creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:48009-200000363487

공 학 박 사 학 위 논 문

석면해체 · 제거작업 관련제도와 안전성평가에 대한 개선방안 연구

A Study on Improvement Measures of Asbestos Abatement for Related Policies and Risk Assessment

울 산 대 학 교 일 반 대 학 원
안 전 보 건 전 문 학 과
장 재 필

석면해체·제거작업 관련제도와 안전성평가에 대한 개선방안 연구

지도교수 정 기 효

이 논문을 공학박사학위 논문으로 제출함

2020년 12월

울 산 대 학 교 일 반 대 학 원
안 전 보 건 전 문 학 과
장 재 필

장재필의 공학박사학위 논문을 인준함

심 사 위 원 박 창 권 (인)

심 사 위 원 김 재 균 (인)

심 사 위 원 장 길 상 (인)

심 사 위 원 권 지 운 (인)

심 사 위 원 정 기 효 (인)

울 산 대 학 교 대 학 원

2020년 12월

국문 요약

석면해체 · 제거작업 관련제도와 안전성평가에 대한 개선방안 연구

울산대학교 일반대학원
안전보건전문학과
장 재 필

석면(asbestos)은 1970년대 후반에 석면 가루를 호흡을 통해 흡입하게 되면 폐암이나 폐증, 늑막이나 흉막에 악성종양을 유발할 수 있는 것으로 밝혀지면서 세계보건기구(World Health Organization, WHO) 산하의 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서 석면을 1급 발암물질로 지정하였고, 우리나라는 석면으로 인한 근로자의 건강보호를 위하여 산업안전보건법에서 청석면 및 갈석면에 대한 제조, 수입, 양도 또는 사용을 금지하는 규제를 2000년 1월에 시행한 이후 2009년도부터 모든 석면제품의 제조, 수입 또는 사용을 전면 금지하였다.

그동안 국내에서 석면함유제품의 제조, 사용에 따라 근로자의 석면 노출에 대한 연구는 지속적으로 이루어졌으나, 안전한 석면해체 · 제거를 유도하기 위한 안전성평가와 석면관련 제도의 도입에 따른 문제점 및 개선방안에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 고용노동부에 등록된 석면해체 · 제거 업체를 대상으로 석면해체 · 제거작업과 관련된 제도, 안전성평가 요구도 및 필요성, 관련 법령의 해석에 대하여 주요 의견 및 개선방향을 파악하였다.

본 연구는 석면해체 · 제거작업에 대한 문제점과 개선방안을 조사하기 위한 설문지를 개발하였고, 개발된 설문지를 석면해체 · 제거업체에 배포하여 석면관련 제도와 안전성평가에 대한 문제점 및 개선방안을 조사하였다. 본 연구는 조사된 설문결과에 대한 통계 분석을 통해 석면해체 · 제거 현장에서 느끼는 제도개선 요구사항을 체계적으로 파악 및 분석하였다.

본 연구의 조사 결과(총 83개 업체)는 석면해체 · 제거작업을 위해 구성되는 팀에 대한 문제점으로 '방학기간에 집중되어 팀 구성에 문제가 있다'가 35.4%로 응답률이 가장 높았고, 현행 입찰방식의 한계점을 보완하는 방법으로 '안전성평가에서 고등급을 받은 업체에게 우선권을 부여하여야 함'이 37.8%로 가장 높게 나타났다. 석면해체 · 제거작업에 주로 사용하는 음압기 및 음압기록장치에 대한 교정에 대해서는 32.1%가 '주기적인 교정이 필요'하다고 응답하였고, 설문참여업체는 음압기

대수 산정방법에 대해 43.3%가 잘 모른다는 응답하였으며, 그 이유는 규정 부재(38.9%), 번거로움(36.1%), 그리고 배우지 못함(25%)이 유사한 비율로 관측되었다. 산업안전보건기준에 관한 규칙 중 제494조 제3항의 '일시적', 제495조 제2호 다목의 '물리적으로 깨거나 기계 등을 이용하여 절단하는 작업', 제494조 제2호의 '천공작업'에 대해서는 '휴식시간 또는 점심시간까지 포함하여 확대 해석'이 35.7%, '문구 그대로 물리적으로 깨거나 기계 등을 이용하여 절단하는 경우가 아닌 드라이버로 텍스의 나사못을 제거하는 경우에는 음압유지 불필요'가 36.8%, '나사못을 풀어 깨진 텍스를 몇 장 제거하는 작업도 석면이 적게 흩날리는 작업이므로 이 조항에 해당'한다고 38.9%가 응답하였다. 석면해체·제거작업 이후 실시하는 물 샤워에 대해서는 '석면농도가 높지 않은 저위험 작업은 물 샤워 뿐만 아니라 에어샤워도 가능하도록 변경'이 57.6%로 응답률이 가장 높았고, 석면해체·제거근로자가 최초 제출한 계획서와 상이할 경우 '석면해체·제거근로자 변경 시 변경신고서 제출만으로 변경 가능하게 하여 근로자 신고 누락 방지'를 가장 선호하는 것으로 나타났다(40%).

안전성평가 기여도를 독립변수(긍정, 중립, 부정)로 하고 필요성을 5점 리커트 척도(Likert Scale)로 하여 기여도와 필요성에 대한 일원배치 분산분석을 실시한 결과 석면안전성평가 사업이 안전한 석면해체·제거작업 정착에 긍정적이라는 의견을 보인 업체는 석면안전성평가 사업이 필요하다고 유의한 답변을 하였다. 안전성평가 제도에 대해서는 안전성평가 등급이 높은 업체에게 혜택을 부여해야 한다는 의견과 혜택을 부여하지 말아야 한다는 의견이 50.6%와 49.6%로 비슷하게 나타났다. 안전성평가 사업이 석면해체·제거업체를 평가하는데 필요하다는 필요성을 독립변수(긍정, 중립, 부정)로 두고 근로자의 전문교육작업 경력관리의 필요성, 근로자의 전문교육 필요성, 음압기 대수 산정방법 이해정도에 대해 분산 분석한 결과 안전성평가 제도 필요성에 긍정적인 업체와 중립인 업체는 석면해체·제거근로자의 전문교육 작업경력관리와 전문교육이 필요하다고 유의하게 답하였고, 음압기 대수 산정에 대한 인지여부에 대해서는 안전성평가 제도 필요성에 긍정적인 업체가 유의하게 높게 나타났다.

결론적으로 안전한 석면해체·제거작업 정착을 위해 석면관련 교육을 이수하고 이력관리가 되는 작업 근로자를 다수 양성하는 제도를 마련한다면 방학기간에 학교 석면해체·제거작업이 집중되더라도 석면해체·제거를 위한 팀 구성에 어려움이 없을 것으로 판단되며, 추가적으로 학교석면해체·제거작업이 방학에 집중되지 않도록 정책적인 관리도 뒷받침 되어야 한다고 생각한다. 안전성평가 결과는 석면해체·제거작업 입찰에서 업체를 선정하는 기준에 반영되어 평가 등급이 높은 업체가 혜택을 받을 수 있는 현장 작동성 강화가 필요하고, 음압기 및 음압기록장치는 성능보증을 위한 주기적인 검정 및 교정을 하는 제도적인 장치와 음압기 대수산정 방법을 법제화하는 대책마련이 필요할 것으로 판단된다. 석면감리제도에서 석면감리인의 임무, 산업안전보건법에서 불문명한 용어를 명확하게 정의하는 법령 보완 및 수정이 필요하고, 고용노동부에 제출하는 서류보완의 간소화, 석면해체·제거작업 후 해야 하는 물 샤워를 보완하는 에어샤워의 도입방안 같은 현장의 실무적인 요구

를 반영하여 석면해체・제거작업 관련 제도를 개선한다면 안전하고 효율적인 석면해체・제거작업이 안정적으로 정착하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 석면해체・제거작업 업체로부터 현재 적용되고 있는 관련 제도의 문제점을 분석하고 실직적인 대책을 도출하였다는데 의의가 있다. 본 연구의 결과는 석면해체・제거와 관련된 정책을 마련하고 보완 및 수정하는데 유용한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

Key word : 석면, 석면해체 · 제거업체, 석면해체 · 제거작업 안전성평가, 석면교육, 석면제도

목 차

국문초록 ····· i
List of Tables ····· vi
List of Figures ····· ix

1. 서론
1.1 연구배경 및 필요성 ····· 1
1.2 연구목적 ····· 3
1.3 연구의의 ····· 4
1.4 논문구성 ····· 4

2. 문헌조사
2.1 석면사용의 역사 및 유해성 ····· 5
2.1.1 석면사용의 역사 및 물리화학적 성질 ····· 5
2.1.2 석면의 유해성 ····· 8
2.1.3 석면 노출 수준 ····· 13
2.2 석면관련 국내외 제도 ····· 15
2.2.1 석면관련 국내제도 ····· 15
2.2.2 석면관련 국외(미국, 뉴욕)제도 ····· 17
2.2.3 국내제도와 미국제도의 차이점 ····· 27

3. 연구방법론
3.1 연구대상 ····· 29
3.2 연구방법 ····· 30
3.2.1 설문지 개발 ····· 30
3.2.2 가설설정 ····· 31
3.2.3 설문내용 ····· 31
3.2.4 설문방법 ····· 33
3.3 자료 분석 방법 ····· 33

4. 연구결과
4.1 설문 신뢰도 분석 ····· 34
4.2 설문 참여현황 및 특성 ····· 34
4.3 설문조사 결과 ····· 35
4.3.1 석면관련 제도 ····· 35
4.3.2 석면안전성평가 제도 ····· 46

5. 고찰 ····· 53
5.1 석면관련 제도 측면 ····· 53
5.2 석면안전성평가 제도 측면 ····· 57
5.3 연구의 한계점 및 향후 연구방향 ····· 58

6. 결론 ····· 59

참고문헌 ····· 61

Abstract ····· 66

List of Tables

Table 2-1. Early history of asbestos use in the workplace ····· 6

Table 2-2. Physiochemical properties of asbestos ····· 8

Table 2-3. Synergy of smoking and asbestos exposure to lung cancer death ····· 11

Table 2-4. Relationship between asbestos exposure and mesothelioma ····· 12

Table 2-5. Two major acts of EPA ····· 19

Table 2-6. EPA Ban and Phase-Out Rule ····· 20

Table 2-7. 61.145: Standard for Renovation and Demolition ····· 21

Table 2-8. 61.150: Standard for Waste Disposal - including Renovation and Demolition ····· 22

Table 2-9. In terms of asbestos regulations, OSHA three Standards ····· 23

Table 2-10. The OSHA Construction Standard for Asbestos regulates asbestos exposure ····· 23

Table 2-11. The two permissible exposure limits (PELs) ····· 24

Table 2-12. Recordkeeping (1926.1101(n), 1191.134(m)) ····· 24

Table 2-13. License for asbestos in New York State ····· 25

Table 2-14. Size of asbestos projects ····· 26

Table 3-1. General characteristics of asbestos abatement contractors ····· 29

Table 4-1. Measurement tool reliability ····· 34

Table 4-2. Basic characteristics of survey respondents ····· 34

Table 4-3. Survey results on the wet method between enrolled and unenrolled workers ····· 35

Table 4-4. Survey results on the method of public bidding and formation of abatement team ····· 36

Table 4-5. Survey results on the requirement for the number of enrolled workers ····· 37

Table 4-6. Survey results on negative pressure machine and recorder ····· 38

Table 4-7. Survey results on the reason of unawareness on how to calculate the proper number of negative pressure unit ····· 39

Table 4-8. Survey results on Asbestos Project Monitor system ····· 40

Table 4-9. Survey results on shower method after asbestos abatement works and installation requirement of the decontamination unit ····· 41

Table 4-10. Survey results on enrollment of workers to the Ministry of Labor ····· 42

Table 4-11. Survey results on industrial safety and health standard regulation no. 494 ····· 43

Table 4-12. Survey results on industrial safety and health standard regulation no. 495 ····· 44

Table 4-13. Survey results on hard to keep the rules ····· 45

Table 4-14. Survey results on risk assessment system for asbestos ····· 46

Table 4-15. Survey results on the advantage of high grade in risk assessment system ····· 47

Table 4-16. Summary of survey results on necessity of risk assessment ····· 49

Table 4-17. Summary of results between level of contribution and necessity of asbestos safety evaluation from KOSHA ····· 49

Table 4-18. Summary of results between necessity of risk assessment and work history management ····· 52

Table 4-19. Summary of results between necessity of risk assessment and necessity of asbestos training ····· 52

Table 4-20. Summary of results between necessity of risk assessment and understanding to calculate the required number of negative pressure machine ··· 52

List of Figures

Fig 2-1. Natural asbestos ····· 6

Fig 2-2. Types and chemical formulas of asbestos ····· 7

Fig 2-3. Effects of asbestos on the human body ····· 9

Fig 2-4. Asbestos abatement work flow diagram in KOREA ····· 15

Fig 2-5. Asbestos abatement work, inspection, training and etc flow diagram in U.S. ····· 18

Fig 2-6. Asbestos project - phases of work ····· 26

Fig 2-7. NYSDOL ICR-56 Personal Decon for Large projects (optional for small projects) ····· 27

Fig 4-1. Score for necessity of work history management, necessity of asbestos training, and understanding to calculate the required number of negative pressure machine according to the perceived class for the asbestos risk assessment system ····· 50

1. 서론

1.1 연구배경 및 필요성

석면(asbestos)은 천연광물로서 섬유형태를 띈 규산마그네슘($Mg_6Si_4O_{10}OH$)이 주성분인 사문석(serpentine)계열과 각섬석(amphibole)계열로 크게 나누어진다. 사문석류는 백석면(Chrysotile), 각섬석류는 청석면(crocidolite), 갈석면(amosite), 트레모라이트(tremolite), 악티노라이트(actinolite), 안소필라이트(anthophyllite)로 보다 세부적으로 분류된다(Langer et al., 1994). 석면은 불에 잘 타지 않고 부식과 마찰에 강하며 방음과 단열 효과가 뛰어난 물성을 가지고 있어 전 세계적으로 광범위하게 전기 절연재, 방직재, 건축자재 등 다양한 제품에 사용되었다(Clinkenbeard et al., 2002).

1970년대 후반에 석면 가루를 호흡을 통해 흡입하게 되면 폐암이나 폐증, 늑막이나 흉막에 악성종양을 유발할 수 있는 것으로 밝혀지면서 세계보건기구(World Health Organization, WHO) 산하의 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서 석면을 1급 발암물질로 지정하였다(WHO, 2010). 우리나라는 석면으로 인한 근로자의 건강보호를 위하여 산업안전보건법에서 청석면 및 갈석면에 대한 제조, 수입, 양도 또는 사용을 금지하는 규제를 2000년 1월에 시행하였고, 트레모라이트, 악티노라이트, 안소필라이트를 2003년 7월에 금지물질에 추가하였다. 2003년에 들어서야 건축물 해체 · 제거 시 근로자를 석면노출로부터 보호하기 위한 조치로써 1%를 초과하는 석면을 함유한 설비 또는 건축물 해체 · 제거 작업 시 허가를 받도록 하고 석면해체 · 제거 시 밀폐, 습식작업, 음압유지 및 지붕재 해체 시에는 직접 땅에 던져서는 안 된다는 포괄적인 작업방법 기준을 마련하였다(노동부, 2008). 또한 2009년도부터는 일부 소수의 제한된 용도의 제품을 제외한 모든 석면제품의 제조, 수입 또는 사용을 전면 금지하였다(노동부, 2007).

그로 인해, 석면이 1% 이상 포함된 건축물을 해체, 철거할 경우에는 고용노동부에 등록한 업체만이 할 수 있게 되었으며, 석면이 함유된 제품이 있는 건축물의 소유자는 산업안전보건법(고용노동부), 석면안전관리법(환경부), 폐기물관리법(환경부)에 의해 건축물 내 석면함유 제품을 해체・제거하게 되었다(고용노동부, 2020a, 환경부, 2020). 석면해체 및 제거작업시의 석면노출로 인한 근로자의 건강장해 예방을 위해서 고용노동부는 관련법의 제정 또는 개정의 제도정비 뿐만 아니라, 석면해체 및 작업 기준을 마련하였다. 그 일환으로 '석면조사기관 및 석면해체・제거업자 종사인력의 교육에 관한 규정' 고시를 제정하여 최근에 이르기까지 개정하였고(고용노동부, 2015a, 2020b), 건축물 또는 설비의 석면조사 및 석면농도측정을 관리하기 위해 '석면조사 및 정도관리규정' 고시를 제정하였는데(노동부, 2009), 동 고시는 최근 '석면조사 및 안전성 평가 등에 관한 고시'로 개정되었다(고용노동부, 2015a). 개정된 법률에 따라 석면이 함유된 설비 또는 건축물을 해체・제거하는 업체는 그 수가 급증하여 2020년 8월에는 전국적으로 3,695개소에 달하였다(고용노동부, 2020d).

석면해체・제거작업 안전성평가(이하, 안전성평가)는 석면해체・제거 작업의 신뢰성을 확보하고 이를 통해 석면에 의한 근로자의 건강장해를 예방하기 위해 2009년도 8월 산업안전보건법 제38조의4 제4항에 의해 도입되었다. 안전성평가는 2020년도 개정된 산업안전보건법 제121조제2항 및 동법 시행규칙 제180조에 명시된 ① 석면해체・제거작업 기준의 준수여부, ② 장비의 성능, ③ 보유인력의 교육이수, 능력개발, 전산화 정도 및 그 밖에 필요한 사항 등을 평가항목으로 구성하여 고용노동부 고시에 따라 평가하고 있다(고용노동부, 2020a). 안정성평가 등급은 평가대상 업체에 대한 평가 점수(만점: 100점)를 기준으로 S등급(90점 이상), A등급(80점 이상 - 90점 미만), B등급(70점 이상 - 80점 미만), C등급(60점 이상 - 70점 미만), D등급(60점 미만)으로 결정된다. 그러나 개별평가항목의 점수가 어느 하나라도 60점 미만이면 평가등급이 한 단계 하락하며, 업무정지 또는 사회적 물의를 일으키는 경우 평가점수와 상관없이 최하위 등급(D등급)이 부여된다(고용노동부, 2020c).

그동안 국내에서 석면함유제품의 제조, 사용에 따라 근로자의 석면 노출에 대한 연구(Park & Paik, 1988; Paik & Lee, 1991; Park et al., 2009)는 지속적으로 이루어졌다. 예를 들면, 석면해체 · 제거 시 공기 중 노출수준에 대한 연구(Kim et al., 2009)를 통해 해체 · 제거현장 근로자들의 석면 노출이 어느 정도이고, 이들의 노출수준에 영향을 미치는 요인과 노출을 최소화하기 위한 방안이 제시되었다. 그러나 안전한 석면해체 · 제거를 유도하기 위한 안전성평가와 석면관련 제도의 도입에 따른 문제점 및 개선방안에 대한 연구는 조사한 바로는 확인되지 않았다.

석면해체・제거 관련 제도가 도입된 이후 현장에서는 제도의 다양한 문제점이 발생하였다. 최초 고용노동부에 신고한 석면해체・제거 근로자가 변경되면 고용노동부에 신고를 다시 해야 하는 불편함이 발생하기 때문에 해체・제거 업체는 다수의 근로자를 신고한 후 실제 공사에서는 일부의 근로자만 작업을 하는데, 해체・제거 업체가 동시여 여러 현장을 신고하는 경우에도 같은 근로자를 여러 현장에 동시에 신고하는 사례가 발생하였다. 학교처럼 석면해체・제거작업을 위한 비닐 보양 면적이 넓은 경우 음압기 및 음압기록장치(이하 음압설비)의 대수가 증가하게 되는데 해체・제거업체가 필요한 음압설비 대수를 계산하지 못하는 경우가 있었고, 보유한 음압설비의 대수가 충분하지 않을 경우 임대하여 사용하는데 자체 음압설비는 검정 및 교정을 받는 반면 임대한 음압설비의 검정 및 교정은 확인이 불가하였다. 석면해체・제거작업 근로자는 석면관련 교육을 받아야 하는 법적인 제도가 마련되어 있지 않았고, 석면해체・제거 등록에 필요한 인력은 2명으로 타 기관의 등록 인력인 3명보다 필요한 인력이 적은 관계로 석면해체・제거 업체의 등록 인력을 타 기관과 맞춰야 한다는 문제가 제기 되었다. 석면안전관리법에 따른 감리제도의 경우 감리의 작업중지 또는 시정의 권한은 석면배출 허용기준과 공기 중 석면농도가 초과되는 경우에만 한정되어 감리의 권한행사가 제한되고 있었다. 안전보건공단에서 실시하는 석면해체・제거작업 안전성평가 결과에 따른 등급은 등급부여에 따른 혜택과 활용도가 낮았다. 석면해체・제거작업에 반드시 필요한 위생설비 중 샤워시설은 물로 샤워를 해야 하기 때문에 근로자들이 불편함을 이유로 거의 사용을 하지 않고 있었다. 산업안전보건법 안전보건기준에 관한 규칙에서 정한 법령 중 작업장에서

일시적으로 나오는 경우, 천공작업의 규모, 물리적으로 깨거나 기계 등을 이용하여 절단하는 작업에 대한 정의가 명확하지 않아 현장에서 임의로 해석하여 적용하고 있었다.

따라서 석면해체·제거작업을 위한 입찰 및 팀 구성, 석면감리제도, 산업안전보건법에 명시된 법 조항 중 다양한 해석이 가능한 문구에 대한 업체 담당자 의견, 석면해체·제거작업 근로자의 교육 및 경력관리, 음압기록장치 및 음압기, 작업 후 샤워방법, 석면해체·제거 규정 중 준수하기 어려운 항목에 대한 구체적인 조사 및 연구가 필요하다.

1.2 연구목적

본 연구의 목적은 석면해체·제거 업체를 대상으로 관련제도와 안전성평가 사업의 문제점과 개선방안을 파악하여 개선안을 도출하는 것이다. 이를 위해, 석면해체·제거와 관련된 다양한 문제점 및 개선방안을 조사하기 위한 설문지를 개발하였고, 석면해체·제거업체를 대상으로 개발된 설문지를 배포하여 석면관련 제도와 안전성평가에 대한 문제점 및 개선방안을 조사하였다. 본 연구는 조사된 설문 결과에 대한 통계 분석을 통해 석면해체·제거 현장에서 느끼는 제도개선 요구사항을 체계적으로 파악 및 분석하였다.

이러한 연구를 통해 본 연구는 석면해체·제거작업 관련제도와 안전성평가의 2가지 주요 쟁점을 검토 및 제언하였다. 첫째, 석면해체·제거작업 관련제도의 경우 석면해체·제거작업은 입찰을 통해 선정이 되고 선정된 업체는 대부분 일용직을 고용하여 팀을 구성하는데, 이렇게 팀을 구성함에 있어서 발생할 수 있는 어려움과 현행 방식을 개선하는데 필요한 방향, 석면해체·제거업체로 등록하기 위한 최소인력(2명 이상)이 타 기관의 등록 최소인력(3명 이상)보다 적어 석면해체·제거업체의 최소 등록 인력을 3명 이상으로 제도를 개선하는 것에 대한 업체의 의견, 음압기 및 음압기록장치로 구성된 음압관련 설비는 업체의 자가 설비의 경우 검정 및 교정을 하여 관리하고 있으나 해체·제거 면적이 넓어 장비를 임대하여 사용하는 경우 임대 장비의 검정 및 교정 확인이 불가한 사항에 대한 문제점 및 개선방안, 음압기 대수 산정하는 방법의 인지여부 및 미인지 사유, 해체·제거작업 근로자의 전문교육 실시와 작업이력관리의 필요성, 석면해체·제거작업과 관련된 법 조항 중 석면감리제도는 해체·제거업체가 감리의 권한을 확대하는 것을 희망하는지 아니면 다른 방법으로 감리의 역할이 필요한지 여부, 산업안전보건기준에 관한 규칙 중 석면관련 조항에서 “일시적”, “천공작업”같이 다양하게 해석할 수 있는 특정한 용어에 대해 석면해체·제거업체가 어떻게 해석하기를 희망하는지 여부, 석면해체·제거작업 후 샤워를 위한 위생설비의 사용 및 대체방안, 석면해체·제거작업 계획서를 고용노동부에 제출할 때 해체·제거근로자의 등록이 여러 현장에 중복되는 점에 대한 개선방안을 조사 및 분석하였다.

둘째, ‘석면조사 및 안전성 평가 등에 관한 고시’에 따른 안전성평가 제도가 안전한 석면해체·제거작업 정착에 기여하는지 여부와 필요성을 조사 및 분석하였고, 안전성평가의 필요성을 긍정, 중립, 부정 3가지의 독립변수로 설정하고 해체·제거근로자의 교육실시 필요성, 작업이력관리 필요성, 음압기 대수 산정방법의 인지 여부에 대해 추가로 분석하였다.

1.3 연구의의

본 연구는 학술적, 실무적, 그리고 정책적 측면에 의의가 있다. 첫째, 본 연구는 기존 연구들의 주요 대상이었던 석면 취급 근로자의 노출 수준이 아니라 우리나라에서 적용되고 있는 석면과 관련된 제도의 문제점 및 개선방안을 이해당사자를 대상으로 한 설문조사를 통해 분석하였다는 학술적 의의가 있다. 둘째, 본 연구는 석면해체·제거 작업이 실제로 진행되는 현장과 법 제도 간의 간극을 좁힐 수 있는 개선방향을 모색한 측면에서 실무적 의의가 있다. 마지막으로, 본 연구는 석면 안전성평가 제도의 필요성 및 기여도를 파악하여 관련제도의 운영에 참고하고 현장에서 적용되는 석면감리제도의 문제점과 산업안전보건법에서 일부 잘못 해석될 수 있는 용어에 대한 의견을 취합, 분석하여 정책 수립 및 개선에 적용할 수 있는 기초자료를 마련하였다는 측면에서 정책적 의의가 있다고 사료된다.

