

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

화학물질 노출기준 개정 연구

□ 디메틸아미노벤젠(Dimethylaminobenzene)

2005. 12

연구기관 충북대학교

연구책임자 : 강종원



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

화학물질 노출기준 개정 연구

□ 디메틸아미노벤젠(Dimethylaminobenzene)

2005. 12

연구기관 충북대학교

연구책임자 : 강종원



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(과제번호 23: 디메틸아미노벤젠, 트리메틸아민, 벤젠)”의 최종보고서로 제출합니다.

2005. 12.

연구 기관 충북대학교

연구 책임자 강종원 교수

공동연구원 :

충북대학교	교수 김 현
한양대학교	교수 송재철
한양대학교	박사 김기영
순천향대학교	연구원 장은철

연구보조원 :

충북대학교	연구원 임동혁
충북대학교	연구원 엄상용
충북대학교	연구원 고영준
충북대학교	연구원 장연위
충북대학교	연구원 한혜란
한양대학병원	연구원 심상호
한양대학병원	연구원 정태성
한양대학병원	연구원 이선주

<목 차>

I. 연구목적

II. 연구내용 및 방법

- 1. 연구내용 2
- 2. 연구방법 10

III. 연구결과

- 1. 물질의 특성 12
- 2. 취급현황 20
- 3. 동물에 있어서의 영향 23
- 4. 인체 영향 34
- 5. 각국의 노출기준 요약 및 해설 52
- 6. 작업장내 근로자 노출실태 97
- 7. 노출기준 제안 128
- 8. 취급근로자 건강장해예방 지침 132
- 9. 규제영향 분석 149

- 참고문헌 160

<표 목 차>

<표 1-1> 2,4-, 2,4-, 2,6- 디메틸아미노벤젠의 물리화학적 특성	14
<표 1-2> 2,3-디메틸아미노벤젠의 물리화학적 특성	15
<표 1-3> 2,4-디메틸아미노벤젠의 물리화학적 특성	16
<표 1-4> 2,5-디메틸아미노벤젠의 물리화학적 특성	17
<표 1-5> 3,4 디메틸아미노벤젠의 물리화학적 특성	18
<표 1-6> 3,5-디메틸아미노벤젠의 물리화학적 특성	19
<표 5-1> 각 국가별 유해물질의 노출및 설정기준의 참고자료(Y; yes, N; No, NA;)	53
<표 5-2> 국가별 디메틸아미노벤젠 노출기준	54
<표 6-1> 디메틸아미노벤젠 GC 측정조건	98
<표 6-2> 개인시료 및 지역시료 측정 결과	126
<표 7-1> 각 국가별 디메틸아미노벤젠 노출기준	130
<표 7-2> 한국의 현행 및 개정 디메틸아미노벤젠의 노출기준	131
<표 8-1> 호흡용 보호구의 기능별 종류	139
<표 8-2> 건강구분에 따른 건강관리조치	145
<표 8-3> 업무수행 적합여부 평가기준	146
<표 8-4> 사후관리 내용	147
<표 9-1> 한국의 현행 및 개정 디메틸아미노벤젠의 노출기준	150

<그 립 목 차>

[그림 1-1] 연구의 틀	3
[그림 5-1] OSHA의 규정 설정 절차	59
[그림 5-2] ACGIH의 규정 설정 절차	65
[그림 5-3] NIOSH의 Recommended Standards 설정 절차	71
[그림 5-4] 일본의 규정 설정 절차	77
[그림 5-5] MAK 값 설정 과정(Urgent Case)	83
[그림 5-6] MAK 설정 과정(Non-Urgent Case)	84
[그림 5-7] MAK 값 변경 절차	85
[그림 5-8] 스웨덴 OEL(Occupational Exposure Level) 기준 설정 절차	90
[그림 5-9] 영국의 노출 기준 설정 절차	93
[그림 5-10] 프랑스 OELs의 기준 설정 절차	96
[그림 6-1] [그림 6-1] 디메틸아미노벤젠 표준물질 TCI-spectrum	99
[그림 6-2] 디메틸아미노벤젠의 EI-spectrum	100
[그림 6-3] 내부 표준물질의 EI-spectrum	101
[그림 6-4] 디메틸아미노벤젠 표준시료 검량선	102
[그림 6-5] Work through survey, 공정 파악 및 포집기 설치장소 선정	106
[그림 6-6] 설문조사 및 개인시료포집 준비	106
[그림 6-7] 설문지 및 개인시료포집 고정장치	107
[그림 6-8] 개인시료포집장치와 라벨지	107

[그림 6-9] Active sampler와 tube	108
[그림 6-10] Active sampler와 passive sampler 설치 I	108
[그림 6-11] 개인시료포집장치를 부착한 근로자	109
[그림 6-12] 차량부품 생산공장 공정개요	111
[그림 6-13] 설문조사-A업체	112
[그림 6-14] 헤드레스트 성형	113
[그림 6-15] 수정 공정	113
[그림 6-16] 조립 공정 및 설치된 area sampler	114
[그림 6-17] 콘덴서 생산공장 공정개요	116
[그림 6-18] 콘덴서 생산공장 내결공정 I	117
[그림 6-19] 콘덴서 생산공장 내결공정 II	118
[그림 6-20] 콘덴서 생산공장 외코트 공정 I	118
[그림 6-21] 콘덴서 생산공장 외코트 공정 II	119
[그림 6-22] 악기 생산공장 공정개요	121
[그림 6-23] 악기 제조공장 접착 공정 I	122
[그림 6-24] 악기 제조공장 접착공정 II	123
[그림 6-25] 악기 제조공장 중도공정	123
[그림 6-26] 악기 제조공장 바인딩공정 I	124
[그림 6-27] 악기 제조공장 바인딩공정 II	124
[그림 6-28] 악기 제조공장 제통공정	125
[그림 6-29] 악기 제조공장 상도공정	125
[그림 9-1] 규제준수 및 집행비용	153
[그림 9-2] 규제의 편익요인	155

I . 연구목적

노출기준 설정 이후 주기적 검토가 이루어지지 않아 선진 외국의 수준과 차이가 큰 유해물질에 대해 노출기준 및 직업병 예방 기준 등을 연구할 필요가 있다.

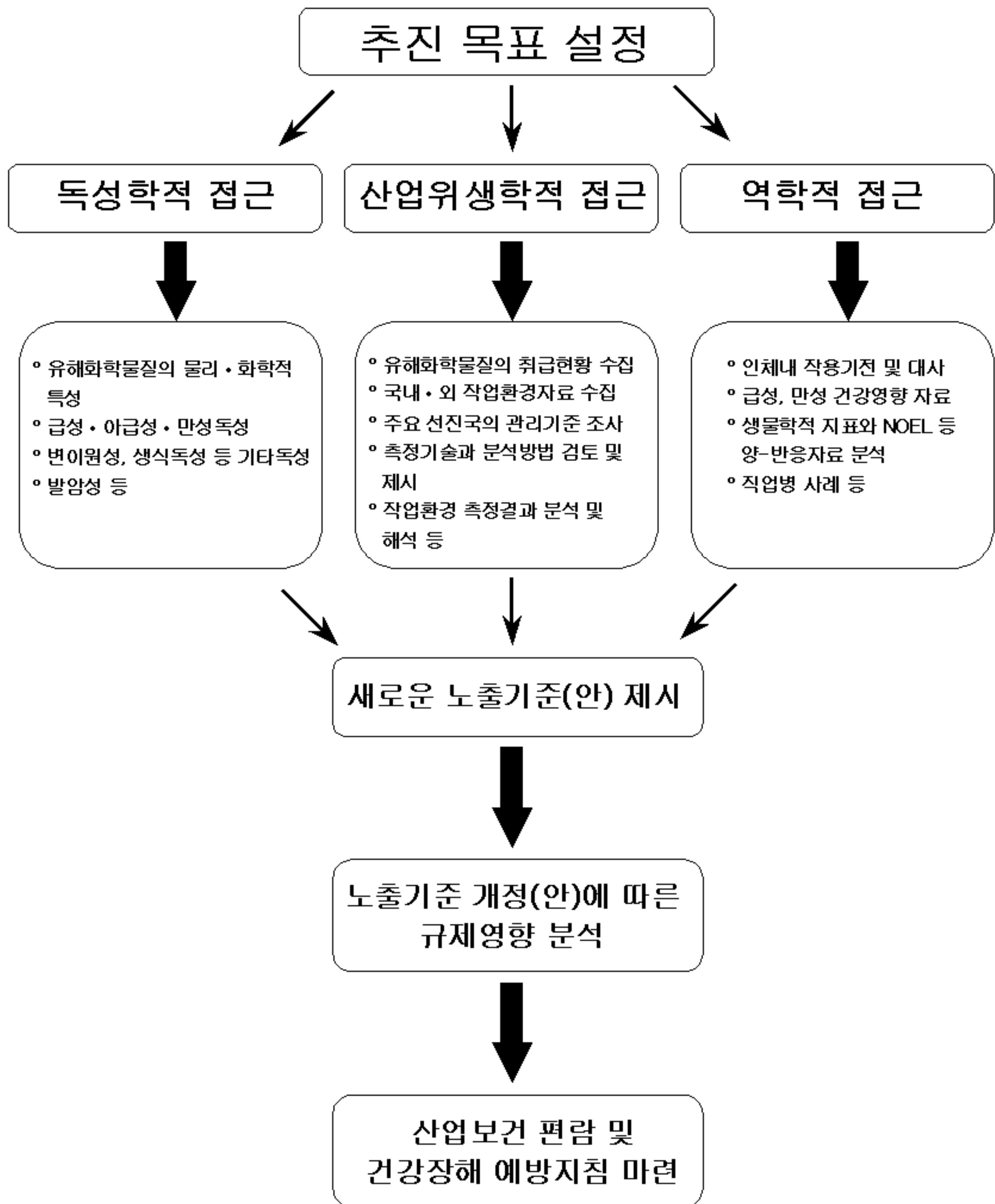
국내에는 3만 8천여 종의 화학물질이 유통되고 있으며, 신규 화학 물질의 제조·수입확대로, 선행된 노출기준이 이에 따르지 못하고 있는 실정이다. 디메틸아미노벤젠도 외국의 기준을 가져온 것으로 우리나라 실정에 맞지 않을 가능성이 있으며 디메틸아미노벤젠 기준치도 일부 선진국이 권장하는 기준치와는 차이가 크다. 정확한 국내 사용량과 작업장내의 노출정도, 건강영향 등도 명확하게 밝혀지지 않은 상태이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 (1) 국내 제조현황과 사용량, 취급 근로자수, 사용용도 등의 현황을 파악하고 (2) 실 사업장에서 발생원과 발생공정 그리고 노출정도를 파악하며 (3) 국내·외 노출기준 해석과 측정결과와의 비교, 분석으로 적합한 노출기준을 마련 (4) 제시된 노출기준을 기반으로 취급근로자의 건강지침, 예방지침을 제시할 과학적 근거를 마련하며, 나아가 (5) 개정에 따른 규제영향을 분석하고 산업보건편람을 작성하고자 본 연구를 수행하였다.

Ⅱ. 연구내용 및 방법

1. 연구내용

본 연구는 디메틸아미노벤젠에 대해 다음 사항을 조사하였다.

- 가. 제조·수입·사용 실태, 발생원과 근로자의 노출원 조사
- 나. 국내 작업장 근로자의 노출 실태 파악
- 다. 해당 유해물질 취급사업장(3개소, 5차례) 근로자에 대한 작업환경측정 실시(TWA)
- 라. 사업장 당 해당 유해물질 시료(3개 이상) 채취 분석(TWA)
- 마. 작업환경측정 및 분석방법 제시
- 바. 유해인자에 장기·단기 노출 시 근로자 건강장해(급·만성), 표적장기 및 체내 작용기전(흡수, 분포, 대사, 배설 등) 분석, 국내 직업병 사례 연구
- 사. 우리나라 실정에 적합한 노출기준(TWA, STEL, Ceiling, BEI) 제시
- 아. 노출기준 제·개정 시에 요구되는 규제영향분석서 작성
- 자. 유해물질별 건강장해예방지침 마련



[그림 1-1] 연구의 틀

가. 유해화학물질의 물리·화학적 특성 조사

관련 자료와 문헌조사를 통하여 디메틸아미노벤젠의 물리·화학적 특성을 조사한다.

- ① 물질의 개요 : 물질명(한글, 영문 IUPAC명, CA명), 이명(異名), CAS 번호, 외관, 냄새, 약어 등
- ② 물리적 성상 : 구조, 분자량, 색깔, 성상, 밀도, 비중, 녹는점, 끓는점, 증기압, 증기밀도, pH, 점도, 용해도, 분배계수, 증발률, 냄새의 서한도 등
- ③ 화학적 성상 : 인화점, 자연발화점, 폭발성, 산화성, 반응성, 안정성, 피해야할 물질, 유해분해산물, 소화제 등

나. 유해화학물질의 취급현황 조사

- ① 제조 및 사용현황 : 문헌, 통계자료 등을 이용한 제조·수입·사용실태 조사를 통해 상기 화학물질의 취급 현황을 조사한다.
 - 국내 제조 및 사용처와 이용형태, 사용량, 사업장 자료, 취급 근로자 수 등
- ② 발생원 및 발생과정 : 작업장 현장 조사 발생원·발생과정 및 노출경로를 파악한다.
 - 작업장 내 주요 발생원, 발생과정, 노출경로 등
- ③ 노출경로 : 취급근로자에 대한 유해물질의 노출경로를 파악한다.

다. 유해화학물질의 독성·유해성 조사

디메틸아미노벤젠에 대한 독성학적인 연구의 국·내외 관련문헌을 참고하여 실험동물에서의 급·만성 독성과 시험관 연구에서 독성 등에 대한 자료를 조사·정리한다.

- ① 급성 독성 : 급성 경구독성, 급성 경피독성, 급성 흡입독성 등

노출 경로에 따라 1회 노출시 50% 치사량(LD50/LC50) 또는 14일 이하에서의 독성자료에서 표적장기 및 독성의 양-반응관계 자료를 조사

- ② 아급성독성 : 14일, 28일, 90일 반복투여 독성 등
- ③ 만성독성 : 1년 이상 장기간 투여독성, 최대무작용농도(NOEL) 등
- ④ 변이원성 : 복귀돌연변이시험(AMES test), 염색체이상시험, 소핵시험 등
- ⑤ 생식독성 : 수태능력시험, 최기형시험 등
- ⑥ 발암성 : 설치류 등 동물의 암 유발시험 등
- ⑦ 기타 상기 제시된 이외의 독성학적인 자료 조사

라. 유해화학물질의 인체영향 조사

- ① 유해화학물질의 인체내 작용기전 및 대사(흡수, 분포, 대사, 배설 등) 조사
- ② 단기 노출시 인체에 미치는 영향 조사 : 급성건강장애
- ③ 장기 노출시 인체에 미치는 영향 조사 : 만성건강장애
- ④ 인체에 대한 발암성 자료 수집 및 평가
- ⑤ 직업병 사례 수집·연구

마. 유해화학물질에 대한 각 국의 노출기준 요약 및 해설

각종 관련 문헌조사를 통하여 선진외국 및 우리나라와 비슷한 여건의 나라들에 있어서 디메틸아미노벤젠에 대한 작업환경 노출기준을 조사·비교하고, 설정근거를 조사·요약한다. 이때 적어도 아래 제시된 노출기준들에 대한 것들이 포함되도록 한다.

- ① 미국의 산업안전보건청(OSHA) : PEL(Permissible Exposure Level)
- ② 미국의 미국 산업위생 전문가협회(ACGIH) : TLV(Threshold Limit Value)
- ③ 미국의 국립 산업안전보건연구소(NIOSH) : REL(Recommended

Exposure Level)

- ④ 일본의 노동성의 노동안전위생법상의 관리농도기준
- ⑤ 독일 : MAK(Maximum Concentration Value)
- ⑥ 스웨덴 : OEL(Occupational Exposure Level)
- ⑦ 영국 : OEL(Occupational Exposure Level)
- ⑧ 프랑스 : OEL(Occupational Exposure Level) 등

바. 유해화학물질에 대한 국내 작업장의 근로자 노출실태 파악

국내 작업장의 작업환경측정을 통한 노출 실태를 조사한다. 즉, 노출 측정 방법, 측정 한계치, 특수 분석, 측정 전략 및 기술, 수집된 자료에서의 분석 과정, 작업장 노출 수준, 측정의 신뢰도, 개인 노출, 기본 노출량, 작업장 내외에서의 급성 노출 수준, 개인 노출 패턴에서의 다양성, 자료의 타당성 등을 검토한다.

사. 우리나라 실정에 적합한 노출기준(안) 제시

연구대상 유해화학물질에 대한 각각의 사업장으로부터 측정한 환경농도와 국내 디메틸아미노벤젠에 대하여 보고 된 산업위생학적 자료를 이용하여 국내 사업장에서의 디메틸아미노벤젠 노출 실태를 파악한다. 이를 다른 나라의 노출기준과 비교하여 현재 우리나라의 노출기준에 어떠한 문제점이 있는지를 도출하고 도출된 문제를 전문가회의를 거쳐 분석한다. 또한, 아래 제시되어 있는 여러 가지의 근거자료 즉, 디메틸아미노벤젠에 대해 조사한 독성학적인 자료와 건강영향 자료를 함께 비교·분석하여 우리나라에 적합한 노출기준이 무엇인지 제시한다.

- ① 유해화학물질의 물리·화학적 성질

② 유해화학물질의 독성학적 자료

- 급성, 아급성, 만성 독성자료
- 변이원성, 생식독성, 발암성 등 기타 독성자료

③ 유해화학물질의 건강영향 자료

- 인체내 작용기전 및 대사 자료
- 급성, 만성 건강영향 자료
- NOEL 등 양-반응자료 등

④ 유해화학물질의 산업위생학적 자료

- 유해물질의 취급현황자료
- 국내·외 작업환경자료
- 현재의 측정자료(노출농도)
- 측정기술과 분석방법 자료 등

아. 규제영향분석

① 노출기준 제·개정 필요성 : 규제의 정의, 필요성, 목표설정에 다음 내용을 포함시킨다.

■ 규제의 정의 : 환경기준은 판정기준(criteria), 목표(goal), 지침(guideline), 규제기준(standard)의 4종이 있으며 제·개정되는 노출기준은 행정상 설정된 법적 구속력이 있는 규제기준에 속한다.

■ 규제의 필요성 : 작업환경에서 고농도의 화학물질에 지속적으로 노출될 경우 건강상 장애 또는 직업병이 발생할 가능성이 높다. 따라서 인체에 유해한 화학물질을 취급하는 사업장은 건강상 장애와 직업병이 발생하지 않은 수준으로 화학물질 농도를 낮출 필요가 있으며 그 기준이 되는 노출기준의 제·개정이 필수적이다.

■ 규제의 목표 설정 : 주요 선진국의 노출기준과 본 연구에서 측정되는 작업환경측정값에서 산출되는 예상되는 규제가 가능한 노출 수준을 비교 검토하여 규제의 목표를 설정한다.

② 노출기준 제·개정의 실현 가능성

- 규제에 대한 반대 및 사회적 제약 요소 : 규제 목적의 실현을 위해 규제를 수행하는 기관, 사업주, 해당 근로자의 관점에서 장애요인, 동의 수준 등을 예측 평가한다. 필요한 경우 이해 당사자들의 자문을 구한다.
- 기술수준 등에 비추어 본 실현 가능성 : 기술수준, 기타 행정환경에 비추어 실현가능성 여부를 파악한다.

③ 노출기준 제·개정 외 대체수단 존재 및 기존규제와의 중복 여부

- 기존규제로 대체가능 여부 : 관련 직업병을 예방하기 위해서는 근로자의 건강에 영향을 미치지 않는 수준의 노출기준이 설정되어 규제화 될 필요성이 있다. 기존 규제가 설정되어 있지 않은 물질에 대해서는 새로운 규제를 설정하여야 하며 기존 규제에 노출기준이 선진국에 비해 높거나 근로자의 직업병을 예방하지 못할 정도로 높은 경우 개정할 필요가 있다.
- 규제 외 다른 방법으로 목적달성 여부 : 노출기준 강화는 유해물질 취급 근로자 건강장해예방을 위한 최소한의 기본적 조치로 경제적, 기술적으로 성취할 수 있는 수준으로 설정한다.
- 유사한 기존규제와 중복 여부 : 노출기준 설정과 유사한 기존규제는 없다.
- 규제의 확대 재생산 가능성 : 노출기준 제·개정 이외에 규제확대 생산 가능성이 없다.

④ 노출기준 제·정 규제의 비용과 편익의 비교분석

- 규제의 비용분석 : 비용에 해당하는 항목을 파악하고 경제성 평가를 수행한다.
- 규제의 편익분석 : 규제 강화를 통해 얻어지는 편익의 경제성을 평가한다.
- 비용·편익의 비교 및 검토 : 직업병 손실비용 및 작업환경 개선비용의 편익을 비교 검토한다.

⑤ 노출기준 제·개정 규제의 경쟁 제한적 요소 포함 여부

- 시장경쟁 제한요소 포함 여부 : 노출기준 제·개정은 우리나라에 있는 모든 사업장에 동일하게 적용되므로 이로 인해 자유로운 시장경쟁이 제약될 가능성은 없는 것으로 판단된다.

■ 기업활동 저해요소 포함 여부 : 노출기준의 노출기준 제·개정은 비용-편익분석을 거쳐 도출되며 현재 기술수준과 경제수준에서 성취할 수 있는 기준에 따라 설정되므로 정상적인 기업활동을 제약할 가능성이 매우 낮은 것으로 판단된다.

⑥ 노출기준 제·개정 규제내용의 객관성·명료성

■ 규제기준, 절차의 명확성 : 노출기준 제·개정을 위해 선진국의 기준을 제시하고 선진국의 자료와 환경측정값에 대해 전문가 집단의 회의를 거쳐 규제기준 제·개정(안)을 도출한다.

■ 규제의 법적근거 및 존속기한의 타당성 여부 : 노출기준의 성질상 존속기한을 설정하기 어려우므로 존속기한을 설정하지 않는다.

자. 취급근로자 건강장해 예방지침 마련

디메틸아미노벤젠에 대한 예방업무 편람을 작성하여 다음 내용을 포함시킨다.

① 유해공정별 작업환경관리요령 : 유해물질 취급 유해공정을 파악하고 각 공정별로 국소배기장치, 시설·설비 등의 작업환경관리요령을 설명한다.

② 유해물질 안전취급요령 : 유해물질의 대체, 격리 등 안전취급요령을 설명한다.

③ 취급근로자 노출방지조치 : 유해물질 취급근로자 노출방지조치를 설명한다.

④ 취급시 주의사항 : 유해물질 취급시 주의사항을 설명한다.

⑤ 응급조치요령 : 유해물질 취급시 응급상황에서의 긴급조치요령을 설명한다.

⑥ 유해물질 저장·보관방법 : 유해물질 보관장소의 환기, 안전용기 등 보관방법을 설명한다.

⑦ 개인보호구 : 방독마스크, 보호의, 보호장갑, 보안경의 선택 및 착용방법 등을 설명한다.

⑧ 기타 근로자 예방지침에 필요한 내용을 설명한다.

2. 연구방법

가. 디메틸아미노벤젠의 노출기준에 대한 검토와 개정을 위한 자료수집 및 분석

문헌과 관련 자료조사를 통하여 아래 제시된 사항들에 대한 자료를 수집·검토·분석하여 노출기준의 적정성 검토와 개정에 필요한 근거를 제시한다.

① 유해화학물질의 독성학적 자료수집

- 유해화학물질의 물리·화학적 특성
- 급성·아급성·만성 독성
- 변이원성, 생식독성 등 기타 독성
- 발암성 등

② 유해화학물질에 대한 산업위생학적 자료수집

- 유해화학물질의 취급현황 수집
- 국내·외 작업환경자료 수집 및 주요 선진국의 관리기준 조사
- 측정기술 및 분석방법 검토 및 제시

③ 건강영향 자료수집

- 인체내 작용기전 및 대사
- 급성, 만성 건강영향 자료
- 생물학적 지표와 NOEL 등 양-반응 자료 분석
- 직업병 사례 연구 등

나. 국내 작업장의 노출실태파악과 근로자의 건강영향 평가

① 설문조사 : 구조화된 설문지를 이용하여 근로자들을 대상으로 설문조사를

실시하고, 이를 근거로 노출 실태를 파악한다.

② 대상자 선정 : 작업장의 공정 중 디메틸아미노벤젠을 사용하는 작업장 선정하고 각 유해물질별로 작업 공정에 종사하는 근로자를 대상으로 설문조사를 실시한다.

③ 작업환경측정: 디메틸아미노벤젠에 대한 작업환경측정을 실시한다.

④ 측정방법의 신뢰도 검증

III. 연구결과

1. 물질의 특성

디메틸아미노벤젠은 연한 노란색에서 갈색을 띠는 액체로서 2,3-, 2,4-, 2,5-, 2,6-, 3,4-, 3,5-의 여섯 개의 이성질체가 있으며 주로 사용되는 디메틸아미노벤젠에는 2,4-, 2,5-, 2,6- 이성질체가 주성분이다. 통용되는 디메틸아미노벤젠의 분자량은 121.18이며 밀도는 1.0, 끓는점은 섭씨 212도에서 226도 사이이며 물에는 녹지 않는다.

가. 물질의 개요

(1) 물질명(한글, 영문)

자일리딘, 디메틸아미노벤젠(mixed isomers).

(2) 이명

ar,ar-Dimethylbenzenamine, Dimethylaniline, Dimethylphenylamine, Aminodimethylbenzene.

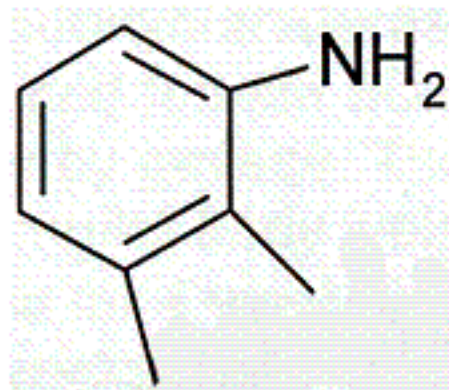
(3) 화학적 표기

$C_8H_{11}N$

$(CH_3)_2C_6H_3NH_2$

(4) 화학적 구조

벤젠 고리에 아미노기와 메틸기 두 개가 결합한 형태의 화학물질로서 아미노기와 메틸기의 위치에 따라 2,3-디메틸아미노벤젠, 2,4-디메틸아미노벤젠, 2,5-디메틸아미노벤젠, 2,6-디메틸아미노벤젠, 3,4-디메틸아미노벤젠, 3,5-디메틸아미노벤젠의 이성질체가 있다.



(5) CAS 번호

1300-73-8

(6) 외관

연노랑에서 갈색의 액체(공기중에 노출되면 갈색으로 바뀜).

(7) 냄새

독특한 냄새.

나. 물리, 화학적 특성

이성질체와 그 혼합성분에 따라서 물리, 화학적 특성에 약간의 차이를 보인다.

(1) 디메틸아미노벤젠(mixed 2,4-, 2,5-, 2,6-isomers)

<표 1-1> 2,4-, 2,4-, 2,6- 디메틸아미노벤젠의 물리화학적 특성

분자량	121.18
끓는점	212 °C - 226 °C
증기압	< 1 mm Hg (20 °C)
증기 밀도	4.2 (air = 1)
비중	0.97-0.99 (water = 1)
용해도	물에 잘 안 녹음
냄새의 서한도	1.00*10+12 molecules/cc (in air)
Octanol/water partition coefficient	log Kow: 1.84 (estimated)
인화점	96.7 °C
폭발성	1.5 % 이상부터 (in air)
산화성	강한 산화제와 격렬하게 반응
반응성	0
유해분해산물	독성, 부식성 fume 형성
소화제	water spray, carbon dioxid, foam, powder
전환율 (conversion factors) (25 °C, 760 torr)	1 ppm = 4.95 mg/m ³ , 1 mg/m ³ = 0.202 ppm

(2) 2,3-디메틸아미노벤젠

<표 1-2> 2,3-디메틸아미노벤젠의 물리화학적 특성

분자식	C ₈ H ₁₁ N
분자량	121.8
색상/형태	액체
끓는점	221.5 °C (760 mm Hg)
녹는점	< -15 °C
밀도/비중	0.9931 (20 °C)
해리계수	pKa = 4.70 (25 °C)
용해도	알코올, ether, carbon tetrachloride에 잘 녹음
증기압	7.5*10 ⁻² mm Hg (25 °C)
인화점	97°C
소화제	dry chemical, foam, carbon dioxide, or water spray
냄새의 서한도	1.00*10 ⁺¹² molecules/cc (in air)
폭발성	Lower explosive limit in air: 1.5% by vol
피해야할 물질	hypochlorite salts, solutions
반응성	0
산화성	강한 산화반응
유해분해산물	질소 산화물을 포함한 dorthier irritants와 toxic gases를 생산함

(3) 2,4-디메틸아미노벤젠

<표 1-3> 2,4-디메틸아미노벤젠의 물리화학적 특성

분자식	C ₈ H ₁₁ N
분자량	121.8
색상/형태	유성의 흐릿한 황색
끓는점	214 °C (760 mm Hg)
녹는점	< -14.3 °C
밀도/비중	0.9723 (20 °C)
해리계수	pKa = 4.89 (25 °C)
용해도	알코올, ether, benzene, 물에 조금 용해됨, 유기 용매에 녹음
표면장력	36.75 dyne/cm (25 °C)
증기압	0.133 mm Hg (25 °C)
octanol/water partition coefficient	log Kow = 1.68 at pH of 7.5
소화제	water spray, dry chemical, foam, or CO ₂
냄새 서한도	1.00*10+12 molecules/cc (in air)
반응성	0
폭발성	Lower explosive limit in air: 1.5% by vol
산화성	강한 산화반응
유해분해산물	압력과 열을 받을 때, 강한 독성 흡을 방출함

(4) 2,5-디메틸아미노벤젠

<표 1-4> 2,5-디메틸아미노벤젠의 물리화학적 특성

분자식	C ₈ H ₁₁ N
분자량	121.8
색상/형태	노란 잎(from petroleum ether)
끓는점	214 °C (760 mm Hg)
녹는점	15.5 °C
밀도/비중	0.9790 (20 °C)
해리계수	pKa = 4.53 (25 °C)
용해도	알코올, ether, benzene, carbon tetrachloride에 잘 녹고, ethanol에 조금 녹음
증기압	0.15 mm Hg (25 °C)
octanol/water partition coefficient	log Kow = 1.83 (pH 7.4)
냄새의 서한도	1.00*10+12 molecules/cc (in air)
소화제	water spray, dry chemicals, foam, or CO ₂
폭발성	Lower explosive limit in air: 1.5% by vol
반응성	0
산화성	강한 산화반응
유해분해산물	압력과 열을 받을 때, 강한 독성 흡을 방출함

(6) 3,4-디메틸아미노벤젠

<표 1-5> 3,4 디메틸아미노벤젠의 물리화학적 특성

분자식	C ₈ H ₁₁ N
분자량	121.8
색상/형태	투명한 고체
끓는점	228 °C (760 mm Hg)
녹는점	51 °C
밀도/비중	1.076 (18 °C)
해리계수	pKa = 5.28
용해도	ether, 석유에 녹고, ligroin에서 매우 잘 녹음. chloroform에과 물에서 조금 녹음
증기압	0.125 mm Hg (25 °C)
octanol/water partition coefficient	log Kow = 1.84
냄새의 서한도	1.00*10+12 molecules/cc (in air)
소화제	water spray, dry chemicals, foam, or CO ₂
폭발성	Lower explosive limit in air: 1.5% by vol
반응성	0
산화성	강한 산화반응
유해분해산물	압력과 열을 받을 때, 강한 독성 흡을 방출함

(7) 3,5-디메틸아미노벤젠

<표 1-6> 3,5-디메틸아미노벤젠의 물리화학적 특성

분자식	C ₈ H ₁₁ N
분자량	121.8
색상/형태	유성 액체
끓는점	220.5 °C (760 mm Hg)
녹는점	9.8 °C
밀도/비중	0.9706 (20 °C/ 4 °C)
해리계수	pKa = 4.79 (19 °C)
용해도	ether, carbon tetrachloride에 녹음, 물에 조금 녹음
증기압	0.125 mm Hg (25 °C)
인화점	97 °C
octanol/water partition coefficient	log Kow = 1.84
냄새의 서한도	1.00*10+12 molecules/cc (in air)
소화제	water spray, dry chemicals, foam, or CO ₂
폭발성	Lower explosive limit in air: 1.5% by vol
반응성	0
산화성	강한 산화반응
유해분해산물	압력과 열을 받을 때, 강한 독성 흡을 방출함

2. 취급 현황

가. 제조 또는 사용현황

2,3-디메틸아미노벤젠에 대한 우리 나라의 제조, 사용 자료는 없으며 외국의 경우도 극히 제한된 자료만이 있다. 미국의 자료도 1970년대 생산과 수입에 대한 자료이다. 2,3-디메틸아미노벤젠은 1976년 3.7톤이 수입되었고 2,4-디메틸아미노벤젠은 1973년 454kg 이상 생산되었고 1972년 27.4톤이 수입되었다. 2,5-디메틸아미노벤젠은 1972년 454kg 미만이 생산되었고 14.2톤이 수입되었다. 2,6-디메틸아미노벤젠은 1975년 454kg 이상 생산되었고 8.25톤 수입하였다. 3,4-디메틸아미노벤젠은 1975년 49.9kg 수입되었다. 3,5-디메틸아미노벤젠은 생산과 수입에 대한 자료가 없다. 우리 나라는 노동부가 조사한바에 따르면 2004년 현재 3개업체가 디메틸아미노벤젠을 사용하며 노출된 근로자수는 11명이며 연간 사용량은 870kg이다(표 2-1).

<표 2-1> 디메틸아미노벤젠 취급 사용장

업 종	구분	취급량 (kg)	총 근로자수	디메틸아미노벤젠 취급 근로자수
악기제조	사용	370	171	4
콘데서제조	사용	350	570	6
차량부품	사용	150	9	1

나. 발생원 및 발생과정

(1) 주요 사용과정

농약과 의약품의 중간산물로 사용되며 이 이외에도 다음 물질의 생산에 사용된다.

- acetoacet-2,4-xylidide
- Acid Orange 24
- Acid Red 26
- amitraz
- 3-hydroxy-2-naphth-2',4'-xylidide
- mefluidide
- Solvent Orange 7
- Direct Violet 14
- 사진 현상에 사용되는 화학물질

(2) 생산 방법

산업용 디메틸아미노벤젠은 크실렌에 니트로기를 첨가하고 환원시키는 반응을 통해 생산된다.

각 디메틸아미노벤젠 isomer는 해당 구조와 유사한 구조를 갖는 dimethylnitrobenzene에 철과 초산을 가하여 환원반응을 통해 생산된다.

다. 노출경로

직업적 노출은 2,3-디메틸아미노벤젠을 생산하거나 사용하는 작업장에서 흡입하거나 피부접촉하여 이루어진다. 일반 인구집단은 2,3-디메틸아미노벤

젠 증기, 담배연기, 기타 2,3-디메틸아미노벤젠을 함유한 제품에 피부접촉하거나 흡입하여 노출될 수 있다.

2,5-xylydine은 에폭시 강력페인트의 열분해(페인트의 보호막을 형성하는 공정의 일부)의 산물이다(Peltonen, 1986). 직업적 노출은 2,5-xylydine을 생산하거나 사용하는 작업장에서 흡입하거나 피부접촉하여 이루어진다. 일반 인구집단은 담배연기를 흡입하여 2,5-xylydine에 노출될 수 있다.

NIOSH의 조사(NOES Survey 1981-1983)에 따르면 여자 730명을 포함한 4400명의 근로자가 미국내에서 2,6-xylydine에 노출되고 있는 것으로 추산되었다(NIOSH, 1983). 2,6-xylydine을 생산하거나 사용하는 공정의 근로자에서 흡입이나 피부접촉을 통하여 직업적 노출이 일어날 수 있다. 일반 인구집단은 담배연기를 흡입할 때 노출될 수 있다.

기타 디메틸아미노벤젠 isomer들은 상업적으로 통용되는 디메틸아미노벤젠에 포함되어 다른 isomer들과 동시에 피부와 흡입을 통해 노출된다.

3. 동물에 있어서의 영향

가. 2,3-디메틸아미노벤젠

(1) 급성독성

자료 없음

(2) 아급성독성 (아만성독성)

자료 없음

(3) 만성독성

자료 없음

(4) 변이원성

2,3-디메틸아미노벤젠은 *Salmonella typhimurium* T100을 이용한 plate incorporation assay에서 돌연변이를 일으키는 것으로 나타났다. 하지만 대사 활성화(metabolic activation)을 가지고 있지는 않았다(Nohmi 1980; Zimmer 1980). 또한 강한 돌연변이원(mutagen)을 검출하는 TA98, TA100, TA1535, 그리고 TA1537 균주를 이용한 spot test에서 복귀 돌연변이체(revertant)의 수를 증가시키지 못하였다.

수컷 마우스에서 시행한 동물시험에서 200mg 2,3-디메틸아미노벤젠/kg 체중으로 단회 경구 투여 후 3H-thymidine의 삽입을 측정하여 DNA 합성에 대하여 알아본 결과 고환의 DNA 합성이 저해 되지 않음이 관찰되었다

(Seiler 등 1977).

(5) 생식독성

자료 없음

(6) 발암성

자료 없음

나. 2,4-디메틸아미노벤젠

(1) 급성독성

급성 흡입 독성은 2,4-이성질체에 대해서만 조사되었는데, 7시간 노출된 마우스의 LC50은 149ppm 이었다(Svirbely 등, 1947). 모든 이성질체에 대하여 메트헤모글로빈뇨증(methemoglobinemia) 발생 가능성을 시험한 연구에서는 0.25mmol/kg 체중으로 단회 정맥 투여 하였을 때 고양이의 혈중 메트헤모글로빈 수준이 6.3 ~ 38.3% 생성되었다(McLean 등, 1969). Grasso 등(1974)은 2,4-디메틸아미노벤젠을 25, 50, 100, 250mg/kg 체중으로 랫트에 7일간 경구 투여한 결과 간 무게가 투여량에 비례하게 증가하였고, 간의 glucose-6-phosphatase 가 감소하였다. 이러한 변화는 10mg/kg 체중으로 투여시 효과가 나타나지 않았다. 또한 랫트에 400mg/kg로 7일간 투여했을 때 심각한 간 손상(bile duct hyperplasia, enlargement and necrosis of liver cells)이 발견되었다(Gopinath 등 1980).

(2) 아급성독성 (아만성독성)

Short 등(1983)은 이성질체 2,4-디메틸아미노벤젠을 수컷 F344 랫트에 20 일동안 급성 LD50의 25%의 양(117mg/kg 체중)으로 경구 투여 하였는데, 2,4-이성질체는 체중의 감소, 간과 신장의 확대, 간세포 괴사, 담관 과형성증(biliary hyperplasia)을 일으켰다.

