

일반분야-보고서		
연구원	-	-

2006년 연구보고서

# 석면에 의한 건강 장해예방( I )

한국산업안전공단  
산업안전보건연구원

일반분야-보고서		
연구원	-	-

2006년 연구보고서

# 석면에 의한 건강 장해예방( I )

2006. 12

한국산업안전공단  
산업안전보건연구원

# 제 출 문

산업안전보건연구원장

귀하

본 보고서를 2006년도 정책분야 연구사업계획에 따라 수행한  
“ 석면에 의한 건강 장해예방(I)”의 최종보고서로 제출합니다.

2006년 12월

연구기관 : 가톨릭대학교 의과대학  
예방의학교실

연구책임자 : 김현욱 (가톨릭대학교 교수)

공동연구자 : 정혜선 (가톨릭대학교 교수)

김형렬 (가톨릭대학교 교수)

정춘화 (??? 대학교 교수)

황인영 ( )

연구원 임호주 (가톨릭대학교 박사과정)

이승철 (가톨릭대학교 박사과정)

박정순

황정환

이동원

이은양

연구협력자 : 허윤선 (노동부 산업보건환경팀 사무관)

황호순 (노동부 산업보건환경팀 전문위원)

이경용 (산업안전보건연구원 정책연구팀)

## 요 약 문

우리나라는 석면 원자재를 수입하여 여러 제품을 생산하고 사용하여 왔으며, 특히 건축물의 단열재, 방음재 등에 주로 사용하였다. 건물에 사용된 석면은 건축물 노후화와 개보수를 위한 해체 및 철거가 활발히 이루어지면서 석면 노출로 이어졌으며, 그로 인해 건물 내에서 일하는 근로자뿐 아니라 건물 밖으로 방출되는 석면으로 인해 일반 국민에서도 관련 질병이 발생할 우려가 매우 높다. 이런 석면 해체 제거작업의 위험성에도 불구하고 석면 관리에 필요한 제도적 장치나 근로자의 보호가 제대로 이루어지지 않고 있다. 이에 본 연구는 건축물 해체·철거 시 건물 내에 존재하는 석면을 안전하게 해체 제거하고, 근로자와 국민을 보호하기 위한 국가 인프라 구축 및 활성화방안을 제시하고자 2006년 3월 27일부터 동년 10월 27일까지 수행하였다. 이런 목적을 수행하기 위하여 본 연구는 기존 문헌연구, 전문가 자문회의, 설문조사 등으로 구성하였으며, 선진외국의 사례를 참고하기 위하여 미국, 유럽, 일본 등을 직접 방문하여 현지 시찰 및 전문가들의 의견을 수렴하였다.

연구 결과 선진국에서는 자국에 맞도록 법과 제도를 운영하고 있는데, 전문 인력을 규정하고 인허가 제도를 운영하고 있었다. 전문가는 전문 교육기관에서 교육을 받은 자에 대하여 자격이 있는 것으로 간주하며, 교육기관은 반드시 정부에서 인정하는 기관이어야 한다. 석면 해체·제거업의 경우 미국과 영국 포함한 유럽에서는 정부 면허 제도를 가지고 있었다. 석면분석에서는 위상차 현미경 방법과 편광현미경 방법이 국제적으로 사용되고 있었으며, 전자현미경 방법도 사용되고 있었다. 석면 분석에 관한 질을 확보하기 위한 정도관리를 실시하고 있으며, 분석자에 대한 교육은 민간 교육기관에서 관련 전문 학계와 단체와 연계하여 실시하고 있었다. 국내 석면관련 업무를 수행할 수 있는 기관에 대한 설문조사 결과, 석면 업무를 수행할 수 있는 곳은 극소수에 지나지 않았다.

이러한 국내외 상황을 종합하여 본 연구에서는 국내 적용을 고려하여 법적인 제도 정비와 함께, 향후 국내에서 해체 제거할 건축물 수를 고려한 석면 전문 인력의 종류, 전문 교육의 내용과 교육기관 수, 분석과 정도관리 등 인프라 구축에 필요한 방안을 제시하였으며, 또 효과적인 석면 관리를 위한 종합적인 정보관리에 대한 안을 제시하였다.

### 중심어

석면, 해체 제거 작업, 전문 인력, 분석기관, 정도관리, 인프라

# - 차례 -

## I. 머리말

1. 연구배경 .....	1
2. 연구 목적 .....	10
3. 연구 방법 .....	12
가. 연구개요 .....	12
나. 문헌조사 .....	12
다. 선진외국의 관련 부처 및 기관 방문 .....	13
라. 작업종류 구분에 따른 지침서 개발 .....	13
마. 전문가의 자문 .....	14

## II. 연구결과

1. 정책과 제도 검토 .....	15
가. 국외 정책(법)과 제도 현황 .....	15
(1) 미국 .....	15
(2) 영국 .....	26
(3) 일본 .....	35
(4) 핀란드 .....	39
(5) EU .....	40
(6) 국가별 제도 .....	39
(7) 석면의 노출기준 .....	42
2. 전문인력 .....	45
가. 미국 .....	46
나. 영국 .....	47
다. 네덜란드 .....	49
라. 핀란드 .....	50
마. 일본 .....	51
3. 제거업체 관리 .....	52
가. 미국 .....	52
나. 영국 .....	55
다. 네덜란드 .....	62
라. 핀란드 .....	62

마. 호 주 .....	62
4. 국외 석면 해체 및 제거작업방법 고찰 .....	62
가. 작업방법분류 .....	63
나. 호흡 보호구 및 개인보호장비 .....	64
(1) 미국 .....	57
(2) 영국 & 유럽연합 .....	66
(3) 일본 .....	67
(4) 캐나다 .....	68
(5) 호주 .....	69
다. 공기질 측정 .....	71
(1) 미국 .....	71
(2) 영국 & 유럽연합 .....	72
(3) 일본 .....	74
(4) 캐나다 .....	75
(5) 호주 .....	77
라. 분석 .....	78
(1) 위상차현미경 (Phase Contrast Microscopy, PCM) .....	87
(2) 편광현미경 (Polarized light Microscopy, PLM) .....	97
(3) 투과전자현미경 (Transmission Electron Microscopy, TEM) .....	97
(4) 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscopy, SEM) .....	97
(5) 엑스선회절분석기 (X-ray Diffraction, XRD) .....	99
(6) 적외선분광광도기 (Infrared Spectroscopy, IR) .....	97
(7) 분산대물렌즈 위상차현미경 .....	80
(8) 시료 중 석면 함유량 평가 방법 .....	80
5. 국외 PLM과 PCM 전문 교육 기관 .....	84
6. 정도관리 .....	88
가. 미국 .....	88
(1) AIHA .....	88
(2) NIST .....	90
나. 영국 .....	91
(1) Health & Safety Laboratory(HSL) .....	99
(2) Institute of Occupational Medicine(IOM) .....	99
7. 국내 인프라 현황 .....	95
가. 국내 건물 수 .....	95
나. 국내 철거업체 등록현황(1993년~2004년) .....	1
다. 석면 분석 .....	113
라. 국내 산업위생기사, 산업기사, 기술사 현황 .....	114

8. 국내 작업환경측정기관의 석면 분석 업무에 대한 인식 조사	115
가. 분석담당자와 석면분석담당자 수	115
나. 석면 분석 장비(편광현미경, 위상차현미경)보유, 분석, 정도관리 현황	116
다. 향후 석면 분석 수행과 문제점	116
라. 석면 분석 교육 실시의 적정 기관과 비용	117

### III. 결론

1. 국내 석면 해체·제거 인프라 구축 방안 제안	121
가. 법	121
나. 제도	129
(1) 자격: 수료, 인가, 허가	129
(2) 석면심사평가원	130
다. 석면 관련 인력	131
라. 전문 교육기관, 석면 해체·제거업체, 분석기관	132
(1) 전문 교육 기관	132
(2) 석면 해체 및 제거업체	136
(3) 석면 분석사 및 전문 분석기관	138
마. 건축물 석면 함유자재 해체 및 제거 과정	140
(1) 해체·제거 과정 및 관련 기관	140
(2) 해체·제거 과정 미 관련 기관의 운영	143
2. 건축물 내 석면 함유자재 해체·작업 인프라 구성의 필요인력 예측	143
가. 국내 건축물 크기에 따른 현황	143
나. 사전 조사자	144
다. 석면 해체·제거 근로자	146
라. 석면지도감리사	148
마. 석면 해체·제거업	148
사. 석면 전문 분석사	149
3. 석면 해체·제거 관리 인프라 구축을 위한 예상 비용 계산	150
가. 건설현장 관련자 교육(분석 외)기관	150
나. 분석사 교육기관	151
다. 근로자 관리용 Database 시스템 개발	151
라. 석면 조사·감시·평가용 Web-base 시스템 개발	151
마. 장비검증 시스템 구축	152
바. 분석 및 정도관리 시스템 구축 예상 비용	153
참고 문헌	155

## 〈표 차례〉

표 1. 석면 함유 제품 현황 .....	5
표 2. 수입 석면함유 제품 .....	6
표 3. 국내 석면폐 발생현황 .....	7
표 4. 국내 폐암 발생현황 .....	7
표 5. 국내 중피종암 발생현황 .....	7
표 6. 국내 악성 중피종 증례보고현황 .....	7
표 7. 작업 분류와 방법 .....	23
표 8. Supervisor의 작업 분류별 역할 및 자격 .....	24
표 9. 작업 분류에 따른 근로자 보호구 .....	25
표 10. 보호구 선정 기준 .....	25
표 11. RG 8에서 제기하고 있는 석면 조사 책임자의 요구 조건 .....	34
표 12. 일본의 석면 관계 법령 .....	35
표 13. 각국의 석면 노출기준 .....	44
표 14. 각 국의 석면 해체·제거관련 인력 .....	45
표 15. 미국의 인력구분과 자격 .....	46
표 16. 영국의 인력구분과 자격 .....	48
표 17. UKAS 석면 관련 기관 및 인원에 대한 자격 기준 .....	49
표 18. 네덜란드 인력구분과 자격 .....	49
표 19. 핀란드의 인력구분과 자격 .....	50
표 20. 일본의 석면관련 인력구분과 자격 .....	51
표 21. 영국의 자재에 따른 적용 및 비적용 대상 물질 .....	57
표 22. ASLIC의 허용 단계와 정의 .....	57
표 23. 국가별 석면 작업분류 .....	63
표 24. 작업 분류에 따른 호흡 보호구 .....	64
표 25. 석면해체·제거작업에 따른 호흡보호구의 선택 .....	65
표 26. 작업 분류에 따른 개인 보호의 및 개인 보호장비 .....	65
표 27. 영국과 유럽에서의 보호계수에 따른 호흡보호구 .....	66
표 28. 공기 중 석면으로부터 근로자를 보호하기 위한 지급식 호흡보호구 선정표 .....	66
표 29. 일본의 석면해체·제거에 따른 호흡보호구의 착용 .....	67
표 30. 일본의 석면해체·제거작업에 따른 보호의 작업의 .....	68
표 31. 호주의 석면제거작업에 따른 호흡보호구 선택방법 .....	70
표 32. 미국의 석면작업 관련 공기 측정대상과 목적 .....	71
표 33. 영국과 EU에서의 석면 해체·제거 작업 시 작업 형태 및 방법별 측정 결과 .....	73

표 34. 호주의 석면제거작업 시 석면관리기준 농도 .....	78
표 35. 선진국 국가별 석면 분석 방법 .....	80
표 36. 미국 McCrone의 교육과정 .....	8
표 37. British Occupational Hygiene Society의 분석 교육 과정(P 401과 P 4036) .....	8
표 38. British Occupational Hygiene Society의 조사, 분석 교육과정 - S301 .....	7· 8
표 39. Proficiency testing 평가 실수와 점수 .....	29
표 40. 지역별 건축물 현황(2004년, 2005년) 지역별 건축물 현황(2004년, 2005년) .....	5· 9
표 41. 도별/ 용도별 건축물 현황(2005년) .....	9
표 42. 시도별/ 층수별 건축물 현황(2005년) .....	9
표 43. 면적별 건축물 현황 .....	9
표 44. 연도별 주택재개발 사업 추진현황 .....	100
표 45. 주택재개발(Housing Redevelopment) .....	10
표 46. 서울 시 주택재개발(Housing Redevelopment) .....	10
표 47. 연도별 재건축사업 추진현황 .....	103
표 48. 서울시 재건축 추진현황 .....	104
표 49. 건축년도별 건물의 종류별, 지역별 주택(통계청) .....	106
표 50. 시도별 비계 및 형틀공사업장(자료출처 : 통계청) .....	112
표 51. 건물 및 구축물 해체사업장 (자료출처 : 통계청) .....	112
표 52. 선진국 석면 분석 정도관리 프로그램에 의해 석면 분석 능력을 인증 받은 기관 .....	113
표 53. 년도 별 산업위생 관련 자격증 취득자 현황 (단위:명) .....	114
표 54. 분석담당자 보유 기관 .....	115
표 55. 석면분석담당자 수 .....	116
표 56. 석면 분석 장비 보유 및 사용현황 .....	116
표 57. 향 후 석면분석 수행여부 .....	117
표 58. 석면 분석 기관 참여의 문제점 .....	117
표 59. 석면 분석의 적절한 교육기간과 교육비용 .....	118
표 60. 석면 분석 기관 육성에 대한 참여 및 정부 지원 .....	118
표 61. 설비 및 교육비의 비용의 작업환경측정기관의 비용부담여부 .....	119
표 62. 분석 장비(현미경), 교육, 실험실 제반설비의 작업환경측정기관의 적정 부담 률 .....	120
표 63. 산업보건기준에 관한 규칙 현행 및 제안 .....	121
표 64. 건축법 시행령 제 24 조 .....	126
표 65. 석면 해체·제거 작업의 위험 분류에 따른 대상 물질, 작업방법, 분진농도 및 보호구 .....	127
표 66. 국내 석면관련 전문 구분 및 자격 .....	132
표 67. 국내 석면 해체·제거 관련 인력 구분 및 교육 내용(안) .....	134

표 68. 석면 전문 인력 교육기관 설립 과정(안) .....	135
표 69. 석면 해체·제거업 설립 과정(안) .....	137
표 70. 건축물/사업장 석면 함유물질 해체·제거 과정 내용 및 관련 기관 .....	142
표 71. 면적별 건축물 현황(2005년) .....	144
표 72. 층수별 건축물 현황(2005년) .....	144

## 〈그림 차례〉

그림 1. 독일의 석면 사용으로 인한 악성중피종과 폐암의 발생 .....	2
그림 2. 우리나라의 년도 별 석면 수입량 .....	3
그림 3. 1981-2001/5년까지 영국에서 악성중피종 사망자 수 및 보상건수 .....	4
그림 4. 본 연구의 연구방법 개략도 .....	12
그림 5 미국의 석면 해체·제거 관리제도 flow .....	41
그림 6. 영국의 석면 해체·제거 관리제도 flow .....	42
그림 7. 일본의 석면 해체·제거 관리제도 flow .....	42
그림 8. 핀란드의 석면 해체·제거 관리제도 flow .....	42
그림 9. 네델란드의 석면 해체·제거 관리제도 flow .....	43
그림 10. 영국의 허가 신청 및 허가과정 흐름도 .....	61
그림 11. EPA 석면 함유물질 평가 및 중량 평가 .....	81
그림 12. 회화 및 산처리에 의한 시료 중 석면 정량 .....	82
그림 13. 석면 함유 중량 평가 (JIS A 1481) .....	83
그림 14. AIHA에서 운영하는 Asbestos Analyst Registry(AAR) Diagram .....	90
그림 15. AIMs 평가 방법 .....	93
그림 16. 국내 용도별 건축물 현황(2005년) .....	95
그림 17. 국내 지역별/용도별 건축물 현황(2005) .....	99
그림 18. 전국 층수별 건축물 현황(2005년) .....	99
그림 19. 면적별 건축물 현황 .....	99
그림 20. 산업위생 관련 자격증 취득자 현황 .....	114
그림 21. 한국의 석면 해체·제거 관리제도 flow .....	129
그림 22. 석면 심사평가원(안) 구성도 .....	131
그림 24. 건축물/사업장에서 석면물질 해체·제거 과정 .....	141
그림 25. 국내 면적별 건축물 분포(2005년) .....	145
그림 26. 사전조사자 수요 예상 .....	146
그림 27. 석면 해체·제거 근로자 수요 예상 .....	147
그림 28. 석면지도감리사 수요예상 .....	148
그림 29. PLM분석 대상 수요 예상 .....	149
그림 30. PCM 분석 대상 수요 예상 .....	150
그림 31. 교육, 관리시스템 구축 예산 비용 .....	152
그림 32. 분석 및 정도관리 구축 예산 비용 .....	154

# I. 머리말

## 1. 연구배경

건축물 및 산업장 재료의 일부로 사용되고 있는 석면은 물리, 화학적으로 내열, 내마모성, 방음, 단열성 등의 좋은 특성을 가지고 있으며, 값도 저렴하기 때문에 절연체, 충전제, 방직품, 건축자재로 벽재, 미장재, 바닥 타일, 천장재 등의 제품에 사용되었다.

2000-2005년 기간 동안 전세계의 석면 생산은 연간 205만톤에서 240만톤 정도로 꾸준히 유지되고 있다. 유럽 27개 국가의 석면 사용실태를 보고한 바에 의하면, 석면 소비는 1950년대에서 급증하여 1980년대까지 사용되었고, 그 후부터 일부 국가에서 사용 제한이나 금지제를 도입하면서 감소하기 시작하였다. 1990년대에 European Directive에서 석면 사용을 금지하는 지침을 도입하면서 급감하기 시작하였고(European Commission Directive 1999/77/EC), 2005년 1월에 석면이 함유된 제품의 사용과 거래에 대한 완전금지가 발효되었다. 2006년 4월부터는 석면작업자 보호조치 규정 (2003/18/EC)에 대한 후속조치로서 석면 채광 및 석면 함유제품의 생산 및 가공 금지가 발효되었다. 따라서 유럽에서 석면과 관련된 문제는 이미 건물이나 공장 및 장비 등에 사용된 석면으로 인한 것만 남아있다 (Virta, 2003).

독일에서도 석면 사용은 1940년대 중반부터 증가하기 시작하여 1970년대에 정점을 이루고 1980년대부터 감소하기 시작해 1990년까지 사용되었다. 이런 석면 사용 추세와 비교해 질병 발생 추이를 비교한 결과를 Woitowitz(2003)이 발표하였는데(그림1), 1985년부터 악성 중피종과 폐암의 발생이 급증하고 있음을 보여 주었다.

노동부에서는 석면의 유해성을 이유로 1997년부터 청석면과 갈석면의 수입 사용을 금지하여 왔으나, 백석면의 경우는 아직 이렇다 할 규제가 없이 수입이 되고 있는 실정이다. 아래 그림 2는 1991년부터 2005년 6월까지 우리나라의 백석면 수입 현황에 대하여 조사된 결과이다(김현욱, 2006). 그러나 이러한 조사의 문제점은 정확히 어디에 사용되기 위하여 수입되었는지 알 수 없다는 단점이 있다. 우리나라에서는 90년대에 연간 8만톤 이상의 석면이 수입된 것을 최정점으로 현재는 원료 수입이 감소하는 추세에 있으나, 반제품이나 원 제품으로의 수입이 증가되는 추세에 있다.

우리나라의 경우 1976년 석면수입량은 74,000톤에서 1995년 88,000톤 까지 꾸준히 증가하였으나 석면으로 인한 피해사례가 늘면서 2000년 28,900톤, 2002년 21,500톤, 2004년 14,500

톤으로 수입량이 급격히 감소하고 있는 추세이다. 1976년 이전에도 석면이 수입되었으나 정부의 통계자료가 석면으로 분류되어 있지 않아 파악이 어려운 실정이다.

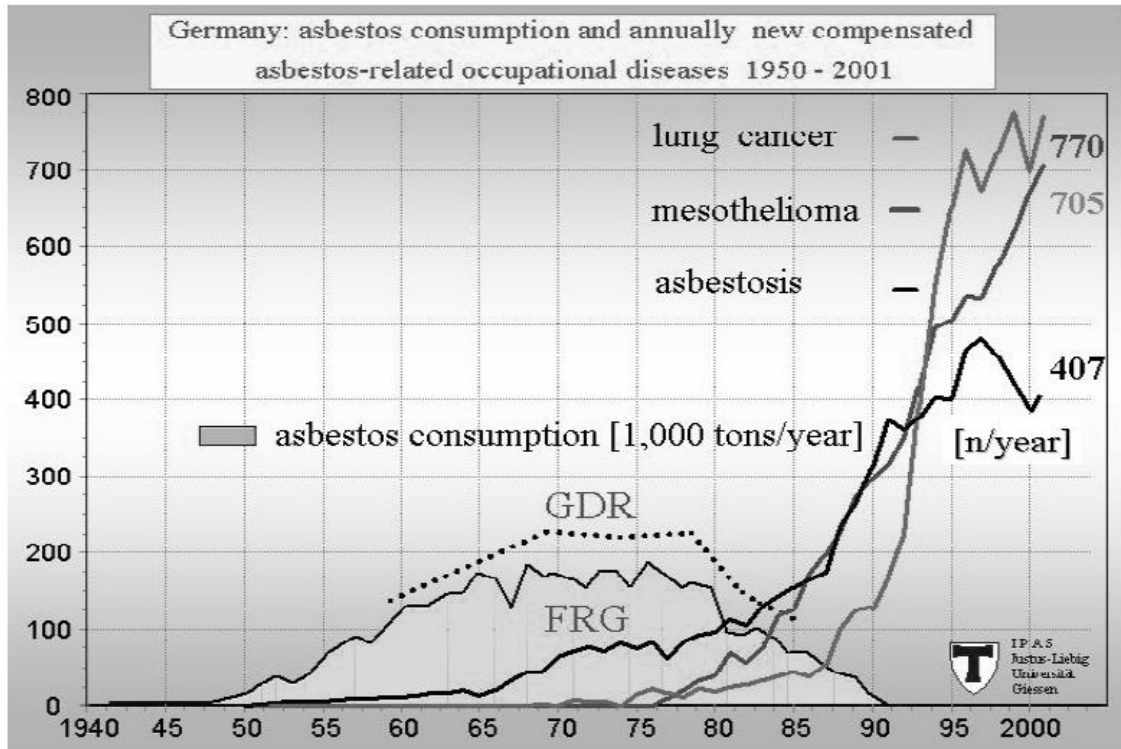


그림 1. 독일의 석면 사용으로 인한 악성중피종과 폐암의 발생

특히 1998년 이전에는 백석면, 갈석면, 청석면 등을 구분하지 않고 수출입되어 각각의 양을 정확히 파악하기 힘든 실정이다. 1999년 이후부터 수출입된 백석면, 갈석면, 청석면 중 주 수입은 백석면으로 그 수량이 점차 감소함을 알 수 있다. 갈석면, 청석면은 수입 및 제조금지 대상품목으로 지정되어 제한되고 있어 그 양이 매우 적은 것으로 조사되었다. 기존 연구에서 조사된 우리나라의 석면사용 실태를 살펴보면 1970년대는 약 96%가 건축자재인 슬레이트 원료로 사용되었으나, 1990년에는 슬레이트와 보온 단열재 등으로 약 82.3%, 석면마찰제인 브레이크 라이닝과 패드 등에 약 10.5%, 석면 방직제품인 석면포 등에 약 5.5%, 그리고 기타 가스켓과 단열제품에 1.7 %가 사용되었다(최정근 등, 1998).

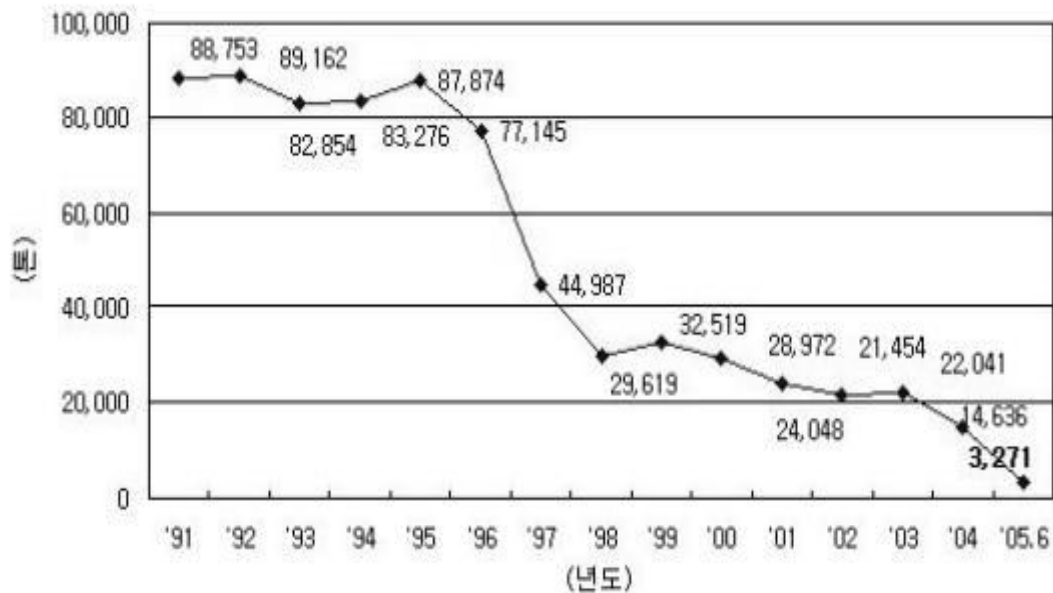


그림 2. 우리나라의 년도 별 석면 수입량

우리나라에서 사용된 석면함유제품의 용도 및 제조·수입현황과 수입석면 함유제품의 구체적인 내용은 표 1, 2와 같다.

이러한 석면 제조 및 사용으로 인한 석면 노출로 인하여 발생하는 건강상의 영향은 다음과 같다. 석면 섬유에 장기간 호흡기를 통해 노출되면 15~40년의 잠복기를 거쳐 석면폐증, 폐암, 악성 중피종 등을 유발하며, 섭취 시에는 장관계의 암과 인후두암, 신장암, 췌장암, 임파선암 등을 유발한다. 외국에서는 물론이고, 국내에서도 석면으로 인한 직업병 사례가 여러 번 보고된 바 있다.

현재 전세계에서 1억 2,500만 근로자가 석면에 노출되어 있고, 매년 약 9만명의 근로자가 석면 노출과 관련된 석면폐증, 폐암, 악성중피종 등의 질병으로 사망하는 것으로 추정된다 (Concha-Barrientos, 2004; Driscoll, 2005). 또 악성중피종으로 인한 사망 경향분석을 보면, 1990년대에 서유럽국가에서 매년 5000명이 사망할 것을 보며, 이 수치는 2018년에 2배로 증가해 약 9000명 정도가 될 것으로 예상된다. 또한 석면 노출관련 코호트 연구에서 석면 종류, 노출 정도, 노출 연령, 흡연 유무에 따라 변하기는 하지만 대략 악성중피종 한 건마다 1-5건의 폐암이 발생하는 것으로 보고되고 있다. 따라서 보수적으로 잡아 악성중피종 한 건에 2건의 폐암이 발생한다고 가정하더라도, 1990년대에 폐암이 1만건 정도가 될 것으로 본다 (Karjalainen, 2002). 영국에서는 2001년-2004년까지 매년 약 1900명이 악성중피종으로 사망하였으며, 악성중피종 발생은 2011년에서 2015년에 정점을 이룰 것으로 보이며 매년 약

2000-2400명이 사망할 것으로 추정된다(그림 3). 석면 노출로 인한 폐암 사망은 악성중피종 건수의 2배로 추정되며, 이런 경우를 모두 감안할 경우 석면으로 인한 암 사망자는 영국에서 매년 5500-6000명 정도로 예상된다 (HSE, 2006).

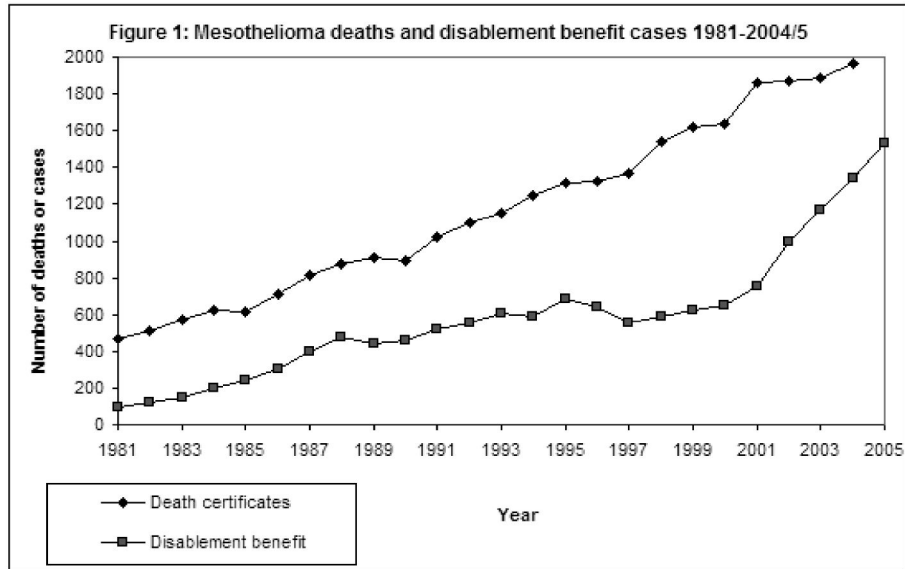


그림3. 1981-2001/5년까지 영국에서 악성중피종 사망자 수 및 보상 건수

우리나라의 경우는 1993년 석면섬유공장에서 연사공으로 근무하던 여성근로자가 악성중피종에 확진되었으며, 석면포(볼티비산방지포)를 나누어주거나 수거하는 업무를 하는 안전관리자, 제강업체 근로자 등에서 악성중피종이 발생되었다고 보고되었다. 또한 석면섬유공장에서 방사기를 수리 보수하는 공무원서 근로자가 청석면에 노출되어 폐암으로 인정된 경우와 슬레이트 제조라인의 배합공으로 근무하던 근로자와 지하철역내 설비·영선 업무를 수행하던 근로자에게서 폐암이 발생한 사례가 보고되었다(월간노동, 2004). 이에 대한 관련 직업병 사례는 표 3-6과 같다.

표 1. 석면 함유 제품 현황

종류	제품명	용도	국내현황		비고
시멘트제품 <sup>1)</sup>	슬레이트	공장,창고, 축사 외 농촌가옥 지 붕용	석면제품 미생산	유지·보수용은 국 내 생산 예정	한국스레이트(주)당 진소재
	천정재	사무실천정,소형 빌딩 천정용,유 통상가 천정	석면제품 미생산	비석면 제품 생산	석고, 암면 등 비석면재료
	밤라이트	사 무 실, 화 장 실 칸막이등	석면제품 미생산	비석면 제품 생산 및 수입	중국산 석면, 비석면
	석면압출제품	공장벽체,다중이 용시설 건물	2005년 말까지 생산예정		
석면 마찰재 <sup>2)</sup>	브레이크라이닝	승용차,상용차	승용차용은 수출하 며, 상용차용의 일 부는 국내 소요	승용차용은 비석면 제품을 생산공급	중국산 수입
	크러치 판	승용차,상용차	국내 미생산		중국산 수입
	브레이크패드	승용차	비석면생산		
	중기 브레이크	대형중기용	석면제품 생산		중국산 수입
조인트 시트 <sup>3)</sup>	석면 가스켓	공장배관 및 기 계용	고열,고압용 생산	저급제품수입(70%)	중국산 수입
석면방직제품	석면사	열 기 계, 기 관 등 제조용		전량수입	중국산 수입
	석면 포직	단열 내화용, 보 일러등		"	중국산 수입
	석면사 팩킹	기계실, 공조실 배관등에 사용		"	중국산 수입
	석면 금선사	마찰재 제조		"	중국산 수입
	덕트 공사시에 사용되며 특히 고온을 필요로 하는 기계, 기관 등에 사용됨				

1) 10% 내외의 석면과 시멘트를 혼합한 후 압축하여 생산

2) 30%~50%내외의 백석면과 열경화수지를 배합한 후 열처리로 고형화 시켜 생산

3) 30%~50%의 백석면과 합성고무 등을 혼합한 후 압축하여 고열처리로 생산

표 2. 수입 석면함유 제품

상품 Index	제품 설명
<b>5911</b>	방직용 섬유제품과 방직용 섬유제의 물품
5911.20	불팅크로드(제지용 또는 이와 유사한 기계(펠프 및 석면시멘트용)에 사용하는 것으로 엔드레스 또는 연결구를 갖춘 방직용 섬유의 직물류와 펠트류
<b>6811</b>	석면시멘트 제품, 셀룰로스파이버 시멘트제품 또는 이와 유사한 것
6811.10	파형의 쉬트
6811.20	기타쉬트, 판넬, 타일 및 이와 유사한 제품
6811.30	관 및 관의 연결구류
6811.90	기타제품
<b>6812</b>	가공한 석면섬유, 석면을 기제로 한혼합물 또는 석면과 탄산마그네슘을 기제로 한 혼합물, 이들 혼합물의 제품 또는 석면제품
6812.50	의류·의류부속품·신발 및 모자류
6812.60	지 표지용의 판지 및 펠트
6812.70	압축가공한 쉬트상 또는 롤상의 석면섬유 조인팅
6812.90	기타
<b>6813</b>	두들겨 퍼거나, 세정, 선별 또는 등급선별의 가공보다 훨씬 더 가공된 석면섬유(:카아드된 섬유, 염색된 섬유)가 분류
6812.10	브레이크 라이닝 및 패드
<b>8484</b>	가스켓과 이와 유사한 조인트), 재질이 다른 것을 세트로 하거나 소포장한 가스켓과 이와 유사한 조인트, 메카니칼 시일
8484.10	가스켓과 이와 유사한 조인트
8484.20	메카니칼 시일
8484.90	기타

표 3. 국내 석면폐 발생현황

석면사업장	연령/성별	근무년수(년)	노출환경(f/cc)
석면방직업	47세/남	22	0.21-5.22
석면방직업	48세/여	11	0.21-5.22
석면방직업	54세/남	16	1.29-4.14
조선업	53세/남	26	불확실
석면방직업	50세/여	6	2.14
보온단열	57세/남	15	불확실

표 4. 국내 폐암 발생현황

석면사업장	연령/성별	근무년수(년)	노출환경(f/cc)
지하경비원	50세/남	11	불확실
차량정비업	57세/남	26	불확실

표 5. 국내 중피종암 발생현황

석면사업장	연령/성별	근무년수(년)	노출환경(f/cc)
석면방직업	46세/남	19	1.13-3.67
조선업	55세/남	34	불확실
사문석광산	56세/남	17	불확실

표 6. 국내 악성 중피종 증례보고현황

		2001년도	2002년도	2003년도
증례보고자수 (남/여)		80 예 (42/38)	19 예 (15/4)	22 예 (10/12)
위치	흉막	67	12	15
	복막	11	6	4
	기타	2	1	3
직업력 파악 증례수		46 예	10 예	12 예

석면관련 직업성 질환의 발견이 외국에 비하여 저조한 것은 석면취급 근로자에 대한 사후관리와 기초조사가 없었다는 이유와 장기간에 걸쳐 석면관련 질환이 발생하고, 석면과 관련되었다는 증거를 찾기가 용이하지 않으며, 석면사업장이 영세하고 근로자나 사업주가 석면의 건강장해에 대한 인식이 부족하여 더욱 발견되지 않았을 것으로 추정하고 있다.

이러한 석면의 위험으로부터 근로자와 일반 국민들의 건강을 보호하기 위하여

2006년 현재 유럽연합의 전체 국가를 포함, 40개국 이상에서 백석면을 포함한 모든 형태의 석면 사용을 금지하고 있다. 매우 낮은 농도에 노출된 인구집단에서도 발암성이 높으며 석면의 발암성에 대한 임계농도가 없으므로, 석면관련 질병을 퇴치할 수 있는 가장 효과적인 방법은 모든 종류의 석면 사용을 금지하는 것이다. 노동부에서는 석면으로 인한 건강장해가 대두되면서 발암성이 큰 청석면과 갈석면에 대하여 이미 제조·사용을 금하였고 (노동부, 1997), 백석면만 허가를 받아 사용하도록 하였으며, 최근에는 석면 함유 설비 및 건축자재의 해체 제거시 노동부 장관의 허가를 받도록 하였다(노동부, 2003). 현재는 2009년 석면 사용을 전면 금지하는 방안을 추진 중이다 (노동부, 2006).

외국의 경우, 근로자를 보호하기 위해 미국산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH) 및 산업안전보건청 (Occupational Safety and Health Administration, OSHA, 29CFR1910.1001)에서는 석면의 종류에 관계없이 0.1 f/cc (ACGIH, 2005)로 정하였고, 미국 환경보호청(Environmental Protection Agency)에서도 석면에 대한 노출의 안전수준은 없는 것으로 결론을 내리고 기준을 제시하고 있지 않고 일부 주에서만 실내공기청정법(Clean indoor air standard)에서 0.01 f/cc로 제시하고 있다. 국내는 노동부에서 작업장 노출기준으로 2 f/cc에서 2002년에 석면 종류에 관계없이 0.1 f/cc로 대폭 강화하였다 (노동부 고시 제 2002-8호, 2002). 일반 대중들을 위한 제도로는 다중이용시설등의 실내공기질 관리법(환경부, 2003)에서 권고기준으로 0.01 f/cc로 정하였다.

산업화 이후 사용된 대형건물의 신축과 함께 시작된 석면사용은 최근에는 기존건물의 재건축 및 리모델링 시기가 도래하여 건축물 해체작업 시 근로자와 일반 대중들에 대한 석면 노출가능성이 고조되고 있다. 최근에는 과거에 사용된 석면함유 건축물의 노후화 및 구조물의 활용성 저하 등으로 인한 해체작업이 증가하고 있으며, 석면이 함유된 건축자재 또는 석면제품 해체작업 관리의 중요성이 강조되고 있다. 핀란드에서는 석면노출로 인한 연간 질병 발생율은 노출된 근로자 1만명당 평균 2.5건이며, 가장 높은 위험 그룹은 건물/건설 작업자로 1만명당 22.5건이다. 핀란드에서는 석면에 한번이라도 노출된 건설 작업자의 22%가 폐내 석면관련 질병을 갖고 있다고 하였다(Rantanen, 2002). Rantanen(2002)은 전세계적으로 석면 생산은 1900년대부터 서서히 증가하기 시작하여 1950년-1975년까지 기하급수적으로 증가하였고 1980년대부터 감소하기 시작하였다고 보고하였다. 그러나 아직도 매년 200만톤의 석면이 생산되고 있으며, 석면관련 암 발생 보고는 1930년대와 1940년대부터 있었지만 석면의 생산과 소비는 1940년에서 1970년대 사이에 10배 정도 증가하였다. 중요한 문제 중 하나는 석면 사용을 중단한다고 해서 석면 노출이 줄어들 것으로 보이지 않는다는 점이다. 핀란드 내 건물에는 약 20만톤의 석면이 있으며, 이 양을 제거하게 되면 25배로 증가한 약 5백만톤의 석면함유폐기물이 발생할 것으로 보고 있다. 이 과정에서 많은 수의 작업자가 노출될 수 있는데, 석면에 노출된 작업자가 석면관련 질병이 발생할 비율은 약

20-50%이며, 가장 높은 위험은 건설업종사자로서 22.5/10,000이다.

근래에 우리나라도 석면함유 건축물 불법 철거로 인한 근로자 및 인근주민의 석면 노출 위험에 대한 지속적인 언론보도 등으로 관심을 끌고 있으며, 한 예로 재건축 지역인 서울 반포지역의 경우 OO건설에서 석면 철거를 실시하지 않은 상태에서 일부 철거를 진행 함으로서 지역 주민의 반발을 불렀고, 인근 학교에서 학생들이 농성을 벌이는 등 사회적으로 큰 문제점이 발생하였다.

국내 재건축사업의 대상은 노후·불량한 주택 중 20년이 경과된 주택의 경우 재건축 대상 주택의 조건을 만족(주축법시행령 제4조의 2)한다. 따라서 20년이 지난 주택의 경우 재건축을 위해 철거대상에 포함되는데, 그 중 상당수가 석면 마감재, 단열재 등이 사용된 건축물로 추산된다. 실제로 2004년 12월말 기준으로 발표된 건교부의 시·도별 재건축사업 실적에 따르면 전국적으로 조합인가를 받거나 사업계획승인을 받은 주택이 1999년 약 1만3천가구, 2001년 4만3천가구, 2003년 15만가구, 2004년 약 5만 5천 가구였다. 이런 건물은 물론 현재 사용되고 있는 건물 내에서 석면이 존재하는 것을 알기 위해서는 조사 분석이 선행되어야 하지만, 현재 우리나라는 건축물 관련 석면함유여부를 평가할 수 있는 기관이 3개(석면 관련 컨설팅기관 제외)로, 예상되는 국내 석면 해체·제거 대상 사업장(일반 건축물, 사업장 등 포함)에 비해 분석 및 평가 기관이 현저히 부족한 실정이며, 석면제거 전문업체 또한 매우 적은 실정이다. 또 이런 석면 함유 건축물을 유지 보수하거나, 해체·제거하는 작업을 수행할 인력에 대하여 전문적인 지식을 공급할 석면 관련 전문 교육기관은 전무한 실정이다.

석면의 “해체·제거 작업”이란 석면함유설비 또는 건축물의 파쇄, 개·보수 등으로 인하여 석면분진이 흩날릴 우려가 있고 공사 후 석면폐기물이 발생하는 작업을 의미하며, 이때 석면해체·제거 허가대상 건축물은 1%를 초과하는 석면을 함유한 설비 또는 건축물로 규정하고 있다. 산업안전보건기준에 관한 규칙 제237조에 따르면 사업주는 석면 해체·제거 작업 계획을 수립하는 때에는 당해 근로자 또는 근로자대표를 참여시켜 의견을 들어야 하며, 건축법상 허가대상 건축물을 철거하고자 할 때에는 석면함유여부를 기재하고 해당 관서장에게 관련사항을 제출(건축법 시행규칙 제24조 등)하여야 하며, 해당 관서장은 석면함유 여부를 확인 후 지방노동관서의 장에게 통보하도록 되어 있다. 그러나 현재 건축물 철거는 신고 대상(150평)에 한하며, 대부분의 철거 대상 건축물에 대한 석면 조사는 실제로 이루어지지 않은 상태에서 진행되어 왔다. 또한 석면 사용 허가 사업장에 대한 관리도 노동부의 석면 허가 사업장을 통하여 관리되고 있으나, 석면함유 제품을 수입한다거나 건축물에 사용된 석면 현황에 대한 충분한 조사는 진행되지 않고 있는 상태이다.

현재 국내에서는 향후 급증할 건축물내 석면 문제를 해결할 전반적인 인프라가 구축되어 있지 않고, 석면함유재의 해체·제거에 따른 적절한 지침서가 마련되어 있지 않아 건물의 해체·제거작업을 수행하는 근로자와 일반 대중들이 석면에 노출될 위험이 크며, 이

에 대한 대비가 되어있지 않으면 일본이나 독일, 영국과 같이 건강상 악영향이 발생할 수 있다.

## 2. 연구 목적

우리나라에서는 2005년 현재 약 25개의 석면 제조·허가사업장이 있으며, 95년을 정점으로 석면 사용량은 빠른 감소추세에 있다. 그러나 석면관련 질환이 보통 20~40년의 잠복기를 거친 후 발병한다는 것과 70~90년대 집중 수입되었다라는 점을 감안할 때, 1990년부터 직업적으로 노출되었던 근로자들에서 석면 노출과 관련된 직업병 증가가 예상되며, 2010년부터는 폐암이나 악성중피종 등이 대량으로 발생할 소지가 있다. 또 이미 사용된 석면중 상당량이 건축자재로 사용되었기 때문에 건물을 유지 보수하는 과정이나, 재건축 등으로 건축물 해체·제거하는 작업시 석면작업 근로자는 물론이고, 일반인들도 노출될 수 있으므로 이런 상황을 적절히 대처하지 않는다면 이들에서도 석면 관련 질병이 발생할 것으로 예측된다.

이에 석면 제조·허가 사업장과 석면 해체·제거 사업장에 대한 정부 및 관련기관의 효과적인 관리 및 운영이 요구된다. 그러나 현재 국내에서는 건물 내에서 석면을 조사 분석할 요원, 석면 시료를 분석할 전문기관 뿐만 아니라 석면을 전문적으로 제거할 업체도 현저하게 부족한 상황이어서, 시급히 이들 분야에 대한 기반 구축이 절실한 상황이다. 현재 까지 석면 사용을 전면적으로 금지하는 법이 제정되어 있지 않아 건축 자재나 가스켓 등에는 아직도 사용되고 있으며, 석면 함유 제품이 수입되는 것에는 거의 제재 없이 통관되고 있는 실정이다. 또 사회적으로 석면 함유재의 해체·제거시 해체 제거 근로자, 석면취급 근로자는 물론이고, 주변의 거주자 등에서도 건강에 매우 심각한 영향을 줄 수 있다는 사실의 인식이 부족하여 아무런 조치 없이 작업이 진행되기도 하였고, 더불어 해체작업의 기술적 지침이 미비하여 무분별한 해체·제거로 인한 문제가 제기되어 왔다.

따라서 본 연구는;

1. 석면 해체·제거에 대한 국내외 인·허가 관련제도 및 운영현황에 대한 국내·외 문헌검색과 선진국 실사를 통하여 선진국의 석면에 대한 대처 유형과 제도, 법률 등을 구체적으로 파악하여, 우리나라 석면 관련 법과 규정 등 제도를 정비하도록 하며,
2. 효과적으로 국내 석면 문제를 다룰 인력을 양성하기 위하여, 건물내 석면 함유 여부, 시료 포집, 건물 조사 등을 조사할 인력의 양성, 석면 시료를 분석할 분석 요원

에 대한 교육, 석면 해체와 제거 작업 수행 및 작업관리 인력에 대한 교육 등 인력 양성 방안을 제시하고,

3. 석면관련 조사 및 분석, 해체·제거 작업 인력, 작업관리 감독 인력에 대한 질적 수준을 유지하기 위한 효과적인 자격제도의 설립 및 운영 방안을 제시하며,
4. 유형별 석면함유 건축자재 및 석면 함유제품에 대한 해체·제거 작업에서 석면 분진의 비산을 방지할 구체적인 기술표준안을 개발, 제시하고,
5. 석면 함유 건축물에서 석면을 해체·제거하는 업체들이 기술 표준안에 따라 체계적이며, 효과적인 작업을 하여 안전한 해체 및 제거작업을 통해 작업을 수행하는 근로자 및 주변 주민들을 석면노출로부터 보호할 수 있도록 해당 업체를 관리할 수 있는 방안을 제시하도록 한다.

### 3. 연구 방법

#### 가. 연구개요

본 연구에서는 광범위한 국내·외 문헌조사와 선진외국의 관련 부처 및 기관 방문을 통하여 효과적인 인프라 구축 방안 모델을 파악함과 동시에 석면 해체·제거 작업시 지침서 개발 등을 통해 기술표준안을 개발하였다. 또한 모든 연구 과정에서 각 분야 전문가들의 자문을 통하여 연구 내용 및 방향을 조정하였다.

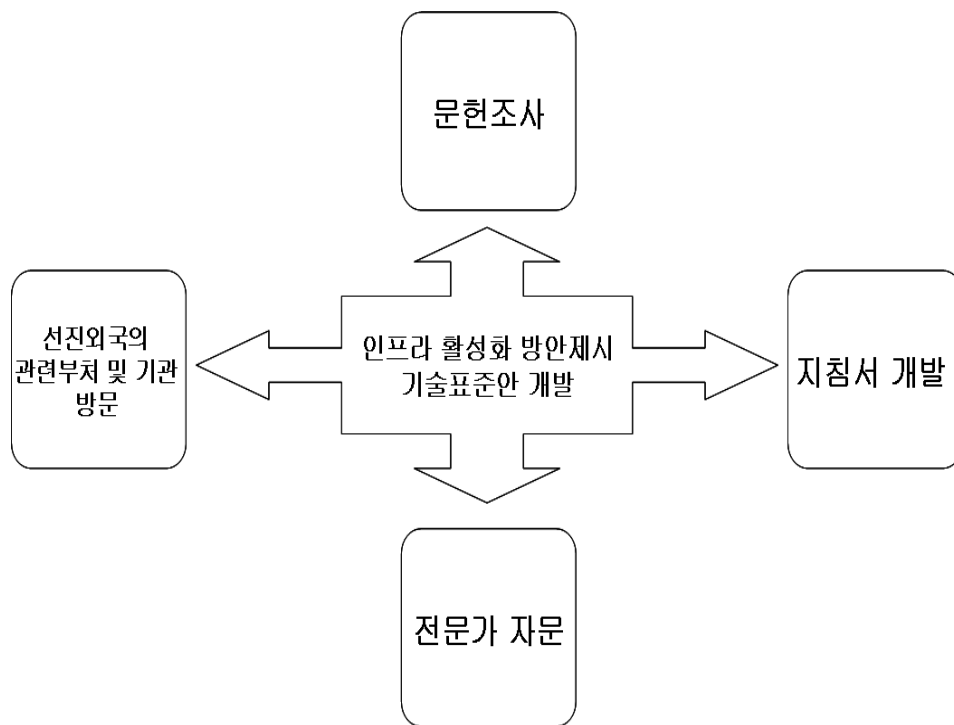


그림 4. 본 연구의 연구방법 개략도

#### 나. 문헌조사

석면 해체·제거에 대한 국내·외의 문헌조사를 통하여 위에서 제시한 연구내용에 대하여 조사함으로써 우리나라 실정에 적합한 석면 관련 인프라 구축 방안을 제시하고, 석면함유재

의 제품 및 건축물에 대한 해체 및 제거작업에 관한 선진외국의 사례를 참고하기 위하여 외국(미국, 유럽, 일본 등)에서 제작된 표준작업지침서(Standard Operating Procedures, SOP)등에 대한 자료검색 및 문헌조사를 실시하여 석면함유제품별 해체·제거에 대한 기술 표준안을 개발하였다.

이를 위해 국제적으로 권위 있는 기관에서 문헌검색 및 조사를 거쳐 제공된 자료를 기본 자료로 하여 분석·발췌하여 활용하였다.

아래의 기본 자료에 국내·외의 문헌으로 사용·보완하되 그 중에서 :

- ① 국내 문헌은 한국산업안전공단 등 정부 공인기관에서 발행한 간행물과 한국학술진흥재단(2005)에서 선정한 등재 및 등재후보학술지;
- ② 국외 문헌은 Thomson ISI사(2005)에서 선정한 Science Citation index<sup>®</sup> 및 Science Citation Index Expanded<sup>®</sup>에 등재된 전문학술지와 OSHA, NIOSH, ACGIH, EPA, CPSC 등, 국제적으로 권위가 있는 기관에서 발행한 간행물 및;
- ③ 외국의 정부기관에서 발행한 간행물 등을 우선하여 인용하는 것을 원칙으로 하였다.

## 다. 선진외국의 관련 부처 및 기관 방문

선진외국(미국, 일본, 영국, 핀란드 등)의 관련 부처 및 기관을 방문하여 해체·제거에 대한 인·허가 관련제도의 운영현황과 석면관련 인프라 구성 및 운영, 석면함유제품별 해체·제거에 대한 실제 석면 제조·허가사업장 및 건설현장에서의 운영 현황에 대한 자료를 수집하고, 자문 등을 통해 국내 석면 관련 인프라 활성화 방안과 석면함유제품별 해체·제거에 대한 기술표준안개발에 필요한 자료를 확보하였다.

선진외국의 석면 해체·제거 관련제도 중 아래 나라의 기관들은 본 연구에 석면 관련 인프라 구축 방안과 기술표준안 개발에 매우 좋은 자료들을 제공해주었다.

- ① 미국- California OSHA, Cal Inc, McCrone Institute, University of Chicago, IL
- ② 영국- IOM(Institute of Occupational Medicine), HSE(Health & Safety Executive)
- ③ 일본- 후생노동성, 작업환경측정협의회, 시마즈 Research Center
- ④ 네델란드 - TNO
- ⑤ 핀란드 - FIOH(Finnish Institute of Occupational Health), LIFA

## 라. 작업종류 구분에 따른 지침서 개발

외국의 지침서를 토대로 하여 국내에서 적용 가능한 석면 해체·제거작업 표준지침서를 개발하기 위하여 작업종류를 구분하였다. 특히 선진외국에서의 작업종류와 국내의 작업종류가 동일한 경우에는 선진외국의 작업방법을 참고로 하여 국내에서 적용 가능한 지침서

를 개발하되, 선진외국과 국내의 작업방법이 상이한 경우는 선진국 방법을 우선으로 하여 국내용으로 개발하였다.

## 마. 전문가의 자문

본 연구를 통하여 제시될 국내 석면 관련 인프라 활성화 방안과 석면함유제품별 해체·제거에 대한 기술표준안 개발(안)의 타당성과 적정성 및 사업장 적용 유효성 또는 실현 가능성에 대한 전문가의 의견을 수렴하였다. 그 내용으로는;

- ① 석면 해체·제거의 국내·외 인·허가 관련제도의 문제점과 운영현황에 관한 자문으로서 국내·외의 전문학술단체 및 관련 부처에 소속된 전문가들의 의견을 청취하는 한편, 현지 방문을 통하여 국제적 저명학자 및 관련부서의 전문가 등에게 자문을 구하고 그 나라의 운영실태도 파악하였다.
- ② 석면함유제품별 구분 및 해체·제거에 대한 기술표준안 개발시 작업방법, 작업환경관리 방법에 관해 산업, 환경, 건축 관련 전문가들의 의견을 수렴하였다.

## II. 연구결과

### 1. 정책과 제도 검토

#### 가. 국외 정책(법)과 제도 현황

##### (1) 미국

##### 가) EPA(Environmental Protection Agency)

현재 미국에서는 석면을 환경청(Environmental Protection Agency, EPA)과 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)에서 관리를 하고 있다. EPA는 Asbestos Hazard Emergency Response Act (AHERA)와 National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants Regulation (NESHAP) 등에 의해 건축물 내 석면을 관리하고 있다. 환경청의 관련 법규는 다음과 같다.

##### 1) U.S. EPA Asbestos-Containing Materials in Schools, Asbestos Hazard Emergency Response Act(AHERA) -(40 CFR 763 Subparte E). 1986.10.30 제정

1986년 10월 긴급법으로 제정되었으며, 학교에서의 석면함유물질에 대한 법과 규정을 포함하고 있고, 학교 건축물에서의 Asbestos Containing Material(ACM)의 확인, 평가, 관리를 관할하는 것이다. 이 규정은 사회의 다양한 분야에서 참여를 했으며, 1987년 12월 14일 법적 효력을 가지게 되었고 Toxic Substance Control Act(TSCA) 규정 40 CFR 753 subpart E763.80-763.99에 수록되었다.

##### ◎ 적용대상 및 석면 대책 기간

1. 모든 국공립 초등학교와 중고등학교 (K-12)가 적용대상이다.
2. 외국에 있는 모든 미군 부대의 학교
3. 1988년 10월 12일 이전까지 모든 학교는 조사완료

재조사 기간은 3년에 한번 건축물 석면 함유 여부 재조사, 6개월 마다 건축물 자재 상태 확인한다.

◎ 학교의 책임

1. AHERA 규정을 따를 수 있는 사람을 임명해야 한다.
2. 학교의 모든 건축물에 대하여 비산가능성 있는(friable)과 비산가능성 없는(non-friable) 석면함유자재(ACM)를 조사 및 확인해야 한다.
3. 계속 관찰과 일정기간마다 재조사를 해야 한다.
4. 관리 계획을 수립 및 새롭게 해야 한다.
5. 대응조치 (Response action)들을 결정 또는 실행한다.
6. 유지 및 보수 (Operation and Maintenance, O&M) 프로그램을 개발 및 적용한다.
7. 학교 시설의 석면 함유 여부를 학부모, 교직원, 외부 관리자에게 공지한다.

◎ 벌크 시료

1. 학교의 경우 모든 석면 함유 자재는 검토, 만약 석면 함유로 가정한다면, 석면 조사는 불필요
2. 석면 함유의심 물질은 반드시 조사
3. 석면분석은 NIST에서 인가한 실험실에서 실시
4. 분석방법은 PLM이다.

◎ 건축자재 평가

1. 모든 Friable ACM과 추정 ACM은 위치와 상태에 따라 분류해야 한다.
2. Non-friable ACM과 추정 ACM은 확인 및 서류화 되어야 하며, 평가는 하지 않아도 된다.

◎ 석면함유 건축재 관리

1. 석면 대응 조치(Response Action)는 표면 고착화(encapsulation), 밀폐(enclosure), 유지 및 관리, 수리(repair), 제거(removal)를 고려해야 한다.
2. 특정한 조건은 별도의 대응 행위가 요구된다.

◎ 유지관리 프로그램

1. Friable ACM 또는 추정 ACM이 있는 건축물은 O&M program 계획 및 실행
2. OSHA Construction Standard와 EPA의 작업자 보호규정에 따른다.
3. O&M 프로그램은 6개월 마다 조사를 포함하고 있어야 한다.
4. 추가 요구와 석면 섬유상의 방출에 대한 지시는 법규에서 별도로 규정한다.

◎ 관리 계획의 검토 및 제출

1. 1988년 10월까지, 학교들은 정부 기관에 학교의 관리방안 준비하여 제출하여야하며, 계획은 계속 수정되어야 한다.
2. 계획은 AHERA에서 요구하는 정보가 포함되어 있어야 한다.
3. 학교는 1989.7.9 관리 계획을 실행해야한다.
4. 1988년 10월 12일 이후 학교로서 사용되기 전에 관리계획은 정부에 제출되어야 한다.

◎ 기록 보관 및 책임

1. 관리계획에 ACBM에 대한 예방적인 대응 행위가 설명된 서류가 포함되어야 한다.
2. 공기질 측정, 훈련, 조사, 청소, O&M, 섬유상 물질방출 사고, 재조사 등은 관리 계획에 포함되어야 한다.

◎ 경고

1. 건축물내 모든 대상의 ACBM 위치에 경고 표시
2. 경고문

Caution : Asbestos. Hazardous  
DO NOT DISTURB WITHOUT  
PROPER TRAINING AND EQUIPMENT

◎ 규정 위반에 대한 처벌

1. 위반에 대해 \$5,000-\$25,000/하루(위반 건당)
2. Criminal Penalties

◎ 예외 규정

인증된 조사자에 의한 결정이 있다면 다음의 경우 조사 하지 않아도 된다.

1. 이전 조사에서 Friable ACBM으로 판정된 경우
2. 이전 조사에서 non-friable ACBM으로 판정된 경우 (그러나, 현재 상태는 반드시 조사하여 표기할 것)
3. 이전 조사에서 AHERA 규정에 의해 조사를 해 ACBM이 없다고 보고되었거나, ACBM이 제거된 경우
4. 1998년 10월 12일 이후 지어진 학교 이거나 ACBM이 없다고 인정된 학교

◎ 인력 및 교육

1. Building Inspector: ACM의 존재를 확인하기 위하여 조사하는 자이며, 3일 교육, 시험, 1년 한번 4시간 재교육
2. Management Planners : 위험성 평가를 하며, 학교 관계자에게 관리에 대한 조언을 하는 자이며, Inspector 교육과정에 2일 교육 추가하며 시험으로 평가하며, 1년 한번 4시간 재교육
3. Project Designers : 철거 계획 수립과 철거 작업의 스펙을 작성하는 사람, 3일 교육, 시험, 1년 한번 하루 재교육
4. Abatement Supervisors : 석면 철거 작업 감리사, 5일 교육, 실습, 시험, 1년 한번 하루 재교육
5. Abatement Worker : 철거 작업자, 4일 교육, 실습, 시험, 1년 한번 하루 재교육
6. Maintenance Workers : 건축물의 ACBM을 관리, 수리 행위를 하는 자, 16시간 교육 및 실습,
7. Custodial Workers : 외부 인력이며, 석면 함유물질이 있는 곳에서 근무하는 자. 석면 함유물질의 손상을 입힐 수 없고, 2시간 교육 (ACMs 인식과 상태)

**2). U.S. EPA Model Accreditation Plan. Asbestos School Hazard Abatement Reauthorization Act(ASHARA) -(40 CFR 763).**

ASHARA는 석면에 대한 EPA의 Model Accreditation Plan(MAP)를 개정 및 확정한 규정으로서, 공공시설과 상업시설에서 석면관련 작업을 하는 사람에 대한 인가 요구조건 제공과, 교육과정에서 보건 및 안전 훈련 실습과정을 포함한 훈련 최소기간을 증가하기 위하여 수정되었다.

이 규정에 따르면 1992년 11월 28일 이후로 공공 시설과 상업시설에서 석면 작업을 실시하는 사람은 MAP 규정에 의하여 인가를 받아야하며, 이를 어길 경우 하루 당 \$5,000의 벌금이 부과된다. MAP 규정에 의하여 인가 받고자 하는 사람은 MAP 또는 주의 규정에 따라 해당 교육과정을 이수해야한다. 수정된 MAP에서는 교육기관을 요구하고 있으며 주에서는 근로자, 제거업자, 감리사에 대한 훈련 요구를 증가시키고 있다. 공공건물과 상업건물은 학교와 10unit 미만을 가지고 있는 모든 건축물을 의미한다.

**3). U.S. EPA Worker Protection Rule 40 CFR 763 Subparte G. 1987. 5**

이 규정은 석면 관련 작업을 하거나 연방 OSHA 규정 또는 주 OSHA 규정에 의해 적용되지 않는 근로자를 보호하기 위하여 EPA에서 OSHA 기준을 확대한 것이다. 이 규정은 OSHA의 요구조건과 같으며, 건강검진, 공기질 측정, 보고, 보호의, 작업방법 및 기록 보관 등이 포함되어 있다.

#### 4) U.S. EPA National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants Regulation (NESHAP) -(40 CFR 61 Subpart M and Appendix A on Roofing) 1990. 11

Clean Air Act(CAA)는 미국 EPA에 공기 중 유해 오염물질에 대한 배출 기준을 수립을 요구하였다. 이에 대하여 EPA는 공기 중 유해 오염물질에 대한 list와 National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants(NESHAP) Regulation을 공표하였다. 초기 NESHAP 기준은 1973에 제정되었으며, 여기서 석면 자재를 "Friable"과 "Non-friable"로 구분하였다. NESHAP의 규정에 의하면 Friable Asbestos Containing Material(ACM)은 AHERA에서 규정하고 있는 분석방법인 편광현미경 (Polarized Light Microscopy, PLM)에 의해 결정된 자재로 1% 이상의 석면을 함유하고 있으며, 건조 시 손의 힘(hand pressure)에 의해 파쇄될 수 있는 물질로 정의한다. Non-Friable ACM은 위의 Friable ACM과 같이 PLM 분석에 의하여 석면을 1% 이상 함유한 물질로서 손의 힘에 의해 파쇄 되지 않는 물질이며, 이는 Category I 과 II로 구분되어 진다.

이 법은 ACM을 설치 또는 이용된 시설을 해체, 보수할 때 석면의 방출을 최소화하여 국민의 건강을 보호하기 위한 것이다. 또한 도로 위에서 석면의 사용 또는 석면 제품의 관련된 규정이 포함된다.

ACM은 friable ACM, Category I non-friable ACM, Category II non-friable ACM 3 단계로 구분되어 진다. Category I non-friable ACM의 경우 탄력 있는 바닥 표면재, VAT, 아스팔트 지붕재, Packing 또는 gasket류이고, Category II non-friable ACM은 Category I 에서 제외된 모든 물질과 건조 시 손의 힘에 의해 파쇄, 분쇄되지 않는 물질이다. Regulated Asbestos-Containing Materials(RACMs)는 다음과 같이 정의된다. 즉, 첫째 friable asbestos containing material이고, 둘째 Category 1 non-friable ACM에 해당되지만 현재 friable 상태인 경우, 셋째, grinding, cutting, abrading 될 수 있는 Category I non-friable ACM, 셋째, Category II는 해체와 개선 공정에서 물질에 물리적 힘이 가해질 때 crumble, pulverize, reduce powder화 될 수 있는 ACM을 의미한다.

#### 공지

1. 건축물의 해체 및 보수 작업을 하려는 자(소유주 또는 사업자)는 시설 또는 건축물에 대한 해체 계획이 실행되기 10일 이전에 반드시 EPA에 서면으로 공지하여야 한다.
2. 건축물에 석면함유물질이 포함된 곳이 길이 260ft(≒80m, 파이프), 160ft<sup>2</sup>(≒15m<sup>2</sup>), 설비에서 석면을 함유물질을 포함하여 체적이 35ft<sup>3</sup>(≒1m<sup>3</sup>, 보일러) 이상인 경우 반드시 10일 이전에 작업 공지 한다.
3. 계획 변경 시 10일 이전에 공지하여야 한다.

#### 제거

1. 모든 ACM은 시설 및 건축물에서 해체 및 보수 전에 제거되어야 하며, 또는 규정 하에 RACM에 해당될 수 있다면 물질에 대한 접근을 차단해야 한다.
2. 모든 RACM 제거 작업은 충분히 습윤화 되어야 하며, 모든 건조 작업 공정은 사전에 EPA로부터 서면 허가를 받아야 한다.
3. RACM의 폐기, 운반 제거과정 동안 실외공기로 Visible emissions은 없어야 하고, RACM은 제거과정 등은 습윤상태이고, 폐기시에도 습윤상태이어야 한다.

#### 이동과 폐기

1. ACM 폐기물은 Leak-tight container 또는 Wrapping에 젖은 상태로 밀봉하며, OSHA의 규정에 의하여 폐기물 발생자의 이름 및 지역을 표기하여야 한다.
2. 건축물 소유주는 시설 및 건축물에서의 모든 수송 대상 RACM에 대한 기록을 보유하여야 한다.
3. 폐기물 선적량 기록은 폐기 지역에 보내져야 한다.
4. 폐기장에서는 도착한 ACM 폐기물을 하루 안에 비석면 물질로 6 인치(15cm) 두께로 복토해야한다.
5. Category I 과 II non-friable ACM은 폐기물 처리에서 면제된다.

#### Monitoring and Sampling

1. NESHAP에서는 개보수 또는 제거 작업동안의 공기 중 Monitoring을 요구하지 않는다.
2. EPA에서는 노출허용기준과 대기 기준을 지정하지 않는다.
3. NESHAP에서는 Bulk 시료에 대하여 NIST(NVLAP)에서 인가한 실험실의 분석을 권장하며, AHERA에서는 인증된 실험실에서 분석을 요구한다.

#### EPA Inspections

1. EPA Inspector는 CAA 규정 하에 오염지역과 시설에 대한 조사의 권리를 이행 할 수 있다.
2. 지면에 건조 상태의 비산 가능한 석면 불연재 또는 ACM 부스러기가 관찰되면 이는 “충분한 습윤상태” 규정을 위반한 것으로 규정하며, Visible emission의 증거가 된다.
3. NESHAP Inspector는 OSHA에서 개인 Monitoring에 의해 요구되는 Work practice safety standard를 따를 필요는 없다.

#### Training

1. NESHAP은 법 규정에서 훈련된 사람을 요구하며, ACM을 제거할 때 그들과 함께 규정을 따르는 방법을 요구한다. AHERA는 충분한 교육과정을 구성하고 있다.
2. 훈련된 사람은 NESHAP 규정하에 인증된 교육 과정에 참가가 요구되지 않지만, OSHA의 규정에 의하여 작업환경의 위험에 대하여 반드시 훈련되어야 한다.

#### Violation

1. 공지 규정을 위반한 건축물 소유주 또는 사업자는 Notices of Deficiency(NOD) 또는 Notices of Violation(NOV)가 발행된다.
2. 위반에 따라, EPA는 no absolute maximum에 의해 하루 \$25,000까지 벌금을 권장하고 있다.
3. 규정위반자는 형사상 고발 할 수 있다.
4. 계속되는 규정위반자는 EPA list에 포함되어 향후 제거 사업에서 금지된다.
4. The National Asbestos Registry System(NARS)에서는 NESHAP에 의해 관리된 제거 또는 재보수하는 회사에 대하여 compliance(규정 준수) history를 기록하도록 하였다.

