

# 가구공장의 목재분진 폭로에 관한 연구

임종욱 · 권대환 · 이내우\* · 김성빈\* · 박희련\*\*

부경대학교 대학원 · 부경대학교 공과대학\*

한국산업안전공단 울산지도원\*\*

## 1. 서론

목재를 취급하는 사업장에서는 작업시에 발생하는 목재분진과 함께 포름알데이드 및 소음에 대한 노출이 근로자의 직업병발생에 관여하는 중요한 인자가 된다<sup>1,2)</sup>. 목재의 종류는 크게 두가지로 나눌수 있으며 이것은 경질목재(hard wood)와 연질목재(soft wood)를 말한다.

근로자가 목재분진에 노출되었을때 건강에 미치는 영향은 매우 복잡하지만, 특히 경질목재를 사용하는 사람은 코에 대한 영향의 징후가 높다고 알려져 있다<sup>3)</sup>. 따라서 목재를 취급하는 작업환경에서는 목재분진에 대한 주의를 하여야 하고, 이것은 자극성이거나 과민성 목재인 경우에는 더욱 중요하다. 이와 관련하여 유해물질의 농도와 발병의 정도를 상관지을 수 있는 연구결과가 나온다면 가장 바람직하게 될 것이다.

목재분진은 여러가지의 성분을 포함한다. 여기에는 출발물질 뿐만 아니라, 첨가물질의 열분해시에 생성되는 물질도 목재가공작업으로부터 발생할 수 있다. 미국산업위생전문가협회(ACGIH : american conference of governmental industrial hygienist)에서는 경질목재의 노출허용기준(TLV-TWA : threshold limit value - time weighted average concen -tration)을  $1 \text{ mg/m}^3$ , 연질목재의 경우에는  $5\text{mg/m}^3$  으로 권고하였고, 경질목재의 분진은 발암성물질로 규정하여 A1으로 분류하였으며, 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH : national institute for occupational safety and health)에서는 경질목재 및 연질목재의 분진을 모두 발암가능성물질로 규정하였다. 독일에서도 너도밤나무와 참나무를 발암성물질로 규정하였다. 네델란드는 나무분진의 최고노출기준을  $5.0\text{mg/m}^3$  으로 규정하였으나 최근에는 산업보건기준 전문가위원회(dutch expert committe for occupational standards)에서  $0.2\text{mg/m}^3$ 을 권고하고 있다.

우리나라의 분진에 관한 기준은 ACGIH와 같이 경질분진인 너도밤나무, 참나무의 노출기준은  $1 \text{ mg/m}^3$ , 연질목재의 경우에는  $5\text{mg/m}^3$  으로 권고하고, 있으나 경질목재분진에 대한 발암성 규정은 없다.

탄닌농도가 목재분진의 양을 나타내는 지시치로 쓰일 수 있으며, 탄닌이 대기중에서 코의 암(sino nasal carcinoma)발생과 어떤 연관성이 있다는 연구결과가 발표되었으며,

코의 암(sino nasal carcinoma)발생과 어떤 연관성이 있다는 연구결과가 발표되었으며, 단순히 경질목재분진의 존재만을 나타내는 것인지가 중요하다<sup>3,4,5)</sup>. 따라서 목재를 취급하는 사업장의 작업환경에서 목재분진에 대한 특별한 관심을 가져야할 뿐만 아니라, 근로자에 대한 잠재적인 독성효과에 대하여도 검토하여야 한다. 목재분진, 특히 목재를 취급하는 사업장에 근무하는 근로자의 코내부의 암과 직업적인 폭로와의 관련성은 암의 일종인 Adenocarcinoma가 발생했던 1960년대에 영국에서 최초로 연구되었고, 목재작업자들은 일반적인 작업자보다 100배나 많이 발견되었다. 이런 관련성은 정도의 차이는 있지만 아주 많은 나라에서 발견되었고, 경질목재에 폭로된 경우는 아주 많으나 몇 개의 보고서는 물론 연질목재를 포함한다.

이와 같은 목재분진이 건강에 미치는 영향인 높은 현실하에서도 우리나라의 산업안전보건기준에 관한 규칙 제33조 2에서 규정하고 있는 ‘분진 작업의 종류’항목에 명시되지도 않아 법적인 측정근거의 타당성에 많은 어려움이 있다. 이러한 실정에도 불구하고 우리나라에서는 목재분진의 종류에 따른 노출정도와 실태에 관한 연구가 대단히 미흡한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 목재 종류에 따른 탄닌농도의 분석 및 관련사업장에서 발생하고 있는 호흡성 분진의 폭로량을 개인폭로(personal exposure)와 위치폭로(area exposure)로 구별하여 측정함으로써 올바른 작업환경을 확인하고, 궁극적으로는 탄닌농도와 코내부 질환의 상관성을 규명할 뿐만 아니라 이에 관련한 산업안전보건에 관한 대책을 세우고자 함에 있다.

