

## 모 구조토 가공 업체의 구조토 분진 폭로에 의한 구조토편증 유병에 관한 조사

임현술<sup>1</sup> · 김성순<sup>1</sup>, 이원재<sup>2</sup>

동국대학교 의과대학 예방의학교실<sup>1</sup>, 방사선과학교실<sup>2</sup>

- Abstract -

### A Study on Workers Exposed to Diatomaceous Earth Dust and Development of Pneumoconiosis in a Diatomite Factory

Hyun Sul Lim<sup>1</sup> · Sung Soon Kim<sup>1</sup>, Won Jae Lee<sup>2</sup>

Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Dongguk University<sup>1</sup>,  
Department of Radiology, College of Medicine, Dongguk University<sup>2</sup>

Diatomaceous earth, quarried from the remains of aquatic plants deposited millions of years ago, continues to be a very important raw material with many industrial uses. In its natural state, diatomaceous earth is an amorphous silica with no crystalline pattern. For many uses, however, it is calcinated and calcination converts a portion of the amorphous silica to a crystalline form, cristobalite which is far more fibrogenic.

In a factory which produces calcinated diatomaceous earth, seven workers were proved as pneumoconiosis on 1991 and 1992. Authors reviewed medical chart and current status of them. Authors also examined thirty one subjects from the factory with questionnaire, physical examination, spirometry and chest radiography on August 13th 1993. The radiographs were independently interpreted by two radiologists and their findings were

classified by International Classification of Radiography of Pneumoconiosis(ILO, 1980). Total and respirable dust of diatomaceous earth were measured on October 1993.

The results were as follows:

1. Of 31 workers, 6 (19.4%) were diagnosed as diatomaceous earth pneumoconiosis. There was an increasing tendency in prevalence of pneumoconiosis as the duration of dust exposure gets longer.
2. There were no significant differences in age, smoking rate, alcohol drinking rate, and pulmonary function test results between cases and non-cases.
3. The means of total dust exposures at flour manufacturing, fire brick grinding and packaging, ceramic raws packaging processes exceeded Korean and ACGIH standards,  $10\text{mg}/\text{m}^3$ .

Above results suggest that engineering controls, periodic environmental and medical surveillance are important for preventing pneumoconiosis in the diatomite factory.

*key words: Diatomaceous Earth, Diatomaceous Earth Pneumoconiosis*

## 서 론

규조토(Diatomaceous earth)는 주성분이 유리 규산( $\text{SiO}_2$ )으로서 부서지기 쉽고, 다공성의 구조로 되어 있으며, 시멘트 혼합재, 흡수제, 여과재, 충전재, 내화 벽돌 및 단열재 등으로 널리 사용되고 있다. 규조토의 성분은 65~90%가 비결정형 유리규산이며 그 외에도 소량의 탄산칼슘, 산화철, 알루미늄, 마그네슘, 수분 및 유기 물질이 포함되어 있고 결정형 유리규산의 하나인 크리스토팔라이트(cristobalite)는 1% 미만이 함유되어 있다(ILO, 1992). 그러나 가열하여 구우면 결정형 유리규산인 크리스토팔라이트가 형성되어 60% 가량 함유되어 있다(Last, 1992).

규조토의 위해성은 소성 가공된 규조토에 폭로되면 결정형 유리규산인 크리스토팔라이트에 의하여 몇 달만에도 규조토폐증을 일으키며(조규상, 1985; WHO, 1986) 그 진행이 빠른 것으로 알려져 있다(ILO, 1983). 자연 상태에서는 규조토폐증의 발

생이 가능한지에 대하여 의견이 다양하나 장기간 폭로되면 경한 규조토폐증을 일으킬 수 있다고 알려져 있다(Rom, 1992; Raffle 등, 1987).

현재 우리나라 노동부 산업안전보건법상의 규조토에 대한 작업환경 허용 기준은 3종 분진으로 총분진  $10\text{mg}/\text{m}^3$ 으로 되어 있으며 결정형 유리규산인 크리스토팔라이트와 트리디마이트(tridymite)의 경우에는 호흡성 분진  $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 으로 규정되어 있다(노동부, 1991).

본 조사 대상 규조토 가공 업체는 규조토 원석을 채굴하여 규조토 분체, 단열벽돌 제조 및 세라믹 원료를 생산 공급해 왔으며, 동국대학교 포항병원에서 실시한 특수건강진단에서 규조토폐증이 발견되어 본 업체의 규조토폐증 및 작업환경 실태 파악의 필요성이 대두되었다.

따라서 본 조사의 목적은 규조토폐증 유병 실태를 파악하고, 규조토의 총분진 및 호흡성 분진을 작업 공정별로 측정 분석하여 규조토 분진의 위해성을 평가하고자 하였으며 이를 통해 근로자들의 건강 관리

와 작업환경 개선을 위한 기초 자료를 제시하는데 있다.

## 조사 대상 및 조사 방법

### 1. 조사 대상 및 조사 방법

본 규조토 가공 업체는 경상북도 영일군에 위치하고 있으며, 1991년과 1992년 2년간 동국대학 포항병원에서 7명이 규조토폐증 의심으로 진단받은 후, 진폐 정밀진단 의료기관에서 시행한 검사 소견에 의하여 노동부 요양급여 심의위원회에서 진폐증으로 확진되었다. 이들에 대하여 동국대학 포항병원에 비치된 의무기록부를 검토하여 진단시 상태를 파악하였고, 개인별로 전화 연락을 통하여 현재의 상태를 조사하였다.