### 나) 산업안전보건청 (OSHA)

OSHA에서는 29 CFR 1910.1001 General Industry Standard, 29 CFR 1915.1001 Asbestos Shipyard Standard, 29 CFR 1910.134 Respiratory Protection Standard, 29 CFR 1910.145 Accident Protection Tags and Signs로 근로자의 석면 노출을 관리하고 있다.

#### 1) 29 CFR 1926.1101 - Asbestos Construction Standard

29 CFR 1296.1101은 1994년 8월 제정되었으며, 1995년, 1996년 1998년, 2005년 개정되었다. 건설산업기준은 석면 노출을 포함한 건설 작업과 철거에 관련된 근로자를 보호하기 위한 규정이다. 석면의 경우 제거, 표면 고착화, 교체, 수리, 유지, 설치, 청소, 운송, 폐기에서의 근로자 보호를 위한 것이다.

OSHA에는 최근 석면 해체·제거 작업을 hazardous type에 대하여 4단계로 구분하여 관리 기준 방안을 수립하였으며, 이 법의 근로자 보호 조항은 노출 정도의 측정보다 작업의 종류에 따른 관리에 관심을 두고 있다.

미국은 근로자가 석면함유 물질을 해체 및 제거시 산업안전보건청의 미 연방법에 따른 법률 적용을 받고 있으며, 각 주마다 연방법에 명시되어 있는 방법을 기준으로 더 엄격하거나 연방법에 준한 석면함유 물질 해체 및 제거 법령, 해체 제거시의 지침서를 가지고 있다. 여기서는, 미국의 건축 산업과 관련 연방법(29 CFR Part 1926.1101)에서 석면에 관한 작업에서 석면노출을 규제하기 위해 특별히 법제화한 법령을 요약하였다.

노출 농도는 TWA (8시간) 0.1 f/cc, Action level 0.1 f/cc는 삭제되었고, Excursion level(30분)은 1 f/cc이다.

이 기준 준수를 위하여 OSHA에서는 작업장의 근로감독관 감독을 강화 하였고, 근로자는 고용주에 의한 영향 없이 규정 준수 여부에 대하여 OSHA에 이를 보고할 수 있다.(11-C protection). 또한 근로자 역시 자신의 안전과 보건을 위하여법을 준수 해야 한다. 사업주가 규정을 위반한 경우에는 소환을 할 수가 있다.

이 규정에 해당 하는 석면 해체 및 제거 작업은 다음과 같다. 단, 이 규정은 석면함유 아스팔트 루프 코팅, 시멘트와 매스틱(mastic)은 적용되지 않는다.

- 1) 석면이 존재하는 건축 구조물을 허물거나 회수하는 작업
- 2) 석면함유물질을 제거하거나 표면을 고정처리(encapsulating) 하는 작업
- 3) 석면함유 구조물 또는 물질을 건축, 변경, 수리, 보수, 수선하는 작업
- 4) 석면함유물질을 설치하는 작업
- 5) 석면유출 및 비상사태 시 청소하는 작업
- 6) 건축현장에서 석면 또는 석면함유 생상품들을 운송, 처리, 저장, 포장 및 정리 작업

이 규정에서는 석면 관련 작업을 4등급 즉, Class I, II, III, IV 로 분류하였고 각 등급마다 기술적인 작업 방법을 기술하여 근로자가 석면에 노출되지 않도록 하고있다. 각 등급에 해당하는 작업은 다음과 같다.

표 7. 작업 분류와 방법

분류	내 용
Class I	1 % 이상 석면을 함유한 단열재 및 표면재 제거작업. 잠재적으로 가장 위해성이 높은 작업 단열재 : 파이프, 보일러, 탱크, 덕트 또는 그 밖의 구조물 표면재 : 천정이나 벽의 장식용 회반죽(plaster, 플라스터), 텍킹(decking), 벽, 천정의 방음용 물질 그리고 방화 목적으로 건축물 구조물에 뿔질한 물질
Class II	단열재 및 표면재를 제외한 1 % 이상 석면함유물질 제거 작업. 석면함유 바닥 및 천정 타일, 칸막이(장벽) 및 트랜사이트판을 제거 할 경우
Class III	1 % 이상 석면 함유물질의 수리 및 유지 보수 작업.
Class IV	Class I, II, III 작업으로부터 생겨난 석면함유 폐기물 잔해물 등을 근로자가 처리 및 청결하게 하는 작업 먼지로 오염된 표면을 청소, 오염된 카펫의 진공청소 등이 이 등급에 해당

각 등급마다 작업 시 근로자들에게 요구 되는 사항은 다르며, 작업 등급에 관계없이 사업주는 공기 중 석면 농도를 미국 산업안전보건청에서 허용하는 노출 기준에 따르기 위해 다음과 같은 제어 방법 사용을 제시하고 있다.

첫째. 고효율 필터 먼지 집진 장치(HEPA filter dust collection system)가 장착된 국소 배기 장치의 사용,

둘째. 석면먼지가 발생하는 과정을 격리 및 밀폐

셋째. 통제지역은 환기를 하여야 하며 이러한 환기는 오염된 공기가 근로자의 호흡영역으로부터 HEPA 필터가 장착된 포집장치 및 기계 쪽으로 이동

넷째. 가능한 석면의 노출 수준을 적게 하기 위해 가능한 모든 공학적 대책 및 작업방법에 따른 대책을 강구하여야 한다.

여기서 통제 지역이라 함은 Class I, II, III 석면 작업을 하는 지역으로 정의 되며, 석면의 작업노출기준을 초과될 가능성이 있는 지역이나 석면 작업으로 인해 폐기물 및 잔해물이 있는 지역을 말하며, 모든 통제 지역은 경고 표지 및 표시를 하여야 한다. 사업주는 해체·제거 사업장에서 노출 수준과 관계없이 근로자의 보호와 비산 방지를 위하여 공학적 대책 및 작업 방법을 수행하도록 하였으며, 금지사항을 제시하고 있다. 필수 공학적 대책은 모든 석면함유 또는 석면함유가 의심되는 잔해물 또는 먼지를 HEPA 필터가 장착된 진공청소기를 이용 처리, 압축공기가 밀폐된 환기 시스템에서 이용하는 경우를 제외하고 압축공기를 이용한 석면 또는 석면함유 물질을 제거해서는 안된다. 석면으로 오염된 폐기물과 잔해물 등은 즉시 청소를 하며 밀봉된 용기를 이용 폐기하는 것이다. 노출 수준에 관계없이 금지 사항은; 환기장치가 부착되지 않은 고속 절삭용 디스크 톱 사용 또는 고효율 필터에 의해 배출된 공기로 조성된 밀폐구조, 압축공기가 밀폐된 환기 시스템에서 이용하는 경우를

제외하고, 압축공기를 이용한 석면 또는 석면함유 물질을 제거해서는 안 되며, 석면함유 물질 먼지 및 잔해물을 마른 상태에서 빗자루질, 삽질 또는 기타 마른 상태에서의 청소와, 근로자들의 노출을 감소시키기 위한 수단으로서의 교대작업은 금지이다.

OSHA에서는 공인 자격자 (Competent Person) 활용을 권장하고 있는데 근로자의 안전과 건강을 보증하기 위해 교육을 받은 사람으로서 석면관련 작업 시 석면의 위험성을 인지할 수 있으며 또한 석면의 위해성을 감소시킬 수 있는 권한을 가진 사람을 의미하며, 통상 EPA asbestos MAP가 인증한 Supervisor 교육을 이수한 자가 공인 자격자로 인정받는다.

표 8. Supervisor의 작업 분류별 역할 및 자격

분류	역할
Class I	항상 현장에 있어야 하며, 각 작업교대 마다 조사 및 점검을 하여야 하고 감독자 교육을 받은 사람이 수행.
Class II	항상 현장에 있어야 하며, 자주 조사 및 점검을 하여야 하고, 감독자 교육을 받은 사람이 수행.
Class III	항상 현장에 있어야 하며, 자주 조사 및 점검을 하여야 하고, 석면작업 및 유지보수(Operating & Maintenance) 교육을 받은 사람이 수행.
Class IV	Class III 작업과 동일.

OSHA에서는 석면 해체·제거 작업에 대한 공기질 측정을 규정하고 있는데, 규정 공기질 측정을 다음과 같이; 지역 공기 측정(Area air monitoring), 초기공기 측정(Initial air monitoring), 주기적 공기측정(Periodic air monitoring), 최종정화공기측정(Final Clean-up monitoring), 초기음성노출평가(Negative Initial Exposure Assessment)로 구분하고 있다. 공기질 측정은 작업 분류에 따라 다르게 적용할 수 있으며, 초기음성노출 평가의 경우 산업위생전문가가 평가하는 것으로 되어 있다. Class I 과 II의 경우 산업위생전문가의 판단에 따라 초기음성노출평가를 해야 하며, 공기공급식 또는 양압상태의 호흡보호구를 사용하지 않으면 작업환경을 매일 측정해야 하며, 작업 계획과 방법 변경 시 측정을 해야 한다. Class III과 IV는 I, II와 같이 산업위생 전문가에 의해 초기음성노출평가를 실시하며, 허용기준 초과여부를 주기적으로 측정하며, 계획과 방법 변경 시 측정해야 한다.

근로자 보호에 대한 보호구와 보호의, 보호장비는 작업 분류에 따라 구분을 하였다.

표 9. 작업 분류에 따른 근로자 보호구

	보 호 구
Class I	모든 제1급 작업에서는 호흡보호구 착용.
Class II	초기음성노출평가를 하지 않았거나 허용노출기준 이상인 경우. 건식제거인 경우. (단, 지붕은 제외) 비상 및 응급한 경우.
Class III	초기음성노출평가를 하지 않았거나 허용노출기준 이상인 경우 단열재 및 표면재를 흘트리는 경우 건식제거인 경우(단, 지붕은 제외) 비상 및 응급한 경우
Class IV	호흡보호구가 요구되는 통제지역 허용노출기준 이상인 경우 비상 및 응급한 경우.

표 10. 보호구 선정 기준

노출 농도	보호구
1fiber/cc(PEL×10) 초과하지 않는 경우	Half mask air purifying respirator high efficiency filter
5fiber/cc(PEL×50) 초과하지 않는 경우	Full facepiece air-purifying respirator high efficiency filter
10fiber/cc(PEL×100) 초과하지 않는 경우	Powerd air-purifying respirator high efficiency filter Supplied air respirator (Continuous flow)
100fiber/cc(PEL×1,000) 초과하지 않는 경우	Full facepiece supplied air respirator ( Pressure)
1000fiber/cc(PEL×10,000) 초과하지 않는 경우	Full facepiece supplied air respirator ( Pressure, auxiliary positive pressure self-contained breathing apparatus)

## 2) 29 CFR 1915.1001 Asbestos Shipyard Standard

이 규정은 1994년 8월에 제정되었으며, 1998년에 개정되었는데, 이 규정은 1915.1101과 같이 석면에 의한 근로자를 보호하기 위한 것이나 대상은 선박에서의 석면에 관련된 것이다. 주 관리 대상은 선박 수리 또는 해체 시 선박에 사용된 석면 자재로부터 근로자를 보호하기 위한 것이다.

## 3) 29 CFR 1910.1001 General Industry standard

이 규정은 1994년에 제정되었으며, 1998년 개정되었다. 이 규정은 광산, 공장과 제조업에

해당되는 것이며, 이 규정은 Construction Standard와 유사하나 석면에 대한 Class 분류는 포함하고 있지 않다.

#### **4) 29 CFR 1910.134 Respiratory Protection Standard.**

이 호흡보호구 규정은 석면 근로자에게만 적용되는 것은 아니며, 호흡보호구를 사용하는 모든 사람에게 적용된다. OSHA는 이 규정을 1998년 개정하였으며, 석면에 대한 호흡보호구 기준이 강화되었다.

## **(2) 영국**

### **가). Health & Safety Executive(HSE)**

#### **1) The Health and Safety at Work Act 1974 (HASW)**

HASW 1974는 모든 고용주에게 모든 근로자의 작업에서 보건, 안전, 복지를 가능한 수단을 이용하여 보장하는 것을 의무로 하고 있다. 여기서는 고용주에게 다음의 5개 명확한 의무를 부과하고 있다.

첫째. 작업의 장치와 설비의 유지와 제공

둘째. 물질 또는 제품의 수송, 저장, 취급에서 안전 이용 보장

셋째. 요구되는 지침, 훈련, 정보의 제공

넷째. 안전한 작업 공간 제공 보장

다섯째. 근로자의 복지를 위한 충분한 시설 제공

#### **2) The Management of Health and Safety at Work Regulations 1992**

이 규정에 의해 작업장에서의 위해성 평가가 요구되며, 건축물의 모든 석면물질 역시 근로자의 안전 및 보건을 위하여 석면 해체·제거 작업 전 위해성 평가를 실시하여야 한다.

#### **3) The Construction (Design and Management) Regulations 1994**

이 규정은 의뢰인과 업자들에게 근로자의 보호를 위한 "health and safety plan"을 요구하며, 이는 현재 존재하는 석면에 대하여 고려하고 있다.

HSE에서는 석면 조사 및 분석을 수행하는 기관과 개인에 대하여 인가와 수수료 제도를 운

영하고 있다. HSE에서는 HSG 248에서 조사 범위 Type 1, 2, 3에 따라 조사 분석에 대하여 인증된 기관 이용을 강력하게 요구하고 있다. 개인 수료 제도로는 Asbestos Building Inspectors Certification Scheme(ABICS)와 National Individual Asbestos Certification Scheme(NIACS)이 있다. 기관 인가는 ISO 17020과 17025 획득에 따라 조사기관과 분석기관 인가제도를 운영하고 있다.

#### 4) Control of Asbestos at Work Regulations 2002 (CAWR)-

CAWR에서는 고용주와 비 거주지의 “Dutyholder”는 규정4에 의하여 건축물 내 존재하고 있는 석면 종류에 대하여 확인을 해야 하고, 실질적으로 노출을 최소화하기 위하여 노출과 작업 단계를 평가해야한다. 평가는 규칙적으로 검토되어야 하며, 작업에 대한 중요한 변화가 있을 경우 수정되어야 한다. 건축물, 구조물 등에서 석면 함유물질을 제거하기 전에 반드시 계획이 수립되어야 하고, 작업이 끝날 때까지 계획을 지켜야 한다. 작업계획에서는 작업위치, 작업 현실, 작업기간, 작업방법, 보호장비, 비오염지역 장비 등에 대한 자료가 포함되어야 한다. 의뢰인은 Health and Safety at Work Act 1974하에 작업계획을 충분히 따르고 있다는 것과 현장 조건과 직원과 일반인 보호에 계획이 적합하다는 것에 대하여 책임을 져야 한다. 그러나 석면 제거에 대한 책임은 제거업자에게 부과된다. Action level을 초과할 것으로 가정한다면 작업 개시 28일전에 관계 기관에 고지해야하며, 노출 대상 근로자에게 이러한 정보에 대하여 공지하고, 지침과 훈련을 제공해야한다.

제거업자에 의한 해체·제거가 진행될 때 호흡보호구 사용보다 관리대책(control measure)에 의해 최소 레벨로 노출을 예방 또는 감소해야한다. 호흡보호구의 경우 관련 규정에 따라 근로자에게 제공되어야 하며, 제공된 보호구의 경우 사용 후 석면 폐기물로 처리되어야 한다. 관리대책의 경우 공인자격자(Competent person)에게 주기적으로 교정되어야 하여 유지 보수되어야 한다. 또한 제거업자는 해체·제거 현장에서 석면 분진의 비산을 방지해야한다. 해당 작업장소는 항상 청결하게 유지해야 하며, 지정구역과 호흡보호구 구역은 엄격하게 접근이 제어되어야 하며, 이 구역 안에서는 음식물 섭취와 흡연이 허용되지 않는다. 노출 근로자에 대한 작업장 공기질과 비산에 대한 측정은 매일 평가되어야 하며, 기록을 보존해야 하며, 사업주의 경우 근로자에 대한 건강검진 기록을 40년간 보존해야 한다. 또한 작업장에서 석면에 노출되는 근로자를 위하여 샤워 및 탈의 시설을 갖추고 있어야 하며, 탈의실을 제공해야 하며, 개인의를류와 호흡보호구 등을 보관할 수 있는 곳을 제공해야 한다.

CAWR은 Approved Codes of Practice(ACoPs) 2개와 HSE의 석면에 관련된 출판물들에 의하여 지원되고 있다. Asbestos (licensing) regulations 1983은 석면 제거와 같은 가장 위험한 작업을 관리하기 위한 것인데, asbestos insulation, insulation coating, asbestos

insulation board를 사용한 작업장에서 석면을 제거하기 위한 사람은 HSE로부터 허가를 획득해야한다. 허가가 필요 없는 경우는 총 2 시간 이하 작업이거나, 연속 7일 동안 1시간 이하로 노출되는 작업장에서는 허가가 필요 없고 또한 고용자 소유 관할구역 내에서 고용 근로자에 의한 작업의 경우도 허가가 필요 없다.

모든 석면 관련 작업은 CAWR 2002의 규정과 ACoP 규정에 따라야 한다. ACoP는 평가, 대책, 개인 보고, 청소, 측정, 정보, 지침, 훈련 건강기록, 건강 검진에 대한 자세한 내용을 지원하고 있다. ACoP에서 가장 중요한 부분은 밀폐공간 안에서 분진 농도를 감소하기 위한 최선의 방법으로 “controlled-wetting”방식의 적용과 노출 정도를 파악하기 위하여 작업 기간 동안 제거 근로자에 대한 노출 평가를 실시한다. 밀폐공간에서 압력의 차이의 측정은 공기 배출 설비와 containment structure의 효과에 대한 평가의 유용성을 제시하며, 진공 청소 설비는 6개월 마다 교정하도록 하고 있다. 시료 채취하는 실험실의 경우 National Accreditation of Measurement and Sampling(NAMS)에 의해 인가되어야 한다.

#### ◎ 관리의 의무 - 3. Duties under these regulations

규정에 해당 물질의 해체 및 철거를 하고자 하는 사업주는 근로자를 보호해야하는 의무를 가지게 된다. 자가 고용의 경우도 이 법령에 해당되나, 특수 경우 소방관한 곳에서는 해당되지 않는다.

#### ◎ 비 주거 장소에서의 석면관리 의무- 4. Duty to manage asbestos in non-domestic premises

비거주장소는 개인 거주지를 제외한 모든 시설인 사업장으로 주택이나 아파트단지의 공유 부분을 의미한다. "의무이행자 (dutyholder)"는 비 거주 시설에서 계약 또는 임대하여 유지보수와 수리의 의무가 있는 자와 계약 또는 임대가 없는 경우 유지보수와 수리의 의무를 가진 자를 의미한다. 만약 여러 명의 “의무이행자”가 있는 경우 이들은 석면 위해성을 관리하기 위하여 협조해야 한다.

#### ◎ 석면 유형 확인 5. Identification of the type of asbestos.

고용주와 "의무이행자"는 작업에 포함되는 석면의 유형을 확인하지 않거나 작업 대상이 백석면 이외의 석면 물질이 함유되어 있다고 추측되면, 이를 확인하기 이전에는 작업을 개시할 수 없다.

#### ◎근로자 석면 노출 평가 6. Assessment of work which exposes employees to asbestos.

고용주는 석면 노출에 의한 위해성에 대하여 적절한 평가가 없는 경우와 규정의 요구조건

을 만족하기 위한 단계에 대하여 평가가 이루어 지지 않았다면, 작업을 개시 할 수 없다. 평가에서는 확인된 석면 유형과 작업에 대한 노출 정도, 공기질 측정, 노출을 최소화하기 위한 방안, 건강 검진 결과, 위해성 평가 완성을 위한 추가 정보에 대하여 평가해야 하고, 기존 평가가 유효하지 않거나, 위해성 평가 작업의 변경, 공기질 측정 결과에 따른 평가는 규칙적이고 즉시 하여야 한다.

◎ 작업계획 7. Plans of work

고용주는 석면 관련 작업에 대한 작업계획이 수립되지 않으면, 작업을 개시 할 수 없는데, 작업계획에 포함되어야 하는 내용은 작업구역, 기간, 작업방법, 장비 특성, 공기질 측정 등이다.

◎ 석면 작업 공지 8. Notification of work with asbestos

고용주는 석면 작업 구역 작업을 Asbestos (Licensing) Regulations 1983에 의해 작업 개시 14일 전에 관계 기관에 신고해야한다.

◎ 정보, 지침, 훈련 9. Information, Instruction and training

고용주는 작업에 종사하는 근로자에게 작업에 대하여 위해성 평가 결과, 건강상의 영향, 준수 사항, control limit와 action level에 대한 충분한 정보와 지침을 규칙적으로 제공해야 한다.

◎ 석면 노출 예방 또는 감소 10 Prevention or reduction of exposure to asbestos.

고용주는 근로자를 control limit 이하에 노출 할 수 있도록 조치할 수 있는 방안을 취하여야 한다.

◎ 관리대책 11. Use of control measure etc, 12. Maintenance of control measure etc.

고용주는 근로자가 석면섬유가 옷에 침전될 수 있는 경우 이를 보호하기 위하여 설비 또는 장비(배기설비, 호흡보호구 등)를 제공해야 하며, 자격 있는 자(Compete person)에 의하여 규칙적으로 관리를 받아야 한다.

◎ 보호의 13. Provision and cleaning of protective clothing

고용주는 근로자에서 관련 기준에 적합한 보호의를 제공해야하며, 사용 후 폐기 처리 하여야하며, 밀포 후 석면함유 폐기물로 표기해야 한다.

◎ 14. Arrangement to deal with accidents, incidents and emergencies.

The management of Health and Safety at Work Regulations 1999에 따라 작업장에서 발생 될 수 있는 상황에 대하여 대비해야 한다.

◎ 비산방지의 의무 15. Duty to prevent or reduce the spread of asbestos

고용주는 작업지역에서 발생한 석면분진이 외부로 비산하지 않도록 조치를 취해야 한다.

16. Cleanliness of premises and plant

근로자의 석면 노출 책임을 가지고 있는 고용주는 작업장과 연결부는 청결해야 하도록 한다.

◎ 지정지역과 호흡보호구 지역 17. Designated area

지정지역은 석면지역과 호흡보호구 지역으로 구분되는데 석면 지역은 근로자가 작업 시 석면에 노출되는 지역으로 action level을 초과하거나 가능성이 있는 지역이며, 호흡보호구 지역은 control limit을 초과하거나 초과할 수 있는 지역이다. 이러한 지역은 경계를 두어 출입을 제한해야 하며, 호흡보호구지역에서는 반드시 보호구를 사용하도록 해야 한다.

모모든 근로자는 석면 지역과 호흡보호구 지역에서는 음식물 섭취 및 흡연이 금지된다.

◎ 공기질 측정과 분석 18. Air monitoring and 19. Standard air testing, Standard for analysis

고용주는 모든 작업에 대한 공기 중 석면 농도를 측정해야 한다. 이는 주기적으로 실시되어야 하고 작업공정 등 변경이 있는 경우 측정해야한다. 측정 결과는 근로자에게 공지하고, 기록을 보관하고, HSE에서 요구 시 제출해야한다.

고용주는 공기 중 석면 섬유에 대한 측정 및 분석에 대하여 ISO 17025 인증 받은 분석실을 이용해야한다.

◎ 건강 검진 기록 보관 21. Health records and medical surveillance.

고용주는 근로자 석면에 action level 이상으로 노출되는 경우, 전문의로 하여금 건강검진을 실시 토록해야 하며, 기록을 40년간 보존하고, HSE에서 요구 시 제출해야 한다. . 건강 검진은 2년에 한번 실시해야하며, 흉부 검사를 포함해야 한다. 또한 노출에 연속적으로 이루어질 경우 의상에 의하여 2년 보다 짧게 검진을 할 수 있다.

검진 비용은 고용주가 지불하며, 결과는 고용주와 근로자에게 제공한다.

◎ 샤워실과 탈의실 22. Washing and changing facilities

근로자가 석면에 노출되는 경우 고용주는 샤워 시설과 탈의실을 제공해야한다. 또 보호의, 개인 옷(작업 시 미 착용), 호흡보호구를 보관하기 위한 시설을 제공해야 한다.

23. Storage, distribution and labelling of raw asbestos and asbestos waste

고용주는 석면 또는 석면 함유물질의 저장, 작업장으로부터 운송, 작업장 이외의 곳에 분배해서는 안된다. 석면은 schedule 2에 의하여 처리하며, 석면함유 폐기물은 The Carriage of Dangerous Goods and Use of Transportable Pressure Receptacles Regulations 1996과 The Carriage of Dangerous Goods by Road Regulations 1996에 따른다.

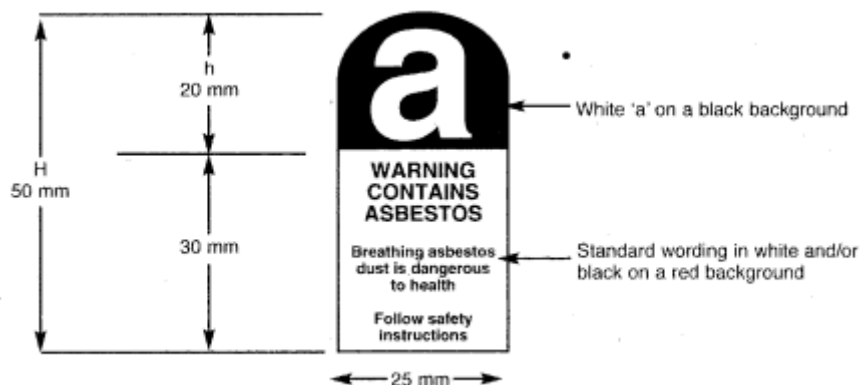
24. Supply of products containing asbestos for use at work.

Schedule 2에 따른 표기를 한다.

Schedule 1. Particulars to be included in a notification.

작업 공지를 HSE에 할 경우 작업 신고자(notifier) 이름, 주소, 연락처, 취급 석면의 종류, 량, 작업 방법, 공정, 생산품, 시기 등을 포함해야하다.

Schedule 2. The labelling of raw asbestos waste and products containing asbestos



석면, 석면함유물질, 석면 함유 제품에는 다음과 같은 표시를 부착한다.

석면이 함유된 제품의 경우 제품 사용 시에 대하여 설명을 추가한다.

- Control of Asbestos at work Regulation 2006

개정 사항

5) 개인 자격제도 ( Personnel Certification Scheme )

영국에서는 개인에 대한 수료제도를 운영하고 있는데, 대표적인 계획은 ABICS와 NIACS이다. ABICS는 British Occupational Hygiene Society의 기관인 Faculty of Occupational Hygiene(FOH)에서 운영하는 제도이다. 그러나 이 제도는 ISO 17024에 따라 계획되었으며, UKAS로부터 인증 받은 계획이지만 BOHS로부터 독립적으로 운영된다. ABICS는 Surveyor와 Inspector에 대하여 교육 수료를 증명하기 위한 제도이다. 이를 통하여 수료자는 건축물에서 석면 함유물질 파악, 상태 평가에 요구되는 자격과 지식을 보유한 것을 증명한다. ABICS에서 수료증을 취득하기 위하여 지식, 능력, 경험이 요구되는데 이에 대한 자격은 BOHS P402과정 이수, 보고서 작성에 대한 평가, 실기 평가, 지식과 경험에 대한 인터뷰를 통하여 수료증을 취득하게 된다. 취득 후 3년 동안 조사 행위에 대하여 평가된다.

NIACS는 관련 전문기관에 의해 공동으로 운영되는 제도인데, 참여기관은 Asbestos Removal Contractor's Association(ARAC), Asbestos Testing and Consulting(ATaC), Royal Institute of Chartered Surveyors(RICS)에 의해 설립되어진 계획이다. 최근 Construction Industry Training Board(CITB)에서 참여하였으며, 이 계획 역시 ISO 17024에 의해 수립되어졌고, UKAS에서 인증된 제도이다. NIACS에서 Inspector에 대한 자격을 획득하기 위하여는 Royal Society for the Promotion of Health(RSPH)에서 실시하는 Level 3 Certificated in Asbestos Inspection Procedures 과정 이수 및 평가를 통과해야 하며, 이후 CITB에서 자격에 대한 평가 후 NIACS에서 등록 후 수료증을 획득한다.

## 6) 조사 및 분석 기관 인가

조사와 분석기관에 대한 인가 제도는 UKAS에서 기관에 대하여 직접 인증하는 것은 아니며 기관에 ISO 또는 EN 기준에 만족하여 인증을 획득하는 경우 UKAS에서 조사기관과 분석실로 인증하고 있다.

조사기관에 대한 인증 기준은 ISO17020(General criteria for the operation of various types of bodies performing inspection)과 EN 45004(General criteria for the operation of bodies performing inspection)이다.

ISO 17020은 European Committee for Standardization(CEN)과 European Committee for Electrochemical Standardization(CNELEC)의 EN 45004을 채택하여 준비되었으며, 특정 조사 대상에 대한 조사기관의 자격을 국제 기준으로 인증하기 위한 제도이다.

UKAS에서는 EN 45004를 이용하여 석면조사기관으로 인증 받기 위한 지침서 RG 8 : Accreditation of Bodies Surveying for Asbestos in Premises를 작성하였는데, 이 지침에 EN 45004의 규정을 이용하였다. CAWR에서 제시하는 석면 조사기관의 인가에 이용되는데

이는 석면 관리 의무를 가지고 있는 자들에게 자격 있는 조사기관을 제공하기 위함이다. 이 규정에서 용어의 경우 CAWR, EN 45004, HSE의 용어를 사용하고 있다. EN 45004는 기관 인가이므로 개인에 대하여 적용되지 않는다. 이 규정에서는 조사기관을 Type 1, 2, 3으로 구분하고 있는데, 이는 MDHS 100에서 제시하고 있는 조사자의 기준과 같다. EN 45004에서는 Type 2와 Type 3 조사기관 신청 회사의 경우 자체 벌크 시료 채취기관을 보유하고 있지 않다면 자격을 획득한 기관과 계약을 통하여 인가를 신청할 수 있다. 조사기관의 독립성, 공정성, 성실성의 EN 45004의 Type A, B, C에 의하여 규정되고 조사로 인하여 얻은 정보에 대하여서는 비밀을 유지하여야 한다. 조사기관 인력은 조사 업무를 실행하는 모든 근로자는 최소한의 자격, 경험, 지식 등 보유 해야 하며, 비자격자가 업무를 실시하는 경우 자격자의 감독 하에 조사를 할 수 있다.

조사 행위에 대한 기술적 책임을 가지고 있는 사람은 다음의 표에 대한 자격을 보유하고 있어야 하며, 조사계획, 자원, 기술, 정도관리, 보고 부분에 대한 경험을 보유하고 있어야 하며, ACM의 상태를 파악할 수 있어야 한다.

표 11. RG 8에서 제기하고 있는 석면 조사 책임자의 요구 조건

Type of survey	Minimum qualification	Minimum experience	Knowledge
Type 1	The British Institute of Occupational Hygienists (BIOH) Proficiency Certificate in 'Building Surveys & Bulk Sampling for Asbestos' or other more wide ranging qualifications approved by BIOH. (See notes below)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 6 months appropriate experience in surveying in buildings, followed by</li> <li>◆ At least five surveys for asbestos during which competence should be assessed by a fully qualified surveyor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Familiarity with the range, location and use of asbestos products, types of premises and ages of premises</li> <li>◆ Knowledge of the homogeneity of products and appropriate sampling strategies and their health &amp; safety ramifications.</li> <li>◆ Familiarity with the current regulations, ACoP and guidance.</li> </ul>
Type 2	Same as for Type 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 6 months appropriate experience in surveying in buildings, followed by</li> <li>◆ At least five Type 2 surveys for asbestos during which competence should be assessed by a fully qualified surveyor.</li> </ul>	Same as for Type 1
Type 3	Same as for Type 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 6 months appropriate experience in surveying in buildings followed by</li> <li>◆ At least five Type 2 or 3 surveys of which at least two should be Type 3 surveys for asbestos during which competence should be assessed by a fully qualified surveyor.</li> </ul>	Same as for Type 1

조사 기관의 설비, 장비, 조사 방법, 과정, 채취 시료의 관리, 보고서는 MDHS 100 규정에 따르며, 조사 기록은 6년간 저장한다.

석면 전문 분석기관 인가는 ISO/IEC 17025를 획득하여야하는데, 이를 위하여 UKAS에서는 Lab 30: Application of ISO/IEC 17025 for Asbestos Sampling and Testing 지침서를 작성하였다. UKAS에서는 분석기관에 대한 시료채취와 분석분야로 구분하고 있으며, 시료채취 분야는 공기시료와 벌크시료, 분석분야는 위상차현미경과 편광현미경 분석으로 구분하고 있다. 분석기관에서는 시료 채취와 분석 결과에 대한 책임을 질수 있는 최소한 1인의 전문 교육 이수자가 근무를 해야 하며, 전문 교육은 BOHS에서 제공하는 P401-P405 과정 중 해당 과정을 이수한 자이며, 또는 S301과정을 이수한 자로서 해당 분야에 경험이 충분한 자이어야 한다. 시료 채취는 MDHS 100 규정에 따르면 분석의 경우 공기시료 분석은 MDHS 39/4, 벌크시료는 MDHS 77 규정에 따랐으나, 최근 MDHS 77이 철회되어 HSG 248 부록 2의 규정에 의하여 편광현미경으로 분석한다. 현재 EU 석면 관련 Directive에서는 공기 중

시료의 Fiber Counting Method를 수정하고 있으며, 확정되기 전까지는 MDHS 39/4에 따라 분석한다.

## 7) Asbestos Licensing Regulations 1983(ASLIC)

Asbestos Licensing Regulations 1983은 석면 제거 작업을 하는 모든 회사에 대하여 허가의 획득을 강제화 하였다. 이 법에 의하여 현재 영국에서는 약 700여개의 허가를 소지한 철거업체가 존재하고 있다. 이 법에는 작업에서 석면에 손상을 입히는 scaffolding 회사와 석면 계약에 의해 감독자 역할을 하는 석면제거회사를 포함하고 있다. HSE에서 허가에 대한 전권을 위임 받은 Asbestos Licensing Unit(ALU)에서 Asbestos Licensing Regulations에 따라 석면제거사업자에 대한 허가를 발급하고 있다. 제거업자는 Asbestos Notification System(ANS)에 의해 작업 14일 전 해당관청에 작업 계획을 수립하여 신고하도록 하고 있다. 작업계획에는 노출 대상 근로자의 교육, 누출 방지 대책 등 석면 노출 피해를 최소화하기 위한 내용을 포함하고 있다. 이에 따라 관련 FOD와 ALU는 기관에서는 작업 현장을 방문하여 계획에 따라 작업이 진행되는지 여부를 조사한다.

2002/2003년 HSE에서는 허가를 보유한 업체로부터 33,000건의 신고를 접수하였다. 접수된 해체 및 철거 작업은 CAWR 2002 규정에 의해 해체 및 제거를 진행하도록 되어 있는데, 이 규정은 1987년 제정되어 1992년과 1998년에 개정되었고, 이러한 규정은 Approved Codes of Practice(ACoP)에 의해 지원되고 있다. 해체 및 철거의 경우 허가가 필요한 경우와 필요하지 않은 경우로 구분되며, ACoP L28 'Work with asbestos insulation, asbestos coating and asbestos insulating board'는 CAWR 2002 관리규정에 실질적인 해석을 주기 위한 것이다.

## (3) 일본

일본의 석면관련 법들은 노동안전위생법의 석면장해예방규칙(석면규칙), 진폐증법, 대기 오염방지법(시행령), 특별관리 산업 폐기물법, 국토교통성의 건축기준법, 건설업법, 건설리사이클 법등을 통해 석면을 관리하고 있다. 특히 2006년에는 건축기준법, 대기오염방지법, 폐기물 처리법, 노동안전위생법시행령, 석면 규칙을 개정하여 허용 제품 리스트 이외의 석면제품을 전면 사용 금지시켰다.

표 12. 일본의 석면 관계 법령

항 목	관련법령
사용 중의 건물, 처리 공법 선정에 관한 법령	건축기준법, 석면규칙
흡입 방지 처리법에 관련한 법령	안전위생법, 석면규칙, 대기오염방지법, 폐기물 처리법
공사에 관한 법령	건설업법, 건설 리사이클법
자치단체의 조례, 요건	

### 가) 석면장해예방규칙(석면규칙)

일본 후생노동성에서는 석면장해예방규칙(석면 규칙)에서 1971년 특정화학물질 등 장해 예방 규칙을 제정하였는데, 이 규정에 석면 제품 제조 작업이 적용 되었고, 1975년에 석면 5%(wt) 초과 제품의 제조, 취급 작업이 규제 대상이 되었다. 1995년 석면의 규제를 1%(wt) 초과 함유 제품으로 강화하였으며, 특히 2005년 석면 장해 예방 규칙에서는 제조·취급 작업보다 해체 작업이 많은 것을 고려하여, 석면 해체 작업에 대한 독립적 규칙을 제정하였다. 2006년부터는 석면이 0.1%(wt)를 초과하는 제품을 규제하였으며(석면사용 금지에 따른 조치), 석면규칙 상에는 해체 등 작업 구분을 하지 않지만, 해체 시의 석면 분진의 공기중 노출 정도를 감안하여 그룹으로 구분하여 작업관리를 달리 하였다.

아래 규칙들은 석면장해예방규칙 중 건축물과 관련된 조항들이다.

- 석면이 뿜질된 건축물의 조치(10조)

사업자는 작업자가 작업하는 건축물의 벽, 기둥, 천장 등에 뿜질되어 있는 석면 등이 손상에 의해 그 분진이 발생되거나 작업자가 그 분진을 덮어쓸 우려가 있을 경우, 해당 석면의 제거, 보양 등의 조치를 취하지 않으면 안된다.

- 석면의 사용 상황의 통지(8조)

건축물의 해체, 개수 작업의 발주자(건축물의 소유주, 관리자 등)는 해당 작업의 작업자에 대하여, 해당 건축물에서의 석면사용 상황 등 (설계도 등)을 통지하도록 해야 한다.

- 건축물 해체 공사 등의 조건(9조)

건축물 해체, 개수의 작업을 의뢰 받은 사업자는 계약조건에 의해 필요한 조치를 충분히 취할 수 있도록 하고, 건축물 해체 등의 작업 주문자는 건축물 해체방법 또는 비용에 대하

여 노동안전위생법 또는 법에 입각한 명령의 준수를 방해 받을 수 있는 조건을 붙이지 않도록 배려하여야 한다.

- 해체, 개수 작업을 행하는 사업자에 관련된 조치

석면 사용의 사전조사(3조), 작업계획의 작성(4조), 해체 등의 작업의 신고(5조), 특별교육의 실시(27조), 석면 작업 주임자의 선임(19조, 20조), 격리·출입 금지 조치(96,7조), 해체된 건자재의 습윤화(13조), 보호구의 착용(14조), 보호구의 관리(46조)가 있다.

## 나) 진폐증법

진폐증법 적용대상은 석면 제품을 가공, 연마, 마감, 포장하는 장소에서 작업하는 상시노동자이고, 진폐증 법에 따라 진폐 건강 진단을 실시(흥부X선 촬영)하여야 하며, 취업 시 정상자 1회/3년, 이상 판정자 1회/년에 검사를 받아야 한다.

## 다) 대기 오염 방지법

1989년 12월 대기 오염 방지법·동 시행규칙을 개정함으로써 특정분진으로 석면이 규정되어, 석면 제품 제조/공장의 규제가 시행되었고, 1997년 1월에 대기 오염방지법·동 시행규칙을 개정하여, 특정 건축재료(뿔질 석면)을 사용하는 특정 요건을 만족하는 건축물 해체·개조·보수하는 작업이 [특정 분진 배출 작업]으로 규정하였다.

2006/3 대기 오염 방지법 시행령·동 시행규칙의 일부를 개정하여 규모의 철폐, 특정 건축 재료를 추가하였고, 2006년 10월 대기오염 방지법, 시행령·동 시행규칙을 일부 개정하여 건축물 이외의 공작물이 규제 대상이 되도록 하였다.

## 라) 대기오염방지법 시행령 개정

2006년3월1일에 대기오염방지법 시행령이 개정되었다.

- 작업 분류된 건축자재 : 뿔질 석면(분류1), 석면을 함유한 단열재(분류2), 석면을 함유한 보온재(분류2), 석면을 함유한 내화피복재(분류2)
- 작업실시 신고서(14일전),면적에 따른 내부 분할(내화·준내화 건축물, 마루 확장 면적 500m<sup>2</sup>이상, 석면사용면적 50m<sup>2</sup> 이상)철폐
- 계획변경명령, 작업기준의 준수의무와 적합명령, 주문자의 배려

### 마) 대기오염방지법의 작업기준

건축물 해체 시에 특정 건축 재료를 제거 시 다음과 같이 하여야 할 일들을 명시하였다.

- 작업장 격리, HEPA 필터 부압 소진 장치
- 특정 건축 재료의 약액(중화제) 등에 의한 습윤화
- 격리를 해제할 경우, 중화제의 배포 또는 석면 분진 처리

건축물 해체 시에 단열재, 보온재, 내화피복재(레벨2)를 끊어내거나, 절단 혹은 파쇄 이외의 다음과 같은 방법으로 제거하도록 하였다.

- 주변을 사전에 양생
- 특정 건축재료의 중화제에 의한 습윤화
- 격리를 해제하는 경우, 중화제의 배포 또는 석면 분진의 처리
- 작업 대상이 되는 건축물에 물을 뿌리든지, 아니면 같은 효과를 낼 수 있는 조치를 취한다.
- 특정건축재료의 소거에 대해서 해체의 경우와 같은 조치를 취한다(대체자료의 시공은 당연히 필요)

### 바) 특별관리 산업 폐기물 [폐석면 등]

대기오염 방지법 적용 대상 사업소에서 발생하는 발산성의 석면함유 폐기물로 특별 관리를 하고 있으며, 이러한 산업건축자재는 제거 사업 (건축물 또는 그 외의 공작물)에 병행되어 발생한다.

특별관리 건축자재 산업 폐기물 중 석면 함유 흡착재, 석면함유 보온재, 석면 함유 내화 피복재, 석면 함유 단열재의 폐재료 또는 공사에 사용된 격리 막 등의 석면 오염물에 대해 다음과 같은 사항들을 실시하여야 한다.

실시할 사항 :

1. 특별관리 산업폐기물 관리자의 선임
2. 장부의 작성
3. 관리표(manifest) 작성
4. 관리형 또는 차단형 처분장에서 처분 또는 용융화
5. 기타

### 사) 국토교통성

뿔질 석면에 관련한 규제와 실태를 파악하고, 통상의 건축물 사용 상태에서 공기 중 노출이 주의되는 뿔질 석면 또는 뿔질 흡착 암면에 대해서는 건축 기준법에 의한 규제(보고청취, 권고·명령제도 등 기존 건축물에 대한 규정의 적용)을 검토한다.

#### 아). 건축기준법

2006년 2월 공포하여 10월에 시행되는 석면에 관한 건축관련 법령은 다음과 같다.

- 뿔질 석면, 석면 함유 뿔질 암면 사용금지(기존 부적격)
- 일정 규모 이상의 증개축·대규모의 수리
- 형태변경 수리 시 전부 제거
- 일정 규모 미만의 증·개축, 대규모의 수선 또는 외형변경 시 해당부분만 제거, 보양, 밀봉 중 적절한 것을 선택
- 일정규모는 정부시행령으로 명확하게 함

#### (4) 핀란드

핀란드에서는 1977년 석면 작업과 석면 취급에 대한 규정을 제정하였는데, 이 규정에서는 청석면 이용을 금지하였으며, 농도는 2 fiber/cm<sup>3</sup>이었고, 석면 산업을 관리하기 위하여 처음으로 제정되었다.

#### 가) National Board of Occupational Safety and Health

1979년 제정된 National Board of Occupational Safety and Health에서는 석면함유물질, 석면 단열재 철거, 브레이크에 대하여 규정하였다.

1988년 개정된 법은 기존 법을 보다 강화하였으며, 자격이 증명된 회사만이 석면이 함유된 자재를 설치한 건축물을 철거할 수 있도록 하였고, 해체 및 철거에 대하여 계획과 공지의 의무를 부과하였다. 철거업체는 건축물의 석면 함유여부를 증명할 책임이 있고, 노출 농도는 0.5fiber/cm<sup>3</sup> 이다.

1990년 석면 철거에 대하여 National Board of Occupational Safety and Health에서는 석면 철거에서 작업방법과 격리, 환기, 보호구에 대하여 규정하여, 석면을 안전하게 취급할 수 있도록 하였다. 또한 이 규정에서는 규정을 어길 경우 석면 제거 면허를 무효화 할 수 있도록 하였다. 1993년에는 석면 수입을 금지하였으며, 1994년에는 석면의 판매와 이용에 대하여 금지하였다.

1995년 핀란드는 EU 가입으로 인하여 Directive on the asbestos work의 규정에 따라 일부 법을 개정하였다. 건축업자는 석면에 대한 분석과 확인에 대하여 책임을 가지고, 건축물 관

런 모든 프로젝트는 석면 함유물질에 대하여 위험을 고려해야하는 책임을 갖고, 위해성 평가, 작업환경측정을 실시하고, 이때 노출 농도는 0.3 fibres/cm<sup>3</sup>이었다. 그러나 작업방법에 대한 규정은 변하지 않았다.

2006년에는 허용 최고 농도는 0.1fibre/cm<sup>3</sup>이고, 청정 지역에서의 농도 제한은 aggressive 조건에서 0.01 fibre/cm<sup>3</sup> 이하였다. 또한 건축물 개보수에 대한 석면 위해성과 예방을 강조하고 있으며, 건축업자는 석면 함유물질을 철거하려고 하는 경우 구조물에서 확인을 해야 하는 의무를 가지고 있고, 석면을 함유한 것으로 취급하면 분석 없이 석면 함유물질로서 취급 할 수 있도록 했다. 건축업자는 공사 시작 전 석면의 종류, 양, 위치, 위해성 평가를 실시해야 한다. 또한 건축업자는 석면을 제거하기 위하여 제거업자를 고용해야 하면 독립성을 보장하는 Supervisor를 두어야 한다. 근로자에 대한 훈련, 건강 검진, 보호구 석면 해체·제거에 대한 자격을 증명해야 한다. 제거업자는 작업 7일 전에 반드시 신고해야 한다. 석면 해체·제거 작업은 가능한 석면 분진을 발생하지 않는 방법으로 진행을 해야 하며, 작업장을 충분히 분리해야 하고, 작업장 내 근로자는 반드시 적합한 보호구를 이용해야 한다. 완료 후 폐기물은 적합한 방식에 따라 처리한다. 작업장에서 환기나 보호벽을 철거하는 경우 철거 전 석면에 대한 제거완료 평가를 시각적 평가와 공기 중 측정(0.01fibre/cm<sup>3</sup>)을 수행해야 한다.

핀란드의 경우 석면 함유물질을 해체·제거 한 후 일정한 기간 마다 재 측정을 해야 하는데 이 기간은 3개월 주기이며, 0.1fibre/cm<sup>3</sup>를 넘으면 안 된다.

## (5) EU

### 가) The protection of workers from the risks related to exposure to asbestos at work

EU 의회에서는 2003년에 2003/18/EC 의회 지령을 발표하였다. 이는 83/47/EEC를 개정한 것으로서 이는 석면 작업에 노출될 가능성이 있는 근로자를 보호하기 위한 것이다. EU 의회는 1976년 76/769/EEC에 의하여 백석면의 이용과 판매를 금지하였으며, 이는 근로자의 석면 노출 감소에 상당한 공헌을 했다. 이 규정에서는 고용주는 석면 제거 계획을 하기 전에 반드시 기록을 제시해야 하고, 해체·제거 시 노출 가능성이 있는 사람들에게 반드시 공지해야 한다. 근로자를 보호하기 위하여 근로자 보호를 위한 규정은 반드시 따라야 한다.

석면 해체·제거 전 사업주는 반드시 신고를 해야 하는데, 신고 내용은 다음과 같다. 즉, 작업 위치, 석면 종류 및 양, 제거 방법과 과정, 근로자 수, 시작 및 작업 기간 등의 내용이 포함되어야 한다. Article 6은 근로자에 대한 석면 노출을 방지하기 위하여 석면 분진 발생을 최소화에 대하여 언급하고 있다. Article 7은 석면 해체·제거 시 석면 노출을 평가하기

위한 작업환경 측정에 대하여 언급하고 있는데, 측정 전 근로자와 인터뷰를 실시해야 하며, 시료 채취는 반드시 자격을 갖춘 자가 하도록 되었으며, 분석은 PCM으로 하며 Fibre counting은 WHO(1997) 규정에 따라 계수 한다. Article 8에서 고용주는 근로자가 0.1fibre/cm<sup>3</sup> (TWA) 미만으로 노출되도록 해야 하며, Article 10에서는 농도를 넘은 경우 이에 대한 원인을 밝혀야 하며, 조치를 취해야 하고, 만약 조치를 강구 할 수 없는 경우 확실한 밀폐와 적합한 개인용 보호구를 지급해야 한다. Article 10a에서는 건축물 사전 조사를 진행시에 건축물 소유주에게 충분한 정보 제공 필요성을 강조하고 있다. Article 11에서는 고용주의 근로자에게 작업 상황에 따른 보호구의 지급을 설명하고 있다. Article 12에서는 석면 해체·제거 계획 수립에 포함되어야 하는 내용을 제시하고 있다. 근로자 교육에 대한 내용을 제시하고 있고, 해체·제거 사업자의 경우 작업을 할 수 있는 능력을 증명해야 하며, 이에 대한 세부 규정은 EU 회원국 법에 따라 정해진다. Article 15에서는 근로자의 건강 보호를 위해 건강검진에 대하여 언급하고 있으며, 이에 대한 세부 규정은 역시 각 국에 규정에 따른다.

## (6) 국가별 제도

미국, 영국의 경우 1980년대에 관계 법령 및 제도를 구성하여 체계적으로 관리하고 있다. 아래의 그림은 미국, 영국, 일본, 네덜란드에서 석면 해체·제거를 위한 법령 및 관리 제도이다.

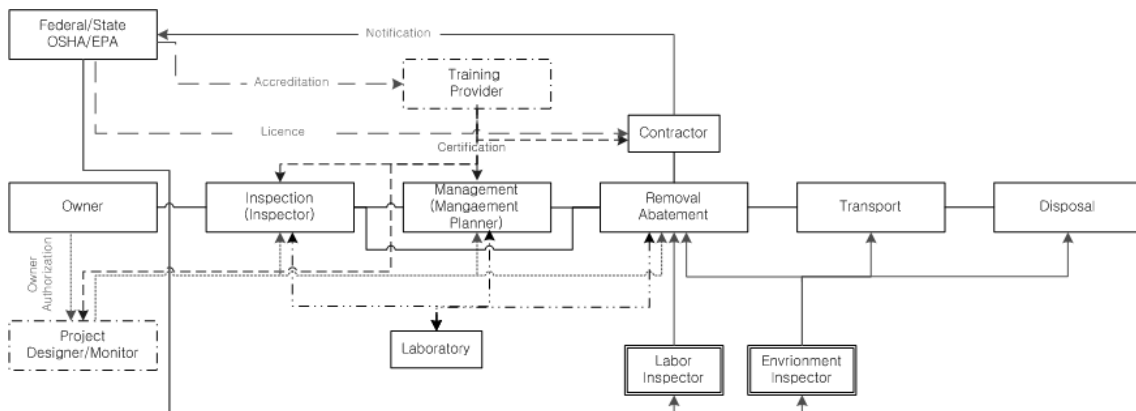


그림 5 미국의 석면 해체·제거 관리제도 flow



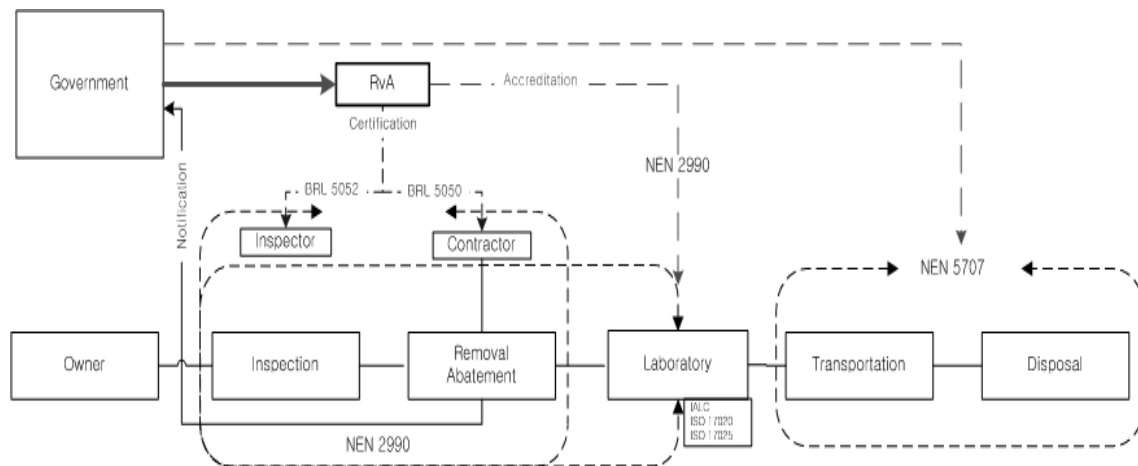


그림 9. 네덜란드의 석면 해체·제거 관리제도 flow

미국의 경우 인력이 매우 다양하게 구분이 되어 있는 관계로 매우 복잡한 구조를 나타내고 있으며, 이는 연방법과 주 법에 의해 관리 되는 석면 해체·제거 제도이다. 영국의 경우 ALU 기관이 HSE로부터 전권을 위임 받아 해체·제거 업자를 관리하고 있는 것이 특징이다. 일본의 경우 해체·제거업은 관리제도가 다른 국가에 비하여 간단한 것으로 보이는데 이는 일본 석면환경협회에서 석면 진단사를 교육하며, 일본 작업환경측정협회의 분석사를 양성하고 있는데, 석면 진단사가 분석사 교육 이수 시 건축물의 진단과 분석 두 가지 기능을 다 할 수 있다. 또한 일본에서는 해체·제거 작업에서 근로자를 보호하기 위하여 작업 주임자를 두도록 하고 있는데 진단사 교육을 이수하면 작업 주임자 역할도 할 수 있으며, 회사 소속인 직원이 할 수도 있다. 미국과 비교하여 Inspector, management planner, supervisor, analyser 4개 역할을 1인이 할 수 있다는 것이다.

핀란드는 정부에서 해체제거업자에게 허가를 발급하게 되어있으며, 해체·제거업체는 반드시 사전 신고하도록 되어있다. 네덜란드의 경우 영국과 비슷한 제도를 가지고 있으나 조사기관과 해체·제거 업자에 대하여서는 RVA로부터 허가를 받도록 하고 있으며, 이 기관은 정부로부터 위임을 받은 기관이다. 일본의 경우 해체·제거업은 관리제도가 다른 국가에 비하여 간단한 것으로 보이는데 해체·제거업은 건축법에 의해 적용되며, 석면 진단사는 관련 협회에서 교육하여 수수료증을 받으며, 석면 진단사 경우 조사자, 감리사의 기능을 겸할 수 있기 때문이다.

## (7) 석면의 노출기준

아래의 표는 각국의 석면 기준에 대하여 조사한 결과이다.

표 13. 각국의 석면 노출기준

석면의종류	한국	미국(OSHA)	영국		호주	스페인	미국(ACGIH)
			4시간	10분			
크리소타일 (백석면)	0.1	0.1 (excursion limit: 1.0*)	0.3	0.9	1.0	0.6	0.1
아모사이트 (갈석면)	0.1	0.1	0.2	0.6	0.1	0.3	0.1
크리시돌라이트 (청석면)	0.1	0.1	0.2	0.6	0.1	0.3	0.1
기타석면	0.1	0.1	0.2	0.6	0.1	0.3	0.1

## 2. 전문인력

선진국에서 석면과 관련된 인력은 근로자, 조사자, 분석사, 감리사, 제거업 5개 분야로 구분 할 수 있다. 미국의 경우 Model Accreditation Plan (MAP)에서 각 분야 별로 자세하게 구분하고 있으며, 영국의 경우는 조사자와 분석사, 제거업자로 구분할 수 있다. 일본은 석면진단사와 석면작업주임자, 네덜란드는 조사자, 제거업자, 분석기관, 핀란드는 근로자, 제거업자, 분석기관으로 구분 할 수 있다.

각 국의 전문 인력의 구성과 인력에 대한 수료, 인가, 허가 및 등록을 아래의 표에 요약하였다.

표 14. 각 국의 석면 해체·제거관련 인력

	미국	영국	네덜란드	핀란드	일본
인력	Worker <sup>C</sup>	Worker	Worker	Worker	Worker
	Inspector <sup>C</sup>	Inspector <sup>C</sup>	Inspector <sup>C·R</sup>	Contractor <sup>C</sup>	석면 진단사 <sup>C</sup>
	Management planner <sup>C</sup>				
	Contractor <sup>C/A/R)·L</sup>	Contractor <sup>L</sup>	Contractor <sup>C·R</sup>		작업주임자 <sup>C</sup>
	Supervisor <sup>C</sup>	Supervisor <sup>L</sup>			
	Project Monitor <sup>C</sup>	Analyst <sup>C</sup>			
	Project Designer <sup>C</sup>				
	Analyst <sup>C</sup>	Analyst	Analyst <sup>A</sup>	Analyst	석면 진단사 <sup>C</sup>
	Training Provider <sup>A</sup> (Agency), Instructor <sup>A</sup>				
	Labor Inspector <sup>G</sup>				
	A : Accreditation C : Certification G : Government R : Registration L : Licence				

## 가. 미국

미국 EPA에서는 Asbestos Model Accreditation Plan(MAP)에 따라 석면 관련 인력을 구분하고 있다. MAP에서는 석면 관련 인력에 대하여 교육과정을 제시하고 있는데 초기와 보수 교육으로 구분할 수 있으며, 이에 대한 교육 내용과 기간에 대한 규정하고 있다. 초기 교육과정은 교육과정과 수일 간의 과정으로 이루어졌으며, 하루 교육 시간은 8시간이고 점심시간을 포함한다. 교육과정은 반드시 EPA 또는 주 정부의 지침을 따라야 한다.

개별 주에서는 석면 초기 교육 시 실습교육 포함 여부를 별도 요구할 수 있으며, 교육자 승인을 위한 최소한의 규정을 고려할 수 있고, 교육 인원은 25명을 넘을 수 없다.

표 15. 미국의 인력구분과 자격

인력	정 의	자격
Worker	학교 또는 상업적인 건축물에서 비산가능성을 가지고 있는 ACBM 물질을 규정에 따라 제거 행위를 하는 자.	Certification
Inspector	Inspector는 학교, 공공 및 상업 건물에서 석면 함유물질이 분포하고 있는 위치를 파악 하는 자	Certification
Management planner	석면 함유 건축 자재 대한 관리 계획을 수립하여 주는 자	Certification
Contractor	건축물에서 석면 함유 물질을 수리, 해체·제거를 상업적 목적으로 하고자 하는 자	Certification Registration Licence
Supervisor	고용주에 의해 고용되면 Contractor의 해체·제거에 대한 작업을 감독하는 자	Certification
Project Monitor	건축물 소유주를 대표하여 제거업자에 의해 행해지는 제거 작업을 관찰하고 이를 관련 법규에 충실히 따라 진행여부를 평가하는 자	Certification
Project Designer	건축물의 철거 계획을 수립하는 자	Certification
Analyst	건축물 벌크 시료에 대한 PLM, PCM을 분석 하는 자	Certification
Industrial Hygienist	작업환경 측정 및 평가 자	Certification
Training Provider	위의 Worker, Inspector, Management Planner, Contractor, Supervisor, Project monitor, Project designer에게 석면과 역할에 대한 전문 교육을 제공하는 자	Accreditation
Labor Inspector	근로감독관	

미국의 경우 연방법에서 전문인력에 대한 구분을 하고 있으며, 이를 각 주에서 전문인력에 대하여 면허제도 또는 등록제를 실시하고 있다.

석면사전조사자의 경우 연방법에서 사전조사자를 활용하도록 되어 있다.

## 나. 영국

영국에서는 석면에 대한 전문 인력을 근로자, 사전조사자, 분석사, 제거업자/감리사로 구분한다. HSE에서는 조사와 분석에 대하여 개인과 기관으로 구분하여 수수료와 인가제도를 운영하고 있는데 조사기관과 분석실에 대한 인가는 United Kingdom Accreditation Service(UKAS)에서 담당하고 있다.

영국에서는 미국의 EPA AHERA에서 제시하고 있는 Inspector에 대한 규정을 기관과 개인에 대한 인가와 수수료로 구분하고 있다.

기관에 대한 인가는 UKAS에서 관리하고 있는데, 석면에 대한 조사기관들에 대한 인증을 위하여 기준인 RG 8을 제시하고 있으며, 분석실에 대한 지침은 LAB 30에서 제시하고 있다. RG 8은 EN45004 : "General criteria for the operation of various types of inspection bodies"에서 인증 지원에 대한 지침이며, 현재 EN45004는 ISO 17020로 사용되고 있고, LAB 30은 석면 시료 포집과 분석에 대한 지침이며, 이는 ISO와 IEC 17025 획득을 위한 규정이다.

표 16. 영국의 인력구분과 자격

분류		정의	자격
Worker		건축물에서 비산가능성을 가지고 있는 ACMB 물질을 규정에 따라 제거 행위를 하는 자.	-
Inspector	Type 1	석면 함유물질이 분포를 추측조사 및 파악하는 자	개인 : Certification 기관 Accreditation
	Type 2	석면 함유물질의 시료채취, 확인, 평가하는 자.	
	Type 3	Type1과 2를 할 수 있는 자	
Contractor C/A(R)/L	Contractor	건축물에서 석면 함유 물질을 수리, 해체·제거를 상업적 목적으로 하고자 하는 자	Licence
	Supervisor	Contractor의 해체·제거에 대한 작업을 감독하는 자	
	Scaffold	석면 해체·제거 시 필요한 설비를 설치하는 자 (ex: Enclose, scaffold)	
	Agency	석면 제거업을 직접적으로 하지 않으며, 제거업자에게 인력을 공급하는 자	
Analyst <sup>C</sup>		작업환경 측정 및 완료(Clearance) 평가 자	개인 Certification 기관 Accreditation

Training Provider <sup>A</sup>	위의 Inspector, Contractor, Analyst에게 석면과 역할에 대한 전문 교육을 제공하는 기관	Certification Accreditation
Labor Inspector	근로 감독관 Contractor에 대한 면허 발급 시 평가 현장 방문 해체·제거 작업 평가 법규 위반 사항	

석면 분석기관의 자격 인증은 ISO 17025에 의하여 자격을 검증 받게 된다. 조사자 또는 조사기관은 분석사와 같이 개인과 기관에서 할 수 있는데, 개인의 경우 ABICS 또는 NIBCS에 등록되어 수수료증을 받은 자와, 기관은 ISO 17020 획득 후 UKAS에서 인가된 기관을 HSE에서 관리하고 있다.

표 17. UKAS 석면 관련 기관 및 인원에 대한 자격 기준

ACTIVITY	QUALIFICATION	ACCREDITATION	STATUTORY REQUIREMENT
<b>A Person</b> carrying out an asbestos survey	Individuals to hold BOHS P402 or RSPH Level 3 Certificate or CoCA (Certificate of Competency in Asbestos - S301 plus oral) or Cert Occ. Hyg. Or Dip Occ. Hyg. plus relevant experience as in UKAS RG8 or qualifications required by the accredited personnel certification scheme	Recommended individual works for/is an accredited organisation as an Inspection Body to ISO 17020 or holds personnel certification for asbestos surveying from a Certification Body accredited to ISO 17024	Not currently a requirement of CAWR 2002
<b>B Company</b> carrying out an asbestos survey	Individuals to hold qualifications as detailed in A above. At least one member of the company must hold P402 plus S301 certificate (not necessary for full CoCA but this is strongly encouraged) or CoCA or equivalent qualification.	Recommended accreditation as an Inspection Body to ISO 17020	Not currently a requirement of CAWR 2002
<b>C Person</b> taking a bulk sample	There is no formal UKAS requirement for this activity outside of surveying (see A above), but individuals are strongly recommended to hold BOHS P402 or RSPH Level 3 Certificate or higher, or work under supervision of qualified surveyor	Recommended individual holds personnel certification for asbestos surveying from a Certification Body accredited to ISO 17024 or an Inspection Body to ISO 17020 or Testing laboratory to ISO 17025	Not currently a requirement of CAWR 2002
<b>D Company</b> taking a bulk sample	At least one member of the company must hold P402 plus S301 (not necessary for full CoCA but this is strongly encouraged) or CoCA or equivalent qualification. For individuals refer to C above.	Recommended accreditation as an Inspection Body to ISO 17020 or Testing laboratory to ISO 17025 <sup>1</sup>	Not currently a requirement of CAWR 2002
<b>E Person</b> taking and analysing an air sample (including 4-SC)	Individuals to hold BOHS P403 and P404 <sup>2</sup> or higher qualification (e.g. CoCA))	Works for or is an organisation holding Accreditation to ISO 17025	CAWR 2002 Regulation 19(2) applies <sup>3</sup>
<b>F Company</b> taking and analysing an air sample (including 4-SC)	Individuals to hold BOHS P403 and P404 <sup>2</sup> At least one member of the company must hold the CoCA (i.e. S301 plus oral) or equivalent qualification	Accreditation to ISO 17025	CAWR 2002 Regulation 19(2) applies <sup>3</sup>
<b>G Person</b> analysing a bulk sample	Individuals to hold BOHS P401 or higher (e.g. CoCA)	Works for or is an organisation holding Accreditation to ISO 17025	CAWR 2002 Regulation 20(2) applies
<b>H Company</b> analysing a bulk sample	Individuals to hold BOHS P401 or higher (e.g. CoCA)	Accreditation to ISO 17025	CAWR 2002 Regulation 20(2) applies

## 다. 네덜란드

네덜란드에서는 건축물의 석면 함유 여부에 대한 조사와 해체·철거를 하고자 하는 경우 BRL 5052 OHS 허가를 RVA로부터 획득해야 하며, 해체·제거업을 하고자 하는 경우에는 BRL 5050 OHS 허가를 받아야 한다. 분석을 하고자 하는 기관은 NEN 2990에 의해 RVA로부터 인가를 얻어야 한다.

표 18. 네덜란드 인력구분과 자격

	정의	자격
Worker	건축물 또는 시설에서 비산가능성을 가지고 있는 ACBM 물질을 규정에 따라 제거 행위를 하는 자.	-
Inspector	건축물에서 석면 함유물질이 분포하고 있는 위치, 석면 종류, 손상여부 등을 파악 하는 자	Certification
Contractor	건축물에서 석면 함유 물질을 수리, 해체·제거를 상업적 목적으로 하고자 하는 자	Certification
Supervisor	고용주에 의해 고용되면 Contractor의 해체·제거에 대한 작업을 감독하는 자	Certification
Analyst	건축물의 벌크 시료에 대한 분석 하는 자	Licence
Labor Inspector	근로감독관	

## 라. 핀란드

핀란드의 경우 아래와 같이 인력으로 구분 할 수 있다. 석면 해체업자가 Inspector 역할을 할 수 있는데, 이에 대한 법적 책임을 진다.

