수리조선 작업장에서의 공기중 석면 노출에 관한 연구

심상호* · 정희태** · 송기민*** · 김윤신* · 강용선****†

*한양대학교병원 산업의학과, **한국의료경영정보연구원

법무법인 정세, *산재의료관리원 창원병원

(2008. 6. 26. 접수/2008. 7. 26. 수정/2008. 8. 9. 채택)

A Study on Exposure to Asbestos a Shipbuilding Repair Business

Sang Hyo Sim* · Hee Tae Chung** · Ki Min Song*** ·

Yoon Shin Kim* · Yong Seon Kang****†

*Department of Occupational and Environmental Medicine, Hanyang University Medical Center

**Korea Healthcare Management Research Institute

***Law Firm Jeong Se

****Changwon General Hospital Workers Accident Medical Corporation

(Received June 26, 2008/Revised July 26, 2008/Accepted August 9, 2008)

ABSTRACT

This paper aims to provide basic data for work environment control, prevention of worker exposure to asbestos and improvement of air quality to protect workers' health after measuring the level of airborne asbestos and workers' exposure in a shipbuilding repair businesses. For this study, a total of 27 samples were collected from 27 workers who had been exposed to asbestos during engine, piping, boiler and other manufacturing processes in 'A' Shipbuilding Repair Company in Gyeongnam. This research was conducted from Oct. 1 to 30, 2007 and had the following results: The target group (27 workers) consisted of all men with an average age of 35.9 years and 6.6 years of work on average. Among them, fifteen 15 (55.6%) were smokers. In terms of their duties at work, there were 12 plumbing repair engineers (44.4%), 8 boiler repair engineers (29.6%) and 7 engine engineers (25.9%). The geometric mean concentration of airborne asbestos was 0.004 f/cc. A total of 4 samples exceeded the exposure limit. In particular, three exceeded the legal limit by more than double, which means that some workers have been highly exposed to asbestos. In terms of the concentration of asbestos fibres by work process, plumbing repair was the highest (0.0071 f/cc(0.001~0.57 f/cc)) while boiler was the lowest (0.0015 f/cc(0.001~0.007 f/cc)). Based on this study, proper action needs to be taken as soon as possible to protect workers from the threat of asbestos.

Key words : Shipbuilding repair, Asbestos

I. 서 론

조선산업의 기반은 1950년대의 사회적 혼란기를 거쳐, 1960년대 조선산업 육성정책을 통해, 단일 조선소별 건조능력에 있어서도 세계 1,2,3위가 모두 우리나라 조선업체들이며, 이러한 양적 성장뿐만 아니라, 기술경쟁력, 생산성향상, 생산자동화 등 질적인 면에서도 크게 성장하였다.¹⁾

조선수리산업이란 선박의 개조, 보수, 정비 등을 수행하는 조선산업의 세부업종 중 하나이며, 수리조선 산업은 기술 및 노동집약적 산업으로 기계, 철강, 전기전자, 화학 등 연관산업에 대한 생산 유발효과 및 고용효과가 높은 산업이며,²⁾ 1980년대 말 이후에는 선박을 건조하거나 수리할 때 석면의 사용 감소로 노출량이 적을 수 있으나, 이미 오래전에 석면을 사용하여 건조된 배를 수리하는 경우에는 석면에 상당량 노출된다. 또한 석면의 기관 및 배관의 단열에 위해서 여전히 석면포를 사용하고 있는 실정이다.³⁾

†Corresponding author : Changwon General Hospital, Workers Accident Medical Corporation
Tel: 82-55-282-5110, Fax: 82-55-280-7664
E-mail : kys3977@hanamail.net

석면에 가장 많이 노출될 것으로 예상되는 산업으로는 석면 채굴업, 석면방직품 제조, 석면 단열재 제조, 건축자재 제조와 브레이크라이닝 등 석면을 이용한 제조업이 있으며, 조선업의 경우는 선박의 배관, 단열을 위한 취외, 제작, 취부작업과 선체의 제작 등에서 석면에 노출될 수 있다. 특히 수리조선업은 선박의 수리 및 해체과정에서 방열, 단열재로 사용했던 석면의 제거, 교체작업을 통해서 석면에 노출될 가능성이 매우 높다.⁴⁾

우리나라의 경우 1960년대부터 석면이 사용되어 왔으며, 1976년 수입량은 74,000톤에서 1995년 88,700톤까지 꾸준히 증가하였으나, 석면으로 인한 피해사례가 늘면서 1990년 이후부터 석면의 수입 규제가 시작되어 2000년 28,900톤, 2003년 22,000톤, 2005년 6,477톤으로 해가 거듭될수록 수입량이 급격히 감소하고 있는 추세이다.^{5,6)}