본 업체는 1993년 8월, 총 45명(남자 28명, 여자 17명)의 근로자가 근무하고 있다. 이들 중에서 조사가 가능하였던 31명에 대하여 1993년 8월 13일 설문지를 통하여 자각 증상 여부를 확인하고, 그 외에 과거의 직업력, 근무 기간, 흡연력, 음주력, 과거 병력을 조사하고, 흉부 X-선 직접 촬영, 폐기능 검사 등을 실시하였다. 나머지 14명은 본인들이 검사에 불참하여 실시하지 못하였다. 이들의 흉부 사진은 방사선과 전문의 2명이 교차 판독하였고 소견이 다른 경우는 합의에 따라 조정하였으며 진폐증의 분류는 흉부 사진에 의한 진폐증의 국제 분류법(ILO, 1980)에 준하였다.

작업환경 조사는 1993년 10월 6일과 7일 2일간에 걸쳐 08:00~17:00 까지 점심시간과 휴식 시간을 제외한 8시간 작업 시간 동안 각 공정의 생산직 근로자를 대상으로 규조토 분진에 대한 작업환경을 측정하였다. 작업환경 조사시 시료 채취와 분석은 미국 국립 산업안전보건 연구원(National Institute for Occupational Safety and

Health, 이하 NIOSH)에서 추천하는 공정 시험법(NIOSH, 1984)에 따라 진행하였다. 규조토 총분진 및 호흡성 분진은 작업 시간 동안 유량을 보정한 개인용 고유량 공기포집기(HFS, MSA, USA)를 사용하여 근로자의 호흡 위치에서 개인 시료를 채취하였다. 장소 시료는 사무실과 옥내 작업 공정에서 작업환경 참고치로 측정하였다. 시료 분석은 중량 분석법으로 하였으며 현장 공시료로 보정하였다.

### 2. 통계적 방법

자료 분석은 Fisher의 직접확률법, 맨-휘트니 U 검정을 이용하였다(안윤옥, 1990).

## 조사 성적

### 1. 과거 발견된 규조토폐증 환자의 일반적 특성

1991년과 1992년 2년간 발견된 규조토폐증 환자는 모두 7례로, 연령 분포는 30대가 1례, 50대가 4례, 60대가 2례였고, 성별 분포는 남자는 4례 여자는 3례였다. 작업 공정별 분포는 분체 제조 공정 5례, 단열벽돌 제조 공정 2례였다. 이들의 규조토 분진 폭로 기간은 7년부터 25년까지 다양하게 분포하고 있었다. 처음 발견시 규조토폐증 진행 정도는 1/0이 2례, 2/2가 2례, 3/2 및 3/3은 3례였고 4례에서 폐결핵이 합병되어 있었다.

현 상태는 1례가 진폐전문 요양 기관에서 1993년 3월 사망하였고, 4례가 진폐전문 요양 기관에서 요양 중이고, 1례는 보상 후 집에서 휴식 중이고, 1례는 특별한 처치 없이 스스로 회사를 사직하고 집에서 휴식 중이다(표 1).

Table 1. General Characteristics of Diatomaceous Earth Pneumoconiosis Cases on 1991 and 1992

Case	Age (years)	Sex	Process	Duration of exposure (years)	X-ray finding		Current status
					Category	Complication	
1	51	F	Flour manufacture	11	3/2 (q/q)		admitted
2	65	M	Flour manufacture	10	1/0 (q/r)	Pul. tbc	admitted
3	55	F	Flour manufacture	25	1/0 (p/p)		at home after resignation
4	61	M	Fire brick manufacture	7	2/2 (q/q)	Pul. tbc	died*
5	39	M	Flour manufacture	12	3/3 (q/r)	Pul. tbc	admitted
6	55	M	Flour manufacture	24	3/3 (q/p)	Pul. tbc	admitted
7	55	F	Fire brick manufacture	11	2/2 (q/q)		at home with compensation

\* He died at a pneumoconiosis sanitarium on March, 1993.  
Pul. tbc: Pulmonary Tuberculosis

Table 2. General Characteristics of Diatomaceous Earth Pneumoconiosis Cases on 1993

Case	Age (years)	Sex	Process	Duration of exposure (years)	X-ray finding	
					Category	Complication
1	35	M	Flour manufacture	5	1/1 (q/q)	
2	34	M	Production manager	6	1/1 (q/q)	
3	53	M	Flour manufacture	14	0/1	
4	56	F	Fire brick manufacture	6	1/1 (p/q)	pul. tbc
5	57	M	Flour manufacture	2	0/1	
6	53	M	Fire brick manufacture	2	0/1	pul. tbc

Pul. tbc: Pulmonary Tuberculosis

## 2. 1993년 특수검진시 규조토폐증의 유병률

1993년 특수검진시 규조토폐증의 유병률은 조사 근로자 31명 중에서 6명이 규조토폐증으로 진단되어 19.4%였다. 이들의 연령 분포는 30대가 2명, 50대가 4명였고, 성별 분포는 남자는 4명 여자는 2명였다. 작업 공정별 분포는 분체 제조 공정 3명, 단일벽돌 제조 공정 2명, 생산 관리자 1명였다. 이

들의 규조토 분진 폭로 기간은 2년부터 14년까지 다양하게 분포하고 있었으며, 과거 다른 종류의 분진에 폭로력이 없었다. 이들의 규조토폐증 진행 정도는 0/1이 3명, 1/1이 3명이고, 2명이 폐결핵에 합병되어 있었다(표 2).

