

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

화학물질 노출기준 개정 연구

□ 니트로메탄
(Nitromethane)

2005. 12

연구기관 고려대학교
연구책임자 : 박 종 태



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

화학물질 노출기준 개정 연구

□ 니트로메탄
(Nitromethane)

2005. 12

연구기관 고려대학교

연구책임자 : 박 종 태



제 출 문

노동부장관 귀하

본 보고서를 2005년도 노동부 화학물질에 의한 근로자 건강장해 예방
연구 용역 사업 중 “니트로메탄”의 최종보고서로 제출합니다.

2005. 12.

연구 기관 고려대학교

연구 책임자 박종태 교수

공동연구원 :

동아대학교	교수 김정만
고려대학교	교수 이은일
충북과학대학	교수 원정일
고려대학교	교수 김병권

연구보조원 :

고려대학교	산업의학교실	연구원 김은경
고려대학교	산업의학교실	연구원 김자현
고려대학교	산업의학교실	연구원 유성진
고려대학교	산업의학센터	연구원 김승남
고려대학교	산업의학센터	연구원 김종서
고려대학교	산업의학센터	연구원 정연오
고려대학교	산업의학센터	연구원 박재일
고려대학교	산업의학센터	연구원 고재철

<목 차>

I. 연구목적

II. 연구내용 및 방법

- 1. 연구내용 4
- 2. 연구방법 5

III. 연구결과

- 1. 물질의 특성 115
- 2. 취급현황 120
- 3. 동물에 있어서의 영향 131
- 4. 인체 영향 141
- 5. 각국의 노출기준 요약 및 해설 144
- 6. 작업장내 근로자 노출실태 153
- 7. 노출기준 제안 178
- 8. 취급 근로자 건강장해예방 지침 182
- 9. 규제영향 분석 246

- 참고문헌 255

〈표 목 차〉

<표 2-1> OSHA의 허용폭로한도 설정을 근거한 작용조직의 종류	12
<표 2-2> 니트로메탄의 ACGIH 노출기준 추이	13
<표 2-3> 유해물질의 노출기준의 제·개정 현황	19
<표 2-4> 각 기관별 허용기준 비교	28
<표 2-5> MAK목록에 노출기준 구분	31
<표 2-6 > 독일의 노출기준	33
<표 2-7> 일본의 두 기관별 허용기준 구분	37
<표 2-8> 작업환경 평가 항목 및 평가기준 - 일반 관리분야	100
<표 2-9> 작업환경 평가 항목 및 평가기준 - 유해물질 관리분야	102
<표 2-10> 작업환경 평가 항목 및 평가기준 - 작업환경 관리분야	103
<표 2-11> 규제영향분석에 포함될 항목	108
<표 3-1> 니트로메탄의 국내 취급사업장별 사용용도	122
<표 3-2> 니트로메탄의 각종 암 유발실험	140
<표 3-3> 선진 각국의 니트로메탄 노출기준 및 발암성 자료 요약	144
<표 3-4> 표준용액 농도 및 탈착율 검정용 시료의 농도범위	154
<표 3-5> Gas chromatography 분석조건	155
<표 3-6> 탈착율 실험 결과 결과	156
<표 3-7> 니트로메탄 작업환경측정 종합 결과	158
<표 3-8> 작업환경평가 대상 사업장 현황	161
<표 3-9> 유기화합물 작업장에 설치하는 국소배기장치의 제어풍속	183
<표 3-10> 국소배기장치의 이상원인 및 대책	185
<표 3-11> 선진외국의 노출기준 종합	248
<표 3-12> 년도 별 유기용제의 업무상 질병 자 발생 현황	249
<표 3-13> 2003년 유기용제 특수건강진단 결과 연령별 분류	252

<표 3-14> 2003년 유기용제 특수건강진단 결과 직렬별 분류	253
<표 3-15> 2003년 유기용제 특수건강진단 결과 사후관리 분류	253

<그림 목 차>

[그림 2-1] 연구의 내용 및 범위	4
[그림 2-2] 연구의 접근방법	5
[그림 2-3] 문헌조사 방법	6
[그림 2-4] ACGIH의 TLVs설정절차	43
[그림 2-5] OSHA의 선정절차	48
[그림 2-6] NIOSH의 선정절차	54
[그림 2-7] 영국의 선정절차	68
[그림 2-8] 독일의 선정절차 - 1	73
[그림 2-9] 독일의 선정절차 - 2	74
[그림 2-10] 유럽공동체의 선정절차	82
[그림 2-11] 스웨덴의 선정절차	90
[그림 2-12] 프랑스의 선정절차	93
[그림 2-13] 일본의 선정절차	96
[그림 3-1] 니트로메탄 국내 시도별 취급사업장 분포현황	121
[그림 3-2] RC 모형자동차 등의 연료 제조 공정도	123
[그림 3-3] 니트로메탄 소분 작업	124
[그림 3-4] 반응기 투입준비 작업	125
[그림 3-5] 반응기에 니트로메탄 투입 작업	125
[그림 3-6] 반응기 내 숙성	126
[그림 3-7] 포장 준비작업	126
[그림 3-8] 포장 작업대	127
[그림 3-9] 제품 용기에 완제품 주입	128
[그림 3-10] 포장작업	128

[그림 3-11] 클린업 용제	129
[그림 3-12] 클린업 용제 사용 모습	129
[그림 3-13] 브로노폴 제조 공정도	130
[그림 3-14] 니트로메탄의 검량선	156
[그림 3-15] 니트로메탄의 히스토그램	157
[그림 3-16] NM의 유해·위험성 이해정도 평가 결과	162
[그림 3-17] 보건·안전관리체계 구축여부 평가 결과	163
[그림 3-18] 보건관리자의 종합계획수립 참여여부 평가 결과	163
[그림 3-19] 보건관리자의 측정 및 건강진단 참여여부 평가 결과	164
[그림 3-20] 현장의 정리, 정돈, 청소, 청결 등 위생관리상태 평가결과	165
[그림 3-21] 작업환경 개선을 위한 소집단 활동 실시 여부 평가결과	165
[그림 3-22] 보건교육 계획수립 및 실시 여부 평가결과	166
[그림 3-23] 교재를 이용한 교육 실시 여부 평가결과	167
[그림 3-24] 유해물질 용기의 경고표지 부착여부 평가결과	167
[그림 3-25] 유해물질 저장장소의 출입금지 등 표지 부착여부 평가결과	168
[그림 3-26] 적정보호구 지급 및 관리상태 평가결과	169
[그림 3-27] MSDS 작성 및 활용상태 평가결과	169
[그림 3-28] 유해물질 저장장소의 환기시설 적절성 여부 평가결과	170
[그림 3-29] NM 작업환경측정 여부 평가결과	171
[그림 3-30] 국소배기장치 설치 및 관리 적절성 평가결과	171
[그림 3-31] 업장바닥 불 침투성 재료 시공 여부 평가결과	172
[그림 3-32] 국소배기장치 적절성 여부 평가결과	173
[그림 3-33] 누출방지조치 적절성 여부 평가결과	173
[그림 3-34] 유해물질 취급수칙 적절성 평가결과	174
[그림 3-35] 취급 장소에 명칭 등의 표기 적절성 평가결과	175
[그림 3-36] 운반 및 저장시설의 관리 적절성 평가결과	175
[그림 3-37] 세척시설 등의 제공 유무 평가결과	176
[그림 3-38] 보호구 관리 적절성 평가결과	177
[그림 3-39] 비닐커튼을 이용한 3면 포위식 후드	186

[그림 3-40] 자바라식 저유량 - 고유속 후드	187
[그림 3-41] 반응용기를 이용한 포위식 건축부스형 후드	188
[그림 3-42] 투입공정용 외부식 장방형 후드	189
[그림 3-43] 포장공정용 Push-Pull형 후드	190
[그림 3-44] 포장공정용 부스형 후드	191
[그림 3-45] 포장공정용 포위식 커버형 후드	192
[그림 3-46] 반응로 입구에 설치한 이동형 외부식 후드	193
[그림 3-47] 시료채취상자용 후드(sampling hood)	194
[그림 3-48] 방독마스크의 종류 1	203
[그림 3-49] 방독마스크의 종류 2	204
[그림 3-50] 송기마스크의 착용 예	207
[그림 3-51] 송기마스크의 종류	208
[그림 3-52] 공기 공급식 마스크(공기호흡기) 착용 예	209
[그림 3-53] 분무식 눈 세척기	211
[그림 3-54] 눈 보호구의 종류	212
[그림 3-54] 내화화성 장갑	213
[그림 3-55] 내화화성 장갑 선택을 위한 투과 / 내구성 도표	214
[그림 3-56] 화학복 착용 예	218
[그림 3-57] 작업장 내에 부착해야할 경고표시 예	221
[그림 3-58] 안전·보건표지의 종류와 형태(제6조제1항 관련)	222
[그림 3-59] 시험실 용 흡후드와 국소배기장치의 예	231
[그림 3-60] 화학약품 시약장의 예	233
[그림 3-61] 샤워 및 세안을 동시에 가능한 설비	240
[그림 3-62] 수도꼭지 설치 식 세안설비	241
[그림 3-63] 바닥에 설치한 비상조합형 샤워 및 세안설비	243

I. 연구목적

고대로부터 우리 생활에서 사용되어왔던 화학물질은 1765년 영국에서 시작된 산업혁명 이후부터 본격적인 생산과 소비가 시작되었으며, 제2차 세계대전 이후 선진국을 중심으로 화학산업이 급속도로 발전하기 시작하였다. 이들 화학물질은 현대사회의 경제발전과 산업화의 원동력으로, 궁극적으로는 인류의 삶의 질을 향상시키는데 지대한 공헌을 하였다. 그러나 이와 같은 화학물질은 생산, 유통, 사용 및 폐기 등 전 생애에 걸쳐 다양한 경로로 인체와 환경에 노출되고 있어 화학물질의 위해성으로 인한 피해가 점차 증가하고 있다¹⁾. 따라서 세계 각국에서 현재 사용하고 있는 유해물질에 대해 인간이나 동물연구, 작업장 경험 등 과학적 근거와 경제적요인, 실행 가능성 등을 근거로 직업성 노출기준을 설정하여 화학물질로 인한 건강장해를 최소화하기 위한 많은 노력을 기울여 왔다.

한편 세계적으로 유통되고 있는 화학물질의 수는 약 10만종으로 매년 약 2천여 종의 새로운 화학물질이 개발되어 상품화되고 있는 것으로 알려져 있으며, 한편 국내에서는 약 37,000여종의 화학물질이 유통되고 있고, 매년 약 300여종의 화학물질이 국내시장에 신규로 진입하고 있는 것으로 보고되고 있다²⁾. 이러한 화학물질중 물질안전보건자료가 작성되어있는 물질은 약 5,000종, 노출기준이 설정되어있는 물질은 약 700여종으로 알려져 있다³⁾.

우리나라의 노출기준 설정 배경을 보면, 1979년 근로기준법의 보건관리규정 제16조, 제19조 및 제36조 1항의 규정에 의해 노동청 예규 225호로 유해물질의 노출기준을 정하였으며, 1981년 산업안전보건법의 시행령 제정 공포된 이후, 1983년 1월 20일에 노동부 고시 제1호로 작업환경측정 실시규정이 시행되어 작업환경측정 방법이 규정되고, 105종의 유해물질에 대해서 허용농도를 설정하여 평가기준으로 사용할 수 있도록 하였다. 이후 1986년 12월에 유해물질대상을 324종으로 확대되었고(노동부 고시 제86-45호), 1988년 12월에는 유해물질 373종이 추가되어 697종으로 확대 되었다(노동부 고시 제 88-69호).

1991년 노동부 고시 제91-21호로 노출기준의 관리를 개선시켰으며, 1988년에 노동부 고시 제97-65호에서 유해물질 698종 그리고 물리적인자 소음(별표 3-1), 충격소음(별표 3-2), 고온(별표 4)으로 개정하였다. 그 이후에 석면, 벤젠 등의 일부 물질의 노출기준이 개정되어 현재 노동부 고시 제2002-8호 화학물질 및 물리적인자의 노출기준을 사용하고 있다.

선진 외국의 경우, 각 나라와 조직은 기준설정에 사용된 선택기준과 우선순위, 기준의 과학적 근거, 기준설정의 비용효과분석 과정, 채택된 노출기준을 만들어 가는 접근성에 대한 결정방안, 노출기준을 위한 이론적 근거의 문서화 및 기준의 법적시행, 공개적 검토와 승인과정, 기준을 개정하는 방법, 집행 등 노출기준 설정 절차를 확립하여 시행하고 있다.

이러한 노출기준은 효율적인 환기시설의 설치, 공정의 개선 등 기술적인 측면과 작업환경개선 비용 등 경제적인 측면을 고려하여 작업환경 관리 목표에 적합하도록 합리적으로 제정되어야 하며, 한번 정해진 기준일 지라도 사회적으로 요구되는 수준이나 작업환경의 변화 등에 따라 바뀌어 질 수 있는 것이며 목표달성 여하에 따라 조정될 수 있는 것이다⁴⁾. 그러나 우리나라의 현행 화학물질의 노출기준은 대부분이 미국산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists: ACGIH)의 1988~89 노출기준을 그대로 받아들이거나 미국산업안전보건청(Occupational Safety & Health Administration: OSHA)의 “허용폭로한계”(Permissible Exposure Limit: PELs)와 ACGIH “최대평균농도기준”(Threshold Limit Value- Time Weighted Average: 이하 TLVs-TWA)이나 단시간 노출기준(Short term exposure limit: STEL)을 비교하여 엄격한 기준을 적용하여 채택한 것으로, 주기적인 연구 및 검토가 수행되지 않아 우리나라에서 사용량이 없는 물질이 설정되어있는 반면, 건강장해가 많으나 노출기준에서 누락된 물질이 있는 등 우리나라의 실정이 반영되지 못하였으며, 과학적으로 이루어지지 못하였다는 지적과 더불어 노출기준의 제·개정에 대한 방법 및 절차의 개선이 필요하다는 지적이 일부 산업보건 연구자를 중심으로 있어 왔다⁵⁾.

따라서, 본 연구에서 노출기준 설정 이후 선진 외국의 노출기준과 큰 차이를 보이고 있으나 연구 및 주기적 검토가 이루어지지 않은 화학물질 중 동물

에서 중추신경계에 작용하여 경련 및 마취작용이 있으며 폐를 가볍게 자극하고 간손상을 일으키며⁶⁾, 흡입시 피부와 눈, 호흡기계 자극과 피부염을 유발하는⁷⁾ 니트로메탄(Nitromethane)을 대상으로 우리나라의 실정이 반영된 적정수준의 노출기준(안)을 제시하고, 또한 해당 물질에 대한 근로자 건강장해예방 편람을 마련하여 직업병예방과 건강증진에 기여 하고자 한다. 세부 연구 목적은 다음과 같다.

첫째, 미국 및 일본, 독일, 스웨덴 등 선진 외국의 노출기준 설정근거를 조사하여, 니트로메탄의 현행 우리나라 노출기준을 비교·분석하여 문제점을 도출한다.

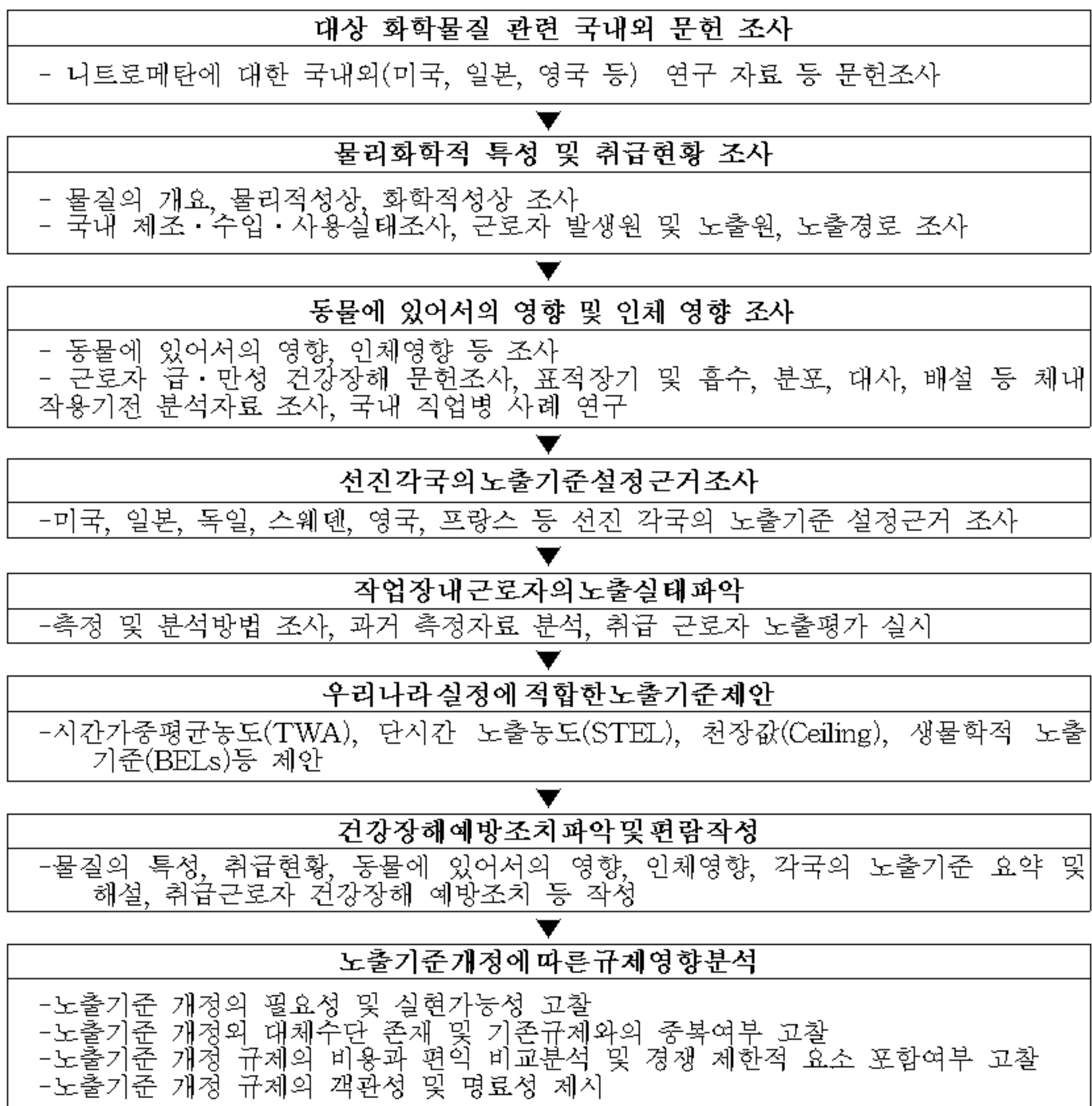
둘째, 니트로메탄의 위해성, 국내 사용실태 및 근로자 노출실태 등을 문헌이나 직접 조사한 자료를 활용하여 타당성 등을 연구하여 우리나라 실정에 적합한 노출기준을 제시한다.

셋째, 니트로메탄 취급 사업장의 공정별 작업환경관리요령, 안전취급요령 및 노출방지조치, 취급 시 주의사항 등을 제시하여 근로자 건강장해예방 편람을 작성하여 직업병예방과 건강증진에 기여한다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구내용

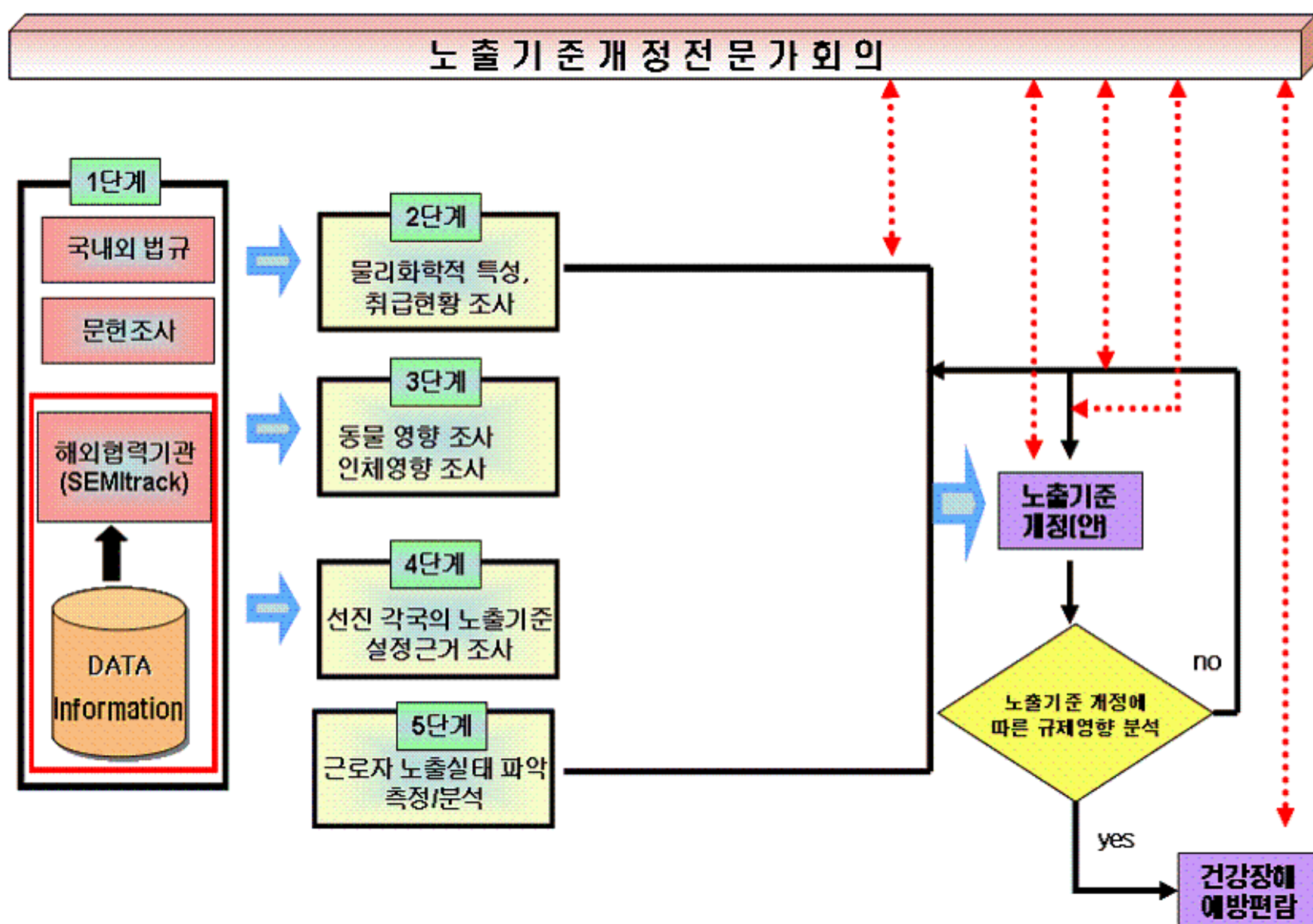
본 연구는 크게 [그림 2-1]과 같이 구성되어 진행 하였다.



[그림 2-1] 연구의 내용 및 범위

2. 연구방법

연구대상 화학물질인 니트로메탄을 대상으로 우리나라의 실정이 반영되고 과학적 근거에 의한 적정 노출기준(안)을 제시하고, 근로자 건강장해예방 편람을 작성하기 위한 연구 접근 방법은 아래의 [그림 2-2]와 같다.

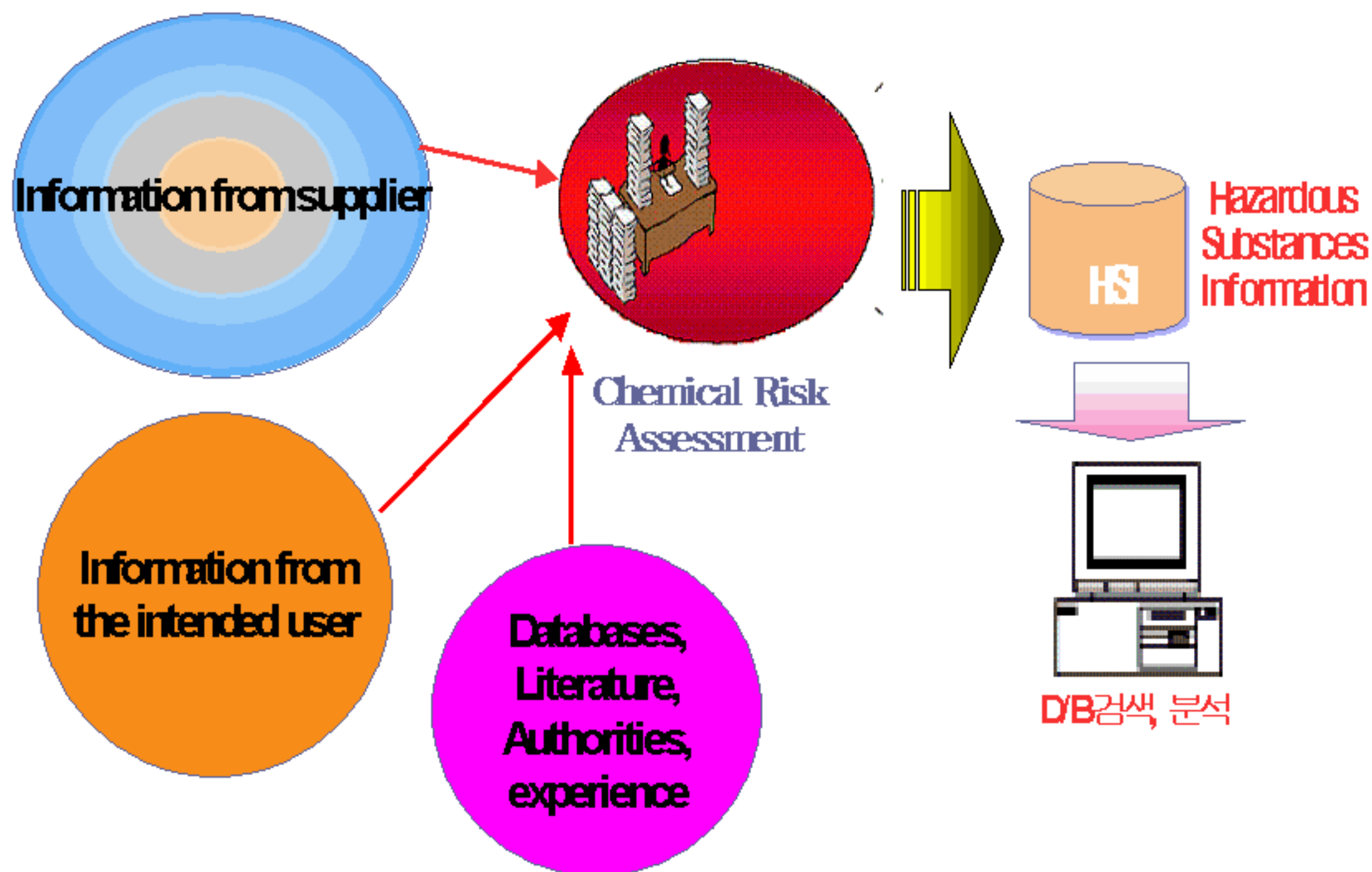


[그림 2-2] 연구의 접근방법

본 연구 수행을 위해 노출기준 개정의 전 과정을 수행할 전문가 그룹을 구성했으며, 노출기준 개정 전문가위원회는 현장의 의견을 반영 할 수 있도록 실무경험이 풍부한 산업위생전문가 5명, 화학분석전문가 2명, 산업의학전문가 2명, 그리고 행정적 검토를 위해서 한국산업안전공단의 산업보건행정전문가 2명, 명예산업안전감독관 1명을 포함하여 총 12명으로 구성하였다.

가. 제 1 단계 : 니트로메탄 관련 국내외 문헌조사

이 단계에서는 [그림2-3]과 같이 해외 협력기관인 SEMItrack사의 Hazardous Substances Information(이하 'HSI'라 한다)을 이용하여 연구대상 화학물질인 니트로메탄 관련 선진 각국의 제도 및 연구자료 등 문헌을 수집하였다.



[그림 2-3] 문헌조사 방법

(1) 니트로메탄 관련 국내외 문헌조사

- 미국(ACGIH, OSHA, NIOSH), 영국, 일본, 독일, 스웨덴, 프랑스의 노출기준 및 설정근거 자료 수집
- 물질의 특성, 독성(동물 및 인체 영향)자료 등 관련 연구자료 수집
- 측정 및 분석방법, 건강장해예방 등 관련 정보 수집

나. 제 2 단계: 물리화학적 특성 및 취급현황 조사

이 단계에서는 1단계에서 수집한 자료를 활용하여 니트로메탄의 물리화학적 특성 및 국내 사용량, 수입량 및 제조량, 취급 공정 수 및 근로자수 등 제조 또는 사용 현황을 파악하고, 이를 토대로 현지 방문 및 전화 조사를 통해 작업장의 주요 발생원 및 발생공정과 취급 근로자에 대한 노출경로를 파악하였다.

(1) 물질의 특성조사

가) 물질의 개요

물질의 개요를 파악하기 위하여 한글 물질명, 영문 물질명(IUPAC명, CA명), 이명, CAS번호, 외관, 냄새 등을 조사

나) 물리적 성상

분자량, 비중, 녹는점, 끓는점, 증기압, 증기밀도, pH, 점도, 용해도, 분배계수, 증발율, 냄새의 서한도 등 조사

다) 화학적 성상

화학적 성상으로는 인화점, 자연발화점, 폭발성, 산화성, 반응성, 안전성, 기피 물질, 유해분해산물, 소화제 등 조사

(2) 제조 또는 사용현황 조사

니트로메탄의 연간 국내 제조 및 사용량, 취급 근로자수, 취급시간, 제조 또는 사용용도 등을 파악하기 위하여 다음과 같은 자료를 활용하였다.

○ 산업안전보건법 제81조에 근거한 2004년 전국 제조업체 작업환경실태조사⁸⁾자료(이하 “작업환경실태조사”라 한다)

○ 유독물질 실적보고자료⁹⁾를 활용하여 니트로메탄의 수입/제조/사용/수출량 자료 파악

○ 한국관세무역연구원의 2004년도 수입업체 현황¹⁰⁾

○ 2004년도 유독물 유통실적 분석 결과 보고서¹¹⁾

이와 같은 자료를 이용하여 1차적으로 전화조사를 통하여 실제 사용여부를 파악하였으며, 전화상으로 사용유무가 불명확한 경우는 직접 방문조사를 실시하여 사용유무를 확인하였다. 또한 동종업종에 대한 자료를 확보하여 국내 제조 및 사용실태를 파악하였다.

(3) 발생원 및 발생공정 조사

앞 단계에서 수행한 연구결과를 토대로 실제로 니트로메탄을 제조하거나 사용하는 사업장 선별하였고, 취급 공정 등 주요 발생원 직접 파악 하였다.

(4) 취급근로자의 노출경로 조사

○ 현장 방문조사를 통해 취급근로자에 대한 유해물질 노출경로를 파악하였다.

다. 제 3 단계: 동물에 있어서의 영향 및 인체영향 조사

이 단계에서는 니트로메탄의 동물에 있어서의 영향 및 인체영향에 대한 자료를 조사하였으며, 세부 내용은 다음과 같다.

(1) 동물에 있어서의 영향 조사

가) 급성독성

급성경구독성, 급성경피독성, 급성흡입독성 조사

나) 아급성독성(아만성독성)

14일, 28일, 90일 반복투여독성 등 조사

다) 만성독성

1년 이상 장기간 투여독성, 최대무작용농도(NOEL) 등 조사

라) 변이원성

복귀돌연변이시험(Ames test), 염색체이상시험, 소핵시험 등 조사

마) 생식독성

수태능력시험, 최기형시험 등 조사

바) 발암성

설치류 등 동물의 암 유발시험 자료 조사

사) 기타

상기 독성정보 이외의 추가 정보 조사

(2) 인체영향 조사

가) 인체 내 작용기전

흡수, 분포, 대사, 배설 등 조사

나) 단기노출시 인체 유해성

단기간 흡입 또는 섭취 시 인체영향 조사

다) 장기 노출시 인체 유해성

장기간 흡입 또는 섭취 시 인체 영향 조사

라) 인체 표적장기독성

흡입 또는 섭취 시 인체의 간, 폐, 신장, 혈액 등에 대한 영향 조사

마) 인체 발암성

국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC) 등에서 연구한 인체에 대한 발암성 정보 조사

바) 사람에 대한 국내외 재해사례

국내외에서 발생한 직업병 등의 재해사례 조사

라. 제 4 단계: 선진 각국의 노출기준 설정 근거 조사

이 단계에서는 노출기준설정의 이론적 배경을 고찰하고 미국, 일본, 독일, 스웨덴 등 선진 각국의 노출기준 제시 및 설정근거를 HSI 및 문헌조사 후 요약 및 해설을 실시한다.

선진 각국의 노출기준 설정의 이론적 배경을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 노출기준의 개념

가) 노출기준의 의의

작업환경의 관리를 위한 여러 가지 방법 중 가장 이상적인 것은 근로자들이 노출되는 유해요인의 발생원 자체를 제거하는 것이겠지만, 이는 실제 작업장에서의 관리방법으로는 커다란 어려움이 따르는 것이므로 대부분의 국가에서는 근로자들이 유해물질에 노출(Exposure)될 경우에 대비하여 작업장의 공기 중 유해물질 농도의 한계를 정하여 규제하고 있다. 노출기준은 원래 근로자의 건강보호를 목적으로 설정된 작업장의 공기 중 유해 물질 농도의 한계치로 권고적인 지침으로서의 작업환경관리기준이다. 그러나 국가에 따라서는 행정적으로 사업장의 작업환경을 규제하는 법적기준으로 사용하는 경우도 적지 않다. 전 세계적으로 가장 많이 인용하거나 준용하고 있는 미국산업위생전문가협회(ACGIH)의 노출기준은 대부분 동물실험에 의한 것과 경험에 의한 것들을 종합한 것이어서 실제 명확한 근거가 있기보다는 추정치로 설정한 것이므로 그대로 적용하기에는 한계점이 있다. 예를 들면 자극성이 강한 물질은 만성적인 전신 중독을 기준으로 정한 것이기보다는 자극성 그 자체를 기준으로 한 것이므로 노출기준을 초과했다 해서 이를 곧 중독과 결부 지을 수 없는 경우가 있는 것이다. 일반적으로 노출기준 근처에서는 20~30년 동안 근무해도 건강상 나쁜 영향을 미칠 위험이 없다고 보고 있으므로 약간 상회하였다는 이유로 그 작업장을 유해한 작업장으로 평가하여 이를

근로자 건강문제와 직결시켜서는 안 되는 경우도 적지 않다. 또한 작업환경관리를 행할 때 고려해야 할 사항은 노출기준설정이 중등도의 작업을 하는 근로자를 기준으로 하여 제안된 것이므로 격한 작업이나 많은 호흡량을 필요로 하는 작업의 경우에는 같은 환경에서 작업을 한다 해도 유해물질을 흡입하는 양이 많아지게 된다는 것이다. 따라서 작업강도, 속도, 시간 등 여러 가지 요인에 따라 허용기준의 범위가 달라질 수 있으므로 단일한 노출기준만이 절대적인 것이라고 생각해서는 안 되는 것이다¹²⁾..

나) 정립의 연원

1941년 미국 표준연구소(ANSI)에서 처음 노출기준을 발표한 이후, 국제노동기구(ILO)를 비롯한 세계 각국에서 사용하고 있는 허용기준은 미국산업위생전문가 협의회(ACGIH)의 권고기준인 한계치(Threshold Limit Values, 이하 TLVs)를 근거로 하고 있으며, ACGIH는 1938년 NCGIH(National Conference of Governmental Industrial Hygienists)로 출범한 후 작업장내의 안전기준(Safe Limits)이나 한계치(Threshold Limits)에 대한 연구·발표를 시작하였으며, ACGIH로 명칭을 바꾼 후인 1953년 TLVs의 개념을 『하루 8시간 작업을 할 때의 유해물질폭로의 “최대평균농도기준”』이라고 정의하였다.

참고로 우리나라에서 사용되고 있는 ‘노출기준’이라는 용어는 1970년 설립된 미국 산업안전보건청(Occupational Safety & Health Administration, OSHA)의 허용폭로한계 (Permissible Exposure Limits, PELs)라는 의미로 계속하여 사용하고 있다.

다) 노출기준과 작용조직의 종류

노출기준은 그 수치가 정해져있는 물질인 경우 건강장해를 예방하기 위한 지침으로서 널리 이용되고 있는데 수치를 정함에 있어서 고려된 작용조직의 종류는 물질에 따라서 다르다. 예를 들면 어떤 물질에서는 급성마취작용에 근거하고 있는데 또 다른 물질에서는 발암성에 근거를 두고 있다.

작용조직의 종류는 많고, 그 분류방법이 여러 가지이다. 일례로서 미국산업안전보건청(OSHA)이 허용폭한도(Permissible Exposure Limits, PEL)를 정하기 위해 이용한 종류와, 그 종류마다의 PEL이 정해진 물질의 수 및 그 예를 <표 2-1>에 나타내었다¹³⁾.

<표 2-1> OSHA의 허용폭로한도 설정을 근거한 작용조직의 종류

작용조직의 종류	대상 물질 수	대상물질의 예
신경계에 대한 작용	20	노말렉산, 수은
마취성 작용	19	가솔린, 스티렌, 톨루엔
지각자극 작용	79	아세톤, 염소, 암모니아
간장, 신장에 대한 작용	17	사염화탄소, 디옥산, 히드라진
눈에 대한 자극	5	황화수소, 메틸알콜
호흡기에 대한 자극	35	실리카, 오존, 이산화유황
심장혈관계에 대한 자극	7	이황화수소, 니트로글리세린
전신 계에 대한 유해 작용	34	아세토니트릴, 에탄올아민
유해소견이 나타나지 않는 수준	23	초산메틸, 디에틸후타레이트
물리자극성	45	석회석, 석고, 시멘트
후각 작용	3	페닐에테르
유사물질로부터의 유추	73	무수초산, 질산, 수산화칼슘
대사의 저해	26	아닐린, 일산화탄소
감작성	8	코발트금속, 톨루엔다이소시아네이트
발암성	16	아크릴아미드, 베릴륨, 클로로포름

라) 노출기준의 시대에 따른 변화

화학물질의 수가 많아서 노출기준을 결정함에 있어서는 작용조직의 종류와 양-반응관계 등 근거가 되는 정보가 충분치 않은 경우가 많다. 이 때문에 노출기준 수치는 생체영향에 대한 새로운 정보의 축적, 작업환경실태가 저 농도로 이행, 건강에 대한 사회적 가치관 변화 등에 따라서 점차 낮은 수치로 개정되어 가는 전체적인 경향이 있다. 따라서 연구대상 유해물질인 니트로메탄에 대한 ACGIH의 노출기준 변화를 <표 2-2>에 나타내었다¹⁴⁾.

<표 2-2> 니트로메탄의 ACGIH 노출기준 추이

대상 물질명	노출기준의 추이
니트로메탄	○ 1946: MAC-TWA, 200 ppm ○ 1947-1993: TLV-TWA, 100 ppm ○ 1976: TLV-STEL, 150 ppm ○ 1986: TLV-STEL withdrawn ○ 1990: Proposed: TLV-TWA, 20 ppm ○ 1994-1999: TLV-TWA, 20 ppm ○ 1999: Proposed: A3, Confirmed Animal Carcinogen with Unknown Relevance to Humans ○ 2000-present: TLV-TWA, 20 ppm; A3, Animal Carcinoge

마) 노출기준의 설정 방법

TLVs, WEELs, MAKs, 또는 다른 노출기준이 없는 몇몇 작업장에서는 직업적 노출기준을 개발하기 위한 과정을 수립한다. 특히 제한된 재원을 가진 작업장에서 직업적 노출기준을 개발하는 것은 어려울 수도 있으나 공식적인 직업적 노출기준이나 작업장 내 직업적 노출기준 없이는 노출평가가 완전할 수 없다.

기본 특성을 규명하는 동안 수집한 건강영향정보는 직업적 노출기준을 설정하는데 이용될 수 있다. 산업위생전문가는 독성학, 산업의학, 역학 등의 전문가들로부터 기술적인 정보를 입수하고, 가능하다면 이들을 직업적 노출기준을 설정하는데 적극 참여시켜야 한다. 직업적 노출기준은 노출을 평가하는데 필요한 기술개발과 기준을 준수하게 하는데 원동력이 되며 이는 노출기준과 비교하기 위해 요구되는 민감도를 가진 분석방법이 없어도 또는 현재의 공학적 기술이 직업적 노출기준 이하로 적절하게 관리 할 수 있는 수준이 아니더라도 직업적 노출기준을 설정해야 한다.

특히 발암물질의 경우 용량-반응 자료를 수학적 모델에 일반적으로 적용하며, 적합한 모델을 이용하여 주어진 용량에 대한 위해성을 예측한다. 종양을 관찰할 수 있는 확률은 기본적으로 누적용량함수이며 많은 직업병 전문가들은 1/1,000에서 1/10,000,000까지의 수용 가능한 위해도 수준을 자주 다루어 왔다.

발암성 물질이 아닌 경우에는 건강에 대한 부작용 관찰은 기본적으로 매일 섭취하는 용량에 좌우된다. 발암성이 아닌 물질의 위해성 평가에 대한 접근방법은 일반적으로 유해물질의 건강에 영향을 줄 수 있는 위해성을 정성적으로 결정하는 것이며 이때 위대한 건강효과가 사람들에게 유발될 가능성이 거의 없는 노출수준 이하를 결정하기 위하여 불확실성 계수(예: 안전계수)를 이용한다. 이러한 접근방법은 대표적으로 실험동물의 독성자료를 이용할 수 있을 때 사용하지만 인간에 대한 역학적 자료를 이용할 수 있을 때도 사용한다. 일반적으로 NOEL은 의미 있는 수치이며 통계학적으로 유의한 수준에서 독성학적으로 심각한 건강 영향을

일으키지 않는 가장 높은 노출기준을 나타낸다. 만약에 NOEL을 규정할 수 없다면 LOEL이 의미 있는 수치가 된다.

독성학적 연구와 NOEL 또는 LOEL을 선택하는 것에 근거하여 건강에 부작용을 주는 노출을 경험하기 어려운 수준에서 예측하기 위해 필요한 불확실성 계수를 선택한다. 불확실성 계수들은 독성학적 연구의 실험 설계뿐만 아니라 동물실험 결과를 사람에게 외삽하는 과정의 불확실성을 고려하여 선택한다. 미국 식품의약청(FDA)은 불확실성 계수를 이용한 접근방법을 개발하였으며 외삽법에 대한 지식이 부족할 때는 일반적인 방법으로 100배의 불확실성 계수를 권고하고 있다. 이러한 100배의 불확실성 계수는 동물에서 인간으로 외삽할 때의 안전계수 10과 인간집단내의 민감도 차이를 설명하기 위한 부가계수 10을 통합한 것이다. 불확실성 계수 100은 만성독성 연구를 기초로 한 NOEL을 흔히 사용하며 LOEL을 이용하여 불확실성 계수를 선택할 때는 NOEL에 의거하여 결정하지 못하기 때문에 나타나는 불확실성(일반적으로 1-10)을 부가하여 LOEL의 전체 불확실성 계수를 1000으로 할 것을 미국환경보호청(EPA)에서 권고하였다. 위해성 평가방법에 사용하는 직업적 노출기준을 설정할 때는 유능한 독성학과 위해성 평가 전문가의 자문을 받도록 권고하고 있다.

직업적 노출기준의 근거인 독성자료가 없을 때는 화학적으로 유사한 하나 이상의 물질에 대한 독성자료와 적절한 안전계수를 근거로 작업장 내 직업적 노출기준을 개발할 수도 있다. 이러한 안전계수들은 노출기준 설정 대상 화합물 대신에 화학적 유사성에 근거한 자료를 사용하기 때문에 나타날 수 있는 불확실성을 반영하는 것이다¹⁵⁾¹⁶⁾.

바) 노출기준의 활용

모든 노출평가는 직업적 노출기준의 적용가능성에 의해서 단정된다. ‘어느 정도가 많은 양인가?’에 대한 간단한 대답으로 직업적 노출기준은 수용 노출과 불수용 노출을 구분하기 위한 이론적인 기준을 제시한다. 따라서 직업적 노출기준이

없을 경우 유해인자에 대한 노출이 제거되지 않는 한 노출평가는 완료될 수 없다.

외면상으로 볼 때 직업적 노출기준의 범위 내에 노출등급이 있으면 수용할 수 있고 초과하는 것은 수용할 수 없다. 물론 노출평가는 직업적 노출기준들의 질적 수준이 다양하기 때문에 간단하지는 않다. 어떤 직업적 노출기준은 풍부한 실험실 자료와 역학적 자료를 가지고 설정된 것도 있지만 유사성, 외삽, 그리고 판단에 근거해서 만들어진 것도 있다. 산업위생전문가는 규제적 노출기준이나 권위 있는 기관의 직업적 노출 기준을 사용하여 판단할 때 또는 내부 직업적 노출기준이나 작업 장내 직업적 노출기준을 채택할 때에는 직업적 노출기준을 설정할 때 활용된 자료들의 질적 수준을 반드시 고려해야 한다. 규제적 기관이나 기구들은 이들 기관에서 설정한 직업적 노출기준을 사용하도록 하지만 산업위생전문가는 보다 고전적인 기준을 사용하거나 직업적 노출기준이 유용하지 않을 때는 작업장내 직업적 노출기준을 결정하여 사용하는 경우가 빈번하게 있다. 물론 이러한 경우 선택에 대한 책임이 따른다.

사실 모든 직업적 노출평가에서 산업위생전문가는 직업적 노출기준이 적절한가를 확인하여야 하며 규제적 기준을 사용할지 또는 권위 있는 기관의 직업적 노출 기준을 사용할 것인지를 선택한다. 또는 기존의 독성학적 근거가 취약하다면 안전계수를 이용하여 기존의 노출기준을 수정한 후 선택한다. 만일 직업적 노출기준을 사용할 수 없다면 산업위생전문가는 가능한 자료를 이용하여 내부 직업적 노출기준이나 작업장 내 직업적 노출기준을 설정하며 대부분의 경우 내부 또는 작업장 내 직업적 노출기준 설정에 필요한 자료가 부족한 경우는 거의 없다. 이용할 수 있는 독성학적 자료가 거의 없는 경우에는 작업장 내 직업적 노출기준은 단지 지침이며 매우 불확실한 것이다. 만일 직업적 노출기준의 불확실성이 높으면 산업위생전문가는 위해성이 과소평가되지 않게 확신하기 위하여 적절하게 큰 안전계수를 사용하며 안전계수는 작업장 내 직업적 노출기준의 결정을 명확하게

하는 데 적용할 수 있으며 이것들은 최고 노출상황을 모델화하여 노출평가를 할 수 있다. 가장 중요한 사항은 산업위생전문가의 전문적 판단이 명확해야 하고 설명할 수 있는 사실에 근거해야 한다는 점이다. 이러한 것은 판단의 근거가 독성과 노출에 대한 최상의 평가가 된다는 책임질 수 있는 어떠한 시나리오에 부합되어야 실현된다.

이용 가능한 자료가 충분하지 못하여 작업장 내 직업적 노출기준을 선정 할 수 없는 경우는 거의 없다. 정상적인 예방조치란 노출이 매우 위험하므로 적극적인 관리가 이루어지도록 하는 것이다. 노출이 수용할 수 없는 것으로 확실하게 판단될 때 직업적 노출기준이 없는 경우는 공학적인 개선(예: 밀폐), 작업내용 개선, 개인보호구(예: 호흡과 피부보호구)를 최대한 사용하여 노출을 관리한다. 어떤 작업장에서는 작업장 내 노출의 특성 또는 독성을 평가하기 어려울 때 이러한 전략을 사용하는 경우도 있다.

제약 산업에서는 생산과정에서 합성된 어떠한 약품과 유기 부산물에 대한 영향이 관찰되지 않는 농도(NOEL)를 확인하기 어려운 경우 때때로 흥미로운 접근방법을 사용한다. 때로는 각각의 성분과 부산물에 대한 독성이 완전하게 규명되지 않지만 화학적 인자들의 생물학적 활성도는 여전히 분별력이 된다. 어떤 체계는 기본적인 독성정보를 사용하여 화합물들을 “실행을 근거로 한 노출관리기준 (Performance - Based Exposure Control Limits, PB-ECL)” 으로 알려진 다섯 가지 위해성 범주 가운데 하나로 분류한다. 이때 각각 노출들이 포함된 범주의 표준관리방법을 사용하여 “노출관리기준” 이하로 노출을 관리 한다¹⁷⁾.

(2) 국내 노출기준의 성립과정과 현황

가) 성립 및 변천

현재 세계 각국에서 사용하고 있는 유해인자에 대한 노출기준은 동물실험, 인체실험, 산업현장의 경험 등을 바탕으로 설정되는데 주로 미국산업위생전문가협

의회(ACGIH)에서 권고하는 기준을 받아들여 사용하는 것이 보편적인 추세이다.

우리나라의 유해물질 노출기준은 1972년 노동청예규 제102호로 정한 것이 효시로서 이는 근로기준법 제6장의 “안전과 보건에 관한 사항”을 근거로 대통령령으로 정한 보건관리규정 제16조 내지 제19조 및 제36조의 규정에 의한 것이었으며, 1981년 산업안전보건법의 제정과 함께 1983년 1월20일 “작업환경측정방법”(노동부고시 제1호)에서 약 50여종의 허용기준을 정하여 사용하다가 1988년도에 그 대상을 697종으로 확대하였으며, 산업안전보건법의 전면개정(‘90. 7. 1)에 따라 유해물질의 허용농도를 개정고시 하였다. 1998년 1월 5일에는 고시명칭을 화학물질 및 물리적인자의 노출기준으로 변경하면서 대상물질에 2-브로모프로판을 추가하여 그 대상이 698종으로 되었다¹⁸⁾. 또한 2002년 2월 4일에는 석면의 노출기준을 2개/cm³에서 0.1개/cm³로, 동년 5월 6일에는 벤젠의 노출기준을 10ppm에서 1ppm으로 강화·개정하여 현재까지 작업장의 환경규제 기준으로 사용하고 있으며 참고로 <표 2-3>에 국내 유해물질 노출기준의 제·개정현황을 요약하였다¹⁹⁾²⁰⁾.

<표 2-3 > 유해물질 노출기준의 제·개정 현황

연도 (제·개정)	고 시	규 정 물질 수	비 고
1972. 2. 8	노동청예규 제102호	총 57종	○“유해물질 허용농도 및 동 측정요령” 제정 당시 동 예규에 57종의 유해물질 과 분진, 소음, 온도에 대해 허용농도를 규정 - 근로자의 보건관리 규칙으로 하여 예 규 별표에 별도 규정
1983. 1.20 (제 정)	노동부고시 제1호	총 50종	○1983년“작업환경측정방법”제정 당시 동 고시 내에 총 50종에 대한 허용농도 규정 - 유기용제 16종, 특정화학물질 31종 및 소음, 분진, 납
1986.12.22 (제 정)	노동부고시 제86-45호	총324종	○“작업환경측정방법”중 “유해물질의 허 용농도”를 분리하여 별도고시(‘83년의 허용농도 규정을 보완)
1988.12.23 (1차 개정)	노동부고시 제88-69호	총697종	○“원진레이온근로자 이황화탄소중독사 건”을 비롯해 유기용제·중금속등 유해 물질에 의한 직업병이 크게 사회 문제 화 된 것을 계기로 유해 물질 373종을 추가로 규정
1991. 3.30 (2차 개정)	노동부고시 제91-21호	총697종	○작업환경측정방법” 및 유해물질의 허 용농도”도 개정하였으나 697종에 대한 허용농도는 변화 없음.

연도 (제 · 개정)	고 시	규 정 물질 수	비 고
1998. 1. 5	노동부고시 제97-65호	총698종	○ 산업안전보건법 제42조의 평가기준 으로 사용하기 위해 유해물질의 허용 농도를 화학물질 및 물리적인자의 노 출기준으로 용어를 변경 하였으며 2- 브로모프로판의 실험결과 생식독성물 질임이 밝혀짐에 따라 동 물질의 노출 기준을 추가 - 나머지 물질에 대해서는 변화 없음
2002. 2. 4	노동부고시 제2002-2호	총698종	○ 석면의 노출기준 2개/cm ³ 에서 0.1개/ cm ³ 로 강화
2002. 5. 6	노동부고시 제2002-8호	총698종	○ 벤젠의 노출기준 10ppm에서 1ppm 으로 강화

나) 1988년 유해물질의 허용농도 개정 내용

1987년도에 400종의 유해물질(분진포함)에서 1988년 개정시 627종으로 확대하
여 기존 유해물질 중 289종은 노출기준이 동일한 반면, 11종에 대해 노출기준을
변경하였으며, 227종의 새로운 유해물질을 추가하였다. 구체적인 변경내용으로는
ACGIH-TLV의 STEL치가 1984년 이후 많이 삭제됨에 따라 68종에 대해 STEL
치를 삭제, ACGIH-TLV의 개정에 따라 13종의 기준 변경, OSHA-PEL의 기준
강화에 따라 8종의 기준 강화, 오탈자 및 누락사항에 대한 추가 · 정정 12종, 일본
의 권고기준을 ACGIH-TLV로 3종 변경, 시간가중평균농도(TWA)를 ACGIH의

최고허용농도(Ceiling)로 7종을 변경하였다²¹⁾.

다) 노출기준 성립배경

정부차원의 유해물질 노출기준 제·개정에 관한 연구는 85년 노동부 국립노동과학연구소에서 수행한 유해화학물질의 허용농도제정에 관한 연구를 통해 다양한 유해물질의 노출기준을 정부에 건의하였으며, 당시의 건의 내용을 보면 다음과 같다.

한 종류의 유해물질에 TLV를 설정하는 데에도 여러 가지 실험을 거치게 됨으로 시간이 많이 걸리고 따라서 이에 대한 많은 경비가 소요되는 것이 일반적이므로 선진국에서도 미국 ACGIH에서 정하여 발표하고 있는 TLV를 전부 또는 일부를 사용하거나 개정하여 거의 비슷하게 제정 사용하고 있다. 그러므로 이 분야의 연구가 미진한 상황을 고려하여 우리나라에서도 ACGIH의 자료를 주로 참고하여 사용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

주요 건의 내용을 보면 미국 ACGIH와 일본산업위생학회가 정하여 발표한 내용을 비교하여 기준이 같은 유해물질의 TLV는 그대로 수용하며, 비교결과 높은 수치를 그대로 택한다. 또한 유해화학물질 중 ACGIH에서 정한 650여종과 일본의 산업위생학회 권고치 120여종 중에서 우리나라 사업장에서 많이 사용되는 물질 380종에 대해 선별하여 선정하고 산업안전보건법에 규정되어 있는 103종에 대해서는 허용농도를 제정 고시하며, 그 외의 물질에 대해서는 권고농도로 정하여 사업장에서 참고할 수 있도록 제안하였다²²⁾.

라) 현 황

현행 화학물질 및 물리적인 인자 노출기준(노동부 고시 2002-8호, 2002)은 제1조 목적에 산업안전보건법 제42조 및 동법 시행규칙 제 93조 제2항에 규정되어 있는 인체에 유해한 가스, 증기, 미스트 및 흠이나 분진, 소음 및 고온 등 화학물질 및 물리적 인자에 대한 작업환경평가와 근로자의 보건상 유해하지 아니한 기준을 정함으로서 근로자의 건강을 보호하는데 주목적이 있다. 이 고시에서 사용

되는 노출기준이라 함은 제 2조 정의에 근로자가 유해요인에 노출되는 경우 노출 기준 이하 수준에서는 거의 모든 근로자에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 아니하는 농도로 1일 작업시간 동안의 시간가중평균농도(Time Weighted Average, TWA), 단기폭로농도인 STEL, 또는 최고폭로농도(Ceiling, C)로 표시되는 농도로 정의되어 있다. 여기서 TWA라 함은 1일 8시간 작업을 기준으로 한 평균농도이며, STEL은 1회에 15분간 유해요인에 노출되는 경우, C는 1일 작업시간 동안 잠시라도 노출되지 않아야 하는 농도를 뜻한다. 그러나 이 고시에 규정되지 아니한 유해요인의 노출기준은 미국산업위생전문가협회(ACGIH)에서 매년 채택하는 노출기준(TLV)을 준용하도록 하고 있다.

이 노출기준에 대해 구체적으로 살펴보면, 유해물질의 선정은 ACGIH-TLV에 86년에서 88년까지 3개년 동안 계속 채택된 물질이 모두 선정되어 ACGIH의 1988-1989년 TLV 697종 중 648종(96%)이 그대로 채택이 되었다. 특히 발암성 물질로 확인된 물질(A1)이나 발암성으로 추정되는 물질(A2)에 대한 규정은 88-89년도 TLV에 나온 것을 모두 수용해 따로 정리되어 있다. 노출기준 미 제정 발암성물질도 TLV에 수록된 연구 진행 중인 물질 목록을 그대로 수록하였으며, 또한 노출기준 설정 물질 중 OSHA의 노출기준이 있는 것은 OSHA의 84년도 PEL과 ACGIH - TLV중에서 보다 엄격한 기준을 채택하였다.

(3) 선진외국의 노출기준 관련 제도 운용 현황

가) 미국

미국은 사업장내에서 취급하고 있는 화학물질에 대한 관리 기준을 3개 기관에서 달리 정하여 권고 또는 규제하고 있다.

○ 산업위생전문가협회(ACGIH)의 허용기준(TLV)

미국산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists)에서 매년 발표하는 유해물질의 한계치(Threshold Limit Values)는

미국을 비롯한 많은 국가에서 규제 또는 권고기준으로 인용하고 있다.

미국의 경우 1940년경부터 1970년 산업안전보건법이 발표되기 전까지는 미국산업위생전문가협회의 TLVs가 미국의 산업보건 기준의 대표적인 기준으로 통용되었다. 1936년 이전에는 산업위생분야에 대해 일반이나 정부의 관심이 적었으나, 1936년 미국 국회가 사회보장법(Social Security Act)을 제정한 후 공중보건에 대한 모든 분야의 개발과 관심이 고조되기 시작하였다. 이에 따라 미국 정부차원에서 사업장 관련 활동을 증가시켜 왔으나 산업위생에 관한 업무가 정부기관이 아닌 독립된 전문단체의 관리 하에 이루어지는 것이 바람직하다는 의견이 다수를 이루었다. 이후 1938년 미국산업위생전문가협회(NCGIH)의 결성으로 안전기준(Safe Limit)이나 한계치(Threshold Limits)에 대한 연구 발표가 시작되어, 1950년에 160종의 TLVs가 제정 발표되었고 그 후 과거에 사용하던 NCGIH란 명칭을 ACGIH로 개칭하였다. 당시 발표한 160종의 유해물질 허용기준(MAC)내용을 보면 가스와 공기 등 116종, 유해분진, 흙 그리고 미스트 등 27종, 광물성분진 13종, 전리 방사선 4종이었다. 그러나 이때의 유해물질의 허용기준인 MAC(Maximum Allowable Concentration : 최대허용농도)를 정할 때만해도 MAC의 정의가 명확하지 않았다. MAC의 정의는 급성이나 혹은 수년 후에도 인체의 기능에 장애가 없고 인체에 불편함을 가져오지 않으면서 사람이 인내할 수 있는 가스나 증기 혹은 흙이나 분진의 최대량을 의미한다. 본 정의에서 보듯이 MAC는 공기 중 유해물질의 안전과 비 안전(Safe and Unsafe)의 명확한 선을 긋지 아니 하였으며 오히려 안전한 작업조건을 정의하는데 주력하였다. 이때까지 MAC라는 용어는 Threshold Limit Value, Toxic Limit와 서로 혼용되어 사용되었으며 Threshold Limit Value(TLVs)란 용어는 1950년 Archives of Industrial Hygiene & Occupational Medicine이란 잡지에 처음 등장하였다.

1953년에 TLVs란 용어가 하루 8시간 작업을 할 때의 최대 평균농도 기준이라고 정의 되면서 과거 MAC의 최고값(천정값) 개념이 달라지게 되었다. 즉,

MAC의 허용기준 개념은 일정농도 이하로는 관계가 없으나 일정농도 이상은 허용이 되지 않는 개념이었으나 TLVs는 최대평균농도로서 8시간의 평균이 어느 값을 넘지 않으면 일시적인 초과는 용인되는 개념이었다.

1956년에 TLVs의 항목이 238개 유해물질로 증가되면서 TLVs의 중요성이 사회적으로 대두되었고, 이후 새로운 유해물질의 허용기준이 매년 추가되었으며 특히 미국 연방법이 Walsh-Healey Public Act에서 ACGIH의 TLVs를 준용하여 연방기준으로 적용 하였다.

ACGIH의 연구는 1960년대에 들어와서 본격적으로 가속화되어 여러 학문에 관계하는 전문가들을 구성하여 유해물질 허용기준의 설정을 위해 다각도로 연구하였다. 특히, 1962년에 3종의 화학물질(벤지딘, 나프틸아민, 나이트로소 디메칠아민)을 직업성발암 물질로 규정하여 이에 따른 허용기준을 발표하였으며, 1963년에는 TLVs의 시간가중평균 개념(Time Weighted Average)과 천정값(Ceiling Value)의 개념이 도입되기 시작하였다. 이러한 TLVs의 설정배경은 사회적·경제적 여건보다는 학문적·과학적 근거를 바탕으로 거의 모든 근로자에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 농도를 고려하는 것이다. 따라서 TLV를 매년 추가하거나 기준을 강화하는 등의 발표를 하고 있어 TLV가 설정된 화학물질의 종류가 1988년까지 총 697종이었으나 그 이후 1997년에는 미국 내에서 사용이 되지 않거나 또는 물질의 독성이 유사하여 통합관리 해도 무방한 물질 16종을 TLV기준에서 제외하고 신규화학물질 50종을 새로이 추가하여 총 731종의 화학물질로 확대 적용하고 있다. 또한 기존 화학물질 51종에 대해서도 기준을 강화하는 등 TLV기준을 지속적으로 제정·개정하고 있다. 그러나 이들 물질 중 75종은 관용명 또는 동의어 등으로 표시하여 동일한 물질이 중복 기재된 것이므로 사실상 TLV를 정하고 있는 화학물질의 종류는 총 656종이라 할 수 있다²³⁾²⁴⁾²⁵⁾.

○ 산업안전보건청(OSHA)의 허용농도(PELs)

미국은 1970년까지는 근로자들을 안전과 건강에 대한 위협으로부터 보호하기

위한 단일하며 포괄적인 규정이 없었다.

그러나 1970년 산업안전보건법(Occupational Safety & Health Act)의 제정과 더불어 근로자의 안전과 건강보호를 목적으로 노동성 산하에 OSHA를 설립하였으며, 이 과정에서 1970년 이전의 기존 합의기준들(Consensus Standards)을 정식 법제화하는 절차를 거치지 않고 OSHA 29 CFR 1910. 1000에서 Walsh-Healey Public Contracts Act 규정을 채택함으로써, 1968년 ACGIH의 TLVs와 미국표준연구소(American National Standards Institute : ANSI)의 기준을 간접적 연방기준으로 사용하였다.

그러므로 ACGIH의 TLVs가 곧 OSHA의 PELs에 직접 영향을 주거나 하는 구속력은 없었으며 PELs는 미국 연방정부가 적용하는 공식적인 공기 중 유해물질의 허용기준이다.

PELs는 주로 1968년 ACGIH의 TLVs기준을 거의 그대로 채택하였기 때문에 최초에는 대부분의 화학물질의 허용농도(TLVs와 PELs)가 서로 같았다. 그러나 ACGIH는 매년 새로운 허용농도를 개정 발표해 온 반면, OSHA PELs는 1968년도 ACGIH의 TLVs를 그대로 유지하고 있는 것이 많다. 또한 OSHA의 PELs와 ACGIH의 TLVs는 근본배경은 같으면서도 개념상 두 가지의 차이를 나타내고 있다.

첫 번째 개념상의 차이는 ACGIH의 TLVs는 대부분의 모든 근로자(Nearly Every Worker)가 직장에 근무하는 동안 매일 폭로되어도 건강장해를 일으키지 않을 폭로한계를 기준으로 삼은 반면 OSHA의 PELs는 모든 근로자(Every Worker)들에게 건강장해를 가져오지 않는 농도를 기준으로 하였다는 것이다.

두 번째로 ACGIH의 TLVs는 일일 8시간, 주당 40시간 폭로시의 기준인 반면 OSHA의 PELs는 일생 근무기간동안(Working Life Time) 아무런 장해를 가져오지 않는 폭로기준으로서 설정되었다. 이와 같은 개념상의 차이는 미국산업안전보건법 제5조(A) (1)항에 기술된 사업주의 일반의무 규정인 “사업주는 모든 개개의

근로자들에게 사망이나 심한 신체적 장애를 유발하거나 유발할지도 모르는 것으로 알려진 위험으로부터 보호받을 수 있는 작업조건을 제공하여야한다”라는 조항과 제6조 (B) (5)항에 기술된 독성물질 관련 규정에서 폭로기간을 일생 근무기간으로 정의한데서 비롯된다. 또 하나의 차이는 ACGIH-TLV는 매년 그 수치를 개정하고 있으나 OSHA-PEL은 복잡한 입법절차와 공청회를 거쳐야 하므로 개정이 쉽지 않은 점이다. 그 결과 PEL이 시대 변화에 맞게 개정되지 못하다가 1988년에 전면적인 개정에 들어가 초안을 내놓았으나 1992년 7월 7일 아틀란타 11차 순회항소법원은 428종의 유해인자에 대한 개정을 무효화하는 판결을 내렸다. 판결요지를 보면 OSHA-PEL이 치료할 수 없는 건강상의 장애를 초래한다든지 개정된 허용농도가 그러한 위험을 제거하거나 실질적으로 감소시킨다는 증거를 제시하지 못하였으며, 428종의 개정 허용농도가 경제적이거나 기술적으로 실현가능하다는 것은 입증하지 못했고, 개정 허용농도의 시행을 4년간 유예한 전반적인 사유를 충분히 설명하지 못한 점 등이 무효판결을 내리게 된 주요 이유였다.

이와 같이 PEL이 실제로는 ACGIH의 TLVs보다도 덜 엄격한 기준을 채택하면서도 산업안전보건법의 입법과정에서 순수한 학문적·이론적 근거 없이 허용기준의 용어 및 개념을 사용함으로써 많은 학자들 간에 비판의 소리가 높았으나, 최근에는 OSHA 내에 유해물질 및 허용기준에 대한 연구를 전담하는 부서가 설치되어 새로이 허용기준을 제·개정하려고 하고 있다. 현재까지 OSHA에서 관리하고 있는 유해물질은 TLV와 REL등의 기초 자료를 이용한 443종의 화학물질과 기타 독자적으로 정한 7종의 화학물질 등 총450여종의 화학물질에 대한 PEL값을 제정·운영하고 있으며, 이들 중 29종에 대한 화학물질은 단일 화학물질 별로 법적 기준을 제정하여 관리하고 있다.

OSHA의 PEL기준과 ACGIH의 TLV기준을 비교하여 보면 Asbestos, Chloroethylene, Copper, Fluorine, Rhodium, Rubber solvent, 4,4'-Methylene dianiline, Uranium, Tetracethyl lead, Trimethyl lead 등 11종의 물질은 ACGIH

의 TLV의 기준이 OSHA의 PEL 기준보다 완화된 기준을 정하고 있는 반면, 159종의 물질은 PEL 기준이 TLV기준 보다 완화된 기준을 정하고 있다. 이를 근거로 보면 미국의 경우 사회적인 문제가 발생하여 특별 관리하고 있는 일부물질을 제외한 대부분의 물질은 권고기준인 TLV 기준보다 규제기준인 PEL 기준이 훨씬 완화된 기준임을 알 수 있다. 또한, TLV 기준에는 정하고 있지 않은 Arsenic organic compound, Coke oven emission, 1,2-Dibromo-3-chloropropane(DBCP), 4-Diethylamino azobenzene 등을 추가로 규정하고 있는 것을 볼 때 미국의 경우 발암성 물질 관리에 중점을 두고 있는 것으로 판단할 수 있다²⁶⁾²⁷⁾.

○ 국립산업안전보건연구원(NIOSH)의 산업보건권장기준(REL)

NIOSH는 OSHA의 상급기관인 노동부 소속이 아닌 보건부 산하의 산업안전보건 관련 국립연구소이다. NIOSH는 순수 보건학적인 입장에서 근로자들의 건강유지를 보장할 수 있는 작업장의 유해물질 허용기준을 연구·검토하여 OSHA에 건의하고 있으며 OSHA에서는 현실적인 여러 제 조건을 고려하는 가운데 적법절차를 거쳐 허용농도를 설정·공표하게 되므로 대부분 NIOSH의 권장기준이 OSHA의 정식기준보다 엄격한 경우가 많다.

NIOSH는 1971년 이후 148종의 화학물질에 대한 권장기준을 제정하여 OSHA에 이를 건의하는 등 활발한 연구 활동을 전개하여 오고 있으나, NIOSH의 기준은 ACGIH와 마찬가지로 권장기준에 불과하고 법적구속력을 가지는 것은 아니며, OSHA에서는 이를 참고자료로만 사용할 뿐 실제 NIOSH의 권장기준이 OSHA에 그대로 받아들여진 경우는 별로 많지 않다고 한다²⁷⁾²⁸⁾.

<표 2-4> 각 기관별 허용기준 비교

비 고	OSHA	ACGIH	NIOSH
기 준	○ PELs -TWA, STEL, Ceiling ○ 450종	○ TLVs -TWA, STEL, Ceiling ○ 656(731)종	- RELs -TWA, STEL, Ceiling ○ 398종('90.6월 현재)
기준 성격	규제 기준	권고 기준	권고 기준
내 용	○ 모든 근로자에게 건강장해를 일으키지 않을 기준 ○ 일생근무기간을 기준	○ 거의 모든 근로자가 건강장해를 일으키지 않을 기준 ○ 1일 8시간, 주당 40시간 기준	○ 1일 10시간 주당 40시간 기준
비 교	○ 행정권 발동의 근거가 되므로 정책적, 경제적 고려에 따라 허용기준 설정	○ 인체 내의 유해성 판단 기준 - 대체로 엄격	○ 순수보건학적 관점에서 허용기준 연구
시료채취	개인 시료 평가	개인 시료 평가	개인 시료 평가
참고사항	○ 노조 요구 등 특정한 경우 OSHA감독관 파견, 측정 - 허용기준 초과 시 기준 위반에 대한 개선명령 통보 후 위반이 지속되는 경우 매일 벌금 부과 - Action Level(PELs의 1/2수준) 설정	○ 허용기준 설정의 연구에 있어서 세계적인 권위 인정	○ 물질별 RELs 연구, OSHA에 권고

나) 영국

영국은 1974년 제정된 보건안전법(Health & Safety Act)에 따라 보건안전부처(Health & Safety Executive)에서 유해물질의 폭로기준을 정하고 있으며 사업장

내 취급하고 있는 화학물질 중 총 514종에 대하여 최대노출기준 (Maximum Exposure Limits : MEL) 적용대상 물질과 직업성 폭로기준(Occupational Exposure Standards : OEL) 적용대상 물질로 구분하여 관리하고 있다.

MEL은 1997년까지 총 57종의 화학물질에 대해 영국이 독자적으로 기준을 정하여 법(Health and Safety at Work Act) 위반여부를 판단하는 법적 규제기준으로 사용하고 있다. 이들 화학물질의 종류를 ACGIH에서 정하고 있는 TLV의 물질과 비교하여 볼 때 7종의 화학물질이 더 수록하고 있으며 그 종류는 Ferrous foundry dust, Grain dust 등 및 Isocyanates 화합물 등이었다. 따라서 이들 물질에 대한 규제를 감안할 때 영국의 경우 주로 분진에 대하여 다른 물질보다 엄격히 관리하고 있음을 알 수 있다.

OEL기준은 총 457종의 화학물질 중 418종은 ACGIH의 TLV자료를 참고하고 39종에 대해서는 영국 산업위생협회(British Occupational Hygiene Society : BOHS)에서 건의된 기준 및 EEC공동체에서 정한 기준을 채택하고 있으며 이들 기준을 권장기준으로 하여 사업주 스스로 현실적으로 가능한 한 작업장내의 유해물질 농도를 폭로기준 이하로 낮추도록 권장하고 있다^{25),26)}.

다) 독일

독일은 화학공업의 급속한 발달에 따라 작업장 내에서 사용되는 유해화학물질의 효율적 관리를 도모하고자 유해물질법(Gefstoff V) 및 유해물질에 관한 기술적 기준(TPOnische Regel fur Gefahrstoff : TRG)을 제정, 시행하고 있다.

유해물질법은 유해물질 관리를 위한 특별법으로서 사업주는 공기 중으로 발산되는 한 가지 또는 그 이상의 유해물질을 완전히 배제하지 못하는 경우에는 당해 발생물질의 양이 작업장 최대허용농도에 미달하는지 또는 초과하는지의 여부를 조사하여야 하며, TRG에 의거 그에 대한 평가를 실시하고 위험의 정도를 결정하도록 하고 있다.

독일의 경우는 유해물질의 허용한계치를 작업장 최대허용농도(Maximale

Arbeitsplatz-Konzentration, 이하 MAK)와 기술적 허용농도(TPOnische Richtkonzentrationen, 이하 TRK). 그리고 생물학적 한계치(Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte, 이하 BAT)로 나누어 규정하고 있다.

