

태백지역 석탄광산의 호흡성 분진 폭로 농도

The Exposure Level of Respirable Dust of Underground Coal Mines in Taebaek Area

윤 영 노* , 이 정 주* ,
Young-No Yoon, Jeong-Joo Lee

ABSTRACT

The exposure level of respirable dust and silica for the coal workers of underground coal mines in Taebaek area was evaluated. Personal air samplers were attached to the coal workers—drillers, coal cutters, their helpers, haulers, and separators. Normality and lognormality of respirable dust and silica concentrations were tested by Kolmogorov-Smirnov one-sample test, differences of means of respirable dust and silica concentration were tested by group t-test and paired t-test, and relation between respirable dust and silica concentration were tested by regression test.

1. 서 론

우리나라의 1986년 특수건강진단 결과 직업병의 57%를 진폐증이 차지하고 있고 진폐증의 88%를 석탄 광산(이하 탄광)의 근로자가 차지하고 있다.¹⁾ 따라서 진폐증의 예방은 타산업보다도 탄광에서 시급하며 이를 위해서는 탄광의 작업환경조사가 우선되어야 하며 분진농도에 관한 평가가 선행되어야 하는데 진폐증을 야기하는 호흡성 분진조사, 특히 호흡성 분진의 폭로농도 조사가 필요하며 시급한 실정이다. 또한 유리규산이 진폐증과 밀접한 관계가 있으며 석탄분진 중의 유리규산농도가 높을수록 폐실질의 섬유화 반응이 더 강한 것으로 알려져 있다.²⁾⁻³⁾

탄광의 작업환경조사를 통한 분진농도조사는 몇 차례 이루어져 왔다. 백⁴⁾은 착암 작업에서의 분진을 digital dust indicator(type-P2)로 상대농도를 측정하였고, 이⁵⁾는 채탄 막장에서 digital dust indicator(type-P2)로 상대농도를 측정하였으며 오⁶⁾ 등은 분진이 많이 발생하는 작업막장과 슈트(chute) 근처에서 jet dust counter와 impinger를 사용하여 부유 분진의 갯수농도를 측정하였다.

또한 문⁷⁾ 등은 채탄 막장에서의 개인용 분진포집기를 이용하여 총분진 폭로농도와 진폐증의 유병율의 관계를, 김⁸⁾ 등은 굴진 막장의 개인용 분진포집기를 사용하여 총분진의 폭로농도와 진폐증의 유병율의 관계를 조사하였고, 이⁹⁾는 호흡성 분진

* 근로복지공사 진폐연구소 환경보건연구실(Environment Health Dep't, The Institute for Pneumoconiosis, Korea Labour Welfare Corporation)

의 특성에 관하여, 최¹⁰⁾ 등은 호흡성 분진농도와 석영농도에 관하여 조사하였다.

그러나 호흡성 분진의 폭로농도에 관한 조사는 국내에서 아직 미흡한 실정이므로 탄광의 호흡성 분진 및 유리규산의 폭로농도 조사를 통하여 진폐증 예방의 한 자료를 구하고자 태백지역 탄광에서 근무하는 근로자를 대상으로 하여 근로자에게 폭로되는 호흡성 분진 및 호흡성 유리규산의 폭로농도의 실태를 파악하고자 본 조사를 실시하였다.

2. 방법 및 재료

2.1 조사대상 및 시기

강원도 태백지역의 41개 탄광 중 34개 탄광을 대상으로 하였다. 각 탄광의 막장의 선장은 갱내 도면상에서 가용 막장 중 측정이 가능한 막장 중에서 1, 2개를 무작위로 추출하였다. 조사대상은 굴진부서의 선산부와 후산부, 채탄부서의 선산부 및 후산부 각 1명, 전차공(이하 운반부), 석탄부였으며 운반부가 없는 탄광도 있었다.

조사시기는 1987년 4월부터 동년 11월까지였다.

2.2 기 기

1) 개인용 분진포집기 (personal air sampler) : 호흡성 분진의 포집용으로써 사용 전후에 유량보정계로 유량을 보정하였다.¹¹⁻¹⁵⁾ 조사기간 중 유량의 변동은 없었다. 사용 기종은 설정 유량의 $\pm 5\%$ 이내의 일정 유량 (constant flowrate) 으로 유지하는 자동보정기능을 갖고 있는¹⁶⁾ MSA Fixt-Flo Model 1 이었다. 호흡성 분진의 입경분리는 10 mm nylon cyclone 을 사용하였고¹⁷⁻¹⁹⁾ filter holder 는 2-piece holder 로서 cellulose band 로 밀봉하였다.

2) 유량보정계 (MSA Pump calibrator Model A) : 비누 거품을 사용하는 soap bubble calibrator 로 100-4,000ml/min 의 범위의 유량보정이 가능하며 0.1ml/min 까지 가능하다.²⁰⁾

3) 간섭식 적외선 분광광도계 (Fourier Transform Infrared Spectrophotometer, FT-

IR) : Analet Instrument FX-6160 (미국) .