연령별 유병률은 30대가 18.2%, 50대 이상이 25.5%이며, 성별 유병률은 남자는 23.5%, 여자는 14.3%이고, 폭로 기간에 따른 유병률은 폭로 기간

Table 3. Prevalence Rate of Diatomaceous Earth Pneumoconiosis on 1993

Content	Number	Number of cases	Prevalence(%)
Age(year)			
≤ 39	11	2	18.2
40 ~ 49	10	0	0.0
≥ 50	10	4	25.5
Sex			
Male	17	4	23.5
Female	14	2	14.3
Duration of exposure(year)			
≤ 4	25	2	8.0
5 ~ 9	5	3	60.0
10 ~ 14	1	1	100.0
Process			
Production manager	6	1	16.7
Flour manufacture	10	3	30.0
Fire brick manufacture	12	2	16.7
Ceramic raws manufacture	3	0	0.0

Table 4. Characteristics of Workers Employed in a Diatomite Factory

Characteristics	Cases (n=6)	Non-cases (n=25)
Age(year, M ± SD)	48.0 ± 10.6	42.2 ± 10.5
Sex		
Male	4	13
Female	2	12
Duration of exposure*(year, M ± SD)	6.5 ± 4.5	1.8 ± 2.0
Smokers(%)	16.7	40.0
Drinking alcohol(%)	33.3	32.0

\*p<0.05 by Mann-Whitney U test, compared with non-cases

이 길수록 높았으나 통계적으로 유의하지 않았다. 작업 공정에 따른 유병률은 생산직이 16.7%, 분체 제조 공정이 30.0%, 단열벽돌 제조 공정이 16.7%였으며, 세라믹 원료 제조 공정은 구조토폐증 환자가 없었다(표 3).

환자군과 비환자군으로 구분하여 비교한 결과는 다음과 같다. 환자군의 평균 연령은 48.0세, 비환자군은 42.2세로 환자군에서 평균 연령이 많았으나 통계적으로 유의하지 않았다. 성별 분포, 흡연율, 음주율은 환자군과 비환자군간에 차이가 없었다. 평균 폭로 기간은 환자군은 6.5년, 비환자군은 1.8년으로 환자군에서 유의하게 길었다(P<0.05, 표 4).

조사 대상자의 임상 증상 호소율은 환자군에서 가래 16.7%, 운동시 호흡곤란 33.3%, 비환자군에서 기침 4.0%, 가래 12.0%, 운동시 호흡곤란 4.0%로 양 군간에 유의한 차이가 없었다(표 5).

환자군에서 노력성 폐활량의 예측치에 대한 실측치의 비는 평균 78.5%, 일초량의 예측치에 대한 실측치의 비는 평균 78.3%이고, 비환자군에서는 각각 83.2%, 81.0%로 환자군에서 감소하는 경향을 보였으나 유의하지는 않았다(표 6).

Table 5. Symptoms of Workers in a Diatomite Factory

Symptoms	Cases (n=6)		Non-cases (n=25)	
	Number	Relative frequency(%)	Number	Relative frequency(%)
Cough	0	(0.0%)	1	(4.0%)
Sputum	1	(16.7%)	3	(12.0%)
Exertional dyspnea	2	(33.3%)	1	(4.0%)
Hemoptysis	0	(0.0%)	0	(0.0%)
Chest tightness	0	(0.0%)	0	(0.0%)

Table 6. Spirometric parameters of Workers in a Diatomite Factory

Content	Cases (n=6) (M ± SD)	Non-cases (n=25) (M ± SD)
FVC (% predicted)	78.5 ± 10.8	83.2 ± 15.5
FEV <sub>1</sub> (% predicted)	78.3 ± 11.1	81.0 ± 15.1

FVC % predicted : forced vital capacity, % of the predicted

FEV<sub>1</sub> % predicted : forced expiratory volume in one second, % of the predicted

### 3. 작업 환경 측정 결과

규조토 가공 공정은 규조토 분체 제조 공정과 단열벽돌 제조 공정 그리고 세라믹 원료 제조 공정으로 이루어져 있으며 각각의 작업 공정은 작업자의 작업 장소에 따라 옥내 작업과 옥외 작업으로 구분되어 진다. 이러한 작업 장소의 구분에 따른 각 공정의 규조토 총분진과 호흡성 분진의 측정 결과는 다음과 같다.

