

태백지역 석탄광산의 작업부서별 호흡성 분진 폭로농도

근로복지공사 직업병연구소

윤 영노 · 정 호근

—Abstract—

Respirable Coal Dust Exposure Concentration at Work Sites of Underground Coal Mines in Taebaek Area

Young No Yoon, Ho Keun Chung

Institute of Occupational Diseases, Korea Labour Welfare Corporation

Exposure level of respirable coal dust of underground coal mines in Taebaek area was evaluated. Personal air samplers with 10-mm nylon cyclones were attached to the coal workers including drillers, coal cutters, their assistants, haulers, and separators. Log-normality of respirable dust exposure concentration were tested by Kolmogorov-Smirnov one-sample test. Differences of means of respirable dust exposure concentration between work sites were tested by one-way ANOVA test and multiple comparison(Scheffe) test. And differences of respirable dust exposure concentration of principal and assistant workers in drilling sites and in coal faces were tested by paired t-test. Relation of respirable dust exposure concentration for the principal workers and their assistants in drilling sites and in coal faces were tested by regression analysis.

The results were as follows:

1. All of the respirable dust concentration were log-normally distributed.
2. There were not only significantly different means of exposure concentration between drillers and coal cutters but between coal cutters and haulers.
3. Means of exposure concentration of drillers and drilling assistants were not significantly different. And means of exposure concentration of coal cutters and coal cutting assistants were not different.

Key words : respirable coal dust, exposure concentration, underground coal mine, work site.

I. 서 론

석탄광산의 작업환경에서 발생하는 유해인자 중 근로자의 건강에 가장 문제가 되는 것은 탄광부 진폐증의 원인이 되는 석탄 분진이다. 석탄 분진 중에서도 진폐증을 유발하는 것은 호흡성 분진(respirable particulate)으로서 氣道(respiratory tract)의 특정 部位에 침착되는 분진은 입경과 관계가 있는 것으로 알려져 있다. 다시 말해서 기도에 분진이 침착되는 위치가 입경의 영향을 받는다고 하였다(ACGIH, 1990). 그러므로 ACGIH(1990)는 호흡성 분진을 다음과 같이 정의하였다. 즉 부유분진 중에서 가스 교환 부위(gas-exchange region)에 침착될 때 유해성이 나타나는 분진으로서 空氣力學徑(aerodynamic diameter)의 중앙값이 $3.5 \mu\text{m} \pm 0.3 \mu\text{m}$ 이면서 기하 표준편차가 $1.5(\pm 0.1)$ 인 입경분리 포집효율을 갖는 입자로 이루어진 분진으로 정의하였다.

동일 부서라 하더라도 각 근로자의 작업량이나 작업강도에 따라 호흡량이 다르게 되고 근무시간에 근로자의 작업영역과 작업장 내의 풍향 풍속과 근로자의 작업 위치에 따라 각각의 근로자가 실제로 폭로되는 호흡성 분진의 농도와 근로자가 근무하는 작업 공간의 공기 중에 부유하는 호흡성 분진의 농도, 즉 氣中 호흡성 분진의 농도는 서로 다를 수 밖에 없다.

따라서 진폐의 예방과 석탄광산 근로자의 건강 보호를 위해서는 근로자가 호흡성 분진에 폭로되는 정도를 반드시 파악할 필요가 있다.

그러나 지금까지 석탄광산에 대한 작업환경 측정이나 조사(백남원, 1967; 오재현, 1970; 박학문, 1984; 김한주와 윤임중, 1985; 문우기와 조규상, 1985)는 폭로농도에 대한 조사라기보다는 작업환경의 기중 분진 농도 측정의 측면에서 이루어진 것으로 볼 수 있고, 호흡성 분진의 폭로농도에 관한 조사가 일부 이루어져 왔으나(이정주, 1986; 최호춘 등, 1987; 윤영노와 이정주, 1988) 아직까지 석탄광산에서 발생하는 진폐증의 예방에 필요한 충분한 자료가 축적되어 있지 못한 실정이다.

그러므로 석탄광산의 호흡성 분진의 폭로농도의 정도와 부서 간에 차이가 있는가를 파악하기 위하여 태백지역의 석탄광산을 대상으로 조사하였다.

II. 방법과 재료

1. 조사 대상

1987년 4월부터 1988년 12월까지 태백지역 석탄광산 중 母鑛과 租鑛을 대상으로 하여 조사가 가능하였던 38개 석탄광산을 전수조사 대상으로 하였다.

조사 대상 부서는 석탄광산의 근로자 중에서 인력이 차지하는 비중이 큰 점과 분진의 주발생원을 감안하여 굴진, 채탄, 운반을 선정하였으며, 조사 대상 막장 선정은 가용막장 중 측정이 가능한 막장을 갱 도면 상에서 임의 표본 추출방법으로 선정하였다.

