

부평역에서의 공기중 석면 노출 실태 및 인식도 조사

변상훈 · 주종순 · 손종렬
고려대학교 병설 보건대학 환경보건과

A Study on asbestos fibers and the notice of inhabitant in the Bu-pyung station

Sang-Hoon Byeon · Jong-Soon Joo · Jong-Ryeul Sohn
Department of Environmental Health College of Allied Science, Korea University

Abstract

Asbestos is composed of long thin fibers approximately diameter $0.02\mu\text{m}$ and flexibility, strength, electrical, thermal conditions. The most common asbestos are : Chrysotile(white), Crocidolite(Blue), Amosite(Brown). Asbestos was first introduced in the Korea in 1960 and installation of these products continue through the late 1970's and even the early 1980's.

Bu-pyung basement stores in Korea were surveyed from September 25 to October 26, 2001. The purpose of this research was to evaluate worker-exposure to asbestos, comparing to the standards and to research notice of inhabitants about asbestos. Fifteen personal samples and six areas were collected using Gillian Air Sampler.

Result of this research were as follows.

1. The most of asbestos exposure concentrations keeps to the criterion(OSHA(Occupational Safety and Health Administration), NIOSH) but forty three percent of the Six samples exceeded the EPA (Environmental protection Agency) of 0.01 fibers/cc.
2. All of places complicted to the standards but there is no "Safe level" of asbestos exposure to the people. Especially people who are expose more frequently over a long time are more at risk.

I. 서 론

Asbestos(석면)은 그리스어로 '불멸의 물건'이라는 의미이다. 100만 년 전의 화산활동에 의해 발생된 화성암의 일종으로서 천연의 사문암이나 각섬석으로부터 추출한 직경 $0.02\mu\text{m}$ 정도의 유연성이 있는 견사상 광택이 특이한 국제섬유상의 광물이다^{1,2)}.

종류로서는 chrysotile(백석면) 사문석이 95% crocidolite(청석면) 각섬석이 수%, amosite(갈석면)가 수%이며 2500년 전 부터 각처에서 내화복, 매트 등에 사용되고 로마, 그리스에서는 램프의 심지로, 이집트에서는 미이라를 싸는 형겔으로 사용되었다^{3,4)}.

이러한 석면의 특징은 내열성과 기계적 강도, 인장력과 절연성, 내약품성 내부식성, 밀착성과 친화성, 내마모성 흡음성등이 우수하다.

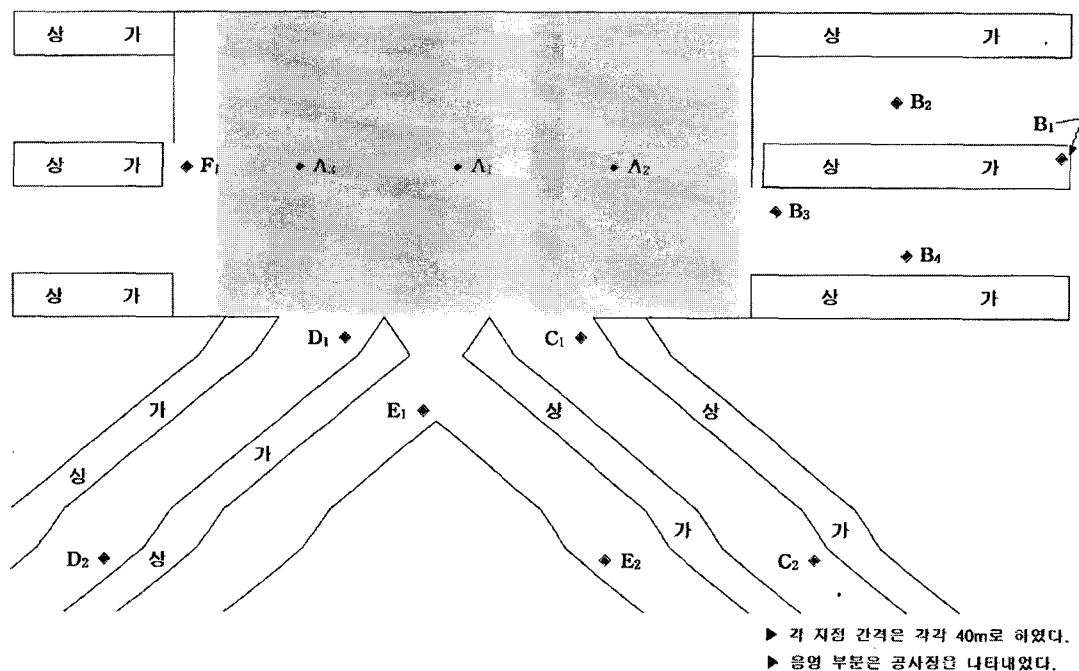


Fig. 1. 부평역 채취 지점

이렇게 많은 우수성을 지닌 물질이다 보니 그 용도 또한 매우 다양하다.