표 19. 핀란드의 인력구분과 자격

	정의	자격
Worker	건축물 또는 시설에서 비산가능성을 가지고 있는 ACBM 물질을 규정에 따라 제거 행위를 하는 자.	-
Contractor <sup>L</sup>	건축물에서 석면 함유물질이 분포하고 있는 위치, 석면 종류, 손상여부 등을 파악 하는 자 건축물에서 석면 함유 물질을 수리, 해체·제거를 상업적 목적으로 하고자 하는 자	Licence
Supervisor	고용주에 의해 고용되면 Contractor의 해체·제거에 대한 작업을 감독하는 자	Certification
Analyst	건축물 벌크 시료에 대한 PLM 분석 하는 자	-
Training Provider	위의 Inspector, Contractor, Analyst에게 석면과 역할에 대한 전문 교육을 제공하는 자	Accreditation
Labor Inspector	근로감독관	

## 마. 일본

일본에서의 석면 관련 인력 구분은 다음과 같다. 미국, 영국, 유럽과의 차이는 석면 진단사로서 이 사람은 Inspector, management planner, Analyser, Supervisor 역할을 할 수 있으며, 관련 기관 교육 이수 후 수수료증을 획득하여 자격을 얻는다.

표 20. 일본의 석면관련 인력구분과 자격

	정의	자격
근로자	건축물 또는 시설에서 비산가능성을 가지고 있는 ACBM 물질을 규정에 따라 제거 행위를 하는 자.	-
석면 진단사	건축물에서 석면 함유물질이 분포하고 있는 위치, 석면 종류, 손상여부 등을 파악 하는 자	Certification
분석사	건축물의 벌크 시료에 대한 PLM 분석 하는자	Certification
작업주임자	제거업체에 소속되어 해체·제거 작업을 관리 하는 자	Certification
Training Provider	석면 진단사와, 작업주임자, 분석사에게 석면과 역할에 대한 전문 교육을 제공하는 자	Accreditation
Labor Inspector	근로감독관	

### 3. 해체·제거업체 관리

건축물 또는 설비에서 석면 함유 물질의 제거업자에 대한 규정은 많은 국가에서 규정되어 있었다. 이 본 연구에서는 미국(캘리포니아, 일리노이즈, 미네소나, 버지니아, 텍사스), 영국, 호주, 핀란드, 네덜란드의 석면 해체 및 제거업자에 대한 관련 규정을 정리하여 제시하였으며, 규정을 첨부하였다. 그러나 핀란드와 네덜란드의 경우 법 규정이 핀란드어와 네덜란드어로 되어 있는 관계로 첨부하지 않는다.

#### 가. 미국

미국의 Contractor는 OSHA와 EPA에서 인가하는 교육기관에서 Contractor 과정을 이수한 자가 해체·제거업을 할 수 있다. EPA AHERA MAP에서 Contractor에 대한 정의와 자격, 교육 내용 등이 규정되었으며, 각 주별로 등록(Registration)과 허가(Licence) 제도를 운영하고 있다. 제거업체에 대한 licence(면허)제도의 경우 대부분의 주에서 실시하고 있으며, 본 연구에서는 미네소타, 일리노이, 텍사스, 펜실베이니아 등에서 법에 대하여 제시하고자 한다. 대부분의 주에서는 제거업을 하고자 하는 경우 근로자 고용에 근로자 보험을 요구하고 있으며, 보험을 가입하지 않으면 허가 신청이 되지 않는다.

본 연구에서 미국의 일부 주에 대한 제도에 대하여 아래와 같이 정리하였다.

##### (1) 캘리포니아

본 연구에서 방문한 캘리포니아에서는 OSHA에서 Asbestos Contractor's Registration Unit(ACRU)를 운영하고 있다. 이에 대한 규정은 Title 8 of the California Code of Regulations(8 CCR), Article 2.5 Registration-Asbestos-Related Work(Sections 341.6-341.14)와 8 CCR Section 5203(Carcinogen Report of Use Requirements), Business and Professions Code. 7180-7189.7에서 등록에 대한 규정을 하고 있다.

캘리포니아의 경우 석면 제거 관련업 등록 대상은 8 CCR 1529에서 제시하고 있는 Class I-IV의 작업 대상인 함유량 석면 1%보다 낮은 중량 0.1% 이상을 함유한 물질의 건축자재 관련 작업, 또한 석면 제조를 제외하고 **Asbestos-containing construction materials(ACCM)**을 손상에 의해 석면 분진을 발생 할 수 행위, 8 CCR 341.6(e)에 규정된 단일 작업장이 100ft<sup>2</sup> 이상을 대상을 하고 있다.

Asbestos-related work Labor Code section 6501.8 해당하거나 100ft<sup>2</sup> 이상을 작업하는 모든

Contractor와 고용주는 반드시 **Asbestos Contractor Registration Unit(ARCU)**에 등록해야하는데, 파이프 작업에 대하여서는 세부 규정에 따라 제외한다. ARCU에 등록하기 위하여서는 EPA-accredited asbestos-abatement course를 이수해야하며, Contractor State Licence Board(CSLB)에서 평가를 통과한 자에 한하여 면허를 받아야 한다.

## (2) 일리노이즈

일리노이즈주의 경우 Administrative Code Title 77, Part 855 Asbestos abatement for public and private school and commercial and public buildings in illinois 규정에서 석면 해체 및 제거에 관련된 규정을 제시하고 있다.

이 규정에서 석면 석면제거업자에 대한 Licence에 대한 세부 규정 subpart B와 C에서 세부 규정을 제시하고 있다. 제거업을 하고자 하는 자는 자격 증명을 위하여 신청서, 인터뷰를 위한 수수료, 책임보험 증서, Illionis Department of Public Health(IDPH)로부터 인증된 Supervisor의 서명, Contractor 교육 이수, 인증된 근로자, OSHA 관련 규정 29 CFR 1910.1001에 따른 기준 작업공정, 근로자 호흡보호구 프로그램, 이전 참여 제거 상업, 제거업자의 경력(최소 1년 이상), Supervisor, 과거 규정위반에 의한 과태료 또는 벌금 등을 증명서류를 제출해야한다. Contractor는 작업 개시 전 석면 해체 및 제거 작업에 대하여 IDPH에 신고해야한다.

Illinois Environment Protection Agency(IEPA)에서는 연방법인 NESHAP - 410CFR - SUBPART M-61.145 규정에 따라 건축물 해체 및 개보수에 대한 신고를 하고 있다.

The Asbestos Abatement Act and Code에 따라 공립과 사립 학교에서 Supervisor, Inspectors, Management Planner, project designers, project manager, air sampling professionals에 대한 Licence 제도를 운영하고 있다.

[www.ilga.gov/commission/jcar/admincode/077/07700855sections.html](http://www.ilga.gov/commission/jcar/admincode/077/07700855sections.html)

## (3) 미네소타

미네소타 주의 경우 Minnesota Deapartment of Health(MDH)에서 발급하고 있는데, 미네소타 석면 제거업자는 해당 건축물 또는 설비 대상은 연방법과 같다.

미네소타는 Tarinig courses, abatement contractors, air monitoring contractors, site supervisor, workers, inspectors, management planners, project designers로 인력을 구분하고 있다. 석면 해체 제거의 경우 4620.3200 Contractor Licensure에 면허에 대한 규정이 있다.

신청 시 준비해야하는 서류는 신청서, 수수료, 4620.3100 subpart 29에 의한 책임자(성명, 연락처, 확인), Supervisor(MDH에서 인증된 자), 다른 주 면허 소지 시 관련 면허 번호, 면허 신청 2년 전부터 Minnesota Department of Labor와 Industry, Occupational Safety and Health Division, the Minnesota Pollution Control Agency, the federal Occupational Safety and Health Administration, 또는 the federal Environmental Protection Agency 의 규정 위반 여부, 미네소타 사업장 등록 번호, 근로자 보상 보험, 보호구, 보호의 등에 대한 정보를 제공해야 하다.

[www.health.state.mn.us/divs/eh/asbestos/rules.html](http://www.health.state.mn.us/divs/eh/asbestos/rules.html)

### (3) 버지니아 주

버지니아 주에서는 Virginia Department of Professional and Occupational Regulation(DPOR)에서 버지니아주의 안전, 복지, 건강을 보호하기 위한 부처이며, 또한 경쟁력 있는 노동력, 공평한 주택 제공, 생산적인 경영을 위한 것이다.

총 19개의 위원회를 통하여 30개의 전문적인 직업에 대한 규정하고 있다. 각 분야별 위원회를 구성하여 법의 제정 및 기준 확립에 대한 방안을 제시하고 있다. 석면의 경우 The Virginia Board for Asbestos, Lead, and Home Inspectors를 구성하여 버지니아 주의 규정을 운영하고 있는데, 이 위원회는 10명의 위원으로 분기별로 회의를 거쳐, 석면, 납, 주택 조사에 대한 규정을 개정하거나 기준 설립, 훈련 과정, 분석 실험실, 기준에 대한 일반적인 정책을 수립하는 것이다. 석면 관련 인력 전체와 해체·제거업과 분석기관도 Licence. 제도를 운영하고 있다.

Virginia Asbestos Licensing Regulations 은 Section 10 - 890까지 구성되어 있으며, 각 Licence의 자격 조건, 책임, 기록, 교육 등에 대하여 자세히 규정하고 있다.

<http://leg1.state.va.us/000/reg/TOC18015.HTM#C0020>

### (4) 텍사스

텍사스는 Toxic Substance Control Divison(TSCD)에서 운영하는 3개 분과 중 Asbestos Programs Branch를 운영하고 있다. Texas의 The Texas Asbestos Health Protection Rules는 1992년 10월 20일 승인되어 효력이 발생되었다. 이 법의 목적은 대중에게 접근이나 사용을 위한 건축물의 asbestos disturbance activity를 규정에 의해 공기중 부유하는 석면 fiber에 의 발암성이고 건강상 위험을 제어 또는 최소화하기 위한 것이다.

이 규정에서는 석면 제거 및 석면 관련 모든 행위에 대하여 등록(Regulation) 또는 면허(Licence)를 규정하고 있으며, 여기에는 목수, 전기, 배관, 전화, 유지보수 인력까지 포함하고 있다.

[http://info.sos.state.tx.us/pls/pub/readtac\\$ext.ViewTAC?tac\\_view=5&ti=25&pt=1&ch=295&sch=C&rl=Y](http://info.sos.state.tx.us/pls/pub/readtac$ext.ViewTAC?tac_view=5&ti=25&pt=1&ch=295&sch=C&rl=Y)

## 나. 영국

영국에서는 Control of Asbestos Regulation 2006과 Asbestos Licence Regulation에 의하여 석면 해체·제거업자에 대하여 허가에 대한 규정을 제시하고 있다.

2006년 새로 개정된 Control of Asbestos Regulation(2006)에서는 Regulation 8. Licensing of work with asbestos가 추가되었다.

이 규정에서 Contractor의 최대 Licence 기간은 최대 3년이며, 이 기간은 The executive에서 여러 조건을 판단하여 결정하고, 무효화 할 수 있다.

Licensing of work with asbestos 2006에서는 공인시행지침(ACOP)과 guideline이 같이 함께 공표된다.

공인시행지침에서는 면허를 4단계로 구분하고 있다.

ACOP 87 : 1. Supervisor, 2. Ancillary, 3. Work with asbestos in your own premises with your own employee, 4. Supply of labor로 구분되어 진다.

ACOP 88 : Licence 대상 물질은 석면단열재(Asbestos Insulation), 석면 표면제(Asbestos Coatings), 석면단열보드(Asbestos Insulation Board)로 제한하고 있다. 석면 표면제에서 석면을 함유한 textured decorative coatings는 제외된다.

ACOP 89 : Supervisor work(감리 작업)

면허가 필요한 작업에 대한 감리사(감독자)을 할 때 필요한 Licence이다. 그러나 면허를 가지고 있는 제거업자, 원청, 석면 작업의 청결상태를 점검하는 analyst, 작업 중 대기 측정자, 컨설턴트는 면허가 필요하지 않다.

ACOP 90 : Ancillary work (보조 작업)

석면 면허와 공지가 필요한 작업의 비계를 설치와 제거하는자, 음압기 관리자, 작업장소의 밀봉하는자, 밀봉 작업장에서 구조, 시설, 장비를 청소하는자는 Ancillary work 면허가 필요하다.

ACOP 91 : 면허소지자 의무

작업에 대한 공지, 근로자 및 본인의 건강검진, 건강검진 기록 보관, 긴급 상화에 대처 프로그램, 작업 구역의 구분을 하여야 한다.

ACOP 94 : 면허 신청이전에 the Health and Safety at Work etc Act 1974, the Control of Asbestos Regulations 2006, Approved Code of Practice, Guidance를 에 대한 지식 숙지, 석면 작업을 수행할 수 있는 작업 능력, 면허기간동안 작업을 증명해야한다.

ACOP 97 : 면허 신청자는 Asbestos Licensing Unit에서 제공하는 정부를 숙지하고, 서명자, 감독자, 파트너에 대한 책임을 분명히 해야 되며, 각 담당을 관리할 수 있는 authority를 설립해야하고, the Control of Asbestos Regulations 2006에 따라 기관이 운영되어야 하며, 신청서에 관련 지식을 정확하게 밝히고, 신청서의 거짓 정보에 의한 면허 취소또는 고발에 대하여 이해하고, 이를 관련 근로자에게 공지하여야 한다.

HSE로부터 면허 취득과 관리를 위임 받은 Asbestos Licensing Unit(ALU)에서는 면허 취득을 위한 Guideline 지침서를 제시하고 있으며, 이를 아래에 제시하고 있다.

#### ◎ 허가 면제 조건

- 단기간 작업 : 7일 동안 한 작업이 근로자 일인당 1시간 이내 작업 이거나 총 2시간 이내 작업인 경우
- 공기 시료 또는 벌크 시료를 취하는 경우
- 개인 사업장에서 고용주가 고용 근로자를 이용하여 작업하는 경우

그러나 3번째의 경우 HSE에 작업에 대한 고지는 해야 한다. 단기간 작업에 대한 계산은 다음과 같다. 모든 준비작업, 실제 작업시간, 마무리 작업시간이 포함되는 시간이다. 준비 작업은 실제 작업을 위해 작업장을 분리하기 위한 행위, 바닥에 덮는 행위 등을 의미하며, 마

무리 작업은 작업완료 후 청소하는 행위에 대한 것이다.

◎ 적용 대상 물질과 비적용 대상 물질

표 21. 영국의 자재에 따른 적용 및 비적용 대상 물질

적용 대상 물질	비적용 대상 물질
석면 단열재	석면 시멘트(석면과 시멘트를 혼합, 건조 시 1ton/m <sup>3</sup> 에 해당)
석면 코팅재	인공 물질 (석면을 함유한 고무, 플라스틱, 수지, 아스팔트이며, 주로 Vinyl floor tile과 전기선, 펠트 등에 사용)
석면 단열 보드	가스켓류 등(Insulation 목적으로 사용되지 않으며, 고온에 대한 내구성 요구되는 경우에 사용되는 제품)

◎ 허가 단계

ASLIC에 허용되는 허가는 Full, Supervisory, Ancillary 3단계로 구분할 수 있다.

표 22. ASLIC의 허용 단계와 정의

종류	정의
Full	ASLIC에 적용되는 3개 물질에 대하여 제거, 수리 또는 손상을 입힐 수 있다.
Supervisory	다른 허가 보유자의 석면 관련 작업에 대하여 직접적으로 감독할 수 있다.
Ancillary	적용 물질에 제거, 수리 또는 손상을 입히는 주요 작업에 관련된 행위를 할 수 있는 허가 인데 해당 행위는 차양막을 세우거나 제거하는 작업, 현장에서 시설의 유지 보수, 작업을 위한 비계 설치 및 해체를 할 수 있는 허가이다.
Recruitment Agencies	이 허가는 적용 물질에 대하여 직접 수리 또는 제거를 하지 않으며 보유하고 있는 인원을 허가 소지자에게 공급하는 허가이다.

◎ 허가 보유 시 준수해야 하는 표준 조건

1. 허가는 보고자하는 사람이 볼 수 있도록 해야 하고, 관련 작업장에 비치해야한다.

2. 작업 14일 전 HSE에 신고해야 한다.

- 석면 종류 및 작업 기간
- 작업 지역 주소
- 시작 시기

주요 변경 사항 발생 시 HSE에 보고해야 한다.

3. 신고 시 필요한 내용은

- 작업 방법 및 장비
- 근로자 보호를 위한 보호구 및 비상 방지 대책
- 근로자 보험

◎ 허가 유효 기간 및 보류, 기간 단축, 취소 조건

- 신규 1년 유효
- 기존 허가 갱신 : 3년 연장 가능
- 허가 유효 기간 단축 사유

허가 취득 후 사업진행 시 문제 발생된 경우

자격 유지에 실패한 경우( 자격 보유 자 고용 미비, sub-contract 파기)

기록 관리 부재와 교육 미비 경우

허가 취득 후 사업 미 실시한 경우

관리가 변경된 경우

◎ License의 취득 과정

○ 허가 신청은 3단계로 구분되며 다음과 같다.

1 단계 지원

- 허가 신청 시 적절한 수수료와 함께 ASB1 지원서를 제출하여 서류상의 검토 실시
- 1단계에서 신규 허가 발급 요망자는 지원서 접수 후 28일 내, 허가 기간 갱신자는 5일 이내 1단계 지원서 검토.
- 수수료 £ 998, 허가의 재평가 (£ 276), 수정 (£ 276), 대체 (£ 74)
- 허가의 종류는 Full, Supervisor, Ancillary 구분, 지원 시 필요한 분야에 신청
- 서류 심사 결과 통보

2 단계 - ALU에서 평가를 위한 검사자 배정 및 평가, ALU 통보, 통과 결정

- 실질적인 경험과 이론 지식을 평가

- 현재의 법규 이해도 평가
- 책임과 역할에 대한 명확한 구분과 정책 보유 평가
- 주요 평가 대상은 훈련, 건강검진 결과, Face fit test를 통과한 개인 호흡보호구, 음압 유지 장비, Decontamination 장비, 진공 청소기, 관리 기록 등을 평가 받게 된다.

### 3 단계 - 허가 송부 또는 탈락 사유 및 보정 사항 통보

- 신규 허가 1년간 유효, 갱신 허가 3년간 유효
- 허가 취득 후 사업진행 시 문제 발생된 경우
- 자격 유지에 실패한 경우
- 기록 관리 부재와 교육 미비 경우
- 허가 취득 후 사업 미 실시한 경우
- 관리가 변경된 경우
- 허가 발급 거부된 경우 HSE 거부 사유를 설명을 공문 발송
- 공문 접수 후 4개월 안에 수정 및 보완하여 재신청 할 수 있음.

### ◎ 현장 방문 및 보고

HSE는 허가를 소지자의 작업 신고 후 작업 일정 기간 동안 현장 방문을 통하여 작업능력 평가 받도록 하다. 방문 대상은 다음과 같다.

- 신규 허가 소지자(단기 허가 : 1년)
- 3년 허가 소지자이면 12개월 이전에 HSE 조사자(Inspector)에 의해 평가되지 않았으며, 6개월 이내 허가 기간 만료자
- 과거 평가에서 관심 대상 분류 자
- 적합한 방식을 적용하려는 자

조사자의 보고서는 ALU에 보고되며 이러한 내용은 DB에 축적되어 향후 허가 갱신 신청시 평가 자료로 사용되며, ALU 검토에 따라 허가 조건 중 허가 기간 또는 허가 범위 등이 변경될 수 있고, 취소 될 수 도 있다. 2000년 HSE는 Asbestos Liasion Forum을 설립하여, 무역 단체와 HSE가 참가하여 Asbestos Liasion Group(ALG)를 구성하여 석면 작업과 제어에 대한 접근의 일관성, 경험, 자격 기준을 장려하고 있다.

### ◎ 근로자 고용

석면 제거 작업의 경우 임시적으로 근로자를 고용해야 하는데, 이때는 직접고용, 다른 허

가 소지자의 근로자 임대, 전문 인력 업체에서 임시적으로 고용 할 수 있다. 전문 인력 업체는 공사를 직접 실시하지 않지만 인력 기관처럼 허가 소지자에게 인력을 제공한다. 인력 기관 허가는 특별한 조건을 가지고 있는데, 근로자는 건강 검진결과, 호흡보호구의 Face-fit test 결과를 보유하며, 훈련되고 장비를 소지하고 있는 사람을 고용해야 한다.

인력을 공급하려고 하는 허가 소지자는 다른 허가 소지자의 감독 하에 일을 하기 위하여 인력을 공급해야한다. 인력 공급 허가 소지자는 아래와 같은 책임을 가지게 된다.

- 근로자 교육, 건강 검진, face-fit test, RPE 공급, 건강 기록
- 다른 허가 소지자의 관리 감독 하에서 근무할 수 있도록 한다.
- 고용 기간동안은 근로자 노출 기록을 확보
- Asbestos Licensing Principal Inspector(ALPI)에 3개월 마다 한번 씩 신고

ALPI 신고의 경우 허가 소지자가 한 달에 한번 미만으로 인력을 공급할 경우 신고하지 않아도 되며, 한번 이상인 경우 반드시 신고해야 한다. 이때 계약조건, 고용 근로자 등에 대하여 ALPI Head Office에 보고해야한다. 인력을 고용한 허가 소지자는 반드시 고용기간 동안 석면 노출 농도를 기록해야 하며, 원 소속 허가 소지자에서 제공해야한다.

노동력을 공급하기 위하여 허가를 소지하는 기관들은 직접 작업을 할 수 없으며, 다른 허가 소지자를 관리, 감독하기 위하여 인력 공급할 수 없다.

#### ◎ 직접 사업 하는 허가 소지자 책임

- Plan of Work(POW)와 장비
- 모든 설비와 장비
- 현장에서의 작업에 대한 관리, 감독
- 근로자에게 PPE 공급,
- Enforcing Unit에 신고
- 고용 근로자의 훈련, face-fit test, 건강검진 결과 확인
- 고용 근로자의 노출 기록 확인

#### ◎ Supervisory 와 management 인력 공급 시

허가 소지자가 다른 허가 소지자에게 석면 관련 작업을 관리 또는 감독할 수 있는 인력을 공급할 경우 두 허가 소지자는 책임 소재에 대하여 명확하게 규명해야하다. 이런 경우 두 기관은 작업 14일전 신고를 해야 한다.

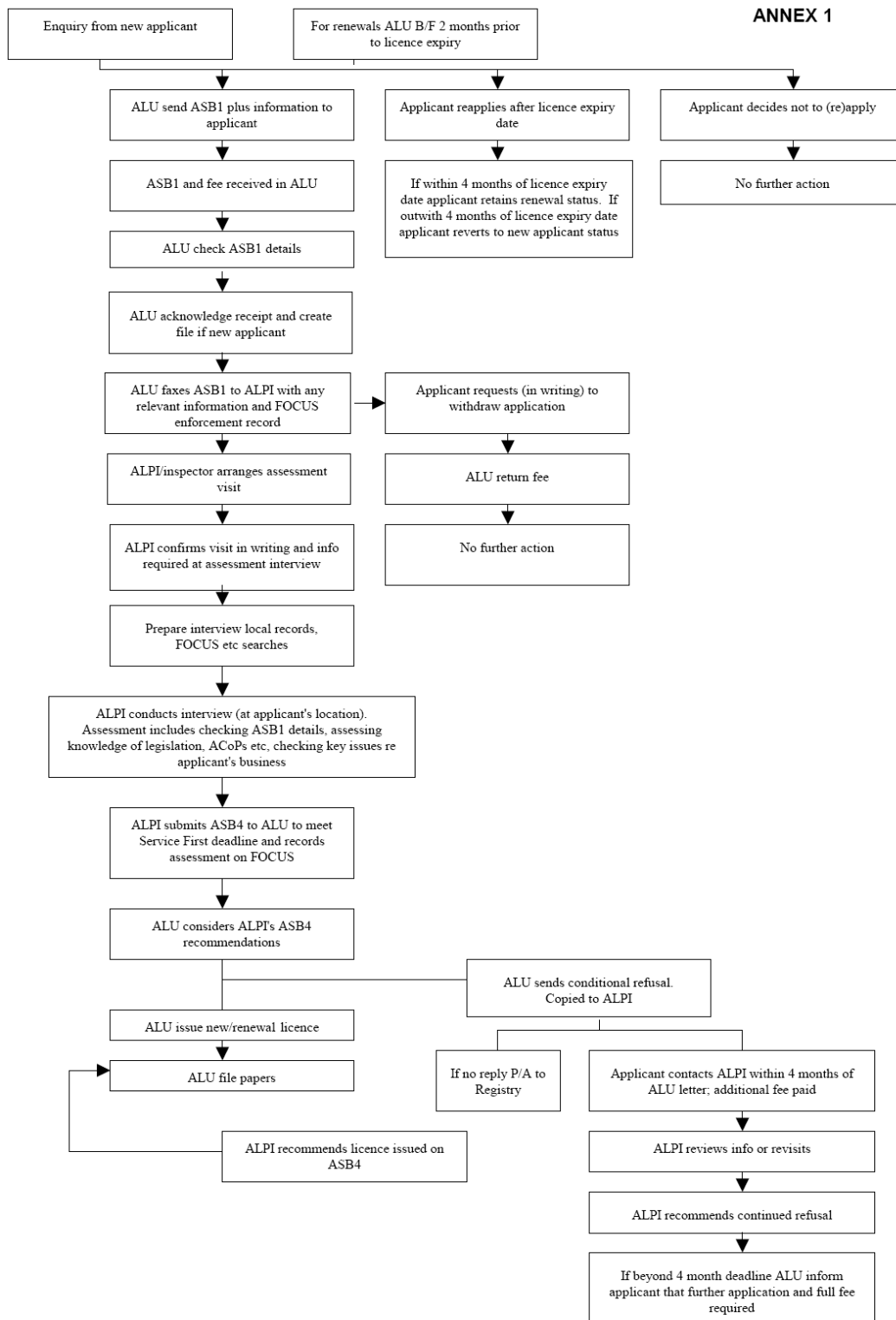


그림 10. 영국의 허가 신청 및 허가과정 흐름도

© Asbestos Notification System(ANS) Database

영국 Field Operation Director에서는 허가를 보유자는 작업에 대하여 공지(Notification) 의무를 갖게 된다.

이 공지 제도의 목적은 다음과 같다.

1. 국가적으로 석면 공지제도의 일관된 방법을 제공
2. 수행되는 작업의 형태, 공지된 작업의 수 파악
3. 관심 대상 제거업자의 석면 선행 프로그램의 완결을 촉진

## 다. 네덜란드

네덜란드의 경우 관련 규정이 네덜란드어로 구성되어 본 연구에서는 요약하여 설명한다. 석면 해체·제거업은 정부에서 비영리 기관인 Raad voor Accreditatie (RvA)에 위임하여 해체·제거업을 관리하고 있다. BRL 5050에 의하여 업체에 대한 평가를 진행하며, 평가 후 설립을 허가한다.

## 라. 핀란드

핀란드의 경우 관련 규정이 네덜란드어로 구성되어 본 연구에서는 요약하여 설명한다. 1979년 제정되어진 National Board of Occupational Safety and Health는 재·개정을 통하여 해체·제거업에 대한 면허제도를 활용하고 있다. 관련 기관에서 자격 검토 후 면허를 발급하고 있다.

## 마. 호주

호주의 경우 중앙 정부에서 관련 규정을 제정하여 운영하고 있으며, 이에 대하여 각 주별로 별도로 운영하고 있다. Occupational Safety and Health 1996에서 석면 분야에 대한 세부규정을 제시하고 있으며, 석면 removalist제도를 운영하고 있다. 면허 기간은 2년이며, 면허 업체는 등록을 해야 한다.

## 4. 국외 석면 해체 및 제거작업 방법 고찰

석면함유 물질의 해체 및 제거는 석면제품의 형태, 석면함유량, 석면함유물질의 외관상 태, 석면함유물질이 시공된 장소에 따라 다양한 방법이 사용되고 있다. 우리나라에서도 석면

해체·제거 매뉴얼을 제공하고는 있으나 (한국산업안전공단, 2006), 간단한 작업방법에 대한 제시정도에 그치고 있어, 구체적으로 현장에서 사용가능한 지침서의 필요성이 절실히 요구되고 있다. 이에 우리나라 실정에 맞는 석면 해체 제거 기술지침서를 만들기 전에 미국, 영국, 일본, 캐나다, 호주에서 현재 사용하고 있는 법령 및 해체 기술 지침서를 검토하였고 이에 대하여 간략하게 소개하고자 한다.

## 가. 작업방법분류

국가별 작업분류는 아래 표에 나타내고 있다.

표 23. 국가별 석면 작업분류

국가	작업분류		작업종류
미국	Class I	1 %이상 석면을 함유한 단열재 및 표면재 제거 작업	4
	Class II	단열재 및 표면재를 제외한 1 % 이상 석면함유물질 제거 작업	
	Class III	1 %이상 석면 함유물질의 수리 및 유지보수 작업	
	Class IV	Class I, II, III 작업으로부터 생겨난 석면함유 폐기 잔해물 등을 근로자가 처리 및 청결하게 하는 작업	
영국 & 유럽연합	Full 허가(UK) 보고의무작업(EU)	제거, 수선, 손상된 석면단열재 또는 석면코팅, 또는 단열보드 전체작업을 수행하고자 할 경우에 해당	2
	Ancillary 허가(UK) 저위험작업(EU)	수선, 제거 또는 손상된 석면단열재, 석면코팅 또는 단열보드의 주작업에 따른 보수 작업을 수행하고자 할 경우에 해당	
일본	레벨 1	석면함유 흡착재	3
	레벨 2	석면함유 보온재, 내화피복판, 절판 지붕용 단열재, 굴뚝용 단열재	
	레벨 3	석면함유 성형판	
캐나다	저 위험	자르거나, 부수거나 샌딩 또는 진동시키지 않고 고형석면함유물질을 제거 및 설치하는 작업으로 물질의 표면상태가 좋은 경우에 해당 고형석면함유물질을 자르거나 구멍을 내거나 연마시 무동력 수동공구 사용 밀봉된 용기안에서 석면함유물질 취급 및 운송	3
	보통위험	고형석면함유물질을 무동력 수동식 공구로 구멍을 내거나 자르는 경우 글로브백을 이용하여 작업하는 경우 건식으로 석면함유 비닐타일을 벗겨내거나 제거하는 경우 0.09 m <sup>2</sup> 이내의 비고형 석면함유물질을 제거, 수리 및 보수 등과 관련한 작업	
	고 위험	비고형 석면함유물질의 수리, 변경, 유지보수 및 제거(0.09 m <sup>2</sup> 이상) 작업 분무상태의 방화성 석면함유물질이 시공된 환기통로 및 환기덕트 등의 공기조화기의 제거, 유지보수 및 청소작업	

		석면함유물질이 시공된 보일러, 용광로, 건조로 또는 이와 유사 장치를 수리하거나 변경 또는 제거하는 경우 9.0 m <sup>2</sup> 이상의 석면함유 천정타일, 비닐 바닥타일을 제거하는 경우 비고형 석면함유물질의 건식제거 등	
호주	대규모	대규모의 비고형 석면함유물질의 제거 대규모의 고형 석면함유물질에도 적용가능	3
	소규모	응급 석면함유물질의 제거작업이 필요할 경우	
	글로벌백	개개 밸브, 접합부분, 파이프 등의 석면보온재, 피복재 제거에 해당	

## 나. 호흡 보호구 및 개인보호장비

### (1) 미국

#### 가) 호흡보호구

표 24. 작업 분류에 따른 호흡 보호구

작업	보호구
Class I	모든 제1급 작업에서는 호흡보호구 착용.
Class II	초기음성노출평가를 하지 않았거나 허용노출기준 이상인 경우. 건식제거인 경우. (단, 지붕은 제외) 비상 및 응급한 경우.
Class III	초기음성노출평가를 하지 않았거나 허용노출기준 이상인 경우 단열재 및 표면재를 흘트리는 경우 건식제거인 경우(단, 지붕은 제외) 비상 및 응급한 경우
Class IV	호흡보호구가 요구되는 통제지역 허용노출기준 이상인 경우 비상 및 응급한 경우.

표 25. 석면해체·제거작업에 따른 호흡보호구의 선택

공기중 석면농도	착용해야 할 호흡보호구
1 f/cm <sup>3</sup> (10 X PEL) 이하	일회용 호흡보호구가 아닌 고효율 필터*가 부착된 반면형 공기정화식 호흡보호구
5 f/cm <sup>3</sup> (50 X PEL) 이하	고효율필터가 부착된 전면형 공기정화식 호흡보호구
10 f/cm <sup>3</sup> (100 X PEL) 이하	고효율 필터가 부착된 모든 형태의 동력식 공기정화 호흡보호구 또는 연속적으로 작동하는 공기공급식 공기정화 호흡보호구
100 f/cm <sup>3</sup> (1,000 X PEL) 이하 또는 미지의 농도인 경우	압력모드하에서 작동하는 전면형 공기공급식 공기정화 호흡보호구
100 f/cm <sup>3</sup> (1,000 X PEL) 초과 또는 미지의 농도인 경우	부가적으로 양압을 유지시키는 자가호흡보호기구가 부착된 압력모드하에서 작동하는 전면형 공기공급식 공기정화 호흡보호구
* 고효율필터는 직경 0.3 μm이상의 단분산 입자에 대해 최소 99.97 %의 포집효율을 가진 필터를 말한다.	

## 나) 개인보호장비

표 26. 작업 분류에 따른 개인 보호의 및 개인 보호장비

작업	보호의 및 기타 개인보호장비
Class I	길이 25 피트 또는 면적 10 평방피트 이상의 단열재 표면재의 제거 초기음성노출평가를 하지 않았거나 허용기준을 초과하는 경우
Class II	초기음성노출평가를 하지 않았거나 허용기준을 초과하는 경우
Class III	
Class IV	

## (2) 영국 & 유럽연합

### 가) 호흡보호구

표 27. 영국과 유럽에서의 보호계수에 따른 호흡보호구

보호계수	여과식 반면형 호흡보호구	밸브가 달린 여과식 반면형 호흡보호구	흡기밸브가 없는 여과식 반면형 호흡보호구	반면형 호흡보호구	전면형 호흡보호구	전동식 후드와 필터	전동식
40					Mask+ P3	hood, blouses + P3	전면형 마스크 + P3
20	FF P3 (특급)	FF P3	FM P3	Mask+ P3		all types of face pieces + P3	all types of face pieces + P3

표 28. 공기 중 석면으로부터 근로자를 보호하기 위한 지급식 호흡보호구 선정표

보호계수	Fresh-air hose BA BS EN 138/269	Light-duty compressed airline BA mask BS EN 12419	Light-duty compressed airline BA hoods, helmet, visors BS EN 1835	Constant flow compressed airline BA hood BS EN 270/271 Mask BS EN 139	Demand flow compressed airline BA mask BS EN 139	Self-contained BA(SCBA) BS EN 137
2000					Positive demand full-face mask	Positive demand full-face mask
200				Suit		
40	Full-face mask Hood	LDM3	LDH3	Hood Blasting helmet Full-face mask	Negative demand full-face mask	Negative demand full-face mask
20		LSM1 LDM2	LDH2	Half-mask		

### 나) 개인보호장비

- 저위험작업(비보고의무작업)
  - ① 일회용 보호의
  - ② 수세가 가능한 안전화
  - ③ 석면용 일회용 호흡보호구 또는 반면형 호흡보호구(이 경우 밀착성 검정을 통해 개개

인에게 적절한 호흡보호구가 제공되어야 한다.)

- 보고의무작업
  - ① 일회용 보호의
  - ② 수세가 가능한 안전화
  - ③ 고효율 필터가 장착된 전면형 호흡보호구(밀착성 검정을 통과할 것)

### (3) 일본

#### 가) 호흡보호구

- 국가 검정품 사용
- 일회용 마스크는 사용불가
- 사전에 점검: 배기변, 머리끈
- 방진 마스크로 밀착성 검사 실시
- 필터의 교환(매일, 기타)
- 교환한 필터는 특별관리산업폐기물로 처리
- 보호의를 벗고 나서 마지막으로 호흡보호구를 벗을 것
- 작업장에서 가지고 나올 때는 석면분진을 완전히 털어낸 후 가지고 나올 것

표 29. 일본의 석면해체·제거에 따른 호흡보호구의 착용

처리의 종류	구 분	보호구	섬유농도 (개/cm <sup>3</sup> )
봉쇄 또는 덮어 씌우기 작업	①	압력모드하에서 작동하는 전면형 복합식 공기공급식 마스크	> 150
	②	압력모드하에서 작동하는 전면형 공기공급 식 마스크	15-150
	③	전동식 호흡보호구	7.5-15
	④	전면형 공기정화식 호흡보호구 RL3	1.5-7.5
유지보수작업	⑤	반면형 공기정화식 호흡보호구 RL3	0.15-1.5
	⑥	반면형 공기정화식 호흡보호구 RL2	≤ 0.15

## 나) 개인보호장비

표 30. 일본의 석면해체·제거작업에 따른 보호의 작업의

작업레벨	보호의의 종류	대기중 석면섬유 농도 (평균농도)
레벨 1, 2, 3 (비산이 많을 경우)	보호의(전신을 덮는 작업복, 두건, 장갑) 신발덮개 보호 장갑	> 0.15 개/cc
레벨 3 (비산이 적을 경우)	상기의 것 또는 작업복(분진이 묻기 어려운 것)	≤ 0.15 개/cc

## (4) 캐나다

### 가) 저 위험에 속하는 석면 제거 활동(Low Risk Abatement Activities)

- NIOSH의 인정을 받은, P100, R100또는 N100 필터가 장착된 반면형 공기 정화 호흡 보호구
- 석면제거 중 근로자 의류에 석면 오염을 막기 위해 덧입는 일회용 작업복(Coveralls)
- 석면 외의 기타 위험으로부터 근로자를 보호하기 위한 개인 보호 장비

### 나) 보통 위험에 속하는 석면 제거 활동(Moderate Risk Abatement Activities)

- 보호의: 일반적으로 일회용 작업복을 착용하도록 권고하고 있으며 만일 작업이 격리된 제한 구역 내에서 수행할 경우 일회용 작업복 안에 평상복을 입어서는 안 된다.
  - ① 석면 섬유에 침투에 저항성이 있는 물질로 만들어져야한다(예: Tyvek).
  - ② 몸, 목, 손목과 발목을 감싸야 한다.
  - ③ 머리와 발도 감싸야 하고 고무장화가 추천된다.
  - ④ 만일 보호의가 찢어 졌다면 즉시 수리 및 교체하여야 한다.
- 호흡보호구: NIOSH의 인정을 받은 P100, R100또는 N100 필터가 장착된 전면형 공기 정화 호흡 보호구를 사용. 일회용 호흡보호구는 사용불가. 호흡보호구 선택은 작업 중 석면섬유 수준에 근로자를 보호할 수 있도록 충분한 보호계수(Protection Factor)를 주어야 한다.
- 이밖에 석면이외의 기타 유해요인으로부터 근로자를 보호하기 위하여 개인 보호 장비 즉, 안전 부츠, 안전모 등이 필요하다.

## 다) 고 위험에 속하는 석면 제거 활동(High Risk Abatement Activities)

- 보호의: 일반적으로 일회용 작업복을 착용하도록 권고 하고 있으며, 일회용 작업복 안에 평상복을 입어서는 안 된다.
- ① 석면 섬유에 침투에 저항성이 있는 물질로 만들어져야하며, Tyvek같은 종류가 이에 해당된다.
- ② 몸, 목, 손목과 발목을 감싸야 한다.
- ③ 머리와 발도 감싸야 하고 고무장화 추천된다.
- ④ 만일보호의가 찢어 졌다면 즉시 수리 및 교체하여야 한다.
- 석면에 오염된 의류를 세탁하기 위하여 세탁장소로 보내기 전에 우선 고효율필터(HEPA 필터)가 장착된 진공청소기로 청소 후 물에 적신 다음 표지가 붙은 밀봉된 용기에 넣는다. HEPA 필터를 갖춘 기계와 설비가 석면에 오염된 옷을 세탁하기 위해 사용되어야 한다. 옷을 세탁하는 근로자에게 석면의 위험성과 석면에 오염된 의류를 취급할 때 요구되는 주의사항을 알려주어야 한다. 석면에 오염된 의류 또는 타월을 세탁하기 위해 근로자에 의해 집으로 가져가게 해서는 안 된다.
- 고위험 석면 제거 활동을 하는 동안 P100, R100 또는 N100필터가 장착된 진동식 공기 정화 호흡보호구(PAPR) 또는 그 이상의 보호계수를 갖는 호흡보호구를 착용하여야 한다. 만일 습식을 이용한 제거가 용이하지 않다면 양압 공기공급식 호흡보호구가 요구될 수도 있다. 고위험 석면 제거 시 작업에 따라서는 HEPA가 부착된 반면형 또는 전면형 호흡보호구를 사용할 수도 있다. 호흡 보호구의 보호수준은 공기질 측정 결과와 거기에 맞는 호흡 보호구의 보호계수에 따라 결정된다. 일회용 호흡보호구를 사용해서는 안 된다.
- NIOSH의 인정을 받은 P100, R100또는 N100 필터가 장착된 공기 정화 호흡 보호구를 사용. 일회용 호흡보호구는 사용불가.
- 허가받은 방문자에게 보호의와 호흡 보호 장비를 제공해야 한다.
- 석면 이외의 기타 위험으로부터 근로자를 보호하기 위하여 안전 장비 및 신체 보호 장비를 갖추어야 한다.

## (5) 호주

### 가) 호흡보호구

- ① 작업에 따른 호흡보호구 선택방법(표 31참조)
- ② 작업전 제거작업 밀착검정 실시

㉔ 사용한 호흡보호구의 모든 필터는 작업 후 석면폐기물과 함께 폐기

표 31. 호주의 석면제거작업에 따른 호흡보호구 선택방법

작업절차	호흡보호구 요구사항	필터
석면함유물질이 손상되지 않은 단순 밀폐 건물 - 직접 수작업을 수행하지 않을 경우	반면형 일회용 호흡보호구/ 반면형 여과식 호흡보호구	P1/P2
불량조건(비고형 석면이 방출될 경우)에서의 석면조사	반면형 일회용 호흡보호구/ 반면형 여과식 호흡보호구	P1/P2
석면확인을 위해 석면함유추정 물질 시료채취	반면형 일회용 호흡보호구/ 반면형 여과식 호흡보호구	P1/P2
석면-시멘트 제거작업(핸드 드릴링, 톱질)	반면형 일회용 호흡보호구/ 반면형 여과식 호흡보호구	P1/P2
석면함유 마찰재 제거작업	반면형 일회용 호흡보호구/ 반면형 여과식 호흡보호구	P1/P2
고형 석면의 제거작업(석면시멘트 또는 천장재 타일)	반면형 일회용 호흡보호구/ 반면형 여과식 호흡보호구	P1/P2
석면 단열재가 시공된 장소의 유지보수작업 - 수작업이 아닌 경우, 그러나 석면비산가능성이 있음	전면형 여과식 호흡보호구	P3
비고형 석면의 시료채취	전면형 여과식 호흡보호구/ 양압 공기공급식 전면형 호흡보호구/ 전신보호의/후드장착 연속형 공기공급식 호흡보호구	P3
비고형 석면의 소량제거가 포함된 유지보수작업	전면형 여과식 호흡보호구/ 양압 공기공급식 전면형 호흡보호구/ 전신보호의/후드장착 연속형 공기공급식 호흡보호구	P3
습식 석면 제거작업 또는 소규모 건식 석면 제거작업	양압 공기정화식 전면형 호흡보호구/ 양압 공기공급식 전면형 호흡보호구	P3
석면비닐타일 등의 건식 석면제거작업 또는 비효과적인 습식 석면제거작업	동력식 공기정화식 호흡보호구 양압 공기공급식 전면형 호흡보호구	P3
밀폐공간에서의 건식 석면제거작업	전신 보호의/후드 장착 연속형 공기공급식 양압 호흡보호구	P3

P1: 기계적으로 발생하는 입자상 물질제거; P2: 기계적으로 발생되거나 열적으로 발생하는 입자상 물질(실리카 등)제거 ; P3: 독성물질이 포함된(베릴륨 등) 모든 입자상 물질 제거

## 나) 보호의 및 안전화

㉕ 보호의에 대한 권고사항: 일회용 작업복(disposable coverall) 착용 (예외: 화재위험이 있는 작업에서는 방화복 착용, 세탁: 석면 오염 의복 처리를 전문적으로 할 수 있는 시설이 갖춰진 곳에서 세탁해야 하며, 근로자 집으로 가져가는 일은 절대 금지)

㉖ 보호장갑: 작업에 방해를 받지 않도록 재질 사용에 유의. 모든 보호장갑은 석면제거작업 후 항상 석면폐기물과 함께 폐기

㉗ 안전화: 끈 없는 것. 작업 후 오염을 제거하고, 다음 사용까지 두 겹의 백에 잘 밀봉

## 다. 공기질 측정

### (1) 미국

석면작업과 관련 공기측정은 다음과 같이 분류할 수 있다.

표 32. 미국의 석면작업 관련 공기 측정대상과 목적

측정 대상	목적
지역 공기 측정 (Area air monitoring)	석면제거 작업 시작 전 건물 내 외부의 공기 중 석면 농도를 측정, 석면 제거작업 중의 공기상태와 비교하기 위한 목적.
초기공기 측정 (Initial air monitoring)	해체작업개시 첫날 작업 중의 공기를 채취 측정, 적합한 호흡용 보호구의 형태를 결정하기 위한 목적.
주기적 공기측정 (Periodic air monitoring)	해체작업기간내의 방출석면농도가 노출기준치이하이고 작업통제구역 밖으로 석면이 방출되지 않았음을 입증하기 위한 목적.
최종정화공기측정 (Final Clean-up monitoring)	작업완료 후 눈에 보이는 분진이 없다는 판정을 받은 후 비닐 보양을 철거하기 전에 공기를 채취.
초기음성노출평가 (Negative Initial Exposure Assessment)	석면관련 작업을 하는 근로자의 공기 중 석면 노출 기록이 최대허용노출기준을 포함하여 허용기준이하 인 경우 석면 관련 작업 형태에 따라 산업위생전문가에 의해 음성노출 평가로 판단, 초기공기 측정을 수행 하지 않을 수 있다.

#### 가) Class I 작업 (제 1급 작업)

- 초기음성노출평가(Negative Initial Exposure Assessment)를 하지 않았다면 초기공기 초기 측정은 산업위생 전문가에 의해 수행되어야 한다.
- 근로자가 공기공급식 형태와 같은 양압 상태의 호흡보호구를 사용하지 않는다면 석면 관련 작업동안 매일 공기질 측정을 하여야 한다.
- 석면 관련 작업 중 공정이나 사람 또는 장비, 작업방법 등이 변경되었을 경우 이전에 석면노출이 허용기준 이하라 하더라도 추가적으로 공기질 측정을 수행 하여야 한다.
- 석면관련 작업 중 공기질 측정 결과 허용기준 이하인 경우에는 개인별 공기질 측정을 더 이상 수행 하지 않을 수 있다.

#### 나) Class II 작업 (제 2급 작업)

- Class I 작업과 동일.

#### 다) Class III 작업 (제 3급 작업)

- 초기음성노출평가를 하지 않았다면 초기공기 측정을 산업위생 전문가에 의해 수행되어야 한다.
- 근로자가 석면의 허용기준을 초과 하는지를 확인하기 위해 주기적으로 측정하여야 한다.
- 석면 관련 작업중 공정이나 사람 또는 장비, 작업방법 등이 변경되었을 경우 이전에 석면노출이 허용기준 이하라 하더라도 추가적으로 공기질 측정을 수행 하여야 한다.
- 석면관련 작업 중 공기질 측정 결과 허용기준 이하인 경우에는 개인별 공기질 측정을 더 이상 수행 안할 수 있다.

#### 라). Class IV 작업 (제 4급 작업)

- Class III 작업과 동일

### (2) 영국 & 유럽연합

- 공기질 측정의 목적: 석면 해체·제거작업을 관리하기 위한 정보제공과 작업관리의 수정을 위함.
- 근로자 노출평가: 모든 작업에 대해 공기질 측정을 수행할 필요는 없음. 과거 자료중 적절한 방법으로 관리대책이 세워진 작업에 대한 공기질 측정 자료가 있거나 감시농도 (action level) 또는 관리기준(control limit)을 초과하는지 여부를 판단하고자 할 경우 과거 자료를 이용할 수 있다. 그러나 공기질 노출수준이 명확치 않다고 판단될 경우 반드시 공기질 측정을 실시하여 확인해야 한다.
- 측정방법은 HSE(Asbestos: The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures HSG248 HSE Books 2005 ISBN 0 7076 2875)에 의해 수행한다. 측정 및 분석을 수행하기 위한 실험실에서는 ISO 17025에 의한 인증(영국에서는 UKAS: the UK Accreditation Service가 인증기관임)을 받아야 한다.

표 33. 영국과 EU에서의 석면 해체·제거 작업 시 작업 형태 및 방법별 측정 결과

Technique	Comments	Typical Exposure (fibres/ml)
Well-controlled wet stripping of lagging and sprayed coatings, using manual tools	Thorough soaking of the lagging with a wetting agent followed by careful removal	Up to 1
Well-controlled wet stripping of lagging and sprayed coatings, using power tools	<i>As above but using power tools (which is NOT to be done)</i>	Up to 10
Stripping of lagging where dry patches are encountered	<i>Demonstrates need to allow thorough wetting</i>	Around 100
Stripping of sprayed coatings where dry patches are encountered	<i>Demonstrates need to allow thorough wetting</i>	Around 1000
Careful removal of whole asbestos insulating board.	Unscrewing (with shadow vacuuming) with the spray application of a wetting agent on unsealed surfaces	Up to 3
Breaking and ripping out asbestos insulating board. Carried out dry with no unscrewing	<i>Bad practice</i>	5-20
Machine drilling asbestos cement	With local exhaust ventilation, or shadow vacuuming	Up to 1
Drilling asbestos insulating board overhead, with no local exhaust ventilation	<i>Bad practice</i>	5-10
Drilling vertical columns. No local exhaust ventilation	<i>Bad practice</i>	2-5
Use of a jig saw on asbestos insulating board. No local exhaust ventilation	<i>Bad practice</i>	5-20
Hand sawing asbestos insulating board. No local exhaust ventilation	<i>Bad practice</i>	5-10
Machine drilling asbestos cement	With local exhaust ventilation, or shadow vacuuming	up to 1
Machine cutting without exhaust ventilation		
Abrasive disc cutting	<i>Bad Practice</i>	15-25
Circular saw	<i>Bad Practice</i>	10-20
Jig saw	<i>Bad Practice</i>	2-10
Hand sawing		up to 1
Removal of asbestos cement sheeting		up to 1
Stacking of asbestos cement sheets		up to 1
Remote demolition of asbestos cement structures dry		up to 1
Sweeping up after remote demolition of asbestos cement structures	<i>Bad Practice</i>	Greater than 1
Remote demolition of asbestos cement structures wet		up to 0.01
Cleaning asbestos cement vertical cladding by wet brushing		1 to 2
Cleaning asbestos cement vertical cladding by dry brushing	<i>Bad Practice</i>	5 to 8

- 배경농도측정: 석면해체·제거 작업이 이루어지기 전에 실시
- 개인노출측정: 석면해체·제거 작업자의 호흡기영역에서 작업 중 실시. 적절한 호흡보호구를 착용한 상태에서 측정
- 환경농도측정: 석면해체·제거 작업자가 호흡보호구를 착용하지 않은 상태에서 노출되는 농도 측정
- 누출테스트: 석면작업이 수행되고 있는 동안, 밀폐된 장소에서 육안 감시와 연기발생테스트를 함께 실시
- 최종 정화목적측정: 석면해체·제거작업을 완료한 후 정상적인 사용이 가능해야 하거나 빌딩의 개보수작업에 이용.

### (3) 일반

- 석면의 해체·제거작업에 따른 작업환경중 공기질 측정방법
  - ① 여과재: cellulose ester 백색 막여과지(직경: 25 mm 또는 47 mm)
  - ② 샘플링 속도: 필터 면속도에서 4-5 cm/sec
  - ③ 측정시간: 연속으로 10분 이상
  - ④ 필터의 전처리: acetone-triacetone법
  - ⑤ 계수방법: 배율 400배의 위상차현미경으로 섬유 길이 5  $\mu\text{m}$  이상, 길이 대 직경비가 3이상의 섬유상 물질에 대해서 50개 필드에서 계수
- 석면의 해체·제거작업에 따른 실내환경중 공기질 측정방법
  - ① 여과재: cellulose ester 백색 막여과지(25 mm 직경)
  - ② 샘플링 속도: 필터 면속도에서 5 l/min
  - ③ 측정시간: 120분
  - ④ 필터의 전처리: acetone-triacetone법
  - ⑤ 계수방법: 배율 400배의 위상차현미경으로 섬유 길이 5  $\mu\text{m}$  이상, 길이 대 직경비가 3이상의 섬유상 물질에 대해서 50개 필드에서 계수
- 석면의 해체·제거작업에 따른 대기환경중 공기질 측정방법
  - ① 여과재: cellulose ester 백색 막여과지(47 mm 직경)
  - ② 샘플링 속도: 필터 면속도에서 10 l/min
  - ③ 측정시간: 240분
  - ④ 필터의 전처리: acetone-triacetone법

- ㉔ 계수방법: 배율 400배의 위상차현미경으로 섬유 길이 5  $\mu\text{m}$  이상, 길이 대 직경비가 3이상의 섬유상 물질에 대해서 50개 필드에서 계수

- 공기질 측정방법

- ㉕ 작업 전: 배경농도의 파악(작업경계선)
- ㉖ 작업 중
  - 작업환경의 파악(작업장 내)
  - 주변으로의 비산 확인(출입구, 배기구, 작업경계선)
- ㉗ 작업 후
  - 격리 시트의 철거확인(작업장 철거 전)
  - 작업 후의 환경확인(작업경계선, 작업장)

#### (4) 캐나다

##### 가) 저위험에 속하는 석면 제거 활동(Low Risk Abatement Activities)

공기질 측정은 석면제거 활동을 수행하는 동안 노출 수준을 결정하기 위하여 사용 된다. 이들 공기질 측정 결과는 모든 제거 단계 동안 0.01f/cc 이하여야만 한다. 한번 이들 공기질 측정 결과가 0.01f/cc 이하로 확인이 된다면 더 이상의 공기 모니터링은 필요하지 않을 수 있다. 저 위험 석면 제거 작업을 하는 경우 기본적인 공기질 측정은 수행되어야 한다.

##### 나) 보통 위험에 속하는 석면 제거 활동(Moderate Risk Abatement Activities)

공기질 측정은 작업 전 (Baseline or Background samples) 작업 중이나 석면제거 활동이 끝난 후 수행 되어야 하며 공기질 측정은 NIOSH 방법을 이용 자격자가 수행한다.

공기 중 측정 결과를 고찰 할 때는 다음의 기준이 적용되어야 한다.

- 작업지역에서의 섬유수준이 사용하고 있는 호흡 보호구의 보호계수를 초과하였다면, 이들 석면 섬유를 제어 할 수 있는 수준의 호흡 보호구가 제공될 때까지 해체작업을 중지하여야 한다.
- 해체작업 바깥지역 즉, 칸막이(장벽)바깥에서 측정한 섬유 수준이 작업노출수준의 50 %를 초과할 경우 해체 작업방법은 다시 재조사가 이루어 져야 한다. 또한 섬유수준이 계속 높게 유지가 된다면 원인이 확인 되고 정정될 때까지 작업을 중지하여야 한다.

만일 작업장 외부의 섬유수준이 작업노출 수준에 접근하게 되면 이유를 파악 정정될 때까지 작업을 중지 시키고 그에 따라서는 고위험 해체작업으로 재분류하여 그것에 맞는 작업으로 수행한다.

- 최종 공기질 측정은 농도가 0.01f/cc 미만이어야 하며, 이때에는 적극적 시료 포집 기술(Aggressive sampling techniques)를 사용하여야 한다.
- 작업지역 점검 (Site inspection): 작업장의 밀폐지역은 해체작업 전에 육안검사가 이루어져야 한다. 만약 1교대 이상 작업이 수행되어 진다면 교대 시 밀폐지역을 점검하여 손상을 입은 곳을 즉시 수리해야 한다. 해체작업을 끝내기 위하여 작업지역의 육안 검사 (Visual Inspection)가 필요하며 이러한 육안검사는 석면함유 파편이나 조각이 제대로 처리 되었는지 육안으로 확인한다.

#### 다) 고위험에 속하는 석면 제거 활동(High Risk Abatement Activities)

- 공기질 측정은 석면 해체작업 전, 해체 작업 중 그리고 작업장에 밀폐한 구조물을 철거 전에 수행되어야 한다. 모든 공기 측정은 NIOSH에 준한 방법을 사용한다. 공기질 측정 결과는 가능하면 측정한 날에 얻도록 한다. 공기질 측정 방법은 다음과 같다.

① 해체 작업 시작하기 전 작업장에서 수행, 공기 중 석면섬유의 배경농도를 측정하기 위해 수행된다.

② 매일 밀폐 지역의 외부에서 수행, 밀폐된 해체 작업장 주위에 보호되지 않은 상태에서 근로자가 있을 때 수행된다.

③ 석면제거를 하는 동안 수행, 석면 해체를 수행하는 개인에게서 시료채취. 이들 시료 채취 결과는 근로자가 사용하고 있는 호흡 보호구의 보호계수를 넘어서는 지를 확인하여야 한다. 개인 시료 채취는 매일 수행되어야 하고 작업 형태에 따라 개인별 채취 시료수가 많아 질수 있다. 이들 시료들의 분석 결과는 24시간 이내에 근로자에게 제공되어야 한다.

④ 매일 청정실에서 수행하며, 적어도 해체작업이 수행하는 동안 2번, 그리고 근로자가 오염정화 시설을 이용하는 동안 적어도 1번 이상 시료가 채취해야 한다. 이들 시료의 결과는 24시간 이내에 근로자에게 제공되어야 한다.

⑤ 작업지역을 밀봉한 것을 철거하기 전에 수행, 밀봉된 작업지역 안에서 시료가 채취되어야 하고 최소 밀봉지역의 450 m<sup>2</sup> 당 하나 이상 채취하여 석면 해체 후 다시 사용여도 적합한지를 결정하기 위해서 수행된다. 이 같은 마지막 공기질 검사는 적극적 노출평가에 의해 수행되어야 한다.

- 평가: 공기 중에 섬유 시험 결과를 검토 후 다음과 같은 기준이 적용된다.

① 밀폐된 지역에서 개인 공기 중 섬유농도가 근로자가 사용하는 호흡보호구의 보호

계수를 초과하는 경우 적절한 호흡보호구가 다시 제공될 때까지 작업을 중지 하여야 한다.

⑥ 밀폐 지역 밖에서 또는 청정실에서 측정한 결과가 허용기준의 50%를 초과하는 경우에는 작업방법과 밀폐 구조물을 다시 점검하여야 한다. 만약 계속적으로 공기 중 섬유가 농도가 높게 된다면, 이유가 확인되고 정정될 때까지 작업을 중지하여야 한다. 만약 밀폐지역 밖에서의 공기 중 석면 섬유 농도가 허용기준에 가깝게 나왔다면 이유 확인과 정정될 때까지 작업은 중지 되어야 한다. 해체 작업장 외부에서 측정된 공기 중 석면 섬유는 절대로 허용기준을 초과하여서는 안 된다.

⑦ 최종 공기질 시료 결과는 적극적 노출 평가를 적용하였을 때 0.01f/cc 미만이어야 한다. 만약 시료 결과가 0.01 f/cc 이상이 되면 작업장을 밀폐한 구조물을 철거 할 수 없으며 해체 작업장을 고정 처리제를 사용 눈에 보이지 않는 석면 섬유를 고정화시키고 다시 적극적 노출 평가에 의한 최종 공기질 측정을 수행한다.

#### (4) 호주

공기 시료 측정: 공기시료채취의 목적은 근로자 노출목적이라기 보다는 작업동안의 제어 또는 관리목적이다. 왜냐하면 제거작업을 수행하는 근로자에게는 적절한 호흡기보호를 통해 효과적인 보호와 평가가 이루어졌다고 보기 때문이다.

##### 시료측정시점

- 작업 전(배경 농도 측정)
- 석면작업지역의 경계에서
- 육안조사 후 작업 전 정화 공기 측정
- 석면작업 수행 중
- 최종 정화 공기 측정

##### (2) 시료측정장소

- 오염 정화시설 측면 외부
- 샤워실
- 취사실
- 세탁실
- 음압실 근처를 포함한 석면작업지역 주변

표 34. 호주의 석면제거작업 시 석면관리기준 농도

관리기준(f/mL)	관리대책
<0.01	제어측정 계속
≥0.01	제어측정에 대한 재조사/재검토
≥0.02	석면제거작업 중지와 원인파악

## 라. 분석

석면 분석의 경우 현미경과 분석기기를 이용한 분석으로 구분된다. 현재 미국에서는 Interim method에서 stereomicroscope와 PLM 분석을 이용하여 다양한 벌크시료에 대한 석면 함유도와 함유 석면에 대한 정성분석을 하고 있으며, 추가적인 분석 기술로서 Transmission Electron Microscopy(TEM), X-ray diffraction(XRD), Analytical Electron Microscopy(AEM), gravimetry를 이용하여 벌크 시료에서의 석면을 분석하고 있다.

유럽의 경우 영국에서는 MDSH 34/9와 77에서 공기 중 섬유상 석면의 개수와 벌크 시료에서의 석면 분석을 PCM과 PLM 분석을 이용하고 있으며, 특히 PCM의 경우 SEM-EDX를 이용하여 공기 중 석면을 확인하고 있었고, 벌크 시료에서의 석면 확인을 SEM-EDX로 진행하기도 하였다. 네덜란드와 핀란드에서는 공기 중 석면과 벌크 시료에서의 석면에 대한 분석을 PCM과 PLM을 이용하여 분석하였으나, 최근에서는 영국과 같이 SEM-EDX를 이용하고 있다. 유럽에서는 미국에서 사용하는 TEM과 XRD, 일본에서 사용하는 XRD 방식을 인정하고 있으나 시료 분석의 경제성 및 분석 시간을 고려하여 SEM-EDX를 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

석면 분석에서 현미경 분석은 Phase contrast microscopy (PCM)과 Polarized light microscopy (PLM)이 현재까지 석면 분석에서 가장 일반적으로 사용되는 분석방법이며, 미국과 영국에서는 PLM 분석을 Screening Method로 적용하고 있으며, 보다 정확한 분석을 요구 시에는 기기를 이용한 분석방법인 TEM, SEM, XRD, Infrared spectroscopy (IR)를 이용하여 석면분석을 하고 있는 것으로 조사되었다.

### (1) 위상차현미경 (Phase Contrast Microscopy, PCM)

위상차현미경을 이용한 분석방법으로 가장 전통적인 공기 중 석면 측정 방법이며, 노출에 의한 건강의 위해성을 평가하기 위하여 사용되고 있다. PCM의 활용은 제한되고 있는데, 이는 석면의 섬유상 물질과 비석면의 섬유상 물질이 구별되지 않기 때문이다. 이를 보완하기

위하여 분산염색 편광법을 도입하거나 TEM과 SEM을 이용하여 추가 분석을 하고 있다.

## **(2) 편광현미경 (Polarized Light Microscopy, PLM)**

편광현미경을 이용한 분석은 토양, 단열재 등 벌크시료에 함유되어 있는 석면의 정성분석 및 함량%를 평가하기 위한 방법이다. 이 분석 방법은 석면의 형태를 구분할 수 있으나 1% 이하의 석면 분석은 신뢰도가 낮아진다. PLM은 Screening Method으로 사용되며, 벌크시료에서 석면의 중량 %를 확인하기 위하여 미국 EPA에서는 Interim method를 1993년 개정하여 gravimetry 분석 방법을 제시하고 있으며, XRD 이용을 제안하고 있다.

## **(3) 투과전자현미경 (Transmission Electron Microscopy, TEM)**

TEM은 PCM 또는 PLM보다 복잡한 단계로 석면을 분석하는 정밀 분석 장비이다. 이 장비는 높은 확대율을 이용하여 석면과 비석면 물질을 구별할 수 있고, 매우 작은 크기의 물질에 대하여 석면 여부를 분석할 수 있다. 현재 미국 EPA의 AHERA와 ISO 10312에서 사용되고 있다. 물 속에 존재하는 석면 함유여부를 조사할 경우에도 사용되고 있다.

## **(4) 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscopy, SEM)**

SEM은 PCM보다 높은 확대를 할 수 있으며, 비석면 섬유물질로부터 석면 섬유상 물질을 구별할 수 있는 방법이다. 그러나 이 경우는 EDX라는 추가 설비를 설치해야 한다. TEM과 비교 시 선명도는 낮으며, 광물 동정 역시 TEM과 비교하여 제한을 받는다. 그러나 TEM과 비교하여 저렴한 비용에 빠른 분석 결과를 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다.

## **(5) 엑스선회절분석기 (X-ray Diffractometry, XRD)**

XRD를 이용한 석면 분석의 경우, 미국 EPA 1993년 재개정을 통하여 분석 방법을 제시하고 있으며, 현재 일부 후생노동성에서는 ACM에서 석면의 정확한 중량을 파악하기 위하여 JIS A 1481로 제정하여 사용하였으며, 2006년에 재개정하려고 하고 있다. 일부 시료의 경우 함유물질의 방해 작용으로 인하여 시료를 열처리 과정을 거쳐 분석을 하기도 해야 한다.

## **(6) 적외선분광광도기 (Infrared Spectroscopy, IR)**

IR을 이용한 방식은 토양과 낮은 농도에서 amphibole의 존재를 결정할 때 사용될 수 있는 빠른 스크리닝 방법이며, 개발 중인 분석 방법이다. 석면 함유율이 1%이하로 낮은 경우 PLM의 분석결과의 신뢰성이 낮아지기 때문에 이런 경우 사용하기 위한 분석방법이다.

## (7) 분산대물렌즈 위상차현미경

현재 일본에서는 작업환경측정협회의 Konishi가 개발한 분산대물렌즈를 이용한 위상차현미경을 이용하여 시료 중 석면 정성분석법으로 이용하고 있다.

이는 편광현미경의 분산염색을 이용한 방법이다. 일본에서 이 방법을 선택한 이유는 일본 내 편광 현미경의 보급률이 낮고, 측정대상물질의 결정축방향에 관계없이 측정대상물질의 분산색이 동시에 관찰가능하고 정량적인 관찰이 유효하기 때문이다.

그러나 이 방법은 국제적으로 사용되고 있지 않고 일본에서만 사용되고 있으며, 편광현미경에서 석면 정성분석 시 사용되는 9가지의 기준 중 단지 색으로만 구분하는 단점이 있다

표 35. 선진국 국가별 석면 분석 방법

	미국	영국	일본		네덜란드	핀란드
PLM	◎	◎	□		◎	◎
PCM	◎	◎		◎	○	○
TEM	◎	×	×		×	×
SEM	-	◎	×		◎	◎
XRD	○	×	◎		×	×
IR	△	×	×		×	×
◎ : 주 분석 방법 ○ : 분석법 인정 □ : 자체 개발 분석 방법 △ : 개발 중 × : 미 사용 분석 방법						

## (8) 시료 중 석면 함유량 평가 방법

### 가) 미국

EPA에서는 "Method for the determination of asbestos in bulk building materials"에서 시료 중 함유 석면 중량 평가에 대한 분석 방법을 제시하고 있다( EPA, 1993)

석면 함유물질의 많은 구성성분이 유기용매 또는 회화에 의GO 유기물질만 선택적으로 제

거될 수 있는데, 이러한 구성물질의 제거 목적은 다음과 같다.

- 1. 시료로부터 석면 분리
- 2. 총 시료량에서의 석면의 농도
- 3. 섬유상 물질의 감지 및 확인
- 4. 석면 유사 섬유 제거

위의 목적을 위하여 대상물질에 따라 염산으로 처리하는 산처리와 회화처리로 구분하는데 대상은 다음과 같다.