4) 온습도계 : Assmann 통풍온습도계 (Sato, 일본)로서 온습도 측정.

5) 직시 천평 (Electrobalance) : Shimadzu L-200 SM으로 0.01mg 까지 판독 가능.

2.3 재 료

1) Membrane filter : 공극 0.45micron의 mixed cellulose ester membrane filter (Gelman Sciences).

2) 표준석영분말 : 입경 5 micron 이하의 호흡성 α -quartz (National Bureau of Standard (NBS) standard reference material number 1878).

3) 브롬화 칼륨 (KBr) : 적외선 분광광도계용 (Merck 제)

4) Ethyl alcohol (99.7 % v/v) : 시약특급 (Merck 제)

2.4 시료포집 및 측정방법

호흡성 분진시료의 포집은 개인용 분진포집기를 사용하여 시료를 포집하였으며 포집한 시료는 filter holder 의 양쪽 구멍을 마개로 봉한 후 실험실로 운반하여 분진의 무게를 측정한다 다음 유리규산을 분석하였다.

조사 대상 근로자에게 입깁 전에 개인용 분진포집기를 착용시킨 후 1 교대조의 작업시간인 8시간의 근무시간 동안 시료를 포집하게 하여 퇴깁시 분진포집기를 회수하였다. 10 mm nylon cyclone 은 근로자의 작업에 지장을 주지 않으며 머리에서 반경 30 cm 이내의 범위에서 수직을 유지하도록 왼쪽 옷깃과 주머니 뒷면에 clip으로 고정하였다.^{12)18) 19)21) 22)}

분진포집기를 착용한 근로자가 근무하는 부서의 온습도는 Assmann 통풍온습도계를 5분간 작동하여 건구, 습구가 안정되게 한 후 눈금을 읽어 온습도를 측정하였다.

시료 포집시간은 254-555분 (417 ± 85 분) 이었고 분진포집기의 유량은 1.71/min 였다.¹⁹⁾

Membrane filter 는 desiccator 에서 24시간 건조시킨 후 칭량하였으며 5회 반복하여 산정하였다. 여지 무게 (mg) 에 대한 정밀도 (시료수 \times 측

정수: 10 × 10)는 0.18%였다.²³⁾

분진 무게의 칭량이 끝난 분진은 유리규산의 분석을 위하여 650°C의 전기로에서 2시간 동안 회화시켰다.

2.5 유리규산 분석

적외선 분광기용 브롬화 칼륨은 습기를 제거하기 위해 110-120°C에서 하루밤 동안 건조시킨 후 분쇄기를 사용하여 10분간 분쇄하였으며, 시료 0.1-0.8mg에 80mg의 브롬화 칼륨을 첨가시켰다. 시료를 브롬화 칼륨과 잘 혼합하여 7 mm die에 넣고 hand press로 5분간 눌러 pellet을 만들었다. 완성된 pellet을 간섭식 적외선 분광광도계로 799 cm⁻¹의 흡수피크(absorbance peak)에서 흡광도를 측정하였다.²⁴⁾

2.6 분석방법

호흡성 분진과 유리규산의 폭로농도를 각각 Kolmogorov-Smirnov one-sample test로 대수정규 분포를 검증한²⁵⁻²⁷⁾ 후 부서별로 군 비교 t-test 하였고, 선후산부간의 폭로농도를 짝 비교 t-test 하였으며, 호흡성 분진농도와 호흡성 유리규산 유의수준은 $\alpha = 0.05$ 로 하였다.

3. 결과 및 고찰

태백지역 탄광의 호흡성 분진과 유리규산의 폭로농도를 개인용 분진 포집기로 측정 조사한 결과는 다음과 같았다. 실제 측정된 시료수보다 통계적 처리를 할 수 있는 자료의 수가 반 이상의 손실이 있었다. 이는 개인용 분진포집기의 test-failure의 지시등이 켜진 것, 호흡성 분진 농도가 높은 곳에서 10 mm nylon cyclone의 hopper 내의 분진이 월류(overflow)한 여지는 제외하였기 때문이다.

또한 근로자에게 개인용 분진포집기를 착용시켰을 때 분진포집기의 고장이 많이 발생하였다. 특히 후산부의 경우 반이상 고장이 발생하여 시료의 측정에 많은 제약을 받았다.

3.1 호흡성 분진 및 유리규산의 폭로 농도

조사대상 탄광의 호흡성 분진 및 유리규산의 폭로

농도는 표 1과 같다.

Table 1. Dust exposure concentration in the coal mines

Measurement item	Cases	Mean ± S.D. (Range)	% Above TLV
Temperature (°C)	141	17.6 ± 4.8 (11.8 - 31.0)	0.0
Relative Humidity (%)	141	90 ± 10 (34 - 96)	-
Respirable dust concentration (mg/m ³)	141	9.6 ± 17.3 (0.3 - 91.9)	75.9
Respirable silica Concentration (%)	117	3.1 ± 4.2 (0.0 - 18.9)	-
		1.3 ± 4.7*	

S.D.: Standard deviation

* Geometric mean ± geometric standard deviation

조사대상 탄광에서 호흡성 분진의 폭로농도의 산술평균(기하평균)²⁸⁻³⁰⁾은 9.6(4.4)mg/m³였으며 호흡성 분진농도의 분포는 그림 1과 같고 2.0 mg/m³ 이하가 23.6%를 차지하고 있다. 이 중 75.9%가 허용기준을 초과하였다.