1.4 논문구성

본 연구는 총 6장으로 구성하였다. 제1장은 연구의 배경 및 목적에 대한 서론, 제2장은 석면의 유해성 및 국내외 관련 제도에 대한 문헌조사, 제3장은 연구 대상 및 자료 분석 방법과 같은 연구방법론이었다. 제4장은 설문조사를 통해 확보한 데이터를 분석한 결과, 제5장은 본 연구의 결과에 대한 고찰이었고, 마지막으로 제6장은 연구 결과에 대한 결론으로 구성하였다.

2. 문헌조사

2.1 석면사용의 역사 및 유해성

2.1.1 석면사용의 역사 및 물리화학적 성질

석면은 이미 고대로부터 알려진 물질로서 아프리카와 핀란드의 4000년 된 도자기에 석면이 포함되어 있었고, 통나무집의 균열을 메우기 위해서도 석면암석이 사용되었다고 한다. 고대 로마의 램프에는 지속적으로 태우기 위한 심지를 석면으로부터 얻었고, 신성로마제국의 황제 샤를마뉴는 석면으로 짜여진 탁자포를 가지고 그 위를 불태워 치움으로써 방문객들을 놀라게 했다고 한다. 이러한 불연성을 이용하여 일부에서는 중요문서를 안전하게 보관하기 위해 석면종이를 개발하여 사용하였다(Selikoff et al., 1978).

본격적인 석면 산업의 시작은 1720년경 우랄산맥의 석면광산에서 다량의 석면을 채굴하여 직물, 양말, 장갑, 핸드백 등을 생산하면서 시작되었다. 현대의 석면 역사는 캐나다와 남아프리카의 석면 발견으로 거슬러 올라가는데, 1850년경 캐나다의 세포드(Thetford) 부근에 백석면이 다량 발견되었고, 1876년 퀘벡에서 50톤가량의 석면이 채굴되어 철로를 통해 시장으로 팔려나갔으며, 1950년대에는 매년 90만 톤 이상이 채굴되었다(Selikoff et al., 1978). 1950년 이전의 전 세계 사용량의 50% 이상은 미국이 차지하였으며, 이후 유럽지역의 석면사용량이 증가하다가 2000년 이후에는 중국, 소련 및 동남아시아로 사용 국가가 변화되었다. 초기 사업장에서의 사용량은 20세기에 들어서 사용한 양과 비교하면 매우 낮았으며, 20세기의 산업화가 본격적으로 시작된 후 그 절연성, 내구성, 항부식성의 특성을 이용한 패킹재료, 보일러의 절연체, 페인트 및 각종 건축자재의 사용에 널리 이용되었다(Selikoff et al., 1978).

이처럼 긴 사용역사에도 불구하고 석면폐증에 의한 첫 사망보고는 1924년에야 비로소 과학문헌에 기술되었다(Selikoff et al., 1991). 이후 1955년에 석면노출과 폐암의 관계에 대한 명확한 근거가 제시되었고(Doll, 1955), 1960년에는 흉막의 악성중피종이 청석면과 관계가 있다고 처음 보고되었다(Wagner et al., 1960).

석면은 자연적으로 형성된 두 가지 광물집단을 기술하는 상업적 명칭이다. 석면섬유는 크게 꼬부라지고 탄력성이 있는 사문석계 섬유(serpentine fiber)와 딱딱하고 직선형인 각섬석계 섬유(amphibole fiber)로 분류할 수 있다. 사문석계로는 백석면(온석면, chrysotile)이 대표적이며, 각섬석계로는 청석면(crocidolite)과 갈석면(amosite)이 잘 알려져 있다(김동일, 2008).

석면의 광범위한 사용은 높은 장력, 유연성, 절연성, 내화성, 내화학성과 같은 특별한 물리적 특성에 기인한다(Upton et al., 1991). 이로써 지난 수십 년간 여러 산업사회의 경제적 발전에 기여한 바 크다. 그러나 석면은 흡입될 수 있는 크기의 분진입자로 분해될 수 있으며, 이는 쉽게 흡입되어 폐 또는 폐 외 질환을 초래한다(김동일, 2008).

Table 2-1. Early history of asbestos use in the workplace (Selikoff, Lee, 1978)

Year	Main history of asbestos
1857-1880	First packings and flat seals using asbestos
1866	First bonded and molded asbestos product for heat insulation
1866-1876	Start of systematic asbestos textile processing in Italy
1868-1869	First U.S. use of asbestos in roofing felt and cement
1878	Asbestos paper first made in the United States
1882	Concept of asbestos-containing magnesia insulation developed
1890	Asbestos textile processing began in Canada
1893	First spinning of crocidolite in Republic of South Africa
1896	First asbestos-containing woven brake bands made in England
1899	Wet machine process of making asbestos cement developed
1900	Method for manufacturing asbestos-cement panels developed
1904	Flat asbestos-cement board manufactured in the United States
1906	Asbestos first used as brake lining
1918	Asbestos-containing molded clutch facing developed
1929	Asbestos-cement pipe industry began in the United States
1931	Technique for spraying asbestos developed in England
1940s	Asbestos-cement pipe introduced into England
1944	Spraying asbestos on deckheads and bulkheads began in British naval ships.

[Asbestos Stone] [Crocidolite] [Chrysotile]

Fig 2-1. Natural asbestos (Dong Il Kim, 2008)

모든 형태의 석면은 실리케이트(silicon tetroxide, SiO_4) 사면체 구조를 결정격자의 기본 구조로 갖고 있다. 백석면은 실리케이트 사면체가 산화 및 수산화마그네슘 팔면체와 교대로 연결된 구조의 마그네슘 실리케이트염이다. 이 이중층 구조는 스스로 감겨져 빈 튜브나 두루마리를 형성할 수 있는 특징이 있다. 이에 따라 섬유가 길어질수록 기중 기능적 직경이 커지고 흡입이 줄어들게 된다. 반면 각섬석계는 여러 양이온(칼슘, 나트륨, 철, 마그네슘) 집합체를 포함하고 있으며 이들의 함유량에 따라 여러 종류가 있다. 모든 각섬석계는 길이가 길어지더라도 석면은 결정체 구조의 반복으로 인해 곧은 구조를 갖는다. 작고 짧은 특성일 때 더 빨리 제거되는 것을 감안하면 이 차이만으로도 각섬석계가 폐 내에 저류하기 쉬움을 알 수 있다(Bernstein et al., 2003). 또한 각 석면의 조성 차이가 중대한 표면 전하의 차이를 보이는데, 각섬석계의 표면 양전하의 다양성은 화학반응이 일어날 잠재력의 차이를 의미한다(Xu et al., 2002). 그 결과, 일부 반응에서는 라디칼 형성을 포함한 부산물을 낳고 이는 폐의 세포와 분자적 기전으로 반응하게 된다.

석면은 그 섬유 형태가 물리적 압력이나 기류에 의해 더 짧고 가느다란 단위로 분해될 수 있어 흡입성 분진이 될 수 있다. 인체에서 흡입될 수 있는 석면직경의 상한치는 구형구조에서 <10 ㎛, 섬유상 입자에서는 <3.5 ㎛으로 제시되고 있다(Lee, 1985; Anonymous, 1966). 상업적으로 흔히 이용되는 석면의 직경이 백석면 0.02-0.08 ㎛, 갈석면 0.06-0.35 ㎛, 청석면 0.04-0.15 ㎛임을 감안하면 그 흡입 잠재성은 명확하다. 섬유상 입자는 대부분의 경우 여과과정에서 결국 상부 호흡기를 통해 빨리 제거되긴 하나, 작은 직경과 짧은 섬유입자에서는 더욱 쉽게 흡입되어 호흡기의 깊은 곳까지 침투할 수 있다(Dodson et al., 2003).

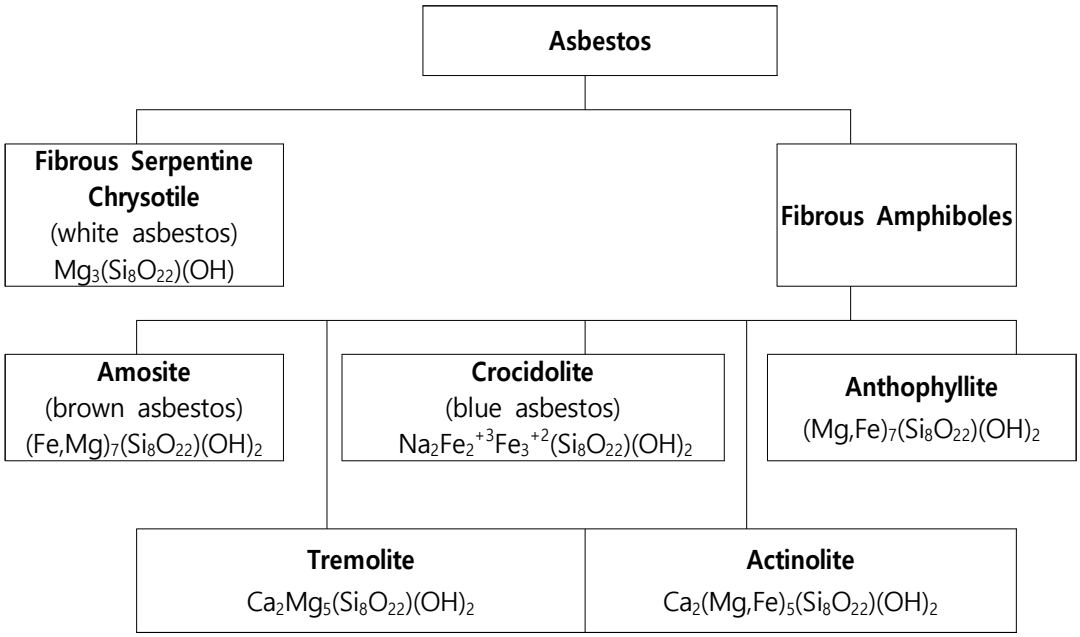


Fig 2-2. Types and chemical formulas of asbestos (Dong Il Kim, 2008)

Table 2-2. Physiochemical properties of asbestos (Dong Il Kim, 2008)

Property	Amosite	Chrysotile	Tremolite	Actinolite	Anthophyllite	Crocidolite
Molecular weight[a]	Not applicable	Not applicable	Not applicable	Not applicable	Not applicable	Not applicable
Color	Brown, gray, greenish	White, gray, green, yellowish	White to pale green[b]	Green[b]	Gray, white, brown-gray, green	Lavender, blue, green
Physical state	Solid	Solid	Solid	Solid	Solid	Solid
Flexibility	Fair	Good	Brittle	Fair to brittle	Fair to brittle	Good
Melting point/ decomposition temperature	600–900 •C	800–850 •C	1,040 •C	No data	950 •C	800 •C
Specific gravity	3.43	2.55	2.9–3.2	3.0–3.2	2.85–3.1	3.37
Solubility:						
Water	Insoluble	Insoluble	Insoluble	Insoluble	Insoluble	Insoluble
Organic solvents	Insoluble	Insoluble	Insoluble	Insoluble	Insoluble	Insoluble
Acids[c]	12.00	56.00	No data	No data	2.13	3.14
Bases[c]	6.82	1.03	No data	No data	1.77	1.20
Isoelectric point	5.2–6.0	11.8	No data	No data	No data	No data
Electrical charge at neutral pH	Negative	Positive	No data	No data	Negative	Negative
Length distribution in UICC reference samples						
% >1 μm	46	36–44	No data	No data	46	36
% >5 μm	6	3–6	No data	No data	5	3
% >10 μm	1	1–3	No data	No data	1	0.7
Flammability limits	Nonflammable	Nonflammable	Nonflammable	Nonflammable	Nonflammable	Nonflammable
Conversion factors[d]						

Sources: Chissick 1985; EPA 1980a, 1985b; HSDB 2001a, 2001b, 2001c, 2001d; IARC 1977; Jolicoeur et al. 1992; Kayser et al. 1982; NAS 1977; Ross 1981; Skinner et al. 1986; SRI 1982.

[a]All forms of asbestos are indefinite polymers.
[b]Tremolite and actinolite form a continuous mineral series in which Mg and Fe(II) can freely substitute with each other. With increasing iron content, the color of tremolite, typically creamy white, takes on a greenish cast.
[c]Percent loss in weight due to loss of counter-ions; silicate structure remains intact.
[d]See text, Section 3.2

UICC = Union Internationale Centre le Cancer

2.1.2 석면의 유해성

가. 석면의 독성학

석면을 흡입하게 되면 큰 석면섬유는 비강과 상기도에 침착되고, 직경 0.5-5 ㎛ 범위의 섬유는 폐의 깊숙한 부분까지 침투하여 폐포관(alveolar duct)의 분지부위에 쌓이게 된다(Brody et al., 1981). 기도에 도달한 석면섬유는 일부 섬모운동에 의해 제거되거나 간질내로 이동한다. 석면섬유의 존재는 말단기관지 근처의 폐포관과 기관지 주변부에 폐포대식세포(alveolar macrophage)의 축적을 일으키고 간질대식세포(interstitial macrophage)와 섬유모세포(fibroblast)에 의해 두터워진다. 폐포상피세포

는 석면자체 또는 석면 탐식 후 대식세포로부터 유리되는 물질에 의해 손상을 받게 되고 시간이 지나면서 간질대식세포, 다형핵 백혈구, 섬유모세포 및 비세포성 간질(matrix)의 부피가 커지게 된다. 이러한 섬유화 과정이 진행하면 경화에 따라 폐의 가스교환이 이루어지는 용적은 줄어들게 된다(Rom, 1992). 석면섬유는 폐 내에서 저류되어 지속적으로 염증반응을 자극하기 때문에 노출을 중단하더라도 이러한 진행은 계속된다(Sluis-Cremer et al., 1989). 물론 지속적인 흡입은 더욱 폐에 대한 석면섬유의 부담을 증가시키므로 석면관련 질병의 위험도 역시 증가하게 된다. 석면이 인체에 영향을 미쳐 생기는 질병은 Fig 2-3과 같이 석면폐증(asbestosis), 폐암(lung cancer), 악성중피종(pleural mesothelioma, peritoneal mesothelioma), 흉막비후반(pleural plaque)등이 있다(국토환경정보센터, 2020).

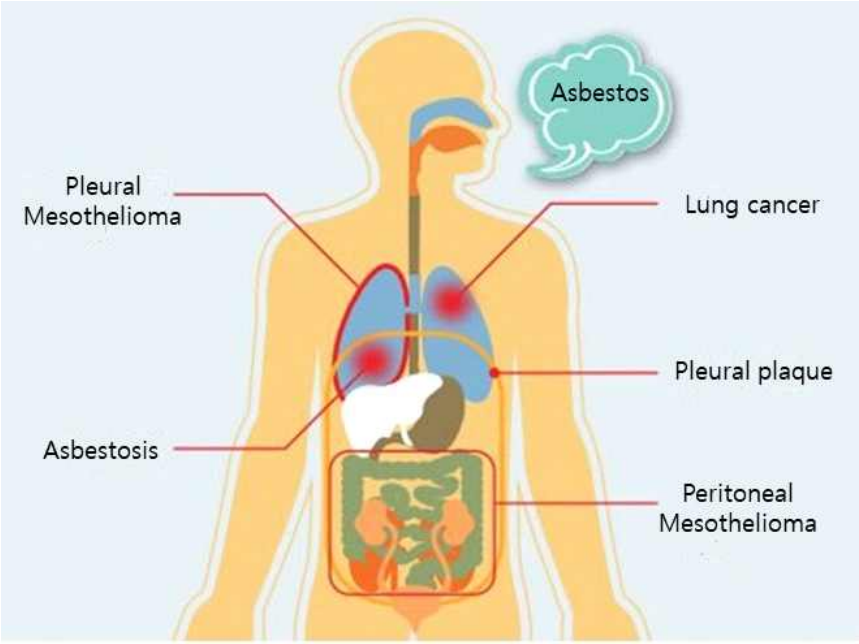


Fig 2-3. Effects of asbestos on the human body (National Environment Information Network System, 2020)

나. 석면관련 질환

(1) 석면폐증

석면폐증이라는 용어는 1927년 Cooke에 의하여 사용되었다(Cooke, 1927). 또한 석면폐증의 엑스선 소견, 임상증상, 잠복기 및 석면소체에 대한 상세 내용은 1930년 Mayo Clinic에 의하여 보고되었다(Mills, 1930).

석면폐증은 폐의 석면분진 침착에 의한 섬유화이며, 흉막의 섬유화와는 무관하다. 석면노출과 폐섬유화 정도는 양적 상관관계가 있는데, 노출-증상 사이의 잠복기는 약 15-30년(평균 20년 이상, 때로 40년 이상), 지속적인 강한 노출시에는 3년 이내에도 생길 수 있다(Dee, 2000). 드물지만 1달 이내의 노출에서도 일어난다는 보고도

있다. 폐의 섬유화는 폐조직의 신축성을 감소시키고, 가스교환능력을 저하시켜 결국 혈액으로의 산소공급이 불충분하게 된다. 이러한 질병은 폐활량을 감소시키는 제한성 폐질환 및 기도저항을 증가시킨다.

석면폐증은 비가역적이며, 석면노출이 중단된 후에도 악화되는 경우도 있다. 초기 증상은 기침이나 경미한 객담이며, 진행되면 운동시 호흡곤란 증상이 관찰되기도 한다. 폐 기능의 변화는 제한성 형태로 폐활량의 감소를 보이며 일부에서는 폐쇄성 형태가 관찰되기도 한다. 이학적 소견상 수포음(rale)과 곤봉지(clubbed fingers)가 특징적이다. 질병이 악화되면 흉부엑스선상 폐섬유화를 관찰할 수 있으며 폐생검을 통해 확진한다. 석면폐증의 치료방법은 없으나 폐섬유화가 진행되는 것을 막기 위하여 석면노출을 즉시 피해야 한다(김동일, 2008).

석면폐증은 폐하엽에 주로 발생하며 흉막을 따라 폐중엽이나 설엽(lingular lobe)으로 퍼져간다. 악화된 경우에는 폐상엽에도 생길 수 있다. Aberle 등(1988)은 고해상도 단층촬영(HRCT)을 통해 증상은 있지만 흉부사진상 석면폐가 보이지 않는 환자 중 80%에서 석면폐증을 확인하였고, 임상증상과 흉부사진상 석면폐증의 증거가 없는 1/3의 환자에서 석면폐증을 확인하였다. 또한 그는 석면폐증 환자의 80%에서 흉부사진상 흉막질환이 보고되고, HRCT상에서는 거의 100%가 보고되었다고 하였다.

그러나 HRCT만으로 석면의 폐실질 병변을 100% 찾아낼 수는 없다. Gamsu 등(1995)은 흉부사진 결과는 조직학적으로 확진된 21명중 11명만 석면폐증을 의심하였고, 흉부사진상 정상이거나 정상에 가까운 14명중 10명이 조직학 검사결과 석면폐증으로 진단되었다.

(2) 석면에 의한 폐암

폐암은 해부학 상 기관지를 덮고 있는 폐세포의 악성종양이다. 초기 증상은 지속적인 기침이며 진찰소견 상 만성기관지염과 유사하다. 흉부엑스선상 종괴(腫塊)의 음영이나 커진 임파선을 관찰할 수 있으며 조직검사를 통하여 확진한다.

석면이 폐암을 일으키는 기전에 대해서는 아직도 명확하게 규명되고 있지 않으며, 많은 연구에서 제시되는 기전은 세포 내 유입된 석면섬유의 물리적 자극에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다. 석면섬유를 둘러싼 염증성 국소부위 환경에서 DNA는 손상을 받아 원시암유전자(proto-oncogene) 발현을 촉진하거나, 세포증식을 조절하는 종양억제유전자(tumor suppressor gene)의 활성을 억제할 수 있으며, 이는 세포증식을 촉진시켜 발암과정을 유발하게 된다는 것이다(Iwagaki et al., 2003; Hofseth et al., 2003; Rihn et al., 2000; Xu et al., 2002).

석면 노출로부터 폐암 발병까지의 잠복기는 15-40년이며, 노출량이 많은 경우 폐암 발생률이 높은 것으로 알려져 있다. 기관지 악성종양도 석면노출자인 경우 발병 가능성이 높으며 이 역시 흡연자에서 훨씬 높다. 폐암의 발생위험이 없는 석면노출 한계는 아직까지 설정되지 못하고 있는 실정이다.

폐암과 석면의 관련성에 대해서는 1930-40년대에 심한 석면폐증이 폐암을 유발할 수 있다고 가능성이 보고된 바 있으나, 실제 1950년대에 와서야 증명되었다(Doll, 1955). Hodgson(2000)은 각섬석계 석면이 백석면보다 폐암유발 상대위험성이 10-50

배 정도 더 높다고 보고하였다. 석면과 관련된 암은 폐의 어느 부위에서든 가능하며, 석면과 관련된 암의 특정한 조직형태나 위치는 아직 논란 중이다. 석면과 관련된 폐암의 임상적 특성은 비석면으로 인한 폐암과 구별하기 어렵고, 예후 역시 비석면성 암과 비슷하다. 석면폐증이나 미만성 흉막비후가 동반된다면 폐절제 시도가 부적절할 수도 있다.

직업성 폐암 연구에서 밝혀진 석면과 흡연의 상호작용은 전형적인 상승작용을 보여준다. 즉, 석면과 흡연에 동시에 노출된 경우 폐암의 발생빈도는 그 상가적 비율(additive rate)에 비해 훨씬 높게 나온다. Hammond 등(1979)은 호흡기계 보호구 착용을 하지 않은 석면취급 근로자들에서 폐암 사망률이 5배 높고, 흡연자의 폐암 사망률이 11배 높음을 보여주었다. 그런데 비흡연 석면노출자가 대조군에 비하여 폐암 사망률이 5배 높은 것에 반해, 흡연 석면노출자의 폐암 사망률은 53배나 높게 나왔다.

Table 2-3. Synergy of smoking and asbestos exposure to lung cancer death (Dong Il Kim, 2008)

comparison group	asbestos exposure	smoking	death per 100,000	death rate
control	-	-	11.3	1.00
asbestos exposure workers	+	-	58.4	5.17
control	-	+	122.6	10.85
asbestos exposure workers	-	+	601.6	53.24

이러한 석면과 흡연간의 상호작용에 관한 여러 기전이 제시되고 있다. 첫째, 석면은 이물질처럼 작용하여 만성 염증을 초래하며, 이 때 세포 손상과 복구가 동반된다. 둘째, 흡연은 종양촉진자(tumor promoter)로 작용하여 세포의 손상복구 기능을 저해함으로써 암 발생을 촉진시킨다. 셋째, 석면은 폐에서 폐포 대식세포를 유도하는데, 이는 다환성 탄화수소(polycyclic hydrocarbon)를 발암성 대사산물로 대사하는 기능을 한다. 넷째, 석면섬유는 흡연에 따른 발암물질을 흡착, 농축시키고 배출을 지연시킨다.

여러 단계의 발암기전 모델은 암 진행에 앞서 발암위험을 줄여줄 수 있는 방법이 금연임을 강력히 지적한다. 이처럼 이미 석면에 노출된 근로자들에게 폐암의 위험을 줄일 수 있는 단일의 가장 중요한 방법은 바로 흡연을 중단하는 것이다.

(3) 악성중피종

악성중피종은 중피(흉부나 복부의 외벽에 붙어 있는 막)에 발생하는 악성종양으로 석면노출과 관련성이 85% 이상인 석면노출의 대표적인 질병이다. 초기에는 거의 증

상이 없이 지내다가 진단될 당시에는 이미 질병이 악화되어 대부분 2년 이내 사망하게 된다(김동일, 2008).

악성중피종에 대해서는 1940년대 후반부터 1950년대 초에 몇 개의 환례보고가 있었다. 1960년대 들어 석면과의 관련성에 관하여 알려지기 시작하였는데, Wagner 등(1960)은 석면에 노출된 33명의 중피종 환자를 최초로 보고하였다.

악성중피종은 주로 흉막과 복막에 생기나, 심낭막이나 고환집막(tunica vaginalis)에도 생길 수 있다. 악성중피종은 흉막에 가장 많이 생기는데, 이는 석면, 특히 청석면과 밀접한 관련이 있다. 각섬석계에 오염되지 않았다면 백석면은 악성중피종과 무관하다고 알려져 있으나 이는 논란의 여지는 있다. Hodgson 등(2000)은 코호트 연구에서 석면의 종류에 따른 악성중피종 위험도의 분석결과 백석면:갈석면:청석면 각각의 위험비가 1:100:500이라 보고하였다.

종양은 흉막층에서 생기며 종종 흉막삼출을 동반한다. 종양의 크기가 커지면서 흉막비후를 야기하여 흉벽을 수축시키고 폐 전체를 둘러싸게 된다. 또한 단시간 내에 심낭, 반대측 흉막 및 복막으로 전이가 된다. 혈액에서처럼 임파선을 통해 폐, 간, 신장 및 부신으로 전이되기도 한다. 주요 조직학적 소견으로는 상피성, 육종성과 혼합성이 있다. 악성중피종 내에 골육종성 변성(osteosarcomaous degeneration)도 보고되었다(Raizon et al., 1996).

악성중피종의 잠복기는 35-40년으로 매우 길며, 석면노출 근로자들의 가족에서도 발생하는 것으로 미루어 노출한계의 설정이 어렵다. 악성중피종은 석면에 일시적 노출이나 간접 노출로도 생길 수 있다(Craighead et al., 1982). 석면노출 근로자들의 의복을 깨끗이 하는 것이 본인은 물론 주위 사람들의 중피종 예방의 한 방법일 것이다.

