

태백 및 강릉지역 석탄광의 호흡성 분진과 석영농도에 관한 조사

근로복지공사 진폐연구소

최호춘 · 천용희 · 윤영노 · 김해정

= Abstract =

Quartz Concentration and Respirable Dust of Coal Mines in Taeback and Kangneung Areas

Ho Chun Choi, Ph. D., Yong Hee Cheon, M.D., D.P.H., Young No Yoon, M.S.E. and Hae Jeong Kim

The Institute For Pneumoconiosis, Korea Labour Welfare Corporation

In order to investigate working conditions of underground coal mines, this work was undertaken to evaluate the respirable dust and the concentration of quartz in Taeback and Kangneung areas.

The concentration of quartz was determined by Fourier Transform Infrared Spectrophotometry. The results were as follows;

1) The concentration of respirable dust of drilling and coal face in Taeback and Kangneung areas were as followed.

		Arithmetic Mean ± S.D. (mg/m ³)	Geometric Mean ± S.D. (mg/m ³)
Taeback	Drilling:	2.00 ± 1.56	1.34 ± 2.81
	Coal Face:	3.74 ± 3.14	2.55 ± 2.61
Kangneung	Drilling:	4.55 ± 4.51	2.44 ± 3.63
	Coal Face:	5.77 ± 4.53	4.24 ± 2.37

2) Distribution of respirable dust was well fitted to the log-normal distribution and geometric mean value was $\log^{-1} 0.37 \pm \log^{-1} 0.47$ (2.34 ± 2.95) mg/m³.

3) The difference of respirable dust concentrations in Taeback and Kangneung areas was not significant statistically ($p > 0.05$).

4) The concentration of quartz of drilling and coal face in Taeback and Kangneung areas were as followed.

		Arithmetic Mean ± S.D. (%)	Geometric Mean ± S.D. (%)
Taeback	Drilling:	6.18 ± 5.52	4.24 ± 2.59
	Coal Face:	1.89 ± 1.54	1.39 ± 2.22
Kangneung	Drilling:	3.54 ± 2.12	2.55 ± 3.08
	Coal Face:	2.05 ± 3.37	1.24 ± 2.33

5) Distribution of quartz concentrations was well fitted to the log-normal distribution and geometric mean value was $\log^{-1} 0.33 \pm \log^{-1} 0.45$ (2.14 ± 2.82)%.

6) The difference of quartz concentrations in Taeback and Kangneung areas was not significant ($p > 0.05$), but significant at drilling sites and coal faces ($p < 0.05$).

I. 서 론

한국의 석탄은 거의 무연탄으로 탄질이 매우 부드럽고 부서지기가 쉽다. 더욱이 탄층은 오랜 지질시대를 거쳐 심한 습곡 및 단층작용으로 말미암아 여러 단층으로 나뉘어졌으며 주향과 경사가 몹시 심하며 탄맥이 좁다(대한광업진흥공사, 1975). 이와같이 탄층의 굴곡이 심하며 불규칙하여 탄광에서는 기계적 수단에 의해 채탄을 할 수 없는 상황으로 인력에 의해 채탄을 하고 있는 실정이다. 갱도는 현재 지하 900m까지 내려간 곳도 있으며 높은 지열 및 부족한 환기시설로 말미암아 탄광부 근로자들이 작업환경상태는 열악하다. 이러한 작업환경상태 및 잘 부서지는 탄의 성질로 말미암아 석탄광의 분진농도는 높을 것으로 생각된다.

분진의 농도는 진폐 발생과 가장 밀접한 관계를 갖는 요소이며 분진의 광물질 조성에 따라 인체에 미치는 건강장해 및 진폐증을 일으키는 양상이 다르다. Zahorski (1972)는 광산에 있어서 유사한 인구 집단임에도 불구하고 석탄 광부들의 진폐증은 지역에 따라 큰 차이가 있다고 보고하였으며 이러한 연구는 영국에서도 마찬가지로 보고된 바 있다(Gilson, 1967). 이같은 관찰은 지역적으로 다른 지질학적 성질 및 분진의 유리규산 함유량과의 상관관계를 보여주고 있다. Davies (1960)는 석탄광부 진폐증 중 급속히 진행되는 진행성 괴상성 섬유화(Progressive massive fibrosis)의 경우 폐에서 규산의 특별한 침착을 볼 수 있었다고 하였으며, Seaton 등 (1981)은 탄분진 중 적은 양의 석영농도가 석탄광부 진폐증 진행에 중요한 역할을 한다고 하였다.

