

# 문헌 조사를 통한 국내 선박 수리 작업자들의 석면 노출 특성 분석

최상준\* · 권효정\* · 곽수경\*

\*대구가톨릭대학교 산업보건학과

## Ship Repair Workers' Exposure to Asbestos by a Systematic Review in Korea

Sang-jun Choi\* · Hyo-jung Kwon\* · Su-gyeong Gwak\*

\*Department of Occupational Health, Catholic University of Daegu

### Abstract

This study was conducted to evaluate the characteristics of exposure to asbestos for ship repair workers in Korea by a systematic review. The number of articles studying asbestos exposure levels from ship repair workplaces was found to be 4. All asbestos concentration reported as either geometric mean and geometric standard deviation or ranges were transformed to arithmetic mean to estimate exposure level. In addition, weighted arithmetic means(WAMs) were calculated by weighing of the different number of samples. The WAM concentrations were 2.746 f/cc during asbestos dismantling work, 0.034 f/cc before asbestos dismantling work and 0.065 f/cc after working respectively. The maximum airborne concentration of asbestos during asbestos removal work was 7.02 f/cc which was 70 times higher than the occupational exposure limit of Korea, 0.1 f/cc. This study recommends that retrospective exposure to asbestos based on various ship types and operations should be assessed.

**Keywords** : Asbestos, Ship repair, Maintenance

### 1. 서론

석면은 섬유 형태를 띤 비금속성 규산광물로 국제암 연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)[1], 미국산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)[2], 미국국립독성프로그램(National Toxicological Program, NTP)[3]과 우리나라 고용노동부[4]에서 중피종과 폐암을 발생 시킬 수 있는 인체 발암성 확정 물질로 분류하고 있는 대표적 직업적 발암성 물질이다. 따라서 현재 서유럽의 대다수 국가들에서 석면의 수입, 사용과 이를 이용한 제조가 금지되어 있다.

국내에서는 1997년 각섬석 계열의 청석면과 갈석면의 사용이 금지되었고, 2003년에 액티노라이트, 트레몰라이트, 안소필라이트 등의 각섬석 계열 석면이 추가로 금지물질로 지정되었다. 석면사용의 대부분을 차지하는 백석면은 2000년대 초반까지 광범위하게 사용되어 오다가 2003년부터 자동차관리법에 의해 제동장치에 석면을 사용한 자동차의 신규 등록을 거부하도록 하였고[5], 2008년부터는 석면의 중량이 제품 중량의 0.1%를 초과하는 거의 모든 제품에 대해 제조 및 사용을 금지하였다[6]. 그러나 향후 석면사용을 금지한다고 하더라도 이미 사용된 석면 혹은 석면 제품을 해체 혹은 제거하는 작업자는 여전히 석면 노출이 가능하다.

† 본 연구는 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(No. 2011-0027119).

† 교신저자: 최상준 교수, 경북 경산시 하양읍 금락1리 330번지

Tel 053-850-3738 E-mail : junilane@gmail.com

2012년 5월 29일 접수; 2012년 9월 3일 수정본 접수; 2012년 9월 3일 게재확정

특히 조선업은 석면사용이 많은 대표적인 업종이며, 과거 석면이 사용된 선박을 수리 또는 해체하는 작업자는 석면에 고 노출 위험이 있는 대표적인 직종으로 잘 알려져 있다.

우리나라의 경우 선박 수리업체 수와 종사자의 규모에 대해 정확한 통계자료는 없는 실정이며, 최근 강동목 등(2011)의 연구에 따르면 전국적으로 선박수리업체는 667개, 종사자 수는 5,214명으로 추산되고 있으나 실제 규모는 이보다 클 것으로 예상된다[7].

석면에 의한 질환은 20~30년의 긴 잠복기를 가지고 발생하기 때문에 석면 노출에 대한 관리가 중요하며, 과거 노출력에 대한 평가를 통해 석면 질환 발생을 예측할 수 있다. 우리나라의 석면취급 사업장의 실태가 조사된 것은 1984년 노동부 국립노동과학연구소(한국산업안전공단 산업보건연구원)에 의해 석면 슬레이트 제조 사업장과 브레이크라이닝 사업장, 석면방직 사업장에 대하여 조사된 것이 최초이다. 그러나 선박 수리 및 해체업 근로자에 대한 석면 노출 실태는 잘 알려져 있지 않다. 이에 본 연구에서는 국내 석면관련 연구 및 문헌자료를 참고하여 선박 수리업에 종사하는 근로자들의 석면 노출 수준을 평가하고 그 실태를 알아보고자 하였다.