Table 2-4. Relationship between asbestos exposure and mesothelioma (Dong Il Kim, 2008)

1. 85% of mesothelioma is due to asbestos exposure
2. Factors affecting mesothelioma by asbestos exposure:
a. Latency : risk increases rapidly with potential
b. Dose-response relationship
c. Fiber type : Amphibole has a higher risk of carcinogenicity and mesothelioma than chrysotile.
d. Body part : Peritoneal mesothelioma is usually the result of prolonged high dose exposure to amphibole.
e. Histological properties

우리나라의 악성중피종 발생현황에 대해서는 정순희 등(2006)이 전국 25개 병원 감시체계를 통해 조사한 바 있다. 2000-2006년 기간 동안 원발성 악성중피종 194례를 얻었으며 슬라이드 확보가 가능한 170례에 대한 정밀 역학조사를 하였다. 남자가 110명(65%) 및 여자가 60명(35%)이었으며, 직력을 확인할 수 있었던 83례 중 24

례(29%)가 석면관련 직업이었다고 보고하였다. 한편 악성중피종의 발생 원인으로 석면이 80% 이상 기여하는 점을 고려할 때 35%의 여성과 직접적인 석면노출 직력이 없는 사례가 50% 이상인 점은 다소 의문스럽다. 이 감시체계 결과에 의하면 악성중피종 사례가 1996년부터 2000년까지 57건, 2001년 11건, 2002년 18건, 2003년 11건, 2004년 29건, 2005년 16건으로 총 142건이 발생하였으며, 이러한 결과는 향후 우리나라에서 석면과 관련된 직업병자가 대폭 증가할 수 있음을 시사한다.

미국의 경우 악성중피종 감시체계를 통해 100만 명당 13.89명의 발생률을 보고하였는데, 이를 연령 표준화 및 석면의 종류를 구분하지 않고 우리나라에 적용해보면 대략 연간 500명 정도의 악성중피종 발생이 예상된다(정순희, 2006). 또한 Tossavainen(2005)은 석면소비량과 중피종 발생을 비교한 연구에서, 석면 170톤 당 1명의 악성중피종이 발생한다고 보고하여 이를 우리나라에 적용해 보면 과거 연간 7-8만톤의 사용량인 경우 연간 400-500명의 환자발생이 추정된다. 그러나 현재의 악성중피종 발생 통계는 의료보험공단자료, 감시체계자료를 모두 합쳐도 과소평가되었으며, 특히 악성중피종이 석면에 의하여 발생한다는 직업 관련성을 감안한다면 산재보상자료를 통하여 산정한 석면에 의한 직업병 인정건수는 연간 10건 미만으로 극히 과소평가되고 있다.

석면에 의한 악성중피종이 우리나라에서 공식적인 직업병으로 인정받은 것은 1993년이다. 특히, 1990년대에 직업성 암으로 인정된 악성중피종은 심의 요청된 6건 모두 업무관련성을 인정받았고 직업병심의에서 업무관련성이 인정된 직업성 폐암의 경우 14건 중 3건(21.4%)이 석면으로 인한 폐암이었다(강성규 등, 2001). 석면으로 인한 직업성 폐암의 경우 선박제조업의 용접공과 페인트제조업의 배합공, 철도궤도운수업의 영선반 근무 근로자였고 악성중피종의 경우 석면방직업의 연사공, 시멘트제조업의 생산감독, 선박제조업의 목수, 건설업의 배관공, 설비기계수리업의 안전관리자(임현술 등, 2001), 철강업의 주철공이었다.

2.1.3 석면 노출 수준

가. 석면취급 사업장의 근로자 노출 수준

석면제품을 제조하는 사업장에서 근로자의 노출실태에 대한 연구는 다양하게 수행되었다. 박두용 등(1988)은 2개의 석면 슬레이트 제작 사업장과 7개의 석면방직 제작 사업장에서 62개의 개인시료와 83개의 지역시료를 측정하였고, NIOSH 7400 방법으로 분석한 결과 석면방직사업장에서는 근로자의 석면 폭로가 4.4개/cc로 법적 허용기준인 2개/cc(1988년 기준)를 2배 이상 초과하고 미국 정부의 허용기준치인 0.2개/cc(PEL, 1988년 기준)를 20배 이상 초과하였다. 석면슬레이트 제조사업장은 습식작업을 하고 있어 0.21개/cc로 비교적 낮은 폭로 수준이었고, 석면방직사업장에 설치되어 있는 국소배기장치는 대부분 부적합 하였으며 후드의 위치, 형태 그리고 배기관의 연결 상태가 비교적 양호한 시설은 전체 조사대상의 약 20%에 불과하였

다. 총 145개의 시료 중 96%가 미국의 법적 허용기준인 0.2개/cc를 초과하였고 49%가 우리나라의 허용기준인 2개/cc를 초과하였다.

백남원 등(1991)은 석면방직업(4개소), 브레이크 라이닝 제조업(3개소), 석면 슬레이트 제조업(2개소), 자동차정비업(2개소) 4개 업종 11개 사업장을 대상으로 공기 중 석면농도를 측정하여 근로자의 석면 폭로실태를 파악한 결과 석면 방직업에서 가장 폭로가 높았고 자동차 정비업에서 가장 낮았다. 브레이크 라이닝 제조업과 슬레이트 제조업에서는 평균농도가 우리나라의 허용농도(1991년도 기준 : 백석면 2개/cc, 갈석면 0.5개/cc, 청석면 0.2개/cc) 미만이었으나 미국 연방정부의 허용농도(0.2개/cc)는 초과하고 있었다. 석면방직업에서는 사업장에 따라 차이가 많았고 가장 농도가 낮은 사업장의 평균 석면농도는 0.5개/cc 미만이었으나, 열악한 사업장의 평균농도는 10개/cc를 초과하였다. 공기 중 석면의 특성은 업종별로 차이가 있었으며 석면 방직업에서 발생되는 석면은 길이가 가장 길고 길이 : 직경비가 가장 높았다. 자동차 정비 시 자동차 브레이크 라이닝에서 발생되는 석면은 길이가 가장 짧고 길이 : 직경비가 가장 낮았다. 따라서 길이가 긴 석면이 발생되는 석면 방직업에서 폐암, 중피종 및 석면폐의 발생 위험도가 가장 높을 것으로 판단하였다.

나. 석면해체 · 제거 시 공기 중 노출수준

김지영 등(2009)은 석면해체 · 제거근로자들의 석면 노출수준을 파악하고 그 영향요인을 조사하기 위해 대구 지역에 소재한 석면해체 · 제거 작업장 13개소를 대상으로 현장을 조사하였다. 석면해체 · 제거 시 공기 중 석면의 평균 노출농도는 0.007개/cc 이었고, 범위는 0.001-0.34개/cc로 노출기준을 초과하는 시료가 14.6%(12건), 2배 이상 초과하는 시료도 8건(9.8%)으로 조사되었다. 한편, 천장재를 해체 · 제거할 때 모든 시료가 노출기준을 초과하는 것으로 조사되었다. 석면 해체방법은 원형 그대로 제거하는 방법, T자형 도구를 이용하여 깨뜨려 제거하는 방법, 고정 틀을 잡아당겨서 제거하는 방법으로 구분된다. 석면 해체방법별로 석면노출 농도를 조사한 결과 T자형 도구로 깨뜨려 제거하는 경우의 기하평균이 0.061개/cc로 통계적으로 다른 방법에 비해 유의하게 높은 결과를 보였고, 노출기준 초과도 모두 T자형 도구를 이용하여 깨뜨려 제거하는 경우가 해당되었다. 한편, 원형상태로 제거하는 방법의 평균농도는 0.003개/cc, 고정 틀을 잡아 당겨서 전체가 바닥에 떨어지게 하여 제거하는 경우 0.002개/cc 이었으며 노출기준 초과는 없는 것으로 조사되었다.

2.2 석면관련 국내외 제도

2.2.1 석면관련 국내제도

석면해체・제거작업이란 석면함유 설비 또는 건축물의 파쇄, 보수로 인하여 석면 분진이 흩날릴 우려가 있고 작은 입자의 석면 폐기물이 발생되거나 발생될 우려가 있는 작업을 말한다. 일정규모 이상의 건축물이나 설비를 철거, 해체하려는 경우에는 작업 전 지정 석면조사기관을 통해 석면조사를 실시하고, 그 결과 일정기준 이상의 석면이 함유된 경우에는 등록 석면해체・제거업자를 통하여 석면을 해체・제거하여야 한다. 국내 석면해체・제거작업 업무 흐름도는 Fig 2-4와 같이 석면 조사, 고용노동부에 석면해체・제거계획서 제출, 석면해체・제거작업, 공기 중 석면농도 측정, 석면 노출농도 결과 고용노동부 보고 순이다(조규선 등, 2018).

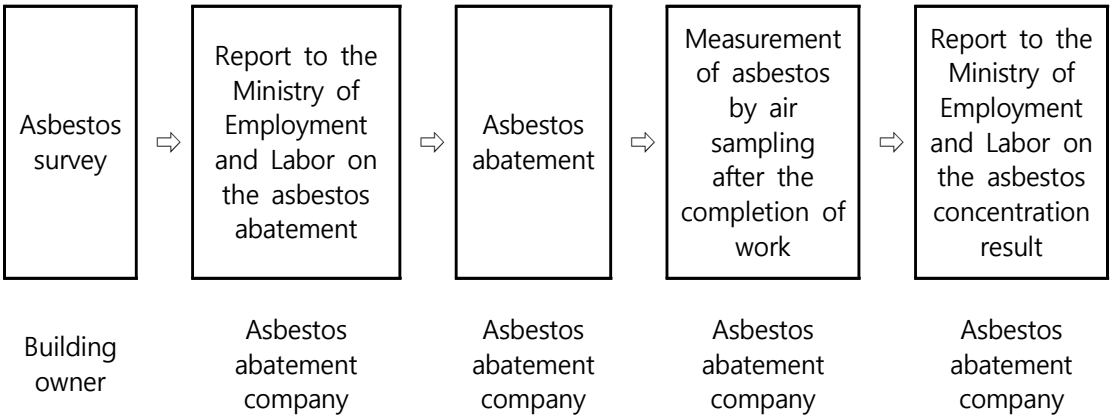


Fig 2-4. Asbestos abatement work flow diagram in KOREA (Cho et al., 2018)

가. 석면조사

건축물이나 설비 중 일정규모 이상의 건축물・설비소유주 등은 고용노동부장관으로부터 지정받은 기관(석면조사기관)에게 ⑴ 해당 건축물이나 설비에 석면이 함유되어 있는지 여부, ⑵ 해당 건축물이나 설비 중 석면이 함유된 자재의 종류, 위치 및 면적, ⑶ 해당 건축물이나 설비에 함유된 석면의 종류 및 함유량을 조사(기관석면조사)하도록 한 후 그 결과를 기록하여 보존하여야 한다. 다만, 석면함유 여부가 명백한 경우 등 대통령령으로 정하는 사유에 해당하여 고용노동부령으로 정하는 절차에 따라 확인을 받은 경우에는 기관석면조사를 생략할 수 있다(산업안전보건법 제119조, 2020.).

나. 기관석면조사 대상

기관석면조사 대상은 ⑴ 건축물(주택은 제외)의 연면적 합계가 50제곱미터 이상이면서, 그 건축물의 철거, 해체하려는 부분의 면적의 합계가 50제곱미터 이상인 경우, ⑵ 주택(건축법 시행령 제2조제12호에 따른 부속건축물을 포함)의 연면적 합계가 200제곱미터 이상이면서, 그 주택의 철거, 해체하려는 부분의 면적 합계가 200제곱미터 이상인 경우, ⑶ 설비의 철거, 해체하려는 부분에 단열재, 보온재, 분무재, 내화피복제, 개스킷, 패킹제, 실링재 등의 어느 하나에 해당하는 자재를 사용한 면적의 합이 15제곱미터 이상 또는 그 부피의 합이 1세제곱미터 이상인 경우, ⑷ 파이프 길이의 합이 80미터 이상이면서, 그 파이프의 철거, 해체하려는 부분의 보온재로 사용된 길이의 합이 80미터 이상인 경우이다(산업안전보건법 시행령 제89조, 2020).

다. 석면의 해체・제거

기관석면조사 대상인 건축물이나 설비에 대통령령으로 정하는 함유량과 면적 이상의 석면이 함유되어 있는 경우 해당 건축물・설비소유주 등은 석면해체・제거업자로 하여금 그 석면을 해체・제거하도록 하여야 한다. 다만, 건축물・설비소유주 등이 인력・장비 등에서 석면해체・제거업자와 동등한 능력을 갖추고 있는 경우 등 대통령령으로 정하는 사유에 해당할 경우에는 스스로 석면을 해체・제거할 수 있다(산업안전보건법 제122조, 2020).

라. 석면해체・제거업자를 통한 석면해체・제거 대상

산업안전보건법 제122조에 따른 대통령령으로 정하는 함유량과 면적 이상의 석면이 함유되어 있는 경우는 ⑴ 철거・해체하려는 벽체재료, 바닥재, 천장재 및 지붕재 등의 자재에 석면이 중량비율 1퍼센트를 초과하여 함유되어 있고 그 자재의 면적의 합이 50제곱미터 이상인 경우, ⑵ 석면의 중량비율이 1퍼센트를 초과하여 함유된 분무재 또는 내화피복재를 사용한 경우, ⑶ 석면이 중량비율 1퍼센트를 초과하여 함유된 단열재, 보온재, 개스킷, 패킹재, 실링재 등 어느 하나에 해당하는 자재의 면적의 합이 15제곱미터 이상 또는 그 부피의 합이 1세제곱미터 이상인 경우, ⑷ 파이프에 사용된 보온재에서 석면이 중량비율 1퍼센트를 초과하여 함유되어 있고 그 보온재 길이의 합이 80미터 이상인 경우이다(산업안전보건법 시행령 제94조, 2020).

마. 석면해체・제거작업의 안전성 평가

석면해체・제거작업의 안전성평가 기준은 ⑴ 석면해체・제거작업 기준의 준수 여부, ⑵ 장비의 성능, ⑶ 보유인력의 교육이수, 능력개발, 전산화정도 및 그 밖에 필

요한 사항이다. 석면해체・제거작업의 안전성의 평가항목, 평가등급 등 평가방법 및 공표방법 등에 관하여 필요한 사항은 고용노동부장관이 정하여 고시한다(산업안전보건법 시행규칙 제180조, 2020).

바. 석면해체・제거 작업기준의 준수

석면이 함유된 건축물이나 설비를 철거하거나 해체하는 자는 고용노동부령으로 정하는 석면해체・제거의 작업 기준을 준수하여야 한다. 근로자는 석면이 함유된 건축물이나 설비를 철거하거나 해체하는 자가 작업 기준에 따라 근로자에게 한 조치로서 고용노동부령으로 정하는 조치 사항을 준수하여야 한다(산업안전보건법 제123조, 2020).

사. 석면농도기준의 준수

석면해체・제거업자는 석면해체・제거작업이 완료된 후 해당 작업장의 공기 중 석면농도가 1세제곱센티미터 당 0.01개 이하로 되도록 하고, 그 증명자료를 고용노동부장관에게 제출하여야 한다. 건축물・설비소유주 등은 석면해체・제거작업 완료 후에도 작업장의 공기 중 석면농도가 1세제곱센티미터 당 0.01개를 초과한 경우 해당 건축물이나 설비를 철거하거나 해체해서는 안 된다(산업안전보건법 제124조, 2020).

2.2.2 석면관련 국외(미국, 뉴욕)제도

미국에서 석면노출 및 제어와 관련된 법령제정 등의 주된 책임 있는 두 개의 연방기관은 환경보호국(Environmental Protection Agency, EPA)과 산업안전보건관리국(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)이다. 연방법에서는 주 정부로부터 인증 받지 못한 석면해체・제거업자가 석면해체・제거작업을 수행할 수 없도록 규정(15 USC §2646(a) Contractor accreditation)하고, 석면해체업의 인가를 주법에 위임(15 USC §2646(b) Accreditation by State)하며, 연방행정규칙에서 인정요건, 석면해체작업관리자, 석면해체작업자를 규정(40 CFR Part 763 E, Appendix C)하고 있다. 미국의 석면해체・제거에 관한 흐름도는 Fig 2-5와 같다(노영만 등, 2016).

가. 연방 석면관련 규정

주요 연방기관인 EPA(Environmental Protection Agency)와 OSHA(Occupational Safety and Health Administration)에서 건물 내 석면을 규제하고 있다. EPA는 해로운 유해물질의 규제 및 지정에서부터 환경문제와 관련된 공중을 보호하기 위한 목적으로 규제와 규칙을 제정하고, OSHA는 작업장에서의 근로자를 보호하기 위해서 기준 및 규정을 마련하고 있다(ATC, 2018).

나. EPA의 석면 규정

EPA의 석면 기준이 있는 2가지 주요 법은 CAA(Clean Air Act)와 TSCA(Toxic Substance Control Act)이고, CFR(Code of Federal Regulations)에 Table 2-5와 같이 포함되어 있다. 또 다른 법령인 ASHARA(Asbestos School Hazard Abatement Reauthorization Act)는 AHERA Appendix C의 개정판으로 주요내용은 다양한 석면 분야에서의 훈련과 자격 요구조건이다(ATC, 2018).

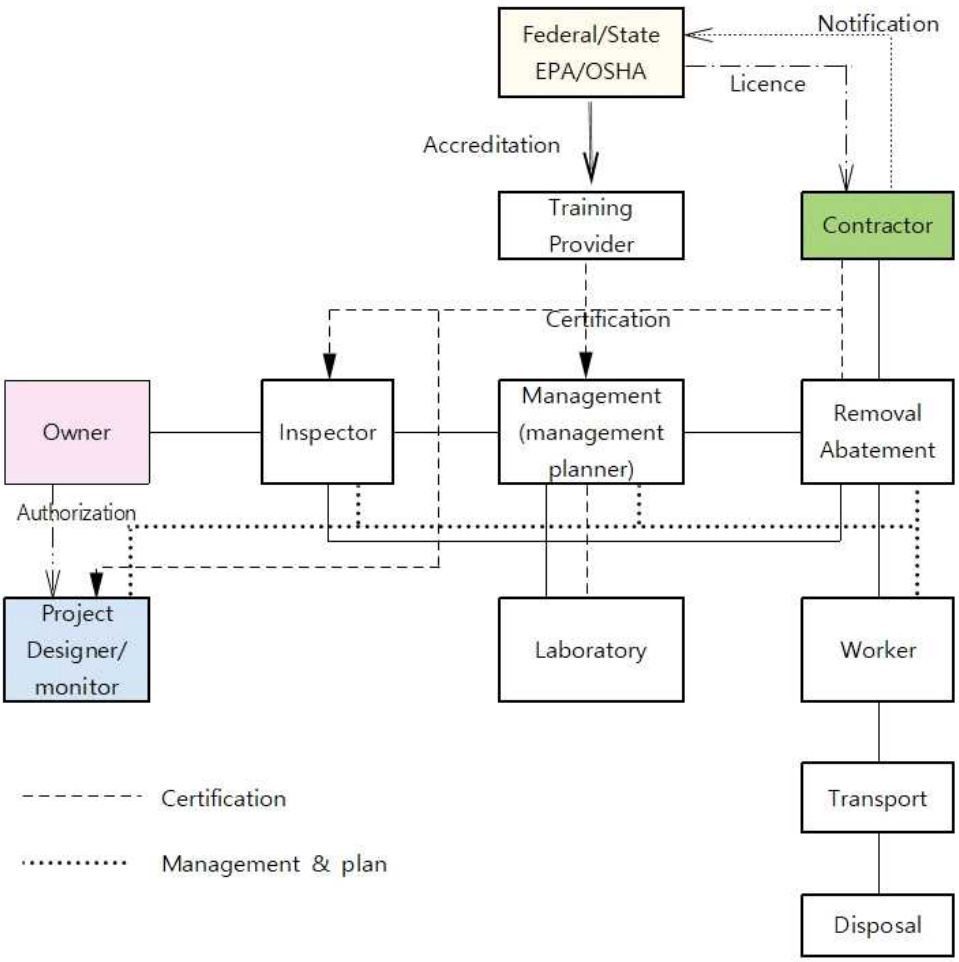


Fig 2-5. Asbestos abatement work, inspection, training and etc flow diagram in U.S. (Roh et al., 2016)

Table 2-5. Two major acts of EPA (ATC, 2018)

1. Clean Air Act (CAA)	
A. NESHAP* for Asbestos	: 40 CFR Part 61, Subpart M
2. Toxic Substance Control Act (TSCA)	
A. AHERA**	: 40 CFR Part 763, Subpart E
B. Worker Protection Rule	: 40 CFR Part 763, Subpart G
C. Ban & Phase-Out Rule	: 40 CFR Part 763, Subpart I
* NESHAP : National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants	
** AHERA : Asbestos Hazard Emergency Response Act	

(1) NESHAP (National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants)

NESHAP 규정은 연방 CAA(Clean Air Act)법의 일부로 1990년 11월 20일에 개정되었고, 모든 미국 내 빌딩 및 건축물에 적용된다. 석면과 관련된 NESHAP 규정은 "40 CFR, Part 61- Subpart M" 에서 찾을 수 있고 Table 2-7 및 Table 2-8과 같다 (Discover U.S. Government Information, 2020). 내용을 요약하면 해체 및 제거기준의 경우 석면함유물질(ACM : asbestos containing materials)은 편광현미경으로 1% 이상 함유한 물질이고, 규제되는 ACM은 부서지기 쉬운 석면함유물질(friable ACM)과 부서지기 어려운 석면함유물질(non-friable ACM)으로 분류되며, 빌딩 주인은 총량이 260 LF(linear feet), 160 SF(square feet), 35 CF(cubic feet) 이상일 경우 석면제거 10일 전에 통지해야 한다. 부서지기 어려운 석면함유물질은(non-friable ACM)은 2가지 범주로 나뉘는데 구분 1(category 1 materials)은 패킹제품, 개스킷, 탄력있는 바닥재(resilient floor covering), 아스팔트 루핑(asphalt roofing)이고, 구분 2(category 2 materials)는 그 외의 석면함유물질로는 부서지지 않는 자재이다. 모든 석면함유물질은 적절하게 젖은 상태로 보존되어야 하고, 개조, 제거, 포장, 수송, 퇴적 동안 어떠한 가시적인 배출도 허용이 안되며, 규정이하의 석면제거 프로젝트는 통지 대상이 아니다. NESHAP의 규정에 따라 최소 1명의 훈련된 현장 대표자가 존재하지 않는다면 모든 시설에서 어떠한 석면함유물질도 제거되어 처리되면 안되고, 배출을 통제하기 위한 다양한 절차가 존재하는 것으로 규정하고 있다.

해체 및 제거를 포함하는 폐기물 처분 기준은 석면함유물질 파편, 잔해물 상자에는 폐기물 발생자의 이름, 배출된 장소의 주소, OSHA(Occupational Safety and Health Administration)-specified 라벨을 붙여야 하며, 미국 노동부의 석면함유물질 폐기물은 'Class9-Miscellaneous'로 분류된다. 적재, 하차 동안 모든 수송용 차량에 OSHA 경고표지 라벨로 마크를 하고, 모든 석면 폐기물은 EPA에서 승인된 매립지로 처분되어야 하며, 폐기물처리장 주인은 폐기물 발생자로부터 최초 수송에서 선적까지 35일간의 기록을 가지고 있어야 한다.

(2) AHERA (Asbestos Hazard Emergency Response Act)

AHERA 규정은 1987년 12월 14일 발효되었고, 40 CFR, Part 763-Subpart E에서 찾을 수 있다. 모든 공립 또는 사립학교 및 유치원 건물에서 friable과 non-friable ACBN(Asbestos-Containing Building Material)을 조사하도록 규정하고 책임은 지역 교육기관(Local Education Agency)에 있다(Discover U.S. Government Information, 2020).

(3) ASHARA (Asbestos School Hazard Abatement Reauthorization Act)

ASHARA는 1994년 4월 4일 AHERA의 개정본으로 발효되었다. 모든 공공 또는 상업용 건물에서 설계, 조사, 해체 · 제거를 실시하는 경우 EPA의 허가를 받아야 한다. 즉, ASHARA는 학교에서 석면작업에 대한 교육 및 인증 요구사항을 다른 유형의 건물에서도 적용되도록 확장하였다(ATC, 2018).

(4) EPA의 석면 사용금지 또는 단계적 폐지

1989년도에는 많은 석면 제품들이 금지되었다. 1991년도에는 대부분의 금지는 폐지되었고, 몇 가지 범주만 여전히 금지되고 있다(ATC, 2018).

Table 2-6. EPA Ban and Phase-Out Rule (ATC, 2018)

Product categories still banned	Product categories no longer banned
Corrugated paper, roll board, commercial paper, specially paper, flooring felt, and any new use of asbestos(after 1989)	Vinyl asbestos floor tile, pipeline wrap, roofing felt, roof coatings, non-roofing coatings, automatic transmission components, clutch facings, friction materials, disc brake pads, drum brake linings, brake blocks, gaskets, millboard, asbestos clothing, and asbestos-cement: pipe, shingle, flat sheet, corrugated sheet

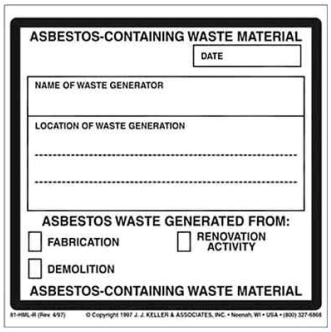
Table 2-7. 61.145: Standard for Renovation and Demolition (ATC, 2018)

1. ACM is defined as any material containing greater than 1% asbestos by conducting Polarized Light Microscopy(PLM). Regulated Asbestos Containing Material(RACM) is friable ACM or non-friable ACM that has or could become friable.
2. A building owner must notify the EPA 10 working days prior to:
   a) renovation involving stripping or removal of asbestos, or any other activity that would break up, dislodge or similarly disturb asbestos materials; or
   b) for any demolition.
      - Greater than or equal to (≥) 260 linear feet [80 linear meters]
      - Greater than or equal to (≥) 160 square feet [15 square meters]
      - Greater than or equal to (≥) 35 cubic feet [1 cubic meter]

   The law requires that the building owner either remove the asbestos prior to renovation or demolition or ensure that there will be no activity which may render the material friable or cause visible emission of asbestos to be discharged into the air.
3. ACM is divided into friable and non-friable classifications
4. Non-friable materials are divided into two categories and are exempt from NESHAP requirements, provided the activities performed will not render them friable. These categories are :
   - Category Ⅰ materials (ACM packings, gaskets, resilient floor coverings, and asphalt roofing)
   - Category Ⅱ materials (any other ACM that, when dry, cannot be rendered friable)
5. All ACM must be kept adequately wet during any disturbance activities.
6. No visible emissions are allowed during renovation, demolition, packaging, transportation or deposition
7. If a number of small asbestos abatement projects will be performed (or are expected to be performed) within a single year that do not require notification, then the owner must notify the EPA 10 days prior to the start of that year if the levels of 260 linear, 160 square, or 35 cubic fees may be exceeded.
8. No ACM may be stripped, removed or otherwise handled or disturbed at a facility unless at least one on-site representative trained in the provisions of NESHAP is present. (The NYS certified Supervisor meets this training requirement).
9. There are a number of procedure listed for emissions control including : taking out RACM as a unit, or in sections; dealing with large facility components; lowering RACM to the ground in chutes if above 50 feet off the ground; and working in temperatures below 32 ℉.

