

自動車整備業 從事者의 石綿粉塵 暴露에
관한 調查研究

慎 鎭 喆 · 白 南 園

서울大學校 保健大學校 產業保健學教室

A Study on Worker Exposure to Asbestos Fibers During
Automobile Maintenance

Yong Chul Shin · Nam Won Paik

School of Public Health, Seoul National University

Abstract

This study was performed to evaluate the worker exposure to asbestos fibers in automobile repair shop and brake lining store from August 11 to October 21, 1988. In addition, the exposure of general population near the brake lining store was also evaluated.

Results of this study were as follows.

1. Worker exposure level to asbestos fibers in automobile repair shop was 0.1 fibers/cc, well below the Korean standard of 2 fibers/cc, and a half of the U.S. standard of 0.2 fibers/cc.
2. Average worker exposure level to asbestos fibers in brake lining store was 0.35 fibers/cc, which was within the Korean standard of 2 fibers/cc, but exceeded the U.S. standard of 0.2 fibers/cc.
3. Worker exposure levels during the removal of brake dust with the compressed air blowing and the dry brushing were approximately 4 fibers/cc and 0.2 fibers/cc, respectively. During grinding of brake linings with sand paper, asbestos exposure level was 0.3 fibers/cc.
4. Ambient asbestos concentrations outside the brake lining store were 0.1 fibers/cc at the distance of 3-4 m, and 0.01 fibers/cc at the distance of 30 m.

I. 緒論

수 많은 痘學 및 病理學 研究 결과, 石綿粉塵暴露는 石綿肺(asbestosis), 肺癌(lung cancer) 및 中皮腫(mesothelioma) 등을 유발한다고 밝혀졌다. 特히 肺癌이나 中皮腫은 少量의 石綿粉塵에 暴露되더라도 일어날 수 있는 疾病으로 알려져 있다.^{1~2)}

石綿이란 自然에서 產生되는 섬유상의 硅酸鹽礦物을 總稱하는 것으로 그 種類에는 白石綿(또는 溫石綿, chrysotile), 青石綿(crocidolite) 및 黃石綿(amosite) 等이 있으며 이 중 產業에 主로 使用되는 것은 白石綿으로 全體 使用量의 95%以上을 차지하고 있다.¹⁾

石綿은 耐熱性, 斷熱性, 絶緣性, 化學物質에 대한 耐性 및 紡績能 등이 좋기 때문에 그 用途가 非常 多樣하여 石綿製品은 現在 數千種에 달하며, 주로 石綿시멘트板, 石綿슬레이트, 바닥용타일(floor tile), 摩擦材(friction material), 파이프 等의 保溫材, 建物에 撒布되는 防火用物質, 防火用被服, 電氣製品의 絶緣材 等에 사용된다.^{1~2)}

世界의 石綿生産量은 約 400만톤으로 점차적으로 減少하는 趨勢이며, 美國의 境遇 1977 ~ 1983年 사이 石綿使用量이 約 $\frac{1}{3}$ 로 減少하였다.¹⁾ 反面, 우리나라의 石綿輸入量은 1987 年에 約 77,000吨으로³⁾ 前年に 比해 約 1만トン 증가하여 產業場의 勤勞者와 一般大衆의 石綿暴露危險이 증가하고 있는 實情이다.

한편, 自動車 브레이크라이닝(brake lining), 브레이크패드(brake pad), 클러치페이싱(clutch facing)에 石綿이 含有되어 있어 自動車整備業 從事者와 브레이크라이닝 및 브레이크패드 販賣業 從事者は 石綿에 暴露되어 健康障害를 받을 危險에 처해 있다. 外國의 경우 여러 研究者들이 이 업종에 종사하는 勤勞者에게서 痘病에 의한 疾病이 發生하였다고 報告하고

있다.^{4~11)} 특히 Lorimer 等⁴⁾은 10年이상 이 업종에 從事한 勤勞者 90名을 對象으로 X線촬영과 肺機能検査를 實施한 結果, 이중 25%가 石綿肺의 所見을 보였다고 報告하였다.

1986年에 調査된 바에 따르면 우리나라에서 自動車整備業種에 從事하는 勤勞者數는 約 65,000名으로서, 勤勞者 規模로 보아 이 業種의 石綿暴露危險은 非常 重大하다고 하겠다. 그러나 우리나라의 경우 朴 等¹⁸⁾이 石綿紡織業과 슬레이트製造業 勤勞者の 石綿暴露 實態를 調査한 것을 除外하고는 自動車整備業을 비롯한 기타 石綿取扱業種의 實態는 報告된 바가 없다.

따라서, 本 研究의 目的은 自動車整備業에 從事하는 勤勞者와 이 業所 주변에 居住하는 住民의 石綿暴露 實態를 調査하여, 이들의 健康障害를 막기 위한 적절한 預防對策 樹立에 必要한 基礎資料를 提供하는데 있다.

II. 調査對象 및 方法

1. 調査對象

本 調査는 서울市에 所在하는 自動車整備業體 1個所와 自動車 브레이크 部品業所 4個所를 對象으로 하였다.

對象 自動車整備業所의 勤勞者數는 40名이었으며 年齡分布는 28 ~ 45 歲, 勤務年數는 3 ~ 25年이었다. 對象 自動車 브레이크 部品業所에서는 브레이크라이닝과 클러치페이싱만을 취급하였고 한 業所에 1 ~ 3名이 從事하고 있었다.

自動車整備業所에서는 室內와 室外에서 브레이크 修理를 하였으며 실내는 面積 $200m^2$ (50m × 40m), 높이 10m이고 換氣裝置는 設置되어 있지 않았고 出入口를 通해 自然換氣가 이루어지고 있었다.

對象 브레이크라이닝 販賣業所 4個所 중 1個所만이 局所排氣施設을稼動하고 있었다.

2. 調査方法

本調査는 1988年 8月 11日부터 10月 21日까지 勤勞者の 呼吸位置와 單位作業場所에서 石綿試料를 捕集한 後 分析하여 空氣中 石綿纖維濃度를 測定하기 위해 採擇한 方法은 미국 노동성 산업 안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)과 미국 국립 산업안전보건연구소(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)의 公定試驗法인 “NIOSH 7400”方法^{16,20)}이 었다.