## 2. 대상 및 방법

### 2.1 체계적인 논문 선정 방법

1980년대부터 2011년 8월까지 국내에서 발표된 보고서나 논문 중 조선관련 사업장에서 작업환경측정을 통해 공기 중 석면농도에 대해 다루고 있는 논문을 연구 대상으로 하였다. 국내 대표적인 논문 검색사이트인 한국학술정보(KISS, <http://kiss.kstudy.com>), 학술연구정보서비스(RISS, <http://www.riss.kr>), 그리고 디비피아(<http://www.dbpia.co.kr>)를 이용하여 관련 논문을 검색하였다. 검색어는 ‘석면’과 ‘조선’, ‘선박’을 ‘AND’ 조합하여 이용하였고 영문 검색어는 ‘asbestos’와 ‘shipyard’, ‘ship repair’, ‘shipbuilding’을 각각 ‘AND’ 조합하여 검색하였다.

각 논문검색사이트에서 조회한 결과 산업보건 관련 학술지에 발표된 총 88편의 석면관련 논문 중에서 조선업 사업장의 석면농도가 있는 논문은 6편이었으며 이중 동일한 석면농도가 사용되어 중복된 논문([8]-[10])의 자료는 하나의 논문자료만 사용하여 총 4편의 논문내용을 자료화 하였다[Figure 1]. 주요 학술지별로 보면 한국산업위생학회지에서 20편의 석면관련

논문들 중 조선업관련 사업장에서의 석면농도를 다루고 있는 논문이 2편([8],[10])이었고 대한직업환경의학회지(구. 대한산업의학회지)에서는 39편의 석면관련 논문들 중 조선업과 관련된 논문은 3편이었으나 석면농도를 언급한 논문은 2편([11],[12])이었다. 한국환경보건학회지에서는 24편의 석면관련 논문들 중 1편[13]의 논문이 조선업 사업장의 석면농도에 대해 언급하였고 서울대학교 보건환경연구소에서 발행하는 보건학논집에서는 5편의 석면관련 논문들 중 1편[8]의 논문을 찾을 수 있었다.

### 2.2 자료 처리 및 분석

분포의 대푯값을 나타내는 각종 통계량 중 생체의 노출 부하량을 잘 나타내는 지수는 산술평균으로 알려져 있다[14]. 자료 처리 대상인 논문 중 심상호 등(2008)의 논문에서는 기하평균으로 보고 하였고[13] 백도명 등(1995)의 논문에서는 범위로 보고하였다[11]. 나머지 2편의 논문에서는 석면농도가 기하평균인지 산술평균인지에 대한 자세한 내용이 없었다[8][12].

기하평균으로 보고된 석면농도는 아래의 (식 1)을 이용하여 산술평균으로 변환하였다[15].

