

일부 요업 사업장의 분진 및 기타 유해요인 폭로에 관한 조사 연구

1993



**한국산업안전공단
산업보건연구원**

제 출 문

한국산업안전공단 이 사장 귀하

본 연구결과를 1993년도 산업보건연구원의 연구사업 중 “일부
요업사업장의 분진 및 기타유해요인 폭로에 관한 연구”에 대한
최종 결과보고서로 제출합니다.

1993년 12월 31일

제출자 : 산업보건연구원장 정호근

연구책임자 : 산업위생연구실장 오 세 민

공동연구자 : 기술직 4급 신 용 철
 기술직 5급 이 나 루

목 차

I. 서 론 -----	3
1. 연구배경 및 목적-----	3
2. 요업의 일반적 현황-----	5
1) 요업및 토석제품 제조업의 규모별 지역별 분포조사-----	6
2) 제조공정 및 유해인자-----	9
II. 대상 및 방법-----	15
1) 대 상-----	15
2) 방 법-----	15
III. 결과 및 고찰-----	20
1. 분진 폭로농도 및 평가 -----	20
1) 건강장해 및 허용기준-----	20
2) 업체별 공기중 분진 폭로농도 -----	27
3) 공정별 공기중 분진 폭로농도-----	32
4) 생산제품에 따른 공기중 분진 농도 -----	36
5) 총분진과 호흡성 분진 비교-----	38
6) 도자기 제품 제조업 분진중 유리규산 함량-----	40
2. 공정별 소음수준 및 평가-----	41
3. 공정별 온열조건 및 평가-----	43
4. 공기중 납 폭로농도 및 평가-----	46
5. 개선대책-----	49
IV. 결론 및 요약-----	52
V. 참고문헌-----	54
VI. 활용방안-----	56

여 백

I. 서 론

1. 연구배경 및 목적

작업장의 유해환경으로 인하여 발생하는 직업성 질환은 노사간의 문제를 넘어서 사회적으로도 심각한 문제로 제기되고 있다. 따라서 어떤 형태로든지 유해작업환경을 개선할 수 있는 대책의 강구가 절실히 요청된다.

작업환경을 개선하기 위해서는 작업환경중에서 발생되고 있는 유해인자의 종류, 발생상태, 발생시간, 발생원, 발생분포 등을 정확히 파악해야 함은 물론 이들 유해인자들이 근로자들에게 어떻게 폭로되고 있는지 정확히 평가되어야 하며 이를 위해서 정확한 작업환경 측정이 선행되어야 한다. 작업환경 개선방법으로는 생산공정의 변경등 유해요인의 발생을 근본적으로 차단하는 것이 보다 효과적이지만 공정상 불가능한 경우가 많다.

실제로 산업현장에서는 효과적인 작업환경 개선방법으로 가장 널리 사용되고 있는 방법은 국소배기장치 등의 환기에 의한 개선방법이다. 그러나 작업환경개선에 소요되는 비용과 기술문제 때문에 소규모의 사업장에서는 이러한 근본적인 작업환경 개선보다는 보호구의 착용 등을 이용하여 유해요인의 폭로로부터 근로자를 보호하고자 하는 소극적인 방법에 의존하고 있는 경우가 많이 있어 근로자의 건강을 효과적으로 보호하지 못하고 있을 뿐만 아니라 보호구 착용으로 인한 근로자의 불만과 생산성의 저하 등의 부작용이 따르고 있다.

광업에서의 갱내 분진대책은 현재로서는 특별한 대책이 없으므로 방진마스크의 착용에 의존하고 있는 실정이나, 제조업에서의 분진대책은 작업공정에 따라서는 가능하므로 진폐증의 발생이 높을 것으로 예상되는 요업작업공정에 종사하는 근로자의 분진폭로를 측정평가하여 이에 적절한 예방대책을 강구할 필요성이 크다고 보며, 또한 노동부의 제1차 산업재해예방 6개년 계획(노동부, 1989)에서도 직업병 예방을 위한 연구과제의 선정 우선순위에서 본 과제의 선정을 제시한바 있다.

우리나라의 도자기의 역사는 약 4,000 년전 북방으로부터 집단으로 이동해 와서 생활을 시작한 토착민의 무리로부터 시작되었다고 한다. 일제시대와 6.25 사변을

격는 동안 크게 발달하지 못한 우리 나라 도자기 공업은 60년대를 시발점으로 급속하게 발전하여 현대적 공장이 건설되고, 국내수요는 물론 수출산업으로 발전하게 되어 국책산업으로 지정 육성되고 있다(동아출판사, 한국산업안전공단, 1991).

요업 및 토석제품 제조업에서의 주요 유해인자는 소음 및 광물성 분진, 안료분진, 유약성분의 연, 유기용제, 고열 등으로서 이 중에서 산업보건학적으로 가장 문제가 되고 있는 유해인자는 광물성 분진과 소음, 고열 및 연 등이다(한국산업안전공단, 1991, Burgess, 1981).

우리나라의 연도별 건강진단 실시현황을 보면 검진결과 질병 유소견자의 발생수는 '80년에 4,828 명이던 것이 '88년에 8,408명으로 증가되었는데 '90년에는 7,742명, '92년에는 5,914명으로 감소 추세를 보이고 있다.

이들 직업병 유소견자중 진폐증 유소견자가 차지하는 비율이 '88년도 5,934명(70.6%)이던 것이 '90년도 3,949명(51.0%), '92년도 2,404명(40.6%)으로 감소 추세를 나타냈는데(노동부, 93.8), 이들의 대부분이 석탄광업에서 발생되고 있었기 때문에 '88년도 후반기부터 실시하고 있는 "석탄산업 합리화 사업"에 의거 많은 탄광이 폐광됨에 따라 다수의 근로자가 전직 및 이직으로 수진근로자가 감소하고 그 결과 재직중인 근로자 중에서 진폐증 유소견자가 감소된 것으로 나타났기 때문으로 보인다. 즉 건강진단을 실시한 사업장 및 근로자수는 '88년도에 343개 사업장의 42,386 명에서, '89년도에는 260개 사업장의 34,240명으로, 즉 수진근로자가 71개 사업장의 8,146명이 감소하였다(대한산업보건협회, 1990).

최근에는 광업에서의 진폐증 유소견자의 발생율은 줄어드는 대신 제조업종에서 계속 증가하는 추세를 나타내고 있는 것으로 조사되고 있는데(대한산업보건협회, 1990), 92년도 특수건강진단결과 비금속광물제품제조업으로 분류되는 요업등에서 78명이 보고되어 조립금속제품 제조업의 93명에 이어 두번째로 가장 많이 나타내고 있다(노동부, 1993).

작업환경과 작업조건이 우리와 유사한 일본의 '91년도 업무상질병의 발생건수는 11,951건으로 부상에 의한 질병자가 9,146명(79.5%)으로 가장 많고, 그 다음이 진폐 및 진폐합병증 1,103명(9.2%)으로 나타나 일본에서도 진폐증이 큰 문제임을 알 수 있다. 진폐 및 진폐합병증 1,103명을 업종별로 보면 광업에서 484명(43.9%), 건설업에서 317명(28.7%), 요업 및 토석제품제조업에서 163명(14.8%), 기타 139(12.6%)의

순을 나타내고 있다(일본노동과학연구소, 1991).

우리나라의 도기, 자기 및 토기 제조업체 수는 273개 업체로서 13,911명의 근로자가 종사하고 있으며, 이중에서 근로자 7967명이 100인 이상의 사업장에서 작업하고 있고, 나머지 5944명은 50인 미만의 영세한 작업장에서 작업하고 있다 (노동부, 1992.).

요업등 토사석제품 제조업은 작업공정상 분진의 발생이 많아 진폐의 발생가능성이 높은 작업장으로서 진폐증은 다른 직업병과 달리 일단 진폐증 소견이 나타나면 치료가 불가능한 질환으로서 예방이외의 방법은 연구되어 있지 않다.

도자기 제품 제조업체에는 다양한 종류의 제품을 생산하기 위하여 원료를 적절히 처리하고 여기에 제품 특유의 색상 및 광택을 나타내기 위하여 전산지 부착 또는 각종 안료 및 용제를 사용하는 경우에 따라서는 제조회사의 know-how로서 외부에 노출을 꺼리는 경우 상용물질에 대한 유해성 및 폭로정도를 알지 못하는 경우도 있다 (Burgess, 1981).

따라서 본 연구는 작업환경이 비교적 열악하고 특히 유리규산을 다량 함유한 분진 작업공정과 고열 작업공정 등이 있는 작업장인데도 불구하고 현재까지 큰 문제가 없었다는 점을 감안하여 실제로 작업내용이 근로자들의 건강에 위해를 줄만한 상태가 아닌 것인지, 아니면 잠재적인 문제점을 내포하고 있는에도 불구하고 간과되고 있는지를 관찰하고, 작업내용과 작업환경을 정확히 분석·평가하여 만약 문제점이 발견된다면 그에 대한 대책과 개선에 필요한 자료를 제공하고자 한다.

2. 요업의 일반현황

요업은 점토를 원료로 하여 이것을 구워서 제품을 만드는 산업을 요업이라고 하였으나, 현재는 그 범위가 넓어져서 비금속 무기원료를 원료로하고 가마를 이용하여 열처리 공정을 거쳐 제품을 만드는 산업까지 총칭하므로, 생산되는 제품의 종류도 다양하여 이루 헤아릴 수 없이 많다. 따라서 요업을 전형적인 요업과 신요업체공업으로 나누기도 하는데, 전형적인 요업에 속하는 것이 도자기, 내화물, 단열재등이 여기에 속하고, 자성체(磁性體), 유전체(誘電體), 반도체, 초경재료(超硬材料), 결정화유리등이 신요업체공업에 속한다.

도자기로서 최초로 만들어진 것은 토기라고 하며, 그 기원은 옛 신석기시대로 거

슬러 올라가 이집트에서는 이미 기원전 5000년경 부터 토기가 있었다고 전해지고 있으며, 동양에서 가장 오래된 토기로서는 중국의 채색토기, 즉 채도(彩陶), 흑도(黑陶), 회도(灰陶), 백도(白陶) 등이 있다.

도자기는 토기에 유약을 입혀 구어진 것을 보통 말하는데, 도자기는 매우 다양하기 때문에 분류하기가 곤란하다. 분류는 나라에 따라서 또는 학자에 따라서 다르나 우리 나라에서는 일반적으로 도자기라고 하면 자기(porcelaine), 도기(earthware, pottery), 석기(onestoneware), 토기(clayware)의 4종류로 크게 나눈는데 제조법에 의하여 분류하면 표 1과 같다.

1) 요업 및 토석제품 제조업의 규모별 지역별 분포조사

전국의 요업에 관련하는 사업장의 수는 표 2 및 그림 2에서 보듯이 총 273개 업체이고 이 업종에 종사하는 근로자수는 총 13,911 명이다. 남자에 비해 여자 종사자의 수가 많아 타 산업과 비교가 된다. 우리나라 노동통계에는 5인 이상 사업장의 경우에만 한해서 통계에 포함되는데 5인 이상 10인 이하의 영세업체수가 83개 업체로 전체의 30%에 해당한다. 10 인 이상 50인이하의 사업장의 수는 144개 업체로 전체의 51.6%로 가장 높은 비율을 나타내고 있으며 이 규모의 사업장에 종사하는 근로자수는 전체 근로자의 21% 이다. 100인 이상 사업장의 수는 33 개업체로 전체 근로자의 77 %에 해당하는 만명 이상의 근로자가 종사하고 있다. 한편, 50인 이상 100인 이하의 사업체수가 상대적으로 적은 것이 주목할 만하다 (노동부, 1992).

표 1. 도자기의 분류

분 류	제 조 법	특 성 및 용 도
토 기 (土器)	점토질 원료를 700-800°C로 소성 하고, 유약을 바르지 않는다	소지가 다공성이며 기계적 강도가 낮다. 기와, 도관, 화분, 화덕 등
도 기 (陶器)	점토질 원료에 석영, 도석, 납석 장석을 배합, 1,200-1,300 °C로 소소(素燒)한다.	정도기(精陶器): 장서 및 점토질도 기(경질도기, 반자기포함), 식기류, 타일류(건축용) 조도기(粗陶器): 주방용품
자 기 (瓷器)	점토 석영, 장석, 도석의 배합소지 (素地)를 1,300-1,450°C로 용화 (溶化)할 때까지 굽는다.	경질자기(고화도자기: 소성온도 1,350°C이상) : 고급식탁용, 장식용, 전기애자, 이화학용 (저화도자기: 소성온도 1,350°C이하) : 일반식기, 전기용자기, 건축용 연질자기: 골회(骨灰)자기, 합성활 자기, 미술 공예, 식기 등
석 기	불순물이 많은 점토를 주성분으 로 하여 1,200-1,300°C로 충분히 굽는다.	보통 석기: 화로, 주방용 화학공업용 석기: 내산병, 전해조, 토건용 석기: 도관, 배수관, 외장타일
특수도자기 (뉴세라믹)	비금속 무기질 고체재료를 원료 로 열처리한다.	산화물계 자기: 이화작용(내열내산) 전기재료, 원자로재료 등 활석자기: 고주파용 절연자재료 티탄자기: 유전재료(콘덴사등) 티탄산바륨자기: 강유전체, 압전재 다공질도자기: 전기분해용, 세균 여과용 등

표 2. 요업의 규모별 사업체수 및 근로자수

구분	사업체수	근로자수		
		계	남	여
5 - 9	83	601	365	236
10 - 49	141	2,914	1,522	1,392
50 - 99	16	1,014	467	547
> 100	33	10,734	4,785	5,979
계	273	13,911	6,606	7,305

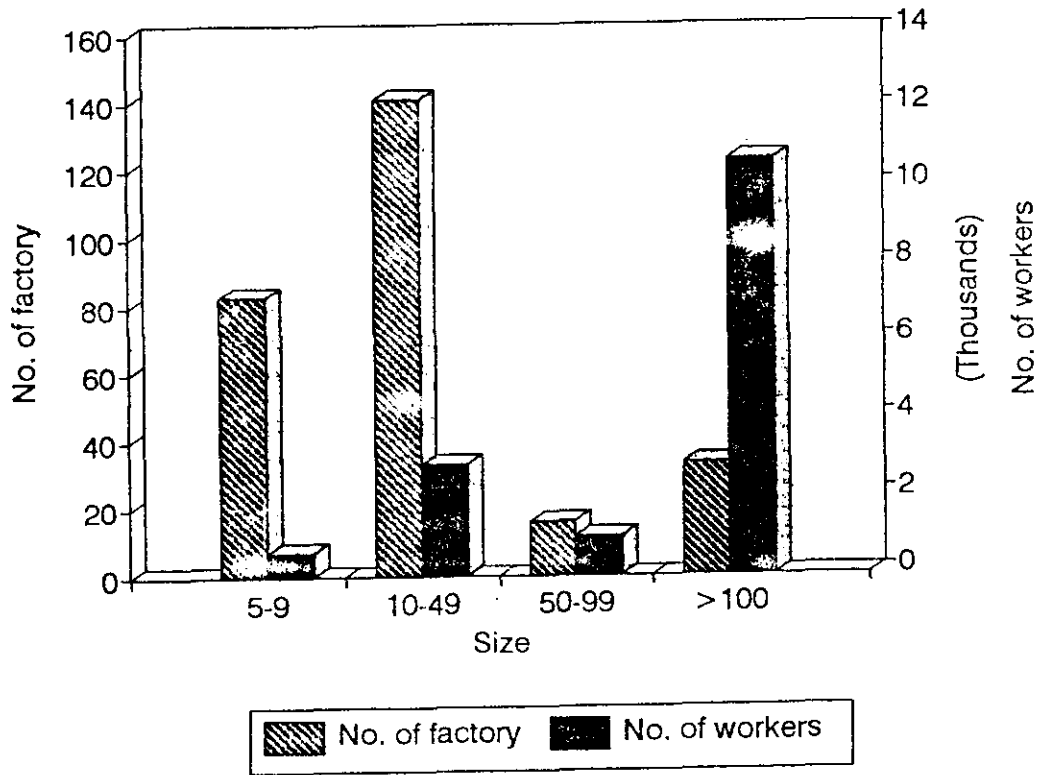


그림 1. 전국의 요업 사업체 수 및 근로자수 분포.

