야 한다.

제196조(유해성 등의 주지) ①사업주는 관리대상유해물질을 취급하는 작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 당해 물질의 유해·위험성 등 다음 각호의 사항을 작업 배치 전에 근로자에게 널리 알려야 한다.

1. 명칭 및 물리·화학적 특성
2. 인체에 미치는 영향 및 증상
3. 취급상의 주의사항
4. 착용하여야 할 보호구 및 착용방법
5. 위급상황시의 대처방법 및 응급조치요령
6. 그밖에 근로자건강장해예방에 관한 사항

②사업주는 별표 7 제1호 카목·토목·수목·르목·며목·자목의 물질을 근로자에게 취급하도록 하는 때에는 당해 물질이 급성독성을 일으키는 물질임을 작업전에 근로자에게 알려야 한다.

9. 규제영향분석

가. 노출기준 제·개정 의 필요성

본 연구에서는 메틸아민에 대한 규제영향분석서를 작성하여 제출함으로써 각 연구대상 물질에 대한 노출기준 제·개정 의 규제내용에 있어 객관성 및 명료성 확보할 계획에 있다. 이를 위해 규제영향분석의 개념 정립이 우선적으로 이루어져야 하며 나아가 규제영향분석에 있어 가장 중요한 비용-편익분석에 대한 개념 정립이 선행되어야 할 것이다.

이에 규제영향분석의 의의와 지침 및 비용-편익분석의 내용과 수행 절차에 대한 개념을 문헌고찰을 통해 정립하였다.

(1)규제의 정의

규제영향분석이란 특정한 규제대안의 효과들을 체계적·실증적인 방법으로 분석하여 정책결정의 객관적 근거를 정책결정자에게 전달하는 일련의 과정으로 정의할 수 있다. 이러한 분석과 의사소통의 양 측면은 규제영향분석의 의의를 규정하는 결정적 요인이다. 1970년대 이후 본격화된 규제영향분석 대두의 배경에는 행정국가의 시대로 지칭되는 20세기의 시작과 함께 심화된 과도한 정부개입과 이에 따른 비효율성의 누적에 대한 반성에 있다고 할 수 있다. 이러한 측면에서 현재 OECD에 가입한 14개국의 중앙정부들이 광의의 규제영향분석제도를 채택하고 있으며, OECD 이사회의 권고에 따라 나머지 회원국

은 물론 여타 국가들도 제도의 시행을 준비 중에 있다. 각국의 고유한 정책현실에 따라 제도 채택의 수준과 양태가 매우 다양하지만 규제영향분석은 규제정책 결정의 질적 향상을 위한 분석도구로서의 기초적 토대를 구성하고 있다.

결국 규제영향분석의 제도화는 정책의 효율성과 정책과정의 합리성을 증진시키는 핵심적 요소가 될 수 있다. 따라서 규제영향분석의 요건들이 정책결정 과정에 충분히 반영될 수 있다면, 기존의 행정관행을 혁신적으로 변화시킬 수 있을 것으로 기대된다.

(2)규제의 필요성

우선 규제가 해결하고자 하는 문제를 정의하는 데 공을 들여야 한다. 규제영향분석서 작성요령에서 “문제를 정의하였는가?, 심각한가? 또는 그럴 가능성이 있는가? 문제발생의 원인을 규명하였는가? 정부개입의 필요성과 목표를 제시하였는가? 등의 일견 중언부언의 체크리스트가 포함되어 있는 것은 결코 우연이 아니다. 규제영향분석의 근본목적이 규제의 정당성을 입증하는 것임을 상기하면, 그 규제의 목적이 무엇인가를 기술하는 것이 규제영향분석서의 주춧돌이 된다고 볼 수 있다.

규제의 신설 또는 강화의 필요성을 분석서가 입증하기 위해서는 세가지 사실 내지는 판단의 타당성을 보여야 한다.

첫째, 심각한 문제가 존재하고 있음을 많은 사람이 공감해야 한다. 사회에는 수많은 문제가 존재하고 있음을 많은 사람이 공감해야 한다. 사회에는 수많은 문제가 있으며 정부가 할 수 있는 일은 그 중에서 상당히 심각한 것들에 대한 조치에 한정된다. 따라서 문제가 있음을 보이는 것만으로는 충분하지 않으며, 그것이 어떠한 이유와 전망하에서 얼마나 심각한지를 객관적으로 수궁이 갈 수 있도록 표현해 주어야 한다.

둘째, 문제의 원인을 정교하게 파악하여 정부가 문제해결에 도움이 될 수 있다는 희망이 나타나야 한다. 사회의 문제는 크게 보면 시장실패에 기인하는데 시장 또는 민간의 자율적인 활동이 사회적으로 소망스러운 결과를 도출하

는 데 문제가 있는 경우 시장실패가 발생한다. 그러나 시장실패가 있다고 해서 반드시 정부가 개입해야 하는 것은 아니다. 왜냐하면 시장이 스스로 문제를 해결할 수도 있으며, 정부가 그렇게 훌륭한 문제해결능력을 갖고 있지 않은 상황이 많기 때문이다. 즉 시장의 자기조정력을 과소평가해서는 안 되며, 또한 정부능력의 한계도 깊이 인식해야 한다는 것이다.

셋째, 목적을 가능한 한 구체적인 목표의 체계로 구성해야 한다. 즉 지나치게 추상적이고 이상적인 목적만을 표방하는 데 그친다면, 규제의 정당성을 평가하는 데 어려움이 있을 수 있으므로 현실적인 목표수준이나 상태를 정교하게 기술해야만 한다. 구체적인 목표수준이 이해가 되면, 규제의 목적의 타당성과 현실성에 대한 판단도 가능해질 것이기 때문이다. 또한 목표가 구체화될수록 그 목표 자체가 규제의 편익의 항목을 구성하게 된다는 이점도 있다.

문제를 정의하고 그 원인을 탐색하며 정부의 대응방향을 모색함에 있어서 무엇보다도 중요하고 유익한 정보수집창구는 역시 자문이다. 이해관계자나 해당 분야의 전문가만큼 주어진 문제에 대하여 잘 알고 있는 사람들은 드물다. 이들에게 전화를 걸 수도 있고, 잠깐 방문을 요청할 수도 있을 것이며, 소규모의 간담회를 열 수도 있을 것이다. 각 피 규제자의 입장, 개인적 성향, 이해관계를 감안한 가운데서 이들에게 의견과 판단을 구하는 것은 규제입안자의 정보의 양과 질을 확보한다는 차원에서 일차적으로 중요하다. 그러나 이와 동등한 수준으로 중요한 부분은 자문과정을 통하여 부처의 시각이 노출되면서, 많은 이해관계자들의 백가쟁명적인 의견표명은 올바른 정책을 생산하는 데 도움이 된다. 이런 차원에서 규제영향분석서의 평가자의 입장에서는 과연 올바른 자문이 수행되었는가의 여부가 영향분석서의 신뢰도와 타당성을 판별하는 중요한 기준이 된다. 따라서 분석서 작성자는 이름, 직함, 전화번호 등 피자문자의 신상과 함께 주요의견 등을 명확하게 분석서에 명기해야 한다.

(3) 규제의 목표 설정

규제영향분석제도가 성공하기 위해선 다양한 실행전략이 필요하다. OECD

가 권고하고 있는 첫 번째 실행전략은 규제영향분석에 대한 정치적 지지를 확보하는 일이다. 개혁방침의 설정이나 규제영향분석의 활용은 정부 최고위층의 지속적인 관심이 있을 때 성공할 수 있다는 것이다. 우리나라와 같은 강력한 대통령 중심제하에서는 최고 의사결정권자의 지지 확보가 매우 중요한 의미를 갖는다. 특히 최고 의사결정권자의 관심은 정부부처의 책임자가 규제영향분석 결과를 정책결정과정에 적용하고 활용하게 함으로써, 규제영향분석제도의 성공적 정착에 실질적인 기여를 할 수 있을 것이다.

두 번째 전략으로서 규제담당자들의 권한 강화를 들고 있다. 규제담당자들에 대한 권한 부여는 주인의식을 제고할 뿐만 아니라, 정책결정과의 일체성을 확보해 준다. 규제영향분석을 관장하는 고위층은 분석의 수행과정을 통제하고, 일관성과 신뢰성 및 분석의 질을 보장해야 한다. 규제담당자들의 권한 강화는 이러한 기능을 수행하기 위한 필수적인 요건인 것이다.

셋째, 규제담당자들에 대한 한 훈련과 교육을 들고 있다. 규제영향분석의 성공적 수행을 위해서는 담당자들의 높은 수준의 전문성을 요구한다. 특히 우리나라의 경우 규제영향분석에 대한 준비가 학계나 실무현장 모두에서 거의 전무한 상태이므로 규제담당자에 대한 교육과 훈련체계를 마련하는 것은 제도의 성패의 관건이라 할 수 있다.

네 번째 실행전략은 일관적이면서도 신축적인 분석기법의 활용이다. 비용편익의 원칙은 모든 규제영향분석에 적용되어야 하지만 분석기법들은 상황에 따라 신축적이어야 한다. 우리나라 역시 분석기법의 다양성을 인정하는 반면, 분석기법 적용에 있어서는 일관성을 유지하는 실행전략이 필요하다.