산처리 : Calcite, Gypsum, Magnesite, Brucite, Bassanite, Portlandite, Dolomite

회화처리 : Vinyl, Cellulose, 다른 유기 물질

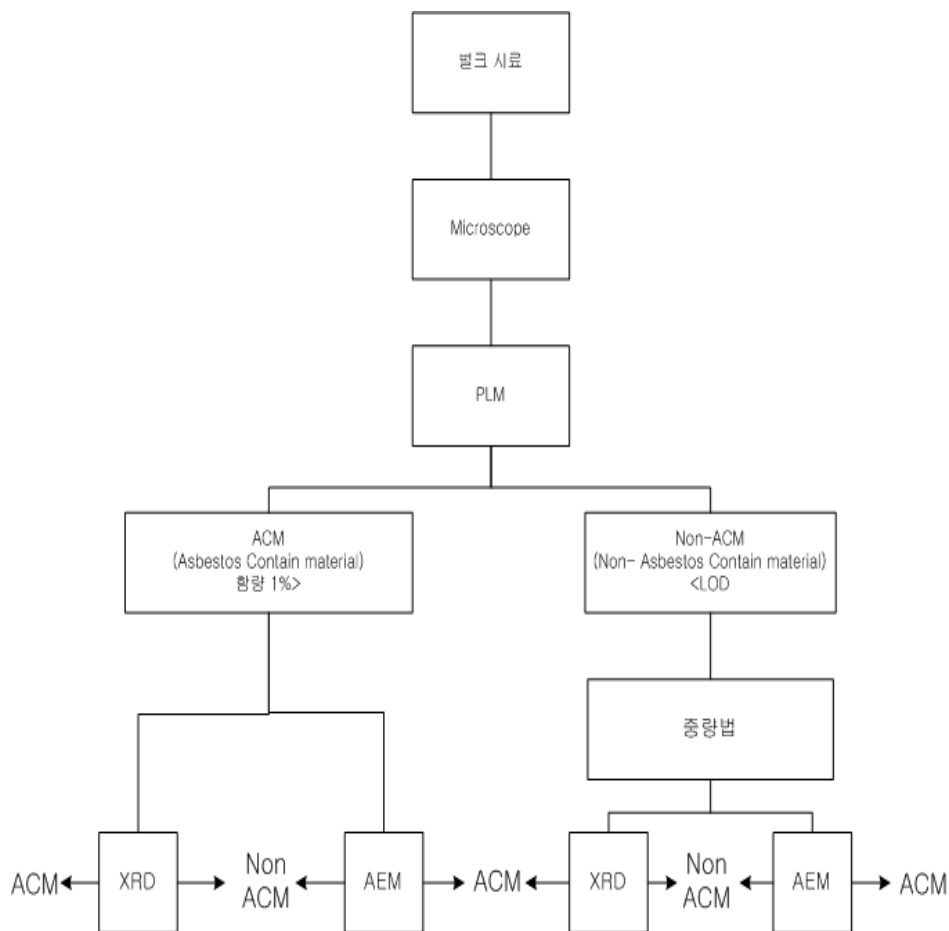


그림 11 EPA 석면 함유물질 평가 및 중량 평가

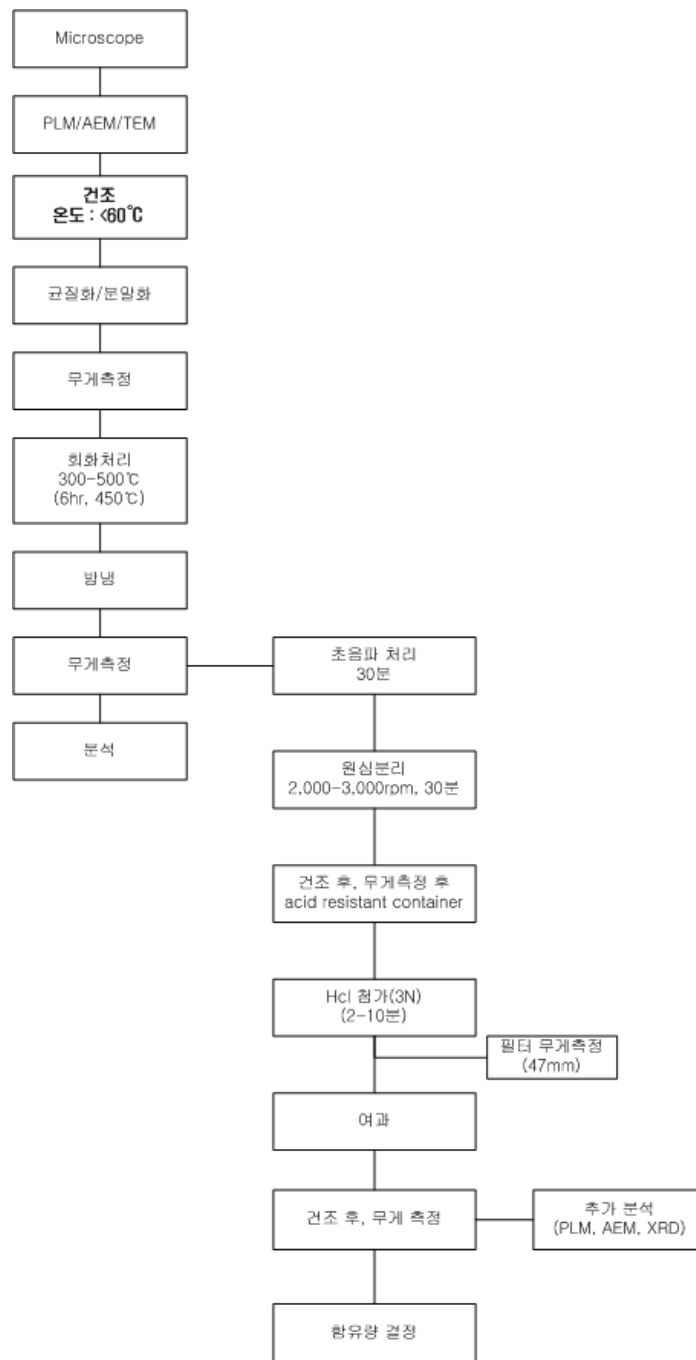


그림 12. 회화 및 산처리에 의한 시료 중 석면 정량

## 나) 일본

일본에서는 시료 중량 분석을 위하여 현미경 분석방법과 XRD를 이용한 분석방법을 이용하고 있다. XRD를 이용한 석면 중량 분석은 JIS A 1481에서 제정되어 있다. 채취된 시료에 대하여 편광현미경 또는 일본에서 개발한 분산대물렌즈 부착 위상차 현미경을 이용하여 석면 함유여부를 조사하며, 동시에 XRD로 석면 Peak 분석을 실시한다.

위 현미경과 XRD 분석결과를 이용하여 두 분석방법에서 석면이 없는 것으로 분석되면 석면 비함유물질로 평가하며, 현미경 분석에서 석면이 있는 경우 XRD 분석의 석면 함유 유·무 결과에 따라 2차 분석 시료를 제작하여 정량 분석을 하게 된다. 정량분석은 XRD를 이용하여 기저표준흡수 보정법이나 표준첨가법 또는 내부표준법을 이용하여 석면 함유량을 결정한다. 아래 그림은 물질 시료내 석면 함유량을 중량 평가 하는 흐름도이다.

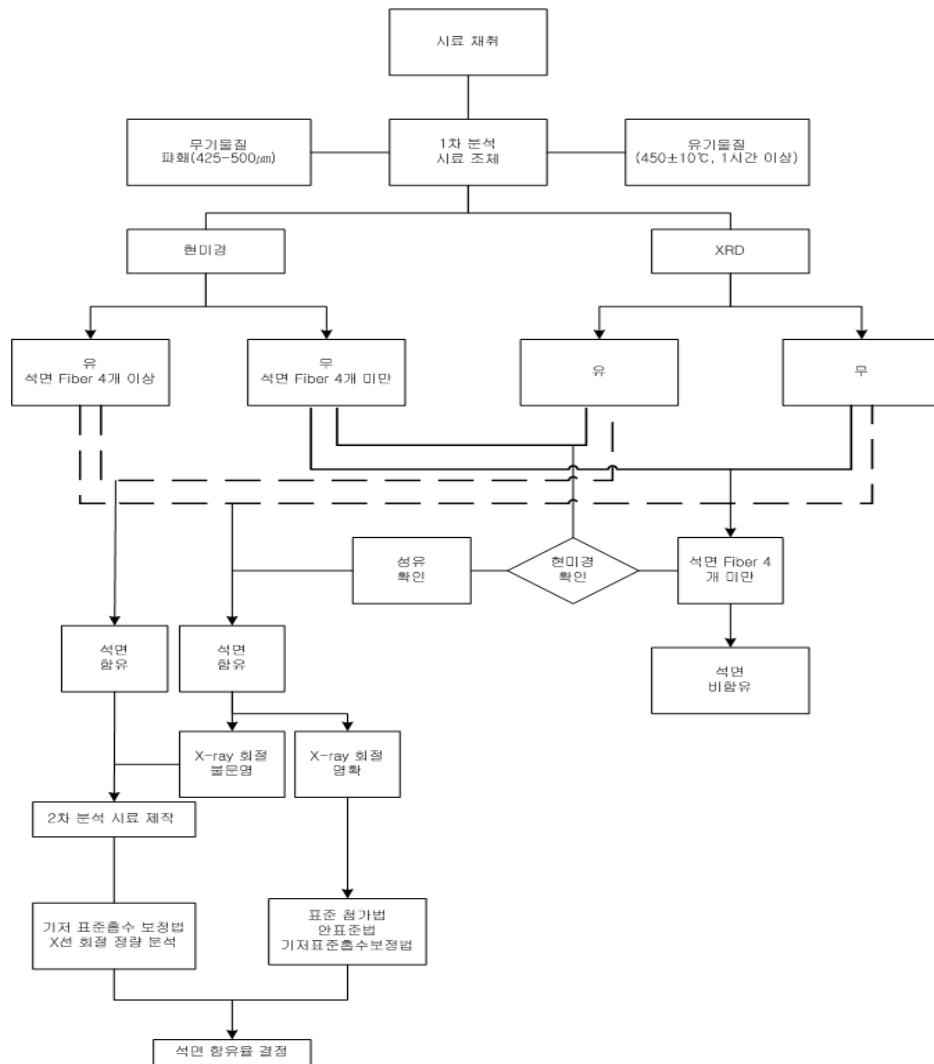


그림 13. 석면 함유 중량 평가 (JIS A 1481)

## 5. 국외 PLM과 PCM 전문 교육 기관

국외에서는 PLM과 PCM 분석 교육을 위한 전문 기관이 운영되고 있는데, 미국 McCrone이 대표적인 분석 전문 교육기관이다. 이 교육기관은 민간 교육기관으로서 광학 및 전자 현미경을 이용한 분석 기술을 교육하는 기관이며, 석면에 대하여 관련 장비별로 교육을 실시하고 있으며, 과정 이수자에게 수료증을 제공하고 있다.

영국의 경우 British Occupational Health Society(BOHS)에서 제공하는 교육과정을 이수한 자에게 석면 분석 자격에 대하여 수료증을 제공하고 있다. BOHS는 Module P401과 P403에서 Asbestos Identification과 Asbestos Fibre Counting 교육과정 프로그램을 구성하여 제시하고 있으며, 이를 바탕으로 민간 교육기관에서 교육을 실시하고 있다.

미국의 경우 5일 교육과정으로 운영되고 있으며, 분석 기술뿐만 아니라 시료에 대한 기초 지식과 현장 지식 등에 대한 관련 내용이 추가되어있으나, 영국에서 교육되고 있는 과정은 2.5일의 교육기간으로 미국에 절반에 해당되며, 이중 1일은 실습 평가를 실시하며, 1/2일은 코스 시험을 실시하도록 되어 있다.

미국과 영국의 교육과정은 아래 표에 요약하였다.

표 36. 미국 McCrone의 교육과정

	미국 - McCrone 교육과정		
day	PLM 초급과정	PLM 고급과정	PCM 교육과정 (NIOSH 582)
1일	Setting up the Microscope Illumination Micrometry Particle Morphology	Review of techniques for measuring the matching wavelength Retardation Birefringence Extinction angle Sign of elongation	Setting up the Microscope Illumination Phase contrast micrometry Graticules Asbestos types Particle morphology Introduction to statistics
2일	Optical crystallography single polar Measuring refractive indices Pleochroism Dispersion staining	Study of asbestos look a likes (mineral wool, ceramic fibers, tale fibers, pulped Kevalr, polyethylene, etc)	Statistics, sampling and airflow calibration equipment Asbestos sampling procedure Universal gas law Sampling related mathematics NIOSH 7400 counting methods "A" counting rules "B" counting rules Pretest
3일	Optical crystallography crossed polars Birefringence Sign of elongation Extinction characteristics Study of known asbestos fibers and other insulation components	Study of fibrous non-asbestos minerals wollastonite, brucite, the new double sulfates. Study of non-fibrous serpentines and amphiboles	Side counting P & CAM 239 vs. NIOSH 7400 Slide counting and Filter Mounting Statistics review Pretest review
4일	Study of Known insulation	Practice in the above techniques and work on unknowns	Round-robin counting Compliance testing Sampling strategies Pretest reivew Practical field problems Special methods Introduction to asbestos bulk analysis
5일	Study of Known insulation	Practice in the above techniques and work on unknowns	Review Final exam

BOHS에서 실시하고 있는 분석교육과정은 아래 표에 나타내고 있다.

표 37. British Occupational Hygiene Society의 분석 교육 과정(P 401과 P 403)

	British Occupational Hygiene Society Proficiency Module Syllabus	
	Module P401	Module P403
Contents (2 and 1/2 day)	ASBESTOS FIBRES(5%)Asbestos Uses of Asbestos Health Effects of Asbestos	SETTING UP MICROSCOPE (10%) Use of light microscopy setting up of kohler or kohler type illumination Calibration of stage micrometer test slides.
	SET UP AND USE OF A POLARISED LIGHT MICROSCOPE (15%) Equipment and use Theory Observations	FILTER PREPARATION and FIBRE COUNTING (30%) preparation of filters and counting of fibres in accordance with the recognised counting rules - MDHS 39/4 - ERM and WHO method
	ANALYSIS OF BULK SAMPLES (40%) Macroscopic examination Sample preparation Polarised light microscoppy Dispersion Staining Quality control Interfering fibres and products	CALCULATION OF RESULTS AND QUALITY CONTROL (10%) Examine the reliability of results -UKAS -RICE -European Standard for GLP -Internal Schemes
	PRACTICAL WORK (40%) Microscope set-up sample preparation PLM typing of unknown samples Identification of asbestos using PLM dispersion staining techniques.	PRACTICAL WORK (50%) microscope set-up slide preparation fibre counting for a range of fibre densities and types
Course examination	45min MCQ BOHS examination(25 questions) Practical assessment(unknown samples identification by AIMS and BOSH samples)	45 minute MCQ BOHS examination (30 questions) practical assessment
Practical Assessment	Identification of 6 unknown samples - A full marking schedule based on HSL scoring is used Observation of safety protocols Evaluation/checking of working environment control systems	Practical demonstration of the candidate's ability to mount filters, prepare slides and set up the microscope. The candidate will count 8 slides formerly from the RICE scheme and provided to BOHS by HSL. The results will be assessed using a detailed marking schedule. The candidate's ability to carry out all the relevant calculations and a working knowledge of the WHO counting method will be assessed

표 38. British Occupational Hygiene Society의 조사, 분석 교육과정 - S301

The British Occupational Hygiene Society	
S301-ASBESTOS AND OTHER FIBRES	
<b>ASBESTOS AND OTHER FIBRES (5%)</b> Asbestos Uses of Asbestos MMMF	<b>ASBESTOS REMOVAL AND CLEARANCE TESTING (20%)</b> Preparation Enclosures Removal procedures Waste Removal Role of Analyst Air monitoring and other techniques Clearance testing of enclosures
<b>HEALTH HAZARDS AND EXPOSURE LIMITS (5%)</b> Health Effects of Asbestos Inhalation Studies Control Limits etc for Asbestos MMMF Typical Exposures to MMMF	<b>AIR SAMPLING (20%)</b> Types of air sampling Air Sampling equipment and procedures Clearance Sampling
<b>LEGISLATION (10%)</b> Health and Safety at Work etc Act 1974 Asbestos Regulations Approved Codes of Practice	<b>ANALYSIS OF BULK SAMPLES (10%)</b> Macroscopic examination Sample Preparation Polarised Light Microscopy Dispersion Staining Health and Safety Precautions During Identification Quality Control Interfering fibres and products
<b>ASBESTOS IN BUILDINGS AND SURVEYS (20%)</b> Types and Uses of Asbestos in Buildings Surveys of asbestos containing materials in buildings Bulk Sampling Risk assessment of asbestos containing materials in buildings Management of asbestos containing materials in buildings	<b>FIBRE COUNTING (10%)</b> Setting Up Microscopes Filter Preparation Calculation of Results and Quality Control Electron Microscopy

## 6. 정도관리

석면 분석에 정도관리는 현재 미국과 영국에서 실시되고 있는 정도관리제도가 국제적으로 활용되고 있다. 미국에서 석면 분석 방법은 EPA, NIOSH에서 제공되는 분석방법을 기본으로 하고 있으며, 적용되는 법에 따른 분석방법이 차등적으로 적용되는 경우가 있다.

분석 정확성을 위하여 정도관리를 실시하는 기관으로 가장 많이 알려진 기관은 National Institute of Standards and Technology(NIST)와 미국산업위생학회(American Industrial Hygiene Association, AIHA)이고, U.S. Navy에서도 정도관리 프로그램을 운영하고 있다. AIAH에서는 PLM 분석을 위하여 BAPAT과 IHPAT에서 PCM 정도관리 프로그램을 운영하고 있고, 섬유상 석면 분석자의 등록 제도인 Asbestos Analyser Registration(AAR) 제도를 운영하고 있다. NIST에서는 NVLAP(PLM)을 운영하고 있다. 이들 정도관리 프로그램들은 EPA와 OSHA에서 인정되고 있다.

영국에서는 편광현미경에 대한 정도관리는 Health & Safety Laboratories(HSL)에서 Asbestos in Materials(AIMs)를 운영하고 있으며, 위상차현미경은 IOM에서 Regular Interlaboratory Counting Exchange(RICE)와 Asbestos Fiber Regular Informal Counting Arrangement(AFRICA) 프로그램을 운영하고 있다.

### 가. 미국

#### (1) AIHA

##### 가) Bulk Asbestos Proficiency Analytical Test(BAPAT)

BAPAT제도는 1989년에 실시되었고, 각 Test round당 4개 시료에 대하여 각 분기마다 proficiency test를 실시한다. 1997년 가장 많은 실험실이 등록되었는데 285개 이었으며, 2002년에는 260여개 실험실이 등록되어 정도관리를 받고 있다. NIST에서 실시하고 있는 정도관리는 EPA 분석 방법만을 인정하였으나, BAPAT에서는 EPA의 interim method, Revised Test method, NIOSH 9002를 추가로 인정하고 있다.

평가에 참가하는 실험기관은 매 분기마다 4개의 벌크 시료를 받게 된다. 벌크시료는 실제 제거 현장에서 나오는 물질로서 매우 다양한 석면 종류를 함유 할 수 있다. 참가 실험실의 분석 능력을 평가하기 위하여 석면 함유율이 낮은 시료뿐만 아니라 vinyl tile, cementitious or asphaltic products를 포함하고 있다. 이러한 시료는 실험실에서 차후에 내부 정도관리

및 정량에 대한 reference 시료로 사용될 수 있다.

#### **나) Airborne Asbestos Proficiency Analytical Test**

AIHA에서는 공기 중 석면 분진에 대한 Proficiency test를 IHPAT-Asbestos PCM으로 실시하고 있다. IHPAT은 매 분기마다 25mm Filter에 reference 시료를 제작하여 이를 정도 관리 신청기관에 보내며, 신청 기관은 시료에 대한 전처리 및 분석을 실시한 후 결과를 통보하여 이에 대한 결과를 통보 받는다.

#### **다) Asbestos Analysts Registry(AAR)**

AAR은 AIHA에서 Airborne asbestos를 분석할 수 있는 개인에 대한 등록제로서, 석면 PCM 분석자로 등록되기 위해서는 Asbestos Analyst Test(AAT)를 통과해야 한다.

#### **라)Asbestos Analysts Testing (AAT) Program**

AAT는 AAR 프로그램을 위한 Proficiency test로서 작업 현장에서 위상차 현미경에 의하여 섬유성 물질을 분석하는 개인을 위하여 도입되었다. 석면 시료는 SRI International에 Wet generation method 방식으로 제작되고 분배되어지며 분석결과에 대한 평가는 AIHA에서 한다. Proficiency test는 매 분기마다 실시하며, 시료는 실험실의 Airborne PCM PAT 시료와 같이 5개의 필터로 보내지게 되며, NIOSH 7400 방법을 이용하여 분석하게 되어 있다. 분석과정은 OSHA 29 CFR 1910.1001을 따른다.

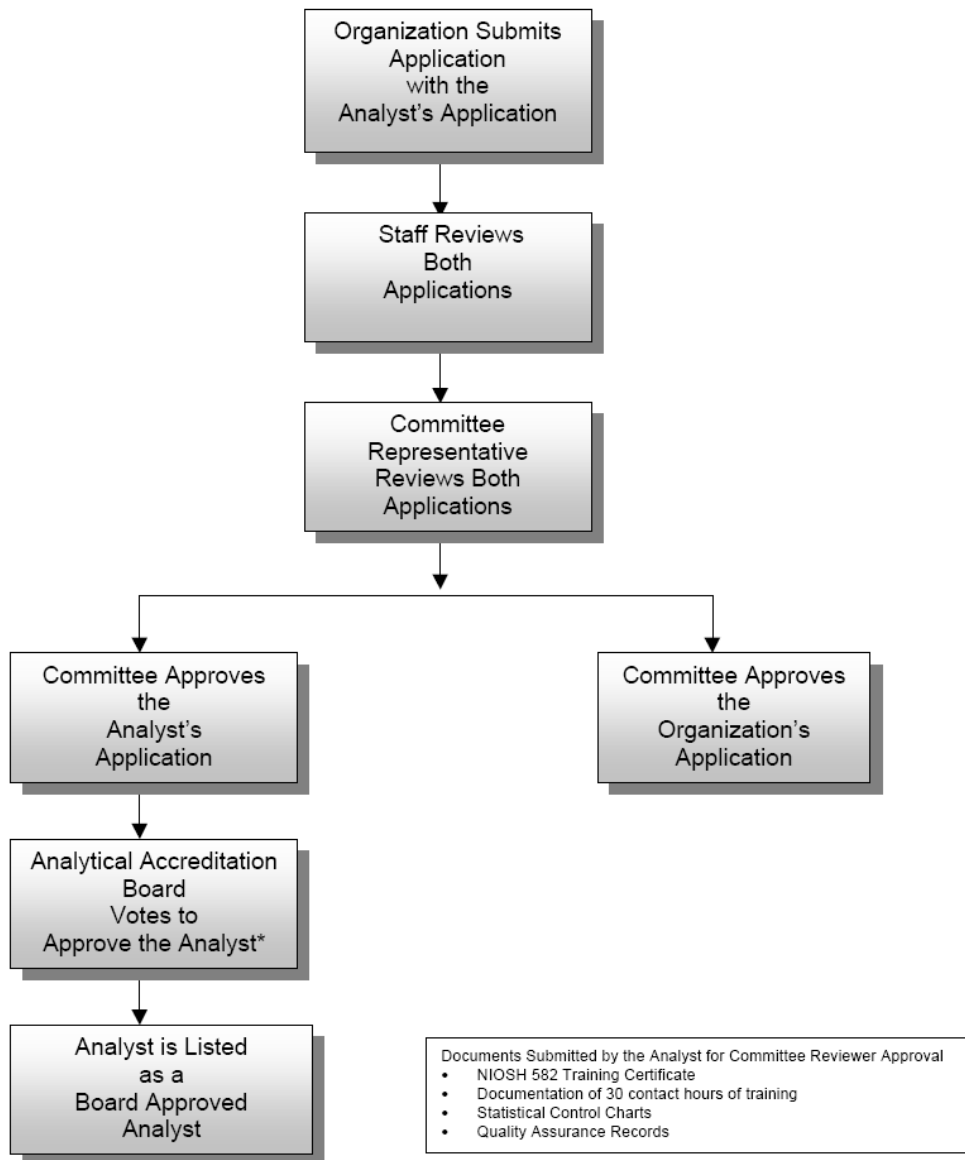


그림 14. AIHA에서 운영하는 Asbestos Analyst Registry(AAR) Diagram

## (2) NIST

### 가) National Voluntary Laboratory Accreditation Program (NVLAP)

NIST에서는 석면에 대하여 Bulk Asbestos Analysis와 Airborne Asbestos Analysis에 대하여 실험실 정도관리 제도를 운영하고 있다. 이 제도는 1988년 시작되었으며, 일 년에 2번 Proficiency test를 해야 하는데, 각 test round 마다 4개의 시료를 대상으로 한다. 현재 등록되어 최대 인증된 분석 기관수는 1991년 715개였으며, 2002년 National

Asbestos Conference에서 발표된 바에 의하면 250개로 조사되었으며, 이 정도관리 프로그램은 EPA NESHAP과 OSHA에서 인정되고 있다.

분석 protocol은 EPA의 Interim method 또는 EPA revised test method를 기준으로하고 있다. 학교 시료에 대한 분석은 AHERA 규정에 의하여 평가한다. NIST Handbook 150-3에서는 PLM과 PCM 분석 실험실 인증에 대하여 Handbook을 제작하여 제공하고 있다. 석면 분석 실험실의 인증 단계는 인증 지원, 현장 방문, proficiency testing, 인증 여부 결정, 인증 허가, 인증 갱신, 인증 범위 변화, 인증 취소 및 보류 단계로 구분되어진다.

Research Triangle Institute(RTI) International은 NIST와 계약하여 아시아의 실험실 분석 정도관리를 위한 Asia Pacific Laboratory Accreditation Cooperation(APLAC) Pilot 프로그램을 운영하고 있으며, 14개 국가에서 34개 실험실이 참가하고 있다. 이 프로그램에 참가한 실험실은 NVLAP에 기준에 따라 평가되며, 여기에는 석면 분석도 포함되고 있다.

## 나. 영국

### (1) Health & Safety Laboratory(HSL)

#### 가) Asbestos In Materials Scheme(AIMS)

AIMS는 석면 함유량에 대하여 실험실 분석 능력의 개선과 평가를 위한 제도이다. 이 계획은 분석이 외부적으로 인증된 지표로 사용될 수 있고 분석자는 의뢰자, 분석기관, 분석사의 분석 결과에 대한 만족도를 높이기 위한 것이다. 영국에서 벌크 시료 분석 서비스를 제공하는 실험실은 이 제도에 참가가 요구되는데, 이는 United Kingdom Accreditation Service(UKAS)에 의한 인증을 받기 위함이다. 이 계획은 외부 기관에 의해 부과되는 것이 아니며, 실험실 자체에 의해 실행 분석 능력의 개선을 위해 실행되는 자율규제 방식이다. 이 계획은 Health and Safety Laboratory(HSL)에 의해 ISO 9001로 관리된다.

Fiber Proficiency Testing Steering committee(FPTSC)는 석면 분석 산업, 연구 기관, HSE, UKAS의 실험실을 대표하는 곳으로서 AIMS의 운영을 감독한다. AIMS에 참여하는 실험실은 매 4개월 마다 4개의 시료가 분배된다. 실험실은 1개월 안에 분석을 해야 하며, 이 결과를 HSL에 통보한다. 분석결과는 HSL에 의해 처리되며 평가결과는 1달 안에 다시 실험실로 통보된다. 실험실 분석 능력 평가는 연속 3번 Test round에 참가하였을 때 판정된다.

AIMS는 분석 결과에 대하여 분석 실수에 대한 점수를 적용하며 적용 방법은 다음과 같다. 점수 체계는, 참가자들에 의한 분석 실수의 심각성 평가와 UKAS의 요구조건을 만족하기 위하여 계획되어졌다. 분석 실수는 False positives와 Non-identification으로 구분되어 평가

되고, 점수는 추가된다. Proficiency test에 참가자들은 3 round 누적점수로 관정된다. 분석 Error는 Supercritical error, Critical error, Non-critical error 3개 분야로 구분되며, 각 분석 error 별에 대한 설명은 아래에 제시하고 있다.

1개 시료에 대하여 최대 점수는 32점이며, 3회 test round 누적 점수가 39점 미만이어야 한다. 통합점수에 영향 없이 3회 test round에서 1회를 통과할 수 있다. 만약 1회 이상을 추가로 분석 평가에 참여하지 않는다면 누적 점수는 9999점이 되며, 분석 능력은 평가될 수 없다.

표 39. Proficiency testing 평가 실수와 점수

Error	내용	점수
Supercritical	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 분석적으로 허용되지 않는 실수</li> <li>◎ 실제 상황에서 발생되면 심각한 것</li> <li>◎ 석면이 없는 시료를 있는 것으로 분석할 경우</li> </ul>	20
Critical	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 분석적으로 허용될 수 없는 실수</li> <li>◎ 심각한 결과를 초래하지 않음</li> <li>◎ 석면 함유 확인 시 하나의 석면 구성성분 감지에 실패한 경우</li> </ul>	12
Non-critical	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 분석적으로 허용될 수 없는 실수</li> <li>◎ 심각한 결과를 초래하지 않음</li> <li>◎ 석면 함유 확인 시 하나 이상의 구성 성분 잘못 확인 한 경우(False Positive Identification)</li> <li>◎ Tremolite또는 Anthophyllite를 Actinolite로 평가하는 경우</li> </ul>	7

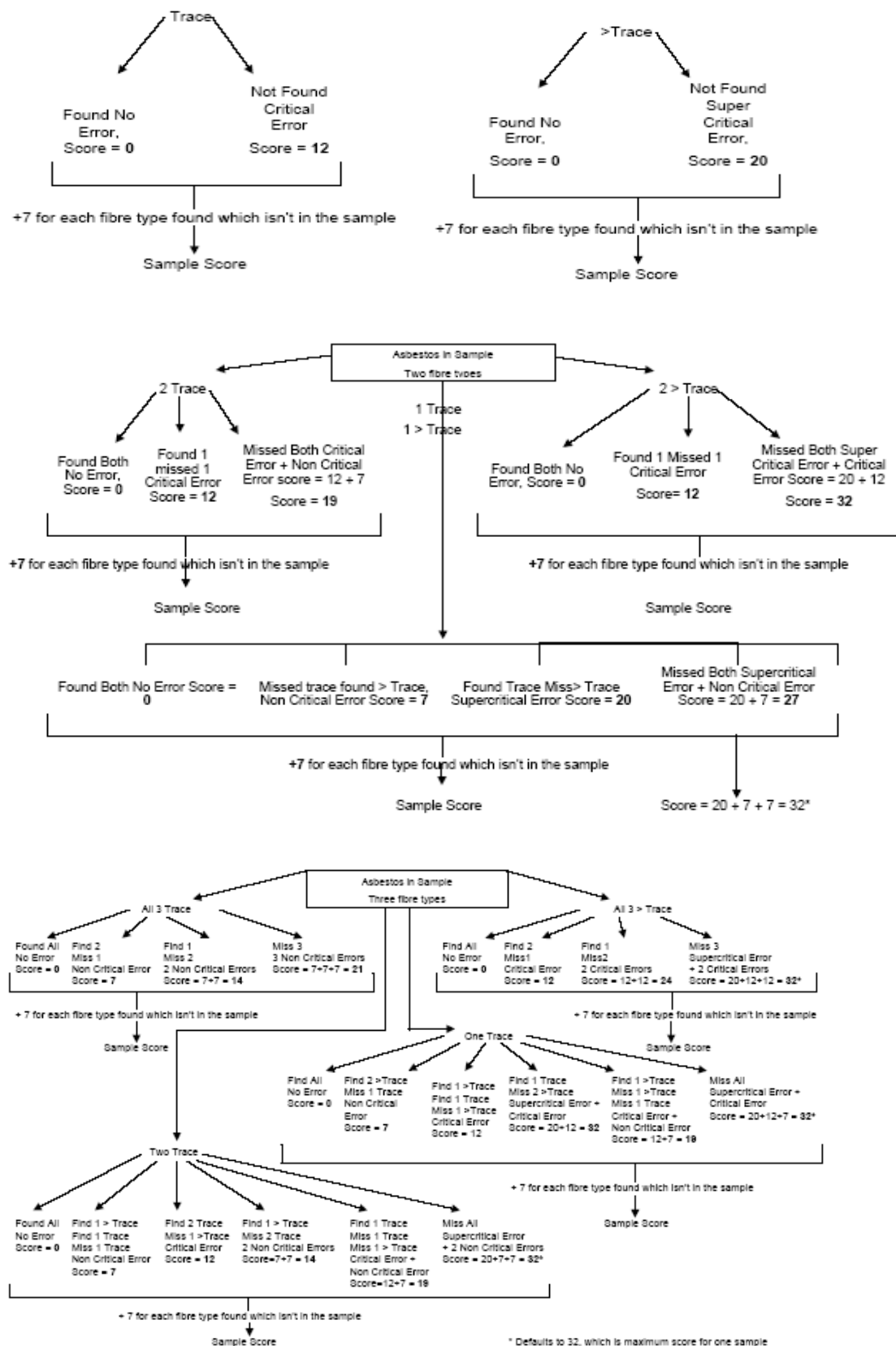


그림 15 AIMs 평가 방법

## (2) Institute of Occupational Medicine(IOM)

### 가) Regular Interlaboratory Counting Exchanges(RICE)

IOM에서는 HSE에서 공기 중 섬유상 석면 농도 분석에 대한 정도관리 제도를 위임을 받아 운영하고 있으며, 국내 적용을 위한 RICE제도와 국제적 정도관리 프로그램인 AFRICA로 구성되어 있다. RICE는 1984년 대중적으로 이용 가능한 계획으로 시작되었으며, 1992년에 기술적인 변화가 있었다. RICE는 World Health Organization(WHO)의 석면 분석 방법에 의하여 영향을 받을 수 있다. RICE는 IOM이 영국 정부를 대신하여 운영하는 것이며, HSE's Committee on Fibre Measurement(CFM)에 의해 감독된다.

RICE에서 Proficiency test를 위한 표준 시료는 AIAH에서처럼 Wet method 방식으로 만들어진 것이 아니고, 현장 즉 석면을 사용·제조 사업장과 석면 함유물질을 제거하는 작업에서 공기 중 시료를 포집하여 표준 시료로서 제공되어지고 있다. 참가하는 실험실들을 4~5개의 실험실을 1개 그룹을 하여 표준 시료를 보내며 이들 간에 round-robin 방식으로 운영하고 있다. 또 Reference Sample은 컴퓨터 영상으로 분석하는 Magiscan에 의해 분석된다. Magiscan에 의해 분석된 결과는 실험실에서 분석된 것 보다 평균 10% 정도 낮은 것으로 보고되고 있으므로, 실험실 분석 능력의 Target band는 Magiscan의 1.1배이다.

### 나) Asbestos Fiber Regular Informal Counting Arrangement (AFRICA)

AFRICA는 위상차 현미경 분석방법을 이용하여 공기 중 석면을 분석하는 실험실의 국제 proficiency test 계획이고, 한 국가내의 참가 실험실 결과를 다른 나라의 실험실 결과 및 reference sample과 비교하기 위함이다. 이 계획은 1983년 실시되었으며, 1992년 이후에는 참가 실험실의 참가료에 의해 운영되고, 표준 시료는 RICE의 시료를 이용한다. 이 계획에 참여하는 실험실은 1년에 두 번 AFRICA TEST를 실시하게 된다. 현재 AFRICA에 참여하고 있는 국가는 18개국이며 참여 기관수는 34개로 다음과 같다; Belgium(1), Brazil(2), Canada(1), Colombia(1), Denmark(1), Finland(1), France(1), Germany(1), Hong Kong(2), Hungary(1), India(2), Italy(10), Luxembourg(2), Portugal(2), South Africa(2), Spain(2), Switzerland(1), United Kingdom(1)

## 7. 국내 인프라 현황

### 가. 국내 건물 수

건교부의 국내 건축물 현황 조사 자료('05년 기준)에 의하면, 2005년 국내 건축물은 총 6,369,890동이었고, 2005년 국내 건축물은 6,369,782동으로 조사되었다. 그 중 경기지역의 건축물이 2004년 905,106동(14%), 2005년 684,787동(14%)으로 가장 많았으며, 경북지역이 2004년, 2005년 각각 692,386동(11%), 696,767동(11%), 서울지역이 692,337동(11%), 684,787동(11%) 순이었다(표 40).

표 40. 지역별 건축물 현황(2004년, 2005년) 지역별 건축물 현황(2004년, 2005년)

	2004		2005	
	동수	비율(%)	동수	비율(%)
전국 계	6,356,890	100	6,369,782	100
서울	692,337	11	684,787	11
경기	905,106	14	909,924	14
인천	202,816	3	202,508	3
부산	395,256	6	391,782	6
대구	257,090	4	251,009	4
광주	135,340	2	135,129	2
대전	130,219	2	130,154	2
울산	119,938	2	120,096	2
강원	340,546	5	343,785	5
충북	322,006	5	325,545	5
충남	458,425	7	463,303	7
전북	379,535	6	380,483	6
전남	559,147	9	563,698	9
경북	692,386	11	696,767	11
경남	627,060	10	630,515	10
제주	139,683	2	140,297	2

2005년의 국내 건축물의 용도별 현황을 살펴보면(그림 16, 17), 주거용 4,309,578동(68%), 상업용 1,013,506동(16%), 공업용 193,145동(3%), 교육·사회용 146,562동(2%), 기타 707,172동(11%)이다. (표 41)

표 41. 도별/ 용도별 건축물 현황(2005년)

	합계	주거용	상업용	공업용	교육.사회용	기타
전국 계	6,369,782	4,309,578	1,013,325	193,145	146,562	707,172
(용도별비중,%)	100	68	16	3	2	11
서울	684,787	516,810	146,118	3,572	12,098	6,189
부산	391,782	291,533	63,404	11,842	7,567	17,436
대구	251,009	178,553	48,172	10,410	4,134	9,740
인천	202,508	136,166	39,579	11,115	3,863	11,785
광주	135,129	99,717	27,111	2,376	2,505	3,420
대전	130,154	94,698	24,193	1,923	3,151	6,189
울산	120,096	72,372	24,503	11,037	3,041	9,143
경기	909,924	530,991	165,249	57,818	21,749	134,117
강원	343,785	239,099	52,878	4,201	8,551	39,056
충북	325,545	219,234	41,220	9915	7,831	47,345
충남	463,303	306,179	61,224	12,319	11,700	71,881
전북	380,483	247,495	57,040	7,297	10,423	58,228
전남	563,698	399,165	66,524	10,981	12,041	74,987
경북	696,767	457,241	90,655	19,327	25,591	103,953
경남	630,515	432,219	88,332	18,140	9,823	82,001
제주	140,297	88,106	17,123	872	2,494	31,702

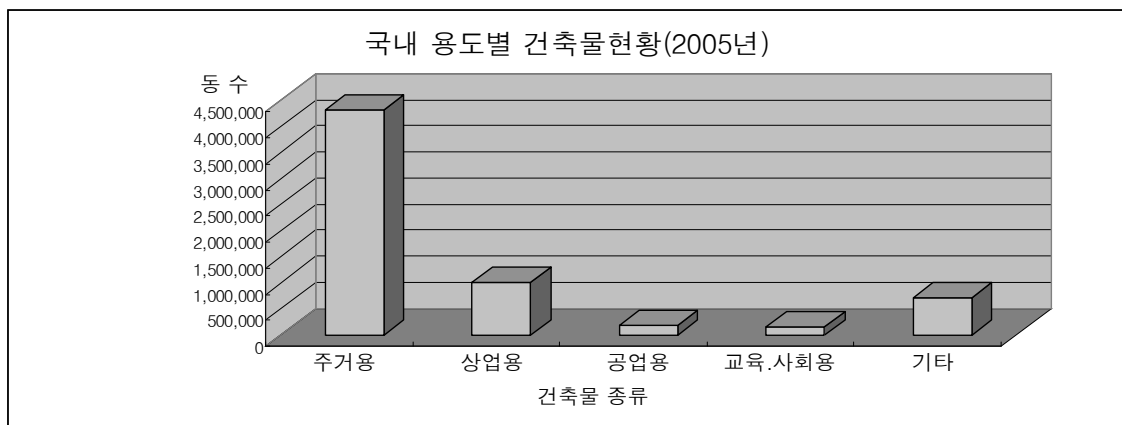


그림 16. 국내 용도별 건축물 현황(2005년)

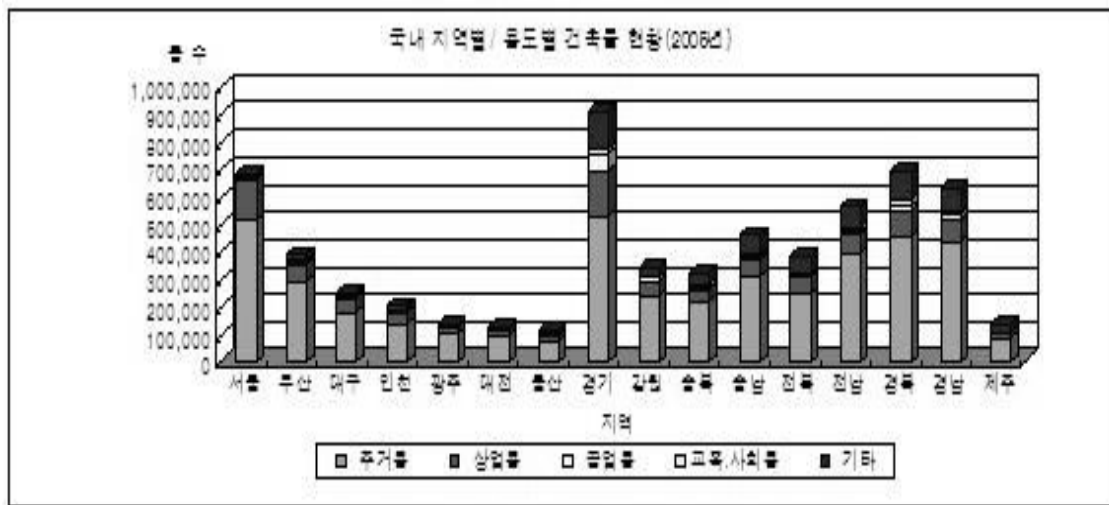


그림 17. 국내 지역별/용도별 건축물 현황(2005)

층수별 현황을 살펴보면, 1층 건물이 4,139,161동(65%)로 가장 많으며, 2~4층 건물이 2,004,236동(32%)로 4층 이하 건물이 전체 건물의 97%를 차지하고 있는 것으로 조사되었다. 뿐만 아니라 5층 건물이 112,614동(2%)이었으며, 6층 이상 건물이 113,771동(2%)이었다(표 42, 그림 18).

표 42. 시도별/ 층수별 건축물 현황(2005년)

	합계	1F	2-4F	5F	6-10F	11-20F	21-30F	31F이상
전국 계	6,369,782	4,139,161	2,004,236	112,614	52,011	53,355	8,241	164
(층수별 비중, %)	100	65	32	2	1	1	0	0
서울	684,787	177,685	439,995	38,109	16,176	10,499	2,259	64
부산	391,782	182,179	189,415	10,421	5,272	2,922	1,503	70
대구	251,009	100,615	140,710	5,071	1,681	2,757	166	9
인천	202,508	91,810	97,255	7,454	3,034	2,481	474	-
광주	135,129	64,676	64,334	2,678	1,192	2,147	102	-
대전	130,154	58,455	65,549	2,303	1,481	2,099	267	-
울산	120,096	65,578	49,515	2,225	1,427	1,186	165	-
경기	909,924	517,385	347,480	18,936	8,756	14,828	2,518	21.0
강원	343,785	268,323	69,766	2,812	1,275	1,577	32	-
충북	325,545	248,096	69,408	3,963	2,410	1,584	84	-
충남	463,303	388,601	68,830	2,618	1,306	1,844	104	-
전북	380,483	315,646	59,126	2,611	1,104	1,956	40	-
전남	563,698	493,198	65,441	2,115	1,231	1,691	22	-
경북	696,767	583,021	105,787	4,160	1,594	2,056	149	-
경남	630,515	474,103	143,232	6,050	3,240	3,534	356	-
제주	140,297	109,790	28,393	1,088	832	194	0	-

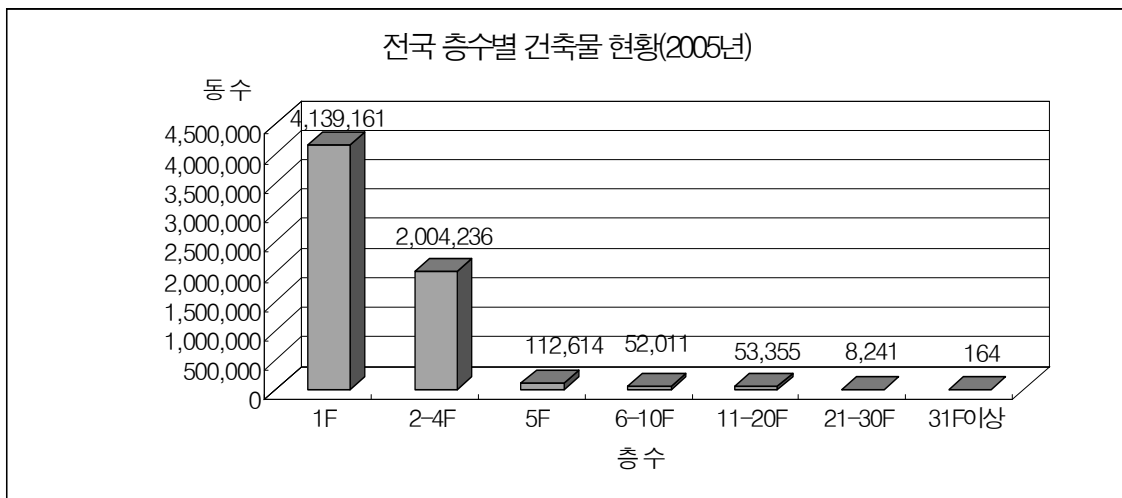


그림 18. 전국 층수별 건축물 현황(2005년)

면적별 건축물 현황을 살펴보면 연면적 1백㎡미만의 건축물이 2004년과 2005년 각각 전체 건물의 51%로 가장 많은 것으로 조사되었고, 그 다음으로는 1백~2백㎡미만의 건축물이 2004년 24%, 2005년 23%로 조사되었다(표 43, 그림 19).

표 43. 면적별 건축물 현황

	2004		2005	
	동수	비율(%)	동수	비율(%)
면적별 계	6,356,890	100	6,369,782	100
1백㎡미만	3,220,775	51	3,255,187	51
1백㎡-2백㎡미만	1,492,972	24	1,465,118	23
2백㎡-3백㎡미만	470,416	7	455,478	7
3백㎡-5백㎡미만	518,433	8	524,119	8
5백㎡-1천㎡미만	345,071	5	351,235	6
1천㎡-3천㎡미만	187,010	3	189,557	3
3천㎡-1만㎡미만	87,455	1	92,587	2
1만㎡이상	34,758	1	36,501	1

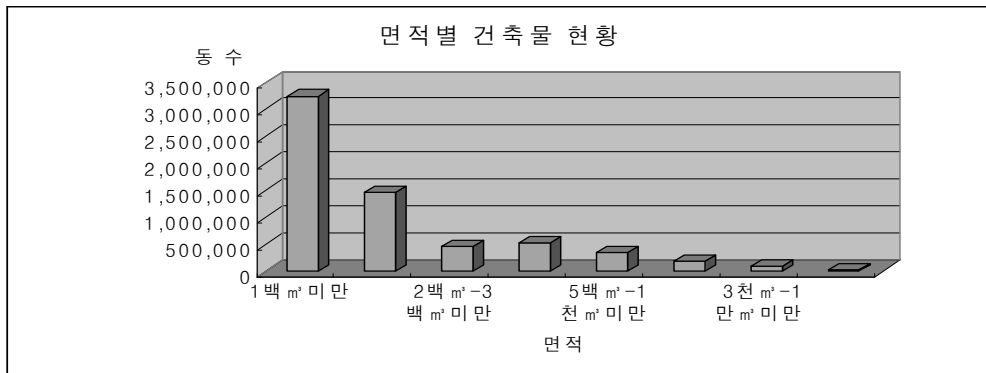


그림 19. 면적별 건축물 현황

‘05년말 기준, 전국의 건축물은 6,369,782동으로 전년(‘04)에 비해 0.2%증가하였으며, 용도별로는 주거용이 67.7%로 가장 많은 것으로 조사되었다. ‘90년도 후반이후 주거용 건축물은 완만한 감소를 보이고 있으나, 상업용 건축물은 1984년 대비 2004년 현재 164%의 건축물 증가가 이루어졌다. 또한 층수별 현황을 살펴보면, ‘05년 기준으로 1층 건물이 65%로 가장 많으며, 5층 이상 고층건물의 비율이 전년에 비해 4.0%증가하였다.

주거용 동수의 감소는 수도권에서의 대규모 택지개발 및 재개발, 도시정비사업 등 기존 여러 동의 일반건축물(단독주택)이 철거되고, 대단지 집합건축물(아파트)로 시설되는 추세에 따라 감소로 나타나고 있으며, 신설되는 택지개발지구 등의 주거지역에서 상업용 건축물이 신축되어 증가현상으로 나타났다. 이에 따라 1993년도 조사에서 1990년 대비 건축물이

10.6%감소한 것은 '90년 초까지 수도권 5대 신도시의 100만호 건설 사업으로 건축물 감소가 주원인이다.

대한주택공사의 주택도시핸드북(2005년)에 따르면, 1991년 이후 매년 철거대상(동)이 약 1,700동에서 4,500동 정도이며, 1995년에는 7,331동으로 가장 많았다. 그러나 근래 3년 동안의 철거 대상 동은 2002년 1,322동, 2003년 3,780동, 2004년 4,483동으로 증가하는 경향을 보이고 있으며, 최근 3년 동안 건립가구수도 2002년 2,291(호), 2003년 11,278호, 2004년 11,163호로 증가 추세이며, 또한 시행면적도 2002년 136,696㎡, 2003년 614,696㎡, 2004년 669,516㎡로 증가하고 있다(표44).

표 44. 연도별 주택재개발 사업 추진현황

구 분	구역수	시행면적(㎡)	건립가구(호)	철거대상(동)
총 계	430	18,646,557	323,534	153,996
'73~'90	278	13,073,426	203,267	105,528
'91	7	430,624	10,997	4,208
'92	14	535,179	16,129	5,319
'93	10	463,185	11,903	4,106
'94	11	333,813	8,082	2,596
'95	12	658,473	14,278	7,331
'96	9	205,645	4,205	1,711
'97	3	201,906	4,404	1,739
'98	10	227,558	4,777	1,788
'99	16	389,662	7,673	3,930
'00	12	234,881	4,979	3,019
'01	15	471,409	8,108	3,136
'02	5	136,584	2,291	1,322
'03	14	614,696	11,278	3,780
'04	14	669,516	11,163	4,483

주:2004.12.31 현재

건교부의 건설교통통계연보(2004)의 주택재개발현황을 보면, 철거대상(동)이 전국에 149,700(동)이며, 그 면적이 17,979,531㎡이었다. 지역별로 살펴보면 서울이 128,892동(면적:14,937,480㎡)으로 가장 많았으며, 그 다음이 부산으로 12,410동(면적:1,935,954㎡)이었다(표 45).

대한주택공사의 주택도시핸드북(2005년)자료의 연도별 재건축사업 추진 현황에 따르면 최근 준공된 조합, 기존주택, 공급주택은 2002년 조합 132건, 기존 주택 16,272건, 공급주택 31,606건, 2003년 조합 168건, 기존주택 19,514건, 공급주택 34,734건, 2004년 조합 154건, 기존주택 124,225건, 공급주택 26,144건으로 2001년에 비해 재건축이 증가한 경향을 보이고 있다(표 46).

표 45. 주택재개발(Housing Redevelopment)

단위:1,000m<sup>2</sup>

구 분		구역수	시행면적(m <sup>2</sup> )	철거대상(동)	건설가구(호)
Division		No.of Distinct	Area(1,000m <sup>2</sup> )	Demolition Building	Construction Dwelling
계	계	416	17,979,531	149,700	293,053
	완료	304	12,503,142	102,467	217,315
	시행중	77	4,376,952	39,766	75,738
	미시행	35	1,099,437	7,467	-
서울	계	342	14,937,480	128,892	271,016
	완료	243	10,070,879	85,489	200,582
	시행중	70	4,163,647	37,962	70,434
	미시행	29	702,954	5,441	-
부산	계	41	1,935,954	12,410	9,217
	완료	35	1,537,932	10,333	8,604
	시행중	1	26,388	209	613
	미시행	5	371,634	1,868	-
대구	계	18	310,968	3,000	3,882
	완료	17	301,100	2,878	3,510
	시행중	1	9,868	122	372
	미시행	-	-	-	-
인천	계	4	163,040	1,497	3,074
	완료	1	50,800	566	900
	시행중	2	87,391	773	2,174
	미시행	1	24,849	158	-
광주	계	1	35,136	429	658
	완료	-	-	-	-
	시행중	1	35,136	429	658
	미시행	-	-	-	-
경기	계	3	319,611	1,168	1,952
	완료	2	283,360	1,052	1,052
	시행중	1	36,251	116	900
	미시행	-	-	-	-
강원	계	1	18,271	155	587
	완료	-	-	-	-
	시행중	1	18,271	155	587
	미시행	-	-	-	-
전북	계	4	183,625	1,054	1,751
	완료	4	183,625	1,054	1,751
	시행중	-	-	-	-
	미시행	-	-	-	-
경남	계	2	75,446	1,095	916
	완료	2	75,446	1,095	916
	시행중	-	-	-	-
	미시행	-	-	-	-

(자료 : 건설교통부, 건설교통통계연부(2004))

서울시내의 재건축 현황에서도 같은 경향을 보이는데 2004년의 재건축 준공건수가 조합 119건, 기존주택 10,112건, 공급주택 16,920건으로, 2003년 조합 149건, 기존 주택 10,112건,

공급주택 16,920건에 비해 감소하였으나, 2003년까지 계속해서 재건축 준공건수는 증가하는 경향을 보이고 있다(표 47).

표 46. 서울 시 주택재개발(Housing Redevelopment)

년 도	계			조합인가			사업계획승인			준공		
	조합	기존 주택	공급 주택	조합	기존 주택	공급 주택	조합	기존 주택	공급 주택	조합	기존 주택	공급 주택
계	2,231	295,223	483,086	557	95,314	133,611	718	109,585	164,157	956	90,324	185,318
89	1	101	146	1	101	146	-	-	-	-	-	-
91	3	121	1,371	2	89	1,326	-	-	-	1	32	45
92	10	1,065	2,501	3	202	503	2	575	1,257	5	288	741
93	19	1,509	4,334	7	585	1,960	2	128	371	10	796	2,003
94	12	1,779	3,144	1	40	56	1	221	842	10	1,518	2,246
95	55	6,123	11,993	20	3,068	5,006	5	908	1,755	30	2,147	5,232
96	59	4,642	10,364	15	1,630	3,785	11	1,341	2,818	33	1,671	3,761
97	98	7,684	19,159	20	1,631	3,360	15	1,261	3,632	63	4,792	12,167
98	114	11,884	27,384	17	2,732	4,950	11	1,622	3,166	86	7,530	19,268
99	145	22,283	46,439	8	339	786	39	10,502	17,692	98	11,442	27,961
00	260	35,593	63,745	68	9,411	15,336	128	16,820	29,445	64	9,362	18,964
01	206	35,371	54,531	40	21,150	28,710	93	7,361	12,132	73	6,860	13,689
02	300	40,974	58,322	97	15,920	20,136	93	14,433	18,852	110	10,621	19,334
03	629	83,443	115,674	229	36,179	44,841	251	31,784	43,589	149	15,480	27,244
04	170	28,597	38,731	15	1,669	1,914	36	16,816	19,897	119	10,112	16,920
05	150	14,054	25,248	14	568	796	31	5,813	8,709	105	7,673	15,743

(자료 : 건설교통부, 건설교통통계연부(2004))

표 47. 연도별 재건축사업 추진현황

지역	계			조합인정			사업계획승인			준공		
	조합	기존주택	공급주택	조합	기존주택	공급주택	조합	기존주택	공급주택	조합	기존주택	공급주택
계	2,878	522,427	855,286	813	182,991	278,644	994	215,211	323,263	1,071	124,225	253,379
1989	1	101	146	1	101	146						
1990	1	175	295	1	175	295						
1991	6	471	2,179	3	249	1,625	1	94	299	2	128	255
1992	14	2,354	4,786	4	374	768	2	575	1,257	8	1,405	2,761
1993	34	3,585	8,323	9	644	2,186	6	771	1,504	19	2,170	4,633
1994	28	4,982	10,214	7	770	2,426	2	1,221	2,641	19	2,991	5,147
1995	74	9,648	19,027	27	4,816	8,268	5	908	1,755	42	3,924	9,004
1996	89	8,424	19,757	23	3,167	7,640	12	1,596	3,742	54	3,661	8,375
1997	142	15,145	35,578	33	3,331	6,905	22	3,738	8,518	87	8,076	20,155
1998	144	24,620	50,676	26	8,987	13,508	13	2,511	5,607	105	13,122	31,461
1999	179	31,356	63,507	14	1,067	1,753	45	11,499	20,600	120	18,790	41,154
2000	317	50,793	90,461	89	15,379	26,031	149	24,213	41,505	79	11,201	22,925
2001	251	50,027	76,657	49	23,933	33,166	120	18,685	28,466	82	7,409	15,025
2002	400	80,168	122,783	128	33,631	47,802	140	30,265	43,375	132	16,272	31,606
2003	904	171,163	257,188	347	77,668	114,194	389	73,981	108,260	168	19,514	34,734
2004	294	69,415	93,809	52	8,699	11,931	88	45,154	55,734	154	15,562	26,144

주:2004.12.31 현재

표 48. 서울시 재건축 추진현황

지역	계			조합인가			사업계획승인			준공		
	조합	기존주택	공급주택	조합	기존주택	공급주택	조합	기존주택	공급주택	조합	기존주택	공급주택
계	2,081	281,169	457,838	543	94,746	132,815	687	103,772	155,448	851	82,651	169,575
1989	1	101	146	1	101	146						
1991	3	121	1,371	2	89	1,326				1	32	45
1992	10	1,065	2,501	3	202	503	2	575	1,257	5	288	741
1993	19	1,509	4,334	7	585	1,960	2	128	371	10	796	2,003
1994	12	1,779	3,144	1	40	56	1	221	842	10	1,518	2,224
1995	55	6,123	11,993	20	3,068	5,006	5	908	1,755	30	2,147	5,232
1996	59	4,642	10,364	15	1,630	3,785	11	1,341	2,818	33	1,671	3,761
1997	98	7,684	19,159	20	1,631	3,360	15	1,261	3,632	63	4,792	12,167
1998	114	11,884	27,384	17	2,732	4,950	11	1,622	3,166	86	7,530	19,268
1999	145	22,283	46,439	8	339	786	39	10,502	17,692	98	11,442	27,961
2000	260	35,593	63,745	68	9,411	15,336	128	16,820	29,445	64	9,362	18,964
2001	206	35,371	54,531	40	21,150	28,710	93	7,361	12,132	73	6,860	13,689
2002	300	40,974	58,322	97	15,920	20,136	93	14,433	18,852	110	10,621	19,334
2003	629	83,443	115,674	229	36,179	44,841	251	31,784	43,589	149	15,480	27,244
2004	170	28,597	38,731	15	1,669	1,914	36	16,816	19,897	119	10,112	16,920

주:2004.12.31 현재

반면에 통계청 자료에 의하면, 2005년 국내 주택 수는 13,222,641개로 조사되었다. 그러나 통계청 자료는 호와 세대 등의 구분이 모호하여 국내 건축물 현황을 판단하기 위한 기초 자료로 사용하기는 용이하지 않고, 다만 국내 건축물의 주택 종류에 따른 국내 건물의 분포 경향을 볼 수 있다. 전국에 12,494,827호가 있으며, 아파트가 6,626,957호로 가장 많았으며, 단독주택이 3,984,954호, 다세대 주택이 1,164,251호, 연립주택이 520,312호, 비거주용 건물 내 주택이 28,832호 순으로 많았다. (표 49).

표 49. 건축년도별 건물의 종류별, 지역별 주택(통계청)

	총계	2005년	2004년	2003년	2002년	2001년	2000년	1995~1999 년	1990~1994 년	1985~1989 년	1980~1984 년	1970~1979 년	1960~1969 년	1959년 이전
	호	호	호	호	호	호	호	호	호	호	호	호	호	호
전국	124948 27	235575	444788	520803	611261	468478	475129	2873146	2835887	1462593	982471	871561	302363	410772
단독주택	398495 4	44951	62772	72281	84082	68583	103351	566270	620810	514512	476218	674120	290477	406527
아파트	662695 7	175646	334655	326983	327310	292816	312188	1964721	1722421	689890	340034	135132	5144	17
연립주택	520312	2826	6897	15657	18165	11847	10833	88485	114735	103305	110343	36416	696	107
다세대주택	116425 1	9317	34772	98765	174569	90030	41683	217170	335928	124840	32067	4755	280	75
비거주용 건물내주택	198353	2835	5692	7117	7135	5202	7074	36500	41993	30046	23809	21138	5766	4046
서울특별시	224214 9	38307	82349	137064	138786	92411	94861	434718	445837	352983	195305	172062	39456	18010
단독주택	443806	1905	3466	5661	6980	4639	4616	52192	103466	71932	45871	90283	35409	17386
아파트	121730 8	31133	58205	80790	54984	56216	73132	292469	202473	194089	106350	65296	2171	0
연립주택	140016	901	2245	4387	6437	3187	2450	24303	27006	30134	27215	11336	386	29
다세대주택	412187	4052	17633	45338	69735	27981	14169	62007	106302	51431	12100	1327	94	18
비거주용 건물내주택	28832	316	800	888	650	388	494	3747	6590	5397	3769	3820	1396	577
부산광역시	913487	15485	31842	34182	39941	28913	22662	208275	177552	113195	102234	106821	19741	12644
단독주택	249948	1068	1649	2338	2419	1806	2666	18515	37354	46392	39535	67712	16306	12188
아파트	520774	13290	26941	21318	22322	19460	14504	154919	121235	57162	41864	25055	2687	17
연립주택	38812	165	292	1499	1189	685	553	4672	4486	3972	12287	8825	126	61
다세대주택	87454	818	2652	8591	13575	6648	4566	28051	11172	2608	5971	2715	44	43
비거주용	16499	144	308	436	436	314	373	2118	3305	3061	2577	2514	578	335

건물내주택														
대구광역시	590734	8385	12104	34994	26637	13340	21277	147801	137453	66615	55404	45774	10096	10854
단독주택	172131	972	1620	2689	3214	2492	2553	19664	30596	31348	23500	33466	9452	10565
아파트	356749	6973	8928	27686	14428	6939	17092	111638	91850	32228	29022	9729	236	0
연립주택	7267	36	206	252	410	621	113	1167	2196	610	1046	610	0	0
다세대주택	43231	305	1166	4049	8236	3044	1217	13643	10420	620	435	57	39	0
비거주용 건물내주택	11356	99	184	318	349	244	302	1689	2391	1809	1401	1912	369	289
인천광역시	687552	15926	21083	21008	40862	25061	22693	137299	204627	104610	49332	30129	6766	8156
단독주택	106233	901	1258	1542	2381	1789	2104	11811	15209	17047	15945	21587	6609	8050
아파트	380914	14480	18437	11782	11061	5009	13666	93436	116564	68397	24478	3604	0	0
연립주택	20055	49	100	1039	1052	582	331	1212	4203	2093	5509	3884	0	1
다세대주택	172475	424	1127	6422	26140	17488	6376	29598	66762	15625	2432	78	3	0
비거주용 건물내주택	7875	72	161	223	228	193	216	1242	1889	1448	968	976	154	105
광주광역시	366315	7174	6462	13340	8173	13510	16001	101718	88562	39418	34061	25216	6225	6455
단독주택	91915	747	992	1418	1498	942	1151	7913	11903	14072	17039	21692	6138	6410
아파트	260701	6216	5051	11310	5448	12035	14466	92401	74008	23723	13256	2787	0	0
연립주택	5104	7	2	1	1	47	15	148	1132	603	2857	291	0	0
다세대주택	3382	123	266	410	1000	317	115	285	377	175	306	8	0	0
비거주용 건물내주택	5213	81	151	201	226	169	254	971	1142	845	603	438	87	45
대전광역시	363630	8870	13264	9001	12172	9353	12435	73749	121274	42553	27253	23240	5557	4909
단독주택	85558	665	1152	1932	2406	1576	1560	7835	10127	12899	15852	19258	5464	4832
아파트	234035	7787	10640	5433	8329	7027	10060	55772	94451	25165	6595	2776	0	0
연립주택	14183	75	486	160	186	150	60	3727	4127	1458	3091	662	1	0
다세대주택	24949	290	856	1271	1104	516	632	5585	11321	2292	1064	18	0	0
비거주용 건물내주택	4905	53	130	205	147	84	123	830	1248	739	651	526	92	77
울산광역시	262561	4294	11060	11954	8722	8921	5209	65919	79762	26339	19804	14068	2686	3823
단독주택	63435	772	1122	1329	1440	1138	1347	8711	11724	11132	8865	9485	2604	3766
아파트	168512	3157	8932	8290	4284	5884	2836	50262	59824	13034	8557	3452	0	0

연립주택	7691	124	247	496	501	216	248	1523	1407	844	1411	671	3	0
다세대주택	16988	145	568	1578	2195	1491	550	4061	5422	492	447	39	0	0
비거주용 건물내주택	5935	96	191	261	302	192	228	1362	1385	837	524	421	79	57
경기도	260962 0	56970	140501	130770	188660	150034	116363	660938	627128	275521	140211	68545	24341	29638
단독주택	490709	6996	10972	13194	15776	13044	16113	89585	87889	71052	56665	56402	23679	29342
아파트	164055 9	46937	121016	88311	122976	105820	85178	482792	408009	125901	49092	4527	0	0
연립주택	144334	865	1222	4073	4680	3324	3555	31194	33976	30993	24903	5466	83	0
다세대주택	304165	1680	6229	23865	43895	26781	10135	50999	90710	43066	6512	236	56	1
비거주용 건물내주택	29853	492	1062	1327	1333	1065	1382	6368	6544	4509	3039	1914	523	295
강원도	445848	8391	12052	10844	16602	11868	19631	108008	89141	46758	39928	38098	20149	24378
단독주택	214318	3794	4968	5502	5804	4367	6893	34100	27091	19149	23344	35429	19760	24117
아파트	197693	4249	6409	4562	10182	7016	12038	68780	54446	20195	8901	915	0	0
연립주택	19642	65	106	275	104	77	137	2358	4026	5694	6135	662	2	1
다세대주택	3643	84	154	78	66	147	128	783	1514	407	282	0	0	0
비거주용 건물내주택	10552	199	415	427	446	261	435	1987	2064	1313	1266	1092	387	260
충청북도	424063	6641	10479	14839	12712	10359	14375	103338	104445	45593	33527	33462	13662	20631
단독주택	191659	3017	3800	3998	4682	3664	5707	29756	27922	21859	22863	30505	13464	20422
아파트	203032	3391	6068	10175	7483	6187	8182	69857	67471	16837	5663	1718	0	0
연립주택	15660	70	240	148	123	196	129	1721	4342	4457	3867	335	21	11
다세대주택	6000	59	150	267	184	136	107	523	3026	1335	213	0	0	0
비거주용 건물내주택	7712	104	221	251	240	176	250	1481	1684	1105	921	904	177	198
충청남도	583548	12415	22391	17749	15013	15640	26652	166605	109093	51675	38096	46945	22058	39216
단독주택	309962	5097	6162	6098	6840	6456	11381	54418	44346	32492	31107	44907	21726	38932
아파트	225293	6850	14982	10280	6648	8168	14035	103178	47531	11295	1976	350	0	0
연립주택	21485	111	293	335	360	278	361	3535	7157	4909	3599	532	14	1

다세대주택	16801	167	535	596	698	386	382	3445	8264	1852	389	87	0	0
비거주용 건물내주택	10007	190	419	440	467	352	493	2029	1795	1127	1025	1069	318	283
전라북도	553457	5941	10858	13370	16882	16939	17766	145349	117833	51982	47013	47698	21878	39948
단독주택	274370	3352	4107	4375	5384	4667	8804	43527	37183	26974	31665	43129	21570	39633
아파트	253609	2322	6384	8113	10518	11538	8321	98330	75670	20058	8998	3357	0	0
연립주택	13522	34	12	198	79	138	151	1346	2410	3534	5323	271	24	2
다세대주택	3305	119	151	398	564	327	108	332	846	318	124	13	0	5
비거주용 건물내주택	8651	114	204	286	337	269	382	1814	1724	1098	903	928	284	308
전라남도	617686	9396	13057	13497	19728	15276	19515	114154	127433	61274	54102	64084	37877	68293
단독주택	390971	4235	5361	5385	6382	6127	11905	50603	48155	39155	46156	61958	37520	68029
아파트	197996	4913	7024	7081	12368	8224	6321	58859	72410	16025	4096	625	50	0
연립주택	12068	50	215	407	254	285	477	1265	2502	4178	1963	455	16	1
다세대주택	4945	32	174	279	330	315	265	859	1889	379	290	89	44	0
비거주용 건물내주택	11706	166	283	345	394	325	547	2568	2477	1537	1597	957	247	263
경상북도	815173	11813	21030	20349	23924	24100	28788	190376	172201	78708	62413	74856	40061	66554
단독주택	434739	5755	7621	7632	8694	7449	12961	63934	57761	44311	44547	68676	39429	65969
아파트	310394	5318	11333	9154	10142	13571	13576	114173	94916	24667	10508	3036	0	0
연립주택	25794	70	392	976	1285	615	584	3639	7475	5090	4422	1226	20	0
다세대주택	25603	368	1215	1990	3138	1938	929	4817	8404	2018	778	8	0	0
비거주용 건물내주택	18643	302	469	597	665	527	738	3813	3645	2622	2158	1910	612	585
경상남도	875815	22712	31425	31476	36702	24636	30434	190286	203947	90425	70560	63581	26408	53223
단독주택	388402	4849	7126	7586	8415	6961	11426	62998	59902	44882	41605	53759	26009	52884
아파트	424577	16939	22289	20675	24560	15236	16700	110005	131723	38728	20502	7220	0	0
연립주택	24187	138	501	796	866	603	775	4713	4844	3874	5945	1132	0	0
다세대주택	22064	461	983	1728	2153	1331	868	8951	4115	833	553	80	0	8
비거주용 건물내주택	16585	325	526	691	708	505	665	3619	3363	2108	1955	1390	399	331

제주도	143189	2855	4831	6366	5745	8117	6467	24613	29599	14944	13228	16982	5402	4040
단독주택	76798	826	1396	1602	1767	1466	2164	10708	10182	9816	11659	15872	5338	4002
아파트	34811	1691	2016	2023	1577	4486	2081	7850	9840	2386	176	685	0	0
연립주택	10492	66	338	615	638	843	894	1962	3446	862	770	58	0	0
다세대주택	17059	190	913	1905	1556	1184	1136	3231	5384	1389	171	0	0	0
비거주용 건물내주택	4029	82	168	221	207	138	192	862	747	491	452	367	64	38

## 나. 국내 철거업체 등록현황(1993년~2004년)

건물이 오래되었거나, 용도 변경을 하기 위한 경우, 또는 재건축을 위해 건축물 및 구축물을 해체하게 된다. 이 때 해당 건축물에 석면 함유자재가 있는 경우 건축물과 함께 석면함유자재의 해체·제거가 이루어진다.