분체 제조 공정과 단열벽돌 제조 공정의 옥내 작업 총분진 평균 폭로 농도가 각각 16.64mg/m<sup>3</sup>, 19.38mg/m<sup>3</sup>로 모두 작업환경 허용 기준인 10mg/m<sup>3</sup>를 초과하였다. 그러나 옥외 작업일 경우에는 위 공정의 총분진 평균 폭로 농도가 2.90mg/m<sup>3</sup>, 2.74mg/m<sup>3</sup>으로 허용 기준 미만으로 나타났다. 분체 제조 공정과 단열벽돌 제조 공정의 옥내 작업 호흡성 분진 평균 폭로 농도가 각각 2.32mg/m<sup>3</sup>, 2.84mg/m<sup>3</sup>로 측정되었고, 옥외 작업일 경우에는 위 공정의 호흡성 분

진 평균 폭로 농도가 0.93mg/m<sup>3</sup>, 0.87mg/m<sup>3</sup>으로 측정되었다. 세라믹 원료 제조 공정의 작업은 모두 옥외에서 이루어지는 작업으로 주로 세라믹 원료의 선별 포장 작업에서 측정된 총분진 평균 폭로 농도가 17.70mg/m<sup>3</sup>으로 허용 기준을 초과하는 것으로 나타났다.

결과적으로 전체 규조토 가공 공정 중에서 옥내 작업 공정인 분체 제조 공정과 단열벽돌 제조 공정 중에서 연마 및 포장 작업 그리고 세라믹 원료 제조 공정 중에서 최종 가공된 세라믹 원료를 포장하는 공정이 규조토 분진 농도가 가장 높은 작업 공정으로 확인되었다(표 7).

규조토 총분진 측정에 있어 보조적으로 장소 시료를 측정된 결과는 다음과 같다. 옥내 작업 공정에서 측정된 장소 시료는 지대 포장과 단열벽돌을 연마하는 곳으로 각각 5.36mg/m<sup>3</sup>와 18.18mg/m<sup>3</sup>으로 평균 11.77mg/m<sup>3</sup>으로 옥내 작업장이 전반적으로 규조토 분진에 오염되어 있는 것으로 나타났다. 한편 사무

Table 7. Concentrations of Total and Respirable Dust by Processes

Process	Workplace	Type of sample	Number of sample	Concentration( $mg/m^3$ )	
				Mean $\pm$ SD	Range
Flour manufacture	Indoor	Total	14	16.64 $\pm$ 5.27	8.86 ~ 23.20
		Respirable	6	2.32 $\pm$ 0.80	1.42 ~ 3.65
	Outdoor	Total	3	2.90 $\pm$ 0.78	2.05 ~ 3.59
		Respirable	2	0.93 $\pm$ 0.72	0.70 ~ 3.07
Fire brick manufacture	Indoor	Total	9	19.38 $\pm$ 6.50	12.77 ~ 26.91
		Respirable	1	2.84	
	Outdoor	Total	10	2.74 $\pm$ 1.45	0.40 ~ 4.22
		Respirable	5	0.87 $\pm$ 0.97	0.40 ~ 2.84
Ceramic raws manufacture	Outdoor	Total	5	17.70 $\pm$ 12.39	2.40 ~ 23.07
		Respirable	4	1.40 $\pm$ 0.80	0.35 ~ 2.06

Table 8. Concentrations of Total Dust by Area Samples

Sampling area	Number of sample	Concentration ( $mg/m^3$ )
Indoor*	2	11.77
Office room	2	1.09

\*Packaging and Grinding Process Workplace

실의 규조토 총분진 농도는 평균  $1.09mg/m^3$ 으로 낮은 수준을 보였다(표 8).

## 고 찰

규조토(Diatomaceous earth) 분진을 흡입할 경우 진폐증이 발생할 수 있는데(Arena 와 Drew, 1986) 규조토는 자연 상태에서 비결정형이나 가열하면 결정형 유리규산인 크리스토팔라이트(cristobalite)가 형성되어 이로 인하여 규폐증과 유사한 진폐증을 유발시킬 위험성이 있다(Levy와 Wegman, 1988; Rom, 1992; Last와 Wallace, 1992). 특히 크리스토팔라이트는 입자의 크기가 작고 섬유 원성이 강한 사면체 구조로 되어 그로 인한 규조토폐증이 발생하기 쉽다(Arena 와 Drew,

1986). 진폐증이 발생한 본 예에서는 모두 규조토 분진에 폭로된 과거력이 있거나 현재 폭로 중인 사례로서 이들의 진폐증 발생이 규조토 분진에 의한 것으로 생각한다.

우리나라에서 규조토폐증에 대한 조사 보고(임현술 등, 1991)에 의하면 모 규조토 가공 업소 근로자 35명 중 규조토폐증 7례로 규조토폐증의 유병률이 20.0%로 나타났다. 이 조사의 조사 대상 가공 업소는 규조토를 800~1000℃로 가열하여 가공하는 공정으로 1988년도에는 노동부의 제1종 분진 허용 기준인  $2mg/m^3$ 을 초과하는 수준이었으나 1989년부터는 규조토 분진이 제3종 분진으로 분류되어 규조토 분진의 허용 농도가  $10mg/m^3$ 으로 정해지고 결정형 유리규산에 대해 호흡성 분진으로 현재의 기준이 추가됨에 따라 1990년도의 규조토 총분진의 측정은 모두 허용 범위 내에 있었으나 결정형 유리규산에 대한 측정은 이루어지지 않았다고 밝히고 있다.