석면에 장기간 노출되면 약 15~30년의 잠복기를 거쳐 호흡기계 질환인 석면폐증(asbestosis), 폐암(lung cancer), 악성중피종(mesothelioma)을 유발하며, 장관계의 암과 인후두암, 유방암, 난소암, 신장암, 췌장암, 부고환암, 임파선암, 원형무기폐, 흉수나 흉막염을 유발한다.^{7,8)}

현재 전 세계에서 1억 2,500만 근로자가 석면에 노출되어 있고, 매년 약 9만명의 근로자가 석면 노출과 관련된 석면폐증, 폐암, 악성중피종 등의 질병으로 사망하는 것으로 추정되며,⁹⁾ 우리나라에서도 2000년부터 2007년까지 총 68명의 석면 관련 직업병 환자가 발생하였고 2005년 이후에 발생한 환자가 41명(60.29%)으로 1970~1980년대 집중 수입량과 잠복기를 고려할 때 향후 직업병 발생이 급격히 증가할 가능성이 있다.¹⁰⁾

외국의 경우 일본은 2004년 10월부터 청석면과 갈석면 외의 기타 석면을 사용하는 건설자재 및 자동차 부품 등 특정 석면함유 제품의 제조, 수입, 판매 및 사용까지 제한함으로써 모든 종류의 석면사용을 금지하였다.¹¹⁾

우리나라는 2007년부터는 건축자재, 마찰재에 대한 신규 제조 및 수입을 금지하였으며, 2008년 1월에는 0.1% 초과하여 함유된 석면 함유 제품은 제조·수입·양도·제공·사용이 금지되었고, 이후 석면 제품 사용의 금지조치가 더 강화되어 2009년부터는 모든 석면제품의 사용(제조수입 포함)을 전면 금지하는 조치가 내려지게 되었다.¹²⁾

최근 국내의 보일러 설치 및 배관작업(boilermaker)을 약 30년 정도 한 후 흉막 악성 중피종이 수리조선업 근로자의 석면에 의한 직업성 폐암 증례를 보고하였다.¹³⁾

우리나라의 경우 석면에 의한 근로자의 건강장해 위

험은 매우 높은 편이나 이에 관한 역학적 실태조사는 물론 아직도 석면사업장에 대한 정확한 근로자의 노출에 관한 조사가 지속적으로 이루어지지 않고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 일부 수리조선소의 엔진수리, 배관수리, 보일러수리 공정을 대상으로 공기중 석면농도를 측정하여 근로자들의 노출실태를 평가하여, 향후 진행되는 근로자의 건강보호를 위한 적절한 작업환경관리 및 석면노출 방지대책 수립과 공기질 개선을 위한 기초자료를 제공하는데 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 조사대상은 경남지역에 소재한 A 수리조선업체에서 1970~1980년대 건조된 20,000톤급 선박의 보수수리(엔진, 배관, 보일러 등)를 하면서 과거에 설치되었던 석면제품을 해체제거시, 의심되는 소재를 채취하여 분석한 결과 백석면을 함유하고 있었다.

본 연구의 목적과 취지에 대한 충분한 설명후 해체제거 작업일정을 파악한 후, 조사내용을 설명하고 작업인원수, 조사기간 및 측정지점을 선정하였으며, 석면해체제거 작업자 27명을 대상으로, 2007년 10월 1일부터 10월 30일까지 수행하였다.

2. 연구 방법

1) 시료채취 및 분석

공기 중 석면 시료채취는 미국국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health ; NIOSH)의 공정시험법에¹⁴⁾ 따라 Cellulose Ester Membrane(CEM) filter(pore size 0.8 μ m, 직경 25 mm)가 내장된 50 mm 카울(cowl)이 장착된 카셋(cassette)을 이용하였고, 개인시료 채취기(Personal air sampler)의 유량은 약 1.7 l/min으로 개인시료를 포집하였으며, 유량보정기를 사용전 후에 각각 3회씩 측정하여 측정값을 평균하여 사용하였다.