Table 2-8. 61.150: Standard for Waste Disposal – including Renovation and Demolition (ATC, 2018)

1. Containers of ACM debris are to be labeled with the waste generator's name (at minimum, the building owner) and the address from which the waste was taken (this is typically called the Generator Label). NESHAP also requires that the proper OSHA-specified label be attached to containers of ACM. In addition, the U.S. Department of Transportation classifies ACM waste as Class 9 waste-Miscellaneous(also known as regulated waste). ACM is considered a hazardous material but is not classified as a hazardous waste.



Example of Generator Label

Example of OSHA label

Example of DOT placard

2. Mark all transport vehicles during loading and unloading with OSHA warning label.
3. All asbestos waste must be disposed of in an EPA-approved landfill.
4. Rules for waste shipment records(sometimes called waste manifests). The waste shipment record must be received by the generator within 35 days from the day when the waste was given to the transporter. This shows confirmation of delivery. If the waste shipment record is not received in 45 days, then the waste generator must report it in writing to the local, state, or regional EPA office that administers the NESHAP program.

다. OSHA의 석면 규정

OSHA는 연방 기관으로 실제 작업장 또는 위험성이 잠재되어 있는 작업장에서 작업하는 근로자를 보호하기 위한 규정(standard)을 제정한다. 석면과 관련된 OSHA 규정은 Table 2-9와 같이 29 CFR 1926. 1101, 29 CFR 1910. 1001, 29 CFR 1915. 1001 세 가지가 있고, OSHA의 석면관련 건축 규정은 Table 2-10과 같은 활동에서 노출되는 석면도 규정하고 있다(ATC, 2018).

Table 2-9. In terms of asbestos regulations, OSHA three Standards (ATC, 2018)

1. Construction Standard for Asbestos : 29 CFR 1926. 1101
2. General Standard for Asbestos : 29 CFR 1910. 1001
3. Shipyard Industry Standard for Asbestos : 29 CFR 1915. 1001

Table 2-10. The OSHA Construction Standard for Asbestos regulates asbestos exposure (ATC, 2018)

1. Demolition or salvage of structures where asbestos is present.
2. Removal or encapsulation of materials containing asbestos.
3. Construction, alteration, repair, maintenance, renovation of structures, substrates, or portions thereof that contain asbestos.
4. Installation of products containing asbestos.
5. Asbestos spills or emergency clean-up.
6. Transportation, disposal, storage, or containment of ACM

PACM은 Presumed Asbestos Containing Materials의 약자로 석면함유 추정 물질을 의미한다. OSHA와 NYSDOL(New York State Department of Labor) 모두 PACM을 1980년 이전에 건설된 빌딩에서 발견되는 표면처리제(surfacing material)와 단열재(thermal insulation)로 규정하고 있다(OSHA, 2020).

(1) 근로자 노출 모니터링

OSHA의 주요한 책임 중 하나는 석면으로부터 근로자를 허용기준(PEL : Permissible Exposure Limits) 미만으로 노출시키는 것이다. 노출기준(exposure limits)는 공기중 석면의 농도를 의미하는데 f/cc(fibers per cubic centimeter)가 단위이고, 8시간 시간가중 평균(TWA : 8-hour time weighted average)와 30분 허용농도 상한치(30-minute excursion limit)로 구분된다(OSHA, 2020).

Table 2-11. The two permissible exposure limits (PELs) (ATC, 2018)

8-hour Time Weighted Average(TWA) : 0.1 f/cc
30-Minute Excursion Limit(EL) : 1.0 f/cc

(2) 기록관리

OSHA에서 요구하는 석면 관련 기록물 보관 기간은 의료기록, 근로자 노출평가, 교육, 호흡기 테스트 자료마다 다르다. 세부적인 보관기간은 Table 2-12와 같다(ATC, 2018).

Table 2-12. Recordkeeping (1926.1101(n), 1191.134(m)) (ATC, 2018)

Activity	Record kept:
Medical Surveillance	For duration of employment plus 30 years
Employee Exposure Measurements	For 30 years
Training	One year beyond last date of employment
Respirator Fit-test	Until the next fit-test is administered

(3) 표지 및 고지

OSHA에서는 근로자 노출 모니터링 및 기록관리 이외에 표지(Labeling), 고지(Notification), 음압노출 평가(Negative Exposure Assessment), 규제지역(Establish a Regulated Area), 호흡용 보호구(Respiratory Protection)에 대한 기준이 있다. 표지의 경우 OSHA에서는 석면을 포함하는 모든 제품뿐만 아니라 석면이 들어있는 폐기물까지 표지의 부착을 요구한다. 그러나 합리적으로 예측 가능한 사용, 취급, 보관, 폐기, 처리 또는 운송 중에 석면의 노출농도가 TWA 또는 EL을 초과하지 않거나, 결합제, 코팅, 바인딩 또는 기타 재료에 의해 제품이 변경된 경우에는 표지를 하지 않는다(ATC, 2018).

라. 뉴욕 주 석면 규정

(1) Industrial Code Rule 56 (ICR-56)

NYSDOL의 석면관리부(Asbestos Control Bureau, ACB)는 뉴욕에서 석면해체 · 제거와 관련된 규정을 만들고, 수정하며 집행하는 행위를 한다. NYSDOL ACB는 회사의 라이센스, 근로자 인증서를 발행하고 법령 위반사항도 발행한다. 법령은 “Title of the New York Codes, Rules and Regulations-Part 56 (12 NYCRR Part 56)이고, Industrial Code Rule 56 (ICR-56)으로 알려져 있다(ATC, 2018).

⑵ 뉴욕 주 석면관련 자격증

Table 2-13. License for asbestos in New York State (ATC, 2018) (ATC, 2018)

License	Description
Handler	Any person who removes, encapsulates, encloses, repairs or disturbs friable or non-friable asbestos, or who handles asbestos material in any manner which may result in the release of asbestos fibers.
Allied Trades	Any person performing any limited or special tasks in preparation for or ancillary to an asbestos project, such as a carpenter, electrician, plumber or similar occupation, or any other person who may potentially disturb friable or non-friable asbestos during the course of any employment (other than OSHA Class Ⅳ asbestos work). This person shall be aware of the health hazards of asbestos and take appropriate precautions to avoid any ACM, PACM or asbestos material disturbance throughout the course of their work. Abatement of any quantity of ACM, PACM or asbestos material is no allowed by this person under any circumstance.
Air Sampling Technician	Any person who performs project air sampling.
Inspector	Any person who performs the limited tasks involved in the asbestos survey, identification and assessment of the condition of asbestos and asbestos material and the recording and reporting thereof, or who is involved in the collection of bulk samples of asbestos material of suspected asbestos material for laboratory analysis.
Operation and Maintenance	Any person who performs operations, maintenance and repair activities which may disturb Minor quantities of ACM, PACM or asbestos material. Operation and maintenance certification permits the holder to perform OSHA Class Ⅲ asbestos work only on Minor asbestos projects. These minor asbestos projects must be associated with repairs required in the performance or emergency or routine maintenance activity, and is not intended solely as asbestos abatement. Such work may not exceed minor quantities of ACM to be disturbed within a single glovebag or a single negative pressure tent enclosure.
Supervisor	Any person who performs supervisor of persons (other than authorized visitors) permitted to enter the restricted area and regulated abatement work area. The supervisor is also responsible for performing the duties of the OSHA competent person for the asbestos project, consistent with current OSHA regulations.
Project Designer	Any person who plans the scope, timing, phasing and remediation methods to be utilized on any asbestos project.
Project Monitor	Any person other than the asbestos abatement contractor's supervisor, who oversees the scope, timing, phasing and/or remediation methods to be utilized on and the completeness of any asbestos project.
Management planner	Any person who assesses the hazard posed by the presence of asbestos or asbestos containing material and/or who recommends appropriate response actions and a schedule for such response actions.

(3) 석면 프로젝트 작업 단계

뉴욕의 석면 프로젝트 작업은 아래의 그림과 같은 단계로 해체 · 제거작업이 진행된다. Phase I 은 석면해체 · 제거작업 전에 수행하는 작업이고, Phase II 는 석면해체 · 제거작업 단계에 수행하는 작업이다(ATC, 2018).

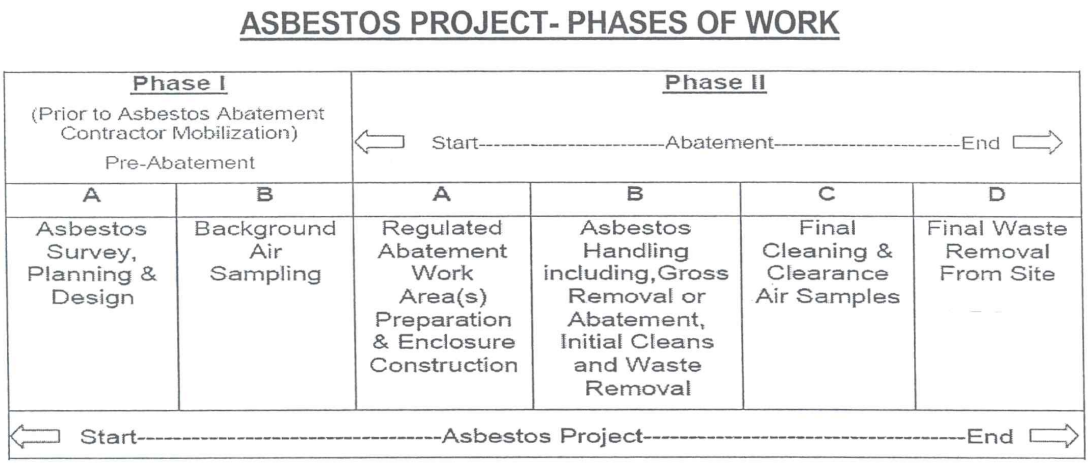


Fig 2-6. Asbestos project – phases of work (ATC, 2018)

(4) 석면 프로젝트의 규모

석면해체 · 제거작업 프로젝트는 Table 2-14와 같이 Large, Small, Minor Project로 구분된다. 이 구분은 뉴욕 시에도 똑같이 적용된다(ATC, 2018).

Table 2-14. Size of asbestos projects (ATC, 2018)

Large Project	≥260 linear feet or ≥160 square feet
Small Project	>25 linear feet but <260 linear feet, or >10 square feet but <160 square feet
Minor Project	≤25 linear feet or ≤10 square feet

마. 뉴욕 시 석면 규정

(1) New York City Title 15, CHAPTER 1

NYCDEP(New York City's Department of Environmental Protection)의 "Title 15 Chapter 1" 은 1985년 Local Law 76에서 기원한다. 수많은 개정이 있었고 대규모 개편은 1998년도와 2009년도에 있었다(ATC, 2018).

⑵ Asbestos Project

NYCDEP에 따라 석면 프로젝트는 석면을 함유하고 있는 25피트 이상 또는 10제곱피트 이상의 자재를 다루는 모든 형태의 작업으로 정의된다. 뉴욕시에서 건축물의 개조, 수리 또는 철거를 수행하려면 건축부서로부터 허가를 받아야 한다. 허가를 얻기 위해서는 석면 문제를 다루는 두 가지 양식 중 하나를 건축부서 신청서에 제출해야 한다(ATC, 2018). 양식 중 하나인 ACP-7은 석면 프로젝트 수행 7일 전에 NYCDEP에 제출해야 하고, 건물주, 석면 제거업자, 제3자인 공기 모니터링을 실시하는 사람, 지원자는 모두 서명을 해야 한다. 나머지 하나인 ACP-5에는 사인이나 도장을 찍음으로써 조사자는 모든 정보에 대해 책임 의무가 있다(ATC, 2018).

2.2.3 국내제도와 미국제도의 차이점

가. 작업규모 구분

국내는 석면해체·제거 면적이 800㎡ 이상일 경우 감리를 두는 규정을 제외하고는 면적에 대한 제한이 없으나, 뉴욕은 Table 2-14와 같이 Large, Small, Minor로 규모를 구분하여 관리한다.

나. 위생설비에 Airlock 설치

국내의 위생설비는 작업복 갱의실, 샤워실, 탈의실로 구성하도록 규정되어 있으나, 뉴욕은 작업복 갱의실, 샤워실, 탈의실 사이마다 3피트(feet)이상 넓이의 Airlock을 설치하도록 규정되어 있다.

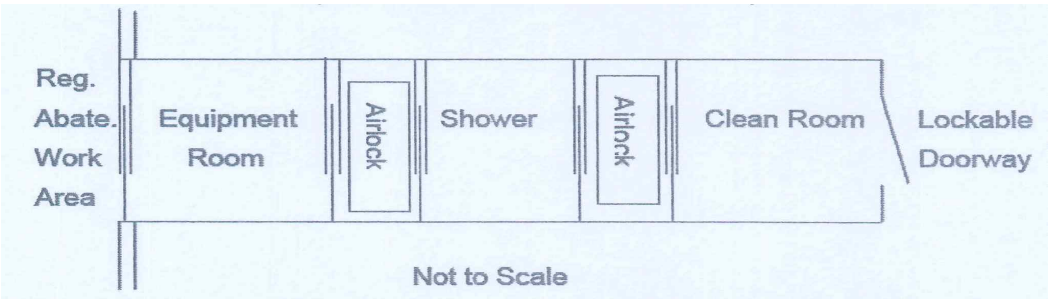


Fig 2-7. NYSDOL ICR-56 Personal Decon for Large projects (optional for small projects), (ATC, 2008)

다. 위생설비 비닐 규정

국내에서는 위생설비에 사용되는 비닐의 두께 및 겹쳐지는 장수가 규정되어 있지 않으나, 뉴욕시와 뉴욕주에 다소 차이가 있지만 국내 규정보다는 강력하다. 뉴욕주는 벽, 천장은 1겹, 바닥은 2겹 및 강화된(reinforced) 비닐을 사용하고 두께는 6 mil(1 mil = 0.001 inch)이며 난연성 재질의 비닐을 사용하도록 규정하고 있고, 뉴욕시는 벽, 천장, 바닥 모두 2겹으로 설치하고 두께는 6 mil이며 난연성 재질의 비닐을 사용하도록 규정하고 있다.

라. 위생설비 탈의실 규격 규정

국내에는 탈의실과 관련된 규격에 대한 규정이 없으나, 뉴욕은 최소 32 제곱 피트(feet)의 넓이 이상을 갖도록 규정하고 있다.

마. 공기 중 석면농도 측정 전 청소관련 규정

국내는 공기 중 석면농도 측정 전 청소를 하고 바람을 일으켜 측정하도록 규정되어 있으나, 뉴욕은 마지막 공기 중 석면농도 측정 전에 3번의 청소를 실시하도록 하고 있고, 청소 간격은 뉴욕주와 뉴욕시에 따라 다르다. 뉴욕주는 각각의 청소 간격은 12시간 이상의 간격을 두도록 규정하고 있고, 뉴욕시는 첫 번째 청소 후 12시간 이상 지난 후 두 번째 청소를 하고, 두 번째 청소 후 4시간 이상 지난 후 세 번째 청소를 하며, 세 번째 청소 후 1시간 지난 다음 최종 공기 중 석면농도를 측정하도록 규정하고 있다.

3. 연구방법론

3.1 연구대상

본 연구의 대상은 2019.1.29. 기준으로 고용노동부에 등록된 3,568개 석면해체・제거업체 중 2019.3.5. 기준으로 등록기간이 1년 이상이면서 2019.10.31.까지 석면해체・제거 완료 실적이 1건 이상인 업체 2,170개였다. 연구 대상인 2,170개 업체는 2019년도에 안전성평가 주기가 도래한 업체(2016년도 S등급, 2017년도 A, B, C등급, 2018년도 D등급), 완료 실적이 없어 안전성평가 등급이 없는 업체(2019.10.31.까지 해체・제거 실적이 있을 수 있는 업체)였다(Table 3-1). 연구대상의 지역별 분포는 서울 9.1%(198개소), 인천 3.7%(80개소), 경기 13.8%(299개소), 강원 7.6%(164개소), 대전 3.9%(85개소), 충남 4.5%(97개소), 충북 5.0%(109개소), 부산 6.4%(139개소), 대구 3.4%(74개소), 울산 1.6%(34개소), 경남 6.4%(138개소), 경북 6.1%(133개소), 광주 7.1%(154개소), 전남 7.2%(156개소), 전북 12.6%(273개소), 제주 1.7%(37개소)였다.

Table 3-1. General characteristics of asbestos abatement contractors

Characteristics	Number of contractors
Area	
Seoul	198
Incheon	80
Gyunggi	299
Gangwon	164
Daejeon	85
Chungnam	97
Chungbuk	109
Busan	139
Daegu	74
Ulsan	34
Gyungnam	138
Gyungbuk	133
Gwangju	154
Jeonnam	156
Jeonbuk	273
Jeju	37
Status of rating	
S	11
A	136
B	333
C	201
D	537
Unrated	952
Total	2,170

한편, 본 연구의 설문에 응답한 업체 83개소는 무기명으로 설문을 조사함에 따라 안전성평가 등급 및 지역별 분포는 알 수 없었다. 본 연구의 설문조사에 참여한 해체・제거업체는 모두 고용노동부에 등록된 업체였다.

3.2 연구방법

3.2.1 설문지 개발

본 연구는 3단계 절차(현장 방문 조사, 전문가 인터뷰, 설문지 개발)를 통해 설문지를 개발하였다. 첫째 단계는 석면 조사현장 2개소와 석면해체・제거현장 3개소에 대한 현장방문을 통해 석면해체・제거작업 관련 제도의 문제점을 기초 조사하였다. 주요 조사내용으로는 (1) 석면해체・제거작업 중 및 작업 후 석면농도 측정결과가 기준치인 0.01개/cc를 초과하는 경우가 없음, (2) 석면해체・제거작업의 입찰을 받은 업체가 직접 수행하는 것이 아니라 하청 또는 재하청을 주는 상황이라 입찰 업체는 작업의 기준준수 여부를 확인하고 관리하는데 관심이 없음, (3) 석면해체・제거업체의 등록 시 인력의 기준 수준이 현행법 상 타 지정기관과 비교하여 최소 인력기준이 낮아 석면해체・제거 등록업체가 쉽게 급증함, (4) 석면해체・제거작업 시 감리의 작업 중지 권한이 석면농도를 측정하여 초과하는 경우에만 적용되고 있어 작업방법 규정을 위반하였을 경우에 감리가 확인하는 것 이외에는 작업 중지 등 적극적인 조치가 불가함, (5) 안전성평가일 기준으로 최근 1년간 작업 실적이 없는 업체는 안전성평가에서 제외되어 이들 업체에 대한 관리감독이 부족함, (6) 안전성평가 등급을 받은 업체 중 조사 당시 C등급 이하 업체의 비율이 50%를 넘고, 안전성평가 고등급 취득의 필요성이 제도적으로 연결되어 있지 않음이 조사내용이었다.

두 번째 단계는 공공기관, 유관 단체, 석면해체・제거업체에 소속된 전문가 15명을 선정하여 전문가 인터뷰(focus group interview)를 실시하였다. 전문가 인터뷰에서는 첫 번째 단계에서 파악한 내용에 더해 다양하고 구체적인 제도의 문제점 및 개선방안 의견을 수렴하였다. 전문가 인터뷰에서 논의된 석면해체・제거 관련 주요 문제점으로는 (1) 석면해체・제거업체 등록기준(인력)이 전담이란 명시가 없어 타 업종(예: 비계)과 인력중복으로 전문성 저하, ⑵ 동일한 석면해체・제거근로자가 여러 작업장에 석면해체・제거근로자로 신고 되는 사례가 존재, ⑶ 통 보양을 하게 되면 제거 면적이 늘어나 음압기의 대수가 증가하게 되는데 사용된 음압기의 대수 산정에 대한 문제점을 지적하는 시스템 부재, ⑷ 석면해체・제거근로자의 석면작업 전문교육 이수제도 검토(특별교육이 실질적으로 미 이행 됨), ⑸ 자격이 없어도 석면해체・제거작업을 할 수가 있으므로 작업부실을 초래, ⑹ 석면해체・제거업체 안전성평가 결과 활용도 및 신뢰도가 낮음, ⑺ 감리원의 업무에 해체·제거 작업계획서를 검토하도록 되어 있으나 이행되지 않는 경우가 발생함으로 나타났다.

마지막 단계는 첫 번째 단계와 두 번째 단계의 결과를 토대로 석면해체・제거작업 관련제도의 문제점과 개선방안에 대한 설문지를 개발하였다.

3.2.2 가설설정

본 연구는 설문 조사를 통해 규명하고자 하는 가설을 설정하였다. (1) 석면해체・제거작업은 입찰방식으로 업체가 선정되고 있으며, 선정된 업체는 대부분 일용직 근로자를 채용하여 입찰된 현장에서 석면해체・제거작업을 하게 된다. 그리고 석면해체・제거작업 경험이 있는 일용직 근로자가 인력시장에서 제한되어 있고, 특히 입찰이 집중되는 학교 방학기간동안에는 더욱 근로자 수급이 어려워 입찰방식과 일용직 근로자 수급 해결을 위한 업체의 어려움을 조사하였고 안전성평가 등급반영, 석면해체・제거 근로자의 교육이수가 이러한 문제를 해결할 수 있을 것이라는 가설을 설정하였다. (2) 석면해체・제거업체로 고용노동부에 등록하기 위해서는 등록 인력이 2명 필요하며, 이는 타 지정기관의 3명보다 1명이 적은 상황이다. 석면해체・제거업체의 등록 인력을 타 지정기관과 똑같이 3명으로 강화하는 것이 형평성 및 업체 난립을 방지할 수 있다는 가설을 설정하였다. (3) 음압기 및 음압기록장치는 검정 및 교정이 필요한 장비로 임대하여 사용하는 장비도 검정 및 교정을 받아야 한다는 가설을 설정하였다. (4) 감리의 경우 작업중지 또는 시정의 권한이 석면배출허용기준과 공기 중 석면농도 측정값이 초과할 경우에만 권한이 있어 실효성이 떨어지므로 감리 권한의 강화가 필요하다는 가설을 설정하였다. (5) 석면해체・제거작업 안전성평가는 안전한 석면해체작업 정착에 기여하고, 해체・제거업체를 평가하는데 필요할 것 이라는 가설을 설정하였다. (6) 위생설비의 샤워시설은 석면해체・제거작업 근로자들이 현장에서 사용하는 것이 제한적이라 물샤워에 대한 선호도를 규명하고자 가설을 설정하였다. (7) 석면해체・제거업체는 고용노동부에 작업계획서를 제출할 때 작업 근로자가 변경될 경우 변경신고를 해야 하는 번거로움이 있어 다수의 근로자를 여러 현장에 중복하여 신고하고 있는데, 이는 중복신고 문제를 유발할 수 있어 제출 서류 간소화로 이를 해결할 수 있을 것이라는 가설을 설정하였다. (8) 석면해체・제거작업 근로자의 경력관리, 전문교육이 필요할 것이라는 가설을 설정하였고, 음압기 대수를 산정하는 방법을 잘 알고 있을 것이라는 가설을 설정하였다. (9) 산업안전보건법에는 석면해체・제거작업과 관련하여 일시적이라는 용어가 사용되고 있어 이에 대한 해석이 명확하지 않을 것이라는 가설을 설정하였다. (10) 석면해체・제거와 관련된 규정 중에서 장비를 사용해야 하는 음압유지가 가장 지키기 어려울 것이라는 가설을 설정하였다.