Magnusson 등(1979)은 2,4-이성질체를 매일 100mg/kg 체중으로 1주일 경구 투여한 다음 500mg/kg 체중으로 3주 동안 수컷 SD 랫트에 투여 하였을 때 간 무게와 reticular endothelial system의 성장의 증가, 간세포가 확대, 간의 글리코겐(glycogen), glucose-6-phosphatase 가 감소를 관찰하였으며, 또한 간의 P-450 microsomal 단백질과 glucuronyltransferase 가 증가된다고 보고하였다.

각각 다섯 마리의 수컷, 암컷 SD 랫트 그룹에 2,4-디메틸아미노벤젠을 20, 100 mg/kg 체중으로 4주 동안 매일 경구 투여하고, 한 그룹은 500 mg/kg 체중으로 2주 투여 후 투여량을 700 mg/kg 체중으로 증가하여 경구 투여한 결과 500/700 mg/kg 투여량은 집단 죽음을 야기했고, 체중 감소, 헤모글로빈, 헤마토크리트(hematocrit), 간세포 괴사가 감소하였다. 또한 모든 투여 그룹에서 간 무게의 증가를 보고하였다(Magnusson 등, 1971).

고양이에 138 ppm으로 반복 투여 하였을 때 다리 조화의 상실(loss of leg coordination), 청색증(cyanosis), 쇠약(prostration), 그리고 치사를 일으켰으며, 부검하였을 때 폐부종(pulmonary edema), 소엽의 폐렴(lobular pneumonia), 간 괴사, 그리고 독성 신장증(toxic nephrosis)가 발견되었다. 132 ppm으로 3일간 고양이에 노출하였을 때 메트헤모글로빈의 농도가 55%에 이르렀고, 17.4 ppm으로 반복 투여한 결과 독성 간염(toxic hepatitis)와 일부의 사망이 관찰되었다. 반면 7.8 ppm 으로 반복 투여한 하였을때 아무런 효과도 나타나지 않았다(Mackison 등, 1981).

Magnusson 등(1971)은 수컷, 암컷의 비글견(犬)의 위에 관을 연결하고 2, 10, 50 mg 2,4-디메틸아미노벤젠/kg 체중 을 4주 동안 투여하였다. 10, 50

mg/kg 투여에서 구토가 일어났고, 50 mg/kg에서는 간의 bromophthalein 정체가 증가, 간 무게 증가 그리고 간의 지방 변질이 나타났다. 2 mg/kg 투여한 동물에서는 아무런 효과도 나타나지 않았다.

Osborne-Mendel 랫트 암컷과 수컷 10마리를 대상으로 6개월 동안 275, 750, 2500, 5000, 10,000 ppm의 2,4-디메틸아미노벤젠 염화수소가 포함되어 있는 사료를 먹인 연구에서 2,4-이성질체는 모든 투여 그룹에서 간과 신장에 영향을 준다고 나타났다. 이 두 기관의 상대적인 무게가 2,4-이성질체의 투여량에 비례하여 증가되었다. 또한 현미경으로 조직을 관찰한 결과 간에서 담관섬유증(cholangiofibrosis), 담관(bile duct)의 증식, 과형성세포의 피사가 발견되었고, 세관(tubuli)의 위축, 부종, 유두(papillary)의 피사가 신장에서 관찰되었다(Lindstrom 등, 1969).

(3) 만성독성

마우스, 랫트, 토끼, 고양이, 개에 45 ppm의 2,4-디메틸아미노벤젠 증기를 하루에 7시간씩 주 5회로 44주 노출시킨 결과 모든 종에서 간 손상과 집단 죽음을 일으켰다. 고양이, 개, 그리고 마우스는 메트헤모글로빈 수준이 상승하였고, 하인츠 소체(Heinz bodies)의 수가 증가하였다(Svirbely 등, 1947).

50 ~ 142 ppm의 2,4-디메틸아미노벤젠 증기를 하루에 7시간으로 주 5회 노출시킨 랫트, 기니아피그, 토끼 그리고 고양이에서 치사율, 간질성 폐렴(pneumonitis)이 증가되었고, 심장, 간, 신장의 세포 퇴화가 증가되었다. 또한 고양이를 제외한 모든 종에서 간독성을 관찰되었다(Treon 등, 1950).

(4) 변이원성

2,4-디메틸아미노벤젠은 *Salmonella typhimurium* T100을 이용한 plate incorporation assay에서 양성으로 나타났고, 대사활성(metabolic activation)을 가지고 있었다(Nohmi, 1980; Zimmer, 1980). Chinese hamster V79 lung fibroblasts에서 일차 DNA 손상이 대사활성 체계(metabolic activation

system(S9)) 존재하에 알카리성 용출(alkaline elution)의 방법으로 연구되었는데 본 연구의 결과 2,4-디메틸아미노벤젠은 2시간과 4시간 노출 기간에 사용된 모든 농도(1.0, 3.0mM)에서 음성으로 나타났다(Zimmer, 1980). Williams 등(1989)의 연구에서 배양된 랫트의 간세포에서 시행한 DNA-repair test 결과 10 μ M 이상의 농도에서 양성으로 나타났다.

Nohmi 등(1984)의 연구에서 *Bacillus subtilis*를 이용한 Rec-assay에서, 2,4-디메틸아미노벤젠은 양성을 보였다. Zimmer 등(1980)이 시행한 연구에서 chinese hamster lung V79 fibroblasts를 이용하여 DNA breakage 시험을 한 결과 2,4-디메틸아미노벤젠은 활성을 보이지 않았다.

Seiler 등(1977)이 시행한 수컷 마우스에서의 동물시험에서 200mg 2,3-디메틸아미노벤젠/kg 체중으로 단회 경구 투여 후 3H-thymidine의 삽입을 측정하여 DNA 합성에 대하여 알아본 결과 2,4-디메틸아미노벤젠에 의해 마우스의 고환 DNA 합성이 저해되고 있음이 관찰되었다.

Przybojewska 등(1999)은 B6C3F1 수컷 마우스에 100, 200mg 2,4 디메틸아미노벤젠/kg 체중으로 단회 복막 내 투여 한 후 단일 세포 전기영동법 (comet assay)을 통하여 간세포의 DNA 손상여부를 알아본 결과 투여군의 간세포의 DNA 손상이 대조군 보다 유의하게 증가한 것을 관찰하였다.

(5) 생식독성

자료 없음

(6) 발암성

Weisburger 등(1978)은 25마리 수컷 CD 랫트 두 그룹에 2,4-디메틸아미노벤젠 염화수소가 포함된 사료를 서로 다른 두 농도로 투여하였다. 한 그룹은 2000ppm(3개월)-250ppm(2개월)-500ppm(13개월)로, 다른 그룹은 4000ppm(3개월)-500ppm(2개월)-1000ppm(13개월)로 투여한 연구의 결과 2,4-디메틸아미노벤젠 염화수소는 수컷 CD 랫트에 발암성이 발견되지 않았다. 25마리의

수컷, 암컷 CD-1 랫트 그룹에 125, 250 ppm의 2,4-디메틸아미노벤젠 염화수소가 포함된 사료를 18개월 동안 먹이고, 모든 동물들이 21개월 후에 희생시켜 관찰한 결과 수컷에서는 종양 발생률이 증가되지 않았지만 암컷의 고투여군에서는 폐종양이 유의하게 증가된 것으로 나타났다.

다. 2,5-디메틸아미노벤젠

(1) 급성독성

자료 없음

(2) 아급성독성 (아만성독성)

2,5-디메틸아미노벤젠을 매일 100mg/kg 체중으로 1주일 경구 투여한 다음 500mg/kg 체중으로 3주 동안 수컷 SD 랫트에 투여 하였을 때 간 무게와 reticular endothelial system의 성장의 증가, 간세포가 확대, 간의 글리코겐 (glycogen), glucose-6-phosphatase 가 감소를 관찰하였으며, 또한 간의 P-450 microsomal 단백질과 glucuronyltransferase 가 증가된다는 보고가 있다(Magnusson 등, 1979).

(3) 만성독성

자료 없음

(4) 변이원성

모든 디메틸아미노벤젠 이성질체는 복귀돌연변이시험(AMES test)를 사용하여 점 돌연변이에 대한 시험을 했다. 그 각각 이성질체에 대한 연구의 결과 항상 일치하지는 않았지만, 대부분의 연구자들은 대사 활성화 후

Salmonella typhimurium T100 에서 이성질체가 양성임을 발견했다.

Nohmi 등(1984)의 연구에서 *Bacillus subtilis*를 이용한 Rec-assay에서, 2,5-디메틸아미노벤젠은 음성으로 나타났다.

수컷 마우스에 200 mg/kg 체중으로 경구투여 또는 100 mg/kg 체중으로 복막 내 주입하였을 때, 2,5-디메틸아미노벤젠에 의하여 고환의 DNA 합성이 저해되었다.

(5) 생식독성

자료 없음

(6) 발암성

2,5-디메틸아미노벤젠 염화수소 사료를 두 농도로 25 마리의 CD 랫트에 18개월동안 투여하였다. 한 그룹은 6000ppm(5개월) 후 3000ppm(13개월), 다른 그룹은 12,000ppm(5개월) 후 6,000ppm(13개월)으로 투여한 다음 6개월가 관찰하였다. 그 결과 2,5-디메틸아미노벤젠 염화수소는 수컷 CD 랫트에서 발암성이 발견되지 않았다.

25마리의 수컷, 암컷 CD-1 랫트 그룹에 6,000, 12,000 ppm의 2,5-디메틸아미노벤젠 염화수소가 포함된 사료를 18개월 동안 먹이고 관찰한 결과 수컷에서만 낮은 투여군에서 혈관 종양이 유의하게 증가된 결과를 보였다.

라. 2,6-디메틸아미노벤젠

(1) 급성독성

자료 없음

(2) 아급성독성 (아만성독성)

Short 등(1983)은 2,6-디메틸아미노벤젠을 수컷 F344 랫트에 20일 동안 LD50의 25%의 양(157mg/kg 체중)으로 경구 투여 하였는데, 2,6-이성질체는 비장에서 헤모시데린 침착증(hemosiderosis)이 발생하였다.

Magnusson 등(1979)은 2,6-디메틸아미노벤젠을 매일 100mg/kg 체중으로 1주일 경구 투여한 다음 500mg/kg 체중으로 3주 동안 수컷 SD 랫트에 투여 하였을 때 간 무게와 reticular endothelial system의 성장의 증가, 간세포가 확대, 간의 글리코젠(glycogen), glucose-6-phosphatase 가 감소를 관찰하였으며, 또한 간의 P-450 microsomal 단백질과 glucuronyltransferase 가 증가 된다고 보고하였다.

(3) 만성독성

자료 없음

(4) 변이원성

2,6-디메틸아미노벤젠은 *Drosophila* recessive lethal test에서 음성이었다 (Foureman 등 1994). Chinese hamster 난소 세포에서 2,6-디메틸아미노벤젠 이 염색체 이상(chormosomal aberration)과 sister chromatid exchange를 일으킨다고 보고되었다.

Nohmi 등(1984)의 연구에서 *Bacillus subtilis*를 이용한 Rec-assay에서, 2,6-디메틸아미노벤젠 이성질체는 음성으로 나타났다.

수컷 마우스에 200 mg/kg 체중으로 경구투여 또는 100 mg/kg 체중으로 복막 내 주입하였을 때, 2,6-디메틸아미노벤젠에 대하여 저해 효과가 관찰되지 않았다.

(5) 생식독성

자료 없음

(6) 발암성

미국 National Toxicology Program(NTP) 보고서는 CD 랫트의 2,6-디메틸아미노벤젠에 대한 경태반(transplacental) 발암성 시험 결과를 서술하고 있다. 발암성 시험에 사용된 부모 세대는 번식 전과 임신, 수유기 동안 300, 1,000, 그리고 3,000ppm 의 2,6-디메틸아미노벤젠이 포함된 사료를 먹었고, 이윽가 끝난 후 암컷, 수컷 각각 56마리의 자손들은 300, 1,000, 그리고 3,000ppm 의 2,6-디메틸아미노벤젠이 포함된 사료를 102주 동안 먹었다. 그 결과 수컷 랫트는 중간과 고농도 투여 그룹에서 암컷 랫트는 고농도 투여 그룹에서 낮은 생존율을 보였다. 그리고 암컷, 수컷 모두 고농도 투여 그룹에서 체중이 감소하였다. 2,6-디메틸아미노벤젠은 3000ppm에서 비강의 선종과 암들다의 발병률이 매우 유의하게 증가시키는 것으로 나타났고, 이 농도는 수컷, 암컷 랫트에서 피하 섬유종과 섬유육종의 발병률도 증가시키는 것으로 보고되었다(Hardisty 등, 1983).

두 단계의 비암 발암과정(nasal carcinogenesis) 모델에서 2,6-디메틸아미노벤젠은 코에서 종양 증진 효과가 나타났다. 수컷 F344 랫트에N-bis(2-hydroxypropyl)nitrosamine(DHPN)을 단회 피하 주입 후 52주 동안 0, 3.0g 2,6-디메틸아미노벤젠/kg가 포함된 사료를 투여하였다. 대조군에 대해서는 코에서 선종(adenoma)이나 암(carcinoma)이 발견되지 않았고, 반면에 DHPN/2,6-디메틸아미노벤젠을 처리한 랫트에서 27%의 선종과 33%의 암이 코에서 발견되었다. DHPN만을 투여한 동물군에서는 20% 선종과 5%의 암이 발견되어, DHPN/2,6-디메틸아미노벤젠에 비해 유의하게 낮은 결과를 보였다(Koujitani 등, 1999).

마. 3,4-디메틸아미노벤젠

(1) 급성독성

자료 없음

(2) 아급성독성 (아만성독성)

자료 없음

(3) 만성독성

자료 없음

(4) 변이원성

Nohmi 등(1984)의 연구에서 *Bacillus subtilis*를 이용한 Rec-assay에서, 3,4-디메틸아미노벤젠은 음성으로 나타났다.

수컷 마우스에 200 mg/kg 체중으로 경구투여 또는 100 mg/kg 체중으로 복막 내 주입하였을 때, 3,4-이성질체에 의하여 고환의 DNA 합성이 저해되었다.

(5) 생식독성

자료 없음

(6) 발암성

자료 없음

바. 3,5-디메틸아미노벤젠

(1) 급성독성

자료 없음

(2) 아급성독성 (아만성독성)

자료 없음

(3) 만성독성

자료 없음

(4). 변이원성

Nohmi 등(1984)의 연구에서 *Bacillus subtilis*를 이용한 Rec-assay에서, 3,5-이성질체는 음성으로 나타났다.

수컷 마우스에 200 mg/kg 체중으로 경구투여 또는 100 mg/kg 체중으로 복막 내 주입하였을 때, 3,5-디메틸아미노벤젠에 대하여 고환의 DNA 합성 저해 효과가 관찰되지 않았다.

(5) 생식독성

자료 없음

(6) 발암성

자료 없음

4. 인체영향

가. 2,3-디메틸아미노벤젠

2,3-디메틸아미노벤젠의 독성학적 특성 때문에 중대한 위해도가 나타날 수 있다. 어떤 경로를 통해 흡수되더라도 독성을 나타내며, 염료의 중간재료로 사용되므로 이 작업시에 노출될 수 있다. 피부나 눈에 닿으면 화상을 유발한다. 노출에 의하여 사망할 수도 있다. OSHA는 PEL에서 TWA를 5 ppm으로 정하고 있지만, ACGIH는 1988-1989 Notice of Intended Changes에서 디메틸아미노벤젠 혼합물의 TLV 값의 개정안을 0.5 ppm으로 제안하였을 뿐 아니라, 인체발암성 의심물질로 분류하고 있다. 디메틸아미노벤젠의 선적 작업자나 제조자처럼 과량의 노출이 일어날 가능성이 있는 경우에는 자가호흡 장비와 완벽한 화학물질 차폐복장을 갖추어야 한다. 눈이나 피부에 직접접촉이 되었을 때에는 즉시 흐르는 물로 15분 이상 씻어주어야 한다. 오염된 옷과 신발은 그 자리에서 제거해야 한다. 디메틸아미노벤젠 작업구역에서 음식을 먹거나 담배를 피워서는 안된다. 디메틸아미노벤젠이 쉽게 폭발하지는 않지만, 자극성이나 독성을 가진 가스를 발생시키며, 화상을 유발할 수 있다. 고온에서 용기가 폭발할 수도 있다. 디메틸아미노벤젠과 관련된 화재는 건조 화합물, 이산화탄소, 할론, 기타 표준 거품 등으로 진압할 수 있다. 살수 시에는 거품이 발생할 수 있으므로 주의하여야 한다. 소화 작업시에는 가능한 한 먼 거리에서 충분한 거리를 두고 화재를 진압하여야 하며, 소화용수가 흘러 내리는 경우에는 배수로를 만들어주어야 한다. 디메틸아미노벤젠은 열이나 강력한 산화제, hypochlorite 표백제 가까이 두면 안된다. 이송 전에 선적 규약과 기타 DOT 규약에 대하여 참조하여야 한다. 디메틸아미노벤젠이 누출되거나 옆질러진 경우에는 사람 반대 방향으로 배수하고, 모래나 비연소성 흡

착제에 흡착시켜 폐기용기에 담아야 한다. 소각처리할 수 있다. 매립할 때에는 환경관련 기관의 지시에 따라야 한다.

(1) 인체내 작용기전

아직 급성 노출에 의한 인체효과나 치료법에 대해서는 조사된 것이 없다. 다음의 검사방법이나 치료방법은 독성화학물질에 노출된 사람에 대한 일반적인 조치이다.

노출된 사람에 대하여 특별한 이상이 없는지 세밀하고 완전한 병력 조사와 이학적 검사를 하여야 한다. 냄새가 강한 화학물질에 노출되면 두통, 현기증, 허탈, 구역 등의 비특이적 증상이 나타날 수 있다. 많은 화학물질이 눈, 피부, 호흡기 등에 자극증상을 나타낸다. 심한 경우에는 24-72시간이 지난 후에 나타나는 급성호흡곤란증후군/급성폐손상으로 진행할 수도 있다. 부식성 혹은 자극성 화학물질을 섭취하는 경우에는 식도나 소화기의 자극증상이나 화상을 유발할 수 있다. 많은 화학물질이 알레르기성 과민성피부염이나 기관지연축과 쉼쉼거림을 동반한 기관지천식을 일으킬 수도 있다.

(2) 단기노출시 인체 유해성

400 ppm 디메틸아미노벤젠에 1시간 노출된 사람은 사망한다 10 ppm으로 장시간 노출될 때는 인체 독성을 나타낼 수 있다(Goldblatt, 1955). 미국 NIOSH에 따르면, 50 ppm 이상의 농도에서는 건강과 생명을 즉각적으로 위협할 수 있다(U.S. National Institute for Occupational Safety and Health, 2000).

(3) 장기노출시 인체 유해성

10 ppm으로 장시간 노출될 때는 인체 독성을 나타낼 수 있다(Goldblatt, 1955).

(4) 인체 표적장기독성

명확히 보고된 바 없다.

(5) 인체 발암성

A3; 인체 발암성은 알려져 있지 않고 동물에 대한 발암성은 확인된 물질이다 (Dimethylaminobenzene (mixed isomers), ACGIH, 2005)

(6) 사람에 대한 국내외 재해사례

보고된 바 없다.

(7) 기타

① 의학적 감시

최초 의학적 검사: 전체적인 병력조사와 이학적 검사. 이것의 목적은 근로자의 위험이 증가하거나 앞으로의 건강 모니터링에 대한 기초자료를 확보하는 것이다. 특히 혈액, 폐, 신장, 간, 심혈관계 등에 대한 검사에 중점을 두어야 한다. 매년 의학적 진찰을 반복해야 한다(Mackison, 1981).

② 인체노출경로

직업적 노출은 2,3-디메틸아미노벤젠을 생산하거나 사용하는 작업장에서 흡입하거나 피부접촉하여 이루어진다. 일반 인구집단은 2,3-디메틸아미노벤젠 증기, 담배연기, 기타 2,3-디메틸아미노벤젠을 함유한 제품에 피부접촉하거나 흡입하여 노출될 수 있다.

③ 환경중 노출

2,3-디메틸아미노벤젠이 mefenamic acid의 중간재료로 사용되므로 2,3-디메틸아미노벤젠의 생산과 mefenamic acid의 생산공정에서 각종 폐기 경로를

통하여 환경중으로 방출된다. 대기중으로 방출되면 2,3-디메틸아미노벤젠은 증기상태로 존재하며 섭씨 25도에서 증기압은 0.075 mm Hg 정도이다. 증기상의 2,3-디메틸아미노벤젠은 광화학반응에 의하여 생성된 hydroxyl radical과 반응하여 분해되는데 반감기는 대략 2 시간이다. Koc값은 120 정도로 추정되는데 이는 2,3-디메틸아미노벤젠이 토양 내에서 높은 유동성을 가지고 있음을 의미한다. 그러나, 아닐린류는, 방향족 아미노기의 강한 반응성 때문에 토양의 유기성분과 강력하게 결합한다. 그러므로, 유기성분이 많이 함유된 토양에서는 유동성이 훨씬 줄어든다. 축축한 토양 표면에서 2,3-디메틸아미노벤젠은 헨리의 법칙에 따라 휘발하게 된다. 자료가 충분하지는 못하지만, 2,3-디메틸아미노벤젠은 토양과 물 속에서 호기적으로 분해되는 것으로 보인다. 활성오니를 이용한 수중선별검사에서 2,3-디메틸아미노벤젠은 12.7 mg COD/g-hr의 속도로 분해되어 96.5%가 분해되었다. 방향족 아민류는 일광하수중에서 광화학적으로 생성된 peroxy radical이나 hydroxyl radical과 반응한다. 수중에서 2,3-디메틸아미노벤젠은 방향족 아민이라는 구조적 특성 때문에 부유유기물질에 강력하게 흡착한다. 2,4-디메틸아미노벤젠은 물 표면에서 헨리의 법칙에 따라 휘발할 것으로 추정된다. 강이나 호수의 모델을 이용한 실험에서 반감기는 각각 16 일과 120 일이었다. 유기물에 흡착하는 성질 때문에 이 속도는 줄어들 것으로 예상된다. 수중생물의 생물학적 농축현상이 나타날 가능성은 높지 않다. 2,3-디메틸아미노벤젠을 생산하거나 사용하는 공정의 근로자에서 직업적 노출이 일어날 수 있다. 일반인구집단은 이 화합물을 함유하고 있는 제품과 피부접촉하거나 담배연기를 흡입하여 2,3-디메틸아미노벤젠에 노출될 수 있다.

④ 인위적 오염원

2,4-디메틸아미노벤젠의 생산과, mefenamic acid의 중간재료로 2,3-디메틸아미노벤젠을 사용할 때, 여러 경로를 거쳐 환경중으로 방출될 수 있다 (Ashford, 1994).

나. 2,4-디메틸아미노벤젠

(1) 인체내 작용기전

토끼에서는 4-amino-3-methylbenzoic acid와 2,4-dimethylphenylsulfamate를 생성한다(Goodwin, 1976).

2,4-디메틸아미노벤젠은 산화되어 주로 3-methyl-4-aminobenzoic acid이 된다(Health and Environmental Effects Profile for dimethylaminobenzene, 1983).

2,4-디메틸아미노벤젠은 소화기, 피부, 호흡기 등을 통해 흡수되고, 대사되어 소변으로 배설된다. 쥐에서는 소변으로 대사되지 않은 2,4-디메틸아미노벤젠 형태 혹은 4-amino-3-methylbenzoic acid, 그리고 N-acetyl-4-amino-3-methylbenzoic acid와 그 황산화접합체 또는 글루쿠로나이드접합체 형태로 배설된다. 이 물질들은 p-methyl기의 산화에 의하여 생성된다. 또, 개의 소변에서는 6-hydroxy-2,4-dimethylaminobenzene이 중요한 대사산물이다. 소량이 N-methyl-2,4-dimethylaminobenzene이 발견되기도 한다. 2,4-디메틸아미노벤젠에 대하여 반복적으로 노출하더라도 소변의 대사물질 양은 증가하지 않는다(Anonymous, 1993).

2,4-디메틸아미노벤젠은 간의 담관섬유화(cholangiofibrosis), 담관의 증식, 여러 곳의 작은 간의 세포과생성 및 변성을 유발한다. 그러나 개에서는 간에 이러한 해가 나타나지 않는다. 쥐에서 2,4-dimethylaminobenzene의 가장 중요한 요중 대사산물은 N-acetyl-4-amino-3-methylbenzoic acid이지만, 개에서는 6-hydroxy-2,4-dimethylaminobenzene이다. 개에서는 unacetylated 4-amino-3-methylbenzoic acid와 그 glycine 접합체로 대사되는 양이 상대적으로 적다. 쥐에서는 2,4-dimethylaminobenzene이나 2,6-dimethylaminobenzene을 10일 동안 반복투여하여도 대사산물을 확인할 수 없었으나, in 2,4-dimethylaminobenzene에 노출된 쥐에

3-methylcholanthrene을 투여한 경우에는 요중 N-acetyl-4-amino-3-methylbenzoic acid의 농도가 증가하였다(Short, 1989).

쥐 소장에서 2,4-디메틸아미노벤젠 흡수의 생물학적 반감기는 15.7 분이다 (Pla-delfina, 1972).

(2) 단기노출시 인체 유해성

400 ppm 디메틸아미노벤젠에 1시간 노출된 사람은 사망하게 된다 (Goldblatt, 1955). 미국 NIOSH에 따르면, 50 ppm 이상의 농도에서는 건강과 생명을 즉각적으로 위협할 수 있다(U.S. National Institute for Occupational Safety and Health, 2000).

(3) 장기노출시 인체 유해성

10 ppm으로 장시간 노출될 때는 인체 독성을 나타낼 수 있다(Goldblatt, 1955).

(4) 인체 표적장기독성

명확히 알려진 바 없다.

(5) 인체 발암성

IARC에서는 1987년 이 물질이 전체적인 인체발암성 평가 Group 3(이 물질은 인체 발암성에 관하여 분류가 불가능함)으로 분류하였다(IARC, 1987).

AGCIG와 NIOSH에서는 A3(인체 발암성은 알려져 있지 않고 동물에 대한 발암성은 확인된 물질로 분류하고 있다(Dimethylaminobenzene (mixed isomers), ACGIH, 2005).

(6) 사람에 대한 국내외 재해사례

보고된 바 없다.

다. 2,5-디메틸아미노벤젠

(1) 인체내 작용기전

2,5-디메틸아미노벤젠은 주로 4-hydroxy-2,5-dimethylaminobenzene 등의 para-amino xylol로 대사된다(Health and Environmental Effects Profile, 1983).

소량은 2,5-디메틸아미노벤젠의 메틸기가 산화되어 4-methyl-2-aminobenzoic acid와 4-methyl-3-aminobenzoic acid로 대사된다(Lindstrom, 1984).

(2) 단기노출시 인체 유해성

400 ppm 디메틸아미노벤젠에 1시간 노출된 사람은 사망하게 된다(Goldblatt, 1955). 미국 NIOSH에 따르면, 50 ppm 이상의 농도에서는 건강과 생명을 즉각적으로 위협할 수 있다(U.S. National Institute for Occupational Safety and Health, 2000).

(3) 장기노출시 인체 유해성

10 ppm으로 장시간 노출될 때는 인체 독성을 나타낼 수 있다(Goldblatt, 1955).

(4) 인체 표적장기독성

명확히 알려진 바 없다.

(5) 인체 발암성

IARC에서는 1987년 이 물질이 전체적인 인체발암성 평가 Group 3(이 물질은 인체 발암성에 관하여 분류가 불가능함)으로 분류하였다(IARC, 1987).

AGCIG와 NIOSH에서는 A3(인체 발암성은 알려져 있지 않고 동물에 대한 발암성은 확인된 물질로 분류하고 있다(Dimethylaminobenzene (mixed isomers), ACGIH, 2005)

(6) 사람에 대한 국내외 재해사례

보고된 바 없다.

(7) 기타

① 환경중 노출

2,5-디메틸아미노벤젠은 그 자체의 생산이나 염료 등의 중간재료로 사용시에 각종 경로를 통하여 환경중으로 방출된다. 대기중으로 방출되면 2,5-디메틸아미노벤젠은 증기상태로 존재하며 섭씨 20도에서 증기압은 0.15 mm Hg 정도이다. 증기상의 2,5-디메틸아미노벤젠은 광화학반응에 의하여 생성된 hydroxyl radical과 반응하여 분해되는데 반감기는 대략 2 시간이다. Koc값은 240 정도로 추정되는데 이는 2,5-디메틸아미노벤젠이 토양 내에서 중간 정도의 유동성을 가지고 있음을 의미한다. 그러나, 아닐린류는, 방향족 아미노기의 강한 반응성 때문에 토양의 유기성분과 강력하게 결합한다. 그러므로, 유기성분이 많이 함유된 토양에서는 유동성이 훨씬 줄어든다. 축축한 토양 표면에서 2,5-디메틸아미노벤젠은 헨리의 법칙에 따라 휘발하게 된다. 자료가 충분하지는 못하지만, 2,5-디메틸아미노벤젠은 4주 내에 이론적 BOD 수치의 0-1%에 도달하며 일본의 MITI 검사에 따르면 이 분해속도는 느린 것으로 분류된다. 다른 실험에서는 3.6 mg COD/g-hr의 생분해속도를 나타냈다. 방향족 아민류는 일광하 수중에서 광화학적으로 생성된 peroxy radical이나 hydroxyl radical과 반응한다. 반감기는 peroxy radical과 반응할 때는 19 시간이고, hydroxyl radical과 반응할 때에는 30시간이다. 수중에서 2,4-디메틸아미노벤젠은 방향족 아민이라는 구조적 특성 때문에 부유유기물질에 강력

하게 흡착한다. 2,4-디메틸아미노벤젠은 물 표면에서 헨리의 법칙에 따라 휘발할 것으로 추정된다. 강이나 호수의 모델을 이용한 실험에서 반감기는 각각 16 일과 120 일이었다. 유기물에 흡착하는 성질 때문에 이 속도는 줄어든 것으로 예상된다. 수중생물의 생물학적 농축현상이 나타날 가능성은 높지 않다. 2,5-디메틸아미노벤젠을 생산하거나 사용하는 공정의 근로자에서 직업적 노출이 일어날 수 있다. 일반 인구집단에서는 담배연기를 흡입할 때 노출될 수 있다.

② 인체노출 경로

2,5-디메틸아미노벤젠은 에폭시 강력페인트의 열분해(페인트의 보호막을 형성하는 공정의 일부)의 산물이다(Peltonen, 1986). 직업적 노출은 2,5-디메틸아미노벤젠을 생산하거나 사용하는 작업장에서 흡입하거나 피부접촉하여 이루어진다. 일반 인구집단은 담배연기를 흡입하여 2,5-디메틸아미노벤젠에 노출될 수 있다.

③ 인위적 오염원

2,4-디메틸아미노벤젠의 생산과, 염료의 중간재료로 2,4-디메틸아미노벤젠을 사용할 때, 여러 경로를 거쳐 환경 중으로 방출될 수 있다(Ashford, 1994).

라. 2,6-디메틸아미노벤젠

(1) 인체내 작용기전

사람, 기니아 피그, 쥐에서 2,6-디메틸아미노벤젠의 대사물질은 4-amino-3,5-dimethylphenol이다(Goodwin, 1976).

2,6-디메틸아미노벤젠을 쥐에게 반복하여 경구투여하면 산화반응으로 대사가 일어나 글루쿠론산 접합체로 배설된다(Magnusson, 1979).

2,6-디메틸아미노벤젠은 주로 4-hydroxy-2,6-dimethylaminobenzene 등의 para-amino xylenols로 대사된다(Health and Environmental Effects Profile, 1983)

2,6-dimethylaminobenzene의 인체내 대사에 대한 연구는 흡연자와 비흡연자의 비교연구나, 주로 2,6-dimethylaminobenzene으로 대사되는 마취제, 심장약, 리도카인 등을 투여받은 환자를 대상으로 한 것이다. 2,6-dimethylaminobenzene의 hemoglobin adducts가 특히 비흡연자에서 고농도로 나타난다. 흡연자에서는 도리어 낮은 편이다. 리도카인 치료를 받는 환자에서 2,6-dimethylaminobenzene-hemoglobin adduct 농도는 유의하게 증가되었다. 이러한 결과는 환경이나 약물을 통하여 2,6-dimethylaminobenzene 혹은 대사를 거쳐 N-hydroxy-2,6-dimethylaminobenzene이 생성되었음을 나타내는 것이다. N-hydroxy-2,6-dimethylaminobenzene은 적혈구로 들어가 2,6-dimethyl-nitrosobenzene으로 산화되고, 혈색소와 sulfinamide adduct를 형성한다(IARC, 1993).

쥐의 혈색소결합지수를 근거로 할 때, 비흡연자에서 발견되는 2,6-dimethylaminobenzene-hemoglobin adducts를 이용하여 추정 한 노출량은 하루 23 ug이다. 2,6-Dimethylaminobenzene은 소변에 etidocaine과 lidamidine hydrochloride의 요중 대사산물로 존재할 수 있다(IARC, 1993).

2,6-dimethylaminobenzene이 2,6-dimethylaminobenzene-based azo dye의

장내 대상에 의하여 생성되므로, 소장에서의 흡수에 대하여 연구하였다. 수컷 위스타 쥐의 기도에 2,6-dimethylaminobenzene 10 mg을 pH 6의 인산완충식염수 10 ml에 녹여서 투여하였을 때 흡수 반감시간은 14.4 분으로 빨랐으며, 장내세균에 의하여 azo 염료로 대사됨으로써 2,6-dimethylaminobenzene이 완벽하게 흡수된다(IARC, 1993).

수컷 Osborne Mendel 쥐에게 gavage를 이용하여 체중 1 kg당 200 mg의 2,6-디메틸아미노벤젠의 hydrochloride염을 투여한 다음 2,6-디메틸아미노벤젠 대사에 대하여 조사하였다. 4-Hydroxy-2,6-dimethylaminobenzene이 가장 많고, 3-methyl-2-aminobenzoic acid이 그 다음으로 많은 요중 대사산물로 확인되었다. 화학적 변화가 없는 아민형태도 검출되지만, 소변을 산 가수분해 후에 측정할 때에만 검출되는 것도 있는 것으로 보아 N-conjugate 형태로 소변에 존재할 가능성이 높다. 수컷 Fischer 344 쥐에 순도 99% 이상의 2,6-dimethylaminobenzene을 옥수수기름에 타서 체중 1 kg당 262.5 mg을 10 일동안 경구 투여하고 소변을 효소로 가수분해한 실험에서도 같은 결과를 얻었다. 3-methylcholanthrene을 동시에 투여한 경우에 4-hydroxy 대사산물의 농도가 더 높았으나, 페노바비탈을 같이 투여한 경우에는 그렇지 않았다. 비글종 개에 체중 1 Kg당 25 mg을 투여한 경우에도 같은 결과를 얻었다. 즉, 3-methyl-2-aminobenzoic acid와 그 glycine 접합체가 소변에서 소량 발견되었다. 두가지 반응성이 강한 대사산물, 즉, N-hydroxy-2,6-dimethylaminobenzene에서 생성된 2,6-dimethyl-4-nitrosobenzene과 3,5-dimethyl-4-iminoquinone이 존재할 가능성을 시사하는 소견이지만, 쥐에서는 어느 것도 발견되지 않았다(IARC, 1993).

쥐에서 2,6-디메틸아미노벤젠의 소장 흡수반감시간은 14.4 분이다 (Pla-Delifina, 1972).

(2) 단기노출시 인체 유해성

400 ppm 디메틸아미노벤젠에 1시간 노출된 사람은 사망하게 된다

(Goldblatt, 1955). 미국 NIOSH에 따르면, 50 ppm 이상의 농도에서는 건강과 생명을 즉각적으로 위협할 수 있다(U.S. National Institute for Occupational Safety and Health, 2000).

(3) 장기노출시 인체 유해성

10 ppm으로 장시간 노출될 때는 인체 독성을 나타낼 수 있다(Goldblatt, 1955).

(4) 인체 표적장기독성

명확히 알려진 바 없다.

(5) 인체 발암성

2,6-dimethylaminobenzene이 사람에게 암을 유발하는가에 대한 증거는 적절한 것이 없다. 2,6-dimethylaminobenzene이 실험동물에게 암을 유발한다는 증거도 적절한 것이 없다. IARC에서는 1987년 이 물질이 전체적인 인체발암성 평가 Group 3(이 물질은 인체 발암성에 관하여 분류가 불가능함)으로 분류하였다(IARC, 1987).

ACGIH와 NIOSH에서는 A3(인체 발암성은 알려져 있지 않고 동물에 대한 발암성은 확인된 물질로 분류하고 있다(Dimethylaminobenzene (mixed isomers), ACGIH, 2005).

(6) 사람에 대한 국내외 재해사례

중독된 사람을 리도카인으로 치료한 경우에 메트헤모글로빈혈증(methemoglobinemia)이 발생한 사례가 보고되어 있다. 혈색소와 adduct를 형성하는 것처럼, 혈액속의 N-hydroxy 대사물에 의한 것일 수도 있다(IARC, 1993).

(7) 기타

① 환경중 노출

2,6-디메틸아미노벤젠은 담배연기에 포함되어 있으며, 그 생산이나 사용 도중 각종 경로를 통하여 환경중으로 방출된다. 대기중으로 방출되면 2,6-디메틸아미노벤젠은 증기상태로 존재한다. 증기상의 2,6-디메틸아미노벤젠은 광화학반응에 의하여 생성된 hydroxyl radical과 반응하여 분해되는데 반감기는 대략 2.4 시간이다. 2,6-디메틸아미노벤젠이 빛을 흡수하는 성질이 있는 것으로 보아 빛에 의한 분해가 일어날 가능성이 있다. 토양 내에서 Koc 값은 52로 추정되는데 이는 2,6-디메틸아미노벤젠이 토양 내에서 큰 유동성을 가지고 있음을 의미한다. 그러나, 아닐린류는, 방향족 아미노기의 강한 반응성 때문에 토양의 유기성분과 강력하게 결합한다. 그러므로, 유기성분이 많이 함유된 토양에서는 유동성이 훨씬 줄어든다. 축축한 토양 표면에서 2,6-디메틸아미노벤젠은 헨리의 법칙에 따라 휘발하게 된다. 수중에서 2,6-디메틸아미노벤젠은 방향족 아민이라는 구조적 특성 때문에 부유유기물질에 강력하게 흡착한다. 수중생물의 생물학적 농축현상이 나타날 가능성은 높지 않다. 방향족 아민류는 일광하 수중에서 광화학적으로 생성된 peroxy radical이나 hydroxyl radical과 반응한다. 반감기는 peroxy radical과 반응할 때는 19시간이고, hydroxyl radical과 반응할 때에는 30시간이다. 가수분해에 의하여 수중에서 제거되는 것으로 보이지 않으며, 자료가 충분하지는 못하지만, 2,6-디메틸아미노벤젠은 물 속에서 쉽게 분해되는 것으로 보인다. 2,6-디메틸아미노벤젠을 생산하거나 사용하는 공정의 근로자에서 직업적 노출이 일어날 수 있다.

② 인체노출 경로

NIOSH의 조사(NOES Survey 1981-1983)에 따르면 여자 730명을 포함한 4400명의 근로자가 미국내에서 2,6-디메틸아미노벤젠에 노출되고 있는 것으로 추산되었다(NIOSH, 1983). 2,6-디메틸아미노벤젠을 생산하거나 사용하는

공정의 근로자에서 흡입이나 피부접촉을 통하여 직업적 노출이 일어날 수 있다. 일반 인구집단은 담배연기를 흡입할 때 노출될 수 있다.