2) 제조공정 및 유해인자

도자기의 제조공정은 제품의 종류에 따라서 공정의 일부가 다르긴 하지만 일반적으로 원재료의 파쇄, 분쇄, 체질, 혼합, 혼련 등에 의한 소지토(素地土)의 조제, 성형, 건조, 소성, 유약칠, 채식, 마무리, 검사 등으로 나눌 수 있는데 간단히 공정도를 나타내면 그림 2와 같다(동아출판사, 1990, 한국산업안전공단, 1991).

가. 소재지의 제조공정

한 가지 원료로 만들 경우에는 마른 소지토를 잘 분쇄하고 적당량의 물을 사용하여 잘 반죽하면 되지만, 두 가지 이상의 원료를 사용하는 경우에는 혼합조제가 필요한데 그 방법에는 건식과 습식이 있으며 원료의 성질, 처리방법, 사용목적 등에 따라 알맞은 방법을 택한다. 건식조합은 원료를 곱게 분쇄하여 원료별로 저장된 것 중에서 필요한 양을 각각 저울로 달아서 혼합하는데, 이 때 적당량의 수분을 첨가해서 균일하게 혼합이 되도록 잘 섞는다. 주로 채색 방법의 타일용 소지토 조제에 이용된다.

습식은 백색소지이 도기나 자기의 경우에 주로 이용되며, 수비한 점토와 각각 미분쇄한 원료들을 적당량씩 달아서 혼합하고 물을 사용하여 이장(泥漿)으로 만들

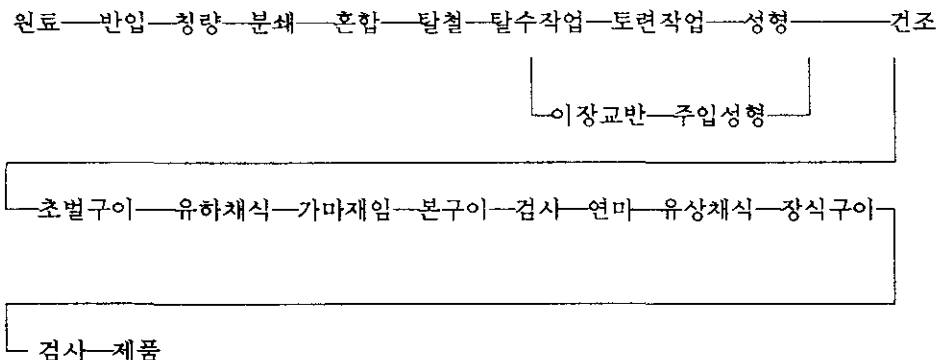


그림 2. 도자기 제조공정 흐름도.

어 잘 저어서 균일하게 배합이 되도록 한다. 이 방법 외에 근래에 많이 사용되는 것은 괴상(塊狀)의 원료들을 조 크러셔(jaw crusher) 또는 플랫 밀(plat mill)로 조분쇄와 중간분쇄한 각 원료의 필요량과 점토의 적당량을 달아서 적당량의 물과 함께 볼 밀(ball mill)에 넣고, 미분쇄와 혼합을 동시에 하는 방법을 주로 택하고 있다.

볼 밀 속에서 마쇄되어 혼합된 이장은 체로 거르고 탈철기를 통과시켜서 철분을 제거시킨 다음, 콘크리트로 된 탱크에 옮겨 교반하면서 펌프로 여과기에 보내어 탈수한다. 탈수된 소지토는 진공토련기를(眞空土鍊機)를 사용하여 다시 잘 반죽하고 소지토 속에 섞여 있는 공기를 빼낸 다음 일정기간 동안 저장하였다가 사용한다.

이 공정에서는 조사대상 사업장 대부분의 경우 원료를 수작업으로 투입하는데 이때 근로자는 다량의 분진에 폭로된다. 타공정에 비해 이공정은 분진발생량이 비교적 높고 불필에 의해 높은 수준의 소음이 발생한다.

나. 성형공정

도자기의 성형방법에는 물레성형(jiggering), 주입성형(casting), 압출성형(plastic forming by extruding), 압착성형(pressing)의 4가지가 대표적이다.

물레성형은 진공토련기에서 이겨 나온 배토를 물레를 써서 성형하는 방법인데 공예품 성형에 많이 이용되고 공업적으로는 거의 쓰이지 않는다.

주입식 성형은 점토나 소지원료에 물을 넣어 손으로 이겨서 반죽을 하면 연토가 되고, 다시 물을 더 가하여 반죽하면 유동성을 띠게 되는데, 여기에 물을 더욱 가하면 가는 입자가 물속에 현탁되어 액체와 같은 상태로 된다. 이것을 이장(泥漿, slip)이라고 하는데, 이 것을 석고틀에 주입하면 석고의 흡수성질에 따라 석고의 내부에 확산 흡수되며 틀의 표면에 이장의 층이 생기기 때문에 이러한 원리를 이용하여 다른 방법으로는 성형하기 어려운 복잡하고 정밀한 물체를 성형하는 데 쓰인다.

압출성형은 손으로 이겨서 만들 수 있는 상태의 물을 포함하고 있는 배토로 성형하는 가소성 또는 소성성형의 일종으로 함수량은 대개 15-25%이다. 이러한 배토를 진공토련기와 같은 압출장치로 배출하여, 연속적인 성형을 하는 대량생산에 적합한 방법이다.

압착성형은 배토를 압착기와 틀을 써서 가압하는 방법으로, 이 방법은 주로 반건식 이하의 가소성이 적은 배토를 이용하여 성형할 때 쓰며, 마찰 프레스와 수압 또는 유압 프레스를 가장 많이 이용한다.

점토원료를 물과 반죽하여 만든 cake를 성형기를 사용하여 일정한 모양으로 성형하는 공정으로 성형기가 가동되는 소음이 비교적 높게 발생한다. 또한 일반적으로 성형된 제품을 건조기에 바로 투입할 수 있도록 성형작업장은 건조기에 바로 인접해 있어 건조기에서 발생하는 열에 폭로되고 있어 여름에는 온열조건이 문제가 될 수도 있다. 성형은 물로 반죽된 케이크를 사용하므로 분진이 발생량은 비교적 적다.

성형기는 수동식과 자동식이 있으며 자동성형기의 경우 자동화된 기계에 의해 성형이 일체 이루어지며 근로자는 상주하고 있지 않으나 소음이 높게 발생하므로 인접한 근로자가 이에 노출될 수 있다.

다. 건조공정

수분을 제거하여 가마재임에 필요한 강도를 주고, 소성을 위험 없이 빠르게 하기 위하여 건조하는 공정으로서, 미립자가 많은 가소성이 큰 점토를 많이 함유한 제품일수록 건조에 오랜 시간이 걸린다. 즉 제 1 단계는 점토입자에 윤활제의 구실을 하는 물의 제거단계이다. 끝으로 입자의 표면에 흡착되어 있는 물 피막의 제거이다. 이 물은 입자에 강하게 흡착되어 있으므로 상당히 높은 온도로 건조하여야 하며 특히 입자가 작으면 작을수록 건조가 어렵게 된다. 결과적으로 건조공정에서 가장 주의하여야 할 과정은 수축수가 증발하는 단계 즉 수축현상을 수반하는 건조과정이다. 건조장치로는 온돌형, 상자형, 터널형 등 여러가지가 쓰인다.

상자형에서도 건조선반이 이동식으로 되어 있는 물티제트 건조기가 많이 쓰인다. 터널형으로는 소성용 터널가마에서의 폐열을 이용하는 열풍식 터널가마가 가장 많이 쓰이는데 이것은 소성용 터널가마의 냉각대에서 약 140℃ 정도의 열풍을 한쪽에서 끌어내고 다른 한쪽에서 방출한다.

라. 시유(施釉)공정

유약을 소지에 입히는 것을 시유 또는 유약칠이라고 하는데 시유는 소지 표면에 광택을 주어 더욱 아름답고 돋보이게 하여 미적 장식효과를 높이는 목적과 표면을 매끄럽게 하여 오염을 방지하는 목적과 흡수성을 없애어 물이나 화학약품에 대한 저항성을 증대시키는 데 그 목적이 있다. 유약은 기물에 입혀서 소성하면 녹아서 소지에 밀착하는데, 만일 팽창율이 일치하지 않으면 잔금이 생기거나 유약이 떨어져 나간다. 용융온도에 따라서 연질유와 경질유로 크게 분류되는데, 연질유는 도기에 널리 사용되며, 특히 낮은 온도에서 녹는 납성분이 많은 유약을 납유약이라고 하며 도자기, 토기 등에 사용한다. 경질유는 주로 자기에 쓰이며, 불투명유는 목적에 따라서 아비산, 안티몬, 주석, 아연, 티탄, 골회 등을 적당히 배합하여 사용한다. 색유(色釉)는 모든 유약에 무기색소의 구실을 하는 코발트, 크롬, 철, 구리, 니켈, 망간 등이나 적당량의 무기질 재료를 첨가하여 착색한 유약이며, 청자유, 진자유 등도 색유의 일종이다. 일반적인 시유방법은 담금법으로서, 유약을 이장으로 만들고, 이 이장속에 성형하여 건조된 또는 초벌구이한 소지를 담그고, 소지의 흡수성을 이용하여 소지체 표면에 유약을 입히는 방법을 사용하고 있다. 타일 또는 위생도기 등의 시유에는 분무법을 주로 사용한다. 일부사업장의 경우 시유는 후드내에서 이루어지나 대부분의 사업장의 경우 국소배기시설이 미흡한 상태로 이루어지고 있는 실정이다. 이 공정에서 분무식으로 유약을 입히는 공정의 경우 분진이 비교적 높게 발생한다.

마. 채식공정

도자기의 채식방법에는 소지의 장식적 성형방법, 색소지에 의한 방법, 소지의 전면 또는 일부에 채식하는 방법, 유약에 의한 방법, 밀그림에 의한 방법, 유약에 채화하는 방법, 유상에 채화하는 방법 등이 있다. 근대화된 대량생산 체계의 공장에서는 전사지를 이용한 전사지법이 가장 많이 사용되고 있다. 미술자기 또는 도예계통에서는 재료를 붓을 이용하여 소지표면에 직접 채식 또는 채화하는 방법도 이용되고 있다.

바. 소성공정

소성공정은 도자기의 제조공정에서 가장 중요한 단계이며, 소지와 유약, 모양, 크기, 용도, 또는 가마의 종류와 연료, 소성온도, 불꽃 등의 조건에 따라 다소의 차이는 있지만 다음과 같이 겔(초벌)구이, 광택구이(본구이), 채식구이 등으로 분류된다.

겔구이는 그 목적에 따라서 둘로 나눌 수 있는데, 그 하나는 초벌구이라고도 부르는 것으로 자기제조에 주로 쓰이는 소성인데, 소지에 채화한다든지 유약을 칠한다든지 하는 쉽고 안전하게 취급하기 위해 필요한 강도를 주기 위하여 800-900 °C 정도의 낮은 온도로 소성하는 것을 말한다. 다른 하나는 체소(縮燒) 또는 겔구이라고 하는 것으로, 도자기제조에 주로 쓰는 소성인데 초벌구이보다 훨씬 높은 온도인 대개 1,100-1,200 °C에서 소성한다. 이것은 소지를 충분히 기계적 강도를 가지도록 녹는점이 낮은 유약을 사용한 다음에 낮은 온도로 구워서 제품을 만들 목적으로 하는 소성이다.

광택구이도 초벌구이의 종류에 따라서 두 가지로 분류된다. 즉 초벌구이를 한 소지에 유약을 칠하여 광택이 날 때까지 소성하는 방법을 참구이라고 하며, 주로 이러한 소성방식은 자기 제조에 쓰인다. 따라서 이 참구이는 보통 고온소성이 되며, 보통자기에서는 1,250 - 1,410 °C로 하고 있다. 이에 반하여 체소를 한 소지에 녹는점이 낮은 유약을 칠하여 비교적 낮은 온도에서 소성하여 광택을 내도록 하는 소성을 유약구이라고 한다. 일반적으로 유약구이의 온도는 체소온도에 비하여 100 °C정도 낮은 것이 보통이다. 이와 같은 소성방식의 차이 때문에 자기와 도기는 성질상 여러가지 차이가 나는데, 자기는 도기에 비하여 기계적 강도가 세고, 화학적 내구력도 강한 반면에, 치수를 정확하게 하기가 힘들고, 채식도 좀더 제한되어 외관상 좋은 것을 만들기 힘들다는 어려운 점이 있다.

채식구이는 광택구이를 한 제품을 장식하기 위하여 유상채색료로 채화하든가 전사지로 전사해서 머플가마에서 낮은 온도로 소성하여 유상채색료를 융착시키는 소성작업 공정으로 이 채식구이의 온도는 보통 700-900 °C이다. 이 온도까지는 안정한 채색료가 많아서 거의 임의의 채색이 가능하다. 따라서 자기와 도기를 막론하고 많이 채택하는 방법이다. 이들 도자기를 소성하는 장치에는 여러 가지가 있는데, 소성작업,

불꽃의 진행방법, 불꽃과 피가열체의 접촉방법, 사용연료의 종류, 온도, 형상등에 따라 여러종류로 나뉜다. 우리 나라에서 많이 사용되고 있는 가마를 보면 오름가마(동요), 꺾임불꽃식 가마, 터널가마 등이 있으며, 연료로는 벙커 C유, 경유, 가스 등이 많이 쓰인다. 이 공정에서는 근로자가 로를 점검하는 경우와 제품을 투입하고 꺼내는 과정에서 고온에 폭로될 수 있다.

II. 대상 및 방법

1. 대상

연구대상 사업장은 표 3과 같고 비교적 유해인자의 발생이 많은 요업을 대상으로 100인 미만의 사업장 3개소, 100인 이상 200인 미만 사업장 6개소, 및 200인 이상 2개소 등 11개 사업장을 대상으로 근로자의 분진, 고온, 소음 및 납 등의 유해인자 폭로실태와 작업환경 관리실태 등을 조사하였다.