1) 空氣中 石綿粉塵의 捕集

個人用試料(personal sample)와 單位作業場所試料(area sample)는 직경 25mm 또는 37mm 0.8 μm-pore size cellulose ester membrane 濾過紙(미국 Gelman社, GN-4)를 3-piece cassette에 고정시킨 後, 個人

用空氣捕集器(Gilian, Model HFS)를 使用하여 2.0 ~ 3.0 Lpm의 유량으로 捕集하였다. 試料捕集時間은 2 ~ 170 分으로 單位作業(operation)의 持續時間과 計數하기에 적당한 纖維密度에 依存하였다.

2) 石綿試料의 分析

石綿纖維가 捕集된 membrane 濾過紙를 acetone 증기로 투명화시킨 다음, Walton-Bekkett graticule(面積 0.00785 mm²)이 插入된 위상차현미경(phase contrast microscopy, PCM)으로 400倍率에서 石綿纖維를 計數하였다.

計數方法으로 “A”規則을 선정하였다.

III. 結果 및 考察

1. 自動車 브레이크 摩擦材의 成分과 브레이크 粉塵中 石綿含量 自動車 브레이크의 마찰재인 드래브레이크

Table 1. Common Components of Automobile Brake Linings¹²⁾

Binder and Organic Friction Material	Fiber Reinforcer	Property Modifier
Phenolic-type resin	Chrysotile asbestos	Lead compounds
Rubber	unaltered	Zinc compounds
Tire scrap	calcined	Antimony oxide
Pitch	Mixed fiber	Iron oxide
Cork		Copper metal
Gilsonite		Brass chips
Cashew nut shell resin and particle		Clay minerals
Drying oils		Barite (BaSO ₄)
		Quartz (SiO ₂)
		Cryolite (Na ₃ AlF ₆)
		Rotten stone (SiO ₂)
		Coke (C)
		Coal (C)
		Gilsonite (C)
		Graphite (C)
		Carbon black
		Molybdenum sulfide
		Fluorspar (CaF ₂)

(drum brake)의 브레이크라이닝, 디스크브레이크(disc brake)의 브레이크패드 및 블렛치페이싱에 白石綿이 使用되고 있으며 브레이크라이닝과 브레이크패드에 각각 重量으로 30~70%와 10~30%가 含有되어 있다.¹

^{5,10} 한편 石綿이 合유되지 않는 “半金屬(semi-metallic)” 브레이크라이닝과 브레이크패드의 전형적인 조성은 중량으로 金屬(Fe) 60~70%, 흑연(graphite) 15~20%, 充填材 7~10% 및 結合材 0~5%이다.⁵⁾

Table 1은 브레이크라이닝의一般的인 成分을 나타낸 것으로 強化材로 쓰이는 石綿纖維外에 폐놀系樹脂(phenoic-type resin), 석영 및 重金屬等이 브레이크라이닝에 含有되어 있다. 그러나 石綿을 除外한 다른 有害物質에 의한 勤勞者暴露는 거의 研究되지 않았다. 따라서 앞으로 여기에 대해서도 많은 研究가 進行되어야 하겠다.

自動車 制動時 發生하는 高熱에 의해 대부분의 石綿纖維는 그들의 性質을 잊게되나 브레이크드럼 粉塵中에는 여전히 變性되지 않은 石綿纖維가 包含되어 있다. 여러 學者들이 브레이크드럼 粉塵中 石綿纖維의 含量은 重量으로

0.1~15%라고 報告하였다.^{4,5,13,14)} 따라서 勤勞者는 드럼粉塵 中의 石綿纖維에 暴露될 뿐만 아니라 브레이크라이닝에 研磨·穿孔 等의 操作을 가할 때 發生되는 石綿纖維에도 暴露된다.

2. 우리나라의 自動車整備業體 및 從事者數

1986년 경제기획원 보고에 의하면 우리나라의 自動車整備業體와 勤勞者數는 각각 18,121個所와 65,759名이다.¹⁵⁾

한편 自動車 部品을 販賣하는 業所에서도 새 라이닝이나 블렛치페이싱에 研磨·穿孔 等의 操作을 가할 뿐만 아니라 브레이크 修理도 兼하고 있어 이 業所의 勤勞者도 石綿에 暴露되고 있다. 그러나 이 勤勞者들은 統計值에 포함되어 있지 않으므로 自動車整備에 關聯된 業種에서 實제로 石綿에 暴露되는 勤勞者數는 앞에서 提示한 數值보다 더 많으리라 본다.

3. 自動車整備業所에서의 石綿暴露

1) 空氣中 石綿纖維濃度의 分布

自動車整備事業場에서 測定된 空氣中 纖維濃

Table 2. Distribution of Asbestos Fiber Concentrations by Sampling Method and Type of Automobiles Repaired

Types of Samples and Automobiles	Number of Samples by Asbestos Fiber Concentration, fibers/cc									Total No. of Samples
	<0.02 0.04	0.02~ 0.09	0.05~ 0.19	0.10~ 0.40	0.20~ 0.40	0.50~ 1.0	1.1~ 1.9	2.0~ 2.9	3.0~ 8.0	
Personal Sample										
Truck and Bus	6	12	9	6	7	5	1	2	—	48
Passenger Car	3	13	9	5	4	5	1	—	1	41
Subtotal	9	25	18	11	11	10	2	2	1	89
Area Sample										
Truck and Bus	24	8	7	—	—	—	—	—	—	39
Passenger Car	8	5	2	2	—	—	—	—	—	17
Subtotal	32	13	9	2	—	—	—	—	—	56
Total	41	38	27	13	11	10	2	2	1	145

Table 3. GM and GSD of Data taken from Automobile Repair Shop

Type of Automobile Repaired	Personal Sample				Area Sample			
	Number of Samples	GM fibers/cc	84 th percentile fibers/cc	GSD	Number of Samples	GM fibers/cc	84th percentile fibers/cc	GSD
Passenger Car	41	0.10	0.22	2.20	17	0.02	0.04	2.00
Truck and Bus	48	0.10	0.35	3.50	39	0.02	0.03	1.50

度는 Table 2, 3 및 Fig. 1 과 같다.

