

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

화학물질 노출기준 개정 연구

□ 디아니시딘(Dianisidine)

2005. 12

연구기관: 연세대학교

연구책임자: 노재훈



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

화학물질 노출기준 개정 연구

□ 디아니시딘(Dianisidine)

2005. 12

연구기관: 연세대학교

연구책임자: 노재훈



제 출 문

노동부장관 귀하

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

2005. 12.

연구 기관 연세대학교
연구 책임자 노재훈

공동연구원 :

연세대학교	산업보건연구소	원종욱
연세대학교	환경공해연구소	임영욱
연세대학교	산업보건연구소	김현수

연구보조원 :

연세대학교	산업보건연구소	고동희
연세대학교	산업보건연구소	조명화
연세대학교	산업보건연구소	구분주
연세대학교	산업보건연구소	민승호

<목 차>

I. 연구목적

II. 연구내용 및 방법

- 1. 연구내용 5
- 2. 연구방법 6

III. 연구결과

- 1. 물질의 특성 12
- 2. 취급현황 18
- 3. 동물에 있어서의 영향 57
- 4. 인체 영향 59
- 5. 각국의 노출기준 요약 및 해설 81
- 6. 작업장내 근로자 노출실태 108
- 7. 노출기준 제안 165
- 8. 규제영향 분석 169
- 9. 취급근로자 건강장해예방 지침 187

- 참고문헌 287

〈표 목 차〉

<표 3-1> 유기안료의 분류	20
<표 3-2> 유기안료의 종류 및 용도	21
<표 3-3> AZO 안료제조 사업장A 화학물질 월 취급량유기안료의 종류 및 용도 54	
<표 3-4> AZO 안료제조 사업장B 화학물질 월 취급량	55
<표 3-5> 우리나라 디아니시딘과 그 염의 연간 수출, 수입량(톤)	56
<표 3-6> 발암독성 자료	61
<표 3-7> 급성독성 자료	61
<표 3-8> 독성자료 참고문헌	62
<표 3-9> 헤모글로빈 부가체 분석을 위한 HPLC/UVD, ECD 분석조건	69
<표 3-10> 벤지딘계 염료공장에서 공정별로 근로자들의 혈액내 헤모글로빈 부가 체	70
<표 3-11> Correlation of variable (benzidine dihydrochloride)	76
<표 3-12> Correlation of variable (benzidine based dye)	77
<표 3-13> 디아니시딘의 대한 각국의 노출기준	82
<표 3-14> 디아니시딘계 염료에 대한 정보를 CI명과 제품명	86
<표 3-15> CI명이 없고 제품명으로만 알려진 염료	89
<표 3-16> 발암성 물질의 분류(J Occup Health, 2004; 46: 329-344)	91
<표 3-17> 발암성 물질의 분류	97
<표 3-18> 디아니시딘 취급 방문 사업장 명단	108
<표 3-19> σ -디아니시딘의 GC-ECD 분석조건	110
<표 3-20> GC ECD 최적의 분석조건	112

<표 3-21> 연구대상 사업장의 작업환경 상태평가	115
<표 3-22> 연구대상 사업장의 작업환경 상태평가	116
<표 3-23> 연구대상 사업장의 작업환경 상태평가	117
<표 3-24> 연구대상 사업장의 작업환경 상태평가	118
<표 3-25> 사업장1 1차 측정 결과	154
<표 3-26> 사업장1 2차 측정 결과	155
<표 3-27> 사업장1 3차 측정 결과	156
<표 3-28> 사업장1 4차 측정 결과	157
<표 3-29> 사업장1 5차 측정 결과	158
<표 3-30> 사업장2 1차 측정 결과	159
<표 3-31> 사업장2 2차 측정 결과	160
<표 3-32> 사업장2 3차 측정 결과	161
<표 3-33> 사업장2 4차 측정 결과	162
<표 3-34>사업장3 측정결과	163
<표 3-35> 디아니시던 전체 측정결과	164
<표 3-36> 국소배기장치의 제어풍속	188
<표 3-37> 국소배기장치의 이상원인 및 대책	190
<표 3-38> 호흡기 보호구의 보호할당계수	220
<표 3-39> 개인보호구 점검표	230
<표 3-40> 방광암 분류 기준	245
<표 3-41> 건강관리 구분	246
<표 3-42> 업무수행 적합여부 평가 기준	247
<표 3-43> 사후관리내용	248
<표 3-44>방광암 연평균 발생자와 발생율	253
<표 3-45> 방광암의 원인 및 위험인자	254

<표 3-47> 신체부위별 피부 면적	263
<표 3-48> 유기용제의 피부흡수율에 관한 정보	265
<표 3-49> 유기용제의 피부흡수계수에 관한 정보	266
<표 3-50> 작업활동에 따른 피부흡수용량 계산 결과표	270

<그 립 목 차>

[그림 1-1] 산업보건관리체계에서의 노출평가의 역할	1
[그림 1-2] 노출양상의 결정과 판단	3
[그림 2-1] 연구의 틀	5
[그림 3-1] 화학구조에 의한 분류	22
[그림 3-2] Pigment Yellow 3	24
[그림 3-3] 불용성 아조안료의 제조공정	24
[그림 3-4] 불용성 아조안료 반응식	25
[그림 2-5] 불용성 아조안료와 용성 아조안료의 상이	26
[그림 3-6] 유기개념도	27
[그림 3-7] 아조 염료의 제조공정	30
[그림 3-8] 아조 염료의 반응장치	31
[그림 3-9] 원료물질 투입	33
[그림 3-10] 교반기 타입	34
[그림 3-11] 여과의 기본 개념	36
[그림 3-12] 공기 순환식 건조기의 구조	38
[그림 3-13] Spray 건조기	39
[그림 3-14] 드럼 건조기의 원리	40
[그림 3-15] 디아니시던 투입장소	41
[그림 3-16] 디아니시던 투입장소	42
[그림 3-17] 디아니시던 투입작업시 작업자	42
[그림 3-18] 디아니시던 계량작업	43
[그림 3-19] 디아니시던 투입장소 내부	43

[그림 3-20] 디아니시딘 작업장내의 디아니시딘과 디시비 위험표지판	44
[그림 3-21] 디시비 투입 장면	44
[그림 3-22] 디아니시딘이 사용되는 색상의 CI 번호	45
[그림 3-23] 디아니시딘 보관장소	45
[그림 3-24] 사용 중인 디아니시딘	46
[그림 3-25] 디아조 반응 공정	46
[그림 3-26] 디아조반응 공정 작업모습	47
[그림 3-27] 디아조반응 반응기	47
[그림 3-28] 디아조반응 후 부원료 투입작업	48
[그림 3-29] 건조공정	48
[그림 3-30] 건조공정 후 Cake	49
[그림 3-31] Cake 분쇄작업공정	49
[그림 3-32] Cake 분쇄작업	50
[그림 3-33] 혼합공정	50
[그림 3-34] 포장작업	51
[그림 3-35] Azo 안료제조공정	52
[그림3-36] Azo 안료제조공정	53
[그림 3-37] 우리나라의 디아니시딘 연간 수출, 수입량 추이	56
[그림 3-38] 아민류 노출시 적혈구와의 반응	66
[그림 3-39] 헤모글로빈 부가체 - 아민류의 크로마토그램	69
[그림 3-40]벤지딘 대사물질의 크로마토그램	75
[그림 3-41]GC/ECD로 분석한 디아니시딘의 크로마토그램	113
[그림 3-42] 디아니시딘의 검량선	113
[그림 3-43] GC/ECD로 분석한 디아니시딘 측정시료 크로마토그램	114
[그림3-44] 디아니시딘에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	119

[그림3-45] 보건관리 체계의 구축 여부 결과다이나시던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	120
[그림3-46] 보건관리자의 작업환경측정 및 건강진단 참여 여부 결과다이나시던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	121
[그림3-47] 현장의 위생관리 여부 결과다이나시던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	122
[그림3-48] 보건교육수업 및 정기적 실시 여부 결과다이나시던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	123
[그림3-49] 작업 후 세수 및 세안을 위한 제품 사용 여부 결과다이나시던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	124
[그림3-50] 휴게실과 다이나시던 취급 장소의 격리 여부 결과다이나시던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	125
[그림3-51] 휴식시설의 부여 여부 결과다이나시던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	126
[그림3-52] 다이나시던의 MSDS 작성 여부 결과다이나시던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	127
[그림3-53] 작성된 MSDS의 게시 및 비치 여부 결과다이나시던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	128
[그림3-54] 다이나시던을 취급하는 용기 및 포장에 경고표시 부착 여부 결과다이나시던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	129
[그림3-55] MSDS에 대한 교육 및 근로자 대표의 확인 여부 결과다이나시던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	130
[그림3-56] 다이나시던의 저장 시 일정한 장소에 지정 보관 여부 결과다이나시던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	131
[그림3-57] 저장장소 및 취급 작업장에 출입금지 표지판 부착 여부 결과다이나시	

딘에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	132
[그림3-58] 디아니시딘에 노출되는 근로자 및 유해물질에 대하여 작업환경측정의 실시여부 결과디아니시딘에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	133
[그림3-59] 작업환경측정결과에 대한 주지의무 및 개선조치 실시 여부 결과디아니시딘에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	134
[그림3-60] 근로자의 건강보호 유지를 위한 건강진단 대상자의 선정 및 실시여부 결과디아니시딘에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	135
[그림3-61] 건강진단 실시 후 유소견자에 대한 사후 관리 여부 결과디아니시딘에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	136
[그림3-44] [그림3-62] 디아니시딘의 발생원을 밀폐하는 설비 또는 국소배기장치 의 가동여부 결과디아니시딘에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	137
[그림3-44] [그림3-63] 국소배기장치 후드의 적합성 여부 결과디아니시딘에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	138
[그림3-64] 작업과 국소배기장치 후드 형태의 적절성 결과디아니시딘에 대한 유 해 위험성의 이해 여부 결과	139
[그림3-65] 국소배기장치 후드의 설치여부 결과디아니시딘에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	140
[그림3-66] 제어풍속의 적합성 여부 결과디아니시딘에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	141
[그림3-67] 후드주변의 난기류 영향을 받아 작업장 내부 확산여부 결과디아니시 딴에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	142
[그림3-44] [그림3-68] 배기구 설치의 적합성 여부 결과디아니시딘에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	143
[그림3-44] [그림3-69] 국소배기장치의 정기적 자체검사 실시 여부 결과디아니시 딴에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	144

[그림3-70] 자체검사 시 기록보존 및 점검결과 이상 발생 시 적절한 조치여부 결과 디아니시던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	145
[그림3-71] 작업장 바닥의 불 침투성 재료 사용여부 결과디아니시던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	146
[그림3-72] 연구대상물질 취급 작업 장소에 인체에 미치는 영향 등에 관한 내용 등의 게시여부 결과디아니시던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	147
[그림3-73] 연구대상물질 취급 장소에 근로자의 흡연 및 음식물 섭취금지에 대한 내용의 게시여부 결과디아니시던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	148
[그림3-74] 연구대상물질 취급 장소에 근로자를 위한 세면, 목욕, 세탁 및 면도시 설의 설치와 필요한 용품과 용구의 비치여부 결과디아니시던에 대한 유해 위험성 의 이해 여부 결과	149
[그림3-75] 보호구의 적정 지급 및 착용여부 결과디아니시던에 대한 유해 위험성 의 이해 여부 결과	150
[그림3-76] 보호구의 항시사용 또는 교체가능한 필요수의 배치여부 결과디아니시 던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	151
[그림3-77] 작업복의 착용상태 여부 결과디아니시던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	152
[그림3-78] 염료제조 시 사용하는 아릴아민류디아니시던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과	165
[그림 3-79] 아릴아민의 누적노출 등급	166
[그림 3-80] 비용-편익비교	185
[그림 3-81]> 포장공정용 Push-Pull형 후드	191
[그림 3-82] 포장공정용 부스 형 후드	192
[그림 3-83] 포장공정용 포위 식 커버 형 후드	193
[그림 3-84] 안료 수동포장 공정	194

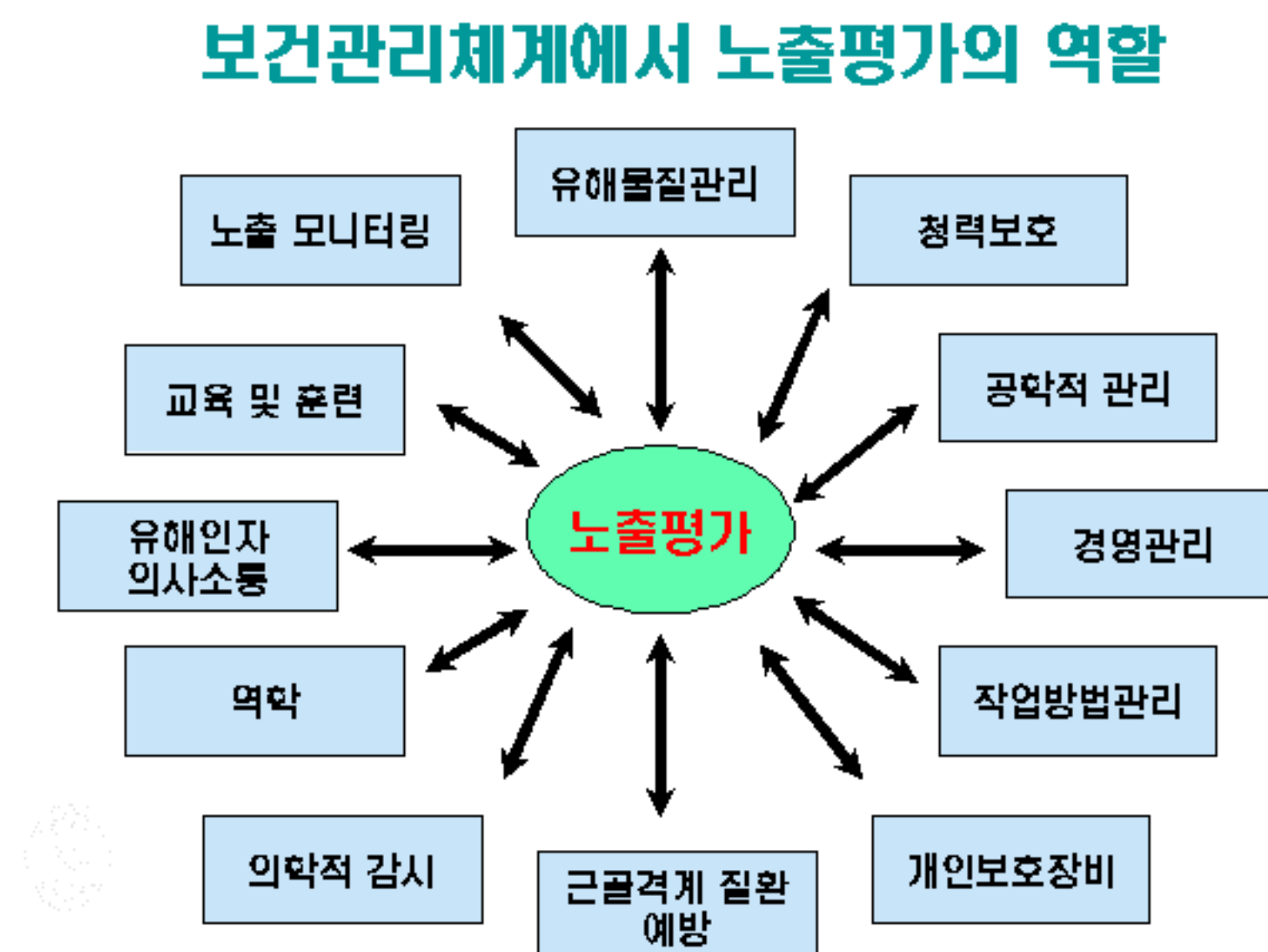
[그림 3-85] 수동포장 공정에서 분진 비산을 최소화한 공정 모습	195
[그림 3-86] 반응기에서 유해물질이 배출되는 것을 대비한 후드설비	196
[그림 3-87] 이동가능한 후드 예	197
[그림 3-89] 투입공정용 외부식 장방형 후드	199
[그림 3-90] 후드설비가 되어 있지 않은 다이아니시딘 투입공정	200
[그림 3-91] 투입공정 상부에 설치된 국소배기설비	201
[그림 3-92] 국소배기 유속점검	202
[그림 3-93] 원료의 반자동 투입작업	202
[그림 3-94] 부원료 투입공정에 설치된 후드	203
[그림 3-95] 물질대체 사용 예	205
[그림 3-96] 다이아니시딘 취급 근로자 작업화	207
[그림 3-97] 다이아니시딘 취급 후 개인위생 관리	208
[그림 3-98] 응급조치 요령	209
[그림 3-99] 환자의 응급조치	210
[그림 3-100] 누출 시 긴급조치 요령	211
[그림 3-101] 다이아니시딘 보관 요령화	212
[그림 3-102] 다이아니시딘 입고 시 요령	212
[그림 3-103] 다이아니시딘 보관장소의 후드 설치 장면	213
[그림 3-104] 다이아니시딘 투입작업시 보호구	216
[그림 3-105] 다이아니시딘 투입작업시 송기마스크 착용장면	218
[그림 3-106] 반면형 마스크	222
[그림 3-107] 전면형 마스크	222
[그림 3-108] 각종 정화통	223
[그림 3-109] 공기공급식 에어라인 마스크	224
[그림 3-110] 공기통식 에어라인마스크	224

[그림 3-111] 방진 마스크의 종류	226
[그림 3-112] NIOSH의 호흡기 보호구 선정방법(계속)	232
[그림 3-113] 우리나라 호흡기 보호구의 사용지침 흐름도	234
[그림 3-114] 디아니시던 취급 근로자 보호장갑	236
[그림 3-115] 디아니시던 취급시 보호장갑 착용전 면장갑 착용장면	236
[그림 3-116] 디아니시던 취급하는 모습	237
[그림 3-117] 디아니시던이 담겨 있던 통의 폐기물 처리	238
[그림 3-118] 원료 사용 후 폐포장재를 모아둔 장면	239
[그림 3-119] 디아니시던 취급사업장에 물질안전자료 비치 장면	242
[그림 3-120] 진행단계에 따른 방광암의 분류	250
[그림 3-121] 방광의 위치	251
[그림 3-122] 방광암(C67)의 성별 암발생률, 1999-2001년	252
[그림 3-123] 방광암(C67)의 사망률 추이, 1983-2004년	253
[그림 3-125] 피부단면도	258
[그림 3-126] 노출경로모델	259
[그림 3-127] 유리확산셀(glass diffusion cell)을 이용한 피부흡수 실험	267
[그림 3-128] 샤워시설과 세안장치	280
[그림 3-129] 세안장치 작동장면	281
[그림 3-130] 샤워장치와 세안장치 동시작동장면	283

I. 연구목적

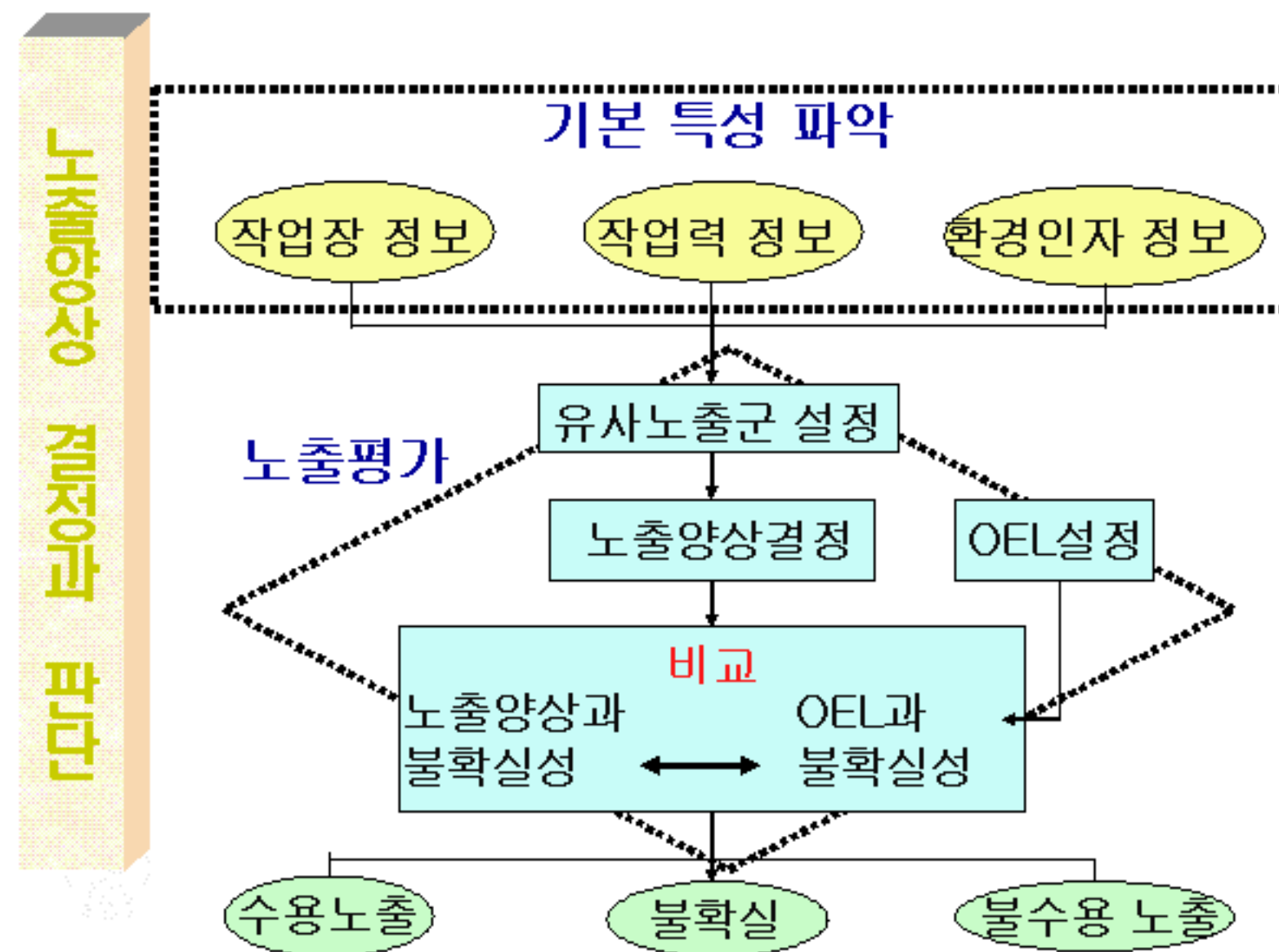
산업위생은 작업장내에 존재하는 건강유해 인자를 예측하고 인지, 평가, 관리하는 학문으로 노출을 명확하게 확인하고 특성을 평가하는 과정을 내포하고 있다. 근로자들의 노출평가와 위해도 평가는 복잡하게 연결되어 있고 분리해서 생각하기는 어렵다. 건강 위해도와 노출 사이에는 다음과 같은 관계가 고려된다. 건강 위해도=(노출)×(독성)

세계 각국의 산업위생에서는 노출평가가 건강 위해성 평가의 절반 수준정도이다. 나머지 반은 근로자가 노출된 요인의 독성, 또는 노출에 따른 건강영향에 대한 평가이다. 그러므로 근로자들의 유해인자 노출은 노출에 따른 건강영향과 관련되어서만 의미를 찾을 수 있다. 따라서 노출평가는 작업장내 보건관리체계에서의 중심적인 역할을 담당하면서 가장 기본이 되는 분야이다(그림 1-1).



[그림 1-1] 산업보건관리체계에서의 노출평가의 역할

화학물질은 경제활동의 기본 물질이면서 현대생활에서 없어서는 안 될 매우 중요한 요소이다. 그러나 이러한 화학물질들은 제조, 운반, 사용, 판매, 폐기 등 제품생산의 전 과정에서 근로자들에게 건강위험요인이 될 수도 있다. 사업장에서 사용되고 있는 많은 화학물질은 원료물질, 부산물, 중간물질 등과 같은 생산 제품에 이르기까지 다양한 형태로 존재한다. 화학물질의 사용은 산업혁명 이후 현재까지 꾸준히 증가되어 왔다. 현재 전 세계적으로 1,700만 여종의 화학물질이 개발되어 그 중 약 10만 여종의 화학물질이 상업적으로 유통되고 있으며, 매년 2천여 종의 새로운 화학물질이 개발되어 상품화되는 것으로 알려져 있다. 우리나라에서는 3만 8천 여종이 유통되고 있으며, 신규화학물질의 제조·수입 확대에 따라 직업병 유발요인이 상존하고 있다. 1988년 우리나라에 698종의 화학물질에 대한 노출기준을 최초 도입 시 외국 기준(미국의 ACGIH-TLV)을 수용한 이후 검토가 수행되지 않아 노출기준의 적정성 검토가 필요한 시점이다. 또한 근로자 건강보호 및 작업장 보건관리에서 가장 중심이 되는 노출평가는 반드시 노출모니터링 결과와 적절한 직업적 노출기준(OEL)을 비교함으로써 수행되어진다. 불확실하거나 공신력이 없는 노출기준으로 평가를 실시하게 되면 근로자의 노출양상 수용할 수 있는지 아니면 수용할 수 없어 관리를 해야하는지 결정하기가 어렵다. 그러나 우리나라의 경우 발암성 또는 감작제 물질이면서도 노출기준이 설정되어있지 않아 많은 문제점을 내포하고 있다(그림1-2).



[그림 1-2] 노출양상의 결정과 판단

산업안전보건법 시행령 제30조(허가대상 유해물질)에서는 제조 또는 사용 허가를 받아야 하는 유해물질로 디클로로벤지딘과 그 염, 알파-나프틸아민과 그 염, 크롬산 아연, 오로토-톨리딘과 그 염, 디아니시딘과 그 염, 베릴륨, 비소 및 그 무기화합물, 크롬광, 휘발성 콜타르피치, 황화니켈, 염화비닐, 벤조트리클로리드 및 석면 등을 규정하고 있다. 이러한 물질들은 독성이 매우 강한 물질들이며 산업안전보건법 시행규칙(제93조제1항관련)에서 작업환경측정대상 유해인자로 분류하고 있으나 노출기준이 설정되어 있지 않은 가운데 이 들 물질을 취급하는 대상 사업장에서 작업환경측정을 실시하고 있다. 그러나 노출기준이 없어서 측정 결과에 대해 평가를 하지 못하고 있으며 따라서 위해성 평가를 기초로 하는 작업환경관리도 이루어지지 못하고 있다. 더욱이 허가대상물질들은 발암성으로 확인된 물질(A1)이나 발암성 물질로 추정되는 물질(A2)로 규정하고 있으나 디아니시딘과 디아니시딘에 대한 규정은 없다. 그러나 미국의 OSHA, NIOSH 그리고 독일 및 일본에서는 발암성을 규정하고 있다. 미국의 경우 디아니시딘과 디아니시딘에 대해 ACGIH-TLV가 설정되어 있지는 않지만 OSHA와 NIOSH에서는 인체 발암위험이 있는 발암성 물질로

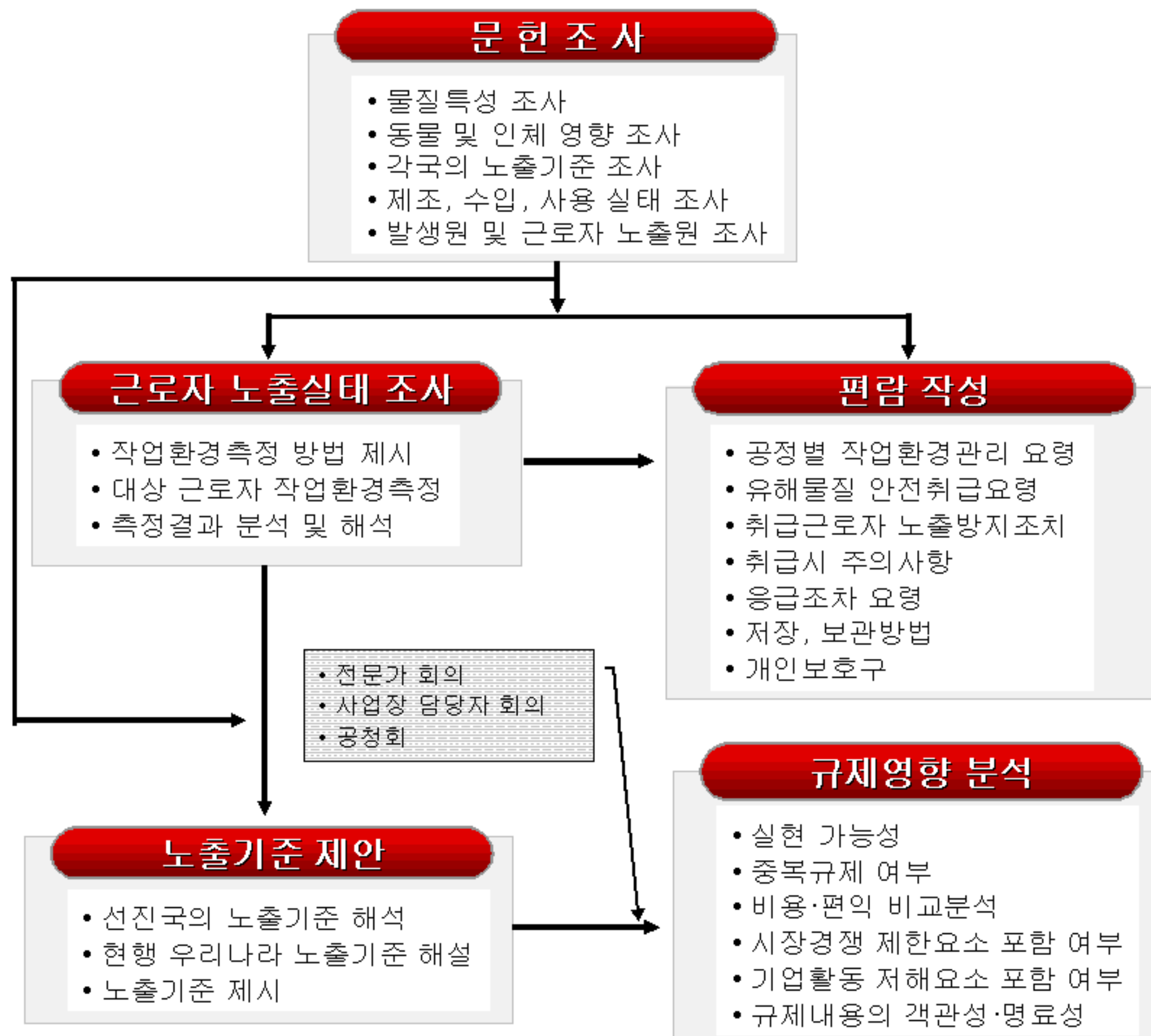
규정하고 있으며 디아니시딘의 경우 독일과 일본에서도 디아니시딘계 염료 (dianisidine based dyes)에 대해 발암성을 규정하고 있다. 따라서 근로자의 건강예방을 위해서는 노출기준 미제정 물질에 대한 노출기준의 제정과 산업보건 편람을 작성하여 노출평가 및 작업환경관리를 할 수 있는 체계를 마련하는 것이 필요하다.

본 연구의 목적은 우리나라에 노출기준 발암성에 대한 규정이 미제정된 디아니시딘의 발생원, 노출원 조사와 근로자 노출 실태를 파악하여 노출기준안을 제시하는 데 있다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구내용

디아니시던의 노출기준 개정 및 각 물질에 따른 산업보건편람을 작성하기 위한 전체적인 연구의 틀은 다음과 같다(그림 2-1).



[그림 2-1] 연구의 틀

2. 연구방법

국내·외 문헌자료를 조사하여 통하여 디아니시딘에 대한 물리화학적 특성, 취급현황, 동물 및 인체 영향 그리고 각국의 노출기준에 대한 자료를 수집하였다. 구체적인 수집내용은 다음과 같다.

가. 물질의 특성 조사

(1) 물질의 개요

한글물질명, 영문물질명 (IUPAC명, CA명), 이명(異名), CAS번호, 외관, 냄새 등

(2) 물리적 성상

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

(3) 화학적 성상

인화점, 자연발화점, 폭발성, 산화성, 반응성, 안정성, 피해야한 물질, 유해분해산물, 소화제 등

나. 취급현황 조사

디아니시딘에 대한 제조와 수입이 국내에서 어느 정도 이루어지고 있는지 통계자료를 수집하고 현장조사를 통하여 사용실태 및 발생원·노출원을 조사하였다.

(1) 제조 또는 사용현황

국내 제조 및 사용량, 취급 근로자수, 제조 또는 사용용도

(2) 발생원 및 발생과정

작업장내 주요 발생원, 발생과정

(3) 노출경로

취급근로자에 대한 유해물질 노출 경로

다. 동물에 있어서의 영향조사

디아니시딘에 대해 문헌조사를 통하여 다음 항목에 대해서 조사하였다.

(1) 급성독성

급성경구독성, 급성경피독성, 급성흡입독성

(2) 아급성독성(아만성독성)

14일, 28일, 90일 반복투여 독성 등

(3) 만성독성

1년이상 장기간 투여독성, 최대무작용농도 (NOEL) 등

(4) 변이원성

복귀돌연변이시험(Ames test), 염색체이상시험, 소핵시험 등

(5) 생식독성

수태능력시험, 최기형시험 등

(6) 발암성

설치류 등 동물의 암 유발시험

(7) 기타

상기 독성정보 이외의 추가정보

라. 인체영향 조사

디아니시딘에 대해 문헌조사를 통하여 다음 항목에 대해서 조사하였다.

(1) 인체내 작용기적

흡수, 분포, 대사, 배설 등

(2) 단기노출시 인체 유해성

단기간흡입 또는 섭취시의 인체영향

(3) 장기노출시 인체 유해성

장기간 흡입 또는 섭취시의 인체영향

(4) 인체 표적장기독성

흡입 또는 섭취시 인체의 간, 폐, 신장, 혈액 등에 대한 영향

(5) 인체 발암성

국립암연구학회(IARC) 등에서 연구한 인체에 대한 발암성 정보

(6) 사람에 대한 국내외 재해 사례

국내외에서 발생한 직업병 등의 재해사례

마. 각국의 노출기준 요약 및 해설

문헌조사를 통하여 선진국의 노출기준 내용을 조사하였다.

(1) OSHA

PEL(Permissible Exposure Limits)기준 제시 및 설정근거 요약

(2) ACGIH

TLV(Threshold Limit Values)기준 제시 및 설정근거 요약

(3) NIOSH

REL(Recommended Exposure Limits)기준 제시 및 설정근거 요약

(4) 일본

노동성 노동안전위생법상의 관리농도 제시 및 설정근거 요약

(5) 독일

MAK(Maximum Conentration Values)기준 제시 및 설정근거 요약

(6) 스웨 덴

OEL(Occupational Exposure Limits)기준 제시 및 설정근거 요약

(7) 영국

OEL(Occupational Exposure Limits)기준 제시 및 설정근거 요약

(8) 프랑스

OEL(Occupational Exposure Limits)기준 제시 및 설정근거 요약

바. 국내 작업장 근로자의 노출 실태 파악

디아니시딘에 대한 기존의 작업환경측정자료와 외국의 사례를 비교 조사한다. 국내에서 이 물질들을 제조 및 사용하는 사업장을 직접 방문하여 작업환경측정의 철저한 예비조사와 함께 본 조사를 실시하여 근로자들의 노출실태를 노출경로에 따라 종합적으로 평가하였다.

또한, 디아니시딘에 대한 공인된 측정 및 분석법을 예비실험을 통하여 장단점을 제시하고 우리나라 실정에 맞는 측정 및 분석법을 제시하였다. 필요시 외국의 측정법보다 검출 및 정량한계가 우수한 방법을 개발하여 제시하였다.

사. 우리나라 실정에 적합한 노출기준 제시

디아니시딘에 대한 외국의 노출기준 근거와 노출실태를 파악하여 우리나라 실정에 맞는 노출기준을 제시한다. 또한 피부흡수가 용이한 물질에 대해서는 가능한 생물학적 모니터링을 실시하도록 유도하고 외국의 기준값이나 참고수준을 제시하였다.

아. 노출기준 제·개정에 따른 규제영향분석서 작성

디아니시딘에 대한 노출기준을 개정하는 경우 파생될 수 있는 영향을 파악하기 위하여 노출기준 제·개정의 필요성, 노출기준 제·개정의 실현 가능성, 노출기준 제·개정의 대체수단 존재 및 기존규제와의 중복 여부, 노출기준 제·개정 규제의 비용과 편익의 비교분석, 노출기준 제·개정 규제의 경쟁 제한적 요소 포함 여부 및 노출기준 제·개정 규제내용의 객관성·명료성을 기

술하였다.

자. 유해물질별 건강장해예방 편람 작성

디아니시딘의 물리화학적 특성, 노출경로에 따른 유해성 등을 고려하여 작업공정별 작업환경관리, 취급 근로자 건강관리, 취급시 주의사항, 보호구 등을 포함한 유해물질별 건강장해예방 편람(백과사전)을 아래와 같은 내용으로 개정 물질에 대한 산업보건편람 및 건강장해 예방지침을 작성한다.

- 유해공정별 작업환경관리요령 : 유해물질 취급 유해공정별 국소배기장치, 시설·설비 등의 작업환경관리요령 설명

- 유해물질 안전취급요령 : 유해물질의 대체, 격리 등 안전취급요령 설명

- 취급근로자 노출방지조치 : 유해물질 취급근로자 노출방지조치 설명

- 취급시 주의사항 : 유해물질 취급시 주의사항 설명

- 응급조치요령 : 유해물질 취급시 응급상황에서의 긴급조치요령 설명

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

- 개인 보호구 : 방독마스크, 보호의, 보호장갑, 보안경의 선택 및 착용방법 등 설명

- 기타 : 근로자 예방지침에 필요한 내용 설명

Ⅲ. 연구결과

1. 물질의 특성

물질의 개요, 물리적 성상 및 화학적 성상에 대해 조사하였다.

가. 물질의 개요

(1) 한글물질명

디아니시딘

(2) 영문물질명(IUPAC명, CA명) :

3,3'-dimethoxy[1,1'-biphenyl]-4,4'-diamine

(3) 이명(異名)

(1,1'-비페닐)-4,4'-디아민, 3,3'-디메톡시

3,3'-dianisidine

3,3'-Dimethoxy-1,1'-Biphenyl-4,4'-Diamine

3,3'-dimethoxy-4,4'-diaminobiphenyl

3,3'-dimethoxybenzidine

4,4'-diamino-3,3'-biphenyldiol dimethyl ether

4,4'-diamino-3,3'-dimethoxybiphenyl

디아니스딘, 4,4'-디아미노-3,3'-디메톡시탈페닐

디아셀,

블루 B 염기

아마셀, 아조엔 블루 염기,
아세트아민 디아조
아세트아민 디아조 블랙
아조겐 블루 B, 블루 염기
acetamine diazo black rd
acetamine diazo navy rd
amacel developed navy sd
azoene fast blue base
azogene fast blue b
blue base irga b
blue base nb
Blue Base;
blue bn base
brentamine fast blue b base
C.I. azoic diazo component 48
C.I. Disperse Black 6; DMOB
cellitazol b
cellitazol bn
CI 24110
CI AZIOC 디아조 성분 48
diacel navy dc
diacelliton fast grey g
dianisidine
diato blue base b
diazo fast blue b
Fast Blue
fast blue b base
fast blue dsc base
hiltonil fast blue b base

kayaku blue b base

lake blue b base

meisei teryl diazo blue hr

mitsui blue b base

naphthanil blue b base

neutrosel navy bn

o,o'-dianisidine; o-dianisidine

O-디아니스틴,

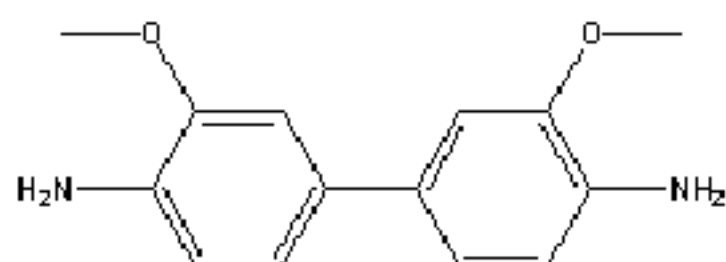
setacyl diazo navy r

spectrolene blue b

(3) 분자식

$C_{14}H_{16}N_2O_2$

(4) 구조식



(4) CAS번호

119-90-4

(5) 외관

무색, 자주색 고체
(NIOSH. 1994)

(6) 냄새

없음.
(Lide, D.R. (ed). 1991-1992)

(7)유해폐기물 번호

U019

나. 물리적 성상

(1) 분자량 : 244.29
(O'Neil, M.J. (ed.). 2001)

(2) 비중 : 없음

(3) 어는점 : 없음

(4) 끓는점 : 없음

(5) 증기압 : 없음

(6) 증기 밀도 : 8.43 (air= 1)

(Fire Protection Guide to Hazardous Materials.1997)

(7) 용해도 : 25 ℃에서 60 mg/l, 알코올, 벤젠, 에테르에 용해

(Yalkowsky SH, Dannenfelser RM, 1992)

(8) 옥탄올/물 분배계수 : $\log K_{ow} = 1.81$

(Debnath AK et al, 1992)

(9) 증발률 : 없음

(10) 냄새의 서한도 : 없음

(11) 용융점 : 137℃

(Lewis, R.J., Sr (Ed.). 1997)

(12)pH : 없음

(IARC. ,1974)

다. 화학적 성상

(1) 인화점 : 206℃(closed cup)

(Fire Protection Guide to Hazardous Materials. 1997)

(2) 자연발화점 : 없음

(3) 폭발성 : 미세한 분진의 형태로 존재시 경미한 화재 위험이 있음.
(Lewis, R.J.,1996)

(4) 반응성 : 상온 상압에서 안정함.

(5) 피해야할 물질 : 열, 화염, 스파크 및 기타 점화원을 피할 것
(Bretherick, 1990)

(6) 유해분해산물 : 탄소 산화물, 질소
(Lewis, R.J.1996)

(7) 소화제 : 입자상 분말 소화약제, 이산화탄소, 물, 일반적인 포말
(Sax, N.I.1984)

(8) 혼합금지물질 : 산화제

2. 취급 현황

가. 제조 또는 사용현황

국내에서 디아니시딘을 직접 제조하는 사업장은 없으며 아조계 유기안료를 제조하는 공정에서 디아니시딘을 이용하여 아조계 유기안료를 생산하고 있다. 근로자들의 노출을 평가하고 근로자의 건강보호를 위한 예방 대책을 세우기 위해서는 안료의 전반적인 사항과 디아니시딘을 함유한 안료를 생산하는 공정에 대한 이해가 있어야 된다. 따라서 본 연구에서는 안료의 일반적인 사항과 제조과정 등을 기술하였다.

나. 발생원 및 발생과정

(1)안료의일반적특성

안료는 일반적으로 풀이나 용제 등 매체에 녹지 않는 백색 또는 유색의 무기 . 유기화합물로서 미립자 상태의 분말로 되어 있으며 자체로는 물체에 부착되지 않으나 적절한 운반제의 도움에 의해 물체에 고착되거나 미세하게 분산되어 착색되는 색소를 말한다. 유기 안료의 착색제로서의 특징은 색상의 범위가 넓고 선명하며, 착색력이 우수한 장점이었으나 무기안료에 비해 상대적으로 가격이 비싸고, 내구성 면에서 제약을 받는 경우가 있다. 또한 환경문제의 심각성이 대두되면서 중금속으로 만든 무기안료를 유기안료로 대체하려는 경향이 유럽과 북미 등 선진국에서 증가하고 있다. 유기안료는 주로 도료, 잉크, 고무, 섬유, 제지, 피혁, 화장품 등에 사용된다.

안료는 크게 무기안료와 유기안료로 나누어지는데 무기안료는 주로 금속산화물이며, 색의 선명성, 직색력, 투명성 등에서 유기안료에 뒤지지만 유가용매에 대한 불용성 빛 500~1000:1 의 고온에서도 견디는 내열성은 유기안료가 따라갈 수 없

는 물질이다. 유기안료는 1856년 W. H. Perkin에 최초의 합성염료인 모베인 (mauveine) 을 합성하였고, 1858년에 Griess가 디아조늄염과 그의 아조커플링 반응을 발견하면서 많은 종류의 다양한 아조계 색소를 합성하게 된 것이 유기안료 합성의 기초가 되었다. 그 후 1903년 Brilliant Carmine GB, 1905년 Lake Red 4R, 1908년 Fast Yellow, 1911년 Disazo Yellow가 발견되면서 본격적인 유기안료 산업화시대가 시작되었다. 1928년에는 대표적인 유기안료인 Phthalocyanine Blue, 2차 세계대전 후에 Quinacridone, 그리고 가장 최근인 1980년대에 발견된 Diketopyrrolopyrrole(DDP)과 같이 새로운 고급 유기안료들이 차례로 등장하게 되었다. 우리나라의 유기 안료 생산에 관한 역사는 매우 짧다. 1950년대부터 도료공업의 시작과 더불어 외국으로 부터 일부 수입된 유기 안료가 사용되었고 60년대에 비로서 국내 생산이 시작 되었다. 60년대 후반 대한 색소 공업(주)가 일본의 유기안료 제조기술을 도입하여 생산 개발을 시작함으로써 아조계의 적, 황색소와 프탈로 시아닌의 청록색소가 시판되었다. 오늘날의 국내의 주요 안료생산 회사도 일본 등 외국 회사와의 기술 제휴하에 일부 고급 안료를 제외 하고는 대체로 국내 수요를 충족 시키고 국내 총생산고의 30%선에 해당하는 유기안료를 수출하고 있다. 유기안료는 아조안료, 프탈로시아닌안료, 축합 다환안료 등으로 분류할 수 있으며 (표3-1 표3-2),

<표 3-1> 유기안료의 분류

구분	분류	예
유기안료	아조안료	• 용성 아조 안료(아조레이크 안료) • 불용성 아조 안료 • 축합 아조 안료 • 금속염 아조 안료
	프탈로시아닌 안료	• 무금속 프탈로시아닌 안료 • 구리 프탈로시아닌 안료 • 할로겐 치환된 구리 프탈로시아닌 안료
	축합 안료	• 안티라퀴논계 안료 • 페리논계 안료 • 페리레계 안료 • 디옥사진계 안료 • 퀴나크리돈계 안료 • 이소인톨리논계 안료 • 디케토피롤로피롤계 안료 • 퀴나프탈론계
	기타	• 형광안료 • 금속착염 안료

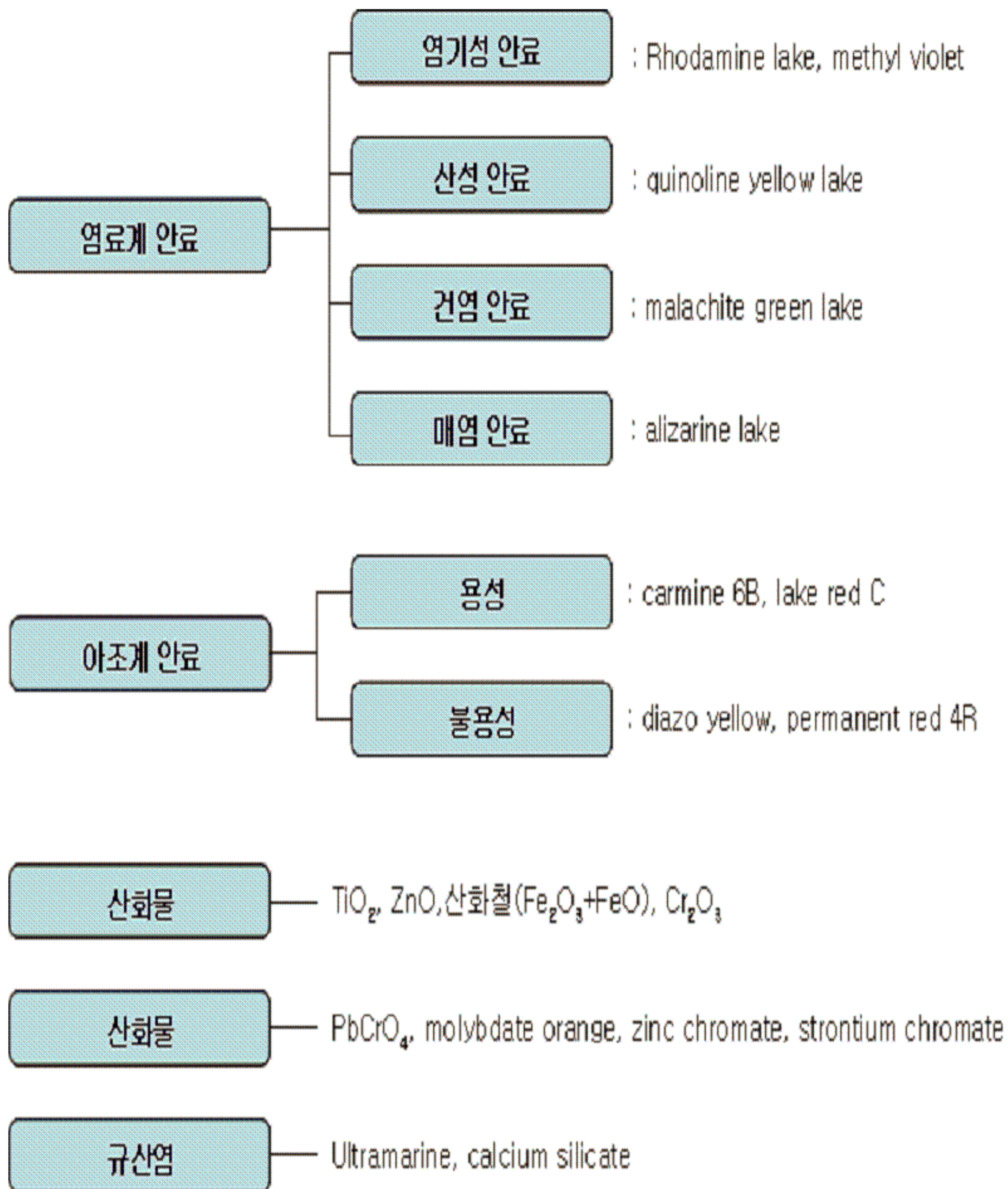
<표 3-2> 유기안료의 종류 및 용도

구분	종류	용도
유기안료	AZO Lake	도료, 인쇄잉크, 문구용 고무, 수지, 화장품 등의 착색
	불용성 AZO Lake	도료, 인쇄잉크, 문구용 및 플라스틱, 고무, 피혁, 섬유, 타일 등의 착색
	Phthalocyanine	도료, 잉크 인쇄, 플라스틱 등의 착색
	축합다환계	자동차, 건축재료, 플라스틱, 인쇄잉크 등의 착색
	형광안료	전시물, 수지, 형광안료, 인쇄 잉크, 섬유염
	착색수지안료	종이, 섬유의 coating 광택제, 화장품, 수지개질제

색에 의한 분류는

- 백색안료 : TiO_2 , ZnO , $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$
- 흑색안료 : Fe_3O_4 , carbon black, graphite
- 적색안료 : cadmium red, Pb_3O_4 , Fe_2O_3 , HgS
- 등 색안료: molybdate orange, permanent orange
- 황색안료 : FeO(OH) , nH_2O , chrome yellow, titan yellow, hansa yellow
- 녹색안료 : chrome green, Cr_2O_3 , phthalocyanine green
- 청 색안료: prussian blue, cobalt blue, phthalocyanine blue, ultramarine
- 자색안료 : manganese violet, dioxazine violet
- 형광안료 : ZnS , CaS , SrS , CaWO_4
- 금속분안료: aluminum powder, silver powder, tin powder, bronze powder
- 진주광택안료: mica, guanine

화학구조에 의한 분류를 보면 그림3-1과 같다.



[그림 3-1] 화학구조에 의한 분류

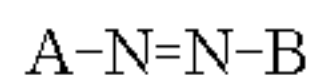
형태에 의한 분류는

- 분체안료 : 일반 분체안료, dry color
- 습윤안료 : paste color, master batch, flashing color

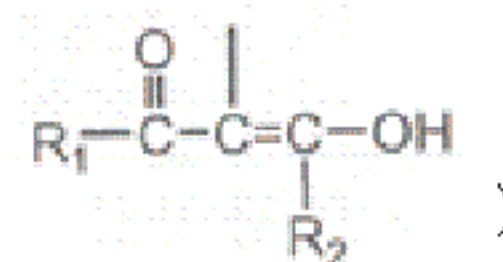
용도에 의한 분류는

- 도료용 안료
- 인쇄잉크용 안료
- 플라스틱용 안료
- 화장품용 안료
- 요업용 안료
- 제지용 안료
- 문구용 안료
- 고무용 안료
- 건축용 안료

로 나누어 볼 수 있다. 그리고 아조안료의 구조식을 보면, 아조안료는 1개 또는 그 이상의 아조기를 포함한 안료이다.

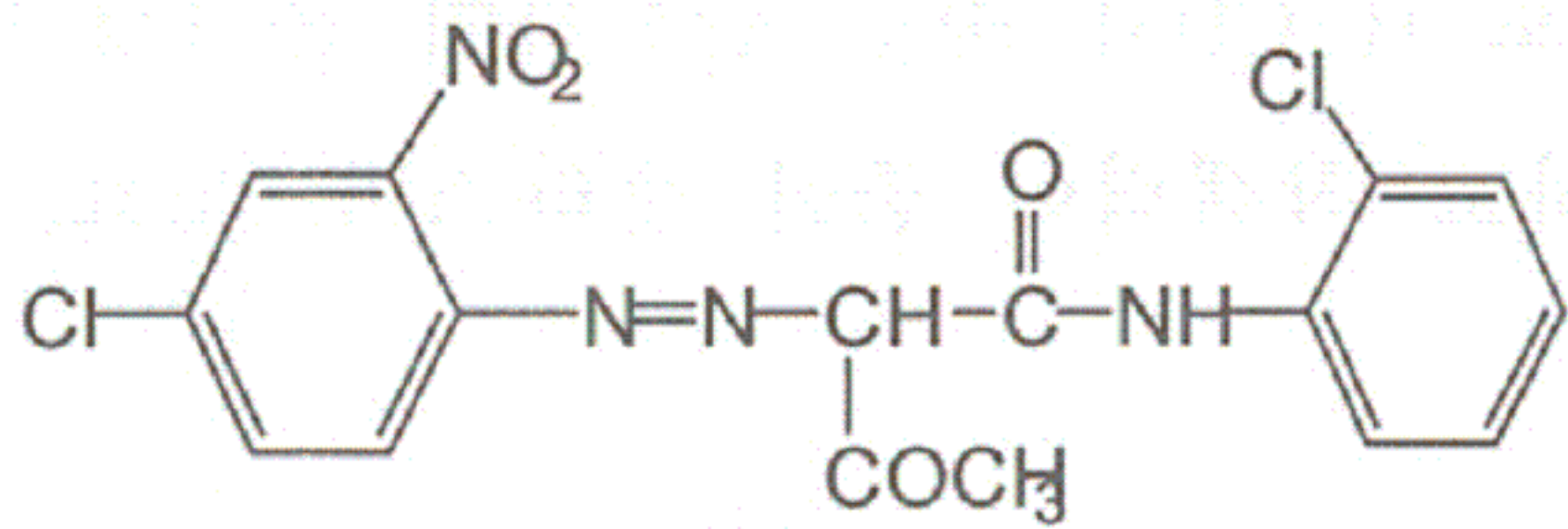


(A: Aryl 또는 heteroaryl, B: Aryl, heteroaryl 또는



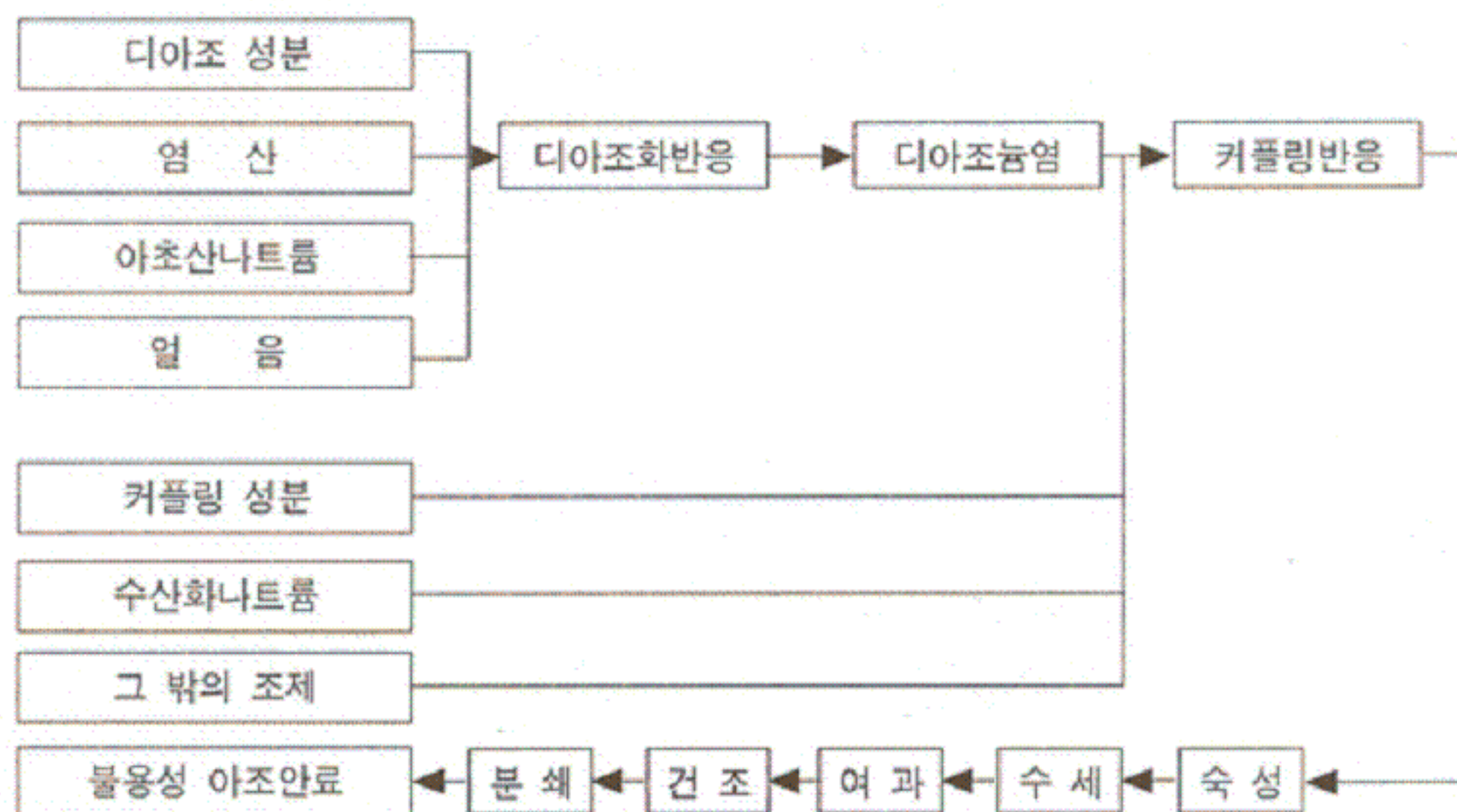
이들 안료는 다양한 디아조화물과 커플러의 카플링 반응에 의해 만들어지므로 종류가 매우 많고, 색상도 yellow, orange, red, violet등으로 다양하며 물성도 비교적 우수하여 유기안료 중에서 큰 비중을 차지하고 있다.

불용성 아조안료는 다이조화 반응과 커플링 반응을 거쳐서 생성되며 분자중에 카르복실기(-COOH), 술폰기(SO₃H)와 같은 수용성기를 갖고 있지 않으며 일반적으로 내수성과 내알칼리성이 우수하다.



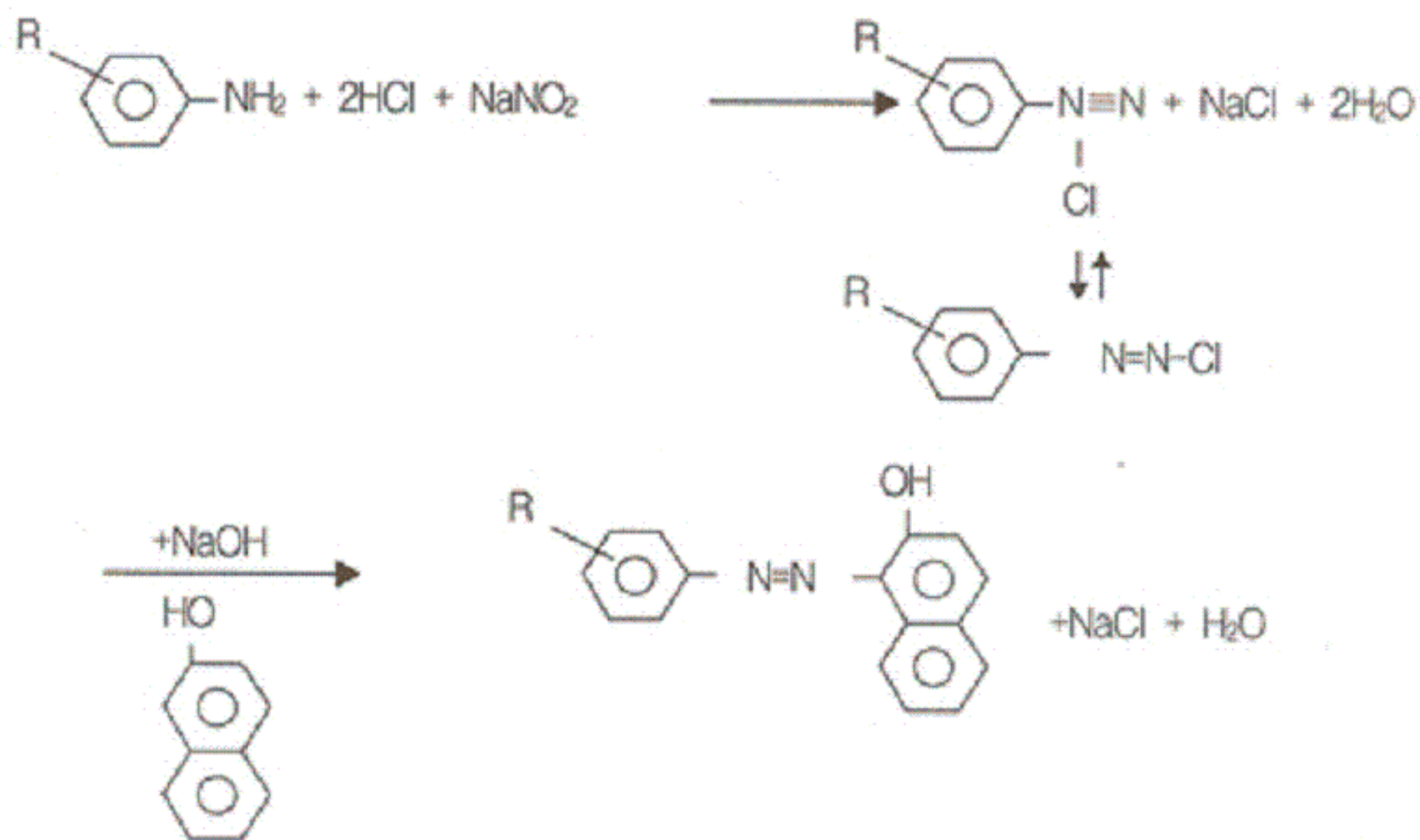
[그림 3-2] Pigment Yellow 3

불용성 아조계 안료의 제조공정을 그림 3-3와 같다.



[그림 3-3] 불용성 아조안료의 제조공정

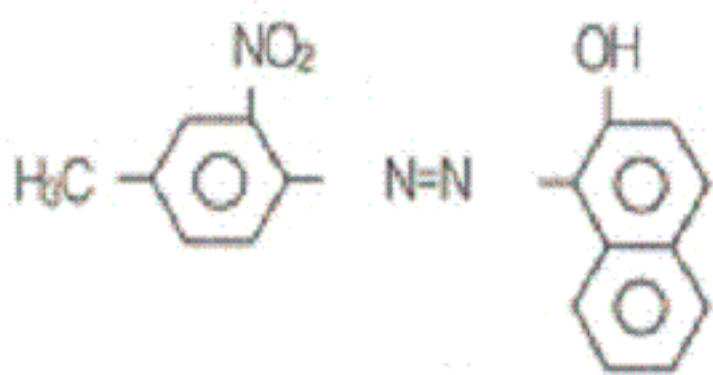
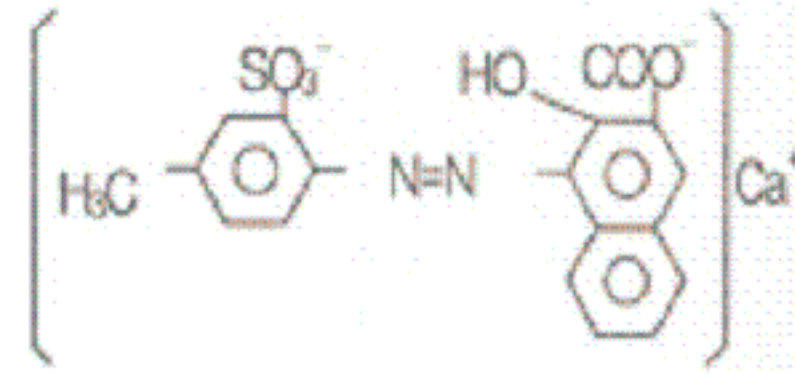
그림 3-4는 불용성 아조안료 반응식의 일예이다.



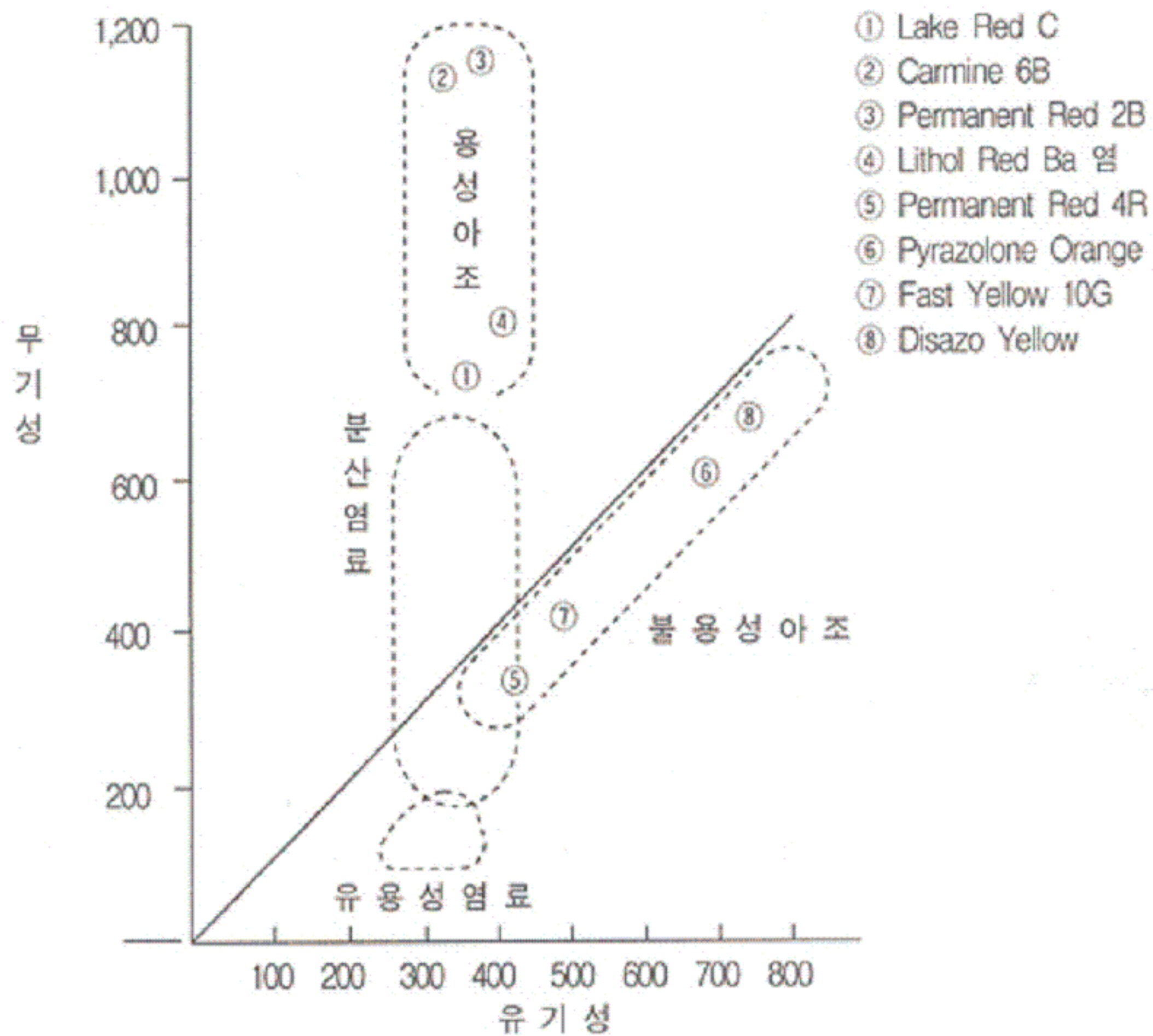
[그림 3-4] 불용성 아조안료 반응식

아조안료의 화학구조와 제반 성질 등에 대해서는 색과 화학구조에 대하여 공명이론으로 설명하고 있는데, acetoacetanilide 류는 open chain structure 이므로 얻어지는 색은 황 오렌지, β naphthol 이나 naphthol AS 류는 고공역계의 naphthalene 핵을 가지므로 얻어지는 색은 오렌지 적-자-청이라고 주장하고 있다.

가용성 기를 갖지 않는 불용성 아조안료는 내산성이나 내알칼리성은 강하지만 내용제성이 약함을 알 수 있다. 내용제성과 화학구조 관계에 대해서는 유기개념도를 적용하면 편리하다. 불용성 아조안료는 유지성이 강하고 용성 아조안료는 무기성이 강함을 알 수 있다. 불용성 아조안료에는 구조 중에 아조기를 1개 가진 monoazo 안료와 2 개 가진 disazo 안료가 있으나 전자에 속하는 Permanent Red 4R은 유용성 염료에 가까운 위치에¹ 있고, Disazo Yellow 는 내용제성이 매우 양호함을 알 수 있다(그림3-5).

	불용성 아조안료	용성 아조안료
예	 Permanent Red 4R	 Carmine 6B
가용성 기	없음	있음
내산성	양호	불량
내알칼리성	양호	불량
내용제성	불량	양호

[그림 3-5] 불용성 아조안료와 용성 아조안료의 상이



[그림 3-6] 유기개념도

내광성에 대해서는 치환기의 종류와 아조기에 대한 위치관계가 있다. 그러나 안료는 염료와 달리 입자로서 존재하기 위하여 동일한 화학구조의 안료일 지라도 합성하는 경우의 제반조건에 따라 입자의 크기, 형상 결정성 등이 달라지므로 색은 물론이거니와 내광성 외의 제반 성질도 달라진다.

(2) 아조염료 및 안료의 제조

아조염료는 모든 염료 종류에 있어서 많이 사용되고 있기 때문에 가장 중요한 염료로 평가된다. 아조염료의 생산량이 가장 많으며 다른 염료계에 대해 개발에 많은 노력을 기울여 왔다. 즉, 산성염료, 염기성염료, 직접염료, 분산염료 및 반응성염료에 있어서 아조염료가 발색제로 사용된다. 아조기를 기본으로 하는 염료는 황녹색에서부터 흑색까지 모든 범위에 걸쳐 원하는 색상을 얻을 수 있으며, 응용 면에 있어서도 천연섬유 및 합성섬유에 아조염료계를 적용할 수 있다. 지난 30년에 걸쳐서 제품의 개발은 반응성염료 및 분산염료 부분에 맞추어져 왔으나 현재에는 산성염료에 대하여서도 많은 연구의 관심이 이루어지고 있다.

대략 2000여종의 아조염료는 다음과 같이 세분화될 수 있다. 즉 monoazo(850종), disazo(850종), trisazo 및 complex azo(340종) 등의 염료로 분류될 수 있다. 이들 중 많은 부분이 사용되지 않기도 하며 중요하게 사용되지만 계통적으로 분류 및 등록되지 않은 염료들도 있다. 아조 염료의 제조에 있어서는 diazo 성분, tetrazo 성분 및 coupling 성분이 합성과정에 있어서 중요한 중간체가 되며 기본적인 제조공정은 현재까지 변화되지 않고 기존의 방법을 적용하고 있다. 1차 arylamine(diazo component)을 염산과 sodium nitrite로 처리하고 얻어진 디아조염을 커플링성분(방향족 아민 혹은 하이드록시 화합물)과 반응시켜 아조 염료를 얻는 공정이다. Disazo 및 polyazo 염료의 경우에는 출발물질로서 diamine과 다기능 커플링성분을 사용하거나 아미노 아조 화합물을 사용하여 공정을 반복함으로써 염료를 제조한다.

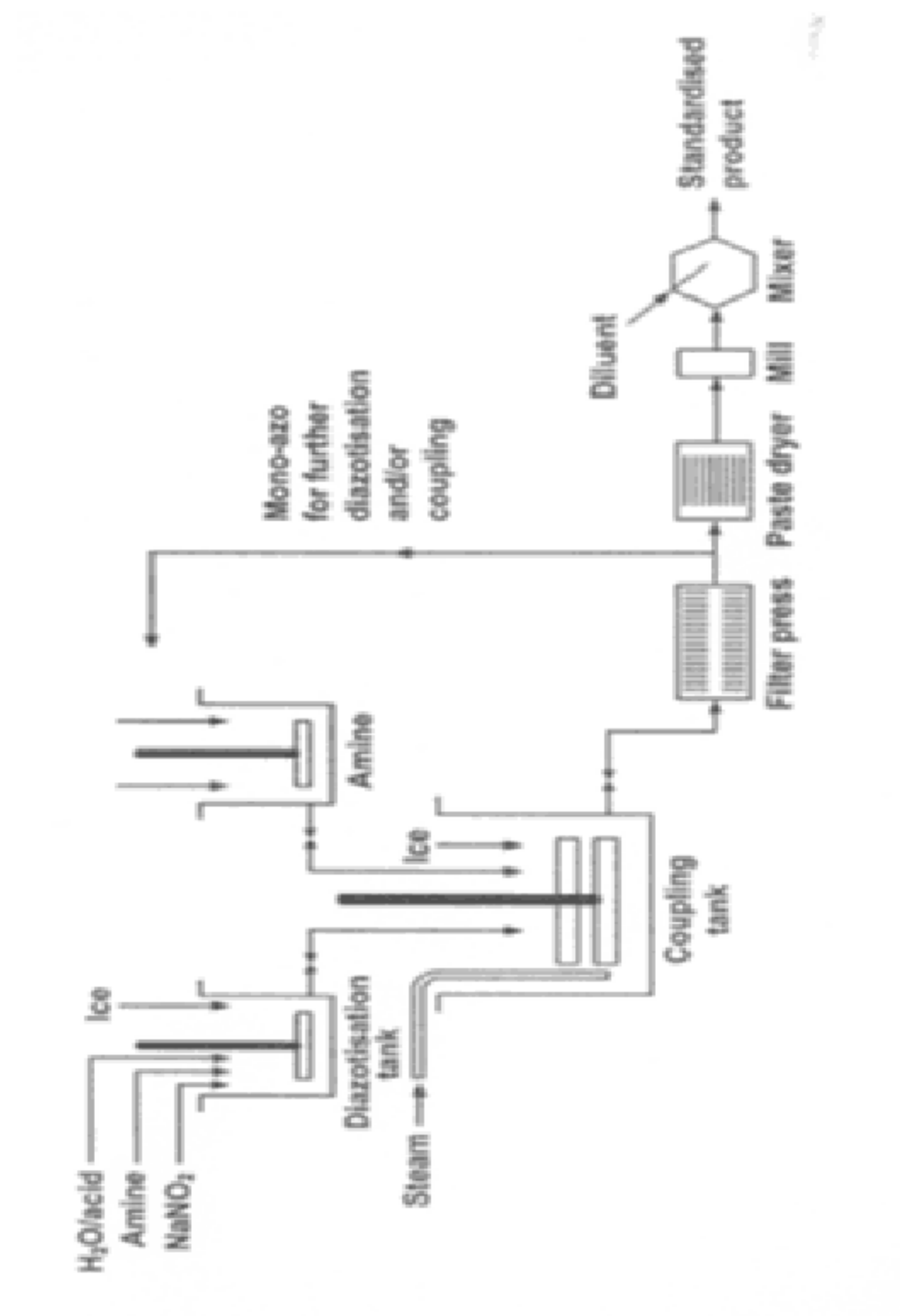
제조 공정상의 혁신도 제조장치의 개발에 따라서 개선되었다. 즉, 새로운 소재를 이용한 제조 장치를 만들고 제조과정 전체에 걸쳐서 공정을 제어함으로써 염료제조의 공정혁신도 가능해졌다. 대부분의 디아조화 반응 및 커플링 반응은 온화한 반응조건에서 물을 매체로 하여 이루어지므로 중간체 제조의 단위공정반응에 비해서는 제조공정이 간단하다. 상압에서도 제조 가능하여 오래전에는 나무로 만들어진 반응 용기를 사용하기도 했으나 현재에는 고무나

철제를 이용한 용기로 바뀌어졌다. 그림 4.1에 전형적인 아조염료의 합성 공정도를 나타내었다.