다섯째, 자료수집 전략개발과 실행이다. 객관적이고 정확한 자료는 유용한 분석을 위해 반드시 필요하다. 규제영향분석이 타당성을 갖기 위해서는 자료에 대한 질적 기준을 명백히 해야 하고 제한된 시간 내에 최소비용으로 높은 질의 자료를 수집하기 위한 전략을 개발하고 실행하여야 한다.

여섯째, 규제영향분석 노력을 목표화 하여야 한다. 앞서 논의한 규제영향분석제도의 확장성을 확보하기 위해서는 규제영향분석 노력 자체를 목표로 삼아야 한다. 이러한 전략의 규제영향분석이 규제정책결정과정에서 제도로써 기능하는 데 기여할 것이다. 예를 들어 우리나라의 경우 행정지도라는 명목 하에

법률에 근거하지 않은 정부개입을 해온 것이 사실이다. 이러한 문제를 시정하기 위해 행정규제기본법에서는 규제법령 주의를 천명하고 있다. 따라서 향후 법률에 근거하지 않은 기존 규제를 정비할 때에도 규제영향분석이 유용한 도구가 될 수 있을 것이다.

OECD는 일곱 번째 실행전략으로서 가능한 한 초기단계에서부터 규제영향분석과 정책결정과정의 통합을 제시하고 있다. 규제담당자들이 규제영향분석을 부가적인 절차로 인식하기보다는 정책결정의 본질적인 요소로 인식하여야 한다는 의미를 가진다. 우리나라의 경우는 신설되는 규제의 규제영향분석에 대해서 사전심사와 중앙심사를 순차적으로 분리하고 있는데, 정책결정과정의 통합이라는 실행전략적 측면에서는 다소 문제가 있는 것으로 판단된다.

여덟 번째 실행전략은 분석자와 실무자간 의사소통 채널의 확대이다. 정책결정자들은 대부분 분석가가 아니다. 따라서 규제영향분석의 결과들은 효과적인 의사소통을 위해 확정적이고 공개적인 형식을 취해야 한다.

아홉째, 일반 국민들의 광범위한 참여를 들고 있다. 이익단체들에 대한 자문은 폭넓고 주기적으로 이루어져야 한다. 이는 자문과정이 다차원적으로 이루어져야 한다는 점을 의미한다.

마지막으로 권고하고 있는 전략은 규제영향분석의 대상에 신설규제 뿐만 아니라 기존 규제도 포함시켜야 한다는 것이다. 이는 규제영향분석제도가 기존 규제의 검토에도 적용되어야 함을 의미한다. 행정규제기본법은 신설규제에 대해서는 규제영향분석을 의무화하고 있으나 기존 규제에 대해서는 강화하거나 기한을 연장하는 규제에 한해서만 선별적 적용을 규정하고 있어 보완이 필요한 것으로 판단된다.

따라서 본 연구대상의 유해물질인 디메틸아민에 대한 규제는 작업환경측정 결과 예상 시 되는 수준과 주요 선진국들의 노출 수준과의 비교 검토로 인하여 취약근로자들의 건강영향을 최소화하고 나아가서 사회, 경제적인 측면에서의 효율화를 꾀하고자 한다. 다음의 표 37는 디메틸아민의 현행기준과 개정되어야 할 기준에 대해 나타내었다.

<표 37> 디메틸아민의 현행 노출기준과 개정 노출기준

대상 물질	현행기준	개정 노출기준
디메틸아민	TWA -10 ppm	TWA -5 ppm(강화)
	STEL - 기준없음	STEL - 15 ppm(신설)

가)규제에 대한 반대 및 사회적 제약 요소

디메틸아민의 노출기준에 대한 개정은 취급사업장 10개의 사업장 가운데 한 사업장도 초과하는 사업장이 없이 기존의 농도 15 ppm보다 더 낮은 농도인 5 ppm으로 개정이 됐을 시 추가적으로 공정개선에 지불해야 할 비용적인 면도 없을 뿐더러 개정이 되어도 작업장의 재정적인 측면에서의 부담을 최소화 시켜줄 수 있기 때문에 해당 사업주의 반대는 그다지 크지 않을 거라 생각되어 진다. 그러나 디메틸아민이 산업안전보건법상 유해화학물질로 규정되어 있으며 인체에 노출되었을 때 위험성이 크지는 않지만 눈, 코점막, 호흡기도의 이상 등이 발견되는 점을 감안하여 디메틸아민을 취급하는 사업장에서는 근로자들의 건강보호를 위하여 건강영향에 대한 관리의 중요성을 사업주 모두가 인지하여 근로자들의 건강보호를 위해 힘써야 할 것이다.

나)기술수준 등에 비추어본 실현 가능성

행정규제영향 분석요령에 따르면 성공적인 규제영향분석서를 작성하기 위해서는 다음과 같은 요건이 규제영향분석과정에서 충족되어야 한다고 기술되어 있는데 각 요건을 재음미해서 상술하면 다음과 같다.

① 객관성

분석서가 객관성을 갖고 있다 함은 다른 분석자가 동일한 분석의 과정을 밟으면 동일한 결과가 나오리라는 예상을 할 수 있다는 것이다. 분석이 객관성을 유지하기 위해서는 분석과정에서 도입된 분석방법론, 가정, 전체, 추정 등을 명확하게 밝혀주고 다른 방법, 가정, 전체, 주청이 도입되었다면 그것이 결

론에 어떠한 영향을 주는지를 적어도 중요한 몇 가지에 대해서는 보여주어야 한다.

② 실증성

규제영향분석은 객관성과 비교가능성을 제고하기 위해 예산이 허락하는 범위 내에서 광범위한 자료수집과 엄정한 분석기법을 적용해야 한다. 가능하면 수집된 자료는 영향분석서에 첨부하여 제출하는 것이 바람직하다. 도입된 분석기법에 대해서도 상세한 설명을 해주는 것이 바람직하다. 지나치게 전문적인 내용을 별 해설 없이 수록하거나, 그 결과만을 인용하는 것은 보고서의 실증성을 떨어뜨리게 된다.

③ 일관성과 융통성

규제영향분석은 논리적인 일관성이 있어야 하며 다양한 상황하에서도 기능을 할 수 있도록 유연성을 갖고 있어야 한다. 분석서를 검토하는 사람이 분석서 작성자와는 다른 가정이나 전체하에서 규제안의 타당성을 평가해 보고자 할 때 분석서가 이러한 시도에 충분한 정보를 제공하고 있다면 그 분석서는 융통성을 갖고 있는 것이다.

④ 확장성

규제영향분석은 가능한 모든 정책대안들에 적용될 수 있어야 한다. 분석서에서 평가대상으로 다루어지게 되는 대안 이외에도 유사하지만 미세한 차이가 있는 대안이 적극적으로 검토되는 상황이 비일비재하기 때문에 이러한 과정에 도움을 줄 수 있는 규제영향분석서의 확장성은 중요하다.

⑤ 실용성

규제영향분석은 비용에 비하여 그 작성의 실익이 있어야 하며, 실무적인 필요성을 충족시킬 수 있는 방식과 내용으로 작성되어야 한다.

⑥ 명백성

규제영향분석은 불확실한 미래에 대한 예상이므로 많은 가정과 전체에 입각하게 된다. 이러한 가정과 전제들을 객관적으로 분명하게 기술해야만 영향분석의 타당성이 높아진다.

⑦ 포괄성

규제는 그 영향이 전사회적으로 대단히 광범위한 경우가 대부분이다. 따라서 규제의 영향 중 중요한 고려 대상들은 모두 망라되어야만 영향분석의 의의가 있을 수 있다. 계량화하거나 화폐화 할 수 없다고 해서 그 항목들을 누락하거나 소홀히 취급하는 것은 큰 실수이다.

다) 노출기준 제·개정외 대체수단 존재 및 기존규제와의 중복 여부

■ 기존규제로 대체가능 여부

유해물질로부터 노출되는 근로자들의 건강을 예방하기 위하여 근로자의 건강에 영향을 미치지 않는 수준의 노출기준이 설정되어 규제화되어야 할 필요가 있다.

디메틸아민의 경우 TWA값은 설정이 되어져 있지만 STEL값은 설정이 되어 있지 않으므로 새로이 설정을 하여야 하며 노출기준이 선진국에 비해 다소 높을 뿐만 아니라 노출되는 근로자의 수가 매우 적음에 따라 더 낮게 기준을 개정 할 필요가 있다. 디메틸아민에 의한 건강영향측면은 발암물질도 아니고 고농도로 노출이 되었을 경우도 건강학적인 측면에서의 큰 영향을 미치지 않기 때문에 기존의 노출기준은 현실적인 측면에서 경제적 타당성이 다소 떨어짐을 알 수 있었다.

■ 규제의 다른 방법으로 목적달성 여부

주어진 목표를 달성하는 데 규제를 신설 또는 강화하는 것보다는 그냥 그대로 방치하는 것이 결과적으로 타당한 경우가 의외로 많다. 즉 무규제가 최선

의 대안인 경우인데 무규제가 최선이 되는 이유로는 첫째, 정의된 문제가 그리 심각하지 않은 경우가 있을 수 있다. 둘째, 문제해결을 위해 요구되는 정책에 많은 정부실패가 야기되는 경우가 있다. 규제의 준수율이 낮아서 정책이 사문화되는 경우나 비리의 가능성이 높은 경우 등이 이에 해당된다. 셋째로는 성공적인 정책프로그램이 존재한다 하더라도 그 집행비용 등이 현저하게 높은 경우도 있을 수 있을 것이다.