3.2.3 설문내용

본 연구의 설문 구성은 현재업무(2문항), 석면해체・제거제도 문제점 및 개선방안(17문항)으로 구성하였고, 현재업무는 고용노동부에 등록된 관리자인지 아니면 비등록 현장 책임자인지로 구분하였다. 석면해체・제거제도 문제점 및 개선방안에 대한 17개 설문 구성은 (1) 석면해체제거작업이 입찰방식으로 업체가 선정되고, 선정된 업체는 대부분 일용직 근로자로 구성된 석면해체・제거 팀을 구성하여 작업을 하는

데 이런 방식의 『석면해체 · 제거작업 입찰 또는 선정방법에 대한 문제점』, (2) 현재와 같이 진행되는 『석면해체・제거작업 입찰방식 및 팀 구성 문제점의 해결방안』, (3) 석면해체 · 제거업체로 고용노동부에 등록하기 위해서는 필수인력이 2명 필요한데, 2명은 타 지정기관의 필수인력인 3명과 비교하여 기준이 낮아 석면해체・제거업체 등록에 필요한 필수 인력을 타 지정기관과 동등하게 적용하는 것에 대한 『석면해체 · 제거업체 등록 인력기준을 타 지정기관과 동일하게 적용하는 것에 대한 의견』, (4) 석면해체 · 제거업체는 석면해체・제거 면적이 넓을 경우 음압기 및 음압기록 장치를 임대하여 사용하는데 자가 장비는 검정 및 교정을 하여 관리하는 반면 임대 장비는 성능을 보증할 수 없어 『성능이 보증된 장비 사용을 위한 의견』, (5) 석면해체 · 제거작업 감리인의 업무는 규정에 따라 석면배출허용기준 준수여부 관리, 석면농도기준 준수여부 관리, 석면해체 · 제거작업 계획의 적절성 및 계획대로 해체 · 제거작업이 수행되고 있는지 여부 확인이 있으나 감리의 작업 중지 또는 시정의 권한이 석면배출 허용기준과 석면농도기준 초과 시에만 적용되고 있어 감리제도의 실효성이 떨어지고 있음에 따른 『감리제도 개선방안』, (6) 안전성평가 사업이 안전한 석면해체 · 제거 작업 정착에 기여하는지에 대한 『석면해체・제거작업 안전성평가 기여도』와, (7) 『석면해체・제거작업 안전성평가 필요성』, (8) 『안전성평가 제도에 대한 의견』, (9) 석면해체 · 제거 현장에서 반드시 설치해야 하는 위생설비에서는 작업을 완료 한 후 물로 샤워를 하도록 되어 있으나, 현장에서는 잘 지켜지지 못하고 있는 상황에 대한 『작업 후 샤워 방법에 대한 의견』, (10) 석면해체 · 제거작업을 고용노동부에 신고할 경우 최초 신고한 근로자와 실제 해체 · 제거하는 근로자가 변경되면 업체에서는 변경신고를 해야 하는 번거로움이 있기 때문에 업체에서는 작업이 가능한 근로자 모두를 일괄로 등록시키고 등록된 인력 중에서 시간이 되는 근로자에게 작업을 지시하고 있는데, 작업현장이 다수 발생할 경우에도 여러 현장에 같은 근로자를 동시에 등록하여 중복 신고하는 문제가 생기는 것에 대한 『석면해체・제거근로자 중복신고 방지에 대한 의견』, (11) 석면해체 · 제거 근로자는 교육이수가 의무화 되어 있지 않고 경력도 관리되고 있지 않는 현상에 대한 『석면해체・제거근로자 경력관리의 필요성』, (12) 『석면해체・제거근로자 전문교육의 필요성』, (13) 실내에서 석면해체 · 제거작업을 하는 경우 실내를 음압으로 유지해야 하는데 음압을 유지하기 위해 사용하는 음압기의 대수를 산정하는 방법에 대한 『음압기 대수 산정방법 인지 여부 및 미인지 사유』, (14) 산업안전보건기준에 관한 규칙 제494조 제3항에 “사업주는 석면해체 · 제거작업을 하는 근로자가 작업 도중 일시적으로 작업장 밖으로 나가는 경우에는 고성능 필터가 장착된 진공청소기를 사용하는 방법 등으로 착용한 개인보호구에 부착된 석면분진을 제거한 후 나가도록 하여야 한다.”에서 『‘일시적’이라고 하는 문구에 대한 해석』, (15) 산업안전보건기준에 관한 규칙 제495조 제2호 다목에 “작업장소를 음압으로 유지할 것(석면함유 벽체 · 바닥타일 · 천장재를 물리적으로 깨거나 기계 등을 이용하여 절단하는 작업인 경우에만 해당한다)”에서 『음압유지에 대한 해석』, (16) 산업안전보건기준에 관한 규칙 제495조 제2호에서 “ 석면이 함유된 벽체, 바닥타일 및 천장재의 해체 · 제거작업 중 {천공(穿孔)작업 등 석면이 적게 흩날

리는 작업을 하는 경우에는 나목의 조치로 한정한다}” 에서 『천공작업 등 석면이 적게 흩날리는 작업을 하는 경우에 대한 해석』, (17) 석면해체·제거 규정(밀폐조치, 개인보호구 지급 및 착용, 비산방지를 위한 습식작업, 밀폐장소 음압유지, 경고표지·금지표지 설치, 위생설비 설치 및 사용, 석면 잔재물 흩날림 방지 및 잔재물 처리, 추락예방을 위한 안전조치) 중 준수하기 어려운 항목으로 구성하였다.

설문항목 중 (6)-(7) 및 (11)-(13)은 5점 척도(1점: 전혀 그렇지 않다, 2점: 대체로 그렇지 않다. 3점: 보통이다, 4점: 대체로 그렇다, 5점: 매우 그렇다)로 평가하도록 설문을 구성하였고, 그 이외의 설문항목은 모두 다중선택이 가능하도록 하였다.

3.2.4 설문방법

설문방법은 2019년 3월 5일을 기준으로 등록기간이 1년 이상이면서 2019년 10월 31일까지 석면해체·제거 완료 실적이 1건 이상이 업체 2,170개소를 대상으로 우편으로 설문지를 발송하여 팩스, 우편, 이메일로 회신하였다. 설문발송 및 회신 기간은 5월-7월까지 3개월 동안 진행하였다.

3.3 자료 분석 방법

현재업무(담당업무, 업무경력)에 따라 설문 항목별 응답 빈도에 차이가 있는지를 Chi-squared 검정을 통해 분석하였다. 그리고 설문 업체의 안전성평가 필요성에 대한 인식을 긍정(4점 또는 5점), 중립(3점), 부정(1점 또는 2점)의 세 가지 유형으로 구분하고, 필요성 인식유형에 따른 설문 항목의 답변 빈도 차이를 Chi-squared 검정하였으며, 추가적으로 경력관리 필요성, 석면해체·제거근로자의 전문교육 필요성, 음압기 대수 산정 인지여부를 종속변수로 하여 일원분산분석을 실시하였다. 마지막으로, 안전성평가 기여도와 필요성에 대한 인식 차이를 규명하기 위해 안전성평가 기여도를 독립변수(수준: 긍정, 중립, 부정)로 설정하고 안전성평가 필요성 응답 점수를 종속변수로 설정하여 일원분산분석을 수행하였다. 본 연구의 설문 결과 통계분석은 SPSS(v18, SPSS, USA)를 활용하여 유의 수준 5%를 적용하여 이루어졌다.

4. 연구결과

4.1 설문 신뢰도 분석

조사대상자의 석면해체・제거작업 안전성평가의 기여도 및 필요성, 석면해체・제거작업 근로자의 경력관리 및 교육 필요성에 관한 문항의 신뢰도는 내적 일치도를 알아보기 위해 Cronbach's alpha 계수를 측정하였다. 측정변수 별 Cronbach's alpha 계수는 Table 4-1과 같으며 각각 0.6 이상으로 문항 간 높은 신뢰도를 보이고 있었다.

Table 4-1. Measurement tool reliability

Variable	Number of questions	Cronbach`s alpha
Contribution and necessity of risk assessment	2	.811
Necessity of work history management and asbestos training	2	.825

4.2 설문 참여현황 및 특성

설문에 응답한 83개소 중 91.6%인 76개소는 고용노동부에 등록된 관리자가 설문에 응답하였고, 8.4%인 7개 업체는 고용노동부에 등록되지 않은 현장 책임자가 응답하였다. 3년 미만의 경력자는 17명(20.5%), 3년 이상 5년 미만의 경력자는 11명(13.3%), 5년 이상 경력자는 55명(66.3%)이 설문에 응답하였다(Table 4-2).

Table 4-2. Basic characteristics of survey respondents

Classification		Number(%)
Enrollment in Ministry of Employment and Labor	Enrolled manager	76(91.6)
	Unenrolled manager	7(8.4)
Work experience(year)	< 3	17(20.5)
	3 - 5	11(13.3)
	≥ 5	55(66.3)

고용노동부에 등록된 인력인지 등록되지 않은 인력인지에 따라 17개 설문별로 유의성을 검토한 결과 ‘비산방지를 위한 습식작업의 난이도’에서 유의한 차이(p=0.025)를 나타내었다(Table 4-3). 고용노동부에 등록된 관리자(76명)는 6명(7.9%)이 습식작업에 대한 어려움이 있다고 응답한 반면, 비 등록 현장 책임자(7명)는 3명(42.9%)이 습식작업에 대해 어려움이 있다고 응답하였다.

Table 4-3. Survey results on the wet method between enrolled and unenrolled workers

How difficult to do the wet method to prevent asbestos dust	Classification		p-value
	Enrolled manager(%)	Unenrolled manager(%)	
Easy	70(92.1)	4(57.1)	.025
Hard	6(7.9)	3(42.9)	
Total	76(100)	7(100)	

4.3 설문조사 결과

4.3.1 석면관련 제도

가. 석면해체 · 제거작업을 위한 입찰 및 팀 구성

석면해체 · 제거작업은 입찰을 통해 업체가 선정되고 선정된 업체는 대부분 일용직을 고용하여 팀을 구성한 후 석면해체 · 제거작업을 진행한다. 특히 방학기간 학교석면해체 · 제거는 방학이라는 단기간에 해체 · 제거현장이 대폭 증가하기 때문에 해체 · 제거를 위한 팀을 구성하기 어렵고, 구성하였다 하더라도 미숙련자가 팀원에 포함되어 작업에 투입되는 경우가 발생하는 문제점이 있다. 이런 입찰방식과 업체 선정방법 문제점에 대해 질문한 결과 ‘학교석면제거가 방학 중에 동시다발적으로 발생하므로 석면제거팀 구성이 어려워 입찰을 받더라도 팀 구성이 어려움’ 57개 업체(35.4%), ‘낙찰을 받은 업체가 석면제거 팀 구성 시 경험이 많은 팀보다는 저비용으로 가능한 팀을 선호하여 안전한 석면제거보다는 저가의 석면제거가 이루어지는 상황임’ 39개 업체(24.2%), ‘석면해체 · 제거업체의 실적, 안전성평가등급, 규정준수여부와 상관없이 입찰에 응하여 낙찰을 받는 방식에 문제가 있음’ 36개 업체(22.4%), ‘안전보건공단의 안전성평가에서 상위등급(S등급, A등급)을 받은 업체가 입찰 시 또는 적격심사 시 혜택을 받을 수 있는 제도가 없음’ 29개 업체(18.0%)로 나타났고, 항목에 대한 적합도 검정(단변량 카이제곱 검정) 결과 p=0.014로 유의하게 나타났다.

석면해체·제거작업을 수행하고 있는 업체는 현행 입찰 방식의 한계점을 보완하는 방법으로 '안전성평가에서 고등급(S등급, A등급)을 받은 업체에게 입찰 또는 적격심사 시 우선권을 부여하여야 함'이 34개 업체(37.8%)로 가장 많았고, '해체·제거근로자의 자격요건 강화, 즉 석면해체·제거근로자 교육이수 또는 석면해체·제거 경력 보유자 등'이 30개 업체(33.3%), '석면해체·제거 신고 시 현장책임자와 해체제거근로자의 정보를 전산화하여 중복 입력 방지'가 26개 업체(28.9%)로 의견을 제시하였다(Table 4-4).

Table 4-4. Survey results on the method of public bidding and formation of abatement team

Survey questions			Number of response	p-value
Issue	Method of public bidding	Any company can participate in bidding regardless of the performance, risk assessment grade, and law compliance.	36	0.014
		There are no advantages in public bidding or qualification examination for the companies with S or A grades in the asbestos risk assessment from KOSHA.	29	
	Formation of an abatement team	Asbestos abatement in school occurs often during vacation, thus it is difficult to form an asbestos abatement team.	57	
		Due to cost, a successful bidder wants to form with inexperienced workers.	39	
Improvement idea	Method of public bidding	It is necessary to give priority on S or A grade companies in public bidding or qualification examination.	34	0.587
	Formation of an abatement team	It is necessary to electronically register the information about site manager and workers to check redundant registration.	26	
		It is necessary to reinforce eligibility requirements for asbestos abatement workers (e.g., education and experience).	30	

석면해체 · 제거업체로 등록하기 위해서는 인력이 2명 이상 있어야 하는데, 이는 다른 지정기관(석면조사기관 3명, 보건관련 교육기관 3명, 작업환경측정기관 3명)에 비하여 적은 상태이다. 따라서 등록인력 기준을 타 지정기관과 동일하게 3명으로 구성하는 것에 대해 질문한 결과 49개 업체(38.9%)는 현재 기준이 적절하다고 응답하였다(Table 4-5). 반면, 현행 등록 인력기준이 부적합하다는 응답자는 '안전한 석면제거를 위하여 인력뿐만 아니라 관련자격의 기준 강화' 25개 업체(19.8%), '석면해체 · 제거 업체로 등록된 관리자의 수에 따라 연간 해체 · 제거 건수 제한' 22개 업체(17.5%), '타 지정기관(석면조사기관, 보건관련교육기관, 작업환경측정기관)과 동일하게 인력기준(3명) 적용' 17개 업체(13.5%), '타지정기관의 인력과 동일하게 석면해체 · 제거 관리자의 보수교육실시' 13개 업체(10.3%) 순으로 의견을 나타내었고, 항목에 대한 적합도 검정(단변량 카이제곱 검정) 결과 $p<0.001$로 유의하게 나타났다.

Table 4-5. Survey results on the requirement for the number of enrolled workers

Survey questions		Number of response	p-value
Manpower standard for enrolling the asbestos abatement company on Ministry of Employment and Labor	No change	49	<0.001
	Increase the manpower standard to 3 as in other requirements	17	
	Reinforce the manpower and qualification requirements	25	
	Limit the number of asbestos abatement sites per year that one enrolled manager can do.	22	
	Enforce regular training for enrolled managers as in other requirements.	13	

나. 음압기 및 음압기록장치

석면해체 · 제거업체가 사용하는 음압기 및 음압기록장치는 대부분 임대하여 사용하고 있고, 임대한 음압기 및 음압기록장치의 대부분은 교정을 받지 않은 실정이다. 이에 따라 음압기 및 음압기록장치의 성능 보증을 위한 방법으로 '주기적인 교정' 45개 업체(32.1%), '장비를 임대할 경우 필히 교정을 받은 장비 임대' 35개 업체(25.0%), '안전성평가 시 장비의 교정기록 확인' 25개 업체(17.9%)의 순으로 높게 조사되었다. 한편, 음압기 및 음압기록장치의 신뢰성 제고를 위해 '석면해체・제거 신고 시 등록 장비와 임대 장비를 구분하는 것이 필요'하다고 35개 업체(25.0%)가 의견을 개진하였다(Table 4-6).

Table 4-6. Survey results on negative pressure machine and recorder

Survey questions		Number of response	p-value
Performance assurance method for negative pressure and negative pressure recording device	It is necessary to do periodic calibration of negative pressure and negative pressure recording device.	45	0.062
	It is necessary to rent a calibrated equipment.	35	
	When a company reports the asbestos abatement to Ministry of Employment and Labor, it is necessary to report whether equipment is rented or not.	35	
	It is necessary to check the calibration record of the equipment during risk assessment.	25	

다. 음압기 대수 산정방법 인지 여부

석면해체 · 제거작업 면적에 따라 보유하고 있는 음압기의 용량을 고려하여 음압기 대수를 산정 후 부족할 경우 임대하는 조치를 취한 후 작업을 해야 한다. 그러나 설문참여업체는 음압기 대수 산정방법에 대해 잘 모른다는 응답이 43.3%(36개소)로 나타났으며, 그 이유는 '음압기 대수를 산정해서 배치해야 하는 지침 또는 강제 규정이 없어서' 14개소(38.9%)와 '필요한 음압기의 대수를 산정해서 배치하는 일이 번거로워서' 13개소(36.1%)가 비슷한 비율로 높게 나타났다. 또한, 설문참여업체는 '필요한 음압기 대수를 산정하는 방법을 배운 적이 없어서' 9개소(25.0%) 음압기 대수를 산정하지 못하는 것으로 응답하였다(Table 4-7).

Table 4-7. Survey results on the reason of unawareness on how to calculate the proper number of negative pressure unit

Survey questions		Number of response	p-value
Reason of unawareness on how to calculate the proper number of negative pressure unit	Never learned how to calculate the proper number of negative pressure unit	9	0.558
	There are no guidelines or standards to calculate and use negative pressure unit	14	
	It is inconvenient to calculate and use the proper number of negative pressure unit	13	

라. 석면감리제도

석면해체 · 제거작업 감리인 기준에는 석면해체 · 제거작업 사업장 주면 석면배출허용기준 준수여부 관리, 석면농도기준 준수여부 관리, 해당 석면해체 · 제거작업 계획의 적절성 검토 및 계획대로 해체 · 제거작업이 수행되고 있는지 여부 확인의 감리인의 업무가 있다. 그러나 작업 중지 또는 시정의 권한이 석면배출허용 기준 또는 석면농도기준이 초과할 경우에만 적용되고 있어 석면해체 · 제거 작업방법 규정을 위반하였을 경우 감리의 권한이 없어 감리제도의 실효성이 없는 실정이다.

이런 석면감리제도 실정에 대해 질문한 결과 참여자는 Table 4-8과 같이 '석면해체 · 제거 작업방법이 규정에 위반되었을 경우 감리인이 시정을 지시할 수 있는 권한 필요' 30개 업체(22.9%)와 '석면농도기준이 초과하였을 경우 작업 중지 또는 시정보다는 원인을 파악하여 보완 또는 보수 후 작업지속' 57개 업체(43.5%)이 중요하다고 응답하였다. 한편, '석면해체 · 제거 작업에 대한 감리 강화(예: 석면해체 · 제거 작업 단계별 감리 및 서명 확인)'는 10~12개 업체에서 필요하다고 응답하여 상대적으로 비율(7.6 ~ 9.2%)이 낮게 나타났다. 마지막으로, '작업 중지 또는 시정사항이 발생하였을 경우 중지(시정)명령서를 작성할 수 있도록 양식 제시가 필요'하다고 12개 업체(9.2%)가 응답하였다($p<0.001$).

Table 4-8. Survey results on Asbestos Project Monitor system

Survey questions		Number of response	p-value
Asbestos Project Monitor system	It is necessary to give proper authority to the Asbestos Project Monitor if any violation has been made.	30	<0.001
	If the asbestos concentration is exceeded the limit, it is necessary to identify the cause, eliminate the cause, and keep working rather than just suspending the work.	57	
	It is necessary to report the asbestos abatement plan after reviewing and signing by The Asbestos Project Monitor.	10	
	It is necessary to have signature of the Asbestos Project Monitor at each stage of asbestos abatement.	10	
	It is necessary to provide more detailed Asbestos Project Monitor completion report(e.g., work status and evidence by working day and time).	12	
	It is necessary to provide a standard form to comply a stop(correct) order.	12	

마. 석면해체·제거 작업 후 샤워방법

석면해체·제거 현장에서는 위생설비를 설치는 하고 있으나 실제 샤워를 하지 않는 경우가 빈번하고, 물 샤워만 인정되어 더더욱 샤워를 하지 않는 실정이다. 이런 위생설비의 설치요건 및 작업 후 석면먼지 제거를 위한 샤워에 대해 질문한 결과, 설문참여업체는 안전성평가 항목에 포함된 물 샤워 외에 석면농도가 낮은 저 위험 작업은 에어샤워가 가능하도록 제도가 개편되기를 바라는 것으로 조사되었다(Table 4-9). 석면해체·제거작업 후 해야 하는 샤워에 대한 생각으로 '물 샤워만이 오염된 석면을 완벽히 제거할 수 있으므로 현재처럼 물 샤워를 하도록 현재규정 유지' 23개소(23.2%)를 상대적으로 낮게 채택하였다. 반면, 설문참여업체는 '석면농도가 높지 않은 저 위험작업은 물 샤워뿐만 아니라 에어샤워도 가능하도록 변경' 57개소(57.6%)을 원하는 것으로 나타났다. 한편, 안전성평가 항목에 포함된 위생설비를 준수하기 위해 설문참여업체는 '위생설비에 들어가는 물품에 대하여 정확하게 지정' 19개소(19.2%)을 원하는 것이 파악되었다($p<0.001$).

Table 4-9. Survey results on shower method after asbestos abatement works and installation requirement of the decontamination unit

Survey questions		Number of response	p-value
Shower methods after asbestos abatement works and installation requirement of the decontamination unit	Since water shower can completely remove contaminated asbestos, no need to change the current regulation(allow only water shower).	23	<0.001
	Air shower is allowed for low risk works with low asbestos contained materials along with water shower.	57	
	It is necessary to list all items that are belong to the decontamination unit.	19	

바. 석면해체・제거근로자 중복신고 방지

석면해체 · 제거작업을 고용노동부에 신고할 경우 계획서에 해체 · 제거근로자를 포함하여 신고하는데, 근로자 작성기준이 없어 해체 · 제거업체는 여러 현장에 같은 인력을 일괄 등록하여 근로자 중복신고 문제가 제기되고 신뢰성이 떨어지고 있는 상황이다. 이런 해체 · 제거근로자의 중복신고에 대한 질문에 대한 답변으로 설문참여업체는 근로자 정보의 등록 누락을 방지하기 위해 근로자 등록 및 변경을 쉽게 할 수 있기를 바라는 것으로 나타났다(Table 4-10). 설문참여업체는 '석면해체・제거근로자 변경 시 변경신고서 제출만으로 변경 가능하게 하여 근로자 신고 누락 방지' 48개소(40.0%), '신고 시에는 중복되었다고 하더라도, 실제로 작업한 근로자의 정보를 사후 신고 가능' 28개소(23.3%), '완료보고서 작성제도를 만들어 실제로 작업한 근로자의 정보를 입력' 23개소(19.2%) 순으로 답변하였다. 반면, 석면해체・제거근로자의 중복신고 방지를 위해 '석면해체・제거 신고 시 전산입력을 하도록 하여 중복신고를 방지' 21개소(17.5%)해야 한다는 항목에 대한 동의비율은 매우 낮게 나타났다(p=0.002).

Table 4-10. Survey results on enrollment of workers to the Ministry of Labor

Survey questions		Number of response	p-value
Enrollment of the workers to the Ministry of Labor	It is necessary to computerize worker enrollment to the Ministry of Labor in order to prevent redundant enrollment of workers at the same time.	21	0.002
	In order to prevent missing worker enrollment, it is allowed to simply submit a change report when workers change.	48	
	Even if the enrolled workers are redundant in reporting stage to the Ministry of Labor, it is allowed to report the actual workers to the Ministry of Labor after finishing asbestos abatement work.	28	
	It is necessary to allow submission of the final report that includes the information of the actual workers who participated in asbestos abatement work.	23	

사. 산업안전보건기준에 관한 규칙의 해석

산업안전보건기준에 관한 규칙 제494조(위생설비의 설치 등) 제3항에서는 “사업주는 석면해체·제거작업을 하는 근로자가 작업 도중 일시적으로 작업장 밖으로 나가는 경우에는 고성능 필터가 장착된 진공청소기를 사용하는 방법 등으로 착용 한 개인보호구에 부착된 석면분진을 제거한 후 나가도록 하여야 한다.”라고 규정하고 있다. 여기서 “일시적”이라고 하는 문구에 대한 해석으로, ‘일시적이라는 문구는 화장실 등 급한 용무를 해결하기 위해 필요한 경우’ 39개 업체(30.2%)로 한정해야 한다는 응답과 ‘휴식시간 또는 점심시간까지 포함’ 46개 업체(35.7%)하여 확대 해석해야 한다는 응답이 유사한 비율로 나타났다. 한편, ‘석면분진이 발암물질인데 일시적으로 먼지를 제거하고 작업복을 착용한 채로 밖으로 나오는 것은 매우 위험하다’라고 22개 업체(17.1%)가 응답하였고, ‘일시적이라는 용어의 해석을 고시 또는 관련 지침에 정확하게 명시하는 것이 필요’하다고 22개 업체(17.1%)가 응답하였다(p=0.003).

Table 4-11. Survey results on industrial safety and health standard regulation no. 494

Survey questions		Number of response	p-value
Interpretation of the word "Temporary"	It means urgent situations such as toilet.	39	0.003
	If the asbestos dust attached to clothes can be removed, it may include the break and lunch break.	46	
	Asbestos dust is a carcinogen, so it is very dangerous to temporarily remove dust and come out wearing work clothes.	22	
	It is necessary to clearly define the scope of "Temporary" in the related guide or notification.	22	

산업안전보건기준에 관한 규칙 제495조(석면해체·제거작업시의 조치) 제2호 다목 “작업장소를 음압으로 유지할 것(석면함유 벽체·바닥타일·천장재를 물리적으로 깨거나 기계 등을 이용하여 절단하는 작업인 경우에만 해당한다.)”에 대해 ‘문구 그대로 물리적으로 깨거나 기계 등을 이용하여 절단하는 경우가 아닌 드라이버로 텍스의 나사못을 제거하는 경우에는 음압유지 불필요’ 42개 업체(36.8%)가 ‘음압유지 필요’ 29개 업체(25.4%)보다 많이 응답하였다(p=0.019, Table 4-12). 한편, ‘텍스의 나사못을 제거하는 작업 시 석면농도조사 등의 연구를 통하여 정확한 기준을 제시하는 것이 필요’하다고 23개 업체(20.2%)가 지적하였고, ‘음압을 -0.508 mmH_2O보다 강하게 유지하는 것이 쉽지 않으므로 환기횟수 4회를 적용하여 필요한 음압대수를 산정하여 가동한다면 음압유지가 불필요’하다고 20개 업체(17.5%)가 응답하였다.