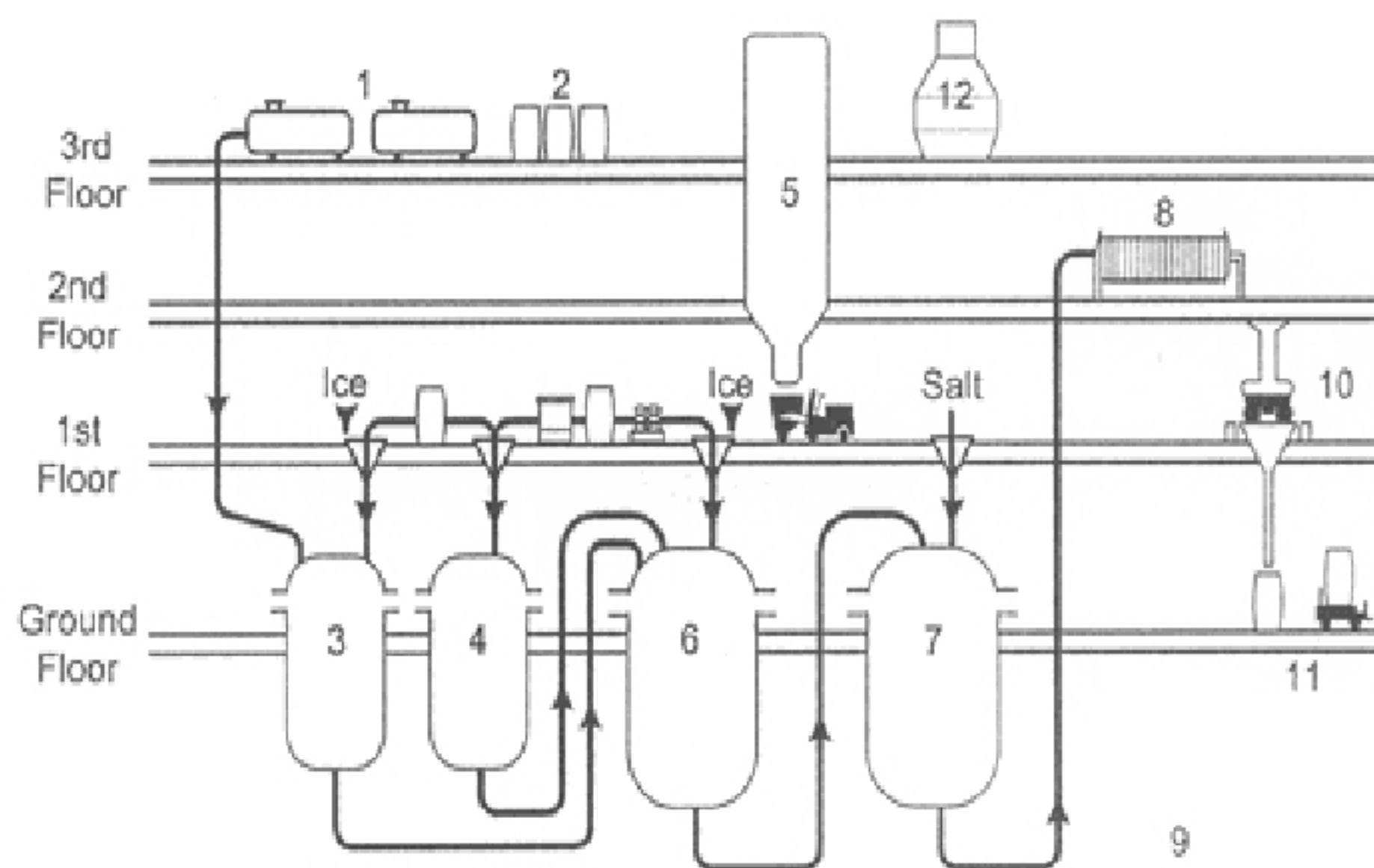
제조공정에 있어서는 혼합, pH, 온도가 중요한 요소이며 각 염료의 제조에 있어서 최적조건들이 각각 확립되어 있다. 교반과정은 소형의 제조 용기를 사용했던 과거의 경험적인 수준에서 벗어나 대용량의 디아조화 성분 또는 커플링 성분의 교반 및 혼합에 사용될 수 있도록 제조공정이 개발되었다. pH paper의 사용에서 pH meter로 전환되어 자동적인 pH 제어가 가능해졌고 pH가 감소되면 필요한 만큼의 산 또는 알칼리가 자동 투입되어 최적 조건하에서 제조공정이 진행될 수 있도록 프로그램 되었다. 이러한 pH 제어 및 디아조 성분/커플링 성분의 혼합에 대한 복합적인 중요성이 인식되면서 염료제조 기술이 비약적으로 발전하였다.

종래의 온도 조절의 방식은 디아조화 과정 및 커플링 반응 단계에 있어서 얼음을 사용하여 저온을 유지하거나 또는 생성되어진 염료의 석출단계에 적절한 온도를 맞추기 위하여 스팀증기를 사용하였다. 그러나 이러한 부분에 있어서도 수동적인 작업을 개선하기 위하여 얼음 제조 설비와 자동 운반 시스템이 도입되어 온도의 세밀한 조절이 가능하도록 발전하였다.

현재 아조염료 생산 공장에 있어서 대표적인 제조공정도를 그림 3-7에 나타내었다. 그림 3-8와 비교하여 발전된 주요한 부분은 화합물의 저장과 제어에 관한 것으로 공정장치에 통합된 얼음제조 장치와 각 단계 화합물의 다음 공정으로의 이동을 중력대신에 펌프를 이용하여 쉽게 제어할 수 있다는 것이다.



[그림 3-7] 아조 염료의 제조공정



- | | |
|---|--|
| 1 - Storage tanks for liquid starting materials | 7 - Isolation vessel |
| 2 - Storage drums for solid starting materials | 8 - Filter presses |
| 3 - Diazotisation vessel | 9 - Filtrate to waste liquor treatment plant |
| 4 - Coupling component vessel | 10 - Dryers |
| 5 - Ice machine | 11 - Emptying of dyestuffs to go to the mill |
| 6 - Coupling vessel | 12 - Outgoing air purification plant |

[그림 3-8] 아조 염료의 반응장치

(4) 염료제조 단위공정

일반적으로 염료제조를 위한 단위공정은 염료의 분쇄, 건조, 결정화, 여과, 용매의 증발 등으로 나눌 수 있다. 제조공장은 반응장치, 여과장치, 건조장치 등의 공정장치 등을 구비하고 있으며 이러한 장치를 이용하여 각 단계별로 적절한 염료제조의 단위 조작을 수행하고 있다.

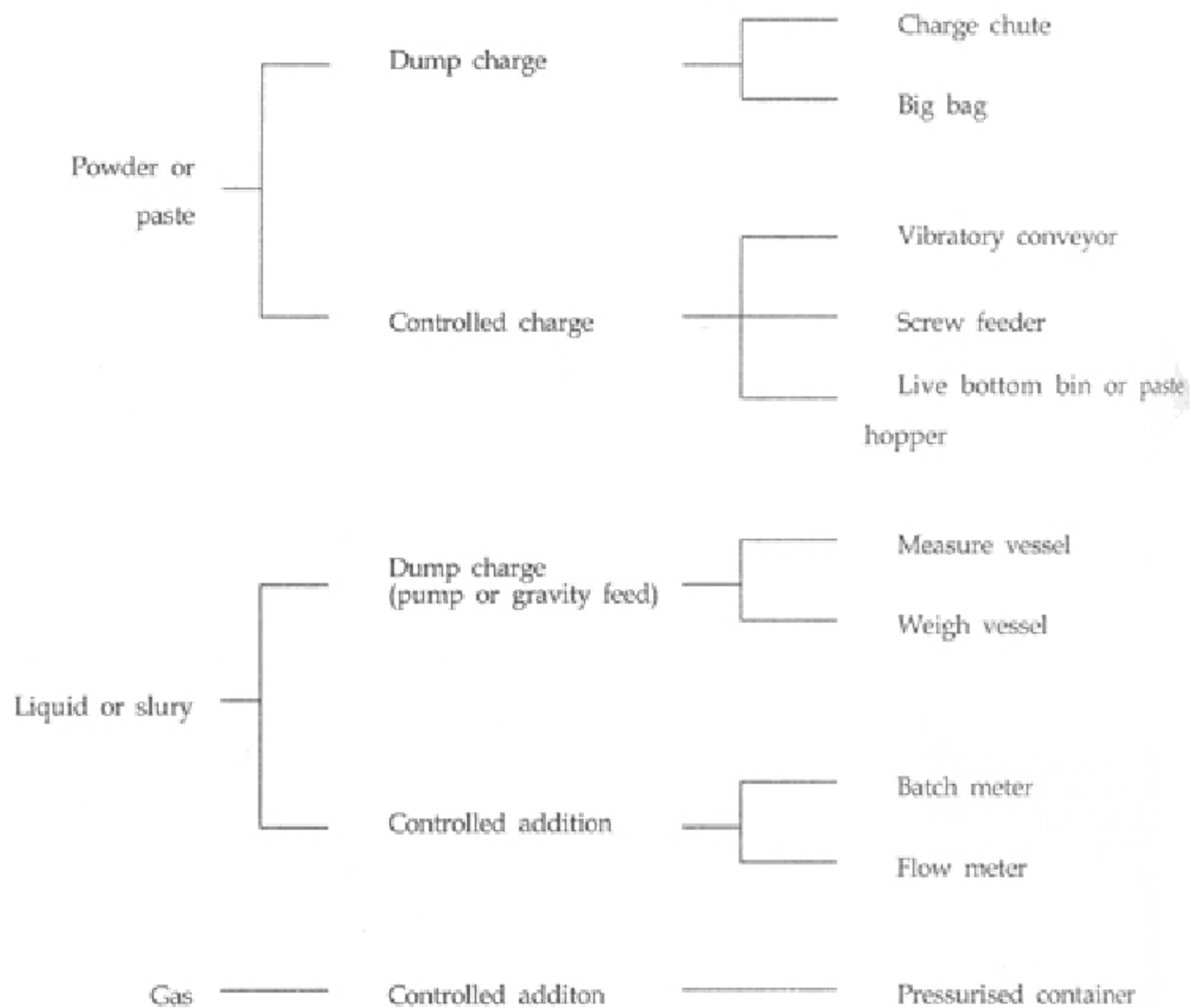
지난 반세기 동안 염료제조공정은 염료 합성기술 자체보다 더욱 발전해 왔으며, 이러한 급격한 발전의 요인은 새로운 제조장치의 응용 및 컴퓨터를 이용한 반응조절로 수동적인 작업의 감소와 더불어 더욱 균일한 제품생산 및 품질향상이 가능하였기 때문이다. 이러한 단위공정은 각각 분리되어 진행되는 것보다는 모든 공정이 서로 연관되어 제품 생산이 이루어지며 가장 일반적으로 다음과 같은 순서로 진행된다. 즉 원료물질 투입(materials charging)-반응 교반(reaction, agitation)-여과(filteration)-건조(drying)-분쇄(grinding)의 순서로 제조된다.

가) 반응물 투입공정 (Material charging)

염료제조 장치 중 가장 앞 단계에 위치한 부분으로 선택적으로 반응물을 투입하며 이를 그림 3-9에 나타내었다.

액상 혹은 고상반응물을 투입하는 장치는 반응기에 연결되어 있으며 반응 중 원료의 투입이나 공정상 요인들을 측정하기 위하여 반응기 내부가 들여다 보이는 형태의 반응기가 많이 사용된다. 고체상태의 화합물을 반응기에 투입할 경우에는 정전기에 의한 문제점이 발생할 수 있으며 휘발성 액체를 투입할 경우에는 특별한 주의가 요구된다. 페이스트 상태의 원료 물질을 투입할 경우에는 액체나 고체원료 물질 보다 용이하지 않으며 정확한 양을 투입하기가 어렵다. 또한 많은 반응 시약들은 특별한 취급 및 주의가 요구되기 때문에 각 공정상 세밀한 관찰이 요구된다. 예를 들어 nitric acid, oleum, chlorosulfonic acid 등은 공정 장치 및 장치의 배기 등을 고려한 장치의 구성이 필요하다. 가스상 물질의 투입도 마찬가지로 세심한 주의가 요구된다. Sulfur dioxide의 경우

에 간단한 알칼리 흡수장치가 요구되기도 하며 hydrogen chloride와 같은 산성 가스의 경우에는 분무 등을 형성할 수도 있기 때문에 더욱 복잡한 장치의 구성이 필요하다.



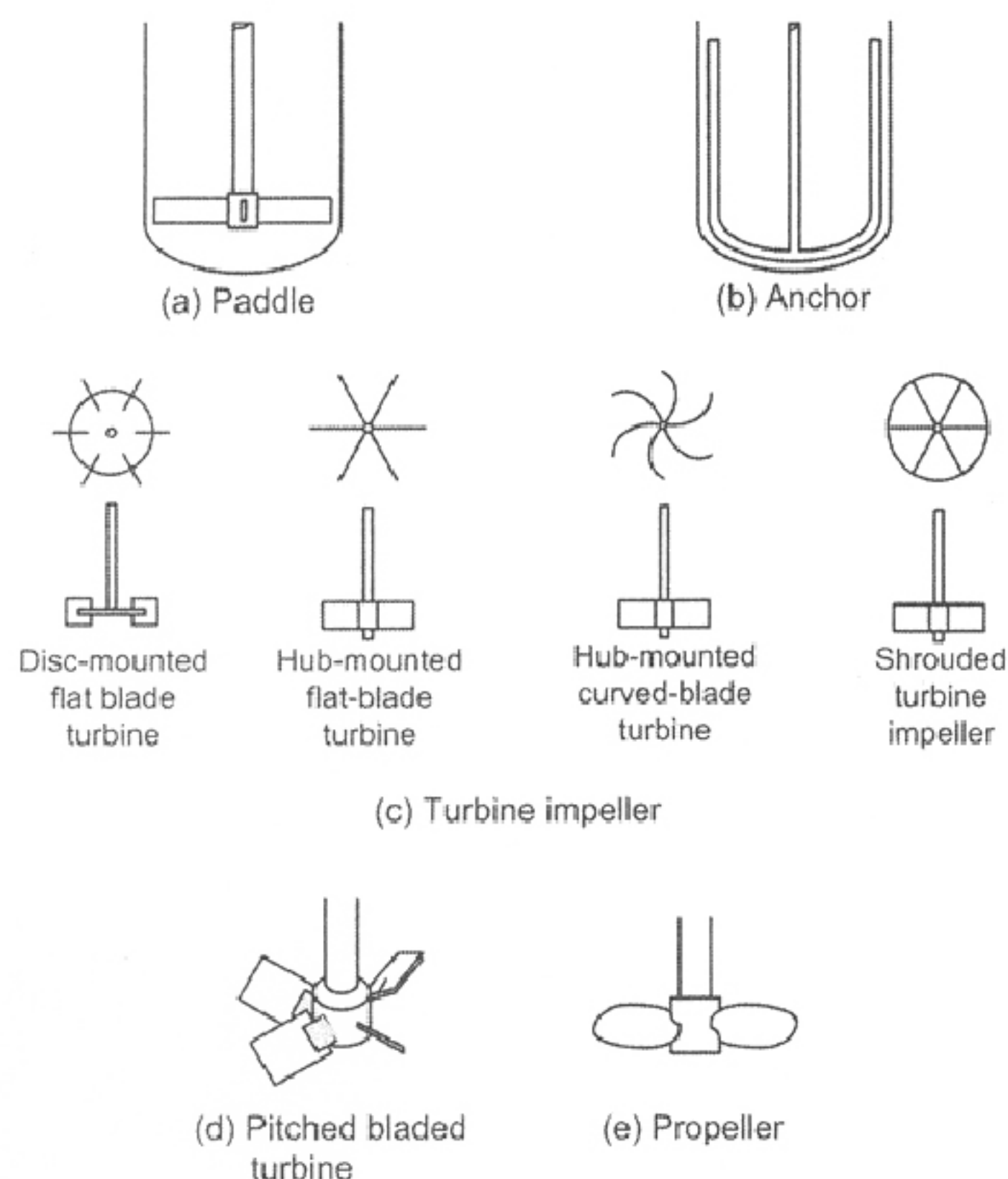
[그림 3-9] 원료물질 투입

나) 반응 및 교반

지금까지 기술한 중간체 및 염료의 제조공정에 있어서는 대개 교반장치가 부착된 반응조의 형태로 반응이 이루어진다. 반응조는 1000~45,000L의 용량으로 철, 스테인리스 및 에나멜 코팅된 여러 종류의 금속류로 만들어진다. 특별

한 목적으로 티타늄합금을 이용하기도 하지만 이의 사용은 매우 드물다. 반응기 혹은 반응조에는 공정에 필요한 교반, 가열 및 냉각장치 등을 갖추고 있으며 어떤 경우에는 발생기체를 응축할 수 있는 컨덴서를 포함한 배기 장치 또한 갖추고 있다. 그리고 반응에 따른 온도, 압력 및 pH를 조절할 수 있는 제어장치도 시스템화 되어있다.

교반과정은 혼합물의 최적 반응 상태에서 점도, 분산조건 그리고 열적조건 등을 고려해야 하기 때문에 세심한 주의가 요구된다. 고속 및 저속 교반이 각각의 필요한 경우에 선택되어 사용되어진다. 그림 1에서 두 가지 기본적인 저속 교반용 paddle 및 anchor 와 고속 교반용 impeller를 나타냈다. 이들 교반타입은 open- 및 closed-반응장치에 모두 용이하게 사용될 수 있다(그림3-10).



[그림 3-10] 교반기 타입

다) 여과

반응기 내에서 제조되어진 고체-액체의 혼합상에서 생산물을 여과하여 고체 성분으로 분리하는 과정이다. 균일하고 재현성 있는 최종성분을 얻기 위해서는 반응기내에서 합성되어진 고체성분을 결정화하는데 세심한 주의를 기울여야 한다. 일반적으로 고체의 서스펜션 상태는 용액 내에서 1~10% 정도가 고체 상태로 존재하며, 이 정도의 범위에서 합성되어진 고체가 적절한 서스펜션 상태를 유지할 수 있다.

합성된 염료 성분이 고체형태로 만들어질 때 문제점 중의 하나는 동일한 여과공정 중 결정화된 여러 성분이 동시에 여과되면 함께 얻어진 불순물의 분리 문제가 야기 되는 것이다. 여과장치의 선택은 여과장치의 용량과 함께 생성물의 성상을 고려하여 결정된다. 다음과 같은 여러 종류의 여과장치를 이용하여 생성물의 고체상을 얻는다.

- Nutsch filters (vacuum filters)
- Press filters
- Filter presses
- Contrifuges

① Nutsch filters

가장 간단한 형태의 고정식 필터타입으로 중력에 의해 여과하거나 진공상태를 만들어 여과성능을 촉진하는 형태이다. 이 형태의 필터는 그림 3-11에서 보는 바와 같이 여과구멍을 가진 기본구조에 여과지를 놓고 고체상이 포함된 슬러리를 부어 필터케익, 즉 제조된 염료 고체상을 얻는 방식이다.

필터 매체는 제직된 섬유직물 혹은 다공의 세라믹 타일을 사용하기도 한다. 후자의 경우는 1 μ m의 사이즈까지 파티클의 여과가 가능하며 섬유직물의 경우에는 10 μ m의 크기까지 여과할 수 있다. 하지만 현재는 매우 우수한 여과지가 개발 보급되어 널리 사용된다.

② Pressure filters

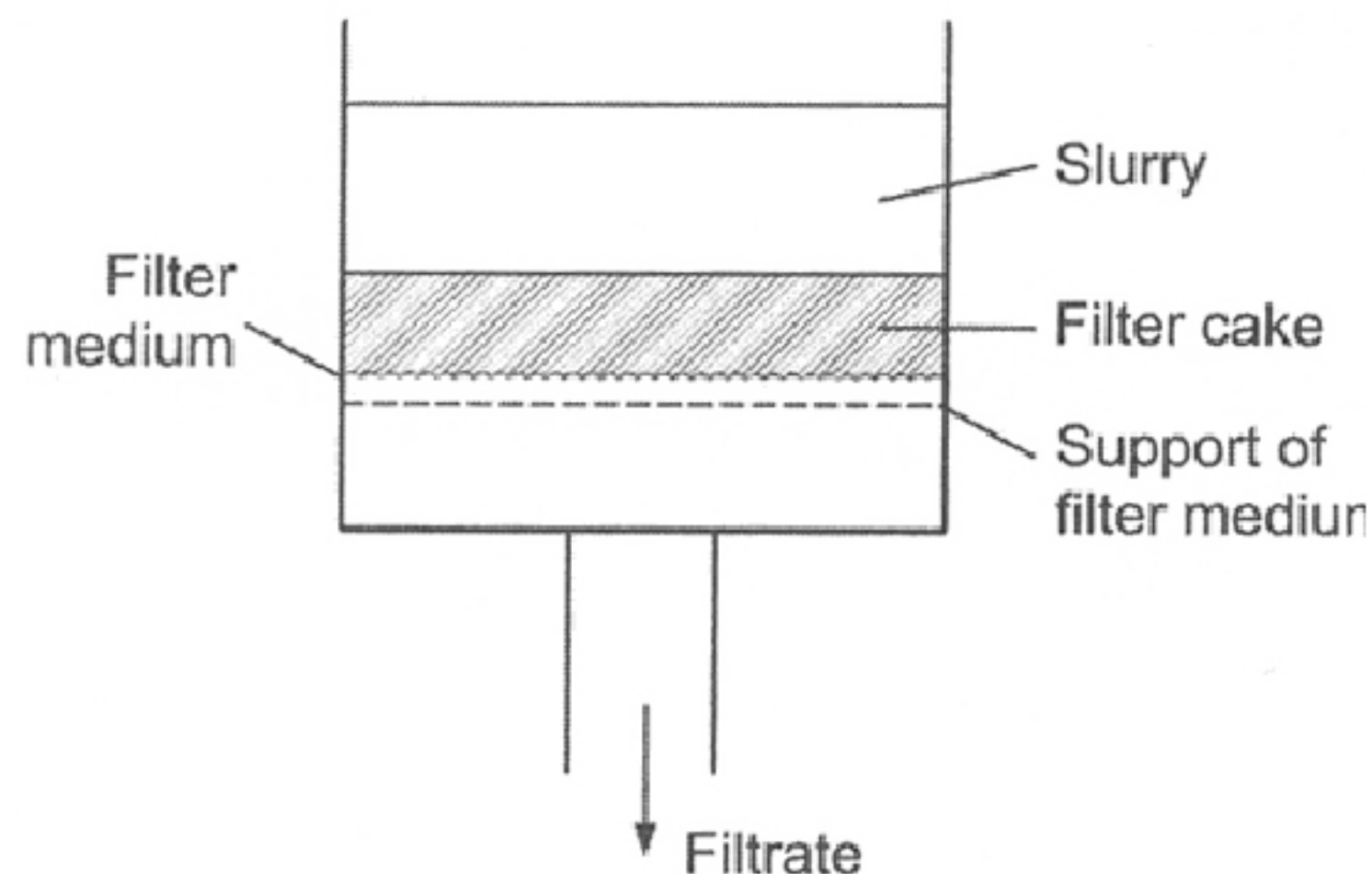
이 형태의 여과장치는 닫힌 형태의 Nutsch 필터와 유사하며 Nutsch 필터의 경우에는 여과 방향의 아래쪽에서 감압되는 형태로 진행되는 것에 반하여 필터의 위쪽에서 압력을 가하여 여과하는 방법이다. 이 방법에서는 용매 및 생성 기체를 외부 방출을 방지할 수 있고 기계적 힘으로써 작동되는 일체형의 여과장치이다.

③ Filter press

고정식 필터장치로서 Nutsch와 유사한 용도로 사용되며 가장 다용도로 사용될 수 있는 장치로서 많은 양의 여과 및 수세에 사용되어 경제적인 면에서 장점을 가지고 있다. 일반적인 형태는 polypropylene 혹은 고무로 커버된 plate와 frame을 사용하는 장치로서 기존의 나무를 이용한 방법에서 발전되어 왔다.

④ Centrifuges

이 여과 방식은 고체상의 염료가 제거되는 방식에 따라 구분되며 고체 케익이 용기의 내벽에 남는 형태로 수동 혹은 자동으로 제거한다.



[그림 3-11] 여과의 기본 개념

라) 건조

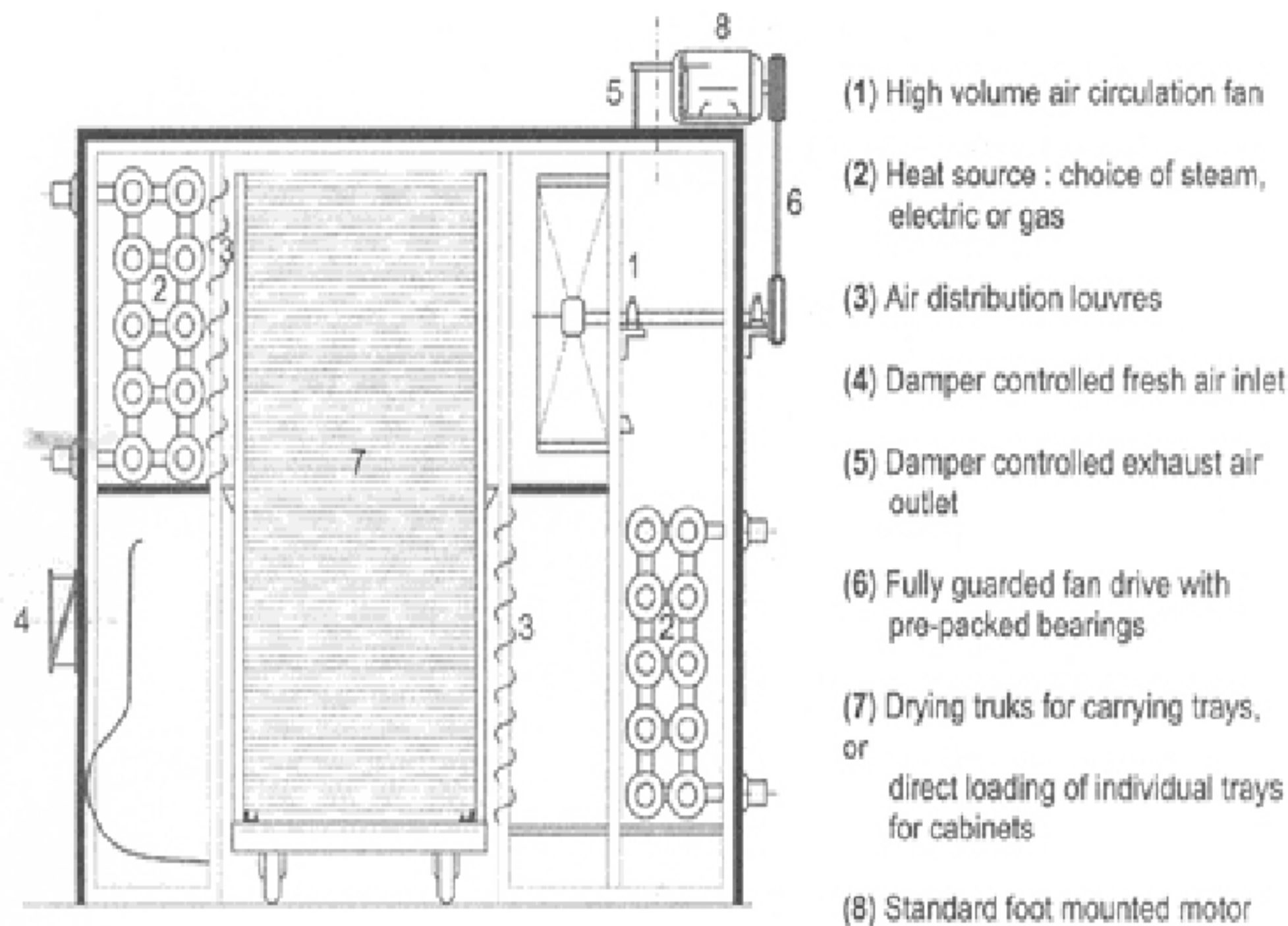
건조공정은 에너지 비용 면에서 상당한 부분을 차지하며 여과과정으로부터 생산되는 염료 페이스트를 건조하기 위해서 반드시 수반되어야 하는 공정이다. 대체로 염료 페이스트의 수분함량은 20~80% 정도의 범위로 생성되는 염료마다 차이를 보인다. 건조 장치를 결정하는 주요한 요인은 다음과 같다.

또한 다음과 같은 건조장치 타입이 이용되고 있다.

- Ovens
- Agitated vacuum dryers
- Filter dryers
- Spray dryers
- Drum dryers

① Ovens

다용도로 사용될 수 있기 때문에 여러 형태의 건조기가 현재 널리 이용되고 있다. 건조기는 서로 다른 여러 종류별 염료로부터 적은 양의 합성된 염료의 건조에도 매우 용이하게 사용된다. 하지만 오븐 건조는 노동집약적인 형태로 공정이 진행되며 염료를 오븐 내에 넣고 회수할 때의 안전한 작업 조건을 항상 유지해야 하는 단점이 있다. 오븐에서 건조된 염료는 덩어리 형태로 얻어져 분쇄과정이 필요하다. 따라서 이 형태의 건조방식은 대용량의 건조에는 용이하지 못하며 또한 어떤 특별한 형태의 염료 고체를 얻을 목적에는 적합하지 못하다. 그림 3-12에 전기 가열된 고온의 공기가 순환하는 형태의 건조 장치를 나타내었다. 스팀가열 형태 및 마이크로파를 이용한 건조오븐도 이용되고 있다.



[그림 3-12] 공기 순환식 건조기의 구조

② Agitated vacuum dryers

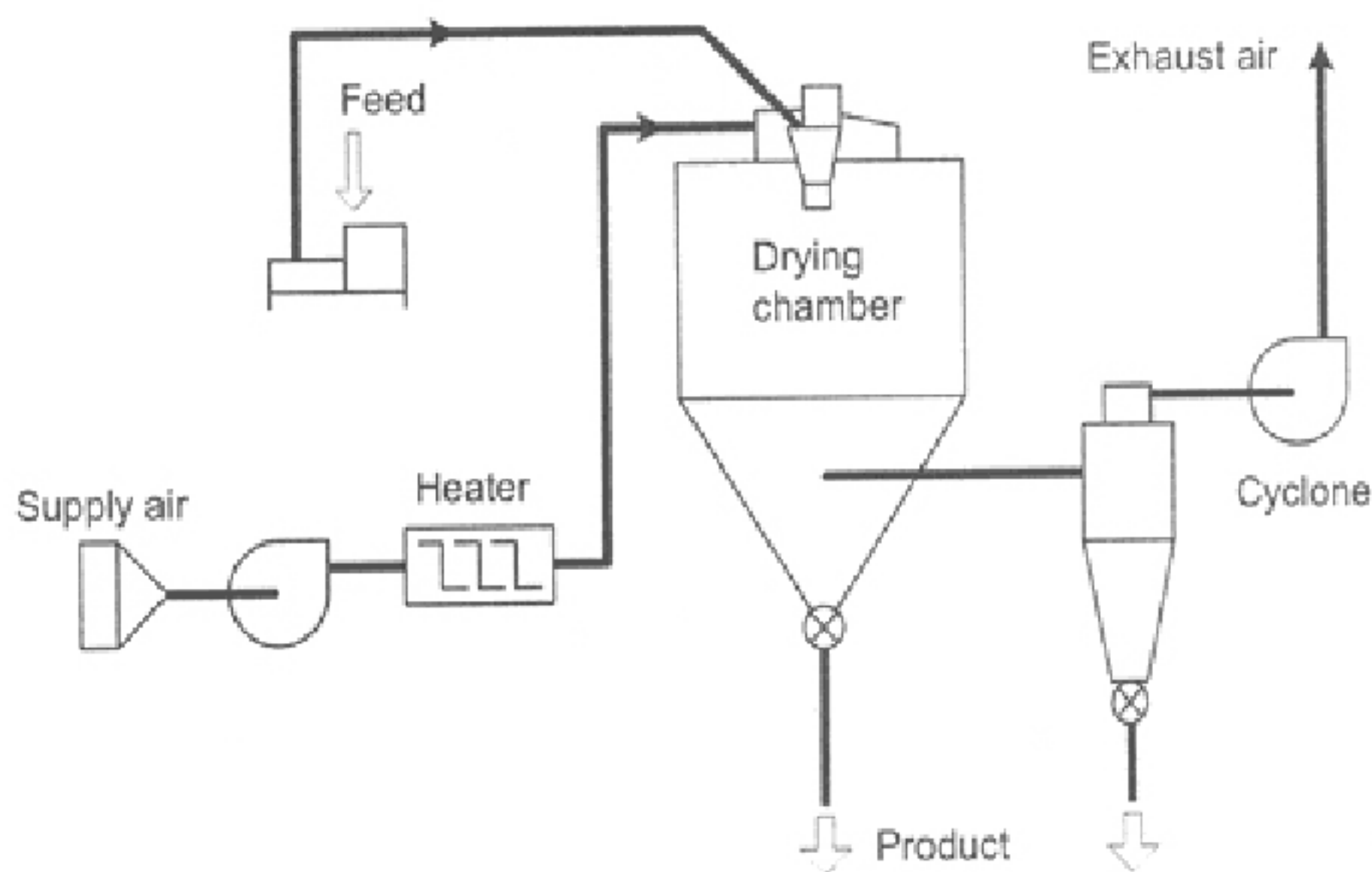
고정식 염료건조의 또 다른 중요한 장치로서 agitated dryer를 들 수 있다. 수직 혹은 수평의 실린더 형태 등으로 만들어지며 감압과정으로 염료를 건조한다. 염료 생성물은 대개 파우더와 덩어리의 혼합물로 얻어진다. 액체나 페이스트상의 염료생성물의 건조에는 용이하다.

③ Filter dryers

일반적으로 여과 및 건조공정의 분리되어진 제조공정을 하나로 단축시킬 수 있기 때문에 이론적으로는 바람직한 방법이다. 하지만 두 가지 공정을 동시에 작동시켜야 하는 문제점이 있어 상대적으로 많이 사용되지는 않는다.

④ Spray dryers

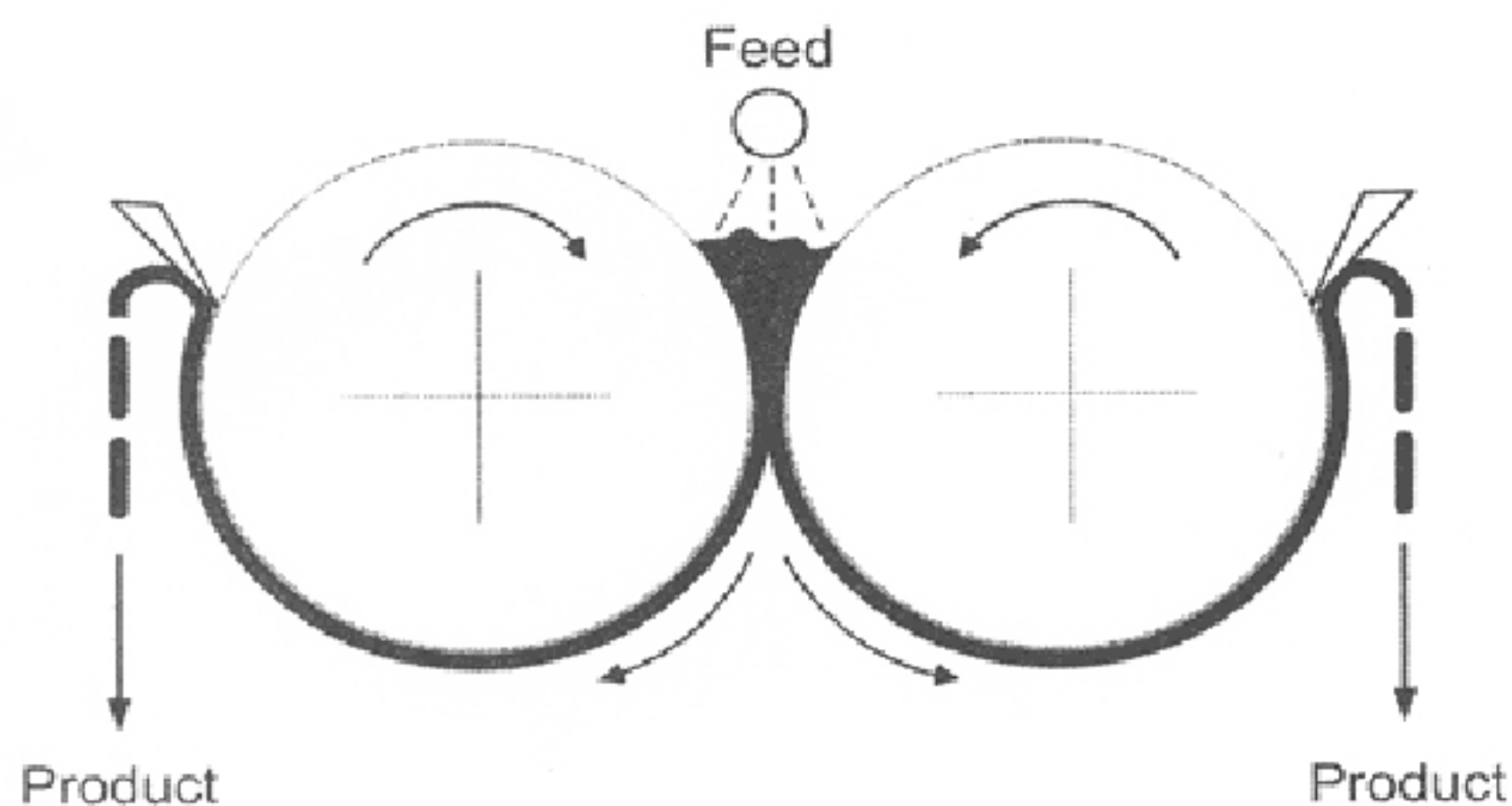
스프레이 건조방식은 단일공정의 연속식 형태로서 유동성 생성물을 건조 파우더로 생산할 수 있는 장치이다. 이 건조방식으로부터 균일한 염료 입자 크기를 얻을 수 있으며 염료먼지를 감소시켜 작업 환경의 공기 오염을 크게 줄일 수 있는 방식으로 염료 및 안료 생산 공정에 매우 중요하게 사용된다. 스프레이 건조방식은 정확하게 균일한 염료 입자 크기로 얻어지기 때문에 이 염료를 분쇄 공정 없이 곧바로 판매를 위한 제품화로 연결시킬 수 있다. 그림 3-13에 일반적인 스프레이 건조 방식을 나타내었다. 이 건조방식으로부터 평균 입도크기 $50\text{--}120\mu\text{m}$ 범위의 염료를 얻을 수 있다.



[그림 3-13] Spray 건조기

⑤ Drum dryer

소량의 액상 혹은 미세한 슬러지상의 염료를 건조하기 위해서 사용되는 방식으로 스팀을 이용하여 가열된 두 개의 드럼 사이에 생성물을 투입하여 건조하는 방법으로 사용은 상대적으로 제한적이다. 이 방식은 한 종류의 염료를 연속적으로 건조하는 방식에 적합하다. 하나 또는 드럼 두개를 이용한 건조방식이 있으며 염료 페이스트의 공급 면에서 두 개의 드럼을 사용하는 방식이 널리 사용된다. 염료 페이스트에는 드럼을 손상시키지 않도록 덩어리상의 염료가 포함되는 것을 확인하고 제거하여야 한다. 그림3-14에 드럼 건조방식의 예를 나타내었다.



[그림 3-14] 드럼 건조기의 원리

마) 분쇄

염료의 입자크기를 줄이기 위해서는 여러 방법들이 사용되며, 이러한 공정을 분쇄(grinding, milling) 과정으로 부르고 있다. 그라인딩은 상당히 많은 먼지들이 발생하기 때문에 이러한 문제들을 잘 조절할 수 있는 방법도 함께 고려하여야 한다. 그라인딩은 오븐건조방식을 이용하여 건조한 염료생성물에 반드시 수반되는 공정이며 연속공정에 의한 건조방식에 있어서는 필요치 않다.

회전 혹은 진동으로 작동하는 속이 빈 실린더에 경질의 ball로 충전하여 사용하는 볼밀(ball mill)은 생성물의 제거 때문에 그리고 건조 상태의 그라인딩은 다량의 먼지 발생으로 인하여 상당히 제한적으로 사용된다. 수분을 함유한 상태의 밀링공정이 중요하며 현재 안료 및 분산염료의 제품화 가공에 널리 사용된다. 볼밀공정은 현재 sand 혹은 bead mill 공정으로 대체되어 사용되어진다.

아조계 유기안료를 생산하는 공정에서 발생하며 주 발생원은 디아니시딘을 투입하는 공정에서 노출 될 가능성이 크다. 일반적인 아조계 안료 제조 공정에서 디아니시딘의 사용 공정은 유기안료에서 불용성 아조안료에 속한다(그림 3-15부터 그림3-36참조).



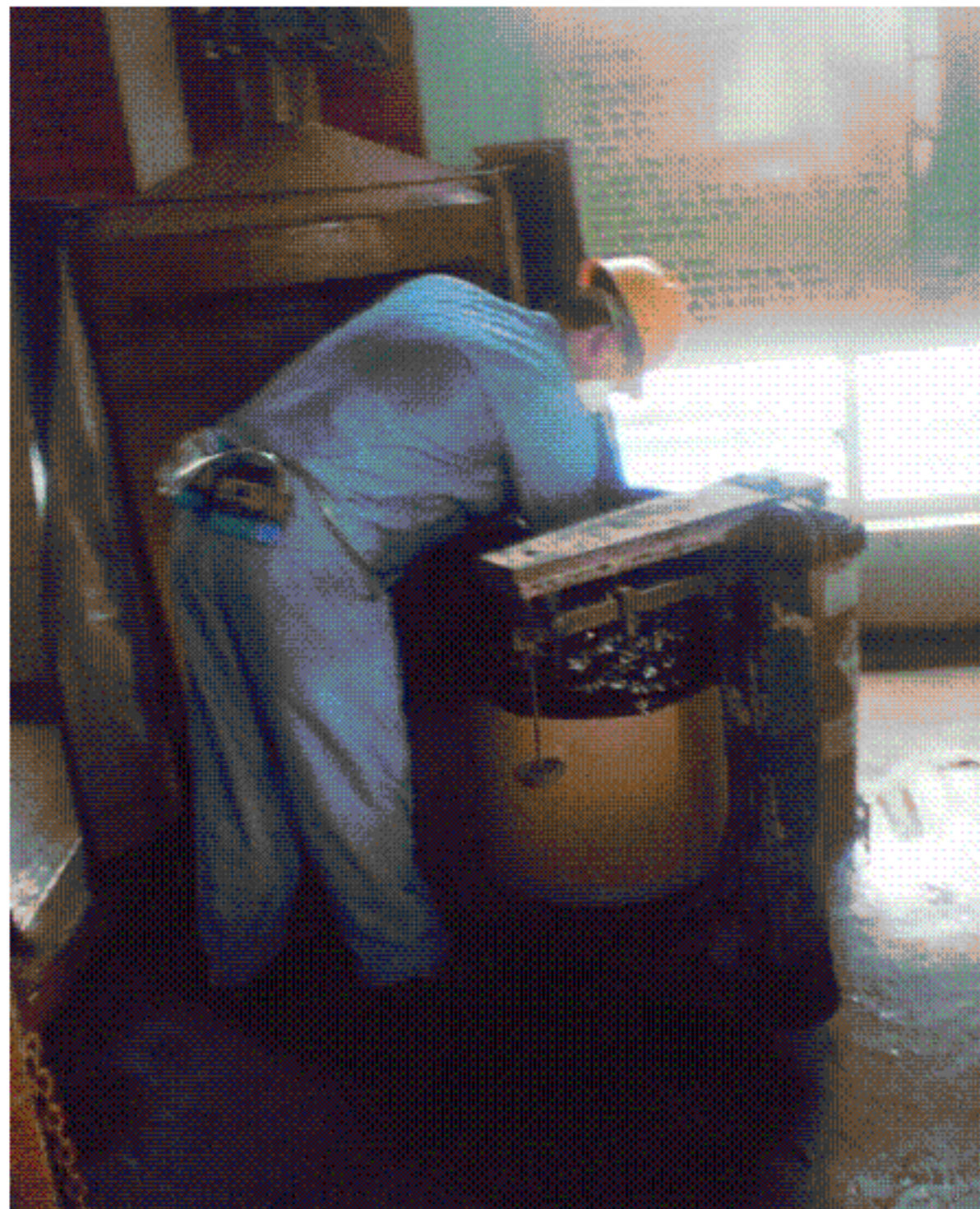
[그림 3-15] 디아니시딘 투입장소



[그림 3-16] 디아니시딘 투입장소



[그림 3-17] 디아니시딘 투입작업시 작업자



[그림 3-18] 디아니시딘 계량작업



[그림 3-19] 디아니시딘 투입장소 내부



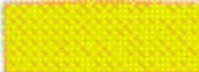
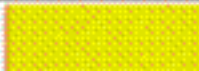
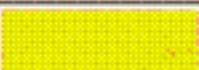
[그림 3-20] 디아너시던 작업장내의 디아너시던과 다시비 위험표지판



[그림 3-21] 다시비 투입 장면

디아니시딘과 디시비의 투입장소가 같지만, 투입되는 양이 많은 디시비의 경우는 그림10 처럼 작업을 하고 있었으며, 투입량이 적은 디아니시딘의 경우는 플라스틱 용기를 이용하여 투입작업을 한다.

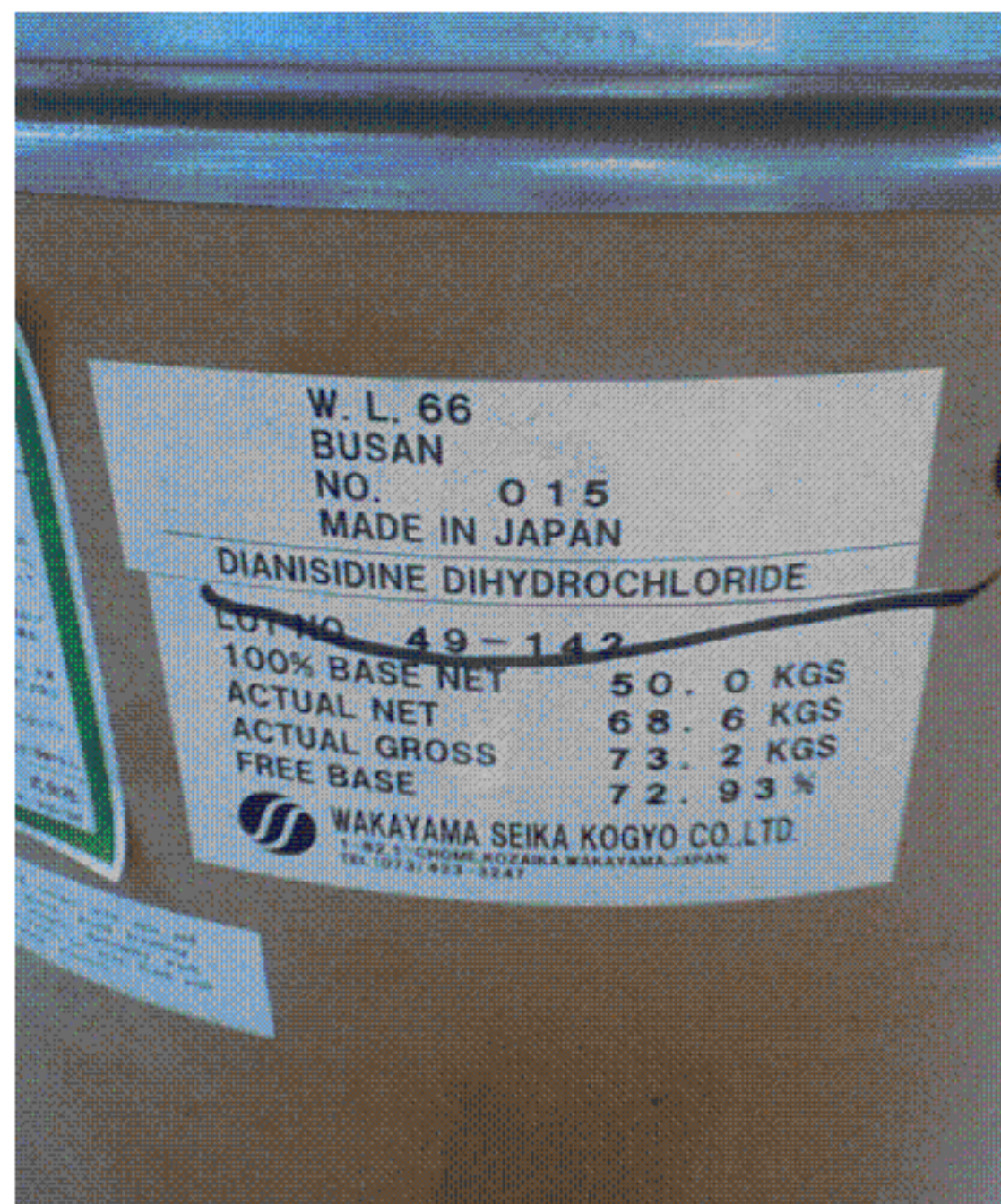
디아니시딘의 용기가 50kg이며, 한번의 작업시에 전량이 다 들어가는 작업은 1년에 4~5회정도이다.

C.I Pigment No.	Product Name	Deep shade(1/1 TiO ₂)	용도
C.I.21090(PY12)	YELLOW D520		Printing Inks,Plastics
C.I.21090(PY12)	YELLOW D525		Printing Inks
C.I.21090(PY12)	YELLOW D521FG		Printing Inks
C.I.21095(PY14)	YELLOW D541G		Printing Inks,Plastics
C.I.21095(PY14)	YELLOW D541		Printing Inks,Plastics
C.I.21108(PY83)	YELLOW D581		Printing Inks, Paints,Plastics

[그림 3-22] 디아니시딘이 사용되는 색상의 C.I 번호



[그림 3-23] 디아니시딘 보관장소



[그림 3-24] 사용 중인 디아니시딘



[그림 3-25] 디아조 반응 공정



[그림 3-26] 디아조반응 공정 작업모습



[그림 3-27] 디아조반응 반응기



[그림 3-28] 디아조반응 후 부원료 투입작업



[그림 3-29] 건조공정



[그림 3-30] 건조공정 후 Cake



[그림 3-31] Cake 분쇄작업공정



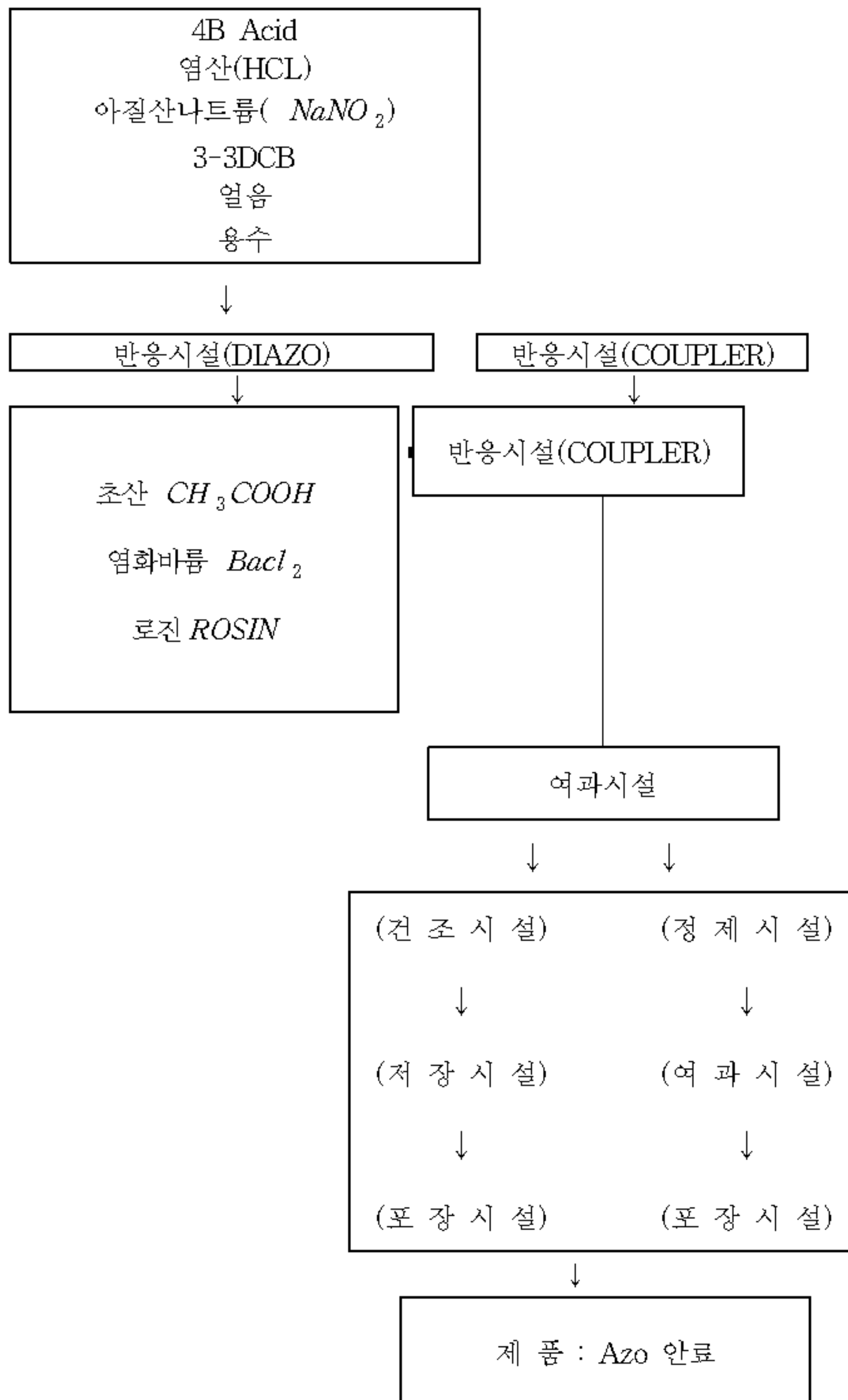
[그림 3-32] Cake 분쇄작업



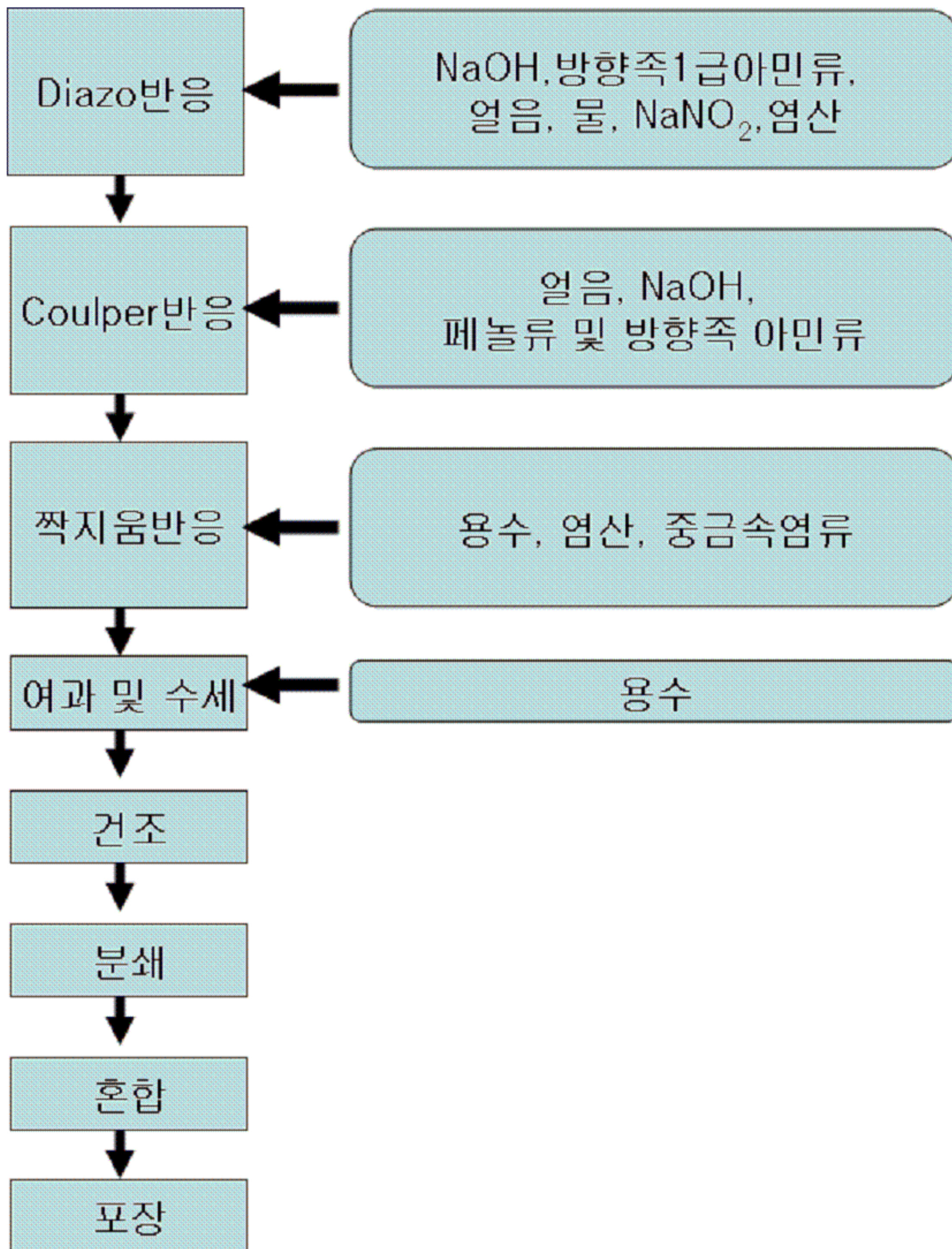
[그림 3-33] 혼합공정



[그림 3-34] 포장작업



[그림 3-35] Azo 안료제조공정



[그림3-36] Azo 안료제조공정

그림 3-36은 는 실제 AZO계 불용성 안료를 생산하는 사업장의 공정도이다.

<표 3-3> AZO 안료제조 사업장A 화학물질 월 취급량

화학물질	사용용도	사용량
황산	부원료	140ton
염화수소	부원료	15ton
디에틸렌글리콜	부원료	19ton
디클로로벤지딘	주원료	10ton
디아니시딘	주원료	250kg
빙초산	부원료	3.5ton
B-나프톨	부원료	32ton
아질산소다	부원료	26ton
염화수소	부원료	26ton
가성소다	부원료	25ton
탄산칼슘	부원료	1.2ton

<표 3-4> AZO 안료제조 사업장B 화학물질 월 취급량

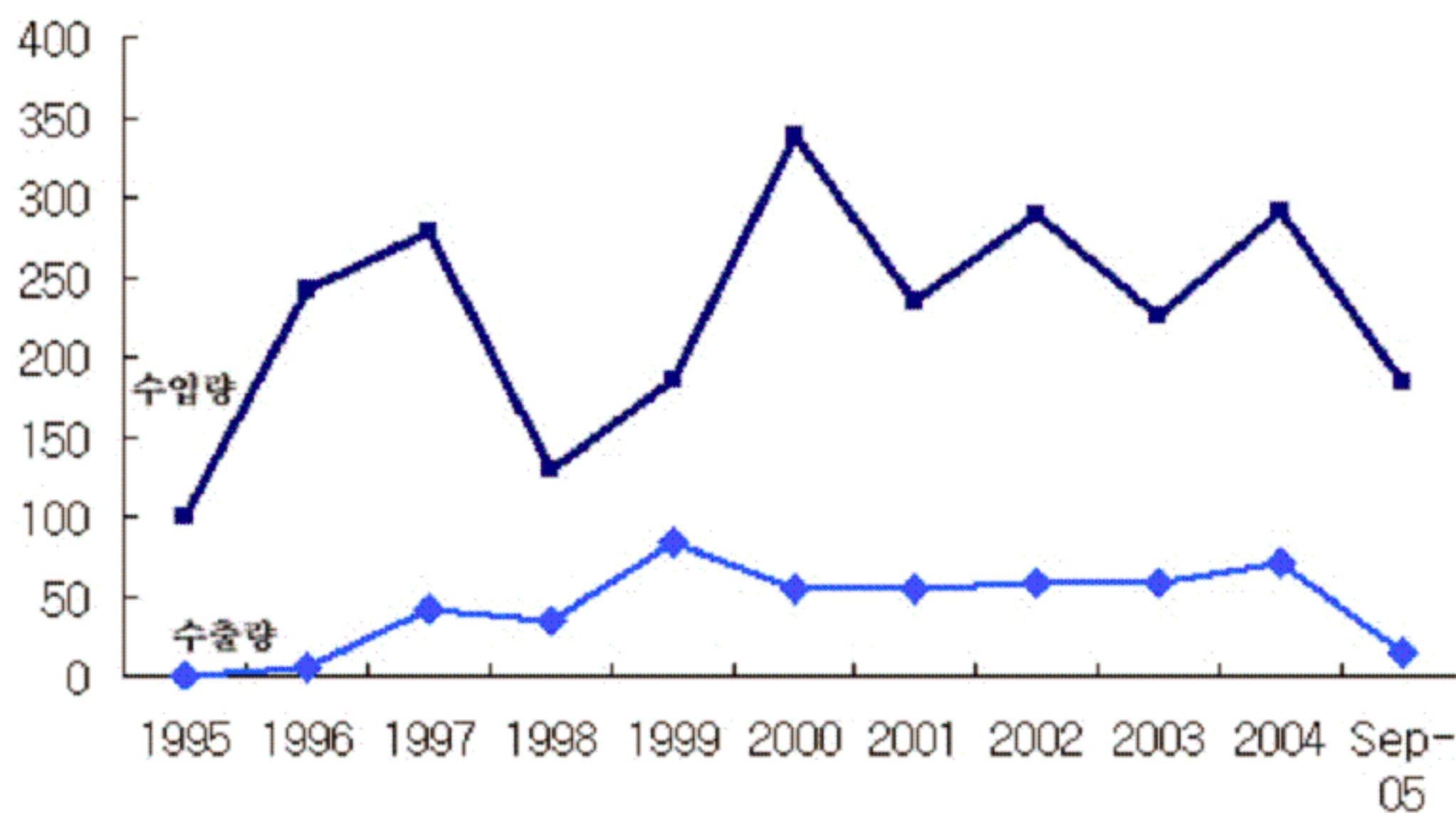
화학물질	사용용도	사용량
염화수소	부원료	77ton
가성소다	부원료	180ton
C-Acid	부원료	30ton
디클로로벤지딘	주원료	18ton
디아니시딘	주원료	20kg
빙초산	부원료	28ton
B-나프톨	부원료	20ton
로진	부원료	4.6ton
4B-Acid	부원료	10ton
염화칼슘	부원료	1.4ton

국내의 유통량에 대한 자료가 발표된 것은 없으며 관세청의 수출·입 통계 자료를 참조하여 유통량을 조사하였다. 조사 자료에서는 수출, 수입 통계자료가 달러(\$)로 제시하고 있어 양(톤)으로 환산하였다. 본 통계자료는 “디아니시딘과 그 염”에 대한 자료로 순수한 디아니시딘은 제시하는 자료보다 적을 것으로 생각된다.

1995년부터 2004년까지의 디아니시딘과 그 염의 연간 수출, 수입량 자료이다 (그림3-37).

<표 3-5> 우리나라 디아니시딘과 그 염의 연간 수출, 수입량(톤)

	수출	수입
1995	0	100.3988
1996	5.1896	241.7156
1997	41.5168	277.8432
1998	35.1296	129.74
1999	83.0336	185.8276
2000	55.0896	338.1224
2001	54.2912	235.1288
2002	58.6824	288.6216
2003	57.6844	224.7496
2004	70.2592	290.8172
Sep-05	14.3712	183.4324



[그림 3-37] 우리나라의 디아니시딘 연간 수출, 수입량 추이

참고자료: 관세청 통관종합서비스

다. 노출경로

주로 분진형태로 호흡기 및 피부를 통해 흡수된다

3. 동물에 있어서의 영향

개를 대상으로 600 mg/kg을 경구 투여시 영향이 보고되지 않았으며 쥐를 대상으로 1,920 mg/kg을 경구 투여시에도 아무런 영향이 없었다. 쥐를 대상으로 960 mg/kg을 경구 투시 간, 신장, 방광 등에 변화가 있었다.(표3-6)

쥐에 대한 LD₅₀(경구)는 1920 mg/kg 이고 하루에 250 mg/kg씩 14일간 반복 투여후 신장에 변화가 생겼고 하루 50 mg/kg이하로 투여시에는 아무 변화가 없었다. 1:10으로 희석된 디아니시딘은 피부와 눈에 자극을 주지 않았다.

3,3'-DMOB는 아세톤 용해액을 배합한 도포한 후 쥐의 피부를 통해 흡수되었다. 처음 도포양의 29%가 24시간 후에 사라졌다. 조직과 노폐물에서 발견되었다(Shah, 1983)

3,3'-DMOB는 쥐의 체내에서 빠른 속도로 대사된다. C14 labeled 3,3'-DMOB의 정맥주입후 30분 경과 후 2% 이하 만이 다시 발견되었다. (나머지는 대사되었다.) 막대한 담즙 분비로 인해 50% 정도가 소화관 내에 축적된다. 정맥내 주입 혹은 구강 복용 3일 후 50%의 방사성 동위 원소 라벨된 물질이 대변으로 배설되었고 30-40%가 소변 으로 배설되었고 남아있는 양의 45%는 간에서 대사된 물질의 형태로 발견되었다(Rodgers, 1983)

1954년, 실험실 연구결과 피부가 benzidine의 주요 흡수 경로임이 밝혀졌다. Benzidine의 염산과의 화합물이 피부를 통해 흡수 가능하다(ACGIH, 1986)

Benzidine의 피부흡수가 쥐를 이용하여 연구되었다. 방사선 동위원소 benzidine, 3,3'-DMOB, 3,3'-dichlorobenzidine이 1mg/kg의 용량으로 도포되었다. 심장, 비장, 신장, 지방, 방광, 귀, 골수, 뇌, 근육, 위장은 0.1% 이하의 방사성 활성을 보였다. 혈액농도는 0.1-0.5% 였다. 소변과 대변에서의 배설량은 처음 8시간 동안은 미량이었지만 24시간 경과 시에는 전체 투여량의

10-20% 까지 증가하였다. Benzidine과 3,3'- dichlorobenzidine의 경우 24시간 후 도포 부위에서는 50%정도까지 도포량이 사라졌다. 3,3'- DMOB의 경우 흡수는 약간 느렸는데 29%흡수되었다. 세가지 물질들은 상처없는 건강한 포유류의 피부를 통해서 흡수되었다(Shah, 1983)

디아니시딘은 동물 실험연구에서 많은 발암성의 충분한 증거를 기초로 사람에게 대한 발암성이 가능한 물질로 분류되었다. 디아니시딘은 쥐의 여러 장기에서 양성이나 악성 암의 발생률을 증가시켰다(IQRC 1974; NTP 1990,1998) 암, 수 쥐에게 위관 삽입하여 디아니시딘을 주입했을 때 다양한 부위에서 소장암(악성종), 피부암(악성종), 방광암(유두종)같은 종양이 발생하였다. 쥐에게 디아니시딘을 섭취 시켰을 때, 위의 입구에 암(유두종) 발생율이 증가하였다. 디아니시딘의 디하이드로클로라이드염을 암,수 쥐에게 물에 섞여 먹었을 때, 간암(신생 혹과 간세포종), 대장암(샘양종과 샘암종), 피부암(기저세포샘종과 악성종), 구강암(편평세포 유두종과 악성종)이 관찰되었다. 수컷 쥐는 음경꺼풀샘종, 소장암(샘암종), 중피종 발생율이 증가하였고, 암쥐에서는 음핵샘암(샘암종), 유선암(샘암종), 자궁암과 자궁경부암(샘암종)이 증가하였다(NTP 1990). 동물에 대한 발암성은 충분한(sufficient) 것으로 보고되었는데 오르토-디아니시딘의 구강 투여에 의하여 랫트의 여러 부위(방광, 소장, 피부, Zymbal 선)에서 종양이 발생하였고 햄스터에서는 전위 유두암(forestomach papillomas)이 발생하였다.

4. 인체영향

가. 인체영향

사람에서 디아니시딘 노출과 암 발생에 대한 의미 있는 연구가 보고된 것은 없다. 디아니시딘에 노출된 근로자를 대상으로 한 암 연구도 역학적인 연구로 시행되지 않았다. 이 물질에 노출되는 대부분의 근로자들은 벤지딘이나, 다른 관련된 아민에도 동시에 노출되는데, 이것은 사람의 방광암 발생과 강한 연관성이 있다(IARC 1974,1982,1987).

벤지딘이 사용되는 공장에서 동일하게 취급되므로 벤지딘에 의한 방광암 위험성을 증가시키는데 영향을 미치는 것으로 관찰되었다. 하지만 직업적으로 발생한 방광암에 대해 기록하고 있는 USSR의 어떠한 사례에서도 오르토-디아니시딘 물질 단독만으로 암을 발생시키지 않았던 것으로 밝혀졌다. NTP는 3,3'-Dimethoxybenzidine의 발암성에 대해 Third Annual Report on Carcinogen(1983년)에서 처음으로 기록하였고, 이후 2000년도에 “reasonably anticipated to be a human carcinogen”(NTP 2000)으로 규정하였다.

디아니시딘 염산염(o-dianisidine dihydrochloride)의 공기중 노출에 의해 사람에게서 지속적인 코막힘(sneezing)이 일어났다는 보고와 피부, 눈, 호흡기 점막에 자극 증상을 일으킬 수 있다는 경미한 영향 이외에 급성노출에 의한 건강 영향으로 크게 알려진 바는 없다.

타당성이 있는 다른 자료들에 의하면 오르토-디아니시딘이, 이 물질에 노출된 근로자들의 소변에서 검출되었다는 것인데 그럼에도 불구하고 인간의 유전자에 영향을 준다는 근거가 존재하지 않는다. 하지만 비트로상에서 오르토-디아니시딘은 차이나이즈 햄스터의 자매염색분체교환(SCE)을 일으켰고 인간세포와 랫트의 간세포에서 계획에 없던 DNA 합성을 일으켰으며 박테리아에서는 돌연변이원성을 나타냈다. 생식독성에 관한 연구 결과는 아직까지 보고된 바 없다. NIOSH는

결론적으로 오르토-디아니시딘은 동물에서의 발암성은 충분하지만, 인간에서 발암성이 있다는 증거가 불충분하다고 판단되어 IARC 그룹 2B인 “possibly

carcinogenic to humans” 으로 분류되었다

인체 노출은 장비나 환기시설로 부터의 염료 물질의 흡입에 의해 생길 수도 있다. 피부 흡수는 완성된 염료, 직물 제조, 혼합, 포장 공정에서 일어난다 (Sittig, 1985)

DMOB 에 노출된 근로자들은 염료 제조시에 노출 되는 것이며 이물질에 o-디아니시딘이 포함되어 있다. 하지만, 최근 공정은 DMOB을 포함하는 물질을 제조하더라도 근로자들에게 최소한의 risk를 주는 밀폐된 작업환경에서 진행된다.

1000여명의 근로자가 DMOB에 노출 된 것으로 추산되며, 주로 염료 제조중에 일어 났으며 15,000여명의 근로자들이 다양한 종류의 염료 응용 공정이 있는 사업장에 근무중이다(NTP, 1986)

1981- 83의 NOES survey 에서 NIOSH는 미국 에서 2842명 (866명은 여성)의 근로자가 잠재적으로 DMOB에 노출가능성이 있다고 밝혔다. DMOB의 직업성 노출은 DMOB를 다루는 근로자들의 흡인과 피부접촉시에 발생한다 (NIOSH, 1983)

〈표 3-6〉 발암독성 자료

경로/ 대상	용량	EFFECT	REFERENCE
경구/ hamster	발표된 최저 독성농도: 588 gm/kg/70 week- 지속적	발암성: Equivocal tumorigenic agent by RTECS criteria 신장암, 요로암, 방광암: 방광종양	PAACA3 10,78,1969
경구/ 쥐	발표된 최저 독성농도: 12 gm/kg/56 week- 간헐적	발암성: Equivocal tumorigenic agent by RTECS criteria 귀: Tumors Skin and Appendages: Tumors	GTPZAB 9(7),18,1965

〈표3-7〉 급성독성 자료

경로/ 대상	용량	영향	REFERENCE
경구/개	발표된 최저 독성농도: 600 mg/kg	N/R	AEXPBL 58,167,1907
경구/쥐	LD ₅₀ : 1,920 mg/kg	N/R	85JCAE -,723,1986
경구/쥐	발표된 최저	간:	TOSCF2

	독성농도: 960 mg/kg	Other changes 방광, 요도, 신장: Other changes Biochemical: Metabolism (intermediary): Other proteins	53,71,2000
--	----------------------------	---	-------------------

〈표 3-8〉 독성자료 참고문헌

코드명	REFERENCE
85JCAE	"Prehled Prumyslove Toxikologie; Organické Latky," Marhold, J., Prague, Czechoslovakia, Avicenum, 1986
ADCSAJ	Advances in Chemistry Series. (American Chemical Soc., Distribution Office Dept. 223, POB 57136, West End Stn., Washington, DC 20037) No.1- 1950-
AEHLAU	Archives of Environmental Health. (Heldref Pub., 4000 Albemarle St., NW, Washington, DC 20016) V.1- 1960-
AEXPBL	Archiv fuer Experimentelle Pathologie und Pharmakologie. (Leipzig, Ger. Dem. Rep.) V.1-109, 1873-1925. For publisher information, see NSAPCC.
BJCAAI	British Journal of Cancer. (Macmillan Press Ltd., Houndmills, Basingstoke, Hants. RG21 2XS, UK) V.1- 1947-
CNREA8	Cancer Research. (Public Ledger Building, Suit 816, 6th & Chestnut Sts., Philadelphia, PA 19106) V.1- 1941-
ENMUD M	Environmental Mutagenesis. (New York, NY) V.1-9, 1979-87. For publisher information, see EMMUEG.
GTPZAB	Gigiena Truda i Professional'nye Zaboлевaniya. Labor Hygiene and Occupational Diseases. (V/O Mezhdunarodnaya Kniga, 113095 Moscow, USSR) V.1-36, 1957-1992. For publisher information, see

	MTPEEI
IGAYAY	Igaku No Ayumi. Progress in Medicine. (Ishiyaku Shuppan K.K., 1-7-10, Honkomagom, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan) V.1- 1946-
IMEMDT	IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Man. (WHO Publications Centre USA, 49 Sheridan Ave., Albany, NY 12210) V.1- 1972-
IMSUDL	IARC Monographs, Supplement. (WHO Publications Centre USA, 49 Sheridan Ave., Albany, NY 12210) No.1- 1979-
MDMLAZ	Medycyna Doswiadczalna i Mikrobiologia. For English translation, see EXMMAV. (Ars Polona, POB 1001, 00-068 Warsaw 1, Poland) V.1- 1949-
MUREAV	Mutation Research. (Elsevier Science Pub. B.V., POB 211, 1000 AE Amsterdam, Netherlands) V.1- 1964-
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health, U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, Reports and Memoranda.
PAACA3	Proceedings of the American Association for Cancer Research. (Waverly Press, 428 E. Preston St., Baltimore, MD 21202) V.1- 1954-
REPTED	Reproductive Toxicology. (Pergamon Press Inc., Maxwell House, Fairview Park, Elmsford, NY 10523) V.1- 1987-
TOSCF2	Toxicological Sciences (Oxford University Press, 6277 Sea Harbor Drive, Orlando, FL 32887) V. 41, Jan. 1998-

나. 아민류의 생물학적모니터링

염료 제조의 주 원료로 사용하는 아민류(벤지딘, 아닐린, 3,3-디클로로벤지딘, 디아니시딘, 알파나프틸아민, 베타나프틸아민)는 주로 호흡기와 피부를 통해 생체내 침입하므로 (Meal 등, 1981; Dutkiewicz, 1982) 작업장내 근로자들의 호흡기 부위에서 실시한 개인 시료 포집만을 가지고는 올바른 개인 노출 평가를 할 수 없고 반드시 생물학적 모니터링에 대한 평가가 필요하다.

따라서 기존 염료 노출에 대한 생물학적 모니터링 평가 결과의 내용을 요약하여 추후 알파나프틸아민의 생물학적 모니터링 평가에 활용에 활용하고자 제시 하였다.