MAK는 1958년부터 민간 학자들의 위원회인 최대 허용농도설정 위원회(MAK-Commission)에서 제정·발간하는 것으로서 “근로자의 건강에 일반적으로 장애나 손상을 일으키지 않는 작업장내의 가스, 증기, 분진 등의 최대허용농도”라고 정의하고 있다. 미국 ACGIG-TLV와 다른 점은 작업장의 유해물질이 임산부와 태아를 보호하기 위한 가이드라인으로 * Von BAT-Werten에 수록되어 태아에 나쁜 영향을 주는 요인에 대해 “임신”항목에 다음과 같이 분류하고 있다.

Group A : 태아의 발달에 명백하게 장애를 미치는 위험물질로서 여기에 노출된 임산부는 비록 MAK 또는 BAT기준에 적합하다 할지라도 태아의 발달기관이 손상을 받을 수 있다.

Group B : 현재까지 인정된 자료에 의하면 태아에 미칠 수 있는 장애에 대해 적절하게 고려되어야 한다. 태아의 발달기관의 손상여부는 노출된 임산부가 MAK 또는 BAT기준에 적합하다 할지라도 배제시킬 수 없다.

Group C : 유해물질의 농도가 MAK 또는 BAT기준이하일 경우에 태아의 발달에 손상을 미치는 위험성은 없다.

Group D : Group A에서 Group C로 분류할 수 없는 물질 또한 MAK Value는 1일 8시간 가중평균에 의한 기준으로 이를 초과하는 경우에 대한 기준을 독성학적 고려와 분석적 실험을 통해 MAK 목록에 구분된 항목으로 <표 2-5>와 같이 분류하고 있다.

<표 2-5> MAK목록에 노출기준 구분

항 목	최대농도 (Peak)	지속시간	작업시간
I. 국소 자극	MAK의 2배	5분(순간치)	8
II. 계통적 작용물질, 작용시작 : 2시간			
II(1). : 반감기 < 2시간	MAK의 2배	5분(평균치)	4
II(2). : 반감기 = 2시간(작업시간내)	MAK의 5배	5분(평균치)	2
III. 계통적 작용물질, 작용시작 > 2시간 반감기 > 작업시간	MAK의 10배	30분(평균치)	1
IV. 매우 약한 작용물질 MAK > 500ppm	MAK의 2배	60분(순간치)	3
V. 강한냄새를 내는 물질	MAK의 2배	10분(순간치)	4

기술적 허용농도(TRK)는 발암성 또는 돌연변이성 화학물질을 주된 대상으로 하여 설정된 수준이 아니고, 정치적, 사회경제적 및 기술적 결정과정을 거친 타협의 산물로 그 수준이 결정된 것이라 하였다. 따라서 이 기준 이하의 농도에서도 인체의 건강에 대한 잠재적 위험성을 배제할 수 없는 기준이며 TRK를 설정한 물질에 대하여는 작업환경의 개선이나 기술개발을 위한 지속적 노력을 하여 가능한 농도를 “0”이 되도록 노력이 필요하다. 또한 BAT는 예방의학적 검진방법을 통하여 작업장내의 근로자 건강보호를 위한 기준으로서 제시된다. 이 기준은 인체에 흡수되는 화학물질의 안전허용량 및 잠재 독성의 판단기준을 제공하는 것이다.

MAK-Values와 TRK-Values는 매년 독일연방 노동사회성에 의해 목록으로 발간된다. 이러한 수치는 단지 전문가들의 그룹에 의해 만들어진 제안에 불과한

것이므로 법적 강제성을 가지는 기준은 아니지만, 행정기관의 의지를 반영하는 것이다. MAK 등의 허용기준은 구속력이 없는, 도의적으로 사업주가 지켜야 할 권고적 기준이지만, 이는 작업장에서의 의학적·기술적 안전조치를 강구함에 있어서 매우 중요한 기준이 되며 법정에서 법률소송과 장해에 대한 청구를 할 때 이의 준수여부는 법적효력을 갖는 진술이 될 수 있는 중요한 기준이 된다²⁸⁾²⁹⁾.

<표 2-6> 독일의 노출기준

기준제정	○BMA(Bundesministerium für Arbeits und Sozial ordnung) : 연방노동 사회성 ※ BAU(Bundesanstalt für Arbeitsschutz) : 연방산재예방연구소 ○MAK위원회 : 최대허용농도(MAK : 권고기준)설정 ○BAU : 기술적 허용농도(TRK) 설정 ○매년 독일연방노동사회성에서 목록 발간
종 류	○Control Limit : 유해물질의 농도평가기준 - MAK(Maximal Arbeitsplatz-Konzentration) : ACGIH의 TLVs와 유사한 개념(400여종) - TRK(TPOnische Richt-Konzentration) : 발암성 추정물질의 폭로평가 기준(56종) - BAT(Biologische Arbeitsstoff-toleranzwerte) : 생물학적 한계치(예방의학적 검진방법을 통해 설정)
관리내용	○유해물질법(GefstoffV)에 따라 작업환경측정 및 위험정도 결정 - 측정치 한계 1-1/2사이 : 16주 이내 재 측정 - 측정치 한계 1/4-1/2사이 : 32주 이내에 측정, 보호대책 마련 - 측정치 한계 1/4이하 : 영구적 안전성 여부 평가에 따라 64주 이 내에 재측정 여부 결정(다만, 공정변경 등 사유가 발생한 경우 그에 따라 재측정) ○측정치 한계 초과 시 : 즉시 작업공정개선, 설비교체 등 기술적 대 책 마련
적용의 전제	○근로시간이 1일 8시간, 1주 40시간인 국가에서만 적용토록 전제 ○Random sampling측정(임의추출 측정) ○연속적인 Monitoring(Personal Air Sampling)

라) 유럽공동체

유럽공동체(European Union, 이하 EU)의 법률은 두 가지 형태를 취하고 있다. 개선대책의 공급 및 개선대책의 사용으로서 전자는 위험도의 분류와 적절한 표시법과 관련이 있는데 이는 교역상의 난점을 피하기 위해서 회원국들의 결속과 동일성이 필요하다. 노출기준과 관계가 있는 후자는 더 다양할 수 있다. 회원국이 희망한다면 EU가 설정한 최소기준을 강화할 수 있다. 즉, 석면, 납, 염화비닐을 제외하고는 회원국은 European Union Limits를 고려해야 하나 그것들을 반드시 채택해야 할 의무는 없다. 직업적 노출기준에 대한 유럽과학위원회(The European Scientific Committee on Occupational Exposure Limits, SCOEL)는 1990년 27종의 유해물질에 대한 한계와 이들 물질에 대해 회원국들이 동일한 기준을 유지할 것에 합의했다. 그 이후 23종이 추가로 합의되었고 위원회가 공식적으로 구성되었다. 회원국들의 화학물질에 대한 공통적 노출기준을 설정하기 위해 발암성물질을 중심으로 위원회에서 노출기준을 연구하고 있다³⁰⁾.

마) 일본

작업환경 관리에 있어서 문제가 되는 것은 작업환경이 어떠한 상태에 있는가, 즉 양호한 상태인가 또는 개선이 요구되는 상태인가를 판단하는 일이다. 이때 판단의 준거로서는 개개의 근로자가 흡입하게 되는 폭로량을 파악, 이를 폭로한계와 비교함으로써 작업환경 상태를 평가하는 방법과 작업환경상태를 직접적인 대상으로 파악함으로써 작업환경관리정도를 평가하는 방법의 2가지를 생각할 수 있다.

일본은 산업보건 관리에 있어 작업환경관리 분야와 건강관리 분야를 명확히 구분하고 있기 때문에 유해물질을 측정하는 방법에 있어서도 작업장 공기 중의 유해물질농도 측정방법과 근로자 개인폭로농도 측정방법으로 구분하고 있다. 작업장 내 공기 중 유해물질의 농도를 측정하고 이들 농도를 저감시키기 위한 공학적 개선대책을 제시하고자 하는 경우에는 법적규제 농도인 관리농도를 사용하고 있

고, 근로자 개인별 유해물질에 의한 건강장해 예방을 위하여 체내에 축적되는 양을 저감하고자 하는 경우에는 권장 농도인 허용농도를 사용하고 있다.

○노동성의 직업성 관리기준(Occupational Control Limits, OCL)

일본의 노동성은 1977년 「작업장 기중 유해물질의 농도 관리기준에 관한 전문가회의」를 개최하여 작업환경관리의 추진방법에 관한 연구·검토를 행한 결과, 1984년에 「작업환경평가에 의거한 작업환경관리요강」을 발표 하였는데, 그 주된 내용은 작업환경관리상태의 평가에 따라 작업환경관리를 도모한다는 것과 평가를 위한 척도로서 “관리농도”를 설정·운용한다는 것이었다.

관리농도는 “단위 작업 장소에서 작업환경측정기준에 따라 실시한 측정결과로부터 당해 단위작업장소의 작업환경관리 상태의 양부를 평가할 때 관리구분을 결정하기 위한 지표”라고 정의하고 있다.

이 관리농도는 공학적인 방법에 의하여 작업장의 유해물질농도를 낮추기 위한 대책을 전제로 하는 평가기준이며, 관리농도 수치는 허용농도에 관한 각국 및 학회 등의 동향을 참고하여 기술적인 가능성도 고려하면서 행정적 관점에서 정한 것이다. 따라서 관리농도에 의한 작업환경관리는 개인 시료채취가 아닌 지역 시료채취를 통하여 작업환경측정을 행한다는 것과 측정결과로부터 작업환경상태를 3등급으로 나누어 단계적 관리를 도모한다는 점이 특징이라고 하겠다.

○JSOH 직업적 허용기준(Occupational Exposure Limits, OEL)

이는 일본 산업보건학회(Japan Society for Occupational Health, JSOH)의 직업적 노출기준 위원회(OEL Committee)에서 권고하는 기준으로 근로자의 건강을 보호하기 위한 과학적인 근거에 기초하여 만들어진 생물학적 권고치이며, 법적 강제력은 없다. OEL을 설정할 때는 미국 ACGIH의 TLV 설정배경과 같이 사회·경제적 요소를 고려하지 않으며, 단지 작업장에서 측정 가능한 OEL을 권고한다는 전문가적 가능성만을 고려한다. 이 농도는 “안전과 위험과의 명백한 경계를 나타내 주는 것이 아니며 노동위생에 관한 지식과 경험을 가진 사람이 이용하

여야 한다"라고 하였다. 그 직업적 노출기준의 의미는 근로자가 유해물질에 연
일 노출되는 경우 당해 유해물질의 공기 중 농도가 이 값 이하이면 대부분의 근
로자에 나쁜 영향을 미치지 않는 농도이다. 단, 개인의 유해물질에 대한 감수성은
각각 다르기 때문에 이 값 이하에서도 특별한 근로자에게 불쾌감 등의 증상, 잠
재적 이상 상태의 악화 및 직업병의 발생을 초래할 수 있다.

최근 JSOH의 허용 기준 제정항목을 미국, 영국, 독일과 비교해 볼 때 19종에
대한 화학물질을 독자적으로 선정하여 권고 기준으로 정하고 있으며, 이들 화학
물질 중 Ethylene glycol 화합물 3종이 추가된 것을 감안할 때 일본의 경우에는
셀로솔브계 화합물에 대한 관리에 비중을 크게 두는 것으로 판단할 수 있다³¹⁾³²⁾.

<표 2-7> 일본의 두 기관별 허용기준 비교

비 고		관리기준	허용기준(폭로한계)
설정 주체		노동성	산업위생학회
적 용		행정적 규제기준	권고기준
개념의 도출		“작업장기중 유해물질의 농도 관리 기준에 관한 전문가회의”(1977)	ACGIH 및 ILO의 Exposure Limits
개념정의		작업환경측정결과에 따라 단위작업 장소별로 작업환경관리 의 양부를 판단할 때 관리구분을 결정하기 위한 지표	1일 8시간, 1주 40시간을 기준으로 이 한계치 이하에서는 대부분의 모든 근로자들이 폭로 된다 해도 건강상 장해를 일으키지 않을 유해물질의 노출 한계
적 용		작업환경의 상태를 평가하기 위한 기준	인체에의 유해여부 판단을 위한기준(개개근로자의 폭로 농도와 대비)
관리 내용	구 분	작업환경관리	작업관리
	절 차	작업환경의 상태를 파악하여 이를 평가하고 환경개선을 위한 제반조치를 취함.	근로자의 폭로량을 파악, 이를 허용한계치와 비교함으로써 개별적인 노출억제 도모(개개인의 노출량, 흡입량 기준)
측정방법		지역시료채취 (area sampling)	개인 시료채취 (personal air sampling)
설정물질		81개 ※95년 관리기준을 개정하여 염화 비닐 등 9종에 대해 관리 기준 신설하고, 사염화탄소 등 7종은 기준 강화	· 174개(1994. 현재)

(4) 선진외국의 노출기준 설정 절차³³⁾³⁴⁾

가) 미국

○ 미국산업위생전문가협회(ACGIH)

ACGIH이사회(Board of Director)는 1944년에 화학물질 TLV위원회(Cheical Substances Threshold Limit value Committee)를 구성하였으며, 위원회는 1946년에 처음으로 TLV권고치를 이사회에 제출하고 현재 해마다 제안을 하고 있다. 위원회는 20~25명과 자문가(한명의 독일 MAK위원)로 구성되어 있으며, ACGIH TLV 위원회는 현재 3개의 소위원회로 구성되어 있다.

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

ACGIH는 1982년에 Biological Exposure Indices(BEI) 위원회를 설립하였으며 84년부터 BEI를 제안하여 1986년에 공식적으로 채택하였다.

- 물질선정 기준과 우선순위

노출기준 설정물질은 TLV 위원회 위원과 자문단에 의해 다음과 같은 기준에 근거하여 선정한다.

- 새로운 혹은 적용 가능한 직업성 노출자료에 대한 지식
- 정부조직, 근로자 및 근로자 조직, 개인회사, 개개인의 요구에 근거하여 물질을 선정하며 연구대상 화학물질의 목록을 매년 TLV booklet에 발표한다. TLV 위원회는 어떤 화학물질이 연구되어야 하는가와 무엇을 할지에 대하여 적어도 1년에 한번 씩 투표를 한다. 이러한 것에는 TLVs에 대한 변경채택, NIC(Notice of Intended changes) list에 대한 변경 또는 추가, TLV booklet(TLVs for Chemical Substances and Physical Agents and BEIs)에 대한 수정, TLV documentation이 포함된다. 또 이와 같은 활동을 TLV booklet의 NIC부분에 기록한다.

- 과학적 근거

· TLVs 는 작업장 경험, 사람에 대한 연구, 그리고 동물 실험연구로부터 가장 유용한 정보에 기초하여 정해진다.

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

- Pneumoconiosis
- Narcosis
- Irritation of eyes, nose, throat, and bronchi
- Allergic effects
- Reproductive effects
- Neurotoxic effects
- Carcinogenic effects
- Nuisance effects
- TLVs는 “대부분의 근로자가 매일 노출되어도 건강장해를 일으키지 않는 공기 중 농도”로 정의하며 ACGIH가 제안하거나 채택한 TLVs의 세 가지는 아래와 같다.

TLV - TWA: 매일 노출되어도 거의 모든 작업자가 건강장해를 받지 않는 하루 8시간, 주 40시간의 평균 농도

TLV - STEL: 하루 작업동안 어느 순간에도 노출되어서는 안 되는 15분 시간가중 평균 농도, 단 노출과 노출 사이는 60분 이상이며 하루 최대 5회까지만 노출 가능, TWA도 동시에 초과하면 안 됨

TLV - C: 작업하는 동안 어느 순간이라도 초과해서는 안 되는 농도

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

· ACGIH는 다음 범주에 대한 선택된 TLV물질의 발암성에 대하여 표시하고 있다.

A1 : 인간에 대해 발암성이 확인된 물질

(Confirmed Human Carcinogen)

A2 : 인간에게 발암성이 의심되는 물질

(Suspected Human Carcinogen)

A3 : 동물에게 발암성 물질

(Animal Carcinogen)

A4 : 발암물질로 분류되지 않는 물질

(Not Classifiable as a human Carcinogen)

A5 : 인간에게 발암성으로 의심되지 않는 물질

(Not Suspected as a human Carcinogen)

- 경제요인

ACGIH의 일차적인 관심은 경제적인 요소 또는 기술적인 접근정보다 건강영향에 있다.

- 실행가능성

ACGIH의 TLV와 BEI의 documentation은 기술적 타당성과 경제적인 요소 보다 건강영향에 1차적인 초점을 맞추었다.

- 문서/논리적 근거

· 각 화학물질에 대한 documentation은 처음에는 기안형태로 만들어지고 나중에 TLV 소위원회에 의하여 최종적으로 문서화 되며 이 자료는 ACGIH's Documentation of Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices and its supplements에서 발표되고 TLV documentation은 일반적으로 다음과 같은 내용이 포함된다.

· Chemical and physical properties

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

- 규제

TLVs는 법적 기준이 아닌 권고 또는 지침서로 제공된다.

- 검토 및 승인과정

- TLV에 대한 검토와 승인과정의 단계는 다음과 같다
- TLV 위원회 위원과 자문단이 설정해야 할 물질을 지정한다.
- TLV 위원회는 지정된 화학물질에 대하여 토의한 후 제정 또는 개정할 물질을 선정하여 적절한 소위원회에 할당한다.
 - 고려중인 물질목록은 매년 TLV booklet에 수록되며 물질에 대한정보, 자료 및 의견 등을 이익 집단으로부터 수렴한다.
 - TLV 소위원회는 정보, 검토자료 등을 수집하고 토의하여, 기준치 TLV안을 준비하고 documentation 초안을 작성한다.
 - TLV 위원회는 NIC에 새로운 기준치를 추가하는 것에 대하여 투표하고 매년 TLV booklet에 발표한다. 또한 제안된 TLV가 승인되지 않았을 때는 다시 소위원회로 회부된다.

- 제안된 TLV가 승인되었을 때는 최소 1년 동안 NIC에 기재되며, 그 기간 동안 각 이익단체들은 의견을 제시하고 고려해야 할 자료를 제출할 수 있다.

- 매년 TLV 위원회는 제안된 TLVs가 투표를 위해서 ACGIH 이사회에 전달되어야 하는지에 대하여 결정 한다

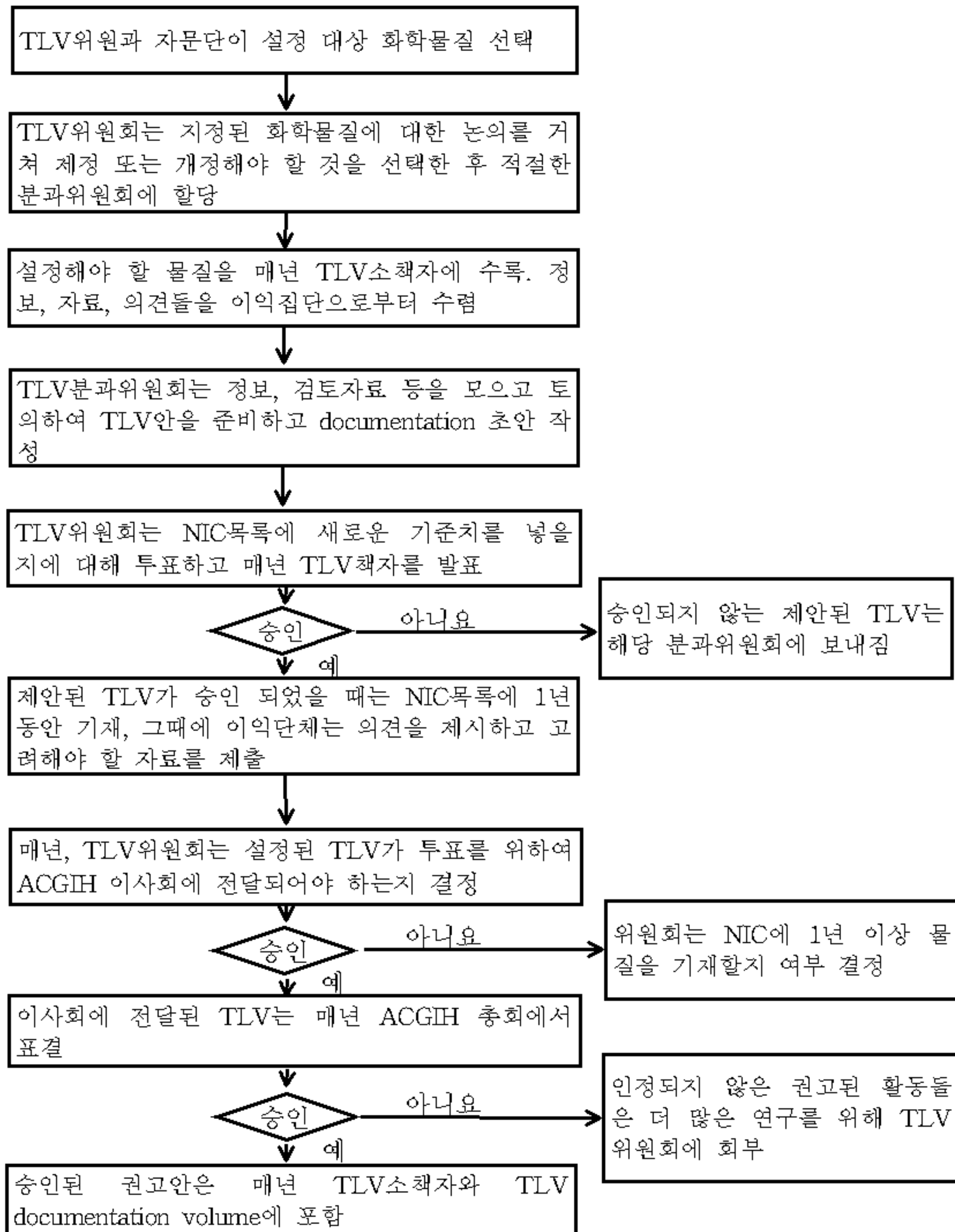
- 이사회에 전달된 TLVs는 매년 ACGIH 총회에서 표결하며, 승인되어 권고된 내용들은 매년 TLV booklet과 TLV documentation volume에 포함되는 반면에 승인되지 않는 권고내용은 다시 더 많은 연구를 위해 TLV 위원회 로 돌려진다.

- 개정 과정

검토 및 승인과정과 같은 과정을 거쳐서 개정된다.

- 실행

TLVs는 ACGIH에 의해 채택되고 발표 된다³⁵⁾³⁶⁾³⁷⁾.



[그림 2-4] ACGIH의 TLVs설정절차

○ 미국산업안전보건청(OSHA)

1970년 미국에서는 산업안전보건법의 제정에 따라 산업안전보건청(OSHA)이 설립되어 근로자들의 작업하는 동안 안전하고 건강한 작업조건을 제공하고자 하였으며, 이러한 목표를 성취하기 위한 하나의 방법이 보건과 안전기준을 제정하는 것이다.

이에 따라 OSHA는 허용노출기준(PELs)을 설정하였으며 의회는 기준을 만들거나 삭제하고 수정할 필요성을 인지하고 그것을 수행하기 위해 특별한 절차를 Act section 6에 포함시켰다. 1988년 OSHA는 24개의 물질별 기준과 3개의 일반규정을 만들었으며, 또한 1988년 OSHA는 28종이상의 물질에 대한 새로운 PELs과 수정된 PELs을 제안하였으나 1992년 아틀란타 11차 순회항소법원은 개정을 무효화하는 판결을 내렸다.

- 물질 선택기준과 우선순위

- 기준설정시의 의견수렴집단
- 관심 있는 개인
- 고용주, 노동자 조직 대표
- 국가에서 인정한 기준개발 조직
- 보건복지부 장관
- 국립 산업안전보건 연구원
- 주정부 또는 정당의 해당부서
- 노동부

- OSHA는 자문위원회의 권고안을 요구할 수 있으나 법규와 대법원에서는 현저한 건강장애의 위험을 증명할 때만 기준으로 결정하고 있으며 우선순위는, 긴급히 기준설정이 필요할 때 보건복지부장관의 권고에 기반을 두고 설정된다.

- 과학적 근거

- OSHA의 기준은 연구, 시험, 실험, 근로자에 대한 최상의 안전보건학적인 보

호, 가장 최근의 과학적 지표에 근거하고 기준은 근로자가 평생 동안 유해인자에 계속적으로 노출되어도 보건 또는 기능장해를 겪지 않도록 설정되며 다음의 것들을 광범위하게 고찰하여 설정한다.

- 과학적 문헌(사람연구와 동물연구 포함)
- 다른 나라에 존재하는 노출기준
- 다른 기관이나 연구소로부터의 정보(NIOSH, EPA, IARC, ACGIH)

- OSHA에서 설정한 허용기준의 형태

- PELs : 8시간 평균가중치로 표현되는 최대허용기준
- Action level : 8시간 평균가중치로 표현되는 기준으로서 이 기준이상에서는 특별한 조치를 취해야 한다.

- STEL : 15분간의 평균가중치로 표현되는 최대허용농도
- Ceiling level : 어느 순간이라도 초과해서는 안되는 최대허용농도
- Excursion limit : 특정 시간동안의 평균가중치로서 표현되는 최대허용기준

- 경제요인

OSHA는 제안된 기준의 경제적 영향을 산업별로 평가하며 경제요인에 대한 OSHA의 고려는 규제완화조치인 행정명령 12291에 기초한다.

- 실행가능성

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

- 문서/논리적 근거

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

- 1992년 Cadmium의 documentation 예
- Introduction
- Pertinent legal authority

- Chemical identification, production, and use
- Health effects : Metabolism, Noncarcinogenic health effect(acute, renal, pulmonary, skeletal, reproductive / developmental, and other effects), Mutagenicity, Carcinogenic health effect
- Quantitative risk assessment
- Significance of risk
- Regulatory impact analysis
- Summary and impact of the final standards
- Final standards
- 규제
 - 다양한 규제기능
 - 작업장 감독.
 - 위반 시 소환.
 - 민사벌칙과 벌금.
 - 근로자의 사망을 초래한 고의적인 경우 형사벌칙.
- 검토와 승인 과정
 - OSHA에서 기준에 필요하다고 생각되는 정보를 제공받거나 개발하고 다음과 같은 절차를 거친다.
 - 이 정보는 검토와 권고를 위해 자문위원회에 제출한다.
 - Office of Management and Budget(OMB)에 검토를 요청한다.
 - 기관과의 협조를 거쳐 Federal Register의 semiannual regulatory agenda 의 공고로서 발표한다.
 - 제안된 규정제정의 예정공고가 Federal Register에 출판된다.
 - 기관과의 협조 속에 의견들이 수렴된다.
 - 공청회가 열린다.

- 제안된 규정이 Federal Register에 출판된다.
- 이익집단이 의견이나 반대이유를 서류로 제출하고 대중 청문회를 요구할 수 있다.

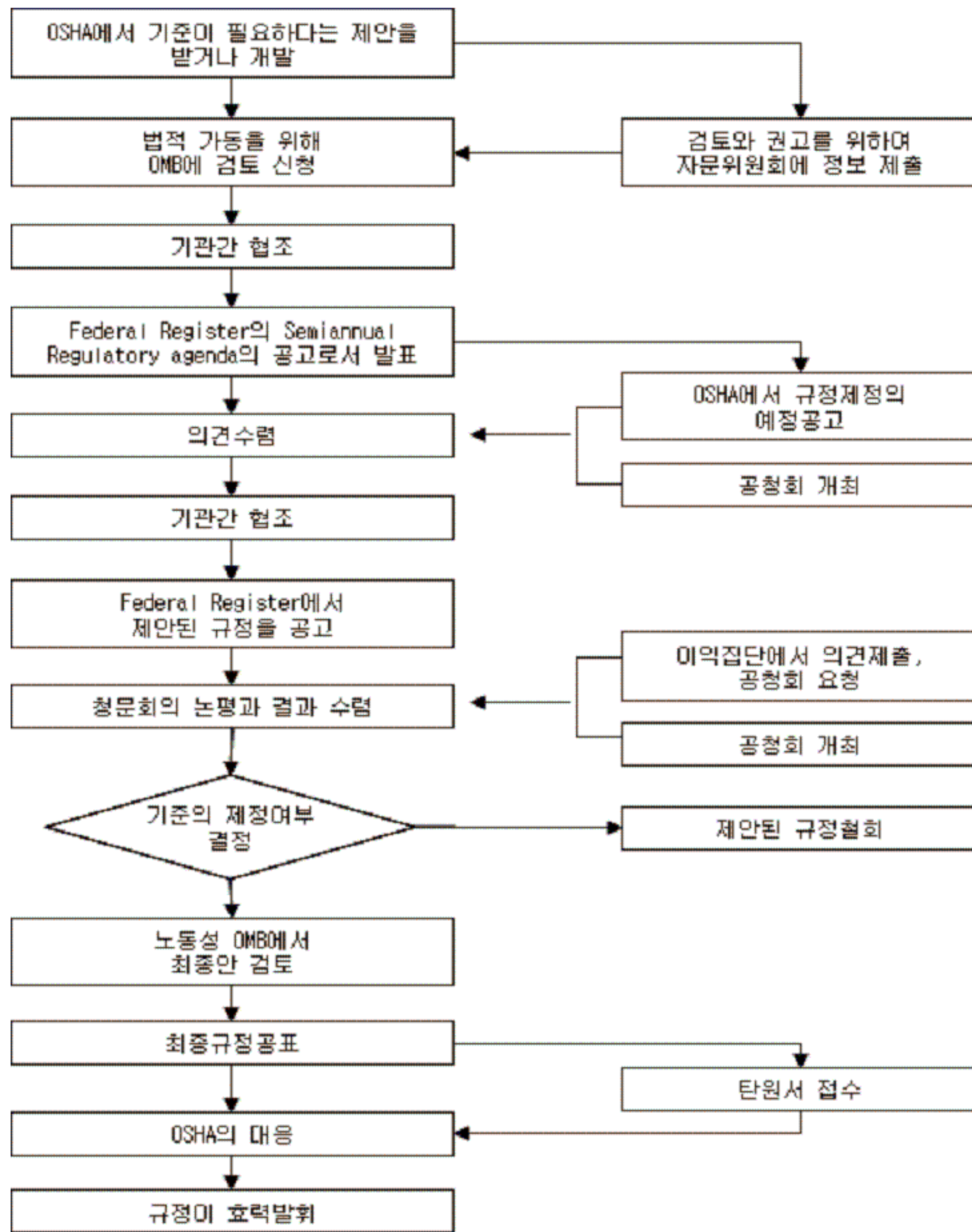
- 공청회의 결과를 수렴한다.
- OSHA에서 기준을 정할지 또는 제안된 규정을 철회할지를 결정한다.
- 미국 노동성과 OMB에서 기준의 최종안을 검토한다.
- 최종 규정을 공포한다.
- 탄원서에 대하여 대응한다.
- 규정이 효력을 발휘한다.

- 개정과정

기준은 위의 단계를 거쳐 수정되거나 철회될 수 있다.

- 실행

기준은 법정에서 문제가 되지 않는 한 공포 후 90일 이내에 효력을 발휘한다³⁸⁾³⁹⁾.



[그림 2-5] OSHA의 선정절차

○ 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)

산업보건법(1970)(29 USC 1900)과 광산안전보건법(30 USC 80)에 따라 NIOSH에서 RELs을 개발하고 정기적으로 수정하고, 적절한 예방수단을 권고하

고 또한 OSHA와 광산 안전보건 행정부와 의견을 교환하며 정부, 산업계, 학계에 이 권고안을 배포한다.

- 물질 선택기준과 우선순위

· 주된 활동

- 1970년 전국적으로 작업장의 유해도 조사를 수행하였다.
- 1980년대 상위 10개의 직업병과 산재분류를 설정하였고 예방 전략문서를 개발하기 위해 심포지엄을 개최하였다.
- 1982-1983년 전국적으로 직업노출에 대한 조사를 시행하여 특정한 직업과 관련된 물질 약 5,000개가 확인되었다.

· 물질선택에 영향을 주는 요인

· 미국 Department of Health and Human Service에 의해 설정된 2000년 목표

· OSHA와 MHSA의 regulatory agenda

· 한 달에 한번 열리는 OSHA, NIOSH, EPA의 대표자 모임인 “One 위원회”에 참여

· Interagency Testing 위원회(ITC)에 참여

· 대중의 요구(public demand)와 법적인 요구

· TSCA 8(a), 8(b), 8(c) 보고서의 재조사와 제출

· 선택된 물질의 우선순위에 영향을 주는 요인

· 노출근로자수

· 현저하게 높은 위험수준을 보이는 직업특성

· 현재의 허용기준이 있는지의 여부

· 이미 규제되고 있는 물질에 대한 새로운 정보

· NIOSH 과학자의 전문가적인 판단

- 과학적 근거

· NIOSH는 위해물질과 관련하여 알려져 있으며 이용 가능한 모든 의학, 생물학, 공학, 화학, 상업과 그 외 다른 정보를 평가하고, 이러한 과정에 다음과 같은 내용을 포함한다.

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

- NIOSH에서는 어떤 경우에는 다른 조직과 협동하여 직업적 노출기준의 초안을 개발한다. 예를 들면 NEG(Nordic Expert Group)의 OEL 문서에 NIOSH에서 사인을 한다. 두 조직 간의 협동산물의 하나는 권고 OEL을 설정하는데 필요한 과학적 근거를 제공하는 문서 개발이며 이 문서에는 다음과 같은 내용을 포함한다.

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

- NIOSH criteria documents에는 권고기준, NOAELs, LOAELs를 위한 근거를 공식적으로 나타내며 Criteria document에 포함되어있는 정보는 다음과 같다.

- 권고기준 (RELs, 노출모니터링, 의학적 모니터링, 표지부착, 보호복과 보호장비, 위해에 관해 근로자들에게 정보제공, 공학적 조절, 작업 실무, 위생, 기록유지)

- 도입
- 성상, 생산, 폭로잠재성
- 노출 영향
- 위해의 인지
- 다른 기준과 권고기준
- 영향 평가
- 근로자 보호방법
- 연구 필요성
- 참고문헌

- NIOSH에서는 RELs를 전 작업 기간을 통해 보건과 안전에 있어 근로자를 보호하는 OEL의 권고기준으로 정의한다. RELs는 작업의 공학적 조절, 노출과 의학적 모니터링, 표지부착, 근로자 훈련, 개인보호구사용에 복합적으로 사용되며 이러한 기준의 형태는 다음과 같다.

- TWA : 1일 10시간까지, 주 40시간의 평균 가중치이다.
- STEL : 대체로 15분을 초과하지 않는 농도.
- Ceiling limit : 어느 순간이라도 초과하면 안 되는 농도.
- RELs가 대체적으로 특정 물질에만 적용된다 하더라도 일부 RELs는 alkanes, ketones, PCBs의 경우와 같이 그룹별로 적용된다.

- 경제요인과 실행가능성

- RELs는 주로 건강장애와 관련된 과학적 정보에 기초하지만 일부 criteria

document는 경제적 요인과 실행가능성을 고려하여 만든다.

- 문서/논리적 근거

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

- 규제

- NIOSH에서 권고기준을 만들지만 이것은 법적 기준은 아니다.

- 검토와 승인 과정

- RELs 개발의 단계는 다음과 같으며 RELs 개발을 위한 계획서를 의견서로 NIOSH 총괄책임자에게 제출한다.
- 선임연구원이 의견서를 검토한다.
- 승인되면 Criteria document의 형태로 RELs를 개발하기 위한 책임자를 배정한다.
- Criteria document의 초안이 연구원들에 의해 내부평가를 한다.
- 내부평가 완료 후 Criteria document의 초안은 논평을 위해 외부평론가단에

게 제출(40명)하며 평론가단은 정부기관, 전문가, 노동조합, 산업계대표, 학계에서 선택한다.

- 연구원들은 외부평가에서 받은 논평을 다시 검토하고 Criteria document에 이를 적절히 반영한다.

- NIOSH에서 수정된 안을 광범위하게 내부고찰하고 선임연구원들이 정리한다.

- 총괄책임자, 책임자, 선임연구원들은 모든 내부와 외부의 논평을 조사하여 총괄책임자는 RELs를 출판할 것인지를 결정한다.

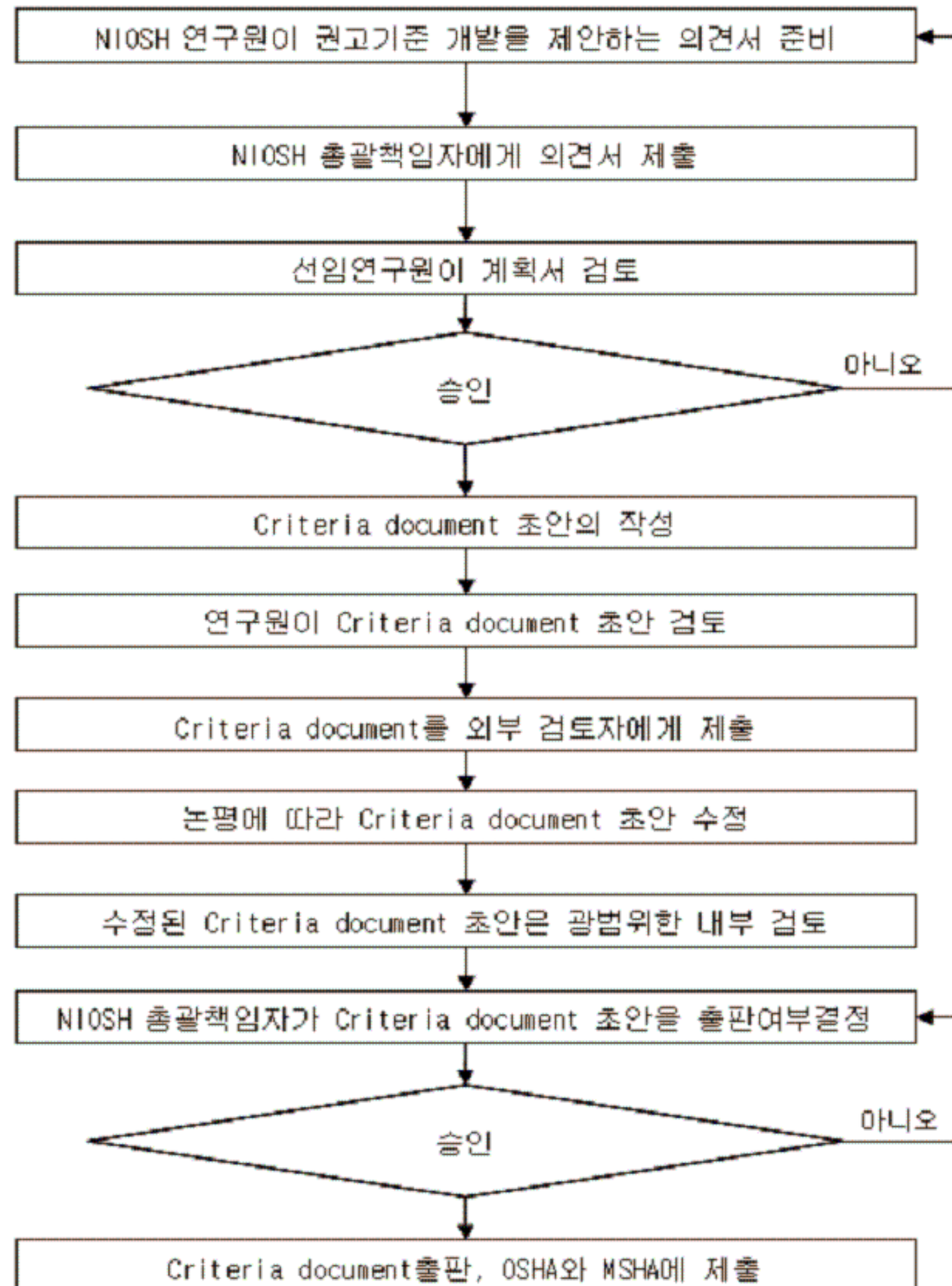
- 출판을 결정하면 Criteria document는 완성되고 OSHA와 MSHA 책임자에게 송부된다.

- 개정과정

- CIBs는 산업위해에 관한 새로운 과학정보를 배포한다.

- 실행

- 권고기준은 출판되어 법적기준을 만드는데 도움이 되도록 OSHA와 MSHA로 송부된다⁴⁰⁾⁴¹⁾.



[그림 2-6] NIOSH의 선정절차

○ 미국 산업위생협회(AIHA, ERPGs)

· 미국 산업위생 협회(American industrial Hygiene Association)

· 전문가 조직

· 예측, 인지, 평가, 작업 요인 관리를 한다.

· AIHA ERP(Emergency Response Planning) 위원회

· 1988년 설정

· 화학독성을 요약한 문서를 검토한다.

· Emergency Response planning Guidelines

· AIHA ERP 위원회에 의해 개발

· 일반 인구집단의 보호를 위해 개발된 것이며 단기(급성)폭로수준을 정한다.

· 재해 예방, 응급수송계획, 화학물질 방출에 대한 지역사회 응급계획 등 적절성을 평가하기 위한 도구로서 사용된다.

· 작업장의 노출기준이라기 보다는 지역사회를 위한 응급계획과 지침이다.

· 과학적 접근에 기초한다.

- 물질 선택기준과 우선순위

· ERP 위원회에 의해 선택된 화학물질

· 화학물질의 선택은 휘발성, 독성, 방출량에 기초

· 화학물질 선택 출처

· Superfund Amendments Reauthorization Act(SARA), Title III, Extremely Hazardous Substance List

· OSHA highly hazardous substance List

· EPA's list of extremely hazardous air pollutants under section 112(r) of the Clean Air Act

· U.S Department of Transportation's list of chemicals

- 고 노출 잠재력을 나타내는 물리화학적 성상 - 선택된 화학물질의 우선순위에 사용

- 과학적 근거

- 인간의 경험 강조

- 그러나 이런 종류의 정보는 이용하기가 드물거나 또는 낮은 노출수준이기 때문에 동물폭로 자료가 사용

- 급성 흡입독성연구

- ERPG-1: 거의 모든 개인이 명확하게 불쾌한 냄새를 느끼거나 경미한 일시적인 부작용을 경험하지 않고 1시간동안 폭로될 수 있는 최대 공기 중 농도

- ERPG-2: 거의 모든 개인이 보호 능력의 장애를 초래할 수 있는 심각하고 비가역적인 건강장애를 나타내지 않고 1시간동안 폭로될 수 있는 최대 공기 중 농도

- ERPG-3: 거의 모든 개인이 생명의 위협을 느끼지 않고 1시간 동안 노출될 수 있는 최대 기중 농도

- 경제 요인

- 경제적 요인은 노출기준을 정하는데 고려되지 않음

- 기술적 실행가능성도 고려되지 않음

- 실행 가능성

- ERPGs를 개발할 때 실행가능성을 위원회에서 고려하지 않음

- 문서 / 논리적 근거

- ERPGs를 개정할 때는 모든 참고문헌을 검토해야 함

- 승인과정을 위해서는 ERPG문서가 AIHA에 의해 출판

- complete set of current guides

annual update set

- ERPGs의 해석에 대하여 일반인들을 위한 handbook

- 배경정보

- 현재와 미래의 ERPGs의 목록

- 규제

- 지침일 뿐 법적 강제성은 없음

- 검토 및 승인과정

- 특별한 물질에 대한 설정과정

· ERP 위원회는 다양한 분야의 팀으로 구성: 산업위생, 독성학, 의학, 다른 보건전문가

· 화학물질에 이해관계가 있는 생산자, 사용자, 산업협회에서 출판되지 않은 자료, 관련 자료를 얻음

- 특히 알려져 있는 기존 농도에 대한 동물자료, 인간자료

- 문헌고찰 시작

- 의학문헌검색 및 독성문헌검색 시스템(MEDLINE, TOXLINE)

- 위원회에 의해 개발된 형태를 사용하여 ERPG 개정

- 위원회에 preliminary Draft를 보낸 후 feedback을 받음

- 위원회는 좀 더 심도 깊게 고찰할 제 1과 제 2의 Reviewer를 배정

- reviewer는 필요할 시에는 author와 직접 작업

- initial review와 revision이 끝난 후 Full ERP 위원회에 보내져 자세한 논의

- 승인과정에 2/3의 찬성이 필요

- 개정과정

- ERP 위원회에 의해 재평가
- 새로운 또는 유의한 정보가 이용 가능할 때

- 실행

- 자발적으로 실행

○ 미국 산업위생협회(AIHA, WEELs)

작업환경노출수준지침(Workplace Environmental Exposure Level Guidelines: WEELs)

- 거의 모든 근로자들이 반복하여 노출되어도 부작용을 일으키지 않을 농도를 나타냄

- 미국 산업위생협회 WEEL 위원회에 의해 개발

- 미국 산업위생협회 WEEL 위원회

- 목적 : 다른 조직에 의해 표준이 만들어지지 않은 화학물질의 폭로지침을 만
들

- 화학물질의 기중 노출기준을 만들기 위해 공청회를 개최

- 1년에 3회 모임

- 물질 선택기준과 우선순위

- 현재 법적으로나 당국에서 재정한 기준이 없는 환경물질을 검토함
- 물질선택
- 정기적인 AIHA 공고에 대한 회사의 답변

- 이익집단으로부터 의견 접수
- 물질선택 시 고려사항
 - 물리화학적 성상이 아직 연구되지 않은 물질
 - 사업장 사용물질
 - 물질의 생산량
- 위원회는 조사를 위한 화학물질의 working list를 개발

- 과학적 근거

- 기존의 문헌으로부터 이용 가능한 독성자료 얻음
 - on-line database
 - 표준참고문헌
 - 사업장 후원 연구
- 자료영역
 - 급성, 아급성, 아만성, 만성 독성
 - 유전독성
 - 발암성
 - 생식기/발달 독성
 - 대사/약동학
 - 인간의 사용 및 경험
- WEEL 위원회에 의해 평가
- 시간가중평균치(TWA) 또는 천정치(ceiling value)로서 표현
 - 8시간 가중치 : 하루 8시간 주 40시간의 시간 가중된 평균농도
 - 천정치 : 어느 시간에라도 초과하지 않는 농도

- 경제 요인

- 화학물질이 상업적으로 사용되지 않거나 드물게 사용되면 위원회에서 WEEL을 설정할 것을 결정하지 않음

- 실행가능성

- 고려하지 않음

- 문서 / 논리적 근거

- WEELs가 승인되면 AIHA에 의해 발표
- 이용 가능한 독성학과 인간경험의 정보를 요약

- 규제

- 지침일 뿐 법적 강제성은 없음

- 검토 및 승인과정

- working list 개발은 회사의 답변 또는 이익집단의 의견을 수렴하여 설정
- 위원회 위원이 working list로부터 대상물질 선택
- 대상물질 근로자 건강에 미치는 영향에 대한 연구
- 주요 생산자와 사용자의 확인은 WEEL 지침의 승인과정에 중요한 단계
- 독성문헌의 검색 : 온라인 (MEDLINE, TOXLINE, HSDB)
- WEEL 개정은 AIHA WEEL 위원회 Charter의 부록 II에 있는 WEEL Guide 형식을 사용
- WEEL의 처음 개정을 완료한 후에는 소위원회, 그 다음에는 위원회의 검토를 받음
- 최종승인 : 위원회의 다수결에 의해 승인

- 개정과정

- WEELs은 위원회에 의해 재평가
- 새로운 또는 유의한 정보가 이용 가능할 때
- 적어도 매 10년마다 개정

- 실행

- WEELs는 자발적으로 실행되게 하는 문서이며 지침
- WEELs가 위원회에 의해 승인되면 AIHA에 의해 출판⁴²⁾⁴³⁾.

나) 영국

COSHH(Control of Substance Hazardous to Health Regulations)가 작업장에서의 유해물질노출을 관리하기 위한 법적 틀을 만들었다.

○ 물질 선택기준과 우선순위

1899년 HSC(Health and Safety Commission's) Advisory 위원회 on the Toxic Substances(ACTS)가 OEL을 설정하기 위한 기본 프로그램을 설정하였으며 ACTS는 WATCH(Working Group on the Assessment of Toxic Chemicals)와 연계되어 있으며 WATCH는 OEL 설정을 위하여 검토되어야 하는 화학물질 목록을 작성하였다.

또한 WATCH와 ACTS는 OEL의 확립을 위한 물질의 우선순위를 정하는데 몇 가지 사항을 고려하며, 고려될 첫 번째 요소는 현재의 과학 지식과 관심의 정도이고 둘째 검토사항은 화학물질과 관련 있는 자료와 증거를 수집하고 새롭게 수정하는데 걸리는 소요시간이며, 마지막으로 그러한 평가를 수행하기 위한 자원의 가용성 등이다.

○ 과학적 근거

OEL설정은[Occupational Exposure Standards(OESs)와 Maximum Exposure Limits(MELs) 모두] WATCH에 의한 모든 관련기초문헌(발표되지 않은 문헌도 포함)에 대하여 포괄적인 고찰과 과학위원회에 의한 평가, 상급 위원회에서의 인정에 그 근거를 두고 있다. HSE(Health and Safety Executive)내에서 전문가에 의해 기본 검토 작업이 주로 수행되고 있으며 이들 전문가들은 독성학자, 산업위생학자, 화학분석가, 역학자와 산업의사 들로 구성된 연구팀으로 구성된다.

자료검색은 모든 표준 데이터베이스를 이용하여 수행되고, 관련 산업장과의 접촉을 통하여 접근 가능한 독성학적, 노출자료, 산업보건자료를 얻은 후 내부평가와 외부평가를 거쳐 위원회에 제출된다.

○ 경제요인

과학적인 요소와 사회경제적인 요소사이의 구분을 위한 노력이 충분히 이루어진다. 우선은 NOAEL 즉 threshold를 확인하고 건강에 기초를 둔 OES의 setting을 고려하여 이것이 과학적, 경제적, 실제로 접근가능한지에 대하여 분석하며 만일 OES를 정할 수 없다면 경제요소를 고려하는 MEL을 정해야 한다.

○ 실행가능성

OEL의 설정에 없어서는 안 될 조건은 정확한 표본추출과 분석방법이다. HSE 방법과 때때로 OES, 그리고 미국의 NIOSH에 의해 정확성이 검증된 다른 방법들을 주로 사용 한다.

○ 문서/논리적 근거

1981년과 1990년 사이에 HSE는 22Toxic Review (TRS)를 편찬하여 특정한 물질 또는 물질그룹에 대한 가용한 독성학적 정보를 과학적이고 비판적으로 검토하

였다.

1990년 이전에 비해 최근에는 TRS이 다소 달라졌는데 주요 차이점은 작업장 노출과 관련된 영향과 연구에 중점을 두는 것이나 독성정보에 대한 비판적인 평가는 변하지 않았다.

○ 규제

관련법규는 1974년 산업안전보건법에 의해 부여된 강력한 권한으로 HSE의 감독관에 의해 시행된다.

○ 검토 및 승인과정

- Groups Involved

COSHH 규정의 도입 이후 OEL를 설정하는 과정은 WATCH가 주도하였다. WATCH는 3차(tripartite)위원회로 구성되는데 OEL을 확립하는데 있어 과학적 근거를 일차적으로 고려하지만 사회경제학적 요소도 같이 고려한다. WATCH는 상급위원회인 ACTS에 OEL을 제안하고 있다. 이 제안서는 투표가 아니라 합의에 의하여 만들어진다. WATCH로부터의 모든 제안서는 ACTS에 의해 검토된다. 일반적으로 ACTS는 OES 제안서를 보증하고 HSE의 권고에 따라 MEL의 수준을 결정하며 MEL이 고려되기 전에 현재 노출수준과 관리방법에 대한 광범위한 평가를 한다. ACTS 제안서가 HSC에 의해 입법화되기 전에 보통 관련회사의 노조와 상의한다. MEL은 COSHH 규정의 개정을 필요로 하는데 제안된 수정사항은 공식적인 Consultation Document에 기록된다. 이렇게 하여 합의된 안이 만들어지면 OESs는 별도의 과정을 거치는데 이것은 HSC에 의해 승인되지만 법규에는 포함되지 않기 때문이다.

- Limits Setting

OELs는 2가지 형태가 있다. OES와 MEL이다. 이 둘의 주요 차이점은 OES는 건강위험이 전혀 없는 수준으로 설정되지만 MEL은 근로자의 건강뿐 아니라 사회경제적인 요소를 고려한다는 것이다. 물론 MEL확립의 일차적 관심도 근로자 보호이지만 질병의 위험이 존재한다고 볼 수 있다.

- Criteria Documents는 고려중인 물질에 대하여 다음의 정보를 제공한다.

- 물질명 (Identification)
- 물리화학적 성상 (Physico- chemical properties)
- 발생, 생산, 사용 (Occurrence, production and use)
- 노출과 흡수 (Exposure and uptake)
- 측정 (Measurement)
- 독성 (Toxicology)
- 위험군 Groups at extra risk)
- 부족한 정보 Deficiencies in knowledge base)
- 기준의 근거와 권고수준 (Basis and recommendation for a limit)
- 현재의 노출기준 Existing exposure limits)
- 참고문헌 (References)

- OES의 설정

WATCH의 우선 특정물질에 있어서 OES가 필요한지를 판단해야 한다. OES가 설정되기 위해서는 다음의 세 가지 기준이 충족되어야 한다.

- 기준 1: 합리적인 확실성을 가지고 그 농도에 매일 노출된다고 하더라도 근로자의 건강에 장해를 주지 않는 참고기간의 평균농도에 대하여 과학적 증거를 가지고 확인해야 한다.

· 기준 2: 기준 1의 농도보다 더 높은 농도에 대한 노출은 그 기간 동안 건강에 장단기의 심각한 영향을 나타내지 않아야 하고 초과노출의 원인을 확인하고 수정할 수 있어야 한다.

· 기준 3: OES 준수가 현실적으로 실현 가능성이 있다는 증거가 있어야 한다.

첫 번째 기준은 OES 설정에 있어 기본적인 것으로 그 이상에서는 건강에 중대한 악영향이 있지만 그 이하에서는 아무런 악영향이 없다는 허용기준을 의미하는 것으로 WATCH는 NOAEL을 설정하는데 있어 모든 관련된 과학적 증거를 고려한다. 또한 인간노출 자료가 우선적으로 평가되지만 인간노출의 자료가 제한적이거나 존재하지 않을 때도 있으므로 동물에 대한 시험으로부터 얻은 독성자료에 신뢰성을 둔다.

두 번째 기준은 기준 1에서의 OES 설정치를 초과할 가능성에 관한 것이다. 고용주가 현실적인 방법으로 노출수준을 OES 설정 치로 낮출 수 있다면 OES 이상의 노출도 허용할 수 있다.

세 번째 기준은 OES 기준에 대한 사업장의 현실성을 고려한다. 즉 사업장이 합리적으로 OES 기준을 준수할 수 있는가 하는 것이다.

세 가지 기준이 모두 충족되면 잠정적인 OES는 OES 권고기준이 되고 WATCH는 ACTS에 권고를 제출하여 그 후에 HSC에 권고한다. 공고하여 의견을 수렴한 후 HSC는 OES를 EH40에 있는 Approved Occupational Exposure Standards의 Table 2에 추가한다.

- MEL의 설정

OES 기준이 정해지기 전에 3가지 기준을 모두 충족하여야 한다. 만일 어느 하나라도 충족하지 않는다면 그 물질을 MEL의 대상물질로 한다. 유전독성 발암물질과 호흡기 감작물질들과 같은 경우에는 신뢰성 있게 NOAEL을 결정할 수가 있다. 그러한 경우에 OES는 정해질 수가 없으며 MEL을 정해야 한다. 그 물질은 다음과 같은 MEL 기준을 충족해야 한다.

· 기준 4 : 어떤 물질이 OES 기준 1과/ 또는 2에 충족되지 않고 그 물질에 노출되는 것은 근로자에게 심각한 건강장해를 나타낼 수 있다.

· 기준 5 : OES 기준 1,2를 충족하더라도 사회경제적인 요인에 의하여 그것보다 높은 값으로 정해야 할 때가 있다. 단, 현실성 있는 노출 관리방안이 있어야 한다. 만일 근로자에 대한 심각한 건강장해가 없다면 그 물질은 OES로 재평가되거나 기준이 정해지지 않는다.

기준 5는 사회경제적인 요소와 과학적 요소를 같이 고려하며 ACTS는 비용에 대한 근로자의 건강위험과 노출을 감소시키려는 노력에 대하여 조절한다. ACTS는 HSC에 MEL 기준을 권고하며 HSC는 MEL을 정부에 제출하고, 그 후 의회의 승인을 받아야 한다.

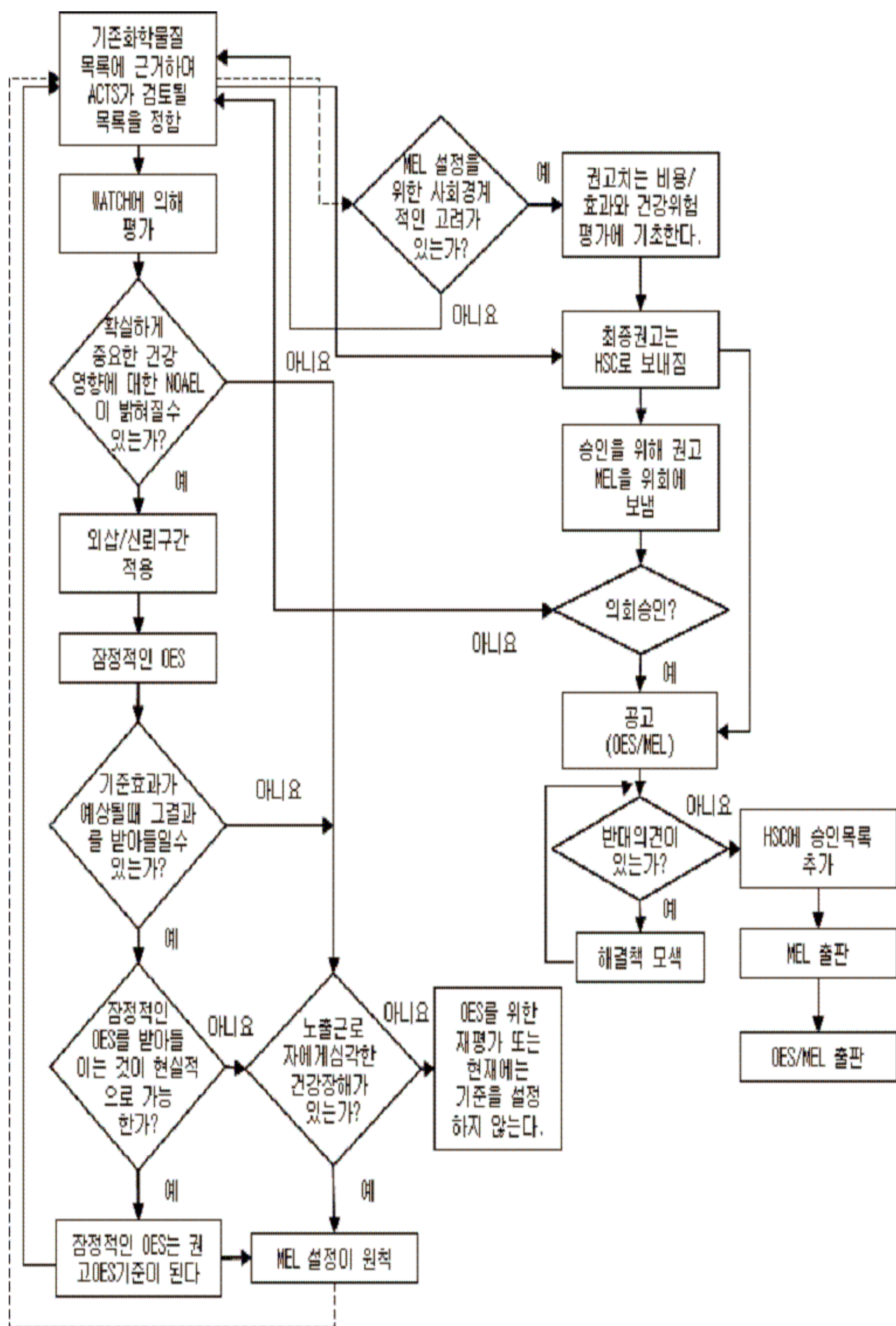
○ 개정과정

OES와 MEL은 개정과정을 거치는데 개정과정은 서로 간에 법 규정이 약간씩 다르기 때문에 개정과정이 약간씩 다르다. 제안된 OES는 Toxic Substance bulletin(TSB)에서 처음으로 공포한다. TSB에는 제안된 OES 기준뿐 아니라 독성학적, 역학적 연구결과에 대한 요약내용이 수록된다.

○ 실행

실행물질의 선택과 우선순위 결정. 과학적 연구, 경제적 요소와 공개검토와 같

은 과정들이 OEL을 실행하는데 있어 모두 중요한 역할을 한다.



[그림 2-7] 영국의 선정절차

다) 독일

사업장의 화학물질 유해성 조사를 위한 위원회(Commission for the investigation of Health Hazard of chemical Compounds in the work Area)에서 작업장에서 사용되는 화학물질의 최대 허용가능 한 기중 농도(MAK)를 설정하며, MAK는 규제 기준으로 사용된다.

○ 물질 선택기준과 우선순위

위원회에서 MAK 설정에 필요한 물질을 선택하며 근로자에 있어서 예방 가능한 의학적 문제의 중요성에 따라 선택하고 위원회의 위원, 산업계, 정부에서 제안할 수 있다. 또한 MAK 값을 설정하는 데는 혼합물의 효과를 먼저 고려한다.

○ 과학적 근거

MAK 값은 현재의 지식으로는 일반적으로 근로자의 건강에 장애를 주지 않는 작업장의 공기 중에 존재하는 화학물질의 최대농도라고 할 수 있으며 위원회는 연구소 산하에 두고 있으며 이 연구소의 운영에는 다음과 같은 내용이 있다.

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

-위원회는 제약 없이 학문적 자유를 가지고 연구한다.

-물질의 선택과 우선순위를 정하는데 자유롭지만 산업계나 정부가 요구하는 물질을 연구해야 할 의무가 있으며 보건복지부와 노동부의 요구에 우선권이 있다.

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

-위원회에서는 반듯이 과학적인 논의만이 있을 수 있다.

-보건전문가만이 위원회의 토론에 참여할 수 있다.

-MAK 값을 설정하기 위해서 해당 물질의 산업보건과 독성영역의 정보를 얻어

야 하며 원칙적으로 인간의 경험이 다른 자료에 비해 우선적으로 다루어진다.

-기타 기준의 설정

- TPOncal exposure Limits(TRKs)

- 발암성, 돌연변이성 화학물질

- 작업장에서 보호를 위한 지침으로 가스, 증기, 공기중입자 농도

- 잠재적인 건강위험을 완전히 배제할 수는 없음

- Biological Tolerance Value(BAT)

- 화학물질, 그 대사물질의 최대 허용 양

- 건강한 개인에 있어서 천정치(Ceiling value)

- 혈중과 소변에서의 측정값으로 설정

- 8시간 가중치로서의 적용

- 작업장 공기 중 화학물질 농도는 실제로 변동한다는 것을 고려하여 최대치

설정

- 단기 노출기준(Short-term excursion limit)의 설정

- MAK 값을 가진 화학물질의 기타 효과도 구분하여 정리

- 감각과 피부흡수의 효과

- 발암성 정도

- 임신에 대한 잠재적 영향

- 돌연변이

○경제요인

경제적 요인 고려안함

○ 실행가능성

고용주는 작업장에서 MAK, BAT, TRK를 지켜야 할 책임이 있으며 TRK에

대해서 고용주는 그 기준보다도 가능한 더 낮게 유지해야 한다.

○ 문서/논리적 근거

위원회에서는 새로운 항목이나 변경에 대해 1년 전 사전 공고하고 공식적인 출판, 또는 인쇄된 출판물을 통해 산업보건 관련 조직에 정보를 제공한다.

○ 규제

독일연방정부에서 MAK 값을 규제농도로 작업장에 부과하고 고용주는 MAK 값을 초과하지 않을 책임이 있으며 고용주는 연방정부의 감독관을 통해 작업장을 측정하고 모니터할 책임이 있다.

○ 검토 및 승인과정

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

- LASI: 산업안전과 기술보장을 위한 연방위원회
- 독일 산업연맹
- 산재 보험 연합회
- 독일노동조합연맹

○ 개정과정

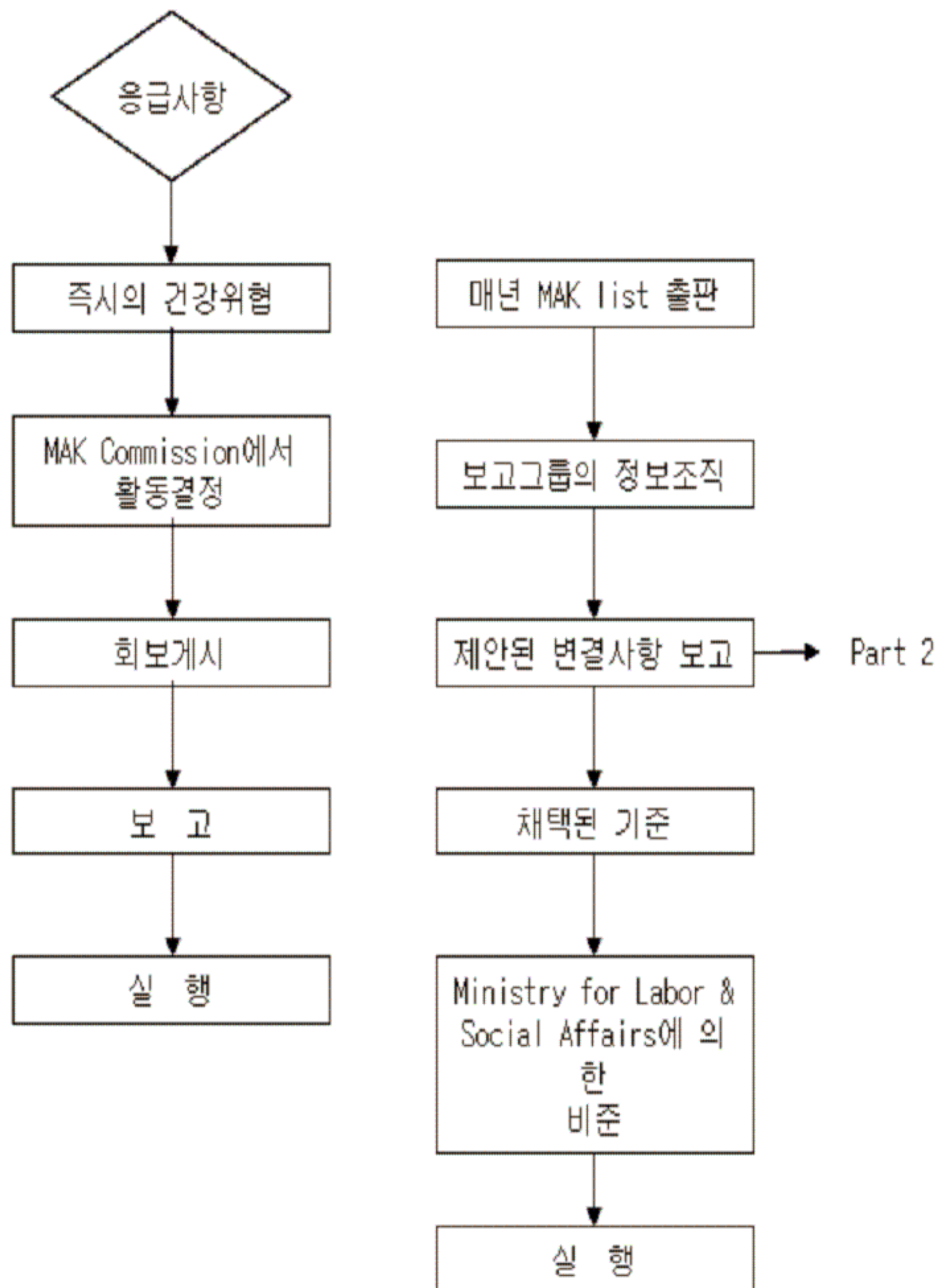
MAK 항목의 출간과 더불어 위원회에서는 개정 또는 재정 목록을 1년 전에(보통 7월) 공고한다.

- 위원회는 개정 이유를 설명
- 다음해 2월까지 서면으로 의견을 받음
- 5월까지 응답
- 문제해결이 안 되면 이 분야에서 한명이상의 전문가에게 요청

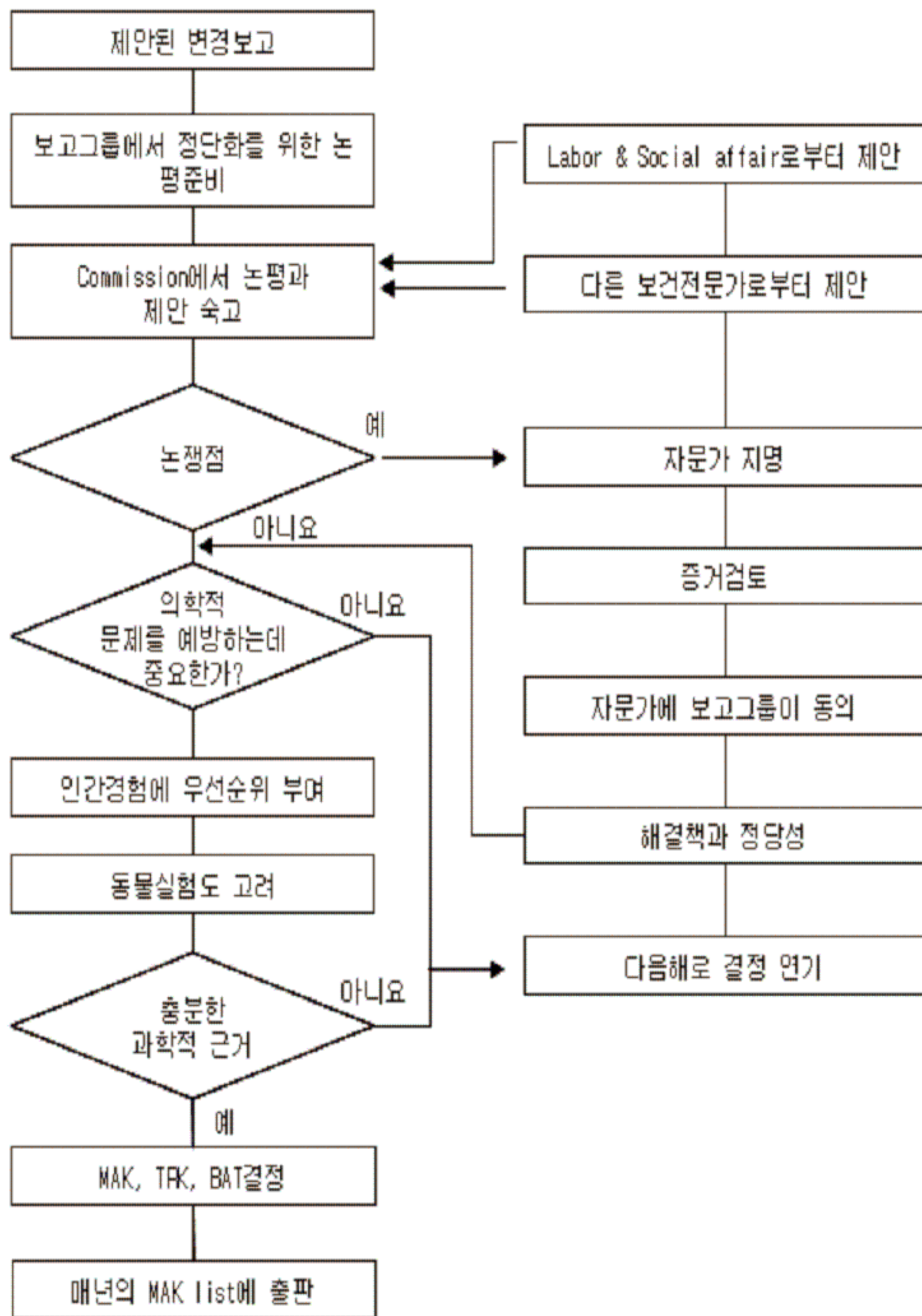
- 과학적인 근거가 충분하지 않으면 다음해까지 연기
- 응급 시는 건강장해를 최소화하기 위하여 조기 공고하며 정상적인 과정을 거치지 않고 빨리 시행할 수 있으며 이러한 경우에는 정보를 제공받는 장소에 자세한 과학적인 이유를 제공하여야 한다.

○ 실행

고용주는 독일 산업연맹, 노동부로부터 정보를 제공받음



[그림 2-8] 독일의 선정절차 - 1



[그림 2-9] 독일의 선정절차 - 2

라) 유럽공동체

유럽공동체내의 각 국가들은 각자의 OELs을 설정하고 있으나 유럽공동체내의 산업안전보건 조화를 이루고자하는 열망이 큼에 따라 Council Directive 80 / 1107 / EEC와 Council Directive 90 / 394/ EEC는 화학물질, 물리적 인자, 생물학적 인자에 대한 OELs 설정기준을 정하고 사업주에게 안전한 작업환경을 제공하도록 하는 의무를 부여하고 있다.

