

조선작업장의 분진크기에 관한 조사

이충렬 · 류철인

울산대학교 의과대학 산업의학과

= Abstract =

A Study on the Size of Dust in Workplaces of a Shipyard

Choong Ryeol Lee, Cheol In Ryu

Department of Occupational Medicine, College of Medicine, Ulsan University

To obtain the basic information that can be used as a factor for explaining the diversity of welders' pneumoconiosis, the authors measured the concentrations of dust according to the size of dust in 71 workplaces of a shipyard where welders' pneumoconiosis have occurred.

The concentrations of dust according to the size of dust showed no difference between workplaces regardless of kinds of work.

Key words : welders' pneumoconiosis, size of dust, shipyard

I. 서론

금속가공술과 건설기술의 발전으로 용접술은 선박 제조, 운송기계제조업, 석유화학업종 및 건설작업장에서 광범위하게 이용되었으며 선진공업국가의 경우 전체 제조업 근로자의 0.5 ~ 2%가 용접공일 정도로 많고 이로 인해 발생된 용접공에서의 진폐증이 상당히 많이 보고되고 있다(Doig와 McLaughlin, 1936; Enzer와 Sander, 1938; Sander, 1947; Charr, 1953; Charr, 1955; Charr, 1956; Friede 등, 1961; Kleinfeld 등, 1969; Akbarkhanzadeh, 1980; Stern, 1981). 우리나라에서도 선박, 자동차 등 많은 분야에서 용접작업

이 광범위하게 이용되어지고 있어 용접공진폐증에 대한 관심이 점차 증가하고 있으며 실제로 윤임중과 유재인(1982)이 용접공진폐증자를 대상으로 폐활량검사를 시도한 후 이채연 등(1989)이 용접공진폐증의 역학 조사를 시도한 적도 있다.

용접공진폐증은 1936년 Doig와 McLaughlin(1936)이 용접공 16명의 흉부방사선검사 소견상 6명이 이상소견을 보였으나 특이한 임상증상은 없었다는 보고를 한 후 많은 연구가 뒤따랐는데 Enzer와 Sander(1938), Gardner(1940), Sander(1947), Charr(1955), Morgan과 Kerr(1963)가 보고한 바와 같이 흉부방사선검사 소견은 규폐증과 비슷한 소견을 보이거나 섬유화 현상은 없

거나 경미하며 호흡기증상도 없는 양성진폐증의 일종이라는 보고가 주류를 이루었으며 실제로 Doig와 McLaughlin(1948)이 처음 연구대상자를 대상으로 9년이 지난 후 재검사를 해 본 결과 용접으로 폐에 이상이 온 2명의 용접공이 직업을 그만두거나 작업시간을 줄인 후 흉부방사선검사 소견이 정상으로 호전되었다는 보고도 하여 용접공진폐증은 양성진폐증으로 폐에 철성분이 그냥 침착만 되는 폐의 문신현상이라고까지 간주되었다(Schuler 등, 1962).

실제로 Garnuszewski와 Dorbrynsk(1967), 손혜숙 등(1989, 1994)도 용접공으로 진단을 받은 후 작업전환이나 작업시간단축 등으로 용접흡의 폭로가 감소되면 흉부방사선검사 소견이 일부에서 호전을 보였다는 연구결과를 보고하였다.

그러나 전자의 세연구에서 흉부방사선검사상 용접공진폐증으로 진단을 받은 자 중 작업전환이나 작업시간단축으로 용접흡에 대한 폭로량이 줄어들어도 흉부방사선검사 소견의 변화가 없었던 경우의 원인과 똑같은 용접공진폐증이라도 섬유화를 동반하는 경우와 그렇지 않은 경우, 그 차이의 원인 등에 관해서는 충분한 설명이 되지 않았으나 Sander(1947), Charr(1956), Friede 등(1961), Meyer 등(1967), Guiodotti 등(1978), Hewitt와 Gray(1983), Funahash 등(1988)은 용접시 용접봉의 피복제에서 유리된 무수규산, 규산염 및 중금속 등이 용접 중 형태로 폐에 흡입된 결과 폐의 섬유화반응이 생긴다고 보고하였으며 이런 섬유화반응의 유무에 따라 여러 가지의 형태를 보이는 용접공진폐증이 있을 수 있다고 주장하고 실제로 이들은 폐조직의 현미경검사, 작업장분진의 채취 및 분석, 에너지분산X선분석기(EDXA)를 이용한 폐조직검사를 통해 무수규산이나 규산염이 섬유화반응의 주원인임을 증명한 바 있다.