표 3. 규모별 조사대상 사업장 수

근로자 규모	조사대상 업체수
< 100	3
100 - <200	6
200 - <300	2
계	11

2. 방법

1) 분진의 폭로농도 측정

가. 충분진의 농도

공기중 충분진의 농도측정은 미국국립산업안전보건연구소(National Institute for

Occupational Safety and Health, NIOSH)의 공정시험 No. 0500 (NIOSH, 1984)에 따라 측정하였다.

개인용 시료포집기(personal air sampler, MSA Model Flow-Lite)를 이용하여 사용 전후에 유량보정계로 유량을 보정한후, filter holder에 Polyvinyl chloride(PVC) filter(직경 37 mm, 공극크기 0.5 μ m)를 장착시켜 1.8 ~ 2.5 L/min의 유량으로 시료를 포집하였다. 여지의 수분함량에 따른 오차를 줄이기 위해 포집전과 포집후의 여지를 desiccator에 넣어 24시간 건조시킨 후 0.01 mg 까지 잴수 있는 천평(독일, Sartorius Model)로 평량하여 다음식에 따라 분진농도를 구하였다.

$$\text{총 분진의 농도(mg/m}^3\text{)} = \frac{(\text{포집 후 여지무게} - \text{포집 전 여지무게})}{\text{포집유량(L/min)} \times \text{포집시간(min)}} \times 1,000$$

나. 호흡성분진의 농도

호흡성분진은 NIOSH 공정시험법 No. 0600 (NIOSH, 1984)에 따라 측정하였다. 즉, 10mm-nylon cyclone을 시료채취기에 부착시켜 PVC filter(pore size 0.5 μ m, 37 mm dia)에 분당 1.7-1.8 liter의 유량으로 5 - 7 시간 동안 근로자의 호흡위치에서 포집하였다. 호흡성분진의 농도만을 측정하기 위해서는 습도변화에 따른 중량 변화가 비교적 적은 glass fiber filter를 사용하면 좋으나 분진중 유리규산 함유량을 분석해야 하므로 PVC filter를 사용하였다.

습도변화에 따른 중량변화를 보정하기 위해 시료를 포집하기 전후에 desiccator에 넣어 24시간 완전히 건조시킨후 평량한다. 공기중 호흡성분진의 농도는 총분진 농도의 계산식과 동일하다.

미국 산업위생전문가 협의회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)에서 규정하는 바에 따르면 호흡성분진(Respirable dust)은 호흡기관의 가스교환 부위에 침착되었을 때 인체에 해를 끼치는 물질로 정의하고 있다. 즉 다음과 같은 공식의 효율에 따라 포집되는 입자로 구성된 분진을 말한다(ACGIH, 1993).

$$SR(d) = SI(d) [1 - F(x)]$$

$SI(d)$ = the collection efficiency for particles with aerodynamic
 diameter d in μm
 $x = \ln(d/\Gamma) / \ln(\Sigma)$
 $\Gamma = 4.25$
 $\Sigma = 1.5$
 $F(x)$ = the cumulative probability function of a standardized
 normal variable, x

이와 같은 조건에 따라 포집되는 각 입자크기에서의 포집효율을 보면 표 4와 같다. 이전의 정의와의 중요한 차이는 median cut point에 있어서 3.5 μm 에서 4.0 μm 로 상승한 데 있다. 이는 The international Standard Organization/European Standardization Committee (ISO/CEN) 원안과 일치한다. 이 규격에 맞는 이상적인 respirable dust sampler와 10-mm nylon cyclone를 이용한 측정치를 서로 비교한 결과 두 값이 거의 유사한 것으로 연구된 바 있다. 따라서 10-mm nylon cyclone을 사용하여 1.7 Lpm의 유량으로 호흡성분진을 측정하여도 문제는 없다(Bartley, D.L. 등, 1993, Liden 등, 1993).

표 4. 호흡성 분진의 폐포 침착율

Particle Aerodynamic Diameter(μm)	Respirable Particulate Mass (RPM) %
0	100
1	97
2	91
3	74
4	50
5	30
6	17
7	9
8	5
10	1

다. 호흡성분진중의 유리규산 함율량

분진을 함유한 filter를 도가니에 넣고 aceton 4~5방울을 첨가하여 filter를 녹인 후 hot plate위에 80℃로 5~10분간 가열하여 aceton을 증발시킨다. Aceton을 증발시킨 도가니를 전기회로(furnace)에 넣어 600℃~700℃에서 90분간 가열하여 회화시킨 후 회화된 ash에 KBr 100mg을 섞어 막자사발에서 곱게 갈은 다음 7mm die를 사용하여 pellet을 만든다.

이렇게 만들어진 sample pellet을 간섭식 적외선 분광분석기(Fourie Transform Infrared Spectrophotometer, model Analect FX6160)를 이용하여 유리규산의 흡광도를 구하고 표준곡선에 맞추어 시료중의 유리규산의 농도를 산출한다.

이때 spectrum의 파장영역은 $4,000\text{cm}^{-1}$ - 401cm^{-1} 로 하고 유리규산 peak의 위치는 797cm^{-1} - 801cm^{-1} 에서 나타나게 되며 표준곡선의 작성은 표준석영(standard a-quartz)을 사용하여 FTIR-spectrophotometer로 흡광도를 구하여 작성한다.

라. 측정위치 및 측정시간

총분진과 호흡성 분진을 서로 비교하기 위해 대부분 같은 위치에서 채취하였으며 근로자의 폭로수준을 평가하기 위해 근로자의 호흡위치에서 개인시료(personal sample)를 주로 채취하였으며 각 공정에서 장소시료(area sample) 보조적으로 채취하였다. 시료채취시간은 검출한계와 작업시간을 고려하여 5 - 7 시간 동안 채취하였다.

2) 소음

소음수준의 측정은 미국 산업위생전문가협회(ACGIH)에서 권고하는 방법(ACGIH, 1993)에 따라 측정하였으며, 소음수준 측정기(Sound Level Meter, B&K Co.)를 저속 반응상태(slow response)로 조정 한 후 각 공정별로 근로자 작업위치와 소음원에서 A 특성치를 측정하였다.

3) 온열조건

미국 ACGIH에서 추천하는 방법(ACGIH, 1993)에 따라 근로자의 작업위치에서 건구온도, 습구온도, 흑구온도, 기류를 측정하였고 다음식에 따라 WBGT 지수(Wet Bulb Globe Temperature Index)를 산출하였다.

육내 : $WBGT\ Index = 0.7\ NWB + 0.2\ GT + 0.1\ DB$

육외 : $WBGT\ Index = 0.7\ NWB + 0.3\ GT$

WBGT Index: Wet Bulb Globe Temperature Index

NWB : Natural Wet-Bulb Temperature

GT : Globe Temperature

DB : Dry-Bulb Temperature

4) 납 (Pb)

공기중 납과 카드뮴의 측정은 미국 NIOSH의 공정시험법 No. 7300 법 (NIOSH, 1984)을 이용하여 측정하였다. cellulose ester membrane filter (pore size 0.8 μ m, 37 mm dia.)에 개인용 시료펌프를 연결하여 약 2 Lpm의 유량으로 시료를 포집한 후 이 시료를 질산과 과염소산 혼합액(4:1)으로 회화시킨 후 원자흡광광도계(Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS)를 이용하여 분석한후 공기중 농도를 산출하였다.

No. 7300 법은 ICP(Inductively Coupled Plasma)를 이용하여 한 시료에서 여러 금속을 분석할 수 있는 방법으로 제시되어 있으나, 본 연구에서는 이 방법의 회화과정을 거친 후 AAS를 이용하여 분석하였다. AAS를 이용하여 여러 금속을 함께 분석하고자 할 때 7300 법의 회화과정을 거치도록 NIOSH에서는 권고하고 있어 본 연구도 이에 따라 실험을 수행하였다. 이 방법은 공기중 금속시료가 포집된 cellulose ester membrane filter (pore size 0.8 μ m, 37 mm dia.)를 질산과 과염소산의 4:1 혼합액으로 열교반기 위에서 회화시켜 분석한다.

III. 결과 및 고찰

1. 분진 폭로농도 및 평가

1) 건강장해 및 허용기준

가. 건강장해

도자기 제조작업은 습식공정 이외의 공정에서 정도의 차이는 있으나 대부분이 광물성분진을 발생함으로써 문제가 된다.

분진의 성분에 있어서는 석영이 주성분인 유리규산이 문제되는데 이 석영은 소성에 의하여 전이하게 되는데, 이것이 광물학적으로는 유리규산의 일종이지만 폐내에서의 유리증식성은 석영보다도 강력해지기 때문이다. 그러므로 도자기 제조작업장의 분진중에는 석영외에도 이러한 트리디마이트(tridimite)나 크리스토파라이트(cristobalite)가 존재할 수 있는 점에 주의 하여야 한다.

도자기 제조작업의 주요 원재료는 규산염 등의 광물이기 때문에 작업환경중 분진에는 다량의 유리규산이 함유되어 있을 가능성이 있다.

이러한 분진이 비강 - 인후 - 기관 - 기관지 - 세기관지 - 폐포의 순으로 인체내부에 들어 오고, 폐포에서는 산소와 혈액중의 탄산가스의 교환이 행해지지만 분진의 입자가 10 μm 이상의 것이나 비중이 무거우면 비강이나 인후부에 부착되고 객담으로 외부로 배출하게 된다. 또한 5 μm 부근의 입자가 많으면 기도점막의 섬모상에 부착되어 그 섬모운동에 의하여 체외로 운반되어 배출된다. 1 - 2 μm 의 분진은 폐포에 침착율이 가장 높고 이보다 적은 입자의 분진은 침착율이 떨어진다.

결정형의 규산을 함유하는 분진에 폭로는 규폐증과 관련이 있다. 초기 단계에서는 규폐증은 x-ray 상으로 폐에 scarring이 보인다. 이때는 신체상의 증상은 없는 상태이다. 질환이 진행됨에 따라 빈번한 마른 기침, 숨막힘(shortness of breath), 혈떡임(wheezing), 피로 등의 증상이 나타난다. 이 증상은 보다 악화되어 호흡곤란, 신장병, 폐렴, 또는 다른 합병증으로 인하여 죽음에 이르게 된다(Cooper 등, 1993, Aplapaugh 등, 1988, Chen 등, 1992).

규폐증이 발전하는 속도는 변화가 있을 수 있다. 만성 규폐증인 경우 약 20년

이상의 폭로기간이 경과후 진단이 내려진다. 가속화된 규폐증인 경우 폭로기간은 5년에서 15년이다. 급성 규폐증은 5년 이하의 매우 높은 실리카 폭로와 연관이 있다.

한편 실리카와 폐암의 연관성에 대해 많은 연구가 진행되어 왔으며 많은 연구자에 의해서 이의 강한 관계가 증명되었다(Thomas, 1987, Forastiers, 1986, NIOSH, 1992).

나. 허용기준 고찰 및 권고

우리나라에서는 표 5 및 6과 같이 광물성 분진을 흡입성 분진과 충분분진으로 구분하여 허용기준을 정하고 있다(노동부, 1991). 광물성 분진을 제1종 분진과 제2종 분진, 제3종 분진으로 구분하고 허용기준은 각각에 대해 달리 설정되어 있다. 유리규산 30 % 이상의 것은 제 1종 분진, 1 % - 30 % 인 분진은 제2종 분진, 1 % 미만인 분진은 제 3종 분진에 속한다. 충분분의 경우 허용농도는 제1종 분진은 2 mg/m^3 , 2종 분진 5 mg/m^3 , 제3종 분진 10 mg/m^3 으로 설정되어 있다. 이와 아울러 각 군에 해당되는 분진의 종류를 열거하고 있다.

예를 들면, 요업제품의 원료가 되는 활석(talc) 분진은 제 1종 분진으로 충분분진으로 2 mg/m^3 을 허용기준으로 정하고 있다. 그러나 활석의 경우 호흡성 분진에 대해서도 허용기준이 설정되어 있는데 2 mg/m^3 으로 충분분의 그것과 동일하다. 이것은 우리나라 노동부의 허용기준에 문제가 있는 것으로 보인다. 허용기준을 제정할 때 미국 ACGIH의 허용기준(Threshold Limit Values, TLVs)을 그대로 옮기는 과정에서 호흡성 분진으로만 채택해야 하는데 충분분의 허용기준에도 포함시키는 오류를 범한 것으로 보인다. 따라서 활석의 충분분의 허용기준은 삭제하고 호흡성 분진에 대해 2 mg/m^3 로 채택해야 할 것으로 판단된다.

또 다른 요업제품의 원료로 사용되는 고령토(kaolin) 및 규조토(diatomaceous)는 제 3종 분진으로 규정되어 있다. 요업에서의 충분분의 허용기준을 적용하는데는 모호한 점이 있다. 도자기 등의 요업제품은 유리규산의 함량이 비교적 높은 것으로 보고되어 있고 이 업종에서 직업병 발생수가 타 제조업종에 비해 많은 것으로 보고되고 있기 때문에 분진의 유리규산 함량이 크게 영향을 주는 것으로 판단된다. 분진의 독성은 유리규산 함량에 따라 진폐증 등의 호흡기계 질환을 일으키는 정도가 크게 좌우되므로 유리규산의 함량의 영향을 이와 같이 대략적으로 반영하는 것은 부적합한 것으로 보인다. 한편 석탄분진의 경우 2종 분진으로 분류되어 있으며 허용농도는 충분분진으로 5 mg/m^3 이다.

우리나라의 호흡성분진에 대한 허용농도는 표 6과 같이 분진종류에 따라 설정되어 있다. 이중 중요한 것은 결정형의 실리카에 대한 것이고 이에 해당하는 광물질인 석영은 0.1 mg/m^3 , 그리고 트리디마이트(tridimite)와 크리스토파라이트(cristobalite)가 0.05 mg/m^3 으로 정하고 있다. 따라서 호흡성분진의 경우 분진중 유리규산 함량과 독성이 허용기준의 설정에 중요한 요소로 작용한다.

미국 ACGIH의 광물성 분진의 TLV는 표 6과 같이 우리나라와 유사하게 설정되어 있다(ACGIH, 1993). 우리나라의 Fused silica는 결정형으로 분류되어 있는데 ACGIH에서는 비결정형으로 분류되어 있다. 이 물질은 비결정형으로 분류되어야 할 것이다. 허용기준은 두 경우 모두 호흡성 분진으로 0.1 mg/m^3 이다.

비결정형의 실리카인 규조토(uncalcined), 퇴적 실리카(precipitated silica), 실리카 흙 및 실리카겔은 유리규산이 1% 미만인 경우 총분진으로 10 mg/m^3 으로 정하고 있다. 결정형의 실리카인 석영과 tripoli는 0.1 mg/m^3 , 이보다 독성이 큰 것으로 알려져 있는 트리디마이트나 크리스토파라이트는 호흡성분진으로 0.05 mg/m^3 으로 정하고 있다. 석탄분진의 경우 허용기준은 유리규산이 5% 미만인 분진일 때 호흡성분진으로 2 mg/m^3 이나 5% 이상인 경우 호흡성분진중의 석영에 대해 0.1 mg/m^3 을 설정하고 있다

미국 국립산업안전보건청 (OSHA)에서 정하는 법적 허용기준은 결정형의 유리규산에 좌우되는 것은 동일하나 그 값은 정확한 유리규산의 함량이 직접 반영 된다. 총분진과 호흡성분진의 유리규산이 변수가 되는 서로 다른 공식에 의해 그 값이 산출된다. 미국 OSHA의 허용기준은 표 7과 같다(OSHA, 1989).