○ 물질선택기준과 우선순위

대상물질은 전문가, 회원국의 대표, 이익집단 대표들이 선정하며 위원회의 임무는 작업장의 안전, 위생 및 건강증진 분야의 활동을 준비하고 실행하는데 기여하고 행정부서와 노동조합, 고용주 조직 간의 협력을 촉진하는 것이다. 위원회는 정부 대표자, 근로자 대표, 산업계 대표 등 총 54명으로 구성되어 있고, 유럽 이외의 국가인 미국, 캐나다, EFTA 국가들로부터 물질선정을 위한 정보와 자료를 얻는다.

현재 27개의 물질에 대한 허용치가 설정되어 있고 지속적인 추가 작업이 이루어지고 있으며 대상 물질의 우선순위는 작업장 노출과 관련된 독성에 근거하고 있다. 가장 심각한 건강장애를 일으키는 물질을 우선적으로 검토하고 폭로 근로자 수, 사용량, 독성정도, 기타 관련 요인들을 함께 고려한다.

○ 과학적 근거

- 과학적 참고자료의 준비

유럽공동체에 의하여 OELs이 정해진 물질이 적은 이유는 자료가 부족하였기 때문이다. 자료는 회원국가의 전문가, 산업체와 기업협회, 노조, 기타 이해 단체 등 모든 가능한 자원으로부터 수집되며 선택된 물질들에 대한 평가는 가장 유용한 자료에 기초하여 평가를 수행하고 있으며 과학적 참고자료는 다음과 같은 사

항을 포함한다.

- 직업노출과 관련된 건강영향에 관한 유용한 자료들이 있는 criteria documents

- 과학적 검토가 들어간 최신정보

- 분석과 측정에 대한 적절한 자료

- 위원회는 여러 단계에서 유용한 자료를 모두 수집하여 널리 분포된 자료를 전체적으로 취합하는 중추적인 역할을 맡는다. 유럽 공동체는 또한 미국, 캐나다 등의 국가와 WHO, IPCS, OECD 등과 같은 국제 조직과 협조체제 아래 정보 교환을 시행한다.

- 우선순위 결정에 있어서의 고려 사항으로는 노출, 건강 위해효과, 역학자료, 독성정도 등이었다.

- 과학적 참고 자료의 평가

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

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

- 과학적 평가

위원회에 의하여 다음과 같은 내용의 정보가 수집되고 평가된다.

- 상세한 물질 확인

- 물리 화학적 성질

- 색깔, 성상
- 녹는점
- 끓는점
- 20℃에서의 비중
- 20℃에서의 증기압 및 포화농도
- 증기밀도
- 용해도
- 냄새 및 ‘냄새 감지한계’
- 옥탄올/ 물 분배계수
- 발화능 ; 산화능 ; 폭발점
- 발생 및 사용
 - 발생량
 - 지역적 부문별 분포
 - 환경적 요인
 - 불안정하거나 반응성 물질에 대한 잠재적 영향
 - 가장 중요한 물리 화학적 성상 및 사용현황
 - 작업장 노출수준
 - 측정 자료의 신뢰성
- 생산 및 사용자료
 - 생산 및 사용방법
 - 생산량 및 사용량
- 노출과 흡수에 대한 양적인 정보
 - 작업장 내외에서의 실제 노출 수준
 - 자료의 타당성
 - 개인 노출

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

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

- Toxicokinetics : 흡수, 분포, 생변환, 배설, 생물학적 모니터링,
- Toxicodynamics : 기간, 노출 경로, 단기 노출, 장기 노출, 단일 노출, 노출의 유형, 급성 / 아급성, 만성 / 아만성, 증상 / 소견, 혼합 노출, 불쾌감, 표적 장기, 취약 장기 및 영향, 노출 / 양-반응관계, 노출 - 영향관계, NOAEL / LOAEL, 돌연변이성, 발암성, 생식기관 독성, 면역성
- 기존지식과의 차이
- 위험 군 : 질병 과민성
- 기존의 OEL
- 요약된 평가 및 OEL에 대한 과학적인 권고이며 요약 평가는 SEG가 OEL 설정에 관련하여 검토하는 근간이다.

○ 경제요인

SEG는 경제적인 요소를 고려하지 않는다. SEG는 단지 과학적인 자료에 근거해 OEL을 권고하며 SEG의 제안이 중요한 요소이기는 하지만 위원회에서는 이외에도 기술적인 면이나 사회 경제학적인 측면, 정책적인 요인들을 부수적으로 고려하여야 한다.

SEG는 보고서의 초안을 위원회에 제출하게 되고 위원회는 고용자, 노동자, 정부의 3자 협의회를 구성하여 제안서를 검토하는 과정을 거치며 이 과정에서 제안된 기준을 실행할 때 소요되는 비용과 건강상의 이득을 판단하여 집중 토의한다.

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

○ 실행가능성

사회경제적인 측면을 고려할 때 함께 고려한다.

○ 문서 / 논리적 근거

위원회는 관련단체에 기준문서(criteria document)와 SEG 권고에 대한 근거를 간단히 정리한 summary documentation을 제공한다. 기준문서 내 평가 및 권고 사항을 요약한 항목은 SEG가 OELs를 정한 근거를 분명하게 기술하며 다음은 기준이 채택될 경우 출판되는 documentation의 기본 틀을 제시한 내용이다.

- 물질의 확인 : CAS/EINECS/EEC name and number/ chemical formulae

- 발생 및 사용

· 가장 중요한 물리 화학적 성질 및 사용현황

· 작업장 노출 수준

· 측정 자료의 신뢰성

- 건강 유해성

- 자료의 가용성, 자료의 질 및 수준 표적 장기
- NOAEL / LOAEL 및 양-반응 관계
- 권고기준
 - TWA / STEL / BOEL
 - OEL 설정 시 가장 중요한 자료
 - 외삽 기술 / 불안정성 인자
 - 피부표기
 - OEL 수준에서 측정 가능성
 - 적절한 방법의 가용성
 - 추가로 필요한 연구

○ 규제

EC내에 특정한 규제 규정이 따로 존재하지는 않으나 회원국들은 OELs을 준수할 의무가 있으며 일반적으로 기록 보관, 작업환경측정, 안전보건 연구, 조사감독 등의 규정에 대한 집행 항목이다.

○ 검토 및 승인 과정

여러 회원국들과의 협의를 통하여 유럽의 위원회는 OELs의 제안서를 작성하게 된다. 회원국 대표로 구성된 위원회에서 공식적인 투표에 의해서 OEL을 채택하여 SEG에서 OEL을 권고한 후에 위원회는 모든 기술적 자료와 사회 경제적으로 요인들을 검토하여 노출기준에 대한 위원회 제안서를 ‘사업장 안전, 위생 및 건강증진에 대한 자문위원회’에 제출하고 “Official Journal of European Community”에 출판하게 된다.

자문 위원회는 위원회의 제안서를 산업계, 근로자, 정부 대표들로 구성된 3자 실무그룹에서 검토하게 하며 이들의 자문을 거쳐 자문위원회는 권고사항을 위원회

에 제출한다.

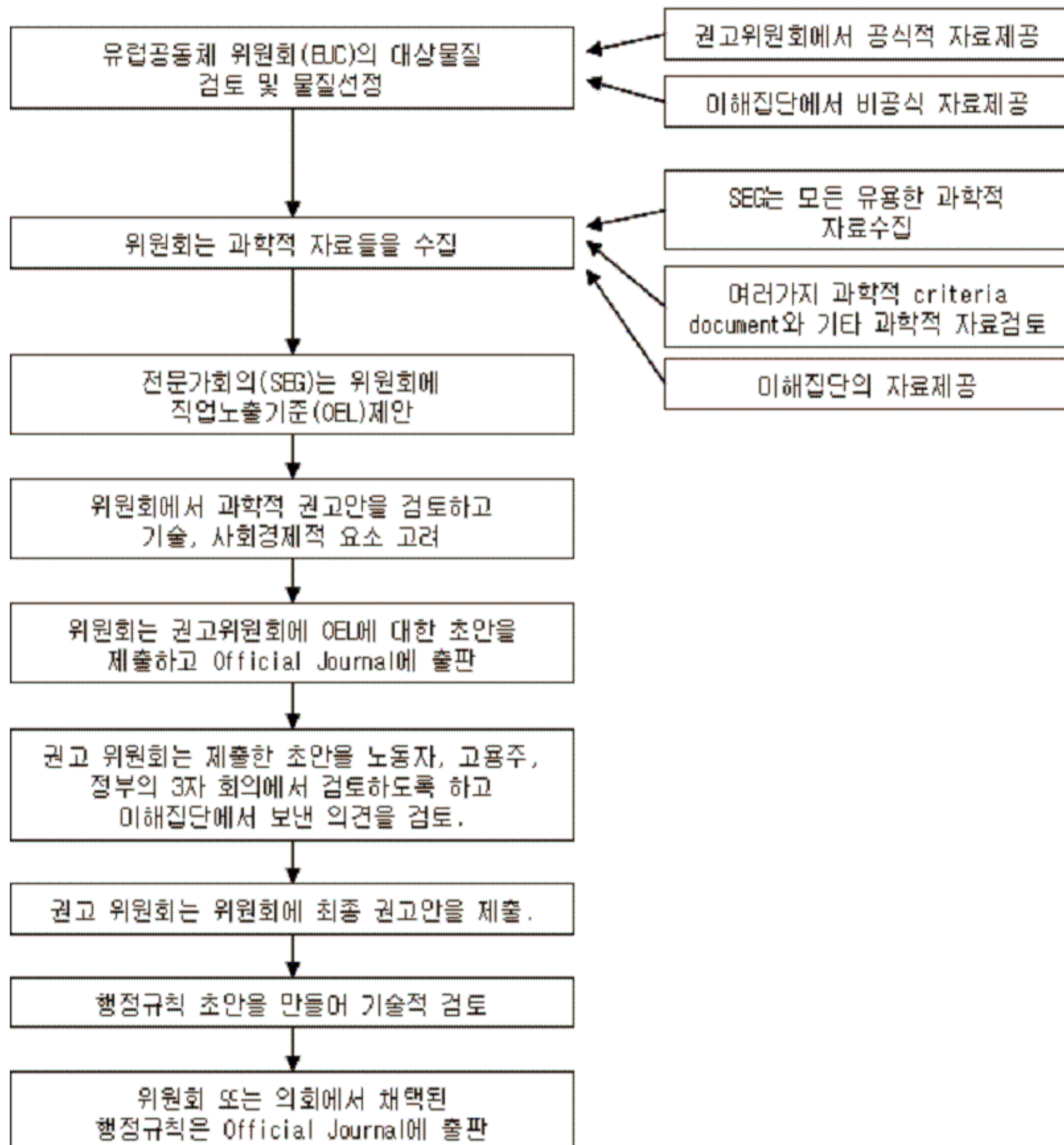
위원회에서 이를 바탕으로 행정규칙을 만들어 채택하면 이는 Official Journal에 출판된다.

○ 개정과정

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

○ 실행

EC의 행정규칙은 정해진 기간, 흔히 채택 일로부터 보통 2년 이내에 회원국들의 국가법으로 수행되어지며 법규의 준수여부 감독은 각 회원국들에게 달려 있다.



[그림 2-10] 유럽공동체의 선정절차

마) 스웨덴

스웨덴은 허용농도 제정을 위해서 노동자, 고용주, 노동조합의 3자간의 협조 체계를 이용한다. 스웨덴의 허용농도 설정의 중추적인 기능은 정부기구인 산업안전보건국이 담당하고 있고 산업안전보건국에는 감독부서, 행정부서와 의사결정기관인 간사 회를 두고 있으며 허용농도 제정의 임무 수행을 위하여 산학의 긴밀한 협조체계를 갖추며 기술, 화학, 생리학적 분야 및 산업의학 분야의 연구 활동을 수행한다.

1987년 7월 국립산업보건연구원이 산업안전보건국의 후원아래 연구 활동을 수행하기 위해 설립되었으며 300여명의 과학자와 30명의 staff진으로 구성되어있다.

○ 물질선택기준과 우선순위

화학물질에 대한 허용농도의 제정 및 수정은 대개 3년마다 이루어지는데 정부, 사업주 대표로 이루어진 조정위원회에서 최근에 소개되는 정보에 근거하여 물질의 우선순위를 정하게 된다. 제안서는 조정위원회에서 결정되는데 우선 스웨덴에서 사용되는 화학물질이어야 하고 사업장에 문제가 되었던 자료를 바탕으로 제안서를 작성하게 된다. 제안서는 근로자, 고용주, 과학자, 산업의학 전문가, 근로감독관, 조정위원회 비서 등으로부터 제출되면 산업안전 보건 국에서는 면밀히 자료를 검토하고 미국, 독일, 스칸디나비아, 유럽 공동체의 활동을 참고한다.

모든 제안서들을 취합한 후에 조정위원회에서 선택물질의 초안을 잡고 우선순위를 배정하여 선택 물질목록을 과학적 근거에 의하여 기준위원회에 제출한다.

○ 과학적 근거

· The Criteria Document

과학적 근거는 기준위원회에서 설정하는데 그 구성원은 산업위생 전문가, 독성학자, 산업의학, 정신생리, 생화학 전문가 등으로 구성되며 Criteria Document에

기재되어야 하는 정보는 다음과 같은 사항이 있다.

- 현재, 허용농도(OEL)
- 제안된 OEL
- 외국에서의 허용농도와 다른 기관에서의 제안농도
- 건강효과 : 작업장 내, 외의 급성 노출 수준, 자료의 타당성, 개인 노출, 잠재적인 노출수준(대기, 토양, 음식물, 물)
- 사용처 : 사용처와 이용형태, 사용량, 사업장 자료
- 노출과 흡수에 관한 양적 정보
- 측정 기술과 분석 방법
- 노출 측정 방법
- 생체조직, 혈액, 호기시의 내부농도
- 측정 전략, 기술, 수집된 자료에서의 분석과정
- 노출유형의 다양성
- 생물학적 monitoring
- 중독에서의 정량적인 자료
- 지역별, 사업장별 다양성
- 환경적 요소
- 중요한 물리, 화학적 성상 및 사용양상
- 작업장 노출 수준
- 측정의 신뢰도
- 노출 결과의 평가

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

기준위원회에서는 간단한 보고서를 발행하여 물질들의 노출에 대한 인간 및 동물

시험의 효과를 포함한 자료들을 발표하며 스웨덴의 Criteria Document는 Nordic Group 및 Dutch Expert Committee와 같은 국제적 조직에서도 관여한다. Nordic Group은 Nordic Council 내에 존재하며 그들은 과학적 자료를 바탕으로 5개 Nordic 국가에서의 사용을 위한 Criteria Document를 작성한다.

정보들은 이외에도 Nordic 국가의 산업보건연구자, WHO, EU, NIOSH, ACGIH TLV list에서도 수집된다. 기준위원회에 의해 작성된 과학적 기준은 모든 회원들의 동의에 의하여 과학관련 문헌에 출판되며 기준위원회에서는 양 -효과, 양-반응관련 자료들을 발표하는데 임계농도는 건강 위해효과가 나타는 최저 농도를 허용농도 수립 시 이때의 농도가 고려되며, 노출결과의 평가에 기재되는 내용은 다음과 같다.

- 물리화학적 성질
 - Chemical Abstract Service No.
- 약어
- 동의어
- 공식
- 구조
- 분자량
- 밀도
- 어는점
- 끓는점
- 녹는점
- 수증기압
- 포화농도
- 발화점
- 흡수 / 생체변화, 배설

- 호흡기
- 피부흡수
- 물질대사
- 음식
- 소변
- 독성효과
 - 인간 대상 자료, 동물시험 자료
 - 시험관 실험 때의 영향
 - 급성 독성
 - 유전자적 독성
 - 급성 중독
 - 독성에 영향을 주는 요인
- 돌연변이성
 - 발암성, 기형성
 - 태아의 기형효과
- 양-반응 / 양-효과 관계
 - 단기노출, 장기노출
 - LOEL(lowest observable effect level) / NOEL(no observable effect level)
 - 동물(경구 / 경피)
 - 인간(경구 / 경피)
- 임계효과

산업안전 보건 국에서는 허용치에 있어서 NOEL을 목표로 하고 있다. 특정물질에 대한 safety factor는 사업장의 노출현황, 잠재력인 발암능력, 불쾌정도, 과학적 자료들을 물질별로 고려하여 정하며 AFS 1993 ; 9에서 물질들을 크게 6가지로 나누었다.

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

- AFS1993 ; 9에 대한 일반 권고에서 ‘한계치는 오염물질에 노출된 사람이 건강장애를 일으키지 않는 최고농도’라고 규정하고 있고 민감도, 단기노출 요인, 생물학적 성상과 오염물질 제거를 위한 기술적인 측면의 가능성을 함께 검토하며 다음과 같은 사항을 허용농도 제정에서 고려한다.

- 교호작용
- 작업부하
- 발암물질
- 감작물질
- 피부 흡수
- 생식기관에 작용하는 물질
- 생물학적 요인

○ 경제요인

과학적 기준을 결정하는 것 외에 조정위원회는 경제적인 요인을 고려한다. 조정위원회는 화학물질에 노출되는 노출 근로자수와 각 사업장에서의 농도 등을 검토하고 여러 출판 자료를 검토하는 일련의 과정을 거친다. 따라서 건강과 사업장의 요인을 함께 검토하게 되고 이러한 경제적인 요인은 감사 회에서도 고려하게 된다.

○ 실행가능성

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

스웨덴의 허용기준이 단지 의학적이거나 독성효과에만 근거하지 않으며 노출 수준에 따라 건강과 비 건강을 구분할 수도 없다.

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

일반적으로 고용주는 근로자의 질병을 초래할 수 있는 물질에 대해서는 가능한 한 노출이 최소화되도록 해야 하며 이러한 사실은 허용기준이 궁극적인 목표라기 보다는 지침이라는 것을 의미한다.

○ 문서 / 논리적 근거

기준위원회는 Regulation Group에 과학적인 근거를 뒷받침하는 Criteria document를 제출한다. 이것은 다시 감사 회에 전달되어 검토되고 최종보고서는 국립산업보건연구원에서 출판된다.

○ 규제

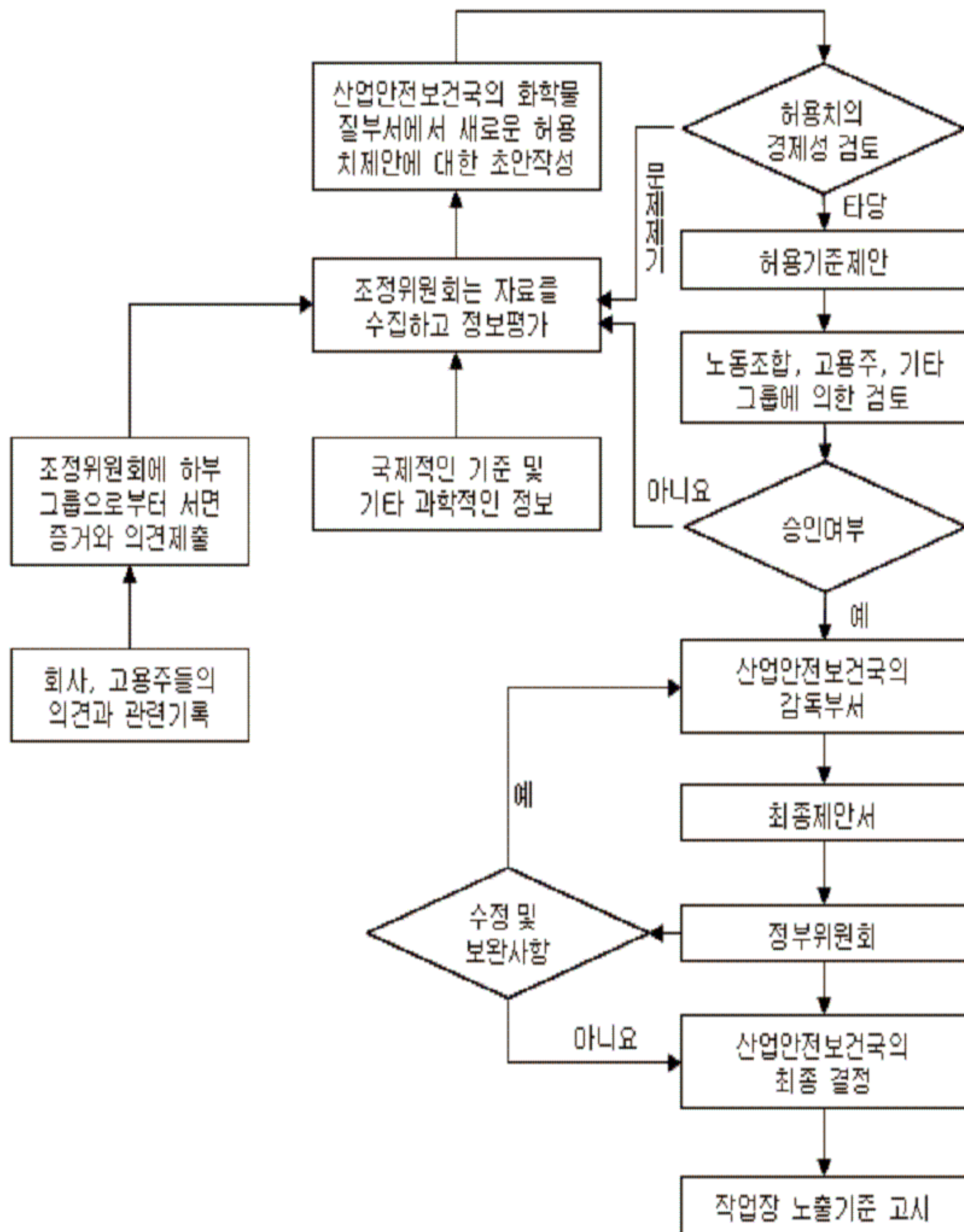
제정된 허용농도에 근거하여 사업주는 허용농도를 준수하여야 하는 의무를 갖는다. 그러나 허용농도는 엄격한 수치로 제정된 것이 아니며 가능한 허용될 수 있는 수준으로 가능한 낮추라는 것을 의미하며 사업장을 지도하고 감시하는 역할은 근로감독관이 맡고 있다.

○ 검토 및 승인과정

검토단계는 정상적으로 3년마다 열려 법규를 개정한다.

○ 실행

산업안전보건국에서 작업환경관리를 위한 허용농도를 설정할 수 있도록 법규에 명문화 하고 있으며 이에 대한 정보를 자체 신문 및 기타 매체를 통하여 전파한다.



[그림 2-11] 스웨덴의 선정절차

바) 프랑스

프랑스에서는 직업병과 산업재해의 예방을 위하여 위험한 물질에 근로자가 노출되는 것을 피하게 하거나 최소수준으로 감소시키고자 OELs을 제정하였으며 OELs에 대한 첫 목록은 1982년에 출판 되었다.

현재 직업성 노출기준(OELs)은 2가지 종류가 있다.

- 특정물질에 대한 허용기준 : asbestos, vinyl chloride, dusts,
 - benzene
 - lead
 - fumigation gases [HECN, CH₃Br, PH₃]
- 권장기준
- OELs 설정 & 개정
- 직업적 노출기준은 직업성 위해 예방을 위한 의회의 작업환경감시 위원회에서 설정되고 개정된다.

○ 물질 선택기준과 우선순위

매우 위험하다고 생각되는 6개 물질 그룹에 대해서는 허용기준이 있고 이를 준수하는 것은 의무사항이며 기타물질(500종 이상)에 대해서는 권장기준이 설정되어 있다.

- 일반적으로 직업적 노출기준 선택근거
 - 국제과학 간행물(international scientific publications)
 - ACGIH TLV의 변화(특히 감소)
 - 지역보건당국의 연구
- 노출기준의 2형태
 - 8시간 가중치
 - 단기노출기준(15분)

○ 과학적 근거

- 국제과학 간행물
- 보건당국의 연구

○ 경제요인

- 산업계 참여
- 경제적 현실 반영

○ 실행가능성

직업 환경 감시위원회는 모든 노출기준이 측정 가능하도록 하고 또 준수하기 쉬운 표준방법을 만든다.

○ 문서 / 논리적 근거

Official journal, Official Bulletin과 National Institute of Safety Research에 출간된다.

○ 규제

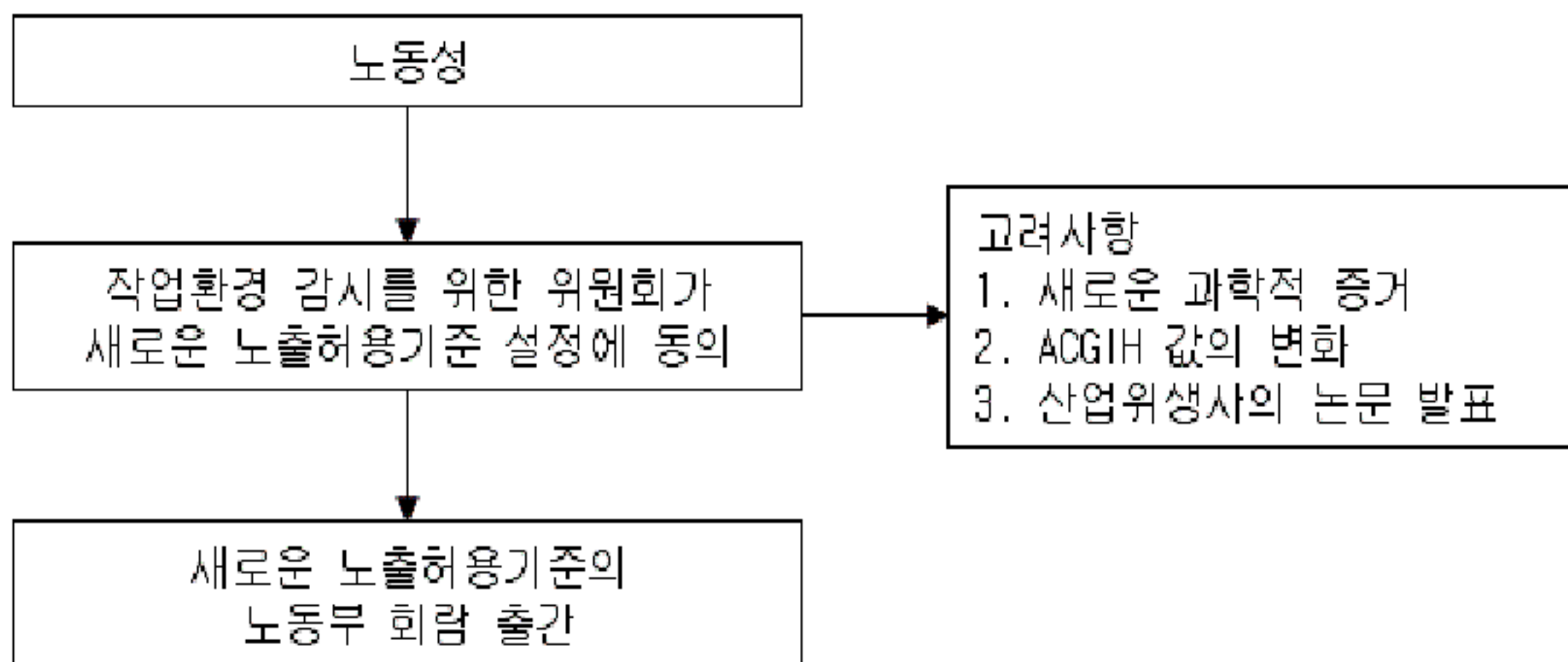
- 노출기준에 대한 감독과 규제는 노출기준 종류에 따라 다르다
 - 노출허용기준 : 법규에 관리방안 기록
 - 노출권장기준 : 노동부 조례
- 근로감독관이 사업주에게 위험물질의 영향을 평가하기 위한 연구를 수행하도록 요구할 수 있고, 위해평가가 된 후 감소시키기 위한 활동을 해야 함

○ 검토 및 승인과정

노출허용기준의 설정은 작업환경감시위원회에서 수행하는데 여기에는 전문가, 과학자, 산업계에서 참여하며 노동계는 참여하지 않는다.

○ 개정과정

규칙적으로 개정하며 새로운 과학적 증거와 ACGIH TLV의 변화가 개정의 촉매제이다.



[그림 2-12] 프랑스의 선정절차

사) 일본

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

○ 물질선택기준과 우선순위

다음의 기준에 의하여 우선순위의 물질을 선정한다.

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

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

○ 과학적 근거

노출허용기준은 대기 중에서 호흡영역에 존재하는 유해물질 농도의 기준치이며 이는 참고 치로서 사업장에만 적용가능하다.

과학적 근거는 인체 및 동물시험의 결과와 사업장에서의 경험으로 이루어지며 허용농도는 1일 8시간, 1주 40시간의 시간가중치로 나타내며 이 의미는 기준농도에 노출되는 경우에 대부분의 근로자에게서 유해한 효과가 일어나지 않는다는 것을 뜻한다.

○ 경제요인

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

○ 실행가능성

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

○ 문서 / 논리적 근거

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

○ 규제

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

○ 검토 및 승인과정

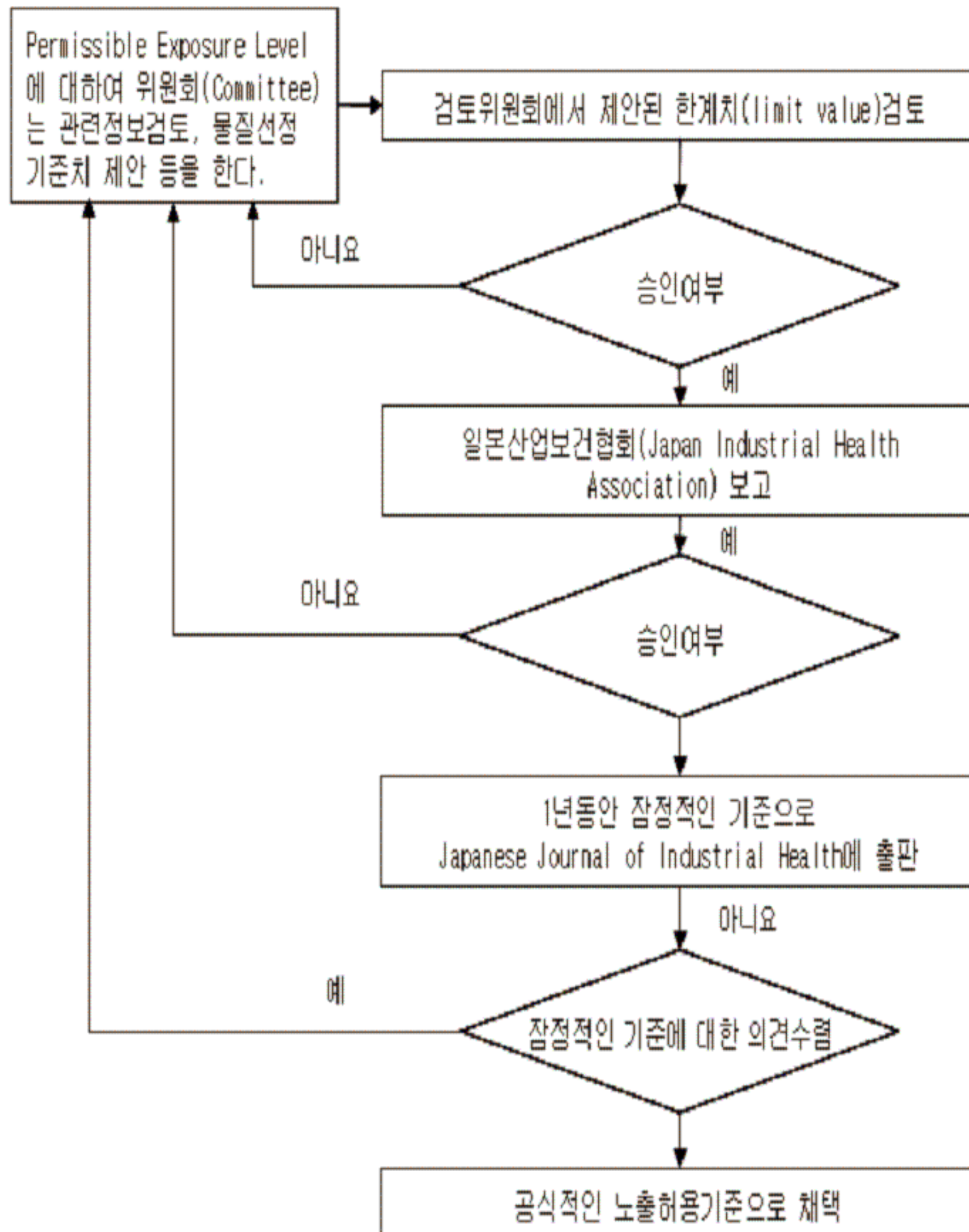
이전에는 없었던 허용농도를 결정함에 있어서 위원회는 여러 참고 문헌을 검토하게 된다. 위원회 위원이 이러한 가용한 정보에 기준하여 어떤 물질의 허용 농도 치를 제안을 하고 그 근거를 마련한다. 검토위원회에 제출된 이러한 기준치가 승인된다면 다시 협회의 승인을 거쳐 Japanese Journal of Industrial Health에 기재되고 1년 동안 의견을 수렴한 뒤 더 이상의 의견이 없을 경우 다음 협회 의회에서 공식적인 노출허용기준으로 채택이 되며 의견이 제시될 경우 합의가 이루어질 때까지 많은 토의를 전개한다.

○ 개정과정

노출허용기준의 개정과정은 검토 및 승인과정과 같으며 1차로 제시된 허용농도는 Japanese Journal of Industrial Health에 기재되고 1년 동안 의견 수렴 뒤 의견이 없을 경우 다음 학회에서 공식적인 노출허용기준으로 채택한다. 의견이 제시될 경우 합의가 이루어질 때까지 많은 토의를 전개 한다.

○ 실행

사업장에서 협회의 노출허용기준을 어느 정도 지키고 있는지 파악하기는 어렵다. 또한 협회는 강제적인 법적 규제력을 지니고 있지 않다.



[그림 2-13] 일본의 선정절차

(5) 니트로메탄 관련 미국의 노출기준 요약 해설

가) OSHA

PEL(Permissible Exposure Limits) 기준 제시 및 설정근거 요약

나) ACGIH

TLV(Threshold Limit Values) 기준 제시 및 설정근거 요약

다) NIOSH

REL(Recommended Exposure Limits) 기준 제시 및 설정근거 요약

(6) 니트로메탄 관련 일본의 노출기준 요약 해설

가) 노동성

노동안전위생법상의 관리농도 제시 및 설정근거 요약

나) 산업위생학회

일본산업위생학회에서 권고하는 기준제시 및 설정근거 요약

(7) 니트로메탄 관련 독일의 노출기준 요약 해설

MAK(Maximum Concentration Values) 기준 제시 및 설정근거 요약

(8) 니트로메탄 관련 스웨덴의 노출기준 요약 해설

OEL(Occupational Exposure Limits) 기준 제시 및 설정근거 요약

(9) 니트로메탄 관련 영국의 노출기준 요약 해설

OEL(Occupational Exposure Limits) 기준 제시 및 설정근거 요약

(10) 니트로메탄 관련 프랑스의 노출기준 요약 해설

OEL(Occupational Exposure Limits) 기준 제시 및 설정근거 요약

마. 제 5 단계: 작업장 내 근로자 노출실태 파악

이 단계에서는 니트로메탄을 제조하거나 사용하는 사업장을 선정하여 취급 근로자를 대상으로 노출평가를 통해 노출실태를 파악하였다.

(1) 작업환경측정 방법 및 결과

가) 대상 사업장 선정

니트로메탄을 취급하는 사업장 5개소를 선정하여 총 10회 실시하였다.

나) 작업환경측정 방법

선정된 사업장을 대상으로 취급근로자수, 노출평가 대상공정 등을 예비조사를 통해 파악하였다. 예비조사는 현지 방문 및 전화조사를 통해 실시하였다. 한편, 노출평가를 위한 본 측정은 작업환경측정 및 정도관리 규정⁴⁴⁾(노동부고시 제 2001-39호)을 준수하여 실시하였다. 시료의 포집 및 분석은 NIOSH Manual of Analytical Methods(이하 ‘NMAM’라 한다) 2527⁴⁵⁾를 채택하여 실시하였으며, 개인시료포집과 지역시료포집을 병행하는 방법으로 사업장당 3개 이상의 시료를 채취하였으며, 시료채취는 작업시간동안 연속측정하거나 오전 오후로 나누어 6시간이상 연속 분리 측정을 병행하여 실시하였다.

(2) 측정결과분석 및 해석

가) 결과분석 및 해석

측정결과에 대한 자료처리는 통계프로그램인 SPSS for windows ver 10.0을 사용하여 평균 및 표준편차, 최대 및 최소값 등의 통계분석을 실시하였으며, 측정 결과는 현행 국내 노출기준인 화학물질 및 물리적인자의 노출기준⁴⁶⁾(노동부고시 제 2002-8호)과 비교하여 노출 실태를 해석 하였다.

나) 작업환경 수준 평가

현장 방문 시 대상 사업장의 작업환경 수준을 평가하기 위하여 KOSHA CODE H-16-2005 사업장 작업환경 평가지침⁴⁷⁾을 활용하여 일반관리분야 8개 항목, 유해물질관리분야 5개 항목, 작업환경관리분야 10개 항목 등 3개 분야 23개 항목에 대한 평가를 실시하고, 인용한 지침에서 정하는 평가기준에 따라 “양호” “미흡”, “불량”으로 구분하였다. 본 연구에서 사용한 세부 평가 항목 및 평가 기준은 <표 2-8~10>과 같다.

<표 2-8> 작업환경 평가 항목 및 평가 기준 - 일반관리분야

세부평가항목	평가기준		
1. 작업장내의 유해인자들에 대한 유해·위험성에 대하여 이해하고 있는가?	양호	사업주 및 근로자가 작업장내의 각종 유해인자의 종류와 그에 대한 유해·위험성을 충분히 이해하고 있는 경우	
	미흡	사업주 및 근로자가 작업장내의 각종 유해인자의 종류는 파악하고 있으나, 유해·위험성은 모르거나, 일부만 이해하고 있는 경우	
	불량	사업주 및 근로자가 작업장내의 각종 유해인자의 종류와 그에 대한 유해·위험성에 대해 거의 이해하지 못하는 경우	
2. 조직별 보건안전에 관한 임무가 포함된 보건안전관리 체계가 구축되어 있는가?	양호	사업장의 전체 조직(생산, 지원, 관리)을 대상으로 각 조직별 임무가 포함된 보건, 안전관리 체계가 구축되어 있으며, 자율적으로 운영되고 있는 경우	
	미흡	사업장의 전체 조직(생산, 지원, 관리)을 대상으로 각 조직별 임무가 포함된 보건, 안전관리 체계가 구축되어 있으나, 실제 운영이 되지 않는 경우	
	불량	사업장의 전체 조직(생산, 지원, 관리)을 대상으로 각 조직별 임무가 포함된 보건, 안전관리 체계가 구축되어 있지 않는 경우	
3. 보건관리자가 종합계획 수립에 참여하고 있는가?	양호	산업안전·보건 종합계획 수립 시 보건관리자의 의견이 적극 반영되고 있는 경우	
	미흡	산업안전·보건 종합계획 수립 시 보건관리자의 의견이 일부 반영되고 있는 경우	
	불량	산업안전·보건 종합계획 수립 시 보건관리자의 참여가 배제되어 있는 경우	
4. 보건관리자가 작업환경측정 및 건강진단에 참여하고 있는가?	양호	작업환경측정 및 건강진단 등의 계획수립에서부터 사후관리까지 직접 참여하고 있는 경우	
	미흡	작업환경측정 및 건강진단 등의 계획수립에서부터 사후관리까지 소극적으로 참여하는 경우	
	불량	작업환경측정 및 건강진단 등의 계획수립에서부터 사후관리까지 참여하지 않는 경우	
5. 현장의 정리·정돈·청소·청결(4S) 등을 유지하기 위한 제도와 운동은 실시하고 있는가?	양호	정리·정돈·청소·청결 등 작업장의 보건관리를 위한 제도적 장치가 만들어져 있으며 작업 전후 및 작업 중에 수시로 행하여지고 있는 경우	
	미흡	정리·정돈·청소·청결 등 작업장의 보건관리를 위한 제도적 장치가 만들어져 있으나 현장에서 적용되지 않는 경우	
	불량	정리·정돈·청소·청결 4S 운동을 하지 않고 있으며 현장도 정리하지 않고 방치되고 있는 경우	

<표 2-8> 작업환경 평가 항목 및 평가 기준 - 일반관리분야(계속)

세부평가항목	평가기준	
6. 작업환경 개선을 위하여 소집단 활동을 실시하고 있는가?	양호	사업장의 전체 조직(생산, 지원, 관리)을 대상으로 각 조직별 임무가 포함된 보건, 안전관리 체제가 구축되어 있으며, 자율적으로 운영되고 있는 경우
	미흡	사업장의 전체 조직(생산, 지원, 관리)을 대상으로 각 조직별 임무가 포함된 보건, 안전관리 체제가 구축되어 있으나, 실제 운영이 되지 않는 경우
	불량	사업장의 전체 조직(생산, 지원, 관리)을 대상으로 각 조직별 임무가 포함된 보건, 안전관리 체제가 구축되어 있지 않는 경우
7. 근로자에 대한 보건 교육 계획을 수립하여 정기적으로 실시하고 있는가?	양호	산업안전·보건 종합계획 수립 시 보건관리자의 의견이 적극 반영되고 있는 경우
	미흡	산업안전·보건 종합계획 수립 시 보건관리자의 의견이 일부 반영되고 있는 경우
	불량	산업안전·보건 종합계획 수립 시 보건관리자의 참여가 배제되어 있는 경우
8. 교재를 이용한 교육이 실시되고 있는가?	양호	정리·정돈·청소·청결 등 작업장의 보건관리를 위한 제도적 장치가 만들어져 있으며 작업 전후 및 작업 중에 수시로 행하여지고 있는 경우
	미흡	정리·정돈·청소·청결 등 작업장의 보건관리를 위한 제도적 장치가 만들어져 있으나 현장에서 적용되지 않는 경우
	불량	정리·정돈·청소·청결 4S 운동을 하지 않고 있으며 현장도 정리하지 않고 방치되고 있는 경우

<표 2-9> 작업환경 평가 항목 및 평가 기준 - 유해물질 관리분야

세부평가항목	평가기준	
1. 유해물질의 용기에 유해물질 표시가 적절한가?	양호	유해물질을 담은 용기에 유해물질 경고 표시가 규격에 적합하게 선명히 부착되어 있는 경우
	미흡	유해물질을 담은 용기에 유해물질 경고 표시가 규격에 적합하지 않게 부착되어 있는 경우
	불량	유해물질을 담은 용기에 유해물질 표시가 부착되어 있지 않는 경우
2. 출입금지 등의 각종 표시가 유해물질의 저장장소 등에 부착되어 있는가?	양호	유해물질의 저장장소 등에 출입금지 등 각종 표시가 규격에 적합하게 선명히 부착되어 있는 경우
	미흡	유해물질의 저장장소 등에 출입금지 등 각종 표시가 규격에 부적합하게 부착하거나 일부만 부착되어 있는 경우
	불량	유해물질의 저장장소 등에 출입금지 등 해당되는 표시가 부착되어 있지 않은 경우
3. 작업 조건에 적합한 보호구가 지급되고 있으며 적절하게 보관되어 있는가?	양호	각종 유해인자 및 작업조건에 적합한 보호구가 근로자 수 이상으로 지급되어 있고, 개인별로 구분하여 보관할 수 있는 보관 장소에 보관되어 청결하게 유지되고 있는 경우
	미흡	각종 유해인자 및 작업조건에 적합한 보호구가 근로자 수 동수 이상으로 지급되어 있으나 청결하게 보관되어 있지 않는 경우
	불량	각종 유해인자 및 작업 조건에 적합한 보호구가 근로자 동수 이상으로 지급되어 있지 않는 경우
4. 유해물질에 대한 MSDS가 작성되어 교육에 활용되고 있으며 지정된 장소에 비치되어 있는가?	양호	취급 유해물질의 사용량을 포함하여 전체에 대하여 MSDS가 작성되어 있으며, 관련 교육을 실시하고, 근로자가 보기 쉬운 장소에 비치하는 경우
	미흡	취급 유해물질의 사용량을 포함하여 전체에 대하여 MSDS가 작성되어 있으나 내용에 대한 교육을 실시하지 않았거나 근로자가 보기 쉬운 장소에 비치되어 있지 않은 경우
	불량	취급 유해물질에 대하여 MSDS를 작성하지 않은 경우
5. 유해물질 보관 장소에 설치된 환기시설은 적절한가?	양호	유해물질 보관 장소에 강제환기 방법으로 환기를 실시하고 주기적으로 환기장치를 점검하는 경우
	미흡	유해물질 보관 장소에 자연환기만 실시하고 있는 경우
	불량	유해물질 보관 장소에 환기가 이루어지지 않는 경우

<표 2-10> 작업환경 평가 항목 및 평가 기준 - 작업환경 관리분야

세부평가항목	평가기준			
1. 작업환경측정을 규정대로 실시하고 유해인자를 모두 파악하고 있는가	양호	사업주 및 근로자가 작업장내의 각종 유해인자의 종류와 그에 대한 유해·위험성을 충분히 이해하고 있는 경우		
	미흡	사업주 및 근로자가 작업장내의 각종 유해인자의 종류는 파악하고 있으나, 유해·위험성은 모르거나, 일부만 이해하고 있는 경우		
	불량	사업주 및 근로자가 작업장내의 각종 유해인자의 종류와 그에 대한 유해·위험성에 대해 거의 이해하지 못하는 경우		
2. 관리대상유해물질의 가스·증기 또는 분진이 발산될 우려가 있는 시설에 대하여는 밀폐를 실시하거나 적절한 국소배기장치를 설치하였는가?	양호	사업장의 전체 조직(생산, 지원, 관리)을 대상으로 각 조직별 임무가 포함된 보건, 안전관리 체제가 구축되어 있으며, 자율적으로 운영되고 있는 경우		
	미흡	사업장의 전체 조직(생산, 지원, 관리)을 대상으로 각 조직별 임무가 포함된 보건, 안전관리 체제가 구축되어 있으나, 실제 운영이 되지 않는 경우		
	불량	사업장의 전체 조직(생산, 지원, 관리)을 대상으로 각 조직별 임무가 포함된 보건, 안전관리 체제가 구축되어 있지 않는 경우		
3. 작업장 바닥은 불침투성 재료로 시공되어 있는가?	양호	작업장의 바닥이 도기타일이나 에폭시 마감재 등 불침투성 재료로 시공된 경우		
	미흡	작업장의 바닥이 도기타일이나 에폭시 마감재 등 불침투성 재료로 시공되어 있으나 일부가 파손되어 침투가 발생하는 경우		
	불량	작업장의 바닥이 불침투성 재료로 시공되지 않은 경우		
4. 설치된 국소배기장치는 적절한 제어풍속을 유지하고 있으며 전체환기 장치를 설치한 경우 필요환기량 이상이 유지되고 있는가?	양호	국소배기장치의 경우 다음 표 기준의 90% 이상, 전체환기장치의 경우 단일 성분의 유기화합물이 발생하는 작업에 적용되는 환기능력의 90% 이상을 가진 경우		
		상태	형식	풍속(m/s)
		가 스 상	포위식포위형	0.4
			외부식측방형	0.5
			외부식하방형	0.5
			외부식상방형	1.0
		입 자 상	포위식포위형	0.7
			외부식측방형	1.0
			외부식하방형	1.0
외부식상방형	1.2			
미흡	국소배기장치나 전체환기장치의 성능이 기준의 70%에 미달하는 경우			
불량	국소배기장치나 전체환기장치의 성능이 기준의 50%에 미달하는 경우			

<표 2-10> 작업환경 평가 항목 및 평가 기준 - 작업환경 관리분야(계속)

세부평가항목	평가기준	
5. 누출방지 조치, 경보설비의 설치 및 긴급차단장치의 설치 등 필요한 조치를 취하였는가?	양호	필요한 누출방지조치· 경보설비· 긴급차단장치 등이 모두 설치되어 주기적으로 관리되고 있는 경우
	미흡	필요한 누출방지조치· 경보설비· 긴급차단장치 등이 일부만 설치되어 있거나 관리가 부실한 경우
	불량	필요한 누출방지조치· 경보설비· 긴급차단장치 등이 모두 설치되어 있지 않은 경우
6. 관리대상유해물질의 취급설비 등에 대하여 작업 수칙을 정하고 근로자가 이에 따라 작업하도록 하는가?	양호	해당 작업에 대하여 작업 수칙을 정하고 근로자가 이를 숙지 후 작업에 임하도록 하는 경우
	미흡	해당 작업에 대하여 작업 수칙을 정하였으나 근로자가 이를 숙지하지 못하고 있는 경우
	불량	해당 작업에 대하여 작업안전수칙을 정하고 있지 않은 경우
7. 관리대상유해물질취급 장소에 명칭등과 흡연금지 표시를 게시하였는가?	양호	관리대상유해물질 취급 장소에 해당 물질의 명칭 등을 명확하게 게시한 경우
	미흡	관리대상유해물질 취급 장소에 해당 물질의 명칭 등을 명확하게 게시하였으나 내용이 부실한 경우
	불량	관리대상유해물질 취급 장소에 해당 물질의 명칭 등을 명확하게 게시하지 않은 경우
8. 운반 및 저장시설에 대하여는 뚜껑· 마개 등 적절한 시설을 갖추고 저장 장소에 대하여는 출입금지 등 필요한 조치를 취하였는가?	양호	운반 및 저장 시설에 대하여는 뚜껑· 마개 등 적절한 시설을 갖춘 후 저장장소에 대하여는 출입금지 등 필요 조치를 취한 후 관리하는 경우
	미흡	운반 및 저장 시설에 대하여는 뚜껑· 마개 등 적절한 시설을 갖추지 않았거나, 저장 장소에 대하여 출입금지 등 필요조치를 취하지 않은 경우
	불량	운반 및 저장 시설에 대하여는 뚜껑· 마개 등 적절한 시설을 갖추지 않았거나, 저장 장소에 대하여 출입금지 등 필요조치를 취하지 않은 경우

<표 2-10> 작업환경 평가 항목 및 평가 기준 - 작업환경 관리분야(계속)

세부평가항목	평가기준	
9. 관리대상유해물질을 취급하는 근로자에게 세척시설 등을 제공하고 있는가?	양호	관리대상유해물질 취급근로자에게 세척시설과 충분한 양의 온수와 냉수를 공급하여 사용할 수 있게 하는 경우
	미흡	관리대상유해물질 취급근로자에게 세척시설과 물을 공급하나 온도가 적절하지 않거나 양이 부족한 경우
	불량	관리대상유해물질 취급근로자에게 세척시설을 제공하지 않은 경우
10. 필요한 때 적절한 보호구나 보호의를 지급한 후 착용하도록 하고 수시로 보수, 교체 할 수 있도록 하는 경우	양호	관리대상유해물질의 취급 근로자에게 개인전용의 호흡용 보호구나 보호의 등을 지급한 후 착용하도록 하고 수시로 보수, 교체 할 수 있도록 하는 경우
	미흡	관리대상유해물질의 취급 근로자에게 개인전용의 호흡용 보호구나 보호의 등을 지급하였으나 수시로 보수, 교체할 수 있도록 하지 않은 경우
	불량	관리대상유해물질의 취급 근로자에게 호흡용 보호구나 보호의 등을 지급하지 않은 경우

바. 제 6 단계: 우리나라 실정에 적합한 노출기준 제안

이 단계에서는 1단계부터 5단계의 연구결과를 활용하여 우리나라 실정에 적합한 노출기준을 제안 하였다.

(1) 현행 노출기준 요약 및 해설

선진국의 노출기준 해석, 현행 우리나라 노출기준 요약 및 해설

(2) 우리나라 실정에 적합한 노출기준 제시

전 단계 연구결과 및 국내 사업장의 실태결과를 반영하여 우리나라에 적합한 노출기준(TWA)을 제시하였다.

사. 제 7 단계: 건강장해예방 조치 파악

이 단계는 문헌조사 등의 전 단계 연구 결과를 토대로 취급근로자 건강장해 예방을 위한 작업환경관리요령, 건강관리요령 등을 파악하였다.

(1)유해공정별 작업환경관리요령

유해물질 취급 유해공정별 국소배기장치, 시설·설비 등의 작업환경관리요령 설명

(2) 유해물질 안전취급요령

유해물질의 대체, 격리 등 안전취급요령 설명

(3) 취급근로자 노출방지조치

유해물질 취급근로자 노출방지조치 설명

(4) 취급 시 주의사항

유해물질 취급시 주의사항 설명

(5) 응급조치요령

유해물질 취급시 응급상황에서의 긴급조치요령 설명

(6) 유해물질 저장·보관방법

유해물질 보관 장소의 환기, 안전용기 등 보관방법 설명

(7) 개인보호구

방독마스크, 보호의, 보호장갑, 보안경의 선택 및 착용방법 등 설명

(8) 기타

근로자 예방지침에 필요한 내용 설명

아. 제 8 단계: 노출기준 개정에 따른 규제 영향 분석

이 단계에서는 6단계의 연구결과 적용을 위해 노출기준 개정에 따른 규제 영향 분석을 실시하였다. 근로자의 건강보호를 위해 가장 이상적인 방법은 근로자가 유해요인에 노출되지 않도록 하는 것이나 현실 면에서 거의 불가능함에 따라 차선의 방법으로 공학적 대책을 모색하게 되는 것이며, 노출기준은 차선의 대안 가운데 중요하게 작용하고 있다. 이러한 대안 모색은 실현가능성 및 타당성에 대한 면밀한 검토를 통해 규제에 따른 행적 적 영향과 작업환경개선을 위한 투자비용

등 경제적 영향을 포함한 규제영향분석을 수행하여 노출기준 제·개정 시에 요구되는 규제영향 분석서를 작성하며 이에 포함될 내용은 <표2-11>과 같다

<표 2-11> 규제영향분석에 포함될 항목

구 분	항 목
노출기준 개정의 필요성	· 규제의 정의, 규제의 필요성, 규제의 목표설정
노출기준 개정의 실현 가능성	· 규제에 대한 반대 및 사회적 제약 요소 · 기술수준 등에 비추어 본 실현 가능성
노출기준 개정외의 대체수단 존재 및 기존 규제와의 중복 여부	· 기존 규제로 대체가능 여부 · 규제 외 다른 방법으로 목적 달성 여부 · 유사한 기존 규제와의 중복 여부 · 규제의 확대 재생산 가능성
노출기준 개정 규제의 비용과 편익의 비교분석	· 규제의 비용분석 · 규제의 편익 분석 · 비용 · 편익의 비교 및 검토
노출기준 개정 규제의 경쟁 제한적 요소포함 여부	· 시장경쟁 제한 요소 포함 여부 · 기업 활동 저해 요소 포함 여부
노출기준 개정 규제 내용의 객관성 및 명료성	· 규제기준 절차의 명확성 · 규제의 법적 근거 및 존속기한의 타당성 여부

노출기준 개정에 따른 규제 영향 분석을 위한 세부 내용은 다음과 같다.

(1) 노출기준 제·개정의 필요성

가) 규제의 정의

현행 작업환경측정에 따른 노출기준의 역할 설명

나) 규제의 필요성

작업환경 내 유해물질별 노출기준 설정의 당위성 설명

다) 규제의 목표 설정

변경되는 노출기준의 수준(제·개정기준) 설명

(2) 노출기준 제·개정의 실현 가능성

가) 규제에 대한 반대 및 사회적 제약요소

노출기준 제·개정하는 경우 작업환경 개선비용 소요에 따른 해당사업주의 반대 및 사회적 파장 설명

나) 기술수준 등에 비추어본 실현 가능성

노출기준 강화 시 작업환경 개선에 대한 기술적, 경제적 실현 가능성 설명

(3) 노출기준 제·개정 외 대체수단 존재 및 기존 규제와의 중복 여부

가) 기존 규제로 대체가능 여부

노출기준 제·개정하지 않고 기존의 노출기준으로도 직업병 등을 사전 예방할 수 있는지 여부 설명

나) 규제 외 다른 방법으로 목표달성 여부

노출기준 강화는 유해물질 취급 근로자 건강장해예방을 위한 최소한의 기본적인 조치임을 설명

다) 유사한 기존규제와 중복여부

노출기준 설정과 유사한 기존규제는 없음을 설명

라) 규제의 확대 재생산 가능성

노출기준 제·개정 이외에 규제확대 생산 가능성이 없음을 설명

(4) 노출기준 제·개정 규제의 비용과 편익의 비교분석

가) 규제의 비용분석

노출기준 강화에 따른 작업환경개선 비용을 분석

나) 규제의 편익분석

직업병 발생으로 인한 손실 및 노출기준 강화에 따른 편익을 분석

다) 비용·편익의 비교 및 검토

직업병 손실비용 및 작업환경 개선비용의 편익을 비교 검토

(5) 노출기준 제·개정 규제의 경쟁 제한적 요소 포함 여부

가) 시장경쟁 제한요소 포함여부

노출기준 제·개정은 시장경쟁 제한 요소가 없음을 설명

나) 기업 활동 저해요소 포함여부

노출기준 제·개정은 기업 활동 제한요소가 없음을 설명

(6) 노출기준 제·개정 규제내용의 객관성·명료성

가) 규제기준, 절차의 명확성

노출기준 제·개정을 위해 선진국의 기준참고, 전문가회의, 공청회 등의 절차를 거친 내용을 자세히 설명

나) 규제의 법적근거 및 존속기한의 타당성 여부

노출기준의 성격상 존속기한을 설정하기 어려움을 설명

자. 제 9 단계: 건강장해예방 편람 작성

이 단계는 연구의 최종단계이며, 연구결과를 토대로 다음과 같은 내용으로 유해인자별 산업보건편람을 작성한다.

(1) 물질의 특성

가) 물질의 개요

물질의 개요를 파악하기 위하여 한글물질명, 영문물질명(IUPAC명, CA명), 이명, CAS번호, 외관, 냄새

나) 물리적 성상

분자량, 비중, 녹는점, 끓는점, 증기압, 증기밀도, pH, 점도, 용해도, 분배계수, 증발율, 냄새의 서한도

다) 화학적 성상

화학적 성상으로는 인화점, 자연발화점, 폭발성, 산화성, 반응성, 안전성, 기피물질, 유해분해산물, 소화제

(2) 취급 현황

가) 제조 또는 사용현황

니트로메탄의 연간 국내 제조 및 사용량, 취급 근로자수, 취급시간, 제조 또는 사용용도

나) 발생원 및 발생과정

작업장내 주요 발생원, 발생과정.

다) 노출경로

취급근로자에 대한 유해물질 노출경로

(3) 동물에 있어서의 영향

가) 급성독성

급성경구독성, 급성경피독성, 급성흡입독성

나) 아급성독성(아만성독성)

14일, 28일, 90일 반복투여독성

다) 만성독성

1년 이상 장기간 투여독성, 최대무작용농도(NOEL)

라) 변이원성

복귀돌연변이시험(Ames test), 염색체이상시험, 소핵시험

마) 생식독성

수태능력시험, 최기형시험

바) 발암성

설치류 등 동물의 암 유발시험

사) 기타

상기 독성정보 이외의 추가 정보

(4) 인체영향

가) 인체 내 작용기전

흡수, 분포, 대사, 배설

나) 단기노출시 인체 유해성

단기간 흡입 또는 섭취시의 인체영향

다) 장기 노출시 인체 유해성

장기간 흡입 또는 섭취시의 인체 영향

라) 인체 표적장기독성

흡입 또는 섭취 시 인체의 간, 폐, 신장, 혈액 등에 대한 영향

마) 인체 발암성

미국암연구소에서(International Agency for Research on Cancer, IARC) 등에서 연구한 인체에 대한 발암성 정보

바) 사람에 대한 국내외 재해사례

국내외에서 발생한 직업병 등의 재해사례

(5) 각국의 노출기준 요약 및 해설

가) 미국의 노출기준 요약 해설

○ OSHA

-PEL(Permissible Exposure Limits) 기준 제시 및 설정근거 요약

○ ACGIH

-TLV(Threshold Limit Values) 기준 제시 및 설정근거 요약

○ NIOSH

-REL(Recommended Exposure Limits) 기준 제시 및 설정근거 요약

나) 일본의 노출기준 요약 해설

○ 노동성

-노동안전위생법상의 관리농도 제시 및 설정근거 요약

○ 산업위생학회

-일본산업위생학회에서 권고하는 기준제시 및 설정근거 요약

다) 독일의 노출기준 요약 해설

○ MAK(Maximum Concentration Values) 기준 제시 및 설정근거 요약

라) 스웨덴의 노출기준 요약 해설

○ OEL(Occupational Exposure Limits) 기준 제시 및 설정근거 요약

마) 영국의 노출기준 요약 해설

○ OEL(Occupational Exposure Limits) 기준 제시 및 설정근거 요약

바) 프랑스의 노출기준 요약 해설

○ OEL(Occupational Exposure Limits) 기준 제시 및 설정근거 요약

(6) 취급근로자 건강장해 예방조치

가)유해공정별 작업환경관리요령

유해물질 취급 유해공정별 국소배기장치, 시설·설비 등의 작업환경관리요령

나) 유해물질 안전취급요령

유해물질의 대체, 격리 등 안전취급요령 설명

다) 취급근로자 노출방지조치

유해물질 취급근로자 노출방지조치 설명

라) 취급시 주의사항

유해물질 취급시 주의사항 설명

마) 응급조치요령

유해물질 취급시 응급상황에서의 긴급조치요령 설명

바) 유해물질 저장·보관방법

유해물질 보관 장소의 환기, 안전용기 등 보관방법 설명

사) 개인보호구

방독마스크, 보호의, 보호장갑, 보안경의 선택 및 착용방법 등 설명

Ⅲ. 연구결과

1. 물질의 특성

가. 물질의 개요

연구방법에서 언급한대로 해외 협력기관인 SEMItrack사의 Hazardous Substances Information 자료와 선진 각국의 연구자료 등 문헌을 수집하였다. 수집한 자료를 활용하여 한글 물질명, 영문 물질명, 이명, CAS번호, 외관, 냄새 등 물질의 개요와 분자량, 비중, 녹는점, 끓는점, 증기압, 증기밀도, pH, 점도, 용해도, 분배계수, 증발율, 냄새의 서한도 등 물리적 성상을 조사하였다. 또한 인화점, 자연발화점, 폭발성, 산화성, 반응성, 안전성, 기피 물질, 유해분해산물, 소화제 등 화학적 성상을 조사하는 등 니트로메탄의 특성을 파악하였다.

(1) 한글 물질명

- 니트로메탄

(2) 영문 물질명

- Nitromethane

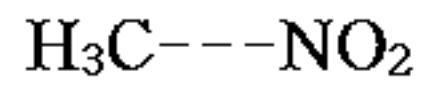
(3) 이명(synonyms)

- 모노니트로메탄(Mononitromethane)
- 니트로카르볼(Nitrocarbol)

(4) 화학식

- CH_3NO_2

(5) 구조식



(6) CAS 번호

- CAS NO: 75-52-5

(5) 외관

- 무색의 불안정한 인화성 액체⁴⁸⁾⁴⁹⁾⁵⁰⁾

(6) 냄새

- 불쾌한 냄새⁵¹⁾⁵²⁾
- 과일향⁵³⁾

(7) 기타

- 화학물질군: 자료없음

나. 물리적 성상

(1) 분자량(molecular weight)

- 61.04⁵⁴⁾

(2) 비중(specific gravity)

- 1.1322(25℃, 물=1)⁵⁵⁾

(3) 녹는점(melting point)

- -29.0 ℃⁵⁶⁾

(4) 끓는 점(boiling point)

- 101.2 °C (760mmHg)⁵⁷⁾

(5) 증기 압(vapor pressure)

- 27.8mm Hg (20°C)⁵⁸⁾

(6) 증기 밀도(vapor density)

- 2.11 (공기 = 1)⁵⁹⁾

(7) pH

- 6.12 (0.01M 수용액)⁶⁰⁾

(8) 점도(viscosity)

- 0.647 cP (20°C)⁶¹⁾

(9) 용해도(solubility)

- 9.5% (20°C 물), 알코올, 에테르, 디메틸포름아미드⁶²⁾
- 에테르, 아세톤⁶³⁾
- 물에 대한 용해도 : 1.11×10^5 mg/l⁶⁴⁾
- 11.1% (20°C 물)⁶⁵⁾

(10) 분배계수(partition coefficients)

- low Kow = 0.17⁶⁶⁾

(11) 증발률(evaporation rate)

- 1.39 (부틸아세테이트=1)

(12) 냄새의 서한도

○ AIHA Hygienic Guide에 따르면 냄새는 100ppm이상에서 강하게 발생되며 200ppm에서 자극을 주기는 하나 경고특성치로 신뢰할 수는 없다고 진술하고 있으며 더 이상의 언급은 하지 않고 있다. Patty는 니트로파라핀류의 냄새는 쉽게 감지할 수 있으나 200ppm 미만의 농도에서는 대부분의 관측자들이 불쾌한 정도이다. 냄새와 감각적 징후는 경고특성치로 신뢰할 수는 없다고 진술한다.⁶⁷⁾

(13) 기타

- 연소열(heat of combustion) : 2517 Cal/g⁶⁸⁾
- 증기열 : 134 Cal/g⁶⁹⁾
- 임계온도 : 315℃, 임계압력 : 62.3atm⁷⁰⁾
- 굴절율(index of refraction) :
- 표면 장력(surface tension) : 37.0 dynes/cm @ 20℃⁷¹⁾
- 공기 포화도(in saturated air) :
- 팽창계수 : 자료없음
- 용해열 : 자료없음
- 원소구성 : 자료없음

다. 화학적 성상

(1) 인화점(flash point)

- 35℃ (95 F)⁷²⁾
- 공기 중 인화 한계 : 7.3%⁷³⁾⁷⁴⁾

(2) 자연발화점(autoignition temperature)

- 418 °C (785 F)⁷⁵⁾

(3) 폭발성

○ 밀폐된 용기에 과열하면 폭발한다. 아민류, 강산 및 알칼리류에 의해서 감작되어 화학적 활성금속과 접촉하면 불이 나고 폭발하기 쉽다. 강한 산화제와 접촉하면 불이 나고 폭발한다.⁷⁶⁾

(4) 산화성

○ 자료 없음

(5) 반응성

○ 아민류, 강산성, 강알카리, 강산화제, 탄화수소류, 이밖에 가연성 금속 및 산화성 금속과 반응한다. 물에 대한 반응은 없다. 철과 구리를 침식하나 반응은 느리다. 에테르 또는 메탄올과 피마자 기름 (모형 비행기 연료)에는 반응이 지체되지만 차아염소산칼륨에는 강력한 반응이 일어난다.⁷⁷⁾⁷⁸⁾

(6) 안정성

○ 자료없음

(7) 피해야할 물질

○ 아민류, 강산 및 알칼리류에 감작되어 화학적 활성금속과 접촉하면 불이 나고 폭발하기 쉽다.

(8) 유해분해산물

○ 연소할 때는 질소산화물과 일산화탄소 같은 유독가스와 증기가 발생한다.⁷⁹⁾

(9) 소화제

○ 물분사, 발포제, 이산화탄소, 건성 화학물⁸⁰⁾

2. 취급 현황

가. 제조 또는 사용현황

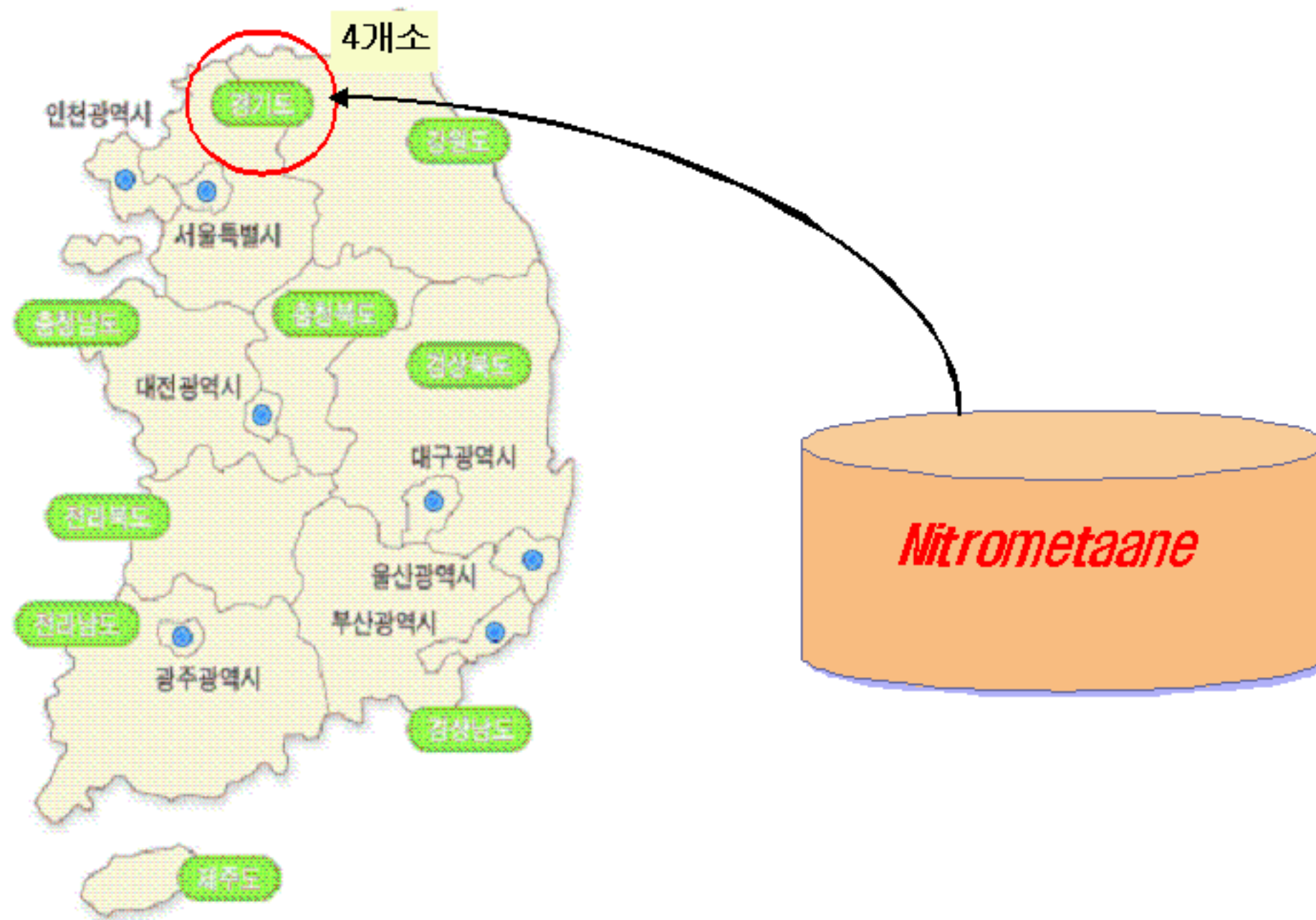
본 연구에서는 이러한 니트로메탄의 연간 국내 제조 및 사용량, 취급 근로자 수, 취급시간, 제조 또는 사용용도 등을 파악하기 위하여 원자료 목록으로 2004년 전국 제조업체 작업환경실태조사자료, 유독물질 실적보고자료 및 한국관세무역연구원의 2004년도 수입업체 현황자료를 활용하여 총 34개 사업장을 일차 조사 대상으로 선정하였다. 이들 사업장중 중복 기재되어있는 5개 사업장을 제외한 총 29개 사업장을 연구대상 원자료로 선정하여 방문조사 및 전화조사를 통해 실제 사용하고 있는 사업장은 4개 사업장인 것으로 조사되었다.

(1) 국내 제조량

니트로메탄을 국내에서 제조하는 사업장은 없으며, 전량 수입에 의존하고 있다.

(2) 국내 사용량

국내에서 니트로메탄을 실제 취급하는 사업장은 총 4개소이며, 2004년도 국내 사용량은 35톤인 것으로 조사되었다. 국내 시도별 취급사업장 분포 현황을 살펴보면, 4곳 모두 경기도 인 것으로 나타났다.



[그림 3-1] 니트로메탄 국내 시도별 취급사업장 분포현황

(3) 취급근로자 수

제조하거나 취급하는 사업장을 직접 방문하거나 전화조사를 통해 취급 근로자수를 파악한 결과 4개사업장에서 11명인 것으로 나타났다

(4) 제조 및 사용 용도

가) 문헌조사에 의한 사용용도

문헌조사 결과에 의하면 니트로메탄은 대표적으로 연료로 사용(레이싱 보우트, 글로우 모형엔진용 연료 등)되며, 니트로메탄은 안정제로 많은 할로젠화 용매 및 연무질 발사 화약에 적은 양으로 첨부되는 휘발성 액체이다. 또 일부 중합체 및 수지의 극성용제, 특별한 연료, 폭발물로 사용된다⁸¹⁾.

나) 국내 사용용도

국내에서 니트로메탄을 사용하는 용도를 파악한 결과 2개사업장에서 RC 모형자동차 및 항공기의 연료 제조 시 주 원료로 사용하고 있었다. 또한 니트로

메탄은 순간접착제를 제거용 클린업용제의 원료로 사용되고 있었다. 한편, 의약품이나 수처리용으로 사용되는 브로노폴 제조시 포르말린과 함께 주원료로 사용되거나 국내에서는 중간체인 조브로노폴 상태로 수입하여 최종제품을 생산하고 있어 사용되지 않는 것으로 조사되었다. 기타 사례는 찾을 수 가 없었다.