한편 그라인더작업자, 가스산소용접작업자 및 가스절단작업자에서도 용접공진폐증과 유사한 흉부방사선검사 소견을 보였으며 전기집진장치를 이용한 분진의 크기를 분석한 결과 분진의 96.5%가 5 μ m미만이고 무수규산도 일부 포함되어 흉부방사선검사 소견이 용접

공진폐증과 유사하다고 Pendergrass와 Leopold(1945)가 보고한 후 Sander(1947)도 용접공과 마찬가지로 상기 작업자들이 작업시 0.5 μ m이하의 용접흡과 유사한 크기의 분진에 폭로되어 흉부방사선검사 소견상 유사한 소견을 보일 수 있으며 이는 적어도 6~8년 정도 폭로가 되어야 이러한 반응이 있다고 보고한 바 있다.

그러나 전술한 대부분의 연구들은 실제로 용접공진폐증으로 진단 사람들을 대상으로 폐조직검사를 하였거나 용접봉의 피복제 분석으로 분진의 크기나 종류를 규명하였고 실제로 용접공진폐증이 발생한 작업장에서의 분진의 채집 및 크기의 분석연구는 Sander(1947), Friede 등(1961), Hewitt와 Gray(1983), Stokinger(1984) 등의 연구보고가 있으나 실제 용접공진폐증 발생 작업장에서의 분진크기별 분진농도에 관한 연구는 적다. 또한 현재 사용되고 있는 용접흡과 그 구성물에 대한 서한도(TLV)도 분진의 크기와 모양에 의존되는 분별침착과 분진의 폐내 생체조건하에서의 용해성을 고려하지 않고 책정(Hewitt와 Gray, 1983)되어서 실제로 용접흡의 복잡한 구성성분과 크기의 다양성을 고려치 않고 있다.

저자들은 용접공진폐증의 예후가 다양함과 용접공진폐증이 용접공뿐만 아니라 그라인더작업자, 가스산소용접작업자, 가스절단작업자에서도 발생하는 것이 작업장에서 분진에 폭로될 때 실제 작업의 종류에 관계없이 비슷한 종류의 분진에 폭로되어 그렇다는 것을 규명하기 위한 기초자료를 얻기 위해 우선 작업종류가 서로 다른 작업장에서 분진크기별 분진농도 분석을 시도하였다.

II. 조사대상 및 방법

1. 조사대상

1996년 9월에서 12월까지 울산지역에 있는 모 조선회사의 작업장 중 1980년 이후 용접공진폐증이 발생 보고된 71개 전 작업장을 조사대상으로 하였다. 작업장별 작업종류별 분진농도를 조사하고자 71개 작업장

을 다시 순수 용접만 하는 작업장 14개소, 용접과 그라인딩, 절단, 블라스팅, 금속가공 등 혼합작업장 32개소, 용접은 하지 않고 그라인딩, 절단, 블라스팅, 금속가공 등만 하는 작업장 25개소로 세분한 후 Anderson 공기시료채집기(AN-200型, 紫田科學器械, 東京, 日本)를 이용하여 분진을 채집하여 채집된 분진의 입도분포별 분진농도를 조사하였다.

2. 연구방법

1) 분진의 포집

각 작업장의 분진의 측정은 공기시료채집기의 특성상 지역농도측정만을 하였는데 Anderson 공기시료채집기를 이용하여 유속 28.3ℓ/분으로 6~8시간에 걸쳐서 시료공기를 포집하였다. 여과지는 유리섬유여과지를 사용하였다.