미국 NIOSH에서는 결정형 실리카를 잠재적인 직업성 발암물질이라고 분류하고 있다(NIOSH, 1992). NIOSH의 결정형 실리카의 권고 허용한계(Recommend Exposure Limit, REL)를 10시간 시간가중평균으로서 0.05 mg/m^3 로 정하고 있다.(NIOSH, 1974).

표 5. 총분진의 허용농도

분 진 의 종 류		허 용 농 도
제1종분진	◦ 유리규산(SiO_2)30% 이상의 분진 ◦ 활석(Talc: $30\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) ◦ 납석(Agalmatolite : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) ◦ 알루미늄 (Aluminum :Al) ◦ 황화광(Sulfide ore)	$2\text{mg}/\text{m}^3$
제2종분진	◦ 유리규산(SiO_2)30% 미만의 광물성 분진 ◦ 산화철(Iron oxide : FeO) ◦ 천연흑연(Natural graphite) ◦ 카본블랙(Carbon Black) ◦ 활성탄(Activated carbon) ◦ 석탄(Coal dust)	$5\text{mg}/\text{m}^3$
제3종분진	◦ 기타분진(유리규산 1% 이하) · 알파 알루미나 (α-Alumina: Al_2O_3) · 알루미늄 금속 (Aluminum metal dust, as Al) · 탄산칼슘(Calcium carbonate: CaCO_3) · 칼슘실리케이트(Calcium Silicate) · 셀룰로우스(Cellulose, paper fiber: $(\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$) · 에머리 (Emery) · 글리세린 미스트(Glycerin mist : $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$) · 합성흑연(Graphite, synthetic) · 석고 (Gypsum) · 고령토(Kaolin) · 석회석(Lime stone) · 자철광(Magnesite: MgCO_3) · 대리석(Marble)	$10\text{mg}/\text{m}^3$

제3종 분진	· 규조토(Diatomaceous earth) · 광물털섬유(Mineral wool fiber) · 사아질산 펜타에리트리톨 (Pentaerythritol) · 소석고(Plaster of Paris) · 펄라이트(Perlite) · 포틀랜드시멘트(Portland cement) · 루지(Rouge) · 규소-비결정체(Silica-amorphous) · 실리콘(Silicon) · 탄화규소(Silicon carbide:SiC) · 전분(Starch: $(C_6H_{10}O_5)_n$) · 자당(Sucrose: $C_{12}H_{22}O_{11}$) · 이산화타타늄(Titanium dioxide: TiO_2) · 식물성 오일 미스트(Vegetable oil mist, except castor, cashew nut, or similar irritant oils) · 스테아린산 아연(Zinc stearate: $(C_{17}H_{33}COO)_2$) · 산화아연분진(Zinc oxide dust: ZnO)	
석면 및 기타 분진	◦ 석면(길이 μm이상) · 아모사이트(amosite: $5.5FeO \cdot 1.5MgO \cdot 8SiO_2 \cdot H_2O$) · 크리소타일(crysotile: $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) · 크로시도라이트 (crocidolite: $NaO \cdot Fe_2O_3 \cdot 3FeO \cdot 8SiO_2 \cdot H_2O$) · 기타형태 (Other forms) ◦ 면분진(Cotton dust) ◦ 소우프스톤(soap stone)	0.5개/cm^3 2개/cm^3 0.2개/cm^3 2개/cm^3 0.2개/cm^3 6mg/m

표 6. 호흡성 분진의 허용농도

분진의 종류	허용농도, mg/m ³	
	노동부	ACGIH
석탄분진 (Coal dust)	2	2 ^A
천연흑연 (Graphite, natural)	2.5	2
파라쿼트 (Parauat)	0.1	0.1
실리카, 결정체 (Silica, crystalline)		
석영 (Quartz)	0.1	0.1
크리스토파라이트 (Cristobalite)	0.05	0.05
트리디마이트 (Tridymite)	0.05	0.05
트리폴리 (Tripoli)	0.1	0.1
실리카 (Silica, fused)	0.1	0.1
소우프스톤 (Soapstone)	3	3
활석 (Talc, 석면 비함유)	2	2
바나듐 분진 및 흙 (Vanadium dust & fume)	0.05	0.05 ^B
카드뮴 분진 및 염 (Cadium dust & salt, as Cd)	0.5	0.01 ^C

A: 결정형의 실리카 함량이 5 % 미만일때: 5 % 이상이면 호흡성 석영에 대한 허용농도 0.1 mg/m³ 을 적용시킨다.

B: As V₂O₅

C: As Cd: Suspected Carcinogen(A2).

미국 OSHA에서는 근로자의 폭로평가지 SiO₂ 함량을 분석한 다음 이 값을 허용기준을 구하는 공식에 적용시켜 구한 허용기준과 비교한다. 우리나라와 미국 ACGIH에서는 유리규산이 일정한 함량을 넘으면 분진의 종류에 따라 그 허용기준이 설정되어 있어 이것과 비교 평가할 수 있다.

위에서 언급한 바와 같이 분진중 결정형의 유리규산 함량이 분진에 대한 근로자의 폭로 평가에 있어 기초가 되는 중요한 인자이다. 도자기제품(pottery ware body)의 유리규산 함량은 15 - 25 % 라고 보고되어 있다. 도자기 및 요업제품의 원료의 SiO₂ 함량은 고평토 43.5 - 46.5 %, 도석 70 -80 %, priphylite 66.7 %, 납석 66.7 %, Sericite 45 - 66 %, 규석 98 % 이상, 규조토 73 - 91 %, 장석 32 -68.7 %, 활석 63.5 % 라고 보고되어 있다(한국산업안전공단, 1991). 일본에서 발표된 자료에 따르면 부유분진중의 유리규산 함량은 평균 25.1 % (16.3 - 32.3 %)라고 보고하였고 Cooper 등은 11.6 - 34.0 % 라고 보고하였다(Cooper, 1993). 따라서 이들 자료에 근거하면 요업에서 발생하는 분진의 규산함량이 거의 30 % 가 되리라고 추정된다.

우리나라에서는 유리규산이 30 %를 초과하면 1종 분진으로 분류하여 그 허용기준을 총분진의 경우 2 mg/m^3 , 호흡성분진의 경우 결정형의 유리규산광물 형태면 그 광물종류에 따라 그 값을 설정되어 있는데, 요업분진의 경우 유리규산함량이 일반적으로 30 % 를 초과하므로 총분진의 허용기준은 2 mg/m^3 로 설정하는 것이 타당하다고 본다. 또한 호흡성 분진은 미국 OSHA에서 유리규산 함량에 따른 허용기준 설정공식에 의해, 요업의 유리규산 함량 30 %를 대입하여 구한 값 0.31을 근거하여 0.3 mg/m^3 을 허용기준으로 적합하다고 본다.

표 7. 미국 OSHA의 분진에 대한 허용농도 (PEL)

물 질		mppcf	mg/m ³
실리카 :			
결정형	석영(호흡성)	$\frac{250}{\%SiO_2 + 5}$	$\frac{10}{\%SiO_2 + 2}$ 또는 0.1
	석영(총분진)		$\frac{30}{\%SiO_2 + 2}$
	트리디마이트 / 크리스토파라이트		석영에 대한 공식에 의한 값의 1/2
비결정	천연규조토 포함	20	$\frac{80}{\%SiO_2}$
silicate(<1% free silica)			
	mica	20	
	soapstone	20	
	talc(석면 비함유)	20	
	포틀랜드 시멘트	50	
graphite(천연)		15	
석탄 분진(호흡성, < 5% SiO ₂)			2
석탄 분진(호흡성, > 5% SiO ₂)			$\frac{10}{\%SiO_2 + 2}$
respirable quartz fraction			0.1
Inert or Nuisance Dust :			
	호흡성 분진	15	5
	총 분진	50	15

mppcf: millions of particles per cubic foot of air

2) 업체별 총분진 및 호흡성분진 폭로농도

11 개 대상사업장에서 측정한 공기중 총분진 및 호흡성 분진 농도값들의 분포를 본 결과 그림 에서 보듯이 대수정규분포를 하는 것으로 나타났다.

총분진 시료의 전체 기하평균(Geometric mean, GM)은 표 8 및 그림 3에서 보듯이 1.00 mg/m^3 ($0.01 - 10.6 \text{ mg/m}^3$) 으로 나타났고 기하표준편차(Geometric standard deviation, GSD)는 3.2 였다. 표 8 및 그림 4에서 보듯이 대상사업장들 중에서 가장 높은 평균농도를 보인 사업장은 DS 사업장으로서 GM은 1.64 mg/m^3 (GSD=1.90)로 나타났다.

한편 가장 높은 농도를 보인 시료는 SR 사업장에서 측정된 10.6 mg/m^3 이었다. 가장 낮은 폭로농도를 보인 사업장의 평균 분진농도는 0.24 mg/m^3 (범위 $0.04 - 1.62 \text{ mg/m}^3$) 로 앞의 사업장과 약 5배의 차이를 보이고 있어 사업장간의 농도변이가 큰 것으로 나타났다. 이 업체는 가정용 생활도자기를 생산하는 업체로서 종사자가 100 인 이상의 규모가 큰 업체로서 전반적으로 작업환경관리를 다른 업체보다 잘하기 때문인 것으로 판단된다.

표 8에서 보듯이 대상사업장의 전체 평균은 허용기준의 1/2 수준이었고 대상사업장중 평균농도가 허용기준 2 mg/m^3 을 초과하는 사업장은 하나도 없었다. 그러나 일부 부시료는 허용기준보다 높은 농도치를 보이고 있으며 최고 5배 정도의 수준을 보이는 시료도 존재하였다. 전체 64개 시료중 허용기준 2 mg/m^3 를 초과하는 시료수는 15개 (23.5 %) 였다. 전체적으로 비교적 허용기준보다 낮은 폭로수준이나 일부 공정에서는 분진 발생량이 많아 일부 근로자는 허용기준을 훨씬 초과하는 수준을 나타내기도 했다. 분진 농도가 높은 공정에서 근무하는 근로자의 적절한 보호대책이 필요한 것으로 보인다.

호흡성 분진의 경우 표 9 및 그림 3 에서 보듯이 5개 대상사업장의 전체 기하 평균은 0.33 mg/m^3 (범위 $0.01 - 6.89 \text{ mg/m}^3$) 로 총분진의 1/3 수준이었다. 전체적으로는 총분진의 1/3 수준이었고 최고 6.89 mg/m^3 의 높은 값을 보인 시료도 있었다. 가장 높은 농도를 보인 사업장은 표 9 및 그림 4에서 보듯이 SR 사업장으로서 이 업체의 기하 평균이 0.88 mg/m^3 (범위 $0.14 - 6.89 \text{ mg/m}^3$)였고, 최저 농도를 보인 업체는 SD 사업장으로서 평균농도는 0.21 mg/m^3 ($0.12 - 0.32 \text{ mg/m}^3$) 였다.

본 연구에서 제시한 요업분진의 호흡성 분진에 대한 허용기준 0.3 mg/m^3 과 비교해볼 때 전체 평균농도는 이를 약간 초과하는 수준이었고 5개 사업장중 1개 업체를 제외하고는 이 값을 모두 초과하였다. 전체 23 개 시료중 이 기준을 초과하는 시료수는 14 (68.9 %) 였고 최고 22 배 까지 달하는 시료도 있었다.

표 8. 사업장별 공기중 총분진 농도

사 업 장	N	GM ₃ mg/m ³	범 위 mg/m ³	GSD	허용기준 초과수 (%)
TS	8	1.39	0.57 - 3.96	2.04	2 (25)
SR	4	1.60	0.01 - 10.6	4.22	3 (75)
KSC	6	0.24	0.04 - 1.62	3.67	0 (0)
KC	8	0.63	0.10 - 3.42	2.82	1 (12.5)
DH	6	0.51	0.01 - 3.59	8.45	1 (16.7)
KJ	5	1.17	0.53 - 4.91	2.45	1 (20)
SD	5	1.23	0.29 - 7.01	3.50	2 (40)
YG	4	0.88	0.37 - 2.36	2.21	1 (25)
DD	6	0.58	0.01 - 4.66	9.37	2 (33.3)
CK	4	0.95	0.23 - 2.15	2.66	1 (25)
DS	5	1.64	0.88 - 4.52	1.90	1 (20)
계	64	1.00	0.01 - 10.6	3.20	15 (23.5)

표 9. 사업장별 공기중 호흡성 분진농도

사 업 장	N	GM ₃ mg/m ³	범 위 mg/m ³	GSD	허용기준 초과수 (%)
TS	4	0.40	0.18 - 0.73	1.88	3 (75)
SR	4	0.88	0.14 - 6.89	5.44	3 (75)
DH	5	0.39	0.01 - 1.58	2.73	3 (60)
KJ	5	0.41	0.20 - 0.68	1.75	3 (60)
SD	5	0.21	0.12 - 0.32	1.53	2 (40)
계	23	0.33	0.01 - 6.89	1.96	14 (68.9)

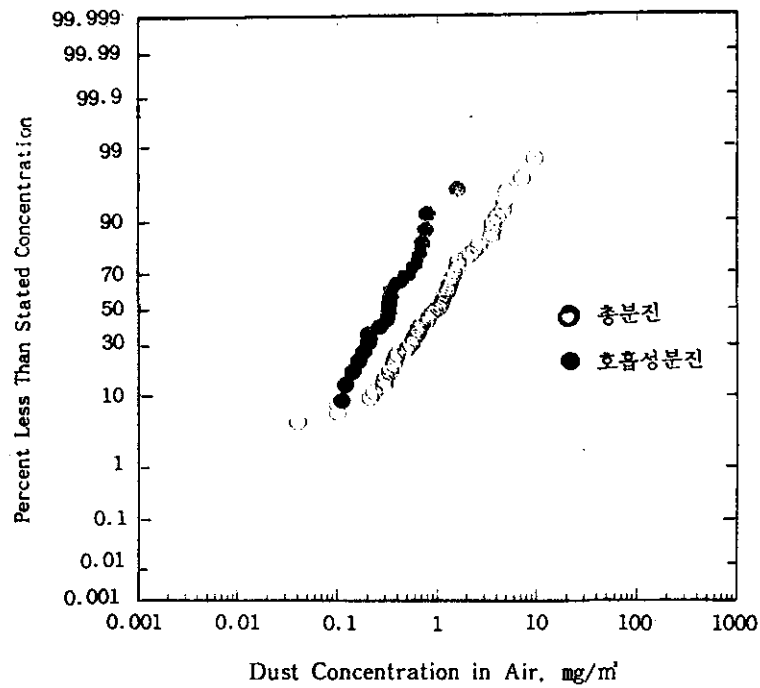


그림 3. 공기중 총분진 및 호흡성 분진의 농도 분포.