$$AM = GM \exp[1/2(\ln(GSD))^2] \text{-----} (1)$$

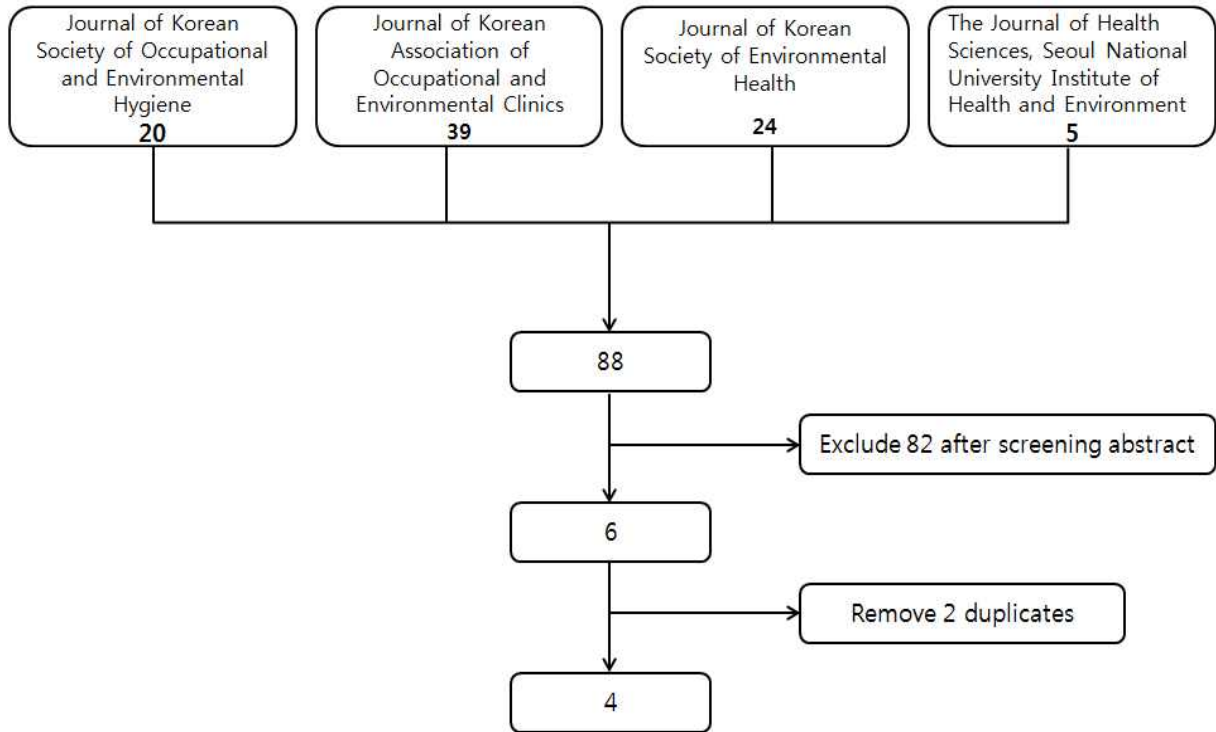
석면농도가 최소-최대값의 범위로 보고된 경우 범위에 근거하여 아래 (식 2)에 대입 한 후 산술평균을 계산하였다[16]. 계산식은 최소값과 최대값을 대수로 변환하여 그 중간값(mid-point)을 구하고( $\hat{\mu}_L$ ), 대수로 변환한 최소값과 최대값의 차이를 4로 나눈 값( $\hat{\sigma}_L$ )을 구하였다.

$$AM = \exp[\hat{\mu}_L + 1/2 \hat{\sigma}_L^2] \text{-----} (2)$$

논문마다 측정된 시료 수가 차이가 있기 때문에 시료수의 차이에 따른 산술평균을 보정하기 위해 시료수에 대한 가중 산술평균(Weighted Arithmetic Mean, 이하 WAM이라 함)을 구하였다. 가중산술평균을 구할 때 시료의 수를 정확히 알 수 없는 데이터 값의 가중치는 1로 간주하여 계산하였다.

$$WAM = (N_1 \times AM_1 + N_2 \times AM_2 + \dots + N_n \times AM_n) / N_t \text{-----} (3)$$

여기서 N=시료수, AM=산술평균, Nt=총 시료수이다.



[Figure 1] Selection of studies dealing with asbestos during ship repair work.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 자료수집 현황

우리나라 조선업 사업장의 공기 중 석면농도는 총 6 편의 논문에서 보고되었다. 시기별 논문 수는 1980년대에 1편(백남원, 1989), 1990년대에 2편(백도명, 1995; 최정근, 1998), 2000년 이후 3편(윤동영, 2004; 심상호, 2008; 박동욱, 2009)의 논문이 발표되었다. 학회지별 논문 수는 대한직업환경의학회(구.대한산업의학회)에서 2편(백도명, 1995; 윤동영, 2004), 산업위생학회지에서 2편(최정근, 1998; 박동욱, 2009)의 논문이 발표되었고 한국환경보건학회지에서 1편(심상호, 2008), 보건학논집에서 1편(백남원, 1989)의 논문이 발표되었다.