2) 입도분포 및 농도의 측정

Anderson 공기시료채집기는 충돌방식에 의해 대기 및 환경 중에 부유하고 있는 분진의 입도분포측정기로서 8단계의 내식합금 알루미늄판이 중첩된 구조로 되어 있고 그 사이에 여과지를 삽입시켜 공기를 통과시켜서 채집된 분진의 양을 분석하는데 본 기기의 경우 11.0 μm 이상, 11.0~7.0 μm , 7.0~4.7 μm , 4.7~3.3 μm , 3.3~2.1 μm , 2.1~1.1 μm , 1.1~0.65 μm , 0.65~0.43 μm , 0.43 μm 이하의 분진 등 9단계 크기별 분진의 채집이 가능하며 시료포집 후 여과지의 처리는 40~60% 향습이 유지된 건조기에서 하루밤을 지낸 후 미량천칭으로 평량하였으며 여과지 평량시 각각의 여과지에 대해 수회 반복하여 평량을 실시하고 증심값에 대한 최대/최소값이 천칭 하한값의 10배이상의 차이가 있는 경우는 평가시 제외하였다. 또한 평가시의 오류를 줄이기 위해 시료공기만 통과시키지 않고 모든 절차를 동일하게 처리한 여과지로 농도계산을 보정하였다.

3) 통계처리

SPSS/PC⁺를 이용하여 자료를 정리하였다. 측정치의

적합도검사는 콜모고로프-스미르노프검정으로 정규분포 여부를 확인하였으며 작업종류별 분진농도의 비교는 분산분석, 분진크기별 분진비율의 비교는 비율검정을 이용하였다.

III. 결 과

1. 작업종류별 분진크기별 분진의 농도

각 작업장 분진 측정치의 분포상태를 알아보고자 콜모고로프-스미르노프검정을 시행한 결과 분진크기별로 구분해서 구한 분진의 농도 및 전체 분진농도는 대수정규분포를 하였다.

표 1은 분진의 크기를 11.0 μm 이상, 11.0~7.0 μm , 7.0~4.7 μm , 4.7~3.3 μm , 3.3~2.1 μm , 2.1~1.1 μm , 1.1~0.65 μm , 0.65~0.43 μm , 0.43 μm 이하의 분진 등 9단계로 구분하여 구한 각 작업장분진농도의 기하평균치를 나타낸다. 전체 작업장 분진농도의 기하평균치는 1.168 mg/m³ 이었고 용접만 하는 작업장 분진농도의 기하평균치는 0.877 mg/m³, 용접 및 그라인딩, 절단, 블라스팅, 금속가공을 같이 하는 작업장 분진농도의 기하평균치는 1.346 mg/m³, 용접을 전혀 하지 않고 그라인딩, 절단 등의 작업만 하는 작업장 분진농도의 기하평균치는 1.145 mg/m³였으며 분산분석을 이용하여 검정해 본 각 작업장간 분진농도는 서로 통계적으로 차이가 없었다(p>0.05). 또한 분진농도도 현재의 산업안전보건법상의 허용기준이하였다. 분진의 크기별로 구분하여 본 분진농도도 작업장간에 서로 차이가 없었으며 호흡성분진이라 알려진 0.5~5 μm 크기와 유사한 0.43~4.7 μm 사이의 분진농도의 기하평균치도 용접만 하는 작업장 분진농도의 기하평균치는 0.395 mg/m³, 용접 및 그라인딩, 절단, 블라스팅, 금속가공을 같이 하는 작업장 분진농도의 기하평균치는 0.491 mg/m³, 용접을 전혀 하지 않고 그라인딩, 절단 등의 작업만 하는 작업장 분진농도의 기하평균치는 0.365 mg/m³였으며 각 작업장간 호흡성분진농도는 서로 통계적으로 차이가 없었다(p>0.05).