미국의 경우 역청탄이므로 직접적인 비교는 어려우나 미국의 허용농도가 3mg/m³였던 1971년도의 29개 탄광의 호흡성 분진의 폭로 농도 조사결과³¹⁻³²⁾와 비교하면 허용기준 초과율이 미국 경우 약 70%를 초과하는 것에 비해 약간 높은 편이며, 호흡성 분진 농도의 산술평균 값은 태백지역 탄광의 조사결과가 약 4배 정도 높은 값을 보이고 있다. 그러므로 이에 대한 대책이 시급한 것으로 사료된다.

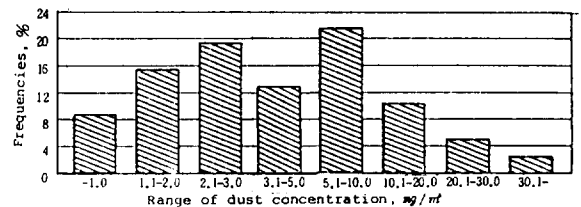


Fig. 1. Respirable dust exposure concentration distribution in the coal mines

또한 호흡성 유리규산의 산술평균(기하평균)은 3.1(1.3)%이었다. 호흡성 유리규산의 분포는 그림 2와 같고 5.0% 미만이 79.5%를 차지하고 있다.

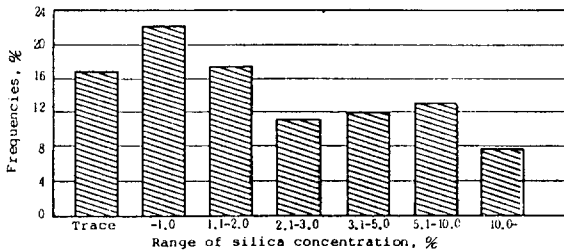


Fig.2. Respirable silica exposure concentration distribution in the coal mines

조사대상 탄광의 호흡성 분진은 제 2종 분진에 해

당되며, 석탄분진은 석영 5% 미만의 호흡성분진의 허용농도를 $2\text{mg}/\text{m}^3$ 로 정하고 있다. 유리규산 농도가 5.0% 이상의 경우에 관해서는 언급이 없으므로 5%를 초과할 경우에 미국의 ACGIH의 TLVs를 준용하면³³⁾ 호흡성 분진으로서 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 을 적용하게 된다.³⁴⁾ 유리규산 농도가 5.0%를 초과하는 비율이 20%를 차지하고 있으며 이 때의 호흡성 분진농도가 $0.5-28.6\text{mg}/\text{m}^3$ 의 값을 보이고 있다. $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 를 허용기준으로 보면 24개 시료의 100%가 허용기준을 초과하고 있다. 그러므로 유리규산 농도가 5.0% 이상인 경우 호흡성 분진의 허용농도에 관한 검토가 필요하다. 한편 온도의 평균값은 17.6°C 였고 상대습도는 90%였다.

호흡성 분진과 유리규산의 폭로농도를 부서별로 살펴보면 표 2와 같고 이를 도식화하면 호흡성 분

Table 2. Dust exposure concentration in work site.

Item	Work site			
	Drilling	Coal cutting	Hauling	Separating
Cases	50(41)	59(48)	14(13)	18(15)*
Temperature ($^\circ\text{C}$)	16.0 ± 3.6 (11.8 - 25.4)	19.1 ± 5.2 (12.6 - 31.0)	18.4 ± 5.4 (12.0 - 30.6)	$16.6 \pm 4.7^{**}$ (12.0 - 26.6) +
Relative humidity ()	93 ± 4 (81 - 96)	93 ± 4 (83 - 99)	92 ± 3 (87 - 96)	$70 \pm 17^{**}$ (34 - 96) +
Respirable dust concentration (mg/m^3)	4.3 ± 5.4 (0.5 - 30.8)	16.9 ± 24.2 (0.3 - 93.7)	2.4 ± 1.9 (0.4 - 6.1)	$6.8 \pm 7.2^{**}$ (0.8 - 27.8) +
Respirable silica concentration (%)	2.8 ± 2.4 (0.0 - 18.9)	8.3 ± 3.4 (0.0 - 13.5)	1.8 ± 1.4 (0.0 - 8.9)	$3.7 \pm 2.9^{++}$ (0.0 - 5.8) +
% above TLVs	70.0	93.2	50.0	55.6

* Numbers are dust cases, and numbers in paranthesis are silica cases.