호흡성 분진의 폭로농도 조사 대상은 굴진부서의 선산부와 후산부, 채탄부서의 선산부와 후산부, 선탄부서의 선탄부, 운반부서의 전차공을 선정하였으며 일부 석탄광산에서는 전차공이 없는 경우도 있었다.

2. 기기

1) 개인용 분진 포집기(Personal air sampler) : 호흡성 분진의 폭로농도 조사용(Knight, Lichti, 1970; Pittsburgh Field Health Group, 1971; WHO, 1984; Knight와 Moore, 1987)으로 측정 전후에 유량보정계로 유량을 보정하였다(Pittsburgh Field Health Group, 1971; OSHA, 1984; WHO, 1984).

조사 기간 중 유량의 변동은 없었고 사용 기종은 미국 MSA사의 Fixt-Flo Model 1($\pm 5\%$)과 Flow-lite Pro($\pm 3\%$)로 유량을 일정하게 유지하는 자동보정기능이 있는 기종이다.

호흡성 분진의 입경 분리는 10-mm nylon cyclone을 사용하였고(Held 등, 1979; WHO, 1984), filter holder는 2-piece holder를 사용하였으며 filter holder로 공기가 새는 것을 방지하기

위하여 cellulose band로 밀봉하였다.

2) 유량 보정계(Pump calibrator) : 1차 표준 유량 보정계인 비누 방울 유량 보정계(soap bubble calibrator)로서 미국 MAS사의 Model A로 100—4,000 mL/min의 범위에서 0.1 mL/min까지 유량의 보정이 가능한 기종이다.

3) 직시 천평(Direct-reading balance) : 일본 Shimadzu사의 L-200SM으로 0.01 mg까지 판독이 가능한 直讀式 기종이다.

3. 재료

1) Membrane filter : 직경이 37mm, 공극 0.45 μ m의 mixed cellulose ester membrane filter로 미국 Gelman사의 제품으로 호흡성 분진의 폭로농도 측정을 위한 분진 포집용으로 사용하였다.

4. 측정 방법

호흡성 분진의 폭로농도를 위한 시료의 포집은 개인용 분진 포집기를 사용하였으며 포집한 시료는 filter holder의 양쪽 구멍을 마개로 봉하고 실험실로 운반하여 분진의 무게를 측정하였다.

조사대상 근로자에게 입깁 전에 개인용 분진 포집기를 착용시킨 후 1교대조의 작업시간인 8시간의 근무시간 동안 시료를 포집하게 하여 퇴깁시 분진 포집기를 회수하였다. 다만 채탄 부서의 경우 일부 막장에서는 분진 농도가 높은 경우, 10-mm nylon cyclone의 hopper에 분진이 과도하게 퇴적되어 hopper에서 월류한 분진이 여지에 과도하게 포집될 우려가 높을 때는 포집 시간을 조정하여 2회 연속 포집한 후 두 개의 농도를 가중 평균하였다.

기중 부유분진 중에서 호흡성 분진을 분리하기 위한 10-mm nylon cyclone은 근로자의 작업에 방해하지 않도록 머리로부터 반경 30cm 이내의 범위에서 수직을 유지할 수 있게 하기 위하여 clip으로 한쪽 옷깃과 주머니 덮개에 고정하였다(Morse, 1970; Pittsburgh Field Health Group, 1971; Clayton과 Clayton, 1978; OSHA, 1984; WHO, 1984).

여지는 desiccator에서 24시간 건조시킨 후 칭량하는 방법으로 5회 반복하여 산정하였다. 여지

무게(mg)에 대한 정밀도(시료수 \times 측정수)(APHA, 1985)는 0.18%(0.15—0.20%) (10 \times 10)였다.

5. 자료 분석 방법

호흡성 분진의 폭로 농도를 Kolmogorov-Smirnov one-sample test로 대수정규분포를 검증한 후 부서별로 일원분산분석(one-way ANOVA)하였고, 선산부와 후산부 간의 호흡성 분진의 폭로농도를 짝지운 t-test하였고 또한 선·후산부 간의 호흡성 분진 폭로농도의 상관관계와 회귀분석을 하였다.

III. 결 과

대백지역 석탄광산의 굴진부, 채탄부, 선탄부, 운반부에게 개인용 분진 포집기를 착용시켜 호흡성 분진의 폭로농도를 조사한 결과는 다음과 같다.