그리하여 본 연구에서는 석탄광의 환경파악 및 작업 근로자의 건강장해에 영향을 미치는 호흡성 분진 및 그 속에 함유된 석영농도에 관한 자료를 제시하고자, 태백·강릉지역 석탄광의 분진농도 분포형 및 평균농도를 검토하며 우리나라 분진의 허용기준에 얼마나 포함되어 있는지 알아보하고자 하였다. 또한 위치적으로 떨어진 두 지역에 있어서 호흡성 분진 및 석영농도의 차이와 분진의 폭로가 심한 굴진막장과 채탄막장을 선택하여 작업부서별에 따른 차이가 있는지 알아보하고자 하였다.

석영농도 측정에 있어서는 측정법이 비교적 간단하며 μg 단위의 초미량 정량 분석이 가능한 간섭식 적외선 분광기를 이용하여 석영농도를 측정하였다.

II. 재료 및 방법

1. 조사대상

태백 및 강릉지역에 있는 석탄광업소의 막장 중 각각 70개소, 35개소를 임의로 선정하여 시료를 수집하였다. 태백지역 굴진막장은 34개소, 채탄막장은 36개소이었으며, 강릉지역 굴진막장이 18개소, 채탄막장은 17개소이었다.

그러나 발파작업으로 인한 환경의 변화, 측정기기의 불량 및 파손으로 말미암아 호흡성 분진의 양을 분석하지 못한 것이 태백지역 굴진막장에서 11개소, 채탄막장에서 7개소이었으며, 강릉지역 굴진막장에서 2개소이었다. 또한 호흡성 분진 중 석영농도는 분석시 시료의 손실로 말미암아 태백지역 굴진막장에서 3개, 채탄막장에서 2개의 시료손실이 있었다.

그리하여 총 시료는 호흡성 분진 측정에 있어서 태백지역 굴진막장에서 23개, 채탄막장이 29개, 강릉지역 굴진막장에서 16개, 채탄막장에서 17개이었다. 석영농도 측정은 태백지역 굴진막장에서 31개, 채탄막장에서 34개, 강릉지역 굴진막장에서 18개, 채탄막장은 17개이었다.

2. 기 기

1) Casella air sampler: Cyclone으로 호흡성 분진을 분리하여 수집한다.

2) MSA fixt-flo model 1: 10 mm nylon cyclone으로 호흡성 분진을 분리하여 수집한다.

3) 직시천평(Electrobalance) : Shimadzu L-200 SM, readability=0.01 mg

4) 전기로(Muffle Furnace)

5) 간섭식 적외선 분광기(Fourier Transform Infrared Spectrophotometer, FT-IR) : Analet Instrument FX-6160

3. 재료 및 시약

1) Membrane filter: Mixed cellulose ester (Gelman Sciences; 0.45 μm pore size)

2) 표준석영분말(Quartz): Respirable α -quartz (National Bureau of Standard, NBS, standard reference material number 1878, particle size < 5 μm)

- 3) 브롬화 칼륨(KBr) : 적외선 분광기용
- 4) 에칠알콜(99.7% v/v)

4. 시료의 포집 및 회화

시료 포집에 사용된 개인용 분진 포집기의 유량은 1.5~2.0l/min의 범위로 평균 유량은 1.80 ± 0.131 /min ($n=85$)이었다. 측정장소는 굴진 및 채탄막장을 선정하였으며, 측정 위치는 작업자의 호흡 영역으로 가능한 한 한 장소에서 동일시간 동안 3개의 개인용 분진 포집기를 사용하여 포집하였으며(fixed site sampling), 측정시간은 1교대조의 작업시간 동안에 측정이 가능한 시간으로 60분에서 354분간이었으며 평균측정시간은 214 ± 42 분($n=100$)이었다.

Membrane filter는 데시케이터에서 24시간 동안 건조시킨 후 칭량하였으며 이를 5회 반복하여 필터 무게를 산정하였다. 이때의 정밀도(10×5)는 0.24%이었다. 석영농도 측정을 위한 시료의 전처리에는 650°C의 전기로에서 2시간 동안 회화시켜 여과지 및 분진의 유기물질을 완전히 파괴시켰다.

5. 석영농도 측정법

적외선 분광기용 KBr은 습기를 제거하기 위해 110~120°C에서 하룻밤 동안 건조시킨 후 사용하였다. KBr과 시료에 적절한 농도비를 Analet사는 FT-IR에 관한 입문서에서 0.2~1.0%로 7 mm die를 사용할 경우 시료 0.1~0.8 mg에 대해 각 pellet에 대한 KBr의 무게는 80 mg으로 추천하였다.

본 실험에서는 이를 바탕으로 KBr양을 80 mg으로 하여 시료에 첨가시켜 막자사발을 사용하여 혼합시켰으며 7 mm evacuable die로 이동하여 pellet을 만들었다. Pellet을 만든 후 간섭식 적외선 분광기를 사용하여 석영의 특이 피크 중 감도가 높은 799 cm^{-1} 를 선택하여 측정하였으며(Foster 등, 1984), NBS 표준물질인 호흡성 분말석영에 대한 표준 검량 곡선을 사용하여 분진 중 석영농도를 결정하였다.

