

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

화학물질 노출기준 개정 연구

□ 2-디에틸아미노에탄올 (2-Diethylaminoethanol)

2005. 12

연구기관 부산대학교 의과대학



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

화학물질 노출기준 개정 연구

□ 2-디에틸아미노에탄올 (2-Diethylaminoethanol)

2005. 12.

연구기관 부산대학교 의과대학



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 - 2-디에틸아미노에탄올 (2-Diethylaminoethanol) -”의 최종보고서로 제출합니다.

2005. 12.

연구기관 부산의과대학교
연구책임자 강 동 목 교수

공동연구원

인제대학교
부산대학교

교수 신용철
박사 황문영

연구보조원

부산대학교
부산대학교
부산대학교
부산대학교
인제대학교
인제대학교

연구원 설진곤
연구원 손민정
연구원 우지훈
연구원 김명옥
연구원 김부욱
연구원 이현석

<목 차>

I. 연구목적	1
II. 연구내용 및 방법	3
1. 연구내용	3
2. 연구 방법	102
III. 연구결과	136
1. 물질의 특성	136
2. 취급현황	140
3. 동물에 있어서의 영향	160
4. 인체 영향	173
5. 각국의 노출기준 요약 및 해설	185
6. 작업장내 근로자 노출실태	203
7. 노출기준 제안	226
8. 취급근로자 건강장해 예방조치	230
9. 규제영향분석	262
참고 문헌	275

<표 목 차>

I. 연구목적

II. 연구내용 및 방법

<표 1-1> 노출 기간에 따른 독성시험의 구분	11
<표 1-2> 각국의 노출기준 설정근거	25
<표 1-3> 각국의 노출기준 설정 배경(이광목 등, 1994)	64
<표 1-4> 1968년도 ACGIH TLVs 설정에 사용된 자료의 출처	64
<표 1-5> 사람과 동물에 적용할 수 있는 ACGIH TLVs 설정을 위한 기준의 구분	65
<표 1-6> MAC와 TLV 개념의 차이	69
<표 1-7> 노출기준을 발표하고 있는 국가	70
<표 1-8> 선진국의 노출기준 제·개정 절차	74
<표 1-9> 우리나라의 노출기준 제·개정 과정	75
<표 1-10> 외국의 직업성 유해물질 노출기준 설정과정	77
<표 1-11 > 작업환경관리의 구분과 관리방법	79
<표 2-1> SciFinder의 자료제공 내용	108
<표 2-2> 주요 국가/기관의 노출기준관련 웹사이트와 관련문헌	120
<표 2-3> DEAE의 분석 조건	128

III. 연구결과

<표 2-1> DEAE 국내 제조 및 사용량(노동부 작업환경 측정 실태조 사, 2003)	140
<표 2-2> DEAE 사용 사업장 주 생산품(노동부 작업환경 측정 실태 조사, 2003)	142
<표 2-3> DEAE 주 생산품 별 취급량 및 취급근로자 수(노동부 작업 환경 측정 실태조사, 2003)	142
<표 2-4> DEAE 사용량(환경부 화학물질 유통량 조사, 2004)	144
<표 2-5> 전체 조사 대상 사업장	145

<표 2-6> 조사 대상 사업장 중 DEAE 취급 근로자	146
<표 2-7> 화장품의 공정별 사용물질	148
<표 2-8> 첨가제 보충작업	151
<표 2-9> 박리조	152
<표 2-10> 소량 용기를 사용한 정량작업	152
<표 2-11> 정량 분체작업	153
<표 2-12> 정량작업	153
<표 2-13> 대량 정량 투입	154
<표 2-14> 반응조 투입	154
<표 2-15> 원료 첨가제 투입	155
<표 2-16> 원료 및 첨가제의 투입	155
<표 2-17> 원료 및 첨가제의 투입	156
<표 2-18> 검사작업	156
<표 2-19> 충전작업	157
<표 2-20> 원료의 충전 작업	157
<표 2-21> 출하작업	158
<표 2-22> 용기 세정작업	158
<표 2-23> 반응조 세척작업	159
<표 2-24> 바닥 세척작업	159
<표 3-1> 동물에 DEAE가 미치는 영향에 관련된 주요 연구들	161
<표 4-1> 2-Diethylaminoethanol(DEAE)에 의한 임상증상	175
<표 4-2> 인체에 DEAE가 미치는 영향에 관련된 주요 연구들	175
<표 5-1> 각국의 DEAE의 노출기준	185
<표 6-1> DEAE 예비조사 사업장	204
<표 6-2> DEAE 분석 조건	207
<표 6-3> A작업장 시료 분석 결과	210
<표 6-4> B작업장 시료 분석 결과	211
<표 6-5> 대량 정량 투입시의 작업모습(1)	212
<표 6-6> 충전시의 작업모습(2)	212

<표 6-7> C 작업장 시료 분석 결과	213
<표 6-8> 원료, 첨가제 투입시의 작업모습(1)	214
<표 6-9> 원료, 첨가제 투입시의 작업모습	214
<표 6-10> D 작업장 시료 분석 결과	215
<표 6-11> 첨가제 보충 작업(1)	216
<표 6-12> 박리조(2)	216
<표 6-13> E 작업장 시료 분석 결과	217
<표 6-14> 유해물질 사용에 대한 노출근로자의 증상 설문지	219
<표 6-15> 장기간 유기용제 노출근로자의 증상 설문(Swedish Q16 설문지 이용)	221
<표 6-16> 2002, 2003, 2004년 산재통계(근로복지공단 자료) ..	222
<표 6-17> 2002~2004년 DEAE 취급 사업장 산재발생(근로복지공 단 자료)	223
<표 6-18> 2002년도 DEAE 취급 사업장 산재 건수와 급여지급액	224
<표 6-19> 2002년도 DEAE 취급 사업장 산재의 발생형태	224
<표 6-20> 2003년도 DEAE 취급 사업장 산재 건수와 급여지급액	224
<표 6-21> 2003년도 DEAE 취급 사업장 산재의 발생형태	225
<표 8-1> [별표 8] 관리대상유해물질관련 국소배기장치 후드의 제어 풍속(제175조관련)	236
<표 8-2> 보호의, 보호장갑의 재질과 적용 화학물질	241
<표 8-3> 방독면 사용	252

<그 립 목 차>

I. 연구목적

II. 연구내용 및 방법

[그림 1-1] 일반적인 작업환경관리 방법	78
[그림 1-2] 경제성 평가의 시행절차	92
[그림 1-3] 노출기준 제·개정 규제의 비용/편익 경로	93
[그림 2-1] DEAE에 의한 근로자 건강장해 예방 연구 디자인	102
[그림 2-2] 흡착관을 이용하여 시료를 채취하는 방법	126
[그림 2-3] Gas chromatography	127
[그림 2-4] 호흡기보호구 선정 흐름도	133

III. 연구결과

[그림 1-1] 일반적인 작업환경관리 방법	78
[그림 1-2] 경제성 평가의 시행절차	92
[그림 1-3] 노출기준 제·개정 규제의 비용/편익 경로	93
[그림 2-1] DEAE에 의한 근로자 건강장해 예방 연구 디자인	102
[그림 2-2] 흡착관을 이용하여 시료를 채취하는 방법	126
[그림 2-3] Gas chromatography	127
[그림 2-4] 호흡기보호구 선정 흐름도	133
[그림 1-1] DEAE 구조식	136
[그림 2-1] 지역별 DEAE 사용 사업장(노동부 작업환경 측정 실태조사, 2003)	140
[그림 2-2] 지역별 DEAE 사용량(노동부 작업환경 측정 실태조사, 2003)	141
[그림 2-3] 지역별 DEAE 취급근로자(노동부 작업환경 측정 실태조사, 2003)	141
[그림 2-4] DEAE 주 생산품 별 취급량(kg)(노동부 작업환경 측정 실태조사, 2003)	143

[그림 2-5] DEAE 주 생산품 별 취급근로자 수(명)(노동부 작업환경 측정 실태조사, 2003)	143
[그림 2-6] 지역별 DEAE 사용 사업장(환경부 화학물질 유통량 조사, 2004)	144
[그림 2-7] 전체 조사 대상 사업장 중 지역별 DEAE 사용 업체	145
[그림 2-6] DEAE를 박리제의 첨가제로 사용하는 공정	149
[그림 2-7] DEAE를 반응물로 사용하는 공정	150
[그림 3-1] DEAE가 동물에 미치는 건강영향	160
[그림 5-1] 각국의 DEAE의 노출기준	185
[그림 6-1] DEAE Standard 회귀식	207
[그림 6-2] DEAE standard 분석 크로마토그램	208
[그림 6-3] DEAE sample 앞층 분석 크로마토그램	209
[그림 6-4] DEAE sample 뒷층 분석 크로마토그램	209
[그림 6-5] 유해물질 사용에 대한 노출근로자의 증상 설문지	220
[그림 6-6] 유해물질 사용에 대한 노출근로자의 증상 설문지	220
[그림 6-7] 장기간 유기용제 노출근로자의 증상 설문(Swedish Q16 설문지 이용)	221
[그림 7-1] 각국의 TWA	227
[그림 8-1] 박리조	230
[그림 8-2] 용제 보충	230
[그림 8-3] 이동형 국소배기장치	231
[그림 8-4] 분수식 눈 세척시설	239
[그림 8-5] 이동식 눈 세안기	239
[그림 8-6] 비상세척장치(샤워식)	239
[그림 8-7] 내화학적 보호의	240
[그림 8-8] 내화학적 안전장갑	240
[그림 8-9] 공기마스크	242
[그림 8-10] SCBA	242
[그림 8-11] 직결식 방독마스크 소형	248

[그림 8-12] 유기가스용 필터	248
[그림 8-13] 공기여과식 호흡보호구 전면형	249
[그림 8-14] 전동팬부착 호흡보호구	249
[그림 9-1] 회전 가능한 암덕트	266
[그림 9-2] 롤러컨베어	266
[그림 9-3] 화학공정 환기	267
[그림 9-4] 모델명 고글-5300 가격 30,000원	268
[그림 9-5] 모델명 3M-7800S 가격 250,000원	268
[그림 9-6] 모델명 3M-Hood system,기본세트 가격 1,210,000	269

I. 연구목적

현재 전세계적으로 1,700만 여종의 화학물질이 개발되어 있고, 그 중에서 약 10만여 종의 화학물질이 상업적으로 유통되고 있다. 우리나라에는 약 3만8천여 종의 화학물질이 유통되고 있으며, 매년 300여종의 화학물질이 신규로 출시되고 있다.

우리나라는 1972년 <유해물질 허용농도 및 동 측정요령> 제정 당시 57종의 유해물질에 대해 허용기준을 설정한 후로, 1988년 개정을 통해 총 697종으로 확대하였고, 1998년 2-브로모프로판을 추가함으로써, 현재까지 총 698종의 유해물질에 대한 노출기준을 노동부 고시 제 2002-8호에서 규정하고 있다.

제정 이후 각 물질의 독성에 대한 많은 국내외의 연구가 발표되었고 국내 산업동향의 변화에 따른 물질의 사용량 변화 그리고 신규물질의 사용이 증가했음에도 불구하고 노출기준의 제·개정에 대한 논의가 없었고 기존의 허용기준의 설정기준 타당성에 대한 고찰이 부족했던 것이 사실이다.

본 연구과제의 목적은 2-디에틸아미노에탄올 (DEAE)의 위해성과 실제 작업장에서의 노출현황을 조사, 노출에 따른 건강상의 영향을 밝히고 실제적인 관리기준을 제시하여 건강장해를 예방하고 각 공정별 작업관리, 취급근로자의 건강관리에 관한 지침을 제시하는 것이다.

따라서 현재까지 보고 된 연구 및 사례를 문헌고찰을 통해 기술하고 요약할 뿐만 아니라 작업장에서의 유해물질 측정을 통해 근로자들의 노출실태를 파악하여 우리나라 실정에 적합한 노출기준을 제시하는 것을 목표로 한다.

보다 구체적인 목적은 다음과 같다. 2-디에틸아미노에탄올(DEAE) 대하여

1. 물리화학적 특성을 밝히고, 독성 및 위해성을 조사한다.

2. 제조, 수입, 사용실태 및 발생원과 노출원을 조사한다.
3. 해당 유해물질 취급사업장 근로자에 대한 작업환경 측정 실시 및 기존 작업환경 측정 자료를 분석함으로써 국내 작업장 근로자의 노출실태를 파악한다.
4. 유해인자에 장기 또는 단기 노출 시 근로자의 급성 및 만성 건강장해를 파악하고, 물질의 인체 내 표적장기 및 체내 작용기전(흡수, 분포, 대사, 배설) 등을 분석하며, 국내 직업병 사례를 연구한다.
5. 생물학적 모니터링 기준을 포함하여 우리나라 실정에 적합한 노출기준을 제시한다.
6. 작업환경 측정 및 분석방법을 제시한다.
7. 문헌고찰을 통하여 산업안전보건법규의 관리내용 및 주요 선진국의 관리기준을 조사, 비교한다.
8. 노출기준 제, 개정에 따른 규제 영향을 분석한다.
9. 유해물질별 건강장해 예방을 위한 작업공정별 작업환경관리, 취급 근로자 건강관리, 취급 시 주의 사항 및 보호구 착용여부에 대한 편람을 제시한다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구내용

국내외 문헌고찰을 통해 각 물질 2-디에틸아미노에탄올 (DEAE)에 대한 다음을 검토한다.

가. 유해물질의 특성 기술

(1) 물질의 개요

한글물질명, 영문물질명 (IUPAC명, CA명), 이명(異名), CAS번호, 외관, 냄새 등을 기술한다. 화학물질이 단일화학 물질인 경우 그 화학물질은 보통 여러가지의 이름을 갖고 있다. 국제적으로 공인된 대표적 이름은 IUPAC명 (국제순수응용화학회가 붙인 명칭/International Union of Pure and Applied Chemistry)이다.

화학물질은 IUPAC 명칭을 하나만 갖고 있는 경우도 있고, 명칭부여의 원칙에 따라 그 명칭을 부여하다 보면 2~3가지의 IUPAC명이 붙여진 화학물질도 있다. 이러한 경우에는 그 대표적인 IUPAC 명을 맨 앞으로 앞세운다. 또한 화학물질은 여러가지의 명칭들(Synonyms)을 갖고 있다. 이러한 명칭들을 이명(異名)이라고도 한다. 이 중에서 통상적으로 많이 쓰이는 이름을 관용명(Common Name)이라고 한다.

관용명은 IUPAC정보보다도 더 일반적으로 쓰여 지는 이름이다. 화학물질이 상품으로 등록되어 시판되는 경우에는 상품명(Trade Name)도 붙여진다. 몇 가지의 상품명들이 붙여진 화학물질도 있고, 상품명이 IUPAC 명이나 관용명을 압도하여 버린 화학물질도 있다.

화학제품의 이름을 기록하는 부분에서는 대표적인 IUPAC 명을 앞세우지만, 그 외의 모든 명칭들도 기록해 두어야 한다. 한글화가 가능한 명칭을 한글로 적되, 영어 이름도 반드시 괄호로 하여 적어두어야 차후의 혼동을 막을 수 있다. 한글화가 곤란하거나 한글화가 오히려 거추장스러운 명칭은 영어 그대로 기재해 두어야 한다.

그 화학물질이 혼합물이거나 제제이면서 여러 성분으로 되어 있어 그 명칭들을 모두 나타내기가 곤란한 경우에는 그 혼합물이나 그제제의 명칭들만을 기재하고 그 성분들의 여러가지 이름들은 참고사항으로 기재해 두는 편이 편리하다

화학물질은 그 명칭으로도 확인하지만 분자식(分子式, Molecular Formula)으로도 확인하므로 분자식은 반드시 기재해 두어야 한다. 그 화학물질의 화학적 구조를 쉽게 알려면 화학적인 구조식도 가능하면 기재해 두도록 한다. 구조식은 화학물질의 이해

에 그 만큼 편리하기 때문이다.

화학물질을 확인하는 또 다른 편리한 방법은 CAS 번호나 RTECS 번호 및 UN 번호이다. CAS(Cheical Abstracts Service)은 미국화학회의 한 분과이지만 세계의 모든 화학물질들을 확인하여 그 번호를 부여하고 있다. CAS 번호만 알면 컴퓨터로서 각종의 DB들을 쉽게 검색할 수 있다.

RTECS는 Registry of Toxic Effects of Chemical Substances의 약자이며, 미국의 산업안전보건연구소 (NIOSH)가 운영하는 화학물질 독성영향기록 DB 이다. RTECS-DB는 미국의 기존화학물질 10,000여종에 대한 독성학적 연구결과들을 요약해 둔 데이터베이스이다. 화학물질의 RTECS 번호를 알면, 그 화학물질의 독성영향을 쉽게 확인할 수 있는 장점이 있다.

UN 번호는 UN (United Nations)이 유해위험물질의 국제적 운송보호를 위하여 부여한번호이다. 바다로 육지로 하늘로 운송되는 경우에는 선박과 기차와 비행기가 피해를입을 수 있고, 이는 곧 광범위한 환경오염을 초래하기 때문이다. 이 번호가 있어야 운송되거나 이 번호를 확인한 후에야 운송을 허락하는 경우가 많다. 미국에서는 UN/NA번호라고도 한다. 이는 United Nations/North America 번호인 것이다.

한국에서도 선박안전법에 의하여UN 번호를 채용하여 각종의 수송보호를 강구하고 있다. 그러므로 당해 화학물질에 대한 CAS 번호, RTECS 번호, UN 번호는 그 번호가 있는한 기재하여야 한다. 또한 한국의 환경부에서 유해화학물질관리법에 의거하여 기존화학물질번호를 부여하기도 하므로 이 번호도 기재해 두면 편리하다.

화학물질을 국내용으로만 생산하는 경우는 드물고 수출도 많이 하게 된다. 따라서 유럽연합(EU)이 부여해둔 번호, 즉 EINECS (European Inventory of Existing Commercial Substances) 번호도 기재해 두면 좋다. EU와의 화학물질 교역이 상당히 많기 때문이다.

화학물질을 이름과 번호만으로 확인하기는 아무래도 무리가 따른다. 모든 사람이 화학물질의 이름과 번호만으로 그 특성을 척척 알 수는 없다. 그래서 분자식도 기재하고 구조식도 그려둔다. 그래도 부족하기는 한가지이므로 화학물질을 그 군류(Family)로 확인하여두기도 한다. 예로써 벤젠이라면 방향족탄화수소라고 나타내어 둔다.

(2) 물리적 성상

화학물질의 분자량, 비중, 녹는점, 끓는점, 증기압, 증기밀도, 화학물질의 농도에 따른 pH, 점도, 용해도, 분배계수, 증발률, 냄새의 서한도 등을 기술한다.

물리적 성상에서 분배계수 (Partition Coefficient, 分配係數)란 화학물질의 환경 중 거동을 예측하고 독성물질의 위해도 측정의 기준이 되는 값으로서 물과 유기오일과의 상관관계를 확인하는데 사용되며, 생물농축성과도 대체로 관계가 있다.

상호불용성의 두 상에 제3의 용질을 첨가하면 분배법칙에 따라 용질의 양과는 무관하게 일정한 농도의 비율로 두 상에 분배되게 된다. 따라서 용질의 분배가 평형에 도달했을 경우, 각 상에서의 농도의 비는 일정한 수치를 가지게 되는데 이를 분배계수라 정의한다.

분배계수는 유해물질의 환경에 대한 영향 정도를 평가하고 자연 상에 유출된 유해물질이 소멸하기까지의 거동을 추적하여 이들에 의한 해독과 치유방법을 알 수 있어 매우 유용하다. 유해물질은 환경 상에서 반응과 이동에 의해 소멸되며, 이중 물리적 이동현상에 대해서는 열역학적인 관점에서 분배계수로 계산할 수 있기 때문에 분배계수를 이용한 환경모니터링 연구가 활발히 이루어지고 있다.

환경모니터링에 사용되는 대표적인 분배계수로는 octanol/water 분배계수(K_{ow}) 및 air/water 분배계수(K_{aw})가 있다. K_{ow} 는 octanol[CH₃(CH₂)₆CH₂OH]이 생물체의 구성성분인 lipid[CH₃(CH₂)_nCOOH; n=12 ~ 20]의 C:H 구성비율과 유사하며, 거의 순수한 성분으로 얻을 수 있기 때문에 화학물질이 생물체와 물에 미치는 영향을 평가할 수 있고, K_{aw} 는 자연 상의 주요구성성분인 대기와 물로의 분배정도를 예측할 수 있어, K_{ow} 와 K_{aw} 는 화학물질의 환경에서의 거동을 연구하는데 중요한 데이터로 사용할 수 있다.

(3) 화학적 성상

인화점, 자연발화점, 폭발성, 산화성, 반응성, 안정성, 피해야 할 물질, 유해분해산물, 소화제 등에 관해 기술한다. 이 란에서는 그 화학물질의 안정성을 나타내고, 특정한 조건하에서 발생될 수 있는 유해반응들도 살펴보고자 한다. 여기에는 피해야할 조건들과 피해야할 재료들을 기재하고 또한 통상적으로 화학물질의 반응 시에 발생하는 일산화탄소(CO)와 이산화탄소(CO_2) 및 물(H_2O) 외에도 추가적으로 발생될 수 있는 유해한 분해생성물을 기재하도록 한다.

안정성과 반응성은 상대되는 말이다. 반대말이라고 할 수 있을 정도로 상대성을 갖고 있는 것이다.

반응(反應: Reaction)이란 어떠한 자극이나 작용에 의하여 일어나게 되는 변화의 현상을 일컫고 있으며, 화학적으로는 화학물질 사이에 일어나는 화학적 변화를 일컫는다. 그러므로 반응은 변화를 일으키게 되어 안정성을 파괴하게 된다. 반응성이 있는 한 안정성이 없다고 할 수 있고, 안정성이 있는 한 반응성이 없다고 할 수 있다. 모든 변화현상을 모두 반응이라고 표시할 수는 없다. 외부의 물리적 충격에 의하여 화재나 폭발이 생성되는 것까지 화학적 반응으로 표현하지는 않기 때문이다.

그러나 생성반응, 연소반응, 발열반응, 흡열반응, 산화환원반응, 중화반응, 침전반응, 광분해반응, 결합반응, 분해반응, 해리반응, 용해반응, 용융반응, 가수분해반응, 복분해반응 등의 명칭들을 모두 동원한다고 하면 반응으로 표현하지 못할 변화현상은 없다.

그리하여 화학반응 즉 화학적 변화를 일으킬 수 있는 경향을 반응성(反應性)이라 하고, 화학적 변화를 포함한 그 외의 모든 변화를 일으키지 아니하는 경향을 안정성(安定性)이라 한다.

그 화학물질과 제제의 안정성을 먼저 기재하고, 어떠한 조건하에서 발생될 수 있는 유해위험한 반응의 가능성을 기재한다. 안정성을 해치고 유해 위험한 반응을 일으킬 수 있는 조건들을 제시한다. 즉 피해야 할 조건들을 제시하는 것이다. 온도, 압력, 빛, 충격 등의 위험한 조건을 기재하여야 한다. 또한 피해야 할 재료나 물질들도 제시하여야 한다.

그 화학물질과 유해 위험한 반응을 일으킬 수 있는 물질들 즉 물, 공기, 산, 염기, 산화제 등을 기재하고 그러한 유해위험 반응을 초래할 수 있는 조건들도 제시한다. 그 화학물질이 발생시킬 수 있는 다양한 반응의 결과로 인하여 생기게 되는 유해 위험한 반응생성물도 제시하여야 한다.

그 화학물질의 유해위험한 반응성을 안정화시킬 수 있는 안정제가 존재한다면 그 안정제를 제시하여야 하고 그 필요성도 제시한다. 그 화학물질로 인하여 발생될 수 있는 유해 위험한 발열반응도 제시하고, 물리적 상태의 변화에 의하여 발생될 수 있는

위험성도 제시한다. 특히 물과 공기와의 접촉에 의하여 초래될 수 있는 위험성과 그 반응생성물을 제시한다. 이 외에도 생길 수 있는 불안정한 분해생성물도 제시한다.

유기화합물인 경우에는 자체적으로 또는 유기물질과 중합반응(重合反應: Polymerizing Reaction)을 일으킬 수 있는 가능성도 제시하여야 한다.

유해한 반응이나 위험한 물리적 상태 변화를 초래할 수 있는 외부적 조건들(예로써 용기의 점화, 용기의 균열 등등)을 그 유해위험의 형태와 함께 제시한다. 또한 그 화학물질의 예상치 못한 비적정한 적용으로 인하여 초래될 수 있는 유해위험성도 제시한다.

그 화학물질 가운데 혹은 그 제제 속에 축적되거나 하게 되면, 어떠한 유해위험성을 초래할 수 있는 개별성분도 그 리스크의 형태와 함께 제시한다. 이러한 경우에 대하여서도 안정제가 존재한다고 하면 그 안정제를 기재한다.

나. 취급현황

(1) 제조 또는 사용현황

제조(製造)란 원료를 가공, 반응시켜 제품을 만드는 것으로 최종 생산품이 화학물질일 수도 있고 최종 생산품을 만들기 위한 첨가제일 수도 있다. 사용(使用)이란 생산과정 중에서 화학물질을 이용하여 제품을 가공하는 것이다.

(2) 발생원 및 발생과정

가) 화학반응에 의한 타 원료 제조

● 화장품의 제조

화장품 제조는 기본적으로 분산 공정, 유화 공정, 가용화 공정, 혼합 공정, 분쇄 공정으로 제품의 절반이 제조되고 성형 및 포장 공정을 통해 완제품이 생산된다.

대부분 6가지 공정을 통해 화장품이 제조되지만 제조하는 제품의 특성이나 적용하는 제조 설비에 따라 공정이 생략되기도 한다.

기초 화장품과 메이크업 화장품은 제조 공정이 서로 다르기 때문에 각각 공정별로 구분된다. 공정별로 원료의 배합, 반응, 포장 등의 공정에서 노출이 가능하다.

● 화학공정

화학공업은 산업 전반에 필요한 원료나 중간물질, 또는 우리 생활에 필요한 여러 가지 제품을 합성하거나 제조하는 공업이다.

화학공업은 새로운 제품의 창조, 개발을 위한 연구와 장치의 개선에 큰 자본이 소요되는 공업이며, 가공방법에서 특징적인 화학변화를 수반하는 점에서 다른 공업과 구별된다.

화학공업을 분류하는 데는 업종, 원료 자원, 생산 공정, 제품의 성질 등에 따라 분류하는 방법이 있으나, 일반적으로 제품의 성질에 따라, 즉 제조되는 제품이 무기 화합물인지, 유기 화합물인지에 따라 무기 화학공업과 유기 화학공업으로 나눈다.

유기 화학공업은 생산하는 제품의 성질에 따라 (1)가솔린, 액화석유가스 등을 얻는 석유 정제공업, (2)석유화학공업, (3)석탄가스, 콜타르 등을 제조하는 석탄화학공업, (4)유지 및 세제 공업, (5) 펄프 및 제지공업, (6)염료 및 도료 공업, (7)식품 화학공업, (8)의약, 농약 등을 제조하는 유기 약품 공업 등으로 분류한다.

대부분의 화학산업은 자본집약적이고 연구와 개발에 의존성이 강하다, 그 결과 대부분의 제조산업과는 달리 비숙련 근로자들이 적다.

화학공업의 특징은 대규모 기술집약적 장치산업, 막대한 비용과 시간의 설계, 다

양한 종류의 화학물질 존재 등이다.

화학 산업에서의 사고로 인한 피해는 화재, 폭발 또는 독성 물질의 누출로써 사고가 발생할 경우 피해가 작업자와 사업주에만 국한되는 것이 아니라 전혀 이해관계가 없는 불특정 다수의 공공인에게도 인명손실, 재산손실 등의 피해가 미칠 수 있다. 화학공업의 모든 공정에서는 작업자에게 취급 유해화학물질의 노출가능성이 존재한다.

(3) 노출경로

가) 유해물질의 발생

작업장에서 노출되는 유해화학물질은 물리적 성상에 따라 dust, fume, mist, gas, vapor 등으로 분류할 수 있다. 이 중 gas는 화학설비(탑, 통, 반응용기, 배관)와 고압가스용기에서 바이킹의 노화, 배관 용접불완전, 조작불량으로 누설되기도 하고 예기치 못한 화학반응에 의해 발생하기도 한다.

증기는 밀폐 되지 않은 용기나 설비에서 증발하거나 도장, 접착, 인쇄, 세정 등의 과정에서 유해화학물질이 대기 중으로 증발하여 작업자에게 노출될 수 있다.

노출되는 유해화학물질의 증기압이 높은 것일수록(비점이 낮은 것일수록) 증발속도가 빠르다. 추출용, 세정탈지용, 반응용 목적으로는 단일성분 용제를 사용하지만 도료, 인쇄잉크, 접착제 등은 혼합 용제를 사용한다.

혼합용제는 각 성분이 온도에 따라 증발속도가 다르기 때문에 공기 중 농도가 액체상 용제의 성분비율과 다를 수 있다. mist는 스프레이, 탈포, 교반 작업 시 발생한다.

나) 호흡기 폭로

공기 중에 분산되어 있는 유해물질은 호흡기의 폐포를 통하여 체내에 침투하게 된다. 폐포는 약 3억 개 정도이고, 이들의 총 표면적이 약 70m² 정도인데, 이곳에 분포되어 있는 약 120ml의 혈액에서 산소와 이산화탄소가 가스교환작용을 하게 된다.

유해물질은 가스교환작용을 하는 동안에 혈액에 침투하여 각 표적장기로 이동하여 전신 독성을 일으킨다.

입자성 물질은 크기에 따라 호흡기관의 침투부위가 달라지는데, 폐포에 도달하여 영향을 주는 입자의 크기는 0.5~5.0 μ m 범위이다. 그러나 이들은 폐포에서 대식세포에 의하여 분해된 후에 임파관을 통하여 폐문임파선으로 운반되어 제거된다. 그리고 이들보다 작은 입자는 폐포에 침투할 수 있지만 호흡 시 배기되는 공기와 함께

배출되어 제거된다.

다) 피부 노출

직접적인 유해물질과의 접촉을 포함하여 피부는 공기 중의 화학물질들과 접촉하고 있는 부위로서, 공기 중의 화학물질이 침투하는 것을 표피의 케라틴층과 각질층이 보호하고 있다.

그러나 피부에 형성된 모낭이나 땀샘, 피부의 상태, 그리고 화학물질의 종류에 따라 피부를 통하여 화학물질이 체내로 쉽게 침투될 수 있기 때문에 유해물질의 흡수에서 중요한 흡수경로이다.

일반적으로 사람의 피부면적은 약 1.9m^2 이고, 피부를 통하여 일어나는 호흡작용은 전 호흡량의 약 15%를 차지한다.

라) 소화기 폭로

소화기관은 화학물질이 체내로 들어갈 수 있는 중요한 경로이다. 화학물질이 음식물에 포함되거나 첨가되어 위장관에서 흡수되고, 호흡기로 들어간 유해물질이 가래에 섞여 소화기관을 통해 체내로 흡수될 수 있다. 유해물질은 우발적 폭로와 고의적 섭취에 의하여 노출될 수도 있다.

다. 유해물질에 의한 동물 및 인체에 있어서의 급·만성 건강 영향 검토

(1) 동물에 있어서의 영향

<표 1-1> 노출 기간에 따른 독성시험의 구분

구분	노출기간	통상노출
급성 (acute)	24시간 이내	1회 노출
아급성 (subacute)	1개월 이내	
아만성 (subchronic)	1-3개월	몇 주 - 몇 개월
만성 (chronic)	3개월 이상	수개월 - 수년간 노출

가) 급성독성

급성독성 시험(Acute Toxicity Test)이란 대상물질을 실험동물에 1회 또는 24시간 이내에 수회 투여 하였을 때 나타나는 독성증상을 뜻하며, 통상적으로 검체투여 후 14일 동안을 관찰기간으로 한다. 일반적으로 독성의 정도는 LD₅₀(50% lethal dose)으로 표현한다.

이는 대상물질을 실험동물에 투여하였을 때의 실험동물의 1/2(50%)이 죽는 투여량 또는 투여 농도를 통계적 방법으로 계산 한 것을 말한다. 즉, 급성독성시험의 목적은 1회 투여에 의한 LD₅₀값의 측정과, 급성독성증상을 관찰하는 것이다.

급성독성시험의 의미는 아급성 혹은 만성시험 에 대한 용량수준(dose level)을 선택 하고 실험 설계하는데 정보를 제공한다. 급성독성시험은 투여경로에 따라 경구(입을 통하여 몸 속으로 들어가는 것)독성, 피부독성, 흡입독성 등의 시험이 있고, 발생시기에 따른 태아폭로, 신생아기 폭로에 따른 독성시험이 있다.

급성경구독성시험은 경구로 단기간 노출될 때 나타날 가능성이 있는 건강장애에 대한 정보와 화학물질의 분류와 표시의 기초 자료를 제공하며 아급성 또는 타 연구에서의 용량결정을 위한 예비시험단계로서 화학물질의 독성발현 형태에 대한 최초의 정보를 제공하는데 그 목적이 있다. 주로 설치류에 대하여 규정하였으나 비설치류에도 적용되는데 시험물질을 1회 또는 24시간 내에 수회 경구투여시 짧은 시간 내에 나타나는 악영향을 살펴보는 것으로 LD₅₀은 경구로 1회 투여 시 시험동물의

50%를 치사시킬 수 있는 시험물질의 용량을 나타낸다.

급성경피독성시험은 경피로 단기간의 노출에 의해 일어날 가능성이 있는 건강장애에 관한 정보를 제공하며 아급성 및 기타 독성시험의 용량을 결정하고 또한 경피 흡수 및 경피경로에 의한 독성작용기전에 대한 정보를 제공하는데 그 목적이 있다.

급성흡입독성시험은 흡입경로로 흡입 가능한 물질(가스체, 휘발성 물질 또는 입자상물질)의 단기간(24시간 이내)에 1회 흡입 노출시켰을 때 나타날 수 있는 건강장애를 평가하는데 그 목적이 있다. 이 시험 방법으로 얻은 성적은 시험 물질의 분류와 표시를 위한 기초 자료로 이용되고 아급성과 기타 독성을 행하는 경우 용량을 설정하는데 이용될 수 있다.

LC₅₀은 시험물질에 노출 후 일정시간 또는 노출 중에 시험동물의 반수를 사망시킬 수 있는 물질의 농도로서, 공기의 표준부피당 시험물질의 무게(mg/ml) 또는 ppm으로 표시한다.

나) 아급성독성 (아만성독성)

이 시험법은 포유동물에 시험물질을 1~3개월 동안 매일 반복 투여했을 때 나타나는 생체의 기능 및 형태의 변화를 관찰함으로써 시험물질의 독성을 측정하는데 목적이 있다.

무영향 농도는 시험물질이 투여되었을 때 악영향을 나타내지 않는 최대농도를 말하며, 축적독성이란 시험물질을 지속적으로 투여함으로써 특정 장기에 시험물질 또는 그 대사체의 농도가 증가함으로써 나타나는 악영향을 말한다. 동물은 원칙상 5 또는 6주령의 랫트를 암수 5마리 이상씩 사용한다.

몇 가지 용량의 시험물질을 1~3개월 동안 경구로 투여하여 독성징후를 매일 관찰하고 시험기간 중 죽은 동물 및 끝까지 살아남은 동물을 부검하여 병리조직학적, 임상적 검사를 실시한다. 실제 시험물질 취급량은 동물의 섭이량 또는 섭취량과 시험물질의 농도로부터 산출한다.

또, 강제경구투여의 경우는 체중 kg당 1g의 용량으로 하고 사료 또는 음료수에 첨가하여 투여하는 경우는 사료 또는 음료수로부터 섭취되는 시험물질의 양이 체중 kg당 1g에 상당하는 용량으로 하는데, 랫트의 경우 체중 1kg당 1g의 용량에 상당하는 사료 또는 음료수중의 농도는 투여기간 등에 따라 변하는 경우도 있으나 어떤 경우에도 5%를 기준으로 하기도 한다.

사망률, 체중, 섭이량 및 섭취량(시험물질을 음료수에 첨가한 경우, 혈액, 뇨, 병리학적 검사를 실시하여 변화를 관찰하도록 한다.

다) 만성독성

만성독성 시험(Chronic Toxicity Test)은 장기독성 시험(Long-Term Toxicity Test)이라고 하며 이는 실험동물의 거의 일생동안에 걸쳐 시험물질을 투여하여 나타나는 독성을 시험 하는 것이다.

시험의 목적은 장기간 투여이후 최대무작용농도(NOEL)를 검출하여 시험물질의 안전성에 대한 최종 평가 및 폭로의 안전수준(safe level)을 결정하는 것이다.

일반적으로 만성 독성시험은 대상물질을 최소한 1년 이상의 기간동안 매일 투여하면서 시험한다. 만성독성 시험은 대상물질에 대한 폭로수준과 독성 을 나타낼 수 있는 수준간의 적절한 안전한계를 알아내기 위하여 또 구조 적, 기능적으로 미치는 영향의 변화를 정의하기 위하여 치사율, 체중변화, 혈액검사 및 임상적 변화를 보아야 한다.

라) 변이원성

변이원성(Mutagenicity)은 돌연변이원성 또는 유전자독성 (Genotoxicity)이라고 하며 화학적 물질적 요인에 의해 생물체의 세포내 유전물질인 DNA를 손상시켜 발생하는 변화를 의미한다.

개체의 유전적 구조의 변화는 특히 유전형 변화 (Genotype Change)로 나타날 수 있으며, 이러한 기능적 변화는 급속한 세포분열 및 미분화된 형태의 세포복귀에 따라 암과 같은 질병의 상태로 이어지게 된다.

체세포에서의 돌연변이는 암 발생면에서도 중요하지만 그 개체에만 영향을 준다. 그러나 생식세포에서의 돌연변이는 그 잠재성이 다음 세대에도 영향을 주기 때문에 좀더 심각한 결과를 나타낸다.

유전독성시험(복귀돌연변이시험, 염색체이상시험, 소핵시험)은 시험물질의 유전독성 및 발암원성을 예측하는데 그 목적이 있다.

- 복귀돌연변이성: 히스티딘을 필요로 하는 박테리아가 히스티딘이 필요 없는 종으로 변화되는 유전자 변화
- 염색체이상: 포유류 배양세포를 이용한 염색체의 구조나 숫자 변화
 - 세포분열 중기에 나타나는 염색체의 구조적인 손상 및 수적 이상을 말한다.
 - 세포주기 초기에 화학물질 등에 의한 DNA의 손상이 세포분열 중기의 염색체에 표현되는 현상이며, 수적 이상으로서는 1)배수성(polyploidy) 2)이수성(aneuploidy)이 있고, 구조적 이상으로서는 1) 결실(deletion) 2) 중복(duplication) 3) 동완염색체(isochromosome) 4) 전좌(translocation) 5) 삽입(insertion) 6) 역위(inversion) 등이 있다.

- 소핵: 세포분의 말기상태에서 염색체의 조각들로 구성된 작은 입자들
- 자매염색분체교환 (Sister-Chromatid Exchange)
 - 자매염색분체교환 현상은 그 생성기전은 분명치 않으나 DNA에 생긴 손상에 의하여 DNA 복제 시 생성되거나 또는 복제 후 손상의 수복과정에서 생긴다고 추정하고 있다.
 - 세포분열 중기염색체에서 2개의 염색분체 간에 일어나는 교환 현상을 말하며 세포 배양 시에 차광 하에서 염기 유사체인 2-bromodeoxyuridine (BrdU)을 도입시키고 염색체 표본제작 후 특수염색을 하면 관찰할 수 있다.

① 세균을 이용하는 복귀돌연변이시험

시험균주로 *Salmonella typhimurium*(TA 1535, TA 1537, TA 98, TA 100) 및 *Escherichia coli* (WP 2 uvr A)를 이용하여 박테리아를 시험물질에 노출시키고 최소배지에 이식한 후 적정기간 동안 배양하고 형성된 콜로니수를 대조군과 비교한다. preincubation 법, plate 법 어느 것으로라도 실시할 수 있고 동시에 적절한 대사활성화제(랫트, 9,000g 상등액 등)를 첨가한 조건에 있어서도 동일한 시험을 실시한다.

음성대조로서 원칙적으로 용매를 이용하고 양성대조로서 적절한 기지의 변이원성 물질을 이용하여 복귀 돌연변이 콜로니의 수가 음성대조에 비하여 명확히 2배 이상 이면서, 용량의존성을 가지며, 그 작용에 재현성이 인정될 경우 양성으로 판정한다.

*세균을 이용하는 복귀 돌연변이 시험용의 양성대조 예

a. 직접법의 경우

Salmonella typhimurium

TA 1535 : ENNG, 나트륨 아지드

TA 1537 : ICR-191, 9-아미노 아크리딘

TA 98 : AF-2, 4NQO, 2-Nitrofluorene

TA 100 : AF-2, ENNG, 4NQR, 나트륨 아지드, MMS

Escherichia coli

WP 2 UvrA : AF-2, ENNG, 4NQO

b. 대사활성화법(S9법)의 경우

Salmonella typhimurium

TA 1535 : 2-AA

TA 1537 : 2-AA, B(a)P

TA 98 : 2-AA, B(a)P

TA 100 : 2-AA, B(a)P

Escherichia coli

WP 2 *uvrA* : 2-AA

② 포유류 배양세포를 이용하는 염색체 이상시험

초대 또는 계대배양세포 가운데에서 1종을 선택하는데 일반적으로 Chinese hamster-섬유모세포주(CHL 혹은 CHO 등)를 주로 이용하여 포유류 배양세포를 시험물질에 노출시킨 다음 콜히친이나 콜세미드로 처리하여 세포분열의 중기상태로 만들어 염색체 이상을 관찰한다.

염색체 이상을 가진 세포의 출현율이 음성대조에 비하여 확실히 증가하고 또, 그 작용에 재현성을 가지며 용량 의존성이 인정될 때에는 양성으로 판정한다.

포유류 배양세포를 이용하는 염색체 이상 시험용의 양성대조 예로서는 직접법인 경우 MMC, MMS, Ethylnitrosourea, EMS, 4-NQO 등이 있고, 대사활성화법(S9법)인 경우에는 B(a)P, CP 등이 사용된다.

③ 설치류를 이용하는 소핵시험

마우스 등의 설치류 가운데에서 1종을 선택하는데 각 용량 당 6마리 이상의 수컷을 이용하여 시험물질을 복강 내(또는 경구)투여하여 시험물질에 노출시키고 골수를 채취하여 다염성 적혈구(polychromatic erythrocyte)의 소핵을 현미경으로 관찰한다.

골수세포의 경우는 소핵을 가지는 다염성 적혈구의 출현빈도, 그리고 다염성 및 정염성 적혈구(normochromatic erythrocyte)수의 비율을 표시한다. 말초혈액의 경우는 소핵을 갖는 망상 적혈구의 type 별로 표시한다.

다염성 적혈구 중의 소핵수가 용량에 비해 증가하거나 type III까지의 소핵을 갖는 망상 적혈구수의 증가가 통계적으로 유의성이 있을 때 또는 적어도 1개 이상의 용량군에서 통계적으로 유의한 재현성이 관찰될 때 양성으로 판정한다.

설치류를 이용하는 소핵시험용의 양성대조물질로는 Mitomycin C (MMC), Cyclophosphamide(CP), Ethylmethanesulfonate, Ethylnitrosourea, Triethylenemelamine이 있다.

④ 유전독성 혹은 암원성을 예측하는 단기시험법

a. 유전자 돌연변이 유발성을 지표로 하는 시험

- 1) 미생물을 이용하는 유전자 돌연변이 시험
- 2) 포유류 배양세포를 이용하는 유전자 돌연변이 시험
- 3) 곤충류를 이용하는 유전자 돌연변이 시험
- 4) 마우스를 이용하는 스폿트 시험
- 5) 마우스를 이용하는 특정좌위 시험

b. 염색체 이상 유발성을 지표로 하는 시험

- 1) 포유류 배양세포를 이용하는 염색체 이상 시험
- 2) 설치류의 골수세포를 이용하는 염색체 이상시험
- 3) 설치류를 이용하는 소핵시험
- 4) 설치류의 생식세포를 이용하는 염색체 이상시험
- 5) 설치류를 이용하는 우성치사시험
- 6) 마우스를 이용하는 상호전좌시험
- 7) 식물세포를 이용하는 염색체 이상시험

c. DNA 손상성을 지표로 하는 시험

- 1) 미생물을 이용하는 phage 유발시험
- 2) 미생물을 이용하는 DNA 수복시험
- 3) 포유류 세포를 이용하는 부정기 DNA합성(UDS)시험
- 4) 포유류 세포를 이용하는 자매염색분체 교환(SCE)시험

d. 기타 시험

- 1) 효모를 이용하는 유사분열 승환 및 유전자 교환시험
- 2) 마우스를 이용하는 정자형태 이상시험
- 3) 포유류 배양세포를 이용하는 형질전환시험

마) 생식독성: 수태능력시험, 최기형 시험 등

생식독성시험법에는 수태능력이나 최기형 등의 시험이 있다. 생식독성 시험은 교환기능, 난소주기, 교배능력, 수태능 등의 생식능 및 태자의 발병율, 사망률, 최기형 성과 같은 발생독성에 관한 일차적 정보를 얻는데 그 목적이 있다.

동물종은 랫트나 마우스 등 1종이상의 동물을 사용하는데, 최기형시험에 사용되는 동물종과 동일한 동물을 선택한다.

동물 종, 계통 또는 품종을 선택하는데 있어서는 수태능력, 자연발생기형의 발생 빈도, 기타 생식독성물질에 대한 감수성 등을 고려한다. 만성독성시험과 같은 동물종을 사용할 때는 계통까지도 같은 것으로 한다.

동물수는 랫트나 마우스 사용 시 처치군과 대조군에서 각각 20마리 정도의 임신 동물이 얻어질 수 있도록 암수를 준비한다. 동물의 암수에 시험물질을 수컷에게는 적어도 1회의 정자형성기간 동안 암컷에게는 2회 이상의 발정주기 동안 투여하고 암수를 교미시켜 임신기간 및 수유기 동안 계속 시험물질을 투여하여 시험물질의 생식능 및 후세대에 발생에 미치는 영향을 조사한다.

시험물질의 용량은 최대 무작용량을 알기 위하여 적어도 3단계 용량의 시험군을 설정한다. 최고용량은 양친동물(P)에 섭이량의 저하나 체중증가 억제 등 약간의 독성징후를 나타내지만, 10% 이상의 사망율은 나타나지 않는 양으로 한다.

최저용량은 생식능 및 후세대의 발생에 독성영향을 나타내지 않는 양으로 하여 관찰할 사항은 P(어미)의 경우 일반상태 및 사망의 유무를 관찰하고, 체중 및 섭이량(필요에 따라 섭취량)을 측정하고, 시험물질 섭취량을 산출한다.

P의 수컷에 대해서는 교미율 및 수태율을 산출한다. 또 P의 암컷에 대해서는 분만의 이상 유무를 검색하고 출산율을 산출한다. F1 이유 시에 어미는 부검하고, 내부기관을 관찰한다.

F의 수컷, 그리고 교미, 임신, 출산을 하지 않은 암컷은 적절한 시기에 도살하여 내부기관을 관찰한다. F1의 경우 갓 태어난 F1에 대해서는 출생 새끼 수, 생사확인, 성별, 체중 및 외관의 변화 등을 조사한다.

출생 후는 일반상태, 사망의 유무, 성장 및 형태와 기능의 발달을 관찰한다. 적어도 주 1회 체중을 측정한다. 적당한 시기마다 생존율을 산출하고 이유 시에 이유율을 산출한다. F2를 얻기 위한 교배용의 F1에 대해서는 P와 마찬가지로 검색을 하며, 나머지 F1은 이유 시에 부검한다.

F2에서는 F1과 동일한 방법으로 관찰을 하며, 원칙적으로 성 성숙기에 부검한다. 필요에 따라 조직학적 검사 또는 혈청생화학적 검사를 하여 최대 무작용량에 대해서 견해를 밝힌다. 이때 이유까지는 한배의 새끼들을 표본단위로 한다.

최기형성이란 태자 발생기동안 구조적으로나 기능적으로 영구적 이상을 초래하는 화학물질의 성질을 시험하는 것으로 시험물질을 태자의 기관형성기 상태에 있는 임신동물에 투여하고, 시험물질이 태자의 발생에 미치는 장애, 특히 최기형성을 밝히는데 목적이 있다.

동물종은 랫트 또는 마우스와 같은 설치류 및 토끼와 같은 비설치류로부터 각 1종 이상씩을 선택하는데, 동물종, 계통 및 품종의 선택은 생식능 및 차세대 시험에서와 같이 하고, 만성독성시험과 같은 동물종을 이용하는 경우에는 그 계통도 같이하도록 한다. 단 랫트, 마우스 또는 토끼 이외의 동물종을 이용할 때는 그 지침이 본시험의 목적에 알맞게 적당히 수정할 필요가 있다.

시험의 원리는 시험물질을 태자의 기관형성기에 투여한 후 분만 직전에 부검하여 임신성립여부, 황체 수, 착상 수를 조사하고, 내부기관을 육안적으로 관찰한다. 투여용량은 용량·반응 관계를 알고, 최대 무작용량을 측정하기 위하여, 원칙적으로 3단계 이상 용량의 시험군을 설정한다.

최고용량은 원칙적으로 모동물에 섭이량의 저하나 체중증가의 억제 등 약간의 독성 증상을 나타내지만 10%이상의 사망까지는 가지 않는 양으로 한다. 투여 가능한 최대량(1,000mg/kg을 한도로 한다)에 있어서도 어미동물에 독성증상이 나타나지 않는 경우는 그 양을 최고용량으로 한다.

최저용량은 태자의 발생에 독성영향이 나타나지 않는 양으로 하면서 별도로 용매만을 투여하는 대조군을 둔다. 약물의 투여기간은 태자의 기관형성기간동안 매일 투여하는데 보통 교미확인 된 날을 임신 0일로 했을 경우, 마우스와 랫트에서는 임신 6일부터 16일 까지, 토끼에서는 임신 6일에서 18일까지로 투여하여 모동물에서는 전시험기간 동안에 일반상태를 관찰하고, 체중 및 섭이량을 측정한다.

출산예정일의 바로 전날에 모두 부검하고, 임신성립여부, 황체 수, 착상수를 조사하고, 내부기관을 육안적으로 관찰한다. 태자에서는 태자의 생사를 판정하고, 사망새끼에 대해서는 사망시기를 추정한다.

살아있는 새끼에 대해서는 체중을 측정하고 성을 판정한다. 그리고 외형 및 내부기관의 육안적 검사와 1/3이상의 새끼에 대하여 골격검사를 한다.

바) 발암성

발암성이란 적정 경로를 통하여 노출 되었을 때 시험동물에 신생물을 유발시키는 화학물질의 성질을 검사하는 시험법으로서 시험물질을 동물의 전 생애에 걸쳐 연속 투여하고, 시험물질의 발암성의 유무를 밝히는데 목적이 있다. 실험에 이용되는 동물종 및 성별은 마우스, 랫트 등 2종이상의 암수를 이용한다.

일반적으로 자연 종양발생을, 화학물질에 대한 감수성 등 생물학적 특성이 잘 알려진 동물종이나 계통의 근교계나 그 1대 잡종을 이용한다.

이때 종양의 자연 발생율이 낮은 것을 이용하되 연령은 5~6 주령 정도로서 각 군마다 암수 각각 50마리 이상으로 하고 균등한 체중의 동물을 이용한다. 시험물질은 사료나 음료수에 첨가하여 시험물질의 농도를 5%(w/w) 이하로 하여 경구투여를 한다. 투여기간은 시험동물의 거의 전 생애에 걸쳐 투여하는데 마우스나 햄스터는 18개월 이상, 랫트는 24개월 이상 투여하나 마우스와 햄스터에서 18개월, 랫트에서 24개월이 됐을 때에 시험물질에 기인하는 종양성 병변이외의 원인에 의한 사망율이 50% 이내일 것이 필요하다.

관찰 및 측정사항은 일반적 관찰과 체중, 섭이량 및 섭수량, 식이효율 등을 관찰하고, 필요에 따라 전자현미경, 조직화학적 검사도 한다.

발암관계자료는 ACGIH, NTP 및 IARC가 제시하고 있는 결과를 이용한다. 발암물질로의 분류는 아직 한국에서는 시도되지도 못한 상태이다. 그러므로 미국의 OSHA(Occupational Safety & Health Agency: 산업안전보건청)와 ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists: 미국위생전문가협회), NTP(National Toxicology Program: 국립독성계획단) 그리고 IARC(International Agency for Research on Cancer: 국제발암연구소)가 제시하는 발암자료를 쓸 수밖에 없다.

대부분 화학물질 DB를 검색하게 되면 발암성 분류를 제공하고 있으므로 그걸 참조하여 사용할 수밖에 없다. 그러나 한국의 산업안전보건법에서도 미국 ACGIH의 발암물질 구분을 그대로 따르고 있으므로 이를 기재해 둔다. 따라서 국제기구에서 분류한 발암성 정도에 따라 화학물질의 발암물질 부류를 한다. 어떤 물질이 발암성이 있는지 평가하기 위해서는 동물실험 결과 및 사람을 대상으로 한 역학적인 연구 등을 종합하여 판단한다.

여러 권위 있는 기관들이 발암성이 있거나 의심되는 물질에 대하여 이런 연구결과들을 종합하여, 공식적으로 보고하고 있다. 세계적으로 알려진 기관들로는 세계보건기구(WHO)의 국제암연구기구(IARC: International Agency for Research on Cancer), 미국의 국립산업위생학회(ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists), 미국의 국립독성프로그램 (NTP: National Toxicology Program) 등이며, 이런 기관들은 정기적으로 물질의 발암성, 독성 등에 대한 자료를 보고하고 있다.

먼저 IARC는 물질을 4개의 군으로 구분하여 Group 1은 사람에게 발암성이 있는 물질(또는 혼합물질), Group 2는 2A, 2B로 나뉘지는데, 2A는 동물에서 발암성이 입

증되었으나 사람에게 발암성이 입증되지 않은 물질, 2B는 동물에서 발암성이 있는 것으로 추정되는 물질이며 사람에게 발암성이 있을 지도 모르는 물질이다. Group 3은 사람에게 발암성을 분류할 수 없는 물질, Group 4는 사람에게 발암성이 없는 물질이다. IARC는 사람에게 발암성이 있는 물질(Group 1)은 75종을 보고하고 있는데, 만성 B형 간염을 일으키는 바이러스, 음주 등이 여기에 속해있다.

사람에게 발암성이 있을 것 같은 물질(Group 2A)로는 자외선, 디젤엔진 배출물 등 59종을 보고하고 있다. 사람에게 발암성이 있을지도 모르는 물질(Group 2B)로는 유리섬유, 커피 등 227종을 보고하고 있다.

사람에게 발암성을 분류할 수 없는 물질(Group 3)로는 크롬 금속(chromium, metallic), 석탄 분진(coal dust), 차(tea)등 471종을 보고하고 있다. 사람에게 발암성이 없는 물질(Group 4)로는 카프로락탐(caprolactam) 한 물질만을 보고하고 있다.

ACGIH는 발암성물질을 5가지로 나뉘서, A1은 확실하게 사람에게 발암성이 확인된 물질 (confirmed human carcinogen), A2는 사람에게서 발암성이 의심되는 물질 (suspected human carcinogen), A3은 동물에게 발암성인 물질 (animal carcinogen), A4는 사람에게 발암성을 분류할 수 없는 물질, A5는 사람에게 발암성이 있다고 의심되지 않는 물질 등으로 구분한다.

확실하게 사람에게 발암성이 확인되는 물질(A1)로 분류하려면 역학적인 연구 결과나 임상적으로 확실한 증거가 있어야한다. 비소(arsenic), 석면(asbestos)등이 여기에 속한다.

사람에게 발암성이 의심되는 물질(A2)들은 동물실험에서 근로자들에게 노출되는 수준과 경로, 발암기전 등과 유사한 상황에서 발암이 증명되었지만, 역학적인 연구에서는 확인되지 않거나, 상반되는 결과를 보이는 경우이다. 카드뮴(cadmium), 석탄 분진(coal dust) 등이 여기에 속한다.

동물에서 발암성인 물질(A3)은 근로자들이 노출되는 경로 등과 무관하게, 또한 높은 농도에서 발암성이 확인된 물질이다. 이 물질들은 특별한 경우를 제외하고는 사람에게서 암을 일으키지 않는 물질들이다. 코발트(cobalt), 디디티(DDT), 승용차 휘발유(gasoline), 유리섬유(glass wool fibers) 등이 여기에 속한다.

사람에게 발암성을 분류할 수 없는 물질(A4)은 사람에게 발암성이 있을 가능성이 없는 것은 아니나 결론을 내리기에는 자료가 부족한 것을 말한다. carbon black, 술의 재료인 ethyl alcohol 등이 여기에 속한다.

사람에게 발암성이 의심되지 않는 물질(A5)은 충분한 관찰기간, 믿을만한 노출경력 등 타당한 역학적인 연구에서 발암성이 없는 것으로 나온 경우에 해당된다.

미국의 NTP에서는 사람의 발암성에 대한 구분을, 사람에 대한 발암성으로 알려

진 물질(known to be a human carcinogen)과 사람에 대한 발암성이 있을 수 있는 물질(reasonably anticipated to be a human carcinogen)로 나누었다.

첫 번째 경우인 사람에 대한 발암성이 알려진 물질이란 사람에 대한 연구에서 발암성에 대한 충분한 증거가 있는 것으로 그 물질에 대한 노출과 암 사이에 원인적 관계가 있는 경우다. 아플라톡신(aflatoxins), 라돈(radon)등이 여기에 속한다.

둘째 경우로 발암성이 있을 수 있는 물질은 세 가지로 나뉜다. (1) 사람에 대한 발암 연구는 제한된 증거만을 가지고 있어 인과관계에 대한 판단은 믿을 만하지만, 다른 가능성, 즉 우연, 바이어스, 혼란변수 등에 대하여 적절하게 배제하지 못한 경우이다. (2) 동물실험에서는 충분한 증거가 있어야하는데 악성 종양 또는 악성 종양과 양성종양이 증가한 증거가 여러 종에서 또한 여러 조직에서, 또는 여러 노출 경로에서 또는 일반 발생률, 발암 장소, 발생 연령 등이 비정상적인 정도를 보이는 경우이다. (3) 사람이나 동물실험에서 충분한 증거는 없지만 이미 발암물질로 잘 알려진 물질이나 발암성이 있을 수 있는 물질 등의 잘 알려진 구조와 유사한 구조를 가진 경우 또는 사람에서 암을 일으키는 기전을 가지고 있다고 믿을만한 정보가 있는 경우 등이다.

NTP가 발암성이 있을 수 있는 물질로 보고하고 있는 것은 유리섬유(glasswool), 여성호르몬인 프로게스테론(progesterone), 사카린(saccharine)등이다. 이들 기관의 발암성 기준과 해당 유해화학물질이 어떤 정도의 발암성이 있는 것으로 보고되고 있는지를 우선 조사하고자 한다.

사) 기타

시험물질을 동물의 전신에 노출하여 얻어진 결과와 독성시험의 용량 및 시간경과와의 관계를 평가하는 독성동태학에 관련된 문헌이나, 정맥, 정맥주위, 안구, 피부, 근육에 대한 자극성의 유무에 관련된 평가나 사람의 안전성에 관련이 있다고 생각되는 시험물질의 바람직하지 않는 약력학적 작용을 규명해 놓은 정보에 관해 살펴보고자 한다.

또한 외용제로서 쓰는 의약품에 첨가되는 화학물질들이 많으므로 의약품에 첨가되는 화학물질이 피부에서 접촉감작성의 위험도를 동물실험에서 예측한 자료들도 검색 하고자 한다.

라. 인체영향

(1) 인체내 작용기전

화학물질에 따른 흡수, 분포, 대사, 그리고 배설에 관한 기전을 살펴보고자 한다. 즉 화학물질이 생체에 대하여 작용하는 과정에는 여러방식이 존재하지만 생체 내에 흡수되고 작용부위에 운반되어 수용체와 결합함으로써 반응이 일어나기까지 영향을 미치는 인자는 다양하다.

크게 4가지로 분류하면, 생물학적, 화학적, 투여경로 그리고 유전적 인자로 분류할 수 있다. 이 중 생물학적 인자로서는 화학물질의 흡수와 이동, 생체 내 화학물질의 저류와 축적, 내성, 성, 연령 등이 영향을 미치며, 화학적으로 영향을 미치는 인자에는 비특이적/선택적 화학작용, 표적과 수용체, 화학물질의 이동에 영향을 미치는 지용성 및 이온화 정도, 생체변환기전, 합성 및 비합성기전 그리고 생체변환억제기전과 약물대사효소의 유도기전 등을 들 수 있다.

독성물질의 흡수는 이물질이 생체막을 통과하여 전신 순환계에 들어가는 과정을 말하며, 독성물질이 노출 부위에서 작용부위에 도달하기까지에는 많은 조직을 경유하게 된다.

투여경로에 따라 화학물질의 독성강도도 달라지게 된다. 환경화학물질의 체내침입은 흡입 및 국소적 경로 또는 경구섭취의 경우가 많으므로 어떤 물질이 다른 경로로 체내에 침입한 경우 그들의 독성발현을 비교하는 것은 그 물질의 흡수에 관한 정보를 얻음으로써 예방책을 강구할 수 있게 된다.

흡수된 화학물질 중에는 각 조직에 균등하게 분포하는 물질도 있지만 특정의 조직 및 기관에 높은 농도로 분포하는 것도 있는데 지용성이 높은 독성물질은 지방조직에 축적되기 쉽다. 따라서 독성물질의 체내분포는 독성물질의 성질에 따라 달라질 수 있고 질환유발과도 관련이 있다.

대부분의 이물질 대사에는 산화, 환원 및 가수분해가 일어나며, 수산기, 아미노기, 티올기 또는 카르복시산 등이 표출 혹은 도입되어 수용성이 조금 증가하는 “제1상 반응”과 글리코사이드 포합, 황산포합, 아세틸화, 메틸화, 글루타치온 포합, 아미드 포합 등이 일어나고, 이들의 반응에 의하여 수용성이 증가한 물질들이 체외로 배출되기 쉬운 상태가 되는 “제 2상 반응”이 있다.

따라서 이물질의 체내동태에는 제1상과 제 2상의 연대반응, 그리고 수송체에 의한 신속한 이행이 매우 중요하며 어느 과정에 문제가 발생하면 약물에 의한 생체내 기능 손상과 결부된다.

흡수된 독성물질의 변화되지 않은 상태 또는 대사물로 되어 체외로 배출된다. 일

반적으로 폐를 제외한 경로에서는 극성물질이 지용성보다 효율적으로 배설되며, 배설경로로는 요, 담즙, 변, 호기, 땀, 손 그리고 유즙 등이 있다. 따라서 화학물질의 이런 4가지 과정을 통한 작용기전을 살펴보고자 한다.

(2) 단기노출시 인체 유해성

독성물질이 생체에 유해한 작용을 나타내기 위해서는 독성을 나타내기에 충분한 양의 물질이나 그 대사물이 생체의 특정부위 분포 및 독성 발현까지의 시간을 필요로 한다.

독성물질의 노출경로에는 일반적으로 경구(소화관), 폐와 호흡기계(흡입), 경피(국소)나 기타 비경구(소화관 외) 경로가 있다. 또한 독성물질의 독작용의 발현에 영향을 주는 조건으로는 노출기간, 노출빈도 및 노출량을 들 수 있다.

즉 노출기간이나 노출방법에 따라 인체에 미치는 영향은 달라질 수 있다. 따라서 단기노출시 인체에 미치는 영향을 살펴보고자 한다.

(3) 장기노출시 인체 유해성

약독물의 1회 섭취로부터 독성발현까지의 기간이 지연되는 것으로 일정한 잠복기간을 거쳐서 독성이 나타나는 것을 지연독성이라고 한다.

어떤 화학물질의 독성발현은 그 물질 혹은 유사물질에 연속적으로 노출되면 반응성이 감소한다. 또한 의약품을 비롯하여 중추신경계에 작용하는 물질은 계속 노출되고 있는 경우에는 반응성이 저하되어 내성이 생길 수 있다.

따라서 유해화학물질을 장기간 흡입 하거나 섭취했을 때 또는 노출되었을 때 인체에 미치는 영향에 관하여 살펴보고자 한다.

(4) 인체 표적장기독성

유해화학물질이 생체 내에 축적되어 야기되는 독성으로서 “축적작용”이 있다. 이는 임계농도나 표적장기와 관련되는데 임계농도는 독성물질이 축적하여 특정한 독성이 발현하기 시작하는 농도이나 독성물질을 축적하고 있는 장기가 반드시 표적장기는 아니다. 한 예로 납은 뼈에 축적이 되지만 독성은 연조직의 장애를 일으키고, DDT는 지방조직에 축적되지만 그 곳에서의 독성은 나타나지 않는다.

따라서 화학물질에 따라 표적장기가 달라질 수 있고, 그 장기에 따라 나타나는 작용도 달라질 수 있다. 그러므로 흡입 또는 섭취 시 인체의 간, 폐, 신장, 혈액 등에 대한 영향을 살펴보고자 한다.

(5) 인체 발암성

유해화학물질의 독성은 동물 종, 계통, 성에 따라 다르고 사람의 경우 인종이나 개체에 따라서도 다르다. 이것은 주로 화학물질의 생체 내 대사의 차이에 근거한다고 알려져 있다.

예를 들면 2-acetylaminofluorene은 많은 동물 종에 암을 유발하지만, 기니아픽에서는 암을 유발시키는 대사계에 결손이 있어 발암작용이 나타나지 않는다. 또한 실험동물(설치류)에 있어서 약물장기투여로 볼 수 있는 갑상선호르몬과 thyroxine의 대사촉진에 근거하는 갑상선종양은 사람이나 그 밖의 동물종에서는 발생가능성이 없다고 생각된다.

따라서 국립암연구학회 (IARC) 등에서 연구한 인체에 대한 발암성 정보를 검토하고자 한다.

(6) 사람에 대한 국내외 재해사례: 국내외에서 발생한 직업병 등의 재해 사례

여러 화학물질의 제조과정에서 다양한 오염물질에 노출되어 작업장 근로자의 건강을 위협할 수 있을 뿐만 아니라, 공정과정에서 발생하는 사고는 근로자는 물론 주민들의 건강을 위협하고, 주변 환경의 파괴를 초래할 수 있다.

화학물질을 이용하여 생산된 일부 제품은 소비과정에서 유해물질이 누출되는 안전성 문제도 야기할 수 있다. 또한 사용된 화학물질이나 화학제품을 폐기하는 과정에서도 다양한 문제가 발생하기도 한다.

따라서 이러한 유해화학물질에 노출되어 발생한 재해사례를 살펴봄으로서 환경 및 인체에 대한 예방대책을 수립할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 유해한 화학물질이 환경 및 인체에 누출되지 않도록 하는 규제 등을 마련하기 위한 기반도 제공할 것으로 판단된다. 따라서 국내외에서 발생한 직업병 등의 사례를 검토해 보고자 한다.

마. 각국의 노출기준 요약 및 해설

<표 1-2> 각국의 노출기준 설정근거

국가 /기관	노출기준	재정	노출기준	설정근거/문헌
OSHA	PEL (Permissible Exposure Limits)	1968년 TLV, ANSI 바탕으로 정해짐	PEL Action Ceiling STEL Excursion Limit	· 인간과 동물 연구를 포함한 과학문헌, · 다른 나라의 노출 기준 · 다른 단체의 정보 (NIOSH, IARC, ACGIH)
ACGIH	TLV (Threshold Limit Values)	1946년에 ACGIH 위원회의 첫 TLV 권고	TWA STEL TLV-C BEIs	· 진폐증 · 혼수 · 눈, 코, 목, 기관지의 자극 · 알러지 영향 · 생식 영향 · 신경독성 영향 · 발암 영향 · 불쾌한 영향
NIOSH	REL (Recommended Exposure Limits)	1970년 OSHA법 (29 USC 1900)과 MSHA법 (30 USC 80)에 의해 REL을 개발	TWA STEL IDLH	· 문헌 검색 · OSHA, NIOSH, EPA등에 제출된 여러 출처의 정보를 재조명 · 모은 정보를 집중 재조명 · 양-반응 평가 및 합성
일본	OELs (Occupational Exposure Limits)	1961년 The Japan Association of Industrial Health (Association)	TWA STEL	· 협회 내에서는 허용가능 한계에 대한 위원회는 정보를 평가하고 노출 허용 한계를 제시한다.
독일	MAK (Maximum Concentration Values)	1965년 German Research Institute (commission)	MAK BAT TRK	· Occupational Toxicants and Industrial Health · Toxicological Justification of BAT value
스웨덴	OEL (Occupational Exposure Limits)	Board of Occupational Safety and Health	TWA STEL	· 상호작용 효과 · 작업 부하 · 발암물질 · 감작물질 · 피부를 통한 흡수 · 생식방해물질 · 다른 생물학적인 효과
영국	OEL (Occupational Exposure Limits)	1979년 HSE 설립 1988 COSHH 설정	OESs MELs	· Code of Practice for COSHH Guidance Note EH40
프랑스	OEL (Occupational Exposure Limits)	1982년 Comité Scientifique pour la Surveillance des Atmosphère de Travail	VME (TWA) VLE (STEL)	· Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. INRS 2005.

유해물질에 의한 장애의 정도는 각 개인의 감수성과 관계가 있으나, 물질의 농도와 폭로 시간에 의해 크게 좌우되므로 작업환경 속에서 유해물질에 폭로되면서 오랜 시간 계속 작업하여서도 직접 중독되거나 또는 간접적으로 건강의 장애를 일으키는 일이 없는 최고 농도를 그 유해물질의 허용농도라고 한다.

허용농도의 설정은 산업장에서의 경험이나 인간 및 동물에 대한 실험적 연구의 결과에 근거를 두고 있으나, 위에서 말한 정의대로 정확한 수치를 결정하기란 오늘날의 과학적 역량으로는 어려운 일이다. 허용 농도는 각국마다 차이가 있고 그 값은 산업의 발달, 작업환경의 개선과 더불어 점차 내려가고 있다.

유해물질의 허용 농도는 작업장의 환경관리를 위하여 설정된 것으로서, 그 값의 근소한 차이가 유해성 여부를 결정하는 절대적인 기준이 될 수 없을 뿐 아니라, 더욱이 생체의 중독을 진단하는 기준이 될 수는 없다.

현재 널리 쓰이고 있는 허용기준은 ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienist)의 TLV (Threshold Limit Value)로 우리나라는 제정 시 ACGIH의 기준을 반영하고 있다. ACGIH의 허용기준에는 다음과 같은 것이 있다.

- 시간가중 평균치 허용농도(threshold limit-time weighted average: TLV-TWA)
시간가중 평균치 허용농도는 하루 평균 8시간, 1주에 40시간 반복하여 폭로될 경우에 작업자의 건강에 아무런 영향을 미치지 않는 유해물질의 평균 농도의 상한치를 말한다.
- 단시간 폭로의 허용 농도(threshold limit value-short term exposure limit: TLV-STEL)
단시간 폭로의 허용 농도는 근로자가 하루 종일 작업하는 동안 계속하여 15분간 폭로될 수 있는 최대허용치를 말한다. 이 경우에 폭로는 15분을 넘지 않아야 하고, 폭로와 다음 폭로 사이는 적어도 60분이 경과해야 하며, 하루 총 4회를 초과하여 폭로되어서는 안 된다.
- 최고치 허용 농도(threshold limit value-ceiling : TLV-C)
최고치 허용 농도란 하루 작업하는 동안 어느 때이고 잠시라도 넘어서는 안 되는 최대 허용 농도를 말한다.

● 생물학적 허용한계치(biological exposure indices: BEI)

생물학적 허용한계치란 작업장의 공기 중 허용 농도에 의존하는 것 이외에 근로자의 폭로 상태를 측정하는 방법으로 근로자들의 조직과 체액 또는 호기를 검사해서 건강 장애를 일으키는 일없이 폭로될 수 있는 양으로 규정한 것을 말한다.

● 혼합물질의 허용농도

어떤 작업이나 공정에서 여러 가지 먼지나 흙, 증기, 가스 등을 발산할 때 한 가지 물질의 측정으로 그 장애를 평가하려고 의도하는 일이 가끔 있다.

이러한 경우 그 허용한계는 일반적으로 존재한다고 생각하는 유해물의 수, 독성 및 비율들을 고려한 적절한 인자들에 의해서 낮추어 주어야 한다.

두 가지 이상의 유해물로 혼재되는 전형적인 공정의 예를 들면, 용접 작업, 자동차 수리, 페인팅, 락카칠, 주물 작업, 디젤배기 등이다.

두 개 이상의 유해물질이 공존하여 건강에 미치는 작용은 독립 작용, 상가 작용, 상승 작용, 길항 작용 등으로 나타나지만 현재 독립 작용과 상가 작용에 대한 허용기준만이 설정되어 있다.

허용농도 기준을 사용할 때에는 다음과 같은 몇 가지 사항을 유의하여야 한다. 각 유해요인의 허용 농도 기준은 당해 유해요인이 단독으로 존재하는 경우의 허용 농도를 말하며, 2종 또는 그 이상의 유해요인이 혼재하는 경우에는 각 유해요인의 상가 작용 등으로 유해성이 증가할 수 있다.

허용 농도 기준은 1일 8시간 작업을 기준으로 하여 제정된 것이므로 이를 이용할 때에는 근로 시간을 고려하여야 하고, 이 밖에 작업의 강도, 온열조건, 이상기압 등이 허용 농도 적용에 영향을 미칠 수 있으므로 이와 같은 제반요인에 대한 특별한 고려를 하여야 한다.

유해요인에 대한 감수성은 개인에 따라 차이가 있으며, 허용 농도 이하의 작업환경에서도 직업성 질병에 이환되는 경우가 있으므로, 허용 농도를 직업병 진단에 사용하거나 허용 농도 이하의 작업환경이라는 이유만으로 직업성 질병의 이환을 부정하는 근거 또는 반증자료로 사용할 수 없다.

허용 농도 기준을 대기오염의 평가 또는 관리상의 지표로 사용할 수 없다.

다음은 미국의 OSHA, ACGIH와 NIOSH의 화학물질에 대한 노출기준과 노출기준을 결정 방법에 대해서 AIHA (American Industrial Hygiene Association)에서 정리한 내용이다(AIHA, 1996).

(1) OSHA : PEL(Permissible Exposure Limits)

가) 서론

1970년 노동자들이 일하는 기간 동안 안전하고 건강한 작업환경을 제공하기 위한 취지로 OSHA법이 만들어졌다. 이 목표를 달성하기 위한 방법으로 건강과 안전 기준을 제정하였다.

이러한 결의 후 처음 2년 동안 OSHA의 기본토대를 이루었다. 이 기준은 국내여론의 지지를 이끌었고 연방정부의 기준을 확립하였다.

결국 ACGIH TLV추천기준을 토대로 하여 OSHA가 1971년 세워졌으며 현재 미국립 표준협회라 불리는 단체의 추천기준을 세웠다. OSHA의 기준은 허용 가능한 노출범위에 대한 언급을 하고 있다.

국회에서는 6개영역에 포함된 특별과정을 포함하여 더하고 제하고 변형한 후 제정하였다.

1988년 OSHA는 24개 물질에 대한 기준과 3개의 일반적인 기준을 제정했다(암 정책, 물질노출과 의학적 기록에 대한 피고용자의 접근, 위해에 대한 기준).

1988년 OSHA는 400개 이상의 물질에 대한 법률제정을 요구했으나 최근 20년간 겨우 24개 물질에 대해 산출 해내는데 그쳤다. 최종 법률은 1989년 OSHA의 감독 하에서 확립되었다. OSHA법의 6항의 요구에 따라 OSHA는 법적으로 직업상 안전과 건강기준을 세워왔다. 그러므로 이러한 과정에 따라 1989년 법으로 정해지게 되었다.

나) 물질 선정 기준과 우선순위

OSHA법의 6항에 따라 OSHA는 기존에 존재한 “연방에서 합의된 기준”을 토대로 연방정부의 기준을 정하였다. 그에 따라 OSHA는 ACGIH TLV에 기준을 둔 최초 기준을 공표했고 미국 표준 협회의 의견에 따라 더 제한된 기준을 마련했다.

OSHA에 도움을 주기위해 자문위원회가 필요성을 언급했다. 그러나 결의와 결정들 통해 상황에 따른 한계량을 정해놓았고, OSHA는 이 기준은 건강에 심각한 위험을 줄 수 있다고 말한다.

우선권은 1) 기준필요의 긴박성 2) DHHS의 추천에 기본을 둔다.

다) 과학적 근거

OSHA기준은 연구와 검증, 실험과 고용인의 보호, 최신의 데이터에 기본을 둔다. “고용인은 비록 규칙적으로 위험물질에 노출되더라도 노동기간동안 건강과 기능상 장애로 어려움을 겪어선 안 된다.

근거를 이루는 기준을 되돌아보면

- 인간과 동물 연구를 포함한 과학문헌
- 다른 나라의 노출 기준
- 다른 단체의 정보(NIOSH, IARC, ACGIH)

또한 OSHA는 대법원에서 다뤄진 경우를 토대로 양적인 위험을 측정한다. 이는 물질에 대한 다양한 노출농도를 기초로 하여 질병을 막고 목숨을 구할 수 있는 노동자의 수를 구별해낸다. OSHA는 법정요구에 대응하여 “건강한 노동환경의 이상적이고 적절한 요구량”을 측정했다.

OSHA는 2개의 기본원칙을 가진다. 하나는 PEL을 구성하는 6항, 두 번째는 PEL 뿐 아니라 노출량과 노출량 모니터링, 의학적인 감시, 환기기구, 보호구와 보호의의 필요를 말한다.

OSHA는 직업적 노출기준을 제정했다.

- PEL (Permissible Exposure Limits): 8시간 누적 노출 최대노출량
- 행동 수준(Action level): 안전 노출기준, 일반적으로 8시간 누적 노출량
- 최고한도(Ceiling Limit): 순간 최고 노출량
- 단기간 노출 한계(Short-Term Exposure Limit, STEL): 시간-가중된 15분 노출의 최고량
- 한계량(Excursion Limit): 특정시간 평균 노출 최고 한계

OSHA는 생물학적 노출량을 공표하지는 않았지만 생물학적 모니터링의 필요를 언급하고 생물학적 물질의 특정 한계를 겨냥한다.

라) 경제적인 요인

OSHA는 산업과 기준에 따른 경제적인 손실을 분석했다. 1981년 관련있는 집단들의 짐을 덜어주기 위해 경제적인 요인을 OSHA에서 고려했다.

예를 들면 1980년 연방정부 규제에 대한 융통성 있는 결의는 관심을 끌었다. 결국 OSHA의 경제적인 요인의 중요성의 평가는 소규모 사업장의 기준제정을 요구했다.

OSHA분석의 결과는 OSHA의 기준에 관한 문서 중 Regulatory Impact Analysis에 나타나있다.

마) 시행

OSHA 기준은 기술적인 실현가능성을 고려한다. 일단 기술적인 실현가능성이 확보되면 경제손실을 기술상 요구로 완충할 수 있다. 위에 나타나 있듯이 OSHA의 분석결과는 기준에 관한 문서 중 Regulatory Impact Analysis에 나타나있다.

바) 증거자료와 이론적 근거

OSHA법은 기준을 제정하고, 변형하거나 철회하는 이유를 Federal Register에 승인 받도록 하고 있다. 1992년 카드뮴기준을 예로 들 수 있다. OSHA의 문서에는 다음의 항목이 포함되어 있다.

- 서론
- 적절한 법적 직권
- 화학적인 구별, 생산, 사용
- 건강에 대한 영향
 - 대사, 비 악성 건강 효과
 - 돌연변이
 - 악성 건강효과
- 정량적 위험측정
- 위험도
- 조절 효과 분석
- 최종 결론 도출과 효과
- 최종기준

사) 실행

OSHA법은 다양한 실행 과정이 있다.

- 작업장 조사(workplace inspections)
- 위반 사항 적발(citations for violations)
- 벌금형을 포함한 시민법(civil penalties, including substantial fines)
- 법적인 벌칙(criminal penalties)

아) 제검토와 승인 과정

최근의 과정은 다음과 같다.

- OSHA 기준제정을 위한 정보를 수집하고 제안한다.(이 단계에서 사고나 새로운 건강 연구, 입법제정 등을 한다)

- 이 정보는 관리자문단에 보내져 다시 한번 더 확인 과정을 거친다.
- OSHA OMB의 중요 조절기준이 된다.
- 연방정부의 조절과정을 거쳐 조화과정을 거치게 된다.
- 연방정부에서 법률을 제정한다.
- 내부 방침의 조절에 대한 논평을 고려해야 한다.
- 공청회가 있어야한다.
- 연방정부가 목표로 하는 법이 제정되어야 한다.
- 관련 당사자는 서면으로 평가와 거부의를 제출할 수 있고, 대중 청문회를 개최한다.
- 논평과 결과에 대한 평가를 들어야한다.
- OSHA에서는 기준제정 또는 거부를 결정해야한다.
- 노동부는 기준의 최종 초안을 살펴보아야 한다.
- 최종 법안의 공표
- OSHA에 의해 탄원될 수 있어야 한다.
- 법안이 효과적이어야 한다.

OSHA는 위험에 노출된 노동자를 위한 긴급기준을 발표해야한다. OSHA는 또한 개인에서 회사까지를 포함해야 한다. 이 법은 관련된 정당들이 의회에 탄핵에 의해 기준의 타당성에 도전 받을 수 있을 수 있다.

자) 개선과정

기준은 위에서 언급되었듯이 정해진 과정을 통해서 수정되거나 철회될 수 있다.

차) 실행

기준은 일반적으로 90일 안에 효력을 가지거나 공표되고, 유예되지 않으면 법률로 발효된다.

카) 부가정보

법률 제정에 있어 OSHA는 직업노출한계의 안전수준을 포함한다.

OSHA에 따르면 안전수준은 건강에 해를 끼친다는 명백한 증거가 없는 기준이하의 사용가능한 정도를 말한다. OSHA는 명백한 근거를 가지고 위험정도를 정확히 나타내지 못한다.

OSHA의 안전수준은 모호하고 적용되지 않고 증거자료로 받아들이기에 부족하다. 사실상, 이러한 사실은 1989년 대기오염법(Air Contaminants rule)에서 지적된

적이 있다.

타) 참고문헌(AIHA, 1996)

A comparison of Occupational Safety and Health Programs in the United States and Mexico: An Overview. Washington, D.C.: Occupational Safety and Health Administration, 1992.

"Occupational Exposure to Cadmium. Final Rule," Federal Register 57:(14 September 1992).p.42-102.

"Air Contaminants. Final Rule," Federal Register 57:(19 January 1989).p.23-32. 29 CFR 1910(1991).

Occupational Safety and Health Act of 1970 (29 USC 651 et seq.).

AFL-CIL v. OSHA, 965 F.2d 962 (11th Cir. 1992). :United States Court of Appeals, Eleventh Circuit. July 7, 1992.

Executive Order 12291(1981).

(2) ACGIH : TLV(Threshold Limit Values)

가) 서론

1938년 설립된 ACGIH는 정부 기관과 학계에서 산업보건 전문가의 전문적인 공동체이다. 이 단체의 일반적인 목표는 "노동자를 위한 더욱 충분한 건강 서비스의 제공에 대하여 이러한 기관을 뒷받침 해 줄 정보, 자료, 기록들"의 수집과 보급에 특별한 목적을 가진 산업 위생의 진흥이다.