다만 근로자가 임의로 개인용 분진 포집기를 벗어버린 경우, 작업시간동안 착용한 시료 중에서 무게 칭량시 분진의 양이 저울 눈금 한도의 10배인 0.1mg 이하의 것은 제외하였고(通商産業省立地公害局, 1986), 개인용 분진 포집기의 유량이 불규칙하여 test-failure의 指示燈이 켜진 것, 호흡성 분진 농도가 높은 곳에서 포집한 여지 중에서 10-mm nylon cyclone의 hopper 내의 분진이 越流하여 과도하게 포집된 여지 등과 같은 시료는 자료처리에서 제외시켰다.

1. 호흡성 분진의 부서별 폭로농도

부서별 호흡성 분진 폭로농도의 분포에 대한 정규분포성을 검정한 결과, 호흡성 분진의 폭로농도는 모든 부서에서 대수정규분포를 보였다(굴진부 : K-S Z=1.00, p=0.275; 채탄부 : K-S Z=0.54, p=0.929; 선탄부 : K-S Z=0.93, p=0.357; 운반부 : K-S Z=0.51, p=0.957).

호흡성 분진의 부서별 폭로농도는 표 1과 같이 굴진부의 최소값은 0.2 mg/m³, 최대값은 18.2 mg/m³였고 기하평균값은 2.40 mg/m³, 기하표준편차는 2.24였다. 채탄부의 최소값은 0.3 mg/m³, 최대값은 34.7 mg/m³였고 기하평균값은 5.25

Table 1. Dust exposure concentration of coal workers

Group	Cases	Range, mg/m ³	M _g ⁺ , mg/m ³	σ _g ⁺⁺	Non-compliance†, %
Drillers	83	0.2-18.2	2.40	2.24	62.6
Coal cutters	100	0.3-34.7	5.25	2.88	83.0
Separators	31	0.6-27.8	3.24	2.75	51.6
Haulers	15	0.4-24.7	1.82	2.95	40.0

+ Geometric mean

++ Geometric standard deviation

† TLV=2 mg/m³

mg/m³, 기하표준편차는 2.88였으며 선탄부의 최소값은 0.6 mg/m³, 최대값은 27.8 mg/m³였고, 기하평균값은 3.24 mg/m³, 기하표준편차는 2.75였다. 그리고 운반부의 최소값은 0.4 mg/m³, 최대값은 24.7 mg/m³이었으며 기하평균값은 1.82 mg/m³, 기하표준편차는 2.95였다. 노동부 고시의 허용기준(노동부, 1986)에 의하면 석탄분진의 호흡성 분진에 대한 허용기준은 2 mg/m³으로 규정하고 있다. 이들 근거로 각 부서의 허용기준 초과율을 살펴보면 표 1과 같고 굴진부는 63%, 채탄부는 83%, 선탄부는 52%, 운반부는 40%가 허용기준을 초과하고 있었다. 호흡성 분진의 부서별 폭로농도의 허용기준 초과율면에서는 채탄부가 가장 높았고 운반부가 가장 낮았다. 호흡성 분진의 폭로농도의 95% 신뢰구간(與重治, 1985)을 부서에 따라 대비하여 도식화하면 그림 1과 같다.

호흡성 분진의 폭로농도가 부서별로 유의한 차이가 있는지를 일원변량 분석으로 검정한 결과 각 부서 간에 유의한 차이가 있었으므로(F value=11.06, p<0.001), 다중 비교(multiple compariso-

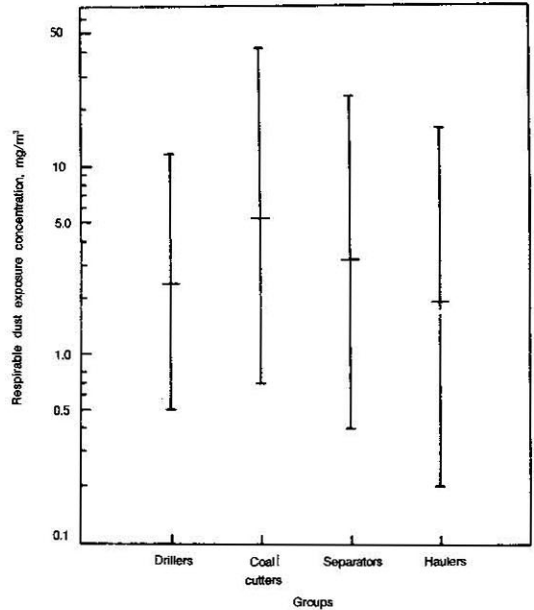


Fig. 1. 95% confidence interval of coal workers' respirable dust exposure concentration

ns) 방법 중에서 Scheffe 검정을 한 결과 굴진부와 채탄부 간에 호흡성 분진의 폭로농도는 유의

Table 2. Results of multiple comparisons of dust exposure concentration of coal workers

Source	DF	SS	MS	F	F Prob	Group	D	C	S	H
Between	3	6.05	2.02	11.06	0.00	D		*		
Within	226	41.22	0.18			C				*
						S				
						H				
Total		47.28								

Note: DF=degree of freedom, SS=sum of squares, MS=mean squares

D: Drillers, C=Coal cutters, S=Separators, H=Haulers

* Significant difference between groups(p=0.010)

한 차가 있었으며 채탄부와 운반부 간에도 유의한 차이가 있었으나 굴진부와 운반부, 채탄부와 선탄부, 선탄부와 운반부 간에는 유의한 차이가 없었다.