(1) 헤모글로빈 부가체

생물학적 모니터링에 있어서 혈액 내 약 10~15 %정도로 많이 양의 헤모글로빈이 존재하므로 동일시료 채취의 반복이 가능하다. 또한 적혈구의 생존기간이 120일 정도이므로 개인의 과거와 현재 노출의 누적평가를 할 수 있어 체내에서 빠르게 대사되며 최근 노출에 대한 평가만이 가능한 요중, 혈중 대사물질 평가방법보다는 헤모글로빈 부가체 (hemoglobin adduct) 평가가 더욱 적합하다 (Pereira와 Chang, 1981; Sabbioni와 Neumann, 1990).

가) 혈액 내 방향족 아민물질들의 헤모글로빈 부가체 형성의 원리 및 분석

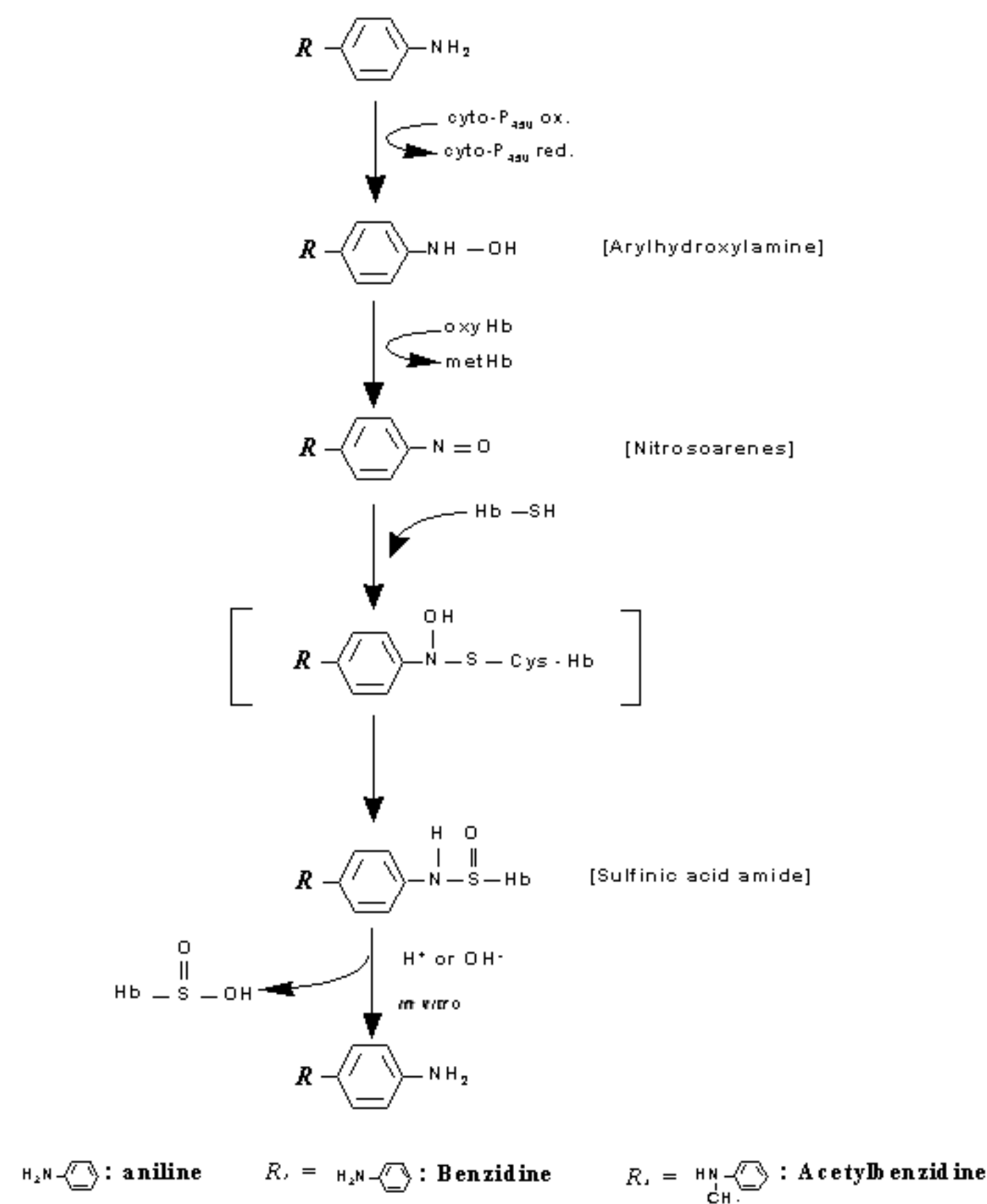
발암성 물질들이나 변이원성 물질의 대부분이 세포내 DNA, 단백질들과 같은 거대 분자들과 공유 결합할 수 있는 화학적 반응이 가능한 형태로 대사 전환이 된 후 독성이나 변이원성을 일으킨다.

따라서 세포내 거대 분자와 결합한 화합물질의 양-평가(dose-monitor)에는 혈액내 가장 대표적인 단백질인 알부민과 헤모글로빈이 적합하다. 왜냐하면 헤모글로빈의 경우 정상 성인 남자 혈액 내 700 g의 헤모글로빈을 포함하고

있을 만큼 풍부하고 발암성 물질들의 아릴기저부분의 아민기와 결합할 수 있는 sulfhydryl groups이나 아미노기를 가진 화합물질과 반응할 수 있다. 또한 적혈구 내 생존 기간이 120일 정도이기 때문에 발암성 물질들과 결합한 헤모글로빈 형태로 혈액내에서 순환하고 있는 농도수준의 일정기간의 누적량을 알 수 있다. 알부민의 경우도 혈액내 풍부하고 반응성이 좋지만 혈액내 생존기간은 20~25일 정도로 헤모글로빈보다는 짧다. 그리고 발암성 물질이 활성화 형태로 대사되어 간세포에서 합성을 이루는 이점이 있다. DNA부가체와 돌연변이성이나 다른 유전자 결핍같은 것들의 측정은 일생 동안을 걸쳐 노출된 결과를 관찰하는 것이므로 일반적으로 독성 물질에 노출된 개인의 과거와 현재의 변이원성을 나타내는 화학 물질의 누적상태를 알아보기 위해 단백질 부가체를 분석하는 것이 더 적합하다 (Tannenbaum과 Skipper, 1984). 방향족 아민화합물질의 경우 생체내 흡수되면 N-oxidation에 의해 아릴히드록시아민(arylhydroxamine)이나 아릴히드록산(arylhydroxamic acid)으로 산화되고 이같은 히드록실 화합물은 주로 간에서 발생할 뿐 적혈구내에선 일어나지 않았다. 이 사실은 in vitro실험에서 분리한 적혈구에 아릴아민이나 아릴아마이드를 첨가하여도 메트헤모글로빈을 생성하지 않았으나 아릴히드록시아민이나 니트로조아렌(nitrosoaren)을 첨가하였을 때는 쉽게 메트헤모글로빈을 생성하였다. 이것은 간에서 대사된 히드록실 아민류들이 생체내 혈장에서 적혈구로 흡수되는 것을 알 수 있다. 혈장에서나 다른 N-oxidation작용에 의해 발생한 아릴히드록시아민은 일정한 산화 반응에 의해 적혈구 내 헤모글로빈을 메트헤모글로빈화 하며 nitrosoaren로 된다. 이 때 헤모글로빈과 글루타티온의 상호 경쟁 반응에 의해 nitrosoaren이 역으로 아릴히드록시아민으로 환원되어 또 다른 메트헤모글로빈 형성을 증가시키기도 한다. Nitrosoaren는 글루타치온의 SH기나 헤모글로빈 시스테인의 SH기와 결합하여 sulfinic acid amide를 생성한다. 이 물질은 다른 조직에서보다도 적혈구에서 대부분 생성하고 이런 순환작용내 N-oxidation과 헤모글로빈 부가체의 형성이 증가한다. 이런 이유로 유전 독성 물질 아민류에 대한 양적 모니터링시 헤모글로빈 부가체 분석이 적합하다라는 것을 제시해 주고 DNA나 단백질과 결합하는 양 측정의 기본 자료로 뒷받침이 가능하다 (Neumann, 1988). 헤모글로빈 부가체는 생체 내에서 비교적 안정

한 상태이지만 산이나 염기를 가하면 불안정화 되면서 가수분해로 인해 초기 아민 형태 대사물질로 환원될 수 있다 (Stillwell 등, 1987; Neumann, 1988). 헤모글로빈 부가체의 가수분해시 주로 사용하고 있는 방법은 염기를 가한 가수분해 방법이다. 벤지딘은 염기상태에서 안정적인 물질인 반면 아닐린의 경우 염기 상태에서 산화되려는 성질이 산성 상태일 때 보다 더 강하며 불안정한 상태이므로 보다 정확한 평가를 위해서는 가수분해 방법에 따른 방법의 차이에 대한 평가도 필요하다.

이렇게 혈중 헤모글로빈과 결합된 방향족 화합물을 가수분해하여 환원시킨 후 HPLC-ECD/UV로 정성·정량분석이 가능하다. 그림 3-38은 방향족 아민화합물들이 헤모글로빈과 결합하여 부가체를 형성하는 과정을 나타낸 것이다.



[그림 3-38] 아민류 노출시 적혈구와의 반응

나) 아닐린

인체 내 흡수된 아닐린 중 60 %정도는 오르토, 파라 아미노페놀로 산화되고 글루크론산(glucuronic acid)이나 황산(sulfuric acid)과 교합반응을 한 후 요중으로 배설되거나 아세틸기와 결합하여 acetanilide를 형성한 후 다시 hydroxylacetanilide로 산화되고 아미노 페놀과 마찬가지로 글루크론산이나 황산과 결합하여 배설된다. 그리고 1%정도만이 자유(free)상태의 아닐린으로 요중 배설된다 (Parke, 1960). 나머지 경우 아미노기의 N-oxidation작용으로 페닐히드록실 아민(phenylhydroxylamine)으로 대사되고 이 물질은 오르토, 파라 아미노페놀로 재배열화되어 sulfate나 glucornidate형태로 결합하여 요중으로 배설되거나 쉽게 혈액내 유입이 가능하다.

액내로 유입된 페닐히드록실아민 (phenylhydroxylamine)이 니트로소벤젠(nitrosobenzene)으로 대사되는 과정에서 메트헤모글로빈을 형성한다. 이때 역반응으로 페닐히드록실아민을 재생산하고 이는 다시 산화되는 순환 작용이 계속되므로 극히 적은 아닐린에 노출이 되었어도 상당히 많은 양의 메트헤모글로빈을 형성할 수 있다. 이로써 메트헤모글로빈의 형성은 아닐린 자체가 아니라 페닐히드록실아민의 산화작용으로 발생한다. 그러나 현재 아닐린에 대한 노출 평가는 생물학적 노출 지수로써 요중 파라 아미노페놀 배설량과 혈중 메트헤모글로빈 농도를 사용하고 있다(ACGIH, 1994).

Lewalter와 Korallus(1985)는 아닐린에 대해 급성노출된 후 메트헤모글로빈 양과 요중으로 배설되는 아닐린양 그리고 아닐린의 헤모글로빈 부가체양을 비교 평가한 결과 메트헤모글로빈 형성양과 요중 배설량은 매우 빠른 속도로 진행되었으나 헤모글로빈 부가체는 장기간동안 지속적으로 증가하였다.

아닐린은 벤지딘과 달리 비노출군에서도 검출되는데 Ruder 등 (1992)와 Ward 등 (1996)의 연구에서는 비노출군에서 요중 내 아닐린양을 비흡연군과 흡연군 각각 $1.6 \sim 2.7 \mu\text{g}/\ell$ 와 $4.1 \sim 6.2 \mu\text{g}/\ell$ 였다. Teass 등 (1993)과 Brown 등 (1995)의 연구에서는 비노출군의 요중에서 아닐린양이 $2.0 \sim 3.8 \mu\text{g}/\ell$ 범위였다.

또한 비노출군에서 검출한 혈중 아닐린의 헤모글로빈 부가체양은 비흡연군에서 $3.11 \sim 3.8 \text{ ng/g Hb}$, 흡연군에서 $3.24 \sim 4.4 \text{ ng/g Hb}$ 정도로 검출되었다

(Stillwell 등, 1987; Ward 등, 1996).

다. 혈중 방향족 물질들의 전처리 방법

▶ 헤모글로빈과 혈장 내 단백질 분리

헤파린 처리한 혈액을 2000 g로 5 분간 원심 분리한 후 상등액과 분리하고 적혈구 세포와 동일한 양의 0.9 % NaCl용액으로 재부상시킨 후 다시 원심 분리하여 이 같은 세척 방법을 3번 반복한다. 세척한 세포에 pH 7.5, 10^{-4} M 에틸렌디아민 테트라아세트이트(ethylenediaminetetraacetate, EDTA) 4 ml를 첨가하여 충분히 흔들어 준 후 4000 g로 5 분간 원심 분리 상등액만 모은다. 분리한 상등액에 4 ml 에탄올을 넣어 헤모글로빈을 응고 시킨 다음 다시 원심 분리하여 헤모글로빈을 모은다. 마지막으로 얻은 헤모글로빈 단백질을 에탄올:증류수 (8:2), 에탄올 (96%), 에탄올:에테르 (1:3)를 순서대로 10 ml씩 가하여 반복하여 씻어 준다. 마지막 침전물을 모아서 감압 건조기에서 하루 동안 완전 건조하여 무게를 잰 후 -75°C 로 저장한다(Sabbioni와 Neumann, 1990).

▶ 헤모글로빈 용해 및 아민 화합물 추출

헤모글로빈 100~200 mg을 0.05 % SDS (sodium dodecyl sulfate solution)용액에 녹여 6M HCl을 1 ml와 환원제 미량을 가하고 50°C 에서 1 시간 동안 배양기에 넣어 산 가수분해를 하였다. 1시간 동안 배양한 시료를 실온에서 방치한 후 NaHCO_3 이용하여 pH 8로 적정한다.

메탄올 3 ml와 증류수 5 ml를 분당 1 ml의 속도로 순차적으로 흘리면서 활성화한 C18 Sep-pak에 pH를 조절한 시료를 분당 1 ml로 통과시킨다. 시료를 통과한 후 증류수 10 ml를 다시 통과시켜 Sep-pak 안에 남아 있는 방해 물질을 제거하였다. 위 과정을 끝낸 Sep-pak 앞에 필터($0.45\ \mu\text{m}$)를 부착하고 정확히 메탄올 1.8 ml를 이용하여 아민 화합물을 용출시켜 UV/VIS 검출기와 ECD를 이용하여 동시에 분석한다.

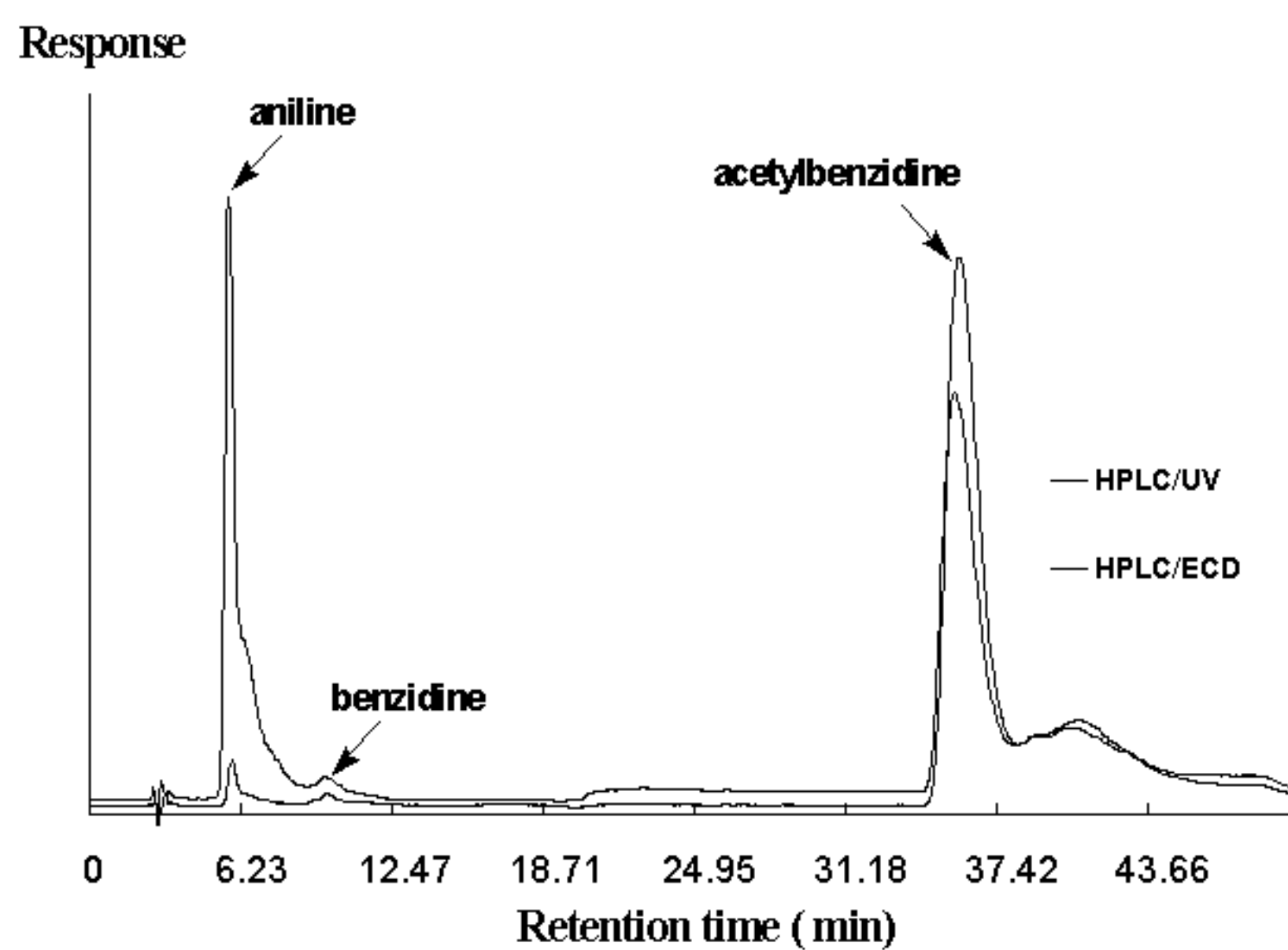
라. 혈액내 방향족 물질들의 정량 분석 조건

혈액 시료를 전처리 하여 얻은 시료내 벤지딘, 아닐린, 아세틸벤지딘을 정량 분석하기 위해 HPLC를 이용하여 표 3-9와 같은 조건에서 분석한다.

〈표 3-9〉 헤모글로빈 부가체 분석을 위한 HPLC/UVD, ECD 분석조건

Description	Condition
Column	C ₁₈ column
Mobile phase	Acetonitrile: 2g LiCl ₂ /1 l in water=25 : 75 Acetonitrile: 2g LiCl ₂ /1 l in water=65 : 45
Flow rate	1.2 ml/min
Detector	UVD 287 nm ECD 1.0V, 20 nA
Injection vol	20 µl

UVD; ultra violet detector, ECD; electrochemical detector



[그림 3-39] 헤모글로빈 부가체 - 아민류의 크로마토그램

다음 3-10표는 를 분석한 결과이다.

결과를 살펴보면 벤지딘의 대사물질인 벤지딘과 모노아세틸벤지딘이 합성공장외에도 분진의 형태로 노출되는 건조나 포장공정에서도 검출되는 것을 확인하였다.

〈표 10〉 벤지딘계 염료공장에서 공정별로 근로자들의 혈액내 헤모글로빈 부가체

	합성공정	분산공정	1차 건조 및 포장	2차 건조 및 포장
n	18	8	15	7
BZ	40.69±66.85	2.23±0.67	22.14±20.0	2.75±0.29
MABZ	255.84±667.1	76.17±97.8	391.41±970.5	17.02±5.9

평균±표준편차($\mu\text{g/g Hb}$), BZ: 벤지딘, MABZ(모노아세틸벤지딘)

(2) 피부노출평가

산업보건 분야에서는 유해물질의 호흡기 노출에 대한 평가가 주로 강조되어 왔다. 이는 피부 노출에 의한 유해성보다는 호흡기를 통한 유해물질의 독성에 대한 관심 때문이다. 그러나 피부를 통하여 상당량이 체내로 흡수되는 유해물질에 대해서는 작업환경 평가시 피부 노출에 대한 측정이 함께 이루어져야 근로자들의 건강보호를 위한 올바른 노출 평가가 이루어질 수 있다. 과거에는 피부 노출 평가에 대한 측정방법이 복잡하여 일반적으로 사용되지 못하였으나 최근에는 외국의 경우 근로자들의 생물학적 감시와 함께 근로자들의 노출 평가에 활용되고 있다. 피부 노출 측정은 작업자의 피부가 유해 화학 물질에 오염된 것을 평가하는 감시 프로그램과 호흡기 노출과 피부 노출의 관련성을 알아내기 위한 도구 그리고 보호의와 보호장갑의 효과를 측정하기 위한 방법으로 이용된다(Bill, 1992; VanRooij 등, 1994). 피부 노출 평가에는 직접법과 간접법으로 크게 두가지로 나누고 있다. 직접법에는 노출패드, 작업복, 모자, 장갑 등을 이용하는 모의 피부법과 피부표면을 일정매체와 세척액을 이용하여 닦는 피부 세척법 그리고 액체 세정법이 있다. 간접법에는 작업장 표면의 오염도를 측정하는 방법과 생물학적 모니터링법이 활용되고 있다.

미국 산업위생 협의회 (American Conference of Governmental Industrial Hygienist, ACGIH)에서는 피부 노출 경로에 의한 유해물질의 체내 흡수를 중요하게 다루고 있어 피부 흡수가 용이하고, 다른 노출 경로에 비하여 피부 흡수가 전신 작용에 중요한 역할을 하는 180 여종의 화학 물질에 대하여 “피부” 표시를 하고 있다. 또한 이러한 물질들에 대해서는 기중 농도를 측정하는 것만으로는 근로자의 노출 실태를 파악하는데 부족하므로 생물학적 모니터링도 병행 측정하여 피부 흡수에 대한 예방 대책을 세워야 한다고 권고하고 있다 (ACGIH, 1994).

▶ 피부 세척법을 이용한 측정

피부 세척 시료는 벤지딘 염산염 및 벤지딘계 염료에 직접적으로 노출되고 있는 목부위의 40 cm²와 손바닥부위의 20 cm²를 작업전 한 번, 작업후 두 번 유리 섬유필터 (glass fiber filter 37 mm)에 증류수를 묻혀 닦아 내고 (Stephanie 등, 1994) 10 ml 테프론병에 차광, 냉장 보관하여 NIOSH Method No. 5509, 5013에 준하여 분석하였다(NIOSH, 1984).

근로자들의 피부 노출량 계산은 다음과 같다(VanRooij 등, 1994).

$$Ce = Ca - Cb \dots\dots\dots(\text{식 } 1)$$

Ce : 노출에 의한 피부 오염 정도

Ca : 노출 후 피부의 오염 정도

Cb : 노출 전 피부의 오염 정도

작업전후의 피부 오염 정도를 알기 위한 피부 세척 효율은 다음과 같이 계산한다.

$$Weff = (1 - C3/C2) \times 100 \dots\dots\dots(\text{식 } 2)$$

C2 : 두 번째 닦아 낸 양(μg)

C3 : 세 번째 닦아 낸 양(μg)

Weff: 피부 세척 기술 효율(%)

작업전 피부 노출량 계산은 다음과 같다.

$$Cb = (100/Weff \times C1/\text{wipe area}) - C1/\text{wipe area} \dots\dots\dots(\text{식 } 3)$$

wipe area : neck 40 cm², hand 20 cm²

C1 : 첫 번째 닦아 낸 양(μg)

작업후 피부 노출량 계산은 다음과 같다.

$$Ca = 100/Weff \times C2/\text{wipe area} \dots\dots\dots(\text{식 } 4)$$

(3) 요중 대사물질 평가

근로자들에 대한 노출량을 파악하기 위해서는 정확한 작업환경평가가 중요하나 근로자들의 작업량, 작업강도, 호흡량, 개인의 감수성 등을 고려한 실제 노출량을 파악한다는 의미에서 작업환경모니터링과 생물학적모니터링을 함께 실시해야 한다. 특히 벤지딘은 ‘피부(skin)’ 표지 물질로 직접 피부와 접촉하여 흡수되기도 하고, 증기 상태일 때도 점막이나 눈을 통하여 흡수되므로 이에 대한 주의를 강조하고 있다(ACGIH, 1995).

벤지딘은 주로 아세틸화 반응을 통해 모노아세틸벤지딘과 디아세틸벤지딘 등으로 대사되며, 요에서 벤지딘(free benzidine)으로 4~10 %, 모노 또는 디아세틸벤지딘으로 7~16 %가 배설된다(Baselt, 1997).

환쥐에 벤지딘, 모노아세틸벤지딘, 디아세틸벤지딘을 경구 투여하여 간세포의 DNA와의 결합력을 관찰한 결과 모노아세틸벤지딘, 벤지딘, 디아세틸벤지딘 순으로 모노아세틸벤지딘의 결합력이 가장 강하며(Martin 등, 1982), 설치류 실험에서도 벤지딘이 모노아세틸벤지딘으로 대사되어 발암물질로 작용하며 디아세틸벤지딘은 발암물질로 작용하지 않는다고 하였다(Babu 등, 1993).

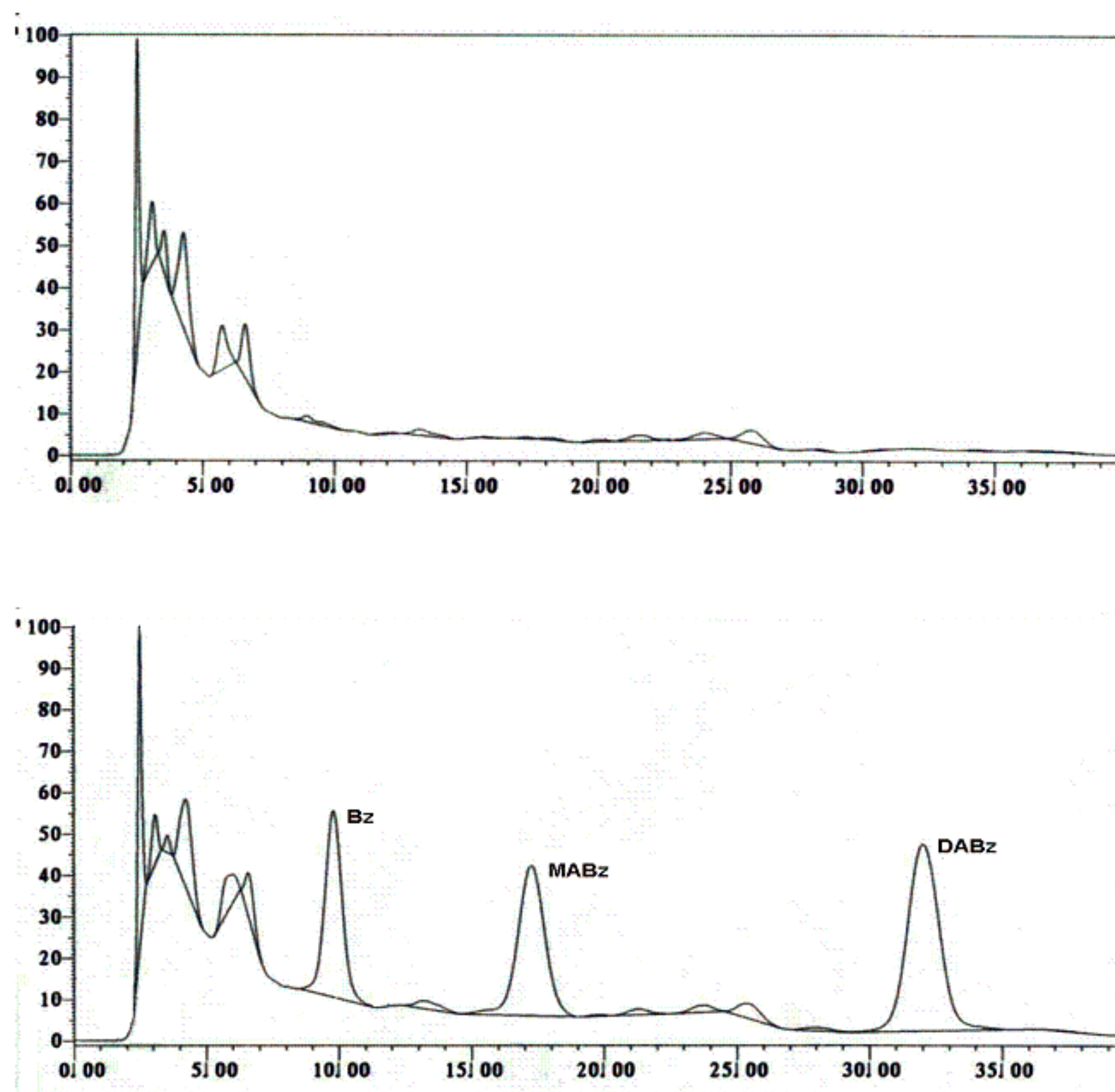
Lynn 등(1984)은 동물실험에서 $[^{14}\text{C}]$ benzidine의 경구 또는 정맥 투여시 요와 대변으로 모노아세틸벤지딘, 디아세틸벤지딘, 벤지딘 글루쿠로나이드, 모노아세틸벤지딘 글루쿠로나이드, N-히드록시디아세틸벤지딘 글루쿠로나이드(N-OH-DABz), 3-히드록시디아세틸벤지딘 글루쿠로나이드(3-OH-DABz), 디아세틸벤지딘 및 글루타치온 포합체 등이 주로 배설된다고 한다. 또한 최근 연구에 의하면 벤지딘과 모노아세틸벤지딘은 간에서 글루쿠로나이드 포합체를 형성하는데 이 물질은 pH 5.3에서 반감기가 4-5분으로 매우 짧으며 요를 통해 산성인 요에서 다시 일급아민으로 가수분해되고 방광에서 활성화되어 방광암을 유발한다고 하였다(Babu 등, 1992; 1993).

근로자의 요 중 다양한 벤지딘의 대사물질을 동시 분석하는 데에는 분석상의 한계점 때문에 Charles (1991)와 노재훈 등(1995)은 요 중 벤지딘 대사물질(벤지딘, 모노아세틸벤지딘, 디아세틸벤지딘 등)을 가수분해하여 총 벤지딘으로 분석하였다. 총 벤지딘 분석은 벤지딘의 용량-반응 관계를 설명할 수 있으

며 실제 근로자 요 중 저농도로 검출되는 각각의 벤지딘 대사물질을 총 벤지딘화하여 낮은 농도의 대사물질도 분석할 수 있었다. 반면에 벤지딘 대사물질의 독성이 각각 다르게 나타나므로 정확한 독성평가를 위해서는 각각의 벤지딘 대사물질들을 분석하는 것이 중요하다고 본다.

▶ 요 중 벤지딘 대사물질 분석조건

근로자의 소변을 작업 시작부터 작업 종료까지 500 ml 폴리에틸렌병에 채취하여 분석 전까지 냉동 보관한다. 냉동된 소변시료를 해동하여 소변 2 ml에 $\text{NH}_4\text{OH}/\text{NH}_4\text{Cl}$ (2.5 M, pH 9) 완충용액 2 ml를 가하여 알칼리화하고 디에틸에테르 1 ml로 2 회 추출하여 추출된 디에틸에테르 층에 0.5 M 과염소산 1 ml를 가하여 역추출한 후 수층을 0.45 mm 필터로 여과하여 HPLC로 분석한다.(Baselt RC, 1997). 기존의 요중 벤지딘 대사물질분석은 한가지의 검출기를 사용하나 본 연구에서는 선택성과 감도가 높은 전기화학 검출기(electrochemical detector, ECD)로 벤지딘 및 모노아세틸벤지딘을 정량하였고 전기화학 검출기로 분석이 안되는 디아세틸벤지딘은 자외선 검출기(ultraviolet detector, UVD)를 동시에 연결하여 그림과 같은 크로마토그램을 얻었다.



[그림 3-40] 벤지딘 대사물질의 크로마토그램

Upper : urine blank Lower : Bz, MABz, DABz in urine

Bz: benzidine, MABz: monoacetylbenzidine, DABz: diacetylbenzidine.

(4) 벤지딘 염산염의 호흡기, 피부 노출량과 요중 대사물질의 상관성

벤지딘에 대한 피부 노출 평가에서는 손부위의 노출량과 목부위의 노출량이 서로 상관성이 있었으며($r=0.840$, $p<0.05$), 손부위 노출량과 요중 모노아세틸벤지딘 농도 사이에도 상관성이 있었다($r=0.644$, $p<0.05$). 그리고 벤지딘 염산염의 손과 목부위 피부 노출량을 합한 것과 요중 모노아세틸벤지딘의 농도에도 상관성이 있었다($r=0.644$, $p<0.05$).

<표 3-11> Correlation of variable (benzidine dihydrochloride)

	Age	Car	BZ	BZN	BZH	Total	UBZ	UAB	UDB
Age	1.000								
Car	-0.144	1.000							
BZ	-0.160	-0.048	1.000						
BZN	-0.468	-0.054	0.212	1.000					
BZH	-0.601	-0.076	0.206	0.840*	1.000				
Total	-0.601	-0.076	0.206	0.840	1.000	1.000			
UBZ	-0.399	-0.551	0.110	0.203	0.529	0.529	1.000		
UAB	-0.483	-0.394	0.504	0.470	0.644*	0.644*	0.745	1.000	
UDB									1.000

Car, working duration; BZ, benzidine in air; BZN, benzidine on neck;

BZH, benzidine on hand; Total, BZN+BZH; UBZ, benzidine in urine

UAB, monoacetylbenzidine in urine; UDB, diacetylbenzidine in urine;

*, $p<0.05$

(5) 벤지딘계 염료의 호흡기, 피부 노출량과 요중 대사물의 상관성

벤지딘계 염료의 피부 노출과 기중 농도 그리고 요중 대사물질의 상관성을 살펴보면 근로자 호흡기부위의 노출 농도와 상관성이 있는 것은 손부위의 피부 노출량이었다($r=0.441$, $p<0.05$). 그리고 손과 목부위의 피부 노출량은 서로 상관성이 있었고($r=0.427$, $p<0.05$) 손과 목부위의 피부 노출량을 합한 것은 요중 벤지딘의 농도와 상관성이 있었다($r=0.467$, $p<0.05$).

<표 3-12> Correlation of variable (benzidine based dye)

	Age	Car	Dye	DN	DH	Total	UBZ	UAB	UDB
Age	1.000								
Car	0.551	1.000							
Dye	0.413	-0.068	1.000						
DN	-0.190	-0.264	0.220	1.000					
DH	0.155	-0.218	0.441*	0.427*	1.000				
Total	-0.076	-0.286	0.343	0.783	0.810	1.000			
UBZ	0.156	-0.430	-0.069	0.237	0.342	0.467*	1.000		
UAB	-0.061	-0.007	0.314	0.230	0.187	0.192	-0.132	1.000	
UDB	-0.383	-0.163	-0.307	0.165	-0.260	0.064	0.176	0.135	1.000

Car, working duration; Dye, benzidine based dye in air; DN, dye on neck; DH, dye on hand; Total, DN+DH; UBZ, benzidine in urine; UAB, monoacetylbenzidine in urine; UDB, diacetylbenzidine in urine;

*, $p<0.05$

(6) 피부노출평가의 고찰

아조 (-N=N-)결합이 하나 또는 그 이상 존재하는 아조염료들은 오래전 부터 생산되어 왔다. 우리나라에서는 1992년을 기준으로 벤지딘 염산염을 제조하거나 취급하는 22개소의 사업장 중 최초 가동일이 1945년대가 1개소, 1960년대가 2개소, 1970년대가 9개소 그리고 1980년대 이후가 10개소이다. 이중 벤지딘 및 디클로로 벤지딘 염산염을 제조하는 사업장은 3개소이고 사용하는 곳은 약 20여 개소이다. 벤지딘과 그 염은 선진 외국의 경우 이미 오래전부터 발암성물질로 취급하여 제조 및 사용을 금지하고 있으며 최근에는 우리나라에서도 산업안전보건법 제 37조에서 제조금지물질인 벤지딘과 그염은 연구 목적 외에는 사용을 금지하도록 규정하고 있다(노동부, 1997).

ACGIH에서는 피부 흡수가 용이하고, 다른 노출 경로에 비하여 피부 흡수가 전신 작용에 중요한 역할을 하는 180 여종의 화학 물질에 대하여 “피부” 표시를 하고 있다. 발암성물질인 벤지딘도 “피부” 표시 물질 중 하나이다. 본 연구에서도 벤지딘 염산염 제조 근로자들 가운데 손과 목부위 피부에 노출된 경우 소변으로 벤지딘 대사물이 배설되었으며 벤지딘계 염료에서도 같은 양상이 관찰되었다.

벤지딘계 아조염료를 실험동물에 투여한 경우 벤지딘을 투여한 경우보다 4-아미노비페닐이 더 많이 검출되어 발암 위험도가 높다는 것을 간접적으로 설명하여 주었다(Cerniglia 등, 1986; Briner 등, 1990). 그 밖의 많은 연구에서도 벤지딘계 염료 분진이 발암성 물질이라고 보고하였고(Genin, 1977; NIOSH, 1980; Meal 등, 1981; NCI, 1978), 벤지딘계 염료 취급 근로자들을 대상으로 한 사례보고 (Murase 등, 1985) 및 역학 연구(Anthony, 1974; Genin, 1977; Wenfang 등, 1992)에서도 방광암의 발생이 증가됨이 증명되었다. 벤지딘 및 벤지딘계 아조염료의 피부 흡수로 인하여 방광암이 유발될 수 있다는 것을 동물 실험을 통하여 입증하였다(Fare, 1996; Shah 등, 1983; Collier 등, 1993). 근로자를 대상으로 실시한 연구에서는 Megis(1951), Dewan(1988), 노재훈(1995) 등이 벤지딘 염산염 제조 및 염료 제조공장에서 기중 농도와 요중 벤지딘 대사물을 비교한 결과 근로자들의 소변에서 요중 모노아세틸벤지딘이 많이 배설된다고

하였고 벤지딘 노출에 대한 생물학적 지표로 모노아세틸벤지딘을 권고하였다. 본 연구에서도 요중 벤지딘 대사물질중에 모노아세틸벤지딘이 가장 많이 배설되어 같은 양상이었다. Krajewska 등(1980)은 폴란드에 위치한 노후된 벤지딘 제조공장이 자동화되어 어느 정도로 직업적 노출이 감소되었는지 평가한 결과 자동화된 공장 근로자들의 호흡기 노출, 피부 노출 그리고 요중 벤지딘의 농도가 적었으며 요중 벤지딘은 호흡기 노출 뿐만 아니라 피부 노출에 의해서도 검출된다고 하였다.

본 연구에서는 벤지딘 제조공장 뿐만 아니라 벤지딘계 아조염료 제조공장도 대상으로하여 피부 노출, 호흡기 기중 노출 그리고 요중 대사물질의 상관성을 연구하였다. 연구 결과 합성실보다는 건조 및 포장실에서 많은 양이 노출되고 요중 대사물질도 많이 검출되었다. 또한 피부에 벤지딘 염산염과 벤지딘계 아조염료로 노출된 근로자들의 소변에서 벤지딘의 대사물질이 상관성 있게 나타나 피부 노출 측정이 근로자들의 노출 측정방법의 하나로 활용될 수 있다고 평가되었다.

피부 노출 측정의 목적은 근로자들의 피부에 노출되는 유해물질의 양을 평가하고 보호의와 보호장갑의 효율을 평가하는데 있다. 본 연구에서의 손부위 피부 노출 평가는 보호장갑을 낀 안쪽 손바닥의 벤지딘 및 벤지딘계 염료를 측정한 결과이다. 측정 결과 손바닥에서 검출이 되었다는 것은 불침투성 보호장갑의 효율이 불량하거나 보관 및 사용관리에 문제가 있음을 간접적으로 시사한다. 연구대상 사업장의 경우 방진마스크의 교체시기는 2일에 1회 정도이었으나 보호용 고무장갑과 면장갑의 교체시기는 1주일에 1회 정도로 이루어지고 있어 개인 보호구의 관리가 다소 미흡하다고 할 수 있다. 포장 작업은 아직까지 자동화가 안되어 벤지딘 염산염 및 벤지딘계 염료를 근로자들이 직접 계량하면서 포장하고 있다. 이러한 사항들을 고려한다면 벤지딘 염산염 및 벤지딘계 염료 제조 근로자들의 피부 노출량 측정이 중요하다는 것을 알 수 있다.

Krajewska 등(1980)은 호흡기를 통해 10 % 정도가 흡수되며 나머지는 피부 또는 다른 경로로 흡수된다고 밝혔는데 본 연구에서도 근로자들 피부에 노출량이 높으면 요중 대사물질의 검출량이 높게 평가되어 많은 양이 피부를 통하여

흡수되는 것을 알 수 있었다. Tsuruta (1987)는 피부 투과 속도가 밝혀진 물질들이 약 40여종이고 방향족 아민류중에 아닐린의 경우는 0.2-0.7 mg/hr/cm², 니트로 벤젠은 2 mg/hr/cm²로 보고하였다. 벤지딘 및 벤지딘 염산염의 피부 투과 속도에 관한 연구는 흰쥐 피부의 각질층을 사용하여 in vitro 방법으로 실시하였다. 연구 결과 벤지딘의 피부 투과 속도는 250, 500, 1000 µg/ml의 농도에서 15.57, 29.47, 47.12 µg/hr/cm²이었으며 벤지딘 염산염의 피부 투과 속도는 250, 500, 1000 µg/ml의 농도에서 8.92, 9.64, 10.22 µg/hr/cm²이었다(이지현 등, 1997).

5. 각국의 노출기준 요약 및 해설

가. 한국

디아니시딘에 대한 노출기준은 설정되어 있지 않으며 발암성에 대한 표시가 되어 있지 않다. 디아니시딘은 허가대상물질로 규정하고 있으며 화학물질 정보카드(노동부, 한국산업안전공단)에서 건강 유해성에 대해 혈액장애와 인체발암위험을 표시하고 있다. 외국의 노출기준과 비교하면 OSHA, NIOSH, ACGIH, 영국 프랑스 등에서는 노출기준과 발암성 규정이 서정되어 있지 않다. 일본의 산업위생학회에서는 발암 가능성 물질로 규정하면서 노출기준은 설정되어 있지 않고 스웨덴에서는 발암성 물질로 규정하면서 노출기준은 설정되어 있지 않고 우리나라와 유사하게 허가대상 물질로 규정하고 있다.. 독일에서는 발암성 물질로 규정하고 있으면서 노출기준을 0.03 mg/m^3 으로 설정하고 있으나 규제기준은 아니며 권고기준이고 설정근거는 제시하고 있지 않다.

그 밖에 NTP자료에서는 사람에게서 발암 가능성 물질로 보고하고 있으며 IARC에서는 동물실험에서는 발암성이 확인되었고 사람에게 대한 발암성 자료는 부족하다고 보고하고 있다.<표3-13>

<표 3-13> 디아니시딘의 대한 각국의 노출기준

기 관 명	TWA (ppm)	STEL (ppm)	비 고
노동부	-	-	-
ACGIH-TLV	-	-	-
USA - NIOSH REL	-	-	-
USA - OSAH PEL	-	-	-
일본	-	-	2B (발암 가능성)
독일	0.03 mg/m ³	-	발암성
스웨덴	-	-	발암성 (허가물질)
영국	-	-	-
프랑스	-	-	-
EU	-	-	-

나. 미국

(1) OSHA : PEL(Permissible Exposure Limits)

가) 노출기준 제·개정 절차

산업안전보건법(1970)에 따라 산업안전보건청(OSHA)이 설립되어 근로자들의 일하는 평생동안 안전하고 건강한 작업조건을 제공하고자 하였다. 이런 목표를 성취하기 위한 하나의 방법이 보건과 안전기준을 제정하는 것이다.

OSHA기준은 허용노출기준(PELs)으로서 언급되었고 의회는 기준을 첨가하거나 삭제하고 수정할 필요성을 인지하고 그것을 수행하기 위해 특별한 절차를 Act section 6에 포함시켰다. 1988년 OSHA는 24개 물질별 기준과 3개의 일반규정을 만들었다.

1988년 OSHA는 400개 이상의 물질에 대한 새로운 PELs과 수정된 PELs을 제안하였다.

노출기준 설정의 과학적 근거는 연구, 시범, 실험, 근로자에 대한 최상의 안전보건학적인 보호, 가장 최근의 과학적 지표에 근거하며 근로자가 평생동안 유해인자에 계속적으로 노출되어도 보건 또는 기능해를 겪지 않도록 설정된다.

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

나) 노출기준

현재 노출기준이나 발암성에 대한 규정은 없으며 디아니시딘계 염료에 대한 발암위험성이 높아 취급시 주의와 노출을 최소화해야 한다고 말하고 있다.

추가적으로 디아시딘과 함께 주 원료로 사용하는 3,3-dichlorobenzidine은 발암성 물질로 규정하고 있다.

다) 설정근거

사람에 대해서는 발암성 자료가 부족하며 동물실험에서 유두, 위 및 방광의 종양 등이 확인된 연구결과를 토대로(Hadidian 등1968; Saffiotti 등 1967; Sellakumar 등 1968) 발암성 물질로 규정하고 있지는 않다.

(2) ACGIH : TLV(Threshold Limit Values)

가) 노출기준 제·개정 절차

ACGIH이사회(Board of Director)는 1944년에 화학물질TLV위원회(Cgemical Substances Threshold Limit Value Committee)를 구성하였고 위원회는 1946년에 처음으로 TLV권고치를 이사회에 제출하고 현재 해마다 제안을 하고 있다. 위원회는 20-25명과 자문가(한명의 독일 MAK 위원)로 구성되어 있으며 ACGIH TLV 위원회는 현재 3개의 소위원회로 구성되어 있다.

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

노출기준의 과학적 근거는 작업장 경험, 사람에 대한 연구, 그리고 동물실험연구로부터 가장 유용한 정보에 기초하여 정해진다. 그중에서 근로자 노출 자료가 있는 역학연구가 가장 중요하다. 값을 설정하기 위한 근거는 물질들에 따라 다양하며 다음과 같은 건강영향의 범주가 포함되어야 한다.

노출기준 제정에 있어서 ACGIH의 일차적인 관심은 경제적인 요소 또는 기술적인 접근정보보다 건강영향에 있다.

나) 노출기준

현재 노출기준이나 발암성에 대한 규정이 없으며 TLV-Documentation도 제

공하고 있지 않다.

다) 설정근거

없음

(3) NIOSH: REL(Recommended Exposure Limit)

가) 노출기준 제·개정 절차

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

NIOSH에서는 노출기준 제·개정의 과학적 근거를 NIOSH는 위해물질과 관련하여 알려진, 그리고 이용 가능한 모든 의학, 생물학, 공학, 화학, 상업과 그 외 다른 정보를 평가한다.

NIOSH criteria documents에는 권고기준, NOAELs, LOAELs를 위한 근거를 공식적으로 나타내며 OELs은 주로 건강장애와 관련한 과학적 정보에 기초하지만 일부 criteria document는 경제요인과 실행가능성을 고려하여 만든다.

나) 노출기준

현재 노출기준이나 발암성에 대한 규정은 없으며 디아니시딘계 염료에 대한 발암위험성이 높아 취급시 주의와 노출을 최소화해야 한다고 말하고 있다.

추가적으로 디아시딘과 함께 주 원료로 사용하는 3,3-dichlorobenzidine은 발암성 물질로 규정하고 있다.

다) 설정근거

OSHA에서 규정에 동의하여 발암성으로 규정하고 있다. 최근 NIOSH에서는 발암성물질의 노출기준에 는 발암물질에 대한 정책을 1976년 Edward가 발표한 자료("no detectable exposure levels for proven carcinogenic substances", 발암물질의 검출되지 않는 수준)에 근거하였다. 이것은 OSHA에서 일반적인 발암물질 정책결정에 동의하는 것이다.

과학의 발전과 위해성 평가 및 관리의 접근법의 진보로 NIOSH에서는 포괄적인 정책을 채택하였다.

NIOSH의 권고기준은 사람이나 동물의 건강자료를 이용한 위해성 평가 자료와 공학적 개선 및 분석을 통해 측정 가능한 수준이 어느정도 인지를 평가하여 설정하려 한다. 실행 가능한 정도에 대해 NIOSH에서는 영향이 없는 노출수준과 위해성이 잔존해 있는 노출수준에 대해 계획하고 있다.

NIOSH에서는 디아니시딘계 염료에 대한 정보를 CI명과 제품명으로 제공하고 있다.

〈표 3-14〉 디아니시딘계 염료에 대한 정보를 CI명과 제품명

CI명, 번호	제품명
Direct Black 91: 30400	Cuprofix Black C-RL (S) Cuprophenyl Black RL 200% (CGY) Intramet Black GM (CKC)
Direct Black 114:	Cuprophenyl Black BWL (CGY)
Direct Blue 1: 24410	Amanil Sky Blue 6B (AC) Amanil Sky Blue FF (AC) Atlantic Sky Blue 6B Conc. (ATL) Atlantic Sky Blue FF Ex. Conc. (ATL) Calcomine Sky Blue 6 BX Conc. (ACY)

	Diazol Blue 6BA Conc. (Fran) Diphenyl Brilliant Blue FF Supra (CGY) Direct Brilliant Sky Blue 6B Ex. Conc. (CKC) Direct Sky Blue 6B (BUC) Direct Sky Blue 6B Conc. (FAB) Direct Sky Blue 6B Ex. 200% (ATL) Direct Sky Blue 6B Ex. Conc. 300% (ATL) Direct Sky Blue 6BHF (HSH) Direct Sky Blue FF Ex. 200%, 300% (ATL) Elcomine Sky Blue 6B Ex. 200% (L&R) Pergasol Blue GA Conc. (CGY) Phenamine Brilliant Blue 6B Conc. (BAS) Pyrazol Sky Blue FF (S)
Direct Blue 8: 24140	Atlantic Azurine G Conc. (ATL) Direct Azurine G (ATL) Direct Azurilne G. Conc. (ATL)
Direct Blue 15: —————	Amanil Sky Blue M Liquid (AC) Amidine Sky Blue 5B Ex. (JC) Atlantic Sky Blue A Ex. Conc. (ATL) Blue M Liquid (ATL) Cartasol Blue 2GF (S) Direct Sky Blue A Supra Conc. 125% (ATL) Intrabond Liquid Sky Blue M (CKC) Paper Sky Blue S Liquid 35 (V) Pontamine Sky Blue M Liquid (DUP)
Direct Blue 22: 24280	Atlantic Direct Blue RW 100% (ATL) Direct Blue RW Conc. 200% (ATL)

Direct Yellow 68: _____	Cuprophenyl Yellow RL Extra (CGY) Intramet Yellow RL (CKC)
Direct Violet 93: _____	Cuprophenyl Violet 3RL (CGY)
Azoic Blue Composition 2:	Atlantic Printing Blue D-BC Pdr. (ATL) Atlantic Printing Blue D Pdr. (ATL) Neutrazoic Blue AS Pdr. (ATL) Neutrazoic Blue D (ATL)
Azoic Blue Composition 3: _____	Atlantic Printing Blue GB1 Pdr. (ATL) Neutrazoic Blue GB Pdr. (ATL) Neutrazoic Blue GN Pdr. (ATL)
Azoic Black Composition 4	Atlantic Printing Black 3G Pdr. (ATL)
Azoic Diazo Component 48: 37235	Atlantic Stable Blue B Pdr. (ATL) Azoene Fast Blue B Salt (ALL) Fast Blue B-ND Salt (BUC) Fast Blue B Salt (ATL, BUC, PCW, V) Fast Blue B-ND Base (ATL) Stable Blue B Base (ATL)
Azoic Coupling Component 3: 37575	Naphthol AS-BR (ATL) Naphthol AS-BR, AS-BR Soln. (BUC, PCW) Naphthol AS-BR 20% Soln. (BUC)

CI명이 없고 제품명으로만 알려진 염료는 다음과 같다.

<표 3-15> CI명이 없고 제품명으로만 알려진 염료

Atlantic Direct Blue 2BNB (ATL)
Atlantic Printing Black 2B Pdr. (ATL)
Atlantic Printing Black FOR Pdr. (ATL)
Neutrazoic Black 2B Pdr. (ATL)
Neutrazoic Black FOR Pdr. (ATL)
Neutrazoic Black GF 167% Pdr. (ATL)
Neutrazoic Black JN Pdr. (ATL)
Padazoic Black GLL Pdr. (ATL)
Padazoic Black RLL Pdr. (ATL)
Padazoic Black 2G 150% Pdr. (ATL)
Padazoic Blue GP Pdr. (ATL)
Padazoic Denim Indigo Blue G Pdr. (ATL)
Padazoic Navy Blue WS EX Pdr. (ATL)
Pontamine Blue WE Liq. (DUP)
Padazoic Brilliant Indigo 3B Pdr. (ATL)
Padazoic Denim Indigo Pdr. (ATL)
Atlantic Printing Brown GGN Pdr. (ATL)
Atlantic Printing Brown BR Pdr. (ATL)
Neutrazoic Brown BR Pdr. (ATL)
Padazoic Farmer Brown Pdr. (ATL)

다. 일본

가) 노출기준 제·개정 절차

협회는 위원회들로 구성된 민간학술단체로 협회안의 노출허용기준(PEL) 위원회에서 노출기준에 대한 정보를 평가하고 안을 마련한다. 물질선정은 사업장에서 사용되어지는 유해화학 물질, 유해한 영향을 미치는 농도 및 그 특성에 대한 유용한 자료가 있는 물질, 물질의 사용량 및 그 독성에 근거한 기존의 기준이 있는 물질을 우선적으로 선정하나 일본에서의 허용농도에 대한 기준 설정은 거의 ACGIH의 값의 영향을 받고 있는 실정으로써 대부분 ACGIH의 TLV list를 채택하고 10%에 있어서만 기타 자료를 참고하고 있다.

노출허용기준은 대기중에서 호흡영역에 존재하는 유해 물질 농도의 기준치이며 이는 참고치로서 사업장에만 적용가능하며 과학적 근거는 인체 및 동물실험의 결과와 사업장 역학 자료를 기초로 한다.

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

나) 노출기준

노출기준은 설정되어 있지 않으며 발암성 분류는 Group 2B(발암 가능성 물질)로 분류하고 있다.

다) 설정근거

일본의 산업위생학회의 노출기준에서는 발암성 물질을 IARC분류에 준하여

분류하고 있다. Group 1은 발암성 물질, Group 2A(probably), 2B(possibly)로 분류하고 있다. 분류한 발암 물질을 검토해 보면 일부 벤지딘계 염료에 대해서도 발암성을 분류하고 있으며 디아니시딘에 대해서는 Group 2B로 분류하고 있다.

<표 3-16> 발암성 물질의 분류(*J Occup Health, 2004; 46: 329-344*)

<i>Group 1</i>	4-Aminobiphenyl, Arsenic and compounds, Asbestos, Benzene, Benzidine, Benzotrichloride, Bis (chloromethyl)ether, 1,3-Butadiene, Cadmium and compounds, Chromium (VI) compounds*, Coal-tar pitch volatiles, Coal-tars, Erionite, Ethylene oxide, Mineral oils (untreated and mildly treated), 2-Naphthylamine, Nickel compounds (except Ni metal), Silica (crystalline), Soots, Sulphur dichloride, Talc containing asbestiform fibers, 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo- <i>p</i> -dioxin, Vinyl chloride, Wood dust
<i>Group 2A</i>	Acrylamide, Acrylonitrile, Benzal chloride, Benzo [a] pyrene, Benzyl chloride, Beryllium and compounds, Chloromethyl methyl ether (technical grade), 4-Chloro- <i>o</i> -toluidine, Creosotes, 1,2-Dibromoethane, 3,3'-Dichloro-4,4'-diaminodiphenylmethane (MBOCA), Diethyl sulphate, Dimethyl sulphate, Dimethylcarbamoyl chloride, Direct Black 38, Direct Blue 6, Direct Brown 95, Epichlorohydrin, Formaldehyde, Glycidol, Polychlorinated biphenyls (PCB), Styrene oxide, <i>o</i> -Toluidine, 1,2,3-Trichloropropane, Tris phosphate (2,3-dibromopropyl), Vinyl bromide, Vinyl fluoride
<i>Group 2B</i>	Acetamide, Acetaldehyde, <i>o</i> -Aminoazotoluene, <i>p</i> -Aminoazobenzene, Amitrole, Antimony trioxide, <i>o</i> -Anisidine, Auramine (technical grade), Aziridine, Benzyl violet 4B, 2,2-Bis

(bromomethyl) propane-1,3-diol, Bitumens, Bromodichloromethane, β-Butyrolactone, Carbon black, Carbon tetrachloride, Catechol, Chlordane, Chlordecone (Kepone), Chlorendic acid, Chlorinated paraffins, <i>p</i>-Chloroaniline, Chloroform, 1-Chloro-2-methylpropene, 3-Chloro-2-methylpropene, Chlorophenoxy acetic acid herbicides, <i>p</i>-Chloro-<i>o</i>-phenylenediamine, Chloroprene, Chlorothalonil, CI acid red 114, CI basic red 9, CI direct blue 15, Citrus red No. 2, Cobalt and compounds*, <i>p</i>-Cresidine, <i>N,N'</i>-Diacetyl benzidine, 2,4-Diaminoanisole, 4,4'-Diaminodiphenyl ether, 2,4-Diaminotoluene, 1,2-Dibromo-3-chloropropane, 2,3-Dibromopropan-1-ol, <i>p</i>-Dichlorobenzene, 3,3'-Dichlorobenzidine, 3,3'-Dichloro-4,4'-diaminodiphenyl ether, 1,2-Dichloroethane, Dichloromethane, 1,3-Dichloropropane (technical grade), Dichlorvos, Diepoxybutane, Di (2-ethylhexyl) phthalate, 1,2-Diethylhydrazine, Diglycidyl resorcinol ether, Diisopropyl sulfate, <i>p</i>-Dimethylaminoazobenzene, 2,6-Dimethylaniline, 3,3'-Dimethylbenzidine (<i>o</i>-Tolidine), <i>N,N</i>-Dimethylformamide, 1,1-Dimethylhydrazine, 3,3'-Dimethoxybenzidine (<i>o</i>-Dianisidine), 2,4-(or 2,6-) Dinitrotoluene, 1,4-Dioxane, Disperseblue 1, DDT, 1,2-Epoxybutane, Ethyl acrylate, Ethylbenzene, Ethyl methanesulphonate, Ethylene dibromide, Ethylene thiourea, (2-Formylhydrazino)-4-(5-nitro-2-furyl)thiazole, Furan, Gasoline, Glycidaldehyde, Hexachlorocyclohexanes, HC blue No. 1, Heptachlor, Hexamethylphosphoramide, Hydrazine, Isoprene, Lead and compounds (inorganic)*, Magenta (containing CI basic red 9), Man-made mineral fibers (Ceramic fibers, Micro glass fibers), 2-Methylaziridine (Propylene imine), 4,4'-Methylene bis (2-methylaniline), 4,4'-Methylenedianiline, Methyl mercuries, 2-Methyl-1-nitroanthraquinone, <i>N</i>-Methyl-<i>N</i>-nitrosourethane, Mirex, Nickel
--

	(metal), 2-Nitroanisole, Nitrobenzene, Nitrilotriacetic acid and its salts, Nitrogen mustard- <i>N</i> -oxide, 5-Nitroacenaphthene, Nitromethane, 2-Nitropropane, <i>N</i> -Nitrosodiethanolamine, <i>N</i> -Nitrosomorpholine, Oil orange SS, Phenyl glycidyl ether, Polybrominated biphenyls, Polychlorophenols (technical grades) Ponceau 3R, Ponceau MX, 1,3-Propane sultone, β -Propiolactone, Propylene oxide, Styrene, Tetrachloroethylene, Tetrafluoroethylene, Tetranitromethane 4,4'-Thiodianiline, Thiourea, Toluene diisocyanates, Trichloroethylene, Trypan blue, Urethane, Vinyl acetate 4-Vinylcyclohexene, 4-Vinylcyclohexene diepoxide
--	---

라. 독일: MAK(Maximum Concentration Values)

가) 노출기준 제·개정 절차

사업장의 화학물질 유해성 조사를 위한 위원회(Commission for the investigation of Health Hazard of chemical Compounds in the Work Area)는 작업장에서 사용되는 화학물질의 최대 허용가능한 기중 농도(MAK, Maximale Arbeitskonzentratione) 설정하며 MAK는 규제 기준이다.

위원회에서 MAK설정을 위한 물질 선택한 후 근로자에 있어서 예방 가능한 의학적 문제의 중요성에 따라 선택하며 위원회 위원, 산업계, 정부에서 제안할 수 있다. MAK 값을 설정하는데 혼합물의 효과를 먼저 고려한다.

나) 노출기준

법적인 규제 기준으로 노출기준은 설정되어 있지 않으며 A2로 규정하고 있다. German Federation of Institutions for Statutory Accident Insurance and Prevention, the BGIA (Institute for Occupational Safety and Health)에서 권고 기준으로 0.03 mg/m^3 으로 권고하고 있고

다) 설정근거

동물실험에서 발암성이 확인되어 발암성 물질분류 2A로 분류하고 있다.

마. 스웨덴

가) 노출기준 제·개정 절차

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

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

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

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

모든 제안서들을 취합한 후에 조정위원회에서 선택물질의 초안을 잡고 우선순위를 배정한다. 선택물질목록은 과학적 근거를 위하여 기준위원회에 제출된다.

과학적 기준을 결정하는 것 외에 조정위원회는 경제적인 요인을 고려하게 된다. 조정위원회는 노출되는 노출 근로자수와 각 사업장에서의 농도 등을 검토하고 여러 출판자료를 검토하는 일련의 과정을 거친다. 따라서 건강과 사업

장의 요인을 함께 검토하게 되고 이러한 경제적인 요인은 감사회에서도 검토한다.

나) 노출기준

스웨덴에서는 발암물질을 Group A, Group B, Group C로 구분하고 있다. Group A와 B는 노출기준이 설정되어 있지 않은 발암물질, Group C는 노출기준이 설정된 발암물질로 구분하고 있다. 그리고 우리나라와 유사하게 Group A는 제조(취급) 금지물질, Group B는 취급 허가물질로 규정하고 있다. 현재 디아니시딘은 Group B로 분류하고 있다.<표 3-17>

<표 3-17> 발암성 물질의 분류

Carcinogens	CAS no.
Group A	
2-Acetylaminofluoren -----	53-96-3
4-Aminodiphenyl -----	92-67-1
Benzidine -----	92-87-5
Bis-chloromethylether -----	42-88-1
Crocidolite -----	12001-28-4
1,2-Dibromo-3-chloropropane (DBCP) -----	96-12-8
4-Dimethylaminoazobenzene -----	60-11-7
Erionite -----	66733-21-9
Hexamethylphosphorotriamide (HMPA) -----	680-31-9
Methyl chloromethyl ether -----	107-30-2
20-Methylcholanthrene -----	56-49-5
(3-methylcholanthrene)	
Methyl nitroso urea (MNU) -----	84-93-5
β-Naphthylamine -----	91-59-8
4-Nitrodiphenyl -----	92-93-3
Group B	
p-Aminoazobenzen -----	60-09-3
Auramine -----	492-80-8
(4,4'-imidocarbonyl-bis(N,N-dimethylaniline))	
Benzalchloride -----	98-87-3
Benzotrichloride -----	8-07-7
Bis(2-chloroethyl)ether -----	111-44-4
Bis(2-chloroethyl)sulphide (mustard gas) -----	05-60-2
Butyrolactone -----	3068-88-0

2,4-Diaminoanisoie	615-05-4
2,4-Diaminotoluene	95-80-7
Dianisidine (3,3'-dimethoxybenzidine)	19-90-4
Diazomethane	34-88-3
3,3'-Dichlorobenzidine	91-94-11
1,2:3,4-Diepoxy butane	1464-53-5
Diethyl sulphate	4-67-5
Dimethylhydrazine	57-14-7,40-73-8
Dimethyl sulphate	77-78-1
Ethylene dibromide	06-93-4
Ethylenimine (aziridine)	151-56-4
Ethylene thiourea	96-45-7
Ethyl methane sulfonate (EMS)	62-50-0
Hydrazine	02-01-2
Methylene bis(o-chloroaniline)	101-14-4
(MOCA, 3,3'-dichloro-4,4'-diaminodiphenylmethane)	
4,4'-Methylene dianiline	01-77-9
(MDA, 4,4'-diaminodiphenylmethane)	
Methyl methane sulphonate (MMS)	66-27-3
Monomethylhydrazine	60-34-4
α-Naphtylamine	134-32-7
N-Nitrosodimethylamine	62-75-9
(N,N dimethylnitrosamine)	
Phenyl-β-naphtylamine	135-88-6
1,3-Propane sultone	120-71-4
β-Propiolactone	57-57-8
Propylenimine	75-55-8
Thioacetamid	2-55-5

Thiourea (thiocarbamide) -----	62-56-6
o-Tolidine (3,3'-dimethylbenzidine) -----	119-93-7
Tris(2,3-dibromopropyl)phosphate -----	126-72-7
Urethane (ethyl carbamate) -----	1-79-6

Group C

Acetaldehyde

Acetamide

Acrylamide

Acrylonitrile

Aniline

Arsenic and inorganic compounds (other than arsenic
hydride)

Asbestos (other than crocidolite, see group A)

Benzene

Benzo(a)pyrene

Benzyl chloride

Beryllium and compounds

1,3-Butadiene

Cadmium and inorganic compounds

Carbon tetrachloride

Chloroform

Chromates

Chromic acid

Cobalt chloride

Cobalt sulphate

p-Dichlorobenzene

Dinitro toluene

Dioxane

Epichlorohydrin
Ethylene dichloride (1,2-dichloroethane)
Ethylene oxide
Formaldehyde
Methylene chloride
Methyl iodide
Nickel compounds, see App. 1
2-Nitropropane
PCB (polychlorinated biphenyls)
Propylene oxide
Radon
Tetrachloroethylene (perchloroethylene)
Toluene diisocyanate
Trichloroethylene
Trichlorophenol and salts
Vinyl chloride
Wood dust

다) 설정근거

탈암성 규제에 대한 설정 근거는 제시하고 있지 않다.

바. 영국: WEL(Workplace Exposure Limits)

가) 노출기준 제·개정 절차

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

1989년 HSC(Health and Safety Commission's) Advisory 위원회 on the Toxic Substances(ACTS)가 OEL을 설정하기 위한 기본 프로그램을 설정하였다.

ACTS는 WATCH(Working Group on the Assessment of Toxic Chemicals)와 연계되어 있으며 WATCH는 OEL 설정을 위하여 검토되어야 하는 화학물질 목록을 작성하였다.

WATCH와 ACTS는 OEL의 확립을 위한 물질의 우선순위를 정하는데 몇가지 사항을 고려한다. 고려될 첫번째 요소는 현재의 과학 지식과 관심의 정도이고 둘째 검토사항은 화학물질과 관련 있는 자료와 증거를 모으고 새롭게 갱신하는데 걸리는 소요시간, 마지막으로 그러한 평가를 수행하기 위한 자원의 가용성 등이다.

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 두고있다. HSE(Health and Safety Executive) 내에서 전문가에 의해 기본 검토작업이 주로 수행되고 있다. 이들 전문가들은 독성학자, 산업위생학자, 화학분석가, 역학자와 산업의사들로 구성된 연구팀으로 구성된다.

자료검색은 모든 표준데이터베이스를 이용하여 수행되고, 관련 산업장과 의 접촉을 통하여 접근 가능한 독성학적, 노출자료, 산업보건자료를 얻는다. 그 후 내부평가와 외부평가를 거쳐 위원회에 제출된다.

과학적인 요소와 사회경제적인 요소사이의 구분을 위한 노력이 충분히 이

루어진다. 우선은 NOAEL 즉 threshold를 확인하고 건강에 기초를 둔 OES의 setting을 고려하여 이것이 과학적, 경제적, 실제로 접근가능한지에 대하여 분석한다. 만일 OES를 정할 수 없다면 경제요소를 고려하는 MEL을 정해야 한다.

나) 노출기준

자료 없음

다) 설정근거

자료 없음

사. 프랑스

가) 노출기준 제·개정 절차

프랑스에서는 직업병과 산업위해의 예방을 위하여 위험한 물질에 근로자가 노출되는 것을 피하게 하거나 최소수준으로 감소시키고자 한다.

OELs에 대한 첫 목록은 1982년에 출판되었으며 현재 직업성 노출기준(OELs)은 특정물질에 대한 허용기준(asbestos, vinyl chloride, dusts, benzene, lead, fumigation gases)과 권장기준 2가지 종류가 있다.

물질 선택기준과 우선순위는 매우 위험하다고 생각되는 6개 물질 그룹에 대해서는 허용기준이 있고 이는 준수하는 것은 의무사항이고 기타물질(500종 이상)에 대해서는 권장기준이 설정되어 있다.

노출기준 제·개정 시 산업계에서 참여하여 경제적 현실을 반영시키고 있다.

나) 노출기준

알파나프틸아민의 대한 노출기준이나 발암성에 대한 규정은 없다

다) 설정근거

프랑스에서는 발암성 물질에 대한 분류를 Category 1(역학자료에서 발암성이 확인된 물질), Category 2(발암 가능 물질, probably), Category 3(발암 가능 물질, possibly)으로 구분하고 있으며 Risk phrase를 각 각 R45, R45, R40으로 표기하고 있으며 “Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France”에서는 주의 표시에 각 각 C1, C2, C3으로 표기하고 있다.

참고문헌: Cahiers de notes documentaires - Hygiene et securite du travail - N°187, 2^e trimestre 2002

프랑스는 일본과 유사하게 염료에 대해 발암성을 표시하고 있는데 다음 염료는 Category 2로 규정하고 있으며 대부분 o-tolidine, o-dianisidine o-benzidine계 아조염료이다.

C.I. Basic Red 9

C.I. Direct Black 38

C.I. Direct Blue 6

C.I. Direct Brown 95

C.I. Direct Red 28

C.I. Disperse Blue 1

또한 o-tolidine, o-dianisidine o-benzidine계 아조염료에 대해 별도의 부록으로 제시하고 있다.

<아조계 염료(계속)>

COLORANTS AZOÏQUES DÉRIVANT DE L'O-TOLIDINE ET INCLUS DANS EINECS			
N° CAS	N° EINECS	Nom COLOR INDEX (C.I.)	N° C.I.
72-57-1	200-786-7	Direct Blue 14	23850
117-32-8	204-182-4		
314-13-6	206-242-5	Direct Blue 53	23860
992-59-6	213-594-3	Direct Red 2	23500
2150-54-1	218-432-5	Direct Blue 25	23790
2429-72-3	219-383-2	Direct Blue 3	23705
6358-29-8	228-766-3	Direct Red 39	23630
6405-94-3	229-024-1	Direct Orange 10	23370
6420-03-7	229-149-1	Direct Orange 31	23655
6420-04-8	229-150-7	Direct Orange 30	23665
6420-09-3	229-151-2	Direct Blue 21	23710
6420-22-0	229-152-8	Direct Blue 295	23820
6459-94-5	229-272-0	Acid Red 114	23635
6505-12-0	229-387-6	Direct Brown 52	31885
6598-56-7	229-537-0	Direct Red 67	23505
6637-88-3	229-639-5	Direct Orange 6	23375
25317-45-7	246-827-2	Acid Red 114 (free acid)	
54804-85-2	259-355-7		
56148-97-1	260-016-0		
57167-02-9	260-603-1		
65168-20-9	265-590-6		
66225-65-8	266-264-6		
66214-51-5	266-251-5		
66214-52-6	266-252-0		
67893-48-5	267-622-4		
67990-27-6	268-048-7	Solvent Yellow 107	21140
68092-52-4	268-464-9		
68109-58-0	268-478-5		
68318-35-4	269-759-5		
68345-21-1	269-849-4		
68400-36-2	270-025-1		
68631-12-9	271-937-2		
70632-09-6	274-709-0		
72906-45-7	277-003-0		
73398-45-5	277-443-3		
73398-46-6	277-444-9		
73398-47-7	277-445-4		
85283-69-8	286-598-6		
91783-00-5	295-076-7		
93804-33-2	298-408-9		
93804-34-3	298-409-4		
93918-27-5	299-909-5		
94022-39-6	301-536-0		
94022-40-9	301-537-6		
94022-43-2	301-540-2		
94022-44-3	301-541-8		
94159-53-2	303-233-9		
98072-78-7	308-534-9		
98072-79-8	308-535-4		
98072-80-1	308-537-5		

<아조계 염료>

COLORANTS AZOÏQUES DÉRIVANT DE L'0-DIANISIDINE ET INCLUS DANS EINECS			
N° CAS	N° EINECS	Nom COLOR INDEX (C.I.)	N° C.I.
2429-71-2	219-382-7	Direct Blue 8	24140
2429-74-5	219-385-3	Direct Blue 15	24400
2586-57-4	219-964-0	Direct Blue 22	24280
2610-05-1	220-026-8	Direct Blue 1	24410
2868-75-9	220-691-4	Direct Red 7	24100
3818-60-8	223-308-9	Direct Blue 168	24185
3841-14-3	223-333-5	Direct Blue 1 (free acid)	
4198-19-0	224-091-3	Direct Blue 10	24340
6449-35-0	229-250-0	Direct Blue 151	24175
6473-33-2	229-328-4	Direct Blue 35	24145
6548-30-7	229-469-1	Acid Red 128	24125
6655-96-5	229-684-0	Direct Dye	24230
6739-62-4	229-801-5	Direct Black 91	30400
30449-92-2	253-940-0		
63216-84-2	264-003-0		
65151-33-9	265-533-5		
66214-47-9	266-246-8		
67923-89-1	267-794-0		
67906-44-9	267-711-8		
68084-09-3	268-421-4		
68084-22-0	268-432-4		
68084-23-1	268-434-5		
68966-43-8	273-433-8	Direct Blue 15 (xNa ₂ C ₄ H ₁₁ NO ₂ salt)	
68966-50-7	273-439-0	Direct Blue 15 (xNa salt)	
70210-32-1	274-428-3		
70632-07-4	274-706-4		
70632-08-5	274-708-5		
71278-41-6	275-307-8		
71550-22-6	275-603-7	Direct Blue 15 (4Li salt)	
71566-41-1	275-635-1	Direct Blue 160	
73287-56-6	277-356-0		
75522-93-9	278-235-5		
75522-94-0	278-236-0		
79135-81-2	279-081-1		
83221-70-9	280-249-1	Direct Blue 1 (xLi ₂ Na salt)	
83221-79-8	280-259-6		
83400-08-2	280-423-7	Direct Blue 15 (xLi ₂ Na salt)	
83562-72-5	280-482-9		
83721-51-1	280-578-0		
83763-65-9	280-753-1	Direct Blue 1(xNa ₂ C ₆ H ₁₅ NO ₃ salt)	
83763-66-0	280-754-7	Direct Blue 1 (xNa salt)	
83763-77-3	280-765-7		
83763-78-4	280-766-2		
84100-78-7	282-158-2		
84559-91-1	283-177-9	Direct Blue 1 (Li salt)	
84682-05-3	283-565-8		
85098-84-6	285-437-7		
85135-91-7	285-712-1		
85136-01-2	285-723-1		
85153-20-4	285-798-0	Direct Black 114	
85283-97-2	286-625-1		
85283-98-3	286-626-7		
93857-57-9	299-192-9		
93964-42-2	300-889-8		
93964-43-3	300-890-3	Direct Blue 15 (KNaNH ₃ salt)	

자료원: Cahiers de notes documentaires - Hygiene et securite du travail -
N°187, 2^e trimestre 2002

아. 유럽 공동체

http://europa.eu.int/comm/employment_social/health_safety/scoel_en.htm

가) 노출기준 제·개정 절차

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

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

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

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

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

SEG(scientific expert group)는 경제적인 요소를 고려하지 않는다. SEG는 단지 과학적인 자료에 근거해 OEL을 권고한다. SEG의 제안이 중요한 요소이기는 하지만 위원회에서는 이외에도 기술적인 면이나 사회 경제학적인 측면, 정책적인 요인들을 부수적으로 고려하여야 한다.

나) 노출기준

디아니시딘에 대한 노출기준이나 발암성 규정은 없으나 디아니시딘계 염료는 "category 2(발암 가능성 물질)"로 규정하고 있다.

다) 설정근거

자료없음

6. 작업장내 근로자 노출실태

가. 작업환경측정방법 및 예비조사

(1) 예비조사

전화방문 및 현장 방문을 실시하여 디아니시딘 취급여부를 확인하였다. 제품에 따라 디아니시딘을 사용하기 때문에 디아니시딘 사용하는 일정에 맞춰 현장방문을 실시하였다. 방문한 사업장은 (표 3-1) 와 같다.