따라서 규제입안자는 제안하는 규제가 무규제대안에 비해 우수함을 보여야 한다.

▪ 유사한 기존규제와 중복 여부

규제입안자는 협조의회, 공식적 질의, 관계기관회의 등 유관부처와의 협의를 통해 유사한 기존 규제와의 중복 여부를 확인하여야 한다. 행정규제기본법에 의거하여 모든 규제는 등록이 되도록 규정되어 있으므로 규제개혁조정관실 등에 문의를 하면 유사규제의 존재 여부를 쉽게 알 수 있다.

본 연구대상 물질인 디메틸아민의 경우 유사한 기존규제와의 중복 여부는 찾을 수 없었다.

▪ 규제의 확대 재생산 가능성

아무리 좋은 의도에서 출발한 규제도 그 규제의 집행과정에서 나타난 문제점을 해결하기 위해서 또 다른 규제를 낳고 또 다른 보완책을 필요로 하는 등, 통상 규제는 또 다른 규제를 낳는 확대 재생산능력을 갖고 있다. 따라서 규제입안자는 제안된 규제가 확대 재생산될 가능성이 적거나 없음을 입증해야 할 책임이 있다. 그리고 이 입증책임은 그리 간단하지 않을 것이다. 규제의 확대 재생산의 가능성은 거의 모든 규제에 내포되어 있다고 해도 과언이 아니기 때문이다. 왜냐하면 규제의 본질이 민간의 활동을 제약하는 것이므로 그 집행이 입안과정에서 생각하지도 못했던 여러 난관에 봉착하는 경우가 오히려 자연스럽게 느껴질 정도이기 때문이다. 본 연구대상인 메틸아민의 규제의 확대

재생산의 가능성은 없다.

라) 노출기준 제·개정 규제의 비용과 편익의 비교분석

■ 규제의 비용분석

- 비용분석의 의미와 특성

규제의 경제, 사회적 비용이란 규제로 인하여 사회총후생 수준에 초래된 부정의 효과를 의미한다. 규제의 편익을 획득하기 위해 국가전체가 포기하는 희생의 수준이 비용이라는 것이다. 규제입안부처의 예산 소요나 회계적 지출이 규제의 비용은 아니다. 규제영향분석에 활용되는 비용의 특성은 단순히 현재 시점에서 추산되는 회계적 비용이 아니라 국가 경제 전체적인 차원에서의 경제적 비용이다. 따라서 기회비용의 정확한 측정을 위해서는 규제의 파급효과들을 포괄적으로 고려해야 한다.

비용은 크게 집행비용과 준수비용으로 이루어진다. 집행비용은 규제를 집행하는 행정기관이 규제를 집행하기 위하여 발생시키는 비용으로서 인건비, 수용비, 자제구입비 등으로 구성된다. 준수비용은 피규제자들이 주어진 규제를 준수하는데 소요되는 비용으로서 추가적인 비용 지출, 시간, 추가적인 불평등으로 구성된다. 그러나 전술한 바와 같이 준수비용이 피규제자가 규제 때문에 지출한 금전적 비용을 의미하는 것은 아니다. 엄밀한 의미의 준수비용은 피규제자에게 발생한 손실로서 사회전체의 후생에 부정적인 영향을 초래한 부분을 일컫는다. 일반적으로 준수비용은 미래에 발생하기 마련이기 때문에 그에 대한 정확한 확인과 규모의 산정이 대단히 어렵다. 또한 규제입안자의 입장에서는 쉽게 간과하는 경향도 있다. 그러나 규제의 비용 중 가장 큰 부분을 차지하는 것이 준수비용이므로, 준수비용에 대한 신중한 고려가 없는 비용분석은 큰 의미를 갖기 어렵다.

준수비용에 대한 이해를 도모하기 위하여 준수비용을 준수비용, 우회비용, 왜곡비용으로 나누어 설명할 수 있다. 준수비용은 피규제자가 규제를 지키기 위하여 발생시키는 비용을 의미하며, 우회비용은 잠재적인 피규제자가 규제의

대상이 되기를 거부하고 규제의 부담으로부터 우회하는 데 소요되는 비용, 왜곡비용은 규제가 피규제자의 향후 행위를 왜곡하기 때문에 발생하는 경제, 사회적 손실을 의미한다.

비용-편익분석에서 사용되는 비용은 기회비용 개념의 비용이다. 기회비용은 어떤 정책의 도입이 초래한 사회의 후생변화로서 재화나 서비스의 가치변화로써 산정할 수 있다. 이들 가치는 시장이 완전하다면 각종의 시장가격으로 산정할 수 있다. 현실상황에서는 시장이 불완전하고 관세나 수입과징금이라는 각종의 세금이나 정부보조금, 정부에의한 규제, 독점가격 등이 존재하므로 비용의 산정에는 잠재가격을 채용하지 않으면 안되는 경우가 많다. 잠재가격은 해당 재화나 서비스 등의 진정한 사회적 가치로서 그 재화나 서비스 등을 생산하기 위해 사회가 치른 총희생이라 할 수 있다. 그러나 우리경제가 국제시장에 상당히 개방되어 있는 작금의 현실상황에서는 특별한 경우가 아니면 국내시장 가격을 적용하는데 큰 무리가 있지는 않을 것이다. 반드시 잠재가격을 적용해야 하는 경우는 해당 산업이 독점 내지는 과점구조하에 있거나 과도한 법적, 경제적 왜곡으로 인하여 해당 가격이 국제시세와 상당한 괴리가 있는 때이다. 전자는 가전제품, 후자의 예로는 국내 가솔린 가격 등을 들 수 있다.

비용을 추정함에 있어서 그 규제로 인하여 사회는 무엇을 포기해야 하는가를 생각해야 한다. 이는 상당한 상상력과 감정이입이 필요한 지적 작업이다. 규제라는 외부의 충격에 대항하여 피규제자가 어떻게 반응할 것인가에 대한 가능한 많은 시나리오를 상정해 놓고, 각각의 타당성을 저울질해 보아야 한다. 어떤 공장에 대한 환경규제를 상정해 보자. 공장에 따라서는 규제에 따르다 보면 이윤 폭이 작아져서 제품 생산을 중단해야 할 지도 모른다. 이러한 중단결정은 공장의 노동자, 소유주는 말할 것도 없이 공장에 대한 요소공급업자에게도 영향을 미칠 수도 있다. ‘공급업자, 노동자, 소유주는 무엇을 포기해야 하는가? 규제로 다르기로 결정한 공장이 규제 때문에 치르는 지출은 얼마나 되는가? 이들 비용 중의 일부가 공급업자나 소비자에게 전이되는 것은 아닌가? 이윤이나 임금에 영향을 미칠 것인가? 무엇이 포기되어져야 하는가?’에 대해서 생각하기 시작하면 일이 복잡해진다.

이러한 분석을 수행함에 있어서는 이해관계집단들에 대한 자문활동이 유용

한 정보원이 될 수 있다는 점에 유의해야 한다. 추진중인 규제가 채택되는 것을 원치 않는 사람들은 비용을 과다평가해 보고할 수 있고, 반면에 규제에 필요한 물품이나 설비를 생산하는 기업은 비용을 과소평가할 수도 있기 때문이다. 따라서 가능하면 이해가 대립되는 집단 각각에 대하여 자문을 수행해야 한다.

비용을 규명하는데 있어서 항상 염두에 두어야 할 점은 중복산정을 피해야 한다는 것이다. 예를 들면 현재 실업상태에 있는 사람들을 신설되는 규제의 집행을 위해 신규 고용할 경우, 이들에 대한 급여는 규제의 사회적 비용이 아니라 단순한 이전이다. 왜냐하면 그들이 기왕에 생산적인 활동에 종사하고 있지 않았으므로, 신규고용으로 인하여 사회에 아무런 새로운 희생이 발생하지 않기 때문이다. 반면에 규제로 인하여 신규 고용된 인력이 기왕에 다른 산업에 고용되어 있었던 인력이라면 이들에 대한 인건비는 규제비용의 한 항목이 되어야 한다. 왜냐하면 이 인력들은 더 이상 기존의 생산활동에 종사할 수 없으므로 사회는 그 만큼 희생을 치른 것이며 그러한 희생의 크기는 인건비라는 대응치로 평가될 수 있기 때문이다.

가능하면 산정된 비용항목에 대하여 계량화 또는 화폐화하는 것이 좋다. 그러나 계량화 또는 화폐화가 불가능한 경우에는 가능한 자세하고 구체적으로 비용의 내용을 명기해야 한다. 계량화되지 않는다고 해서 그것이 존재하지 않는 것은 아니기 때문이며, 또 그 항목이 중요하지 않은 것도 아니기 때문이다.