** Mean \pm standard deviation

+ Range (Minimum - Maximum)

++ Geometric mean \pm geometric standard deviation

진의 폭로농도는 그림 3, 호흡성 유리 규산의 폭로농도는 그림 4와 같다. 또한 부서별 온습도는 그림 5와 같다.

굴진부서의 측정시간은 415 ± 88 분(245-550분)이었고, 표 2에서 굴진부서의 호흡성 분진농도

의 산술평균(기하평균)은 $4.3(2.8)\text{mg}/\text{m}^3$ 였으며 농도분포는 그림 6과 같고 $2.0\text{mg}/\text{m}^3$ 이하가 30.0%를 차지하고 있다. 이 중 70.0%가 허용기준을 초과하였다. 또한 호흡성 유리규산의 산술평균(기하평균)은 $5.5(2.9)\%$ 였다. 호흡성 유리

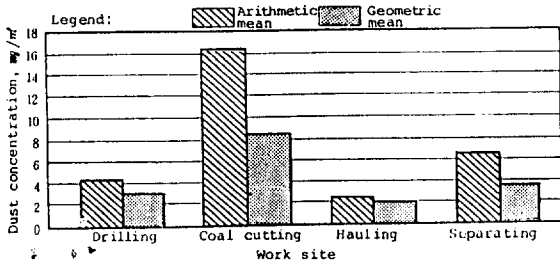


Fig. 3. Respirable dust exposure concentration in work site

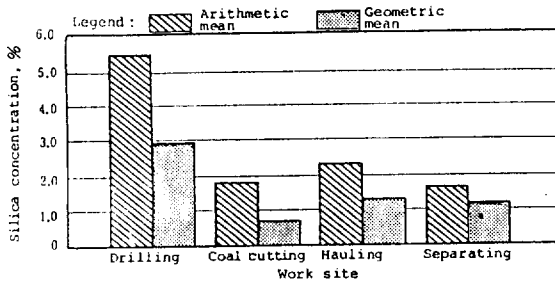


Fig. 4. Respirable silica exposure concentration in work site

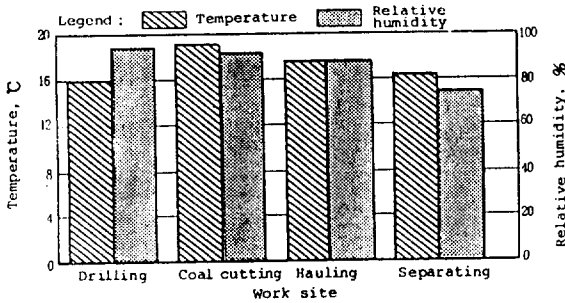


Fig. 5. Temperature and relative humidity in work part

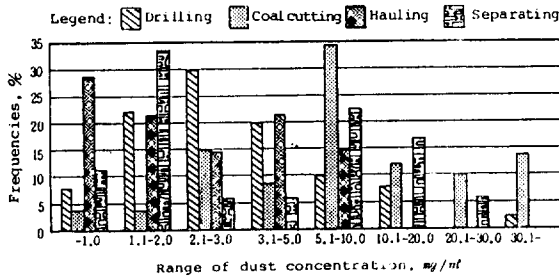


Fig. 6. Respirable dust exposure concentration distribution in work site

규산의 분포를 보면 그림 7 과 같고 5.0 % 이하가 56.1%를 차지하고 있다. 온도는 16.0 °C 이었고 상대습도는 93 %였다.

채탄부서의 측정시간은 417 ± 91 분(255- 555 분)이었고, 표 2 에서 채탄부서에서의 호흡성 분진농도는 121.8(8.3)mg/m³였으며 호흡성 분진농도의 분포는 그림 6 과 같고 2.0mg/m³ 이하가 6.6 %를 차지하고 있다. 이 중 93.2%가 허용기준을 초과하였다. 또한 호흡성 유리규산 농도는 1.8(0.6) %였다. 호흡성 유리규산의 분포를 보면 그림 7 과 같고 5.0 % 이하가 93.8%를 차지하고 있다. 온도는 19.3 °C였으며 상대습도는 92.5 %였다.

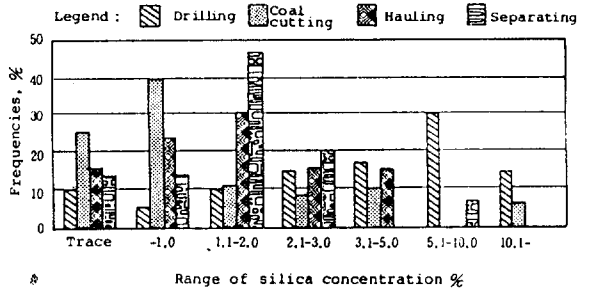


Fig. 7. Respirable silica exposure concentration distribution in work site

운반부서의 측정시간은 442 ± 69 분(350-515 분)였고, 표 2 에서 운반부서에서의 호흡성 분진농도는 2.4(1.8)mg/m³였으며 호흡성 분진농도의 분포는 그림 6 과 같고 2.0mg/m³ 이하가 50.0 %를 차지하고 있다. 이 중 50.0%가 허용기준을 초과하였다. 또한 호흡성 유리규산농도는 2.4 (1.2) %였다. 호흡성 유리규산의 분포는 그림 7 과 같고 5.0 % 이하가 84.5%를 차지하고 있다. 온도는 18.4 °C였으며 상대습도는 92 %였다.