Table 1. Concentration of dust according to size of dust and kinds of work

Kinds of Work	No.of Workplace	geometric mean(geometric S.D.), unit : mg/m ³									Total
		~11.0 μm	11.0~7.2 μm	7.2~4.7 μm	4.7~3.3 μm	3.3~2.1 μm	2.1~1.1 μm	1.1~0.65 μm	0.65~0.43 μm	0.43~ μm	
Welding only	14	0.092 (4.385)	0.073 (4.780)	0.068 (4.333)	0.051 (5.104)	0.045 (4.450)	0.039 (4.943)	0.104 (4.600)	0.071 (5.244)	0.121 (4.045)	0.877 (3.415)
Welding and other work	32	0.176 (6.410)	0.130 (5.671)	0.100 (5.457)	0.095 (5.088)	0.059 (3.665)	0.052 (3.021)	0.105 (2.787)	0.084 (2.397)	0.122 (2.859)	1.346 (3.488)
Work \hat{s} welding	25	0.179 (6.359)	0.129 (6.111)	0.099 (4.937)	0.074 (4.776)	0.058 (4.542)	0.047 (5.269)	0.056 (4.043)	0.055 (3.117)	0.100 (3.117)	1.145 (3.945)
Total	71	0.153 (5.937)	0.156 (5.594)	0.092 (4.973)	0.077 (4.951)	0.056 (4.050)	0.047 (4.075)	0.084 (3.621)	0.070 (3.391)	0.113 (3.132)	1.168 (3.603)

ANOVA was done, but statistically not significant

Table 2. Proportion of dust according to the size of dust and kinds of work

Kinds of Work	No.of Workplace	mean ± standard deviation, unit : %								
		~11.0 μm	11.0~7.2 μm	7.2~4.7 μm	4.7~3.3 μm	3.3~2.1 μm	2.1~1.1 μm	1.1~0.65 μm	0.65~0.43 μm	0.43~ μm
Welding only	14	14.7 ±11.0	10.7 ±6.0	9.1 ±6.8	7.6 ±6.4	6.2 ±3.5	5.0 ±2.5	16.0 ±10.6	13.8 ±14.6	15.8 ±9.6
Welding and other work	32	18.4 ±14.4	12.3 ±10.5	9.2 ±5.1	10.0 ±8.4	5.4 ±3.1	5.5 ±4.5	12.0 ±8.9	9.5 ±6.9	16.1 ±17.2
Work \hat{s} welding	25	23.2 ±15.6	14.3 ±8.8	10.8 ±6.0	7.3 ±3.6	6.6 ±5.3	6.2 ±5.4	6.8 ±5.5	8.6 ±10.8	17.0 ±16.2
Total	71	19.3 ±14.4	12.7 ±9.1	9.7 ±5.7	8.6 ±6.7	5.9 ±4.1	5.7 ±4.5	10.9 ±8.8	10.0 ±10.2	16.3 ±15.4

Hypothesis test for proportions was done, but statistically not significant

2. 작업종류별 분진크기별 분진의 비율

표 2는 채집된 분진을 분진크기별로 11.0μm 이상, 11.0~7.0μm, 7.0~4.7μm, 4.7~3.3μm, 3.3~2.1μm, 2.1~1.1μm, 1.1~0.65μm, 0.65~0.43μm, 0.43μm 이하로 9단계로 구분하여 크기별 분진농도가 그 작업장의 전체 분진농도 중 차지하는 비율을 구한 것이다.

용접만 하는 작업장은 1.1~0.65μm 크기의 분진이 16.0%로 제일 많았고, 다음이 0.43μm 이하, 11.0μm 이상, 0.65~0.43μm 크기의 분진의 비율이 각각 15.8%, 14.7%, 13.8%의 순이었는 데 반해 용접과 다른 작업을 동시에 하는 작업장과 용접을 하지 않는 작업장은 11.0μm 이상의 분진 비율이 제일 높고 다음이 0.43μm 이하의 분진의 비율이 높았다. 그러나 호흡성분

진의 크기라 알려진 0.5~5 μm 와 유사한 0.43~4.7 μm 크기의 분진 비율은 용접만 하는 작업장은 48.5%, 용접과 다른 작업을 동시에 하는 작업장은 42.4%, 용접을 하지 않는 작업장은 35.6%로 역시 통계학적으로 서로 차이가 없었다(p)0.05).