우선, 석면의 90%는 건축재료로 사용되고 있으며 그의 반은 슬레이트를 만들고 있다.

주로 건재, 지붕, 외벽, 칸막이, 내장재료 90%를 사용하고, 자동차 브레이크 라이클러치 펜싱등에 6.5%, 산업기계, 토목건설기계, 크레인, 공작기계등에 2%, 화학설비 내열, 내산, 내알칼리 부분에 0.6%, 상수도 간이수도, 농업용수, 공업용수에 0.4%, 선박, 전기절연, 내열재료 부분에 0.1%, 산업기계관제보일러, 굴뚝, 방화벽등에 0.1%, 쉘재료등 그 외에 0.3%이다⁶⁾.

문제는 비산된 석면을 장기간 호흡기를 흡입하게 되면 석면폐, 폐암악성 중피종 등이 발생한다는 연구 결과가 나오면서부터 시작되었다. 또한 석면은 단 한번의 노출에도 치명적이다.

즉, 한번 노출되면 그 후에 노출되는 일이 없어도 질병은 계속 진행되고 또한 새로운 증상도 나타난다고 하며 약 20년 후에는 치명적인 암 등으

로 발전할 수도 있다^{7,8)}.

우리나라도 1960년대 말부터 꾸준히 석면을 수입하여 사용하여 왔다.

우리나라는 주로 수입에 의존하고 있으며, 수입되는 석면의 양은 연간 8~9만 톤이며 1990년에 접어들어서도 수입량은 감소하지 않고 있다. 이는 미국을 위시한 선진국의 석면수입량이 1970년대 이후 급격히 감소한 현상과는 대조적이다.

국내에선 백석면이 수입 사용되고 있으며 청석면과 갈석면은 법적으로도 금지되어 있을 뿐만 아니라 전혀 수입 사용되고 있지 않다. (무역협회 자료) 수입된 백석면의 90% 이상이 건축자재 생산에 사용되고 있다. 이런 비율은 전 세계 석면 사용국의 비율과 거의 동일하며 앞으로도 크게 변하지 않을 것이다. 그 용도 또한 광범위하여 엄청난 양의 면에 노출되어 있으리라 사료된다. 하지만 관계 법령의 미비와 취급자의 부주의 및 무관심, 대체물질의 부재 등으로 인하여 아직도 상당량이 쓰여지고 있는 실정이다⁹⁾.

외국에서는 1980년대 북구국가(北歐國家)가 석면의 사용을 법률로 금지했고, 석면에 의한 피해자가 급증하는 속에서 유럽전역에 법이 정비되어 1999년엔 EU중의 13개국이 석면의 전면금지를 시행했다³⁾. 미국은 1989년 단계적 금지 규제를 공포하였다¹⁰⁾. 일본은 일부를 제외한 석면의 수입금지를 1983년에 실시하고 chrysotile(백석면)을 포함하여 2년 이내에 전면금지를 검토 중에 있다⁹⁾.

그러나 수입량은 조금씩 늘어나는 추세이다.

이에 각 국은 석면을 대신할 대체물질 개발에 박차를 가하고 있는 실정이다.

본 실험에서는 일반 거주지역과 공사중인 거주지역의 석면 노출 농도를 조사하여 기준치와 비교해보고, 또한 공사중인 거주지 주민들의 석면에 대한 인식도 조사를 병행하여 석면노출에 대한 위험성 인지정도와 일반인들에게 석면노출에 관한 방지대책의 기초자료를 제공하고자 하였다.

II. 조사대상 및 지역

1. 조사지역 및 지점 선정

조사지역은 현재 공사중에 있는 부평역 지하상가를 조사지역으로 하였다.

조사 지점은 공사중인 상가(A)와 공사중인 아닌 상가(B, C, D, E, F)로 나누어 조사대상으로 하였다.