또한 μg 단위인 미량의 표준물질 및 분진을 다룰 때 오는 시료 손실에 대한 오차를 줄이기 위해 보정계수(correction factor, C.F.)를 구하여 시료의 손실을 보정하였다.

$$\text{즉, C.F.} = \frac{C3}{C1+C2}$$

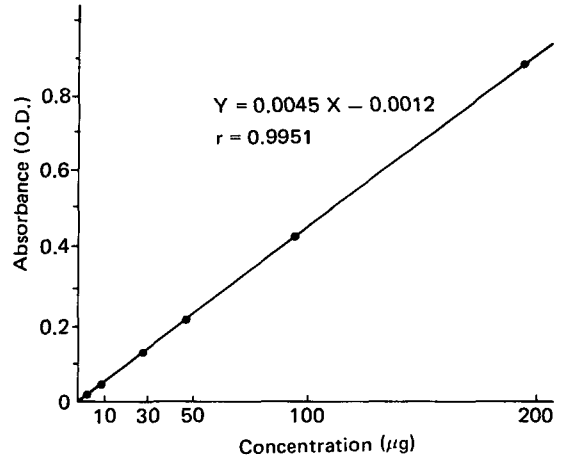


Fig. 1. Standard calibration curve for quartz determination by Fourier Transform Infrared Spectrophotometry.

- C1 : 처음의 KBr 무게 (80 mg)
- C2 : 표준물질 또는 회화된 시료의 무게
- C3 : pellet을 만든 후의 무게

이때 표준물질에서는 0~50 μg 에서 C.F.= 0.97 ± 0.0190 ($n=22$), 100~800 μg 에서 C.F.= 0.98 ± 0.0103 ($n=15$)이었으며 보정된 표준 검량 곡선은 Fig. 1과 같다.

위와 같이 실험에서 적용한 석영농도의 측정 범위는 9.7~196 μg 으로 이때의 민감도는 90~112%이었다(최호춘 등, 1986).

시료에서는 C.F.= 0.95 ± 0.0825 ($n=32$)으로 시료의 보정계수가 필요한 분진 중 석영 %농도는 다음과 같다.

$$\text{Quartz}(\%) = \frac{S2}{S1 \times 1000} \times 100$$

S1=보정시킨 회화된 시료의 무게(mg)

S2=시료에 포함된 quartz 무게(μg)

6. 측정값의 정규성 검정

태백 및 강릉지역 분진측정값의 정규분포 여부를 검정하는 방법으로는 표본에서 얻은 것과 똑같은 평균치와 표준편차를 가지는 정규분포를 산정하여 이 이론도수와 관찰도수의 적합도를 chi-square로 검정하여 호흡성 분진 및 석영농도의 분포형을 검토하였다.

Table 1. Respirable dust concentration in Taeback and Kangneung areas

Area	Site	Cases	Respirable dust concentration (mg/m ³)					
			Arithmetic		Geometric		Min.	Max.
			Mean	S.D.	Mean	S.D.		
Taeback	Drilling	23	2.00	1.56	1.34	2.81	0.12	5.55
	Coal face	29	3.74	3.14	2.55	2.61	0.30	11.49
Kangneung	Drilling	16	4.55	4.51	2.44	3.63	0.25	12.88
	Coal face	17	5.77	4.53	4.24	2.37	0.50	14.76

S. D.: Standard Deviation, Min.: Minimum, Max.: Maximum

III. 결 과

1. 태백 및 강릉지역 석탄광의 호흡성 분진농도

위치적으로 떨어진 태백 및 강릉지역을 구분하여 작업 부서별에 따른 호흡성 분진농도를 산술평균 및 기하평균으로 나타낸 결과(Table 1), 태백의 굴진막장에서 산술 평균값은 2.00±1.56 mg/m³, 기하평균은 1.34±2.81 mg/m³를 나타냈으며, 최저 및 최고의 분진농도는 각각 0.12 mg/m³, 5.55 mg/m³이었다. 태백의 채탄막장은 산술평균 3.74±3.14 mg/m³, 기하평균은 2.55±2.61(0.30~11.49) mg/m³를 보여 주었다.

강릉지역은 굴진막장에서 산술평균농도 4.55±4.51 mg/m³, 기하평균 2.44±3.63(0.25~12.88) mg/m³이었으며 채탄막장에서 산술평균농도는 5.77±4.53 mg/m³, 기하평균은 4.24±2.37(0.50~14.76) mg/m³이었다. 호흡성 분진농도는 분진의 무게를 0.01 mg까지 칭량하여 시간가중 평균농도(mg/m³)로 계산하였다.