건설업법 제4조 제1호의 규정에 의거하면, 주거용 건축물로서 연면적이 661m<sup>2</sup>(200평)를 초과하거나 기타의 건축물로서 연면적이 495m<sup>2</sup>(150평)를 초과하는 건축물을 신축하는 경우에는 건설업법에 의한 건설업자만이 시공할 수 있다. 따라서 기타 건축물 연면적 495m<sup>2</sup>(150평), 주거용 건축물 661m<sup>2</sup>(200평)이상의 건물은 비계철거면허를 보유하고 있는 자나 기관에 의뢰하여 건축물을 철거하게 된다.

통계청 자료(2004년)에 따르면 전국에 738개의 건축 및 구축물 해체 사업장(통계청 분류 코드 : F46111)이 있는 것으로 조사되었으며, 2004년 서울이 228개로 해체 사업장이 가장 많은 것으로 조사 되었고, 그 다음이 부산 103개, 경기도 85개 순이었다(표50.) 또한, 고층 및 지붕, 천장재에 사용된 석면 함유 자재의 경우 비계 및 형틀을 사용하여 제거를 하여야 한다. 2004년 현재 비계 및 형틀공사업체(통계청 분류 코드 : F46123)은 전국에 242개가 있는 것으로 확인 되었으며, 서울이 102개, 경기도 34개, 경남이 19개 순으로 조사되었다. 건축 및 구축물 해체사업체과 비계 및 형틀공사업체 수는 계속해서 증가하고 있는 경향을 보이고 있다.

표 50. 시도별 비계 및 형틀공사업장(자료출처 : 통계청)

	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	경기도	강원도	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주도	총계
2004	102	13	5	3	10	4	12	34	7	5	3	7	12	5	19	3	242
2003	82	18	4	5	14	9	11	27	6	4	3	5	7	8	20	1	223
2002	69	25	5	6	11	5	10	23	5	5	2	4	5	9	18	1	202
2001	57	13	5	10	9	3	7	12	6	8	2	11	7	6	15	0	171
2000	62	13	11	4	14	2	5	23	1	9	1	4	5	3	13	1	171
1999	39	4	6	6	12	2	3	17	1	4	1	2	3	0	3	3	103
1998	98	9	7	9	11	8	4	25	3	3	5	5	9	7	7	0	213
1997	93	12	9	6	7	5	6	22	4	1	9	2	6	8	14	1	205
1996	74	11	9	9	13	4	0	19	1	7	6	3	3	6	16	0	181
1995	49	13	10	5	9	4	0	20	4	1	6	3	2	4	15	0	146
1994	55	10	7	4	10	2	0	10	2	0	6	2	0	4	13	0	126
1993	50	11	7	5	9	2	0	14	2	0	7	1	2	5	7	1	125

표 51. 건물 및 건축물 해체사업장 (자료출처 : 통계청)

	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	경기도	강원도	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주도	총계
2004	228	103	39	17	25	21	19	82	45	24	24	19	12	20	35	25	738
2003	237	100	38	13	22	20	18	75	40	27	19	12	11	18	29	25	704
2002	200	89	36	18	29	15	17	67	34	23	16	12	13	22	26	21	638
2001	176	73	35	24	33	15	12	61	25	16	12	18	8	19	19	16	562
2000	134	67	16	12	24	12	5	43	28	13	4	14	7	15	17	8	419
1999	137	56	25	14	12	12	5	31	21	13	4	14	5	7	18	11	385
1998	96	49	5	11	6	14	6	31	19	16	5	11	1	3	11	14	298
1997	105	53	9	13	9	18	12	27	18	14	2	13	1	7	15	12	328
1996	104	43	12	15	4	9	0	22	16	12	1	8	0	7	21	11	285
1995	77	36	7	9	5	11	0	10	9	5	3	8	1	3	16	13	213
1994	56	28	6	7	4	10	0	7	6	1	0	8	0	0	3	11	147
1993	37	27	5	1	2	6	0	3	6	2	1	4	0	3	2	10	109

## 다. 석면 분석

사업주는 설비 또는 건축물을 해체·제거하기 이전에 석면함유여부를 파악하여야 하며, 석면 함유자재 해체·제거 작업 중 작업환경 및 주변 환경의 석면 노출 농도를 파악하기 위하여 석면 분석을 하여야 한다.

2006년 3월 ~ 2006년 10월(8개월)까지 현재 국내에서 선진국의 석면 분석 정도관리 프로그램에 참여하여 석면분석능력을 인증 받은 기관은 아래와 같이 총 8개 기관으로 조사되었다(표52).

표 52. 선진국 석면 분석 정도관리 프로그램에 의해 석면 분석 능력을 인증 받은 기관

구분	기관(업체)명	PLM	PCM	SEM-EDX	TEM	XRD
정부관련 연구소	한국산업안전공단 독성화학물질센터	-	◎	-	※	-
	한국화학시험연구원	-	-	-	-	※
대학기관	가톨릭대학교 산업의학센터	△※	◎	-	-	-
기타	대한산업보건협회 중앙분석실	-	◎	-	-	-
업체	국제환경컨설턴트	◎	◎	-	-	-
	ETS컨설턴트	◎	◎	-	-	-
	우리환경컨설팅	-	◎	-	-	-
	에이렉컨설팅	◎	◎	-	-	-
	대한광업진흥공사	◎	-	-	-	-

◎ : 선진국의 석면 분석 정도관리 프로그램에 의해 석면분석능력을 인증 받은 기관(업체)

△ : 선진국의 석면 분석 정도관리 프로그램에 참여 중인 기관(업체)

※ : 선진국의 석면 분석 정도관리 프로그램에 참여하진 않지만 분석의뢰를 수행하는 기관

현재 국내의 작업환경측정된 시료분석은 노동부의 정도관리를 받는 기관에서 시행하고 있다. 2006년 7월 현재 노동부에 등록된 작업환경측정기관은 111개이다. 그 중 작업환경측정기관이면서 석면분석을 수행하고 있는 기관은 가톨릭대학교 산업의학센터와 대한산업보건협회 중앙분석실로 2개 기관밖에 없다.

## 라. 국내 산업위생기사, 산업기사, 기술사 현황

국내 작업환경관리에 대한 인프라는 크게 그 역할에 따라 산업위생관리기술사와 산업위생관리기사, 산업위생관리산업기사 세 분류로 나누어 볼 수 있다. 2005년 9월 현재 산업위생기술사는 152명, 산업위생관리기사 2840명, 산업위생관리산업기사 3753명, 산업위생관리산업기사 3753명이다(표62).

표 53. 년도 별 산업위생 관련 자격증 취득자 현황 (단위:명)

구 분 \ 년 도	2005년	2004년	2003년	2002년	2001년	2000~1984년	계
산업위생관리산업기사	253	178	97	106	44	2162	2840
산업위생관리기사	175	280	184	105	52	2957	3753
산업위생관리기술사	5	9	11	4	12	111	152

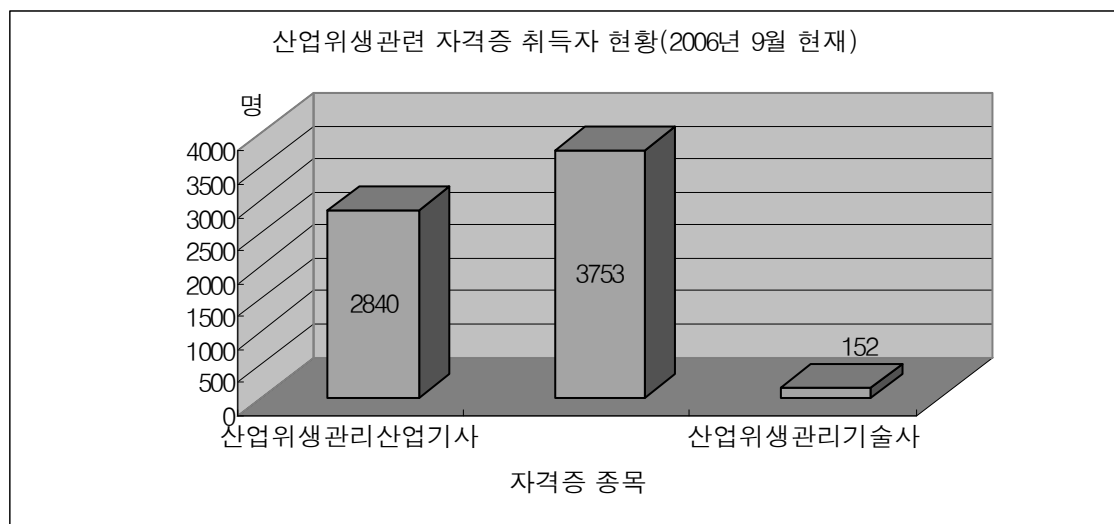


그림 20. 산업위생 관련 자격증 취득자 현황

## 8. 국내 작업환경측정기관의 석면 분석 업무에 대한 인식 조사

본 연구에서는 작업환경측정기관에서의 석면 분석에 대한 인식을 조사하기 위하여 분석관련 설문지를 작성하여 2006년 7월 현재 노동부에 등록된 작업환경측정 기관 총 111개에 설문지를 보내 작업환경측정기관이면서 석면 분석 수행 여부와 향후 분석 업무에 대한 인식 조사, 향후 분석기관으로의 참여성을 파악하기 위하여 설문조사를 실시하였다.

설문에 응답한 작업환경측정기관은 111개 기관 중 42개 기관으로 설문지 회수율은 37.83%였다.

### 가. 분석담당자와 석면분석담당자 수

설문에 응한 작업환경측정기관 중 분석담당자 보유여부를 묻는 항목에 응답한 기관은 41개 기관이었다. 그 중 분석담당자의 수는 2명이 51.22%로 가장 많았으며, 1명 있는 기관이 14%, 12명이 있는 경우와 15명이 있는 경우가 각각 1기관(2.44%)씩 있었다. 그리고 분석담당자가 없는 경우도 4기관(9.76%)이었다. 작업환경측정업체의 분석담당자는 총 83명이었다. (표54).

표 54. 분석담당자 보유 기관

명	기관수(%)	분석담당자수(명)
0	4(9.76)	0
1	14(34.15)	14
2	21(51.22)	42
12	1(2.44)	12
15	1(2.44)	15
총계	41기관	83명

석면분석담당자 여부에 대한 질문에 총23개 기관이 응답하였다. 그 중 석면분석담당자가 1명인 기관은 4곳, 2명인 기관은 2곳이며, 석면분석담당자가 없는 기관이 17곳이었으며, 석면 분석담당자는 총 8명이었다(표55).

표 55. 석면분석담당자 수

명	기관수(%)	석면분석담당자 수(명)
0	17(73.91)	0
1	4(17.39)	4
2	2(8.70)	4
총계	23기관	8명

#### 나. 석면 분석 장비(편광현미경, 위상차현미경)보유, 분석, 정도관리 현황

위상차현미경 보유 현황에 관한 설문에 응답한 34개 기관 중 위상차현미경을 보유하고 있는 기관은 3곳(8.82%)으로 조사되었고, 편광현미경 보유 현황에 관한 설문에 응답한 31개 기관 중 편광현미경을 보유하고 있는 기관은 2곳으로 조사되었다. 그리고 위상차현미경과, 편광현미경의 사용현황을 조사한 결과 위상차현미경 보유 기관 3곳 중 2곳이 사용 중이며, 편광현미경은 1곳만이 사용 중이었다(표56).

표 56. 석면 분석 장비 보유 및 사용현황

분석장비	보유유무	기관수(%)	사용현황	기관수	정도관리프로그램 참여 여부
위상차현미경	예	3(8.82)	사용 중	2	○
			사용 안함	1	×
	아니오	31(91.18)	-	-	-
편광현미경	예	2(6.45)	사용 중	1	×
			사용 안함	1	×
	아니오	29(93.55)	-	-	-

#### 다. 향후 석면 분석 수행과 문제점

각 기관의 향후 석면 분석 수행 의사를 조사하기 한 설문에 응답한 41개 기관 중 석면 분석을 수행하겠다는 기관은 총 16개 기관(39.02%)이었다. 또한 석면 분석을 수행할 의사가 있는 기관의 경우 준비되는 예상시간은 1년 이내가 6개 기관(37.50%)로 가장 많았으며, 2년

과 5년 이내가 각각 4곳(25.00%), 6개월 이내가 2곳(12.50%)으로, 준비기간을 1년 이내로 예상하는 기간이 가장 많았다(표57).

표 57. 향 후 석면분석 수행여부

수행여부	기관 수(%)	예상 준비기간	기관 수(%)
아니요	25(60.98)	6개월 이내	2(12.50)
예	16(39.02)	1년 이내	6(37.50)
계	41(100.00)	2년 이내	4(25.00)
		5년 이내	4(25.00)

또한 작업환경측정기관이 석면 분석 기관으로 참여의 문제점에 대한 설문항목은 39개 기관에서 응답하였다. 그 결과 석면 분석 장비 구입에 대한 어려움이 34개 기관(87.18%)으로 가장 많았으며, 석면분석 비용과 인증여부로 인한 어려움이 25개 기관(64.10%), 석면 분석 기관 인증제도 미비와 석면 분석 관련 제도에 대한 법률 미비가 각각 15기관(38.46%) 였다(표 58).

표 58. 석면 분석 기관 참여의 문제점

		도수	백분율
석면 분석 장비 구입 비용	아니요	5	12.82
	예	34	87.18
기존 분석 담당자- 석면분석 비용 및 인증여부	아니요	14	35.90
	예	25	64.10
석면 분석 기관 인증제도 미비	아니요	24	61.54
	예	15	38.46
석면 분석 관련 제도에 대한 법률 미비	아니요	24	61.54
	예	15	38.46

## 라. 석면 분석 교육 실시의 적정 기관과 비용

석면 분석 전문교육은 현재 미국 교육기관에서 위상차현미경과 편광현미경에 대해 각 교육당 4~5일(40시간)교육을 하고 있고, 비용은 약 150~200만원이 소요되고 있는 상황에서 국내에서 석면 분석 교육을 실시 할 경우 적정 기간과 비용에 대한 설문에 39개 기관이 응답하

였다. 석면 분석 교육의 적절한 기간은 3일이 18기관(46.15%)으로 가장 많았으며, 5일이 14기관(35.90%), 4일이 6개 기관(15.38%), 1주일 이상이 1기관(2.56%)순 이었다(표59).

교육비는 20만원 이하가 적절하다고 응답한 경우가 20개 기관(50%)였으며, 50만원 이하가 16개 기관(40%), 100만원이하가 4개 기관(10%)이었다(표59).

표 59. 석면 분석의 적절한 교육기간과 교육비용

적정 교육일수	기관 수(%)	적정 교육비용	기관 수(%)
3일	18(46.15)	20만원 이하	20(50.00)
4일	6(15.38)	50만원 이하	16(40.00)
5일	14(35.90)	100만원 이하	4(10.00)
1주일 이상	1(2.56)	150만원 이하	-

⑤ 석면 분석 기관 육성을 위한 분석 교육 참여

현재 작업환경측정기관에서 석면 분석 교육 참여와 관련한 설문에 42개 기관에서 응답하였다. 그 결과 참여할 의사가 있는 기관이 31개 기관(73.81%)였다. 또한 석면 분석장비인 위상차, 편광 현미경의 설비지원에 대한 설문에 34개 기관이 응답하였으며, 현미경의 설비지원을 요구하는 기관이 25개 기관(73.53%)이었다. 석면 분석 담당자 교육지원에 대한 설문에 33개 기관이 응답하였으며, 그 중 27개 기관(81.82%)이 지원하여야 한다고 답변하였다(표60).

표 60. 석면 분석 기관 육성에 대한 참여 및 정부 지원

	기관 수(%)
교육 참여	
아니요	11(26.19)
예	31(73.81)
현미경지원	
아니요	9(26.47)
예	25(73.53)
교육비 지원	
아니요	6(18.18)
예	27(81.82)

만약 정부의 지원 의사가 있다면 , 작업환경측정 기관에서 분석 업무 확대를 위하여 설비 및 교육비의 일부 비용 부담을 할 수 있는지의 설문에 34개 기관에서 응답하였고, 그 중 14개 기관(41.18%)만이 설비비용을 부담할 용의가 있는 것으로 조사되었다. 그리고 교육비를 부담할 용의가 있는지에 대한 설문에 31개 기관이 응답하였고, 그 중 19개 기관(61.29%)이 응답하였다(표 61).

표 61. 설비 및 교육비의 비용의 작업환경측정기관의 비용부담여부

지출여부	기관 수(%)
설비 비용	
아니요	20(58.82)
예	14(41.18)
교육 비용	
아니요	12(38.71)
예	19(61.29)

현재 국내의 석면 분석기관은 절대 부족한 실정이다. 이에 위상차 현미경과 편광 현미경 및 실험실 제반 설비에 대한 각 기관의 적정 부담률에 대한 설문을 실시한 결과, 위상차 현미경 구입의 작업환경측정기관의 적정 부담률이 10~25%가 응답한 23개 기관 중 12개 기관(52.12%)로 가장 많았으며, 25~50%가 9개 기관(39.13%), 50~75%가 2개 기관(8.70%)이었으며, 편광현미경의 경우 설문에 응답한 21개 기관 중 10~25%가 11개 기관(52.38%)로 가장 많았으며, 25~50%가 9개 기관(42.86%)이었다(표61).

표 62. 분석 장비(현미경), 교육, 실험실 제반설비의 작업환경측정기관의 적정 부담률

	기관 수(%)
위상차 현미경	
10~25%	12(52.12)
25~50%	9(39.13)
50~75%	2(8.70)
편광 현미경	
10~25%	11(52.38)
25~50%	9(42.86)
50~75%	1(4.76)
분석 담당자 교육	
10~25%	16(59.26)
25~50%	10(37.04)
50~75%	1(3.70)
실험실 제반 설비	
10~25%	8(38.10)
25~50%	12(57.14)
50~75%	1(4.76)

### Ⅲ. 결론

#### 1. 국내 석면 해체·제거 인프라 구축 방안 제안

국내 향후 석면 해체 및 제거 작업을 원활하게 수행하기 위해서는 다음과 같은 5개 분야에 대한 제도 신설, 제도 개선, 전문기관과 업체의 육성 등이 요구된다.

첫째. 법 및 제도

둘째. 자격 수료증, 인가, 허가제도의 도입

셋째. 전문 인력양성

넷째. 전문 교육기관, 분석기관, 업체

다섯째. 건강관리수첩 제도 수정

#### 가. 법

본 연구에서는 산업안전보건법에서 산업보건기준에 관한 규칙의 석면 해체·제거 관련 부분에 대하여 다음과 같이 제시한다.

표 63. 산업보건기준에 관한 규칙 현행 및 제안

현행	제안
제7절 석면해체·제거작업의 조치기준 제236조의2 (사전조사) 사업주는 설비 또는 건축물을 해체·제거하고자 하는 경우에는 당해 설비 또는 건축물의 석면함유 유무를 자재사용이력 또는 성분분석 등을 통하여 조사하고, 석면이 함유된 자재의 종류, 위치 및 범위 등 그 결과를 기록해 두어야 한다.	<p>◎ 사전조사 대상 추가</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건축법 24조 “건축물 철거·멸실의 신고“에 의거 건축물을 해체·제거하고자 하는 자</li> <li>- 사업장 및 설비를 해체·제거 교체 하고자 하는 사업주</li> </ul> <p>◎ 사전조사는 사전조사자를 통한 조사 의무화(건축법 24조)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사전조사자는 조사업무를 수행 할 때 이해관계가 상충되지 않도록 독립적인 활동이 보장되어야 한다. (★)</li> </ul> <p>◎ 신고 시 조사결과 제출(건축법 24조)</p> <p>◎ 독립된 분석기관 통한 분석(★)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 벌크와 공기 중 시료에 대한 분석을 독립된 기관에서 분석</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 분석 보고서 제출 시 국내외 정도관리 통과 여부, 분석자, 사진 등 기타 정보 포함</li> </ul> <p>◎ 분석 샘플 보관 권고</p>
	<p>◎ 관련 인력의 정의 및 자격</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 근로자 : 정의 및 자격</li> <li>- 사전조사자 : 정의 및 자격</li> <li>- 석면지도감리사</li> <li>- 석면 해체·제거업자</li> <li>- 석면 분석 전문기관</li> </ul>
<p>제237조 (석면해체·제거작업 계획수립)</p> <p>①사업주는 석면이 함유된 설비 또는 건축물을 해체하거나 제거하는 작업(이하 "석면해체·제거작업"이라 한다)을 행할 때에는 석면으로 인한 근로자의 건강장해를 예방하기 위하여 <u>작업절차, 작업방법, 근로자보호조치 등이 포함된 석면해체·제거작업 계획</u>을 수립하여야 한다.</p> <p>1. 석면해체·제거작업의 절차 및 방법</p> <p>2. 석면 비산방지 및 폐기방법</p> <p>3. 근로자 보호조치</p> <p>②사업주는 제1항의 규정에 따라 수립된 석면해체·제거작업 계획을 당해 근로자에게 주지시켜야 한다.</p>	<p>◎ 계획 수립</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 계획 수립 후, 작업 신고 시 첨부 내용</li> <li>- 작업 분류에 따라 고·중 위험 작업군에 계획 수립 시 석면지도감리사 참여</li> </ul> <p>◎ 석면 해체·제거 작업 신고 제도 도입</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 석면해체·제거작업의 절차 및 방법</li> <li>2. 석면 비산방지 및 폐기방법</li> <li>3. 근로자 보호조치</li> <li>4. 작업 참여 근로자</li> <li>5. 조사결과</li> <li>6. 책임 소재 및 보험 가입</li> </ol> <p>◎ 변경 발생 시 신고</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 작업 근로자 변경</li> <li>2. 작업 방법 변경</li> <li>3. 작업 기간 변경</li> <li>4. 작업 장비 변경</li> </ol>
<p>제238조 (경고표지의 설치) 사업주는 석면해체·제거작업을 행하는 장소에는 별표 10에 의한 표지를 출입구에 게시하여야 한다. 다만, 작업이 이루어지는 장소가 실외이거나 출입구가 설치되어 있지 아니한 경우에는 근로자가 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다.</p> <p>제238조의2 (개인보호구의 지급착용) 사업주는 석면해체·제거작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 방진마스크 또는 송기마스크, 고글형 보안경(눈부분이</p>	<p>◎ 보호구</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업 분류 및 노출 위험도에 따른 개인보호구는 별도 지정 사용 권장</li> <li>- 개인별 Face-fit test 실시</li> <li>- 평가 결과 기록 보관</li> </ul> <p>◎ 위생설비</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업분류에 따른 위생설비 위치 제안</li> <li>- <b>고위험 작업군 : 반드시 연결</b></li> </ul>

<p><u>노출된 경우에 한한다) 및 신체를 감싸는 불침투성 보호의 등을 지급하여 착용하도록 하여야 한다.</u></p> <p><u>제238조의3 (출입의 금지) 사업주는 작업 계획을 숙지하고 개인보호구를 착용한 자 이외에는 석면해체·제거작업장에 출입하게 하여서는 아니 된다.</u></p> <p><u>제238조의4 (흡연 등의 금지) 사업주는 석면해체·제거작업장에서 근로자가 담배를 피우거나 음식을 먹지 아니하도록 하여야 한다.</u></p> <p><u>제238조의5 (위생설비 설치 등) ①사업주는 석면해체·제거작업장과 인접한 장소에 탈의실·샤워실 및 작업복갱의실 등의 위생설비를 설치하고 필요한 용품 및 용구를 비치하여야 한다.</u></p> <p><u>②사업주는 석면해체·제거작업 근로자가 착용했던 보호구 등은 작업복갱의실에서 벗어 밀폐용기에 넣어 보관하도록 하고, 석면 분진을 제거하기 위한 세척 등 필요한 조치를 하여야 한다.</u></p>	<p>- <b>중위험 작업군 : 연결 우선</b></p> <p>- <b>저위험 작업군 : -</b></p> <p>- 근로자 3인이 동시 사용 가능한 설비</p>
<p><u>제239조 (석면해체·제거작업시의 조치)</u> 사업주는 석면해체·제거작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 <u>그 작업의 종류에 따라 다음 각 호의 조치를 하여야 한다.</u></p> <p><u>1. 분무(噴霧)된 석면이나 석면이 함유된 보온재 또는 내화피복재의 해체·제거작업</u> <u>가. 작업장소가 실내인 경우 창문, 벽, 바닥 등은 불침투성 비닐 등으로 밀폐하고 당해장소를 음압(陰壓)으로 유지 할 것</u></p> <p><u>나. 작업장소가 실외인 경우 작업시 석면분진이 흩날리지 않도록 고성능 필터가 장착된 석면분진 포집장치를 가동하는 등 필요한 조치를 할 것</u></p> <p><u>다. 물 또는 습윤제를 사용하여 습식(濕式)으로 작업할 것</u></p> <p><u>라. 제238조의5 제1항의 규정에도 불구하고 작업장소가 실내인 경우에는 탈의실, 샤워실 및 작업복 갱의실 등</u></p>	<p>◎ 작업 분류를 대상물질, 작업 형태, 노출 농도에 따라 3개 형태로 분류</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 고 위험 작업군</li> <li>2. 중 위험 작업군</li> <li>3. 저 위험 작업군</li> </ol> <p>◎ 석면지도감리사 대상 : 고중 위험 작업군 석면지도감리사 역할 명시</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 근로자가 허가대상유해물질을 들여 마시거나 오염되지 아니하도록 석면 해체·제거업자와 함께 계획 수립 하는일 참여</li> <li>2. 당해 석면 해체·제거 작업장에 설치되어 있는 음압기 등 그 밖의 근로자의 건강장해 예방을 위한 장치 등을 매일 1회 이상 점검 및 평가하는 일</li> <li>3. 석면 해체·제거업자 및 근로자의 작업계획</li> </ol>

<p>의 위생설비를 작업장 입구와 연결하여 설치할 것</p> <p>2. 석면이 함유된 벽체, 바닥타일, 천정재의 해체·제거작업</p> <p>가. 창문, 벽, 바닥 등은 불침투성 비닐 등으로 밀폐할 것</p> <p>나. 물 또는 습윤제를 사용하여 습식으로 작업할 것</p> <p>다. 석면함유 벽체, 바닥타일, 천정재는 손상이 최소화되도록 해체·제거할 것. 다만 물리적으로 깨는 작업인 경우 작업장소를 음압으로 유지할 것</p> <p>3. 석면이 함유된 지붕재의 해체·제거작업</p> <p>가. 석면이 함유된 지붕재는 손상이 최소화되도록 해체하고 해체된 지붕재는 직접 땅으로 떨어뜨리거나 던지지 말 것</p> <p>나. 해체·제거작업은 물 또는 습윤제를 사용하여 습식으로 작업할 것. 다만 습식 작업이 불가능하거나 안전상 위험이 있는 경우에는 그러하지 아니함</p> <p>다. 난방 또는 환기를 위한 통풍구가 지붕 근처에 있는 경우에는 이를 밀폐하고 환기설비의 가동을 중단할 것</p> <p>4. 개스킷 등 기타 석면이 함유된 자재의 해체·제거작업</p> <p>가. 작업장소가 실내인 경우 창문, 벽, 바닥 등은 불침투성 비닐 등으로 밀폐할 것</p> <p>나. 작업장소가 실외인 경우 석면분진이 흩날리지 않도록 필요한 조치를 할 것</p> <p>다. 물 또는 습윤제를 사용하여 습식으로 작업할 것</p> <p>라. 석면이 함유된 자재는 손상이 최소화되도록 해체·제거할 것</p> <p>마. 당해작업이 위 제1호 내지 제3호의 작업과 유사한 경우에는 해당 작업의 조치기준에 따를 것</p>	<p>에 이행여부 에 대한 감독하는 일</p> <p>4. 근로자의 보호구 착용상황을 점검하는 일</p> <p>5. 작업완료 후 이를 점검 및 완료 보고를 하는 일</p> <p>◎ 자격</p> <p>◎ 석면지도감리사는 감리업무를 수행 할 때 이해관계가 상충되지 않도록 독립적인 활동이 보장되어야 한다. (★)</p> <p>◎ 비산방지</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 석면 해체·제거 대상 사업장 고려 제조·사용 범위 확대 적용</li> <li>- 석면 해체·제거 사업자는 사업장에서의 석면 분진 유출 여부를 확인하기 위하여 이에 대한 공기 질 평가 추가</li> </ul> <p>◎ 작업환경측정 첨부</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 보호구 선택용 측정(작업 개시 시 평가)</li> <li>- 근로자 개인 노출 평가</li> </ul> <p>◎ 작업완료에 평가</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 석면지도감리사 활용 및 완료 보고.</li> </ul>
<p>제241조 (잔재물의 흩날림 방지)①사업주는 석면 해체·제거작업에서 발생된 석면을 함유한 잔재물은 습식 또는 고성능필터가 장착된 진공청소기로 청소하는 등 석면분진이 흩날리지 아니하도록 하여야 한다.</p>	<p>◎ 비산 방지</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업장 외 비산 방지 조치</li> <li>- 비산 방지 여부 공기 질 평가</li> </ul> <p>◎ 작업 기간 내 공기 질 측정 의무화</p>

②사업주는 제1항의 규정에 의한 청소를 하는 경우 압축공기를 붙여서는 아니된다.	
제280조(자체검사) ① 사업주는 국소배기장치를 설치한 경우에는 1년에 1회 이상 필요한 사항에 대하여 자체검사를 실시하여야 한다.다만 「대기환경보전법시행령」 제10조제3항에 의한 굴뚝자동측정기기 부착대상 사업장으로서 작업환경측정 결과가 최근 2회 연속 노동부장관이 정하는 노출기준 미만인 경우에는 굴뚝자동측정기기 부착시설의 국소배기장치에 대한 자체검사를 1년간 면제한다.	◎음압기 , 진공청소기 검사 규정 추가 - 자체검사 - 지정검사 : 장비 외부 정도관리
② (생 략)	◎ 석면 해체·제거 작업의 경우 기록 보전 대상 및 보전기간 추가 1. 작업계획 및 방법 2. 참여근로자 및 작업 3. 건강검진결과 ◎ 근로자 건강관리수첩 관리방안 강구 - 사업주는 석면 해체·제거 작업 참여 근로자에게 건강관리수첩 제도 활용
	◎ 석면 해체·제거업 자격 및 면허 또는 허가 제도 ◎ 석면 해체·제거 관련 인력 전문 교육기관 허가제도

건축법 24조

표 64 건축법 시행령 제 24 조

	조문	수정 제안(안)
제 24 조 (건축물 철거·멸 실의 신 고)	<p>①법 제27조제1항의 규정에 의하여 법 제8조의 규정에 의한 허가대상건축물을 철거하고자 하는 자는 철거예정일 7일전까지 별지 제25호서식의 건축물철거·멸실신고서(전자문서로 된 신고서를 포함한다. 이하 이 조에서 같다)를 시장·군수·구청장에게 제출하여야 한다. [개정 94.7.21, 96.1.18, 2004.11.29 건설교통부령 제411호]</p> <p>②법 제8조의 규정에 의한 허가대상 건축물이 멸실된 경우에는 법 제27조제2항의 규정에 의하여 별지 제25호서식의 건축물 철거·멸실신고서를 시장·군수·구청장에게 제출하여야 한다. [개정 96.1.18, 99.5.11]</p> <p>③시장·군수·구청장은 제1항에 따라 제출된 건축물 철거·멸실신고서를 검토하여 천장재·단열재·지붕재 등에 석면이 함유된 것으로 확인된 경우에는 지체 없이 「산업안전보건법」 제38조에 따른 권한을 동법 시행령 제46조제1항에 따라 위임받은 지방노동관서의 장 및 「폐기물관리법」 제25조의2에 따른 권한을 동법 시행령 제41조에 따라 위임받은 시·도지사 또는 유역환경청장·지방환경청장에게 해당 사실을 통보하여야 한다. [신설 2005.10.20, 2006.5.12]</p> <p>④시장·군수·구청장은 제1항 및 제2항에 따라 건축물철거·멸실신고서를 제출받은 때에는 건축물의 철거·멸실 여부를 확인한 후 건축물대장에서 철거·멸실된 건축물의 내용을 말소하여야 한다. [신설 2006.5.12]</p>	<p>① 7일전 → 14일전</p> <p>② 철거·멸실신고서에 사전조사결과 보고서 첨부</p> <p>③ 사전조사자는 관련부처 법령의 규정에 따른다.</p>

표 65. 석면 해체·제거 작업의 위험 분류에 따른 대상 물질, 작업방법, 분진농도 및 보호구

분류	대상	작업방법	분진농도 및 보호구
고 위험	표면재 단열재 천정재 흡음재	(1) 건축물, 구조물, 기계 및 장비 또는 그것의 부속품을 해체·제거 및 유지보수를 위한 면적이 <b>0.09㎡를 초과</b> 하는 비고형 석면 함유물질.	1-5 f/cm <sup>3</sup> (100 X PEL) 고효율필터가 부착된 전면형 공기정화식 호흡보호구
		(2) 공기정화장치에 방화성 석면 함유물질이 분무된 상태 즉, 비고형 석면 함유물질이 시공된 환기통로 및 환기덕트 등의 해체·제거 및 유지보수.	5-10 f/cm <sup>3</sup> (1,000 X PEL) 이하
		(3) 석면함유물질이 시공된 보일러, 용광로, 건조로 또는 이와 같은 유사장치를 해체·제거하는 작업 (4) 건물 및 구조에 단열의 목적으로 시공된 석면함유물질의 해체·제거하는 작업 (5) 손상되거나 손상될 우려가 있는 천장재 또는 흡음재 등의 면적이 9.0 ㎡(3 m×3 m) 초과하는 고형 석면 함유물질을 <b>물리적 방법으로</b> 제거	고효율 필터가 부착된 모든 형태의 동력식 공기정화 호흡보호구 또는 연속적으로 작동하는 공기공급식 공기정화 호흡보호구 10-100 f/cm <sup>3</sup> (1,000 X PEL)이하 압력모드하에서 작동하는 전면형 공기공급식 공기정화 호흡보호구 10-100 f/cm <sup>3</sup> (1,000 X PEL) 초과 부가적으로 양압을 유지시키는 자가호흡보호기구가 부착된 압력모드하에서 작동하는 전면형 공기공급식 공기정화 호흡보호구
중위험	천정재 흡음재 지붕재, 석면 시멘트	(1) 습식방법을 사용하여 공기 중에 석면 섬유가 날리는 것을 제어 못하는 장소에서 고형 석면 함유 물질로 만들어진 제품을 무동력 수동식 공구를 사용하여 구멍을 내거나 자르는 작업.	0.1- 1 f/cm <sup>3</sup> (10 X PEL) 일회용 호흡보호구가 아닌 고효율 필터*가 부착된 반면형 공기정화식 호흡보호구
		(2) 고형 석면 함유 물질로 만들어진 제품을 고효율 필터가 장착된 기계식 및 전기식 동력공구를 사용하여 자르거나 그라인딩 작업 하는 경우. (3) 비고형 석면 함유물질이 있는 곳이나 해체·제거 작업지역에 접근하기 위해 천장 타일 또는 천장 보드를 일부 또는 전체를 해체·제거하는 경우. (4) 건축물, 구조물, 기계 및 장비 또는 그것의 부속품을 해체·제거 및 유지보수를 위한 <b>면적이 0.09㎡ 이내가 되는 비고형 석면 함유물질.</b> (5) 글러브 백을 이용하여 작업하는 경우. (6) 손상되거나 손상될 우려가 있는 천장 타일 또는 비닐바닥타일 등의 면적이 9.0 ㎡(3 m×3 m) 이내의 고형 석면 함유물질 제거하는 경우. (7) 석면함유 벽돌 모르타르, 벽재의 접합부분, 및 치장용 벽토 등을 수작업으로 해체·제거 또는 재시공 하는 경우	1-5 f/cm <sup>3</sup> (100 X PEL) 고효율필터가 부착된 전면형 공기정화식 호흡보호구
저 위험	인공물질 바닥재 벽면재 가스켓 등	(1) 고형석면 물질을 해체·제거하는 작업으로 물질의 상태가 부서지지 않은 온전한 상태로 제거하는 경우 .만약 고형석면 함유 물질 해체·제거 전 물질 상태가 손상 되었거나 해체·제거 과정 중 손상될 우려가 있을 경우 중 또는 고 위험 작업으로 간주 한다(예: 가스켓, 석면함유 바닥 타일, 석면 시멘트 제품, 석면함유 지붕재, 석면함유 마찰재 등). (2) 저 위험 석면 함유 해체·제거작업을 할 때 주위에 비고형 석면함유 물질이 존재 시 비고형 석면 함유물질을 건들이지 않아야 한다. 만약, 고형 석면함유 물질 해체·제거시 주위에 있는 비고형 석면 함유물질이 비산될 우려가 있는 경우, 고 위험 석면 해체·제거 작업 또는 중 위험 석면 해체·제거 작업으로 간주한다.	0.1f/cm <sup>3</sup> (1.0 X PEL) 이하 일회용 호흡보호구가 아닌 고효율 필터*가 부착된 반면형 공기정화식 호흡보호구

	고 위험	중위험	저 위험
대상물질	표면재 단열재 천정재 흡음재	천정재 흡음재 석면 시멘트 (지붕재, 벽면재) 바닥재	기타 마감재(접착재, 창문마감재 등) 바닥재(바닥 타일, 비닐 바닥재) 벽면마감재(페인트, 벽지 등) 가스켓 석면 시멘트(지붕재, 벽면재) 등
작업방법	(1) 건축물, 구조물, 기계 및 장비 또는 그것의 부속품의 비교형 석면 함유물질 해체·제거 작업 (2) 공기정화장치에 방화성 석면 함유물질이 분무된 상태 즉, 비교형 석면 함유물질이 시공된 환기통로 및 환기덕트 등의 해체·제거 및 유지보수 작업 (3) 석면함유물질이 시공된 보일러, 용광로, 건조로 또는 이와 같은 유사장치를 해체·제거하는 작업 (4) 건물 및 구조에 단열의 목적으로 시공된 석면함유물질의 해체·제거하는 작업 (5) 천장재 또는 흡음재 등의 면적이 9.0 m <sup>2</sup> (3 m×3 m) 초과하는 고형 석면 함유물질을 파쇄, 절단 등의 물리적 방법으로 해체·제거하는 작업	(1) 습식방법을 사용하여 공기 중에 석면 섬유가 날리는 것을 제어 못하는 장소에서 고형 석면 함유 물질로 만들어진 제품을 무동력 수동식 공구를 사용하여 구멍을 내거나 자르는 작업. (2) 고형 석면 함유 물질로 만들어진 제품을 국소배기장치와 고효율 필터가 장착된 기계식 및 전기식 동력공구를 사용하여 자르거나 그라인딩 하는 작업. (3) 비교형 석면 함유물질이 있는 곳이나 해체·제거 작업지역에 접근하기 위해 석면이 함유된 천정재 일부(9.0 m <sup>2</sup> (3m×3m) 이하)를 해체·제거하는 작업 (4) 건축물, 구조물, 기계 및 장비 또는 그것의 부속품을 해체·제거 및 유지보수를 위한 면적이 1m <sup>2</sup> 이내가 되는 비교형 석면 함유물질. (5) 클러브 백을 이용하는 작업. (6) 천장재 또는 바닥재 등의 면적이 9.0 m <sup>2</sup> (3 m×3 m) 이내의 고형 석면 함유물질 제거 작업. (7) 석면함유 벽돌 모르타르, 벽재의 접합부분 및 치장용 벽토 등을 수작업으로 해체·제거 또는 재시공 하는 작업	(1) 고형석면 물질을 해체·제거하는 작업으로 물질의 상태가 부서지지 않은 온전한 상태로 제거하는 작업 - 만약 고형석면 함유 물질 해체·제거 전 물질 상태가 손상 되었거나 해체·제거 과정 중 손상될 우려가 있을 경우는 중 또는 고 위험 작업으로 간주 한다 (예: 가스켓, 석면함유 바닥 타일, 석면 시멘트 제품, 석면함유 지붕재, 석면함유 마찰재, 접착재 등). (2) 고형 석면함유 물질 해체·제거시 주위에 있는 비교형 석면 함유물질이 비산될 우려가 있는 경우와 고형 석면 함유물질을 파쇄, 절단 등의 물리적 방법으로 해체·제거하는 작업은 중 또는 고 위험 작업으로 간주한다.
보호구	5-10 f/cm <sup>3</sup> (50-100 X PEL) 이하 고효율 필터가 부착된 형태의 동력식 공기정화 호흡보호구 또는 연속적으로 작동하는 공기공급식 공기정화 호흡보호구 10-100 f/cm <sup>3</sup> (100-1,000X PEL)이하 압력모드하에서 작동하는 전면형 공기공급식 공기정화 호흡보호구 100 f/cm <sup>3</sup> (1,000X PEL) 초과 부가적으로 양압을 유지시키는 자가호흡보호기구가 부착된 압력모드하에서 작동하는 전면형 공기공급식 공기정화 호흡보호구	0.1- 1 f/cm <sup>3</sup> (10 X PEL) 일회용 호흡보호구가 아닌 고효율 필터가 부착된 반면형 공기정화식 호흡보호구 1-5 f/cm <sup>3</sup> (10-50 X PEL) 고효율필터가 부착된 전면형 공기정화식 호흡보호구	0.1f/cm <sup>3</sup> (1.0 X PEL) 이하 일회용 호흡보호구가 아닌 고효율 필터가 부착된 반면형 공기정화식 호흡보호구
공기질 측정	석면 해체·제거 작업 장 비산방지(음압기 배출구, 작업장 주변농도등) 매일 측정	석면 해체·제거 작업 장 비산방지(음압기 배출구, 작업장 주변농도등) 매일 측정	석면 해체·제거 작업 장 주변농도 측정
위생 설비	3단 - 반드시 연결, 물 샤워 필수	2단 - 연결 우선, 물 샤워 권장	1단 - 작업장과 비작업장 분리 용
습윤화	○	○	-
음압	○	○	-
석면지도감리사	○	△	×
사전조사	○	○	○
근로자교육	○	○	○
계획서	○	○	-



민의 생명·건강 및 안전에 직결되거나 고도의 윤리성이 요구되는 분야는 법령이 정하는 바에 따라 민간 자격의 신설·관리 운영을 제한 할 수 있다. 이에 석면과 같이 발암성물질을 취급하는 근로자에 대하여 민간 기관에서 자체 민간 수료증 발급을 하는 점에 대하여 신중한 고려를 해야 한다. 석면 전문 교육과정을 이수한 자에 대한 수료증을 관리를 철저히 함으로서 석면 관련 인력에 대한 관리를 할 수 있으며, 이를 정보화할 경우 보다 체계적인 관리가 될 수 있을 것이다.

석면 관련된 수료증을 발급하고자 하는 기관은 노동부에 관련 분야에 대하여 인가를 받아야 하며, 민간 교육기관 활용 시 교육기관에 대한 질적 관리가 필요하다. 즉, 개인 자격에 대한 수료증의 관리를 위하여서는 교육을 실시하는 기관에 대하여 노동부가 인가제도를 도입하여 교육기관에 대한 관리를 철저히 하여야 한다. 이를 위하여 석면 교육의 경우 비영리 전문단체로서 현재 산업보건과 석면에 관한 전문 지식을 가지고 있는 학계 교수 또는 전문 인력을 보유하고 있는 단체에서 석면 관련 교육에 대하여 실시하여야 하며, 이러한 교육기관은 교육과정에 대하여 반드시 관련 부처의 인가를 받는 것을 고려해야 할 것으로 판단된다. 인가 후 해당 사항에 문제가 발생 시는 인가를 취소함으로써 교육기관에 대한 질적 관리를 할 수 있다.

해체 제거업을 하고자 하는 경우는, 허가 또는 면허 제도 도입이 필요하다. 이는 석면 해체·제거업자를 관리하기 위한 것이다. 현재 건축법에서는 비계철거업과 일반철거업에 대한 면허제도를 운영하고 있는데, 이는 건축 구조물 철거에 관한 면허이다.

현재 국내에서 석면 해체·제거에 관한 업체의 면허 및 허가의 조건은 없다. 석면 해체·제거의 경우 실내 작업이 대부분의 경우인데 실내 건축물에 대한 해체·철거에 대한 대규모 공사를 제외하고는 신고 규정도 없는 실정이다. 이에 석면 해체·제거에 참여하는 사업주와 근로자에 대하여 건축업에서의 발암성 물질 취급으로 인한 근로자의 보건관리 측면을 고려한다면 석면 해체·제거업에 대한 허가 또는 면허제도 도입이 필요하다.

## (2) 석면 관리 기관

앞에서 국내 석면 해체·제거 관리제도에서 석면관련 분야를 총괄 할 수 있는 기관의 설립을 제안하였는데, 이 기관은 새로운 기관의 설립이 아니면 기존 기관들의 유기적인 관계를 도모하기 위하여 노동부, 산업안전공단, 학계가 공동으로 구성하는 기관을 제시하는 바이다. 이 기관의 구성과 기능, 목적은 다음과 같다.

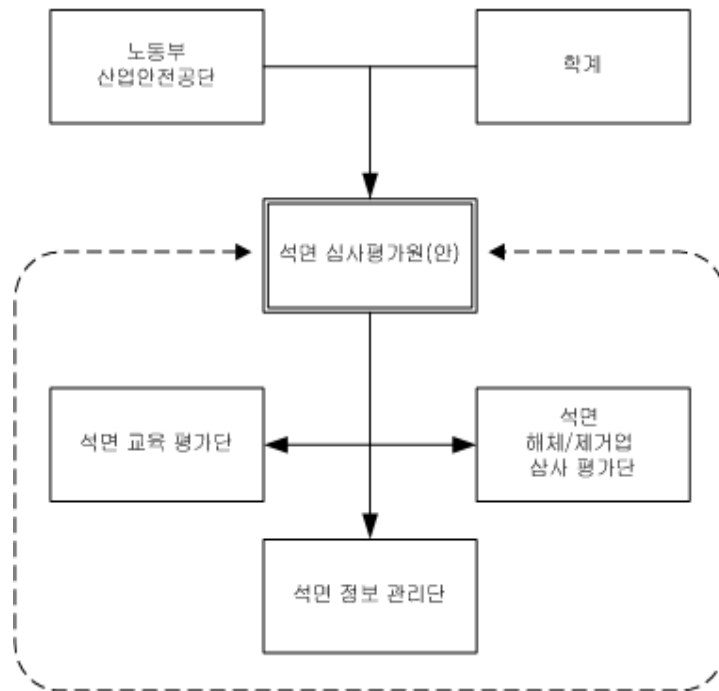


그림 22. 석면 심사평가원(안) 구성도

이 기관의 목적은 다음과 같다.

1. 전문 인력에 대한 수수료증 발급 현황을 파악
2. 전문 교육기관 설립 인가와 재평가
3. 석면 해체·제거 업체 허가 발급과 평가
4. 석면 해체·제거에 관련 정보시스템 관리
5. 근로감독관과 산업안전공단 지도원에게 정보 제공

## 다. 석면 관련 인력

국내에서 석면 해체 및 제거에 관련 전문 인력과 자격은 다음과 같이 제안한다.

표 66. 국내 석면관련 전문 구분 및 자격

구분	정의	자격
근로자	해체 및 제거하는 작업에 종사하는 자	1. 노동부 장관이 인가한 교육기관에서 전문교육을 이수한자
사전조사자	건축물 또는 사업장에서 건축 자재와 설비에서 석면의 사용 현황 및 상태를 파악하는 자	1. 산업위생기사와 산업기사 2. 노동부 장관이 인가한 교육기관에서 전문교육을 이수한자
석면지도 감리사	석면 해체·제거업자의 작업에 대하여 건축물 소유주 또는 건축회사를 대신하여 해체·제거업자를 감독 하는 자	1. 산업위생기술사, 산업위생기사 7년 이상(현장 실무 경력) 2. 산업보건 분야 석사·박사학위 소지자 3. 노동부 장관이 인가한 교육기관에서 전문교육을 이수한자 ※ 1 또는 2에 해당하며, 전문교육을 이수한 자
석면 해체·제거업자	건축물 또는 사업장에서 석면이 함유된 자재 및 설비를 해체·제거업 하는 자	1. 노동부장관이 인가하는 교육기관에서 전문 교육을 이수한 자로서 노동부 장관에 의해 해체·제거 업체로 허가된 자
분석사 분석기관	벌크 시료에 대하여 석면 함유 여부와 종류를 분석하는 자 석면 해체·제거 작업공정에서 근로자 노출 평가, 비산 방지 평가 또는 재입주를 위한 공기질 평가에 대하여 공기 중 석면 농도를 분석 하는 자	분석사 1. 노동부 장관이 인정하는 교육기관에서 분석 전문 교육을 이수한 자로서, 노동부의 정도관리를 받는 자.
		벌크 시료 1. 노동부장관이 인가한 국내·외 교육기관에서 편광 현미경 분석 전문 교육 이수자를 고용하고 있는 분석 기관 공기 시료 1. 작업환경 측정 기관 또는 노동부장관이 인가한 국내·외 교육기관에서 위상차 현미경 분석 전문 교육 이수자를 고용하고 있는 분석 기관

## 라. 전문 교육기관, 석면 해체·제거업체, 분석기관

### (1) 전문 교육기관

현재 선진국에서는 석면 관련 분야에 대한 전문 교육기관이 설립되어 석면에 관련하여 전문 교육과정을 실시하고 있다. 이에 국내에서는 석면 전문인력을 위한 교육 프로그램 개

발이 시급하다. 현재 국내의 교육관련 국내 인프라 현황은 없는 것으로 조사되었으며, 산업 보건 분야 및 석면에 대한 전문 지식을 가지고 있는 일부 교수진과 국외 교육기관에서 교육을 이수한 자를 제외 하고는 석면 관련 전문 교육을 실시 할 수 있는 능력을 보유하고 있는 사람은 거의 없는 실정이며, 또한 산업안전보건 및 기타 관련법에서도 이들 인력 분류, 역할, 자격, 책임에 대하여 어디에서도 정의되어 있지 않은 상태이다.

이를 위하여 다음과 같은 방안이 필요하다.

- 첫째. 노동부, 산업안전공단, 학회가 참여 석면심사평가원(안)에 석면 교육 평가단 구성
- 둘째. 교육기관에서 수립한 교육 내용 및 계획을 교육 평가단에서 검토
- 셋째. 교육기관 설립 인가제도
- 넷째. 지속적인 교육기관 관리제도

한국에서의 석면 작업관련 인력을 위한 교육 프로그램은 교육기관에서 개발하고, 앞서 언급한 석면 심사평가원(안)의 석면 교육 평가단(안)에서 검토해야 하며 다음의 대상에 대하여 평가해야할 것이다.

- 1. 교육 강사
- 2. 교육 시설/설비/교육 기자재
- 3. 실습 장소
- 4. 교육 내용

본 연구에서 제시한 인력은 근로자, 사전조사자, 제거업자, 감리기술사, 분석사로 구분하였으며, 각 인력에 대한 교육내용과 교육기간(안)은 다음과 같다.

표 67. 국내 석면 해체·제거 관련 인력 구분 및 교육 내용(안)

	근로자	사전조사자	해체·제거업자	석면지도감리사	분석사 1 (편광현미경)	분석사 2 (위상차 현미경)
교육과정	1. 석면 특성	1. 석면 특성 및 이용	1. 석면 특성 및 이용	1. 석면 특성 및 이용	1. 현미경의 구조	1. 현미경의 구조
	2. 건강상 영향	2. 건강상 영향	2. 건강상 영향	2. 건강상 영향	2. 전처리	2. 전처리
	3. 보호구/건강검진	3. 자격, 기능과 역할	3. 근로자 보호구	2. 역할/책임	3. 분석방법	3. 분석방법
	4. 제어 방법	4. 법적 책임	4. 제거작업 준비/계획	3. 보호구	4. 관련 법규	4. 관련 법규
	5. 작업 준비	5. 건축물 시스템 이해	5. 제거/청소/폐기	4. 석면제거장비	5. 분석사의 책임	5. 분석사의 책임
	6. 석면 제거	6. 공지	6. 개인 보건관리	5. 건축물 시스템 이해		
	7 유지 작업	7. 사전조사 계획 및 서류 조사	7. 작업장 안전 및 보건	6. 계약/계획 수립		
	8. 안전 및 보건	8. 조사/상태평가/기록보관	8. 보호구/건강 검진	7. 제거/청소/폐기		
	9. 관련 법규	9. 위험성 평가	9. 공기 질 측정	8. 공기 질 측정		
		10. 대책 및 O&M 수립	10. 분 석	9. 완료 확인		
		11 개인 보호 장비	11. 관련 법규	10. 작업장 안전 및 보건		
		12. 분 석		11. 기록 및 보고서		
		13. 관련 법규		12. 분 석		
				13. 관련 법규		
교육기간 실습기간 평 가	1일(8시간)	8시간/3일(8시간) 실습- 4시간 포함 평가(50문항) 매년 재교육	3일(8시간) 실습 - 4시간 평가(100문항) 매년 재교육	5일(8시간) 실습-1일 평가(150문항) 매년 재교육	3일(8시간) 평가(50문항)	2일(8시간) 평가(25문항)

아래의 표는 석면 교육 평가단에서 석면 교육 기관에 대한 인가 과정을 나타내고 있다. 신청 기관은 위에 제시한 교육기관 설립에 필요한 조건을 갖춘 후 석면심사평가원(안)에 신청하게 되며, 이를 석면 교육 평가단에서 1차 교육 내용 등에 관한 서류 검토와 2차 신청 기관을 방문하여 강사에 대한 인터뷰, 시설에 대한 평가를 한 후 인정을 하여 1년간의 유효 기관을 주며, 이 후 1년 마다 교육 결과에 대한 평가 후 재 인가를 결정한다.

표 68. 석면 전문 인력 교육기관 설립 과정(안)

과 정	내 용
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">교육 기관 설립 결정</div>	1. 강사 2. 교육시설 3. 교안 작성 4. 교육 계획
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">석면 교육 평가단</div>	1. 검토 계획 수립 2. 1차, 2차 검토 계획 기간 통보
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">1차 서류 검토</div>	1. 강사 자격 검토 2. 교육 계획 검토 3. 교안 검토
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">2차 현장 방문 및 인터뷰</div>	1. 교육기관 시설 검토 2. 실습 시설 검토 3. 강사진 인터뷰
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">교육</div>	1. 교육과정 개설 통보 - 교육과정 별 - 인원 - 평가 결과 통보 - 수료증 발급 통보
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">3차 교육 평가</div>	1. 교육평가 - 교육계획 준수 여부 - 교육결과 평가 2. 교육기관 인가 갱신/취소

## (2) 석면 해체 및 제거업체

현재 석면 해체/제거를 하고 있는 업체로는 위에 언급한 바와 같이 건축법에 의한 비계 철거 사업자, 일반 철거 사업자, 최근 사업을 하고 있는 석면 해체·제거 업체들로 구성되어 있다. 산업안전보건법에 의한 석면 사용·제조 허가에서는 석면을 사용·제조하려 하는 자는 노동부의 허가를 받아야 하지만, 석면 해체·제거의 경우 근로자가 해체·제거 작업 중 석면에 노출되므로 이에 대하여 허가제도를 도입해야 할 것으로 판단된다. 이를 위하여 앞에 제시한 석면 심사평가원에 석면 해체·제거업 심사 평가단이 도입되어 아래와 같은 사항에 대하여 검토해야 할 것이다.

1. 해체·제거업을 하고자 하는 자의 자격
2. 허가 절차
3. 장비
4. 근로자 보호 계획
5. 보험

위와 같이 석면 해체·제거업을 하고자 하는 경우, 평가단을 통하여 이에 대한 평가를 거쳐 사업허가를 받도록 해야 하며, 기존 사용·제조 사업장과 달리 매우 많은 수의 해체·제거업자가 난립할 것으로 예상되므로 이에 대한 허가 후 평가를 고려해야 한다. 아래 표는 석면 해체·제거업을 하고자 하는 경우 허가과정과 후 평가 과정을 나타내었다.

표 69. 석면 해체·제거업 설립 과정(안)

과 정	내 용
<pre> graph TD     A[석면 해체/제거업 신청] --&gt; B[석면 해체/제거업 심사 평가단]     B --&gt; C{1차 서류 평가}     C -- No --&gt; B     C -- Yes --&gt; D{2차 현장 방문 및 인터뷰}     D -- No --&gt; B     D -- Yes --&gt; E[허가]     E --&gt; F{재평가}     F -- Yes --&gt; B     F -- No --&gt; G[작업 평가]           </pre>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 석면 해체·제거 교육 이수자</li> <li>2. 석면 해체·제거 계획</li> <li>3. 석면 해체·장비</li> <li>4. 근로자 보호 계획</li> <li>5. 경력 증명</li> <li>6. 보험</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 검토 계획 수립</li> <li>2. 1차, 2차 검토 계획 기간 통보</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 석면 해체·제거 계획 검토</li> <li>2. 근로자 보호계획 검토</li> <li>3. 경력 검토</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 석면 해체·제거 회사 방문</li> <li>2. 보유 장비·설비 검토</li> <li>3. 제거 담당자 인터뷰</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 석면 해체·제거업 허가</li> <li>2. 석면 해체·제거업 실시</li> </ol>
	<p>작업 평가</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업 계획 준수 검토</li> <li>- 현장 평가</li> <li>- 근로자 보호 평가</li> </ul>

### (3) 석면 분석사 및 전문 분석기관

#### 가) 국내 석면 분석 전문가 인프라 구축 배경 및 문제점

석면 해체·제거 작업에 대한 전문인력 인프라 구축을 위해 우선 진행되어야 할 사항이 교육전문기관의 양성과 전문 분석기관이다. 이를 통해 건축물의 석면 해체·제거 인력을 배출하고, 석면 해체·제거 중 근로자 건강보호와 환경 중 노출 평가가 이루어져야 한다. 국내 석면 함유자재의 해체·제거 관련 법령 개정으로 인해 철거 건물 내 자재별 석면의 함유 여부 (예; 편광현미경법, PLM), 석면 함유자재의 해체·제거 작업 중 관련 근로자들에 대한 공기 중 석면 노출 농도 (예; 위상차현미경, PCM), 석면으로 인한 법 또는 경제적 분쟁이 발생 (예; 전자현미경법, TEM) 등으로 인해 석면 분석 수요가 증가할 것으로 예상된다.

그러나 국내는 석면 분석기관은 10개 기관 이내로서 그 수가 부족하며, 석면에 관한 정도관리 시스템도 미비한 상태여서, 석면분석이 가능한 모든 기관이 외국의 정도관리에 의존하고 있는 실정이다. 또한 국내 석면 분석 인프라 구축에 다음과 같은 문제점들이 있다.

- 전문 교육 기관 부재 : 석면 분석 인프라를 위해 석면 분석 전문 교육기관을 통해 석면 분석 전문가를 양성하여야 한다. 그러나 현재 국내에 석면 분석 전문 교육기관이 없어 석면 분석 전문 교육기관을 통한 석면 분석 전문가 양성은 불가능한 상황이다.
- 작업환경측정기관 분석 장비 부족 : 석면 분석 전문가를 양성함과 동시에 양성된 인력을 활용할 수 있어야 하는데, 현재 국내의 작업환경측정기관 및 분석기관 중 석면 분석을 위한 장비(PCM, PLM, SEM, TEM등)를 갖추고 있는 기관이 부족하다.
- 정도관리의 부재 : 현재 석면 분석기관은 대부분 미국 등의 기관에서 진행하는 정도관리 프로그램에 참여하고 있다. 그러나 정도관리 프로그램을 참여하는 것은 많은 불편함이 있다. 예를 들어 미국 PAT의 경우 다수(년간 4회) 정도관리를 시행하고 있고, 매번 미국에서 Test Sample을 받아야 하며, 가격 또한 비교적 고가이다.

#### 나) 석면 전문 분석 인프라 활성화 방안

석면 전문 분석 인프라를 구축하기 위해서는 우선 분석 교육기관, 석면 분석 전문 기관, 정도관리 방안 및 기관을 육성하여야 한다.

##### ■ 분석사 교육기관 육성 방안

① 석면 분석 교육 기관 설립 : 정부(노동부)의 지원을 통한 석면 분석 교육 기관을 설립하여 국내 분석 교육 담당자를 육성하여야 한다. 석면 분석 교육 기관 설립을 위해 아래와 같은 1,2차에 나누어 진행하는 것이 바람직하다.

- 1차 - 국외 분석전문가 초빙하여 국내 분석 교육 담당자 육성(안)

국외 전문기관 : 미국 McCrone, 영국 IOM 등 국외의 저명한 석면 분석 전문 기관에 전문가를 초빙하여 교육 담당자를 육성하고, 담당자를 통하여 국내 교육 과정 및 내용을 구축하게 한다.

- 2차 - 석면 전문 분석사 육성 프로그램(안)

석면 전문 분석사 육성 프로그램(안)의 대상은 석면 함유자재 해체·제거 작업장의 측정(작업환경측정)이 이루어지는 것을 감안한다면 노동부에 등록되어 있는 작업환경 측정 기관이 주 대상기관으로 적합하다. 석면 전문 분석사 육성 프로그램(안)은 분기별, 또는 년별로 진행하여 목표하고자 하는 석면 전문 분석 인프라를 구축하는 것이 바람직하다. 단, 1차 년도에 배출되는 석면 전문 분석사의 인력 수요가 급증할 것을 고려하여야 한다.

- 예상 교육 프로그램 및 참여 대상

교육내용은 석면 함유자재의 해체·제거 작업 전 석면 함유여부를 확인할 수 있는 편광현미경법(PLM)과 해체·제거 작업이 이루어지는 동안 작업환경 측정한 샘플을 분석할 수 있는 위상차현미경법(PCM)방법을 우선적으로 교육하여 급증할 석면 분석의뢰에 대한 대응을 하여야 한다. 교육 참여 대상은 작업환경측정 분석사, 산업위생기사 및 산업기사, 석면지도감리사, 환경부 다중이용시설 측정 업체, 개인분석업체 등으로 예상할 수 있다.

## ■ 석면 분석 전문 기관 육성 방안

분석 교육기관을 통해 배출되는 석면 전문 분석사가 소속되어 있는 분석기관에서 석면 전문 분석사로서의 역량을 발휘 할 수 있도록 해당 분석기관을 석면 분석 전문기관으로 육성할 필요성이 있다. 만약 석면 전문 분석사가 교육을 이수하여도 해당 분석기관에서 적절한 설비를 갖추고 있지 못하다면 무용지물이 되어 버리기 때문이다. 그에 따라 석면 분석 전문 기관 육성 방안을 다음과 같이 3가지 정도로 제시한다.

- 석면 분석 교육 기관을 통한 교육 지원 : 교육지원은 크게 교육 참가자에게 교육비를 지원하는 것과 분석기관에 편광현미경 또는 위상차현미경 등의 현물을 지원하는 것으로 나뉘 볼 수 있다.
- 석면 분석 기관 인증 : 석면 전문 분석 교육을 이수한 자가 속한 기관을 석면 분석 기관으로 인증하여 비석면 전문 분석기관 또는 분석사가 임의로 석면 분석을 하는 것을 방지하고, 의뢰하는 자가 신뢰할 수 있도록 한다. 또한 한 지역으로 분석 기관이 집중되는 것을 막

기 위하여, 정부가 우선 지원하거나 지원을 강화하는 지역별 중점 기관을 육성하고, 석면 분석에 관한 정도관리를 국내에서 실시되기 전까지 선진 외국의 정도관리 프로그램 신청 시 지원한다.

- 정도관리 방안 및 기관 : 국내 석면 분석에 관한 정도관리 시스템을 구축하기 위한 방법은 석면 분석 정도관리 기관 설립을 지원하거나, 기존 기관 중 적합한 기관을 선정하여 지원을 하는 방법이다. 이러한 국내 정도 관리 시스템을 구축하기 위해서는 국외 정도관리 기관과 연계를 하여 선진외국의 기술력과 정도관리 시스템을 검토하여 국내 실정에 맞는 정도관리 시스템을 개발하도록 하여야 한다. 결과적으로 국내 석면 분석 정도관리 시스템을 구축하기 위해서는 석면 표준시료 자체 개발이 필요하다 따라서 정부(노동부)에서 석면 표준시료 대체 개발연구에 대한 연구용역을 수행하도록 한다.