空氣中 石綿纖維濃度는 여러 學者들에 의해 對數正規分布를 한다고 報告되어 있는 바^{17,18)} 本研究의 石綿纖維濃度도 Fig. 1에서 보는 바와 같이 對數正規分布(log normal distribution)를 하고 있어 代表值로서 幾何平均值(geometric mean, GM)와 散布度로서 幾何標準偏差(geometric standard deviation, GSD)를 구하였다.

幾何平均은 對數確率紙에 表示된 累積濃度分布에서 50% 確率에 해당하는 濃度값이며 幾何標準偏差는 다음 式에 따라 계산하였다.¹⁷⁾

$$GSD = \frac{84\% \text{에 해당하는濃度值}}{50\% \text{에 해당하는濃度值}}$$

Table 2에서 보는 바와 같이 勤勞者의 呼吸位置에서 測定한濃度는 試料 89個中 3個(약 4%)에서 우리나라 許容基準인 2 fibers/cc¹⁹⁾를 超過하였다. 美國의 法的 許容基準인 0.2 fibers/cc²⁰⁾를 超過하는 試料數는 전체 89個中 26個로서 약 30%에 해당하였다. 그리고 미국 국립산업안전보건연구소에서 勸告하는 許容基準 0.1 fibers/cc를 초과하는 시료 수는 37개로서 전체의 42%였다. 승용차(passenger car)와 트럭(truck) 및 버스(bus)를 정비할 때의 石綿纖維濃度는 서로 비슷한 分布를 보이고 있었다.

單位作業場所에서 測定한 試料의 경우 모두

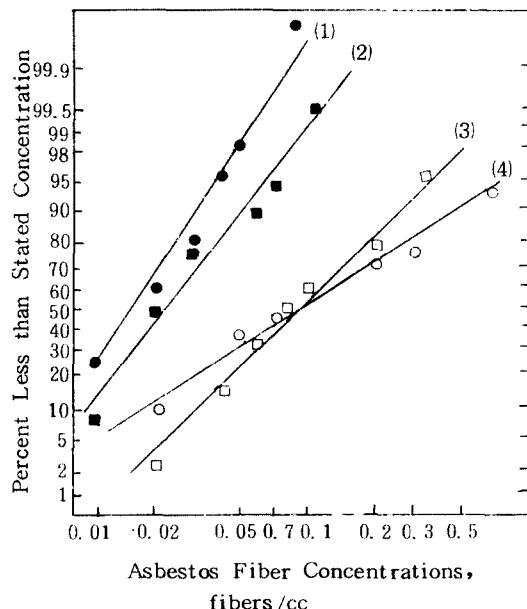


Fig. 1. Asbestos Fiber Concentrations in Automobile Repair Shop.

- (1) Truck and bus, Area sample
- (2) Passenger car, Area sample
- (3) Passenger car, Personal sample
- (4) Truck and bus, Personal sample

0.2 fibers/cc 이하였으며 全體 56個 試料中 0.1 fibers/cc를 超過하는 試料는 2個로 약 4%정도였다.

Table 3은 Table 2에서 나타낸濃度分布의 代表值인 幾何平均과 散布度인 幾何標準偏差를 나타낸 것이다. 이 Table에서 보는 바와 같이 個人用 試料에서는 幾何平均이 0.1 fib-

ers/cc이며 單位作業場所試料의 境遇에는 0.02 fibers/cc로서 朴等¹⁸⁾이 報告한 石綿紡織業(4.4 fibers/cc) 및 슬레이트製造業(0.21 fibers/cc) 보다는 비교적 낮은 暴露水準이었다.

Table 3 및 Fig. 1에서 보는 바와 같이 個人用試料와 單位作業場所 試料의 平均 石綿纖維濃度는 각각 0.1fibers/cc 와 0.02fibers/cc로서 個人用試料가 5倍의 높은 値을 보였다. 두 試料의 濃度差異를 比較하기 為하여 石綿纖維濃度를 對數變換(log transformation) 시켜 t 檢定한 結果, 두 試料의 濃度間에는 매우 有意한 差異가 있었다($p < 0.01$). 따라서 單位作業場所에서 測定한 濃度는 勤勞者の 實제暴露水準을 過小評價하기 때문에 勤勞者の 呼吸位置에서 濃度를 測定하는 것이 바람직하다고 規定된다.

트럭·버스와 승용차의 브레이크 整備時에 發生되는 石綿纖維濃度는 서로 비슷한 水準을 보였다. Table 2, 3 및 Fig. 1에서 보는 바와 같이 勤勞者の 呼吸位置에서 測定한 濃度는 0.2 fibers/cc를 초과하는 試料가 승용차와 트럭·버스에서 각각 27%, 31%였으며 幾何平均은 둘 다 0.1 fibers/cc로서 同一하였다.

一般的으로 트럭이나 버스의 브레이크 라이닝이 클 뿐만 아니라 小型인 乘用車보다 制動時 強한 摩擦을 받기 때문에 라이닝에서 떨어져 나온 粉塵의 量이 더 많으리라 생각된다. 또한 라이닝에 여러 操作을 加할때 브레이크 라이닝이 클수록 더 많은 石綿纖維가 發生되리라 본다. 自動車의 크기에 따른 勤勞者の 石綿暴露水準은 Kauppinen 등⁵⁾, Rödelsperger 등¹⁰⁾,

및 Hickish 등¹⁰⁾에 의하여 報告된 바 있는데 하루 8時間加重平均值(8hour-time weighted average, 8 hr-TWA)로서 트럭 및 버스의 브레이크 修理時 각각 0.1~0.2, 0.14 및 1.8 fibers/cc이고 승용차 브레이크 修理時 각각 <0.05, 0.08 및 0.7 fibers/cc라고 하였다. 따라서 이들이 보고한 결과로 보아 트럭 및 버스의 브레이크 修理時에 더 많은 石綿粉塵이 發生함을 알 수 있다.