③ 인위적 오염원

2,6-디메틸아미노벤젠의 생산과, 농약, 염료, 항산화제, 의약품, 합성수지, 향수 등의 중간재료, 그리고 공업화합물, 코크스 산업의 유기 상품으로 사용할 때, 여러 경로를 거쳐 환경중으로 방출될 수 있다(Kumey, 1994; Booth, 1991; Medvedev, 1981; Leipins, 1977).

마. 3,4-디메틸아미노벤젠

(1) 인체내 작용기전

아직 급성 노출에 의한 인체효과나 치료법에 대해서는 조사된 것이 없다. 다음의 검사방법이나 치료방법은 독성화학물질에 노출된 사람에 대한 일반적인 조치이다.

노출된 사람에 대하여 특별한 이상이 없는지 세밀하고 완전한 병력 조사와 이학적 검사를 하여야 한다. 냄새가 강한 화학물질에 노출되면 두통, 현기증, 허탈, 구역 등의 비특이적 증상이 나타날 수 있다. 많은 화학물질이 눈, 피부, 호흡기 등에 자극증상을 나타낸다. 심한 경우에는 24-72시간이 지난 후에 나타나는 급성호흡곤란증후군/급성폐손상으로 진행할 수도 있다. 부식성 혹은 자극성 화학물질을 섭취하는 경우에는 식도나 소화기의 자극증상이나 화상을 유발할 수 있다. 많은 화학물질이 알레르기성 과민성피부염이나 기관지연축과 쉼쉼거림을 동반한 기관지천식을 일으킬 수도 있다.

(2) 단기노출시 인체 유해성

400 ppm 디메틸아미노벤젠에 1시간 노출된 사람은 사망하게 된다 (Goldblatt, 1955). 미국 NIOSH에 따르면, 50 ppm 이상의 농도에서는 건강과 생명을 즉각적으로 위협할 수 있다(U.S. National Institute for Occupational Safety and Health, 2000).

(3) 장기노출시 인체 유해성

10 ppm으로 장시간 노출될 때는 인체 독성을 나타낼 수 있다(Goldblatt, 1955).

(4) 인체 표적장기독성

명확히 알려진 바 없다.

(5) 인체 발암성

IARC에서는 1987년 이 물질이 전체적인 인체발암성 평가 Group 3(이 물질은 인체 발암성에 관하여 분류가 불가능함)으로 분류하였다(IARC, 1987).

(6) 사람에 대한 국내외 재해사례

보고된 바 없다.

(7) 기타

3,4-디메틸아미노벤젠의 독성학적 특성 때문에 중대한 위해도가 나타날 수 있다. 어떤 경로를 통해 흡수되더라도 독성을 나타내며, 리보플라빈(비타민 B²) 생산의 중간재료로 사용되므로 이러한 작업시에 노출될 수 있다. 피부나 눈에 닿으면 화상을 유발한다.

바. 3,5-디메틸아미노벤젠

(1) 인체내 작용기전

아직 급성 노출에 의한 인체효과나 치료법에 대해서는 조사된 것이 없다. 다음의 검사방법이나 치료방법은 독성화학물질에 노출된 사람에 대한 일반적인 조치이다.

노출된 사람에 대하여 특별한 이상이 없는지 세밀하고 완전한 병력 조사와 이학적 검사를 하여야 한다. 냄새가 강한 화학물질에 노출되면 두통, 현기증, 허탈, 구역 등의 비특이적 증상이 나타날 수 있다. 많은 화학물질이 눈, 피부, 호흡기 등에 자극증상을 나타낸다. 심한 경우에는 24-72시간이 지난 후에 나타나는 급성호흡곤란증후군/급성폐손상으로 진행할 수도 있다. 부식성 혹은 자극성 화학물질을 섭취하는 경우에는 식도나 소화기의 자극증상이나 화상을 유발할 수 있다. 많은 화학물질이 알레르기성 과민성피부염이나 기관지연축과 쉼쉼거림을 동반한 기관지천식을 일으킬 수도 있다.

(2) 단기노출시 인체 유해성

400 ppm 디메틸아미노벤젠에 1시간 노출된 사람은 사망하게 된다 (Goldblatt, 1955). 미국 NIOSH에 따르면, 50 ppm 이상의 농도에서는 건강과 생명을 즉각적으로 위협할 수 있다(U.S. National Institute for Occupational Safety and Health, 2000).

(3) 장기노출시 인체 유해성

10 ppm으로 장시간 노출될 때는 인체 독성을 나타낼 수 있다(Goldblatt, 1955).

(4) 인체 표적장기독성

명확히 알려진 바 없다.

(5) 인체 발암성

IARC에서는 1987년 이 물질이 전체적인 인체발암성 평가 Group 3(이 물질은 인체 발암성에 관하여 분류가 불가능함)으로 분류하였다(IARC, 1987).

(6) 사람에 대한 국내외 재해사례

보고된 바 없다.

(7) 기타

① 인체노출경로

직업적 노출은 3,5-디메틸아미노벤젠을 생산하거나 사용하는 작업장에서 흡입하거나 피부접촉하여 이루어진다.

② 인체 부하

46명의 지방조직 표본 가운데 7명에서 3,5-디메틸아미노벤젠이 검출되었다. 대상자의 연령은 45세 이상이었으며, 검출된 사람 가운데 4명은 미국 중북부 지역, 1명은 남부 지역, 2명은 서부 지역 거주자였다(Onstot, 1987).

5. 각국의 노출기준 요약 및 해설

각 나라에서는 유해물질의 노출기준을 제정할 때 물질의 유해성은 물론 경제성, 적용가능성, 과학적 근거, 행정능력 등을 고려한다. 각 국가별 유해물질의 노출기준 및 설정기준의 참고자료를 요약하면 다음과 같다(NOHS, 1999)(표 5-1).

대부분 선진국에서의 디메틸아미노벤젠을 비롯한 대부분의 유해물질의 노출기준 및 설정기준 절차는 비슷하나 국가 간의 약간의 차이점은 있다. 그러나 물질 선택기준 및 우선순위는 대부분 선진국에서 위원회를 중심으로 과학적 증거에 의해 선택되며 프랑스를 제외하고는 작업장 경험이 중요한 역할을 한다. 과학적 근거의 검토 역시 별도의 과학위원회, 동료, 세계적 기준문서, 국내 연구성과, 인간 및 동물연구 증거 등을 참고로 하여 판단한다. 다만 프랑스, 일본, 미국의 OSHA(산업안전보건청)는 동료 과학자에 의한 검토과정은 없다. 기준설정 형태도 프랑스를 제외하고는 대개 선진국에서는 시간가중평균치, 단시간 노출기준치, 천정치를 제시하고 있으며 독일, 일본, 미국 ACGIH(산업위생전문가협회), 미국 NIOSH(산업안전보건연구소), 미국 OSHA는 생물학적 노출지표도 제시하고 있다.

노출기준이 법률적 효력을 갖는 국가는 프랑스, 영국, 미국 OSHA 기준치이며 다른 선진 국가는 지침의 형태로 관리된다. 그러나 규제 및 수행규정은 모든 국가에서 명시하여 사업주가 반드시 준수하도록 하고 있다.

<표 5-1> 각 국가별 유해물질의 노출및 설정기준의 참고자료(Y; yes, N; No, NA;)

기준	프랑스	독일	일본	스웨덴	영국	미국 ACGIH	미국 NIOSH	미국 OSHA
물질 선택기준 및 우선순위								
위원회 중심으로 선택	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
과학적 증거에 의한 선택	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
작업장 경험에 의한 선택		Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
과학적 근거								
별도의 과학위원회	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y
동료의 검토	N	Y	N	Y	Y		Y	N
세계적 기준문서 사용	Y	Y	Y	Y	Y		Y	Y
국내 기준문서 사용	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
국내 연구성과	Y	Y	Y	Y	Y		NA	Y
인간/동물연구 증거	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
안전요인			Y		NA			Y
NOAEL			Y	N	Y		Y	Y
기준설정 형태								
시간가중평균치	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
단시간노출기준치	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
천정치	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
생물학적 노출지표	N	Y	Y			Y	Y	Y
경제적 인자								
경제적 요인 고려	Y	N	Y	Y	Y	N	Y	Y
타당성조사								
과학적 경제적 요인이외 인자 검토	Y	N	Y	Y	Y	N	Y	Y
문서/근거								
과학적 기준제시	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
과학적 문서 발간	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
법률적 효력								
OELs은 법률적 효력	Y/N	N	N	N	Y	N	N	Y
OELs은 지침	Y	Y	N	Y	Y	N	Y	N
OELs의 점검 및 강제	Y/N	Y	N	Y	Y	N	N	Y
검토 및 승인과정								
응급조치 가능		Y	N					Y
검토는 진행 중 근거에 의해 실시	Y	N	N	N	Y	N	Y	Y
검토는 적어도 매 3년마다	NA	Y	N	Y	Y	Y	Y	N
수행								
규제/규정이 명시	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
사업주는 반드시 실시	Y	Y	Y	Y		N		Y
정보의 정상적 보급	Y	Y	N	Y	Y	N	Y	N
추가 정보								
변화과정		N	N	N	N	Y	N	Y

<표 5-2> 국가별 디메틸아미노벤젠 노출기준

국가			노출기준	
			ppm	mg/m ³
한국		TWA	5	25
		STEL	10	50
미국	OHSA	PEL	5	-
		STEL	10	-
	ACGIH	TWA	0.5	-
		STEL	10	-
	NIOSH	REL	2	10
일본	노동후생성	관리농도		
	위생학회	TWA	5	25
영국	TWA		5	25
	STEL		10	50
독일	TWA		5	25
스웨덴	TWA		1	5
	STEL		2	10
프랑스	TWA		5	25

가. 미국

(1) OHSA; PEL(Permissible Exposure Limits)

가) 개요

미국에서의 PEL의 설정절차는 그림2와 같은 복잡한 과정을 거쳐 결정된다. OSHA는 근로자들이 평생작업동안 근로자들의 건강하고 안전한 작업 조건을 제공하기 위하여 1970년 the Act에 의해 설립되었으며, 이러한 목적을 달성하기 위해 건강과 안전 규정은 강제되어진다. Act는 공포 후 2년 동안 산업 안전 및 보건 규정들의 기초가 완성되었고 이것은 국가의 합의 기준(national consensus standards)과 기존의 연방 정부의 기준(federal standard)을 총망라한 것이었다. OSHA의 규정은 PEL(permissible exposure limits)로 명명되었다.

나) 물질 선택 기준(selection criteria) 및 우선순위(prioritization)

OSHA는 ACGIH TLVs를 기초로 American Standards Association의 권고로 제한을 둔 초기 규정(PELs)을 공포하였다. 물질의 지속적인 규정개정(규정의 공포, 변경, 취소 등)시에는 이해 관계자, 사업주나 근로자 단체의 대표자, 규정을 만드는 기관, 개별 의료기관, NIOSH 혹은 지방 혹은 정치단체에 의해서 제출된 정보에 기초를 두거나, 혹은 정부기관에 의해 제공된 정보에 기초를 두고 규정 개선이 고려되어지는 물질들이 선택되어진다. OSHA는 자문 위원회의 권고를 요청하게 되지만, 이러한 과정은 대법원 결심 및 Act에 의해 건강 장애의 심각한 위험이 있는 환경으로만 제한되어진다. 우선순위는 규정 설정의 긴급성과 DHHS와 같은 정부기관의 권고에 있다.

다) 과학적인 기초(Scientific Basis)

OSHA 규정은 연구, 설명, 실험, 피고용인에 대한 높은 수준의 보건과 안전 보호, 그리고 최신의 과학 자료를 기초로 하고 있다. 규정은 가능한 한 “어떠한 근로자도 근로기간동안 위험 물질에 정기적인 노출이 되더라도 건강과 기능적 능력의 장애를 받지 않는다”라는 것을 확신할 수 있도록 정하고 있다(Act, Section 6(b)) 규정은 광범위한 검토를 통해 정해지게 되는데, 검토 내용은 1) 사람과 동물 연구를 포함하는 과학적 문헌 2) 외국에서 정해진 노출 기준 3) 다른 기관들로부터의 정보(NIOSH, EPA, the International Agency for Research on Cancer, ACGIH) 등이다. 또한 대법원의 과거 판례 사례와 OSHA 자체적인 정량적인 위험 평가(quantitative risk assessment)도 검토 대상이 된다. 이런 평가는 물질의 다양한 농도에 폭로된 근로자 수와 규정을 공포함으로써 질병이 얼마나 예방이 되고 생존할 수 있는지를 확인할 수 있다. OSHA의 평가는 “안전 혹은 건강한 고용 상태를 제공할 수 있는 합리적으로 필수적이거나 적절한” 규정을 정해야 한다는 법원의 요구에 부응하고 있다. OSHA의 규정에는 두가지 기본적인 유형을 가지고 있다. 첫째는 PELs이고 둘째는 관련 규정 뿐 아니라 노출 감시, 의학적 감시, 훈련, 위생 시설, 보호의나 장비의 요구와 같은 포괄적인 규정으로 구성되어 있다.

OSHA는 다음과 같은 직업적 노출 기준을 제정하였다.

- ① Permissible Exposure Limit(PEL)
- ② Action Level
- ③ Ceiling Limit
- ④ Short-Term Exposure Limit(STEL)
- ⑤ Excursion Limit

원칙적으로 OSHA는 생화학적인 노출에 대해서 공표하지 않지만, 규정들은 생화학적 검체에 잔존하는 물질의 일정 수준에서 취해야 할 활동을 포함한 생화학적 감시를 요구하기도 한다.

라) 경제적 요인들

실행가능성 분석에 한 부분으로서 사업 특수성에 감안한 제안된 규정에 의한 경제적 영향을 평가하는데 주로 Executive Order 12291(1981)에 기초를 두고 있다. OSHA에서 분석한 결과는 규정 문서의 Regulatory Impact Analysis section에 제시하고 있다.

마) 실현 가능성

OSHA는 제안된 규정의 기술적인 실현가능성을 사업 특성을 감안하여 고려한다. 기술적인 실현가능성이 성립되면 필요한 기술적 통제를 정착시키는데 소요되는 경제적인 영향을 고려한다. 이것 또한 앞서 말한 Regulatory Impact Analysis section에 제시한다.

바) 문서화/이론적 근거

Act는 OSHA가 규정을 신설, 변경, 혹은 취소한 이유에 대해 Federal Register에 공표하도록 의무화한다. 1992년 카드뮴(cadmium) 규정을 예로 들어 문서에 포함된 내용을 보면 Introduction/Pertinent legal authority/Chemical identification, production, and use/health effects, including: Metabolism, Noncarcinogenic health effects(acute, renal,

pulmonary, skeletal, reproductive/developmental, and other effects)/Mutagenicity/Carcinogenic health effects/Quantitative risk assessment/Significance of risk/Regulatory impact analysis/Summary and impact of the final standard/Final standard이 포함되어 있다.

사) 검토와 승인 과정(Review and Approval Process)

법원의 판결, 법제화, 그리고 다른 요인들에 의해 복잡한 절차를 걸친 규정의 검토와 승인의 기본과정을 통해 Section 6는 제정이 되는 그 과정은 다음과 같다.

- OSHA는 법제화, 소송, 사고나 새로운 건강 연구, 초기에 제기된 문제의 해결 등과 같은 규정에 필요한 정보를 받거나 개발한다.
 - 검토와 권고를 위해 자문위원회에 정보를 제시하기도 한다.
 - 검토를 위해 OMB(Office of Management and Budget)과 함께 중요한 규정 활동을 정비한다.
 - Federal Register에서 정기적인 공표와 기관 간 협조를 한다.
 - 기관 관의 협조 맥락에서 논평을 받고 고려한다.
 - 공청회를 연다
 - 제안된 규칙을 Federal Register에 발표한다.
 - 관심있는 영역에서 서면으로 의견을 제출하고 공청회를 요구할 수 있다.
 - 공청회를 다시 연다.
 - 공청회에서 논평과 공청회의 결과를 고려한다.
 - OSHA는 제안된 규칙을 규정으로 정하거나 취소한다.
 - U.S. Department of Labor's Policy Review Board와 OMB에서 마지막 점검을 한다.
 - 최종 규칙이 공표된다.
 - 청원이 제기되고 OSHA에 의해 시행된다.
 - 규칙은 법적 효력을 가지게 된다.
- OSHA는 한정적인 근로자가 심대한 위험에 처한 경우 응급 규정을 발효할

수도 있고, 규정을 회사마다 다르게 적용할 수 있다.

아) 갱신 과정(Update Process)

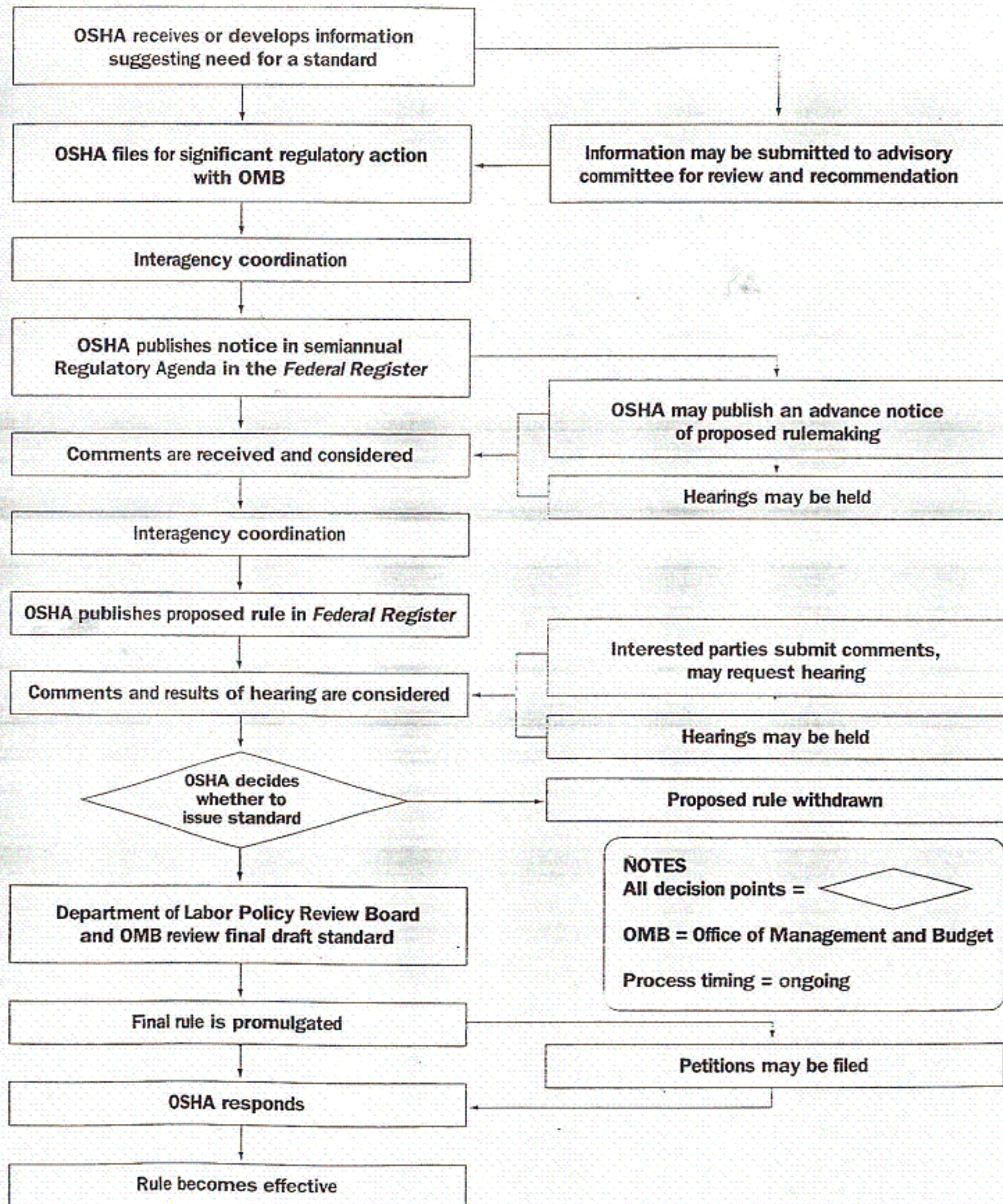
위에서 설명한 절차에 따라 규정을 변경하거나 취소할 수 있다.

바) 정착(Implementation)

일반적으로 법이 공포된 지 90일 이내에 효력이 발생하게 된다. OSHA의 규정 개정 절차는 그림 5-1과 같이 복잡한 단계로 이루어지고 있다.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

Standards-Setting Process



[그림 5-1] OSHA의 규정 설정 절차

○ PEL : 8시간 TWA 농도로서 5 ppm, 피부노출 주의

STEL 농도로서 10 ppm, 피부노출 주의

○ 설정근거 : OSHA는 초기에 PEL로서 8 시간 TWA로서의 기준 5 ppm만을 채택하여 사용하고 있었다 (피부노출 주의). 당시 ACGIH는 8 시간 TWA로서의 기준 5 ppm 뿐 아니라, 15분 노출기준인 STEL로서의 기준 10 ppm (피부노출주의)을 사용하고 있었다. 이에 OSHA는 ACGIH의 기준을 받아들여 두가지 모두 사용하기로 결정하였고 NIOSH도 이에 동의하였다. 디메틸아미노벤젠의 주독성 중 하나는, 비록 사람이 견딜수 있는 농도에 관한 주장은 아직 논란이 되고 있으나, methemoglobin 혈증이다(ACGIH 1986/Ex. 1-3, p. 207). Hamblin(1963)은 디메틸아미노벤젠이 아닐린보다 독성이 약하다고 보고 하였으며, 50 mg/kg의 양으로 한번 투여한 개에게서 methemoglobinemia가 생긴다고 보고하였다. 피부를 통한 노출이 전체 노출 양에 영향을 준다고 보고하였다. 토끼의 경우 피부를 통한 반수치량 (dermal LD50)은 1770 mg/kg (Dangerous Properties of Industrial Materials, 7th ed., Sax and Lewis 1989, p. 1360)으로 알려져 있다. Mayer(1930)는 디메틸아미노벤젠의 조직괴사능력이 TLV-TWA가 2 ppm인 아닐린보다 낮다고 보고하였다. 그러나 신경계에 나타내는 우울현상은 아닐린보다 강하다는 보고도 있다. 이러한 보고를 기초로하여 OSHA 최종적으로 8시간 TWA 농도로서 5 ppm(피부노출 주의)과 STEL 농도로서 10 ppm(피부노출 주의)를 사용할 것을 결정하였다. 특히, STEL 농도는 급성독성에 의한 중추신경계 독성을 막는데 필요하다.

(2) ACGIH

가) 개요

ACGIH는 1938에 설립된 정부 기관 및 학회 소속의 산업 보건 전문가들로 구성된 전문 집단이다. 조직의 일반적인 목적은 일하는 사람들에게 보다 적

절한 보건 서비스를 제공할 수 있도록 정보, 자료 및 보고서를 수집, 전파하는데 초점을 맞추으로써 산업 위생을 증진시키는데 있다. 1944년 ACGIH Board of Directors는 화학물질의 Threshold Limit Value(TLV) committee가 설립되었다. 이 위원회에서는 1946년에 처음으로 TLV를 권고하였고, 매년 권고치를 제시하고 있다. 이 위원회는 20-25명의 위원들과 독일의 MAK commission의 일원이 포함한 자문위원들로 구성되어 있다. 이 위원회는 1) MISCO(miscellaneous organic compounds), 2) D&I(dusts and inorganic substances), 3) HOC(compounds containing hydrogen, oxygen, and carbon)의 3개 소위원회로 구성되어 있다.

나) 물질 설정 기준 및 우선순위

물질들은 1) 새로운 혹은 적용할 수 있는 직업 폭로 자료의 인지, 2) 정부 조직, 근로자, 노동조합, 자영업계, 그리고 자영업자들의 의뢰를 통해서 TLV 위원회에 회부된다. 위원회에서 논의가 되기 위해 선정된 물질들은 근로자의 건강의 부작용을 일으키거나 일으킬 수 있다.

다) 과학적인 근거

TLVs는 노출 수준이 기록되어 있는 위생학적 경험, 인간 연구(역학, 자원자 노출, 사고에 의한 노출 등), 동물 실험 연구 등 활용하기에 가장 적합한 정보를 기초로 하여 설정한다. 값을 설정하는 기본적인 사항은 물질들마다 다양하며 다음과 같은 건강 영향의 영역을 포함한다.

- ① 진폐증(pneumoconiosis)
- ② 혼수(narcosis)
- ③ 눈, 코, 목구멍, 그리고 기관지의 자극(Irritation of eyes, nose, throat, and bronchi)
- ④ 알레르기 영향(Allergic effects)
- ⑤ 생식기계 영향(Reproductive effects)
- ⑥ 신경독성 영향(Neurotoxic effects)

⑦ 발암 영향(Carcinogenic effects)

⑧ 불쾌감(Nuisance effects)

TLVs는 거의 모든 근로자들이 매일 반복적으로 물질에 노출이 되더라도 건강에 부정적인 영향이 없을 것으로 믿어지는 환경에서의 물질의 기중 농도라고 정의할 수 있다. TLV는 3가지 유형이 채택되고, 여기에 excursion limits이 추가된다.

① Threshold Limit Value-Time Weighted Average(TLV-TWA)

② Threshold Limit Value-Short-Term Exposure Limit(TLV-STEL)

③ Threshold Limit Value-Ceiling(TLV-C)

④ Excursion Limits : 작업 시간 동안 총 30분 이내에 TLV-TWA를 3번 초과하고 5번 이상 초과하지 않으면 TLV-TWA를 초과하지 않은 것으로 표현할 수 있는데, STEL이 없는 경우 활용할 수 있다.

다양한 TLV 유형과 함께 피부 표기도 함께 하여 점막 및 눈을 포함한 경피 경로를 통해 전반적으로 노출될 수 있는 잠재적인 요소로서 파악을 한다. ACGIHsms TLV의 발암가능성에 대해서도 표시하는데 다음 유형으로 나눈다.

① A1-인간 발암물질로 확인

② A2-인간 발암물질로 의심

③ A3-동물 발암물질

④ A4-인간 발암물질로 분류할 수 없음

⑤ A5-인간 발암물질로 의심되지 않음

BEI는 산업위생 현장에서 잠재적인 건강 위해도를 평가하는 기준으로서의 참고치로 정의 할 수 있는데, TLV에 호흡 폭로가 된 근로자와 같은 수준에서 화학물질에 폭로가 된 건강한 근로자에서 수집한 검체에서 발견되는 결정인자의 수준을 뜻한다. BEI는 주 5일 8시간 폭로로 적용된다. BEIs 화학물질의 흡수, 배설과 대사에 대한 정보와 노출 강도와 근로자의 생화학적 영향간의 관계에 기초를 두고 있다. BEIs는 노출 강도와 결정인자의 생화학적 수준과의 상관성 혹은 건강 영향과 생화학적 수준간의 관련성에 기초를 두고

있다. 일반적으로 동물 실험은 BEI를 설정하는데 적합한 자료를 제공하지 못하나, 보통 TLV에 대한 노출과 관련이 있어 TLV를 설정하기 위해 사용되는 용량-반응 동물 실험 연구에 기초를 두고 있다.

라) 경제적 요인들 및 실현 가능성

TLV와 BEI 권고치를 제공하는데 ACGIH의 관심은 기술의 실현가능성과 경제적 요인보다 건강 영향에 초점을 두고 있다.

마) 문서/이론적 근거

고려되어지는 물질들은 처음에 밑그림을 그리고 최종적으로 TLV 소위원회에서 형식에 맞춰 문서화된다.. 이것은 ACGIH's Documentation of Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices(and its supplements)에서 발표된다. TLV Documentation은 일반적으로 다음의 내용을 포함하고 있다.

- ① 화학적/물리적 특성
- ② 주된 사용 혹은 직업적 폭로의 원천
- ③ 동물 연구들
- ④ 생식기계/발달 연구들
- ⑤ 유전독성 연구들
- ⑥ 약동학적/대사 연구들
- ⑦ 인간 연구들
- ⑧ TLV 권고치
- ⑨ 기타 권고사항
- ⑩ 발암성 분류
- ⑪ 기타 기술
- ⑫ 참고문헌

BEI 문서는 일반적으로 다음의 section으로 정리된다.

- ① Section I : 기중 노출 화학물의 정보(물리적 특성, 흡수, 비직업성 노

출, 배출, 대사 경로, 현재 TLV, 그리고 요약)

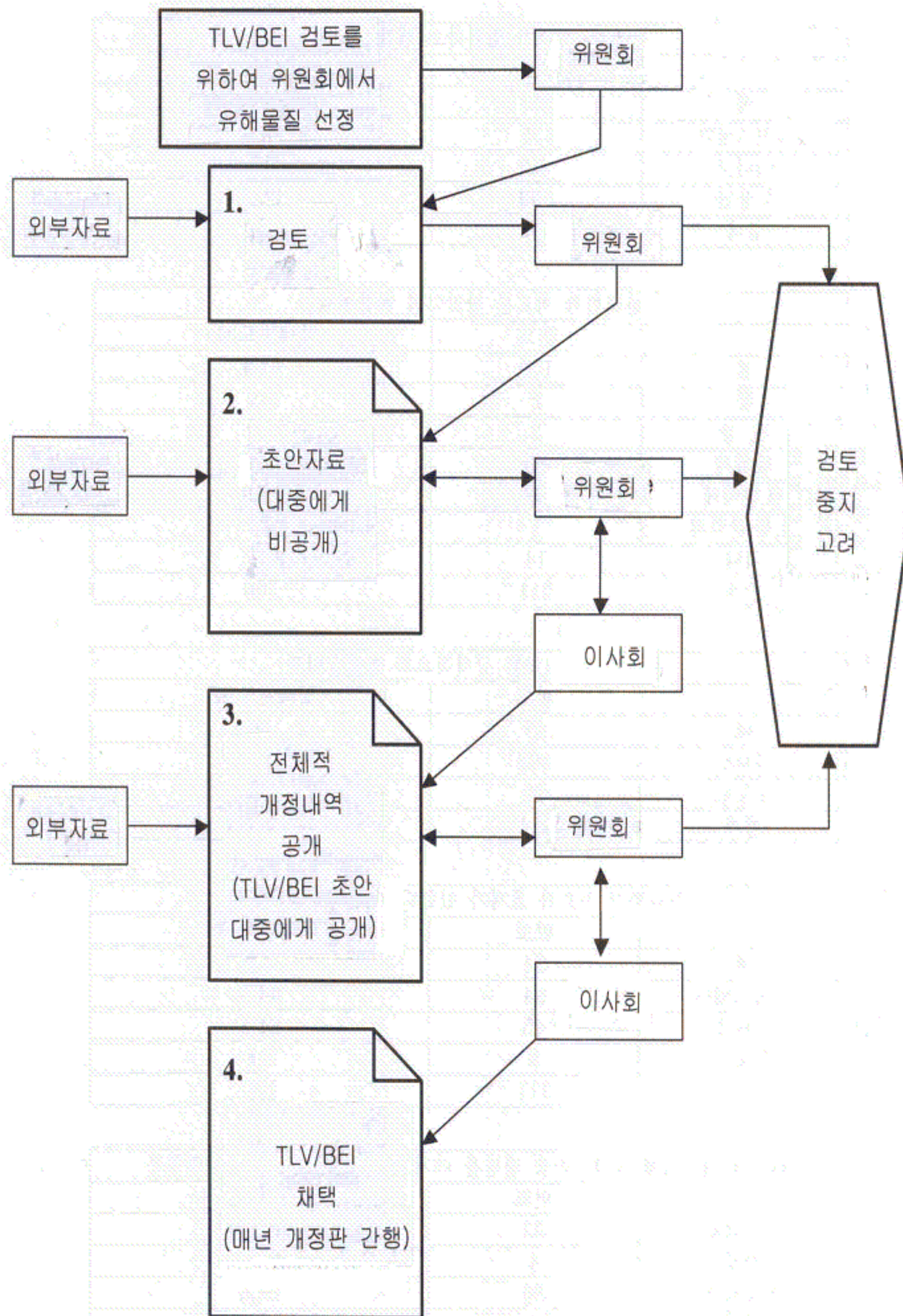
② Section II : 결정인자(결정인자라 함은 화학물질 자체 혹은 그 대사산물들, 혹은 화학물질에 의해 유도된 가역적인 생화학적 변화)에 대한 정보, 방법, 시료 채취 및 저장, 비직업적 노출 수준, 역동학, BEI 해석에 영향을 주는 인자들, 활용할 수 있는 정보, 권고치)

바) 검토 및 승인 과정

ACGIH의 TLVs/BEI의 검토 및 설정 절차는 그림과 같이 복잡한 과정을 거친다.

사) 정착(Implementation)

TLVs와 BEI는 ACGIH에서 채택되지만 그것들을 정착시키는 것은 개별 산업위생가들의 역할이다. ACGIH의 TLVs는 개별 감수성의 다양성, 개인적 특성, 그리고 비슷한 요인들에 의해 일부 근로자들에게는 보호를 할 수 없는 경우도 있다. ACGIH는 “이 기준치들은 잠재적인 건강 위해도를 통제하는데 권고사항이며 지침서의 역할이지 다른 목적 즉, 지역 대기 오염의 정도의 조절 평가, 지속적이고 폭로 및 연장 작업 시간의 잠재적 독성의 평가, 질병 및 육체적 상태에 대한 증거자료, 미국과 다른 나라의 근로자들에 대한 적용 등과 같은 목적으로는 사용을 권하지 않으며, 또한 이 기준은 안전과 위험한 농도의 명확한 구분점이 아니며 독성의 상대적인 지표도 아님을 강조하고 있다.



[그림 5-2] ACGIH의 규정 설정 절차

○ TLV-TWA : 8시간 TWA 농도로서 0.5 ppm(피부노출 주의)

TLV-STEL 농도로서 10 ppm(피부노출 주의)

○ 적용 년도 : 1996

○ 기준의 성격 : 권고기준

○ 설정근거 : 본 기준치는 methemoglobin혈증으로 인한 신경계 독성 및 호흡곤란을 최소화시키기 위하여 근로자들에게 권고하는 기준이다. TLV는 디메틸아닐린이 아닐린보다 독성이 다소 약하다는 근거에 의해 설정되었다. 피부 흡수에 대한 경고는 피부 흡수가 전체 독성에 유의한 영향을 주기 때문이며, Rat과 mouse를이용한 독성실험 결과, A3(동물발암성은 확인되었으나 사람에게 대한 정보는 불충분)로 분류하였다. 디메틸아닐린, 자체에 대한 BEI는 아직 없다. 그러나, 디메틸아닐린은 methemoglobin 혈증의 유발물질이라는 것을 명심해야 한다.

○ 노출 기준의 변화

1946 - 1947; MAC-TWA, 5 ppm

1948 - present; TLV-TWA, 5 ppm

1961 - present; Skin

1976 - present; TLV-STEL, 10 ppm

1995: Proposed: A3, Conformed animal carcinogen with unknown relevance to humans

1996 - present; TLV-TWA, 0.5 ppm; TLV-STEL, 10 ppm; Skin; A3

(3) NIOSH

NIOSH는 작업장에서 위해 물질들과 위해 환경들에 대한 RELs(Recommended exposure limits)을 개발하고 주기적으로 갱신하고 있

다. 이런 위해도의 건강과 안전의 악영향을 줄이거나 제거하기위해 NIOSH는 또한 적절한 예방 대책(예를 들면 공학적 대책, 안전한 작업 현장, 개인 보호구, 그리고 환경 및 의학 감시등)을 권고하고 있다. NIOSH는 OSHA와 Mine Safety and Health Administration와 기준 문서(criteria document)를 통해 권고 규정을 소통하고 있다. NIOSH 권고치는 정부, 사업장 그리고 학회 등의 관심 영역에 넓게 전파되고 있다.

가) 물질 선정 기준과 우선순위

이전에 NIOSH에서 고려한 위해도의 선택과 우선순위는 산업 보건 문제에 가장 많은 영향을 받은 산업과 직업을 확인하는 것으로 어떤 문제가 있었는지(질병, 재해 등) 어떤 위해도가 문제를 일으키는지를 확인하는 것이었다.

① 1970년대에 NIOSH Priorities and Research Analysis Branch는 전국적인 사업장 위해도 조사를 실시하여 사업장 profile을 개발하였고, 조사한 결과를 분석하여 agenda를 마련하였다.

② 1980년대에 NIOSH director는 10가지 직업성 질환과 손상의 범주를 확립하였다. NIOSH는 예방 전략 문서를 개발하기 위한 토론회를 개최했다.

③ 1982년 ~ 1983년에 National Occupational Exposure Survey를 시행하여 5000여개 물질을 확인하였고, 이것들은 특정한 직업들과 연결되어 있다. 예를 들면 1000개의 화학물질이 배관공(plumbers, pipefitters)들이 폭로되고 있었다.

물질의 선택에 영향을 주는 다른 요인들은

- ① Year 2000 goals
- ② OSHA와 MHSA 규정 agenda
- ③ One Committee의 회합
- ④ ITC(Intergaency Testing Committee)의 참여
- ⑤ 대중의 요구(실내 공기질, 흡연)와 법률적 요구
- ⑥ TSCA의 검토

우선순위를 대한 고려는 다음을 기초로 하였다.

- ① 노출된 근로자들의 수
- ② 위험을 높이는 직업적 특성
- ③ 현재 작업 기준의 유무
- ④ 이미 규정된 물질의 새로운 정보
- ⑤ NIOSH 과학 임원들의 전문적인 판단

나) 과학적인 근거

NIOSH는 위해도와 관련된 의학, 생화학, 공학, 화학, 무역 그리고 다른 정보들을 평가하는데

- ① 광범위한 문헌 고찰
- ② OSHA와 NIOSH 자료, EPA의 의견등과 같은 다른 정보의 검토
- ③ 모아진 정보의 비평적 검토
- ④ 용량-반응 평가와 합성이 평가에 포함된다.

NIOSH는 종종 다른 기관과 협조하에 산업 보건 규정에 대한 기초를 개발한다. 두 기관의 협조에 의한 결과물은 직업적 노출 권고 기준을 설정하는데 기초가 되는데

- ① 물리적, 화학적 특성,
- ② 사용과 발생
- ③ 분포 및 대사
- ④ 일반적인 독성
- ⑤ 기관 영향
- ⑥ 면역 체계
- ⑦ 변이원성과 유전독성
- ⑧ 생식독성
- ⑨ 용량-영향과 용량-반응 관계,
- ⑩ 연구 필요 등을 포함한다.

NIOSH 기준 문서(criteria documents)가 RELs을 설정하는 근거로서 사용되면 명백히 NOAELs(no observable adverse effect levels)과

LOAEL(lowest observable adverse effect)과 권고 규정을 말한다. 기준 문서는 ① 규정에 대한 권고(RELs, 노출 감시, 의학 감시, 이름 표시 및 부착, 보호의 및 장비, 위해도에 대한 근로자에 대한 홍보, 공학적 조절 그리고 위생 및 소독 등을 포함) ② 도입 ③ 특성, 생산, 노출의 잠재 위험성 ④ 노출 효과 ⑤ 위해도의 인지 ⑥ 다른 규정과 권고치 ⑦ 효과의 평가 ⑧ 연구 필요 ⑨ 참고 문헌 ⑩ 공표의 내용을 담고 있다.