2. 굴진, 채탄부서의 선산부와 후산부의 호흡성 분진의 폭로농도

조사 대상 석탄광산의 굴진부와 채탄부에게 개인용 분진 포집기를 착용시켜 얻은 시료 중에서 선산부와 후산부의 호흡성 분진의 폭로농도가 짝을 이룬 경우에만 선·후산부의 폭로농도로 간주하여 결과로 사용하였다.

굴진부서와 채탄부서의 선산부와 후산부의 호흡성 분진의 폭로농도의 분포에 대한 정규분포성을 검정한 결과 호흡성 분진의 폭로농도는 각각 대수정규분포를 하였다(굴진 선산부: K-S $Z=0.76$, $p=0.609$; 굴진 후산부: K-S $Z=0.52$, $p=0.952$; 채탄 선산부: K-S $Z=0.75$, $p=0.6245$; 채탄 후산부: K-S $Z=0.51$, $p=0.958$).

굴진부서와 채탄부서의 선·후산부의 호흡성 분진의 폭로농도는 표 3과 같다. 즉, 굴진 선산부의 최소값은 0.2 mg/m^3 , 최대값은 6.7 mg/m^3 이었으며 기하평균값과 기하표준편차는 각각 1.91 mg/m^3 과 2.63 였다. 굴진 후산부의 최소값은 0.3 mg/m^3 , 최대값은 7.1 mg/m^3 였고, 기하평균값은 1.95 mg/m^3 , 기하표준편차는 2.29 였다. 채탄 선산부의 최소값은 0.3 mg/m^3 , 최대값은 32.2 mg/m^3 였고 기하평균값은 5.50 mg/m^3 , 기하표준편차는 3.45 이었으며 채탄 후산부의 최소값은 0.8 mg/m^3 , 최대값은 52.8 mg/m^3 이었으며 기하평균값은 5.25 mg/m^3 , 기하표준편차는 3.02 였다.

노동부 고시의 허용기준 2 mg/m^3 에 대한 각 부서의 허용기준 초과율은 표 3에서와 같이 굴진 선산부는 56%, 굴진 후산부는 48%, 채탄 선산부는 75%, 채탄 후산부는 83%가 허용기준을 초과하고 있었다. 호흡성 분진의 부서별 폭로농도의 허용기준 초과율은 채탄 후산부가 가장 높았고 굴진 후산부가 가장 낮았다. 굴진 선·후산부와 채탄 선·후산부의 호흡성 분진의 폭로농도의 95% 신뢰 구간을 그림으로 나타내면 그림 2와 같다.

호흡성 분진의 폭로농도가 선·후산부 간에 유

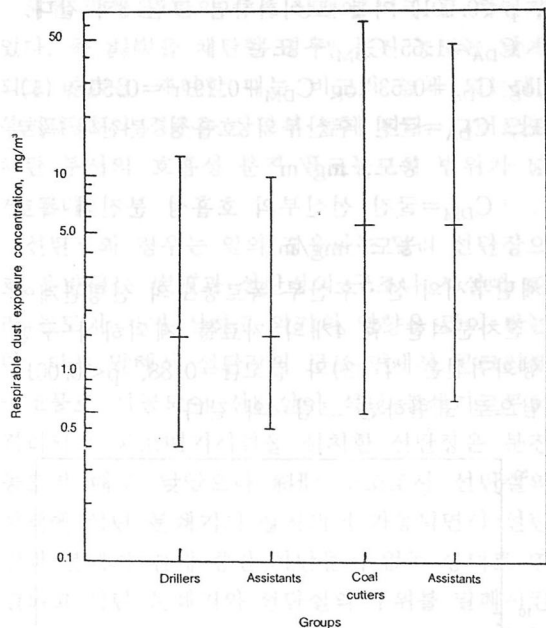


Fig. 2. 95% confidence interval of respirable dust exposure concentration of principal and assistant workers in drilling site and in coal face

Table 3. Dust exposure concentration of principal and assistant workers of drilling site and coal face