2. 조사기간 및 방법

조사기간은 2001. 9. 25~10. 26으로 하고 시료포집과 설문지 조사를 병행하였다.

설문지 조사는 부평역 상가주민들을 대상으로 하였고 설문지 내용으로는 석면에 대한 인지도, 유해성, 환기조치 등으로 하였다.

3. 포집방법

공사중인 상가는 Low volume air sampler (L-18P, SIBATA, JAPAN)으로 5 l/min(total 600 l), 공사중이 아닌 상가는 Personal Air Sampler (Gil-Air, Gilian, USA)로 2 l/min(total 400 l 이상)으로 하였다. 여과지는 정전기 방지를 위해 특수코팅된 홀더에 25mm, 기공크기 0.8µm인 Cellulose

Ester Fiber Filter로 하였고 포집시 바닥면으로부터 1.5m 높이에서 포집하였다.

III. 측정방법 및 분석방법

1. 측정방법

1.1 원리 및 적용범위

환경대기중의 석면농도를 측정하기 위한 방법이다. 멤브레인필터에 포집한 대기 부유 먼지중의 석면농도를 위상차현미경을 사용하여 계수하는 방법으로 석면먼지의 농도표시는 표준상태 기체 1ml 중에 함유된 석면섬유의 개수로 표시한다.

1.2 시험 방법

- ① 멤브레인 여과법에 의해 진공펌프와 여과지를 이용하여 공기중의 섬유를 포집한다.
- ② 포집된 여과지는 아세톤으로 용해시켜 투명하게 하여 다음에 위상차현미경에 의한 형태, 정성 또는 정량분석을 위한 시료로 사용한다.
- ③ 형태분석을 위해 섬유의 크기에 따라 위상차현미경(PCM), 투과전자현미경(TEM)과 주사전자현미경(SEM)을 사용한다.
석면을 취급하는 산업체의 작업장에서는 섬유의 직경이 1µm 이상이어서 PCM을 이용한 분석이 가능하나, 직경이 작을수록 전자현미경을 사용하여야 한다.

1.3 시료채취 장치 및 기구

- ① 멤브레인 필터 : 셀룰로즈에스테르제(또는 셀룰로즈나이트레이트제) Pore Size 0.8~1.2µm, 25mm 또는 37mm
- ② Open Face 형 필터홀더 : 원형의 멤브레인 필터를 지지하여 주는 장치로서 40mm의 집풍기를 홀더에 정착된 것.
- ③ 흡인펌프 : 1 l/min~20 l/min로 공기를 흡인할 수 있는 로타리 펌프¹²⁾.
- ④ 시료채취 위치 및 시간 : 원칙적으로 채취지점의 지상 1.5m되는 위치에서 10 l/min의 흡인유량으로 4시간 이상 채취하나 채취지점의 먼지 농도를 고려하여 2 l/min으로 총 유량 400 l 이

상이 되도록 개인 시료 포집기(Personal Air Sampler -Gilian) 이용하여 총 유량 400 l 이상이 되도록 하였다. (단, A지점은 저 유량 시료 포집기(Low volume Sampler)를 이용하여 총 유량 600 l 이상이 되도록 하였다.).

1.4 시료포집

- 1) 포집기간 : 2001. 9. 25 ~ 10. 26
- 2) 시료포집
 - ① 개인시료포집기 5대, 저유량시료포집기 1대.
 - ② 개인시료포집기의 배터리 충전으로 1일 포집, 1일 측정의 방법 채택.
 - ③ 정전기 방지를 위해 특수 코팅된 홀더에 25mm, 기공크기 0.8 μ m인 membrane filter를 장착한 석면카세트 사용.
 - ④ 바닥면으로부터 1.5m 높이에서 포집
 - ⑤ 채취유량 : Personal sampler 2 l/min, Low volume air sampler 5 l/min
 - ⑥ 총포집량 : 공사중일 경우 - 600 l 이상
공사중이 아닌 경우 - 400 l 이상

2. 분석방법

NIOSH 7400 (ASBESTOS and OTHER by PCM)을 공정시험법으로 하여 분석하였다. 전처리법으로 아세톤-트리아세틴법과 디메틸프탈레이트-디에틸옥살레이트법이 있으나 NIOSH 7400에 + 의거 아세톤-트리아세틴법으로 하였으며 계수는 위상차현미경을 이용하여 계수하였다¹¹⁾.