REL은 평생 근로시간에 작업자의 안전과 건강을 보호하기 위해 NIOSH에서 권고한 작업 노출 기준으로 정의한다. REL은 공학, 작업통제, 노출 및 의학적 마시, 표기, 훈련, 개인보호구 등의 조합으로 사용된다. 기준은 자주 주 40시간 하루 10시간 동안의 TWA로 표현되며, 보통 15분간의 STEL과 천정치(Ceiling Limits)로 표현하기도 한다. 보통 REL은 특정 물질에 적용을 하지만 몇가지 REL의 경우 화학물질 중 전체-즉 알칸, 케톤, PCBs-에 적용하기도 한다.

다) 경제적 요인들과 실현 가능성

REL은 건강과 관련된 정보에 근거를 두고 설정되지만, 일부 Criteria Documents는 REL보다 권고 규정(예, 통제 방법과 작업 실무의 권고)에 관해서는 경제적이고 실현가능한 요인들에 의해 기준들을 만든다. 예를 들어 폐기 마취 가스 혹은 증기에 대한 Criteria Documents에 따르면, 권고 기준까지 마취 가스의 농도를 줄일 수 있는 권고 규정상에서 요구하는 통제 방법과 작업 실무는 상업적으로 활용하수 있는 합리적으로 성취할 수 있는 것이다. 경제적 요인들과 실현 가능성은 NIOSH에서 건강-영향에 근거한 권고안을 받은 OSHA와 MSHA의 규정 절차에서 고려된다.

라) 증거자료/이론적 근거

NIOSH의 권고안은 몇가지 다른 Documents로 발표되는데 이는 ① Criteria Documents ② Current Intelligence Bulletins(CIBs) ③ Alerts ④ Special Hazard Reviews, Occupational Hazard Assessments, and Technical

Guidelines이 포함된다.

Criteria Documents는 사업장 노출 기준과 건강의 악영향과 갑작스런 재해를 줄이거나 제거하기 위한 적절한 예방 방법을 권고한다. Current Intelligence Bulletins(CIBs)은 직업적 위해도에 대한 새로운 과학 정보를 제공하는데, 예를 들어 전에 인지하지 못한 위해도에 대한 관심 조명, 알려진 위해도의 최신 자료 보고, 위해도 통제에 대한 정보등이다. Alerts은 새로 확인된 직업적 위해도에 대해 간결하게 새로운 정보를 제공하며 예방, 해결, 통제하는데 보조를 요구한다. Special Hazard Reviews, Occupational Hazard Assessments, and Technical Guidelines은 특정한 요인 혹은 물질과 관련있는 보건 및 안전 문제를 평가하고 적절한 통제와 감시 방법을 권고하는 NIOSH의 다른 규정 개발 활동을 지지하고 보완한다.

마) 검토와 접근 승인 절차

미국 NIOSH에서의 REL의 설정절차는 다음 그림 과 같은 복잡한 과정을 거쳐 결정된다.

바) 갱신 절차

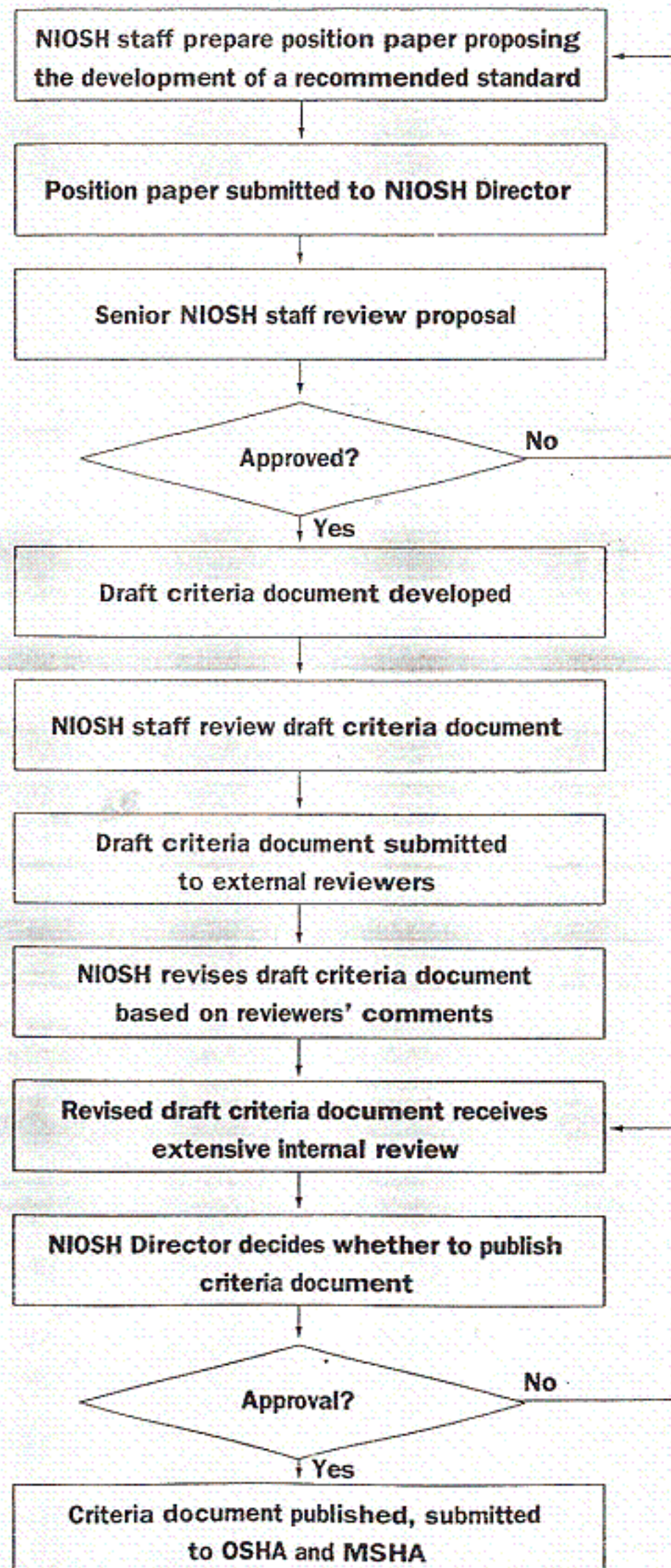
Current Intelligence Bulletins(CIBs)은 직업적 위해도에 대한 새로운 과학 정보를 제공하는데, 예를 들어 전에 인지하지 못한 위해도에 대한 관심 조명, 알려진 위해도의 최신 자료 보고, 위해도 통제에 대한 정보 등이다.

사) 이행(implementation)

권고치가 발표되고 OSHA와 MSHA에 전달되어 법적 규정을 공포하는데 사용된다.

NIOSH

Process for Developing Recommended Standards by the National Institute for Occupational Safety and Health



NOTES

All decision points = 

OSHA = Occupational Safety and Health Administration

MSHA = Mine Safety and Health Administration

Process Timing = ongoing

[그림 5-3] NIOSH의 Recommended Standards 설정 절차

○ REL : Recommended Exposure Limits, TWA 2 ppm (10 mg/m³), 피부노출 주의

○ 설정근거 : 디메틸아닐린은 주로 흡입이나 피부를 통해 노출되고 급성 노출인 경우, 고농도의 methemoglobin혈증을 유발하는 것으로 알려져 있다. 만성 노출은 빈혈을 유발하기도 하며 신장이나 간에 이상을 초래할 가능성이 있다. 따라서, NIOSH에서는 이 물질을 사람에게 발암 가능성이 있는 물질 (A3)로 분류하고 있다.

나. 일본

(1) 후생노동성

일본 노동성에서 노동안전위생법상의 관리농도(Control limit)는 작업환경 관리의 실용성을 근거로 설정한 것으로 1972년 법령 제 57호로 제정된 후 1988년 노동성 고시 제 79호로 개정된 作業環境評價基準 별표에 81가지 종류의 물질에 대한 관리농도가 규정되어 있다. 디메틸아미노벤젠에 대한 관리농도 기준은 없다.

(2) 산업위생학회: OEL (Occupational Exposure Limits)

일본산업보건협회(Japan Association of Industrial Health)는 작업장에서 유해물질, 소음, 강력한 소음, 고온 그리고 진동등의 노출 정도를 측정하기 위한 참고 치로서 허용노출한계(permissible exposure limits)을 발표하였다. 이 보고에서 협회가 정한 유해물질에 대한 노출한계를 정하는 데 있어 법률적, 과학적인 뼈대를 기술하였다. 협회는 사적인 학회조직이고 여러 개의 위원회로 구성된다. 협회 내에 허용노출한계에 관한 위원회가 정보를 평가하고 노출한계치를 제안하였다.

가) 물질 선정 기준과 우선순위

위원회는 다음 기준에 기초하여 허용노출한계 목록에 포함시킬 물질들을 선정하였다. ① 유해물질이 산업화학 물질이어야 한다(즉, 산업장에서 사용되는 화학물질) ② 그 물질에 노출로 인한 건강장애에 관한 과학적인 정보가 있어야 한다. ③ 물질의 사용량과 독성에 근거한 권장치가 있다면 더 바람직하다. (권장치는 위원회의 한 일원이 권장하는 값이다. 경우에 따라 관련배경 물질에 관한 철저한 조사 후, ACGIH TLVs가 권장치로 사용되었다). 일본에서 허용노출한계를 정하는 때대는 실질적으로 ACGIH에 영향을 받았다. 초기 협회가 정한 노출한계의 대부분이 ACGIH의 TLVs 목록으로부터 채택되었다. 물질들의 대략 10%가 다른 출처에 기초를 두었다.

나) 과학적 근거

허용노출한계는 근로자가 호흡하는 영역의 대기 중 유해물질의 노출 역치 값이다. 이러한 노출한계는 단지 참고 치만으로 족하다. 이런 값들의 적용은 작업장이 실내나 실외 상관없이 작업장으로 제한한다. 협회의 허용노출한계의 과학적 근거는 사람과 동물에 관해 수행된 실험연구들의 결과와 산업 경험에서 얻어지는 지식에 근거를 둔다. 협회는 특정물질에 대한 허용노출한계를 규정하는데 있어 물질에 따라 여러 형태의 물리적 영향을 고려하였다. 협회는 대부분의 노출한계를 규정하는데 있어, 일반적으로 특수한 독성학적사건들을 조사하였다. 협회의 진폐증을 일으키는 분진에 대한허용노출한계는 흉부 X-선 정보와 분진 측정기록에 근거하였다. 허용노출한계는 작업이 육체적으로 힘들지 않은 곳에서 하루 8시간, 주 40시간 동안 시간가중평균치로 표현하였다. 노출한계는 "no adverse effect" 용어로 표현된다. 즉 노출한계에 해당되는 수준이내로 노출되었을 때 대부분의 근로자에서 해로운 건강영향이 일어나지 않는다는 것을 의미한다.

다) 경제 요인들

해로운 물질의 허용노출한계는 해로운 물질에 노출로 인해 발생하는 건강

영해에 기초하여 제안된다. 동시에 경제적, 사회적 요인들이 새로운 노출한계치가 제안될 때 위원회가 고려한다. 경제적, 사회적 요인이 고려된 가장 전형적인 예가 발암물질에 대한 허용노출한계이다. 또한 위원회는 노출한계가 제안될 때 경제적인 견지로부터 기술적 실행가능성과 측정가능성을 고려한다.

라) 실행가능성

허용노출한계를 얻는 실행가능성이 제안된 노출한계의 검토를 위해 정해진 1년의 예방기간동안 위원회에서 조사된다. 협회는 직업적 환경에서 유해물질의 존재함으로써 발생하는 건강문제를 예방하기 위하여 허용노출한계를 규정한다. 이러한 한계는 근로자가 그 이하로 해로운 물질에 노출되었을 때 대부분의 근로자들에서 해로운 건강영향이 일어나지 않을 노출 한계로 정의한다. 노출한계를 규정하는 데 있어, 협회는 노출이 허용노출한계 미만이었을 때조차 작업관련질병, 불편 또는 기존질병의 악화되는 사례들이 있다는 것을 이해한다. 더구나 협회는 허용노출한계에 대해 완전한 지지가 항상 가능하지 않다는 점을 인정하고, 최대노출이 최대노출을 포함한 평균 15분 노출 허용노출한계의 1.5배를 초과해서는 안된다는 점을 제안하였다.

마) 증거자료/이론적 근거

허용노출한계와 한계치에 대한 이론적 근거가 매년 일본 산업보건협회지에 단독 논문으로 매년 게재되고 있다. 허용노출한계는 "Recommendations for permissible Exposure Limits"라는 제목하에 게재되고 있고, 이론적 근거는 "Proposed Reasons for Provisional Permissible Exposure Limits"제목하에 게재된다. 매년 출간되는 논문이외에 허용노출한계 선정의 확고한 이론적 근거는 없다.

바) 집행

협회는 사적 학회조직이다. 법에 의한 어떠한 권력도 없고, 허용노출한계의 이행을 강요할 어떠한 수단을 가지고 있지 않다. 협회가 규정한 허용노출한

계는 단지참고치일 뿐이다. 이것은 산업과 정부에 가이드로서 족하다는 것을 의미한다.

사) 검토와 승인과정

전에 조사되지 않았던 한 물질에 대한 허용노출한계를 결정하는데 있어, 위원회 한명이 높은 수준의 의학 생물학 잡지에 게재된 관련정보를 검토한다. 위원회 위원은 제안된 한계치를 발전시키고, 당면 물질에 대한 값을 관련 정보 검토에 근거하여 논리적으로 생각해 낸다. 제안된 값은 검토와 인정을 위해 협의 위원회에 제출된다. 협의 위원에 의해 인정이 된다면, 전체 동의를 얻기 위해 협회에 제출된다. 협회가 그 값을 인정하면 값은 1년 간 예비 노출한계치로서 일본산업보건협회지에 게재된다. 그 기간 동안 협회는 예비 치에 대한 의견들을 받아들인다. 그 기간 동안 예비 치에 대한 반대되는 의견들이 협회에 모아지지 않는다면, 그 값은 다음 협회 모임 때, 공식적인 허용노출한계로 채택된다. 반대되는 의견이 협회에 모아지면 위원회는 이들 의견의 과학적 근거하에 제안된 값을 재조사한다. 타협된 값에 나오면, 새로운 예비 값이 제안되고, 예비기간이 연장되고, 당면 값의 논의가 타협이 이를 때까지 계속된다. 협회가 다른 나라에서 규정하는 노출한계를 바로 채택하지 않더라도 다른 나라의 노출기준과 다른 나라의 노출 기준을 정하는 데 사용되었던 배경 정보들이 허용노출한계를 발전시키는데 사용된다. 또한 일본과 다른 나라에서 허용노출한계를 규정하는 배경에는 공통의 아이디어가 있다. 이런 이유로 협회가 규정한 한계치의 대부분이 다른 나라의 것들과 거의 똑같다. 일본의 노출기준 설정 과정은 다음 그림 과 같은 복잡한 과정을 거쳐 결정된다.

아) 갱신과정

허용노출한계를 갱신하고 바꾸는 과정은 검토와 인정과정과 동일하다. 새로운 노출한계가 처음에 예비노출한계로 발포된다. 이러한 예비한계는 일본 산업보건협회지에 게재되고, 공공 의견, 위원회 검토 및 논의를 위해 1년의

예비기간을 둔다. 예비 기간동안 제안된 값과 관련된 과학적 이론이 요구되고, 필요하다면 위원회는 제안된 한계치를 재조사한다. 예비기간이 종료되면 제안된 한계치는 협회에 의해 허용노출한계치 목록에 채택된다.

사) 이행(Implementation)

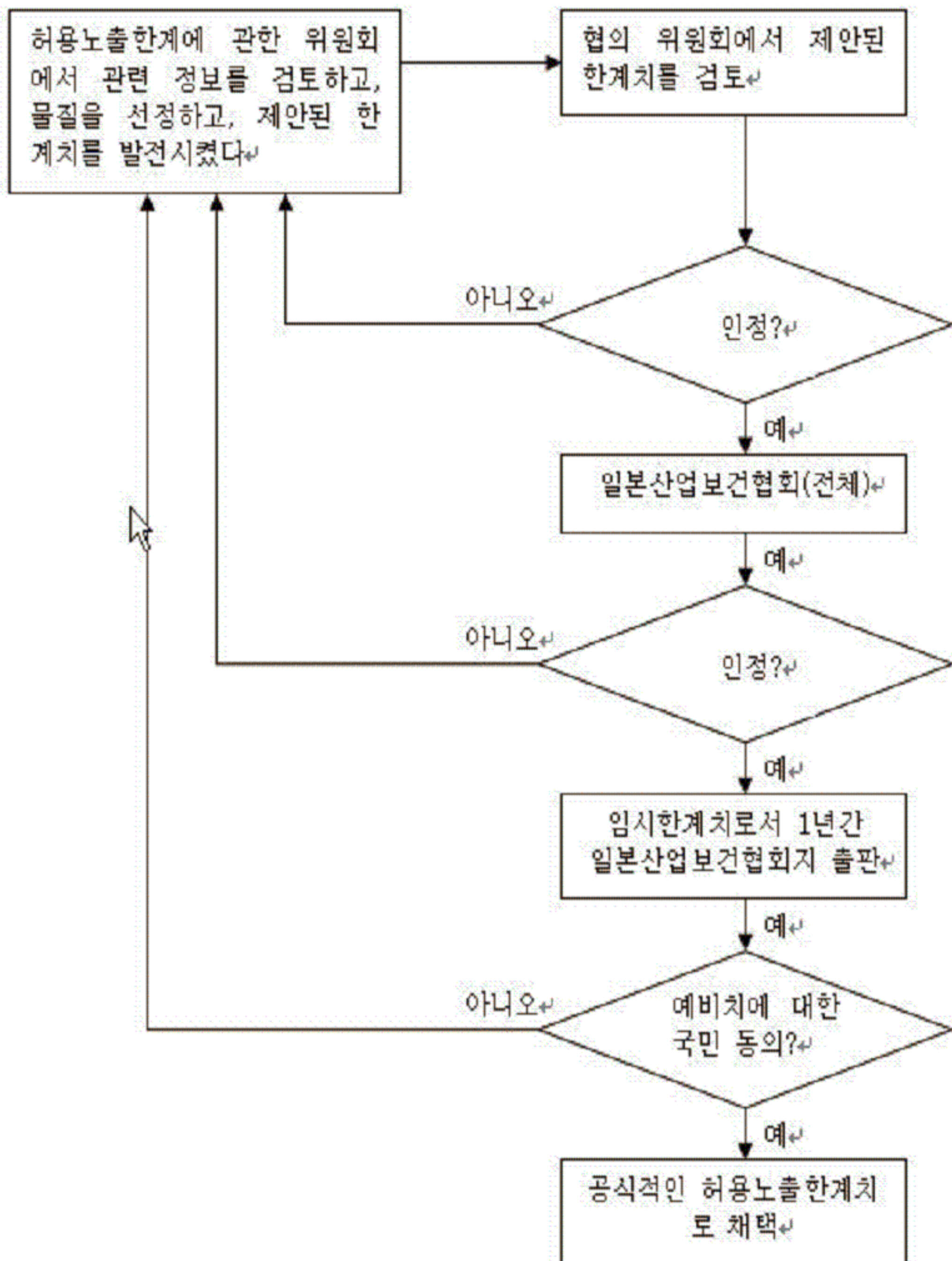
노출수준에 관한 정보를 지역노동표준사무국(Labor Standards Offices)에 연 1회 또는 2회 강제적인 보고에도 불구하고, 산업 그리고 군시설로 부터의 자료의 보안성때문에 이용하지 못할 수 있다. 협회는 그 한계치를 강제할 법률적 힘을 가지고 있지 않다. 그리므로 공식적인 적용 기전이 존재하지 않는다.

아) 부가정보(Additional information)

직업환경 측정 법률(The law for Measuring the Occupational Environment)에 의거하여 노동부는 직업환경에서 유해물질에 노출을 측정하기 위한 근거로서 관리한계(control limit)을 발표하였다.

관리한계(control limit)는 노동부가 1984년에 첫 발표하였다. 관리한계(control limit)는 작업장 환경에서 대기 질을 평가하고, 이를 근로자에게 안전 또는 해로움으로 분류를 하는 데 사용된다(관리한계(control limit)는 실외 환경에는 적용할 수 없다). 3가지 분류가 사용된다. acceptable (일반적인 산업위생측정이 권장); borderline (신뢰할 만한 추가 위생학적 단계가 필요); not acceptable (특별하고 엄격한 산업위생학적 통제가 필요).

일본산업위생학회는 학술기관으로 허용농도기준(Permissible Exposure Limits ; PELs)을 발표하나 이는 법적인 효력은 없다. 그러나 대부분의 일본인들은 이를 미국의 ACGIH와 같은 효력을 갖는 것으로 생각한다. 허용농도 기준에는 ACGIH와 마찬가지로 TWA, STEL, Ceilings and BEI가 있으며 이들 기준치는 매년 the Japanese Journal of Industrial Health에 발표된다. 이 기준치는 90% 정도는 미국의 ACGIH를 그대로 인용한 것이며 10% 정도만이 다른 설정 근거를 가지고 있다.



[그림 5-4] 일본의 규정 설정 절차

- OEL; 5 ppm (25 mg/m³), 피부 흡수
- 적용 년도 : 1993
- 설정근거 : OEL은 근로자들이 별도의 호흡보호구 없이 작업하는 경우, 인체에 영향을 주지 않는 농도로 산출한 것이다.

다. 독일: MAK (Maximum Concentration Values)

독일에서는 2가지 종류의 OELs을 사업장에서 사용한다. 하나는 TRKs(Technische Richtkonzentrationen)으로 기술적 관리 농도이며 또 하나는 MAKs(Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen)으로 작업장에서의 최대 허용 농도이다. MAK은 8시간 가중 평균치이며 건강한 성인을 기준으로 한 것이다. TRK는 작업장 내 기중 유해물질 농도이다. 이 기준치는 발암물질 구분에서 category 1 or 2에 해당하는 물질에 주로 적용된다. 유해물질의 노출 기준치는 Technical Rules for Hazardous Substances (TRGS)에 규정되어 있다. TRGS는 the Hazardous Substances Ordinance (GefStoffV)에 근거를 두며 이 규정은 법률인 the Chemicals Act (ChemG)에 근거를 둔다. 연방 Ministry of Labour and Social Affairs에서는 매년 새로운 또는 개정된 기준치를 발표한다. 개정된 MAK and TRK은 TRGS 900 (Limit Values in the Air at the Workplace)에 발표된다. 생물학적 모니터링 값은 TRGS 903에 발표된다. 허용농도는 여러 국가적 과학자 기관에 의하여 개발되고 개정된다. 즉 the DFG Senate Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work area의 the MAK 위원회, the Committee on Hazardous Substances, Scientific departments of the chemical industry에서 이러한 업무를 수행한다.

The Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS; Committee on Hazardous Substances)는 여러 관련 기관에서 나온 전문가로 구성된다. 즉 산재보험기관, the Hazardous Substances Division of the Federal Institute for

Occupational Safety and Health (BAuA), the Federal Environmental Agency (UBA), the Federal Institute for Health Consumer Protection and Veterinary Medicine (BgVV), the Federal Institute for Material Research and Testing (BAM)같은 국가기관은 물론 사업주 및 노동조합의 대표자로 구성이 된다. AGS의 the Beraterkreis Toxikologie (Advisory Group on Toxicology)에서 MAK 위원회 및 다른 여러 기관의 자료를 검토한 후 AGS에 권장 기준치를 제시하고 AGS는 다시 자료를 검토 후 노동사회성(the Ministry of Labour and Social Affairs)에 제출하고 노동사회성은 이를 the Technical Rules TRGS 900에 포함시킨다.

가) 물질선정과 우선 순위

화학 산업에 있는 위원회(Commission)의 회원들 혹은 German Institutes에 있는 과학자들의 신청으로 제안이 이루어지면, 위원회는 근로자들에 대한 의학적 문제를 예방하는데 중요성에 따라 물질을 선택하게 된다. 위원회의 위원들은 자신들이 조사했던 건강 영향을 바탕으로 물질의 포함여부를 제안한다. 제안은 물론 산업장이나 정부로부터 받을 수도 있다. 사업장에서 건강을 보호해야 하는 책임을 가지고 있는 정부 기관에 권고치를 우선적으로 제공한다.

나) 과학적 근거

MAK은 현재의 지식을 고려할 때 일반적으로 근로자의 건강에 장해를 일으키지 않거나 과도한 불편함을 일으키지 않는, 작업 지역 안에 공기 중에 존재(가스, 증기, 혹은 입자)하는 화학 화합물의 최대 허용 농도로 정의된다. MAK를 설정하는 위원회 아래의 The Institute는 산하기관에서 과학을 지원하는 광범위 기초 조직으로 보건 전문가들에게 과학적인 문제를 조언하고 있다. 이 기관은 33명의 과학자들로 구성되어 있다. Institute's Senate는 위원회에 대한 헌장을 만들었는데, 이 헌장은 몇 가지 중요한 부분이 있다. 첫째, 사업장에서 독성 화학물의 영향으로부터 근로자의 건강을 보호하기 위한 과

학적 근거를 연구하는 것에 대한 책임이 위원회에 부여되었고, 둘째, 위원회는 강요가 아닌 자유로운 활동을 한다. 위원회는 사업장이나 정부로부터 받은 제안에 대한 조사를 할 책임을 가진다. 우선적으로 Ministry for Labor and Social Affairs의 제안을 조사한다. 셋째, 위원회는 활동의 투명성을 일정 부분 확보하기 위해 조사를 관장하는 절차에 따라 활동한다. 넷째, 오직 보건 전문가만 위원회 토론에 참여할 수 있다. 위원회가 MAK 값을 설정하기 위해서는 예상되는 물질을 다루는 산업의학과 독성학 영역에서의 적절한 정보가 필요하다. 원칙적으로, 동물 실험의 자료보다 사람의 경험이 우선적이다. 발암성 혹은 돌연변이성 화학물질에 대한 MAK 값은 암이나 돌연변이가 한 세대 혹은 한세기 이후에 발생할 수 있기 때문에 Technical exposure limits(TRK)에 의해 설정된다. TRK는 사업장에서 보호 방법에 대한 지침으로서 제공되는 위해 물질의 기준으로 정의할 수 있다. TRK에 대한 고수는 잠재적인 건강 위험을 완전히 제거할 수 없다. BAT(Biological Tolerance potential health dangers)는 화학적 화합물, 대사산물의 최대 허용량 혹은 이러한 물질에 노출된 사람에서 나타나는 정상적인 생화학적 parameter(변수)에 대한 편향의 최대 허용량으로 정의된다. BAT는 건강한 사람들에 있어서 천정치(Ceiling values)로 생각될 수 있는데, BAT 값들은 혈액과 소변에서 설정된다. MAK와 BAT는 8시간의 평균 가중치이며, 사업장 공기의 변동과 대한 실제적인 농도와 최대 제한을 고려하여 설정된다. Short-Term excursion limits는 category에 따라 설정되어 주어진 기간에 따라 여러 MAK 값을 가진다. 위원회는 MAK 값을 갖는 화학물질들의 다른 영향들도 분류를 한다. 경피흡수되거나 감각의 영향이 있는 화학물질은 선정된다. 발암 물질은 근거의 수준에 따라 명확한지 혹은 의심이 되는지로 분류할 수 있다. 임신에 대한 잠재적인 영향도 확인한다. 돌연변이성 손상을 일으킬 잠재성이 있는 화학물질도 분리해서 선정한다. 농도에 따른 MAK와 BAT값을 설정하는 근거는 Occupational Toxicants and Industrial Health-Toxicants and Industrial Health-Toxicological Justification of BAT Values에 발표한다.

다) 경제적 요인들과 실현 가능성

위원회에서는 경제적인 요인에 의해서가 아니라 건강 보호에 대한 과학적인 기준을 바탕으로 값을 검토하고 설정한다. 고용주는 사업장에서 MAK, BAT, TRK를 준수해야 하는 책임을 가지고 있으며 매년 발표되는 새로운 기준을 준수해야 한다.

라) 증거자료/이론적 근거

위원회는 미리 1년 앞서 새로운 물질 혹은 변경을 고지하는 절차를 수행한다. 이러 채택은 다양한 기관 혹은 발표자료에서 볼 수 있다. 산업보건 분야의 기관들은 MAK 값의 승인에 대해 고지되고 있다. MAK 값에 대한 정당성을 제공하기 위해서 문자화된 보고서와 평가가 발표와 별개로 제출된다. 위원회는 매년 MAK 값 목록을 통해 새로운 물질과 변경될 내용에 대해 권고치를 발표한다.

마) 검토 및 승인 절차

독일의 노출기준 설정 과정은 다음 그림5-5 ~5-7과 같은 복잡한 과정을 거쳐 결정된다.

바) 갱신 과정

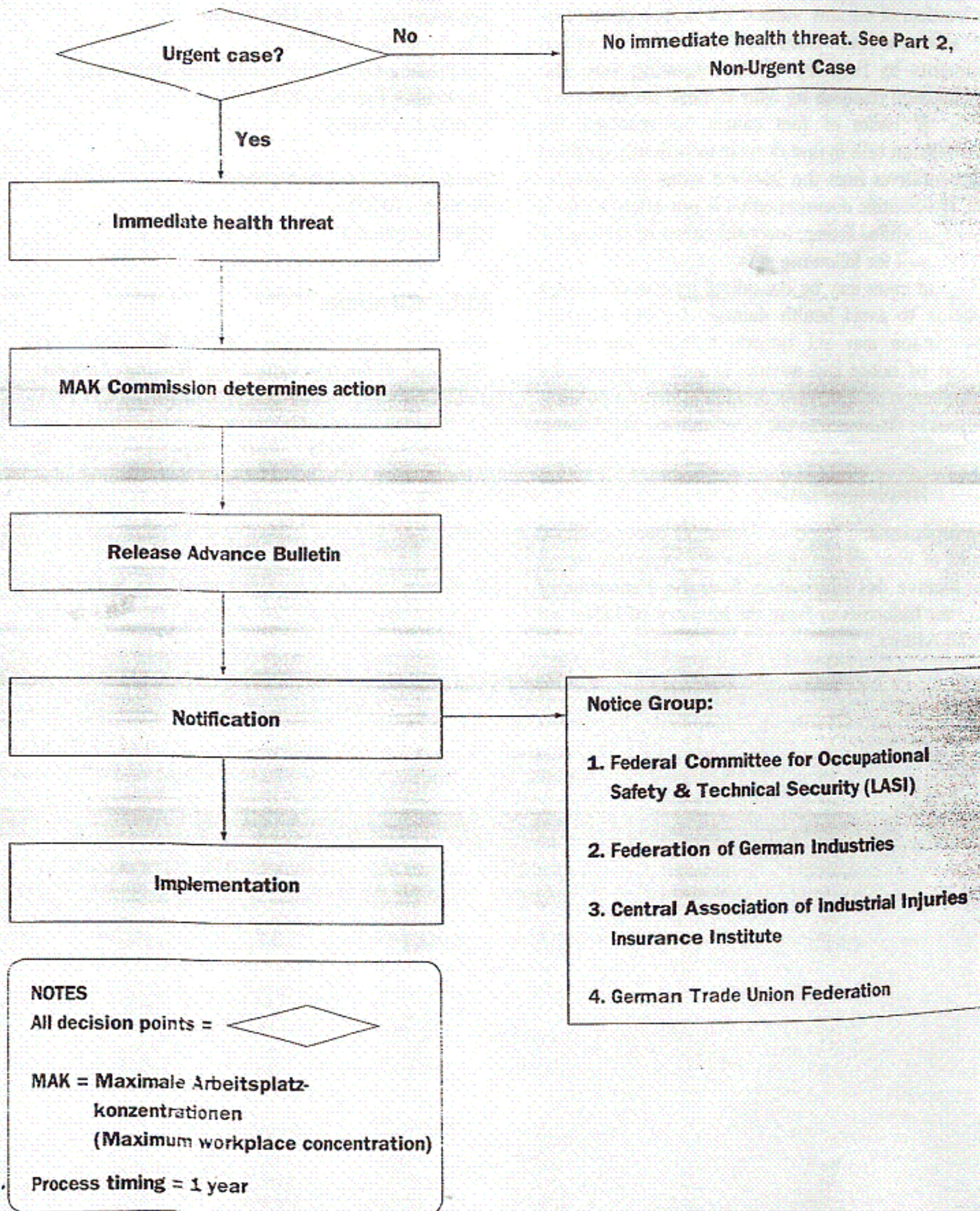
갱신과정에서의 대략적인 일정과 단계는 다음과 같다. MAK 목록의 발표와 함께 1년 앞서 신규 혹은 변경된 목록을 위원회에서 고지한다. 일반적으로 7월에 발표가 되는데, 변경되는 값에 대해서는 위원회에서 새로운 기준에 대한 당위성을 제공한다. 새로운 목록의 고지는 다음해에 위원회에 서면 논평을 다음해 2월까지 해달라는 요청으로 생각할 수 있다. 5월까지 이 논평들을 검토하여 위원회에서 해결할 수 없을 때 자문을 위하여 해당지역의 노련한 전문가를 소통을 한다. 새로운 목록 혹은 변경 목록에 대한 과학적인 증거가 부적절하면, 다음 해로 검토를 넘기게 된다.

사) 실행(Implementation)

고용주는 이정보를 Federation of German Industries 혹은 Ministry of Labor and Social Affairs를 통해서 받는다.

Germany

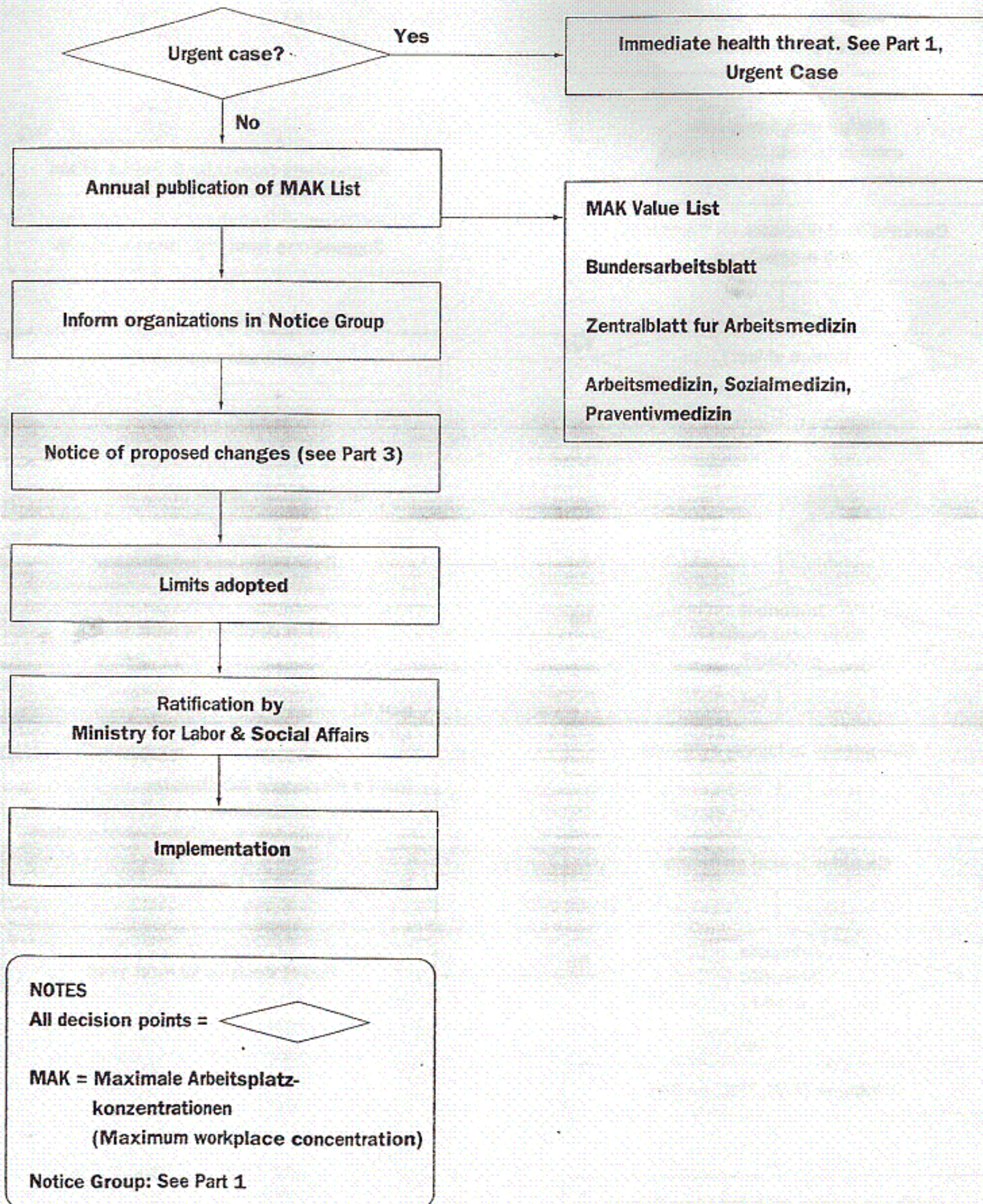
Process for Establishing MAK Values Part 1—Urgent Case



[그림 5-5] MAK 값 설정 과정(Urgent Case)

Germany

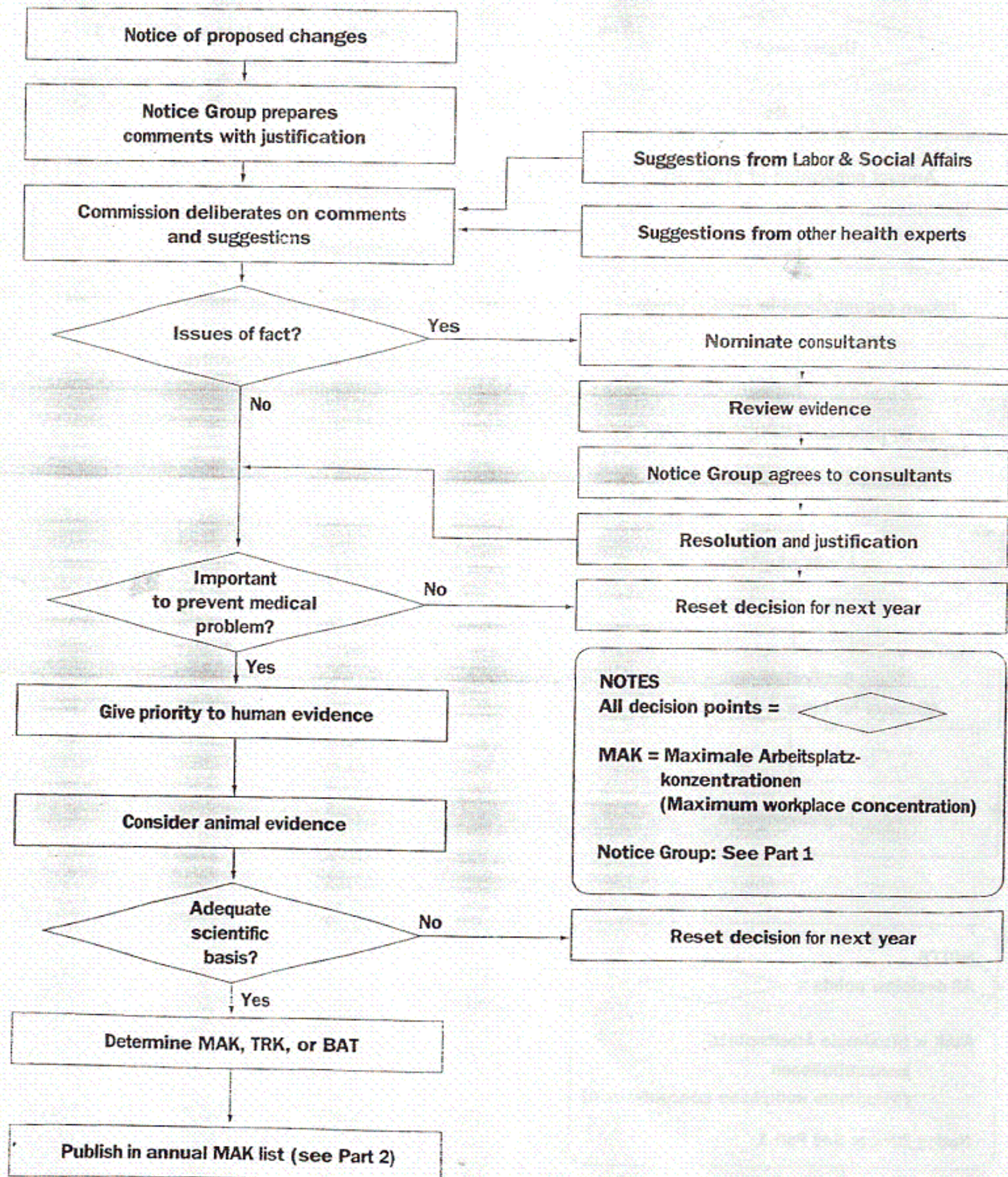
Process for Establishing MAK Values Part 2—Non-Urgent Case



[그림 5-6] MAK 설정 과정(Non-Urgent Case)

Germany

Process for Establishing MAK Values Part 3—Proposed Changes Procedures



[그림 5-7] MAK 값 변경 절차

- MAK; 5 ppm (25 mg/m³), 피부 흡수, 발암물질로 규정
- 적용 년도 : 1999

라. 스웨 덴: OEL (Occupational Exposure Limits)

스웨덴은 직업적 노출 수준을 설정하기 위해 3곳의 협력체로 이루어진 전문가 집단 체계를 이용하고 있다. 정부기관인 Board of Occupational Safety and Health(Board)가 이 체계의 중심이 된다. 이는 다시 Supervision Department, Administrative Department, Board of Governors로 다시 나뉜다. 공기 오염물질의 제한 값에 대한 규정이 제안되면, Supervision Department는 Regulation Groups, Board의 대표자들, 기업주 조직을 소집한다. Boards의 활동에 대한 법적 근거는 Work Environment Act(Act)와 Work Environment Ordinance(Ordinance)에 명시되어 있는데 Board는 공기 오염물질에 대한 최대 허용 농도에 관한 규정을 발표해오고 있다.