6편의 논문 중 산업장에서 직접 작업환경측정을 실시한 논문은 4편(백남원, 1989; 백도명, 1995; 윤동영, 2004; 심상호, 2008)이었고 나머지 2편(최정근, 1998; 박동욱, 2009)의 경우 백남원(1989)의 연구논문에서 측정된 석면 농도 값을 인용하여 사용한 논문으로 석면농도는 백남원(1989)의 자료만 사용하였다. 최종 검토한 4편의 논문에서 선박수리업을 대상으로 조사된 석면 노출 농도를 요약하면 <Table 1>과 같으며, 각 논문의 핵심 내용을 고찰한 결과는 다음과 같다.

#### 3.2. 논문 분석 결과

##### 3.2.1 제 1논문(백남원, 1989 [8])

백남원(1989)의 연구는 1988년에 슬레이트 제조업 1개, 석면 방직업 2개, 자동차 정비소 2개, 자동차 브레이크 부품업소 4개, 석면포 사용업소 1개, 조선업 1개 사업장 등 총 11개 사업장을 대상으로 미국 국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH) 공정시험법 7400방법을 적용하여 근로자의 석면 노출 수준을 평가한 논문이다.

이 연구에서는 정상 조건(석면 물질을 제거하는 작업이 없을 때)에서의 선박 내 공기 중 석면 농도와 파이프를 둘러싼 석면물질을 제거할 때의 공기 중 석면농도를 측정하였으며 석면 제거 작업이 끝난 직후 선박 내 여러 장소에서도 공기 중 석면 농도를 측정하였다.

정상조건에서 공기 중 석면 농도는 0.01~0.12 fiber/cc로서 1989년 당시 미국 산업안전보건청(OSHA)의 허용기준 0.2 fiber/cc나 국내 노출 기준 2 fiber/cc 미만이었으나 석면 물질을 제거할 때 근로자의 호흡위치에서 측정된 석면농도는 2.45 fiber/cc로서 미국 OSHA의 기준을 10배 이상 초과하였고 우리나라 기준도 초과하였다. 석면 제거 작업이 끝난 직후 선박내의 여러 장소에서 공기 중 석면 농도를 측정할 결과 0.03~0.08 fiber/cc 으로 나타났다<Table 1>.

3.2.2 제 2논문(백도명 등, 1995 [11])

백도명 등(1995)은 국내 석면사업장 중 20년 이상 경과한 사업장으로서 석면방직업 2개 사업장, 자동차부품 제조업 1개 사업장, 선박 수리업 2개 사업장을 대상으로 석면폐 유병률을 조사하였다.

1994년 조사 당시 석면 노출 수준을 평가하기 위해 미국 NIOSH 공정시험법 7400에 의해 작업환경측정을 실시하였다. 선박 수리업 2개 사업장(A, B)의 특성과 조사된 석면 노출 수준을 요약하면 다음과 같다.

(1) 조선업 A사업장

A사업장은 선박 건조와 수리를 하는 사업장으로, 1980년대 말 이후에는 선박 건조 및 수리 시 석면을 거의 사용하지 않고 있으나, 이미 오래 전에 건조된 배를 수리하는 경우에 석면에 노출 되고 있었다. 조사 근로자들은 선박의 수리 및 단열시공을 담당하는 전문직으로 특히 수리과정의 근로자들은 장기간 근무를 하여

오래전부터 석면에 폭로된 근로자가 대부분이었다. 조사당시 수리하기 위하여 정박하고 있던 1970년대에 건조된 어선에서 기관실 배관단열에 사용된 석면을 확인할 수 있었으나, 실제 기관실 수리작업이 진행되지 않은 관계로 공기 중 석면 농도는 0.01~0.02 fiber/cc로 측정 되었다<Table 1>.