선탄부서의 측정시간은 406 ± 67 분(280- 490 분)였고, 표 2 에 나타난 것과 같이 선탄부서에서 호흡성 분진농도는 6.3(3.7)mg/m³였으며 호흡성 분진농도의 분포는 그림 7 과 같고 2.0mg/m³ 이하가 42.1 %를 차지하고 있다. 이 중 55.6 %가 허용기준을 초과하였다. 또한 호흡성 유리규산은 1.7(1.2) %였다. 호흡성 유리규산의 분포를 보면 그림 7 과 같고 5.0 % 이하가 93.3%를 차

지하고 있다. 온도는 16.6 °C였고 상대습도는 70 °C였다.

표 2에 나타난 것과 같이 호흡성 분진의 평균농도는 채탄부서에서 가장 높은 값을 보이고 있고 허용농도 초과비율도 가장 높은 반면 운반부서에서 가장 낮은 값을 나타내고 있으며 허용농도 초과비율도 가장 낮은 값을 나타내고 있다. 호흡성 유리

규산의 평균농도는 굴진부서에서 가장 높은 값을 나타내고 있고 채탄부서에서 가장 낮은 값을 보이고 있다.

선산부와 후산부의 짝비교를 위한 측정 결과는 표 3과 같다. 굴진 선후산부의 측정시간은 446 ± 58분(345-515분)였으며 온도는 16.6 °C였고 상대습도는 92 %였다.

Table 3. Dust exposure concentration of the paired samples in work position

Position	Cases	Temperature °C	Relative humidity %	Respirable dust concentration mg/m ³	Respirable silica concentration %	% above TLV
Driller	14(12)*	16.6 ± 4.4 (12.0 - 25.4)	92 ± 5 (81.0 - 96.0)	3.1 ± 2.1 (0.5 - 6.7)	5.2 ± 5.0** (0.0 - 14.8)+	71.4
Drilling helper	14(13)			2.4 ± 2.3 (0.5 - 6.7)	2.5 ± 4.9** (0.0 - 16.6)+	64.3
Coal cutter	12(9)	19.3 ± 4.8 (15.0 - 30.5)	92 ± 3 (87.0 - 97.0)	19.3 ± 24.6 (2.2 - 93.3)	3.1 ± 3.5** (0.0 - 11.6)+	100.0
Coal cutting helper	12(10)			11.7 ± 3.8 (2.2 - 134.2)	1.6 ± 4.5** (0.0 - 2.2)+	100.0
				10.7 ± 8.7 (2.2 - 134.2)	0.6 ± 0.7** (0.0 - 2.2)+	
				7.9 ± 2.3	0.3 ± 3.3**	

* Numbers are dust cases, and numbers in paranthesis are silica cases.

** Mean ± standard deviation

+ Range (Minimum - Maximum)

++ Geometric mean ± geometric standard deviation

선산부의 호흡성 분진농도는 3.1(2.4)mg/m³였으며 호흡성 분진의 폭로농도 분포는 그림 8과 같고 71.4%가 허용기준을 초과하였다. 또한 호

흡성 유리규산농도는 2.5(2.5)%였으며 호흡성 유리규산의 폭로농도의 분포는 그림 9와 같다. 후산부의 호흡성 분진농도는 3.1(2.7)mg/m³였으

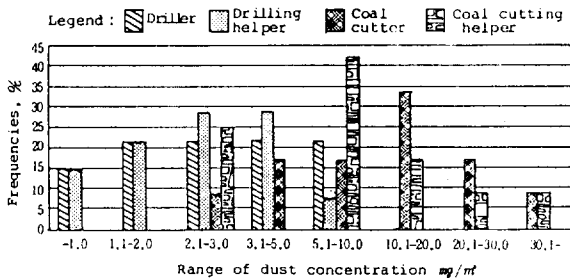


Fig. 8. Respirable dust exposure concentration distribution in work position

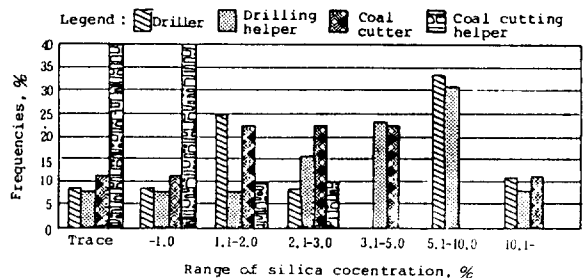


Fig. 9. Respirable silica exposure concentration distribution in work position

며 이 때의 농도분포는 그림 9와 같고 64.3%가 허용기준을 초과하였다. 또한 호흡성 유리규산농도는 4.8(2.9)%였으며 농도분포는 그림 9와 같다.