IV. 결과 및 고찰

본 실험은 부평역 지하상가 일대를 실험장소로 택하고, 14개의 Area Sample을 각각 약 40m씩 간격을 두고 채취하였다.

본 실험이 내부 공사중인 지하 역사를 택한 이유는 공사장과 생활거주환경이 복합되어 있었기 때문이다. 즉 역사의 일부는 공사가 진행중이지만, 나머지 곳에서는 여전히 상행위와 시민의 보행이 이루어지고 있었다. 별다른 조치가 취해져 있지 않은 상황이었고 부평역 지하상가는 우리나라에서 석면의 사용이 급증하던 1980년대 중반에 지어졌

다는 점과 환기가 잘 되지 않는 지하공간임을 감안하여 공사장은 물론이고 공사장과 떨어져 있는 상가에서도 석면이 비산될 가능성이 있다고 가정하고 실험에 임하게 되었다.

분진의 발생은 고형물질의 분쇄, 마찰, 연마, 충격 등에 의해 작은 입자들이 공기중으로 비산되어 일어나며 이것을 1차분진이라 하고 1차분진이 침강된 후 재비산된 것을 2차분진이라 한다. 본실험에서의 채취시료는 석면 분진 발생원과 그에 인접한 상가에서 포집한 것이므로 공사장에서 발생한 1차분진과 보행자들로 인한 2차 분진이 최종적으로 호흡기관에 도달되는 석면이 포집된 것이다.

산업위생분야에서 석면 섬유란 길이가 5 μ m이상이고 길이 대 폭 비가 3:1이상인 섬유를 말한다.

본 실험에서 채취된 석면의 농도는 Table 6과 같다.

Table 1에서 보는 바와 같이 다양한 농도 분포를 보였다. 우선 공사장 부분인 A₁, A₂, A₃는 예상과는 판이했다. A₃는 어느 정도 수치가 나왔으나, A₁, A₂는 판독불가 판정을 받았다. 이것의 이유 측정자의 경험부족을 들 수 있다. 즉 먼지의 양을 개략적으로 판단하여 총 유량을 조정했어야 했으나 그러한 기술은 고도의 교육과 경험을 통해서만 이루어 질 수 있다는 것을 이번 실험으로 알게 되었다.

또한 먼지의 양이 많아 투명화 과정을 거쳐도 투명화 되지 않았기 때문에 석면을 계수 할 수 없었다.

A₃ 0.071개/cc로서 우리나라의 노동부 기준치 2개/cc를 넘지는 않았으나, 미국 NIOSH 허용기준치 0.1개/cc에 거의 근접했고 미국 EPA 권고치 0.01개/cc에 초과하는 수치를 보였다.

이 지역은 미네랄 울로 만들어진 보일러 파이프 단열재 제거가 이루어지고 있었다.

과거 미네랄 울에는 유리섬유뿐만 아니라 석면도 함께 포함되어 있기 때문에 제거 작업시 유리섬유와 함께 석면의 발생될 우려가 큰 지역이었다.

다음으로 공사장이 아닌 상가부분에 있어서는 다양한 농도분포를 보였다. 일단 공사장 부근과 가장 가까운 C₁, E₁, F₁을 보면 수치가 각각 0.057, 0.009, 0.001 개/cc를 보였다. 이와 같이 심한 차이

Table 1. 채취 시료 농도

채취지점	Sample	개/cc
공사중인 곳	A-1	판독 불가
	A-2	판독 불가
	A-3	0.071
공사중이 아닌 곳	B-1	0.008
	B-2	0.033
	B-3	0.007
	B-4	0.018
	C-1	0.057
	C-2	0.007
	D-1	0.009
	D-1	기계 오차
	D-2	0.014
	E-1	0.002
	E-2	0.010
F-1	0.003	
	Blank	-

를 보인 것은 D₁ 은 따로 환기구가 설치되어 있고 F₁에는 공사장 방향으로 커다란 선풍기가 돌아가고 있었지만 C₁에는 없었다. 이것이 차이를 일으킨 이유로 사료된다.

그리고 모두 우리나라 기준치를 넘지는 않았으나 C₁의 경우 미국 NIOSH의 허용기준치 0.1개/cc와 미국 EPA의 권고치 0.01개/cc와 비교해볼 때 어느 정도 위험성을 시사해주고 있다.