그러나 本 調査結果에 의하면 自動車의 規模에 無關하게 石綿纖維 發生量이 同一하였는데 差異가 나지 않는 理由는 다음과 같이 생각된다.

大型自動車(버스 및 트럭) 修理部署는 出入口에 인접해 있었고 小型自動車(승용차) 修理部署는 出入口와는 면 가장자리에 位置하고 있었다. 따라서 大型自動車修理時 出入口에서 불어오는 바람의 影響을 받아 作業中에 飛散된 粉塵이 勤勞者の 呼吸位置에서 滞留하는 時間이 짧아 粉塵發生量은 많으나 勤勞者の 暴露水準을 낮추는 結果를 가져오리라 생각된다.

그리고 승용차의 경우 車體가 작아 修理받는 自動車가 서로 인접하여 있기 때문에 옆 自動車 修理時에 發生되는 石綿粉塵의 影響을 받았으리라 생각된다.

對象業所의 小型修理部署에서는 自家用 乘用車外에 小型버스, 小型트럭의 修理도 兼하고 있었고 大型修理部署에서는 調査期間동안 中型에 해당하는 4톤이하의 트럭을 修理하였다. 따라서 앞에서 言及한 要因들의 複合的인 影響으로 因하여 두 部署의 石綿濃度水準이 비슷하게

Table 4. Worker Exposure Level (8 hr-TWA) to Asbestos during Brake Maintenance reported by Other Studies

Researcher	Kauppinen et al. ⁵⁾	Nicholson et al. ¹⁰⁾	Rödelsperger et al. ¹⁰⁾	Hickish & Knight ⁵⁾
8 hr-TWA (fibers/cc)	< 0.05~0.2	0.1~0.3	0.08~0.14	0.7~1.8

나왔다고 생각된다.

이미 여러 學者들이 이 業種에서 勤勞者の 石綿暴露水準에 對해 報告하였다 (Table 4 參照). 이들의 報告를 綜合해본 結果, 自動車整備業 勤勞者の 石綿暴露水準은 8時間 加重平均値가 <0.05 - 0.5 fibers/cc였다. 그러나 Hickish 와 Knight 가 發表한 報告에 따르면 8 hr-TWA가 0.7 - 1.8 fibers/cc로서 높은 暴露水準을 나타냈는데 이는 作業方法上의 差異때문이라 생각된다. 이 報告書에 의하면 對象事業場에서는 主로 局所排氣施設 없이 壓縮空氣로 粉塵을 제거하는 方法을 사용하였다고 한다.⁵⁾

本 調査對象 勤勞者の 石綿暴露水準은 0.1 fibers/cc로서 다른 研究者들의 報告와 비슷하였다.

本 調査對象事業場에서는 粉塵을 제거하기 위해서 壓縮空氣를 거의 使用하지 않았고 주로 솔질(brushing)에만 依存하였다. 그러나 브레이크의 粉塵을 제거하기 위해서 壓縮空氣를 주로 이용하는 業所에서는 勤勞者の 石綿暴露水準이 本 調査結果보다 높으리라 생각된다.

2) 作業工程別 石綿纖維濃度

自動車의 드럼 브레이크를 修理하는 作業工程은 Fig. 2와 같다. 本 調査對象事業場에서는 브레이크 라이닝의 穿孔(drilling) 작업과 機械 研磨(machine grinding) 작업을 하지 않았으며, 이 作業은 브레이크 라이닝 部品業所에서 담당하고 있다.

한편, 디스크브레이크를 修理하는 作業은 낡은 브레이크패드의 除去, 브레이크의 粉塵除去 그리고 새 브레이크패드를 附着하는 順으로 이루어져 있다.

自動車 브레이크 修理時 各 單位作業別 石綿纖維濃度는 自動車 種類別로 測定하였으며 그 結果는 Table 5, Table 6, Fig. 3 및 Fig. 4에 나타나 있다.

石綿試料는 呼吸位置에서 捕集하였으며 自動

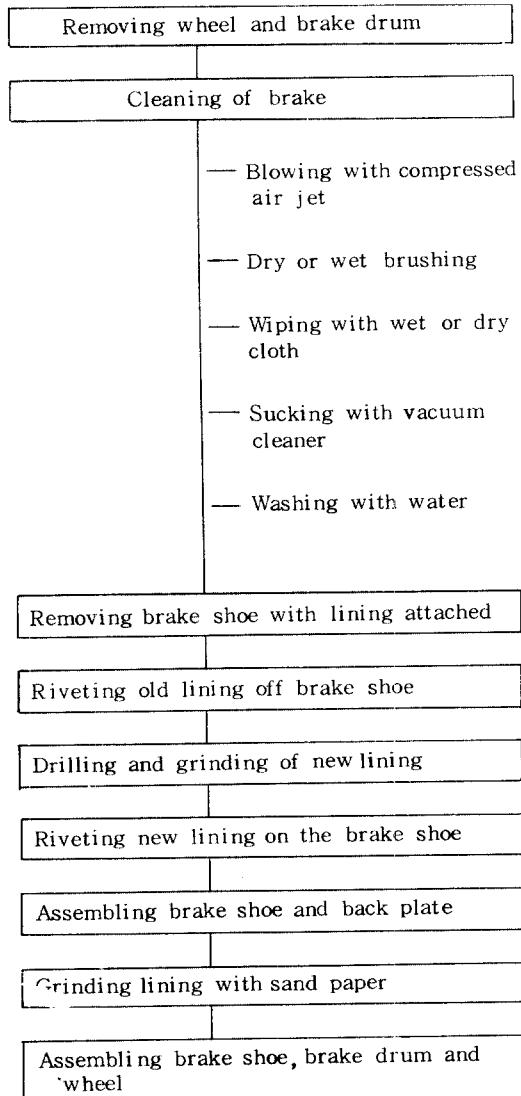


Fig. 2. Procedure of Brake Maintenance and Repair.