채탄 선후산부의 측정시간은 452 ± 65 분이었으며 온도는 19.3°C 였고 상대습도는 92%였다.

선산부의 호흡성 분진농도는 $19.3(11.7)\text{mg}/\text{m}^3$ 였으며 호흡성 분진농도는 $19.3(11.7)\text{mg}/\text{m}^3$ 였으며 호흡성 분진의 폭로농도분포는 그림 8과 같고 100.0%가 허용기준을 초과하였다. 또한 호흡성 유리규산농도는 3.1(1.6)%였으며 이 때의 농도분포는 그림 9와 같다. 후산부의 호흡성 분진농도는 $10.7(7.9)\text{mg}/\text{m}^3$ 였으며 그 분포는 그림 8과 같으며 100.0%가 허용기준을 초과하였다. 또한 호흡성 유리규산농도는 0.6(0.3)%였으며 농도분포는 그림 9와 같다.

3.2 호흡성 분진과 유리규산농도의 대수정규 분포성

호흡성 분진과 유리규산의 폭로농도값은 연속변수값이므로 연속변수값의 정규분포성 검증에 적합한 Kolmogorov-Smirnov one-sample test를 사용하여 검증하였다.

Table 4. K-S goodness of fit test for the lognormal distribution of respirable dust and silica exposure concentration in the coal mines.

Item	Cases	Absolute most extreme difference	K-S Z value
Dust concentration	141	0.077	0.919
Silica concentration	117	0.119	1.285

조사대상탄광의 호흡성 분진과 유리규산 농도의 대수정규분포성의 검증결과는 표 4에서 나타난 것과 같이 각각 대수정규분포를 나타낸 것으로 볼 수 있다.

또한 부서별 호흡성 분진과 유리규산 농도의 대수정규분포성은 표 5와 같은데 호흡성 분진농도와

유리규산농도는 전부서에서 대수정규분포를 보이는 것으로 간주할 수 있다.

Table 5. K-S goodness of fit test for the lognormal distribution of respirable dust and silica exposure concentration of work site.

Item	Work site	Cases	Absolute most extreme difference	K-S Z value
Dust	Drilling	50	0.116	0.820
	Coal cutting	59	0.106	0.811
	Hauling	14	0.133	0.499
	Separating	18	0.159	0.075
Silica	Drilling	41	0.174	1.117
	Coal cutting	48	0.141	0.979
	Hauling	13	0.178	0.640
	Separating	15	0.268	1.040

Table 6. K-S goodness of fit test for the lognormal distribution of respirable dust and silica exposure concentration of paired samples.

Item	position	Cases	Absolute most extreme difference	K-S Z value
Dust	Driller	14	0.141	0.529
	Helper	14	0.153	0.573
	Coal cutter	12	0.159	0.549
	Helper	12	0.164	0.591
Silica	Driller	12	0.189	0.654
	Helper	13	0.203	0.730
	Coal cutter	9	0.250	0.749
	Helper	10	0.239	0.755

선후산부의 짝비교를 위하여 측정된 호흡성 분진과 유리규산 농도의 대수정규 분포검정 결과는 표 6과 같고 표에 나타난 것과 같이 대수정규분포를 보이는 것으로 간주할 수 있다.

탄광의 호흡성 분진과 유리규산 농도는 대수정규분포를 보이는 것이 일반적인데³⁵⁻³⁶⁾ 본 조사 결과도 이를 따르고 있다.

3.3 호흡성 분진과 유리규산농도의 관계

호흡성 분진농도의 평균값이 근무부서별로 통계학적으로 유의한 차이가 있는가를 군비교 t-test 를 이용하여 검정한 결과(표 7), 굴진부서와 채탄부서간, 굴진부서와 운반부서간, 채탄과 운반부서간, 채탄과 선탄부서간에 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 다만 굴진과 선탄부서간에만 유의한 차이가 없었다.

근무부서에 따라 통계학적으로 유의한 호흡성 유리규산의 평균농도의 차가 있는가를 검정한 결과(표 7), 굴진부서와 채탄부서간, 굴진과 운반부서간, 굴진과 석탄부서간, 채탄과 석탄부서 간에는 통계학적으로 유의한 차이가 있었으나 운반과 석탄부서간, 채탄과 운반부서간에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

Table 7. t value matrix of respirable dust and silica concentration in the coal mines by group t-test

Work site	Item	Drilling	Coal cutting	Hauling
Coal cutting	Dust	3.87*		
	Silica	3.99*		
Hauling	Dust	2.11*	4.54*	
	Silica	2.89*	0.70	
Separating	Dust	1.07	2.95*	2.22*
	Silica	4.21*	0.08*	0.79*

* p < 0.05

선산부와 후산부간의 호흡성 분진과 유리규산 농도를 각각 짝비교하였다. 호흡성 분진농도에서 굴진부서의 선후산부간에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었으며 채탄부서의 선후산부간에도 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

호흡성 유리규산 농도의 선후산부간의 농도의 차는 굴진 선후산과 채탄 선후산부간에 각각 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

호흡성 분진 및 유리규산의 폭로농도가 선후산부간에 유의한 차이가 없는 것은 선후산부의 작업영역이 닫힌계(closed system)이고 작업반경도 비교적 좁은 영역이기 때문인 것으로 추정된다. 그러나 조사된 시료의 수가 적으므로 향후 이에 관한 보다 깊은 조사가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

호흡성 분진과 유리규산 농도간의 상관관계는 조사대상 탄광에 대해서는 통계학적으로 유의한 상관관계가 없으며($r = 0.161$; $p > 0.05$), 부서별로도 모든 부서에서 통계학적으로 유의한 상관관계가 없었다.