태백 및 강릉지역의 호흡성 분진농도 분포도를 본다면 2 mg/m³이하가 전체의 40%로 왜도 β₁=1.44, 첨도 β₂=1.39인 도수가 매우 왼쪽으로 치우쳐 있었으며, 정규분포 곡선과의 적합도 검정에서도 χ²=34.10(P<0.05)으로서 정규분포곡선에 따르지 않았다(Fig. 2). 호흡성 분진농도를 대수변환하여 그 분포형(Fig. 3)을 보면 왜도 β₁=-0.45, 첨도 β₂=-0.27로 다소 오른쪽으로 치우쳐 있으나, χ²=3.46(p>0.1)으로서 정규분포에 따르고 있었으며 기하평균값은 log⁻¹ 0.37±log⁻¹0.47(2.34±2.95) mg/m³로 분진허용농도를 초과하였다.

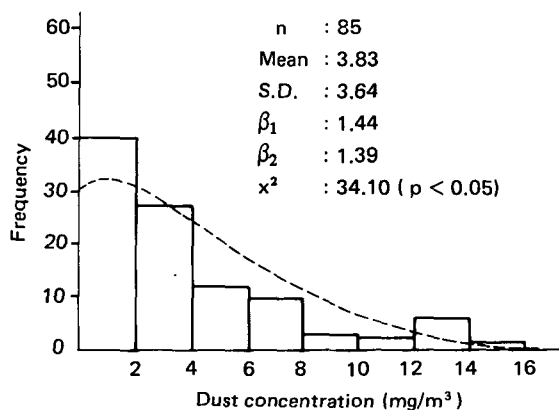


Fig. 2. Histogram and expected distribution curve of respirable dust concentrations in Taeback and Kangneung areas.

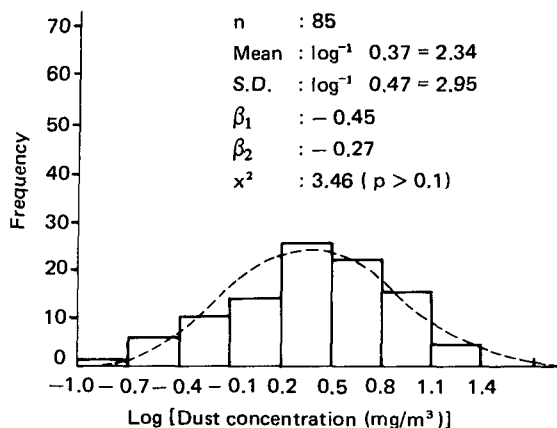


Fig. 3. Histogram and expected distribution curve of logarithms of respirable dust concentrations in Taeback and Kangneung areas.

Table 2. Comparison of drilling and coal face between Taeback and Kangneung areas for logarithms of respirable dust

		Area		t-value
		Taeback	Kangneung	
Site	Drilling	0.13 ± 0.45	0.39 ± 0.56	-1.61
	Coal face	0.41 ± 0.42	0.63 ± 0.38	-1.80
t-value		-2.32 *	-1.45	

* p < 0.05

Table 3. Percent quartz in respirable dust in Taeback and Kangneung areas

Area	Site	Cases	Percent quartz in respirable dust (%)					
			Arithmetic		Geometric		Min.	Max.
			Mean	S.D.	Mean	S.D.		
Taeback	Drilling	31	6.18	5.52	4.24	2.59	0.58	24.12
	Coal face	34	1.89	1.54	1.39	2.22	0.40	5.85
Kangneung	Drilling	18	3.54	2.12	2.55	3.08	0.06	7.14
	Coal face	17	2.05	3.37	1.24	2.33	0.46	14.72

S. D. : Standard Deviation, Min. : Minimum, Max. : Maximum

2. 지역 및 작업부서별에 따른 호흡성 분진농도의 비교

태백 및 강릉지역에 따른 굴진 및 채탄막장의 호흡성 분진농도를 비교해 보기 위하여 정규분포에 따르는 대수 변환치로 t-test한 결과 Table 2와 같다.

태백 및 강릉지역의 지역별 차이는 굴진막장 및 채탄막장 모두 통계학적인 유의한 차이가 없었으며 (P>0.05, P>0.05), 굴진 및 채탄막장의 부서별에 따라 태백지역은 차이가 있었으며 (p<0.05), 강릉지역은 유의한 차이가 없었다 (p>0.05).