가) 물질 선정 기준과 우선순위

보통 3년 마다 이루어지는 제한 값에 대한 규정을 설정하기 전에, Regulations Group은 어떤 물질을 갱신할지를 결정한다. 스웨덴에서 사용되고 있는 물질에 대해서만 고려한다. 어떤 작업장의 문제에 대해 알고 있는 Regulations Group의 대표자로부터 개정의 제안이 오기도 한다. 제안은 사업주, 근로자, 과학자 등에서도 올 수 있다. The Board는 미국, 유럽 연합, 독일, 스칸디나비아의 활동을 적극적으로 모니터한다. Criteria Group은 Regulations Group에서 요청한 물질의 과학적 기준을 제공하며, 요청한 물질의 의학적, 독성학적 정보를 모은다. 즉 새로운 물질에 대해 산업장에서 보건 문제의 경험, 혹은 국내 혹은 전세계적으로 새로운 과학적 근거에 의하든지 집중을 하게된다. 제안이 모이면, Regulations Group은 우선순위를 정하게

되고, 다시 이 목록은 Criteria Group으로 전달된다.

나) 과학적 근거

Criteria Group에 의해 물질의 과학적 기준은 마련된다. 여기에는 기업주와 노동조합이 지정한 산업 위생 전문가가 참여한다. 이들 외에 Criteria Group에는 독성학, 산업의학, 심리생리학, 그리고 화학 전문가들과 Institute와 Swedish workplace medical clinics의 전문가들이 참여하고, Supervision Department의 참관자들이 참여한다. Criteria Group에서 자체적으로 진행된 연구 결과를 통해 새로운 물질에 대한 과학적인 보고를 할 수도 있다. Criteria Group에서는 해당 물질에 노출된 사람과 동물의 건강 영향에 관한 발표된 연구를 요약한 Criteria Documents를 만든다. Criteria Document의 저자는 연구와 보고서의 과학적인 질에 대해 평가하고, 사업장에서 노출 시에 가능한 위험을 기술한다. 이런 Criteria Document는 Criteria Group에서 의견이 교환된다. 다른 국제 기구에 의해 만들어진 Criteria Document가 Sweden에서 사용되는 경우도 있다. 이러한 국제 기구는 Nordic Group of Experts on Limit Value Documentation (Nordic Group)이다. 정보는 또한 NIOSH나 ACGIH의 Criteria Document에서도 얻을 수 있다. Criteria Group의 소모임에서는 다양한 자료원(기업주나 근로자들)으로부터 증거나 의견을 취합한다. WHO에서 권고하는 생화학적 기준 값들도 고려 대상이 된다. Criteria Group에서 제시된 과학적 기준은 Group 구성원들의 동의에 의한 합의의 내용이다. 결과를 용량-영향과 용량-반응 자료로 제시를 하고 물질의 critical effect를 제시한다. 이 critical effect는 효과가 나타날 수 있는 가장 낮은 노출 수준이다. 그러나 Criteria Group은 제한 값의 실제적인 크기에 대한 권고안을 제시하지 않는다. 모든 물질은 4가지 범주로 나눈다. 첫 번째 범주는 물질의 최고 허용 평균 농도를 제시하는 제한 기준 목록을 제공한다. 천정치(Ceiling Limit Values)는 특별히 위험한 물질이거나 빠른 활성을 보이는 물질에 적용된다. 두 번째 범주(Group A)의 물질들은 특정한 환경 하에서만 취급될 수 있어야 하고, 3번째 범주(Group B)는 노동부 감독관(Labor

Inspectorate)의 허락 후에 사용해야 하는 물질들이고, 네 번째 범주(Group C)는 발암 물질로 분류되는 물질들이다. 노출 기준은 오염물질에 노출되어도 건강이 악화되지 않을 공기 오염물질의 최고 농도 이하에서 제시되어야 한다고 AFS 1900에 기술되어 있다. 노출 기준이 설정되면 민감성의 상이한 수준, 만성 노출 요인, 생화학적 특성, 공기 오염물질의 제거할 수 있는 기술적 가능성 등등이 고려되어야 한다. 노출 기준을 설정할 때 다음과 같은 요인들을 고려해야 한다.

- ① 상호 작용(interacting effects)
- ② 작업 부하(Work load)
- ③ 발암 물질(Carcinogenic substance)
- ④ 감작 물질(Sensitizing substances)
- ⑤ 피부 흡수(Absorption through the skin)
- ⑥ 생식기계 방해 물질(Reproduction disturbing substances)
- ⑦ 생화학적 영향(biological effects).

다) 경제적 요인

과학적인 평가 이외에 Regulations Group은 사회경제적 요인을 또한 고려하여 노출 수준을 따르는데 드는 비용을 고려하는 것은 중요한 요인이다. 노출 수준을 고려하는 물질의 사용, 노출 근로자 수, 사용량 등이 조사가 되고, 다양한 산업에서의 노출 정도가 파악된다. 이런 자료들은 발표된 보고서, 노동부 감독관, 산업 보건 기관 등으로 부터 수집된다. Nordic Group, 미국, 독일에서 규정된 노출 기준을 참고한다. 마지막으로 건강과 경제적인 관점에서 고려를 하는 것으로 결론을 낸다. Regulations Group에서 경제적인 요인에 대한 고려를 통해 제안을 Board of Governors로 통보하면 여기서 마지막 심의를 한다.

라) 실현 가능성

스웨덴에서 노출 기준이 설정될 때에 과학적/사회경제적 실현가능성이 함

게 고려된다. 스웨덴의 노출 기준은 의학적/독성학적 영향에만 근거를 두지 않으며, 이분법적인 노출 기준을 선택하지 않는다. 즉 일반적인 권고안은 가능한 낮은 노출 기준을 찾는 것을 추구하는 것이 중요하다고 제시한다. 즉 기준 값이 궁극적인 목적이 아니고 무엇이 절대적으로 받아들여질 수 없는가가 중하다고 제시하고 있다.

마) 증거자료/이론적 증거

Criteria Group은 Regulations Group에 과학적인 근거를 가진 criteria documents를 제공한다. 이 문서화는 제안에 부가되어 Board of Governor에서 검토된다. Criteria Group에서 만든 criteria documents의 마지막 판은 National Institute of Occupational Health에 의해 발표된다.

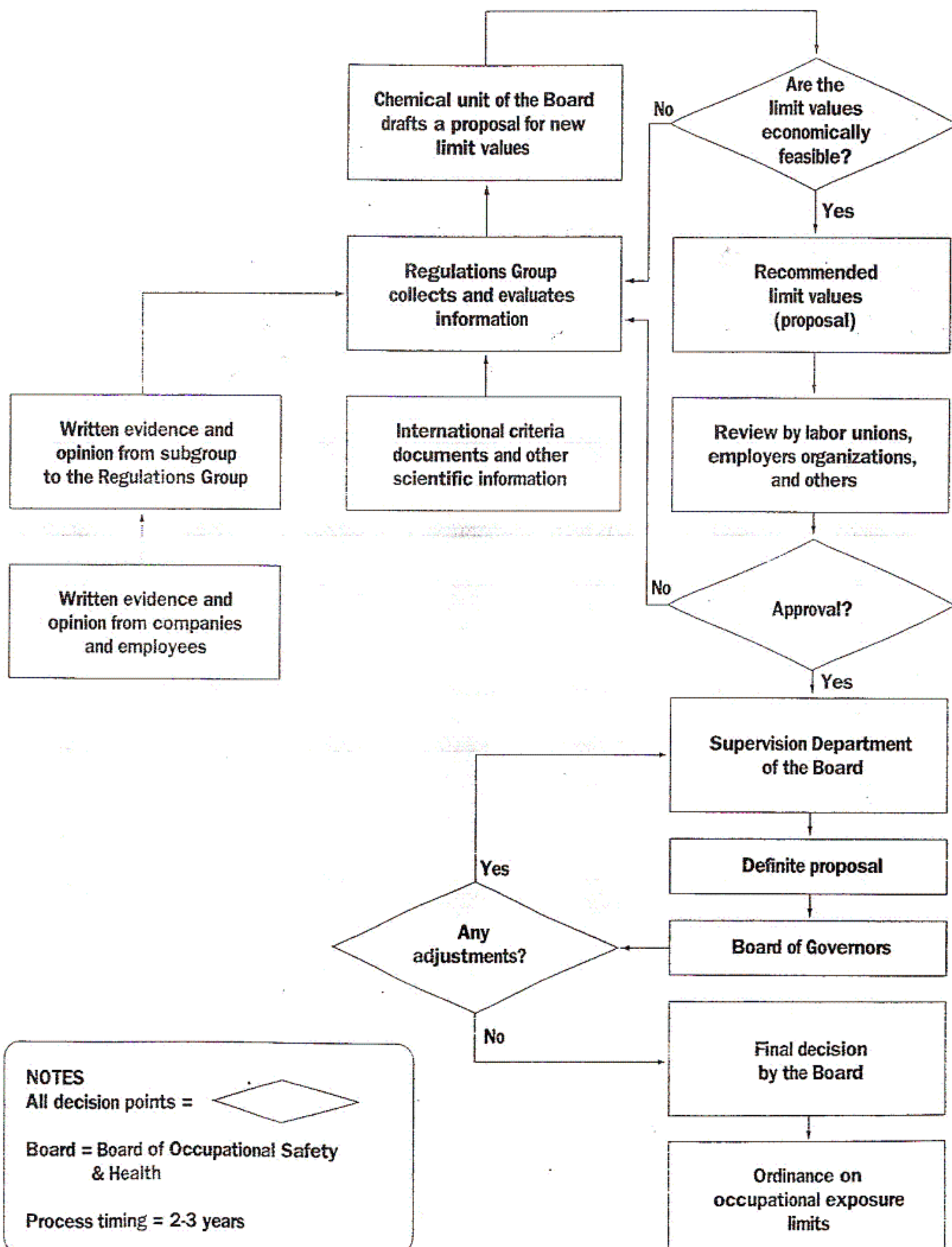
바) 검토 , 승인절차 및 갱신

스웨덴의 노출기준 설정 과정은 아래 그림과 같이 결정된다.

사) 실행

Board는 작업환경의 계획과 통제를 위해 노출 기준 값에 대한 규정을 발표할수 있도록 법령에 제시되어 있다. Board가 최종 결정을 내리면, 노출 기준의 최대 허용 농도에 관한 법령의 형태로 발표된다. Board는 정보 부서가 따로 있어 자신들의 기관이나 다른 방송매체를 통해 정보를 전파시키고, 특별한 정보 자료는 산업 구조를 통해 전파된다.

- OEL; TWA로서 1 ppm (5 mg/m³),
STEL로서 2 ppm (10 mg/m³), 피부 흡수
- 적용 년도 : 1999



[그림 5-8] 스웨덴 OEL(Occupational Exposure Level) 기준 설정 절차

마. 영국: WEL (Workplace Exposure Limits)

영국에서의 OELs은 2005년 4월 5일까지는 the Control of Substances Hazardous to Health Regulations (COSHH)에 의하여 규정되었다. COSHH 규정은 사업주가 지켜야 할 노출기준이었다. 과거 영국에서는 OELs이 Maximum Exposure Limits (MELs)과 Occupational Exposure Standards (OESs)로 나뉘었다. 노출은 최대한 MEL 미만으로 되어야 하며 OES 보다 적은 농도의 노출은 팬찰은 것으로 관리하였다. 그러나 2005년 4월 6일부터 노출기준에 관한 내용은 WEL(Workplace exposure limit)로 관리된다. WEL은 COSHH 규정 하에서 관리가 되며 EH40에 소개되어 있다. 이 자료는 HSE Direct 홈페이지에서 쉽게 자료를 얻을 수 있다. 생물학적 모니터링 조항도 EH40에 규정되어 있다. Health and Safety Commission's Advisory Committee on Toxic Substances (ACTS)는 기존의 WELs의 개정이 필요한 경우 새로운 기준치를 제시한다. The Working Group on the Assessment of Toxic Chemicals (WATCH)이 ACTS의 전문 위원회로서 각 물질의 직업적 노출과 건강영향을 평가하여 WELs이 적합한지를 검토한다. 사업주, 근로자, 정부 관계자, 환경전문가 및 소비자 단체로 구성된 ACTS가 WELs을 승인하면 the Health and Safety Commission (HSC)가 최종 승인을 하여 공표하고 the Health and Safety Executive가 이를 집행한다.

가) 물질 선정 기준과 우선순위

1989년에 HSC(Health and Safety Commission's)-ACTS(Advisory Committee on the Toxic Substances(ACTS)가 WATCH(Working Group on the Assessment of Toxic Chemicals)와 공동으로 OELs을 설정하기 위해 work program을 개발하였다. OELs을 설정 시에 물질의 우선순위를 결정하는 몇가지 요인들을 고려하였는데 첫째, 우선순위는 현재 과학적인 지식 혹은 관심이 되는 개별물질, 둘째, 검토의 우선순위는 관련있는 자료와 근거를

정리하고 모으는데 시간이 필요한 화학 물질이며, 마지막으로 평가를 시행하는데 필요한 자원의 활용성이다.

나) 과학적 근거

OESs(occupational exposure standards)와 MELs(maximum exposure limits)를 포함한 OELs의 설정은 모든 관련 원저(미발표 자료도 포함)에 대한 WATCH의 포괄적인 검토에 근거를 두고 있다. 검토 준비는 HSE(Health Safety Executive)안의 전문가들에 의해 수행되어지는데, 독성학자, 산업위생 전문가, 화학분석가, 역학자, 산업보건의 등으로 구성된 팀으로 구성되어 있다.

다) 검토 및 승인 절차

영국에서의 노출 기준 설정 과정은 그림 5-9의 과정을 거쳐 결정된다.

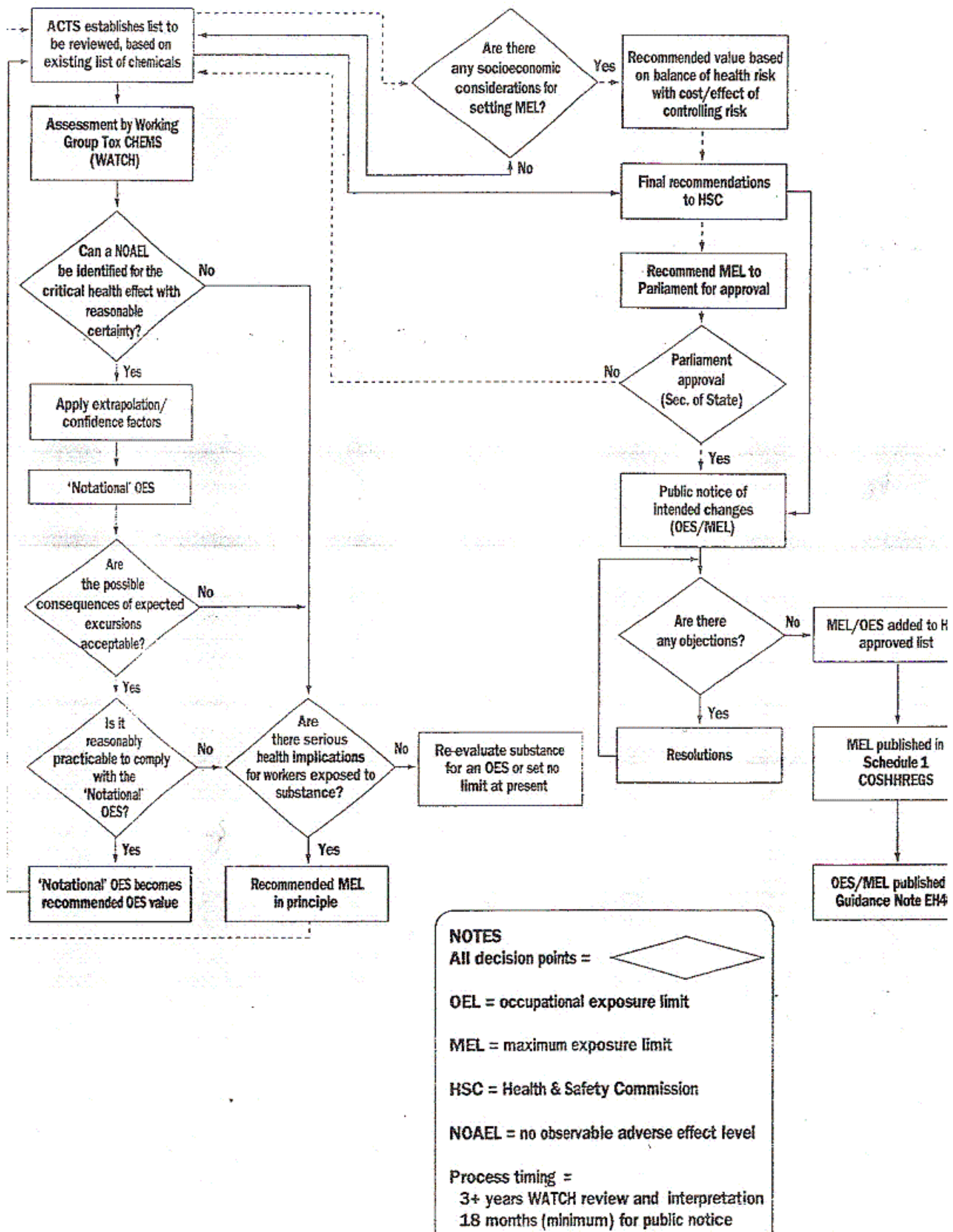
라) 실행(Implementation)

OELs의 실행은 결정 과정의 전부분에서 일어난다. 물질 선택과 우선순위 결정, 과학적 연구, 경제적인 요인들, 보건 검토 등 모든 과정이 OELs 실행의 한 부분이다.

○ WEL; TWA로서 5 ppm (25 mg/m^3),

STEL로서 10 ppm (50 mg/m^3), 피부 흡수

○ 적용 년도 : 1999



[그림 5-9] 영국의 노출 기준 설정 절차

바. 프랑스: VME (valeur moyenne de limite d'exposition)

직업적 위해도 및 질병의 예방은 위험한 물질에 대한 근로자의 폭로를 피하거나 최소 수준으로 감소시키는 것이다. 1982년 직업적 노출 기준의 목록이 처음으로 발표되었다. 프랑스의 OELs은 다음의 2가지 유형이 있다.

① 일부 물질의 법적이고 강제적인 OELs(석면, 염화비닐, 분진, 벤젠, 납, 그리고 훈증 가스)

② 다른 물질의 권고 OELs

OELs은 High Council for the Prevention of Occupational Hazards, the Scientific Committee for the Surveillance of the Workplace Environment의 소위원회에서 설정하고 개정한다. 이 위원회에는 전문가, 과학자, 그리고 산업학자들이 참가하고 있다. 유럽 연합도 OELs을 설정하는데 프랑스의 OELs로 사용될 수도 있다.

가) 물질 선정 기준 및 우선순위

위에 열거한 6개 군의 물질들이 법적인 OELs의 적용을 받아 이들 외의 다른 물질(500개 이상)은 권고 OELs의 적용을 받는다. 일반적으로 OELs은 국제적인 과학 문헌, ACGIH의 TLVs의 변화(특히 감소)와 지역 보건 기관에서 의해 행해진 연구에 의해 결정된다. 프랑스에서는 VL은 Ministry of Employment and Solidarity(the Ministère de l'Emploi et de la Solidarité; 고용 및 단결부)에서 확정이 되나 일부 기준치는 CNAM(the National Illness Insurance Fund)에 의하여 권고되기도 한다. 직업적 노출기준(the Occupational (Air) Exposure Limits; OELs)을 "Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France" (VL)라 부르며 VL의 정의는 ACGIH의 TLV의 정의와 유사한데 2가지 유형의 노출 기준을 사용한다.

① 시간 가중 평균치(8시간)

② short-term limits(15분)

나) 과학적인 근거

지역 보건 기관이 발표한 연구와 마찬가지로 국제적인 과학 발행물이 OELs을 설정하는데 이용된다.

다) 경제적 요인들

작업장 안전을 명확하게 하기 위해 OELs의 검토와 설정과정에 산업계가 참여함으로써 설정된 OELs은 안전 확보 뿐 아니라 산업계가 직면하는 경제적인 현실도 반영한다.

라) 실현가능성

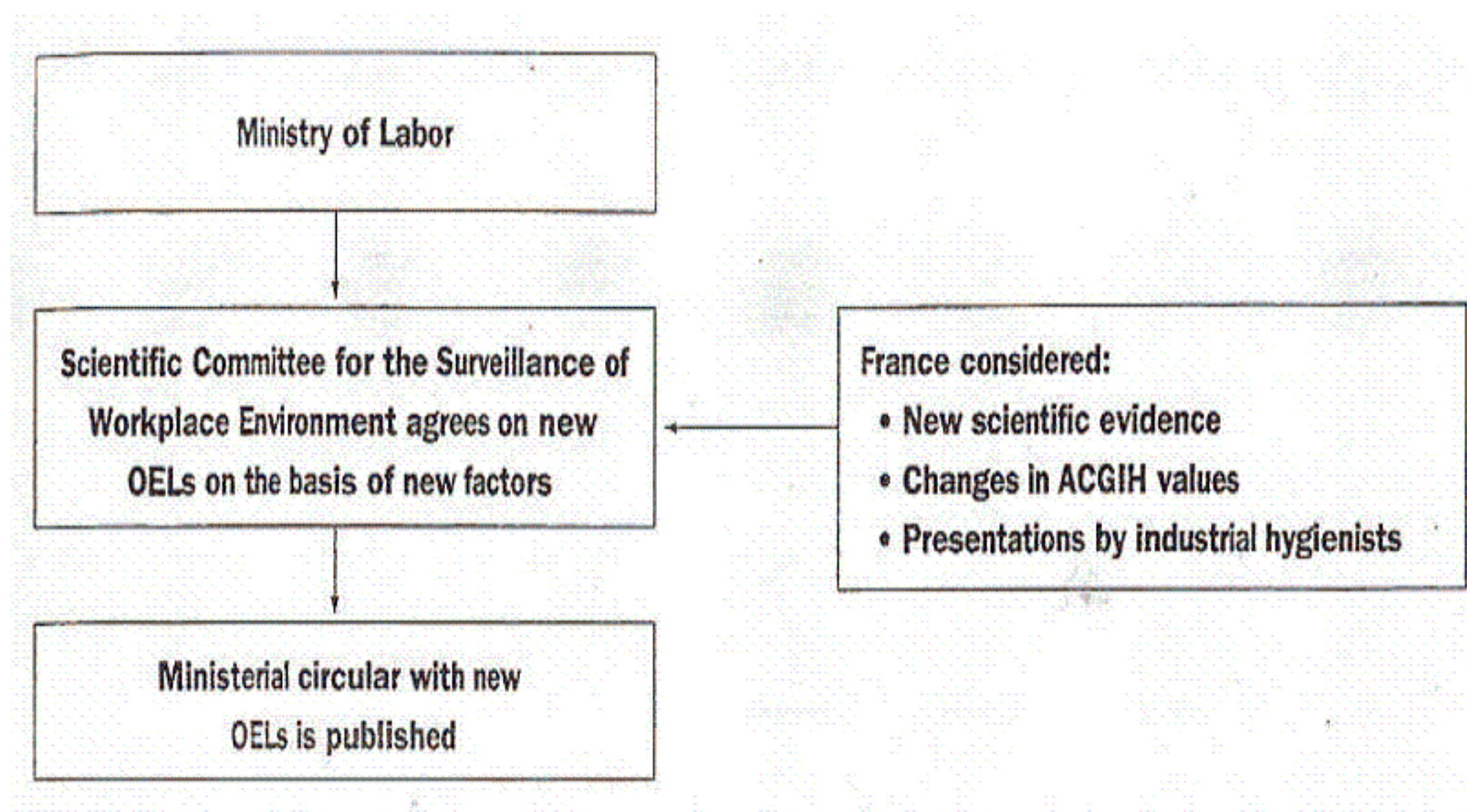
Scientific Committee는 모든 OELs은 측정할 수 있다는 것을 명확히 한다. 따라서 OELs이 측정가능하고 쉽게 준수되게 하기 위해 측정 방법을 표준화하고 일치시킨다.

마) 증거자료/이론적 근거

OELs은 Official Journal, Official Bulletin, 그리고 INRS(National Institute of Safety Research)의 발행물로서 발표된다. OELs은 Scientific Committee for Surveillance of the Workplace(the Comité Scientifique pour la Surveillance des Atmosphères de Travail)에 의하여 제정되고 개정된다. 노출기준은 Inrs(National Institute of Safety Research)에서 간행된 Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France(2005)에 실려 있다.

바) 검토 및 승인 절차

OELs의 기준 설정 절차는 그림 5-10의 과정과 같다.



[그림 5-10] 프랑스 OELs의 기준 설정 절차

사) 갱신 절차

OEL의 개정과 갱신은 정기적으로 일어난다. 새로운 과학적 증거(역학적, 독성학적 등등)과 ACGIH TLV의 변화는 개정의 주요 촉매이다.

아) 실행(Implementation)

유럽연합의 OELs 명령은 법령으로서 일정 정도 과도기 후에 프랑스 법이 된다. 새로운 OELs의 발표와 실행 사이의 과도기는 각각의 사례와 물질마다 다르다.

○ OEL; VME로서 5 ppm (25 mg/m³), 피부 흡수

○ 적용 년도 : 1999

6. 작업장내 근로자 노출실태

가. 작업환경측정방법 및 결과

(1) 대상 사업장 선정

우리나라 디메틸아미노벤젠 취급 사업장의 디메틸아미노벤젠 노출실태를 파악하기 위해 디메틸아미노벤젠 사용 사업장을 선정하여 각 사업장에 근무하는 근로자를 대상으로 작업환경 및 설문조사를 실시하였다.

(2) 측정방법

작업환경 측정은 근로자의 작업시간 전 과정을 조사하였으며, 개인별 벤젠 노출 농도는 수동확산포집기(passive sampler, Shibata사)를 사용하여 근로자의 호흡기 위치에서 작업환경시료를 채취하였다.

저유량 포집기에 의한 시료채취와 분석은 다음과 같이 미국국립산업보건연구소 (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)에서 추천하는 공정시험법(Method 2002, Issue 2; 방향족 아민류)을 기초로 일부 보완하여 실시하였다.

대상 작업환경의 해당물질 노출 수준을 측정에는 저유량 시료포집기(MSA사)를 설치하고, silica gel이 충전된 Solid sorbent tube를 부착시켜 10 L 이상의 주변 공기(0.1 L/min)를 포집한 후 회수하였다. 회수 즉시 플라스틱 마개를 덮고 양 끝부분을 봉한다음 분석 장소에 옮기고 분석에 이용하였다. 수동확산포집기는 작업자의 호흡기 주변의 작업복 깃에 부착시켜 작업시간 동안 착용하게 하였다.

다) 시약 및 장비

디메틸아미노벤젠은 Sigma 사의 HPLC-grade, 이황화탄소는 Sigma 사의 benzene-free 시약을 사용하였다. 작업환경시료 채취용 silica gel 포집관은 SKC사 (미국)의 150 mg/75 mg을 사용하였다.

분석에 이용한 장비는 Agilent사(미국)의 HP6890 GC/MSD를 사용하였으며, 이동상은 99.999%의 초순수헬륨을 사용하였다.

라) 표준 용액 제조

디메틸아미노벤젠 10 mg을 정확히 재어 10 mL 용량플라스크에 옮기고, 내부표준물질이 일정량 함유된 이황화탄소 용액 10 mL로 표선을 채워 10,000 ppm의 표준용액 원액을 제조하였다. 이것을 다시 같은 용매를 이용하여 1, 2.5, 25, 50, 100 ppm 용액을 제조한 후 검량선 작성용 표준용액으로 하였다.

마) 시료 전처리

포집기 내의 흡착제에 농축된 시료를 각각 GC용 바이알에 넣고 1 mL의 이황화탄소를 넣은 다음 잘 흔들어서 30분간 방치하여 탈착하여 GC 분석에 이용하였다.

바) 분석 조건

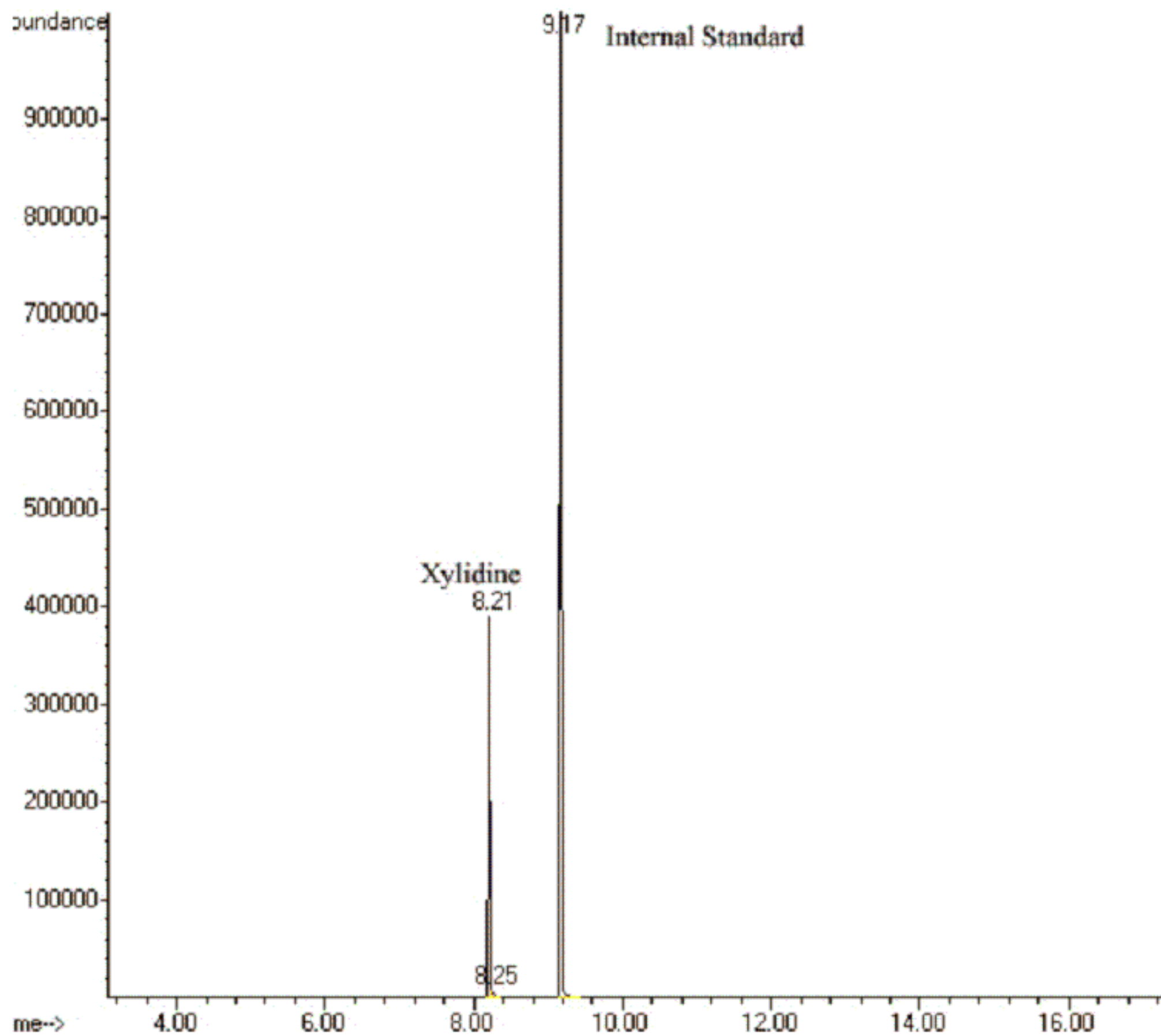
GC-MSD를 이용한 디메틸아미노벤젠의 분석 조건은 아래와 같았다.

<표 6-1> 디메틸아미노벤젠 GC 측정조건

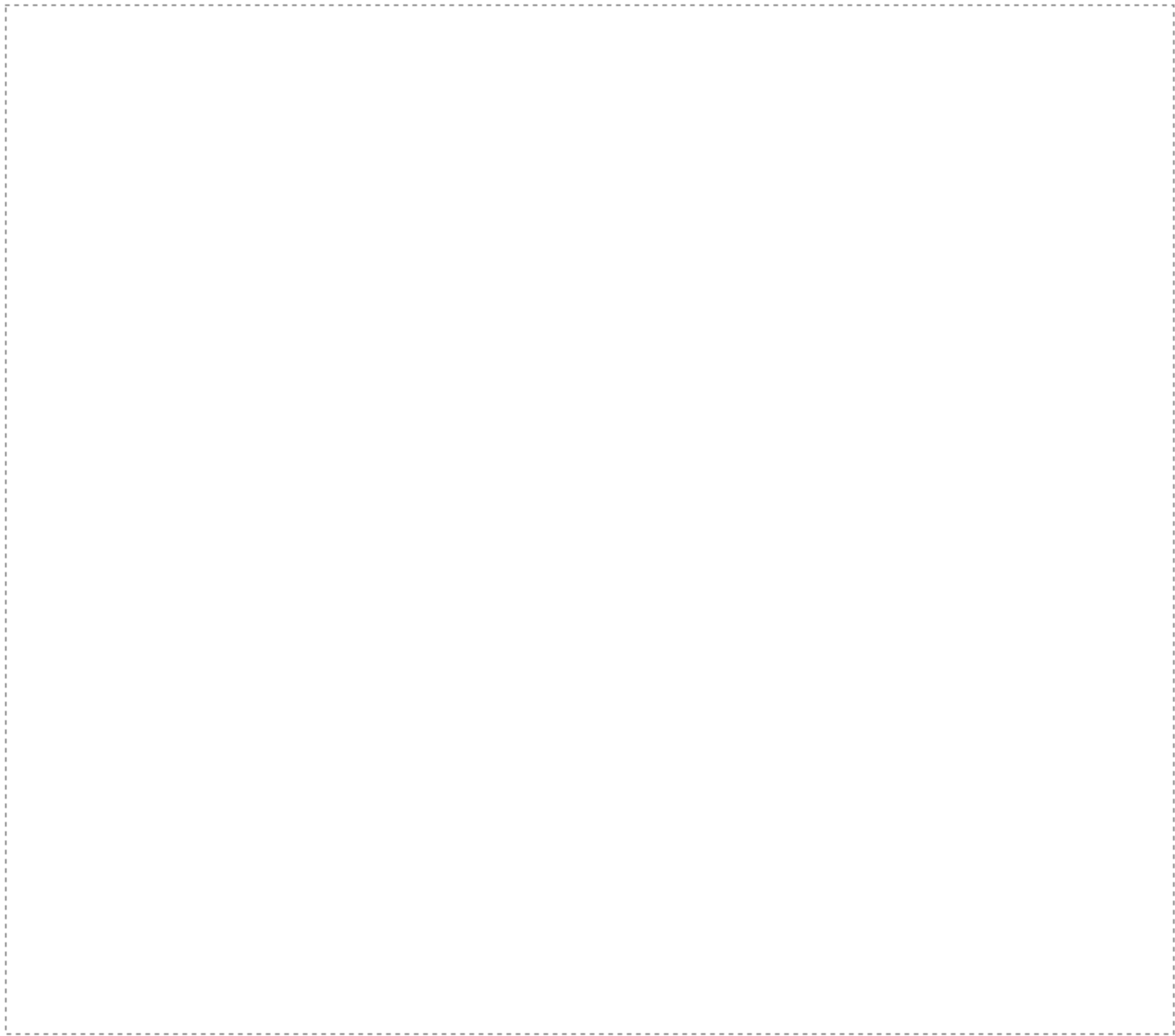
Flow rates(mL/min)	
Helium	25
Temperatures(℃)	
Oven	35℃ (3.5 min) ----> 300℃ (5min)
Injector	280℃
Detector	235℃
Injecton size - 1ul	

Column은 HP-5MS (Crossbond 5%, diphenyl 95%, dimethylpolysiloxane; 30 m x 0.25 mm x 0.25 um)를 사용하고, MSD (Agilent 5973i)를 통해 측정하였다.