굴진부서의 선산부와 후산부, 채탄부서의 선산부와 후산부의 호흡성 분진과 유리규산 농도의 상관관계는 각각 유의한 상관관계가 없었다. 굴진부서의 선산부와 후산부간의 호흡성 분진 농도의 상관관계, 호흡성 유리규산 농도의 상관관계는 통계학적으로 유의한 상관관계가 있었으며 채탄부서의 선산부와 후산부간의 호흡성 분진 농도의 상관관계는 유의한 상관관계가 있는 반면 호흡성 유리규산의 상관관계는 유의하지 않았다(표 8).

Table 8. Correlation coefficients between main and helper for respirable dust and silica concentration in work site.

Work site	Item	Cases	Correlation coefficient
Drilling	Dust	14	0.556*
	Silica	12	0.789*
Coal cutting	Dust	12	0.887*
	Silica	9	0.227

* p < 0.05

4. 결 론

태백지방 탄광의 근로자를 대상으로 개인용 분진포집기를 착용하여 호흡성 분진과 유리규산의 폭로농도를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 호흡성 분진의 폭로농도의 산술평균(기하평균)은 조사대상 전체탄광이 $9.6(4.4)mg/m^3$, 부서별로 굴진부서는 $4.3(2.8)mg/m^3$, 채탄부서가 $16.9(8.3)mg/m^3$, 운반부서는 $2.4(1.8)mg/m^3$, 선탄부서가 $12.3(3.7)mg/m^3$ 이었다.

2) 호흡성 유리규산의 폭로농도의 산술평균(기하평균)은 전체탄광이 $3.1(1.3)\%$, 굴진부서가 $5.5(2.9)\%$, 채탄부서가 $1.8(0.6)\%$, 운반부서는 $2.4(1.2)\%$, 선탄부서는 $1.7(1.2)\%$ 이었다.

3) 선후산부의 호흡성 분진 폭로농도의 산술평

균(기하평균)은 굴진 선산부가 3.1(2.4)mg/m³, 굴진 후산부는 2.7(2.2)mg/m³, 채탄 선산부는 19.3(11.7)mg/m³, 채탄 후산부는 10.7(7.9)mg/m³ 이었다.

4) 선후산부의 호흡성 유리규산 폭로농도의 산술평균(기하평균)은 굴진 선산부가 5.2(4.9)%, 굴진 후산부는 4.8(2.9)%, 채탄 선산부는 3.1(1.6)%, 채탄 후산부는 0.6(1.6)%였다.

5) 호흡성 분진의 폭로농도의 허용기준 초과율은 조사대상 전체 탄광에서와 전부서에서 대수정규분포를 보였고 선후산부의 경우 굴진 및 채탄 선산부 100%, 채탄 후산부 100%였다.

6) 호흡성 분진 및 유리규산의 폭로농도의 분포는 조사대상 전체 탄광에서와 전부서에서 대수정규분포를 보였고 선후산부의 경우 굴진 및 채탄 선후산부에서 대수정규분포를 보였다.

7) 호흡성 분진의 폭로농도는 굴진과 선탄부서간, 호흡성 유리규산의 폭로농도는 채탄과 운반, 운반과 선탄부서간에서 유의한 차가 없었고 선후산부간의 호흡성 분진과 유리규산의 폭로농도는 각각 유의한 차가 없었다.

8) 조사탄광 전체, 부서별, 선후산부간 호흡성 분진과 유리규산 폭로농도의 상관관계는 유의한 관계가 없었다. (原稿接受 '88. 3.23)

감 사 의 글

자료 채취를 도와준 최범수씨, 화학분석을 도와준 최호춘 박사, 김해정 연구원에게 감사드립니다.

參 考 文 獻

1. 대한산업보건협회, 특수건강진단기술협회, (1986), 특수건강진단종합연보, 14-20, 대한산업보건협회, 특수건강진단기술협회의회.
2. Martin J.C., et al, (1972), The role of quartz in the development of coal worker's pneumoconiosis, Ann NY Acad Sci, 200, 127-141.