(2) 조선업 B사업장

B사업장은 배의 수리 시 기관 및 배관의 단열을 전문적으로 하는 사업장으로 과거 2~3년 전까지만 해도 기관 및 배관 단열시 석면분을 사용하여 단열을 하기도 하였으나 조사 당시에는 석면분은 사용하지 않고 석면포를 사용하고 있었다. 조사된 사업장의 단열작업 부서에 15명의 근로자가 오전, 오후 각각 한 시간 정도 석면 작업을 하고 있었으며, 노후한 석면을 제거하는 일, 석면포를 그 모양에 맞게 자르는 일, 석면포를 이용하여 파이프를 자르는 일 등을 하고 있었으며,

<Table 1> The summary of articles reviewed in this study

Authors, year	Study year	Work process, Measurement position	Asbestos dismantling work	No. of samples	Exposure level, fiber/cc	Weighted Arithmetic mean, fiber/cc	Sampling duration, hr	Sampling type
Paik et al, 1989	1988. 6/12	Machinery repair (A)	Before working	1	0.03	0.03	6.5	P*
		Machinery repair (B)	Before working	1	0.03	0.03	6.4	P
		Lounge	Before working	1	0.01	0.01	4.2	A**
		Engine room, machine	Before working	1	0.01	0.01	4.3	A
		Engine room, heater	Before working	1	0.02	0.02	4.2	A
		Engine room, All	Before working	11	0.01-0.12	0.042	0.3-1.9	A
		Asbestos removal worker	During working	1	2.45	2.45	0.7	P
		The outside of the workplace	During working	1	0.09	0.09	1.2	A
		Lounge	After working	1	0.03	0.03	4	A
Paek et al, 1995	1994	Engine room, machine position	After working	1	0.05-0.07	0.059	3.1-3.5	A
		Engine room, heater position	After working	1	0.08	0.08	3.6	A
		Repair and insulation Removal of Asbestos cloth	Before working	NA***	0.01-0.02	0.0144	NA	NA
Yoon et al, 2004	2003	Removal of Asbestos cloth	During working	NA	6.3-7.8	7.02	NA	NA
		Boiler & the others	During working	NA	1.423	1.423	7	P
Shim et al, 2008	2007	Marine engine	After working	7	GM:0.003 GSD:5.72	0.0137	NA	P
		Piping work	After working	12	GM:0.007 GSD:11.54	0.139	NA	P
		Boiler & the others	After working	8	GM:0.002 GSD:2.38	0.0029	NA	P

\* P : personal sample, \*\* A : area sample, \*\*\* NA : not applicable

배관수리를 하는 근로자들도 단열공사 옆에서 함께 석면에 폭로되고 있었다. B사업장에서 측정된 공기 중 석면농도는 감싸진 석면포를 제거하는 작업에서 6.3~7.8 fiber/cc로 측정 되었다<Table 1>

**3.2.3 제 3논문(윤동영 등, 2004 [12])**

수리조선업 근로자의 석면에 의한 직업성 폐암 발생 증례의 논문으로 증례가 속한 공정의 총 인원은 71명 이었으며 주요작업내용은 배관작업이었다.

2003년 당시 작업환경측정은 보일러 보온재 커버 교체 및 폐기관 수리작업과 발전기의 보온단열재 교체작업 과 석면포 제거, 재단, 부착작업에서 실시하였고 석면 은 개인 시료 포집기로 공기시료를 포집한 후 위상차 현미경으로 분석한 결과 평균 농도는 1.42 fiber/cc 로 허용기준 0.10 fiber/cc를 초과 하였다<Table 1>.

**3.2.4 제 4논문(심상효 등, 2008 [13])**

심상효 등(2008)은 경남지역에 소재한 한 수리조선업 체에서 1970~1980년대 건조된 20,000톤급 선박의 보수 수리 작업장을 대상으로 2007년에 석면해체제거 작업 자 27명을 대상으로 공기 중 석면 노출 수준을 평가하였다. 공기 중 석면 측정 및 분석은 NIOSH 7400 방법에

의해 실시하였으며 측정 결과 석면농도가 가장 높은 곳은 배관수리 공정으로 기하평균 농도 0.007 fiber/cc, 범위는 0.001~0.57 fiber/cc 였고, 보일러 및 기타공정 에서는 기하평균 농도 0.002 fiber/cc, 범위는 0.001~0.007 fiber/cc 였으며, 엔진수리 공정에서는 기하평균 농 도 0.003 fiber/cc, 범위 0.001~0.1 fiber/cc였다<Table 1>.