3. 태백 및 강릉지역 석탄광의 호흡성 분진 중 석영농도

석영농도는 호흡성 분진농도에 함유된 석영의 퍼센트 농도로 표시하였다. 태백 및 강릉지역의 작업부서별에 따른 호흡성 분진 중 석영농도(%)는 산술평균 및 기하평균으로 나타낸 결과 Table 3과 같다. 태백지역의 굴진막장은 산술평균값은 6.18±5.52%, 기하평균은 4.24±2.59%로 최저 및 최고의 분진농도는 각각 0.58, 24.12%를 보여 주었으며, 태백지역의 채탄막장은 산술평균 1.89±1.54%, 기하평균 1.39±2.22(0.40~5.85)%를

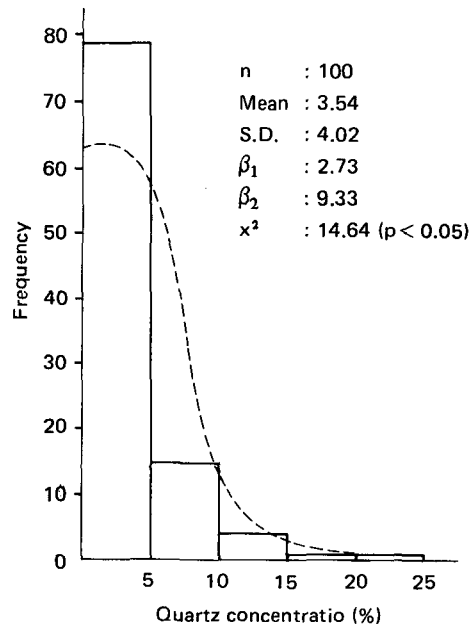


Fig. 4. Histogram and expected distribution curve of percent quartz in respirable dust in Taeback and Kangneung areas.

나타내었다.

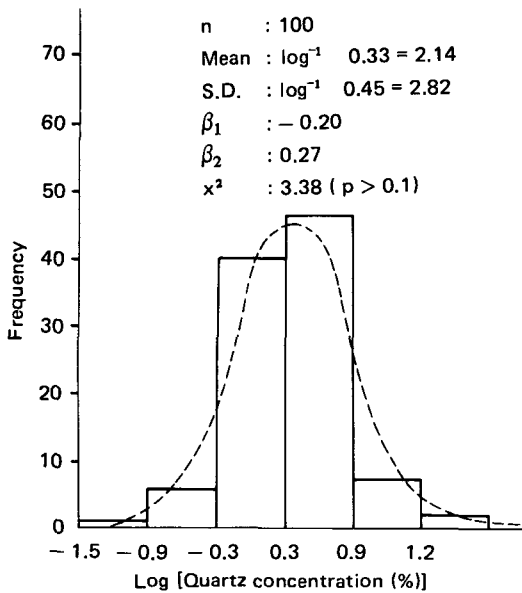


Fig. 5. Histogram and expected distribution curve of logarithms of percent quartz in respirable dust in Taebak and Kangneung areas.

강릉지역은 굴진막장에서 산술평균농도 3.54 ± 2.12 %, 기하평균 2.55 ± 3.08 (0.06~7.14)%이며, 채탄막장은 산술평균농도 2.05 ± 3.37 %, 기하평균 1.24 ± 2.33 (0.46~14.72)%이었다. 이와 같은 결과, 태백지역 굴진막장에서 가장 높은 호흡성 분진 중 석영농도를 나타냈으며 부서별에 따라 굴진막장이 채탄막장 보다 높은 석영농도를 나타냈다.

호흡성 분진 중 석영농도 분포도는 Fig. 4와 같다.

5%미만의 석영농도를 함유한 지역은 전체의 79%를 나타내었으며 21%가 5% 이상의 호흡성 분진 중 석영농도를 나타내었다.

분진분포도는 왜도 $\beta_1=2.73$, 첨도 $\beta_2=9.33$ 으로 도수가 매우 왼쪽으로 치우쳐 있으며, 급침을 보이는 분포를 나타냈다. $\chi^2=14.64$ 로서 정규분포곡선과의 적합도 검정에서도 정규분포에 따르지 않았다($p<0.05$).

태백 및 강릉지역의 호흡성 분진 중 석영농도를 대수 변환하여 그 분포형을 보면 왜도 $\beta_1=-0.20$, 첨도 $\beta_2=0.27$ 로 좌우대칭인 정규분포를 하였으며($\chi^2=3.38$, $p>0.1$), 기하평균은 $\log^{-1} 0.33 \pm \log^{-1} 0.45$ (2.14 \pm 2.82)%이었다(Fig. 5).

4. 지역 및 작업부서별에 따른 분진 중 석영농도 (%)의 비교

태백 및 강릉지역에 따른 굴진 및 채탄막장별 호흡성 분진 중 석영농도(%)에 차이가 있는지 비교한 결과 Table 4와 같다.