- 비례의 원칙

합리적인 정책분석도구로서 비용-편익분석의 요체는 비용과 편익을 수치화된 지표를 통해 측정하고, 최종적으로 단일의 화폐가치로 전환할 수 있도록 노력한다는 점이다. 하지만 가치판단이 개입되는 규제문제의 특성을 고려할 때 계량화 작업은 상당한 노력과 비용을 요구하는 어려운 과제임이 분명하다. 이러한 이유로 비용-편익분석을 위해 어느 정도의 시간과 비용을 부담할 것인가에 관한 분석전략의 선택이 불가피하다. 중요규제로 판명된 사안에 대해서는 분석의 정교성을 확보하기 위해 상당한 비용부담을 감수할 수 있지만 중요

하지 않은 규제에 대해서는 상대적으로 개략화된 분석기준을 적용할 수 있기 때문이다. 결국 비례의 원칙을 철저히 준수해야 한다. 규제의 집행으로 인해 발생하는 순편익을 상회하는 분석비용은 정당화될 수 없기 때문이다. 즉, 분석자는 규제의 중요성, 일정, 정치, 경제성 상황에 비추어 분석의 깊이와 엄밀성을 설계해야 한다. 우선 비중요규제의 경우 상세한 비용-편익분석의 기법을 적용할 큰 이유는 없다. 또한 중요규제의 경우에도 사안의 규제입안자의 입장에서 제언된 규제의 타당성을 입증하는 데 규제영향분석시만큼 강력한 도구는 없다는 사실이다. 따라서 제언된 규제의 채택에 관심이 있다면 규제영향분석, 특히 비용-편익분석에 많은 자원을 투입하는 것도 하나의 방법이 될 것이다.

- 부처자원의 비용-편익분석 전략

각 정부부처에서는 부처가 추구하는 일반적인 목표나 가치가 비용-편익분석에 반영되어야 함에도 불구하고, 그 평가와 측정이 어렵기 때문에 규제를 도입할 때마다 매번 그 목표가 가치를 평가할 수는 없을 것이다. 이런 경우 부처의 입장에서는 장기적인 계획하에 부처의 목표 내지는 가치를 각각 단계적으로 평가해 나가는 방안도 중장기 규제영향분석서 작성전략이 될 수 있을 것이다. 즉, 환경부의 경우 특정년도의 신설규제 중에서 공기오염의 개선, 수질개선과 관련된 규제를 선정하여 본격적으로 엄밀한 규제영향분석을 행함으로써, 이러한 개선의경제적 가치를 파악할 수 있고, 이 후에도 기산출된 가치를 준용하여 활용할 수 있을 것이다. 행정자치부의 경우 국민의 안전, 보건복지부의 경우 생명 또는 건강한 삶의 가치 등도 이러한 장기적 전략하에서 일단 한번 평가, 측정하면 향후 그 결과를 활용할 수 있기 때문에, 결과적으로 부처의 입장에서는 경제적인 선택이 될 수 있을 것이다.

미국 환경청은 연방정부의 규제영향분석지침보다도 훨씬 방대한 200여 페이지의 자체 규제영향분석서 작성지침을 갖고 있는데, 환경규제의 편익을 다음의 표와 같이 항목화하여 제시하고 있다. 이러한 방식으로 주요 항목에 대하여 각 부처별로 나름대로의 지침이나 기준을 개발해 놓는다면 훨씬 효율적인 분석을 수행할 수 있을 것이다.

<표 38 > 미국 환경청의 편익의 범주, 서비스 흐름, 가치측정방법의 예

편익의 범주	서비스 유형의 예	적절한 측정방법
건강		
사망위험률		- 회피행태접근법 - 헤도닉 가격법 - 현시선호이론
발생위험률	암, 천식, 메스꺼움이 줄어든 위험	- 회피행태접근법 - 헤도닉 가격법 - 현시선호이론
생활편익	미각, 후각, 시각의 개선	- 회피행태접근법 - 헤도닉 가격법 - 현시선호이론
생태적 편익		
시장, 생산물	음식, 연료, 의류, 목재, 재털, 가운 등의 공급	시장가치법
비시장 : 레크리에이션과 운동	관광, 낚시, 보팅, 수영, 하이킹 등과 같은 레크리에이션 기회와 자연정관의 공급	- 생산함수접근법 - 회피행태접근법 - 헤도닉가격법 - 레크리에이션 수요함수 접근법
간접적 편익 : 생태계 서비스	- 적정한 기후 - 홍수예방 - 지하수 보존 - 침전물 저장 - 토양보존 - 야생종의 구분작용 - Biodiversity - 깨끗한 물 - 비옥한 토양 - 전염병 통제	- 생산함수접근법 - 회피행태접근법 - 현시선호이론
비사용가치:존재가치, 유증가치, 준선택가치		현시선호이론
물질적 피해		- 회피행태접근법 - 시장가치법

- 시나리오의 수립

일반적으로 비용-편익분석기법의 성패를 결정하는 가장 근본적인 요인은 각 대안들의 영향을 명확히 확인하는 작업이다. 규제영향분석의 경우에 한정해서술한다면 해당 규제가 도입되었을 때 사회가 규제에 대응하여 어떻게 변할 것인가에 대한 비교적 정확한 판단이 서야 한다는 것이다. 불확실성이 높을수록 대안의 숫자는 늘어나는 것이 정상이다. 이러한 시나리오 작성작업을 위해서는 피규제가 규제를 어떻게 반응할 것인지를 예상하기 위해 피규제자의 입장으로 감정이입을 시도하는 것이 절대적으로 필요하다.

시나리오를 작성하는 과정에서 규제입안자가 간과하기 쉬운 가장 중요한 변수는 준수율이다. 예상준수율은 비용-편익분석의 모든 단계에서 가장 기초적인 주요변수가 되기 때문에 현실성과 설득력 있는 예상 준수율을 계상해야 할 것이다. 규제영향분석서 평가자가 예상준수율에 대하여 작성자와 심각한 이견이 있다면, 그 규제영향분석서의 설득력은 근본적으로 감소한다는 것을 명심해야 한다.

- 직접비용의 산출

① 작업환경개선비용

디메틸아민의 노출기준을 기존의 TWA값을 15 ppm에서 5 ppm으로 개정할 경우 현재 측정한 결과에 의하면 노출기준을 초과하는 사업장이 없으므로 이들 사업장에서 작업환경을 개선할 시 소요되는 투자비용은 들지 않는다.

② 작업환경측정비용

관리대상유해물질로 규정되어 있어 6월에 1회 이상 정기적으로 작업환경측정을 하고 있으며, 사업장 중 초과되는 농도의 사업장이 없으므로 추가작업환경측정비용은 들지 않는다.

③ 국소배기시설 점검 비용 ; 국소배기장치 및 그 부속설비의 자체검사 규정에 의해 년 1회이상 실시하고 있음으로 개정에 따른 국소배기시설 점검에

대한 추가비용은 들지 않는다.

④ 보호구 지급 비용 ; 유해인자의 건강장해예방 규칙에 의해 보호구를 지급하고 있으므로 개정에 따른 보호구 지급 추가 비용은 들지 않는다.

⑤ 보건교육 실시 비용 ; 안전보건교육에 대한 규정에 의해 정기적으로 실시하고 있으므로 개정에 따른 보건교육 실시 추가비용은 들지 않는다.

- 간접비용의 산출

-규제강화에 따른 편익분석 적용

노출기준 강화에 따른 편익은 흔히 직업병 발생으로 인한 손실비용으로 추정을 하나, 메틸아민에 대한 직업병 발생은 아직 그 근거가 없어서 주로 발생하는 병명을 근거로 산출했고 직접손실은 산업재해보험 보상급여(요양급여, 휴업급여, 장해보상 등 총 급여비용)로 한정하였다. 메틸아민은 유해물질로 구분은 되어있으나 메틸아민을 취급하는 근로자가 메틸아민으로 인해 직업병을 얻을 발생가능성이 거의 없으므로 직접편익비용을 산출할수 있는 근거가 없어서 본 연구에서는 직업병을 일으킬 수 있을 거란 최악의 시나리오 가정 하에 특수건강대상진단자 중에서 C1판정자와 D1판정자를 조사하여 산출을 하였다.

▶ 2003년 산업재해 분석에서 산재 1인당 직접손실비용은 32,000,000원이며 간접손실비용은 128,000,000으로 산업재해 발생시 1인당 총 160,000,000원의 손실비용이 발생한다고 조사되었다.

디메틸아민의 경우 호흡기계 흡수 뿐만 아니라 피부흡수도 많아 작업 중 피부흡수에 대한 문제도 제기가 되는데 건강보험통계연보(발행처;국민건강보험공단)를 살펴보면 결막염 및 각막의 기타장애로 병원에 입원한 입원경력을 가진 진료실인원(patients)이 총 3,899,456명으로 조사되었고 피부장애로 입원을 경험한 사람도 40,849명이 조사되었다. 그러나 일반검진자에 해당하는 수

치여서 직접편익 비용을 산출하기 위해 디메틸아민은 관리대상유해물질에 속하기는 하나 노출근로자들이 특수건강진단대상자에 포함되지 않기 때문에 직업병에 걸린다는 가상시나리오 안에서 직업병 발생 가능률을 추정하여 산출하였다.

직접편익 비용을 산출하기 위해서 2003년 유기용제에 대한 특수건강진단대상자를 조사해 본 결과 약 132,075명이고 이중 직업병 유소견자(D1) 및 직업병 요관찰자(C1)판정자는 1575명으로 직업병 발생 가능률을 추정하였다.

○ 직접편익 비용 산출

* 직업병 발생 가능률 = $(C1+D1\text{판정자} / \text{특수건강진단대상자}) \times 100$

$$1.19\% = 1575/132,075$$

* 디메틸아민 취급근로자들의 직업병 발생 가능율을 추정하면

$$65\text{명} \times 0.0119 = 0.7735\text{명}$$

* 산재발생시 1인당 직접손실비용 32,000,000 × 0.7735명은 24,752,000의 비용편익이 발생한다.