또한 규조토 가공 업체에서 발생한 규조토폐증의 진행에 관한 추적조사(임현술 등, 1993)에 의하면 또 다른 규조토 가공 업체의 규조토폐증 총발생밀도가 6.26명/100인년으로 나타났다. 이 조사 대상 규조토 가공 업체도 규조토 원석을 250℃로 가열하여 가공하는 공정으로 1989년부터 1992년까지 작업환

경 측정 결과 총분진이 현재 노동부 허용 기준을 초과하지 않는 것으로 조사되었으나 결정형 유리규산에 대한 측정은 이루어지지 않아 정확한 작업환경 평가는 할 수 없었으며, 허용 기준 이하의 규조토 분진 농도에서 규조토폐증이 발생한 사실에 근거하여 결정형 유리규산의 호흡성 분진의 측정을 통한 정확한 작업환경 평가와 규조토 분진의 총분진 허용 농도에 대한 연구가 필요하다고 밝히고 있다.

본 조사 대상인 규조토 가공 업체는 분쇄 제조 공정, 단열벽돌 제조 공정, 세라믹 원료 제조 공정으로 나누어져 있다. 분쇄 제조 공정은 전체의 70%를 출하하는 공정으로 원광석 투입 후 분쇄 공정 작업부터는 옥내 작업 공정으로 이루어져 있다. 규조토 광산에서 채굴한 규조토는 채광장에서 자연 건조한 후 옮겨와 1, 2차 분쇄와 300~400℃로 가열하여 건조한다. 이것을 3차 분쇄하여 포장한 후 출하하고 있다. 이 공정에서는 1, 2차 분쇄 작업과 포장 작업에서 규조토 분진이 심하게 발생하는 상태였다. 단열벽돌 제조 공정은 전체의 20%를 출하하는 공정으로 자연 건조된 규조토를 1차 분쇄한 후 톱밥 등을 혼합하여 벽돌로 성형한 것을 900~1100℃로 소성한다. 소성된 단열벽돌을 연마기로 연마한 후 포장 출하하는 공정으로 옥내 작업 공정으로 이루어진 연마 및 포장 작업에서 연마된 규조토 분진이 심하게 비산하는 상태였다. 세라믹 원료 제조 공정은 전체의 10%를 출하하며 전체 작업이 옥외 작업 공정으로 이루어져 있다. 자연 건조된 규조토를 1차 분쇄한 후 수분을 첨가하여 혼합하고 이것을 성형 및 강제 건조시켜 500~600℃로 소성 가공한다. 가공된 세라믹 원료를 선별 및 포장하여 출하하며 포장 작업시 분진이 심하게 발생하고 있었다. 이상의 규조토 가공 공정에서 분쇄 제조 공정의 분쇄 작업과 포장 작업, 단열벽돌 제조 공정의 벽돌 연마 및 포장 작업, 그리고 세라믹 원료 제조 공정의 성형 및 포장 작업에서 분진이 많이 발생하고 있었다. 대부분 규조토 분진 측정 결과는 허용 기준을 상회하고 있

어 근로자들에서 발생한 규조토폐증은 이들 공정에서 발생하였다는 것을 확인할 수 있었다.

과거 규조토폐증 발생 업체는 총분진이 허용 기준인 10mg/m<sup>3</sup>을 초과하지는 않았으나 이번 조사에서는 대부분 측정치가 허용 기준을 초과한 것은 이번 측정이 보다 정확하였기 때문이라고 생각한다. 과거 규조토폐증 발생 업체의 작업환경 측정은 작업환경 측정 기관에서 4시간을 기준으로 측정한 결과인 반면, 이번 측정은 미국 국립산업안전보건 연구원에서 추천하는 공정 시험법에 따라 진행되었기 때문이다.

이 업체는 시설, 분쇄 시설을 개량하고 있었으나 영세 업체에서 작업환경을 개선하는 데에는 경비, 전문성 등 여러 가지 한계가 있으리라 생각한다. 현재 우리나라 노동부 산업안전보건법상의 규조토에 대한 작업환경 허용 기준은 3종 분진으로 총분진 10mg/m<sup>3</sup>으로 되어 있으며 결정형 유리규산인 크리스토팔라이트와 트리디마이트(tridymite) 경우에는 호흡성 분진 0.05mg/m<sup>3</sup>으로 규정되어 있다(노동부, 1991). 이것을 미국정부산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 이하 ACGIH)에서 제시하는 허용 기준(ACGIH, 1992)과 비교하여 보면 우리나라 노동부 산업안전보건법에서는 규조토를 3종 분진으로 분류한 점과 규조토 내에 석면의 포함 여부를 고려하지 않는 점, 그리고 총분진에 포함된 유리규산의 함유율만이 정해진 점과 규조토의 소성 가공 여부를 고려하지 않은 점 등이 미국과 다르게 규정되어 있고 결정형 유리규산의 호흡성 분진에 대해서는 같은 규정을 적용하고 있다.