ACGIH 위원회는 1944년에 TLV위원회를 설립했다. TLV위원회는 1946년에 첫 TLV 권고를 ACGIH 위원회에 제출했고 그 때부터 매년 그렇게 시행해왔다. TLV 위원회는 20~25명의 의원과 고문으로 구성되어 있다(German MAK 위원회의 의원).

TLV위원회는 일반적으로 세 개의 소위원회가 있다.

- MISCO - 혼합유기 화합물
- D & I - 분진과 무기 물질
- HOC - 수소, 산소, 탄소 화합물

ACGIH는 1982년에 독립된 BEI위원회를 설립했고, 1984년에 BEI를 제안하기 시작했다. 첫 BEI는 정식으로 1986년에 채택되었다.

나) 과학적 근거

TLV는 산업장 경험, 인간 연구(역학, 고의적 노출, 우연한 노출) 그리고, 또는 실

험적 동물 연구, 및 노출 정도가 더 정확히 평가된 연구 중 가장 유용한 정보에 기초를 두어 정해진다. 노동자 노출을 포함한 역학 연구를 강조한다.

제정된 기준의 기초는 물질 별로 다양하고 다음을 포함하는 건강 영향의 범위를 포함하게 된다.

- 진폐증
- 혼수
- 눈, 코, 목, 기관지의 자극
- 알레르기 영향
- 생식 영향
- 신경독성 영향
- 발암 영향
- 불쾌한 영향

TLV는 “거의 모든 노동자들이 건강의 역효과 없이 매일 반복되어 노출되는 공기 중 물질 농도와 나타나는 상태”로 정의된다.

ACGIH에 의해 채택 또는 제안된 TLV의 세 분류가 있고, 게다가 초과 한계에 대한 명기된 접근법이 있다.

· 시간가중평균농도(TLV-TWA) : 이것은 “거의 모든 노동자들이 매일 반복적 노출되어도 역효과가 없는 1일 8시간, 1주 40시간의 정규 노동시간 가중평균농도”이다.

· 단시간 폭로 허용농도(TLV-STEL) : 이것은 “1) 견딜 수 없는 자극을 느끼거나, 2) 생체 조직에 만성적 또는 불가역적인 장해를 일으키거나, 3) 마취작용에 의해서 사고를 일으키기 쉽게 되거나, 자제심을 잃어버리거나, 작업능률이 현저히 저하하거나 하는 경우가 없고, TLV-TWA를 초과 하지 않는 것을 조건으로 하는 단시간 계속적인 노출 최고농도”이다. TLV-STEL은 독립적 노출 한계보다는 추가적인 것이다. 그것은 “비록 8시간의 TWA가 TLV-TWA이내일 지라도 작업일 동안 어떤 시간에서도 초과되어서는 안 되는 15분간의 TWA 노출”로 정의된다.

· 상한치(TLV-C): 이것은 “작업 노출의 어떤 순간동안에도 초과되어서는 안 되는 농도”이다.

· 초과한계: “노동자 노출 정도에서의 초과는 노동 기간 내 단지 총 30분 동안 TLV-TWA가 세 번 초과되거나, 어떤 일이 있더라도 결코 TLV-TWA를 다섯 번 초과해서는 안된다.” 초과한계는 STEL을 포함하지 않는 TLV-TWA에 적용된다.

게다가 다양한 TLV 분류에 대하여 ACGIH는 또한 “점막과 눈을 포함한 피부경로가 전체 노출에 대해 잠재적으로 중대한 기여를 할 때 이를 알아보도록하기 위해 “피부”경고표(skin notation) 한다. ACGIH는 또한 다음의 분류에 따라 채택된 TLV 물질의 발암성을 기록한다.

- A1-인간에서 발암물질로 확정됨(Confirmed Human Carcinogen)
- A2-인간에서 발암물질로 의심됨(Suspected Human Carcinogen)
- A3-동물에서 발암물질(Animal Carcinogen)
- A4-인간에서 발암물질로써 분류불가(Not Classifiable as a Human Carcinogen)
- A5-인간에서 발암물질로써 의심되지 않음(Not Suspected as a Human Carcinogen)

BEI는 “산업 위생의 잠재적 건강 위협을 평가하기 위한 지침을 제공하기 위해 의도된 참조 항목. BEI는 TLV 정도의 농도를 흡입한 노동자에서 생체지표에서 나타날 수 있는 농도를 반영한다. BEI는 주 5일 8시간 노출을 허용 한다”로써 정의된다.

BEI는 “흡수, 제거, 화학물질의 대사에 대한, 그리고 노출 강도와 노동자에서 생물학적 영향 사이의 상호관련에 대한 유용한 정보를 준다. BEI는 또한 노출 강도와 생물학적 수준 사이의 관계나 생물학적 수준과 건강 영향 사이의 관계에 기초하고 있다. 인간 자료와 현장조사는 그러한 연관성을 찾는 데 사용되어져 왔다. 동물 연구는 대개 BEI의 적절한 확립 자료로 제공되지 않는다. 그렇지만, BEI가 TLV노출과 관계가 있기 때문에, BEI는 간접적으로 TLV 확립에서 사용되는 용량-반응 동물 연구에 근거를 둔다.

다) 경제적인 요인

ACGIH의 TLV와 BEI 권고를 제정함에 있어 최초 목표는 경제적 요인이나 기술적 가능성보다는 건강 효과이다.

라) 시행

위에서 언급했듯이 ACGIH의 TLV와 BEI 권고를 제정함에 있어 최초 목표는 경제적 요인이나 기술적 가능성보다는 건강 효과이다.

마) 증거자료와 이론적 근거

근거자료상 각 화학물질은 먼저, TLV 소위원회에 의해 첫 초고와 그 이후 최종 형식이 준비되어졌다. 이것들은 ACGIH의 TLV와 BEI의 근거자료에 발표되어졌다

TLV 근거자료는 일반적으로 다음을 포함한다.

- 화학적 물리적 특성
- 직업적 노출의 주요사용 이나 근원
- 동물 연구
- 생식/발달 연구
- 유전독성 연구
- 약동학/대사 연구
- 인체연구
- TLV 권고
- 다른 권고
- 발암성 분류
- 다른 국가, 그리고
- 참조

BEI 근거자료는 일반적으로 다음을 포함한다.

- Section I - 공기중 화학물질에 대한 정보(물리적 비율, 흡착, 가능한 비직업적 노출, 제거, 대사경로, 현재 TLV, 그리고 정리)
- Section II (그리고 이하) - 각 결정자에 대한 정보(결정자는 화학적으로 권유된 화학물질 자체나 그것의 대사산물이나 특징적 가역적 생화학적 변화)에 대해 직업적 노출, 동역학, BEI 해석에 영향을 주는 요소, 정당과, 현재 유용한 정보와 권고를 제외한 방법, 추출건본과 보관, 상태

바) 실행

TLV와 BEI는 ACGIH에 의해 법적기준이 아니라 권고나 지침으로 제안된다. 그러나 ACGIH는 “확실한 개인이나 기관의 사정이 이러한 권고나 지침이 그들의 직업적 안전과 건강 프로그램에 추가로써 사용되어지기를 바라고 있다. 만약, 이 경우에서 TLV와 BEI의 사용이 노동자 보호에 전체적 향상을 기여할 것이라면 ACGIH는 이 기준들의 이용을 반대하지 않을 것이다. 그러나 이를 이용할 경우 이 기준의 목적과 책임, 제약과 제한을 인식하고 있어야만 한다.

ACGIH는 또한 그것이 “TLV나 BEI에 대한 변경요구”에 사용되는 것을 고려하지 않는다.

그것은 모두 ACHIG TLV 물질들이 자동적으로 OSHA hazard communication standard의 조항에서 위험한 것으로 규정되었다고 기록되어져야만 한다.

사) 재검토와 승인 과정

TLV에 대한 재검토와 승인과정의 단계는 다음과 같다. (BEI에 대한 재검토와 승인과정의 단계는 다음 설명되어지는 TLV와 비슷하므로 제외한다.)

- TLV 위원회 의원과 고문들은 고려할 화학물질을 지정한다.
 - TLV 위원회는 지정된 화학물질을 토론하고, 발전이나 재검토를 위해 그것들을 선택하고, 그것들을 적당한 소위원회에 할당한다.
 - 작용에 대해 고려되고 있는 물질 목록은 TLV booklet에 매년 발표한다. 이러한 물질들에 대한 정보, 자료, 그리고 설명(고려할 추가 물질의 제안과 마찬가지로)은 관계자로부터 권유되어진다.
 - TLV 소위원회는 정보를 모으고, 그들의 발견과 그들이 작용에 대한 제안을 바라는 물질에 대한 재검토와 토론을 하고 TLV제안을 준비하고 근거를 제공한다.
 - TLV 위원회는 NIC 목록에 새 항목 채택에 대한 투표를 하고, TLV booklet에 매년 발표한다. 승인되지 않은 제안된 TLV는 적절한 소위원회에 다시 위탁된다. BEI는 분리된 NIC 목록에 채택되고 역시 연간 TLV booklet에서 볼 수 있다.
 - 승인된 제안된 TLV는 최소 1년간 NIC 목록에 올려진다. 그동안, 관계자는 고려할 설명과 자료를 제출한다. TLV 자료는 각 물질별로 유용하다. BEI는 NIC 목록에 최소 2년간 남게 된다.
 - 매년, TLV 위원회는 ACGIH 위원회의 투표로 전해진 TLV를 제안하여 받은 정보에 기초를 두고 결정한다. 위원회는 1년 이상동안 NIC상의 물질을 보류하는 선거를 한다.
- 그들이 제안한 회의에 제출한 TLV는 매년 ACGIH BUSINESS Meeting에 회원투표에 보내진다. 추천된 의견은 TLV 서류와 매년 TLV booklet에 반영된다. 추천된 의견을 받아들여지지 않은 것은 TLV 협회에서 연구를 하도록 반출된다.

아) 실행

TLV 와 BEI는 ACGIH에 의해 반영되어 출판된 적이 있는데, 이것들의 사용은 개개인의 산업위생 전문가에게 책임이 있다. 매년 TLV소책자에서 도움을 주는 배경지식에 대한 자료와 물질, 그리고 많은 기술적 지식을 제공한다. ACGIH는 TLV가 개인적인 민감도의 다양함, 개인적인 습관과 공통 요소 때문에 어떤 직업인에게 완전한 보호가 되지 못한다고 한다.

이 기준들은 산업위생의 실용적인 활용에 있어서 제한적인데, 기타의 가능한 건강위해요소가 존재하고, 이 기준이 도움이 되지 않는 경우가 있다. 예. 공기 오염에 관한 사회의 평가나 조정; 추가 근무시간에 일하는 동안 계속적이고 방해없이 노출되는 독성물질의 평가 ; 육체적 조건이나 존재하는 질병에 관한 증명, 비 증명 ; 미국이나 다른 개발도상국에서의 물질과 과정에 관한 적응도 차이; 이러한 제한들은 독성물질에 대한 상대적인 기준이나 안전과 비 안전 농도에 대한 기준을 세우지 못하고 있다.

자) 참고문헌(AIHA, 1996)

- LIOY, P,J AND M. LIPPAMNN (EDS): Toxic air pollutant guidelines: review of recent progress and problems cincinnati, ohio: American Conference of Governmental Hygienist 1988
- 1992-1993 Threshold Limit Value (TLV) committee for chemical substance in the work environment, applied industrial hygiene 4(9);F-10(september 1989)
- Documentation of Threshold Limit Values and biological exposure indices, 6th ed. cincinnati, ohio American Conference of Governmental Industrial Hygienst, 1992.
- Thomas, V., I.k. Lowry, et al. : Developmental of biological exposure indices (beis). in annals of the American Conference of Governmental Industrial Hygienst, vol. 12,1985 pp 19-25
- Thomas, V: Development of biological exposure indices(BEIs) and their implementation. Applied Industrial Hygeine 2: 87-92(march 1987).

(3) NIOSH : REL(Recommended Exposure Limits)

가) 서론

1970년 OSHA법(29 USC 1900)과 MSHA법(30 USC 80)의 권위에 의해서 NIOSH가 RELs(Recommended Exposure Limits)을 개발하고 주기적으로 개정한다. NIOSH는 또한 위해물질들의 부가적 건강과 안전효과를 줄이기 위해 행정적 조정, 안전 작업연습, 개인적 보호 장비, 그리고 환경적 의학적 모니터링 등의 적절한 보호 장비를 추천한다.

NIOSH는 OSHA와 MSHA(Mine Safety and Health Administration)에 기준 문서로써 권고 기준을 제출한다. NIOSH의 권고는 또한 정부, 기업 학교에 널리 전해진다.

나) 물질 선정 기준과 우선순위

과거에는 NIOSH에 의한 위해물질의 선택과 우선순위가 질병이나 손상 등의 문제를 파악하던지, 문제를 일으키는 위해물질을 증명하는 등의 산업보건문제에 의해 영향 받는 기업이나 직업에서 다양하게 적용되었다.

- 1970년대에는 NIOSH Priorities and Research Analysis Branch는 국가적 직업위해연구, 발전된 산업 목록을 작성하였고, 조사결과의 분석에 의존한 의제(agenda)를 준비하였다(Priorities Branch는 80년대 초기에 없어졌고, 이후에 재활성화 되었다).

- 1980년대에는 NIOSH의 감독관이 10대 직업병과 손상범주로 의제를 정했다. NIOSH는 보호전략을 발전시키기 위해 심포지엄을 가졌다. 그것들은 여전히 방향결정의 중요한 척도로 사용되고 있다. 그들은 알고 잇는 보호보다 더 많은 연구를 했다.

- NIOSH는 1982년부터 1983년까지 국가 직업 노출 조사를 시행 했다(1991년까지 자료는 완성되지 않았다). 대략 5000개의 물질들이 발견되었고 이것들은 특정직업과 연관성이 있었다. 예를 들어 대략 1000개의 물질은 배관공이나 연관공 등이 노출된다는 것을 발견했다.

- 미국 보건복지부는 연간 2000개의 목표를 정했다(직업적 안전과 건강부분).
- OSHA와 MSHA가 회의사항을 조정했다.
- OSHA, NIOSH, EPA 그리고 MSHA등이 참여하는 하나의 공동체를 만들어냈고 그들은 한달에 한번 모인다.
- 기관간 조사 공동체(ITC, Interagency Testing Committee)도 참여했다. 예를 들어 노르딕 조사 단체(NEG, Nordic Expert Group)는 NIOSH에 화학물질에 관한 조사를 함께 할 것을 요구했다. 그들의 제안은 ITC에 의해 확실히 영향을 받았다.
- 공공의 요구(예를 들면 실내 공기의 질, 흡연) 그리고 입법권의 요구(예를 들면 지난해의 집에서 방출하는 독소와 납의 감소에 관한 세금)
- TSCA의 재조명 8(a),8(d),그리고 8(e) 리포트와 제안

물질의 우선순위에 영향을 주는 상황들

- 노출되는 작업자의 수
- 위험수위를 높이는 직업적 특징(예를 들어 제한된 장소에서 일하는 것, 위해에 대한 직업인의 교육이 제한되거나 없는 것
- 현재의 직업적제한의 여부

- 이전 지식을 조정한 새로운 정보(NTP의 결과)
- NIOSH의 과학부 직원의 전문가적 판단

다) 과학적 근거

NIOSH는 위해에 관계있는 알려지고 이용 가능한 의학적, 생물적, 기계적 화학적, 유통 그리고 다른 정보를 평가한다. 이러한 과정은;

- 문헌 검색
- OSHA, NIOSH, EPA등에 제출된 여러 출처의 정보를 재조명
- 모은 정보를 집중 재조명
- 양-반응 평가 및 합성

NIOSH는 때때로 회사나 기타 단체의 산업보건기준에 대한 근거를 제시했다. NIOSH는 노르딕 조사 그룹(NEG)의 직업적 노출제한에 대한 문서에 서명했다. 두 단체사이의 협력에 의한 산물은 직업적 노출제한의 추천된 과학적 토대를 제공한 조항의 발전이다.

그 조항은

- 물리적, 화학적 특성
- 사용과 발생
- 분포와 대사
- 일반적인 독성
- 조직 효과
- 면역체계
- 변이와 유전독성
- 발암성
- 생식 독성
- 양-효과(dose-effect), 양-반응(dose-response) 관계
- 조사 요구

NIOSH의 기준은 추천된 기준의 토대의 상태, REL의 기준에 놓여있을 때, 독성 미발견농도(NOAEL)와 독성발견최소농도(LOAEL)을 반영한다(특정 동물이나 인간에 대한 연구). 기준에 포함된 정보에 따르면,

- 기준에 대한 추천(REL을 포함하여 노출 모니터링, 의학적 모니터링, 표지, 전기, 보호의복, 장비, 위험성 정보, 공학적 대책, 행정적 대책, 위생 그리고 계속적인 기록)

- 서론
- 노출에 대한 적절성, 생산성, 가능성
- 위해에 대한 인식
- 다른 기준과 추천
- 효과에 대한 접근
- 노동자보호의 방법
- 조사 요구
- 참고문헌
- 출판 계획

RELs는 NIOSH에 의해 추천된 직업적 노출제한은 일하는 동안 직업인의 안전과 건강을 보호 한다고 한다. REL는 개인적 보호 장비, 행정적 대책, 전기, 표지, 의학 적 모니터링, 노출 일 조정, 기계 등의 조합을 이용한다. 이러한 제한은 40시간동안 하루에 10시간까지 TWA이 자주 이용된다. REL은 또한 1)특정시간을 정해놓고 그것을 초과해서는 안 되는(대개 15분 동안) STEL이나 2)주어진 특정기간 없이 계속적으로 노출되어서는 안 되는 최고제한을 이용한다.

비록 REL이 대개 특정물질을 이용하지만, 여러 REL은 PCB, 케톤, 알칸 등의 분류된 화학물질 전체를 이용한다.

라) 경제적인 요인

비록 REL은 건강효과에 관련된 과학적 정보를 바탕으로 하여 정하지만 어떤 기준은 REL보다 추천된 기준(예를 들면 작업의 실행이나 조정 절차 등의 추천)을 참고로 경제적이거나 실행가능성요소 등으로 만들기도 한다.

“조정절차나 작업의 실행은 추천된 기준이나 그들의 무감각한 현실적으로 가능한 그리고 상업적으로 이용 가능한 가스농도를 줄이는 데 증명된 동등성을 필요로 한다.”

경제성이나 실용가능성 요소는 대개 건강효과를 기초로 한 NIOSH에서 제출한 권고를 바탕으로 OSHA나 MSHA등에서 규칙을 만드는 동안에 고려된다.

마) 실행가능성

바)항 참조

바) 증거자료와 이론적 근거

NIOSH의 권고는 여러 다른 문서에서 출판되었다.

- 기준문서(criteria document) - 이들은 우발적 사고나 부작용을 없애거나 줄이기 위한 작업장 노출 제한과 적절한 보호 절차를 권고한다.
- Current Intelligence Bulletins (CIB) - 직업적 위해에 관한 작은 새로운 과학적 정보(인식되지 못한 위해에 대한 주의, 알려진 위해에 대한 새로운 정보 수집, 위해 조절에 관한 정보 제공)
- 경고 - 새로운 정보를 간단하게 소개한다, 새롭게 알려진 위해를 조정, 제거, 보호하는 도움요청
- 특별 위해 재조명, 직업적 위해 접근, 기술적 제시- 특정 물질, 단체에 관한 건강이나 안전문제에 접근하는 것이나 관리조사방법과 적절한 조정의 추천 등으로 NIOSH의 기준발전활동에 대한 제공과 도움

사) 실행

NIOSH는 권고기준을 만든다. 그러나 법적 시행 가능한 기준은 아니다.

아) 재검토와 승인 과정

REL을 개발하는 과정:

- NIOSH의 감독관에게 REL 개발에 관한 제안이 제출된다.
- 상급 NIOSH 연구원이 제안을 검토한다. 만약 승인된다면 기준 작성자는 기준문서형성에 있어서 추천된 노출기준을 발전하여 정해야한다.
- 기준문서는 NIOSH 연구원들에 의해 재조명된다.
- 최초의 재평가가 완료되면 도안된 기준문서는 외부에서 재평가된다(40명의 전문가에게 주어짐). 재평가 집단은 정부단체 전문가 집단, 노동자단체, 기업대표자, 학교 등에서 선발된다.
- NIOSH 연구원은 외부 평가집단에서 온 문서를 재검토하고 이 기준문서를 적절히 통합한다.
- 교정된 도안은 NIOSH의 광범위한 내부 재평가를 거치고 상급 연구원부터 디렉터수준까지 다양하게 거친다.
- NIOSH의 제작자, 기준 작성자, 상급 연구원들은 내, 외부에서 재평가된 문서를 다시 재평가한다. 제작자는 추천된 노출제한을 출판할지 여부를 결정한다.
- 만약 출판하기로 결정되면, 기준문서는 마지막으로 OSHA와 MSHA의 제작자에게로 간다.

자) 실행

권고(recommendation)가 출판되고 OSHA와 MSHA에 제출되면 법적 기준으로 이용된다.

NIOSH는 주기적으로 다양한 국회의 위원회와 OSHA나 MSHA의 규칙제정 공청회에서 증언한다.

차) 참고문헌(AIHA, 1996)

NIOSH pocket guide to chemical hazard. Cincinnati, Ohio ; NIOSH 1990.

NIOSH recommendations for occupational safety and health; compendium of policy documents and statements, Cincinnati, Ohio NIOSH 1992.

"Testimony of Captain Richard A. Lemen, Director of the NIOSH Division of Standards Development and Technology Transfer within NIOSH, 'Federal Register 54: (6 March 1989). pp. 9300-9303 가)

Criteria for a recommended standard, Occupational exposure to waste anesthetic gases and vapors. Cincinnati, Ohio : NIOSH 1977.

Criteria for recommended standard, occupational exposure to ethylene glycol monoethyl ether, and their acetates, Cincinnati, Ohio : NIOSH. 1993 가)

NIOSH criteria for recommended standard, occupational exposure to formaldehyde. Cincinnati, Ohio : NIOSH 1976.

NIOSH and NIOSH basis for an occupational health standard : Di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP). Cincinnati, Ohio : NIOSH 1990.

NIOSH and NIOSH basis for an occupational health standard : ethyl ether Cincinnati, Ohio : NIOSH 1993.

(4) 일본

다음은 일본의 화학물질에 대한 노출기준과 노출기준을 결정 방법에 대해서 AIHA (American Industrial Hygiene Association)에서 정리한 내용이다(AIHA, 1996).

가) 서론

일본산업보건협회(The Japan Association of Industrial Health Association)는 허용가능 노출 한계를 개인의 노동자가 작업장에서 노출된 해로운 물질, 소음, 시끄러운 소음, 고온, 그리고 몸의 진동의 참고치로 노출허용기준을 발표한다. 이 보고서는 협회에 의한 해로운 물질들의 법적이고 과학적인 구조를 설명한다.

이 협회는 위원회를 구성하는 개인의 학술적인 단체이다. 협회 내의 허용가능 한

계에 대한 위원회는 정보를 평가하고 노출 허용 한계(Permissible Exposure Limits)를 제시한다.

나) 물질 선정 기준과 우선순위

위원회는 다음의 기준에 따라 포함된 물질들의 노출 허용 한계를 선택한다.

- 위험을 주는 물질은 산업 화학 물질이어야 한다.
- 노출된 물질의 건강에 대한 영향에 대한 과학적 정보가 있어야 한다.
- 사용되는 물질의 사용량과 독성에 근거한 권장되는 바람직한 값이 존재하여야 한다(위원회의 회원에 의해서, 적절한 원인 물질에 대한 실험 후에 ACGIH TLV가 권장되는 값으로 사용되어 왔다).

일본에서 노출 한계를 정하기 위한 골격은 ACGIH에 영향을 받았다. 대부분의 노출 한계는 먼저 ACGIH의 TLV를 적용한 위원회에 의해 처음 설정되었고, 10% 정도의 물질들이 다른 출처를 토대로 만들어 졌다.

다) 과학적 근거

노출 허용 한계는 작업자가 호흡하는 영역의 대기에 존재하는 해로운 물질에 대한 노출의 역치이다. 이러한 노출 한계는 평가기준값으로만 사용된다. 이러한 값들의 적용은 작업장이 실내 실외 여부에 관계없이 작업장에만 한정되어 있다.

협회의 허용가능 노출 한계는 인간과 동물에 대해 그리고 산업장의 경험을 통해서 얻어진 지식들에 대해 시행된 실험적인 연구에 과학적인 근거를 두고 있다. Association은 물질에 따라서 다른 종류의 물리적인 효과를 고려해서 특정 물질의 허용가능 노출 한계를 정하게 된다. 협회는 일반적으로 노출 한계에 대한 특정한 독성학적인 실험을 행한다. 협회의 진폐증(pneumoconiosis)을 발생하게 하는 먼지에 대한 노출 허용 기준은 chest X-ray정보와 먼지 측정기록을 기본으로 해서 만들어 졌다.

노출 허용 한계는 평균 하루 8시간, 주 40시간의 시간 가중 평균으로 나타낸다. 노출 한계에서 "no adverse effect"라는 말은 노출한계 이하에서 일했을 때에 건강의 부작용이 대부분의 작업자에서 나타나지 않는다는 것을 의미한다.

라) 경제적인 요인

해로운 물질들에 대한 노출 허용 한계는 위해 물질에 의해 야기되는 건강의 영향에 기초를 두고 있다.

때때로 위원회는 새로운 노출한계점을 제안할 때 경제적, 사회적 요소를 고려하

기도 한다. 가장 전형적인 예로 암유발인자의 허용한계치를 들 수 있다. 위원회는 허용한계치를 제시할 때 경제적 전망으로부터 기술적인 실행가능성과 측정가능성 또한 고려한다.

마) 시행

노출 허용한계치의 실행가능성은 위원회에 의해 1년에 한번씩 검토를 받는다.

협회는 직업 환경에서 해로운 물질의 존재가 야기하는 건강문제를 방지하기 위해 허용 노출한계치를 설정한다. 이 한계치는 대부분의 근로자가 노출된 해로운 물질이 나쁜 건강효과를 가져오는 미만의 양으로 정의된다. 노출 한계치를 설정할 때 협회는 허용치보다 낮은 농도에서 노출될 때에도 관련 질환, 불편, 존재하는 문제의 악화 등이 발생할 수 있음을 이해하고 있다. 더욱이 협회는 완벽한 한계치는 온전하지 않음을 받아들이고 있고, 최대노출은 15분간 노출평균허용치의 5배를 초과해서는 안 된다고 제안한다.

바) 증거자료와 이론적 근거

허용가능한계치와 허용정도의 근거는 해마다 일본산업보건학회지(Japanese Journal of Industrial Health)에 기재된다. 허용노출한계는 “Recommendations for Permissible Exposure Limits”란 부제목 하에 나와 있다. 이 자료는 “Proposed Reasons for Provisional Permissible Exposure Limits”라는 제목으로 나와 있다. 해마다 출간되는 논문 말고는 정리된 자료가 없다.

사) 실행

협회는 사적이고 학술적인 조직이다. 그래서 법정에서는 아무런 권위도 가지지 않으며, 노출 허용한계치의 실행을 강제하는 어떤 방법도 없다. 오로지 논의 거리로 언급될 뿐이다. 산업과 정부에서 안내 자료로 쓰인다.

아) 재검토와 승인 과정

물질에 대한 허용한계치 결정은 미리 시험해본 것이 아니라 위원회가 수준 높은 의학, 생물학 저널에 있는 관련된 정보를 통해서 검토하는 것이다(일반적으로, 위원회는 저작자의 추천에 기초를 둔 출판물, 허락된 논문이 있는 저널로부터만 정보를 받아들인다). 위원회에서는 제안 한계치와 근거를 개발한다.

제시된 수치는 위원회 협회에 제출되어 재검토, 개선되고 연합회에 제출되어 다시 개선된다. 그러면 이 수치가 예비 허용한계치로서 “Japanese Journal of Industrial

Health ”에 나오게 된다. 그해에 협회는 예비 한계치에 관한 반응을 수집한다. 만약 어떤 의견도 없으면 그 수치가 협회에 보고 되어, 공식적인 허용한계치로서 다음 회의 때 채택이 된다. 만약 의견이 있으면 협회에 보고해서 위원회가 과학적 근거 하에 재검토한다. 타협된 수치에 도달하면 새로운 예비수치가 제시되고 논의된 다음 검토된다.

연합회가 허용한계치를 결코 한번에 채택하지는 않음에도 불구하고 다른 나라에서의 한계치와 다른 나라에서의 노출표준치를 설정하는 배경정보가 허용한계치 개발에 사용이 된다. 또한 일본이나 다른 나라에서 삼는 허용한계치 설정의 공통된 생각이 있다. 이런 이유로 연합회의 한계치는 다른 나라들 것과 같이 정확하다.

자) 개선과정

새로워지고 바뀌는 허용노출치도 재검토되고 개선이 된다. 새로운 노출한계치는 처음에는 예비 한계치로 그리고 나서 Japanese journal of Industrial Health 에 출판되고, 1년의 예비기간 동안 위원회에서 공식화되고 검토되고 논의된다. 이 기간에 과학적인 의견이 있으면 위원회가 그 의견 수치를 재검토하고 그 기간의 마지막에 채택하여 연합회에 목록으로 채택한다.

차) 실행

해마다, 혹은 6개월마다 의무적으로 측정해서 지역 노동청에 보고함에도 불구하고 산업과 서비스시설에서 노출수준에 관한 정보는 공개되지 않는다. 일반적으로 연합회의 한계치를 따르는 일터의 범위를 아는 것은 어렵다. 협회는 이 한계를 극복할 어떤 법적 힘도 가지지 못한다. 따라서 어떤 공식적 실행 방법도 존재하지 않는다.

카) 참고문헌(AIHA, 1996)

Japan Association of Industrial Health, "Advice on Permissible [Exposure] Limits (1992)." Japanese Journal of Industrial Health 34(4):363-384 (July 1992).

Japan Association of Industrial Health, "Proposed Reasons for 1992 Provisional Permissible Exposure Limits," Japanese Journal of Industrial Health 34(4):385-396 (July 1992).

Toyama, T.: Permissible and Control Limits of Toxic substances at Places of Work in Japan. American Journal of Industrial Medicine 8:87-89 (1995).

(4) 독일 : MAK(Maximum Concentration Values)

다음은 독일의 화학물질에 대한 노출기준과 노출기준을 결정 방법에 대해서 AIHA (American Industrial Hygiene Association)에서 정리한 내용이다(AIHA, 1996).

가) 서론

작업장에서 화학 물질에 의한 건강의 위험을 조사하기 위한 German Research Institute에 포함된 위원회(commission)는 작업장에서 최대한 수용 가능한 기체 화학물질의 농도를 정하는 MAK값을 공표한다.

위원회에 의해 공표된 MAK은 독일 연방정부의 위험한 물질에 대한 법령에 가이드라인을 제시하는 데에 적용된다.

나) 물질 선정 기준과 우선순위

위원회는 MAK값을 확립하기 위해 화학물질을 정한다. 위원회의 회원인 독일 화학산업에서 일하고 있는 과학자들로부터 자문을 구하게 된다.

위원회는 작업자들의 의학적 문제들을 예방하기 위해 화학 물질들을 중요도에 따라 선택한다. 위원회의 회원들은 선택된 화학물질들이 건강에 미치는 영향을 연구한 결과를 제공한다. 자문은 또한 산업이나 정부로부터 받기도 한다. 위에 언급한 데로 우선순위가 정부 부처의 추천에 따라 작업자의 건강을 보호하기 위해 우선순위를 정하게 된다.

MAK을 설정하는데 있어서 물질들의 일차적인 영향이 고려된다. 그러나 가능하다면, 작업장에서의 실제적인 기준들이 고려되기도 한다.

다) 과학적 근거

MAK이란 현재의 지식으로 고용자들이 건강상의 문제를 일으키지 않는 작업장의 공기 중에 허용 가능한 최대한의 화학물질의 농도로 정의된다.

MAK을 설정하는 위원회 하의 기구는 작업장에서 작업자들의 건강을 지키는 것과 과학적인 기초를 설립하는 책임을 지고 있다. 두 번째로, 위원회는 구속 없이 과학적인 자유에 따라 일한다. 우선순위는 Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung의 연구의 결과에 따라 정해진다. 세 번째로, 위원회는 가능한 투명성을 확실하게 하기위해 정해진 관리 절차에 따라 일을 수행한다. 네 번째, 과학적인 문제들만이 위원회에서 논의되어진다. 다섯 번째, 건강의 전문가들만이 위원회의 논의에 참가할 수 있다.

위원회에서 MAK을 정하기 위해서 독성학분야 또는 직업건강분야의 관련된 물질

에 대한 적절한 정보들이 필요하다. 원칙적으로 동물에 대한 실험 정보보다 사람에게 대한 경험적인 정보들이 더 중요시 된다.

관련된 역치들이 정해진다. 발암(carcinogenic) 또는 변이원성(mutagenic)이 있는 화학 물질들에 대한 기술적인 노출 한계가 정해질 수는 없는데 왜냐하면 암과 돌연변이는 수십 년이나 세대 후에 관찰될 수 있기 때문이다. TRK은 작업장에서의 위험한 물질들, 즉 증기, 가스, 입자들에 대한 보호할 수 있는 방법들에 대한 가이드라인으로서 사용된다. TRK에 전적으로 의존해서는 완전히 건강 위험을 배제할 수는 없다.

생물학적 허용 수치(BAT, Biological Tolerance Value)는 노출된 인간에게서 화학 물질, 대사산물 등에 대한 최대한 허용 가능한 값으로 정의할 수 있다. BAT은 건강한 개인에 대한 최고로 허용할 수 있는(conceived of as ceiling) 값이다. BAT 값은 혈액과 소변에서의 수치이다.

MAK와 BAT은 평균8시간의 일에 대해 적용된다. 이 값들은 화학물질들의 작업장공기에서 변동하거나 최대치의 실제적인 농도를 고려한다. 단기간 허용 수치가 분류되어 있다. 단기간 허용 수치는 MAK에서 정의된 기간 동안의 배수로 설정될 것이다.

위원회는 또한 MAK으로 화학물질들의 다른 영향들도 분류한다. 화학물질들의 감각과 피하 흡수에 대한 것들이 나타내어진다. 발암물질들은 확실하던지 의심되던지 간에 증거의 수준에 따라 나누어진다. 돌연변이적인 해를 끼칠 가능성이 있는 물질들은 따로 분류된다.

MAK값과 BAT값을 정하는 특수한 이유는 발행물인 Occupational Toxicants and Industrial Health Toxicological Justification of BAT value에 나와 있다.

라) 경제적인 요인

위원회는 값들을 정하기 위해서 경제적인 요인이 아니라 과학적인 요인에 근거한 기준들을 이용한다.

마) 시행

고용자들은 MAK, BAT, TRK에 대해 영구적으로 책임을 지게 되어 있다. 그들은 반드시 매년 나오는 현재의 새로운 값들을 지켜야 한다. TRK값에 대해서는 한계 아래로 유지하는 것만이 아니라 가능한 한계보다 낮게 해야 한다.

바) 증거자료와 이론적 근거

위원회는 매년마다 주어지는 명시되는 절차에 따라야 한다. 산업보건 분야의 많은 단체들이 MAK 기준을 알고 있다. 서면으로 된 보고서와 연구들은 MAK을 따로 확실히 정하기 위해서 필요하다

새로운 기준이나 달라진 내용들에 대한 위원회의 권고는 매년 MAK Value List에 잘 제시되어있다.

사) 실행

독일 연방정부는 작업장에서 위험물질에 대한 기술적인 가이드라인의 법령으로서 MAK을 준수하도록 강요한다.

고용주들은 MAK을 확실히 지키는 데에 대한 책임이 있다. 그들은 반드시 정부에 의해서 승인된 최근의 MAK에 따라야 한다. 그들은 작업장을 점검할 의무가 있으며 독일연방정부의 직원에 의해 관리되어진다.

아) 재검토와 승인 과정

위원회는 MAK와 BAT을 매년 재검토하고 결과들은 위에서 열거된 발행물의 기관에 의해 출판된다. 동시에 결과들은 노동사회부(the Ministry for Labor and Social Affairs)에 주어지는데 여기서는 위원회의 추천들을 실험하고 법률로서 제정한다.

목록들은 아래의 부서와 단체들에 의해 재검토되고 실증되어진다.

- Federal Committee for Occupational Safety and Technical Security (LASI)
- Federal of German Industries
- Central Association of industrial injuries insurance institutes
- German trade union federation

자) 개선과정

자료 갱신의 대략적인 일정과 단계들은 아래와 같다: 매년 MAK 목록에 대한 간행물과 위원회에 의해 제공된 수정된 새로운 목록들이 통지 된다; 일반적으로 6월에 있다; 바뀐 값들을 고려해서 위원회는 간행물에 새로운 값들에 따라 수치를 제공한다. 새로운 목록에 대한 통지는 위원회로부터 다음해 2월까지 새로운 서면상의 보고서를 제출하는 것을 의미한다. 위원회는 5월까지 돌아온 보고서에 대해서 답한다. 쟁점이 해결되지 않는다면 위원회는 자문을 위해서 하나나 그 이상의 기술적으로 인정받은 대표자를 관련분야로부터 부른다. 과학적인 이론들이 새로운 또는 수정된 목록들에 적합하지 않다면 재검토는 다음해까지 연기된다.

급한 경우들은 건강상 피해를 피하기 위해서 다른 상급 고시를 통해서 검토된다. 이 방법으로 위원회는 일반적인 통지와 충고의 절차를 거치지 않고 빠르게 행동할 수 있다. 이런 경우에, 위원회는 위에서 제시되었던 단체들에 자세한 과학적인 수치를 제공한다.

차) 실행

관련 단체들은 공식적인 매년 변화에 대한 통지를 받는다. 고용주들은 독일산업연방(Federation of German Industries)나 노동사회부(the Ministry for Labor and Social Affairs)로부터 이러한 정보들을 받는다.

카) 참고문헌(AIHA, 1996)

Maximum Concentrations at the Workplace and Biological Tolerance Values for Working materials 1992, Deutsche Forschungsgemeinschaft, VCH 199 1.
Grenzwerte TRGS 900, Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Gruppe Umgang mit Chemikalien, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven 1993.
Ordinance on Dangerous Substances. (Gefahrstoffverordnung 26 August 1986 BGBl. I S. 1470)

(6) 스웨덴 : OEL(Occupational Exposure Limits)

다음은 스웨덴의 화학물질에 대한 노출기준과 노출기준을 결정 방법에 대해서 AIHA (American Industrial Hygiene Association)에서 정리한 내용이다(AIHA, 1996).

가) 서론

스웨덴은 노출 기준 설정에 세 가지 시스템을 사용한다. 이 과정의 중심체는 Board of Occupational Safety and Health로서 정부기관이다. 여기에는 두 부서가 있고 (Supervision Department, Administrative Department) 결정을 내리는 한 부서(Board of Governors)가 있다. 공기 오염원의 한계치 조정을 논의하기 위해서 Supervision Department는 reference group (Regulation group)과 부서, 노동연합, 고용조직의 이사들을 함께 소집한다. 부서의 활동은 작업환경법(Work Environment Act) 와 작업환경법령(Work Environment Ordinance)에서 법적 기반에 존재한다. 이 법과 법령에 따라 부서는 최대 허용농도 조정을 토의한다.

나) 물질 선정 기준과 우선순위

한계치 규정을 고치기 전에 매년 3회 Regulation Group은 어떤 물질을 수정할 것인지 결정한다. 스웨덴에서 꼭 사용되는 물질이 고려된다. 개정에 대한 제안이 몇몇 노동 장소에서 문제점을 조사한 Regulation Group 이사회로부터 나온다.

고용주, 피고용인, 과학자, 산업보건 전문가, Labor Inspectorate, Regulations Group의 비서와 직원들도 의견을 제시한다. 부서는 또한 미국, 유럽사회, 독일, 스칸디나비아 등 이 분야의 활동을 가까이 모니터한다.

노출 한계치의 criteria 그룹은 선택된 물질에 대한 과학적인 조건을 발표한다. 부서는 의학적, 독성학적 효과에 대한 정보를 모은다.

달리 말하면 특정 물질에 대한 관심은 일하는 환경에서의 건강문제에 대한 경험 때문이거나 스웨덴 혹은 국제적인 과학적 새로운 근거들 때문이다. 제안들이 수집되면 조정부서에서는 물질을 우선순위에 따라서 리스트로 만들고 Criteria Group에 발표하고 과학적 조건을 의뢰한다.

다) 과학적 근거

조정부서에서 선택한 물질에 대한 과학적 조건이 Criteria Group에서 결정된다. 노동조합, 고용주 조직의 산업 위생 전문가들이 이 Group을 대표한다. 또 다른 구성원으로는 독성학, 의학, 정신생리학, 생화학, 그리고 학회와 스웨덴의 산업의학클리닉의 과학자들과 Supervision Department의 관찰자들이 있다.

Criteria Group은 과학자들이 새로운 결과를 발견하면 그 물질에 대해 주도적으로 보고할 수 있다.

Criteria Group은 간단한 근거조건을 제시할 수 있다. 그 근거는 물질에 노출되었을 때 인간과 동물의 건강효과에 대한 공론화된 연구를 포함한다.

데이터베이스의 검색은 실험적인 역구와 역학적인 연구와 보고서를 정정하기 위해 시행된다. 기준문서(criteria document)의 저자는 연구나 보고의 과학적인 질을 평가하고, 기준문서에서 연구결과를 나타내고, 작업장에서 노출로부터의 가능한 위험을 묘사한다. 저자는 논의된 Criteria Group과 내용을 나타낸다.

스웨덴에서 쓰인 기준문서는 다른 국제적인 기구에 의해서 만들어졌을 것이다. 이러한 국제적인 그룹중 하나는 한계평가자료(Limit Value Documentation)에서 노르딕 그룹이다. 노르딕 그룹은 노르딕 협의회 범위에서의 연구 그룹이다. 노르딕 협의회는 한계범위 설립에서 과학적인 배경으로서 다섯 노르딕 국가들에서 사용되는 기준문서를 쓰는 일을 한다.

정보는 또한 ACGIH와 NIOSH로부터 기준문서와 같은 주제에서 국제적인 문헌에

서 선별된다. 만일 어떠한 자료에서도 찾을 수 없다면 몇몇 지식들은 또한 독성학적 데이터로부터 얻을 수 있다.

Criteria Group의 하위집단은 여러 산업적 자원(고용주와 고용인)으로부터 작성된 증거와 의견을 선별한다. WHO 추천은 생물학적인 한계치에서 고려된다.

Criteria Group에 의해서 나타내어진 과학적인 기준은 그 그룹의 모든 멤버가 동의해야하는 것을 의미한다. 그 기준은 과학적인 문헌에서 나타난 물질의 손상효과의 짧은 표현이다. 그 Criteria Group은 용량-효과와 용량-반응의 결과를 표현하고 물질의 중요한 효과를 표시한다. 중요한 효과란 최소노출수준에서 보여지는 것이다. 이것은 한계치를 설립하는데 고려되어야 하는 것이다. 하지만 Criteria Group은 한계치의 실제적인 크기로서 어떤 권고도 만들어내지 않는다.

AFS 1990:13에서, 물질은 네 가지 범주로 나뉜다. 첫째 범주는 가장 높게 받아들여질 수 있는 평균 농도를 나타내는, 한계치를 제공한다. 최고 한계치는 빠른 반응이나 아니면 특별히 위험한 경우 쓰인다. 두 번째 범주(Group A)는 어떤 환경에서만 쓰일지도 모른다. 물질들의 세 번째 범주(Group B)는 근로자들의 허용치로서만 쓰인다. 네 번째 범주는 발암물질로서 분류된다.

AFS 1990:13에서 일반적인 권고에 의하면 "한계치란 병으로부터 보호되는 것으로 여겨지는 오염에 노출된 사람들보다 그 이하로 공기에 노출된 최고 농도를 의미한다"라고 되어있다. 한계치가 설정되었을 때, 장기간 노출 요인들, 생물학적인 성질들, 공기오염원들을 제거할만한 기술인 가능성 등등이 고려된다. 설립된 수준은 또한 예방하려고 노력하는 것에 의존한다.

아래는 AFS 1990:13에서 한계치를 설립하는데 고려되는 요소들을 언급한 것이다.

- 상호작용 효과
- 작업 부하
- 발암물질
- 감작물질
- 피부를 통한 흡수
- 생식방해물질
- 다른 생물학적인 효과

라) 경제적인 요인

과학적인 기준을 평가하는 것 이외에 조절 그룹 또한 사회경제적인 요인을 고려해야 한다. 그러므로 한계치에 따르는 비용은 제안에서 중요한 요소이다.

조절 그룹은 물질의 사용과 연관된 데이터를 모으고 다루어진 부피와 노출된 사

람들의 수의 추정치를 만든다. 여러 가지 산업들의 노출 수준들 또한 나타내어진다. 데이터는 노동조사자, 작업장 보건 중개인 등으로부터 공인된 보고서들로부터 수집된다. 노르딕 국가들, 미국, 독일 등과 같은 다른 나라에서 측정된 한계치는 또한 비교치로서 사용된다. 결국, 결과평가는 건강과 사업양상들이 고려되어 만들어지고, 보통 산업기반에서 평가된다.

경제적인 요인들은 또한 정부 회의에서 조절 그룹들로부터의 제안에서 고려된다. 정부회의의 최후의 결정에서도 마찬가지이다.

경제적이거나 기술적인 전제들이 부적절하게 고려되었을 때 사용되는 한 가지 방법은 한계치가 발효되는 시점을 연기하거나, 시행일자를 고시하지 않은채 공고하는 것이다.

마) 시행

과학적이고 사회경제적인 가능성은 스웨덴에서 한계치로 설립되었을 때 생각되어진다. 예를 들어 한계치의 저하는 개인적인 보호시설의 사용 없이 존재하는 시설에서 불가능할지도 모른다. 하지만 만일 새로운 시설의 계획에서 고려된다면 같은 대가를 쉽게 만족시켜줄지도 모른다. 그 결과는 새로운, 혹은 존재하는 시설에서 다른 한계치가 나올지도 모른다.

스웨덴의 한계치는 의학적이고 독성효과에만 기초하지는 않는다. 그들은 유익하거나 해로운 노출 사이에 명확한 한계를 표시하지 않는다. AFS 1990:13의 일반적인 추천은 “한계치 이하 농도에 노출된 큰 그룹에서 몇몇 사람들은 경하고 일시적인 불편감을 경험한다는 것을 예외로 할 수 없다. 뿐만 아니라 매우 소수의 사람들이 병적인 증상을 보여주는 것도 역시 예외가 될 수 없다.”라고 되어있다. 이러한 추천은 또한 최소한의 가능 범위에서 노출을 유지하려고 하는 것이 중요하다고 한다. 고용주는 노동자들이 병을 일으킬 수 있는 물질에 노출되는 것을 최소화할 책임이 있다. 이것은 한계치는 최종적인 목표가 될 수 없고 절대적으로 받아들일 수 없다는 것을 의미한다.

바) 증거자료와 이론적 근거

보다 이른 시기의 Criteria Group은 그들의 연구 자료와 함께 과학적인 기초 표준 자료를 규제 그룹에게 제공한다. 이러한 자료는 순환되고 정부회의에서 재조명될 때 제안을 덧붙인다. 표준자료의 최종적인 version은 과학적인 발표에서 NIOSH에 의해 정립된 표준 그룹에 의해 초안되었다. 노르딕 그룹에 의해 생성된 표준자료는 노르딕 언어로 된 것뿐 아니라 NIOSH에 의해 영어로 번역되었다.

사) 실행

법에 의하면, 고용자는 규제를 따르고 친숙해야 할 책임이 있다. 고용자는 설립된 한계치 내의 실제적인 수치를 확인하는 검사를 실행할 책임이 있다.

한계치는 매우 엄격한 측정치로 고려되지 않는다. 이러한 경우 흡입된 공기에서 공기오염의 농도는 가능한 한 낮고 언제나 회의에 의해 작성된 한계치로 여기는 것으로 받아들일 수 있다. 어떤 경우에서 받아들일 수 있지에 대한 판단은 고용주에 달려있다.

지역 무역 연합에 의해 임명된 안전 대표자는 대기 오염의 농도가 노동 조사관의 결정에 대해 반박할 수 있다. 노동 조사관의 주요 업무는 회의에 의해 발표된 규제를 강화하는 것이다. 또한, 작업장을 시찰했을 때, 노동 조사관은 충고와 교육을 한다. 고용주는 이러한 교육을 따라하거나, 받아들일 수 있는 작업환경을 만드는데 실패한다면, 노동 조사관은 금지나 명령이 고려되고 있다고 말할 수 있다. 만약 작업환경을 증진하는데 필요한 준비가 아직 안된다면, 노동 조사관은 처벌인 금지나 명령을 공포할 수도 있다. 고용자 또는 피고용자들의 편의 안전 대표자는 결정에 반대해 산업안전청(Board)에 호소할 수 있다. 결정에 반대하는 호소가 정부에 의해 받아들여 질 수도 있다.

아) 재검토와 승인 과정

검토 과정은 정상적으로 3년 주기이고 과정의 끝에서 새로운 법령이 발행되었다. 새로운 법령을 발행하는 최종적인 결정은 다음 개정 입력의 수집이 즉시 시작되는 회의에 의해 채택된다.

Regulation Group에서 논의가 끝날 때, 회의의 화학적인 단위를 새로운 법령에 대한 제안을 초고 한다. 이러한 제안은 노동조합과 고용주 조직, 노동 조사관, 정부 중재인, 여러 산업기관들과 같은, 회의에서 순환된다. 제안은 변화가 제안된 그러한 물질들에 대한 결과의 기술과 물질들의 목록과 법령을 구성한다.

반응에 기초한, 회의는 원래의 제안에 대한 변화의 기초를 결정한다. 결과적인 제안은 정부의 회의에서 나온다. 정부의 회의에 의한 결과적인 제안의 회고이후, 결과는 만들어지고 새로운 법령은 발행된다.

자) 개선과정

법령의 18항은 회의는 작업환경의 조절과 계획의 한계치에 대한 규제들을 발행할 수 있는 것을 약정한다. 회의는 결과적인 결정을 만들 때, 한계치는 대기 오염의 최

고 허용치 농도를 고려하여 발행된다.

정보활동은 지역적으로나 중앙에서 산업안전청(Board)에 의해 실행된다. 신문과 다른 미디어를 통해 홍보하는 정보기관을 가진다. 특별한 정보 자료는 다른 채널, 산업 조직을 통해 배포된다.

차) 참고문헌(AIHA, 1996)

Ordinance of the Swedish National Board of Occupational Health containing provisions on occupational exposure limit value, 1990:13 (Hygieniska Gransvarden. AFS 1990:13).

The Work Environment Act. The Swedish Code of Statutes (SFS) 1977:1160.

The Work Environment Ordinance. The Swedish Code of Statutes (SFS) 1977:1166.

"Principles and Methods for the Sampling and Analysis of Substances Included in the List of Limit Values." Jan-Olof Levin (ed.), Arbete och Hals 1990:40, pp 1-55.

"Provtagningsstrategi och statistisk utvardering av resultat vid provtagning och analys av luftfororeningar vid arbetsplatser" (Sampling Strategy and Statistical Treatment of the Results of Concentration Measurements in Air Pollutant Studies at the Workplace), Ulf Ulfarson, Arbete och Hals 1975:9.

(7) 영국: OEL(Occupational Exposure Limits)

다음은 영국의 화학물질에 대한 노출기준과 노출기준을 결정 방법에 대해서 AIHA (American Industrial Hygiene Association)에서 정리한 내용이다(AIHA, 1996).

가) 소개

1988의 COSHH (The Control of Substances Hazardous to Health Regulations)는 작업장에서 위험한 물질에 대한 노출의 조절에 합법적인 구조를 소개하였다. 다음은 과학적인 과정을 기술하고 영국에서의 직업적인 노출 한계의 설립에 대한 합법적인 근거를 제공한다.

나) 물질 선정 기준과 우선순위

1989년, 처음 직업 프로그램은 건강과 안전 위원회(HSC, Health and Safety Commision)의 독성물질 고문 위원회(ACTS)의 조언에 의해 OELs(occupational

exposure limits)의 설정으로 설립된다. ACTS는 WATCH(Working Group in the Assessment of Toxic Chemicals)와 함께 OEL을 만들기 위한 화학 물질의 목록을 만들었다. 이러한 "block"에 대한 근거는 회고에 대한 계획할 수 있는 관련 물질의 목록을 만드는 것이다.

WATCH와 ACTS는 OELs의 설립을 위해 우선시 되는 물질에 대해 여러 요인들을 고려한다. 첫 번째 고려될 요인은 현재 과학적인 지식과 관심의 견지에서 개별적인 물질에 따른 우선순위이다. 두 번째는 관계된 데이터와 증거를 모으고 한정하는데 필요할 시간에 기초하여 화학물질에 대한 재조사의 우선순위가 주어진다. 결국, 우선순위는 그러한 평가를 하는 원천의 유용성에 기반한다.

다) 과학적 근거

OELs 하에서, OESs(occupational exposure standards)와 MELs(maximum exposure limits) 둘 다 일차적인 문헌(비공식적인 자료를 포함하여), 과학 위원회와 상위 위원회의 권고에 대한 평가 등의 WATCH에 의한 함축적인 재조사에 기초한다.

재조사 준비는 보통 보건안전청(HSE, Health and Safety Executive)의 전문가에게 맡겨진다. 이러한 전문가들은 독성학자들, 산업위생학자, 화학 분석가, 역학자, 그리고 산업보건 의사들의 프로젝트 팀으로 구성되어 있다. 재조사는 또한 교육기관과 연결되어있다. 또한 조사는 모든 기초 화학 데이터베이스에서 수행된다. 또한 사용가능한 독성학적이고, 노출과 관련한 전문적인 보건 데이터를 획득할 수 있는 관계있는 산업 자원들과 연결된다. 이후 위원회 평가를 위한 준비 이전에 그 일들은 내부적으로나 정부의 전문가와 함께 자세히 재조사 된다.

라) 경제적인 요인

과학적이고 사회 경제적인 문제를 고려하기 위해 많은 노력들이 행해진다. 주목적은 역치를 분별하거나 NOAEL을 분별하고, 건강에 기초한 전문적인 노출 기준을 설정하는 것이다. 하지만, 이것이 과학적이거나 경제적이거나 실제적인 가능성이 어느 경우에도 "Indicative Criteria"에 따른 시험을 요구한다. 만약 OES가 세워지지 않았다면 고려할 사항은 경제적인 요소들을 포함하는 MEL에 주어진다.

정량적인 평가에서 명확한 비용-편익 분석(cost-benefit analysis)은 거의 시도되지 않는다. 하지만 가장 강조되어야 할 점은 높은 노출 시나리오와 조절문제들을 분별하도록 과학적인 평가 결과를 산업에 조언 하는 것이다. 엔지니어들과 위생학자들과 같은 HSE 전문가들은 그들이 연관된 기업들과 협동하여 가능한 해결책을

증명해주는 특별한 조사를 할 것이다. 마지막으로 OELs의 어떤 제안들은 형식적인, 경제적인 요소들에 대한 부가적인 기회를 제공하는 상담과정을 거치기 쉽다.

마) 시행

확인된 추출/분석법의 증명은 OEL을 확립하는데 필수적이다. 선취권은 HSE에, 때때로 OESs에게 그리고 미국 내 NIOSH 같은 곳에 주어졌다.

바) 증거자료와 이론적 근거

1981년에서 1990년 사이에 HSE는 특별한 물질이나 그룹화 된 물질에 대해 유용한 독성물질에 대한 정보에 대해 완전하고, 자세하며, 결정적인 독성물질에 대한 22 Toxicity Reviews (TRs)를 발행했다. TRs는 편찬물에 독성물질에 대한 정보를 실었다. 리뷰는 산업보건과 위생 영역에 있어서의 개인적인 활동을 위한 것이었지만, 정부와 연구기관을 통해 공장의 독성물질 전문가와 같은 일반적인 활동의 다른 영역을 위한 독성물질정보를 표현해 주기도 했다.

최근의 TRs는 1990년 이전에 발행된 것과는 어딘지 모르게 다르다. 가장 큰 차이점은 최근의 TRs는 작업공간노출에 대한 연구와 영향에 초점을 맞추고 있다는 점이다. 게다가 개별적 연구에 대해 표로 만들어진 요약은 포함되어 있지 않다. 그러나 본질은 독성물질에 대한 정보에 대한 결정적인 평가가 바뀌지 않고 남아있다는 것이다. 현재의 TRs는 또한 주어진 물질에 대해 이미 출판되었든 안 되었든 모든 관련된 정보를 다루고 있다. 또한 '기준 문서'와 같은 문서는 OEL을 확립하기 위한 기반을 제공하기 위한 환경위생과 의학적 시리즈 안내노트이다.

사) 실행

특별한 OELs를 확립하기 위한 기반과 논의와 의뢰를 통한 수락을 설명하는 것에 대한 강조에도 불구하고 관련된 법률은 1974년의 Work Act하에 있는 Health and Safety 행정부에 의해 더욱더 강화되었다. 강화 전망은 형사 법정에서 허가나 금지 조항 및 기소를 제공하는 것을 포함한다. 다른 필요사항은 모니터링 프로그램과 기록의 보존을 확립시키는 것이다.

아) 재검토와 승인 과정

● 참여한 그룹

COSHH 규제의 소개 이후로 OELs를 설정하는 과정은 WATCH와 함께 시작되었다. WATCH는 일차적으로 OELs를 확립하는 과학적인 증거를 고려하는 셋으로 분리된 평의회로 구성되어 있다. 그러나 그것은 또한 사회경제적 요인을 고려할 수

도 있다. 다른 전문가들은 때때로 필요한 회사 대표자로부터 프리젠테이션과 같은 비공식적으로 평의회에 참여할 수 있다. WATCH는 Advisory Committee on Toxic Substances(ACTS)와 같은 전 평의회에게 OELs에 대한 제안을 한다.

WATCH로부터의 모든 제안은 ACTS에 의해 고려될 수 있다. 또한 ACTS는 세 개로 분리된 조직이지만, 사회경제적 전망에 대해 설명하는 더 넓은 대표단을 두루 망라한다. 일반적인 용어로 ACTS의 역할은 HSE의 충고에 따라 OESs와 MELs의 level을 결정하는 것을 승인하는 것과 관련되어 있다. MEL이 고려되기 전에 직업적 노출과 현재의 조절수행능력의 레벨을 보급하는 넓은 범위의 평가가 있다.

다음 단계는 1974년 Work Act에서 Health and Safety의 법령인 HSC를 얻는 것이다. MEL는 COSHH Regulation의 변경을 필요로 한다. 또한, 목적된 변화가 기존의 의뢰 문서에 포함된다. 따라오는 만족스런 의뢰는 주의 수행관이 의회보다 앞서 네 번째 변경조절을 수행한다. OESs는 HSC에 의해 승인되고 규제에는 제시되어 있지 않기 때문에 분리된 조건의 과정을 따른다.

● 한계의 설정

두 가지의 OELs가 있다. 직업적 노출기준이나 최고 노출 한계가 그것이다. OELs와 MEL의 가장 중요한 차이점은 OES가 건강에 대한 위험 적용 수준에 설정되었다는 것이다. MEL은 작업자의 건강을 고려하여 설정되었을 뿐만 아니라 사회 경제적 요인들에 대한 계산도 포함하고 있다. 그럼에도 불구하고 MEL을 정하는데 있어 가장 큰 고려사항은 병에 대해 잠재되어 있는 위험을 가지고 있을지도 모를 작업자에 대한 보호이다.

한계를 정하는 것은 COSHH Regulation의 골격 위에 확립되어야 한다. COSHH의 Regulation 7은 OELs를 정하는데 근거를 제공한다. 일반적으로 Regulation 7은 고용주들이 그들의 고용자들로 하여금 건강에 해로운 물질에 대한 노출을 적절히 조절하거나 예방하는 것을 필요로 한다. 노출은 반드시 어떠한 절차를 통해 예방되거나 적절히 조절되어야 한다. 이것은 피부나 접촉을 통한 흡입, 섭취, 흡수 등을 포함한다.

Regulation 7은 OESs에 대해 특별히 필요하다. 물질에 대한 노출의 조절은 OES가 과도하든지 아니든지 간에 적절하다고 여겨진다. 만약 OES가 과도하다면 고용주는 원인을 밝히고 합리적이고 적절한 상황으로 개선하기 위한 적절한 조치를 취해야 한다.

현재 "Criteria Documents"는 WATCH의 작업을 안내하고 있다. 이 문서는 HSE에 의해 준비되었고 OES나 MEL이 합당한지 아닌지를 고려하는 WATCH에 제시

되었다. 기준문서는 논의되고 있는 물질에 대한 아래의 정보를 제공한다.

- 물질의 확인
- 물리-화학적 특성
- 발생, 생산물과 용도
- 노출과 섭취
- 측정
- 독성학
- 다른 위험에 있는 집단
- 지식에서의 부족한 점
- 한계에 대한 근거와 권고
- 현존하는 노출 한계
- 참고문헌

이러한 기준 문서 형식은 1989년 Hague Conference에서 발표된 기준문서의 조화를 위한 워크숍의 추천에 의거한다. 이 형식은 유럽 사회에 의해 채택되었으며, 최근에 이러한 문서들을 위한 준비를 위한 가이드로 출판되었다.

이러한 기준문서에 기초하여, WATCH 작업군은 어떤 타입의 직업적 노출 한계(OEL or MEL)가 적절한지 결정할 뿐만 아니라 어떠한 수준을 OEL로 설정하여야 하는지 고려해야 한다. 이러한 과정은 리뷰를 통해 특정한 물질에 대한 수많은 "indicative criteria"를 만족시켜야 한다. 적용 가능한 기준은 OESs와 MEL 모두를 위해 존재한다.

○ OES의 설정

WATCH가 고려해야 할 첫 번째 옵션은 특정 물질이 OES를 필요로 한다는 것을 항상 고려해야 하는 것이다. 이러한 이유로 OESs를 위한 다음 세 가지 적용기준이 충족되어야 한다.

기준 1 : 유용한 과학적 증거는 합리적인 확실성, 다시 말해 참조 기간동안 농축물의 흡입 1일 후 피고용자들의 몸에 장해가 발생했다는 적응증이 없다는 확실한 증명과정을 필요로 한다.

기준 2 : 실제상황에서 발생할 수 있는, 기준 1에 있는 것보다 더 높은 농축 물질에 대한 노출, 그리고 일정 기간 동안 건강에 미치는 짧거나 긴 효과가 과도한 노출의 원인을 확인하고 구제할 수 있도록 예측하는 것이 필요하다.

기준 3 : 기준1 하에서 나온 OES와 관련된 탄력성을 가지는 실용적인 증거이다.

첫 번째 기준은 어떠한 부작용도 없다는 하에서 눈에 띄는 건강에 대한 부작용이 있다는 역치 한계의 존재, 즉 OES를 확립하는데 있어 기본적인 기반을 설정한다.

결론적으로 NOAEL은 결정될 수 있다. NOAEL을 결론지으면서 WATCH는 모든 관련된 과학적 증거를 고려한다. 사람의 노출에 대한 과학적 자료는 처음으로 확인되었다. 그러나 인간 노출 자료가 제한되거나 존재하지 않았던 때도 있었다. 고려할 만한 근거는 동물실험에 근거한 독성 자료에 의한 것이었다. 이러한 과정이 결론지어 개념적인 OES한계가 확립되었다.

두 번째 기준은 COSHH Regulation 7과 관련되어 있다. 이 regulation은 기준1에 설정된 OES 위에서 편의를 봐주기 위한 것이다. OES 상의 노출은 과도할 수도 있고, 고용주들이 OES에 대한 증가된 노출을 합리적으로 실용적인 방법으로 단계를 밟을 수 있도록 해준다.

세 번째 기준은 산업적 실용성이 OES 한계에 접하게 될 때와 관련되어 있다. OES와 함께 합리적인 합일점을 찾을 수 있을까? 하는 것이다.

만약 모든 세 가지 기준이 충족되었다면 다음은 개념적인 OES가 추천되는 OES 한계가 되어야 한다. WATCH는 ACTS에 대한 추천을 받아들인다. 다음의 공공적 개념과 코멘트를 통해 HSC는 OESs 에게 EH40에서 승인된 OEL 목록에 추가한다.

○ MEL의 설정

모든 세 가지 OES 기준은 한계가 설정되기 전에 만족되어야 한다. 만약 어떠한 OES기준이 충족되지 않았다면 물질은 MEL을 위한 후보가 된다. WATCH는 ACTS를 위한 고려사항 하에 있는 물질이 된다. 유전자독성 전암 물질과 호흡 민감성 물질들과 같은 몇몇 물질들을 통해 어떠한 자신감의 정도와 함께 NOAEL를 결정할 수 없을 수도 있다. 이러한 경우에는 OES는 설정되지 않고, 또한 MEL이 고려된다. 물질은 다음의 MEL목적에 대한 적용기준을 모두 충족시켜야 한다.

기준 4 : 물질에 대한 유용한 증거는 OES를 통해 기준 1 과/또는 기준 2를 만족시키지 않는다. 그리고 물질에 대한 노출은 작업자로 하여금 심각한 잠재적인 육체적인 문제를 유발할 수 있다.

기준 5 : 물질이 OES에 대해 굉장히 높은 가치가 필요함에도 불구하고 기준 1과 2를 충족시키고 또한 조절이 합리적이고 실행가능하다고 간주될 수 있는 어떠한 용도와 관련되어 있다면 사회 경제적 요인이 적용된다.

기준 4는 노출된 작업자로 하여금 건강 효과를 적용한다. 만약 작업자에게 심각한 건강상의 잠재가 없다면 물질은 재 측정할 수 있고 혹은 한계가 전혀 설정되지 않을 수도 있다.

기준 5는 사회경제적인 면과 과학적인 요인을 같이 고려한다. ACTS는 노출을 줄이는 비용과 노력에 반하여 작업자의 건강에 대한 위험을 조절한다.

ACTS는 HSC에 MEL를 추천한다. HSC는 이를 주 장관에게 제출한다. MELs는 CISHH Regulation의 Schedule 1을 직접 개정한 이후 승인을 필요로 한다.

자) 개선과정

OESs와 MELs는 둘 다 업데이트 과정을 거친다. 그러나 그들의 법적으로 상황이 다르기 때문에 업데이트 과정도 다르다.

제안된 OESs는 처음으로 TSB(Toxic Substance Bulletin)에 공표된다. TSB는 제안된 OESs 한계뿐만 아니라 독성학적, 역학적 연구에 대한 연구의 요약을 포함하고 있다. 그 결과로서 제안된 OES 한계는 Guidance Note EH40에 출간되었다. 4달 동안의 의견과 검토의 기간 후에, 최종 OESs가 COSHH Guidance Note EH40 표2에 제시되어 있다.

제안된 MELs는 기존의 리뷰에 종속되어 있다. 이것은 새롭고 개정된 MELs가 COSHH regulation의 개정 Schedule 1이 의회의 승인을 필요로 하기 때문이다. MELs는 공적 의견과 검토를 통해 consultative document에 처음으로 출간되었다. 모든 코멘트가 검토되고 난 다음 HSC는 주 장관에게 제출된 개정 문서를 준비한다. 주 장관의 요청에 따라 의회는 제안에 대해 투표를 한다. 최종 MELs는 승인된 Code of Practice for COSHH Guidance Note EH40에 출간된다.

작업 프로그램은 더욱 이해가 잘되는 리뷰로 4-5년 주기로 매년 개정된다. 나아가 이러한 과정은 영국의 법 내부로 자리매김을 필요로 하는 EC Directives에 의해 설정된 적용한계가치를 계산하는데 참여하는 것이 필요할 것이다.

차) 실행

OELs의 수행은 의사 결정 과정의 모든 레벨에서 일어난다. 물질 선택과 우선순위와 같은 과정, 과학적 연구, 경제적 요인, 그리고 공적 리뷰 모두는 OELs를 수행하는데 있어 각각 중요한 역할을 한다.

카) 참고문헌(AIHA, 1996)

Health and Safety at Work Act, etc., 1974, Ch 37.

Control of Substances Hazrdous to Health (COSHH) regulation 1988, Control of Substances Hazzrdous to Health and Control of Carcinogenic Substances, Approved Code of Practice (Third Edition 1991).

COSHH EH40/93 Occupational Exposure Limits: Guidance Note (1993).

Occupational Exposure Limits: Criteria Document Summaries (1992).

Statutory Instrument SI 1988 No. 1657.

Statutory Instrument SI 1990 No. 2026

Statutory Instrument SI 1991 No. 243 가)

Statutory Instrument SI 1992 No. 2382.

Zielbuis, R.I., P.C. Noordam, et al.: Harminisation of Criteria Documents for Standard Setting: A Report of a Workshop. Regulatory Toxicology and Pharmacology 13:241(1991).

"Occupational Exposure Limits-Criteria Document: Guidance Note." Health and Safety, Commission of the European Communities Report EUR 13776(1992).

(8) 프랑스 : OEL(Occupational Exposure Limits)

다음은 프랑스의 화학물질에 대한 노출기준과 노출기준을 결정 방법에 대해서 AIHA (American Industrial Hygiene Association)에서 정리한 내용이다(AIHA, 1996).

가) 서론

프랑스에서 직업적 위해와 질병의 예방은 위험한 물질에 작업자들의 노출이 최소한의 수준으로 회피하거나 감소시키는 것을 요구한다. 프랑스에서 첫 직업적 노출한계(OELs)의 목록은 1982년에 최소한의 원형으로 공인되었다. OELs의 두 가지 형태가 현재 있다.

- 특정 물질(석면, 염화비닐, 분진, 벤젠, 납과 혼증가스[HCN, CH₃Br, PH₃])에 대한 법적이고 강제적인 OELs
- 다른 물질에 대한 권고적인 OELs

OELs은 High Council for the Prevention of Occupational Hazard, the Scientific Committee for the Surveillance of the Workplace Environment의 하위위원회에 의해 제창되고 개정되었다.

European Community 역시 OELs을 만들고 있다. OELs을 시행하기 위해 입법기

구가 시행될 때, Scientific Committee로부터 거의 바꾸지 않고 프랑스어로 된 법률로 번역된다.

나) 물질 선정 기준과 우선순위

심각한 위해를 고려한 6가지 물질(석면, 염화비닐, 분진, 벤젠, 납과 혼증가스 [HCN, CH₃Br, PH₃])에 대해서는 법률적인 OELs이 있다. 법령의 목적과 OELs에 대한 순응은 강제적이다.

다른 물질(500개 이상)은 권고되는 OELs이다.

일반적으로 OELs은 다른 요인들의 근거에서 선정되었고, 요인들에는 국제적 과학 서적, ACGIH TLVs의 변화와 지역적 보건 권위자에 의해 수행된 연구들이 있다.

두 가지 노출 기준의 형태가 있다: 시간-가중 평균(8시간)과 단기간 노출 허용(15분)이 있고, 4가지 원형이 발암물질이나 발암공정을 위해 기준을 제시한다.

다) 과학적 근거

국제적인 과학 서적이 OELs을 정할 때, 지역적 보건 권위자에 의해 시행된 연구들과 같이 고려된다.

가) 라) 경제적인 요인

OELs을 정하고 검토할 때 작업장 안전을 책임지기 위해 산업계가 참여한다. OELs은 따라서 산업장에서 실현될 수 있는 경제적인 부분과 산업계의 요구가 반영된다.

마) 시행

Scientific Committee는 모든 OEL이 측정될 수 있다고 확신하고, 모든 OEL이 측정될 수 있고 유지될 수 있기 위해 측정 방법을 표준화하거나 일치시킨다.

바) 증거자료와 이론적 근거

OELs은 French Official Journal, Official Bulletin과 National Institute of Safety Research (INRS)에서 출판 된다.

사) 실행

OELs을 감시하고 시행하는 것은 OEL의 형태에 따른다. 법적인 OEL에 대해서는 각 물질을 다루는 입법이나 법률 기구가 조절 기전을 상세히 기술한다. 권고되는

OEL에 대해서는 Labor Code의 Article L 231-7의 7줄에 작업장의 감시자는 위험한 물질의 영향을 측정하기 위한 실험을 수행하는 관리자가 필요할 수 있다고 제안한다.

좀 더 일반적인 방식과 작업장 안전을 관리하는 법률에 따라 시행의 책임자는 위험을 평가하고 한번 측정되면 위해 물질을 최소화해야 할 책임이 있다.

아) 재검토와 승인 과정

OELs은 전문가, 과학자와 산업계 대표자로 구성된 Scientific Committee에 의해 정해진다.

OEL에 대한 어떤 반대 의견도 과학적인 증거에 기초하여야 한다.

자) 개선과정

OEL의 재개정과 갱신은 정기적으로 된다. 새로운 과학적 증거(역학적, 독성학적 등)과 ACGIH TLV의 변화가 재개정의 주요 기폭제이다.

차) 실행

유럽의 OEL 지침은 법령으로 프랑스 법에 번역되고 일정 기간 후 법으로 된다. 새로운 OEL과 그것을 실행하는 사이의 기간은 각 물질 마다 다르다. 목 분진에서는 실행이 엇갈렸다. 1991년 5 mg/m³, 1993년 3 mg/m³, 1997년에 1 mg/m³

카) 인용

Ministry of Labor, Transparences series, La surveillance des atmospheres de travail

Lomenede B.A. INRS, Cahiers de notes documentaires n. 133 (ND 1707-133-88), Les valeurs limites en France, 4th quarter 1988.

INRS, Cahiers de notes documentaires n. 133(ND 1708-133-88), Valeurs limites d'exposition professionnelle aux substances dangereuses en France, 4th quarter 1988.

(9) 주요 선진국의 노출기준 설정배경과 우리나라의 설정배경

· 선진국에서 노출기준이 설정된 배경은 다음과 같다.

<표 1-3> 각국의 노출기준 설정 배경(이광목 등, 1994)

연도	기관 또는 사람	내용
1941	ASA	Z-37로 노출기준 발표
1942	ACGIH	63종의 물질에 대한 TLV 발표
1945	Cook	132종의 화학물질 발표 PHS에 의해 직업병을 위한 지침으로 사용 처음으로 mg과 ppm으로 환산
1946	ACGIH	131종의 화학물질과 13종의 광물분진에 관한 TLV 발표
1956	ACGIH	238종의 물질에 대하여 2배, 10배 폭로시의 증상 발표
1958	AIHA	hygiene standard 발표
1963	심포지움	미국과 소련 간에 노출기준 기준설정이 차이가 있음을 발견
1974	ANSI	33종의 물질에 대한 노출기준 발표

가) 미국의 노출기준

① 미국의 노출기준 설정배경

· 1962년 ACGIH에서 처음으로 노출기준에 관한 documentation이 발간된 후 여러 발간된 후 여러 차례 개정. 이 자료는 1970년 OSHA에서 PEL을 정할 때까지 미국의 공식적 노출기준으로 사용됨.

<표 1-4> 1968년도 ACGIH TLVs 설정에 사용된 자료의 출처(이병국, 등, 1986)

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

· 현재의 제정 방법은 다음과 같다.

- ACGIH TLV를 근간으로 →
- NIOSH에서 재검토하여 권고농도(Recommended Exposure Limit)권고 →
- OSHA에서 재조정후 채택하여 PEL 제정.
 - PEL(Permissible Exposure Limit)은 미국 연방정부에서 공식적인 공기 중 유해물질의 노출기준 기준으로 적용.
 - 근래에는 OSHA에서 독립적인 검토를 하는 부분이 많아지고 있다.
 - TLV를 설정하는데 적용하는 기준은 크게 4가지로 구분된다.

<표 1-5> 사람과 동물에 적용할 수 있는 ACGIH TLVs 설정을 위한 기준의 구분(이병국 등, 1987)

적용기준	내용
형태학적 변화	1. 해당 장기의 변화: 폐, 간, 콩팥, 조혈기관, 비부, 눈, 코, 중추신경계통, 내분비 계통 2. 발암성 3. X-선 소견상의 변화
기능적 변화	1. 장 기능의 변화: 폐, 간, 콩팥 등 2. 자극(irritation): 점막, 상피세포, 눈, 피부 등 3. 마취 4. 냄새
생화학적 변화	1. 인체 내 생화학적 구성 성분의 변화 2. 효소의 변화 3. 면역 생화학적 변화
기타	1. 불쾌감: 시각적, 미용 등

② TLV의 정의

- 잠재적인 건강 위험에 대한 대책을 세울 때의 지침(ACGIH, 1990)
- 대기오염, 생활환경 평가 및 대책을 사용하는데 사용할 수 없음.
- 연속적인 폭로나 연장 작업 기간의 독성정도 추정에 사용할 수 없음.
- 독성의 상대적 지표가 될 수 없고 육체적 결함을 판정하는데 사용할 수 없음.
- 개인의 감수성 차이로 인하여 소수의 근로자에게서 기준 이하에서 불쾌감 및 직업성 질환으로 발전될 수도 있음.
- 기준 제정은 산업장에서 얻어진 경험과 사람이나 동물 대상의 실험의 정보를 바탕으로 함.

- TLV의 기준은 시간가중평균농도, 단기폭로농도, 최고치인 최고폭로농도로 표시.
- 초과기준(Excursion limit)을 제정하여 8시간 평균치가 시간가중 농도를 초과하지 않는 조건하에서 하루에 30분간 이내에는 시간가중 평균농도의 3배까지 노출하며 어떤 일이 있어도 5배를 넘지 않도록 하고 있다.

③ TLV의 설정 및 적용원칙

○ TLV 설정의 원칙

- 대부분의 근로자가 건강에 악영향을 받지 않으면서 매일 반복하여 폭로될 수 있는 상태로 설정한다.
- 개인의 감수성이 크게 다르기 때문에 소수의 근로자는 어떤 물질에 대해서는 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.
- 이 기준의 제정은 산업장에서 얻어진 경험과 사람이나 동물을 대상으로 한 실험으로부터 가장 믿을만한 정보를 기초로 한 것이며, 때로는 이 세 가지를 조합하여 결정한 것이다.
- 그러나 이 값을 정하는데 이용한 결정기준은 물질에 따라 다르며 어떤 것은 건강장해를 예방하는 점을 기준으로 하였고 어떤 물질은 자극성, 마취작용, 불쾌감, 스트레스를 결정 요인으로 삼았다.

○ TLV 적용원칙

- TLV는 잠재적인 건강위험에 대한 대책을 세울 때의 지침으로서 도움을 주고자 하는 것이지, 대기오염이나 생활환경의 물리적 요인을 평가하거나 이에 대한 대책을 세운다거나 연속적으로 폭로되는 경우나 연장 작업 기간인 경우의 독성정도를 추정하는데 사용하지 않는 것이다.
- 질병이나 건강상태를 입증하는 데에도 사용하여서는 안 된다.
- 이 값은 안전과 위험한 폭로농도를 명백히 선을 그어 주는 것은 아니며 이는 물리적인 인자에서도 마찬가지이다. 그리고 독성의 상대적 지표가 될 수 없고 육체적 결함을 판정하는데 쓰여서도 안 된다.
- 이 값을 사용하는 사람은 산업위생에 관한 훈련을 받은 자라야 한다.

○ TLV 표시

- 이 기준은 시간가중평균농도, 단기폭로농도, 최고치인 최고폭로농도의 세 가지로

표시한다.

- 시간가중평균농도란 1일 8시간과 주당 40시간을 위한 시간가중 평균치이며 거의 모든 근로자가 악영향을 받지 않고 매일 반복하여 폭로될 수 있는 농도이다.

- 단기폭로농도란 15분간의 평균농도이며 이 농도는 8시간 가중평균값이 시간가중 평균농도를 넘지 않더라도 작업시간 중 절대로 초과해서는 안 되는 농도이다.

- 발암물질을 제정하여 A1, A2를 구분.

A1: 산업공정과 관련이 있고 사람에게 암을 일으킨 것이 확인된 물질

A2: 산업공정과 관련이 있고 사람에게 암을 일으킬 것이라고 추측하는 물질인데 이것은 역학조사의 결과가 있기는 하지만 불충분한 것 또는 하나 이상의 동물에서 적절한 방법으로 실험을 하여 발암성이 확인된 물질이 포함.

- 피부흡수와 혼합물질의 복합폭로 및 물리적 인자에 관한 사항 규정.

나) 일본의 노출기준

일본에서 산업위생학회의 노출기준과 관리농도로 구분하여 제정 및 관리하고 있다.

① 산업위생학회 노출기준

- ‘서한도’ 라는 말로 표현되어 시작된 후 일본산업위생학회에서 노출기준이라는 용어를 사용하여 노출이라는 개념으로 정착.

- 미국의 ACGIH TLV와 영구 ICI의 industrial hygiene standards를 주로 인용하다가 1959년 노출기준 위원회에서 17종의 노출기준 권고.

- 1972년, 산업안전위생법 제정 후 일본산업위생학회에서 화학물질에 대한 노출기준, 물리적 요인에 대해서는 노출기준 등의 권고라는 표제로 발표.

- 현재 153종에 대하여 기준 설정.

- 노출기준은 직장에서 근로자의 건강장해를 예방하기 위한 지침으로 사용되도록 할 목적으로 노출기준에 관한 위원회가 권고.

- 근로자가 유해물에 연일 폭로되는 경우 당해 유해물의 공기중 농도가 이 값 이하이면 대부분의 모든 근로자에 악영향을 볼 수 없는 농도.

- 유해물에 대한 감수성은 개인마다 다르므로 특별한 근로자는 이 값 아래에서도 불쾌, 잠재적 이상 상태의 악화 및 직업병의 방지에 유용하지 않을 수 있음.

- 결론적으로, 일본의 노출기준 권고는 미국의 ACGIH TLV와 거의 같은 내용이며 일본의 경제적 기술적 현실을 감안하여 46종에 한하여 ACGIH TLV를 조종 변경.

② 관리농도

- 법적 근거와 규제력을 가짐.
- 사업자가 여러 원인으로 인한 근로자의 건강장해를 방지하기 위하여 가능한 한의 수단을 사용하여 예방조치를 강구하여야 한다는 개념 포함.
- 1960년 중반, 유기용제중독 예방규칙, 연 중독 예방규칙, 4알킬 연 중독 예방규칙 마련하여 처음에는 작업열거 방식에 의한 규제.
- 1971년 특화칙을 마련하고 특화물의 수를 47종으로 제한하여 작업열거 방식에서 농도규제방식으로 이행.
- 농도규제방식 채택에 따른 작업환경 측정이 필요하여 작업환경에 대한 필요한 측정으로 안위법에 의무규정을 두었고 이에 따라 규제 농도 필요.
- 일본 산업위생학회의 노출기준은 폭로농도 개념의 규제와는 맞지 않아 현재 쓰이는 관리농도의 개념 정착.(이광묵, 1972)
- 처음으로 염화비닐에 장해 예방에 대한 통달에서 관리농도의 개념 도입.
- 1977년 작업장의 환경기준 유해물질의 농도관리에 관한 전문가회의를 설치하여 규제대상 물질 전체에 대하여 관리농도 개념 적용.(이광묵, 1983)
- 현재, 1988년 제정된 안위법에 작업환경평가기준이 고시되어 이 기준에 따라 환경 평가.
- 일본의 관리농도와 일보산업위생학회의 노출기준 권고치를 비교하면 4종의 물질은 관리농도에 있으나 권고치에 없으며 8종의 물질은 서로 그 값이 다른데 그 중 5종은 관리농도 쪽이 높다.
- 염화비닐의 경우 일본 자체의 조사만으로 정한 것으로 관리농도는 2ppm으로 미국의 5ppm 보다 낮다.
- 일본식 측정방법으로 측정된 작업장의 평균농도가 폭로농도의 1/3임에도 불구하고 관리 농도의 대부분을 노출기준 권고치와 같게 함으로써 규제를 완화하는 의미를 지님.