Table 4-12. Survey results on industrial safety and health standard regulation no. 495

Survey questions		Number of response	p-value
Interpretation of "keeping work place at negative pressure"	It is not necessary to keep negative pressure when removing a texture using a screwdriver because it does not use any machine or break a texture.	42	0.019
	It is necessary keep negative pressure when removing a texture using a screwdriver because asbestos dust can be blown.	29	
	It is necessary to provide a reference by studies to judge when needs to maintain the negative pressure.	23	
	The reference level of negative pressure(–0.508 mmH_2O) is hard to keep. Thus, it is necessary to allow to maintain the level of negative pressure calculated for 4 time ventilations per hour rule in the OSHA 29CFR1926 Sec. 1926.1101.	20	
Interpretation of "Drilling work"	Limit to a drilling work	23	<0.001
	It is necessary to define the drilling size.	13	
	It is necessary to define a work with less asbestos scattering.	33	
	Since removing a couple of textures that were broken while loosening with a screwdriver can cause less asbestos scattering, the wet work is enough.	44	

또한 같은 조 제2호 "석면이 함유된 벽체, 바닥타일 및 천장재의 해체·제거작업 중 천공(穿孔)작업 등 석면이 적게 흩날리는 작업을 하는 경우에는 나목(물이나 습윤제를 사용하여 습식으로 작업)의 조치로 한정한다." 에 대한 해석으로, '천공을 하는 작업은 모두 이 조항에 해당' 한다고 23개 업체(20.4%)가 응답하였고, '나사못을 풀어 깨진 텍스를 몇 장 제거하는 작업도 석면이 적게 흩날리는 작업이므로 이 조항에 해당' 한다고 44개 업체(38.9%)가 응답하였다. 그러나 '석면이 적게 흩날리는 작업은 모호한 문구이므로 관련 고시 또는 지침에 용어 정의가 필요' 하다고 33개 업체(29.2%)가 지적하였고, '어느 정도의 크기로 천공하는 작업을 천공작업으로 보는지 정의가 필요하다' 고 13개 업체(11.5%)가 응답하였다.

석면해체·제거 규정 중에서 ‘밀폐장소 음압유지’ 56개 업체(35.9%) 및 ‘위생설비 설치 및 사용’ 41개 업체(26.3%)이 상대적으로 준수하기 어려운 것으로 나타났다(Table 4-13). 한편, ‘밀폐(보양)조치’ 17개 업체(10.9%), ‘석면잔재물 흩날림 방지 및 잔재물 처리’ 17개 업체(10.9%), ‘추락예방을 위한 안전조치’ 12개 업체(7.7%), ‘비산방지를 위한 습식작업’ 9개 업체(5.8%), 그리고 ‘개인보호구 지급 및 착용’ 4개 업체(2.6%) 순으로 규정 준수가 어려운 것으로 조사되었다.

Table 4-13. Survey results on hard to keep the rules

Survey questions		Number of response	p-value
Items difficult to comply with asbestos abatement regulations	Seal	17	<0.001
	Provide and wear Personal Protective Equipment	4	
	Do wet work to prevent scattering	9	
	Keep negative pressure in a closed place	56	
	Install warning signs	0	
	Install and use decontamination units	41	
	Prevent asbestos residue scattering and manage residue	17	
	Prevent falls	12	

4.3.2 석면안전성평가 제도

가. 석면해체 · 제거작업 안전성평가 제도의 기여도 및 필요성

‘석면해체・제거작업 안전성평가 제도가 안전한 석면해체・제거작업 정착에 얼마나 기여하는가?’에 대해서는 긍정적 업체 26개소(31.7%), 중립적 업체 26개소(31.7%), 부정적 업체 30개소(36.6%)로 나타났다(Table 4-14). 또한, ‘안전성평가 제도가 석면해체・제거 업체를 평가하는데 필요한가?’에 대해서는 긍정적 업체 28개소(34.1%), 중립적 업체 29개소(35.4%), 부정적 업체 25개소(30.5%)로 조사되었다.

Table 4-14. Survey results on risk assessment system for asbestos*

Survey questions	Classification		
	Positive	Neutral	Negative
Is the risk assessment system for asbestos contributed to asbestos abatement?	26	26	30
Is the risk assessment system for asbestos necessary to evaluate asbestos abatement companies?	28	29	25

* One of the 83 companies didn't response to the questions.

나. 석면해체 · 제거작업 안전성평가 제도에 대한 의견

설문 참여 업체의 50.6%는 안전성평가 제도의 실효성을 제고하기 위해서는 안전성평가 고등급(S와 A 등급) 업체에 대한 혜택 부여 또는 감리가 적용되는 해체 작업의 입찰 자격을 부여해야 한다고 답변하였다(Table 4-15). 설문참여업체는 '안전성평가에서 고등급을 취득한 업체가 석면해체·제거 입찰 또는 자격심사 시 혜택을 받을 수 있어야 함' 26개 업체(31.3%)과 '고등급을 받은 업체만 석면해체·제거작업의 감리가 적용되는 해체작업을 할 수 있도록 함' 16개소(19.3%)이 필요하다고 조사되었다. 한편, '안전성평가에서 고등급을 취득한 업체가 석면해체·제거작업의 규정준수를 더 잘한다는 보장은 없어 현재 제도 유지' 41개 업체(49.4%) 의견도 유사한 비율로 나타났다(p=0.003).

Table 4-15. Survey results on the advantage of high grade in risk assessment system

Survey questions		Number of response	p-value
Advantage of high grade in risk assessment system	It is necessary to give advantages on the companies with S or A grade in public bidding or qualification screening.	26	0.003
	Because S or A grade companies do not always comply with all the safe standards about asbestos abatement, thus not advantage should be given to the companies with S or A grade.	41	
	The companies with S or A grade can only participate in the asbestos abatement works needing supervision.	16	

다. 안정성평가 제도와 다른 설문 항목 간의 응답 연관성

안전성평가 필요성을 독립변수(긍정, 중립, 부정)로 두고 각 문항에 대한 Chi-Squared 검정 결과(Table 4-16) 유의한 차이가 있는 문항은 '안전보건공단의 안전성평가에서 상위등급(S등급, A등급)을 받은 업체가 입찰시 또는 적격심사 시 혜택을 받을 수 있는 제도가 없음'으로 나타났다(p=0.014). 안전성평가 필요성에 긍정(15개 업체) 및 중립(9개 업체)으로 답변한 업체가 부정(4개 업체)적으로 답변한 업체에 비하여 안전성평가 상위등급을 받으면 등급에 따른 혜택을 받기를 희망하고 있었다. 또한, '석면해체·제거 작업의 각 단계별로 감리의 서명확인을 받도록 하는 것이 필요(이하, 서명확인)' 항목과 '감리완료보고서를 좀 더 구체화하여 작업일, 시간대별로 작업상황과 증거 자료를 제시하는 것이 필요(이하, 자료제시)' 항목에서 유의한 차이가 있었다(서명확인 p=0.034, 자료제시 p=0.020). 안전성평가 필요성에 긍정(서명확인: 7개 업체, 자료제시: 7개 업체)으로 답변한 업체가 중립(서명확인: 1개 업체, 자료제시: 0개 업체) 및 부정(서명확인: 2개 업체, 자료제시: 4개 업체)적으로 답변한 업체에 비하여 감리의 역할 강화 및 감리완료보고서의 개선을 요구하는 것으로 파악되었다. 마지막으로, '드라이버로 텍스를 제거하는 경우, 나사못을 푸는 작업에서 석면먼지가 많이 날리므로 석면먼지가 밖으로 나가지 못하도록 음압유지 필요' 항목에서 유의한 차이가 있었다(p=0.010). 안전성평가 필요성에 긍정(16개 업체)으로 답변한 업체가 중립(6개 업체) 및 부정(7개 업체)적으로 답변한 업체에 비하여 텍스를 드라이버로 제거하는 경우에도 1급 발암성물질인 석면이 외부로 유출되지 않도록 음압을 유지하는 것이 필요하다고 생각하는 것으로 파악되었다.

안전성평가 기여도를 독립변수(긍정, 중립, 부정)로 하고 필요성을 5점 리커트 척도(Likert Scale)로 하여 기여도와 필요성에 대한 일원배치 분산분석을 실시하였고, Scheffe 검정을 실시한 결과는 Table 4-17과 같다. 석면안전성평가 사업이 안전한 석면해체·제거작업 정착에 긍정적이라는 의견을 보인 업체는 석면안전성평가 사업이 필요하다고 유의한($p<0.001$) 답변을 하였다. Scheffe 검정에 따르면 안전성평가 기여도에 긍정의 의견을 갖는 집단과 중립 및 부정의 의견을 갖는 집단으로 분류되었으며, 이는 석면안전성평가 사업에 긍정적인 입장을 보이는 업체는 석면안전성평가 사업이 석면해체·제거 업체에게 필요하다는 의견을 보이고 반면에 중립 및 부정의 의견을 갖는 경우 안전성평가가 필요하지 않다는 의견을 보이는 것으로 해석된다.

Table 4-16. Summary of survey results on necessity of risk assessment

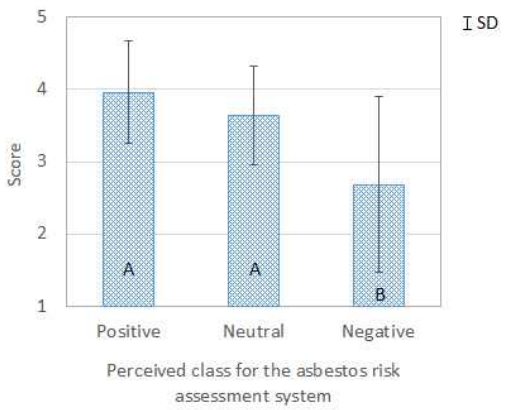
Survey questions	Number	level of contribution			p-value
		positive	normal	negative	
It is unfair since there are no benefits on public bidding or qualification examination for the companies with S or A grade in asbestos risk assessment.	28	15	9	4	.014
It is necessary to give advantages in public bidding or qualification examination for the companies with S or A grades in the asbestos risk assessment.	33	14	15	4	.012
It is necessary to have signature of the Asbestos Project Monitor at each stage of asbestos abatement.	10	7	1	2	.034
It is necessary to provide more detailed Asbestos Project Monitor completion report(e.g., work status and evidence by working day and time).	11	7	0	4	.020
If removing a texture with a screwdriver can cause asbestos contained materials, negative pressure is needed to maintain.	29	16	6	7	.010

Table 4-17. Summary of results between level of contribution and necessity of asbestos safety evaluation from KOSHA

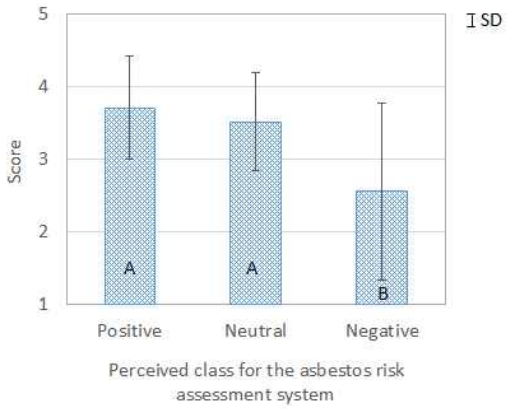
Classification	N	Mean	SD	SE	Confidence interval(95%)		Min	Max	F	p-value	post-hoc (Scheffe)
					Lower	Upper					
Positive(A)	26	4.000	.748	.147	3.698	4.302	2.0	5.0	23.485	.000	A>B, C
Normal(B)	26	2.885	.516	.101	2.676	3.093	2.0	4.0			
Negative(C)	30	2.300	1.291	.236	1.818	2.782	1.0	5.0			
Total	82	3.024	1.165	.129	2.768	3.280	1.0	5.0			

라. 작업이력관리 및 전문교육 실시 필요성

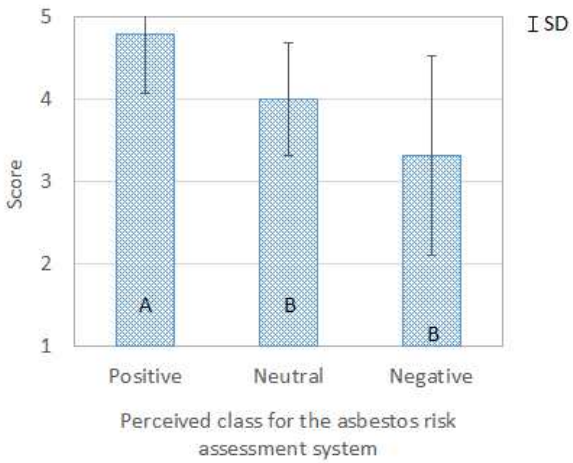
안전성평가 사업이 석면해체 · 제거업체를 평가하는데 필요하다는 필요성을 독립변수(긍정, 중립, 부정)로 두고 근로자의 전문교육작업경력관리의 필요성, 근로자의 전문교육 필요성, 음압기 대수 산정방법 이해정도에 대해 분산분석한 결과 안전성평가 제도에 긍정적인 업체와 중립적인 업체는 부정적인 업체보다 작업이력관리 및 전문교육실시가 필요하다고 느끼고 있으며, 음압기 대수 산정 방법은 긍정적인 업체가 더욱 잘 인지하고 있는 것으로 분석되었다(Fig 4-1).



(a) Necessity of work history management



(b) Necessity of asbestos training



(c) understanding to calculate the required number of negative pressure machine

Fig 4-1. Score for necessity of work history management, necessity of asbestos training, and understanding to calculate the required number of negative pressure machine according to the perceived class for the asbestos risk assessment system (letters indicate statistical differences at a significance level of 0.05)

안전성평가가 안전한 석면해체·제거 제도에 필요하다는 업체와 중립적인 업체는 작업이력관리가 필요한 정도를 평균 3.96점과 3.64점으로 답변하였으나, 부정적 업체는 2.68점으로 유의하게 낮은 점수로 답변하였다. 또한, 안전성평가 제도에 긍정적인 업체와 중립적인 업체는 전문교육실시 필요성을 3.71점과 3.52점으로 답변하였으나, 부정적 업체는 2.56점으로 유의하게 낮게 평가하였다. 마지막으로, 음압기 대수 산정방법의 인지 여부는 안전성평가 제도에 긍정적 업체는 4.79점으로 답변하였으나, 중립 및 부정적 업체의 4.00점과 3.32점으로 낮게 평가하여 작업이력관리, 전문교육실시 필요성, 음압기 대수 산정방법 인지 3가지 항목은 모두 통계적으로 유의($p<0.001$)하게 나타났다.

Table 4-18. Summary of results between necessity of risk assessment and work history management

Classification	N	Mean	SD	SE	Confidence interval(95%)		Min	Max	F	p-value	post-hoc (Scheffe)
					Lower	Upper					
Positive(A)	27	3.963	.7061	.1359	3.684	4.242	2.0	5.0	14.537	.000	A, B>C
Normal(B)	28	3.643	.6785	.1282	3.380	3.906	2.0	5.0			
Negative(C)	25	2.680	1.2152	.2430	2.178	3.182	1.0	4.0			
Total	80	3.450	1.0299	.1151	3.221	3.679	1.0	5.0			

Table 4-19. Summary of results between necessity of risk assessment and necessity of asbestos training

Classification	N	Mean	SD	SE	Confidence interval(95%)		Min	Max	F	p-value	post-hoc (Scheffe)
					Lower	Upper					
Positive(A)	28	3.714	.9372	.1771	3.351	4.078	1.0	5.0	10.443	.000	A, B>C
Normal(B)	29	3.517	.8290	.1539	3.202	3.833	2.0	5.0			
Negative(C)	25	2.560	1.1576	.2315	2.082	3.038	1.0	5.0			
Total	82	3.293	1.0828	.1196	3.005	3.531	1.0	5.0			

Table 4-20. Summary of results between necessity of risk assessment and understanding to calculate the required number of negative pressure machine

Classification	N	Mean	SD	SE	Confidence interval(95%)		Min	Max	F	p-value	post-hoc (Scheffe)
					Lower	Upper					
Positive(A)	28	4.786	.4987	.0942	4.592	4.979	3.0	5.0	11.725	.000	A>B, C
Normal(B)	29	4.000	1.1019	.2046	3.581	4.419	.0	5.0			
Negative(C)	25	3.320	1.5199	.3040	2.693	3.947	.0	5.0			
Total	82	4.061	1.2407	.1370	3.788	4.334	.0	5.0			

5. 고찰

5.1 석면관련 제도 측면

석면해체·제거작업은 입찰방식으로 업체가 선정되고 선정업체는 대부분 일용직 근로자를 채용하여 석면해체·제거 작업을 시행하는데 경험이 있는 일용직 근로자는 제한되어 있고 학교석면해체·제거는 방학기간에 집중되어 낙찰이 되더라도 업체는 해체·제거 팀을 구성하기 어려운 상황에 직면하였다. 이러한 상황은 안전성평가 등급을 입찰에 반영하고 석면해체·제거작업 근로자의 교육이수 제도를 개설하면 극복이 될 수 있을 것으로 가설을 설정하여 설문한 결과 학교 석면해체·제거의 경우 학생들이 등교하지 않는 방학기간에 집중적으로 이루어져 해체·제거 팀 구성에 문제가 있다는 응답이 57개 업체(35.4%)로 다수를 차지하였고, 안전성평가 결과 고등급(S등급, A등급)인 업체가 입찰에 혜택을 받아야 한다는 응답이 34개 업체(37.8%)로 다수를 차지하였다. 해체·제거업체는 방학기간에 집중되는 학교 석면해체·제거 작업으로 팀 구성이 어렵다는 의견은 예측이 가능했으나 근로자 교육이수가 필요하다는 응답은 30개소(33.3%)로 안전성평가 결과 고등급(S등급, A등급)인 업체가 입찰에 혜택을 받아야 한다는 응답에 비해 약간 낮은 것으로 보아 해체·제거 업체는 양질의 근로자를 확보하는 것 보다 입찰의 우선권에 조금 더 관심을 보이고 있다고 사료된다. 이런 업체의 의견에 근로자, 정부, 유관기관과 같은 이해관계자의 의견을 수렴하여 석면 해체·제거작업 근로자가 전문적인 교육프로그램을 이수할 수 있는 제도를 만들어 숙련된 근로자를 만들 필요가 있고, 추가적으로 학교 석면해체·제거작업이 방학기간 동안에 집중되는 현상을 예방하기 위해 관련 정부부처가 다년간 장기적으로 작업을 균등 분할하여 입찰을 하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 본 연구의 설문조사 당시에는 안전성평가 등급이 입찰에 반영되지 않았으나, 2019년도 여름방학부터 일부 교육청(지청)에서 학교 석면해체·제거작업 입찰에 적격성 심사 항목을 추가하여 안전성평가 등급을 반영하기 시작하고 있었다(예: S등급 +2, A등급 +1, B등급 0, C등급 -1, D등급 -2). 석면해체·제거작업 안전성평가 고등급 업체에 주어지는 가중치는 2019년도부터 본격적으로 학교 석면해체·제거작업 입찰에 한정하여 적용되고 있으나 정부 부처 간의 협조를 통해 학교뿐만 아니라 다른 현장에도 확대 적용되는 것이 필요하다고 판단된다.

석면해체·제거업체로 등록하기 위해서는 등록 인력이 2명 이상 필요한데 타 지정기관의 요건인 3명 이상과 비교해 1명이 적은 편이다. 따라서 3명으로 등록 인력수를 강화하려는 가설로 설문을 실시한 결과 업체들은 현재 등록인력 수준이 적절(49개 업체, 38.9%)하다고 응답하였다. 이는 등록 인력이 증가하면 정규직 채용에 따른 인건비 상승을 우려한 응답인 것으로 사료되지만, 고용노동부에 석면해체·제거업체로 등록만 하고 실제로 공사를 하지 않는 경우가 발생하고, 일반 건축물 철거 입찰은 석면해체·제거업체도 등록이 되어 있는 업체에게 유리하게 작용되어 낙찰만 받고 석면해체·제거작업은 재 하도급을 주는 사례가 발생함에 따라 이해관계자의 의견을 수렴하여 제도를 강화할 필요가 있다고 사료된다. 설문에서 인력 및

자격기준을 강화하자는 의견도 25개 업체(19.8%)로 나타나 제도 강화를 뒷받침 하고 있다.

석면해체·제거업체는 해체·제거업자로 고용노동부에 등록할 당시에는 필수 장비(고성능필터가 장착된 음압기, 음압기록장치, 고성능필터가 장착된 진공청소기, 위생설비, 송기마스크 또는 전동식 호흡보호구, 습윤장치)를 최소 1대 이상씩 구매하여 고용노동부로부터 등록증을 발급받고, 등록 이후 석면해체·제거작업을 할 때 규모가 큰 공사의 경우 자가 장비 대수의 한계가 있어 음압기 및 음압기록장치를 추가로 임대하여 사용하고 있는 실정이다. 자가 장비는 검정 및 교정을 하여 관리가 되는 반면 임대 장비는 검정 및 교정의 이력을 확인하기 어려운 실정이다. 따라서 임대 장비의 검정 및 교정이 필요하다는 가설을 설정하고 설문을 한 결과 석면해체·제거업체는 주기적인 교정이 필요하다고 다수인 45개 업체(32.1%)가 응답하였다. 해체·제거업체도 임대한 장비의 신뢰성을 예측할 수 없어 임대장비의 성능을 보증하는 방법이 필요하다는 것으로 해석된다. 따라서 장비를 임대하는 경우 '교정대상 및 주기설정을 위한 지침(국가기술표준원 고시 제2015-499호)'에 따라 교정된 음압기 및 음압기록장치 사용을 유도하도록 안전성평가 항목에 관련내용을 신설하는 제도적 개선이 필요하다고 판단된다.

감리의 경우 작업중지 또는 시정의 권한이 석면배출허용기준과 공기 중 석면농도 측정값이 초과할 경우에만 권한이 있어 실효성이 떨어지므로 감리 권한의 강화가 필요하다는 가설을 설정하고 설문하였으나, '석면농도기준을 초과하였을 경우, 작업의 중지 또는 시정보다는 원인을 파악하여 보완 또는 보수 후 작업지속'이 57개 업체(43.5%)로 대부분의 업체가 감리제도의 현상유지 또는 강화되더라도 작업 중지보다는 보수 또는 보완을 할 수 있는 계도기간 부여 정책을 희망하고 있었다. 이는 업체들이 감리로부터 간섭받기 싫어하는 현실을 보여주었다. 반면에 '석면해체·제거 작업방법이 규정에 위반되었을 경우, 감리인이 시정을 지시할 수 있는 권한이 필요'도 30개 업체(22.9%)로 감리의 권한 강화에 동의하는 업체도 있었다.

석면해체·제거 작업에 따른 위생설비 사용은 지속적으로 해체·제거업체 및 근로자들에게 논란이 되고 있다. 특히, 물 샤워에 대한 거부감과 불만이 가장 많으며, 그로 인해 반도체 공장 또는 식품공장에서 출입 전에 통과하는 에어샤워 방식의 설비를 위생설비에 추가해달라는 요구가 있었다. 이러한 의견이 본 연구의 설문 조사에서도 반영되어 다수의 응답자(57.6%)가 에어샤워를 선호하는 것으로 나타났으나, 에어샤워가 충분히 석면 분진을 제거할 수 있다는 과학적인 근거를 기반으로 한 의견이라기보다는 물 샤워에 대한 부담을 덜 수 있는 현실적 대안이라 생각되어 제시한 것으로 사료된다. 그러나 미국의 경우도 석면해체·제거작업 후 위생설비 내에서 물 샤워를 하도록 규정하고 있어(OSHA, 2012), 물 샤워와 에어샤워를 병행할 수 있도록 허용하기 위해서는 에어샤워로 석면 분진을 충분히 제거할 수 있다는 과학적 근거가 마련되어야 할 것으로 사료된다.

석면해체·제거업체가 석면해체·제거 작업을 고용노동부에 신고할 때 해체·제거 작업에 참여할 근로자를 명시해야 하고, 신고 시 등록한 근로자가 중간에 변경되면 변경신고를 제출하도록 제도화하고 있다. 하지만 업체 입장에서는 변경신고에

대한 불편을 해소하기 위해 최초 신고할 때 다수의 해체·제거근로자(팀) 또는 일용직 근로자를 일괄 등록하고 있다. 그로 인해, 여러 개의 현장에 작업하는 근로자를 한꺼번에 신고할 경우 동일 근로자가 여러 현장에 동시에 등록되어 해당 근로자가 어느 현장에서 실제로 근무했는지 파악하기 어려운 실정이다. 따라서 변경신고가 간소화되면 실제 작업하는 근로자를 계획서에 등록할 수 있다고 가설을 설정하였고 설문 응답결과 해체·제거업체도 변경이 필요하다고 인지하고 있으며, 개선 방안으로는 '석면해체·제거근로자 변경 시 변경신고서 제출만으로 변경 가능하게 하여 근로자 신고 누락 방지'(설문 참여 업체의 40%)를 가장 선호하는 것으로 나타났다.

현재 석면해체·제거근로자의 교육은 제도적으로 강제되지 않고 있다. 따라서 근로자의 기술부족으로 인한 작업의 부실이 지적되고 있는 실정이고 근로자의 전문교육작업경력관리와 전문교육이 필요한 상황이다. 근로자의 석면해체·제거 이력은 안전보건공단의 안전성평가를 위해 작성하는 완료보고서에 기록되어 이력관리프로그램(K2B)에 등록되고 있으나, 고용노동부의 신고대상이 아닌 소규모 해체·제거 현장은 이력이 등록되고 있지 않다. 또한 해체·제거 근로자들은 일반 건설현장에서 작업하기 위해 필요한 건설업 기초안전보건교육만 이수할 뿐 석면과 관련된 전문화교육을 이수하는 제도가 마련되어 있지 않아 대부분 석면관련 교육을 이수하지 않는 관리의 사각지대에 놓여있다. 특히 근로자의 이력이 관리되면 산업안전보건법 시행규칙 제214조에 따라 안전보건공단으로부터 건강관리카드(10년 이상의 석면함유제품을 해체·제거 또는 보수하는 업무에 종사한 작업이력이 있는 근로자 등)를 발급받아 퇴직 후 매년 1회 석면에 관한 특수건강검진을 무료로 받을 수 있다. 한편, 석면해체·제거업자로 등록하려는 자는 석면해체·제거 관리자 과정을 이수하도록 산업안전보건법에 명시되어 있으나, 1급 발암성 물질인 석면을 직접 취급하는 해체·제거근로자에 대해서는 전문교육 이수 의무가 없다. 따라서 해체·제거 근로자 이력관리 및 석면관련 전문교육을 도입하는 제도적인 장치 마련이 필요할 것으로 판단된다.