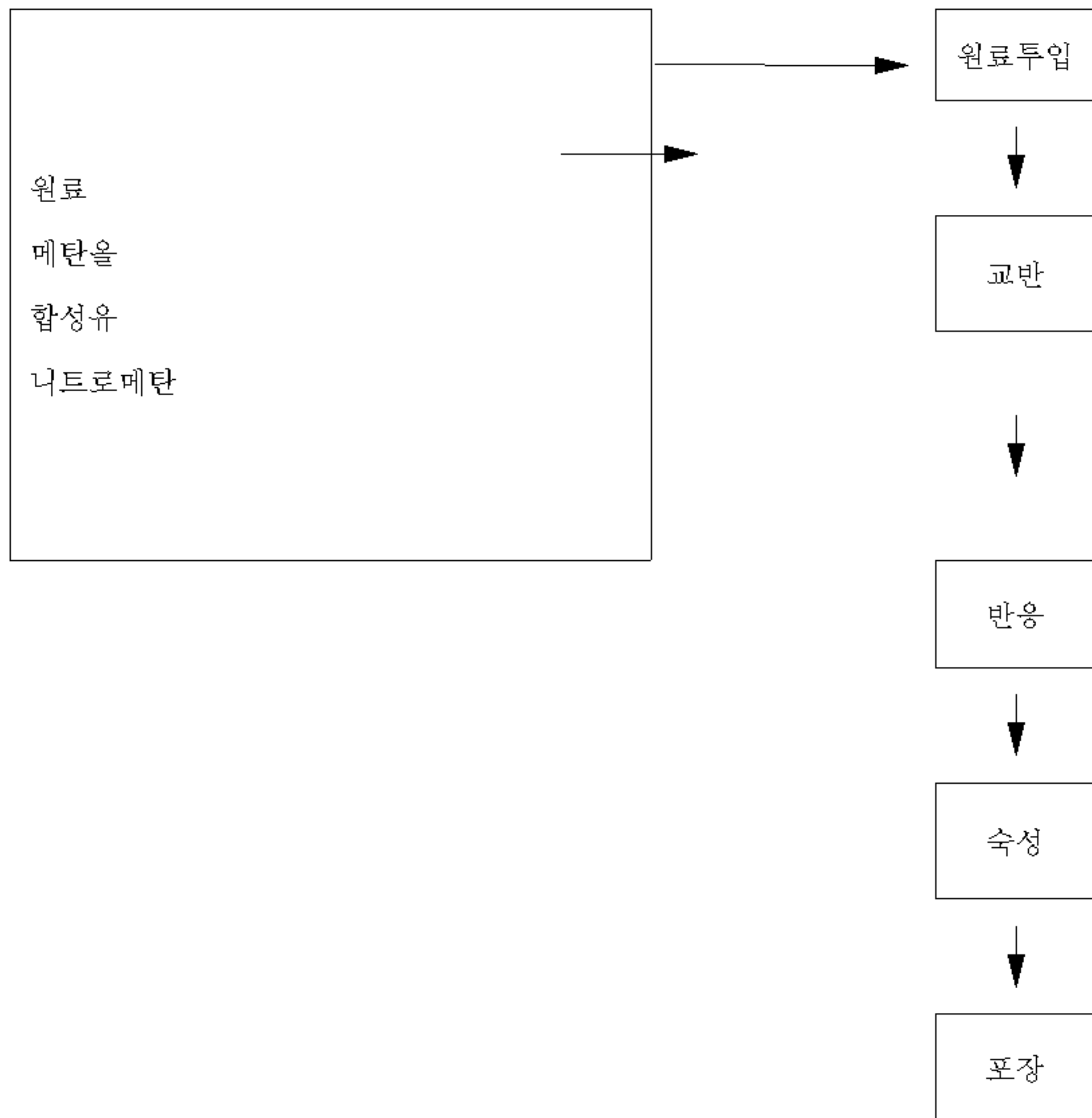
<표 3-1> 니트로메탄의 국내 취급사업장별 사용용도

사 용 용 도	사업장수
RC 모형자동차 및 항공기 연료 제조	2
순간접착제 제거용 클린업 용제 제조	1
계	3

나. 발생원 및 발생과정, 노출경로

(1) RC모형자동차 및 항공기 연료 제조

메탄올과 합성유 니트로메탄을 주원료로 사용하여 반응, 숙성 과정을 거쳐 니트로메탄이 15 ~ 30%함유되어있는 연료를 생산한다. [그림 3-2]는 니트로메탄을 이용하여 연료를 만드는 일반적인 공정도이다.



[그림 3-2] RC 모형자동차 등의 연료 제조 공정도



[그림 3-3] 니트로메탄 소분 작업

원료투입을 위해 니트로메탄을 계량하는 작업을 작업자가 직접 수행한다. 작업중 고농도의 니트로메탄에 노출될 우려가 있으나, 작업이 단시간 이루어져 실제 노출을 미비할 것이라 사료된다.

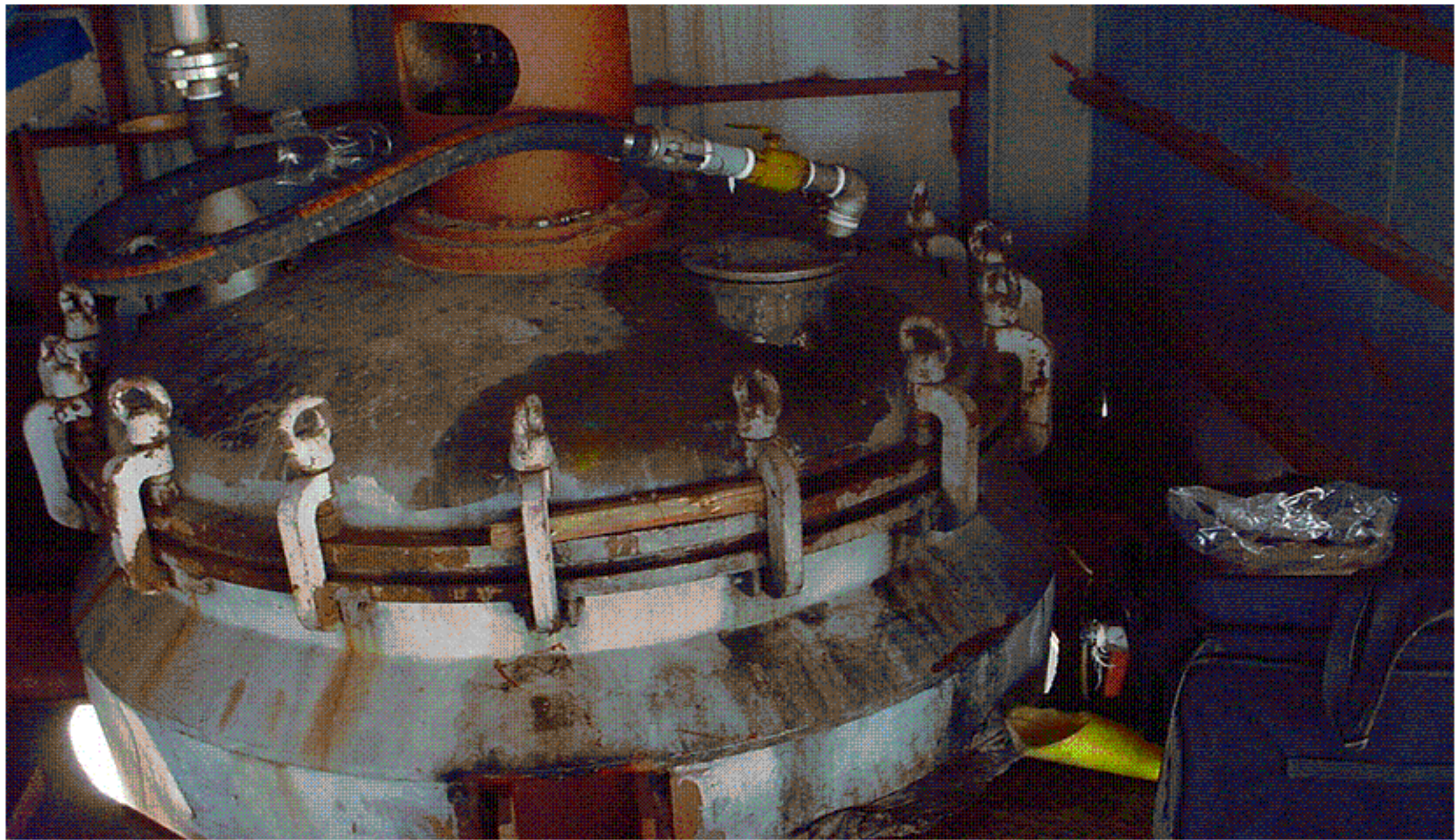


[그림 3-4] 반응기 투입준비 작업

소분한 용기를 작업자가 반응기에 직접 투입한다.



[그림 3-5] 반응기에 니트로메탄 투입 작업



[그림 3-6] 반응기 내 숙성



[그림 3-7] 포장 준비작업



[그림 3-8] 포장 작업대



[그림 3-9] 제품 용기에 완제품 주입



[그림 3-10] 포장작업

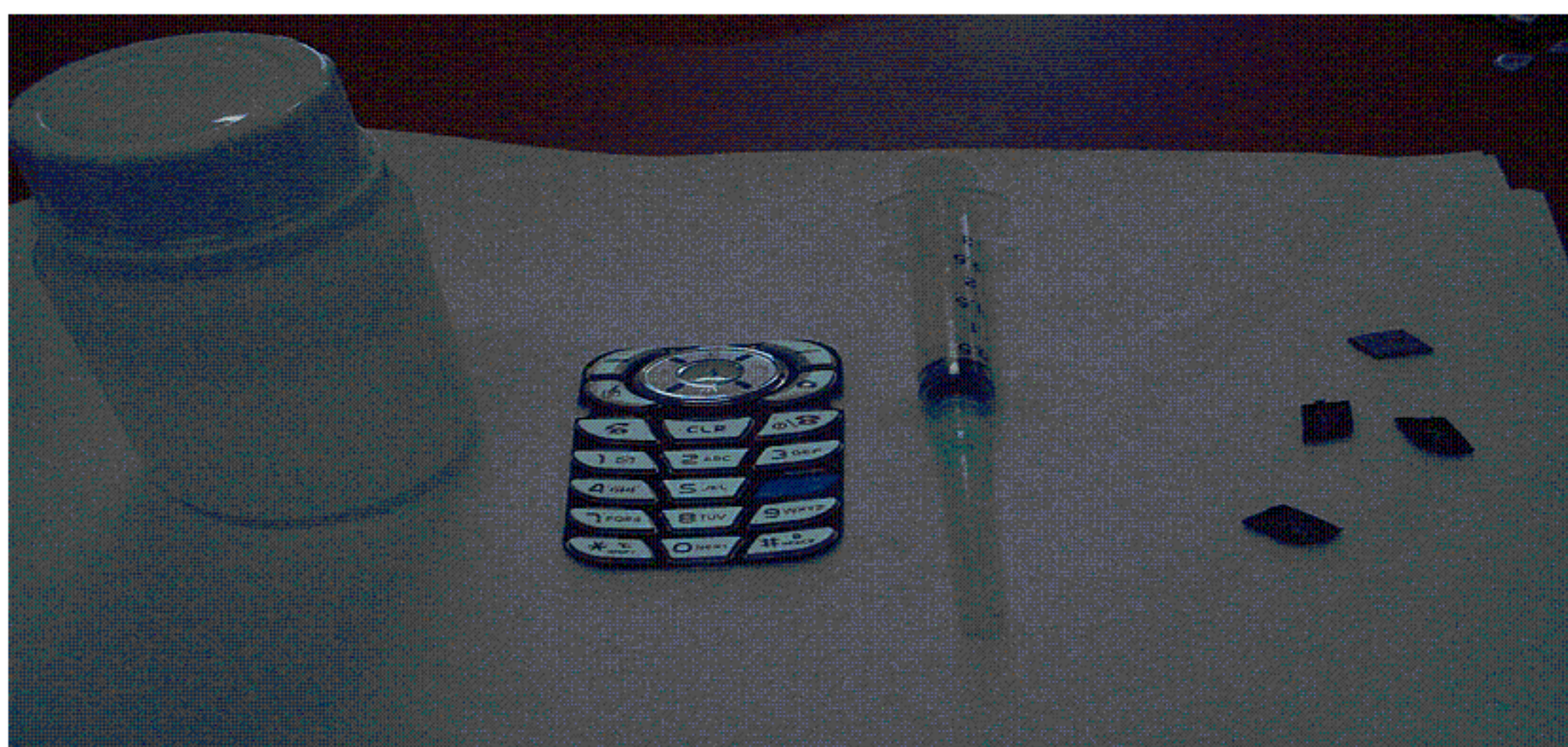
제품내에 니트로메탄이 함유되어있어 노출이 발생되고 있다.

(2) 순간접착제 제거용 클린업 용제 제조

니트로메탄이 주원료로 70%정도 함유될 수 있도록 기타 첨가제를 혼합하여 제조한다. 국내 수요가 적어 간헐적으로 제조가되며 1회작업이 10분 내외로 단시간 작업이 이루어진다.



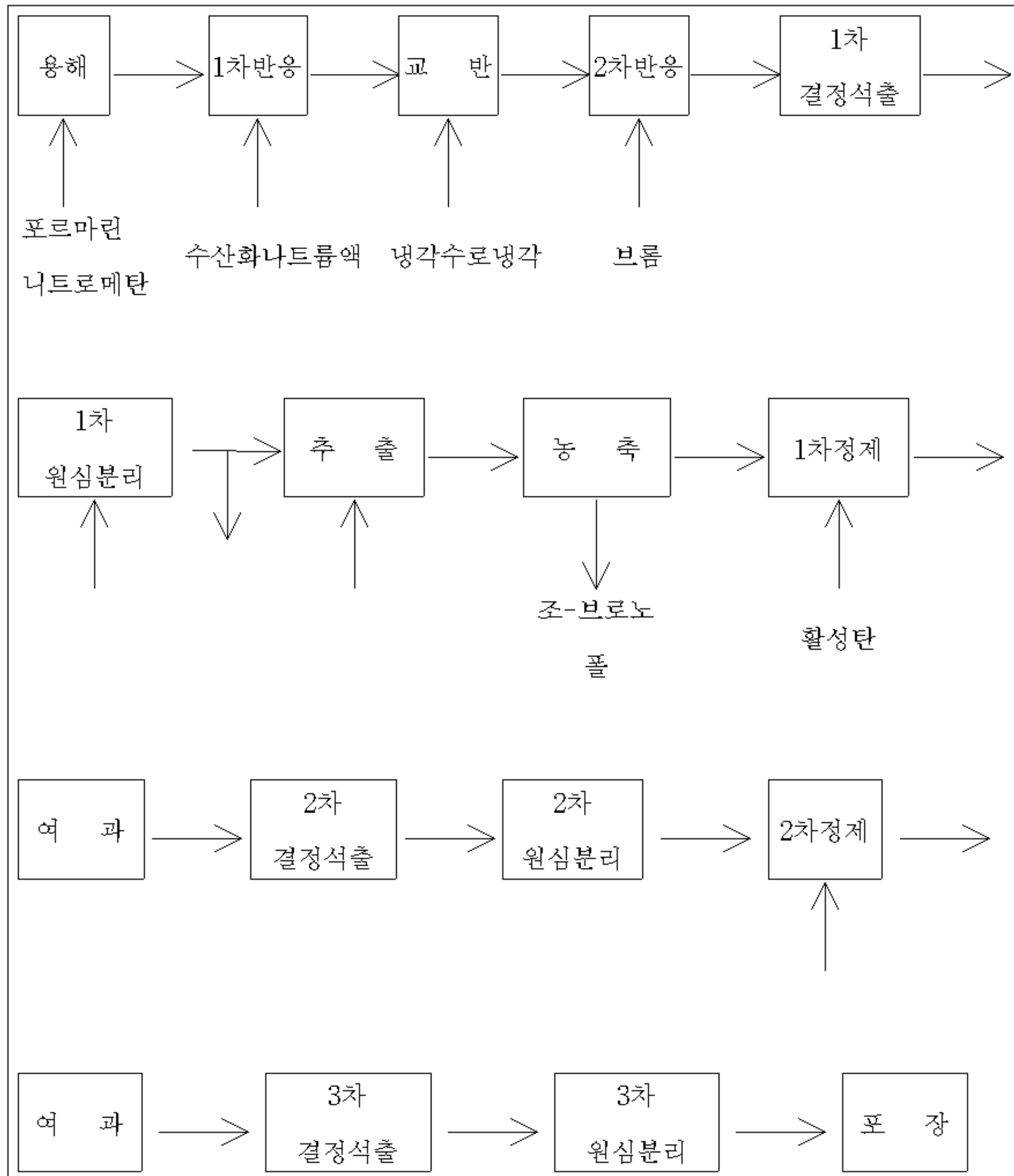
[그림 3-11] 클린업 용제



[그림 3-12] 클린업 용제 사용 모습

실제 작업은 실린저로 제거부위에 주입하는 형태로 사용되므로 노출은 거의 발생되지 않는다.

(3) 브로노폴 제조



[그림 3-13] 브로노폴 제조 공정도

프로노폴은 의약품용도로 소량 사용되며 수처리제용 수요가 가장 크다. 그 외에 제지용이나 화장품 제조시 방부제용으로 사용되고 있으며 공업용수에도 미량 사용되는 등 용도는 매우 다양하다. 백색 결정성 분말로 냄새는 없고 융점은 130℃이며, 25℃이하에서 보관해야 한다. 물, 알코올, 에틸아세테이트에 잘 용해되나 클로로포름, 아세톤, 에테르에는 잘 용해되지 않는다. 니트로메탄과 포름알데히드 용액을 혼합하여 한 시간 교반시킨 후 여기에 소디움메톡사이드를 서서히 가한 후 2시간 반응시키고 여기에 브롬을 첨가시킨 후 교반시키면 황색의 브로노폴 결정이 석출된다. 석출된 브로노폴 결정을 탈수 건조시켜 제품을 생산한다.

3. 동물에 있어서의 영향

가. 급성독성

(1) 급성 경구독성⁸²⁾⁸³⁾⁸⁴⁾⁸⁵⁾⁸⁶⁾

니트로메탄의 LD₅₀(경구)은 생쥐에서 1,440mg/kg⁸⁷⁾, 랫트에서 1,210mg/kg으로 알려져 있다. 독성을 일으킬 수 있는 가장 낮은 경구투여량은 토끼에서 750mg/kg, 개에서 125mg/kg으로 보고 되어 있다. 개에게 물에 0.3% Methyl cellulose와 20% 니트로메탄을 유화시켜 그 양에 따라 5단계(125, 250, 500, 1000, 1500 mg/kg)로 분리하여 투여했을 때 랫트와 생쥐에서보다 더 민감한 반응을 나타냈다. 개를 대상으로 하는 실험에서는 125mg/kg을 투여한 개를 제외하고 모든 개가 죽거나 30분 이내에 죽었다.

투여량에 따라 주로 간에서 병리학적인 장애가 나타났다. 신장손상은 높은 농도일 때만 나타났다. 유사한 조직병리학 증상은 개의 정맥 내에 니트로메탄을 투여했을 때 나타났다.

토끼에서의 최저 치사량 - 750mg/kg⁸⁸⁾

개에서의 최저 치사량 - 125mg/kg⁸⁹⁾

생쥐에서의 50% 치사량 - 950mg/kg⁹⁰⁾

랫트에서의 50% 치사량 - 940mg/kg⁹¹⁾

(2) 급성 경피독성

토끼에서의 치사량 - 2mg/kg⁹²⁾

(3) 급성 흡입독성

원숭이에게 48시간 동안 1,000ppm의 니트로메탄 증기를 노출시켰을 때 사망한 반면, 기니아 피그는 3시간 동안 5,000ppm을 노출시켰을 때 사망했다. 토끼에서 치사폭로농도는 12시간 동안 2,500ppm 또는 6시간 동안 5,000ppm이다. 500ppm의 농도에서 기니아 피그, 토끼, 원숭이는 140시간(하루 6시간폭로) 동안 내성을 가진 것으로 나타났다. 동물 연구에서 가장 일반적인 급성독성증상은 중추신경계(CNS) 기능장애와 호흡기계의 미세한 자극이다. 조직병리학적인 변화는 주로 간과 신장에서 일어나며 간에서는 피막손상, 병소 괴사, 지방침윤, 울혈, 부종 등의 현상이 나타난다.

기니아 피그에서의 최저 치사농도 - 5000ppm/3hr⁹³⁾

원숭이에서의 최저 치사농도 - 1000ppm⁹⁴⁾

생쥐에서의 최저 치사농도 - 18mg/kg/2hr⁹⁵⁾

토끼에서의 최저 치사농도 - 5000ppm/6hr⁹⁶⁾

랫트에서의 최저 치사농도 - 12750mg/kg/1hr⁹⁷⁾

(4) 기타

생후 3개월된 Wistar 랫트에 니트로메탄 200mg/kg을 주사했을 때 주사 후 4시간후 뇌안의 효소(acid protinase)의 증가가 나타났고 대뇌의 글루타치온 농도가 경도로 증가하였다. 니트로메탄 노출에 의한 간의 영향은 cytochrome c 환원효소의 감소이다. 간의 클루타치온 소모 또는 epoxide hydrolyase의 변화, UDT-glucuronyltransferase 또는 간의 마이크로솜 내에서

7-ethoxycoumarin-0-deethylase활성, 간세포내에서의 지질의 축적등의 변화는 나타나지 않았다. BALB/c 생쥐의 복강내에 4, 5, 6, 7, 8, 9 mmol/kg을 주사한 결과 혈장내 sorbitol dehydrogenase의 활동을 상승시키는 것으로 나타났다.

생쥐의 복강 내 주사 시 50% 치사량 - 110mg/kg⁹⁸⁾

랫트의 복강 내 주사 시 최저치사량 - 1500mg/kg⁹⁹⁾

토끼의 정맥 내 주사 시 최저치사량 - 750mg/kg¹⁰⁰⁾

개의 정맥 내 주사 시 최저치사량 - 800mg/kg¹⁰¹⁾

나. 아급성독성¹⁰²⁾

(1) 16일 반복투여 독성(랫트)

다섯 마리의 수컷과 다섯 마리의 암컷의 그룹에 하루 6시간씩 주 5일로, 총 16일 동안 0, 94, 188, 375, 750, 1,500 ppm의 니트로메탄을 흡입시켰다. 모든 랫트가 연구가 종료될 때까지 살아남았다. 1,500ppm의 니트로메탄에 노출된 수컷 랫트에서 체중 증가가 둔화되었으며 이는 대조군의 체중 증가보다 의미 있게 적은 수치였다. 암컷의 최종 평균 체중 그리고 평균 체중 증가는 대조군과 유사하였다. 1,500ppm 그룹의 모든 수컷과 암컷의 임상적 소견은 연구 초기에는 털 고르기 증가, 호흡의 증가, 과다행동이 나타났고, 연구 종료 무렵에 과소행동, 뒷다리의 조절능력장애가 나타났다. 375ppm에 노출된 수컷과 암컷의 상대적인 간 무게는 대조군보다 의미 있게 컸다. 최소 375ppm에 노출된 암컷과 수컷에서 후각 상피세포의 경미하고 가벼운 퇴화를 관찰할 수 있었다. 최소 375ppm에 노출되었던 수컷과 암컷에서 좌골 신경 퇴화가 나타났다; 750, 1,500ppm 노출에서 좌골 축색돌기 주위의 수초가 감소하였다.

(2) 16일 반복투여 독성(생쥐)

0, 94, 188, 375, 750, 1,500ppm의 니트로메탄을 각각 다섯 마리씩의 수컷과 암컷 생쥐 그룹에게 하루 6시간씩 주 5일로, 총 16일 동안 흡입시켰을 때, 연구 종

료 시까지 모든 생쥐가 생존하였다. 최종 평균체중과 체중증가는 대조군과 유사하였다.

임상 증상은 1,500ppm 노출 그룹의 수컷과 암컷에서 과소행동과 빈 호흡을 나타낸 것이었다.

750, 1,500ppm 그룹에서 수컷과 모든 그룹의 암컷의 절대적 및 상대적 간 무게와 375ppm 그룹의 수컷의 상대적인 간 무게는 대조군 보다 크게 나타났다.

코의 후각 상피세포의 퇴화는 최소 375ppm 노출군의 모든 수컷과 암컷에서 현미경으로 관측되었으며, 이 손상은 수컷과 암컷에서 경미한 강도였다.

(3) 13주 반복투여 독성(랏트)

수컷 10마리, 암컷 10마리의 랏트를 13주 동안 매주 5일마다, 6시간동안 0, 94, 188, 375, 750, 또는 1,500 ppm의 니트로메탄을 흡입시켰을 때 1,500ppm에서의 수컷의 최종 평균체중과 체중증가는 대조군보다 크게 감소했다. 750, 1,500 ppm 농도에서는 뒷다리 마비와 같은 증상이 나타났다. 니트로메탄을 흡입한 랏트에서는 노출농도와 관련한 소구성 빈혈이 나타났다. 375 ppm 이상에 노출된 수컷과 암컷 랏트에서 빈혈이 두드러지게 나타났다. 실험 23일째에 375ppm 이상의 농도에 노출된 수컷과 750 또는 1,500ppm에 노출된 암컷에서 일시적인 갑상선 호르몬의 감소를 관찰할 수 있었다. 갑상선 호르몬 감소에 대한 시상하부의 반응은 없었으며 노출된 랏트에서 갑상선 자극호르몬 농도의 증가가 없었다는 것이 그 증거이다. 장기무게에서는 특별한 변화가 없었다. 1,500ppm 농도에서 수컷 랏트의 앞다리와 뒷다리의 악력은 대조군보다 감소되어 있었다. 750과 1,500 ppm에서 암컷의 뒷다리의 악력은 대조군에 비해 크게 감소되어 있었다. 저 중등도의 골수 비후가 750, 1,500ppm에 노출된 수컷 랏트와 188 ppm 이상에 노출된 암컷 랏트에서 관찰되었다. 노출된 수컷과 암컷 랏트의 비강에서는 375ppm 이상에 노출된 암·수컷 랏트와 188ppm 이상에 노출된 암컷 랏트에서 후각상피의 변성과 750ppm과 1,500ppm에서 노출된 암·수컷 랏트에서 호흡기상피의 유리질 변성과 술잔세포의 과형성(hyperplasia)이 나타났다. 수컷과 암컷 랏트의 콧병변의 정도는 미미하거나 경도이었다.

(4) 6개월 반복투여 독성(랫트,토끼)

6개월 동안 98, 745ppm 니트로메탄을 노출시켰을 때 경증에서 중등도의 독성이 랫트와 토끼에서 나타났다. 니트로메탄 745ppm을 노출시켰을 때 랫트에서 체중 증가의 감소가 나타났다. 니트로메탄 745ppm을 6개월 동안 노출시킬 때 10일째 부터 쥐에서 적혈구 용적률과 혈색소 수치가 조금 감소하였다. 토끼에서 또한 혈색소치의 감소가 나타났다. 토끼에서 전이효소(ORNITHINE CARBAMYL TRANSFERASE)가 1개월과 3개월 후에는 증가하였으나 745ppm 니트로메탄 노출된 6개월 후에는 증가하지 않았다. 두 종에서 GLUTAMIC-PYRUVIC TRANSAMINASE에 명확한 영향은 없었고 랫트에서 혈청 갑상선 호르몬(T4) 활성도에도 영향이 없었다. 그러나 745ppm에서 1개월 동안 연구와 마찬가지로 6개월 동안의 연구에서 니트로메탄에 98, 745ppm으로 노출된 토끼에서 혈청 T4는 통계적으로 크게 감소하였다. 조직병리학적으로 6개월 동안 98, 745ppm 노출에서 랫트에서 노출과 관련된 이상은 없다고 평가하였다. 1개월 동안 니트로메탄에 98, 745ppm의 농도에 노출된 토끼에서 폐부종과 폐 이상의 증거가 나타났다. 중요한 결과는 니트로메탄 흡입으로 인해 중추신경계 억제효과 이전에 경증의 자극증상과 독성증상이 나타나고 1,000ppm이상의 농도를 지속적으로 노출시켰을 때 간 손상이 생길 수 있다.¹⁰³⁾

다. 만성독성 ¹⁰²⁾

(1) 2년 반복투여 독성(랫트)

암·수컷 각 50마리의 랫트를 103주 동안 주당 5일씩 6시간 동안 0, 94, 188, 또는 375 ppm의 니트로메탄에 노출시켰다. 생존률, 체중, 임상 소견상 암·수컷 랫트 노출군과 대조군에서 생존률은 큰 차이가 없었다. 375ppm 노출군에서 암컷 랫트의 평균체중은 대조군보다 경미하게 높았다. 노출된 수컷 랫트의 평균체중은 연구기간 동안 대조군과 비슷하였다. 188, 375ppm 에 노출된 암컷 랫트에서 유선 암종의 발생률과 임상양상은 비슷하였다. 13주간 연구한 쥐에서 나타난 뒷다리 마비는 2년간 연구한 암·수컷 랫트에서는 나타나지 않았다. 병리소견상 암컷 랫트에서의 유선의 섬유선종, 선종, 암의 발생률은 대조군보다 의미 있게 높았다.

추가적으로 375ppm 에서의 유선암종의 발생률은 대조군보다 크게 높았다.

(2) 2년 반복투여 독성(마우스)

암·수컷 각 50마리의 생쥐를 103주 동안 5일씩 6시간동안 0, 94, 188, 375 ppm의 니트로메탄에 노출시켰다. 생존률, 평균체중, 임상양상을 볼 때 750ppm 노출군의 암컷생쥐의 생존률은 대조군보다 경계역 정도로 증가하였다. 연구기간 동안 노출된 암컷 생쥐의 표준체중은 대조군의 표준체중보다 경미하게 높았으나 연구 마지막에는 대조군의 평균체중과 비슷하였다. 노출된 암·수컷 생쥐에서 눈 주위 부종이나 안구돌출증 등의 증상을 관찰하였고 이것은 침샘암종과 병발하였다. 병리 소견으로는 노출농도를 증가시킨 생쥐에서 침샘선종과 선종, 암종의 발생률은 대조군보다 375, 750ppm에 노출된 군에서 크게 높았다. 375, 750ppm에 노출된 생쥐에서 침샘암종의 발생률은 대조군보다 경미하게 높았다.

188, 750ppm에 노출된 암컷 생쥐에서 대조군보다 간세포선종이나 암종의 발생이 크게 높았다. 간에 호산구성 부위(eosinophilic focus)의 발생률은 노출농도의 증가와 함께 증가하고 375, 750 ppm에서의 발생률은 대조군보다 크게 증가하였다. 750 ppm 의 수컷 생쥐와 375ppm의 암컷 생쥐에서 폐포, 기관암종의 발생률은 대조군보다 크다. 750ppm에 노출된 암컷 생쥐에서 폐포/기관 선종 또는 암종의 발생률이 대조군보다 의미 있게 증가했고, 폐포/기관 선종의 발생률은 대조군보다 경미하게 증가하였다. 375 ppm에 노출된 암컷 생쥐에서는 폐에 조직구의 세포침윤이 대조군보다 증가하였다. 후각상피세포의 변성과 화생, 호흡기계 상피의 유리질화는 노출된 암·수컷 생쥐에서 대조군보다 증가하였다. 추가적으로 375, 750ppm 노출군의 수컷 생쥐에서 코눈물관의 염증은 대조군보다 증가하였다.

(3) 기타

랫트에게 0.11~0.15 g/Kg의 니트로메탄을 복강 내로 주입했을 때 메트헤모글로빈증이 유발되지는 않았다. 생쥐를 대상으로 설파헤모글로빈증과 메트헤모글로빈증 형성 여부를 1회에서 3회에 걸쳐 복강 내 주입 후 관찰하였다. 단회 주입 후에 니트로메탄은 메트헤모글로빈증을 일으키지 않으며 3회의 연속 주입 후에

니트로메탄이 설파헤모글로빈증을 유발하였다.¹⁰⁴⁾

동물독성자료

LD50 랫트 경구 940 mg/kg¹⁰⁵⁾

LD50 생쥐 경구 1440 mg/kg¹⁰⁶⁾

LDLo 개 경구 125 mg/kg¹⁰⁷⁾

LDLo 개 피하 750 mg/kg¹⁰⁸⁾

LDLo 토끼 경구 750 mg/kg¹⁰⁹⁾

라. 변이원성

(1) 돌연변이 시험

니트로프로판, 니트로메탄, 니트로에탄의 간독성과 변이원성을 비교하였다. 간 독성은 BALB/c 생쥐에서 생화학적 및 조직병리학적으로 평가하였다. 수컷 생쥐에서 간 효소인 소비톨 탈수소효소, 알라닌, 아미노트랜스퍼레즈, 아스팔테이트 아미노트랜스퍼레이즈의 혈장활성화가 9 mmol/kg 의 2-니트로프로판 투여 후에 48, 72, 96시간에 크게 상승하였으나 24시간일 때와 저용량 니트로메탄과 니트로에탄(9 mmol/kg)에서는 그렇지 않았다. 암컷 생쥐에서는 2-니트로프로판 6.7 mmol/kg의 용량은 간 독성을 일으키기에 충분하였다. 조직병리학적 평가에서 생화학적 결과를 확인할 수 있었고, 2-니트로프로판(9 mmol/kg)을 투여한 생쥐의 간에서 특히 간문맥주위 손상이 나타났다.

살모넬라 타이피뮤리움 실험균주 TA98, TA100, TA102에서 돌연변이성을 실험하였다. 2-니트로프로판과 음이온형인 프로판-2-니트로네이트 모두 돌연변이성이 있으나 니트로네이트의 돌연변이성이 더 강하였다. 니트로메탄과 니트로에탄, 니트로네이트는 대조군에서 보이는 복귀돌연변이 군락의 수를 증가시키지 않았다.¹¹⁰⁾

니트로메탄은 살모넬라 마이크로솜의 배양 전 검사를 이용한 발암성 시험에서 음성이었다. 이 보고서는 NTP(National Toxicology Program) 승인된 표준화

프로토콜을 이용하여 니트로메탄을 포함한 270가지 화학물질을 검사한 것이다. NTP와의 계약 하에 세 군데 이상의 다른 실험실에서 진행되었다. 이 실험에서는 다섯 가지 살모넬라 타이피리움(TA1535, TA1537, TA97, TA98, and TA100)을 다양한 용량의 화학물질로 실험한 것을 포함하며 랫트와 햄스터 간 S-9가 있을 때와 없을 때로 나누어서 진행하였다. 니트로메탄은 0.100, 0.333, 1.000, 3.333, 10.000 mg/plate 의 용량으로 하였다. 모든 살모넬라 타이피리움에서 영향이 없는 최고용량은 10.000 mg/plate 이었다.¹¹¹⁾

(2) 염색체이상 시험

NTP에서 시행한 어떤 실험에서도 니트로메탄의 발암성은 없었다. S9 대사활성유무에서 살모넬라 타이피리움에 돌연변이를 유발하지 않았다. S9 대사활성유무에서 니트로메탄에 노출된 배양된 중국 햄스터 난소세포에서 자매염색분체나 염색체변형이 일어나지 않았다. 소유핵(micronucleated) 적혈구의 빈도는 니트로메탄 흡입실험 13주말에 암·수컷 생쥐의 말초혈액도말에서 증가하지 않았다.

(3) 소핵 시험

포유류 다염성 적혈구에 대한 소핵시험 및 염색체이상 실험에서의 결론은 없었다.¹¹²⁾¹¹³⁾

(4) 기타

2년간의 흡입실험에서 94, 188, 375 ppm에 노출된 수컷 F344/N 랫트에서 니트로메탄의 암 발생 가능성의 증거는 없었다. 유선의 섬유선종, 암종 발생률의 증가에 기초해서 암컷 F344/N 랫트에서 니트로메탄의 발암성의 증거가 있었다. 침샘의 선종과 암종의 발생률 증가에 기초한 수컷 B6C3F1 랫트에서 니트로메탄의 명확한 발암성이 있었다. 간암과 침샘 선종, 암종의 발생률 증가에 기초해서 암컷 B6C3F1 랫트에서 발암성의 명확한 증거가 있었다. 니트로메탄에 노출된 암수 랫트에서 폐포/기관지 선종과 암종 발생률 증가는 화학물질과 연관성이 있다. 2년간의 니트로메탄 흡입노출 연구에서 후각상피의 변성과 화생, 암수 랫트의 호흡

기계 상피의 변성을 포함하는 코 병변의 발생률 증가를 관찰하였다.

마. 발암성

(1) 각종 동물의 암 유발시험

생쥐의 한 실험과 랫트의 두 실험에서 니트로메탄 흡입에 의한 발암성을 연구하였다. 생쥐에서는 암컷에서 간세포선종의 발생이 증가한 것과 마찬가지로 암·수컷에서 침샘과 폐암종의 발생률이 증가하였다. 랫트의 한 실험에서는 암컷에서 양성, 악성유선암 발생률이 증가했고 다른 종의 랫트 실험에서는 증가하지 않았다.

니트로메탄은 살모넬라 마이크로졸의 배양 전 검사를 이용한 발암성 시험에서 음성으로 나타났다. 이 보고서는 NTP(National Toxicology Program) 승인된 표준화 프로토콜을 이용하여 니트로메탄을 포함한 270가지 화학물질을 검사한 것이다. NTP와의 계약 하에 세 군데 이상의 다른 실험실에서 진행되었다. 이 실험에서는 다섯 가지 살모넬라 타이피류리움(TA1535, TA1537, TA97, TA98, and TA100)을 다양한 용량의 화학물질로 실험한 것을 포함하며 랫트와 햄스터 간 S-9가 있을 때와 없을 때로 나누어서 진행하였다. 니트로메탄은 0.100, 0.333, 1.000, 3.333, 10.000 mg/plate 의 용량으로 하였다. 모든 살모넬라 타이피류리움에 서 영향이 없는 최고용량은 10.000 mg/plate 이었다.¹¹⁴⁾

표준 살모넬라 타이피류리움 변이원성 실험을 변형하여 니트로메탄을 포함하는 19종의 니트로 화합물의 변이원성을 평가하였다. 배양 전 프로토콜을 사용하였는데, 이것은 혼합된 플라빈 모노핵산이 니트로로 환원시키는 것을 포함한다. 니트로 환원이 광범위하게 일어났음에도 불구하고 변형된 배양 전 검사에서 니트로메탄은 음성이었다.¹¹⁵⁾

<표 3-2> 니트로메탄의 각종 암 유발실험

종류	경로	용량 (ppm)	기간	결과	참고문헌
랫트	흡입	0; 100; 200	하루7시간 주당 5일 2년간	음성	116)
랫트	흡입	0; 100; 200	하루7시간 주당 5일 2년간	음성	117)
랫트	흡입	0; 94; 188	하루6시간 주당 5일 103주 동안	음성	118)
랫트	흡입	0; 94; 188	하루6시간 주당 5일 103주 동안	양성	119)
생쥐	흡입	0; 188; 375; 750	하루6시간 주당 5일 103주 동안	양성	120)
생쥐	흡입	0; 188; 375; 750	하루6시간 주당 5일 103주 동안	양성	121)

바. 기타

니트로메탄은 간에서 히스티딘분해효소의 활동을 억제해서 랫트에서 히스티딘 혈중을 발생시키며 조직에 히스티딘 농도를 증가시킨다. 니트로메탄에 노출된 랫트에서 신경학적 영향도 관찰되었다. 니트로메탄은 노출된 랫트와 생쥐의 후각상 피에 경도의 변성을 일으키고 랫트에서 경증에서 중등도의 골수증식을 동반한 소구성 빈혈을 일으킨다. 인체에 니트로메탄이 생식계나 발달에 영향을 준다는 자료는 없다. 랫트와 생쥐에서 니트로메탄 흡입 후에 용량에 관련된 정자운동성이 감소하는 것이 발견되었다. 암컷에서 에스트로겐 사이클 주기가 생쥐에서는 증가되었지만 랫트에서는 그렇지 않았다. 니트로메탄은 단기연구에서 유전자에 영향은 없으나 고농도에서 세포변성을 일으켰다.

4. 인체 영향

가. 인체 내 작용기전

(1) 흡수와 분배, 배설

니트로파라핀(니트로기 화합물의 총칭)은 폐와 위장관을 통해 흡수된다. 피부에 묻었을 때 전신적인 손상을 초래할 정도로 충분히 흡수된다는 증거는 없다.¹²²⁾

(2) 대사와 대사산물

니트로메탄을 토끼에게 1 Mmol로 정맥주사한 후 혈액에서 발견한 나이트라이트의 양이 무시할 정도라는 점에서, 니트로에탄과 니트로프로판과는 다른 기전에 의해 대사된다는 것을 알 수 있다. 토끼 간 균질액은 니트로메탄으로 배양했을 때 나이트라이트를 배출한다. ¹²³⁾

페노바비탈로 전 처치된 쥐의 간 미소체는 니트로메탄을 니코틴아마이드-아데닌이핵산 인산과 산소의 환원된 형태에서 니트로에탄을 아세톤과 나이트라이트로 바꾼다. 산화된 쥐 간의 미소체에 니트로메탄을 주입하면 437nm에서 최고에 달하는 기질접합의 차이를 나타낸다. 씨토크롬 p450 형성으로 해석된다.¹²⁴⁾

나. 단기 노출시 인체 유해성

(1) 단기간 흡입 또는 섭취시의 인체 영향

급성 건강 영향은 니트로메탄에 노출된 후 즉시 혹은 단시간 내에 다음과 같은 증상들이 나타난다.

가) 직접적인 접촉은 피부와 눈을 자극한다.

나) 니트로메탄을 들이마시는 것은 코와 기도를 자극해 기침과 천명음을 유발

할 수 있다.

다) 니트로메탄에 노출되면 식욕의 감퇴와 오심, 구토, 설사를 일으킬 수 있다.

라) 니트로메탄은 두통, 기력저하, 협조 운동의 소실, 간질을 일으킬 수 있다.

마) 높은 농도는 혈액의 산소운반능력을 저해해서 두통을 일으킬 수 있다. 피로, 어지러움, 피부와 입술의 청색증, 호흡장애나 마비를 일으켜 사망할 수도 있다.

다. 장기노출시 인체 유해성

(1) 장기간 흡입 시 인체영향

다음의 만성 건강영향은 니트로메탄 노출 후 어느 시기에든 일어날 수 있으며 수 개월 혹은 수 년 간 지속될 수 있다,

(2) 암유발성

* 니트로메탄은 동물의 간과 샘세포에서 암을 유발하는 것으로 보아 인체에 발암성이 있을 수 있다.

* 암유발물질로써 안전한 노출농도는 없다고 과학자들은 믿고 있다. 인체 생식계에 손상을 일으킬 수도 있다.

* New Jersey Department of Health and Senior Services에서 얻을 수 있는 정보에 따르면 니트로메탄은 생식계에 대한 영향에 대해 실험된 적이 없다.

라. 인체 표적장기독성

(1) 흡입 및 섭취 시 간 영향

*니트로메탄은 동물의 간과 샘세포에서 암을 유발하는 것으로 보아 인체에 발암성이 있을 수 있다.

(2) 흡입 및 섭취 시 폐 영향

니트로메탄은 폐에 자극을 줄 수 있다. 반복해서 노출되면 기관지염을 일으켜 기침, 호흡곤란, 가래 등이 생길 수 있다.

(3) 흡입 및 섭취 시 신장에 대한 영향

니트로메탄은 간과 신장에 손상을 줄 수 있다.

(4) 흡입 및 섭취 시 기타 장기영향

가) 암유발물질로써 안전한 노출농도는 없다고 과학자들은 믿고 있다. 인체 생식계에 손상을 일으킬 수도 있다.

나) 니트로메탄은 중추신경계의 기능저하를 야기한다.¹²⁵⁾

다) 피부와 점막에 약간의 자극을 준다.¹²⁶⁾

라) 800ppm에서 심각한 독성영향이 있고 500ppm에서는 질병의 징후가 있음¹²⁷⁾

마) 흡입 시 피부와 눈, 호흡기계 자극과 피부염을 유발한다.¹²⁸⁾

바) 눈과 기도 피부에 자극 있음.¹²⁹⁾

사 섭취 및 흡입 시 독성이 있음.¹³⁰⁾

5. 각국의 노출기준 요약 및 해설

각국의 노출기준 및 발암성 자료를 요약하면 <표 3-3>과 같다.

<표 3-3> 선진 각국의 니트로메탄 노출기준 및 발암성 자료 요약

Epichlorohydrin(106-89-8)		TLV-TWA		STEL		Ceiling	Carcinogen	Notations
Country	Organization	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³			
미국	OSHA	100	250					
	ACGIH	20	50				A3	
	NIOSH							
일본	후생노동성							
	산업위생학회						Group 2A	
독일							3B	
스웨덴		20	50	50	130			
		Level limit value(LLV)		Short-term value(STV)		Ceiling limit value(CLV)		
영국		100	254	150	381			
		(Long-term exposure limit)						
프랑스		100	250					
		(VME)		(VLE)				
IARC							Group 2B	

가. 미국

(1) OSHA : PEL(Permissible Exposure Limits)기준 제시 및 설정 근거 요약

OSHA(Occupational Safety and Health Administration)는 1970년 미국산업안전보건법에 의해 만들어진 기관으로 허용폭로한계(PEL, Permissible Exposure Limit)를 제정하여 산업안전보건법을 집행한다.

가) OSHA의 허용폭로한계(PEL, Permissible Exposure Limit)

○ 8-hr TWA : 100 ppm (250 mg/m³)¹³¹⁾

OSHA는 nitromethane의 노출기준 설정에 있어 NIOSH와 ACGIH 달리 발암성에 대해 고려하고 있지 않는다. 대신 관련 문헌 고찰을 통해 건강장해에 대해 언급하고 있다. Nitromethane의 노출영향으로 인해 사람의 경우 약간의 피부 과민증이 피부의 반복노출에 의해 발생하며, 동물 노출에 있어서는 호흡곤란으로 인한 증상이 지속됨으로써 호흡기관의 과민성이 나타난다고 하였다. 또한 눈의 자극, 마취, 경련 및 사망에 이를 수 있음을 언급하고 있다. 만성적인 호흡기질환으로서nitromethane은 동물에서 호흡기 과민성을 일으키고, 간 손상을 유발하며, 경련과, 신장손상을 일으키는 것으로 보고되고 있고, 또한 장기간 노출될 경우 피부병을 일으키거나 지방감소가 일어날 수 있다고 하였다. 동물에서nitromethane의 증기는 경련과 마취로 인해 자극중추신경계에 영향을 미치고, 순한 폐자극, 그리고 간손상을 일으킬 수 있다고 한다. OSHA는 이러한 사람과 동물을 대상으로 한 연구결과를 바탕으로 노출기준을 100ppm으로 설정하여 관리하고 있다.

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

미국정부 산업위생전문가협회(ACGIH)는 화학물질에 대한 작업상의 노출기준에 대한 권고값의 설정과, 발암성을 분류하고 있다. 발암성에 대해서는 5개의 Category(A1~A5)가 있으며, 발암물질의 노출이 최저수준에서 유지되어야 한다고 권고하고 있다. TLV가 없는 인체 발암성물질로 확인된 것에 대해서 근로자는 그

물질의 노출을 제거하기 위한 적절한 보호장구를 갖추어야 함을 권고한다. 또한 TLV가 있는 인체 발암성물질로 확인된 것에 대해서는 모든 경로를 통한 근로자의 노출을 주의 깊게 TLV 이하 수준에서 관리되어야 함을 추천한다. ACGIH는 TLV 권고사항이 다른 어떤 목적 보다는 잠재적인 건강장해 관리의 가이드라인으로서 이용하기를 권고하고 있다.

A3: 인체 발암성이 알려져 있지 않지만 동물 발암성이 확인된 물질(Confirmed Animal Carcinogen with Unknown Relevance to Humans)

작업자 노출과 관련이 없을 것으로 판단되는 상대적으로 높은 투여량, 노출 경로, 위치, 조직 유형, 작용 방법에서 동물 발암성이 있는 것으로 밝혀진 물질을 의미한다. 이용 가능한 역학적 연구에서 노출된 사람의 암 발생 위험이 증가함을 확인하지 못했거나, 이용 가능한 증거에서 이 분류의 물질이 좀처럼 보기 드물게 또는 가능성이 낮은 경로 또는 노출수준을 제외하고 인체에 암을 유발한다는 것과 같은 것이 제기되지 않는 것을 의미한다.

Skin Notation: ACGIH의 'Skin'은 공기와의 접촉이나 직접적인 접촉을 통해 피부에 침범하는 모든 경로를 통한 노출에 대한 주의할 가능성이 있는 물질로 규정하고 있다. Skin notation의 이용은 공기 포집만으로 노출수준을 정확하게 측정하는 것이 충분하지 않은 것과 중요한 피부침투가 가능한 흡수를 막기 위한 추가 조치단계가 필요할지도 모른다는 것을 사용자에게 경고하고 있다. Sensitizer Notation: 물질이 피부의 접촉 또는 흡입 노출의 결과로서의 근로자가 쉽게 느낄 수 있는 확실한 잠재적 영향이 있음을 나타낸다.

가) 허용기준(TLV, Threshold Limit Values)¹³²⁾

○ 8-hr TWA 20 ppm,

ACGIH의 TLV-TWA는 20 ppm이며, 발암성은 A3에 해당한다. 노출기준은 토끼와 쥐를 대상으로 흡입 노출에 의해 보고된 갑상선 영향과 폐 출혈(pulmonary hemorrhage)의 악영향에 대한 잠재성, 후각 상피조직-변성과 이형성(metaplasia), 호흡기계 상피조직 유리질(hyaline) 변성을 줄이기 위해 설정되었다. 또한 이 기준은 혈액 장애(dyscrasias), 말초신경염 및 nitromethane의 높은 농도에서 발견된 쥐와 생쥐의 감소된 정자수 및 운동성과 같은 위험을 줄이기 위한 것이다.

쥐와 생쥐의 발암성에 대한 명백한 증거로는 유방선 섬유성선종(mammary gland fibroadenomas), Harderian gland adenomas와 발암성, 그리고 간 신생물(neoplasm)로서 인체 발암성이 알려져 있지 않지만 동물 발암성이 확인된 물질(A3: Confirmed Animal Carcinogen with Unknown Relevance to Humans)이다. Skin이나 SEN 표시 및 TLV-STEL은 이용 가능한 충분한 근거 자료는 없다.

○ TLV-STEL 및 TLV-Ceiling은 제정하지 않았다.

○탈선한계권고¹³³⁾ : 작업자 폭로수준의 Excursion(탈선)은 하루 작업 중 총 30분 이상에 대해 TLV-TWA를 3번 초과할 수 있다. 그리고 어떤 일이 있어도 TLV-TWA를 초과하지 않는다면 TLV-TWA를 5번 초과할 수 있다.

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

○ REL(Recommended Exposure Limits) 미설정

NIOSH의 NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards(NIOSH Publication No. 2005-151) 부록(APPENDIX D-Substances with No Established RELs)에 의하면 nitromethane에 대한 연구문헌 고찰을 통해 OSHA에서 제시한 "Proposed Rule on Air Contaminants" (29 CFR 1910, Docket No. H-020)의 해설에서 NIOSH는 OSHA의 제시된 PEL이 알려진 건강위험으로부터 작업자를 적절히 보호할 수 있는가에 대해 의문시하였다.

당시 NIOSH는 문헌고찰을 통한 제한된 평가를 수행하여 OSHA에 의해 인용된 문헌들이 제안된 PEL을 뒷받침하기에 불충분하다는 결론을 내렸다. 따라서 NIOSH는 nitromethane의 노출기준을 설정하는데 있어 기존 자료를 통해 적절한 기준을 설정할 수 없어서 권고기준(RELs)은 아직 없는 상태이다. 그러므로 nitromethane에 대한 권고기준은 아직 설정되어 있지 않으며, 단지 No Established RELs로 표기하고 있다¹³⁴⁾.

나. 일본

(1) 노동성

- 노동안전위생법상의 관리농도가 설정되어있지 않다.

(2) 산업위생학회

JSOH는 IARC에 의해 제안된 직업적 발암성의 분류 기준에 따른다. JSOH는 또한 다른 자료를 기반으로 여러 화학물질의 분류를 토의하고 직업적 발암성 목록을 완성한다. 다만 JSOH는 과학적으로 합당한 자료의 이용이 가능 할 경우 Group I 발암성 물질의 폭로로 인한 암의 개인별 초과 평생 위험에 따른 참고 값을 평가하게 될 것이다. JSOH는 안전노출수준으로서의 참고 값이나 수용 가능한 위험수준으로서 개인별 초과 평생 위험을 권고하지는 않는다. 참고 값은 직업적 암의 위험을 피하거나 최소화 하기 위하여 산업보건과 관련하여 학식과 경험을 가진 전문가에 의해 적용되어야 한다(Journal of Occupational Health, 2004; 46: 329-344). Propylene oxide은 Group 2B로서 분명치 않으나 인체 발암 가능성 (Possibly Carcinogenic to Humans)이 있는 물질로 분류된다.

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

○ MAK(Maximum Concentration Values) 미설정

MAK(Maximum workplace concentration values)는 작업장내 화학 합성물의 건강 유해성 조사를 위한 위원회(Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area)에 의해 결정된다. MAK는 작업장에서 사용되는 화학합성물의 공기중 최대허용농도의 설정 값이다. 독일의 분류방법은 미국 보다는 영국식의 기준과 밀접하다. 공식적인 삼자 의결시스템은 구성하고 있지 않다. MAK 노출기준은 다른 기관에 의한 것 보다는 합당한 정보에 부합하는 것을 가지고 과학적으로 충분한 분석을 통해 개발된다. MAK 농도

는 법적으로 사용되며, TLV가 설정된 화학물질 수는 약 350종이다.

독일연방 작업장 최대 허용농도(MAK; Federal Republic of Germany Maximum Concentration Values in the Workplace)에서는 발암물질을 1,2,3, 3A, 3B, 4, 5로 구분하여 관리하고 있다.

- 2: 장기적인 동물 연구에서 얻은 충분한 데이터, 또는 역학적 연구의 증거를 통해 입증된 동물 연구에서 얻은 제한된 증거가 암 발생에 상당한 영향을 미칠 수 있음을 보여주기 때문에 발암성이 있다고 판단할 수 있는 물질을 의미한다. 동물 연구에서 얻은 제한된 데이터는 해당 물질이 인체와 관련이 있는 작용 방법에 의해 암을 유발한다는 증거 및 in vitro 시험 및 단기적 동물 연구의 결과로 뒷받침할 수 있음을 나타낸다.

- 3B: in vitro 시험 또는 동물 연구에서 암 발생에 영향을 미친다는 증거가 나타났다지만 다른 어떤 분류에 속하기에는 그 증거가 충분하지 못한 물질로서 최종 분류를 내리기 위해서는 추가로 연구를 더 진행되어야 함을 의미한다. 유전자 독성 영향이 나타나지 않는다면 MAK 또는 BAT 값을 정할 수 있다. Epichlorohydrin은 2로 분류하고 있다¹³⁵⁾¹³⁶⁾.

라. 스웨덴 : OEL(Occupational Exposure Limits)기준 제시 및 설정근거 요약 137)138)139)

○OEL(Occupational Exposure Limits) : 시간가중평균 노출기준(TWA) 20 ppm (50 mg/m³), STEL 50 ppm(130 mg/m³)

○ 적용년도 : 1999년

스웨덴은 노동조합, 사업주, 정부로 구성된 그룹의 추천에 의해 삼자가 기준을 개발한다. 이들 기구는 3년 주기로 수행한다. 법규 그룹을 위한 제안은 근로자, 사업주, 산업안전보건전문가, 근로감독관 또는 법규 그룹의 의장에 의해 제기된다. 위원회는 특히 미국, 유럽연합, 독일 및 스칸디나비아안 국가들에 대한 모니터링을 심도 있게 수행한다. 우선순위는 기준그룹(Criteria Group: 산업체 및 노동조합의 산업위생가, 독성학자, 의사 대표자)에 의해 추천된 과학적 기준을 기반으

로 한다. 스웨덴은 노출기준 설정에 있어 고려사항으로서 경제적 및 실행 가능성 요소를 따진다. NOAEL(no-observed-adverse-effect-level)은 여분의 안전 계수를 고려하여 노출기준을 위한 기반으로 사용된다. NOAEL은 사례를 기반으로 평가하며, 특정산업에서의 노출상황, 잠재적 발암성, 불쾌수준, 과학적 자료의 존재 및 노출 측면을 고려하는 것을 포함할 수 있다. 다른 기술적 경제적 요소도 안전 계수에 영향을 미칠 수 있다. 기준을 이행하는데 있어서 비용은 건강에 대한 잠재적 개선에 대해 가중된다. 노출기준 책자는 국립산업보건연구소(National Institute of Occupational Health)에 의해 발행된다.

작업장 공기 오염에 대한 노출기준 및 평가에 대한 규정의 이행에 관한 국립산업안전보건 위원회의 일반적인 권고는 법적인 규정과 다르다. 권고는 의무사항이 아니며, 대신에 법적 규정의 의미를 쉽게 설명하는데 있다. 스웨덴의 발암성물질(carcinogens) 관리는 A, B, C의 3등급으로 분류하여 관리하고 있다. A와 B 물질군은 한계치가 없으며, 대신 허가의 특정규정이 있다. C그룹 물질은 노출기준을 갖고 있으며, Notes에 C로 표시되어 있다. 노출기준의 Notes에 A가 표시되어 있으면 경피흡수가 용이한 물질(easily be absorbed percutaneously)이고, S가 표시되어 있으면 민감성물질(Allergy or other hypersensitivity/sensitizing substance)이다.

노출기준은 발암성을 제외한 화학물질(98/24/EC)의 협의회 지침(Council Directive) 하부의 EC 내부에서 규정된다. 그리고 발암성에 대한 기준은 발암성 물질(90/394/EEC)에 대한 협의회지침(Council Directive) 하부에서 규정한다. 따라서 두가지 형태의 노출기준이 결합되어 있거나 단일하게 직접 작용된다.

마. 영국 : OEL(Occupational Exposure Limits)기준 제시 및 설정근거 요약¹⁴⁰⁾¹⁴¹⁾¹⁴²⁾

○ OEL(Occupational Exposure Limits) : 시간가중평균 노출기준(TWA) 100ppm (254 mg/m³), STEL 150 ppm(381 mg/m³)

○ 적용년도 : 2000년

OEL은 Control of Substances Hazardous to Health Regulations 1998(COSHH)하부로 만들어 졌다. OELs는 독성물질에 대한 Health and Safety Commission's (HSC) Advisory Committee, Confederation of British Industry와 Trade Union Congress Representatives의 삼자기구 뿐만 아니라 사설 전문가와 지역당국협회 대표자의 다수에 의해 추천된다. 영국은 OEL과 MEL의 두가지 형태를 갖고 있다. 일반적으로 MEL은 인체 악영향 수준을 결정하기 불가능한 것에 대해 다룬다. MEL을 갖는 물질은 주로 발암성이거나 천식유발 물질이다. 농도수치는 질병의 비용 평가와 함께 의사결정에 대한 비용-효과분석의 규칙을 이용하여 설정한다. 경제적 요소의 능률성(Streamlining)과 고려로서 1998년 5월 HSE는 능률적인 MEL 채택, 즉 모든 기준을 공식적으로 인정하기 위한 고려 전에 완전하고 효과적인 상담의 주제로서 확보하기 위한 요구조건을 재확인하기 위해 새로운 절차를 발표했다. 이러한 절차는 비용의 평가뿐만 아니라 건강상의 이득도 포함한다. OEL은 법적인 규정으로 사용된다. 영국의 HSE OEL 목록은 ACGIH 목록으로부터 다수 유래한다.

바. 프랑스 : OEL(Occupational Exposure Limits)기준 제시 및 설정근거 요약 143)144)

○ OEL(Occupational Exposure Limits) : 시간가중평균 노출기준 VMC(TWA) 100 ppm(250 mg/m³)으로 설정되어 있음.

○ 적용년도 : 1999년

화학물질의 노출기준(valeur limite)은 두가지 형태로서 단시간 노출기준(VLE)과 평균노출기준(VME)으로 구성되어 있다. 노출기준의 법적지위는 노출기준의 대부분이 최소한의 달성기준(Valeurs limites admises, caractre indicatif)으로서 제시된다. 이들 기준치의 일부는 근로자를 위한 국립건강보험기금(National Health Insurance Fund CNAMTS)에 의해 권고된다. 벤젠, 석면, 염화비닐단량체, 납, 실리카와 같은 일부 발암성과 돌연변이성 물질은 유럽연합 수준에서 설정

된 기준값에 따른다. 프랑스의 노출기준(Occupational exposure limits: OELs)은 법적인 구속력을 가지며, 발암성 인자는 유럽연합의 분류기준과 달리 분류되며, 기준 설정의 우선순위는 노동부에 의해 결정된다. 직업적 위험의 예방은 프랑스 노동부코드(French Labour Code) L. 230-2항을 기준으로 하며, 발암성은 분류기준 1과 2 또는 3으로 분류한다. 프랑스에서는 956종의 물질이 발암성으로 분류되어 있으며, 분류기준 1 또는 2에 해당하는 발암성 인자는 826종이고, 이들 중 645종은 화학제품이나 석탄에서 기인하며, 130종은 분류기준 3에 해당한다. 발암성 또는 돌연변이원성 분류에서 분류기준 1은 인간에 돌연변이를 일으키는 것으로 알려진 물질로서 물질에 의한 사람의 노출과 유전적 손상간의 인과관계에 대한 명백한 증거가 설정되어 있는 것을 의미한다. 분류기준 2는 사람에 돌연변이를 일으킬 수 있는 것으로 간주되는 물질로서 사람에 노출시 유전적 손상을 초래할 수 있을 것으로 여겨지는 강한 추측을 제공하는 명백한 증거가 있는 것을 의미하는 것으로 적절한 동물연구나 다른 적절한 자료를 기반으로 한다. 분류기준 3은 돌연변이 영향에 대한 가능성이 있는 것으로 적절한 돌연변이 연구의 증거가 있지만 분류기준 2의 물질군에 포함하기에는 불충분한 것이 이 범주에 해당한다. 분류기준 3에 해당하는 돌연변이물질은 잠재적인 발암성일 수 있다. EU의 발암성물질에 대한 분류기준으로서 분류기준 1은 인체에 발암성이 있다고 알려진 물질로서 물질의 노출로 인한 사람과 암의 성장간에 인과관계의 명백한 증거가 있는 물질이다. 분류기준 2는 어떤 물질이 인간에 발암을 일으킬 수 있다고 믿어지는 물질로서 적절한 장기간의 동물실험이나 기타 타당한 자료를 기반으로 하여 암의 성장을 초래할 수 있는 것으로 사람에 노출시 발암성에 대한 강한 추측을 제공하는 충분한 증거가 있는 물질이 여기에 해당한다. 분류기준 3은 발암성 영향에 대한 가능성이 있지만 만족할 만한 평가를 내리기에는 이용가능한 자료가 불충분함을 의미한다. 분류기준 1과 2(발암성 또는 발암가능성)에 해당하는 물질은 직업적 위험의 예방에 대한 특정 규칙이 있으며 이들 물질의 사용자는 엄격히 지켜야 한다. 다른 유럽연합의 규정과 달리 관찰된 영향이 발암성으로 분류하기에 부적절한 물질은 IARC의 category 3으로 분류된다.

6. 작업장내 근로자 노출실태

가. 작업환경측정방법 및 결과

(1) 작업환경측정방법

가) 대상 사업장 선정

본 연구를 통해 사용이 확인된 니트로메탄을 직접 취급하는 사업장 3개소와 간접적으로 노출될 우려가 있는 2개소 등 총 5개소를 작업환경측정대상으로 선정하였다. 대상사업장의 일반적인 현황을 살펴보면, 지역적으로는 모두 경기도에 소재하고 있었다. 취급사업장이 없는 관계로 1개사업장에서는 5회 반복측정하고, 다른 1개 사업장에서는 2회 반복측정 하여 총 10회 측정을 실시하였다.

나) 시료채취방법 및 채취건수

시료채취와 분석은 미국국립산업안전보건연구원의 공정시험법인 method 2527 방법에 따라 실시하였다(NIOSH, 1994). 시료채취용 활성탄관(앞층과 뒤층, 600/300mg, SKC 226-111, USA)을 시료채취 전후에 비누 거품 보정계(SKC, USA)로 유량을 보정한 저유량 시료채취펌프(Model LFS 113DC, Gilian, USA)에 연결하여, 0.1~0.2 ℓ /min의 유량으로 근로자 호흡기를 중심으로 30 cm 이내의 위치에서 작업시간 동안 및 6시간 이상 5개 사업장에서 개인시료 26개, 지역시료 20개 등 총 46개 시료를 채취하였다. 시료채취가 끝난 활성탄관은 양끝을 플라스틱 마개로 봉한 후 실험실로 옮겨 분석을 실시하였다.

(2) 분석 방법

가)시료분석방법

○ 실험기구

- 흡착튜브 (활성탄관 : SKC 226-111)
- 시료 채취용 펌프 : 0.01~0.05 L/min

- Gas chromatograph(Agilent 6890 Plus), Detector : NPD
- Column : HP-5 Capillary column (30m×320mm×0.25μm)
- Tube : 5mL Glass, PTFE-lined caps
- Vial : 2mL Glass, PTFE-lined caps
- Micro Syringe : 10uL

○ 시약

- 탈착액 : Ethylacetate
- 분석물질 : Nitromethane
- 고순도 N2
- 고순도 H2
- 고순도 Air

○ 표준용액 농도 및 탈착을 검정용 시료의 농도범위

표준액으로 (0.0563~1.8026mg/sample, 3L기준) 5개 농도 수준으로 제조하였으며, 탈착을검정은 4개의 농도 수준에서 Micro Syringe를 이용, 표준액을 활성탄관에 직접 주입하여 농도 당 각각 3개씩을 제작하여 실험하였다.<표 3-4>.

<표 3-4> 표준용액 농도 및 탈착을 검정용 시료의 농도범위

탈착을 검정 시료	시료당 주입량
Level 1	0.1127mg
Level 2	0.3380mg
Level 3	0.9013mg
Level 4	2.2532mg

○ 탈착을검정 시료 및 측정시료 의 전처리

흡착관의 앞층과 뒤층을 각각 다른 10mL 튜브에 넣은후 Ethylacetate 5mL를 넣고 밀봉하여 가끔 흔들어 주며 최소 30분간 방치한 후, 이중 1mL를 2mL Vial에 옮겨 분석하였다.

○ 분석조건

Gas chromatography의 분석조건은 <표 3-5>와 같다.

<표 3-5> Gas chromatography 분석조건

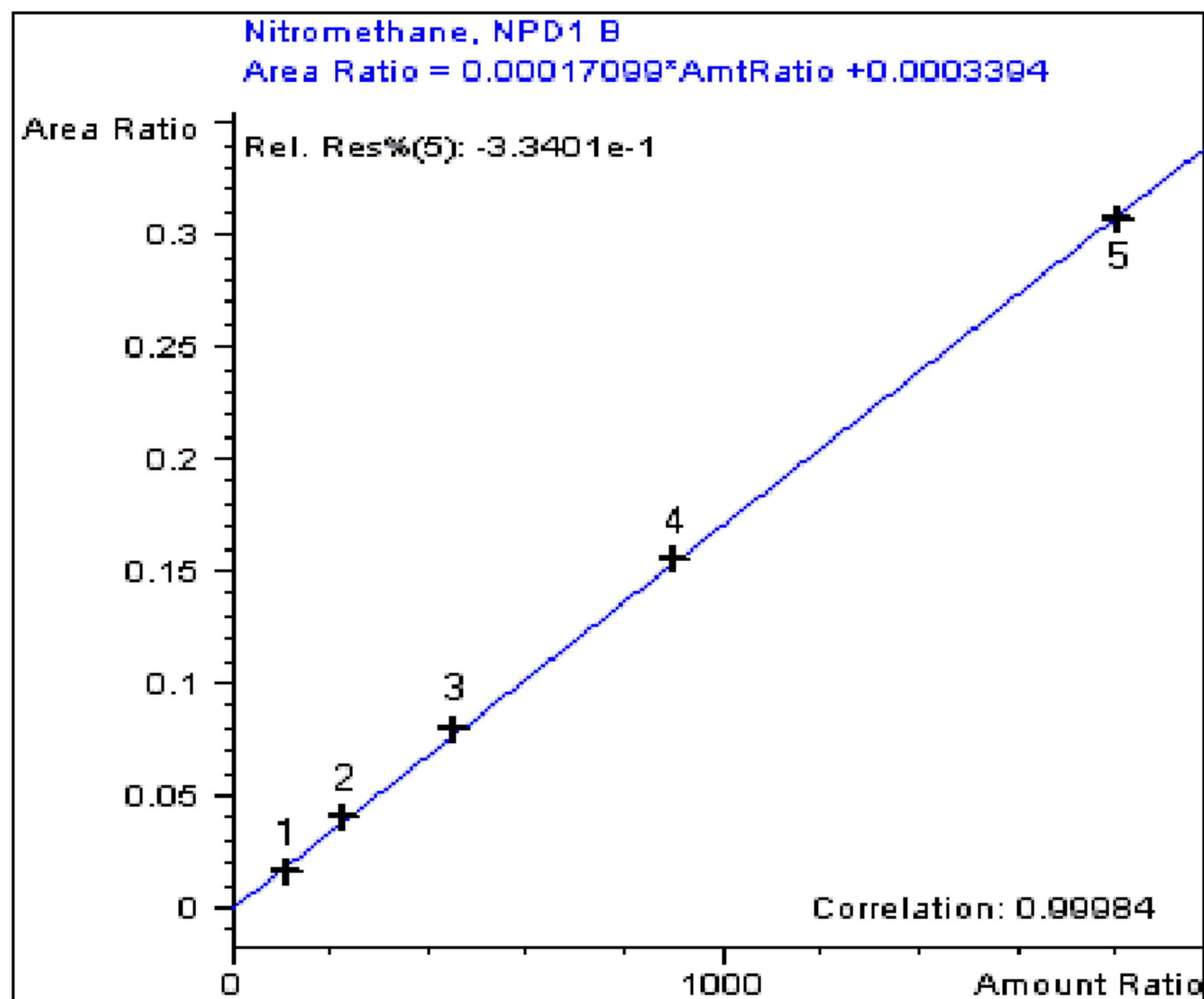
Descriptions	Conditions
Instrument	Agilent 6890 Plus
Detector	Nitrogen Phosphorus Detector
Column	HP-5 Capillary column (30m×320mm×0.25μm)
Temperature	Injector 200℃
	Detector 250℃
	Column oven 60℃(10min)
Carrier gas flow rate	N2 1ml/min
Injection volume	1μl
Split ratio	20:1

탈착율은 최소88.98±12.27%에서 최대96.10±6.22%으로 평균 92.07±3.19%정도의 수준을 나타내었으며[표 3-6], 검출된 시료의 농도수준은 최소 7.11ppm에서 최대 9.0ppm정도였다

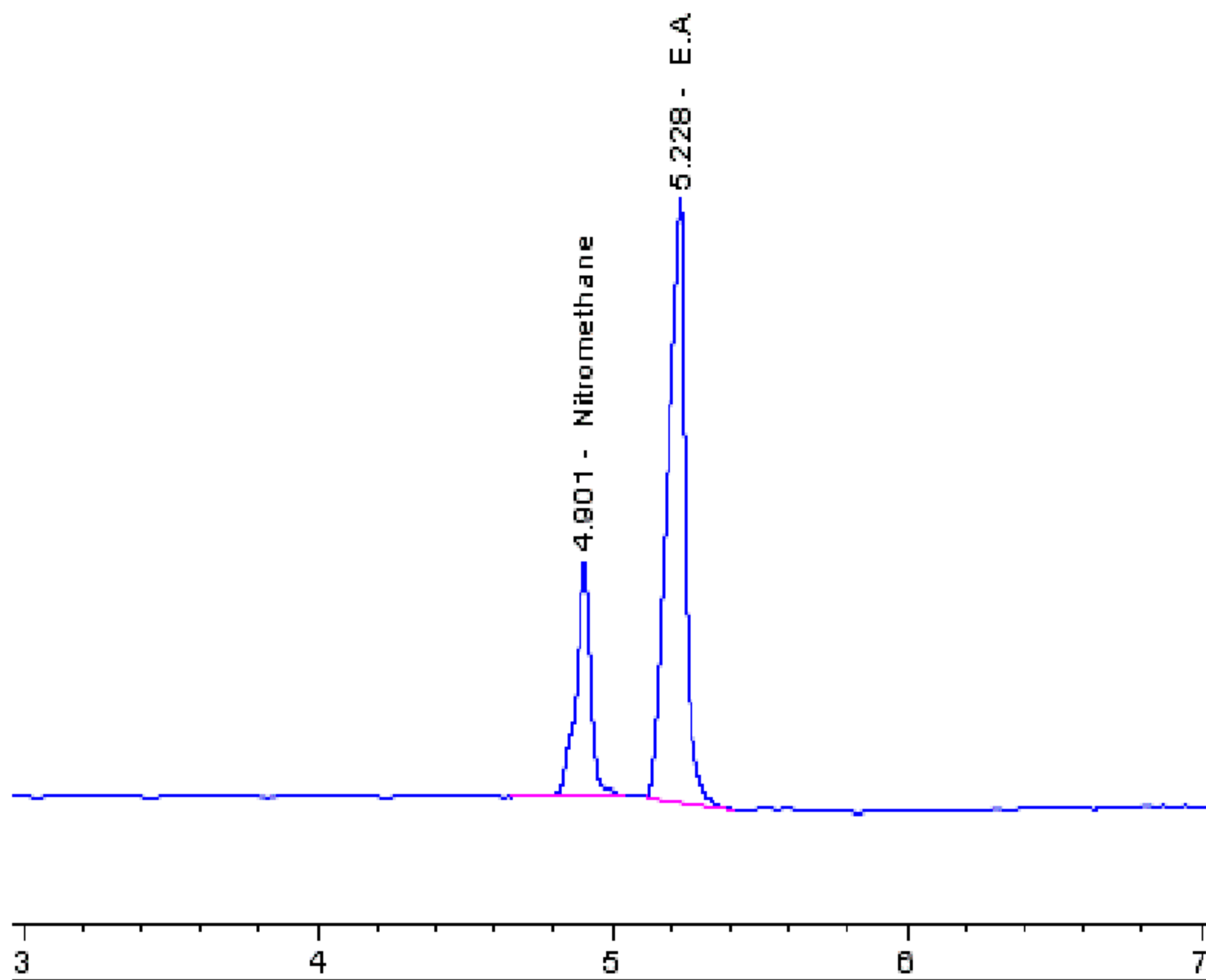
<표 3-6> 탈착율 실험 결과 결과

	Desorption efficiency(%)
Level 1	88.98 ± 12.27
Level 2	90.14 ± 5.96
Level 3	93.05 ± 7.60
Level 4	96.10 ± 6.22
Average	92.07 ± 3.19

○ 검량선작성 및 탈착율 실험 결과



[그림 3-14] 니트로메탄의 검량선



[그림 3-15] 니트로메탄의 히스토그램

○ 농도계산

$$C = \frac{(W_f + W_b - B_f - B_b)}{V \times DE}$$

C: 분석 물질의 농도 (mg/m³)

Wf: 시료 앞 층의 양 (μg)

Wb: 시료 뒤 층의 양 (μg)

Bf: 공시료 앞 층의 양 (μg)

Bb: 공시료 뒤 층의 양 (μg)

V: 채취 공기량 (ℓ)

DE: 탈착효율

(3) 작업환경측정 결과

가) 측정결과 종합

니트로메탄을 취급하는 사업장의 측정결과는 <표 3-7>과 같다.