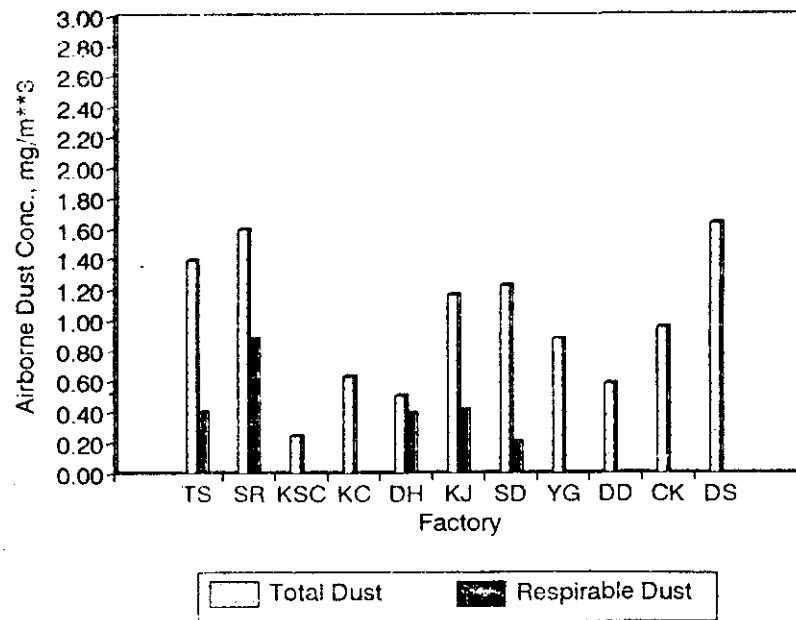


그림 4. 업체별 공기중 총분진 및 호흡성 분진의 농도.

우리나라에서는 작업환경 측정 및 평가시 호흡성분진을 측정하는 것이 거의 없는 실정이다. 총분진에 비해서 측정이 까다로운 점이 이의 원인이 되겠지만 무엇보다 중요한 것은 호흡성 분진의 중요성을 제대로 인식하고 있지 않기 때문이다. 실제로 진폐증과 같은 호흡기계 질환을 유발하는 분진은 가스교환 부위(폐포)에까지 침투할 수 있는 분진으로서 그 크기에 의해 결정된다. 따라서 이 조건에 부합하는 호흡성 분진을 측정하는 것이 근로자의 분진폭로 평가시 필수적이라 하겠다.

미국 ACGIH 및 OSHA에서 권고하는 10-mm mm nylon cyclone은 사람의 폐와 유사하게 작용하도록 고안되었으며 이 preselector를 통과한 분진이 실제로 폐포에 도달하는 분진이라고 볼 수 있다.

대한산업보건협회에서 1990년 노동부 연구용역결과 보고서인 “광업이외의 진폐발생실태 및 보호대책개발연구”에서 도자기 및 요업에서 사업장을 대상으로 측정한 분진의 농도는 총분진의 농도가 평균 3.98 mg/m^3 (범위 $1.32 - 6.31 \text{ mg/m}^3$) 로 나타났고, 호흡성 분진의 경우 평균 2.19 mg/m^3 (범위 $0.81 - 5.35 \text{ mg/m}^3$)으로 나타나 본 연구의 결과보다 높은 폭로수치를 보였다.

그러나 이 보고서에는 시료수나 측정시간 및 시료종류(개인용시료 또는 작업장소시료)가 명시되어 있지 않고 기하평균인지 산술평균인지 알 수 없어 이 자료와 본 연구의 자료와 직접적인 비교는 곤란하다.

Copper 등은 위생용 도자기 제조업의 작업환경측정과 대책효과에 대하여 보고하였다. 이 연구자에 따르면 호흡성 결정 실리카의 근로자 폭로농도가 casting 공정에서 기하평균 0.13 mg/m^3 , 시유 스프레이 공정(glaze spray) 0.22 mg/m^3 , 시유 제조공정 0.15 mg/m^3 였다고 한다. 그리고 각 공정에서 작업장소 시료도 측정한 바, 각각의 농도가 각각 0.098 mg/m^3 , 0.073 mg/m^3 및 0.16 mg/m^3 였고 slip house 에서는 0.25 mg/m^3 의 높은 농도를 보였다.

그러나 자동화, 공정의 밀폐, 이형제(Mold parting compound)의 대체, 건식청소 방법의 변경, 습식 Casting, 습식청소, 국소배기 및 정리정돈 과 같은 적절한 대책을 수립후 폭로농도를 평가한 결과, 개인용시료의 경우 casting 공정에서 기하평균 0.027 mg/m^3 (GM 변화율 = -79 %), 시유 스프레이 공정(glaze spray) 0.034 mg/m^3 (GM 변화율 = -85 %), 시유 제조공정 0.179 mg/m^3 (GM 변화율 = +17 %) 였다고 한다. 그리고 각 공정에서 작업장소 시료도 측정한 바 각각 0.011 mg/m^3 (GM 변화율 = -89

%), 0.015mg/m³ (GM 변화율 = -79 %) 및 0.012 mg/m³ (GM 변화율 = -93 %) 였고 slip house 에서는 0.021 mg/m³ (GM 변화율 = -92 %)의 농도를 보여 개선이 매우 효과적 이었다고 하였다. 개선전 위생도기 제조업의 폭로수준은 모든 공정에서 결정형 실리 카의 허용기준 0.1 mg/m³을 초과하여 근로자의 건강장해가 우려되는 상태였으나 개선 후 허용기준이하로 감소되어 이자료는 매우 좋은 정보를 제공하고 있다.

이 연구자는 호흡성 분진(Respirable Mass)에 대한 자료도 제시하고 있다. 개선전 근로자의 개인폭로농도가 casting 공정에서 0.58 mg/m³, 시유공정에서 1.9 mg/m³, 시유제조 공정에서 0.54 mg/m³였고 개선 후 각 공정의 폭로농도는 각각 0.3 (GM 변화율 = -48 %)mg/m³, 0.3 mg/m³ (GM 변화율 = -85 %) 및 0.75 mg/m³ (GM 변화율 = +37 %)였다. 작업장소시료의 경우 개선전 각 공정에서 0.30 mg/m³(GM 변화율 = -754%), 0.25 mg/m³ (GM 변화율 = -84 %), 0.47 mg/m³ (GM 변화율 = -72 %)이었고 개선 후 0.14 mg/m³, 0.051 mg/m³, 0.065 mg/m³이었다.

일본의 요업제조업의 분진 폭로 농도는 충전진의 경우 분쇄 공정에서 평균 60.72 mg/m³, 평량 4.09 mg/m³, 혼합 154.83 mg/m³으로 보고하고 있다. 성형 공정에서는 후드가 없는 작업공정에서는 평균 63.06 mg/m³ 이었고 후드가 있는 작업장에서는 1.90 mg/m³이었다. 이 조사결과를 보면 분쇄나 혼합공정에서는 매우 높은 수준을 보이고 있고 성형공정에서는 국소배기 설치 유무에 따라 그 분진농도가 매우 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 분쇄나 혼합공정을 대상으로 측정시 발생원에서 측정하였기 때문에 분진농도가 매우 높은 것으로 보이고 성형공정에서 후드가 없는 공정이라도 도자기 원료를 반죽한 상태로 취급하기 때문에 분진 발생이 심한편은 아닌데, Cooper 등이 발표한 자료나 본 연구의 자료와 비교해볼 때 큰 차이가 있는 원인을 알 수 없다.

한편 호흡성 분진의 경우 분쇄, 평량 및 혼합 공정에서 각각 평균 4.40 mg/m³, 1.74 mg/m³, 63.59 mg/m³로 나타났고 성형에서는 국소배기시설이 없는 경우 41.40 mg/m³, 국소배기시설이 있는 경우 0.44 mg/m³로 나타나 충전진과 마찬가지로 국소배기시설의 유무에 따라 큰 차이를 보이고 있었다. 전반적으로 호흡성 분진의 경우에도 본 연구의 결과나 Cooper 등의 결과와 큰 차이를 보였다.

3) 공정별 공기중 분진 폭로농도

요업의 공정별 총분진 농도는 표 10 및 그림 5와 같다. 투입.제토분쇄 공정에서 가장 높아 1.75 mg/m^3 였고 다음으로 배합.평량 1.25 mg/m^3 , 정형 1.21 mg/m^3 , 성형 0.91 mg/m^3 , 시유 0.77 mg/m^3 , 건조.소성 0.45 mg/m^3 , 제형 0.42 mg/m^3 순으로 낮았다.

호흡성 분진농도는 표 11 및 그림 4와 같고 시유 0.62 mg/m^3 , 정형 0.48 mg/m^3 , 분쇄 0.45 mg/m^3 , 제형 0.25 mg/m^3 , 포장.검사 0.17 mg/m^3 , 소성 0.12 mg/m^3 순으로 낮았다.

원료투입 공정은 원료를 일정한 비율로 분쇄기에 투입하는 공정으로 사람이 직접 투입하는 경우가 많아 근로자는 투입시 발생하는 많은 양의 분진에 폭로하게 된다. 분쇄공정은 조분쇄기와 미분쇄기로 원료를 일정한 크기로 분쇄하며 분진이 발생됨은 물론 소음도 고수준으로 발생한다. 이 공정에서 총분진 농도는 최고 7.01 mg/m^3 로 나타났고 평균 1.75 mg/m^3 로 전체 공정중 가장 높은 수치를 보였다. 일본에서 조사된 자료를 보면 분쇄 공정에서 평균 60.72 mg/m^3 이었고 최고 387.15 mg/m^3 의 높은 수치를 보였으며, 조분쇄 공정에서도 평균 12.26 mg/m^3 의 높은 농도를 나타냈다. 호흡성 분진은 이공정에서 평균 0.45 mg/m^3 ($0.31 - 0.68 \text{ mg/m}^3$)의 수준을 보였고, 일본의 자료는 분쇄공정 평균 4.40 mg/m^3 , 조분쇄 공정 평균 4.25 mg/m^3 수준이었다

제형공정은 요업제품의 성형에 사용되는 석고틀을 제조하는 공정으로 분진 발생량이 적어 타공정보다 낮은 수준을 보였다. 이공정에서는 석고틀을 다듬질 할 때 분진이 발생하고 있었다.

성형공정은 수동성형기 또는 자동성형기의 하부 mold에 원료를 넣고 상부 mold를 회전시켜 제품을 일정한 형태로 성형한다. 다른 방식의 성형 공정으로는 주입성형 및 압축 성형을 들 수 있다. 주입성형은 석고 mold에 탈수되지 않은 슬러리를 넣고 일정시간 방치하여 건조성형한다. 압축성형은 원료를 석고 mold에 넣고 프레스로 압축하여 성형하는 방법이다. 자동성형기는 사람은 상주하지 않고 수시로 점검만 하고 있어 근로자의 분진폭로는 큰 문제는 되지 않으나 인접한 다른 부서로 분진이 비산될 가능성은 있었다. 이 공정에서는 문제가 되는 요인은 분진보다는 소음이었다.

자동성형기의 경우 수동보다 높은 수준의 소음으로 인하여 인접 부서 근로자에 영

향을 주었다. 성형공정의 자료는 여러 성형방식에 대해 측정한 자료를 종합하여 분석하였는데 이 공정의 총분진 농도는 0.91 mg/m^3 이었고 호흡성분진의 농도는 0.17 mg/m^3 로 나타났다. 그러나 일부시료는 높은 수치를 보였는데 총분진 농도가 최고 9.44 mg/m^3 에 달하는 시료도 있었다. 이 공정에서의 일본의 자료를 보면 국소배기시설이 없는 작업장에서 총분진과 호흡성 분진 농도가 각각 63.06 mg/m^3 및 41.40 mg/m^3 으로 나타났고 국소배기시설이 있는 경우 각각 1.90 mg/m^3 및 0.44 mg/m^3 로 나타나 국소배기시설에 의한 관리의 중요성을 말하고 있다. Cooper 등은 성형공정에서 개선 전 후 호흡성 분진의 농도를 측정하여 비교하였는데 개선전 근로자의 개인폭로농도가 0.58 mg/m^3 이었으나 개선후 0.30 mg/m^3 으로 낮아졌고 작업장소시료의 경우에는 개선전 0.30 mg/m^3 이었으나 개선후 0.14 mg/m^3 으로 감소하였다고 보고하였다.

건조공정은 성형된 제품을 정형이 가능하도록 건조기를 통과시켜 건조시키며 열원은 소성로 배기가스 및 LPG 연소가스를 사용한다. 이공정은 분진의 발생원이 없고 타공정에서 비산된 분진의 영향을 적게 받으므로 비교적 낮은 농도를 보였다.

정형공정은 성형된 제품의 귀부분을 칼날 또는 스폰지를 사용하여 매끄럽게 다듬는 공정이다. 이 공정은 칼날로 긁을 때 분진이 발생되며 비교적 높은 분진농도를 보이고 있었다. 이 공정의 총분진 농도는 1.21 mg/m^3 이고 호흡성분진은 0.48 mg/m^3 로 나타났다. 전 시료중 가장 높은 농도치를 보인 공정도 이공정으로 그 값이 10.6 mg/m^3 이다.

요적 및 1차소성은 대차에 제품을 적재하여 적정온도($800-900^\circ\text{C}$)의 소성로내에서 소성시키는 공정이다. 1차 소성을 거친 반제품은 제품의 상태 및 부착된 이물질들을 제거하는 검사과정을 거친 후 유약을 스프레이하거나 유약통에 담그는 시유과정을 거치게 된다. 시유과정을 거친 제품을 적정온도($1300 - 1460^\circ\text{C}$)의 소성로에서 가열한다.

이 공정에서의 총분진 농도는 0.77 mg/m^3 ($0.23 - 3.59 \text{ mg/m}^3$), 호흡성 분진 농도는 0.62 ($0.20 - 1.58$) 로 나타났다. Cooper 등은 이 공정의 개선전 근로자의 호흡성 분진 폭로농도는 0.54 mg/m^3 였고 개선 후 0.3 mg/m^3 이라고 보고하였고, 작업장소시료의 호흡성 분진농도는 개선 전후 각각 0.25 mg/m^3 및 0.051 mg/m^3 이라고 보고하였다.

다음으로 제조된 전사지를 부착하고 제품을 소성(회화소성 또는 3차소성)시킨다. 완

성된 제품을 검사한 후 포장하여 출하함으로써 상품의 생산이 마무리된다.

앞에서 언급한 공정외에 폴리싱과 같은 특수한 공정이 일부 사업장에 있었으며 이 공정은 연마재속에서 제품을 표면을 회전시켜 제품의 표면을 매끄럽게 다듬질하는 작업이다. 이 공정에서의 분진 농도는 비교적 높아 평균 1.24 mg/m^3 의 수준을 보였다. 이 공정은 분진외에 소음의 발생이 심하여 이것도 문제가 되는 공정이었다.