〈표 3-18〉디아니시딘 취급 방문 사업장 명단

사업장명	소재지	업종	취급근로자수	비고 (kg/year)
사업장 1	울산시 남구 여천동	안료	10	5,000
사업장 2	울산시 울주군 온산면	유기안료	2	1,135
사업장 3	경기도 시흥시 정왕동	유, 무기 안료	1	15,000

(2) 측정방법 및 분석방법

미국 국립산업안전보건연구소(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)와 미국 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)의 공정시험법을 간략하게 정리하면 아래와 같다.

가) NIOSH Method No. 5013

▶Sampling

- SAMPLER : Filter(5-um PTFE membrane)
- 유속 : 1 ~ 3 ℓ /min
- 유량 : 150 ℓ ~ 500 ℓ
- 시료 운반 및 안정성 : 차고 건조한곳에 보관하고, 빛은 차단한다. 시료는 25℃ 어두운 곳에서 최소 7일 안정하다

▶분석방법

- 기기 : UV검출기 부착된 HPLC
- 탈착 : 2ml H₂O (초음파)
- 반응 : sodium hydrosulfite에 의한 염료의 free amine으로의 환원 분열
- 분석범위 : 10.2-204 μ g/시료
- 검출한계 : 3 μ g/시료
- 이동상 : 60%methanol/40%phosphate buffer (대기온도에서)
- 1차 표준용액 : 10ml methanol에 o-디아니시딘 5mg을 취해서 희석(4℃에서 한달동안 안정)
- 이동상 완충용액 : 3.39g KH₂PO₄와 4.3g Na₂HPO₄를 물로 희석하여 1L로 만들어 사용
- 환원 완충용액 : 1.179g KH₂PO₄와 4.3g Na₂HPO₄를 물로 희석하여 1L로 만들어 사용
- 기기조건
- Detector : UV 검출기(280nm)

Column : 10cm×8mm ID, Water Radical Pak C18, 10um particles, with
Radical Compression Module

시료 주입량 : 10uL

나) OSHA Method No.71

○SAMPLER : 황산이 코팅된 유리섬유필터 2장을 각각 한 장씩 나누어
간격을 두어 카세트홀더에 넣어 사용

○유속 : 1 ℓ/min

○유량 : 100 ℓ

〈표 3-19〉σ-디아니시딘의 GC-ECD 분석조건

Descriptions	Conditions
Instrument	Gas Chromatography
Detector	Electron capture detector
Column	SPB-5, 1.0-um film, 15-m×0.32-mm I.d. fused silica
Temperature	Injection 225℃
	Detector 300℃
	Column 250℃
Gas flows	column 2.3ml/min hydrogen (35 kPa head pressure) make up 45ml/min nitrogen
Injection volume	1 μℓ
Split ratio	100 : 1
Retention times	5.5 min

다) 본 연구에서의 측정 및 분석방법

본 연구는 미국 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)의 공정시험법을 참고하였으며, 자세한 방법은 다음과 같다.

- 기구 및 시약

▶ 기구

1. 시료채취기구 : sulfuric-acid가 코팅되어 있는 37-mm glass fiber filter 2

장

2. 개인시료 채취용 펌프(Gilian, High flow sampler)
3. ECD가 부착된 Gas Chromatography (HP 6890 Series Plus)
4. Vial (2ml, 5ml)
6. Pipette

▶ 시약 (Chromatographic quality)

1. 0.5N NaOH solution
2. Saturated NaOH solution
3. σ -디아니시딘
4. Toluene
5. Heptafluorobutyric acid anhydride (HFAA)
6. Phosphate buffer (D.W. 약 900ml에 potassium dihydrogenphosphate 136g을 희석한 뒤 saturated NaOH 용액을 이용하여 pH는 7로 맞추는 후 D.W. 넣어 1L로 맞추어 사용한다..)

- 시료채취

1. 각 개인시료 채취용 펌프(Gilian)에 유량보정펌프를 연결하여 보정한다.
2. 시료채취는 sulfuric-acid가 코팅되어 있는 37mm glass fiber filter 2장을 카세트 홀더에 장착한 뒤 구부러지기 쉬운 고무 튜브를 통하여 개인시료 채취용 펌프에 연결한다. 이때 필터는 0.37mm glass fiber filter에 0.26N sulfuric acid 0.5ml를 취한 뒤 100℃ 오븐에서 1시간 동안 건조시켜 미리 준비해 둔다.
3. 1~1.2 L/min의 유속으로 약 180분씩 오전, 오후로 2회 채취한다.
4. 채취한 카세트홀더의 마개를 한 뒤 안전하게 운반한다.
5. -10℃ 이하 냉동고에 보관한다.

- 시료전처리

1. 카세트홀더에서 필터 2장을 분리하여 비커에 담고 증류수 2ml에 담가둔다.
2. 0.5N NaOH 1ml와 toluene 2ml를 각 각 바이알에 첨가한다.

3. 바이알에 뚜껑을 닫고 10분간 흔들어 준다.
4. Centrifuge에서 1500rpm으로 10분간 분리한다.
5. 분리된 두 개의 층 중, 톨루엔 층(위 층)을 약 1ml 옮겨 담는다.
6. HFPA 25ul을 첨가한 후 10초간 흔들어준다.
7. 10분간 유도체화 한 후, buffer 1ml를 첨가한다.
8. Centrifuge에서 1500rpm으로 약 5분간 분리한 뒤, 두 층 중 톨루엔 층(위 층)을 담아서 GC로 분석한다.

- 표준용액 제조

1. Toluene 2ml에 희석하여 0.578ug ~ 5.202ug의 농도범위에서 5개의 표준용액으로 사용한다.
2. HFPA 25ul를 첨가한 후 10초간 흔들어준다.
3. 10분간 유도체화 한 후, buffer 1ml를 첨가한다.
4. Centrifuge에서 1500rpm으로 약 5분간 분리한 뒤, 두 층 중 톨루엔 층(위 층)을 담아서 GC로 분석한다.

- 기기분석조건

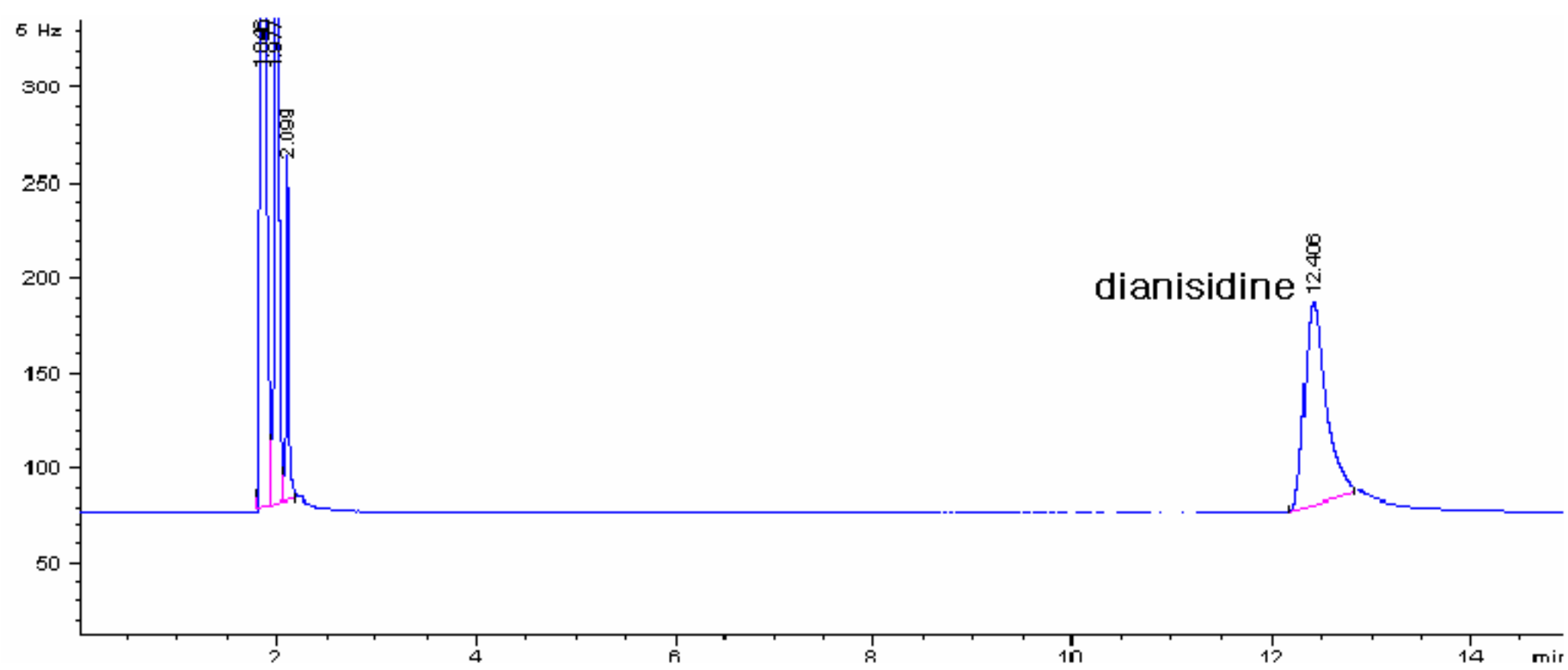
<표 3-20> GC ECD 최적의 분석조건

Descriptions	Conditions	
Instrument	HP 6890 series plus	
Detector	Electron capture detector	
Column	DB-5 capillary column (50m × 0.2mm × 0.33um) Replaces HP-5, Ultra 2, BP-5, SPB-5, GC-5, CPSIL 8, 007-2, RSL-200, SE-52, OV-73, SE-54	
Gas flows	2.0ml/min N2	
Temperature	Injection	225℃
	Detector	250℃
	Column	250℃
Injection volume	1 µl	
Split ratio	50 : 1	

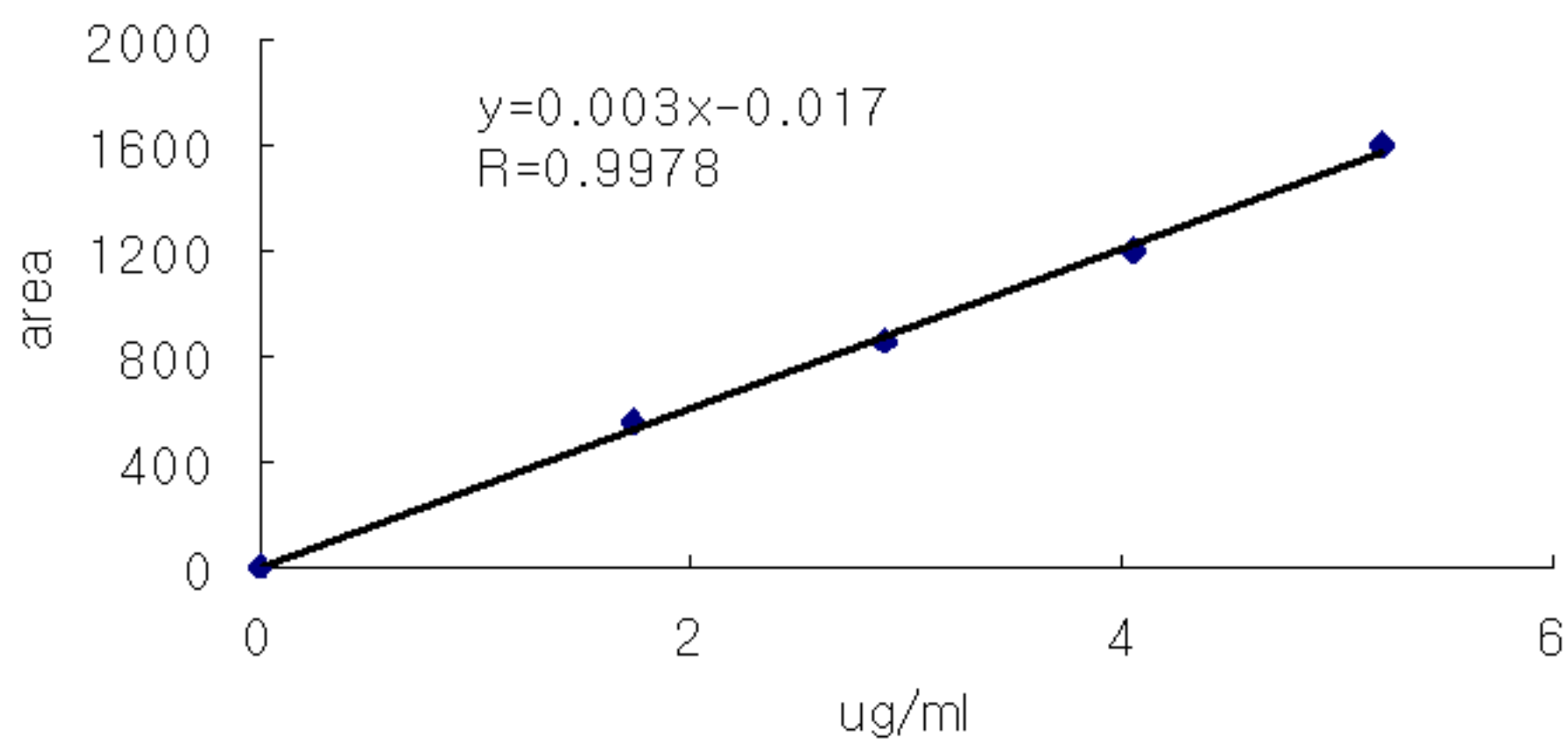
(3) 분석결과

가) 디아니시딘의 GC/ECD분석

분석 조건에 따라 디아니시딘 표준물질을 분석한 결과 그림 3-41과 같았다. 디아니시딘의 머무름 시간은 12.4분이었다.



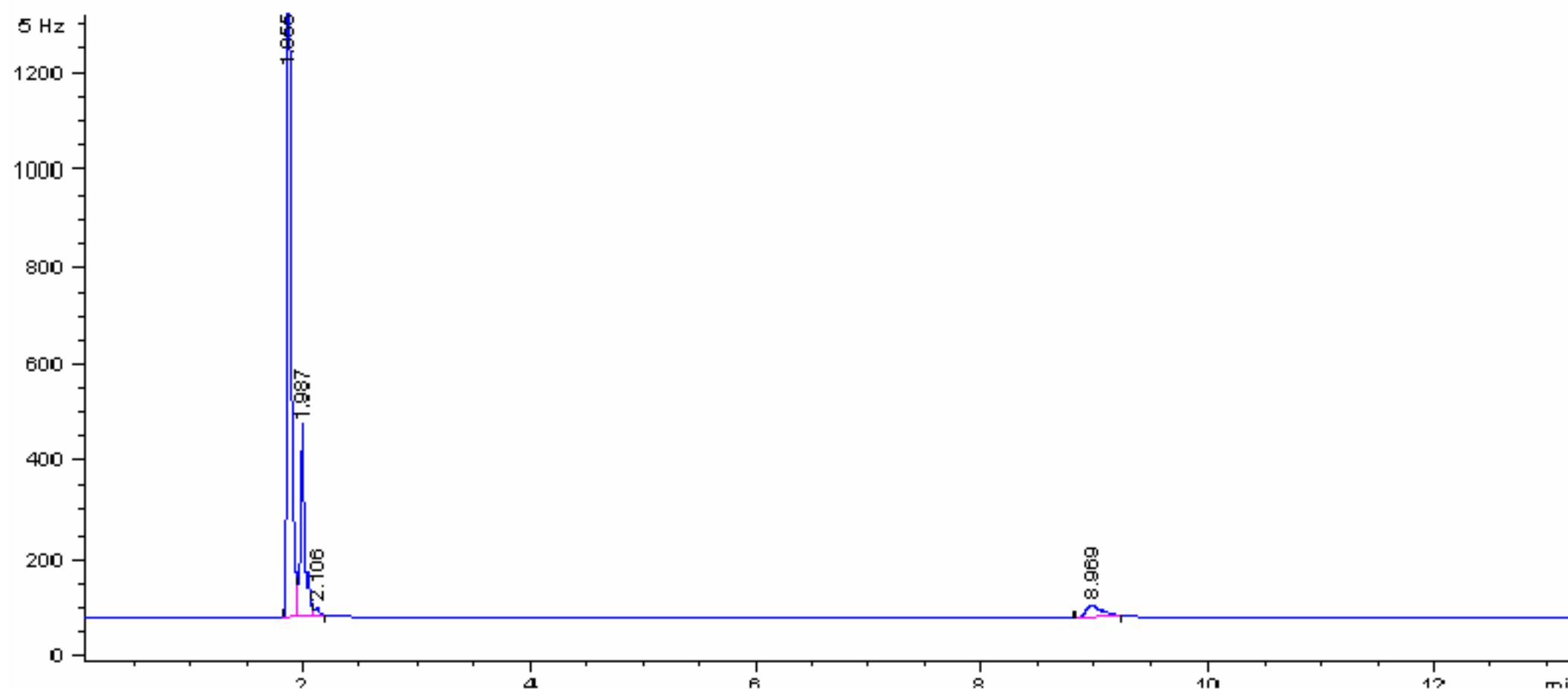
[그림 3-41] GC/ECD로 분석한 디아니시딘의 크로마토그램



[그림 3-42] 디아니시딘의 검량선

다) 디아니시딘의 작업환경측정 결과

디아니시딘을 원료로 하여 안료를 제조하는 2개 사업장에 대해 각 사업장별 5명의 근무자에 대해 작업환경측정 결과 모두 불검출 되었다. 크로마토그램에서의 검출된 피크는 디아니시딘외 다른 원료로 생각되며 추후 물질 확인 예정이다.



[그림 3-43] GC/ECD로 분석한 디아니시딘 측정시료 크로마토그램

나. 작업환경 실태 및 상태조사

Dianisidine을 사용하고 있는 연구대상 사업장 3개소에 대한 작업환경 평가표를 이용하여 사업장 전체의 일반 환경보건관리 및 Dianisidine을 취급하는 공정에 대한 작업환경관리 상태 등을 평가항목별로 조사하여 종합한 결과를 표에 yes(Y), no(N)로 나타내었다.

〈표 3-21〉 연구대상 사업장의 작업환경 상태평가

구분	번호	평 가 항 목	평가 결과		
			A사	B사	C사
일반관리	1	조사대상 유해인자에 대한 유해·위험성을 인지하고 있는가?	Y	Y	Y
	2	보건안전관리 체제가 구축되어있는가?	Y	Y	Y
	3	보건관리자(관계자)의 작업환경측정 및 건강진단 참여하고 있는가?	Y	Y	Y
	4	현장의 정리·정돈·청소·청결 등 위생관리 상태관리가 잘되어 있는가?	Y	Y	Y
	5	근로자등에 관한 보건교육계획 수립 및 정기적 실시하고 있는가?	Y	Y	Y
	6	위생조치를 통한 노출량감소 방안으로 세수 및 세안을 위해 화장품, 신나, 비누 등을 사용하는가?	Y	Y	Y
	7	휴게실과 유해화학물질 취급 장소와의 격리되어 있는가?	Y	Y	Y
	8	휴게실은 근로자들이 휴식을 취하기에 적절한 공간과 휴식시간 주어졌는가?	Y	Y	Y

구분	번호	평 가 항 목	평가 결과		
			A사	B사	C사
화 학 물 질 관 리	9	조사대상 화학물질의 물질안전보건자료(MSDS) 작성이 되어있는가?	Y	Y	Y
	10	작성된 MSDS를 취급 근로자가 쉽게 볼 수 있는 장소에 게시 및 비치 되어있는가?	Y	Y	N
	11	조사대상 화학물질을 취급하는 용기 및 포장에 경고표지가 부착되어있는가?	Y	Y	N
	12	MSDS 내용에 대한 교육 실시 및 근로자 대표의 확인을 받고, 보관하고 있는가?	Y	N	N
	13	유해화학물질을 저장할 때 일정한 장소를 지정하고 있는가?	Y	Y	Y
	14	유해화학물질 저장장소 및 취급하는 옥내작업장에 관계근로자 이외 출입금지표지판이 있었는가?	Y	Y	N
	15	조사대상 화학물질에 노출되는 근로자 및 유해인자에 대하여 작업환경측정을 누락 없이 실시하고 있는가?	Y	Y	Y
	16	작업환경측정결과를 당해 작업장 근로자에게 알리고 그 결과에 따른 건강보호에 필요한 적절한 개선조치를 실시하고 있는가?	Y	Y	Y
	17	근로자의 건강보호·유지를 위하여 일반, 채용 시, 특수, 배치 전 건강진단 대상자 선정 및 누락 없이 실시하였는가?	Y	Y	Y
	18	건강진단을 실시한 후 유소견자에 대한 사후관리제도가 있는가?	Y	Y	Y

구분	번호	평가 항목	평가 결과		
			A사	B사	C사
작업환경관리	19	조사대상 화학물질의 발생원을 밀폐하는 설비 또는 국소배기장치를 설치했으며, 가동하고 있는가?	Y	Y	N
	20	국소배기 장치 후드의 형태는 위해 노출물질을 제거하기에 효율적으로 설치를 했는가?	Y	Y	N
	21	국소배기 장치 후드의 형태는 작업자가 작업을 하기에 불편한 위치에 설치되어있는가?	N	N	N
	22	발생원마다 후드의 설치가 되어있는가?	N	N	N
	23	설치된 후드의 제어풍속은 기준에 적당한가?	Y	Y	N
	24	후드 주변의 난기류 영향을 받아 작업장내부로 확산이 잘 이루어지는가?	N	N	N
	25	설치된 국소배기장치의 배기구는 옥외로 향하도록 하여 재 유입되지 않도록 설치하였는가?	Y	Y	N
	26	설치된 국소배기장치에 대하여 1년에 1회 이상 국소배기장치 자체검사를 실시하고 있는가?	N	N	N
	27	자체검사 시 기록보존 및 점검 결과 이상 발견 시에는 적절한 조치를 하고 있는가?	N	N	N
	28	실내작업장의 바닥은 불 침투성의 재료를 사용하며, 청소가 쉬운 구조로 되어져 있는가?	Y	Y	Y

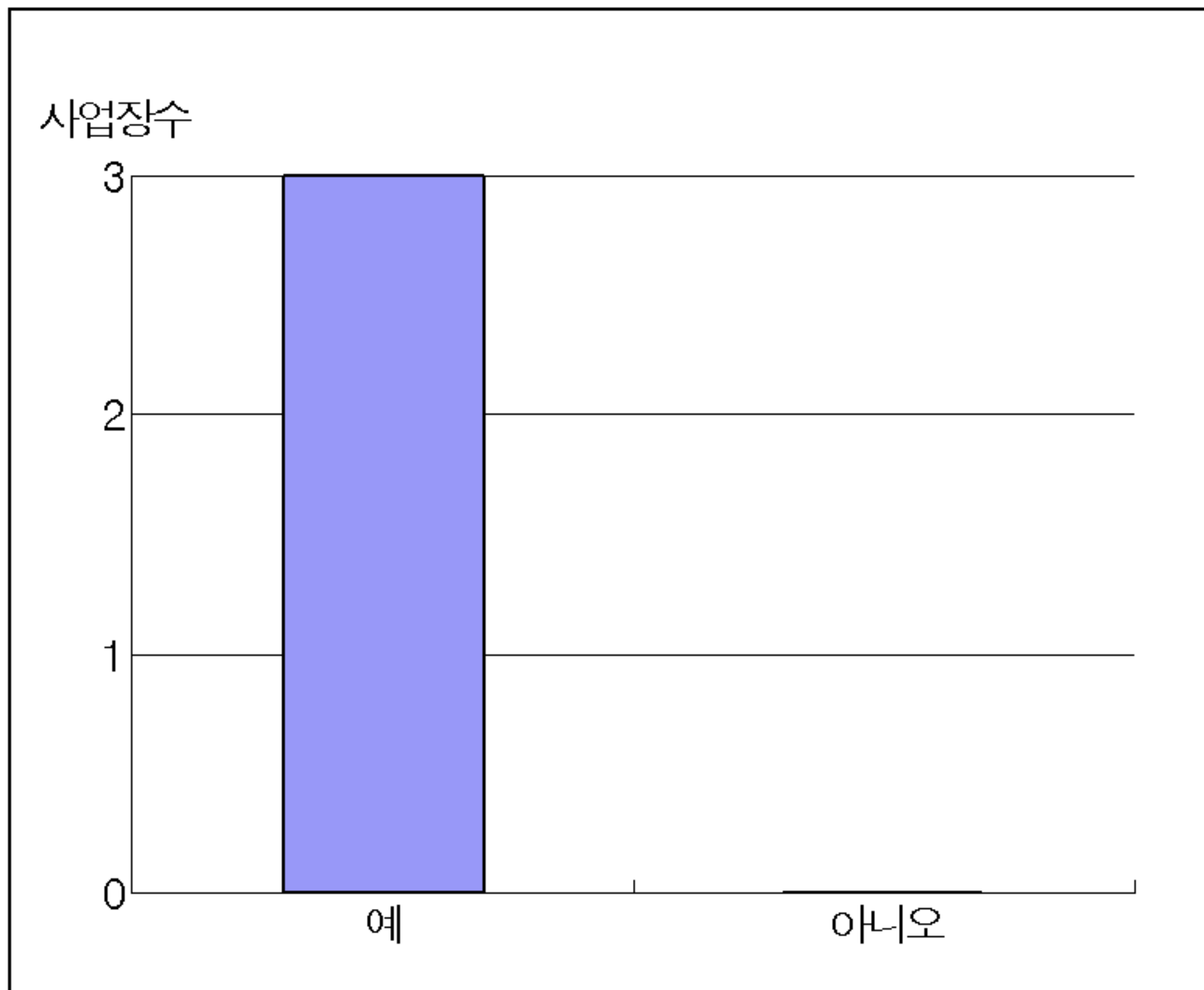
구분	번호	평 가 항 목	평가결과		
			A사	B사	C사
작업 관리	29	유해화학물질을 취급하는 작업 장소에는 명칭, 인체에 미치는 영향 등에 관한 내용을 보기 쉬운 장소에 게시하고 있는가?	Y	Y	N
	30	유해화학물질을 취급하는 실내작업장에서는 근로자가 흡연을 하거나 음식물을 먹지 아니하도록 보기 쉬운 장소에 게시하였는가?	N	N	N
	31	유해화학물질을 취급하는 작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 세면·목욕·세탁 및 건조를 위한 시설을 설치하고 필요한 용품 및 용구를 비치하였는가?	Y	Y	Y
	32	보호구는 적절하게 지급했으며, 착용하고 있는가?	Y	Y	Y
	33	보호구는 항상 사용 또는 교환할 수 있게 필요한 개수를 보관장소에 배치하였는가?	Y	Y	Y
	34	작업복착용은 올바르게 되어있는가?	Y	Y	Y

(1) 일반관리

디아니시던을 사용하고 있는 사업장의 세부 평가 항목별 관리 상태를 평가 하여 연구보고서 제 8장의 취급근로자 건강장해 예방조치 작성에 있어 활용하고자 하였다.

가) 연구 대상 물질에 대한 유해 위험성의 이해 여부

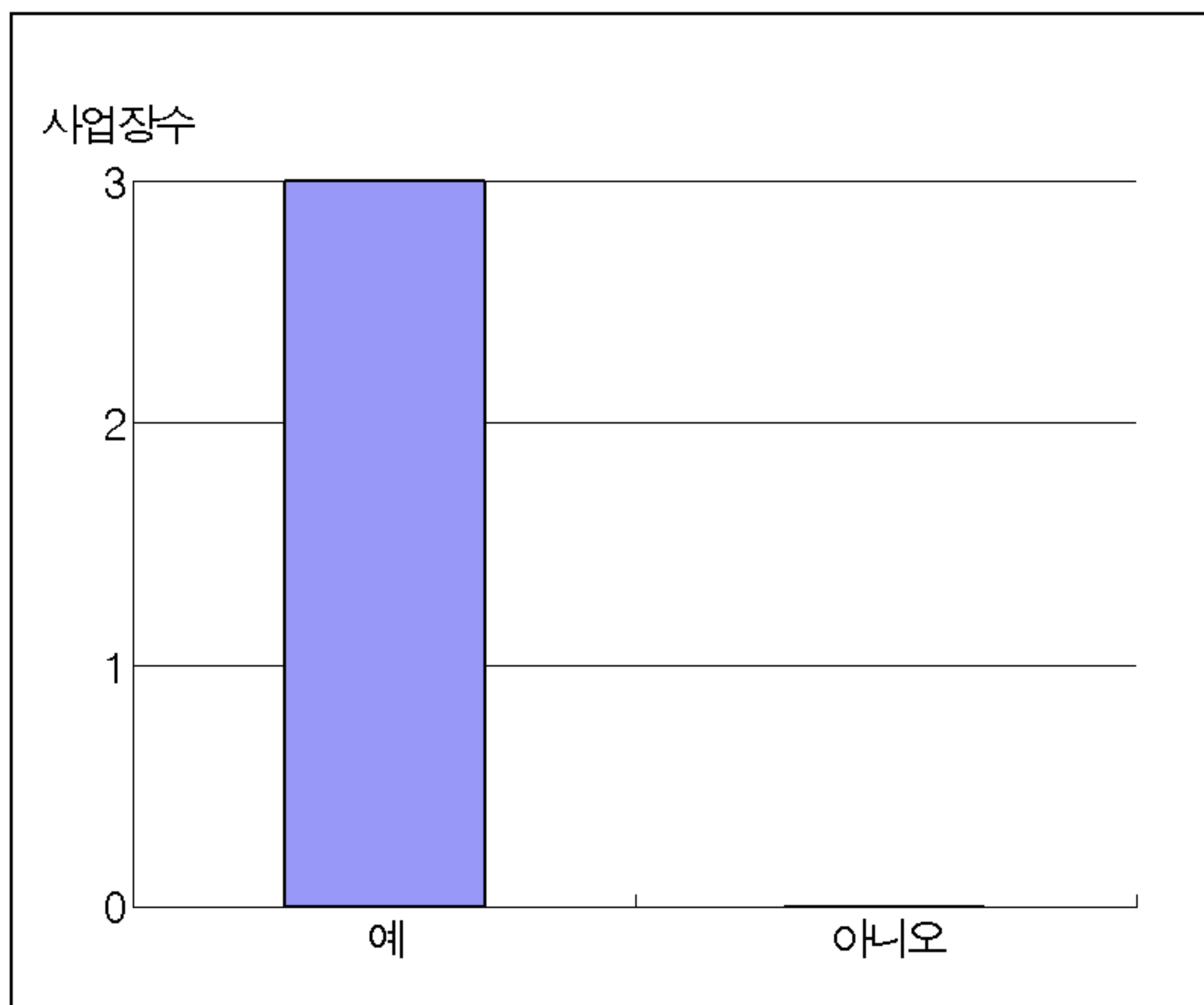
관리자 및 근로자가 모두 이해하고 있는 사업장은 3개소로 조사되고 있으나 관리자 및 근로자에게 디아니시던에 대한 정보 제공 등 이에 대한 교육의 필요성이 제기된다(그림3-44).



[그림3-44] 디아니시던에 대한 유해 위험성의 이해 여부 결과

나) 보건안전관리 체제의 구축여부

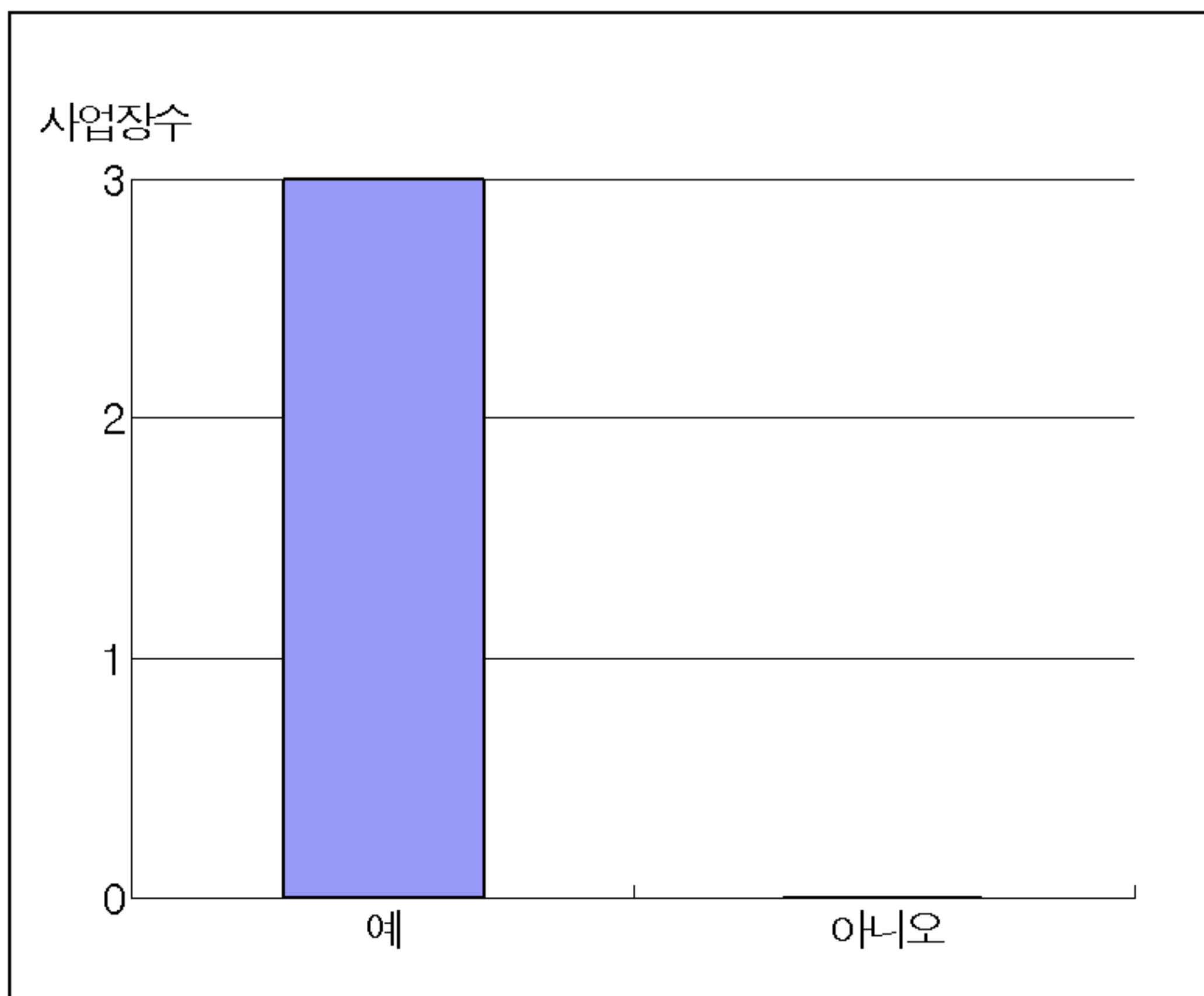
사업장 자체 보건안전 조직이 구성되어 있는 사업장은 3개소로 조사되었다. 이는 조사대상 사업장이 대부분 규모가 크고 안료업종으로 화학물질을 다량으로 취급하고 있는 특성에 따라 보건 안전관리의 중요성에 대한 인식이 비교적 높은 것으로 생각된다(그림3-45).



[그림3-45] 보건관리 체계의 구축 여부 결과

다) 보건관리자 (관계자)의 작업환경측정 및 건강 진단 참여 여부

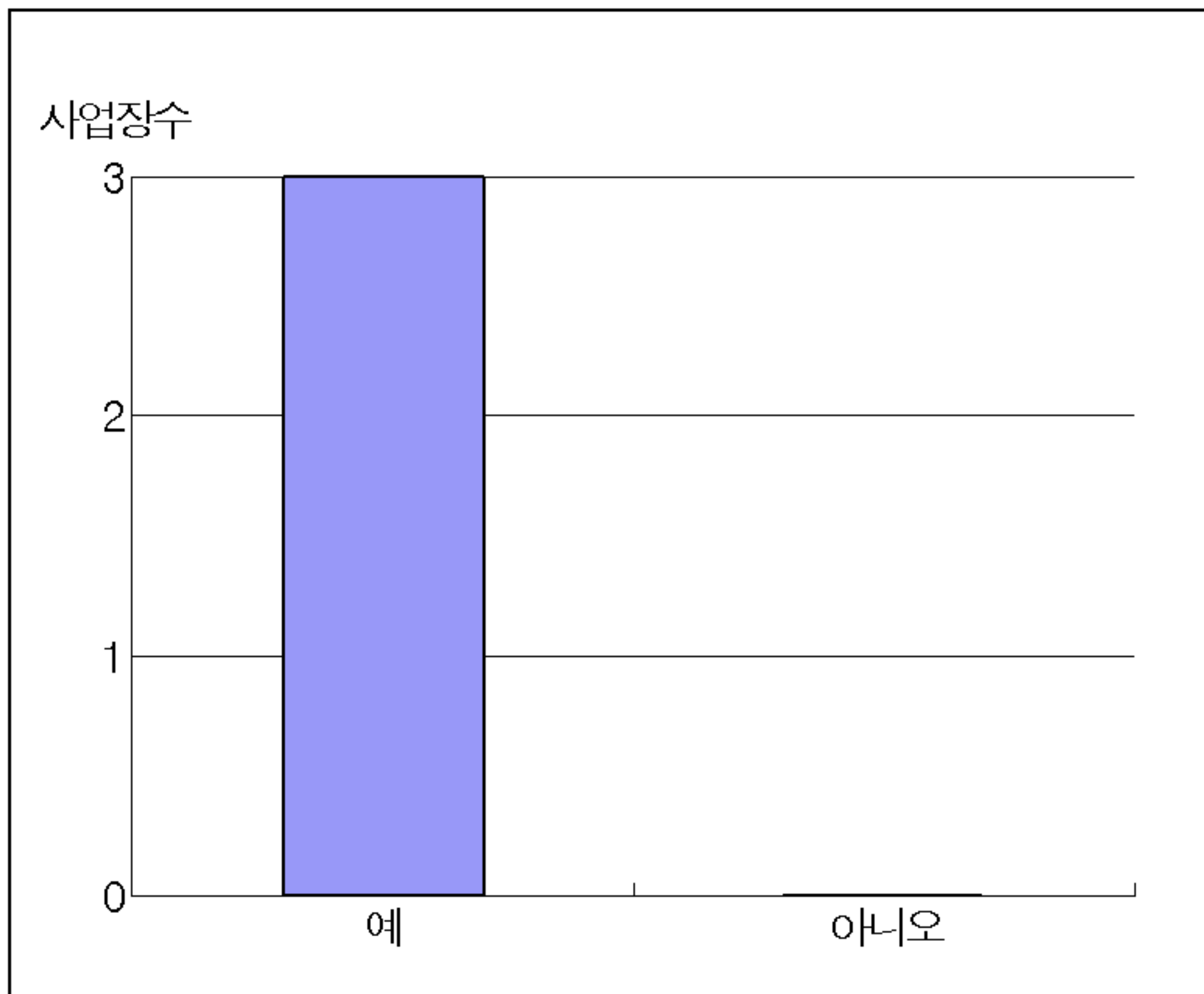
직접 참여 3개소로 조사되었으며, 이는 법적 규정에 의해 산업보건사업이 정기적으로 수행됨에 따라 사업장에 정착되어 있는 것으로 생각된다. 이는 조사대상 사업장이 대부분 규모가 크고 안료업종으로 화학물질을 다량으로 취급하고 있는 특성에 따라 보건 안전관리의 중요성에 대한 인식이 비교적 높은 것으로 생각된다(그림3-46).



[그림3-46] 보건관리자의 작업환경측정 및 건강진단 참여 여부 결과

라) 현장의 정리, 정돈, 청소, 청결 등 위생관리상태

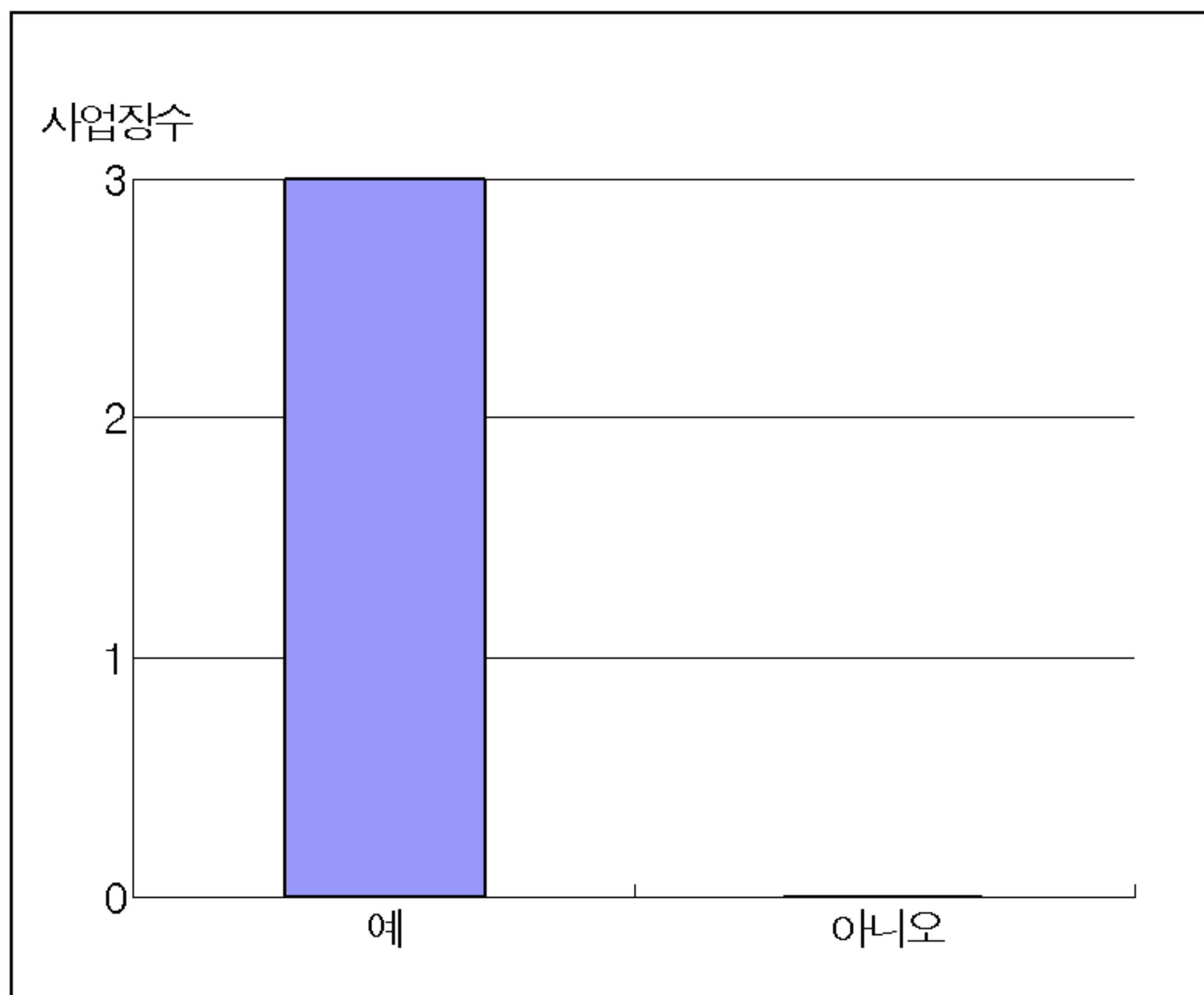
대청소 및 쥐, 곤충 등의 방제를 6개월에 1회 이상 정기적으로 실시하는 사업장은 3개소로 조사되어 사업장의 일반 위생관리가 양호한 것으로 나타났다. 이는 조사대상 사업장이 대부분 규모가 크고 안료업종으로 화학물질을 다량으로 취급하고 있는 특성에 따라 보건 안전관리의 중요성에 대한 인식이 비교적 높은 것으로 생각된다(그림3-47).



[그림3-47] 현장의 위생관리 여부 결과

마) 근로자등에 관한 보건교육수립 및 정기적 실시여부

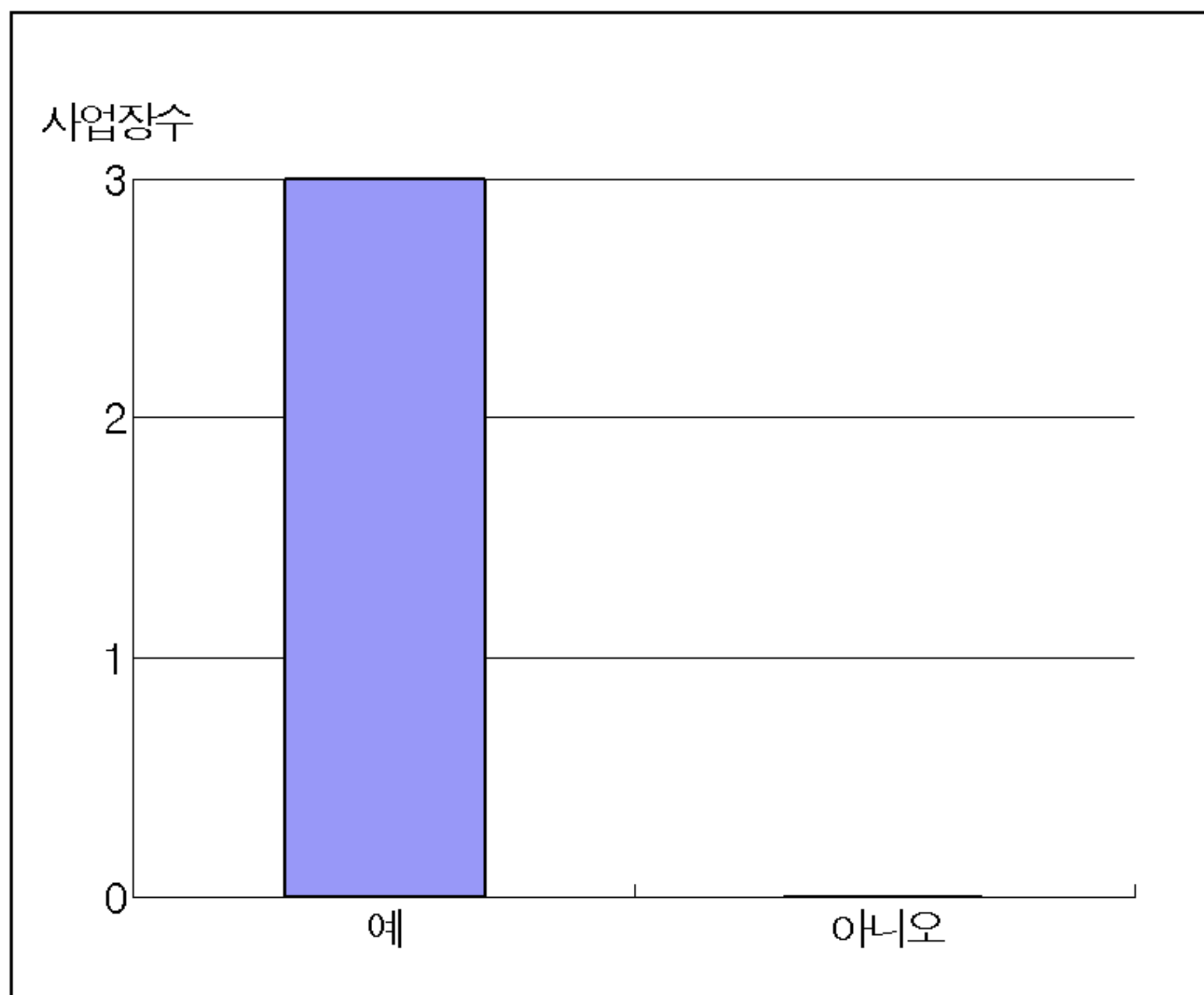
분기별 또는 반기별 실시 사업장은 3개소로 사업장내의 보건교육이 비교적 잘 실시되고 있는 것으로 조사되었다. 이는 조사대상 사업장이 대부분 규모가 크고 안료업종으로 화학물질을 다량으로 취급하고 있는 특성에 따라 보건 안전관리의 중요성에 대한 인식이 비교적 높은 것으로 생각된다(그림3-48).



[그림3-48] 보건교육수립 및 정기적 실시 여부 결과

바) 작업 종료 후 세수 및 세안을 위해 사용제품의 종류

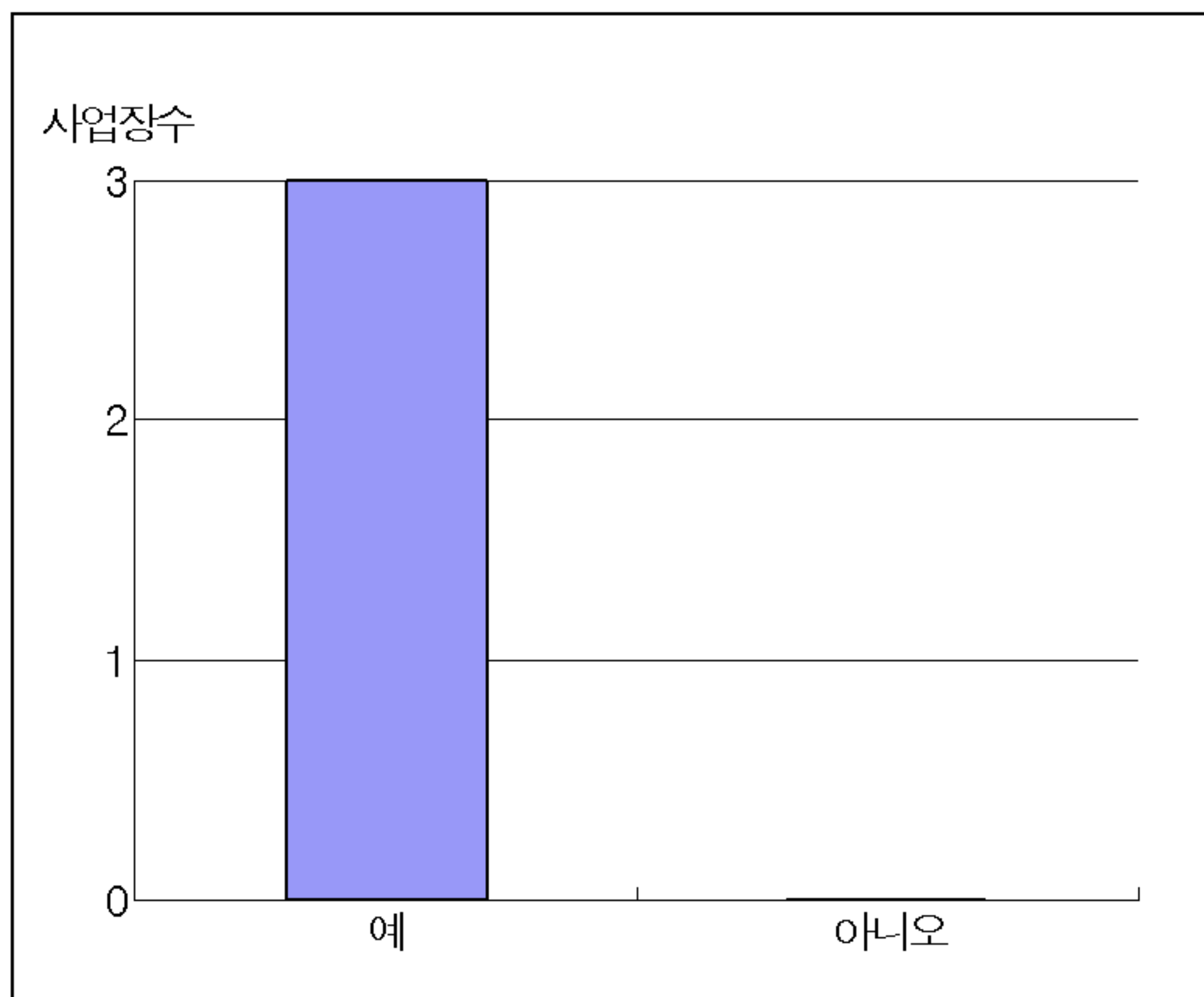
피부 보호용 화장품이나 비누 사용 사업장 3개소로 조사되어 사업장에서 위생조치를 통한 노출량 감소 방안을 잘 준수하고 있는 것으로 생각된다. 이는 조사대상 사업장이 대부분 규모가 크고 안료업종으로 화학물질을 다량으로 취급하고 있는 특성에 따라 보건 안전관리의 중요성에 대한 인식이 비교적 높은 것으로 생각된다(그림3-49).



[그림3-49] 작업 후 세수 및 세안을 위한 제품 사용 여부 결과

사) 휴게실과 연구대상 물질 취급 장소와의 격리여부

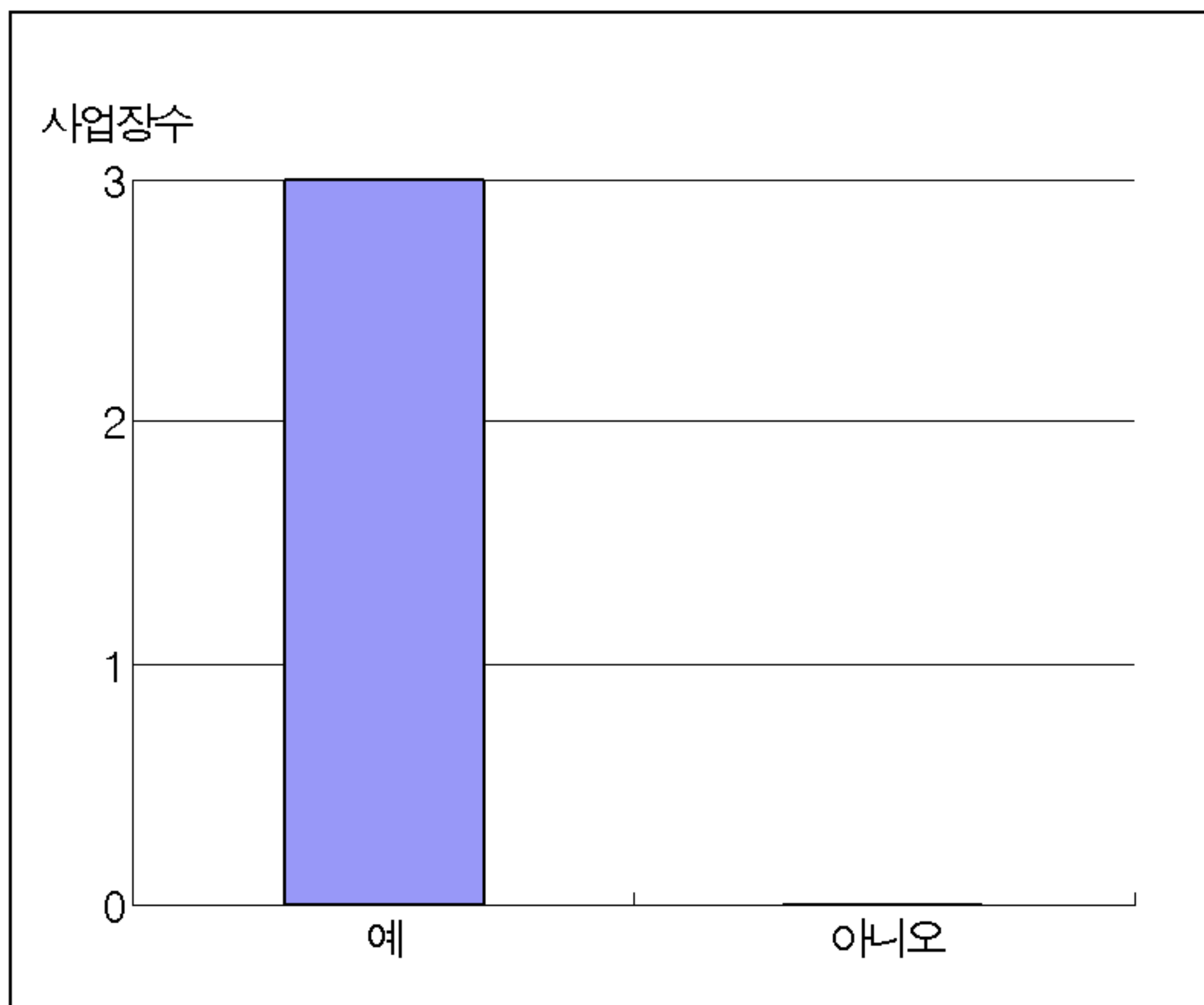
완전외부로 격리되어 있는 사업장은 3개소로 조사대상 사업장은 휴게실이 격리되어 있는 것으로 조사되었다. 이는 조사대상 사업장이 대부분 규모가 크고 안료업종으로 화학물질을 다량으로 취급하고 있는 특성에 따라 보건 안전관리의 중요성에 대한 인식이 비교적 높은 것으로 생각된다(그림3-50).



[그림3-50] 휴게실과 디아시던 취급 장소의 격리 여부 결과

아) 휴식시간의 부여 여부

작업주기별 수시로 휴식을 하는 사업장이 3개소로 조사되어, 작업 시 근로자들에게 일정한 휴식을 부여하고 있는 것으로 조사되었다. 이는 조사대상 사업장이 대부분 규모가 크고 안료업종으로 화학물질을 다량으로 취급하고 있는 특성에 따라 보건 안전관리의 중요성에 대한 인식이 비교적 높은 것으로 생각된다(그림 3-51).

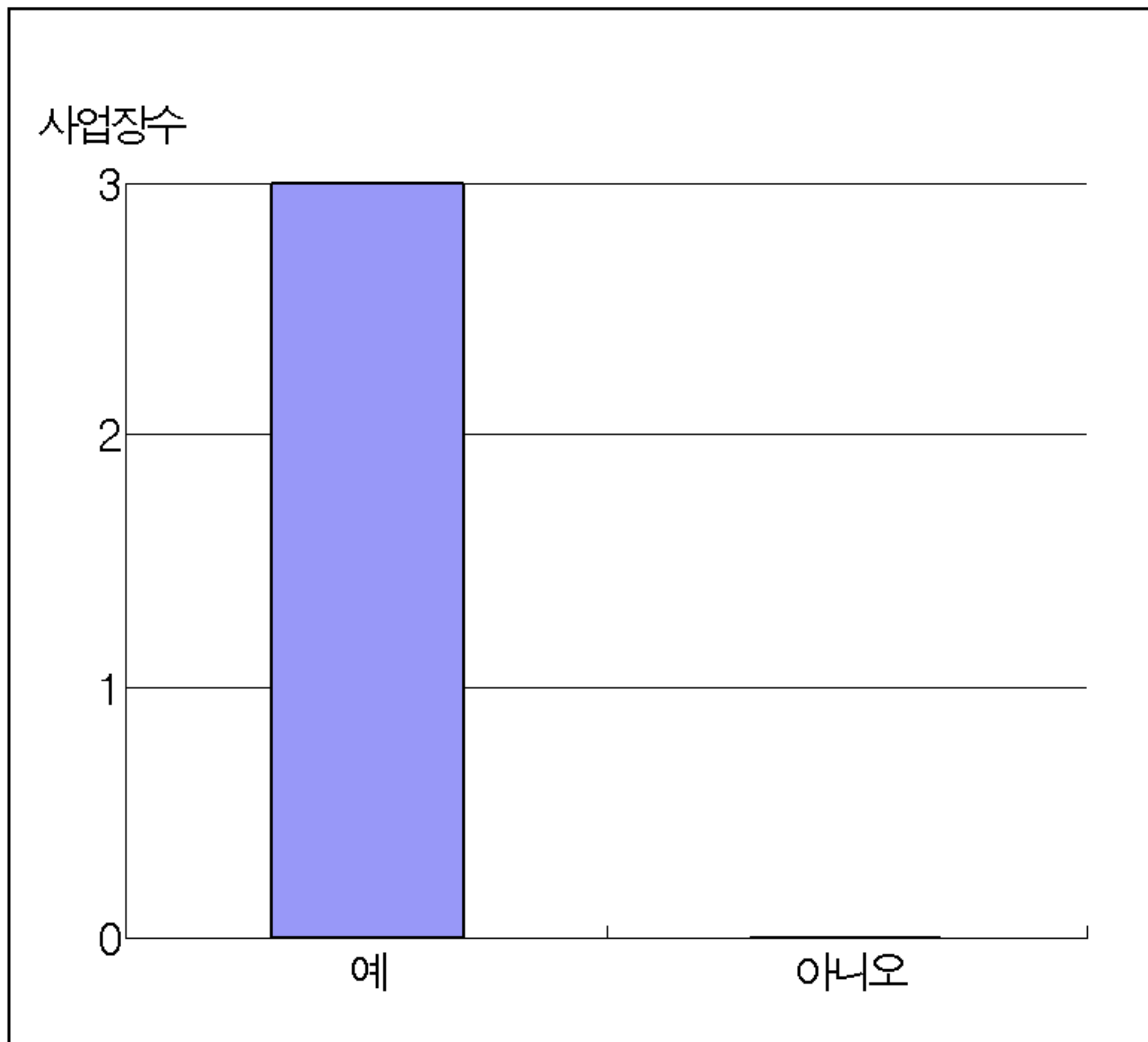


[그림3-51] 휴식시간의 부여 여부 결과

(2) 화학물질관리

가) 연구대상 물질의 물질안전 보건 자료(MSDS) 작성여부

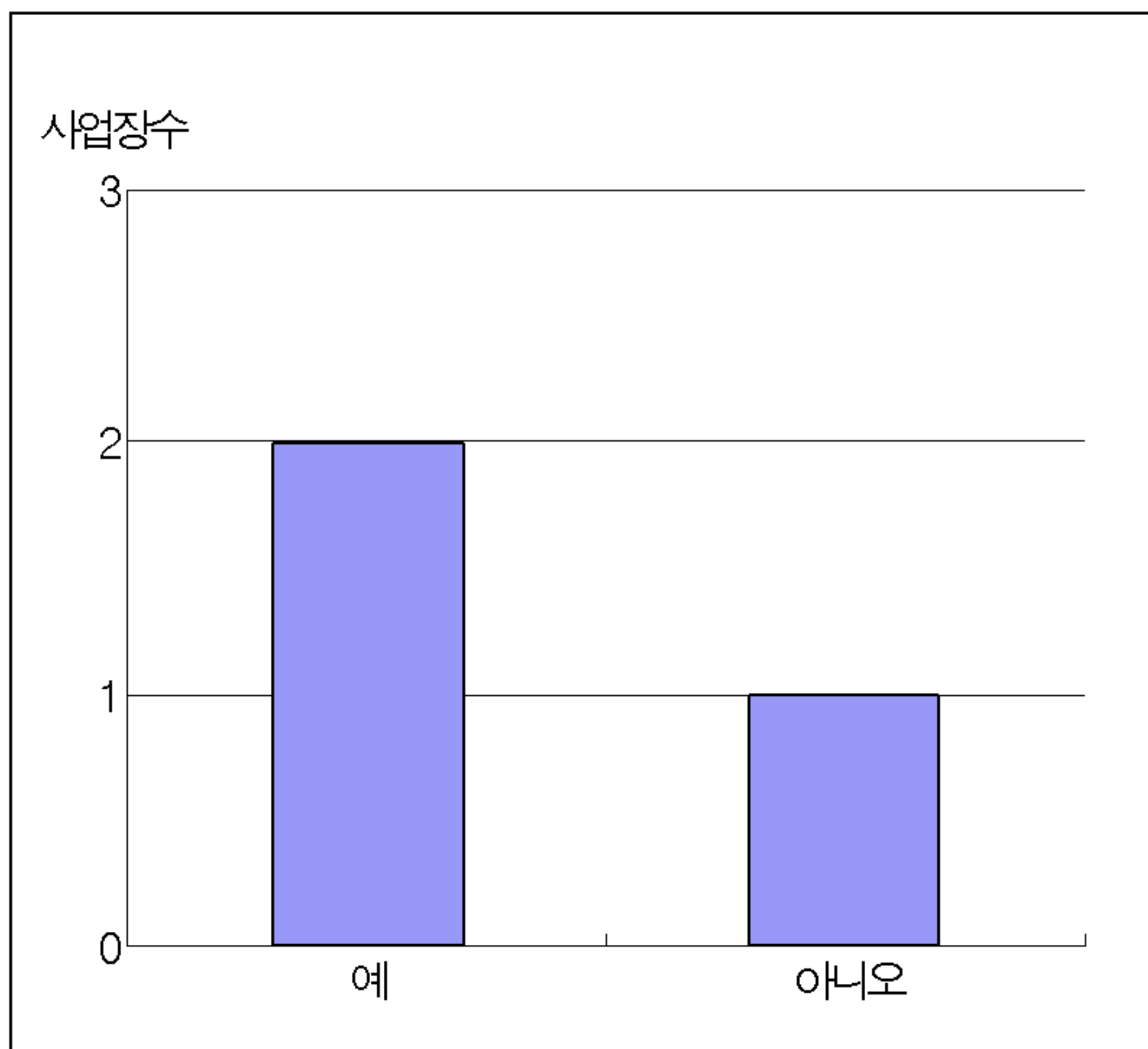
연구대상물질을 포함한 모든 사용물질의 MSDS 작성하는 사업장은 3개소로 조사되어 다량의 화학물질을 사용하는 사업장 일수록 MSDS 작성에 대한 사업장 인식은 매우 높은 것으로 생각된다. 이는 조사대상 사업장이 대부분 규모가 크고 안료업종으로 화학물질을 다량으로 취급하고 있는 특성에 따라 보건 안전관리의 중요성에 대한 인식이 비교적 높은 것으로 생각된다(그림3-52).



[그림3-52] 디아니시딘의 MSDS 작성 여부 결과

나) 작성된 MSDS를 취급 근로자가 쉽게 볼 수 있는 장소에 게시 및 비치 여부

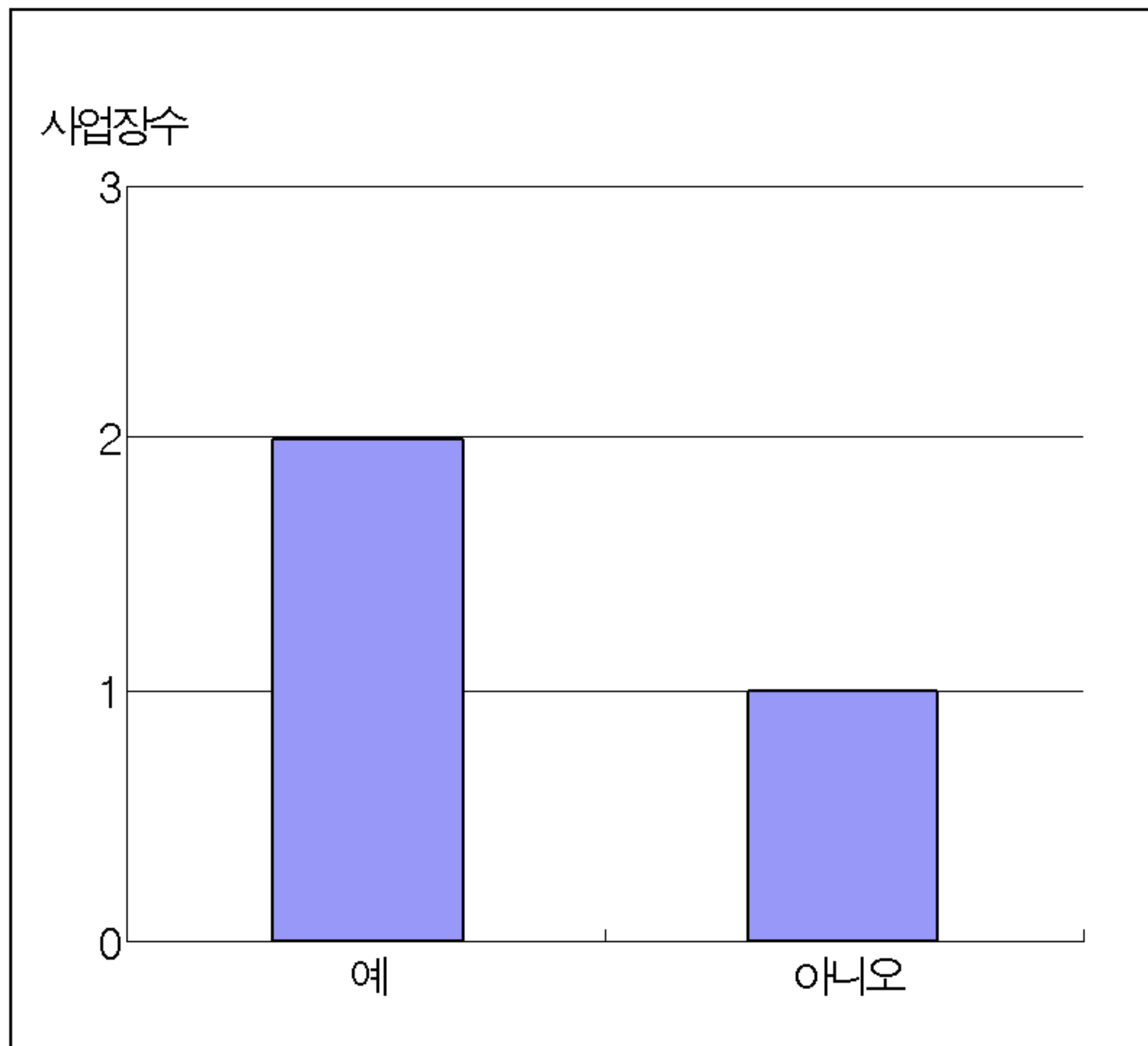
MSDS의 게시 및 비치를 모두 실시하는 사업장은 2개소, 게시 또는 비치 하지 않는 사업장은 1개소로 조사되었으며, MSDS를 작성하는 목적이 누구나 쉽게 볼 수 있는 장소에 게시 및 비치를 통한 화학물질의 효율적인 관리를 하고자 하는데 있으므로 이에 대한 교육이 필요한 것으로 생각된다(그림3-53).



[그림3-53] 작성된 MSDS의 게시 및 비치 여부 결과

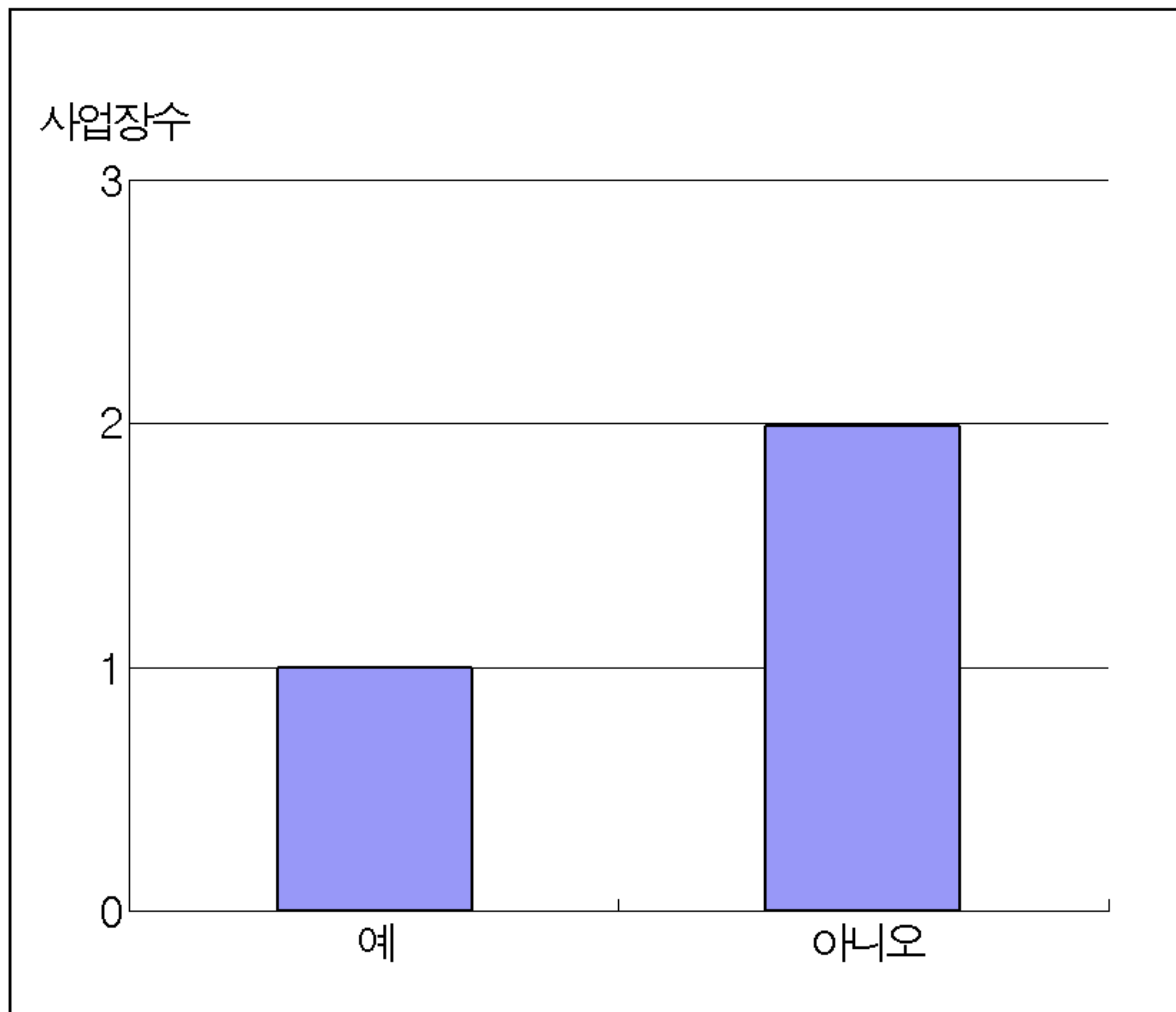
다) 연구대상 물질을 취급하는 용기 및 포장에 경고표시 부착여부

용기 및 포장에 부착 되어있는 사업장은 2개소, 미부착한 사업장은 1개소로 조사되어, 경고 표지 부착을 통해 사용 시 근로자에게 유해, 위험성을 주지시킬 필요가 있다고 생각된다(그림3-54).



[그림3-54] 디아니시던을 취급하는 용기 및 포장에 경고표시 부착 여부 결과

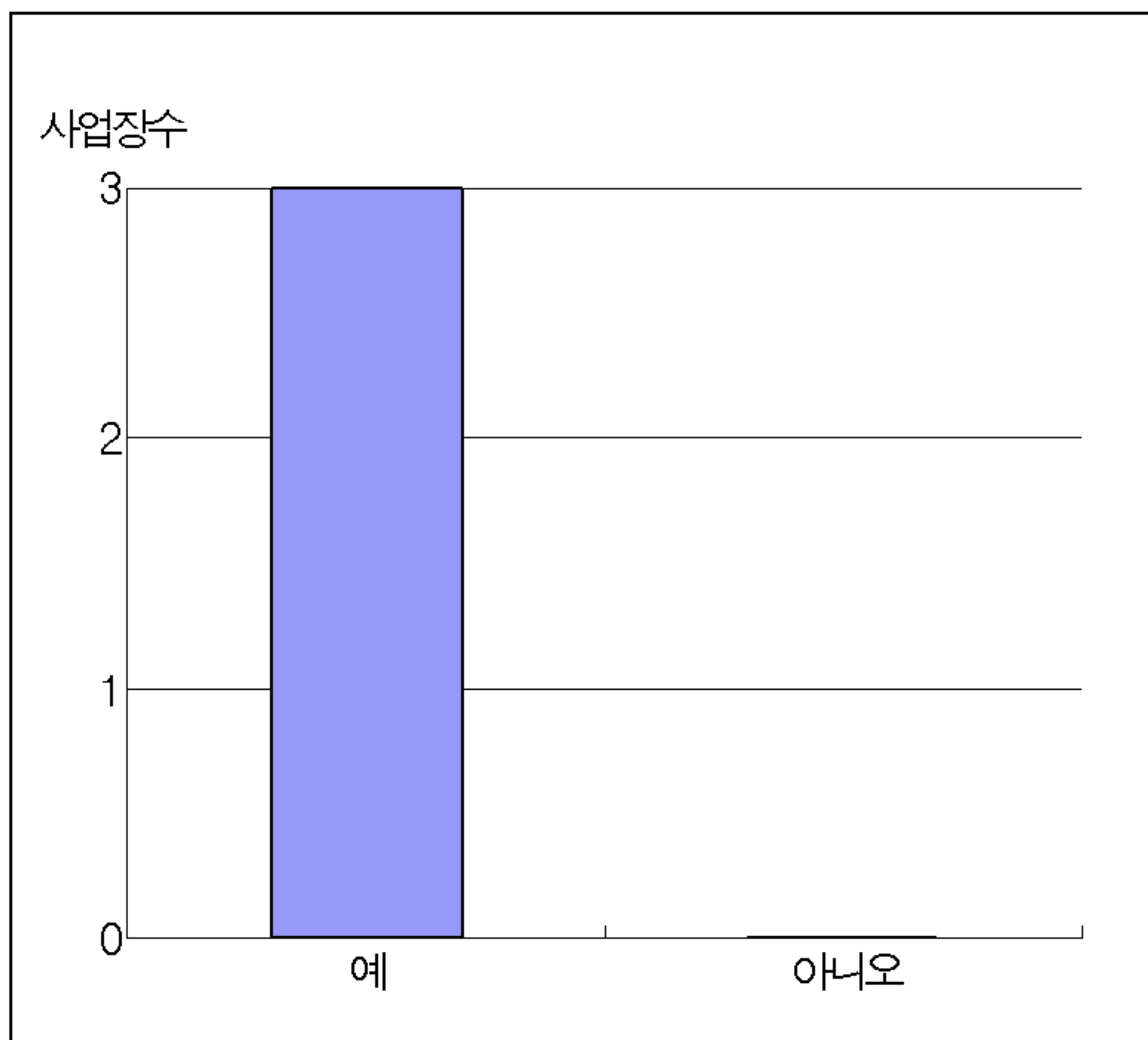
라) MSDS 내용에 대한 교육 실시 및 근로자 대표의 확인을 받아 보관 여부
 교육 실시 및 확인 받아 보관하고 있는 사업장은 1개소, 교육은 실시하나 근로자
 들의 확인 받지 않고 보관하는 사업장은 2개소로 조사되어 MSDS 내용에 대한
 교육이 사업장에서 비교적 잘 이루어지는 것으로 생각된다(그림3-55).