그림 1은 작업종류별 분진크기별 분진의 비율을 한 도표 상에서 서로 비교한 것이다.

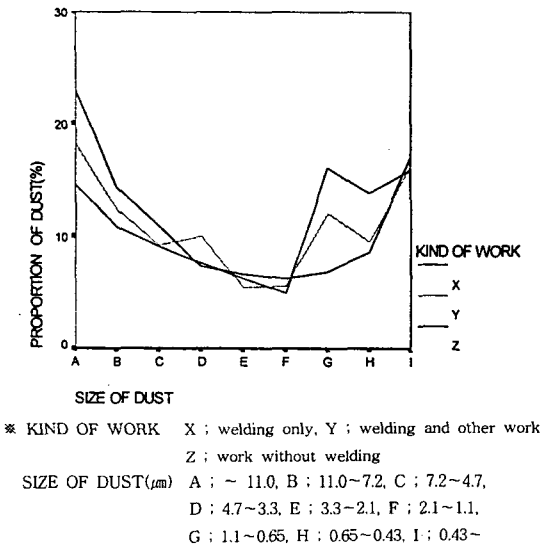


Fig 1. Comparison of proportion of dust according to the size of dust and kinds of work

IV. 고 찰

용접을 함으로서 발생할 수 있는 건강장애는 호흡기장애로서 비염, 천식, 만성기관지염 및 폐기종, 폐부종, 폐염 및 용접공진폐증 등이 있으며 그 외 금속열, 신장기능장애, 신경계장애, 피부염, 폐암발생증가, 생식기능의 저하 등이 보고되어 있다(Zenz 등, 1994).

그 중에서 용접공진폐증으로 알려진 폐질환은 Enzer와 Sander(1938), Sander(1947), Charr(1956) 등이 폐조직검사등을 통해 미세한 철입자가 폐의 혈관이나 기관지를 둘러싸는 임과경로상에 침착된 철폐증으로 보고한 후 양성진폐증의 일종으로 간주되어 왔다. 그

러나 그후에 Charr(1956)는 수년간 밀폐공간에서 용접흡에 폭로되어 철폐증으로 진단된 3명에서 호흡기증상이 있음을 확인하고 폐조직생검을 해본 결과 섬유화소견을 발견하였다. 그는 이러한 폐섬유화가 호흡기증상을 유발한 것으로 생각했으며 용접흡에 산화철분진 이외의 다른 유해물질이 있어서 그런 것이 아닐까 하는 문제를 제기하였다. 또 Friede 등(1961)은 용접공진폐증의 여러 증상의 원인이 용접흡속의 질소산화물과 오존으로 인한 것이며 폐의 섬유화는 흡속에 함유된 무수규산 성분이 주원인이며 그 크기도 1 μm 이하라고 발표하였다. 그후 Morgan과 Kerr(1963), Müller와 Miller(1990)는 용접공진폐증의 호흡기증상의 원인은 동반된 폐기종에 의한 것으로 주장하였다.