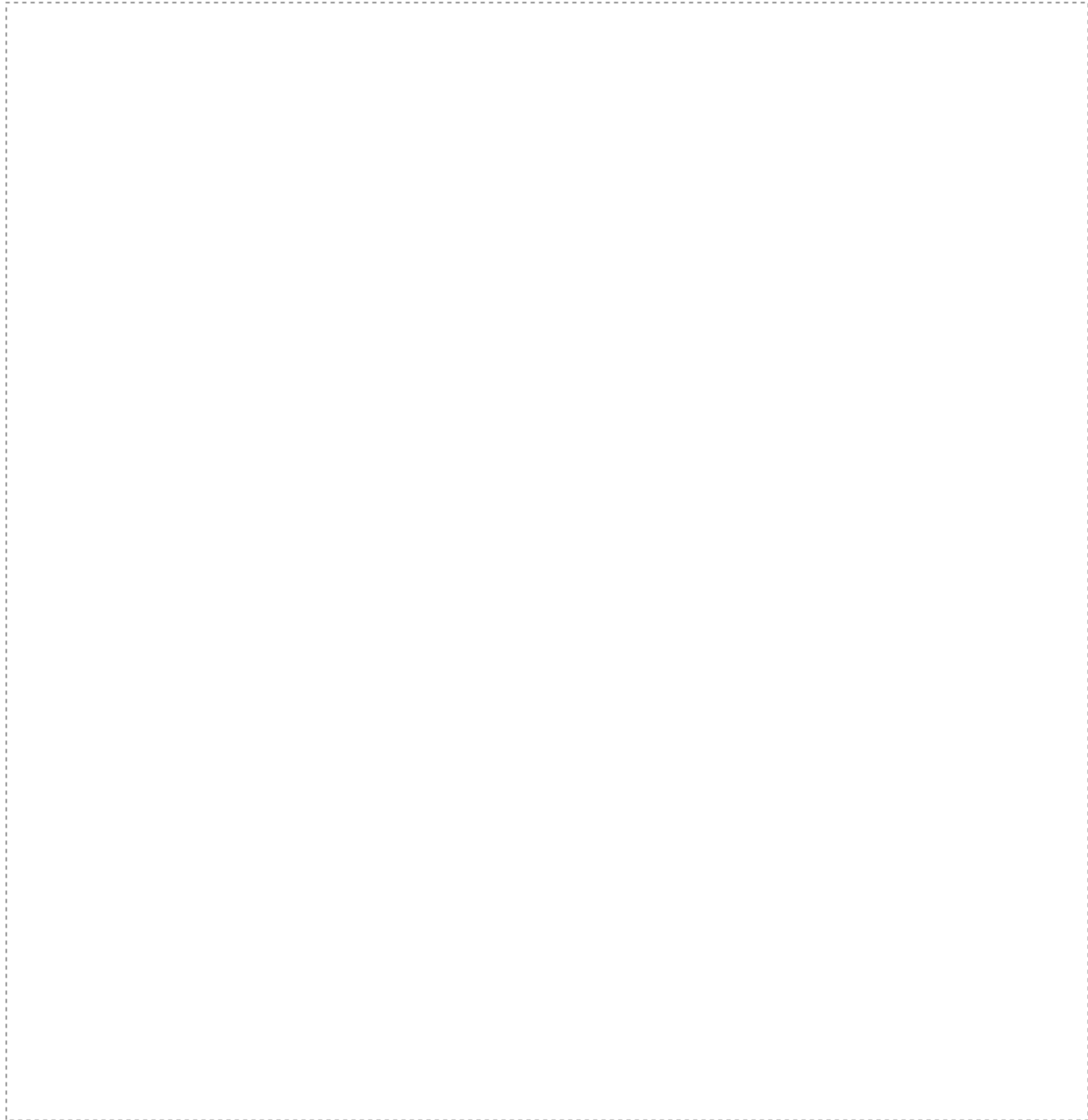
분석에 사용된 디메틸아미노벤젠 측정 크로마토그램과 표준시료 검량선은 다음과 같다. 표준용액 검량식의 RSQ(상관계수)는 0.994이상이었다.



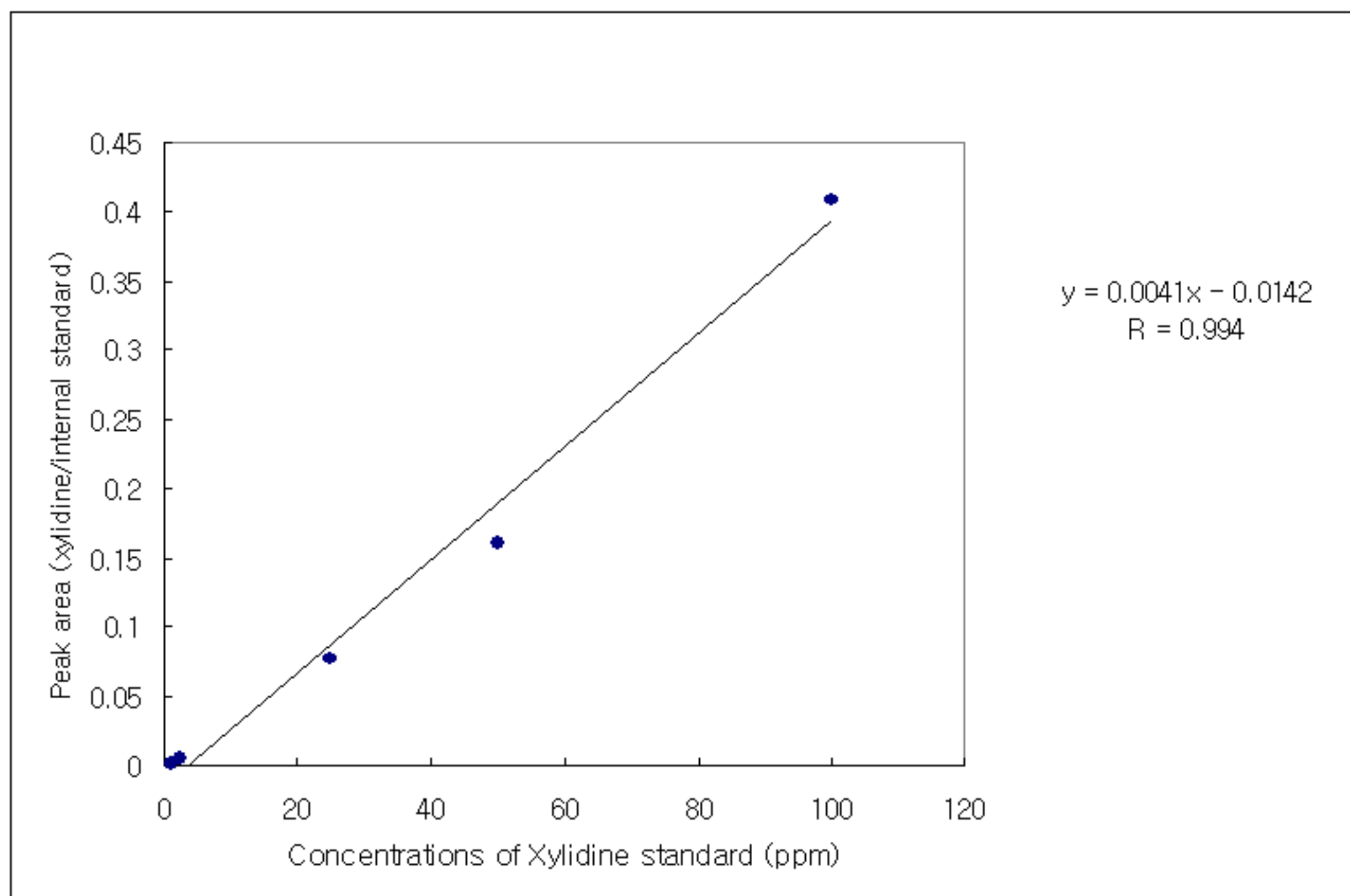
[그림 6-1] 디메틸아미노벤젠 표준물질 TCI-spectrum



[그림 6-2] 디메틸아미노벤젠의 EI-spectrum



[그림 6-3] 내부 표준물질의 EI-spectrum



[그림 6-4] 디메틸아미노벤젠 표준시료 검량선

(2) 검출한계

검출한계는 주어진 신뢰도 수준에서 검출 가능한 분석물질의 최소농도, 즉 목적 물질을 분석할 수 있는 최소의 양을 의미한다. 검출한계는 구하는 방식에 따라 차이가 있을 수 있으므로 반드시 구한 방법을 제시하는 것이 일반적이다. 이번 분석에서 트리에틸아민의 검출한계는 OSHA PV 2060에서 제시하는 DLDP 구하는 식에 의거하여 계산하였다.

* DLOP (Detection limit of the overall procedure) 구하기

- $DLOP = 3(SEE)/A$ (기울기)

$$SEE_R = \sqrt{\frac{\sum (y_{obs} - y_{est})^2}{n - k}}$$

* SEE(분석오차) : Standard error of estimate

* Yobs(관측된 값) : observed response,

Yest(계산된 값) : estimated response from regression curve

* n : data point total, k : 2 for a linear regression curve

이 방법으로 계산 시 13.13 $\mu\text{g}/\text{sample}$ 수준이었다.

(3) 단위사업장 조사방법

사업장을 방문하여 공정과 시료채취장소, 조사대상자를 파악, 선정하고, 설문조사를 실시하였고 active sampler를 설치하였고 개인용 시료포집기(Sibata scientific technology, passive gas tube, 8015-066)를 배지 형태로 부착하였다. Active sampler와 개인용 시료포집기를 근무가 끝나기 2시간전부터 근무가 끝날 때 사이(EOS; end of shift)에 탈착하여 분석할때까지 보관하였다. 설문지에는 인적사항과 근무력, 흡연력 등이 포함되었고 사용된 설문지는 다음과 같다.

문진표 및 연구참여 동의서

안녕하십니까. 본 조사는 노동부에서 실시하는 화학물질 노출기준 제·개정 (안) 연구의 일환으로 실시되는 조사로서 선생님께서 취급하는 물질 중 (디메틸아미노벤젠, 트리메틸아민, 벤젠)에 의한 건강장애를 평가하고자 합니다. 선생님께서 제공해주신 정보는 오로지 연구 목적으로만 사용되며 향후 노출기준의 제·개정에 크게 도움을 줄 것으로 믿습니다. 조금의 시간을 투자하여 아래의 증상 설문지에 대하여 자세하게 답해주시면 고맙겠습니다.

이번 연구 참여에 동의하신다면 아래 표의 성명에 이름을 기입한 후 서명을 해주십시오.

사업체명		조사일자	05년 월 일	성명	(서명)
입사일자	__년 __월	현직 전입일자	__년 __월	성별	
작업부서		취급물질		일평균 노출시간	
과거 직력	작업부서(직종)	근무 년 수	기간	현재 신장	_____cm
				현재 체중	_____kg
				생년월일(양력)	__년__월__일
과거(3개월 이내) 앓은 질병이 있으면 자세히 적어 주십시오. ()					
흡연력 ☐ 1. 아니오 ☐ 2. 피우다 끊었다 ☞ 하루에 ()개비씩 ()년 간 피웠었다. ☐ 3. 예 ☞ 하루에 ()개비씩 ()년 간 피우고 있다.					

1. 현재 근무부서에서 하시는 작업은 무엇입니까?

2. 작업부서에서 본인의 건강에 해로운 것이 있다면 무엇이라고 생각합니까?

3. 빈칸에 해당되는 시간을 적어주세요.

	총 근무시간	옥내 근무시간	옥외 근무시간
오늘			
어제			
그저께			

현재 느끼고 계시는 증상에 해당되는 번호에 O를 하시고 언제부터 느끼셨는지 기록하여 주십시오(예: 몇 주 또는 몇 개월 전)

증상 내용	유무	발생시기
01. 기침이 나고 가래가 많다.		
02. 손톱/피부/입술 색깔이 푸르게 변한 적이 있다.		
03. 어지럽다.		
04. 전신경련이 생겼던 적이 있다.		
05. 머리가 아프다.		
06. 토할 것 같은 느낌이 있다.		
07. 피부가 붉게 변한 적이 있다.		
08. 눈이 빨갛게 되거나 눈이 아픈 적이 있다.		
09. 눈물이 잘 나고 눈에 염증이 생긴다.		
10. 콧물이 나고 코가 답답하다.		



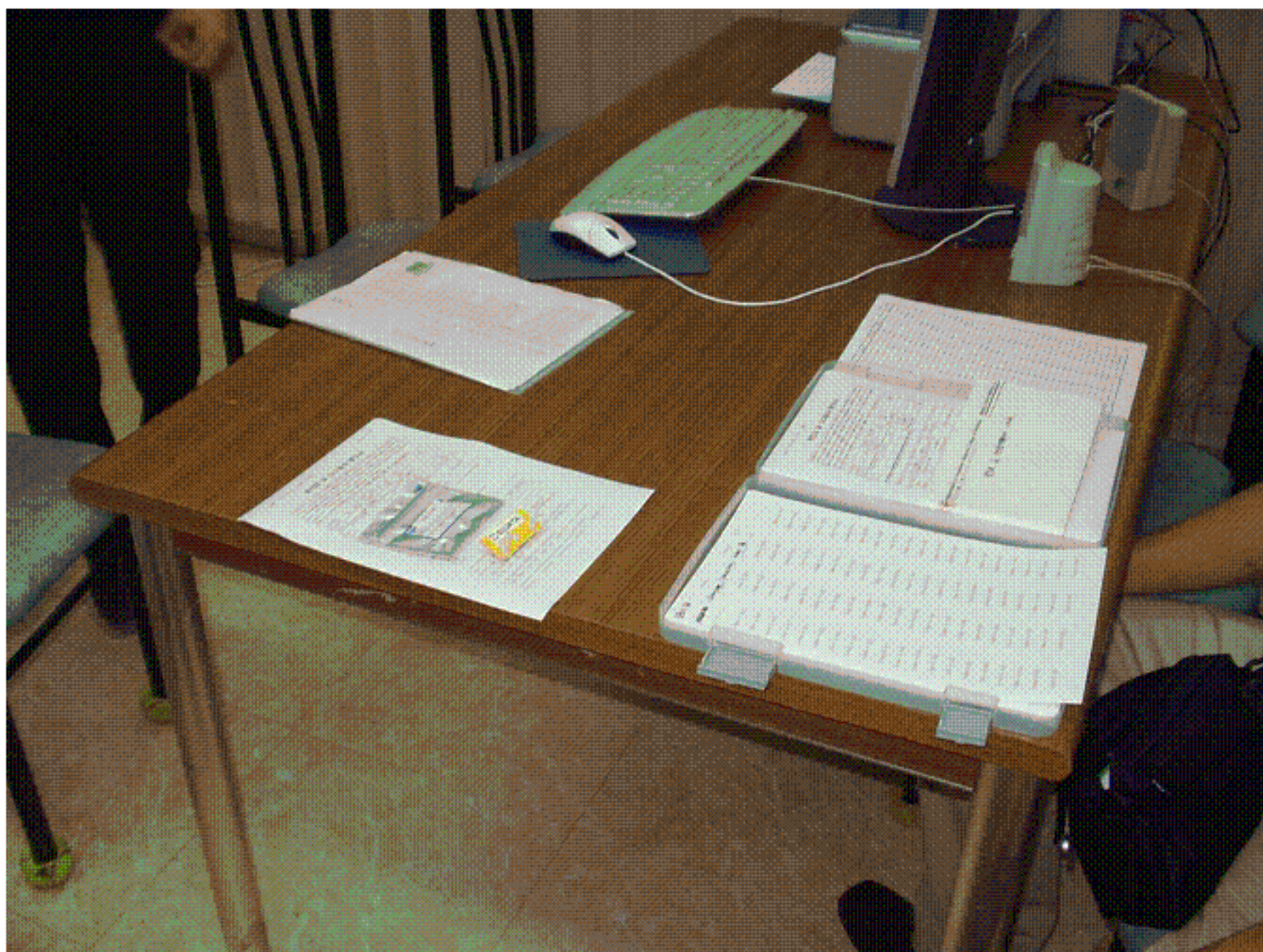
[그림 6-5] Work through survey, 공정 파악 및 포집기 설치장소 선정



[그림 6-6] 설문조사 및 개인시료포집 준비



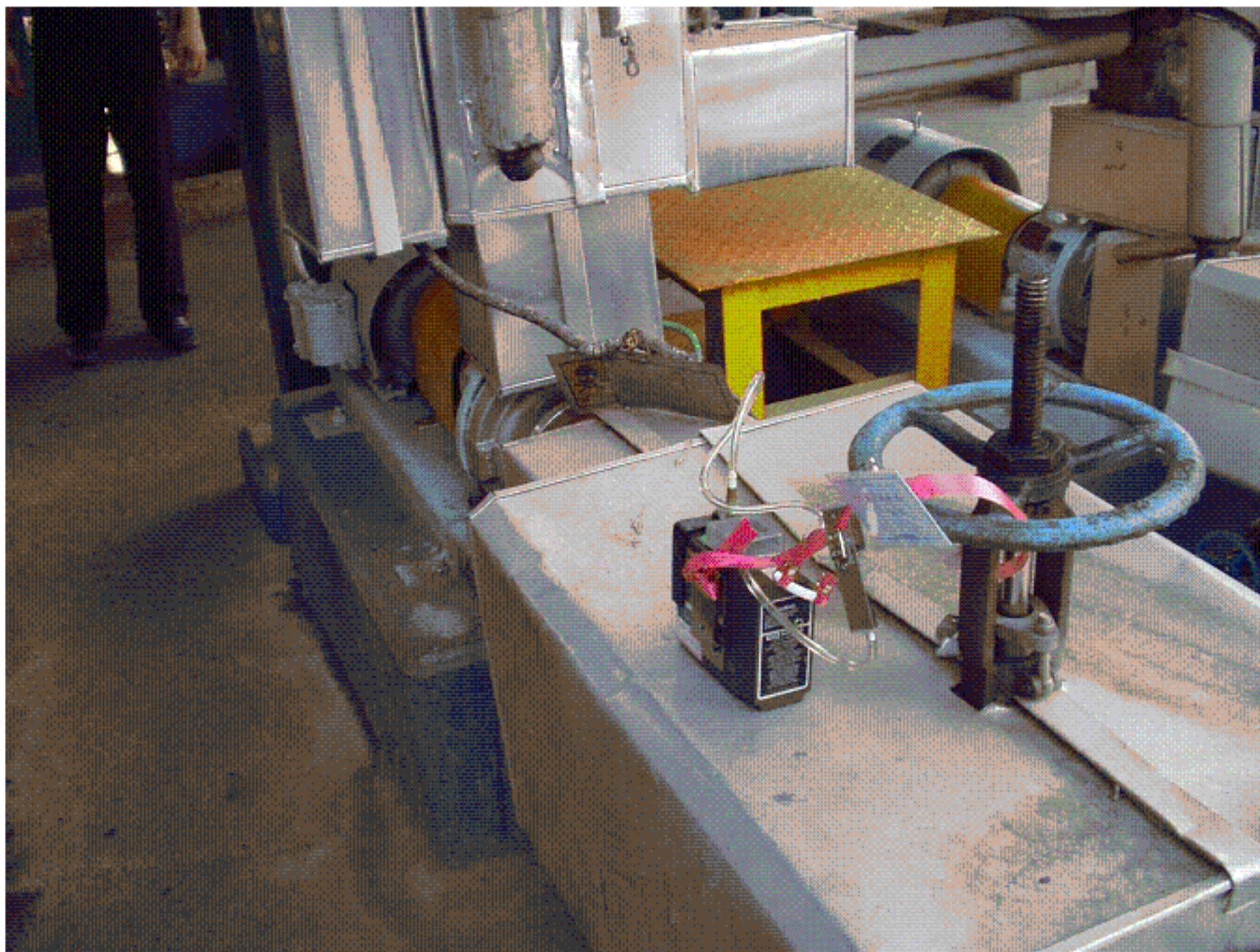
[그림 6-7] 설문지 및 개인시료포집 고정장치



[그림 6-8] 개인시료포집장치와 라벨지



[그림 6-9] Active sampler와 tube



[그림 6-10] Active sampler와 passive sampler 설치 I



[그림 6-11] 개인시료포집장치를 부착한 근로자

가) 차량제 부품 생산공장(A업체)

① 사업장 개요

충청북도 영동군 소재, 총 근로자 9명인 소규모의 공장으로 디메틸아미노벤젠 취급 근로자는 1명이다. 디메틸아미노벤젠 사용량은 150kg이며 생산품은 차량 부품으로 자동차용 의자의 등받이에 들어가는 부품(헤드레스트)이다. 2005년 8월 10일과 10월 20일 두 차례 방문하여 조사하였다.

② 작업환경측정대상 공정 및 측정건수

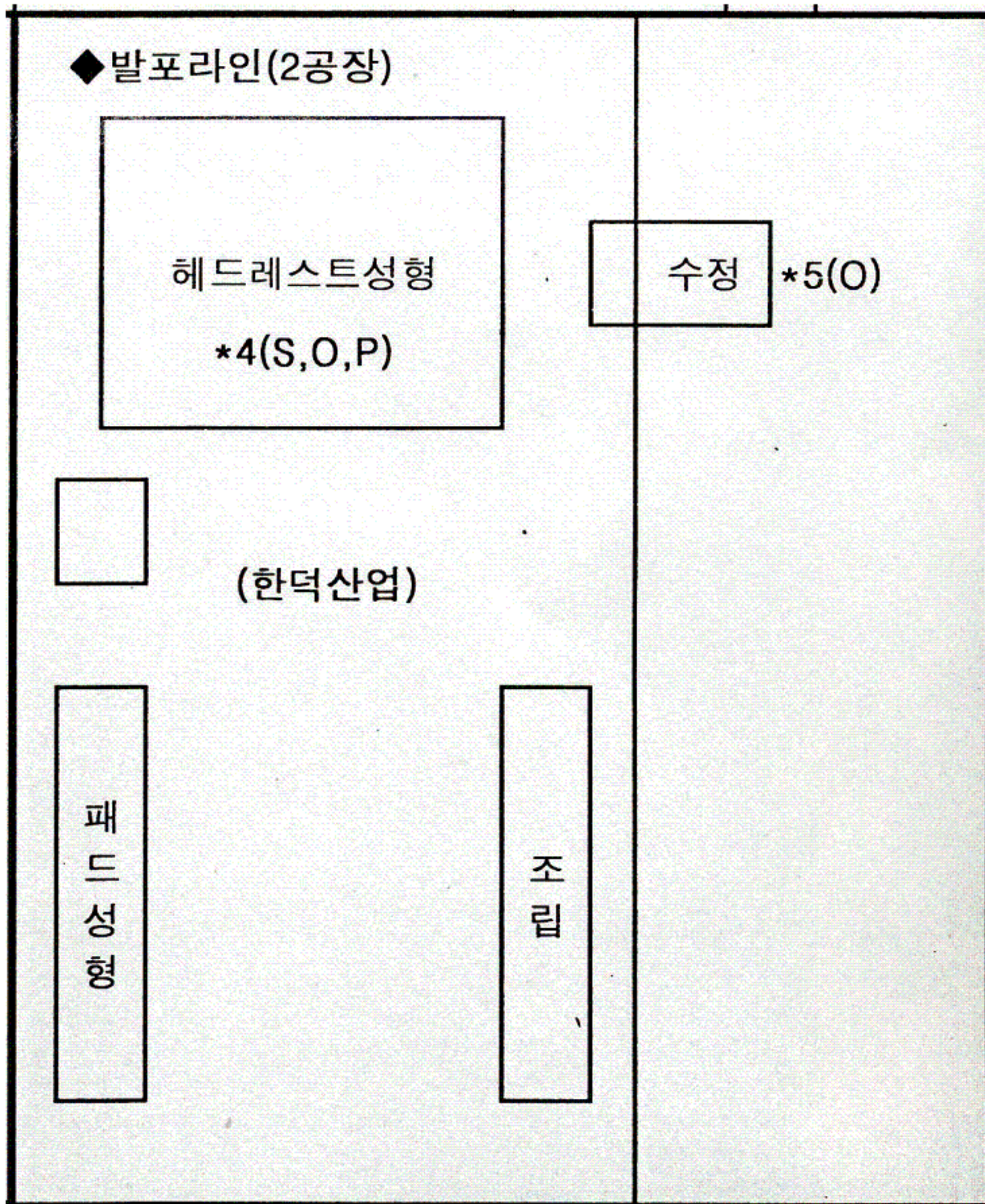
○작업환경측정에 소요되는 기간: 24시간(8시간 3교대 작업)

측정대상공정	측정대상 유해인자	유해인자 발생주기	근로 자수	작업시간 (노출시간)	측정방법/측정건수
탈포공정 (2005년 8월 10일)	디메틸아미노벤젠	8시간	1	8시간	개인 1건 지역 3건
탈포공정 (2005년 8월 10일)	디메틸아미노벤젠	8시간	1	8시간	지역 3건

③ 공정별 화학물질 사용상태

부서 또는 공정명	화학물질명 (상품명)	제조 또는 사용여부	사 용 용 도	취급량 (톤)
탈포공정	디메틸아미노벤젠	사용	차량부품제조	0.15

④ 공정개요



[그림 6-12] 차량부품 생산공장 공정개요

⑤ 주요 작업공정(직업장내 발생원 및 발생공정)

원재료 ⇒ 발포성형 ⇒ 수정 ⇒ 포장 공정을 거친다.

발포성형 공정에 소음, 유기용제 및 특정화학물질에 노출되며 수정 공정에도 유기용제에 노출될 수 있다. 하지만 공정 전체가 한 개의 단위공간에서 이루어지고 상근 직원이 1명밖에 없기 때문에 공정에 따라 노출 요인과 수준에 차이가 없다.

⑥ 측정위치 및 작업 현황

패드성형과 조립, 헤드레스트 성형공정 각 1곳씩 3곳을 2회에 걸쳐 area sampling을 하였고 1차 조사에서는 상근직원에게 personal sampling과 설문조사를 실시하였다.



[그림 6-13] 설문조사-A업체



[그림 6-14] 헤드레스트 성형



[그림 6-15] 수정 공정



[그림 6-16] 조립 공정 및 설치된 area sampler

나) 콘덴서 생산업체(B업체)

① 사업장 개요

경상남도 마산시 소재, 총 근로자 570명인 규모의 공장으로 디메틸아미노벤젠 취급 근로자는 6명이다. 디메틸아미노벤젠 사용량은 350kg이며 주요 생산품은 인덕트, 세라믹콘덴서 등이다. 2005년 8월 19일과 10월 27일 두 차례 방문하여 조사하였다. 보건관리자로 간호사가 선임되어 있었으며 이 업체는 디메틸아미노벤젠을 사용하지 않는다고 해서 노출을 확인하기 위해 지역시료 3곳씩을 포집하였다.

② 작업환경측정대상 공정 및 측정건수

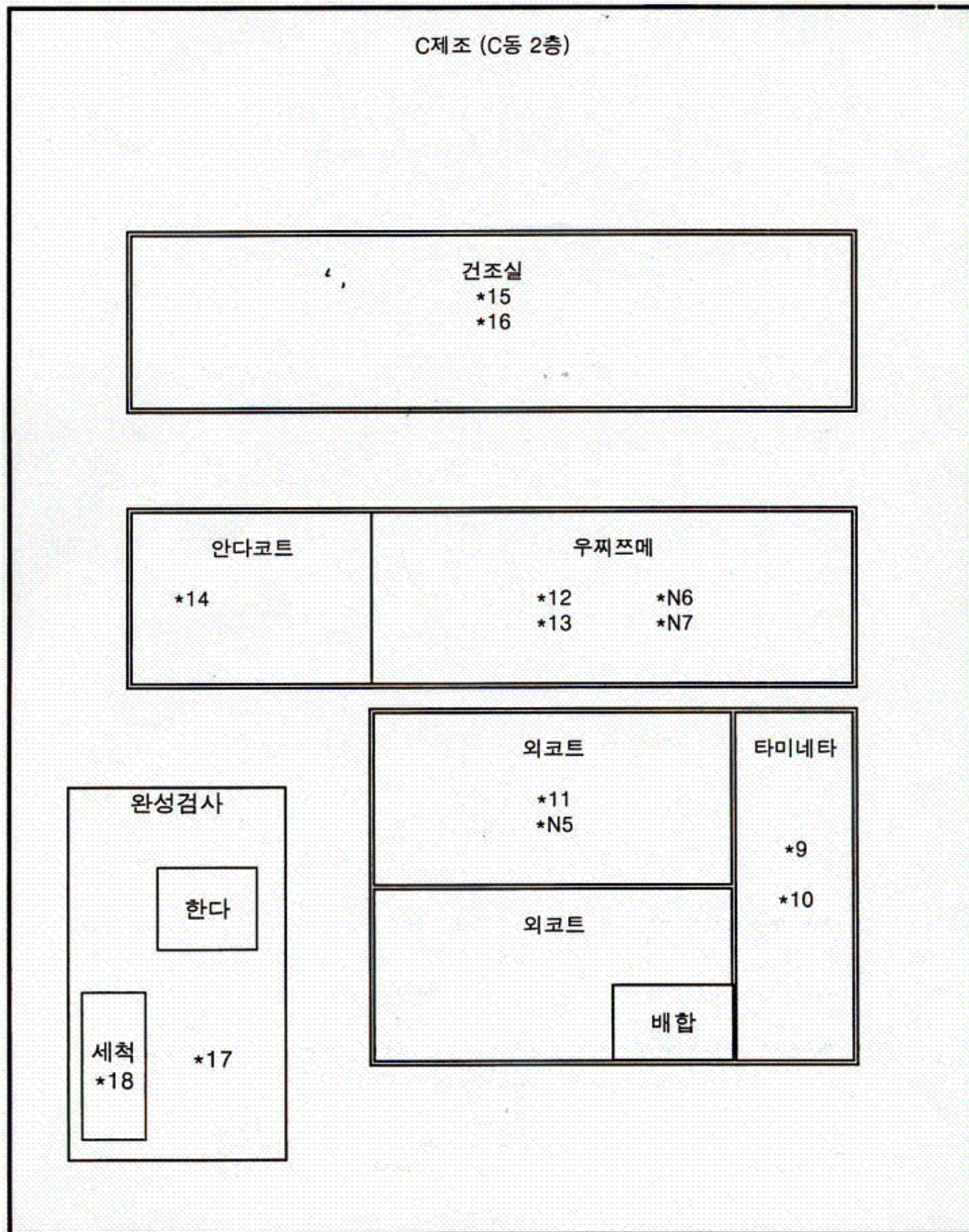
○작업환경측정에 소요되는 기간: 24시간(8시간 3교대 작업)

측정대상공정	측정대상 유해인자	유해인자 발생주기	근로 자수	작업시간 (노출시간)	측정방법/측정건수
탈포공정 (2005년 8월 10일)	디메틸아미노벤젠	8시간	1	8시간	개인 1건 지역 3건
탈포공정 (2005년 8월 10일)	디메틸아미노벤젠	8시간	1	8시간	지역 3건

③ 공정별 화학물질 사용상태

부서 또는 공정명	화학물질명 (상품명)	제조 또는 사용여부	사 용 용 도	취급량 (톤)
탈포공정	디메틸아미노벤젠	사용	콘덴서 제조	0.35

④ 공정개요



[그림 6-17] 콘덴서 생산공장 공정개요

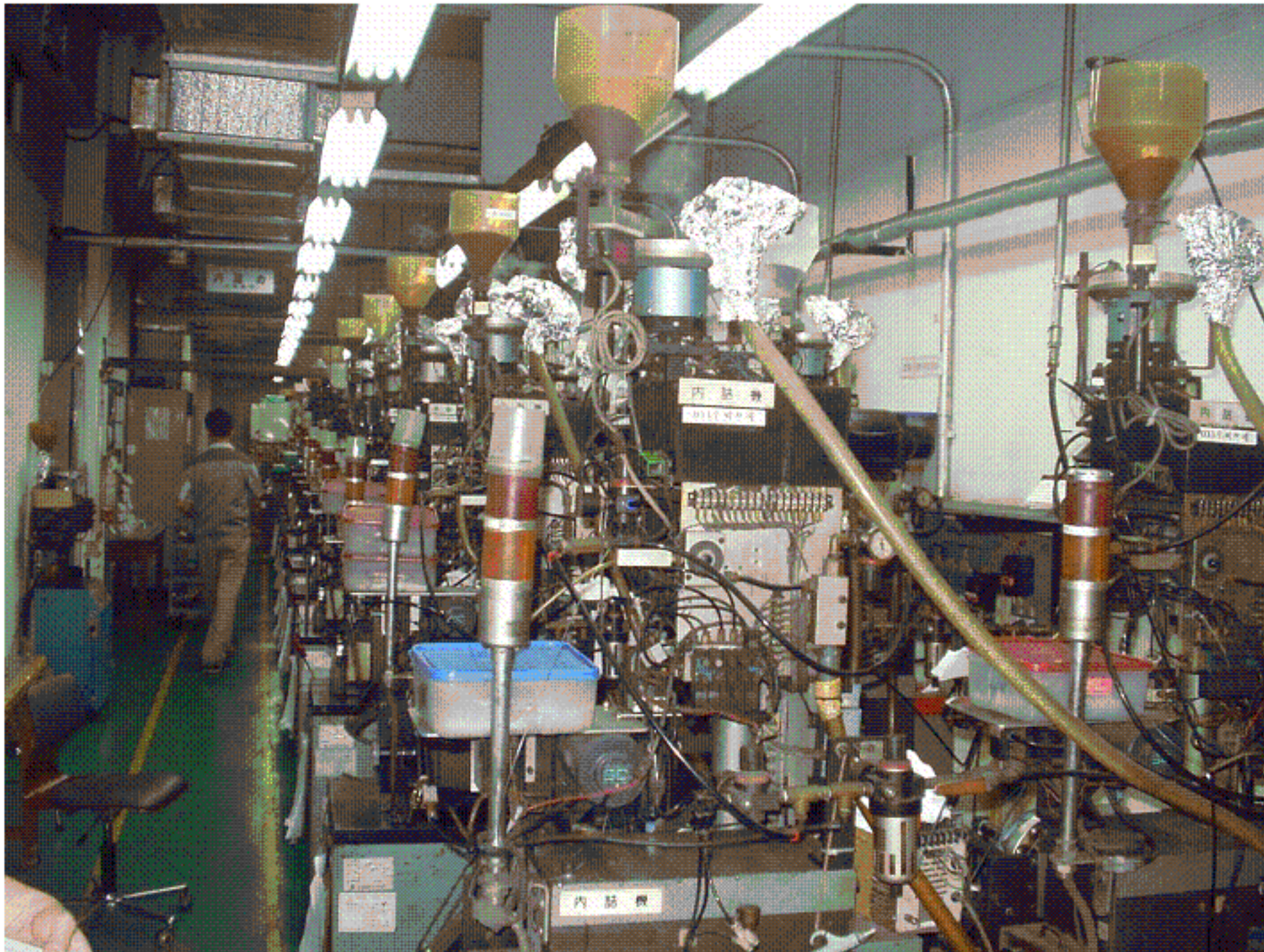
⑤ 주요 작업공정(직업장내 발생원 및 발생공정)

외코트 ⇒ 내결 ⇒ 언더코트 ⇒ 건조 ⇒ 검사 공정을 거친다.

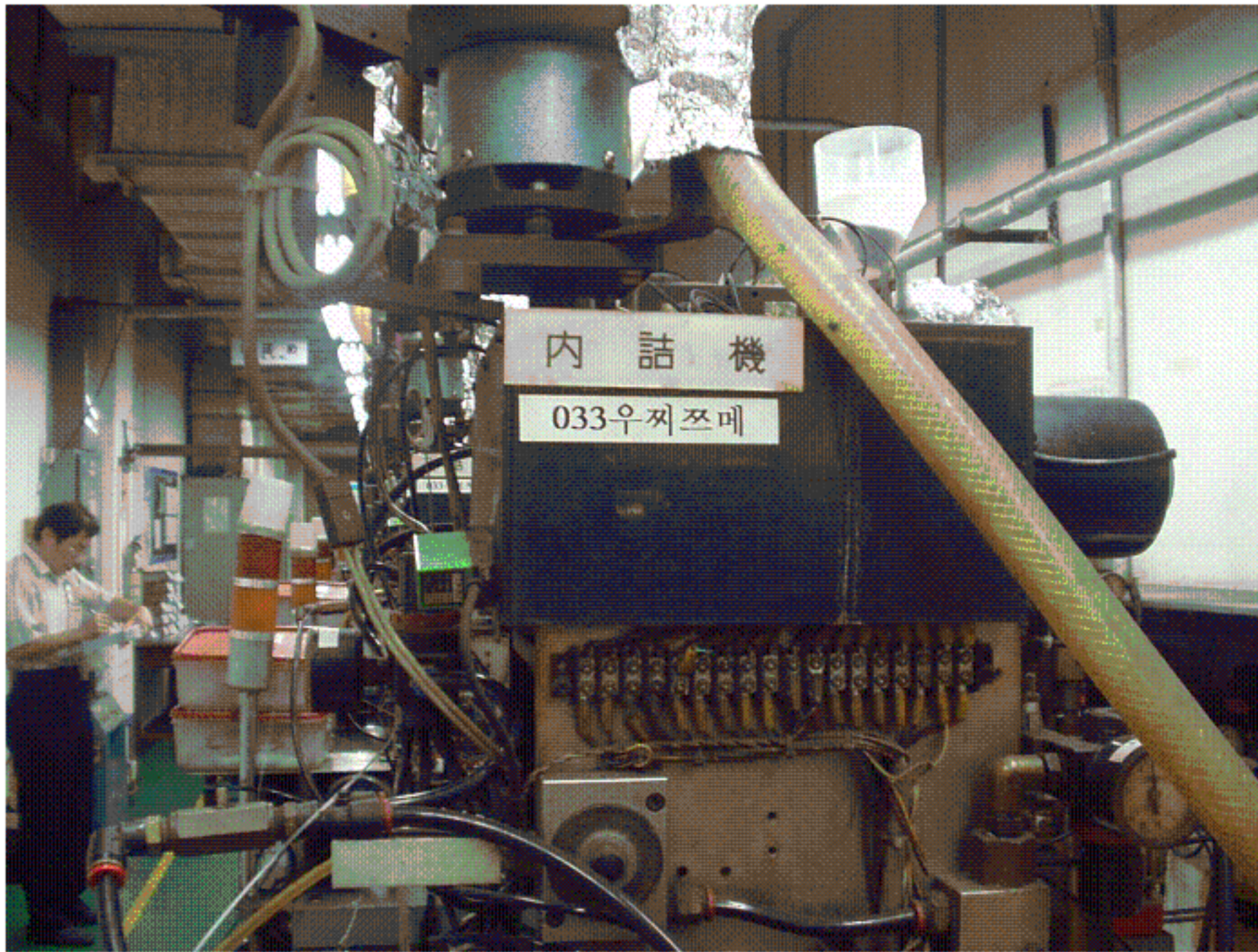
외코트와 내결, 언더코트 공정에 혼합유기용제와 톨루엔 등에 노출되며 건조 공정에는 포름알데히드에 노출된다.

⑥ 측정위치 및 작업 현황

외코트(중앙 1곳)와 내결(입구와 끝부분 2곳) 공정에 area sampler를 설치하여 2회에 걸쳐 측정하였다.