[그림3-55] MSDS에 대한 교육 및 근로자 대표의 확인 여부 결과

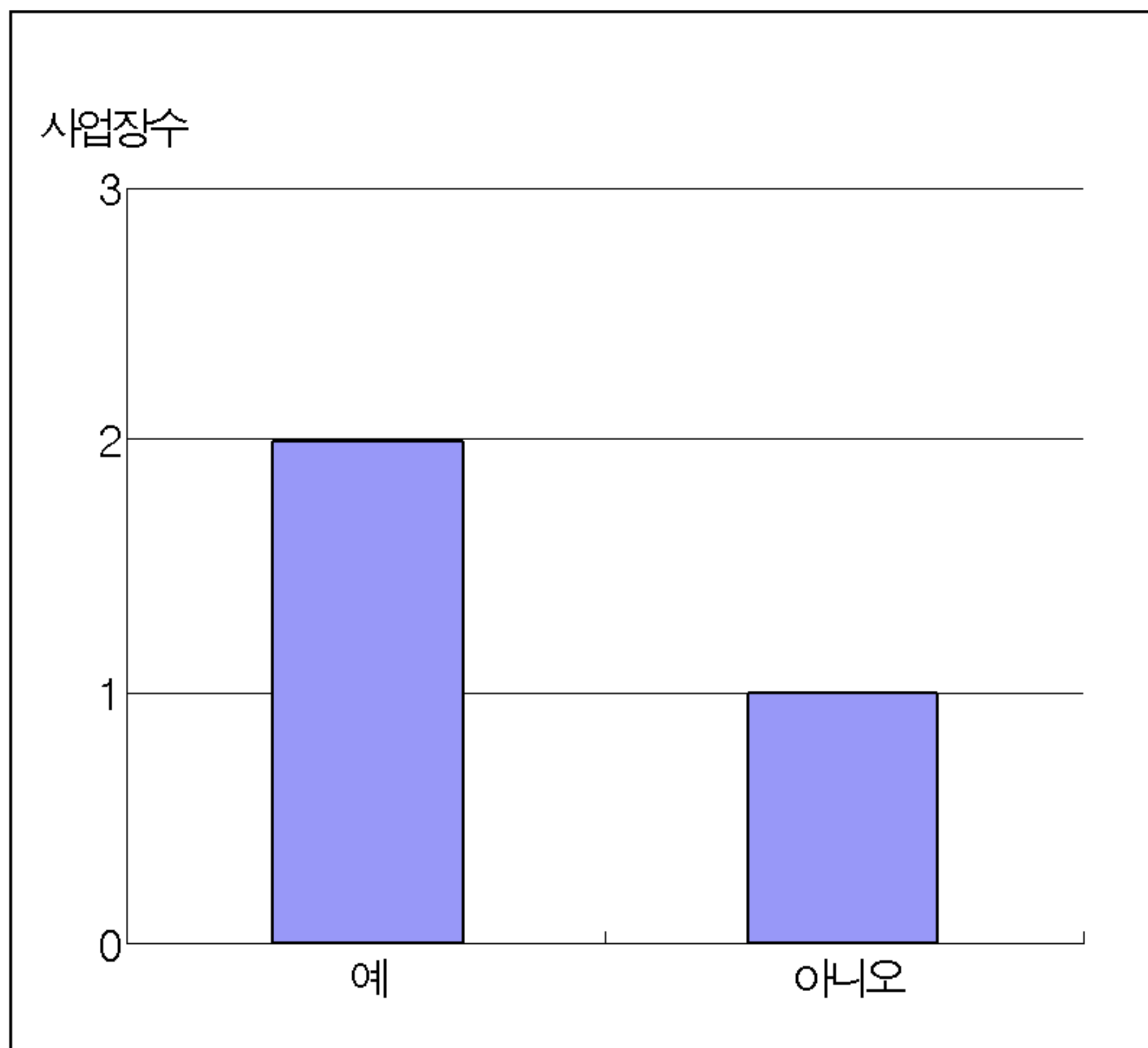
마) 연구대상 물질의 저장 시 일정한 장소에 지정 보관여부

옥외 지정된 장소에 보관하는 사업장은 3개소로 조사되어 비교적 지정된 장소에 연구대상 물질을 저장하고 있었으며, 이는 조사대상 사업장이 대부분 규모가 크고 안료업종으로 화학물질을 다량으로 취급하고 있는 특성에 따라 보건 안전관리의 중요성에 대한 인식이 비교적 높은 것으로 생각된다(그림3-56).



[그림3-56] 디아니시딘의 저장 시 일정한 장소에 지정 보관 여부 결과

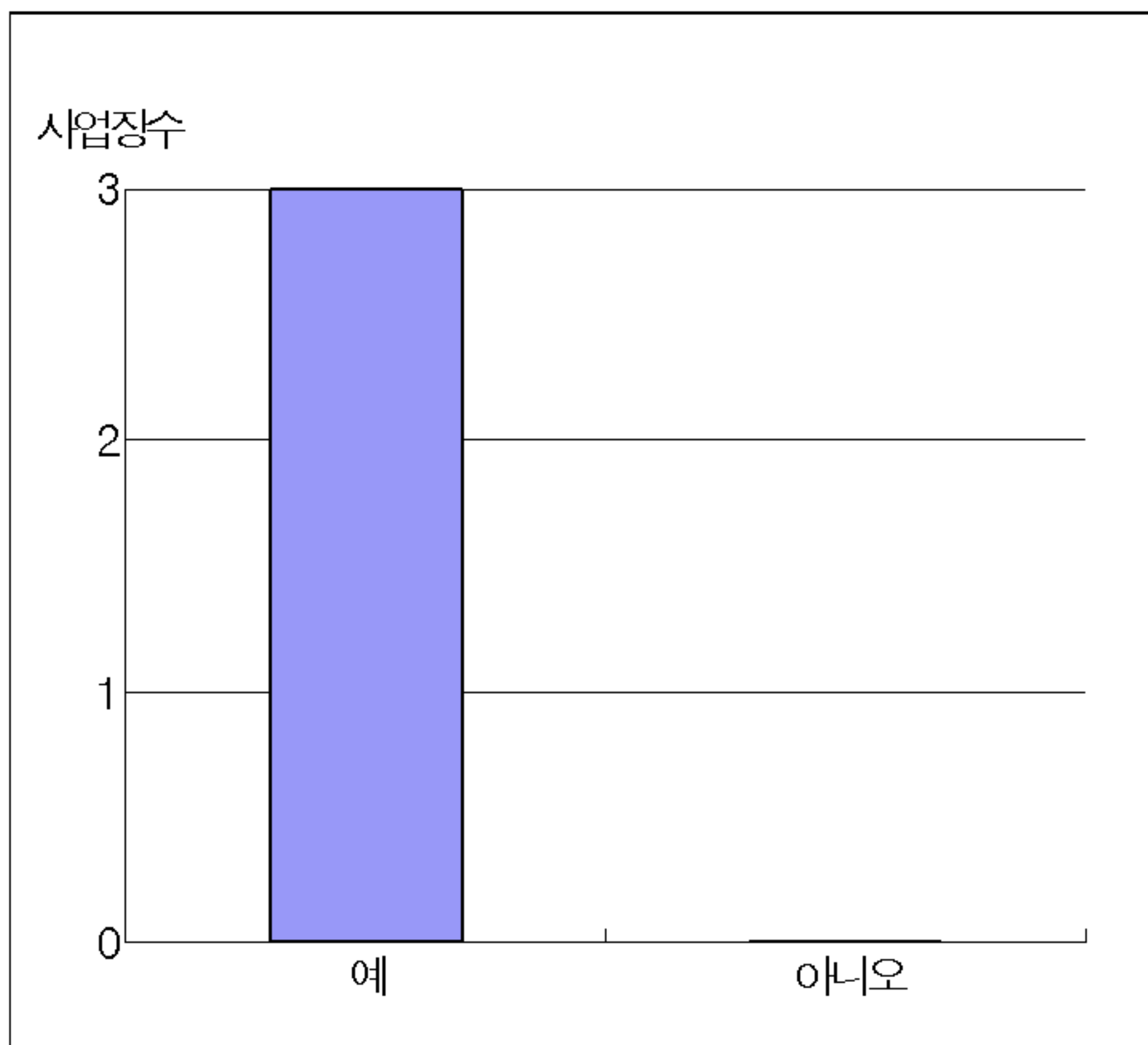
바) 저장장소 및 취급 작업장에 관계자 이외의 출입금지 표지판 부착여부
출입금지 표지판을 설치한 사업장은 2개소, 경고 표지만 설치한 사업장은 1개소로 조사되어 화학물질 사용에 따른 유해 위험성에 대해 일반 근로자들에게 주지가 비교적 잘 되고 있는 것으로 조사되었다(그림3-57).



[그림3-57] 저장장소 및 취급 작업장에 출입금지 표지판 부착 여부 결과

사) 연구대상물질에 노출되는 근로자 및 유해물질에 대하여 작업환경측정의 누락 없이 실시여부

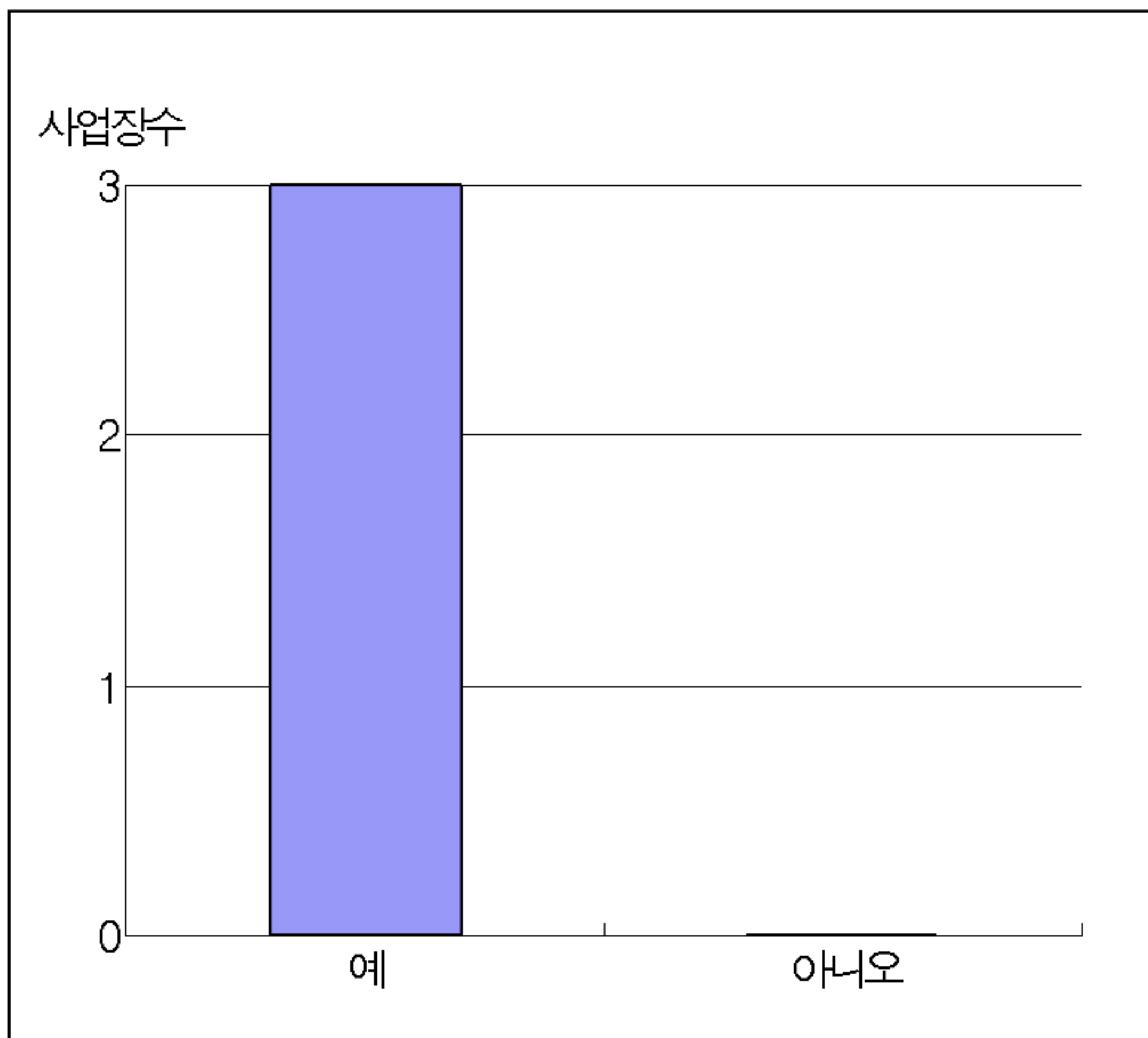
연구대상물질을 포함한 사용물질 모두에 대해 측정한 사업장은 3개소로 조사되어 정기적인 작업환경 측정 시 연구대상물질의 사용에 대한 정보 제공을 토해 누락 없이 실시 될 것으로 생각된다. 이는 조사대상 사업장이 대부분 규모가 크고 안료업종으로 화학물질을 다량으로 취급하고 있는 특성에 따라 보건 안전관리의 중요성에 대한 인식이 비교적 높은 것으로 생각된다(그림3-58).



[그림3-58] 디아니시딘에 노출되는 근로자 및 유해물질에 대하여 작업환경측정의 실시여부 결과

아) 작업환경 측정결과를 당해 작업장 근로자에게 알리고 그 결과에 따른 건강보호에 필요한 개선조치의 실시여부

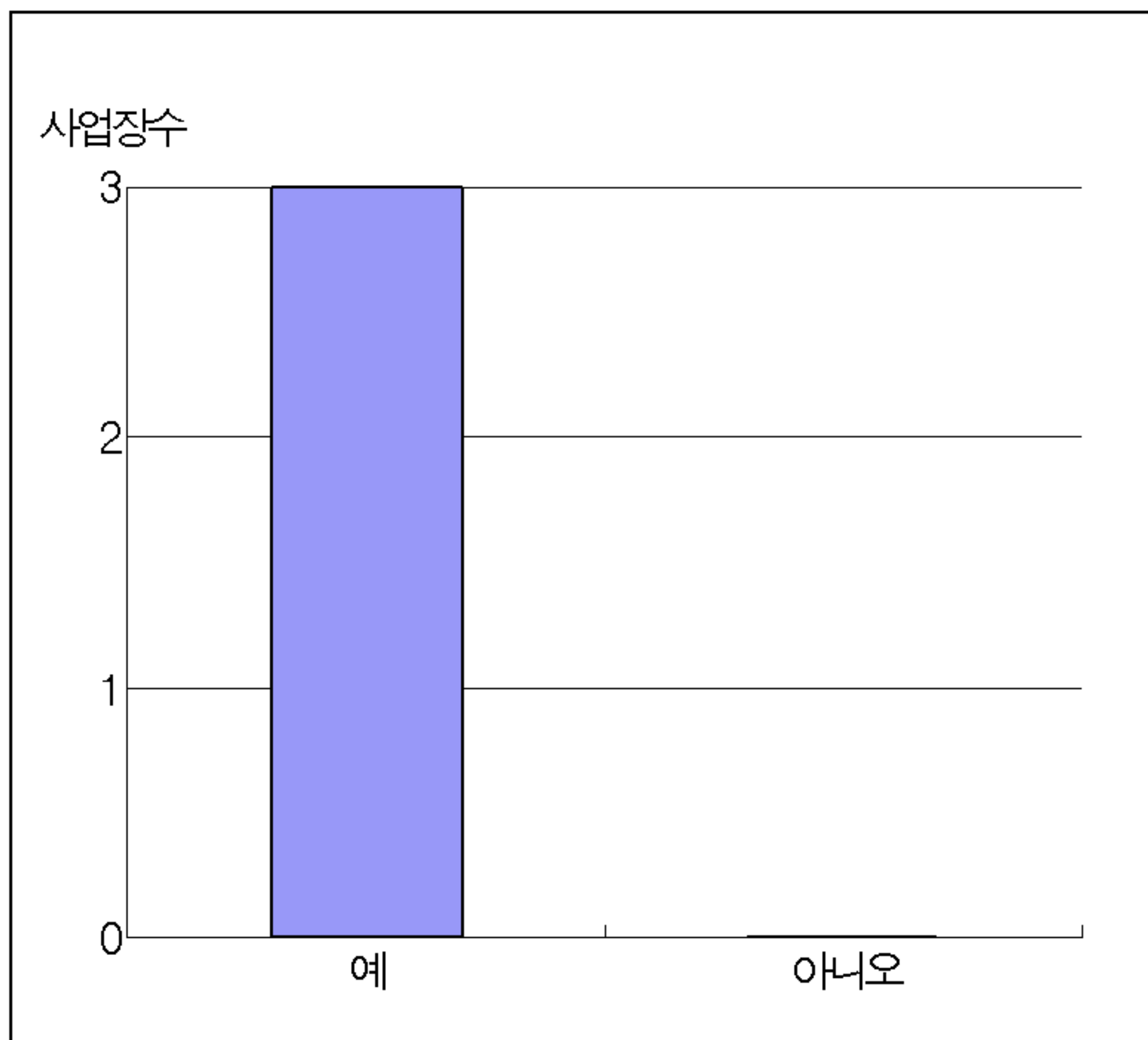
결과에 대한 주지의무 및 개선조치를 수행하는 사업장은 3개소로 조사되어 비교적 측정 결과에 대해 알권리 충족 및 작업환경개선을 수행하고 있는 것으로 조사되었다. 이는 조사대상 사업장이 대부분 규모가 크고 안료업종으로 화학물질을 다량으로 취급하고 있는 특성에 따라 보건 안전관리의 중요성에 대한 인식이 비교적 높은 것으로 생각된다(그림3-59).



[그림3-59] 작업환경측정결과에 대한 주지의무 및 개선조치 실시 여부 결과

자) 근로자의 건강보호 유지를 위해 건강진단 대상자의 선정 및 누락 없이 실시여부

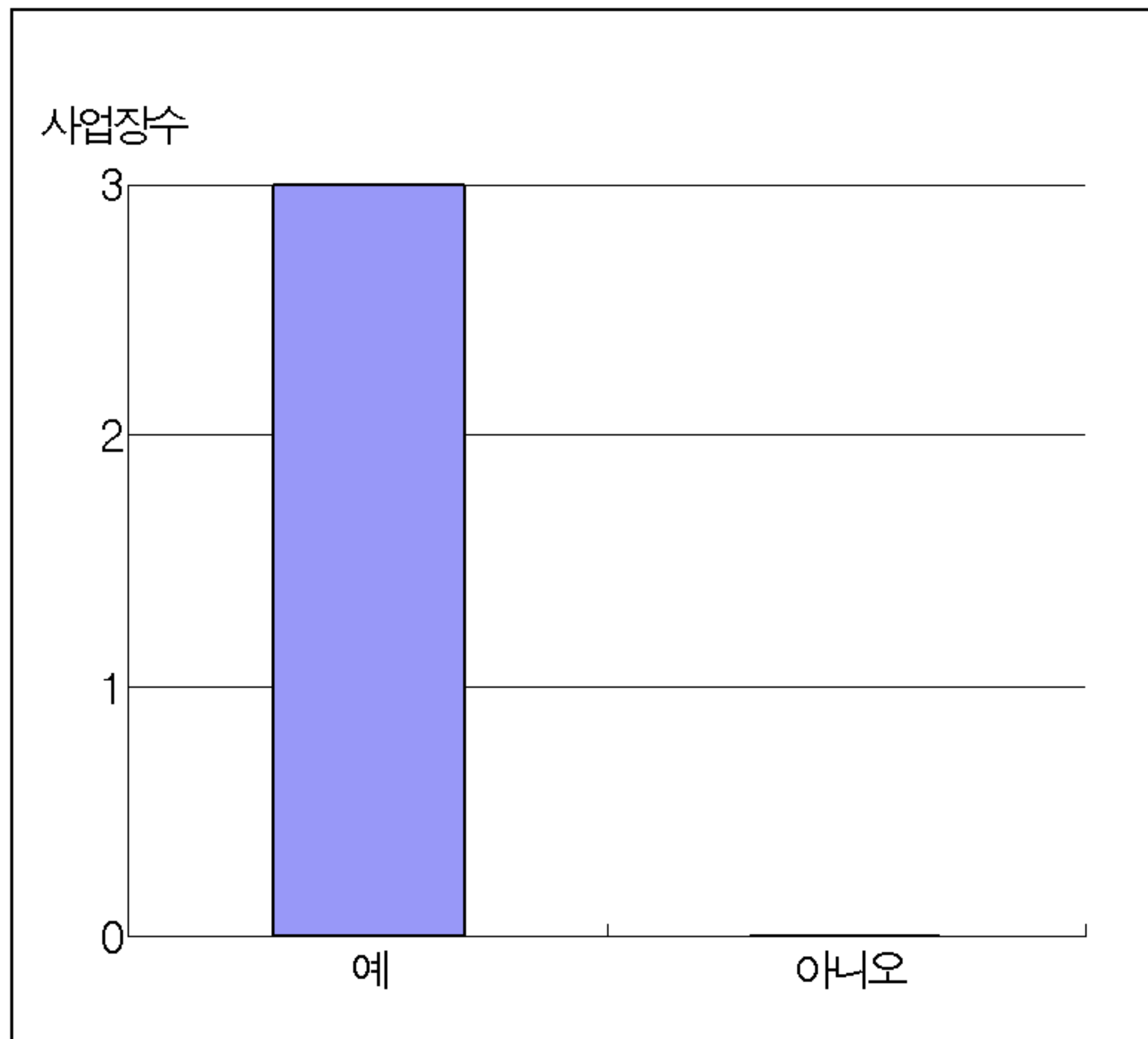
연구대상물질을 포함한 사용물질 모두에 대해 건강진단을 실시 한 사업장은 3개 소로 조사되어 정확한 작업환경측정을 통해 연구대상물질의 사용에 대한 자료 제공으로 누락 없이 실시된 것으로 생각된다. 이는 조사대상 사업장이 대부분 규모가 크고 안료업종으로 화학물질을 다량으로 취급하고 있는 특성에 따라 보건 안전관리의 중요성에 대한 인식이 비교적 높은 것으로 생각된다(3-60).



[그림3-60] 근로자의 건강보호 유지를 위한 건강진단 대상자의 선정 및 실시 여부 결과

차) 건강진단 실시 후 유소견자에 대한 사후 관리여부

- 건강진단을 실시한 3개 사업장에서 유소견자가 없거나 일반 및 직업병 유소견자 모두에 대해 작업 전환, 근무 중 치료, 근로금지 및 제한 등 사후관리를 실시하고 있는 것으로 조사되었다(그림3-61).

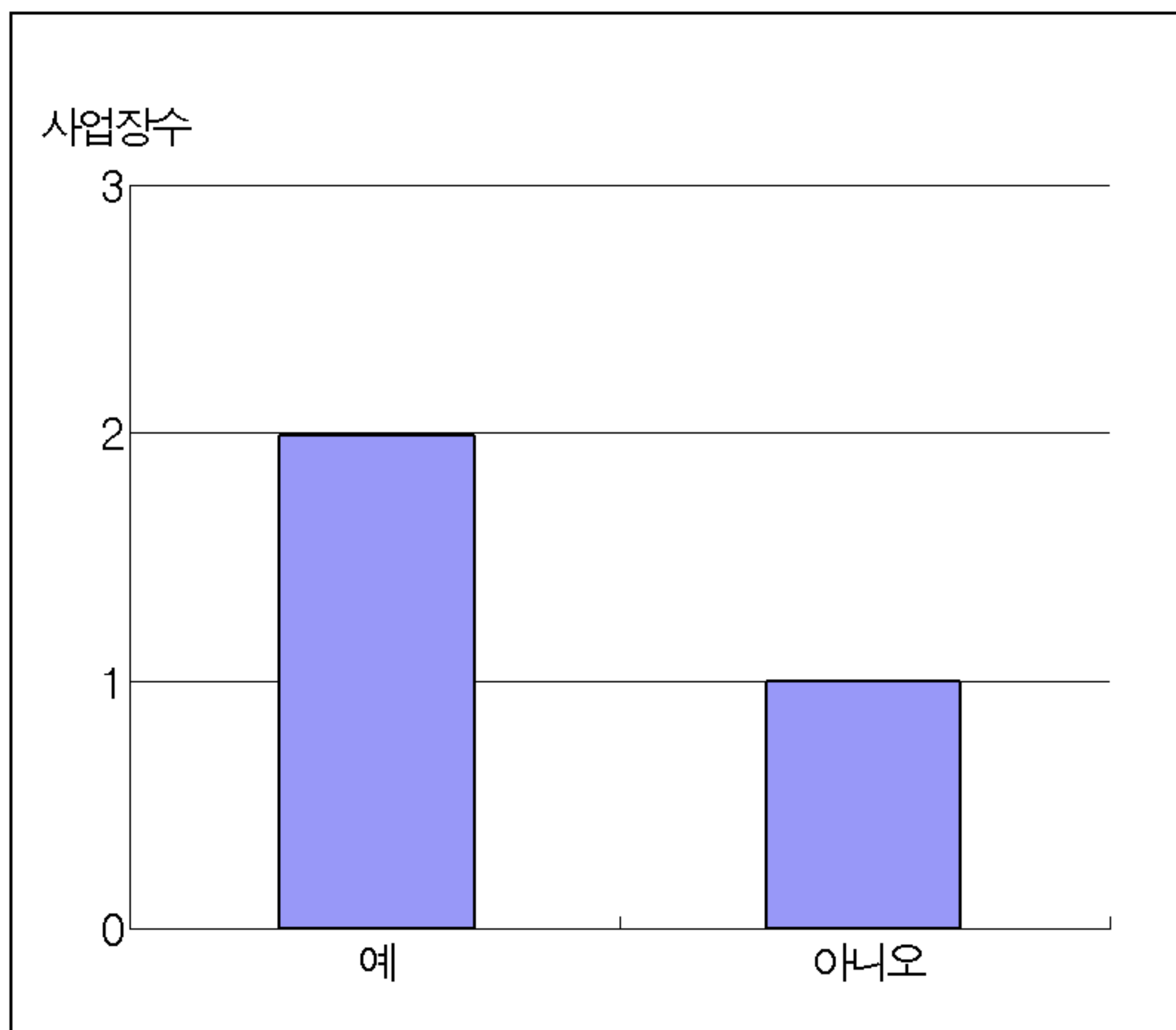


[그림3-61] 건강진단 실시 후 유소견자에 대한 사후 관리 여부 결과

(3) 작업환경관리

가) 연구대상 물질의 발생원을 밀폐하는 설비 또는 국소배기장치의 설치 및 가동여부

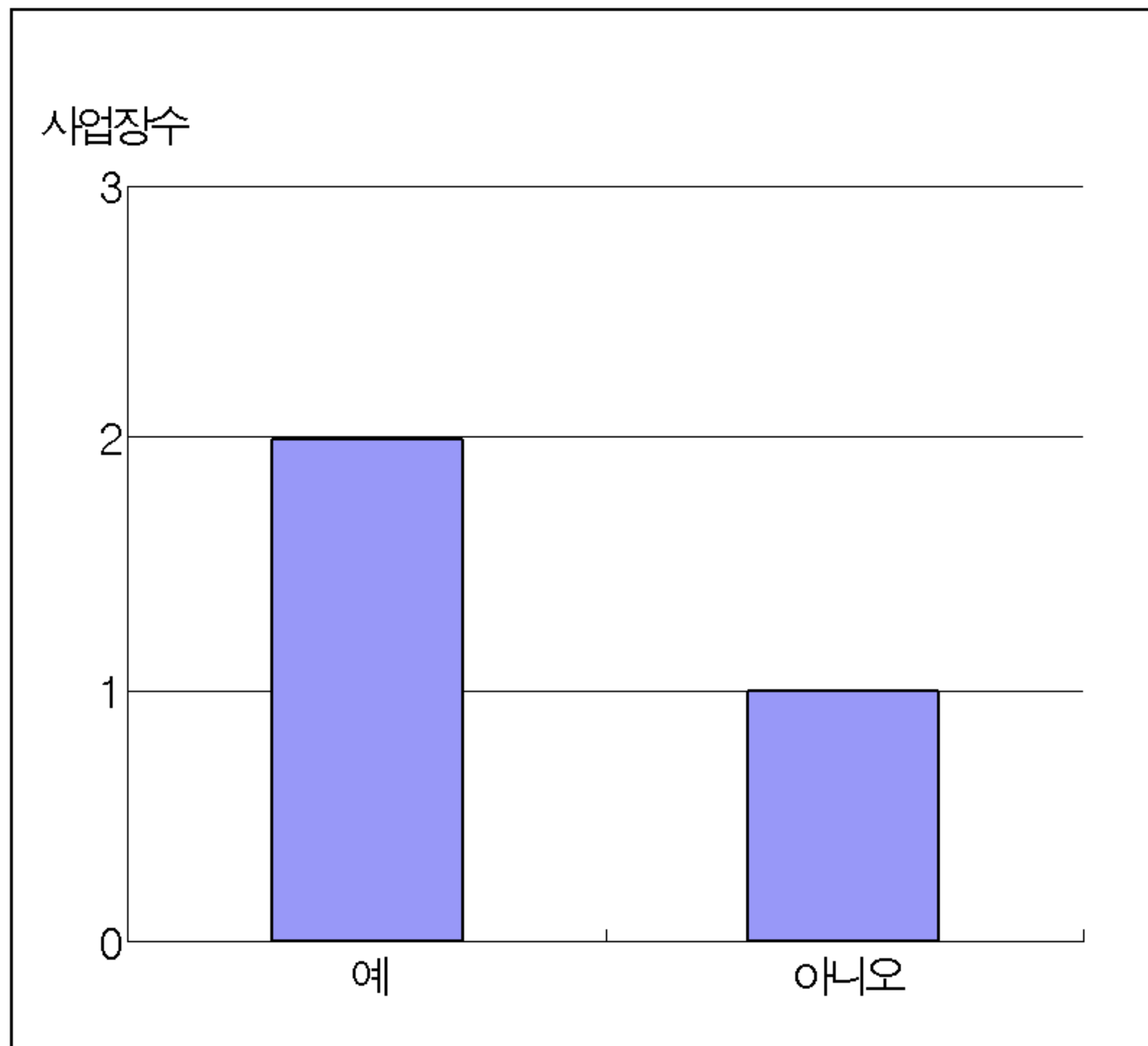
발생원에 장치설치 및 가동하는 사업장은 2개소, 설치 및 가동되지 않는 사업장이 1개소로 조사되어 대부분의 사업장에서는 밀폐설비나 국소배기장치의 설치는 비교적 잘 이루어지는 것으로 나타났다(그림3-62).



[그림3-62] 디아니시딘의 발생원을 밀폐하는 설비 또는 국소배기장치의 가동여부 결과

나) 국소배기장치 후드의 적합성 여부

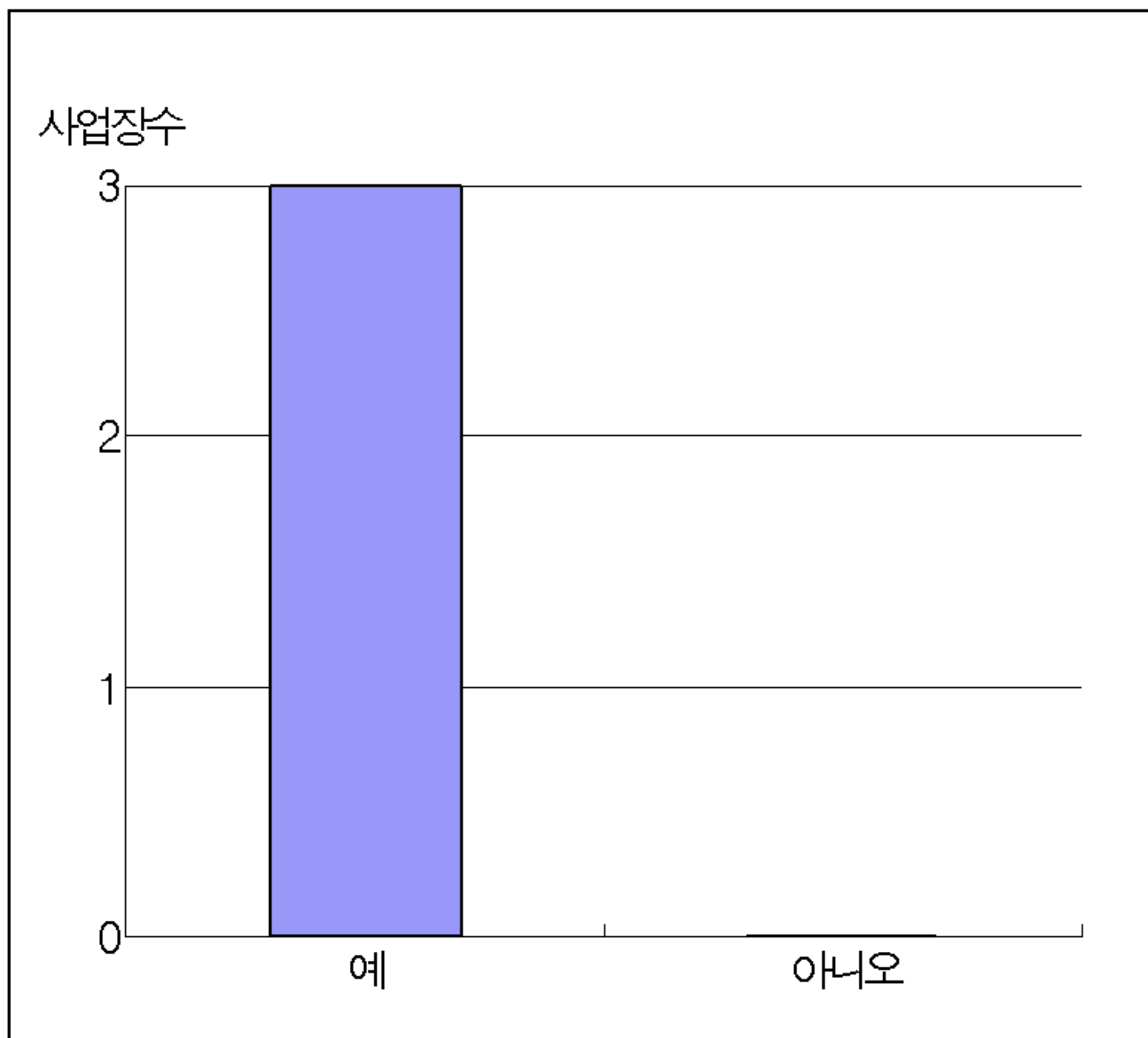
유해물질의 발생형태에 적합하고 발생원 가까이에 설치된 사업장은 2개소, 발생 형태를 고려하지 않고 발생원과 멀리 이격되어 있는 사업장은 1개소로 조사되어 이에 대한 공학적 개선이 필요하다(그림3-63).



[그림3-63] 국소배기장치 후드의 적합성 여부 결과

다) 작업과 국소배기장치 후드의 형태의 적절성

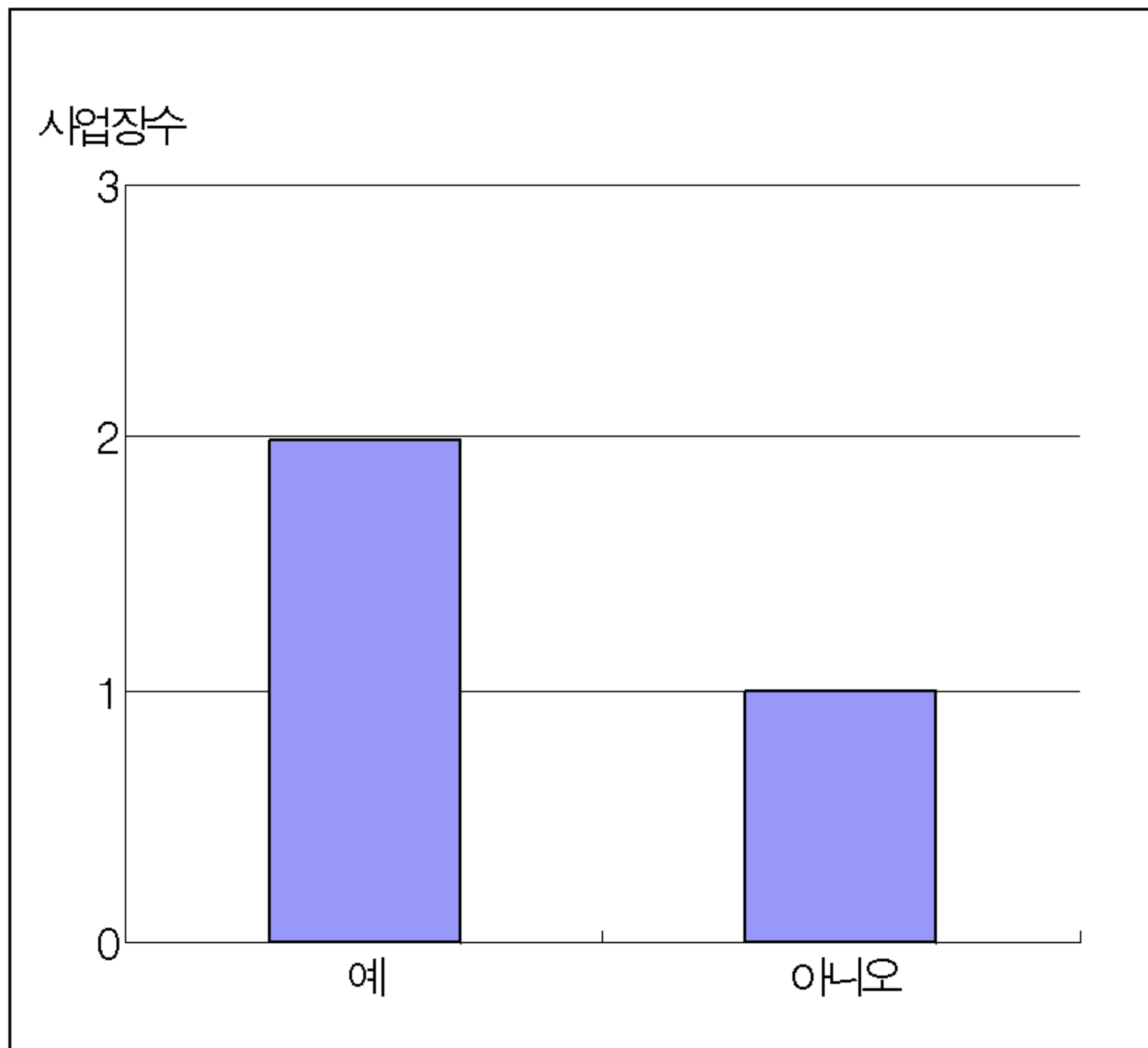
작업장소에 설치된 국소배기장치가 작업을 하기에 불편하지 않는 형태로 설치된 사업장은 3개소로 조사되어 대부분의 사업장에서 작업에 적절하게 후드형태를 설치하고 있는 것으로 나타났다(그림3-64).



[그림3-64] 작업과 국소배기장치 후드 형태의 적절성 결과

라) 국소배기장치 후드의 설치여부

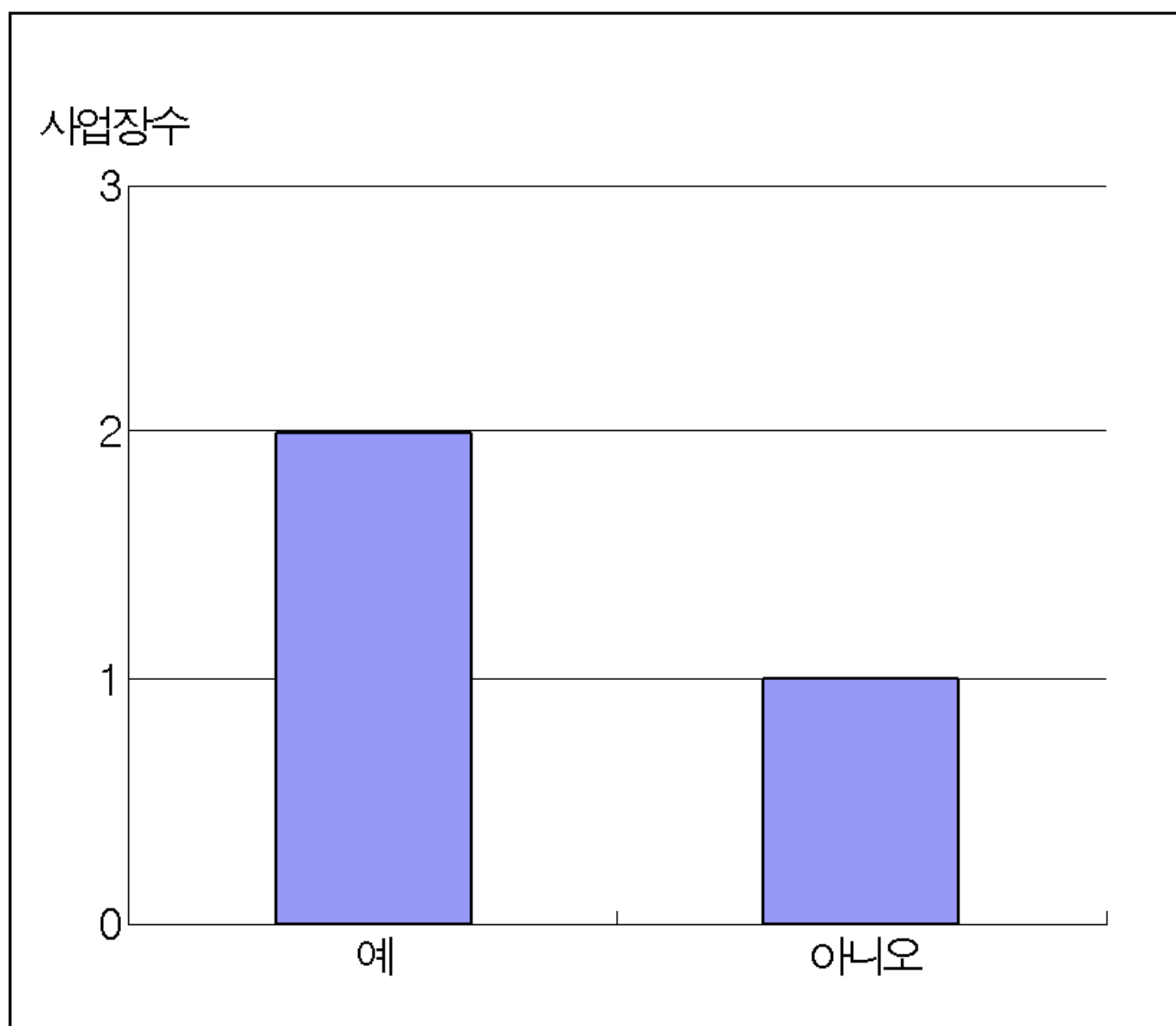
발생원 모두에 설치된 사업장은 2개소, 설치되어 있지 않은 사업장이 1개소로 조사되어 대부분의 사업장에서 발생원마다 후드를 설치한 것으로 나타났다. 그렇지 않은 사업장에 대해서는 발생원 파악 및 국소배기시설 개선방법 수립이 필요하다(그림3-65).



[그림3-65] 국소배기장치 후드의 설치여부 결과

마) 제어풍속의 적합성 여부

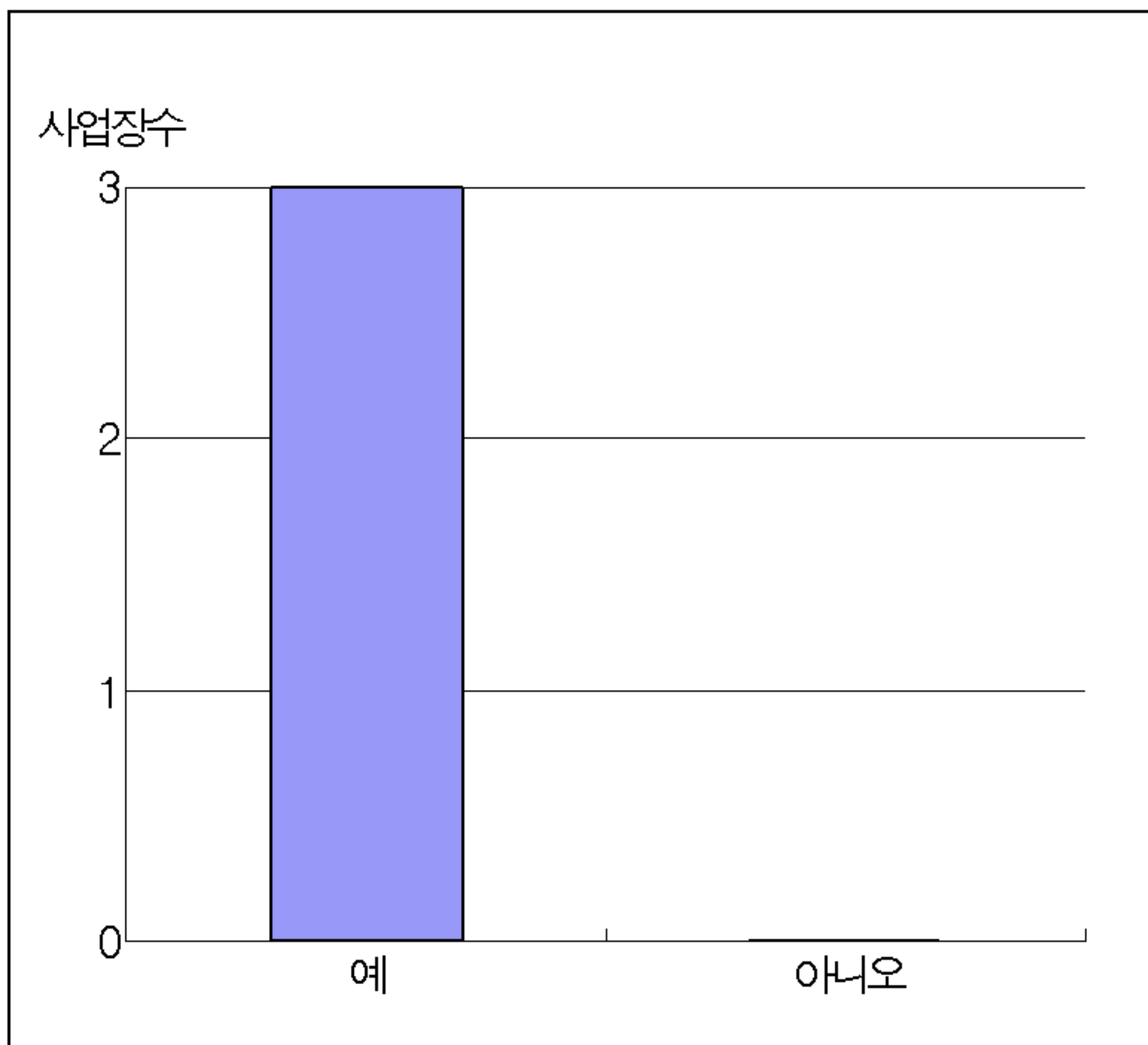
산업안전보건법령에서 정하고 있는 후드의 종류별 적정 제어풍속 이상을 설치된 모든 후드에서 나타낸 사업장은 2개소, 양호의 제어풍속에 50%미만을 나타내는 사업장은 1개소로 조사되어 이에 대한 원인파악 및 제어풍속 향상을 위한 개선방법 수립이 필요하다(그림3-66).



[그림3-66] 제어풍속의 적합성 여부 결과

바) 후드주변의 난기류 영향을 받아 작업장 내부 확산여부

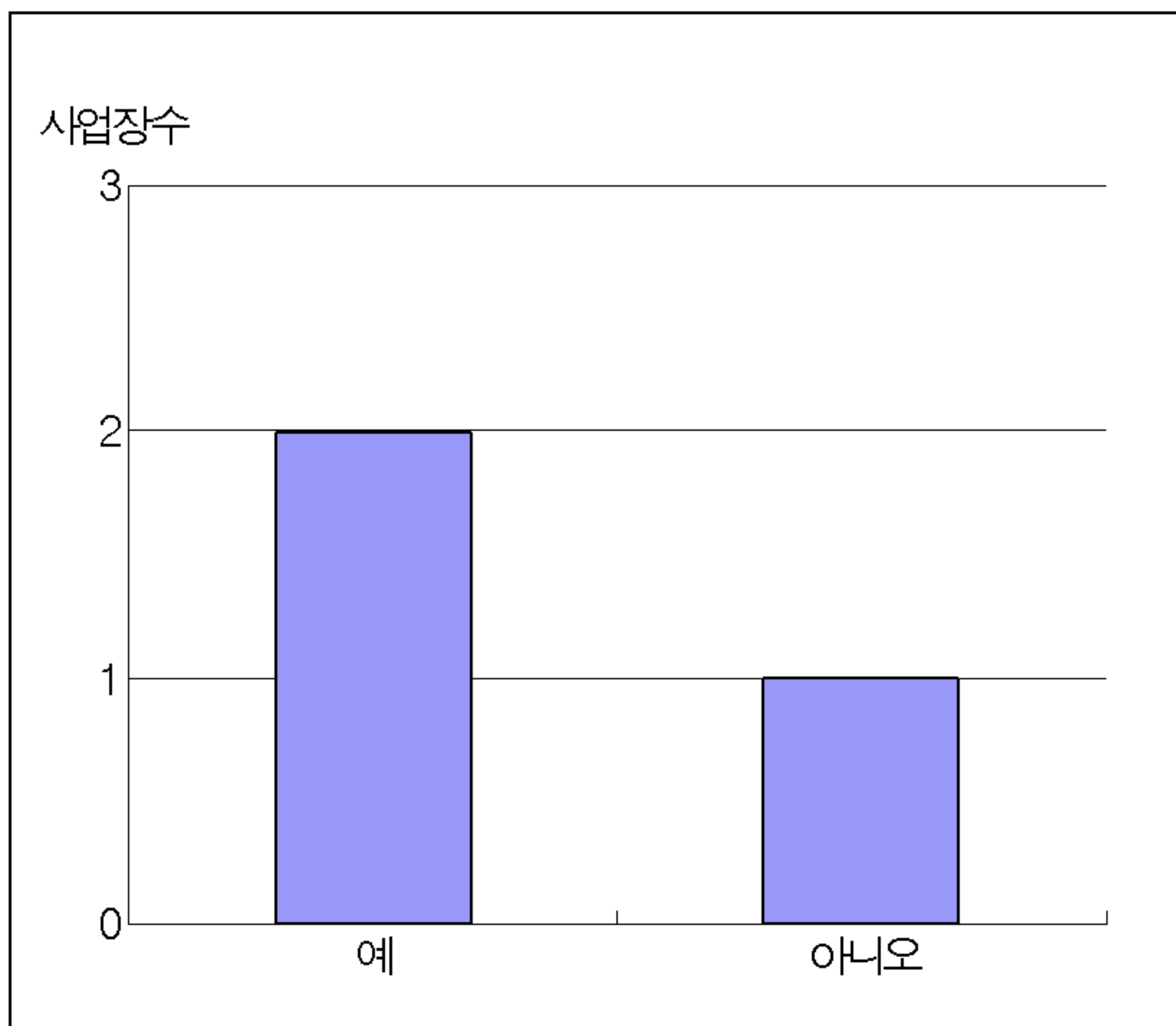
후드주변에 대형 선풍기 등 난기류의 발생 물체가 없는 사업장은 3개소로 조사되었으며, 이는 조사대상 사업장이 대부분 규모가 크고 안료업종으로 화학물질을 다량으로 취급하고 있는 특성에 따라 보건 안전관리의 중요성에 대한 인식이 비교적 높은 것으로 생각된다(그림3-67).



[그림3-67] 후드주변의 난기류 영향을 받아 작업장 내부 확산여부 결과

사) 배기구 설치의 적합성 여부

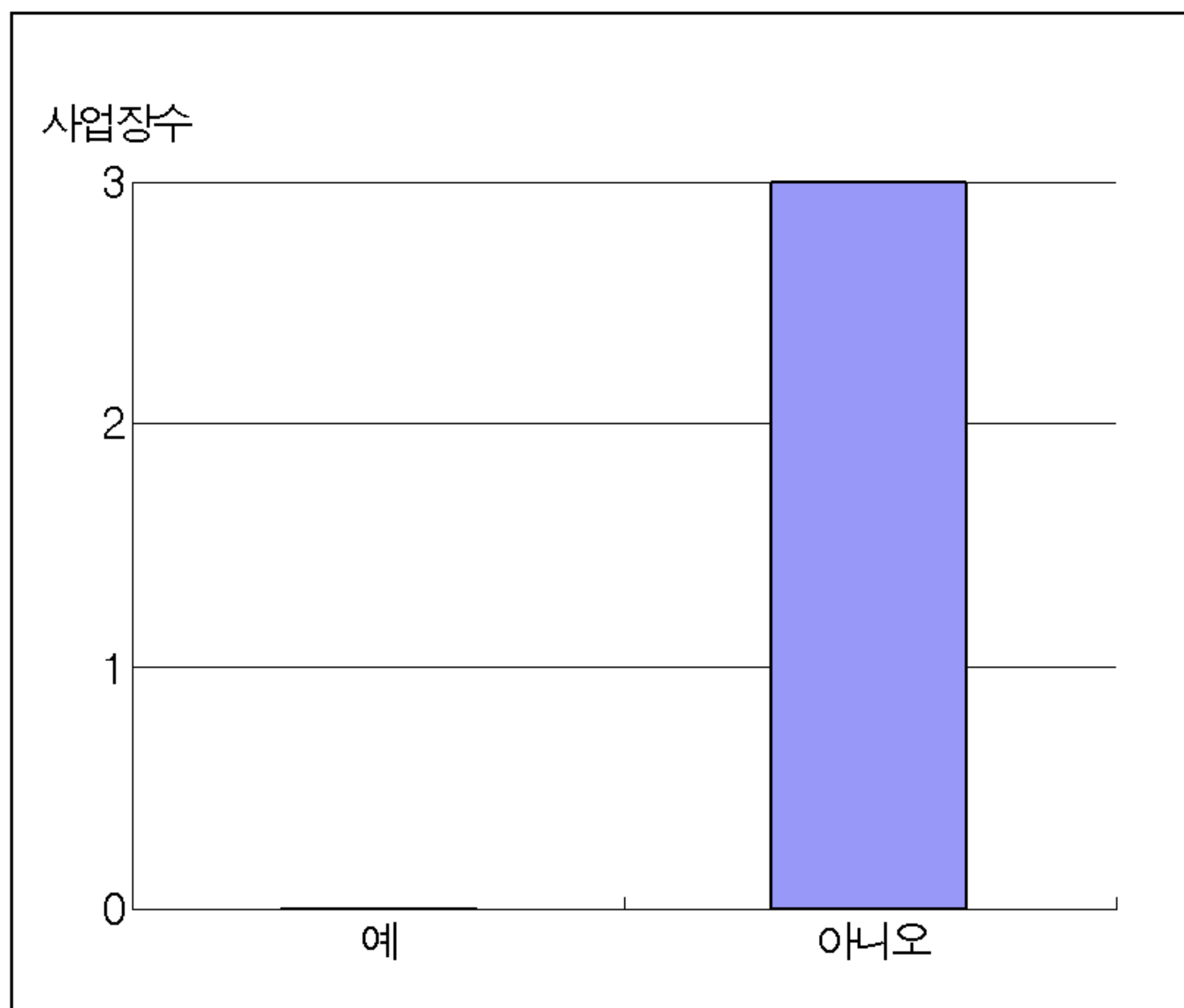
옥외 적정높이에 설치되어 있어 재유입이 되지 않는 사업장은 2개소, 옥내에 설치되어 있어 재유입이 가능한 사업장은 1개소로 조사되어 국소배기장치의 배기구는 대부분 적합하게 설치되어 있는 것으로 나타났지만, 그렇지 않은 사업장에 대해서 원인파악 및 개선방법 수립이 필요하다(그림3-68).



[그림3-68] 배기구 설치의 적합성 여부 결과

아) 국소배기장치의 정기적 자체검사 실시여부

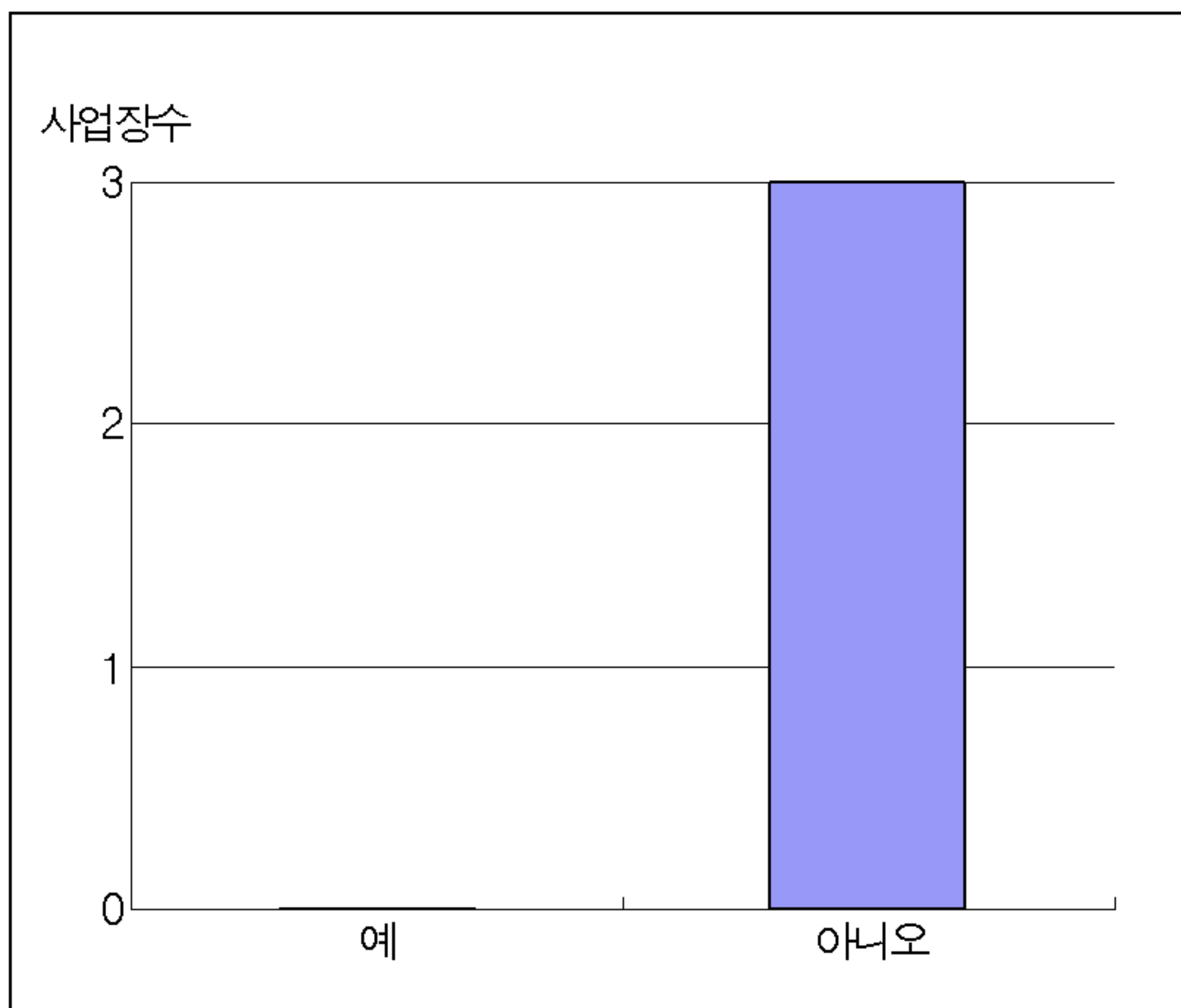
년 1회 이상 정기적으로 실시하고 있는 사업장은 없었으며, 미실시하는 사업장은 3개소로 대부분의 사업장에서 자체검사를 실시하지 않는 것으로 나타났다. 국소배기장치를 정기적으로 자체검사를 하여 국소배기시설에 대한 관리가 필요한 상태이다(그림 69).



[그림3-69] 국소배기장치의 정기적 자체검사 실시 여부 결과

자) 자체검사 시 기록보존 및 점검결과 이상 발생 시 적절한 조치여부

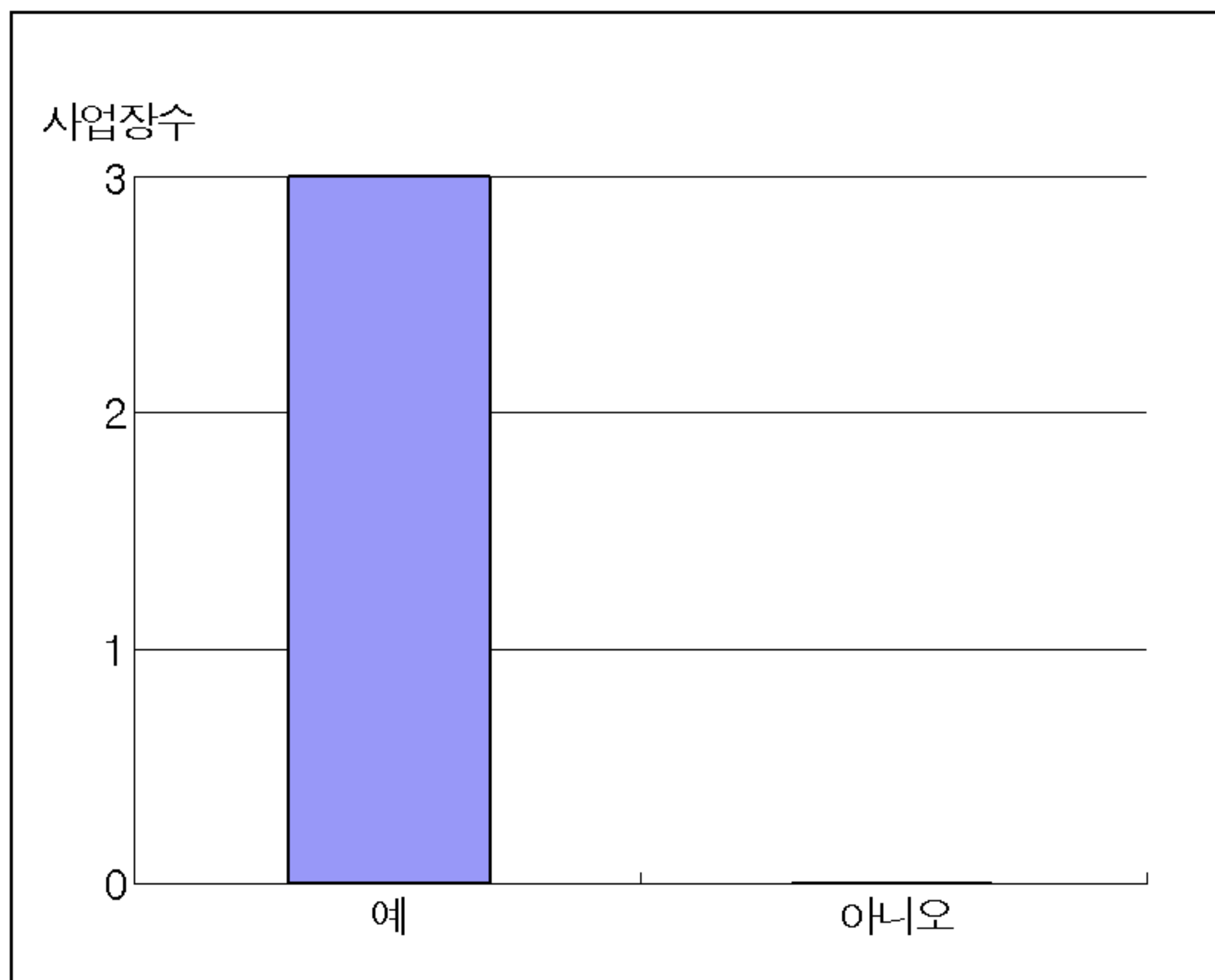
자체검사를 실시하지 않는 사업장 3개소로 대부분의 사업장에서 자체검사의 중요성을 인지하지 않고 있는 것으로 나타났다. 정기적으로 국소배기장치 자체검사를 실시하여 자체검사 후 기록보존 및 점검결과에 따라 적절한 조치가 필요한 상태이다(그림3-70).



[그림3-70] 자체검사 시 기록보존 및 점검결과 이상 발생 시 적절한 조치여부 결과

차) 작업장 바닥의 불 침투성 재료 사용여부

도기타일, 에폭시 마감재 페인트, 니스, 락카 등으로 시공한 사업장은 3개소로 조사되어 이들 사업장의 근로자는 간접적인 노출이 적은 것으로 나타났다. 이는 조사대상 사업장이 대부분 규모가 크고 안료업종으로 화학물질을 다량으로 취급하고 있는 특성에 따라 보건 안전관리의 중요성에 대한 인식이 비교적 높은 것으로 생각된다(그림3-71).

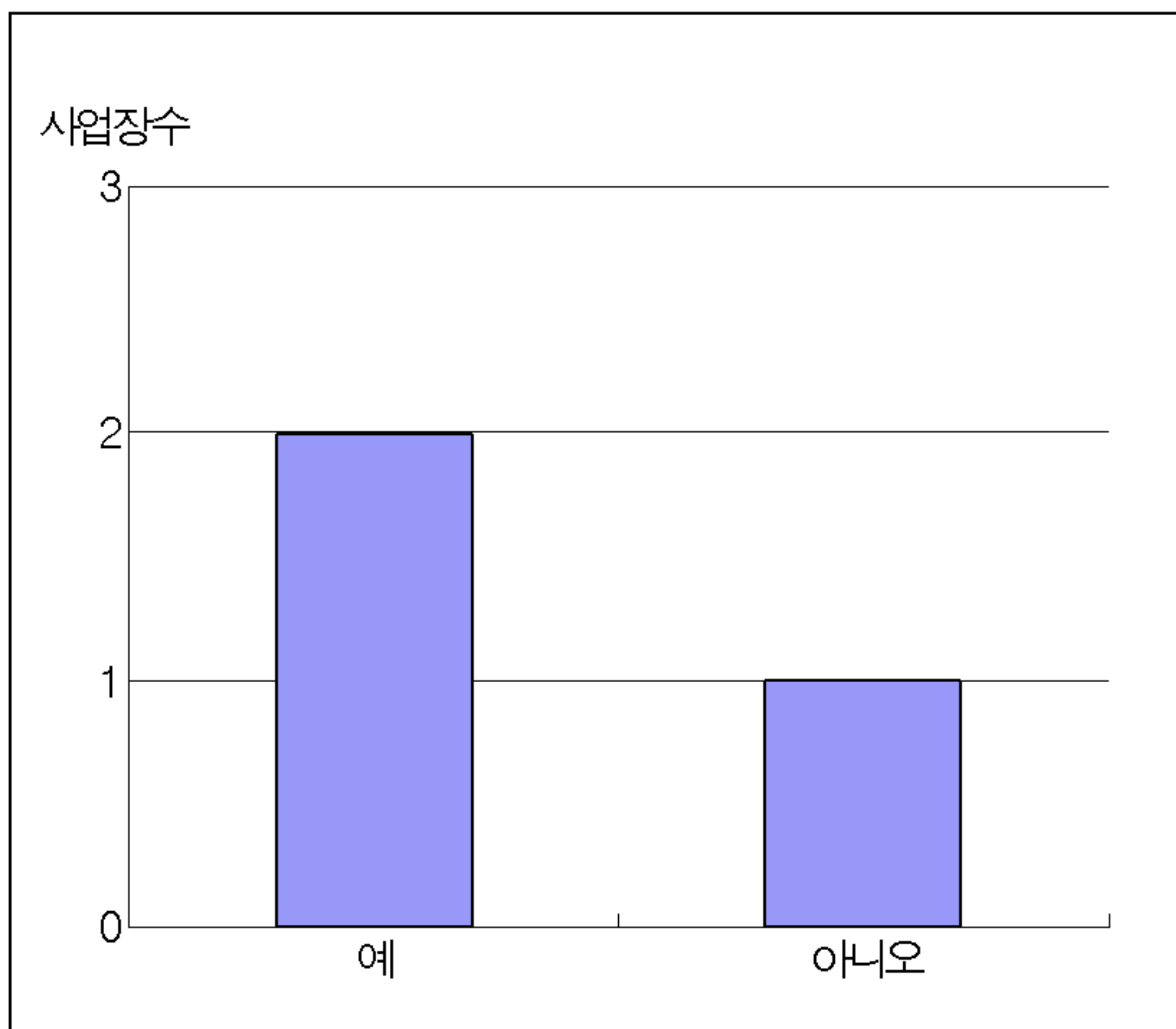


[그림3-71] 작업장 바닥의 불 침투성 재료 사용여부 결과

(4) 작업 관리

가) 연구대상물질 취급 작업 장소에 인체에 미치는 영향 등에 관한 내용 등의 게시여부

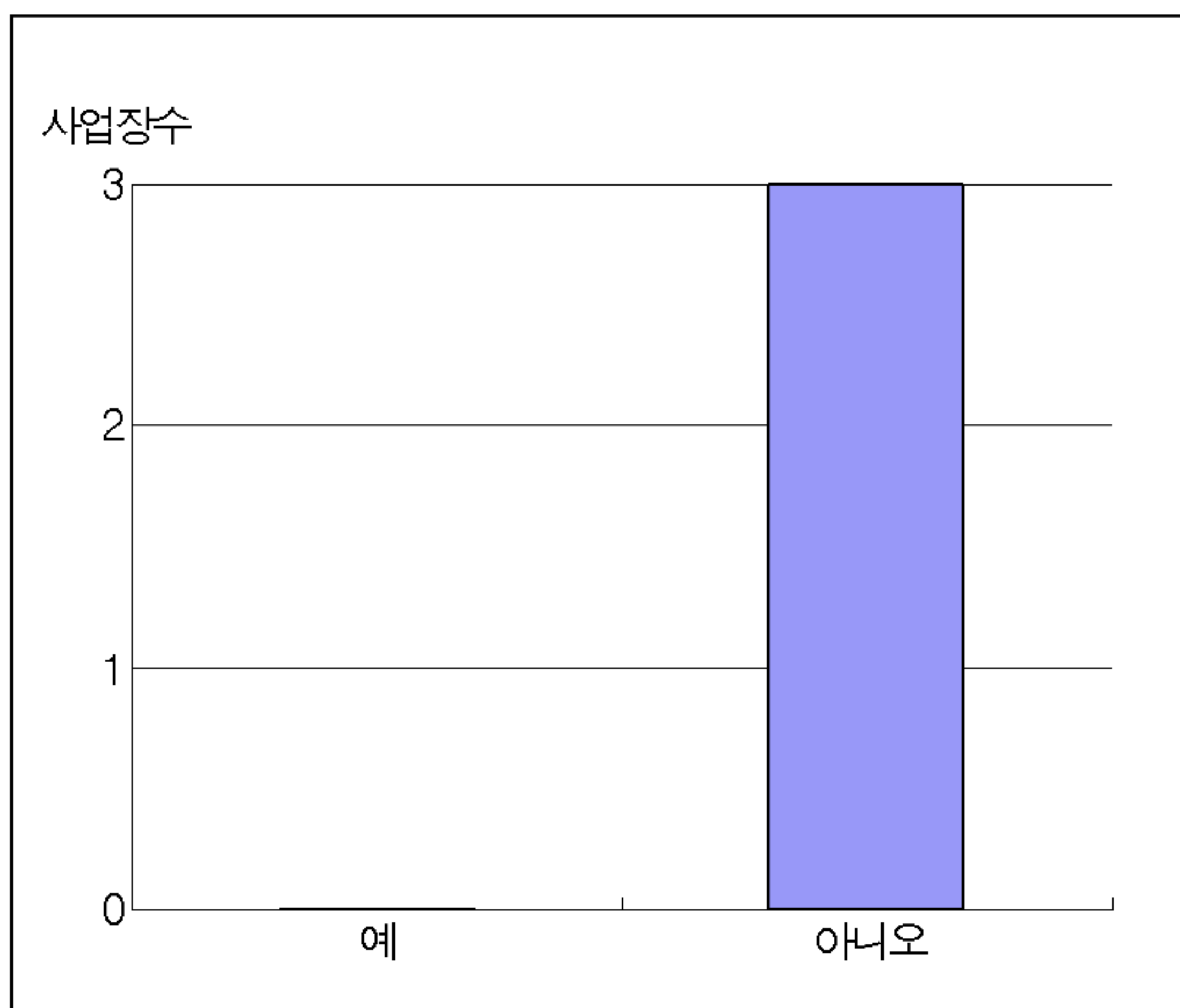
보기 쉬운 장소에 게시한 사업장은 2개소, 미 게시한 사업장은 1개소로 조사되어 이들 사업장의 작업관리방법에 대한 교육이나 계몽 등을 통해 효율적 관리가 될 수 있도록 하는 것이 필요하다(그림3-72).



[그림3-72] 연구대상물질 취급 작업 장소에 인체에 미치는 영향 등에 관한 내용 등의 게시여부 결과

나) 연구대상물질 취급 장소에 근로자의 흡연 및 음식물 섭취금지에 대한 내용의 게시여부

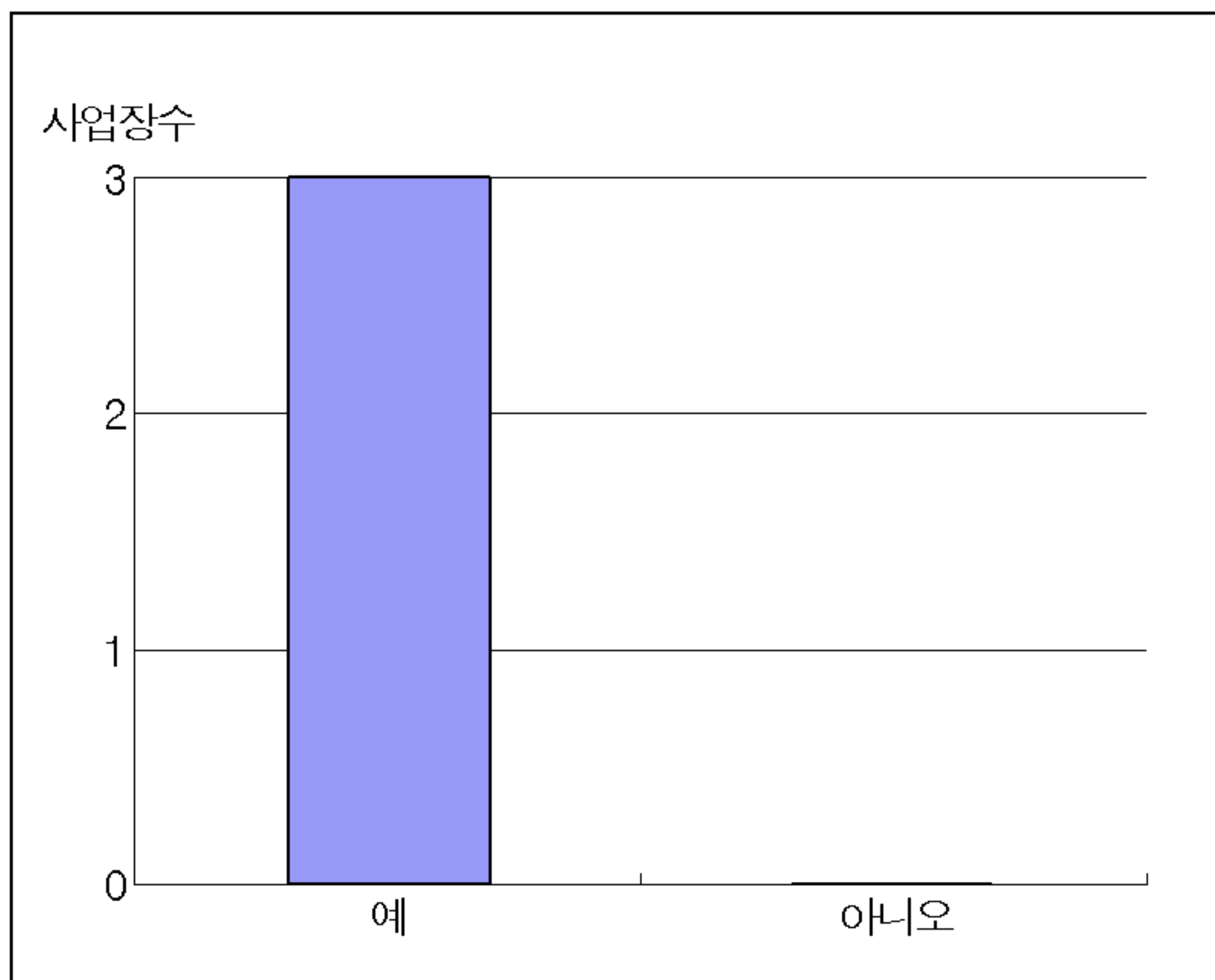
보기 쉬운 장소에 게시한 사업장은 없었으며, 미 게시한 사업장은 3개소로 조사되어 이들 사업장의 작업관리 방법에 대한 교육이나 계몽 등을 통해 효율적 관리가 될 수 있도록 하는 것이 필요하다(그림3-73).