한편 폐섬유화의 원인에 대한 설은 다양하여 Meyer 등(1967), Kleinfeld 등(1969), Guidotti 등(1978), Hewitt와 Gray(1983)는 철폐증과 동반된 규폐증으로 인해서 발생한다고 주장한 반면 Funahashi 등(1988)은 에너지분산X선분석기(EDXA)를 통해 용접공의 폐와 일반 대조군의 폐에서의 규소량의 차이가 없기 때문에 폐섬유화는 동반된 규폐증과는 무관하다고 주장하였으나 Stokinger(1984)가 규소가 도포 되지 않은 용접봉을 사용하는 작업자에서 폐섬유화반응도 없고 폐기능장애도 없음을 보고한 후 용접공 진폐증은 대부분의 경우 철입자가 폐의 간질조직에 단순 침착되는 철폐증이나 간혹 흡속에 동반된 규소에 의해서 규폐증과 유사한 섬유화반응을 보이는 철규폐증도 있음을 알게 되었다. 이러한 연구결과들이 Garnuszewski와 Dorbrynsk(1967)와 손혜숙 등(1989, 1994)의 연구에서 발견되는 용접공진폐증 호흡기증상과 예후의 다양성에 대한 설명이 되나 실제 용접작업자의 폐에 침착되는 정도를 결정하는데 매우 중요한 분진의 크기에 착안을 한 연구는 Sander(1947)가 아크용접시나 가스절단작업시 흡속의 분진크기가 0.5 μm 이하라고 보고한 것, Friede 등(1961)이 흡속에 병존하는 무수규산의 직경이 1 μm 이하라는 보고, Hewitt와 Gray(1983)가 수동 아크용접때는 흡입자의 크기가 기하평균치로 1.7 μm , 탄산가스용접의 경우는 1 μm 이하의 크기이나 100 μm 까

지도 될 수 있다는 보고 및 Stokinger(1984)가 흡분석상 50%에서 $5\mu\text{m}$ 미만이나 간혹 $25\mu\text{m}$ 이상도 발견되었다는 보고 등 극히 제한되어 있고 실제 용접공진폐증이 발생된 작업장에서 폭로되는 분진의 크기별 분포에 관해서는 연구가 드물었다.

본 연구에서는 분진의 크기를 입경분포별로 채집이 가능한 Anderson 공기시료채집기를 이용하여 용접만 하는 작업장, 용접과 그라인더, 절단 등의 작업을 동시에 하는 작업장 및 용접을 전혀 하지 않는 작업장의 3가지로 구분하여 각 작업장별로 분진크기별 분진의 농도를 측정 시도하였는데 각 작업장간에 분진의 기하평균치가 각각 0.877 mg/m^3 , 1.346 mg/m^3 , 1.145 mg/m^3 으로서 통계적으로 서로 차이가 없었으며 소위 호흡성분진이라 알려진 $0.5\sim 5\mu\text{m}$ 크기와 유사한 $0.43\sim 4.7\mu\text{m}$ 크기의 분진농도도 각 작업장별로 각각 0.395 mg/m^3 , 0.491 mg/m^3 , 0.365 mg/m^3 으로 서로 차이가 없었다. 용접의 작업인 그라인딩이나 블라스팅작업장의 경우는 마모나 파쇄 공정으로 인하여 $11.0\mu\text{m}$ 이상 크기의 분진농도가 높았는데 용접만을 하는 작업장과 통계적으로 차이는 없었다. 이는 조선작업장의 특성상 규모가 큰 공장 내에서 작업장간의 차단이 잘 되지 않은 상태로 서로 다른 공정이 진행되어 전 작업장의 분진이 인공환기과정이나 자연환기를 통해 고르게 퍼져서 생긴 것으로 생각되거나 개인시료포집방법을 통해 엄밀한 분석이 추가로 필요할 것으로 사료되었다. 또한 분진크기별로 전체 분진농도에 대한 비율을 구해 본 결과 용접만 하는 작업장은 $1.1\sim 0.65\mu\text{m}$ 크기의 분진이 제일 많았고 다음이 $0.43\mu\text{m}$ 이하, $11.0\mu\text{m}$ 이상, $0.65\sim 0.43\mu\text{m}$ 크기순이었는데 반해 용접과 다른 작업을 동시에 하는 작업장과 용접을 하지 않는 작업장은 $11.0\mu\text{m}$ 이상의 분진의 비율이 제일 높고 다음이 $0.43\mu\text{m}$ 이하의 분진의 비율이 높았다. 그러나 호흡성분진의 크기라 알려진 $0.5\sim 5\mu\text{m}$ 와 유사한 $0.43\sim 4.7\mu\text{m}$ 크기의 분진 비율은 용접만 하는 작업장은 48.5%, 용접과 다른 작업을 동시에 하는 작업장은 42.4%, 용접을 하지 않는 작업장은 35.6%로 통계적으로 서로 차이가 없었다.