	Cases	Range, mg/m ³	M _g ⁺ , mg/m ³	σ _g ⁺⁺	Non-compliance†, %
Drillers	27	0.2—6.7	1.91	2.63	55.6
Assostants		0.3—7.1	1.95	2.29	48.1
Coal cutters	24	0.3—32.2	5.50	3.45	75.0
Assistants		0.8—52.8	5.25	3.02	83.3

+ Geometric mean

++ Geometric standard deviation

† TLV=2 mg/m^3

의한 차이가 있는지를 짚지운 t-test한 결과, 굴진부서의 선·후산부 간에 호흡성 분진의 폭로농도는 유의한 차이가 없었으며(t-value=0.10, p=0.923) 채탄부서의 선·후산부 간에도 유의한 차이가 없었다(t-value=0.45, p=0.659).

선산부와 후산부 간의 호흡성 폭로농도의 관계는 통계적으로 유의한 선형관계가 있었으나 정확한 선형식을 구하고자 잔차분석(residual analysis)하였다. 즉 굴진부서의 선·후산부의 폭로농도의 선형관계에서 잔차분석 후 2개의 자료를 제외시켜 얻은 선형회귀식은 식 (1)과 같고($r=0.71$, $p<0.001$) 이를 도식화하면 그림 3과 같다.

$$C_{DA}=1.55 C_{DM}^{0.53} \text{ 또는}$$

$$\log C_{DA}=0.53 \log C_{DM}+0.19(r^2=0.50) \quad (1)$$

단, C_{DA} =굴진 후산부의 호흡성 분진의 폭로농도, mg/m^3

C_{DM} =굴진 선산부의 호흡성 분진의 폭로농도, mg/m^3

채탄부서의 선·후산부 폭로농도의 선형관계에서 잔차분석한 후 4개의 자료를 제외하여 구한 선형회귀선은 식 (2)와 같고($r=0.88$, $p<0.001$) 그림으로 표현하면 그림 4와 같다.

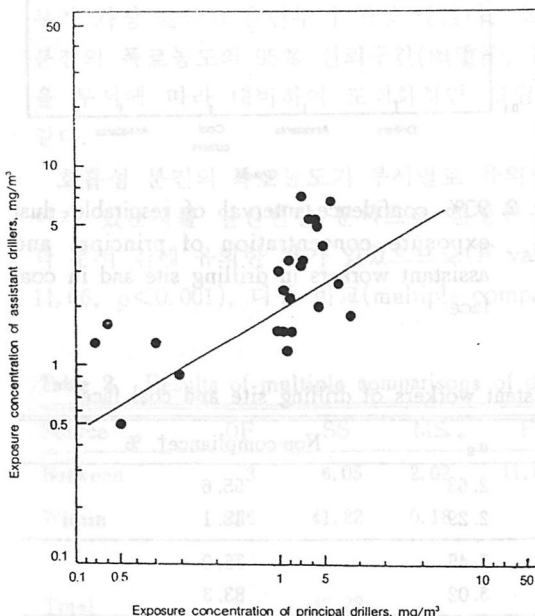


Fig. 3. Relation of respirable dust exposure of concentration between principal and assistant drillers

$$C_{CA}=1.38 C_{CM}^{0.80} \text{ 또는}$$

$$\log C_{CA}=0.80 \log C_{CM}+0.14(r^2=0.78) \quad (2)$$

단, C_{CA} =채탄 후산부의 호흡성 분진의 폭로농도, mg/m^3

C_{CM} =채탄 선산부의 호흡성 분진의 폭로농도, mg/m^3

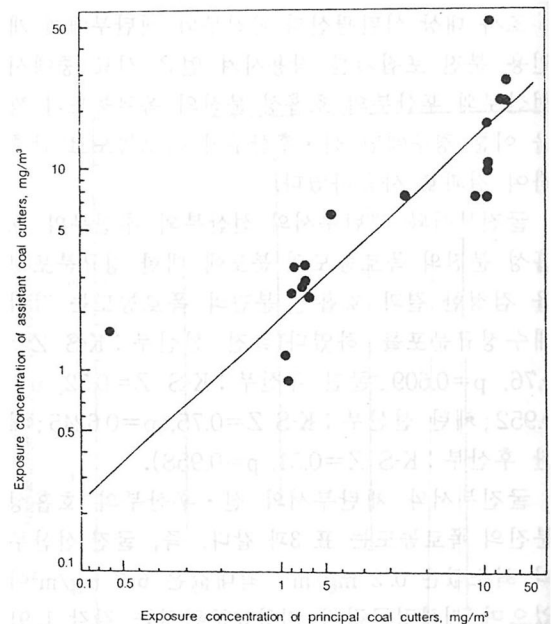


Fig. 4. Relation of respirable dust exposure of concentration between principal and assistant coal cutters

IV. 고 찰

조사 대상 석탄광산에서 발생하는 석탄 분진 중 호흡성 분진의 폭로농도는 굴진, 채탄, 운반, 선탄 모든 부서에서 그 농도분포가 대수정규분포를 나타내고 있었으며 굴진부서와 채탄부서 막장에서 작업하는 선산부와 후산부의 호흡성 분진의 폭로농도도 대수정규분포를 보였다. 작업환경에서 발생하는 분진류의 농도는 대수정규분포를 보인다는 Gale(1967)과 Esmen 등(1977)과 같은 결과였다.