그러나 현재의 규조토 총분진 허용 기준이 유리규산 1% 미만의 규조토에 대해 적용하는 규정은 자연 상태의 규조토에 65~90%의 유리규산이 함유되어 있다는 사실에 부적합하며, 결정형 유리규산의 호흡성 분진에 대한 허용 기준도 실제 작업환경 측정에서 결정형 유리규산의 성분별 정량분석과 이들의 호흡성 분진 측정이 동시에 이루어지지 않고 있으므로 허용 기준을 적용하기가 불가능한 점이 있다. 또한



소성 가공된 규조토의 경우 결정형 유리규산이 형성되므로 이에 대한 폭로 평가는 세 가지 형태의 결정형 유리규산의 공기 중 농도를 근거로 하여야 (ACGIH, 1986) 하나 노동부 허용 기준 규정에는 이에 대한 언급이 없다. 앞으로는 우리나라 규조토 분진 허용 농도에 관한 연구가 진행되어야 한다.

본 작업장에서는 대부분의 근로자가 방진 마스크를 항상 착용하였다고 응답하였다. 이는 근로자들이 건강을 지키기 위해 안전 보호구를 착용하였다고 하기보다는 분진이 심하여 안전 보호구 착용 없이는 작업하기가 어려웠기 때문이라고 생각한다.

한편 Bucharest에서 개최된 제5차 국제 진폐 회의에서 진폐증은 분진의 체내 축적에 의하여 조직의 반응이 일어나는 질병으로 정의하였다. 그러나 진폐증의 진단은 폐조직 병리 소견에 의해서 보다는 일반적으로 흉부 X선 소견에 의존한다. 본 예에서도 진단의 기준은 노동부 직업병 인정 기준(노동부, 1989)에 따랐으며 흉부 X선의 판독은 흉부사진에 대한 진폐증의 국제 분류법 이용 안내(ILO, 1980)에 의거하여 판독의 차이가 있는 경우에는 두 사람의 합의에 의거하여 판독의 객관성은 충분히 보장되도록 하였다.

규조토폐증은 규폐증과 마찬가지로 분진의 크기, 농도, 폭로 기간, 작업 강도 및 기타 요인에 의하여 발생한다고 알려져 있다(윤임중, 1973; 윤임중, 1974). 미국의 규조토를 사용하는 업체에서 1954년, 5년간 근무한 근로자들 중 48%의 규조토폐증이 발생하였으나 환경을 개선하고 마스크를 철저히 사용한 21년 후인 1975년에는 발생률이 3%로 낮아진 보고를 통해서도(Cooper 와 Jackson, 1977) 폭로 농도는 규조토폐증 발생에 중요한 요인이라고 생각한다. 연령, 성, 음주력, 흡연력이 규조토폐증 발생 원인으로 고려할 수 있으나 본 조사에서는 유의한 소견이 관찰되지 않았는데 이는 표본의 크기가 적었기 때문이라고 생각한다. 단지 폭로 기간만이 규조토폐증 환자군에서 유의하게 많았다. 규

폐증 발생에 기여하는 개인의 감수성에 대해서는 일관성 쌍생아를 대상으로 한 연구를 제외하고는 확실히 증명된 바 없으며 일반적으로 규폐증과 체질과는 명백한 연관성이 없다는 보고가 많다. 연령도 진폐증 발생에 관여하는 요인으로 이는 폐의 정화 능력 때문이라고 알려져 있다(윤임중, 1973).

규조토폐증 환자의 임상 증상은 비환자군과 유의한 차이가 관찰되지 않았는데, 대부분의 호흡기 증상이 흡연에 의한 기관지염 때문인지 또는 결핵과 같은 합병증 때문인지 분간하기 어렵다. 본 예에서는 비교적 초기이기 때문에 아직 규조토폐증의 임상 증상이 발현되지 않았기 때문에 비환자군과 유의한 차이가 발견되지 않은 것 같다. 일반적으로 단순 규폐증의 폐기능은 정상인 경우가 드물지 않고 중증으로 진행될수록 장애를 보인다. 본 예에서도 비환자군과 비교하여 폐기능 검사상 특이한 차이는 없었다.

규조토폐증의 가장 중요한 합병증은 폐결핵(Raffle 등, 1987)으로 알려져 있는데, 이는 규폐증에서와 같이 대식 세포의 기능 저하 또는 사멸이 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 즉 세포 내에 흡입된 분진은 조만간 대식 세포에 의하여 탐식되는데 분진을 탐식한 세포는 세포 내에서 형성되는 경미한 독성 물질 때문에 대식 세포의 기능이 저하되거나 대식 세포막이 파열되어 사멸하게 된다. 이와 같은 결과는 결핵균 침입에 대한 방어 기전에 직접적인 영향을 미친다. 한편 많은 양의 분진이 폐조직에 침착하면 이들 분진은 임파 조직에 이동되어 임파 순환로를 막음으로써 결핵균 침입에 대한 배제 능력이 저하되기도 한다(Arena와 Drew, 1986). 본 조사에서도 33.3%가 결핵으로 진단을 받고 치료를 시작하였는데, 이는 1990년도 우리나라 결핵 유병률 1.8%(보건사회부, 대한결핵협회, 1990)보다 높은 유병률로 규조토폐증에서도 결핵의 합병이 많다는 사실과 부합된다고 생각하였으나 본 조사에서 모집단이 적다는 점이 감안되어야 한다. 1930년대

미국에서는 60%의 규폐환자에서 폐결핵이 합병되었음을 보고하였고(US Public Health Service, 1961), 우리나라는 1960년대 26.8%(이경근, 1967), 1970년대 2.4%(윤임중, 1977)로 보고하였다. 폐결핵 이외에도 기흉, 결핵성 늑막염, 폐기종, 만성 속발성 기관지염 및 기관지확장증 그리고 폐성심 등은 진폐증의 합병증으로 인정되고 있어 구조토폐증에서도 이들 질병의 합병률이 높을 가능성이 있다(Wilson 등, 1991).