<표 3-7> 니트로메탄 작업환경측정 종합 결과

시료포집방법	시료수	작업환경측정결과			노출기준 (ppm)
		평균농도 (ppm)	범위 (최소-최대)	표준편차	
개인시료포집	26	1.829	불검출-7.912	2.421	100
지역시료포집	20	4.033	불검출-13.987	4.842	100
계	46	2.659	불검출-13.987	3.783	100

26명의 근로자노출 실태를 파악하기 위한 8시간 가중평균농도(TWA)는 평균 및 표준편차가 1.829 ± 2.421 ppm (범위 불검출에서 7.912ppm)으로 조사 되었으며 20개의 발생원 농도를 파악하기 위한 지역시료의 TWA농도는 평균 및 표준편차가 4.033 ± 4.842 (범위 불검출에서 13.987ppm)으로 조사되었다.

총 46개 시료의 TWA농도는 평균 및 표준편차가 2.659 ± 3.783 (범위 불검출에서 13.987ppm)으로 조사되었다.

A사와 E사는 RC 모형 자동차 등의 연료를 생산하는 업체로 연료 생산과정이 반자동으로 이루어지고 있어 작업자의 노출이 발생되고 있었다. 기타 브로노폴을 제조하는 사업장 및 순간접착제 클린업 용제 제조 및 사용 작업중에는 노출이 발생되지 않는 것으로 조사되었다.

세부 측정 결과는 다음과 같다.

사업장 명	측정위치	측정결과(ppm)	노출기준(ppm)
A 1차	근로자 1	7.912	100
	근로자 2	불검출	100
	반응기 1	불검출	100
	반응기 2	0.665	100
	포장 1	13.773	100
	포장 2	8.793	100
A 2차	근로자 1	5.912	100
	근로자 2	2.89	100
	반응기 1	2.222	100
	반응기 2	1.098	100
	포장 1	0.789	100
	포장 2	5.376	100
B	근로자 1	불검출	20
	배합 1	불검출	20
	배합 2	불검출	20
C	근로자 1	불검출	20
	포장 1	불검출	20
	포장 2	불검출	20
D	근로자 1	불검출	20
	수 정	불검출	20

사업장 명	측정위치	측정결과(ppm)	노출기준(ppm)
E 1차	근로자 1	7.105	100
	근로자 2	불검출	100
	근로자 3	불검출	100
	근로자 4	불검출	100
	포장 1	13.987	100
E 2차	근로자 1	1.098	100
	근로자 2	0.665	100
	근로자 3	불검출	100
	근로자 4	불검출	100
	포장 1	11.881	100
	포장 2	3.89	100
E 3차	근로자 1	3	100
	근로자 2	불검출	100
	근로자 3	2	100
	근로자 4	0.789	100
	포장 1	1.098	100
	포장 2	8.973	100
E 4차	근로자 1	2	100
	근로자 2	불검출	100
	근로자 3	5	100
	포장 1	2	100
E 5차	근로자 1	4	100
	근로자 2	3.89	100
	근로자 3	1.3	100
	포장 1	2	100

(4) 작업환경 평가 결과

KOSHA CODE H-16-2005 사업장 작업환경 평가지침을 활용하여 일반관리분야 8개 항목, 유해물질관리분야 5개 항목, 작업환경관리분야 10개 항목 등 3개 분야 23개 항목에 대한 10개 사업장의 작업환경 수준을 평가 결과는 다음과 같다.

가) 조사 대상 사업장의 일반 현황

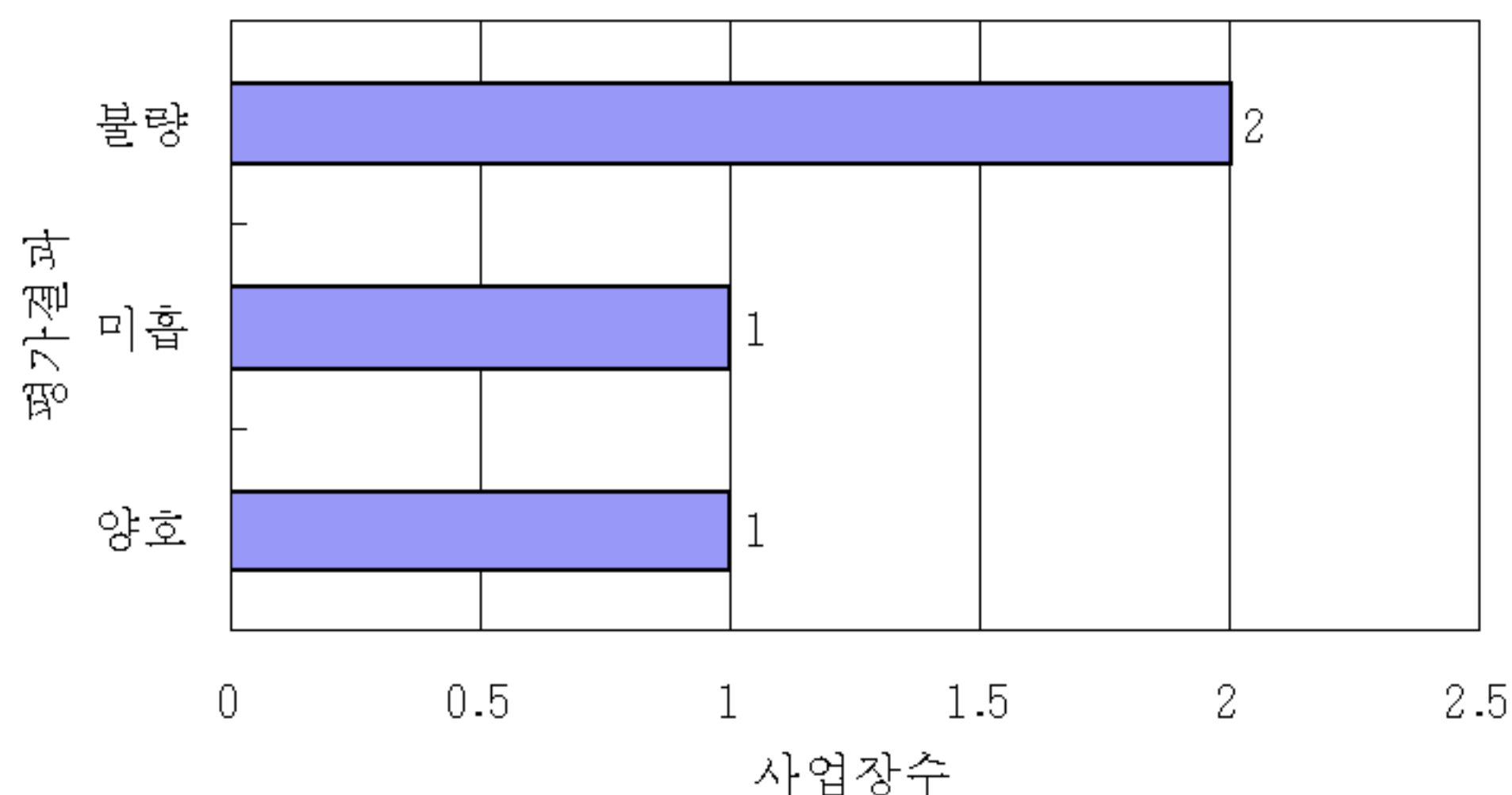
작업환경평가는 작업환경측정을 실시한 사업장을 동일하게 대상으로 선정하여 실시하였으며, 니트로메탄의 용도별로 분류하면 <표 3-8>과 같다.

<표 3-8> 작업환경평가 대상 사업장 현황

취급용도별 분류	빈도	퍼센트	유효 퍼센트	누적퍼센트
RC 모형자동차 연료	2	50.0	50.0	50.0
접착제 클린업용제 제조	1	25.0	25.0	75.0
클린업용제 사용 사업장	1	25.0	25.0	100.0
합계	4	100.0	100.0	

나) 연구 대상 물질에 대한 유해 위험성의 이해 여부

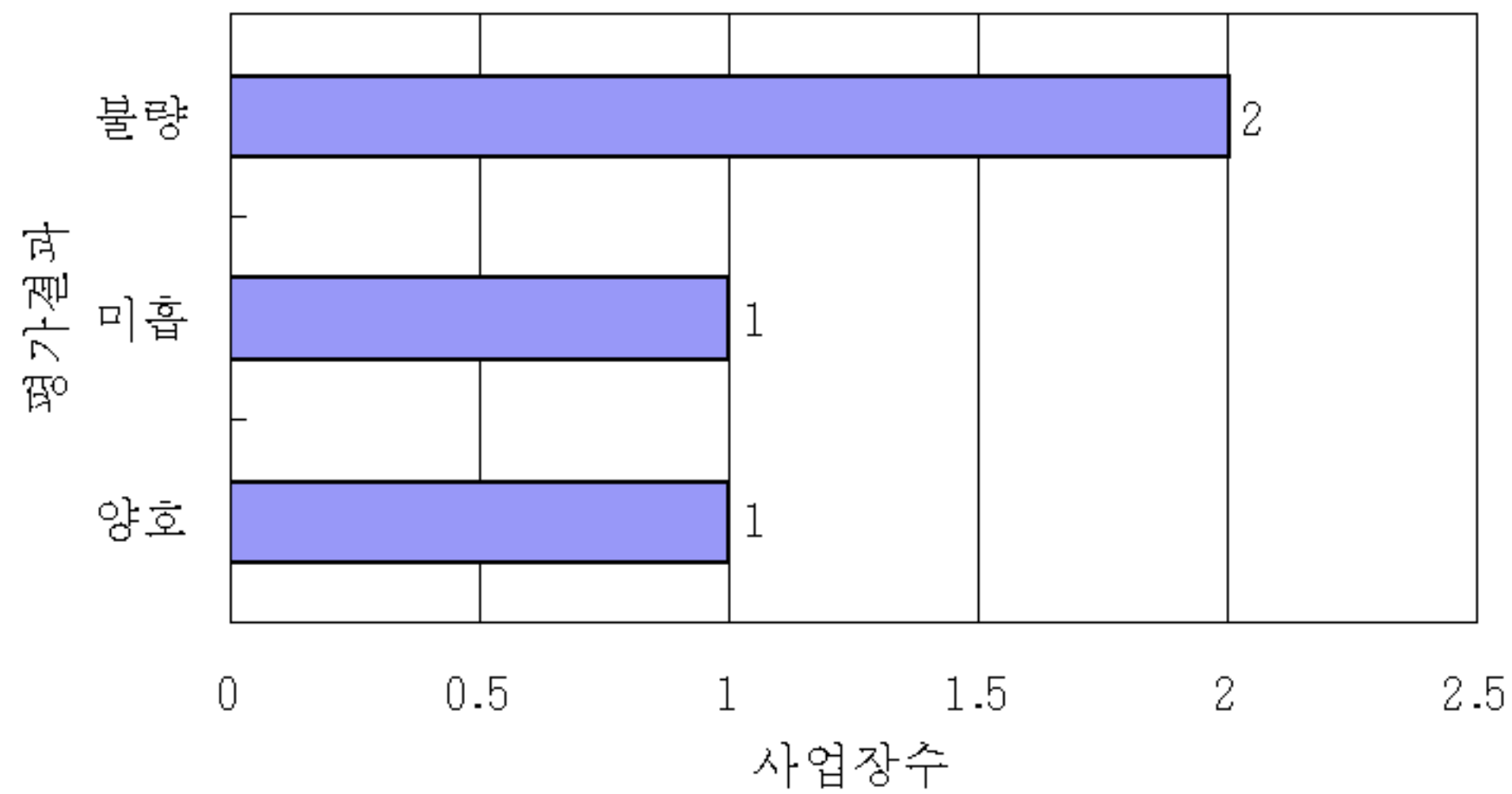
관리자 및 근로자가 모두 이해하고 있는 사업장은 1개소, 관리자 및 근로자가 각종 유해인자의 종류는 파악하고 있으나 유해·위험성은 모르거나 일부만 이해하고 있는 경우가 1개소, 관리자 또는 근로자모두 유해·위험성을 거의 모르고 있는 경우가 2개소로 조사되고 있어 관리자 및 근로자에게 NM에 대한 정보 제공 등 이에 대한 교육의 필요성이 제기된다.



[그림 3-16] NM의 유해·위험성 이해정도 평가 결과

다) 보건안전관리 체제의 구축여부

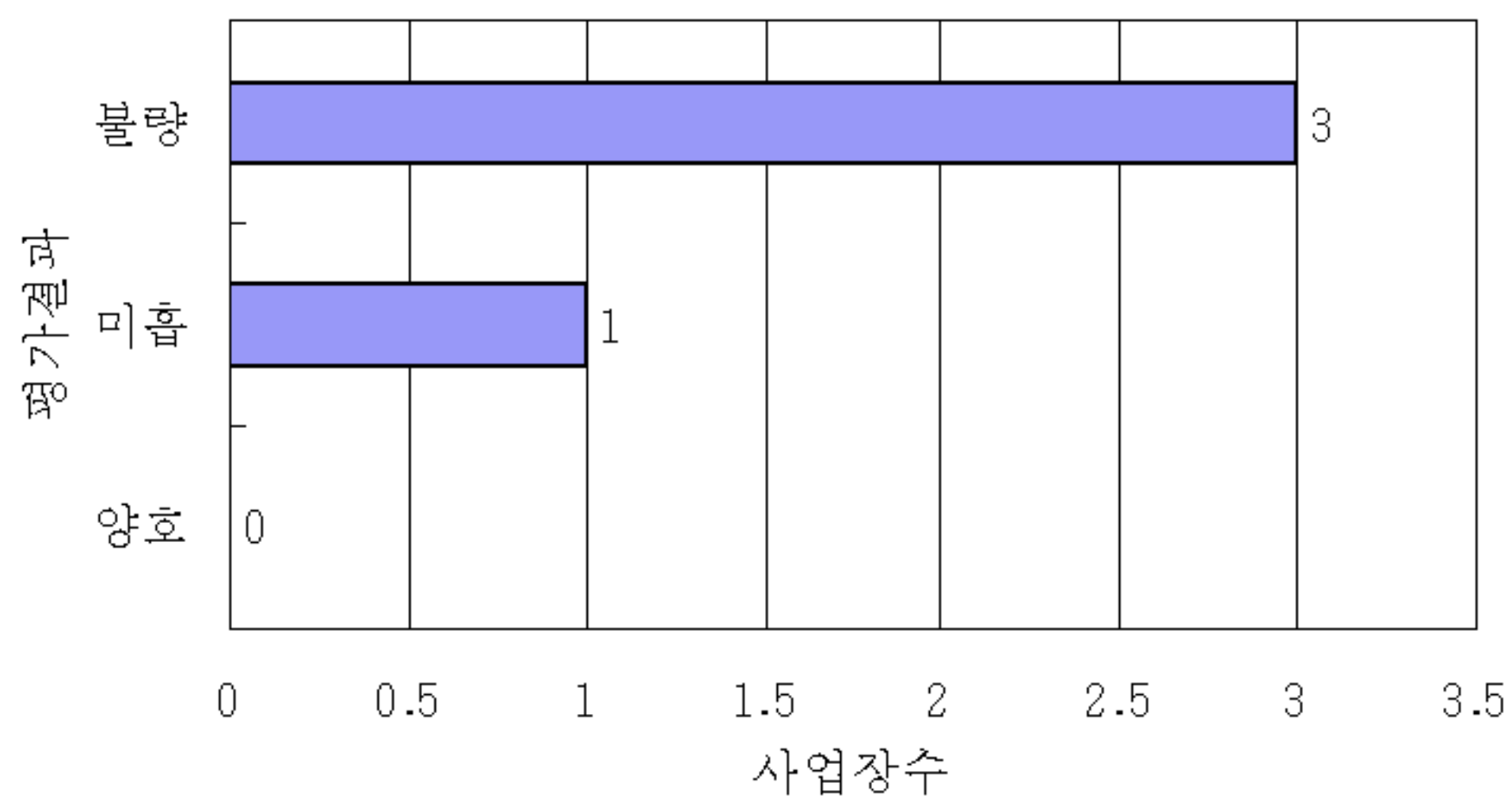
사업장의 전체 조직(생산, 지원, 관리)을 대상으로 각 조직별 임무가 포함된 보건, 안전관리 체제가 구축되어 있으며, 자율적으로 운영되고 있는 경우가 1개소, 보건, 안전관리 체제가 구축되어 있으나, 실제 운영이 되지 않는 경우 경우가 1개소, 사업장의 전체 조직(생산, 지원, 관리)을 대상으로 각 조직별 임무가 포함된 보건, 안전관리 체제가 구축되어 있지 않는 경우가 2개소 였다. 이상의 결과로 볼 때 화학물질을 다량으로 취급하고 있는 특성에 따라 보건 안전관리의 중요성에 대한 인식이 비교적 높은 것으로 생각된다.



[그림 3-17] 보건·안전관리체계 구축여부 평가 결과

라) 보건관리자가 종합계획수립 참여 여부

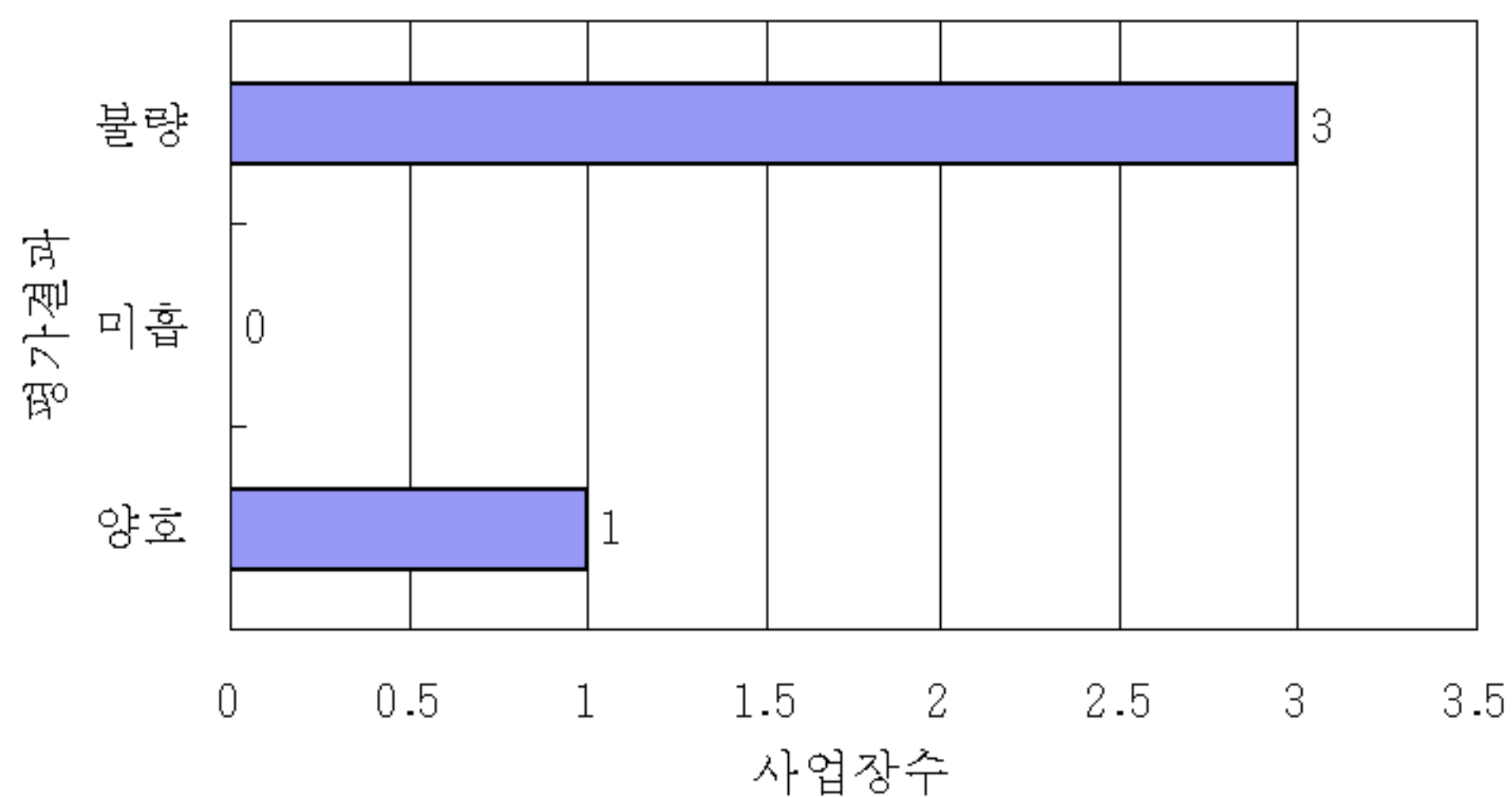
산업안전·보건 종합계획 수립 시 보건관리자의 의견이 적극 반영되고 있는 경우는 없었으며, 보건관리자의 의견이 일부 반영되고 있는 경우가 1개소, 보건관리자의 참여가 배제되어 있는 경우가 2개소로 나타났다.



[그림 3-18] 보건관리자의 종합계획수립 참여여부 평가 결과

마) 보건관리자의 작업환경측정 및 건강진단 참여 여부

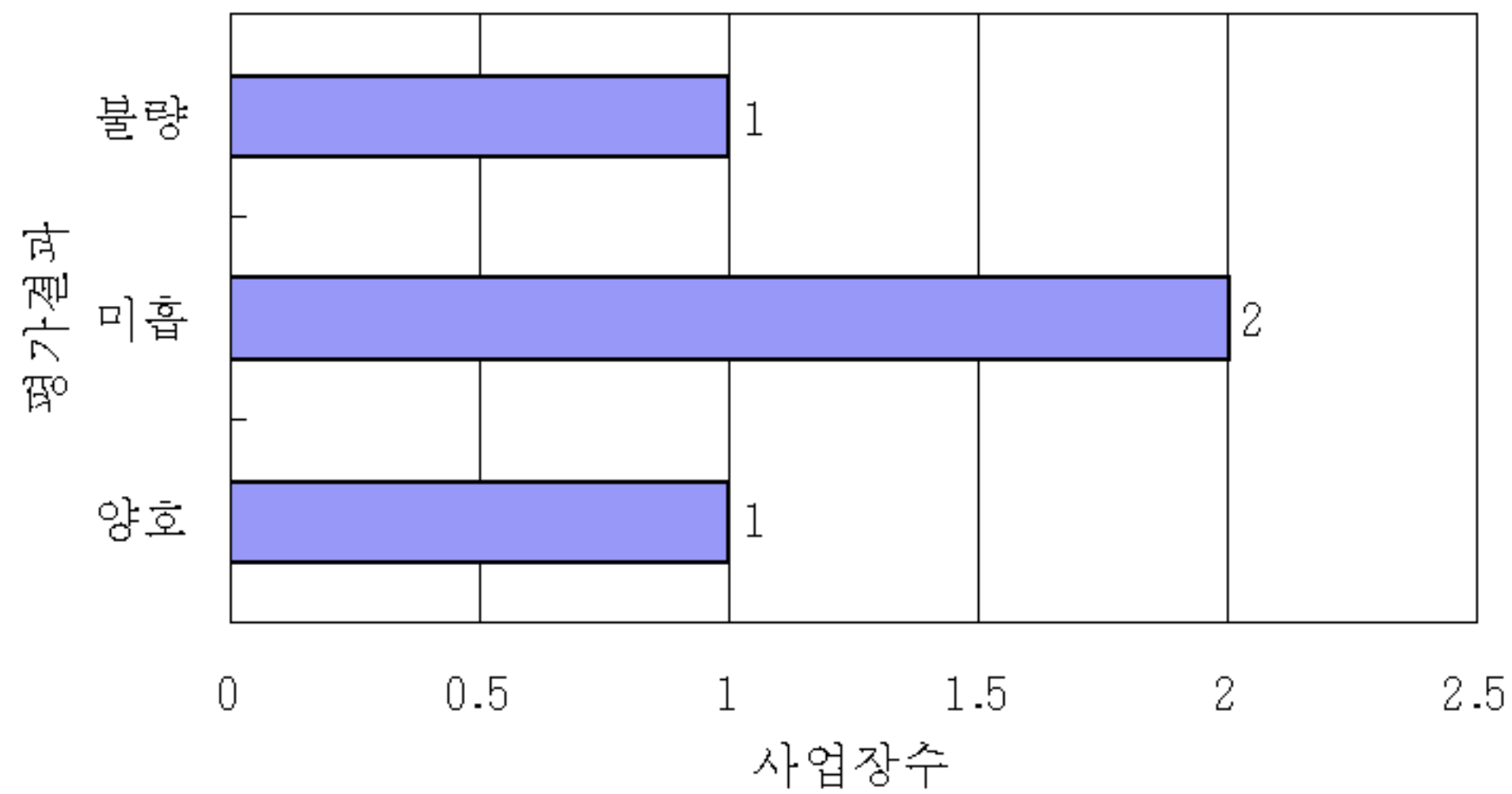
작업환경측정 및 건강진단 등의 계획수립에서부터 사후관리까지 직접 참여하고 있는 경우가 1개소, 참여하지 않는 경우가 3개소로 조사되었다. 이는 법적 규정에 의해 산업보건사업이 정기적으로 수행됨에 따라 사업장에 정착되어 가고 있는 것으로 생각된다.



[그림 3-19] 보건관리자의 측정 및 건강진단 참여여부 평가 결과

바) 현장의 정리, 정돈, 청소, 청결 등 위생관리상태

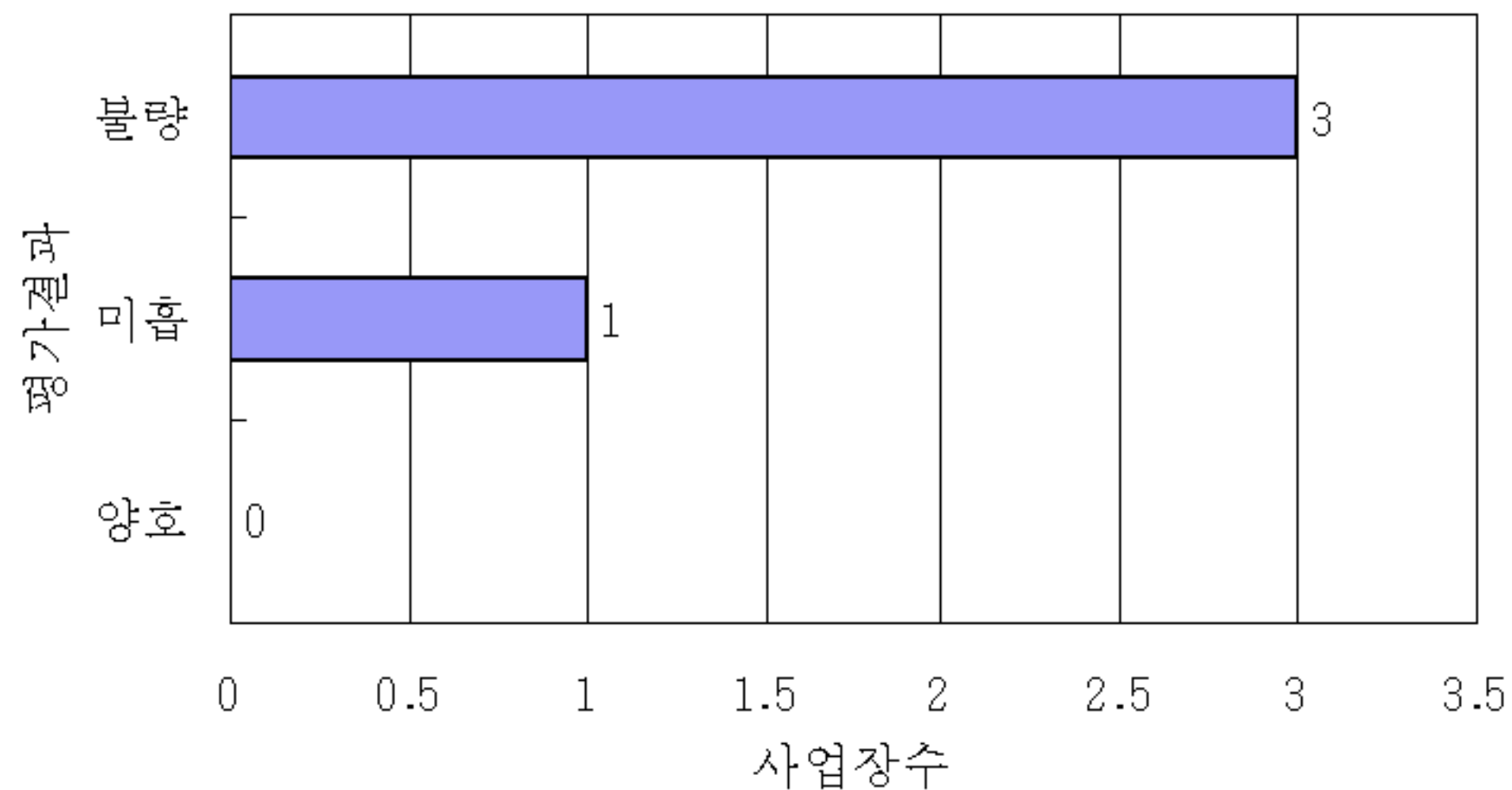
정리·정돈·청소·청결 등 작업장의 보건관리를 위한 제도적 장치가 만들어져 있으며 작업 전후 및 작업 중에 수시로 행하여지고 있는 경우 1개소, 현장에 적용되지 않는 경우가 2개소, 방치되어있는 곳이 1개소로 조사되어 사업장의 일반 위생관리가 다소 부족한 것으로 나타났다.



[그림 3-20] 현장의 정리, 정돈, 청소, 청결 등 위생관리상태 평가결과

사) 작업환경 개선을 위한 소집단 활동 실시 유무

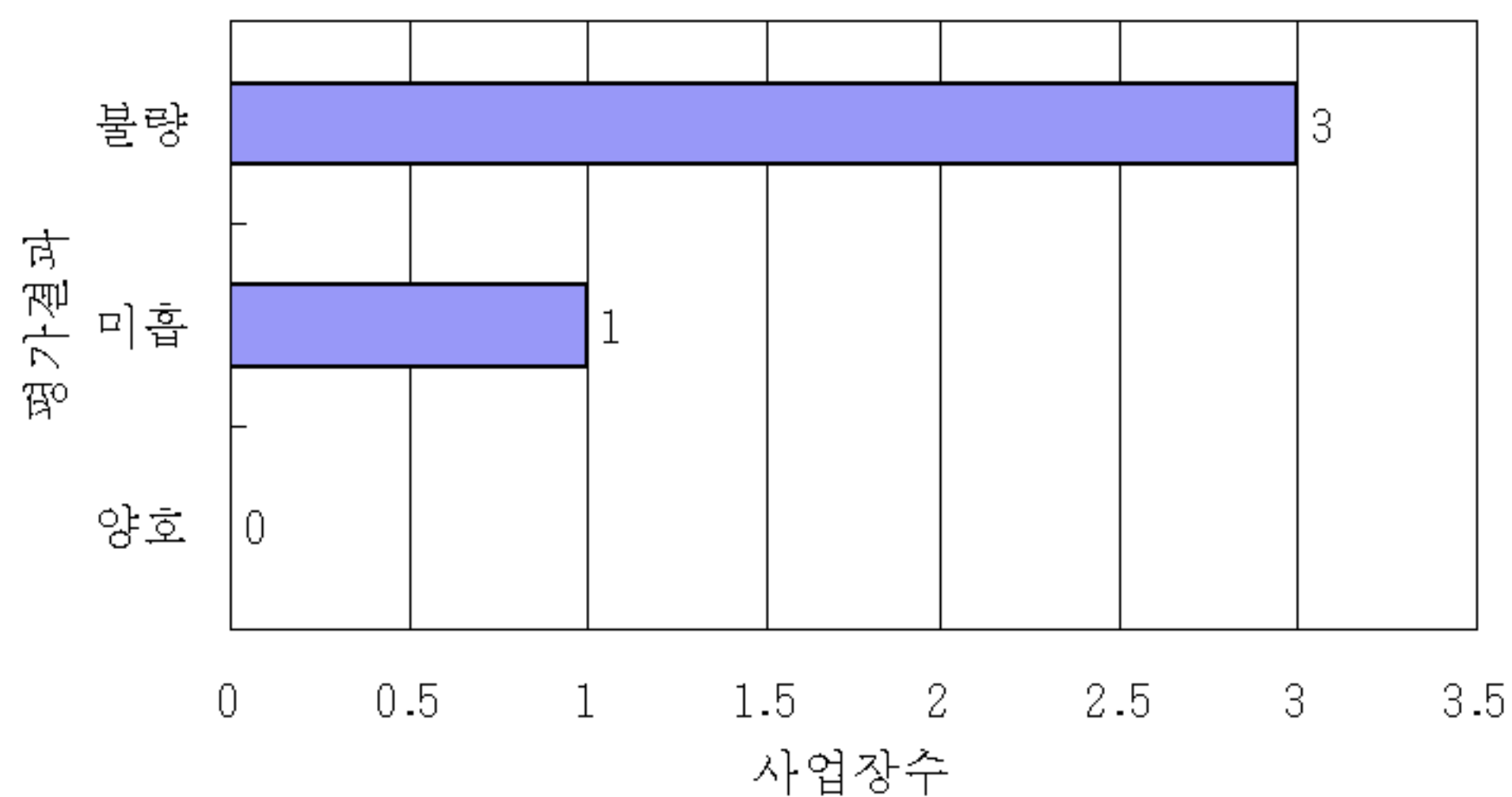
작업환경개선을 위한 소집단을 구성하고 있으나 목표 하달에 의한 시행으로만 소집단별 활동이 이루어지고 있는 경우가 1개소, 작업환경개선을 위한 소집단이 구성되어 있지 않은 경우가 3개소로 나타났다.



[그림 3-21] 작업환경 개선을 위한 소집단 활동 실시 여부 평가결과

아) 보건교육 계획 수립 및 실시 유무

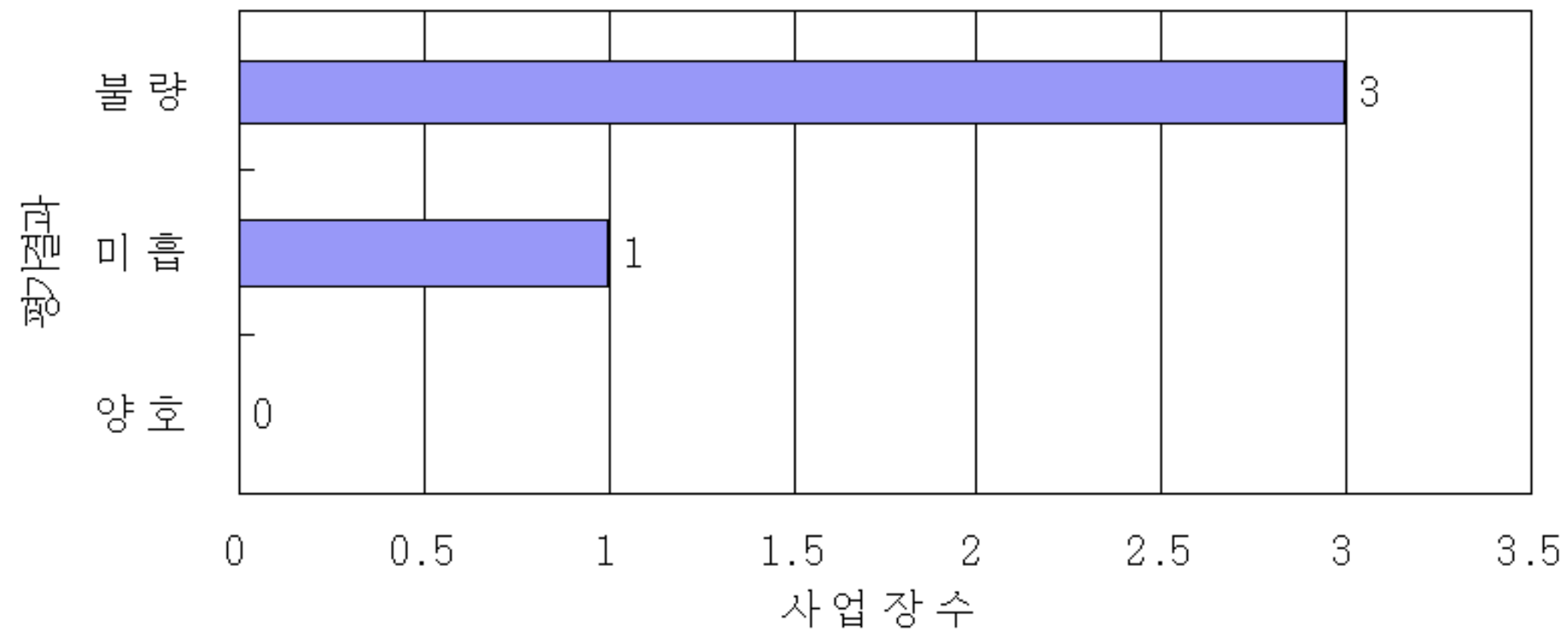
자체 교육계획에 의하여 정기적인교육을 실시하고 있으며 교육 참석율이 90% 이상인 경우는 없었으며, 교육 참석율이 50 ~ 90% 인 경우가 1개소, 자체 교육계획을 수립하지 않았거나 수립하였어도 교육 참석율이 50%미만인 경우가 3개소인 것으로 나타나 사업장내의 보건교육이 비교적 잘 실시되고 있는 것으로 조사되었다.



[그림 3-22] 보건교육 계획수립 및 실시 여부 평가결과

자) 교재를 이용한 교육실시 유무

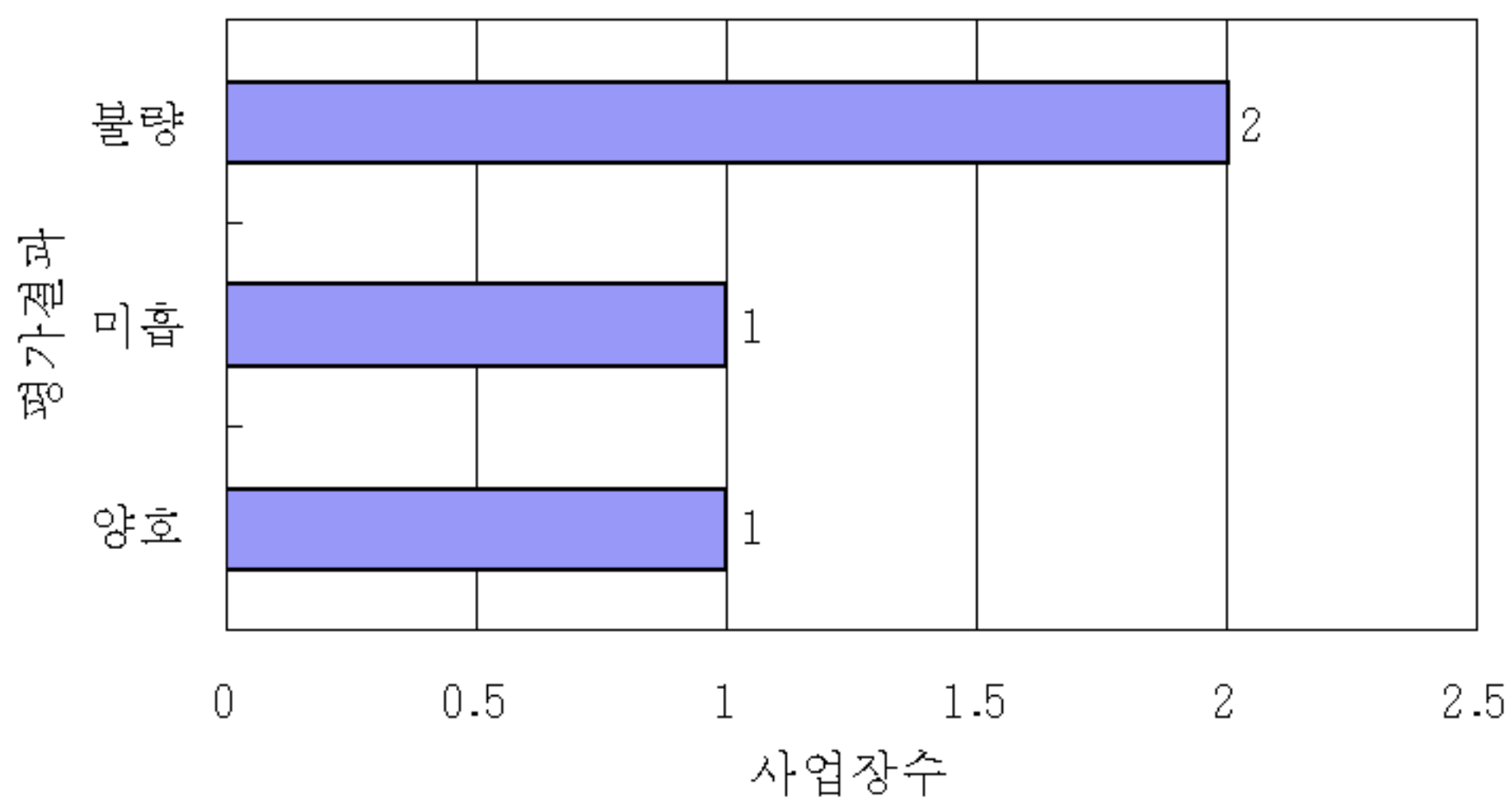
각종 교육에 필요한 교재가 일부 확보되어 있는 경우가 1개소, 각종 교육에 필요한 교재가 없는 경우가 3개소로 나타나, 효과적으로 교육을 실시할 교재의 개발이 필요한 것으로 사료된다.



[그림 3-23] 교재를 이용한 교육 실시 여부 평가결과

차) 유해물질용기에 유해물질 표시 적절 유무

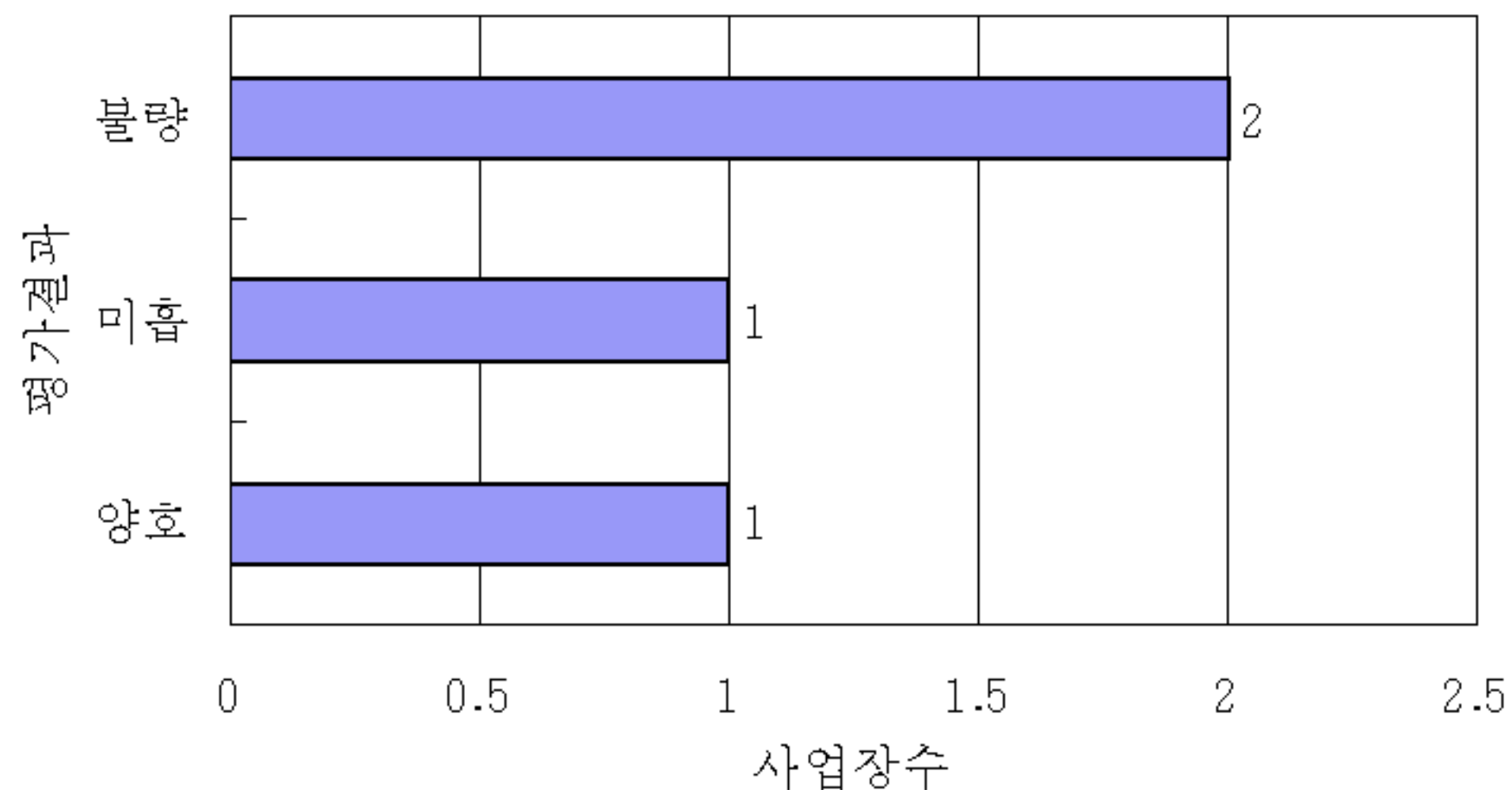
유해물질을 담은 용기에 유해물질 경고 표시가 규격에 적합하게 선명히 부착되어 있는 경우가 1개소, 유해물질 경고 표시가 규격에 적합하지 않게 부착되어 있는 경우가 1개소, 유해물질 표시가 부착되어 있지 않는 경우가 2개소로 나타나 경고 표시 부착을 통한 근로자의 유해, 위험성 주지 상태는 양호한 것으로 생각된다.



[그림 3-24] 유해물질 용기의 경고표지 부착여부 평가결과

카) 유해물질 저장장소의 출입금지 등 각종 표지 부착 유무

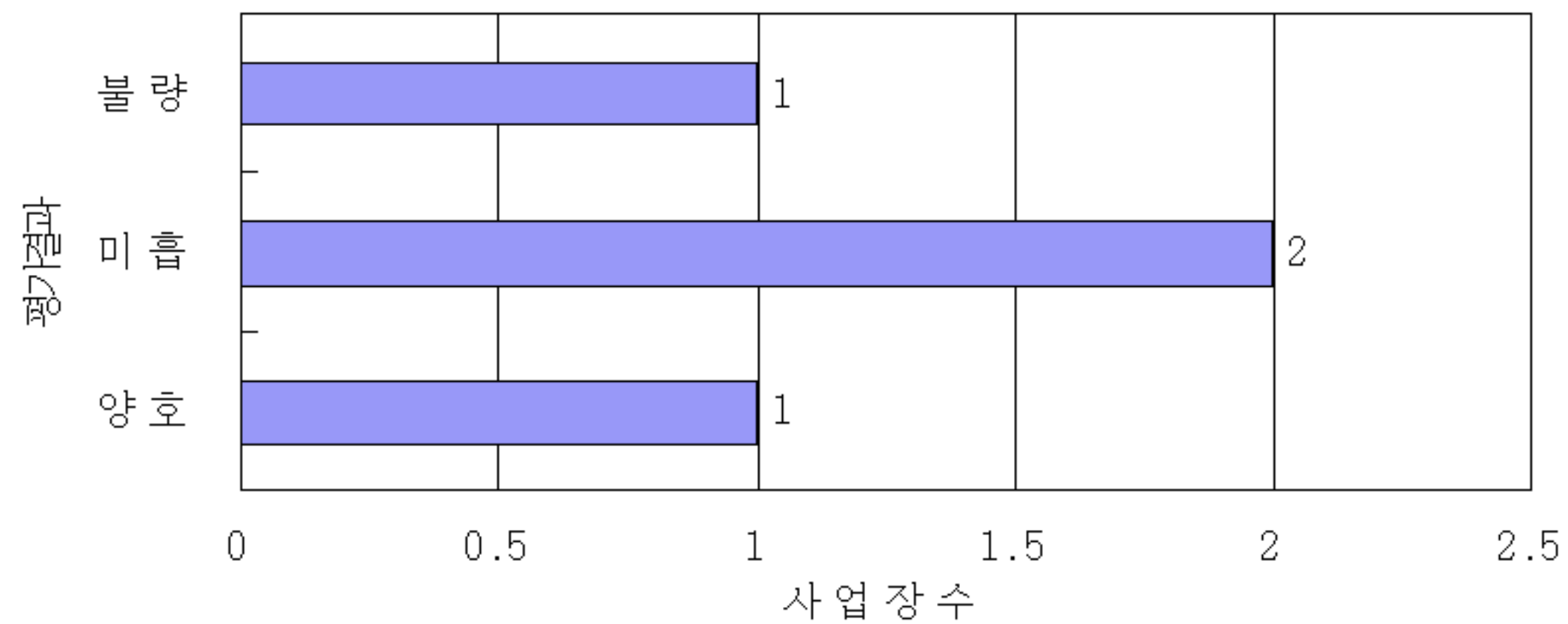
유해물질의 저장장소 등에 출입금지 등 각종 표지가 규격에 적합하게 선명히 부착되어 있는 경우가 1개소, 유해물질의 저장장소 등에 출입금지 등 각종 표지가 규격에 부적합하게 부착하거나 일부만 부착되어 있는 경우가 1개소, 표지가 부착되어 있지 않은 경우가 2개소로 나타났다.



[그림 3-25] 유해물질 저장장소의 출입금지 등 표지 부착여부 평가결과

타) 보호구 지급 유무 및 관리상태

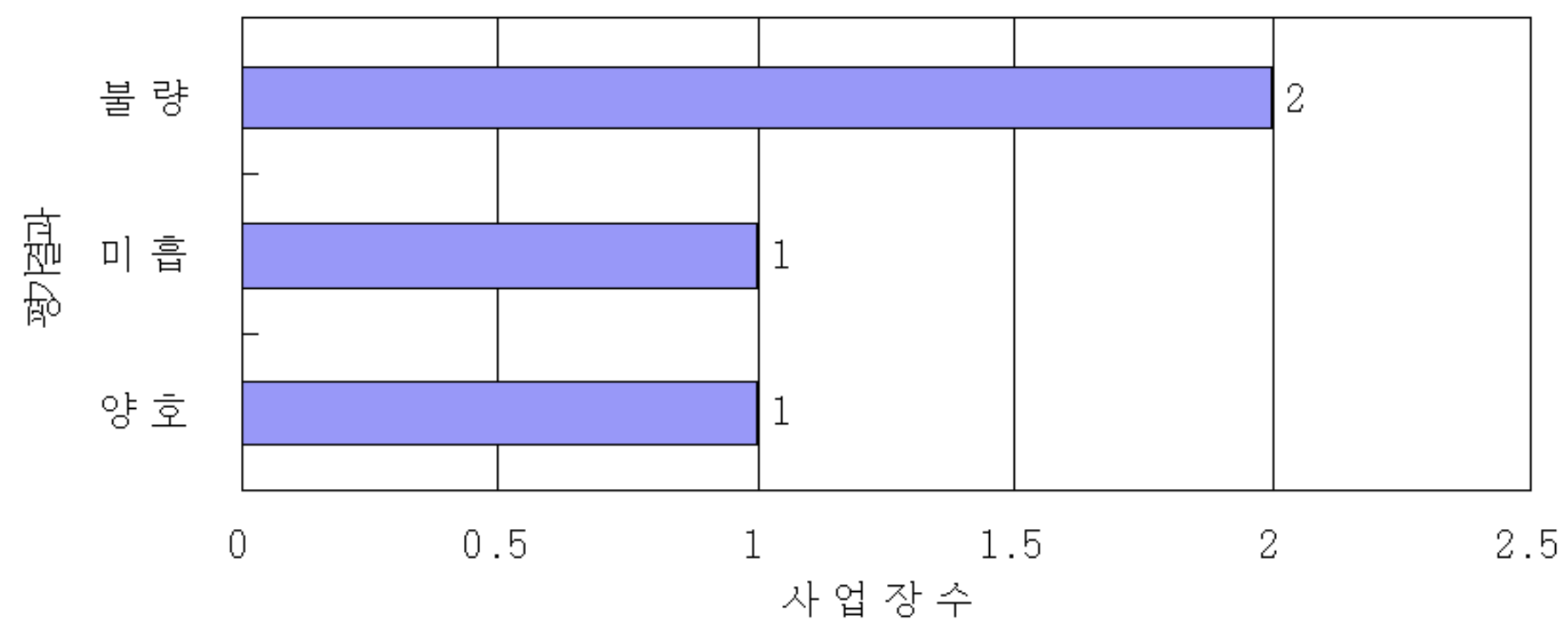
각종 유해인자 및 작업조건에 적합한 보호구가 근로자수 이상으로 지급되어 있고, 개인별로 구분하여 보관할 수 있는 보관장소에 보관되어 청결하게 유지되고 있는 경우가 1개소, 청결하게 보관되어 있지 않은 경우가 2개소, 지급되어 있지 않은 경우가 1개소로 조사되었다.



[그림 3-26] 적정보호구 지급 및 관리상태 평가결과

파) MSDS 작성 및 교육 유무

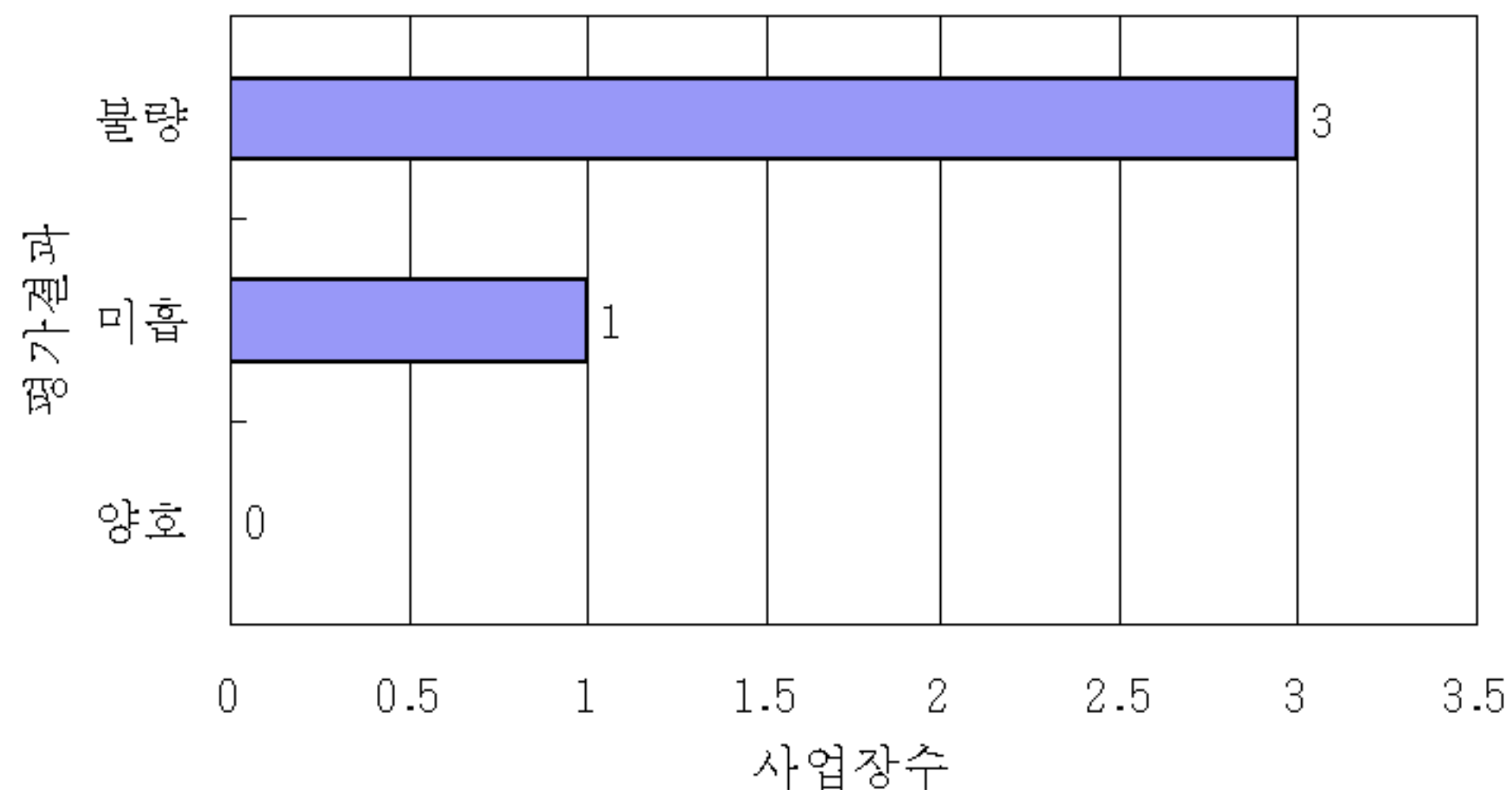
취급 유해물질의 사용량을 포함하여 전체에 대하여 MSDS가 작성되어 있으며, 관련 교육을 실시하고, 근로자가 보기 쉬운 장소에 비치하는 경우가 1개소, 취급 유해물질의 사용량을 포함하여 전체에 대하여 MSDS가 작성되어 있으나 내용에 대한 교육을 실시하지 않았거나 근로자가 보기 쉬운 장소에 비치되어 있지 않은 경우각 각각 1개소, 취급 유해물질에 대하여 MSDS를 작성하지 않은 경우가 2개소로 조사되었다.



[그림 3-27] MSDS 작성 및 활용상태 평가결과

하) 유해물질 보관장소에 설치한 환기시설 적절성

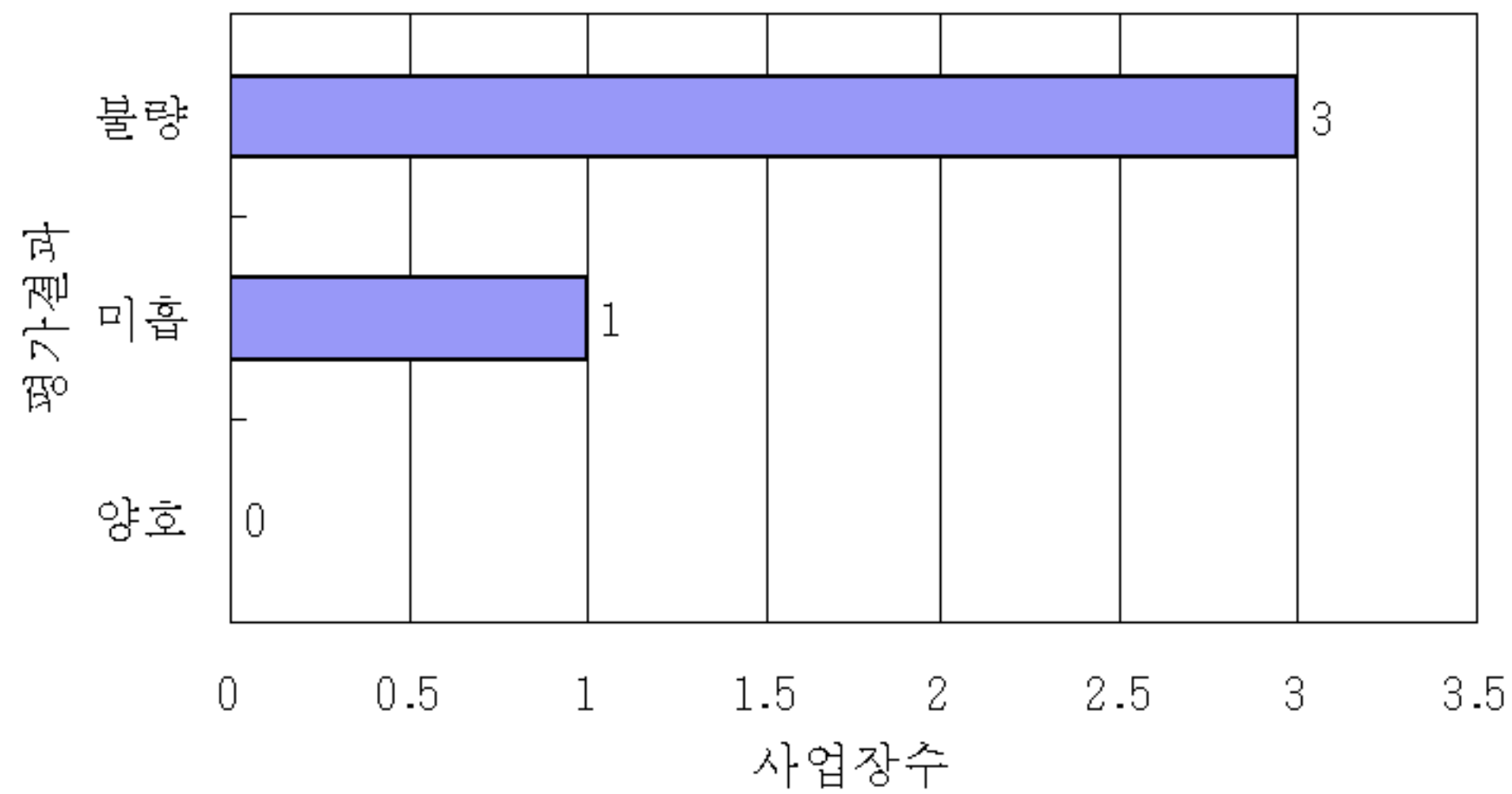
유해물질 보관장소에 강제환기 방법으로 환기를 실시하고 주기적으로 환기장치를 점검하는 경우는 없었으며, 유해물질 보관장소에 자연환기만 실시하고 있는 경우가 1개소, 유해물질 보관 장소에 환기가 이루어지지 않는 경우가 3개소로 나타났다.



[그림 3-28] 유해물질 저장장소의 환기시설 적절성 여부 평가결과

가) NM 작업환경측정 실시 유무

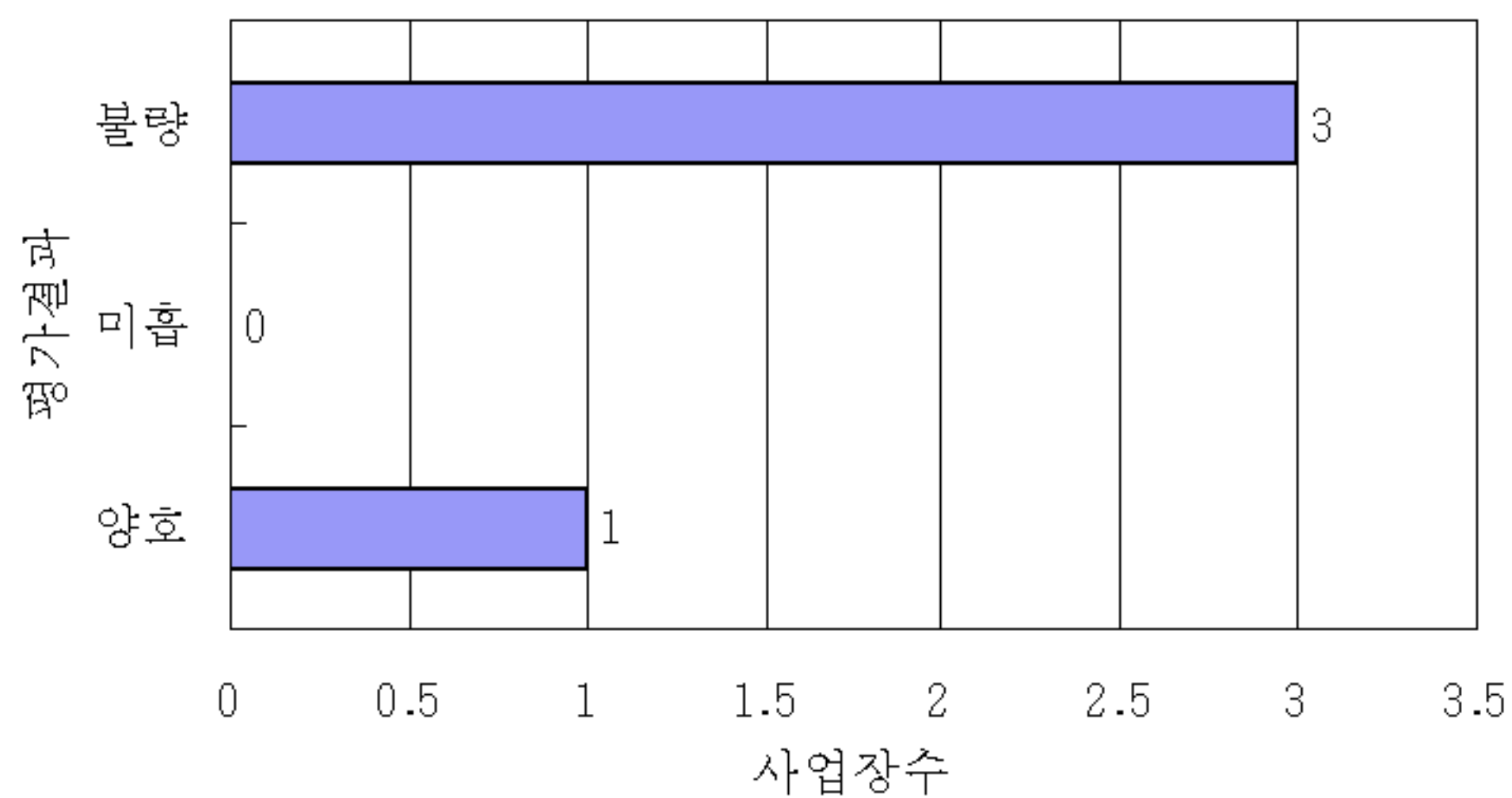
NM를 포함하여 작업장내의 모든 유해인자에 대하여 작업환경측정을 주기적으로 실시한 경우는 없었으며, 작업장내 법적 유해인자에 대하여만 작업환경 측정을 주기적으로 실시한 경우는 1개소, 작업장내의 법적 유해인자 측정을 누락하거나 측정을 실시한 사례가 없는 경우는 3개소로 조사되었다.



[그림 3-29] NM 작업환경측정 여부 평가결과

나) 국소배기장치 등의 설치 및 관리 적절성

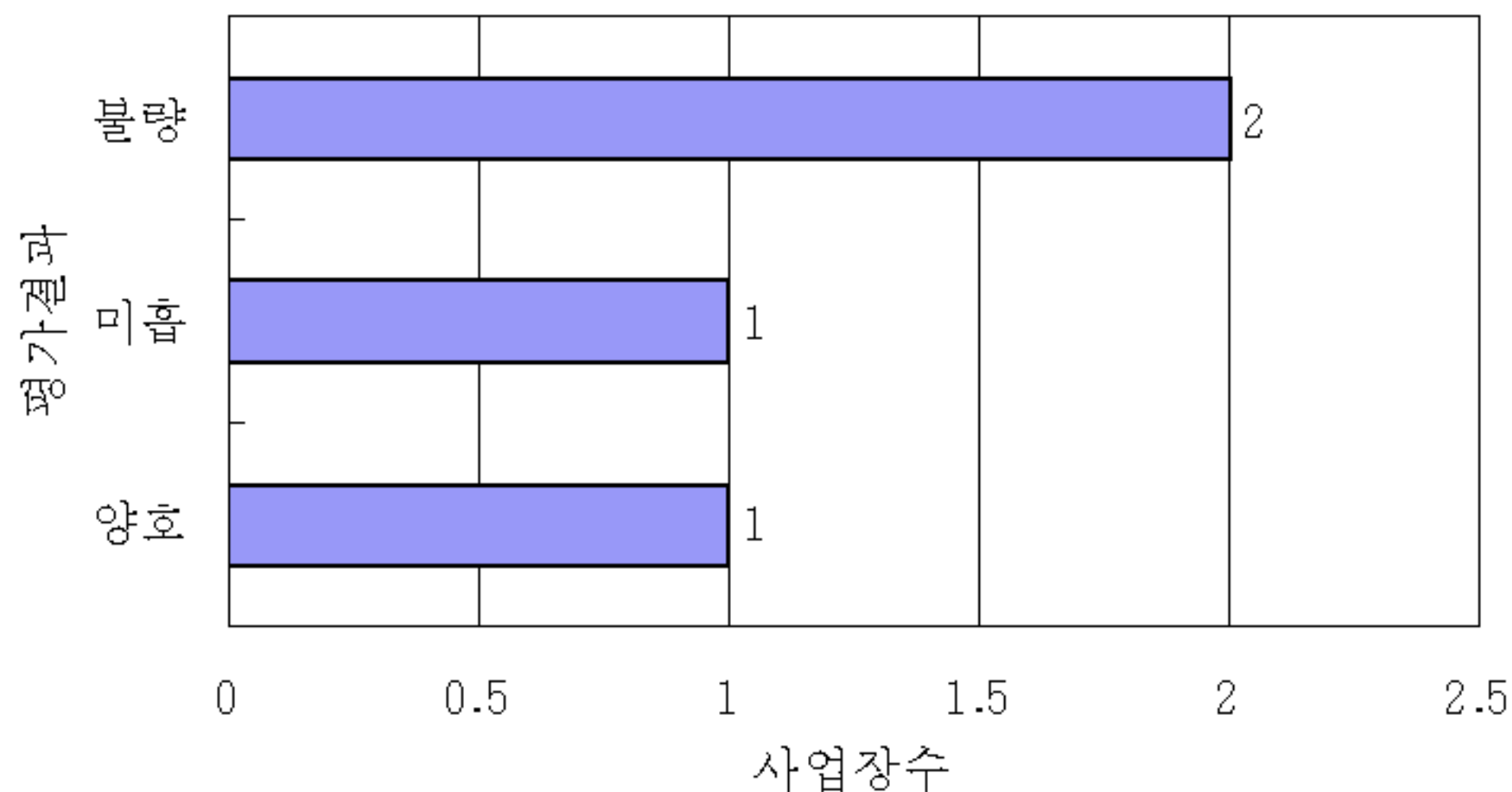
연구대상 물질을 포함해서 관리대상유해물질의 가스·증기 또는 분진의 발생원을 밀폐하거나 적절한 국소배기 시설을 설치하고 유지·관리하는 경우가 1개소, 발생원을 밀폐하거나 적절한 국소배기 시설을 하지 않은 경우가 3개소로 나타났다.