호흡성 분진의 폭로농도는 채탄부가 기하평균이 $5.25 \text{ mg}/\text{m}^3$ 으로 가장 높고 선탄부가 $3.24 \text{ mg}/\text{m}^3$, 굴진부가 $2.40 \text{ mg}/\text{m}^3$, 운반부가 1.82

mg/m³ 순으로, 윤영노 등(1988)의 결과와도 같은 경향을 보이고 있다.

채탄부의 호흡성 분진 폭로농도가 가장 높은 것은 다음과 같은 원리에 의한 것으로 추정된다. 즉 조사 대상 석탄광산의 채탄 막장은 별도의 국소배기시설이 없으므로 발생한 호흡성 분진이 발생원에서 제거되지 못하고, 대부분의 채탄 막장에 공급되는 공기도 착암기를 사용하기 위한 압축 공기만을 공급하므로써 분진농도가 희석되는 효과가 없으며 발생원에서 발생한 분진이 체류하게 되는 효과를 유발한다. 그리고 沿層 채탄 막장에서는 乾炭을 채탄하므로 분진 발생이 상당히 높게 되는 곳이 대부분이다. 또한 乘採炭 막장에서는 중력을 이용한 슈트(chute)를 통하여 광차에 적재할 때 발생하는 분진에 의한 영향을 받게 된다.

굴진부의 호흡성 분진의 폭로농도가 낮은 것은 조사 대상의 굴진 막장 전체가 습식 착암에 의한 방법에 의해 작업하고 암반이 습윤된 상태로 발파되기 때문에 비교적 분진 발생이 적게 되므로 분진농도가 낮게 된다.

운반부는 일반적으로 굴진 막장에서 운반갱도를 통해 권양기 연결지점까지 운반하거나 채탄 막장에서부터 운반갱도를 통과하여 권양기 연결지점까지 운행한다. 즉 승채탄 막장의 슈트 끝에서 광차에 석탄을 적재하는 곳, 연층 채탄 막장에서부터 운반갱도를 통과하여 권양기 연결지점까지 운행하게 된다. 그러나 운반부의 행동범위가 고정되어 있지 않고 굴진 막장의 작업량이나 채탄 막장의 생산량에 따라 행동반경이 달라지게 되며 운반갱도는 굴진 막장이나 채탄 막장보다 갱내 공기의 유속이 크므로 분진 폭로농도가 가장 낮은 것으로 판단된다.

표 1과 같이 호흡성 분진 폭로농도의 기하표준편차가 부서에 따라 2.24~2.95를 보이고 있는데, 이것은 호흡성 분진 폭로농도의 95% 신뢰구간의 하한값과 상한값의 비가 약 23배에서 76배까지 차이가 나타나는 것을 의미한다. 그 원인은 다음과 같이 추정할 수 있다.

굴진 막장은 암석의 종류에 따라 분진 발생이 다르게 되는데 대표적인 암석의 종류로는 砂岩,

頁岩, 석회암 등으로(신용관 등, 1989) 석회암이 강도가 가장 높고 사암, 혈암의 순서로 강도가 작게 된다(박재주 등, 1972). 다시 말해서 암석의 물리적 성질이 천공 작업과 발파 작업에서 시공과 능률에 큰 영향을 주는데(신용관 등, 1989) 이로 인해 분진 발생의 차이가 나타나게 된다. 또한 굴진 막장이 단순히 한 岩種으로 이루어지지 않고 암종이 혼재된 경우가 많으며 굴진 작업이 이루어짐에 따라 암질이 변하는 경우도 있다. 따라서 굴진 막장에서 발생한 분진의 농도 범위가 넓게 된다.

채탄 막장은 탄의 습윤 상태에 따라 큰 차이가 있다. 즉 濕炭을 채탄할 경우, 분진 농도는 낮게 되고 乾炭을 채탄할 때는 비교적 높게 되는데, 특히 粉炭의 경우는 상당히 높게 된다. 그러므로 채탄 부서의 호흡성 분진 폭로농도의 범위가 넓게 된다.