공기 중 석면의 분석은¹⁵⁾ 위상차현미경(Phase Contrast Microscopy, PCM)으로 분석하였다. 이 방법은 채취한 필터를 아세톤으로 투명화하고 트리아세틴으로 기포가 생기지 않도록 고정시킨 후, Walton-Beckett Graticule (1시야면적 0.00785 mm²)이 삽입된 위상차현미경을 사용하여 400배 배율에서 'A' 섬유 계수법(섬유의 길이 5 μ m 이상, 길이 대 지름의 비가 3:1이상의 섬유를 계수)으로 석면섬유를 분석하며 100개의 섬유가 계수될 때 까지 최소 20개 이상 충분한 수의 시야를 계수하되,

계수한 시야의 수가 100개를 넘지 않도록 한다.

3. 통계 처리

통계 분석은 SPSS 13.0 프로그램을 이용하였다. 공기중 석면농도는 Shapiro-Wilk Test 검정한 결과($p < 0.05$), 대수 정규 분포를 함에 따라 평균 섬유 수는 기하평균과 기하표준편차로 나타내었으며, 집단 간 차의 유의성 여부를 알기 위하여 변수들의 비교는 ANOVA 검정을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 일반적 특성

조사대상 27명 전원이 남자였으며, 연령분포는 평균 연령이 35.9세였으며, 30~40세가 18명(66.7%)으로 가장 많았으며, 40세 이상은 5명(18.5%), 30세 이하가 4명(14.8%)의 순이었다. 근무경력은 5년 이하가 12명(44.4%)로 가장 많았으며, 5~10년은 11명(40.7%), 10년 이상 4명(14.8%)였으며, 평균 근무기간은 6.56년 이었다.

대상 근로자의 흡연력은 현재 담배를 피고 있는 사람은 15명(55.6%)이었고, 비흡자는 12명(44.4%)로 담배를 피는 사람이 더 많았으며, 음주는 80%이상 있었다.

작업공정별로 배관수리 12명(44.4%)으로 가장 많았으며, 보일러 및 기타 작업자가 8명(29.6%), 엔진 정비가 7명(25.9%) 순으로 조사되었다.

2. 수리조선 작업장내의 공기 중 석면(asbestos)농도 평가

일반적으로 작업환경중 유해물질의 농도분포는 정규 분포보다는 대수정규분포(lognormal distribution)에 가까운 것으로 알려져 있다¹⁶⁾. Figure 1는 대수정규분포로 나타낸 것이다. 각각의 농도값은 작업시간 동안의

Table 1. General characteristics of study subjects
(Unit : number (%))

Variable		No. of samples	Percent (%)
Sex	Male	27	100.0
	< 30	4	14.8
Age(years)	30~40	18	66.7
	40 ≤	5	18.5
	< 5	12	44.4
Work duration (years)	5~10	11	40.7
	10 ≤	4	14.8
Smoking (Current)	Smoker	15	55.6
	Nonsmoker	12	44.4
Alcohol drinking (Current)	Yes	22	81.5
	No	5	18.5
Work Process	Marine engine	7	25.9
	Piping work	12	44.4
	Boiler & the other	8	29.6
	Total	27	100.0

시간가중평균치(Time-Weighted Average, TWA)를 계산하여 나타내었다.

조선소 석면해체제거 작업시 공기 중 기하평균 농도는 0.004 f/cc였으며, 범위는 0.001~0.570 f/cc로 조사되었으며, 우리나라 노동부 노출기준을 초과한 측정건수는 4건이었다.

공기중 석면 농도가 우리나라 노출기준 0.1 f/cc보다 2배 이상 높은 공정은 배관을 수리하는 과정에서 3건이었으며, 일부 작업자는 고농도의 석면에 노출되고 있었다.

공기중 석면 섬유 농도가 가장 높은 배관수리 공정은 0.007 f/cc, 범위는 0.001~0.57 f/cc였으며, 가장 낮은 보

Fig. 1. Cumulative distribution of asbestos concentrations by work process.

Table 2. Mean of asbestos concentration in air different working sites

Work Process	No. of samples	Airborne asbestos concentration(f/cc)			No. of samples over KOEL [†]
		GM	Range	GSD	
Marine engine	7	0.003	0.001~0.100	5.717	1
Piping work	12	0.007	0.001~0.570	11.537	3
Boiler & the other	8	0.002	0.001~0.007	2.378	-
Total	27	0.004	0.001~0.570	7.143	4

GM : Geometric mean, GSD : Geometric standard deviation

[†]KOEL : Korean Occupational Exposure Limit

일러 및 기타 공정에서 0.002 f/cc, 범위는 0.001~0.007 f/cc였다(Table 2).