**3.3. 주요 변수별 노출 특성**

**3.3.1 작업, 시기, 공정(측정위치)별 특성**

석면제거작업의 평균 노출수준(WAM)이 4.735 fiber/cc로 다른 작업위치 및 다른 작업 공정의 노출농 도에 비해 높았다. 석면제거 작업장 밖 주변 WAM은 0.09 fiber/cc, 휴게실 WAM은 0.03 fiber/cc, 엔진실 및 기계위치일 때 0.0594 fiber/cc, 엔진실 및 히터위치 일 때 0.08 fiber/cc로 나타났다. 엔진수리작업의 경우 7개 시료의 평균노출수준(WAM)이 0.0137 fiber/cc의 값을 가졌고, 12개의 시료를 가진 배관수리의 경우 그 WAM은 0.1393 fiber/cc로 계산되었다. 이 외, 보일러 및 기타 공정 9개의 시료에서는 최저석면농도 0.0029 fiber/cc 최고석면농도 1.423 fiber/cc의 측정값을 가져 WAM은 0.1606 fiber/cc로 계산되었다.

<Table 2> Weighted arithmetic means for asbestos concentration by sampling characteristics

Classification		No. of weight	Weighted arithmetic mean, f/cc	Range, f/cc
Asbestos dismantling work	Before working	17	0.034	0.01-0.042
	During working	4	2.746	0.09-7.02
	After working	30	0.065	0.0029-0.1393
Period, Year (measurement year)	1989 (1988)	21	0.156	0.01-2.45
	1995 (1994)	2	3.517	0.0144-7.02
	2004 (2003)	1	1.423	
	2008 (2007)	27	0.066	0.0029-0.1392
Process and position	Asbestos removal	2	4.735	2.45-7.02
	The outside of the workplace	1	0.09	
	Lounge	1	0.03	
	Engine room, machine position	1	0.059	
	Engine room, heater position	1	0.08	
	Marine engine	7	0.0137	
	Piping work	12	0.1393	
	Boiler & the other	9	0.1606	0.0029-1.423
Sampling type	Personal	31	0.1845	0.0029-2.45
	Area	18	0.0423	0.01-0.0594
	Lack of accurate information	2	3.5172	0.0144-7.02
Sampling duration	<2	13	0.2309	0.09-2.45
	2-4	2	0.0697	0.08-0.1394
	4-6	4	0.0175	0.01-0.03
	>6	3	0.4943	0.03-1.423
	Lack of accurate information	29	0.3042	0.0029-7.02

석면 조사 시기별 WAM을 비교하면 1988년에는 0.156 f/cc, 1994년 3.517 f/cc, 2003년 1.423 f/cc, 그리고 2007년에는 0.066 f/cc로 년도별 차이가 있었으나 이는 측정시기별 차이라기 보다는 측정당시의 작업 특성에 따른 차이라고 판단된다. 가장 높은 WAM을 보인 1994년의 경우도 감싸진 석면포를 제거하는 작업의 경우 공기 중 석면농도는 6.3~7.8 fiber/cc 인 반면 같은 시기에 기관실 수리 작업을 수행하지 않았을 경우 공기 중 석면농도는 0.01~0.02 fiber/cc로 측정되었다.

### 3.3.2 채취 및 분석 방법

채취위치 별 석면농도를 비교한 결과 총 51개의 관찰 시료 중 61%(31개)가 개인 시료로 측정된 값으로 농도범위 최소 0.0029 fiber/cc에서 최대 2.45 fiber/cc로서, WAM은 0.1845 fiber/cc로 계산되었다. 지역시료는 35%(18개)로 최소 0.01 fiber/cc에서 최대 0.0594 fiber/cc, WAM은 0.0423 fiber/cc로 계산되었고 이 외 4%(2개)의 시료에 대해서는 이에 관한 설명이 부족하여 채취방법을 구별하지 못하였으나 농도범위 최소 0.0144 fiber/cc에서 최대 7.02 fiber/cc를 나타내어 WAM값은 3.517 fiber /cc로 계산되었다.