○ 간접편익 비용 산출

* 하인리히 방식 적용 ; 재해손실비율 직접비 대 간접비 = 1 : 4

$$\text{총 직접비용} \times 4 = 24,752,000 \times 4 = 99,008,000$$

○ 총 비용 산출 = 직접편익비용 + 간접편익비용

$$99,008,000 = 0 + 99,008,000$$

▶ 비용·편익의 비교 및 검토

○ 노출기준의 강화로 기대되는 이익은 최소 39,603,200원으로 추정이 되는 데 이에 대한 근거는 다음과 같다.

* 기대이익 = 총편익 - 총비용

$$99,008,000 = 99,008,000 - 0$$

이 경우는 디메틸아민에 노출이 되었을 경우 직업병이 발생한다는 조건하에 비용-편익을 산출해낸 것이지만 실제 노출강화가 되어도 전혀 경제적·사회적인 측면에서 추가되는 금액이 없음을 알 수 있다.

현재 우리나라에서 디메틸아민을 취급하는 사업장에서의 농도는 고농도도 아니고 공정의 시스템이 자동화로 인해 현장에서 개인노출도 매우 낮은 농도이기 때문에 건강상의 영향이 크지 않다.

규제영향분석서를 작성하는데 있어 사업장별로 시설설비비용이 규제의 비용을 구성하게 되는데, 정확한 비용수준을 계산하기 위해서는 주요변수들을 평가하고 측정하는 데 소요되는 요소들을 파악해야 하는데(예 ;업무담당자의 업무시간, 근로자들의 작업시간 손실비용 등)변수에 대한 정보가 미약하고 외부기관이나 자문을 통해 구해야 한다.

환경정책에 대한 비용산출 가운데 특히 이러한 간접비용을 정확히 반영하는 것은 매우 어려운 작업 중 하나인데 일반적으로 복잡한 경제모형의 적용을 통해 계량화하는 작업이 필요하게 된다.

일반적으로 간접비용에는 다음과 같은 항목들이 포함된다.

첫째, 시장구조의 변화이다. 환경정책의 시행에 따라 오염저감비용이 많이 발생하게 되고 이로 인해 시장에서 다수의 기업이 퇴출하면서 기업의 경쟁력에 변화가 생길 수 있게 된다. 이는 기업과 산업 전체의 공급곡선을 이동시키고, 이로 인해 다수 시장에서의 가격과 생산량에 영향을 미치게 될 것이다. 결국 소비자 및 생산자 잉여의 변화를 초래함으로써 비용을 발생시킨다고 할 수 있다.

둘째, 노동 및 자본생산성의 변화이다. 새로운 환경규제는 노동 및 자본생산성을 감소시킬 수 있다. 예를 들어 규제의 강화는 기업으로 하여금 보다 많은 환경관리인을 고용해야 할 가능성을 높이게 되는데, 이들은 노동투입량 대비 생산량을 기준으로 한 생산성의 향상에 기여하지 못함으로써 생산성의 저하를 가져오게 된다.

셋째, 투자의욕의 저하를 가져올 수 있다. 환경규제에 따른 추가적인 준수비용의 지출로 인해 기술개발에 대한 연구투자가 줄어들 가능성이 있고, 이로 인해 기술혁신과 상품의 품질향상에 부정적 영향을 미칠 수 있게 된다.

특히 사회적 비용의 추계와 관련하여 다음의 몇 가지 중요한 요소를 고려할 필요가 있을 것이다.

첫째, 사회적 할인(Discounting)의 적용이 중요하다. 환경정책의 적용에 따라 발생하는 사회적 비용을 통해 비용편익분석을 시행하고자 할 경우 적절한 할인율을 적용할 필요가 있다. 특히 정책의 파급기간을 고려하여 할인율을 적용할 기간을 적절히 산정해야 할 것이다.

둘째, 사회적 비용을 계량화하는 데 따른 어려움을 고려해야 한다. 비가역적 환경영향, 초장기적으로 발생하는 사회적 비용, 지역사회에 대한 사회경제적 파급효과 등은 구체적으로 계량화하기 어려울 수 있으며, 이를 감안하여 비용 분석을 할 필요가 있다.

■ 규제의 편익분석

① 편익분석의 의미와 특성

규제의 경제, 사회적 편익이란 규제에 의해 사회총후생 수준에 초래된 긍정적 효과를 의미한다. 일반적으로 편익은 규제에 의하여 문제가 감소되거나 제거되는 등 상황의 개선을 의미한다.. 대기오염의 감소, 어획량 증가, 산업재해 감소, 복잡한 절차의 축소, 자동차 안전의 증대, 폐기물 처리의 청정화 등의 편익의 대표적인 예가 될 수 있다.

규제의 편익은 규제입안부처의 조직목표나 세부목표인 경우가 대다수이다. 따라서 진술한 바와 같이 부처의 입장에서는 몇 년간의 계획하에서 자체 규제의 주된 편익항목을 평가, 측정하여 축적하는 것이 합리적인 선택이 될 것이다.

- 편익의 수혜자 확인

규제는 일반적으로 한 집단의 경제적 편익이 다른 집단의 부담으로 전환되는 결과를 초래하는 경우가 다반사이기 때문에 편익분석을 하는 과정에서 수시로 다른 집단의 부담이 비용분석과정에서 공정하게 반영되었는가의 여부를 꼭 확인해야 한다. 이러한 과정에서 비용과 편익 각각의 항목에서 누락된 것

이 없는지 점검할 수 있다. 즉 어떤 항목이 규제의 편익으로 계상되었으면 다른 집단에서 동일한 집단에게 상응하는 비용이 발생할 가능성도 있음을 유념해야 한다.

- 편익의 측정

편익의 항목이 결정되면 각 항목의 변화상태를 양적으로 측정할 수 있는 변수나 척도의 선정작업이 이루어져야 한다. 비용과는 달리 규제의 편익은 대기질의 개선, 건강의 향상, 수질의 개선, 예상수명의 연장 등 계량화하기 극히 어려운 경우가 많으므로 적절한 측정방법을 결정하는 것이 대단히 중요하다.

이러한 이유에서 편익의 측정이 규제영향분석과정에 있어 기법상의 도움이 꼭 필요한 단계이다. 첫째, 제안된 규제가 특정한 편익과 어떤 함수관계를 갖고 있는지를 파악해야 한다. 두 번째는 파악된 편익에게 경제적 가치를 부여하는 작업에 관련된 것이다. 전통적으로 이 분야는 미시경제학적 논구와 발전에 의존해 왔으나, 아직까지는 보편타당한 원리가 도출되고 있지는 않다. 결국 분석자는 편익을 측정하기 위해서는 주변 전문가의 도움을 받는 것이 지금으로서는 가장 현실적인 방안이다.

- 준수율

규제의 도입효과를 정확히 측정하는 일은 매우 어렵고 힘든 작업이다. 하지만 집행상 최악의 가능성을 고려하여 가능한 수준까지 측정이 이루어져야 한다. 준수율, 일반적인 경제사회상황 등 불확실성의 원인은 광범위하다. 이 때 최악의 상황과 최선의 상황의 편차가 클 경우는 그 평균과 분산도의 근사치를 측정에 활용할 수 있다. 규제의 정당성을 입증하고 싶은 경향이 있는 분석자라면 당연히 규제가 완벽하게 준수되었을 경우의 규제의 편익을 고스란히 평가하고 싶은 것이다. 그러나 편익의 발생에 어떤 불확실성이 있다면 그 불확실성에 대하여 명확히 기술하는 것이 객관적인 분석자의 의무이다.

② 할인율

할인율은 편익과 비용의 시간성을 고려한 비교를 통해 순편익의 현재가치를 평가하기 위해 필요하다. 특정 부처가 나름대로 결정한 할인율을 부처 전체적으로 일관되게 적용한다면 큰 문제가 없을 것이다. 미국의 경우에도 장기적인 효과를 창출하는 환경규제의 경우 환경청은 연방정부의 지침에서 요구하는 7% 내외의 할인율보다 훨씬 낮은 2% 내지 3%의 할인율을 적용하고 있다.

할인율은 화폐화 된 비용과 편익의 항목에만 적용하는 것이라고 믿는 경향이 있는데 이는 명백한 오류이다. 즉 규제에 의해서 추가적으로 항목들처럼 각각 할인되어야 한다. 즉 할인율이 10%라고 가정한다면 내년에 발생하는 11건의 편익은 현재로 환산하면 10건으로 상정해야 한다는 것이다.

③ 분배적 가중치

소득분배에 대하여 세심한 배려를 기울이지 않으면 비용-편익분석은 규제의 배분적 효율성만을 평가하는 기계적인 도구로 전락하게 된다. 즉 사회 전체의 파이가 증가하는 상황은 무조건적인 선이며, 내부적인 분배상태는 알 바 없다는 식이 된다. 따라서 대단히 중대한 사안이 아니라면 규제입안자는 상이한 소득집단에 대한 상이한 규제의 효과를 기술해야만 한다. 특히 소득역진적인 성격이 있는지, 특정지역의 주민에게만 집중된 부담이 있는지, 특정계층에 유달리 불리한 성격은 없는지 등에 대하여 기술해야만 한다. 규제영향분석서 평가자의 입장에서 제안된 규제의 성격을 음미하는 과정에서 자신의 판단으로는 어쩌면 분배적인 차원에서 문제가 있을 수 있을지도 모른다는 생각이 들었는데 도 불구하고, 제출된 분석서에 그러한 내용이 명기되어 있지 않고 있다면 그 보고서의 신뢰성은 손상을 입을 것이다.