백도명 등은 1970년대에 건조된 어선의 기관실 수리 작업이 진행되지 않은 공기중 석면농도는 0.01~0.02 f/cc로 조사되었으며, 기관 및 배관의 노후된 석면을 자르는 작업시 공기중 석면농도는 6.3~7.8 f/cc로, 본 연구와는 차이를 보이고 있었다.¹⁷⁾

우리나라의 노동부(2008)와 미국정부산업위생전문가 협의회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH, 1990)에서는 동일한 값을 허용기준으로 설정하고 있으며, 노출기준 0.1 f/cc를 정하고 있다.¹⁰⁾

Table 3는 일반적인 특성에 따른 석면농도 분포는 연령 분포는 30대 미만에서 0.007 f/cc로 가장 농도가 높았으며, 40대 이상은 0.002 f/cc로 가장 낮았으나 유의한 차이를 보이지 않았다. 수리조선 작업장 근로력에서는 5년 미만이 0.006 f/cc로 가장 높았으며, 5

년 이상은 동일한 농도 분포를 보였다.

폐암의 가장 흔한 원인은 흡연이며, 석면 노출자에서 흡연을 하는 경우 폐암발생의 상승효과가 있는 것으로 알려져 있으며,¹⁸⁾ 석면에 노출된 근로자 등 흡연자 집단일 경우에 석면에 노출되지 않은 비흡연자 집단에 비해 폐암으로 인한 사망률이 50~100배에 이른다.¹⁹⁾ 본 연구에서는 흡연자가 15명으로 비흡연자 보다 많았으며 평균농도는 0.002 f/cc로 었으며, 음주는 0.008 f/cc로 현재 음주를 하지 않는 군에서 더 높았으나 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다.

석면은 저농도에서도 장기간 노출시 중피종(mesothelioma)과 같은 치명적인 질병을 일으킬 수 있으므로, 가능한 작업장의 석면농도를 최소한으로 유지하도록 최선의 노력을 기울여야 할 것이다. 따라서 이 업종에 대해서는 충분한 대책을 강구하여 석면의 위험으로부터 근로자를 보호하여야 하겠다.

Table 3. General characteristics of study subjects by airborne asbestos

Variable		No. of samples	Airborne asbestos concentration (f/cc)		p-value
			GM	GSD	
Age(years)	< 30	4	0.007	10.251	0.71
	30~40	18	0.004	8.388	
	40 ≤	5	0.002	2.668	
Work duration (years)	< 5	12	0.006	12.455	0.23
	5~10	11	0.002	4.167	
	10 ≤	4	0.002	2.813	
Smoking (Current)	Smoker	15	0.002	3.816	0.08
	Non-smoker	12	0.006	12.314	
Alcohol drinking (Current)	Yes	22	0.003	6.676	0.60
	No	5	0.008	9.790	
Work Process	Marine engine	7	0.003	5.717	0.23
	Piping work	12	0.007	11.537	
	Boiler & the other	8	0.002	2.378	

IV. 결 론

본 연구는 수리조선 작업장에 있어서 배관, 엔진, 보일러 및 기차 수리작업시 발생하는 공기중 석면 농도를 평가하기 위하여 2007년 10월부터 12월까지 공기중 석면 농도를 측정하여 얻는 결과는 다음과 같다.

1. 조사대상 27명은 전원 남자였으며, 평균 연령은 35.9세였으며, 30~40세가 18명(66.7%)으로 가장 많았으며, 근무력은 5년 미만은 12명(44.4%)로 가장 많았으며, 평균 근무기간은 6.6년이었다.

현재 흡연여부는 흡연자 15명(55.6%)으로 더 많았으며, 작업공정별로 배관수리 12명(44.4%), 보일러 8명(29.6%), 엔진 정비 7명(25.9%) 순으로 조사되었다.

2. 수리조선 작업장내의 공기 중 석면(asbestos)의 기하평균 농도는 0.004 f/cc(0.001~0.570 f/cc)로 노출기준 농도인 0.1 f/cc를 초과한 측정건수는 총 27개 측정치 중 4(14.8%)이었고, 2배 이상 초과하는 시료는 3개로 나와 일부 근로자들은 고농도의 석면에 노출되고 있었다.

3. 변수간 석면농도 분포는 연령별 분포는 30대 미만에서 0.007 f/cc로 가장 농도가 높았으며, 40대 이상은 0.002 f/cc로 가장 낮았고, 근무경력 5년미만이 0.006 f/cc로 가장 높았으며, 5년 이상은 동일한 농도 분포를 보였으나 변수간 유의한 차이를 보이지 않았다.