## 바. 건축물 석면 함유자재 해체 및 제거 과정

### (1) 해체·제거 과정 및 관련기관

본 연구에서는 위에 제시한 인력, 기관, 제도를 적용할 경우 아래와 같이 건축물 또는 사업장에서 석면을 함유하고 있는 물질에 대한 해체·제거에 대한 과정 흐름도를 나타내었다.

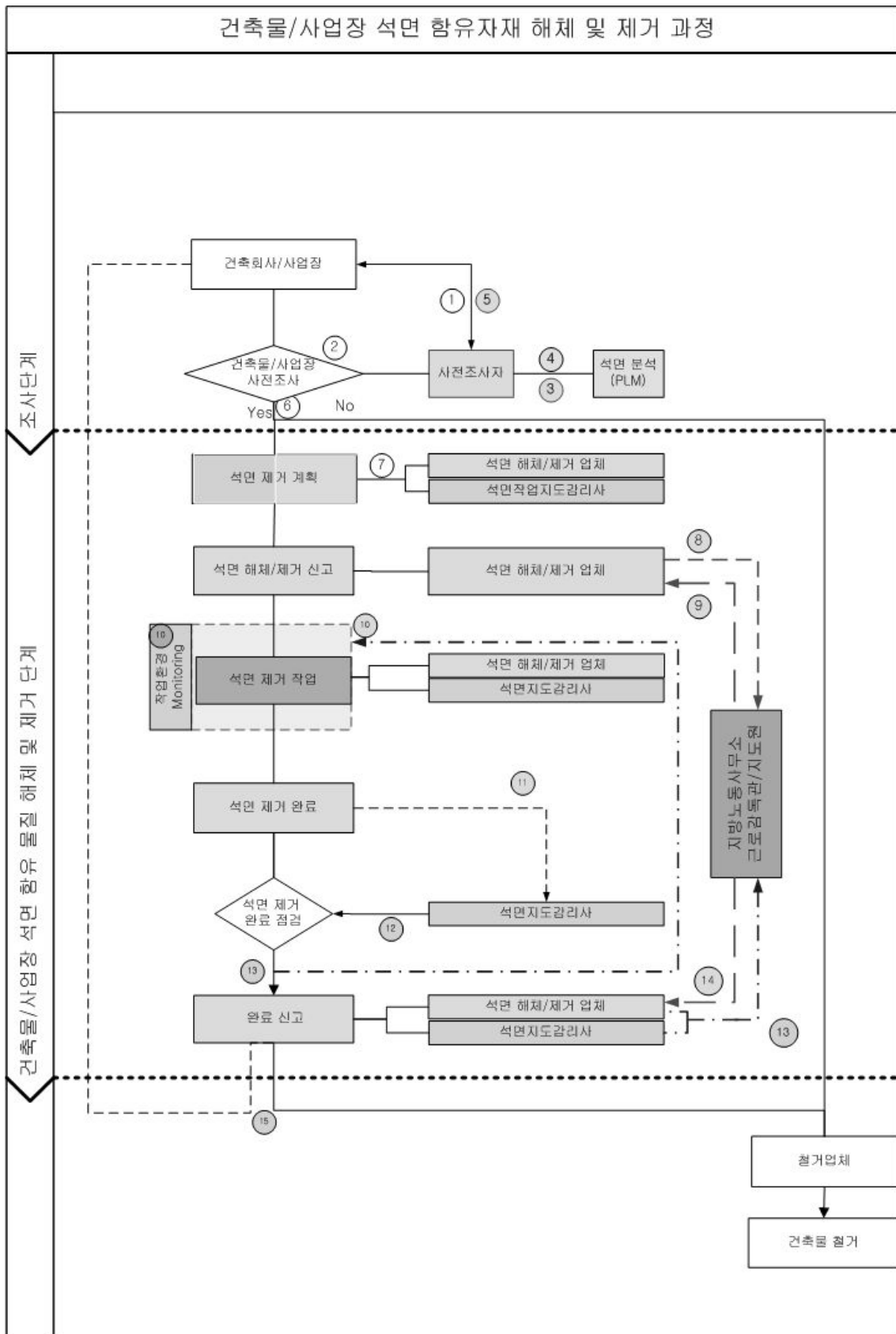


그림 24. 건축물/사업장에서 석면물질 해체·제거 과정

위의 그림은 석면 함유물질의 해체·제거의 관련 인력 및 기관등이 참여한 흐름을 나타내고 있으며, 아래의 표는 해체·제거 과정 ①-⑮의 해당 과정의 설명과 관련 기관을 제시하고 있다.

표 70. 건축물/사업장 석면 함유물질 해체·제거 과정 내용 및 관련 기관

연번	과정	관련 기관
①	건축물 철거·개 보수·설비 교체 결정 및 업체 선정 후 사전 조사 기관 선정	건축회사, 사업주, 설비 교체 업체, 조사기관
②	건축물 사전조사	조사기관
③	건축물 벌크 시료 분석 의뢰	조사기관 분석기관
④	분석 결과 보고	분석기관 조사기관
⑤	건축물 사전조사 결과 보고	건축회사, 설비교체업체, 사업주
⑥	건축자재 함유 결과에 따라 결정 있는 경우 - 석면지도감리사(작업 위험도 분류 따라) 없는 경우 - 일반/비계 철거업체 선정-철거 신고	
⑦	건축물 석면 해체·제거 계획 수립	해체·제거업자 석면지도감리사
⑧	석면제거 신고	해체·제거업자 지방 노동사무소
⑨	석면제거 신고 평가(서류 및 방문 확인) 후 허가	- 근로감독관 - 지도원
⑩	석면 해체 및 제거 작업 또는 재 작업 석면 작업환경 Monitoring 작업환경측정 근로감독관 또는 지도원 현장 방문	해체·제거업자 석면지도감리사 작업환경측정기관 근로감독관/지도원
⑪	석면제거완료 후 석면지도감리사에게 통보	해체·제거업자 석면지도감리사
⑫	석면 제거 점검 : 재 입주와 철거 시 별도 규정	석면지도감리사
⑬	석면 해체·제거 완료 신고 또는 재작업 지시	석면지도감리사
⑭	석면 해체 제거 완료 허가 통보	근로감독관 지도원
⑮	석면 해체·제거업자 원청회사에 완료 통보 원청회사·소유주 건축물 철거 계획 진행	사업주, 건축회사 설비교체업체

## (2) 해체·제거 과정 및 관련 기관의 운영

해체·제거 과정에서 관련 기관은 사전조사기관, 석면 분석기관, 해체·제거업, 작업환경 측정기관이다. 석면 관련 4개 기관은 각 자의 역할이 다른 기관과 매우 밀접한 관계를 형성하게 되며, 석면 문제에 대한 각 분야에 대한 결과에 대하여 책임을 가지게 된다. 이를 대비하기 위하여 국외의 경우 보험제도를 운영하고 있다.

이를 위하여 사전조사기관, 석면 분석기관, 해체·제거업, 작업환경 측정기관은 독립적으로 운영되는 기관이 석면 해체·제거 작업에 참여하여 각 기관의 전문적인 분야에 대하여 독립적으로 작업을 수행하고 이에 대한 책임을 지도록 해야 한다.

현재 일부 석면에 대하여 컨설팅을 하고자 하는 업체의 경우 국내 관련 법, 제도, 기관 인프라가 미비한 관계로 1개 회사에서 사전조사, 석면 분석, 해체·제거, 기술감리, 근로자 작업환경 측정, Clearance 평가까지 전부 실시하고 있는 실정이다. 그러나 국외에서는 1개 회사가 다기능을 할 수는 있지만 한 사업장에서 다 기능을 할 수 없도록 하고 있다.

이에 국내에서도 전문회사에서 석면에 대한 전반적인 역할을 할 수 있으나, 한 사업장에서 모든 역할을 다 할 수 없도록 하는 것이 고려해야 할 것이다.

## 2. 건축물 내 석면 함유자재 해체·작업 인프라 구성의 필요인력 예측

### 가. 국내 건축물 크기에 따른 현황

국내 철거 대상 건축물은 매년마다 많은 변화를 보이고 있다. 그러나 2004년과 2005년의 건축물의 현황의 변동이 거의 없고, 그 분포도가 비슷하여 인프라 구성의 필요인력 예측은 가장 최근자료인 2005년 자료를 사용하였다.

건설업법 제4조 제1호의 규정에 의거 주거용건축물로서 연면적이 661m<sup>2</sup>(200평)를 초과하거나 기타의 건축물로서 연면적이 495m<sup>2</sup>(150평)를 초과하는 건축물을 신축하는 경우에는 건설업법에 의한 건설업자만이 시공할 수 있다. 따라서 기타 건축물 연면적 495m<sup>2</sup>(150평), 주거용 건축물 661m<sup>2</sup>(200평)이상의 건물은 비계철거면허를 보유하고 있는 자나 기관에 의뢰하여 건축물 철거하게 된다. 이에 따라 국내 건축물을 면적에 따른 분포를 볼 때 500m<sup>2</sup>이하의 5,699,902동(88%)이고, 500m<sup>2</sup>이상은 669,880동(12%)이다. 따라서 500m<sup>2</sup>이하의 것은 전문철거

업체를 거치지 않고 개인이 시공할 수 있으며, 현실적으로 이 경우 많은 수가 관할청에 신고 없이 시공이 이루어지고 있는 실정이다(표 70). 또한 층수별 건축물 분포를 살펴보면 건물 중 5층 이하 건축물은 6,143,397동(96%)이며, 5층 이상 건축물은 총 226,385동(4%)이다.

표 71. 면적별 건축물 현황(2005년)

	2004		2005	
	동수	비율(%)	동수	비율(%)
면적별 계	6,356,890	100	6,369,782	100
1백㎡미만	3,220,775	51	3,255,187	51
1백㎡-2백㎡미만	1,492,972	24	1,465,118	23
2백㎡-3백㎡미만	470,416	7	455,478	7
3백㎡-5백㎡미만	518,433	8	524,119	8
5백㎡-1천㎡미만	345,071	5	351,235	6
1천㎡-3천㎡미만	187,010	3	189,557	3
3천㎡-1만㎡미만	87,455	1	92,587	2
1만㎡이상	34,758	1	36,501	1
신고대상			669,980	11%

표 72. 층수별 건축물 현황(2005년)

층수	1F	2-4F	5F	6-10F	11-20F	21-30F	31F이상	합계
건물수(동)	4,139,161	2,004,236	112,614	52,011	53,355	8,241	164	6,369,782
계	6,143,397(96%)		226,385(4%)					

## 나. 사전 조사자

건축물내 석면함유 자재를 조사하기 위하여 사전 전문가 필요하다. 그러나 건축물내의 석면 함유자재는 상황과 여건에 따라 매우 다양하여 건물전체를 기준으로 하여 획일적으로 석

면고형식으로 채취 수 및 소요일수를 제시하기 힘들다.

예를 들어, 같은 시기에 시공된 사무작업을 목적으로 하는 대형 건물과 5층 상가건물이 있다고 가정하면, 사무작업을 목적으로 하는 대형건물일 경우 일반적으로 동일한 자재를 층별로 동일한 위치에 사용하게 된다. 그러나 상가 건물은 특성상 기능적으로 차이가 있는 구역으로 나뉘어 동일한 최초 동일 자재를 사용하더라도 상가건물의 경우 특성상 대형건물보다 많은 리모델링이 이루어지게 되어, 최초 시공 당시 사용하였던 자재들 보다 더 많은 종류의 자재들이 사용되었을 가능성이 많다.

따라서 사전조사자가 한 건물을 조사하였을 때 반드시 작은 건물은 짧은 시간에, 큰 건물 긴시간이 소요된다고 말 할 수는 없다.

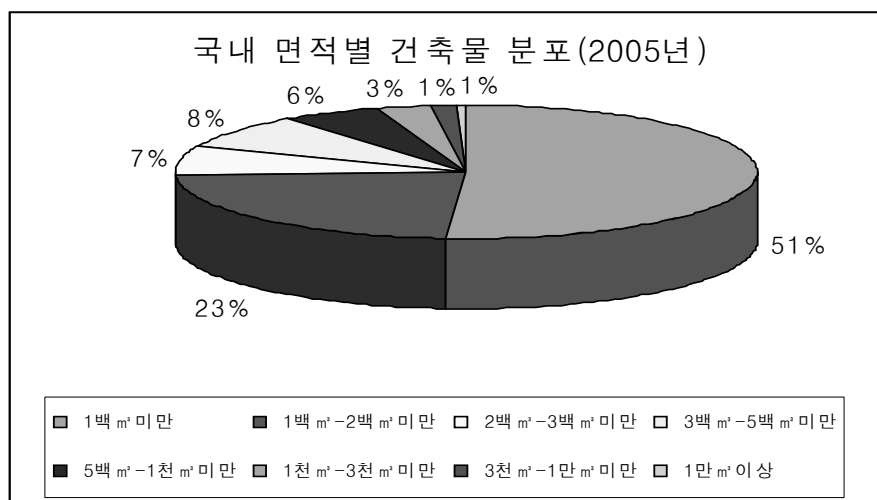


그림 25. 국내 면적별 건축물 분포(2005년)

## (1) 연간 석면 함유자재 조사 소요일수

건물의 면적에 따라 임의로 석면조사자의 예상 일수를 적용하였다. 또한 모든 건축에 대해 석면 함유자재를 조사하는 것이 아니므로 임의로 20%정도의 건물에서 석면함유자재를 조사하는 것으로 정하였다. 또한 사전조사자 1인이 연간 200일을 조사하는 것과, 재건축법에서 20년 이상 된 건물은 노후화되어 재건축가능 건물로 인정하고 있음으로, 건물을 20년간 균등 분할하여 제거한다는 가정 하에 계산하였다.

신고대상	건축물	20년	조사일수	사전조사자
1백 m <sup>2</sup> 미만				
1백 m <sup>2</sup> -2백 m <sup>2</sup> 미만				
2백 m <sup>2</sup> -3백 m <sup>2</sup> 미만				
3백 m <sup>2</sup> -5백 m <sup>2</sup> 미만				
5백 m <sup>2</sup> -1천 m <sup>2</sup> 미만	351,235	17,562	2	35,124
1천 m <sup>2</sup> -3천 m <sup>2</sup> 미만	189,557	9,478	3	28,434
3천 m <sup>2</sup> -1만 m <sup>2</sup> 미만	92,587	4,629	5	23,147
1만 m <sup>2</sup> 이상	36,501	1,825	7	12,775
합계(총 조사일수)	669,880	33,494	-	99,479
조사일(일/인-년)	200			
필요 조사자 수	총 조사일수/사전조사자 1년 조사 일수			497
기관 수(3인)				166

그림 26. 사전조사자 수요 예상

건축법상 철거 신고를 대상으로 500m<sup>2</sup>의 건축물만을 조사대상의로 하여 계산한 결과, 연간 총 필요한 사전 조사자는 약 500명이며, 한 기관에 조사자 3인이 근무할 경우 총 166개의 조사기관이 필요하다(그림 33).

## 다. 석면 해체·제거 근로자

석면 해체·제거 근로자는 개인 또는 팀의 숙련도와 경험에 따라, 석면 함유자재의 종류와 설치 위치 등에 따라 작업속도에 따라 차이가 있다. 제거 근로자 1인이 연간 180일 동안 작업을 하고, 건물의 면적 크기에 따라 500m<sup>2</sup>~1,000m<sup>2</sup>미만은 작업일 수가 10일, 1,000m<sup>2</sup>~3,000m<sup>2</sup>미만은 30일, 3,000m<sup>2</sup>~10,000m<sup>2</sup>미만은 60일, 10,000m<sup>2</sup>이상은 90일로 가정하여 계산한 결과 연간 석면 해체·제거 근로자는 약 2,500명 필요하다(그림 34).

신고대상	건축물	20년	작업일수	총 작업일수 대상 건물(50%)
1백 m <sup>2</sup> 미만				
1백 m <sup>2</sup> -2백 m <sup>2</sup> 미만				
2백 m <sup>2</sup> -3백 m <sup>2</sup> 미만				
3백 m <sup>2</sup> -5백 m <sup>2</sup> 미만				
5백 m <sup>2</sup> -1천 m <sup>2</sup> 미만	351,235	17,562	10	87,809
1천 m <sup>2</sup> -3천 m <sup>2</sup> 미만	189,557	9,478	30	142,168
3천 m <sup>2</sup> -1만 m <sup>2</sup> 미만	92,587	4,629	60	138,881
1만 m <sup>2</sup> 이상	36,501	1,825	90	82,127
합계	669,880	33,494	-	450,984
작업일(일/인)	180			
근로자 수	2,505			

그림 27. 석면 해체·제거 근로자 수요 예상

## 라. 석면지도감리사

석면 해체·제거 작업이 소규모일 경우에는 공사기간의 단기간(1일~3일내)에 이루어지고, 환경 및 작업장 내 석면의 노출로 인한 피해가 비교적 국소적이며, 공사비용이 석면지도감리사를 고용하여 작업장을 관리할 수 있는 여건이 되기 힘들다. 건물의 면적보다는 건물의 크기에 규모기와 높이에 따라 공사의 일정과 규모가 변할 수 있다. 건물의 높이가 높을수록 건물의 구조 뿐만 아니라 배수, 난방, 환기등 다양한 곳에 많은 양의 석면 함유자재를 사용할 가능성이 높다. 따라서 일반적인 면적에 따른 분류 보다는 건물의 층수에 따라 석면지도감리사의 고용이 가능여부를 예상하는 것이 현실적으로 타당하다. 따라서 5층을 기준으로 그 이상의 규모에서만 석면지도감리사의 수요가 있을 것으로 예상하였으며, 그 중 석면자재를 사용하지 않았거나, 비교적 석면사용이 적은 건물을 50%로 예상하여 나머지 50%만이 석면지도감리사를 고용할 것으로 예상하였다. 또한 층수에 따라 감리 일수를 달리 하였으며, 그 중에서도 고위험군 50%와 20%로 나누어 석면지도감리사의 수요를 예상하였다.

그 결과 고위험 작업군을 전체 건물의 50%인 경우는 연간 200명, 20%인 경우는 연간 80명의 석면지도감리사가 필요하다(표 35).

	5F	6-10F	11-20F	21-30F	31F이상	합계	
건축물 수	112,614	52,011	53,355	8,241	164	56,886	
대상 건축물 ( 50% )	56,307	26,006	26,678	4,121	82		
일수	5	10	30	60	90		
총 작업일수	281,535	260,055	800,325	247,230	7,380	1,314,990	
20년	14,077	13,003	40,016	12,362	369	79,826	일/년
고위험 작업군 50%	7,038	6,501	20,008	6,181	185	39,913	일/년
200일/인						200	명
고위험 작업군 20%	2,815	2,601	8,003	2,472	74	15,965	일/년
200일/인						80	명

그림 28. 석면지도감리사 수요예상

## 마. 석면 해체·제거업

현재 국내 석면 해체·제거 업체들의 대부분은 기존의 일반 철거업자나 비계철거업자가 주로 이루고 있다. 그러나 그들은 석면의 위해성과 석면 해체·제거 작업에 대한 기술력을 갖추고 있지 않고 있어, 관련 근로자 및 지역주민이 석면에 노출되는 것을 적절히 예방하지 못하는 경우가 많다. 따라서 석면 해체·제거업자는 석면 해체·제거작업을 적절하게 조성하고, 관리할 의무가 있으므로 그에 적절한 지식과 기술을 갖추고 있어야 한다.

석면 해체·제거업에 대한 인프라 구성은 노동부법령에 석면 해체·제거작업을 하기 위해 적절한 교육과 인증 관한 제도와 적절한 교육프로그램을 운영하게 되면 석면 해체·제거작업을 하고자 하는 석면 해체·제거업관련 종사자들이 자발적으로 참여할 것으로 예상된다.

## 사. 석면 전문 분석사

2006년 현재 국내 선진국 석면 분석 정도관리 프로그램에 참여한 기관은 7개로 파악되었다. 그 중 고형시료(Bulk sample)을 분석할 수 있는 곳은 3곳, 공기 중 시료를 분석할 수 있는 곳은 6곳이었다.

분석의뢰 예상 수는 석면 고형시료(Bulk sample)와 공기 중 시료로 나눠 고려해야 한다.

## (1) 고품시료(Bulk sample)

건물에 대한 고품시료를 일괄적으로 적용하는 것은 불가능하다. 면적이 작은 건물이라도 석면 함유자재를 많이 사용한 건물이 있을 수 있고, 면적이 큰 건물이라 할지라도 석면 함유자재를 거의 사용하지 않은 건물이 있을 수 있기 때문이다.

따라서 면적에 따라 임의로 예상 분석건수 지정하였고, 분석사의 하루 분석건수는 영국 HSE의 규정을 참고하여 30건/일로 예상하였다. 또한 시료/㎡는 500㎡~3,000㎡미만 건물은 1개/25㎡와 500㎡~3,000㎡미만의 건물보다 동일자재를 사용의 면적이 넓을 것으로 예상되는 3,000㎡이상의 건물은 1개/50㎡로 정하여 계산하였다.

그 결과 필요 PLM분석사 수는 176명~401명이었고, 한 기관에 3명의 PLM분석사가 근무할 경우 59개~134개의 분석기관이 필요하다(표 36).

신고대상		20년	기준	PLM	
				하한	상한
1백㎡미만	-	-			-
1백㎡~2백㎡미만	-	-			-
2백㎡~3백㎡미만	-	-			-
3백㎡~5백㎡미만	-	-			-
5백㎡~1천㎡미만	351,235	17,562	25㎡	351,235	701,768
1천㎡~3천㎡미만	189,557	9,478		379,114	1,136,963
3천㎡~1만㎡미만	92,587	4,629	50㎡	277,761	925,777
1만㎡이상	36,501	1,825		365,010	365,010
합계	669,880	33,494		1,373,120	3,129,518
분석 일수(일/인-년)	-	-		260	260
분석건수				30	30
필요 분석사 수				176	401
기관 수(3인)				59	134

그림 29. PLM분석 대상 수요 예상

## (2) 공기 중 시료

공기 중 석면 농도를 측정하는 것은 작업장 환경, 크기, 방법, 종류에 따라 틀리다. 공기 중 시료에 대한 것도 고품시료(Bulk sample)처럼 획일적으로 적용하기에는 어려움이 있다. PCM분석은 260일/년 가능할 것으로 예상하였고, PCM분석은 PLM분석에 비해 비교적 쉽고, 빠른 시간내에 가능함으로 분석사 1인이 50개/일의 샘플을 분석할 수 있을 것으로 예상

하였다. 그 결과 연간 필요한 분석사 수는 347명이 있으며, 한 기관에 3명의 PCM분석사가 근무할 경우 116개의 기관이 필요하다(표 37).

신고대상	건축물(50%)	20년	작업일수	총작업일수	PCM (10개/일)
1백㎡미만					
1백㎡-2백㎡미만					
2백㎡-3백㎡미만					
3백㎡-5백㎡미만					
5백㎡-1천㎡미만	351,235	17,562	10	87,809	878,080
1천㎡-3천㎡미만	189,557	9,478	30	142,168	1,421,670
3천㎡-1만㎡미만	92,587	4,629	60	138,881	1,388,810
1만㎡이상	36,501	1,825	90	82,127	821,270
합계	6,369,782	318,489	-	450,984	4,509,840
분석일수(일/인-년)	-	-			260
1인 분석건수				-	50
필요 분석사 수					347
기관 수(3인)					116

그림 30. PCM 분석 대상 수요 예상

### (3) PLM, PCM 분석사 교육시 고려점

고형시료와 공기 중 시료 예상 분석사 수는 고형시료 분석은 401명, 공기 중 시료는 347명이었다. 그러나 고형시료 분석과 공기 중 시료 분석은 한 분석사에게 교육이 가능하므로 공기 중 시료 분석시 요구되는 인력에게 고형시료 분석을 함께 교육시키면 된다.

## 3. 석면 해체·제거 관리 인프라 구축을 위한 예상 비용 계산

### 가. 건설현장 관련 자 교육(분석 외)기관

건설현장 관련자라 함은 건설현장과 직접적인 관련이 있는 해체·제거 근로자, 제거업(자), 사전조사자, 석면지도감리사를 지칭한다. 위의 석면 해체·제거 작업 관련 근로자들이 양성되기 위해서는 양질의 교육을 이수 할 수 있도록 전문교육기관의 지정 또는 설립이 반

드시 필요하다.

지정 또는 설립된 전문교육기관(분석 외)은 석면의 건강상의 장해, 분야별 전문가의 역할, 분야별 기술적 내용, 관련 법 외에 적절한 교육 장비, 실습실 등을 갖춰, 소정의 교육을 이수한 자가 건설현장에서 발생할 수 있는 다양한 상황에 적절히 조치 할 수 있도록 해야 한다.

## 나. 분석사 교육기관

석면 관련 인프라 중 건설현장과 직접적인 관련이 없는 분석사의 교육은 분석이라는 기술적인 분야이다. 따라서 분석교육은 별도로 이루어져야 한다. 따라서 효과적이고 양질의 분석교육을 위해 교육기관은 관련 장비(편광현미경, 위상차현미경등), 그 외에 여러 가지 교육자료를 구비하고 있어야 한다.

## 다. 근로자 관리용 Database 시스템 개발

우리나라의 건축 분야는 매우 이직률이 높아 일용직 근로자의 경우 매일 고용하는 사업주가 틀릴 수 있다. 그러나 석면에 노출 된 후 석면의 건강상의 장해가 발생하는 기간이 20년 이상이라는 것을 감안할 때 석면 해체·제거 작업자 중 석면에 의한 건강상의 장해가 발생된 근로자의 석면 해체·제거 작업 근로 경력을 증명하기는 쉽지가 않다. 따라서 석면 해체·제거 관련 근로자 관리를 위해 Database 시스템을 구축하여 관리하는 것이 필요하다. 근로자 관리용 Database 시스템 개발의 필요성을 간략하게 아래와 같이 정리하였다.

- 향후 건강상의 문제 등이 발생하였을 경우 정확한 작업경력을 입증
- 석면 해체·제거 관련 작업에 해체 제거 작업 전문 근로자만이 작업장에 투입됨으로 인증받지 못한 근로자의 석면 해체·제거 작업 출입을 사전 방지
- 외국인 근로자의 무분별한 사용 방지
- 특수건강검진과 연계하여 사업주는 특수건강검진 여부 등 확인 용이

## 라. 석면 조사·감시·평가용 Web-base 시스템 개발

석면 해체·제거 작업을 조사·감시한다는 것은 쉽지가 않다. 국내 석면 해체·제거 작업의 조사·감시 담당자는 근로감독관이다. 그러나 한정된 근로감독관이 산발적으로 발생하는 석

면 해체·제거 작업을 모두 감시하는 것은 불가능하다.

따라서 석면지도감리사 등의 작업장 관리·감독자가 선정되면, Webbase시스템을 통하여 노동부에 수시로 신고하면, 각 지방노동 사무소의 근로감독관은 Webbase에 올려진 자료 중 담당 지역의 석면 해체·제거 작업 진행 사항 확인함으로써 관리 감독이 용이해진다.

## 마. 장비 검증 시스템 구축

석면 해체·제거 작업시에 사용되는 장비는 작업장 내 공기가 외부로 배출 될 때의 외기의 공기오염의 여부등을 파악할 수 있다. 주로 사용되는 석면 해체·제거 작업에 사용되는 장비는 음압기와 진공청소기, 폐수 정화기 등이 있다.

현재 국내 장비들의 검증을 할 수 있는 기관이 없어, 장비들의 효율과 검증이 어려운 상황이다. 아래는 장비 검증 시스템의 활용을 간략히 정리한 것이다.

- 음압기 : 음압 효율 검증, HEPA필터의 교체시기 파악등
- 진공청소기 : 음압 효율 검증, HEPA필터의 교체시기 파악등
- 폐수정화기 : 필터 효율 검증, HEPA필터의 교체시기 파악등

종류	항목	교육기간	참여자/회	횟수/년	이수자 수 (년)	교육비 (원)	총액 (단위 : 백만 원)
교육	해체·제거 근로자	전국 8개	50명	4회	1600명	50,000원	80
	제거업자	4개	20명	4회	320명	200,000원	64
	사전조사자	1개	50명	4회	200명	500,000원	100
	분석사	1개	20명	4회	80명	1,000,000원	80
	작업지도 감리사	1개	25명	4회	100명	1,000,000원	100
	교육기관(분석외) (예: 1개 기관)	실습실 구비, 실습교육장비, 기타 장비					300
	총 합						624
관리 시스템	근로자관리용 Database 시스템	Database 시스템 구축비					500
	석면 조사·감시· 평가용 Webbase 시스템	Webbase 시스템 구축비					500
	총 합						1,000
음압 장비	장비 검증 시스템	장비 검증 시스템구축비					300

그림 31. 교육, 관리시스템 구축 예산 비용

## 바. 분석 및 정도관리 시스템 구축 예상 비용

현재 우리나라는 석면 분석기관 및 분석사를 정도관리 할 수 있는 기관을 갖추고 있지 못한 실정이다. 때문에 현재 국내 석면 분석업체는 주로 미국의 석면분석 정도관리 프로그램에 참여하여 분석 능력을 인증 받고 있는 실정이다.

장기적인 측면에서 볼 때, 국내 석면 분석기관이 육성되게 되면 자체적으로 석면 분석 기관(사)를 정도관리 할 수 있는 시스템을 구축하는 것이 바람직하다. 아래는 정도관리 시스템을 구축하기 위해 갖추어야 할 항목들이다. 그러나 우선적으로 이루어져야 할 것 사항은 석면에 대한 정도관리 기술력을 갖추기 위한 연구이다.

- Sample Generator 시스템 구축
- 보유 장비 : 편광현미경 - 고형시료(Bulk sample)분석  
위상차현미경 - 공기 중 시료 분석  
SEM-EDX, TEM, XRD
- 기타 장비 : 각종 펌프 및 기타 소모품
- 실험실 운영비

분석	편광분석 전문기관	편광 전문 분석기관	지역	각 분석기관 별 필요 최소 편광현미경 장비	장비비 (백만원)	단위 (백만원)
		60	8	1대	12.5	750
		134	8	1대	12.5	1,675
	위상차분석 전문기관	위상차 전문 분석기관	지역	각 분석기관 별 필요 위상 차 현미경 장비	장비비	1,450
		116	8	1대	12.5	
	전문분석기관	석면전문 분석기관	지역	각 분석기관 별 필요 장비		
		2	8	TEM1대, SEM 1대, XRD1 대	800	1,600
	분석교육기관	교육 장비 : 편광현미경, 위상차현미경 등				200
		기타 장비 : 그 외에 교육자료 및 소모품				
	정도관리 시스템	Sample Generator 시스템 구축				1,000
		보유 장비 : 편광현미경, 위상차현미경, SEM-EDX or TEM, XRD				
		기타 장비 : 각종 펌프 및 기타 소모품				
		실험실 운영비				
	총 합					6,675

그림 32. 분석 및 정도관리 구축 예상 비용

## 「참고 문헌」

1. 건설교통부, 건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률, 법률 제 7043호 신규제정 2003.12.31
2. 건설교통부, 건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률, 법률 제 7428호 일부개정 2005.03.31
3. 건설교통부, 건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률, 법률 제 7459호 일부개정 2005.03.31
4. 건설교통부, 건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률, 법률 제 7782호 법제명변경 및 일부개정 2005.12.29
5. 김현옥. 대형건물내 비고형 석면함유 건축자재에 의한 기중 석면오염 및 관리실태. 한국산업위생학회지 1995; 5(2): 137-146
6. 노동부. 산업안전보건법 시행령 제30조제2항. 2005. 12
7. 노동부. 화학물질 및 물리적인자의 노출기준 고시 2002-8호. 2002. 5
8. 백남원: 우리나라 석면 취급근로자의 석면 폭로실태와 석면폐 발생에 관한 연구, 서울대학교 보건대학원, 노동부 직업병 예방을 위한 학술연구 용역사업, 1994.
9. 산업안전보건연구원 산업보건위생연구실 홈페이지, 산업위생핸드북, 업종별 산업보건편람. 제20장 석면취급작업
10. 유찬영, 노재훈, 정호근, 김치년. 서울시 지하철 역사 내부 설비공사에 따른 석면의 실내공기질 관리 실태. 한국산업위생학회지 2002; 12(3): 178-186
11. 유장진, 미국 산업안전보건청(OSHA)의 건설업 석면규정(29 CFR 1926.11.01) 번역판, 안전공단 이루미, 2004
12. 윤영호·박지영·이수진·김두석, 장수명 아파트의 개발방향과 모델개발,주택도시연구원 2006.4
13. 최정근, 백도명, 백남원. 우리나라 석면 생산과 사용 및 근로자 수와 노출농도의 변화. 한국산업위생학회지 1998; 8: 242-253
14. 최충곤, 김치년, 임남구, 노영만, 노재훈. 건축물 해체 작업시 발생하는 석면의 노출 수준. 한국산업위생학회지 2002; 12(3): 195-201
15. 한국산업안전공단. 석면해체·제거작업시 작업환경관리. 안전보건 2006. 2 pp. 14-31

16. 한국산업안전공단. 석면대체물질 유해성평가 연구 - 건축물내 석면 사용실태 조사연구 - 연구원 2003-5-16. 2002 연구보고서
17. 환경부. 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법. 법률 6911호. 2003. 5
18. 환경부. 백석면 사용 실태조사. 2006
19. ABICS. THE ABICS Individual Certification Scheme, 2006.
20. ASTM. Asbestos control: Survey, Removal, and Management. 2005.
21. EU. A practical guide on best practice to prevent or minimise asbestos risks in work that involves (or may involve) asbestos: for the employer, the workers and the labour inspector.
22. European Accreditation of Certification. Guideline on the Application of EN45013. 1995.
23. European Accreditation. EA Guideline on the Application of EN45004. 2003.
24. European Parliament. Report on the proposal for a directive of the European Parliament and of the Council amending Council Directives 83/477/EEC on the protection of workers from the risks related to exposure to asbestos at work. 2002.
25. Finland. National Board of Occupational Safety and Health. 1974.
26. Institute of Occupational Medicine(IOM). [www.iom-world.org](http://www.iom-world.org)
27. ISO/IEC. 17020-General criteria for the operation of various types of bodies performing inspection. 1998.
28. ISO/IEC. 17020-General criteria for the operation of various types of bodies performing inspection. 1998.
29. ISO/IEC. 17024-General requirement for bodies operating certification of persons. 2003.
30. ISO/IEC. 17025-Test and Calibration Lab Requirements Sanctioned Interpretation . 1999.
31. Karjalainen, A. Epidemiologic and clinical aspects of asbestos-related diseases. pp 3-9. In: Proceedings of the Asbestos Symposium for the Asian Countries, The 22nd UOEH and the 5th IIES International

Symposium. 2002.

32. McCrone. [www.mcri.org](http://www.mcri.org)
33. NIACS Ltd. National Individual Asbestos Certification Scheme. 2005.
34. Rantanen J. Distribution of the asbestos problem in the society. pp 10-16. In: Proceedings of the Asbestos Symposium for the Asian Countries, The 22nd UOEH and the 5th IIES International Symposium. 2002.
35. State of California, Department of industrial relations division of occupational safety and health. Asbestos consultant & site surveillance technician certification.
36. The British Occupational Hygiene Society, Faculty of Occupational Hygiene. P404 Air sampling and Clearance testing of asbestos. 2006.
37. The British Occupational Hygiene Society, Faculty of Occupational Hygiene. P405 Management of asbestos in buildings. 2006.
38. The British Occupational Hygiene Society, Faculty of Occupational Hygiene. S 301-Asbestos and Other Fibers. 2006.
39. The British Occupational Hygiene Society, Faculty of Occupational Hygiene. S P401-Identification of asbestos in bulk samples. 2006.
40. The British Occupational Hygiene Society, Faculty of Occupational Hygiene. S P402 Buildings surveys and bulk sampling for asbestos. 2006.
41. The British Occupational Hygiene Society, Faculty of Occupational Hygiene. S P403 Asbestos fibre counting(PCM). 2006.
42. U.K. Asbestos Licence Unit. Asbestos licence assessment guide. July 2004.
43. U.K. Asbestos Licensing Regulations(ASLIC). 1983.
44. U.K. Health and Safety Laboratory. Asbestos in Materials Scheme(AIMs). 2005.
45. U.K. HSE Asbestos: The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedure. 2005.

46. U.K. HSE Asbestos: The licensed contractor's guide. 2005.
47. U.K. HSE Working with asbestos in buildings. 2004.
48. U.K. HSE, Development of the regular interlaboratory counting exchange(RICE) scheme to include visual reference counts and samples from asbestos clearance. 1992.
49. U.K. HSE. A comprehensive guide to Managing Asbestos in premises. 2004.
50. U.K. HSE. MDHS 100-Surveying, Sampling and assessment of asbestos-containing materials. 2001.
51. U.K. HSE. MDHS 39/4-Asbestos fibres in air-Sampling and evaluation by Phase Contrast Microscopy(PCM) under the Control of Asbestos at Work Regulations. 1995.
52. U.K. HSE. Work with asbestos insulation, asbestos coating and asbestos insulation board(Fourth edition) Approved code of practice and guidance. 2004.
53. U.K. HSE. Work with asbestos which does not normally require a licence(Fourth edition) Approved code of practice and guidance. 2004.
54. U.K. HSE. <http://www.hse.gov.uk/statistics/tables/meso01.htm>
55. U.K. The Construction (Design and Management) Regulations. 1994.
56. U.K. The Control of Asbestos at Work Regulations. 1987.
57. U.K. The Control of Asbestos at Work Regulations. 2002.
58. U.K. The Health and Safety at Work Act (HASW). 1974.
59. U.K. The Management of Health and Safety at Work Regulations. 1992.
60. U.K. UKAS. Application of ISO/IEC 17025 for Asbestos Sampling and Testing. 2002.
61. U.K. UKAS. Asbestos Technical Advisory Committee. ([www.ukas.com/about\\_UKAS/AsbestosTAC/Asbestos\\_TAC.asp](http://www.ukas.com/about_UKAS/AsbestosTAC/Asbestos_TAC.asp))
62. U.K. UKAS. RG 8 Accreditation of Bodies Surveying for Asbestos in Premises. 2002.
63. U.S. EPA Interim Method for the Determination of Asbestos in Bulk

- Insulation Samples. 1982.
64. U.S. EPA Test Method – Method for the determination of asbestos in Bulk Building Materials. July 1993.
65. U.S. EPA. NESHAPs Asbestos Demolition and Renovation Inspection. 1984.
66. U.S. EPA National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants Regulation (NESHAP) –(40 CFR 61 Subparte M and Appendix A on Roofing) 1990. 11.
67. U.S. EPA Worker Protection Rule 40 CFR 763 Subparte G. 1987. 5.
68. U.S.A OHSA. 29 CFR 1910.1001-General Industry standard.
69. U.S.A OHSA. 29 CFR 1910.134-Respiratory Protection Standard.
70. U.S.A OHSA. 29 CFR 1915.1001-Asbestos Shipyard Standard.
71. U.S.A OHSA. 29 CFR 1926.1101-Asbestos Standard for the Construction Industry.
72. Virta, RL. Worldwide Asbestos Supply and Consumption Trends from 1900-2000. U.S. Dept. of Interior US Geological Survey. [http://pubs.usgs.gov/of/2003/of03-083 /of03-083/pdf](http://pubs.usgs.gov/of/2003/of03-083/of03-083/pdf)
73. Weitowitz, HJ. Occupational health-aspects and the situation with regard to occupational diseases. In: Asbestos European Conference 2003. [http://www.hvbg.de/e/asbest/konfrep/konfrep/repbeitr/weitowitz\\_en.pdf](http://www.hvbg.de/e/asbest/konfrep/konfrep/repbeitr/weitowitz_en.pdf)
74. 일본. 건축기준법. 2006
75. 일본. 대기 오염 방지법. 2006
76. 일본. 석면장해예방규칙(석면규칙). 2006

첨부 1

## 석면 해체·제거 기술표준안

## 차 례

용어해설	1
1. 석면해체·제거 작업방법 .....	5
1.1 개요	5
1.2 고 위험 석면해체·제거 작업	6
1.2.1 작업범위	6
1.2.2 해체·제거 시 필요 장비 및 기구	6
1.2.3 개인보호장비	7
1.2.4 작업 전 계획	8
1.2.5 작업지역에서의 준비사항	8
1.2.6 작업절차	13
1.2.7 정화	14
1.2.8 폐기처리	19
1.2.9 공기질 측정	20
1.2.10 해체·제거작업장 감시	21
1.3 중 위험 석면해체·제거 작업	22
1.3.1 작업범위	22
1.3.2 해체·제거시 필요 장비 및 기구	22
1.3.3 개인보호장비	23
1.3.4 작업 전 계획	24
1.3.5 작업지역에서의 준비사항	25
1.3.6 작업절차	26
1.3.7 정화	26
1.3.8 폐기처리	28
1.3.9 공기질 측정	28
1.3.10 해체·제거작업장 감시	28
1.4 저 위험 석면해체·제거 작업	29
1.4.1 작업범위	29
1.4.2 해체·제거시 필요 장비 및 기구	29
1.4.3 개인보호장비	30

1.4.4	작업 전 계획	30
1.4.5	작업지역에서의 준비사항	31
1.4.6	작업절차	31
1.4.7	정화	31
1.4.8	폐기처리	32
1.4.9	공기질 측정	32
1.4.10	해체·제거작업장 감시	32
1.5	글로벌백을 이용한 석면함유물질의 해체·제거작업	33
1.5.1	용도	33
1.5.2	준비사항	33
1.5.3	사용방법	33
1.5.4	작업순서	34
1.6	고형 석면함유물질의 해체·제거작업	37
1.6.1	고형 시멘트-석면의 해체·제거	37
1.6.2	고형 석면함유 바닥타일의 해체·제거	40
1.6.3	고형 석면함유 지붕재의 해체·제거	43
1.6.4	고형 석면함유 가스켓과 로프씰의 해체·제거	46
1.6.5	석면 마찰재 라이닝(브레이크 라이닝) 해체·제거	47
1.6.6	석면함유 스위치 보드 또는 계량기 보드 해체·제거	48
1.6.7	석면함유 벽체의 해체·제거	49
1.6.8	석면함유 천정타일의 해체·제거	50
1.7	석면 해체·제거작업에 따른 공기질 측정	53
1.7.1	석면의 공기질 측정 및 분석	53
1.7.2	작업 전의 공기질 측정	53
1.7.3	작업 중의 공기질 측정	54
1.7.4	작업 후의 공기질 측정	55
2.	개인보호구 .....	57
2.1	호흡기 보호	57
2.1.1	호흡보호구의 종류	57
2.1.2	호흡보호구 지급 및 착용대상	58
2.1.3	호흡기 보호를 위한 일반조항	59
2.1.4	호흡보호구 선택시 참고사항	60
2.1.5	호흡보호구의 선택조건	60
2.1.6	호흡보호구의 밀착도에 영향을 미치는 인자	61
2.1.7	호흡보호구의 밀착성 검사 방법	61
2.1.8	호흡용 보호구의 유지보수	64
2.2	보호의	65

3. 기타 보건안전 고려사항 .....	67
3.1 위험요소 확인 .....	67
3.2 전기 위험 .....	67
3.3 사다리와 비계 .....	68
3.4 미끄러짐, 실족 및 낙상 .....	69
3.5 고열장애 .....	69
3.6 일산화탄소 중독 .....	69
3.7 손, 발 및 신체 상해 .....	70
3.8 유해화학물질 .....	70
3.9 의학적 응급조치 .....	70
3.10 화재시 응급조치 .....	71
참고문헌 .....	72

## 용어해설

### 고형석면(non-friable asbestos containing material)

1 % 이상 섬유 함유 물질로서 손의 힘으로 잘 부스러지지 않는 물질.

### 고효율 필터 (high efficiency particulate air filter, HEPA)

직경 0.3  $\mu\text{m}$  되는 입자를 99.97% 까지 여과 시킬 수 있는 여과지. 호흡보호구, 진공청소기, 이동식 배기장치에 사용.

### 공기공급식 호흡보호구(air-line respirator)

호흡에 필요한 공기공급이 외부 공기라인을 통해 이루어지는 형태의 호흡보호구를 말한다. 공기는 주로 컴프레서 또는 압축공기로부터 공급된다.

### 공기질 측정(air monitoring)

특정공간에서 특정 시간동안 이루어지는 공기중 섬유농도 수준을 측정하기 위한 과정으로 포집된 농도는 세제곱센티미터( $\text{cm}^3$  또는  $\text{cc}$ )당 섬유개수(f/cc)로 나타낸다.

### 공기정화식 호흡보호구(air purified respirator)

호흡보호구 착용자에 의해 흡입되는 공기는 필터를 통해 여과된 것이며, 배출되는 공기는 호흡보호구 바닥 쪽의 밸브를 통과하도록 되어 있다.

### 공기차단막 (airlock)

오염정화시설에서 각각의 구역 (오염실, 샤워실, 청정실)사이에 설치하여 작업자가 석면 해체 제거 지역으로 접근 하게 하고 각 구역의 공기의 흐름을 제어하여 석면의 외부방출을 억제할 목적으로 하는 두 겹의 폴리에틸렌 또는 비닐을 사용한 커튼형태.

### 글로브 백(glovebag)

파이프관, 엘보우관 및 다른 연결관으로부터 석면 함유물질을 공기 중으로 비산시키지 않고 제거할 수 있는 플라스틱 백 상태의 장비.

### 기타자재(miscellaneous materials)

석면함유물질로 잘 부스러지지 않은 형태인 건축자재로 주로 바닥타일, 천장타일, 슬레이트, 트랜사이트 등이 이에 속한다.

### 단열재(thermal system materials, TSI)

석면함유물질이 열전달 및 경로방지를 위해 배관, 덕트, 보일러 및 온수 탱크에 보온재로 사용된 물질

### 미니오염정화시설

보통의 오염정화시설은 장비실-오염실-샤워실-청정실로 되어 있으나, 이러한 구조의 오염정화시설을 갖추기 어려울 경우, 석면이 오염된 보호의를 벗는 탈의실과 오염되지 않은 일회용 의복으로 갈아입는 곳으로 나누어 미니 오염정화시설을 거친 후, 외부에 있는 샤워실과 청정실을 사용할 수 있다.

### **보호계수**

호흡보호구에 의해 보호될 수 있는 능력을 나타낸 계수. 호흡보호구 착용 후, 호흡보호구 외부의 석면농도를 호흡보호구 내부의 석면농도로 나눈 값

### **비고형 석면함유물질(friable asbestos containing material)**

1 % 이상 섬유함유 물질로서 건조한 상태에서 손의 힘으로 잘 부스러지는 물질.

### **샤워실(shower room)**

냉·온수 공급, 목욕 및 호흡용보호구 세척, 배출수의 여과 및 정화를 위한 오염정화설비중 하나

### **석면(asbestos)**

화성암의 일종으로서 천연의 자연계에 존재하는 사문석 및 각섬석의 광물에서 채취된 섬유모양의 규산화합물로서 사문석계인 백석면(chrysotile)과 각섬석계인 청석면(crocidolite), 갈석면(amosite), 안소필라이트 (anthophyllite), 악티노라이트 (actinolite)가 있다.

### **석면의심물질(presumed asbestos containing material, PACM)**

1% 이상의 석면을 함유했을 것으로 추정되는 물질

### **석면제거작업(abatement)**

석면함유물질의 제거, 밀봉 또는 캡슐 또는 손상된 재료의 수선에 의한 석면함유물질을 제어하기 위한 활동

### **석면함유물질(asbestos containing material, ACM)**

순수한 석면만으로 제조 되거나 석면에 다른 섬유물질이나 비섬유물질을 혼합한 물질로서 중량비로 1% 이상의 석면을 함유한 물질

### **석면폐(asbestosis)**

석면섬유가 폐내에 축적됨에 따라 생기는 폐 섬유화를 말하며, 폐 섬유증을 가리킨다. 혈떡임, 호흡부전, 심부전 등을 일으키며 사망할 수도 있다. 또한 석면 폐는 만성기관지염이나 기관지 확장증, 폐기종 등의 합병증을 유발하는 경우가 많다.

### **습윤제 (amended water)**

석면함유 물질을 해체 제거 시 석면섬유가 공기 중으로 비산되는 것을 방지하기 위하여 습식방법을 적용 시 물이 석면함유 물질 안으로 쉽게 스며들게 하기위해 사용되는 계면활성제를 첨가시킨 물.

### **에어리스 스프레이(airless spray)**

습윤제를 석면함유물질에 분무시 압축공기를 사용하지 않는 분무방식

### **오염정화시설(decontamination facility)**

석면 해체 제거 작업 시 석면섬유가 통제지역 밖으로 비산되는 것을 방지하기 위하여 설치된 시설.  
보통 오염실, 샤워실, 청정실로 구성

### **오염실(dirty room)**

오염정화 시설에서 해체·제거 작업장과 연결된 오염된 방으로 작업자가 샤워실로 들어가기 전에 개인 보호구를 폐기 또는 제거하는 공간. 단 호흡 보호구는 샤워실 샤워 후 벗는다. 폐석면 유출구를 따로 설치하지 않을 경우 장비실로의 역할을 담당한다.

### **이동식 배기장치(negative air pressure system)**

음압 공기설비를 설치함으로써 작업공간의 압력을 대기압보다 낮게 설정. 작업공간의 압력을 감소시킴으로써 작업장 외부로 오염된 공기가 누출되는 것을 방지하기 위함이다. 석면 섬유로 오염된 공기는 이동식 배기장치에 장착된 고효율필터를 통해서 석면섬유가 제거된 후 배출된다.

### **음압 또는 양압 자가밀착검사(negative and positive fit check)**

흡입 또는 배기 밸브를 통해서 호흡보호구와 안면의 밀착검사를 호흡보호구 착용자 스스로가 실시하는 방법. 흡기구 또는 배기구를 막은 다음 착용자는 천천히 숨을 들이킨 후 10초 정도 그대로 있다. 이때 안면부가 약간 조여들거나 공기가 안면부내로 들어오는 느낌이 없다면 밀착성은 좋은 상태이다.

### **장비실(equipment room)**

해체·제거 작업장과 연결된 오염된 방으로 폐석면 유출구에 별도로 설치되거나 오염정화 시설에서 오염실과 같이 사용되는 방으로 작업자가 석면 해체·제거 작업에 사용한 장비를 놓아두거나 석면 폐기물이 담긴 용기나 비닐 백을 정화 하는 장소.

### **적극적 노출평가(aggressive sampling)**

“최악의 상황”에 공기의 물리적 순환이 발생하는 공기시료포집으로써 석면해체·제거작업후 청소가 끝난 다음 수행하게 된다.

### **전동식 공기정화 호흡보호구(powered air purifying respirator, PAPR)**

분당 100-150 ㄹ의 여과된 공기를 전면형 호흡보호구로 불어넣음. 전동식 공기정화 호흡보호구는 전면형 마스크, 배터리 팩, 공기펌프, 고효율 필터와 호스로 구성되어 있다.

### **정량밀착검사(quantitative fit test)**

호흡보호구와 안면간의 밀착에 따른 누설 정도를 객관적인 수치로 나타낼 수 있는 방법.

### **정성밀착검사(qualitative fit test)**

호흡보호구와 안면간의 밀착정도를 맛, 냄새, 자극을 통하여 단지 누설의 여부만 알아보는 방법

### **청정실(clean room)**

석면 해체·제거 작업 종료 후 작업자가 작업장에서 나올 때는, 보호구를 착용한 상태에서 우선적으로 HEPA 진공청소기로 몸 전체 청소하고, 정화시설을 통해 오염실→샤워실→청정실 순으로 나와야 한다. 신체 물기제거, 헤어드라이, 평상복을 착용하는 곳.

### **특수장벽(critical barrier)**

석면의 해체·제거가 수행되고 있는 작업공간에서 외부로 열려있는 개구부(문, 창문, 공기확산구)는 폴리에틸렌 테이프로 한번 또는 이상의 층으로 밀봉해야 한다.

### **폐석면 유출구(waste load-out area)**

석면의 해체·제거가 수행되는 중 또는 종료 후에 발생하는 폐기용 석면 함유 물질을 외부로 배출하는 공간으로 해체·제거 작업장과 연계된다.

### **표면재(surfacing materials)**

석면함유물질이 방음, 장식 및 방열의 목적으로 벽과 천장 및 철재골조에 뽐칠한 상태인 물질

### **표면고정 처리제 (encapsulant or sealant)**

석면함유물질로부터 석면섬유가 공기 중으로 비산되는 것을 방지하기 위하여 사용하는 물질로, 석면 함유물질 표면 또는 눈에 보이지 않는 석면 섬유를 표면에 고정화시키기 위해 사용하는 처리제.

### **휴대용 접지 회로 보호 장치 (portable ground fault circuit interrupt, GFCI)**

누전차단기로 과전류를 감지하여 즉시 전기를 차단하는 회로 장치.

## 1. 석면 해체·제거 작업 방법

### 1.1 개요

석면 및 석면 함유제품의 해체·제거 방법은 석면의 종류와 함유량 및 석면이 사용되는 장소에 따라 다양한 방법이 존재하며, 석면 해체·제거로 인하여 공기 중으로 석면이 비산되는 가능성을 고려, 석면해체·제거 방법을 **고 위험 석면 해체·제거 작업, 중 위험 석면 해체·제거 작업, 저 위험 석면 해체·제거 작업**으로 분류한다.

이들 석면 해체·제거 작업에 관계없이 수행하여야 할 원칙은 다음과 같다.

모든 석면 해체·제거작업은 다음과 같은 4가지 원칙을 따른다.

- (1) 작업지역 격리
- (2) 근로자 보호
- (3) 석면섬유 비산의 최소화
- (4) 적절한 청소와 정화

석면 및 석면 함유물질을 해체·제거하는 모든 작업은 노동부 석면노출 기준에 따르기 위해 석면 노출 수준에 관계없이 다음과 같은 방법을 사용한다.

- (1) 모든 석면함유 또는 석면함유가 의심되는 잔존물 또는 분진을 고효율 필터가 장착된 진공청소기를 이용 처리한다.
- (2) 모든 석면 및 석면 함유물질 해체·제거 작업은 습식방법을 사용한다. 단, 습식방법을 사용할 수 없는 상황 즉, 전기적 위험, 장비의 고장 및 파손, 미끄러질 위험이 높은 장소인 경우 석면감독관(Asbestos Abatement Supervisor)의 동의하에 습식방법을 사용하지 않을 수 있다.
- (3) 석면 오염 폐기물과 잔존물들은 신속히 청소하고, 이들은 완전 밀봉된 용기에 담아 폐기한다.

석면 및 석면 함유물질을 해체·제거하는 모든 활동은 노동부 석면노출 기준에 따르기 위해 석면 노출 수준에 관계없이 다음과 같은 작업방법을 금지한다.

- (1) 환기장치가 부착되지 않은 고속 절삭용 디스크 톱
- (2) 밀폐된 환기 시스템에서 압축공기를 이용하는 경우를 제외하고, 압축공기를 이용한 석면 또는 석면함유 물질을 해체·제거해서는 안 된다.

- (3) 석면함유 물질의 분진 및 잔존물들을 마른 상태에서 빗자루질, 삽질 또는 기타 마른 상태에서의 청소
- (4) 근로자들의 석면 노출을 감소시키기 위한 수단으로서 교대작업

## 1.2 고 위험 석면 해체·제거 작업

### 1.2.1 작업범위

주로 1 % 이상 석면을 함유한 단열재 및 표면재 해체·제거작업이 고 위험 석면 해체·제거 작업에 속하며, 대부분 비고형 석면 함유물질로 시공되어 있다. 이에 관련한 작업은 다음과 같다. 단 아래와 같은 작업이외에도 석면 함유 물질을 가지는 단열재 및 표면재의 해체·제거작업에는 고 위험 석면 해체·제거 작업으로 간주한다.

- (1) 건축물, 구조물, 기계 및 장비 또는 그것의 부속품을 해체·제거 및 유지보수를 위한 면적이 0.09 m<sup>2</sup>를 초과 하는 비고형 석면 함유물질.
- (2) 공기정화장치에 방화성 석면 함유물질이 분무된 상태 즉, 비고형 석면 함유물질이 시공된 환기통로 및 환기덕트 등의 해체·제거 및 유지보수.
- (3) 석면함유물질이 시공된 보일러, 용광로, 건조로 또는 이와 같은 유사장치를 해체·제거하는 작업
- (4) 건물 및 구조에 단열의 목적으로 시공된 석면함유물질의 해체·제거하는 작업
- (5) 손상되거나 손상될 우려가 있는 천장재 또는 흡음재 등의 면적이 9.0 m<sup>2</sup>(3 m×3 m) 초과하는 고형 석면 함유물질 제거

### 1.2.2 해체·제거시 필요 장비 및 기구

고 위험 석면 해체·제거작업에 필수적으로 사용되는 장비 및 기구는 아래와 같으며, 해체·제거 작업의 상황에 따라 기타 장비가 추가로 첨부될 수 있다.

- (1) 고효율 필터가 부착된 이동식 배기장치 (여분의 퓨즈 필요)
- (2) 교환용 고효율 필터
- (3) 고효율 필터가 장착된 진공청소기
- (4) 전기기구의 연장코드
- (5) 휴대용 접지회로 보호장치(GFCI)
- (6) 유연성 있으며 단단한 덕트

- (7) 호스
- (8) 정원용 스프레이
- (9) 습식용 분무제
- (10) 해체·제거도구: 스크래퍼, 나일론 브리쉬, 삽 등
- (11) 난간이 있는 비계
- (12) 덕트 테이프 또는 이와 상응하는 접착성 테이프
- (13) 최소 0.15 mm (6 mil) 두께의 폴리에틸렌 또는 비닐
- (14) 최소 0.10 mm (4 mil) 두께의 폴리에틸렌 또는 비닐
- (15) 최소 0.15 mm (6 mil) 두께의 석면경고 표지가 부착된 폐기용 비닐 백
- (16) 또는 석면경고 표지가 붙은 폐기용 용기
- (17) 제한지역을 구분하기위한 칸막이 및 장벽
- (18) 경고용 표지
- (19) 청소에 필요한 도구: 대걸레, 손걸레, 물 등
- (20) 표면고정 처리제
- (21) 습윤제
- (22) 유체 압력계, 연기 발생기(smoke tester)
- (23) 소화기
- (24) 응급처치 도구함

### 1.2.3 개인 보호 장비

- (1) 보호의: 일반적으로 일회용 전신 작업복을 착용하도록 권고 하고 있으며, 일회용 전신 작업복 안에 평상의 착용 금지.
  - ㉠ 석면 섬유에 침투에 저항성이 있는 재료로 만들어져야하며, 타이벡 같은 종류가 이에 사용된다.
  - ㉡ 몸, 목, 손목과 발목을 감싸야 한다.
  - ㉢ 머리와 발도 감싸야 하고 고무장화를 착용한다.
  - ㉣ 만일 보호의가 찢어 졌다면 즉시 수리 및 교체하여야 한다.
- (2) 호흡 보호구(2. 호흡기 보호 프로그램 참조)
  - ① 고 위험 석면 해체·제거 작업에 사용되는 호흡보호구는 고효율 필터가 장착된 전동식 공기 정화 호흡 보호구 또는 그이상의 보호계수를 갖는 호흡 보호구를 착용한다.
  - ② 만일 습식을 이용한 해체·제거가 용이하지 않다면 작업장의 석면 농도에 따라

공기공급식 호흡보호구가 요구될 수 있다.

- ③ 호흡 보호구의 보호수준은 공기질 측정 결과와 거기에 맞는 호흡 보호구의 보호 계수에 따라 결정된다.
- ④ 안면부 여과식 및 일회용 호흡보호구를 사용해서는 안 된다.
- (3) 이밖에 석면이외의 기타 유해요인으로부터 작업자를 보호하기 위해 안전장비 및 신체보호 장비 즉, 안전 부츠, 안전모 등이 필요하다.

#### 1.2.4 작업 전 계획

- (1) 석면조사보고서를 토대로 현장에서 작업할 대상 석면물질의 종류, 양, 상태 및 작업조건의 일치여부를 확인한다.
- (2) 고 위험 석면 해체·제거 작업 전에 해체·제거할 대상에 적용할 작업방법을 수립한다.
- (3) 고효율 필터가 장착된 장비나 기구를 사용하기 경우 석면 해체·제거 작업에 사용하기 전에 고효율 필터 테스트를 하였는지 확인한다.
- (4) 석면 해체·제거 작업자는 고 위험 석면 해체·제거 작업에 수행되는 작업방법, 정화방법 및 석면위험에 대하여 교육을 필해야 하고, 작업시에는 현장에 교육을 필한 기록을 비치하여야 한다.
- (5) 건강진단서(흉부 X-선 촬영, 폐기능 검사 등)과 호흡보호구의 정성 또는 정량 밀착도 검사 결과서를 현장에 비치하여야 한다.
- (6) 고 위험 석면 해체·제거 작업 장소에 거주 및 이용하는 사람들에게 또는 주위에 상주하는 사람들에게 석면 해체·제거를 하는 장소와 방법 및 작업 기간 등을 공고한다.

#### 1.2.5 작업지역에서의 준비사항

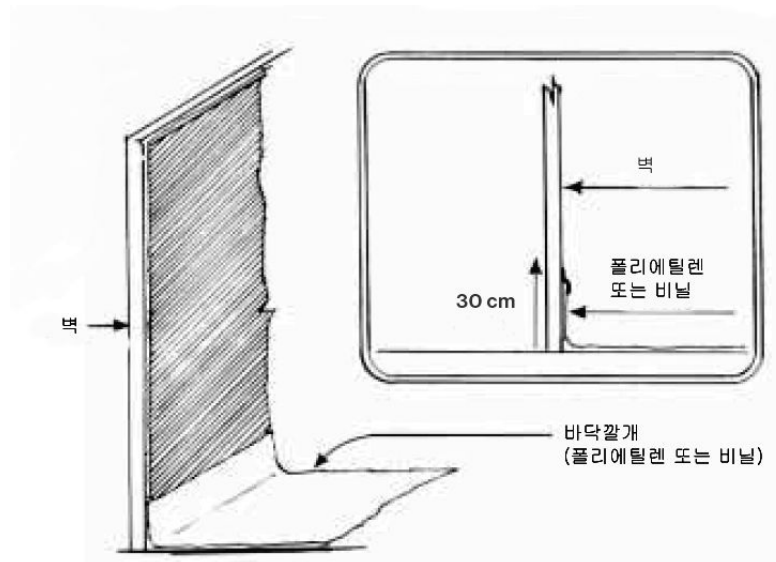
- (1) 석면작업지역은 통제지역으로 간주하여, 석면감독관에게 허가받은 사람만이 석면 작업지역으로 출입하도록 하고, 석면작업지역 주위를 격리시키고 경고표시를 한다. 또한 출입기록장부를 작업장 출입구에 비치하여 기록한다.
- (2) 석면작업지역 주위에 바리케이드, 울타리 또는 유사한 구조를 이용한 경계선을 만들고 점검 한다.



〈그림 1.2-1〉 석면 해체·제거 작업지역 구분 경계선

- (3) 계단과 엘리베이터를 불침투성 물질인 폴리에틸렌 또는 비닐을 사용하여 밀봉한다. 이층 이상의 건물 바닥 전체를 해체·제거 하는 작업에서 승객용 승강기는 최저 층에 있도록 하며 작업이 이루어지는 동안 작동을 멈추게 한다. 석면 해체·제거를 위해 근로자가 작업지역을 들어가는 경우 비상용 계단을 이용하거나 또는 석면 해체·제거용 목적으로 승강기를 따로 설치된 경우 이를 사용할 수 있다.
- (4) 해체·제거 작업을 하기 전에 모든 공조 설비 가동을 멈춘다. 특히 석면해체·제거 작업이 이루어지는 작업장에서는 석면배기 장치를 제외한 모든 환기장치는 작동을 멈춘다. 석면해체·제거 및 최종 공기 정화가 끝난 후 공기 재순환 환기 장치를 가동하기 전에 가능하면 공조설비에 사용되는 환기용 필터를 교체한다.
- (5) 해체·제거작업지역을 밀폐하기 전에 석면작업지역은 고효율 필터가 장착된 진공 청소기를 이용하여 청소를 실시해야 한다. 이는 기존의 석면제품으로부터 발생 가능한 잔존물에 의한 오염해체·제거와 작업 후 공기질 측정을 위한 것이다. 이때 작업자는 최소한 일회용 작업복과 고효율필터가 부착된 반면형 호흡보호구를 착용해야 한다.
- (6) 해체·제거작업지역에 있는 공기 유입구, 배출구 및 창문 등은 특수장벽 설치가 필요한 것으로 간주하여 최소 0.15 mm(6 mil) 폴리에틸렌 또는 비닐을 사용하여 밀봉하여 덕트 및 창문 틈으로 석면 섬유가 외부로 비산되는 것을 방지한다.
- (7) 모든 석면해체·제거작업지역은 석면 섬유의 비산을 막기 위해 특수장벽을 포함하여 밀폐되어야 한다. 작업장 바닥은 최소 0.15 mm (6 mil) 두께의 불침투성 물질인 폴리에틸렌 또는 비닐 깔개를 두 장 사용하여 바닥에 깔고, 이들 바닥깔개들은 봉합선이 없거나 또는 봉합선이 완전 밀봉된 것을 사용한다. 이들 바닥깔개들이 움직이지 않도록 양면용 테이프나 접착제를 사용 고정한다. 작업장 벽면은 최소 0.10

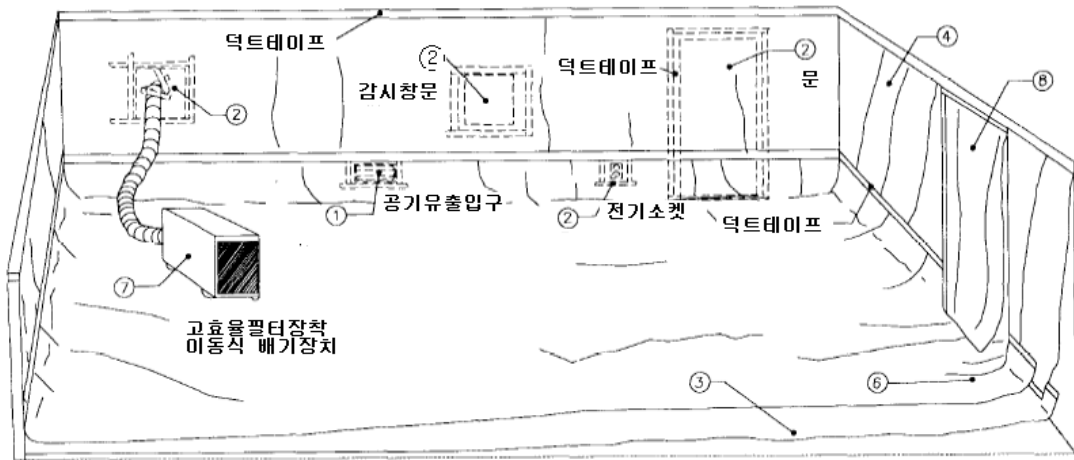
mm (4 mil) 두께의 불침투성 물질인 폴리에틸렌 또는 비닐을 사용하여 덮도록 한다. 바닥과 벽면의 이음새 부분에 있어서는 약 30 cm 정도 겹치도록 시공하고 완전 밀폐를 위해 테이프는 두 번 겹쳐 사용한다.