車 種類에 관계없이 幾何平均이 0.1 fibers/cc였고 自動車 種類間에 各 工程別로 差異가 있는지 統計的으로 檢定해 본 結果 有意한 差異가 있는 工程은 하나가 없었다.

Table 5. Asbestos Fiber Concentrations by Operation during Brake Repair of Passenger Car

Operation	No. of Samples	Sampling Period, min	Asbestos Fiber Concentration, fibers/cc	
			Range	GM
Opening of brake	3	30 ~ 35	0.05 ~ 0.08	0.06
Opening and brushing of brake	3	7 ~ 15	0.06 ~ 0.18	0.07
Dry brushing of brake	5	3 ~ 8	0.08 ~ 0.62	0.27
Grinding of brake lining with sand paper	5	2 ~ 18	0.06 ~ 0.71	0.28
Compressed air blowing of dust*	3	2 ~ 8	0.11 ~ 7.28	4.26
Repair of clutch lining	5	6 ~ 63	0.04 ~ 0.30	0.13
Others	17	8 ~ 62	0.02 ~ 0.11	0.05
Background level	9	40 ~ 164	0.01 ~ 0.09	0.02
Total **	41	2 ~ 63	0.02 ~ 7.28	0.10

* : No exhaust available.

** : Background level was excluded.

Table 6. Asbestos Fiber Concentrations by Operation during Brake Repair of Truck and Bus

Operation	No. of Samples	Sampling Period, min	Asbestos Fiber Concentration, fibers/cc	
			Range	GM
Opening of brake	3	10 ~ 21	0.01 ~ 0.06	0.03
Opening and brushing of brake	7	3 ~ 24	0.01 ~ 0.69	0.16
Dry brushing of brake	7	2 ~ 5	0.10 ~ 0.61	0.25
Grinding of brake lining with sand paper	8	2 ~ 12	0.04 ~ 2.51	0.46
Compressed air blowing of dust*	2	1 ~ 2	2.58 ~ 7.04	4.26
Opening and assembling of brake	6	3 ~ 45	0.02 ~ 0.24	0.06
Sweeping floor of garage	5	5 ~ 15	< 0.01 ~ 0.07	0.03
Others	10	6 ~ 60	0.01 ~ 0.17	0.06
Background level	12	7 ~ 118	< 0.01 ~ 0.04	0.02
Total **	48	2 ~ 60	< 0.01 ~ 7.04	0.10

* : No exhaust available.

** : Background level was excluded.

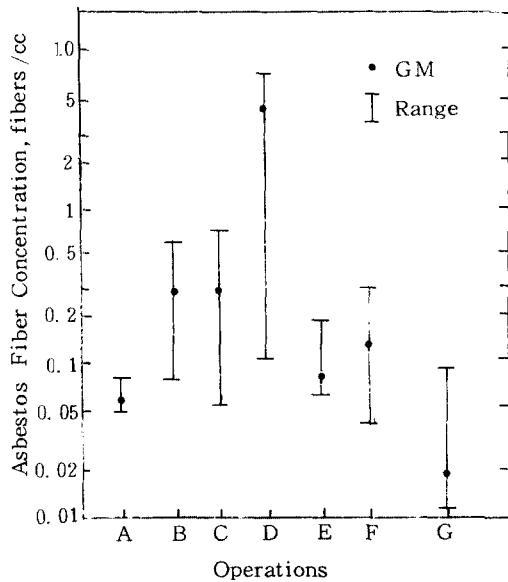


Fig. 3. Asbestos Fiber Concentrations by Operation during Brake Repair of Passenger Car.

A : Opening of brake B : Brushing of brake
 C : Grinding of brake lining with sand paper
 D : Compressed air blowing
 E : Opening and brushing of brake
 F : Repair of clutch facing
 G : Background level

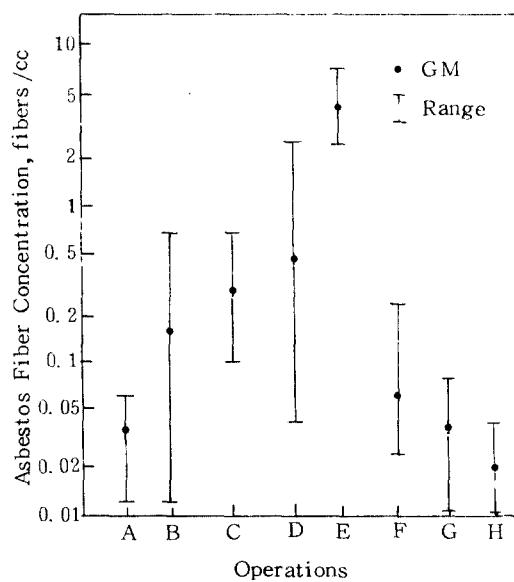


Fig. 4. Asbestos Fiber Concentrations by Operation during Brake Repair of Truck and Bus.

A : Opening of brake B : Opening and brushing of brake
 C : Brushing of brake D : Grinding of brake lining with sand paper
 E : Compressed air blowing F : Opening and assembling of brake
 G : Sweeping of floor H : Background level

粉塵이 특히 많이 발생되는 工程으로는 壓縮空氣로 粉塵을 제거하는 작업 (compressed air blowing), 마른 솔질로 먼지를 털는 作業 (dry brushing) 및 브레이크 라이닝을 砂布 (sand paper)로 研磨하는 工作 등을 들 수 있다.

壓縮空氣로 먼지를 제거하는 工作에서 空氣中 粉塵濃度의 범위는 0.11~7.28 fibers/cc 이고 平均은 4.26 fibers/cc 였다. 한편 Kauppinen 등⁵⁾과 Lorimer 등⁶⁾은 이 工作에서 石綿纖維濃度가 각각 <0.1~8.2, 6.6~29.4 fibers /cc 라고 報告한 바 있다.

브레이크 라이닝을 砂布로 研磨할 때의 空氣濃度는 승용차의 경우 0.06~0.71 (GM, 0.28) fibers/cc이며, 트럭 및 버스의 경우 0.04~2.51 (GM, 0.46) fibers/cc로서 이 作業에서도 勤勞者는 様은 量의 石綿纖維에 暴露됨을 알 수 있다.