다) 그 외 나라의 노출기준

- 영국의 경우 OEL (occupational exposure limit)의 개념을 사용하고 있는데 법에 의해 규제되는 관리기준(control limit)과 권장기준(recommended limits)을 나누고 있다.
- 소련의 경우 1948년과 1966년 상대적인 위험을 뜻하는 MAC (Maximum Allowable Concentration)의 개념이 설명됨.

: 소련에서 사용하는 MAC은 근로자들이 일생동안 하루 8시간의 작업시간동안의 유해물질 폭로에도 어떤 질환을 유발하지 않고 더 나아가서 현재 측정이 가능한 검사방법으로 인체 내의 정상상태에서 조그만 이탈도 유발하지 않는 농도를 말하며 TLV와의 개념의 차이는 다음과 같다.

<표 1-6> MAC와 TLV 개념의 차이(이병국 등, 1987)

명칭	MAC(소련)	TLVs(미국)
	Maximum Allowable Concentration	Threshold Limit Value
관련영향	모든 근로자들을 보호하고 어떠한 심리 생리학적 변이도 노출안됨.	거의 모든 사람들을 보호하고 비가역적인 건강장애는 노출되지 않으나 생체의 대사기능이 보상할 수 있는 변이는 노출함.
영향의 양상	행동중독학적 접근 중추신경계통 영향중시	질병과 생체내의 생화학적 반응에 중점.
방법	동물실험	작업장에서의 역학자료
접근방법	이론적 건강기준	현실적 , 행정적

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

<표 1-7> 노출기준을 발표하고 있는 국가(이광목 등, 1994)

구분	국가
ACGIH TLV를 그대로 받아들인 나라	남아공화국, 네덜란드, 대만, 말레이시아, 멕시코, 벨기에, 브라질, 베네주엘라, 아르헨티나, 아일랜드, 이집트, 에쿠아도르, 이스라엘, 인도, 인도네시아, 칠레, 캐나다, 콜롬비아, 태국, 필리핀, 한국, 호주
소련의 영향을 받은 나라	러시아, 루마니아, 불가리아, 유고, 중국, 체코, 폴란드, 핀란드, 헝가리
독자적 노출기준을 만들었으나 거의 ACGIH TLV를 사용하는 나라	스위스, 스페인, 일본
독자적 노출기준이나 ACGIH TLV를 참고한다고 하는 나라	독일, 영국, 프랑스
별도의 노출기준 제정	노르웨이, 덴마크, 스웨덴

· 대부분의 국가들이 ACGIH TLV를 그대로 받아들이고 있거나 독자적 노출기준을 만들었으나 ACGIH TLV치를 거의 사용하고 있는 국가들에 반해 ACGIH TLV치를 참고로하여 독자적 기준을 마련하고 있거나 별도의 노출기준을 제정하고 있는 국가도 있다.

· 우리의 경우 ACGIH TLV를 그대로 받아드리고 있으나 최근 OECD가입 등으로 점차 독자적인 노출기준치의 제정이 요청되어지고 있다.

· 전 세계적으로 노출기준이 정하여진 물질의 종류는 1991년 현재 전부 2128종이다.(LIO, 1991)

참고로 ACGIH 에서 정한 것과 다른 값이나 ACGIH에서 정하지 않은 물질들을 보면:

- ① 일본은 미국의 값과 다른 것이 46개이며 그 중 미국에 없는 것과 미국보다 엄격한 물질은 28종이며 모두 유기용제이다.
- ② 영국의 경우는 93종 중 71종이 엄격하거나 독자적인 값이다. 주로 분진이다.
- ③ 독일의 경우는 약 118종이 다른데 그 중 미국보다 엄격한 것과 독자적인 물질은 65종이다.

(10) 외국의 생물학적 노출기준

유해물질의 생물학적 노출기준치 설정-미국의 BEI와 독일의 BAT(양정선, 1999)

생물학적 모니터링 결과의 해석을 위해서는 적절한 생물학적 기준치, 즉 정상치(reference value)와 한계치(tolerance value)가 설정되어 있어야 한다. 정상치(reference value)는 95%의 신뢰도 범위에서 직업적으로 노출되지 않은 사람들의 주어진 파라미터에 대한 평균값을 말한다. 최근 국제 전문가 집단의 회의에서는 정상치(reference value) 설정의 필요성에 대한 논의가 이루어지고 있다. 일부 중금속, 유기염소계 화합물, 유기용제 등은 정상치(reference value) 설정이 가능하다. 이와 같은 정상치 설정의 중요성은 검사결과를 이들 값과 비교함으로써 직업적 노출이 이루어지고 있는지 여부를 판단할 수 있기 때문이다.

산업보건 분야에서의 한계치(tolerance value) 설정은 노출량 평가, 영향 및 감수성 평가로서의 생물학적 모니터링의 결과 해석에 있어 무엇보다 중요하다. 현재 전세계적으로 과학적인 근거에 의해서 설정된 생물학적 기준치(Scientifically justified Threshold limit)는 독일의 BAT(Biological Tolerance Value)와 미국 ACGIH의 BEI(Biological Exposure Indices) (ACGIH, 2005)의 두 가지가 있다.

가) 미국의 BEI (Biologic Exposure Indices)

1982년 ACGIH는 생물학적 모니터링의 결과 해석을 돕기 위한 기준치(reference value)설정을 위한 예비위원회를 소집하였다. BEI 위원회는 1983년 결성되었으며 1984년 위원회는 BEI를 정의하고, 6가지 물질(carbon monoxide, ethylbenzene, styrene, toluene, trichloroethylene, xylene isomers)에 대하여 기준치(recommended values)를 제안하였다. 이 제안은 ACGIH에 제출되어 1986년 정식으로 BEI로 채택되게 되었다. 이후 추가로 위원회에서는 29가지 유해물질에 대하여 BEI를 제정하였고 7가지 물질에 대하여는 BEI를 개정하였다. 현재는 총 43가지 물질의 69 항목에 대한 BEI가 제시되어 있다

위원회에서 BEI를 설정하기 위해 다음과 같은 과정(stage process)을 거친다 (Michael, 1997)

- 실행 가능성의 분석(feasibility analysis)
- 권고안을 만들(development of a proposed BEI)
- 각계 분야 전문가들의 의견을 수렴하기 위하여 권고안을 공표(Formal publication of that proposal with an invitation for comment from all parties)
- 권고안에 대한 모든 수정 의견을 검토하여 수정안을 만들(Review and possible revision of the proposal)
- ACGIH의 voting member에 의해 공식적으로 채택(Final adoption by the

voting members of ACGIH)

나) 독일의 BAT (Biologic Threshold Limit)

독일의 경우 '직업적 폭로에 대한 생물학적 한계치'로서 BAT(DFG, 1996) 값을 제시하고 있다. BAT 목록은 매년 재개정된다. 그러나 BAT은 '근로자의 건강상 장해를 주지 않는 유해물질이나 그 대사물의 허용 가능한 최대 농도'로 정의되어 있다. 그러므로 BAT는 정상적인 작업이 이루어지고 있을 때의 건강한 개인의 ceiling value 해당한다. BAT이상의 폭로가 일어나고 있다고 하더라도 항상 건강 기능상의 유해성을 나타낸다는 것은 아니며, 설령 건강영향이 일어났다 하더라도 반드시 비가역적이라는 것을 의미하지는 않는다(Lehnert and Schaller, 1995).

BAT 적용의 전제조건은 다음과 같다.

- 지표물질은 반드시 혈액, 소변, 호기 등의 검체 중에 안정한 상태로 존재해서 표본의 채취가 가능해야 한다.
- 대표성 있는 시료 채취 전략(strategy)이 수립되어 있어야 한다.
- 적절한 수준의 정확도, 정밀도, 감도를 가지는 분석법이 확립되어 있어야 한다.
- 지표물질 분석에 관한 정도관리 프로그램이 확립되어 있어야 한다.

발암성 물질에 대해서는 어느 정도 이하면 유해하지 않다고 표현할 만한 농도가 없으므로 BAT를 제시하지 않는다. 그러므로 발암성 물질에 대한 생물학적 모니터링은 BAT를 적용하는 대신 발암물질 흡수의 정량적 평가를 위하여 EKA (Exposure Equivalents for carcinogenic substances)를 제시한다. EKA는 작업환경 중 농도와의 상관성의 식에서 MAK에 해당하는 폭로가 일어났을 때의 해당 지표물질의 농도로 호흡에 의한 흡수만을 반영한다. 현재 acrylonitrile, alkali chromate(6가Cr), Arsenic trioxide, benzene, cobalt, ethylene, ethylene oxide, hydrazine, nickel, pentachlorophenol, vinylchloride의 11가지 물질에 대하여 EKA가 정해졌으며, 4-aminobiphenyl, cadmium, 4,4'-diaminodiphenyl-methane, 2-naphthylamine등 4가지 물질은 발암성물질로 지정되어있으나 EKA치가 결정되어 있지 않다.

바. 작업장내 근로자 노출실태

작업환경측정은 작업장에 존재하는 유해인자에 근로자가 얼마나 노출되고 있는지를 측정하고 분석하고 평가하는 과정이다. 작업환경측정의 결과는 유해인자노출의 정도가 근로자의 건강에 문제를 일으킬 수 있는지를 판단하고, 측정된 유해물질의 농도수준이 법적 규제수준에 적합한지 결정하고, 작업환경을 개선하기 위한 노력이 효과적으로 수행되고 있는지를 평가하기 위한 근거자료로 중요하게 활용되고 있다.

따라서 정확하고 믿을 수 있는 작업환경측정 결과가 제공되어야만 근로자의 건강을 보호하고 작업환경 개선을 합리적으로 수행할 수 있다.

작업환경측정은 작업장의 유해인자에 대한 면밀한 예비조사를 실시하는 것에서부터 시작하여 시료채취전략을 수립한 후, 측정기구의 보정, 시료채취, 시료의 운반 및 보관, 시료 분석, 데이터 처리의 과정을 거친다.

이 일련의 과정에 시료채취자와 분석자의 다양한 행위가 개입되고, 여러 가지 측정기구와 분석기구가 사용된다.

정확하고 믿을만한 작업환경측정 결과를 얻기 위한 노력은 작업환경측정 시료를 분석하는 실험실 안에만 국한된 것이 아니라, 작업환경측정 준비과정, 시료채취과정, 운반, 보관, 분석, 데이터 처리, 보고서 작성까지 전 과정에 걸쳐 행해져야 한다.

이렇게 작업환경 측정 방법을 이용하여 2-Diethylaminoethanol(DEAE)을 측정하고 측정한 시료를 분석하여 작업장 전반에 걸친 노출형태와 노출 공정 등을 살펴보고 통계적 방법을 이용하여 국내 노출 실태를 알아보고 합당한 노출기준을 마련하고자 하였다.

또한 해당물질을 취급하는 사업장의 산재의 특성, 건강상태 및 작업장환경노출을 파악함으로써(최근 3개년간의 산재통계와 특수검진 및 작업환경측정 결과) 작업장내 근로자의 노출실태를 파악할 수 있을 것이다.

사. 노출기준제안

다음은 산업안전보건연구원(2002)의 문헌에 나타나 있는 다른 나라의 노출기준의 설정 및 개정에 대한 내용이다.

(1) 노출기준 요약 및 해설

<표 1-8> 선진국의 노출기준 제·개정 절차

선진국의 노출기준 제·개정 절차
기준설정에 사용된 선택기준과 우선순위
기준의 과학적 근거
기준설정의 비용효과분석 과정
채택된 노출기준을 만들어 가는 접근성에 대한 결정방안
노출기준을 위한 이론적 근거의 문서화
기준의 법적시행
공개적 검토와 승인과정
기준을 개정하는 방법
집행

가) 선진국의 노출기준

각 나라의 조직이 작업장을 위한 노출기준절차를 확립하였다. 각각의 보고서 분석에 사용된 표준화된 조직도는 다음과 같다.

- 기준설정에 사용된 선택기준과 우선순위
- 기준의 과학적 근거
- 기준설정의 비용효과분석 과정
- 채택된 노출기준을 만들어 가는 접근성에 대한 결정방안
- 노출기준을 위한 이론적 근거의 문서화
- 기준의 법적시행
- 공개적 검토와 승인과정
- 기준을 개정하는 방법
- 집행

나) 우리나라 노출기준 요약 및 해설

<표 1-9> 우리나라의 노출기준 제·개정 과정

연도 (제, 개정)	고시	비고
1972.2.8.	노동청예규 제 102호	“유해물질 허용농도 및 동측정요령”제정 당시 동 예규에 57종의 유해물질과 분진, 소음, 온도에 대해 허용농도를 규정 - 근로자의 보건관리 규칙으로 하여 예규 별표에 별도 규정
1983. 1.20 (제정)	노동부고시 제1호	1983년 “작업환경측정방법”제정 당시 동 고시 내에 총 50종에 대한 허용농도 규정 - 유기용제 16종, 특정화학물질 31종 및 소음, 분진, 납
1986.12.22 (제정)	노동부고시 제86-45호	“작업환경측정방법”중 “유해물질의 허용농도”를 분리하여 별도 고시(‘83년의 허용농도 규정을 보완)
1988.12.23 (1차 개정)	노동부고시 제91-21호	“원진 레이온근로자 이황화탄소중독사건”을 비롯 유기용제, 중금속등 유해물질에 의한 직업병이 크게 사회문제화 된 것을 계기로 유해물질 173종을 추가로 규정
1991.3.30 (2차 개정)	노동부고시 제97-65호	“작업환경측정법”의 개정과 함께 “유해물질의 허용농도”도 개정하였으나 697종에 대한 허용농도는 변화 없음
1998.1.5 (3차 개정)	노동부고시 제97-65호	- 산업안전보건법 제42종의 작업환경측정의 평가기준으로 사용하기 위해 유해물질의 허용농도를 화학물질 및 물리적인자의 노출기준으로 용어를 변경하였으며 2-브로모프로판의 실험결과 생식독성물질임이 밝혀짐에 따라 동 물질의 노출기준을 추가 - 나머지 물질에 대해서는 변화없음
2002.2.4 (4차 개정)	노동부고시 제2002-2호	석면 2개/cm³ → 0.1개/cm³
2002.5.6 (5차 개정)	노동부고시 제2002-8호	벤젠 10ppm → 1ppm

우리나라의 노출기준은 1979년 1953년 근로기준법의 보건관리규정 제16조, 제19조 및 제 36조 1항의 규정에 의해 노동청 예규 225호 유해물질의 노출기준을 정하였고, 1982년 1981년에 공포된 산업안전보건법의 시행령이 제정 공포되었다, 1983년에는 노동부 고시 제 1호로 작업환경측정방법 고시 내에 분진, 유기용제 16종, 특정화학물질 31종, 소음 및 연등의 노출기준 설정되었다.

1986년 유해물질 대상을 324종으로 확대되었고, 1988년에는 유해물질 373종이 추가되어 697종으로 확대 개정되었다. 이후 1988년 2-브로모프로판의 실험결과 생식독성물질임이 밝혀짐에 따라 동 물질의 노출기준이 추가되었고, 2002년에 석면의 노출기준이 2 개/cm³에서 0.1 개/cm³로 2002년에 벤젠의 노출기준이 10ppm에서 1ppm으로 개정되었다.

우리나라의 현행 유해물질의 노출기준은 주로 ACGIH의 1988-89 노출기준 697종 중 698종을 채택한 것이며 특히 발암성물질이나 발암추정물질에 대한 규정은 ACGIH의 기준을 모두 수용하고 있다 보다 구체적으로 그 내용을 살펴보면 아래와 같다.

- ① 유해물질의 선정은 ACGIH TLV's 에 '86-88'년 까지 3개년동안 계속 채택된 물질을 모두 선정.
- ② 노출기준은 '88-89 ACGIH TLV's 기준 채택.
- ③ 노출기준 설정 중 OSHA 기준이 있는 것은 OSHA기준치 (84)와 ACGIH TLV를 비교하여 보다 엄격한 기준을 채택(8종)
- ④ 호흡성분진의 노출기준을 별도로 정함.
- ⑤ 발암성 물질은 별표로 정리 (A1: 발암확인 물질 A2: 발암성 추정물질)

(2) 우리나라 설정에 적합한 노출기준 제시

<표 1-10> 외국의 직업성 유해물질 노출기준 설정과정

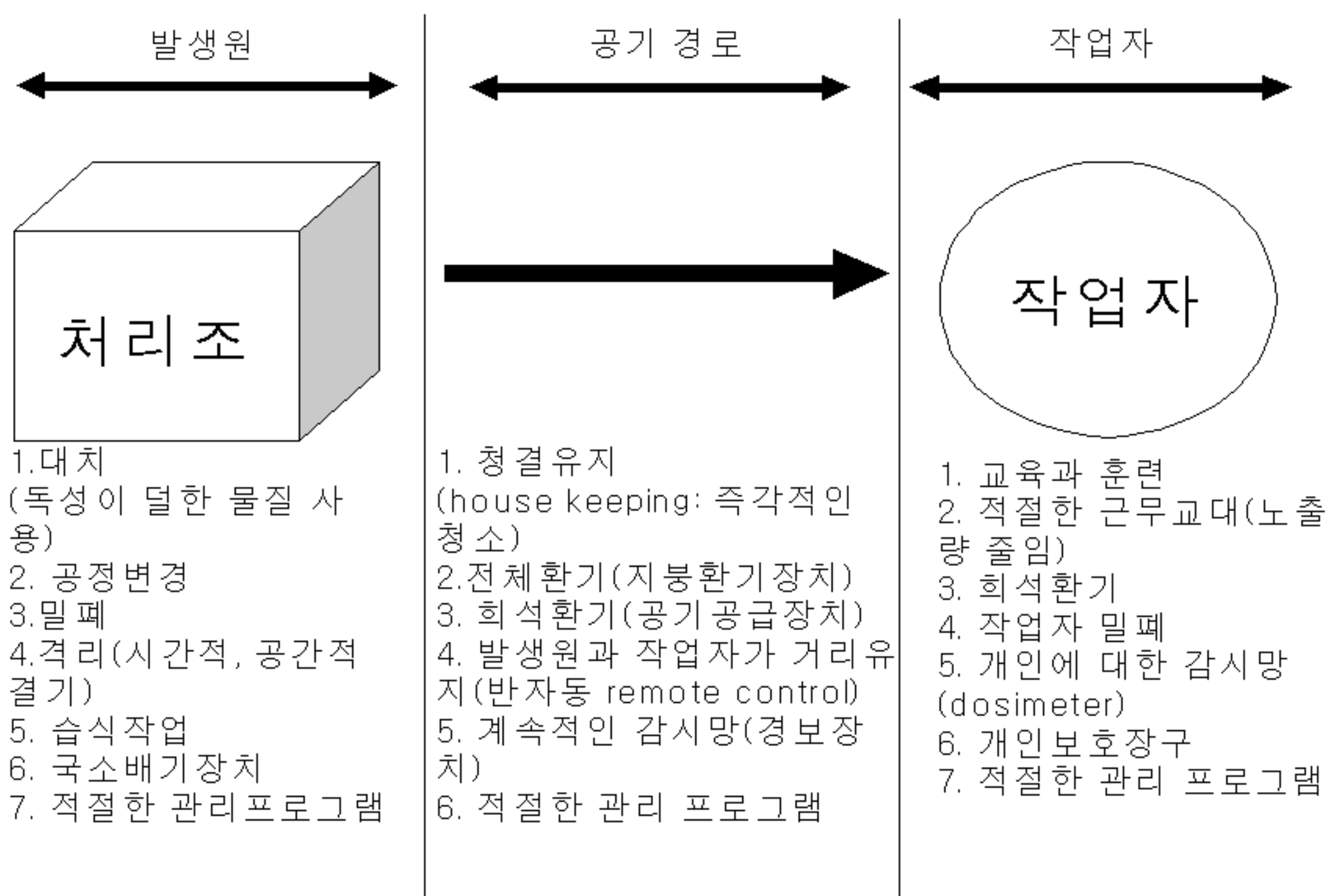
기준	유럽공동체	프랑스	독일	일본	스웨덴	영국	미국					
							ACGIH	ERPGs	WEELs	MSHA	NIOSH	OSHA
물질 선택기준과 우선순위												
위원회에 근거	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0
과학적 근거	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
작업장 경험	0		0	0	0	0	0	0	X	0	0	0
과학적 근거												
학술위원회	0	0	0	0	0	0	X	0	X	X	X	0
동료심사	0	X	0	X	0	0		0	0	X	0	X
국제기준 도큐먼트	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
국내기준 도큐먼트	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
국내연구기관	NA	0	0	0	0	0		X	X	0	NA	0
인간/동물 연구	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
안전요인				0		NA				0		0
NOAEL	0			0	0	0			0		0	0
기준의 형태												
시간 가중치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
단기노출기준	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
천정치	0	X	0	0	0	0	0		0	0	0	0
생물학적 폭로지수	0	X	0	0			0			X	0	0
경제요인												
경제요인고려	0	0	X	0	0	0	X	X	X	0	0	0
실행가능성												
다른요인고려	0	0	X	0	0	0	X	X	X	0	0	0
논리적 근거												
과학적 기준을 문서화	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
도큐먼트 출판	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
규제												
법적인 힘	0	△	X	X	X	X	X	X	X	0	X	0
지침	X	0	0	X	0	0	X	0	X	X	0	X
측정하고 규제	0	△	0	X	0	0	X	X	X	0	X	0
검토 및 승인과정												
응급조치			0	X				X	X	0		0
계속적으로 진행	0	0	X	X	X	X	X	0	0	X	0	0
적어도 3년마다 검토	0	NA	0	X	0	0	0	X	X	X	0	X
실행												
법률/지침	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
고용주 책임	0	0	0	0	0	0	X	X	NA	0		0
정보의 배포	X	0	0	X	0	0	X	X	X	0	0	X

아. 취급근로자 건강장해 예방조치

(1) 유해공정별 작업환경관리요령

작업환경을 관리하기 위해서는 작업공정 및 작업 실체를 이해해야하는 것은 물론이고 물리·화학·생물학적인 유해인자와 그 잠재적인 유해성을 이해해야 한다. 노출위험성에 대한 완전한 이해는 어떤 관리방법을 선택할지를 결정하게 된다.

노출정도를 줄이기 위해서는 그림 1-1과 같이 발생원, 작업자에게 가는 경로, 작업 패턴과 보호구 사용에 대한 정확한 이해가 필요하다. 다음그림은 발생원에서부터 작업자에게 이르기까지 유해물질을 어떻게 관리해야 하는지를 잘 설명해 주고 있다.



[그림 1-1] 일반적인 작업환경관리 방법

<표 1-11 > 작업환경관리의 구분과 관리방법

관리대상	관리내용	관리목적	지표	판단기준
유해물 사용량 ↓ 발생량 ↓ 공기 중 농도 ↓ 노출농도 ↓ 체내 흡입량 ↓ 반응의 정도 ↓ 건강영향	대체 사용형태·조건·생산공정의 변경 설비·장치의 원격조작 자동화 밀폐 국소배기 전체환기 건물구조관리	발생억제 격리 제거	작업장내 공기 중 농도	노출기준
	작업장소 작업방법 작업자세 노출시간 호흡기보호구 교육	침입억제	생물 학 적 지 표	폭로 농도 폭로한계
	생활지도 휴양 치료 배치전환	장해예방	건강 진단 결과	진단기준

일반적으로 작업환경에서 건강상 위험요소를 관리하는 방법에는 다음과 같이 크게 3가지로 나눌 수 있다.

가) 공학적인 관리(engineering controls)

공장의 설계초기부터 유해물질을 제거 혹은 감소시킨다거나 대체(substitution), 격리(isolation), 환기(ventilation)를 이용하는 방법

나) 행정적인 관리(administration controls)

근로자가 오염물질로부터 노출되는 시간을 최소화, 최적의 작업조건 조성, 교육과

훈련, 직장건강관리, 특히 적합한 교육과 훈련은 근로자가 유해요소에 대해 인식하고 근로자 스스로가 노출을 줄일 수 있는 작업조건을 만들 수 있다.

다) 개인보호장구(personal protective equipment: PPE)

개인보호구는 최후의 수단으로 사용되어야 하며 일반적으로 공학적인 환기 및 기타 관리 방법과 겸하여 사용된다.

관리대상유해물질을 취급하는 사업장은 다음과 같은 조치를 해야한다.

제168조(관리대상유해물질과 관계되는 설비) 사업주는 실내작업장에서 관리대상유해물질을 취급하는 업무에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 당해 작업장에 관리대상유해물질의 가스·증기 또는 분진의 발산원을 밀폐하는 설비 또는 국소배기장치를 설치하여야 한다. 다만, 분말상의 관리대상유해물질을 습기가 있는 상태에서 취급하는 때에는 그러하지 아니하다.

제175조(국소배기장치의 성능) 사업주는 국소배기장치를 설치하는 때에는 별표8에서 정하는 제어풍속을 낼 수 있는 능력을 갖춘 것을 설치하여야 한다.

제176조(전체환기장치의 성능) ①사업주는 단일성분의 유기화합물이 발생하는 작업장에 전체환기장치를 설치하고자 하는 때에는 다음 식에 따라 계산한 환기량 이상으로 설치하여야 한다.

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.

<별표 8> 제어풍속

작업시간 1시간당 필요환기량 = (24.1×비중×유해물질의 시간당사용량×K /분자량×유해물질의 노출기준) × 106
주) 시간당 필요환기량 단위 : m³/hr 유해물질의 시간당사용량 단위 : /hr K : 안전계수로서 K=1 : 작업장내의 공기 혼합이 원활한 경우 K=2 : 작업장내의 공기 혼합이 보통인 경우 K=3 : 작업장내의 공기 혼합이 불완전한 경우

(2) 유해물질 안전취급요령

관리대상유해물질을 취급하는 사업장은 다음과 같은 조치를 해야한다.

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 취급설비 중 발열반응 등 이상 화학반응에 의하여 관리대상유해물질이 새 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 조작할 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.

(3) 취급근로자 노출방지조치

관리대상유해물질을 취급하는 사업장은 다음과 같은 조치를 해야한다.

제187조(안전담당자의 직무)

①사업주는 법 제14조제1항의 규정에 의하여 안전담당자로 하여금 다음 각호의 업무를 이행하도록 하여야 한다.

1. 관리대상유해물질을 취급하는 근로자가 당해 물질에 오염되지 아니하도록 작업방법을 결정하고 작업을 지휘하는 일
2. 관리대상유해물질을 취급하는 작업장소 또는 설비를 매월 1회 이상 순회 점검하고 국소배기장치 등 환기설비의 이상유무를 점검하여 필요한 조치를 하는 일
3. 보호구의 착용상황을 감시하는 일
4. 근로자가 탱크내부에서 관리대상유해물질을 취급하는 때에는 제183조제1항 각호의 규정에 의한 조치의 이행여부를 확인하는 일
5. 제2호의 규정에 의한 점검 및 조치결과를 기록·관리하는 일

②제1항제2호의 규정에 의하여 환기장치를 점검하는 때에는 다음 각호의 사항을 점검하여야 한다.

1. 후드 또는 덕트의 마모·부식 그 밖의 손상유무와 정도
2. 송풍기 및 배풍기의 주유 및 청결상태

3. 덕트 접속부의 이완유무
4. 전동기와 배풍기를 연결하는 벨트의 작동상태
5. 흡기 및 배기능력 상태

제188조(사용전 점검 등)

①사업주는 국소배기장치를 설치한 후 처음으로 사용하는 때 또는 국소배기장치를 분해하여 개조하거나 수리한 후 처음으로 사용하는 때에는 다음 각호에서 정하는 바에 따라 사용 전에 점검을 하여야 한다.

1. 덕트 및 배풍기의 분진상태
2. 덕트 접속부의 이완유무
3. 흡기 및 배기능력
4. 그밖에 국소배기장치의 성능을 유지하기 위하여 필요한 사항

②사업주는 제1항의 규정에 의한 점검결과 이상이 발견된 때에는 즉시 청소·보수 그 밖의 필요한 조치를 하여야 한다

③제1항 규정에 의한 점검을 한 후 그 기록의 보존에 관하여는 제104조의 규정을 준용한다.

제189조(명칭 등의 게시) 사업주는 관리대상유해물질을 취급하는 작업장에는 다음 각호의 사항을 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다.

1. 명칭
2. 인체에 미치는 영향
3. 취급상 주의사항
4. 착용하여야 할 보호구

(4) 취급 시 주의사항

관리대상유해물질을 취급하는 사업장은 다음과 같은 조치를 해야 한다.

제182조(작업수칙) 사업주는 관리대상유해물질 취급설비 또는 그 부속설비를 사용하는 작업을 하는 때에는 관리대상유해물질이 새지 아니하도록 다음 각호의 사항에 관한 작업수칙을 정하여 이에 따라 작업하도록 하여야 한다.

1. 밸브·코크 등의 조작(관리대상유해물질을 내보내는 경우에 한한다)
2. 냉각장치·가열장치·섞는 장치 및 압축장치의 조정
3. 계측장치 및 제어장치의 감시·조정
4. 안전밸브·긴급차단장치·자동경보장치 그 밖의 안전장치의 조정
5. 뚜껑·후렌지·밸브 및 코크 등 접합부가 새는지 여부의 점검
6. 시료의 채취
7. 관리대상유해물질 취급설비의 재가동시 작업방법
8. 이상사태가 발생한 경우의 응급조치
9. 그밖에 관리대상유해물질이 새지 아니하도록 하는 조치

제183조(탱크 내 작업)

①사업주는 근로자에게 관리대상유해물질이 들어있던 탱크 등을 개조·수리 또는 청소하도록 하거나 당해 설비 또는 탱크 등의 내부에 들어가서 작업을 하도록 하는 때에는 다음 각호의 조치를 하여야 한다.

1. 관리대상유해물질에 관하여 필요한 지식을 가진 자로 하여금 당해 작업을 지휘하도록 할 것
2. 관리대상유해물질이 들어올 우려가 없는 때에는 작업을 하는 설비의 개구부는 모두 개방할 것
3. 근로자의 신체가 관리대상유해물질에 의하여 오염된 때 또는 작업이 종료된 때에는 즉시 근로자로 하여금 몸을 씻게 할 것
4. 비상시에 작업설비 내부의 근로자를 즉시 대피 또는 구조하기 위한 기구 그 밖의 설비를 비치할 것
5. 작업을 하는 설비의 내부에 대하여 작업 전에 관리대상유해물질의 농도를 측정하거나 그 밖의 방법에 의하여 근로자가 건강상 장애를 입을 우려가 있는지의 여부를 확인할 것
6. 제5호의 규정에 의한 설비내부에 관리대상유해물질이 있는 경우에는 설비의 내부를 환기장치에 의하여 충분히 환기시킬 것
7. 유기화합물을 넣었던 탱크에 대하여는 제1호 내지 제6호의 규정에 의한 조치 외에 작업시작 전에 다음 각목의 조치를 할 것

가. 유기화합물이 탱크로부터 배출된 후 탱크내부에 재유입되지 아니하도록 할 것

나. 물 또는 수증기 등으로 탱크내부를 씻은 후 씻는데 사용한 물 또는 수증기 등을 탱크로부터 배출시킬 것

다. 탱크용적의 3배 이상인 공기를 채웠다가 내보내거나 탱크에 물을 가득 채웠다가 그 물을 다시 배출시킬 것

②사업주는 제1항제7호의 규정에 의한 조치를 확인할 수 없는 설비에 대하여는 근로자가 당해 설비의 내부에 머리를 넣고 작업하지 아니하도록 하고 그 뜻을 미리 작업에 종사하는 근로자에게 널리 알려야 한다.

제184조(사고시의 대피 등)

①사업주는 관리대상유해물질을 취급하는 근로자에게 다음 각호의 1에 해당하는 사태가 발생하여 관리대상유해물질에 의한 중독이 발생할 우려가 있을 때에는 즉시 작업을 중지하고 근로자를 당해 장소로부터 대피시켜야 한다.

1. 당해 관리대상유해물질을 취급하는 장소를 환기하기 위하여 설치한 환기장치의 고장으로 그 기능이 저하되거나 상실된 때
2. 당해 관리대상유해물질을 취급하는 장소의 내부가 관리대상유해물질에 의하여 오염되거나 새는 때

②사업주는 제1항 각호의 규정에 의한 사태가 발생하여 작업을 중지한 때에는 관리대상 유해물질에 의한 오염 또는 누출이 제거될 때까지 관계자외의 자의 출입을 금지시키고 그 뜻을 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다. 다만, 안전한 방법에 의하여 인명구조 또는 유해방지에 관한 작업을 하도록 하는 때에는 그러하지 아니하다.

제185조(발암성물질의 취급일지 작성) 사업주는 별표 7에서 규정한 발암성물질을 취급하는 때에는 물질명·사용량 및 작업내용 등이 포함된 발암성물질 취급일지를 작성하여 비치하여야 한다.

제186조(발암성물질의 고지) 사업주는 근로자로 하여금 별표 7에서 규정한 발암성물질을 취급하게 하는 때에는 당해 물질이 발암성물질임을 게시판 등을 통해 근로자에게 알려야 한다.

(5) 응급조치요령

관리대상유해물질을 취급하는 사업장은 다음과 같은 조치를 해야한다.

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 취급설비 중 발열반응 등 이상화학반응에 의하여 관리대상유해물질이 새 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 조작할 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.

(6) 유해물질 저장·보관방법

관리대상유해물질을 취급하는 사업장은 다음과 같은 조치를 해야한다.

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 지정하여 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.

(7) 개인보호구

관리대상유해물질을 취급하는 사업장은 다음과 같은 조치를 해야한다.

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 관리대상유해물질 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.

(8) 기타

관리대상유해물질을 취급하는 사업장은 다음과 같은 조치를 해야한다.

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, 가스상 물질류를 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 자의 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 배치전에 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 작업 전에 근로자에게 알려야 한다.

자. 규제영향분석¹⁾

(1) 노출기준 제·개정 규제의 정의와 필요성

가) 규제의 정의

정부가 사용하는 모든 정책 운용 수단을 넓은 의미로 규제라고 정의할 수 있다. 즉, 광의의 규제는 정부가 정부의 기능을 수행하기 위해 사용하는 모든 수단이다(하병기 외, 규제개혁의 경제 효과 분석, 2000, 을유문화사, 서울, p21-22). 이러한 규제는 경제적인 목적과 관련된 조세, 관세 뿐만 아니라 각종 인허가 및 환경 규제, 행정 절차 등을 포함한다. 나아가 법령에 근거하지 않고서도 정치적인 영향력 혹은 행정력에 근거하거나 기존의 관행에 의해 민간의 행위를 제한하는 모든 행위나 가이드라인도 포함한다.

규제의 목적을 기준으로 규제는 경제적 규제와 사회적 규제, 그리고 행정적인 규제에 분류할 수 있다(OECD, The OECD Report on Regulatory Reform; Synthesis, OECD, 1997, p11). 사회적 규제는 환경의 질, 안전, 보건 등과 같이 공공의 이익을 위해 설정되는 조치이다. 시장에서 거래되지 않거나 혹은 외부 경제 효과로 인해 사회적인 비용과 사적인 비용 간에 차이가 있는 경우에 많이 사용된다.

사회적 규제는 주로 환경 파괴, 직장에서의 안전, 소비 제품의 위험성이 주 대상 분야로 규제 방법은 직접적으로 정부가 개입하는 방법이 많이 사용된다.

사회적 규제는 삶의 질과 밀접하게 관련이 있어 소득 증가와 더불어 이를 강화해야 한다는 정치, 사회적 요구와 더불어 강화되는 추세이다. 우리나라 정부에서 1998년에 제정한 행정규제기본법에는 행정 규제를 ‘국가 또는 지방자치 단체가 특정한 행정목적을 실현하기 위하여 국민의 권리를 제한하거나 의무를 부과하는 것으로서 법령 등 또는 조례, 규칙에 규정되는 사항’으로 정의하고 있다. 본 연구에서는 규제의 개념을 광의의 개념이 아니라 행정규제기본법의 정의에 의한 협의의 개념으로 한정한다.

나) 규제의 필요성; 사회적 규제를 중심으로

유해물질에 대한 노출기준 제·개정은 사회적 규제에 해당하므로 사회적 규제를 중심으로 규제의 필요성을 살펴보면 사회적 규제는 사회적 가치의 달성을 목적으로 설정되는 규제에 건강, 안전, 환경 등과 관련된 규제가 대부분이라고 할 수 있다.

건강, 안전, 환경 등과 같이 사회적 규제가 목표로 하는 가치들은 측정하기가 힘들고 화폐적인 가치와 같이 비교하기가 힘든 경우가 대부분이기 때문에 규제 강도

1) 이장은 참고문헌을 별도로 제시하지 않을 경우 동국대학교 김일중 등의 환경 규제의 비용/편익분석 지침서(환경부제출, 2003.3)를 참고하였다.

의 적정성에 대한 논란이 많다는 특징이 있다. 그러나 소득이 높아질수록 사회적 가치에 대해 민간이 더 높은 가치를 부여하게 되고 그 결과 사회적 규제에 대한 국민의 수요가 높아질 것으로 예상할 수 있다.

다) 규제의 목표 설정

규제의 목적을 기준으로 규제는 경제적 규제와 사회적 규제, 그리고 행정적인 규제로 분류할 수 있다(OECD, The OECD Report on Regulatory Reform: Synthesis, OECD, 1997, p11). 사회적 규제는 환경의 질, 안전, 보건 등과 같이 공공의 이익을 위해 설정되는 조치이다. 유해물질의 노출기준 설정은 사회적 규제에 해당하며, 규제를 통해 근로자의 안전과 건강을 증진시키고 나아가 기업의 생산성 향상을 도모할 수 있다.

이러한 변화는 소비자 효용의 증대로 이어져 공공의 이익을 창출하게 된다. 그러므로 각 나라마다 규제의 목표에 따라 그 허용기준이 다르다. 순수하게 건강영향만을 고려하여 결정하는 나라가 있는가 하면 그 나라의 사회경제적, 기술적 가능성을 고려하여 결정하는 경우도 있다.

라) 규제개혁의 정의

규제개혁은 규제 완화, 규제의 질적 개선을 통한 규제 강화, 규제 과정의 투명화 및 효율화의 세 가지로 나눌 수 있다.

이중에서 두 번째인 규제의 질을 향상시키고 부담을 줄이는 규제 강화는 사회적 규제에 많이 적용되는 것으로 사회 경제적인 변화와 국민 의식의 변화 그리고 정부 역할의 변화를 많이 반영한다.

자동차의 안정성을 높이기 위해 규제의 강도를 높이면서도 민간의 규제 준용 비용을 최소화하고 안전도를 효율적으로 강화시킬 수 있도록 하는 방안을 찾는 것이 그 예라고 할 수 있다(하병기 등, 2000).

마) 규제개혁의 필요성

규제개혁의 필요성은 우선, 규제 설정 시에 고려하였던 규제 여건, 즉 사회적 환경이 변화함으로써 규제 자체도 여기에 적응하도록 변화해야 한다는 데서 찾을 수 있다. 사회적 환경이 변화함으로써 규제의 목적이 소멸되거나 변화하는 경우가 있을 수 있다(하병기 등, 2000).

또한 규제 설정 당시에 고려하였던 사회 경제적인 환경이 변화함으로써 목적하였던 공익이나 국민복지를 증진시키지 못하거나 비효율화하는 경우도 발생한다. 사회·

경제적인 변화에 대응하여 규제는 효율화되도록 개선되거나 혹은 폐지될 필요성이 있다. 규제 여건이 계속 변화하여 가므로 규제 개혁은 지속적으로 수행되어야 한다는 결론을 내릴 수가 있다. 또한 빠르게 변화하여 가는 사회일수록 규제 개혁의 속도도 빨라질 필요가 있음을 의미한다.

규제에 대한 인식의 변화도 규제 개혁의 필요성이 강조되는 하나의 요인으로 지적할 수 있다.

(2) 노출기준 제·개정 규제의 경제성 분석

가) 노출기준 제·개정 규제의 경제성 분석의 의미 및 필요성

현실적으로도 노출기준 제·개정 규제는 많은 비용을 수반하고 이러한 비용은 산업경쟁력, 나아가서는 국민 경제 전반에 걸쳐 큰 영향을 줄 수 있다. 따라서 이미 선진국에서는 정책 시행에 있어서 경제적 효율성이 확보되어야 한다는 인식 아래 일정규모 이상의 규제정책에는 경제성평가를 하도록 공식화되고 있는 것이다.

노출기준 제·개정 규제의 효율적 자원 배분을 위해서 경제성평가가 요구되는 것은 기본적으로 규제 및 투자사업에 사용될 자원이 한정되어 있다는 점에서 기인한다. 비용-편익분석은 얼마만큼의 규제가 필요하고 어떻게 최소한 자원을 사회적으로 가장 가치 있는 곳에 투자할 것인가에 대한 의사결정을 하는데 있어서 긴요한 정보를 제공해준다. 따라서 노출기준 제·개정 규제의 경제성평가는 정책시행에 따른 사회적인 부담을 최소화 할 수 있는 방안을 마련해 줄 뿐 만 아니라, 노출기준 제·개정 규제로부터 경제적인 영향을 받는 해당 사업주나 기업 및 이해 관계자의 반발에 미리 대비하는 방안이 되는 것이다.

또한 정책 시행 시 규제 및 시설투자의 성과는 미미한데 비해 기업과 정부에게 막대한 비용을 부담케 할 우려가 있고 한정된 자원과 예산을 효율적으로 이용해야 하며 정책 입안 시 타 부처나 이해당사자들의 강한 반발에 직면하는 경우 이에 효과적으로 대처하지 못하고 소모적인 논쟁과 자원낭비를 가져올 수 있다. 따라서 노출기준 제·개정에 따른 유해물질 규제를 수행하는데 있어서 정책담당자들이 합리적인 의사결정을 내리고 국민적 합의의 도출을 용이하게 하기 위해서는 경제성 평가가 포괄적이고 구체적으로 이루어져야 한다.

나) 경제성 분석의 기본방향

노출기준 제·개정 규제의 편익과 비용을 화폐적으로 산출하여 비교하는데 있어서는 실제 비용과 편익을 계량화하기 어렵고 불확실성이 큰 경우가 많이 존재한다. 노출기준 제·개정 규제 시행에 따른 총편익이 총비용을 초과하는 경우에도 항상 이

정책으로 인해 이득을 보는 측과 손해를 보는 측이 존재하기 때문에 환경규제나 투자시책에 대한 의사결정에 있어서 형평성(fairness)과 과정(process)과 같은 비경제적 측면이 더 중요할 수도 있다. 따라서 경제성평가가 비용-편익분석에 중점을 두고 이루어지고 화폐가치화 할 수 있는 항목은 가능한 한 비용-편익분석에 포함되어야 하겠지만 화폐화 할 수 없는 부분에 대한 정성적인 평가(Qualitative measures)와 분배적 측면에 대한 분석도 경제성평가에 포함되어야 한다.

특정 목적을 달성하기 위해 계획되는 배출기준 제·개정 규제에는 한 가지 방법만 존재하는 것이 아니고 여러 방안이 존재할 수 있다. 합리적인 의사결정을 위해서는 모든 가능한 대안에 대한 포괄적인 검토가 필요하다. 그러나 유해물질 농도 규제 시책에 있어서는 실제적인 효과를 정확히 예상하고 계량화하기 어렵게 하는 요소가 많을 뿐 아니라 심도 있게 모든 대안을 고려하여 경제성 평가를 하는 데에는 막대한 비용이 수반되기 때문에 좀 더 간소한 방법으로 여러 대체안을 평가할 것인지 몇 개의 대체안 만을 상정하여 심도 있는 경제성 평가를 할 것인지에 대한 선택의 문제가 발생한다.

이러한 문제점들을 고려하여 올바른 배출기준 제·개정 규제의 경제성평가를 위한 기본방향을 설정하면 다음과 같다.

- 가. 정책담당자의 의사결정에 유용하게 이용되도록 비용-편익분석에서는 가능한 한 최대한 비용과 편익을 계량화하도록 하고 전체적인 비용과 편익의 산출뿐만 아니라 중요한 하위그룹(subgroup)의 비용과 편익도 산출하여 의사결정에서 분배적 측면이 고려되도록 배려하고 계량화하기 어렵고 불확실성이 큰 것에 대해서는 정성적인 평가(qualitative measures)를 행하는 등 경제성 평가가 보다 포괄적으로 이루어지도록 한다.
- 나. 배출기준 제·개정 규제에 대한 경제성평가는 가능한 대안(available alternatives)을 모두 포함하여 실시하여야 한다.
- 다. 비용-편익분석은 모든 주요(major) 규제시책 및 투자사업에 대해 실시하여야 한다.
- 라. 모든 대안에 대해 자세하고 심도 있는 경제성평가를 시행하는 경우 막대한 비용이 소요될 수 있기 때문에 경제성 평가에 포함될 대안의 수와 계량화할 수 있는 범위에 대해 제한을 둘 수 있다.
- 마. 규제시책 및 투자사업의 특성과 예산 및 인적자원의 제한을 고려하여 경제성 평가의 시행주체, 평가방법 등에 대한 규정을 다르게 할 수 있다.

이러한 기본방향에 입각하여 분야별 경제성평가의 도입범위를 설정하되 처음 도입하는 단계에서 시범적으로 몇 개의 분야에서 경제성 평가를 시행하여 경제성 평가에 소요되는 비용에 대한 대략적 산출과 이용 가능한 자료, 앞으로 필요한 자료들에 대한 정보를 확보할 수 있는 기회를 가지고 단계적으로 적용분야를 확대한다.

경제성평가는 사전적으로 노출기준 제·개정에 대한 규제를 시행하기 전에 실시하며 파급효과가 큰 주요규제시책의 경우 사후에도 주기적으로 실제 규제시책의 효과에 대한 경제성분석을 실행한다.

다) 경제성평가의 시행절차

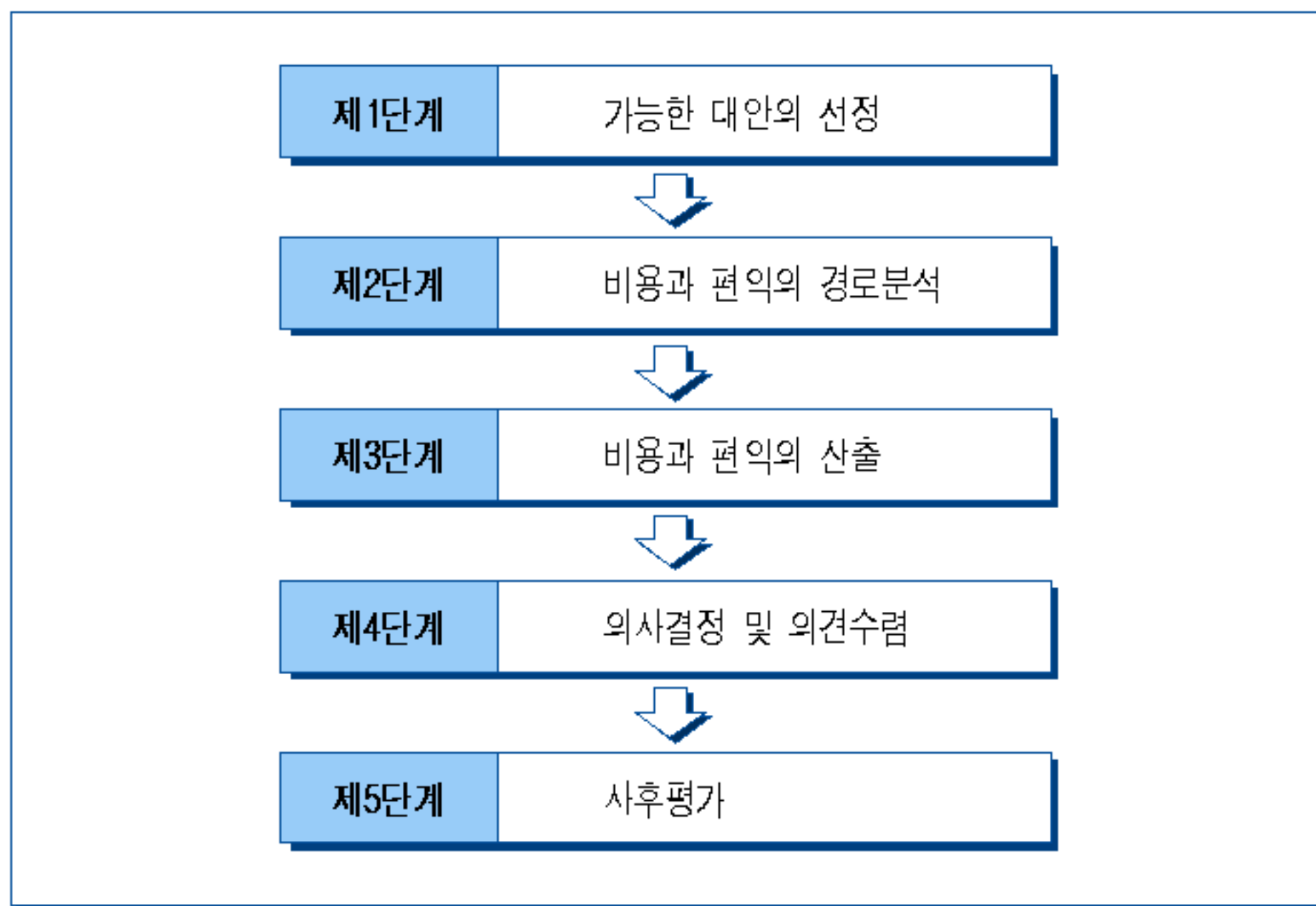
경제성평가의 실제 시행은 그림에서 보는 바와 같이 가능한 대안의 선정, 비용 및 편익의 경로분석, 비용과 편익의 산출, 의사결정 및 의견수렴, 사후평가의 5단계를 거쳐 이루어지게 된다. 본 연구에서는 물질의 특성 및 국내 취급 현황을 파악하고 동물 및 인체에 대한 영향을 고려하는 한편, 직접 작업장에서의 노출실태를 측정하여 현행 노출기준의 역할을 살펴보도록 한다.

또한 각국의 노출기준을 참고하여 가능한 대안을 선정하도록 한다. 대안을 선정 후 비용 및 편익 각각을 산출한 후 가장 합당한 대안을 결정하기로 한다. 그러나 그 후의 제시한 기준에 대한 의견 수렴과 기준 채택 후의 사후 평가는 연구가 끝난 후에 지속적으로 수행해야할 과제가 되겠다.

가) 제1단계: 가능한 대안의 선정

경제성평가 시행의 1단계는 노출기준 제·개정사업의 계획단계에서 가능한 대안의 수를 확정하는 것이라고 할 수 있다. 유해물질이 가지는 위험과 건강영향에 대한 불확실성의 속성은 노출기준 제·개정사업의 효과를 미리 단정적으로 속단하기 어렵게 하기 때문에 하나의 대안만을 선택해서 경제성 평가를 시행할 수 없다.

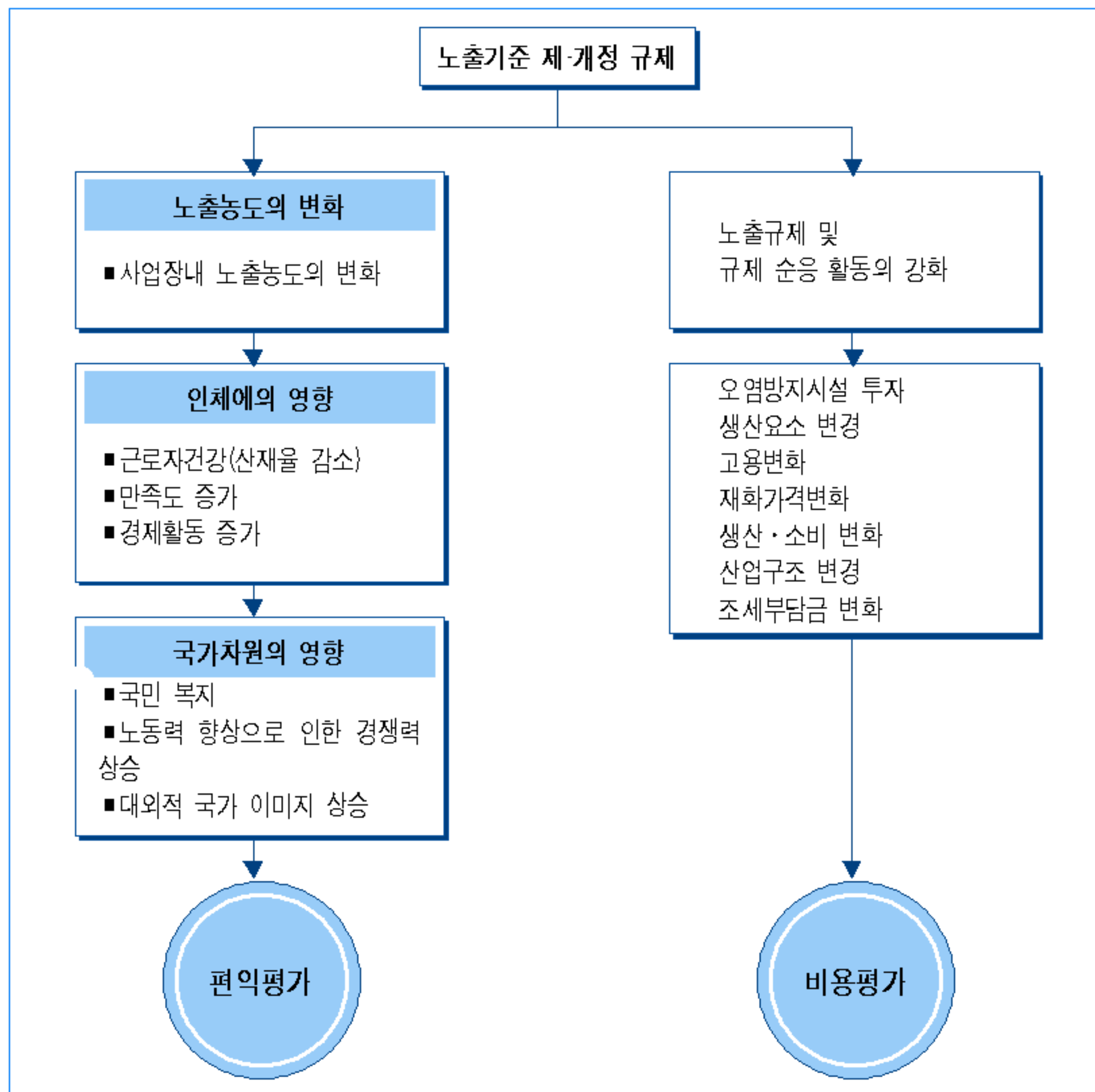
규제시책 및 투자사업이 추구하는 목표를 달성할 수 있는 여러 대안들 중에서 경제성평가를 수행하는데 소요되는 비용적 여건, 사전지식, 법적인 문제점 등을 고려하여 대안의 수를 확정해야 할 것이다.



[그림 1-2] 경제성 평가의 시행절차

나) 제2단계: 비용과 편익의 경로분석

노출기준 제·개정 시 경제적 비용과 편익을 구체적으로 산출하기 위해서는 이들 규제 및 투자사업이 편익의 경로에서 환경(노출농도)에 구체적으로 어떻게 영향을 미치고 이것이 인간의 건강에 어떻게 영향을 줄 것인가에 대한 분석(비용과 편익의 경로분석)이 우선적으로 요구된다. [그림 2]는 유해물질 노출 규제 및 투자사업이 비용과 편익의 효과를 나타내기까지의 과정을 보여주고 있다.



[그림 1-3] 노출기준 제·개정 규제의 비용/편익 경로

비용측면에서는 노출기준 규제시 규제를 받게 되는 기업이 노출방지 및 규제준응의 활동을 강화함으로써 시설에 대한 투자, 생산요소 투입변경, 재화의 가격변화, 생산과 소비변화 등에 의한 비용부담의 요인이 발생하게 된다.

거시경제적으로 규제 받는 산업분야의 고용 및 소득은 감소하고 유해물질관련 산업의 고용 및 소득은 증가하는 등 전체적인 산업구조의 개편과 함께 고용, 물가, 소득의 변화가 예상된다고 할 수 있다.

다) 제3단계: 비용과 편익의 산출

경제성 평가의 기본원칙에서 제시된 바와 같이 비용과 편익은 가능한 한 계량화되어야 하며 계량화가 불가능한 부문에 대한 정성적인 평가 및 분배적 측면에 대한 평가가 이루어져야 할 것이다.

수년간에 걸쳐 비용과 편익이 발생하는 경우 미래에 발생하는 비용과 편익은 현재 가치화 되어야 하는데 적정할인율을 규정하는데 있어서 불확실성이 존재하기 때문에 할인율의 일정 범위 내에서의 민감성분석(sensitivity analysis)이 이루어져야 하며 이러한 할인율의 범위는 모든 규제시책 및 투자사업에 동일하게 적용되어야 할 필요가 있다.

라) 제4단계: 의사결정 및 의견수렴

여러 대안에 대한 경제성평가가 이루어진 후 의사결정을 하는 단계로서 선택된안에 대해 외부적인 의견을 수렴하는 과정을 거치게 된다.

특히 노출기준의 설정 및 강화 시책을 입안하는데 있어서 이로 인한 편익의 산출을 고려하지 않고 단지 핵심 유해물질로부터 인간의 건강을 보호하기 위한 적정 안전수준(adequate margin of safety)의 확보를 목표로 하고 있다면 의사결정기준으로서 비용 편익 분석이 아닌 최소비용으로 목표를 달성하는 규제수단인가에 대한 판단을 제공하는, 비용 효율성평가(cost-effectiveness evaluation)가 수행되어야 할 것이다.

마) 제5단계: 사후평가

주요 규제시책에 대해 주기적으로 사후적인 평가를 수행할 필요가 있다. 특히 사후적인 평가는 적용된 규제시책의 수정과 앞으로 시행될 투자사업의 보완을 위해 반드시 필요하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 동물 및 인체에의 영향을 조사하고, 국내 사용현황 및 근로자 노출실태에 대한 현장에서의 측정과 그 결과를 바탕으로 외국의 노출기준을 고려하여 필요시 노출기준을 제안하기로 한다. 정부에서는 연구이후에 이 제언에 대한 의견들을 모아 사회·경제적 여건을 고려하여 기준을 채택할지를 결정하고 기준 채택 후 주기적으로 노출기준과 근로자의 건강에 대한 사후평가를 수행할 필요가 있다.

(3) 노출기준 제·개정 규제의 비용/편익 분석

비용/편익분석은 정책의 긍정적 효과와 이 정책의 기회비용을 비교하는 것이다. 따라서 비용/편익 분석을 이해하기 위해서는 규제정책의 긍정적 효과인 편익과 기회비용을 이해하고, 분석 결과에 지대한 영향을 미치는 구성요소와 비용과 편익의 비교 방법을 알 필요가 있다.

가) 규제정책의 비용/편익분석, 편익 및 비용

①비용/편익분석

비용-편익분석(benefit-cost analysis)은 정부에 의해 수행되는 갖가지 정책이나 투자사업에 대한 평가를 하기 위해 사용되는 가장 일반적인 분석 틀로서, 정부가 정한 정책목표를 달성하기 위해 사용할 수 있는 여러 가지 정책대안을 수행하는데 소요되는 비용과 그로 인한 편익을 측정하고, 이에 기초하여 최선의 대안을 선택하기 위해 사용되는 기법이다. 따라서, 비용/편익분석은 환경영향평가(environmental impact analysis, EIA), 경제영향평가(economic impact analysis), 규제영향평가(regulatory impact analysis), 비용효과분석(cost-effectiveness analysis), 환경피해평가(damage assessment), 환경위험평가(risk assessment)와 같은 기타 정책평가기법을 포괄하는 대단히 종합적인 분석기법이라고 할 수 있다.

비용/편익분석의 특징으로서는 우선 비용/편익분석이 정부의 정책과 투자사업에 대한 평가를 위해 사용되므로 그 구성항목도 역시 국민경제전체의 관점에서 파악되어야 한다는 점을 들 수 있다. 개별기업이 자신의 투자사업에 대한 평가를 할 경우에는 투자에 소요될 것으로 예상되는 비용과 그로 인해 기대되는 수입을 비교하여, 기대 수입에서 예상 비용을 빼준 기대 이윤이 최대가 되는 사업에 투자하고자 할 것이다. 이 경우 기업의 수입과 비용은 어디까지나 기업 자신에게만 귀속되는 사적인 수입과 비용이다. 그러나, 비용/편익분석에 있어서의 편익과 비용은 환경질 개선이나 오염의 피해와 같은 사회나 국가전체의 관점에서의 편익과 비용에 영향을 주는 요소들을 모두 포함하여야 한다.

비용/편익분석의 두 번째 특징은 현실성을 고려한 실무적인 분석수단이라는 점이다. 비용/편익분석은 학문적인 관심을 충족하기 위해서 행해지기도 하지만, 무엇보다도 가장 효율적인 방법으로 정부의 정책목표를 달성할 수 있는 정책수단을 찾고자 사용되고 있으며, 또한 정부정책을 의회가 승인하는데 필요한 정보를 얻기 위해 사용되기도 한다. 따라서, 비용/편익분석에는 정책의 실행가능성에 영향을 미치는 여러 사회·경제적, 정치적 요인들이 고려되어야 한다.

비용/편익분석의 세 번째 특징으로 시간이 중요한 변수로 개입된다는 사실을 들 수가 있다. 대부분의 정부의 규제정책이나 투자사업의 효과는 1년 안에 모두 나타나는 것이 아니라 장기간에 걸쳐 나타나며, 투자의 비용 역시 수년간에 걸쳐 투입되어야 한다. 이 경우 서로 다른 시점 사이에 발생하는 편익과 비용을 비교하는 것이 중요한 문제로 등장하고, 비용/편익분석의 결론은 서로 다른 시점에 발생하는 이들 요소들을 어떻게 비교하느냐에 따라 달라지게 된다.

② 편익의 개념

규제정책은 환경질을 개선시키고 이로부터 사회 구성원의 후생이 증대되는데 이러한 긍정적 효과를 편익이라고 한다. 즉 규제정책의 편익(benefit)이란 주어진 환경질의 개선 또는 특정 소비재의 공급으로 인해 발생하는 경제적 이익의 화폐가치를 의미한다.

③ 비용의 개념

노출규제나 투자정책 때문에 다른 용도로 사용될 수 있는 자원을 사용함으로써 사회 구성원이 포기하는 가치를 규제정책의 기회비용 혹은 줄여서 흔히 비용이라고 한다. 비용-편익 분석에서 사용되는 통상적인 비용은 오염제어비용의 의미로 주어진 환경질의 개선 또는 특정 환경재의 공급에 의해 발생된 자원의 기회비용(opportunity cost)을 의미한다. 따라서 규제정책에 따른 사회적 비용이란 새로운 규제정책으로 인해 그 사회에서 발생하는 모든 기회비용의 총합으로 정의할 수 있다.

이러한 사회적 비용은 매우 다양한 비용을 포함하는데 크게 직접비용(Direct costs)과 간접비용(Indirect costs)으로 나눌 수 있다. 직접비용은 준수비용(Compliance costs), 정부규제비용(Government regulatory costs), 사회적 후생손실(Social welfare losses), 이전비용(Transitional costs) 등으로 구성된다.

직접비용 중 준수비용은 정부가 설정한 환경기준을 준수하기 위한 모든 투자비용을 지칭하는 것이고, 정부규제비용이란 새로운 정책의 도입으로 인해 발생하는 행정, 감시, 감독비용을 일컫는다. 사회적 후생손실이란 환경규제강화로 재화 가격이 오르거나 생산량이 감소함으로써 발생하는 소비자 및 생산자 잉여의 감소분을 의미하며, 이전비용은 환경규제강화로 생산량이 감소함에 따른 자원수요 감소분의 가치와 이렇게 발생한 잉여자원을 재배분하는데 소요되는 비용을 말한다.

간접비용이란 규제정책의 시행에 따른 상품의 질, 노동 및 자본생산성, 기술혁신, 투자, 시장구조 등 제반여건의 변화가 가져올 수 있는 부정적 영향에 따른 사회적 비용을 의미한다. 간접비용은 특정 환경규제가 어떤 기업 혹은 산업의 기술개발이나 상품개발 의욕을 저하시킬 경우 그 규모가 매우 클 수 있다. 그러나 환경영향의 비가역성 및 불확실성, 장기적으로 발생하는 사회적 비용, 규제정책의 사회경제적 파급효과 등으로 이러한 간접비용을 정확히 추정하는 것은 매우 어려운 작업이다. 따라서 사회적 비용의 추계에 있어서 이와 같은 사회적 비용에 영향을 주는 여러 가지 요소들을 감안하면서 복잡한 경제모형의 적용을 통해 계량화해야 하는 작업이 필요하게 되는 것이다.

나)기준선과 할인율 설정

비용-편익분석에 근거한 경제성 분석에 있어서 비용과 편익을 정확하게 규정하는 것은 무엇을 분석할 것인가를 결정하는 것이므로 매우 중요하다. 하지만 비용과 편익의 규정과 마찬가지로 중요한 것은 정의된 비용과 편익을 얼마나 정확히 추정하는 것이다.

규제정책 및 투자의 비용과 편익을 추정하는 데 있어서 추정된 크기에 영향을 미치는 주요 요인은 할인율과 기준선 설정이다.

① 기준선의 설정

규제정책의 경제성 평가는 규제나 투자가 있는 상황과 없는 상황을 서로 비교하는 것이고 규제나 투자의 효과는 그 두 상황의 차이를 측정하여 추정된다. 기준선(Baseline)이란 정부가 계획하고 있는 노출규제가 없는 상태에서 발생할 수 있는 보건의, 환경적, 경제적 상황들을 종합한 것을 의미한다. 예를 들어 노출기준이 설정되지 않은 상태에서 발생할 수 있는 노출의 수준과 이로 인한 환경적·보건적 피해를 추정하는 것이 기준선의 설정에서 다루어야 할 과제이다. 이는 규제가 없는 상황을 가정하고 시장의 상황이나 기존의 규제의 준수 여부 등 미래의 변화를 예측하여야 하기 때문에 상당히 어려운 작업이다. 기준선의 설정은 규제정책의 경제성 분석의 결과, 즉 비용과 편익의 크기에 심대한 영향을 미친다. 따라서 규제 정책의 비용과 편익 추정의 정확도를 증대시키기 위해서는 기준선 설정의 신뢰도를 높여야 하는 것은 필수적이다.

기준선 설정에 있어서 가장 중요한 기준은 규제정책 사업의 편익과 비용을 분석하고자 하는 목적 및 내용을 분명히 규정하는 것이다. 이러한 목적 및 내용을 분명히 하는 경우 어떠한 기준선을 선택하여 이를 추정할 것인가 하는 것도 분명해질 것이다.

환경규제 정책 및 환경투자 사업의 비용과 편익을 추정하는 연구자는 기준선 설정에 이용된 자료 및 제반 가정, 그리고 비용과 편익 추정결과에 영향을 줄 수 있는 제반 요인에 대한 구체적 설명을 추가함으로써 연구 결과에 대한 이해를 높일 수 있다.

일반적으로 기준선을 하나 이상 설정하는 것이 바람직하고 기준선의 설정이 매우 불확실한 경우 다수의 기준선들(baselines)을 설정하여 각각 민감성분석(sensitivity analysis)을 실시하는 것이 합리적이다.

한편 기준선 설정에 영향을 주는 또 다른 중요 변수로서는 기준선 설정의 시점을 어느 것으로 선택하느냐 하는 것과 기준선 설정기간을 어떻게 설정하느냐 하는 것이다. 규제정책 사업을 개시하는 시점을 기준으로 하는 것이 가장 일반적으로 적용되는 것이다. 그러나 현실적으로 경제 주체들이 미래의 규제를 예상하고 현재의 의사 결정

및 경제적 행위를 변화시킨다면 사업의 실질적 개시일이 아니라 이러한 정책 및 사업의 실시가 확실시되는 시점을 기준선 설정 시점으로 하여야 할 것이다.

규제 정책 사업의 효과는 매우 오랜 기간에 걸쳐 발생하는 특성을 갖고 있다. 따라서 기준선의 설정기간을 길게 하면 할수록 보다 많은 비용과 편익을 포함할 수 있다. 하지만 현재의 시점에서 멀어지면 멀어질수록 기준선 설정과 관련된 불확실성은 증대한다. 따라서 기준선 설정기간의 결정은 기준선 설정 및 비용-편익 추정의 불확실성의 증가효과와 보다 많은 비용과 편익을 추정할 수 있는 효과를 적절히 조화하는 방향으로 기준선 설정기간을 결정하여야 할 것이다. 현실적으로는 기준선 설정기간은 규제 정책 사업의 효과가 확실한 기간으로 정하는 것이 바람직하다 하겠다.

② 할인율의 설정

규제정책에 따른 비용과 편익은 어느 한 시점에 발생하기보다는 일정기간동안 혹은 일정기간이 지난 후에 발생하는 경우가 일반적이다. 특히 규제정책의 비용과 편익이 발생하는 시점 및 발생기간이 매우 다를 수 있다. 규제정책 사업의 경우 비용은 정책 및 투자 사업이 시행된 직후 비교적 짧은 기간에 발생하고 편익은 시행 이후 어느 정도의 시간이 흐른 후 지속적으로 장기간에 걸쳐 발생하는 경우가 빈번하다. 다시 말해서 규제정책 사업의 편익과 비용은 짧은 기간 동안 발생하기보다는 상당한 기간 동안 혹은 일정기간이 지난 후에 지속적으로 발생한다. 그리고 이러한 비용과 편익의 발생 시점도 항상 일치하는 것은 아니다.

이와 같이 규제정책 사업의 비용과 편익이 발생하는 시점이 다르고 또한 오랜 기간 동안 비용과 편익이 발생하는 경우 어떠한 기준을 가지고 비용과 편익을 추정 비교하여 정책을 선택하거나 정책의 실시여부를 결정하는가 하는 것은 매우 중요하다. 시간에 걸쳐 발생하는 편익과 비용을 일정한 기준을 가지고 추정하여, 이러한 비용과 편익의 가치를 현재의 시점을 기준으로 환산하여 그 경제성을 살펴보는 것이 현재가치에 근거한 의사결정이다.

현재가치화란 미래의 비용과 편익에 할인율을 적용하여 현재의 비용과 편익으로 전환하는 과정을 의미한다. 할인율은 미래의 소비는 동일한 양의 현재의 소비보다 소비자가 느끼는 가치가 낮다는 사실에 근거하여, 현재의 소비, 비용, 편익의 가치와 비교 가능하도록 미래의 소비, 비용, 편익의 가치를 조정하는 기준이다. 그러나 할인율의 결정은 다음과 같은 이유로 논란의 대상이 되어 왔다. 첫째, 너무 낮은 할인율이 선택되면 사회적으로 바람직하지 못한 규제나 투자가 시행될 수 있고, 반대로 너무 높은 할인율이 선택되면 사회적으로 바람직한 규제나 투자가 시행되지 않을 가능성이 있다. 둘째, 할인율의 선택은 개별 규제나 투자의 채택여부 뿐만 아니라 공공부문과 민

간부분의 자원배분에도 영향을 미친다.

여러 해 동안에 발생하는 비용과 편익을 각각 현재가치화하여 이를 모두 합한 것이 현재가치화한 총편익과 총비용이다. 그리고 총편익에서 총비용을 차감한 것이 총순편익이다. 이러한 총순편익의 현재가치에 근거하여 환경규제 정책 및 환경투자 사업의 시행여부를 결정한다든지 혹은 여러 가지 대안들 중에서 특정 사업을 선택한다면 우리는 상대적으로 작은 할인율의 차이가 매우 다른 의사결정 결과를 가져올 수 있는 것을 예상할 수 있다.

구체적으로 규제정책 사업의 비용-편익분석과 관련하여 할인율의 주요 현안은 첫째로 할인율을 적용할 때 어떠한 할인율을 적용하는 것이 적정한가 하는 것이다. 둘째로 모든 규제정책에 동일한 할인율을 적용하여야 할 것인가 혹은 사업별로 다른 할인율을 적용할 것인가 하는 것이다. 마지막으로 위의 현안과 연관된 것으로 기후변화 방지 정책과 같이 그 정책의 효과가 현재의 세대뿐만 아니라 미래의 여러 세대에 걸쳐 발생하는 경우에도 할인을 하여야 할 것인가의 문제이다.

할인율의 크기에 따라 규제정책 사업의 비용과 편익이 다르게 추정될 수 있으므로 규제정책 사업의 특성을 반영하며 동시에 객관적으로 수용 가능한 기준에 의하여 할인율을 결정하여야 한다. 따라서 할인율에 대한 구체적 적용방안에 대한 기본적인 방향에 대한 연구가 필요하다 하겠다.

주지하듯이 규제정책 사업의 비용과 편익은 매우 다양하게 나타난다. 또한 규제정책 사업의 비용과 편익이 비금전적으로 나타나거나 파악될 때 과연 할인율을 적용하여야 할 것인가 하는 것도 경제성 분석에 있어서 매우 중요한 고려사항이다. 결국 적용되는 할인율의 크기 결정과 동시에 다양한 규제정책 사업에 동일한 할인율을 적용할 것인지 아니면 어떤 기준에 의해서 적용을 할 것인지에 관한 것도 고려하여야 할 것이다.

(4) 비용/편익 분석절차 및 비교

가) 비용/편익 분석절차

비용-편익분석은 크게 다음의 5가지 절차를 밟아서 수행된다.

- ① 정부의 환경규제정책이나 투자사업을 명시
- ② 규제정책을 수행하는데 필요한 투입요소와 결과물을 계량화
- ③ 이러한 투입요소와 결과물의 사회적 비용과 편익을 추정
- ④ 편익과 비용의 비교
- ⑤ 민감도 분석

비용/편익분석을 시행할 때 우선 누구의 시각으로 분석이 이루어지는지를 결정하여야 한다. 규제정책의 비용/편익분석은 규제정책에 대한 평가를 위해 사용되지만, 국가 전체로 볼 때는 이러한 규제정책이나 투자사업의 주체가 매우 다양하다.

만약 특정 투자사업이 중앙정부에 의해 수행된다면 이 때의 비용과 편익은 국민전체의 비용과 편익이 되어야 한다. 반면, 고려되는 투자사업이 지방정부에 의해 수행된다면 이 때의 비용과 편익은 이 지방정부 관할내의 주민의 비용과 편익이 되어야 할 것이다. 첫 번째 절차는 정책수단이나 투자사업을 구성하는 기본 요소를 명확히 하는 것이다. 즉, 규제정책이나 투자사업 등이 시행되는 지역과 시간, 관계된 주민, 다른 정책과의 관련성 등을 명확히 하여야 한다.

비용/편익분석의 두 번째 절차는 정책이나 사업을 시행하는데 소요되는 투입요소와 정책의 결과물을 계량화하는 것이다. 사업시행 시점에서는 미래의 투입요소 필요량과 사업결과에 대해 완전하게 알 수는 없으므로 공학적인 예상에 근거하여 이들을 계량화하여야 한다.

세 번째 단계는 투입요소와 결과물을 금액으로 환산하는 절차, 즉 비용과 편익을 추정하는 절차이다. 이 단계는 특히 규제정책의 비용/편익분석을 행할 때 가장 힘든 단계라고 볼 수가 있다. 환경재의 경우 그 가치를 적절히 반영하는 시장가격이 없기 때문에 규제정책의 결과 발생한 편익을 금액으로 환산하는 것은 매우 힘든 일이다.

비용/편익분석의 네 번째 절차는 계산된 비용과 편익을 비교하여 가장 효율적인 정책수단을 찾는 과정이다. 비용과 편익을 비교하기 위해 크게 세가지 방법을 사용한다. 첫 번째 방법은 편익에서 비용을 제해준 순편익을 구하여 정책평가를 하는 방법이고, 두 번째 방법은 편익과 비용의 비율을 계산하는 방법이다. 그리고, 내부수익률(internal rate of return)을 사용하는 방법도 있다. 이들 방법에 대해서는 아래에서 다시 설명하기로 한다.

비용/편익분석의 마지막 단계는 민감도 분석(sensitivity analysis)이다. 위에서 설명한 바와 같이 다년간에 걸쳐 시행되고 효과가 발생하는 사업이나 정책에 대한 평가시 미래의 비용과 편익은 예상 비용과 예상 편익이다. 따라서, 미래에 필요한 투입요소나 사업결과, 여러 가격변수 등의 예기치 못한 변화에 의해 사업의 실제 편익과 비용은 달라질 수가 있다. 민감도 분석은 사업 관련변수의 예기치 못한 변화로 인해 발생하는 위험도를 예상하여 이를 정책결정에 반영하기 위해 사용되는 기법으로 관련변수의 다양한 변동이 사업의 편익과 비용에 어떤 영향을 미치는지를 분석한다.

나)비용과 편익의 비교

정책목표를 달성하는 구체적인 사업이나 정책수단을 선택하기 위해 각 대안의 비용과 편익을 비교할 때는 다음과 같은 3가지 방법을 사용한다.

① 현재가치기준

현재가치기준(present value criterion)을 사용하여 비용과 편익을 비교할 경우에는 먼저 각 연도에 발생하는 편익에서 비용을 빼준 순편익을 구한 뒤, 이러한 순편익의 현재가치의 합을 극대화하는 공공사업이나 정책을 선택하도록 한다.

따라서 현재가치기준을 적용할 경우 개별 사업이나 정책이 시행되어야 할지를 결정할 수 있을 뿐만 아니라, 여러 가지 사업이나 정책이 시행되어야 할 순서를 효율성을 기준으로 하여 결정할 수 있다.

② B/C기준

B/C(Benefit-Cost ratio, B/C)기준을 사용하여 각 사업이나 정책을 평가할 경우에는 편익의 현재가치의 합을 비용의 현재가치의 합으로 나누어 그 비율이 1이상이면 사업을 시행하고 반대로 1이하이면 사업을 시행하지 않는다. B/C비율기준을 사용하여 개별 사업이나 정책이 사회적 순편익을 증대시키는지의 여부를 파악할 수 있고, 따라서 이 사업이나 정책이 시행되어야 하는지를 파악할 수 있다.

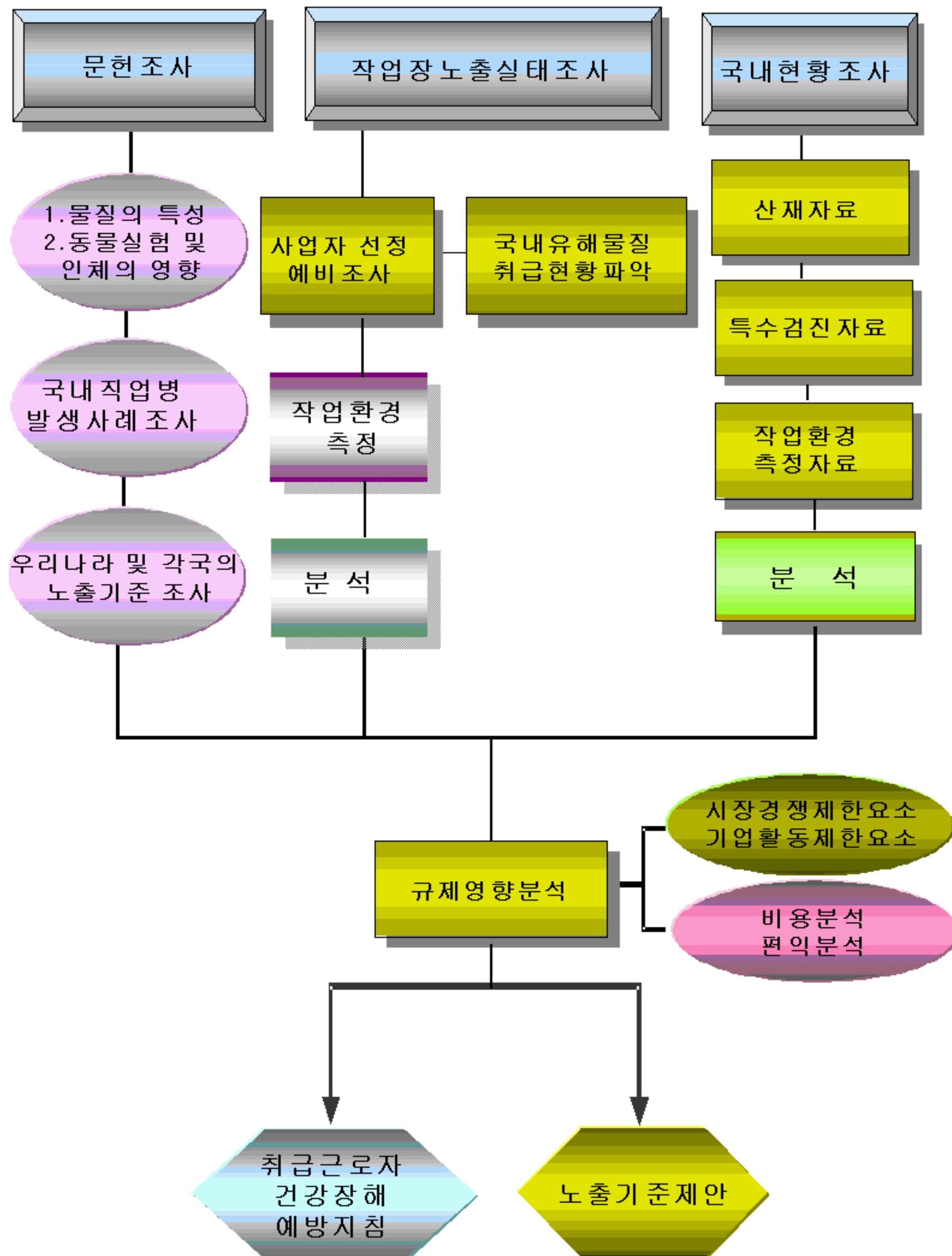
또한, 현재가치기준과 마찬가지로 서로 다른 여러 가지 정책수단이나 사업이 있을 경우 가장 큰 B/C비율을 가지는 사업이나 정책이 우선적으로 시행되어야 한다.

③ 내부수익률기준

비용과 편익을 비교하여 사업이나 정책의 시행 여부를 결정하는 또 하나의 방법은 내부수익률(internal rate of return, IRR)을 기준으로 사용하는 방법이다. 내부수익률이란 어떤 공공사업이나 정책의 순편익의 현재가치의 합을 0으로 만들어주는 할인율이다. 내부수익률이 사회적 할인율로 선택되는 이자율보다 더 클 경우에는 사업이나 정책이 시행되어야 하고, 그 반대의 경우에는 시행되어서는 안 된다.

2. 연구 방법

가. 연구 디자인



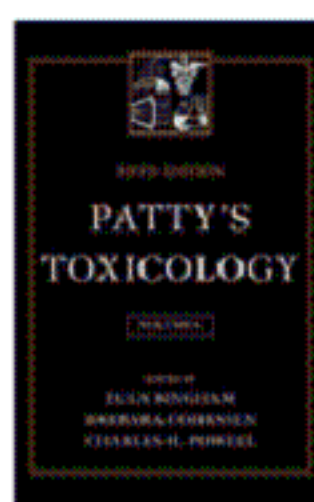
[그림 2-1] DEAE에 의한 근로자 건강장해 예방 연구 디자인

나. 문헌조사를 통한 유해물질의 물리화학적 성질 및 독성 및 유해성 조사

(1) 유해물질의 물리화학적 성질에 관한 정보 검색

물질의 개요와 물리적, 화학적 성상에 관한 자료는 Patty's Toxicology, ACGIH Documentation, NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards (NPG), CRC Handbook of chemistry physics (85th edition), 국립환경연구원 화학물질안전관리센터, 한국산업안전공단 MSDS 검색 (2005년 10월 개정판), 그리고 SciFinder를 이용하여 자료를 검색하였다. 각 문헌의 세부적인 내용과 구체적인 URL은 다음과 같다.