[그림3-73] 연구대상물질 취급 장소에 근로자의 흡연 및 음식물 섭취금지에 대한 내용의 게시여부 결과

다) 연구대상물질 취급 장소에 근로자를 위한 세면, 목욕, 세탁 및 면도시설의 설치와 필요한 용품과 용구의 비치여부

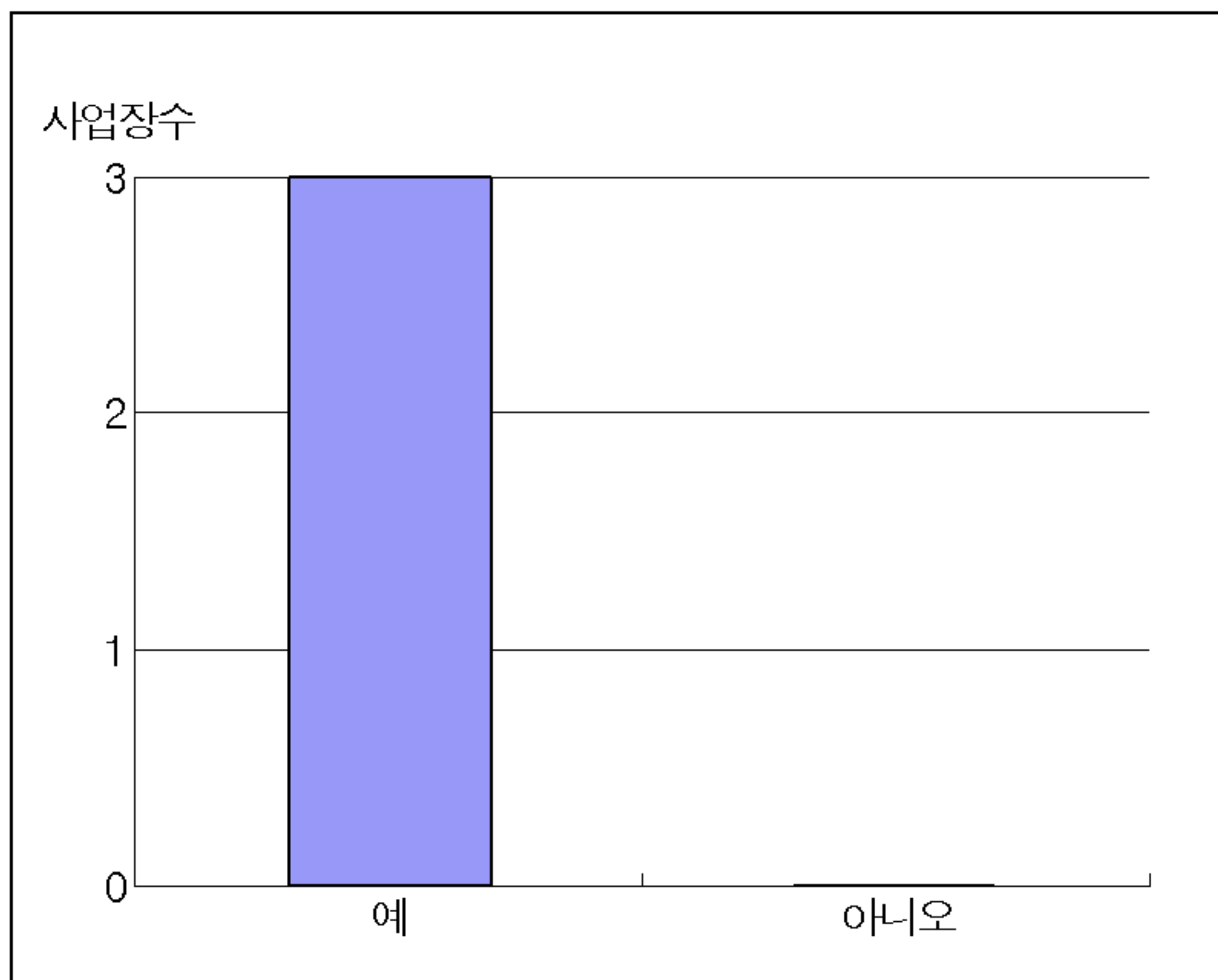
- 목욕, 샤워시설 및 건조시설 등이 설치되어 있는 사업장은 3개소로 대부분 위생시설의 설치 및 용품, 용구 등이 비치되어 있는 것으로 조사되었다. 조사대상 사업장이 규모가 크고 안료업종 등으로 화학물질을 다량으로 취급하고 있는 특성에 따라 보건 안전관리의 중요성에 대한 인식이 비교적 높은 것으로 생각된다(그림3-74).



[그림3-74] 연구대상물질 취급 장소에 근로자를 위한 세면, 목욕, 세탁 및 면도시설의 설치와 필요한 용품과 용구의 비치여부 결과

라) 보호구의 적정 지급 및 착용여부

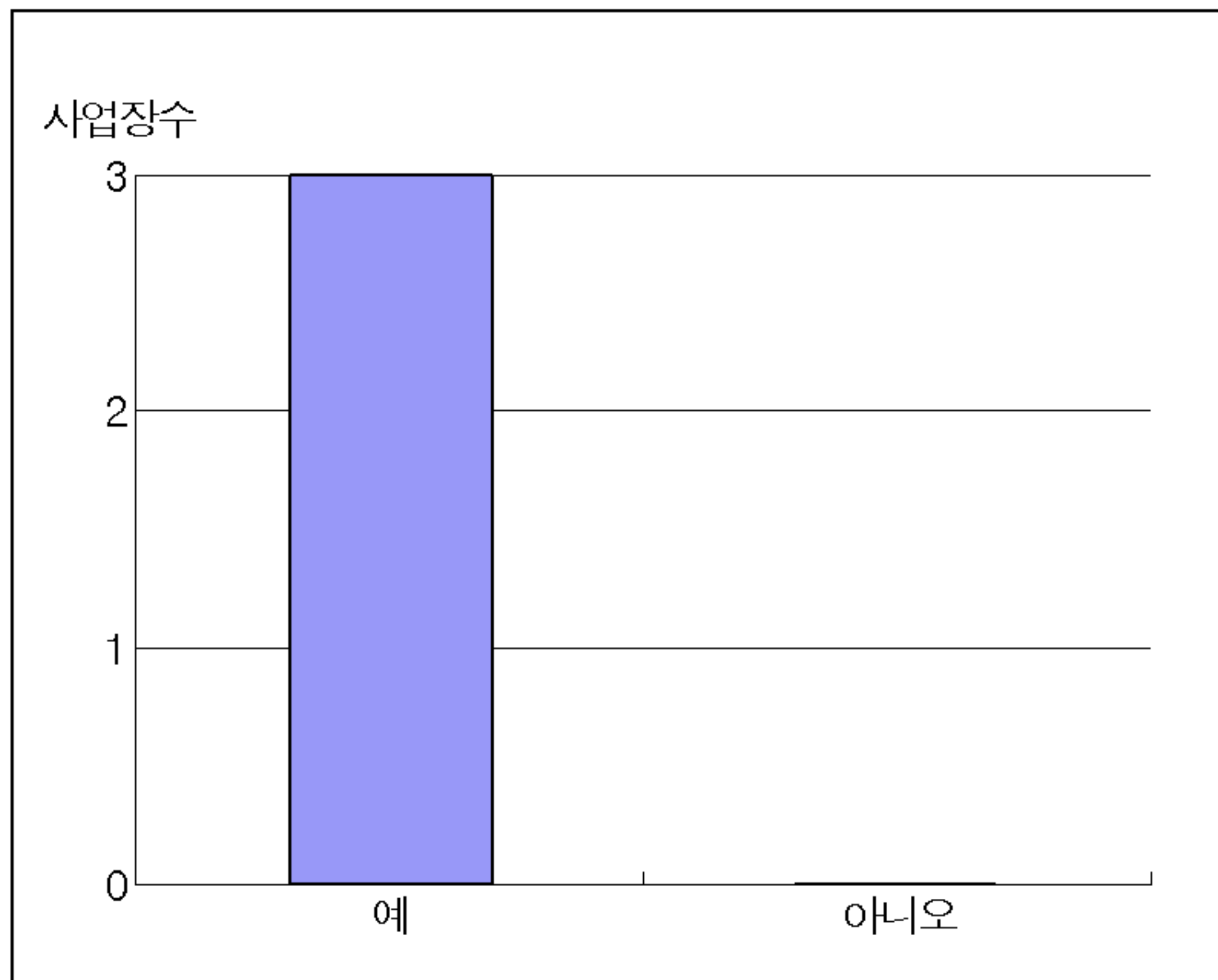
- 보호구를 지급하고 근로자들이 작업 시 착용하고 있는 사업장은 3개소로 조사되어 적정한 보호구의 지급 및 올바른 착용에 대한 보호구 관리가 필요한 것으로 나타났다. 조사대상 사업장이 규모가 크고 안료업종 등으로 화학물질을 다량으로 취급하고 있는 특성에 따라 보건 안전관리의 중요성에 대한 인식이 비교적 높은 것으로 생각된다(그림3-75).



[그림3-75] 보호구의 적정 지급 및 착용여부 결과

마) 보호구의 항시사용 또는 교체가능한 필요수의 배치여부

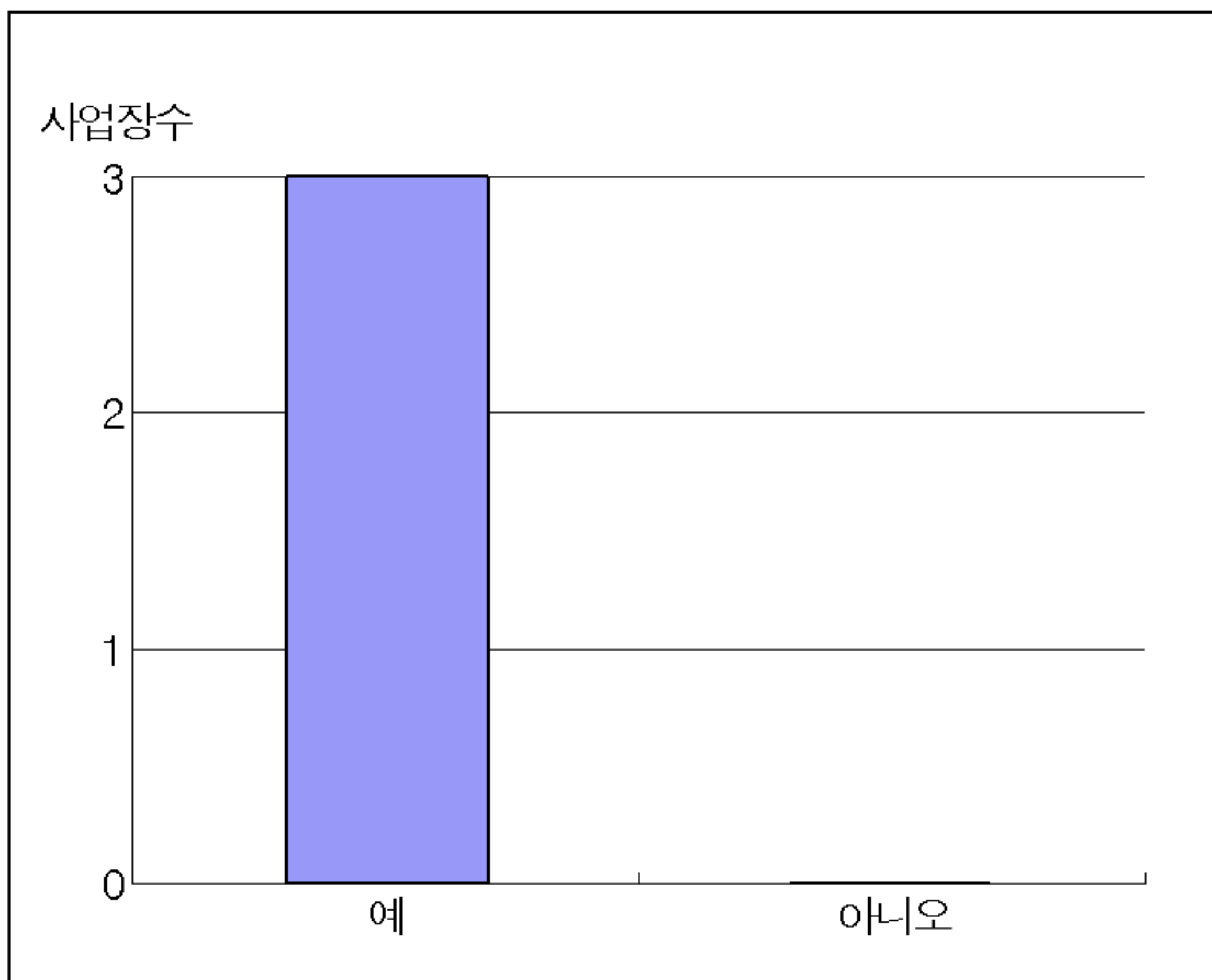
필요에 따라 수시로 교체 가능한 수가 있도록 배치한 사업장은 3개소로 조사되어 이들 사업장에 대한 적절한 보호구의 지급 및 올바른 착용 방법 등 보호구 관리에 대한 지속적인 교육이 실시되어야하며, 이는 조사대상 사업장이 규모가 크고 안료업종 등으로 화학물질을 다량으로 취급하고 있는 특성에 따라 보건 안전 관리의 중요성에 대한 인식이 비교적 높은 것으로 생각된다(그림3-76).



[그림3-76] 보호구의 항시사용 또는 교체가능한 필요수의 배치여부 결과

바) 작업복의 착용상태

긴소매 작업복을 착용하고 작업하는 사업장은 3개소, 반소매의 일반의복을 착용하고 작업하는 사업장은 없는 것으로 조사되어 이는 조사대상 사업장이 규모가 크고 안료업종 등으로 화학물질을 다량으로 취급하고 있는 특성에 따라 보건 안전관리의 중요성에 대한 인식이 비교적 높은 것으로 생각된다(그림3-77).



[그림3-77] 작업복의 착용상태 여부 결과

다. 사업장별 작업환경측정결과

예비조사결과, 디아니시딘 취급사업장은 AZO계 안료 생산업체 5군데가 조사되었다. 연구사업 기간동안, 작업이 없는 사업장이 한 사업장, 협조가 이루어지지 않는 사업장 한군데였다, 디아니시딘이 사용되는 색의 안료를 생산하는 업체들중에서 국내 생산량이 가장 많은 상위 두 사업장을 각각 5회, 4회 반복측정을 하였으며, 또 다른 사용 사업장 한 곳을 1회 측정하였다.

측정기간동안 디아니시딘 50kg 전량이 투입되는 작업은 없었으며, 1.7kg에서 4.7kg정도 투입되는 작업이 있었다.

(1) 사업장1 - 1차측정

1차 측정시에는 디아니시딘 투입작업이 없었으며, 측정은 8시간 가중평균농도(TWA) 측정하였다.

사업장1의 1차 측정 결과, 모두 불검출로 나타났다(표3-25).

<표 3-25> 사업장1 1차 측정 결과

공정	측정 위치	물질	측정시간 (시작~종료)	측정 횟수	측정치 (ppm)	노출 기준 (ppm)	평가 결과
원료 투입	근로자1	디아니시딘	10:10~15:05	1	불검출	없음	
				1	불검출	없음	
	근로자2		10:12~15:05	1	불검출	없음	
				1	불검출	없음	
카플링 반응	근로자3		10:15~15:07	1	불검출	없음	
				1	불검출	없음	
	근로자4		10:15~15:07	1	불검출	없음	
				1	불검출	없음	
	근로자5		10:15~15:07	1	불검출	없음	
				1	불검출	없음	

※ 불검출: 검출한계($0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$)이하

(2) 사업장1 - 2차측정

2차 측정시에는 디아니시딘 투입작업이 2회 있었으며, 측정은 8시간 가중평균농도(TWA)과 투입작업시에 단시간으로 측정하였으며. 디아니시딘 투입작업 장소에서 지역샘플을 병행 측정을 하였다. 디아니시딘 투입량은 1.7kg이었다. 디아니시딘의 사업장1 2차 측정 결과, 8시간 가중평균농도(TWA)이 불검출로이었으며, 디아니시딘 투입작업시에만 측정한 결과는 불검출로 나타났으며, 디아니시딘 투입작업 장소의 지역샘플도, 불검출로 나타났다(표3-26).

〈표 3-26〉 사업장1 2차 측정 결과

공정	측정 위치	물질	측정시간 (시작~종료)	측정 횟수	측정치 (ppm)	노출 기준 (ppm)	평가 결과
원료	근로자1	디아니시딘	9:50~15:50	1	불검출	없음	
투입	근로자2		9:52~15:50	1	불검출	없음	
카플링	근로자3		9:50~15:53	1	불검출	없음	
반응	근로자4		9:50~15:52	1	불검출	없음	
건조	근로자5		9:53~15:55	1	불검출	없음	
	작업시			1	불검출	없음	
	작업시			1	불검출	없음	
	지역			1	불검출	없음	

※ 불검출: 검출한계($0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$)이하

(3) 사업장1 - 3차측정

3차 측정시에는 디아니시딘 투입작업이 2회 있었으며, 측정은 8시간 가중평균농도(TWA)과 투입작업시에 단시간으로 측정하였으며. 디아니시딘 투입작업 장소에서 지역샘플을 병행 측정을 하였다. 디아니시딘 투입량은 1.7kg이었다. 디아니시딘의 사업장1 3차 측정 결과, 8시간 가중평균농도(TWA)이 불검출로이었으며, 디아니시딘 투입작업시에만 측정한 결과는 불검출로 나타났으며, 디아니시딘 투입작업 장소의 지역샘플도, 불검출로 나타났다(표3-27).

〈표 3-27〉 사업장1 3차 측정 결과

공정	측정 위치	물질	측정시간 (시작~종료)	측정 횟수	측정치 (ppm)	노출 기준 (ppm)	평가 결과
투입	근로자1	디아니시딘	9:00~15:10	1	불검출	없음	
	근로자2		9:02~15:05	1	불검출	없음	
카플링	근로자3		9:00~15:05	1	불검출	없음	
반응	근로자4		9:05~15:05	1	불검출	없음	
건조	근로자5		9:00~15:15	1	불검출	없음	
	작업시			1	불검출	없음	
	작업시			1	불검출	없음	
	지역			1	불검출	없음	

※ 불검출: 검출한계($0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$)이하

(4) 사업장1 - 4차측정

4차 측정시에는 디아니시딘 투입작업이 1회 있었으며, 측정은 8시간 가중평균농도(TWA)과 투입작업시에 단시간으로 측정하였으며. 디아니시딘 투입작업 장소에서 지역샘플을 병행 측정을 하였다. 디아니시딘 투입량은 1.7kg이었다. 디아니시딘의 사업장1 4차 측정 결과, 8시간 가중평균농도(TWA)이 불검출로이었으며, 디아니시딘 투입작업시에만 측정한 결과는 불검출로 나타났으며, 디아니시딘 투입작업 장소의 지역샘플도 불검출로 나타났다(표3-38).

〈표 3-28〉 사업장1 4차 측정 결과

공정	측정 위치	물질	측정시간 (시작~종료)	측정 횟수	측정치 (ppm)	노출 기준 (ppm)	평가 결과
투입	근로자1	디아니시딘	9:02~15:05	1	불검출	없음	
	근로자2		9:02~15:00	1	불검출	없음	
카플링 반응	근로자3		9:00~15:02	1	불검출	없음	
	근로자4		9:00~15:00	1	불검출	없음	
건조	근로자5		9:05~15:10	1	불검출	없음	
	작업시			1	불검출	없음	
	작업시			1	불검출	없음	
	지역			1	불검출	없음	

※ 불검출: 검출한계($0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$)이하

(5) 사업장1 - 5차측정

5차 측정시에는 디아니시딘 투입작업이 1회 있었으며, 측정은 8시간 가중평균농도(TWA)과 투입작업시에 단시간으로 측정하였으며. 디아니시딘 투입작업 장소에서 지역샘플을 병행 측정을 하였다. 디아니시딘 투입량은 1.7kg이었다. 디아니시딘의 사업장1 5차 측정 결과, 8시간 가중평균농도(TWA)이 불검출로이었으며, 디아니시딘 투입작업시에만 측정한 결과는 불검출로 나타났으며, 디아니시딘 투입작업 장소의 지역샘플도 불검출로 나타났다(표3-29).

〈표 3-29〉 사업장1 5차 측정 결과

공정	측정 위치	물질	측정시간 (시작~종료)	측정 횟수	측정치 (ppm)	노출 기준 (ppm)	평가 결과
투입	근로자1	디아니시딘	9:00~15:00	1	불검출	없음	
	근로자2		9:00~15:00	1	불검출	없음	
카플링 반응	근로자3		9:00~15:00	1	불검출	없음	
	근로자4		9:00~15:00	1	불검출	없음	
건조	근로자5		9:00~15:00	1	불검출	없음	
	작업시			1	불검출	없음	
	작업시			1	불검출	없음	
	지역			1	불검출	없음	

※ 불검출: 검출한계($0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$)이하

(6) 사업장2 - 1차측정

사업장2의 1차 측정시에는 디아니시딘 투입작업이 2회 있었으며, 측정은 8시간 가중평균농도(TWA)과 투입작업시에 단시간으로 측정하였으며. 디아니시딘 투입작업 장소에서 지역샘플을 병행 측정을 하였다. 디아니시딘의 사업장2 1차 측정결과, 8시간 가중평균농도(TWA)이 불검출로 이었으며, 디아니시딘 투입작업시에만 측정한 결과는 불검출로 나타났으며, 디아니시딘 투입작업 장소의 지역샘플도 불검출로 나타났다(표3-30).

〈표 3-30〉 사업장2 1차 측정 결과

공정	측정 위치	물질	측정시간 (시작~종료)	측정 횟수	측정치 (ppm)	노출 기준 (ppm)	평가 결과
AZO 합성	근로자1	디아니시딘	9:45~15:40	1	불검출	없음	
	근로자2		9:45~15:40	1	불검출	없음	
	근로자3		9:48~15:35	1	불검출	없음	
	근로자4		9:48~15:35	1	불검출	없음	
	근로자5		9:48~15:35	1	불검출	없음	
	작업시			1	불검출	없음	
	작업시			1	불검출	없음	
	지역			1	불검출	없음	

※ 불검출: 검출한계($0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$)이하

(7) 사업장2 - 2차측정

사업장2의 2차 측정시에는 디아니시딘 투입작업이 2회 있었으며, 측정은 8시간 가중평균농도(TWA)과 투입작업시에 단시간으로 측정하였으며. 디아니시딘 투입작업 장소에서 지역샘플을 병행 측정을 하였다. 디아니시딘 투입량은 28kg이었다. 디아니시딘의 사업장2 2차 측정결과, 8시간 가중평균농도(TWA)이 불검출로 이었으며, 디아니시딘 투입작업시에만 측정한 결과는 불검출로 나타났으며, 디아니시딘 투입작업 장소의 지역샘플도 불검출로 나타났다(표 3-31).

〈표 3-31〉 사업장2 2차 측정 결과

공정	측정 위치	물질	측정시간 (시작~종료)	측정 횟수	측정치 (ppm)	노출 기준 (ppm)	평가 결과
AZO 합성	근로자1	디아니시딘	9:40~16:14	1	불검출	없음	
	근로자2		9:40~16:14	1	불검출	없음	
	근로자3		9:40~16:14	1	불검출	없음	
	근로자4		9:40~16:14	1	불검출	없음	
	근로자5		9:40~16:14	1	불검출	없음	
	작업시			1	불검출	없음	
	작업시			1	불검출	없음	
	지역			1	불검출	없음	

※ 불검출: 검출한계($0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$)이하

(8) 사업장2 - 3차측정

사업장2의 3차 측정시에는 디아니시딘 투입작업이 2회 있었으며, 측정은 8시간 가중평균농도(TWA)과 투입작업시에 단시간으로 측정하였으며. 디아니시딘 투입작업 장소에서 지역샘플을 병행 측정을 하였다. 디아니시딘 투입량은 28kg이었다. 디아니시딘의 사업장2 3차 측정결과, 8시간 가중평균농도(TWA)이 불검출로 이었으며, 디아니시딘 투입작업시에만 측정한 결과는 불검출로 나타났으며, 디아니시딘 투입작업 장소의 지역샘플도 불검출로 나타났다(표 3-32).

〈표 3-32〉 사업장2 3차 측정 결과

공정	측정 위치	물질	측정시간 (시작~종료)	측정 횟수	측정치 (ppm)	노출 기준 (ppm)	평가 결과
AZO 합성	근로자1	디아니시딘	9:00~15:00	1	불검출	없음	
	근로자2		9:00~15:0	1	불검출	없음	
	근로자3		9:00~15:00	1	불검출	없음	
	근로자4		9:00~15:00	1	불검출	없음	
	근로자5		9:00~15:00	1	불검출	없음	
	작업시			1	불검출	없음	
	작업시			1	불검출	없음	
	지역			1	불검출	없음	

※ 불검출: 검출한계($0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$)이하

(9) 사업장2 - 4차측정

사업장2의 4차 측정시에는 디아니시던 투입작업이 2회 있었으며, 측정은 8시간 가중평균농도(TWA)과 투입작업시에 단시간으로 측정하였으며. 디아니시던 투입작업 장소에서 지역샘플을 병행 측정을 하였다. 디아니시던 투입량은 28kg이었다. 디아니시던의 사업장2 4차 측정결과, 8시간 가중평균농도(TWA)이 불검출로 이었으며, 디아니시던 투입작업시에만 측정한 결과는 불검출로 나타났으며, 디아니시던 투입작업 장소의 지역샘플도 불검출로 나타났다(표 3-33).

〈표 3-33〉 사업장2 4차 측정 결과

공정	측정 위치	물질	측정시간 (시작~종료)	측정 횟수	측정치 (ppm)	노출 기준 (ppm)	평가 결과
AZO 합성	근로자1	디아니시던	9:00~15:00	1	불검출	없음	
	근로자2		9:00~15:0	1	불검출	없음	
	근로자3		9:00~15:00	1	불검출	없음	
	근로자4		9:00~15:00	1	불검출	없음	
	근로자5		9:00~15:00	1	불검출	없음	
	작업시			1	불검출	없음	
	작업시			1	불검출	없음	
	지역			1	불검출	없음	

※ 불검출: 검출한계($0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$)이하

(10) 사업장3

측정시에 작업이 거의 없는 상태였으며, 다른 두 사업장에 비해서 작업량이 적었으며, 측정 당일 날은 디아니시딘 투입작업이 없었다. 측정은 8시간 가중 평균농도(TWA)를 측정하였다. 디아니시딘의 경기색소 측정결과, 8시간 가중 평균농도(TWA)이 불검출로 이었다(표3-34).

<표 3-34>사업장3 측정결과

공정	측정 위치	물질	측정시간 (시작~종료)	측정 횟수	측정치 (ppm)	노출 기준 (ppm)	평가 결과
AZO 합성	근로자1	디아니시딘	9:00~15:00	1	불검출	없음	

※ 불검출: 검출한계($0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$)이하

다. 작업환경측정결과 총괄

본 연구에서는 국내에서 디아니시딘을 제조하는 사업장은 현재 없는 것으로 조사되었으며, 사용하는 AZO계 안료 사업장 5개 사업장 중에 3개 사업장을 대상으로 측정하였다.

디아니시딘을 사용하는 사업장 모두 일본에서 수입하여 사용하고 있었다.

디아니시딘 사용은 AZO계 안료 생산시에 사용하며, 생산하는 색상이 Yellow 12, Yellow 14, Yellow 83, Orange 16일 경우엔 디아니시딘을 사용하는 것으로 조사되었다. 측정한 사업장의 과년도 작업환경측정 결과를 검토한 결과 디아니시딘에 대해서 측정한 사업장은 경기색소만 하였으며, 불검출이었다.

디아니시딘의 개인시료포집은 총 46회 측정하였으며, STEL은 총 16회 측정하였고, 지역샘플을 총 8회 하였다.

디아니시딘의 분석결과, 8시간 가중평균농도(TWA), STEL, 지역샘플 모두 불검출이었다(표3-35).

<표 3-35> 디아니시딘 전체 측정결과

공정	측정 방법	측정 건수	측정결과	노출기준평가 건수		
				미만	가능	초과
AZO 합성	개인	46	불검출	46	-	-
	지역	1	불검출	1	-	-
	STEL	16	불검출	16	-	-

※ 불검출: 검출한계($0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$)이하

7. 노출기준 제안

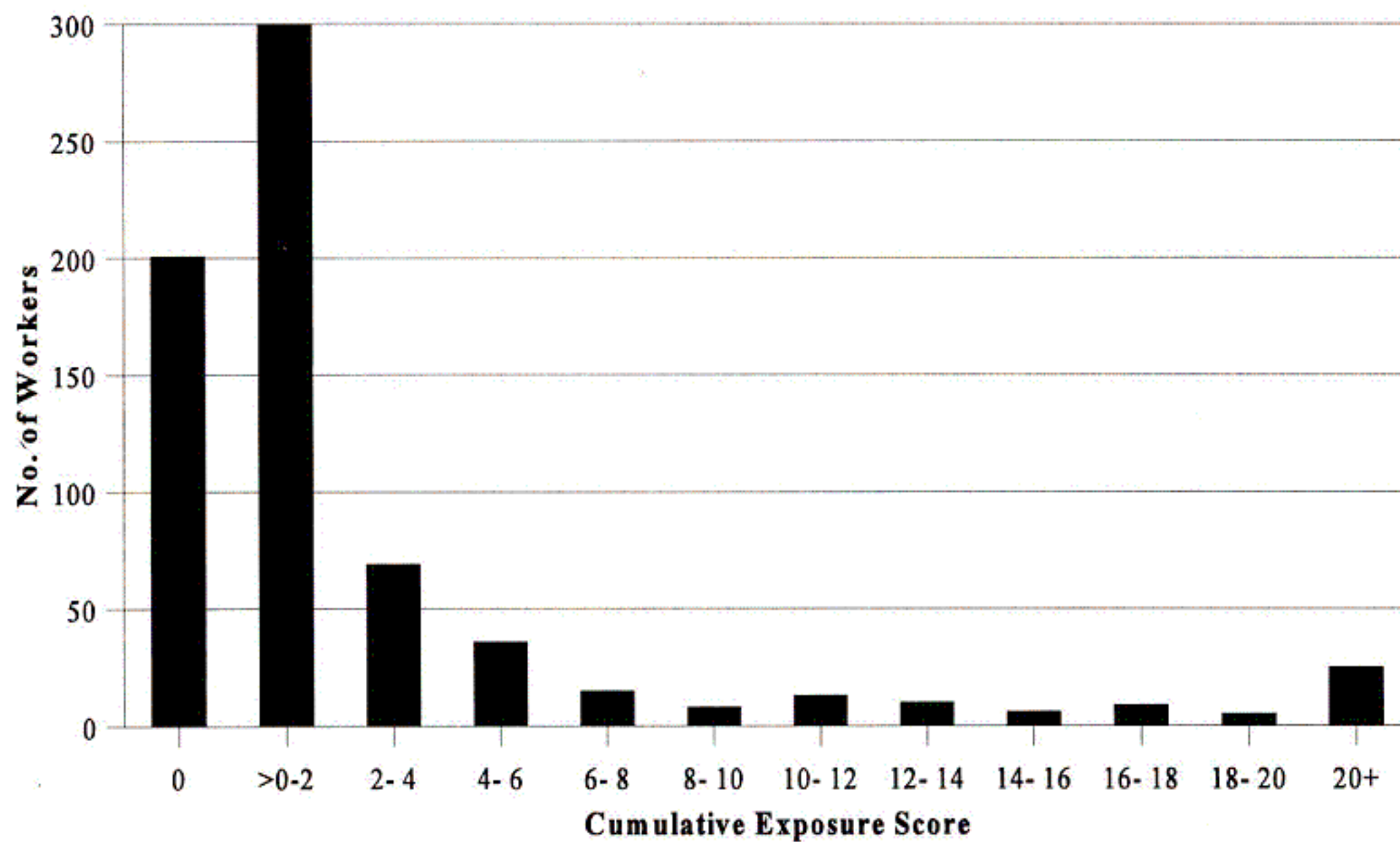
(1) 노출실태

디아니시딘의 노출에 대한 정량적 자료는 국내·외 자료는 없으며 Ouellet-Hellstrom등(1996)등이 벤지딘을 제외한 아릴아민(3,3-디클로로벤지딘, 디아니시딘, 톨리딘 등, 그림3-78 참조)에 대해 노출 누적 등급을 계산 경우가 있다. 정량적인 자료는 제시하지 않았지만 전체 조사대상의 57%가 노출등급 2이하로 조사되었다(그림3-79).

Chemical Name	CAS* Number	Related Compounds and Other Names Used by Plant Personnel
Dichlorobenzidine (DCB)	91-94-1	3,3'-dichlorobenzidine; dichlorobenzidine dihydrochloride; C; CL; CD; chlor; DCB Base Wet; CBW; DCB Free Base; C-126
o-dianisidine	91-93-0	3,3'-dimethoxybenzidine; ortho-dianisidine; dianisidine base; dianisidine free base (wet or dry); DBI; DFB; DB; DBW
o-tolidine	119-93-7	3,3'-dimethylbenzidine; ortho-tolidine; diortho-tolidine
o-toluidine	95-53-4	2-methyl benzeneamine; ortho-toluidine
o-chloroaniline	95-51-2	ortho-chloroaniline; OCA

* CAS, Chemical Abstracts Service.

[그림3-78] 염료제조 시 사용하는 아릴아민류



[그림 3-79] 아릴아민의 누적노출 등급

본 연구에서도 원료투입 공정에서 포장공정까지 개인시료, 지역시료 및 표면시료를 측정하였으나 모두 검출한계 이하로 조사되었다.

일반적으로 디아니시딘계 염료는 수용성으로 염료가 디아니시딘으로 대사되어 디아니시딘과 같은 발암성 작용을 일으킨다.

안료의 경우 불용성이라 수용성 염료와 같은 발암작용을 동물실험에서 확인할 수 없었다고 보고하였으나 사람의 경우 안료에서도 방광암 보고가 있어 발암성에 대해서는 무시할 수 없다고 Golka등(2004)은 보고하였다.

본 연구에서 측정한 공장도 안료를 제조하는 공정으로 디아니시딘계 염료와 마찬가지로 디아니시딘 노출에 대한 유해성은 같다고 할 수 있다.

(2) 외국의 노출기준 적용 시 평가 결과

본 조사의 결과가 모두 검출한계 이하이며 외국의 경우에도 독일을 제외하고는 노출기준이 설정되어 있지 않아 노출기준의 초과 여부를 비교할 수는 없다.

(3) 우리나라 노출기준의 제안

가) 노출기준 개정의 필요성

근로자들의 건강 예방을 위해서는 적절한 관리의 지침에 그 수준이 유지될 수 있도록 관리를 해야 한다. 디아니시딘은 현재 허가대상물질로 규정하고 있으면서 노출기준 및 발암성에 대한 분류 그리고 기타 주의 표시에 대해 규정하고 있는 내용이 없다. 디아니시딘 자체에 대한 발암성은 나라와 기관마다 달리하고 있으나 사람에게 대한 발암성에 대해서는 무시할 수 없다.

다) 노출기준 개정(안)

- $10\mu\text{g}/\text{m}^3$, 발암성 물질로 추정되는 물질(A2) ※ 제 정

※ 제 정

발암성 물질로 추정되는 물질

- 동물실험에서 디아니시딘에 대한 발암성이 확인되었으며 사람에게 대해서는 자료가 충분하지 않지만 역학 자료에서 발암성을 보고한 사례도 있으므로 발암성에 대한 규정은 할 필요가 있다

- 아직 선진국에서도 자료가 부족하여 설정하지 못하고 있는 실정이며 유일하게 독일에서 권고기준으로 $0.03\text{mg}/\text{m}^3$ 으로 설정하였으나 설정된 근거자

료가 부족하여 우리나라에 적용하기는 부적절하다. 그러나 작업환경관리를 위해서는 노출기준을 설정하여 관리하는 것이 더 효율적일 수 있다.

- 따라서 노출기준을 설정하는 것도 중요한 부분이다. 일반적으로 OSHA의 analytical method에서 target 농도를 해당 물질의 노출기준 수준으로 설정하고 있다. 디아니시딘의 target 농도는 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 현재 노출기준이 없는 설정에서는 target 농도 수준을 노출기준으로 설정하는 것이 타당하다 할 수 있다.

8. 규제영향분석

규제영향분석에 대한 개념은 주로 다음과 같이 정의 한다.

○ 행정규제기본법의 정의

- 규제로 인하여 국민의 일상생활과 사회·경제·행정 등에 미치는 제반영향을 객관적이고 과학적인 방법을 사용하여 미리 예측·분석함으로써 규제의 타당성을 판단하는 기준을 제시하는 것

○ OECD의 정의

- 정부활동으로부터 발생하는 특정한 잠재적 영향을 체계적이고 지속적으로 검토하고, 그 정보를 정책결정자와 소통하는 정책결정도구

○ 일반적 개념

- 기존규제나 규제의 변동으로 인한 긍정적, 부정적 영향을 분석하는 방법

규제영향분석의 목적은 불합리한 규제의 신설을 방지하고 합리적인 규제수단과 대안을 탐색하여 기존규제의 합리적인 개선을 유도하는데 그 목적이 있다.

□ 규제정책결정의 방법

○ OECD 회원국들의 규제당국이 규제정책의 결정에 사용하는 방식은 크게 아래 5가지로 분류한다.

- 전문가(expert): 규제담당자나 외부전문가 등 신뢰할만한 전문가가 전문적인 판단에 의지하여 무엇을 해야할지 결정하는 형태

- 합의(consensus): 규제와 관련된 이해당사자간에 서로의 이익을 절충하여 균형점에 합의하는 방식

- 정치적(political): 정치적인 대표자에 의해 정치적인 입장이 정치과정을

통해 결정되는 방식

- 벤치마킹(benchmarking): 외국의 규제방식 등 외부의 규제모형에 근거하여 결정하는 형태
- 경험적(empirical): 결정된 기준에 따른 분석과 사실에 근거하여 결정하는 방식

○ 대부분의 규제정책은 조직문화, 관습, 행정행태 등에 따라 이상 5가지의 다양한 조합으로 결정됨. 경험적인 방법인 규제영향분석에 따라 정책이 결정되는 것은 아니지만, 규제문제의 논의와 이해에 필요한 중요한 정보를 제공하여 규제정책결정에 큰 영향을 행사할 수 있다.

□ 외국의 규제영향분석제도

① 규제영향분석제도의 활용 개관

○ 규제영향분석(RIA: Regulatory Impact Analysis)을 정부전반에 걸쳐 수행되고 있는 나라들과 일부 부문에 국한하여 수행되고 있는 나라들로 구별

- 정부전반에 걸쳐 규제영향분석을 시행하는 나라들은 호주, 캐나다, 뉴질랜드, 영국, 미국 등으로서 캐나다의 경우 규제영향보고서(Regulation Impact Assessment Statement)의 형태를, 뉴질랜드의 경우 기존 규제에 대한 순응비용에 초점을 맞춘 순응비용평가(CCA: Compliance Cost Assessment), 미국은 규제영향분석과 특정분야(건강, 보건, 환경보호 등)에 대한 계량적 위험분석(QRA: Quantitative Risk Assessment)을 병행

- 호주의 경우 역시 ESD(Ecologically Sustainable Development)에 근거한 규제영향보고서(RIS: Regulation Impact Statement)와 비용회수영향보고서(CRISs: Cost recovery impact statements) 등을 병행하여 수행

- 또한 RIA의 분석 및 집행과정상 특징에 따라 RIA와 이해관계자들간 협의(consultation) 과정을 병행 추진하는 나라(캐나다, 미국)와 RIA 과정상 정부부처들의 관여 및 책임을 법제화한 나라(영국, 캐나다, 호주), 그리고 독립적인 기관에 규제안건의 검토여부를 결정할 수 있는 권한을 부여한 나라(네덜란드) 등으로 구분

□ 미국의 규제영향분석제도

▶ 개관

○ 미국은 OECD 국가중 엄격한 비용편익분석을 제도화 하고 있는 나라임

- 특히 미국의 규제영향분석제도는 1977년의 B/C Analysis에서부터 시작하여 1981년과 1993년에 보완 개정되어 현재의 RIA (Regulatory Impact Analysis)에 이르고 있으며, 대통령의 행정명령에 의해서 완전한 형태의 규제영향분석서를 규제제안시에 첨부하도록 의무화

- 규제영향분석서는 OMB(Office of Management and Budget)의 OIRA(Office of Information and Regulatory Affairs)에서 독립적으로 검토되며 OIRA는 규제영향분석에 관한 지침을 제정

○ 중요규제에 해당할 경우 OIRA에서는 초안과 최종안에 대해 2번 규제영향분석의 적절성을 심사하며 규제영향분석은 다음의 원칙에 따라 실시

- 규제의 필요성과 규제의 결과에 대한 적절한 정보가 없으면 규제하지 않아야 함

- 예상편익이 예상비용보다 크지 않으면 규제하지 않아야 함

- 규제의 목적은 사회적 순편익을 극대화하는데 두어야 함

- 규제대안이 있는 경우에는 사회적 순편익을 극대화하는 규제대안을 선택해야 함

○ 이렇게 실시된 규제영향분석서는 그 초안과 최종분석서가 관보에 게재되어 일반에 공개됨

▶ 규제영향분석의 요구수준

○ OMB에서는 각 규제기관에 규제영향분석을 하도록 요구하고 있으나 그 분석의 정도 및 심도는 규제의 중요도 및 성격에 따라 다르게 운영

○ 모든 규제에 대해 비용과 편익을 평가할 것을 요구하면서 가능한한 계

량화 할 것을 요구하고 있으나

- 실제 운영에 있어서는 OMB에서 중요규제(significant regulatory action)에 대해서만 심사를 하므로 중요규제가 아닌 규제에 대해서는 기관자체에서 가능한 대로 계량화를 하고, 계량화가 필요치 않은 경우는 정성적 평가로도 운영

○ 중요규제의 경우에도 다음의 2가지로 구분됨

① 경제적으로 중요한 규제

- 경제에 1억불 이상의 영향을 미치거나 환경, 안전, 보건 등에 심각한 부정적 영향을 미치는 중요규제에 대해서는 보다 엄격한 규제영향분석을 요구
- 기대편익과 비용의 가치 및 관련자료와 함께 가능한 한 정량적 평가를 하도록 요구

- OIRA에서는 연간 60-80개의 경제적으로 중요한 규제를 심사

② 중요규제이지만 경제적으로 중요한 규제는 아닌 규제

- 경제적으로 중요한 규제가 아닌 중요규제에 대해서도 정량적 분석을 요구하지만 그 요구수준은 경제적으로 중요한 규제에 비해서는 약한 수준이며 정량적 분석과 정성적 분석을 혼용
- 이러한 규제에 대한 심사는 연간 400여건 정도임

□ 캐나다의 규제영향분석제도

▶ 개관

○ 1978년 'Socio-economic Impact Analysis'에서 출발하여 1986년에 'General Impact Analysis'로 발전했다가, 1999년에 내각지침에 의하여 RIAS(Regulatory Impact Analysis Statement)로 발전

○ 단, 캐나다는 법(Primary Laws)과 하위령(Subordinate Regulations)에 대하여 비슷하기는 하나 약간 다른 규제영향분석제도를 취함

- 법과 정책에 대하여는 RIA와 유사한 MC(Memorandum to Cabinet)라는 것을 요구하여 RIA에 갈음

- 이 MC는 RIA보다는 그 분석이 철저하지 못한 것으로 보이는데, 이는 캐나다에서 법과 정책에 대해 국회 등에서 충분한 논의과정을 거치므로 엄격한 RIA를 적용하지 않는 것으로 판단됨(하위령에 대하여는 RIAS가 요구)

○ 연방규제정책(The Government of Canada Regulatory Policy)에 의하여 모든 규제적 조치에 대해 RIAS를 요구

- RIA의 적용범위

· 군, 세금, 사법관련법 등 모든 사항에 대하여 적용하나 군 관련사항 등에 대하여는 비공개

· 다만 국가안보·국방·치안사항과 CRCT(캐나다 라디오 통신위원회) 소관사항에 대하여는 광범위한 의견수렴 절차 및 투명한 검증 등을 통하여 사전적으로 검증되므로 RIA를 적용하지 않음

○ 특정문제를 해결하기 위한 대체안들은 채택가능성(degree of acceptance)과 소요비용 정도에 따라 대규모(major), 중간(intermediate) 및 저비용(lower-cost)의 대안으로 분류하여 각각 검토

○ 1994년에는 대규모 규제안에 대해 그리고 '95년에는 증가 및 저비용 규제안에 대해 적용하기 위한 비용편익분석 편람을 만들어 활용

▶ 규제영향분석의 주요내용

① 분석명칭 및 목적

○ RIAS(Regulatory Impact Analysis Statement) : 규제영향분석 보고서
○ 해당규제가 최적 해결방식이고 순편익을 극대화한다는 점을 제시함으로써 각 규제기관의 장이 최종 판단에 활용되도록 함

② 의사결정기준

○ 각 규제기관들은 선택한 규제가 비용에 비하여 편익을 극대화시키고, 또한 도출되는 편익이 모든 종류의 비용을 정당화시킬 수 있다는 점을 증명해야 하며, 경쟁과 시장개방에 관한 영향은 모두 고려되어야 함

○ 단, 새로운 규제도입으로 인한 수혜자가 피해자를 보상하지 못할 수 있기에 경제적으로 효율성이 제고되었다는 것은 제도도입의 충분조건은 아님. 따라서 개인간, 지역간 또는 기업간에 발생하는 심각한 부의 이전을 측정하는 공평성 측면이 뚜렷하게 검토되어야 함

③ 분석자의 주요임무

○ 모든 경우에 있어서 대체안들 각각에 대하여 만약 집행되었을 때 어떤 일이 발생하며, 그때의 결과가 만약 정부가 아무 조치도 취하지 않았을 때와 어떤 차이가 있는지를 규명

④ 분석방법 및 절차

○ 분석에 투입되는 노력의 정도는 규제의 총비용에 비례해야 하고, 계량화시킬 수 있거나 기타 다른 효과들이 검토되어야 하며, 환경 및 안전규제들에 대해서는 종합적인 제안이 첨부되어야 함

○ 비용은 업계, 소비자, 정부부문으로 구분하여 별도로 산정되어야 하고, 비용과 편익은 모두 10%의 할인율이 적용되어야 하며, 아울러 5% 및 15%를 이용하여 민감도분석을 시행

○ 단, 업계에 대한 비용이 막중할 때 분석자는 추가로 다음 두가지 기법을 사용

- 비즈니스영향검사(Business Impact Test) : 업계에 부과되는 비용의 속성과 규모를 산정할 수 있는 소프트웨어

- 규제비용회계프로토콜(Regulatory Cost Account Protocol) : 특정 규제 정책에 변화가 생겼을 때 개인기업 차원에서 소요될 비용을 구체적으로 산정할 수 있는 도구

○ 분석은 규제기관에 의해 수행되며, 모든 단계에서 광범위한 협의가 이루어져야 함. 규제도입에 대한 최종적인 결정을 하기 전에 RIAS가 의사결정자들에게 전달되도록 하며, 모든 RIAS는 공공자료로서 초안부터 관보에 게재

□ 멕시코의 규제영향분석제도

▶ 개관

○ 1996년에 행정절차법 개정을 통해 민간부문에 비용을 유발하는 모든

규제에 대해 규제영향분석서를 제출토록 의무화함

○ 멕시코에서도 규제영향분석제도는 순탄하지 않았는 바, 1992년부터 기술적 기준에 대한 BC분석을 요구하였으나 실제운영과정에서 많은 문제가 발생함

- BC분석을 책임진 자문위원회는 과학적이고 객관적인 자료의 산출에 어려움이 있었고 단지 정성적 분석 및 정치적인 고려사항만 열거

- 결과적으로 BC분석은 의사결정의 근거자료 보다는 불필요한 문서업무만 추가함

○ 또한 초기에 규제심사 절차는 입안의 마지막 절차로 규제기관은 제3의 기관에서 심사받는데 익숙치 않았고 상호협의를 할 수 있는 충분한 시간도 확보하지 못함

- 즉 규제심사는 갈등만 야기하고 장기간의 협의로 인해 제대로 수행되지 못함

○ 결국 1998년에 이르러서야 그간의 규제영향분석제도의 문제점을 분석하고 6개월간의 실험적 방법을 통해 규제영향분석제도가 정착됨

▶ 규제영향분석 적용대상

○ 규제영향분석은 민간부문에 비용을 유발하는 모든 규제에 대해 실시해야 하며 독점사업자에 대한 비대칭적 규제도 규제영향분석을 요구

○ 일반적인 RIA 적용대상 예외(행정절차법 및 다른 연방법에 규정)

- 국가방위, 해상, 재정정책, 공무원 의무, 농업·노동관련 사법적 절차에 관한 규제(행정절차법)

- 단 한번에 처리해야하는 긴급상황에 대비한 규제(기술표준법)

- 재해 및 비상시 확정된 법규에 관련된 규제(시민보호법)

- 국민건강에 관한 특별법의 법규와 이와 관련된 규제(보건법)

□ 우리나라의 규제영향분석제도

▶ 개관

○ 규제영향분석의 작성은 새로운 규제를 신설 또는 기존규제의 강화를 검토하는 각 부처가 작성하여, 그 타당성 여부를 자체적으로 우선 심사

- 각 부처의 결과를 기초로 규제개혁위원회에서 2차 심사를 실시

○ 규제영향분석 실명제

- 규제영향분석 작성에 관여한 국장·과장 또는 이에 상당하는 공무원의 인적사항을 명시

① 규제영향분석 대상

○ 1998.6.1 이후의 신설규제, 기존규제중 강화되거나 존속기한을 연장하는 규제

- 1998.6.1 이후 법제처 법령심사 및 국무회의 심의를 요청하는 규제부터 적용

○ 중요규제는 규제개혁위원회(본위원회)가 심사를 하는 현행체제를 유지하되 규제영향분석 유형을 다양화하고 전문화 할 필요

② 개선방향

○ 모든 규제에 대해 규제영향분석을 실시하되 규제의 중요도와 성격에 따라 요구되는 계량화 수준을 차별화

- 미국은 모든규제에 대해 RIA를 요구하되, 중요규제만 심사를 하고 있으며 경제적으로 중요한 규제에 대해서는 정량적 분석을 요구

- 캐나다는 법률은 국회에서 충분한 논의과정을 거쳐 제정되므로 RIA보다 완화된 MC를 실시하고 하위법령은 엄격한 RIA를 요구

- 멕시코는 모든 규제에 대한 RIA를 요구하되, 규제의 중요도에 따라 RIA의 요구수준이 다름

- 규제영향분석을 체계적이고 전문적으로 수행할 수 있는 인력이 부족하고 기법개발이 미흡한 바, 규제영향분석에 관한 지속적인 보완·발전 추진

- 미흡한 규제영향분석기법, 특히 비용편익분석의 이론과 기법을 중점적으로 개발·발전시켜 규제영향분석을 내실화

- 규제영향분석 전문가풀을 설치하여 분야별 전문가로 하여금 일선공무원의 규제영향분석시 부족한 전문지식과 노하우에 대해 자문

- 규제개혁 담당자에 대한 체계적인 교육 및 실무를 통해 규제영향분석 능력을 제고

□ 비용과 편익의 개념

비용과 편익의 개념을 정확히 정의하기는 어려우나 다음과 같은 방법으로 정의될 수 있다. 자원(resources)과 환경의 여러 속성들(attributes)이 인간에게 일련의 귀중한 서비스를 제공한다는 점에서 이런 자연-환경체계의 경제적 가치의 변화에서 비용과 편익이 발생한다고 볼 수 있다. 이런 서비스의 증가는 편익으로, 감소는 비용으로 파악된다. 즉 정부정책이나 공공의 의사결정이 이런 자연-환경체계에 영향을 줄 때 그 사회 구성원이 이런 자원의 사용이나 환경의 변화로부터 얻는 것의 가치는 '편익(benefit)'이 되고 이로 인해 그 사회 구성원이 포기해야 하는 것(같은 자원의 다른 용도로의 사용)의 가치는 '비용(cost)', 즉 기회비용(opportunity cost)이 된다.

이런 비용과 편익의 이론적 개념은 실제 분석에 적용될 때는 그 범위를 명확히 해야 한다. 규제와 관련한 비용편익은 주로 국민경제 관점, 즉 사회적 관점에서 파악한 비용편익을 의미하며 개인단위의 비용편익과는 다르다는 점에 주의해야한다. 따라서 정부정책이나 공공사업의 비용편익분석에서 편익의 개념을 소비나 투자의 증가로 보는 견해(이정전)도 존재한다. 이런 경우 편익은 결국 '국민소득의 증가'를 의미하게 된다. 또한 비용이란 포기된 편익을 의미하기 때문에 결국 부호만 다른 편익의 개념으로 파악된다. 그러나 비용편익

에 대한 이런 거시적 개념은 미시경제학과 거시경제학의 문제처럼 일반적인 비용편익분석이론에서 사용되는 개인의 선호에 근거한 미시적 비용편익 개념과 정확히 일치한다고 보기 어렵다. 즉 미시적 분석에서 도출된 개인의 편익의 합계가 거시적 개념으로 파악된 편익의 크기는 서로 다른 종류로 직접 비교하기 어렵다. 거시적 개념으로 파악된 비용편익분석은 주로 공공사업의 경제적 분석에 이용된다.

가. 노출기준 제·개정 필요성

(1) 규제 정의

노동부장관은 근로자의 건강장해를 유발하는 화학물질 및 물리적 인자 등을 노동부령이 정하는 분류기준에 따라 분류하고, 유해인자의 노출기준을 정하여 관보 등에 고시하며(산업안전보건법 제29조) 유해인자의 노출기준을 정하는 때에는 유해인자에 의한 건강장해에 관한 연구·실태조사의 결과, 유해인자의 유해·위험성의 평가결과, 그리고 유해인자의 노출기준 적용에 관한 기술적 타당성을 고려하여야 한다(산업안전보건법 시행규칙 제81조의 2).

사업주는 인체에 해로운 작업을 행하는 작업장으로서 노동부령이 정하는 작업장에 대하여 노동부령이 정하는 자격을 가진 자로 하여금 작업환경측정을 하도록 한 후, 그 결과를 기록·보존하고 노동부령이 정하는 바에 의하여 노동부장관에게 보고하여야 하며 작업환경측정의 결과를 당해 작업장 근로자에게 알려야 하며 그 결과에 따라 근로자의 건강을 보호하기 위하여 당해 시설 및 설비의 설치 또는 개선 등 적절한 조치를 하여야 한다(산업안전보건법 제42조).

따라서 노출기준은 유해요인으로부터 근로자의 건강을 보호하기 위한 작업환경 측정결과와 작업환경 개선을 위한 기준으로 사용할 수 있다.

현재 디아니시딘은 산업안전보건법에서 허가대상유해물질로 규정하고 있다.

(2) 규제의 필요성

현재 디아니시딘은 유해인자의 관리를 위해 제조 등의 허가대상물질로 규

정하고 있다. 유해물질로부터 근로자의 건강 보호를 위해서는 그 물질에 대해 관리를 할 수 있는 노출기준이 설정되어 있거나 발암성 등의 유해성에 대해 규정을 하는 기준이 필요하다. 디아니시딘의 경우 미국의 OSHA나 NIOSH에서는 노출기준은 설정되어 있지 않지만 발암성 물질로 규정하여 별도의 규제 기준으로 관리하고 있다. 다른 선진국에서도 경제적 위상과 직업병 감소라는 사회적 분위기에 노출기준을 강화하고 있다.

그러나 우리나라에서는 디아니시딘에 대한 노출기준이나 발암성 규정에 대한 규제가 없어 국내외 자료를 검토하여 근로자의 건강을 예방하기 위한 노출기준이나 발암성 규정에 대한 제정이 필요하다..

(3) 규제의 목표 설정

디아니시딘의 노출기준을 선진국의 수준으로 개정하여 디아니시딘 취급 근로자들의 직업병을 최소화 하고자 한다.

- 10ug/m³, 발암성 물질로 추정되는 물질(A2) ※ 제 정

※ 제 정

발암성 물질로 추정되는 물질

- 동물실험에서 디아니시딘에 대한 발암성이 확인되었으며 사람에게 대해서는 자료가 충분하지 않지만 역학 자료에서 발암성을 보고한 사례도 있으므로 발암성에 대한 규정은 할 필요가 있다

- 아직 선진국에서도 자료가 부족하여 설정하지 못하고 있는 실정이며 유일하게 독일에서 권고기준으로 0.03mg/m³으로 설정하였으나 설정된 근거자료가 부족하여 우리나라에 적용하기는 부적절하다. 그러나 작업환경관리를 위해서는 노출기준을 설정하여 관리하는 것이 더 효율적일 수 있다. 따라서 노출기준을 설정하는 것도 중요한 부분이다. 일반적으로 OSHA의 analytical method에서 target 농도를 해당 물질의 노출기준 수준으로 설정하고 있다. 디아니시딘의 target 농도는 10ug/m³으로 현재 노출기준이 없는 실정에서는

target 농도 수준을 노출기준으로 설정하는 것이 타당하다 할 수 있다.

나. 노출기준 제·개정 의 실현 가능성

(1) 규제에 대한 반대 및 사회적 제약 요소

디아니시딘을 노출기준 미제정, 발암성 추정물질로 규정하는 경우 규제에 대한 반대는 없을 것으로 생각된다. 그 이유는 디아니시딘을 취급하는 국내 사업장은 염료제조 사업장으로 디아니시딘 외에 발암성 물질로 규정하고 있는 다른 물질들을 이미 취급하고 있으므로 추가로 포함시켜 관리하는 수준이므로 규제에 대한 반대나 사회적 제약 요소는 없을 것으로 예상된다.

(2) 기술수준 등에 비추어본 실현 가능성

본 연구 조사에서 현재의 노출수준이 모두 검출한계 이하 조사되었다. 따라서 노출량을 줄이기 위해 국소배기설비의 설치나 개선 등의 작업환경 개선 비용이나 추가적인 개인보호구 확보 등의 투자비용은 들지 않으며 단지 발암성 물질 규정에 따른 관리체계만 확보하면 실현 가능하다.

다. 노출기준 제·개정 의 대체수단 존재 및 기존규제와의 중복 여부

(1) 기존규제로 대체가능 여부

기존 규제는 허가대상 물질이라는 관리 유해인자를 관리하기 위한 규제로 산업안전보건법의 궁극적인 목적인 근로자의 건강장해 예방을 달성하기 위해서는 디아니시딘 취급 사업장의 작업환경 개선 여부 및 작업환경측정 결과의 평가기준으로 활용하여 적절한 조치를 취해야만 건강장해를 예방할 수 있기 때문에 기존의 유해물질을 관리하기 규정으로만은 직업병을 사전에 예방할 수

없다.

(2) 규제 외 다른 방법으로 목적달성 여부

디아니시딘의 노출기준은 디아니시딘을 직접 취급하거나 노출되는 근로자들에 대한 암 발생(방광암)을 최소화하기 위한 규제기준으로 직업병 발생 자체를 근본적으로 예방하기 위해서는 사용 자체를 규제하는 것이지만 아직까지 이를 대체 할 물질도 없으며 사용 규제 시 해당 사업자에 커다란 영향이 있을 것이다.

따라서 작업환경개선 여부 및 작업환경측정 결과의 평가 기준으로 사용하는 노출기준을 강화하여 작업환경을 개선시키는 방법 이외에는 다른 방법이 없다.

(3) 유사한 기존규제와 중복 여부

디아니시딘에 노출되는 근로자들을 대상으로 작업환경측정결과에 대한 평가 기준으로 활용되고 해당 작업환경을 개선토록 활용하고 있는 기준으로 유사한 기존 규제는 없다.

(4) 규제의 확대 재생산 가능성

디아니시딘에 노출되는 근로자들과 해당 공정에 대해서만 활용하는 규제로 확대 재생산의 가능성은 없다.

라. 노출기준 제·개정 규제의 비용과 편익의 비교분석

(1) 규제의 비용분석

가) 직접비용

- 작업환경 개선비용

기존 설비를 그대로 유지 관리하는 수준이므로 추가적인 작업환경 개선비용은 없다.

- 작업환경측정비용

본 연구 조사시 디아니시딘에 대한 작업환경측정은 실시하지 않았다허가 대상 물질로만 규정되어 있기 때문으로 생각되며 따라서 추가 작업환경측정비용을 산출하였다. 산출 근거는 본 연구조사 대상 2개 사업장에서 총 15명이 근무를 하고있었으며 2004년 한국산업안전공단 규제영향분석에서는 디아니시딘을 취급하는 근로자를 4명으로 추정하였다. 본 연구에서는 작업환경측정비용을 총 13명에 대해 작업환경측정 비용을 산정하였으며 시료 1개당 작업환경 측정 및 분석비용을 61,800원 으로 계산하였다.

▶ 작업환경측정비용: 15명 × 61,800원 = 927,000원

- 기타 직접비용

기타 직접 비용으로 국소배기시설 점검 비용, 보호구 지급 비용, 보건교육 실시 비용 및 특수건강진단 실시 비용 있으나 현재 산업안전보건법에 준하여 실행하고 있는 사항으로 투자비용이 없다.

따라서 개정 규정에 따른 규제의 총 비용은

927,000원

나) 간접비용

직접비용의 시행에 따른 간접비용기타 직접 비용으로 국소배기시설 점검 비용, 보호구 지급 비용, 보건교육 실시 비용 및 특수건강진단 실시 비용 있으나 현재 산업안전보건법에 준하여 실행하고 있는 사항으로 투자비용이 없다.

(2) 규제 편익 분석

노출기준 강화에 따른 편익은 직업병 발생으로 인한 손실비용을 추정하였으며 직접손실은 산업재해보험 보상급여(요양급여, 휴업급여, 장해보상 등 총급여비용)로 한정하였으며 업무상 질환자를 물질별로 분류하지 않고 중금속, 유기용제, 특정화학물질 등으로 분류하고 있어 디아니시딘에 대한 직업병 발생 건수를 파악 할 수 없다. 따라서 특정정화학물질 특수건강진단 결과 D1, C1으로 판정받은 근로자는 직업병으로 악화될 가능성이 있는 잠재 위험 군으로 이에 대한 직업병 예방을 통해 편익이 발생하므로 직접 편익으로 계산하였다.

▶ 2003년도 산업재해 분석에서 산재 1인당 직접손실비용은 32,000,000원, 간접손실비용은 128,000,000원으로 산업재해 발생시 1인당 총 160,000원의 손실비용이 발생한다.

▶ 직업병 발생 가능율은 2004년 산업안전공단에서 연구한 규제영향분석자료에서 제시한 특정화학물질의 직업성질환 최소 발생률 0.030%와 최대 발생률 0.803%에 대한 평균 0.4165%로 계산하였다.

- 직접편익 비용 산출

현재 조사된 디아니시딘 취급 근로자의 직업병 발생 가능율을 추정하면
 $15\text{명} \times 0.004165 = 0.06\text{명}$

산재발생시 1인당 직접손실비용 32,000,000원 $\times$ 0.06명으로 1,920,000원의 비용 편익이 발생함

- 간접편익 비용 산출

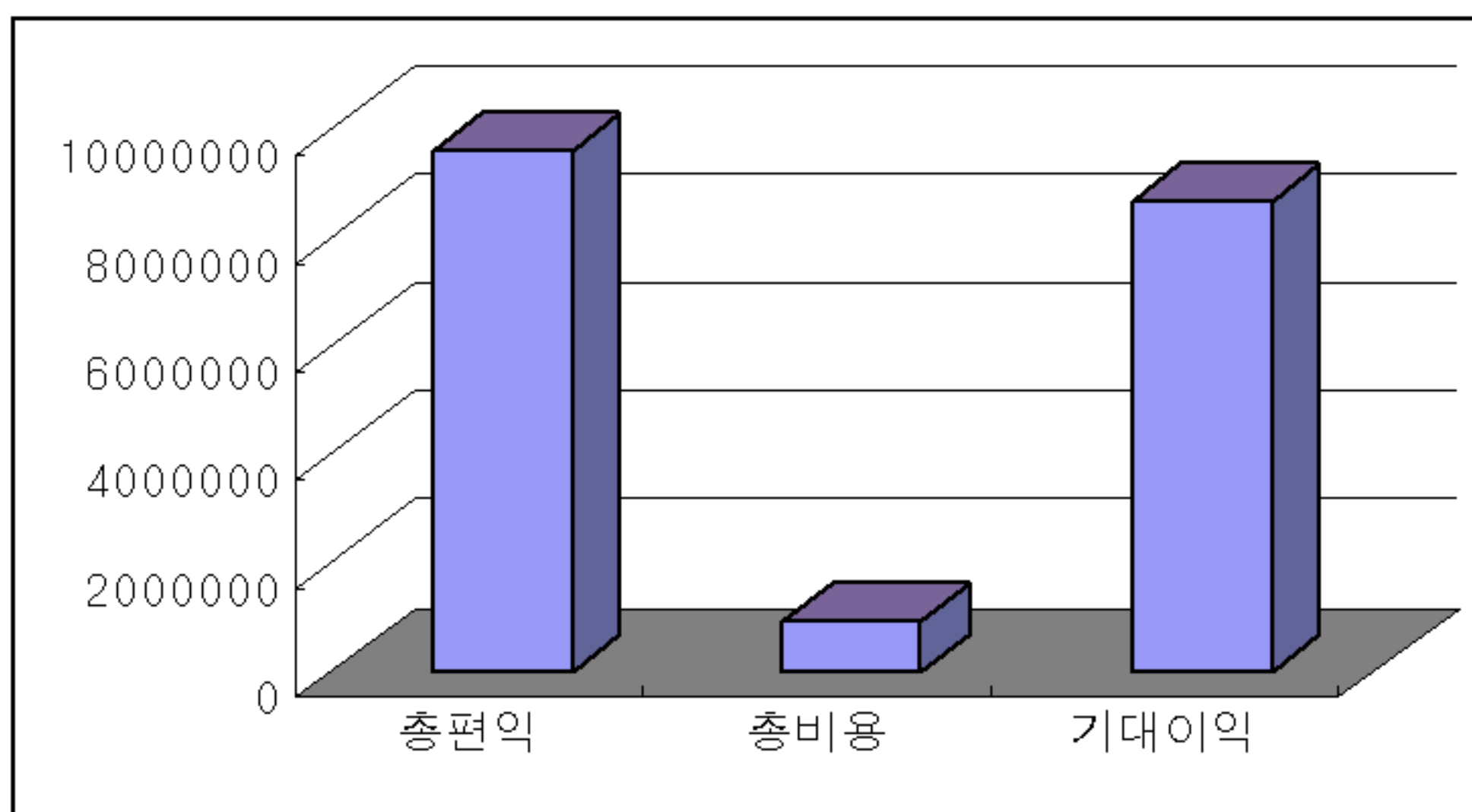
산재발생시 1인당 간접손실비용 128,000,000원 $\times$ 0.06명으로 7,680,000원의 비용 편익이 발생함

▶ 총편익 비용 = 직접편익비용 + 간접편익비용

$$9,600,000\text{원} = 1,920,000\text{원} + 7,680,000\text{원}$$

(3) 비용·편익의 비교 및 검토

노출기준 강화에 대한 비용·편익 비교결과 기대되는 이익이 8,673,000원으로 노출기준 강화시키는 것이 비용-편익적이다.



[그림 3-80] 비용-편익비교

마. 노출기준 제·개정 규제의 경쟁 제한적 요소 포함 여부

(1) 시장경쟁 제한요소 포함 여부

작업장에서의 유해요인에 대한 작업환경개선을 위한 기준과 작업환경측정 결과의 평가기준으로 사용하는 노출기준을 강화하는 것은 근로자의 건강을 보호하는데 기여함으로써 기본적인 인권의 보호라는 차원에서 의미가 있다.

(2) 기업활동 저해요소 포함 여부

노출기준 강화로 인한 작업환경이 쾌적하게 조성된다면 근로자들의 직업병 발생에 대한 불안감 해소, 기업에 대한 애사심 증대 등으로 생산력을 증가시키는 요인으로 작용할 수 있다.

바. 노출기준 제·개정 규제내용의 객관성·명료성

(1) 규제기준, 절차의 명확성

본 연구는 미국을 포함한 선진국(일본, 영국, 독일, 프랑스, 유럽연합 등)의 디아니시딘에 대한 노출기준 설정 배경 및 근거를 연구하였으며 국내에서 디아니시딘을 취급하는 사업장에서 근로자들의 노출 실태 파악 및 작업환경상태에 대한 조사를 통하여 경제적, 기술적 영건을 고려하여 설정하였다.

알디아니시딘 노출기준 개정에 대한 관계 전문가, 노·사 대표 등이 참석한 공청회를 거쳐 의견을 수렴한 기준이다.

노출기준 개정은 노동부 관련 고시를 개정해야 하는 것으로 향후 정부에서 고시 개정 절차에 따라 명확히 추진 하고자 한다.

(2) 규제의 법적근거 및 존속기한의 타당성 여부

산업안전보건법에서 유해인자의 관리 및 작업환경측정의 근거 법규가 존속하는 한 지속적으로 필요하므로 존속 기간의 설정은 부적절하다.

9. 취급근로자 건강장해 예방조치

가. 일반적 국소배기시설의 설치

(1) 국소배기 장치의 설치 및 관리

작업 특성상 디아니시딘을 취급하는 사업장은 대부분 염료 제조 사업자이다 따라서 디아니시딘의 증기에 직접 노출 될 상황은 커플링제로 디아니시딘을 투입하는 공정이 그 이외의 공정은 디아니시딘을 함유한 염료를 취급하는 공정으로 대부분 분진의 형태로 노출되며 피부를 통한 노출은 2개의 공정에서 모두 노출될 수 있다.

- 국소배기장치 후드는 작업방법, 디아니시딘 증기의 발산 상황 및 유기용제 증기 비중 등을 고려하여 디아니시딘의 증기를 흡인하기에 적당한 형식과 크기를 선택한다.

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

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

- 국소배기장치 설치 후드, 덕트, 공기정화장치, 배풍기, 배기구의 순으로 하며 흡인된 디아니시딘의 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 공기정화장치를 설치하지 아니한 국소배기장치 등의 배기구의 높이는 옥상 또는 옥상난간 상부로부터 1.5m 이상으로 한다.

- 디아니시딘 등을 포함하는 공기를 배출하는 국소배기장치에 공기정화장치를 설치할 때에는 교체흡착방식 또는 이와 동등 이상의 성능을 가진 공기정

화장치를 설치한다.

- 국소배기장치를 설치하는 경우에는 설비의 성능은 표3-36에서 정하는 제어풍속 이상이 되도록 한다.

<표 3-36> 국소배기장치의 제어풍속

물질의 상태	제어풍속(m/s)
가스상	0.5
입자상	1.0

※ 제어풍속이란 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우의 제어 풍속을 말한다.

※ 제어풍속은 후드의 형식에 따라 다음에서 정한 위치에서의 풍속을 말한다.

가. 포위식 또는 부스식에서는 후드의 개구면에서의 풍속

나. 외부식 또는 레시머식 후드에서는 유해물질의 가스·증기 또는 분진이 빨려 들어가는 범위 안에서 당해 개구면으로부터 가장 먼 작업 위치에서의 풍속

※ 디아니시딘을 투입하는 공정에서의 제어풍속은 가스상 물질에 대한 제어 풍속을 유지해야 하며 건조공정이나 포장공정에서는 입자상 물질의 제어풍속 이상을 유지해야 한다.

(2) 국소배기장치의 정상 가동

디아니시딘을 취급하는 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 유기용제 등의 증기가 발생되는 작업을 중단하거나 제한할 수 있도록 하고 급성중독의 위험이 있는 경우에는 관련시설 등의 가동이 자동적으로 중단되도록 한다.

- 작업이 종료된 이후에도 작업장 내에 유기용제 증기가 발생하는 제품 등이 있는 경우에는 유해·위험요인이 제거될 때까지 국소배기장치를 계속 가동한다.
- 국소배기장치의 가동여부를 수시로 확인하고 필요시 가동일지 등을 기록 보관한다.

(3) 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 처음 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

(4) 국소배기장치의 성능 부족 원인과 대책

국소배기장치의 정상가동을 위하여 표3-37과 같이 후드의 흡인능력을 조사하고 성능이 저하된 경우 적절한 대책을 수립한다.