한편, 브레이크 드럼 (brake drum), brake shoe, back plate의 粉塵을 마른 솔질로 제거하는 工作에서는 승용차의 경우 0.08~0.62 (GM, 0.27) fibers/cc, 트럭 및 버스의 경우 0.10~0.61 (GM, 0.25) fibers/cc의 濃度를 보고 있다.

Table 7. Asbestos Fiber Concentrations at Surrounding Zones by Distance from the Source in Automobile Repair Shop

Distance (m)	Passenger Car Service				Truck and Bus Service			
	No. of Samples	Range fibers/cc	GM fibers/cc	GSD	No. of Samples	Range fibers/cc	GM fibers/cc	GSD
0.5 ~ 1	9	0.005 ~ 0.082	0.022	1.45	12	0.016 ~ 0.050	0.022	1.36
2 ~ 3	3	0.013 ~ 0.062	0.016	1.44	3	0.019 ~ 0.023	0.021	1.04
4 ~ 5	4	0.015 ~ 0.029	0.022	1.46	9	0.005 ~ 0.054	0.015	2.33
5 ~ 10	2	0.034 ~ 0.058	0.034	1.38	7	0.004 ~ 0.024	0.015	1.87
10 ~ 20	-	-	-	-	8	0.004 ~ 0.038	0.022	1.73

度値을 보였다.

單位作業場所에서 同時に 測定한 石綿纖維濃度는 平均 0.02 fibers/cc로 勤勞者の呼吸位置에서 測定된 纖維濃度 0.1 fibers/cc보다 낮았다.

3) 브레이크 修理部署 周邊에서 거리에 따른 石綿纖維濃度

브레이크 整備外 다른 作業을 하고 있는 인접한 他部署의 石綿纖維 暴露水準을 測定한結果는 Table 7 과 같다.

Table 7에서 보는 바와 같이 거리에 상관없이 石綿纖維의 濃度는 거의 비슷한 水準이었으며, 20 m 이상 멀어진 거리에서 測定한 石綿纖維濃度가 약 0.02 fibers/cc로 나타나, 인접해 있는 다른 部署의 勤勞者도 낮은濃度의 石綿에 暴露됨을 알 수 있었다.

壓縮空氣로 먼지를 제거할 때 Rohl 등¹⁴과 Lorimer 등¹⁵은 5 m 멀어진 거리에서의濃度가 0.4 ~ 0.8 fibers/cc라고 報告하였다.

本 調査對象 事業場에서는 브레이크 라이닝을 機械로 研磨하지는 않았지만, 이러한 作業을 하는 事業場에서는 브레이크를 修理하는 勤勞者は 물론 다른 周邊 部署의 勤勞者도 높은濃度의 石綿纖維에 暴露될 수 있다. 이 作業을 하는 동안 브레이크 修理를 하지 않는 다른 部署의 勤勞者の 石綿暴露水準을, 評價하기 위해 Rohl 등¹⁴과 Lorimer 등¹⁵이 測定한 결과에 따르면, 20m거리에서도 각각 0.3 fibers/cc와

Table 8. Asbestos Fiber Concentrations of Area Samples Taken from Rest Room at Noon in Automobile Repair Shop

Sample Number	Sampling Period, min	Asbestos Fiber Concentration, fibers/cc
1	40	0.019
2	33	0.011
3	70	0.004
4	67	0.010
5	76	0.012
6	76	0.012
7	76	0.013
GM		0.014
GSD		1.35

0.2 fibers/cc라고 보고하였다.

따라서 發生源에서 局所排氣 등과 같은 적절한 管理策이 세워지지 않는다면 周邊에 있는 他部署의 勤勞者도 石綿에 暴露되어 健康障害를 받을 危險에 처하게 된다.

4) 休憩室의 石綿纖維濃度

自動車整備業所 休憩室에서 測定한 石綿纖維濃度는 Table 8에 나타나 있는 바와 같이 平均 0.014 fibers/cc였다. 비록 石綿纖維의 농도는 낮았지만 休憩室에서는 整備勤勞者 外에 管理職從事者와 一般市民이 休息을 취하고 있었으므로 이들도 소량의 石綿에 暴露된다고 보겠다. 따라서 이들의 石綿暴露를 막기 위해

Table 9. Asbestos Fiber Concentration in Brake Lining Retail Store

No. of Samples	Sampling Period, min	Asbestos Fiber Concentration, fibers/cc			GSD
		Range	GM	84 th percentile	
8	2 ~ 90	0.16 ~ 5.64	0.35	1.0	2.86

서는 休憩室을 作業場所와 격리시키는 것이 바람직하다고 생각한다.

4. 自動車 브레이크 라이닝 販賣業所에 서의 石綿暴露

이 業種에 從事하는 勤勞者의 石綿纖維暴露濃度는 勤勞者의 呼吸位置에서 測定하였으며, 그 결과는 Table 9 및 Fig. 5에 나타나 있다. 이 표에서 보는 바와 같이 勤勞者의 平均 暴露水準이 0.35 fibers/cc로 우리나라의 法的 許容基準(2 fibers/cc)에는 未達하였으나 미국의 法的 許容基準(0.2 fibers/cc)를 초과하였다.

이 業所는 브레이크 라이닝과 클럽치페이싱을 整備業所에 販賣하는 곳으로 브레이크 라이닝의 穿孔, brake shoes의 리벳(rivet)을 附着·除去하는 작업, 그리고 brake shoe에 맞도록 브레이크 라이닝을 機械나 砂布로 研磨하는 作業等을 하고 있었다. 브레이크 라이닝을 천공하는 作業에서는 매우 높은 石綿纖維暴露濃度를 보여, 幾何平均이 0.3 fibers/cc이고 最高值가 3.49 fibers/cc였다. 이 作業에서 가장 낮은 濃度는 0.16 fibers/cc로서 이 濃度值를 보인 業所에서는 性能은 알 수 없지만 局所排氣裝置가 設置되어 있었으며 勤勞者は 천천히 作業을 하고 있었다.