실내에서 텍스와 같은 석면함유 자재를 해체·제거하기 위해서는 비닐로 내부를 보양하고 음압을 유지하기 위해 작업면적에 따라 음압기의 용량을 고려하여 음압기 대수를 산정 및 사용해야 한다. 그러나 법적으로 음압만 유지하도록 규정되어 있을 뿐 음압기 대수, 음압수준에 대해서는 구체적인 기준이 마련되어 있지 않다. 따라서 안전성평가 등급이 낮은 해체·제거업체는 음압기 대수산정 방법이나 계산에 따른 최소 필요 음압기 대수를 작업장에 비치하는 것에 대한 관심도가 떨어져 있는 것으로 추정된다. 이에 따라, 석면해체·제거 작업을 고용노동부에 신고할 때 음압 유지를 위해 필요한 음압기 대수를 산정하고, 이를 확보할 방안(자체 보유 또는 임대)을 포함하도록 하면 근로자 안전을 위한 음압유지가 이루어질 수 있을 것으로 사료된다.

산업안전보건법에 따라 석면해체·제거업체는 텍스를 해체할 경우 드라이버로 나사못을 제거한 후 한 장씩 인력으로 제거하며 동시에 음압을 유지하고 있다. 음압유지 불필요(36.8%)가 음압유지 필요(25.4%)보다 유의하게 높게 나타난 것은 해체·제거업체가 음압을 유지하고 작업하는 것이 번거롭거나 어렵다는 반증이라고 할 수

있겠다. 또한, 음압의 권고기준(KOSHA guide H-70-2019; KOSHA, 2019)이 -0.508 mmH2O 이하이지만 법적으로는 음압만 유지해도 됨에도 불구하고 음압유지 대신 1 시간당 4회 이상 환기 적용(OSHA 연방규정 29CFR1926 Sec. 1926.1101 Asbestos; OSHA, 2012)이 필요하다고 응답(17.5%)한 것은 석면해체・제거업체에서 음압유지의 어려움 또는 업무의 편의성이 기여한 것으로 볼 수 있다.

석면해체・제거작업은 규정상 개인보호구를 착용하고 작업하며 작업장 바깥으로 일시적으로 나갈 때에는 위생설비를 통과하고 헤파(HEPA)필터가 장착된 진공청소기로 작업복에 붙어 있는 석면분진을 모두 제거한 다음 나가야 한다. 여기서 일시적이라는 표현이 명확하지 않아 현장에서는 다양하게 해석하고 있다. 일시적이 아닐 경우는 작업복에 붙어 있는 석면분진을 진공청소기로 제거하면 안되고 반드시 물샤워를 하고 나가야 한다. 일시적이라는 의미를 해체・제거업체가 확대하여 해석 할 것이라는 가설을 설정하여 설문을 한 결과 예상대로 '석면분진이 발암물질인데 일시적으로 먼지를 제거하고 작업복을 착용한 채로 밖으로 나오는 것은 매우 위험하다.' 라는 설문 항목에 공감한 응답이 22명(17.1%)로 낮게 나타났다. 한편, '일시적이라는 용어의 해석을 고시 또는 관련 지침에서 정확하게 명시하는 것이 필요하다.' 라는 설문 항목에 공감한 응답 비율이 22명 (17.1%) 나타나 이해관계자들의 의견을 수렴하여 용어의 정의를 명확하게 정비할 필요가 있을 것으로 판단된다.

석면함유 벽체・바닥타일・천장재를 물리적으로 깨거나 기계 등을 이용하여 절단하는 작업은 반드시 음압을 유지해야 하는데, 천장의 텍스를 드라이버로 해체하는 것을 물리적인 작업으로 봐야하는지 논란의 소지가 있다. 해체・제거업체의 경우 텍스를 드라이버로 해체하는 것이 물리적인 작업에 해당하지 않는다면 음압을 유지하지 않아도 되어 철거비용을 절감할 수 있어 물리적인 작업의 해석을 확대할 것으로 가설하여 설문한 결과 다수인 42개 업체(36.8%)가 '문구 그대로 물리적으로 깨거나 기계 등을 이용하여 절단하는 경우가 아닌 드라이버로 텍스의 나사못을 제거하는 경우에는 음압유지 불필요' 에 응답하였다. 해체・제거 업체의 경우 비용절감 측면에서 당연한 선택이나 실제 작업하는 근로자, 석면이 포함된 텍스가 해체되고 난 이후 다른 작업에 투입되어야 하는 또 다른 근로자의 건강보호 측면도 고려되어야 할 사항이라고 사료된다. 따라서 동 문구의 해석 또한 다양한 의견을 수렴해야 할 것이다.

'석면이 함유된 벽체, 바닥타일 및 천장재의 해체・제거작업 중 {천공(穿孔)작업 등 석면이 적게 흩날리는 작업을 하는 경우에는 나목의 조치로 한정한다.}' 라는 규정은 천공작업의 경우 물이나 습윤제를 사용하여 습식으로 작업할 수 있어 편리하나 천공의 정의가 어느 범위까지 인정되는지는 규정되어 있지 않다. 따라서 업체의 경우 텍스를 몇장 제거하는 것도 천공으로 확대 해석한다는 가설을 설정하여 설문한 결과 '나사못을 풀어 깨진 텍스를 몇 장 제거하는 작업도 석면이 적게 흩날리는 작업이므로 이 조항에 해당' 한다고 44개 업체(38.9%)가 응답하여 가설을 뒷받침한다. 법령의 문구에 대한 해석은 위의 '일시적', '물리적' 해석과 마찬가지로 이해관계자의 의견이 충분히 수렴되어 결정되어야 할 것으로 판단된다.

5.2 석면안전성평가 제도 측면

안전성평가 사업이 석면해체 · 제거업체를 평가하는데 필요하다는 필요성을 독립변수(긍정, 중립, 부정)로 두고 근로자의 전문교육 작업경력관리 필요성, 근로자의 전문교육 필요성, 음압기 대수 산정방법 이해정도에 대해 분산분석한 결과 안전성평가 제도에 긍정적인 업체와 중립인 업체는 석면해체 · 제거 근로자의 전문교육 작업경력관리와 전문교육이 필요하다고 유의하게 답하였고, 음압기 대수 산정의 인지에 대해서는 안전성평가 제도에 긍정적인 업체가 중립 및 부정적인 업체들보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다($p<0.001$).

안전성평가 등급이 높은 업체에게 혜택을 부여해야 한다는 의견과 혜택을 부여하지 말아야 한다는 의견이 50.6%와 49.4%로 비슷하게 나타났다. 이러한 경향성은 설문 참여 업체의 안전성평가 등급에 따라 유리한 방향으로 설문조사에 응답했기 때문인 것으로 추정된다. 예를 들면, 안전성평가 등급이 높은 업체는 대체로 높은 등급에 혜택을 원하고 있으며, 반대로 안전성평가 등급이 낮은 업체는 높은 등급의 업체에 혜택을 부여하는 것에 부정적인 것으로 추정된다. 한편, 안전성평가 등급에 따른 혜택 부여는 석면해체 · 제거업체가 보다 안전한 석면 작업을 위해 노력하는 동기 부여에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

안전성평가 필요성을 독립변수(긍정, 중립, 부정)로 하고 모든 설문 문항에 대하여 Chi-Squared 검정 결과 유의한 차이를 보인 항목은 '안전보건공단의 안전성평가에서 상위등급(S등급, A등급)을 받은 업체가 입찰시 또는 적격심사 시 혜택을 받을 수 있는 제도가 없음($p=0.014$)', '안전성평가에서 고등급(S등급, A등급)을 받은 업체에게 입찰 또는 적격심사 시 우선권을 부여하여야 함($p=0.12$)', '석면해체 · 제거 작업의 각 단계별로 감리의 서명확인을 받도록 하는 것이 필요($p=0.34$)', '감리완료보고서를 좀 더 구체화하여 작업일, 시간대별로 작업상황과 증거 자료를 제시하는 것이 필요($p=0.020$)', '드라이버로 텍스를 제거하는 경우, 나사못을 푸는 작업에서 석면먼지가 많이 날리므로 석면먼지가 밖으로 나가지 못하도록 음압유지 필요($p=0.10$)' 5가지 항목이었다. 안전성평가 필요성에 긍정적인 업체는 중립 또는 부정적인 업체에 비하여 안전성평가 상위등급이 더 많은 혜택 또는 적격성심사에서 우선권이 부여되기를 희망하였고, 감리는 권한의 강화보다는 감리보고서를 구체적으로 작성하거나 감리의 단계별 확인이 강화되기를 바라고 있었으며, 드라이버로 텍스를 제거하는 경우에도 음압유지가 반드시 필요하다고 판단한 것으로 비추어 보면 감리의 강화에는 반대하고 안전성평가 고등급에 따른 혜택, 음압유지는 중요한 항목으로 판단하고 있는 것으로 보인다.

기여도를 독립변수(긍정, 중립, 부정)로 하고 필요성을 5점 리커트 척도(Likert Scale)로 하여 기여도와 필요성에 대한 일원배치 분산분석을 실시한 결과 석면안전성평가 사업이 안전한 석면해체 · 제거작업 정착에 긍정적이라는 의견을 보인 업체는 석면안전성평가 사업이 필요하다고 유의한($p<0.001$) 답변을 하였다.

5.3 연구의 한계점 및 향후 연구방향

본 연구의 설문조사 결과를 일반화하기 위해서는 2가지 측면의 후속 연구가 필요하다. 첫째, 본 연구는 석면해체・제거업체에 설문지를 배포한 후 무기명으로 작성한 설문지를 회수하여 분석에 사용하였다. 그로 인해, 설문에 참여한 업체의 안전성평가 등급이 설문 응답에 영향을 미칠 수 있음에도 불구하고 안전성평가 등급이 어떠한 형태로 설문 응답에 영향을 미쳤는지 분석할 수 없었다. 이러한 응답 편의성을 보정한 분석을 위해서는 설문 응답 업체의 안전성평가 등급을 설문지에 기록하도록 해야 하나, 그렇게 할 경우 설문 참여 업체의 정보를 공개해야 하는 부담과 정보 공개에 따른 업체의 식별 가능성으로 인해 오히려 진실한 설문 응답을 저해할 수 있다. 따라서 본 연구는 설문 업체에 대한 정보를 설문지에 기록하지 않았으나, 후속 연구로 안전성평가 등급과 설문 항목 간의 연관성에 대한 검증 연구가 필요하다고 사료된다. 둘째, 본 연구는 석면해체・제거업체(2,170개)에 설문지를 배포하여 총 83개를 회신 받아 분석에 활용하였다. 본 연구의 표본 수는 조사 대상 모집단의 약 3.8%로 통계적 대표성이 다소 미흡한 수준이다. 따라서 본 연구의 설문 결과를 일반화하기 위해서는 보다 많은 표본에 대한 후속 설문 조사가 필요하다고 판단된다.

6. 결론

본 연구의 조사 결과에 따르면 석면해체·제거 업체는 양질의 해체·제거작업 근로자 확충의 필요성을 인식은 하고 있지만 업체의 이익에 도움이 되는 안전성평가 결과 등급이 입찰에 적용되기를 희망하고 있었고, 학교석면해체·제거작업은 방학기간에 집중되어 석면해체·제거 팀을 구성하는데 어려움을 겪는 것으로 파악되었으며, 석면해체·제거업체 등록에 필요한 인력을 3명으로 증가시키는 것을 부담스러워 하였다. 자가 운영하는 음압기 및 음압기록장치 이외에 대규모 공사로 인해 추가로 임대하여 사용하는 음압기 및 음압기록장치는 주기적인 검정 및 교정을 희망하였고, 음압기 대수 산정방법에 대해 잘 모른다는 응답이 다수로 나타났으며, 그 이유로는 강제규정 부재 또는 번거로움이 주요 사유였다. 석면 감리제도에 대해서는 감리로 인해 공사가 중단되거나 지연되는 것에 대한 부담을 느껴 감리의 권한 강화에 대해서는 부정적인 의견이었다. 석면해체·제거작업에서 사용하는 위생설비 내 샤워에 대한 생각으로는 물 샤워뿐만 아니라 에어샤워도 가능하도록 변경하기를 희망하였다. 석면해체·제거업체가 석면해체·제거 작업을 고용노동부에 신고할 때 해체·제거 작업에 참여할 근로자를 명시해야 하고, 신고 시 등록한 근로자가 중간에 변경되면 변경신고를 제출하도록 제도화하고 있는데, 변경신고가 불편하여 업체에서는 최초 신고할 때 다수의 해체·제거근로자(팀) 또는 일용직 근로자를 일괄 등록하고 있다. 그로 인해, 여러 개의 현장에 작업하는 근로자를 한꺼번에 신고할 경우 동일 근로자가 여러 현장에 동시에 등록되어 해당 근로자가 어느 현장에서 실제로 근무했는지 파악하기 어려운 상황이 발생하므로 해체·제거 업체에서는 고용노동부의 변경신고가 간소화되기를 희망하고 있었다. 석면해체·제거작업 근로자의 교육은 현재 제도가 없는 상태로 업체, 근로자, 정부, 유관기관의 이해관계자가 의견을 수렴하여 제도적 장치를 마련할 필요가 있고, 음압기 대수 산정에 대한 기준도 필요시 제도를 마련할 필요가 있다고 판단된다. 산업안전보건법 중 일부 법령의 해석으로는 해체·제거업체에게 유리한 다수 보수적인 해석이 주를 이루었다. ‘일시적’이라는 용어를 ‘작업복에 부착된 석면분진을 제거하고 나간다면 일시적이라는 문구를 좀 더 확대 해석하여 휴식시간 또는 점심시간을 포함하는 것도 좋을 듯’이라는 답변 비중이 가장 높았고, ‘석면함유 벽체·바닥타일·천장재를 물리적으로 깨거나 기계 등을 이용하여 절단하는 작업’에서 물리적인 작업은 ‘문구그대로 물리적으로 깨거나 기계 등을 이용하여 절단하는 경우가 아닌 드라이버로 텍스의 나사못을 제거하는 경우에는 음압유지 불필요’가 다수로 응답하였으며, ‘석면이 함유된 벽체, 바닥타일 및 천장재의 해체·제거작업 중 {천공(穿孔)작업 등 석면이 적게 흩날리는 작업을 하는 경우에는 나목의 조치로 한정한다.}’에서 천공작업은 ‘나사못을 풀어 깨진 텍스를 몇 장 제거하는 작업도 석면이 적게 흩날리는 작업이므로 이 조항에 해당’이 다수로 응답하였다.

안전성평가 사업의 필요성과 전문교육 작업경력관리 필요성, 근로자의 전문교육 필요성, 음압기 대수 산정방법 이해정도에 대해 분산분석한 결과 안전성평가 제도

에 긍정적인 업체와 중립인 업체 그리고 부정적인 업체사이에 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 안전성평가 등급이 높은 업체에게 혜택을 부여해야 한다는 의견과 혜택을 부여하지 말아야 한다는 의견이 50.6%와 49.4%로 비슷하게 나타났고, 안전성평가 필요성을 독립변수(긍정, 중립, 부정)로 하고 모든 설문 문항에 대하여 Chi-Squared 검정 결과 유의한 차이를 보인 항목은 '안전보건공단의 안전성평가에서 상위등급(S등급, A등급)을 받은 업체가 입찰시 또는 적격심사 시 혜택을 받을 수 있는 제도가 없음(p=0.014)', '안전성평가에서 고등급(S등급, A등급)을 받은 업체에게 입찰 또는 적격심사 시 우선권을 부여하여야 함(p=0.12)', '석면해체·제거작업의 각 단계별로 감리의 서명확인을 받도록 하는 것이 필요(p=0.34)', '감리완료보고서를 좀 더 구체화하여 작업일, 시간대별로 작업상황과 증거 자료를 제시하는 것이 필요(p=0.020)', '드라이버로 텍스를 제거하는 경우, 나사못을 푸는 작업에서 석면먼지가 많이 날리므로 석면먼지가 밖으로 나가지 못하도록 음압유지 필요(p=0.10)' 5가지 항목이었다. 기여도를 독립변수(긍정, 중립, 부정)로 하고 필요성을 5점 리커트 척도(Likert Scale)로 하여 기여도와 필요성에 대한 일원배치 분산분석을 실시한 결과 석면안전성평가 사업이 안전한 석면해체·제거작업 정착에 긍정적이라는 의견을 보인 업체는 석면안전성평가 사업이 필요하다고 유의한(p<0.001) 답변을 하였다.

참고문헌

고용노동부. 산업안전보건법. 2009.

고용노동부. 산업안전보건법. 2020a.

고용노동부. 석면조사 및 안전성 평가 등에 관한 고시(제2015-19호). 2015a.

고용노동부. 석면조사기관 및 석면해체・제거업자 종사인력의 교육에 관한 규정(제2015-40호). 2015b.

고용노동부. 석면해체・제거업자 종사인력의 교육에 관한 규정(제2020-15호). 2020b.

고용노동부. 석면조사 및 안전성 평가 등에 관한 고시(제2020-13호). 2020c.

고용노동부. www.moel.go.kr. 2020d.

국토환경정보센터. www.neins.go.kr. 2020.

강성규, 안연순, 정호근. "1990년대 한국의 직업성암". 대한산업의학회지 13,351-9. 2001.

권지운. 국내 석면조사기관의 품질관리 수준에 대한 평가. 한국산업보건학회지. 2019: 29(2): 217-225. doi.org/10.15269/JKSOEH.2019.29.2.217

김동일. 유해인자에 의한 건강영향과 관리 (석면). 산업안전보건연구원. 2008.

김정만, 김강윤, 김동일, 김원술, 김정은, 김치년 등. 석면. 동화기술. 2012.

김지영, 이송권, 이정희, 임무혁, 강성욱 등. 석면 해체・제거시 공기 중 노출수준과 영향요인. 한국산업위생학회지. 2009;19(1):8-15.

남명숙. 석면 정책 변동과정에 관한 연구. 부경대학교 행정학박사. 2016.

노동부. 석면관리 종합대책. 2007.

노동부. 산업안전보건법. 2008.

노동부. 석면조사 및 정도관리규정(제2009-32호). 2009.

노영만 등. 석면해체제거작업 안전성 확보 방안 연구. 산업안전보건연구원. 2016.

박동욱, 최상준, 윤충식. 우리나라 석면 취급 산업장 석면 농도에 대한 고찰. 한국산업위생학회지. 2009;19(3):307-320.

박두용, 백남원. 석면슬레이트 제조 및 석면방직사업장 근로자의 석면분진폭로. 한국산업위생학회지. 1988;14(2):13-27.

박재락. 울산지역 석면해체 종사 근로자의 석면 노출 실태와 유연성 인삭 제고 방안 연구. 부산가톨릭대학교 이학석사. 2016.

백남원, 이영환. 석면취급 사업장 근로자의 석면폭로 특성에 관한 연구. 한국산업위생학회지. 1991;1(2):144-153.

손지화. 석면 이해집단의 위해도 소통과 관리정책 인식도에 관한 연구. 한양대학교 보건학 박사. 2013.

서병원. 실내의 석면농도 실태 조사 및 저감에 관한 연구. 광운대학교 공학박사. 2013.

서울특별시교육청. 석면해체・제거공사 적격심사 세부기준(제2018-163호). 2018.

염현수. 석면 슬레이트 지붕의 위험성 분석 및 관리방안의 제도개선 연구. 가천대학교 공학석사. 2018.

이지수. 폐석면광산 광해방지 국제기준 정립 연구. 한양대학교 공학석사. 2016.

임현술, 김동훈, 최정근, 강성규. "안전관리자의 석면물질 관리과정에서 발생한 악성중피종 1례".『동국의학』. 8, 148-56. 2001.

장공화, 하권철. 산업안전보건교육이 산업재해발생에 미치는 영향에 관한 연구. 한국산업보건학회지. 2016: 26(1): 90-98. doi.org/10.15269/JKSOEH.2016.26.1.90

정순희, 김형렬, 고상백, 용석중, 최병순, 안연순 등, "감시체계를 통해 파악한 악성중피종의 역학적 특성".『대한산업의학회지』. 18, 46-52. 2006.

정임수. 도시건축물의 석면관리에 관한 연구 (석면건축물의 해체 및 제거), 인제대학교 공학석사. 2014.

조규선, 이광원, 김태훈 등. 석면 해체·제거 작업 안전성 확보를 위한 매뉴얼 개발. 산업안전보건연구원. 2018.

한국산업안전보건공단. 석면해체・제거작업 안전성평가 평가자 업무매뉴얼. 2020.

한국산업안전보건공단. www.kosha.or.kr 석면해체・제거작업 안전성평가 결과 및 S 등급업체(3년간) 공표. 2019.

환경부. 석면안전관리법. 2020.

환경부. 폐기물관리법. 2020.

피영규. 우리나라 석면함유제품 취급 사업장의 공기 중 석면 농도의 시간적 변화. 한국산업보건학회지. 2016;26(4):454-465. doi.org/10.15269/JKSOEH.2016.26.4.454

Aberle, D. R., Gamsu G., Ray, C. S., Feuerstein, I. M. Asbestos-related pleural and parenchymal fibrosis: detection with high-resolution CT. Radiology, 166, pp. 729-734. 1988.

ATC Group Services LLC. Asbestos Project Monitor Manual. 2018.

Bernstein, D. M., Chevlier, J., Smith, P. Comparison of calidria chrysotile asbestos to pure tremolite: inhalation biopersistence and histopathology following short-term exposure. Inhal toxicol, 15, pp. 1387-1419. 2003.

Brody, A. R., Hill, L. H., Adkins, B., et al. Chrysotile asbestos inhalation in rats: deposition pattern and reaction of alveolar epithelium and pulmonary macrophages. Am Rev Respir Dis, 123, pp. 670-679. 1981.

Clinkenbeard JP, Churchill RK, Lee K. Guidelines for geologic investigations of naturally occuring asbestos in California. California Department of Conservation, California Geological Survey, Sacramento, CA, 2002.

Cooke, W. E. Pulmonary asbestosis. Br Med J, 2, pp. 1024-1025. 1927.

Craighead, J. E., Mossman, B. T. The pathogenesis of asbestos-related diseases. N Engl J Med., 306, pp. 1446-1455. 1982.

Dee, P. Inhalational lung diseases. In: Imaging of diseases of the chest. 3rd ed. London, United Kingdom: Mosby, Harcourt, pp. 485. 2000.

Discover U.S. Government Information(www.govinfo.gov), Code of Federal Regulations, 2020.

Dodson, R. F., Atkinson, M. A. L., Levin, J. L. Asbestos fiber length as related to potential pathogenicity: a critical review. Am J Ind Med, 44, pp. 291-297. 2003.

Doll, R. Mortality from lung cancer in asbestos workers. Br J Ind Med, 12, pp. 81-86. 1955.

Gamsu, G., Salmon, C. J., Blanc, P. D. CT quantification of interstitial fibrosis in patients with asbestosis: a comparison of two methods. Am J Roentgenol, 164, pp. 63-68. 1995.

Hammond, E. C., Selikoff, I. J., Seidman, H. Asbestos exposure, cigarette smoking and death rates. Ann N Y Acad Sci, 330, pp. 473-490. 1979.

Hodgson, J. T., Darnton, A. The quantitative risks of mesothelioma and lung cancer in relation to asbestos exposure. Ann Occup Hyg, 44, pp. 565-601. 2000.

Hofseth, L. J., Saito, S., Hussain, S. P., et al. Nitric oxide-induced cellular stress and p53 activation in chronic inflammation. Proc Natl Acad Sci USA, 100, pp. 143-148. 2003.

Iwagaki, A., Choe, N., Li, Y., et al. Asbestos inhalation induces tyrosine nitration associated with extracellular signal-regulated kinase 1/2 activation in the rat lung. Am J Respir Cell Mol Biol, 28, pp. 51-60. 2003.

Langer A.M, Nolan R.P, Chrysotile : Its occurrence and porperties as variables controlling biological effects, Annals Occupational Hygiene. 1994;38(4):427-451

Lee, K. P. Lung response to particulates with emphasis on asbestos and other fibrous dusts. Crit Rev Toxicol, 14, pp. 33-86. 1985.

Mills, R. G. Pulmonary asbestos-report of a case. Minn Med, pp. 495-499. 1930.

Occupational Safety and Health Administration(OSHA, www.osha.gov). 2020.

Occupational Safety and Health Administration(OSHA). Asbestos(29CFR1926 Sec. 1926.1101(b)). 2012.

Raizon, A., Schwartz, A., Hix, W., et al. Calcification as a sign of sarcomatous degeneration of malignant pleural mesotheliomas: a new CT finding. J Comput Assist Tomogr, 20, pp. 42-44. 1996.

Rihn, B., Coulais, C., Kauffer, E., et al. Inhaled crocidolite mutagenicity in lung DNA. Environ Health Perspect, 108, pp. 341-346. 2000.

Rom, W. N. Environmental and occupational medicine, 2nd ed. Boston: Little, Brown and Company. 1992.

Selikoff, I. J., Greenberg, M. A. landmark case in asbestosis. JAMA, 265, pp. 898-901. 1991.

Selikoff, I. J., Lee, D. H. K. Asbestos and Disease. Academic Press, New York. 1978.

Sluis-Cremer, G. K., Hnizdo, E. Progression of irregular opacities in asbestos miners. Br J Ind Med, 46, pp. 846-852. 1989.

Tossavainen, A. World asbestos epidemic. 6th International Scientific Conference. 2005.

Upton, A. C., Barrett, J. C., Becklake, M. R., et al. Health effects institute-asbestos research. Asbestos in public and commercial buildings. a literature review and synthesis of current knowledge. Health Effects Institute, Cambridge. 1991.

Wagner, J. C., Sleggs, C. A., Marchand, P. Diffuse pleural mesothelioma and asbestos exposure exposure in the northwestern cape province. Br J Ind Med, 17, pp. 260-271. 1960.

WHO(World Health Organization). Asbestos: elimination of asbestos-related diseases, http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs343/en/. 2010.