굴진막장에서 태백과 강릉지역의 지역별 차이는 t-value가 1.69로 통계학적인 유의한 차이가 없었으며($p>0.05$), 채탄막장에서도 지역별 차이는 없었다($t=0.48$, $p>0.05$). 그러나 작업부서별에 대한 차이는 태백 및 강릉지역 모두 유의한 차이가 있었다($p<0.05$, $p<0.05$).

IV. 고 찰

태백지역 석탄광의 갱내 부유분진 중 호흡성 분진농도는 굴진막장에서 기하평균값이 1.34 ± 2.81 (0.12~5.55)mg/m³, 채탄막장은 2.55 ± 2.61 (0.30~11.49)mg/m³이었으며 강릉지역은 굴진막장에서 2.44 ± 3.63 (0.25~12.88)mg/m³, 채탄막장에서 4.24 ± 2.37 (0.50~14.76)mg/m³를 나타냈다.

호흡성 분진 중에 함유된 석영농도는 태백지역 굴진막

Table 4. Comparison of drilling and coal face between Taebak and Kangneung areas for logarithms of percent quartz in respirable dust

		Area		t-value
		Taebak	Kangneung	
Site	Drilling	0.63 ± 0.41	0.41 ± 0.49	1.69
	Coal face	0.14 ± 0.35	0.09 ± 0.37	0.48
t-value		5.11 *	2.13 *	

* P < 0.05

장에서 기하평균값이 $4.24 \pm 2.59 (0.58 \sim 24.12\%)$, 채탄막장에서 $1.39 \pm 2.22 (0.40 \sim 5.85)\%$ 이며 강릉지역 굴진막장에서 $2.55 \pm 3.08 (0.06 \sim 7.14)\%$, 채탄막장에서 $1.24 \pm 2.33 (0.46 \sim 14.72)\%$ 이었다.

우리나라 분진 허용농도(1986) 및 ACGIH의 허용기준(1986)에 준하여 보면, 석영농도 함량이 5%미만인 호흡성 분진의 허용기준은 2 mg/m^3 로 태백지역 굴진막장만이 평균 분진농도 값이 기준치를 초과하지 않았으며, 다른 지역은 모두 허용농도를 초과하였다. Jacobson(1972)에 의하면 2 mg/m^3 의 분진농도에서 하루 8시간씩 35년간 일하는 경우 1~2%의 광부가 ILO에 의한 x-ray 소견상 2 또는 2이상의 진폐증을 앓는다고 하였다. 또한 분진의 성분에 있어서 석영농도는 석탄광부폐증의 진행에 중요한 역할을 하며(Seaton 등, 1981), Martin 등(1974)에 의하면 석탄에 함유된 석영의 농도가 높을수록 폐실질의 섬유화반응이 더 강하다고 하였다. 이와 같이 분진의 농도 및 화학적 성분은 진폐의 발생과 그 진행상태에 있어서 밀접한 관계를 갖는다. 그러므로 분진의 농도 및 성분을 측정하여 작업환경상태를 평가하는 것은 중요한 일이다.

Zahorski(1972)는 석탄층의 지질학적 성질과 진폐증 유병율과의 관계에서 탄층의 두께가 얇을수록 진폐유병율이 높다고 하였으며 Saric(1972)에 의하면 분진은 주로 잘 부스러질 수 있는 석탄에서 많이 발생된다고 하였다. 우리나라의 탄층은 얇으며 탄질은 부드럽고 잘 부스러지는 무연탄으로서 이는 다른 나라의 호흡성 분진농도보다 높은 수치를 나타내고 있는 이유 중의 하나인 것 같다(Goldstein 등, 1972; Goldberg 등, 1973).

태백 및 강릉지역의 호흡성 분진농도 분포도를 보면 2 mg/m^3 이하가 전체의 40%로 도수가 왼쪽으로 치우친 분포형으로 정규분포곡선과의 적합도 검정에서도 정규분포곡선에 따르지 않았다($p < 0.05$). 그러나 호흡성 분진농도의 대수변환치는 정규분포곡선에 적합하였다($p > 0.1$).

그러므로 대수변환치로 지역별 작업부서별에 차이가 있는지 비교하였더니 굴진 및 채탄막장에서 두 지역간(태백, 강릉)의 통계학적인 차이는 없었으며($p > 0.05$), 작업부서 간의 차이는 태백지역에서 있었으며($p > 0.05$), 강릉지역에서는 없었다($p < 0.05$).

채탄막장은 주로 석탄분진이 비산되어 굴진막장의 굴진에 의한 암석분진 보다 분진의 농도가 더 높게 나타났

지만 강릉지역에서 통계학적으로 부서별 차이가 없는 것은 굴진막장에서 분진농도의 표준편차가 심한 결과라 생각한다. 이러한 결과는 강릉지역 시료의 수가 적고 굴진막장에서 암석 폭파작업을 한 후 오래지 않아 작업을 시작한 경우가 있기 때문이 아닌가 생각된다.