가) Patty's Toxicology



Patty's Toxicology, Volume 6, Ketones/Alcohols/Esters/Epoxy Compounds/Organic Peroxides , 5th Edition

Eula Bingham (Editor), Barbara Cohnsen (Editor), Charles H. Powell (Editor)

ISBN: 0-471-31939-2

Hardcover

1328 pages

January 2001

Wiley List Price: US \$325.00

[How to Buy](#)

This price is valid for South Korea. [Change location](#) to view local pricing and availability.

화학물질을 기능별 혹은 구조별로 구분하여 물질의 특성을 기술하고 있으며 총 9권으로 구성되어 있으며 이 중 alcohol에 관한 내용은 Vol. VI에 수록되어 있다.

각 기능별로 상품명, 분자량, 분자식, 분자구조, 화학적·물리적인 일반적 특성과 냄새경고 특성, 제조방법과 사용용도, 물질의 흡수, 대사, 분포 그리고 제거에 대한 내용이 기술되어 있다. 독성부분에서는 쥐, 토끼 등을 대상으로 실험한 경구, 피하, 경피, 흡입, 피부, 눈 자극 등에 대한 독성실험 결과 요약되어 있고 인체를 대상으로 한 급성, 만성, 아만성, 대사, 발암성, 생식성 등에 관하여 요약되어 있다. 물질마다 자료의 내용이 약간 다르나 대부분 LD₅₀, 사망률, 실험기간 등이 정리되어 있으며 생식독성, 변이원성, 발암성 등이 해당되는 물질에 관한 보고된 연구논문과 역학연구(human experience) 등이 수록되어 있고, OSHA, NIOSH, ACGIH의 노출기준 등과 대기 중의 노출평가, 사업장에서의 측정, 분석방법 등도 수록되어 있다.

나) ACGIH Documentation



각 물질에 관하여 분자량, 비중, 녹는점, 끓는점, 증기압, 증기밀도, 폭발한계, 밀폐 상태와 개폐상태에서의 인화점, 용해도와 분해산물 그리고 25℃, 760torr에서의 conversion factor에 관한 물리화학적 특성 등이 기술되어 있으며 주요사용용도, 급성, 아급성, 만성/발암성, 생식독성에 관한 동물실험의 연구내용과 자극, 면역, 세포독성, 발암성에 관한 인체실험보고 등이 수록되어 있다. 또한 노출기준 설정배경 등이 기술되어 있어서 현 노출기준 재개정과정에 많은 도움이 된다.

다) NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards (NPG)

<http://www.cdc.gov/niosh/npg/>



NIOSH
National Institute for
Occupational Safety and Health

Search NIOSH | NIOSH Home | NIOSH Topics | Site Index | Databases and Information Resources | NIOSH Products | Contact Us

NIOSH Publication No. 2005-149: September 2005

NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards

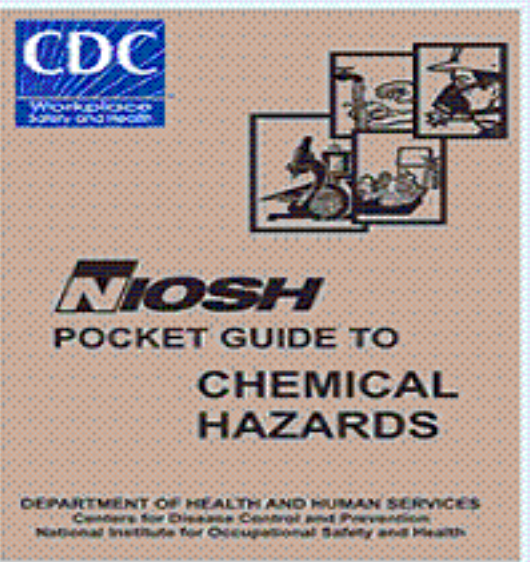
The NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards (NPG) is intended as a source of general industrial hygiene information on several hundred chemicals/classes for workers, employers, and occupational health professionals. The NPG does not contain an analysis of all pertinent data, rather it presents key information and data in abbreviated or tabular form for chemicals or substance groupings (e.g. cyanides, fluorides, manganese compounds) that are found in the work environment. The information found in the NPG should help users recognize and control occupational chemical hazards.

Contents

- [Introduction](#)
- [Search the Pocket Guide](#)
- [Index of Chemical Names, Synonyms and Trade Names](#)
- [Index of Primary Chemical Names](#)
- [Index of CAS Numbers](#)
- [Index of RTECS Numbers](#)
- [Appendices](#)

What's Inside

The *Pocket Guide* includes the following:



[Search tips](#)
[Pocket Guide Contents](#)
[Pocket Guide Home](#)

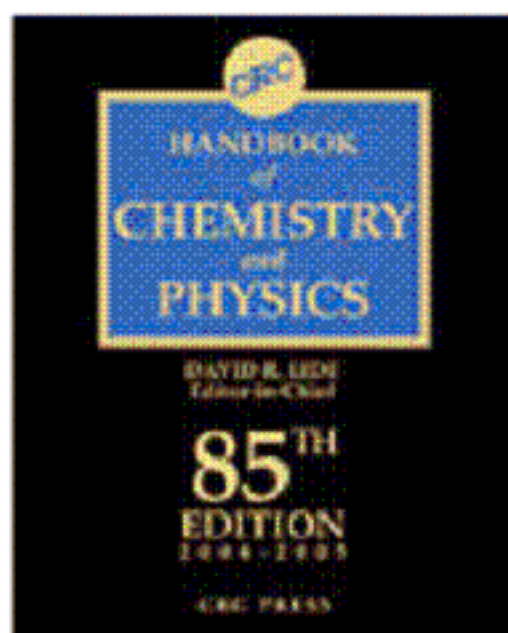
미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)에서 제공하는 자료로서 화학명, 이명,

CAS, RETCS, conversion factor, NIOSH REL과 OSHA PEL, IDLH 등의 노출 한계값이 제시되어 있으며, 분자량, 녹는점, 끓는점 등의 물리적 특성, NIOSH의 측정 방법, 개인적 보호를 위하여 작업장 질병과 부상 및 장애를 예방하는 정보를 전달하고 있다.

				National Institute for Occupational Safety and Health	
Search NIOSH NIOSH Home NIOSH Topics Site Index Databases and Information Resources NIOSH Products Contact Us					
NIOSH Publication No. 2005-151:				September 2005	
NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards					
NPG Home Introduction Synonyms & Trade Names Chemical Names CAS Numbers RTECS Numbers Appendices Search					
2-Diethylaminoethanol				CAS 100-37-0	
$(C_2H_5)_2NCH_2CH_2OH$				RTECS KK3075000	
Synonyms & Trade Names Diethylaminoethanol; 2-Diethylaminoethyl alcohol; N,N-Diethylethanolamine; Diethyl-(2-hydroxyethyl) amine; 2-Hydroxydiethylamine				DOT ID & Guide 2686 132	
Exposure Limits		NIOSH REL: TWA 10 ppm (50 mg/m ³) [skin] OSHA PEL: TWA 10 ppm (50 mg/m ³) [skin]			
IDLH 100 ppm See: 100378		Conversion 1 ppm = 4.79 mg/m ³			
Physical Description Colorless liquid with a nauseating, ammonia-like odor.					
MW: 117.2		BP: 325°F		FRZ: -94°F	
VP: 1 mmHg		IP: ?		Sol: Miscible	
FLP: 126°F		UEL: 11.7%		LEL: 6.7%	
Class II Combustible Liquid: FLP at or above 100°F and below 140°F.					
Incompatibilities & Reactivities Strong oxidizers, strong acids					
Measurement Methods NIOSH 2007 See: NIOSH or OSHA Methods					
Personal Protection & Sanitation (See protection) Skin: Prevent skin contact Eyes: Prevent eye contact Wash skin: When contaminated Remove: When wet or contaminated Change: No recommendation Provide: Eyewash (>5%), Quick drench			First Aid (See procedures) Eye: Irrigate immediately Skin: Water flush immediately Breathing: Respiratory support Swallow: Medical attention immediately		
Respirator Recommendations NIOSH/OSHA Up to 100 ppm: (APF = 10) Any chemical cartridge respirator with organic vapor cartridge(s)* (APF = 50) Any air-purifying, full-facepiece respirator (gas mask) with a chin-style, front- or back-mounted organic vapor canister (APF = 25) Any powered, air-purifying respirator with organic vapor cartridge(s)* (APF = 10) Any supplied-air respirator* (APF = 50) Any self-contained breathing apparatus with a full facepiece Emergency or planned entry into unknown concentrations or IDLH conditions: (APF = 10,000) Any self-contained breathing apparatus that has a full facepiece and is operated in a pressure-demand or other positive-pressure mode (APF = 10,000) Any supplied-air respirator that has a full facepiece and is operated in a pressure-demand or other positive-pressure mode in combination with an auxiliary self-contained positive-pressure breathing apparatus Escape: (APF = 50) Any air-purifying, full-facepiece respirator (gas mask) with a chin-style, front- or back-mounted organic vapor canister/Any appropriate escape-type, self-contained breathing apparatus Important additional information about respirator selection					
Exposure Routes inhalation, skin absorption, ingestion, skin and/or eye contact					
Symptoms Irritation eyes, skin, respiratory system; nausea, vomiting					
Target Organs Eyes, skin, respiratory system					
See also: INTRODUCTION See ICSC CARD: 0257					

라) CRC Handbook of chemistry physics 85th

URL: <http://www.crcpress.com>



1913년 Handbook of Chemistry and Physics를 발행한 이후로 지금까지 57종의 데이터 베이스를 제공하며, 특히 화학분야에 강점을 가지고 있다. 총 16장으로 구성되어 있으며 세부적인 내용은 다음과 같다.

- Section 1: Basic constants, Units, and Conversion Factors
- Section 2: Symbols, Terminology, and Nomenclature
- Section 3: Physical Constants of Organic Compounds
- Section 4: Properties of the Elements and Inorganic Compounds
- Section 5: Thermochemistry, Electrochemistry, and Kinetics
- Section 6: Fluid Properties
- Section 7: Biochemistry
- Section 8: Analytical Chemistry
- Section 9: Molecular Structure and Spectroscopy
- Section 10: Atomic, molecular, and Optical Physics
- Section 11: Nuclear and Particle Physics
- Section 12: Properties of Solids
- Section 13: Polymer Properties
- Section 14: Geophysics, Astronomy, and Acoustics
- Section 15: Practical Laboratory Data
- Section 17: Health and Safety Information

물질의 물리적 화학적 특성에 관한 자료는 주로 1, 3, 10장을 이용하였다.

마) 한국산업안전공단 MSDS 검색 (2005년 10월 개정판)

URL: <http://www.kosha.net/>



노동부
Ministry of Labor

물질안전보건자료
(Material Safety Data Sheet)



한국산업안전공단
KOSHA (KOREAN OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH AGENCY)

개정 일자 : 2005. 10. 05

판명명 판명명: 1. 화학물질의 명칭 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 2. 화학물질의 성분 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 3. 화학물질의 용도 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 4. 화학물질의 위험성 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 5. 화학물질의 취급방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 6. 화학물질의 폐기방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 7. 화학물질의 보관방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 8. 화학물질의 운반방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 9. 화학물질의 사용방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 10. 화학물질의 취급 시 주의사항 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 화학물질의 명칭 일반명: 1. 화학물질의 명칭 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 2. 화학물질의 성분 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 3. 화학물질의 용도 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 4. 화학물질의 위험성 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 5. 화학물질의 취급방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 6. 화학물질의 폐기방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 7. 화학물질의 보관방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 8. 화학물질의 운반방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 9. 화학물질의 사용방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 10. 화학물질의 취급 시 주의사항 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등)	화학물질의 성분 화학물질의 성분: 1. 화학물질의 성분 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 2. 화학물질의 성분 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 3. 화학물질의 성분 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 4. 화학물질의 성분 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 5. 화학물질의 성분 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 6. 화학물질의 성분 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 7. 화학물질의 성분 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 8. 화학물질의 성분 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 9. 화학물질의 성분 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 10. 화학물질의 성분 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 화학물질의 용도 화학물질의 용도: 1. 화학물질의 용도 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 2. 화학물질의 용도 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 3. 화학물질의 용도 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 4. 화학물질의 용도 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 5. 화학물질의 용도 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 6. 화학물질의 용도 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 7. 화학물질의 용도 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 8. 화학물질의 용도 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 9. 화학물질의 용도 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 10. 화학물질의 용도 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등)	화학물질의 위험성 화학물질의 위험성: 1. 화학물질의 위험성 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 2. 화학물질의 위험성 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 3. 화학물질의 위험성 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 4. 화학물질의 위험성 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 5. 화학물질의 위험성 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 6. 화학물질의 위험성 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 7. 화학물질의 위험성 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 8. 화학물질의 위험성 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 9. 화학물질의 위험성 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 10. 화학물질의 위험성 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 화학물질의 취급방법 화학물질의 취급방법: 1. 화학물질의 취급방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 2. 화학물질의 취급방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 3. 화학물질의 취급방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 4. 화학물질의 취급방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 5. 화학물질의 취급방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 6. 화학물질의 취급방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 7. 화학물질의 취급방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 8. 화학물질의 취급방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 9. 화학물질의 취급방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 10. 화학물질의 취급방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등)	화학물질의 폐기방법 화학물질의 폐기방법: 1. 화학물질의 폐기방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 2. 화학물질의 폐기방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 3. 화학물질의 폐기방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 4. 화학물질의 폐기방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 5. 화학물질의 폐기방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 6. 화학물질의 폐기방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 7. 화학물질의 폐기방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 8. 화학물질의 폐기방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 9. 화학물질의 폐기방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 10. 화학물질의 폐기방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 화학물질의 보관방법 화학물질의 보관방법: 1. 화학물질의 보관방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 2. 화학물질의 보관방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 3. 화학물질의 보관방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 4. 화학물질의 보관방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 5. 화학물질의 보관방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 6. 화학물질의 보관방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 7. 화학물질의 보관방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 8. 화학물질의 보관방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 9. 화학물질의 보관방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등) 10. 화학물질의 보관방법 (일반명, 상품명, 화학명, CAS명, RTECS명, UN명, EN명, 기타 명칭 등)
--	---	---	---

관용명/동의어와 CAS, RTECS, UN, EN의 번호를 각각 제시하고 있으며 화학제품과 회사에 관한 정보를 국문과 영문으로 제시하고 있다. 구성성분의 명칭 및 함량, NFPA등급과 발암성에 관한 OSHA, NTP, IARC의 평가결과를 수록하고 있으며, 응급조치요령, 폭발 화재 시 대처방법, 누출 사고 시 대처방법, 노출방지 및 개인 보호구 착용법, 물리화학적 특성, 안정성 및 반응성, 동물에 관한 급성독성수준, 표적장기, 노출에 의한 위험이 증가하는 경우의 예시를 기술하고 있다. 또한 환경에 미치는 영향에 관한 독성자료가 포함되어 있으며, 폐기 시 주의사항, 운송에 필요한 정보, 그리고 마지막으로 법적 규제현황 등이 수록되어 있다.

바) 국립환경연구원 화학물질안전관리센터

URL: <http://www.ccsms.nier.go.kr>



한국산업안전공단에서 제공하는 MSDS와 같은 양식의 물질에 관한 정보를 제공하고 있다.

사) SciFinder

미국화학회(CAS)에서 제공하는 Database로서 화학분야를 비롯해서 과학 전 분야의 문헌 정보와 특허정보를 제공하고 있다. 제공년도는 1947년부터 현재까지이며 화학분야에 관해 구축된 다양한 DB를 이용하여 각각의 물질의 관한 물리적 화학적 특성자료를 검색하였다.

URL: <http://skksl.skku.ac.kr/SFS/>

<표 2-1> SciFinder의 자료제공 내용

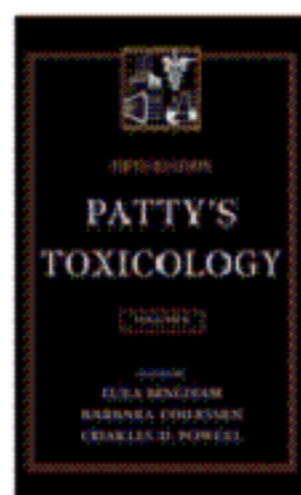
대분류	중분류	DB명	요약	제공형태	제공기간	제공사
과학기술 분야	화학	CrossFire : Gmelin & Beilstein	유기/무기화학 및 유기금속화합물 분야의 연구논문, 화학구조, 화학반응, 물성, 특허 자료	DB	1771-	MDL Information Systems GmbH
		SciFinder (Chemical Abstracts)	화학 문헌 및 미국내외 화학 특허 DB인 CAPLUS, Chemical Abstracts Service 데이터베이스 정보 제공	DB	1907-	CAS
		CA (Chemical Abstract)	미국화학회에서 발행하는 Chemical Abstract의 CD-ROM	CD	2000	미국 화학회
		ACS (American Chemical Society)	American Chemical Society에서 제공하는 전자저널 원문 이용 가능	EJ	1986-	ACS
		Royal Society of Chemistry	유럽의 최대 화학 학회인 RSC 저널 20종의 원문이용 가능	EJ	1997-	RSC

비고 : I (Index), A (Abstracts), F (Full-Text),
DB (Database), EJ (E-Journal), CD (Network CD-ROM)

(2) 유해물질의 동물실험, 독성 및 인체에 대한 영향 조사

동물에 있어서의 급성, 아급성, 만성, 변이원성, 생식독성, 발암성에 관한 실험보고와 인체에서의 흡수, 분포, 대사 그리고 배설 등의 작용기전, 단기 및 장기노출시의 인체에 미치는 건강영향, 독성의 표적장기, 발암성 정보 그리고 사람에 대한 국내외 재해사례에 관한 문헌검색은 Patty's Toxicology, Toxnet(Toxicology Data Network), Pub Med, ACGIH Documentation, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Human (2004), NTP (National Toxicology Program), ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), NIOSH-RTECS (Registry of Toxic Effects of Chemical Substances)을 이용하였고, 최근 10년간의 자료로 한정하여 검색하였다. 구체적인 검색방법과 URL은 다음과 같다.

가) Patty's Toxicology



Patty's Toxicology, Volume 6, Ketones/Alcohols/Esters/Epoxy Compounds/Organic Peroxides, 5th Edition

Eula Bingham (Editor), Barbara Cohrssen (Editor), Charles H. Powell (Editor)

ISBN: 0-471-31939-2

Hardcover

1328 pages

January 2001

Wiley List Price: US \$325.00

[How to Buy](#)

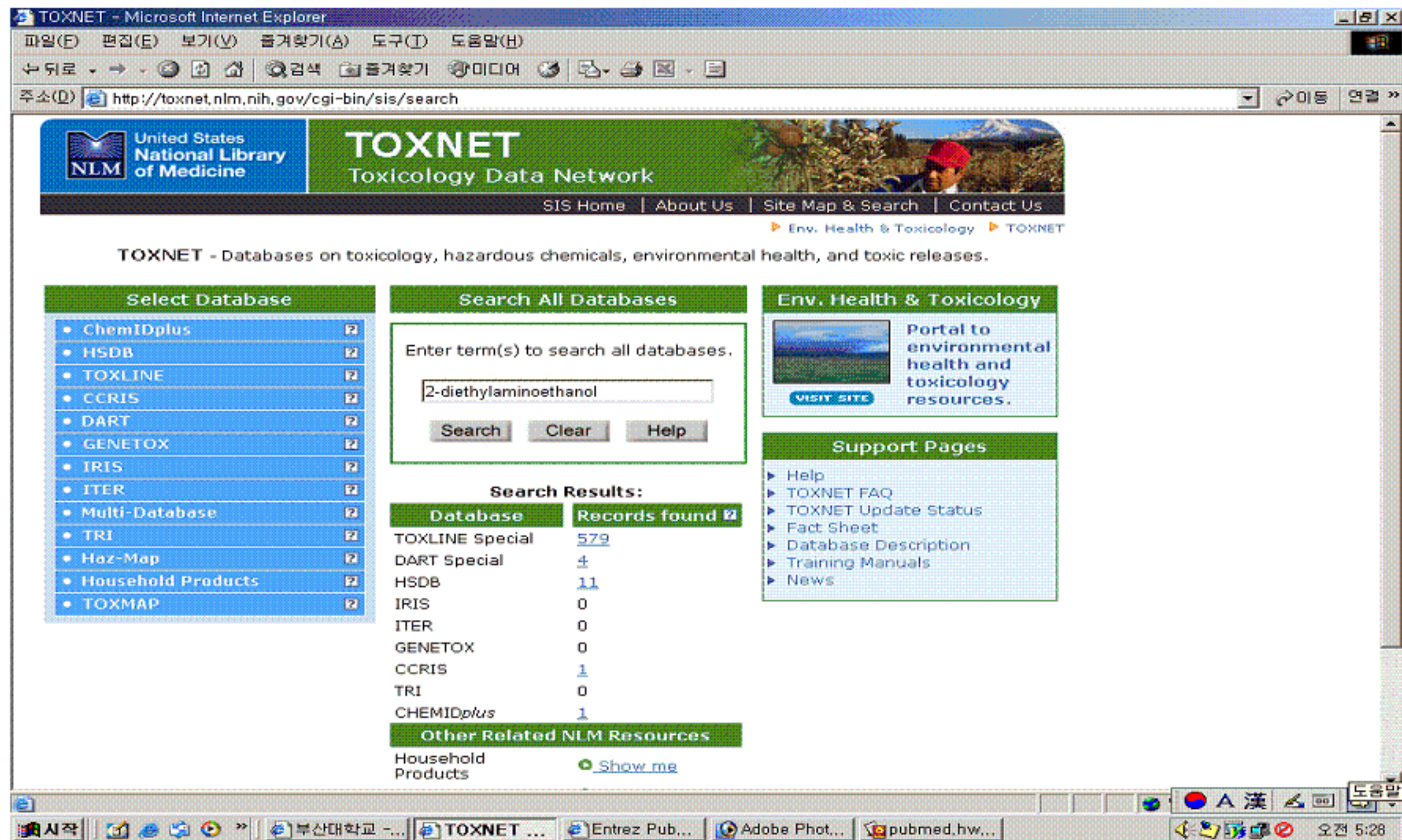
This price is valid for South Korea. [Change location](#) to view local pricing and availability.

화학물질을 기능별 혹은 구조별로 구분하여 물질의 특성을 기술하고 있으며 총 9권으로 구성되어 있으며 이 중 alcohol에 관한 내용은 Vol. VI에 수록되어 있다.

각 기능별로 상품명, 분자량, 분자식, 분자구조, 화학적·물리적인 일반적 특성과 냄새경고 특성, 제조방법과 사용용도, 물질의 흡수, 대사, 분포 그리고 제거에 대한 내용이 기술되어 있다. 독성부분에서는 쥐, 토끼 등을 대상으로 실험한 경구, 피하, 경피, 흡입, 피부, 눈 자극 등에 대한 독성실험 결과 요약되어 있고 인체를 대상으로 한 급성, 만성, 아만성, 대사, 발암성, 생식성 등에 관하여 요약되어 있다. 물질마다 자료의 내용이 약간 다르나 대부분 LD₅₀, 사망률, 실험기간 등이 정리되어 있으며 생식독성, 변이원성, 발암성 등이 해당되는 물질에 관한 보고된 연구논문과 역학연구(human experience) 등이 수록되어 있고, OSHA, NIOSH, ACGIH의 노출기준 등과 대기 중의 노출평가, 사업장에서의 측정, 분석방법 등도 수록되어 있다.

나) Toxnet (Toxicology Data Network)

URL: <http://toxnet.nlm.nih.gov/index.htm>



Toxnet는 크게 Toxicology Databases와 Toxicology Literature로 2분야로 구분하여 다음과 같이 세분하여 각각의 항목에 관한 자료를 수록하고 있다.

HSDB® (Hazardous Substances Data Bank)

유해물질에 대한 환경 중에서의 거동, 인간노출정도 검사방법, 규제설비 등에 관해 4900이상의 물질에 대한 자료를 제공하고 있다.

IRIS (Integrated Risk Information System)

U.S. Environmental Protection Agency (EPA)로부터 약 500개의 화학물질에 대한 발암성과 비발암성 건강 위험 정보를 받아 제공하고 있다.

ITER (International Toxicity Estimates for Risk)

Toxicology Excellence for Risk Assessment (TERA)에 의해 제공되는 인간에 관한 위해성 평가자료(human health risk assessments)를 제공하고 있다. 또한 기관마다 다르게 구분하고 있는 위험지수에 대해 견해 차이에 관하여 설명하고 있다.

CCRIS (Chemical Carcinogenesis Research Information System).

National Cancer Institute (NCI)에 의해 개발되고 유지되는 carcinogenicity, mutagenicity, tumor promotion, 그리고 tumor inhibition test results에 관하여 8900이상의 화학물질에 관한 정보를 수록하고 있다. Data는 primary journals, current awareness tools, NCI reports, 그리고 other special sources.로 구분하고 있다.

GENE-TOX (Genetic Toxicology)

U.S. Environmental Protection Agency (EPA)에 의해 만들어진 toxicology database로서 3,000개 이상의 물질에 관한 genetic toxicology test 결과를 제공한다.

Tox Town

유해물질에 관하여 일반인들이 쉽게 알 수 있도록 건강과 환경에 대해 다양한 매체를 이용하여 소개하는 웹

Household Products Database

가정내에서와 밖에서 사용되고 있는 5,000개 이상의 화학물질에 관하여 잠재적인 건강영향에 관한 정보 제공

Haz-Map®

건강과 안전에 관해 일차적으로 알려주는 작업 독성학의 데이터베이스로서 작업장에서 화학적, 생물학적으로 노출되어 건강에 미치는 영향에 관한 정보는 제공하지 않으나 직업성 질환과 관련증상에 대하여 job and hazardous tasks와 연계해 놓았다.

TOXMAP

환경 중으로 유출되는 유해화학물질의 양과 배출지역에 관한 지도를 사용할 수 있는 National Library of Medicine (NLM)의 web site

Toxicology Literature

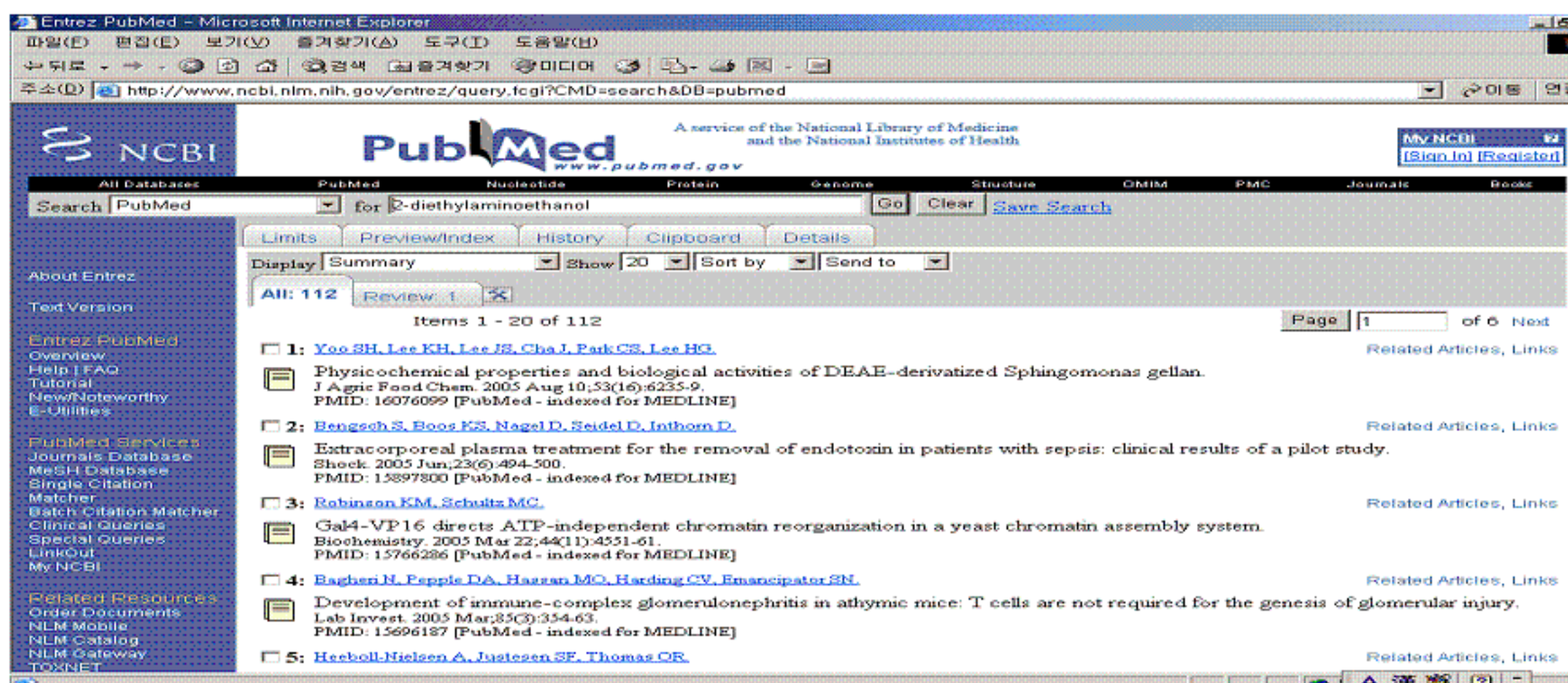
TOXLINE®

1965년부터 현재까지 약물과 다른 화학물질에 관한 생화학적, 약물학적, 생리학적, 독성학적 영향을 제공하고 있는 도서목록형의 종합적 database로서 TOXLINE은

TOXLINE Core and TOXLINE Special로 크게 나누어져 index terms, CAS Registry Numbers가 있건 없건 거의 모든 abstracts를 제공한다.

다) PuB Med

URL: <http://ncbi.nlm.nih.gov/entrez>



주제어, 저자, 저널별로 검색이 가능하며, 의학전반에 관한 연구보고서와 논문 등을 제공하고 있다.

라) ACGIH Documentation



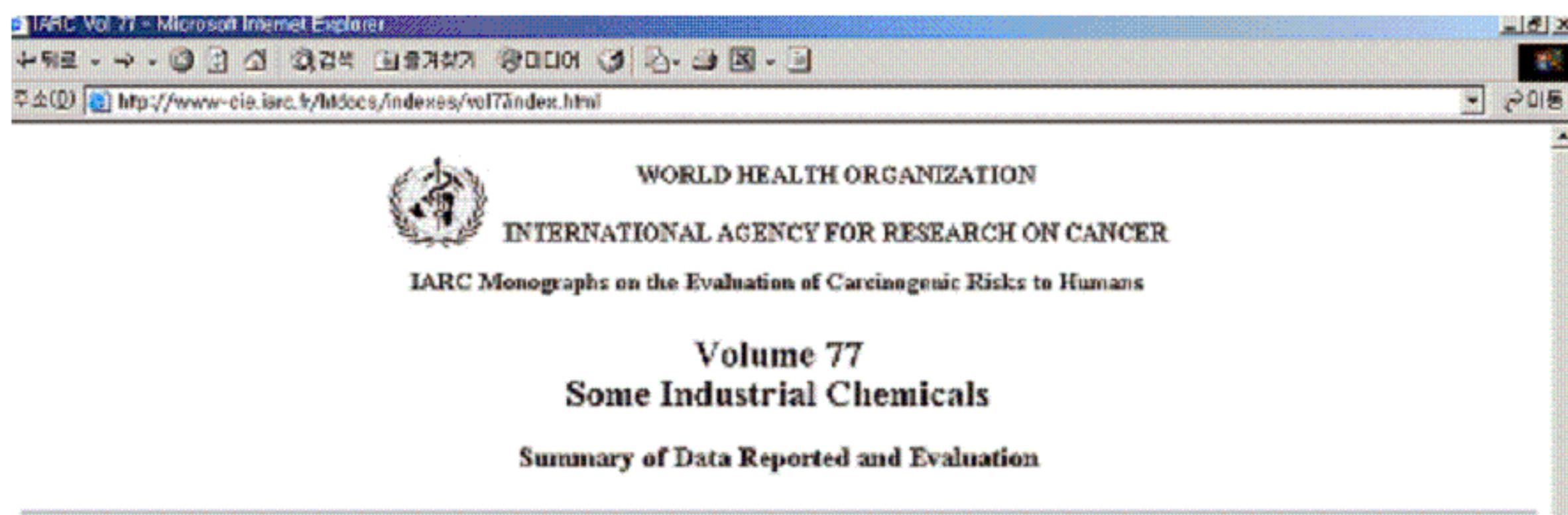
각 물질에 관하여 분자량, 비중, 녹는점, 끓는점, 증기압, 증기밀도, 폭발한계, 밀폐 상태와 개폐상태에서의 인화점, 용해도와 분해산물 그리고 25℃, 760torr에서의 conversion factor에 관한 물리화학적 특성 등이 기술되어 있으며 주요사용용도, 급성, 아급성, 만성/발암성, 생식독성에 관한 동물실험의 연구내용과 자극, 면역, 세포독성, 발암성에 관한 인체실험보고 등이 수록되어 있다. 또한 노출기준 설정배경 등이 기술되어 있어서 현 노출기준 재개정과정에 많은 도움이 된다.

ACGIH는 발암성물질을 5가지로 나뉘서, A1은 확실하게 사람에게 발암성이 확인된 물질(confirmed human carcinogen), A2는 사람에게서 발암성이 의심되는 물질(suspected human carcinogen), A3은 동물에게 발암성인 물질(animal carcinogen), A4는 사람에게 발암성이 있는 것으로 분류하지 않은 물질, A5는 사람에게 발암성이 있다고 의심되지 않는 물질 등으로 구분하고 있다.

- A1 : 확실하게 사람에게 발암성이 확인된 물질
- A2 : 사람에게서 발암성이 의심되는 물질
- A3 : 동물에게 발암성인 물질
- A4 : 사람에게 발암성이 있는 것으로 분류되지 않는 물질
- A5 : 사람에게 발암성이 있다고 의심되지 않는 물질

마) IARC Monographys on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Human, 2004

URL: <http://www.iarc.fr>



발암성이 평가된 물질에 대한 자료가 동물실험자료, 인간에 대한 실험자료 그리고 생식독성, 유전독성, 변이원성 등에 관한 자료 등이 수록되어 있다.

IARC는 물질을 4개의 군으로 구분하여 Group 1은 사람에게 발암성이 있는 물질(또는 혼합물질), Group 2는 2A, 2B로 나뉘지는데, 2A는 사람에게 발암성이 있을 것 같은 물질(probably), 2B는 사람에게 발암성이 있을 지도 모르는 물질(possibly)이다. Group 3은 사람에게 발암성이 있는 것으로 분류할 수 없는 물질, Group 4는 사람에게 발암성이 없을 것 같은 물질(probably)이다.

IARC 1. 명확한 발암물질: 사람에게 대한 발암성이 명확한 것

예) 비소, Aflatoxin, Benzene

IARC 2A. 발암성이 강하다고 의심되는 물질: 사람에게 대한 발암성이 일부 밝혀졌으나 동물에는 발암성이 충분히 입증됨

예) Benz[a]anthracene, DEN, PCB

IARC 2B. 발암가능성이 있는 물질: 사람에게 대한 발암성이 명확하지는 않으나 동물에는 발암성이 충분히 입증됨

예) Dioxin, Uretane, Styrene

IARC 3. 발암성 여부에 대해 판정이 불가능한 물질

예) 5-azacytidine, Diazepam

IARC 4. 발암성이 없는 물질: 사람 및 동물에 대한 발암성이 없음

바) NTP (National Toxicology Program)

URL: <http://ntp.niehs.nih.gov/>



Testing information의 "Testing status of agents at NTP"에서 물질별 "study reports and abstract"를 선택하여 관련 자료에 대한 정보를 얻을 수 있다.

Short-term (14일-90일): TOX - ###(1-108)

Long-term (2년) : TR ###(1-538)

Immunology: IMM ###

Developmental: TER ###

Reproductive: RACB#####

미국의 NTP에서는 사람의 발암성에 대한 구분을, 사람에 대한 발암성으로 알려진 물질(known to be a human carcinogen)과 사람에 대한 발암성이 있을 수 있는 물질(reasonably anticipated to be a human carcinogen)로 나누었다.

Category K : Known to be a human carcinogen

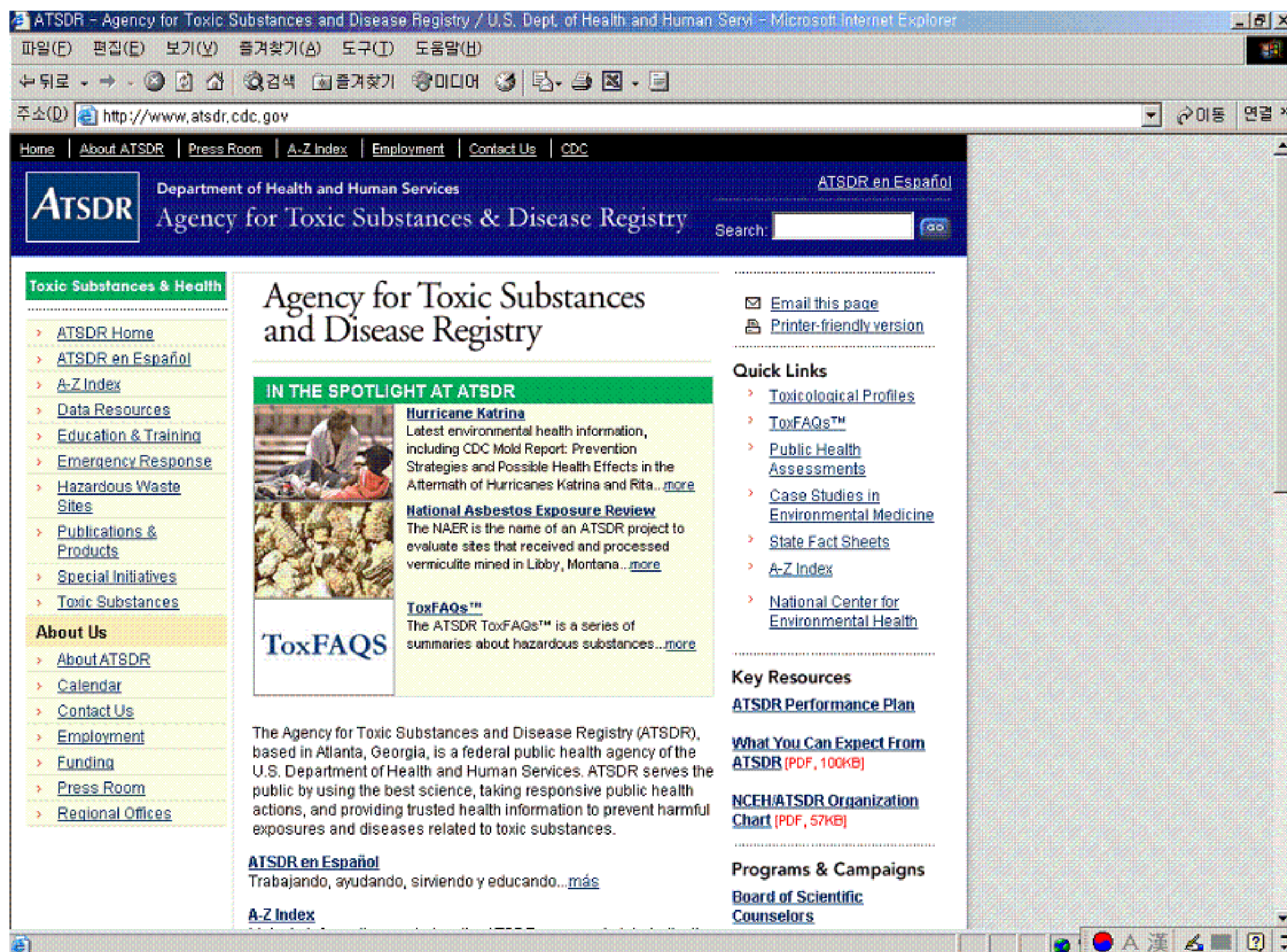
(인간에 대한 발암물질)

Category RAC : Reasonably Anticipated to be a human carcinogen

(인간에 대한 발암물질로 예측되는 물질)

사) ATSDR(Agency for Toxic Substances and Disease Registry)

URL: <http://www.atsdr.cdc.gov/>



U.S. Department of Health and Human Services로부터 독성물질과 관련된 건강 영향등에 관한 자료 요약, 용도 측정법 등의 정보를 제공하며, 노출을 예방하기 위한 건강정보 등에 관하여 수록하고 있다.

아) NIOSH-RTECS(Registry of Toxic Effects of Chemical Substances)

URL: <http://www.mdli.com>

The screenshot shows the MDL Information Systems website. At the top, there are logos for Elsevier and MDL, and navigation links: Home, Company Info, Site Map, Contact, Buy Now, View Cart. A search bar is located on the left. The main banner promotes a 'Free 14-day DiscoveryGate® reaction linking evaluation' with a 'SIGN UP NOW' button. Below the banner, there are sections for 'Solutions for' (Research Scientists, Information Technologists, Research Managers, Information Scientists, Academics), 'xPharm Evaluation', 'DiscoveryGate.Live', 'OHS Quick Link', 'Careers at Elsevier MDL', 'MDL Isentris Alliance', and 'MDL Discovery Brochure'. A 'Client Login' section includes fields for 'User Name' and 'Password' with a 'GO' button. Below the login section are links for 'Login problems?' and 'Retrieve password'. The 'Newsmagazine' section features an article about 'Innovation on a solid foundation'. The 'News' section has a date '17-Nov-05' and a headline about Elsevier MDL offering access to material safety data. The 'Events' section lists upcoming events: 'November 24, 2005 Digital Pharma Conference', 'November 29, 2005 Online Information 2005', and 'December 16, 2005 Pacificchem 2005'.

2001년부터 NIOSH에서 직접 취급하지 않고 MDL Information Systems, Inc (MDL)로 이관하여 독성에 관한 Data를 6가지 유형으로 분류하여 자료를 제공하고 있다.

- (1) primary irritation (일차자극)
- (2) mutagenic effects (돌연변이유발성의 영향)
- (3) reproductive effects (생식계에 미치는 영향)
- (4) tumorigenic effects (종양형성의 영향)
- (5) acute toxicity (급성독성)
- (6) other multiple dose toxicity (다양한 농도에서의 독성)

또한 Specific numeric toxicity values로서 LD₅₀, LC₅₀, TDLo, and TCLo와 같은 값을 제시하고 있다.

다. 취급 현황

(1) 제조 또는 사용현황

문헌고찰과 함께 산업안전공단에서 실시한 2001~2003년 작업환경 실태 조사 자료를 분석하여 사업장 수, 소재지, 취급용도, 주생산품, 취급근로자 수를 파악하였다. 추가로 환경부에서 실시한 화학물질 유통량 현황조사 자료를 분석하여 작업환경 실태 조사 자료에 나타나지 않는 취급사업장을 파악하였다.

대상 사업장을 선정하여 산업안전보건 담당자와 전화 조사를 실시하여 취급여부, 실제 사용되는 유해물질의 양과 사용 시기 및 빈도 등을 파악하였다. 반드시 정확하지는 않더라도 사용량에 대한 범위(그램, 파운드, 톤 등)를 조사하였다.

전화 조사 결과를 바탕으로 사업장을 방문하고 예비조사를 실시하였다. 예비조사를 통해 작업장, 작업공정, 작업내용, 제조 또는 사용하는 유해물질을 조사하였다. 대상 사업장을 선정하여 본 조사를 실시하여 제조 또는 사용현황, 근로자에게 노출가능성 여부를 확인하였다. 조사된 결과를 통합하여 지역별, 사용용도별, 주생산품별로 분류하였다.

(2) 발생원 및 발생공정

대부분 작업장의 특성은 공정도면과 공정정보고서를 참고하였다. 공정정보고서는 단위공정의 영역, 근로자의 활동, 유해물질이 발생되어 노출이 되는 지역 등을 파악할 수 있을 뿐만 아니라 공정분석과 생산 활동에 대한 상세한 정보를 얻는 데 중요한 역할을 한다.

가) 공정도면의 파악

공정도면은 공정시설, 공정의 흐름, 공학적인 대책시설, 부대시설 등이 종합적으로 기록된 것을 말한다. 작업장에서 유해물질에 대한 잠재적인 노출을 정확히 파악하기 위해서는 공정도면을 이해해야 한다. 특히 대상이 되는 물질은 화학공장에서 주로 사용하므로 화학공장의 경우 공정도면을 보지 않고는 공정의 운영과 시설의 연결을 이해할 수가 없다. 공정도면을 파악하는 목적은 다음과 같다.

- 유해인자의 잠재적인 노출원을 규명하기 위해서이다. 도면에는 공정의 흐름, 유해인자가 발생하는 공정과 위치, 배출이 되는 위치, 기계기구의 설치 위치, 근로자의 작업위치 등이 제시되어 있다. 이를 근거로 근로자가 유해물질에 노출되는 영역을 파악할 수 있다.

- 공정의 흐름에 따른 화학물질의 이동과 첨가 그리고 근로자 작업의 위치를 알기 위해서이다. 어떤 공정과 어떤 위치에서 화학물질이 어떻게 사용되고 취급되는지를 알 수 있다.
- 환기 등 공학적인 시설의 위치와 배기 시스템의 운영 등 작업환경관리와 공학적인 대책 시스템을 규명하기 위해서이다. 도면을 통해 환기시스템의 설치계통과 유해물질 배출시스템의 파악이 가능하다.

이러한 여러 가지 목적 중에서 공정도면에서 가장 중요한 요소는 유해인자에 대한 잠재적인 노출원을 파악하는 것이다. 잠재적인 노출은 공정에 활용되는 장비나 시설의 일부분으로부터 또는 근로자의 작업으로 인한 것이다.

문헌조사를 통하여 대상물질에 대한 자료를 수집하였다. 유해물질이 발생 가능한 공정을 파악하고 동일 공정이 있는 다른 작업장의 조사 자료와 연구 자료를 참조하였다. 작업장에서 사용하고 있는 원료와 공정 내에서 사용하는 혼합물질과 그 물질들의 물질안전보건자료를 확인하였다.

작업환경 측정 자료를 검토하였다. 작업공정을 조사하고, 유해물질의 발생장소와 생성기전을 파악하였다. 근로자의 취업 시 신체검사 자료와 그 후의 건강검진자료를 검토하여 유해물질이 발생가능한 공정의 작업자를 파악하였다. 대상 작업자는 관찰법을 적용하여 작업을 조사하였다.

(3) 노출경로

노출 가능한 공정을 선정하고 선정 공정에서 작업하는 취급근로자의 작업을 관찰하고 공정 담당자와 취급근로자를 면담을 통하여 각 작업별로 근로자의 업무에 관해 조사하였다. 유해물질 노출 가능성이 적은 근로자(감독자, 컴퓨터 조작자, 중앙조정실 운전자 등)는 일반 공정지역에서 보낸 시간의 비율을 조사하였다.

공정의 운전에 직접적으로 관련된 근로자에게는 각 공정과 작업구역에서 수행한 작업내용, 활동의 빈도와 시간 등 자세한 정보를 조사하였다. 정기적인 작업뿐만 아니라 간헐적이고 불규칙적으로 수행되는 일에 대한 분석도 포함하였다.

잠재적인 노출은 공정에 활용되는 장비나 시설의 일부분으로부터 또는 근로자의 작업으로 인한 것이다. 근로자에게 영향을 미칠 수 있는 유해인자의 노출원을 보다 완벽하게 조사하기 위해서는 추가적으로 아래와 같은 내용을 조사하였다.

- 기계·기구나 시설 그리고 관련되는 작업(여과지, 펌프, 반응탱크, 생산과 관련되는 시료채취지점, 시설의 정비 등)을 모든 공정에서 자세히 조사
- 공정으로 들어오거나 나가는 유해물질의 이동을 기록하였다. 예를 들면 파이프라인, 탱크트럭, 드럼, 자루포장 등과 같은 유해물질에 대한 이동과 운송의 형태를 구분

공정에서 배출되는 모든 부산물(by-product)의 운송방법과 처리형태도 조사하였다. 이것은 근로자에 대한 노출원 뿐만 아니라 다른 환경재원에 대한 영향을 파악하는데도 필요하며 다음의 항목 등을 조사하였다.

- 잠재적 노출 경로의 파악
- 원료의 변화, 제품의 생성과정 중간체, 혹은 부산물의 생성에 관한 내용
- 공정에 사용되는 물질의 구성성분과 농도(함량), 공정온도, 압력 등에 관한 공정 운전조건과 관련되 내용
- 환기계통에 의한 공기의 분포 및 이동
- 상부가 밀폐되지 않은 탱크의 개수나 위치
- 보호구의 착용여부
- 배출된 유해물질의 재유입가능성
- 신선한 외부 공기의 공급위치나 방법의 적정성

라. 각국의 노출기준 요약 및 해설

<표 2-2> 주요 국가/기관의 노출기준관련 웹사이트와 관련문헌

국가/기관	웹사이트	관련문헌
미국 (OSHA)	www.osha.gov www.cdc.gov/niosh/rtecs/kk4d7038.html	• CFR. Code of Federal regulations. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, Office of the Federal Register.
미국 (ACGIH)	http://www.acgih.org/home.htm	• 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 • ACGIH 2005. Documentation of the TLVs and BEIs, 2005.
미국 (NIOSH)	www.cdc.gov/niosh/	• 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 Pocket Guide to Chemical Hazards. • International Chemical Safety Cards (WHO/IPCS/ILO).
일본	http://www.mhlw.go.jp/ http://www.mhlw.go.jp/english/index.html http://www.cdc.gov/niosh/rtecs/kk4d7038.html	• The Japan Society for Occupational Health. Recommendation of Occupational Exposure Limits. Journal of Occupational Health Vol. 47, July 2005. pp-354-367.
독일	www.baua.de/prax/ags/trgs500e.htm www.cdc.gov/niosh/rtecs/kk4d7038.html http://www.hvbg.de/e/bia/fac/stoffdb/index.html	• Part of the Federal Institute for Occupational Safety and Health (FIOSH/BAuA) • Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz-Luftgrenzwerte; Ausgabe Oktober (2000)
스웨덴	http://www.arbetslivsinstitutet.se/en/default.asp	• AFS 2000:3 Statute Book of Swedish National Board of Occupational Safety and Health. Occupational Exposure Limit Values and Measures against Air Contaminants • Scientific Basis for Swedish Occupational Standards..
영국	http://www.hse.gov.uk/index.htm http://www.hse.gov.uk/press/2003/c03014.htm www.hse.gov.uk/aboutus/hsc/iacs/acts/080704/paper1annex.pdf	• HSC, Consultative document, List of approved workplace exposure limits. E64/E24. • MDHS 96 Volatile organic compounds in air (4) (The Control of Substances Hazardous to Health(Amendment) Regulations 2004) • HSC. 2003. Proposals to introduce a new occupational exposure limits (OESL) framework.
프랑스	www.inrs.fr/sossiers/ www.cdc.gov/niosh/rtecs/kk4d7038.html	• Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. INRS 2005.

(1) 미국

가) OSHA

다음의 OSHA의 웹사이트와 웹사이트에서 물질명으로 검색된 OSHA에서 노출기준으로 제시하는 PEL (Permissible Exposure Limit)에 대한 연구보고서와 문헌을 조사하였다.

관련 웹사이트와 연구보고서

www.osha.gov

www.cdc.gov/niosh/rtecs/kk4d7038.html

CFR. Code of Federal regulations. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, Office of the Federal Register.

나) ACGIH

다음의 웹사이트와 ACGIH에서 발행하는 ACGIH TLV의 기준에 대한 연구보고서와 TLV (Threshold Limit Value)에 대한 연구보고서와 문헌을 조사하였다.

관련 웹사이트와 연구보고서

<http://www.acgih.org/home.htm>

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

ACGIH 2005. Documentation of the TLVs and BEIs, 2005.

다) NIOSH

다음의 웹사이트와 웹사이트에서 물질명으로 검색한 NIOSH에서 제시하는 노출기준인 REL (Recommended Exposure Limits)에 대한 연구보고서와 문헌을 조사하였다.

관련 웹사이트와 연구보고서

www.cdc.gov/niosh/

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 Pocket Guide to Chemical Hazards.

International Chemical Safety Cards (WHO/IPCS/ILO).

Centers for Disease Control and Prevention : Workplace exposures to corrosion-inhibiting chemicals from a steam humidification system-Ohio, 1988. MMWR (Morb. Mortal. WKly Rep.) 39(47):863-865, 1990.

Hazardous Chemicals and Carcinogens, Foruth Ed., Vol. 1. Norwich, NY: Noyes Publications, William Andrew Publishing, 2002, pp.865-867.

(2) 일본

가) 일본후생노동성

다음의 웹사이트와 웹사이트에서 물질명으로 검색한 일본노동성에서 제시하는 규제기준에 대한 연구보고서와 문헌을 조사하였다.

관련 웹사이트와 연구보고서

<http://www.mhlw.go.jp/>

<http://www.mhlw.go.jp/english/index.html>

<http://www.cdc.gov/niosh/rtecs/kk4d7038.html>

나) 일본산업위생학회

다음의 웹사이트와 웹사이트에서 물질명으로 검색한 일본산업위생학회에서 제시하는 노출기준인 OEL (Occupational Exposure Limits)에 대한 연구보고서와 문헌을 조사하였다.

관련 웹사이트와 연구보고서

<http://joh.med.uoeh-u.ac.jp/>

The Japan Society for Occupational Health. Recommendation of Occupational Exposure Limits (2005-2006). J. Occup Health, 2005; 47:354-370. (2005)

(3) 독일

다음의 웹사이트와 웹사이트에서 물질명으로 검색한 독일의 노출기준인 MAK (Maximum Loconcentration Values)에 대한 연구보고서와 문헌을 조사하였다.

관련 웹사이트와 연구보고서

www.baua.de/prax/ags/trgs500e.htm

www.cdc.gov/niosh/rtecs/kk4d7038.html

<http://www.hvbg.de/e/bia/fac/stoffdb/index.html>

Part of the Federal Institute for Occupational Safety and Health (FIOSH/BAuA)
Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz-Luftgrenzwerte; Ausgabe Oktober (2000)

(4) 스웨 덴

다음의 웹사이트와 웹사이트에서 물질명으로 검색한 스웨 덴의 노출기준인 OEL (Occupational Exposure Limits)에 대한 연구보고서와 문헌을 조사하였다.

관련 웹사이트와 연구보고서

<http://www.arbetslivsinstitutet.se/en/default.asp>

AFS 2000:3 Statute Book of Swedish National Board of Occupational Safety and Health. Occupational Exposure Limit Values and Measures against Air Contaminants

Scientific Basis for Swedish Occupational Standards

(5) 영국

다음의 웹사이트와 웹사이트에서 물질명으로 검색한 HSC (Health and Safety Committee)에서 제시하는 노출기준인 OEL (Occupational Exposure Limits)에 대한 연구보고서와 문헌을 조사하였다.

관련 웹사이트와 연구보고서

<http://www.hse.gov.uk/index.htm>

<http://www.hse.gov.uk/press/2003/c03014.htm>

www.hse.gov.uk/aboutus/hsc/iacs/acts/080704/paper1annex.pdf

HSC, Consultative document, List of approved workplace exposure limits.
E64/E24.

MDHS 96 Volatile organic compounds in air (4)

(The Control of Substances Hazardous to Health(Amendment) Regulations 2004)

HSC. 2003. Proposals to introduce a new occupational exposure limits (OESL)
framework.

(6) 프랑스

다음의 웹사이트와 웹사이트에서 물질명으로 검색한 프랑스에서 제시하는
노출기준인 OEL (Occupational Exposure Limits)에 대한 연구보고서와 문헌을
조사하였다.

관련 웹사이트와 연구보고서

www.inrs.fr/sossiers/

www.cdc.gov/niosh/rtecs/kk4d7038.html

Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France.
INRS 2005.

마. 작업장내 근로자 노출실태

(1) 작업환경측정방법 및 결과

가) 예비조사와 본 조사 방법

작업환경 측정을 위한 예비조사는 각 물질별 10개 사업장을 선정하여 안전보건팀의 담당자와 연락하고 일정을 맞춰 현장조사를 나가는 형태로 진행하였다. 예비조사 시 물질별 사업장 취급현황, 취급량, 사업장 개요, 작업환경 측정 자료, 건강진단자료, 사업장 공정도 등을 조사하였고, 예비조사표는 다음과 같은 형태로 만들어 사용하였다.

본 조사는 작업환경 단위작업 장소의 측정위치 규정에 따라 측정지점을 정하여 각 사업장당 현장 공시료를 제외하고 최소 3개 이상 샘플을 채취하였고, 사업장내 유해 물질 노출 실태와 작업공정 및 작업환경 등을 조사하였다. 샘플링 방법은 기본적으로 개인 시료를 전제로 하였으며 지역적 노출이 의심되는 경우 지역 시료를 채취하여 노출 실태를 보고자 하였다.

공기 중 시료 채취는 연속 시료채취법으로 수 분 또는 수 시간에 걸쳐 연속적으로 채취하는 방법을 택하였으며 필요한 경우 순간 시료채취법을 이용하여 수초 혹은 수 분정도의 단시간동안 시료를 채취하는 방법의 형태를 취하여 측정하였다.

일반적으로 흡착관을 이용하여 시료를 채취하는 방법은 [그림2-2]와 같다.



[그림 2-2] 흡착관을 이용하여 시료를 채취하는 방법

나) 2-DEAE(2-Diethylaminoethanol)의 측정 방법

공기 중 2-Diethylaminoethanol의 채취 및 분석은 세계적으로 공인되고 있는 미국 국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, 이하 NIOSH)의 공정시험법(NIOSH method No. 2007)을 이용한다. 측정결과의 정확도를 높이고 오차를 최소한으로 줄이기 위하여 반드시 측정 전후에 정확한 유량보정(calibration)을 실시한다.

포집여재로 흡착튜브(실리카겔, 300 mg/150 mg)를 이용하여 유속을 0.01-0.2 ℓ/min 으로 맞춘 공기포집 펌프에 포집여재를 연결하여 작업자의 호흡영역에서 실제 작업한 시간동안 측정하고, 측정 후 앞측과 뒤측을 마개로 막은 다음 냉장 보관하여 실험실로 옮긴다. 채취된 시료는 4:1(v/v) 메탄올:물 2 ml를 넣고 가끔씩 흔들어 주며 2시간동안 탈착시키고, 가스크로마토그래피(Varian CP-3800, USA)를 이용하여 분석한 후 정량값에 탈착효율 및 공시료 값을 적용하여 결과값을 산출한다. 특히 DEAE의 경우 시료채취 즉시 분석이 어려울 경우, 시료채취 후 진한 염산 20 μ l를 시료에 취하는 과정이 필요하다. 산은 탈착효율을 높이는 효과를 가져오기 때문이다.

다) 2-DEAE(2-Diethylaminoethanol)의 분석 방법

DEAE를 사용하는 사업장의 공기 중 작업환경 시료를 채취하여 DEAE의 농도 평가를 실시하였다.

공기중의 DEAE의 농도를 분석하기 위하여 가스크로마토그래피(CP-3800, Varian, USA)(그림 2-3)를 이용하여 정성 및 정량분석을 실시하였으며, 분석조건은 표 2-2와 같다.



[그림 2-3] Gas chromatography

<표 2-3> DEAE의 분석 조건

Variables	Conditions
Analysis instrument	Gas Chromatography Varian CP-3800
Detector	FID
Capillary Column	CP-Wax 53CB FS 30mX2.5mm
Injection Temperature	150 °C
Detector Temperature	250 °C
Oven Temperature	90 °C - 225 °C로 승온 분석
Injection volume	1 μ l
Injection mode	Split mode(ratio 20:1)
Carrier gas	N ₂

(2) 측정결과분석 및 해석

가) 작업환경 측정 결과

작업환경 측정 시료의 분석 결과를 토대로 노출기준의 초과 여부와 근로자의 노출 실태, 노출 형태 등을 통계적 분석을 한다.

또한 DEAE의 노출농도의 다양한 각도에서의 평가를 위해 측정시료의 평균, 표준 편차, 변위계수 등을 평가하고 작업공정별 유사작업 내용간의 노출농도를 비교하여 노출근로자의 건강에 영향을 줄 수 있는 유해한 공정을 찾아 이에 대한 대책을 마련하고자 하였다.

나) 건강 영향 설문지 결과

그리고 DEAE 노출 실태와 유기용제 사용에 대한 설문지를 비교하여 현재의 건강 상태 등을 파악하고 건강 영향 등을 평가하고자 하였다. 이는 Swedish Q16설문지를 이용하였고, 장기간 유기용제에 노출된 근로자의 증상 설문을 조사하여 중추신경계 장애의 발생 유무를 파악하였다.

다) 산재 자료 분석 결과

근로복지공단으로부터 산재통계 자료를 노동부로부터 특수검진 자료를 요청하여 각 2002~2004년, 2001~2003년의 자료를 확보하였다.

근로복지공단으로부터 산재통계 자료 중 해당물질을 취급하는 사업장의 2002,

2003, 2004년의 자료와 노동부의 2001, 2002, 2003년 특수검진 실시결과를 조사하여 유기용제를 취급하는 사업장의 산재통계와 특수검진 결과를 해당물질을 취급하는 사업장과 비교 분석하였다.

바. 노출기준제안

해당물질의 물리적 특성을 파악하고 현재 우리나라에서의 취급현황(제조, 사용, 발생원 및 발생과정, 노출경로)을 파악하고, 해당물질을 대상으로 한 동물실험과 인체 유해성의 실험과 보고 자료를 조사하여 가능한 건강 영향을 조사하였다. 또한, 각국의 노출기준과 기준의 설정근거를 검토하였다. 실제 우리나라에서 해당물질에 노출되는 작업자를 대상으로 노출을 측정하였다. 이상의 물리적 특성, 취급현황, 건강영향, 노출기준 및 노출실태를 종합하여 노출기준을 제안하고 경제적, 사회적 영향을 고려하여 우리나라 실정에 맞는 노출기준을 제시하였다.

(1) 노출기준 요약 및 해설

가) 외국의 노출기준

외국의 노출기준(TLV, STEL, Ceiling)을 우리나라의 노출기준과 요약하였고 도표로 나타내어 비교하였다. 각국의 노출기준 근거를 검토하였다.

나) 우리나라 노출기준

현행 산업안전보건법(노동부고시 제2002-8호(2002. 5. 6) 화학물질 및 물리적인자의 노출기준)에 제시되어있는 물질의 노출기준과 법적인 규제, 설정근거를 조사하였다.

(2) 우리나라 실정에 적합한 노출기준 제시

가) 외국의 노출실태

NIOSH에서 조사한 물질의 노출 실태와 독성물질에 대한 검색사이트와 문헌고찰을 통해 외국의 노출실태를 조사하였다.

나) 국내의 노출실태

노동부와 환경부에 요구하여 물질의 국내 사용실태와 제조량과 수입량, 물질을 사용하는 사업장에서 발생한 직업병 자료와 작업환경 측정 자료를 요구하였고 이들 자료를 분석하였다.

해당 물질을 사용하는 사업장을 대상으로 실태조사 하여 해당 물질의 사용과정 조사와 실제 노출치를 측정하였다.

다) 노출기준 제시

문헌고찰을 통하여 해당물질의 건강영향을 검토하였고, 각국의 노출기준의 근거를 조사하였다.

해당물질의 건강영향의 범위와 위해의 정도를 고려하고 선진국의 노출기준과 설정근거, 적용년도를 고려하여 건강효과에 근거한 노출기준을 설정하였다. 이후 해당물질에 대하여 실제 측정한 노출실태 자료와 작업환경 측정 자료를 바탕으로 조사된 국내 노출실태를 고려하여 건강효과에 근거한 노출기준의 현실성을 검토하였다.

이후 국내 노출실태를 고려한 노출기준을 적용하였을 때의 경제적, 사회적인 가능성을 고려하여 해당물질의 노출기준을 제시하였다.

사. 취급근로자 건강장해 예방조치

(1) 유해공정별 작업환경관리요령

일반적인 작업환경관리방안을 바탕으로 조사 물질의 특성에 맞는 작업환경관리요령을 조사하였다.

(2) 유해물질 안전취급요령

일반적인 작업환경관리방안을 바탕으로 조사 물질의 특성에 맞는 유해물질안전취급요령을 조사하였다.

(3) 취급근로자 노출방지조치

일반적인 작업환경관리방안을 바탕으로 조사 물질의 특성에 맞는 취급근로자노출방지 방법을 조사하였다.

(4) 취급시 주의사항

일반적인 작업환경관리방안을 바탕으로 조사 물질의 특성에 맞는 취급시 주의사항을 조사하였다.

(5) 응급조치요령

일반적인 작업환경관리방안을 바탕으로 MSDS와 조사 물질의 특성에 맞는 응급조치요령을 조사하였다.

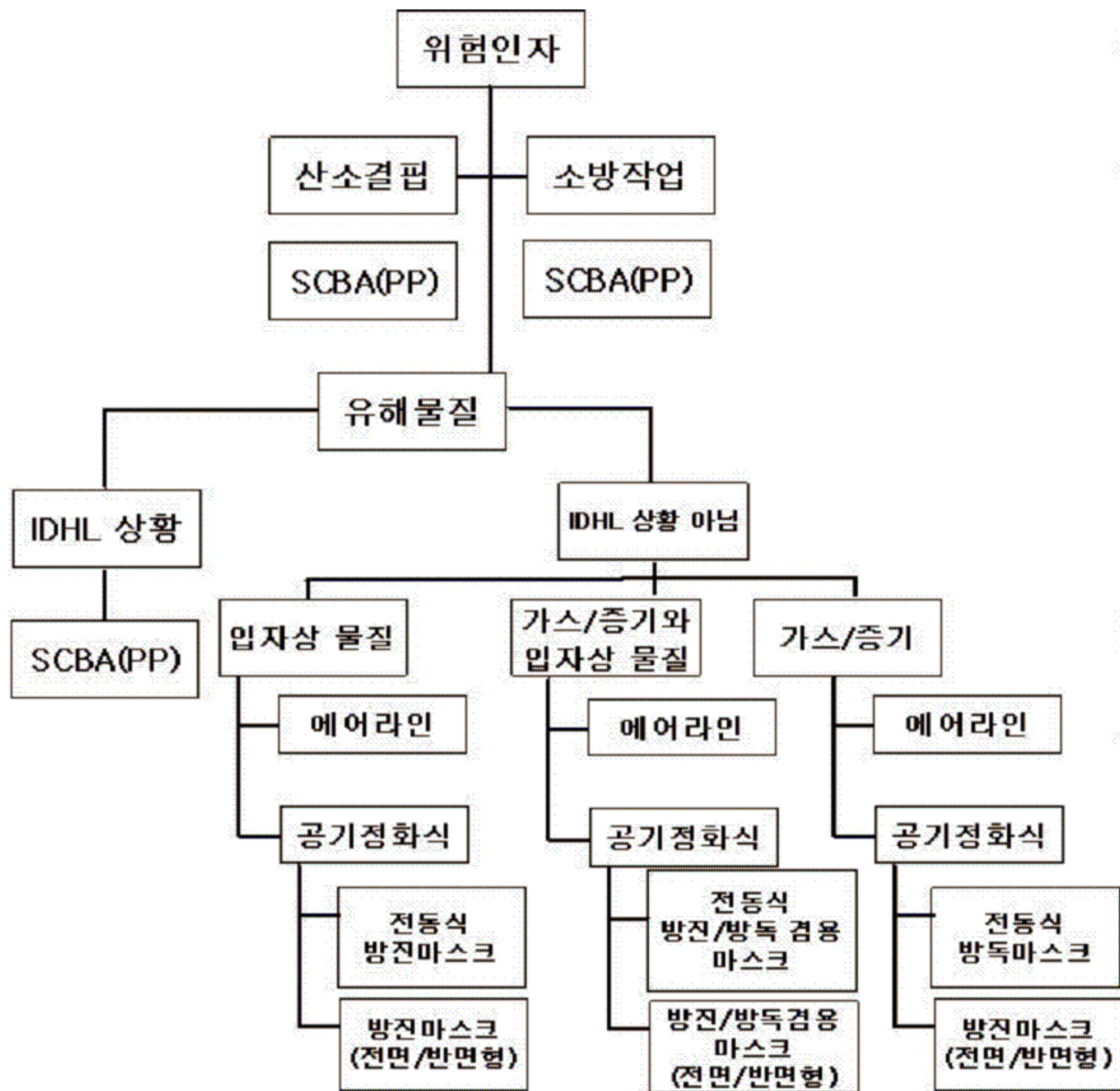
(6) 유해물질 저장·보관방법

일반적인 작업환경관리방안을 바탕으로 MSDS와 조사 물질의 특성에 맞는 유해물질저장·보관방법을 조사하였다.

(7) 개인보호구

일반적인 작업환경관리방안을 바탕으로 MSDS와 조사 물질의 특성에 개인보호구를 조사하였다. 피부 위험성을 화학적 위험성, 물리적 위험성, 생물학적 위험성을 판단하여 보호의, 보호장갑, 보호장화를 고려하였다. 호흡기 보호구는 다음의 호흡기보호구 선정 흐름도에 따라 고려하였다.

[그림 2-4] 호흡기보호구 선정 흐름도



[그림 2-4] 호흡기보호구 선정 흐름도

(8) 기타

일반적인 작업환경관리방안을 바탕으로 MSDS와 조사 물질의 특성에 맞는 작업 환경관리요령을 조사하였다.

아. 규제영향분석

다음과 같은 방법으로 규제의 비용/편익 분석을 실시한다.

(1) 규제의 비용분석

노출기준 강화시 그에 따른 비용을 분석하였다. 직접비용으로는 노출기준 강화에 따라 설치해야 하는 환기 및 개인보호구의 비용을 추산하였다.

간접비용은 노출기준을 재·개정하는 규제의 시행에 따른 상품의 질, 노동 및 자본생산성, 기술혁신, 투자, 시장구조 등 제반여건의 변화가 가져올 수 있는 부정적 영향에 따른 사회적 비용을 의미하며 이를 추산하였다.

(2) 규제의 편익분석

노출기준 강화에 따른 비용을 분석하였다. 노출기준 강화에 따른 건강증진 효과는 근로복지공단으로부터 2002~2004년의 산재통계 자료를 요청하였고 유기용제를 취급하는 사업장의 산재통계와 DEAE를 취급하는 5개 사업장 중 본 연구에서 측정대상이 된 3개 사업장의 산재발생통계를 비교하였다. 여기서 산재발생의 원인이 유기용제인 DEAE에 의한 것인지를 살펴보고, DEAE에 의한 산재일 경우와 아닐 경우의 두가지 경우를 모두 고려하여 각각의 산재보상급여를 계산하였다.

여기서 계산된 산재보상급여가 노출기준이 강화될 때 편익이 될 것으로 가정하여 편익을 구하였다.

또한 DEAE를 취급하는 근로자에게 ‘Willingness to accept’방법을 이용해 설문조사를 시행하였고, 설문에서 DEAE의 건강영향을 고지한 후, 이러한 건강장해가 생겼을 때 지불받고자 하는 금액을 기록하도록 하였다.

정신적 편익과 외부효과(직업병에 대한 경각심, 예방의 효과)등의 간접편익을 고려하였다.

(3) 비용·편익의 비교 및 검토

노출기준 강화 시 소모되는 비용에서 가장 합리적인 대안을 제시하였고 불확실성을 보정하기 위해서 민감도분석을 실시하여 가장 높은 비용과 낮은 비용, 그리고 편익분석에서 가장 큰 편익과 가장 적은 편익을 구해 비교하는 방법으로 비용/편익 분석을 시행하였고 각각의 방법에서 구해진 비용/편익비를 검토하였다.

노출기준 강화 시에 정책의 비용과 편익이 발생하는 시점이 다르고 또한 오랜 기간 동안 비용과 편익이 발생하는 경우 어떠한 기준을 가지고 비용과 편익을 추정 비교하여 정책을 선택하거나 정책의 실시여부를 결정하는가 하는 것은 매우 중요하기 때문에 시간에 걸친 편익과 비용을 1년 단위로 환산하여 추정하였다.

이상에서 비용과 편익을 비교하는 절차는 모두 편익 가운데서도 화폐가치화가 가능한 것들이었다. 화폐가치로 환산된 편익과 비용을 비교하는 것은 본질적으로 효율성을 판단기준으로 하여 규제정책을 평가하는 것이다.

그러나 본 규제의 영향과 그 비용에는 화폐단위로 환산할 수 없는 것들도 있으며, 정책 선택 시 이들 요소 역시 감안되어야 할 필요가 있다. 이러한 비화폐적 영향을 고려하지 않을 경우 비용에 비해 편익이 아무리 큰 정책이라 하더라도 현실적으로 시행되지 못할 수가 있다.

비용-편익분석을 통해 정책을 평가할 경우 순편익을 극대화하는 정책을 선택하고자 하는 것이고, 따라서 효율성을 우선적으로 고려하게 된다. 그러나 근로자의 건강과 불편감 및 만족도가 저하될 경우 지속가능한 생산이 불가능해질 수 있다. 이는 효율성과는 별개의 기준으로서 효율성이 충족된다고 해서 지속가능성이 충족되는 것은 아니다. 또한 국가적 위상의 제고, 근로자 보호 정책을 통한 사회적 통합력의 확대 등은 화폐가치로 쉽게 환산될 수 없는 영역이다.

본 연구에서는 이러한 요소들은 정성적으로 취급하여 화폐가치로 환산한 비용-편익분석 후 최종 판단단계에서 추가적으로 제시하고 규제기준 판단에도 반영하였다.

(4) 노출기준 제·개정 규제기준의 객관성·명료성

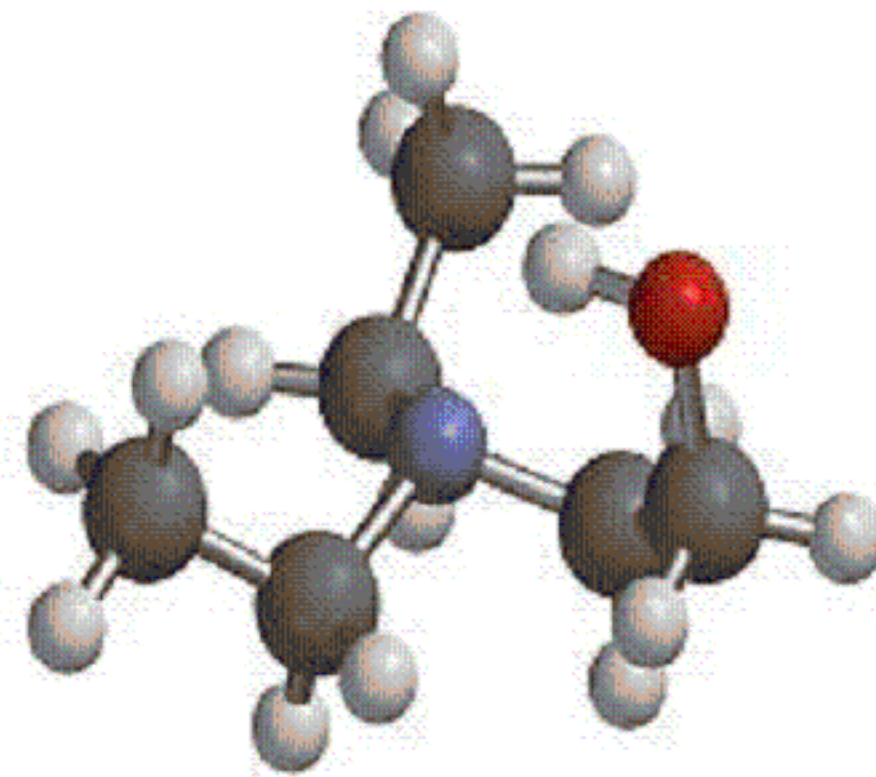
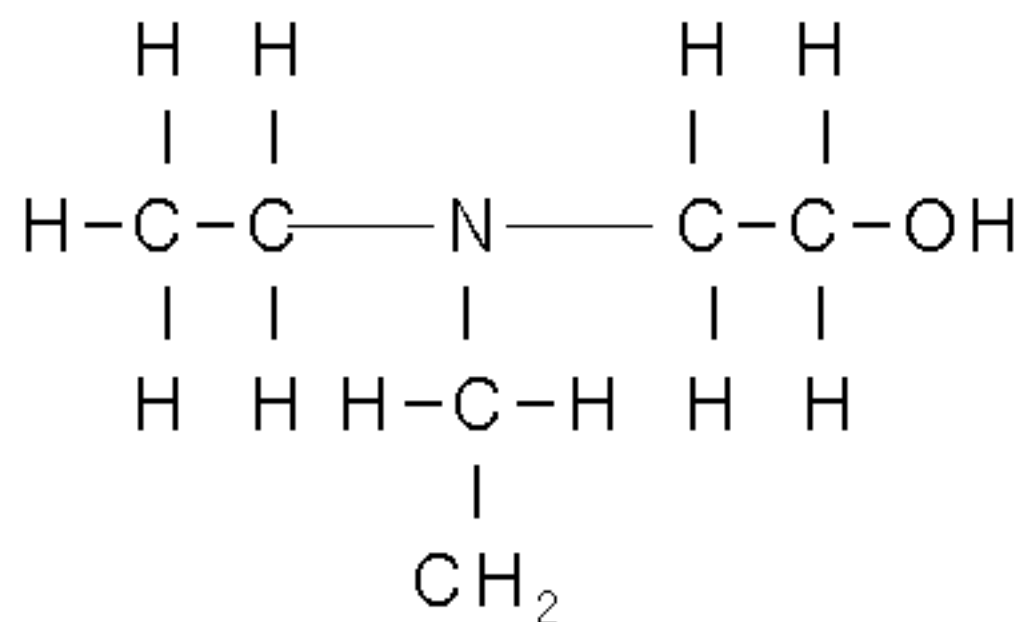
노출기준 제·개정을 위해 선진국의 기준을 참고하였고 기준설정근거를 충분히 검토하였으며, 인체에 대한 영향을 고려하기 위해서 산업의학 전문의와 산업위생전문가와의 회의를 수차례 거쳤다.

또한 규제를 위한 환기장치 등 대책을 강구하고 비용을 산출하는데 있어서 환기분야 전문가의 의견을 구하였고 비용/편익 분석을 하기 위해서 보건행정학 전문가와 워크숍을 시행하였다. 최종적으로 연구팀 전체의 회의의 절차를 거쳐 규제기준을 설정하였다.

III. 연구결과

1. 물질의 특성

가. 물질의 개요



[그림 1-1] DEAE 구조식

- ① 한글물질명: 디에틸아미노에탄올
- ② 영문물질명(IUPAC명, CA명): Diethylaminoethanol
- ③ 이명(異名): N,N-디에틸에타놀아민 (N,N-Diethylethanolamine)
 - 2-(디에틸아미노)에타놀 (2-(Diethylamino)ethanol)
 - 베타-(디에틸아미노)에타놀 (Beta-(Diethylamino)ethanol)
 - 2-히드록시트리에틸아민 (2-Hydroxytriethylamine)
 - 2-(디에틸아미노)-에틸 알코올 (2-(Diethylamino)ethyl alcohol)
 - 2-디에틸아미노-에타놀 (2-(Diethylamino)-ethanol)
 - 디에틸에타놀아민(Diethylethanolamine)
 - (디에틸아미노)에타놀 (Diethylamino)ethanol
 - 디에틸(2-히드록시에틸)아민(Diethyl(2-Hydroxyethyl)Amine)
 - 디에틸모노에타놀아민(Diethylmonoethanolamine)
 - N,N-디에틸모노에타놀아민(N,N-Diethylmonoethanolamine)
 - N-(2-히드록시에틸)디에틸아민(N-(2-Hydroxyethyl)Diethylamine)

(2-히드록시에틸)디에틸아민(2-Hydroxyethyl)Diethylamine
펜나드 150(Pennad 150)
2-디에틸아미노에타놀(2-Diethylaminoethanol)

- ④ CAS 번호: 100-37-8
- ⑤ 외관: 무채색의 흡습성이 있는 액체
- ⑥ 냄새: 메스꺼운 암모니아 냄새
 - 화확물질군: 아민, 지방족 화합물, 수산기

나. 물리적 성상

- ① 분자량: 117.22
- ② 비중: 0.8921 (25℃, 물=1)
- ③ 녹는점: -70 ℃ (-94 ℉)
- ④ 끓는점: 162 ℃ (324 ℉)
- ⑤ 증기압: 21 mmHg (20 ℃), 1.4 mmHg (25 ℃)
- ⑥ 증기밀도: 4.03
- ⑦ pH: 염기성
- ⑧ 점도: 5m Pa-s (20℃에서)
- ⑨ 용해도: 물-20℃에서 잘 녹음 (용제)-알코올, 벤젠, 에테르, 유기용제
- ⑩ 분배계수: $\log P_{ow} = 0.46$
- ⑪ 증발율: 0.17 (초산부틸=1)
- ⑫ 냄새의 서한도: 0.011 ppm
 - 취기한계: 없음
 - 분자식: C₆-H₁₅-N-O

다. 화학적 성상

- ① 인화점: 52.22 ℃ (밀폐상태), 60 ℃ (개방상태)
- ② 자연발화점: 250 ℃
- ③ 폭발성: 하한치; 1.9 %, 상한치; 28 %
 - 중급수준의 화재위험이 있음
 - 증기는 공기보다 무거움

증기 또는 가스의 원거리의 발화점으로부터 점화되어 순식간에 확산될 수 있음

증기/공기 혼합물은 인화점 이상에서 폭발성이 있음

- ④ 산화성: 알칼리성 때문에 CO₂ 같은 가스와 반응해서 중화된 후 산성화되어짐
강력한 산화제로 작용
- ⑤ 반응성: 이온크로마토그래피와 같은 다른 화학적 분석에서 이온교환기로서 작용,
중합반응은 하지 않음
- ⑥ 안정성: 상온 상압에서 안정함
- ⑦ 피해야 할 물질: 열, 화염, 스파크 및 기타 점화원을 피할 것.
이 물질과 접촉을 최소화 할 것
상수도 및 하수도에서 떨어진 곳에 둘 것
산, 금속, 산화제, 가연성 물질과 혼합 금지
- ⑧ 유해 분해 산물: 열분해 생성물-탄소 산화물, 질소
- ⑨ 소화제: 분말 소화약제, 이산화탄소, 물, 일반적인 포말, 알코올 방지 거품
- ⑩ 유해 연소 생성물: 질소산화물과 일산화탄소 같은 유독가스와 증기가 발생

라. 참고문헌

정규철, 산업중독편람. 신광출판사. 서울. p.1028, 1995.

한국산업안전공단 물질안전보건자료 (MSDS), 한국산업안전공단. 2005.

Amoore JE, 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 1983;3(6):272-290.

International Agency for Research on Cancer, IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risks to Humans, Suppl. 7, Overall Evaluations of Carcinogenicity: An Updating of IARC Monographs Volumes 1 to 42, p. 229. IARC, Lyon, France 1987.

Lewis Sr., RJ. (ED.) Hawley's Condensed Chemical Dictionary, 13th ed. In: Comprehensive Chemical Contaminants Series CD-ROM. Van Nostrand Reinhold, New York 1997.

Mackison FW, Stricoff RS and Partridge LJ 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.

- Rowe VK, McCollister SB. Alcohols. In: Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, 3rd Rev. ed., Vol. 2C, Toxicology, pp. 4561-4571. G.D. Clayton and F.E. Clayton, Eds. John Wiley & Sons, New York, 1982.
- U.S. Department of Transportation, U.S. Coast Guard: Isopropyl Alcohol. In: Chemical Hazard Response Information System, Vol. II. COMDTINST M16465. 12A. U.S. Government Printing Office, Washington, DC 1985.
- U.S. National Institute for Occupational Safety and Health/Occupational Safety and Health Administration: Occupational Health Guideline for Chemical Hazards. F. W. Mackison, R. S. Stricoff, L. J. Partridge, Jr., Eds. DHHS(NIOSH) Pub. No. 81-123; NTIS Pub. No. PB-83-154-609. National Technical Information Service, Springfield, VA 1978.
- U.S. National Institute for Occupational Safety and Health: Criteria for a Recommended Standard Occupational Exposure to Isopropanol. DHEW (NIOSH) Pub. No. 76-142; 1976. In: NIOSH Criteria Documents Plus CD-ROM. DHHS (NIOSH) Pub. No. 97-106; NTIS Pub. No. PB-502-082. National Technical Information Service, Springfield, VA 1997.