진폐증이 발생된 후 계속하여 분진에 폭로되면 진폐증이 점차 진행되는 예는 항상 경험하는 일이나 분진에 더 이상 폭로되지 않는 경우에도 이미 발생한 진폐증이 시일의 경과와 함께 진행되는 경우도 드물지 않다. 분진의 흡입이 원인이 되어 발생한 진폐증이 흡입이 중단된 후에도 진행되는 것은 이미 흡입되어 폐조직에 잔존하는 분진이 문제가 된다. 1961년 Oxford에서 개최된 “흡인 분진과 증기”에 관한 집담회에서는 폐내에 흡입한 분진을 침착(deposition)과 잔류(retention)로 구별하고 이 두 상태의 분진이 진폐증을 유발한다고 하였다(Einbrodt, 1965; Zenz, 1988). 분진 폭로가 중단된 수년 후까지 탄분담액(malanoptosis)을 배출하는데 이는 흡입된 분진이 장기간 체내에 잔류하는 것을 반영한다. 흉부직접촬영의 추적 검사에 의한 탄광부 진폐증이 비폭로군에서도 5~7%에서 음영의 증대를 보였다는 보고와도 일치되었고(윤임중과 이승한, 1978) 구조토 분진 폭로가 중단된 후에도 구조토폐증이 악화되는 사례는 이미 보고되었다(임현술 등, 1993)

대부분의 진폐증은 폭로군에서 더 진행이 빠르고(윤임중과 이승한, 1978; 손혜숙 등, 1989), 폭로가 중단되어도 진폐증은 계속 진행되며 폭로가 계속되면 치명적일 수 있으므로 근로자의 건강 관리를 위하여 되도록 초기에 진폐증을 발견하여 폭로를 중단하고 치료하는 것이 중요하다(WHO, 1986). 우리나라도 진폐의증까지도 직업병에 포함하여 관리

하고 있는데 이는 매우 바람직한 현상이나 이의 실현을 위해서는 방사선과 전문의, 특수검진기관의 판정에 참가하는 의사 모두가 노력하여야 한다고 생각한다. 특수검진기관에서 진폐의증으로 진단 후 진폐 전문 기관에서 최종 판정이 이루어지나, 최종 판정까지 아무런 조치 없이 기간이 3개월이나 소요되며, 최종 판정에서 합병증이 없거나 요양 대상이 되지 않으면 특별한 대책이 이루어지지 않으므로 이에 대한 대책이 시급하다.

조사 대상 업체에 근무하는 근로자들은 허용 기준치를 상회하는 구조토 분진에 폭로되고, 계속적으로 구조토폐증이 발생하고 있으므로 본 업체에 대하여 근본적인 작업환경 개선과 구조토폐증을 조기 진단하기 위한 근로자 건강 진단이 주기적으로 이루어져야 한다.

## 결 론

일개 구조토 가공 업체의 근로자에 대하여 구조토폐증 유병 현황을 파악하고 작업 환경을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 1991년과 1992년 2년간 노동부 요양급여 심의 위원회에서 확진된 구조토폐증 환자는 모두 7례로, 연령 분포는 30대가 1례, 50대가 4례, 60대가 2례였고, 성별 분포는 남자는 4례 여자는 3례였다. 작업 공정별 분포는 분체 제조 공정 5례, 단일벽돌 제조 공정 2례였다. 이들의 구조토 분진 폭로 기간은 7년부터 25년까지 다양하게 분포하고 있었다. 처음 발견시 구조토폐증 진행 정도는 1/0이 2례, 2/2가 2례, 3/2 및 3/3은 3례였고 4례에서 폐결핵이 합병되어 있었다.

2. 1993년 특수검진시 구조토폐증의 유병률은 조사 근로자 31명 중에서 6례가 구조토폐증으로 진단되어 19.4%였다. 이들의 구조토폐증 진행 정도는 0/1이 3례, 1/1이 3례이고, 2례가 폐결핵에 합병되

어 있었다. 폭로 기간에 따른 유병률은 폭로 기간이 길수록 높았으나 통계적으로 유의하지 않았다.

3. 평균 폭로 기간은 환자군은 6.5년, 비환자군은 1.8년으로 환자군에서 유의하게 길었다( $P < 0.05$ ).