〈그림 1.2-2〉 바닥과 벽면의 이음새 부분에 있어서는 약 30 cm 정도 겹치도록 시공

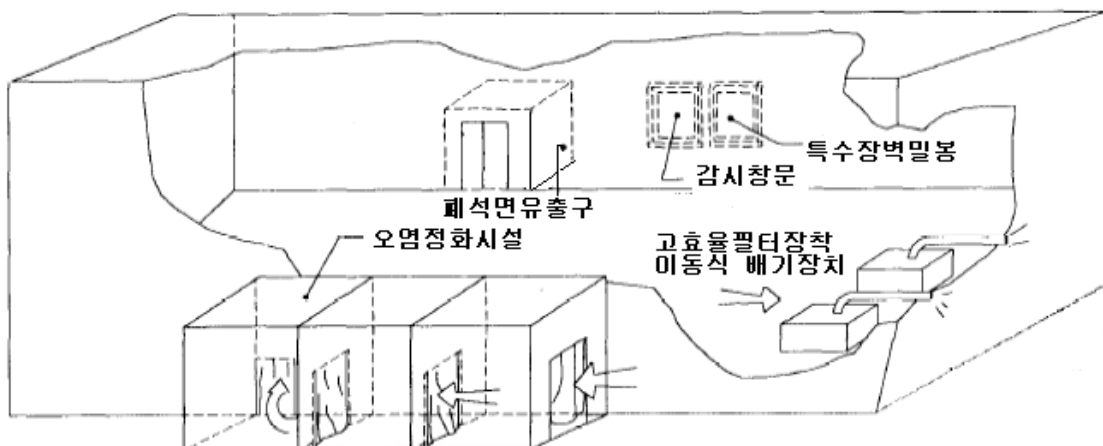
- (8) 석면해체·제거 작업 전에 작업지역에 있는 모든 이동 가능한 가구나 장비 등을 다른 곳으로 옮기고, 만약 옮기기 어려울 경우에는 불침투성 물질인 폴리에틸렌 또는 비닐을 사용하여 완전히 밀봉한다.
- (9) 작업지역에서 습식작업으로 인한 근로자의 전기 감전으로부터 보호하기 위해 전기 장비를 사용하는 경우 접지회로보호장치(GFCI)를 사용한다. 특히, 기존에 작업장 내에 존재하는 모든 전기 회로 또는 조명은 석면 해체·제거를 하는 동안 제 3자가 접근하여 작동하지 못하도록 전기판넬 또는 스위치보드를 잠가 두어야 하며, 표시장치를 부착한다.
- (10) 작업지역내의 음압을 유지하기 위하여 고효율필터가 장착된 이동식 배기 장치를 설치하고, 최소 작업장내 환기회수는 시간당 4번 이상 유지한다. 해체·제거작업을 수행하는 지역과 외부와의 공기압력은 최소 0.02 inch H<sub>2</sub>O 또는 0.508 mm H<sub>2</sub>O 로 유지한다.
- (11) 공기의 흐름이 오염정화설비를 거쳐 가능한 한 모든 작업구역을 통과할 수 있도록 고효율필터가 장착된 이동식 배기장치를 설치한다. 설치장소는 최대한 오염정화설비에서 멀리 설치하도록 한다.

- (12) 고효율필터가 장착된 이동식 배기 장치에 의해 작업지역내의 공기가 옥외로 배출되어야 하고, 석면해체·제거의 수행하는 과정 및 해체·제거가 끝난 후 최종청소를 하는 과정까지 지속적으로 음압을 유지 시켜야 한다.
- (13) 이동식 배기장치에 사용되는 고효율필터는 최소 99.97 %의 여과 효율( $0.3\ \mu\text{m}$  입경의 분진)을 가져야하고 고효율필터의 수명을 연장하기 위해 고효율필터 앞에 1차 또는 1, 2차 전처리 필터(Pre-filter)를 설치할 수 있다.
- (14) 고효율필터가 장착된 이동식 배기 장치의 점검은 작업현장에서 작업이 시작되기 전에 수행하며, 고효율필터 장치가 제대로 작동되는지 최소 한달에 한번은 점검이 이루어 져야 한다. 배기장치가 제대로 작동되는지 확인하기 위한 방법으로 작동이 제대로 되지 않았을 때 경보음을 주는 정압경보장치를 사용하는 것이 바람직하다.
- (15) 석면 해체·제거 작업을 위해 준비를 하는 동안 석면섬유가 공기 중으로 방출될 수 있기 때문에 석면 해체·제거지역에 있는 모든 작업자는 최소한 일회용 작업복과 고효율필터가 부착된 반면형 호흡보호구를 착용하여야 한다.
- (16) 작업지역에 있는 파이프와 배관을 통해 석면분진이 빠져나가지 않도록 밀봉 한다.
- (17) 석면 해체·제거를 계획할 때, 화재에 대비한 소화 시설과 응급상황 시 조명을 준비하도록 한다.
- (18) 가능한 해체·제거하는 작업지역은 외부에서 안을 감시 할 수 있도록 아크릴 판 또는 이와 같은 재질로 이루어진 창문을 설치하는 것이 바람직하다.
- (19) 오염 정화 설비는 근로자가 작업지역을 떠나기 전에 오염된 의류를 제거하고, 샤워하기 위해 작업지역에 연결해서 설치되어야 한다. 오염정화설비의 보통 오염실, 샤워실, 청정실로 이루어지며 각각의 방은 공기 차단막이 설치되어야 한다. 또한 석면에 오염된 폐기물 및 폐석면 이동을 위하여 추가적인 폐석면 유출구 설비가 작업 지역에 설치되어야 한다.
- (20) 작업장의 밀폐 등 모든 준비가 끝난 후, 배기장치를 가동시키고, 연기발생기(smoke test)를 통하여 공기의 흐름이 오염정화설비에서 작업장 안으로 이동하는지 확인한다.



〈그림 1.2-3〉 석면 해체·제거 작업장의 밀봉

- ① 모든 공기 유출구 최소 0.15 mm(6 mil) 폴리에틸렌 또는 비닐을 사용하여 밀봉.
- ② 문, 전기소켓, 및 외부와 개방된 곳은 모두 최소 0.15 mm(6 mil) 폴리에틸렌 또는 비닐을 사용하여 밀봉.
- ③ 첫 번째 작업장 바닥 밀봉은 최소 0.15 mm (6 mil) 두께의 불침투성 물질인 폴리에틸렌 또는 비닐 깔개로 밀봉하고 바닥과 벽면의 이음새 부분에 있어서는 약 30 cm 정도 겹치도록 시공.
- ④ 벽은 최소작업장 벽면은 최소 0.10 mm (4 mil) 두께의 불침투성 물질인 폴리에틸렌 또는 비닐을 사용하여 밀봉.
- ⑤ 전원을 끄고 형광등을 제거.
- ⑥ 두 번째 작업장 바닥 밀봉은 최소 0.15 mm (6 mil) 두께의 불침투성 물질인 폴리에틸렌 또는 비닐 깔개로 밀봉하고 바닥과 벽면의 이음새 부분에 있어서는 약 30 cm 정도 겹치도록 시공.



〈그림 1.2-4〉 석면 해체·제거 작업장의 오염정화 시설과 폐석면 유출구

### 1.2.6 작업절차

- (1) 석면함유물질의 해체·제거 작업에는 습식방법을 사용한다. 습식방법에 사용되는 습윤제는 물이 석면함유물질 안으로 쉽게 스며들게 하기위하여 계면활성제를 첨가시킨 물을 사용한다. 습식방법에 사용되는 도구로는 습윤제가 들어 있는 휴대용 정원 분무기 등이 사용될 수 있으나 고압을 이용한 물의 분무는 허용되지 않는다.



〈그림 1.2-5〉 습윤제 살포

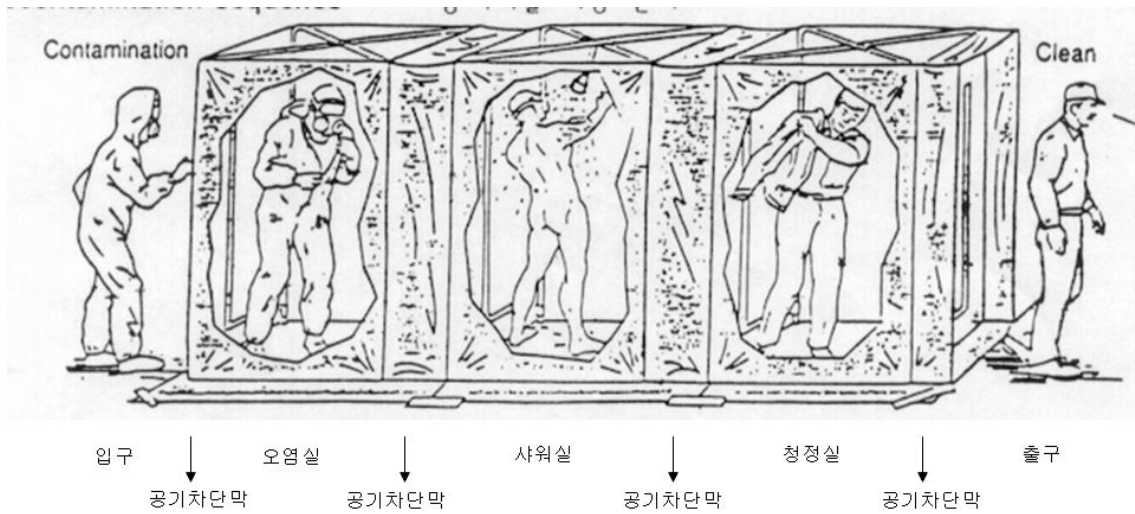
- (2) 해체·제거 작업에서 발생하는 석면함유 잔존물을 청소하는데 있어 젖은 걸레를 사용하여 청소하고, 마른 상태로 청소하거나 압축공기를 이용하는 것은 허용되지 않는다.
- (3) 작업지역에서 외부로 배기되는 공기는 반드시 전처리필터(pre-filter)와 고효율필터가 부착된 배기장치를 통해 옥외로 배출되어야 하며, 전처리 필터와 고효율필터는 주기적으로 교체해야 한다. 보통 작업장의 석면섬유 농도에 따라 다르지만, 1차 전처리필터는 2시간마다, 2차 전처리필터는 24시간, 고효율필터는 500시간마다 교체를 권고 한다.
- (4) 진공청소기로 석면함유물질을 청소하는 경우 반드시 고효율필터가 장착된 진공청소기를 사용해야 한다.
- (5) 해체·제거 작업하는 동안 석면 섬유에 노출된 모든 곳은 진공 청소 또는 젖은 걸레로 닦아야 한다.
- (7) 만일 석면을 표면에 고정처리 할 필요가 있다면, 표면고정처리제를 사용 석면섬유

가 표면에 효과적으로 접촉되도록 한다.

- (8) 석면함유물질의 해체·제거가 끝난 후, 표면은 잘 닦아내거나 진공청소를 한 다음 표면고정처리제를 사용하여 눈에 보이지 않는 먼지들을 표면에 고정 처리 시킨다.
- (9) 물 또는 표면고정 처리제를 석면함유물질의 표면에 분무 시 공기 중에 석면이 비산되지 않도록 압축공기를 사용하지 않는 분무방식인 에어리스 스프레이 방식을 사용하거나 아주 낮은 압력을 사용하도록 한다.
- (10) 석면해체·제거 작업장에서의 식 음료 및 흡연은 금지 된다. 이러한 활동들은 근로자가 오염정화 시설을 통해 작업장을 빠져 나간 후 수행할 수 있다.
- (11) 석면함유 물질이 시공된 보일러 등 단열재의 석면해체·제거 시 단열재내에 존재하는 철근 선을 자를 경우 많은 분진이 발생할 수 있기 때문에 해체·제거 작업 시 분진의 발생을 최소로 하기 위하여 습윤제로 표면을 충분히 적셔야 하고, 좁은 공간에서 단열재를 자를 수 있도록 가능한 작은 도구를 선택한다.
- (12) 석면해체·제거 활동에서 동력공구를 사용할 경우, 분진이 있는 곳이나 물에 젖어 있는 곳에 이용 가능하도록 신중히 선택하여야 한다. 일반적으로 무동력 수동 공구가 선호된다.

#### 1.2.7 정화 (Decontamination)

- (1) 고 위험 해체·제거 작업에서 오염정화 설비는 이동식 형태이거나 또는 작업 현장에서 직접 제작할 수 있다. 이러한 오염정화 설비는 석면해체·제거작업이 수행되는 밀폐된 지역에 연결하여 시공하고, 3가지 구역 즉, 오염실(Dirty Room), 샤워실(Shower Room)과 청정실(Clean Room)로 나뉜다.



〈그림 1.2-6〉 오염정화설비



〈그림 1.2-7〉 이동식 오염정화설비

(2) 오염 정화 시설내의 각 구역에 있는 방은 공기 차단 막 또는 완충지대를 두어 각 분리하여야 한다. 이런 공기차단은 근로자가 해체·제거 지역으로 접근할 수 있도록 하고 각 구역에서 공기의 흐름을 제어하는데 그 목적이 있다. 이러한 공기 차단은 통상 플라스틱 시트를 이용하여 커튼의 형태로 만들어진다.



〈그림 1.2-8〉 공기차단막

(3) 일반적으로 한곳의 오염정화 시설에서 10명이 동시에 사용하지 못하도록 하는 데 이는 샤워실이나 청정실에서 근로자들이 대기하지 못하도록 하기 위함이다.

(4) 오염실이 갖추어야 할 요건

- ㉠ 고효율필터가 장착된 진공청소기 또는 호스를 이용하여 물로 석면에 오염된 의류 또는 신발류(또는 일회용 신발덮개)를 씻어 내리도록 준비.
- ㉡ 오염된 의류와 신발덮개 등을 폐기할 석면 폐기용 비닐 백.
- ㉢ 폐기물을 위한 석면 폐기용 용기.
- ㉣ 공기의 흐름은 오염실에서 석면 해체·제거지역으로 기류가 이동



〈그림 1.2-9〉 오염실에서의 정화

(5) 샤워실이 갖추어야 할 요건

- ㉠ 비누, 샴푸와 냉온수의 제공
- ㉡ 공기의 흐름은 샤워실에서 오염실쪽으로 기류가 이동



<그림 1.2-10> 샤워실

(6) 청정실이 갖추어야 할 요건

- ㉠ 컨테이너 또는 사물함을 비치하여 개인방독면을 보관
- ㉡ 호흡 보호구의 착용을 용이하게 하기위한 거울 준비
- ㉢ 오염되지 않은 의복을 보관할 수 있는 사물함
- ㉣ 타월 보관함: 사용하지 않은 것과 사용한 것을 분리하여 보관 하여야 한다.
- ㉤ 공기의 흐름은 청정실에서 샤워실 및 오염실로 기류가 이동

(7) 오염정화 설비에서 배수되는 모든 물은 5 마이크론 필터를 통해 걸러져야 한다.

(8) 청정실에 들어간 근로자는 평상복 및 개인 소지품을 청정실의 사물함에 보관하고 오염되지 않은 깨끗한 일회용 작업복으로 갈아입는다. 호흡보호구를 착용하고 제대로 작동하는지 자가 밀착도 검사를 수행한 후 샤워실을 통해 오염실로 들어간다.

(9) 오염된 석면 해체·제거작업 지역에서 오염실로 들어가기 전에 작업자는 고효율필터가 장착된 진공청소기를 이용하여 작업복 및 개인 보호의 및 해체·제거장비를 오염시킨 석면분진을 제거한다.

(10) 오염실에서 근로자는 방독면을 제외한 모든 개인 보호의 및 장비를 벗은 후 폐기용 비닐 백이나 용기에 둔다.

(11) 근로자는 호흡 보호구를 착용한 채 샤워실로 들어간다. 근로자는 먼저 머리와 호흡보호구를 깨끗이 씻은 후에 호흡 보호구를 벗는다. 샤워실에는 냉·온수와 비누, 샴푸를 제공해야 한다.

(12) 샤워를 끝나치면 근로자는 청정실에 들어가 평상복으로 갈아입는다. 방독면은 다

음에 다시 사용될 때까지 청소, 소독한 후 적당한 장소에 저장한다.

- (13) 공구나 해체·제거작업에 사용된 장비나 물건들은 오염실 또는 오염실과 연결된 장비실에 놓아둔다. 장비실을 따로 두는 경우는 폐기용 석면 용기 또는 정화된 장비들을 옮길 때 사용되어진다.
- (14) 오염정화설비 즉, 오염실, 샤워실, 청정실을 해체·제거하는 작업장소에 연결하여 사용하지 못할 경우, 석면오염을 최소한으로 하기 위한 방법인 미니오염정화시설을 사용할 수 있다. 석면해체·제거작업장에 연결하여 탈의실을 설치하고, 작업자가 탈의실로 들어가기 전 고효율필터가 장착된 진공청소기를 이용하여 작업복 및 개인 보호의를 오염시킨 석면분진을 제거하고 탈의실로 들어간다. 작업자가 이곳에서 일회용 작업복 및 발싸개 등 작업 중에 겹에 입었던 모든 일회용 의류를 벗어 폐기하고 의복 교환실로 들어가 깨끗한 일회용 작업복으로 갈아입는다. 샤워실이 설치된 곳으로 가기 전까지는 호흡보호구는 항상 착용하며 위에 기술한 바와 같은 방법으로 샤워한 후 청정실로 들어가 외출복으로 갈아입는다.



〈그림 1.2-11〉 미니 오염정화설비

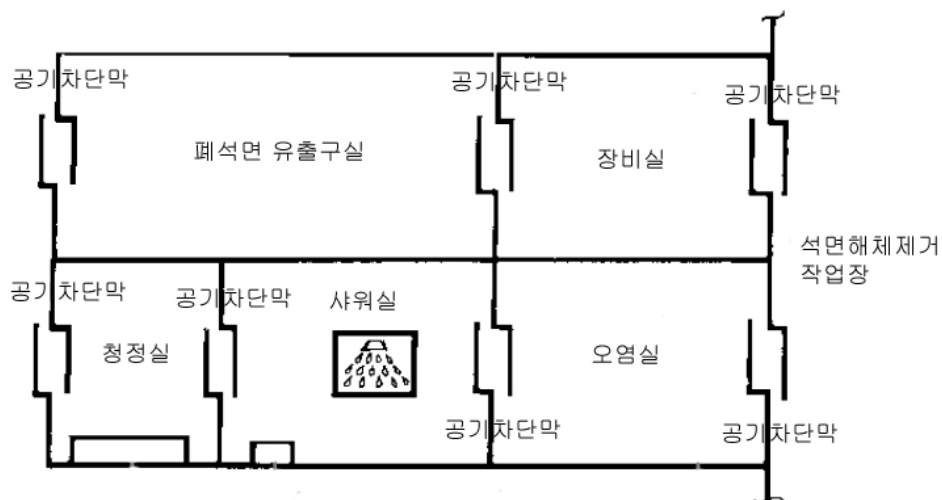
- (15) 고 위험 해체·제거작업이 끝난 후 마지막으로 작업장의 석면오염에 대한 정화는 폴리에틸렌 또는 비닐로 바닥과 벽을 밀봉한 것을 철거하기 전에 수행하며, 정화 방법은 고효율 필터가 장착된 진공청소기와 젖은 걸레를 사용하여 눈에 보이는 모든 석면 함유 잔존물을 청소한다. 이와 같은 작업장내의 정화가 끝난 후 때 석면감독관은 육안검사를 통하여 청소여부를 확인하고, 필요시 재청소를 지시한다.
- (16) 석면감독관의 육안검사 후 석면함유물질이 없다고 판단되면 눈에 보이지 않는 석면함유 먼지 및 섬유를 표면에 고정시키기 위해 표면고정 처리제를 폴리에틸렌 또는 비닐로 밀봉한 곳에 살포하여 표면에 고정화 시킨다.
- (17) 표면고정처리제가 충분히 건조된 후(최소 4시간, 보통 8 시간부터 12시간) 석면감독관은 석면 해체·제거 작업장에서 육안검사를 다시 실시하고, 깨끗하다고 판단되면 밀봉에 사용된 비닐을 제거하여 최종 공기질 측정을 실시한다. 이 때 공기

유입구, 배출구 및 창문 등은 특수장벽 또는 고효율 필터가 장착된 이동식 배기 장치 등에 설치된 비닐은 최종 공기질 측정을 할 때까지 그대로 둔다. 효과적으로 오염정화가 이루어졌는지를 확인하기 위하여 최종 공기질 측정을 실시한 후 그 결과가 0.01 f/cc 이하인 경우 석면해체·제거지역에 밀봉한 것을 제거한다. 최종 공기질 측정은 적극적 노출 평가를 사용한다. 석면해체·제거지역에 밀봉된 것을 제거하는 작업은 저 위험 해체·제거작업으로 간주하여 수행하여야 한다.

- (18) 진공청소기와 같은 전기장비, 공구 및 동력 장비는 해체·제거작업이 끝날 때까지 작업지역에 놔두어야 한다. 이런 장비 및 공구들은 진공청소 및 젖은 수건 및 걸레를 이용하여 청소 후 옮겨야 한다. 만약 정화할 수 없는 경우에는 플라스틱 비닐 등으로 싸서 밀봉하고, 기타 석면해체·제거 작업의 일환으로 간주 하여 밀봉된 지역 안에서 이들을 정화하기 위해 이들 장비 및 공구들을 비닐에서 꺼내야 한다.
- (19) 석면 해체·제거 작업을 끝내기 위하여 최종 청소에 필요하지 않은 모든 공구나 장비는 세척되어 작업지역으로 옮겨야 한다.

### 1.2.8 폐기처리

- (1) 작업 지역내에 장비실과 연결된 폐기물 유출구를 설치하여 석면 해체·제거작업에서 나오는 폐기물을 운송하도록 한다. 장비실과 폐기물 유출구는 아래와 같다.



〈그림 1.2-12〉 폐석면 유출구 및 오염정화설비

- (2) 밀봉된 석면 해체·제거작업에서 나온 폐기물은 석면경고 표지가 부착된 불침투성 용기나 비닐백(두 겹의 최소 0.15 mm (6 mil) 두께의 폴리에틸렌 백)에 담아 밀봉한다. 석면 경고 표지는 용기에 석면이 들어 있는 것과 석면에 의한 발암성 및 석면섬유를 흡입해서는 안 된다는 것이 표시되어야 한다. 만약 석면 폐기물이 폴리에틸렌 백에 구멍을 낸 것 같으면 단단한 용기를 사용하여 폐기한다.
- (3) 석면폐기물이 담긴 밀봉된 용기는 오염지역을 떠나기 전에 겉 표면을 젖은 걸레 및 수건으로 닦거나 고효율필터가 장착된 진공청소기를 사용하여 깨끗하게 청소한 후 석면 폐기물로 간주하여 폐기 처리한다.
- (4) 석면 폐기를 목적으로 하는 밀봉 용기를 다루거나 운송 시 구멍이 생기지 않게 하고 손상되지 않도록 장비실에서 단단히 밀봉해야 한다.
- (5) 지속적인 청소와 폐기 처리프로그램을 이용하여 석면해체·제거현장에서 석면폐기물의 불필요한 축적을 예방하여야 한다. 작업시간이 끝날 때 마다 모든 석면폐기물은 적당한 방법으로 밀봉되어야 한다. 책임자에 의하여 석면폐기물이 석면폐기장으로 가기까지 모든 진행과정 계획을 세워야 한다. 석면 폐기물을 운송하는 운전자는 예방 조치를 숙지하고 있어야 한다.
- (6) 석면 폐기처리지역은 폐기물 관리법을 따라야 한다.

### 1.2.9 공기질 측정

- (1) 공기질 측정은 석면 해체·제거 작업 전, 작업 중 그리고 작업장에 밀폐한 구조물을 철거 전에 수행한다. 공기질 측정 결과는 가능하면 측정한 날에 얻도록 한다. 공기질 측정 방법은 다음과 같다.
  - ㉠ 해체·제거 작업 시작하기 전에 해체·제거 작업장에서 공기 중 석면섬유의 배경농도를 측정하기위해 수행하며, 해체·제거 작업장 내·외를 포함 최소 3개의 시료를 채취한다.
  - ㉡ 밀폐된 고 위험 석면 해체·제거 작업장 외부에서 공기질 측정을 작업이 수행하는 동안 계속적으로 수행되어야 하며, 0.01 f/cc가 넘을 경우 즉시 작업을 중지시키고, 작업장 밀폐 및 밀봉이 제대로 수행되었는지 확인한다.
  - ㉢ 고 위험 석면 해체·제거를 하는 동안 석면 해체·제거를 수행하는 개인 시료 채취를 수행하고 이들 시료 채취 결과는 근로자가 사용하고 있는 호흡 보호구의 보호계수를 넘어서는 지를 확인한다. 개인 시료 채취는 매일 수행되어야 하고 작업 형태에 따라 개인별 채취 시료수가 증가될 수 있다. 개인별 채취는 최소 작업자의 25 % 이상으로 한다. 이들 시료들의 분석 결과는 24시간 이내에 근로자

에게 제공되어야 한다.

- ㉔ 고 위험 석면 해체·제거를 하는 동안 오염정화설비에서의 청정실에서 수행되거나 청정실로 입구에서 수행한다. 이들 시료의 결과는 24시간 이내에 근로자에게 제공되어야 한다.
- ㉕ 고 위험 석면 해체·제거 작업이 끝난 후 석면해체·제거지역에 다시 주민이 거주하고자 할 경우, 작업지역에 밀봉한 것을 철거하기 전에 밀봉된 작업지역 안에서 시료를 채취하여야 한다. 이 같은 마지막 공기질 측정은 적극적 노출평가 방법을 이용하여 수행 한다. 당해지역이 석면에 오염되지 않았는지 확인하기 위한 공기질 측정 개수는 밀봉지역이 최소 450 m<sup>2</sup> 당 7 개 이상(시료 5개 이상+ 현장 공시료 2 개)의 시료를 채취한다. 또한 작업장 면적이 450 m<sup>2</sup> 추가될 때마다 시료를 2개씩 추가하고, 작업장 크기가 450 m<sup>2</sup>이하인 경우 방마다 1개씩 시료를 채취한다.

(2) 공기질 측정 결과를 검토한 후 다음과 같은 기준이 적용된다.

- ㉖ 밀폐된 석면 해체·제거 작업지역에서 채취한 개인 시료결과가 근로자가 사용하는 호흡보호구의 보호계수를 초과하는 공기중 섬유농도인 경우 적절한 호흡보호구가 다시 제공될 때까지 작업을 중지 한다.
- ㉗ 밀폐된 석면 해체·제거 작업장 밖에서, 청정실 또는 청정실에 들어가는 입구에서 측정한 결과가 노출기준의 50 %(0.05 f/cc)를 초과하는 경우에는 작업방법과 밀폐 구조물을 다시 점검하여야 한다. 만약 계속적으로 공기 중 섬유가 농도가 높게 된다면, 이유가 확인되고 정정될 때까지 작업을 중지하여야 한다. 만약 밀폐지역 밖에서의 공기 중 석면 섬유 농도가 노출기준에 가깝게 나왔다면 이유 확인과 정정될 때까지 작업은 중지해야 한다. 해체·제거 작업장 외부에서 측정된 공기 중 석면 섬유는 절대로 노출기준을 초과 하여서는 안 된다.
- ㉘ 석면해체·제거지역에 주민이 다시 거주하고자 할 경우, 최종 공기질 시료 결과는 적극적 노출 평가를 적용하여 0.01 f/cc 미만이어야 한다. 만약 시료 결과가 0.01 f/cc 이상이 되면 특수 장벽을 제거할 수 없으며 표면고정 처리제를 사용하여 눈에 보이지 않는 석면 섬유를 고정화시키고 다시 적극적 노출 평가에 의한 최종 공기질 측정을 수행한다(2.7 석면해체·제거작업에 따른 공기질 측정을 참고할 것).

#### 1.2.10 해체·제거 작업장 감시

- (1) 고 위험 석면 해체·제거 작업이 시작하기 전과 배기 장치가 가동되기 전에 연기

테스트기를 사용하여 제대로 석면 해체·제거 작업장이 밀폐 되었는지를 확인한다.

- (2) 해체·제거 작업 전 그리고 각 해체·제거 작업교대가 끝난 후에 석면 해체·제거 작업장의 밀폐 여부를 육안 조사를 통해 확인 한다. 육안 검사를 수행하는 동안 결함이 발견 되면 즉시 바로 수리 하여야 한다. 필요시에는 이들 결함들을 수리한 후 올바른 밀폐를 평가하기 위하여 추가적인 공기질 측정을 할 수도 있다.
- (3) 석면함유물질을 해체·제거하기 전에 작업에 사용되는 기구들이 제대로 작동되는지 점검 하고 필요하다면 수리해야 한다. 또한 작업에 사용되는 기구들이 해체·제거 작업에 지속적으로 사용 될 경우 적어도 7일에 1번은 점검 및 수리해야 한다. 장비들의 점검 및 수리에 대한 자세한 내용을 기록하여 보관한다.
- (4) 석면 해체·제거 작업을 하는 동안 지속적으로 오염정화시설에 틈이나 망가진 곳이 있는지 검사 하고 이러한 검사는 육안검사와 연기테스트기를 이용하여 이루어진다. 연기테스트를 수행하는 경우 공기의 흐름이 청정지역에서 오염지역으로 가는지를 반드시 확인하여야 한다. 이들 검사에 대한 결과는 기록하여 보관한다.
- (5) 석면 해체·제거작업을 수행하는 동안 오염된 지역과 천정 지역간의 공기압력의 차이를 측정 기록해야 한다. 압력의 차이는 적어도 5 파스칼(0.02 in water gauge)로 유지한다.
- (6) 석면 해체·제거작업이 끝난 후, 표면고정처리제를 사용하기 전에 전반적인 검사가 이루어져야 하고 이러한 검사는 석면 섬유나 분진이 제대로 제거 및 청소되었는지 확인한다.
- (7) 일반인 또는 보호 장비를 갖추지 않은 근로자가 석면 해체·제거된 지역에서 활동할 수 있는지 확인하기 위하여 밀폐 구조물이 철거 후 해체·제거업체가 작업장을 떠나기 전에 마지막 점검을 실시한다.

### 1.3 중 위험 석면 해체·제거 작업

#### 1.3.1. 작업범위

아래와 같은 석면해체·제거 작업을 하는 경우 석면 섬유에 노출되는 것을 중 위험에 속하는 작업으로 간주한다.

- (1) 습식방법을 사용하여 공기 중에 석면 섬유가 날리는 것을 제어 못하는 장소에서 고정형 석면 함유 물질로 만들어진 제품을 무동력 수동식 공구를 사용하여 구멍을 내거

나 자르는 작업.

- (2) 고효율 석면 함유 물질로 만들어진 제품을 고효율 필터가 장착된 기계식 및 전기식 동력공구를 사용하여 자르거나 그라인딩 작업 하는 경우.
- (3) 비고형 석면 함유물질이 있는 곳이나 해체·제거 작업지역에 접근하기 위해 천장 타일 또는 천장 보드를 일부 또는 전체를 해체·제거하는 경우.
- (4) 건축물, 구조물, 기계 및 장비 또는 그것의 부속품을 해체·제거 및 유지보수를 위한 면적이 0.09 m<sup>2</sup> 이내가 되는 비고형 석면 함유물질.
- (5) 클러브 백을 이용하여 작업하는 경우.
- (6) 손상되거나 손상될 우려가 있는 천장 타일 또는 비닐바닥타일 등의 면적이 9.0 m<sup>2</sup>(3 m×3 m) 이내의 고탈 석면 함유물질 제거하는 경우.
- (7) 석면함유 벽돌 모르타르, 벽재의 접합부분, 및 치장용 벽토 등을 수작업으로 해체·제거 또는 재시공 하는 경우

### 1.3.2 해체·제거시 필요 장비 및 기구

(1) 중위험 해체·제거작업 시 작업장을 밀폐시킬 수 없는 경우 사용되는 장비 및 기구는 아래와 같으며, 해체·제거 작업의 상황에 따라 기타 장비를 추가로 첨부할 수 있다.

- ① 고효율 필터가 부착된 진공청소기
- ② 최소 0.15 mm (6 mil) 두께의 폴리에틸렌 바닥깔개 또는 비닐
- ③ 최소 0.15 mm (6 mil) 두께의 석면경고 표지가 부착된 폐기용 비닐 백
- ④ 석면 함유물질 표면에 습식 방법을 이용 표면을 습윤화할 수 있는 스프레이병 또는 수동식 정원 분무기
- ⑤ 제한지역을 구분하기 위한 칸막이 또는 장벽
- ⑥ 경고용 표지
- ⑦ 적당한 수작업 해체·제거공구
- ⑧ 청소예 필요한 도구; 대걸레, 손걸레, 물 등
- ⑨ 소화기.
- ⑩ 적당한 응급처치용 기구

(2) 중 위험 해체·제거작업 시 작업장 밀폐 시 필수적으로 사용되는 장비 및 기구는 아래와 같으며, 해체·제거 작업의 상황에 따라 기타 장비가 추가로 첨부될 수 있고, 고위험 석면 해체·제거 작업에서 사용되는 고효율 필터가 부착된 이동식 배기장치가 필

요하다. 자세한 작업장 밀폐 방법은 고 위험 석면 위험 해체·제거 작업방법을 참조한다.

- ① 고효율 필터가 부착된 이동식 배기장치
- ② 고효율 필터가 부착된 진공청소기
- ③ 덕트 테이프 또는 이와 상응하는 접착성 테이프
- ④ 최소 0.15 mm (6 mil) 두께의 폴리에틸렌 또는 비닐
- ⑤ 최소 0.10 mm (4 mil) 두께의 폴리에틸렌 또는 비닐
- ⑥ 석면경고 표지가 부착된 폐기용 비닐 백
- ⑦ 석면 함유물질 표면에 습식 방법을 이용 표면을 습윤화할 수 있는 스프레이병 또는 수동식 정원 분무기
- ⑧ 제한지역을 구분하기 위한 칸막이 또는 장벽
- ⑨ 경고용 표지
- ⑩ 적당한 수작업 해체·제거공구
- ⑪ 청소에 필요한 도구; 대걸레, 손걸레, 물 등
- ⑫ 표면고정 처리제
- ⑬ 습윤제
- ⑭ 연기 발생기
- ⑮ 소화기 및 응급 처치 도구함

### 1.3.3 개인 보호 장비

#### (1) 보호의

- ① 일반적으로 일회용 전신 작업복을 착용하도록 권고 하고 있으며, 만일 작업이 격리된 제한구역 내에서 수행할 경우 일회용 작업복 안에 평상복을 입어서는 안 된다.
- ② 석면 섬유에 침투에 저항성이 있는 물질로 만들어 져야하며, 타이백같은 종류가 이에 사용된다.
- ③ 몸, 목, 손목과 발목을 감싸야 한다.
- ④ 머리와 발도 감싸야 하고 고무장화를 착용한다.
- ⑤ 만일 보호의가 찢어졌다면 즉시 수리 및 교체하여야 한다.

#### (2) 호흡보호구

- ① 중 위험 석면 해체·제거 작업에 사용되는 호흡보호구는 고효율 필터가 장착된 전

면형 또는 반면형 공기 정화 호흡 보호구 이상의 보호계수를 갖는 호흡 보호구를 착용한다.

- ② 호흡 보호구의 선택은 작업 중 공기 중 석면 섬유 수준이 작업자를 보호할 수 있는 수준 즉 0.1 f/cc (8시간 기준)이 되도록 충분한 보호계수를 주어 선택한다. 0.1 f/cc 이상인 경우에는 보다 높은 보호계수를 갖는 호흡보호구를 착용해야 한다.
- ③ 호흡 보호구의 보호수준은 공기질 측정 결과와 거기에 맞는 호흡 보호구의 보호계수에 따라 결정된다.
- ④ 안면부 여과식 및 일회용 호흡보호구를 사용해서는 안 된다.
- (3) 이밖에 석면이외의 기타 유해요인으로부터 작업자를 보호하기 위해 안전장비 및 신체보호 장비 즉, 안전 부츠, 안전모 등이 필요하다.

#### 1.3.4 작업전 계획

- (1) 석면조사보고서를 토대로 현장에서 작업할 대상 석면물질의 종류, 양, 상태 및 작업조건의 일치여부를 확인한다.
- (2) 중 위험 석면 해체·제거 작업을 하기전 해체·제거할 대상에 적용할 작업방법을 수립한다.
- (3) 고효율 필터가 장착된 장비나 기구를 사용하기 경우 석면 해체·제거 작업에 사용하기 전에 고효율 필터 테스트를 하였는지 확인한다.
- (4) 석면 해체·제거 작업자는 중위험 석면 해체·제거 작업에 수행되는 작업방법, 정화방법 및 석면위험에 대하여 교육을 필해야 하고, 작업시에는 현장에 교육을 필한 기록을 비치하여야 한다.
- (5) 건강진단서(흉부 X-선 촬영, 폐기능 검사 등)과 호흡보호구의 정성 또는 정량 밀착도 검사 결과서를 현장에 비치하여야 한다.
- (6) 중위험 석면 해체·제거 작업 장소에 거주 및 이용하는 사람들에게 또는 주위에 상주하는 사람들에게 석면 해체·제거를 하는 장소와 방법 및 작업 기간 등을 공고한다.

#### 1.3.5 작업지역에서의 준비사항

- (1) 석면작업지역은 통제지역으로 간주하여, 석면감독관에게 허가받은 사람만이 석면 작업지역으로 출입하도록 하고, 석면작업지역 주위를 격리시키고 경고표시를 한

- 다. 또한 출입기록지를 작업장 출입구에 비치하여 기록하게 한다.
- (2) 석면 해체·제거 작업 주위에 바리케이트, 울타리 또는 유사한 구조를 이용한 경계선을 만들고 점검 한다.
  - (3) 해체·제거 면적이  $0.09 \text{ m}^2$  이내가 되는 비고형 석면 함유물질을 대상으로 하는 해체·제거작업을 수행하는 경우 작업을 시작하기 전에 고효율 필터가 장착된 진공청소기 또는 젖은 걸레 등으로 해당 물질표면을 표면이 파손되지 않게 청소한다.
  - (4) 해체·제거작업을 시작 전에 모든 배기 및 환기 시스템의 가동을 중지 시켜 작업 중 비산되는 석면섬유가 이들 시스템을 통하여 다른 곳으로 이동되지 않도록 한다.
  - (5) 작업장 내의 모든 전기 및 기계장치 및 장비는 가동을 중지 시키고 격리시켜 사람들의 접근을 차단 한다.
  - (6) 해체·제거작업을 위한 전력은 접지회로 보호장치에 의해 공급 한다.
  - (7) 밀폐가 필요한 작업장( $9.0 \text{ m}^2$ 이내)은  $0.15 \text{ mm}$  (6 mil) 두께의 폴리에틸렌 비닐을 사용하여 설치하며, 벽, 바닥, 특수장벽의 밀봉 방법은 고 위험 해체·제거작업에 따라 설치한다.
  - (8) 고효율필터가 장착된 배출 장치는 밀폐지역에 음압유지를 유지하기위하여 해체·제거작업이 수행 되는 동안 계속 가동되어야 한다. 공간이 부족할 경우 고효율 진공청소기도 사용할 수 있다.
  - (9)  $9.0 \text{ m}^2$  초과하는 지역에서 해체·제거 작업을 할 경우는 고 위험 작업으로 분류하여 이에 맞는 해체·제거 활동을 하여야 한다.
  - (10) 중위험 해체·제거작업 시 작업장을 밀폐시킬 수 없는 경우 최소 작업자의 일회용 작업복을 탈의할 수 있는 시설을 확보한다.
  - (11) 중위험 해체·제거작업 시 작업장 밀폐 시 작업자를 위한 정화시설을 갖추고 이런 정화시설은 밀폐지역과 연결시킨다. 정화시설 규모는 최소한 미니오염정화시설 이상의 설비를 갖추어야 한다.

### 1.3.6 작업 절차

- (1) 습식작업은 해체·제거작업 전에 그리고 해체·제거작업이 이루어 지는 동안 대상 물질을 충분히 적셔야 한다. 다만, 습식으로 인해 대상물질이 갈라지거나 분해되지 않을 정도만큼 적신다.
- (2) 압축 공기를 이용하여 작업표면 또는 작업복에 묻은 먼지를 제거 또는 청소 하지

않아야 하며, 가능한 석면 섬유가 많이 발생하는 방법은 피한다. 청소하는 방법은 젖은 걸레 및 고효율필터가 장착된 진공청소기를 이용한다.

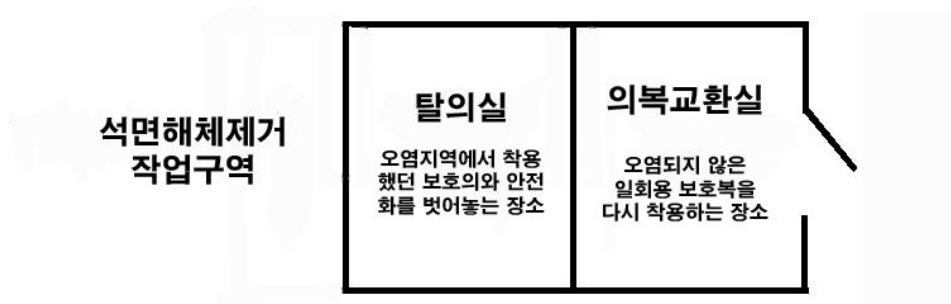
- (3) 석면해체·제거 작업 시 다른 지역으로 석면이 방출되는 것을 막기 위해 폴리에틸렌 (비닐) 이용한 바닥 깔개나 칸막이(장벽)를 사용한다. 예를 들면, 실외에서 작업 시 작업장을 밀폐하기 어려운 경우에 해당한다.
- (4) 해체·제거 시 발생하는 석면함유 폐기물을 폐기용 비닐 백에 넣기 전에 폐기물들은 젖은 상태여야 하고, 가능한 석면 폐기물이 작업장에 축적되지 않도록 하여야 한다.
- (5) 해체·제거작업이 종료되면, 표면고정 처리제를 사용하여 작업지역의 가장자리 및 석면함유 물질의 표면을 고정 처리한다.
- (6) 해체·제거작업을 수행 시 작업장을 밀폐시켜야 하는 경우, 작업이 끝난 후 작업지역을 떠나기 전에 작업장 정화방법을 실시하여야 하는데, 고 위험 해체·제거작업과 마찬가지로 밀폐된 비닐 표면에 표면고정 처리제를 사용하여 고정처리를 한다. 이것은 눈에 보이지 않는 석면섬유를 밀폐 지역표면에 부착시키고 공기 중에 비산하지 않도록 한다.
- (7) 표면을 고정처리 한 후 최소한 4시간 동안 건조한 후 석면 감독관이 해체·제거 작업장에서 육안 검사를 실시하고, 깨끗하다고 판단되면 밀폐에 사용된 비닐을 제거하고 육안 검사를 다시 실시한 다음 주민이 다시 거주하거나, 재 사용시 최종 공기질 시료를 채취하는데 적극적 노출 평가를 적용하여야 한다. (2.7 석면 해체·제거작업에 따른 공기질 측정을 참고할 것).

### 1.3.7 정화

- (1) 작업 중 및 작업이 끝날 때 즉시 수행하며 보호 장비와 보호의를 깨끗이 청소해야 한다. 이때는 고효율 필터가 장착된 진공청소기를 사용하거나, 젖은 걸레 등을 이용하여 장비와 보호의를 닦는다. 압축공기를 이용한 도구를 사용하여 석면에 오염된 먼지를 제거 및 청소를 해서는 안 된다. 바닥깔개는 적셔진 상태하에서 석면함유 잔존물을 함유하고 있어야 하고, 이들 바닥 깔개는 작업장 내 석면경고 표지가 부착된 폐기용 백에 담아 폐기되어야 한다.
- (2) 중위험 해체·제거작업 시 작업장을 밀폐시킬 수 없는 경우 최소한 작업자가 일회용 작업복을 탈의 할 수 있는 시설을 작업장 근처에 설치한다.
  - ㉠ 작업자가 탈의실로 들어가기 전 고효율 필터가 장착된 진공 청소기를 이용하여 일회용 작업복 및 개인 보호장비를 오염시킨 석면분진을 제거 하고 탈의실로 들

어간다.

- ② 탈의실에서 오염된 의류를 모두 벗어 폐기용 용기에 담고 의복 교환실로 들어간다.
- ③ 의복 교환실에서 깨끗한 일회용 작업복으로 갈아 입고 밖으로 나온다. 이때 호흡보호구는 착용하고 있어야 한다.
- ④ 작업자는 샤워실로 가서 샤워를 한다.



〈그림 1.3-1〉 탈의실

- (3) 밀폐된 작업장의 중위험 해체·제거작업이 끝난 후 작업지역을 떠나기 전 작업자의 정화는 최소한 미니오염정화 시설 이상의 설비를 갖추어야 하고 작업장 밀폐지역과 연결 시킨다. 석면해체·제거작업장에 연결하여 탈의실을 설치하고, 작업자가 탈의실로 들어가기 전 고효율필터가 장착된 진공청소기를 이용하여 작업복 및 개인 보호의를 오염시킨 석면분진을 제거하고 탈의실로 들어간다. 작업자가 이곳에서 일회용 작업복 및 발싸개 등 작업 중에 겹에 입었던 모든 일회용 의류를 벗어 폐기하고 의복 교환실로 들어가 깨끗한 일회용 작업복으로 갈아입는다. 샤워실이 설치된 곳으로 가기 전까지는 호흡보호구는 항상 착용하며 위에 기술한 바와 같은 방법으로 샤워한 후 청정실로 들어가 외출복으로 갈아입는다. 미니오염정화 시설은 <그림 1.2-5>를 참고.

### 1.3.8 폐기처리

- (1) 모든 석면 폐기물은 석면경고 표지가 부착된 폐기용 백이나 밀봉된 용기에 담아야 한다.
- (2) 석면경고 표지가 부착된 백 이나 용기에 석면 함유물질이 있는 경우 반드시 밀봉되어야 하고, 표면은 젖은 걸레를 이용하여 닦거나 고효율필터가 장착된 진공청소기를 사용하여 청소를 한 후, 작업장에서 옮겨져 즉시 폐기 한다.

(3) 석면 폐기처리지역은 폐기물 관리법을 따라야 한다.

### 1.3.9 공기질 측정

공기질 측정은 석면해체·제거 작업 전, 작업 중, 그리고 중위험 석면해체·제거 활동이 끝난 후 자격자에 의해 수행한다.

공기 중 측정 결과를 고찰 할 때는 다음의 기준이 적용되어야 한다.

- (1) 작업지역에서의 섬유수준이 사용하고 있는 호흡보호구의 보호계수를 초과하였다면, 이들 석면 섬유를 제어 할 수 있는 수준의 호흡보호구가 제공될 때까지 해체·제거작업을 중지한다.
- (2) 해체·제거작업 바깥지역 즉, 칸막이(장벽)바깥에서 측정한 섬유 수준은 0.01f/cc를 초과할 경우 해체·제거 작업방법에 대한 재조사가 이루어져야 한다. 또한 섬유수준이 계속 높게 유지가 된다면 원인이 확인 되고 정정될 때까지 작업을 중지하여야 한다. 만일 작업장 외부의 섬유수준이 작업노출 수준에 접근하게 되면 이유를 파악 정정될 때까지 작업을 중지 시키고 그에 따라서는 고 위험 해체·제거작업으로 재분류하여 그것에 맞는 작업을 수행하게 한다.
- (3) 밀폐된 작업장의 중위험 해체·제거작업이 끝난 후 최종 공기질 측정은 농도가 0.01 f/cc 미만이어야 하며, 이때에는 적극적 노출평가를 실시한다.

### 1.3.10 해체·제거 작업장 감시

중위험 석면해체·제거에 해당하는 작업장을 밀폐 시킬 경우 석면해체·제거 작업이 이루어지기 전에 제대로 밀폐가 이루어 졌는지 연기 발생기를 사용한 육안검사가 이루어져야 한다. 만약 1교대 이상 작업이 수행되어 진다면 교대 시 밀폐지역을 점검하여 손상을 입은 곳을 즉시 수리해야 한다. 석면 해체·제거 작업 및 청소가 종료된 후 작업지역내의 육안 검사가 필요하며 이러한 육안검사는 석면함유 파편이나 조각이 제대로 처리 되었는지 육안으로 확인한다.

## 1.4 저 위험 석면 해체·제거 작업

#### 1.4.1 작업범위

아래와 같은 석면해체·제거 작업을 하는 경우 공기중에 석면 섬유에 노출되는 것을 저 위험에 속하는 작업으로 간주한다.

- (1) 고형석면 물질을 해체·제거하는 작업으로 물질의 상태가 부서지지 않은 온전한 상태로 제거하는 경우 .만약 고형석면 함유 물질 해체·제거 전 물질 상태가 손상 되었거나 해체·제거 과정 중 손상될 우려가 있을 경우 중 또는 고 위험 작업으로 간주 한다(예: 가스켓, 석면함유 바닥 타일, 석면 시멘트 제품, 석면함유 지붕재, 석면함유 마찰재 등).
- (2) 저 위험 석면 함유 해체·제거작업을 할 때 주위에 비고형 석면함유 물질이 존재 시 비고형 석면 함유물질을 건들이지 않아야 한다. 만약, 고형 석면함유 물질 해체·제거시 주위에 있는 비고형 석면 함유물질이 비산될 우려가 있는 경우, 고 위험 석면 해체·제거 작업 또는 중 위험 석면 해체·제거 작업으로 간주한다.

#### 1.4.2 해체·제거시 필요 장비 및 기구

저 위험 석면 해체·제거작업에 요구되는 장비 및 기구는 아래와 같다.

- (1) 고효율 필터가 장착된 진공청소기
- (2) 최소 0.15 mm (6 mil) 두께의 폴리에틸렌 바닥깔개 또는 비닐
- (3) 최소 0.15 mm (6 mil) 두께의 석면경고 표지가 부착된 폐기용 백
- (4) 석면 함유물질 표면에 습식 방법을 이용 표면을 적실수 있는 스프레이병 또는 수동식정원 분무기
- (5) 제한지역을 구분하기 위한 칸막이 및 장벽
- (6) 해체·제거작업에 필요한 수동식 해체·제거 공구
- (7) 청소에 필요한 도구; 대걸레, 손걸레, 물 등
- (8) 소화기.
- (9) 적당한 응급처치용 기구

#### 1.4.3 개인 보호 장비

- (1) 저 위험 석면 해체·제거 작업에 사용되는 호흡보호구는 최소, 고효율 필터가 장착된 반면형 공기 정화 호흡보호구를 착용한다. 일회용 및 안면부 여과식 호흡보

호구를 착용해서는 안 된다.

- (2) 석면해체·제거 중 작업자의 의류에 석면이 오염되는 것을 막기 위해 일회용 작업복을 착용하며, 타이벡같은 종류가 이에 사용된다. 머리부착 일회용 작업복, 장갑, 발싸개를 착용 몸, 머리, 목, 손 및 발을 감싸야 한다.
- (3) 석면이외의 기타 유해요인으로부터 작업자를 보호하기 위해 안전장비 및 신체보호 장비 즉 안전 부츠, 안전모 등이 필요하다.

#### 1.4.4 작업전 계획

- (1) 석면조사보고서를 토대로 현장에서 작업할 대상 석면물질의 종류, 양, 상태 및 작업조건의 일치여부를 확인한다.
- (2) 고 위험 석면 해체·제거 작업을 하기 전 해체·제거할 대상에 적용할 작업방법을 수립한다.
- (3) 석면 해체·제거 작업자는 저 위험 석면 해체·제거 작업에 수행되는 작업방법, 정화방법 및 석면위험에 대하여 교육을 필해야 하고, 작업시에는 현장에 교육을 필한 기록을 비치하여야 한다.
- (4) 건강진단서(흉부 X-선 촬영, 폐기능 검사 등)과 호흡보호구의 정성 또는 정량 밀착도 검사 결과서를 현장에 비치하여야 한다.
- (5) 저 위험 석면 해체·제거 작업 장소에 거주 및 이용하는 사람들에게 또는 주위에 상주하는 사람들에게 석면 해체·제거를 하는 장소와 방법 및 작업 기간 등을 공고한다.

#### 1.4.5 작업지역에서의 준비사항

- (1) 석면작업지역은 통제지역으로 간주하여, 석면감독관에게 허가받은 사람만이 석면 작업지역으로 출입하도록 하고, 석면작업지역 주위를 격리시키고 경고표시를 한다. 또한 출입기록장부를 작업장 출입구에 비치하여 기록한다.
- (2) 석면 해체·제거 작업 주위에 바리케이트, 울타리 또는 유사한 구조를 이용한 경계선을 만들고 점검 한다.

#### 1.4.6 작업 절차

- (1) 저 위험 석면함유물질의 해체·제거 작업에서는 건식 해체·제거는 허락되지 않

고, 국소적으로 물질 표면을 습식화하여 석면섬유의 방출을 최대한 억제한다.

- (2) 석면함유 물질에서 석면을 해체·제거시 작업할 표면에 눈에 보이는 먼지 및 석면 섬유가 존재 가능성이 있기 때문에 해체·제거 전에 물걸레 또는 고효율필터가 장착된 진공청소기로 청소한다.
- (3) 석면 해체·제거시 다른 작업지역으로 석면 섬유 및 석면 함유 먼지의 비산을 막기 위해 폴리에틸렌 바닥 깔개 또는 비닐을 사용한다.
- (4) 고형 석면함유 물질을 수동식 공구로 구멍을 내거나 자를 때 석면섬유의 비산을 최소화 하기 위하여 가능한 충분히 적셔야 한다. 만일, 습식방법을 사용할 수 없다면 중 위험 또는 고 위험 석면 해체·제거 작업으로 간주하여 이에 맞는 해체·제거 과정에 따라 석면해체·제거 작업을 수행한다.
- (5) 석면 해체·제거 작업장에서 먹거나, 마시거나, 껌을 씹는다거나 흡연을 해서는 안 되며, 간식이나 식사 전에 반드시 개인 보호 장비를 벗고, 손과 얼굴을 깨끗하게 해야 한다.

#### 1.4.7 정화

- (1) 작업 중 및 작업이 끝날 때 즉시 수행하며, 젖은 걸레 또는 젖은 대걸레를 사용 또는 고효율필터가 장착된 진공청소기로 먼지와 석면 폐기물을 청소한다.
- (2) 바닥 깔개는 적셔진 상태아래 석면함유 잔존물을 함유하고 있어야 하고, 이들 바닥 깔개는 석면경고 표시가 부착된 폐기용 백에 담아 폐기되어야 한다.
- (3) 작업지역을 떠나기 전에 보호 장비와 보호의를 깨끗이 청소해야 한다. 이때는 고효율 필터가 장착된 진공청소기를 사용하거나, 젖은 걸레 등을 이용하여 장비와 보호의를 닦는다. 압축공기를 이용한 도구를 사용하여 석면에 오염된 먼지를 제거 및 청소를 해서는 안 된다.
- (4) 작업자가 일회용 작업복을 탈의 할 수 있는 시설을 작업장 근처에 설치한다(그림 2.3-1 참조).
  - ㉠ 작업자가 탈의실로 들어가기 전 고효율 필터가 장착된 진공청소기를 이용하여 일회용 작업복 및 개인 보호 장비를 오염시킨 석면분진을 제거 하고 탈의실로 들어간다.
  - ㉡ 탈의실에서 오염된 의류를 모두 벗어 폐기용 용기에 담고 의복 교환실로 들어간다.
  - ㉢ 의복 교환실에서 깨끗한 일회용 작업복으로 갈아입고 밖으로 나온다. 이때 호흡보호구는 착용하고 있어야 한다.

- ④ 작업자는 샤워실로 가서 샤워를 한다.

#### 1.4.8 폐기처리

- (1) 석면 폐기물 및 석면에 오염된 일회용 작업복은 석면경고 표지가 부착된 폐기용 백이나 밀봉된 용기에 담아야 한다.
- (2) 석면경고 표지가 부착된 백이나 용기에 석면 함유물질이 있는 경우 반드시 밀봉되어야 하고, 표면은 젖은 걸레를 이용하여 닦거나 고효율필터가 장착된 진공청소기를 사용하여 청소를 한 후, 작업장에서 옮겨져 즉시 폐기 한다.
- (3) 석면 폐기처리지역은 폐기물 관리법을 따라야 한다.

#### 1.4.9 공기질 측정

공기질 측정은 저 위험 석면해체·제거 작업을 수행하는 동안 노출 수준을 결정하기 위해 수행된다. 이들 공기질 측정 결과는 해체·제거를 하는 동안 0.01f/cc 이하(배경농도), 또는 0.1 f/cc이하(개인시료농도)여야 하고, 초과시 중 위험 석면해체·제거 작업으로 재분류하여 그것에 맞는 작업을 수행한다.

#### 1.4.10 해체·제거 작업장 감시

저 위험 석면해체·제거 작업이 완전히 끝난 후 작업지역은 육안검사가 필요하며, 이러한 육안검사는 석면 잔존물 및 먼지들이 완전히 청소가 되었는지 육안으로 확인해야 한다.

### 1.5 글로브 백을 이용한 석면함유물질의 해체·제거

#### 1.5.1 용도

파이프관, 엘보우관 및 다른 연결관으로부터 석면함유 추정물질 및 석면함유물질의 해체·제거작업시 글로브 백 시스템 사용

글로브 백 작업시에는 온수 배관 및 스팀 난방시스템의 작동을 정지시킨다.

대부분의 글로브백은 약 150 °F(60 °C)에서 녹기 때문에 고온 파이프에서는 글로브백을 사용하지 않도록 해야 한다.

작업공간을 격리시키고, 경고표지를 부착하여 작업구역내로 사람들이 들어올 수 없도록 진입을 최소화해야 한다. 경고지역표지 테이프(3인치)에 석면에 대한 경고표지를 인쇄하고, 장애물과 작업공간간의 거리는 4.57 m(15 피트)이 적당하다.

습식작업과 고효율 필터가 장착된 진공청소기로 작업을 수행하고, 샤워시설을 갖추어야 한다.

## 115.2 준비사항

- (1) 글로브 백
- (2) 정원용 물분무기
- (3) 덕트 테이프
- (4) 6 mil.(0.15 mm) 폴리 백(플라스틱 백)
- (5) 고효율 필터가 장착된 진공청소기
- (6) 시설물 절취용 칼
- (7) 철사 절취용 커터
- (8) 함석가위
- (9) 4 mil.(0.10 mm) 폴리(플라스틱 시트)
- (10) 타이백(일회용 보호복)
- (11) 고효율 필터가 장착된 반면형 호흡보호구
- (12) 걸레
- (13) 습윤이 유지되는 옷감
- (14) 석면 표시 라벨
- (15) 표면고정처리제(encapsulant)

## 1.5.3 사용방법

- (1) 글로브 백은 6 mil.(0.152 mm) 두께의 플라스틱 재질로 바닥에 이음매가 없는 것을 사용해야 한다.
- (2) 엘보우 등 연결부위에 사용되는 백은 사용목적에 맞는 구조여야 한다.
- (3) 글로브백은 파이프의 원주 및 구조의 전체를 덮을 수 있도록 설치되어야 한다.
- (4) 사용되기 전에 누출여부에 대한 검사를 해야 한다.
- (5) 백은 1회 사용하고 재사용되어서는 안 된다.
- (6) 표면온도가 150 °F(60 °C) 이상인 곳에서는 사용할 수 없다.
- (7) 백을 폐기할 때는 고효율 진공청소기를 사용하여 백안에 공기를 제거해야 한다.
- (8) 시스템이 부착된 폐기물 백을 사용하는 장소에서는 폐기물 백이 석면함유물질 폐기물과 물의 압력에 지탱할 수 있는 호스나 다른 물질을 사용하여 포집 백에 연결되도록 해야 한다.

- (9) 폐기물 백이 탈락되었을 경우 누출을 방지하기 위하여 호스로부터 폐기물 백을 분리시킬 수 있는 슬라이딩 밸브나 이에 상응하는 장치가 필요하다.
- (10) 최소 2인 이상의 근로자가 글로브백 작업을 수행해야 한다.

#### 1.5.4 작업순서

- (1) 제조사의 지시에 따라 물과 계면활성제를 혼합하여 정원용 분무기에 채운다.
- (2) 근로자는 방진용 호흡보호구와 일회용 보호의를 착용해야 한다. 글로브백을 이용한 작업은 2명의 근로자가 수행하도록 한다.
- (3) 작업전 바닥청소 및 작업장 주위에 대한 청소를 수행한다.
- (4) 글로브백 위쪽을 세로로 약간 잘라 개봉한 다음, 파이프에 맞게 양쪽을 자른다. 글로브 백의 바닥은 누출을 방지하기 위해 덕트 테이프로 감싼다.
- (5) 필요한 공구를 글로브백 내부에 위치시킨다.
- (6) 글로브백을 적절한 위치에 설치하고, 글로브백의 위와 양쪽을 덕트 테이프로 감싸 밀봉되도록 한다. 글로브백은 파이프 또는 구조물을 완전히 감쌀 수 있도록 해야 한다(그림 2.5.1).



〈그림 1.5-1〉 글로브백 설치 모습

- (7) 연기발생기(smoke tube)를 이용하여 글로브백 내부를 연기로 채운 후 다시 밀봉한다. 백을 천천히 조이면서 연기가 새는지 육안으로 관찰하고, 새는 지점이 발견되면 덕트 테이프를 이용하여 다시 밀봉한 후 재검사한다.
- (8) 글로브백 위쪽부분으로 물 분무 노즐과 고효율 필터 진공 노즐을 넣는다. 넣은 부분은 누출이 발생되지 않도록 덕트 테이프를 이용하여 밀봉한다.
- (9) 손을 글로브에 넣어 파이프에 물을 충분하게 분무한다. 작업자 한명은 글로브에 손을 넣고 작업을 하며, 다른 작업자 한명은 작업파이프와 글로브백에 지속적으로 분무를 실시하여 습윤 상태를 유지시킨다.

- (10) 파이프 주위에 설치되어 있는 철사나 금속 밴드 등을 철사용 커터 등을 이용하여 제거한다. 이때 금속 등은 다발상태로 만들고 테이프로 감싸 폴리백(플라스틱 글로브백)이 손상되지 않도록 한다(그림 2.5.2).



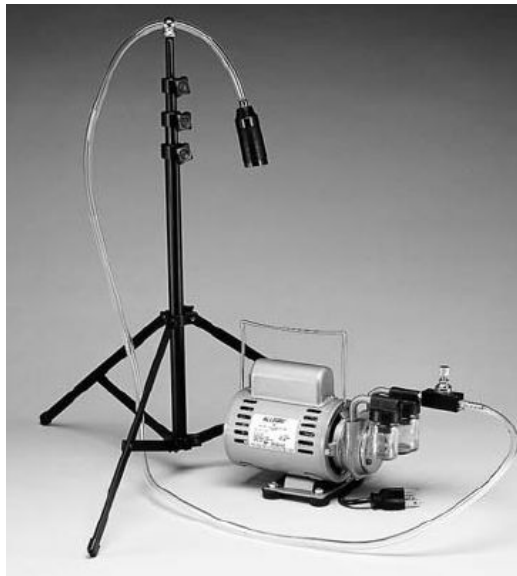
〈그림 1.5-2〉 파이프에 있는 금속 또는 철사를 제거하는 모습

- (11) 충분히 습윤이 유지되도록 하고, 파이프를 감싸고 있는 석면단열재를 조심스럽게 제거한다(그림 2.5.3).



〈그림 1.5-3〉 글로브백안에 석면을 제거하는 모습

- (12) 글로브백안이 석면함유물질이 가득차지 않도록 한다.
- (13) 석면함유물질을 제거한 후, 파이프와 표면을 석면함유물질이 미량이라도 육안으로 관찰되지 않을 때까지 깨끗이 닦아야 한다.
- (14) 석면함유 단열재의 모서리부분이 석면제거 또는 유지보수활동의 결과로 글로브백을 제거한 후 석면이 공기 중으로 비산되어 노출되지 않도록 표면고정처리제(encapsulant)를 살포한다.
- (15) 사용했던 공구를 글로브 위치로 옮기고, 글로브백 밖에서 끄집어 낸 후, 외부에서 덕트테이프로 감싼 후 잘라낸다. 이 후 다른 글로브백에 정화없이 재 위치시키거나 정화를 수행한다.
- (16) 석면제거와 보호제 살포가 완료되면, 고효율 진공청소기에서 호스를 제거하고, 백에서 공기를 뺀 다음, 백을 꼬아 완전히 밀봉하여 테이프를 붙인다.
- (17) 일회용 보호복, 폐기물 백, 호흡보호구 등은 젖은 걸f프로 닦는다.
- (18) 적극적 시료채취의 공기 시료를 채취한다. 석면 작업구역을 표시한 테이프와 표지를 제거한다(그림 2.5.5).



〈그림 1.5-4〉 적극적 시료채취를 위한 석면시료포집

## 1.6. 고형 석면함유물질의 해체·제거작업

### 1.6.1 고형 시멘트-석면의 해체·제거

#### 1.6.1.1 장비(그림 2.6-1)

- (1) 물 분무기(정원에서 사용하는 물 분무기 또는 호스)
- (2) 쇠지렛대
- (3) 못 뽑는 장비, 펜치 등 못을 제거하기 위한 수단
- (4) 굽은 줄 자르는 장비
- (5) 0.09-0.15 mm(3-6 mil.) 두께의 플라스틱 시트
- (6) 플라스틱 백 또는 플라스틱 포장지 등의 누출잠금용기



〈그림 1.6-1〉 고품 시멘트-석면의 해체·제거용 장비

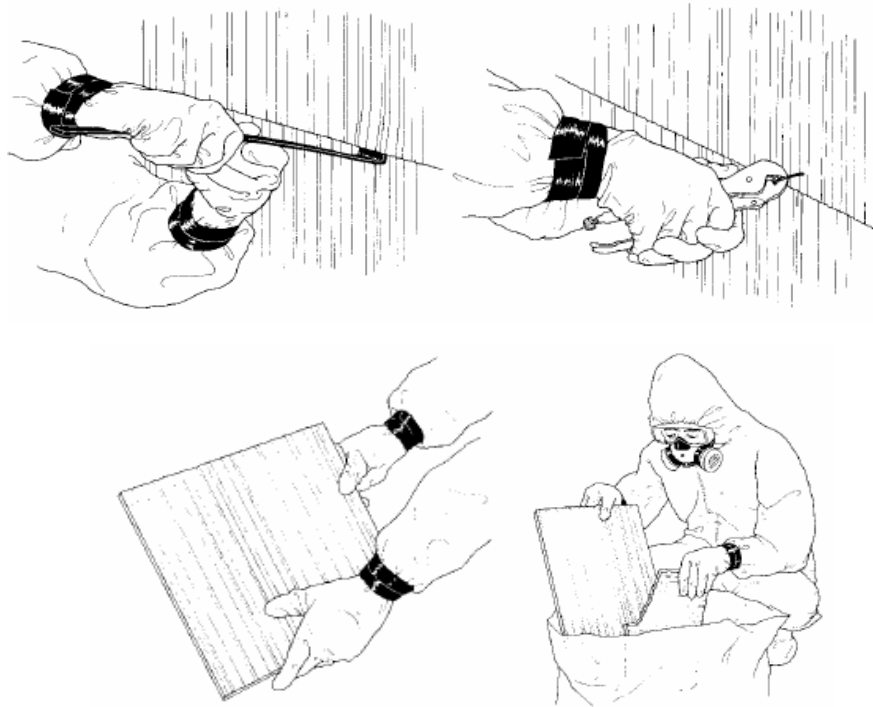
#### 1.6.1.2 작업상 어려운 점

- (1) 호흡보호구 착용에 따라 호흡곤란을 일으키거나 심장 또는 폐의 외부 스트레스를 가중시킬 수 있다.
- (2) 전신 작업복은 덥고, 움직임을 어렵게 할 수 있다.
- (3) 때때로 석면함유물질은 높은 곳에 위치하기 때문에 사다리작업이 이루어질 수 있다.
- (4) 보호안경은 선명도 또는 시야 범위를 감소시킬 수 있다.
- (5) 물은 석면을 습윤 상태로 유지하는데 사용되기 때문에 전선 등의 전기에 의한 위험에 주의해야 한다.
- (6) 작업공간이 습윤 상태이기 때문에 미끄럼 또는 실족 등을 주의해야 한다.