수리조선 작업자들의 비흡연자들의 석면 농도가 0.006 f/cc로 더 높았으며, 현재 음주를 하지 않는다는 군에서 0.008 f/cc로 더 높았으나, 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다.

따라서 이 업종에 대해서는 충분한 대책을 강구하여, 석면의 위험으로부터 근로자를 보호하여야 한다.

참고문헌

1. Woo, Y.S. : Growth of korean shipbuilding-allied industries and regional implications. *Journal of the Korean Association of Regional Geogra*, **9**(1), 53-65, 2003.
2. Oh, J.S., Shin, Y.J., Lee, S.D. : Plan for vitalization of busan new port by activating ship repair industry. *Korean Society of Marine Engineering*, **31**(6), 810-817, 2007.
3. Kim, K. N., Kim, J. I., Lee, K. N., Jung, K. Y., Kim, J. Y. : Imaging findings among retired workers who were long-term exposed to asbestos. *Korean society of occupational & environmental medicine*, **18**(2), 87-93, 2006.
4. Ye, B.J., Kim, J.I., Lee, H.J., Kim, K.N., Jung, K.Y., Kim, J.Y., Yun, S.H. : The prevalence of asbestos exposure induced pleural thickening on chest radiograph in repairing shipyard workers. *Korean society of occupational & environmental medicine*, **20**(1), 9-14, 2008.
5. Ministry of Labor. Guideline of approval / permit system for removal of asbestos-containing fixtures. 15~54, 2007.
6. Ki, Y.H., Kim, J.M., Roh, Y.M., Chung, L.A., Kim, Y.S., Sim, S.H. : A survey for some asbestos containing products in korea. *Korean Society of Environmental Health* **34**(1), 108-115, 2008.
7. Becklake, MR. : Asbestos-related diseases of the lung and other organs: their epidemiology and implications for clinical practice. *American review of respiratory disease*, **114**, 187-227, 1976.
8. Park, D.Y., Paik, N.W. : Worker exposure to asbestos Fibers in asbestos slate manufacturing and asbestos textile industries. *Korean Society of Environmental Health*, **14**(2), 13-27, 1988.
9. Timothy Driscoll, Deborah Imel Nelson, Kyle Steenland, James Leigh, Marisol Concha-Barrientos, Marilyn Fingerhut, Annette Pruss-Ustun. : The global burden of diseases due to occupational carcinogens. *American Journal of Industrial Medicine*, **48**(6), 419-431, 2005.
10. Korea Asbestos Management Association. The 10th professional asbestos agent fostering curriculum, 231-345, 2008.
11. Official Journal of the European communities : Commission Directive 1999/77/EC adapting to technical progress for the sixth time Annex I to Council Directive 76/769/EEC relating to restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations, 1999.
12. Ministry of Labor: About industrial health standard rule, 2007.
13. Yoon, D.Y., Kang, J.W., Lee, H.J., Kim, J.I., Son, J.E., Jung, K.Y., Kim, J.Y., Roh, M.S. : A case of lung cancer by long-term asbestos exposure. *Korean Society of Occupational & Environmental Medicine*, **16**(4), 499-504, 2004.
14. National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). Asbestos Fibers in Air, Method No. 7400, NIOSH Manual of Analytical Method, 3rd Edition, DHHS(NIOSH) Publication No. 84-100, Cincinnati, OH, 1989.
15. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Manual of analytical methods, 4th Ed., asbestos and other fibers by PCM No. asbestos (bulk) by PLM No. 9002, 1994.
16. American Conference of Governmental Industrial Hygienists : Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants, 7th Ed., ACGIH, 1989.
17. Paek, D.M., Paik, N.W., Choi, J.D., Son, M.A., Im, J.G., Lee, W.J., Moon, Y.H., Park, J.S., Choi, B.S. : Prevalence of asbestosis in Korean asbestos industry. *Korean Society of Occupational & Environmental*

- Medicine*, 7(1), 46-57, 1995.
18. Kamp DW, Srinivasan M, Weitzman SA. : Cigarette smoke and asbestos activate poly-ADP-ribose polymerase in alveolar epithelial cells. *Journal Investing Medicine*, 49(1), 68-76, 2001.
 19. Last JM, Wallace RB. : Asbestos and other fibres. In: Maxcy-Rosenau-Last Public Health Preventive Medicine. 13th ed. Appleton & Lange, East Norwalk, 343-64, 1992.