공사장과 비교적 거리가 먼 B₁, C₂, D₂, E₂ 는 각각 0.008, 0.007, 0.014, 0.010 개/cc 로 나타났다. 이것은 공사장 A₃에 비하면 현저히 낮고, 공사장 부근 상가인 C₁ 과 비교해도 낮았다. 하지만 D₁과 F₁보다 높은 이유는 이 곳 들은 비록 공사장과는 떨어져 있지만, 특별한 환기시설이나 조치가 전혀 없었고, 상가이다 보니 공사장으로 이동하는 인구보다 상가 이동 인구가 많으므로 석면이 유입·비산되어 계속 공기중에 떠 있었기 때문이다.

또한 B₁, C₂, D₂, E₂ 도 우리나라 노동부 기준치 2개/cc를 넘지는 않았지만 미국 EPA 권고치 0.01개/cc 는 D₂, E₂ 가 넘은 것으로 나타났다.

그리고, 상가중 장소적 특성이 독립적인 B지구

는 다른 상가에 비해 가장 길다. 그래서 시료 수도 4개로 정했다. 공사장과 가장 먼 B₁은 0.008개/cc 나타났고, 중간 부분인 B₂, B₄는 각각 0.033개/cc와 0.018개/cc를 보였고, 공사장과 가장 가까운 B₃는 0.007 개/cc 로 분석되었다.

B₃와 같은 경우는 F₁과 같이 공사장 방향으로 선풍기가 돌아가고 있었기 때문에 다른 곳 보다도 낮게 조사했다. 그러나 B₂, B₄ 지역은 그리 낮지 않은 수치를 보여주었다. 이것은 다른 상가에 비해 월등히 길기 때문에 환기가 잘 되지 않고 정체해 있는 지하공간의 특성을 감안한다면 설명이 될 것 같다. B₁, B₂, B₃, B₄ 모두 우리나라 노동부 기준치 2개/cc와 NIOSH 허용 기준치 0.1개/cc를 초과하지는 않았으나, B₂와 같은 경우, 미국 EPA 권고치 0.01개/cc를 3배나 초과했다.

일반적으로 호흡기와 소화관을 통해 체내로 흡수된 석면은 혈행성, 임파행성으로 폐와 전신의 장기에 운반된다. 석면 섬유가 경기도를 거쳐 흡입되면 섬유는 기도를 따라서 다니기 때문에 길이가 25~50 μ m의 크기라도 쉽게 폐내로 영역까지 침입한다. 또한 그 이상 크기의 대부분의 분진은 상부기도 영역에 머물러 중말 기관지까지 들어가는 것은 거의 없다. 흡입된 석면은 그 종류와 형태에 따라 폐내에서의 침착율과 체내의 흡수율이 다르다. 폐에 대한 침착율은 섬유의 길이가 길수록 크고, 또 실험 결과에 의하면 기관지 폐세포계 조직에 대한 생물학적 활성이 높다는 것을 알수 있다⁷⁾. 석면이 호흡기를 통해 흡수되더라도 바로 증상이 나타나는 것은 아니며 긴 잠복기를 거쳐 흡입량에 따라 다르지만 석면폐는 8년에서 25년정도이며, 폐암이나 악성 중피종은 18~40 년정도의 잠복기간이 있어 흡입한 석면이 천천히 작용하여 어느날 갑자기 자각 증상이 나타나는 것이다⁸⁾. 석면 분진의 폭로에 의해 진폐의 일종인 석면폐, 석면 폐암, 흉막 및 복막의 악성 중피종, 흉막 Plaque 및 석회화 등이 발생한다. 이들 석면증 발생에는 석면 분진에 의한 선유원성(線維原性) 작용, 발암성작용, 비특이적 염증 작용 등이 있는데 최근에는 생체에 대한 자기 면역 작용에 의한 영향이 주목받고 있다⁹⁾.

한편 최근에는 석면에 의한 일반 환경오염이 주

목을 받고 있으며 그 오염원으로는 도시 교통에 의한 자동차 영향이 주목받고 있다⁶⁾.

일반대중을 석면의 피해로부터 보호하기 위한 대책이 선진국에서는 약 20년 전부터 실시되어 오고 있으나 국내에서는 매우 미흡하다. 석면 관리대책을 간단히 요약하면 다음과 같다.