<http://toxnet.nlm.nih.gov/index.htm>

<http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

<http://www.ccsms.nier.go.kr>

<http://skksl.skku.ac.kr/SFS/>

2. 취급현황

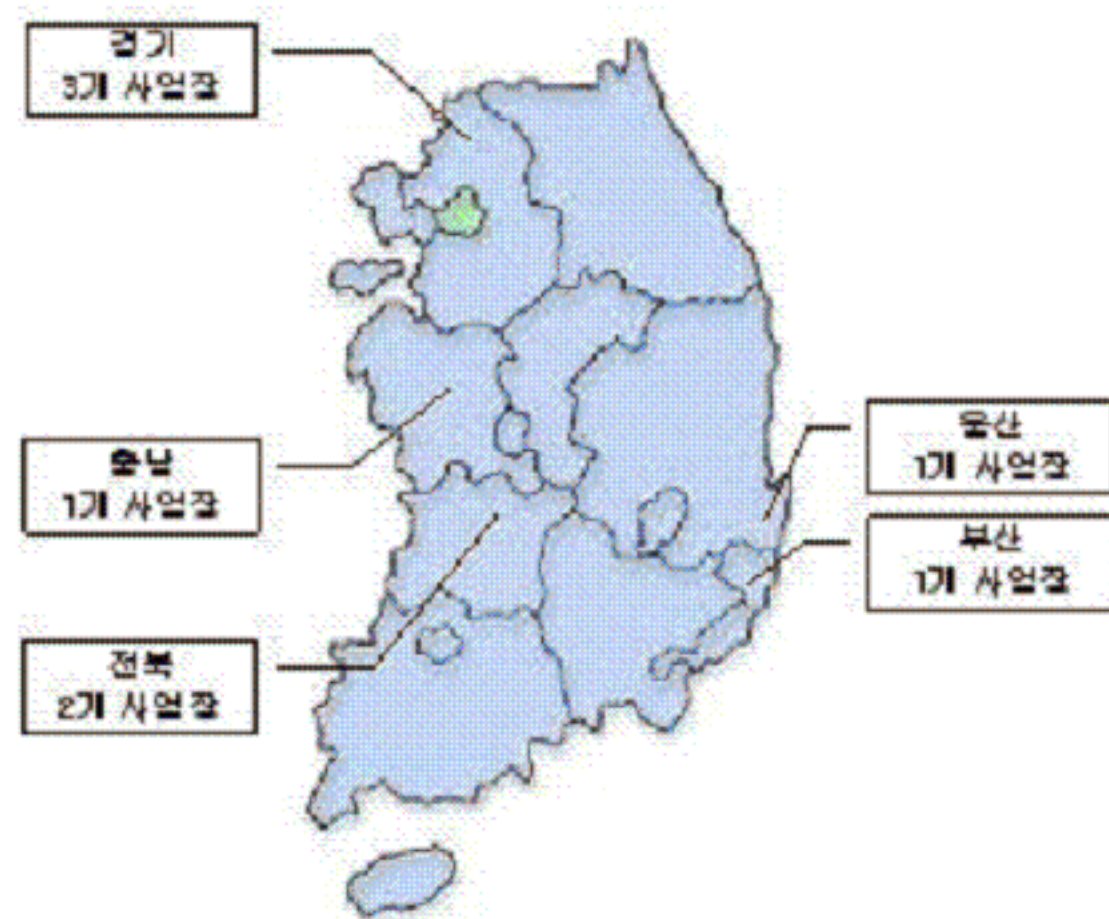
가. 제조 또는 사용현황

(1) 국내 제조 및 사용량

노동부의 작업환경 측정 실태 조사 자료(2003년)를 참고로 하여 국내의 DEAE 사용 업체와 사용량, 취급근로자 수를 조사하였다.

<표 2-1> DEAE 국내 제조 및 사용량(노동부 작업환경 측정 실태조사, 2003)

지역	사업장 수 (명)	사용량 (kg)	취급 근로자수 (명)	총 근로자 수 (명)
경기	3	15,172	13	98
전북	2	3,262	5	77
충남	1	56,000	42	5,969
부산	1	20	7	33
울산	1	30,000	2	27
총합	8	104,454	69	6204

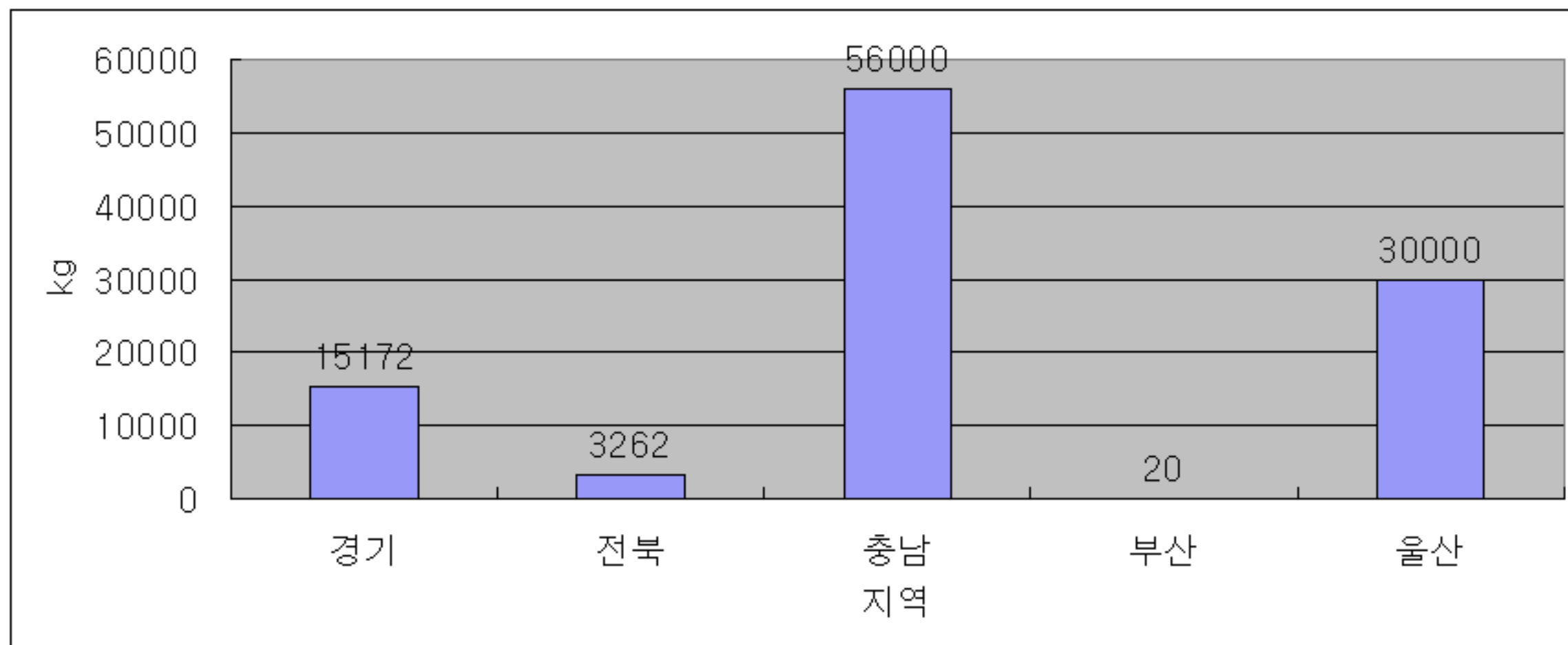


노동부 자료에 의하면 DEAE를 사용하는 사업장은 전국에 총 7개 사업장이다. 지역별로는 경기 3, 충남 1, 전북 2, 울산 1, 부산 1개 사업장으로 경기도가 가장 많다(그림 2-1).

[그림 2-1] 지역별 DEAE 사용 사업장
(노동부 작업환경 측정 실태조사, 2003)

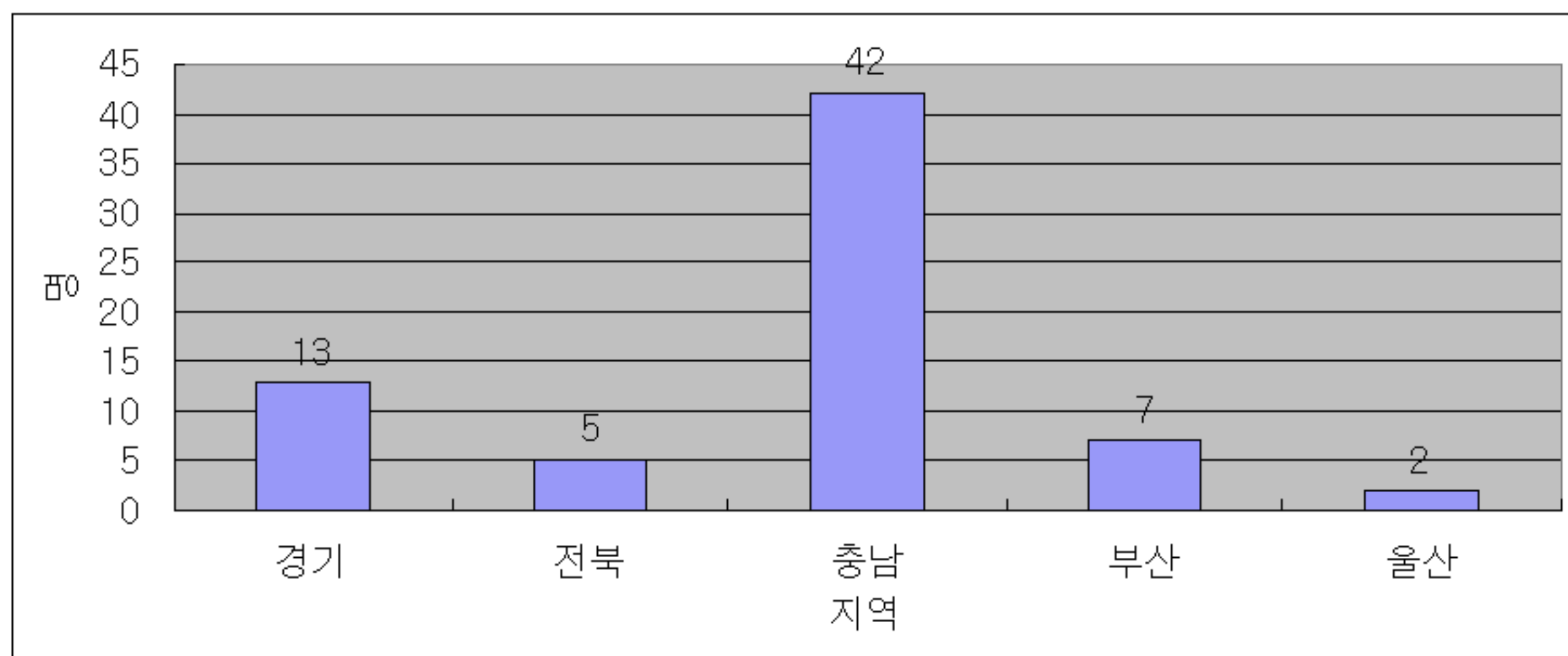
연간 사용량은 전체 104,454kg이다. 지역별로는 충청남도가 가장 많이 사용한다

(그림 2-2).



[그림 2-2] 지역별 DEAE 사용량(노동부 작업환경 측정 실태조사, 2003)

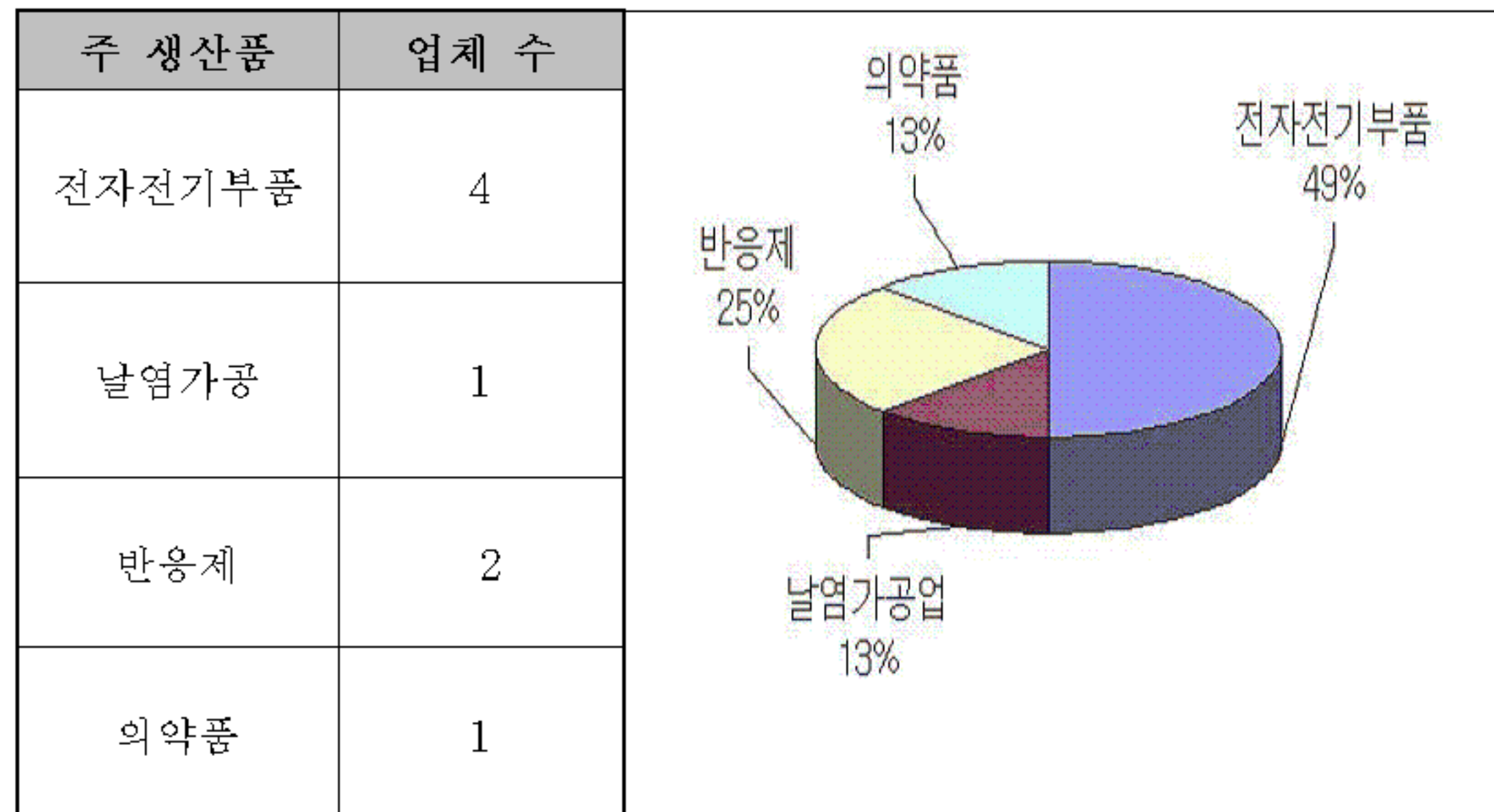
전체 취급근로자수는 69명으로 충청남도는 42명의 작업자가 DEAE를 취급하고 있다(그림 2-3). 7개 사업장의 총 근로자 수는 6,204명이다.



[그림 2-3] 지역별 DEAE 취급근로자(노동부 작업환경 측정 실태조사, 2003)

취급 사업장의 주 생산품은 전자전기부품 제조업체가 23개 사업장 중 70%로 가장 많았다.

<표 2-2> DEAE 사용 사업장 주 생산품(노동부 작업환경 측정 실태조사, 2003)

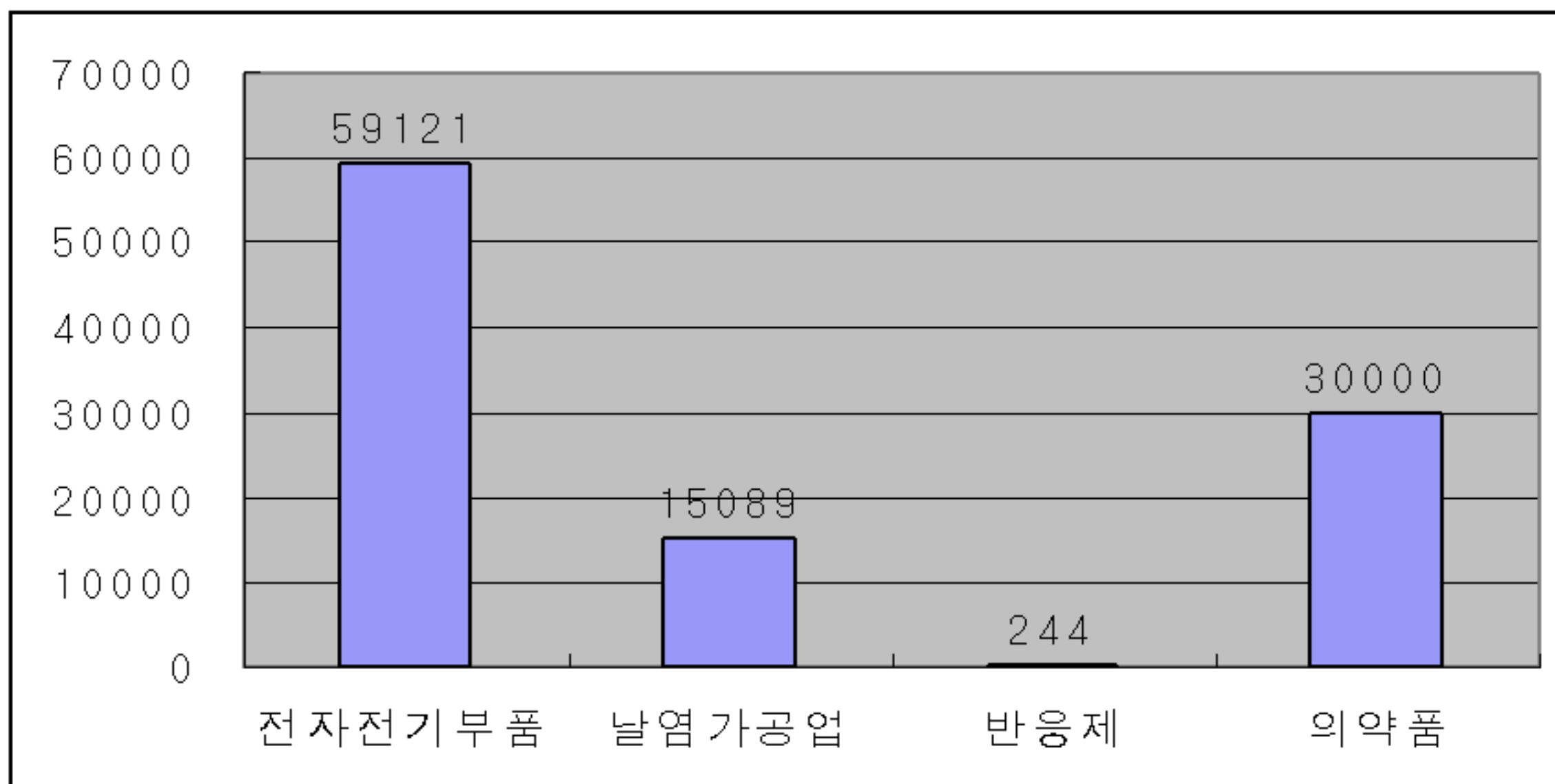


주 생산품별로 취급근로자 수와 취급량은 다음과 같다.

<표 2-3> DEAE 주 생산품 별 취급량 및 취급근로자 수(노동부 작업환경 측정 실태조사, 2003)

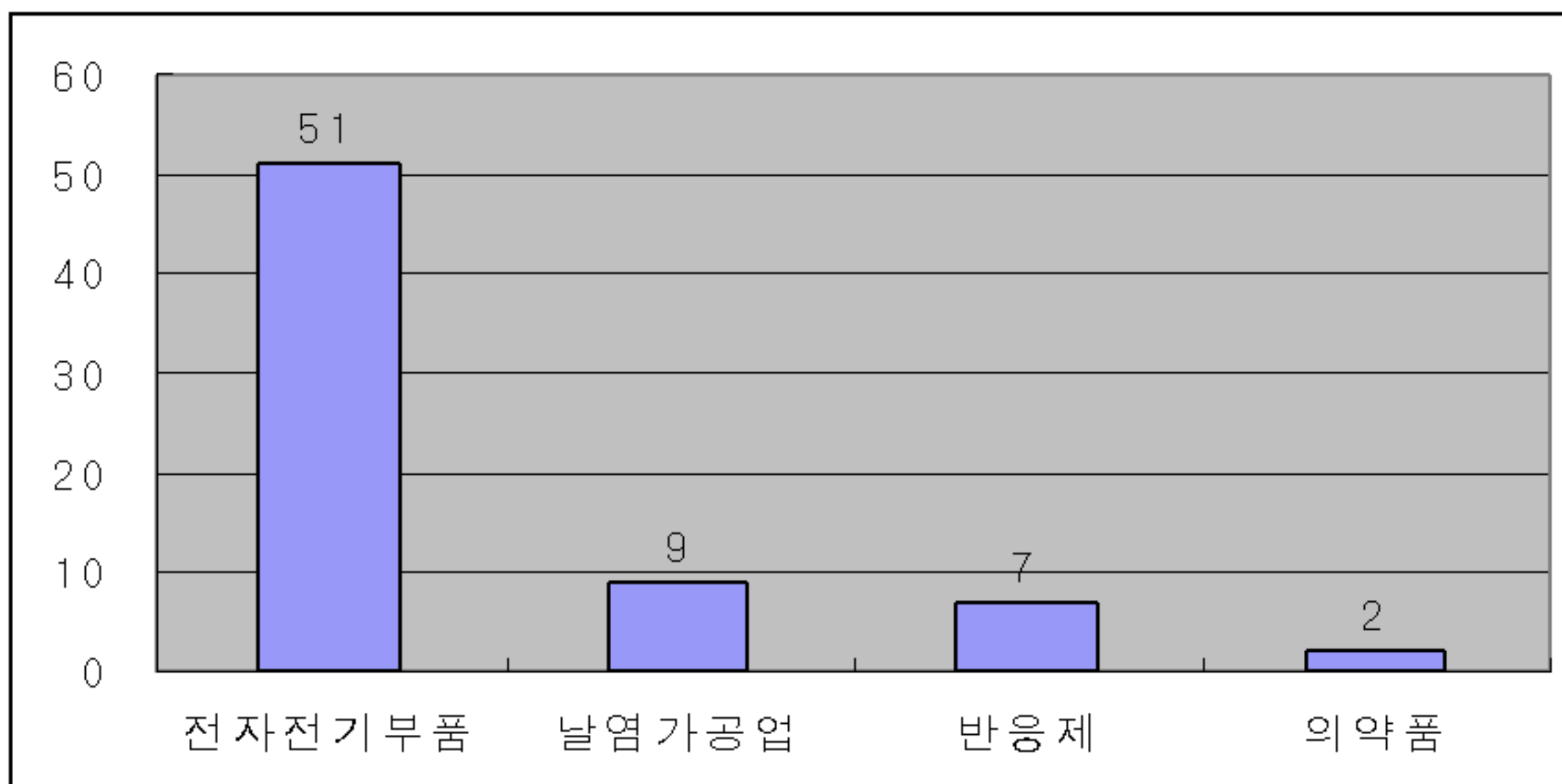
주 생산품	취급업체	취급량 (kg)	취급근로자 수 (명)
전자전기부품	4	59,121	51
날염가공업	1	15,089	9
반응제	2	244	7
의약품	1	30,000	2

취급량은 전자전기부품 제조업이 59,121kg으로 가장 많았다.



【그림 2-4】 DEAE 주 생산품 별 취급량(kg)(노동부 작업환경 측정 실태조사, 2003)

취급근로자는 전자전기부품 제조업이 51명으로 가장 많았다.

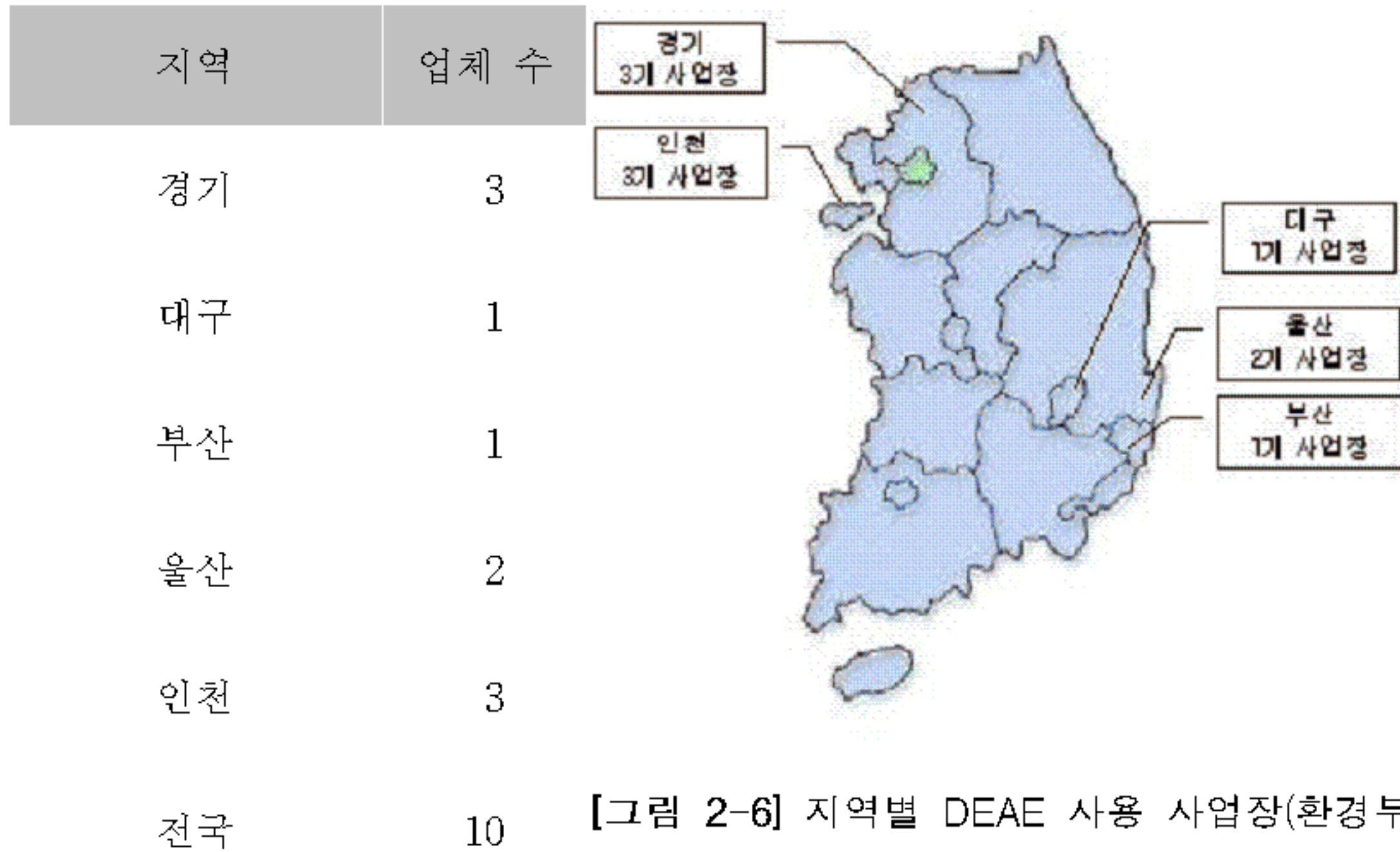


【그림 2-5】 DEAE 주 생산품 별 취급근로자 수(명)(노동부 작업환경 측정 실태조사, 2003)

그러나 노동부의 작업환경실태조사에서 DEAE를 사용하는 것으로 조사된 사업장의 상당수가 실제로는 사용하지 않는 것으로 조사되었다. 따라서 환경부의 화학물질 유통량 조사에 의해 사용하는 것으로 나타난 사업장을 추가로 조사하였다.

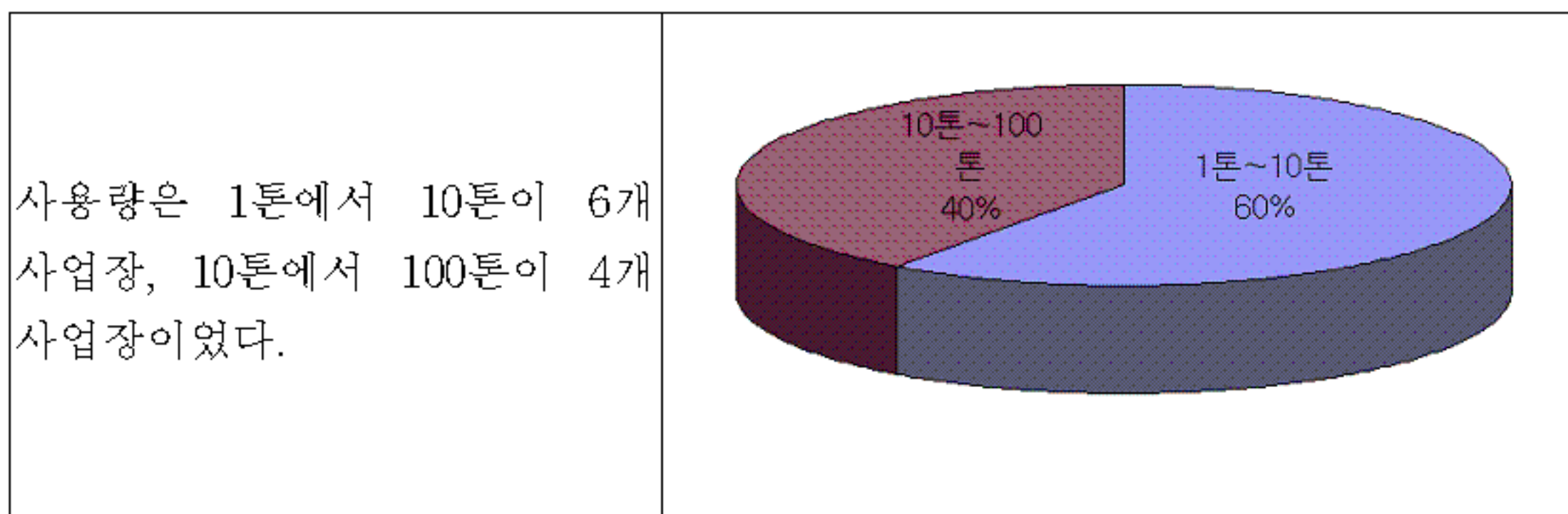
(2) 제조 또는 사용현황(환경부 유통량 조사)

환경부에서 실시한 화학물질 유통량 조사결과 DEAE는 전국에 총 10개 사업장이 사용하고 있는 것으로 조사 되었다.



【그림 2-6】 지역별 DEAE 사용 사업장(환경부 화학물질 유통량 조사, 2004)

<표 2-4> DEAE 사용량(환경부 화학물질 유통량 조사, 2004)



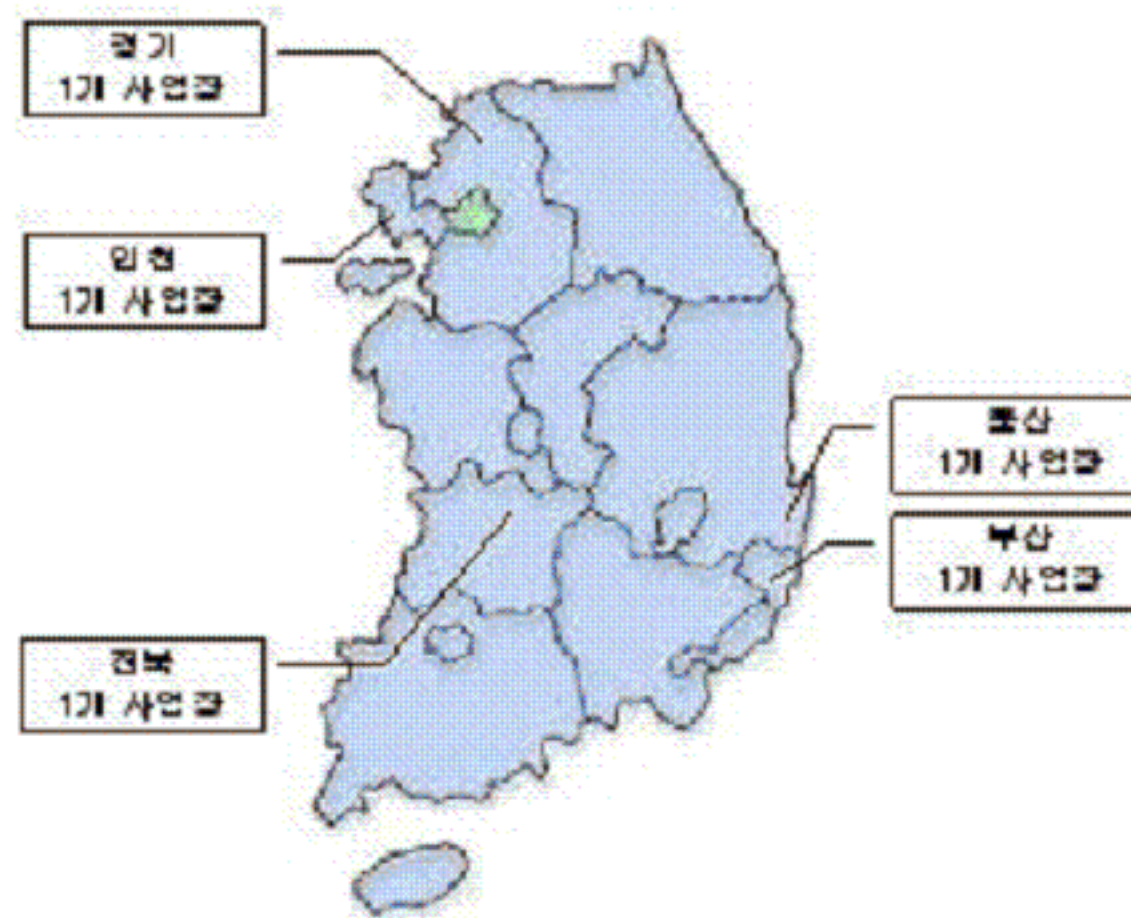
(3) 제조 또는 사용현황

노동부 자료와 환경부 유통량 조사 자료를 참고하여 총 18개 사업장을 조사하였다.

<표 2-5> 전체 조사 대상 사업장

사업장	사용	소재지
A	사용없음	경기
B	간헐적 사용	경기
C	사용없음	경기
D	사용없음	부산
E	사용없음	울산
F	사용없음	전북
G	간헐적 사용	전북
H	사용없음	충남
I	실험실 시약용으로 사용	경기
J	사용없음	경기
K	사용없음	경기
L	사용없음	대구
M	지속적 사용	부산
N	사용없음	울산
O	지속적 사용	울산
P	연락불가	인천
Q	간헐적 사용	인천
R	사용없음	인천
총 18개 사업장	사용 사업장	

총 18개 사업장 조사결과 실험실 시약용으로 구매한 사업장을 제외하면 DEAE를 사용하는 사업장은 총 5개 사업장이었다. 지역별로는 경기 1, 인천 1, 전북 1, 울산 1, 부산 1개 사업장이었다. 사용실태는 간헐적으로 사용하는 사업장은 3개 사업장, 지속적으로 사용하는 사업장은 2개 사업장이었다.



[그림 2-7] 전체 조사 대상 사업장 중 지역별 DEAE 사용 업체

사용 물질은 DEAE 99% ~100% 사용 3개 사업장, 혼합유기용제(상품명 NEVROZ 1520 Resin, DFS 4517(구성성분 Dimethyl Acetamide 15%, Diethyl Aminoethanol 10%, Phosphate sodium salt) 2개 사업장이었다.

취급근로자 수는 전체 5개 사업장 총 16명이다.

<표 2-6> 조사 대상 사업장 중 DEAE 취급 근로자

사업장명	사용용도	사용 실태	취급근로자(명)
B	반응물의 첨가제	간헐적 사용	3
G	반응물의 첨가제	간헐적 사용	4
M	PCB판 박리제의 첨가제	지속적 사용	6(3교대 1조 2명)
O	반응물의 첨가제	지속적 사용	2
Q	반응물의 첨가제	간헐적 사용	1
계: 5개 사업장			16명

사용 용도는 M사업장은 PCB판 박리제의 첨가제로 사용하며 나머지 4개 사업장은 반응물의 첨가제로 사용한다.

나. 발생원 및 발생과정

(1) 일반적 발생원

DEAE는 레진의 경화제로 사용되고, 비누, 화장품, 절삭유의 유화제로, 직물의 연화제로 사용된다. 또한 천연가스에서 hydrogen sulfide와 carbon dioxide를 추출하기 위해 사용되는 공정에서 발생한다.

가) 화학반응에 의한 타 원료 제조

● 화학공정

화학공업은 산업 전반에 필요한 원료나 중간물질, 또는 우리 생활에 필요한 여러 가지 제품을 합성하거나 제조하는 공업이다. 화학공업은 새로운 제품의 창조, 개발을 위한 연구와 장치의 개선에 큰 자본이 소요되는 공업이며, 가공방법에서 특징적인 화학변화를 수반하는 점에서 다른 공업과 구별된다. 화학공업을 분류하는 데는 업종, 원료 자원, 생산공정, 제품의 성질 등에 따라 분류하는 방법이 있으나, 일반적으로 제품의 성질에 따라, 즉 제조되는 제품이 무기 화합물인지, 유기 화합물인지에 따라 무기 화학공업과 유기 화학공업으로 나눈다.

유기 화학공업은 생산하는 제품의 성질에 따라 (1)가솔린, 액화석유가스 등을 얻는 석유 정제공업, (2)석유화학공업, (3)석탄가스, 콜타르 등을 제조하는 석탄화학공업, (4)유지 및 세제 공업, (5) 펄프 및 제지공업, (6)염료 및 도료 공업, (7)식품 화학공업, (8)의약, 농약 등을 제조하는 유기 약품 공업 등으로 분류한다.

대부분의 화학산업은 자본집약적이고 연구와 개발에 의존성이 강하다, 그 결과 대부분의 제조산업과는 달리 비숙련 근로자들이 적다. 화학공업의 특징은 대규모 기술 집약적 장치산업, 막대한 비용과 시간의 설계, 다양한 종류의 화학물질 존재 등이다.

화학 산업에서의 사고로 인한 피해는 화재, 폭발 또는 독성 물질의 누출로써 사고가 발생할 경우 피해가 작업자와 사업주에만 국한되는 것이 아니라 전혀 이해관계가 없는 불특정 다수의 공공인에게도 인명손실, 재산손실 등의 피해가 미칠 수 있다.

나) 제품의 사용

● 천연가스에서 hydrogen sulfide와 carbon dioxide를 추출

천연가스에는 일반적으로 hydrogen sulfide(H_2S), carbon dioxide(CO_2), mercaptans, 및 그 밖의 불순물이 들어있다. H_2S 는 carbon steel를 부식시키는 매우 독성이 큰 가스이다. 또한 CO_2 는 장치를 부식시키며, 가스의 Btu 값을 감소시킨다. gas sweetening 공정은 이들 불순물을 제거함으로써 수송과 사용에 적절한 천연가스를 만드는 공정이다.

gas sweetening 공정은 몇몇 License사에서 개발하고 실제 공정에 적용되어 왔다. 그러나 국내도 천연가스를 일부 생산할 수 있는 곳이 있으며, 다른 나라에서의 천연가스 채취를 위해서 정제공정이 필요하다.

amine을 이용하여 산 가스(H_2S , SO_2 , CO_2)를 처리하는 gas sweetening 공정은 전형적으로 두 개의 컬럼 조작으로 수행된다. 첫 번째 컬럼은 추출제로 사용되는 amine에 산 가스를 흡수하는데 사용한다. 그래서 이 컬럼을 일반적으로 contactor tower로 부르며, amine은 이 컬럼의 상부로, 산 가스를 포함한 천연가스는 컬럼 하부로 도입시켜 산 가스가 처리된 천연가스를 얻는다. 두 번째 컬럼에서는 산 가스가 흡수된 amine을 재생한다. 일명 stripper라고 부르며 컬럼은 탑상부에서 off gas로서 산 가스를 벤트 시키거나 황 회수공정에 도입된다.

재생 공정에서 amine이 일부 변질되거나 사라질 수 있다. 적절한 산 가스를 제거하기 위해서는 최적의 amine 농도를 유지하여야 한다. 대부분 산 가스 회수 시스템에서는 MEA(monoethanol amine), DEA(diethanol amine), 또는 MDEA (methyl diethanol amine) 등이 사용되고 있다.

● 화장품의 제조

화장품 제조는 기본적으로 분산 공정, 유화 공정, 가용화 공정, 혼합 공정, 분쇄 공정으로 반 제품이 제조되고 성형 및 포장 공정을 통해 완제품이 생산된다.

대부분 6가지 공정을 통해 화장품이 제조되지만 제조하는 제품의 특성이나 적용하는 제조 설비에 따라 공정이 생략되기도 한다.

기초 화장품과 메이크업 화장품은 제조 공정이 서로 다르기 때문에 각각 공정별로 구분된다.

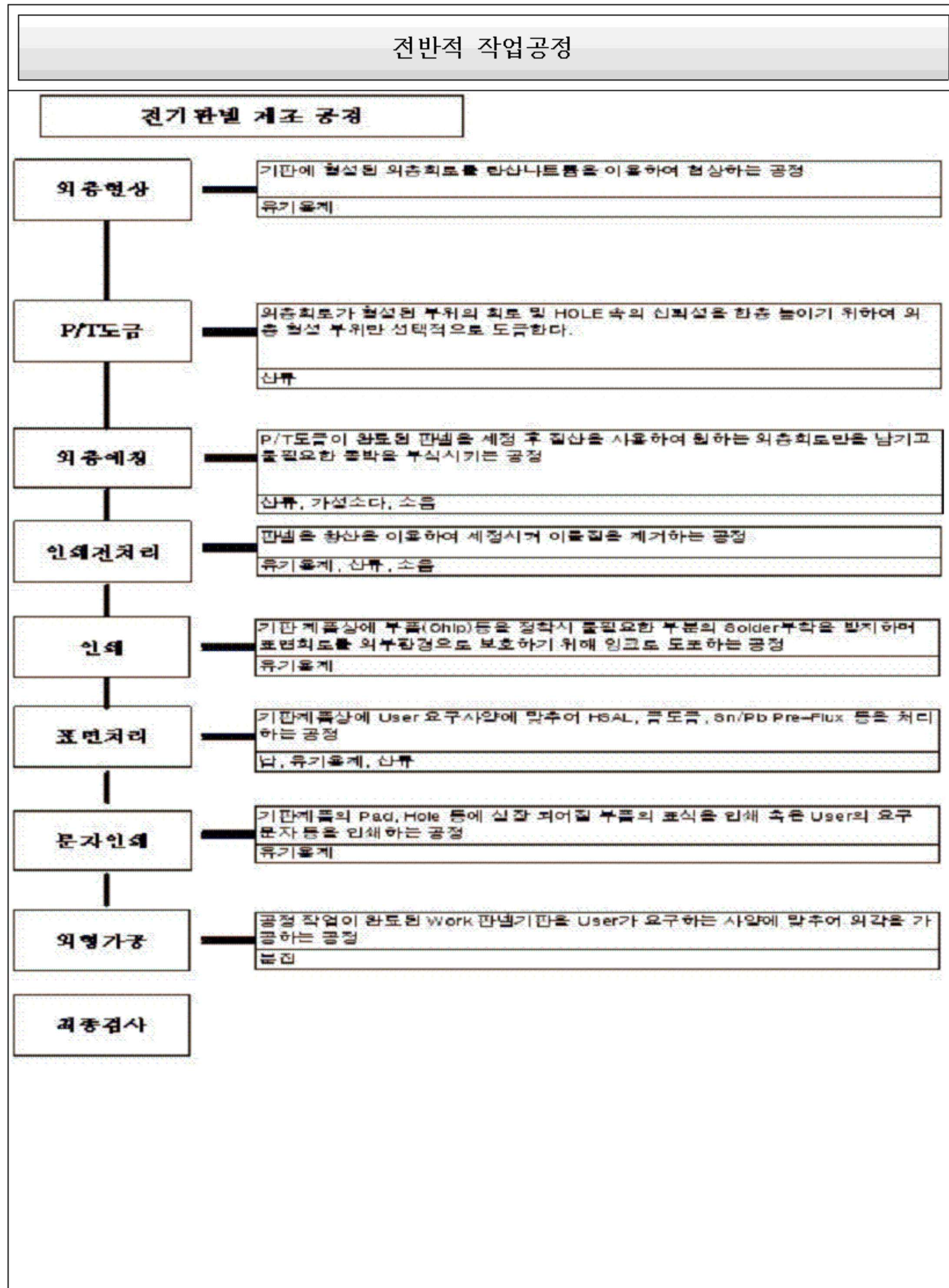
<표 2-7> 화장품의 공정별 사용물질

공정	사용 물질
분산 공정	수용성 점증제(천연 고분자, 합성 고분자, 무기물)
유화 공정	고급 지방산, 유지, 왁스 에스테르, 고급 알코올, 탄화수소, 유화제(계면활성제), 방부제, 합성 에스테르, 실리콘 오일, 산화방지제, 보습제, 점증제, 중화제, 금속 이온 봉쇄제, 첨가제, 향료, 색소, 정제수
가용화 공정	보습제, 중화제, 점증제, 수렴제, 산화방지제, 금속 이온 봉쇄제, 알코올, 가용화제(계면활성제), 방부제, 첨가제, 향료, 색소, 정제수
혼합 공정	유기합성 색소, 천연 색소, 기능성 안료, 무기 안료, 진주광택 안료, 고분자 분체
분쇄 공정	분체, 결합제, 방부제, 산화방지제, 첨가제, 보습제, 향료
성형 및 포장 공정	용기, 바킹, 캡, 알루미늄 접시, 케이스, 성형천

(2) 국내 사용 현황

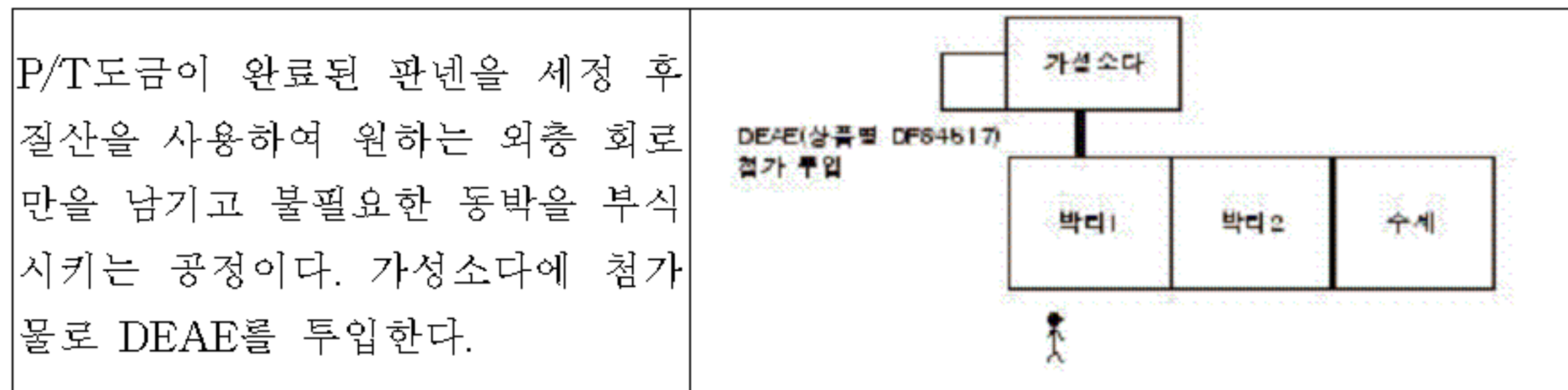
가) 박리제로 사용

DEAE를 박리제의 첨가제로 사용하는 공정은 다음과 같다.



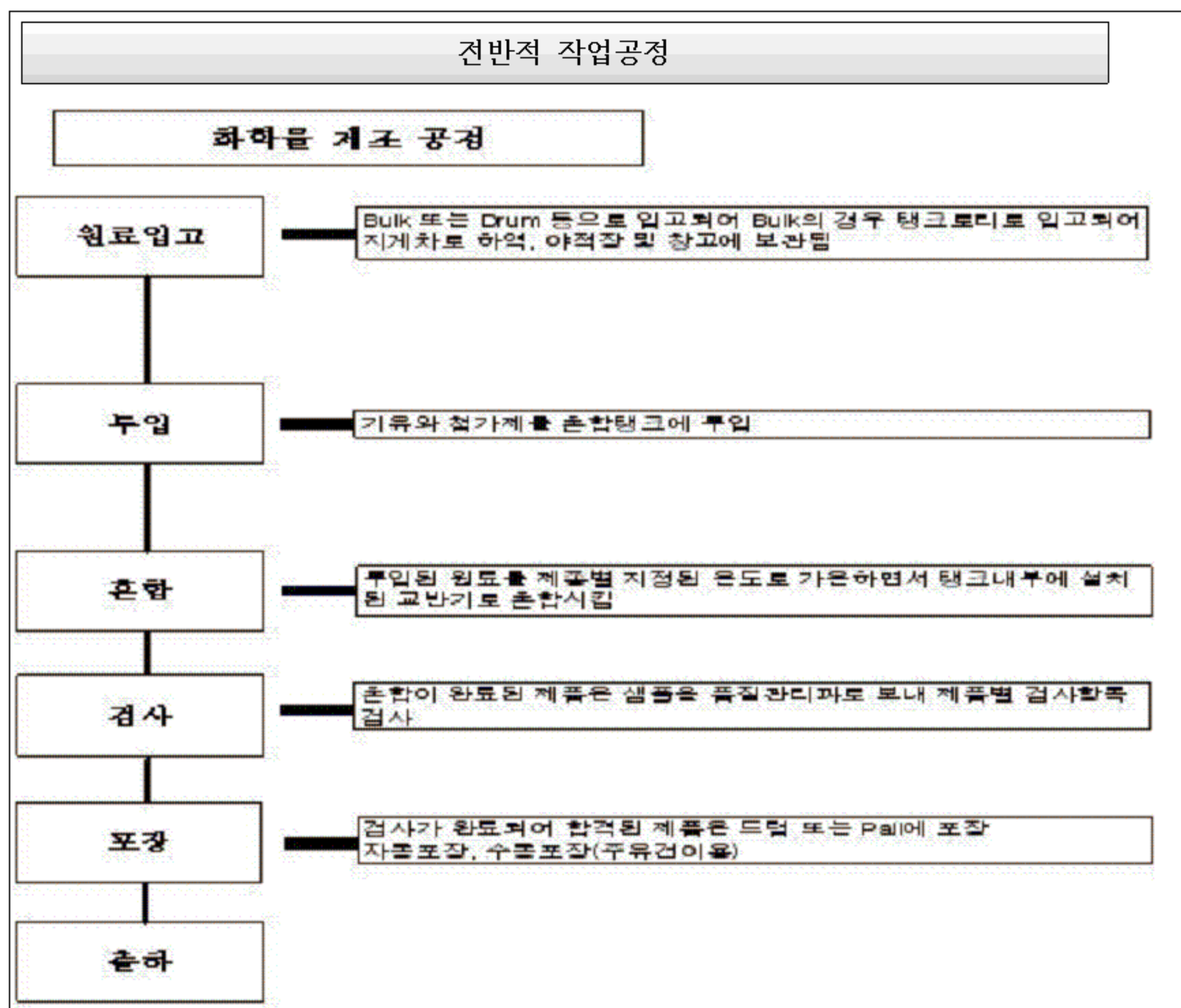
[그림 2-6] DEAE를 박리제의 첨가제로 사용하는 공정

전체 공정 중에 노출이 의심되는 공정은 외층에칭 공정으로 외층에칭 공정의 단계는 다음과 같다.



나) 화학물 제조 공정

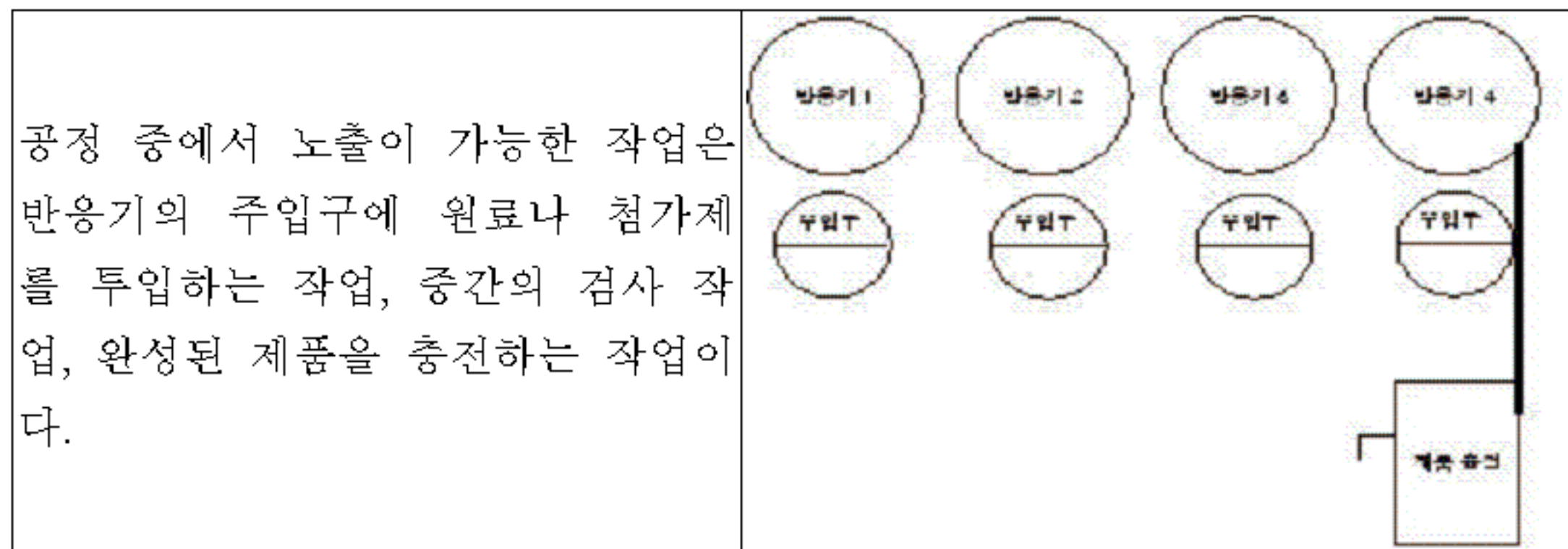
DEAE를 반응물로 사용하는 공정은 일반적인 화학물 제조 공정과 비슷하다.



[그림 2-7] DEAE를 반응물로 사용하는 공정

화합물 제조 공정 중 노출이 의심되는 공정은 교반기에 원료를 투입하는 작업, 중간 검사, 완성된 제품을 포장하는 작업이다.

대부분의 공정은 다음과 같이 이루어져 있다.



다. 노출경로

(1) 박리제로 사용

가) 전기자제품의 박리제로 사용 공정

공정은 자동으로 진행된다. 작업자는 정기적으로 첨가제를 보충해 준다.

<표 2-8>첨가제 보충작업

상세 작업명: 첨가제 보충	공정이해 및 공정특성소개
	● 첨가제를 보충한다. ● 용기에서 직접 보충구에 주입한다. ● 보충구의 위치가 높아 용기를 높이 들어야 한다.

<표 2-9> 박리조

상세 작업명: 박리조	공정 이해 및 공정 특성 소개
	● 박리조는 밀폐되어 있으나 검사 등의 작업 시에 개봉된다.

(2) 화학물 제조

화학물 제조 공정 중 노출이 가능한 공정은 다음과 같다.

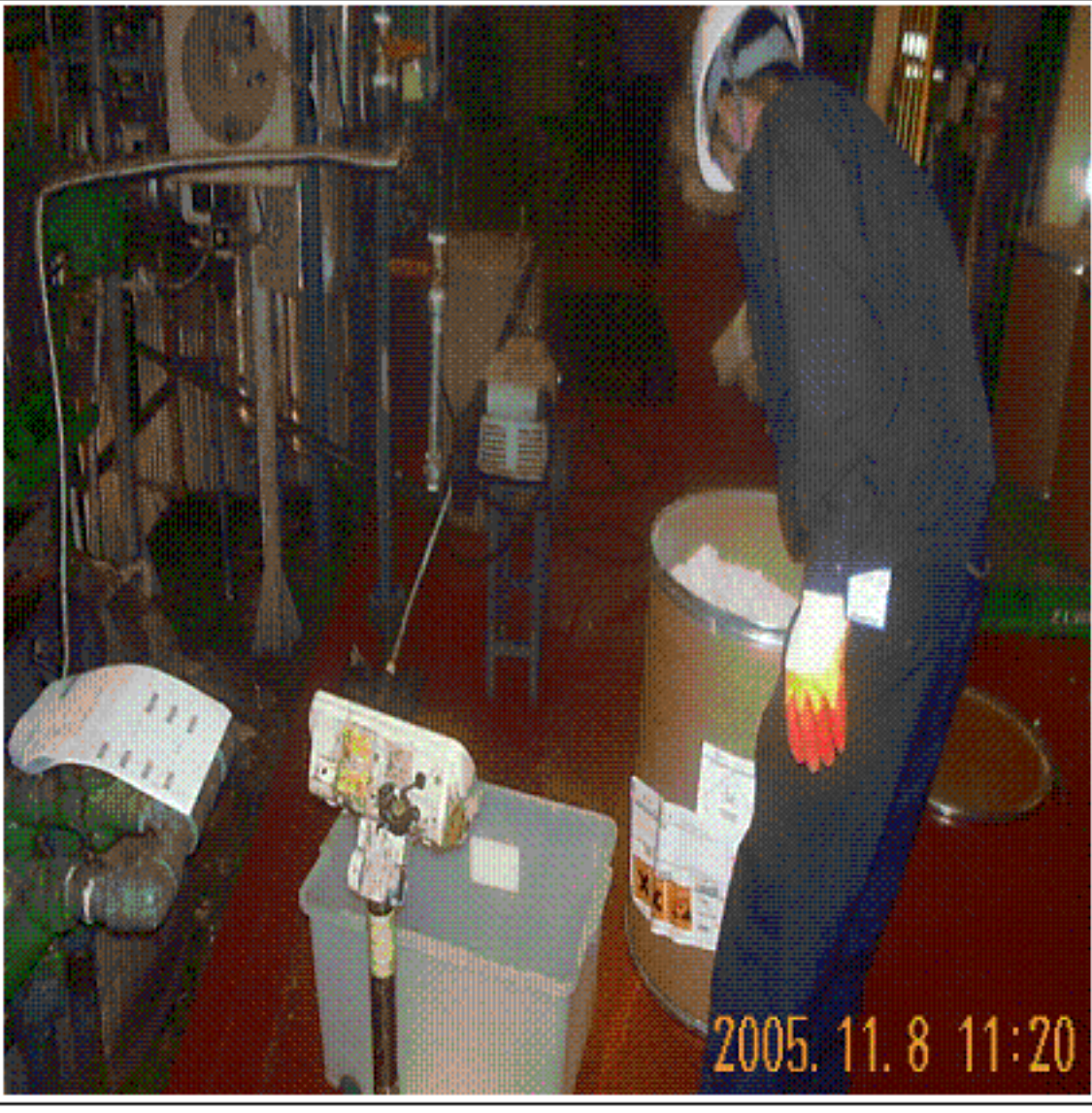
가) 원료의 정량

투입할 원료나 첨가물이 소량이면 적절한 용기를 사용하고 대량의 경우 드럼 등을 사용하여 반응기의 주입구에 주입한다.

<표 2-10> 소량 용기를 사용한 정량작업

상세 작업명: 소량 용기 사용 정량	공정 이해 및 공정 특성 소개
	● 저울을 사용하여 원료나 첨가물을 정량한다. ● 분체나 액체의 원료나 첨가물은 정량과정 중에 노출될 가능성이 많다.

<표 2-11> 정량 분체작업

상세 작업명: 정량(분체)	공정이해 및 공정특성소개
	● 화학공정 중에 분체 원료를 사용하는 경우의 정량하는 모습이다. ● 분체의 특성으로 비산하여 노출 가능하다.

<표 2-12> 정량작업

상세 작업명: 정량(액체)	공정이해 및 공정특성소개
	● 액체 원료를 정량하는 모습이다.

<표 2-13> 대량 정량 투입

상세 작업명: 대량 정량, 투입	공정 이해 및 공정 특성 소개
	● 대량의 원료나 첨가물은 정량이 특별히 필요하지 않다. ● 반응기에 투입시에 사용량이 많으므로 노출량도 많을 가능성이 있다.

<표 2-14> 반응조 투입구

상세 작업명: 반응조 투입구	공정 이해 및 공정 특성 소개
	● 반응조의 투입구는 반응이 진행되고 있지 않을 때에는 개봉되어 있다. ● 잔류물이 남아있을 경우 노출 가능성이 있다.

나) 원료, 첨가제 투입

일반적으로 반응조에 직접 원료 또는 첨가제를 투입한다.

<표 2-15> 원료 첨가제 투입

상세 작업명: 원료, 첨가제 투입	공정이해 및 공정특성소개
	● 화학 공정 중 분체 첨가제를 투입하는 모습이다. ● 투입 과정 중에 노출이 가능하다.

<표 2-16> 원료 및 첨가제의 투입

상세 작업명: 원료 및 첨가제의 투입(분체)	공정이해 및 공정특성소개
	● 화학 공정 중 분체 원료, 첨가제를 대량으로 투입하는 모습이다. ● 용기의 하부에서 원료가 나오므로 하부를 바라봐야 한다.

<표 2-17> 원료 및 첨가제의 투입

상세 작업명: 원료 및 첨가제의 투입(액체)	공정이해 및 공정특성소개
	● 액체 원료, 첨가제를 투입하는 모습이다.

다) 검사

검사 작업은 간헐적이지만 직접적으로 반응물과 접촉하므로 노출이 가능하다.

<표 2-18> 검사작업

상세 작업명: 검사	공정이해 및 공정특성소개
	● 반응중의 생산품이나 최종 반응 후의 생산품을 소량으로 샘플링 후 검사한다.

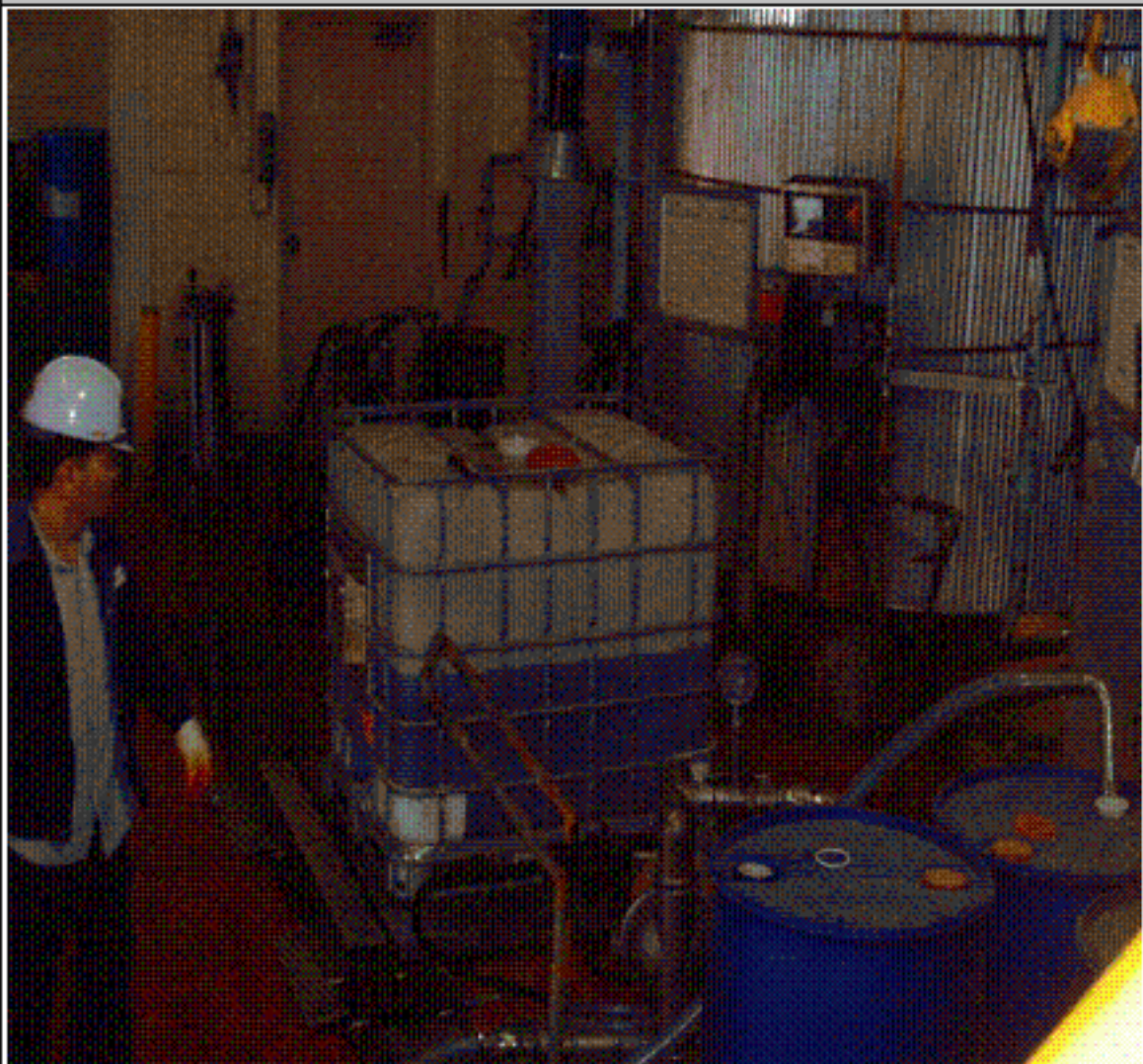
라) 완성물의 충전, 출하

대부분의 충전은 자동으로 이루어지나 용기의 개폐는 수동이며 충전을 할 때 작업자는 관찰을 하여야 하므로 충전위치에서 계속 머무른다.

<표 2-19> 충전작업

상세 작업명: 충전	공정이해 및 공정특성소개
	● 완성된 제품을 용기에 충전한다. ● 충전은 자동으로 이루어지나 용기의 입구와 충전관의 직경차이가 있어 작업자가 지켜보는 동안 직경간의 틈으로 노출 가능성이 있다.

<표 2-20> 원료의 충전 작업

상세 작업명: 원료의 충전	공정이해 및 공정특성소개
	● 원료를 충전하는 모습이다. ● 용기와 원료 주입구가 완전히 밀폐되지 않을 경우 노출이 가능하다.

<표 2-21> 출하작업

상세 작업명: 출하	공정이해 및 공정특성소개
 2005. 10. 12 11:06	● 충전이 완료된 용기를 밀봉후 제품을 출하한다. ● 용기의 밀봉은 수동으로 이루어진다.

마) 용기, 반응기의 세척

혼류 생산의 경우 반응조, 용기 등은 생산이 끝난 후 세정을 실시한다. 이때 잔류물이 남아 있어 노출이 가능하다.

<표 2-22> 용기 세정작업

상세 작업명: 용기 세정	공정이해 및 공정특성소개
 2005. 11. 8 11:25	● 용기를 세정하는 모습이다. ● 세정 중에 용기에 남아 있는 잔류물에 노출 가능성이 있다.

<표 2-23> 반응조 세척작업

상세 작업명: 반응조 세척	공정이해 및 공정특성소개
	● 반응조를 세척하는 모습이다. ● 반응조에 잔류물이 남아 있을 경우 노출이 가능하다.

<표 2-24> 바닥 세척작업

상세 작업명: 바닥 세척	공정이해 및 공정특성소개
	● 작업 종료 후 정리, 바닥을 세척하는 모습이다. ● 투입, 반응, 충전 과정 중에 누출이 있었거나 원료, 충전제의 용기의 이동시에 누출이 있었을 경우 노출이 가능하다.

3. 동물에 있어서의 영향



[그림 3-1] DEAE가 동물에 미치는 건강영향

급성독성시험에서 랫트는 체중의 20 - 40 %가 감소하거나 체중의 10 % 정도가 증가하였고 아급성독성으로 DEAE 증기에 폭로 시 25 ppm, 75 ppm의 농도에서 국소적 세포수괴와 형성 빈도가 증가하고 호흡기 상피조직의 편평상피화생과 코 점막의 여러 병소에서 염증성세포의 침윤현상이 증가하였다. 75 ppm 농도에 폭로된 군 코 격막에 술잔세포(goblet cell)의 이상발달현상이 관찰되었으며 NOAEL은 10 ppm으로 보고 되었다.

또한 128 ppm의 DEAE에 5개월 동안 폭로 시 중추신경계의 자극, 간헐적 긴장성 경련, 기도자극, 체중의 감소증상을 나타내었다. 만성독성 연구결과 가장 높은 두 농도에 속하는 군은 심각한 허약증세, 진전(떨림증), 경련, 수족의 운동 실조증(ataxia)이 나타남을 관찰하였고 Ames test에서 DEAE는 *Salmonella typhimurium* 유래 균주들의 대사활성에 상관없이 돌연변이를 유발하지 않는 것으로 나타났다. 생식독성 시험에서는 개에서 고환위축증이 나타났고, 랫트를 대상으로 한 발암성 시험결과 폭로 즉시 코에 편평상피세포화생이 발견되었다.

<표 3-1> 동물에 DEAE가 미치는 영향에 관련된 주요 연구들

연구자	동물종	실험방법	노출기간	농도	영향
Cornish 등 (1995)	랫트	경구섭취	6h/day, 5일이상	500ppm	체중 감소
	랫트	경구섭취	6주	100gm/kg	전신에 대한 신장 무게 비 증가
			6h/day, 6개월	200ppm	기관지폐렴
SOCMA (1989)	랫트	증기노출	6h/day, 14주	25ppm 75ppm	국소적 세포수의 과형성 증가, 호흡기 상피조직의 편평상피화생,, 코점막의염증성세포의 침윤현상 증가 코격막에 goblet cell의 이상발달현상 관찰 NOAEL: 10ppm
Lomonova (1970)	랫트	증기폭로	4h/day, 5개월	128ppm	중추신경계 자극, 간헐적 긴장성 경련, 기도자극 체중 감소
Atochem North America (1990)	개	영양섭취	1년	1000ppm 10,000ppm	수회의 두부 진전현상 심각한 허약증세, 진전 경련, 수족의 운동실조
Zeiger (1987)	<i>Salmonella</i> <i>Typhimurium</i> 유래 균주	Ames Test			대사활성계의 존재유무와 상관없이 음성판정
Atochem North America (1990)	개	영양섭취	2년	0-1000ppm	고환 위축증
Hinz 등 (1992)	랫트	발암검사	1개월	25-76ppm	편평상피세포화생이 즉시 나타남

가. 급성독성

랫트 20마리를 5일 이상 하루에 6시간씩 $2,400 \text{ mg/m}^3$ (500 ppm)에 폭로 시 모든 동물이 체중의 20 - 40 %가 감소하였다. 16마리를 5일 이상 6시간동안 960 mg/m^3 (200 ppm)에 폭로 시 체중의 10 % 정도가 증가하였고 사망한 토끼는 없었다 (Cornish et al., 1965).

(1) 경구(Oral) 독성

랫트: 경구 LD_{50} 1,300 - 5,650 mg/kg (Smyth, 1944; Cornish, 1965, 1967; Hartung, 1986)

(2) 경피(Subcutaneous) 독성

마우스: 피하 LD_{50} $1,561 \text{ mg/m}^3$ (Koch, 1954)

토끼: 피부의 LD_{50} 1 ml/kg (Smyth, 1944)

마우스: 피하 LD_{50} 650 ml/kg (NIOSH, 2004)

: 경련(convulsion)의 행동양상, 운동실조증, 폐, 흉부, 호흡의 변화

기니아 피그: LD_{50} 1 ml/kg (NIOSH, 2004)

(3) 흡입(inhalation) 독성

마우스: 2시간 노출시 LC_{50} $5,000 \text{ mg/m}^3$ (1,050 ppm), (Izmerov, 1982)

: 눈(결막)의 자극 증상과 경련(convulsion)의 행동양상

랫트: 4시간 노출시 LC_{50} $4,500 \text{ mg/m}^3$ (945 ppm), (Izmerov, 1982)

: 눈(결막)의 자극 증상과 경련(convulsion)의 행동양상

랫트: 5일간 6시간 간헐적으로 동안 가장 낮은 독성을 일으키는 농도(lowest published toxic concentration)가 500 ppm이었고, 눈의 영향, 폐, 흉부나 호흡의 구조적이거나 기능적인 기관과 기관지의 변화가 있었다(NIOSH, 2004).

랫트: 2주 동안 간헐적으로 6시간 동안 노출 되었을 때 가장 낮은 독성을 일으키는 농도(lowest published toxic concentration)가 301 ppm이었고, 체중감소나 체중의 증가가 있었다(NIOSH, 2004).

(4) 근육내(intramuscular) 독성

마우스: LD₅₀ 416 mg/kg (NIOSH, 2004)

: 경련(convulsion)의 행동양상, 폐, 흉부, 호흡의 변화

(5) 복강 내(intraperitoneal) 독성

랫트: LD₅₀ 192 mg/kg (NIOSH, 2004)

(6) 정맥 내(intravenous) 독성

마우스 LD₅₀ 188 mg/kg (NIOSH, 2004)

(7) 보고 되지 않은 경로의 포유동물

LD₅₀ 1,300 mg/kg (NIOSH, 2004)

나. 아급성독성(아만성독성)

랫트를 대상으로 매일 50 mg/kg 또는 100 mg/kg로 DEAE를 먹이면 2주 후에는 대조군보다 체중이 30g 감소하였다. 그러나 6주 후에는 100 mg/kg로 DEAE를 먹인 군에서만 체중 감소현상이 나타남이 관찰되었다. 전신에 대한 신장 무게 비(kidney-to-body weight ratio)가 두 농도 모두에서 약간 증가하였고 200 ppm, 6시간/일, 5일/주로 6달 동안 노출시키면 기관지 폐렴으로 인하여 첫 한달 동안 50마리 중 7마리가 사망하였으며 살아남은 랫트는 6개월 후에는 대조군과 같은 상태로 복귀됨이 관찰되었다(Cornish, 1965).

0, 10, 25, 75 ppm의 DEAE 증기에 6 시간/일, 5 일/주, 14주 동안 폭로 시 25 ppm, 75 ppm의 농도에서 국소적 세포수의 과형성(hyperplasia)의 빈도가 증가하고 호흡기 상피조직의 편평상피화생과 코 점막의 여러 병소에서 염증성세포의 침윤현상이 증가하였다.

75 ppm 폭로군은 코 격막에 술잔세포(goblet cell)의 이상발달현상이 관찰되었으며 NOEL (No-observed-adverse-effect-level)은 10 ppm으로 보고 되었다(SOCMA, 1989).

610 mg/m³ (128 ppm)에 4시간/일, 5개월 동안 폭로 시 CNS(중추신경계)의 자극, 간헐적 긴장성 경련, 기도자극, 체중의 감소증상을 나타내었다(Lomonova, 1970).

개를 대상으로 한 실험에서 간헐적으로 39일간 가장 낮은 독성을 일으키는 농도(lowest published toxic concentration)는 4,875 mg/kg이었고, 경련(convulsion)의 행동양상, 만성 폐 부종(edema)이나 울혈(congestion)이 나타났다(NIOSH, 2004).

랫트를 대상으로 26주 동안 간헐적으로 6시간 동안 노출 되었을 때 가장 낮은 독성을 일으키는 농도(lowest published toxic concentration)는 200ppm이었다(NIOSH, 2004). 또한 랫트를 대상으로 14주 동안 간헐적으로 6시간 동안 노출 되었을 때 가장 낮은 독성을 일으키는 농도(lowest published toxic concentration)는 76ppm이었고, 간 무게의 변화, 방광의 무게 변화와 체중감소 또는 체중의 증가가 있었다(NIOSH, 2004).

다. 만성독성

수컷 3마리, 암컷 3마리의 개에게 365일 동안 500 - 1,000 ppm을 식이수준으로 먹인 연구에서 3군은 연구의 첫날부터 39일 동안 5,000 ppm을 먹이고 살아남은 4마리의 개에게 연구종료 시까지 134번째 날이 되는 기간 동안 2,000 ppm을 먹였다.

4번째 군은 6마리 모두가 사망할 때까지 10,000 ppm을 먹인 연구결과 가장 높은 두 농도에 속하는 군은 심각한 허약증세, 진전(떨림증), 경련, 수족의 운동 실조증(ataxia)을 나타냄이 관찰되었다.

1,000 ppm에 폭로된 모든 개들이 1년 동안의 연구기간동안 수회에 걸쳐 진전 또는 머리를 흔드는 증세를 나타내었다. 이러한 결과는 500 ppm의 수준에서는 전혀 영향을 미치지 않는 것으로 보고되었다(Atochem North America, 1990).

라. 변이원성

Ames test에서 DEAE는 *Salmonella typhimurium* 균주 TA1535, TA1537, TA98, TA100 대하여 대사활성에 상관없이 돌연변이를 유발하지 않는 것으로 나타났다(Zeiger, 1987).

마. 생식독성

개를 대상으로 한 2년 동안의 연구에서 암컷 35마리, 수컷 35마리에게 0, 200, 500, 1,000 ppm의 DEAE를 주기적으로 증가시키면서 식이수준으로 먹이다가 6-12개월쯤에 각 군의 5마리씩을 희생시켜 검사한 결과, 200 ppm을 먹인 군에서는 18마리 중 3마리, 500 ppm을 먹인 군에서는 17마리 중 2마리, 1,000 ppm을 먹인 군에서는 15마리 중 4마리에서 고환 위축증이 관찰되었다(Atochem North America, 1990).

바. 발암성

랫트를 대상으로 2주 동안 270 mg/m^3 (56 ppm)의 농도에 폭로 시 1마리의 코에 편평상피세포화생이 발견되었다. 14주 동안 120 mg/m^3 (25 ppm)에 폭로된 랫트 5마리에서는 폭로 즉시 편평상피세포화생이 발견되었고 14주 동안 365 mg/m^3 (76 ppm)에 폭로 시에는 9마리의 쥐에서 편평상피세포이 즉시 나타났다.

폭로 한 달 후에는 25 ppm의 농도에 폭로된 랫트는 3마리, 76 ppm에 폭로된 랫트는 6마리에게 이와 같은 증상이 나타났다. DEAE는 구조의 특성상 NDEA-(N-nitrosodiethylamine), N-nitrosoethylethanolamine으로 니트로화 될 가능성을 가지고 있는데 이 두 물질은 동물에서 강력한 발암물질로 여겨지고 있다(Hinz et al., 1992)

사. 기타

개를 대상으로 한 실험에서 연속적으로 1년간 DEAE에 노출시 가장 낮은 독성을 일으키는 농도(lowest published toxic concentration)가 $21,559 \text{ mg/kg}$ 이었고, 뇌의 퇴행성 변화, 운동실조의 행동양상, 만성 폐부종(edema)이나 울혈(congestion)이 나타났다(NIOSH, 2004).

<NIOSH2004. The Registry of Toxic Effects of Chemical Substances Ethanol, 2-(diethylamino)-RTECS #: KK5075000 CAS # : 100-37-8.>

Deichmann. W.B., New York, Toxicology of Drug and Chemicals. Achademic Press, Inc., 1969

American Industrial Hygiene Association Journal. V.19, 1958.

Arzneittel-Forschung. Drug Research. 1951.

Fundamental and Applied Toxicology. V.1-40, 1981-97.

Journal of Industrial Hygiene and Toxicology. V.18-31, 1936-49.

Toxicology and Applied Pharmacology. V.1. 1959.

-흡입 독성학

단지 두개의 공인된 논문에서만 동물에서의 DEAE의 흡입독성에 대한 평가가 있었다(Cornish et al, 1965; Hinz et al, 1992). 이 장에는 일반 독성학에 관한 연구 설계와 관찰이 있다. 각 장기 별로 분리된 장기-특이 관찰이 있다.

20마리의 쥐를 5일 동안 매일 6시간씩 DEAE($2,400 \text{ mg/m}^3$ [500ppm])에 노출시켰다. 모두 20~40%의 체중감소가 있었고, 네 마리는 사망하였다(Cornish et al, 1965). 연구의 두 번째 부분에서는, 16마리의 쥐가 5일 동안 매일 6시간씩 DEAE (960 mg/m^3 [200ppm])에 노출되었다. 이 연구부분에서, 동물들 중 10%의 체중이 증가하였고, 사망한 동물은 없었다. 연구의 세 번째 부분에서는, 50마리의 쥐가 매일6시간, 일주일에 5일, 6개월 동안 DEAE (960 mg/m^3 [200 ppm])에 노출되었다. 대조군으로, 32마리는 공기에 노출되었다. 쥐들은 주기적으로 검사되었다. 첫 달 동안 노출된 7마리가 진행적인 체중감소와 함께 죽었다. 남아있는 쥐들 역시 첫 달 동안 대조군과 비교하여 성장 억제를 보였다. 그러나 관찰의 마지막 기간에, 노출군과 대조군 둘 다 체중에 관해서는 비슷하였다.

60마리의 쥐(20마리씩 세 노출 집단, 각 집단 안에 성별로 10마리씩)가 5일에 중등도 노출-자유 2일을 포함한 4일간을 더 DEAE에 노출시켰다. 집단별로 48 mg/m^3 (10 ppm), 270 mg/m^3 (56 ppm), 1440 mg/m^3 (301 ppm) (Hinz et al, 1992). 역시 19마리의 노출되지 않은 쥐들이 있었다. 1440 mg/m^3 (301 ppm) 집단에서, 90%의 남자 쥐와 반수의 여자 쥐가 죽었다. 다른 노출 집단에서는 노출기간동안 아무 쥐도 죽지 않았다.

이 연구는 또 긴 기간동안의 노출도 포함 한다; 40마리의 쥐가 14주 동안, 주 5일씩, 매일 6시간 노출되었다. 노출량은 53 mg/m^3 (11 ppm), 120 mg/m^3 (25 ppm), 365 mg/m^3 (76 ppm) 이었다. 20마리의 쥐가 비 노출군 이었다. 365 mg/m^3 (76 ppm)에 노출된 쥐들이 첫 2주 동안 느린 성장 비를 보였고, 이 초기 감소는 다시 나타나지 않았다. 이 긴 연구에서 사망률은 증가하지 않았다.

-기관(organ) 영향

<전신 증상>

노출된 방으로부터 동물들을 들어내는 연구소 직원은 30초 동안 480 mg/m^3 (100 ppm)이하의 DEAE에 노출 되었다. 5분 내에 그는 오심, 구토했다(Cornish et al, 1965).