④ 불확실성과 위험의 고려

규제의 모든 효과는 불확실하다는 사실에 우리 모두는 겸손하여야 한다. 즉 불확실한 상황을 인정하고 의사결정에 이를 성실히 반영하여야 한다. 따라서 영향분석서 작성요령이 요구하는 확정 동등치 개념을 도입하는데 어려움이 있다면 분석서 작성자는 불확실성의 정도와 각각의 내용을 숨김없이 가능한 상세히 기술하여야 한다. 이러한 규제의 불확실성의 가장 중요한 원인의 하나가 준수율이다. 따라서 준수율에 대한 성실한 예상과 불확실성의 산정이 절대적으로 필요한 것이다.

⑤ 복원불가능성과 Option Value

과거에 우리나라에서 시행된 수많은 대형 토목공사 중, 예를 들어 대형 다목적댐 건설은 전통마을을 파괴하고, 생태계를 파괴 내지는 급변시켰다. 따라서 고향, 환경, 공동체문화 등 우리가 가치를 부여하는 비시장재화가 돌이킬 수 없는 방식으로 소실되었다. 이렇게 정부의 행위 중에는 일단 시작되면 결정 이전의 상태로 복귀하는 것이 불가능한 상황을 초래하는 사례들이 무시할 수 없을 정도로 많다. 만약 복원불가능성과 Option Value 개념에 입각한 진정한 의미의 비용-편익분석이 이루어졌다면 이러한 많은 사업의 정당성이 위협받게 되었을 것이다. 따라서 정부행위가 어떤 돌이킬 수 없는 변화를 유발하는 경우에는 한층 더 주의를 기울여 심사숙고해야 한다. Option Value 개념은 신중히 기다리는 행위 자체에 경제적 가치를 부여함으로써, 돌이킬 수 없는 정부의 결정을 가능하면 미루거나 봉쇄하는 역할을 한다. 따라서 규제가 복원 불가능한 심각한 변화를 야기하는 경우 예상되는 상황을 가능한 한 상세히 명기하고 규제의 효과의 개념적 평가에 반영하여야 한다.

■ 비용·편익의 비교 및 검토

일반적인 사적재화 경우는 시장에 의한 자원배분이 가장 효율적이라고 경제

학은 가르치고 있다. 따라서 가능하면 정부가 시장에 개입하지 말고 자원배분을 시장의 가격조절 기능에 맡길 때 국민들의 후생이 극대화된다는 것이다. 그러나 물, 공기, 산 등 환경자산은 본질적으로 공공재적인 특성을 지니고 있으면서 동시에 한 경제주체가 다른 경제주체에게 보상 없이 피해를 주는 소위 외부불경제성을 초래한다. 따라서 시장의 가격기구는 이러한 환경자산의 가치를 적절하게 평가해 주지 못하게 되고, 시장에 의한 자원배분은 비효율적이 될 수밖에 없다. 이에 따라 환경자산의 최적 자원배분을 위해서는 시장이 아닌 제3의 경제주체에 의해서 생산과 소비를 조정하도록 할 수밖에 없게 되는 것이다. 이러한 사실이 환경자산에 관한 한 정부가 시장에 개입하고 환경정책을 사용해야만 하는 이유이다.

사적재화에 대한 시장의 기능처럼 환경정책은 환경자산의 효율적 자원배분을 그 목적으로 한다. 따라서 경제학 이론측면에서 볼 때, 환경정책이 효율적으로 시행되기 위해서는 환경정책의 자원 재 배분으로 야기되는 환경자산변동의 적절한 가치 평가를 통한 비용과 편익의 분석이 주를 이루는 경제성평가가 필수적이다. 현실적으로도 환경규제나 환경투자 등 환경정책은 많은 비용을 수반하고 이러한 비용은 산업경쟁력, 나아가서는 국민 경제 전반에 걸쳐 큰 영향을 줄 수 있다. 따라서 이미 선진국에서는 환경 정책 시행에 있어서 경제적 효율성이 확보되어야 한다는 인식 아래 일정규모 이상의 환경투자나 규제 정책에는 경제성 평가를 하도록 공식화되고 있는 것이다.

환경정책의 효율적 자원 배분을 위해서 경제성 평가가 요구되는 것은 기본적으로 규제 및 투자사업에 사용될 자원이 한정되어 있다는 점에서 기인한다. 비용-편익분석은 얼마만큼의 규제가 필요하고 어떻게 희소한 자원을 사회적으로 가장 가치 있는 곳에 투자할 것인가에 대한 의사결정을 하는데 있어서 긴요한 정보를 제공해준다. 따라서 환경정책의 경제성평가는 환경규제나 투자의 시행에 따른 사회적인 부담을 최소화 할 수 있는 방안을 마련해 줄 뿐 만 아니라, 환경정책으로부터 경제적인 영향을 받는 이해당사자의 반발에 미리 대비하는 방안이 되는 것이다. 특히 이해당사자들의 상호 이해를 조정하고 피해당사자에 대한 적절한 보상과 수익자에 대한 적절한 조세부과를 위해서는 환경정책의 경제성에 대한 정확한 분석이 선행되어야 한다.

한편 지구환경문제가 세계적인 관심사로 부각되면서 무역규제를 담고 있는 각종 국제환경협약의 발효되었고, 각국은 다양한 환경관련 무역규제를 도입하여 시행 중에 있으며, WTO, OECD 등 국제기구에서도 환경관련 무역규제에 관한 논의가 진행 중이다. 이러한 국제적 움직임은 지구환경을 보호한다는 긍정적인 효과를 가지고 있지만 각 나라의 수출경쟁력에도 영향을 미치게 된다. 따라서 각종 국제환경 협약과 각 국의 환경관련 무역규제의 경제적 파급효과 분석은 이러한 국제적 압력에 대한 대비책으로 필수 불가결하며 국제 협상에서 우리에게 유리한 결론에 도달 할 수 있는 정책적 판단에 필요한 자료를 제공하게 될 것이다.

우리나라의 경우 각종 환경규제법규에 규제시책 및 환경투자사업에 대한 경제성 평가를 행하도록 명시한 규정이 없으며 다만 행정규제기본법에 규제의 신설, 강화에 대해 규제영향분석을 행하고 규제영향분석의 하나의 항목으로서 규제의 시행에 따라 규제를 받는 집단 및 국민의 부담하여야 할 비용과 편익의 비교분석을 하도록 규정하고 있다. 그러나 행정규제기본법과 시행령에는 구체적이고 전문적인 비용과 편익의 비교분석을 하도록 규정하고 있다. 그러나 행정규제기본법과 시행령에는 구체적이고 전문적인 비용과 편익의 평가가 이루어지도록 요구할 수 있는 법적 근거가 명확히 제시되어 있지 않으며 실제로 규제시책의 경제적 효과에 대한 분석은 소홀히 다루어지고 있는 실정에 있다. 이 때문에 환경규제 및 환경투자의 성과는 미미한데 비해 가정과 기업에게 막대한 비용을 부담케 하는 경우가 상당하고 한정된 자원과 예산을 효율적으로 이용하지 못하는 결과를 낳고 있다. 또한 정책 입안 시 타 부처, 시민단체, 각 경제주체의 강한 반발에 직면하는 경우 이에 효과적으로 대처하지 못하고 소모적인 논쟁과 자원낭비를 가져오는 일이 비일비재한 실정이다. 따라서 환경정책을 수행하는데 있어서 정책담당자들이 합리적인 의사결정을 내리고 국민적 합의의 도출을 용이하게 하기 위해서는 경제성 평가가 포괄적이고 구체적으로 이루어져야 한다.

마) 노출기준 제·개정 규제의 경쟁 제한적 요소 포함 여부

■ 시장경쟁 제한요소 포함 여부

선진국 등 세계 여러 나라 각국에서는 화학물질들 가운데 치명적인 유해물질들을 찾아내어 독성 등이 확인되는 경우 사전에 적절하게 관리하여 근로자들의 건강을 보호하는데 많은 힘을 기울이고 있다. 노출기준은 근로자들의 건강을 보호하기 위한 목적으로 제·개정 하는데 기본적인 인권보호 차원에서도 의미가 있다.

■ 기업활동 저해요소 포함 여부

노출기준의 제·개정은 물질의 특성을 파악하여 동물이나 인간에게 미치는 영향 등을 조사한 후 작업환경 측정 결과값을 적용하여 비용-편익 분석을 거쳐 도출이 된다. 이는 현재 기술적인 측면과 경제적인 측면 모두를 고려하여 제·개정을 하기 때문에 기업에게 있어서 정상적인 활동을 저해할 요소들은 존재하지 않는다. 또한 직업병 발생에 대한 불안감 해소 및 기업의 애사심 등이 작용을 하여 생산성이 증가되는 효과까지 더불어 얻을 수 있다.