5. 自動車 브레이크 라이닝 販賣業所 周邊의 大氣中 石綿濃度

Table 10은 브레이크 라이닝 販賣業所 周邊에서의 거리에 따른 大氣中 石綿纖維濃度를

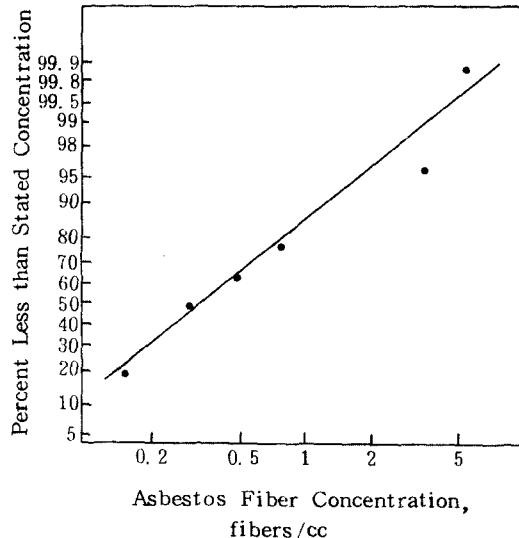


Fig. 5. Asbestos Fiber Concentrations in Brake Lining Retail Store.

Table 10. Asbestos Fiber Concentration by Distance from Brake Lining Retail Store

Distance, m	Asbestos Fiber Concentration	
	Range	GM
0.5 ~ 2	0.001 ~ 0.886	0.214
3 ~ 4	0.042 ~ 0.104	0.097
8 ~ 10	0.011 ~ 0.017	0.014
30	0.011 ~ 0.011	0.011

測定한 결과이다. 이 調査는 이 業所에 의한 石綿의 大氣污染水準, 即 住民의 暴露水準을 把握하고자 實施하였다.

調査結果, 石綿纖維濃度가 0.5 ~ 2m 거리에서 0.21 fibers/cc, 3 ~ 4m 거리에서 약 0.1 fibers/cc였고 30m 떨어진 거리에서도 石

綿纖維濃度가 0.01 fibers/cc로 나타나 이業所에 의하여 住民들이 石綿에 暴露됨을 알 수 있었다.

美國의 환경보호청(Environmental Protection Agency, EPA)에서는 室內空間에 대한 石綿의 基準을 0.01 fibers/cc로 勸告하고 있다.

本 調査結果 이 업소의 排出濃度는 미국 환경보호청의 基準值인 0.01 fibers/cc를 超過하여 이에 대한 적절한 對策이 樹立되어야 하겠다. 따라서 石綿粉塵發生源에서 局所排氣施設을 설치하고 반드시 배출되는 空氣는 HEPA(High efficiency particulate air) 濾過材에 통과시켜, 石綿粉塵을 제거한 후 배출해야 한다.

6. 브레이크 粉塵中의 石綿纖維 크기 및 許容基準에 對한 考察

미국 노동성 산업안전보건청과 국립산업안전보건연구소의 公定試驗法은 길이 5 μm 이상의 纖維만 計數하도록 定하고 있어 勤勞者の 暴露水準을 過小評價할 우려가 있다. 이미 여러研究者들이 5 μm 以下의 작은 石綿纖維에 의해 石綿肺와 癌이 유발될 수 있다고 報告하였다.^{12, 21} ~²³

특히 自動車 制動時 摩擦과 高熱에 의해 브레이크 라이닝의 石綿纖維는 작게 崩壞되기 때문에 브레이크 粉塵中에는 대부분 길이가 짧은 纖維가 存在한다.

Rödelsperger 등¹⁰⁾은 브레이크粉塵에는 길이가 5 μm 이상인 섬유가 1% 미만이고 대부분의 石綿纖維가 5 μm 이하라고 報告하였으며, Rohl 등¹²⁾과 Lorimer 등⁴⁾은 0.4 μm 이하인 纖維가 80%라고 보고하였다.

따라서 “NIOSH 7400” 方法(위상차현미경법)에 의한 石綿의 分析은 실제 勤勞者の 暴露水準을 評價하기에는 부적합하므로 이 研究者

들은 위상차현미경과 아울러 電子顯微鏡(electron microscopy)으로 分析하는 것이 勤勞者の 正確한 暴露水準을 평가하는데 必要하다고 주장하고 있다.

現在 우리나라의 石綿에 대한 法的 許容基準¹⁹⁾은 미국 정부산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)가 제정한 TLVs(Threshold Limit Values)²⁴⁾을 採擇하고 있으며 石綿의 種類에 따라 다르게 設定되어 있다. 즉, 白石綿 2 fibers/cc, 青石綿 0.2 fibers/cc, 黃石綿 0.5 fibers/cc, 그리고 기타 형태가 2 fibers/cc로 許容基準이 設定되어 있다.

現在 미국의 산업안전보건청(OSHA)에서 규정한 法的 許容基準(Permissible Exposure Limit, PEL)은 石綿의 種類에 관계없이 0.2 fibers/cc²⁰⁾이며 미국의 국립산업안전보건연구소(NIOSH)에서는 許容基準 0.1 fibers/cc를 勸告하고 있다.

영국의 石綿에 대한 法的 許容基準은 石綿의 種類에 따라 다르며 白石綿 0.5 fibers/cc, 青石綿 0.2 fibers/cc, 黃石綿 0.2 fibers/cc로 1984年 8月 1日부터 施行되고 있다.²⁵⁾

위에서 제시된 外國의 法的 許容基準과 比較해 볼 때, 우리나라의 許容基準은 너무 높게 設定되어 있을 뿐만 아니라 이것도 잘 지켜지지 않는 實情이다.

石綿은 發癌物質일 뿐만 아니라 少量에 暴露되더라도 疾病을 일으킬 수 있기 때문에 石綿의 許容基準을 可能한限 较低도록 最善의 努力を 기울여야 하겠다. 石綿의 有害性, 工學的 인 技術 및 經濟的인 問題를 고려해 볼 때, 美國의 國立產業安全保健研究所에서 勸告하는 0.1 fibers/cc가 적절한 許容基準이라 생각된다.