<표 3-37> 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, 송풍 기의 동작 점 결정의 재평가
	계획된 풍량 부족	후드 개구부 면적, 흡인거리, 방해기류, 반 송속도의 재평가

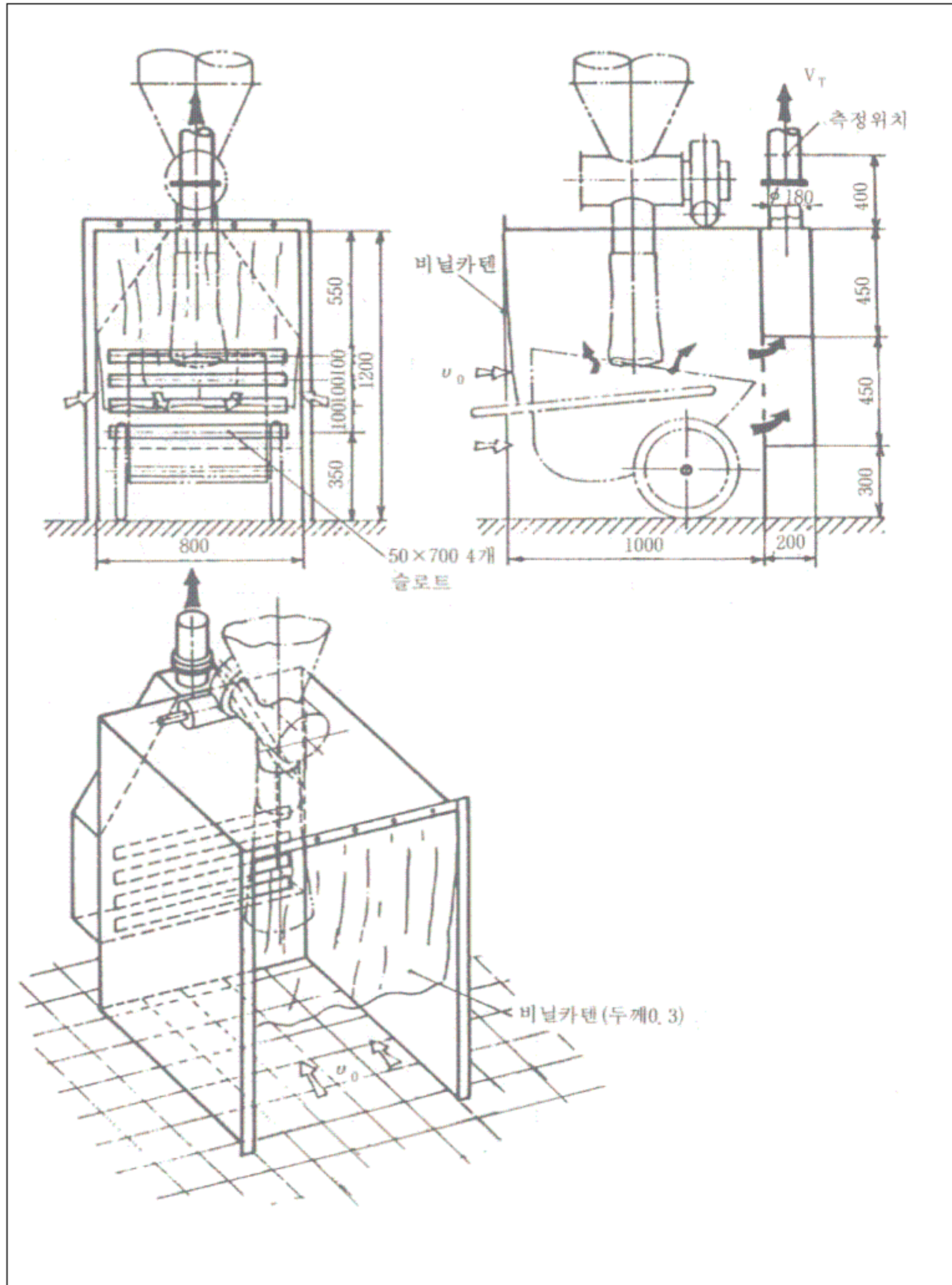
나. 작업공정 별 국소배기시설의 설치

(1) AZO계 안료 포장공정

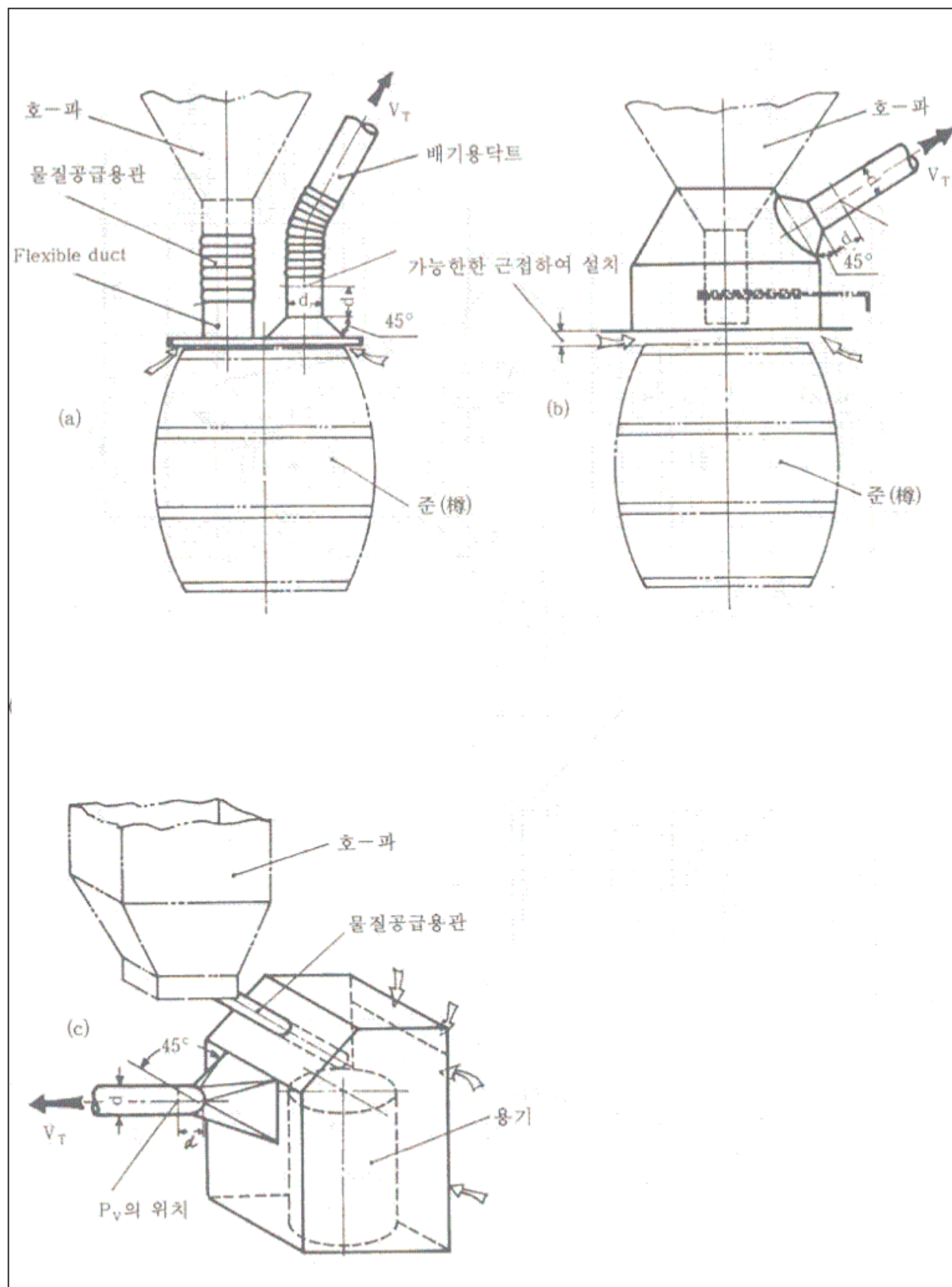
가) 수동 포장공정

작업자가 건조된 안료 cake가 분쇄되어 나오는 라인에 직접 호스를 연결하여 포
장용기 또는 포대에 담는 작업공정으로 대부분 상방향 또는 측방향 국소배기 장
치가 설치되어 있으나 그 효율이 매우 낮아 작업자에게 직접 노출되거나 작업장
내부로 확산될 수 있다.

분말상태의 제품을 혼합기 배출구에서 밸브를 조작하거나 수공구를 사용하여 용
기에 포장하는 작업으로 다량의 분진이 발생될 수 있다. 따라서 아래 그림과 같
이 Push-Pull형 후드, 포워 식 부스 형 후드, 포워 식 카머 형 후드를 당해 작업
공정의 작업방법, 작업설비나 기구 등 작업특성에 맞게 설치함으로써 작업 시 발
생되는 유해물질을 제어할 수 있다(그림3-81, 3-82, 3-83).



[그림 3-82] 포장공정용 부스 형 후드



[그림 3-83] 포장공정용 포위 식 커버 형 후드



[그림 3-84] 안료 수동포장 공정

그림 3-84는 수동포장 공정에서는 분쇄되어 나온 안료를 포장 포대에 주입하는 사람이 있고, 옆에서 무게를 계량을 하고, 포대의 포장 완료를 하는 근로자가 근무하는 모습이다.

측방향과 상방향으로 국소배기시설이 설치되어 있지만, 그 효율이 매우 낮아 분진의 비산이 효과적으로 관리되고 있지 못하고 있다.



용기의 뚜껑을
닫을 때를 위한 후드

↑
포장용기에
자동주입

[그림 3-85] 수동포장 공정에서 분진 비산을 최소화한 공정 모습

그림 3-84는 분쇄되어 나오는 안료 cake를 사람이 직접 라인하고 이어져 있는 호스를 잡고 작업을 하는 것(그림 3-85)이 아닌 포장용기에 안료를 자동으로 투입하는 장비의 설치로 수동으로 용기에 담은 후 무게를 계량하는 단계를 줄이면서 분진 비산을 최소화하였고, 바로 옆에 설치되어 있는 후드에서는 포장용기에 안에 있는 비닐케이스를 근로자가 묶고, 포장용기의 뚜껑을 닫는 작업을 위한 후드이다.

나) 화학반응 공정

화학반응 용기(Auto Clave등) 의 맨홀을 열고 원료를 주입하는 경우 맨홀의 외측에 포위식 건축 부스형이나 외부 식 후드를 설치하였으나 효율이 매우 낮음에 따라 반응용기 그 자체를 후드로 생각하고 내부에서 흡인하면 투입구가 포위식 건축 부스형 후드 개구 면이 되고 반응용기 내·외부의 압력의 차이에 의해서 발생된 유해물질 증기가 반응용기 밖으로 배출되는 것을 방지할 수 있다(그림3-86).



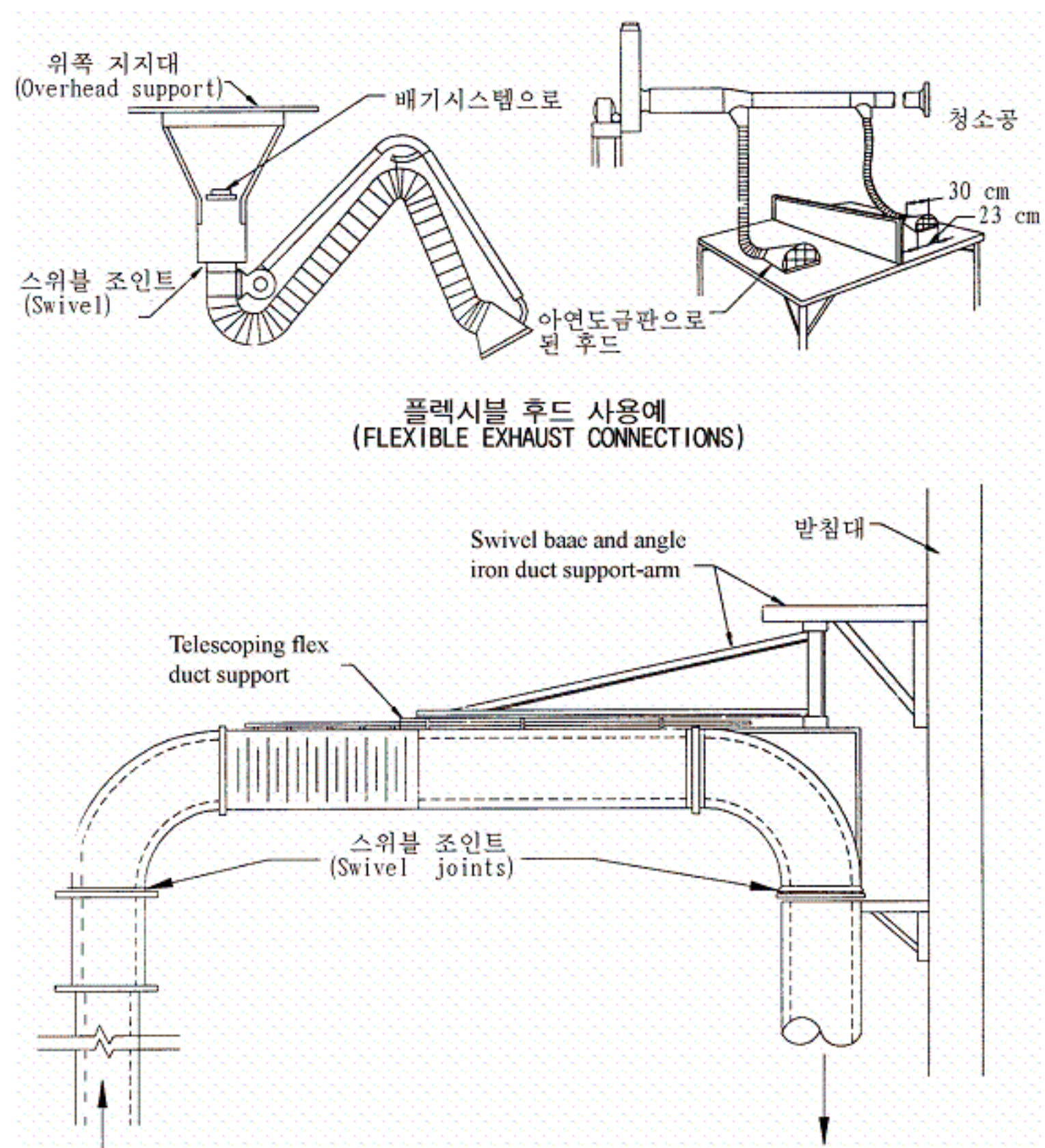
[그림 3-86] 반응기에서 유해물질이 배출되는 것을 대비한 후드설비

다) 투입 공정

분말상태의 중간제품에 디아니시딘이 들어있는 반응용기를 반응기 내에 수동으로 투입하는 공정으로 대부분의 작업장에서는 상방형 케노피형 후드가 설치되어 있어도 발생원과 거리가 멀리 이격되어 있어 낮은 제어속도와 발생된 증기를 제어할 때 작업자의 호흡기를 지나게 됨으로써 비효율적으로 사용되고 있으며 많은 시간동안 다량의 부원료를 투입함에 따라 반응기내에서 고농도로 발생되는 증기를 충분히 제어할 수 없음으로 기존에 설치되어 있는 송풍관(Duct)를 활용하여 그림 3-87, 3-88과 같이 외부식 장방형 후드를 설치하여 발생원 주변의 난기류의 차단을 통해 제어속도를 증가 시킬 수 있어 국소배기 장치의 효율을 극대화 할 수 있다.

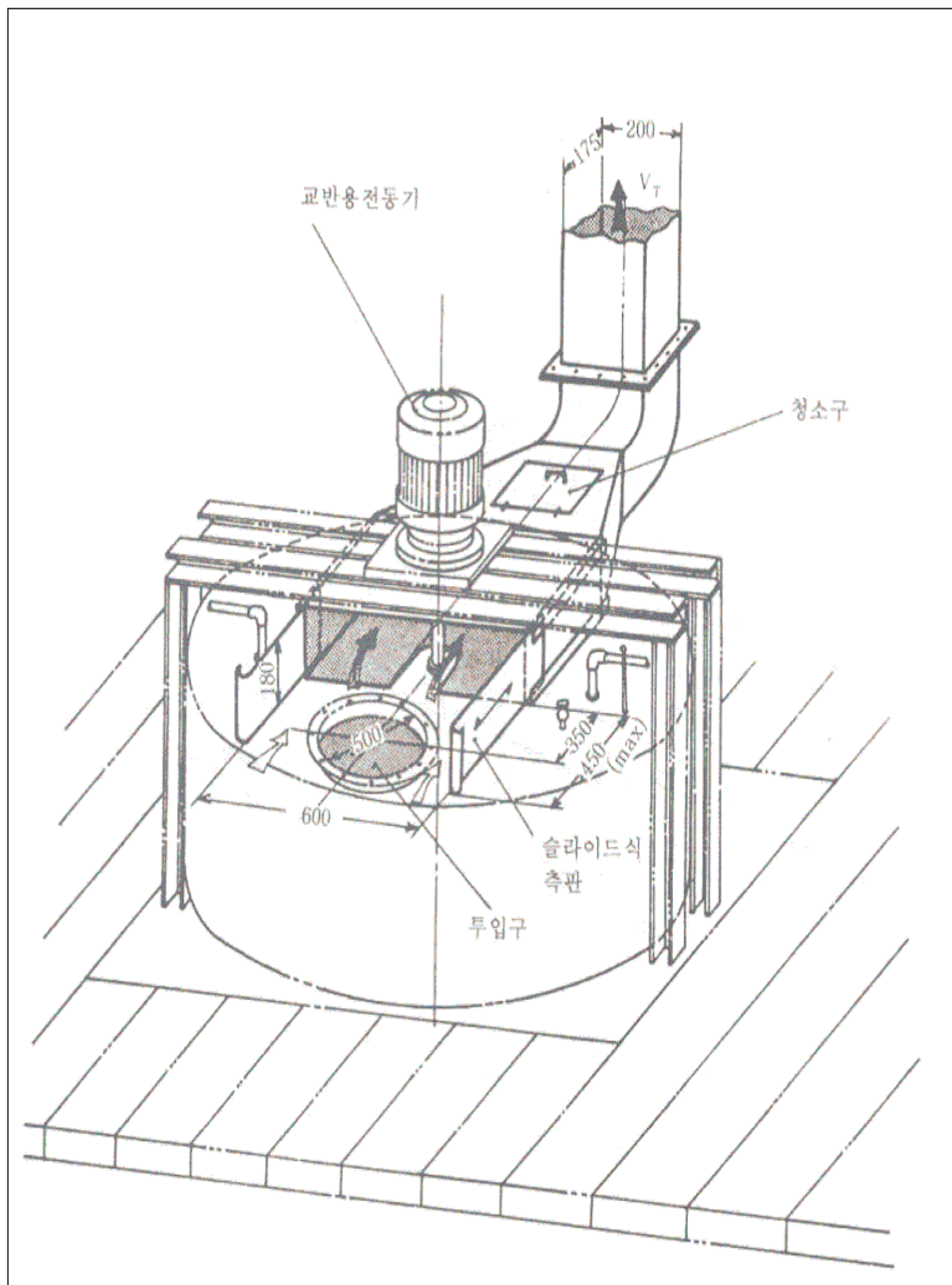


[그림 3-87] 이동가능한 후드 예



[그림 3-88] <이동배기 후드>

출처: 창원대학교 산업화기연구실, <http://vsds.x-y.net/mai>



[그림 3-89] 투입공정용 외부식 장방형 후드



[그림 3-90] 후드설비가 되어 있지 않은 디아니시딘 투입공정



[그림 3-91] 투입공정 상부에 설치된 국소배기설비

※ 후드가 없는 디아니시딘의 투입공정(그림3-89)의 경우 원료 투입시 분진 발생으로 인한 노출을 최소화하기위해 국소배기설비가 설치가 가능하다(그림 3-91).



[그림 3-92] 국소배기 유속점검

※ 원료투입 전에 국소배기설비의 작동상태를 확인하기위해 열선풍속계를 이용하여 국소배기상태를 점검한다(그림3-92).



[그림 3-93] 원료의 반자동 투입작업

※ 원료투입시 수동투입으로 인한 분진 노출을 최소화하기위해 반자동으로 원료를 투입한다(그림3-93).



[그림 3-94] 부원료 투입공정에 설치된 후드

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(그림3-95). 디아니시딘을 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 공정을

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.



[그림 3-95] 물질대체 사용 예

(2) 작업공정의 적정 배치

디아니시던 사용업무가 이루어지는 작업공정을 작업장 내에 배치시키는 경우에는 다음과 같이 관련된 기계 및 기구 등을 적절하게 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) 디아니시딘 분진 발산원의 밀폐

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

- 작업상 필요한 개구부를 제외하고는 완전히 밀폐시킨다.
- 디아니시딘의 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 디아니시딘 분진이 비산되는 경우에는 해당 부위에 국소배기장치를 설치하도록 하여 가능한 오염 발산원을 원천적으로 봉쇄한다. 또한 디아니시딘이 들어 있는 용기는 가능한 밀폐시켜야 하며 사용할 때만 열어 놓도록 한다. 흔히 디아니시딘 사업장에서 디아니시딘이 묻은 휴지나 형질을 개방된 쓰레기통에 그냥 버리는 경우가 많은데 반듯이 밀폐하도록 하고 자주 비워야 한다.

다. 취급 근로자 노출 방지 조치

(1) 개인위생 관리

디아니시딘의 피부폭로가능에 대하여 피부 노출에 따른 자극이 가능함으로 반소매 작업복착용을 제안 하는 등 주의가 필요하다(그림3-96).

디아니시딘을 취급하는 근로자는 담배를 피거나 화장실 시설을 사용하거나 화장품을 바르거나, 식사를 하기에 앞서 철저히 비누로 손, 팔, 팔뚝, 얼굴을 전부

씻어야만 한다.

근로자는 디아니시딘을 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 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.



[그림 3-96] 디아니시딘 취급 근로자 작업화

(2) 세수 및 세안 방법의 개선

작업자들이 작업을 종료한 후 손이나 얼굴에 묻은 안료를 닦기 위하여 사용하고

있는 것은 비누였다. 비누로 잘 닦이지 않아서 신나로 씻어내는 경우는 없었지만, 유기용제는 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.

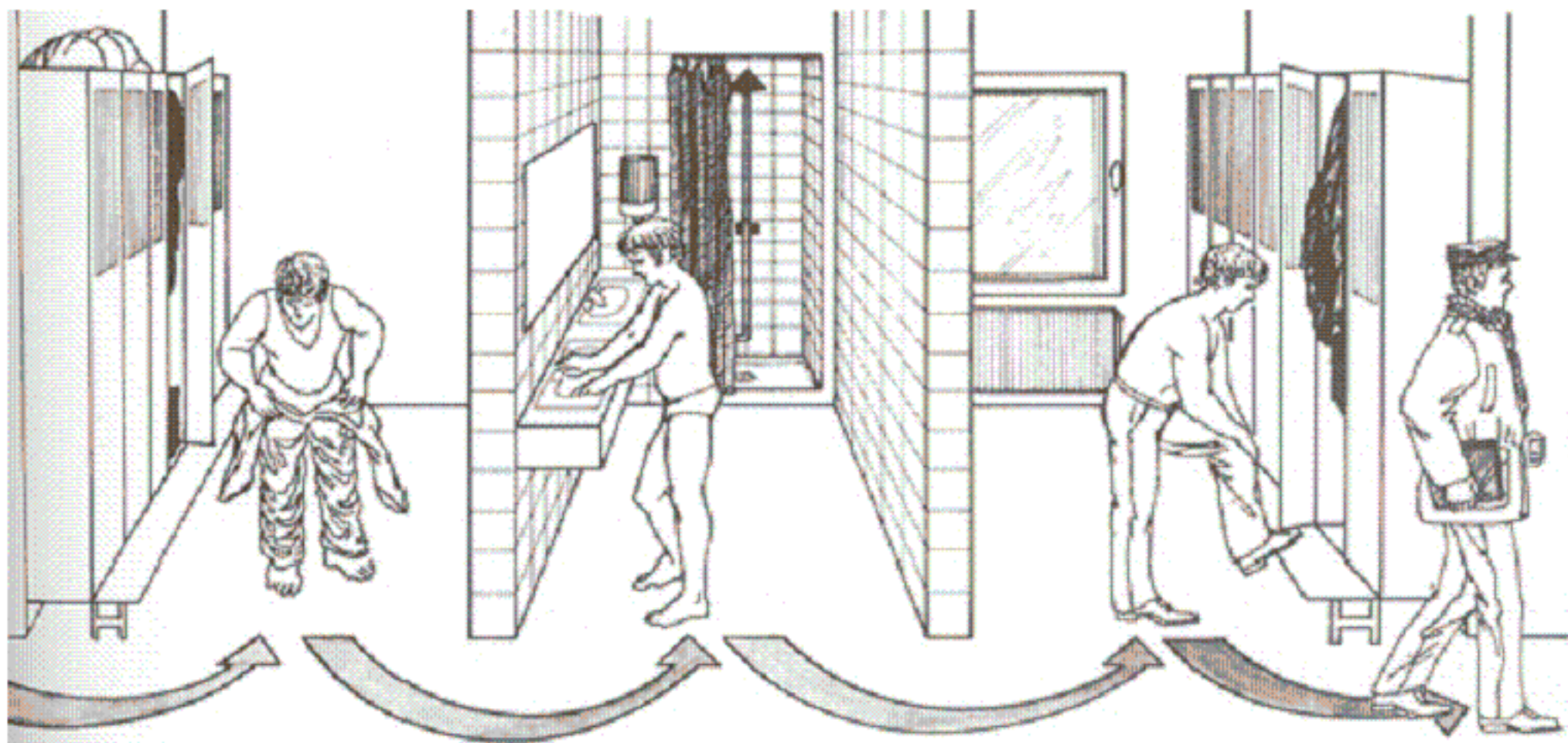
라. 취급 시 주의사항

디아니시딘 취급 작업장 내에서는 흡연을 하거나 음식물을 먹지 않는다.

작업을 실시한 후 식사를 하는 경우에는 손이나 얼굴을 깨끗이 씻고, 별도의 방에서 식사한다.

작업을 종료한 경우에는 샤워시설 등을 이용하여 손, 얼굴 등을 씻거나 목욕을 실시한다(그림3-97).

퇴근 시에는 작업복을 벗고 평상복으로 갈아입는다.



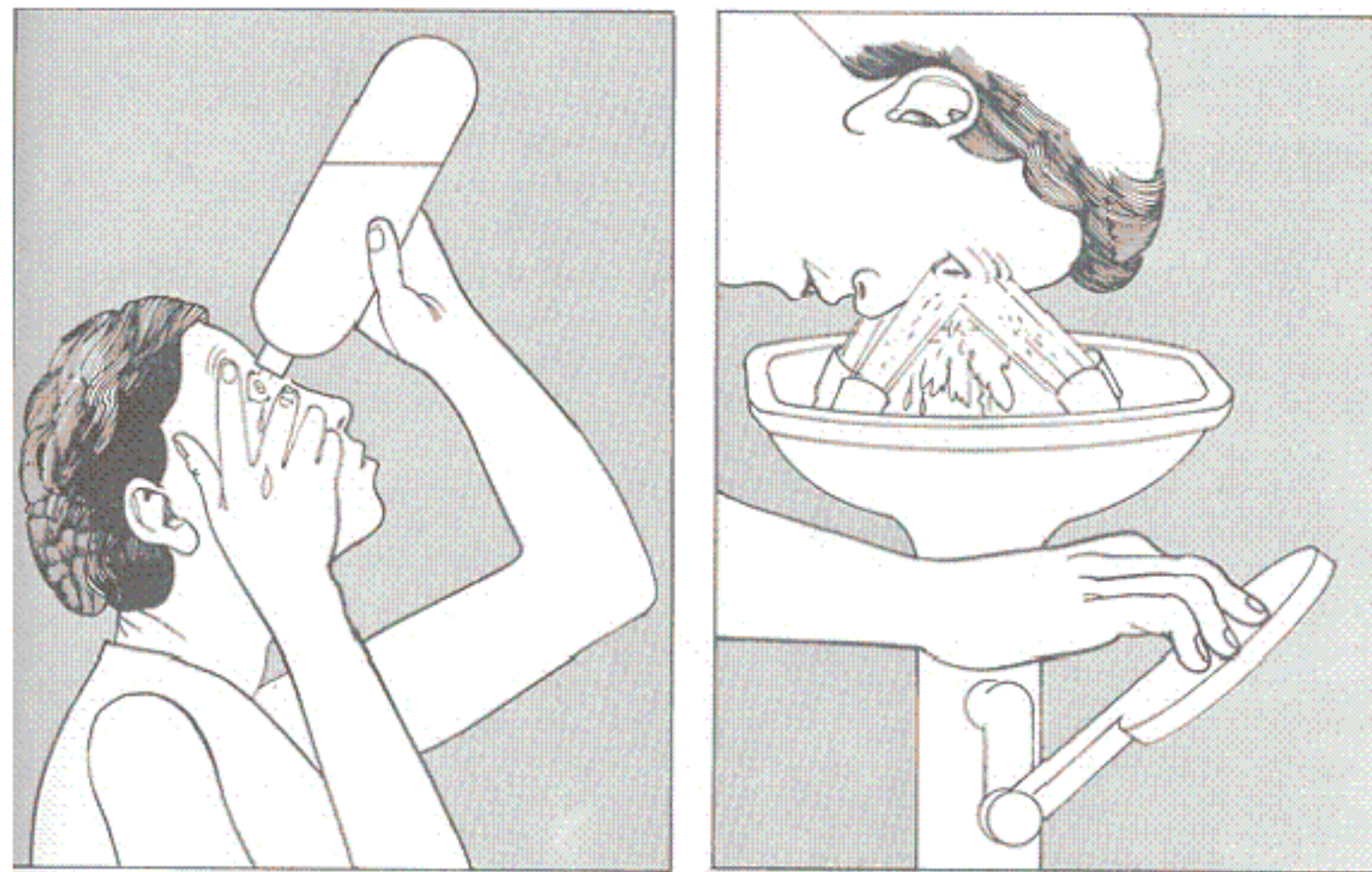
[그림3-97] 디아니시딘 취급 후 개인위생 관리

마. 응급조치 요령

디아니시딘 취급에 의한 긴급사고가 발생한 경우에는 다음과 같이 응급조치를 취해야 한다(그림3-98).

디아니시딘이 피부에 접촉되었을 때, 오염된 부위를 비누 또는 연성세제로 즉시 씻고 다시 한번 물로 씻는다.

디아니시딘이 눈에 들어갔을 경우 즉시 15분동안 물로 씻어주어야 한다.

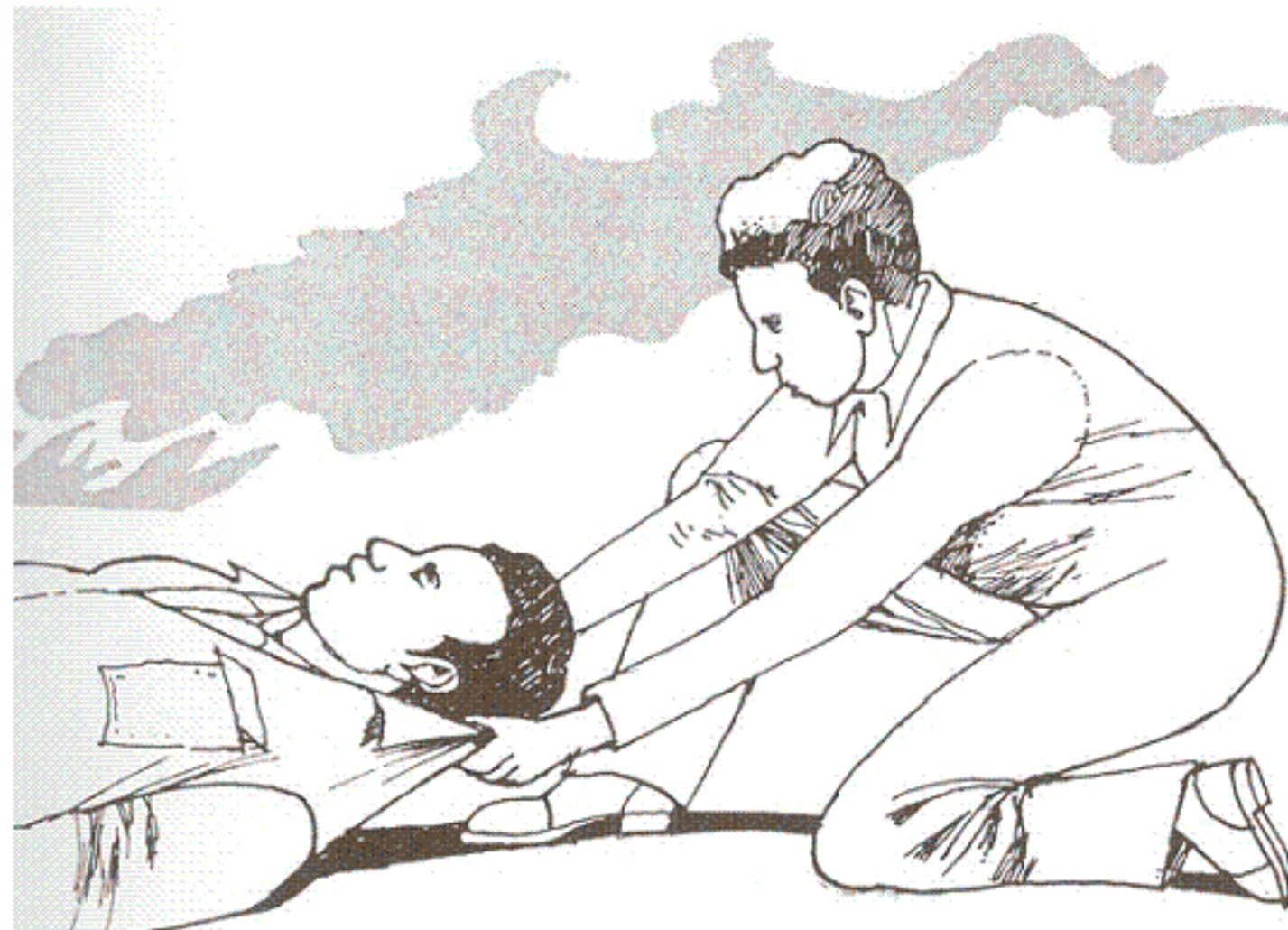


[그림3-98] 응급조치 요령

디아니시딘에 오염된 의류는 즉시 벗어야 하며 의류에 화학제품의 안전한 제거를 해야 한다. 옷을 세탁하는 근로자에게도 특별히 디아니시딘의 위험한 자극을 초래하는 잠재성을 알려주어야 한다.

저장 탱크내부의 청소 등에서 긴급사고가 발생한 때에는 급히 뛰어 들어가는 것을 금지하고 지체 없이 구조요청을 하여야 하며 구조 자는 필히 자급식 공기호흡기를 착용한 후 정확한 방법으로 구조작업을 한다.

환자는 즉시 통풍이 잘되는 평탄한 곳에 옮긴 후 머리를 낮추고 옆으로 눕히거나 엎드려 눕힌 후 환자의 옷을 헐겁게 풀어주고 입안에 구토물이 있는지의 유무를 확인하여 있을 경우에는 씻어내는 등 응급조치를 한다(그림3-99).



[그림3-99] 환자의 응급조치 요령

호흡이 정지된 환자는 지체 없이 의사가 올 때까지 인공호흡이나 산소 호흡기에 의한 호흡을 계속시킨다.

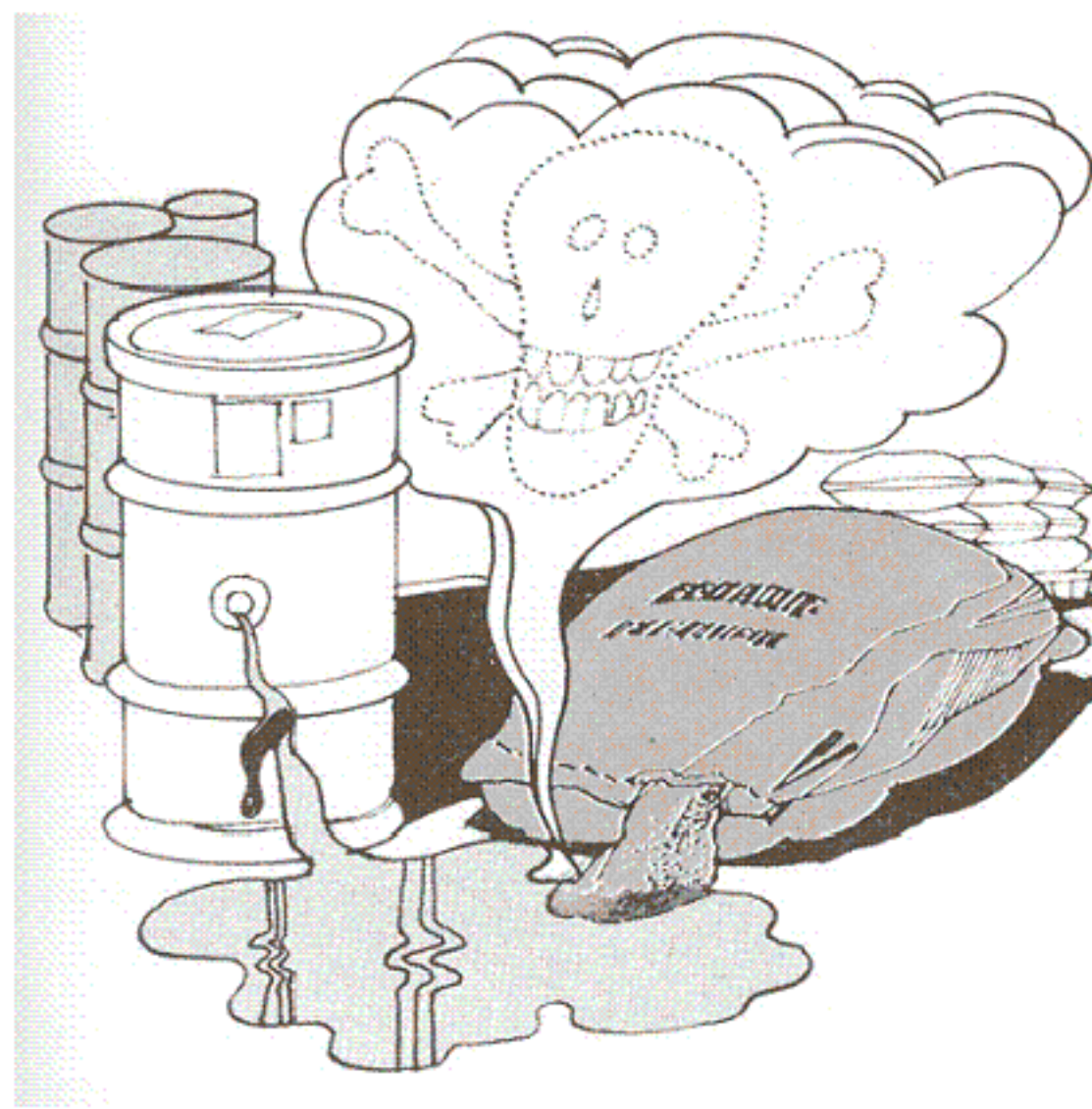
어두운 곳에서 사고가 발생한 경우에는 성냥 등의 화기사용을 금지하고 방폭 전등을 이용한다.

▶ 디아니시딘 저장 용기 등의 누출에 의한 긴급조치는 다음과 같다.

디아니시딘이 누출되는 경우에는 청소가 끝날 때 까지 보호 장비와 보호의를 입지 않은 근로자는 오염지역에 접근하지 못하도록 하며, 아래 단계를 실시한다.

- 누출된 물질을 만지지 않는다.
- 안전 인원을 배치한다.
- 열과 점화의 모든 근원을 제거하다.

- 대청소가 완전히 끝난 후 오염지역을 송풍시킨다.
- 디아니시딘이 분진이 바람에 날리지 않도록 차단해주어서 다른 지역으로 확산되는 것을 막아야 한다.
- 디아니시딘 고체나 액체를 처리할 경우 고여과 효율의 진공처리나 습식 방법을 이용한다. OSHA에서는 마른 걸레질이나 빗자루질은 금지하고 있



[그림 3-100] 누출 시 긴급조치 요령

바. 저장 및 보관 방법

디아니시딘은 산업안전보건법의 위험정보 기준에 따라 라벨을 붙이고 보관 장소 내에는 직사광선이 닿지 않고 통풍이 좋고 서늘한 장소에 저장한다.

디아니시딘을 전용의 저장창고 또는 구획된 장소에 보관하고 그 저장장소에는 관계 근로자 외의 출입을 금지시키는 설비를 설치한다.

디아니시딘을 넣은 불박이장, 선반 등은 쓰러지거나 용기가 낙하되지 않도록 고

정한다.

다이너지딘은 산업안전보건법의 위험정보 기준에 따라 라벨을 붙이고 보관 장소 내에는 직사광선이 닿지 않고 통풍이 좋고 서늘한 장소에 저장한다(그림3-101, 3-102).



[그림3-101] 다이너지딘 보관 요령



[그림3-102] 다이너지딘 입고 시 요령

디아니시딘이 누출 또는 비산되지 않도록 용기의 뚜껑을 항상 잘 닫혀있는지 확인을 하고, 용기를 개방하여 사용하는 경우에는 개방부위의 면적을 최소화할 수 있는 용기를 사용한다.

디아니시딘의 저장장소가 통풍이 불충분한 경우에는 배기구 등을 설치하여 증기가 체류되지 않도록 하여야 하며 배기구는 바닥에 가까운 장소에 설치한다(그림 3-103).

디아니시딘은 화기, 불꽃, 개방식화로 와 분리하여 저장한다.

디아니시딘을 저장하는 장소에는 관계자 외의 출입금지 및 인화성물질 반입금지 등의 경고표지를 게시한다.

디아니시딘을 넣었던 빈 용기는 밀폐하거나 옥외의 일정한 장소에 보관한다.

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



[그림 3-103] 디아니시딘 보관장소의 후드 설치 장면

사. 개인보호구

디아니시딘을 취급하는 장소, 작업환경개선이 불충분한 장소 또는 임시작업 장소에서 디아니시딘을 취급하는 근로자는 건강장해예방을 위하여 호흡용 보호구, 피부 보호구 또는 안전 보호 장구를 작업공정에 적합하도록 선택하여 착용하여야 한다(그림3-104).

(1) 호흡용 보호구

디아니시딘 분진을 제거하기 위한 호흡용 보호구는 방독마스크와 공기공급식 마스크로 대별되며 보호구의 종류별 취급요령은 다음 과 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 다음 과 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.

- 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.
 - 흡기면, 배기면, 안면 밀착부위에 공기가 새는 경우에는 신제품으로 교환한다.
 - 마스크는 작업자수와 동수 이상으로 준비하여 보관한다.

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



[그림 3-104] 디아니시딘 투입작업시 보호구

나) 공기공급식 마스크

공기공급식 마스크는 신선한 공기를 호스를 통하여 공급하는 송기마스크와 휴대용 공기봄베 또는 산소봄베가 장착된 자급식 공기호흡기가 있으나 자급식 공기호흡기는 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(그림3-105).

- 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 충분하게 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 3-105] 디아니시딘 투입작업시 송기마스크 착용장면

다) 호흡용 보호구 선정

- 검출한 농도에서
 - (APF = 10,000) 공기공급식 호흡기(에어라인, 연속흐름식)
- 대피 시
 - (APF = 50) 공기정화식(전면형)

※ APF(Assigned Protection Factor, 할당보호계수)

일반적인 PF(보호계수) 개념의 특별한 적용으로써 적절히 밀착이 이루어

진 호흡기 보호구를 훈련된 일련의 착용자들이 작업장에서 착용하였을 때 기대되는 최소 보호정도치를 말한다. 예를 들어, APF가 100인 보호구를 착용하고 작업자에 들어가면 착용자는 외부 유해물질로부터 적어도 100배 만큼의 보호를 받을 수 있다는 의미이다. 일반적으로 NIOSH와 미국의 ANSI(Z88.2-1992)에서 정하고 있다. 기대되는 공기중의 농도를 노출기준으로 나눈 값을 위해비라고 하는데 어떤 호흡기 보호구를 선정할 때는 위해비보다 APF가 큰 것을 선택해야 한다(표3-38).

$$APF \geq \text{공기중 농도/노출기준(HR, 위해비)}$$

<표3-38> 호흡기 보호구의 보호할당계수

호흡기 보호구의 종류	NIOSH	ANSI
공기정화식(비전동식)		
안면부 여과식 또는 1/4형	5	10
반면형	10	10
전면형(분진, 미스트, 흡용)	10	100
전면형(그외 다른 media)	50	100
공기정화식(전동식)		
반면형	50	50
전면형	50	1,000
느슨형	25	25
후드 또는 헬멧	25	1000
에어라인		
반면형 마스크		
· 폐력식	10	10
· 연속흐름식	50	50
· 압력식	1,000	50
전면형 마스크		
· 폐력식	50	100
· 연속흐름식	50	1000
· 압력식	2,000	1,000
느슨형 마스크	25	25
후드 또는 헬멧	25	1,000
SCBA		
폐력식	50	100
압력식	10,000	10,000

※ 그림3-106 ~ 그림3-110 참조

※ IDLH(Immediately Dangerous Level to Health, 생명 또는 건강에 즉각적인 위협을 초래하는 농도)

1970년 중반 NIOSH와 OSHA가 공동으로 호흡기 보호구를 선정하는 데 사용하기 위하여 제정한 것으로 초기에는 398개의 화학물질에 대한 기준농도를 제정하였으나 현재는 새로이 250개의 화학물질에 대한 IDLH가 추가 제정되었다.

IDLH를 제정하는 데 있어서 IDLH 이하의 농도에서는 30분 동안 노출되어도 비가역적인 건강장해를 일으키지 않는 농도를 기준으로 하였고, 그 이상의 농도에 노출될 때에는 보호성능이 매우 좋은 호흡기 보호구를 착용하도록 하였다.

IDLH를 정한 목적은 호흡기 보호구에 결함이 생겼을 경우, 예를 들면 호흡기 흡수관에 오염물질이 들어간 경우나, 송풍식 호흡기 보호구에 공기가 통하지 않는 경우에 피신하기 어렵게 되거나 비가역적인 건강장해를 일으키는 일이 없도록 즉시 피신하게 하기 위함이다. 피신을 방해하는 요인으로 눈과 호흡기의 심한 자극작용, 그밖에 지남력 상실과 협동운동장애 등을 생각할 수 있다. 대부분의 경우, 특정 작업장에서 밖으로 빠져 나오는데 30분이 걸리는 경우는 별로 없지만 안전을 도모하는 듯에서 IDLH값은 30분동안 노출되었을 때에 나타나는 작용으로 한 것이다.

발암성물질에 대한 IDLH값은 설정되어 있지 않다.



[그림3-106] 반면형 마스크



[그림3-107] 전면형 마스크



[그림3-108] 각종 정화통



[그림3-109] 공기공급식 에어라인 마스크



[그림3-110] 공기통식 에어라인 마스크

라) 방진마스크

비교적 물질의 입자가 커서 육안으로 확인이 가능한 입자상의 물질을 걸러 주는데 목적이 있기 때문에 대부분이 공기 여과식 형태의 마스크를 사용하고 있다 방진 마스크는 사용목적에 따라 일반적인 먼지를 걸러주는 [분진용], 작은 액체방울 형태의 미스트를 걸러주는 [미스트용], 납땀이나 용접작업시 발생되는 흠을 걸러주는 [흠용] 등으로 구분할 수 있는데 대부분은 입자의 크기가 비슷한 분진과 미스트를 동시에 걸러주는 겸용형태(분진용/ 미스트용)를 사용하고 있으며 흠용을 겸용하는 경우도 있다(그림3-111).

방진마스크는 마스크의 형태에 따라 반면형과 전면형으로 나눌 수 있다. 반면형 마스크는 눈을 보호할 수는 없고 호흡기로 흡입되는 분진만을 제거해주며 일정한 주기로 필터 등을 교체해 주는 보수형과 필터교환이 필요없는 1회용 무보수형 마스크 등이 있는데 착용에는 다소 편리한 점이 있지만 눈과 얼굴, 피부를 보호 할 수 없다는 것과 얼굴과의 밀착성이 떨어진다는 단점이 있다.

전면형 마스크는 눈을 포함하여 얼굴 전체를 보호 할 수 있는 형태로 되어 있고 얼굴과의 밀착성은 양호하지만 안경을 낀 사람은 착용이 불편하다는 단점이 있다.

▶ 방진마스크 사용상의 제한점 및 주의사항

① 즉각적으로 생명과 건강에 위험을 줄 수 있는 농도 (IDLH)에서는 착용해서는 안된다.

② 분진, 미스트, 흙 등이 문제되는 작업장에서만 착용해야 하며 증기 또는 가스상의 유해물질이 공존하는 곳에서는 방진마스크만을 착용해서는 절대 안되고, 방독마스크에 방진 필터가 부착된 조합형 마스크를 착용해야 한다.

③ 공기중 산소농도가 18 % 이하인 산소결핍장소에서는 착용해서는 안된다.

④ 얼굴에 손수건 등을 대고서 마스크를 착용하면 방진효율이 떨어지기 때문에 주의해야 한다..

⑤ 독성이 아주 높은 분진(허용농도<0 .05 mg/m³) 또는 방사선 분진, 석면 분진 등이 발산되는 작업장에서는 고효율 필터가 내장된 방진마스크를 착용해야 한다.

⑥ 필터를 자주 갈아주어 일정한 포집효율을 유지해주어야 한다.

⑦ 마스크의 고무 면체에 의해 안면부에 알레르기성 습진 등이 생길 수 있으므로 얼굴을 청결히 하고 땀을 자주 닦아주어야 한다.

▶ 보호구 관리요령

① 면체의 손질은 중성세제로 닦아 말리고 고무부분은 자외선에 약하므로 그늘에서 말려야 하며, 신나 등은 사용치 말아야 한다.

② 필터의 이면이 더러워지면 필터를 교체하는 게 가장 이상적이나 여의치 않을 경우 세게 털지 말고 가볍게 두들겨주어 표면의 정전기력을 보호해주어야 한다.

③ 보관은 전용 보관상자에 넣거나 깨끗한 비닐봉지 등을 이용하여 습기를 막아 주어야 한다.



분진, 미스트, 흡 등의 입자상물질을
걸러줄 수 있는 반면형 방진 마스크
(분진/ 미스트/ 흡용)



필터의 교체가 가능한 반면형
방진마스크(분진/ 미스트/ 흡용)



얼굴 전체와 눈을 보호할 수 있는
전면형 방진마스크

[그림3-111] 방진 마스크의 종류

라) 작업장 호흡기 보호 프로그램

① 프로그램의 책임

- 사용주의 책임

노출위험성의 평가

: 사용주는 작업장에서 작업자에게 노출될 수 있는 모든 위험성을 평가해 주어야 한다. 정기적인 작업환경측정을 통하여 유해물질의 작업장 농도를 TWA 및 ceiling값으로 측정하고 기록으로 남겨두어야 한다. 샘플링은 개인시료 샘플이 우선되어야 한다.

사용 전 밀착도 검사

: 비록 현재 법적인 규정은 없지만 밀착도 검사는 착용자의 건강을 위해서는 반드시 필요한 조치이다. QNFT 우선되어야 하지만 이것이 어려우면 적어도 QLFT만이라도 실시해야한다.

보호구에 대한 검사

: 자주 호흡기 보호구를 검사해야 한다. 사실 호흡기를 보호하기 위해서는 보호구를 착용하는 것보다 좋은 방법은 없다. 정기적인 검사는 다음 사항이 필요하다,

- 적절한 보호구를 선택하였는가?
- 적합하게 착용은 하고 있는가?
- 착용자에 대한 컨설팅 : 편안함 정도, 호흡저항 정도, 피로도, 시계의 제한여부, 의사소통 제한여부, 움직임에 불편함여부, 작업수행 제한여부, 착용에 대한 수요여부 이 외에도 보호구의 검사, 보관, 관리 등이 포함되어야 한다.

- 착용자의 책임

보호구를 착용하는 각 개인도 다음의 책임이 있다.

- 매번 착용할 때마다 밀착도 체크(fit check)를 실시해야 한다.
- 지시대로 착용해야 한다.

- 보호구가 손상되지 않도록 잘 관리해야 한다.
- 착용하고도 유해물질로부터 보호가 안 된다고 생각되면 즉각 그 장소를 탈출해야 한다.
- 보호구가 제대로 작동하지 않으면 담당자에게 즉각 보고해야 한다.

② 프로그램의 구성요소

- 행정

적절한 보호구를 작업자들에게 제공하는 것은 단순한 일이지만 중요한 것은 부적절한 보호구는 착용자의 건강을 해치거나 심지어 죽음에 이르게 할 수 있다는 점에서 가볍게 다룰 문제가 결코 아니다. 그래서 호흡기 보호 프로그램은 호흡기 보호구에 대한 훈련을 받고 작업환경의 위험성을 정확히 판단할 수 있는 사람이 담당해야 한다. 전체적인 프로그램의 담당자는 한 사람이 맞는 것이 좋으며 보건관리자인 산업위생기사나 산업의사, 안전관리자인 안전기사가 적절하다(그림3-112, 3-113).

한 사이즈가 모든 작업자의 얼굴에 맞을 수 없기 때문에 가능하면 여러 브랜드의 여러 사이즈를 구매해야 하며 또 착용자의 착용감과 수용여부를 고려해야 한다. 단지 가격 하나만 고려하여 구매하는 것은 바람직하지 않다.

- 구성요소

- 프로그램의 문서화 : 위험요소, 훈련프로그램, 세척·검사·보관 등 관리, 구매관련내용, 화재 등 응급상황, medical surveillance 등을 문서 파일로 만든다.

- Medical surveillance : 보호구 착용자는 반드시 의사로부터 보호구 착용시 건강상 문제가 없는지 검사를 받아야 한다. 검사는 신체적, 심리적 검사가 병행되어야 하며 보호구 착용으로 생리적 변화가 있는지도 검사해야 한다.

- ▶ 호흡기 질환의 병력 : 천식, 폐기종, 만성 폐질환은 보호구 착용시 위험

- ▶ 직업력 : 석면, 규소, 먼분진, 베릴륨 등 폭로여부, 과거 직업, 정상작업시 건강문제, 과거 보호구 착용으로 생긴 건강문제

- ▶ 기타 정보: 밀실공포증 같은 심리적 건강문제, 신체적 결함이나 비

정상, 약물복용 여부, 고열작업시 심박동 증가 정도

▶ 감독자, 착용자에 대한 훈련 : 훈련 프로그램에는 여러가지 사항이 포함되어야 하지만 가장 중요한 것은 호흡기 보호구를 착용해야 하는 필요성과 이유를 가능하면 많이 설명하는 방향으로 훈련되어야 한다. 이것은 착용자로 하여금 보호구를 적절하게 착용하고 관리하려는 동기를 유발하게 하기 위함이다. 보호구를 착용하면 호흡저항이 생기고 불편하기 때문에 작업자가 기피하려는 것은 당연하며 이를 극복하고 보호구 착용을 수용하려면 많은 시간과 노력이 필요하다.

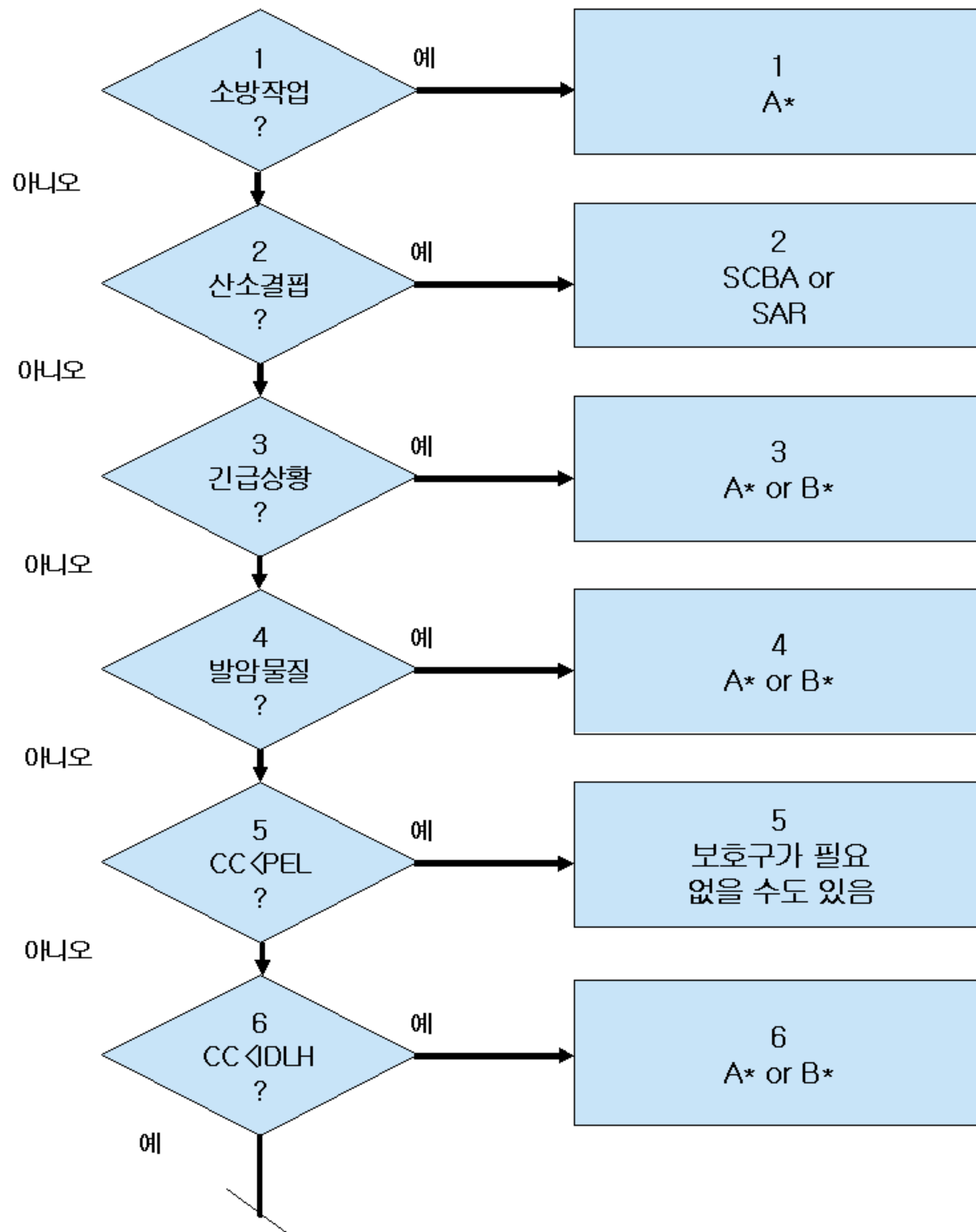
▶ 밀착도 검사 : 현재 우리나라 법에는 규정되어 있지 않으나 착용자의 건강을 위해서는 반드시 필요하다. 우선적으로 QNFT를 권하지만 고가 측정기와 훈련이 필요하다. 이것이 어려우면 현장접근이 용이하고 가격이 저렴하며 측정이 간단한 QLFT라도 반드시 실시해야한다.

▶ 검사, 보관, 취급방법 : 보호구에 대한 검사방법, 세척방법, 보관 방법 등 관리방법이 구체적으로 실시되어야한다(표3-39).

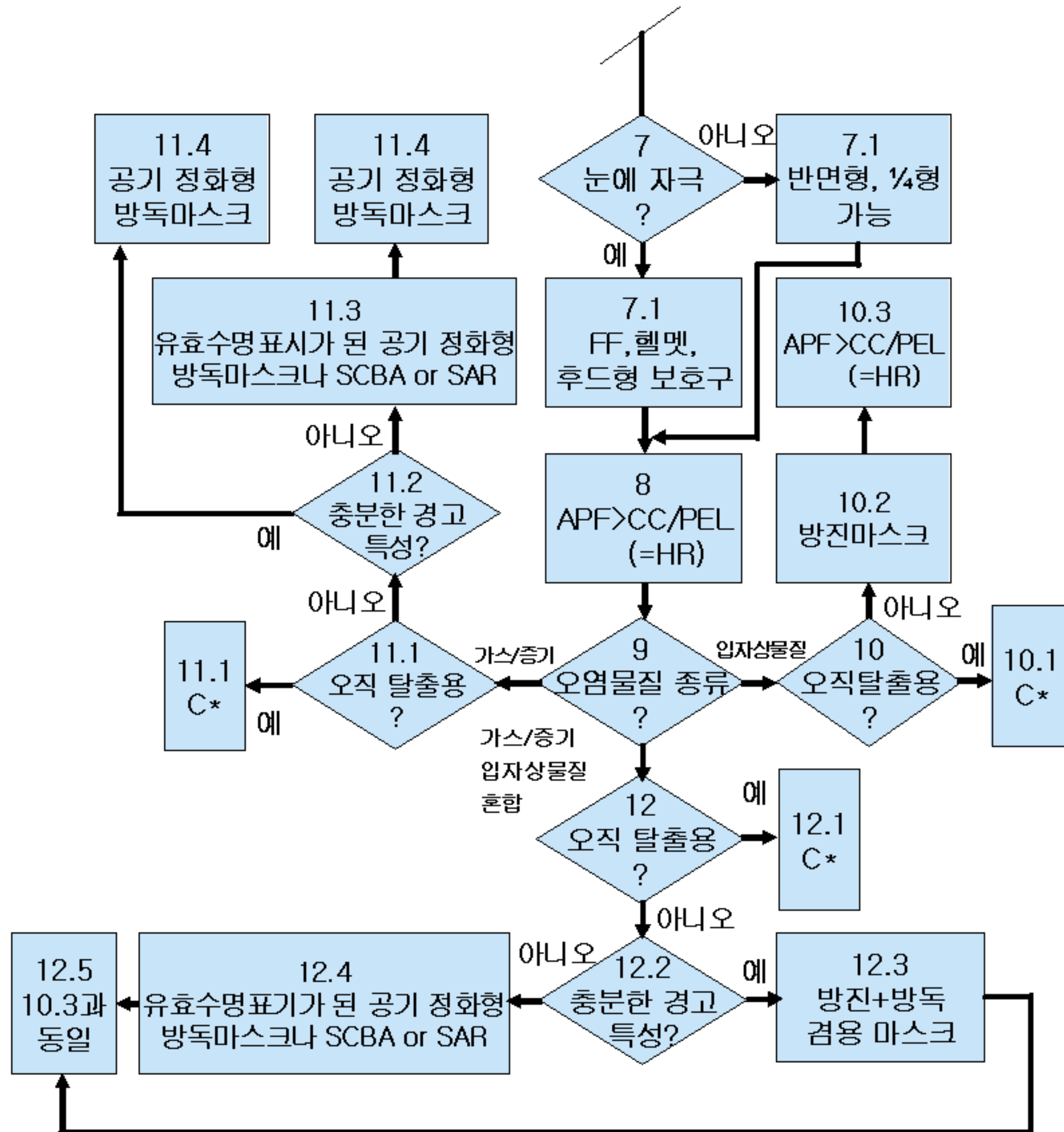
〈표 3-39〉 개인보호구 점검표

점검내용	예	아니오
당신이 맡은 업무에서 필요한 개인보호구중 어떤 것이 정 부규격에 합격한 것인지 알고 있습니까?		
당신의 사업장에서 규정 및 개인보호구의 올바른 사용방법 에 대한 실습교육을 알고 있습니까?		
특수한 업무 분야에서 개인보호구 사용기준 및 규칙을 알 고 있습니까?		
개인보호구 프로그램에 대하여 경영진이 관심을 갖고 참가 합니까?		
개인보호구 규정 및 사용절차에 대하여 근로자 또는 안전 보건위원회, 대표자들이 재조사 및 검토를 하였습니까?		
개인보호구 착용 필요성에 대하여 근로자 또는 안전보건위 원회, 대표자들이 재조사 및 검토를 하였습니까?		
개인보호구 착용 필요성에 대하여 근로자, 안전보건위원회 대표자가 잘 알고 있습니까?		
화학물질을 사용하여 작업할 때 MSDS(화학물질유해성분 표시공개제조)및 표시라벨, 어떠한 개인보호구가 필요한지 알고 있습니까?		
작업에 알맞는 개인보호구 사용 및 올바른 사용방법에 대 하여 교육받았습니까?		
개인보호구 사용법에 관한 토론에 참여하였습니까?		
적정한 수의 개인보호구를 선택하여 확보하고 있습니까?		
근로자가 사용하기에 편리하도록 만들어져 있습니까?		

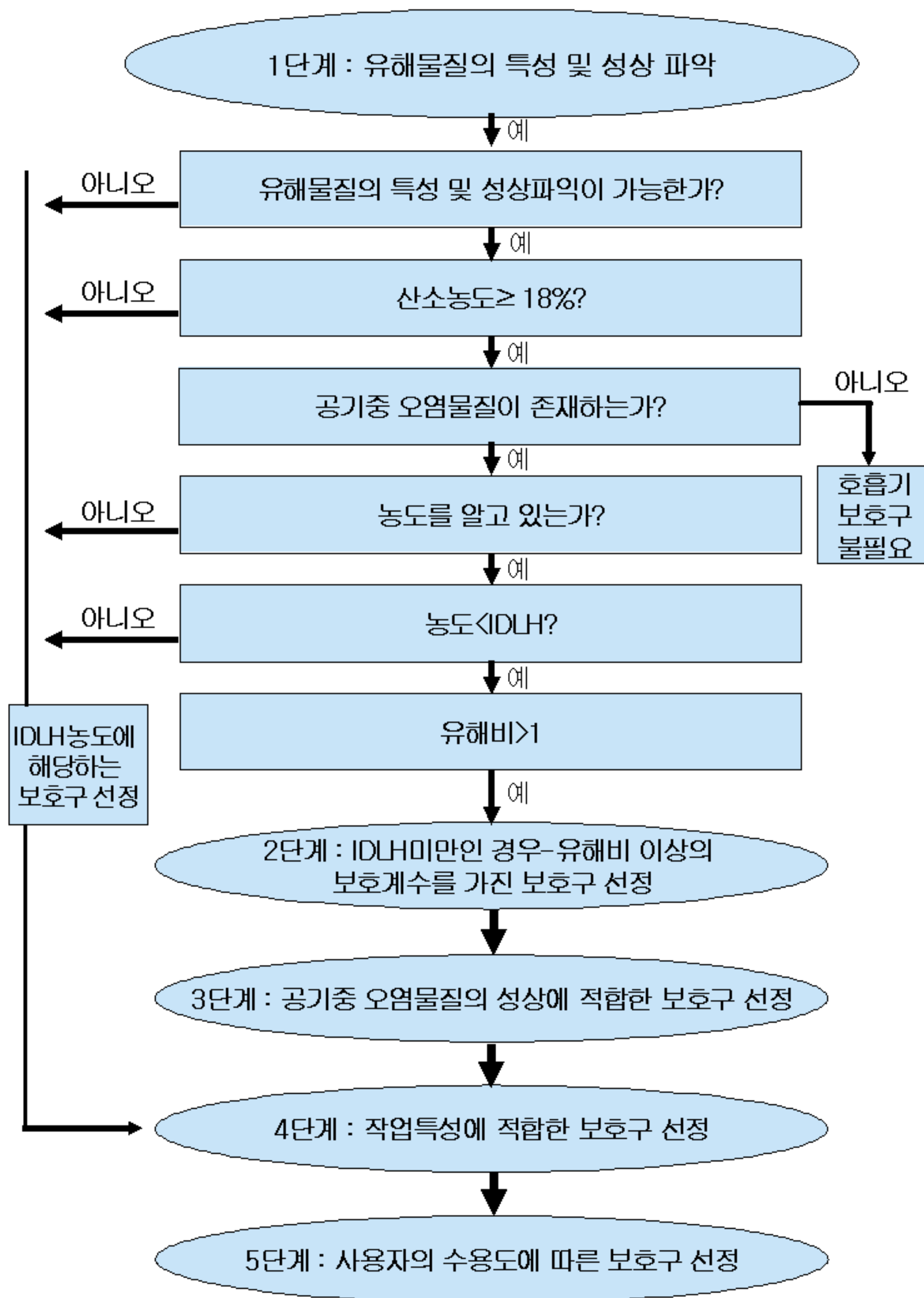
귀하가 지금 사용하고 있는 보호구는 합격된 제품입니까?		
귀하가 지금 사용하고 있는 보호구를 착용하였을때 잘 맞습니까?		
개인보호구가 효능을 잘 발휘하고 있는지에 대한 검사에 대한 교육을 받았습니까?		
사용후 보관 및 청소를 잘하고 있습니까?		
사용을 권장하기 위한 상품을 받은적이 있습니까?		
사용기간이 완료되거나 닳은 설비를 재교부 받기 위해 반환한 적이 있습니까?		
정기적으로 개인보호구를 유지관리합니까?		
개인보호구 프로그램 기록 사용법이 있습니까?		
매년 개인보호구 사용과 선택 필요성을 재평가 하기 위한 재검토 프로그램이 있습니까?		



[그림 3-112] NIOSH의 호흡기 보호구 선정방법(계속)



[그림 3-112] NIOSH의 호흡기 보호구 선정방법(계속)



[그림 3-113] 우리나라 호흡기 보호구의 사용지침 흐름도

(2) 피부보호구

근로자는 유기화합물이 피부에 접촉되지 않도록 보호의 · 보호 장갑 및 보호 장화를 착용하여야 한다.

피부보호구는 다음 각 호의 사항을 고려하여 불 침투성 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

비산물 또는 유해한 액체로부터 보호되는 보안경을 착용한다.

잠재적으로 눈 또는 피부접촉이 되었을 때, 즉시 긴급조치를 할 수 있게 가까운 장소에 분수식 눈 세척시설 및 샤워 식 비상 세척설비를 설치한다.

(4) 안전장갑

○ 적당한 내화학적 장갑을 착용하다(그림3-114, 3-115).



[그림 3-114] 디아니시딘 취급 근로자 보호장갑



[그림 3-115] 디아니시딘 취급시 보호장갑 착용전 면장갑 착용장면

(5) 보호의

○ 적당한 내화학성 보호의를 착용한다(그림3-116).



[그림 3-116]디아니시딘 취급하는 모습

사. 폐기물 처리

디아니시딘을 사용한 후, 빈 용기는 지정된 장소에 버리며, 다른 원료의 포장재나 용기 또한 지정된 장소에 버린다(그림3-117, 3-118).



[그림 3-117] 디아니시딘이 담겨 있던 통의 폐기물 처리



[그림 3-118] 원료 사용 후 폐포장재를 모아둔 장면

자. 기타 내용

(1) 작업관리

가) 작업계획수립 및 표준작업관리지침 작업

디아니시딘을 취급 작업에 근로자를 종사케 하는 경우에는 작업계획 수립 시 디아니시딘의 유해 · 위험성 여부를 우선적으로 고려하고, 디아니시딘 작업공정에 대하여는 다음 내용을 포함하는 표준작업관리지침을 마련하여 근로자가 이에 따

라 작업하도록 하여야 한다.

- 디아니시던 분진 발생 억제조치에 관한 사항
- 해당시설 및 설비 등에 설치된 국소배기장치의 적절한 가동과 비정상 가동 시 조치요령 등에 관한 사항
- 보호구의 착용 시기, 착용요령 및 관리방법
- 디아니시던 비산시의 조치사항
- 디아니시던 분진에 대한 근로자 노출 방지대책 등

나) 교육

- 채용 시 교육 및 작업내용 변경 시 교육은,
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

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

- 당해 작업장에서 사용하는 디아니시딘에 대한 물질안전보건자료에 관한 사항
 - 당해 작업장에서 제조 또는 사용되는 디아니시딘의 물리·화학적 특성
 - 디아니시딘에 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 이행으로는 디아니시딘을 취급하는 근로자는 특별안전보건교육 내용을 충분히 숙지하고 이를 성실히 이행하여야 한다.

다) 명칭 등의 게시

디아니시딘의 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 디아니시딘을 포함한 모든 유해물질에 대하여 물질안전보건자료를 작성하여 취급 근로자가 쉽게 볼 수 있는 장소에 비치하고 필요

시 공정관리요령을 게시하여야 한다(그림3-119).



[그림 3-119] 디아니시딘 취급사업장에 물질안전자료 비치 장면

- 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.
- 디아니시딘을 행하는 근로자의 안전 · 보건을 위하여 디아니시딘이 담겨 있는 용기나 포장에는 경고표지를 부착하여야 한다.

(2) 건강관리

가) 건강진단 주기

- 기본주기 및 대상자

디아니시딘에 노출되는 작업부서 전체 근로자에 대한 특수건강진단 주기는 1년에 1회 이상으로 한다.

- 집단적 주기 단축 조건

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

- 디아니시딘에 의한 직업병유소견자가 발견된 경우
- 배치전건강진단후 첫 번째 특수건강진단
6개월 이내에 근로자 개별적으로 실시하되, 배치전건강진단 실시후 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 : 신장 및 요로계, 호흡기, 피부에 유의하여 진찰
 - 임상검사
 - ① 혈액학적 검사 : 혈색소량, 혈구용적치
 - ② 요검사 : 단백뇨, 요침사현미경검사
 - ③ 간기능검사 : 혈청지오티, 혈청지피티, 감마지티피
- 선택항목
 - 요세포 검사 (파파니콜라우 검사) : (아침 첫 소변채취)
(통상 10년 이상 당해물질에 노출된 경력이 있는 자)
 - 뇨세포검사(파파니콜라우 검사)
- 검사의 의의

- 뇨세포검사의 목적은 세포 진찰로 요로계암(특히 방광암)을 검사하는 것이다.
- 정상적으로도 인체 각 장기를 싸고 있는 세포(방광 등)는 자연적으로 떨어져 나오게 마련이나, 악성종양이 되면 세포간의 응집성이 떨어져서 더욱 쉽사리 탈락하게 된다.
- 방광암은 방광상피에서 발생하여 일부세포가 떨어져 소변 속에 나온다. 그것을 염색하여 현미경으로 조사한다.
- 이 검사는 방광암에 대한 스크리닝 검사이므로 의심이 되면 방광경검사를 시행한다. 그러나 벤지딘 등에 의한 방광암은 방광경에서는 음성이지만 뇨세포검사에서는 양성인 수도 있으므로, 주의깊게 추적검사를 한다.

※ 벤지딘 등에 의한 방광암은 일반적인 방광암보다 상대적으로 papillary type (유두상 종양)이 적고, in situ type(안쪽으로 파고드는 형)이 많다. papillary type 은 방광경으로 발견되기 쉬우나, in situ type에서는 방광경에서 발견되지 않고 뇨세포검사에서도 발견되는 수가 많다.

- 대략적 기준

- 결과보고는 검체불량, 음성, 의양성, 양성 4가지로 한다. 오래 전부터 방광암에 관하여는 파파니콜라우의 분류를 이용하기도 하므로 정리하면 다음과 같다(표 3-40).

<표3-40> 방광암 분류 기준

요로계암	파파로콜로	설명	대책
취급규약	분류		
검체불량	검체불량		소변의 채취방법을 배워 다시 검사
음성	I	악성세포 없음	
	II	비정형성(악성근거없음)	
의양성	III	악성의심(확실하지 않음)	방광암전문의에게서 방광경검사 등 정밀검사를 받도록 한다.
양성	IV	악성이 강하게 의심됨	
	V	악성세포	

- 검사시 주의사항

· 아침 일찍 첫 소변을 가능하면 많이 받는다. (300cc 들어갈 수 있는 용기를 준비한다.)

- 대책

- 뇨세포검사에서 의양성 (III) 이상이면, 될 수 있는 한 빨리 방광암 전문의에게 진찰을 받도록 한다. 확진에는 방광경 등이 필요하다.
- 흡연자는 방광암에 이환될 가능성이 커지므로 유의한다.

다) 산업의학적 평가

- 건강관리구분(표3-41)

<표3-41> 건강관리 구분

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

- C1판정기준

노침사현미경검사에서 혈뇨 등의 소견이 있거나 요세포 검사에서의 이상증후를 보이고, 작업장 기중농도, 노출기간, 취급방법 등을 고려할 때, 디아니시딘 노출에 의한 것으로 추정되며, D1에 해당되지 않고 관찰이 필요한 경우

- D1판정기준

임상검사 또는 임상 진찰결과, 요로계 등의 악성 또는 양성종양이 등이 있고, 작업장 기중농도, 노출기간, 취급방법 등을 고려할 때, 디아니시딘 노출에 의한 것으로 추정되는 경우

- 업무수행 적합 여부 평가(표3-42)

<표3-42> 업무수행 적합여부 평가 기준

업 무 수 행 적 합 여 부 평 가 기 준
- 건강관리상 현재의 조건하에서 작업이 가능한 경우 - 일정한 조건(환경개선, 개인보호구착용, 건강진단의 주기를 앞당기는 경우 등)하에서 현재의 작업이 가능한 경우 - 건강장해가 우려되어 한시적으로 현재의 작업을 할 수 없는 경우(건강상 또는 근로조건 상의 문제를 해결한 후 작업복귀 가능) - 건강장해의 악화 혹은 영구적인 장해의 발생이 우려되어 현재의 작업을 해서는 안되는 경우

- ‘일정한 조건’이란 환경개선, 개인보호구착용, 건강진단의 주기를 앞당기는 경우 등을 말한다.

- 업무수행 적합 여부 평가시 고려해야 될 건강상태

(개인의 건강상태 및 노출정도에 따라 둘째, 셋째, 넷째의 세가지 범주중 어느 하나로 판정)

-중추신경계장해 · 만성 간질환 · 만성 신부전 · 만성 피부질환

- 업무수행 적합 여부 평가시 고려해야 될 건강상태

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

- 디아니시딘에 의한 접촉성 피부염
- 요로계 암
- 지속되는 상기도 혹은 기관지의 자극증상

- 사후관리내용

<표3-43> 사후관리내용

번호	건강관리 조치내용	참고사항
0	필요없음	
1	건강상담	상담내용기술
2	보호구착용	보호구의 점검 또는 교체 등 보호구관리를 포함한다
3	추적검사	건강관리구분 C ₁ 또는 D ₁ 해당자에 대해서 의사의 판단하에 추적검사 실시
4	근무중 치료	
5	근로시간단축	또는 연장근무 제한
6	작업전환	
7	근로금지 및 제한	치료완결후 의사지시로 복귀
8	직업병확진의뢰 안내 (건강진단기관이 안내한다)	건강관리구분 D ₁ 해당자중 직업병확진이 필요한 경우, 특수건강진단기관 의사가 산재요양신청서를 대신 작성
9	기타	

건강관리 조치내용은 중복하여 선택할 수 있다.

추적검사는 건강진단기관의 의사가 지시한 검사항목에 대하여 지시한 시기에 실시하여야 한다.

직업병 확진의뢰안내는 근로자 건강진단을 통하여 발견된 직업병유소견자중 직업병확진이 필요하다고 판단되는 경우에는 특수건강진단기관이 당해 근로자에 대한 산재요양신청서를 작성해 주어 당해 근로자가 근로복지공단 해당 지사에 요양신청토록 한다.

배치 전 건강진단에서는 업무수행 적합 여부 평가만을 실시한다.

라) 수시건강진단을 위한 참고사항

근로자가 피부 이상, 천식 증상, 비뇨기계 이상 등의 증상 및 증세를 보여, 사

업주가 수시건강진단의 필요성에 대하여 자문을 요청한 경우 건강진단기관의 의사는 자문에 응하여야 하며, 수시건강진단의 필요성 여부에 대하여 사업주에게 자문결과서를 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

사업장에서 건강유지, 증진운동 추진동기는 사내정책에 따라 우선순위의 차이는 있으나 노.사관계 개선과 재해예방대책, 질병예방대책, 생산성 향상대책, 체력증진 대책등으로 크게 구분할 수 있는데 효과적인 건강유지.증진을 추진하기 위해서는 우선 세밀한 상황분석을 토대로한 계획을 세우는 것이 필요하다.