측정시간 별로 구분하면 2시간 이하의 시료채취가 총 51개 중 25%(13개), 2-4시간이 4%(2개), 4-6시간이 8%(4개), 6시간 이상이 6%(3개)이었고, 시료 채취시간에 대한 정보가 없는 경우가 57%(29개)이었다. 2시간 이하의 시료채취인 경우 석면농도 최소 0.09 fiber/cc에서 최고 2.45 fiber/cc로 WAM은 0.2309 fiber/cc이 계산되었고, 2-4시간의 시료채취인 경우 0.08 fiber/cc와 0.1394 fiber/cc의 두 가지 최소최대 농도범위로 WAM은 0.0697 fiber/cc이었으며, 4-6시간의 시료채취인 경우 최소 0.01 fiber/cc에서 최고 0.03 fiber/cc로 WAM은 0.0175 fiber/cc로 계산되었다. 6시간 이상의 시료채취는 0.03 fiber/cc에서 1.423 fiber/cc의 농도범위로 WAM은 0.4943 fiber/cc으로 계산되었다. 시료채취시간에 대한 정보가 없는 경우 0.0029 fiber/cc에서 7.02 fiber/cc의 농도범위를 나타내어 WAM은 0.3042 fiber/cc로 계산되었다<Table 2>.

본 연구의 결과만으로 1980년대부터 현재까지의 조선업 근로자의 석면 노출수준을 추정하는 데는 한계점이 있다. 연구마다 서로 시료 수가 달라 시료 수에 따라 석면농도를 보정하였지만, 시료 수에 대한 정보가 정확히 제공되지 않은 농도로 인해 시료 수가 보정된 석면 노출농도가 대표성을 갖기에는 문제점이 있고 또한 전체 사업장 수에 비해 측정 보고된 결과 수가 매우 제한적이기 때문이다.

## 4. 결론

본 연구는 우리나라 수리 조선업 사업장을 대상으로 2011년 8월까지 보고된 석면 관련 논문을 대상으로 체계적인 검색을 통해 노출 농도를 작업, 공정, 측정된 시기, 측정방법 등에 따라 고찰하고자 하였다. 본 연구의 핵심 결론을 요약하면 다음과 같다.

1) 국내 대표적인 논문 검색사이트인 한국학술정보(KISS, <http://kiss.kstudy.com>), 학술연구정보서비스(RISS, <http://www.riss.kr>), 그리고 디비피아(<http://www.dbpia.co.kr>)를 이용하여 주요 검색어('석면'과 '조선', '선박'을 'AND' 조합하여 이용하였고 영문 검색어는 'asbestos'와 'shipyard', 'ship repair', 'shipbuilding'을 각각 'AND' 조합하여 검색)를 활용한 조사 결과 총 88편의 석면관련 문헌 중 수리 조선업에 대한 석면 노출농도가 보고된 논문은 네 편으로 연구사례가 많지 않았다.

2) 각 문헌에서 보고된 자료를 시료 수에 의한 가중 평균 농도로 환산한 결과 석면 해체 작업 전 농도는 0.034 fiber /cc, 해체 작업 중에는 평균농도가 2.746 fiber/cc, 작업 후 평균 농도는 0.065 fiber/cc를 나타내었다. 따라서 석면 해체 작업 중에서의 석면 노출농도가 가장 높았으며, 이는 고용노동부에서 지정한 석면 노출기준(0.1 fiber/cc)을 27배 초과하는 수준이었다.

3) 공정(측정위치)별 노출 농도에서는 석면해체·제거 작업일 때 노출 농도가 4.735 fiber/cc, 엔진 수리 작업에서는 0.014 fiber/cc, 배관수리 작업은 0.139 fiber/cc, 보일러 및 기타 공정에서는 0.161 fiber/cc의 노출농도로 나타나 석면해체·제거 작업일 때 노출 농도가 가장 높았다. 측정위치별 노출농도는 엔진실(기계위치-0.0594 fiber/cc, 히터위치-0.08 fiber/cc), 작업장 밖(0.09 fiber/cc), 휴게실(0.03 fiber/cc)중 엔진실 기계위치에서 측정했을 때 노출농도가 가장 높았다.