바) 노출기준 제·개정 규제내용의 객관성·명료성

■ 규제기준, 절차의 명확성

규제기준의 절차를 명확하게 하기 위해 미국, 일본, 영국, 독일, 스웨덴, 프랑스 등 선진외국의 노출기준 설정배경 및 근거를 참고하였으며 국내 산업현장에서의 근로자 노출실태를 파악하고 작업환경상태를 측정하여 분석해 봄으로써 경제적인 측면과 기술적인 측면을 모두 고려하여 기준을 개정하였다. 규제기준을 개정함에 있어 성공적인 규제영향분석서를 작성하기 위해서는 다음과 같은 요건이 규제영향분석과정에서 충족되어야 한다고 기술되어 있는데 각

요건을 재음미해서 상술하면 다음과 같다.

① 객관성

분석서가 객관성을 갖고 있다 함은 다른 분석자가 동일한 분석의 과정을 밟으면 동일한 결과가 나오리라는 예상을 할 수 있다는 것이다. 분석이 객관성을 유지하기 위해서는 분석과정에서 도입된 분석방법론, 가정, 전체, 추정 등을 명확하게 밝혀주고 다른 방법, 가정, 전체, 주청이 도입되었다면 그것이 결론에 어떠한 영향을 주는지를 적어도 중요한 몇 가지에 대해서는 보여주어야 한다.

② 실증성

규제영향분석은 객관성과 비교가능성을 제고하기 위해 예산이 허락하는 범위 내에서 광범위한 자료수집과 엄정한 분석기법을 적용해야한다. 가능하면 수집된 자료는 영향분석서에 첨부하여 제출하는 것이 바람직하다. 도입된 분석기법에 대해서도 상세한 설명을 해주는 것이 바람직하다. 지나치게 전문적인 내용을 별 해설 없이 수록하거나, 그 결과만을 인용하는 것은 보고서의 실증성을 떨어뜨리게 된다.

③ 일관성과 융통성

규제영향분석은 논리적인 일관성이 있어야 하며 다양한 상황하에서도 기능을 할 수 있도록 유연성을 갖고 있어야 한다. 분석서를 검토하는 사람이 분석서 작성자와는 다른 가정이나 전체하에서 규제안의 타당성을 평가해 보고자 할 때 분석서가 이러한 시도에 충분한 정보를 제공하고 있다면 그 분석서는 융통성을 갖고 있는 것이다.

④ 확장성

규제영향분석은 가능한 모든 정책대안들에 적용될 수 있어야 한다. 분석서에서 평가대상으로 다루어지게 되는 대안 이외에도 유사하지만 미세한 차이가 있는 대안이 적극적으로 검토되는 상황이 비일비재하기 때문에 이러한 과

정에 도움을 줄 수 있는 규제영향분석서의 확장성은 중요하다.

⑤ 실용성

규제영향분석은 비용에 비하여 그 작성의 실익이 있어야 하며, 실무적인 필요성을 충족시킬 수 있는 방식과 내용으로 작성되어야 한다.

⑥ 명백성

규제영향분석은 불확실한 미래에 대한 예상이므로 많은 가정과 전제에 입각하게 된다. 이러한 가정과 전제들을 객관적으로 분명하게 기술해야만 영향분석의 타당성이 높아진다.

⑦ 포괄성

규제는 그 영향이 전사회적으로 대단히 광범위한 경우가 대부분이다. 따라서 규제의 영향 중 중요한 고려 대상들은 모두 망라되어야만 영향분석의 의의가 있을 수 있다. 계량화하거나 화폐화 할 수 없다고 해서 그 항목들을 누락하거나 소홀히 취급하는 것은 큰 실수이다.

▪ 규제의 법적근거 및 존속기한의 타당성 여부

산업안전보건법에서 유해인자의 관리 및 작업환경측정의 근거 법규가 존속하는 한 계속 필요함으로 존속 기간의 설정은 부적절하다.

참고문헌

Leonardos, G.; Kendall, D.; Barnard, N.: Odor Threshold Determinations of 53 Odorant Chemicals. J. Air Pollution Control Assoc. 19:91 - 95 (1969).

Amoore, J.E.; Hautala, E.: Odor as an Aid to Chemical Safety: Odor Thresholds Compared with Threshold Limit Values and Volatilities for 214 Industrial Chemicals in Air and Water Dilution. J. Appl. Toxicol. 3:272 - 290 (1983).

Merck & Co., Inc.: Dimethylamine. In: The Merck Index, 12th edition on CD-ROM, Version 12.1. S. Budavari, M. O'Neil, A. Smith, et al., Eds. Chapman & Hall, New York (1996).

Lide, D.R.; Frederikse, H.P.R. (Eds.): Dimethylamine. In: Handbook of Chemistry and Physics, 77th ed. CRC Press, Boca Raton, FL (1996).

U.S. National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards, pp. 110 - 111. DHHS (NIOSH) Pub. No. 94-116. Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington, DC (1994).

Friemann, W.; Overhoff, W.: Keratitis, An Occupational Disease in the Fishery for Oil Herring. Klin. Mbl. Augenhk. 128:425 - 438 (1956).

Kremneva, S.N.; Sanina, P. Yu.: Toxicology of Dimethylamine. Toksikol. Novykh Prom. Khim. Veshchestv. (Iss. 1):41 - 53 (1961).

Mellerio, J.; Weale, R.A.: Miscellanea — Hazy Vision in Amine Plant Operatives. Br. J. Ind. Med. 23:153 - 154 (1966).

Dzhanashvili, G.D.: Maximum Permissible Concentration of Dimethylamine in Water Bodies. Hyg. Sanit. 32:329 - 335 (1967).

Kantoh, H.; Ishihara, M.; Itoh, M.; Hosono, K.: Aller-gens in Rubber Products. Hifu. 27:501 - 509 (1985).

Karpilovskaya, E.D.; Rubenchik, B.L.: The Influence of Precursors of Endogenously Synthesized Dimethylnitrosamine on the Activity of Demethylase of this Carcinogen in the Rat Liver. Byull. Eksp. Biol. Med. 84:717 - 719 (1978).

Karpilovskaya, E.D.: Induction of Dimethylnitrosamine (DMN) Demethylase in Rat Liver Microsomes. Kantserog. N-Nitrozosoedin.: Deistvie, Obraz., Opred., Mater. Simp. 3rd. 97 - 98 (1978).

Koch, F.; Guenter, M.; Kliche, R.; Lang, R.: Studies on the Aerogenic Intoxication of Rats by Means of Methylamines. Wiss. Z. Karl Marx Univ. Leipzig, Math-Naturwiss. Reihe. 29:463 - 474 (1980).

Steinhagen, W.H.; Swenberg, J.A.; Barrow, C.S.: Acute Inhalation Toxicity and Sensory Irritation of Dimethyl-amine. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 43:411 - 417 (1982).

Mezentzeva, N.V.: Contribution to the Toxicity Characterization of Dimethyl Amine. Gig. Sanit. 21:47 - 49 (1956).

Gagnaire, F.; Azim, S.; Bonnet, P.; et al.: Nasal Irritation and Pulmonary Toxicity of Aliphatic Amines in Mice. *J. Appl. Toxicol.* 9:301 - 304 (1989).

Buckley, L.A.; Jiang, X.Z.; James, R.A.; et al.: Respiratory Tract Lesions Induced by Sensory Irritants at the RD50 Concentration. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 74:417 - 429 (1984).

Chemical Industry Institute of Toxicology (CIIT): Twenty Four Month Final Report, Inhalation Toxicity of Dimethylamine in F-344 Rats and B6C3F1 Mice and Third Party Audit Report Summary. Docket #11957. CIIT, Research Triangle Park, NC (1990).

Coon, R.A.; Jones, R.A.; Jenkins, Jr., L.J.; Siegel, J.: Animal Inhalation Studies on Ammonia, Ethylene Glycol, Formaldehyde, Dimethylamine, and Ethanol. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 16:646 - 665 (1970).

Buckley, L.A.; Morgan, K.T.; Swenberg, J.A.; et al.: The Toxicity of Dimethylamine in F-344 Rats and B6C3F1 Mice Following a One-Year Inhalation Exposure. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 5:341 - 352 (1985).

Romanenko, A.M.; Gulich, M.P.; Trunov, V.I.: Morphological Characteristics of Carcinogenesis in Rats Fed Dimethylamine and Sodium Nitrite with Their Food. *Eksp. Onkol.* 2:35 - 38 (1980).

Green, N.R.; Savage, J.R.: Screening of Safrole, Eugenol, Their Ninhydrin Positive Metabolites and Selected Secondary Amines for Potential Mutagenicity. *Mutat. Res.* 57:115 - 121 (1978).

Hsie, A.W.; O'Neill, J.P.; San Sebastian, J.R.; et al.: Mutagenicity of

Carcinogens: Study of 101 Agents in a Quantitative Mammalian Cell Mutation System, CHO/HGPRT. Fed. Proc. 37:1384 (Abstract 633) (1978).

Hsie, A.W.; O'Neill, J.P.; San Sebastian, J.R.; et al.: Quantitative Mammalian Cell Mutagenesis and Mutagen Screening: Study with Chinese Hamster Ovary Cells. In: Proceedings of NATO Advanced Research Institute on the in vitro Toxicity of Environmental Agents, pp. 283-302. NTIS Pub. Conf-790951-1. U.S. National Technical Information Service, Springfield, VA (1980).