표 10. 공정별 총분진 농도

공정	N	GM mg/m^3	범위 mg/m^3	GSD
투입/제토/분쇄	10	1.75	0.36 - 7.01	2.80
배합/평량	6	1.25	0.38 - 3.96	2.36
제형	3	0.37	0.29 - 0.88	1.53
성형	16	0.91	0.01 - 9.44	4.36
정형	9	1.21	0.10 - 10.6	4.08
시유	5	0.77	0.23 - 3.59	2.79
건조/소성	6	0.46	0.01 - 1.58	6.75
포리싱	4	1.24	0.53 - 3.42	2.22
포장/검사	4	0.24	0.10 - 0.57	2.06

표 11. 공정별 호흡성 분진 농도

공정	N	GM mg/m^3	범위 mg/m^3	GSD
제토/분쇄	4	0.45	0.31 - 0.68	1.51
제형	2	0.25	0.12 - 0.51	2.83
정형	5	0.48	0.26 - 0.73	1.50
성형	2	0.17	0.16 - 0.18	1.09
시유	4	0.62	0.20 - 1.58	2.85
건조/소성	4	0.12	0.01 - 0.34	5.37
포장/검사	3	0.17	0.10 - 0.32	1.76

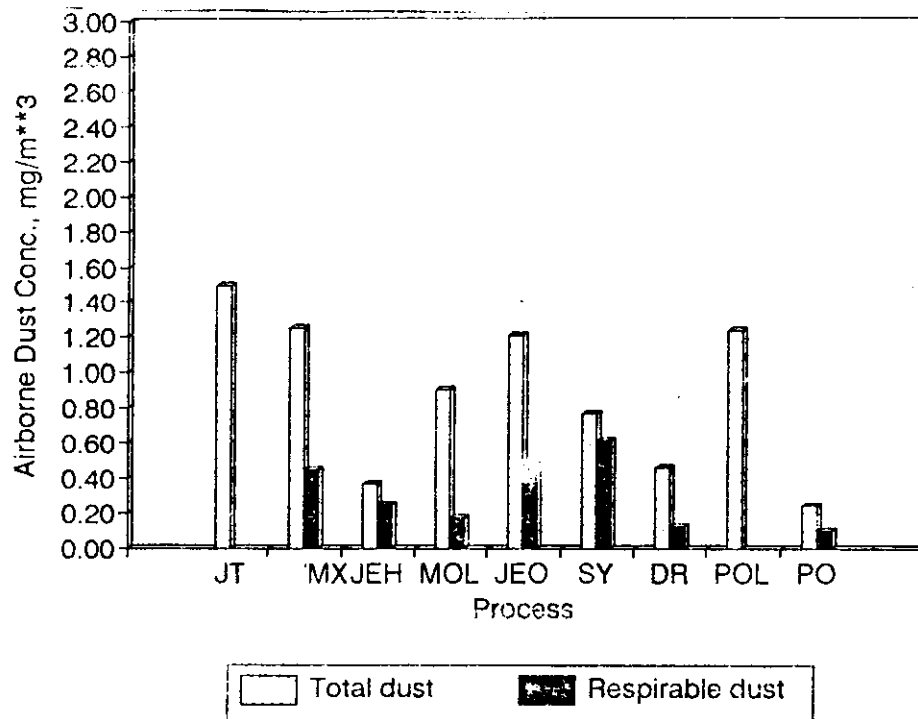


그림 5. 공정별 공기중 총분진 및 호흡성 분진의 농도.

JT : 재토/분쇄	MOL : 성형	DR : 건조
MX : 혼합/병량	JEO : 정형	POL : 폴리싱
JEH : 제형	SY : 시유	PO : 포장/검사

4) 생산제품에 따른 공기중 분진농도

본 연구의 조사대상 사업체에서 생산하는 제품은 크게 위생도기, 내화재, 생활도자기, 타일로 나눌 수 있다. 각 제품을 생산하는 업체별로 분진농도 분포를 본 결과는 표 12와 그림 6과 같다. 위생도기를 생산하는 업체의 총분진 평균농도가 1.62 mg/m³로 가장 높았고, 다음으로 내화재 1.39 mg/m³, 생활도자기 0.68 mg/m³, 타일 0.63 mg/m³ 순이었다.

호흡성 분진의 경우도 표 13 및 그림 6에서 보듯이 총분진과 같은 양상을 보였으며 각 제품별로 보면 위생도기 0.89 mg/m³, 단열재 0.40 mg/m³, 생활도자기 0.29 mg/m³, 타일 0.16 mg/m³ 순으로 나타났다.

표 12. 생산품별 각 사업장의 총분진 농도

제 품	N	GM mg/m ³	범 위 mg/m ³	GSD
생활도자기	18	0.68	0.10 - 7.01	3.24
위생도기	12	1.62	0.30 - 10.6	3.10
단열재	8	1.39	0.57 - 3.96	2.04
타일	16	0.63	0.01 - 4.66	6.40

표 13. 생산품별 각 사업장의 호흡성 분진 농도

제 품	N	GM mg/m ³	범 위 mg/m ³	GSD
생활도자기	10	0.29	0.12 - 0.68	1.81
위생도기	4	0.89	0.14 - 6.89	5.44
단열재	4	0.40	0.18 - 0.73	1.88
타일	5	0.16	0.01 - 0.77	5.39

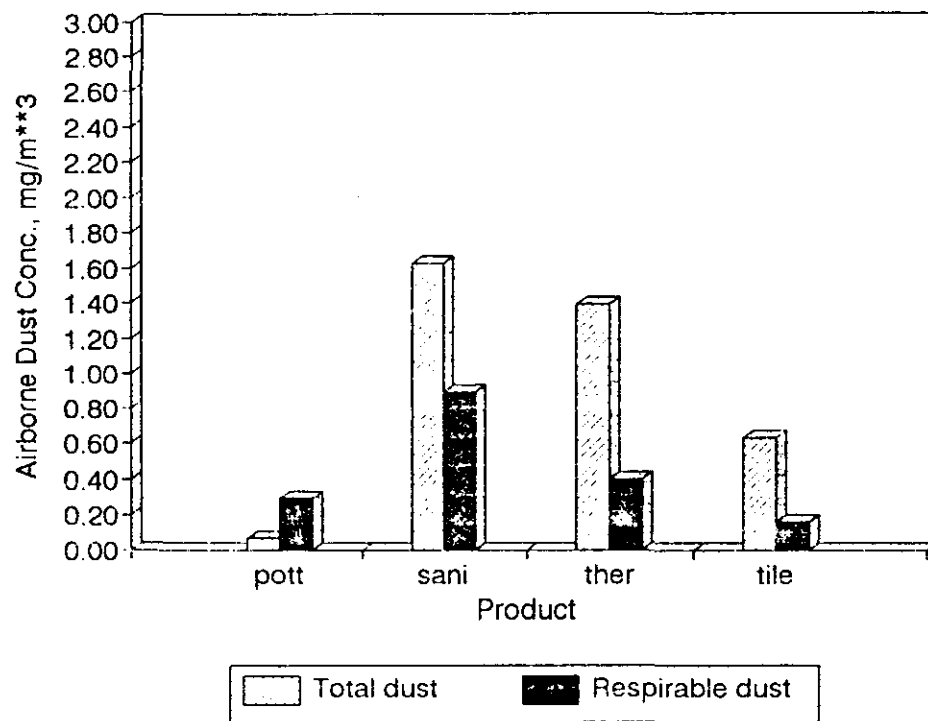


그림 6. 생산품별 공기중 총분진 및 호흡성 분진의 농도.

5) 충분진과 호흡성분진 농도 비교

충분진과 호흡성분진의 관계를 본 결과는 표 14와 같고 호흡성 분진과 충분진 농도의 비는 평균 0.36 (0.026 - 0.85)로 나타났다.

분진에 의한 장애는 작업환경중의 분진의 입경분포에 따라 크게 영향을 받는다. 진폐증을 일으킬수 있는 분진은 인체의 폐포조직에 도달할 수 있는 크기의 분진이어야 하는데 이러한 입경의 분진을 호흡성 분진이라 한다. 일반적으로 입경이 10 μm 이하인 분진을 말하며, ACGIH에서는 기하 평균입경이 4.0 μm 인 분진을 호흡성 분진이라고 정의하고 있다(ACGIH, 1993). 본 연구결과, 요업 사업장에서 측정된 충분진과 호흡성 분진의 비는 평균 0.36 %였고 어떤 사업체의 경우 함량이 0.85에 까지 이르므로 호흡성 분진의 비율이 높은 것으로 나타났다.

제품에 따른 충분진과 호흡성 분진의 비를 본 결과는 표 14와 같다. 생활 도자기 및 위생도기를 생산하는 업체의 호흡성과 충분진의 비가 각각 0.43 및 0.55로 나타나 다른 제품 제조업체보다 호흡성분진의 비가 높았다. 단열재 및 타일을 생산하는 업체에서는 각각의 비가 0.29 및 0.25로 나타나 이 두 업종에서는 비교적 크기가 큰 분진이 발생하는 것으로 짐작된다. 시료의 수가 적어 이의 경향을 단정할 수는 없고 앞으로 더 많은 연구가 진행되어야 하겠다.

표 14. 총분진 농도에 대한 호흡성 분진 농도의 비

총분진 농도 mg/m ³ (T)	호흡성분진 mg/m ³ (R)	비 R/T
1.61	0.73	0.45
0.57	0.32	0.56
1.13	0.42	0.37
0.38	0.01	0.026
1.12	0.33	0.29
0.21	0.11	0.51
1.48	0.68	0.46
0.60	0.51	0.85
0.93	0.20	0.21
0.53	0.26	0.49
0.29	0.12	0.41
2.62	0.31	0.12
3.59	0.77	0.21
4.91	0.64	0.13
평균±표준편차		0.36±0.22

표 15. 생산제품에 따른 공기중 호흡성 분진 및 총 분진의 비

제 품	총분진 농도 mg/m ³ (T)	호흡성분진 mg/m ³ (R)	비 R/T
생활도자기	0.68	0.29	0.43
위생도기	1.62	0.89	0.55
단열재	1.39	0.40	0.29
타일	0.63	0.16	0.25

6) 도자기제품 제조업 분진중 유리규산 함량

앞에서 언급한 바와 같이 분진중 결정형의 유리규산 함량이 분진에 대한 근로자의 폭로 평가에 있어 기초가 되는 중요한 인자이다. 도자기제품(pottery ware body)의 유리규산 함량은 15 - 25 % 라고 보고되어 있다. 도자기 및 요업제품의 원료의 SiO₂ 함량은 고풍토 43.5 - 46.5 %, 도석 70 - 80 %, prophyllite 66.7 %, 납석 66.7 %, Sericite 45 - 66 %, 규석 98 % 이상, 구조토 73 - 91 %, 장석 32 - 68.7 %, 활석 63.5 % 라고 보고되어 있다(한국산업안전공단, 1991). 이 자료에 근거하면 요업에서 발생하는 분진의 규산함량이 거의 30 % 이상이 되리라고 추정된다. 표 16은 Cooper 등이 발표한 결과로 여러 공정에서 측정한 호흡성분진의 평균값과 이중에 함유된 결정형의 실리카함량을 분석한 값들의 평균값을 나타낸 것이다(Cooper 등, 1993). 이표에서 보듯이 개인시료의 경우 호흡성 분진중의 규산함량이 11.6 - 27.0 % 였고, 작업장소시료의 경우는 28.0 - 34 %로 나타났다.

표 17은 일본에서 발표된 자료로 분진중의 규산함량이 부유분진의 경우, 평균 25.10 % (16.3-32.3 %)이고 퇴적분진의 경우 평균 34.48 % (17.7 - 51.3 %)임을 알 수 있다. 이의 자료를 종합해 보면 요업분진중의 유리규산 함량은 대개 20 - 35 % 정도임을 알 수 있다.

표 16. 요업의 호흡성 분진중 결정성 실리카의 함량

	공정	호흡성분진 농도, mg/m ³	결정성 실리카 농도, mg/m ³	호흡성 분진중 실리카 비율, %
개인시료	Casting	0.13	0.58	22.4
	Glaze Spray	0.22	1.90	11.6
	Glaze Prep	0.15	0.54	27.8
작업장소 시료	Slip House	0.25	0.80	31.3
	Casting	0.09	0.30	30.0
	Glaze Spr	0.07	0.25	28.0
	Glaze Prep	0.16	0.47	34.0

표 17. 도자기 제조업 작업환경 분진중의 유리규산 함량

공 정	단위 : %			
	부유분진		퇴적분진	
	평균	범위	평균	범위
분쇄, 혼합	25.96	18.4-32.3	35.38	17.7-51.3
성 형	24.34	19.2-27.1	36.69	29.2-45.4
입 상	25.10	16.3-32.0	31.36	27.2-40.1
	25.10	16.3-32.3	34.48	17.7-51.3

2. 업체별 소음폭로수준

본 조사대상의 사업장별 평균 소음 수준은 79.0 -87.9 dB로 나타났다.

우리나라의 소음의 허용기준은 90 dB 수준에서 8시간으로 정해져 있다. 그리고 95 dB에서 4시간 이상 폭로되어서는 안된다. 계속해서 5 dB 증가할때 폭로허용시간은 반으로 줄어든다 (노동부, 1991). 미국 ACGIH 의 TLV는 85 dB에서 8시간을 허용기준으로 정하고 있는 것이 우리나라와 차이가 있고 5 dB 증가하면 폭로허용시간은 1/2 배씩 단축된다 (ACGIH, 1993).

요업에서는 점검업무나 비정기적인 작업에 종사하는 일부 근로자를 제외하고는 대부분에 같은 위치에서 동일한 작업을 하고 있었다. 따라서 각 공정에서 8시간 작업한다고 보고 각 공정에서 측정된 소음수준을 근거로 허용기준에 대해 평가하였다.

표에서 제시된 결과는 여러 사업장의 여러설비에서 측정한 결과를 종합한 것으로 전체적인 소음에의 폭로수준을 파악하고자 하였다.

공정별로 보면 배합기의 소음수준이 최고 우리나라의 허용기준인 90 dB를 초과하는 사업장이 있어 이에 대한 적절한 대책이 요구된다. 또한 매우 높은 소음수준을 발생하는 공정으로는 소성토에서 구워낸 도자기를 연마하여 윤을 내는 '폴리싱' 공정으로 이 공정의 소음 수준은 100 dB를 초과하였다. 한편 성형기의 기계음은 약 85

dB 수준이었으나 일부업체의 성형기는 90 dB에 가까웠다. 각공정의 평균 소음수준은 우리나라의 허용기준을 초과하는 것은 없으나 개개의 측정치로서 평가해보면 같은 공정이라도 허용기준을 초과하는 업체가 있었다. 한편 대부분의 공정이 미국 ACGIH의 허용기준 85 dB를 초과하는 것으로 보인다. 소성 및 건조 공정은 그 설비에서 발생하는 소음크기는 작으나 다른 공정의 영향을 받아 소음 수준이 높게 나타났다. 따라서 소음발생이 심한 공정의 격리로 타 공정에의 영향을 막아야 할 것이다.

우선적으로 밀폐 등의 대책을 요하는 설비는 분쇄기, 배합기, 자동성형기, 연마기 등이다.