IV. 結 論

本研究는 1988年 8月 11日부터 10月 21日까지 自動車整備業 從事者와 브레이크라이닝 販賣業 從事者의 石綿暴露水準을 評價하기 위해 실시하였다. 또한 같은 期間동안 이 業所周邊 住民의 石綿暴露水準도 평가하였으며 結果는 다음과 같다.

1. 自動車整備事業場 勤勞者の 石綿暴露水準은 平均 0.1 fibers/cc로 우리나라의 法的許容基準인 2 fibers/cc와 美國의 法的許容基準인 0.2 fibers/cc에 미달하였다.

2. 自動車 브레이크라이닝 販賣業에 從事하는 勤勞者の 石綿暴露水準은 0.35 fibers/cc로서 우리나라의 許容基準이 하였으나 美國의 許容基準을 超過하였다.

3. 工程別로 보면 브레이크 修理時 壓縮空氣로 먼지를 제거하는 동안 최고 약 7 fibers/cc의 石綿濃度를 나타냈으며 平均 약 4 fibers/cc였다.

砂布로 브레이크 라이닝을 研磨하는 作業에서는 勤勞者の 石綿暴露濃度가 승용차의 경우 0.28 fibers/cc, 트럭·버스의 경우 0.46 fibers/cc였으며 마른 솔로 브레이크 粉塵을 제거하는 作業에서는 0.2 fibers/cc를 약간 초과하였다.

4. 브레이크 라이닝 販賣業所로부터 3 ~ 4 m 떨어진 거리에서의 대기中 石綿濃度는 0.1 fibers/cc였으며 30 m 거리에서는 0.01 fibers/cc를 나타냈다.

參 考 文 獻

1. World Health Organization (WHO). Asbestos and Other Natural Mineral Fibers, Environmental Health Criteria 53, WHO, Geneva, 1986.
2. Health and Safety Commission. Asbestos, Volume 1: Final Report of the Advisory Committee, Health and Safety Executive, London, 1979.
3. 관세청. 무역통계연보, 1987년 2월호, 관세청, 1988.
4. Lorimer, W.V., A.N. Rohl, A. Miller, W.J. Nicholson, I.J. Selikoff. Asbestos Exposure of Brake Repair Worker in the United States, the Mount Sinai J. Medicine, 43(3): 207-217, 1976.
5. Kauppinen, T., K. Korhonen. Exposure to Asbestos during Brake Maintenance of Automotive Vehicles by Different Methods, Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 45(5): 499-504, 1987.
6. McVittie, J.C., Asbestosis in Great Britain, Ann. N.Y. Acad. Sci., 132: 128-138, 1965.
7. Newhouse, M.L., H. Thompson. Mesothelioma of Pleura and Peritoneum following Exposure to Asbestos in the London Area, Brt. J. Ind. Med., 22: 261-269, 1965.
8. McDonald, A.D., A. Harper, O.A. El Attar, J.C. McDonald. Epidemiology of Primary Malignant Mesothelial Tumors in Canada, Cancer, 26: 914, 1970.
9. Greenberg, M., T.A. Lloyd Davis. Mesothelioma Register 1967-1968, Brit. J. Ind. Med., 31: 91-104, 1974.
10. Rödelsperger, K., H. Jahn, B. Bruckel, J. Manke, R. Paur, H.J. Woitowitz. Asbestos Dust Exposure During Brake Repair, Am. J. Ind. Med., 10: 63-72, 1986.
11. Langer, A.N., W.T.E. McCaughey. Mesothelioma in a Brake Repair Worker, The Lancet i : 1101-1103, 1982.
12. Rohl, A.N., A.M. Langer, M.S. Wolff, I. Weisman. Asbestos Exposure during

- Brake Lining Maintenance and Repair, Env. Res., 12: 110-128, 1976.
13. Ronald, L., L. Williams, L. Jean. Asbestos Brake Emissions, Env. Res., 29: 70, 1982.
14. Rohl, A.N., A.M. Langer, R. Klimentidis Ba, M.S. Wolff, I.J. Selikoff. Asbestos Content of Dust Encountered in Brake Maintenance and Repair, Proc. Roy. Soc. Med., 70: 32-37, 1977.
15. 경제기획원. 총사업체통계 조사보고서, 제3권, 서어비스업편, 경제기획원, 1986.
16. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Fibers, Method NO. 7400, NIOSH Manual of Analytical Methods, 3rd ed., DHHS (NIOSH) Publication No.84-100, Cincinnati, OH, 1984.
17. Paik, N.W., R.J. Walcott and P.A. Brogan. Worker Exposure to Asbestos During Removal of Sprayed Material and Renovation Activity in Buildings Containing Sprayed Material, Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 44: 428-432, 1983.
18. 朴杜用. 白南園. 石綿슬레이트 제조 및 石綿紡織事業場 勤勞者의 石綿粉塵暴露, 韓國環境衛生學會誌, 14(2), 13 - 27, 1988.
19. 노동부. 유해물질의 허용농도, 작업환경 관계자료, 노동부 고시 제 86-45 호, 노동부, 1986.
20. U.S. Department of Labor, OSHA. Occupational Exposure to Asbestos, Tremolite, Anthophyllite, and Actinolite, 29 CFR Parts 1910 and 1926, Fed. Reg., 51: 22612, 1986.
21. Holt, P.E., J. Mills, D.K. Yong. The Early Effect of Chrysotile Asbestos Dust on the Rat Lung, J. Path. Bact., 87: 15, 1964.
22. Wagner, J.C., G. Berry, V. Timbrell. Mesothelioma in Rats After Inoculation with Asbestos and other Materials, Brit. J. Cancer, 28: 173, 1973.
23. Bouhyus, A., Fibers and Fibrosis, Ann. Intern. Med., 83(6): 898-899, 1975.
24. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). TLVs Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1988-1989, ACGIH, Cincinnati, OH, 1988.
25. The Asbestos Institute. The Control of Asbestos Dust, The Asbestos Institute, Montreal, 1986.