[그림 3-30] 국소배기장치 설치 및 관리 적정성 평가결과

다) 작업장바닥 불침투성 재료 시공 여부

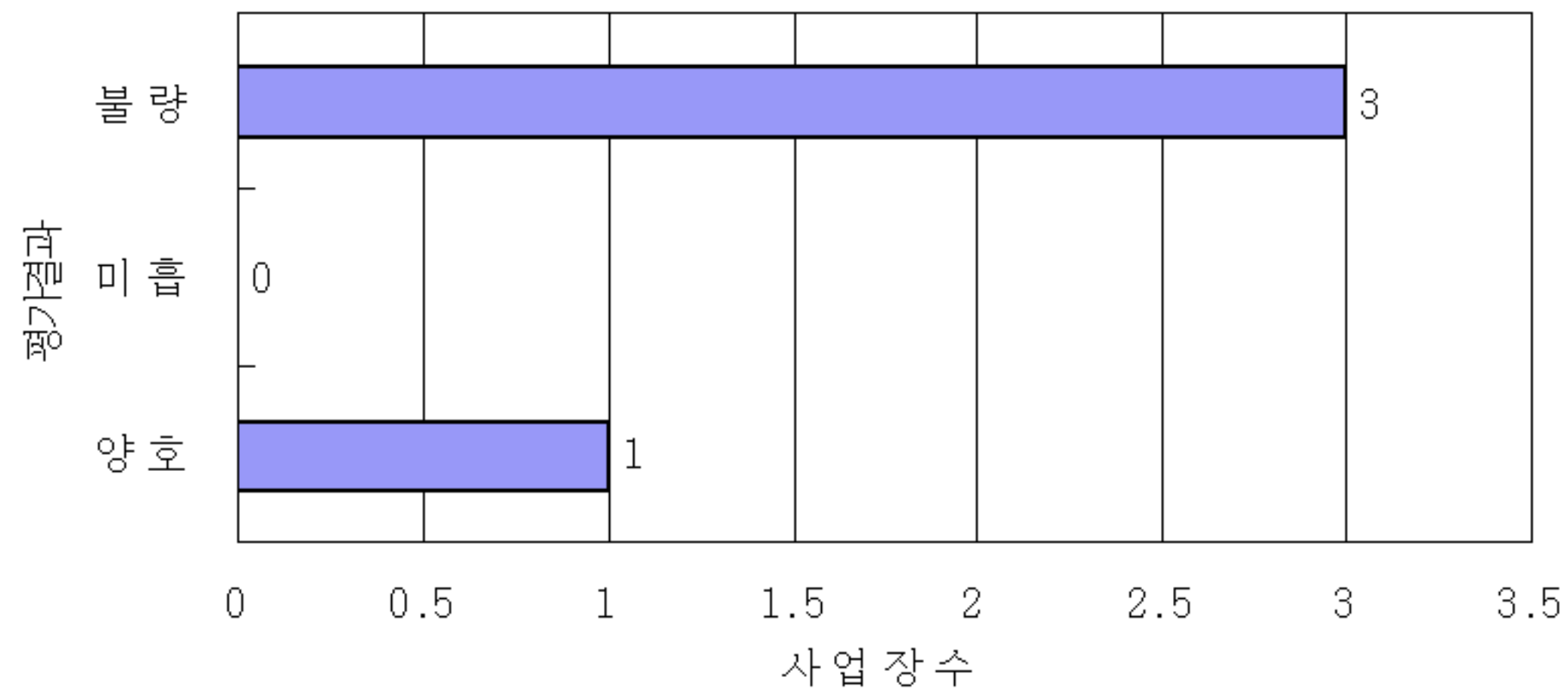
작업장의 바닥이 도기타일이나 에폭시 마감재 등 불침투성 재료로 시공된 경우가 1개소, 작업장의 바닥이 도기타일이나 에폭시 마감재 등 불침투성 재료로 시공되어 있으나 일부가 파손되어 침투가 발생하는 경우가 1개소, 작업장의 바닥이 불침투성 재료로 시공되지 않는 경우가 2개소로 나타났다.



[그림 3-31] 업장바닥 불침투성 재료 시공 여부 평가결과

라) 국소배기장치의 제어속도 적절성 여부

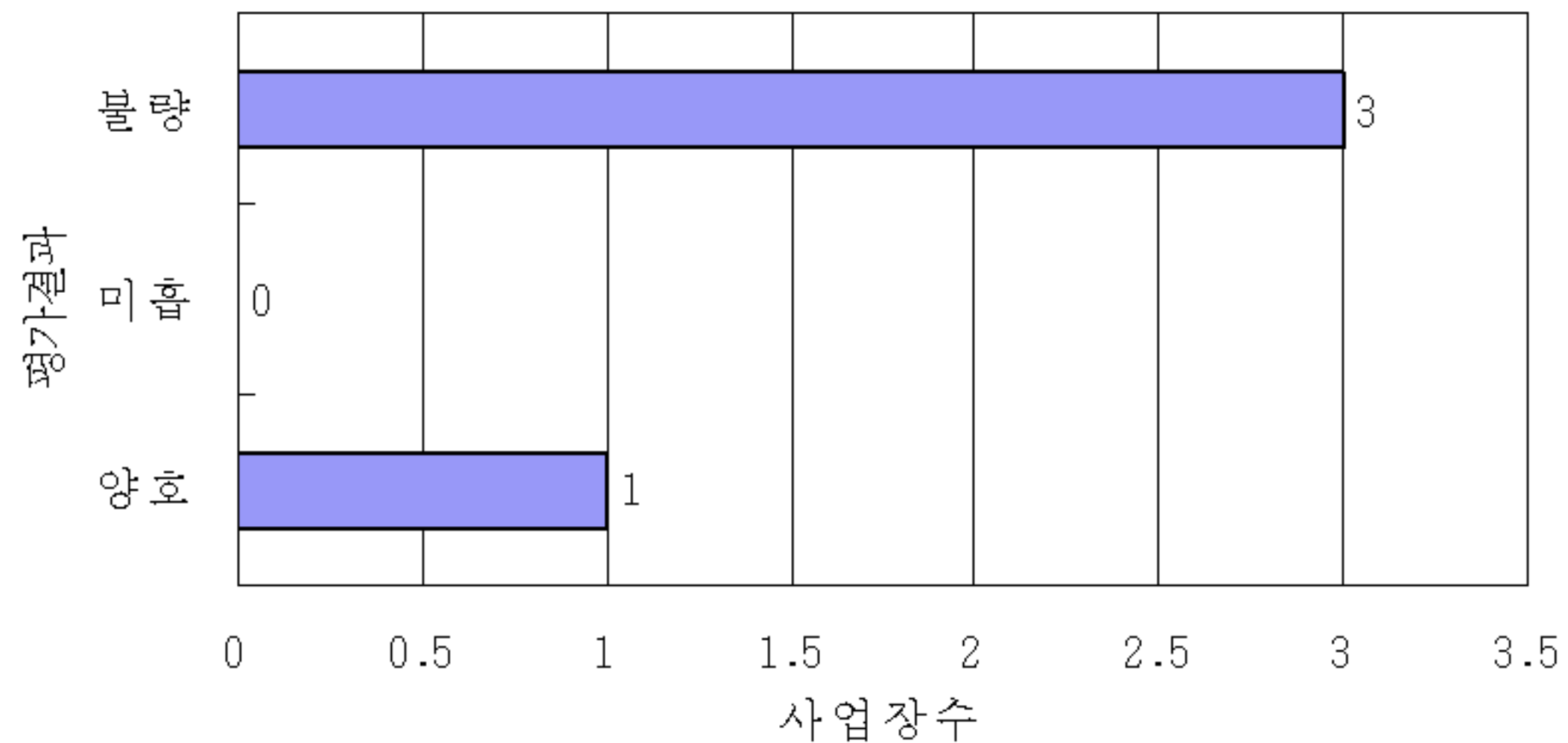
설치되어있는 10개소중 국소배기장치의 경우 다음 표 기준의 90% 이상, 전체 환기 장치의 경우 단일 성분의 유기화합물이 발생하는 작업에 적용되는 환기능력의 90% 이상을 가진 경우가 1개소, 국소배기장치나 전체 환기장치의 성능이 기준의 50%에 미달하는 경우가 3개소로 조사되었다.



[그림 3-32] 국소배기장치 적절성 여부 평가결과

마) 누출방지조치 적절성 여부

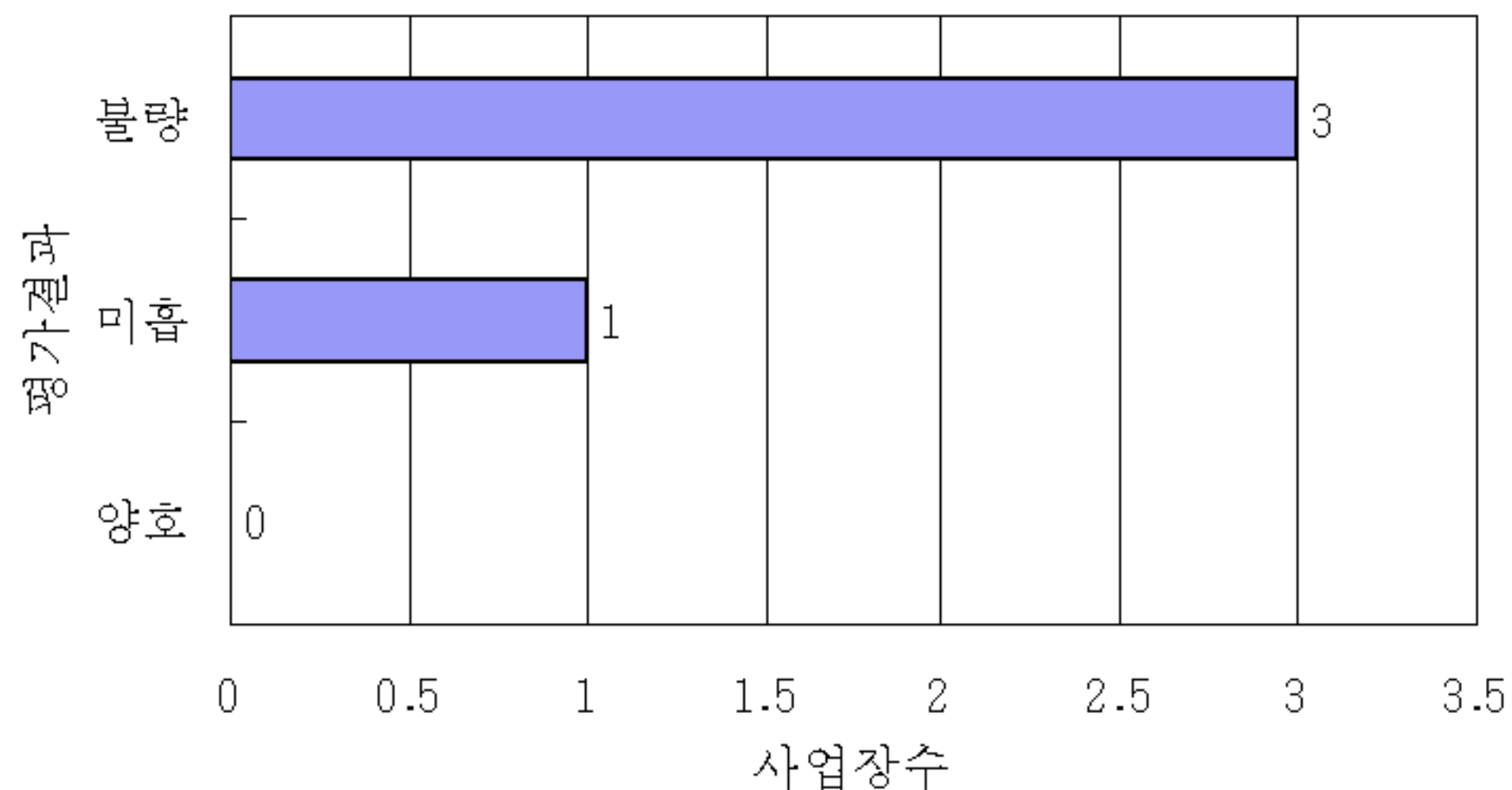
필요한 누출방지조치·경보설비·긴급차단장치 등이 모두 설치되어 주기적으로 관리되고 있는 경우가 1개소, 필요한 누출방지조치·경보설비·긴급차단장치 등이 모두 설치되어 있지 않은 경우가 3개소로 나타났다.



[그림 3-33] 누출방지조치 적절성 여부 평가결과

바) 유해물질 취급수칙 적절성 여부

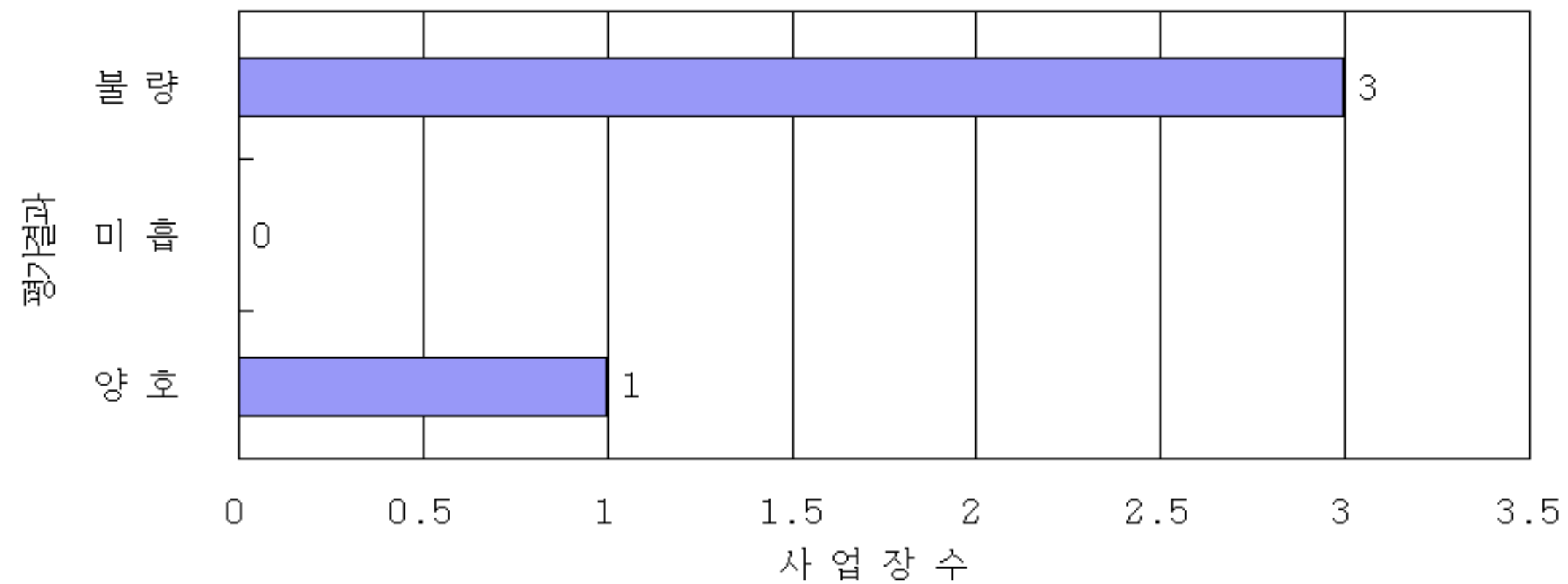
해당 작업에 대하여 작업 수칙을 정하였으나 근로자가 이를 숙지하지 못하고 있는 경우가 1개소, 해당 작업에 대하여 작업안전수칙을 정하고 있지 않은 경우가 3개소로 나타났다.



[그림 3-34] 유해물질 취급수칙 적절성 평가결과

사) 유해물질 취급장소에 명칭 등의 표기 여부

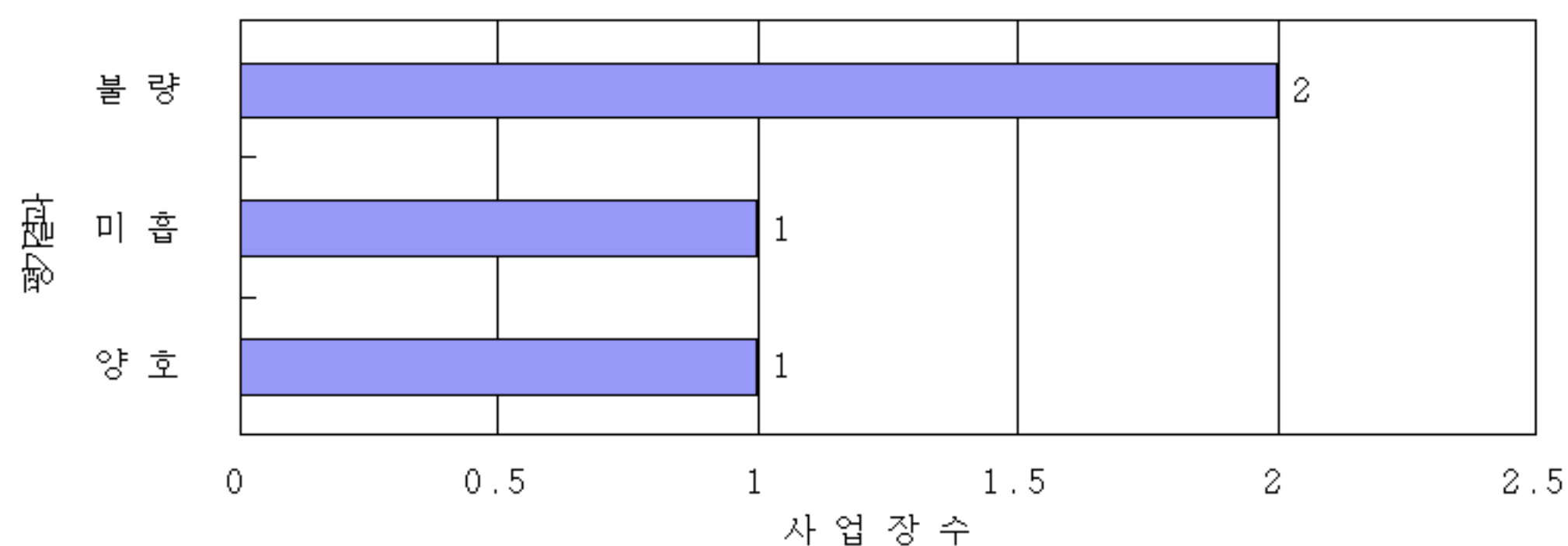
연구대상 물질을 포함한 관리대상유해물질 취급장소에 해당 물질의 명칭 등을 명확하게 게시한 경우가 1개소, 취급장소에 해당 물질의 명칭 등을 명확하게 게시하지 않은 경우가 3개소로 나타났다.



[그림 3-35] 취급장소에 명칭 등의 표기 적절성 평가결과

야) 운반·저장시설의 관리 적절성 여부

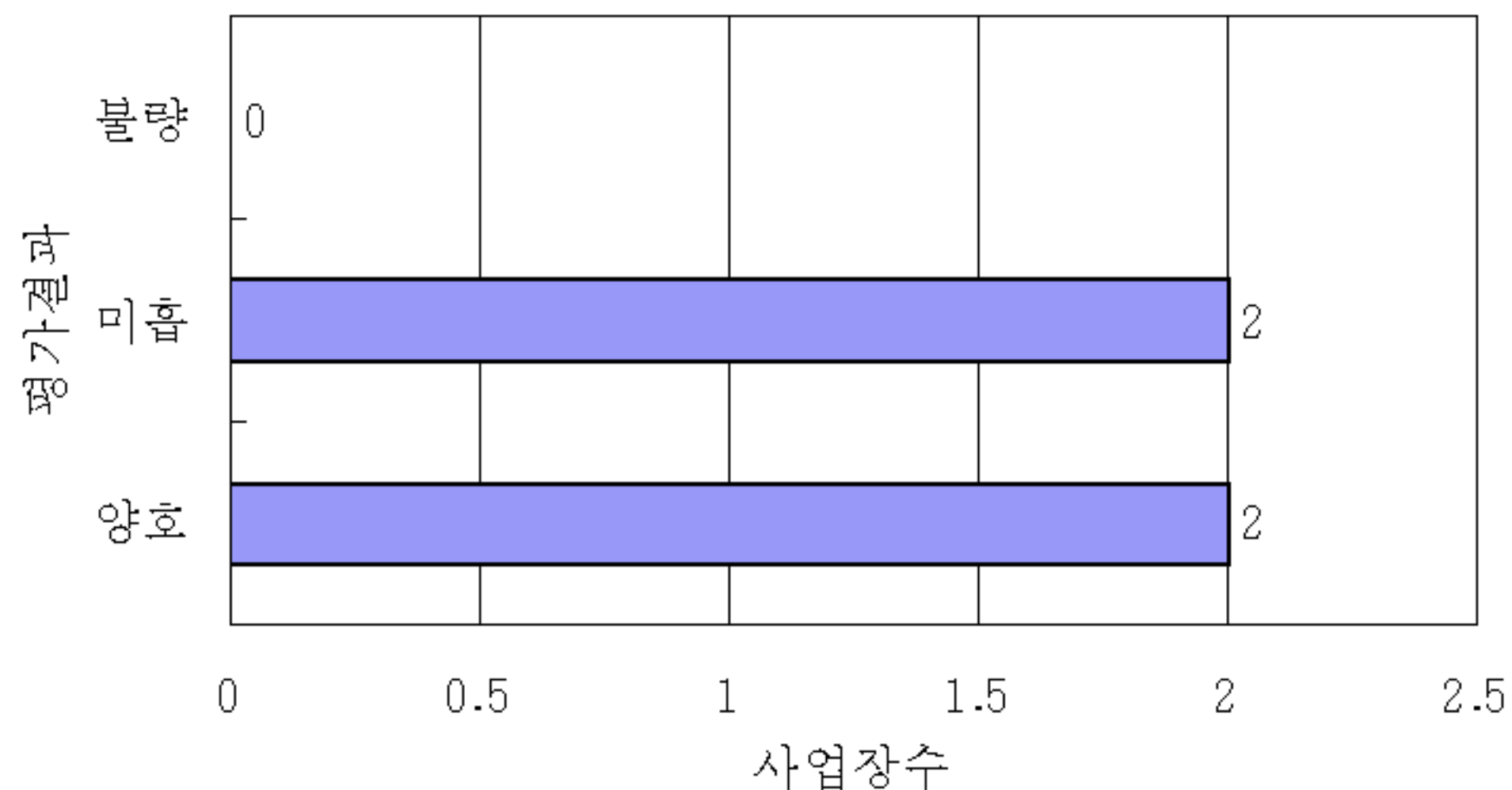
운반 및 저장 시설에 대하여는 뚜껑·마개 등 적절한 시설을 갖춘 후 저장장소에 대하여는 출입금지 등 필요조치를 취한 후 관리하는 경우가 1개소, 운반 및 저장 시설에 대하여는 뚜껑·마개 등 적절한 시설을 갖추지 않았거나, 저장 장소에 대하여 출입금지 등 필요조치를 취하지 않은 경우가 1개소, 운반 및 저장 시설에 대하여는 뚜껑·마개 등 적절한 시설과 저장 장소에 대한 출입금지 등 필요조치를 취하지 않은 경우가 2개소로 나타났다.



[그림 3-36] 운반 및 저장시설의 관리 적절성 평가결과

자) 세척시설 등의 제공 여부

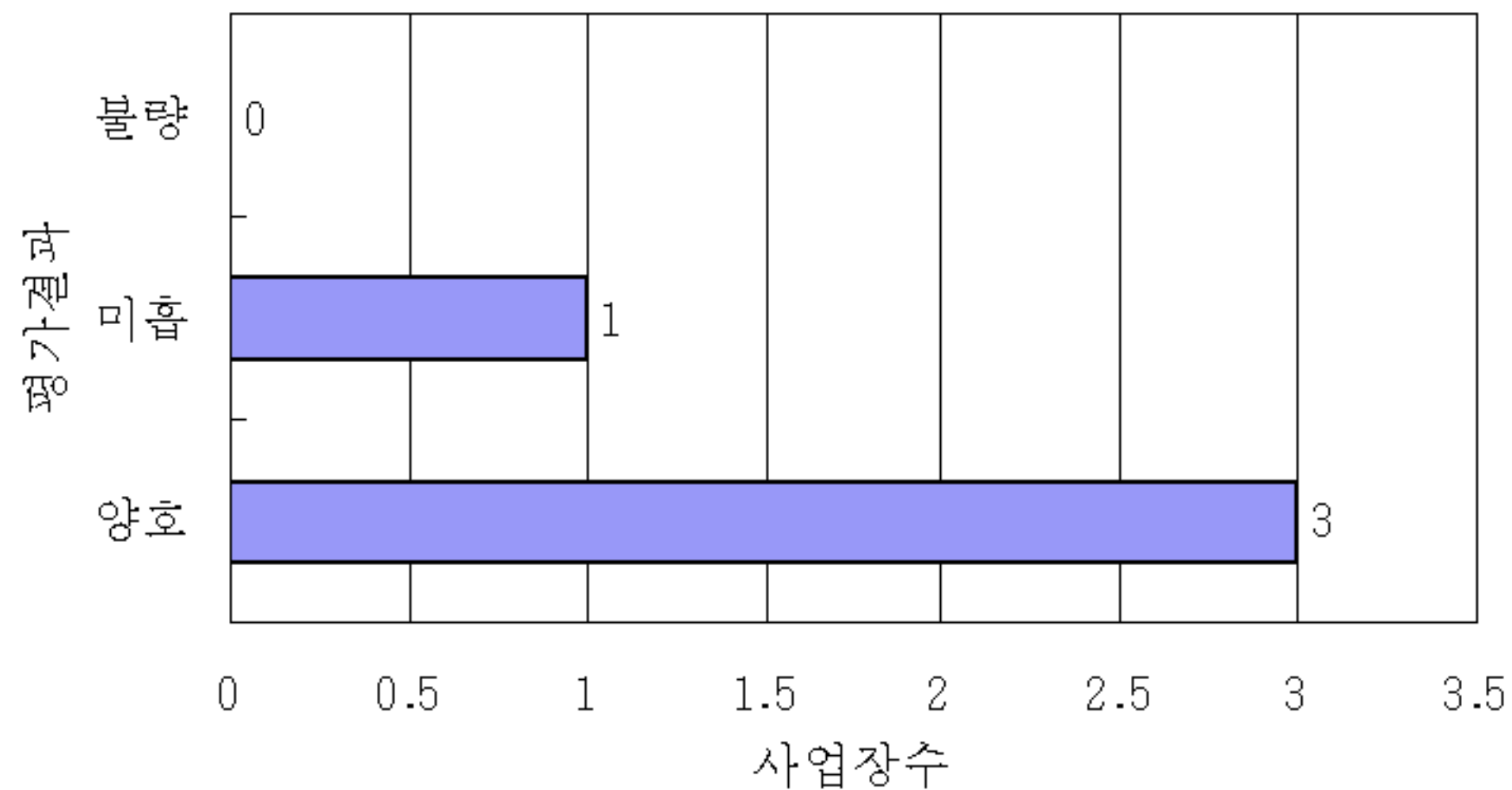
관리대상유해물질 취급근로자에게 세척시설과 충분한 양의 온수와 냉수를 공급하여 사용할 수 있게 하는 경우와, 관리대상유해물질 취급근로자에게 세척시설과 물을 공급하나 온도가 적절하지 않거나 양이 부족한 경우가 각각 2개소로 조사되었다.



[그림 3-37] 세척시설 등의 제공 유무 평가결과

차) 보호구 관리 적절성 여부

관리대상유해물질의 취급 근로자에게 개인전용의 호흡용 보호구나 보호의 등을 지급한 후 착용하도록 하고 수시로 보수, 교체 할 수 있도록 하는 경우가 3개소, 관리대상유해물질의 취급 근로자에게 개인전용의 호흡용 보호구나 보호의 등을 지급하였으나 수시로 보수, 교체할 수 있도록 하지 않은 경우가 1개소로 조사되었다.



[그림 3-38] 보호구 관리 적절성 평가결과

나. 측정결과분석 및 해석

26명의 근로자노출 실태를 파악하기 위한 8시간 가중평균농도(TWA)는 평균 및 표준편차가 $1.829 \pm 2.421 \text{ ppm}$ (범위 불검출에서 7.912ppm)으로 조사 되었으며 20개의 발생원 농도를 파악하기 위한 지역시료의 TWA농도는 평균 및 표준편차가 4.033 ± 4.842 (범위 불검출에서 13.987ppm)으로 조사되었다.

총 46개 시료의 TWA농도는 평균 및 표준편차가 2.659 ± 3.783 (범위 불검출에서 13.987ppm)으로 조사되었다. 현행 국내 노출기준 및 ACGIH의 노출기준을 초과하는 사업장은 없는 것으로 나타났다.

7. 노출기준 제안

가. 선진국의 노출기준 요약 및 해설

(1) 미국

가) OSHA

OSHA는 nitromethane의 노출기준 설정에 있어 NIOSH와 ACGIH 달리 발암성에 대해 고려하고 있지 않는다. 대신 관련 문헌 고찰을 통해 건강장해에 대해 언급하고 있다. Nitromethane의 노출영향으로 인해 사람의 경우 약간의 피부 과민증이 피부의 반복노출에 의해 발생하며, 동물 노출에 있어서는 호흡곤란으로 인한 증상이 지속됨으로써 호흡기관의 과민성이 나타난다고 하였다. 또한 눈의 자극, 마취, 경련 및 사망에 이를 수 있음을 언급하고 있다. 만성적인 호흡기질환으로서 nitromethane은 동물에서 호흡기 과민성을 일으키고, 간 손상을 유발하며, 경련과, 신장손상을 일으키는 것으로 보고되고 있고, 또한 장기간 노출될 경우 피부병을 일으키거나 지방감소가 일어날 수 있다고 하였다. 동물에서 nitromethane의 증기는 경련과 마취로 인해 자극중추신경계에 영향을 미치고, 순한 폐자극, 그리고 간손상을 일으킬 수 있다고 한다. OSHA는 이러한 사람과 동물을 대상으로 한 연구결과를 바탕으로 노출기준을 100ppm으로 설정하여 관리하고 있다.

나) ACGIH

ACGIH의 TLV-TWA는 20 ppm이며, 발암성은 A3에 해당한다. 노출기준은 토끼와 쥐를 대상으로 흡입 노출에 의해 보고된 갑상선 영향과 폐 출혈(pulmonary hemorrhage)의 악영향에 대한 잠재성, 후각 상피조직-변성과 이형성(metaplasia), 호흡기계 상피조직 유리질(hyaline) 변성을 줄이기 위해 설정되었다. 또한 이 기준은 혈액 장애(dyscrasias), 말초신경염 및 nitromethane의 높은 농도에서 발견된 쥐와 생쥐의 감소된 정자수 및 운동성과 같은 위험을 줄이기 위한 것이다.

쥐와 생쥐의 발암성에 대한 명백한 증거로는 유방선 섬유성선종(mammary gland fibroadenomas), Harderian gland adenomas와 발암성, 그리고 간 신생물

(neoplasm)로서 인체 발암성이 알려져 있지 않지만 동물 발암성이 확인된 물질 (A3: Confirmed Animal Carcinogen with Unknown Relevance to Humans)이다. Skin이나 SEN 표시 및 TLV-STEL은 이용 가능한 충분한 근거 자료는 없다.

(2) 일본

노동성과 산업위생학회의 노출기준은 설정되어있지 않다. 하지만 일본 산업위생학회(JSOH)에서는 인체 발암 가능성(ProbablyCarcinogenic to Humans)이 있는 물질인 Group 2B로 분류된다.

(3)스웨 덴

○ OEL(Occupational Exposure Limits) : 시간가중평균 노출기준(TWA) 20ppm, 위원회는 특히 미국, 유럽연합, 독일 및 스칸디나비아안 국가들에 대한 모니터링을 심도 있게 수행한다. 우선순위는 기준그룹(Criteria Group: 산업체 및 노동조합의 산업위생가, 독성학자, 의사 대표자)에 의해 추천된 과학적 기준을 기반으로 한다. 스웨덴은 노출기준 설정에 있어 고려사항으로서 경제적 및 실행 가능성 요소를 따진다. NOAEL(no-observed-adverse-effect-level)은 여분의 안전계수를 고려하여 노출기준을 위한 기반으로 사용된다. NOAEL은 사례를 기반으로 평가하며, 특정산업에서의 노출상황, 잠재적 발암성, 불쾌수준, 과학적 자료의 존재 및 노출 측면을 고려하는 것을 포함할 수 있다. 다른 기술적 경제적 요소도 안전계수에 영향을 미칠 수 있다. 기준을 이행하는데 있어서 비용은 건강에 대한 잠재적 개선에 대해 가중된다. 노출기준 책자는 국립산업보건연구소(National Institute of Occupational Health)에 의해 발행된다.

나. 현행 우리나라 노출기준 요약 및 해설

○ 물리적 인자 및 화학적 인자의 노출기준은 TWA 100ppm(250mg/m³)으로 설정되어 있다.

○ 적용년도 : 1983년

- 기준의 성격 : 규제기준
- 산업안전보건법 제39조 유해인자의 관리 및 시행규칙 제 31조의 2 노출 기준의 설정 등 규정에 의한 관리대상물질
- 산업안전보건법 제42조 작업환경측정 등 및 시행규칙 제93조 작업환경측정 대상사업장등 규정에 의한 작업환경측정대상물질
- 산업안전보건법 제43조 건강진단 및 시행규칙 제93조 정의 규정에 의한 특수건강진단대상물질
- 설정근거 : 한 종류의 유해물질 TLV를 선정하는 것에는 여러 가지 시험을 거치게 됨으로 시간이 많이 걸리고, 많은 경비가 소요되는 것이 일반적이므로 대부분의 선진국에서도 미국 ACGIH에서 정하여 발표하고 있는 TLV를 사용하고 있음으로 이 분야의 연구가 미진한 상황을 고려하여 ACGIH의 TLV를 준용하는 것이 바람직함.
- 노출기준의 추이
 - 노동청 예규 제102호(1972.2.28), 유해물질 허용농도 : 미 설정
 - 노동부 고시 제1호 (1983.1.20), 허용농도 : TWA 100ppm(250mg/m³)
 - 노동부 고시 제38-45호(1986.12.20), 유해물질의 허용농도 TWA 100ppm(250mg/m³)
 - 노동부 고시 제88-69호(1988.12.23), 유해물질의 허용농도 TWA 100ppm(250mg/m³)
 - 노동부 고시 제91-21호(1991.3.30), 유해물질의 허용농도 TWA 100ppm(250mg/m³)
 - 노동부 고시 제97-65호(1998.1.5), 화학물질 및 물리적인자의 노출기준 TWA 100ppm(250mg/m³)

다. 국내노출실태

26명의 근로자노출 실태를 파악하기 위한 8시간 가중평균농도(TWA)는 평균 및 표준편차가 1.829 ± 2.421 ppm (범위 불검출에서 7.912ppm)으로 조사 되었으며 20개의 발생원 농도를 파악하기 위한 지역시료의 TWA농도는 평균 및 표준편차가 4.033 ± 4.842 (범위 불검출에서 13.987ppm)으로 조사되었다.

총 46개 시료의 TWA농도는 평균 및 표준편차가 2.659 ± 3.783 (범위 불검출에서 13.987ppm)으로 조사되었다. 현행 국내 노출기준 및 ACGIH의 노출기준을 초과하는 사업장은 없는 것으로 나타났다.

라. 우리나라 실정에 적합한 노출기준 제시

1983년 노출기준이 설정된 이후 합리적 노출기준의 제안 및 과학적·기술적 근거 등의 연구를 통해 설정된 것이 아니라 미국 ACGIH의 기준을 여과 없이 채택한 이후 오랜 기간 동안 검토가 없었던 반면, 미국 ACGIH는 매년 연구를 통해 노출기준을 개정하고 있다.

최근 산업의 발달로 인해 근로자의 노출수준이 낮아지고 있으나, 선진 외국의 산업보건전문기관의 연구결과 현재 노출기준이하의 낮은 농도에서도 건강장해가 발생할 수 있다는 새로운 연구결과가 발표되고 있다. 이에 따라 스웨덴, 영국 등 일부 선진국은 경제적 위상과 직업병 발생 등에 따른 사회적 분위기에 편승해 강화된 ACGIH의 최신 노출기준을 채택하여 자국민 근로자의 건강을 보호하기 위한 조치를 취하고 있는 실정이다. 따라서 우리나라의 경우도 니트로메탄 취급자의 평균 농도가 1.829ppm이고 ACGIH의 노출기준 미만이나 잠재적 건강장해 위험성이 매우 높을 것으로 사료되는 바 잠재적인 민감성을 가지고 있는 니트로메탄의 노출을 가능한 낮게 유지할 수 있도록 ACGIH의 TLV-TWA인 20 ppm으로 개정 하여야 한다.

8. 취급근로자 건강장해 예방 조치

가. 유해공정별 작업환경관리 요령

(1)일반적 국소배기시설의 설치

가) 국소배기 장치의 설치 및 관리

○ 작업 특성상 유기화합물의 증기 발산원을 밀폐하는 설비의 조치가 곤란한 경우에는 작업특성에 적합한 형식과 성능을 갖춘 국소배기장치를 설치할 필요가 있다,

- 국소배기장치의 후드는 작업방법, 유기화합물 증기의 발산 상황 및 유기화합물 증기 비중 등을 고려하여 유기화합물의 증기를 흡인하기에 적당한 형식과 크기를 선택한다.

- 후드는 유기화합물 증기 발산원마다 설치하여야 하며, 포위 식 또는 부스 식 후드의 설치가 곤란한 경우에는 외부 식 또는 레시바 식 후드를 설치하되 유기화합물 증기의 발산원에서 가장 가까운 위치에 설치한다.

- 가능한 한 국소배기장치의 덕트 길이는 짧게 하고 굴곡부의 수를 적게 하여 압력손실을 최소화한다.

- 국소배기장치의 설치는 후드, 덕트, 공기정화장치, 배풍기, 배기구의 순으로 하며 흡인된 유기화합물의 증기에 의하여 폭발의 우려가 없고 배풍기의 날개가 부식될 우려가 없는 경우에는 배풍기의 위치를 공기정화장치의 앞에 위치할 수 있도록 한다.

- 국소배기장치의 배기구는 직접 외기를 향하도록 개방하여야 하며 공기 정화장치를 설치하지 아니한 국소배기장치 등의 배기구의 높이는 옥상 또는 옥상난간 상부로부터 1.5m 이상으로 한다.

- 유기화합물 등을 포함하는 공기를 배출하는 국소배기장치에 공기정화장치를

설치할 때에는 고체흡착방식 또는 이와 동등 이상의 성능을 가진 공기정화장치를 설치한다.

- 국소배기장치를 설치하는 경우에는 설비의 성능은 <표 3-9>에서 정하는 제어풍속 이상이 되도록 한다.

<표 3-9> 유기화합물 작업장에 설치하는 국소배기장치의 제어풍속

후드의 형식		제어풍속(m/s)
포위 식 후드		0.4
외부 식 후드	측방 흡인 형	0.5
	하방 흡인 형	0.5
	상방 흡인 형	1.0

나) 국소배기장치의 정상 가동

○ 유기화합물 작업장에 설치된 국소배기장치를 가동하는 경우에는 다음 사항을 준수하도록 한다.

- 국소배기장치는 설치 목적에 알맞도록 가동하고 작업 중 작업자가 임의로 가동을 중지시킬 수 없는 구조로 한다.
- 국소배기장치가 정상가동이 되지 않은 경우에는 작업자가 이상 상태를 즉시 인지할 수 있는 경보장치 등을 설치하여 유기화합물 등의 증기가 발생하는 작업을 중단하거나 제한할 수 있도록 하고 급성중독의 위험이 있는 경우에는 관련시설 등의 가동이 자동적으로 중단되도록 한다.
- 작업이 종료된 이후에도 작업장 내에 유기화합물 증기가 발생하는 제품 등이 있는 경우에는 유해·위험요인이 제거될 때까지 국소배기장치를 계속 가동한다.
- 국소배기장치의 가동여부를 수시로 확인하고 필요시 가동일지 등을 기록 보

관한다.

다) 국소배기장치의 유지관리

○ 국소배기시설의 설치에 못지않게 중요한 것은 이에 대한 유지관리이다. 실제로 우리나라 사업장에서 초기에 많은 비용을 들여 국소배기시설을 설치하여 놓고도 제대로 관리를 하지 않아 그 성능이 저하된 경우를 많이 볼 수 있다. 따라서 정기적으로 국소배기시설에 대한 점검을 실시하여야 하며 국소배기장치를 설치한 후 사용하거나 분해하여 개조 또는 수리한 후 다시 사용할 경우에는 다음 사항을 점검하여 이상 발견 시에는 즉시 청소 및 보수하는 등 필요한 조치를 함으로서 항상 성능이 정상적으로 유지되도록 하여야 한다.

- 덕트 및 배풍기의 분진 퇴적 상태
- 덕트 접속부의 이완 유무
- 흡기 및 배기능력의 적정성
- 기타 국소배기장치의 성능 유지를 위해 필요한 사항

라) 국소배기장치의 성능 부족 원인과 대책

○ 국소배기장치의 정상가동을 위하여 [표3-8]과 같이 후드의 흡인능력을 조사하고 성능이 저하된 경우 적절한 대책을 수립한다.

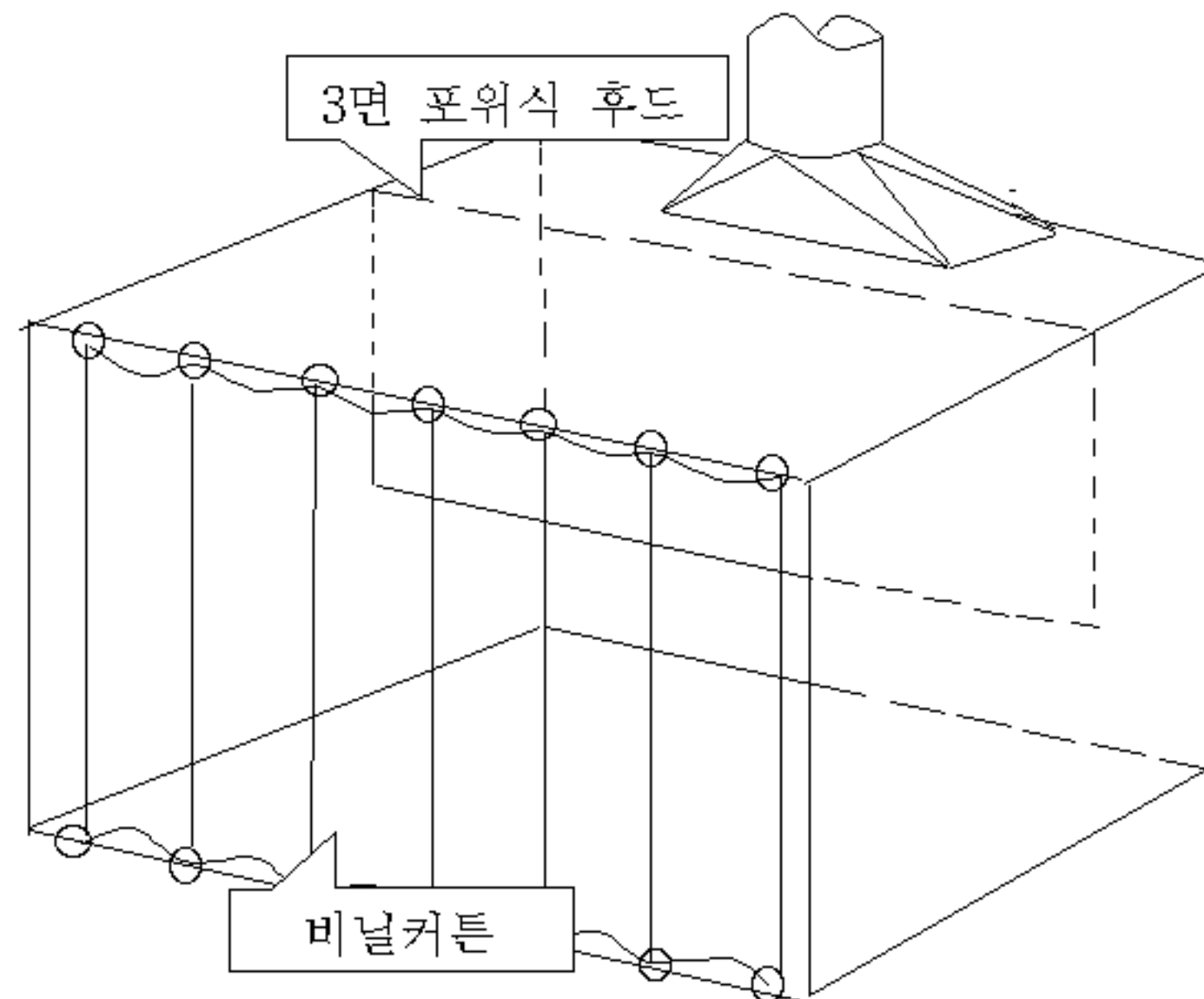
<표 3-10> 국소배기장치의 이상원인 및 대책

후드의 흡인능력 부족의 주된 원인		대 책
송풍기 능력충분	규정된 회전수 부족	송풍기 벨트의 이완 유무, 전기배선 점검 및 보수
	댐퍼조정 불량	댐퍼의 점검 및 보수
	덕트계의 공기누설 발생	접속 부분의 누출유무 점검 및 보수
	보충공기의 부족	보충용 급기 시스템 또는 외기의 유입이 용이한 구조로 변경
송풍기 능력부족	계획된 풍량 충분	덕트계 압력손실, 후드의 유입손실, 송풍기 의 동작 점 결정의 재평가
	계획된 풍량 부족	후드 개구부 면적, 흡인거리, 방해기류, 반 송속도의 재평가

(2) 작업공정별 국소배기시설의 설치

가) 반자동 포장공정

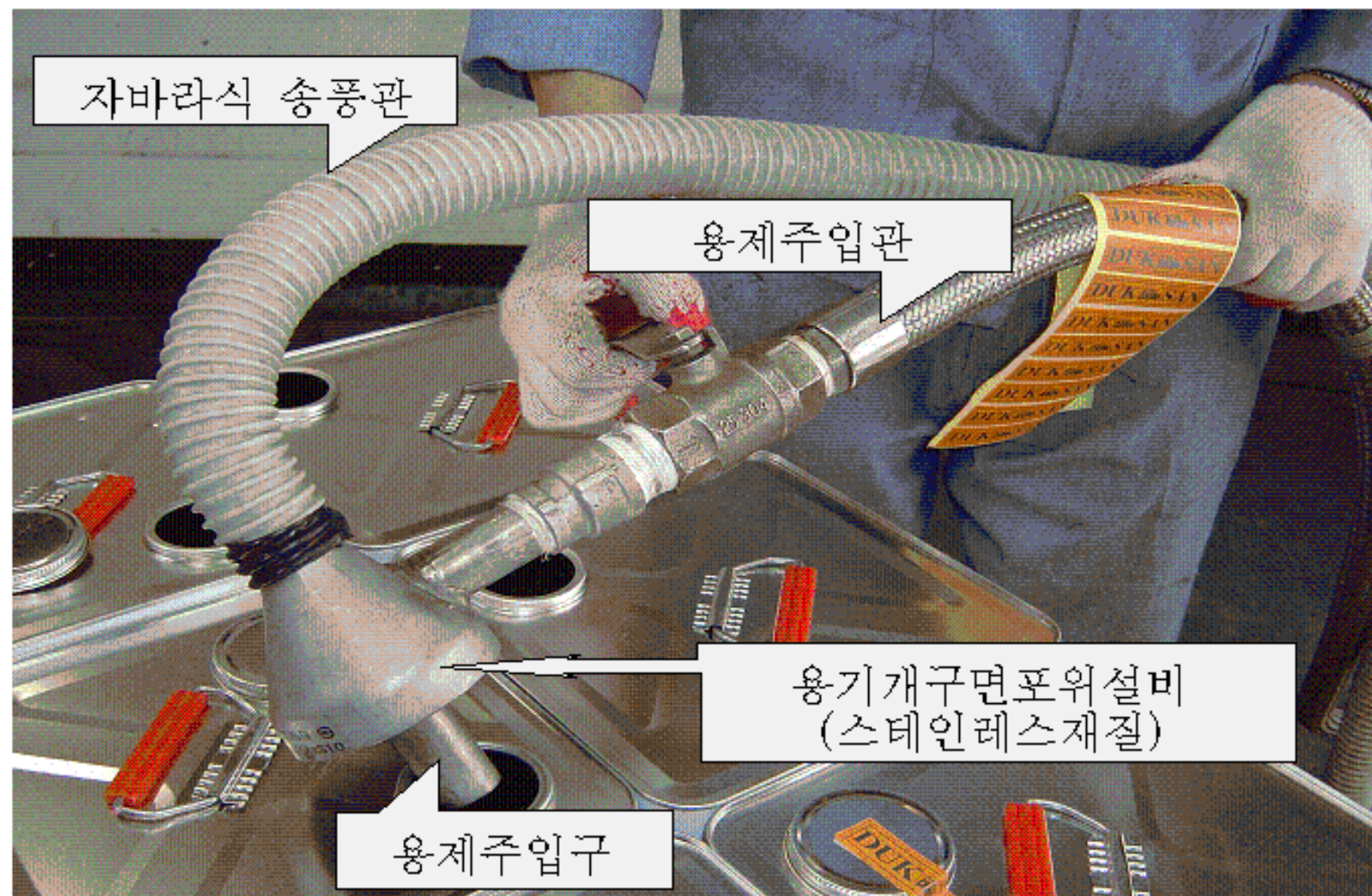
- 작업특성에 따라 포장된 제품의 이동을 위해 대부분의 작업공정에서 3면 포위식 국소배기장치가 설치되어 있으나 짧은 시간에 많은 용제가 주입됨으로 고농도의 증기가 발생되며, 또한 주변의 대형 선풍기 등이 있을 경우 난기류 등의 영향으로 제어 속도 및 포집효율의 저하 등 국소배기장치의 목적을 달성하기가 어려움으로 3면 포위 식 후드의 개구 면에 포장된 제품의 이송에 지장을 초래하지 않는 비닐 커튼을 이용하여 막아줌으로써 개구면적을 최소화 하고 주변의 난기류를 차단하여 제어속도를 증가 시켜 국소배기 장치의 효율을 극대화 할 수 있다.



[그림3-39] 비닐커튼을 이용한 3면 포위 식 후드

나) 수동 포장공정

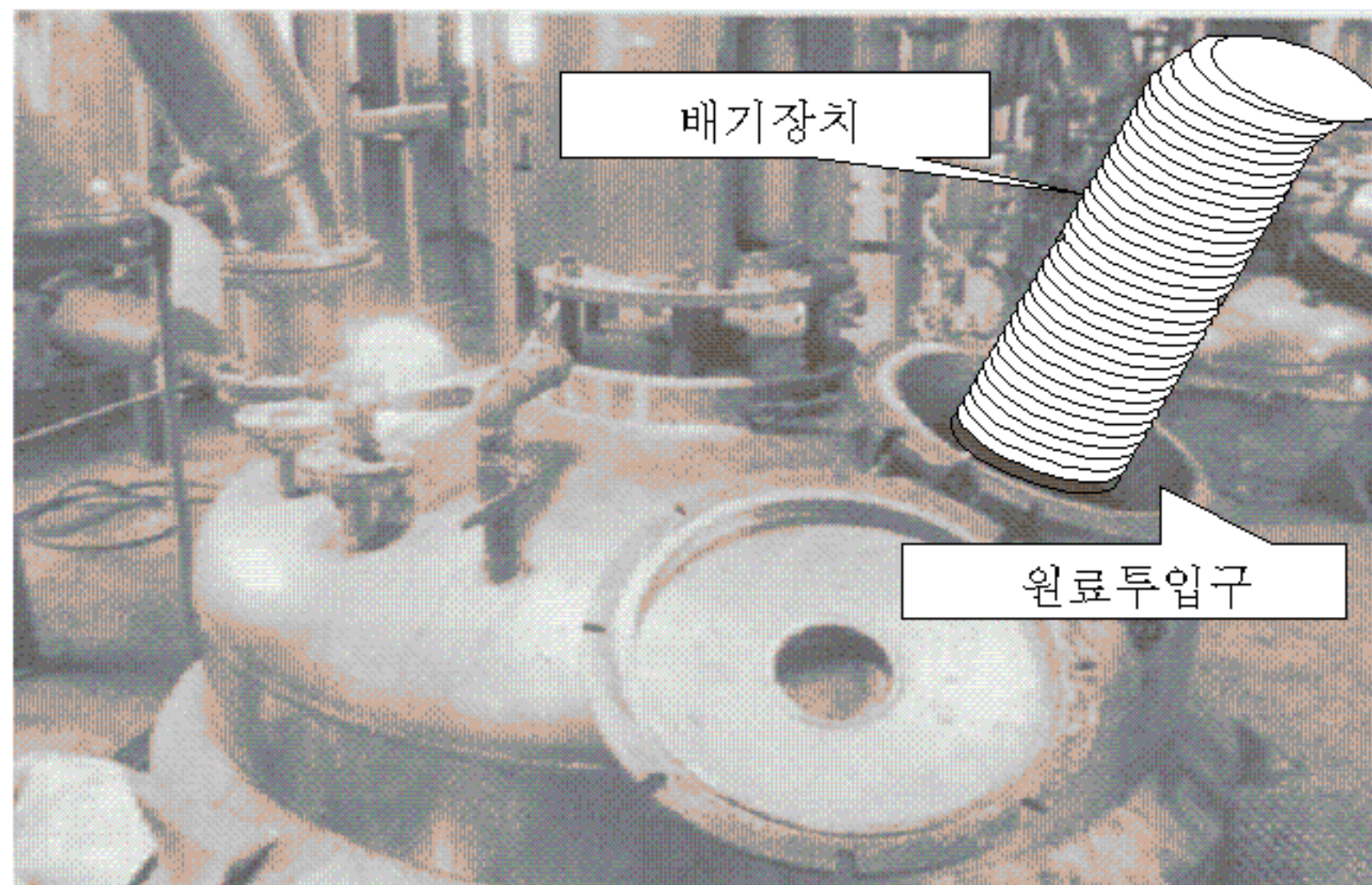
작업자가 밸브가 달린 원료파이프에 직접 호스를 연결하여 드럼 등에 주입하는 작업공정의 경우 대부분 상방 형 국소배기 장치가 설치되어 있으나 그 효율이 매우 낮아 작업자에게 직접 노출되거나 작업장 내부로 확산될 수 있으므로 기존에 설치되어 있는 송풍관(duct)을 활용하여 아래 [그림 3-46]과 같이 자바라 식 저유량 - 고 유속 후드를 용제 주입배관과 연결하여 포장 용기에 용제 주입 시 발생하는 증기를 동시에 제거할 수 있는 국소배기 장치의 사용이 권고된다. 또한 스테인레스 재질 등으로 설치되어 있는 일반적인 용기 개구면 포위설비를 투명 아크릴 재질로 변경하여 용기 통에서 주입용제가 넘치는 것을 육안으로 확인 할 수 있는 방법으로 변경함으로써 작업의 효율성을 높을 수 있다.



[그림 3-40] 자바라식 저유량 - 고유속 후드

다) 화학반응 공정

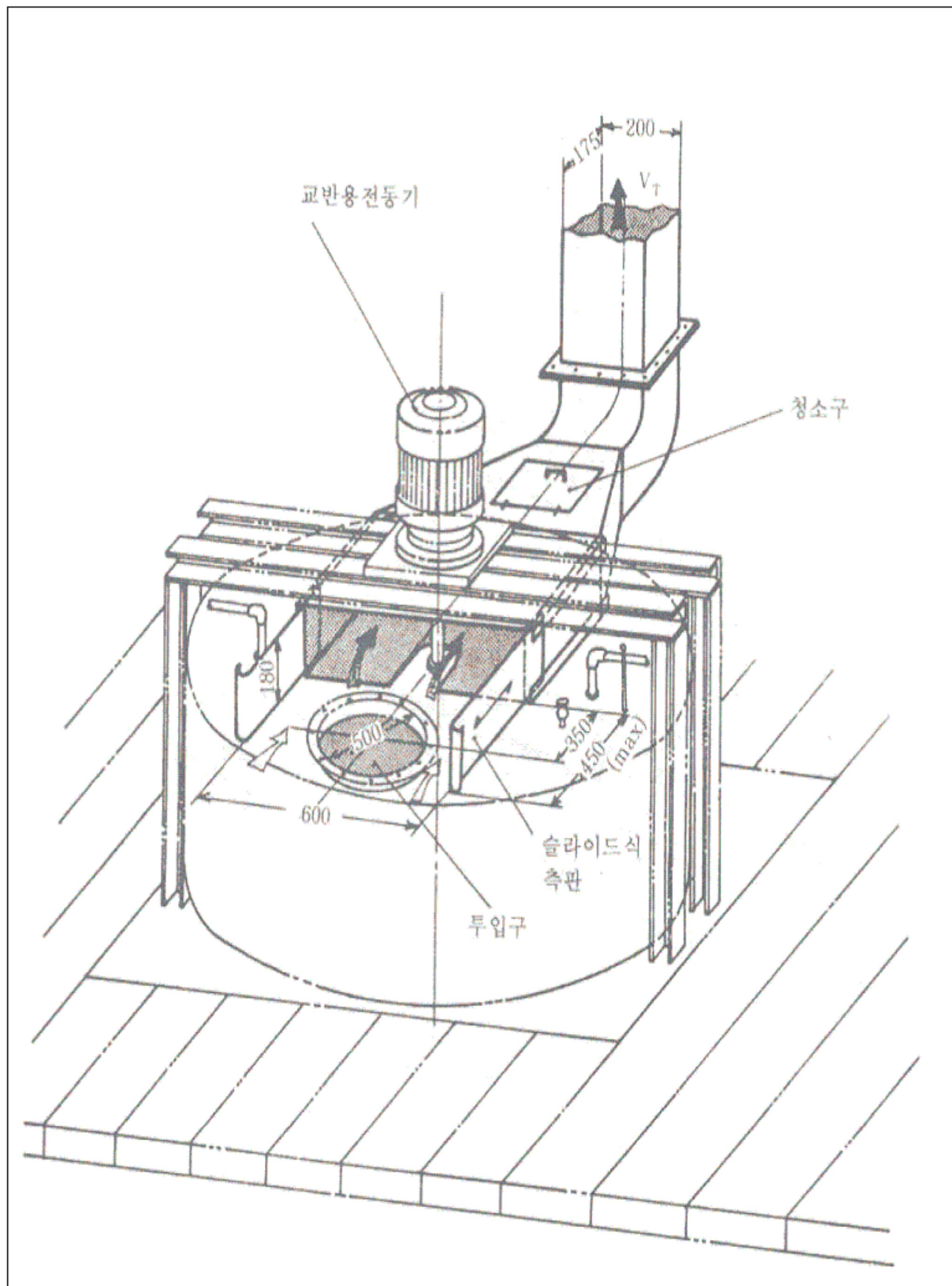
화학반응 용기(Auto Clave등)의 맨홀을 열고 원료를 주입하는 경우 대부분의 작업 공정에서 맨홀의 외측에 포위 식 건축 부스형이나 외부 식 후드를 설치하였으나 효율이 매우 낮음에 따라 반응용기 그 자체를 후드로 생각하고 내부에서 흡인하면 투입구가 포위식 건축부스형후드 개구면이 되고 반응용기 내·외부의 압력의 차이에 의해서 발생된 유해물질 증기가 반응용기 밖으로 배출되는 것을 방지할 수 있다.



[그림 3-41] 반응용기를 이용한 포위식 건축부스형 후드

라) 투입 공정

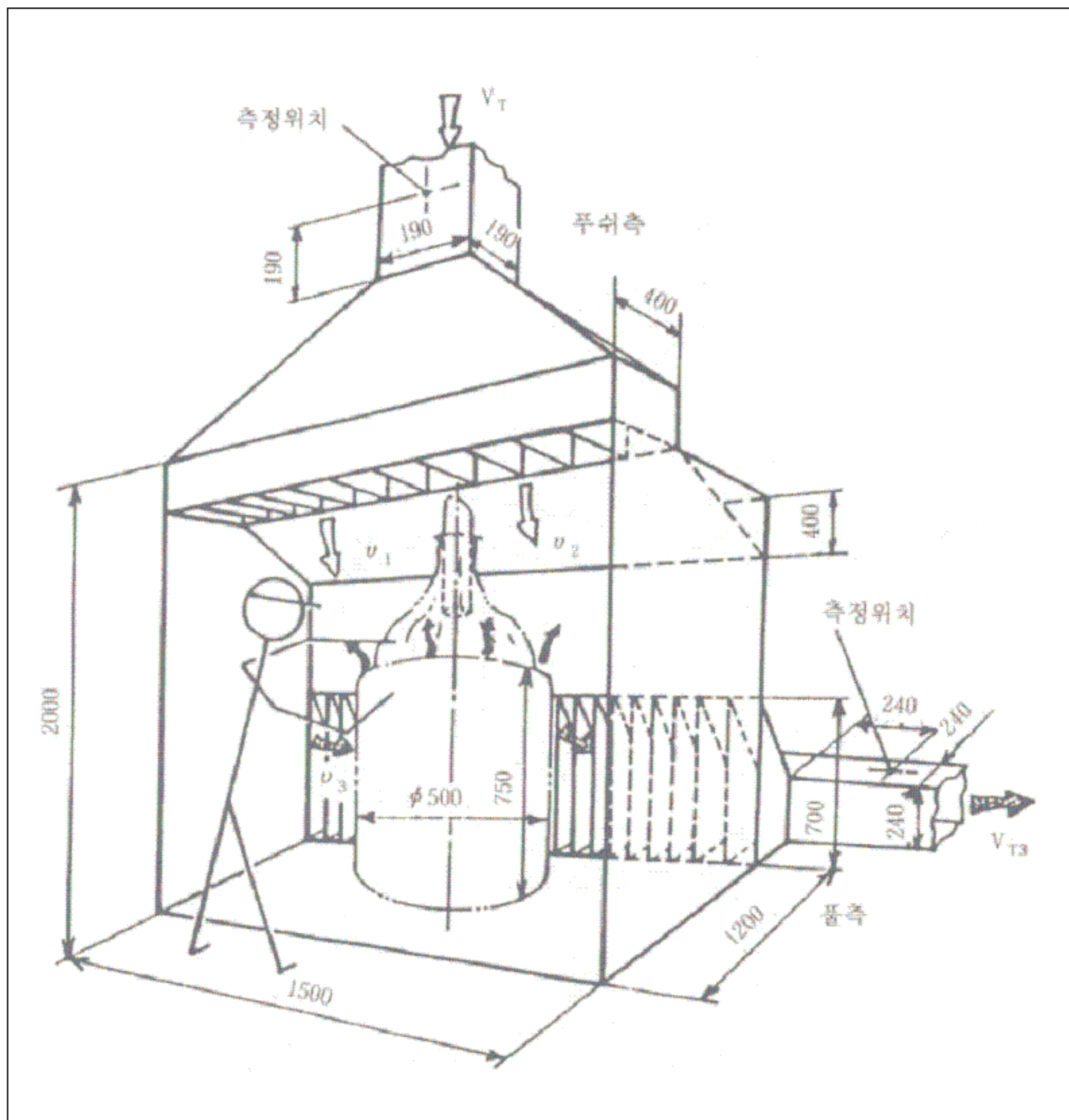
화학물질이 들어있는 용기를 반응기 내에 수동으로 투입하는 공정으로 대부분의 작업장에서는 상방형 캐노피형 후드가 설치되어 있으나 발생원과 거리가 멀리 이격되어 있어 낮은 제어속도와 발생된 증기를 제어할 때 작업자의 호흡기를 지나게 됨으로써 비효율적으로 사용되고 있으며 짧은 시간에 많은 니트로메탄용제를 투입함에 따라 고농도로 발생되는 증기를 충분히 제어할 수 없음으로 기존에 설치되어 있는 송풍관(Duct)를 활용하여 아래 [그림 3-48]과 같이 외부 식 장방형 후드를 설치하여 발생원 주변의 난기류의 차단을 통해 제어속도를 증가 시킬 수 있어 국소배기 장치의 효율을 극대화 할 수 있다.



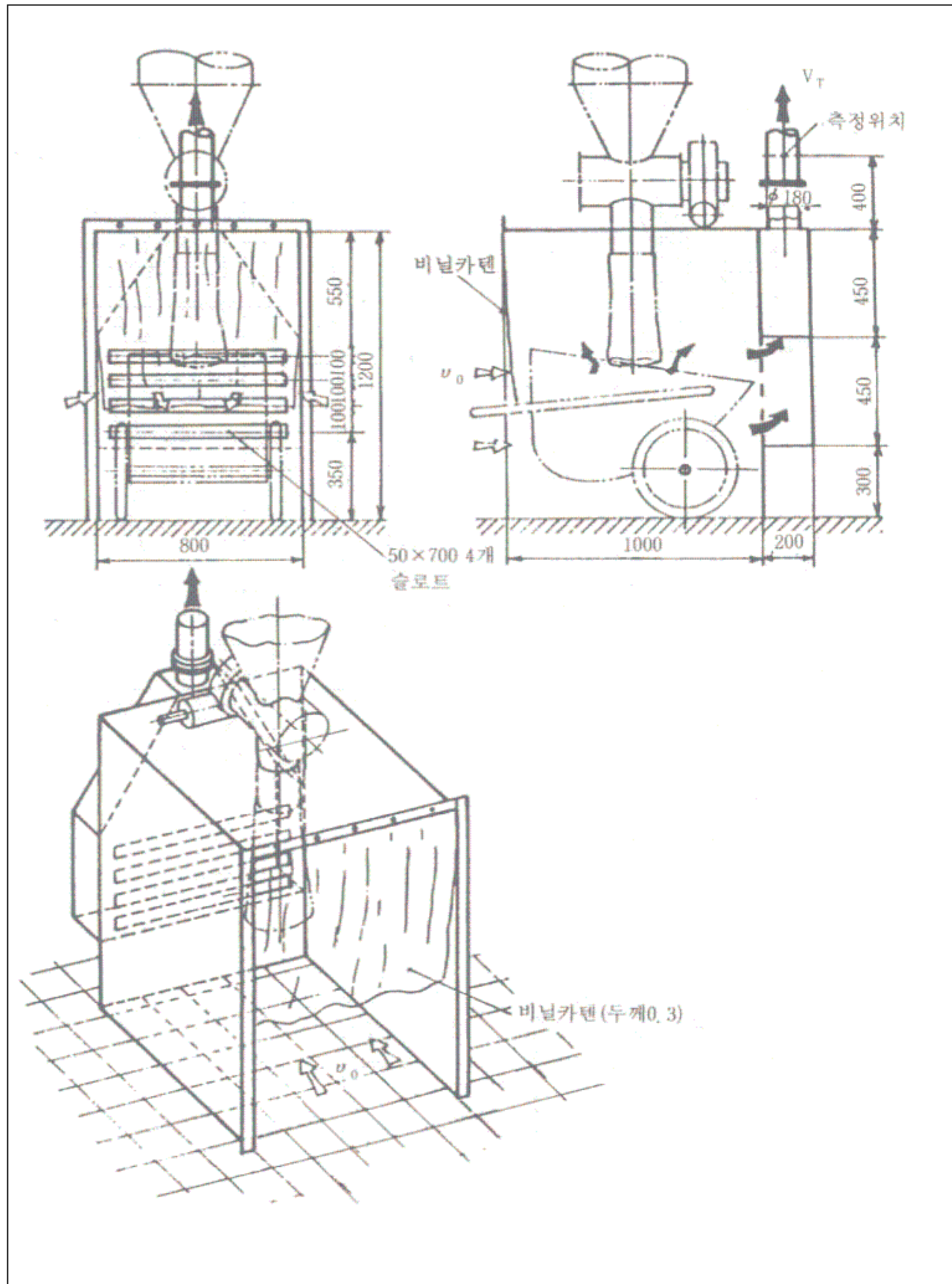
[그림 3-42] 투입공정용 외부식 장방형 후드

마) 분말 포장공정

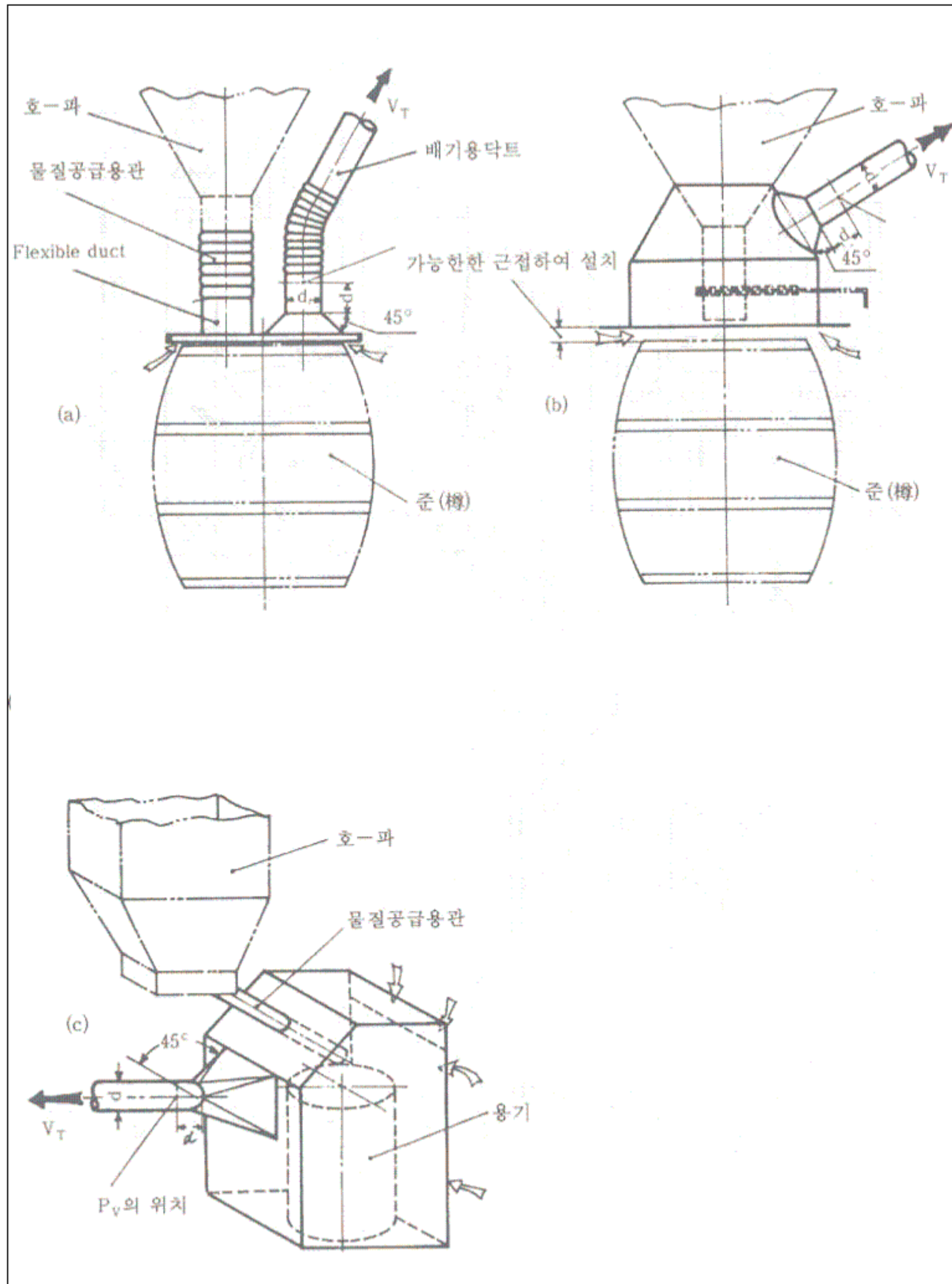
분말상태의 제품을 혼합기 배출구에서 밸브를 조작하거나 수공구를 사용하여 용기에 포장하는 작업으로 다량의 분진이 발생될 수 있다. 따라서 아래 [그림 3-49]와 같이 Push-Pull형 후드, 포위 식 부스 형 후드, 포위 식 카버 형 후드를 당해 작업공정의 작업방법, 작업설비나 기구 등 작업특성에 맞게 설치함으로써 작업 시 발생하는 유해물질을 제어할 수 있다.