Martelli, A.; Fugassa, E.; Voci, A.; Brambilla, G.: Unscheduled DNA Synthesis Induced by Nitrosated Ranitidine in Primary Cultures of Rat Hepatocytes. Mutat. Res. 122:373-376 (1983).

Kawachi, T.; Yahagi, T.; Kada, T.; et al.: Cooperative Programme on Short-Term Assays for Carcinogenicity in Japan, pp. 323-330. Scientific Publication

International Agency for Research on Cancer, Lyon, France (1980).

Kawachi, T.; Komatsu, T.; Kada, T.; et al.: Results of Recent Studies on the Relevance of Various Short-Term Screening Tests in Japan. Appl. Methods. Oncol. 3:253-267 (1980).

San Sebastian, J.R.: Unpublished data; cited by Hsie, A.W.; O'Neill, J.P.; San Sebastian, J.R.; Brimer, P.A.: The CHO/HGPRT Mutation Assay: Progress with Quantitative Mutagenesis and Mutagen Screening. In: Quantitative Mammalian Cell Mutagenesis and Mutagen Screening, pp. 407-420. A.W. Hsie, J.P. O'Neill, and V.K. McElheny, Eds. Cold Spring

Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor, NY (1980).

ACGIH [1991]. Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices. 6th ed. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

ACGIH [1994]. 1994-1995 Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

Amoore JE, Hautala E [1983]. Odor as an aid to chemical safety: odor thresholds compared with threshold limit values and volatilities for 214 industrial chemicals in air and water dilution. J of App Tox 3(6):272-290.

ATS [1987]. Standardization of spirometry -- 1987 update. American Thoracic Society. Am Rev Respir Dis 136:1285-1296.

CFR. Code of Federal regulations. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, Office of the Federal Register.

DOT [1993]. 1993 Emergency response guidebook, guides 19, 26. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, Office of Hazardous Materials Transportation, Research and Special Programs Administration.

Forsberg K, Mansdorf SZ [1993]. Quick selection guide to chemical protective clothing. New York, NY: Van Nostrand Reinhold.

Genium [1986]. Material safety data sheet No. 588. Schenectady, NY: Genium Publishing Corporation.

Grant WM [1986]. Toxicology of the eye. 3rd ed. Springfield, IL: Charles C Thomas.

Hathaway GJ, Proctor NH, Hughes JP, and Fischman ML [1991]. Proctor and Hughes' chemical hazards of the workplace. 3rd ed. New York, NY: Van Nostrand Reinhold.

Lewis RJ, ed. [1993]. Hawley's condensed chemical dictionary. 12th ed. New York, NY: Van Nostrand Reinhold Company.

Mickelsen RL, Hall RC [1987]. A breakthrough time comparison of nitrile and neoprene glove materials produced by different glove manufacturers. Am Ind Hyg Assoc J 48(11): 941-947.

Mickelsen RL, Hall RC, Chern RT, Myers JR [1991]. Evaluation of a simple weight-loss method for determining the permeation of organic liquids through rubber films. Am Ind Hyg Assoc J 52(10): 445-447.

NFPA [1986]. Fire protection guide on hazardous materials. 9th ed. Quincy, MA: National Fire Protection Association.

NIOSH [1987a]. NIOSH guide to industrial respiratory protection. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 87-116.

NIOSH [1987b]. NIOSH respirator decision logic. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health,

DHHS (NIOSH) Publication No. 87-108.

NIOSH [1992]. Recommendations for occupational safety and health: Compendium of policy documents and statements. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 92-100.

NIOSH [1994a]. NIOSH pocket guide to chemical hazards. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 94-116.

NIOSH [1994b]. NIOSH manual of analytical methods. 4th ed. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 94-113.

NIOSH [1995]. Registry of toxic effects of chemical substances: Dimethylamine. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Standards Development and Technology Transfer, Technical Information Branch.

NJDH [1986]. Hazardous substance fact sheet: Dimethylamine. Trenton, NJ: New Jersey Department of Health.

NLM [1995]. Hazardous substances data bank: Dimethylamine. Bethesda, MD: National Library of Medicine.

OSHA [1994]. Computerized information system. Washington, DC: U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration.

Parmeggiani L [1983]. Encyclopedia of occupational health and safety. 3rd rev. ed. Geneva, Switzerland: International Labour Organisation.

Rumack. Poisindex.

Sax NI, Lewis RJ [1989]. Dangerous properties of industrial materials. 7th ed. New York, NY: Van Nostrand Reinhold Company.

Sittig M [1991]. Handbook of toxic and hazardous chemicals. 3rd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Publications.

USC. United States code. Washington. DC: U.S. Government Printing Office.

Windholz M, ed. [1983]. Merck Index 10th ed. Rahway, NJ: Merck & Company.

<http://www.osha.gov/SLTC/healthguidelines/dimethylamine/index.html>

National Institute of Occupational Safety and Health(NIOSH): Method 2010. In NIOSH Pocket Guide to Chemical hazards and Other Databases(DHHS[NIOSH]) Pub. No 2000-130). Cincinnati, Ohio: NIOSH, 2000.

Occupational Safety and Health Administration(OSHA): Method 34. In OSHA Analytical Methods Manual, 2nd ed. Salt Lake City, Utah: OSHA,

1990.

Occupational Safety and Health Administration(OSHA): Method 41. In OSHA Analytical Methods Manual, 2nd ed. Salt Lake City, Utah: OSHA, 1990.

백남원, 박동욱, 윤충식 : 작업환경측정 및 평가, 신광출판사, 서울(2002)

Snyder, R. (ed.). Ethyl Browning's Toxicity and Metabolism of Industrial Solvents. 2nd ed. Volume II: Nitrogen and Phosphorus Solvents. Amsterdam-New York-Oxford: Elsevier, 1990.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc. Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. 6th ed. Volumes I, II, III. Cincinnati, OH: ACGIH, 1991.

Lewis, R.J. Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 9th ed. Volumes 1-3. New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1996., p. 1275]

American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. 5th ed. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1986.

Gosselin, R.E., R.P. Smith, H.C. Hodge. Clinical Toxicology of Commercial Products. 5th ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1984..

Grant, W.M. Toxicology of the Eye. 3rd ed. Springfield, IL: Charles C. Thomas Publisher, 1986.

Ohe T; Mutat Res 101 (3): 175-87 (1982)

Buckley LA et al; Toxicol Appl Pharmacol 74 (3): 417-29 (1984)

Clayton, G.D., F.E. Clayton (eds.) Patty's Industrial Hygiene and Toxicology. Volumes 2A, 2B, 2C, 2D, 2E, 2F: Toxicology. 4th ed. New York, NY: John Wiley & Sons Inc., 1993-1994., p. 1096

Snyder, R. (ed.). Ethyl Browning's Toxicity and Metabolism of Industrial Solvents. 2nd ed. Volume II: Nitrogen and Phosphorus Solvents. Amsterdam-New York-Oxford: Elsevier, 1990.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc. Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. 6th ed. Volumes I, II, III. Cincinnati, OH: ACGIH, 1991.

Clayton, G.D., F.E. Clayton (eds.) Patty's Industrial Hygiene and Toxicology. Volumes 2A, 2B, 2C, 2D, 2E, 2F: Toxicology. 4th ed. New York, NY: John Wiley & Sons Inc., 1993-1994.

Ishiwata H et al; Shokuhin Eiseigaku Zasshi 23 (5): 360-4 (1982)

Snyder, R. (ed.). Ethyl Browning's Toxicity and Metabolism of Industrial Solvents. 2nd ed. Volume II: Nitrogen and Phosphorus Solvents. Amsterdam-New York-Oxford: Elsevier, 1990.

Snyder, R. (ed.). Ethyl Browning's Toxicity and Metabolism of Industrial Solvents. 2nd ed. Volume II: Nitrogen and Phosphorus Solvents. Amsterdam-New York-Oxford: Elsevier, 1990.

Ellenhorn, M.J., S. Schonwald, G. Ordog, J. Wasserberger. Ellenhorn's Medical Toxicology: Diagnosis and Treatment of Human Poisoning. 2nd ed. Baltimore, MD: Williams and Wilkins, 1997.

Hayashi N et al; Eisei Shikensho Hokoku 100: 72-6 (1982)

Frank H et al; Fresenius Z Anal Chem 317 (6): 660 (1984)

Sener A et al; Mol Cell Endocrinol 36 (3): 175-80 (1984)

Klaassen, C.D., M.O. Amdur, Doull J. (eds.). Casarett and Doull's Toxicology. The Basic Science of Poisons. 5th ed. New York, NY: McGraw-Hill, 1995.

Sener A et al; Mol Cell Endocrinol 36 (3): 175-80 (1984)

Mackison, F. W., R. S. Stricoff, and L. J. Partridge, Jr. (eds.).

NIOSH/OSHA - Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards.
DHHS(NIOSH) Publication No. 81-123 (3 VOLS). Washington, DC: U.S.
Government Printing Office, Jan. 1981.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists TLVs and
BEIs. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical
Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati, OH, 2005.

Svensson BG et al; Scand J Work Environ Health 21: 96-105 (1995)

환경부 ; 환경정책의 비용/편익분석 지침서, 2003.

김태윤, 김상봉 ;비용, 편익분석의 이론과 실제 공공사업평가와 규제영향분
석, 2004.