선탄장의 경우는 앞의 경우와는 달리 선탄장으로 운반되는 炭質과 선탄장의 구조나 시설에 따라 농도의 차가 심하고 외기의 영향을 많이 받는다. 다시 말해서 선탄장의 구조 면에서 콘크리트 구조물로 시공되어 선탄실이 석탄 분쇄기로부터 격리되고 국소배기시설을 설치한 선탄장은 분진 농도가 매우 낮았으나 斜形 구조로서 선탄실의 아래에 석탄 분쇄기가 설치되어 가동되면서 선탄실과 분쇄기 간에 중간 차단물이 없는 상태로 연결되고 석탄 분쇄기와 선탄실의 주위를 밀폐시킨 선탄장의 농도는 매우 높은 값을 보이고 있다. 선탄장에 유입되는 탄이 습탄이거나 비가 오는 경우는 비교적 농도가 낮고 건탄이 유입되면서 기온 역전현상이 일어난 경우는 매우 높은 값을 나타낸다. 또한 외기의 풍향과 풍속에도 크게 영향을 받으며 선탄장의 시설의 노후 정도에도 크게 영향을 받는다. 이에 따라 선탄부의 호흡성 분진 폭로농도의 범위가 넓게 된다.

굴진부서 선산부와 후산부의 폭로농도는 유의한 차이가 없었고 채탄부서의 선산부와 후산부의 폭로농도 간에도 차이가 없는 것으로 나타났는데 윤영노 등(1988)의 결과와도 같은 경향을 보이고 있다. 또한 윤영노 등(1986)은 갱내의 굴진 막장이나 채탄 막장에서의 선·후산부 간에 호흡성

분진 폭로농도가 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않은 것으로 추정 가능하다. 다만 앞에서 언급한 것과 같이 채탄 막장에서 채탄하는 탄의 상태에 따라 굴진 막장의 선·후산부보다 채탄 막장의 선·후산부의 호흡성 분진 폭로농도의 기하표준편차가 크게 나타나는 것으로 사료된다.

이상에서 살펴본 것과 같이 선산부와 후산부의 폭로농도의 상관관계가 높게 나타난 것으로 추정할 수 있다. 본 조사 결과에서 굴진부서의 선산부와 후산부의 호흡성 분진 폭로농도의 상관관계수가 0.71였고($p < 0.01$) 채탄 부서의 선·후산부의 상관관계수가 0.88($p < 0.01$)였다. 그러므로 석탄광산의 갱내의 선·후산부에게 개인용 분진 포집기를 착용시켜 호흡성 분진의 폭로농도를 조사하고자 할 경우, 후산부는 동발(동바리)을 등에 지고 운반하는 경우가 많다. 특히 대부분의 승채탄 막장의 후산부의 경우는 좁은 통로로 동발을 지고 오르게 되는데 개인용 분진 포집기를 착용시켰을 경우 고장의 우려가 크게 된다. 또한 여러 막장을 조사하여야 할 경우 sampler의 수가 부족하거나 조사기간이 부족할 경우에 조사할 막장의 모든 선·후산부에게 착용시키는 것이 어려우므로 일부 막장의 선·후산부에게 착용시키고 나머지 막장의 선산부에게 착용시켜 조사한 후 선·후산부의 폭로농도에서 회귀분석하여 선산부와 후산부의 회귀선형식을 사용하여 후산부의 호흡성 분진의 폭로농도를 추정하는 것도 가능할 것이다.

V. 결 론

태백지역 석탄광산의 굴진부서의 선·후산부, 채탄부서의 선·후산부, 선탄부, 운반부에게 개인용 분진 포집기를 착용시켜 호흡성 분진의 폭로농도를 조사하여 굴진 선·후산부와 채탄부서의 선·후산부 간의 호흡성 분진 폭로농도값과 허용기준 초과율, 부서간의 차이와 선·후산부 간의 차이, 상관관계를 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 조사 대상의 호흡성 분진의 폭로농도는 모두 대수정규분포를 하였다.
2. 호흡성 분진의 굴진부 폭로농도의 기하평균

은 2.40 mg/m^3 , 기하표준편차는 2.24, 채탄부의 기하평균은 5.25 mg/m^3 , 기하표준편차는 2.88, 선탄부의 기하평균은 3.24 mg/m^3 , 기하표준편차는 2.75, 운반부의 기하평균은 1.82 mg/m^3 , 기하표준편차는 2.95였다.

3. 호흡성 분진의 폭로농도 허용기준 초과율은 굴진부는 63%, 채탄부는 83%, 선탄부는 52%, 운반부는 40%였다.

4. 굴진부와 채탄부, 채탄부와 운반부 간에 호흡성 분진의 폭로농도의 유의한 차이가 있었다.