분진의 비산은 암석의 폭파, 굴진, 채광 및 운반작업시 발생하게 되는데 이러한 작업환경상태마다 발생하는 양은 변화가 심해 같은 지역 같은 작업부서라도 분진농도의 표준편차가 크며 최저 및 최고 농도값의 폭이 넓게 나타난다.

Lazarus(1972)는 갈탄의 호흡성 분진에 대하여 환경측정을 실시한 결과 분진의 분포도는 본 연구와 같이 생물학적인 모집단 변수들의 정규분포가 아닌 대수정규분포곡선을 보여 주었다. 이것은 분진의 비산이 일정치 않은 석탄광산에서의 호흡성 분진은 대수정규분포를 한다는 것을 더욱 뒷받침해 주고 있다.

두 지역의 석영농도 분포도는 5% 미만이 전체의 79%로 왼쪽으로 매우 치우쳐졌으며 급침($\beta_1 = 2.73$, $\beta_2 = 9.33$)을 보이는 형태이다. 정규분포곡선과의 적합도 검정에서도 호흡성 분진농도와 마찬가지로 정규분포에 따르지 않았다($p < 0.05$). 그러나 석영농도의 대수변환치는 정규분포곡선에 적합했다($p > 0.1$). 그러므로 석영농도의 대수변환치로 태백 및 강릉지역의 지역별 차이가 있는지 검토한 결과 굴진 및 채탄막장 모두 통계학적인 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$, $p > 0.05$). 그러나 작업부서별 굴진 및 채탄막장에서는 태백 및 강릉지역 모두 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$, $p < 0.05$).

문우기 등(1985)의 한국 채탄 광부의 진폐증 발생에 관한 역학적 연구에서도 석영농도는 장성지역 탄광이 $1.73 \pm 1.58\%$ 로서 영월지역 탄광들의 $1.44 \pm 0.86\%$ 보다 높았지만 지역간의 통계학적인 유의한 차이가 없었다.

삼척(태백지역) 및 강릉탄전(강릉지역)은 둘 다 조선계의 대석회암층과 평안계의 홍점통, 사동통 및 고방산통의 지층(대한광업진흥공사, 1975)이며, 탄질이 같은 무연탄으로 태백과 강릉지역의 호흡성 분진농도 및 석영농도에 통계학적 유의한 차이가 없는 것으로 사료된다. 그러나 작업부서별로 굴진막장이 채탄막장보다 두 지역에서 모두 석영농도가 현저하게 높게 나왔으며, 부서별간의 통계학적인 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$).

Goldstein 등(1972)에 의하면 남아프리카 Natal의 무

연탄광과 Transvall의 역청탄광에서 호흡성 분진 및 석영농도를 비교해 본 결과 각각 $19.97 \text{ mg/m}^3(0.8\%)$, $14.03 \text{ mg/m}^3(1.5\%)$ 으로 탄질에 따라 분진 및 석영농도 함유량이 다른 것을 보여주었으며, Saric(1972)은 탄질이 같은 역청탄 일지라도 광산에 따라 석영농도가 다양하며 한 광산에서도 농도 폭(1~25%)이 크다고 하였다. 또한 역청탄 광산에서 석영농도는 석탄분진이 4%, 암석분진이 13%로 나타났다.

위와 같이 본 연구에서도 태백과 강릉지역은 분포지역에 따라 각각 구분된 삼척 및 강릉탄전에 속하여 있지만 석탄을 부존하고 있는 지층 및 지질이 같아 호흡성 분진 및 그 중에 함유된 석영농도가 지역에 따라 통계학적인 유의한 차이가 없었다. 그러나 작업부서별에 따른 굴진막장과 채탄막장은 분진의 성분이 다른 암석분진과 석탄분진으로 석영농도에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

V. 결 론

강릉 및 태백지역 석탄광의 개내 작업환경상태를 파악하기 위하여 호흡성 분진 및 그 중에 함유된 석영농도를 분석하였다. 또한 지역별, 작업부서별에 따라 분진농도에 차이가 있는지 검토하였다. 호흡성 분진 중 석영농도는 μg 단위의 초미량으로 간섭식 적외선 분광기를 사용하여 측정하였다.