[그림 3-43] 포장공정용 Push-Pull형 후드



[그림 3-44] 포장공정용 부스형 후드

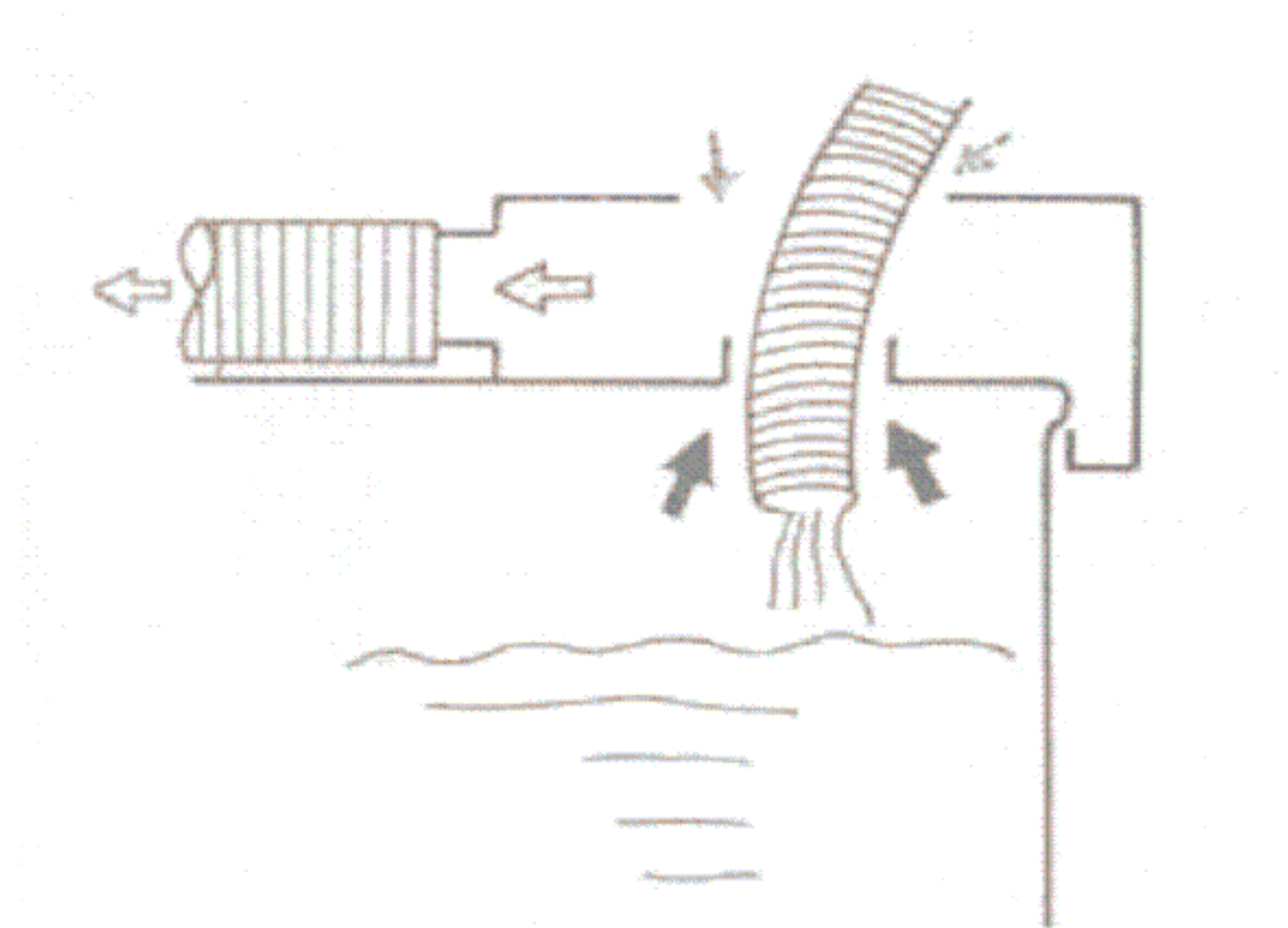


[그림 3-45] 포장공정용 파워식 커버형 후드

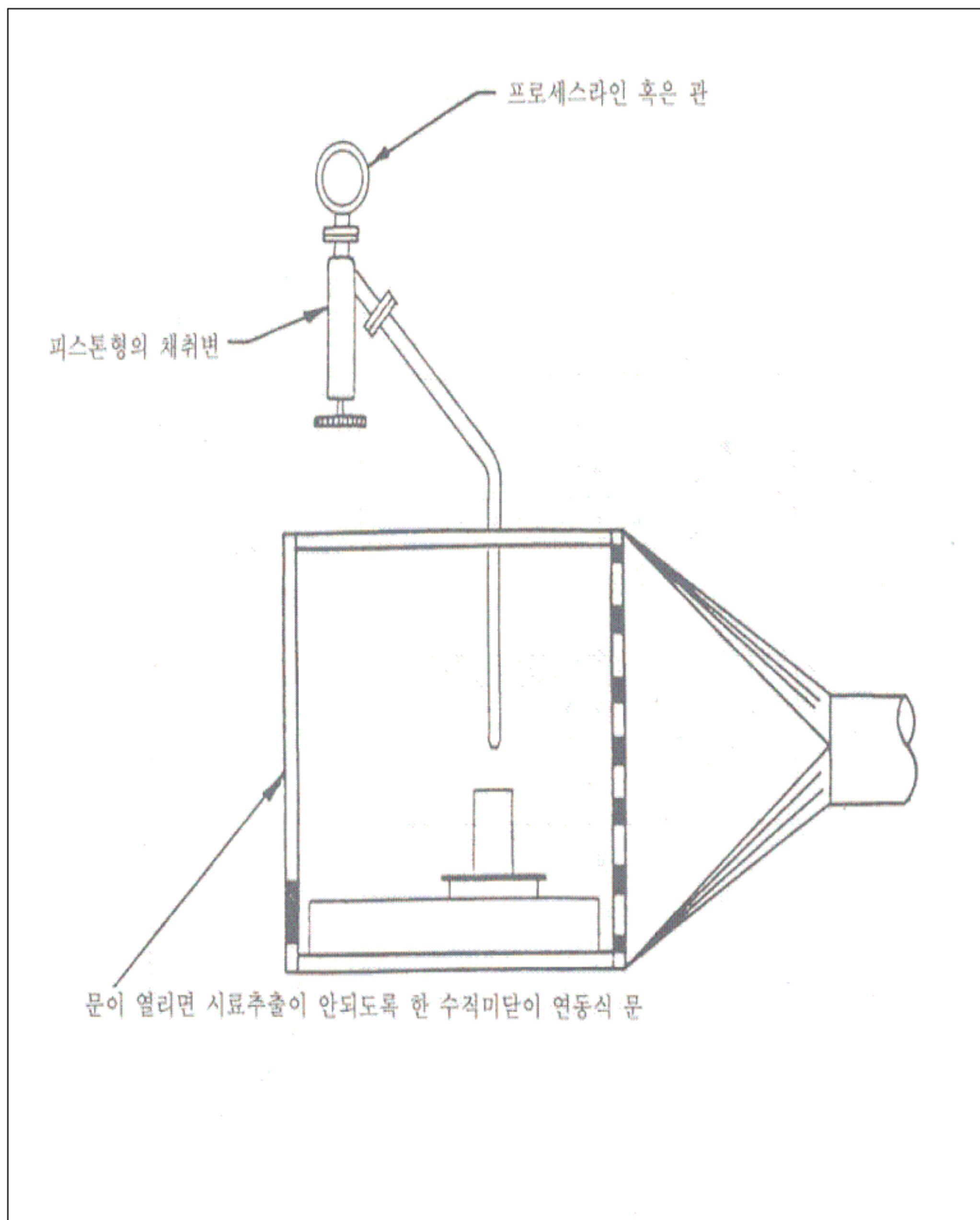
바) 샘플 채취 작업 공정

반응로에서 니트로메탄의 함유량 및 미반응 물질의 확인을 위해 반응기 개구부를 열거나 밸브를 작동하여 소량의 샘플을 채취할 때 개구부나 밸브를 통해 외부로 배출되는 니트로메탄증기를 흡인하기 위해서는 이동이 가능한 외부식 후드의 설치가 필요하며 이 외부식 후드는 반응로나 샘플채취 밸브 가까운 위치에 설치하여 작업 시 이를 활용함으로써 작업에 방해를 주지 않고 고농도로 발생하는 유기용제 증기를 포집할 수 있다.

또한 밸브를 조작하여 샘플을 채취할 경우에는 아래 [그림 3-52]과 같은 시료채취 상자용 후드의 설치를 통해 효율적인 작업환경관리가 이루어 질 수 있다.



[그림 3-46] 반응로 입구에 설치한 이동형 외부식 후드



[그림 3-47] 시료채취상자용 후드(sampling hood)

나. 유해물질 안전 취급요령

작업장이나 일반 환경에서 유해요인을 제거하는 원리로서 격리(isolation), 대체(substitution), 차폐(shielding), 분해 및 처리(treatment), 예방(prevention) 등과 같은 원론적인 방법이 흔히 이야기 된다. 또한 산업위생학적 개선방안을 우선순위대로 말하자면 유해물질 대체, 공정의 변경, 환기 또는 배기시설설치를 비롯한 공학적인 오염물질 방지대책과 마지막 수단으로 보호구 착용 등의 방안 등이 있다.

(1) 유해물질의 대체사용

작업자들은 대부분의 작업에서 건강에 위험을 줄 수 있는 물질 또는 공정들과 접촉하게 된다. 이들 물질이나 공정들을 가능하면 유해성이 낮은 물질이나 공정으로 대체하는 것은 보건과 안전을 위해 매우 유용한 방법이다. 유기화합물을 사용하는 경우 현재 취급하고 있는 물질보다 유해성이 적은 물질로 대체하는 것은 효과적인 작업환경개선 방법 중의 하나이다. 물질을 대체하는 경우에는 물질안전보건자료(MSDS) 등을 면밀히 조사하고 검토하여 저독성 또는 무독성 물질로 대체하여야 한다. 이러한 대체가 성공적으로 이루어지면 다음과 같은 많은 이익을 얻을 수 있다.

- 작업을 불편하게 만드는 보호구를 착용해야 하는 작업자의 수를 감소시킴으로써 효율적인 생산이 가능하다.
- 사업장내에서 유해물질의 종류를 감소시키면 유해물질을 관리하고 저장하는데 소요되는 시간과 비용을 줄일 수 있다.
- 좀 더 값싼 대체물질을 개발하면 비용을 절감할 수 있다.
- 오염 관리가 쉽고 관리비용을 절감할 수 있다. 매우 유해한 물질이나 공정

을 완전히 폐쇄시키지 않고 단지 간단한 배기시설을 설치함으로써 유해성을 줄일 수 있다.

어떤 경우에는 대체에 따른 비용이 상승하기도 하나 그런 경우라도 위에서 열거한 여러 가지 장점들에 의해 결과적으로 비용을 절감할 수 있다. 물질이나 공정의 대체를 결정하는 것은 어려운 일이나 이미 경험적으로 널리 알려진 방법은 그대로 응용하면 된다.

(2) 작업공정의 적정 배치

유기화합물 업무가 이루어지는 작업공정을 작업장 내에 배치시키는 경우에는 다음과 같이 관련된 기계 및 기구 등을 적정하게 배치하여야 한다.

- 해당 작업공정이 분산 배치되지 않도록 한다.
- 해당 작업공정을 가능한 한 자동화하거나 타 작업장과 격리시킨다.
- 관련 기계 및 기구 등의 배치 시는 필요한 경우 밀폐시키거나 국소배기설비를 설치하는 등 해당 작업근로자의 노출기회를 최소한으로 줄임으로써 건강 장해 예방을 최우선적으로 고려한다.

(3) 유기화합물 증기 발산원의 밀폐

유기화합물의 발산원으로 부터 근로자의 노출을 차단하기 위한 방법으로 공정을 밀폐하는 방법이 있다.

- 작업상 필요한 개구부를 제외하고는 완전히 밀폐시킨다.
- 유기화합물의 보관 장소 등 밀폐된 작업 장소에서는 밀폐실 내부의 공기가 밖으로 나오지 않도록 음(-)압을 유지하도록 한다.
- 작업의 특성상 밀폐실 내부의 음(-)압 유지가 곤란하거나, 음압 유지에도 불구하고 작업상 필요한 개구부 등을 통하여 유기화합물 증기가 누출되는 경우에는 해당 부위에 국소배기장치를 설치하도록 하여 가능한 오염 발산원을 원천적으로

봉쇄한다. 또한 유기화합물이 들어 있는 용기는 가능한 밀폐시켜야 하며 사용할 때만 열어 놓도록 한다. 흔히 유기화합물 사업장에서 유기화합물이 묻은 휴지나 형짚을 개방된 쓰레기통에 그냥 버리는 경우가 많은데 반듯이 밀폐하도록 하고 자주 비워야 한다. 또한 누출이나 옆지르는 사고가 발생할 경우 이를 회수하기 위한 계획을 수립한다.

다. 취급 근로자 노출 방지 조치

(1) 개인위생 관리

○ 니트로메탄의 피부폭로가능에 대한 실험적 증거가 제시되지는 않았지만 유기화합물의 특징이 지방을 녹이는 성질을 갖고 있어 피부 노출에 따른 폭로가 가능함으로 반소매 작업복 착용을 제안 하는 등 주의가 필요하다.

- 니트로메탄을 취급하는 근로자는 담배를 피우거나 화장실 시설을 사용하거나 화장품을 바르거나, 식사를 하기에 앞서 철저히 비누로 손, 팔, 팔뚝, 얼굴을 전부 씻어야만 한다.

- 근로자는 니트로메탄을 취급하는 장소에서 술을 마시거나 담배를 피거나 화장품을 사용해서는 안 된다.

○ 취급 작업장 내에는 음료수 등 음식물을 비치하지 않아야 한다.

○ 작업장에는 근로자가 이용할 수 있는 휴게시설을 설치하되 니트로메탄을 포함한 유기화합물을 취급하는 장소와 격리된 장소에 설치하여야 한다.

○ 작업장에는 세면, 목욕, 세탁, 건조 및 탈의시설 등을 설치하고 옷장, 보호구 보관함 등 필요한 용품과 용구를 비치하여야 한다.

(2) 세수 및 세안 방법의 개선

○ 작업자들이 작업을 종료한 후 손이나 얼굴에 묻은 안료, 접착제 등을 닦기 위

하여 사용하고 있는 것은 화장품, 비누 등인 것으로 조사되었다. 비누만으로 세척하는 경우는 9개 사업장으로 가장 많았으며, 화장품을 사용하는 경우가 1개 사업장 이었다. 신나로 세척하는 사업장은 없는 것으로 조사되었으나 유기화합물은 흡입을 통해서 뿐만 아니라 피부를 통한 흡수도가 매우 높기 때문에 신나로 세척하지 않도록 작업자들에 대한 지속적인 교육 및 관리가 필요하며 효능이 좋은 세척용 크림의 지급을 통해 신나로 세척할 필요가 없도록 하는 것이 가장 효과적일 것으로 생각된다.

라. 취급 시 주의사항

- 니트로메탄취급 작업장 내에서는 흡연을 하거나 음식물을 먹지 않는다.
- 작업을 실시한 후 식사를 하는 경우에는 손이나 얼굴을 깨끗이 씻고, 별도의 방 에서 식사한다.
- 작업을 종료한 경우에는 샤워시설 등을 이용하여 손, 얼굴 등을 씻거나 목욕을 실시한다.
- 퇴근 시에는 작업복을 벗고 평상복으로 갈아입는다.

마. 응급조치 요령

- 니트로메탄 취급에 의한 긴급사고가 발생한 경우에는 다음과 같이 응급조치를 해야 한다.
 - 니트로메탄이 피부에 접촉되었을 때, 오염된 부위를 비누 또는 연성세제로 즉시 씻고 다시 한번 물로 씻는다.
 - 니트로메탄에 오염된 의류는 즉시 벗어야 하며 의류에서 화학제품 안전한 제거를 해야 한다. 옷을 세탁하는 근로자에게도 특별히 니트로메탄의 위험한 자극을 초래하는 잠재성을 알려주어야 한다.

- 저장 탱크내부의 청소 등에서 긴급사고가 발생한 때에는 급히 뛰어 들어가는 것을 금지하고 지체 없이 구조요청을 하여야 하며, 구조자는 필히 자급식 공기 호흡기를 착용한 후 정확한 방법으로 구조작업을 한다.
- 환자는 즉시 통풍이 잘되는 평탄한 곳에 옮긴 후 머리를 낮추고 옆으로 눕히거나 옆드려 눕힌 후 환자의 옷을 헐겁게 풀어주고 입안에 구토물이 있는지의 유무를 확인하여, 있을 경우에는 씻어내는 등 응급조치를 한다.
- 호흡이 정지된 환자는 지체 없이 의사가 올 때까지 인공호흡이나 산소 호흡기에 의한 호흡을 계속시킨다.
- 어두운 곳에서 사고가 발생한 경우에는 성냥 등의 화기사용을 금지하고 방폭 전등을 이용한다.

○ 니트로메탄 저장 탱크 등의 누출에 의한 긴급조치는 다음과 같다.

- 니트로메탄이 누출되는 경우에는 청소가 끝날 때 까지 보호장비와 보호의를 입지 않은 근로자는 오염지역에 접근하지 못하도록 하며, 아래 단계를 실시한다.
 - 누출된 물질을 만지지 않는다.
 - 안전 인원을 배치한다.
 - 모든 열원과 점화원을 제거한다.
 - 대청소가 완전히 끝난 후 오염지역을 환기시킨다.
 - 소량 누출 되었을 때는 모래 또는 다른 비가연성 물질을 사용하여 흡수 시키며 누출된 물질의 처리를 위해 적당한 용기에 수거한다.
 - 다량 누출 시에는 추후의 처리를 위해 제방을 축조하다.

바. 저장 및 보관 방법

○ 니트로메탄은 산업안전보건법의 위험정보 기준에 따라 라벨을 붙이고 보관 장

소 내에는 직사광선이 닿지 않고 통풍이 좋고 서늘한 장소에 저장한다. 또한 위험물 안전관리 법(제4류 2석유류)에 의해 외부의 지정된 장소에 보관 한다.

- 니트로메탄을 포함한 유기화합물은 전용의 저장창고 또는 구획된 장소에 보관하고 그 저장장소에는 관계 근로자 외의 출입을 금지시키는 설비, 유기화합물 증기를 옥외로 배출시키는 설비를 설치한다.

- 니트로메탄을 넣은 불박이장, 선반 등은 쓰러지거나 용기가 낙하되지 않도록 고정한다.

- 니트로메탄이 누출 또는 발산되지 않도록 마개가 있는 견고한 용기를 사용하며 용기를 개방하여 사용하는 경우에는 개방부위의 면적을 최소화할 수 있는 용기를 사용한다.

- 니트로메탄을 넣은 용기는 온도상승에 따라 팽창하여 외부로 누출되지 않도록 2.5% 이상의 공간을 유지하여 밀폐한다.

- 니트로메탄은 식품,약품 등과 혼동할 수 있는 용기에 보관하지 않는다.

- 니트로메탄은 과산화물, 산화성 물질, 디메틸 슬폭시화물등과 같이 화학반응시 화재 · 폭발을 일으키는 물질과 일체 접촉되지 않도록 보관한다.

- 니트로메탄의 증기는 낮은 장소에 체류하는 경향이 크므로 지하실, 펌트 등에 저장하는 것을 피한다.

- 니트로메탄의 저장장소가 통풍이 불충분한 경우에는 배기구 등을 설치하여 증기가 체류되지 않도록 하여야 하며 배기구는 바닥에 가까운 장소에 설치한다.

- 니트로메탄은 화기, 불꽃, 개방식 화로와 분리하여 저장한다.

- 니트로메탄을 저장하는 장소에는 관계자 외의 출입금지 및 인화성물질 반입 금지 등의 경고표지를 게시한다.

- 니트로메탄을 넣었던 빈 용기는 밀폐하거나 옥외의 일정한 장소에 보관한다.

- 니트로메탄이 들어 있던 밀폐된 빈 용기를 절단하거나 천공을 할 경우 마찰열이나 불꽃에 의하여 폭발할 수 있으므로 용기 내부의 물질을 완전히 비운 후

개방된 상태에서 작업한다.

- 니트로메탄이 들어 있던 밀폐된 빈 용기는 폭발성 혼합가스가 발생할 수 있으므로 고온의 장소에 보관하지 않는다.

- 니트로메탄이 묻은 휴지나 헝겊은 밀폐된 용기에 넣어 일정한 장소에 보관하고 자주 비우도록 한다.

사. 개인보호구

니트로메탄 등 유기화합물을 취급하는 장소, 작업환경개선이 불충분한 장소 또는 임시작업 장소에서 니트로메탄 등 유기화합물을 취급하는 근로자는 건강장해 예방을 위하여 호흡용 보호구, 피부 보호구 또는 안전 보호 장구를 작업공정에 적합하도록 선택하여 착용하여야 한다.

(1) 호흡용 보호구

니트로메탄 등 유기화합물 증기를 제거하기 위한 호흡용 보호구는 방독마스크와 공기공급식 마스크로 대별되며 보호구의 종류별 취급요령은 다음과 같다.

가) 방독마스크

- 방독마스크를 사용하기 전에 근로자가 이를 착용하고 작업할 때 심폐기능의 저하가 일어나지 않는지 의학적 테스트를 받아야 한다.
- 방독마스크의 정화통은 보관 및 유지관리를 철저히 하여야하며, 사용방법은 다음과 같다.
 - 방독마스크의 착용은 작업장내의 공기 중 산소농도가 18%이상인 장소에서만 착용한다.
 - 작업장 내 유해가스의 농도나 유기화합물 증기의 농도가 불명확한 경우 또는 산소결핍장소 등 위험한 장소에서는 함부로 방독마스크를 착용하지 않는다.
 - 착용 시에 공기가 누출되는지 등을 점검한다.
 - 유기화합물 증기를 제거하기에 적합한 정화통(흡착제)인가 사전에 확인한다.
 - 사용설명서에 기록된 사용시간을 충분히 인지한다.
 - 방독마스크를 착용하고 작업하는 중에 가스의 취기가 느껴지면 즉시 정화통을 교체할 수 있도록 준비한다.



(a) 안면부 여과식

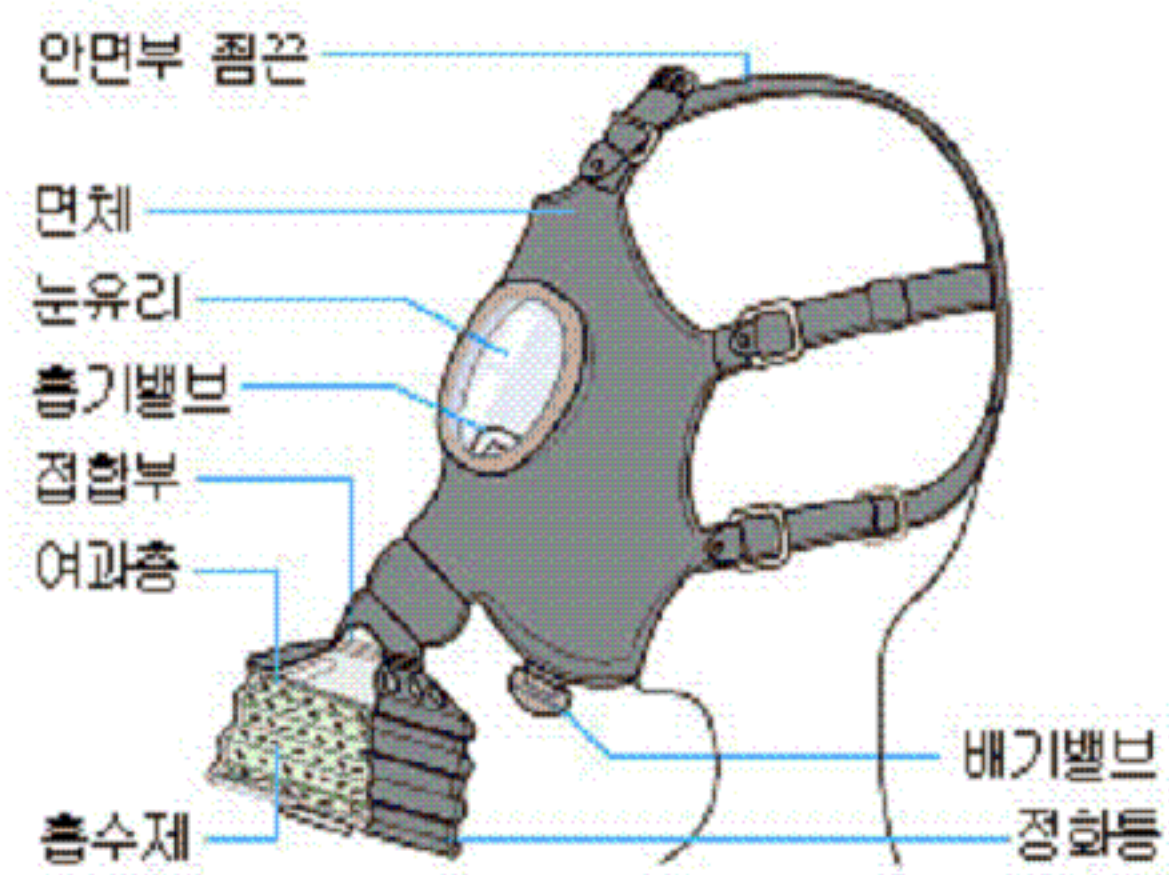


(b) 반면형 소형 직결식

[그림 3-48] 방독마스크의 종류 1



(a) 전면형 소형 직결식



(b) 방독마스크의 구조

[그림 3-49] 방독마스크의 종류 2

- 습도가 높은 작업 장소에서 방독마스크를 착용할 때에는 가스 흡수 능력이 급격히 저하되므로 이를 고려한다.

- 방독마스크는 한국산업안전공단에서 검정한 합격품을 사용한다.

○ 방독마스크의 관리

- 사용 후 면체 내부를 깨끗이 청소하고 청결한 장소에 보관한다.

- 사용시간을 기록하고 그 사용시간이 다음과 같이 계산하여 유효시간이 초과되었을 경우에는 정화통을 교체한다.

$$\text{유효시간} = \frac{\text{표준유효시간} \times \text{시험용가스농도}}{\text{마스크착용장소의유해물질농도}}$$

- 흡기면, 배기면, 안면 밀착부위에 공기가 새는 경우에는 신제품으로 교환한다.

- 마스크는 작업자수와 동수 이상으로 준비하여 보관한다.

나) 공기공급식 마스크

○ 공기공급식 마스크는 신선한 공기를 호스를 통하여 공급하는 송기마스크와 휴대용 공기봄베 또는 산소봄베가 장착된 자급식 공기호흡기가 있으나 자급식 공기 호흡기는 중대재해 발생 시 구출작업 등 긴급 시 사용하고 있으며 통상적으로 유기화합물업무를 행하는 근로자에게는 송기마스크를 사용한다.

○ 송기마스크는 호스를 통하여 공기를 공급하기 때문에 행동범위가 제한되므로 일정한 장소에서 작업하는 경우에 적합하다. 또한 신선한 공기를 외부로부터 공급해 줌으로 작업장의 산소농도가 18%이하이거나 유기화합물 증기 농도가 매우 높은 장소에도 사용이 가능하다.

○ 송기마스크 사용법

- 충분한 공기를 공급하여 호흡에 지장이 없도록 한다.
 - 신선한 공기가 공급되도록 전동송풍기는 안전한 장소에 설치한다.
 - 전동송풍기의 전원스위치 또는 콘센트에는 “송기마스크 운전 중”이라는 경고 표시를 하여 관계자 외에 조작을 하지 않도록 주의 한다.
 - 전동기는 과열되지 않도록 한다.
 - 호스의 길이를 충분히 확보하고 굴곡이나 절단 등에 유의한다.
- 송기마스크의 관리
- 송기마스크는 사용한 후 마른 헝겊으로 닦거나 깨끗한 물로 씻은 후 그늘에서 말려야 한다.
 - 재질이 고무인 부분은 특히 기름이나 유기화합물에 약하므로 가솔린이나 신나로 닦아서는 안된다.
 - 송기마스크는 필요시 바로 꺼내어 사용할 수 있는 장소에 보관한다.
 - 송기마스크의 보관 장소는 직사광선이 비치지 않는 건조한 곳이어야 하며, 섭씨 40도 이하인 곳이어야 한다.
 - 송기마스크는 일상점검 외에도 3개월에 한번 씩 정기적으로 점검하고 노화된 부분은 교환한다.
 - 마스크는 작업자수와 동수 이상으로 준비하여 보관한다.



[그림 3-50] 송기마스크의 착용 예

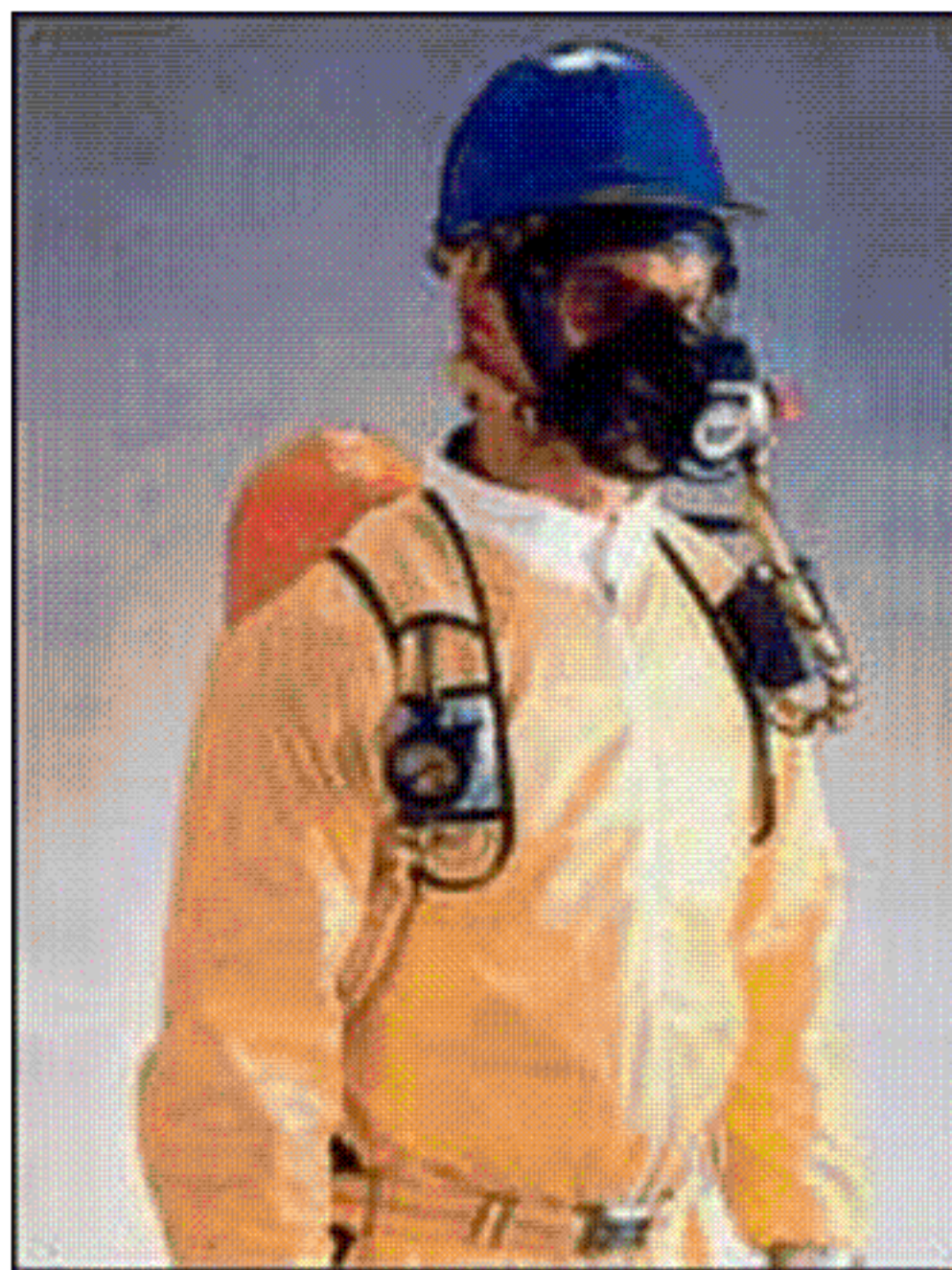
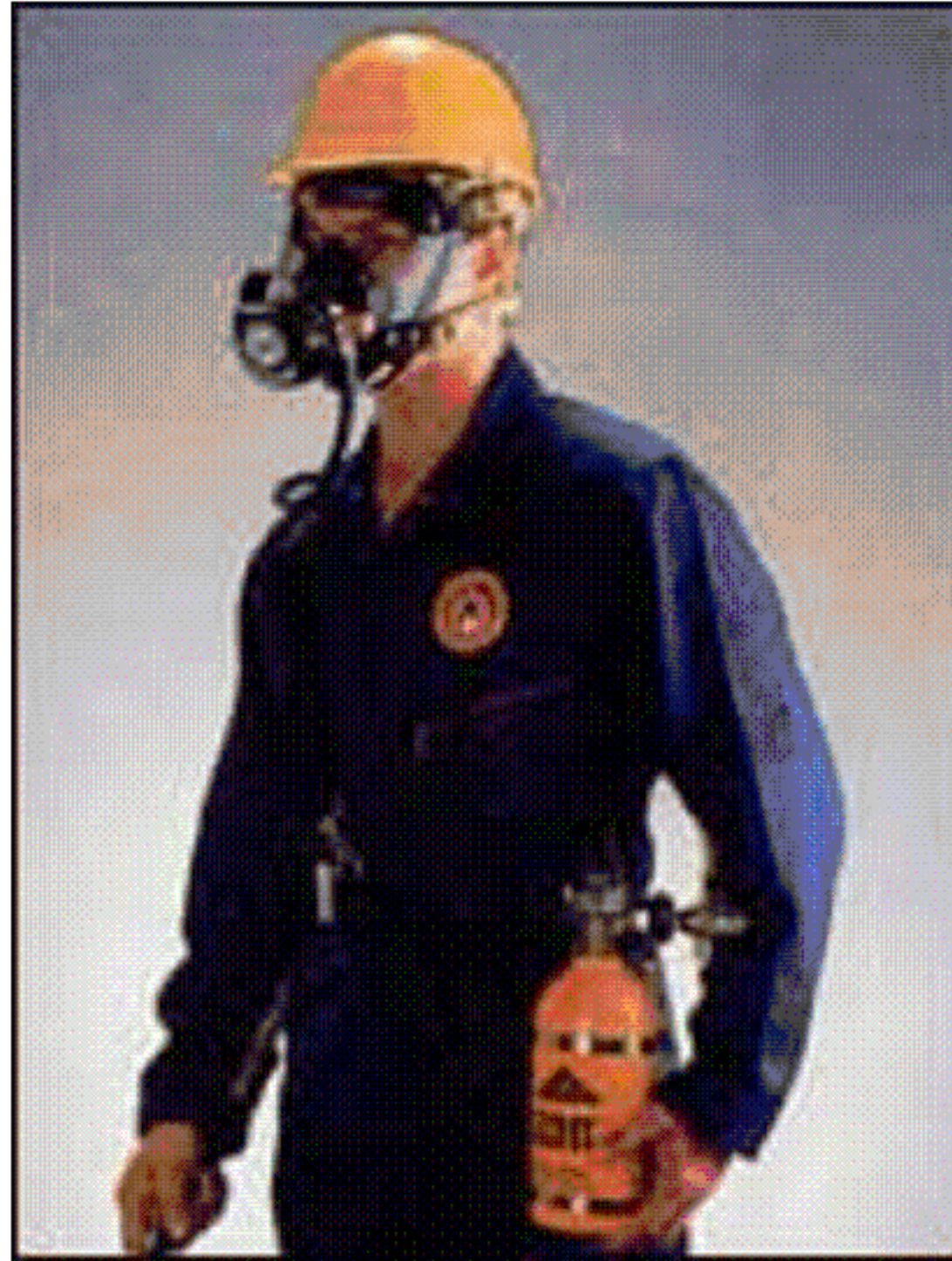


(a) 송기 마스크(전동식 송풍기형)



(b) 송기 마스크(수동식 송풍기형)

[그림 3-51] 송기마스크의 종류



[그림 3-52] 공기 공급식 마스크(공기호흡기) 착용 예

(2) 피부보호구

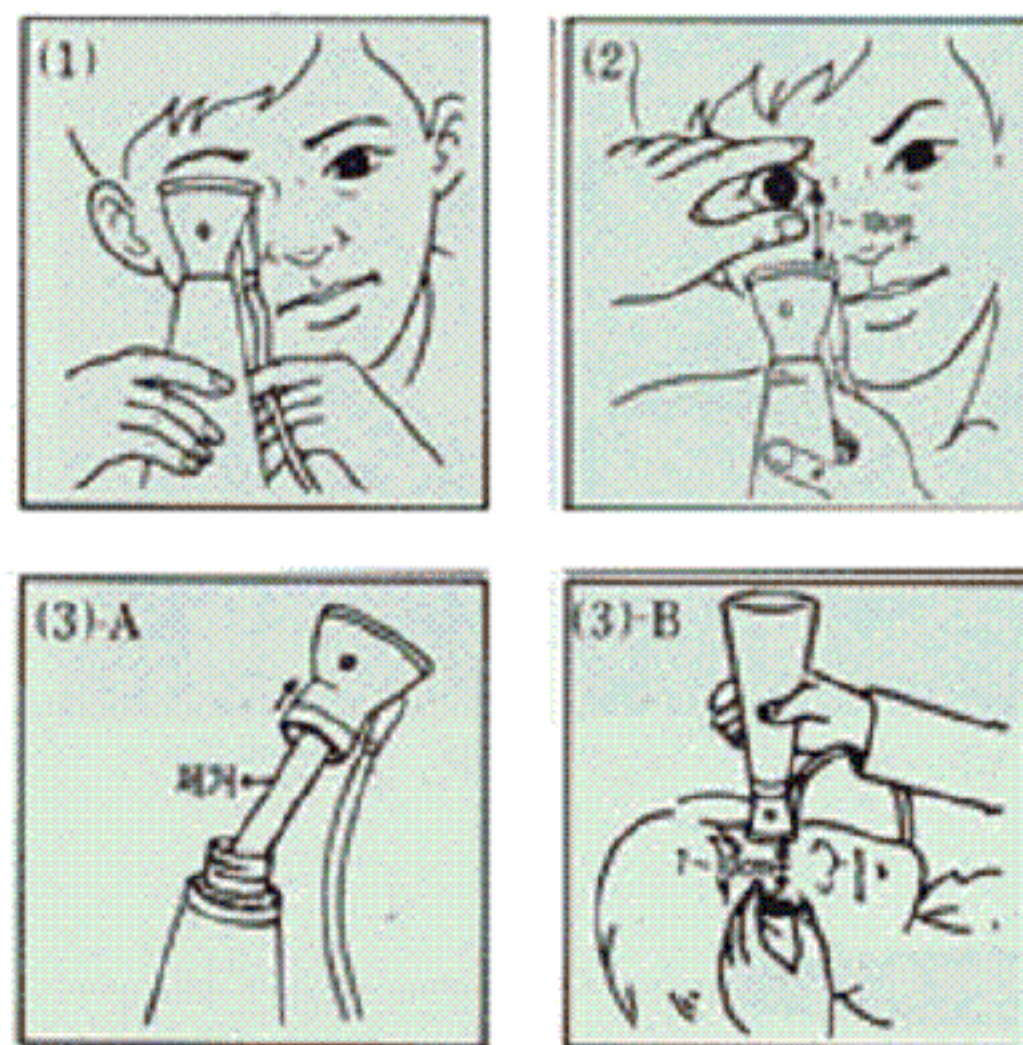
- 근로자는 니트로메탄을 포함한 유기화합물이 피부에 접촉되지 않도록 보호의·보호 장갑 및 보호 장화를 착용하여야 한다.
- 피부보호구는 다음 각 호의 사항을 고려하여 불침투성 재료로 선정하여야 한다.
 - 네오프렌 재질은 오일류와 지방족탄화수소 등에는 성능이 양호하지만 방향족탄화수소, 할로젠족 탄화수소, 케톤류 등에는 성능이 불량하다.
 - 자연고무재질은 유기화합물업무에 보호구로 사용하기에는 부적절하다.
 - 폴리비닐알콜 재질은 방향족 탄화수소나 염화탄화수소 등에는 성능이 양호하지만 물, 아세톤 등에는 성능이 불량하다.
- 작업특성상 근로자가 피부보호구의 착용이 곤란한 경우에는 피부보호용 도포제를 사용하고 작업하여야 한다.

(3) 눈 보호구

- 비산 물 또는 유해한 액체로부터 보호되는 보안경을 착용한다.
- 잠재적으로 눈 또는 피부접촉이 되었을 때, 즉시 긴급조치를 할 수 있게 가까운 장소에 분수식 눈 세척시설 및 샤워식 비상 세척설비를 설치한다.
- 니트로메탄에 접촉되었던 경우에는 콘택트 렌즈의 착용을 피한다.



(a) 세정기

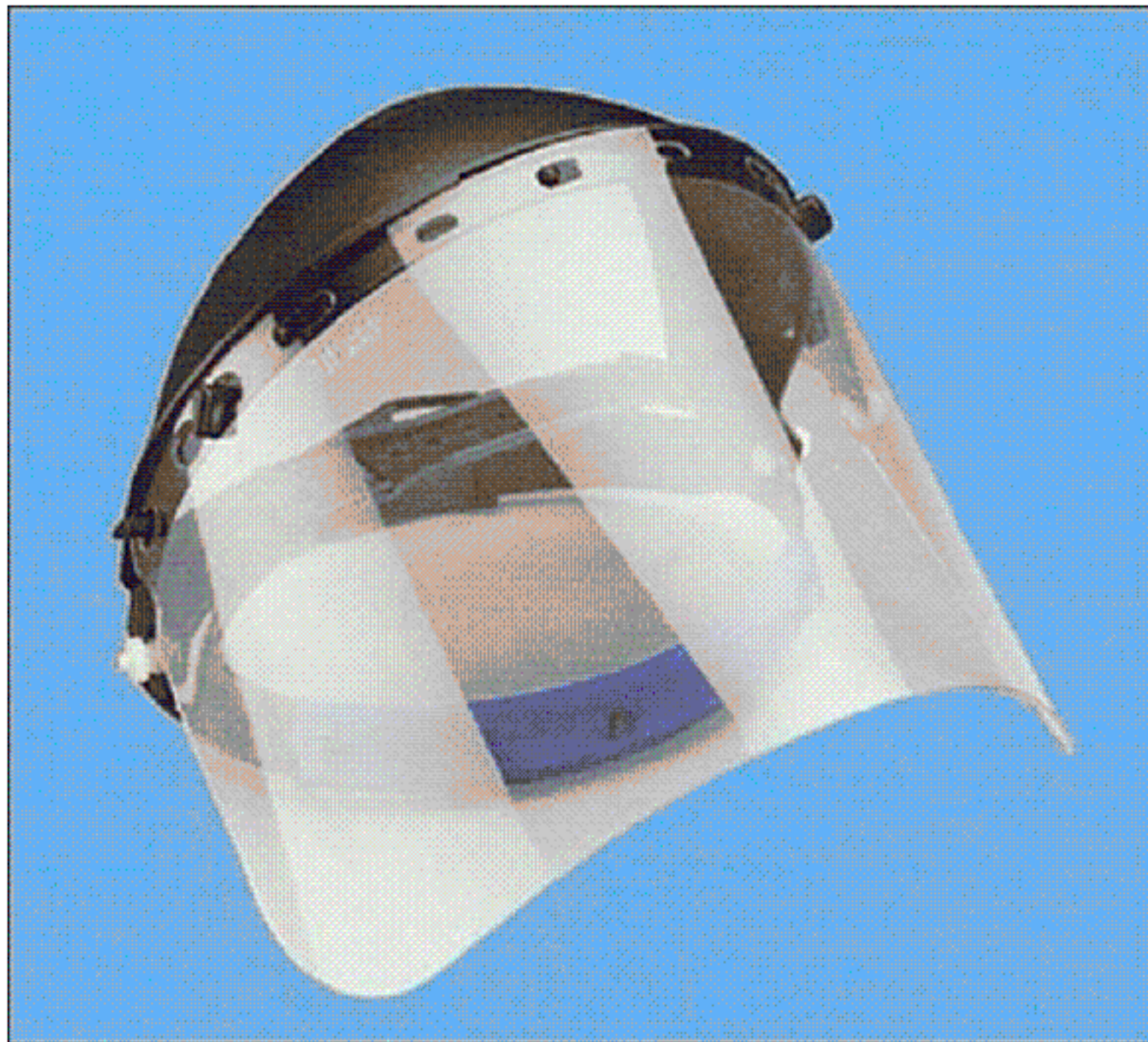


(b) 간이 세정기와 세정 방법

[그림 3-53] 분무식 눈 세척기



(a) 보안경



(b) 보안면

[그림 3-54] 눈 보호구의 종류

(4) 안전장갑

- 적당한 내화학성 장갑을 착용하다.



[그림 3-54] 내화학성 장갑

																								
이러한 내용은 Ansell Glove Brand가만 적용한다.	박막 막			니트릴			비지원			지원			폴리이소프렌 발코폴 퍼브이아이 PVA™			폴리이소프렌 클로라이드 스노클 SNORKEL™			천연 고무			테오폴/천연고무		
	바리어 BARRIER™			솔렉스 SOL-VEX™			네오프렌 NEOPRENE™			폴리이소프렌 발코폴 퍼브이아이 PVA™			폴리이소프렌 클로라이드 스노클 SNORKEL™			프리미엄 핑크 PREMIUM PINK™			케미프로 CHEM-PRO™					
화학명	중량	중량	중량	중량	중량	중량	중량	중량	중량	중량	중량	중량	중량	중량	중량	중량	중량	중량	중량	중량	중량	중량		
47. 메틸렌 클리프	▲	>480	E	▲	>350	E	▲	>480	-	F	120	VG	▲	>350	E	▲	>350	E	▲	-	-			
48. 메틸 에테르	▲	-	E	▲	120	G	F	<10	P	G	>300	E	▲	-	-	▲	-	-	▲	-	-			
49. 메틸 그레폴 에테르	▲	>480	E	G	210	G	F	120	F	▲	75	G	F	-	-	E	25	VG	F	20	VG			
50. 포름알데히드	▲	>480	E	▲	>350	E	▲	125	G	P	-	-	▲	80	VG	E	10	G	E	15	VG			
51. 포름산 50%	▲	>480	-	F	240	-	▲	>480	-	▲	-	-	▲	>350	-	E	150	-	▲	>350	-			
52. 주석무말	▲	>480	E	▲	-	-	L	30	P	F	>300	L	▲	-	-	L	15	VG	E	40	G/G			
53. 글루타르 알데하이드 25%	-	-	-	-	>350	-	E	>480	E	F	-	-	E	>350	F	E	210	VG	F	-	-			
54. 가솔린 (고 테스트)	▲	170	E	▲	>350	E	▲	-	-	G	>350	E	F	-	-	▲	-	-	▲	-	-			
55. HCHO-141b	▲	>480	E	▲	92	F	F	38	P	P	-	-	▲	-	-	▲	-	-	▲	-	-			
56. 핵사메틸디실아젠	▲	>480	E	▲	>350	-	L	75	-	G	>300	-	F	-	-	F	15	F	F	40	F/G			
57. 핵산	▲	>480	F	▲	>350	E	E	40	F	G	>300	E	▲	-	-	▲	-	-	P	-	-			
58. 하이드라진, 65%	-	-	-	▲	>350	-	E	350	-	F	-	-	▲	>350	-	E	150	VG	E	>350	-			
59. 브롬화수소	▲	>480	-	▲	>350	E	▲	>480	-	▲	-	-	▲	>350	E	▲	>350	E	▲	>350	E			
60. 염산, 농축	▲	>480	-	▲	>350	-	▲	>480	-	▲	-	-	▲	>350	-	▲	250	-	▲	>350	-			
61. 염산, 10%	-	-	-	▲	>350	-	▲	>480	-	▲	-	-	▲	>350	-	▲	>350	-	▲	>350	-			
62. 황산, 48%	▲	>480	-	F	120	-	F	5	-	G	-	-	G	40	-	F	190	-	F	190	-			
63. 과산화수소, 30%	-	-	-	▲	>350	-	▲	>480	-	▲	-	-	▲	>350	-	▲	>350	-	G	90	-			
64. 라이드로카본, 포화상태	-	-	-	▲	>350	E	L	110	F	VG	-	-	▲	>350	E	G	>350	E	▲	>350	-			
65. 이소부틸 알코올	▲	>480	E	▲	>350	E	▲	470	E	P	-	-	F	10	VG	E	15	VG	E	45	VG			
66. 이소 옥탄	▲	>480	E	▲	360	E	▲	250	G	F	>300	E	▲	-	-	▲	-	-	▲	-	-			
67. 이소프로판 알코올	▲	>480	E	▲	>350	E	▲	<10	VG	▲	-	-	G	150	E	E	20	VG	▲	40	VG			
68. 염기	▲	>480	E	▲	>350	E	▲	170	P	G	>350	E	F	>350	E	▲	-	-	P	-	-			
69. 질산, 80%	▲	>480	-	▲	>350	L	L	>480	-	F	>300	L	▲	>350	L	L	>350	-	▲	>350	-			
70. 라우르산 36% / B.O.H	-	-	-	▲	>350	-	F	>480	-	▲	-	-	F	15	-	▲	>350	-	▲	>350	-			
71. 리모넨	▲	>480	E	▲	>480	E	▲	-	-	G	>480	E	G	125	G	▲	-	-	▲	-	-			
72. 포화상태 황화산	-	-	-	▲	>350	-	▲	>480	-	▲	-	-	G	>350	-	▲	>350	-	▲	>350	-			
73. 1-에틸 2-이세옥세프로판	▲	>480	E	L	200	F	G	37	F	E	>300	L	P	-	-	G	13	F	G	15	F			
74. 메틸 알코올	▲	>480	E	E	11	F	E	65	G	VG	-	-	G	45	G	F	20	VG	E	20	VG			
75. 메틸아민	▲	>480	E	▲	>350	E	▲	140	G	▲	-	-	▲	135	VG	E	55	VG	▲	80	VG			
76. 메틸셀룰로오스	▲	40	E	F	11	G	P	-	-	G	30	G	P	-	-	E	20	VG	E	20	VG			
77. 브롬화 메틸렌	▲	>480	E	▲	-	-	▲	-	-	G	>300	E	▲	-	-	▲	-	-	▲	-	-			
78. 메틸렌 클로라이드	▲	25	VG	▲	-	-	▲	-	-	G	>300	E	▲	-	-	▲	-	-	▲	-	-			
79. 메틸렌 에틸 케톤, MFK	▲	>480	E	▲	-	-	P	-	-	F	90	VG	▲	-	-	F	5	F	P	-	-			
80. 메틸 글리콜 에테르	▲	>480	E	F	11	G	P	-	-	G	30	G	P	-	-	E	20	VG	E	20	VG			
81. 메틸 옥드	▲	>480	E	▲	-	-	▲	-	-	F	>350	E	▲	-	-	▲	-	-	▲	-	-			
82. 메틸 이소부틸 케톤	▲	>480	E	▲	-	-	▲	-	-	F	>350	E	▲	-	-	P	-	-	P	-	-			
83. 메틸 에틸크릴레이트	▲	>480	E	P	-	-	▲	-	-	G	>350	F	▲	-	-	P	-	-	▲	-	-			
84. N-에틸 2-피코리온	▲	>480	E	▲	-	-	▲	-	-	▲	-	-	▲	-	-	▲	75	VG	F	40	G			
85. 프로판 가스	-	-	-	▲	>480	E	-	-	-	-	-	-	▲	7	VG	-	-	-	-	-	-			
86. 메틸 t-부틸 에테르	▲	>480	E	▲	>350	E	P	-	-	G	>300	E	▲	-	-	▲	-	-	▲	-	-			
87. 글리콜 알코올, 물 66	▲	>480	F	▲	>350	E	F	100	F	P	>350	F	F	150	VG	▲	-	-	G	20	F			
88. 모노이탄올아민	-	-	-	▲	>350	E	▲	200	E	F	>350	E	▲	>350	E	▲	50	E	▲	50	E			
89. 드올린	▲	>480	E	▲	-	-	P	-	-	G	90	G	▲	-	-	G	20	G	E	30	F/G			
90. 염산	-	-	-	▲	>350	-	▲	>480	-	▲	-	-	▲	>350	-	▲	250	-	▲	>350	-			
91. 니트릴 VM&P	▲	>480	E	▲	>350	E	G	100	F	E	>480	E	F	120	VG	▲	-	-	▲	-	-			
92. 질산 10%	▲	>480	-	▲	>350	-	▲	>480	-	▲	-	-	G	>350	-	G	>350	-	▲	>350	-			

[그림 3-55] 내화학성 장갑 선택을 위한 투과 / 내구성 도표

(5) 보호의(화학복)

가) 적당한 내화학성 보호의를 착용한다.

나) EPA 가이드 라인은 A, B, C 및 D 등 유해물질에 대한 명확한 4가지 방호 레벨을 규정하고 있다. 레벨A는 최고 방어레벨을, D는 최저 방호레벨을 제공한다.

○ 라벨 A

라벨 A 방호는 위험에 대한 노출 가능성이 최고일 때, 또는 피부, 호흡기 및 눈에 대한 보호력이 최고수준으로 요구될 때 이다.

- 레벨 A 방호를 적용하는 경우

- ㉠ 대기 중 가스, 증기 또는 미립자 농도가 높게 측정되었을 때.
- ㉡ 피부에 해로운 액 튀김, 침지 또는 예기치 못한 증기, 가스 또는 미립자 물질에 대한 노출의 가능성이 높은 작업장.
- ㉢ 피부에 대한 위험도가 높은 물질이 알려져 있거나, 존재한다고 의심될 때.

- 레벨 A 장비

- ㉠ SCBA나 에어라인 연결식
- ㉡ 완전 밀폐형 화학 보호복
- ㉢ 내화학성 장갑 외피/내피
- ㉣ 철제 투우 및 생크가 부착된 내화학성 안전화
- ㉤ 1회용 보호복, 장갑 및 안전화(보호복 구조에 따라서는 완전 밀폐형 보호복 위에 착용가능)
- ㉥ 상하 일체복(coverall)(옵션)
- ㉦ 긴 내의(옵션)
- ㉧ 헬멧(옵션)
- ㉨ 양방향식 내부 안전 무선 통신장치(옵션)

○ 라벨 B

높은 수준의 호흡 보호가 필요하나 피부 보호 수준은 낮은 환경일 경우 레벨 B 방호가 필요하다. 레벨 A와의 차이점은 레벨 B에서는 완전 밀폐형 기체 방

호복이 필요치 않은 점이다. 레벨 B는 액 튀김 보호 성능이 부여된다.

- 레벨 B 방호를 적용하는 경우

㉠ 심각한 흡기 위험을 야기하지만 피부에 대한 심각한 위험은 나타내지 않는 특정물질이 IDLH(즉각적인 생명과 보건에 대한 위험) 농도로 존재할 경우

㉡ 대기 중의 산소가 19.5% 미만이거나, 확인되지 않은 가스나 증기의 위험이 있을 경우

- 레벨 B 장비

㉠ SCBA나 에어라인 연결식

㉡ 후드 부착식 내화학성 보호복(완전밀폐형 또는 비완전밀폐형)

㉢ 외피복 및 재킷

㉣ 상하 일체복(coverall)

㉤ 일체형 또는 투피스형 화학복

㉥ 내화학성 장갑 외피/내피

㉦ 철제 토우 및 생크가 부착된 내화학성 안전화

㉧ 상하 일체복(옵션)

㉨ 양방향식 내부 안전 무선 통신장치(옵션)

㉩ 1회용 내화학성 안전화 외피 커버(옵션)

㉪ 헬멧(옵션)

㉫ 안면보호구(옵션)

○ 레벨 C

레벨 C 방호는 보다 낮은 레벨의 호흡 및 피부보호를 요하는 환경에서 필요하다. 레벨 B와 레벨 C의 주된 차이점은 호흡장치 유형의 차이이다.

- 레벨 C 방호를 적용하는 경우

㉠ 대기 오염 물질, 액 튀김 또는 기타 직접 접촉에 의한 노출 피부에 악영향을 미치지 않거나, 흡수되지 않을 때

㉡ 대기 오염물 유형이 확인되고 농도를 측정하였으며, 공기 정화 호흡기를 이용할 수 있어 오염 물질을 제거할 수 있을 때

- 레벨 C 장비

㉠ 공기 정화용 호흡기

- ㉠ 후드 부착식 화학복
 - 외피복
 - 투피스형 화학복
 - 1회용 내화학성 외피복
- ㉡ 내화학성 장갑 외피/내피
- ㉢ 철제 토우 및 생크가 부착된 내화학성 안전화(옵션)
- ㉣ 양방향식 내부 안전 무선 통신장치(옵션)
- ㉤ 1회용 내화학성 안전화 외피 커버(옵션)
- ㉥ 헬멧(옵션)
- ㉦ 마스크(옵션)
- ㉧ 안면보호구(옵션)

○ 라벨 D

레벨 D는 최소한의 피부 보호를 하는 수준이며, 호흡보호는 하지 않는다.
이는 화학약품 취급시 최소한의 보호수단이다.

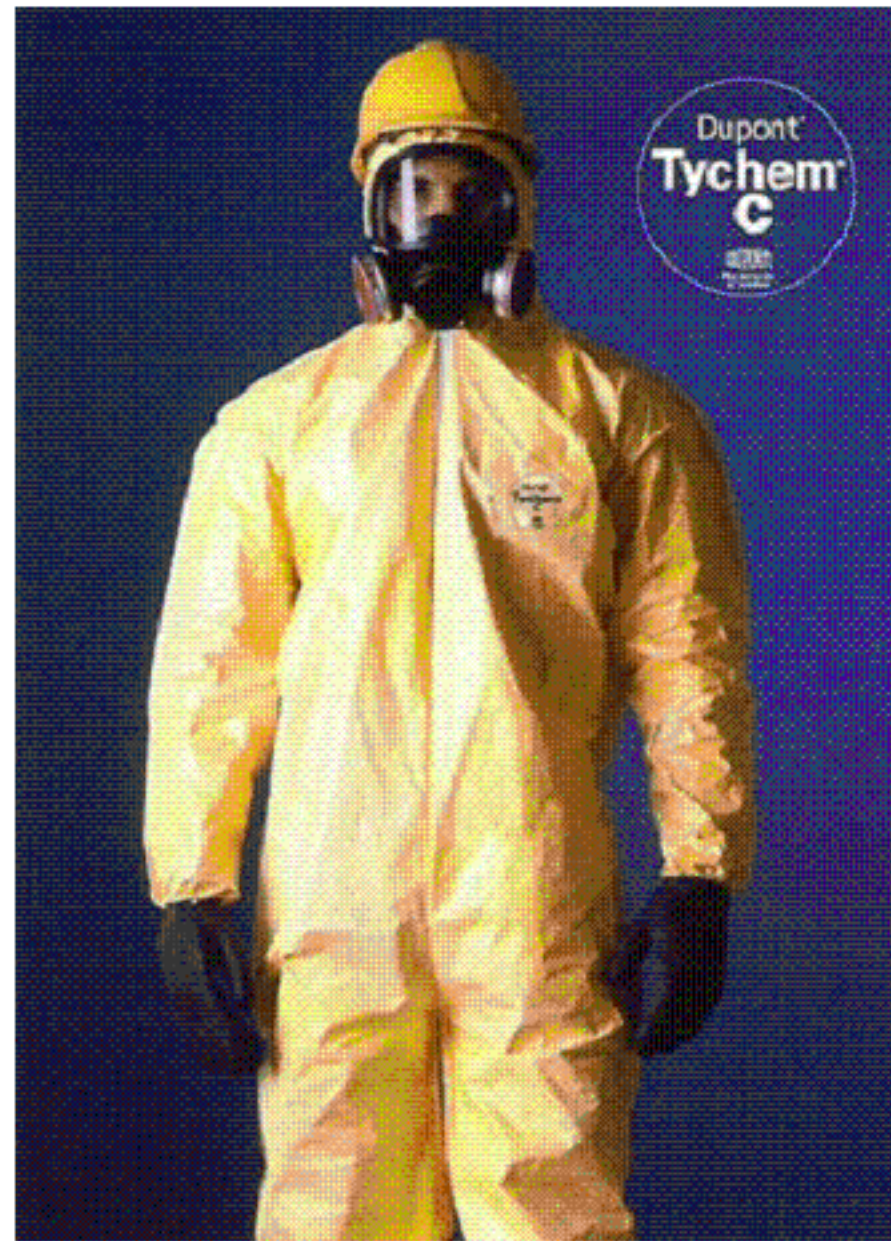
- 레벨 D 방호를 적용하는 경우

㉠ 대기 중에 알려진 위험이 없을 때

㉡ 작업 기능상, 액 튀김, 침지 또는 유해 수준의 화학약품을 예기치 않게 흡입 또는 접촉할 가능성이 없을 때

- 레벨 D 장비

- ㉠ 상하 일체복(coverall)
- ㉡ 철제 토우 및 생크가 부착된 내화학성 안전화
- ㉢ 보안경 또는 화학약품 튀김 방지용 안경
- ㉣ 1회용 내화학성 외피(옵션)
- ㉤ 장갑(옵션)
- ㉥ 헬멧(옵션)
- ㉦ 마스크(옵션)
- ㉧ 안면보호구(옵션)



[그림 3-56] 화학복 착용 예

아. 기타 내용

(1) 작업관리

가) 작업계획수립 및 표준작업관리지침 작업

나트로메탄 등 유기화합물 취급 작업에 근로자를 종사케 하는 경우에는 작업계획 수립 시 유기화합물에 유해·위험성 여부를 우선적으로 고려하고, 유기화합물 증기가 발생하는 작업공정에 대하여는 다음 각 호의 내용을 포함하는 표준작업관리지침을 마련하여 근로자가 이에 따라 작업하도록 하여야 한다.

- 유기화합물 증기 발생 억제조치에 관한 사항
- 해당시설 및 설비 등에 설치된 국소배기장치의 적절한 가동과 비정상 가동시 조치요령 등에 관한 사항
- 보호구의 착용 시기, 착용요령 및 관리방법
- 유기화합물 누출시의 조치사항
- 기타 유기화합물 증기에 대한 근로자 노출 방지대책 등

나) 교육

- 채용 시 교육 및 작업내용 변경 시 교육

사업주는 근로자를 채용할 경우 8시간 이상, 작업내용을 변경할 경우 2시간 이상 다음 각 호에서 정하는 내용이 포함된 교육을 실시하여야 한다.

- 산업안전보건법령에 관한 사항
- 설비, 기계 및 기구의 작업안전 점검에 대한 사항
- 기계, 기구의 위험성과 안전 작업방법에 관한 사항
- 근로자 건강증진 및 산업 간호에 관한 사항

- 물질안전보건자료에 관한 사항
- 기타 안전보건관리에 필요한 사항

○ 특별교육

니트로메탄 등 유기화합물을 취급하는 근로자에게는 작업배치 전 다음 각 호의 내용이 포함된 특별안전보건교육을 16시간 이상 실시하여야 한다.

- 당해 작업장에서 사용하는 화학물질에 대한 물질안전보건자료에 관한 사항
- 당해 작업장에서 제조 또는 사용되는 유기화합물의 물리·화학적 특성
- 유기화합물에 의한 중독증상과 건강장해 예방대책
- 공정별 표준작업 요령
- 국소배기장치 및 안전설비에 관한 사항
- 보호구의 사용법 및 관리방법
- 응급처치방법
- 기타 안전·보건상의 조치 등

○ 교육내용의 숙지 및 이행

니트로메탄 등 유기화합물을 취급하는 근로자는 특별안전보건교육 내용을 충분히 숙지하고 이를 성실히 이행하여야 한다.

다) 명칭 등의 게시

○ 니트로메탄 등 유기화합물의 업무를 행하는 작업장에는 명칭, 인체에 미치는 영향, 취급상 주의 사항, 착용하여야 할 보호구, 응급조치 및 긴급 방재요령이 포함된 게시물을 다음 각 호에 적합하도록 작성하여 근로자가 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다.

- 게시물의 재질은 쉽게 파손되지 않는 것으로 한다.
- 게시내용과 글씨는 물 등에 의해 쉽게 훼손되지 않는 것으로 한다.

- 당해 작업자가 쉽게 알아 볼 수 있는 위치에 게시하고 구획된 작업실인 경우에는 각 실마다 게시한다.

라) 물질안전자료(MSDS)의 작성 비치 및 경고표지 부착

- 당해 작업장에서 사용하는 나트로메탄 등 유기화합물을 포함한 모든 유해물질에 대하여 물질안전보건자료를 작성하여 취급 근로자가 쉽게 볼 수 있는 장소에 비치하고 필요시 공정관리요령을 게시하여야 한다.
- 작업자는 게시 또는 비치되어 있는 물질안전보건자료의 내용을 충분히 숙지하여 취급하는 화학물질에 관한 정보를 알고 작업에 임하여야 하며, 취급상의 주의사항 등 물질안전보건자료(MSDS)에 규정된 내용에 따라 화학물질을 취급하여야 한다.
- 유기화합물업무를 행하는 근로자의 안전 · 보건을 위하여 유기화합물이 담겨 있는 용기나 포장에는 경고표지를 부착하여야 한다.



[그림 3-57] 작업장 내에 부착해야할 경고표시 예

1 금 지 표 기	101 출입금지 	102 보행금지 	103 차량통행금지 	104 사용금지 	105 탑승금지 	106 금연 
107 화기금지 	108 물체이동금지 	2 경 고 표 지	201 인화성물질경고 	202 산화성물질경고 	203 폭발물경고 	204 독극물경고 
205 부식성물질경고 	206 방화성물질경고 	207 고압전기경고 	208 메달린물체경고 	209 낙화물경고 	210 고온경고 	210-1 저온경고 
211 몸균형상실경고 	212 레이저광선경고 	213 유해물질경고 	214 위험장소경고 	3 지 시 표 지	301 보안경착용 	302 방독마스크착용 
303 방진마스크착용 	304 보안면착용 	305 안전모착용 	306 귀마개착용 	307 안전화착용 	308 안전장갑착용 	309 안전복착용 
4 안 내 표 지	401 녹십자표지 	402 응급구호표지 	402-1 들것 	402-2 세안장치 	403 비상구 	403-1 좌측비상구 
403-2 우측비상구 	5 문 자 추 가 시 범 례		▶내자신의 건강과 복지를 위하여 안전을 늘 생각한다. ▶내가정의 행복과 화목을 위하여 안전을 늘 생각한다. ▶내자신의 실수로써 동료를 해치지 않도록 하기 위하여 안전을 늘 생각한다. ▶내자신이 일으킨 사고로써 오는 회사의 재산과 과실을 방지하기 위하여 안전을 늘 생각한다. ▶내자신의 방심과 불안정한 행동이 조국의 번영에 장애가 되지 않도록 하기 위하여 안전을 늘 생각한다.			

[그림 3-58] 안전·보건표지의 종류와 형태(제6조제1항 관련)

(2) 건강관리

가) 건강진단 주기

○ 기본주기 및 대상자 : 니트로메탄에 노출되는 작업부서 전체 근로자에 대한 특수건강진단주기는 1년에 1회 이상으로 한다.

○ 집단적 주기 단축 조건

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

- 당해 건강진단 직전의 작업환경 측정결과 니트로메탄 농도가 노출기준 이상인 경우

- 니트로메탄에 의한 직업병유소견자가 발견된 경우

○ 배치 전 건강진단 후 첫 번째 특수건강진단

6개월 이내에 근로자가 개별적으로 실시하되, 배치 전 건강진단 실시 후 6개월 이내에 사업장의 특수건강 진단이 실시될 예정이면 그것으로 대신할 수 있다.

나) 건강진단항목

○ 필수항목

- 직업력 및 폭로력 조사

- 과거병력 조사 : 주요표적장기와 관련된 질병력 조사

- 자각증상 조사 : 문진표 작성내용 확인

- 임상진찰 : 피부에 유의하여 진찰

- 임상검사

• 혈액학적 검사 : 혈색소량, 혈구 용적치

• 요 검사 : 단백뇨

• 간 기능 검사 : 혈청 지오티, 혈청지피티, 감마지티피

○ 선택항목

- 신기능검사 : 요 침사 현미경검사, 단백 뇨 정량, 크레아티닌, 요소질소(BUN)
- 간기능검사 : 총 단백/알부민, 총 빌리루빈, 알칼리 포스파타제(AP), 유산탈수효소(LDH)
- 간염바이러스검사 : B형간염s항원(HBsAg), B형간염s항체(HBsAb), B형간염e항원(HBeAg), B형간염e항체(HBeAb), B형간염c항체(HBcAb), C형간염검사(Anti-HCV), A형간염검사(Anti-HAV)

다) 산업의학적 평가

○ 건강관리구분

- C₁ 판정기준 : 다음의 첫째 또는 둘째에 해당하는 경우
 - ① 임상검사결과 참고 치를 벗어나거나, 임상진찰결과 간, 신장, 호흡기, 중추신경계 등의 이상증후를 보이고
 - ② 작업장 기중농도, 노출기간, 취급방법 등을 고려할 때, 니트로메탄 노출에 의한 것으로 추정되며
 - ③ D₁에 해당되지 않고 관찰이 필요한 경우.
- D₁ 판정기준
 - ① 임상검사 또는 임상 진찰결과, 간 장애, 신장장애, 호흡기장애, 피부장애 또는 신경계장애(중추신경계 및 말초신경계)등이 있고
 - ② 작업장 기중농도, 노출기간, 취급방법 등을 고려할 때, 니트로메탄 노출에 의한 것으로 추정되는 경우.

○ 업무수행 적합 여부 평가

- 업무수행 적합 여부 평가 시 고려해야 될 건강상태

(개인의 건강상태 및 노출정도에 따라 세 가지 범주 중 어느 하나로 판정)

- 중추신경장해가 중한 자, 만성 신부전, 만성 호흡기 질환자, 만성 간질환자, 알코올 중독

○ 사후관리내용

- 배치 전 건강진단에서는 업무수행 적합 여부 평가만을 실시한다.

라) 수시건강진단을 위한 참고사항

근로자가 간 기능 이상, 신장 기능 이상, 폐 기능 이상, 점막 자극, 신경계 이상 등의 증상 및 증세를 보여, 사업주가 수시건강진단의 필요성에 대하여 자문을 요청한 경우 건강진단기관의 의사는 자문에 응하여야 하며, 수시건강진단의 필요성 여부에 대하여 사업주에게 자문 결과 서를 통보하여야 한다.

마) 근로자의 자각증상에 따른 조치

○ 근로자는 오심, 피로감, 두통, 현기증, 불면증, 정신불안정, 식욕부진, 구역, 도취감 등의 자각증상을 인지한 경우에는 안전보건관계자 또는 사업주에게 즉시 통보한다.

○ 근로자로부터 통보를 받은 안전보건관계자는 이를 즉시 사업주에게 통보한다.

○ 보고를 접한 사업주는 즉시 다음의 조치를 취한다.

- 자각증상의 원인조사
- 작업환경상의 문제점 파악
- 당해 근로자의 작업방법 점검
- 파악된 문제에 따른 조치 및 필요시 해당 근로자에 대한 건강진단 조치 등

바) 건강의 유지 및 증진

○ 사업주는 근로자의 신체기능 저하를 예방하고 건강을 적극적으로 유지·증진시키기 위하여 다음과 같은 내용의 건강증진 운동을 자율적으로 추진한다.

- 건강상담실 운영
- 탁구대 등의 간이 운동시설 설치
- 건강교육 실시
- 건강유지·증진운동 프로그램의 제공
- 기타 건강유지·증진을 위해 필요한 지도 및 시설의 설치

○ 근로자는 건강에 관한 자기 책임을 자각하여 스스로 건강한 생활습관을 확립하고 사업주가 시행하는 건강증진 운동에 적극적으로 참여한다.

○ 근로자의 건강을 유지·증진하기 위하여 요구되는 건강교육과 이의 추진을 위한 관리 체제 및 업무의 내용은 다음과 같다.

- 건강측정 : 각 개인의 건강상태를 정확히 파악하기 위해 의사의 지시에 따라 생활 상황조사의 의학적 검사, 운동기능검사 등 건강측정을 행한다.
- 운동지도 : 건강특정 결과에 따라 의사가 개개인에 대하여 정한 운동의 종류, 운동의 강도, 운동시간, 운동 빈도, 등의 프로그램에 의거 전문가의 지도를 받아 행한다.
- 정신건강관리 : 건강측정결과에 따라 정신 건강관리가 필요하다고 판단되는 경우 또는 생활상황 조사 시 본인이 희망하는 경우에 의사의 지시에 따라 행한다.
- 영양지도 : 건강측정결과 식 생활에 문제가 있다고 인정되는 근로자는 영양사나 의사의 지시에 따라 실시한다.
- 보건지도 : 근무형태나 생활습관이 잘못되어 발생하는 건강상의 문제를 해결하기 위하여 건강측정 결과에 의거 의사가 작성한 내용에 따라 수면, 흡연, 음주, 구강보건 등 보건지도를 실시한다.

자. 화학 실험실에서의 관리⁷³⁾

○ 염료, 안료, 농약제조 공정에서는 니트로메탄을 원료의 용해를 위해 반응로에 주입하고 일정시간을 반응한 후에 니트로메탄의 함유량 및 미 반응 물질의 확인을 위해 소량의 샘플을 채취하여 실험실에서 분석을 하게 되며, 또한 니트로메탄의 재사용을 위해 순도 체크를 위한 실험실 내의 작업이 일정시간 동안 이루어지고 있으므로 실험실 근로자의 건강장해 예방을 위한 별도의 관리 방법을 제시한다.

(1) 개념

○ 실험실은 유해물질이 비교적 소량으로 비생산적 토대에서 사용되는 곳이다. 실험실에서는 제조업체와는 달리 소량으로 다양한 물질에 노출된다는 특징이 있고 유해성이 알려져 있지 않은 새로운 물질에 대한 실험과, 위험성이 알려져 있지 않은 새로운 종류의 실험을 수행하기도 한다. 이러한 화학물질을 다루는 실험실뿐만 아니라 다양한 공학적, 기계물리학적, 생물학적, 방사선취급 실험실에서도 제조업체에서와 같은 종류의 실험들이 수행되고 있으며 새로운 방법의 적용과 개발이 선행되기도 한다. 따라서 제조업체에서와 같은 안전 수칙과 더불어 더 강조되어야 할 실험실적 안전사고들에 대한 대책과 안전이 요구된다. 그러나 실험실의 목적이 상업적이든 교육이나 연구자체에 있든 실험실에서의 안전과 보건은 소규모라는 이유로 쉽게 간과되어 왔다.

따라서 실험실에서의 안전보건은 어떠한 실험을 계획하는 단계에서부터 고려되어야 하며 실험 목적과 과정은 비교적 구체적으로 계획단계에서 세워지지만 실제 실험에 들어가서 접할 수 있는 여러 가지 위험요소들은 실험자 자신이 미처 생각하지 못하는 경우가 많다. 이러한 사항이 계속적으로 반복되는 실험인 경우에서나 새로운 시도로 하게 되는 실험 모두에서 발생한다. 실험장비의 사용이나 실험

기구, 화학약품 등 다양한 요인들에 대해서 가능한 안전보건 인식과 조치를 이해하고 실험실내의 다른 사람들과도 충분히 공유되어야 한다.