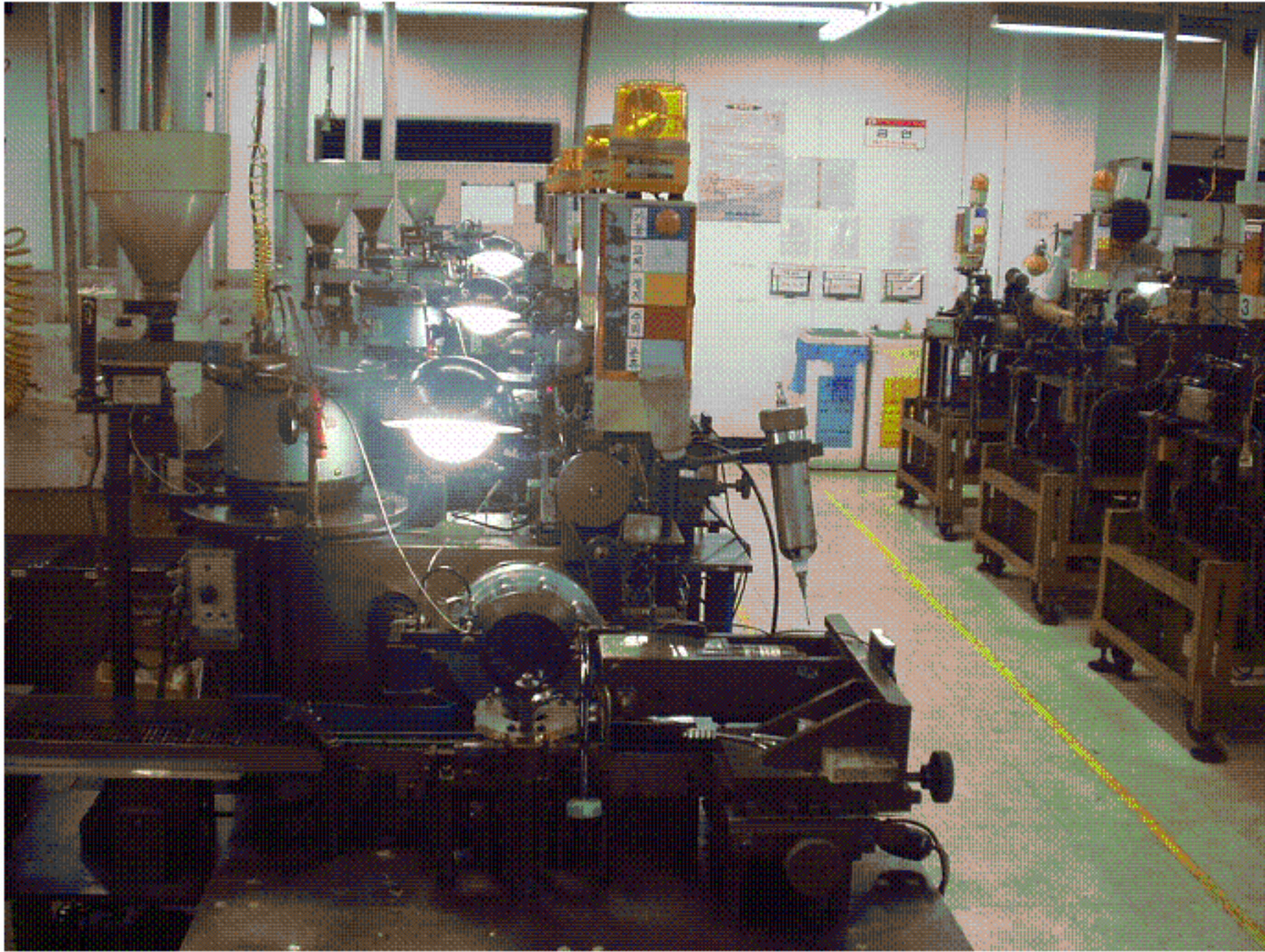
[그림 6-18] 콘텐서 생산공장 내결공정 I



[그림 6-19] 콘덴서 생산공장 내결공정 II



[그림 6-20] 콘덴서 생산공장 외코트 공정 I



[그림 6-21] 콘덴서 생산공장 외코트 공정 II

다) 악기 생산공장(C업체)

① 사업장 개요

경기도 양주시 소재, 총 근로자 171명 규모의 공장으로 디메틸아미노벤젠 취급 근로자는 4명으로 집계되어 있다. 디메틸아미노벤젠 사용량은 370kg이며 주요 생산품은 통기타이다. 2005년 10월 19일 한 차례 방문하여 조사하였다. 보건관리자가 해당물질을 사용하지 않는다고 방문조사에 거부감이 있어 2회 방문조사를 계획하였으나 1회만 방문조사하여 지역시료 5건과 개인시료 5건을 포집하였다.

② 작업환경측정대상 공정 및 측정건수

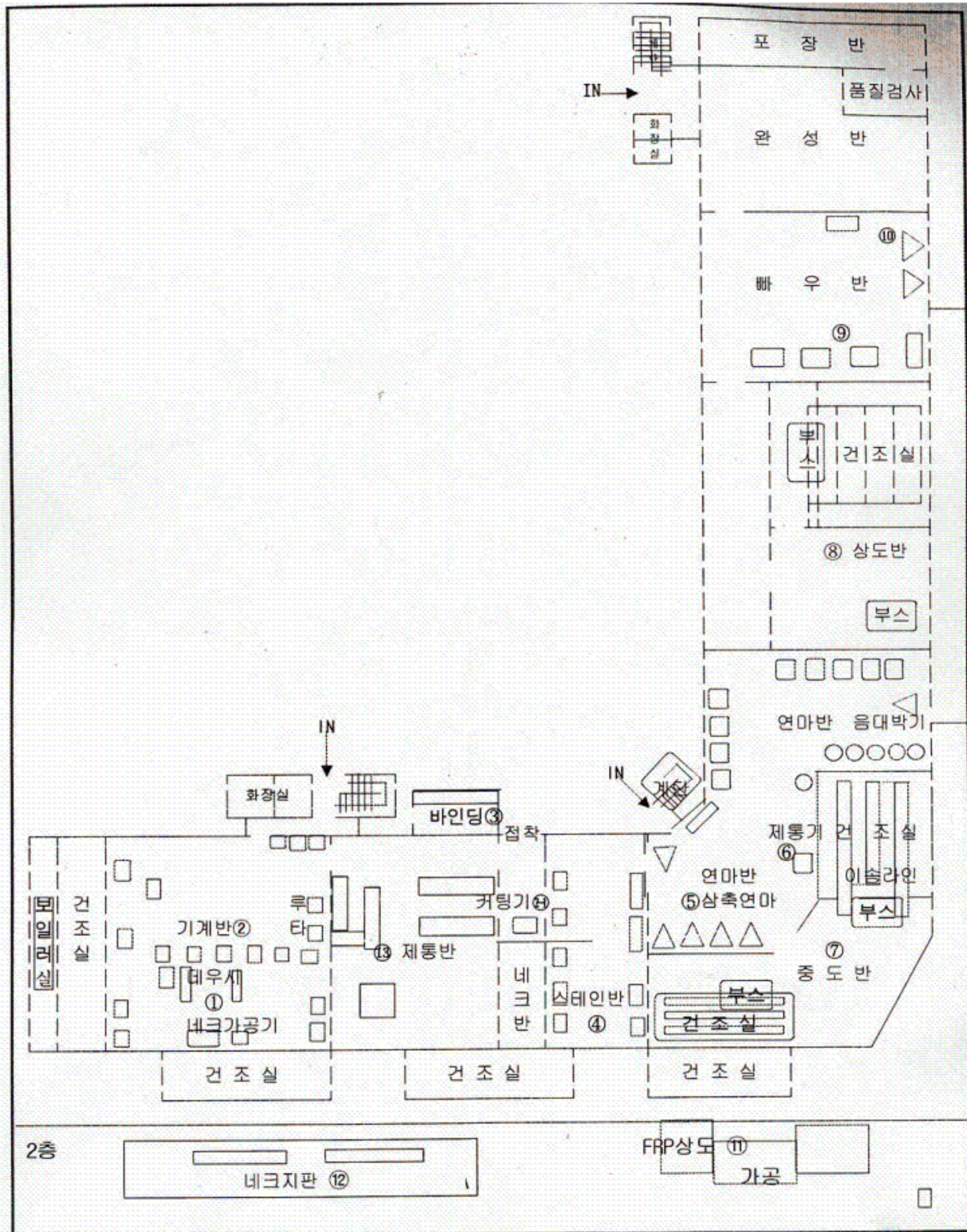
○작업환경측정에 소요되는 기간: 24시간(8시간 3교대 작업)

측정대상공정	측정대상 유해인자	유해인자 발생주기	근로 자수	작업시간 (노출시간)	측정방법/측정건수
중도	디메틸아미 노벤젠	8시간	1	8시간	개인 1건 지역 1건
스테인	디메틸아미 노벤젠	8시간	1	8시간	개인 1건 지역 1건
바인딩	디메틸아미 노벤젠	8시간	1	8시간	개인 1건 지역 1건
제통	디메틸아미 노벤젠	8시간	1	8시간	개인 1건 지역 1건
상도	디메틸아미 노벤젠	8시간	1	8시간	개인 1건 지역 1건

③ 공정별 화학물질 사용상태

부서 또는 공정명	화학물질명 (상품명)	제조 또는 사용여부	사 용 용 도	취급량 (톤)
통기타 생산	디메틸아미 노벤젠	사용		0.37

④ 공정개요



[그림 6-22] 악기 생산공장 공정개요

⑤ 주요 작업공정(직업장내 발생원 및 발생공정)

원재료 ⇒ 가공 ⇒ 접착(바인딩, 스테인, 제통) ⇒ 도장(중도) ⇒ 연마 ⇒ 도장(상도) ⇒ 조립 ⇒ 포장 공정을 거친다.

접착과 도장 공정에 혼합유기용제, TDI 등에 노출된다.

⑥ 측정위치 및 작업 현황

상도, 중도, 스테인, 바인딩, 제통 공정에 각 1곳씩 area sampling을 하였고
각 해당 부서에 근로자 1명씩을 personal sampling을 하고 설문조사를 실시
하였다.



[그림 6-23] 악기 제조공장 접착 공정 I



[그림 6-24]. 악기 제조공장 접착공정 II



[그림 6-25] 악기 제조공장 중도공정



[그림 6-26] 악기 제조공장 바인딩공정 I



[그림 6-27] 악기 제조공장 바인딩공정 II



[그림 6-28] 악기 제조공장 제통과정



[그림 6-29] 악기 제조공장 상도과정

(4) 측정결과

총 3개 공장, 5차례방문조사를 통해 개인시료 7건, 지역시료 17건을 수집, 분석하였다. 3개 공장 모두 보건관리자가 디메틸아미노벤젠을 사용하지 않는다고 진술하였고 회사에 비치된 MSDS에도 디메틸아미노벤젠 사용이 확인되지 않았다. 그러나 노동부 자료에 본 물질을 사용하는 것으로 집계된 대상 사업장이 이 3개소밖에 없기 때문에 노출을 확인하기 위해서 방문조사를 하였고 24건(지역 17건, 개인 7건)의 시료측정결과 디메틸아미노벤젠이 검출된 시료는 한 건도 없었다.

<표 6-2> 개인시료 및 지역시료 측정 결과

		A(자동차부품)	B(콘덴서제조)	C(악기제조)
1차 측정일자		8/10	8/19	10/19
시 료	개 인	김 00(1)		김 00 이 00 조 00 장 00 김 00
	지 역	area 1 area 2 area 3	area 1 area 2 area 3	area 1 area 2 area 3 area 4 area 5
총 시료수		4	3	10
2차 측정일자		11/4		
시 료	개 인	김 00		
	지 역	area 1 area 2 area 3	area 1 area 2 area 3	
		4	3	
합 계		총 : 24건		

나. 측정결과분석 및 해석

노동부 조사에 집계되어있는 디메틸아미노벤젠은 2004년 현재 총 3개 업체로 더 이상 업체를 섭외하기 어려워서 상기 업체 모두를 방문조사하였고, 실제로 3개 업체에 비치된 MSDS에도 디메틸아미노벤젠은 확인되지 않았으며, 노출공정을 확인할 수 없어 상기 업체 모두 최대한 포괄적으로 모든 공정을 포괄할 수 있도록 개인과 지역시료를 포집하였다. 측정 결과 디메틸아미노벤젠 측정 결과 개인시료 7건과 지역시료 17건에서 모두 검출한계미만으로 나타났다. 이번에 조사된 세 개 업체는 디메틸아미노벤젠을 사용하는 것으로 조사되어 있으나 사실상 사용하지 않을 가능성이 높은 것으로 판단된다. 1차 조사에서 실시한 설문조사 결과 6명의 근로자에서 두 명(33.3%)이 기침이 나고 가래가 많다고 응답하였고 한명(16.7%)의 근로자가 콧물이 잘 나고 코가 답답하다고 응답하였으나 표본수가 매우 적고 비특이적인 증상이며 디메틸아미노벤젠 노출 직력이 불분명하여 임상적 의미를 부여하기는 어려운 것으로 판단된다. 나머지 증상은 있다고 응답한 근로자가 없었다.

우리 나라의 디메틸아미노벤젠 생산과 사용 자료는 조사할 수 없었으며 자료를 구할 수 있던 미국의 자료도 1976년 이후에는 자료가 없어 디메틸아미노벤젠을 실제로 사용하는 업체는 있더라도 매우 적을 가능성이 큰 것으로 판단되었다. 또한 디메틸아미노벤젠은 우리 나라에서 특수검진대상물질이 아니며 측정방법에 대한 우리나라 지침이 미비하여 본 측정자료 이외의 다른 자료가 거의 없어서 2차 자료를 통한 접근에도 어려움이 있었다. 이 조사와 분석 결과가 시사하는 중요한 점은 현재 미국 AGCIH 기준과 큰 차이를 보이는 디메틸아미노벤젠 TWA 기준을 미국과 동일한 기준으로 바꾸더라도 사회적 저항이나 비용이 거의 없을 것으로 예상되는 만큼 동물발암성이 확인된 디메틸아미노벤젠의 TWA를 선진국 수준 중에서도 높은 수준까지 강화하는 것이 바람직하다는 것이다.

7. 노출기준 제안

가. 노출기준 요약 및 해설

미국 ACGIH에서는 TLV-TWA 농도로서 0.5 ppm(피부노출 주의)을, TLV-STEL 농도로서 10 ppm(피부노출 주의)을 권고하고 있다. 이 기준은 methemoglobin혈증으로 인한 신경계 독성 및 호흡곤란을 최소화시키기 위하여 근로자들에게 권고하는 기준이다. TLV는 디메틸아닐린이 아닐린보다 독성이 다소 약하다는 근거에 의해 설정되었다. 피부 흡수에 대한 경고는 피부 흡수가 전체 독성에 유의한 영향을 주기 때문이며, 2년간의 rat과 mouse를 이용한 독성실험 결과, A3(동물발암성이 확인되었으나 사람에게 대한 근거는 불충분함)로 분류하였다. OSHA의 PEL(Permissible Exposure Limits)는 8시간 TWA 농도로서 5 ppm, 피부노출 주의, STEL 농도로서 10 ppm, 피부노출 주의로 설정되어 있다. OSHA는 초기에 PEL로서 8 시간 TWA로서의 기준 5 ppm만을 채택하여 사용하고 있었다(피부노출 주의). 당시 ACGIH는 8 시간 TWA로서의 기준 5 ppm 뿐 아니라, 15분 노출기준인 STEL로서의 기준 10 ppm (피부노출주의)을 사용하고 있었다. 이에 OSHA는 ACGIH의 기준을 받아들여 두가지 모두 사용하기로 결정하였고 NIOSH도 이에 동의하였다. 디메틸아미노벤젠의 주독성 중 하나는, 비록 사람이 견딜수 있는 농도에 관한 주장은 아직 논란이 되고 있으나, methemoglobin 혈증이다. Hamblin 은 디메틸아미노벤젠이 아닐린보다 독성이 약하다고 보고 하였으며, 50 mg/kg의 양으로 한번 투여한 개에게서 methemoglobinemia가 생긴다고 보고하였다. 피부를 통한 노출이 전체 노출양에 영향을 준다고 보고하였다. 토끼의 경우 피부를 통한 치사량 (dermal LD50)은 1770 mg/kg (Dangerous Properties of Industrial Materials, 7th ed., Sax and Lewis 1989, p. 1360)으로 알려져 있

다. Mayer (1930/Ex. 1-973)는 디메틸아미노벤젠의 조직피사능력이 TLV-TWA가 2 ppm인 아닐린보다 낮다고 보고하였다. 그러나 신경계에 나타내는 우울현상은 아닐린보다 강하다는 보고도 있다. 이러한 보고를 기초로 하여 OSHA 최종적으로 8시간 TWA 농도로서 5 ppm(피부노출 주의)과 STEL 농도로서 10 ppm(피부노출 주의)를 사용할 것을 결정하였다. 특히, STEL은 급성독성에 의한 중추신경계 독성을 방지하기 위해 설정되었다. NIOSH에서는 REL(Recommended Exposure Limits)로서 TWA 2 ppm, 피부노출 주의로 설정하고 있고 그 근거는 AGHH나 OSHA와 동일하지만 동물발암성이 확인된 점에 좀 더 중점을 두었다.

일본의 산업위생학회는 OEL (Occupational Exposure Limits)을 5 ppm (25 mg/m³), 피부 흡수로 규정하고 있으며 근로자들이 별도의 호흡보호구 없이 작업하는 경우, 인체에 영향을 주지 않는 농도를 추산하여 설정하였다.

독일은 MAK (Maximum Concentration Values)를 5 ppm (25 mg/m³), 피부 흡수, 발암물질로 규정하고 있다.

스웨덴은 OEL (Occupational Exposure Limits)을 TWA로서 1 ppm (5 mg/m³), STEL로서 2 ppm (10 mg/m³), 피부 흡수로 선진국 중에서 가장 엄격하게 규정하고 있다.

영국은 WEL (Workplace Exposure Limits)로서 TWA로서 5 ppm (25 mg/m³), STEL로서 10 ppm (50 mg/m³), 피부 흡수로 규정하고 있다.

프랑스는 VME (valeur moyenne de limite d'exposition; Occupational Exposure Limits))로서 5 ppm (25 mg/m³), 피부 흡수로 규정하였다.

<표 7-1> 각 국가별 디메틸아미노벤젠 노출기준

국가			노출기준	
			ppm	mg/m ³
한국		TWA	2	10
		STEL		
미국	OHSA	PEL	5	-
		STEL	10	-
	ACGIH	TWA	0.5	-
		STEL	10	-
	NIOSH	REL	2	10
일본	노동후생성	관리농도		
	위생학회	TWA	5	25
영국	TWA		5	25
	STEL		10	50
독일	TWA		5	25
스웨덴	TWA		1	5
	STEL		2	10
프랑스	TWA		5	25

나. 우리나라 실정에 적합한 노출기준 제시

우리 나라의 현재 노출기준은 ACGIH가 1995년까지 기준으로 사용했던 TWA 2 ppm(피부노출 주의)을 사용하고 있다. 다수의 선진국이 이와 유사한 기준을 적용하고 있으나 동물 발암성이 확인된 것 등을 이유로 최근 ACGIH가 TWA를 0.5 ppm으로 낮추었고 스웨덴에서는 TWA를 1ppm STEL을 2 ppm으로 적용하고 있어 우리 나라의 기준도 선진국 수준에 맞출 수 있을지 검토가 필요한 단계로 판단된다. 현재 확인된 자료를 보면 디메틸아미노벤젠은 우리나라에서 생산하는 업체가 없으며 소수의 사업장에서 소량 사용되는 것으로 파악되고 있어 노출기준을 선진국 수준 중에서 강화된 수준으로 개정하더라도 추가로 소요되는 자원이 적을 것으로 판단된다. 국내에는 이 물질에 대한 특수검진이 이루어지고 있지 않고 국내외를 막론하고 인체에 대한 자료가 거의 없는 점이 기준을 설정하기 어렵게 하지만 디메틸아미노벤젠을

사용한다고 알려진 공장에서 채취된 24개 검체 모두에서 디메틸아미노벤젠이 검출한계 미만으로 나타나 기준을 강화하더라도 추가로 비용이 발생하지 않을 것으로 예상된다는 점과 선진국의 노출기준 설정근거에도 나타나듯이 잠재적으로 인체발암성이 의심되며 피부를 통한 흡수가 가능하는 위험성이 있는 점을 중요하게 고려하여 보호구를 사용하지 않고도 안전할 수 있는 기준으로 노출기준을 선진국 수준중에서 가장 강화된 기준에 준하는 수준으로 개정하여 디메틸아미노벤젠 취급 근로자의 직업병 발생을 최소화 하고자한다 (표 7-2).

<표 7-2> 한국의 현행 및 개정 디메틸아미노벤젠의 노출기준

기준	한국의 현행기준	개정기준
TWA(ppm)	5	0.5
STEL(ppm)		2

8. 취급근로자 건강장해 예방조치

가. 유해공정별 작업환경관리요령:

(1) 배기장치

디메틸아미노벤젠은 가연성 가스로 폭발의 위험이 존재함으로 폭발농도의 위험이 있을 경우에는 해당 환기장치에 방폭설비를 하여 만일의 사고에 대비할수 있도록 한다. 국소배기 또는 공정밀폐 환기장치를 설치하고 이 때는 반드시 해당 노출기준에 적합한지 확인을 한다. 국소배기장치는 처리가 용이하지만 다음에 유의하도록 한다.

- ① 배기장치는 가스에 부식되기 쉬우므로 그에 상응하는 재료를 사용한다.
- ② 국소배기의 계통은 다른 환기공기 조화 계통과 별도로 한다.
- ③ 배기구의 위치 및 높이를 급기와는 관계 없도록 한다.
- ④ 배풍기는 배기계통의 말단부에 두어 압력이 부(-)로 되도록 해서 다른 쪽으로의 누출을 방지한다.
- ⑤ 배풍기에 의한 소음진동의 방지장치를 부착한다.
- ⑥ 배출된 오염물질이 대기오염이 되지 않도록 정화장치를 부착한다.
- ⑦ 공장 전체를 고려해서 될 수 있는 한 폐쇄형(closed system)을 염두에 두고 국소배기의 위치를 생각한다.

국소배기장치로 후드(hood)를 선택할 때는 다음을 유념한다.

- ① 고열, 냄새가 국소적으로 발생하는 장소에 사용한다.
- ② 작업에 지장이 없는 한 후두 주위를 에워싸는 편이 효과적이다.
- ③ 후두 주변부의 풍속은 약 0.5m/s 이상으로 한다.

- ④ 이중 후두인 경우 주위 흡입풍속은 약 5m/s 이상으로 한다.
- ⑤ 덕트 개구면적과 후두 개구면적과의 사이에 일정한 관계는 없지만, 대체로 개구비는 1:16이며, 이것 이상으로 되면 덕트 개구부를 분할한다.

(2) 시설·설비 등의 작업환경관리요령 설명

디메틸아미노벤젠을 제조·사용 또는 취급하는 작업장을 설계하거나, 기계·기구 등을 배치하는 경우에는 다음 사항을 따르도록 하여야 한다.

- ① 제조·취급·사용하는 공정이 분산 배치되지 않도록 한다.
- ② 제조·취급·사용하는 공정은 가능한 한 자동화 한다.
- ③ 제조·취급·사용하는 공정은 다른 작업장과 격리하여 설치한다.
- ④ 기계·기구 등은 필요시 국소배기장치를 설치하는 등 디메틸아미노벤젠에 의한 근로자의 직업병 발생을 예방하기 위한 사항들을 우선적으로 고려하여 배치해야 한다.

디메틸아미노벤젠 등을 제조·취급·사용하는 설비는 가능한 한 밀폐식으로 해야 하며, 밀폐시에는 다음 사항을 따르도록 한다.

- ① 작업상 필요한 개구부 등을 제외하고는 완전히 밀폐시킨다.
- ② 해당설비가 완전히 밀폐되어 가동되는 경우를 제외하고는 배기팬 등을 이용하여 밀폐설비 내부를 음압이 유지되도록 하고, 배출가스는 옥외로 배출되도록 한다.
- ③ 밀폐설비 내부를 작업 특성상 음압을 유지하기 어렵거나 음압유지에도 불구하고 작업상 필요한 개구부 등에서 니켈의 분진이나 흙이 누출될 가능성이 있는 경우에는 해당 부위에 포위식 또는 외부식 후드를 이용한 국소배기장치를 설치한다.

작업 특성상 밀폐 등의 조치가 불가능할 경우에는 발산원에 대하여 국소배기장치를 설치하고, 가능한 한 격리실에서 원격조작 할 수 있도록 한다.

디메틸아미노벤젠의 취급작업에 근로자를 종사하게 하는 경우에는 유해·위험성 여부를 우선적으로 고려하여, 작업계획을 수립토록 하고 다음의 내용을 포함하는 표준작업관리지침을 마련하여 근로자가 이에 따라 작업토록 한

다.

- ① 디메틸아미노벤젠 등의 발생억제 조치에 관한 사항
- ② 해당시설 및 설비 등에 설치된 국소배기장치의 적절한 가동과 비정상 작동시 조치요령 등에 관한 사항
- ③ 디메틸아미노벤젠의 유출시 조치 사항
- ④ 사용하여야 할 보호구와 착용방법 및 관리 등에 관한 사항
- ⑤ 기타 근로자의 개인위생에 관한 사항 등

나. 취급근로자 노출방지조치

디메틸아미노벤젠 등을 제조·사용·취급하는 근로자는 다음 사항을 따르도록 한다.

- ① 각종 설비를 임의로 해체, 가동정지 또는 성능저하를 초래할 수 있는 등의 행동을 하지 않는다.
- ② 국소배기 또는 공정 밀폐 환기장치를 설치하여야 하며 해당 노출기준에 적합한지 확인하여야 한다.
- ③ 작업시 지급된 보호구는 사업주, 보건관리자 및 관리감독자 등의 지시에 따라 필히 착용하도록 한다.
- ④ 사업주, 보건관리자 및 관리감독자 등이 행하는 건강장해예방조치 및 지시에 따른다.

디메틸아미노벤젠에 노출 시 영향을 줄 수 있는 신체 부위에 대한 보호를 통해 사고에 대비한다.

- ① 눈 보호 : 비산물 또는 액체로부터 보호할 수 있는 보안경을 겹쳐서 사용할 수 있는 보안면을 착용하고 작업장 가까운 곳에 분수식 눈 세척시설 및 비상세척설비(샤워식)을 설치한다.
- ② 보호의 : 적절한 내화학성 보호의를 착용하여 피부를 보호한다.
- ③ 안전장갑 : 적당한 내화학성 장갑을 착용할 것

④ 보호 물질 유형 : 부틸 고무, 폴리에틸렌, 혹은 폴리염화비닐 재질의 보호 물질을 사용한다.

⑤ 호흡 보호구 : 사용빈도가 높거나 노출이 심할 경우에는 호흡용 보호구가 필요하고 사용전에는 경고 특성을 고려한다.

라. 취급 시 주의사항:

디메틸아미노벤젠은 가연성 가스로서 반응성과 폭발 가능성이 항상 높은 물질로 다음의 사항에 유의한다.

(1) 화재 대처 방법

① 화재 폭발의 위험성 : 심각한 화재의 위험성을 갖고 있으며, 중급 수준의 폭발 위험이 있다. 증기는 공기보다 무겁고 증기 또는 가스는 원거리 발화원으로부터 점화되어 순식간에 확산될 수 있다. 증기와 공기의 혼합물은 인화점 이상에서 폭발성이 있다.

② 소규모의 화재 : 디메틸아미노벤젠에 의한 화재 시에는 이산화탄소, 입자상 분말 소화약제를 사용하여 진화한다. 디메틸아미노벤젠에 의한 화재 시에는 입자상 분말 소화약제, 이산화탄소, 물 분무 혹은 규격화된 소화 포말을 사용하여 진화한다.

③ 대규모의 화재 : 일반적으로 소화약제를 사용하거나 미세한 물 분무로 살수한다. 대규모의 화재 시 가능한 한 멀리 떨어져 바람을 등지고 소화를 해야 하며, 불필요한 인원들을 반드시 통제해야 한다. 용기를 이동시킬 수 있는 상황이면 가능한 한 화재장소에서 이동시킨다. 화재 장소로부터 모든 차량을 0.5 마일 이상 떨어질 수 있도록 한다. 창고지역에서 발생한 대량 화재 시에는 자동화 장치만을 이용해야 하는데 이런 조치가 불가능할 경우 화재 지역에서 벗어나 화재가 멈출 때까지 기다려야 한다. 모든 구급 요원들은 저

위험지역으로 물러나 있어야 한다. 증기가 발화지점에 남아 있을 수 있고, 폭발을 할 수 있으며, 실내, 실외 및 하수구에서 독성 작용을 일으킬 수 있다. 디메틸아미노벤젠을 담은 용기가 열에 의해 변색이 되면 모든 사람들은 대피해야 한다. 소방대원들은 보호구와 산소호흡기의 장비를 모두 구비하고 화재 진압을 해야 한다.

(2) 누출사고시 대처방법

디메틸아미노벤젠의 누출시에는 청소가 완전히 끝날때까지 오염된 지역에는 보호장구와 보호의를 착용한 사람만이 출입을 허용해야 한다.

① 대기중 유출 : 몸 분무를 사용하여 증기의 발생을 감소시키고 누출된 물질은 잠재 위험성 폐기물로서 처리하도록 수집한다.

② 토양 유출 : 보관을 위해 연못, 웅덩이 같은 수용지역을 확보한다. 추후의 처리를 위해 제방을 축조한다. 모래 또는 다른 비가연성 물질을 사용하여 흡수시킨다. 알칼리성 물질을 추가한다(석회, 분쇄된 석회석, 나트륨 중탄산염 또는 소다제)

③ 수중 유출 : 누출된 물질을 깊은 물웅덩이의 바닥이나 별도로 격리수용 가능한 장소 또는 모래주머니를 쌓은 방벽 내에 가두어 둔다. 세제, 비누, 알코올 또는 기타 계면활성제를 사용한다. 활성탄을 이용하여 흡수하거나 알칼리성 물질을 추가한다(석회, 분쇄된 석회석, 나트륨 중탄산염 또는 소다 재). 누출된 물질을 기계 장비를 사용하여 수거한다.

④ 직업적 유출 : 열, 화염, 스파크 및 기타 점화원을 피한다. 작업자가 위험없이 누출을 중단시킬 수 있으면 시행하고 물분무를 사용하여 증기의 발생을 감소시킨다. 관계인외의 접근을 막고 위험 지역을 격리하며 출입을 금지한다.

마. 응급조치요령

NIOSH는 응급 시 피해 근로자가 더 이상의 폭로가 되지 않도록 대피시

키고 적절한 응급 조치를 시행하도록 제시한다. 모든 근로자들은 응급 조치에 익숙할 수 있도록 해야 하며, 적절한 위치에 응급 장비를 구비하고, 구출 과정에 근로자 스스로를 보호할 수 있는 방법에 친숙해야 한다.

① 흡입 : 부작용이 발생하면 오염되지 않은 장소로 이동시키고 호흡하지 않을 경우 인공호흡을 하고 즉시 의사의 치료를 받는다.

② 피부접촉: 오염된 의복 및 신발을 제거하는 동안 적어도 15분 동안 비누와 물로 씻고, 필요하다면 의사의 치료를 받는다. 오염된 의복 및 신발은 재사용 전에 철저히 건조시키고 세탁을 해야 한다.

③ 눈 접촉: 많은 양의 물을 사용하여 적어도 15분 동안 눈을 세척하고 곧바로 의사의 치료를 받도록 한다.

④ 섭취: 만약 많은 양을 삼켰다면 많은 양의 물을 마시도록 하고, 구토를 유도하지 않도록 한다. 그리고 즉시 의사의 치료를 받도록 한다.

바. 유해물질 저장/보관방법

디메틸아미노벤젠은 차갑고, 건조하고, 환기가 잘 되는 지역에 견고하게 봉인한 용기에 저장되어야 한다. 디메틸아미노벤젠의 용기는 물리적 손상으로부터 보호되어야 하고 수은, 산화가 잘되는 물질(염소, 브롬, 불소), 산화 에틸렌, 질산 나트륨, 강산과 금속(아연, 황동, 알루미늄, 구리)와 분리해서 보관하여야 한다.

사. 개인보호구 : 방독마스크, 보호의, 보호장갑, 보안경의 선택 및 착용방법

디메틸아미노벤젠에 대한 개인보호구 사용을 평가하기 위해 사용자는 제조회사의 권고 및 최적의 수행 자료를 참고해야 한다. 화학적 저항성은 제조회

사마다 차이가 있고, 혼합물에 대한 저항성의 경우 각각 구성 물질의 저항성과 다르다는 것을 인식해야 한다. 피부 접촉을 예방하는 효율성을 확인하기 위해 정기적으로 보호의는 평가되어야 한다. 디메틸아미노벤젠이 이용되는 작업 현장 근처에는 샤워와 눈을 씻을 수 있는 장소가 있어야 한다. 용액이 눈에 튀는 것을 방지하기 위해 작업 중에는 튀김 방지 보호안경 혹은 안면보호막을 사용해야 한다. 앞치마, 절연복과 같은 보호의를 입는 것과 함께 매일 세탁이 되어 있는 작업복, 전신 작업복을 입어야 한다. 기업주는 작업복과 평상복을 분리하여 보관할 수 있는 장소 혹은 옷장을 구비해야 하며, 작업시 입었던 옷은 작업 종료 후에 세탁을 해야 한다. 세탁을 하는 근로자들은 오염된 작업복을 다루는 동안 잠재적인 위해도를 인지하여야 하고 건강 위험을 최소화할 수 있는 방법으로 세탁을 수행해야 한다. 보호의는 오일과 유류가 묻지 않도록 하고 보호 효율성에 대해 정기적으로 검사되고 유지되어야 한다. 보호의는 환기가 잘 안되는 작업장이나 고열 작업시 혹은 고온 상태에서는 체열의 방산을 방해할 수도 있다. 근로자들은 디메틸아미노벤젠의 피부 접촉을 예방하기에 효과적인 보호의와 장치를 선택해야 한다. 적절한 개인 보호구의 선택은 디메틸아미노벤젠의 잠재적인 폭로의 범위에 기초를 두어야 한다.

① 눈 보호 : 비산물 또는 액체로부터 보호할 수 있는 보안경을 겹쳐서 사용할 수 있는 보안면을 착용하고 작업장 가까운 곳에 분수식 눈 세척시설 및 비상세척설비(샤워식)을 설치한다.

② 보호의 : 적절한 내화학성 보호의를 착용하여 피부를 보호한다.

③ 안전장갑 : 적당한 내화학성 장갑을 착용할 것

④ 보호 물질 유형 : 부틸 고무, 폴리에틸렌, 혹은 폴리염화비닐 재질의 보호 물질을 사용한다.

⑤ 호흡 보호구 : 호흡용 보호구는 한국산업안전공단의 검정(“안” 마크)을 필한 제품을 사용한다. 호흡용보호구 및 최대 사용 농도는 미국 국립산업안전보건연구소(NIOSH) 및/또는 미국 산업안전보건청(OSHA)에서 작성한 것이다. 다음의 경우에는 각 조건에 맞는 보호구를 착용한다.

○ 대피: 공기여과식 호흡보호구(전면형, 미립자 여과재), 공기호흡기(대피용)

○ 미지농도 또는 기타 생명이나 건강에 급박한 위험이 있는 경우: 송기마스크(복합식 에어라인 마스크) 또는 공기호흡기(전면형)

호흡용 보호구의 기능별 종류는 표 8-1과 같다.

<표 8-1> 호흡용 보호구의 기능별 종류

종류	공기정화식		공기공급식	
	수동식	전동식	송기식	공기용식(자급식)
안면부의 형태	전면형, 반면형	전면형, 반면형	전면형, 반면형 페이스실드, 후드	전면형
보호구명	방진마스크, 방독마스크	전동팬부착 방진마스크, 방독마스크	송기마스크, 산소호흡기	공기호흡기

- * 공기정화식에는 안면부 여과식 방진마스크 포함
- * 자급식(SCBA : Self contained breathing apparatus)

㉓ 공기정화식은 오염공기가 호흡기로 흡입되기 전에 여과재 또는 정화통을 통과시켜 오염물질을 제거하는 방식으로 다음과 같이 비전동식과 전동식으로 분류한다.

- 비전동식: 별도의 송풍장치 없이 오염공기가 여과재 또는 정화통을 통과한 뒤 정화된 공기가 안면부로 가도록 고안된 형태

- 전동식 : 오염공기가 여과재 또는 정화통을 통과한 뒤 정화된 공기가 안면부로 가도록 고안된 것으로서 이 때 송풍장치를 사용한 형태

㉔ 공기공급식은 공기 공급관, 공기호스 또는 자급식 공기원(산소탱크 등)을 가진 호흡용 보호구로서 신선한 호흡용 공기만을 공급하는 방식으로

송기식과 자급식으로 분류한다.

- 송기식 : 공기 호스 등으로 호흡용 공기를 공급할 수 있도록 설계된 형태
- 자급식 : 호흡용 보호구 사용자의 몸에 지닌 압력공기 실린더, 압력산소 실린더, 또는 산소발생장치가 작동되어 호흡용 공기가 공급되도록 한 형태

⑥ 호흡용 보호구의 사용원칙

직업성 질병의 예방을 위한 최선의 목표는 인체에 유해한 분진, 흙, 미스트, 증기 및 가스 등으로 오염된 공기를 흡입함에 따라 발생할 수 있는 중독 또는 질식재해를 예방하기 위하여 가능한 공학적 대책(예를 들면 작업의 포위나 밀폐, 전체환 기 및 국소배기, 저독성 물질로 대체)을 우선적으로 적용하여야 한다.

공학적 대책의 적용이 곤란하거나 단시간 또는 일시적 작업을 행할 때에는 적절한 호흡용 보호구를 사용하여야 한다.

⑦ 호흡보호구 사용의 조건

공학적인 개선을 통해 위해 물질의 사업장 농도를 규정된 폭로 기준 이하로 조절하는 것은 바람직한 산업 위생 활동이다. 폭로를 조절하기 위해 보호구를 써야 하는 경우도 있다. 디메틸아미노벤젠의 기중 농도가 규정된 폭로 기준치를 넘을때는 반드시 호흡보호구를 착용해야 한다. 호흡보호구는 공학적인 조치가 시행되기 전, 폭로 수준을 파악하지 못한 장소에서 유지, 보수 작업을 하는 동안, 저장고나 밀폐된 관속에 들어가는 작업을 할 때, 응급상황시에 사용될 수 있다. 근로자들은 공인된 호흡보호구를 착용해야 한다.

⑧ 호흡보호 프로그램

미국의 경우 기업주는 OSHA 호흡보호규정의 요구에 부합하는 완전한 호흡보호 프로그램을 시행해야 한다. 이 프로그램은 호흡보호구 선택, 보호구를 착용하고 작업을 할 수 있는 작업자의 능력에 대한 평가, 착용 훈련, 보호

구 적합 검사, 정기적인 사업장 감시와 환기시설 유지, 검사, 청소 등을 포함해야 한다. 적절한 호흡보호 프로그램의 설비는 프로그램을 실행할 수 있는 전문가와 프로그램을 정기적으로 평가하는 것을 필요로 한다.