1) 태백지역의 호흡성 분진농도는 굴진막장에서 산술평균 및 기하평균값이 각각 $2.00 \pm 1.56 \text{ mg/m}^3$, $1.34 \pm 2.81 \text{ mg/m}^3$ 이며, 채탄막장은 각각 $3.74 \pm 3.14 \text{ mg/m}^3$, $2.55 \pm 2.61 \text{ mg/m}^3$ 이었다. 강릉지역은 굴진막장에서 산술평균 및 기하평균값이 각각 $4.55 \pm 4.51 \text{ mg/m}^3$, $2.44 \pm 3.63 \text{ mg/m}^3$ 이며, 채탄막장에서는 각각 $5.77 \pm 4.53 \text{ mg/m}^3$, $4.24 \pm 2.37 \text{ mg/m}^3$ 이었다.

2) 태백 및 강릉지역 호흡성 분진농도 분포는 대수정규분포곡선에 적합하였으며 ($p > 0.1$), 기하평균은 $\log^{-1} 0.37 \pm \log^{-1} 0.47(2.34 \pm 2.95) \text{ mg/m}^3$ 이었다.

3) 태백 및 강릉지역에서 호흡성 분진농도는 두 지역간에 통계학적인 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

4) 태백지역의 호흡성 분진 중 석영농도(%)는 굴진막장에서 산술평균 및 기하평균 값이 각각 $6.18 \pm 5.52\%$, $4.24 \pm 2.59\%$ 이며, 채탄막장은 각각 $1.89 \pm 1.54\%$, $1.39 \pm 2.22\%$ 이었다. 강릉지역은 굴진막장에서 산술평

균 및 기하평균 값이 각각 $3.54 \pm 2.12\%$, $2.55 \pm 3.08\%$ 이며, 채탄막장에서는 각각 $2.05 \pm 3.37\%$, $1.24 \pm 2.33\%$ 이었다.

5) 태백 및 강릉지역 호흡성 분진 중 석영농도는 대수정규분포곡선에 적합하였으며 ($p > 0.1$), 기하평균 값은 $\log^{-1} 0.33 \pm \log^{-1} 0.45(2.14 \pm 2.82)\%$ 이었다.

6) 태백 및 강릉지역에서 호흡성 분진 중 석영농도는 두 지역간에 유의한 차이가 없었으며 ($p > 0.05$), 굴진막장 및 채탄막장의 작업부서 별에는 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.05$).

참 고 문 헌

- 노동부. 유해물질의 허용농도 및 작업환경측정방법. 서울, 노동부, 1986, 쪽. 48
- 대한광업진흥공사. 한국의 광상, 제 7 호, 석탄편. 서울, 대한광업진흥공사, 1975
- 문우기, 조규상. 한국 채탄 광부의 진폐증 발생에 관한 역학적 연구. 가톨릭 대학의학부 논문집 1985; 38(4): 951-961
- 최호춘, 김해정. Dust sample 중 유리규산 측정에 있어서 IR법에 의한 측정조건 및 recovery test. 근로복지공사 진폐연구소 논문집 1986; 2:83-106
- ACGIH. TLVs for chemical substances and physical agents in the work environment and biological exposure indices with intended changes for 1986-1987. Cincinnati, ACGIH, 1986, p. 41
- Davies CN. Industrial lung disease. Boston, Little Brown, 1960, p. 44
- Foster RD, Walker RF. Quantitative determination of crystalline silica in respirable-size dust samples by infrared spectrometry. Analyst 1984; 109(9):1117-1127
- Gilson JC. A note on pneumoconiosis statistics in U.K. Penarth Glamorgan, 1967
- Goldberg SA, Raymond LD, Taylor CD. Bureau of mines procedure for analysis of respirable dust from coal mines. Am Ind Hyg Assoc J 1973; 34:200-205
- Goldstein B, Webster I. Coal workers' pneumoconiosis in South Africa. Ann NY Accad Sci 1972; 200:306-315
- Jacobson G. Progression of coal workers' pneumoconiosis in Britain in relation to environmental conditions underground. In proceedings of conference on technical measure of dust prevention and suppression

- in mines, Luxembourg, 1972*
- Lazarus R. *Respirable dust from lignite coal in the victorian industry. Am Ind Hyg Assoc J* 1983; 44(4):276-279
- Martin JC, Moussard HD, Bouffant L et al. *The role of quartz in the development of coal workers' pneumoconiosis. Ann NY Acad Sci* 1972; 200:127-141
- Morgan WKC, Burgess DB, Jacobson G et al. *The prevalence of coal workers' pneumoconiosis in US coal miners. Arch Environ Health* 1973; 27:221-226
- Sarić M. *Prevalence of coal workers' pneumoconiosis in Yugoslavia. Ann NY Accad Sci* 1972; 200:301-305
- Seaton A, Dick JA, Dodgson J et al. *Quartz and pneumoconiosis in coal miners. Lancet* 1981; 2: 1272
- Zahorski WW. *Trends in coal workers' pneumoconiosis in Poland. Ann NY Accad Sci* 1972; 200:292-300
-