#### 1.6.1.3 해체·제거방법 A - 고품 상태로 해체·제거가 가능한 경우

##### ※ 저 위험 석면해체·제거작업 수행

- (1) 해체·제거작업을 수행하는 동안 해체·제거하고자 하는 부분을 물분무기 등을 이용하여 습윤 상태로 유지한다.
- (2) 작업이 이루어질 곳의 바닥에 플라스틱 시트를 깔고, 면도칼 등을 이용하여 칠해진 페인트를 먼저 제거한다. 나사 또는 못을 제거한 후, 고품제품이 부서지지 않도록 조심스럽게 들어올린다.
- (3) 시멘트 제품은 깨지지 않은 상태로 두어야 하며, 부서지지 않도록 해야 한다. 제품 위에 올라서지 말 것. 떨어뜨리지 말 것. 던지지 말 것.
- (4) 해체·제거된 석면함유물질은 플라스틱 백과 같은 누출잠금용기에 담아 폐기물로 처리한다.



〈그림 1.6-2〉 고품 시멘트-석면의 해체·제거 방법

#### 1.6.1.4 해체·제거방법 B - 비고형 상태로 해체·제거될 경우

##### ※ 중 또는 고 위험 석면해체·제거작업 수행

- (1) 시멘트 석면의 흩어지거나 손상되었을 경우 면허를 취득한 자격자에 의해 석면해체·제거작업이 이루어지도록 해야 한다.
- (2) 비고형 석면 해체·제거방법에 따라 작업을 진행한다.

#### 1.6.1.5 시멘트 석면함유물질이 존재하는 빌딩을 해체·제거할 경우

- (1) 고품상태로 해체·제거가 가능할 경우에는 해체·제거방법 A(저 위험 석면해체·제거작업)에 따른다.
- (2) 그러나 시멘트 석면이 비고형 상태일 때에는 해체·제거방법 B(중 또는 고 위험 석면해체·제거작업)에 따른다.

#### 1.6.2. 고품 석면함유 바닥타일의 해체·제거

석면함유바닥위에 설치된 비닐바닥시트를 해체·제거하는 작업은 항상 비고형 석면함유물질로 간주하여 취급할 것.

##### 1.6.2.1 장비

- (1) 물 분무기(정원용 물 분무기 또는 호스)
- (2) 액체 세정제
- (3) 4-6 인치 퍼티용 흙손(칼)
- (4) 페인트 또는 접착제 등을 벗겨 내기 위한 끌개(흙손)
- (5) 못 뽑는 장비, 펜치 등 못을 제거하기 위한 수단
- (6) 0.09-0.15 mm(3-6 mil.) 두께의 플라스틱 시트
- (7) 플라스틱 백 또는 플라스틱 포장지 등의 누출잠금용기



〈그림 1.6-3〉 고품 석면함유 바닥타일의 해체·제거용 장비

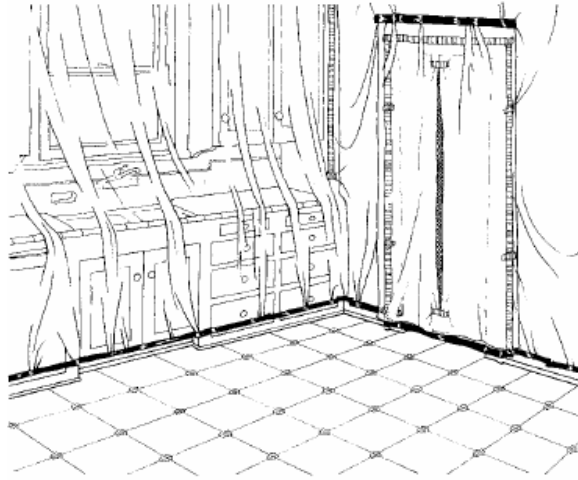
### 1.6.2.2 작업상의 어려운 점

- (1) 호흡보호구 착용에 따라 호흡곤란을 일으키거나 심장 또는 폐의 외부 스트레스를 가중시킬 수 있다.
- (2) 전신 작업복은 덥고, 움직임을 어렵게 할 수 있다.
- (3) 작업은 대부분 손과 무릎에서 이루어지며, 몸이 구부러진 상태에서 작업이 이루어진다.
- (4) 보호안경은 선명도 또는 시야 범위를 감소시킬 수 있다.
- (5) 물은 석면을 습윤 상태로 유지하는데 사용되기 때문에 전선 등의 전기에 의한 위험에 주의해야 한다.
- (6) 작업공간이 젖어있기 때문에 미끄럼 또는 실족 등을 주의해야 한다.

### 1.6.2.3. 해체·제거방법 A - 고품 상태로 해체·제거가 가능한 경우

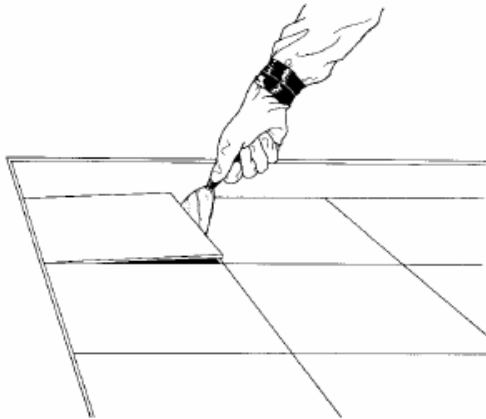
#### ※ 저 위험 석면해체·제거작업 수행

- (1) 작업전 준비사항: 플라스틱 시트를 이용하여 출입구와 분리하고 섬유의 흩날림을 방지하기 위하여 찬장 등은 덮어둔다.
- (2) 습식: 해체·제거작업이 이루어지는 동안 습윤 상태를 유지해야 한다. 습윤 상태가 유지되도록 하기 위해 물 호스, 정원 분무기, 분무병 등을 이용한다. 해체·제거작업이 이루어지기 최소한 2시간 전에 바닥이 충분히 습윤 상태로 있어야 한다. 이는 충분히 타일이 느슨해진 상태가 되도록 함으로써 해체·제거를 용이하게 할 수 있다.



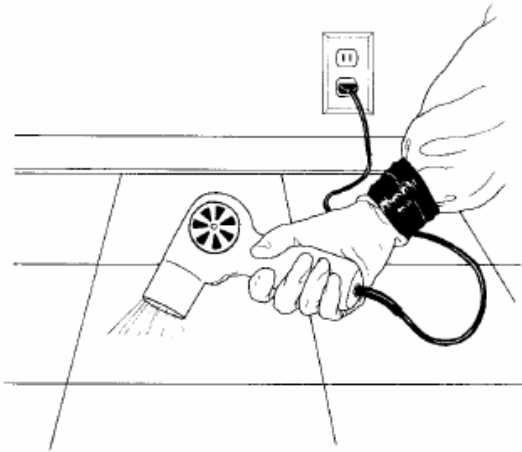
〈그림 2.6-4〉 고형 석면함유 바닥타일의 해체·제거 방법

- (3) 타일 해체·제거: 타일이 충분히 젖어있는 상태가 되도록 한 후, 출입구에서부터 제거작업이 시작하도록 한다. 넓은 퍼티용 흙손이나 끌개 등을 이용하여 타일을 벗겨낸다. 수작업만으로 이루어지도록 하며, 타일형태가 파손되지 않도록 주의해야 한다.



〈그림 1.6-5〉 고형 석면함유 바닥타일의 해체·제거

- (4) 타일수선: 단일 타일 제거 또는 소규모 수선(타일 1-3개 정도)지역을 위해, 열총 (heat gun, 헤어 드라이기는 아님), 드라이아이스, 용제 등을 사용할 수 있다. 용제를 사용할 경우 환기가 잘 이루어질 수 있도록 유의해야 한다.



〈그림 1.6-5〉 고형 석면함유 바닥타일 수선

(5) 포장: 플라스틱 백과 같은 누출잠금장치에 넣어 포장한다.

#### 1.6.2.4 해체·제거방법 B - 석면폴 또는 회반죽을 취급하기 위한 과정

- (1) 회반죽이 끈적거리거나 유연하다면, 석면해체·제거방법에 따른 작업을 수행하지 않아도 된다. 그러나 폐기는 자격을 갖춘 사람에 의해 이루어질 수 있도록 해야 한다(저 위험 석면해체·제거작업).
- (2) 회반죽이 딱딱하거나 부서지기 쉬운 형태로 되어 있다면, 해체·제거방법 C와 같은 과정으로 진행하도록 한다(중 또는 고 위험 석면해체·제거작업).

#### 1.6.2.5 해체·제거방법 C - 석면함유바닥위에 설치된 비닐 시트를 해체·제거하는 경우

##### ※ 중 또는 고 위험 석면해체·제거작업 수행

이 작업은 샌딩, 그라인딩, 또는 파편이 발생하는 해체·제거작업을 수행하고자 할 때는 다음과 같은 과정으로 진행된다.

- (1) 면허를 취득한 자격자에 의해 비고형 석면해체·제거방법에 따라 작업을 수행한다.

#### 1.6.2.6 빌딩해체·제거

- (1) 모든 빌딩은 석면함유물질의 존재여부를 인가받은 조사자(inspector)에 의해 조사

하여야 한다.

- (2) 모든 석면은 빌딩해체·제거가 이루어지기 전에 적절한 방법으로 먼저 제거해야 한다.
- (3) 마루 회반죽 또는 풀이 석유 바인더로 되어 있다면, 아주 좋은 상태(유연하고, 부서지지 않는 상태)이다. 이때는 해체·제거작업 B-1의 방법으로 처리해도 좋다(저 위험 석면해체·제거작업).
- (4) 다른 고형 석면함유물질의 해체·제거는 해체·제거작업 A와 같은 방법 및 절차에 의해 처리하도록 한다(저 위험 석면해체·제거작업).
- (5) 모든 비고형 석면 또는 석면함유물질은 해체·제거방법 C와 같은 방법과 절차에 의해 처리하도록 한다(중 또는 고 위험 석면해체·제거작업).

### 1.6.3 고형 석면함유 지붕재의 해체·제거

#### 1.6.3.1 장비

- (1) 물 분무기(정원용 물 분무기 또는 호스)
- (2) 2 인치 너비의 끌깨(흙손)
- (3) 못 뽑는 장비, 펜치 등 못을 해체·제거하기 위한 수단
- (4) 굵은 두께의 철사 가위
- (5) 0.09-0.15 mm(3-6 mil) 두께의 플라스틱 시트
- (6) 플라스틱 백 또는 플라스틱 포장지 등의 누출잠금용기
- (7) 지붕재를 들어올리기 위한 부삽



〈그림 1.6-6〉 고형석면함유 지붕재의 석면해체·제거용 장비

### 1.6.3.2 작업상의 어려운 점

- (1) 호흡보호구 착용에 따라 호흡곤란을 일으키거나 심장 또는 폐의 외부 스트레스를 가중시킬 수 있다.
- (2) 전신 작업복은 덥고, 움직임을 어렵게 할 수 있다.
- (3) 작업은 대부분 손과 무릎에서 이루어지며, 몸이 구부러진 상태에서 작업이 이루어진다.
- (4) 보호안경은 선명도 또는 시야 범위를 감소시킬 수 있다.
- (5) 물은 석면을 습윤 상태로 유지하는데 사용되기 때문에 전선 등의 전기에 의한 위험에 주의해야 한다.
- (6) 작업공간이 젖어있기 때문에 미끄럼 또는 실족 등을 주의해야 한다.

### 1.6.3.3 해체·제거방법 A - 석유제품으로 바인딩된 지붕재를 해체·제거하고자 할 경우

#### ※ 저위험 석면해체·제거작업 수행

석면 함유 지붕재가 석유제품으로 바인딩되어 보호되어 있을 경우 비산될 우려가 감소된다. 이 경우 석면폐기물을 다루기 위한 자격을 갖춘 자에 의해 매립 처리될 수 있다.

### 1.6.3.4 해체·제거방법 B - 고형 상태로 해체·제거가 가능한 경우

#### ※ 저위험 석면해체·제거작업 수행(중 또는 고위험 작업으로 분류될 수 있음)

샌딩, 톱질, 그라인딩 등 동력을 사용하는 도구는 사용하지 말 것.

- (1) 해체·제거작업이 수행되는 동안 습윤 상태가 유지되도록 할 것. 정원 분무기, 분무병 또는 이에 상응하는 방법을 사용하여 지붕재가 습윤 상태를 유지하도록 해야 한다.
- (2) 시멘트 타입의 지붕재일 경우, 시멘트-석면함유물질의 해체·제거방법에 따라 제거하도록 한다.
- (3) 그 외 고형 석면함유 지붕재일 경우, 섬유의 손상과 방출을 방지할 수 있는 방법으로 지붕재를 제거해야 한다. 바닥에 석면함유 지붕재를 두었을 경우 더 이상의 손상을 방지할 수 있도록 분리된 용기를 사용해야 한다. 작업공간에 플라스틱으로

- 된 용기를 두어 떨어진 작은 조각도 담아 두도록 한다.
- (4) 지붕재는 부서지거나 손상되지 않도록 한다.
  - (5) 제거된 고품 지붕재는 플라스틱백과 같은 누출 잠금용기에 담아 폐기 처리한다.

#### 1.6.3.5 해체·제거방법 C - 석면함유 비고형 지붕재 또는 해체·제거작업동안 비고형 상태가 된 지붕재의 해체·제거

##### ※ 고 위험 석면해체·제거작업 수행

석면지붕재가 손상되었거나 건조하여 쉽게 부서지거나 하는 경우 잠재적으로 분진 또는 석면섬유가 날릴 수 있다. 나무로 된 지붕널아래 석면함유지(일반적으로 Nicolite라 함)는 비고형으로 간주한다.

#### 1.6.3.6 석면지붕재가 존재하는 빌딩의 해체·제거

- (1) 해체·제거작업이 이루어지기 전 석면함유물질이 존재하는지를 결정하기 위해 허가된 조사자(Inspector)에 의해 조사가 이루어져야 한다.
- (2) 구조물을 해체·제거하거나 의도적으로 태우고자 할 경우, 모든 석면물질은 그전에 제거되어야 한다.
- (3) 지붕재가 석유제품으로 바인딩되었을 경우 매우 좋은 조건(유연성)으로 볼 수 있다. 이 경우 해체·제거방법 A에 따라 해체·제거한다(저 위험 석면해체·제거작업).
- (4) 지붕재가 고품 상태에서 제거될 경우 모든 작업은 해체·제거방법 B에 따라 해체·제거한다(석면해체·제거작업의 규모에 따라 저, 중, 고 위험 석면해체·제거작업으로 분류하여 수행).
- (5) 지붕재가 비고형 상태에서 해체·제거될 경우, 해체·제거방법 C에 따라 해체·제거한다(중 또는 고 위험 석면해체·제거작업).

#### 1.6.4 고품 석면함유 가스켓과 로프셀의 해체·제거

##### 1.6.4.1 장비

- (1) 0.09-0.15 mm(3-6 mil) 두께의 플라스틱 시트
- (2) 경고 테이프와 경고표지문

- (3) 고효율 진공청소기(그림 1.6-7)
- (4) 흡손
- (5) 물 분무기(정원용 물 분무기 또는 호스)
- (6) 물양동이와 걸레
- (7) 석면 폐기물을 담기위한 플라스틱 백 등의 누출잠금용기



〈그림 1.6-7〉 고효율 필터가 장착된 진공청소기

#### 1.6.4.2 작업상의 어려운 점

- (1) 호흡보호구 착용에 따라 호흡곤란을 일으키거나 심장 또는 폐의 외부 스트레스를 가중시킬 수 있다.
- (2) 전신 작업복은 덥고, 움직임을 어렵게 할 수 있다.
- (3) 작업은 대부분 손과 무릎에서 이루어지며, 몸이 구부러진 상태에서 작업이 이루어진다.
- (4) 보호안경은 선명도 또는 시야 범위를 감소시킬 수 있다.
- (5) 물은 석면을 습윤 상태로 유지하는데 사용되기 때문에 전선 등의 전기에 의한 위험에 주의해야 한다.
- (6) 작업공간이 젖어있기 때문에 미끄럼 또는 실족 등을 주의해야 한다.

#### 1.6.4.3 해체·제거방법

※ 석면해체·제거작업 규모에 따라 저, 중, 고위험 석면해체·제거작업으로 분류

- (1) 전기공급선을 격리시키고, 파이프내부를 비운다.
- (2) 표면을 보호하기 위하여 플라스틱 시트를 덮고, 덕트 테이프로 고정시킨다.
- (3) 쉽게 부서질 가능성이 있는 부분은 플라스틱 시트로 보호한다.
- (4) 플랜지 나사를 풀거나 기계를 분해한다.
- (5) 접근이 가능하다면 석면을 습윤 상태로 만든다.
- (6) 가스켓 또는 로프셀을 흡손으로 느슨하게 한 다음 폐기물용기에 넣는다.
- (7) 석면 잔존물을 제거한다.
- (8) 잔존물이 많을 경우, shadow vacuuming(그림 1.6-8)을 이용하여 조심해서 긁어낸다.



〈그림 1.6-8〉 Shadow vacuuming

## 1.6.5 석면 마찰재 라이닝(브레이크 라이닝) 해체·제거

### 1.6.5.1 장비

- (1) 0.09-0.15 mm(3-6 mil.) 두께의 플라스틱 시트
- (2) 경고 테이프와 경고표지문
- (3) 물 분무기(정원용 물 분무기 또는 호스)
- (4) 물양동이와 걸레
- (5) 석면 폐기물을 담기위한 플라스틱 백 등의 누출잠금용기

### 1.6.5.2 작업상의 어려운 점

- (1) 호흡보호구 착용에 따라 호흡곤란을 일으키거나 심장 또는 폐의 외부 스트레스를 가중시킬 수 있다.

- (2) 전신 작업복은 덥고, 움직임을 어렵게 할 수 있다.
- (3) 작업은 대부분 손과 무릎에서 이루어지며, 몸이 구부러진 상태에서 작업이 이루어진다.
- (4) 보호안경은 선명도 또는 시야 범위를 감소시킬 수 있다.
- (5) 물은 석면을 습윤 상태로 유지하는데 사용되기 때문에 전선 등의 전기에 의한 위험에 주의해야 한다.
- (6) 작업공간이 젖어있기 때문에 미끄럼 또는 실족 등을 주의해야 한다.

### 1.6.5.3 해체·제거방법

#### ※ 저 위험 석면해체·제거작업 수행

- (1) 제한된 지역안의 표면을 오염으로부터 보호하기 위하여 플라스틱 시트를 덮고, 덕트 테이프로 고정시킨다.
- (2) 하우징을 부분적으로 열고 내부에 물을 분무한다.
- (3) 하우징을 조심스럽게 연 다음, 내부는 물걸레로 깨끗이 닦는다.
- (4) 닦은 브레이크 라이닝과 더러워진 걸레를 폐기용기에 넣는다.
- (5) 필요하다면, 비석면재료의 브레이크 라이닝으로 교체한다.

### 1.6.6 석면 함유 스위치보드 또는 계량기 보드 해체·제거

#### 1.6.6.1 장비

- (1) 0.09-0.15 mm(3-6 mil) 두께의 플라스틱 시트
- (2) 경고 테이프와 경고 표지문
- (3) 물 분무기(정원용 물 분무기 또는 호스)
- (4) 물 양동이와 걸레
- (5) 석면 폐기물을 담기위한 플라스틱 백 등의 누출잠금용기

#### 1.6.6.2 작업상의 어려운 점

- (1) 호흡보호구 착용에 따라 호흡곤란을 일으키거나 심장 또는 폐의 외부 스트레스를 가중시킬 수 있다.
- (2) 전신 작업복은 덥고, 움직임을 어렵게 할 수 있다.
- (3) 작업은 대부분 손과 무릎에서 이루어지며, 몸이 구부러진 상태에서 작업이 이루어진다.

- 어진다.
- (4) 보호안경은 선명도 또는 시야 범위를 감소시킬 수 있다.
  - (5) 물은 석면을 습윤 상태로 유지하는데 사용되기 때문에 전선 등의 전기에 의한 위험에 주의해야 한다.
  - (6) 작업공간이 젖어있기 때문에 미끄럼 또는 실족 등을 주의해야 한다.

#### 1.6.6.3 해체·제거방법

##### ※ 저위험 석면해체·제거작업 수행

- (1) 전기 연결을 끊되, 자격을 갖춘 전기기사가 하도록 한다.
- (2) 플라스틱 시트를 설치한다.
- (3) 보드에 손상을 주지 않도록 주의하여, 보드에서 나사를 제거한다.
- (4) 진공청소기를 이용하여 보드 전면 표면에 진공장치를 설치한다.
- (5) 보드전면을 기울이고, 보드로부터 케이블 연결을 끊는다.
- (6) 폐기용기에 넣는다.

#### 1.6.7 석면 함유 벽체의 해체·제거

##### 1.6.7.1 장비

- (1) 0.09-0.15 mm(3-6 mil) 두께의 플라스틱 시트
- (2) 경고 테이프와 경고 표지문
- (3) 물 분무기(정원용 물 분무기 또는 호스)
- (4) 물 양동이와 걸레
- (5) 석면 폐기물을 담기위한 플라스틱 백 등의 누출잠금용기

##### 1.6.7.2 작업상의 어려운 점

- (1) 호흡보호구 착용에 따라 호흡곤란을 일으키거나 심장 또는 폐의 외부 스트레스를 가중시킬 수 있다.
- (2) 전신 작업복은 덥고, 움직임을 어렵게 할 수 있다.

- (3) 작업은 대부분 손과 무릎에서 이루어지며, 몸이 구부러진 상태에서 작업이 이루어진다.
- (4) 보호안경은 선명도 또는 시야 범위를 감소시킬 수 있다.
- (5) 물은 석면을 습윤 상태로 유지하는데 사용되기 때문에 전선 등의 전기에 의한 위험에 주의해야 한다.
- (6) 작업공간이 젖어있기 때문에 미끄럼 또는 실족 등을 주의해야 한다.

### 1.6.7.3 해체·제거방법

#### ※ 저 위험 석면해체·제거작업 수행

- (1) 동력공구는 사용해서는 안 된다.
- (2) 벽체를 해체·제거하기 전, 해체·제거하는 동안 그리고 해체·제거 후 물 분무기를 이용하여 습윤 상태가 유지되도록 한다.
- (3) 벽체 형태가 그대로 유지되어 손상이 없도록 제거한다.
- (4) 플라스틱 백 등의 누출잠금용기에 폐기물을 담는다.

### 1.6.8 석면 함유 천정타일의 해체·제거

#### 1.6.8.1 장비

- (1) 해체·제거방법 A: 0.09-0.15 mm(3-6 mil.) 두께의 플라스틱 시트
- (2) 해체·제거방법 B: 미니 밀폐장치 사용
- (3) 경고 테이프와 경고 표지문, 경고 스티커
- (4) 고효율 진공청소기
- (5) 실란트(예. polyvinyl acetate(PVA))
- (6) 자석과 드라이버
- (7) 대체할 비석면 천정재
- (8) 물 분무기(정원용 물 분무기 또는 호스)
- (9) 물 양동이와 걸레
- (10) 석면 폐기물을 담기위한 플라스틱 백 등의 누출잠금용기

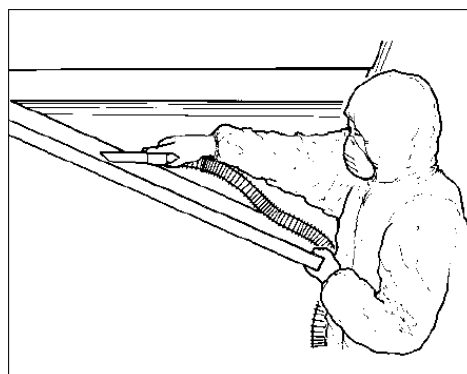
#### 1.6.8.2 작업상의 어려운 점

- (1) 호흡보호구 착용에 따라 호흡곤란을 일으키거나 심장 또는 폐의 외부 스트레스를 가중시킬 수 있다.
- (2) 전신 작업복은 덥고, 움직임을 어렵게 할 수 있다.
- (3) 작업은 대부분 손, 무릎 또는 몸이 구부러진 상태에서 작업이 이루어진다.
- (4) 보호안경은 선명도 또는 시야 범위를 감소시킬 수 있다.
- (5) 물은 석면을 습윤 상태로 유지하는데 사용되기 때문에 전선 등의 전기에 의한 위험에 주의해야 한다.
- (6) 작업공간이 젖어있기 때문에 미끄럼 또는 실족 등을 주의해야 한다.

#### 1.6.8.3 해체·제거방법 A - 1개의 천장재(60 cm×60 cm 이하)를 해체·제거할 경우

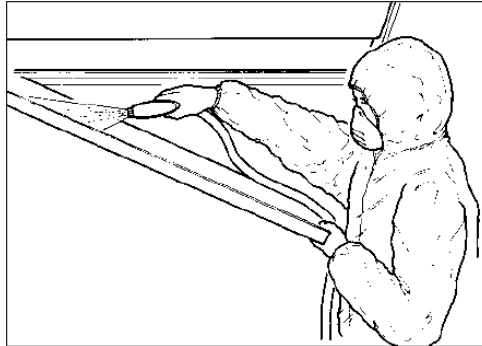
##### ※ 저 위험 석면해체·제거작업 수행

- (1) 플라스틱 시트를 설치한다.
- (2) 자석을 가지고 드라이버를 고정시킨 후 조심스럽게 페인트를 긁어낸다.
- (3) 먼지를 제어하기 위해 “shadow vacuuming”을 사용하여 가능한 한 가까이 진공청소기를 고정시킨다.
- (4) 나사를 빼고 폐기물을 담는다.
- (5) 조심스럽게 타일의 끝 밑부분을 잡고, 타일의 윗부분은 진공청소를 실시한다(그림 2.6-9).



〈그림 1.6-9〉 석면함유 천정타일의 해체·제거 방법(I)

- (6) PVA와 같은 실란트를 표면 위에 분무한다(그림 2.6-10).



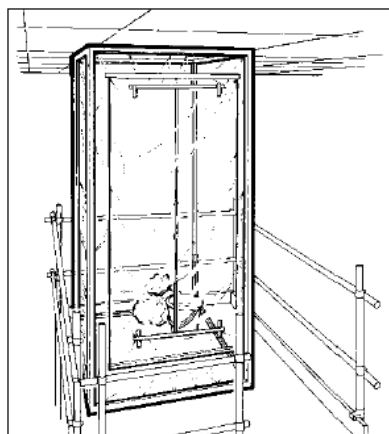
〈그림 1.6-10〉 석면함유 천정타일의 해체·제거 방법(II)

- (7) 타일의 평면이 그대로 유지되도록 하고, 아래에 조심스럽게 내려놓는다. 폐기물을 담아 두는 누출잠금용기에 타일을 넣는다.
- (8) 석면경고스티커를 부착한다.
- (9) 석면 끈같은것이 있다면 실란트로 고정시킨다.
- (10) 새 비석면 타일로 교체한다.

#### 1.6.8.4 해체·제거방법 B - 1개의 천장재(60 cm×60 cm 이상)를 해체·제거하고자 할 경우

※ 석면해체·제거작업 규모에 따라 저, 중, 고 위험 석면해체·제거작업으로 분류하여 수행

- (1) 미니밀폐장치를 세운다(그림 2.6-11).



〈그림 1.6-11〉 미니밀폐장치

(2) 모든 해체·제거방법은 해체·제거방법 A의 방법을 따르되, 타일은 이중으로 감싼다.

### 1.7 석면 해체·제거작업에 따른 공기질 측정

석면 해체·제거작업에 따른 공기질 측정은 석면해체·제거작업 전, 작업 중 그리고 작업 후에 수행된다.

#### 1.7.1 석면의 공기질 측정 및 분석

미국 산업안전보건연구원(NIOSH)에서 권고하는 7400방법에 따른다.

- (1) 측정 샘플러: 50 mm 정전기 방지 튜브가 부착된 25 mm직경의 멤브레인 필터
- (2) 석면 공기질 측정방법: 유속은 0.5-16 l/min으로 하되, 석면섬유농도에 따라 필터 1 mm<sup>2</sup>당 100-1300 개의 섬유가 부하될 수 있도록 한다.
- (3) 분석은 위상차현미경을 이용한다. 석면섬유농도는 소수점 둘째자리까지 정확도를 기입한다.

#### 1.7.2 작업 전 공기질 측정

석면의 해체·제거작업이 이루어지기 전, 작업공간에 대하여 고효율필터가 장착된 진공청소기를 이용한 청소를 수행한 후, 작업공간내부와 외부에 대하여 공기질 측정을 수행한다(배경농도(background sampling)측정). 이때 채취해야 할 공기량은 최소 1500 l 이상으로 한다.

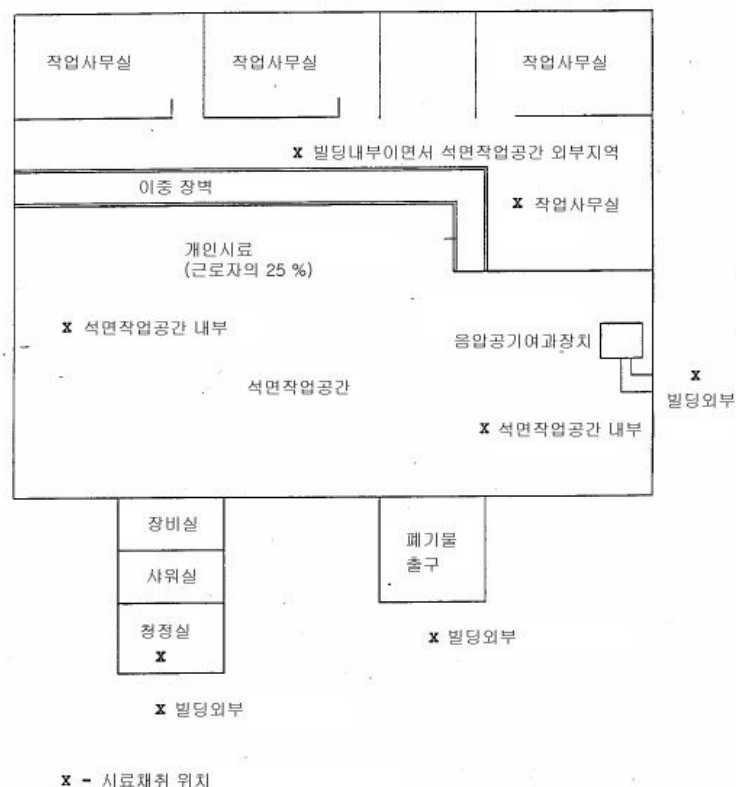
이때 진공청소기를 사용하여 청소작업을 수행하는 근로자는 고효율필터가 장착된 반면형 호흡보호구와 일회용 보호의를 착용해야 한다.

#### 1.7.3. 작업 중의 공기질 측정

- (1) 개인시료포집: 개인시료로 포집해야 하는 시료수는 석면해체·제거작업을 수행하는 근로자의 최소 25 %이상으로 해야 한다.
- (2) 8시간 노출농도(TWA) 및 단시간 노출농도(Excursion limit) 평가: 석면을 해체·제거하는 작업 근로자에 대하여 8시간 노출농도와 단시간 노출농도를 측정, 평가해야 한다. 8시간 노출농도는 작업 근로자가 작업하는 8시간동안 측정하여 평가해야 하며, 단시간 노출농도는 고농도에 노출될 가능성이 있는 작업동안 30분 동안의

노출농도를 측정하여 평가하는 것을 말한다. 이때 노출기준은 8시간 노출기준은 0.1 f/cc, 단시간 노출기준은 1 f/cc를 사용한다. 석면해체·제거 작업 근로자가 노출되는 농도에 따라 호흡보호구의 선택이 결정될 수 있으며(3.1. 호흡기 보호 참고), 이를 초과하는 작업이 진행되고 있을 경우 석면감독관은 석면의 해체·제거 작업을 중단시켜야 한다.

- (3) **지역시료포집:** 작업이 이루어지고 있는 공간 내부(최소 2개), 빌딩내부에서 작업 공간 외부에 해당하는 위치(최소 2개), 음압공기여과장치 바깥쪽(빌딩외부), 폐기물 처리장 바깥쪽(빌딩외부), 정화시설 내 청정실 및 정화시설 바깥쪽(빌딩외부)에 각 1개씩의 지역시료를 포집한다. 여러 개의 층으로 이루어져 있는 빌딩의 경우 해체·제거작업이 이루어지고 있는 층의 위, 아래층에서 시료를 포집한다. 또한 석면섬유의 이동이 이루어질 것으로 예측되는 대표적인 장소에서 시료를 포집한다.



〈그림 1.7-1〉 석면해체·제거작업이 수행되는 동안의 시료채취위치

#### 1.7.4 작업 후의 공기질 측정

작업 후의 공기질 측정은 석면의 해체·제거작업공간에 빌딩거주자가 재거주 또는 재

사용할 경우 수행되며, 석면해체·제거 작업공간 내부에 대하여 실시한다. 이때에는 석면해체·제거가 이루어진 곳은 젖은 걸레로 청소작업을 수행해야 하며, 눈에 보이지 않는 석면이 비산되지 않도록 표면고정처리제를 살포한다. 표면고정처리제가 완전히 건조된 후(약 8-12시간), 석면감독관은 육안검사를 실시한다. 육안검사결과 이상이 없을 경우, 특수 장벽(critical barrier)은 그대로 두고 나머지 플라스틱 장벽(바닥 또는 벽에 설치된 것)을 제거한 후 지역시료를 채취한 후 적극적 노출평가를 실시한다.

적극적 노출 평가를 위한 측정은 다음과 같다.

- (1) 고유량 펌프를 사용하여 공기량을 최소 3000 ℓ 이상 채취 한다.
- (2) 고유량 펌프를 이용 시료를 채취하기 전에 낙엽 송풍기를 이용하여 면적의 100 m<sup>2</sup> 당 최소 5분 동안 벽, 바닥, 천정 및 해체·제거작업공간의 구석구석을 강제적 바람을 불어 표면에 붙어 있을지 모르는 석면섬유를 부유하게 한다.
- (3) 낙엽 송풍기를 이용 강제적 바람을 일으킨 후 용량이 큰 팬을 선정하여 해체·제거작업공간의 가운데에 설치한다. 이때 팬은 천정을 향하여 낮은 풍속으로 바람이 날리게 설치한다.
- (4) 팬이 동작하는 가운데 고유량 펌프를 작동하여 시료를 채취한다.



단, 석면의 해체·제거작업공간내로 재거주 또는 재사용없이 건물의 해체(demolition)가 진행될 경우에는 석면감독관의 판단하에 육안검사만으로 석면해체·제거작업을 종료할 수 있다.

## 2. 개인보호구

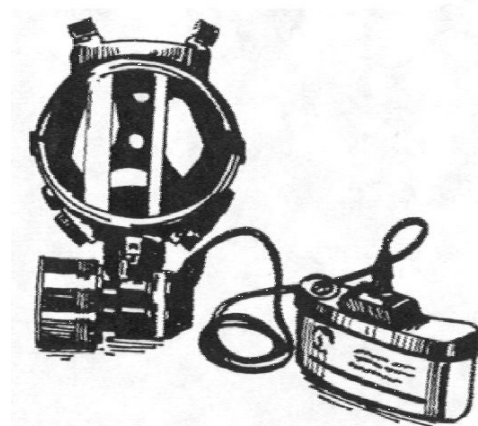
### 2.1. 호흡기 보호

#### 2.1.1 호흡보호구의 종류

- (1) 반면형 공기정화식 호흡보호구(그림 3.1-1)
- (2) 전면형 공기정화식 호흡보호구(그림 3.1-2)
- (3) 동력식 공기공급식 공기정화 호흡보호구(그림 3.1-3)
- (4) 압력모드하에서 작동하는 전면형 공기공급식 공기정화 호흡보호구(그림 2.1-4A, 그림 2.1-4B)



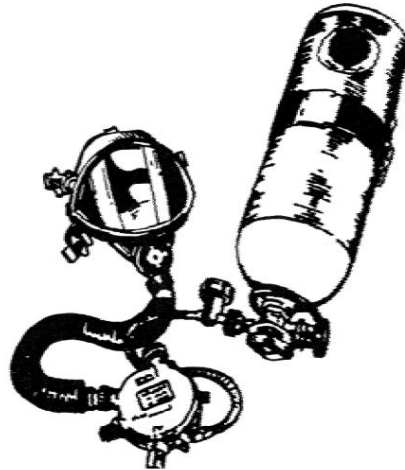
〈그림2.1-1〉 반면형 공기정화식 호흡보호구 〈그림2.1-2〉전면형 공기정화식 호흡보호구



〈그림2.1-3〉 전동식 공기정화 호흡보호구



〈그림 2.1-4A〉 압력모드하에서 작동하는 전면형 공기공급식 공기정화 호흡보호구



〈그림 2.1-4B〉 압력모드하에서 작동하는 전면형 자가공급식 공기정화 호흡보호구

## 2.1.2 호흡보호구 지급 및 착용대상

- (1) 모든 고 위험 석면해체·제거 작업
- (2) 석면함유물질이 실질적으로 손상되지 않는 상태로 제거되지 않는 모든 중 위험 석면해체·제거작업
- (3) 습식작업을 사용하지 않는 모든 중 또는 저 위험 석면해체·제거작업
- (4) 노출기준 미만 여부 평가 자료가 없는 모든 중 또는 저 위험 석면해체·제거작업
- (5) 단열재 또는 표면재(석면함유물질 또는 석면함유 추정물질)가 손상되는 모든 중 위험 석면해체·제거 작업
- (6) 다른 작업을 수행하고 있는 근로자가 호흡보호구를 착용해야만 되는 규정지역 내

- 에서 수행되는 저 위험 석면해체·제거작업  
 (7) 노출기준을 초과하는 모든 석면해체·제거작업  
 (8) 긴급상황

### 2.1.3 호흡기 보호를 위한 일반조항

#### (1) 보호계수

호흡용 보호구 바깥쪽에서의 공기 중 오염물질 농도와 안쪽에서의 오염물질 농도 비로 착용자 보호의 정도를 나타내는 척도를 말한다.

보호계수는 아래와 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$\text{보호계수} = \frac{\text{호흡보호구 외부 석면농도}}{\text{호흡보호구 내부 석면농도}}$$

즉, 호흡보호구 착용 후, 호흡보호구 외부의 석면농도를 호흡보호구 내부의 석면농도로 나눈 값을 말한다. 다시 말하면, 호흡보호구의 보호계수가 클수록 해당 호흡보호구는 근로자를 유해물질(석면) 으로부터 근로자를 더 잘 보호할 수 있음을 뜻한다.

할당보호계수(Assigned Protection Factor, APF)는 석면섬유농도에 따라 각각 호흡보호구 종류에 따라 다른 값을 설정해 놓았는데, 석면섬유의 노출농도에 따라 선택해야 하는 호흡보호구를 권고하기 위해 정해진 값이다. 즉, 할당보호계수가 10인 것은 작업장의 8시간 노출기준이 0.1 f/cc 일 때, 작업환경농도가 1 f/cc까지 해당 보호구(고효율 필터가 장착된 반면형 공기정화식 호흡보호구)를 사용할 수 있다. 또한 할당보호계수가 50인 경우는 작업환경농도가 5 f/cc까지만 해당 보호구(고효율필터가 장착된 전면형 공기정화식 호흡보호구)를 사용할 수 있다.

## 2.1.4 호흡보호구 선택시 참고사항

〈표 2.1-1〉 석면해체·제거작업에 따른 호흡보호구의 선택

공기중 석면농도	착용해야 할 호흡보호구
1 f/cm <sup>3</sup> (10 X PEL) 이하	일회용 호흡보호구가 아닌 고효율 필터*가 부착된 반면형 공기정화식 호흡보호구
5 f/cm <sup>3</sup> (50 X PEL) 이하	고효율필터가 부착된 전면형 공기정화식 호흡보호구
10 f/cm <sup>3</sup> (100 X PEL) 이하	고효율 필터가 부착된 모든 형태의 동력식 공기정화 호흡보호구 또는 연속적으로 작동하는 공기공급식 공기정화 호흡보호구
100 f/cm <sup>3</sup> (1,000 X PEL) 이하 또는 미지의 농도인 경우	압력모드하에서 작동하는 전면형 공기공급식 공기정화 호흡보호구
100 f/cm <sup>3</sup> (1,000 X PEL) 초과 또는 미지의 농도인 경우	부가적으로 양압을 유지시키는 자가호흡보호기구가 부착된 압력모드하에서 작동하는 전면형 공기공급식 공기정화 호흡보호구
* 고효율필터는 직경 0.3 μm이상의 단분산 입자에 대해 최소 99.97 %의 포집효율을 가진 필터를 말한다.	

## 2.1.5 호흡보호구의 선택조건

- (1) 호흡보호구는 한국산업안전공단의 검정을 통과한 제품을 사용할 것.
- (2) 고효율 필터가 장착된 반면형 공기정화식 호흡보호구의 착용대상
  - ① 중 또는 저 위험 석면해체·제거작업과 노출수준이 노출기준 미만이라는 것이  
증명되지 않은 작업
  - ② 단열재 또는 표면재(석면함유물질 또는 석면함유 추정물질)가 손상되는 저 위험  
석면작업
- (3) 고효율 필터가 있는 동력식 공기정화 호흡보호구, 고효율 필터 출구 카트리지가 또  
는 부수적인 양압 자가호흡장치가 장착된 압력모드하에서 작동하는 전면형 공기공  
급식 공기정화 호흡보호구의 착용대상
  - ① 근로자가 고 위험 석면해체·제거작업을 수행하는 경우
  - ② 노출수준이 노출기준미만이라는 것이 증명되지 않은 규정지역 내에서 석면해  
체·제거작업을 수행하는 경우
  - ③ 지역시료채취결과 8시간 시간가중 평균농도가 1 f/cc를 초과하지 않을 경우
- (4) 부수적인 양압 자가호흡장치가 장착된 압력모드하에서 작동하는 전면형 공기공급

식 공기정화호흡보호구의 착용대상

- ① 노출평가결과 8시간 시간가중평균농도가 1 f/cc를 초과하는 규정지역내 석면해체·제거작업을 수행하는 경우
- (5) 근로자가 호흡저항의 증가를 감지하는 때에는 항상 필터를 교체하도록 하여야 한다.
- (6) 근로자가 피부자극을 방지할 필요가 있을 때에는 항상 얼굴과 호흡용 보호구 안면을 세척하기 위하여 작업지역을 벗어날 수 있도록 해야 한다.
- (7) 근로자가 호흡용 보호구를 착용하고 정상적인 기능을 할 수 없거나 자신 또는 다른 작업자에게 위험을 줄 수 있다고 검진 의사가 판단하는 경우에는 호흡보호구를 착용해야 하는 업무에 근로자를 종사시킬 수 없다.
- (8) 호흡보호구 사용이 승인되지 않은 근로자는 다른 작업으로 전환하여야 한다.
- (9) 보호구 착용초기에 음압 호흡보호구에 대한 밀착도 검사(fit-test)를 실시하고 그 후 적어도 6개월마다 밀착도 검사를 실시하여야 한다.
- (10) 정성 밀착도 검사(Qualitative fit-test, QLFT)는 반면형 호흡보호구 또는 전면형 공기정화식 호흡보호구에 대해서만 실시될 수 있다.
- (11) 정성 또는 정량 밀착도 검사(Quantitative fit-test, QNFT)는 세부기준에 따라 수행되어야 한다.

## 2.1.6 호흡보호구의 밀착도에 영향을 미치는 인자

- (1) 안면의 수염: 안면의 수염은 단지 하루 면도를 하지 않은 것이라 하더라도 안면의 밀착도를 현저히 떨어뜨릴 수 있으므로 주의해야 한다. 호흡보호구와 안면의 밀착부분만이라도 깨끗이 면도를 해야 한다.
- (2) 호흡보호구의 디자인: 제조사에 따라 호흡보호구의 디자인과 설계는 다르므로 밀착도 역시 떨어질 수 있다. 안면밀착부위의 재질이 너무 부드럽거나 너무 딱딱할 경우, 머리끈을 부적절하게 조정했을 경우, 또는 안면 크기와 다른 호흡보호구를 착용했을 경우에도 밀착도가 감소될 수 있다.
- (3) 머리끈의 탄력성: 호흡보호구 착용자에 따라 느슨하게 매거나 조여 때는 경우 서로 다른 밀착도를 나타낼 수 있다.
- (4) 얼굴형태: 사람 얼굴의 크기와 형상은 매우 다양하다. 광대뼈가 튀어나온 형, 길쭉한 얼굴, 이중턱을 가진 사람, 코가 넓직한 형 등 때문에 한 가지 크기와 한 가지 디자인의 호흡보호구로 모든 사람들에게 밀착이 가능하게 할 수는 없다.

### 2.1.7 호흡보호구의 밀착성 검사 방법

석면노출근로자를 위한 밀착검사는 정성 또는 정량 밀착검사를 모두 사용할 수 있으나, 정량밀착검사를 권고한다.

#### (1) 자가 밀착 검사

근로자가 오염지역으로부터 적절히 보호되고 있다는 것을 확인하기 위하여 안면부가 있는 호흡용 보호구를 착용한 후 오염지역에 들어가고자 할 때 아래와 같이 사전에 안면부의 밀착성을 검사하여야 한다.

##### (A) 자가 음압 밀착검사

- ㉠ 음압에 의한 호흡용 보호구 밀착시험은 공기의 흡입 및 배기를 방지하기 위하여 손바닥 등으로 막을 수 있는 공기정화식 호흡용 보호구나 호흡관이 달려 있어 입구를 막도록 설계된 공기공급식 호흡용 보호구에 대하여 시험한다.
- ㉡ 흡기구를 손바닥으로 막거나, 정화통의 입구를 테이프로 막거나, 연결관을 조이거나 또는 흡기구에 마개를 부착하여 막거나 하여 호흡용 보호구의 정화통 또는 여과재의 흡기구를 막는다. 흡기구를 막은 다음 착용자는 천천히 숨을 들이마신 후 10초 정도 그대로 유지한다. 이때 안면부가 약간 조여들거나 공기가 안면부안으로 들어오는 느낌이 없다면 밀착성은 좋은 상태이다.

##### (B) 자가 양압 밀착검사

- ㉠ 양압에 의한 호흡용 보호구 밀착시험은 배기밸브가 있는 호흡용 보호구에 대하여 사용한다. 이 시험은 배기밸브가 없는 형식의 호흡용 보호구에 대하여 시험하는 것은 불가능하다.
- ㉡ 배기밸브를 손으로 막거나 마개를 부착하여 막은 후 착용자는 천천히 숨을 내뿜는다. 안면부의 내부가 약간 양압이 되어 안면부와 안면과의 밀착면에서 밖으로 공기의 누설을 감지할 수 없다면 밀착성은 좋은 상태이다.

#### (2) 정성 밀착 검사

- ① 호흡용 보호구를 착용하고 있는 사람이 자극, 취기 또는 미각을 쉽게 감지할 수 있도록 자극성의 연기, 취기가 있는 초산이소아밀 증기 또는 기타 적당한 시험환경에 노출시킨다.
- ② 공기정화식 호흡용 보호구에는 여과재 또는 정화통을 부착시킨다.
- ③ 호흡용 보호구 착용자가 호흡용 보호구 내부로 자극성 또는 취기성 시험제를 감지할 수 없다면 호흡용 보호구의 밀착성은 좋은 상태이다.

- ④ 정성 밀착검사에는 바나나오일(초산이소아밀), 자극성 연기(stannic chloride 또는 titanium tetrachloride), 인공감미료(사카린), 쓴맛(Birex<sup>TM</sup>) 등이 사용된다.



〈그림 2.1-5〉 호흡보호구의 정성밀착검사

### (3) 정량 밀착 검사

#### ① 정량 밀착검사에 사용되는 방법:

- Generated Aerosol (corn oil, salt, DEHP)
- Condensation Nuclei Counter (PortaCount)
- Controlled Negative Pressure (Dynatech FitTester 3000)
- Controlled Negative Pressure (CNP) REDON

주로 휴대가 간편한 CNC 방식의 PortaCount를 이용한다.

#### ② 밀착검사를 위한 연습동작(exercise regime): 밀착검사를 위한 연습동작은 일반적으로 6-9가지를 사용하나 석면노출시 사용되는 정량밀착검사를 위한 연습동작은 일반적으로 아래의 9가지 연습동작을 사용한다.

- 정상호흡: 정상적으로 서있는 자세에서 대화 없이 하는 정상호흡
- 깊은호흡: 정상적으로 서있는 자세에서 깊은 호흡을 들이마셨다가 내뿜는

호흡

- 머리의 좌우운동: 머리를 왼쪽으로 돌려 약 5초정도 쉬고, 다시 오른쪽으로 돌려 약 5초정도 쉬는 동작을 반복함.
- 머리의 상하운동: 머리를 위로 올려 약 5초정도 쉬고, 다시 아래로 내려 약 5초정도 쉬는 동작을 반복함.
- 말하기: 주어진 문장을 천천히 큰소리로 읽음.
- 웃기: 얼굴근육을 이용하여 미소 짓기, 찡그리기 등을 반복함.
- 발가락을 잡기위한 굽히기: 상체를 굽혀 발가락 끝을 잡고, 다시 허리를 펴서 동작을 반복함.

- 제자리에서 조깅: 제자리에서 조깅하는 동작을 반복함.
- 정상호흡: 정상적으로 서있는 자세에서 대화 없이 하는 정상호흡으로 마무리.

각 연습동작별 얻은 밀착계수를 합하는 방법은 아래와 같다.

$$\text{총 밀착계수} = \frac{\text{연습동작 갯수}}{1/ff_1 + 1/ff_2 + 1/ff_3 + \dots + 1/ff_n}$$



<그림 2.1-6> 호흡보호구의 정량밀착검사

### 2.1.8 호흡용 보호구의 유지보수

#### (1) 유지보수 계획

호흡용 보호구의 유지보수 계획에는 세척과 소독, 점검, 부품교환과 수리 및 보관의 항목이 포함되어야 한다.

#### (2) 세척과 소독

- ① 호흡용 보호구의 착용자는 호흡용 보호구를 필요시 유효, 적절하게 사용할 수 있도록 각 호흡용 보호구를 항상 세척하여 소독하여 둔다.
- ② 임시, 긴급 시 또는 구출 시에 착용하는 호흡용 보호구로서 개인용 이외의 용도로 지급된 호흡용 보호구는 특정한 작업자가 매회 사용 후에 세척 후 소독하여 둔다.
- ③ 미생물의 발생장소에서 착용한 호흡용 보호구는 70 % 소독용 알코올로 살균하여 보관한다.

#### (3) 점검

- ① 호흡용 보호구의 사용자는 사용 전후에 호흡용 보호구가 적절하게 작동하고 있

는가의 여부를 확인하기 위하여 점검한다.

- ② 세척과 소독 후 각 호흡용 보호구가 적정하게 작동되고 있는가, 부품의 교환과 수리를 필요로 하는지 또는 폐기해야 하는지를 결정하기 위하여 점검한다.
- ③ 긴급 시 또는 구출 시의 용도로 보관되어 있는 모든 호흡용 보호구의 부품 등은 최소한 월 1회 이상 점검하며, 점검항목은 접속부, 머리끈, 밸브, 연결관, 여과재, 정화통, 사용종료지시기, 재고 유효일자, 조절기 및 경보장치 등의 파손, 손상 및 훼손여부 등이다.

#### (4) 부품교환과 수리

- ① 호흡용 보호구의 조립, 고장 및 파손에 대하여 당해 교육을 받지 아니한 자에게 부품교환과 수리를 맡기지 않는다.
- ② 교환된 부품은 당해 호흡용 보호구 제조업자가 제공한 부품으로 한정한다.
- ③ 수리할 감압밸브 압력조절기 및 경보기 등은 제조업자 또는 수리나 조정에 숙련된 기술자에게 의뢰한다.

#### (5) 보관

- ① 호흡용 보호구는 분진, 직사광선, 고온과 저온, 다습 및 유해광선 등을 피하여 보관하여야 하며 고무나 탄성체 부분에 균열 등이 일어나지 않도록 보관하고, 미생물 오염, 변형 및 파손되지 않도록 도구상자와 같은 곳에 보관하여야 한다.
- ② 작업현장에 보관하고 있는 긴급 시 또는 구출 시의 호흡용 보호구는 항상 신속하게 꺼내 사용할 수 있도록 하고, 보관함 또는 용기에는 명확한 표지를 붙여 놓는다.

## 2.2 보호의

석면의 해체·제거를 위해 입는 보호의는 일반적으로 일회용을 사용한다. 불침투성의 손과 발 그리고 머리를 덮는 형태의 아래위가 붙은 형태의 보호의이다. 보호의는 석면 해체·제거를 수행하는 근로자의 신체, 머리카락 등의 오염을 감소시키고, 작업장에서의 석면오염으로부터 쉽게 벗어날 수 있게 한다.

보호의에는 신발, T-셔츠, 양말, 청바지 등은 포함되지 않는다. 만약 작업장에서 이러한 항목의 의복을 착용했다면, 작업 후 반드시 작업장내에 남겨두고, 작업장으로부터 벗어나야 한다.

또한 보호의는 물리적인 위험으로부터도 근로자를 보호할 수 있어야 한다. 적절한 안

전화는 날카롭고 무거운 물체로부터 보호할 수 있고, 습하거나 미끄러운 바닥조건으로부터 보호할 수 있어야 한다.



〈그림 2.2-1〉 석면해체·제거용 개인보호구

### 3. 기타 보건안전 고려사항

석면의 해체·제거 활동은 잠재적으로 위험이 많은 작업이다. 따라서 해체·제거를 하는 작업자는 석면 노출이외에 전기충격, 화학물질의 노출, 낙상, 타박상 및 고열 작업에 의한 스트레스 등을 간과해서는 안 된다. 이 장에서는 석면 해체·제거를 하는 작업 현장에서 석면이외에 건강 및 안전에 위험이 되는 것들을 소개하고자 한다.

#### 3.1 위험요소 확인

석면 해체·제거 작업을 수행 하는 동안 많은 위험요인들이 있으며, 이런 요인들은 석면제거 감독관이나 작업자들이 확인하고 위험으로부터 안전한 조치를 취하여야 한다. 일반적으로 석면 해체·제거 작업에서 잠재적으로 건강 및 안전에 위험이 되는 요인들은 다음과 같다.

- (1) 전기 위험
- (2) 사다리 및 비계
- (3) 미끄러짐, 실족 및 낙상
- (4) 고열장애
- (5) 일산화탄소 중독
- (6) 손 발 및 신체상해
- (g) 유해 화학물질

#### 3.2 전기 위험

석면 해체·제거 과정에서 습식방법을 사용하기 때문에 전기에 대한 위험이 가장 보편적인 위험 요소 중의 하나이다. 작업장에 사용하기에 부적합한 전선이나 이런 전선들이 제대로 차폐되지 않았을 경우 특히 위험하다. 전선으로 인한 누전이 발생 하는지를 작업을 시작하기 전에 항상 점검을 하여야 한다.

석면 해체·제거는 부분적으로 이루어 지는 경우와 건물 전체를 대상으로 하는 경우, 손상된 전기제품이나 전기 설비물이 있는 경우가 발생한다. 이런 경우 전기회로를 사용하지 않아야 하고 석면 해체·제거를 하는 동안 전기판넬에 잠금 및 표시장치를 하여 제 3자가 접근하지 못하도록 하여야 한다. 석면 해체·제거 작업장의 전선이 전기가 통

하지 않음이 확인되거나 증명되지 않은 한 모든 전선은 전기가 통하는 것으로 간주 한다.

전기판넬이나 변압기는 석면 해체·제거를 수행하는 동안에 필요한 전기를 사용할수 있도록 하여야 하며, 열에 의한 위험 때문에 밀봉을 하지 않아야 한다. 그러나 잠금 잠금 및 표시장치를 하여 제3자가 접근 하지 못하도록 하여야 한다.

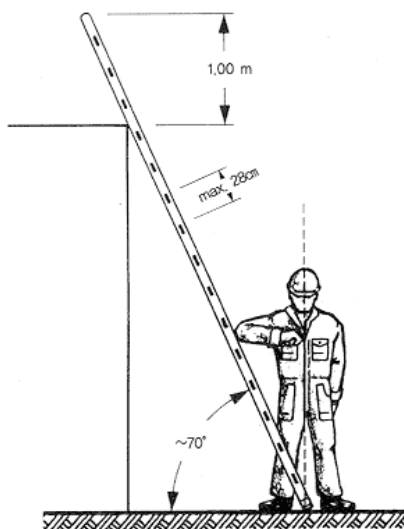
석면 해체·제거에 사용되는 모든 전기장치는 정기적으로 점검이 이루어져야 한다.

석면을 해체·제거에는 습식방법을 사용하기 때문에 접지회로보호장치를 통하여 전기를 공급하여야 한다.

### 3.3 사다리와 비계

석면 해체·제거 작업을 하는 동안 사다리와 비계가 자주 사용된다. 그러나 이들 장비의 부적당한 사용 및 잘못된 보수는 작업자의 상해를 초래할 수 있다.

사다리의 손상 유무를 발견하기 위하여 정기적으로 점검하여야 하며, 작업자는 올바른 사다리 사용방법을 교육받아야 한다. 사다리를 작업대 및 작업발판으로 사용하지 말아야 한다. 신축사다리 설치 시 상부 걸침 부위로부터 1m 이상 여장을 확보하고, 지면 바닥으로부터 사다리의 경사는 70° 이내로 한다.



〈그림 3.3-1〉 사다리 사용 방법

비계는 정기적인 점검 및 기본적인 유지보수가 필수적으로 수행되어야 한다. 이동식 비계를 설치할 경우에는 바퀴에 뜻밖의 갑작스러운 이동을 방지하기 위해 브레이크 또는 썰기등으로 바퀴를 고정시킨 다음 비계의 일부를 견고한 시설물에 잡아매는 등의 조치를 한다. 승강용의 사다리는 견고하게 설치하며, 비계의 최상부에서

작업을 할 때에는 안전난간을 설치한다.

### 3.4 미끄러짐, 실족 및 낙상

석면 해체·제거를 하는 작업장 및 지역에서는 바닥에 폴리에틸렌 또는 비닐을 깔게 되는데 이런 경우 매우 미끄럽게 된다. 따라서 미끄러짐을 방지하기 위하여 미끄러짐 방지 고무장화를 사용하는 것이 바람직하다. 미끄러짐과 발에 걸려 넘어지는 것을 방지하기 위하여 석면 해체·제거 작업에서 나온 폐기물들은 즉시 밀봉하여 폐기하여야 한다. 해체·제거 작업에 사용한 휴대도구 및 끈이나 호스들은 작업자가 이것들에 의하여 발에 걸려 넘어지지 않도록 위치시키거나 사용하여야 한다. 높은 곳에서 작업하는 경우 낙상의 위험으로부터 작업자를 보호하기 위하여 낙상에 대비한 적당한 장비를 사용하여야 한다.

### 3.5 고열장애

석면 해체·제거 작업에 있어서 고열과 관련한 장애를 발생할 수 있다. 이러한 이유는 석면 해체·제거 작업이 중노동 중의 하나이며, 석면으로부터 작업자를 보호하기 위하여 호흡보호구와 불침투성 작업복을 착용하기 때문에 신체의 냉각기능을 감소시킬 수 있다. 일반적으로 열피로는 적당한 대책 및 조치를 수행한다면 생명을 위협할 정도는 아니지만, 이러한 대책이 없이 열피로가 계속된다면 열사병으로 발전되어 생명을 위협할 정도가 되면 즉각적인 의학적 응급치료가 수행되어야 한다.

고열장애를 예방하기 위한 대책은 다음과 같다.

- (1) 고열에 대한 작업자의 열 순응
- (2) 충분한 수분의 섭취
- (3) 작업 시간표에 따른 작업 및 휴식시간 준수
- (4) 가능한 작업장의 충분한 냉방과 환기

### 3.6 일산화탄소 중독

석면 해체·제거 작업에서 일산화탄소의 중독 원인은 공기 공급식 호흡보호구를 착용시 컴프레서에 의해 공기가 공급되는데 컴프레서의 배출구가 공기를 주입하는

곳으로 들어가 일산화탄소에 중독될 수 있다. 일산화탄소는 무색·무취의 가스로 작업자는 일산화탄소에 처음 노출시 인식하지 못한다. 따라서 작업자는 일산화탄소 중독의 증상에 대하여 숙지하고 있어야 한다. 컴프레서에 의한 공기 공급식 호흡 보호구를 착용시에는 컴프레서에 있는 필터에 일산화탄소 모니터 또는 경보 시스템을 갖추어야 한다.

### 3.7 손, 발 및 신체 상해

작업장의 유해 요인 평가 시 손, 발 및 신체 상해 요인이 존재 여부를 확인하여야 하고, 이들 유해 요인으로부터 작업자를 보호하기 위하여 적당한 개인 보호구를 착용하여야 한다. 석면 해체·제거 작업에서 기본적으로 갖추어야 할 보호 장비로는 안전모, 보호안경, 안전 장화 등을 항상 착용하여야 한다.

### 3.8 유해화학 물질

석면 해체·제거 작업에 사용되는 접착제, 표면고정 처리제, 페인트 및 그 밖의 용제들은 인체에 유해 할 수 있다. 따라서 작업자는 작업장에 사용되는 이런 화학물질들의 인체 위험성에 대한 정보를 작업자에게 제고하여야 하고, 또한 이들 물질의 물질안전보건 자료를 작업 현장에 비치하여 작업자 누구나 접근이 용이 하도록 한다.

### 3.9 의학적 응급조치

작업자는 의학적으로 긴급사태에 대처하기 위한 교육을 받아야 하며, 화재 및 응급 의료가 필요한 긴급 상황인 경우 연락 가능한 전화번호를 작업현장에 배치하여야 한다. 석면 노출의 위험 보다 심각한 상해 또는 화재와 같은 생명을 위협하는 긴급 상황인 경우 즉각적인 대응책이 이루어 져야 하며, 따라서 상황에 따라 상해를 입은 작업자의 호흡을 용이하게 하기위하여 호흡 보호구를 제거하여야 한다. 머리, 목 및 허리의 상해가 아니라면, 작업자는 가능한 즉시 해체·제거 작업현장에서 청결한 곳으로 이송되어야 한다. 상해를 입은 작업자를 이송하는 사람이나 기구들은 석면의 오염으로부터 최소화 하도록 하고, 상해 환자를 이송하는 작업자들은 환자의 상태에 따라 석면오염에 대해 정화할 시간이 있는지 없는지에 대하여 결정 하여야 한다.

### 3.10 화재시 응급조치

화재는 건강과 생명을 위협하는 아주 긴박한 상황이며 따라서 응급 시 계획을 세우고 작업자에게 화재 시 행동 수칙을 제공하여야 한다. 이런 행동 수칙에는 화재 시 폴리에틸렌 칸막이 및 밀봉상태를 부시고 나와야 할 상황도 포함된다. 또한 작업자는 화재경보기가 설치된 장소와, 해체·제거 작업이 시작되기 전에 비상 탈출구의 위치를 파악하고 해체·제거 작업장 안에 표시하여야 한다.

작업자가 입는 보호의는 화재에 노출 시 녹기 쉬우며 피부에 부착됨으로 화상을 입기 쉽다는 것을 인식하여야 한다. 폴리에틸렌 및 비닐은 화재시 빠르게 타기 시작하며 검은 연기를 생성하게 된다. 따라서 폴리에틸렌 및 비닐은 표면 온도가 55 ℃를 넘는 곳에서는 사용해서는 안 된다.

화재의 위험으로부터 대처 방안은 다음과 같다.

- (1) 모든 가연성 가스나 그 밖의 연료를 해체·제거 작업장에서 제거한다.
- (2) 컴퓨터 또는 변압기 등과 같은 열원을 확인 하고 이들 열원의 가열을 방지하기 위하여 충분한 환기가 되어야 한다.
- (3) 폴리에틸렌 또는 비닐이 고온의 표면에 닿지 않도록 한다.
- (4) 해체·제거 작업장에 라이터나 성냥을 두어서는 안 된다.

## 참고문헌

- 김현옥. 대형건물내 비고형 석면함유 건축자재에 의한 기증 석면오염 및 관리실태. 한국산업위생학회지 1995; 5(2): 137-146
- 노동부. 산업안전보건법. 2006. 3
- 노동부. 산업안전보건법 시행규칙. 2006. 7
- 노동부. 산업안전보건법 시행령. 2005. 12
- 노동부. 작업환경측정과 특수건강진단은 이렇게 실시합니다. - 2006년도부터 일부 제도가 달라졌습니다 - 2006.
- 노동부. 화학물질 및 물리적인자의 노출기준 고시 2002-8호. 2002. 5
- 백남원. 우리나라 석면 취급근로자의 석면 폭로실태와 석면폐 발생에 관한 연구, 서울대학교 보건대학원, 노동부 직업병 예방을 위한 학술연구 용역사업, 1994.
- 유찬영, 노재훈, 정호근, 김치년. 서울시 지하철 역사 내부 설비공사에 따른 석면의 실내공기질 관리 실태. 한국산업위생학회지 2002; 12(3): 178-186
- 최정근, 백도명, 백남원. 우리나라 석면 생산과 사용 및 근로자 수와 노출농도의 변화. 한국산업위생학회지 1998; 8: 242-253
- 최충곤, 김치년, 임남구, 노영만, 노재훈. 건축물 해체 작업시 발생하는 석면의 노출 수준. 한국산업위생학회지 2002; 12(3): 195-201
- 한국산업안전공단. 건강관리수첩 제도안내 - 자료(팜플렛). 2006. 7
- 한국산업안전공단. 안전보건기술정보시트 - 공사시공: 사다리 작업시 안전사항. 2000. 10
- 한국산업안전공단. 석면해체·제거작업시 작업환경관리. 안전보건 2006. 2 pp. 14-31
- 한국산업안전공단. 석면대체물질 유해성평가 연구 - 건축물내 석면 사용실태 조사연구 - 연구원 2003-5-16. 2002 연구보고서
- 한국산업안전공단. 작업환경 유해도평가 보고서 - 환기덕트 해체작업시 석면 및 분진의 노출평가 및 관리방안. 2003. 9
- 한국산업안전공단. 전문건설업종별 - 안전점검 및 재해사례 편람(비계공사편). 2004. 12
- 환경부. 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법. 법률 6911호. 2003. 5
- ACGIH. ACGIH TLVs and BEIs, 2005.
- Alberta Human Resources and Employment. Alberta Asbestos Abatement Manual. 2005. Government of Alberta
- Becklake MR. Asbestos-related diseases of the lung and other organs. Their

epidemiology and implications for clinical practice. Am Rev Respir Dis 1976; 114: 187-227.

Browne K. The controlled use approach for asbestos - A scientific update on health effect. International conference on asbestos products. Kuala Lumpur, Malaysia, 1991.

Department of the Army. Asbestos Abatement Guideline Detail Sheet. EP 1110-1-11. 1992.

Health and Safety Executive, Asbestos: The licensed contractors' guide Senior Labour Inspectors Committee(SLIC). A practical guide on best practice to prevent or minimise asbestos risks in work that involves (or may involve) asbestos: for the employer, the workers and the labour inspector. EC. 2006.

Health and Safety Executive, Asbestos Essentials Task Manual. 2001.

Motahashi Kenji. 기존 건축물의 흡착 석면 분진 흡탈립 방지 처리 기술지침□□해설 -2006.

NOHSC. Code of Practice for the Safe Removal of Asbestos 2nd Edition [NOHSC:2002(2005)], National Occupational Health and Safety Commission, 2005.

Oregon Department of Environmental Quality (DEQ) - Guidelines For Removing Nonfriable Asbestos Materials. 2006. 6

OSHA. Occupational Safety and Health Standard, 29 CFR 1910. 1001 - Asbestos.

OSHA. Safety and Health Regulations for Construction, 29 CFR 1926. 1101 - Asbestos.

본 연구보고서에 기재된 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며, 우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

## 석면에 의한 건강 장해예방( I )

(보건분야-연구자료 연구원 2006-245-976 )

---

발 행 일 : 2006년 12월 초판발행  
발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 박 두 용  
연구책임자 : 가톨릭대학교 김 현 옥 교수  
발 행 처 : 한국산업안전공단 산업안전보건연구원  
주 소 : 인천광역시 부평구 구산동 34-4  
전 화 : (032) 5100-753  
F A X : (032) 5180-866  
Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>

---

<비매품>