<상부 기도와 피부>

20마리의 쥐가 매일 6시간 5일 동안 DEAE (2400 mg/m^3 [500 ppm])에 노출되었다. 노출 첫 날, 심한 눈과 코의 자극 증상을 보였고, 이것은 전체 노출 기간동안 지속 되었다. 쥐들 사이에 각막 혼탁이 보였다. 같은 방법으로 960 mg/m^3 (200 ppm) DEAE에 노출된 16마리의 쥐는 첫 날 약한 눈 자극 증상과 셋째 날 약간의 코 자극 증상을 보였다. 그러나 후의 960 mg/m^3 (200 ppm) 노출된 50마리 쥐의 6개월간의 흡입 연구에서는 32마리의 공기 노출 대조군과 비교하여 코와 눈의 자극 증상이 없었다.

이 연구에서 상기도의 조직병리학적 검사를 시행했는지에 대해서는 언급이 없었다(Cornish et al, 1965). 2주 동안 1440 mg/m^3 (301 ppm)에 노출된 쥐들은 심한 코 불편감, 동공 분비물과 혼탁을 보였다(Hinz et al, 1992). 이것은 대조군이나 48 mg/m^3 (10 ppm) 노출 군이나 270 mg/m^3 (56 ppm) 노출군에서는 나타나지 않았다. 그러나 270 mg/m^3 (56 ppm)에 노출된 20마리 중 10마리에서 nasal tubinate 점막에 단핵염증세포의 침윤이 보였다. 이것은 48 mg/m^3 (10 ppm) 집단 19마리 중 1마리와 대조군 중 1마리에서도 보였다.

같은 연구에서, 20마리의 쥐가 14주 동안 53 mg/m^3 (11 ppm), 120 mg/m^3 (25 ppm), 36 mg/m^3 (76 ppm) DEAE에 노출되었다(Hinz et al, 1992). 역시 노출되지 않은 대조군 20마리의 쥐가 있었다. 이 긴 연구에서 주요 발견은 상부 기도의 조직병리학적 변화로(염증세포의 침윤, 술잔(goblet) 세포의 비대, 세포의 과증식 같은), 이것은 상기도의 염증반응을 가리킨다.

랫트에게서 각막혼탁 역시 높은 비율로 있었다(Hinz et al, 1992). 이것은 처음에는 고도 노출 군에만 발견되었으나 연구의 마지막에는 비 노출 군을 포함한 모든 쥐에서 나타났다.

ACGIH는 0.005ml의 희석되지 않은 DEAE 또는 glycol에 15% DEAE 용액을 눈 주입 시 심각한 눈 손상을 준다는 비공인 된 정보를 인용하였다. 그러나 만약 5% 용액 주입 시에는 눈 손상이 심각하지 않았을 것이다(ACGIH, 1986).

<하부 기도에 영향>

2400 mg/m³ (500 ppm) DEAE에 5일 동안 노출된 20마리의 쥐 중 16마리를 생검 하였다 (Cornish et al, 1965). 4마리는 노출 중간에 죽었다. 생검한 쥐들 모두 세기관지의 벽에 염증세포의 침윤과 함께 급성 화농성 세기관지염을 보였다.

960 mg/m³ (200 ppm) DEAE에 5일 동안 노출된 쥐에서는 하부기도 상에 어떤 조직병리학적 변화를 보이지 않았다. 960 mg/m³ (200ppm)에 6개월 동안 노출된 50마리 쥐 중 7마리가 (대조군 32마리 중에서도 1마리) 첫 두 달 동안에 사망하였다. 그들 모두 가능성 있는 사망원인은 기관지폐렴 이었다. 노출 중단 후 살아있는 쥐들에 대한 조직병리학적 검사에서는 기도 이상 소견의 빈도는 증가하지 않았다.

1440 mg/m³ (301ppm) DEAE에 9일 동안 노출된 쥐들에서 호흡곤란, 헐떡거림 등의 명백한 호흡부전 증상이 나타났다 (Hinz et al, 1992). 이런 영향은 48 mg/m³ (10 ppm)이나 270 mg/m³ (56 ppm) 노출군에서는 나타나지 않았다.

14주 동안 연구에서, 쥐들은 48 mg/m³mg/m³(10 ppm)이나 120 mg/m³(25 ppm)이나 365(76 ppm) DEAE에 노출되거나 또는 노출되지 않았다. 365 mg/m³ (76 ppm) 노출 군에서, 두 번째 주에 수포음과 호흡 잡음이 들렸다. 덜 노출된 군들에서는 이런 현상이 후에 나타났다. 매일, 365 mg/m³ (76 ppm) 노출 군을 제외하고 노출 1시간 이후에 호흡잡음은 사라졌으나 몇몇 랫트들은 이런 증상들이 밤새도록 지속되었다. 부검에서 하부기도 상에 노출과 관련된 발견은 존재하지 않았다.

<간에 영향>

15마리의 랫트가 6개월 동안 마시는 물을 통해 50 또는 100 mg DEAE가 매일 주어졌다; 그들은 간에 노출과 관련된 어떤 조직병리학적 변화도 보이지 않았다 (Cornish et al, 1965). 5일 동안 2400 mg/m³ (500 ppm) 노출군 또는 6달 동안 960 mg/m³ (200 ppm) 노출 군 둘 다 그런 변화가 없었다(Cornish et al, 1965).

48 mg/m³ (10 ppm), 270 mg/m³ (56 ppm), 1440 mg/m³ (301 ppm) DEAE 2주간 노출 군이나 53 mg/m³ (11 ppm), 120 mg/m³ (25 ppm) DEAE 14주간 노출 군에서 간에 대한 영향은 보고되지 않았다.

그러나 365 mg/m³ (76 ppm) DEAE 14주간 노출군은 간 무게가 의미 있게 증가함을 보였다(Hinz et al, 1992).

<신장에 영향>

50 또는 100mg DEAE가 매일 6개월 동안 주어진 쥐들 사이에 신장의 무게가 증가함이 보였으나 현미경적 이상은 발견되지 않았다.

48 mg/m³ (10 ppm), 270 mg/m³ (56 ppm), 1440 mg/m³ (301 ppm) DEAE 2주간 노출 군에서 신장의 현미경적 이상이나 기능적 이상은 보고 되지 않았다(Hinz et al, 1992). 53 mg/m³ (11 ppm), 120 mg/m³ (25 ppm) DEAE 14주간 노출 군에서 노출과 연관된 신장이나 신장기능에 관한 이상은 보이지 않았다. 365 mg/m³ (76 ppm) DEAE 14주간 노출 군에서 신장의 무게가 증가함이 보였다.

<위장관계 효과>

2,400 mg/m³ (500 ppm) 또는 960 mg/m³ (200 ppm) DEAE에 5일 동안 노출된 쥐들과 960 mg/m³ (200 ppm)에 6일 동안 노출된 쥐들은 노출관련 위장관계 비정상은 없었다.

부검 상 1440 mg/m³ (301 ppm) DEAE 에 2주간 노출된 쥐들은 병적인 양의 장관 가스를 보였다. 48 mg/m³ (10 ppm) 또는 270 mg/m³ (56 ppm) DEAE에 노출된 동물 중에는 위장관계 비정상을 보이지 않았다.

<혈액과 조혈기관에 효과>

50mg 또는 100mg의 DEAE를 6개월간 매일 먹인 랫트에서 혈액 내 헤모글로빈 집약이나 비장의 조직병리학적 변화는 없었다. 2400 mg/m³ (500 ppm) 이나 960 mg/m³ (200 ppm) DEAE에 5일간 또는 960 mg/m³ (200 ppm) DEAE 에 6개월간 노출된 쥐와 같은 경우다.

1440 mg/m³ (301 ppm) DEAE 에 9일간 노출된 쥐들에서는 부검 상 비장의 무게 감소를 보였다. 혈액학적 매개변수 (적혈구, 백혈구, 망상적혈구, 혈소판, 헤모글로빈 농도)가 1440 mg/m³ (301 ppm) DEAE 그룹에서는 필요 없다. 그러나 48 mg/m³ (10 ppm) DEAE 또는 270 mg/m³ (56 ppm) DEAE 을 9일간 투여한 랫트에서는 정상이었다.

혈액학적 지표와 비장은 53 mg/m³ (11 ppm) DEAE 또는 120 mg/m³ (25 ppm) DEAE 365 mg/m³ (76 ppm) DEAE에 14일간 노출된 랫트들에서는 아무 영향이 없었다.

<중추신경계의 영향>

랫트를 희생시켜 인공 뇌척수액으로 대체되었다. DEAE는 각 다른 농도로 뇌척수액에 첨가되었다. DEAE는 뇌세포에서 firing threshold를 높였다. 고농도에서 활동전위의 크기(action potential spike amplitude)도 감소하였다.

<말초신경에 영향>

프로카인(procaine)의 주 대사산물로서 DEAE는 국소마취효과를 가진다. DEAE가 활동전위(action potential)를 억제한다는 것이 밝혀졌다.

<다른 효과>

1440 mg/m³ (301 ppm) DEAE에 9일간 노출된 랫트를 부검하였을 때 부신의 무게가 증가하였다.

이런 현상은 48 mg/m³ (10 ppm) DEAE or 270 mg/m³ (56 ppm) DEAE에서 9일, 또는 120 mg/m³ (25 ppm) DEAE or 365 mg/m³ (76 ppm) DEAE에서 14주간 노출된 랫트에서는 관찰되지 않았다.

<면역독성>

1440 mg/m³ (301 ppm) DEAE에 9일간 노출된 랫트에서는 가슴샘(thymus)의 무게 감소를 보였다. 이것은 낮은 노출 농도에서는 보이지 않았다.

<돌연변이와 유전자독성>

DEAE는 Salmonella strains TA98, TA100, TA1535, and TA1537에서 대사성 활

동에 상관없이 돌연변이성은 없다.

<발암성>

270 mg/m³ (56 ppm) DEAE에 2주간 노출된 쥐들 중 한 마리의 코에서 편평세포 변이를 보였다. 14주간의 노출 뒤에 120 mg/m³ (25 ppm) DEAE에 노출된 5마리, 365 mg/m³ (76 ppm) DEAE에 노출된 9마리에서 코에 즉각적인 편평세포 변이를 보였다. 노출 한 달 뒤 120 mg/m³ (25 ppm) DEAE에 노출된 3마리, 365 mg/m³ (76 ppm) DEAE에 노출된 6마리에서 편평세포 변이를 보였다. DEAE와 PABA로 빠르게 대사되는 프로카인은 발암성 물질로 간주 되지 않는다.

DEAE의 nitrosation potential은 일찍이 거론되었다. nitrosation은 DEAE같은 삼차 아민에서 이차 아민에서 보다 느리다. 그러나 nitrosation potential은 알칼화(alkalinity), 물질의 농도, 미생물(microorganism)의 존재에 따라 영향을 받으므로 예측하기가 어렵다. 화학적 구조상 DEAE는 N-nitrosodiethylamine과 N-nitrosoethylethanolamine으로 되기 쉽다. 두 개 모두 동물의 발암성 물질로 간주된다. 하지만 일반 작업환경에서의 이런 반응의 자료는 없다.

DEAE의 nitrosation potential을 고려할 때는 상업적 물건들은 N-nitrosodiethylamine, NDEA, ethylhydroxy-ethylnitrosamine으로 전환 가능한 diethanolamine, ethylethanolamine, diethylamine에 오염되어있다는 것을 고려해야 한다.

<생식에 영향>

1440 mg/m³ (301ppm) DEAE에 9일간 노출된 랫트에서 부검 상 생식샘의 무게 감소가 관찰되었다. 48 mg/m³ (10 ppm) DEAE 또는 270 mg/m³ (56 ppm) DEAE을 9일 또는 53 mg/m³ (11ppm) DEAE, 120 mg/m³ (25ppm) DEAE 또는 365 mg/m³ (76ppm) DEAE에서 14주간 노출된 쥐들에서는 보이지 않았다.

성의 차이에 대한 차이점은 언급되지 않았다. DEAE와 PABA로 빠르게 대사되는 프로카인은 선천성 기형의 위험증가와는 관계가 없다.

<노출-효과 관계>

랫트에서는 1400 mg/m³에서 며칠 동안 노출되면 넓은 독성 효과를 보였다. 대부분의 언급된 효과는 상기와 하기 호흡기에 심각한 자극이다. 사망률 또한 높다. 100-1400 mg/m³정도의 노출에서는 약간 경한 상기도 하기도 호흡기의 자극을 보였다. 사망률을 증가시키는 가장 낮은 농도는 960 mg/m³로 관찰됐다.

쥐는 기관지폐렴으로 죽는다. 병리조직학적인 염증 소견을 보이는 최소 농도는 120 mg/m^3 에서 14주간의 노출로 관찰됐다.

그러나 53 mg/m^3 에 몇 주간 노출된 쥐들은 폐 잡음을 보였다. 하기도의 병리조직학적인 변화는 보이지 않았다. 53 mg/m^3 에서 14주 이하의 농도에서 노출은 상기도의 형태학적인 변화나 자극적인 조짐은 보고 된 적이 없다.

4. 인체 영향

가. 인체 내 작용기전

(1) 흡수

공기 중 흡입, 위장관막, 피부를 통해 흡수되어지며 이 중 피부침투율이 높다 (Fiserova-Bergerova et al., 1990). DEAE가 동일한 TLV에 노출되었을 때 피부로 침투되는 것이 흡입되는 것보다 약 30% 높게 나타났다. 다른 연구에서는 흡수에 대한 정보가 없었다.

동물에서도 흡입, 경구 섭취, 피부흡수를 통한 다양한 독성연구가 시행되었다. 랫트를 대상으로 매일 50 mg/kg 또는 100 mg/kg로 DEAE를 먹이면 2주 후에는 대조군보다 체중이 30 g 감소하였다(Cornish et al., 1965).

20마리의 쥐가 매일 6시간 5일 동안 DEAE (2,400 mg/m³ [500 ppm])에 노출되었다. 노출 첫 날, 심한 눈과 코의 자극 증상을 보였고, 이것은 전체 노출 기간 동안 지속 되었다.

(2) 분포

인간이 5.6 g을 경구섭취 한 경우에는 3시간 후 혈장 내 최고농도에 달하는 것으로 나타났다(Rosenberg et al., 1949).

동물실험에서는 개에게 11 g의 DEAE를 정맥 내 주사 3시간 후 다양한 조직으로 분포하였으며, 가장 높은 농도를 나타낸 기관은 비장이었다(1.227 mg/kg). 간, 폐, 뇌, 심장도 각각 995, 447, 223, 134 mg/kg로 분포하였으며 혈장 내에는 70 mg/kg의 농도로 존재하였다.

그리고 랫트에게 ¹⁴C-labeled DEAE를 정맥 내 투여한 결과 DEAE가 가장 높은 농도로 분포하는 기관은 폐, 뇌하수체, 그리고 부신으로 나타났다(Michelot et al., 1981).

(3) 대사

사람에게 1 g의 DEAE를 정주하였을 때 33%는 변화 없이 배설되었다. 나머지 사

람의 변환과정은 알려지지 않았다. ethanolamine으로 deethylated 되거나 정상 대사 과정으로 들어갔을 것이다(Williams, 1959).

랫트에서 DEAE의 70%정도가 배설물(변)이나 요중에 대사되지 않은 상태로 배출된다(Michelot et al., 1981). 비경구 튜브로 랫트에게 투여했을 때 24시간 후 뇨 중에 적은 양의 triethylamine oxide, diethylamine, monomethylamine이 존재하였고 대사되지 않은 DEAE와 choline은 간에서 발견되었다(Zeisel et al., 1989).

투여된 DEAE의 60%와 대사산물은 간에 축적이 됨. 형성되는 대사산물로는 DEAE의 N-Oxide, diethylaminoacetic acid 그리고 monoethylaminoethanol 등이 있다(Zeiger E, 1987).

(4) 배설

인간에게 5.6 g을 정맥내 투여했을 때 변형되지 않은 형태의 DEAE로 20 - 21% 정도를 요로 배설하고 동일량을 경구 투여했을 때는 23-27% 정도를 요로 배설하였다. 이 연구에서 섭취 후 배설까지의 기간은 언급되지 않았다(Rosenberg et al., 1949).

랫트에서 DEAE의 70%정도가 배설물(변)이나 요중에 대사되지 않은 상태로 배출된다(Michelot et al., 1981). 랫트에게 방사선 표지된 DEAE를 정맥 내 투여했을 때 첫 24시간동안은 뇨로 20% 정도 배설하였고, 48시간 후에는 43% 정도를 배설하였다.

배설물로는 24시간 후 9%, 48시간 후에는 30% 정도 분비되었으며 담즙으로는 6시간 후에 5% 정도가 배설되었다(Michelot et al., 1981).

또한 ^{14}C -DEAE를 경구투여 하였을 때 주로 신장을 통해 배설이 이루어졌다. 투여량의 37-59%는 24시간 내에 제거되었으며 48시간 후에는 168시간의 반감기를 가진 투여량과는 상관없이 배설이 되었다. 40일 후에도 방사능표지 된 ^{14}C -DEAE가 여전히 제거되고 있었다(Zeiger, 1987).

나. 단기 노출시 인체 유해성

<표 4-1> 2-Diethylaminoethanol(DEAE)에 의한 임상증상

2-Diethylaminoethanol(DEAE)에 의한 임상증상
1. 입, 코, 눈 등의 점막 부종, 발적 및 압통 유발 2. 호흡기계 증상: 기침, 빠른 호흡, 호흡음의 쉼쉼거림 3. 위장관계 증상: 오심, 구토 및 설사 4. 피부: 부종, 발적 및 압통 유발 (NEG and NIOSH Basis for an Occupational Health Standard, 1996)

<표 4-2> 인체에 DEAE가 미치는 영향에 관련된 주요 연구들

연구자	농도	기간	인체영향
Cornish et al., 1965	100 ppm이하	30초 이내	구역, 구토 증상
McManus et al., 1981	측정 안됨	지속적 노출 (가습시스템에 첨가)	피부발적
Fannick et al. 1983	0.05~0.06 mg/m ³	지속적 노출 (가습시스템에 첨가)	눈자극증상, 피부자극증상

100 ppm 농도의 기체가 들어 있는 흡입장치로부터 새어나오는 기체에 폭로되면 5분후에 구역과 구토증을 일으키나 눈과 목의 자극 증상은 나타나지 않았다. 주변에 있는 사람들도 메스꺼운 냄새를 호소했지만 다른 증상은 나타나지 않았다 (ACGIH, 1991)

DEAE에 노출된 방으로부터 동물들을 들어내는 일을 하는 연구소 직원들은 80 mg/m³(100 ppm)보다 적은 양의 DEAE에 30초 동안 폭로되었고 5분 이내에 구역질과 구토증상을 나타내었다(Cornish et al., 1965).

Ventricular premature arrhythmias(심실 조기 흥분성 부정맥)를 가진 14명의 환자에게 11.2%의 DEAE를 포함한 용액을 정맥내로 0.5 - 5 g 투여 시 모든 환자들이 주사 후 즉시 흥분감, 발열, 현기증, 눈꺼풀의 경련증상을 느꼈으며, 15%의 환자는 구역질과 구토증상을 경험하였으나 이러한 모든 증상은 15분 후에 사라졌다 (Rosenberg et al., 1949).

다. 장기 노출시 인체 유해성

1981년에, 한 사무소의 24명의 근로자에서 피부 발적이 나타났다. 그들 중 많은 수가 기도건조증도 호소하였다. 사무실의 공기정화시스템에 DEAE가 첨가되었었다. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)에서 온 조사자는 DEAE의 반응산물이나 응축에 노출이 피부 발적을 일으켰다고 결론지었다 (McManus et al., 1981).

1983년에 존슨 박물관에서, 40명의 근로자가 눈 자극 증상과 피부염을 호소하여 환경조사를 실시하였다. DEAE가 가습시스템에 첨가되어 있었고, 14검체 중 2개에서 공기 안에 0.05와 0.06 mg/m³ 농도의 DEAE가 검출되었다(Fannick et al. 1983). 이것은 OSHA의 50 mg/m³에 크게 못 미치는 농도이다.

원액 샘플의 DEAE 농도는 30 mg/m²였다. 전체 근로자중 46%는 눈 자극증상을 호소하였고 37%는 피부자극증상을, 17%는 두통과 후두 및 인두의 자극증상과 어지럼증을 호소하였다. 6명의 여성에서는 부인과적 문제가 보고되었다.

이는 농축된 DEAE로 벽면이 코팅되면서 이로 인해 자극증상이 유발되는 것으로 판단되었으며 벽에서 DEAE를 닦아내거나 더 이상 사용하지 않도록 조치되었다.

1988년에, 한 제조업체의 84명의 근로자 중 70명이 오심과 코, 눈, 목의 자극 증상을 호소하였다(Hills et al, 1988). 가습시스템에 cyclohexylamine과 DEAE가 첨가되어 있었으나 4일 후의 측정에서 남아있는 DEAE는 없었다.

라. 인체 표적장기독성

(1) 전신 증상

Ventricular premature arrhythmias(심실 조기 흥분성 부정맥)가 있는 14명의 환자에게 0.5-5 g DEAE가 11.2% water solution으로 정맥 주사 되었다(Rosenberg et al., 1949). 잠시 후 대부분의 환자가 온기, 현기증, 눈앞의 진동을 느꼈다. 15%는 오심, 구토를 경험 했다. 이런 증상은 15분 후에 없어졌다.

노출된 방으로부터 동물들을 들어내는 연구소 직원은 30초 동안 480 mg/m³ (100

ppm) 이하의 DEAE에 노출 되었다. 5분 내에 그는 오심, 구토 증상을 보였다 (Cornish et al., 1965).

1981년에, 한 제조업체의 사물실에서 종업원들이 두통을 호소하였다. DEAE가 공기정화 시스템에 첨가되어 있었다(McManus et al., 1981).

1988년에, 한 조립업체의 종사자 대부분에서 오심, 구토, 현기증을 보였다(Hills et al, 1988). cyclohexylamine과 DEAE가 가습기에 첨가되어 있었으나 4일 후 검사에서 남아있는 DEAE를 확인하지는 못했다.

(2) 상부 기도와 피부

1981년에, 한 사무소의 24명의 근로자에서 skin rash가 나타났다. 그들 중 많은 수가 기도건조도 호소하였다. 사무실의 공기정화시스템에 DEAE가 첨가되었다.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)에서 온 조사자는 DEAE의 반응산물이나 응축에 노출이 skin rash를 일으켰다고 결론지었다 (McManus et al., 1981).

박물관에서, 40명의 근로자가 눈 자극을 호소하였다. DEAE가 가습시스템에 첨가되어있었고, 14점체 중 2개에서 공기 안에 0.05와 0.06 mg/m³ 농도의 DEAE가 발견되었다(Fannick et al.).

1988년에, 한 제조업체의 84명의 근로자 중 70명이 오심과 코, 눈, 목의 자극 증상을 호소하였다. 가습시스템에 cyclohexylamine과 DEAE가 첨가되어있었으나 4일 후의 측정에서 남아있는 DEAE는 나타나지 않았다(Hills et al, 1988).

20마리의 쥐가 매일 6시간을 5일 동안 DEAE (2,400 mg/m³ [500 ppm])에 노출되었다. 노출 첫 날, 심한 눈과 코의 자극 증상을 보였고, 이것은 전체 노출 기간 동안 지속 되었다. 쥐들 사이에 각막 혼탁이 보였다. 같은 방법으로 960 mg/m³ (200 ppm) DEAE에 노출된 16마리의 쥐는 첫 날 약한 눈 자극 증상과 셋째 날 약간의 코 자극 증상을 보였다.

그러나, 후의 960 mg/m³ (200 ppm) 노출된 50마리 쥐의 6개월간의 흡입 연구에서는 32마리의 공기 노출 대조군과 비교하여 코와 눈의 자극 증상이 없었다. 이 연

구에서 상기도의 조직병리학적 검사를 시행했는지에 대해서는 언급이 없었다(Cornish, 1965).

2주 동안 $1,440 \text{ mg/m}^3$ (301 ppm)에 노출된 쥐들은 심한 코 자극 증상과 동공 분비물 및 각막혼탁을 보였다(Hinz et al., 1992). 이것은 대조군이나 48 mg/m^3 (10 ppm) 노출군이나 270 mg/m^3 (56ppm) 노출군에서는 나타나지 않았다.

그러나 270 mg/m^3 (56 ppm)에 노출된 20마리 중 10마리에서 코선반 점막에 단핵염증세포의 침윤이 보였다. 이것은 48 mg/m^3 (10 ppm) 집단 19마리 중 1마리와 대조군 중 1마리에서도 보였다.

같은 연구에서, 20마리의 쥐가 14주 동안 53 mg/m^3 (11 ppm), 120 mg/m^3 (25 ppm), 36 mg/m^3 (76 ppm) DEAE에 노출 되었다(Hinz et al., 1992). 역시 노출되지 않은 대조군 20마리의 쥐가 있었다.

이 긴 연구에서 주요 발견은 상부 기도의 염증세포의 침윤, goblet 세포의 비대, 과증식 같은 조직병리학적 변화로, 이것은 상기도의 염증반응을 가리킨다(Hinz et al., 1992).

쥐들 사이의 각막혼탁 역시 높은 비율로 있었다(Hinz et al., 1992). 이것은 처음에는 고용량 노출군에만 발견되었으나 연구의 마지막에는 비노출군을 포함한 모든 쥐에서 나타났다.

(3) 하부 기도에 영향

$2,400 \text{ mg/m}^3$ (500 ppm) DEAE에 5일동안 노출된 20마리의 쥐 중 16마리를 생검 하였다(Cornish, 1965). 4마리는 노출 중간에 죽었다. 생검한 쥐들 모두 세기관지의 벽에 염증세포의 침윤과 함께 급성 화농성 세기관지염을 보였다. 960 mg/m^3 (200 ppm) DEAE에 5일 동안 노출된 쥐에서는 하부기도 상에 어떤 조직병리학적 변화를 보이지 않았다.

960 mg/m^3 (200 ppm)에 6개월 동안 노출된 50마리 쥐 중 7마리가 (대조군 32마리 중에서도 1마리) 첫 두 달 동안에 사망하였다. 그들 모두 가능성 있는 사망원인은 기관지폐렴 이었다. 노출 중단 후 살아있는 쥐들에 대한 조직병리학적 검사에서는 기도 이상 소견의 빈도는 증가하지 않았다.

$1,440 \text{ mg/m}^3$ (301 ppm) DEAE에 9일 동안 노출된 쥐들에서 청진상 수포음, 호흡 곤란, 헐떡거림 등의 명백한 호흡부전 증상이 나타났다 (Hinz et al., 1992). 이런 영

향은 48 mg/m^3 (10 ppm)이나 270 mg/m^3 (56 ppm) 노출군에서는 나타나지 않았다. 14주 동안 연구에서, 쥐들은 48 mg/m^3 (10 ppm)이나 120 mg/m^3 (25 ppm)이나 365 mg/m^3 (76 ppm) DEAE에 노출되거나 또는 노출되지 않았다. 365 mg/m^3 (76 ppm)노출군에서, 두 번째 주에 수포음과 호흡 잡음이 들렸다. 덜 노출된 군들에서는 이런 현상이 후에 나타났다. 매일, 365 mg/m^3 (76 ppm) 노출군을 제외하고 노출 1시간 이후에 호흡잡음은 사라졌으나 몇몇 쥐들은 이런 증상들이 밤새도록 지속되었다. 부검에서 하부기도 상에 노출과 관련된 발견은 존재하지 않았다.

(4) 간에 영향

15마리의 쥐가 6개월 동안 마시는 물을 통해 50 또는 100 mg DEAE가 매일 주어졌다. 이들에서 간에 노출과 관련된 어떤 조직병리학적 변화도 보이지 않았다(Cornish, 1965).

5일 동안 $2,400 \text{ mg/m}^3$ (500 ppm) 노출군 또는 6달 동안 960 mg/m^3 (200ppm) 노출군 둘 다 간에 노출과 관련된 어떤 조직병리학적 변화가 없었다. 또한 혈액 내 또는 간 내 지방과 콜레스테롤 분포의 변화도 나타나지 않았다(Cornish, 1965).

48 mg/m^3 (10 ppm), 270 mg/m^3 (56 ppm), $1,440 \text{ mg/m}^3$ (301 ppm) DEAE 2주간 노출된 군이나 53 mg/m^3 (11 ppm), 120 mg/m^3 (25 ppm) DEAE 14주간 노출된 군에서 간에 대한 영향은 보고되지 않았다. 그러나, 365 mg/m^3 (76 ppm) 농도의 DEAE에 14주간 노출된 그룹에서는 간 무게가 의미 있게 증가함을 보였다(Hinz et al., 1992).

(5) 신장에 영향

50 mg 또는 100 mg DEAE가 매일 6개월 동안 주어진 쥐들 사이에 신장의 무게가 증가함이 보였으나 현미경적 이상은 발견되지 않았다. 각각 48 mg/m^3 (10 ppm), 270 mg/m^3 (56 ppm), $1,440 \text{ mg/m}^3$ (301 ppm) 농도의 DEAE에 2주간 노출된 군에서 신장의 현미경적 이상이나 기능적 이상은 보고되지 않았다(Hinz et al., 1992).

또한 53 mg/m^3 (11 ppm), 120 mg/m^3 (25 ppm) 농도의 DEAE에 14주간 노출된 군에서도 노출과 연관된 신장이나 신장 기능에 관한 이상은 보이지 않았다. 365 mg/m^3 (76 ppm) DEAE 14주간 노출군에서 신장의 무게가 증가함이 보였다(Hinz et al., 1992).

(6) 위장관계

2,400 mg/m³ (500 ppm) 또는 960 mg/m³ (200 ppm) DEAE에 5일 동안 노출된 쥐들과 960 mg/m³ (200 ppm)에 6일 동안 노출된 쥐들은 노출과 관련된 위장관계 소견은 나타나지 않았다(Cornish, 1965).

부검상 1,440 mg/m³ (301 ppm) DEAE에 2주간 노출된 쥐들은 병적인 양의 장관 가스를 보였다. 48 mg/m³ (10 ppm) 또는 270 mg/m³ (56 ppm) 농도의 DEAE에 노출된 동물 중에는 위장관계 비정상 소견이 나타나지 않았다.

(7) 심혈관계

남자에게 정맥 내 주입된 4 g의 DEAE가 즉각적인 피부온도 상승을 일으켰고 상당기간 지속되었다(Papper et al., 1948).

중년의 고혈압이 있는 여성에서 DEAE의 정맥 내 0.5g 투여가 빠른 심부정맥 억제효과를 가져왔다(Papper et al., 1948).

심방조기수축이 있는 14명의 환자에게 0.5-5 g DEAE를 정맥 투입했다. 10명이 일시적인 치료효과를 보였다. 3명의 경우 일주일간 조기수축이 나타나지 않았다. 심계항진, 심방세동 및 상심실성 심계항진을 보이는 환제에서 DEAE 정맥투여는 부정맥에 효과를 보였고 부작용은 나타나지 않았다(Rosenberg et al., 1949).

DEAE (up to 0.4 g per kg) 를 정맥 주입한 개에서는 부작용이 나타나지 않았다(Rosenberg et al., 1949).

개에서는 DEAE는 심부정맥을 정상리듬으로 돌리는데 procain보다 효과적인 것이 보고되었다(Papper et al., 1948).

(8) 혈액과 조혈기관에 효과

토끼를 세군으로 나누어서 한 군에는 procaine을 매일 15 mg/kg 씩 30일간 근육 주사하고, 다른 한 군은 DEAE를 매일 15 mg/kg 35일간 근육 주사했다. 나머지 한 군은 대조군이였다. DEAE에 노출된 군에서 실험전보다 백혈구가 점차 증가하는 것을 볼 수 있었고 그 범위는 44.4%에서 최고 66.4%까지였다.

실험종료 후 7주 후에 검사한 백혈구는 실험 전과 동일한 수치로 감소해 있었다(Bordea et al., 1998).

50 mg 또는 100 mg의 DEAE를 6개월간 매일 먹인 쥐에서 혈액내 헤모글로빈 집약이나 비장의 조직병리학적 변화는 없었다. $2,400 \text{ mg/m}^3$ (500 ppm) 이나 960 mg/m^3 (200 ppm) DEAE에 5일간 또는 960 mg/m^3 (200 ppm) DEAE에 6개월간 노출된 쥐에서도 혈액내 헤모글로빈 집약이나 비장의 조직병리학적 변화는 없었다 (Cornish, 1965).

$1,440 \text{ mg/m}^3$ (301 ppm) DEAE에 9일간 노출된 쥐들에서는 부검상 비장의 무게 감소를 보였다. 적혈구, 백혈구, 망상혈구세포, 혈소판 및 헤모글로빈등의 혈액학적 지표는 $1,440 \text{ mg/m}^3$ (301 ppm) 농도의 DEAE에 노출된 그룹에서 측정하지 못하였다.

그러나 48 mg/m^3 (10 ppm) DEAE 또는 270 mg/m^3 (56 ppm) DEAE을 9일간 투여한 쥐들에서는 정상 수치를 보였다(Hinz et al., 1992). 53 mg/m^3 (11 ppm) DEAE 또는 120 mg/m^3 (25 ppm) DEAE의 용량이나 365 mg/m^3 (76 ppm) DEAE에 14일간 노출된 쥐들에서 혈액학적 지표와 비장의 변화가 나타나지 않았다.

(9) 중추신경계의 영향

1940년대, DEAE는 술 후 무통제로 좋은 효과를 보여 사용되었다(Pepper et al., 1948). 어떤 종류의 아민에서 쥐에서 waltzing syndrome을 일으킨다는 연구가 보고되었고, 여러 연구에서 다양한 종류의 아민과 waltzing syndrome과의 관계를 밝히기 위한 시도가 계속되었다.

그리고 DEAE는 waltzing syndrome을 일으키지 않는 것으로 밝혀졌다(Goldin et al., 1948).

DEAE가 각기 다른 농도로 첨가된 뇌척수액에 랫트의 뇌를 넣어 뇌세포의 반응을 보았다. DEAE는 일부 뇌세포에서 firing threshold를 높였다. 고농도에서 action potential spike amplitude도 감소하였다(Butterworth et al., 1988).

(10) 말초신경계에 영향

procaine의 주 대사산물로서 DEAE는 국소마취효과를 가진다(Papper et al., 1948). DEAE는 신경세포 말단에서 action potential을 억제한다는 것이 밝혀졌다(Guerrero. et al., 1973).

이러한 현상은 DEAE가 특히 알칼리성일 때 더 잘 나타났다(Butterworth &

Cole, 1990).

(11) 다른 효과

1,440 mg/m³ (301 ppm) DEAE에 9일간 노출된 쥐들에서 부검 상 부신의 무게가 증가했다(Hinz et al., 1992). 이런 현상은 48 mg/m³ (10 ppm) DEAE or 270 mg/m³ (56 ppm) DEAE에서 9일, 또는 120 mg/m³ (25 ppm) DEAE or 365 mg/m³ (76 ppm) DEAE에서 14주간 노출된 쥐들에서는 관찰되지 않았다.

1,440 mg/m³ (301 ppm) DEAE에 9일간 노출된 쥐들에서 부검 상 갑상선의 무게가 증가했다(Hinz et al., 1992). 이보다 낮은 농도에서는 갑상선 무게의 변화가 나타나지 않았다.

methylation 된 DEAE는 choline 유사체로서 정상적인 choline 기능을 방해할 수 있다. 이는 지방간이 있거나 지방 대사계에 이상이 있는 동물에서 DEAE가 choline 기능을 억제함으로써 밝혀졌다(Cornish, 1965).

마. 인체 발암성

- (1) 산업안전보건법: 발암성 없음
- (2) OSHA: 발암성 없음
- (3) NTP: 발암성 없음
- (4) IARC: 발암성 없음
- (5) ACGIH: 발암성 없음

270 mg/m³ (56 ppm) DEAE에 2주간 노출된 쥐들 중 한 마리의 코에서 편평세포 변이를 보였다. 14주간의 노출 뒤에 120 mg/m³ (25 ppm) DEAE에 노출된 5마리, 365 mg/m³ (76 ppm) DEAE에 노출된 9마리에서 코에 편평세포 변이를 보였다.

노출 한 달 뒤 120 mg/m³ (25 ppm) DEAE에 노출된 3마리, 365 mg/m³ (76 ppm) DEAE에 노출된 6마리에서 편평세포 변이를 보였다. DEAE와 PABA로 빠르게 대사되는 procain은 발암성 물질로 간주 되지 않는다.

DEAE의 nitrosation potential은 일찍이 거론되었다. nitrosation은 DEAE 같은 삼차 아민에서 이차아민에서 보다 느리다. 그러나 nitrosation potential은 alkalinity,

substrate concentration, microorganism의 존재에 따라 영향을 받으므로 예측하기가 어렵다. 화학적 구조상 DEAE는 N-nitrosodiethylamine과 N-nitrosoethylethanolamine으로 되기 쉽다.

비록 DEAE에 대한 발암물질의 증거는 없지만 위의 두 물질 모두 동물의 발암성 물질로 간주 된다.

그러나 일반 작업환경에서의 이런 반응에 대한 자료는 없다.

DEAE의 nitrosation potential을 고려할 때는 상업적 물건들은 N-nitrosodiethylamine, NDEA, ethylhydroxy-ethylnitrosamine으로 전환 가능한 diethanolamine, ethylethanolamine, diethylamine에 오염되어 있다는 것을 고려해야 한다.

바. 사람에 대한 국내외 재해사례

1981년 (McManus et al.) - 공장에서 24명의 노동자가 피부발진을 보였다. 이들중 다수는 목이 마르고, 두통과 가슴이 답답하다고 호소했다.

NIOSH에서 조사한 결과 DEAE는 Air-handling system에 첨가되어 왔음이 밝혀졌고 피부염은 DEAE의 축합이나 반응산물에 노출되었기 때문에 일어난 증상이라고 판명되었다.

1982년 (Fannick et al.) - DEAE가 가습체계에 첨가되었던 도서관에서의 노동자들이 눈이 따갑고 피부가려움증을 호소했다. 1977년엔 15 ppm정도의 농도로 DEAE가 물에 첨가되었다. low sampling rate의 10개 공기 샘플은 DEAE가 나오지 않았다. 탐지 한계는 0.4 mg/m^3 이다. high flow rate, concentration of 0.05 mg/m^3 과 0.04 mg/m^3 에서 얻어진 4개중 2개의 샘플에서는 찾아졌다.

high flow rate에서는 탐지 한계는 0.04 mg/m^3 이다. 고용자들은 display case의 표면에서 얇은 기름막을 발견했다. 그 막은 30 mg의 DEAE를 포함했다. 35명중 17명의 고용자는 눈에 따끔거림을 호소, 13명은 피부 가려움증을 박물관에서 일함과 동시에 호소했다.

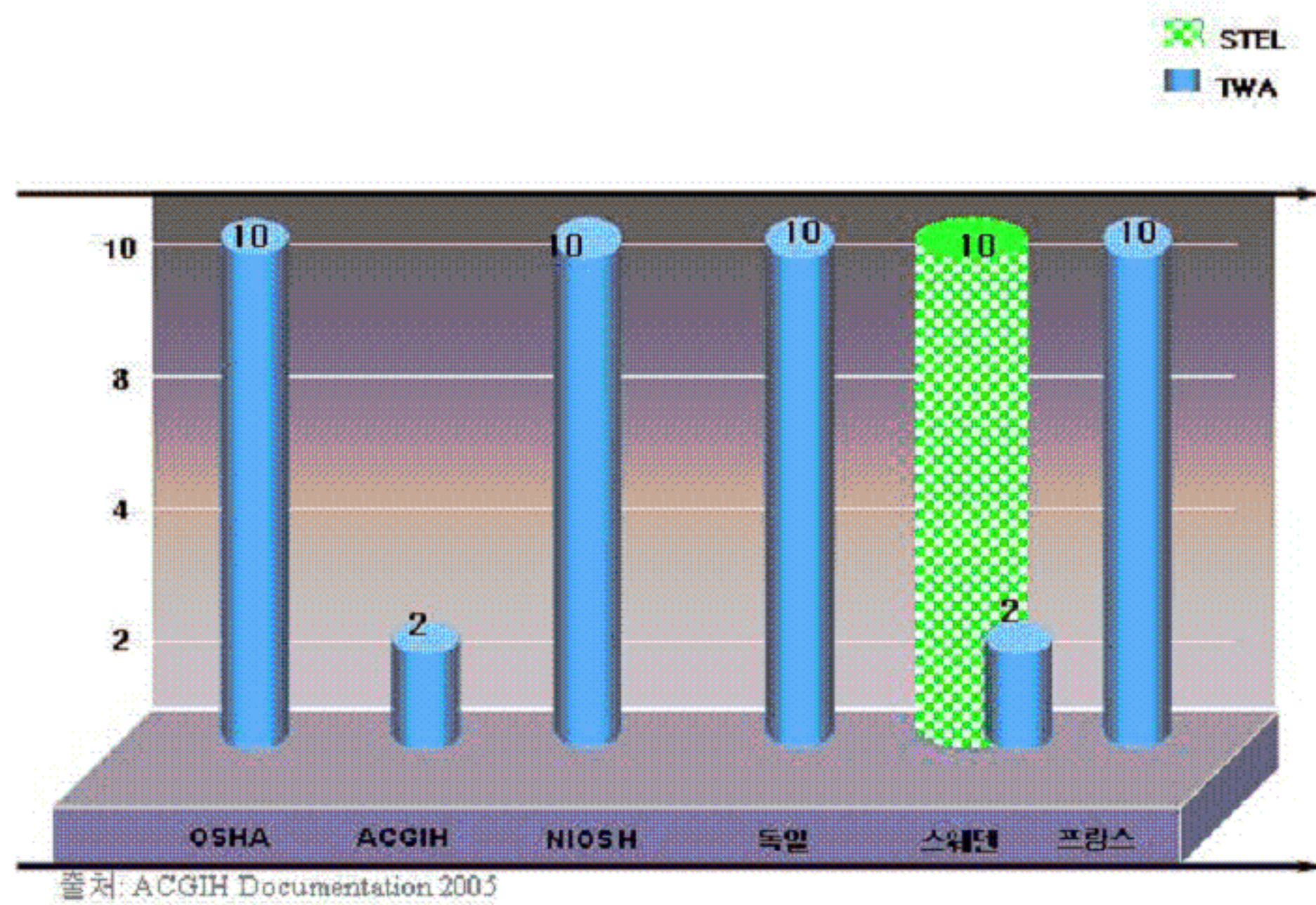
조사자들은 DEAE를 포함하는 면에 산발적으로 접촉하는 것이 이런 자극성 효과와 연관이 있다고 보고했다.

1988년 (Hills et al.) - 전자 제품 공장에서 84명 중 70명이 메스꺼움, 구토, 어지러

음, 눈, 코, 목의 자극을 호소했다. 증상은 조립공들에게 암모니아 같은 냄새를 맡으면서 발생했다.

냄새는 가슴을 위한 스팀이 나오면서 같이 났다. 스팀은 꺼졌다. 하지만 3일 뒤에 다시 같은 냄새가 났다. NIOSH 조사자들은 DEAE와 Cyclohexylamine이 보통의 4배 농도로 보일러에 포함되어 있는 것을 알았다. 4일 후 공기와 보일러에서 샘플을 얻기 위해 스팀을 제가동했다. 하지만 DEAE와 Cyclohexylamine는 발견되지 않았다. 조사자들은 4일간 희석되었기 때문이라고 생각했다.

5. 각국의 노출기준 요약 및 해설



[그림 5-1] 각국의 DEAE의 노출기준

<표 5-1> 각국의 DEAE의 노출기준

국 가	단위	한국		미국						일본		독일			스웨덴		영국		프랑스	
				OSHA		ACGIH		NIOSH		노동 후 생 성	위 생 화 학 회									
		T W A	S T E L	T W A	S T E L	T W A	S T E L	T W A	S T E L	I D L H	관 리 농 도	T W A	T W A	S T E L	T R G S	T W A	S T E L	T W A	S T E L	T W A
노 출 기 준	ppm	10	-	10	-	2	-	10	-	100	-	-	10	-	5	2	10	-	-	10
	mg/m ³	50	-	50	-	9.6	-	50	-	500	-	-	50	-	24	10	50			50

TWA : Time-Weighted Average

STEL : Shor-Term Exposure Limit

IDLH : Immediately Dangerous to Life or Health Concentration

1 ppm (약 4.79 mg/m³)

- : 노출기준 없음

가. 미국

(1) OSHA: PEL (Permissible Exposure Limits)

가) PEL

10 ppm (50 mg/m³) (피부)

나) 적용년도

1989년

다) 기준의 성격

규제기준

라) 설정근거

눈, 코, 목과 피부의 자극 증상과 호흡기 감각

마) 노출기준의 추이

1989년: 현재와 동일

바) 참고문헌

www.osha.gov.

www.cdc.gov/niosh/rtecs/kk4d7038.html

CFR. Code of Federal regulations. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, Office of the Federal Register.

(2) ACGIH: TLV (Threshold Limit Values)

가) TWA-TLV

2 ppm(10 mg/m³)

나) 적용년도

1994년

다) 기준의 성격

권고기준

라) 설정근거

TLV-TWA 2 ppm은 자극(irritation)과 신경독성(neurotoxicity)의 급성과 만성

효과를 보호하는 역할을 한다. 인간에 대한 자료가 얻어지기 전까지 임시적인 노출기준 이다.

마) 노출기준의 추이

1965: TLV-TWA 10 ppm(피부)이 제안됨

1967-1993: TLV-TWA(피부) 10 ppm

1993: TLV-TWA 2 ppm(피부)이 제안됨

1994: TLV-TWA 2 ppm(피부)

바) 참고문헌

<http://www.acgih.org/home.htm>

ACGIH. Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices. 6th ed. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental industrial Hygienists (1991).

ACGIH. 1994-1995 Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (1994).

ACGIH. Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (2005)

(3) NIOSH: REL (Recommended Exposure Limit)

가) REL

10 ppm(50 mg/m³) (피부)

IDLH : 100 ppm(500 mg/m³)

나) 적용년도

1989년

다) 기준의 성격

권고기준

라) 설정근거

PEL : 피부, 눈과 호흡기의 자극 기초한다(NIOSH, 1992).

IDLH : 다음의 문헌에 기초 한다

랫트를 대상으로 5일 동안 DEAE에 매일 6시간 동안 500 ppm에 노출시켰을 때, 심각한 체중감소와 높은 사망률이 관찰되었다. 매일 200 ppm에 노출되었을 때, 50마리 중 7마리의 랫트가 첫 달에 죽었다. 200 ppm 아래의 농도에 수 초간 노

출된 한 개의 인간에서의 노출에서 구역과 구토가 보고되었다(Cornish, 1965).

마) 노출기준의 추이

1995년: ILDH : 500 ppm에서 100 ppm으로 바뀜

바) 참고문헌

www.cdc.gov.niosh/

NIOSH. 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 (1992).

NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards : 2-DEAE.

International Chemical Safety Cards (WHO/IPCS/ILO) : 2-DEAE.

Centers for Disease Control and Prevention : Workplace exposures to corrosion-inhibiting chemicals from a steam humidification system-Ohio, 1988. MMWR (Morb. Mortal. WKly Rep.) 39(47):863-865, 1990.

Gadon, M.E., Melius, J.M., McDonald, G.J. and Orgel, D.; New-onset asthma after exposure to the steam system additive 2-DEAE. J. Occup. Med. 36(6): 623-626, 1994.

Pohanish, R.P.(editor): DEAE. In, Sittig's Handbook of Toxic and Hazardous Chemicals and Carcinogens, Foruth Ed., Vol. 1. Norwich, NY: Noyes Publications, William Andrew Publishing, 2002, pp.865-867.

Cornish HH. Oral and inhalation toxicity of 2-Diethylaminoethanol. Am Ind Hyg Assoc. J. 26:479-484. 1965.

나. 일본: OEL (Occupational Exposure Limits)

일본 산업위생학회가 제시하는 OEL (Occupational Exposure Limits)는 90%가 ACGIH 기준을 활용하고 10%는 다른 설정근거를 이용하고(Toyama, 1985), Journal of Occupational Health에 노출기준을 제시한다.

Glycidol은 2005년에 제시된 노출기준(OEL)이 발표되었고(Journal of Occupational Health Vol. 47, July 2005. pp-354-367) DEAE에 대한 노출기준은 제시되어 있지 않았다. 또한, 미국산업위생학회(ACGIH)가 2005년에 보고한 Documentation of the TLVs and BEIs, 2005.에도 일본에서의 DEAE에 대한 노출

기준은 제시되어 있지 않았다.

다. 독일: MAK (Maximum Loconcentration Values)

가) MAK

10 ppm (50 mg/m³)

나) 적용년도

1999년 (NIOSH, the registry of toxic effects of chemical substances의 자료)

다) 기준의 성격

규제기준

라) 설정근거

자료없음

마) 노출기준의 추이

자료없음

바) TRGS

5 ppm (24 mg/m³) 범으로 제시되지 않고 과학적인 경험에 의해 권고되고 있다.

사) 참고문헌

www.baua.de/prax/ags/trgs500e.htm

www.cdc.gov/niosh/rtecs/kk4d7038.html

<http://www.hvbg.de/e/bia/fac/stoffdb/index.html>

Part of the Federal Institute for Occupational Safety and Health (FIOSH/BAuA)
Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz-Luftgrenzwerte; Ausgabe Oktober (2000)
BArbBl. 10/2000 S. 34-63; zuletzt geändert BArbBl. 7/8-2004.

DGF. DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft: MAK-und BAT-Werte-Liste
2004, Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe,
Mitteilung 40; VCH (2004)

라. 스웨덴 : OEL (Occupational Exposure Limits)

가) OEL

TLV 2 ppm (50 mg/m³), STEL 10 ppm (50 mg/m³)

나) 적용년도

1996년

다) 기준의 성격

규제기준

라) 설정근거

Scientific Basis for Swedish Occupational Standards 1995:19 (X VI)

마) 노출기준의 추이

자료없음

바) 참고문헌

<http://www.arbetslivsinstitutet.se/en/default.asp>

AFS 2000:3 Statute Book of Swedish National Board of Occupational Safety and Health. Occupational Exposure Limit Values and Measures against Air Contaminants

Scientific Basis for Swedish Occupational Standards 1995:19 (X VI).

라. 영국 : OEL (Occupational Exposure Limits)

가) OEL

10 ppm (50 mg/m³), 2005년도에 철회됨

나) 적용년도

2000년

다) 기준의 성격

규제기준

라) 설정근거

Consultative document, List of approved workplace exposure limits

마) 노출기준의 추이

2000년: 10 ppm (50 mg/m³)

2005년: HSC (Health and Safety Commission)에 의해 철회됨

바) 참고문헌

HSC, Consultative document, List of approved workplace exposure limits. E64/E24.

MDHS 96 Volatile organic compounds in air (4)

www.hse.gov.uk/aboutus/hsc/iacs/acts/080704/paper1annex.pdf

(The Control of Substances Hazardous to Health(Amendment) Regulations 2004)

HSC. 2003. Proposals to introduce a new occupational exposure limits (OESL) framework.

마. 프랑스: OEL (Occupational Exposure Limits)

가) VME

TWA 10 ppm (50 mg/m³)(피부주의)

나) 적용년도

1999년

다) 기준의 성격

권고기준

라) 설정근거

자료없음

마) 노출기준의 추이

자료없음

바) 참고문헌

www.inrs.fr/sossiers/

www.cdc.gov/niosh/rtecs/kk4d7038.html

Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France.
INRS 2005.

● 각국의 노출기준 참고자료 해석

<ACGIH TLV and BEI에 대한 참고자료 해석>

<ACGIH. Documents of the TLV and BEIs. 2005>

노출된 근로자에게서 만성적인 보고는 평가에 적용되지 않았다. 동물에게서 보고된 아급성과 만성 노출 연구들 대부분은 낮은 용량의 수준에서 실험하지 않았다. 평가에 이용될 수 있는 유일한 연구가 랫트를 대상으로 14주 동안 흡입(inhalation) 실험에서 NOAEL이 10 ppm이고, 비강 점막의 자극은 25 ppm에서 있었다(SOCMA, 1989).

랫트를 대상으로 200 ppm(실험한 가장 낮은 농도)의 DEAE를 먹였을 때 고환의 위축(testicular atrophy)이 일어났음을 고려하여 더 높은 안정성이 적합하다

(Atochem North America, Inc., 1990). TLV 2 ppm은 급성과 만성 효과(자극증상, 신경독성)를 막는데 의미 있는 보호를 해준다.

DEAE의 독성학적 특성이 잘 정립되어있지 않기 때문에 이 TLV는 추가적인 인간에 대한 연구가 발견되기까지는 임시적일 것으로 보인다. 다른 에탄올아민류(ethanolamine)와 유사성과 토끼에게 보고된 피부의 반수치사량(LD50) 자료를 적용하면, 피부에 대한 주의 표기가 권고된다.

<NIOSH PEL에 대한 참고자료 해석>

<Toren K. 2-DEAE. NEG and NIOSH Basis for an Occupational Health Standard. 1996.>

1) 흡입 독성학

단지 두개의 공인된 논문에서만 동물에서의 DEAE의 흡입독성에 대한 평가가 있었다(Cornish et al, 1965; Hinz et al, 1992). 여기에는 일반 독성학에 관한 연구 설계와 관찰이 있다. 각 장기 별로 분리된 장기-특이 관찰이 있다.

20마리의 쥐가 5일 동안 매일 6시간씩 DEAE($2,400 \text{ mg/m}^3$ [500 ppm])에 노출되었다. 모두 20~40%의 체중감소가 있었고, 네 마리는 죽었다 (Cornish et al, 1965). 연구의 두 번째 부분에서는, 16마리의 쥐가 5일 동안 매일 6시간씩 DEAE(960 mg/m^3 [200 ppm])에 노출되었다. 이 그룹에서는, 동물들이 10%의 체중 증가가 있었고, 죽은 동물은 없었다.

연구의 세 번째 부분에서는, 50마리의 쥐가 매일 6시간, 일주일에 5일, 6개월 동안 DEAE(960 mg/m^3 [200 ppm])에 노출되었다. 대조군으로, 32마리는 공기에 노출되었다. 쥐들은 주기적으로 검사되었다.

첫 달 동안 노출된 7마리가 진행적인 체중감소와 함께 죽었다. 남아있는 쥐들 역시 첫 달 동안 대조군과 비교하여 성장 억제를 보였다. 그러나 관찰의 마지막 기간에, 노출 군과 대조군 둘 다 체중에 관해서는 비슷하였다.

60마리의 쥐(20마리씩 세 노출 집단, 각 집단 안에 성별로 10마리)가 5일에 중등도 노출-자유 2일을 포함한 4일간을 더 DEAE에 노출시켰다. 집단별로 48 mg/m^3 (10 ppm), 270 mg/m^3 (56 ppm), $1,440 \text{ mg/m}^3$ (301 ppm) (Hinz et al, 1992).

역시 19마리의 노출되지 않은 쥐들이 있었다.

1,440 mg/m³ (301 ppm) 집단에서, 90%의 남자 쥐와 반수의 여자 쥐가 죽었다. 다른 노출 집단에서는 노출기간동안 아무 쥐도 죽지 않았다.

이 연구는 또 긴 기간동안의 노출도 포함 한다; 40마리의 쥐가 14주 동안, 주 5일씩, 매일 6시간 노출되었다. 노출량은 53 mg/m³ (11 ppm), 120 mg/m³ (25 ppm), 365 mg/m³ (76 ppm) 이었다. 20마리의 쥐가 비 노출 군이었다.

365 mg/m³ (76 ppm)에 노출된 쥐들이 첫 2주 동안 느린 성장 비를 보였고, 이 초기 감소는 다시 나타나지 않았다. 이 긴 연구에서 사망률은 증가하지 않았다.

2) 장기에의 영향

a. 전신 증상

조기심실부정맥(ventricular premature arrhythmias)이 있는 14명의 환자에게 0.5-5 g DEAE가 11.2% 수용액으로 정맥 주사 되었다 (Rosenberg et al, 1949).

잠시 후 대부분의 환자가 온기, 현기증, 눈앞의 진동을 느꼈다. 15%는 오심, 구토를 경험 했다. 이런 증상은 15분 후에 없어졌다.

노출된 방으로부터 동물들을 들어내는 연구소 직원은 30초 동안 480 mg/m³ (100 ppm)이하의 DEAE에 노출 되었다. 5분 내에 그는 오심, 구토했다(Cornish et al, 1965).

1981년에, 한 제조업체의 사무실에서 종업원들이 두통을 호소하였다. DEAE이 공기정화 시스템에 첨가되어 있었다 (NMWR, 1990).

1988년에, 한 조립업체의 종사자 대부분에서 오심, 구토, 현기증을 보였다(Hills et al, 1990; NMWR, 1990). 사이클로헥사민(cyclohexylamine)과 DEAE가 가습기에 첨가되어있었으나 4일 후 검사에서 남아있는 DEAE를 확인하지는 못했다.

b. 상부 기도와 피부

20마리의 쥐가 매일 6시간 5일 동안 DEAE (2,400 mg/m³ [500 ppm])에 노출되었다. 노출 첫 날, 심한 눈과 코의 자극 증상을 보였고, 이것은 전체 노출 기간동안 지속 되었다. 쥐들 사이에 각막 혼탁이 보였다. 같은 방법으로 960 mg/m³ (200 ppm) DEAE에 노출된 16마리의 쥐는 첫 날 약한 눈 자극 증상과 셋째 날 약간의

코 자극 증상을 보였다.

그러나 후의 960 mg/m^3 (200 ppm) 노출된 50마리 쥐의 6개월간의 흡입 연구에서는 32마리의 공기 노출 대조군과 비교하여 코와 눈의 자극 증상이 없었다. 이 연구에서 상기도의 조직병리학적 검사를 시행했는지에 대해서는 언급이 없었다 (Cornish et al, 1965). 2주 동안 $1,440 \text{ mg/m}^3$ (301 ppm)에 노출된 쥐들은 심한 코 불편감, 동공 분비물과 혼탁을 보였다(Hinz JP et al, 1992).

이것은 대조군이나 48 mg/m^3 (10 ppm) 노출 군이나 270 mg/m^3 (56 ppm) 노출 군에서는 나타나지 않았다. 그러나 270 mg/m^3 (56 ppm)에 노출된 20마리 중 10마리에서 코의 tubinate 점막에 단핵염증세포의 침윤이 보였다. 이것은 48 mg/m^3 (10 ppm) 집단 19마리 중 1마리와 대조군 중 1마리에서도 보였다.

같은 연구에서, 20마리의 쥐가 14주 동안 53 mg/m^3 (11 ppm), 120 mg/m^3 (25 ppm), 36 mg/m^3 (76 ppm) DEAE에 노출 되었다(Hinz et al, 1992). 역시 노출되지 않은 대조군 20마리의 쥐가 있었다.

이 긴 연구에서 주요 발견은 상부 기도의 조직병리학적 변화로(염증세포의 침윤, 술잔세포(goblet cell)의 비대, 과 증식(hyperplasia) 같은), 이것은 상기도의 염증반응을 가리킨다.

쥐들 사이의 각막혼탁 역시 높은 비율로 있었다 (Hinz et al, 1992). 이것은 처음에는 고도 노출 군에만 발견되었으나 연구의 마지막에는 비 노출 군을 포함한 모든 쥐에서 나타났다.

ACGIH는 0.005 ml의 희석되지 않은 DEAE 또는 글리콜(glycol)에 15% DEAE 용액을 눈에 주입 하였을 때 심각한 눈의 손상일 발생한다는 비공인 된 정보를 인용하였다.

그러나 만약 5% 용액 주입 시에는 눈 손상이 심각하지 않았을 것이다.

1981년에, 한 사무소의 24명의 근로자에서 피부의 발진(skin rash)이 나타났다. 그들 중 많은 수가 기도건조도 호소하였다. 사무실의 공기정화시스템에 DEAE가 첨가되었었다.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)에서 온 조사자는 DEAE의 반응산물이나 응축에 노출이 피부의 발진을 일으켰다고 결론지었다 (NMWR, 1990).

박물관에서, 1,982명의 근로자가 눈 자극을 호소하였다. DEAE가 가습시스템에 첨가되어있었고, 14검체 중 2개에서 공기 안에 0.05와 0.06 mg/m³ 농도의 DEAE가 발견되었다.

1988년에, 한 제조업체의 84명의 근로자 중 70명이 오심과 코, 눈, 목의 자극 증상을 호소하였다(Hills et al, 1990). 가습시스템에 사이클로헥사민(cyclohexylamine)과 DEAE가 첨가되어있었으나 4일후의 측정에서 남아있는 DEAE는 나타나지 않았다.

c. 하부 기도에 영향

2400 mg/m³ (500 ppm) DEAE에 5일 동안 노출된 20마리의 쥐 중 16마리를 생검(biopsy)을 실시하였다 (Cornish et al, 1965). 4마리는 노출 중간에 죽었다. 생검을 실시한 쥐들 모두 세기관지의 벽에 염증세포의 침윤과 함께 급성 화농성 세기관지염을 보였다.

960 mg/m³ (200 ppm) DEAE에 5일 동안 노출된 쥐에서는 하부기도 상에 어떤 조직병리학적 변화를 보이지 않았다. 960 mg/m³ (200 ppm)에 6개월 동안 노출된 50마리 쥐 중 7마리가 (대조군 32마리 중에서도 1마리) 첫 두 달 동안에 사망하였다.

그들 모두 가능성 있는 사망원인은 기관지폐렴 이었다. 노출 중단 후 살아있는 쥐들에 대한 조직병리학적 검사에서는 기도 이상 소견의 빈도는 증가하지 않았다.

1,440 mg/m³ (301 ppm) DEAE에 9일 동안 노출된 쥐들에서 청진 상 수포음, 호흡곤란, 혈떡거림 등의 명백한 호흡부전 증상이 나타났다(Hinz JP et al, 1992).

이런 영향은 48 mg/m³ (10 ppm)이나 270 mg/m³ (56 ppm) 노출 군에서는 나타나지 않았다.

14주 동안 연구에서, 쥐들은 48 mg/m³(10 ppm)이나 120 mg/m³(25 ppm)이나 365 mg/m³(76 ppm) DEAE에 노출되거나 또는 노출되지 않았다. 365 mg/m³(76 ppm) 노출 군에서, 두 번째 주에 수포음과 호흡 잡음이 들렸다. 덜 노출된 군들에서는 이런 현상이 뒤에 나타났다.

매일 365 mg/m³ (76 ppm) 노출 군을 제외하고 노출 1시간 이후에 호흡잡음은 사라졌으나 몇몇 쥐들은 이런 증상들이 밤새도록 지속되었다. 부검에서 하부기도

상에 노출과 관련된 발견은 존재하지 않았다.

d. 간에 영향

15마리의 쥐가 6개월 동안 마시는 물을 통해 50 또는 100 mg DEAE가 매일 주어졌다; 그들은 간에 노출과 관련된 어떤 조직병리학적 변화도 보이지 않았다 (Cornish et al, 1965).

5일 동안 2,400 mg/m³(500 ppm) 노출군 또는 6달 동안 960 mg/m³(200 ppm) 노출 군 둘 다 그런 변화가 없었다 (Cornish et al, 1965).

48 mg/m³(10 ppm), 270 mg/m³(56 ppm), 1,440 mg/m³(301 ppm) DEAE에 2주간 노출 군이나 53 mg/m³(11 ppm), 120 mg/m³(25 ppm) DEAE 14주간 노출 군에서 간에 대한 영향은 보고 되지 않았다.

그러나 365 mg/m³(76 ppm) DEAE에 14주간 노출군은 간 무게가 의미 있게 증가함을 보였다 (Hinz et al, 1992).

e. 신장에 영향

50 또는 100 mg DEAE가 매일 6개월 동안 주어진 쥐들 사이에 신장의 무게가 증가함이 보였으나 현미경적 이상은 발견되지 않았다.

48 mg/m³ (10 ppm), 270 mg/m³ (56 ppm), 1,440 mg/m³ (301 ppm) DEAE에 2주간 노출 군에서 신장의 현미경적 이상이나 기능적 이상은 보고 되지 않았다(Hinz et al, 1992).

53 mg/m³ (11 ppm), 120 mg/m³ (25 ppm) DEAE에 14주간 노출 군에서 노출과 연관된 신장이나 신장기능에 관한 이상은 보이지 않았다. 365 mg/m³ (76 ppm) DEAE에 14주간 노출 군에서 신장의 무게가 증가함이 보였다.

f. 위장관계에 영향

2,400 mg/m³ (500 ppm)또는 960 mg/m³ (200 ppm) DEAE에 5일 동안 노출된 쥐들과 960 mg/m³ (200 ppm)에 6일 동안 노출된 쥐들은 노출관련 위장관계 비정상성은 없었다.

부검 상 1,440 mg/m³ (301 ppm) DEAE에 2주간 노출된 쥐들은 병적인 양의 장관 가스를 보였다. 48 mg/m³ (10 ppm) 또는 270 mg/m³ (56 ppm) DEAE에 노출

된 동물 중에는 위장관계 비정상을 보이지 않았다.

g. 심혈관계 효과

남자에게 정맥 내 주입된 4 g의 DEAE에 상당한 기간(Papper EM et al, 1977) 유지되는 즉각적인 피부온도 상승이 있었다.

개에서는 DEAE는 심부정맥을 정상리듬으로 돌리는데 프로카인(procain)보다 효과적이다. 중년의 고혈압성 여성에서 정맥 내 0.5 g DEAE는 심부정맥이 빨리 억제되었다.

DEAE(0.4 g/kg)를 정맥 주입한 개에서는 부작용이 없었다. 심방조기수축이 있는 14명의 환자에게 0.5-5 g DEAE를 정맥 투입하였다.

10명이 일시적인 치료효과를 보였다. 3명의 경우 일주일간 조기수축이 나타나지 않았다. 심방 심계항진, 심방세동, 심계항진을 보이는 환제에서 DEAE 정맥투여는 부정맥에 아무 영향 없이 효과를 보였다.

h. 혈액과 조혈기관에 영향

50 mg 또는 100 mg의 DEAE를 6개월간 매일 먹인 쥐에서 혈액내 헤모글로빈 집약이나 비장의 조직병리학적 변화는 없었다.

2400 mg/m³ (500 ppm) 이나 960 mg/m³ (200 ppm) DEAE에 5일간 또는 960 mg/m³ (200 ppm) DEAE에 6개월간 노출된 쥐와 같은 경우다.

1440 mg/m³ (301 ppm) DEAE에 9일간 노출된 쥐들에서는 부검 상 비장의 무게 감소를 보였다. 혈액학적 매개변수(적혈구, 백혈구, 망상적혈구, 혈소판, 혈색소)가 1440 mg/m³ (301 ppm) DEAE그룹에서는 필요 없다.

그러나 48 mg/m³ (10 ppm) DEAE or 270 mg/m³ (56 ppm) DEAE를 9일간 투여한 쥐들에서는 정상이었다.

혈액학적 지표와 비장은 53 mg/m³ (11 ppm) DEAE or 120 mg/m³ (25 ppm) DEAE, 365 mg/m³ (76 ppm) DEAE에 14일간 노출된 쥐들에서는 아무 영향이 없었다.

i. 중추신경계에 영향

1940년대, DEAE는 수술 후 무통제로 좋은 효과를 보여 사용되었다. 쥐에서

waltzing syndrome을 보이는 확실한 아민이 밝혀졌다.

여러 연구에서 이것과 관련한 선별이 이루어 졌고 DEAE는 waltzing syndrome을 보이지 않았다.

랫트의 뇌가 제거되고 인공 뇌척수액으로 대체되었다. DEAE는 각 다른 농도로 뇌척수액에 첨가되었다.

DEAE는 뇌세포에서 유발역치(firing threshold)를 높였다. 고농도에서 활동전위파의 크기(action potential spike amplitude)도 감소하였다.

j. 말초신경에 영향

프로카인(procaine)의 주 대사산물로서 DEAE는 국소마취효과를 가진다. DEAE가 활동전위(action potential)를 억제한다는 것이 밝혀졌다.

k. 다른 효과

1440 mg/m³ (301 ppm) DEAE에 9일간 노출된 쥐들을 부검하였을 때 부신의 무게가 증가하였다.

이런 현상은 48 mg/m³ (10 ppm) DEAE 또는 270 mg/m³ (56 ppm) DEAE에서 9일, 또는 120 mg/m³ (25 ppm) DEAE 또는 365 mg/m³ (76 ppm) DEAE에서 14주간 노출된 쥐들에서는 관찰되지 않았다.

l. 면역독성

1,440 mg/m³ (301 ppm) DEAE에 9일간 노출된 쥐들에서는 가슴샘(thymus)의 무게 감소를 보였다. 이것은 낮은 노출 농도에서는 보이지 않았다.

m. 돌연변이와 유전자독성

DEAE는 Salmonella strains TA98, TA100, TA1535, and TA1537에서 대사성 활동에 상관없이 돌연변이성은 없다.

n. 발암성

270 mg/m³ (56 ppm) DEAE에 2주간 노출된 쥐들 중 한 마리의 코에서 편평세포 변이를 보였다. 14주간의 노출 뒤에 120 mg/m³ (25 ppm) DEAE에 노출된 5마리, 365 mg/m³ (76 ppm) DEAE에 노출된 9마리에서 코에 즉각적인 편평세포 변이를 보였다.

노출 한 달 뒤 120 mg/m^3 (25 ppm) DEAE에 노출된 3마리, 365 mg/m^3 (76 ppm) DEAE에 노출된 6마리에서 편평세포 변이를 보였다. DEAE와 PABA로 빠르게 대사되는 프로카인은 발암성 물질로 간주 되지 않는다.

DEAE의 니트로산화 능력(nitrosation potential)은 일찍이 거론되었다. 니트로산화(nitrosation)는 삼차아민(DEAE 등)에서 이차아민에서 보다 느리다. 그러나 니트로산화의 능력(nitrosation potential)은 알칼리의 정도(alkalinity), 물질의 농도(substrate concentration), 미생물(microorganism)의 존재에 따라 영향을 받으므로 예측하기가 어렵다.

화학적 구조상 DEAE는 N-니트로소디에틸아민과 N-니트로소에틸에탄올아민으로 되기 쉽다. 두 물질 모두 동물의 발암성 물질로 간주 된다. 하지만 일반 작업환경에서의 이런 반응의 자료는 없다.

DEAE의 니트로산화 능력(nitrosation potential)을 고려할 때는 상업적 물건들은 N-니트로소디에틸아민(N-nitrosodiethylamine, NDEA, N-니트로소에틸에탄올아민(N-nitrosoethylethanolamine)으로 전환 가능한 디에탄올아민(diethanolamine), 에틸에탄올아민(ethylethanolamine), 디에틸아민(diethylamine)에 오염되어있다는 것을 고려해야한다.

o. 생식에 영향

1440 mg/m^3 (301 ppm) DEAE에 9일간 노출된 쥐들에서 부검 상 생식샘의 무게 감소가 관찰되었다. 48 mg/m^3 (10 ppm) DEAE 또는 270 mg/m^3 (56 ppm) DEAE 을 9일 또는 53 mg/m^3 (11 ppm) DEAE , 120 mg/m^3 (25 ppm) DEAE 또는 365 mg/m^3 (76 ppm) DEAE에서 14주간 노출된 쥐들에서는 보이지 않았다.

성의 차이에 대한 차이점은 언급되지 않았다. DEAE과 PABA로 빠르게 대사되는 프로카인은 선천성 기형의 위험증가와는 관계가 없다.

p. 증례 보고

DEAE의 노출과 관련된 3개의 보고들이 있다.

1981년, 공장에서 24명의 노동자가 피부발진을 보였다. 이들 중 다수는 목이 마르고, 두통과 가슴이 답답하다고 호소했다. DEAE는 공기 조절 체계에 첨가되었었다.

그리고 NIOSH 조사자들은 더 이상의 세분화 없이 DEAE의 집적물과 반응물이 피부염을 일으켰다고 했다.

1982년, DEAE이 가습설비에 첨가되었던 도서관에서의 노동자들이 눈이 따갑고 피부가려움증을 호소했다. 1977년에는 15 ppm 정도의 농도로 DEAE가 물에 첨가되었다.

low sampling rate의 10개 공기 샘플은 DEAE가 검출되지 않았다. 탐지 한계는 0.4 mg/m^3 이다. high flow rate, concentration of 0.05 mg/m^3 과 0.04 mg/m^3 에서 얻어진 4개중 2개의 샘플에서는 찾아졌다.

high flow rate에서는 탐지 한계는 0.04 mg/m^3 이다. 고용자들은 display case의 표면에서 얇은 기름막을 발견했다. 그 막은 30 mg의 DEAE를 포함했다. 35명중 17명의 고용자는 눈에 자극증상을 호소, 13명은 피부 가려움증을 박물관에서 일함과 동시에 호소했다.

조사자들은 DEAE를 포함하는 면에 산발적으로 접촉하는 것이 이런 자극성 효과와 연관이 있다고 보고했다.

1988년, 전자 제품 공장에서 84명중 70명이 메스꺼움, 구토, 어지러움, 눈, 코, 목의 자극을 호소했다. 증상은 조립공들에게 암모니아나 난방기 같은 냄새가 나면서부터 즉시 생겼다.

냄새는 가습을 위한 스팀이 나오면서 같이 발생하였다. 스팀은 꺼졌지만 3일 뒤에 다시 같은 냄새가 났다. NIOSH 조사자들은 DEAE와 사이클로헥사민(cyclohexylamine)이 보통의 4배 농도로 보일러에 포함되어 있는 것을 알았다.

4일후 공기와 보일러에서 샘플을 얻기 위해 스팀을 재가동했다. 하지만 DEAE와 사이클로헥사민은 발견되지 않았다. 조사자들은 4일간 회석되었기 때문이라고 생각했다.

q 노출-효과 관계

오직 몇 개의 조사만이 용량의존 효과를 보여준다. 남자에서 $400\text{--}500 \text{ mg/m}^3$ 에서 30초 동안의 노출이 5분 정도의 메스꺼움과 구토를 유발했다.

쥐에서는 $1,400 \text{ mg/m}^3$ 에서 며칠 동안 노출되면 넓은 독성 효과를 보였다. 대부분의 언급된 효과는 상기와 하기 호흡기에 심각한 자극이다. 사망률 또한 높다. $100\text{--}1,400 \text{ mg/m}^3$ 정도의 노출에서는 약간 경한 상기도 하기도 호흡기의 자극을 보

였다. 사망률을 증가시키는 가장 낮은 농도는 960 mg/m^3 로 관찰됐다. 쥐는 기관지 폐렴으로 죽는다. 병리조직학적인 염증 소견을 보이는 최소 농도는 120 mg/m^3 에서 14주간의 노출로 관찰됐다.

그러나 53 mg/m^3 에 몇 주간 노출된 쥐들은 폐 잡음을 보였다. 하기도의 병리조직학적인 변화는 보이지 않았다. 53 mg/m^3 에서 14주 이하의 농도에서 노출은 상기도의 형태학적인 변화나 자극적인 조짐은 보고 된 적이 없다.

3) 결론

동물에서, DEAE의 중요한 영향은 상, 하기도 점막의 자극일 것이다. 인간의 극히 제한된 정보는 DEAE의 중요한 영향은 점막과 피부 자극임을 알려준다. DEAE는 또한 신경계와 심장에 영향을 주지만 산업장에서는 중요하지 않다.

다른 알칼로아민류(alkanolamines)처럼, DEAE는 기도 점막을 자극할 수 있다. 랫트에서 상기도 자극에서의 용량-반응 관계가 있고, 상기도에 대한 영향은 120에서 발생하는 듯하다.

노출시간이 중요하다. 48 mg/m^3 9일 동안 노출된 랫트는 호흡기 장애의 징후를 보이지 않았다. 53 mg/m^3 2주간 노출된 랫트는 수포음을 보였다. 이런 노출 농도 (53 mg/m^3 과 48 mg/m^3)은 동물에서 노출된 가장 낮은 농도이다. 따라서, DEAE에 영향이 없는 농도를 문헌에 기초하여 결정하는 것은 불가능하다.

<Occupational Health Guideline for Diethylamino Ethanol. Health Hazard Information. (NIOSH)>

1) 노출경로

DEAE는 흡입하거나 눈 또는 피부엔 접촉하거나 삼켰을 때 인체에 영향을 줄 수 있다. 피부를 통해서도 인체 내에 들어갈 수 있다.

2) 과다노출의 영향

a. 단기간 노출

액체 DEAE는 피부 자극을 일으킬 수 있다. 액체가 눈에 튀었을 때 자극과 손상을 일으킬 수 있다. DEAE 증기는 오심과 구토를 일으킬 수 있다. 또한, 기침과 호흡의 짧아짐을 일으킬 수 있다.

b. 장기간 노출: 알려진바 없음

c. 보고된 증상과 징후

3) 권고되는 의학적 감시

다음의 의학적 처치가 DEAE에 노출되는 작업자에게 적용되어야 한다.

4) 초기 의학적 검진

작업자들은 아래의 의학적 상태에 대한 병력이 조사되어야 한다.

a. 만성 호흡기 질환

호흡기 장애, 특히 만성폐쇄성폐질환자에서 DEAE의 흡입은 자극성 때문에 증상의 악화를 초래할 수 있다.

b. 피부 질환

DEAE은 피부 자극제이고 감작제(sensitizer)일 것이다. 피부 질환자는 이 물질의 영향에 감수성이 높을 것이다.

c. 안 질환

DEAE은 심한 자극제이고 조직의 손상을 일으킬 수 있다. 안 질환자는 노출시 위험이 증가할 것이다.

d. 정기적 의학 검사

위의 나열된 조건이 나타난 작업자는 추후 검사가 의뢰되어야 한다.

5) 독성학의 요약

DEAE 증기는 피부, 눈과 호흡기 자극제이다. 500 ppm에 6시간 동안 5일간 노출된 랫트에서 눈과 코의 자극이 있었고, 몇 동물들은 3일 제 각막 혼탁(corneal opacity)이 생겼고, 사망률은 20%이고 부검 시 급성 기관지염과 기관지폐렴이 발견되었다. 매일 200 ppm에 6개월간 노출된 랫트에서 몇은 치명적이어서 첫 30일에 죽었다.

inhalation chamber에서 동물을 제거하는 실험실 작업자에서 약 100 ppm의 짧은 노출에서 5분 안에 오심과 구토가 있었고 눈 또는 목의 자극은 없었다. 같은 방의 다른 사람은 구역질나는 냄새를 호소하였으나 병적인 영향은 없었다.

이 액체는 심한 피부 자극제이고 기니아 피그에서 피부 감작제(sensitizer)이다. 또한, 심한 눈의 자극과 영구적인 눈의 손상을 가져올 수 있다. 인간에서 어떤 전신적인 영향도 보고되지 않았다.

6. 작업장내 근로자 노출실태

가. 작업환경측정방법 및 결과

(1) 작업환경 측정 방법

가) 작업환경 측정 방법

작업환경측정은 근로자의 작업시간 전 과정을 조사하였으며 시료포집은 저유량 개인용 시료포집기(LFS113DCS, Sensidyne, USA)을 이용하여 근로자의 호흡기 위치에서 포집하였다.

시료 채취와 분석은 미국 국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)에서 추천하는 공정시험법(NIOSH method No. 2007)에 의하여 실시하였다. 즉, 앞층 300 mg, 뒷층 100 mg의 실리카겔이 충전된 흡착제를 개인용 펌프에 부착시켜 작업자의 호흡기 주변의 작업복에 부착시켜 작업시간 동안 착용하게 하였다.

개인용 펌프는 미리 유속을 약 0.2 ℓ /min 정도로 조정하였고, 측정 전 유속을 측정하여 측정후 유속으로 보정하였다. 측정은 가능한 식사시간을 제외한 전 작업시간 동안 측정하였다.

(2) 작업환경 측정 결과

가) DEAE 사업장 분포에 대한 자료조사 결과(노동부 작업환경 측정 실태조사 자료)

실제 DEAE를 사용하는 사업장은 지리적 분포로 볼 때 영호남 소재 사업장을 비롯해 전국적으로 산재해 있었으며 특히 충남지역에 80% 정도로 집중되어 있었다.

DEAE를 사용하는 업종으로는 전자 부품을 제조하는 사업장이 대부분을 차지하였으며 총 근로자가 5-50인 이하로 대부분 소규모 사업장으로 조사되었으나 일부 대규모 사업장이 있는 것으로 나타났다.

나) 예비조사 결과

DEAE 측정 대상 사업장의 선정을 위하여 7월부터 8월까지 예비조사를 실시하였고, 자료조사와 사업장 방문을 통해 작업현장을 파악하였다. 예비조사는 조사대상 18개 사업장에 전화를 하여 안전보건 담당자와 조사 일정을 조정하여 예비조사를 실시하였고, 예비조사시 작업공정 및 작업현황 작업장에서의 DEAE 노출실태 등을 파악하였다.

전화를 통해서는 노동부 홈페이지에 제시되어 있는 DEAE의 물질안전보건자료와 측정협조 공문 등을 fax로 제공하고, 이 연구의 목적 등을 설명하였다. 그러나 국내에서 DEAE를 제조하거나 사용하는 사업장은 몇 군데 되지 않았으며, 사용하는 곳조차 대부분 년 간 2-3 번 정도의 간헐적으로 사용하여 예비조사에 어려움이 따랐다. 또한 대부분 소량 취급으로 인해 외국에서 모두 수입함으로써 국내 유통정도 등을 파악할 수 없었다.

전화를 통해서 DEAE의 사용 유무를 확인할 뿐만 아니라 직접 현장조사를 통해 DEAE의 사용 유무를 확인하였다.

예비조사는 11개 사업장을 대상으로 현장조사를 나갔으며 사용 유무, 작업환경과 DEAE의 노출 실태 등을 조사하였고, 11개 사업장 중 실제 DEAE를 사용하는 사업장은 물질안전보건자료(MSDS)로 물질을 확인하였다. 그 결과 DEAE를 사용하고 있는 사업장은 5곳으로 조사되었으나 이 중 2곳의 사업장은 DEAE 사용을 연간 1-2번 정도의 간헐적으로 작업하여 본 조사 당시 생산계획이 없는 이유로 본 조사 대상에서 제외하였다. 예비조사를 나간 사업장의 물질 사용 유무는 다음 표6-1에 나타나 있다.

<표 6-1> DEAE 예비조사 사업장

사업장	사용	취급근로자수	소재지	취급량(Kg)	본조사
A	사용않음		경기		
B	간헐적 사용 (년간 1-2회)	3	경기	82	생산계획 없음
C	사용 않음		부산		
D	간헐적 사용	2	전북	162	본조사 실시
G	사용 않음	2	경기		본조사 실시
H	사용	6	부산	300	본조사 실시 (2번 실시)
I	사용	2	울산		본조사 실시
J	간헐적 사용 (년간 1-2회)		인천		생산계획 없음
K	사용 않음				

다) 본 조사 결과

본 조사는 예비조사시 DEAE 작업이 간헐적으로나마 있었던 5곳의 사업장을 본 조사 대상으로 선정하여 측정을 실시하였다. 작업환경 측정은 NIOSH 공정 시험법을 바탕으로 산업안전보건법의 단위작업장소의 측정 지점 규정에 따라 측정지점을 설정하여 본 조사를 실시하였다.

이 중 한 곳의 사업장은 DEAE를 사용하지는 않았으나 DEAE와 비슷한 혼합물의 형태를 사용하고 있었기 때문에 DEAE 검출 가능성의 이유로 측정대상으로 선정하였다.

또한 또 한 곳의 사업장은 날짜를 달리 하여 2번 반복 측정하여 노출 실태를 조사하였다.

DEAE의 경우 노동부가 실시한 제조량 및 사용실태 조사표와는 달리 실제 전국적으로 본 물질을 사용하는 사업장이 몇 군데 되지 않았기 때문에 대상 사업장을 반복하여 측정하였다. 본 조사 결과 4군데 모두 아주 극소량을 첨가제 형태로 사용하였으며 취급 근로자수도 1-2명에 불과하였다.