아. 건강진단

(1) 건강진단의 실시

가) 건강진단 일반 원칙

(가) 디메틸아미노벤젠 등을 제조·사용하는 사업장에서는 법령에 의하여 당해 근로자에 대한 건강진단을 정기적으로 실시하여야 하며, 근로자를 채용할 때에도 또한 같다.

(나) 근로자는 사업주가 법령에 의해 실시하는 건강진단을 받아야 한다. 다만, 사업주가 지정한 의사의 건강진단을 희망하지 않는 경우에는 다른 의사에게서 위의 (가)항의 건강진단에 상당하는 건강진단을 받고 그 결과를 증명하는 서류를 사업주에게 제출할 수 있다.

(다) 사업주는 법령에 의한 건강진단을 실시하고 그 결과를 통보 받은 때에는 이를 지체 없이 근로자에게 통보하고, 질병자에 대한 사후관리조치를 한 다음에 건강진단 결과와 질병자 조치내역을 포함한 관계서류를 관할 지방노동관서의 장에게 제출하여야 한다.

(라) 사업주가 실시하여야 할 건강진단의 종류, 실시시기 및 실시 횟수는 다음과 같다.

① 채용시 건강진단 : 근로자를 신규로 채용하는 때에는 작업에 배치하기 전에 채용 시 건강진단을 실시하여야 한다. 다만, 년도 중에 다른 사업장에서 채용 시 건강진단 또는 일반 건강진단을 받아 건강진단개인표 또는 그 사본을 제출한 근로자에 대하여는 채용 시 건강진단을 실시하지 아니 할 수 있다.

② 일반건강진단 : 사업주는 상시 고용하는 근로자 중 공장 또는 공사현장과 동일한 구내에 있지 아니한 사무실에서 서무·인사·경리·판매·설계·기타·서비스업무에 종사하는 사무직 근로자에 대하여는 2년에 1회 이상, 기타 근로자에 대하여는 1년에 1회 이상 일반건강진단을 실시하여야 한다.

③ 특수건강진단 : 디메틸아미노벤젠 등을 취급 사용하는 업무에 종사하는 근로자에 대하여는 채용 시, 당해 업무배치 전환 시 및 1년에 1회 이상 정기적으로 특수건강진단을 실시하여야 한다.

④ 임시건강진단 : 디메틸아미노벤젠 등을 취급 사용하는 사업장에서 디메틸아미노벤젠 등에 의한 건강장해 또는 디메틸아미노벤젠 등의 취급과 관련된 질병에 걸린 근로자가 다수 발생한 경우에는 당해 근로자 및 당해 업무에 종사하는 다른 근로자의 건강장해, 질병의 이환여부 또는 질병의 원인 등을 발견하기 위한 임시건강진단을 실시하여야 하며 임시건강진단은 그 명령을 받은 날로부터 10일 이내에 실시하여야 한다.

⑤ 제2차 건강진단 : 제2차 건강진단은 채용 시 또는 일반건강진단결과 질환의심자(R)를 대상으로 실시하며 근로자건강진단 실시기준 별표2에서 각 질환별로 정하는 제2차 건강진단 항목으로서 담당의사가 필요하다고 인정하는 검사항목에 대하여 실시한다.

⑥ 제2차 건강진단의 실시시기 : 제2차 건강진단은 건강진단기관으로부터 제2차 건강진단 대상임을 통보받은 날로부터 10일 이내에 실시하여야 한다.

⑦ 건강진단의 이중실시 배제

- 공무원 및 사립학교 교직원의료보험법, 항공법, 공중위생법, 식품위생법(식품접객업에 한함)에 의하여 건강진단을 실시한 사업주에 대하여는 산업안전보건법 시행규칙에 의한 건강진단을 실시한 것으로 본다.

- 1년에 2회 이상 특수건강진단을 실시하는 경우에는 전반기에 일반건강진단 검사항목을 포함하여 실시한다. 다만, 특수건강진단에 반드시 필요한 항목에 대하여는 그러하지 아니하다.

- 채용 시 또는 배치 전환 시 특수건강진단을 받은 근로자에 대하여는 당해연도에 실시하여야 하는 특수건강진단 (일반건강진단 항목을 포함한다)을

6월 이내에는 실시하지 아니할 수 있다.

⑧ 건강진단결과의 보존 사업주는 건강진단개인표 및 건강진단결과표 등의 서류를 5년간 보존한다.

⑨ 건강진단 실시시기의 명기 일반건강진단 또는 특수 건강진단을 실시하여야 할 사업주는 정기적인 건강진단 실시시기를 안전보건관리규정 또는 취업규칙에 명시하여야 한다.

나) 특수건강진단 주기단축

다음의 어느 하나에 해당되는 경우 당해 공정에서 당해 유해인자에 노출되는 모든 근로자에 대하여 특수건강진단 기본주기를 다음 회에 한하여 1/2로 단축하여야 한다.

(가) 작업환경측정 결과 디메틸아미노벤젠의 농도가 노출기준인 이상인 경우

(나) 디메틸아미노벤젠에 의한 직업병 유소견자가 발견된 경우

다) 특수건강진단 항목

현행 산업안전보건법상에는 디메틸아미노벤젠 노출근로자에 대하여 특수건강진단 규정이 없으나 일부 동물실험 혹은 인체의 영향에 의한 연구 등에서 보고된 영향(자극성 가스의 영향)을 고려하여 특수검진 항목을 적용할 수 있을 것이다.

(가) 필수항목

① 직업력 및 폭로력 조사

② 과거병력 및 가족력 조사: 주요 표적 장기와 관련된 질병력 및 암 발생력

③ 자각 증상 조사

④ 임상진찰: 안과, 이비인후과, 호흡기, 피부, 신경계에 유의하여 진찰

⑤ 임상검사

- 혈액학적 검사: 혈색소량, 혈구용적치

- 요검사: 단백뇨

- 간기능검사: 혈청지오티, 혈청지피티, 감마지티피

(나) 선택항목

① 흉부방사선검사

② 혈액학적 검사 : 적혈구수, 백혈구수, 망상적혈구수, 백혈구백분율

③ 생식기능검사 : 정액검사, 테스토스테론, 황체호르몬, 여포자극호르몬, 에스트로젠, 프로락틴

(2) 건강구분별 사후관리

가) 건강구분별 사후관리

(가) 사업주는 건강진단을 실시한 후 검진기관으로부터 통보된 "질병유소견자 사후관리 소견서"에 의거 담당의사(의사인 보건관리자 및 산업보건의 포함)의 소견에 따라 각각의 건강구분에 따른 적절한 건강관리조치를 다음 표와 같이 시행한다.

<표 8-2> 건강구분에 따른 건강관리조치

건강구분	판정기준	사후관리기준
A	건강자	사후관리 필요 없음
B	경미한 이상 소견이 있는 자	사후관리 필요 없음
C	건강관리상 계속 관찰이 필요한 자	의사의 소견에 따른 의학적 조치
D1	직업성 질병의 소견이 있는 자(유소견자)	의사의 소견에 따른 요양신청, 작업전환, 취업장소의 변경, 휴직 및 근무 중 치료, 기타 의학적 조치
D2	일반 질병의 소견이 있는 자(유소견자)	의사의 소견에 따른 근로시간 단축, 작업전환, 휴직, 근무 중 치료, 기타 의학적 조치
R	질환 의심자	제 2차 건강진단 대상자(제2차 건강진단 실시 통보일로부터 10일이 내 실시)

(나) 담당의사가 건강구분별 사후관리 내용의 구체적인 의견을 제시할 때에는 당해 업무를 행하는 작업장의 작업환경조건, 당해 근로자의 건강상태 및 작업 조건 등을 고려하여 결정한다. 다. 질병자들의 취업제한 사업주는 건강진단결과 디메틸아미노벤젠에 의한 건강장해가 있다고 인정된 자 또는 디메틸아미노벤젠에 의한 건강장해가 발생할 우려가 있다고 의사가 인정한 자는 디메틸아미노벤젠 등을 취급하거나 또는 당해 업무로 인하여 근로자의 건강을 악화시킬 우려가 있는 업무에 종사하지 않도록 조치한다.

(다) 질병자 등의 취업제한: 사업주는 건강진단결과 니켈에 의한 건강장해가 있다고 인정된 자 또는 니켈에 의한 건강장해가 발생할 우려가 있다고 의사가 인정한 자는 니켈 등을 취급하거나 또는 당해 업무로 인하여 근로자의 건강을 악화시킬 우려가 있는 업무에 종사하지 않도록 조치한다.

나) C1 판정기준

① 작업장 기중 농도, 노출기간, 취급여부 등을 고려할 때 디메틸아미노벤젠에 노출된 것으로 평가되고, ② 뚜렷한 장애는 아니나 비강, 호흡기, 신경계 혹은 생식기계 등의 이상 소견이 있어 관찰이 필요한 경우 중 ③ C2의 가능성이 적은 경우

다) D1 판정기준

① 작업장 기중 농도, 노출기간, 취급여부 등을 고려할 때 디메틸아미노벤젠에 노출된 것으로 평가되고, ② 동 물질에 의한 것으로 추정되는 관련 호흡기 장애, 폐장애, 신경계장애, 생식기능 장애 등이 있으며, ③ 비직업성 원인의 가능성이 적은 경우

라) 업무수행 적합여부 평가

<표 8-3> 업무수행 적합여부 평가기준

업무수행 적합여부 평가기준
- 건강관리상 현재의 조건하에서 작업이 가능한 경우 - 일정한 조건(환경개선, 개인보호구 착용, 건강진단 주기 단축 등)하에서 현재의 작업이 가능한 경우 - 건강상태가 우려되어 한시적으로 현재의 작업을 할 수 없는 경우 (건강상 또는 근로조건상의 문제를 해결한 후 작업복귀 가능) - 건강장애의 악화 또는 영구적인 장애의 발생이 우려되어 현재의 작업을 해서는 안되는 경우

※ 업무수행 적합성 여부 평가시 고려해야할 건강상태: 암종, 호흡기질환, 만성 피부질환

마) 사후관리내용

<표 8-4> 사후관리 내용

번호	건강관리 조치내용 ¹	참고사항
0	필요없음	
1	건강상담	상담내용 기술
2	보호구 착용()	보호구 점검 및 교체 등 보호구 관리를 포함한다
3	추적검사 ² 경 다음 항목에 대해 추적검사요 (검사항목:)	건강관리 구분 C1 또는 D1 해당자에 대하여 의사의 판단 하에 추적검사 실시
4	근무 중 치료	
5	근로시간 단축()	또는 연장근무제한
6	작업전환	
7	근로금지 및 제한	치료 완결 후 의사지시로 복귀
8	직업병 확진의뢰 안내 ³ (건강진단기관이 안내한다)	건강관리구분 D1 해당자 중 직업병 확진이 필요한 경우, 특수건강진단기관 의사가 산재요양신청서를 대신 작성
9	기타()	

※ 1) 건강관리 조치는 중복하여 선택할 수 있다.

2) 건강진단기관 의사가 지시한 검사항목에 대하여 지시한 시기에 실시하여야 한다.2

3) 근로자 건강진단을 통하여 발견된 직업병 유소견자 중 직업병 확진이 필요하다고 판단되는 경우에는 특수건강진단기관이 당해 근로자에 대한 산재요양신청서를 작성해 주어 당해 근로자가 근로복지공단 해당지사에 요양신청토록 한다.

바) 수시건강진단을 위한 참고사항

근로자가 관련 호흡기, 신경계, 생식기계 등의 증상 및 증세를 보여 사업

주가 수시건강진단의 필요성에 대하여 자문을 요청한 경우 건강진단기관의 의사는 자문에 응하여야 하며, 수시건강진단의 필요성 여부에 대하여 사업주에게 자문결과서를 통보하여야 한다.

9. 규제영향분석

가. 노출기준 개정의 필요성

(1) 규제의 정의

환경기준은 판정기준(criteria), 목표(goal), 지침(guideline), 규제기준(standard)의 4종이 있으며 제·개정되는 노출기준은 행정상 설정된 법적 구속력이 있는 규제기준에 속한다.

노동부장관은 근로자 건강장해를 유발하는 유해인자의 노출기준을 정해야 하며(산업안전보건법 제 39조), 노출기준을 정할 때는 유해인자에 의한 건강장해에 관한 연구 실태 조사결과 및 유해위험성 평가 결과, 노출기준적용에 관한 기술적 타당성을 고려하여야 한다(동법 시행규칙 제 81조 2).

또한 사업주는 작업환경측정을 하고 측정결과에 따라 근로자의 건강을 보호하기 위하여 당해시설 및 설비의 설치 또는 개선 등 적절한 조치를 하여야 한다(산업안전보건법 제 42조). 궁극적 유해요인에 대한 작업환경평가 및 근로자의 보건상 유해하지 아니한 기준을 정함으로써 근로자의 건강으로 보호하는데 기여하는데 있으며 작업환경개선 기준과 작업환경 측정 결과의 평가 기준으로 사용할 수 있다.

(2) 규제의 필요성

작업환경에서 고농도의 화학물질에 지속적으로 노출될 경우 건강상 장해 또는 직업병이 발생할 가능성이 높다. 따라서 인체에 유해한 화학물질을 취급하는 사업장은 건강상 장해와 직업병이 발생하지 않은 수준으로 화학물질 농도를 낮출 필요가 있으며 그 기준이 되는 노출기준의 제·개정이 필수적이

다.

그러나 디메틸아미노벤젠은 치명적인 건강장해의 보고가 매우 적기 때문에 최근 노출기준에 대한 강화는 없는 것으로 알려져 있다. 단, 미국, 캐나다, 독일 등의 선진국의 디메틸아미노벤젠에 대한 노출기준이 이미 우리나라보다 낮게 책정되어 있는 것이 사실이다. 더욱이 산업기술의 발달 및 노사의 직업병 예방에 대한 인식의 변화, 노동시장의 고령화에 따른 건강 취약 연령의 증가도 규제의 필요성을 더욱 정당화 시킨다.

(3) 규제의 목표 설정

주요 선진국의 노출기준과 본 연구에서 측정되는 작업환경측정값에서 산출되는 예상되는 규제가 가능한 노출 수준을 비교 검토하여 규제의 목표를 설정하였다. 주요 선진국의 현행 노출기준은 표 5-1에 정리한 바 있다.

디메틸아미노벤젠의 노출기준을 선진국 수준중에서 가장 강화된 기준에 준하는 수준으로 개정하여 디메틸아미노벤젠 취급 근로자의 직업병 발생을 최소화 하고자 규제를 개정하고자 한다(표 9-1).

<표 9-1> 한국의 현행 및 개정 디메틸아미노벤젠의 노출기준

기준	한국의 현행기준	개정기준
TWA(ppm)	5	0.5
STEL(ppm)	10	2

나. 노출기준 개정의 실현 가능성

(1) 규제에 대한 반대 및 사회적 제약 요소

규제 목적의 실현을 위해 규제를 수행하는 기관, 사업주, 해당 근로자의 관점에서 장애요인, 동의 수준 등을 예측 평가한다. 경영계의 반대의 소지는 있을 것으로 판단된다. 1995년도에 노출기준에 대한 경영계의 의견은 여러 국

가 노출기준 중 규제의 정도가 낮은 기준을 채택하여 기업의 재정 부담을 최소화 시켜 줄 것을 요구한 바 있으나 이번 연구에서 시행한 작업환경측정결과 사업장의 노출수준은 이미 선진국 수준에 도달해 있으며, 추후 이 사업에 진입하는 경우 초기에 안전한 작업환경을 각출 수 있도록 노출기준의 개정 실현 가능성이 있는 것으로 판단된다.

(2) 기술수준 등에 비추어 본 실현 가능성

이미 우리나라의 노출수준은 선진국 수준에 도달해 있고 노출되는 근로자와 사업체 수가 매우 적어 추가의 비용 없이 노출 수준의 강화가 가능할 수 있을 것으로 판단된다.

다. 노출기준 개정 외 대체수단 존재 및 기존규제와의 중복 여부

(1) 기존규제로 대체가능 여부

관련 직업병을 예방하기 위해서는 근로자의 건강에 영향을 미치지 않는 수준의 노출기준이 설정되어 규제화 될 필요성이 있다. 기존 규제가 설정되어 있지 않은 물질에 대해서는 새로운 규제를 설정하여야 하며 기존 규제에 노출기준이 선진국에 비해 높거나 근로자의 직업병을 예방하지 못할 정도로 높은 경우 개정할 필요가 있다. 디메틸아미노벤젠에 의한 건강장해는 치명적이지도 않고, 노출수준도 이미 선진국 수준에 도달해 있기 때문에 큰 무리 없이 강화할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 우리의 현실이 뒷받침하는 상황에서 현 기준을 유지할 필요는 없을 것으로 판단된다.

(2) 규제 외 다른 방법으로 목적달성 여부

노출기준 강화는 유해물질 취급 근로자 건강장해예방을 위한 최소한의 기본적 조치로 경제적, 기술적으로 성취할 수 있는 수준으로 설정한다. 디메틸아미노벤젠의 2004년 현재 사용 사업장 수는 3개, 근로자수는 11명에 불과하다. 그러나 디메틸아미노벤젠은 현대 작업환경측정대상물질 및 특수검진 대상도 아니기 때문에 노출기준을 강화하여 작업환경을 개선하도록 하는 방법이외는 목적 달성이 어려울 것으로 판단된다.

(3) 유사한 기존규제와 중복 여부

노출기준 설정과 유사한 기존규제는 없다.

(4) 규제의 확대 재생산 가능성

노출기준 제·개정 이외에 규제확대 생산 가능성이 없다.

라. 노출기준 제·정 규제의 비용과 편익의 비교분석

(1) 규제의 비용분석

가) 비용항목 및 부담자

본 규제로 인하여 직접비용이 발생하는 항목은 다음과 같이 정리된다. 즉 비용발생요인은 크게 비규제자인 사업장에서의 규제준수비용과 규제자인 정부의 규제집행비용으로 나누어 볼 수 있다.

규제준수비용은 직접비용요인과 간접비용요인이 있으며 직접규제 비용요인으로는 작업환경측정을 실시함으로써 발생하는 인건비와 기타 측정 및 분석

에 사용되는 재료비, 기기운영비, 시약비 등을 합쳐서 사업주에게 청구되는 작업환경측정비가 포함되고 간접요인은 작업환경을 관리하기 위한 인력이나 운영에 수반되는 제비용을 말한다. 직접비용의 부담자는 사업주이다. 간접비용 중 규제집행비용은 노동부의 근로감독비용이며 이의 부담자는 정부이다 (그림 8-1).

[그림 9-1] 규제준수 및 집행비용

나) 실제 추가되는 비용발생항목 및 요인

실제 추가되는 비용을 구체적으로 구분 산정을 하면 다음과 같다.

① 작업환경측정비용: 산업안전보건법에 의해 정기적으로 작업환경측정대상물질이 아니며, 기준치 변경으로 인한 추가 비용은 발생하지 않는다.

② 작업환경 개선 등 비용: 디메틸아미노벤젠 노출기준을 변경하는 경우 현재 노출 사업장 중 개정 노출기준을 초과할 사업장은 없기 때문에 작업환경 개선을 위한 추가적 비용은 현 시점에서는 없다고 판단되나 현행 3개의 디메틸아미노벤젠제조, 사용, 발생 사업장 중 10%의 중소기업장에서 추가적 작업환경시설개선의 필요성이 있으며 연평균 비용은 환경설비의 유효수명을 10년으로 간주할 때 작업환경시설개선 자금은 다음과 같이 산출된다.

2003년 한국산업안전공단 영세사업장 작업환경시설개선 사업장당 평균 자금 $\times 0.3 \times 0.1 = 43,000\text{천원} \times 0.6 \times 0.1 = 1,290\text{천원}$

③ 기타 직접비용: 국소배기시설 점검 비용은 산업안전보건법에 의거 연 1회 실시하고 있음으로 추가 비용은 없으며 노출 근로자를 위한 보호구 지급도 이미 법에 의거 지급하고 있기 때문에 추가 비용은 없다. 기타 보건교육 실시 비용도 추가적으로 발생하지 않는다.

④ 규제준수 간접비용: 작업환경을 관리하기 위한 인력이나 운영에 수반되는 제비용은 현행법에 의거 실시되고 있기 때문에 측정주기의 변화가 없는 한 추가비용 발생은 없다. 즉 업무담당자의 업무시간, 작업근로자의 작업시간 손실비용은 변동이 없을 것으로 판단된다.

⑤ 규제집행비용: 노동부의 근로감독비용이며 이의 부담자는 정부이나 측정주기의 변화가 없는 한 추가 비용발생은 없다.

(2) 규제의 편익분석

가) 편익의 발생요소

본 규제를 강화하는 목적은 날로 심각해가고 있는 유해물질에 의한 건강장해를 예방하여 근로자의 생명과 신체적 안전 및 건강을 보호하기 위한 것이다. 따라서 본 규제 강화의 1차적인 편익으로는 좁게는 직업병의 감소에 있으며 넓게는 근로자의 안전과 건강증진에 있다. 또한 이로 인한 노사관계의 개선 및 생산성 향상 등의 편익도 기대가 된다. 주요 편익요인은 다음과 같이 정리된다(그림 8-2).

[그림 9-2] 규제의 편익요인

나) 경제적 요소(편익비용추계)

노출기준 강화에 따른 편익은 직업병 발생으로 인한 손실비용으로 추정하였으며 직접손실은 산재보험보상법에 의한 보험급여(요양급여, 휴업급여, 장해보상 등)에 한정하였고 근로자 건강진단 실무지침에 의하면 디메틸아미노벤젠 노출 근로자에 대한 건강진단은 산업안전보건법 제100조제5항에 따르면 특수건강진단·배치전건강진단·수시건강진단의 검사항목에 포함되어 있지 않기 때문에 특수건강진단에 의한 직업병 발생건수 및 직업성 암의 발생 실태를 파악하기 없으며, 따라서 유기용제 특수건강진단 결과 D1, C1으로 판정받은 근로자수를 이용하여 발생자수를 추계하여 계산하였다. 즉 디메틸아미노벤젠에 의한 직업성질환의 발생률은 노동부의 특수건강진단 결과분석에서나 산업재해보상법에 의한 요양분석자료에서 모두에서 거의 파악되고 있지 않기 때문에 노동부의 근로자건강진단 통계에서 제시된 유해인자 중 유기용제로 인한 C1 및 D1 판정자를 이용하여 디메틸아미노벤젠에 의한 직업병 발생률을 추계하였고 최대발생률은 2003년 특수건강진단 현황에서 얻은 C1 이상

판정자 자료를 이용하여 추계하였다.

디메틸아미노벤젠에 의한 직업병 최소 발생률은 1995-2003년 사이에 유기용제로 인하여 직업병으로 진단된 사람의 평균 숫자를 특수건강진단을 받은 사람의 숫자로 나누어 추정하였고 이 추정치는 특수건강진단을 통하여 조기 발견 할 수 있는 직업병자의 최소치이다. 또한 건강진단에서 C1 판정을 받은 사람은 직업병으로 발생 가능할 수 있기 때문에 이들에 대한 조기진단 또한 직업병 예방을 통한 편익이 될 수 있다.

2003년도 산업재해 분석에서 산재 1인당 직접손실비용은 32,000천원, 간접손실비용은 128,000천원으로 산업재해 발생시 1인당 총 160,000천원의 손실비용이 발생한다고 한다. 이는 하인리히방식을 적용하여 구한 값이다.

2003년도 유기용제에 의한 특수건강진단 대상자는 약 132,075명이고 이중 직업병유소견자(D1) 및 요관찰자(C1)는 1575명으로 직업병 발생가능성을 추정하였다.

직접편익은

$$\begin{aligned} \text{- 직업병발생가능률} &= (C1+D1 / \text{특수건강진단대상자}) \times 100 \\ &= (1,575 / 132,075) \times 100 \\ &= 1.19 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- 디메틸아미노벤젠 취급 근로자의 직업병 발생가능성을 추정하면} \\ 11 \times 0.0119 &= 0.1309 \text{ 명} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- 산재발생시 1인당 직접손실비용 } 32,000\text{천원} \times 0.1309 \text{ 명} \\ = 4,188.8\text{천원} \end{aligned}$$

간접편익은

- 하인리히방식을 적용할 경우 재해손실비율은 직접비 대 간접비 = 1:4로
총 직접비용 $\times 4 = 16,755.2$ 천원

따라서 총 편익비용은 직접편익비용과 간접편익비용을 합한 값으로

- 총 편익비용 = $4,188.8$ 천원 + $16,755.2$ 천원
= $20,944$ 천원

으로 계산된다.

또 다른 요인으로서는 직접적 편익요인으로 사업주 편익요인을 생각할 수 있으며 이에선 직업병 발생감소에 따른 비용감소 및 산재요율감소에 따른 산재보험을 인하 및 벌금, 형벌감소 등도 가능하나 현재 디메틸아미노벤젠에 의한 직업병 발생이 없는 상태이며 이러한 편익비용의 산출은 직업병 발생 회사의 규모 및 근로자수에 따른 산재요율산정 등 복잡한 계산과정을 고려하여 그 가능성만 언급하도록 한다.

간접비용에는 근로자 가족의 안전성 향상이나 근로자 자신의 근무만족도 향상, 생산성 향상, 노사관계 증진, 대외 이미지개선 등 돈으로 계산할 수 없는 편익을 모두 고려한 비용이다.

(3) 비용·편익의 비교 및 검토

직업병 손실비용 및 작업환경 개선비용의 편익을 비교 검토한다. 노출기준의 강화로 기대되는 이익은 약 22,896천원으로 추정된다. 이는 다음과 같은 계산을 통하여 얻어졌다.

최소 기대이익 = 최소 총편익 - 총비용 = $20,944$ 천원 - $1,290$ 천원 = $19,654$ 천원

직접비용의 감소뿐만 아니라 앞에서 언급한 여러 가지 간접비용감소 등에 의한 이익, 역시 당장 돈으로 계산할 수 없는 매우 중요한 것으로 판단된다. 디메틸아미노벤젠은 동물 발암성이 확인된 물질로 인체발암성의 가능성을 배제할 수 없어 직업성 암 예방에 따른 편익이 발생할 것으로 예상되지만 편익에 포함되지 않아 산출된 편익보다 더 큰 편익을 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

마. 노출기준 제·개정 규제의 경쟁 제한적 요소 포함 여부

(1) 시장경쟁 제한요소 포함 여부

노출기준 제·개정은 우리나라에 있는 모든 사업장에 동일하게 적용되므로 이로 인해 자유로운 시장경쟁이 제약될 가능성은 없는 것으로 판단된다. 또한 근로자 건강을 보호하는데 기여함으로써 기본적 인권의 보호 차원에서 큰 의미가 있다.

(2) 기업활동 저해요소 포함 여부

노출기준의 노출기준 제·개정은 비용-편익분석을 거쳐 도출되며 현재 기술수준과 경제수준에서 성취할 수 있는 기준에 따라 설정되므로 정상적인 기업활동을 제약할 가능성이 매우 낮은 것으로 판단되며 직업병 발생에 대한 불안감 해소 및 기업의 애사심 고양으로 생산성이 증대 되는 등 효과도 기대된다.

바. 노출기준 제·개정 규제내용의 객관성·명료성

(1) 규제기준, 절차의 명확성

노출기준 제·개정을 위해 선진국의 기준을 제시하고 선진국의 자료와 환경측정값에 대해 전문가 집단의 회의를 거쳐 규제기준 제·개정(안)을 도출하였으며 국내 산업현장에서의 근로자 노출실태와 작업환경 측정 실태의 조사를 통하여 경제적 기술적 여건을 고려하여 개정안을 정하였다.

(2) 규제의 법적근거 및 존속기한의 타당성 여부

노출기준의 성질상 존속기한을 설정하기 어려우므로 존속기한을 설정하지 않는다.

참고문헌

- 김태윤. 규제영향분석을 위한 비용편익분석기법. 한국행정연구원. 1999.
- 노동부. 2002년 근로자 건강진단 실시결과. 2004.
- 노동부. 2003 産業災害 現況分析. 2003.
- 노동부. 2003 작업환경측정사업장리스트. 2005.
- 노동부. 산업안전보건법규집. 한국산업안전공단. 2000.
- 노동부. 화학물질 및 물리적인자의 노출기준. 노동부 고시 제97-65호, 1998.
- 산업자원부. KOMIS, 2005
- 윤종설, 규제영향분석 지침서 및 교재개발, 한국행정연구원, 2003
- 이성우, 규제영향분석 방법론의 실용적 체계화, 한국행정연구원, 2003
- 정규철 편저. 산업중독편람. 서울: 신광출판사, 1995, pp 655-659.
- 차미숙, 규제개혁위원회 전문위원, 규제영향분석과 규제심사활용 실제, 2004
- 최무현. 분야별 규제영향분석: 환경규제를 중심으로. 한국행정연구원. 2003.
- 한국산업안전공단 산업보건연구원: 특수건강진단제도 개선에 따른 실무지침 연구 개발-화학인자부문, 1998
- 한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 산업안전보건법령 개정안 중 주요 규제 신설에 따른 규제영향분석(산업안전분야: 근로자 건강진단제도 개선),

2004

한국산업안전공단 산업안전보건연구원. 2002-2003년 특수검진유소건자현황, 2004

한국산업안전공단 산업안전보건연구원. 산업안전보건법령 개정안 중 주요 규제 신설에 따른 규제영향분석(산업의학분야-근로자 건강진단제도 개선), 2004.

한국산업안전공단 산업안전보건연구원. 특수건강진단 확대에 따른 새로운 유해인자 건강진단방법, 2001. 5.

한국산업안전공단 산업안전보건연구원. KOSHA특검측정자료.xls. 2005

ACGIH American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). In: Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. 6th ed. Cincinnati OH, USA: ACGIH, 1991: 1743-5.

ACGIH. (1996) TLVs and BEIs: Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

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

Anonymous; Toxikologische Bewertung. Heidelberg, Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie 64: 31

Ashford, R.D. Ashford's Dictionary of Industrial Chemicals. London, England: Wavelength Publications Ltd., 1994., p. 957]

Booth G; in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 5th ed. Gerhartz W (ed). NY, NY: VCH Publishers Vol A17: 423 (1991)

Curtis D.Klaassen. Casarett & Doull's Toxicology, 2001. 169-176, 889-981

Dimethylaminobenzene (mixed isomers)/ [American Conference of Governmental Industrial Hygienists TLVs and BEIs. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati, OH, 2005, p. 60]

E. Martin Caravati, Michael A. McGuigan, Ian MacGregor Whyte, Andrew H. Dawson, Steven A. Seifert, Seth Schonwald, Luke Yip, Daniel C. Keyes, Katherine M. Hurlbut, Andrew R. Erdman, Richard C. Dart. Medical Toxicology, 2004. 1119-1330, 1333-1339

Foureman P, Mason J, Valencia R, et al. Chemical mutagenesis testing in Drosophila. X. Results of 70 coded chemicals tested for the National Toxicology Program. Environ Mol Mutagen 1994; 23: 208-27.

Gerhartz, W. (exec ed.). Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 5th ed. Vol A1: Deerfield Beach, FL: VCH Publishers, 1985 to Present., p. VA2 310

Goldblatt, M.W.: Research in Industrial Health in the Chemical Industry. Br. J. Ind. Med. 12:1 (1955)

Goldblatt, M.W.: Research in Industrial Health in the Chemical Industry. Br. J. Ind. Med. 12:1 (1955)

Goodwin, B.L. Handbook of Intermediary Metabolism of Aromatic

Compounds. New York: Wiley, 1976., p. D-87

Goodwin, B.L. Handbook of Intermediary Metabolism of Aromatic Compounds. New York: Wiley, 1976., p. D-87

Gopinath, C.; Prentice, D.E.; Street, A.E.; Crook, D.: Serum Bile Acid Concentration in Some Experimental Liver Lesions of Rat. Toxicology 15(2):113-27 (1980).

Grasso, P.; Wright, M.; Gangolli, S.D.; Hendy, R.J.: Liver Response Tests. IX. Cytopathological Changes in the Enlarged but Histologically Normal Rat Liver. Food Cosmet. Toxicol. 12:341 (1974).

Hardisty, J.F.; Montgomery, C.A.; Kornreich, M.: Carcinogenesis Bioassay of 2,6-디메틸아미노벤젠 in Rats (Abstract No. 296). Toxicologist 3:74 (1983).

Health and Environmental Effects Profile for Dimethylaminobenzenes, March 1983 p.D-183

Health and Environmental Effects Profile, March 1983, p. D-183

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

<http://icsc.un.org/>

<http://www.osha.gov/>

<http://www.palmbeach.k12.fl.us/FinMan/FINANCIALDIVISIONS/EmpBenRiskMgmt/cd/nioshdb/rtecs/bx481908.htm>

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

<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~X8qNhj:2>

<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/1300738.html>

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

<http://www.hse.gov.uk/coshh/table1.pdf>

http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=PREA MBLES&p_id=770

<http://www.palmbeach.k12.fl.us/FinMan/FINANCIALDIVISIONS/EmpBen RiskMgmt/cd/nioshdb/rtecs/bx481908.htm>

<http://www.palmbeach.k12.fl.us/FinMan/FINANCIALDIVISIONS/EmpBen RiskMgmt/cd/nioshdb/rtecs/bx481908.htm>

IARC. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Man. Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, 1972-PRESENT. (Multivolume work), p. S7 74 (1987)

IARC. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Man. Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, 1972-PRESENT. (Multivolume work), p. V16 369 (1978)

IARC. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Man. Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, 1972-PRESENT. (Multivolume work), p. V57 327 (1993)

IARC. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Man. Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, 1972-PRESENT. p. V57 328 (1993)

Ind. Hyg. Occup. Med. 1:506-524 (1950).

Journal of Occupational Health, Vol 47, 355-369, 2005

Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. 3rd ed., Volumes 1-26. New York, NY: John Wiley and Sons, 1978-1984., p. V2 365 (1978)

Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. 4th ed. Volumes 1: New York, NY. John Wiley and Sons, 1991-Present., p. V2 438

Koujitani T, Yasuhara K, Kobayashi H, et al. Tumor-promoting activity of 2,6-dimethylaniline in a two-stage nasal carcinogenesis model in N-bis(2-hydroxypropyl)nitrosamine treated rats. Cancer letters,

Kuney JH; Chemcyclopedia 1995, Washington, DC: Amer Chem Soc p. 204 (1994)

Kuney, J.H. and J.N. Nullican (eds.) Chemcyclopedia. Washington, DC: American Chemical Society, 1988., p. 123

Leipins R et al; Industrial Process Profiles for Environmental Use: Chapter 6. The Industrial Organic Chemicals Industry. USEPA-600/2-77-023f. p. 6-840 (1977)

Lindstrom HV et al; J Pharmacol Exp Ther 142: 257-63 (1963) as cited in ITC/USEPA; Information Review #410 (Draft) Dimethylaminobenzene p.9 (1984)

Lindstrom, H.V.; Bowie, W.G.; Wallace, W.G.; et al.: The Toxicity and Metabolism of Mesidine and Pseudocumidine in Rats. J. Pharmacol. Exp. Therap. 167:223 (1969).

Mackison, F. W., R. S. Stricoff, and L. J. Partridge, Jr. (eds.).

NIOSH/OSHA - Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards. DHHS(NIOSH) Publication No. 81-123 (3 VOLS). Washington, DC: U.S. Government Printing Office, Jan. 1981., p. 1

Magnusson G et. al; TOXICOLOGY 2 (1): 63 (1979)

Magnusson, G.: Acta. Pathol. Microbiol. Scand. (Section A) 79:639 (1971). 12. Treon, J.F.; Sigmon, H.E.; Wright, H.; et al.: The Toxic Properties of dimethylaminobenzene and Monomethylaniline. Arch.

Magnusson, G.; Majeed, S.K.; Down, W.H.; et al.: Hepatic Effects of Dimethylaminobenzene Isomers in Rats. Toxicology 12:63 (1979).

Matthews E, Spalding J, Tennant R. Transformation of BALB/c-3T3 cells: IV. Rank-ordered potency of 24 chemical responses detected in a sensitive new assay procedure. Environ Health Perspect Suppl 1993; 101 (Suppl 2): 319-45.

McLean, S.; Starmer, G.A.; Thomas, J.: Methaemoglobin Formation by Aromatic Amines. J. Pharmacol. 21:441 (1969).

Medvedev VA, Davidov VD; p. 245-54 in Decomposition of Toxic and Nontoxic Organic Compounds in Soil. Overcash MR ed Ann Arbor, MI: Ann Arbor Sci Publ(1981)

Nohmi T, Yoshikawa K, Nakadate M, et al. Mutations in Salmonella typhimurium and inactivation of Bacillus subtilis transforming DNA induced by phenoxyhydroxylamine derivatives. Mutat Res 1984; 136: 159-68.

Onstot JD et al; Characterization of HRGC/MS Unidentified Peaks from the Analysis of Human Adipose Tissue. Volume I: Technical Approach. Washington, DC: USEPA, Office of Toxic Substances,

USEPA-560/5-87-002A (1987)

Pla-Delifina et. al.; CIENC IND FARM 4 (2): 47 (1972)

Przybojewska B. Assessment of aniline derivatives-induced DNA damage in the liver cells of B6C3F1 mice using the alkaline single cell gel electrophoresis ('comet') assay. *Cancer Lett*, 1999; 147(1-2): 1-4.

Seiler J. Inhibition of testicular DNA synthesis by chemical mutagens and carcinogens, preliminary results in the validation of a novel short-term test. *Mutat Res* 1977; 46: 305-10.

Short CR et al; *Toxicology* 57 (1): 45-58 (1989)

Short, C.R.; King, C.; Sistrunk, P.W.; Kerr, K.M.: Subacute Toxicity of Several Ring-Substituted Dialkylanilines in the Rat. *Fund. Appl. Toxicol.* 3:285 (1983).

Svirbely, J.L.: Dimethylaminobenzene: Its Toxicity and Potential Dangers as Compared with Those of Aniline and an Appraisal of the Potential Hazards from Its Use in Blending Gasoline. U.S. National Institutes Health Bull. No. 188:13. U.S. Government Printing Office, Washington, DC (1947).

U.S. National Institute for Occupational Safety and Health: Documentation of the Immediately Dangerous to Life and Health value for dimethylaminobenzene. In: CDROM of TLVs and Other Occupational Exposure Values 2000.

U.S. National Toxicology Program: Toxicology and Carcinogenesis Studies of 2,6-Dimethylaminobenzene (2,6-Dimethylaniline) (CAS No. 87-62-7) in Charles River CD Rats (Feed Studies). NTP Technical Report

Series No. 278. DHHS (NIH) Pub. No. 90-256363. NTP, Research Triangle Park, NC (1990).

Weisburger E, Russfield A, Homburger F, et al. Testing of twenty-one environmental aromatic amines or derivatives for long-term toxicity or carcinogenicity. *J Environ Pathol Toxicol* 1978; 2: 325-56.

Williams G, Mori H, McQueen C. Structure-activity relationships in the rat hepatocyte DNA-repair test for 300 chemicals. *Mutat Res* 1989; 221: 163-86.

Zimmer D, Mazurek J, Petzold G, et al. Bacterial mutagenicity and mammalian cell DNA damage by several substituted anilines. *Mutat Res* 1980; 77: 317-26.