이러한 연구 결과로 저자들은 조선작업장의 경우 각 작업장에서 폭로되는 분진종류는 서로 다를 수 있으나 분진크기별 분포와 농도는 작업의 종류에 관계없이 거의 비슷함을 알 수 있었다. 이러한 결과는 조선업 근로자들의 작업 중 폭로되는 분진의 종류를 규명하는 연구와 함께 용접공진폐증의 예후가 다양한 이유와 용접을 하지 않는 그라인더작업자, 가스절단작업자 등에서도 용접공진폐증과 비슷한 흉부방사선소견을 보이는 원인을 설명하기 위한 기초자료가 될 수 있을 것으로 사료되었다.

본 연구의 제한점으로는 첫째로 분진의 크기별로 분진농도를 구했기 때문에 분진의 종류를 규명하지 못해서 종류 및 생체조건하에서의 용해성의 차이에서 오는 폐에 침착정도의 차이에 관해 설명을 할 수 없었고 둘째로 Anderson 공기시료채집기의 기기 특성상 작업자 개인 폭로농도가 아닌 지역농도를 측정하여 실제 폭로되는 양보다 낮게 평가될 수 있다는 점이며 마지막으로 분진의 크기를 실제로 전자현미경같이 실측 기기로 측정한 것이 아니라 미리 분진의 크기별로 분진채집이 가능한 기기를 사용함으로써 올 수 있는 오류 등이 지적될 수가 있다.

V. 요약

진폐증발생에 관계되는 분진의 크기별 분진농도를 측정하고자 용접공진폐증이 발생된 울산의 모 조선회사에서 용접만 하는 작업장 14개소, 용접 및 그라인더, 절단, 블라스팅, 금속가공 등 혼합 작업장 32개소, 용접을 하지 않는 작업장 25개소 총 71개소를 대상으로 분진크기별로 분진의 채집이 가능한 Anderson 공기시료채집기를 이용하여 분진크기별 분진농도와 분진비율을 조사하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 각 작업장간의 분진크기별 분진농도는 대수정규 분포를 했으며 각 작업장의 분진의 기하평균치는 각각 0.877 mg/m^3 , 1.346 mg/m^3 , 1.145 mg/m^3 으로서 통계적으로 서로 차이가 없었으며 $0.43\sim 4.7\mu\text{m}$ 크기의 분진농도도 각 작업장별로 각각 0.395 mg/m^3 , 0.491

mg/m³, 0.365 mg/m³으로 서로 차이가 없었다.

2. 분진크기별로 전체 분진농도에 대한 비율은 용접만 하는 작업장은 1.1~0.65 μ m 크기의 분진이 제일 많았고 다음이 0.43 μ m이하, 11.0 μ m이상, 0.65~0.43 μ m 크기순이었는데 반해 용접과 다른 작업을 동시에 하는 작업장과 용접을 하지 않는 작업장은 11.0 μ m이상의 분진의 비율이 제일 높고 다음이 0.43 μ m이하의 분진의 비율이 높았다. 그러나 0.43~4.7 μ m 크기의 분진 비율은 용접만 하는 작업장은 48.5%, 용접과 다른 작업을 동시에 하는 작업장은 42.4%, 용접을 하지 않는 작업장은 35.6%로 통계적으로 서로 차이가 없었다.

이상의 결과로 보아 조선작업장의 경우 각 작업장에서 폭로되는 분진종류는 서로 다를 수 있으나 분진 크기별 분포와 농도는 작업종류에 관계없이 거의 비슷한 것으로 사료된다.