## 2. 배경이론

코내부의 조직변화상태인 Adenocarcinoma는 경질목재 가구공장과 관련된 코내부 암의 주류를 이루고 있으며, 여기에는 목재분진에 노출된 작업자들이 다른 조직학적인 형태, 즉 비늘형 세포와 다르지 않는 암으로 존재한다는 증거도 있다. 코내부 암의 잠재기간에 대하여 정량적인 농도와 결과에 대한 자료가 없다는 것이 놀라운 일은 아니지만, Adenocarcinoma는 정량적으로 고농도의 분진폭로와 관련되어 있다는 사실이다. Adenocarcinoma에 대한 관련인자는 탄닌, 불포화알데이드 및 여러가지 산화생성물을 포함한다. 이러한 조직학적 변화상태를 조사해 보면 코내부공동(sino nasal)의 Adenocarcinoma 발달, 잔세포의 섬모손실과 확대, 입방형세포의 변환개시, 비늘형 세포 변환에 따라 발생한다. 이러한 징후들이 약 십년후에는 세포의 비정상적인 성장이 Adenocarcinoma를 일으킨다는 것이다. Table 1은 코내부의 조직이 정상상태에서 암으로까지 진행되는 8단계<sup>3)</sup>를 나타낸 것이다.

Table 1. Scoring system for nasal cytology

Grading scheme **	Cytology score **
No abnormalities	0
Metaplasia - cuboidal	1
- squamous(non keratinising)	2
- squamous(keratinising)	3
- squamous(atypical)	4
Dysplasia(squamous/glandular epithelium)	
- mild/moderate	5
- severe/carcinoma in situ	6
Carcinoma(squamous/glandular epithelium)	7

\*\* Grading scheme and score were cited from Torjussen et al

### 3. 실험

#### 3.1 목재의 시료분진조제

본 연구의 대상으로 한 사업장은 부산, 경상남도 일원에 있는 D가구, N가구 및 M목재의 세군데 사업장에서 수행되었다. 본 연구에서 사용된 목재의 탄닌농도를 조사하기 위하여 목재로부터 분진시료를 직접 제조하여 사용하였다. 분진시료의 제조방법은 해당 사업장에서 사용하고 있는 목재를 수집한 후, 깨끗하고 미세한 줄에 마찰시켜 분말형시료를 제조하였다. 이 시료를 작은 유리병에 보관하여 필요시마다 탄닌농도분석에 사용하였다.

#### 3.2 분진측정

호흡성분진의 측정방법은 3.1에서 언급한 3개의 사업장에서 개인폭로(personal exposure)와 위치폭로(area exposure)로 구분하여 실시하였다. 부유분진의 측정은 7개의 흡입구가 달린 시료채취기(7-hole sampling head)를 사용하는 방법으로서 시료채취에 사용한 여지는 25mm Gelman A/E 유리섬유필터(glass fiber filter)를 사용하였다. 시료채취는 NIOSH가 인정하는 미량펌프(SKC, Universal pump, model 224-PCXR8)를 사용하였고 유속은 대략 2 l/min로서 사람의 호흡속도와 유사하게 조정하였으며 유량조정은 Mini-Buck M5로 하였다.

분진에 대한 개인폭로 측정방법은 측정범위가 반드시 호흡범위에 들어갈 수 있도록 코로부터 30 Cm이내가 되는 얼굴전면의 반구내에 있는 작업자의 옷깃에 시료채취기를

부착하여 측정하는 방법으로서, 역시 미량펌프를 사용하고, 반면에 위치폭로는 작업장 내의 중요한 기계의 옆이나 대표적인 장소에서 실시하였다.

### 3.3 탄닌농도측정

분진중의 탄닌농도의 측정은 Oi-Wah Lau 등<sup>6)</sup>이 제시한 분석방법을 이용하였다. 이 방법은 분진시료의 측정이 끝난후에 동일시료를 50%의 메칠알콜용액에 침적시켜 탄닌을 용출시킨다. 여기에서 용출된 탄닌성분이 철(III)이온을 철(II)으로 환원시키며 이것이 1,10-Phenanthroline과 노란색 착염을 생성하면 파장 510 $\mu$ m에서 비색시키는 방법이다. 이 분석에 사용한 비색분석계는 Shimadzu (UV-2101 PC)이고, 모든 시료는 분석하기전에 여과하여 사용하였다.

## 4. 결과 및 분석

### 4.1 목재의 탄닌분석

목재의 분류는 경질목재, 연질목재 및 파쇄된 목재입자로 만든 재조립목재 등으로 크게 분류하였고, 모두 10여종에 대하여 실시하였으며 매종류마다 3번이상으로 실시하여 확인된 결과이다.

목재시료에 대한 탄닌농도의 분석결과를 보면 최고값은 경질목재인 참나무(Oak)로서 그 농도는 5.14 mg as tannic acid/g 로 나타났고, 최저치는 연질목재의 전나무(Douglas fir)로 나타났으나 같은 전나무의 경우에도 탄닌농도의 범위는 0.84-1.21 mg as tannic acid/g 로서 나타났다. 그 원인은 성장지역의 기후, 풍토, 성장과정 등의 여러가지의 원인에 기인되는 것으로 추측된다. 탄닌농도의 값은 Bianco<sup>4)</sup> 등이 보고한 값보다 약간 낮은 결과로서 이것도 역시 성장과정의 여러가지의 원인에 기인되는 것으로 추측된다

### 4.2 부유분진의 분석

작업장의 공기중에 부유하는 분진의 농도와 탄닌농도의 측정방법은 항 3.2에서 설명한 바와 같이 개인폭로와 위치폭로의 2가지로 행하였다.