(3) 방광암

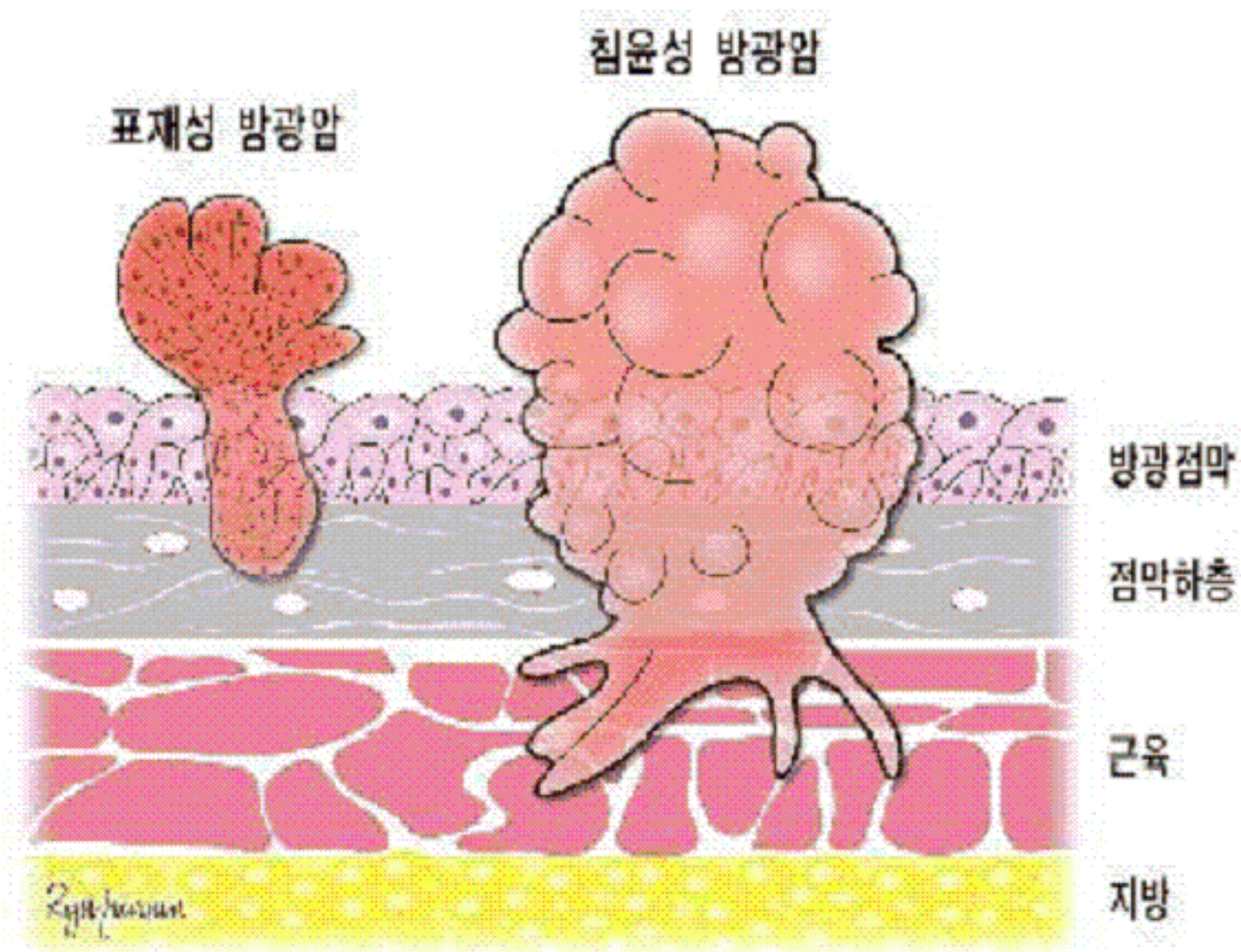
디아니시딘의 표적기관이 방광 및 피부이다. 특히 디아니시딘내에 함유된 베타나프틸아민은 방광암을 일으키는 물질로 알려져 있다. 따라서 방광암에 대해 이해하는 것도 중요한 부분중에 하나이다.

본 자료는 “국립암센터 암정보 서비스“ 자료를 인용하였다.

가) 정의

방광암은 방광에 생기는 악성종양을 말합니다. 방광암은 소변과 직접 접촉하는 이행상피세포에서 유래한 이행상피세포암이 90%로 대부분을 차지하고, 그 외에도 편평상피세포암, 선암 및 육종 등이 있다.

방광암은 흔히 방광점막이나 점막하층에만 국한되어 있는 표재성 방광암과 방광암이 근육층을 침범한 침윤성 방광암 그리고 전이성 방광암으로 나눈다 (그림 3-120).



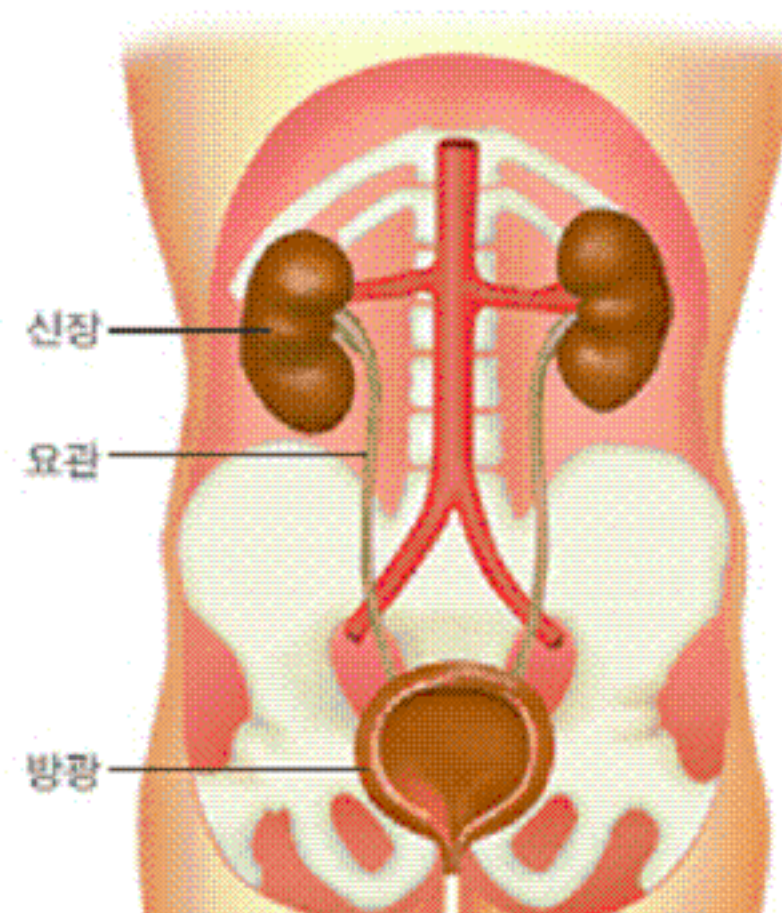
[그림 3-120] 진행단계에 따른 방광암의 분류

나) 발생부위

방광은 골반 내에 있는 고무풍선 모양의 장기로써, 소변을 저장하고 배설하는 기능을 합니다. 신장에서 피의 노폐물을 걸러 만들어진 소변은 요관을 통해 방광에 저장되었다가 요도를 통해 몸밖으로 배설된다(그림3-121).

방광은 남자에서는 직장 앞에 위치하고, 여자에서는 직장 앞에 위치하는 자궁의 앞의 아래쪽에 위치해 있다.

방광은 소변에 직접 접촉되는 점막 부분은 이행상피로 덮여있고, 그 바깥을 근육층과 장막층이 덮고 있는데 우리 인체 장기 중 가장 신축성이 뛰어난 장기이다.. 방광은 소변이 차게 되면 늘어나고 일정량 이상(보통 300cc)이 차게 되면 소변을 보고 싶은 감각을 느끼게 되어 배뇨하게 되는데, 이 때 근육이 수축하여 방광에서 소변을 완전히 내보내는 역할을 한다.



[그림 3-121] 방광의 위치

다) 발생기전

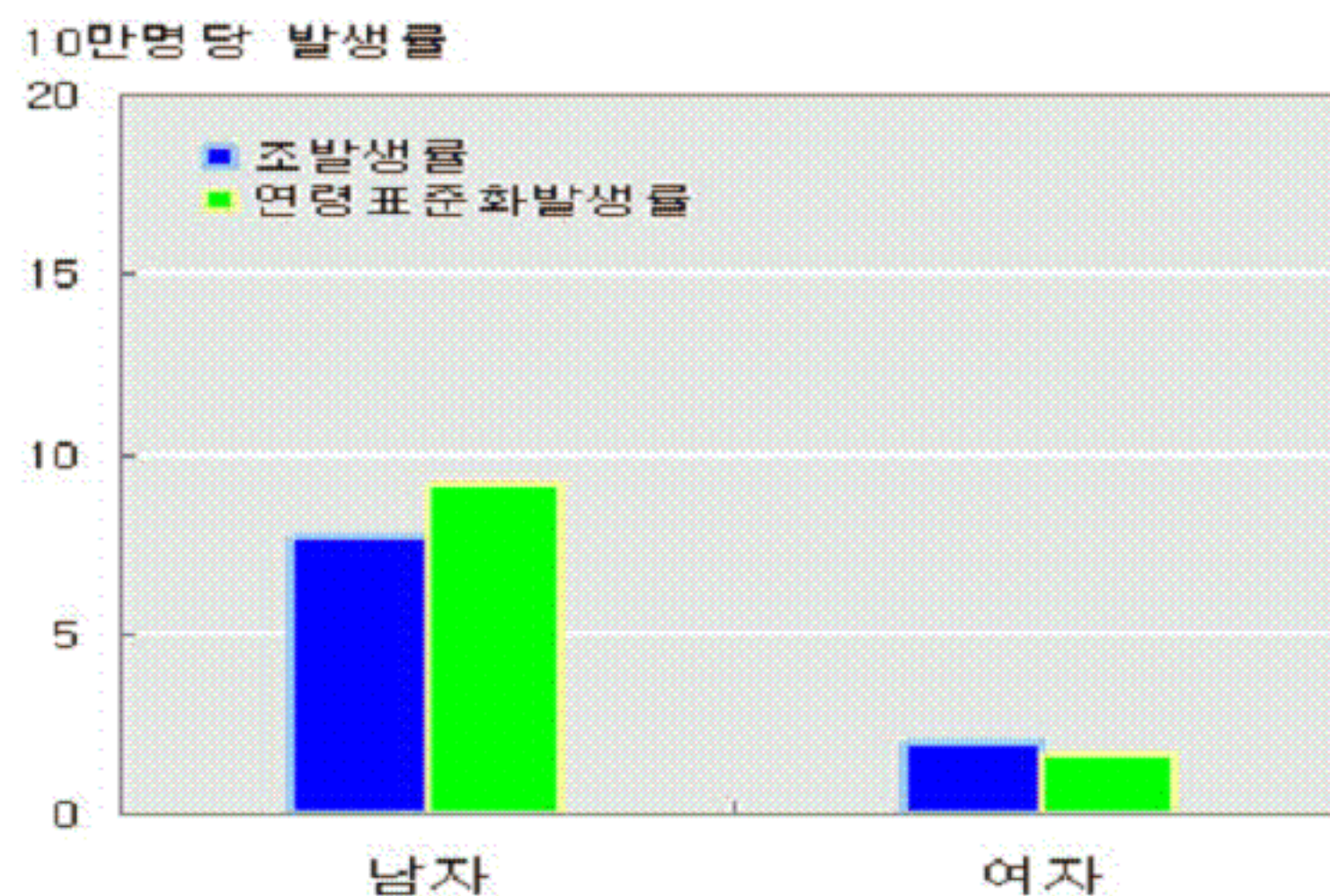
방광암의 정확한 원인과 방광암이 발생하는 기전에 대해서는 아직 잘 알려져 있지 않습니다. 하지만 담배 및 방향족아민 등의 화학물질은 방광암의 발

생 빈도를 증가시키는 것으로 알려져 있다. 담배의 발암물질은 폐를 통하여 우리 몸에 흡수되고, 피로 들어가게 된다. 피 속의 발암물질은 신장의 사구체에서 걸러져 소변에 들어가게 된다. 소변에 포함된 화학물질은 방광 내 소변이 직접 접촉하는 점막 세포에 손상을 가하게 되고 결과적으로 암세포가 됩니다. 암세포는 세포자살(세포가 정상적으로 죽는 것) 등의 우리 몸의 조절을 받지 않고 증식하여 종양으로 진행한다.

라) 관련통계

방광암은 국내 비뇨기계암 중에는 가장 흔한 암으로, 2002년 보건복지부 한국중양암등록 사업 연례 보고서에 따르면 전체 악성 종양 환자 99,025명 중 2,204명 2.2%로 10위를 차지하였다. 특히 남자에서는 2002년 전체 악성 종양 환자 55,398명 중 1,759명 3.2%를 차지하여 위암, 폐암, 간암, 대장암에 이은 5번째 흔한 암으로 보고 되고 있다(그림3-122, 표3-34, 그림3-123).

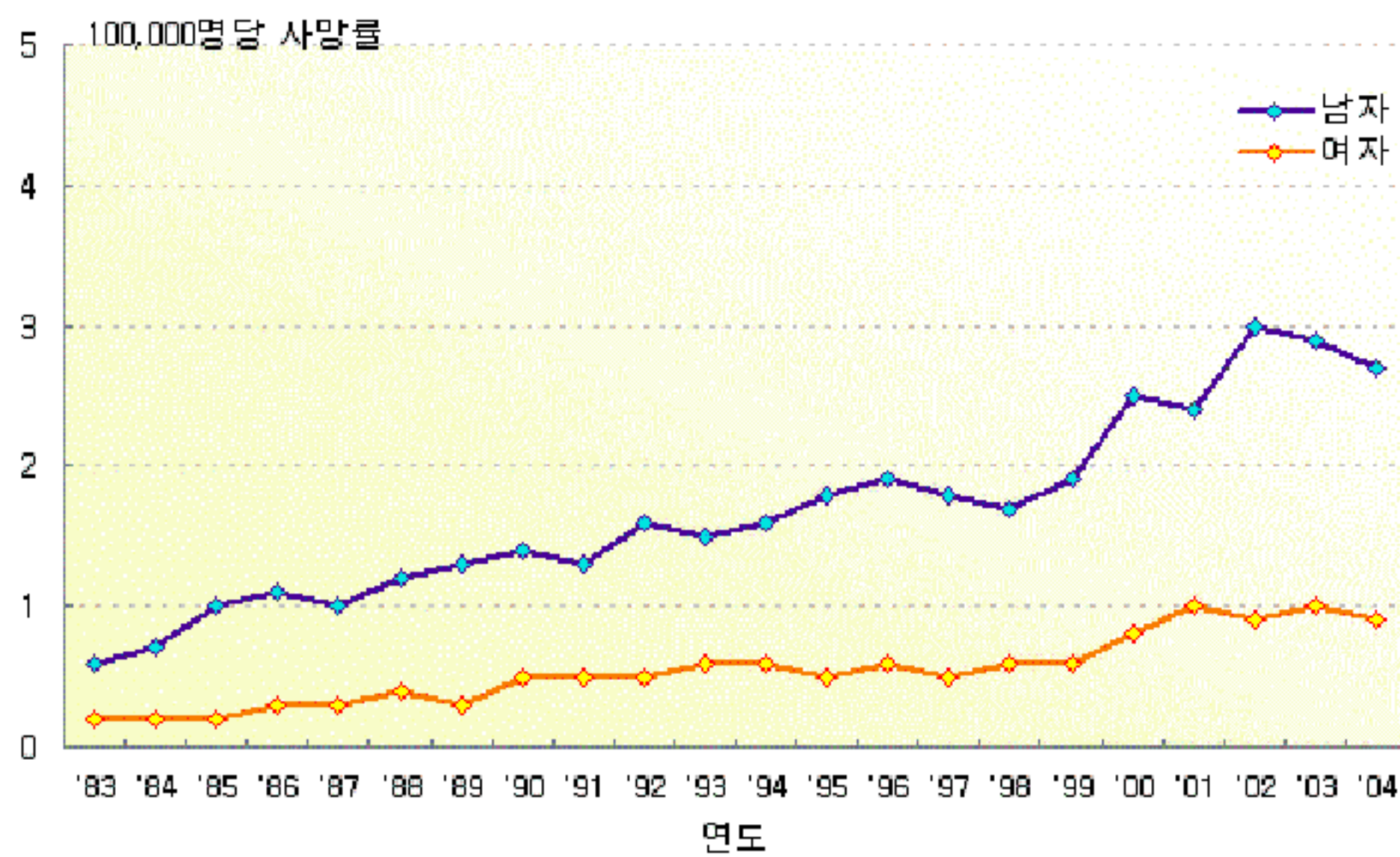
2001년 미국에서는 연간 38,000명의 남자와 15,000명의 여자에서 방광암이 진단되어 남자에서는 4번째로 흔한 암으로 여자에서는 8번째로 흔한 암으로 보고 되고 있다.



[그림 3-122] 방광암(C67)의 성별 암발생률, 1999-2001년

<표 3-44>방광암 연평균 발생자와 발생율

성별	연평균 발생자수	상대분율 (%)	조발생률	연령표준화 발생률	0-74세 누적발생률
남자	1,831	3.10	7.67	9.17	1.09
여자	474	1.06	2.00	1.64	0.19



[그림 3-123] 방광암(C67)의 사망률 추이, 1983-2004년

마) 방광암의 원인 및 위험인자

유전자 이상이나 변형 및 암 유발인자 등의 상호작용에 의해 발생하는 것으로 추정된다(표3-45).

<표3-45> 방광암의 원인 및 위험인자

환경적 요인	흡연
	화공약품, 염료, 고무, 가죽, 석유화학 등의 산업적인 노출
	진통제(Phenacetin)
	골반강 방사선조사
	항암제(Cyclophosphamide)
	방광점막자극(만성적인 감염, 결석 등)
	인공감미료(Saccharin)
유전자 이상	p53, pRB, chromosome 9(p14, p15, p16) 등

바) 일반적 증상

방광암의 흔한 증상은 통증이 없는 육안적 혈뇨이다. 소변색깔은 간장색에서 선홍색까지 다양하게 나올 수 있다. 혈뇨의 정도는 암의 진행도와 반드시 일치하지는 않아서 혈피(핏덩어리)를 동반한 육안적 혈뇨로부터 배뇨의 시작이나 끝에만 피가 비치거나 또는 소변검사에서 우연히 발견된 현미경적 혈뇨까지 다양하게 나타난다. 그러나 혈뇨가 나온다고 해서 반드시 방광암을 비롯한 요로계의 암에 걸렸다고 말할 수는 없습니다. 오히려 감염이나 결석이 혈뇨의 더 흔한 원인이며, 이 경우 혈뇨와 함께 배뇨통과 빈뇨 등을 동반하는 경우가 많다.

며칠이 지나 갑자기 혈뇨가 멈추는 경우도 있다. 그러나 그렇다고 해서 병이 없어졌다고 생각해서는 안된다. 혈뇨 특히 육안적 혈뇨가 한번이라도 있었다면, 특히 40세 이상이라면 방광암을 의심하며 혈뇨의 원인에 대한 검사를 받아야 한다.

방광암의 다른 증상으로는 소변을 자주 보는 빈뇨 증상이나, 배뇨 시 통증이 있는 경우, 소변이 급하거나 너무 급해서 소변을 지리는 급박성 요실금 등

이 있는데, 상피내암의 경우 이런 증상이 흔하다. 특히 통상적인 치료에 잘 반응하지 않는 방광염이나 전립선염의 경우나 요배양검사에서 균은 자라지 않으면서 방광자극 증상은 계속되는 경우 방광암의 가능성을 생각해야 한다.

병이 상당히 진행된 경우에는 체중감소와 골 전이에 의한 뼈의 통증과 같이 전이부위의 증상이 발생할 수 있으며, 아랫배에 종물이 만져지기도 하며, 방광암이 요관 입구를 막아 신장에서 소변이 내려오지 못하게 되는 경우에는 수신증이 생겨 옆구리 통증을 호소하기도 한다.

사) 진단방법

방광암이 의심될 경우 다음의 검사들을 일부 혹은 전부 시행하게 된다.

▶ 소변검사

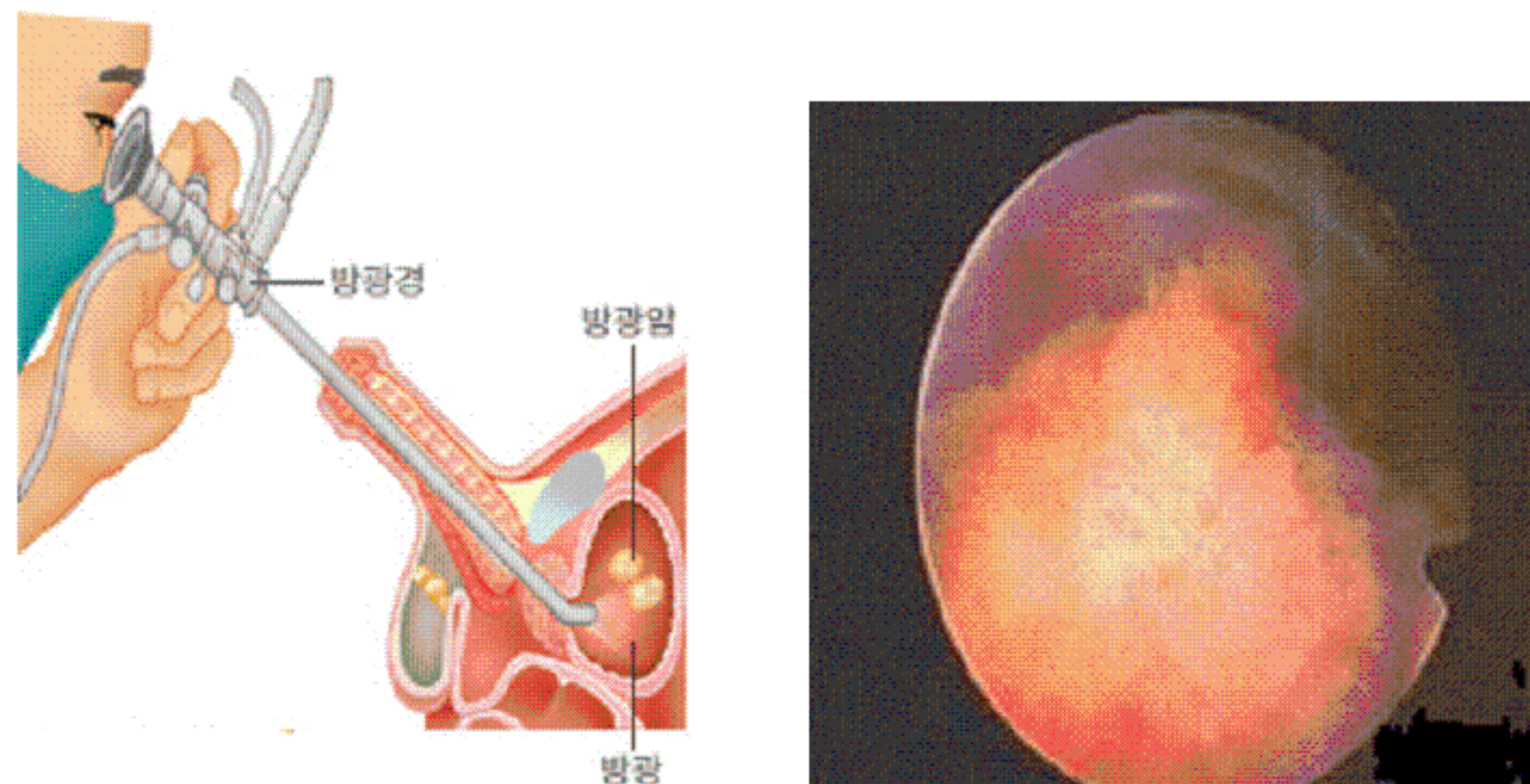
먼저 일반 요검사를 시행하여 적혈구와 염증세포가 보이는지 검사한다. 소변으로 암세포가 떨어져 나와 있는지를 알아보는 검사로 소변세포검사가 있다. 이 검사에서 양성이면 비뇨기계 암이 있을 확률은 매우 높다. 그러나 방광에 암이 있어도 작은 표재성암은 소변세포검사를 통해서 암세포의 존재 여부를 확인하지 못하는 경우가 많다. 그 외에 소변을 이용한 검사로 방광암에 대한 항원을 이용한 검사(NMP22, BTA와 BTA TRAK 등)가 있다. 이 검사들에서 방광암이 의심되는 경우나 육안적 혈뇨가 있는 경우 방광경검사를 시행한다.

▶ 방광경검사

육안적 혈뇨가 있거나 다른 검사에서 방광암이 의심될 경우 방광경검사를 시행하여 방광 종물의 유무와 위치를 확인한다. 방광경검사는 내시경을 요도를 통하여 방광 내로 삽입하여 직접 방광 내를 관찰하는 검사이다.

방광경에서 방광 종양이 확인되면 마취를 하고 경요도적 방광종양절제술을 시행하여 병리조직학적으로 진단하고, 세포분화도와 조직학적 병기 등을 확인한다. 표재성 방광암의 경우 경요도적 방광종양절제술은 진단 뿐 아니라 방광

암의 수술적 치료가 된다. 방광경검사에서 유두상 종물은 관찰되지 않으나 방광점막의 변성 등이 있을 때는 암을 확진하기 위하여 방광점막 생검을 시행하기도 합니다.



[그림3-124] 방광경 검사 및 방광암의 방광 내시경 사진

▶ 방사선학적 검사

복부초음파검사는 비침습적이며, 방광 뿐 아니라 신우와 상부 요관까지 관찰할 수 있는 검사로 초기검사에 많이 사용된다. 방광에 암이 생긴 경우 같은 이행상피로 덮여 있는 신우와 요관에도 2~3%에서 암이 발생할 수 있으므로 신우와 요관의 병변 유무를 확인하기 위해 경정맥 신우조영술을 시행하기도 한다. 방광경검사에서 유두상의 표재성 방광암이 의심될 경우 다른 암과 같이 전이 여부에 대한 검사가 반드시 필요하지는 않는다. 그러나 방광경검사에서 침윤성 방광암이 의심되거나 조직검사에서 침윤성 방광암으로 진단되면 주위 조직으로 침범 정도나 림프절 혹은 다른 장기로의 전이 여부를 파악하기 위해 흉부방사선검사, 전산화단층촬영, 골스캔 등을 시행하여 정확한 병기를 파악한 후 치료방침을 결정한다..

(4) 피부노출관리방안

디아니시딘은 피부노출로 흡수가 가능하므로 피부노출에 대한 관리방안도 필요하다.

역사적으로 볼 때 피부노출 보다는 공기노출에 더 많은 관심이 있었다. 사실 많은 사례에서 공기노출의 가능성이 가장 큰 문제가 되어 왔다. 그러나 피부노출이 중요한 문제가 되는 경우도 많이 있다. 이에 대한 좋은 예가 페놀이 다. 페놀의 주요 노출경로는 피부접촉과 흡수이다. 어떤 화학물질은 호흡과 피부흡수 모두가 노출의 주요 경로가 된다. 표 3-46 은 유기용제에 따른 피부를 통한 흡수량과 호흡을 통한 흡수량을 비교한 표이다. 많은 유기화합물 질들은 피부 흡수경로가 호흡을 통한 흡수경로보다 노출관리에 관심을 가져야 한다.

<표 3-46> 유기용제에 따른 피부흡수량과 호흡을 통한 흡수량 비교

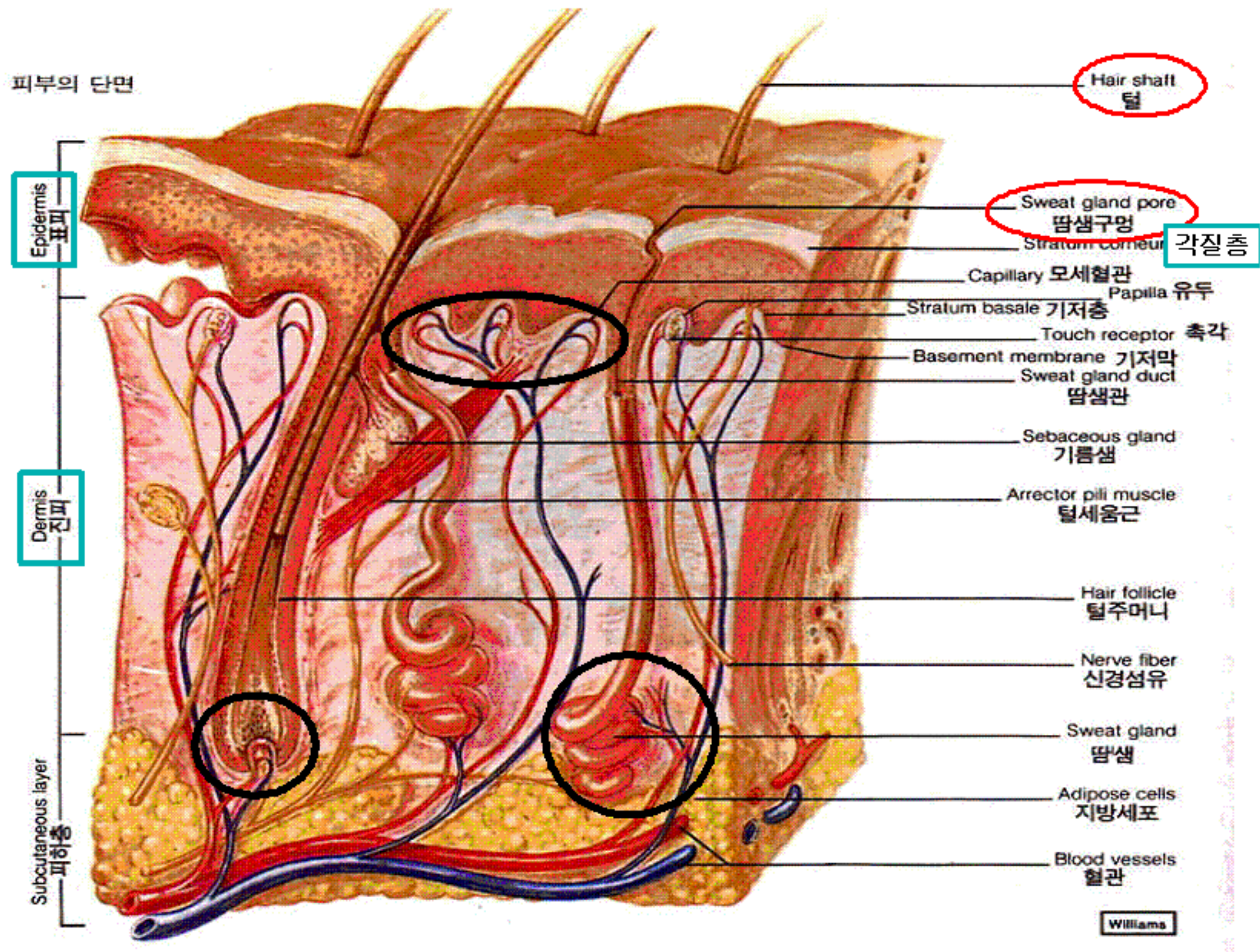
유기용제	피부를 통한 흡수량 ^A (mg)	호흡을 통한 흡수량 ^B (mg)	피부 경고 주석 유무 ^C (ACGIH)
Tetrachloroethylene	32.0	804	
1,1,1-Trichloroethane	49.3	456	
Carbon tetrachloride	66.7	72	+
1,1,2,2-Tetrachloroethane	82.6	17	+
1,1,2-Trichloroethane	140	108	+
Trichloromethane	313	120	
1,2-Dichloroethane	380	96	
1,1-Dichloroethane	877	420	
Trichloroethylene	62	648	

^A 피부를 통한 흡수량은 양손을 10분간 접촉시켰을 때 흡수된 양

^B 8시간 동안 TLV-TWA 수준으로 노출되었을 때 호흡으로 흡수된 양

^C ACGIH에서 권고된 피부경고 주석

그림 3-125 은 피부 단면도이다.



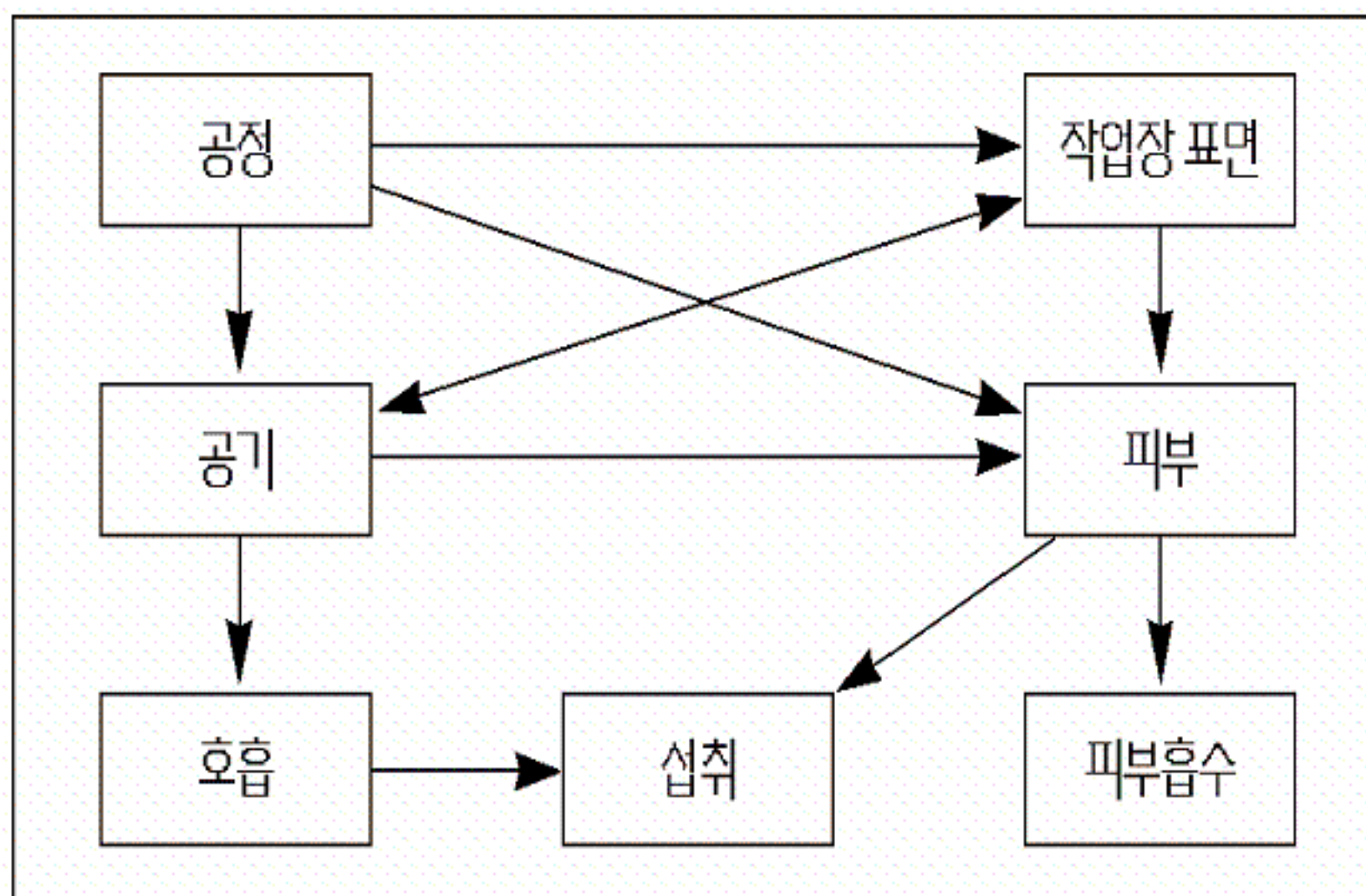
[그림 3-125] 피부단면도

피부노출의 중요성을 ACGIH, AIHA 그리고 노출기준의 출판을 책임지고 있는 기타 여러 기관에 의하여 인식되었으며 피부를 통하여 흡수될 수 있는 화합물에 대해서는 “피부(skin)”라는 표기법으로 표시하고 있다.

오염물질이 피부에 직접 접촉하거나 오염된 도구, 작업장 표면 그리고 개인용 보호장비에 의하여 간접적으로 접촉할 수 있는 업무나 작업을 수행하는 곳에서는 화학물질에 의한 피부노출평가를 수행해야 한다. 물론 피부접촉 하나로 건강 위험성의 발생을 설명하는데 충분하지는 않다. 그 화학물질의 독성학과 물리화학적 성질에 대한 정보를 충분히 수집하여 검토하면 피부접촉에 의한 건강의 위해성 여부를 빠르게 판별할 수 있다. 또한 환경요인의 독성학

적 정보와 그 물질의 물리적 성질(pH) 및 화학적 성질(지용성), 그리고 피부 흡수성 등을 알게 되면 영향 받게 될 표적장기를 파악하는데 도움을 줄 수 있다.

피부접촉은 휘발성이 낮은 고분자 화합물의 주요 노출경로이다. 화학물질의 피부 흡수를 증가시키는 요인 중의 하나는 그 화합물의 지용성의 크기다. 즉 물보다 기름에 잘 용해되는 화합물질이 피부를 쉽게 통과하는 경향이 있다. 그림 3-126은 물질특성에 따른 노출경로 모델이다.



- 휘발성이 높은 물질의 노출경로: 흡입
- 휘발성이 낮은 물질의 노출경로: 피부나 섭취

[그림 3-126] 노출경로모델

가) 외부 및 내부 표적장기

피부노출평가를 수행하다보면, 피부가 표적장기인 화학물질과 피부를 통하여 흡수되어 내부장기가 표적장기로 나타나는 화학물질을 구별할 수 있게 된다. 물론 피부와 내부장기에 다 영향을 주는 화학물질도 있다.

피부는 산류, 알칼리류, 그리고 피부와 눈에 자극효과와 부식효과를 줄 수

있는 기타 화학물질들의 주요한 표적장기이다. 어떤 물질은 피부가 주요 표적 장기이지만 산류나 알칼리류 보다 독성이 낮은 경우도 있다. 예폭시수지가 이런 경우에 해당된다. 이 물질이 피부에 반복적으로 노출되면 피부 감작성과 피부염을 발생하게 된다.

피부가 주요 표적장기일 때 일상적으로 혹은 우연한 피부노출에 대한 관리가 될 수 있는 업무와 작업내용을 확인해야 한다. 피부 감작물질을 사용하는 경우 직접 노출뿐만 아니라 오염된 작업장 표면, 도구, 그리고 개인 보호장비 등에 의한 사소한 피부노출에 대해서도 신중하게 관리대책을 세워야 한다. 노출정도를 판단할 때 건강의 위해성을 나타내는 기준과 비교하여 수용, 불수용, 불확실성 등으로 분류한다. 또한 피부접촉이 중요한 노출경로인 경우와 표적 장기가 내부 장기인 경우 모두 동일한 접근방법을 선택하여 노출을 관리해야 한다. 호흡이 중요한 노출경로인 경우 노출을 평가할 때도 유용한 방법이다. 작업환경관리에서 생물학적 모니터링이나 피부노출평가를 사용할 수 있다.

나) 생물학적 모니터링

생물학적 모니터링은 피부흡수가 주요 노출경로인 경우 매우 효과적인 노출 평가방법이다. 아닐린의 노출을 평가하기 위하여 뇨중 p-아미노페놀을 측정하는 것이 좋은 예이다. 생물학적 모니터링에 대한 정보는 ACGIH에서 발간한 “Topics in Biological Monitoring”을 참고하는 것이 바람직하다.

공기모니터링에서의 불확실성이 생체모니터링에서는 크게 문제되지 않는다. 예를 들면, 대부분의 생체지표들은 오랜 시간 동안의 노출에 대한 영향을 모두 반영하기 때문에, 노출농도가 매일매일 변하여 발생하는 불확실성이 생체모니터링에서는 거의 문제가 되지 않는다. 유사노출그룹에서 측정한 공기모니터링 자료의 추론으로 인한 불확실도 생물학적 모니터링에서는 문제가 되지 않는다. 이것은 일반적으로 오염물질에 노출되고 있는 모든 근로자들에게서 생체시료를 채취하기 때문이다. 생물학적 모니터링은 작업내용 차이에 따라 나타나는 노출평가의 문제점인 작업자간의 노출변이를 줄일 수도 있다.

그러나 생체모니터링이 자주 사용되지 않고 있다. 화학물질의 노출을 생물

학적으로 평가할 때는 인증된 생체모니터링 방법과 노출기준(예 ; ACGIH의 BEI)이 이용되어야 한다. 그러나 아직 ACGIH와 기타 기관에서 설정한 생물학적 노출지수(BEI)값과 이와 유사한 기준들의 제시가 매우 미흡하다. 또한 생체모니터링에서 사용되는 시료가 개별적이고 침습적이기 때문에 산업장의 노출평가로 사용하는데 많은 한계에 부딪치고 있다.

다) 피부노출평가

피부노출평가는 피부접촉이 주요 노출경로이고 주요 표적장기가 내부장기인 경우에 적용할 수 있는 하나의 접근방법이다. 피부노출평가를 수행하기 전에 알아두어야 할 사항은 표적장기가 외부(피부)와 내부 모두가 될 수 있다는 점이다. 예를 들면, 불화수소산은 피부를 부식시키고, 동시에 피부로 흡수되어 내부장기를 손상시킨다. 또한 콜타르피치가 피부에 노출되면 상피세포에 흡수되어 일시적인 광감작현상을 일으키고 피부로 흡수되어 방광암 발생의 위험성을 증가시킨다. 따라서 표적장기가 외부와 내부 동시에 있을 때 피부노출을 평가하고 관리하는 방법들을 통합하여 사용할 필요가 있다.

일반적으로 노출에 대한 허용여부의 결정을 노출한계 또는 기준에 의존하고 있다. 그러나 화학물질에 대한 거의 모든 노출기준은 근로자들의 호흡위치에 대한 공기 중 농도로 설정되어 있다. 피부노출기준은 아직 개발단계에 있다. 피부노출기준은 다음 사항들에 기초를 두어야 한다. 첫째, 작업장 표면 오염수준, 둘째, 피부나 의복의 오염수준, 셋째, 노출 또는 내부용량에 대한 생물학적 측정치 등이다.

피부노출기준이 없는 경우 피부접촉을 감소시킬 수 있는 추가적인 관리방법의 필요성을 결정하기 위하여 공기 중 농도단위로 표현된 노출기준을 피부노출에 적합한 단위로 전환할 수 있다. 비록 근로자들이 호흡하는 공기량은 활동의 종류에 따라 달라지지만, 일반적으로 근로자들은 하루에 10m³의 공기를 호흡한다. 그러므로 다음 공식을 이용하여 공기 중 오염농도(mg/m³)를 하루 동안 체내에 흡입된 총량(mg/day)으로 전환할 수 있다.

따라서 피부 노출량을 mg/day로 추정하여 동일한 방법으로 전환된 기준치

와 비교할 수 있다.

하루 피부흡수 노출기준(mg/day)=직업적 노출기준(mg/m³)×호흡량(10m³/day)

이러한 접근방법은 전신독성을 일으키는 화합물질에서만 효과적이다. 이것은 염산과 같이 일차적인 영향이 국소 조직에서 나타나는 화합물질인 경우에는 적절하지 않다. 이런 경우에는 피부노출기준을 다른 방법에 의하여 결정해야 하는데, 일반적으로 하루 동안 피부 표면적당 허용량으로 나타내고 있다. 작업환경관리에서는 이런 종류의 물질들에 대한 피부접촉을 억제해야한다. 적절한 피부관리 프로그램을 작업장 관리감독에 포함시킴으로 인하여 직업성 피부질환의 발생을 최소화할 수 있다.

일반적으로 피부 접촉량은 환경오염물질에 노출될 수 있는 피부의 표면적(cm²)과 노출되고 있는 동안에 피부로 이동되는 양(mg/cm²/event)을 가지고 계산한다. 실제로 작업 활동이 진행되는 동안에 피부로 이동되는 오염물질의 양을 계산하는 것은 불가능하다. 따라서 피부로 이동하는 양은 장갑과 같은 대용품을 사용하여 작업이 끝난 후에 계산하게 된다. 이 양은 피부로 이동하고, 피부에서 탈락되고, 피부로 흡수되는 현상 등에 의하여 영향을 받는다. 피부표면적, 피부로 이동되는 오염물질의 양, 그리고 하루에 발생하는 노출 건수 등을 곱해주면 하루당 피부 접촉량의 추정치가 결정된다. 피부로 흡수된 오염물질의 용량(추정치)은 하루동안 피부에 노출될 수 있는 피부 접촉량이 된다.

아래의 방정식은 하루에 피부노출로 인하여 피부에 흡수된 오염물질의 용량(mg/day)을 추정하는 공식이다.

$$DA=(S)(Q)(FQ)(ABS)(WF)$$

DA ; 피부 흡수용량(mg/day)

S ; 노출될 수 있는 피부면적(cm²)

Q ; 노출 건수당 피부에 침적양(mg/cm² · event)

FQ ; 하루당 노출 건수

ABS ; 노출동안의 피부접촉량 중에서 피부에 흡수된 용량 비율

WF ; 혼합물 중에 그 오염물질의 비율

일단 피부 흡수용량이 추정되면, mg/day로 단위전환을 시킨 직업적 노출기준과 쉽게 비교할 수 있게 된다.

환경 오염물질이 노출되면 노출이 진행되는 동안 피부에 흡수되는 경우가 있고, 어떤 것은 노출이 끝난 후에 흡수되며, 흡수가 되지 못하고 제거되는 경우도 있다. 따라서 피부흡수는 합리적인 시간(보통 4시간)동안에 피부를 통하여 흡수된 오염물질량에 대해서만 사용하고 있다. 이것은 4시간 후에도 피부에 남아있는 오염물질은 흡수되지 않고 제거될 것으로 간주하는 것이다.

노출 가능성이 있는 피부의 면적을 계산하기 위하여 근로자들이 수행하고 있는 작업활동과 업무, 그리고 작업활동을 하는 동안에 노출될 수 있는 피부의 위치와 횟수 등에 대한 정보를 수집할 필요가 있다. 신체 각 부위별 표면적에 대하여 몇몇 연구자들이 어른과 아이들을 각각 측정하여, 피부표면적에 대한 통계적 기술자(記述子)를 개발하였다. 표 은 피부용량을 예측하는데 있어서 기본값으로 미국환경청(EPA)에서 사용하고 있는 신체 부위별 피부표면적 측정치이다. 피부의 흡수율은 신체의 부위에 따라 차이가 있음을 기억해야 한다.

〈표 3-47〉 신체부위별 피부 면적

신체부위	남자		여자	
	평균 cm ²	범위(최소~최대) cm ² *	평균 cm ²	범위(최소~최대) cm ² *
머리	1180	900~1610	1100	953~1270
몸통	5690	3060~8930	5420	4370~8670
팔(전체)	2280	1090~2920	2100	1930~2350
팔 상부	1430	1220~1560	-	-
앞 팔	1140	945~1360	-	-
손	840	596~1130	746	639~824
다리	6360	2830~8680	4880	4230~5850
허벅지	1980	1280~4030	2580	2580~3600
다리 하부	2070	930~2960	1940	1650~2290
발	1120	611~1560	975	834~1150
총	19,400	16,600~22,800	16,900	14,500~20,900

* ; 5%에서 95% 범위

출처 : EPA

피부노출용량을 예측하기 위하여 침적방법을 사용할 때에는 하루당 노출 건

수를 해석하는데 주의해야 한다. 피부 침적에 대한 대부분의 자료는 단일 노출이 발생하였을 경우에 수집된 것들이다. 피부에 침적된 오염물질의 양과 시간이 경과함에 따라 흡수되는 오염물질의 양 사이의 관계는 아직 알려지지 않고 있다. 다만, 피부가 보유할 수 있는 오염물질의 양은 처음에는 선형관계로 증가하지만 피부가 오염물질을 보유할 수 있는 점착능력이 한계에 부딪치면 비선형관계로 증가하게 될 것이고 결국에는 부착과 이탈이 평형점에 도달할 것이라고 보는 것이 합리적이다.

일반적으로 자료들은 개인보호구를 착용하지 않은 근로자들의 노출량을 나타내고 있는데, 시료채취는 대부분 피부노출의 대용물인 장갑 등을 사용하고 있어서 실제 피부 노출량과는 오차가 있는 추정치이다. 더구나 피부에 보유된 오염물질의 양은 근로자의 활동에 의하여 크게 달라질 수 있다. 일반적으로 손이 오염물질에 가장 많이 노출되지만, 신체의 다른 부위도 유의한 수준으로 노출되고 있다고 많은 보고에서 밝히고 있다. 피부노출의 대용물로 손을 사용하게 되면 노출이 과대평가된다는 사실이 이론과 실험에 의하여 확인되었다.

작업장과 관련된 피부노출평가와 관련하여 이용할 수 있는 자료의 양과 정보가 부족하기 때문에 추정치를 개발하기 위해서는 전제조건이 필요하다. 공통적인 전제조건은 첫째, 흡수패드로 측정한 오염물질의 양과 그것을 부착한 신체의 특정부위에 침착량과 동일하다. 둘째, 흡수패드 또는 장갑 등의 보유율은 피부와 동일하다 등이다. 또한 노출평가에서는 조사자들이 사용하는 다양한 측정방법과 농약뿐만 아니라 다양한 작업장에서 행해지는 오염물질의 혼합과 운반 방법 등으로 인한 영향을 고려해야 한다.

노출된 피부의 면적과 피부에 이동된 환경오염물질의 양을 추정하면서, 동시에 노출시간과 그 피부의 침투성질을 고려해야 한다. 일반적으로 피부침투에 대해서는 밝혀진 것이 거의 없다. 피부침투성질을 모르는 화학물질이 있다고 생각해 보자. 이런 경우 지금까지는 화학물질이 피부에 순간적으로 접촉하여 흡수가 전혀 되지 않은 경우(흡수시간이 제로(0))와 흡수가 완전히 일어난 경우만 고려하였다. 물론 이렇게 하면 노출이 엄청나게 과대평가된다. 그러나 적절한 자료가 없기 때문에 이것을 유일한 방법으로 선택해야 한다.

비록 화학물질에 대한 표면오염 기준이 설정되어 있지 않아도 작업장 표면,

장비, 보호의 내부, 작업이 활동이 없는 장소 등에서 표면시료를 채취하는 것은 매우 유용하다.

참고적으로 표 3-48 은 현재까지 연구된 피부흡수율에 관한 정보이다.

〈표 3-48〉 유기용제의 피부흡수율에 관한 정보

유기용제	피부흡수율 (mg/hr/cm ²)	종	참고문헌
Aniline	0.2-0.7	Human	Piotrowski, 1957
Carbon Disulfide	9.7	Human	Baranowska, 1967
Benzene	0.4	Human	Hanke, 1961 ⁽¹⁰⁾
Benzene	0.24	Human	Maibach, 1981
Benzene	0.229	Mouse	Tsuruta , 1986
Toluene	14-23	Human	Dutkiewicz, 1968
Toluene	0.0442	Mouse	Tsuruta , 1986
Styrene	9-15	Human	Dutkiewicz, 1968
Styrene	0.060	Human	Berode, 1985
m-Xylene	0.12	Human	Engstrom, 1977
m-Xylene	0.147	Human	Lauwerys, 1978
m-Xylene	0.127	Human	Riihimaki, 1979
m-Xylene	0.0182	Mouse	Tsuruta , 1986
Methanol	11.5	Human	Dutkiewicz, 1980
Methanol	9.6	Mouse	Tsuruta , 1988

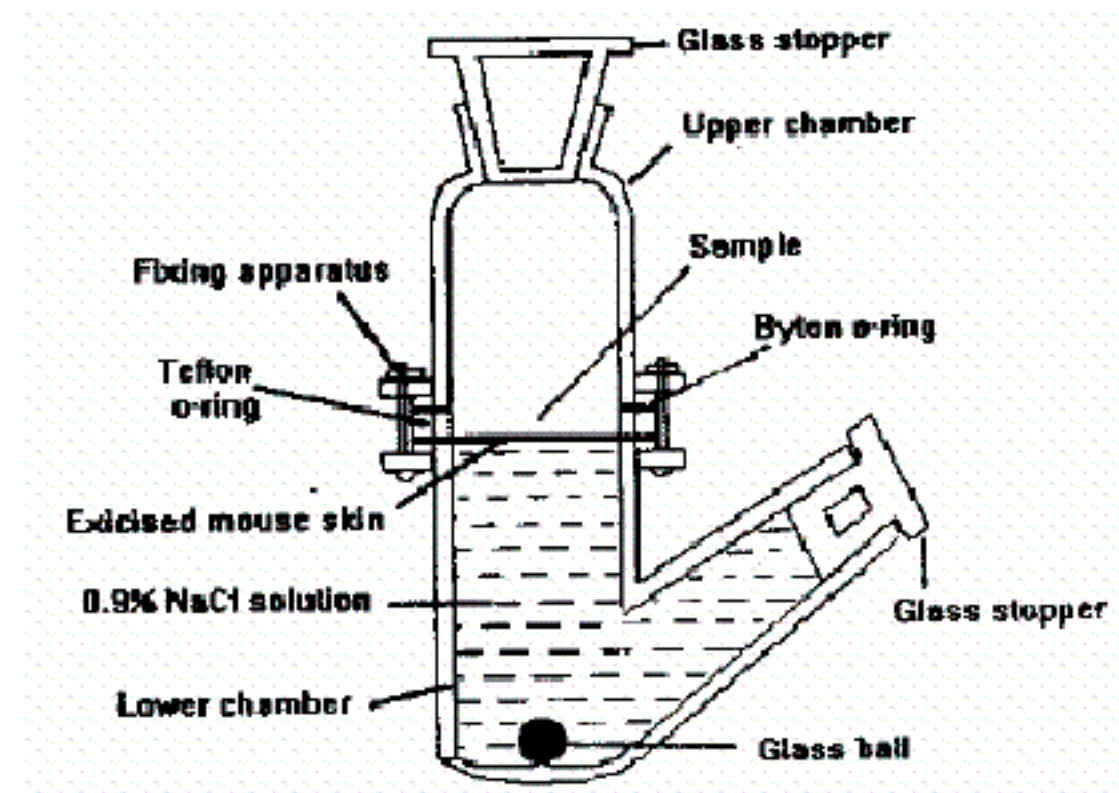
참고적으로 표 3-49는 현재까지 연구된 피부흡수 계수에 관한 정보이다.

<표 3-49> 유기용제의 피부흡수계수에 관한 정보

유기용제	피부흡수 계수 (cm/hr)	종	참고문헌
Styrene	1.22	Human	Wieczorek, 1985
Dibromomethane	1.12	Rat	McDougal, 1985
Bromochloromethane	0.79	Rat	McDougal, 1985
Dichloromethane	0.28	Rat	McDougal, 1985
Toluene	1.24	Nude mouse	Tsuruta, 1989
Tetrachloroethylene	1.00	Nude mouse	Tsuruta, 1989
Benzene	0.60	Nude mouse	Tsuruta, 1989
1,1,1-Trichloroethane	0.01 *	Human	Riihimaki, 1978
Styrene	0.369 *	Human	Riihimaki, 1978
Xylene	0.27 *	Human	Riihimaki, 1978
Toluene	0.187 *	Human	Riihimaki, 1978
Perchloroethylene	0.188*	Human	Riihimaki, 1978
Vinyl chloride	6.37×10^{-6} *	Monkey	Hefner, 1975

* Values calculated by author

그림 3-127은 피부흡수 실험을 유리 확산 셀(glass diffusion cell)로 실시하는 그림이다.



[그림 3-127] 유리확산셀(glass diffusion cell)을 이용한 피부흡수 실험

라) 피부노출 모니터링

피부에 침적된 오염물질의 양은 활동에 의하여 달라진다는 것은 잘 알려져 있다. 그러나 피부에 입자들이 부착되는데 영향을 주는 요인과 액체가 피부를 통하여 흡수되는 기전에 대해서는 알려진 것은 거의 없다. 피부노출의 정량화는 다양한 방법에 의하여 시도되었고, 이와 관련된 많은 연구가 보고되었다. 피부노출과 발생원을 측정하는 방법은 많이 있다. 여기에는 흡수패드와 형광시료채취, 장갑과 손세정 시료채취, 표면시료채취 그리고 기타 기술 등을 소개하면서 많이 사용되고 있는 몇 개의 방법들에 대하여 설명하겠다.

표면 시료채취(wipe sampling)는 표면에 오염된 양을 추정할 때에 가장 많이 사용하고 있는 방법이다. 표면시료채취에서 얻은 자료를 해석하는 것이 어렵기 때문에 시료채취의 표준화가 매우 중요하다. 때때로 젖은 솜 거즈 패드를 표준화된 오염지역의 시료를 채취하기 위하여 사용하고 있으며, 표면을 닦는 횟수는 아직 표준화되지 않았다. 시료채취 기구가 일정한 압력으로 닦아지

도록 동일한 힘으로 닦아야 한다. Fenske는 표면시료채취 후 피부전환계수를 이용하여 피부에 침착될 수 있는 양을 추정하는 것이라고 말했다.

흡수패드와 형겔 시료채취는 피부노출평가에 가장 많이 사용되고 있는 방법이다. 이것은 부착 거즈패드, 처리된 형겔, 알파-셀룰로오스 패드 등을 의복이나 피부의 여러 위치에 부착하여 피부에 침착된 오염물질을 포집한다. 피부노출량은 흡수패드의 단위면적에 침착된 오염물질의 양과 그 흡수패드가 대표하는 피부의 표면적을 곱하여 추정량을 계산할 수 있다. 이때 흡수패드에 침착된 오염물질은 균일하게 분포되었고, 그 흡수패드에 침착된 오염물질이 피부표면에 침착된 오염물질을 대표한다는 조건이 전제되어 있다. 이러한 방법은 비휘발성 오염물질과 증기압이 매우 낮은 물질을 채취할 때 일반적으로 많이 사용된다.

활성탄이 충전된 형겔은 휘발성물질을 평가하기 위하여 시료 채취하는데 사용한다. 흡수패드를 이용하는 경우 장점과 단점이 있다. 그러므로 그 결과를 해석할 때에 주의해야 한다. 중요한 불확실성의 하나는 흡수패드에 의해 포집된 오염물질의 양을 피부표면의 침착된 오염물질로 외삽하는 것과 관련된 것이다. 이런 이유 때문에 전신노출평가방법은 흡수패드로 의복을 만들어서 기존 흡수패드의 한계를 극복하고자 노력하고 있다. 또한 시료를 채취한 흡수패드를 수집하고 운반하는 것은 실험과정에서 매우 중요하다. 이 과정에서 흡수패드가 부주의에 의하여 오염물질이 첨가되거나 손실되지 않도록 세심한 주의가 필요하다.

장갑과 손세척 시료채취는 손피부 노출을 평가하는데 많이 사용되는 방법이다. 이 방법에서 얻은 자료도 역시 해석하기가 매우 어렵다. 흡수장갑을 사용하면 그 일부를 채취하여 분석에 사용한다. 손을 세정하는 경우는 다양한 분석방법을 이용할 수 있는 적절한 세정을 사용한다. 농약의 노출을 평가하기 위해 표준 손세정 방법을 사용하였을 경우, 손에서의 제거효율과 관련된 불확실성 때문에 실제 노출량과는 차이가 많다고 보고되어 왔다. 다른 연구자에 의하면 유기용매를 사용하여 자루를 세척하는 작업에서도 동일한 문제점이 있음을 제기하면서, 위험에 처할 수도 있음을 보고하였다. 손에서 오염물질의 제거효율이 피부에 침착된 화학물질, 노출에서 세척까지의 시간간격, 세정용액의

종류 등에 따라 크게 달라지므로 손 세정과정의 표준화는 매우 중요하다.

마) 피부노출평가의 사례

공장에서 물 공급라인의 유지보수를 책임 맡고 있는 근로자들 사이에서 피부질환이 발생하느지를 조사하는 용역을 계약하였다. 기초자료와 정보를 통하여 손에 타진통(打診痛, 저림증상)을 호소하는 근로자들이 몇 명 있었다는 것을 발견하였다. 이것의 초기 증상은 피부가 건조해지고 박리현상이 나타나는 것이다. 그들은 틈새를 봉하기 위하여 아크릴아미드 화합물을 사용하고 있었다. 그러나 이 작업을 할 경우 장갑을 착용하도록 규정되어 있기 때문에, 이 물질이 피부에 노출될 가능성은 매우 적었다.

아크릴아미드에 대한 ACGIH TLV-TWA(0.03 mg/m³)는 노출의 초과여부를 판단하는 노출기준을 선택하였다. 그리고 작업이 진행되는 동안 피부접촉에 의하여 이물질이 노출되는 것으로 생각하였다. 아크릴아미드는 ACGIH에서 동물 발암물질로 규정되었으며, 사람에게 발암이 의심되는 물질로 확인되고 있다. TLV는 공기중 시료채취방법에 의해서는 모든 노출량을 정확히 정량화할 수 없으므로 피부흡수를 고려해야 하며, 또한 피부흡수를 완화시킬 수 있는 보호대책이 필요하다고 권고하고 있다. 아크릴아미드의 피부노출기준은 없으며, ACGIH도 생물학적 노출지수(BEI)를 제정하지 않았다.

아래의 방법에 의하여 총 신체용량이 0.3 mg/day를 얻었다.

노출기준(0.03mg/m³)×일일 호흡량(10m³/day) = 0.3mg/day 총 신체용량

이용할 수 있는 피부 모니터링자료는 거의 없으므로 아래 방정식을 이용하여 피부용량을 나타내는 스크리닝수준 추정치(피부흡수용량)를 계산하였다. 평가 대상의 특정작업은 분말로 되어 있는 아크릴아미드와 다른 물질을 혼합하는 작업, 손으로 컵에 혼합된 액체를 소량 채취하여 아크릴아미드 겔의 농도를 평가하는 작업, 그라우팅 장비를 조립하는 작업, 물 공급라인의 틈새를 봉하는 작업 등이다. 방정식은 아래와 같다.

$$DA = S \cdot Q \cdot FQ \cdot ABS \cdot WF$$

DA ; 피부 흡수용량(mg/day)

S ; 노출될 수 있는 피부면적(cm²)

Q ; 노출 건수당 피부에 침착된 량(mg/cm² · event)

FQ ; 하루당 노출 건수

ABS ; 노출동안에 피부 접촉량 중에서 피부에 흡수된 용량 비율

WF ; 혼합물 중에 그 오염물질의 비율

위 공식을 이용하여 계산된 각 작업의 추정 피부흡수용량이 표2-50과 같다.

<표 3-50> 작업활동에 따른 피부흡수용량 계산 결과표

작업활동	S (cm ²)	Q (mg/cm ²)	WF (무게%)	FQ (건수/day)	ABS (%)	DA (mg/day)
아크릴아미드를 혼합탱크에 부음	840 (두손)	0.06-2.1	1	1	0.25	13-440
밀도측정 (수작업)	420 (한손)	0.002-2.4	0.05	1	0.25	0.01-13
장비 조립	420 (한손)	0.002-2.4	0.05	1	0.25	0.01-13
그라우팅 작업	840 (두손)	<0.3-2.1	0.05	2	0.25	3-44

아크릴아미드의 피부침투는 약 25%로 사용하고 있는데, 이것은 몇몇 연구자들이 실험연구를 통하여 얻은 결과이다. mg/day로 단위전환된 노출기준과 비교하였을 때 스크리닝수준 추정치(피부흡수용량)가 노출기준을 초과하는 것으로 확인되었다. 물론 스크리닝수준 추정치는 참값보다 과대평가된 것이다.

따라서 즉시 장갑의 사용방법, 작업장의 정리정돈, 기존 작업장 방지대책 등을 개선하여 피부노출을 감소시킬 수 있도록 조치를 취해야 한다. 또한 작업

장 조치와 보호장비가 효과를 거두고 있는지 확인하기 위하여 피부노출 모니터링을 실시하였다. 분말로 되어 있는 아크릴아미드는 액체형태로 바꾸어서 호흡기를 통한 노출의 가능성을 감소시켰다.

이러한 관리대책이 수행하면서 측정된 피부 노출량은 17~90 mg/day이었고, 아크릴아미드를 혼합하는 탱크의 표면은 6.2~2.34 mg/100 cm²이었다. 노출의 주요 출처는 오염된 작업장 표면, 장비, 공구 등이었다. mg/day로 나타낸 노출 기준과 비교하였을 때 노출이 효과적으로 억제된 것으로 나타났다. 측정된 피부 노출량은 0.004~0.02 mg/day까지 감소하였다. 그러나 피부노출을 더 이상 감소시킬 수는 없었다. 따라서 피부노출을 감소시킬 수 있는 다른 방법, 즉 아크릴아미드의 치환 등과 같은 방법을 찾아야 한다.

자. 화학 실험실에서의 관리

안료 공정의 실험실에서는 디아니시딘의 대체물질을 연구 개발하고 있다. 현재의 디아니시딘의 비싼 원료값과 발암성 물질이어서 회사에서는 생산단가를 낮추기 위해서와 발암물질인 디아니시딘의 대체물질에 대한 연구가 되고 있다.

(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 실험실 뿐만 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 보전은 소

규모라는 이유로 쉽게 간과되어왔다.

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 실험기구, 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) 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

(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.

운반시에는 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.

저장할 경우에는 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 사용은 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 들어갈 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(퇴실 시) 반드시 손과 발을 씻는다.

(5) 건강관리

과거의 건강관리는 정기건강진단에 의해서 조기에 질병을 발견하고 치료해서 직장에 복귀할 수 있도록 하는 질병 관리적 건강관리였으나 현재에 와서는 환경관리 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 화학실험실에서 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 예방대책도 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 집중하는 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 1대 1교육을 함으로써 효과를 얻을 수 있다.

(7) 기타관리

가) 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 임시적인 맹인을 만들 수 있다.)

눈 부상은 보통 피부부상을 동반하게 되기 때문에 세안장치는 샤워 장치와 같이 붙어있어서 눈과 몸을 같이 씻을 수 있도록 한다(그림3-128, 3-129).

- 사용 및 유지

- 물 또는 눈 세척제는 직접적으로 눈을 향하게 하는 것 보다는 코의 낮은 부분을 향하도록 하는 것이 좋다. 이것은 화학물질을 눈으로부터 씻어내는 효과를 증가시켜 준다. (거친 물줄기는 눈안 깊은 곳의 입자들을 씻어낼 수 있다)
 - 눈꺼풀은 강제적으로 열리도록 하여야 눈꺼풀 뒤도 효과적으로 세척할 수 있다.
 - 코의 바깥쪽에서 귀 쪽으로 세척하여야 씻겨진 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 전화한다.
 - 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(편이나 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 회

전할 수 있어 싱크대 위에서도 사용할 수 있고 물을 받기 위해 밖으로 뺄 수도 있다.



[그림 3-128] 샤워시설과 세안장치



[그림 3-129] 세안장치 작동장면

나) 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(그림3-130).

- 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 머리 위에 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 3-130] 샤워장치와 세안장치 동시작동장면

다)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 실험실에서 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 보

관된 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 멀캅탄, 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 조기 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 활

성탄을 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 유해폐액을 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.

참고문헌

American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. 5th ed. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1986., p. 180

Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 10th ed. and supplements. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 1965. New editions through 13th ed. plus supplements, 1982., p. 13/323

Atlanta, GA: National Institute for Occupational Safety and Health, CDC, 1988., p. 10

Bidleman TF; Environ Sci Technol 22: 361-367 (1988)

Birner G et al; Arch Toxicol 64 (2): 97-102 (1990)

Bowman MC et al.; J of Anal Toxicol 7 (1): 55-60 (1983)

Bretherick, L. Handbook of Reactive Chemical Hazards. 4th ed. Boston, MA: Butterworth-Heinemann Ltd., 1990, p. 874

Bronstein, A.C., P.L. Currance; Emergency Care for Hazardous Materials Exposure. 2nd ed. St. Louis, MO. Mosby Lifeline. 1994., p. 206-7

Brown D, Hamburger B; Chemosphere 16: 1539-53 (1987)

Brown D, Laboureur P; Chemosphere 12: 405-14 (1983)

Callahan MA et al; Water-related environmental fate of 129 priority pollutants vol II. USEPA-440/4-79-029b pp.102-1 to 102-7 (1979)

Cerniglia CE et al; Carcinogenesis 3 (11): 1255-60 (1982)

Chem Sources. Chemical Sources International, Inc. <http://www.chemsources.com>. 2001.

Claxton LD et al; Food Chem Toxicol 39 (12): 1253-61 (2001)

Clean Air Act as amended in 1990, Sect. 112 (b) (1) Public Law 101-549 Nov. 15, 1990

De France BF et al; Food Chem Toxicol 24 (2): 165-9 (1986)

Debnath AK et al; Environ Mol Mutagen 20: 140-44 (1992)

DHHS/NTP; Ninth Annual Report On Carcinogens. NTP 95-622 (2001)

DHHS/NTP; Toxicology and Carcinogenesis Studies of 3,3'-dimethoxybenzidine dihydrochloride (Drinking Water Studies) p.2 (1990) Technical Rpt Series No. 372 NIH Pub No 90-2827

Fire Protection Guide to Hazardous Materials. 12 ed. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 1997., p. 325-32

Franke C et al; Chemosphere 29: 1501-14 (1994)

Golka K, Kopps S, Myslak ZW. Carcinogenicity of azo colorants: influence of solubility and bioavailability. *Toxicol Lett.* 2004 Jun 15;151(1):203-10. Review.

Gray LE Jr, Ostby JS; *Fundam Appl Toxicol* 20 (2): 177-83 (1993)

Hadidian, Z., Fredrickson, T., Weisburger, E., Weisburger, J., Glass, R. and Mantel, N. (1968). Tests for chemical carcinogens. Report on the activity of derivatives of aromatic amines, nitrosamines, quinolines, nitroalkanes, amides, epoxides, azirines and purine antimetabolites. *J. Nat'l Cancer Inst.* 41, 985-1036.

Hilal SH et al; pp. 291-353 in *Quantitative Treatments of Solute/Solvent Interactions: Theoretical and Computational Chemistry Vol. 1* NY, NY: Elsevier (1994)

HSDB..Hazardous Substances Data Base. National Library of Medicine. <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen/HSDB>. 2001

IARC. Chemicals, Industrial Processes and Industries Associated with Cancer in Humans. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Supplement 4. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer.292pp.1982.

IARC. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Man. Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, 1972-PRESENT. (Multivolume work)., p. V4 41 (1974)

IARC. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals

to Man. Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, 1972-PRESENT. (Multivolume work)., p. V7 62 (1987)

IARC. Some Aromatic Amines. Hydrazine and Related Substances, N-Nitroso Compounds and Miscellaneous Alkylating Agents. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, vol.4. Lyon,France: International Agency for Research on Cancer.286 pp. 1974.

Iba MM; Mutation Research 182 (5): 231-41 (1987)

Kawasaki M; Ecotox Environ Safety 4: 444-54 (1980)

Kennelly JC et al; Mutat Res 137 (1): 39-45 (1984)

Lewis, R.J. Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 9th ed. Volumes 1-3. New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1996., p. 1039

Lewis, R.J., Sr (Ed.). Hawley's Condensed Chemical Dictionary. 13th ed. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc. 1997., p. 350

Lide, D.R. (ed). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 72nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 1991-1992., p. 3-124

Lyman WJ et al; Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Washington, DC: Amer Chem Soc pp. 15-1 to 15-29 (1990)

Lyman WJ; p. 31 in Environmental Exposure From Chemicals Vol I, Neely WB, Blau GE, eds, Boca Raton, FL: CRC Press (1985)

LYNN RK ET AL; TOXICOL APPL PHARMACOL 56 (2): 248-58 (1980)

MArtelli A et al; Toxicol Sci 53 (1): 71-6 (2000)

Messerly EA et al; Environ Molecular Mutagenesis 10 (3): 263-74 (1987)

Meylan WM et al; Environ Toxicol Chem 18: 664-72 (1999)

Meylan WM, Howard PH; Chemosphere 26: 2293-99 (1993)

Meylan WM, Howard PH; Environ Toxicol Chem 10: 1283-93 (1991)

Montesano, R., H. Bartsch, E.Boyland, G. Della Porta, L. Fishbein, R. A. Griesemer, A.B. Swan, L. Tomatis, and W. Davis (eds.). Handling Chemical Carcinogens in the Laboratory: Problems of Safety. IARC Scientific Publications No. 33. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, 1979., p. 14

Montesano, R., H. Bartsch, E.Boyland, G. Della Porta, L. Fishbein, R. A. Griesemer, A.B. Swan, L. Tomatis, and W. Davis (eds.). Handling Chemical Carcinogens in the Laboratory: Problems of Safety. IARC Scientific Publications No. 33. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, 1979.,

Morgan DL et al; J of the American College of Toxicol 9 (1): 79-91 (1990)

Morgan DL et al; Toxicol 59 (3): 297-309 (1989)

NIOSH. National Occupational Exposure Survey(1981-83). Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services 1984.
<http://www.cdc.gov/noes/noes3/empl0003.html>

NIOSH. National Occupational Hazard Survey(1972-74).Cincinnati, OH: Department of Health, Education and Welfare. 1976.

NIOSH. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards &Other Databases. U.S. Department of Health &Human Services, Public Health Service, Center for Disease Control &Prevention. DHHS (NIOSH) Publication No. 2001-145 (CD-ROM) August 2001

NIOSH. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. DHHS (NIOSH) Publication No. 94-116. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, June 1994., p. 90

NIOSH/CDC. NIOSH Recommendations for Occupational Safety and Health Standards 1988, Aug. 1988. (Suppl. to Morbidity and Mortality Wkly. Vol. 37 No. 5-7, Aug. 26, 1988).

NIOSH; National Occupational Exposure Survey (NOES) (1983)

NIOSH; NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards and Other Databases. CD-ROM. Dept Health Human Srv., Cntrs Disease Control Prevent. DHHS (NIOS) Pub No. 2001-145. Aug, 2001

NIOSH; Special Occupational Hazard Review for Benzidine-Based Dyes p.27 (1980)

NTP. Toxicology and Carcinogenesis Studies of 3,3-Dimethoxybenzidine Dihydrochloride (CAS No.20325-40-0) in F344/N Rats (Drinking Water Studies). Technical Report Series No 372. Research 1990.

NTP; Fiscal Year 1986 Annual Plan p.128 (1986) NTP-86-086

O'Neil, M.J. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. 13th Edition, Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., 2001., p. 527

Ouellet-Hellstrom R, Rensch JD. Bladder cancer incidence in arylamine workers. J Occup Environ Med. 1996 Dec;38(12):1239-47.

Parris GE; Environ Sci Technol 14: 1099-106 (1980)

Prival MJ et al; Mutat Res 136 (1): 33-47 (1984)

Reid TM et al; Environ Mutagen 6 (2): 145-51 (1984)

Reynolds SH et al; Cancer Res 50 (2): 266-72 (1990)

Rodgers RM et al; Drug Metab Dispos 11 (4): 293-300 (1983)

Sadtler Res Lab; Sadtler Standard UV Spectra No. 1181

Saffiotti, U., Cefis, F., Montesano, R. and Sellkaumar, A. (1967). Induction of bladder cancer in hamsters fed aromatic amines. In: Bladder Cancer, A Symposium (Duchmann, W.B. and Tampe, eds.). Aesculapius Publishing Co., Birmingham, Ala. 129-135.

Sax, N.I. Dangerous Properties of Industrial Materials. 6th ed. New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1984., p. 544

Schieferstein GJ et al; J American Coll Toxicol 9 (1): 71-7 (1990)

Sellakumar, A., Montesano, R. and Saffiotti, U. (1969). Aromatic amines carcinogenicity in hamsters. Proc. Am. Assoc. Cancer Res. 10, 78.

Shah PV, Guthrie FE; Bull Environ Contam Toxicol 31 (1): 73-8 (1983)

Shah PV, Guthrie, FE; Bulletin of Environ Contamination and Toxicol 31 (1): 73-8 (1983)

Sittig, M. Handbook of Toxic and Hazardous Chemicals and Carcinogens, 1985. 2nd ed. Park Ridge, NJ: Noyes Data Corporation, 1985., p. 358

Swann RL et al; Res Rev 85: 17-28 (1983)

The Merck Index: An Encyclopedia of Chemicals and Drugs 8th ed. Rahway, New Jersey: Merck and Co., Inc., 1968., p. 340

TSCA. Toxic Substances Control Act, Chemical Substances Inventory. 1979.

U.S. Department of Health and Human Services; Ninth Report on Carcinogens Revised January 2001. Available at <http://ehis.niehs.nih.gov/roc/> as of Feb, 2002

U.S. Department of Health, Education Welfare, Public Health Service. Center

for Disease Control, National Institute for Occupational Safety Health. NIOSH Manual of Analytical Methods. 2nd ed. Volumes 1-7. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1977-present., p. 325-1

USEPA/Office of Water; Federal-State Toxicology and Risk Analysis Committee (FSTRAC). Summary of State and Federal Drinking Water Standards and Guidelines (11/93)

USEPA; EMMI. EPA's Environmental Monitoring Methods Index. Version 1.1. PC# 4082. Rockville, MD: Government Institutes (1997)

USEPA; Engineering Handbook for Hazardous Waste Incineration p.3-13 (1981) EPA 68-03-3025

USITC. Imports of Benzenoid Chem &Prod 1984 p. 17

USITC. Imports of Benzenoid Chemicals and Products, 1983. USITC Publication No 1548. Washington, D.C: U.S. Government Printing Office. 1984.

Yalkowsky SH, Dannenfelser RM; The AQUASOL dATABASE of Aqueous Solubility. Ver 5. Tucson, AZ: Univ AZ, College of Pharmacy (1992)

You Z et al; Mutat Res 319 (1): 19-30 (1993)