표 18. 공정별 평균 소음 수준

공정	소음수준, dB(A)		
	평균	범위	
분쇄	85.8	81.6 - 91.5	
볼밀(ball mill)	87.4	50.5 - 95.0	
배합	89.2	84.9 - 93.9	
제형	88.5	81.0 - 103.0	
자동성형기	84.2	75.9 - 94.5	
수동성형기	84.2	74.0 - 94.8	
정형	83.4	75.3 - 89.8	
전사지 부착	82.1	77.6 - 86.0	
소성, 건조	87.3	82.0 - 101.8	
시유	85.6	70.3 - 101.0	
폴리싱	87.8	77.1 - 107.0	
연마	84.4	71.4 - 92.0	
포장, 검사	85.6	74.5 - 101.7	

3. 온열조건

요업에서의 열 발생원은 소성로와 건조기이며 이 주변에서 작업하는 근로자는 부적합한 온열조건에 폭로되고 있었다.

온열조건에 대한 허용기준은 작업-휴식 일정, 작업부하, 착용 작업복 종류 등에 의해서 결정된다. 거의 대부분의 근로자가 건강상의 악영향을 받지 않은 조건을 허용기준으로 설정하고 있으며 일부 근로자는 허용기준 수준에서도 건강에 이상을 받을 수 있다는 점에 주의하여야 한다. 우리나라의 허용기준은 미국 ACGIH의 온열조건에 대한 TLV를 그대로 적용하고 있으며 표 19와 같다(노동부, 1991, ACGIH, 1993).

작업을 쉬지 않고 계속하는 경우 경작업일 때 30 °C, 중등작업일 때 26.7 °C, 중작업일 때 25 °C로 설정되어 있다. 경작업은 앉거나 서있는 상태에서 간단한 수작업이나 기계를 다루는 작업이 이 범주에 속하고 중등작업은 물건을 들고 옮기는 작업이 여기에 속한다. 가장 육체적 부담이 큰 작업인 중작업의 예로는 삽질을 하는 작업을 들 수 있다. 표 20에서 제시된 결과는 여름철에 측정한 결과로 대부분의 근로자는 여름 작업복을 입고 있었고 이에 대한 의복보정지수(Clothing Correction Factor)는 '0'으로 계산에 의해 산출된 WBGT 값을 보정하지 않고 그대로 이용하면 된다.

본 조사대상의 대부분의 근로자는 오전과 오후에 각각 1회씩 약 10분간 휴식을 취할 뿐 계속해서 작업을 하는 상태였고 일부 근로자를 제외하고는 자신이 작업하는 공정에서 안은 상태나 서 있는 상태로 가벼운 작업을 하고 있었으며 간간히 원료나 제품을 드는 작업도 겸하고 있었다.

표 20은 여름에 측정한 사업자의 온열조건을 WBGT 지수로 평가하여 제시한 결과다. 소성로 및 건조기 설비 외에 다른 공정에서도 측정하였으며 이설비에 인접하여 열원을 영향을 받는 부서를 대상으로 하였다. 실제로 소성로에 제품을 적재하거나 추고하는 작업자와 이 설비를 운전 및 점검하는 작업자는 열원에 연속적으로 폭로되지는 않고 작업이 있을 때만 고온에 폭로되었다. 어떤 사업장은 소성로에 적재시 근로자가 직접 적재하는 경우가 있는데 실제로 보호복도 착용하지 않고 로안으로 들어가기도 하는데 매우 위험한 작업이라고 판단된다.

측정위치는 근로자가 주로 작업하는 장소에서 측정하였다. 성형 공정에 근무하는 작업자의 경우 성형기가 건조기 바로 앞에 위치하고 있어 성형된 제품을 바로 투입하

고 있어 건조기에서 발생하는 열원의 영향을 받고 있었다. 또한 건조기 뒤에서 건조된 제품을 수동으로 출고하는 사람의 경우 더 높은 고온에 폭로되고 있었다.

KC 사업장의 고온에 폭로되는 부서의 평균 WBGT 값이 29 °C(28.1 - 30.4 °C)였고, KSC 사업장은 평균 30.6 °C (27.0-34.0 °C)로 두 사업장이 비슷한 수준을 보이고 있었다. 이 두 사업장은 같은 지역에 위치하고 있었으며 규모나 공정이 비슷한 업체였다. KSC 사업장에서 자동성형기 뒤에서 최고수준을 보였는데 소성로 주변보다 이곳이 더 높은 수준을 보였는데 이는 건조기 뒤에서 작업하는 근로자가 열원에 매우 가깝게 인접하고 있기 때문으로 보인다. 즉 측정위치인 근로자 작업위치가 건조기에서 1m 이내이었으나 소성공정의 측정위치는 주로 근로자가 작업하는 소성로에서 2-3 m 지점이었다.

각 공정에서 작업하는 근로자를 대상으로 온열조건을 평가한 결과도 표 20에 제시하였는데, 성형공정에 근무하는 근로자는 빠른 속도로 cake를 들어 올리고 성형된 제품을 건조기에 적재하는 작업을 하고 있어 중등작업으로 판단된다. 따라서 허용기준 26.7 °C와 비교해 볼때 모두 이 값을 초과하는 것으로 나타났다. 건조기의 뒤쪽에서 건조된 제품을 출고하는 근로자의 경우도 마찬가지로 허용기준을 초과하는 것으로 보인다.

소성로에 제품을 적재하고 출고하는 작업자의 경우 제품을 실은 수레를 밀어 운반하는 작업을 하고 있어 이들의 작업은 중등작업에 해당된다. 따라서 이들이 소성로 주변에서 계속 작업하는 것으로 보면 허용기준을 초과하는 것으로 나타났다. 더우기 어떤 업체에서는 소성로에 적재하거나 출고시 보호복을 착용치 않고 소성로 안으로 들어가는 경우가 있어 매우 위험한 상태에 처하고 있었다. 기타 다른 공정에서는 허용기준 이하의 온열조건을 나타내고 있었다.

표 19. 온열조건에 대한 허용기준(WBGT, °C)

작업시간	작업부하량 *		
	경작업	중등작업	중작업
100 % 작업	30.0	26.7	25.0
75 % 작업, 25 %휴식	30.6	28.0	25.9
50 % 작업, 50 %휴식	31.4	29.4	27.9
25 % 작업, 75 %휴식	32.2	31.1	30.0

* 경작업 (Light workload) : < 200 Kcal
 중등작업 (Moderate workload) : 200 - 350 Kcal
 중작업 (Heavy workload) : 350 - 500 Kcal

표 20. 사업장 및 공정별 온열조건

사 업 장 / 공 공 정	온 열 조 건, °C				허용기준 초과여부
	DT	WT	GT	WBGT	
KC 사업장					
수동성형기/건조기	36.1	25.6	38.0	29.1	초과
시유 뒷쪽	36.7	25.6	37.0	29.0	비초과
폴리싱	34.4	26.1	34.0	28.5	비초과
본소가마열	37.2	27.5	37.0	30.4	초과
정 형	32.8	25.8	33.5	28.1	비초과
시유전 검사	34.4	26.1	35.0	28.7	비초과
평 균	35.3	26.1	35.8	29.0	
KSC 사업장					
수동성형/건조기 앞	37.2	28.3	37.0	31.0	초과
자동성형/건조기 뒤	35.0	26.1	34.0	28.6	초과
자동성형/건조기 앞	34.4	25.3	34.0	27.0	초과
자동성형/건조기 뒤	43.9	30.0	43.0	34.0	초과
채소가마	37.2	27.2	37.0	30.2	초과
가스가마	32.8	25.6	33.5	27.9	비초과
본소가마	35.6	32.2	36.0	32.3	초과
본소가마(출고시)	41.1	30.0	44.0	33.9	초과
적재소	35.0	26.7	36.5	29.5	초과
평 균	35.8	27.9	37.2	30.6	
SR 사업장					
소성로열	42.8	28.3	47.0	33.9	초과
소성로열	37.8	26.1	43.5	31.3	초과
적재소	31.1	26.1	34.0	28.5	초과

DT : 건구온도, WT : 습구온도, GT : 흑구온도
 WBGT: Wet Bulb Globe temperature

4. 근로자의 공기중 납 폭로 수준

요업제품을 원료로 납석을 사용하는 경우와 안료중에 중금속이 함유되어 있거나 유약중에 납을 비롯한 중금속이 함유되어 있는 경우 근로자는 공기중으로 비산되는 중금속에 폭로될 가능성이 있게 된다. 전사지를 제조하는 공정에서는 PVC 수지, 천연연료 오일, 분말안료를 혼합하여 만든 잉크로 전사지 및 상표를 인쇄하여 유기용제가 함유된 코팅제로 코팅한다. 이 공정에서 폭로되는 유해물질로는 안료분진중의 중금속과 코팅제중의 유기용제를 대표적으로 들 수 있다.

이중 외국에서 납의 폭로에 관한 연구가 보고되어 본 연구에서도 공기중 납농도를 평가하였다. Rosa가 보고한 바에 따르면 이탈리아의 요업에서의 가장 중요한 보건문제는 실리카가 함유되어 있는 분진과 납과 관계된다고 보고하였다(Rosa, 1991).

그러나 납중독은 일반적으로 무관하다고 여겨져 왔고 가끔 일어나기 때문에 요업에서는 이문제에 대해서 가장 위험이 적은 것중의 하나로 보고되어 왔다. 타일을 제조하는데 사용되는 유약중에 납이 풍부하고 세라믹 제품을 장식하는 유약에 산화 연의 사용은 경제적인 이유로 감소되고 있으며 따라서 예술도자기의 생산시 납의 폭로는 낮다. 그리고 위생용 자기의 생산에는 불필요하다.

이 연구자는 시유공정에 종사하는 76 명의 근로자의 혈중 납농도가 $75 \pm 25 \mu\text{g}/100\text{ml}$ (대조군 남: $25 \pm 8 \mu\text{g}/100\text{ml}$, 여: $16 \pm 8 \mu\text{g}/100\text{ml}$) 보고하였는데 이공정에서 높은 수준의 납에 폭로됨을 알 수 있다. 이 연구는 역학조사로서 정확한 환경중의 납폭로 수준을 제시하고 있지 않아 이에 대한 자료가 부족한 실정이다.

미국 OSHA의 혈중 납농도의 생물학적 기준을 $40 \mu\text{g}/100\text{ml}$ (OSHA, 1989)로, 미국 ACGIH에서는 $50 \mu\text{g}/100\text{ml}$ (ACGIH, 1993)로 정하고 있다. 그러나 여자의 경우, $35 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 의 수준에서도 태아에 영향을 끼칠 수 있으므로 이 수준의 폭로도 회피하여야 한다고 말한다.

앞에서도 언급했듯이 요업제조업의 종사자중 여성근로자의 수가 더 많아 태아에 미치는 건강장해를 고려해볼 때 납에 대한 정확하고 자료와 엄격한 작업환경 및 건강관리가 요구된다.

본 연구에서는 5 개 사업장의 대상으로(생활자기 생산: 4 개소, 타일제조: 1개

소)를 대상으로 납의 폭로수준을 측정하였다.

측정결과 생활 자기를 생산하는 한 업체는 시유공정이 없었고 작업환경 분진중의 납 농도를 측정하였는데 5개 시료중 검출되는 시료가 없었다. 다른 한 사업장은 시유 공정은 있으나 유약이 든 통에 제품을 담그어 유약칠을 하기 때문에 발생량이 적어 납이 미량 검출되는 정도이므로 자료를 제시하지 않았다. 이 두 사업장을 제외한 나머지 2개 사업장에서는 납이 유의하게 검출이 되어 자료를 제시하였는데 그 결과는 표 21과 같다. 타일을 제조하는 공정에서는 사람이 직접 스프레이 하지 않고 부분적으로 밀폐된 된 곳에서 스프레이가 자동적으로 이루어지고 있었다. 이 공정에서는 비교적 높은 유약분진이 발생하는 것으로 관찰되었는데 납 분석결과 미량의 흔적만 검출되는 정도였다. 아마 유약중에 납이 함유되지 않은 것으로 판단된다.

생활도자기를 생산하는 두개 공장의 각공정별 납 농도를 측정한 결과, 선별과 시유를 제외한 다른 공정에서는 검출되지 않았다. 즉 원료중에 납이 별로 함유되어 있지 않고 시유부서에서 발생한 납분진의 영향도 그렇게 크지 않는 것으로 보인다.

선별공정의 경우 0.01 mg/m^3 로 나타나 유약을 칠한후 소성된 제품을 연마하는 과정에서 유약중의 납이 미량 발생한 것으로 보인다. 따라서 시유공정을 거친 공정에서는 납이 발생할 가능성이 있음을 의미하고 있다. 표 21은 선별공정의 결과를 나타내지 않고 시유공정의 결과만을 나타내었다.

유약을 스프레이 할 때의 공기중 납농도의 기하평균은 0.05 mg/m^3 로 나타났다. 최소농도는 0.006 mg/m^3 이고 최대농도는 1.084 mg/m^3 로 측정치 간의 변이가 크게 나타났다. 이는 시유공정에서는 간헐적으로 작업이 이루어지기 때문에 측정시간대의 시유작업의 유무가 농도값에 매우 중요한 인자로 작용한다고 본다.

시유공정에서는 10개 시료중 5개 시료가 허용기준 0.05 mg/m^3 을 초과하는 수준을 보였다. KSC 사업장의 평균농도가 0.194 mg/m^3 로 허용기준의 4배에 가까운 매우 높은 수준을 보였다. KC 업체의 경우 정상적인 작업위치와 정상 작업조건일때 측정한 결과 두개의 설비에서 0.05 mg/m^3 이하의 농도수준을보였다. 한편 이 사업장의 가장 높은 두개의 시료는 측정시간동안 계속적으로 유약을 스프레이 하고 있어 높은 수준으로 나타났다. 이 시료는 발생원에 매우 가까운 위치에서 측정하여 발생원에서의 농도를 알 수 있었다. 그러나 시료수가 제한되어 확정적인 결론을 내리기는 무리가 있고 보다 더 심도 있는 조사가 진행되어야 하겠다.

표 21. 생활 도자기 제조업체의 유약 스프레이 공정의 공기중 납 농도

사업체/ 측정위치	Pb 농도, mg/m ³			비고
	N	평균	범위	
KSC	3	0.194	0.079 - 0.291	간헐적인 시유작업 작업위치
KC				
1 호기	3	0.007	0.006 - 0.008	간헐적인 시유작업 작업위치
2 호기	2	0.016	0.013 - 0.018	간헐적인 시유작업 작업위치
2호기	2	0.965	0.845 - 1.084	연속적인 시유작업 발생원에서 측정

5. 개선대책

요업 및 토석제품제조업중 특히 도자기제조업은 중소기업의 사업장이 많고 이들 작업장에서 종사하는 근로자들은 진폐의 원인이 되는 광물성 분진은 물론 각종의 유해인자에 폭로될 위험성이 높기 때문에 특히 작업환경을 개선하기 위한 구체적인 개선대책이 요구된다. 따라서 유해인자별 제조공정의 환경개선을 위한 기본적인 개선대책을 제시하고자 한다.

가. 분진대책

1. 소재지의 제조공정에서 조분쇄기에 원료를 투입하는 작업시 작업자가 분진에 폭로되므로 작업방법을 변경하여 근로자가 직접 유해인자에 폭로되는 것을 방지하는 근원적인 방법을 모색하는 것이 요구된다. 즉 원료투입을 인력으로 하지말고 원료를 bucket이 장착된 elevator를 이용하여 투입하던가 또는 hopper를 이용하여 원료를 투입할 수 있도록 자동화 하는 등의 근원적인 개선방안을 강구할 것이 요망된다.