- 건강 장해예방대책은 작업환경관리, 작업관리, 건강관리의 세 가지를 종합한 보건 위생관리가 기본이다. 여기에 보건위생교육을 실시해서 바르게 이해시키고 실천하도록 해야 하는데 화학실험실의 작업자는 오히려 보건위생관리에 소홀하기 쉬우므로 이점에 주의해야 한다.

(2) 작업환경관리

- 화학실험실의 작업환경관리에 있어서 그 첫째는, 환경측정을 해서 실태를 파악하고 작업환경에서 유해물질을 제거하여 작업원이 유해물질에 폭로되는 것을 방지해야 한다. 그러나 실제로 실험실 업무에서는 폭로방지를 위해서 격리나 밀폐를 시킨다는 일은 거의 불가능하므로 취급물질의 대체사용, 작업과정이나 방법을 변경함으로써 유해물질의 발산과 비산, 확산을 억제할 수가 있을 것이다. 또 국소배기장치를 설치하고 효과적으로 이용함으로써 작업환경중의 유해물질 농도를 저하시켜 가능한 한 작업자가 유해물질에 폭로되지 않도록 연구해야 한다.

가) 흡 후드의 설치

- 위험 화학물질에서 발생하는 증기 및 가스를 포집하고, 저장하며 제거해주는 것이 후드이다. 일반적으로 실험실내에서 모든 화학물질에 대한 실험은 후드 내에서 수행하는 것이 좋다. 위험물질의 방출이나 유출은 대체로 예견할 수 있으나 어떤 실험실에서는 뜻밖의 사태가 발생할 수 있다. 그러므로 증기후드의 용량은 충분하게 준비하는 것이 좋으며 후드는 사용 전에 검사체크리스트에 따라 검사한다. 어떤 실험실은 염소산을 사용할 수 있으며 이러한 물질을 사용할 때에는 염소산 결정 폭발의 원인이 될 수 있다. 여기에는 특수한 후드 즉 염소산용 후드를 사용해야 하고, 후드는 결정구성을 못하게 하는 장치를 내장하고 있다.

실험실 후드의 목적은 실험실내부의 오염을 방지하는 것으로 실험실로부터 작

업자를 거쳐서 후드방향으로 공기를 빼내는 작업으로 이루어진다. 작업자가 실제로 호흡하는 지역의 오염물질 농도를 가능한 최소로 유지해야 하며 후드의 성능은 아래의 주요 사항들에 따라 결정된다.

후드 입구의 제어풍속 $0.4\sim0.5\text{m/s}$ 는 실험실 오염물질을 억제하는데 적합하며, 다른 성능과 함께 적합 판정결정의 주요인이다. 제어풍속은 분무입자의 운동에너지, 가스 및 증기의 분자확산운동, 후드의 내외에서 발생하는 모든 다른 운동들을 극복할 수 있어야 하며 후드입구에서의 공기 운동벡터는 입구 면에 수직이고 안쪽으로 향하여야 한다.

후드의 성능을 좌우하는 실험실내 공기흐름효과는 후드의 위치와 공기공급시스템의 영향에 관계되며 후드의 위치는 문, 창문, 보행자로부터 떨어져 있어야 한다. 이러한 사항들은 후드입구의 풍속보다 더 큰 속도를 가진 공기의 흐름을 발생시킬 수 있으며 후드로부터 오염공기를 제거하거나 배출하기를 어렵게 만든다. 천정이나 벽에 붙어있는 환풍기 같은 것에서 들어오는 공기는 후드의 성능에 도움이 되도록 조절되어야 하며 영향범위에 들어오기 전에 에너지를 상실하도록 되어야 한다. 후드의 입구에서 이러한 외부 공기흐름이 $0.1\sim0.13\text{m/s}$ 를 초과하지 않도록 한다(후드작동을 끄고 측정한다). 만약 이러한 범위에 만족된다면 $0.4\sim0.5\text{m/s}$ 의 제어풍속을 가진 시스템이 적합하다는 판정이 유효하게 된다.

후드 앞에서 일하는 작업자는 주위에 흐르는 공기를 난류로 만들며 공기흐름의 성질변화에 커다란 영향을 미친다. 작업자 앞부분이 낮은 압력을 유지하지 않으면 후드의 오염물질 배출성능을 심각하게 저하시킬 수 있으므로 작업자를 최소화하는 것이 주변 공기흐름을 적정하게 하고 후드입구의 포집속도를 성공적으로 유지할 수 있다.

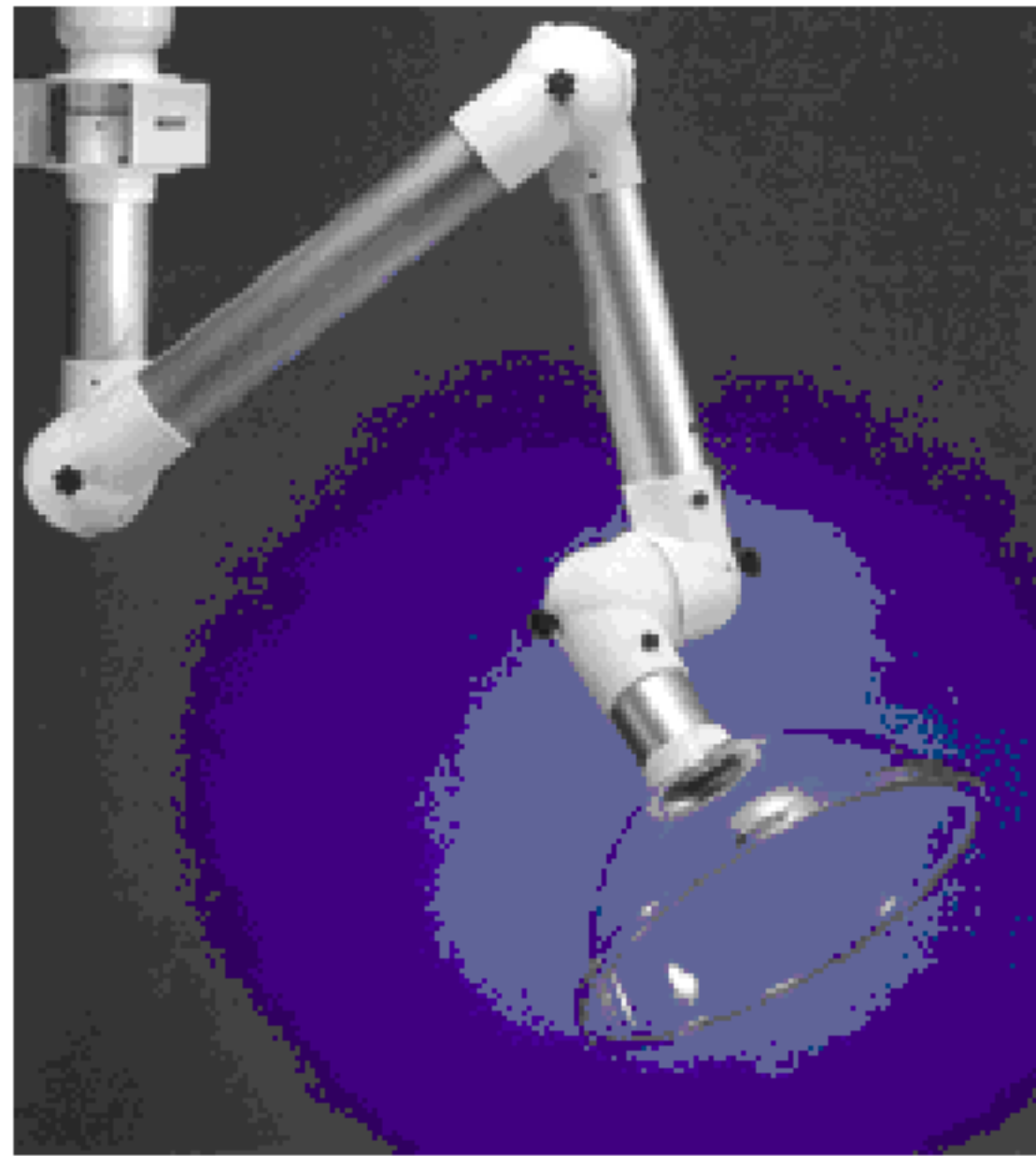
○ 후드 내부에서의 난류 방지

- 공기가 후드 안으로 들어가면 설비와 오염원을 통과하여 배출구 쪽으로 빨리 들어간다. 공기의 흐름이 올바른 방향으로 유지되고 오염을 억제시키기에 필요한

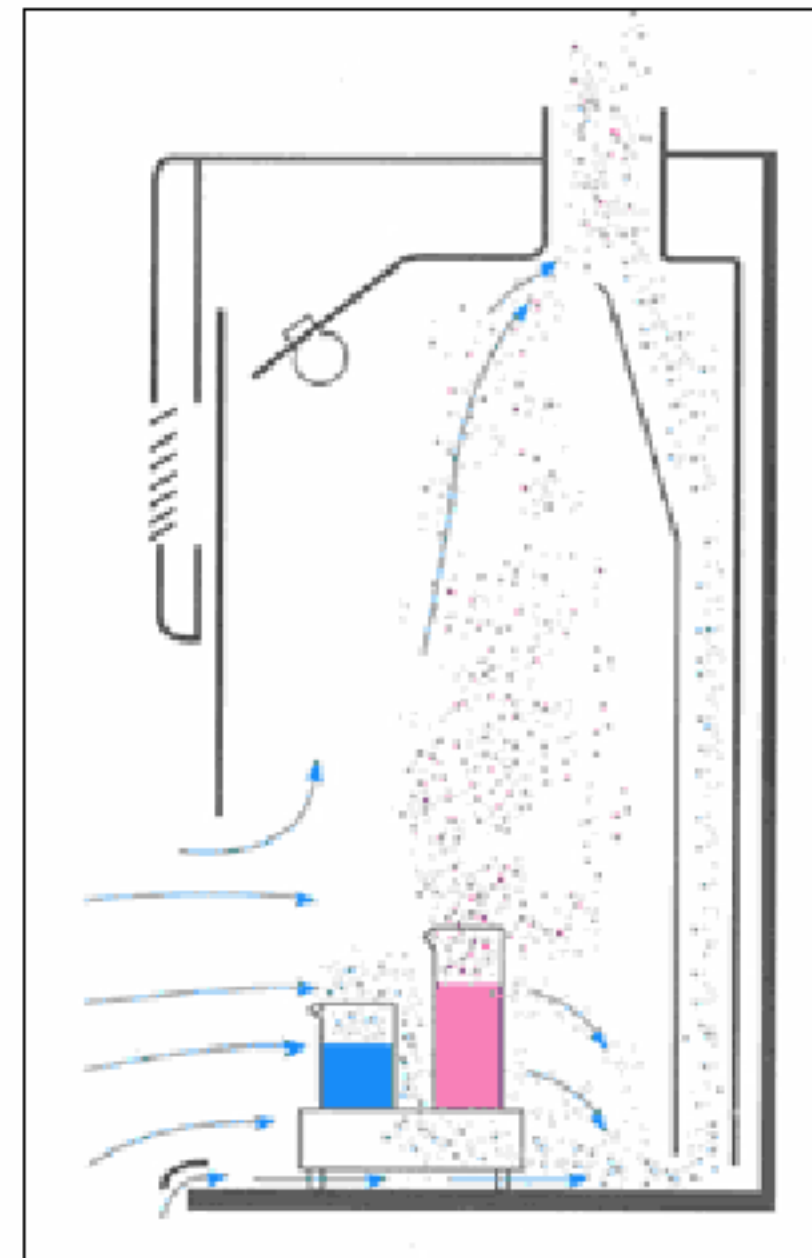
양보다 크게 되면 후드 챔버 안에 과도한 난류로 회전효과가 발생된다. 이것은 후드입구에 있는 실내공기와 오염공기를 과도하게 혼합시키게 된다. 잘못된 실험실 후드의 배치는 난류를 일으켜 실내의 오염공기를 확산시키는 결과를 일으킬 수 있다. 이러한 이유로 단지 공기의 흐름을 증가시키는 것 만 으로는 불량후드의 성능을 개선시킬 수는 없다.

○ 흡 후드의 유지 및 관리방법

- 흡 후드는 규정에 맞추어 설치되어야 한다.
- 후드는 항상 양호한 상태로 유지되어 반복사용이 가능해야 하며 후드나 배기 장치에 이상이 생겼을 경우에는 즉시 수리를 의뢰하고 수리중이라는 표지를 한다.
- 실험실 작업자들은 후드내의 물질에서 배출되는 냄새를 맡을 수 없어야 한다. 만약 냄새가 감지되면 배기 팬이 작동되는지 점검하고, 후드의 작동상태가 양호하지 않으면 설비 관리담당자에 신고한다.
- 후드배기가 안될 경우의 비상 대응조치사항을 작성해 놓는다.
- 후드 안에서 화학물질을 가지고 작업할 때에는 필요한 보호의를 착용하며 추가로 보호 장갑, 보안경, 실험용코트, 안면보호구 등을 착용하여 화학물질의 반응으로부터 보호되어야 한다.
- 고체나 물질이 후드 뒤에 연결된 배기 덕트 안으로 들어가지 않도록 하며 덕트나 팬에 물질이 축적되어 막힐 수 있다.



(a) 국소배기장치(후드)



(b) 흡 후드와 배기구조

[그림 3-59] 시험실 용 흡후드와 국소배기장치의 예

나) 화학물질 저장설비

○ 실험실내에는 가연성 및 부식성물질의 저장을 적게 제한하여야 한다. 실험실내에 저장할 경우에는 물질에 적합하게 제작된 통풍이 되는 캐비닛에 저장되어야 한다.

- 화학약품은 결코 알파벳순이나 가나다순 등 이름분류로 저장해서는 안된다. (이미 안전한 상태로 분류되어 있는 경우는 예외) 이러한 시스템은 양립할 수 없는 화학약품이 나란히 위치하게 될 위험이 크다.

- 양립할 수 없는 약품들을 나란히 두지 않아야 한다.

- 캐비닛 밖에 놓아두는 화학약품은 최소로 줄여야 한다.

- 화학약품 저장 캐비닛의 통풍구 뚜껑은 캐비닛이 통풍시스템에 부착되기 전에는 제거하지 않는다.

- 유리 상자에 저장된 것은 가능한 캐비닛 선반의 제일 하단부에 보관한다.

○ 캐비닛의 형식

- 가연성액체용 캐비닛 : 가연성 및 인화성액체 저장용

- 산, 부식물질용 캐비닛 : 내 부식성 재질 캐비닛

- 대용량 저장 캐비닛 : 실험실 밖에서 가연성 및 부식성 액체를 저장하는데 사용가능



(a) 밀폐형 시약장



(b) 배기형 시약장

[그림 3-60] 화학약품 시약장의 예

다) 개별저장용기

○ 화학약품을 저장하는 용기를 선택할 때에는 약품과 양립할 수 있는가에 따른다. 안전한 용기는 크기를 20리터 이하로 제한하며 용기는 꼭 막을 수 있는 뚜껑, 배출구 덮개를 가지고 있어야 하고 용기내부에는 생성되는 압력을 안전하게 배출시킬 수 있도록 되어 있어야 하며, 유리용기를 구매할 때에는 폭발위험을 최소화할 수 있도록 밴트 캡이 부착된 것으로 한다.

(3) 작업관리

○ 환기장치 등의 설비가 설치되어 있다 하더라도 작업방법이 올바르게 실시되지 못하면 효과가 감소된다.

화학실험실에서의 작업관리는 작업의 특이성과 각 작업자가 화학전문가라는 점에서, 관리자의 지도감독을 받는 일 뿐 아니라 각자가 적극적으로 유해물질의 인체에 대한 영향 등을 인식하여 바른 작업을 실시하도록 해야 한다.

○ 화학약품의 안전한 취급요령

어떤 약품을 사용하든지 맨 먼저 해야 할 일은 제조자에 의해 표시된 위험성과 취급 시 주의사항과 응급조치법을 숙지하고 있어야 한다.

- 운반 : 화공약품을 손으로 운반할 때 넘어지거나 깨지는 위험을 막기 위해서는 운반용 양동이나 운반용기에 넣고 운반한다. 바퀴가 달린 수레로 운반할 때는 고르지 못한 평면에서 튀거나 갑자기 멈추지 않는 고른 회전을 할 수 있는 바퀴를 가진 것이어야 한다. 적은 량의 가연성 액체를 안전하게 운반하기 위해서는 증기를 발산하지 않는 내압성 보관용기로 운반해야 하며 화공약품은 옆질러지거나 넘어질 수 있으므로 용기를 개봉한 채로 운반해서는 안된다.

- 저장 : 모든 화공약품은 특별한 저장 공간이 있어야 한다. 약품의 명칭, 소유자, 구입날짜, 위험성, 응급절차를 나타내는 라벨을 부착하여 한다. 일반적으로 위험한 물질은 직사광선을 피하고 냉소에 저장하며, 이종이상의 물질을 혼입하지

않도록 함과 동시에 화기, 열원으로부터 격리해야 한다. 저장소에 보관 중에는 창을 통한 환기가 잘 되도록 하며 점화 원을 제거토록 한다. 다량의 위험한 물질은 법령에 의하여 소정의 저장고에 종류별로 저장하고, 또한 독극물은 약품 선반에 자물쇠를 잠가 보관하여야 한다. 특히 위험한 약품의 분실, 도난 시는 사고가 일어날 우려가 있으므로 담당책임자에게 보고하여야 한다.

- 취급 및 사용 : 사용한 물질의 성상, 특히 화재, 폭발, 중독의 위험성을 잘 조사연구 한 이후가 아니면 물질을 취급해서는 안된다. 위험한 물질을 사용할 때는 가능한 한 소량을 사용하고, 또한 미지의 물질에 대해서는 예비시험을 할 필요가 있다. 위험한 물질을 사용하기 전에 재해 방호수단을 미리 생각하여, 만전의 대비를 해야 한다. 화재 폭발의 위험이 있을 때는 방호면, 내열보호복, 소화기 등을 준비하고, 중독의 염려가 있을 때는 장갑, 방독면, 방독복 등을 구비 또는 착용하여야 한다. 유독한 약품 및 이러한 물질을 함유하고 있는 폐기물의 처리는 수질 오염, 대기오염을 일으키지 않도록 충분한 배려를 해야 한다.

(4) 개인건강관리

가) 실험실에서 혼자 작업금지

개인은 적절한 응급조치가 가능한 상황에서만 실험을 해야 하며 사고발생시 다른 사람의 도움을 받을 수 있을 때 실험을 하고, 인근에 다른 사람이 실험을 하고 있다면 실험하는 장소를 그들에게 알려주고 서로 상호간에 상대방을 확인할 수 있도록 한다.

나) 눈 보호

화학약품을 사용하는 실험에서는 약품이 튀거나 넘어져 눈에 들어갈 위험이 있으며, 가압된 진공용기는 폭발하거나 파열될 수 있다. 전기용접을 할 때는 파편과 광선 때문에 위험하며, 인스트론으로 샘플을 시험할 때는 파편들이 눈으로 들어

갈 수 있다. 이러한 실험을 할 때 실험자는 보안경, 고글, 보안면을 사용하여야 한다. 대부분 실험은 단지 보안경을 사용하면 되지만 특수한 화학물질 취급 시에는 약품용 보안경 또는 보안면을 착용하여야 한다.

다) 호흡기관 보호

개인보호 마스크는 여러 상황에서 사용할 수 있도록 종류와 크기가 많으므로 자신에게 적절한 것을 선택한다. 천으로 된 마스크는 작은 먼지를 보호할 수 있으나 화학약품에 의한 분진으로부터는 보호하지 못하므로 독성이 있는 물질을 취급하는 장소에서 사용하여서는 안된다.

라) 의복

약품이 튀거나 넘어질 수 있는 상황에서는 가운, 보안경, 보안면, 앞치마를 착용하는 것이 좋고, 안전장갑은 부식성이거나 쉽게 피부에 흡수되는 약품을 취급할 때 필요하다. 짧고 앞에 발가락이 보이는 신발은 실험실에서 적합하지 않으며 실험실에서는 긴 머리, 긴 옷, 반짝이는 보석을 착용하는 것은 금물이다.

마) 손 보호

장갑을 착용해야하는 실험을 할 경우에는 실험에 적합한 장갑을 착용하여야 한다. 장갑에는 여러 가지 종류가 있고 쓰임새도 다양하며 적절한 장갑을 착용하지 않는다면 그 장갑은 손을 보호하는데 아무런 도움이 될 수 없다.

바) 기타

실험실 안에서 음식, 음료의 섭취는 금하도록 하며 실험실을 떠날 때는(퇴실시) 반드시 손과 발을 씻는다.

(5) 건강관리

과거의 건강관리는 정기건강진단에 의해서 조기에 질병을 발견하고 치료해서 직장에 복귀할 수 있도록 하는 질병 관리적 건강관리였으나 현재에 와서는 환경 관리 및 작업관리와 연관 지어 개인건강과의 관련성에 주목하고 나아가서 질병발생을 미연에 방지하기 위한 폭넓고 세밀한 내용을 지니고 있어야 한다. 그러므로 개인의 일상생활에서의 관리까지도 포함된다고 할 수 있다.

건강관리의 첫째는 정기건강진단 이외에 유해업무종사자에 대해서 고용 시 및 배치전환 시와 그 후 6개월 이내마다 특수건강진단을 실시하는 일이다. 화학실험실에서 근무하는 자는 대부분이 유기용제나 특정 화학물질을 취급하고 있으며 이와 더불어 분진, 연, 전리방사선에 관한 업무도 취급하는 일이 있기 때문에 규정에 따른 항목에 대해서 특수건강진단을 받도록 해야 한다. 그래서 이 자료를 기초로 계속적으로 작업자의 건강 상황을 관찰하고, 환경관리, 작업관리의 자료와 종합하여 보건위생관리를 해야 한다.

이상은 화학실험실에서의 유해물질을 취급하는 자의 건강관리에 대한 일반원칙을 나타내었으며 이외에도 작업에 따라서는 자세를無理하게 장시간 지속하거나 눈을 고도로 사용하기도 하며, 또 상지의 반복동작이나 상지를 일정한 위치에서 유지해야 하는 동작을 계속하는 작업도 있으므로 경견완장해나 요통에 대한 예방 대책도 함께 다루어져야 한다.

(6) 보건위생교육

화학실험실의 특징으로서 비교적 개인 작업이 많은 업무이기 때문에 지도감독이 때로는 불충분하고, 작업순서나 위생관리상 주의가 지켜지지 않는 경우가 있다. 이것은 작업자 각자가 전문가라는 의식과 함께 독자적으로 연구결과에만 집

중하는 나머지 관리상 제반사항을 잊어버리는 경향이 많기 때문이다.

그러므로 유해물질의 유해성, 주의사항, 예방대책을 지식으로만 알고 있을 것이 아니라 항상 작업 중에 적용시켜 가도록 지도, 교육해야 한다. 교육은 작업자에 대한 집단 man to man교육을 함으로써 효과를 얻을 수 있다.

(7) 기타관리

가) 누출방지 대책

사업장내 독성물질의 저장 및 취급량을 최소화하고 독성물질을 취급 저장하는 설비의 연결부분은 누출되지 아니하도록 밀착시키고 매월 1회 이상 연결부분의 이상 유무를 점검해야 한다. 독성물질을 폐기처리 하여야 하는 경우에는 냉각, 분리, 흡수, 소각 등의 처리공정을 통하여 당해 독성물질이 외부로 방출되지 아니하도록 한다. 독성물질의 취급설비의 이상 운전으로 인하여 당해 독성물질이 외부로 방출될 때에는 저장, 포집 또는 처리설비를 설치하여 완전하게 회수할 수 있도록 한다. 독성물질을 취급하는 설비의 작동이 중지된 때에는 작업자가 쉽게 알 수 있도록 필요한 경보설비를 작업자로부터 가까운 장소에 설치하고 독성물질이 외부로 누출된 때에는 감지, 경보할 수 있는 설비를 갖춘다.

나) 세안장치

세안장치는 눈에 화학물질이 접촉되었을 때 효과적으로 처리할 수 있는 설비이다. 세안장치는 실험실내의 모든 인원이 쉽게 접근하고 사용할 수 있도록 준비되어 있어야 하며 그 장치는 실험실의 모든 장소에서 15m이내, 또는 15~30초 이내에 도달할 수 있는 위치에 확실히 알아볼 수 있는 표시와 함께 설치되어 있어야 한다.

실험실 작업자들은 그들의 눈을 감은 상태에서 가장 가까운 세안장치에 도착될 수 있어야 한다(눈 부상은 일시적으로 안보일수 있다).

눈 부상은 보통 피부부상을 동반하게 되기 때문에 세안장치는 샤워 장치와 같이

붙어있어서 눈과 몸을 같이 씻을 수 있도록 한다.

○ 사용 및 유지

- 물 또는 눈 세척제는 눈을 향하게 하는 것 보다는 코의 낮은 부분을 향하도록 하는 것이 좋다. 이것은 화학물질을 눈으로부터 씻어내는 효과를 증가시켜 준다. (거친 물줄기는 눈안 깊은곳의 입자들을 씻어낼수 있다)

- 눈꺼풀은 강제적으로 열리도록 하여야 눈꺼풀 뒤도 효과적으로 세척할 수 있다.

- 코의 바깥쪽에서 귀 쪽으로 세척하여야 씻겨 진 화학물질이 거꾸로 눈 안이나 오염되지 않은 눈으로 들어가는 것을 피할 수 있다.

- 물 또는 눈 세척제로 최소 15분 이상 눈과 눈꺼풀을 씻어낸다.

- 유해한 화학물질로 오염된 눈을 씻을 때에는 가능한 빨리 콘택트렌즈 등은 벗겨낸다.

- 피해를 입은 눈은 깨끗하고 살균된 거즈로 덮는다.

- 병원이나 구급 대(119)에 전화하고 세안장치는 매 6개월마다 점검한다.

- 수직형의 세안장치는 공기 중의 오염물질로부터 노즐을 보호하기 위한 보호 카바를 설치한다.

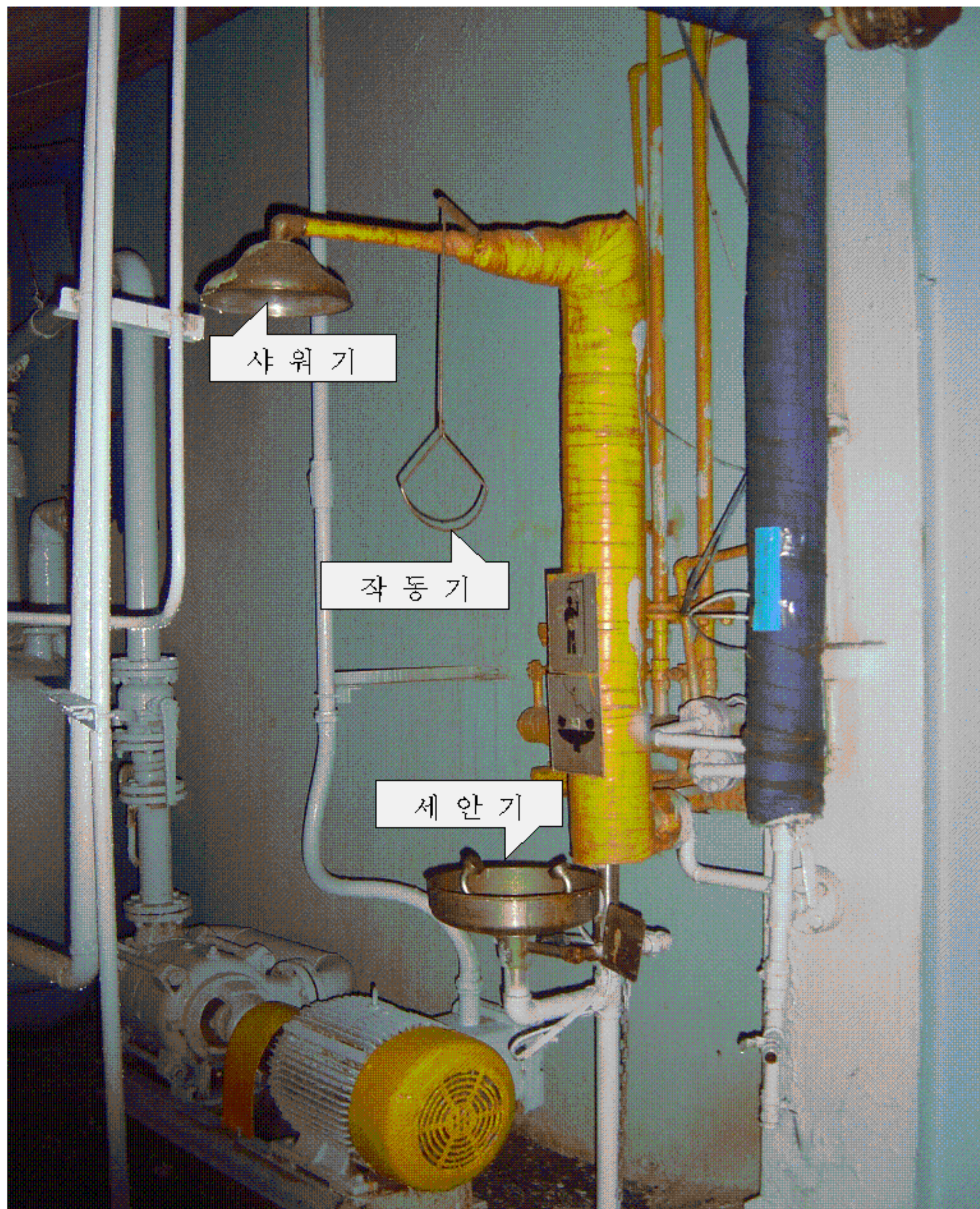
○ 세안장치의 형식

- 지체저장 중력분출 식 : 배관 공사를 할 수 없는 실험실에서 사용된다.

- 수도꼭지 설치 식(핀이나 누름 판 작동) : 손으로 작동하는 동안 계속 물이 흐르며 수도꼭지를 세안장치로 변경시킬 수 있다.

- 실험실 작업대 형 : 작업대위에 압착형 손잡이가 붙은 스프레이 장치를 설치하여 사용할 수 있다.

- 회전식 세안장치 : 작업대 위 혹은 구석의 싱크대 부근에 설치하며 90도로 회전할 수 있어 싱크대 위에서도 사용할 수 있고 물을 받기 위해 밖으로 뺄 수도 있다.



[그림 3-61] 샤워 및 세안을 동시에 가능한 설비



[그림 3-62] 수도꼭지 설치 식 세안설비

다) 샤워장치

○ 화학물질이 피부나 옷에 튀거나 묻었을 때 샤워 장치로 이것을 씻어낸다. 샤워 장치는 화학물질(예 : 산, 알칼리, 기타 부식성물질)이 있는 곳에는 반드시 설치하여야 하며 모든 사람들이 이용할 준비가 되어 있어야 한다.

○ 사용 및 유지

- 샤워 장치는 접근 가능한 위치에 설치하고 알기 쉽도록 확실한 표시를 한다. 이 장치는 실험실의 모든 작업대에서 15m 이내, 또는 15~30초 이내에 도달할 수 있어야 한다.

- 실험실 작업자들이 그들의 눈을 감은 상태에서 샤워 장치에 도달할 수 있어야 한다. (비상상태에서는 임시적인 맹인이 될 수 있다.)

- 샤워 장치는 쥐고 당길 수 있는 사슬이나 삼각형 손잡이로 작동되게 하다.

- 잡아당기는 장치는 모든 사람의 키에 맞도록 높이를 조절하고 항상 사용가능하게 유지되어야 한다.

- 샤워 장치에서 쏟아지는 물줄기는 몸 전체를 덮을 수 있어야 한다.

- 샤워장치가 작동되는 동안 혼자서 옷을 벗고 신발이나 장신구를 벗을 수 있어야 한다.

- 샤워 장치는 전기 패널이나 전선의 입구 등에서 떨어진 곳에 위치하여야 한다.

- 모든 조건이 적합하다면 샤워 장치는 배수구 근처에 설치하는 것이 좋다.

○ 샤워장치의 형식

- 천정/벽 부착 형 : 천정에서 수직배관을 연결하거나 벽에서 수평배관으로 머리위에 설치되어 계속적으로 물을 공급한다.

- 작업대에 설치된 호스 형 : 손으로 조작하여 상처부위를 빠르게 씻어낼 수 있는 장치이다.

- 바닥에 설치한 비상조합형 : 세안설비와 샤워설비가 같이 설치되어 있다.



[그림 3-63] 바닥에 설치한 비상조합형 샤워 및 세안설비

라)폐기물 처리

○ 실험실 폐기물의 종류는 다양하지만, 이것을 배출함에 있어 여러 가지의 법령에 의해 규제를 받는다. 특히 화학물질은, 근로자들의 건강에 어떤 형태로든 관계가 있으므로 환경오염방지의 입장에서, 아주 미량이라도 유해물질을 자연수역 또는 대기 중에 방출함이 없도록 적당한 처리를 해야 한다.

일반적으로 실험실에서의 폐액은 산업폐액과 비교하여 양적으로는 적으나, 종류가 많고 더욱이 조성이 수시로 변화하므로, 이들을 일괄 집중하여 처리하는 것보다 실험실마다, 그 성질에 따라 개별적으로 처리하는 것이 바람직하다. 따라서 이때 폐액의 회수처리는 필연적으로 실험자 한 사람 한 사람에게 맡기게 되므로 각자는 부주의 물론, 오 조작 또는 사고 등에 의하여 유해물질을 유출하지 않도록 충분한 주의를 해야 함과 동시에 공해방지에 대한 인식을 깊이하고 실험자 자신이 가해자가 되든가, 또는 피해자가 되는 일이 없도록 대처해야 한다.

○ 수집 운반상의 일반적 주의

- 화학폐기물 수집 용기는 반드시 운반 및 용량 측정이 용이한 플라스틱 용기를 사용하여야 한다. Can용기는 장기간 보관 시 부식되어 폐액의 유출에 따른 안전사고의 위험이 있고, 유리용기는 장거리 운반 시 파손에 따른 위험이 있으므로 사용을 금지한다. 수집용기 외부에는 부서명과 호실, 전화번호, 품명, 특성 및 주의사항 등을 기록한 “특정폐기물” 스티커를 부착한다. 화학폐기물을 수집할 때는 폐산, 폐 알칼리, 폐 유기용제(할로젠족, 비 할로젠족)폐유 등 종류별로 구분하여 수집하여야 하며, 절대로 하수구나 싱크대에 버려서는 안된다. 수집한 화학폐기물 용기는 직사광선을 피하고 통풍이 잘되는 곳을 “폐기물 보관 장소”로 지정하여 보관하여야 하며 복도, 계단 등에 방치하여서는 안된다. 화학폐기물 취급 및 보관 장소에는 “금연”, “화기취급엄금” 표지와 “폐기물 보관수칙”을 부착한다. 시약공병은 깨지지 않도록 기존 BOX에 넣어 폐기물 보관 장소에 보관한다. 수집 및 보관된 화학폐기물 용기는 폐액의 유출과 악취가 발생되지 않도록 2중 마개를 닫는

등 필요한 조치를 하여야 한다. 수집된 폐기물을 운반할 때는 손수레와 같은 안전한 운반구 등을 이용하여 운반한다. 방사성 물질을 함유한 폐기물은 별도 수집하며, 정해진 처리규정에 따라 누설되지 않도록 엄격히 처리해야 한다.

○ 처리상의 일반적 기준

- 폐액에 의하여서는, 처리 중 유독가스의 발생, 또는 발열, 폭발 등의 위험을 동반하는 일이 있으므로 처리 전에 폐액의 성질을 충분히 조사하고, 첨가하는 약재를 소량씩 넣는 등 주의하면서 처리해야 한다. 다음의 폐액을 서로 혼합하여서는 안된다.

- ① 과산화물과 유기물
- ② 시안화물, 황화물, 차아염소산염과 산,
- ③ 염산, 불화수소 등의 휘발성산과 비 휘발성산
- ④ 진한 황산, 설펡산, 옥살산, 폴리인산 등의 산과 기타 산
- ⑤ 암모늄염, 휘발성 아민과 알칼리

악취가 나는 메르캡탄, 아민 등의 폐액과 유독가스를 발생하는 시안, 포스젠 등의 폐액 및 인화성이 강한 이황화탄소, 에테르 등의 폐액은 누설되지 않도록 적당한 처리를 강구하여 조기에 처리한다. 과산화물, 니트로글리세린 등의 폭발성 물질을 함유하는 폐액은 보다 신중하게 취급하고 조기에 처리한다. 착이온, 킬레이트 생성제 등을 포함한 폐액은 간단한 제거제로는 처리가 어려운 경우가 많으므로 적당한 처리를 강구하여 일부가 무 처리 상태로 방출되는 일이 없도록 주의한다. 시안분해를 위해 차아염소산나트륨의 첨가에 의한 유리염소, 황화물 침전 법에 의한 수용성 황화물 등에 의해 처리후의 폐수가 유해하게 될 때도 있다. 따라서 이것들을 더욱 후처리할 필요가 있다. 유해물질이 부착된 거름종이, 약봉지, 폐 활성탄을 적당히 처리한 후에 잔사를 보관한다. 폐액처리에 필요한 약제를 절감하기 위해 폐 크롬산 혼액을 유기물의 분해에 사용하고, 폐산, 폐 알칼리를 각각 중화제로 이용하는 등 적극적인 폐액의 이용을 고려한다. 크롬산혼액 등 유해폐액

을 배출하는 약제 대신에 무해 또는 처리가 용이한 대체품을 적극적으로 이용한다. 메탄올, 에탄올, 아세톤, 벤젠 등 비교적 다량으로 사용하는 용매는 원칙적으로 회수 등을 이용하여, 잔사를 처리한다.

9. 규제영향분석¹⁴⁵⁾¹⁴⁶⁾¹⁴⁷⁾

가. 노출기준 제·개정의 필요성

규제영향분석(RIA : regulatory impact analysis)은 규제로 인하여 국민의 일상생활과 사회·경제·행정 등에 미치는 제반 영향을 객관적이고 과학적인 방법을 사용하여 미리 예측·분석함으로써 규제의 타당성을 판단하는 기준을 제시하는 것이며(행정규제기본법 제2조1항5호), 불필요하고 불합리한 규제의 신설을 방지하고, 합리적인 규제수단과 대안을 탐색하여 기존규제의 합리적인 개선을 유도하는데 그 목적을 둔다. 규제영향분석은 특정한 규제대한의 효과들을 체계적·실증적인 방법으로 분석하여 정책결정의 객관적 근거를 전달하고 이해시키는 일련의 과정으로서, 규제영향분석의 제도화는 정책의 효율성과 정책과정의 합리성을 증진시키는 핵심적인 요소로 작용할 수 있다.

(1) 규제의 정의

노동부장관은 근로자의 건강장해를 유발하는 유해인자의 노출기준을 정해야 하며(법 제 39조), 노출기준을 정할 때는 유해인자에 의한 건강장해에 관한 연구실태 조사결과 및 유해·위험성의 평가결과, 노출기준적용에 관한 기술적 타당성을 고려하여야 한다(시행규칙 제 81조의2). 한편, 사업주는 인체에 해로운 작업을 행하는 작업장에 대해서는 정기적으로 작업환경측정을 하고 측정결과에 따라 근로자의 건강을 보호하기 위하여 당해 시설 및 설비의 설치 또는 개선 등 적절한 조치를 하여야 함(법 제42조), 따라서, 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준은 작업환경평가와 근로자의 보건 상 유해하지 아니한 기준을 정함으로써 유해요인

으로부터 근로자의 건강을 보호하는데 기여하며, 작업장에서의 유해요인에 대한 작업환경개선 기준과 작업환경측정 결과의 평가기준으로 사용할 수 있다.

(2) 규제 의 필요성

니트로메탄에 대한 노출기준이 1983년 설정된 이후 합리적 노출기준의 제안 및 과학적·기술적 근거 등의 연구를 통해 설정된 것이 아니라 미국 ACGIH의 기준을 여과 없이 채택한 이후 오랜 기간 동안 검토가 없었던 반면, 미국 ACGIH는 매년 연구를 통해 노출기준을 개정하고 있다.

최근 산업의 발달로 인해 근로자의 노출수준이 낮아지고 있으나, 선진 외국의 산업보건전문기관의 연구결과 현재 노출기준이하의 낮은 농도에서도 건강장해가 발생할 수 있다는 새로운 연구결과가 발표되고 있다. 이에 따라 스웨덴, 영국 등 일부 선진국은 경제적 위상과 직업병 발생 등에 따른 사회적 분위기에 편승해 강화된 ACGIH의 최신 노출기준을 채택하여 자국민 근로자의 건강을 보호하기 위한 조치를 취하고 있는 실정이다. 따라서 우리나라의 경우도 니트로메탄 취급자의 평균 농도가 1.829ppm이고 ACGIH의 노출기준을 초과하지는 않았으나 잠재적 건강장해 위험성이 매우 높은 것을 고려해 볼 때, 현재의 노출기준으로는 근로자의 건강을 보호하기 어려운 상황임을 감안하여 잠재적인 민감성을 가지고 있는 니트로메탄의 노출을 가능한 낮게 유지할 수 있도록 개정이 필요한 실정이다.

(3) 규제 의 목표 설정

○ 니트로메탄의 노출기준을 선진국 수준으로 개정하여 니트로메탄 취급 근로자들의 직업병 발생을 최소화 하고자 함.

- TLV-TWA : 20ppm(50mg/m³) : 개정

<표 3-11> 선진외국의 노출기준 종합

국가	단위	한 국	미 국		스웨 덴	영 국
			OSHA	ACGIH		
		TWA	TWA	TWA	TWA	TWA
노출기준	ppm	100	100	20	20	100
	mg/m ³	250	250	50	50	254

나. 노출기준 제·개정의 실현 가능성

(1) 규제에 대한 반대 및 사회적 제약 요소

니트로메탄의 노출기준을 TWA 20ppm으로 개정하는 경우 선진국과 비교해 볼 때 이를 준수하기 위한 우리나라 사회적·경제적·기술적 여건이 선진국 수준으로 성숙되지는 못한 상황에 따라 경영계에서는 사업장의 근로자 노출실태 상황 등을 고려하지 않고 단순 수치적 강화에 대해 반대의 소지가 있을 것이며, 특히 95년도에 노출기준에 대해 정부에 건의한 경영계의 의견을 종합해 보면 년 간 100톤 이상을 사용하는 화학물질에 대해서만 노출기준을 정하고, 여러 국가의 노출기준을 비교하여 규제의 정도가 낮은 기준을 채택하여 기업의 재정 부담을 최소화 시켜줄 것을 요구하였음.

- 현재 니트로메탄 취급 사업장 5개중에서 노출기준을 초과하는 사업장이 없으므로 노출을 최소화하기 위한 조치가 용이하고 현재의 설비를 정상적으로 활용하면 작업환경개선을 위한 투자비용이 소요되지 않기 때문에 특별한 사업주의 반대는 없을 것으로 예상되고, 니트로메탄은 산업안전보건법 상 관리대상유해물질로 규정되어 있으며 인체에 유해·위험성이 비교적 큰 물질로서 관리의 중요성에 대하여 해당 사업주 모두가 인지하고 있고, 취급하는 근로자의 건강보호를 위한 개선의 투자비용이 많지 않음을 고려해 볼 때 실현 가능할 것으로 봄.

(2) 기술수준 등에 비추어본 실현 가능성

현재의 설비의 대부분이 밀폐설비이며, 한국산업안전공단을 통해 사업장의 작업환경개선 비용 및 기술적인 지원을 받을 수 있는 제도가 마련되어 있으므로 작업환경개선이 필요한 사업장의 경우 이를 활용하면 노출기준이하로 작업환경을 지속적으로 관리할 수 있음.

다. 노출기준 제·개정외 대체수단 존재 및 기존규제와의 중복 여부

(1) 기존 규제외 대체가 가능한지의 여부

산업재해를 예방하고 쾌적한 작업환경을 조성함으로써 근로자의 보건을 유지 증진시키기 위한 산업안전보건법의 궁극적인 목적을 달성하기 위해서는 니트로메탄 취급 사업장의 작업환경 개선 및 작업환경측정 결과의 평가기준을 활용하여 적절한 조치를 취해야만 건강장해를 미연에 방지할 수 있음에 따라 기존의 노출기준으로는 직업병을 사전에 예방할 수 없음

<표 3-12> 년도 별 유기용제의 업무상 질병 자 발생 현황

구분 \ 년도	총계	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년
사망자	31	5	7	3	10	4
요양자	135	14	38	45	21	17
총계	166	19	45	48	33	21

노동부, 년도 별 산업재해 현황 참조

(2) 규제 외 다른 방법으로 목적 달성 여부

○ 니트로메탄에 의한 직업병 발생의 근본적인 예방은 사용자체를 규제토록 하는 것이나 이를 사용하는 산업에 커다란 영향이 있을 것으로 판단되므로, 작업환

경개선 및 작업환경측정의 평가기준으로 사용하는 노출기준을 강화하여 작업환경을 개선토록 하는 방법 이외에 다른 방법으로는 목적을 달성하기가 어려움.

(3) 유사한 기존 규제와 중복여부

니트로메탄의 측정결과 평가기준으로 활용되고 있으며, 노출기준 초과 시 시설을 개선토록 하는 기준으로 사용되고 있음으로 유사한 기존 규제는 없음.

(4) 규제의 확대 재생산 가능성

니트로메탄의 측정결과 평가기준으로 활용되고 있으며 노출기준 초과 시 시설을 개선토록 하는 기준으로 사용되고 있음으로 규제의 확대 재생산의 가능성은 없음.

라. 노출기준 제·개정 규제의 비용과 편익의 비교분석

(1) 규제의 비용 분석

○ 직접비용 산출

- 작업환경개선 비용 : 니트로메탄의 노출기준을 TWA, 20ppm으로 개정하는 경우, 현재 니트로메탄을 취급하는 전국 5개 사업장중에서 노출기준을 초과하는 사업장이 없으므로 작업환경개선을 위한 투자비용은 소요되지 않을 것으로 예상.

- 작업환경측정 비용 : 관리대상유해물질로 규정되어 있어 6월에 1회 이상 정기적으로 작업환경측정을 실시 하여야 하나 5개사 모두 미실시하고 있어 5개 사업장의 추가 측정에 소요되는 비용은 총 618,000원임.

▶ 산출근거 : 1개 단위 작업 장소 당 2명 이상의 시료채취, 1개 시료 당 분석료는 61,800원으로 5개 단위 작업 장소 × 2명 시료채취 × 61,800원 = 618,000원

- 국소배기시설 점검 비용 : 국소배기장치 및 그 부속설비의 자체검사 규정에 의해 년 1회 실시하고 있음으로 투자비용은 없음

- 보호구 지급 비용 : 유해인자의 건강장해예방 규칙에 의해 보호구를 지급하고

있으므로 투자비용은 없음.

- 보건교육 실시 비용 : 안전보건교육에 대한 규정에 의해 정기적으로 실시하고 있으므로 투자비용은 없음.

- 특수건강진단 실시 비용 : 근로자 건강 진단 규정에 의해 정기적으로 실시하고 있으므로 투자비용은 없음

※ 사업장에서 추가로 부담해야하는 직접비용은 총 618,000원임

○ 간접비용 산출

- 직접비용의 시행에 따른 작업환경측정 시 근로자의 생산 손실비(업무담당자의 업무시간, 근로자의 작업시간 손실비용 등), 물질안전보건자료 작성 등에 소요되는 간접비용은 산출이 불가능 하며, 거의 미약하다고 판단되어 규제의 비용분석에서는 제외하였음.

(2) 규제의 편익 분석

○ 노출기준 강화에 따른 편익은 직업병 발생으로 인한 손실비용으로 추정 하였으며, 직접손실은 산업재해보험 보상급여(요양급여, 휴업급여, 장해보상 등 총 급여비용)로 한정하였고, 업무상 질병 자를 유해물질의 종류별로 분류하고 있지 않는 결과로 인해 니트로메탄에 대한 직업병 발생건수를 파악할 수 없음에 따라 유기용제 특수건강진단 결과 D₁, C₁으로 판정받은 근로자는 직업병으로 발전될 가능성이 있는 잠재 위험 군으로 이들에 대한 직업병 예방을 통한 편익이 발생할 수 있으므로 직접편익으로 계산 하였다.

- 2003년도 산업재해 분석에서 산재 1인당 직접손실비용은 32,000천원, 간접손실비용은 128,000천원으로 산업재해 발생시 1인당 총 160,000천원의 손실비용이 발생하며, 특히 유기용제에 의한 업무상 질병자의 발생현황을 보면, 2000년 19명, 2001년 45명, 2002년 48명, 2003년 33명, 2004년 21명으로 매년 지속적으로 발생되고 있는 실정임

○ 직접편익 비용 산출

- 2003년 유기용제에 대한 특수건강진단 대상자는 약 132,075명이고 이중 직업

병 유소견자(D₁) 및 직업병 요 관찰자(C₁)판정자는 1575명으로 직업병 발생 가능성을 추정하였다.

- 직업병 발생 가능 율 = (C₁+D₁판정자 / 특수건강진단대상자) × 100

$$1.19\% = 1575 / 132,075$$

- 니트로메탄 취급근로자의 직업병 발생 가능 율을 추정하면

$$11명 \times 0.0119 = 0.13명$$

- 산재발생시 1인당 직접손실 비용 32,000천원 × 0.1명으로 3,200천원의 비용 편익이 발생함.

○ 간접편익 비용 산출

- 하인리히 방식 적용 : 재해손실비율 직접비 대 간접비 = 1 : 4

$$\text{총 직접비용} \times 4 = 3,200 \text{ 천원} \times 4 = 12,800,000 \text{ 원}$$

- 재해손실 비용의 계상 시 간접비의 편익 내용

• 노동시장의 고령화로 인한 사업장의 고 연령 군의 건강보호 가능 : 50세 이상의 고 연령 자가 14.3%를 차지함.

<표 3-13> 2003년 유기용제 특수건강진단 결과 연령별 분류

연령 구분	총계	30세미만	30-39세	40-49세	50-59세	60세이상
D1	12	-	1	8	3	-
C1	1563	320	515	505	203	20

• 숙련된 근로자의 건강보호를 통해 생산량의 증대에 기여 : 10년 이상의 장기 근속자가 31.5%를 차지함.

<표 3-14> 2003년 유기용제 특수건강진단 결과 직렬별 분류

연령 구분	총계	1년미만	1-4년	5-9년	10-14년	15년이상
D1	12	1	4	2	-	5
C1	1563	155	694	223	162	329

- 직업병 요 관찰자 및 유소견자의 사후관리에 소요되는 비용의 절약가능 : 건강 상담, 추적검사, 근무 중 치료, 작업 전환이 21.4%를 차지함

<표 3-15> 2003년 유기용제 특수건강진단 결과 사후관리 분류

내용 구분	총계	필요 없음	건강 상담	보호구 착용	추적 검사	근무 중치료	근로시 간단축	작업전 환	근로 금지 제한	기타
D1	12	6	-	-	5	-	-	1	-	-
C1	1563	660	11	572	310	5	-	5	-	1

- 선진국 수준의 노출기준의 적용에 따른 OECD가입국가로서의 국제 경쟁력을 제고 시킬 수 있음.
- 근로자의 쾌적한 작업환경 제공을 통한 직업병에 대한 심리적 안정감을 유도할 수 있음.

○ 총 편익 비용 = 직접편익비용 + 간접편익비용

$$16,000,000\text{원} = 3,200,000\text{원} + 12,800,000\text{원}$$

(3) 비용 · 편익의 비교 및 검토

○ 노출기준의 강화로 기대되는 이익은 최소 1천 5백만원으로 추산됨.

- 기대 이익 = 총 편익 - 총 비용

$$15,382,000\text{원} = 16,000,000\text{원} - 618,000\text{원}$$

○ 직접손실비용의 감소효과 뿐만 아니라 직업병 발생에 따른 피해 근로자와 그의 가족들이 겪는 고통과 경제적 손실의 감소를 통한 이익이 더 의미 있는 효과가 될 것으로 기대됨.

마. 노출기준 제·개정 규제의 경쟁 제한적 요소 포함 여부

(1) 시장 경쟁 제한 요소의 포함 여부

작업장에서의 유해요인에 대한 작업환경개선 기준과 작업환경측정 결과의 평가기준으로 사용되는 노출기준의 강화는 근로자의 건강을 보호하는 데 기여함으로써 기본적인 인권의 보호라는 차원에서 큰 의미를 가질 수 있음.

(2) 기업 활동 저해 요소의 포함 여부

노출기준 강화로 인해 쾌적한 작업환경이 조성된다면 근로자들의 직업병 발생에 대한 불안감의 해소 및 기업의 애사심이 증대되는 등 생산력이 증가되는 요인으로 작용할 수 있음.

바. 노출기준 제·개정 규제내용의 객관성·명료성

(1) 규제기준 절차의 명확성

미국, 일본, 영국, 독일, 스웨덴, 프랑스 등 선진외국의 노출기준 설정 배경 및 근거를 연구하였으며, 국내 산업현장에서의 근로자 노출실태의 파악과 작업환경상태의 조사를 통해 경제적·기술적 여건을 고려하여 정하였다. 니트로메탄의 노출기준 개정에 대한 관계전문가, 노·사대표 등이 참석하는 공청회를 거쳐 의견을 수렴할 예정이며, 노출기준 개정은 노동부 관련 고시를 개정해야 하는 것으로 향후 정부에서 고시 개정 절차에 따라 명확히 추진 하고자 함.

(2) 규제의 법적근거 및 존속기한의 타당성 여부

산업안전보건법에서 유해인자의 관리 및 작업환경측정의 근거 법규가 존속하는 한 계속 필요함으로 존속 기간의 설정은 부적절함.

참고문헌

- 1) 박정규. 총설 유해화학물질 사고와 관리프로그램의 개발, 농업생명과학 Vol 7, No. 1, p 4-10, 2000.
- 2) 환경부, 환경백서, 2002.
- 3) 김광중, 최재욱, 김현욱, 이은영. 우리나라의 유해물질 분류체계 및 관리방안, 산업위생학회지, vol 9, No 1, p 125-155, 1999.
- 4) 문영한, 오세민, 유기호. 법적규제대상 화학물질의 확대연구, 한국산업안전공단, 1997.
- 5) 한국산업위생학회. 노출기준의 설정 및 개정을 위한 자료개발, 2002
- 6) 정규철, 산업중독학, 신광출판사 , 1995 , p775~777
- 7) [Fire Protection Guide to Hazardous Materials. 12 ed. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 1997. ,p. 49-98]
- 8) 노동부. 2004년 전국 제조업체 작업환경 실태조사. 2004.
- 9)한국화학물질관리협회, 유독물질 실적 보고서. 2004)
- 10) 한국관세무역연구원. 신국제 통일 상품 분류 (The Harmonized Commodity Description and Coding System, HS Code)에 의한 2004년도 수입업체 현황.2004.
- 11) 환경부. 2004년도 유독물 유통실적 분석 결과 보고서. 2004.

- 12) 노동부 산업보건환경과, '97 작업환경측정자료집, 1998.
- 13) 대한산업보건협회, 산업보건, 11호, 1993, p46
- 14) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), TLV CD-Rom, 2005
- 15) AIHA, odor thresholds for chemicals with Established occupational Health standards, 1997, p6~9
- 16) 작업장 노출평가와 관리, 군자출판사, 2001, p70~74
- 17) Mastromatteo, Earnest, TLVs. Changes in Philosophy Invited Commentary, Applied Industrial Hygiene (3)3, March 1988.
- 18) 노동부 산업보건환경과, '97 작업환경측정자료집, 1998.
- 19) 노동부 산업안전국, 2003년판 작업환경관리백서, 2003.
- 20) 노동부, 산업안전 보건법, 노문사, 2003.
- 21) 김현욱, 우리나라 노출기준 설정의 현황과 문제점. 산업보건 연구원 교육자료. 위생93-2-3, 1993.
- 22) 노동부 국립노동과학연구소, 유해화학물질의 허용농도 제정에 관한 연구, 1985.
- 23) ACGIH, Threshold limit value. A more balanced appraisal. Appl Occup Environ Hyg, 1990, 5(6), 340-344.
- 24) ACGIH, Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. 2002

W.A. Cook. Occupational Exposure Limits-Worldwide. 1987.

- 25) 이병국. 유해물질 노출기준에 관한 고찰. 한국의 산업의학 26:(3):43-53, 1987.
- 26) Occupational Safety and Health Administration(OSHA), OSHA1910 Compliance Manual for General Industry, The Merritt Company, U.S.A., 1996.
- 27) ILO, Safety and health in the use of chemicals at work. ILO, Geneva, 1993
- 28) 노동부, 제1단계(1988-89) 한국협력사업결과보고서, 1989, P353-360
- 29) ILO, Occupational Exposure Limits for Airborne Toxic Substances, 1991.
- 30) 안규동, 노출기준 설정 및 개정을 위한 자료개발, 한국산업안전공단 연구보고서, 2002.
- 31) 일본 노동성, 일본 노동 위생법, 2000.
- 32) 일본 노동성, 유기용제, 특화물, 연에 관한 예방규칙, 2000.
- 33) 안규동, 유해물질의 선정 · 노출기준 설정 등 관리체계에 관한 연구, 노동부 정책연구용역 과제, 2002.
- 34) AIHA, An International Review of Procedures for Establishing Occupational Exposure Limits, 1996
- 35) American Industrial Hygiene Association, The Synergist, Vol. 3, No 8, August 1992.
- 36) J. Ladou. Occupational Medicine, California, Appleton & Lange, 9-10. 1990.

- 37) Doull, John. The ACGIH TLVs, Past, Present and Future Invited Commentary Applied Occupational and Environmental Hygiene 6(2), February 1991.
- 38) U.S. Dept. of Labor(USDOL)/Occupational Safety and Health Administration (OSHA), OSHA Computerized Information System(OCIS), Occupational Safety and Health Standards, 29 Code of Federal Regulation, Part 1910, 1997.
- 39) Occupational Safety and Health Administration(OSHA), Department of Labor, 29 CFR 1910, Air Contaminants, Proposed Rule, June 1988.
- 40) Roach, S.A. and Rappaport. But They Are Not Thresholds. A Critical Analysis of the Documentation of Thresholds Limit Values, American Journal of Industrial Medicine 17. 727-753, 1990.
- 41) NIOSH Criteria Documents, NIOH and NIOSH Basis for an Occupational Health Standard : Chlorbenzene, DHHS(NIOSH) Publication NO. 93-102, 1993.
- 42) Sentes, R. Occupational Exposure Standards in Canada, From ACGIH to Commentary, American Journal of Industrial Medicine 16. 719-722, 1989.
- 43) Castleman, B.I. and Ziem, G.E. Corporate Influence on Thresholds Limit Values, American Journal of Industrial Medicine 13. 531-559, 1988.
- 44) 노동부. 작업환경측정 및 정도관리 규정(노동부고시 제 2001-39호). 2001
- 45) NIOSH, <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/1010.pdf>.

- 46) 노동부. 화학물질 및 물리적인자의 노출기준(노동부고시 제 2002-8호). 2002
- 47) 한국산업안전공단. 사업장 작업환경 평가지침(KOSHA CODE H-16-2005). 2005.
- 48) [Fire Protection Guide to Hazardous Materials. 12 ed. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 1997. ,p. 49-98]
- 49) [Budavari, S. (ed.). The Merck Index - Encyclopedia of Chemicals, Drugs and Biologicals. Rahway, NJ: Merck and Co., Inc., 1989. 1046]
- 50) [NIOSH. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. DHHS (NIOSH) Publication No. 94-116. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, June 1994. 230]
- 51) [Budavari, S. (ed.). The Merck Index - Encyclopedia of Chemicals, Drugs and Biologicals. Rahway, NJ: Merck and Co., Inc., 1989. 1046]
- 52) [NIOSH. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. DHHS (NIOSH) Publication No. 94-116. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, June 1994. 230]
- 53) [Fire Protection Guide to Hazardous Materials. 12 ed. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 1997. ,p. 49-98]
- 54) [Budavari, S. (ed.). The Merck Index - Encyclopedia of Chemicals, Drugs and Biologicals. Rahway, NJ: Merck and Co., Inc., 1989. 1046]
- 55) [Budavari, S. (ed.). The Merck Index - Encyclopedia of Chemicals,

Drugs and Biologicals. Rahway, NJ: Merck and Co., Inc., 1989. 1046]

56) [Budavari, S. (ed.). The Merck Index - Encyclopedia of Chemicals, Drugs and Biologicals. Rahway, NJ: Merck and Co., Inc., 1989. 1046]

57) [Budavari, S. (ed.). The Merck Index - Encyclopedia of Chemicals, Drugs and Biologicals. Rahway, NJ: Merck and Co., Inc., 1989. 1046]

58) [Sunshine, I. (ed.). CRC Handbook of Analytical Toxicology. Cleveland: The Chemical Rubber Co., 1969. 647]

59) [Sax, N.I. Dangerous Properties of Industrial Materials. 6th ed. New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1984. 2029]

60) [Budavari, S. (ed.). The Merck Index - Encyclopedia of Chemicals, Drugs and Biologicals. Rahway, NJ: Merck and Co., Inc., 1989. 1046]

61) [Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. 3rd ed., Volumes 1-26. New York, NY: John Wiley and Sons, 1978-1984.,p. V21 390 (1983)]

62) [Budavari, S. (ed.). The Merck Index - Encyclopedia of Chemicals, Drugs and Biologicals. Rahway, NJ: Merck and Co., Inc., 1989. 1046]

63) [Lide, D.R. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 72nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 1991-1992.,p. 3-320]

64) [Riddick, J.A., W.B. Bunger, Sakano T.K. Techniques of Chemistry 4th ed., Volume II. Organic Solvents. New York, NY: John

Wiley and Sons., 1985.]

65) [Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. 3rd ed., Volumes 1-26. New York, NY: John Wiley and Sons, 1978-1984.,p. V21 387 (1983)]

66) [Verschueren, K. Handbook of Environmental Data of Organic Chemicals. 2nd ed. New York, NY: Van Nostrand Reinhold Co., 1983. 916]

67) [Clayton, G. D. and F. E. Clayton (eds.). Patty's Industrial Hygiene and Toxicology: Volume 2A, 2B, 2C: Toxicology. 3rd ed. New York: John Wiley Sons, 1981-1982. 4155]

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

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

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

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

- 72) [Fire Protection Guide to Hazardous Materials. 12 ed. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 1997. ,p. 325-74]
- 73) [Reynolds, J.E.F., Prasad, A.B. (eds.) Martindale-The Extra Pharmacopoeia. 28th ed. London: The Pharmaceutical Press, 1982.,p. 49-129]
- 74) [Sax, N.I. and R.J. Lewis, Sr. (eds.). Hawley's Condensed Chemical Dictionary. 11th ed. New York: Van Nostrand Reinhold Co., 1987. 830]
- 75) [Fire Protection Guide to Hazardous Materials. 12 ed. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 1997. ,p. 325-74]
- 76) [Fire Protection Guide to Hazardous Materials. 12 ed. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 1997. ,p. 491-16]
- [Fire Protection Guide to Hazardous Materials. 12 ed. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 1997. ,p. 49-98]
- 77) [NIOSH. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. DHHS (NIOSH) Publication No. 97-140. Washington, D.C. U.S. Government Printing Office, 1997. 230]
- 78) [Fire Protection Guide to Hazardous Materials. 12 ed. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 1997. ,p. 419-42]
- 79) [Fire Protection Guide to Hazardous Materials. 12 ed. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 1997. ,p. 49-98]
- 80) [Fire Protection Guide to Hazardous Materials. 12 ed. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 1997. ,p. 49-98]

- 81) Budavari, S. (ed.). The Merck Index - Encyclopedia of Chemicals, Drugs and Biologicals. Rahway, NJ: Merck and Co., Inc., 1989. 1046

- 82) Weatherby, J.H.: Observations on the Toxicity of Nitromethane. Arch. Ind. Hyg. Occup. Med. 11:102 (1955)

- 83) Kroschwitz, J.I.; Grant, M.H.: Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 4th ed., Vol. 17, Nitroparaffins, pp. 205-225. John Wiley & Sons, New York (1991)

- 84) Machle, W.; Scott, E.W.; Treon, J.F.: The Physiological Response of Animals to Some Simple Mononitroparaffins and to Certain Derivatives of These Compounds. J. Ind. Hyg. Toxicol. 22(8):315 (1940)

- 85) Zitting, A.; Nickels, J.; Savolainen, H.: Comparison of Acute Toxic Effects of Intraperitoneally Injected Nitromethane and Nitroethane in Rats. Toxicol. Lett. 13:189-194 (1982)

- 86) Datal, R.; Gescher, A.; Harpur, E.S.; et al.: comparison of the Hepatotoxicity in Mice and the Mutagenicity of Three Nitroalkanes. Fund. Appl. Toxicol. 13:341-348 (1989)

- 87) Weatherby, J.H.. Observations on the Toxicity of Nitromethane. arch. Ind.

Hyg. Occup. Med. 11:102 (1955)

88) Journal of Industrial Hygiene and Toxicology. (Cambridge, MA)
V.18-31, 1936-49. For publisher information, see AEHLAU. 22,315,1940

89) AMA Archives of Industrial Health. (Chicago, IL) V.11-21, 1955-60.
For publisher information, see AEHLAU. 11,102,1955

90) Gigiena i Sanitariya. For English translation, see HYSAAV.

(V/O Mezhdunarodnaya Kniga, 113095 Moscow, USSR) V.1- 1936-
32(9),9,1967

91) Gigiena i Sanitariya. For English translation, see HYSAAV.

(V/O Mezhdunarodnaya Kniga, 113095 Moscow, USSR) V.1- 1936-
32(9),9,1967

92) National Technical Information Service. (Springfield, VA 22161)
Formerly U.S. Clearinghouse for Scientific & Technical Information.
OTS0516767

93) Journal of Industrial Hygiene and Toxicology. (Cambridge, MA)
V.18-31, 1936-49. For publisher information, see AEHLAU. 22,315,1940

94) Industrial Medicine. (Chicago, IL) V.1-18, 1932-49. For publisher
information, see IOHSA5. 16,441,1947

95) "Toxicometric Parameters of Industrial Toxic Chemicals Under Single
Exposure," Izmerov, N.F., et al., Moscow, Centre of International Projects,
GKNT, 1982 -,93,1982

- 96) Journal of Industrial Hygiene and Toxicology. (Cambridge, MA) V.18-31, 1936-49. For publisher information, see AEHLAU. 22,315,1940
- 97) National Technical Information Service. (Springfield, VA 22161) Formerly U.S. Clearinghouse for Scientific & Technical Information. OTS0516767
- 98) Khimiko-Farmatsevticheskii Zhurnal. Chemical Pharmaceutical Journal. For English translation, see PCJOAU. (V/O Mezhdunarodnaya Kniga, 113095 Moscow, USSR) V.1- 1967- 10(6),53,1976
- 99) Bulletin de la Societe de Pharmacie de Lille. (Societe de Pharmacie du Lille, 3, rue du Professeur Laguesse, 59045 Lille, Franch) V.1- 1945- (1),29,1973
- 100) AMA Archives of Industrial Health. (Chicago, IL) V.11-21, 1955-60. For publisher information, see AEHLAU. 11,102,1955
- 101) AMA Archives of Industrial Health. (Chicago, IL) V.11-21, 1955-60. For publisher information, see AEHLAU. 11,102,1955
- 102) Natl Toxicol Program Technical Rep Ser. 1997 Feb;461:1-289.
- 103) [Clayton, G. D. and F. E. Clayton (eds.). Patty's Industrial Hygiene and Toxicology: Volume 2A, 2B, 2C: Toxicology. 3rd ed. New York: John Wiley Sons, 1981-1982. 4155]
- 104) [Nomura A; Nippon Yakurigaku Zasshi; 71 (4): 351-365 (1975)]

- 105) [ITII. Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual. Tokyo, Japan: The International Nitrochemical Information Institute, 1988. 373]
- 106) [ITII. Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual. Tokyo, Japan: The International Nitrochemical Information Institute, 1988. 373]
- 107) [ITII. Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual. Tokyo, Japan: The International Nitrochemical Information Institute, 1988. 373]
- 108) [ITII. Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual. Tokyo, Japan: The International Nitrochemical Information Institute, 1988. 373]
- 109) [ITII. Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual. Tokyo, Japan: The International Nitrochemical Information Institute, 1988. 373]
- 110) [Dayal R et al; Fundam Appl Toxicol 13 (2): 341-8 (1989)]
- 111) Mortelmans K et al; Environ Mutagen 8: 1-119 (1986)
- 112) Panel Report: >EMICBACK/77345; MUTAT RES 239:29-80,1990
- 113) EMICBACK/41641; MUTAT RES 90:91-109,1981
- 114) Mortelmans K et al; Environ Mutagen 8: 1-119 (1986)
- 115) [Dellarco VL, Prival MJ; Environ Mol Mutagen 13 (2): 116-27 (1989)]
- 116) [GRIFFIN,TB, COULSTON,F AND STEIN,AA; CHRONIC INHALATION EXPOSURE OF RATS TO NITROMETHANE; ECOTOXICOL. ENVIRON. SAF. 34(2):109-117, 1996]

- 117) [GRIFFIN,TB, COULSTON,F AND STEIN,AA; CHRONIC INHALATION EXPOSURE OF RATS TO NITROMETHANE; ECOTOXICOL. ENVIRON. SAF. 34(2):109-117, 1996]
- 118) [NCI/NTP CARCINOGENESIS T니트로메탄NICAL REPORT SERIES; NATIONAL CANCER INSTITUTE/NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM; U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES p. 461 Y97]
- 119) [NCI/NTP CARCINOGENESIS T니트로메탄NICAL REPORT SERIES; NATIONAL CANCER INSTITUTE/NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM; U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES p. 461 Y97]
- 120) [NCI/NTP CARCINOGENESIS T니트로메탄NICAL REPORT SERIES; NATIONAL CANCER INSTITUTE/NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM; U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES p. 461 Y97]
- 121) [NCI/NTP CARCINOGENESIS T니트로메탄NICAL REPORT SERIES; NATIONAL CANCER INSTITUTE/NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM; U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES p. 461 Y97]
- 122) [Clayton, G. D. and F. E. Clayton (eds.). Patty's Industrial Hygiene and Toxicology: Volume 2A, 2B, 2C: Toxicology. 3rd ed. New York: John Wiley Sons, 1981-1982. 4151]
- 123) [SCOTT EW; J IND HYG TOXICOL 25: 20 (1943)]
- 124) [SAKURAI H ET AL; BIOCHEM PHARMACOL 29 (3): 341 (1980)]

- 125) [Dreisbach, R.H. Handbook of Poisoning. 12th ed. Norwalk, CT: Appleton and Lange, 1987. 144]
- 126) [Gosselin, R.E., R.P. Smith, H.C. Hodge. Clinical Toxicology of Commercial Products. 5th ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1984.,p. II-213]
- 127) [Verschueren, K. Handbook of Environmental Data of Organic Chemicals. 2nd ed. New York, NY: Van Nostrand Reinhold Co., 1983. 917]
- 128) [Fire Protection Guide to Hazardous Materials. 12 ed. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 1997. ,p. 49-98]
- 129) [ITII. Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual. Tokyo, Japan: The International Technical Information Institute, 1988. 373]
- 130) [Sax, N.I. and R.J. Lewis, Sr. (eds.). Hawley's Condensed Chemical Dictionary. 11th ed. New York: Van Nostrand Reinhold Co., 1987. 830]
- 131) file:///G:/Databases/OSHA%201988%20PELs/75-56.html (2 of 2)11/10/2003)
(1989 Final Rule on Air Contaminants Project extracted from 54FR2332)
- 132) ACGIH . Documentation of the TLVs and BEIs. 2005.
- 133) American Conference of Governmental Industrial Hygienists. TLVs and BEIs. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati, OH. 2000. 6
- 134) (<http://www.cdc.gov/niosh/npg/nengapdx.html#d>)
- 135) International Archives of Occupational and Environmental Health 1998;

71: 566-574

136) (<http://www.nohsc.gov.au/PDF/Standards/NESReviewProcess.pdf>)

137) Statute Book of the Swedish National Board of Occupational Safety and Health AFS 3000:3-OCCUPATIONAL EXPOSURE LIMIT VALUES AND MEASURES AGAINST AIR CONTAMINANTS

138) <http://www.nohsc.gov.au/PDF/Standards/NESReviewProcess.pdf>

139) <http://www.av.se/english/legislation/afs/eng0003.pdf>

140) <http://www.nohsc.gov.au/PDF/Standards/NESReviewProcess.pdf>

141) The role of occupational exposure limits in the health and safety systems of EU Member States(<http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr172.pdf>

142) The role of occupational exposure limits in the health and safety systems of EU Member States
(<http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr172.pdf>)

143) <http://en.inrs.fr/> -Updated: 16/08/2005

144) Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France (Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France
,[http://www.hst.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/ND%202098/\\$File/ND2098.pdf](http://www.hst.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/ND%202098/$File/ND2098.pdf))

145) 한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 산업안전보건법령 개정안중 주요규

제 신설에 따른 규제영향분석(산업 의학 분야 : 근로자 건강진단제도 개선),2004.

146) 차미숙. 규제영향분석과 규제심사활용 실제. 규제개혁위원회 워크샵자료, 2004, p89-109

147) 노동부, '04 전국 제조업체 작업환경 실태조사 자료, 2004.