MSDS를 기초로 조사한 사업장의 DEAE 사용 물질에 대한 정보는 DEAE 99%~100% 원액을 사용하는 곳이 3개 사업장, 혼합유기용제(상품명 NEVROZ 1520 Resin, DFS 4517(구성성분 Dimethyl Acetamide 15%, Diethyl Aminoethanol 10%, Phosphate sodium salt)형태로 DEAE를 사용하는 곳이 2개 사업장이었다.

DEAE를 직접 취급하고 있는 근로자의 수는 총 16명으로 조사되었고, 한 사업장은 주야 교대작업을 하고 있었다.

DEAE의 노출 공정은 PCB판 박리제의 첨가제로 사용할 때 직접 주입구에 보충함으로써 노출이 되었고, 여기서 박리는 P/T도금이 완료된 판넬을 세정 후 질산을 사용하여 원하는 외층 회로만을 남기고 불필요한 동박을 부식시키는 공정이다.

또한 반응물의 첨가제로 분체 형태의 DEAE를 투입할 때, 중간의 검사 작업, 완성된 제품을 충전하는 작업을 할 때 노출이 되는 것으로 조사되었다. 작업은 8시간 중 약 30분간 정도 DEAE 투입 작업을 하거나 계속적으로 보충하는 형태로 하였고, 투입 시에는 직접 수작업으로 작업을 실시하였다.

(3) DEAE 분석 결과

가) 시약 및 장비

2,2-diethylaminoethanol은 Sigma Aldrich(미국)의 표준시약, 탈착용매인 Methanol은 Merk(독일)의 시약을 사용하였고, Water는 1, 2차를 거친 3차 증류수를 이용하여 실험에 사용하였다. 작업환경 시료 채취용 실리카겔 포집관은 SKC사(미국)의 Silicagel 150/300 mg을 사용하였다.

분석에 사용한 장비는 Gas chromatography(Varian, CP-3800) GC/FID 이며, 분석에 사용한 칼럼은 CP-Wax 53CB FS 30mX25mm 을 사용하였다.

나) 표준용액 제조 및 탈착효율 실험

측정한 작업환경 시료는 정확한 농도 산출을 위해 예비실험을 거쳐 본 실험을 하였다. 예비실험에서는 물질에 대한 기기조건을 잡기 위해 온도 프로그램과 유량을 조절하여 기기를 최적의 상태로 만들어서 standard제조와 탈착효율 test를 실시하였다.

DEAE standard는 TLV의 0.01 - 2배 수준에서 샘플농도범위에 맞추어 각 농도별로 4개 정도로 제조하여 분석하였고, 분석한 후 반복 실험하여 정밀도와 정확도를 검증하였다.

다) 시료 전처리

탈착 효율 시료 및 사업장에서 채취한 작업환경 시료의 앞층과 뒷층의 흡착제를 각각 GC용 바이얼에 옮기고 탈착용매 Methanol:Water=4:1을 2 ml를 가한 후 마개를 닫고 나서 2시간동안 가끔씩 흔들면서 탈착하였다.

탈착 후 0.5 ml의 시료를 염기용액(0.2N NaOH) 0.5 ml와 혼합하여 분석하였다.

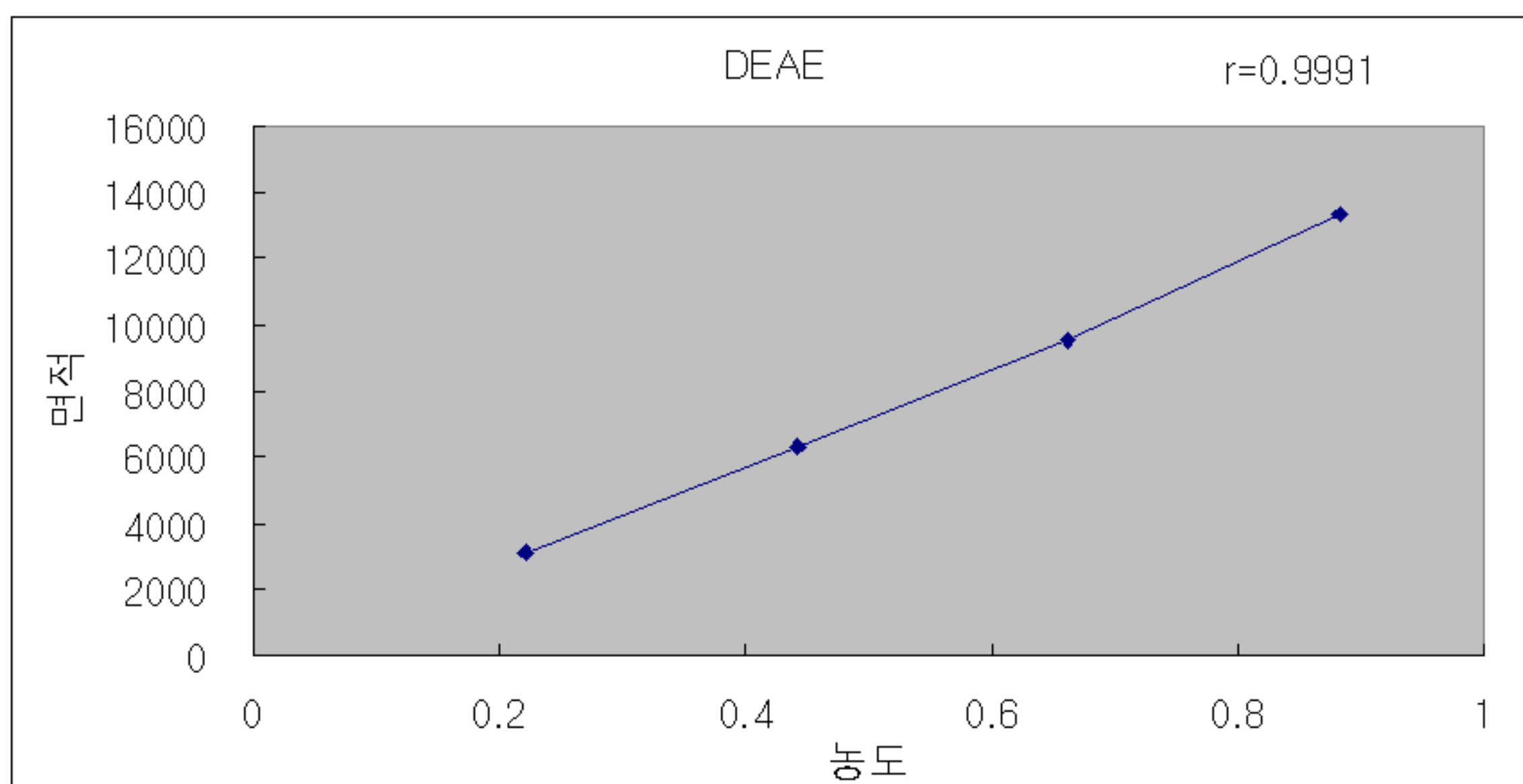
라) 분석 조건

작업환경 측정 시료 중 DEAE의 분석은 NIOSH 공정시험법을 변형하여 사용하였다. 시료 분석 장비는 Gas Chromatography(CP-3800)을 이용하여 표6-2의 조건에서 분석하였다.

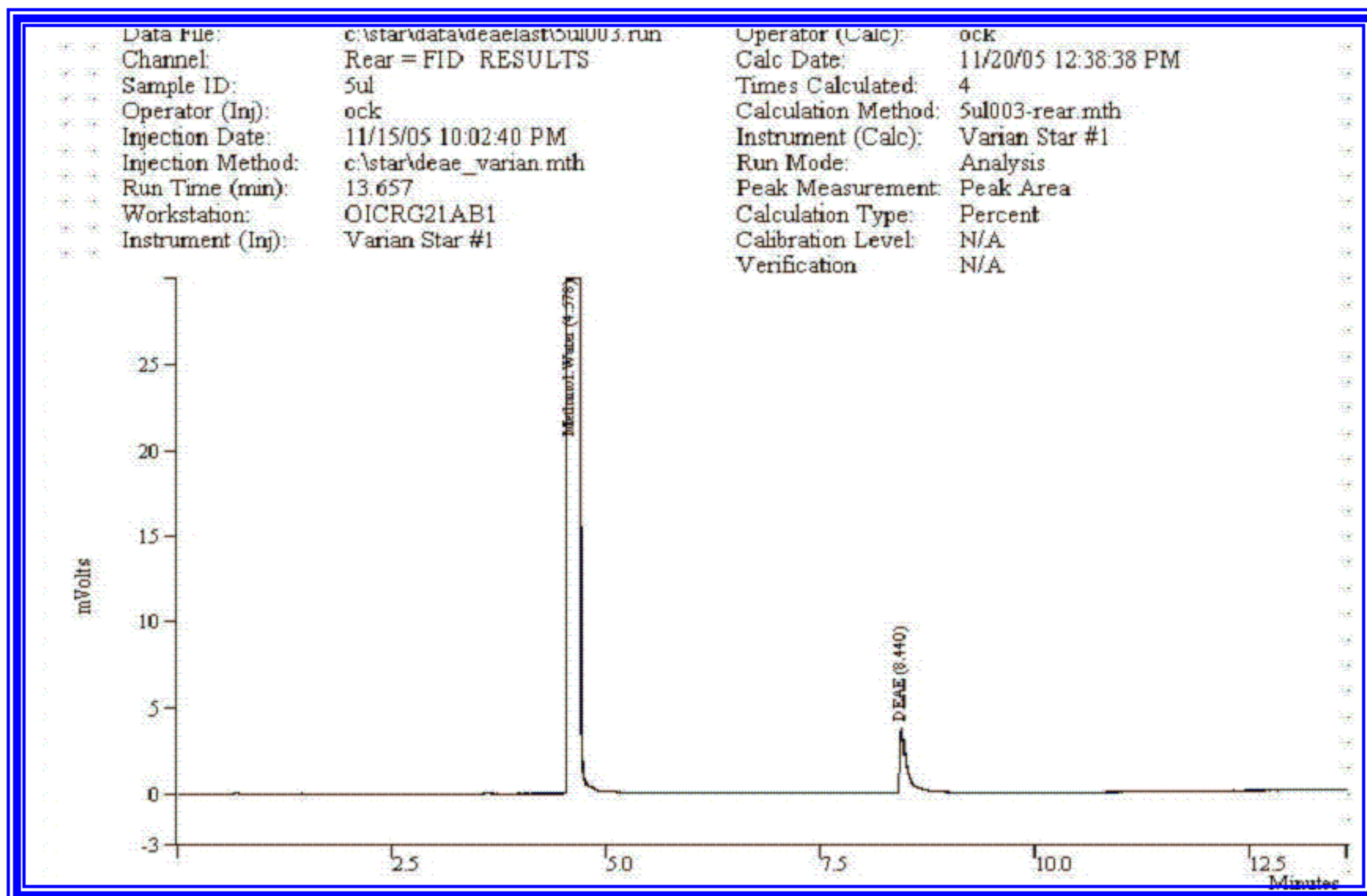
<표 6-2> DEAE 분석 조건

Variables	Conditions
Analysis instrument	Gas Chromatography Varian CP-3800
Detector	FID
Capillary Column	CP-Wax 53CB FS 30mX2.5mm
Injection Temperature	150℃
Detector Temperature	250℃
Oven Temperature	90℃ - 225℃로 승온 분석
Injection volume	1 μ l
Injection mode	Split mode(ratio 20:1)
Carrier gas	N ₂

마) DEAE Standard 실험 결과



[그림 6-1] DEAE Standard 회귀식



[그림 6-2] DEAE standard 분석 크로마토그램

바) 작업환경측정시료 분석 결과

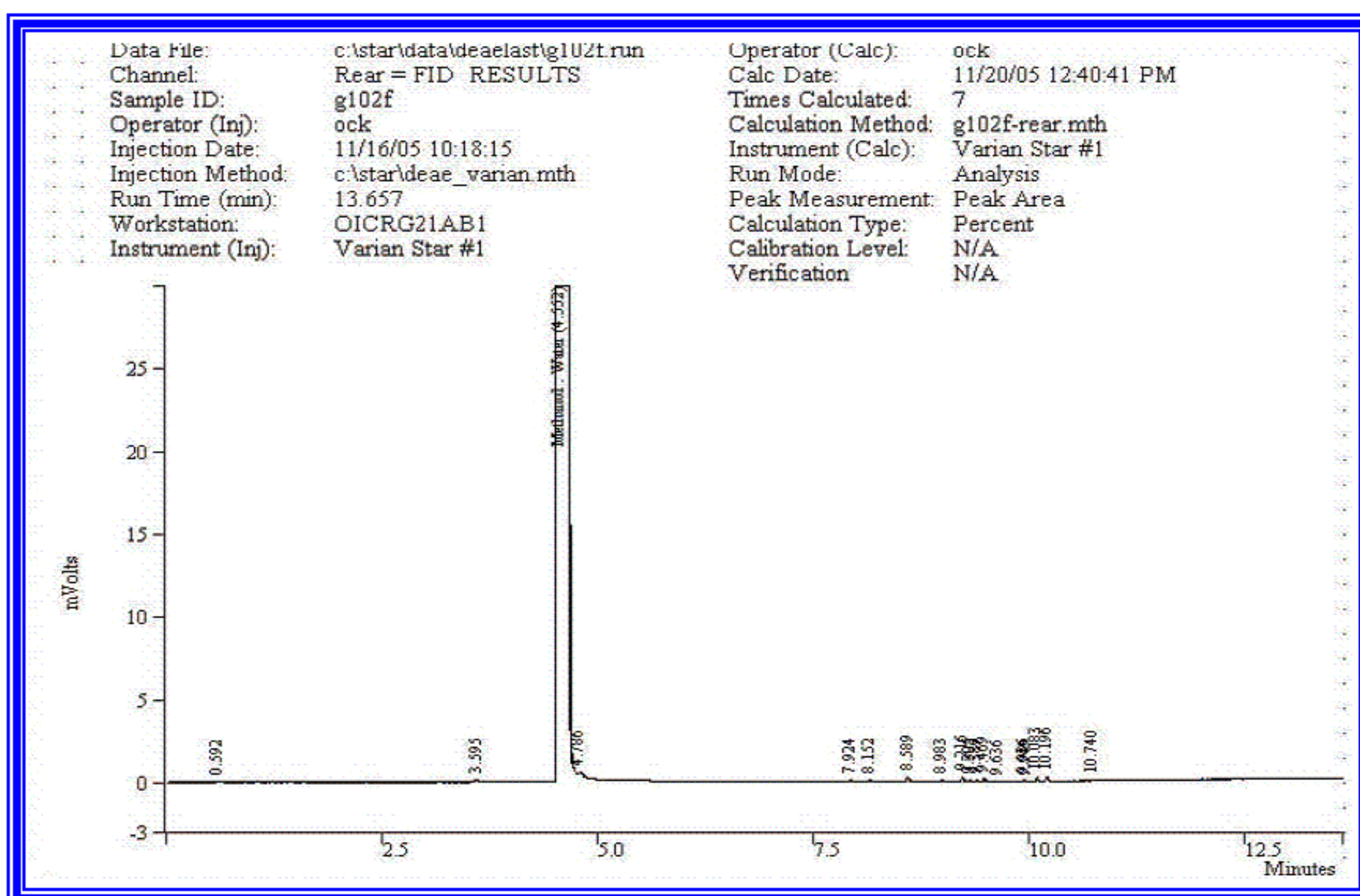
샘플 분석은 NIOSH 공정 시험법에 따라 앞층과 뒷층을 각각 따로 분석하여 뒷층의 농도가 앞층의 10%이상 초과한 경우 샘플을 분석값에서 제외하였다. DEAE의 탈착효율 실험 결과 102%정도로 검출되어 이 결과를 토대로 사업장 시료의 분석값은 보정하지 않고 그대로 사용하였다.

모든 사업장의 시료를 분석한 결과 작업환경 중의 DEAE의 농도는 기기에서 검출되지 않았고, 모두 노동부 노출기준인 10 ppm을 초과하지 않는 것으로 나타났다.

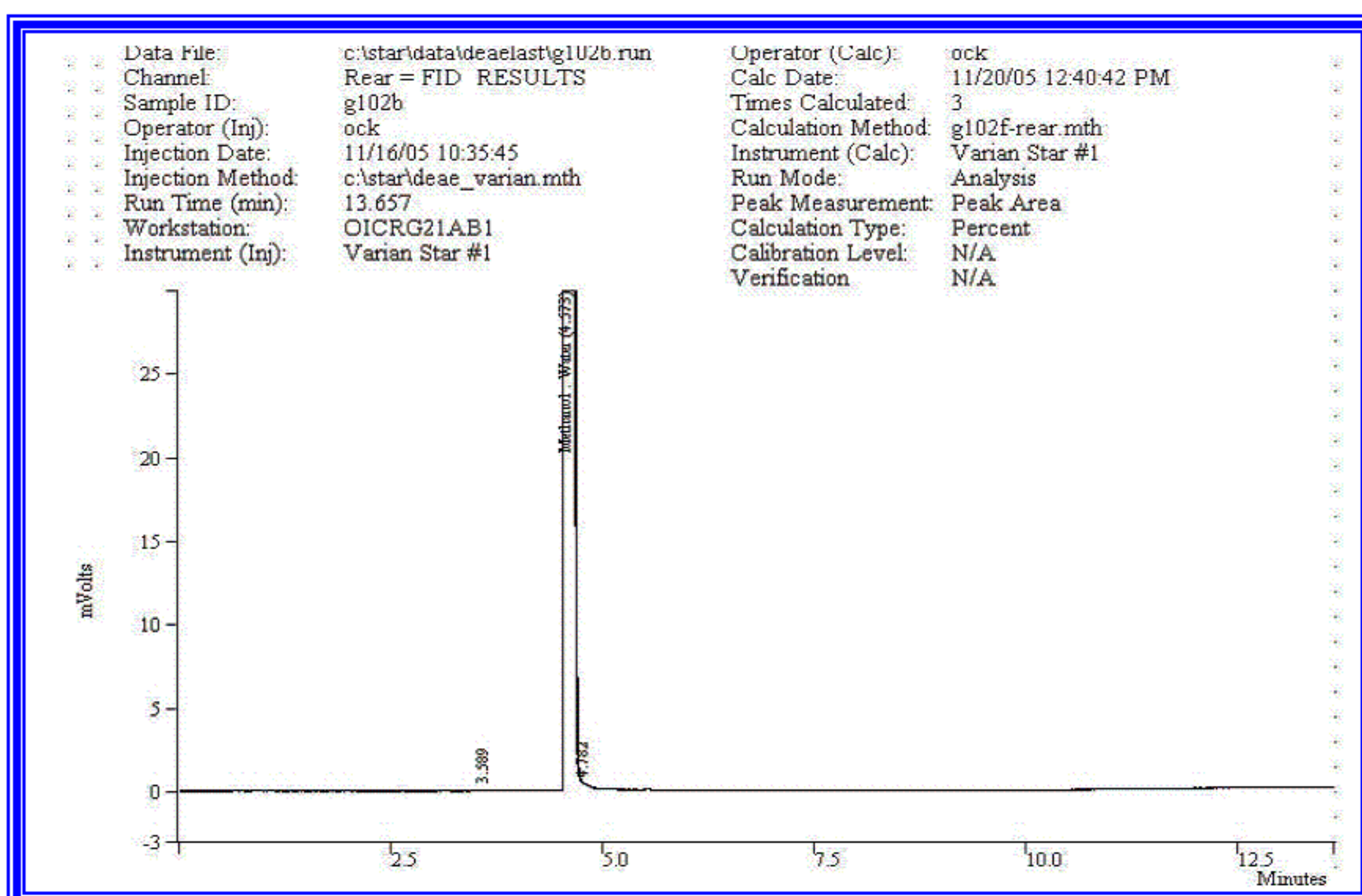
또한 DEAE를 사용하지는 않았지만 혼합제 형태의 유기용제에 DEAE가 함유되어 있는지를 분석한 시료도 모두 불검출로 나타났다.

작업환경 측정 시료의 분석 결과 DEAE가 모두 불검출로 나타났기 때문에 작업환경에서의 DEAE에 직접 노출되는 것은 극히 미약한 수준일 것으로 판단되지만 무엇보다 작업장 내 다른 유기용제 등의 유해물질이 혼재해 있기 때문에 이러한 물질들의 혼합작용으로 인한 직·간접적인 노출을 피하기 위해 안전의식의 함양이나 국소배기시설 등의 설치, 작업시 개인 보호구의 착용이 필요할 것으로 판단된다.

작업환경 측정 샘플의 분석 크로마토그램은 그림(6-3, 6-4)와 같다.



[그림 6-3] DEAE sample 앞층 분석 크로마토그램

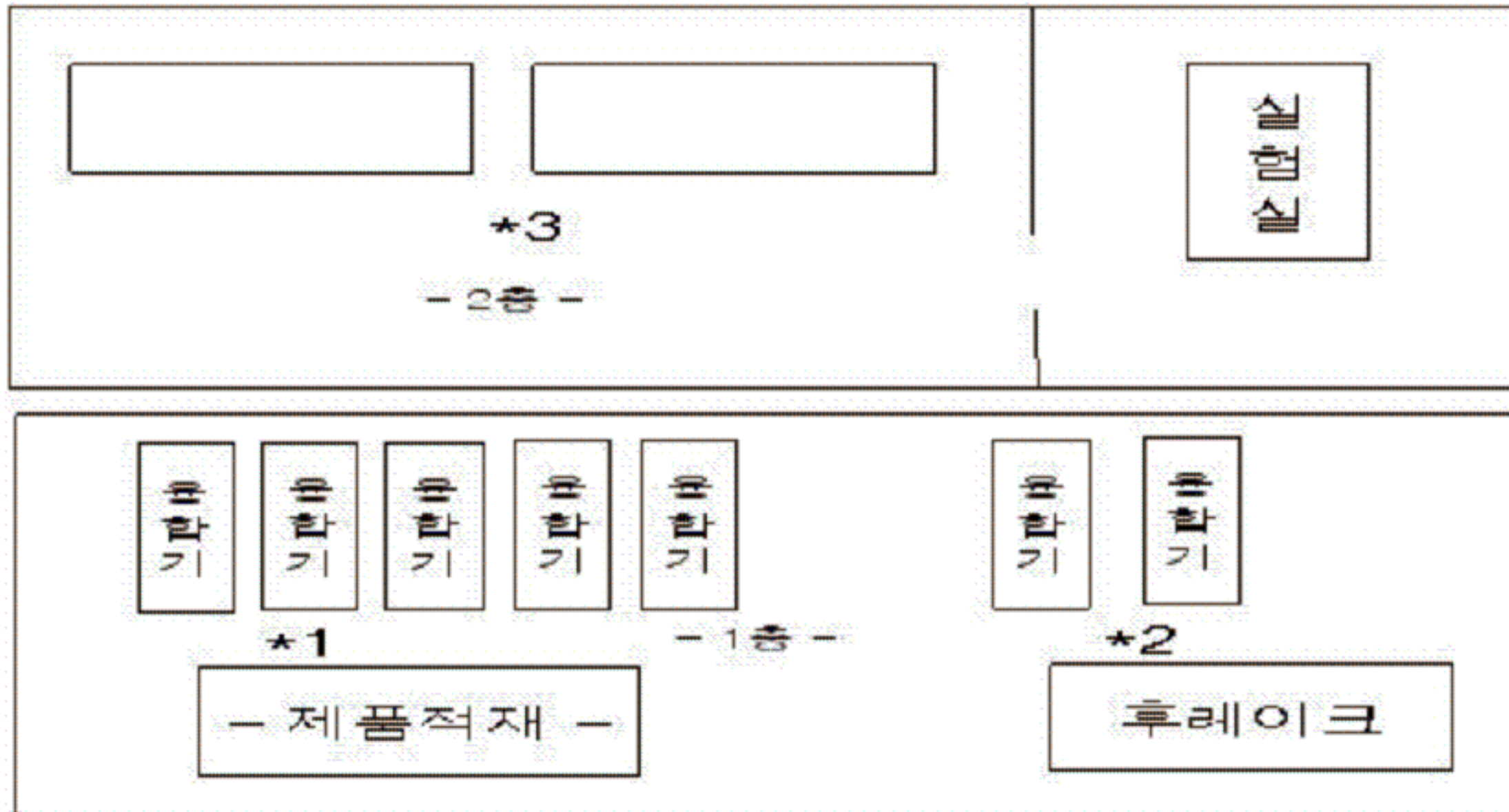


[그림 6-4] DEAE sample 뒷층 분석 크로마토그램

사) 사업장별 노출 분석 결과

1. A 사업장

① 측정 지점과 시료 분석 결과



<표 6-3> A작업장 시료 분석 결과

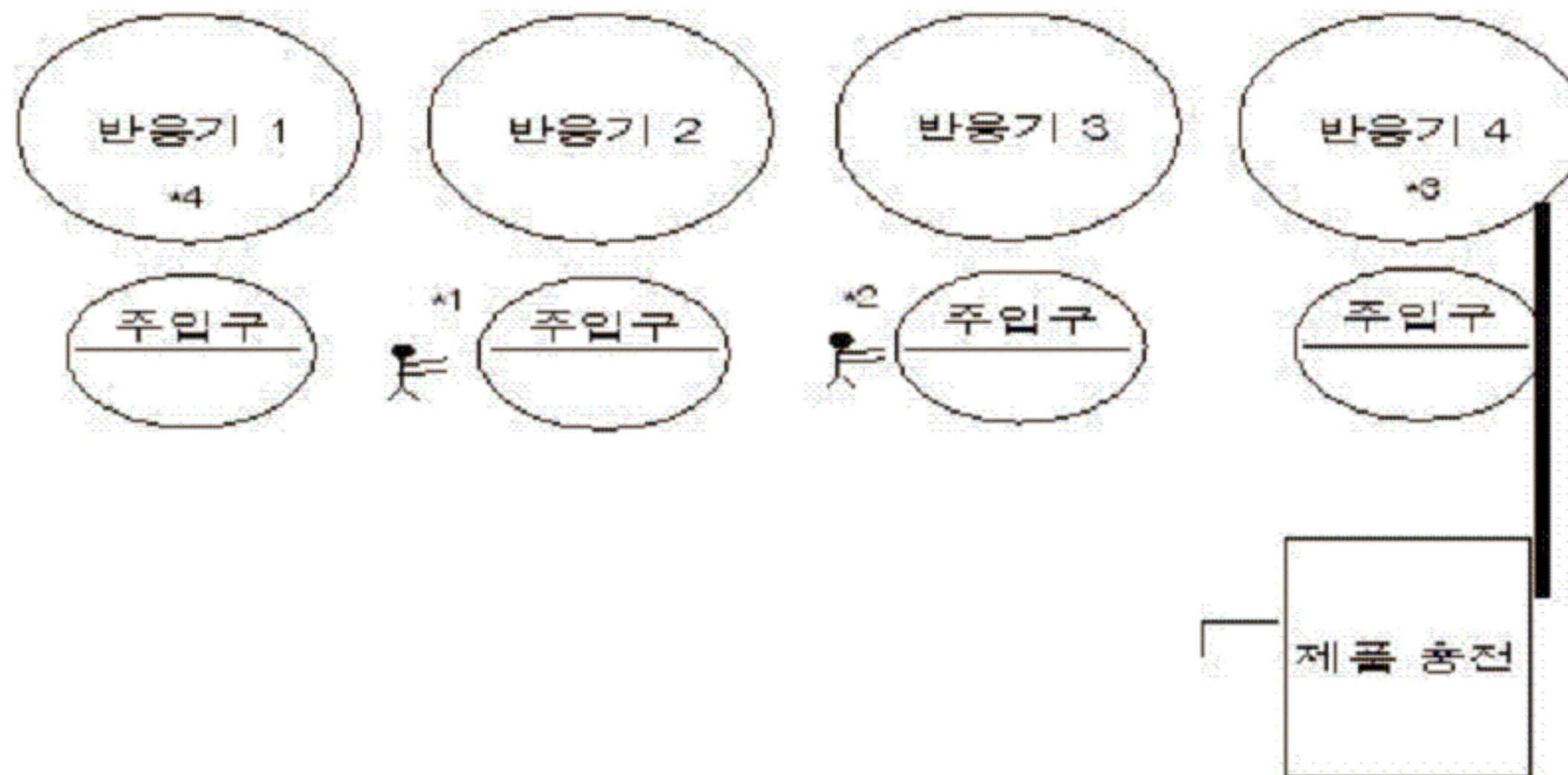
회 사	작업공정	작업내용	측정지점	포집방법	농도 (ppm)	측정시간 (min)
A	반응	혼합기로 혼합	*1	지역	ND	464
	반응	판넬 위	*2	지역	ND	32
	반응	혼합기로 혼합	*3	지역	ND	450

본 사업장은 계면활성제를 제조하는 사업장으로 DEAE의 작업환경 측정 결과 모든 지점의 농도가 불검출을 나타내었는데, 이 사업장의 경우 MSDS상에서 DEAE와 유사한 종류의 유기용제를 사용함으로써 불순물로써 존재할 가능성을 예측하여 분석하였으나 모두 불검출로 나타났다.

그러나 유해 물질 취급시 개인 보호구 등을 잘 착용하지 않아 건강 장애가 일어날 수 있으므로 작업자가 잘 보이는 곳에 유해인자 발생 및 해당보호구 착용에 관한 표지판을 부착하여 근로자 스스로 이에 대처할 수 있도록 하는 것이 중요할 것으로 판단된다.

2. B 사업장

① 측정 지점과 시료 분석 결과



<표 6-4> B작업장 시료 분석 결과

회 사	작업공정	작업내용	측정지점	포집방법	농도 (ppm)	측정시간 (min)
B	반응	반응조에 투입	*1	개인	ND	400
	주입	주입기에 투입	*2	개인	ND	360
	반응	반응조 옆	*3	지역	ND	378
	주입	주입기 옆	*4	지역	ND	385

본 사업장은 계면활성제를 제조하는 사업장으로 DEAE의 작업환경 측정 결과 모든 지점의 농도가 불검출을 나타내었다.

DEAE에 노출이 되는 공정은 반응조에 DEAE 투입시 직접 물질을 투입하기 때문에 노출되는 것으로 조사되었고, 완성된 제품을 용기에 충전할 때 충전이 자동으로 이루어지나 용기의 입구와 충전관의 직경차이가 있어 작업자가 지켜보는 동안 직경간의 틈으로 노출 가능성이 있다.

② 작업 모습

<표 6-5> 대량 정량 투입시의 작업모습(1)

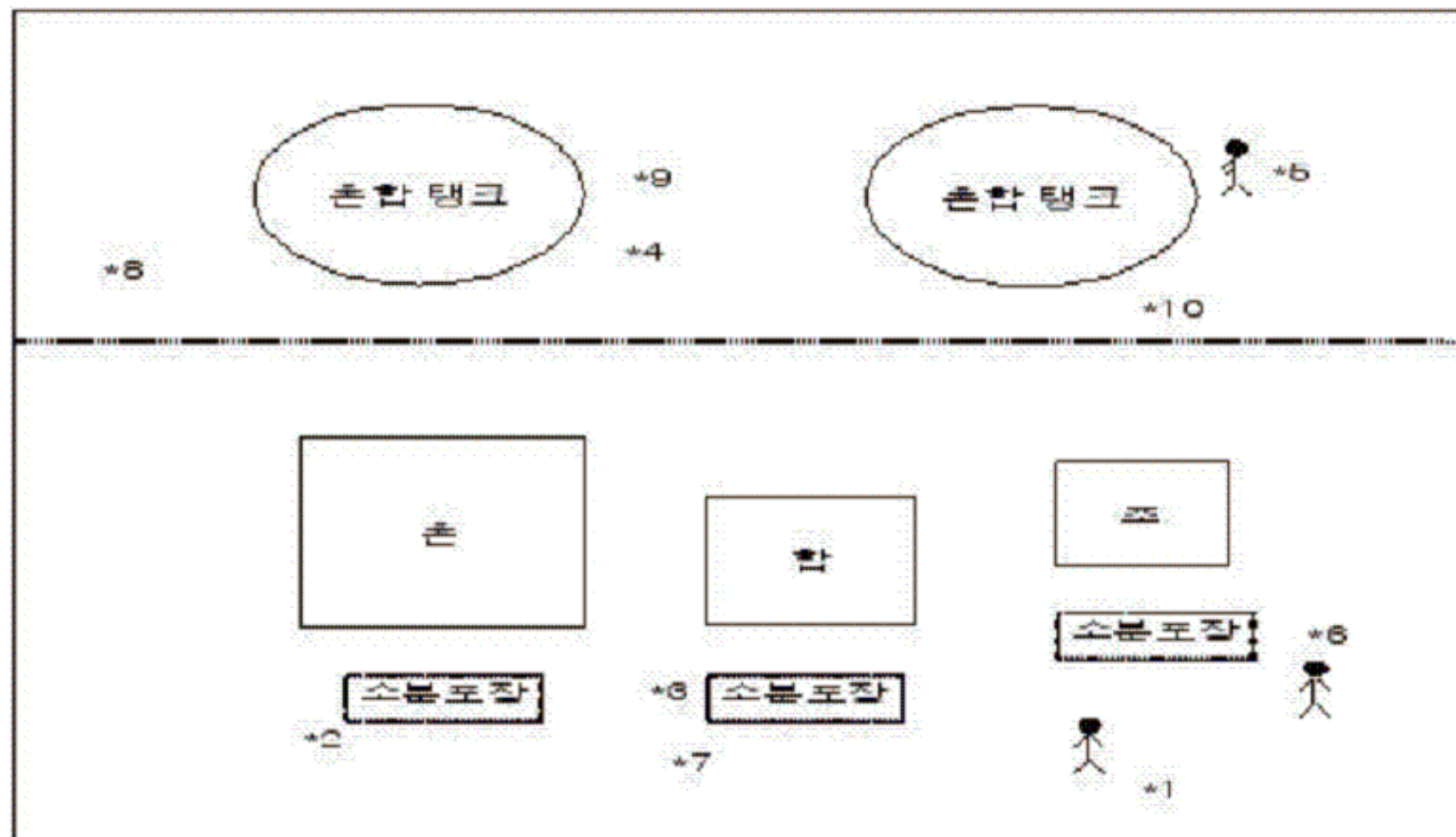
상세 작업명: 대량 정량, 투입	공정이해 및 공정특성소개
	대량의 원료나 첨가물은 정량이 특별히 필요하지 않고 반응기에 투입시에 사용량이 많으므로 노출량도 많을 가능성이 있다.

<표 6-6> 충전시의 작업모습(2)

상세 작업명: 충전	공정이해 및 공정특성소개
	완성된 제품을 용기에 충전하는 모습으로 충전은 자동으로 이루어지나 용기의 입구와 충전관의 직경차이가 있어 작업자가 지켜보는 동안 직경간의 틈으로 노출 가능성이 있다.

3. C 사업장

① 측정 지점과 시료 분석 결과



<표 6-7> C 작업장 시료 분석 결과

회 사	작업 공정	작업내용	측정지점	포집방법	농도 (ppm)	측정시간 (min)
C		책상 앞 이동작업	*1	개인	ND	430
	소조	소조 작업	*2	개인	ND	447
	포장	포장 배관작업	*3	개인	ND	431
		소조 작업	*4	개인	ND	435
	혼합	반응기 투입작업	*5	개인	ND	435
		1층 소조 작업	*6	개인	ND	433
		소조 작업	*7	개인	ND	449
		2층 소조작업	*8	개인	ND	456
		반응기 작업	*9	지역	ND	453
		반응기 투입작업	*10	지역	ND	454

본 사업장은 보일러 냉각제 및 폐수처리제 등을 제조하는 사업장으로 DEAE 의 농도를 분석한 결과 모든 지점에서 불검출로 나타났다. 노출되는 공정은 반응기에 분체 원료, 첨가제, 액체 원료등을 투입할 때 노출 가능성이 있다.

② 작업 모습

<표 6-8> 원료, 첨가제 투입시의 작업모습(1)

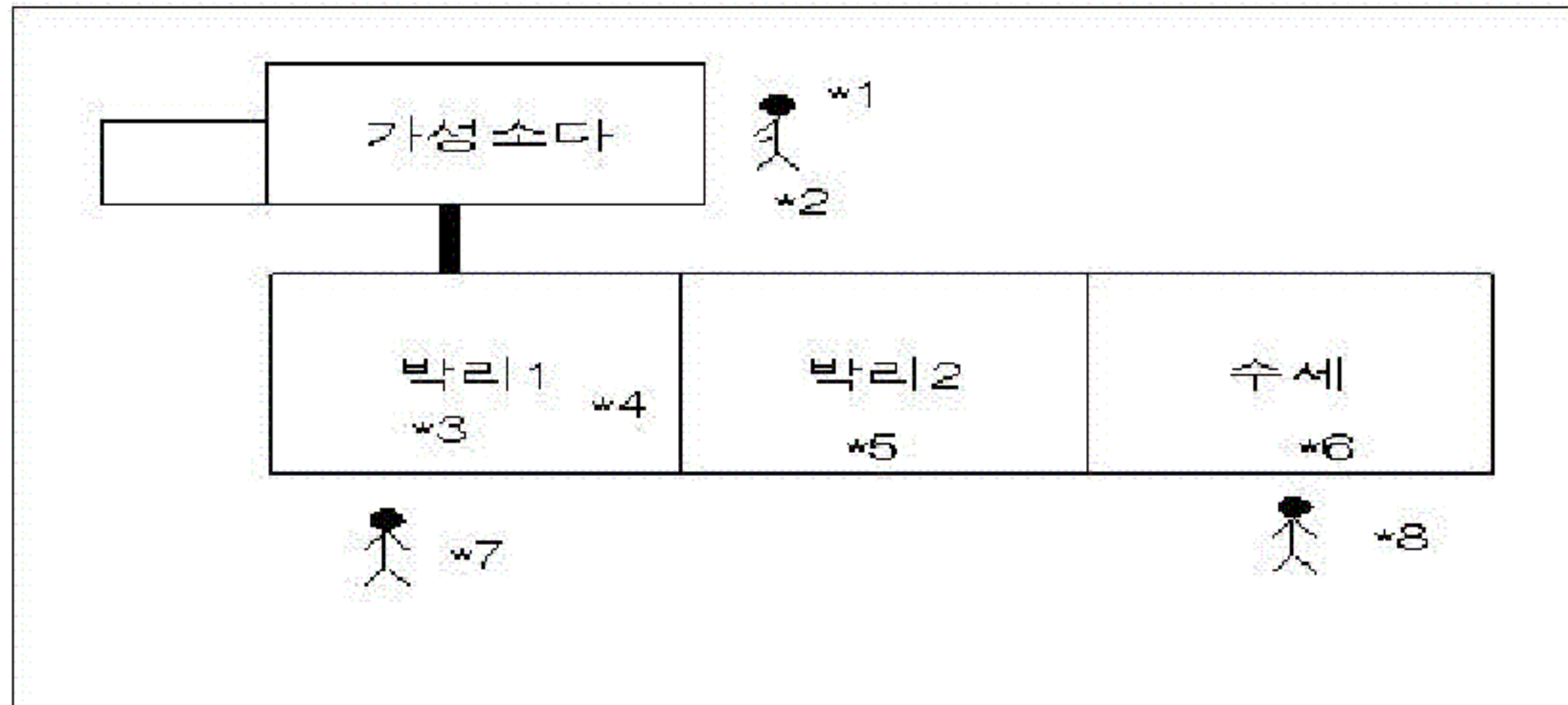
상세 작업명: 원료, 첨가제 투입	공정이해 및 공정특성소개
	분체 첨가제를 투입하는 모습으로 투입 과정 중에 노출이 가능하다.

<표 6-9> 원료, 첨가제 투입시의 작업모습

상세 작업명: 원료, 첨가제 투입	공정이해 및 공정특성소개
	분체 첨가제를 투입하는 모습으로 투입 과정 중에 노출이 가능하다.

4. D 사업장

① 측정 지점과 시료 분석 결과



<표 6-10> D작업장 시료 분석 결과

회 사	작업공정	작업내용	측정지점	포집방법	농도 (ppm)	측정시간 (min)
D	첨가	약품 첨가	*1	개인	ND	454
	첨가	가성소다 첨가	*2	개인	ND	454
	박리1	부식물 제거	*3	지역	ND	455
		박리 공정 옆	*4	지역	ND	451
	박리2	부식물 제거	*5	지역	ND	455
	수세	수세 작업	*6	지역	ND	453
		이동하면서 DEAE 작업	*7	개인	ND	457
		이동하면서 DEAE 작업	*8	개인	ND	455

본 사업장은 전기 판넬을 제조하는 사업장으로 대규모 사업장이며 DEAE 노출 농도를 분석한 결과 모든 측정 지점에서 불검출의 결과를 보였다.

작업의 형태는 주야간 교대제로 8시간 동안 작업하였고, 노출되는 공정은 약품을 첨가할 때나 보충시에 직접 반응기에 투입함으로써 노출될 수 있었고, 부식물을 제거하는 박리공정에서 노출 가능성이 있는 것으로 조사되었다.

② 작업 모습

<표 6-11> 첨가제 보충 작업(1)

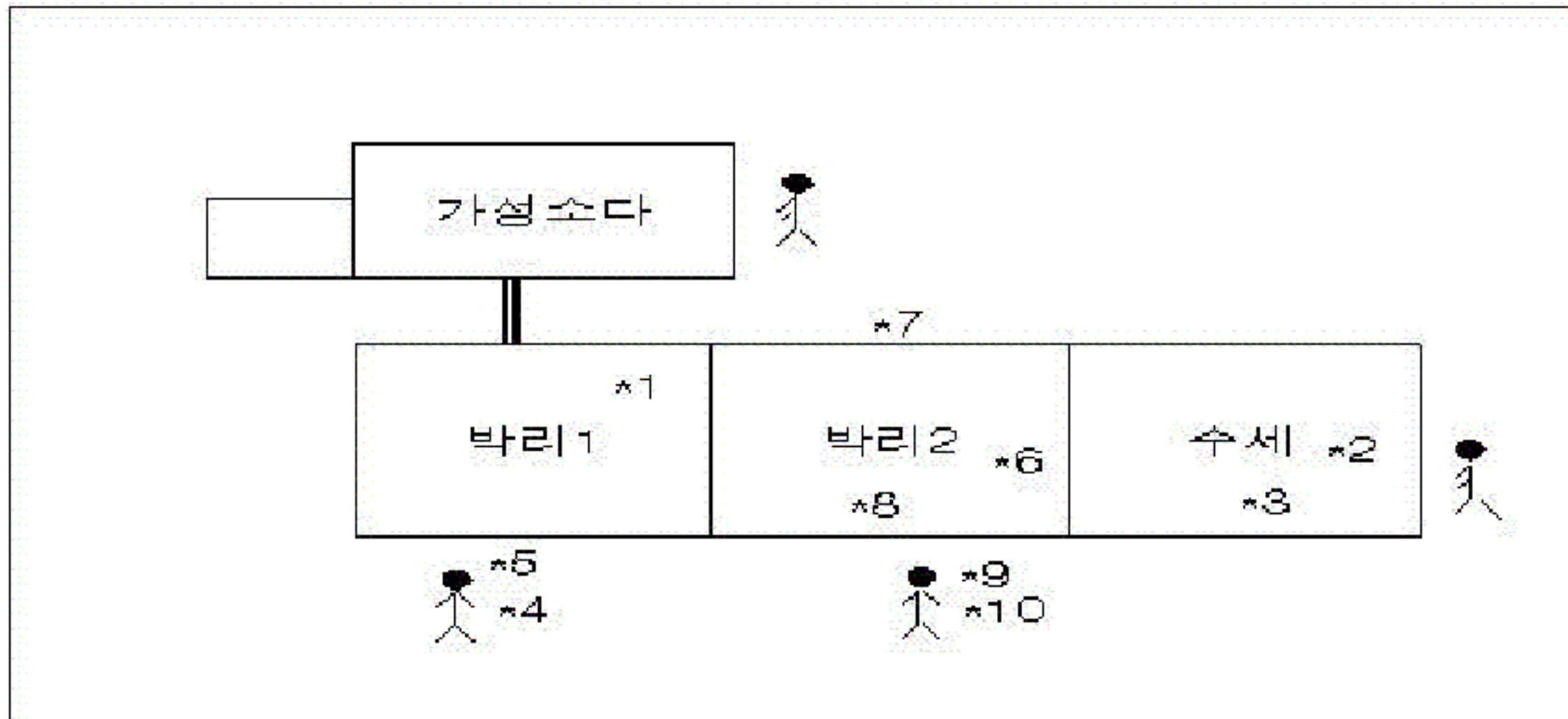
상세 작업명: 첨가제 보충	공정이해 및 공정특성소개
	첨가제를 직접 수작업으로 보충하는 것으로 방독 마스크를 착용하고 작업을 하고 있는 모습이다. 직접 투입함으로 인한 노출 가능성이 있는 것으로 판단된다.

<표 6-12> 박리조(2)

상세 작업명: 박리조	공정이해 및 공정특성소개
	박리조는 밀폐되어 있으나 검사 등의 작업시에 개봉되며 개봉시 잔류물로 인한 노출이 될 수 있다.

4. E 사업장

① 측정 지점과 시료 분석 결과



<표 6-13> E작업장 시료 분석 결과

회 사	작업공정	작업내용	측정지점	포집방법	농도 (ppm)	측정시간 (min)
E	박리1	부식물 제거	*1	지역	ND	400
	수세	수세 작업	*2	지역	ND	450
	수세	수세 작업	*3	개인	ND	450
	박리1	부식물 제거	*4	개인	ND	452
	박리1	부식물 제거	*5	개인	ND	452
	박리2	부식물 제거	*6	지역	ND	453
	박리조	부식물 제저	*7	지역	ND	451
	박리2	부식물 제거	*8	지역	ND	453
	박리2	부식물 제거	*9	개인	ND	455
	박리2	부식물 제거	*10	개인	ND	455

본 사업장은 전기 판넬을 제조하는 사업장으로 DEAE 노출 농도를 분석한 결과 모든 측정 지점에서 불검출의 결과를 보였다.

작업의 형태는 주야간 교대제로 8시간 동안 작업하였고, 노출되는 공정은 수세 작업이나 부식물을 제거하는 박리공정에서 노출 가능성이 있는 것으로 조사되었다.

나. 측정결과 분석 및 해석

(1) 작업환경 측정 결과 분석 및 해석

DEAE 사업장의 작업환경 시료의 노출 결과는 노출기준을 모두 초과하지 않았고 오히려 검출이 되지 않았기 때문에 어떠한 통계분석도 적용할 수 없었다.

다만 노출되는 공정만을 파악할 수 있었으나 확실한 DEAE에 노출되는 공정이 존재하기 때문에 극히 낮은 수준이라도 건강에 영향을 미치지 않도록 근본적으로는 환경적 공학 대책이나 안전보건교육의 교육, 개인보호구의 착용 등의 일반적 관리가 필요할 것으로 판단된다.

(2) 건강 영향 설문지 분석

DEAE 및 유기용제 사용에 관한 측정과 함께 작업자가 느끼는 작업장의 환경과 건강에 대한 영향에 대한 설문조사를 실시하였다.

유기용제에 대한 설문은 총 31개 문항으로 유기용제 흡입시의 느끼는 증상 정도를 체크하도록 하였고, 흡입시의 불편감 정도를 체크하도록 하여 만약 6개 이상의 항목에 예라고 답하면 유기용제 노출에 따른 중추신경계 장애에 대해 의심하고 조사해야 함을 의미하는 것이다.

설문 결과 눈이 피로하거나 일에 몰두하기 어렵다가 절반인 50%로 나타났고, 그 외 대부분이 증상이 존재하지 않는 것으로 조사되었다.

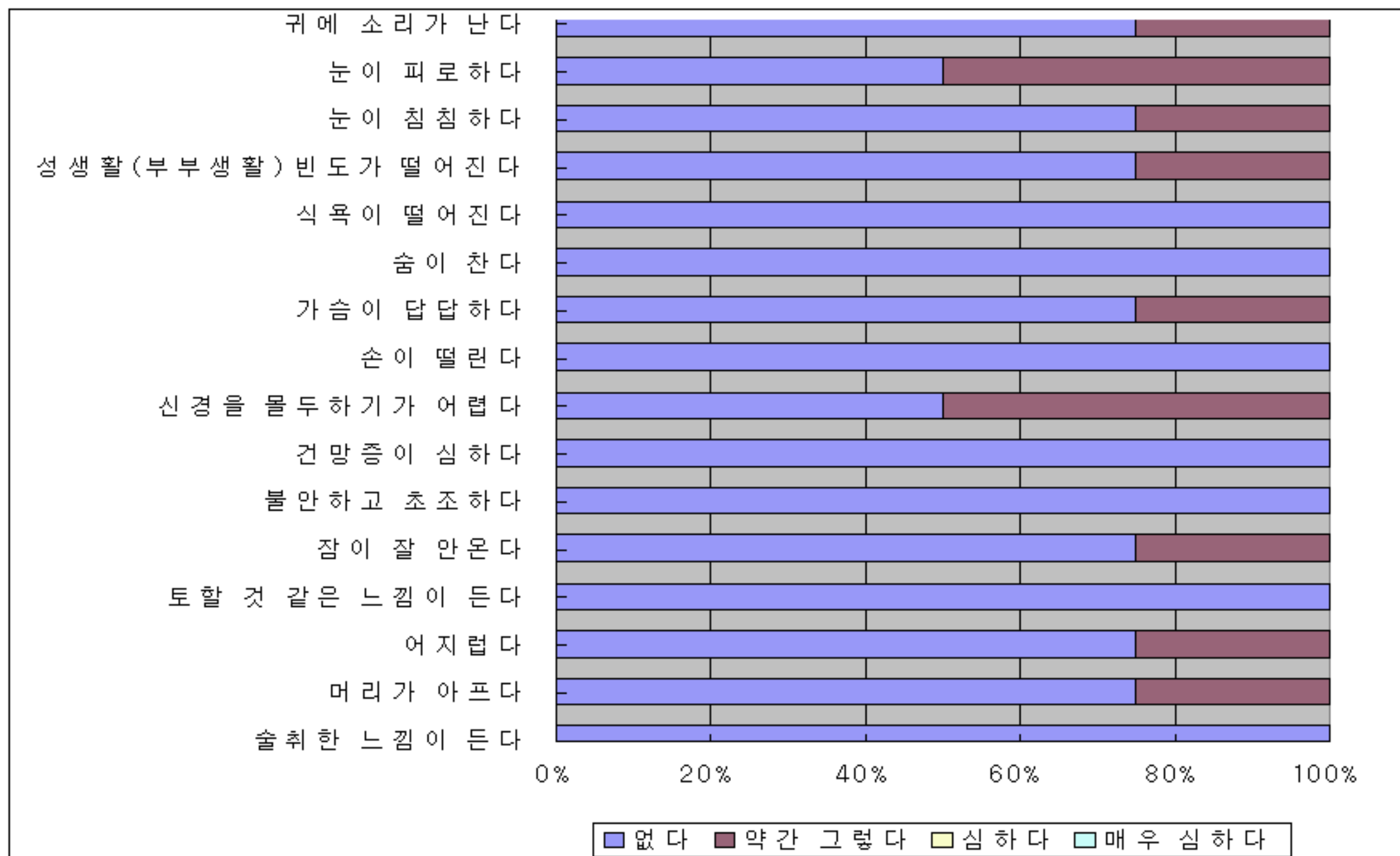
Swedish Q16 설문지를 이용하여 장기간 유기용제 노출근로자들의 증상에 대한 설문을 실시하였다.

유기용제에 의한 중추신경계 장애를 조사한 설문결과는 모두 6개 항목 이하에 체크하여 중추신경계 장애를 의심할 수 있는 근로자는 없었으나 피로를 느끼거나 특별한 원인 없이 짜증이 난다고 응답한 근로자가 50%로 조사되었다.

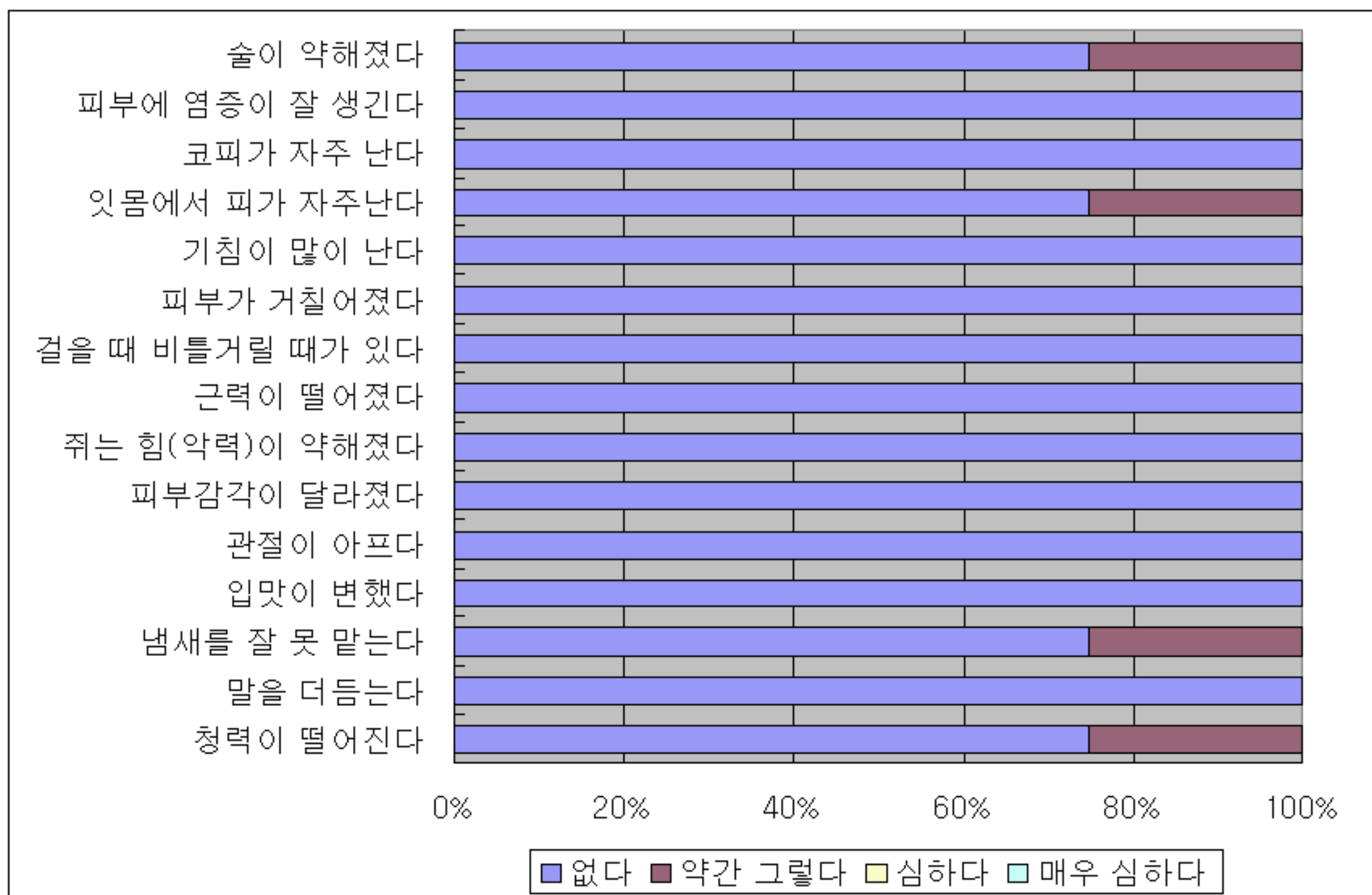
결과는 다음의 표로 나타내었다.

<표 6-14>유해물질 사용에 대한 노출근로자의 증상 설문지

	증상	없다	약간 그렇다	심하다	매우 심하다
1)	술취한 느낌이 든다	4(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
2)	머리가 아프다	3(75.5)	1(25.5)	0(0.0)	0(0.0)
3)	어지럽다	3(75.5)	1(25.5)	0(0.0)	0(0.0)
4)	토할 것 같은 느낌이 든다	4(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
5)	잠이 잘 안온다	3(75.5)	1(25.5)	0(0.0)	0(0.0)
6)	불안하고 초조하다	4(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
7)	건망증이 심하다	4(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
8)	신경을 몰두하기가 어렵다	2(50.0)	2(50.0)	0(0.0)	0(0.0)
9)	손이 떨린다	4(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
10)	가슴이 답답하다	3(75.5)	1(25.5)	0(0.0)	0(0.0)
11)	숨이 찬다	4(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
12)	식욕이 떨어진다	4(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
13)	성생활(부부생활) 빈도가 떨어진다	3(75.5)	1(25.5)	0(0.0)	0(0.0)
14)	눈이 침침하다	3(75.5)	1(25.5)	0(0.0)	0(0.0)
15)	눈이 피로하다	2(50.0)	2(50.0)	0(0.0)	0(0.0)
16)	귀에 소리가 난다	3(75.5)	1(25.5)	0(0.0)	0(0.0)
17)	청력이 떨어진다	3(75.5)	1(25.5)	0(0.0)	0(0.0)
18)	말을 더듬는다	4(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
19)	냄새를 잘 못 맡는다	3(75.5)	1(25.5)	0(0.0)	0(0.0)
20)	입맛이 변했다	4(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
21)	관절이 아프다	4(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
22)	피부감각이 달라졌다	4(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
23)	쥐는 힘(악력)이 약해졌다	4(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
24)	근력이 떨어졌다	4(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
25)	걸을 때 비틀거릴 때가 있다	4(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
26)	피부가 거칠어졌다	4(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
27)	기침이 많이 난다	4(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
28)	잇몸에서 피가 자주난다	3(75.5)	1(25.5)	0(0.0)	0(0.0)
29)	코피가 자주 난다	4(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
30)	피부에 염증이 잘 생긴다	4(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
31)	술이 약해졌다	3(75.5)	1(25.5)	0(0.0)	0(0.0)



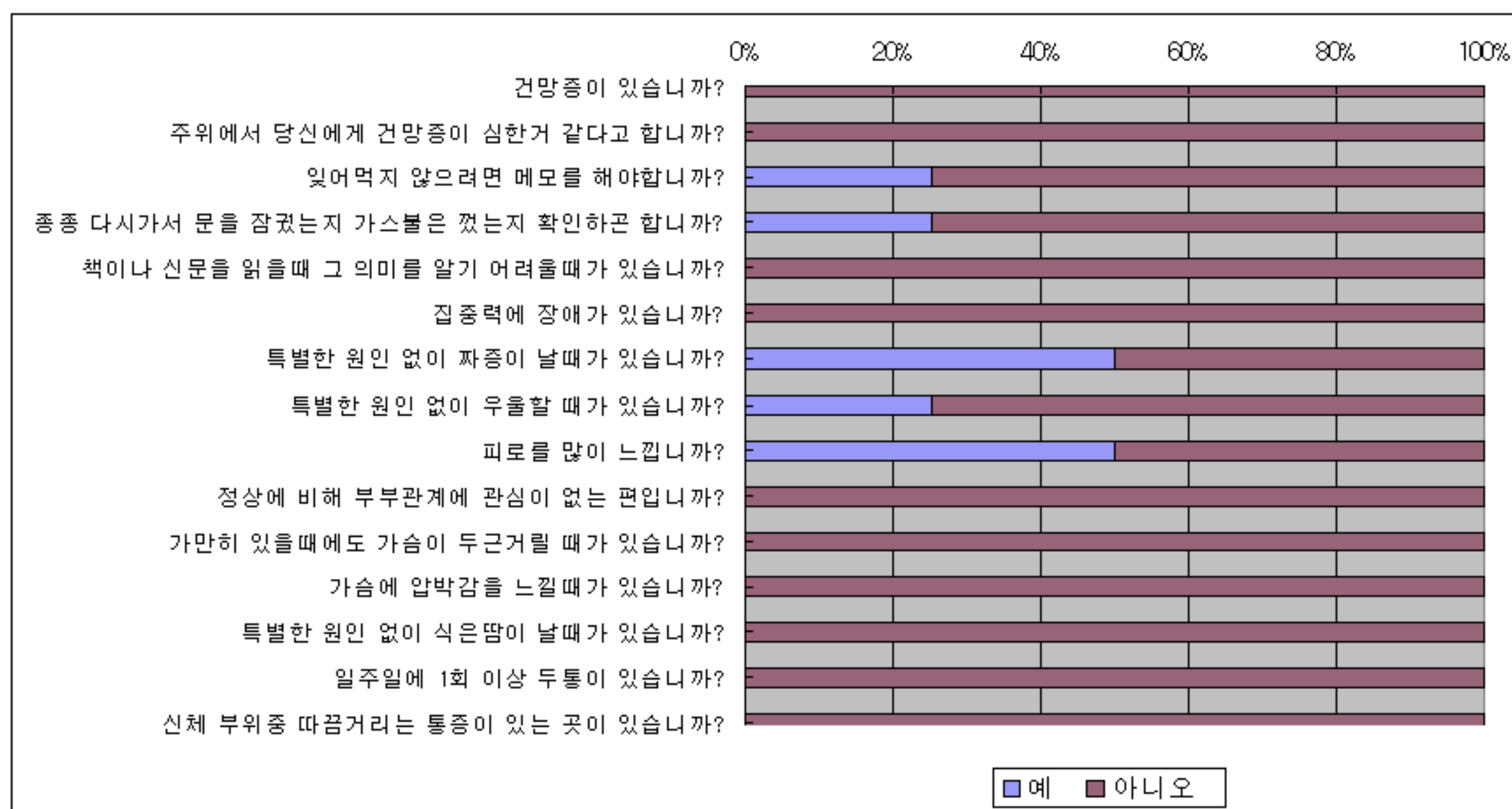
[그림 6-5] 유해물질 사용에 대한 노출근로자의 증상 설문지



[그림 6-6] 유해물질 사용에 대한 노출근로자의 증상 설문지

<표 6-15> 장기간 유기용제 노출근로자의 증상 설문(Swedish Q16 설문지 이용)

	증상	예	아니오
1)	건망증이 있습니까?	0(0.0)	4(100.0)
2)	주위에서 당신에게 건망증이 심한거 같다고 합니까?	0(0.0)	4(100.0)
3)	잊어먹지 않으려면 메모를 해야합니까?	1(25.5)	3(75.5)
4)	종종 다시가서 문을 잠겼는지 가스불은 켜는지 확인하곤 합니까?	1(25.5)	3(75.5)
5)	책이나 신문을 읽을때 그 의미를 알기 어려울때가 있습니까?	0(0.0)	4(100.0)
6)	집중력에 장애가 있습니까?	0(0.0)	4(100.0)
7)	특별한 원인 없이 짜증이 날때가 있습니까?	2(50.0)	2(50.0)
8)	특별한 원인 없이 우울할 때가 있습니까?	1(25.5)	3(75.5)
9)	피로를 많이 느낍니까?	2(50.0)	2(50.0)
10)	정상에 비해 부부관계에 관심이 없는 편입니까?	0(0.0)	4(100.0)
11)	가만히 있을때에도 가슴이 두근거릴 때가 있습니까?	0(0.0)	4(100.0)
12)	가슴에 압박감을 느낄때가 있습니까?	0(0.0)	4(100.0)
13)	특별한 원인 없이 식은땀이 날때가 있습니까?	0(0.0)	4(100.0)
14)	일주일에 1회 이상 두통이 있습니까?	0(0.0)	4(100.0)
15)	신체 부위중 따끔거리는 통증이 있는 곳이 있습니까?	0(0.0)	4(100.0)



[그림 6-7] 장기간 유기용제 노출근로자의 증상 설문(Swedish Q16 설문지 이용)

6개 이상의 항목에 예라고 답하면 유기용제 노출에 따른 중추신경계 장애에 대해 의심하고 조사해야 할 필요가 있는 것으로 나타내어지는 것이다.

(3) 산재 자료 분석 결과

1. 총괄 재해현황

<표 6-16> 2002, 2003, 2004년 산재 통계(근로복지공단 자료)

구 분	2002	2003	2004
사업장수(개소)	1,002,263	1,006,549	1,039,208
근로자수(명)	10,571,279	10,599,345	10,473,090
재해자수(명)	81,911	94,924	88,874
업무상사고자수	76,494	85,794	79,691
업무상질병자수	5,417	9,130	9,183
사망자수	2,605	2,923	2,825
요양자수	79,306	92,001	86,049
재해율(%)	0.77	0.90	0.85
강도율	2.13	2.35	
도수율	3.19	3.68	
사망만인율	2.46	2.76	2.7
근로손실일수(일)	54,011,503	59,135,167	
산재보상금(백만원)	2,020,335	2,481,814	
경제적손실액(백만원)	10,101,675	12,409,070	
1인당 산재보상금(원)	191,115.5	234,147.9	

※ 재해율=재해자수/근로자수×100 : 근로자수 100명당 발생하는 재해자수의 비율

※ 강도율=총근로손실일수/연근로시간수×1,000 : 1,000 근로시간당 재해로 인한 근로손실일수

※ 도수율= 재해건수/연근로시간수×1,000,000 : 100만 근로시간당 재해발생 건수

※ 사망만인율=사망자수/근로자수×10,000 : 근로자수 10,000명당 발생하는 사망자수의 비율

※ 1인당 산재보상금=산재보상금/근로자수

2002년의 전체 사업장은 1,002,263개소의 근로자수는 10,571,279명, 재해자수는 81,911명, 2003년의 사업장수는 1,006,263개소의 10,599,345명, 재해자수는 94,924명, 2004년 사업장수는 1,039,208개소의 10,473,090명, 재해자수는 66,674명으로 2002, 2003, 2004년의 재해율은 각 0.77%, 0.9%, 0.65%이었다.

2002년부터 2004년까지 3년간의 산재요양급여가 지급된 경우를 분석하였다. 분석을 위하여 매년 사업장의 근로자 인원을 확인하였으나, 매년 약간씩의 차이가 있으나 큰 변동이 없었고, 연인원의 파악이 어려운 경우도 있어 2005년의 현 인원을 기준 인원으로 하였다.

다음은 대상 사업장에서 3년간 산재발생여부와 총 근로자 수이다. 이 사업장 중 ‘라’ 사업장은 현장방문을 통해 점검한 결과 사용하지 않는 것으로 나타나 분석에서 제외하였다.

<표 6-17> 2002~2004년 DEAE 취급 사업장 산재 발생(근로복지공단 자료)

사업장명	2002년부터 2004년까지 산재발생여부	총근로자수	비고
가	1	19	
나	b0	4659	
다	0	197	
합		4,875	
라	1	34	사용하지 않음

2002년도

1) 산재 건수와 급여지급액

재해율은 산재건(자)수인 1을 전체 물질사용 근로자 수인 487로 나누어 백분율을 구하면 0.002로 2002년 전체 근로자의 재해율인 0.77 보다 낮아 DEAE 사용사업장에서 특별히 산재건수가 높다고 판단되지는 않는다.

1인당 산재보상금은 급여지급액 2,234,210원을 전체 물질사용 근로자 수인 487로 나누면 4,587.7원으로 2002년 전체 근로자의 1인당 산재보상금 191,115.5원 보다 낮았다.

<표 6-18> 2002년도 DEAE 취급 사업장 산재 건수와 급여지급액

사업장	총근로자수	산재자수	급여지급합계	요양급여	휴업급여	장해급여	유족급여	장의비
가	19	1	2,234,210	474,840	1,759,370	0	0	0

2) 산재의 발생형태

산재의 발생형태는 모두 사고성으로 특별히 유기용제 특히, DEAE에 의한 증상으로 의심할 수 있는 형태는 발견되지 않았다.

<표 6-19> 2002년도 DEAE 취급 사업장 산재의 발생형태

사업장	성별	재해발생형태	주 상병명
가	1	부딪침(충돌)	어깨의 개방성 상처

2003년도

1) 산재 건수와 급여지급액

재해율은 산재건(자)수인 1을 전체 물질사용 근로자 수인 487로 나누어 백분율을 구하면 0.002로 2003년 전체 재해율인 0.9 보다 낮아 DEAE 사용사업장에서 특별히 산재건수가 높다고 판단되지는 않는다.

1인당 산재보상금은 급여지급액 950,480원을 전체 물질사용 근로자 수인 487로 나누면 1,951.7원으로 234,147.9원 보다 낮았다.

<표 6-20> 2003년도 DEAE 취급 사업장 산재 건수와 급여지급액

사업장	총근로자수	산재자수	급여지급합계	요양급여	휴업급여	장해급여	유족급여	장의비
가	19	1	950,480	157,150	793,330	0	0	0

2) 산재의 발생형태

산재의 발생형태는 모두 사고성으로 특별히 유기용제 특히, DEAE에 의한 증상으로 의심할 수 있는 형태는 발견되지 않았다.

<표 6-21> 2003년도 DEAE 취급 사업장 산재의 발생형태

사업장	성별	재해발생형태	주 상병명
가	1	감김·끼임(협착)	손가락의 탈구

2004년도

1) 산재 건수와 급여지급액

발생건수 없음

2) 산재의 발생형태

발생건수 없음

2004년도에는 DEAE 취급 사업장에서 발생한 산재건수가 없기 유기용제 취급 사업장과는 비교할 수 없었다.

7. 노출기준 제안

가. 노출기준의 요약 및 해설

(1) 선진국의 노출기준 해석

가) 미국

OSHA와 NIOSH에서는 DEAE의 동물실험에서 나타난 눈, 코, 목과 피부의 자극 증상을 기초로 TLV-TWA, 10 ppm(피부)을 제시하고 있다.

ACGIH에서는 자극증상과 신경독성을 기초로 1994년 TLV-TWA 2 ppm(피부주의)을 제시하고 있고, 동물 독성 실험에서 200 ppm에 노출될 때 랫트 50마리 중 7마리가 죽은 실험을 외삽하여 TWA와 NIOSH의 IDLH를 제시한 것으로 여겨진다.

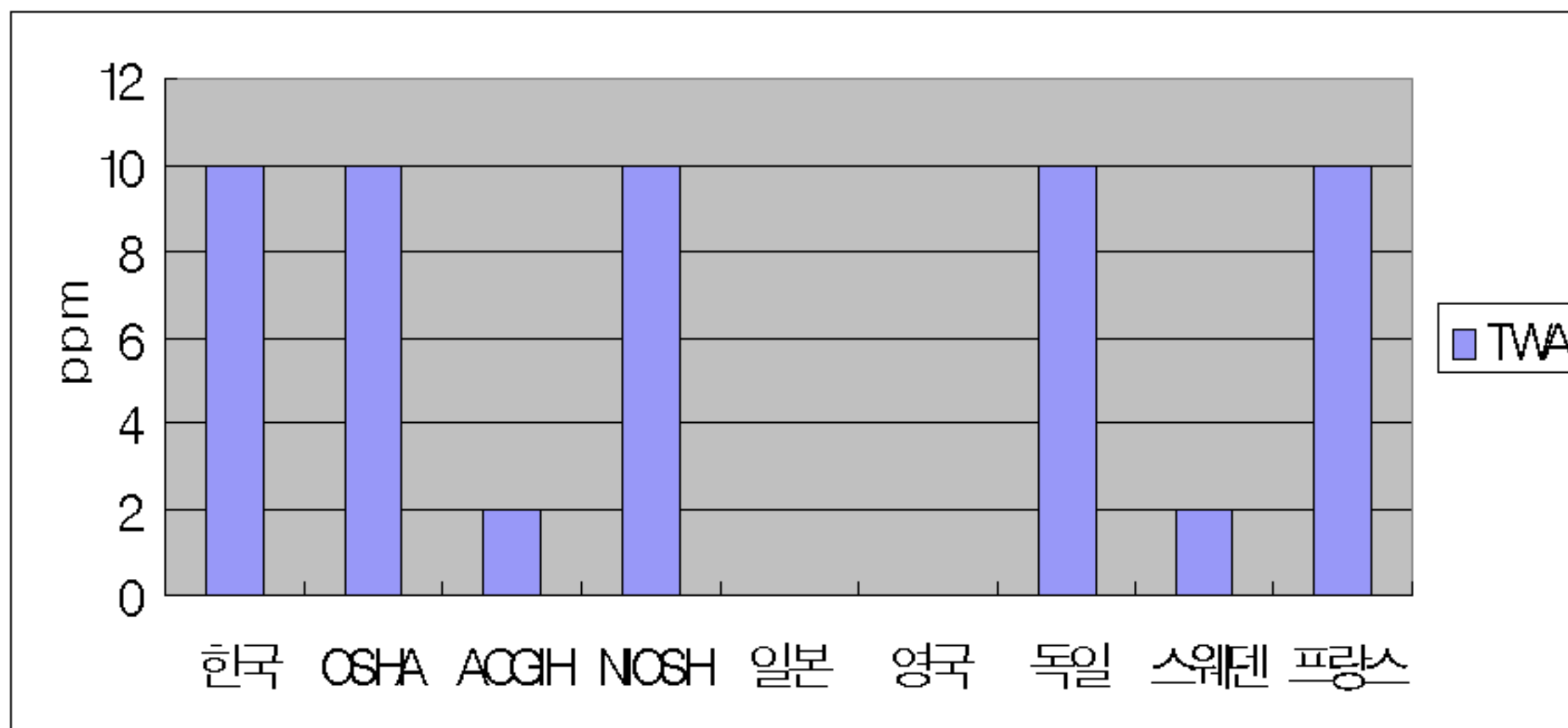
나) 기타 국가(일본, 영국, 독일, 스웨덴, 프랑스)

독일, 프랑스 모두 DEAE의 노출기준을 TLV-TWA로 10 ppm을 기준으로 하고 있으나, 독일은 Part of the Federal Institute for Occupational Safety and Health(FIOSH/BAuA)에서 MAK에 대해 Ceiling 24 mg/m³(약 5 ppm로 환산됨)을 권고하고 있다. 스웨덴에서는 TLV-TWA 2 ppm, STEL 10 ppm으로 가장 낮은 노출기준을 채택하고 있다.

영국은 2000년 dimethylaminoethanol에 대한 OEL (Occupational Exposure Limits)으로 10ppm(50 mg/m³)으로 제시하였으나, 2005년 HSC (Health and Safety Commision)에 의해 노출기준이 철회되었다.

일본에서는 노출기준은 2005년에 제시된 노출기준(OEL)이 발표되었고(JSOH, 2005), DEAE에 대한 노출기준은 제시되어 있지 않았다.

또한, 미국산업위생학회(ACGIH)가 2005년에 보고한 Documentation of the TLVs and BEIs, 2005.에도 일본에서의 DEAE에 대한 노출기준은 제시되어 있지 않았다.



[그림 7-1] 각국의 TWA

(2) 현행 우리나라 노출 기준 요약 및 해설

가) 물리적 인자 및 화학적 인자의 노출기준

TWA 10 ppm (50 mg/m^3)

나) 적용년도

1989년

다) 기준의 성격

법적기준

산업안전보건법 제39조 유해인자의 관리 및 시행규칙 제31조 2 노출 기준의 설정 등 규정에 의한 관리대상물질

산업안전보건법 제42조 작업환경측정 등 및 시행규칙 제93조 작업환경측정 대상 사업장등 규정에 의한 작업환경측정대상물질

라) 노출기준의 추이

변화없음

마) 참고자료

노동부고시 제2002-8호(2002. 5. 6) 화학물질 및 물리적인자의 노출기준

바) 관련 문헌 요약

나. 우리나라 실정에 적합한 노출기준 제시

(1) 국내의 노출실태

가) 작업환경측정 자료

작업환경측정 자료 없음

나) 실태조사 결과

본 연구에서 예비조사를 실시하여 DEAE를 사용하고 있거나 DEAE를 사용하지 않으나 자료상에 DEAE 사용으로 나와 있는 사업장 10개 사업장을 방문하고, 실제 DEAE를 사용하고 연구기간 내 DEAE를 취급하는 5개 사업장을 대상으로 노출 실태조사를 하였다.

실태조사 결과 작업환경 중의 DEAE의 농도는 기기에서 검출되지 않았고, 혼합물 형태의 유기용제에서도 불검출 되었다.

따라서, 현재 우리나라에서 DEAE의 사용과 노출량은 미약할 것으로 생각되었다.

(2) 노출기준 제시

본 연구에서는 DEAE의 노출기준을 TWA 2 ppm으로 제시한다.

미국의 ACGIH와 스웨덴의 TWA 2 ppm의 기준을 제외하고, 나머지 국가와 기관의 노출기준은 TWA 10 ppm을 기준으로 하고 있었는데, 점막 자극 증상에 기초하여 10 ppm의 노출기준을 제시하고 있었다.

그러나 다른 연구들에서 동물 실험을 통해서 기타 기관의 독성을 증명하는 연구들과 미국산업위생학회(ACGIH)의 문헌에서 DEAE는 신경독성(neuritoxicity)도 나타날 수 있으며 특히 고환의 위축(testicular atrophy)을 보고하였다.

또한, 랫트를 대상으로 한 실험에서 200 ppm 노출에서 50마리 중 7마리가 사망한 실험이 있었다. 이를 인체에 외삽하였을 때 2 ppm의 기준을 추정할 수 있었다.

다른 건강영향으로 주요한 호흡기 질환(폐렴, 세기관지염, 호흡부전으로 인한 사망)을 동물실험에서 나타났었다.

이전의 연구 결과들이 동물에 대한 독성실험이 대부분이고 인체에 대한 독성 실험이 없는 상태에서 DEAE의 NOAEL은 정하기 어려울 것으로 생각 되나 동물실험을 인체에 외삽하면 인체의 NOAEL을 추정할 수 있을 것이다.

그러나 노출기준 10 ppm은 1989년도에 처음 제시되었고, 미국산업위생학회(ACGIH)에서 신경계 독성(neurotoxicity)을 고려하여 1993년에 노출기준으로 제시한 사실을 고려할 때 DEAE의 TWA 노출기준은 2 ppm으로 정하는 것이 급성과

만성 효과로부터 작업자를 보호할 것으로 생각된다.

NIOSH의 IDLH 100 ppm을 권고하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 독일과 스웨덴을 제외한 국가에서는 STEL을 제시하고 있지 않고, STEL을 정할만한 독성 노출 실험이 부족하였기 때문에 STEL의 재정은 언급되지 않았다.

또한, 현재 우리나라의 DEAE의 산업 환경에서의 노출수준이 미미한(ND) 수준에서는 노출기준의 강화로 인한 사회적, 경제적인 손실은 크지 않을 것으로 추정할 수 있을 것이다.

8. 취급근로자 건강장해 예방조치

가. 유해공정별 작업환경관리요령

(1) 박리조 공정

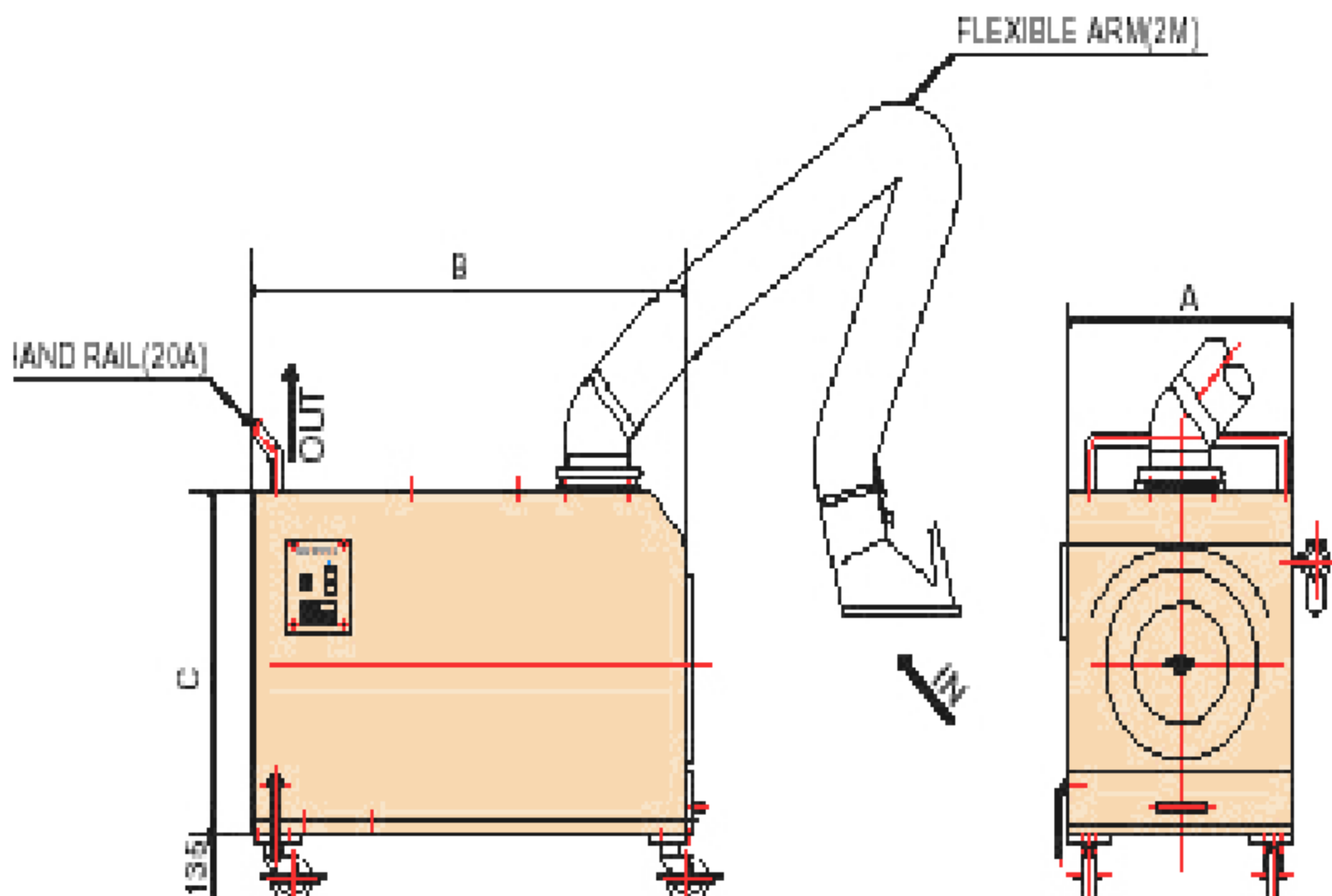
자동화된 공정은 박리조(그림 8-1)를 항상 완전 밀폐하고 박리조의 개폐시에 노출이 가능하므로 개폐구에 국소환기 설비를 하여 노출을 줄이도록 한다. 간헐적으로 박리조의 고장, 수리, 부품 교체시에 고농도로 노출이 가능하므로 박리조는 충분히 환기한 후 작업을 하도록 한다. 박리조의 용제를 보충할 때(그림 8-2)는 노출량이 클 수 있으므로 투입구 전면에 이동형 환기 설비(그림 8-3)를 하여 노출을 줄인다.



[그림 8-1] 박리조



[그림 8-2] 용제 보충



[그림 8-3] 이동형 국소배기장치

(2) 화학공정

유해작업장소에는 국소배기장치 설치를 원칙으로 하되, 국소배기 후에도 작업환경중의 유해물질농도가 허용기준을 초과할 우려가 있거나 상당수준에 있을 때 필요환기량을 계산하고 그에 맞는 배풍기 및 송풍기를 오염원과 가까운 곳에 설치하는 전체환기를 보조적으로 운영하는 것이 필요하다.

가) 원재료의 저장

원재료는 수급처로부터 수령하여 대차, 지게차 및 트럭 등으로 운반하며 저장탱크 또는 저장창고로 이송된다.

액체원료는 펌프 및 연결부파손, 과다 충전으로 인한 누출가능성이 있다. 고체원료는 준비장소에서 작업자의 관리 소홀로 포대 또는 드럼이 파손 될 잠재성이 항상 있다.

따라서 원재료의 하역 및 저장장소에는 항상 정리정돈, 청소, 유지 및 보수

관리 등이 상당히 필요하다. 정리정돈, 청소 등이 불량하면 기류변동 및 작업 활동으로 분진이 발생되어 작업장내 공기 중에 체류할 수 있다.