공정의 부유분진 측정결과를 작업방법에 의한 특성으로 분석하기 위하여 공정작업을 절단작업과 연마작업의 두가지로 분류하여 분석한 결과에서 의하면 부유하는 분진농도는 개인폭로의 평균값이 7.43 mg/m<sup>3</sup> 이고, 최고치는 24.87 mg/m<sup>3</sup>나 됨을 알 수있다. 일반적으로 절단작업의 분진농도보다 연마작업의 분진농도가 훨씬 높고, 개인폭로에 대한 결과치가 위치폭로에 대한 결과치보다 높게 나타났다.

### 4.3 탄닌농도의 분석

분진의 농도가 측정되면 이것으로부터 탄닌농도가 측정될 수 있다. 특히 탄닌농도의 측정에서는 발색된 부유입자들에 의해 높은 흡광도를 나타내는 오차를 없애기 위해 정교한 여과과정을 거쳤으며, 사용된 여과지에 의한 오차를 확인하기 위해 4종류의 여과지 즉, PTFE, Cellulose, Glass fiber 및 PVC 재질로 된 것을 사용하여 오차의 발생 여부를 확인하였다. 그리고 분진중의 탄닌을 50% 메칠알콜로 추출할 때에도 추출시간에 의한 오차의 발생 여부를 확인하기 위해 추출시간을 30분에서 12시간까지 변화시키면서 시행하였으나 탄닌의 추출효과는 별다른 차이가 없었기 때문에 전체적으로 한시간을 추출시간으로 하였다. 탄닌농도의 측정결과 평균치는  $9.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$  이고 최고치는  $14.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  이다. 이 결과와 코내부의 발암에 관련된 연관성을 예측하는 데는 코내부의 내시경검사, 작업자의 업무의 전력과 개인차이, 탄닌농도 등 여러가지의 관련인자에 보충적인 연구가 더 필요한 것으로 추측된다.

## 5. 결 론

이상과 같이 목재분진의 폭로에 의해 근로자에게 미치는 영향등을 예측하기 위하여 사용하는 목재의 종류, 분진의 양, 탄닌농도 및 동종의 사업장에 근무한 경력 등 여러가지의 복잡한 관계가 있으므로 단정하기는 매우 어렵지만 검토된 내용은 아래와 같이 요약할 수 있다.

- 1) 가구공장내의 작업장에 부유하는 분진의 농도는 개인폭로농도가 위치폭로농도보다 높고, 절단작업보다 연마작업이 높으며 연마작업의 평균치는  $7.43 \text{ mg}/\text{m}^3$  이고 최대치는  $24.87 \text{ mg}/\text{m}^3$  으로서 국제기준이나 국내기준보다 높다.
- 2) 가구공장에서 사용되는 주요 목재의 탄닌농도는 경질목재가 가장 높고, 재조립목재는 그 구성되는 목재의 종류에 의존되며, 최고치는 참나무(Oak)로서 농도는  $8.72 \text{ mg}$  탄닌산/g목재] 이었다.
- 3) 분진중의 포함된 탄닌농도에 대한 개인폭로농도는 평균치가  $9.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$  이고 최대치는  $14.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  로 확인되었으며, 탄닌농도와 코내부의 암과의 상관성에 대해서는 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- 1) 김승기, 노재훈, 김치년, 나무 종류에 따른 공기중 분진농도와 입경분포에 관한 연구, 한국산업위생학회지, 9(2), 145-157(1999)

- 2) 엄기형, 목재유통 효율화에 관한 연구, 인제대학교 경영대학원 석사논문, 1999.
- 3) Dino, L. Pisaniello et al, "Nasal Cytology in Australian Furniture Woodworkers," Aust. J. Otolaryngology, 2(2), 137-141(1995).
- 4) Hausen BM, Woods injurious to human health, A manual, pp. 127-137, Water de Gruyter & Co. Berlin.1981.
- 5) Bianco MA, Savolainen H. "Woodworkers exposure to tannins," J. Applied Toxicology, 14(4), 293-295(1994).
- 6) Oi-Wah Lau et al, "Spectrometric Determination of Tannins in Tea and Beer Samples with Iron(III) and 1,10-Phenanthroline as Reagents," Analyst, 114, 631-633(1989).
- 7) Dino, L. Pisaniello et al, Wood Dust Exposure during Furniture Manufacture, Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 52(11), 485-492(1991).
- 8) Beaglehole R., R. Bonita, T. Kjellstrom, Basic Epidemiology, World Health Organization, Geneva, p. 38(1993)
- 9) David Grantham, Occupational Health and Hygiene, Guidebook for the WHSO, OCCU-LINK books, p. 34(1992).
- 10) Philip Ryan, A Short Course in Elementary Biostatistics, A coursework book for students of medicine, Public health and the health sciences, University of Adelaide p.36(1997)