3. Sdaton A., et al, (1981), Quartz and pneumoconiosis in coal miners, Lancet, 2, 1272.
4. 백남원, (1967), 한국산업장의 안전보건관리 실태조사보고서, 한국의 산업의학, 6, 13-26.
5. 이태준, (1968), 노동환경조사보고서, 한국의 산업의학, 7, 1-21.
6. 오재현, 정철영, (1970), 탄진에 관한 조사보고, 채광연구보고, 3, 193-218.
7. 문우기, 조규상, (1985), 한국 채탄 광부의 진폐증 발생에 관한 역학적 연구, 카톨릭대학교 의학부 논문집, 38, 4, 951-961.
8. 김한주, 윤임중, (1985), 일부 탄광지역 굴진막장의 분진상태와 굴진부 진폐증의 유병율에 대한 역학적 조사, 카톨릭대학교 의학부 논문집, 38, 4, 975-385
9. 이정주, (1986), 석탄광산의 호흡성 분진 특성에 관한 연구-영동지역을 중심으로-, 서울시립대학 대학원 석사학위논문.
10. 최호춘 외 3인, (1987), 태백 및 강릉지역 석탄광의 호흡성 분진과 석영농도에 관한 조사, 예방의학회지, 20, 2, 261-269.
11. Knight G., Lichti K., (1970), Comparison of cyclone and horizontal elutriator size selectors, Am Ind Hyg Assoc J, 31, 437-441.
12. Pittsburgh Field Health Group, (1971), Sampling and Evaluation Respirable Coal Mine Dust, A Training Manual, Bureau of Mines, 1-4, 12-19, 30, U.S.A.
13. WHO, (1984), Evaluation of Exposure to Air borne Particles on the Work Environment, 67-69, WHO, Switzerland.
14. OSHA, (1984), Industrial Hygiene Technical Manual, The Bureau of National Affairs Inc, 15-19, 31, U.S.A.
15. Knight G, Moore E, (1987), Comparison of respirable dust for

- use in hard rock mines, *Am Ind Hyg Assoc J*, 48, 354-363.
16. MSA, (1986), *Fixt-Fio Pump Model Instruction Manual*, MSA.
 17. Held JL, Cooper DW, (1979), Theoretical investigation of the effects of relative humidity on aerosol respirable fraction, *Atmos Envir*, 13, 1419-1425.
 18. WHO, (1984), *Evaluation of Exposure to Air borne Particles on the Work Environment*, 37-40, WHO, Switzerland.
 19. OSHA, (1984), *Industrial Hygiene Technical Manual*, The Bureau of National Affairs Inc, 1984, 53-55, U.S.A.
 20. MSA, (1986), *MSA Pump Calibrator Model A Instruction Manual*, MSA, U.S.A.
 21. Morse K.M., (1970), Problems in the gravimetric measurement of respirable coal mine dust, *J Occup Med*, 12, 400-409
 22. Clayton G.D., Clayton F.E., (1978), *Patty's industrial hygiene and toxicology*, 3rd ed, Vol 3, New York, Wiley, 238, U.S.A.
 23. APHA-AWWA-WPCF, (1981), *Standard Methods*, 15th ed, 20-21, APHA, U.S.A.
 24. Foster F.D., Walker R.F., (1984), Quantitative determination of crystalline silica in respirable-size dust samples by infrared spectrometry, *Analyst*, 109, 1117-1127.
 25. Daniel W.W., (1976), *A Lied Non-parametric Statistics*, Houghton Mifflin Co., 267-275, U.S.A.
 26. Norusic M.J., (1986), *SPSS for the IBM PC/XT/AT*, B162, SPSS Inc., U.S.A.
 27. Sokal R.R., Rohlf F.J., (1981), *Biometry*, 2nd ed, New York, W.H. Freeman and Company, 1981, 716-721, U.S.A
 28. 田尻昭英, (1977), *作業環境粉尘測定マニュアル*, 鑛業勞災害防止協會, じん肺對策委員會, pp.9-11, 日本.
 29. Corn M., Esmen N.A., (1979), *Workplace exposure zones for classification of employee exposures to physical and chemical agents*, *Am Ind Hyg Assoc J*, 40, 47-57.
 30. 勞働省, 安全衛生部安全衛生課, (1984), *作業環境ガイドブック-鑛物性粉尘關係-*, 日本作業環境測定協會, pp.38-40, 日本.
 31. Schlick D.P., Peluso R.G., Byers W.E., (1971), *An Evaluation of the Respirable Dust Sampling Program in United States Underground Coal Mines*, U.S. Department of the Inter, 3, 32, U.S.A.
 32. Parobeck P.S., Jankowski R.A., (1979), *Assessment of the respirable dust levels in the nation's underground and surface coal mining operations*, *Am Ind Hyg Assoc J*, 40, 910-915.
 33. 노동부, (1986), *유해물질의 허용농도 및 작업환경측정방법*, 노동부, 48
 34. ACGIH, (1986), *Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1986-1987*, ACGIH, 34-35, U.S.A.
 35. Gale H.J., (1967), *Some examples of the application of the log-normal distribution in radiation protection*, *Ann Occup Hyg*, 10, 39-45.
 36. Esmen N.A., Hammad Y.Y., (1977), *Log-normality of environmental sampling data*, *J Environ Sci Health*, A12, 29-41.