저장창고 및 저장장소는 작업자가 상주하는 지역이 아니므로 폭로가 적어 별문제가 없으나 작업자는 이 경우에 호흡기 및 피부를 통하여 폭로될 수 있으므로 주의를 요한다.

이런 지역에서는 단일 유기용제에 의한 폭로 뿐 만 아니라 복합유기용제에 의한 폭로까지도 고려해야 한다.

나) 계량 및 준비

액체 및 고체원료를 계량하는 작업준비장소에서는 부스식 환기 시설을 설치 이용해야만 유기용제 증기의 폭로를 최소한으로 줄일 수 있다.

이공정은 지속적으로 작업이 수행되지는 않지만 유기용제의 과도한 노출이 예상되므로 호흡용 보호구를 준비하여 작업 중에는 반드시 착용 후 실시하도록 한다. 액상원료의 경우 로우드 셀을 이용한 자동계량장치, Gun식 계량장치, 계량호퍼, 크레인 스케일장치 등을 설치하고 연결하여 원료계량, 투입공정을 밀폐화 시킨다.

분체원료 및 액상원료 중 밀폐공정이 곤란한 경우 계량작업 장소 및 반응기 투입구에 국소배기장치를 설치한다. 국소배기장치 설치시 유해물질이 발생원에서 포집속도가 충분하도록(0.5m/s 이상) 배풍량을 결정한다.

① 로우드 셀을 이용한 자동계량장치

계량호퍼에 전자저울(로우드 셀)을 부착하여 로우드 셀에서 일정 무게를 검출, 전기신호를 바꾸어 저장탱크 밸브 및 계량호퍼 밸브를 자동으로 개폐조작하는 장치다. 정밀도가 높고 중량검출방식이므로 온도에 따른 비중변화가 심한 물질에도 사용이 가능하다. 사용할 때 센서의 충격방지, 콘트롤 장치 등의 부식 방지조치(air purge 또는 완전밀폐구조) 등에 유의하여야 한다.

② Gun식 계량장치

원료공급배관에 호스릴 장치 및 Counter가 장착된 Gun식 계량기를 부착하여

작업자가 유량을 직접 확인하면서 조작하는 장치이다. 조작이 편리하고, 호스릴 장치를 작업장 상부에 설치할 수 있어 좁은 장소에서도 사용이 가능하다. 사용물질에 따라 pump 및 계량기의 재질선택 또는 표면처리에 유의하여야 한다.

③ 계량호퍼(수동밸브조작)

계량호퍼에 지시눈금을 부착하여 액량을 육안으로 확인하면서 수동으로 계량호퍼 밸브를 조작한다. 설비가 간단하고 관리보존이 용이하다. 작업시 오차가 발생하지 않도록 유의하여야 한다.

④ 크레인 스케일

호이스트에 직접 부착하는 전자저울로서 드럼원료의 계량투입에 사용한다. 사용할 때에만 부착할 수 있으므로 여러 장소에서 사용할 수 있으며, 관리보존이 용이하다.

다) 혼합 및 분산

혼합공정에서 노출은 흔하게 일어난다. 환기장치가 효과적으로 가동되지 않거나 악조건하에 있다면 유의한 수준의 농도가 작업장내로 방출될 수 있다.

혼합 및 분산 공정에서 효과적으로 작업자 폭로를 관리하기 위해서는 믹서기 및 분산장치의 개구부 등에 환기장치를 하고 후드 유입부는 유해물질을 적절히 배기시킬 수 있도록 설치되어야 한다.

라) 반응공정

반응기 가스배출구를 이용한 포위식 국소배기장치의 경우 가스배출구에 댐퍼를 설치하여 원료투입시와 반응시의 배출량을 적절하게 조절하여야 하며, 공정상 가능한 경우 반응기 내부에 Shower nozzle을 장착하여 비중이 아주 작은 물질 투입시 손실되는 양을 감소시키고 유해물질의 노출을 최대한 억제하는 것이 바람직하다.

반응기의 상부가 개방된 것은 밀폐형으로 개조하여 반응도중 발생될 우려가 있

는 반응액 증기 및 유해가스가 작업장 내로 확산되는 것을 방지한다. 반응기 하부에 샘플링 배관(밸브부착)을 반응상태 점검시 반응기 상부의 뚜껑을 열지 않고, 반응액을 샘플링 할 수 있는 구조로 한다.

마) 충전 및 포장

충전 및 포장공정에서 폭로 가능한 유해인자로는 유기용제와 소음이 있다. 이 공정에서 유기용제를 관리하기 위해서는 용기 및 드럼에 채우는 충전부에 포위식 국소배기장치를 설치하여 노출농도를 감소시킬 수 있다.

① 자동계량장치

로우드 셀을 사용하여 자동으로 계량을 하는 장치로써 롤러컨베어 등을 부착하여 계량작업부위를 최대한 밀폐시키도록 한다.

완성품이 비중이 작은 경우에는 진공정량장치(Two Prong Lance System)를 부착하여 포장물질 속의 공기를 빼는 구조로 하는 것이 바람직하다. 포장작업 자체에서는 수분을 취급하지 않더라도, 기계세척을 자주하는 경우에는 방수형 로우드 셀을 사용하는 것이 설비보존 측면에서 바람직하다.

② 자동계량 포장장치

현재 대부분의 포장 형태는 드럼포장(내부비닐포장)으로 되어 있어 완전자동화가 어려운 상태이나, 완성품의 특성에 맞는 재질과 강도 등을 갖춘 bag을 적용하는 경우 자동계량장치에 open bag 자동공급장치, bag sealing 장치 등을 같이 연결함으로써 완전한 자동포장라인 구성이 가능하다.

자동계량, 포장장치 설치시 노출량이 감소된다.

바) 기타

사용한 용기 및 탱크 세척시 유기용제에 의한 노출을 줄이기 위해서는 외부식 원형 국소배기장치를 설치하여 작업에 임하도록 하는 것이 바람직하다.

그리고 탱크 세척시 보통 용제가 아닌 무독성 또는 저독성 세척제나 증류수를 사용하는 것이 안전하다.

나. 유해물질 안전취급요령

DEAE는 산업안전보건규칙 별표 11의 3의 작업환경측정대상 유해인자(제93조 제1항관련)이므로 DEAE를 사용하는 작업장은 주기적으로 또는 필요한 시기에 작업환경측정을 통해 근로자의 노출수준, 작업환경 농도를 파악하여 노출기준 미만으로 유지되고 있는지를 확인하고 노출기준을 초과하는 상황이라면 기준미만 또는 최소한으로 노출수준을 낮출 수 있도록 개선조치를 취하여야 한다.

개선 후에는 노출상태가 기준에 적합한지 감소가 되었는지 확인하도록 한다.

(1) 대체(substitution)

근본적인 작업개선방법이며 효과도 크지만 경제성, 작업의 특성, 생산조건의 제약에 의해서 적용할 수 없거나 공정기술의 전문적 지식이 뒷받침되어야 성공가능성이 높은 방법이다.

- 공정(process): 예) 스프레이도장을 침적형 도장으로 대체
- 설비(equipment): 예) 고소음 브로와를 저소음 브로와로 교체
- 물질(material): 예) 용제형 세척제를 수용성 세척제로 대체

(2) 밀폐, 격리(isolation)

물리적, 거리적, 시간적인 격리를 의미하며 쉽게 적용할 수 있고 효과도 비교적 좋다. 공정, 설비, 물질을 격리하는 방법이 있다.

(3) 환기(ventilation)

유해물질을 취급하는 공정에서 가장 널리 사용되며 효과도 좋다. 대체, 격리와 함께 사용되거나 시공시 비용이 많이 들고 설계에 따라 그 효과도 크게 차이가 나므로 반드시 전문가에 의한 설계가 필요하다. 국소배기와 전체환기가 있다.

공기 중으로 방출을 밀폐 또는 국소배기와 같은 방법으로 발생원에서 제어하여 확산되는 것을 방지한다. 산업안전보건기준에 관한 규칙에는 국소배기장치의 성능 중 제어풍속에 관한 기준이 동 규칙 별표 8에 제시되어 있다(아래)(노동부, 2003).

<표 8-1> [별표 8] 관리대상유해물질관련 국소배기장치 후드의 제어풍속(제175조관련)

물질의 상태	후드 형식	제어풍속(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 흡인될 때의 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

(4) 교육(education)

같은 작업을 하더라도 작업에 따라 개인의 노출정도가 크게 차이가 있을 수 있다. 올바른 작업방법에 대한 교육과 작업습관이 중요하다. 교육은 작업자에게만 필요한 것이 아니라 경영자, 엔지니어, 관리자 모두에게 필요하다.

(5) 작업환경측정 관리

주기적으로 또는 필요한 시기에 작업환경측정을 통해 근로자의 노출수준, 작업환경 농도를 파악하여 노출기준 미만으로 유지되고 있는지를 확인하고 노출기준을 초과하는 상황이라면 기준미만 또는 최소한으로 노출수준을 낮출 수 있도록 개선조치를 취하여야 한다.

개선 후에는 노출상태가 기준에 적합한지 감소가 되었는지 확인하도록 한다.

※ 관련법규: 산업안전보건법 시행규칙

제81조【유해인자의 분류·관리】

- ① 법 제39조제1항에서 “노동부령이 정하는 분류기준”이라 함은 별표 11의2의 분류기준을 말한다.
- ② 노동부장관은 제1항의 규정에 의한 분류기준에 해당하는 유해인자를 제3항의 규정에 의한 조사 및 법 제39조제3항의 규정에 의한 유해·위험성평가 등의 결과에 따라 다음 각 호의 물질 또는 인자로 정하여 관리하여야 한다.
 1. 법 제37조의 규정에 의한 제조 등 금지물질
 2. 법 제38조의 규정에 의한 제조 등 허가물질
 3. 보건규칙의 관리대상 유해물질
 4. 제93조제1항의 규정에 의한 작업환경측정 대상 유해인자
 5. 법 제39조제2항의 규정에 의한 노출기준설정 대상 유해인자
- ③ 노동부장관은 제2항의 규정에 의한 유해인자의 관리에 필요한 자료를 확보하기 위하여 유해인자의 취급·노출량, 취급근로자수, 취급공정 등을 주기적으로 조사(이하 “유해인자 노출실태조사”라 한다)할 수 있다.

다. 취급근로자 노출방지조치

(1) 환기

국소배기 또는 공정밀폐 환기장치를 설치할 것. 물질이 폭발농도의 위험이 있는 경우에는 해당 환기장치는 방폭설비를 할 것. 해당 노출기준에 적합한지 확인할 것.

(2) 피부 및 눈 접촉 방지

- ① 비산물 또는 유해한 액체로부터 보호되는 보안경을 착용하여야 한다.
보호구에 관한 좀 더 자세한 정보는 다음 절이나 참고문헌을 참고한다.
- ② 적절한 내화학성 보호의를 착용하여야 한다.
- ③ 눈 접촉시: 많은 양의 물을 사용하여 적어도 15분 동안 눈을 세척할 것.
곧바로 의사의 치료를 받도록 할 것.
- ④ 작업장 가까운 곳에 분수식 눈 세척시설 및 비상세척설비(샤워식)를 설치할 것.
- ⑤ 피부 접촉시: 오염된 의복 및 신발을 제거하는 동안 적어도 15분 동안 비누와 물로 씻을 것. 필요시 의사의 치료를 받도록 할 것. 오염된 의복 및 신발은 재사용전에 철저히 건조시키고 세탁할 것.
- ⑥ 누출시 물질을 만지지 말 것. 작업자가 위험없이 누출을 중단시킬 수 있으면, 중단시킬 것. 물 분무를 사용하여 증기의 발생을 감소시킬 것.
- ⑦ 소량 누출시: 모래 또는 다른 비가연성물질을 사용하여 흡수시킬 것. 누출된 물질의 처분을 위해 적당한 용기에 수거할 것.
- ⑧ 다량누출시: 추후의 처리를 위한 제방을 축조할 것. 발화원을 제거할 것. 관계인 외의 접근을 막고 위험 지역을 격리하며 출입을 금지할 것. 기준량이상의 배출에 대해서는 중정정부 및 지방자치단체에 배출내용을 통지할 것.

눈 보호: 비산물 또는 유해한 액체로부터 보호되는 보안경을 겹쳐 사용할 수 있는 보안면을 착용할 것. 작업장 가까운 곳에 분수식 눈 세척시설(그림 8-4,5) 및 비상세척설비(샤워식)(그림 8-6)를 설치할 것.



[그림 8-4] 분수식 눈 세척시설



[그림 8-5] 이동식 눈 세안기



[그림 8-6] 비상세척장치(샤워식)

(3) 개인보호구

적절한 개인보호구 보호의, 안전장갑 및 호흡용 보호구를 착용하고 작업에 임할 것.

보호장구의 재질에 따른 특정 화학물질에 대한 보호정도와 적정 재질은 다음을 참고 한다.

보호의(그림 8-7): 적절한 내화학성 보호의를 착용할 것

안전장갑(그림8-8): 적당한 내화학성 장갑을 착용할 것.



[그림 8-7] 내화학성 보호의



[그림 8-8] 내화학성 안전장갑

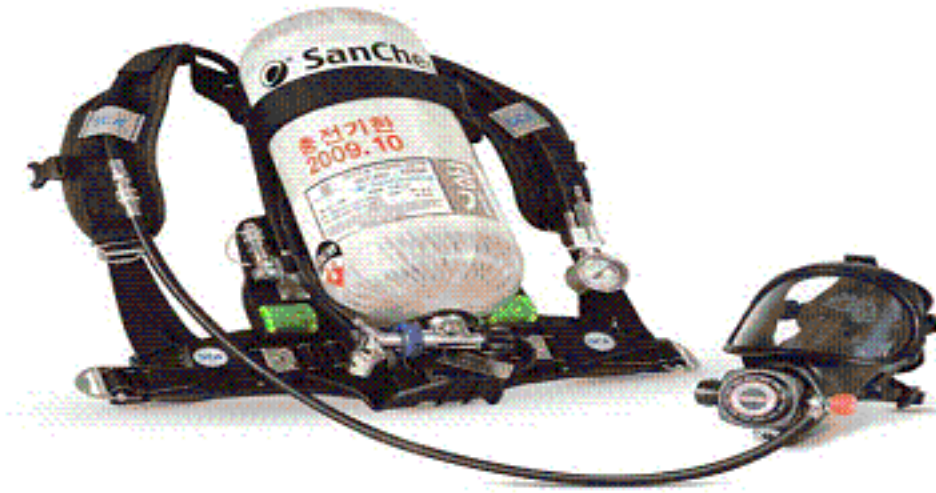
<표 8-2> 보호의, 보호장갑의 재질과 적용 화학물질

재질	효과적인 물질	비효과적인 물질	비고
Butyl 고무	극성 용제*	비극성 용제	
면	고체상 물질	용제에는 사용 못함	악한 찰과상 예방
Ethylene Vinyl Alcohol	대부분의 화학물질		쉽게 파손됨. 다른 강한 물질과 함께 사용해야 함
가죽		용제에는 사용 못함	기본적인 찰과상 예방
천연고무(latex)	수용성 용액, 극성 용제	비극성 용제	
Neoprene 고무	비극성 용제, 산, 부식성 물질		구조가 상대적으로 약함
Nitrile 고무	비극성 용제	일부 극성 용제	절단 및 찰과상 예방에 좋음
Polyvinyl Alcohol	비극성 용제 및 많은 극성 용제	물, 알코올	절단 및 찰과상 예방에 좋음
Polyvinyl Chloride	수용성 용액, 산, 부식성 물질, 일부 극성 용제	제조업체의 추천서 참고	찰과상 예방에 좋음
Vitron	비극성 용제, 제조업체 추천서 참고	극성 용제, 제조업체 추천서 참고	구조적으로 약함

* 비극성 용제에는 탄화수소와 염화계 탄화수소를 포함한다. 극성 용제에는 알코올, 물, 케톤류를 포함한다. 일부 용제란 고분자량 알코올, 에스테르, 알데히드를 말한다.



[그림 8-9] 공기마스크



[그림 8-10] SCBA

IDHL 상황에 대비하여 취급근로자 수에 맞게 공기 호흡기나 SCBA를 지급, 보관한다.

라. 취급시 주의사항

(1) 노출기준

① 산업안전보건법

현행 TWA는 10 ppm (50 mg/m³) 미만으로 유지되어야 한다.

개정 TWA는 2 ppm (9.6 mg/m³) 미만으로 유지되어야 한다.

② OSHA

TWA는 10 ppm

③ ACGIH

TWA는 2 ppm

④ NIOSH

10 ppm (50 mg/m³) TWA 10시간(피부)

24 mg/m³(5ml/m³) DFG MAK

(피크 한계 분류등급 - I, 편위(excursion)인자 1) (피부)

⑤ 권고 기준

TWA 2 ppm (10 mg/m³) 미만으로 유지되어야 한다.

IDLH 100 ppm(권고)

(2) 폐기시 주의사항

미국의 폐기물 처리관련 규정: U.S. EPA 40 CFR 262. 유해 폐기물 번호:D001, 적용

(3) 운송에 필요한 정보

미국 DOT(교통부) 49 CFR(연방법령) 172.101:

적정 선적명: 2-Diethylaminoethanol

ID 번호: UN2686

위험 분류 또는 등급: 8

포장 등급: II

경고표지 부착 요구: 8; 3

마. 응급조치요령

(1) 흡입

부작용이 발생하면, 오염되지 않은 지역으로 이동시킬 것.

호흡하지 않을 경우 인공호흡을 할 것,

호흡이 곤란하면, 자격증이 있는 요원에 의해 산소가 관리되어야 함. 즉시 의사의 치료를 받을 것.

(2) 피부접촉

오염된 의복 및 신발을 제거하는 동안 적어도 15분 비누와 물로 씻을 것.

필요시 의사의 치료를 받도록 할 것.

오염된 의복 및 신발은 재사용 전에 철저히 건조시키고 세탁할 것.
오염된 신발을 파괴할 것.

(3) 눈 접촉

많은 양의 물을 사용하여 적어도 15분 동안 눈을 세척할 것.
곧바로 의사의 치료를 받도록 할 것.

(4) 섭취

구토를 하지 않도록 할 것.
의식불명의 사람에게 토하게 하거나 음료수를 마시지 않도록 할 것.
많은 양의 물 또는 우유를 공급하도록 할 것.
구토를 하면, 구토물이 기도를 막는 것을 방지하기 위하여 머리를 둔부보다 낮추도록 할 것.
만약 사람이 의식 불명이면 머리를 옆으로 돌리게 할 것.
즉시 의사의 치료를 받도록 할 것.

(5) DEAE 노출에 따른 치료방법

가) 경구노출

- 구토제 사용: DEAE의 자극적인 특성 때문에 구토제 사용의 적응증이 아님
- 차콜(숯): 구토를 항진시켜서 내시경이 힘들어지기 때문에 추천되지 않음
- 회석법: 120 ~ 240 mL의 물이나 우유로 즉각 회석시킴(소아의 경우 120 mL 초과하지 않도록 함)
- 중화제 사용: 적응증이 아님
- 자극제이므로 환자에게 조직 손상을 줄 수 있으므로 처치시 주의할 것

나) 흡입노출

:즉시 환자를 신선한 공기가 있는 곳으로 옮기고 호흡기계 감시를 실시한다. 기침이 심하거나 호흡곤란 증상이 발생하면 기도 자극, 기도염증 및 화학적 폐렴을 감별하고 보존적 산소 요법 및 필요시 인공호흡기를 이용해 치료한다. 기도연축이 발생시에는 $\beta 2$ -agonist, 경구 또는 정주용 스테로이드를 사용한다.

다) 눈

DEAE에 눈이 오염된 경우에 증류수 또는 실온의 물을 이용해 15분 동안 씻어낸다. 자극증상이 있거나 통증, 부종, 눈물, 눈부심 증상이 나타나면 전문의에게 보인다. DEAE는 알칼리성으로 잔여물이 남을 경우 각막에 지속적인 손상을 일으킬 수 있으므로 중성화 될 때까지 식염수로 씻어내야 한다.

바. 유해물질 저장·보관방법

(1) 저장 및 보관

현행법규 및 규정에 의하여 저장 및 취급할 것.

미국의 보관 규정 : U.S OSHA 29 CFR.1910. 106. 접지 및 등전위 접지 필요. 혼합금지 물질과 분리할 것.

(2) 폭발 화재시 대처방법

화재 및 폭발 위험: 중급 수준의 화재 위험이 있음.

증기는 공기보다 무거움.

증기 또는 가스는 원거리의 발화원으로부터 점화되어 순식간에 확산될 수 있음.

증기/공기 혼합물은 인화점 이상에서 폭발성이 있음.

소화재: 입자상 분말 소화약제, 이산화탄소, 물,

일반적인 포말, 알코올 방지 거품

대형 화재: 일반적인 소화약제를 사용하거나 미세한 물 분무로 살수할 것.

소방: 위험 없이 할 수 있으면 용기를 화재지역으로부터 이동시킬 것.

용기 내부에 물을 넣지 말 것.

진화가 된 후에도 상당 시간 동안 물분무로 용기를 냉각시킬 것.
 탱크의 양 끝에는 접근하지 말 것.
 화재로 인하여 안전장치가 작동하는 소리가 나거나 탱크가 변색되는 경우에는 즉시 대피할 것.
 탱크, 철도 차량 또는 탱크 트럭에 대한 대피반경: 0.8Km(1/2마일).
 물질의 누출을 먼저 중지시키고 진화를 시도할 것.
 진화가 된 후에도 상당 시간 동안 물분무로 용기를 냉각시킬 것.
 방호 조치된 장소 또는 안전 거리가 확보된 곳에서 물을 뿌려야 함.
 물질에 직접 접촉되지 않도록 할 것.
 대형 화재: 미세한 물 분무로 대량 살수할 것.
 물 분무를 사용하여 증기의 발생을 감소시킬 것.
 물질자체 또는 연소 생성물의 흡입을 피할 것.
 바람을 안고 있도록 하고 저지대를 피할 것.

인화점: 126 °F (52 °C) (CC)

발화하한치: 6.7%

발화상한치: 11.7%

자연 발화: 608 °F (320 °C)

(3) 누출사고시 대처방법

직업적 유출: 열, 화염, 스파크 및 기타 점화원을 피할 것.
 누출된 물질을 만지지 말 것,
 작업자가 위험 없이 누출을 중단시킬 수 있으면 중단시킬 것.
 물 분무를 사용하여 증기의 발생을 감소시킬 것.
 용기 내부에 물을 넣지 말 것.
 소량 누출: 모래 또는 다른 비가연성 물질을 사용하여 흡수시킬 것.
 누출된 물질의 처분을 위해 적당한 용기에 수거할 것.
 다량 누출: 추후의 처리를 위한 제방을 축조할 것.

발화원을 제거할 것.

관계인 외의 접근을 막고 위험 지역을 격리하며 출입을 금지할 것.

사. 개인보호구

(1) 개요

발생원에서의 오염원을 제거하거나 감소시키기 위해 공학적인 관리 기법을 사용하는 것이 우선시되나, 어떤 공정이나 작업에서는 공학적 관리가 기술적으로나 경제적으로 실현가능하지 않는 어떤 공정이나 작업에서는 보호구를 사용하는 것이 필요하다.

호흡보호구는 공학적인 관리나 작업방식 관리처럼 일관성있게 믿을 수 없고 추가적인 문제를 야기할 수 있고 노출기준 미만으로 노출을 감소시키는데 선호할 만한 방법이 아니다.

따라서 이것은 공학적 또는 작업관리가 오염물질을 노출기준 미만으로 낮추는 데 사용될 수 있는 상황에서만 제한적으로 사용되어야 한다. 예를 들면 보수정비작업, 응급상황, 공학적관리가 실행되는 동안 보호구를 사용하여 노출을 낮추도록 한다.

어떤 경우에는 공학적 또는 작업관리만으로 기준미만으로 노출을 낮추기가 어려운 곳에서는 보호구를 보완적으로 사용하여 노출을 최대한 감소시킨다.

사용되는 모든 보호구는 해당 작업에 적합한 것을 선택하여야 하고, 적절히 관리하여야 한다. 보호구는 근로자를 보호할만한 적절한 성능을 갖추었는지, 사용 근로자에게 잘 맞는지 또는 밀착(fit)이 되는지, 손상이 없는지, 적절히 청결이 유지되고 관리되고 있는 지를 확인하여야 한다.

보호구를 사용하는 근로자에 대한 교육 필요하다. 어떤 보호구가 필요한지, 보호구에 적절히 맞는지는 아는 방법, 착용하고 벗고 조절하는 방법, 보호구를 처분하는 방법, 보호구를 관리하는 방법, 보호구 사용상의 제한점 등에 대한 교육이 있어야 한다.

교육훈련은 작업조건이 바뀔 때마다 새로운 또는 다른 보호구가 사용될 때 실시하도록 한다.

(2) 보호구의 선정

산업안전보건법 보호구 성능검정 규정(노동부고시 제2003-19)에는 송기마스크, 방독마스크, 방진마스크, 보안면, 보안경, 안전장갑, 안전대, 안전모, 안전화, 방열복 등의 보호구의 검정규격을 규정하고 있다.

호흡보호구를 포함한 보호구는 이러한 규정에 있는 검정규격에 적합한 것으로 판정받은 한국산업안전공단 검정을 필한 것을 선정하여 착용하여야 한다.

다음 호흡용보호구 및 최대 사용 농도는 미국국립산업안전보건연구소(NIOSH) 및 미국산업안전보건청(OSHA)에서 작성한 것임

100ppm

방독마스크(직결식 소형(그림 8-11), 유기가스용(그림 8-12).

공기여과식 호흡보호구(유기가스용 정화통 및 전면형(그림 8-13)

전동펜 부착 호흡보호구(유기가스용(그림 8-14)



[그림 8-11] 직결식 방독마스크 소형



[그림 8-12] 유기가스용 필터



[그림 8-13] 공기여과식 호흡보호구 전면형 [그림 8-14] 전동팬부착 호흡보호구

(3) 보호구 관련 규정

산업안전보건기준에 관한 규칙(노동부, 2003)에 명시되어 있는 보호구와 관련된 규정은 아래와 같다.

제11장 관리대상유해물질에 의한 건강장해의 예방

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 확산될 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 때에

는 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 관리대상유해물질을 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.

제12장 허가대상유해물질에 의한 건강장해의 예방

제213조(목욕설비 등) ①사업주는 허가대상유해물질을 제조·사용하는 때에는 당해 작업장소와 격리된 장소에 탈의실·목욕실 및 작업복 갱의실을 설치하고 필요한 용품 및 용구를 비치하여야 한다.

②사업주는 제1항의 규정에 의하여 설치하는 목욕 및 탈의시설의 경우 입구·탈의실·목욕실·작업복 갱의실 및 출구 등의 순으로 설치하여 근로자가 그 순서대로 작업장에 들어가고 작업종료 후에는 반대의 순서대로 나올 수 있도록 하여야 한다.

③사업주는 허가대상유해물질 취급근로자가 착용하였던 작업복, 보호구 등은 오염을 방지할 수 있는 장소에서 벗도록 하고 오염제거를 위한 세탁 등 필요한 조치를 하여야 한다. 이 경우 오염된 작업복 등은 세탁을 위하여 정해진 장소외의 장소로 반출하여서는 아니된다.

제214조(긴급세척시설 등) 사업주는 허가대상유해물질을 제조·사용하는 작업장에 근로자가 쉽게 사용이 가능하도록 긴급세척시설 및 세안설비를 설치하고 사용할 때에는 배관찌꺼기 및 녹물 등이 나오지 아니하고 맑은 물이 나올 수 있도록 유지하여야 한다.

제215조(누출시 조치) 사업주는 허가대상유해물질을 제조·사용하는 작업장에서 당해 물질이 새는 때에는 즉시 당해 물질이 흩날리지 아니하는 방법으로 제거하는 등 필요한 조치를 하여야 한다.

제216조(시료의 채취) 사업주는 허가대상유해물질(베릴륨을 제외한다)의 제조설비로부터 시료를

채취하는 때에는 다음 각호에서 정하는 바에 따라야 한다.

1. 시료의 채취에 사용하는 용기 등은 전용의 것으로 할 것
2. 시료의 채취는 미리 지정된 장소에서 하고 시료가 흩날리거나 새지 아니하도록 할 것
3. 시료의 채취에 사용한 용기 등은 세척한 후 일정한 장소에 보관할 것

제217조(기록의 보존) 사업주는 허가대상유해물질을 제조 또는 사용하는 경우에는 허가대상유해물질명, 제조 또는 사용량, 작업내용, 새는 때의 조치 등에 관한 사항을 기록하고 그 서류를 보관하여야 한다.

제4절 방독마스크 등

제218조(방독마스크의 지급 등) ①사업주는 허가대상유해물질을 제조하거나 사용하는 작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 개인전용의 방진마스크 또는 방독마스크 등(이하 “방독마스크등”이라 한다)을 지급하여 착용하도록 하여야 한다.

②사업주는 제1항의 규정에 의하여 지급하는 방독마스크등을 보관할 수 있는 보관함을 비치하여야 한다.

제219조(방독마스크등의 관리) 사업주는 지급한 방독마스크등을 상시 점검하여 이상이 있는 경우 이를 보수하거나 다른 것으로 교환하여 주어야 한다.

제220조(보호의 등의 비치) 사업주는 근로자로 하여금 피부장해 등을 유발할 우려가 있는 허가대상유해물질을 취급하도록 하는 때에는 불침투성 보호의·보호장갑·보호장화 및 피부보호용 도포제를 비치하고 사용하도록 하여야 한다.

(4) 호흡기 보호구 선정시 주의사항

- ① 유해작업이나 공정의 성격
- ② 호흡기 장애의 종류(예, 물리화학적 성질, 경고성질 유무, 인체영향 정도, 허용기준 등)
- ③ 호흡가능 공기와 유해물질 존재 장소와의 거리
- ④ 보호구 사용 시간
- ⑤ 근로자의 작업형태, 작업강도
- ⑥ 보호구의 기능이나 작용에 대한 고려
- ⑦ 보호구의 보호계수 및 착용
- ⑧ 산성가스용 방독마스크

→ 기호 “ B ” · 색체 ” 회색 “ 대응가스(할로젠화수소산, 질산, 황산, 아

질산, 염산 등)

⑨ 유기가스용 방독마스크

→ 기호 " C " · 색채 " 흑색 " 대응가스(알콜류, 유기용제류, 이황화탄소, 석탄석유증류물 등)

⑩ 근로자가 지급된 보호구를 잘 착용토록 하기 위해서는 다음사항을 숙지토록 교육하여야 한다.

⑪ 주기적으로 검사하고 기록을 남길 것

㉠ 세척, 소독, 건조

㉡ 결함 유무 조사 : 밸브, 정화통, 면체, 머리끈 등

㉢ 낡거나 교체를 요하는 부품 교환 등 보수

㉣ 보관 : 먼지, 햇빛, 고열, 한냉, 고습, 유해화학물질, 물리적 손상 등이 없도록 청결한 곳.

방독면은 호과식이기 때문에 가스농도에 따라 방독면을 선택해야 한다. 농도한계는 다음 표와 같으며 이 이상의 고농도속에서의 사용은 대단히 위험하다. 또한 산소농도가 18%이하의 장소에서 사용하는 것도 매우 위험하다.

<표 8-3> 방독면 사용

종류	사용할 수 있는 가스농도
고농도 가스용 방독면	2%이하 (암모니아는 3%이하)
중농도 가스용 방독면	1%이하 (암모니아는 1.5%이하)
저농도 가스용 방독면	0.1%이하

(5) 호흡용 보호구의 종류와 착용방법

가) 종류

- ㉠ 여과식 보호구(공기중 산소농도 18% 이상일 때, 나쁜 공기를 여과재나 정화통으로 걸러내 주는 것)
 - 방진마스크 : 분진이 많이 발생하는 작업장에서 사용한다.
 - 방독마스크 : 유해가스가 발생하는 작업장에서 사용한다.
- ㉡ 공급식 호흡기
 - 공기 중 산소농도가 18% 미만일 때, 신선한 공기를 공급해 주는 것.
 - 송기마스크, 공기호흡기, 산소호흡기 등

(6) 올바른 선택과 착용방법

- ① 방진마스크는 얼굴에 잘맞는 것을 선택하여 밀착성 여부를 확인하고, 흡기구와 배기구를 손으로 막고 숨을 들이 쉬거나 내쉬는 방법으로 마스크 접촉부에 새는 곳이 없는지 테스트한 후에 사용한다.
사용후 필터에 붙은 분진은 손끝으로 톡톡 치거나 저압의 압축공기로 가볍게 불어서 제거하고 여과재 이면이 더러워지면 교체한다.
- ② 방독마스크는 대상가스에 맞는 정화통인지 꼭 확인해야 하며 가스의 종류별로 정화통의 색깔 및 가호가 다르므로 잘 보고 선택하여야 한다.
정화통의 사용시간은 제품별로 다르며, 제품에 표기되어 있으므로 그 시간이 지나면 교체해 주어야 한다.
 - 할로젠가스 : A, 회색/흑색 - 일산화탄소 : E, 적색
 - 유기가스 : C, 흑색 - 암모니아 : H, 녹색
- ③ 송기마스크는 산소보족 장소에서 장시간 일해야 하는 경우에 사용되며 튼튼하고 가벼우며, 착용시 압박을 주지 않는 것을 고른다.
특히, 호스가 중요한데, 안쪽으로 지름과 두께가 균일하고 유연성이 있어야

하며 유해가스 등에 부식되지 않아야 한다.

외부에서 깨끗한 공기를 유입하는데 긴 호스가 필요해 행동범위가 좁다는 단점이 있어 행동반경이 큰 작업시에는 산소호흡기나 공기호흡기를 사용한다.

- ④ 공기호흡기는 착용전에 압축용기의 사용시간 또는 남아있는 공기량을 확인하여 그 사용시간 범위 내에서 작업한다.

- ⑤ 호흡용보호구를 착용하고 유해환경 속으로 들어갈 때, 작업자는 가급적 천천히 움직이고, 작업 중에 송풍량이 감소한다거나 가스냄새, 기름냄새가 나고 공기의 온도가 상승하는 등 이상이 감지될 때는 즉각 대피한다.

착용시 압박감이 없고 호흡할 때 투시부가 흐려지지 않아야 한다. 얼굴전체를 덮는 전면식의 경우 서리가 끼어 위험할 수 있으므로, 사용 전 안쪽에 서리방지제를 발라주는 것이 좋다.

● NFPA(National Fire Protection Association)지수

화재로 인해 발생하는 인명이나 재산상의 손실을 막기 위한 안전지수로서 건강위험, 화재위험, 반응성에 대해 각각 0-4로 나누어져 있음.

● [NFPA의 지수표]

지수	건강위험	화재위험	반응성
4	치명적임	인화점이 22.8°C 이하	폭발할 수 있음
3	매우 유해함	인화점이 37.8°C 이하	충격이나 열을 가하면 폭발할 수 있음
2	유해함	인화점이 37.5 -93.9°C 사이인 물질	화학물질과 격렬하게 반응함
1	약간 유해함	인화점이 93.3°C 이상인 물질	열에 안정함
0	유해하지않음	잘 타지않음	안정함

● OSHA의 화재 등급

OSHA의 화재 등급은 인화점과 끓는점을 기준으로 I,Ⅱ,Ⅲ으로 구분하고 있으며 물질들의 인화점과 끓는점이 기준온도 이상인지, 이하인지에 따라 A, B, C로 구분하고 있음.

[OSHA화재등급표]

구 분	I		Ⅱ		Ⅲ	
	인 화 점	끓 는 점	인 화 점	끓 는 점	인 화 점	끓 는 점
기준온도	22.8°C	37.8°C	37.8°C	60°C	60 °C	93.3°C
A	이하	이하	이하	이하	이하	이하
B	이하	이상	이하	이상	이하	이상
C	이상	이하	이상	이하	이상	이하

위험물 각 류별 공통사항

자료출처: <http://www.firesafe.com.ne.kr>

제1류 위험물(산화성 고체)

1. 일반적성질

- 강력한 산화제이다.
- 산소를 다량 함유하고 있으며, 분해하여 산소를 방출한다.
- 가열, 충격 등에 의해 분해가 일어난다.

2. 위험성

- 단독으로 분해폭발성을 갖는 것도 있으며, 가연물과 접촉시 착화 또는 폭발위험이 있다.
- 유독성과 부식성을 갖는 물질도 있다.

3. 예방상 주의사항

- 가열, 직사광선, 화기를 피한다.
- 가연물과 접촉을 피한다.
- 충격, 마찰등을 피한다.

4. 소화방법

- 대량의 물에 의한 냉각소화
- 소화작업시 적절한 보호장비를 착용한다.
- 소화시 사용된 물은 산소를 다량 함유하고 있으므로 주변의 가연물을 제거한다.

제2류 위험물(가연성 고체)

1. 일반적성질

- 가연성 물질이다.
- 산소와 결합이 용이하며, 강환원성 물질이다.
- 발열량이 크고 연소온도가 높다.

2. 위험성

- 저온에서 발화가 용이하고 연소속도가 매우 빠르다.
- 산화제와 혼합될 경우 분진 폭발 등을 일으킨다.
- 연소열과 복사열이 많아 소화가 곤란하다.
- 연소 시 다량의 산소를 소비하므로 밀폐된 공간에서의 화재는 질식사고등을 초래한다.
- 황, 인등은 연소 시 유독가스를 발생한다.

3. 예방상 주의사항

- 가열, 인화원을 피한다.
- 산화제와 격리시킨다.
- 통풍이 잘되는 곳에 보관하고 직사광선을 피한다.

4. 소화방법

- 금속분을 제외하고는 대량의 물에 의한 냉각소화
- 소화작업 시 유독가스 흡입을 방지하기 위한 적절한 보호장비를 착용한다.
- 금속분, 철분, 마그네슘, 황화인은 건조모래, 건조분말 등을 사용하여 소화

제3류 위험물(금수성 물질)

1. 일반적성질

물과 접촉시 심하게 발열, 가연성가스의 발생 또는 폭발을 일으키는 물질이다.

2. 위험성

- 물과 반응하여 발열하거나 발화 또는 폭발한다.
- 칼륨과 나트륨은 부식성이 있다.
- 소화가 극히 곤란하다.
- 금속인 화합물은 화재시 유독가스를 발생시킨다.

3. 예방상 주의사항

- 용기는 밀폐시키고 공기나 수분과 접촉을 방지한다.
- 칼륨과 나트륨은 보호액에 저장한다.

4. 소화방법

- 물의 사용을 엄금한다.
- 마른모래, 건조분말, 팽창질석 또는 팽창진주암에 의한 질식소화
- 칼륨이나 나트륨은 격렬히 연소하고 진압이 극히 어렵다. 화재의 확대방지에 주력

제4류 위험물(인화성 액체)

1. 일반적성질

가연성의 액체(섭씨 20도의 온도에서 액체인 것을 말한다)이다. 대체로 휘발하기 쉽고, 증발에 의해 생성된 가연성증기가 연소하는 증발연소의 형태를 갖는다.

2. 위험성

- 상온에서 용이하게 증발하여 생성된 가스는 폭발성증기를 형성하므로, 밀폐된 공간에서의 취급시 폭발한계 이내에 들지 않도록 특히 주의하고, 환기가 잘 되도록 한다.
- 위험물질에 따라서는 인체에 유해한 것이 많으므로, 위험물의 접촉, 흡입 등을 피한다.
- 유체의 유동에 의하여 정전기를 발생하는 것은 적절히 접지를 하여 스파크에 의한 화재방지를 해야 한다.
- 일반적으로 액체는 물보다 가볍고, 증기는 공기보다 무겁다. 따라서 증기는 낮은 곳에 체류하기 쉽고, 화재 발생시 위험물에 물을 사용하는 것은 화재를 확대시킬 수 있다.
- 착화에너지가 작아 극히 인화하기 쉬우므로 인화원의 접근을 피한다.
- 발생된 증기는 무색으로 검출이 용이하지 않다.
- 소화가 곤란하다.

3. 예방상 주의사항

- 증기가 발생하지 않도록 밀폐된 용기에 저장한다.
- 인화원을 격리시킨다.
- 정전기가 발생하지 않도록 한다.
- 통풍이 양호한 곳에 저장한다.
- 전기설비는 방폭구조로 한다.

4. 소화방법

- 물의 사용을 금한다.
- 포·소화설비, 할로겐화합물소화설비, 이산화탄소 소화설비 등에 의한 질식소화를 한다.

제5류 위험물(자기반응성 물질)

1. 일반적 성질

위험물질 내에 산소를 포함하고 있어 내부연소가 가능하고, 충격 등에 의해 용이하게 분해하는 질화물 등이 포함된 물질이다.

2. 위험성

- 유기질화물은 극히 불안정한 화합물로 분해가 용이하고, 분해시 대량의 기체가 발생된다.
- 대부분이 단독으로 폭발성이 있고, 내부에 산소를 함유하여 스스로도 분해 폭발을 일으키며, 분해발열량이 커 폭발적으로 연소가 진행된다.
- 연소시 유독가스가 발생된다.
- 가열 또는 충격에 극히 용이하게 분해 폭발한다.
- 공기 중에 방치시 산화반응에 의한 열분해로 자연발화를 일으킨다.

3. 예방 상 주의사항

- 가열, 마찰, 충격 등을 피한다.
- 냉암소, 통풍이 양호한 곳에 보관한다.
- 정전기가 발생하지 않도록 한다.
- 전기기구류는 방폭구조로 한다.
- 폭발에 대비하여 저장소 부근에는 제방 등을 설치하여 유사시 피해를 최소화 하도록 한다.

4. 소화방법

- 사고 발생시 특별한 진압수단이 없으므로 피해를 최소화 하도록 한다.
- 대량의 물에 의한 냉각, 질식소화를 한다.

제6류 위험물(산화성 액체)

1. 일반적성질

산화성 액체로서 분자 내에 산소를 함유하고 있어 다른 가연물의 산화를 촉진한다.

2. 위험성

- 산화성이 커서 가연물과 접촉시 발화할 위험이 있다.
- 강산으로서 인체에 유해하고 부식성이 강하다.
- 소화용수는 강산성을 나타내어 인체에 해를 끼치거나 주변 환경을 오염시킨다.
- 물과 접촉시 발열한다(황산).

3. 예방상 주의사항

- 용기의 변형, 파손, 전도 등에 주의한다.
- 물 또는 가연물과의 접촉을 피한다.
- 흡습성이 강하므로 용기는 밀폐된 것을 사용한다.

4. 소화방법

- 6류 위험물이 직접 연소하지는 않는다. 따라서 가연물질과 접촉하지 않도록 한다.
- 마른 모래나 이산화탄소 소화약제를 사용한다.
- 물의 사용은 바람직하지 않다(발열 또는 소화용수에 의한 주변의 피해우려).

● 대상화학물질 분류기준에 따른 그림 표시

■ 물리적 위험물질



● 폭발성 물질

산소없이 마찰발생, 충격, 접촉시 폭발, 폭연되는 물질 또는 기체



● 산화성 물질

다른 물질(특히 가연성 물질)과 접촉하여 심한 발열반응을 나타내는 물질



● 극인화성 물질

- 인화점 0℃ 미만, 끓는점 35℃ 이하 액체
- 상온, 상압에서 공기 접촉시 인화성 기체

● 고인화성 물질

- 인화점 21℃ 미만 액체
- 상온에서 공기 접촉시 발열·발화 물질

● 인화성 물질

인화점 21℃ 이상, 55℃ 이하 액체

● 금수성 물질

물, 습한 공기와 접촉시 폭발성, 인화성 기체 방출 물질

■ 건강장해 물질



● 고독성 물질

- 흡입, 섭취, 피부로 소량 흡수시 사망, 만성 장애 유발물질
- 경구투여 : $LD50 \leq 25\text{mg/kg}$ (rat)
- 24시간 경피처리 : $LD50 \leq 50\text{mg/kg}$ (rat, rabbit)
- 4시간 연속흡입
 - 가스 또는 증기 : $LC50 \leq 0.5\text{mg/l/4hr}$ (rat)
 - 입자나 에어로졸 : $LC50 \leq 0.25\text{mg/l/4hr}$ (rat)

● 발암성 물질

미국 산업위생전문가협회(ACGIH)가 규정한 발암성 확인물질(A1), 추정물질(A2)

● 독성 물질

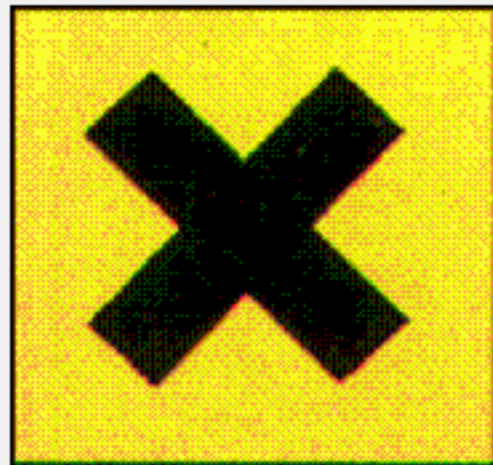
- 흡입, 섭취, 피부로 흡수시 사망, 만성 장애 유발물질
- 경구투여 : $25 < LD50 \leq 200\text{mg/kg}$ (rat)
- 24시간 경피처리 : $50 < LD50 \leq 400\text{mg/kg}$ (rat, rabbit)
- 4시간 연속흡입
 - 가스 또는 증기 : $0.5 < LC50 \leq 2\text{mg/l/4hr}$ (rat)
 - 입자나 에어로졸 : $0.25 < LC50 \leq 1\text{mg/l/4hr}$ (rat)

● 변이성 물질

흡입, 섭취, 피부 흡수시 유전자 변이와 결함 유발, 발생률 증대 우려 물질

● 생식독성 물질

흡입, 섭취, 피부 흡수시 비유전성 악영향, 생식기능, 능력장애 유발, 발생률 증대 우려 물질



● 유해물질

○ 급성독성

- 흡입, 섭취 등 흡수시 급·만성 장애 우려물질
- 경구투여: $200 < LD50 \leq 2000 \text{mg/kg}$ (rat)
- 24시간 경피처리: $400 < LD50 \leq 2000 \text{mg/kg}$ (rat, rabbit)
- 4시간 연속흡입
 - 가스 또는 증기: $2 < LC50 \leq 20 \text{mg/l/4hr}$ (rat)
 - 입자나 에어로졸: $1 < LC50 \leq 2 \text{mg/l/4hr}$ (rat)

○ 아급성독성

- 경구투여시 $NOEL \leq 50 \text{mg/kg/90day}$ (rat)
- 경피처리시 $NOEL \leq 100 \text{mg/kg/90day}$ (rat)
- 6시간 연속흡입시 $NOEL \leq 0.5 \text{mg/l/6hr/90day}$ (rat)

○ 만성장애

- 해당물질에 반복적 또는 장기적으로 노출될 경우의 사망
- 또는 심각한 손상
- 임상관찰 또는 기타 적절한 방법에 따른 평가에 의해 시각, 청각 및 후각을 포함한 중추 또는 말초신경계에서의 주요
- 기능장애
- 혈액의 골수세포 생산감소 등 임상학적으로 나타나는 일관된 변화
- 간, 신장, 신경계, 폐 등의 표적기관의 손상
- 헤모글로빈의 기능을 악화시키는 등 혈액이나 조혈계의
- 장애
- 기타 해당물질로 인한 신체기관의 기능장애 또는 비가역적 변화 등

● 자극성 물질

피부 자극성, 눈 자극성, 호흡기계 자극성 물질

● 과민성 물질

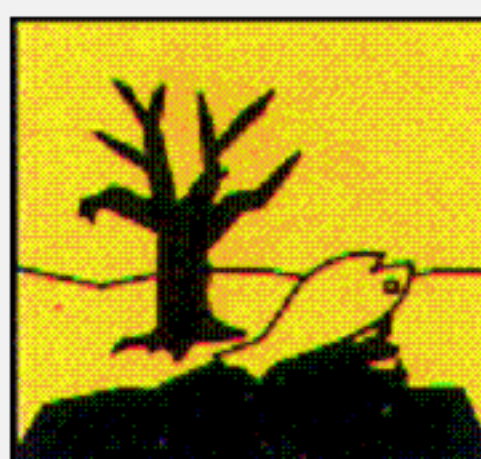
흡입, 피부 침투시 민감성 작용물질



● 부식성 물질

접촉시 피부조직(세포) 파괴성 물질
(pH 2 이하 강산, pH 11.5 이상 알칼리)

■ 환경 유해 물질



● 환경유해물질

- 환경생태독성
 - $LC50(96hr) \leq 2 \text{mg/l}$ (fish)
 - $EC50(48hr) \leq 2 \text{mg/l}$ (daphnia)
 - $IC50(72hr) \leq 2 \text{mg/l}$ (algae)
- 난분해성 또는 옥탄올분배계수(10g Pow)가 3이상인 물질
 - $1 \text{mg/l} < LC50(96hr) \leq 10 \text{mg/l}$ (fish)
 - $1 \text{mg/l} < EC50(48hr) \leq 10 \text{mg/l}$ (daphnia)
 - $1 \text{mg/l} < IC50(72hr) \leq 10 \text{mg/l}$ (algae)

9. 규제영향분석

가. 노출기준 제·개정의 필요성

(1) 규제의 정의

본 노출기준은 산업안전보건법에 따라 근로자를 보호하기 위한 조치이다. 우리나라는 1972년 <유해물질 허용농도 및 동 측정요령> 제정 당시 57종의 유해물질에 대해 허용기준을 설정한 후로, 1988년 개정을 통해 총 697종으로 확대하였고, 1998년 2-브로모프로판을 추가함으로써, 현재까지 총 698종의 유해물질에 대한 노출기준을 노동부 고시 제 2002-8호에서 규정하고 있다.

현행 DEAE의 노출기준은 법적기준으로 산업안전보건법에서 노출 기준의 설정 등 규정에 의한 관리대상물질로 또, 작업환경측정대상사업장등 규정에 의한 작업환경측정대상물질로 규정되어 있다.

따라서 본 규제는 근로자를 보호하기 위해 DEAE를 취급하는 근로자가 하루 8시간, 1주에 40시간을 반복하여 폭로되어도 거의 모든 작업자에서 건강 장애가 없는 평균농도를 의미한다.

(2) 규제의 필요성

유해물질에 대한 허용기준 규제는 유해환경으로부터 작업자를 보호하고, 건강을 유지 증진시키며 그 가족뿐만이 아닌 사회의 안녕을 위해 필수 불가결한 조치이다.

또한 유해물질에 대한 허용기준 규제는 사회적 규제로 건강, 안전, 환경 등과 같이 측정하기가 힘들고, 화폐적인 가치로 비교하기가 힘든 경우가 대부분이기 때문에 기업이나 민간의 노력보다는 정부차원의 규제가 필요하다.

(3) 규제의 목표 설정

산업안전보건법상 현재 DEAE의 허용기준은 10ppm이다. 규제 개정의 목표는 이 허용기준을 2ppm으로 낮추어서 인체에 직접적으로 나타나는 자극 증상 등을 예방

하고 장기간의 노출에 따른 잠재적으로 건강에 미치는 악영향을 방지하기 위함이다.

나. 노출기준 제·개정의 실현 가능성

(1) 규제에 대한 반대 및 사회적 제약 요소

현행 규제를 강화할 때, 근로자, 사업자, 그리고 정부에서의 반대 및 사회적 제약 요소가 있을 수 있다.

근로자 입장에서는 강화되는 규제에 의해 보호구 및 환기시설의 설치로 인한 작업의 불편감이 가중될 수 있으나, 건강영향을 생각하고 또한 현재 작업장에서 노출되는 DEAE의 농도가 제시하려는 2ppm보다 적기 때문에 위의 불편을 감수하지 않아도 될 것이다.

사업자 입장에서는 강화되는 규제에 의해 각종 시설의 설치비가 증가할 것이고, 또한 해마다 관리비를 부담해야 하기 때문에 반대가 있을 수 있다.

그러나 역시 현재 사업장에서의 노출수준이 극히 낮기 때문에 이로 인한 추가비용 부담이 없으므로 이로 인한 반대는 없을 것이다.

재정경제부 등을 포함한 정부 측에서도 노출기준 강화에 따라 노출기준 제·개정에 따른 추가비용 부담분이 있을 수 있으나 마찬가지로 2ppm으로 기준만 변화하기 때문에 현실적인 비용부담이 없다.

(2) 기술수준 등에 비추어본 실현 가능성

현재 측정결과에서 DEAE의 경우 노출이 극히 미약하기 때문에 이미 현실에서의 기술 수준으로 실현가능하다.

만약 2ppm의 허용기준 미만이지만, 작업자들의 불편감 해소를 위해 추가시설을 설치한다고 해도 국소배기 장치나, 보호구착용으로 충분하기 때문에 현재 기술수준으로 실현 가능하다.

다. 노출기준 제·개정 외 대체수단 존재 및 기존규제와의 중복 여부

(1) 기존규제로 대체가능 여부

유해물질 노출기준은 산업안전보건법에 의해 규제되는 내용으로, 다른 대체수단이나 기존 규제와 중복되지 않는다.

또한 우리나라의 산업안전보건은 미국 등의 사업장 자율관리 또는 북유럽과 같은 국가주도형이 아니라, 해당 사업주에 대해 법률로 강제하는 체계를 가지고 있으므로 산업안전보건법을 대체할 수 있는 다른 수단이나 규제가 존재하지 않는다.

(2) 규제 외 다른 방법으로 목적달성 여부

현재 우리나라 국가 체계상 노동부 감독하에서 법적규제로 유해물질 허용기준을 제시하고 있다. 외국의 경우 기업에서 자체적인 규제를 하기도 하나 우리나라 현실에서는 실현 불가능하고, 그렇기 때문에 공공의 약속인 규제 외 다른 방법으로는 유해물질 취급 근로자 건강장해예방에 한계가 있으며, 노출기준 강화가 건강장해 예방을 위한 최소한의 기본적 조치일 것으로 생각된다.

(3) 유사한 기존규제와 중복 여부

DEAE의 허용 노출 농도는 산업안전보건법으로 명시하고 있기 때문에 다른 수단이나 법률에서 중복되어 규제되지 않고 있어 노출기준 개정 이외의 방법으로는 대체 불가능하다.

(4) 규제의 확대 재생산 가능성

이는 유해물질 중 DEAE 노출기준에만 한정된 것으로 노출기준 제·개정 후 그 이외의 규제확대 생산 가능성은 없다.

라. 노출기준 제·개정 규제의 비용과 편익의 비교분석

시나리오1: 현행기준인 10ppm을 2ppm으로 낮추더라도 현재 사업장에서 노출되는 DEAE의 농도가 미미하기 때문에 초과비용이 없고 마찬가지로 인체에 미치는 영향이 없어서 초과편익도 없을 것이다.

시나리오2: 현재 사업장의 DEAE 노출농도가 2ppm보다 훨씬 낮지만 그로 인해 작업자들의 불편감(코 및 피부의 자극 증상 등)이 있을 수 있다. 이를 해소하기 위해 환기시설이나 보호구가 필요하다.

(1) 규제의 비용분석

노출기준 강화에 따른 비용을 분석하였다. 다음의 두 가지 경우가 있을 수 있겠다.

시나리오 1에 따르면, 현재 사업장에서 노출되는 농도가 미미하기 때문에 이로 인해 발생하는 초과 비용은 없다.

그러므로 비용1은 0원으로 추정할 수 있다.

시나리오 2에 따르면 현재 사업장의 DEAE 노출농도가 2ppm보다 훨씬 낮지만 그로 인해 작업자들의 불편감(코 및 피부의 자극 증상 등)이 있을 수 있다.

이를 해소하기 위해 환기시설이나 보호구가 필요하고 그에 따른 비용을 추산하였다.

1) 화학공정의 환기 시스템

1. 계량



[그림 9-1] 회전 가능한 암덕트

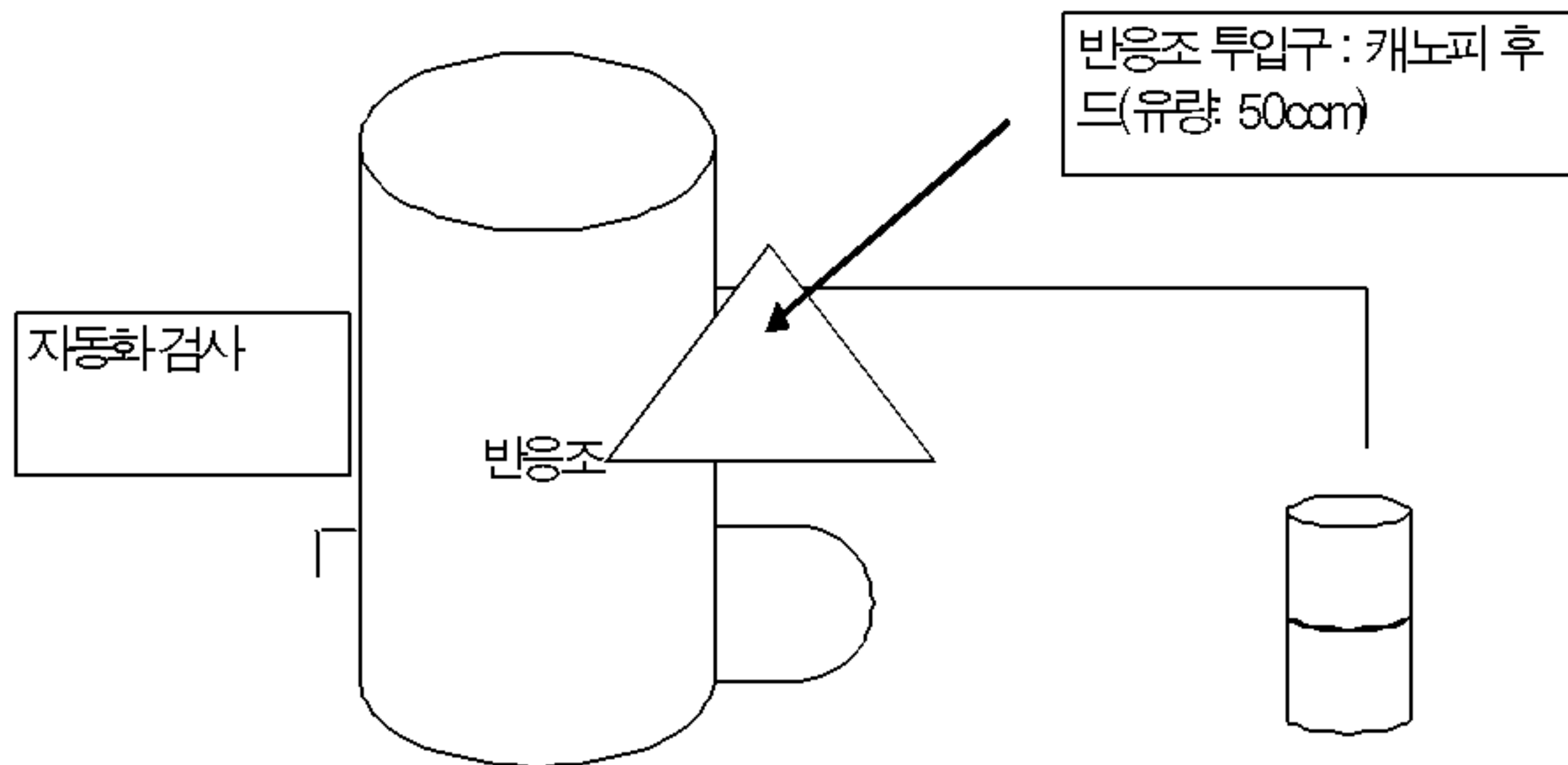
회전이 가능한 암(arm) 덕트를 사용하고 발생원을 포위할 정도로 후드 형태를 하고, 유량(10-15ccm)을 충분히 유지 (50만원에서 화학공장의 경우 내부식성을 고려 +a = 70만원)

2. 제품 포장



[그림 9-2] 롤러컨베어

자동으로 계량을 하는 장치설치 롤러컨베어 등을 부착하여 계량작업부위를 최대한 밀폐.



[그림 9-3] 화학공정 환기

국소 환기시스템 총 유량 100ccm과 대기방출을 막기 위해 활성탄 흡착탑 설비. 후드-덕트-공기정화기(활성탄 흡착탑)-송풍기로 구성.

대략 1,500만원 상정. 그러나 활성탄 및 각종 유지비 1년에 약400~500만원 정도 추산됨. 국소 배기장치는 한번 설치 후 관리여부에 따라 다르나10~20년 정도 사용 가능하다고 한다.

2)보호구

1.보안경



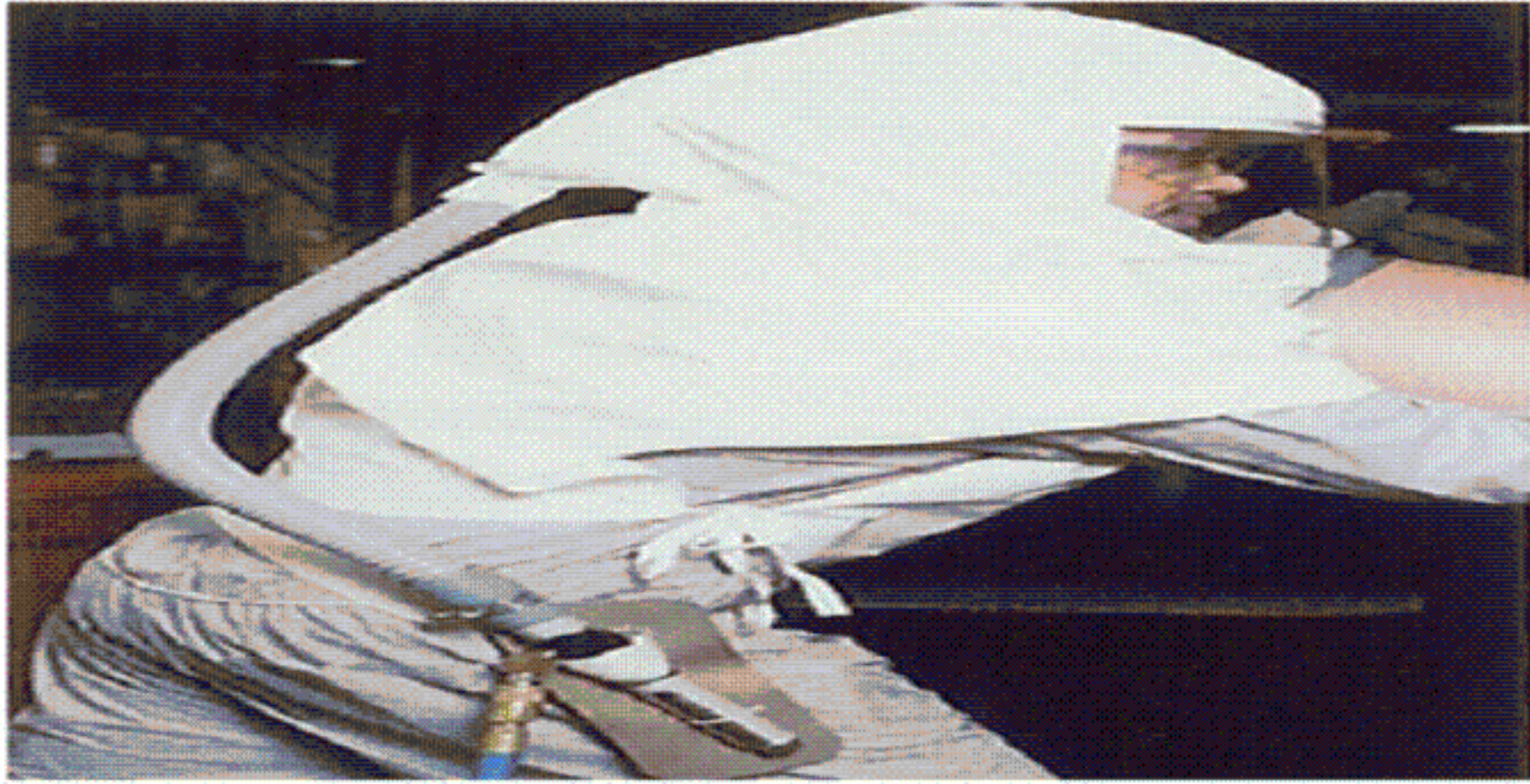
[그림 9-4] 모델명 고글-5300 가격 30,000
원

2. 방독마스크



[그림 9-5] 모델명 3M-7800S 가격 250,000원

3. 후드



[그림 9-6] 모델명 3M-Hood system, 기본세트 가격 1,210,000

총 견적은 전체 국소환기시스템 1500만원으로 계산. 보호구는 작업자 개인에게 지급하였을 때,

A회사의 경우 취급근로자 2명(방독마스크, 보안경, 비상시(IDHL) 송기마스크, 보호의와 보호장갑은 가격을 찾을 수 없어 두 개 합쳐 150000원으로 계산. 총 3,280,000원) 총 18,280,000원

B회사의 경우는 작업자 1명, 환기 15,000,000원 + 작업자 1명 보호구 1,640,000원 총 16,640,000원

C회사의 경우는 작업자 6명 환기는 전체 유량 30ccm으로 해서 800만원, 이동식 후드 80만원 6명 보호구 9,840,000원 총 18,640,000원

각기 위의 비용이 추정된다.

그러므로 비용2는 16,640,000원~18,280,000원으로 추정할 수 있다.

참고로, 예비조사를 위해 방문한 5개의 사업장(DEAE사용이 확실한) 중에서 DEAE에 대한 작업환경 측정을 하는 곳은 단 한군데였다.

대부분이 다른 유해물질에 대한 작업환경을 실시하고 있었고, 그러므로 DEAE에 대한 작업환경 측정을 추가 및 분석하는데 드는 비용은 한 사업장당, $78,626\text{원} \times 3\text{point}=235,878\text{원}$ 으로 추산된다.

이는 초과되는 비용이 아닌, 원래 사업장에서 지금했어야 하는 비용이므로 비용분석에서는 제외하였다.

(2) 규제의 편익분석

노출기준 강화에 따른 편익을 분석하였다.

노출기준 강화에 따른 건강증진 효과는 산재발생데이터를 분석하여 유해물질 취급근로자 전체의 건강과 DEAE취급근로자의 건강을 비교해 수치화하였다.

시나리오 1에 따르면 DEAE의 노출량 자체가 측정한계치 미만으로 측정되었으므로 이로 인한 건강영향이 없었을 것으로 생각되며, 그러므로 허용기준을 2ppm으로 낮추더라도 이로 인해 발생하는 편익은 없을 것이다.

그러므로 편익1=0원

시나리오 2에 따르면 현재 사업장의 DEAE 노출농도가 2ppm보다 훨씬 낮지만 작업자들에게 영향(자극 증상)을 줄 수 있고 더 나아가 산재의 발생도 어느 정도 중추신경계에 영향을 미쳤기 때문이라고 본다면, 다음과 같은 2가지 편익을 구할 수 있다.

1) 산재발생 데이터로 본 DEAE 사업장

이는 산재발생이 모두 DEAE에 의한 잠재적인 영향이라고 가정했을 때,

1. 2002년

DEAE 사업장에서의 산재건수는 1이었고 산재보상금은 2,234,210원이었다.

2. 2003년

DEAE 사업장에서의 산재건수는 1이었고 산재보상금은 950,480원이었다.

3. 2004년

2004년도에는 DEAE 취급 사업장에서 발생한 산재건수에 대한 자료가 없었기 때문에 유기용제 취급 사업장과는 비교할 수 없었다.

편익2은 2년간의 산재보상금 급여지급액의 평균인 1,592,345원으로 추정할 수 있다.

2) 설문을 통해 본 편익

또한 DEAE를 취급하는 근로자에게 ‘Willingness to accept’방법을 이용해 조사한 설문에서 3개 사업장에서 총4명의 근로자에게 한달에 얼마정도의 위험수당이면 DEAE의 위험성을 감수할 수 있는지에 대해 물어 봤을 때 최저 20만원, 1억 그리고 2명에서는 건강은 돈으로 바꿀 수 없다는 대답까지 매우 다양한 형태의 답이 나왔다.

그러므로 편익3= 20만원~ 무한대라 볼 수 있겠다.

(3) 비용·편익의 비교 및 검토

비용1=0원(작업측정결과상 측정한계 이하임을 고려)

비용2=16,640,000~18,280,000(2ppm을 넘는 노출이 존재한다고 가정할 때)원

10년 사용한다고 가정시 1,664,000~1,828,000원정도이고 연 유지비 500만원으로 추정시 각 6,664,000~6,828,000원으로 추정됨.

편익1= 0원

편익2

항목1=1,592,345원/년(산재발생의 원인이 DEAE에 의한 중추신경계 및 인체영향을 가정할 때)

항목2= 20만원~무한대(근로자 자신의 건강에 대한 주관적 가치)

시나리오 1에서 보면, 비용=0원, 편익0원으로 순편익이 0이다.

시나리오 2에서 보면 비용=각 6,664,000~6,828,000원이고 편익은 각각 1,592,345원/년, 20만원~무한대로 계산할 수 있다. 시나리오 2는 노출기준이하임에도 잠재적 영향이 있음을 고려한 것으로 노출기준 설정에 따른 비용/편익 계산에는 적합하지 않고 여기서는 시나리오1을 따르는 것이 타당성이 있다고 여겨진다.

시나리오1에서 순편익이 0이기 때문에 노출기준 개정의 필요성에 대한 의구심이 들 수 있다. 그러나 근로자의 만족과 국민의 복지향상이라는 차원에서, 그리고 국가의 위상은 또 다른 간접편익으로 추정할 수 있다.

그러므로 순 편익은 + α 이며(금액환산 불가) 비용 편익비는 $1+\alpha$ 로 추산된다.

마. 노출기준 제·개정 규제의 경쟁 제한적 요소 포함 여부

(1) 시장경쟁 제한요소 포함 여부

노출기준을 2ppm으로 낮춘다 하더라도 발생하는 초과 비용이 없기 때문에 다른 재화가 시설투자 및 관리비용으로 사용되는 일이 없다.

그러므로 시장경쟁 제한요소로 작용하지 않는다.

(2) 기업활동 저해요소 포함 여부

마찬가지로 노출기준을 2ppm으로 낮춘다 하더라도 발생하는 초과 비용이 없기 때문에 다른 재화가 시설투자 및 관리비용으로 사용되는 일이 없고 생산력 저하도 일어나지 않는다.

그러므로 기업활동 저해요소는 존재하지 않는다.

바. 노출기준 제·개정 규제내용의 객관성·명료성

(1) 규제기준, 절차의 명확성

DEAE의 노출기준을 TLV-TWA 2ppm으로 한다. 이는 정량적인 기준으로 규제를 준수하는 지 여부를 명확하게 판단할 수 있다.

규제 준수여부에 대해서는 사업주가 주기적인 작업환경 측정의무를 준수하는 지 감독하여야 하며, 이는 현행 산업안전보건체계와 관련하여 노동부가 일상적으로 감독하는 사항이다. 따라서 규제수행의 절차 또한 명확하다.

(2) 규제의 법적근거 및 존속기한의 타당성 여부

규제의 법적근거는 산업안전보건법으로 DEAE의 기존의 규제가 존재하므로 새로운 기준이 제시된다하더라도 그 규제는 타당한 것으로 여겨진다.

또한 규제 설정 시에 고려하였던 규제 여건이 변화함에 따라 규제가 변화하게 되며 노출기준의 경우에 인체에 대한 영향을 고려해야 하는 규제의 성격상

인위적으로 존속기한을 설정하기가 어려운 실정이다.

현재 DEAE의 인체에 대한 영향에 관한 연구가 적은 실정이고 대부분 동물독성에 관한 데이터로 규제기준을 정하였기 때문에 인체에 대한 연구가 진행된다면 새로운 설정근거를 기준으로 규제개혁이 필요하겠다.

참고문헌

- 양정선. 유해물질의 생물학적 노출기준치 설정-미국의 BEI와 독일의 BAT. 산업안전보건연구원지: 1999:1(1).
- 이광목 등. 현행 노출기준의 문제점분석 및 실질적 기능화 방안 연구. 한국산업위생학회지. 4:(1). 1994.
- 이병국. 유해물질 노출기준에 관한 고찰. 한국의 산업의학 26:(3):43-53, 1987.
- 정규철, 산업중독편람. 신평출판사 p.1028 (1995).
- 한국산업안전공단 산업안전보건연구원. 노출기준의 설정 및 개정을 위한 자료 개발. 2002.
- 한국산업안전공단. 산업위생핸드북 유기용제세척작업. 노동부. 산업안전공단 (1996).
- ACGIH. Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (2005).
- AIHA. 1996. An International Review of Procedure for Establishing Occupational Exposure Limits
- 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(6):272-290 (1983).
- Atochem North America, Inc., Letter to U.S. EPA. EPA-OTS 001034039 K, August 2 (1990).
- Bell OE, Davis EY, Strength DR. Ethylated ethanolamines in phospholipids. Fed Proc 23:222 (1964).
- Bordea M, Ardeleanu C, Dolganiuc A, Olinescu A, Vrabiescu A. Morpho-functional aspects of the influence of procaine and diethylaminoethanol treatment on the immune system of rabbits. Rom J Physiol. 1998, 35(1-2): 111-126.

- Brodie BB, Lief PA, Poet R. The fate of procaine in man following its intravenous administration and methods for the estimation of procaine and diethylaminoethanol. *JPharmacol Exp Ther* 94:359-366 (1948).
- Budavari, S. (ed.). The Merck Index - Encyclopedia of Chemicals, Drugs and Biologicals. Rahway, NJ: Merck and Co., Inc., p. 706 (1989).
- Butterworth JF, Cole BA, Low concentrations of procaine and diethylaminoethanol reduce the excitability but not action potential amplitude of hippocampal pyramidal cells. *Anesth Analg* 71:404-410 (1990).
- Butterworth JF, Lief PA, Strichartz. The pH dependent local anesthetic activity of diethylaminoethanol, a procaine metabolite. *Anesthesiology* 68:501-506 (1988).
- Cornish HH. Oral and inhalation toxicity of 2-diethylaminoethanol. *Am Ind Hyg Assoc J* 26:479-484 (1965).
- DFG, List of MAK and BAT values 1996.
- Dixie Chemical Company Inc., Communication to ACGIH from Dixie Chemical Company Inc. Houston TX, March 6 (1992).
- Eckhardt, R.E. Annals of Industry-Non Casualties of the Workplace. *J. Occup. Med.* 16:472-477 (1974).
- Fairhall, L.T. Industrial Toxicology, Williams & Wilkins, Baltimore p. 248 (1949).
- Fannick N, Lipscomb J, McManus K. NIOSH health hazard evaluation report Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, Report NO. HETA83-020-1351
- Fiserova-Bergerova V, Pierce JT, Droz PO. Dermal absorption potential of industrial chemicals: criteria for skin notation. *Am J Ind Med* 17:617-635 (1990).
- Friedman JM. Teratogen update: anesthetic agents. *Teratol* 37:69-77 (1988).
- Garrison, R.F. Acute Poisoning from Use of Isopropyl Alcohol in Tepid

- Sponging. JAMA 152:317-318 (1953).
- Goldin A, Noe HA, Landing BH, Shapiro DM, Goldberg B. A neurological syndrome induced by administration of some chlorinated tertiary amines. J Pharm Exp Ther 25:164-171 (1943).
- Goldman FH, Rushing DE. Diethylaminoethanol as a reagent for the detection and colorimetric determination of small amounts of trinitrotoluene in air. J Ind Hyg Toxcol 25:164-171 (1943).
- Gosselin, R.E. Smith, R.P; Hodge, H.C. Clinical Toxicology of Commercial Products, 5th ed., Section III, Therapeutics Index, pp. III-217-III-220. Williams & Wilkins, Baltimore (1984).
- Guerrero S, Montoya G. Molgou J. Local anesthetic effect of some benzoate compounds and diethylaminoethanol and their influence on procaine activity. Drug Res 23:951-954 (1973).
- Hills B, Lushiniak B, Sinks T. Workplace exposure to the corrosion-inhibiting chemicals from a steam humidification system. Appl Occup Environ Hyg 5:672-673 (1990).
- Hinz JP, Thomas JA, Ben-Dyke R. Evaluation of the inhalation toxicity of diethylethanolamine (DEAE) in rats. Fundam Appl Toxicol 118:418-424 (1992).
- IARC (International Agency of Research on Cancer) Monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans: some N-nitroso compounds. Vol. 17. Lyon, France (1978).
- International Agency for Research on Cancer, IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risks to Humans, Suppl. 7, Overall Evaluations of Carcinogenicity: An Updating of IARC Monographs Volumes 1 to 42, p. 229. IARC, Lyon, France (1987).
- Kalow W. Hydrolysis of local anesthetics by human serum cholinesterase. J Pharmacol Exp Ther 104:122-134 (1952).
- Koutek ME, Schmitt S. Airborne amine concentration in steam-humidified

- room air. Technical report. Naperville, IL: Nalco Chemical Co. (1987).
- Kubinski H, Gutzke GE, Kubinski ZO. DNA-cell-binding (DCB) assay for suspected carcinogens and mutagens. *Mutat Res* 89:95-136 (1981).
- Lehnert G and Schaller K. Strategy of biological monitoring and setting of biological threshold limits(BAT values) in Germany, , Israel *J Med Sci*, 31, 549-557, 1995.
- Lehninger AL. *Biochemistry: the molecular basis of cell structure and function*. New York, NY Worth Publishers, Inc. (1971).
- Lewis, Sr., R.J. (ED.) *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*, 13th ed. In: *Comprehensive Chemical Contaminants Series CD-ROM*. Van Nostrand Reinhold, New York (1997).
- Macht, D.I. A Toxicological Study of Some Alcohols with Especial Reference to Isomers. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* 16:1-10 (1920).
- 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)
- Mackison, R.S. Stricoff, L.J. Partridge, Jr., Eds. DHHS (NIOSH) Pub. No. 81-123; NTIS Pub. No. PB-83-154-609. National Technical Information Service, Springfield, VA (1978).
- Malayandi M, Thomas GH, Meek ME. Sampling and analysis of some corrosion inhibiting amines in steam condensates. *J Environ Sci health* 7:609-627 (1979).
- McManus KP, Baker DB. NIOSH health hazard evaluation report: Boehringer Ingelheim, Ltd. Ridgefield, CT. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety Health, Report No. HETA 81-247-958.
- Michelot J, Madelmont JC, Jordan D, Mornex R, Meynel G. Metabolism of

- microgram quantities of diethanolamine, 2-methylaminoethanol and excretion in rats and mice *Xenobiotica* 11:123-130 (1981).
- Migliore, L.; Rossi, A.M.; Loprieno, N.: Mutagenic Action of Structurally Related Alkene Oxides on *Schizosaccharomyces pombe*: The influence, "in vitro," of Mouse-Liver Metabolizing System. *Mutat. Res.* 102:425-437 (1982).
- Miller FA, Scherberger RF, Tischer KS, Webber AM. Determination of microgram quantities of diethanolamine, 2-methylaminoethanol and 2-diethylaminoethanol in air. *Am Ind Hyg Assoc J* 28:330-334 (1967).
- Mivish SS. Formation of N-nitroso compounds: chemistry, kinetic and in vivo occurrence. *Toxicol Appl Pharmacol* 31:325-351 (1975).
- MMWR. Workplace exposure to corrosion-inhibiting chemicals from a steam humidification system-Ohio 1988. *Morbidity Mortality Weekly Report* 39:863-865 (1990).
- MSDS, 한국산업안전공단, 2004년 개정판
- National Research Council, Committee on Toxicology. An assessment of the health risks of morpholine and diethylaminoethanol. Washington, DC:National Academy Press (1983).
- Nelson, K.W., Ege, Jr., Ross, M. et al., Sensory response to certain industrial solvents vapors. *J. Ind. Hyg. Toxicol.* 25:282-285 (1943).
- NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards - International Chemical Safety Cards (ICSC): NENG0257-CDC/NIOSH (2002).
- NIOSH. Manual of analytical methods. Method 2007, aminoethanol compounds. 4th ed. (supplement issue 8/15/94). Cincinnati, OH: U.S Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH Publication No. 94-113 (1994).
- Ostfeld, Smith CM, Stokky BA. The systemic use of procaine in the treatment of the elderly:A review. *J Am Ger Soc* 25:1-19 (1977).

- Papper EM, Brodie BB, Lief PA, Rovenstine EA. Studies on the pharmacologic properties of procaine and di-ethyl-amino-ethanol. NY State J Med 48:1711-1714 (1948)
- Rosenberg B, Kayden HJ, Lief PA, MARK LC, Steel JM, Brodie BB. Studies on diethyl-aminoethanol. I. Physiological disposition and action on cardiac arrhythmias. J Pharmacol Exp Ther 95:18-27 (1949).
- Rowe. V.K, McCollister, S.B, Alcohols. In: Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, 3rd Rev. ed., Vol. 2C, Toxicology, pp. 4561-4571. G.D. Clayton and F.E. Clayton, Eds. John Wiley & Sons, New York (1982).
- Sax NI. Dangerous properties of industrial materials. 6th ed. New York, NY: Van Nostrand Reinhold 2:1014 (1984).
- Slott, V.L.; Hales, B.F Teratogenicity and Embryoletality of Acrolein and Structurally Related Compounds in Rats. Teratology 32:65-72 (1985.)
- Smith HF Jr., Carpenter CP. The place of range finding test in the industrial toxicology laboratory. J Ind Hyg Toxicol 26:269-273 (1944).
- Smyth, Jr., H.F. Improved Communication Hygienic Standards for Daily Inhalation. Am. Ind. Hyg. Assoc. Q. 17:173 (1956).
- SOCMA: Letter to U.C. EPA submitting information on the results of a 14-week inhalation study in rats to Diethylaminoethanol. EPA-OTS: Doc. No. FLY-OTS-0869-0699, NTIS/OTS 0000699 (1989).
- Substances. Abh, Dtsch. Akad. Wiss. Berlin Kl. Med. 1:193-228 (1962)
- U.S. National Institute for Occupational Safety and Health: Criteria for a Recommended Standard Occupational Exposure to Isopropanol. DHEW (NIOSH) Pub. No. 76-142; 1976. In: NIOSH Criteria Documents Plus CD-ROM. DHHS (NIOSH) Pub. No. 97-106; NTIS Pub. No. PB-502-082. National Technical Information Service, Springfield, VA (1997).
- U.S. National Toxicology Program: Toxicology and carcinogenesis studies of glycidol (CAS No. 556-52-5) in F344/N and B6C3F1 Mice (Gavage Studies) NTP Technical Report No. 374. DHHS (NIH) Pub. No. 90-2829.

- NTP. National Institutes of Health, Research Triangle Park, NC (1990).
- von Oettingen, W.F. Aliphatic Alcohols: Their Toxicity and Potential Dangers in Relation to Their Constitution and Their Fate in Metabolism. Public Health Bull. No. 281 (1943).
- Wallgren, H. Relative Intoxicating Effects on Fats of Ethyl, Propyl, and Butyl Alcohols. Acta. Pharmacol. Toxicol. 16:217-222 (1960).
- Weil, C.S.; Smyth, Jr., H.F. Nale, T.W. Quest for a Suspected Industrial Carcinogen. Arch. Ind. Hyg. Occup. Med. 5:535-547 (1952).
- Williams R. T., Detoxification Mechanisms, 2d ed., Wiley, New York, 1959
- Williams, R.T. Detoxification Mechanisms, 2nd ed. John Wiley & Sons, New York (1959).
- Zeiger E, Anderson B, Haworth S, Lawlor T, Mortelmans K, Speck W. Salmonella mutagenicity tests: ILL. Results from the testing of 255 chemicals. Environ Mutagen 9:1-110 (1987).
- Zeisel SH, Gettner S, Youssef M. Formation of aliphatic of aliphatic amine precursors N-nitrosodimethylamine after oral administration of choline and choline and choline analogues in the rat. Food Chem Toxicol 27:31-34 (1989).