참고문헌

손혜숙, 이종태, 신해림, 이채언, 배기택, 박형중 등. 조선업 용접공진폐증에서 용접흙 폭로력에 따른 방사선소견의 경시적 변화양상. 예방의학회지 1989;22(3):328-336

손혜숙, 최성룡, 유영진, 이채언. 조선소 용접공진폐증의 발생에 관련된 요인분석. 대한산업 의학회지 1994;6(1):143-152

윤임중, 유재인. 용접공진폐증의 검사소견. K J Occup Health 1982;21(3):64-72

이채언, 이종태, 손혜숙, 김성천, 배기택, 박형중, 김용완 등. 부산지역 조선업근로자들의 진폐증에 대한 역학적 조사연구. 예방의학회지 1989;22(1):153-161

Akbarkhanzadeh F. Long-term effects of welding fumes upon respiratory symptoms and pulmonary function. J Occup Med 1980;22(5):337-341

Charr R. Respiratory disorders among welders. JAMA 1953;132:1520-1522

Charr R. Respiratory disorders among welders. Am Rev Tuberc Pulmon Dis 1955; 71:877-884

Charr R. Pulmonary changes in welders : A report of three cases. Ann Intern Med 1956;44:806-812

Doig AT, McLaughlin AIG. X-ray appearance of the lungs of electric arc welders. Lancet 1936;

i:771-775

Doig AT, McLaughlin AIG. Clearing of X-ray shadows in welders' siderosis. Lancet 1948;1:789-791

Enzer N, Sander OA. Chronic lung change in electric arc welders. J Ind Hyg Toxicol 1938;20:333-350

Friede E, Rachow DO, Buffalo NY. Symptomatic pulmonary disease in arc welders. Ann Intern Med 1961;54(1):121-127.

Funahashi A, Dpschlueter, Kplintar, Elbemis, Kasiegesmund. Welders' pneumoconiosis; tissue elemental microanalysis by energy dispersive x-ray analysis. Brit J Ind Med 1988;45:14-18

Gardner LU. The pathology and roentgenographic manifestations of pneumoconiosis. JAMA 1940;114:535-545

Garnuszewski Z, Dorbrynsk W. Regression of pulmonary radiological changes in delayed welders after cessation or decrease of welding fumes. Pol Med J 1967;6: 610-613

Guidotti TL, DeNee PB, Abraham JL, Smith JR. Arc welders' pneumoconiosis : application of advanced scanning electron microscopy. Arch Environ Health 1978;33: 117-124

Hewitt PJ, Gray CN. Some difficulties in the assessment of electric arc welding fume. Am Ind Hyg Assoc J 1983;44(10):727-732

Kleinfeld M, Mesite J, Kooyman O, Shapiro J. Welders' siderosis : A clinical, roentgenographic, and physiological study. Arch Environ Health 1969;19:70-73

Morgan WKC, Kerr HD. Pathology and physiologic studies of welders' siderosis. Ann Intern Med 1963;55:293-304

Meyer EC, Kratzinger SF, Miler WH. Pulmonary fibrosis in an arc welder. Arch Environ Health 1967;15:462-469

Müller NL, Miller RR. Computerized tomography of chronic diffuse lung disease. part 2. Am Rev Respir Dis 1990;142:1440-1448

Pendergrass EP, Leopold SS. Benign pneumoconiosis. JAMA 1945;127(12):701-705

Sander OA. Benign pneumoconiosis due to metal fumes and dusts. Am J Roentgenol 1947;58:277-282

Schuler P, Maturana V, Cruz E, et al. Arc welder's pulmonary siderosis. J Occup Med 1962;4(7):353-358

Stern RM. Process dependent risk of delayed health effects for welders. *Environ Health Perspect* 1981;41:235-253

Stockinger HE. A review of world literature finds iron oxides noncarcinogenic. *Am Ind Hyg Assoc*

J 1984;45(2):127-133

Zenz C, Dickerson OB, Horvath Jr EP. Occupational Medicine. In *Effects of gases and particles in welding and soldering*, 3rd Ed. St. Louis, Missouri, Mosby, 1994:917-925