현재 석면은 수입 및 제조금지 품목이기 때문에 새롭게 선박을 건조하거나 수리할 때는 석면의 노출 가능성이 적을 수 있으나, 수리조선업 종사자의 경우 오래 전에 석면을 사용하여 건조된 배를 수리할 때 석면에 노출될 수 있다. 특히 선박내에 석면이 다량 사용되었던 엔진실의 경우 공간이 좁고 밀폐되어 있어 석면 해체 작업시 고 노출될 위험이 있다. 따라서 선박의 건조국가, 건조시기, 선박 종류 등에 따라 석면 사용 실태와 해체 작업시 석면 노출 수준에 대한 보다 광범위한 연구가 필요하다고 판단된다.

5. 참 고 문 헌

[1] International Agency for Research on Cancer. "Agents reviewed by the IARC monographs volumes 1-100A". (2009)

[2] American Conference of Governmental Industrial Hygienists. "TLVs and BEIs". (2011)

[3] National Toxicology Program. "Report on carcinogens", eleventh edition. U.S. Department of Health and Human Services. (2005)

[4] 고용노동부. "화학물질 및 물리적인자의 노출기준", 고용노동부고시 제2011-13호. (2011)

[5] 국토해양부. "자동차관리법 제9조 신규등록의 거부", 법률 제6730호. (2002)

[6] 고용노동부. "석면함유제품의 제조·수입·양도·제공 또는 사용 금지에 관한 고시", 고용노동부 고시 제 2007-26호. (2007)

[7] 강동목, 최상준, 김주영, 황용식, 손은정, 구동철, 박대훈. "선박수리 해체업 석면작업 실태조사", 한국산업안전보건공단. (2011)

[8] 백남원. "우리나라 석면 산업장 근로자의 석면 폭로 실태에 관한 연구", 보건학논집, 42 (1989) : 115-121

[9] 최정근, 백도명, 백남원. "우리나라의 석면 생산과 사용 및 근로자 수와 노출농도의 변화", 한국산업위생학회지, 8(2) (1998) :242-253

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

[11] 백도명, 백남원, 최정근, 손미아, 임정기, 이원진, 문영한, 박정선, 최병순. "우리나라 일부 석면사업장의 석면폐 유병률", 대한산업의학회지, 7(1) (1995) :46-57

[12] 윤동영, 강진욱, 이현재, 김정일, 손지언, 정갑열, 김준연, 노미숙. "수리조선업 근로자의 석면에 의한 직업성 폐암 발생 증례", 대한산업의학회지, 16(4) 2004 :499-507

[13] 심상효, 정희태, 송기민, 김윤신, 강용선. "수리조선 작업장에서의 공기중 석면 노출에 관한 연구". 한국환경보건학회지, 34(4) (2008) :279-284

[14] Seixas, N. S., T. G. Robins, et al. "The use of geometric and arithmetic mean exposures in occupational epidemiology". Am J Ind Med, 14(4) (1998) :465-77

[15] Aitchison, J. and J. A. C. Brown "The lognormal distribution." Cambridge University

Press: 8 (1963)

[16] Hein MJ, Waters MA, van Wijngaarden E et al. "Issues when modeling benzene, toluene, and xylene exposures using a literature database". J Occup Environ Hyg, 5 (2008) :36 - 47

저 자 소 개

최 상 준



서울대학교 농생물학과에서 학사 취득, 서울대학교 보건대학원에서 석사, 박사 학위를 취득 후 현재 대구가톨릭대학교 산업보건학과 조교수로 재직 중  
관심분야 : 직무-노출매트릭스 (JEM), 석면, 발암물질, 화학물질 관리 등

주소 : 경북 경산시 하양읍 금락리 대구가톨릭대학교

권 효 정



대구가톨릭대학교 산업보건학과 학사 취득. 현재 한국방송통신대학교 환경보건학과 연구조교  
관심분야 : 직무-노출매트릭스 (JEM), 화학물질 관리 등

주소 : 서울 종로구 동숭동 169 한국방송통신대학교

곽 수 경



대구가톨릭대학교 산업보건학과 학사 취득. 현재 대구가톨릭대학교 산업보건학과 석사과정.  
관심분야 : 직무-노출매트릭스 (JEM), MWFs, 화학물질 관리 등

주소 : 경북 경산시 하양읍 금락리 대구가톨릭대학교