첫째로 석면의 오염 실태를 파악하는 것이 중요하다. 즉, 각종 시설물에 대한 석면 포함 여부를 조사하여, 인지하고 있는 것이 중요하다. 이때 조사자는 적절한 경험과 자격이 있어야 한다. 둘째로, 석면을 포함한 시설물에 대한 관리를 철저히 해야한다. 특히 보수나 수리작업시 석면의 공기중 비산을 막기 위해 습식방법을 적용하거나 작업자를 밀폐, 격리하는 방법이 필요하다. 그 이외에 정기적으로 공기중 석면 농도를 측정하여 평상시 실태를 파악하거나, 석면제거 작업방법에 관해서는 미국OSHA의 작업기준을 적용한다. 또한 석면 빌딩의 유지관리에 관해서는 미국EPA의 규정을 따르는 것이 중요하다.

V. 결 론

본 실험에서는 부평역을 조사대상으로 하여 2001. 9.25~10. 26 기간동안 일반거주 지역과 공사장 인 거주지역의 석면 노출 정도를 조사하여 기준치와 비교해보고 인지도 조사를 병행하였다. 결과는 다음과 같다.

기술과 경험의 부족으로 먼지량을 고려한 유량 조절 및 포집효율면에서 예상과는 큰 차이를 보였으며 분석시 분석자의 판독에 따라 과대평가 및 과소평가의 우려가 있으므로 주의를 요한다.

1. 본실험에서 채취한 석면의 농도는 평균 0.012로 OSHA 허용농도 및 NIOSH 허용치를 초과하지는 않았으나 총 14개의 시료중 6개인 약 43%가 EPA 권고치를 0.01개/cc를 초과하는 것으로 나타났다.
2. 분석결과치 허용기준을 초과하지 않았으나 (NIOSH 기준) 오랜시간 상주하여 근무하는 상가주민들에게 유해성을 줄 우려가 크며 지하철

을 이용하기 위하여 공사지역 및 그 외 지역을 이동하는 시민들에게 유해성을 미칠 우려가 있다.

3. 환풍기가 설치된 곳에는 적게 분석된 것으로 보아 환기조치를 취하였을 경우 석면 농도를 낮출 수 있는 것으로 보인다.

석면의 노출은 소량이라 할지라도 인체에 매우 위험하다. 그것은 흡입된 석면이 폐에 침착해 생물학적 활성을 높여 섬유화 과정을 진행시키기 때문이라고 사료된다. 대체물질로 로크울(암면)이 논의되고 있으나 확실한 인체유해성 평가가 이루어지지 않아 사용에 논란이 되고 있어 확실한 대체물질 개발이 시급한 상황이며, 대책으로 석면오염실태를 파악하여 석면을 포함한 시설물에 대한 관리를 철저히 하며 차후 수리 및 철거시 비산되지 않도록 해야한다는 점이다.

국내에서도 석면 관련 직업병 환자가 늘어나는 추세를 반영하여 2003년 1월부터 석면 노출기준을 현행 2개/cc에서 0.1개/cc 로 개정하였다.

참 고 문 헌

1. 첨단환경기술 편집부 : 석면에 의한 건강영향과 독성, 25, 1996.
2. 박두용, 백남원 ; 석면 슬레이트 제조 및 석면 방직 사업장 근로자의 석면분진 폭로. 환경위생학회지, 14, 1998.
3. 김수환 : 실내공기중 석면 섬유 분류 및 확인을 위한 전문가 시스템의 개발, 경희대학교 환경학과 석사학위논문, 1999.
4. 유성환 : 건물내의 석면 및 비 석면 섬유의 오염현황, 첨단환경기술, 8-9, 1997.
5. 첨단환경기술 편집부 : 분무 석면처리의 최신 대책, 17-20, 1997.
6. 신용철, 백남원 : 자동차 정비업 종사자의 석면 분진폭로에 관한 조사 연구, 한국환경위생학회지, 19-20, 1989.
7. M Meldrum(영국 HSE) ; Review of fibre toxicology , 한국석면협회 (No. 2) , 2001.

8. 첨단환경기술편집부 : 석면 및 유사물질의 생체영향. 22-27, 1997.
9. 백남원 : 우리나라의 석면오염현황과 관리대책, 첨단환경기술, 2-8, 1996.
10. John F. Martonik, Edith Nash, Elizabeth Grossman : The history of OSHA s asbestos rulemakings and some distinctive approuches that they introduced for regulating occupational exposure to toxic substances, AIHAJ, 62, 132-140, 1998.
11. NIOSH : NIOSH Manual of Analytical Method 7400, Fourth Edition, 1994.