Xu, A., Zhou H., Yu, D., et al. Mechanisms of the genotoxicity of crocidolite asbestos in mammalian cells: implication from mutation patterns induced by reactive oxygen species. Environ Health Perspect, 110, pp. 1003-1008. 2002.

Abstract

A Study on Improvement Measures of Asbestos Abatement for Related Policies and Risk Assessment

Jaepil Chang
Department of Safety and Health, Graduate School
University of Ulsan

In the late 1970s, asbestos was found to be able to induce lung cancer, pneumonia, and malignant tumors in the pleura when inhaling asbestos powder through breathing, so the International Cancer Research Institute(IARC) under the World Health Organization(WHO) designated asbestos as a first-class carcinogen. In the Republic of Korea, in January 2000, regulations prohibiting the manufacture, import, transfer or use of Crocidolite(blue asbestos) and Amosite(brown asbestos) in the Occupational Safety and Health Act to protect the health of workers due to asbestos were enforced. Since then, the manufacture, import or use of all asbestos products has been completely banned from 2009.

Until now, studies on the exposure of workers to asbestos have been continuously conducted in Korea according to the manufacture and use of asbestos-containing products. But, research on problems and improvement measures for risk assessment and introduction of asbestos-related systems to induce safe decomposition and removal of asbestos is insufficient. Therefore, in this study, for asbestos abatement companies registered in the Ministry of Employment and Labor, major opinions and directions for improvement were identified on the system related to asbestos abatement, the demand and necessity of risk assessment, and interpretation of related laws and regulations.

In this study, a questionnaire that developed to investigate problems and improvement measures for asbestos abatement distributed to relevant companies to investigate problems and improvement plans for asbestos-related systems and risk assessment. This study systematically identified and analyzed the system improvement requirements felt at the site of asbestos abatement through statistical analysis of the survey results.

The survey result of this study (a total of 83 companies) showed regarding to a problem with the team formed for the asbestos abatement, the response rate was the highest with 35.4% of ‘there is a problem with team composition because it is concentrated during the vacation period.’ As a method of supplementing the limitations of the bidding system, 37.8% of the respondents showed that ‘the priority should be given to companies that received a high grade in the risk assessent’ was the highest. Regarding the calibration of negative pressure machines and negative pressure recording devices that are mainly used for asbestos abatement, 32.1% answered that ‘periodic calibration is necessary’, and 43.3% did not know how to calculate the number of negative pressure machines participating in the survey. The reason for this response was the absence of rules (38.9%), hassle (36.1%), and inability to learn (25%) at a similar rate. Regarding interpretation of the rules on occupational safety and health standards, the respondents of Article 494 (3) ‘temporary’, Article 495 (2) ‘Physical breaking or cutting using a machine’, Article 494 (2) ‘Perforation work’ were responded ‘Expanded interpretation including break or lunch break(35.7%)’, ‘Negative pressure maintenance is not necessary when removing the screws of the ACM tex with a screwdriver, rather than physically breaking the ACM text as it is or cutting with a machine.(36.8%)’, and 38.9% answered that ‘The work to remove a few pieces of broken tex by loosening the screw is also a work with less asbestos scattering, so it falls under this standard’ Regarding the water shower conducted after the asbestos abatement, the highest response rate was 57.6% of ‘Change low-risk work that does not have a high asbestos concentration to enable not only water shower but also air shower’, and when the asbestos abatement workers differ from the initially submitted plan, it was found that ‘when the asbestos abatement worker is changed, it is possible to change only by submitting a change report, thereby preventing omission of workers(40%)’

As a result of conducting a one-way ANOVA of contribution and necessity with the contribution of risk assessment as an independent variable (positive, neutral, negative) and necessity of risk assessment as a 5-point Likert scale, the companies that showed that the asbestos risk assessment system was positive for the establishment of safe asbestos abatement gave a significant answer that the asbestos risk assessment system was necessary. Regarding the risk assessment system, 50.6% and 49.6% of the opinions that the benefit should be given to companies with high evaluation grades and that the benefit should not be granted were similar. The need for professional training work experience management of workers, the need for professional training of workers, and the degree of understanding of how to calculate the number of negative pressure machines were analyzed on a variance(one-way ANOVA), the need for risk assessment system to

evaluate asbestos abatement companies was set as independent variables (positive, neutral, negative). As a result, companies that are positive and neutral position in the risk assessment system replied significantly that they need not only professional training work experience management of workers but also the need for professional training of workers who work asbestos abatement. In addition, companies that were positive position in the risk assessment system were significantly higher as to whether they were aware of the calculation of the number of negative pressure machines.

In conclusion, if it is completed to establish safe asbestos abatement training system for professional training work experience management of workers and professional training of workers, it is judged that there will be no difficulty in forming a team for asbestos abatement, even if the school's asbestos abatement work is concentrated on vacation. In addition, policy management should be supported so that school asbestos abatement is not concentrated on vacation. The safety evaluation result is reflected in the criteria for selecting a company in bids for asbestos abatement, and it is necessary to reinforce on-site operability to benefit companies with high evaluation grades. It is judged that there is a need to prepare measures to legislate the method of calculating the number of negative pressure machines, negative pressure machines and negative pressure recording devices need an institutional device to perform periodic calibration and calibration to ensure performance. In addition, the duties of the asbestos supervisor in the asbestos supervision system and the laws and regulations such as clearly defining ambiguous terms in the Occupational Safety and Health Act need to be supplemented and revised. It can contribute to a stable settlement of safe and efficient asbestos abatement if the system related to asbestos abatement is improved by reflecting practical demands of the site, such as simplification of document supplementation submitted to the Ministry of Employment and Labor, and introduction of air showers that supplement water showers that must be performed after asbestos abatement.

This study is meaningful in that it analyzed the problems of the related system currently applied by the asbestos abatement companies and derived practical measures. The results of this study can be used as useful data for preparing, supplementing, and revising policies related to asbestos abatement.

Key word : Asbestos, Asbestos abatement companies, Risk assessment, Asbestos training, Asbestos-related systems

[부록 : 설문지]

I. 현재 업무 체크(√)표시 부탁드려요.

1. 귀하는 현재 담당업무 ?
 ① 고용노동부 등록 관리자 ( )
 ② 비등록 현장 책임자 ( )

2. 귀하의 업무경력은 ?
 ① 3년 미만 ( ) ② 3년-5년 ( ) ③ 5년 이상 ( )

II. 석면해체제거 작업의 문제점 및 개선방안 체크(√)표시 부탁드려요.

※ 다음 글을 읽고 아래 질문에 응답 부탁드려요.

현재 석면해체제거작업은 입찰을 하는 방법으로 해체제거업체가 선정되는 방식입니다. 입찰을 받은 업체는 석면해체제거팀을 구성하여 제거작업을 하는 관계로 석면해체제거팀 구성에 어려움이 있고, 특히 학교석면제거의 경우 방학중에 동시다발적으로 발생하여 팀 구성이 쉽지 않고 이로 인해 해체제거 경험이 부족한 작업자가 투입되어 안전한 작업 확보에 어려움이 많이 있습니다.

1. 현재 석면의 해체제거작업의 입찰방식 또는 선정방법의 문제점은 무엇이라고 생각하십니까? [**다중체크(√)가능**]
 ① 석면해체제거업체의 실적, 안전성평가등급, 규정준수여부와 관계없이 입찰에 응하여 낙찰을 받는 방식이 문제가 있음 ( )
 ② 학교석면제거가 방학 중에 동시다발적으로 발생하므로 석면제거팀 구성이 어려워 입찰을 받더라도 팀 구성이 어려움 ( )
 ③ 낙찰을 받은 업체가 석면제거팀 구성시 경험이 많은 팀보다는 저비용으로 가능한 팀을 선호하여 안전한 석면제거보다는 저가의 석면제거가 이루어지는 상황임 ( )
 ④ 안전보건공단의 안전성평가에서 상위등급(S등급, A등급)을 받은 업체가 입찰시 또는 적격심사시 혜택을 받을 수 있는 제도가 없음 ( )
 ⑤ 그 밖의 의견 기술요망
 ( )

2. 위에서 지적한 입찰방식과 석면제거팀 구성에서 발생하는 문제점을 해결하기 위한 방안은 무엇이라고 생각하십니까? [**다중체크(√)가능**]

① 안전성평가에서 고등급(S등급, A등급)을 받은 업체에게 입찰 또는 적격심사시 우선권을 부여하여야 함 (　　)

② 석면해체제거 신고시 현장책임자와 해제제거작업자의 정보를 전산화하여 중복 입력 방지 (　　)

③ 해체제거 근로자의 자격요건을 강화, 즉 석면해체제거 근로자 교육이수 또는 석면해체제거 경력 보유자 등 (　　)

④ 그 밖의 의견 기술요망

(　　)

※ 다음 글을 읽고 아래 질문에 응답 부탁드려요.

현재 석면해제거작업의 등록인력의 기준이 타 지정기관과 비교시 최소 인력기준이 낮은 상태입니다. -석면해체제거등록업: 2명 -석면조사기관: 3명 -보건관련 교육기관: 3명 -작업환경측정기관: 3명, 이로 인해, 비교적 인력기준이 낮은 석면해체제거 등록업체가 쉽게 급증하고 있는 상황입니다.

3. 위에서 지적한 석면해체제거등록업의 인력기준을 타지정기관과 동일하게 정하는 것에 대하여 어떻게 생각하십니까? [**다중체크(√)가능**]

① 현재기준이 적절 (　　)

② 타 지정기관과 동일하게 인력기준을 3명으로 함(　　)

③ 안전한 석면제거를 위하여 인력뿐만 아니라 관련자격의 기준을 강화 (　　)

④ 석면해체제거업으로 등록된 관리자의 수에 따라 년간 해체제거 건수를 제한 (　　)

⑤ 타지정기관의 인력과 동일하게 석면해체제거 관리자의 보수교육실시 (　　)

⑥ 그밖의 의견 기술요망

(　　)

※ 다음 글을 읽고 아래 질문에 응답 부탁드려요.

현재 석면해제거등록업의 등록시 등록된 음압기와 음압기록장치는 사용량이 많아지면 성능이 저하되어 지속적인 관리 즉, 교정이 필요한 장비입니다. 또한 해체제거작업이 넓은 작업장소 또는 2개이상의 장소에서 해체제거작업이 동시에 이루어질 경우 음압기와 음압기록장치를 임대하여 사용하므로 장비의 성능을 보증할 수가 없는 것이 현실입니다.

4. 음압기와 음압기록장치의 성능보증을 위해 지속적인 관리, 즉 교정이 필요하고, 필요한 장비의 수를 확보하는 것이 필요한데 아래 의견에 답변 부탁드립니다. [다중체크(√)가능]
   ① 음압기와 음압기록장치는 주기적인 교정이 필요함 (　　)
   ② 필요한 장비를 임대할 경우 필히 교정을 받은 장비를 임대 (　　)
   ③ 해체제거신고시에는 등록장비와 임대장비를 구분하여 신고 (　　)
   ④ 안전성평가시 해당장비의 교정기록 확인 (　　)
   ⑤ 그 밖의 의견 기술요망
   (　　)

※ 다음 글을 읽고 아래 질문에 응답 부탁드려요.

석면해체제작업 감리인 기준에는 감리인의 업무가 다음과 같이 규정되어 있습니다. 1. 석면해체・제거작업 사업장 주변 석면배출허용기준 준수여부 관리 2. 「산업안전보건법」 제38조의5제1항에 따른 석면농도기준 준수여부 관리 3. 해당 석면해체・제거작업 계획의 적절성 검토 및 계획대로 해체・제거작업이 수행되고 있는지 여부확인 그러나 석면해체제거 작업시 감리의 작업중지 또는 시정의 권한이 석면배출허용기준과 석면농도기준의 초과시에만 적용되고 있어 석면해체제거 작업방법이 규정을 위반하였을 경우, 감리의 별다른 권한이 없어 감리제도의 실효성이 없음이 지적되고 있습니다.

5. 석면감리제도에 대한 귀하의 생각을 아래 질의 내용에 대한 답변과 의견을 부탁드립니다. [다중체크(√)가능]
   ① 석면해체제거 작업방법이 규정에 위반되었을 경우, 감리인이 시정을 지시할 수 있는 권한이 필요 (　　)
   ② 석면농도기준이 초과하였을 경우, 작업의 중지 또는 시정보다는 원인을 파악하여 보완 또는 보수후 작업지속 (　　)
   ③ 석면해체제거 작업계획서를 감리가 검토한 후 서명하여 해체제거작업 신고 (　　)

④ 석면해체제거 작업의 각 단계별로 감리의 확인을 서명확인을 받도록 하는 것이 필요 (　　)

⑤ 감리완료보고서를 좀더 구체화하여 작업일, 시간대별로 작업상황과 증거자료를 제시하는 것이 필요 (　　)

⑥ 작업중지 또는 시정사항이 발생하였을 경우, 중지(시정)명령서를 작성하도록 양식 제시 (　　)

⑦ 그 밖의 의견 기술요망

(　　)

※ 다음 글을 읽고 아래 질문에 응답 부탁드려요.

안전보건공단의 안전성평가제도는 안전한 석면해체제거작업을 위하여 실시하는 제도로 현재 C등급 이하를 받은 업체가 50.4%로 많은 수를 차지하고 있는데, 이는 안전성평가시 고등급(S, A등급) 취득의 필요성이 관련제도로 연결되어 있지 않는 결과로 보고 있습니다.

6. 안전성평가 사업이 안전한 석면해체・제거작업 정착에 어떻게 기여한다고 생각하십니까? [체크(√)표시]

매우 그렇다	대체로 그렇다	보통이다	대체로 그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
(　　)	(　　)	(　　)	(　　)	(　　)

7. 석면안전성평가 사업이 석면해체제거 업체를 평가하는데 있어서 어떻다고 생각하십니까? [체크(√)표시]

매우 필요하다	필요하다	보통이다	필요없다	매우 필요없다
(　　)	(　　)	(　　)	(　　)	(　　)

8. 안전성평가제도에 대한 귀하의 생각을 아래 질의 내용에 대하여 답변과 의견을 부탁드립니다. [다중체크(√)가능]

① 안정성평가의 고등급을 취득한 업체는 석면해체제거 입찰 또는 자격심사시 혜택을 받을 수 있어야 함 (　　)

② 안전성평가에서 고등급을 취득한 업체가 석면해제제거작업의 규정준수를 더 잘한다는 보장은 없어 현재제도로 유지 (　　)

③ 고등급을 받은 업체만 석면해체작업의 감리가 적용되는 해체작업을 할 수 있도록 함 (　　)

④ 그 밖의 의견 기술요망

(　　)

※ 다음 글을 읽고 아래 질문에 응답 부탁드려요.

안전보건공단의 석면해체제거 작업지침을 보면 해체제거 작업후 위생설비에서 호흡보호구를 착용한채로 샤워를 하도록 되어 있습니다. 그러나 현장에서는 위생설비에서 거의 샤워를 하지 않는 경우가 빈번하고, 샤워의 의미는 물샤워로만 인식되어 샤워의 번거로움을 위해 더욱더 샤워를 하지 않는 상황이 되었습니다. 그리고 위생설비안에 비치하여야 할 품목 또한 명확하지 않은 상태입니다.

9. 위에서 지적한 위생설비의 설치요건 및 작업 후 석면먼지를 제거하기 위한 샤워에 대하여 귀하의 의견은 어떠신지요? [**다중체크(✓)가능**]
   ① 물샤워만이 오염된 석면을 완벽히 제거할 수 있으므로 현재처럼 물샤워를 하도록 현재 규정 유지 (　　)
   ② 석면농도가 높지않는 저위험작업은 물샤워뿐만 아니라 에어샤워도 가능하도록 변경 (　　)
   ③ 위생설비에 들어가는 물품에 대하여 정확하게 지정하는 것이 필요함 (　　)
   ④ 그 밖의 의견 기술요망
   (　　)

※ 다음 글을 읽고 아래 질문에 응답 부탁드려요.

석면해제체거 신고시 해체제거기간이 중복되는 기간에 여러개의 작업장에 석면해체제거작업자가 중복신고되는 사례가 지적되고 있습니다. 이러한 문제로 인해 작업자가 변경될 경우 변경신고를 해야하는 번거로움이 있어서 신고명단에 없는 작업자가 석면해체제거 작업을 하는 경우가 있어 석면해체제거 신고시의 작업자 중복신고 문제가 지적되어 안전한 석면해체제거 작업의 신뢰성이 떨어지고 있는 상황입니다.

10. 위에서 지적한 석면해체작업자의 중복신고에 대하여 귀하의 의견은 어떠신지요? [**다중체크(✓)가능**]
   ① 석면해체제거 신고시 전산입력을 하도록 하여 중복신고를 방지 (　　)
   ② 석면해체제거작업자 변경시 단순히 변경신고서 제출만으로 변경가능하게 하여 작업자 신고 누락 방지 (　　)
   ③ 신고시에는 중복되었다고 하더라도, 실제로 작업한 작업자의 정보를 후에 신고 (　　)
   ④ 완료보고서 작성제도를 만들어 실제로 작업한 작업자의 정보를 입력 (　　)

⑤ 그 밖의 의견 기술요망

( )

※ 다음 글을 읽고 아래 질문에 응답 부탁드려요.

석면해제체거 작업시 석면해체제거작업자가 경력 또는 기술부족으로 인해 석면해체제거 작업이 부실하게 이루어지고 있고, 이로 인해 석면해체제거 작업의 부실이 지적되고 있습니다. 그래서, 석면해체제거 작업자의 작업이력관리 및 전문교육의 필요함이 제안되고 있는 상황입니다.

11. 석면해체제거 작업자의 전문교육작업경력관리의 필요성은 어떻다고 생각하십니까? **[체크(√)표시]**

매우 필요하다	필요하다	보통이다	필요없다	매우 필요없다
( )	( )	( )	( )	( )

12. 석면해체제거 작업자의 전문교육(외부위탁교육)의 필요성은 어떻다고 생각하십니까? **[체크(√)표시]**

매우 필요하다	필요하다	보통이다	필요없다	매우 필요없다
( )	( )	( )	( )	( )

※ 다음 글을 읽고 아래 질문에 체크 부탁드려요.

13. 귀하는 석면해체제거 작업장에서 필요한 음압기의 대수를 산정하는 방법을 알고 계시나요? **[체크(√)표시]**

잘알고있다	조금안다	보통이다	잘모른다	아주모른다
( )	( )	( )	( )	( )

13.1 음압기의 대수를 산정하는 방법을 잘 모른다면 그 이유는 무엇일까요? **[다중체크(√)가능]**

① 필요한 음압기 대수를 산정하는 방법을 배운적이 없어서 ( )

② 음압기를 대수를 산정해서 배치해야 하는 지침 또는 강제 규정이 없어서 ( )

③ 필요한 음압기의 대수를 산정해서 배치하는 일이 번거로워서 ( )

④ 그 밖의 의견 기술요망

( )

※ 다음 글을 읽고 아래 질문에 응답 부탁드려요.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제494조(위생설비의 설치 등) 제3항에서 **"사업주는 석면해체·제거작업을 하는 근로자가 작업 도중 일시적으로 작업장 밖으로 나가는 경우에는 고성능 필터가 장착된 진공청소기를 사용하는 방법 등으로 착용한 개인보호구에 부착된 석면분진을 제거한 후 나가도록 하여야 한다"** 라고 규정하고 있어 "일시적"으로 나갔다 들어오는 경우에는 샤워를 하지 않아도 되는 규정이 있으나 여기서 "일시적"이라는 문구의 해석이 다양하게 제안되고 있는 상황입니다.

14. 위에서 **"일시적"** 이라고 하는 문구는 어떻게 해석될 수 있나요?

[다중체크(✓)가능]

① 일시적이라는 것은 화장실 등 급한 용무를 해결하기 위해 필요한 경우를 말함 (　　)

② 작업복에 부착된 석면분진을 제거하고 나간다면 일시적이라는 문구를 좀더 확대해석하여 휴식시간 또는 점심시간을 포함하는 것도 좋을 듯 (　　)

③ 석면분진이 발암물질인데 일시적으로 먼지를 제거하고 작업복을 착용한 채로 밖으로 나오는 것은 매우 위험함 (　　)

④ 일시적이라는 해석을 "고시" 또는 관련지침에서 정확하게 제시하는 것이 필요함 (　　)

⑤ 그 밖의 의견 기술요망

(　　)

※ 다음 글을 읽고 아래 질문에 응답 부탁드려요.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제495조(석면해체제거작업시의 조치) 제2호의 다목에서 **"작업장소를 음압으로 유지할 것(석면함유 벽체·바닥타일·천장재를 물리적으로 깨거나 기계 등을 이용하여 절단하는 작업인 경우에만 해당한다"** 라고 규정하고 있어 "음압을 유지해야하는 조항이 천정텍스 등을 물리적으로 깨거나 기계 등을 이용하여 절단하는 작업인 것으로 한하고 있어, 천정텍스의 나사못을 전동드라이버 풀어서 제거할 경우는 음압유지 예외조항으로 되나 건물관리 현장에서는 음압유지의 유무를 두고 논란이 많은 사항입니다.

15. 위에서 **"벽체 · 바닥타일 · 천장재를 물리적으로 깨거나 기계 등을 이용하여 절단하는 작업인 경우에만 음압을 유지해야 하는"** 문구는 어떻게 해석될 수 있나요? [**다중체크(√)가능**]

① 문구 그대로 물리적으로 깨거나 기계 등을 이용하여 절단하는 경우이므로 드라이버로 텍스를 제거하는 경우에는 음압유지 불필요 ( )

② 드라이버로 텍스를 제거하는 경우, 나사못을 푸는 작업에서 석면먼지가 많이 날리므로 석면먼지가 밖으로 나가지 못하도록 음압유지 필요 ( )

③ 관련 작업시 석면농도조사 등의 연구를 통하여 정확한 기준을 제시하는 것이 필요함 ( )

④ 음압을 -0.508mmH_2O보다 강하게 유지하는 것이 쉽지 않으므로 환기횟수 4회를 적용하여 필요한 음압대수를 산정하여 가동한다면 읍압유지는 불필요함 ( )

⑤ 그 밖의 의견 기술요망
( )

※ 다음 글을 읽고 아래 질문에 응답 부탁드려요.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제495조(석면해체제거작업시의 조치) 제2호에서 **"석면이 함유된 벽체, 바닥타일 및 천장재의 해체 · 제거작업 중 {천공(穿孔)작업 등 석면이 적게 흩날리는 작업을 하는 경우에는 나목의 조치로 한정한다}"** 라고 규정하고 나목의 조치는 **"물이나 습윤제를 사용하여 습식으로 작업할 것"** 라고 규정되어 텍스 등을 천공하는 작업의 경우 습윤만 하면 되나, 천공하는 작업의 정의가 명확하지 않아 석면건축물의 관리측에서는 논란이 되고 상황입니다.

16. 위에서 **"천공작업 등 석면이 적게 흩날리는 작업을 하는 경우에는"** 문구는 어떻게 해석될 수 있나요? [**다중체크(√)가능**]

① 문구 그대로 천공을 하는 작업에 한함 ( )

② 천공작업을 어느 정도 크기로 천공하는 것인지 상세문구 필요 ( )

③ 석면이 적게 흩날리는 작업은 상당히 모호한 문구이므로 상세한 문구가 필요하고 관련고시 또는 지침에서 기술 필요 ( )

④ 나사못을 풀어 깨진 텍스를 몇장 제거하는 작업도 석면이 적게 흩날리는 작업이므로 습윤만 하면됨 ( )

⑤ 그 밖의 의견 기술요망
( )

17. 석면해체・제거 규정 중 가장 지키기 어려운 항목은 무엇입니까?

[다중체크(√)가능]

□밀폐(보양)조치	□경고표지・금지표지 설치
□개인보호구 지급 및 착용	□위생설비 설치 및 사용
□비산방지를 위한 습식작업	□석면잔재물 흩날림방지 및 잔재물처리
□밀폐장소 음압유지	□추락예방을 위한 안전조치

설문에 응해주셔서 감사드립니다 !

감사의 글

먼저 이 논문의 처음부터 끝까지 학문적으로 이끌어주시고 바쁘심에도 불구하고 항상 친절하게 수많은 검토와 보완, 지속적인 조언과 격려를 아끼지 않아주신 정기효 교수님께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다.

논문작성의 중요성을 잊지 않도록 꾸준한 충고와 원동력을 불어넣어 주신 김석택 교수님과 김재균 교수님께 마음에서 우러나오는 감사를 드리며, 논문작성 과정에서 큰 도움을 주신 노영만 교수님, 권지운 박사님, 장공화 차장님을 비롯한 모든 분들과 함께 공부해온 대학원 동기 및 후배여러분 그리고 사내학위과정 선발에 관여하신 모든 공단 선후배님들께 깊은 고마움을 전합니다.

당신 평생을 묵묵히 자식을 위해 희생하고 살아오신 아버지, 어머니께 무한한 감사와 사랑을 드립니다. 항상 건강하시고 행복하시길 기도하겠습니다.

세상에서 가장 소중한 현준, 하윤아! 너희들에게 아빠라는 존재가 가장 필요한 시기에 옆에서 항상 같이 있지 못하고 시간이 허락된 주말에만 너희들 곁에 있어서 언제나 안타까운 마음뿐이구나. 문득문득 너희에게서 보이는 내 모습이 흐뭇하면서도 미안하고, 아주 많이 사랑한단다. 마지막으로 나 없는 동안 우리가족을 말없이 든든하게 지켜주는 아내 이소희님께 사랑과 존경을 드립니다.

인생의 숙제와 같았던 학문의 마지막 끈을 이제는 놓으려합니다. 이 인생의 전환점 위에서 앞으로 어떤 미래가 펼쳐질지는 모르겠지만, 이번에 짓는 마지막 매듭이 현명한 판단의 나침반이 되기를 희망하며, 이 모든 것을 이루게 해주신 하느님께 감사드립니다.

2020년 12월 어느 날

장재필