4. 분체 제조 공정과 단열벽돌 제조 공정의 옥내 작업 충분진 평균 폭로 농도가 각각 16.64, 19.38 $mg/m^3$ 로 모두 작업환경 허용 기준인 10 $mg/m^3$ 를 초과하는 것을 알 수 있다. 그러나 옥외 작업일 경우에는 위 공정의 충분진 평균 폭로 농도가 2.90, 2.74 $mg/m^3$ 으로 허용 기준 미만으로 나타났다. 분체 제조 공정과 단열벽돌 제조 공정의 옥내 작업 호흡성 분진 평균 폭로 농도가 각각 2.32, 2.84 $mg/m^3$ 로 측정되었고, 옥외 작업일 경우에는 위 공정의 호흡성 분진 평균 폭로 농도가 0.93, 0.87 $mg/m^3$ 으로 측정되었다. 세라믹 원료 제조 공정의 작업은 모두 옥외에서 이루어지는 작업으로 주로 세라믹 원료의 선별 포장 작업에서 측정된 충분진 평균 폭로 농도가 17.70 $mg/m^3$ 으로 허용 기준을 초과하는 것으로 나타났다.

## 참고문헌

노동부. 노동자 특수건강진단 방법 및 직업병 관리 기준. 노동부, 1989, 쪽 339-345

노동부. 유해물질 허용농도. 노동부고시 제 91-21. 노동부, 1991, 쪽 76-79

보건사회부. 대한결핵협회 : 제 6차 전국결핵실태조사 결과. 보건사회부, 1990

안윤옥. 실용의학 통계론. 서울대학교 출판부, 1990

윤임중. 규폐발생과 개인의 소인 또는 체질과의 문제. 결핵 및 호흡기 질환 1973;20:37-39

윤임중. 진폐증을 일으키는 분진. 결핵 및 호흡기 질환 1974;21(3):178-183

윤임중. 한국 탄광부들에 있어서의 진폐증의 유병률. 결핵 및 호흡기 질환 1977;24:1-10

윤임중, 이승한. 흉부직촬의 추적검사에 의한 진폐증의 진행과정. 한국의 산업의학 1978;17(4): 931-102

손혜숙, 이종태, 심해림, 이채언, 배기택, 박형중, 김용완, 윤임중. 조선업 용접공 진폐증에서 용접 흡 폭로력에 따른 방사선 소견의 경시적 변화양상. 예방의학회지 1989;22(3):328-336

이경근. 한국 탄광에서 발생한 규폐의 역학적 연구. 가톨릭대학 의학부 논문집 1967;13:103-126

임현술, 김지용, 이원재, 윤임중. 구조토 가공업체에서 발생한 구조토폐증의 진행에 관한 추적조사. 대한산업의학회지 1993;5(2):195-204

임현술, 이원재, 윤임중. 구조토 가공업소에서 발생한 구조토폐증에 대한 조사. 대한산업의학회지 1991;4(1):61-69

조규상, 진폐증. 서울, 가톨릭산업의학센터, 1985, 쪽 203-224

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). *Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices*, Cincinnati, Ohio, ACGIH, 1986, pp.520-526

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). *Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1992-1993*, Cincinnati, Ohio, ACGIH, 1992

Arena JM, Drew RH. *Poisoning*, 5th ed. Springfield, Illinois, U.S.A., Charles C Thomas Publisher, 1986, pp.408 & 819

Cooper WC, Jacobson G. A 21-Year Radiographic follow-up of Workers in the Diatomite Industry. *J Occup Med* 1977;19(8): 563-566

Einbrodt HJ. *Quantitative und Qualitative Untersuchungenüber die stanbreterion in der memschlichen, Lungen. Silikose-Forschung*, 1965,

pp.5-13

International Labour Office(ILO). *Guidelines for the Use of ILO International Classification of Radiographs of Pneumoconiosis (rev. ed.)*, Occupational Safety and Health Series No. 22(rev.), Geneva, Switzerland, ILO, 1980

International Labour Office(ILO). *Encyclopedia of Occupational Health and Safety, 3rd(revised) ed. Vol.2*, Geneva, ILO, 1983, pp.2033-2035

Last JM, Wallace RB. *Maxcy-Rosenau-Last Public Health and Preventive Medicine, U.S.A., Appleton & Lange, 1992, p.372*

Levy BS, Wegman DH. *Occupational Health, 2nd ed. Boston/Toronto, Little, Brown and Company, 1988, p.337*

National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). *NIOSH Manual of Analytical Methods, 3rd ed. DHHS(NIOSH) Publication No. 84-100, Cincinnati, Ohio, NIOSH, 1984*

Raffle PAB, Lee WR, McCallum RI, Murray R. *Hunter's Diseases of Occupations, Boston/Toronto, Little, Brown & Company, 1987, pp.661-662*

Rom WN. *Environmental and Occupational Medicine, Boston, Little, Brown and Company, 1992, pp.481-482*

U.S. Public Health Services. *Silicosis in the mining industry, U.S. Public health printed, pp. 9-10*

Wilson JD, Braunwald E, Isselbacher KJ, Petersdorf RG, Martin JB, Fauci AS, Root RK. *Harrison's Principles of Internal Medicine, 12th ed. New York, McGraw-Hill Book Company, 1991, pp.1056-1063*

WHO. *Early Detection of Occupational Diseases, Geneva, 1986, pp.9-25*

Zenz C. *Occupational Medicine, 2nd ed. Chicago, London, Boca Raton, Year Book Medical Publishers, Inc., 1988, p.1158*