2. 습식공법은 분진대책에 가장 기본적인 방법이다. 따라서 작업공정에 습식공법, 가습, 살수등의 방법을 최대한 활용한다. 도자기 제조작업에서 살수가 적용될 수 있는 공정은 원재료의 반입, 조분쇄, 원재료의 저장외에 공장의 바닥면 등이다. 원재료가 분말일 경우 또는 물을 사용하는 것이 부적합할 때는 국소배기법을 적용할 수 밖에 없다. 조분쇄공정에서는 적당한 살수로서 충분한 방진효과를 얻을 수 있다.

3. 안료를 분취, 계량 및 수지와 혼합작업시 안료분진이 비산하므로 이 작업공정에는 외부식 또는 부수식 국소배기 후드를 설치하여 발산하는 분진을 제어한다

4. 작업장은 매일 청소하고 적당한 시기에 살수하여 통로등의 퇴적분진에 의한 2차발진이 일어나지 않도록 한다.

5. 성형 및 정형작업공정에서 제품을 건조시킨 공기가 고온 다습한 상태로 작업장으로 방출되기 때문에 작업장은 온 습도의 상승 및 열손실의 원인이 된다. 따라서 일단 급기되어 배출되는 공기를 재습처리하여 재사용 함으로서 고열 작업환경을 개선하고 열 손실을 줄일 수 있으므로 이에 대한 대책이 요구된다.

6. 분쇄기, 선별기, 혼련기 등은 밀폐구조로 함으로서 쉽게 분진의 발생을 억제할수

있다. 그러나, Patch식의 공정작업에서는 운전시 완전한 밀폐상태로 발진이 전혀 없지만 원재료의 투입시나 꺼낼 때는 발진하게 되므로 이런 때에 대비하여 작업공정의 격리, 배기후드의 설치 등의 설비가 필요하지만, 작업자는 필요에 따라 방진마스크를 착용하고 작업토록한다.

7. 분진의 발생설비를 습식화하던가 밀폐 기타의 방법으로 분진발산의 대책을 세우기가 곤란 경우에는 국소배기에 의한 방법을 모색해야 한다. 도자기 제조작업에서는 원재료의 분쇄, 평량, 혼합, 체질작업, 마무리작업등 건조분진을 발산하기 쉬운 공정 에 설치하면 작업환경 개선효과가 크다. 산업안전보건 관련법에서도 분진의 발산방지를 위한 환경개선에 국소배기장치의 설치를 중요시하고 있으며, 특정분진 발생원에 대하여 국소배기장치의 설치를 의무화 하고 있다. 도자기 제조작업에서 특정분진발생원에 설치하는 국소배기의 성능은 다음과 같이 하여야 한다.

표 22. 후드의 형식별 제어풍속

후 드 의 형 식		제 어 풍 속(미터/초)
포 위 식 후 드		0.7
외 부 식 후 드	측 방 흡 인 력	1.0
	하 방 흡 인 력	1.0
	상 방 흡 인 력	1.2
(비 고) 1. 이 표에서 제어풍속이란 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우의 제어풍속을 말한다. 2. 이 표에서 제어풍속은 후드형식에 대하여 각각 다음에 정한 위치에서의 풍속을 말한다. 가. 포위식 후드에서는 후드 개구면에서의 최소풍속 나. 외부식후드에서는 당해 후드에 의하여 분진을 흡인하고자 하는 범위내에서 당해 개구면으로부터 가장 먼 거리의 작업위치에서의 풍속		

나. 온열대책

1. 도자기 제조작업에서의 온열폭로 문제는 소성후 제품을 꺼낼 때와 소성중에 가마의 측벽으로 부터의 복사열이 문제된다. 따라서 소성로 입·출구는 대차 입·출구를 제외하고는 닫도록 하고, 소성로 및 요출제품에서 발생하는 복사열이 작업장으로 확산될 수 있으므로 작업장에 전파되는 것을 방지하기 위하여 단열재로 된 카텐을 설치하던가 차단벽을 설치한다.

2. 가마본체의 단열성을 향상시키므로써 복사열의 차단은 물론 에너지의 손실을 방지한다.

3. 가마 상부에 환기구멍을 설치하여 자연환기에 의한 외부의 신선한 공기를 유입토록 한다던가 또는 환풍기를 설치하여 강제환기 시킨다.

다. 소음대책

1. 분쇄기에서 발생하는 소음이 타부서로 전파되는 것을 방지하기 위하여 작업부서를 격리시키던가, 흡음재를 사용하여 반사음의 흡음하던가 격벽을 설치하여 소음의 전파를 방지한다.

라. 유기용제대책

1. 접착제의 용기 및 접착제 도포면에서 발생하는 유기용제 증기를 억제하기 위하여 작업대에 부수식 또는 포워식 후드를 설치하고 개구면의 제어유속은 0.4m/sec 이상이 되도록 한다.

2. 금선인 작업 및 수정작업시 미량이기는 한지만 우리몸에 유해한 유기용제(주로 벤젠사용)를 사용하므로 독성이 적은 다른 유기용제로 대체하는 것을 검토한다. 이 때에도 작업대에 포워식 또는 부스식 국소배기 후드를 설치하도록 한다.

IV. 결론 및 요약

요업관련 사업체 11 개소를 대상으로 1993년 3월부터 12월까지 작업환경중 유해물질의 폭로실태를 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 조사대상 사업장의 분진농도의 전체 기하평균(GM)은 1.00 mg/m^3 로 나타났고 기하표준편차는(GSD)는 3.20이었다. 충분분진농도가 가장 높은 농도를 보인 사업장의 GM은 1.64 mg/m^3 (GSD=5.24)로 나타났다. 이 업종의 최고 충분분진농도는 10.6 mg/m^3 로 나타났다.

2. 호흡성분진의 경우 전체평균은 0.33 mg/m^3 이었고, 최고 농도를 보인 사업장의 기하 평균이 0.88 mg/m^3 이었다. 전체 시료중 최고농도는 6.89 mg/m^3 로 나타나 매우 높은 수준을 보였다.

3. 공정별 분진농도를 본 결과 충분분진의 경우 투입, 제토, 분쇄 공정에서 가장 높은 1.75 mg/m^3 로 나타났고 다음으로 배합, 평량 1.25 mg/m^3 , 정형 1.21 mg/m^3 , 성형 0.91 mg/m^3 , 시유 0.77 mg/m^3 , 소성 0.46 mg/m^3 , 제형 0.37 mg/m^3 순으로 낮았다.

호흡성 분진의 경우 시유 0.62 mg/m^3 , 정형 0.48 mg/m^3 , 분쇄 0.45 mg/m^3 , 제형 0.25 mg/m^3 순으로 낮게 나타났다.

4. 각 제품을 생산하는 업체별로 분진농도 분포를 본 결과, 위생도기를 생산하는 업체의 충분분진 평균농도가 1.62 mg/m^3 로 가장 높았고, 다음으로 내화재 1.39 mg/m^3 , 생활도자기 0.68 mg/m^3 , 타일 0.63 mg/m^3 순이었다. 호흡성 분진의 경우도 충분분진과 같은 양상을 보였다.

5. 분진의 의한 장애는 작업환경중의 분진의 임경분포에 따라 크게 영향을 받는다. 본 연구결과 요업 사업장에서 발생하는 호흡성분진과 충분분진의 농도비는 평균 0.36 였고 어떤 시료의 경우 0.85까지 이르므로 충분분진중 호흡성 분진의 비율이 높은

것으로 나타났다.

6. 요업분진의 유리규산 함량은 거의 30 %에 가까운 것으로 나타나 요업에서의 분진 폭로평가지 비교해야 하는 허용기준에 대한 고찰이 있어야 하겠다. 일반분진의 총분진의 허용기준은 10 mg/m^3 이나 요업분진은 유리규산 함량이 높으므로 1 종 분진에 해당하는 2 mg/m^3 로 제안한다.

7. 호흡성 분진의 경우 호흡성 분진중의 유리규산 함량을 정확히 측정하여 석영에 대한 허용기준 0.1 mg/m^3 을 허용기준으로 적용하여야 한다. 그러나 부득이한 경우 유리규산 함량을 측정치 않고 호흡성 분진 농도만으로 평가를 하고자 할 때, 요업분진의 유리규산 함량이 30 % 정도라고 보고 유리규산 함량에 따른 OSHA의 허용기준 산출법에 따라 계산 된 0.3 mg/m^3 을 허용기준으로 설정하는 것이 타당하다고 본다.

8. 소음 및 온열조건을 평가한 결과 허용기준을 초과하는 공정이 있었고 이에 대한 적절한 대책이 요구된다.

9. 요업에 종사하는 근로자의 납 폭로 농도를 측정한 결과 유약을 스프레이 하는 공정에서 일부 시료는 허용기준을 초과하는 높은 수준을 보였고 앞으로 이 공정에 대한 심도있는 연구와 대책이 필요하다고 본다.

10. 이 업종의 유해인자의 기본적인 개선대책으로는 공정의 자동화를 들 수 있다. 또한 유해인자가 높은 수준으로 발생하는 공정의 경우 다른 부서로의 영향을 막기 위해 그 공정을 격리하는 것도 바람직하다. 그리고 무엇보다 중요한 대책으로 효과적인 국소배기시설을 설치하여 발생원에서의 유해물질을 제거하라는 것이다. 이와 아울러 습식상태에서 청소를 함으로써 분진의 재비산을 방지하는 것도 효율적인 작업환경 관리방안이라 하겠다.

V. 참고문헌

김현옥: 분진측정시 포집 및 해석상에 주의하여야 할 사항. 한국의 산업의학312-(3), 59-67, 1992.

노동부: 작업환경 측정실시규정, 노동부고시 제92-17호. 노동부, 1991.

노동부: 사업체 노동실태 조사보고서(결과 요약분). 노동부, pp. 52-75, 1991.

노동부: 유해물질의 허용농도, 노동부고시 제91-21호. 노동부, 1991.

노동부: 산업별 사업체수 및 근로자수, 노동통계연감, 1992. pp. 76-141.

노동부: '92 근로자 건강진단 실시결과 분석. 노동부, 1993.

대한산업보건협회: 광업이외의 진폐발생실태 및 보호대책 개발연구, 노동부 연구용역 보고서, 노동부, 1990.

대한산업보건협회: 작업공정별 보건관리 매뉴얼. 대한산업보건협회 pp. 234-248, 1992.

대한상공회의소: 전국기업체총람. 대한상공회의소, pp. 803-810, 1992.

동아출판사: 동아원색세계대백과사전. 동아출판사 pp. 355-363, 1990.

한국산업안전공단 : 업종별 작업환경 관리기법, 제12편. 한국산업안전공단, 1991.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists(1993-1994): Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. ACGIH, Cincinnati, OH, 1993.

Alpaugh E.L.: Particulates. In Fundamental of Industrial Hygiene, ed. by B.A. Plog, Chicago, Illinois, National Safety Council, 1988. p. 128.

Bartley, D.L., T.J. Fischbach: Alternative Approaches for Analyzing Sampling and Analytical Methods, Appl. Occup. Environ. Hyg. 8(4):381-385, 1993.

Burgess, W.A.: Pottery, In Recognition of Health Hazards in Industry - A Review of Material and Processes, NY, John Wiley & Sons, Inc., 1981.

Chen, J. et al.: Mortality among Dust-exposed Chinese Mine and Pottery Workers. J. Occup. Med. 34(3):311-316.

Cooper T.C., M.G. Gressel, P.A. Froehlich, P.E. Caplan, R.L. Mickelsen, D. Valiante and P. Bost: Successful Reduction of Silica Exposure at Sanitary Ware Pottery. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 54(10): 600-606, 1993.

De Rosa, E., G.B. Bartolucci, G. Gori, A. Rossi, F. Fumagalli, A. Patroncino

and A. Acqua: Lead Exposure in the Italian Ceramics Industry. Biological Monitoring of Exposure to Chemicals, Metals, ed. by H.K. Dillon and M.H. Ho. Ny, John Wiley and Sons Inc., 1991. p p. 49-57.

Forastiere F., S. Lagorio, P. Michelozzi, F. Cavariani, M. Arca, P. Borgia, C. Perucci and O. Axelson: Silica, Silicosis and Lung Cancer Among Ceramic Workers : A Case-Referent Study. Am. J. Ind. Med. 10: 363-370, 1986

National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH Criteria for A Recommended Standard - Occupational Exposure to Crystalline Silica (DHEW (NIOSH Publication No. 75-120: NTIS No. PB-246-697.) Cincinnati, OH, NIOSH, 1974.

Liden, G., L.C. Kenny: Organization of the Performance of EXisting Respirable Dust Samplers. Appl. Occup. Environ. Hyg. 8(4):386-391, 1993.

National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH Manual of Analytical Methods, 3rd ed. Method 7500. Silica, Crystalline, Respirable: Method 0600, Nuisance Dust, Respirable; and Method 0500, Nuisance Dust, Total. Cincinnati, OH, NIOSH, 1984.

National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH Manual of Analytical Methods, 3rd ed. Method 7300. Elements, Cincinnati, OH, NIOSH, 1984.

National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH Recommendation for Occupational Safety and Health: Respiratory Disease Studies: Compendium Policy Documents and Statements. (DHEW (NIOSH Publication No. 92-100) Cincinnati, OH, NIOSH, 1992.

Occupational Safety and Health Administration: Air Contaminants - Permissible Exposure Limits, Title 29 Code of Federal Regulations Part 1910.1000. OSHA, 1989.

Thomas T.L. and P.A. Stewart: Mortality From Lung Cancer and Respiratory Disease Among Pottery Workers Exposed to Silica and Talc. Am. J. Epidemiology 125(1): 35-43, 1987.

VI. 활용방안

본 조사를 통하여 파악된 자료는 우리나라의 요업 및 토석제품제조업분야에서 작업하는 근로자의 건강을 보호하기 위한 기초자료로 매우 유용하게 활용될 것이며 구체적으로 다음과 같은 기대효과가 예상된다.

1. 요업의 제조공정에서 발생하는 분진의 폭로실태를 파악하여 이에 대한 대책을 세움으로서 요업에서의 진폐예방에 중요한 자료로 활용할 수 있다.
2. 연구결과를 근거로 요업에서의 “진폐예방을 위한 사업장 보건관리 지침”을 제정 보급함으로써 동종업종에서의 진폐예방에 중요한 지침서로 활용할 수 있다.
3. 요업에서의 분진외 다른 중요한 유해인자인 소음, 온열조건 및 납에 대한 폭로실태와 대책을 제시함으로써 이 업종에서의 개선을 위한 기초자료로 활용될 수 있으리라 본다.
4. 앞으로 이 연구결과를 학술지에 게재하여 본 연구의 정보를 널리 보급하여 분야에 종사하는 사람들에게 이 자료가 활용되리라 본다.

일부 요업 사업장의 분진 및 기타 유해
요인 폭로에 관한 조사 연구
(93 - 5 - 9)

발 행 일 : 1993. 12

발 행 인 : 정 호 근

발 행 처 : 한국산업안전공단 산업보건연구원

인천직할시 북구 구산동 34 - 3

전 화 : (032) 518 - 0861

인 쇄 처 : 금강문화인쇄

〈비매품〉