5. 굴진 선산부의 기하평균은 1.91 mg/m^3 , 기하표준편차는 2.63, 굴진 후산부의 기하평균은 1.95 mg/m^3 , 기하표준편차는 2.29, 채탄 선산부와 기하평균은 5.50 mg/m^3 , 기하표준편차는 3.45, 채탄 후산부의 기하평균값은 5.25 mg/m^3 , 기하표준편차는 3.02였다.

6. 굴진 선산부는 56%, 굴진 후산부는 48%, 채탄 선산부는 75%, 채탄 후산부는 83%가 허용기준을 초과하였다.

7. 굴진부서와 채탄부서와 선·후산부 간에 유의한 차가 없었고 상관관계가 높았다.

참 고 문 헌

- 김한주, 윤임중: 일부 탄광지역 굴진막장의 분진상태와 굴진부 진폐증의 유병율에 대한 역학적 조사. 가톨릭대학 의학부 논문집 1985;38(4):975-985
- 문우기, 조규상: 한국 채탄 광부의 진폐증 발생에 관한 역학적 연구. 가톨릭연구 의학부 논문집 1985;38(4):951-961
- 박재주, 심계섭, 서완수: 발파계수에 관한 조사 연구. 채광연구보고 1972;5:28-36
- 박학문: 채탄막장의 작업환경 개선에 관한 고찰. 청주대학교 대학원 석사학위논문. 1984
- 백남원: 한국 산업장의 안전 보건 관리 실태 조사보고서. 한국의 산업의학 1967;6:13-26
- 신용관, 최재운, 권혁만 등: 굴진작업 효율향상에 관한 연구. 대한석탄공사 기술연구소 연구보문 2 1989;114:47-96
- 오재현, 정철영: 탄진에 관한 조사보고. 채광 연구보고 1970;3:193-218
- 윤영노, 이정주: 갱도 구조에 따른 air flux에 관한 조사. 근로복지공사 진폐연구소. 진폐연구소 논

- 문집. 1986
- 윤영노, 이정주: 태백지역 석탄광산의 호흡성 분진 폭로 농도. 한국대기보전학회지 1988;4(1):23-32
- 이정주: 석탄광산의 호흡성 분진 특성에 관한 연구 -영동지역을 중심으로-. 서울시립대학 대학원 석사학위논문. 1986
- 최호준, 천용희, 윤영노 등: 태백 및 강릉지역 석탄 광의 호흡성 분진과 석영농도에 관한 조사. 예방 의학회지 1987;20(2):261-269
- 通商産業省 立地公害局: 鑛山における粉塵濃度の測定マニュアル, 東京, 鑛業労働災害防止協會, 1986, 14-15, 18-19
- 與重治: 作業環境評價數値表, 東京, 日本作業環境測定協會, 1985, 19-11
- ACGIH: *Threshold limit values and biological exposure indices for 1990-1991*. Cincinnati, ACGIH. 1989, 45-46
- APHA-AWWA-WPCF: *Standard methods*. 15th ed. Washington, APHA. 1981, 20-21
- Clayton GD, Clayton FE: *Patty's industrial hygiene and toxicology*. 3rd ed. vol 3. New York, Wiley. 1978, 238
- Esmen NA, Hammad YY: *Log-normality of environmental sampling data*. J Envir Sci Health 1977; A12: 29-41
- Gale HJ: *Some examples of the application of the lognormal distribution in radiation protection*. Ann Occup Hyg 1967; 10: 39-45
- Hatch T, Choate SP: *Statistical description of the size properties of non-uniform particulate substances*. J Franklin Inst 1973; 207: 369-387
- Held JL, Cooper DW: *Theoretical investigation of the effects of relative humidity on aerosol respirable fraction*. Atmos Envir 1979; 13: 1419-1425
- Kight G, Lichti K: *Comparison of cyclone and horizontal elutriator size selectors*. Am Ind Hyg Assoc J 1970; 31: 437-441
- Kingt G, Moore E: *Comparison of respirable dust for use in hard rock mines*. Am Ind Hyg Assoc J 1987; 48: 354-363
- Morse KM: *Problems in the gravimetric measurement of respirable coal mine dust*. J Occup Med 1970; 12: 400-409
- OSHA: *Industrial hygiene technical manual*. Washington, The Bureau of National Affairs Inc. 1984, 15-19, 31, 53
- Pittsburgh Field Health Group: *Sampling and evaluation respirable coal mine dust. A training manual*. Washington, Bureau of Mines. 1971, 1-4, 12-19, 30
- WHO: *Evaluation of exposure to airborne particles on the work environment*. WHO Offset publication No. 80. Geneva, WHO. 1984, 22-23, 25, 37-39