

# 전자현미경을 이용한 생체시료의 석면분석



산업안전보건연구원 화학물질센터 / 한정희

## 서론

석면은 1급 발암물질로 주로 호흡기를 통하여 인체에 유입되어 폐포 또는 흉막에 침착하여 석면폐증, 악성중피종, 폐암 등을 유발하는 것으로 알려져 있다.

우리나라도 직업적 노출에 의한 근로자의 경우 고용노동부 「산업재해보상보험법」에 따라 산재보상을 받을 수 있으며, 환경성 석면노출에 의한 건강피해자의 경우 2011년 시행된 환경부 「석면피해구제법」에 따라 보상이 이루어질 수 있게 되었다.

〈표 1〉 석면피해구제법의 석면피해인정기준

- ① 건조폐 중량 1 g당 석면소체가 5,000개 이상이 있는 경우
- ② 건조폐 중량 1 g당 길이 1  $\mu$ m 이상인 석면섬유가 5,000,000개 이상
- ③ 건조폐 중량 1 g당 길이 5  $\mu$ m 이상인 석면섬유가 2,000,000개 이상
- ④ 기관지 폐포 세정액 1 mL당 석면소체가 5개 이상

석면관련 질병의 판정은 조직병리학적 검사를 기본으로 임상적 판단과 영상의학적 판단 등을 조합하게 되는데, 특히 석면피해구제법의 석면피해인정기준에 따르면 원발성 폐암의 경우 〈표 1〉과 같이 생체시료 내에 함유된 석면섬유나 석면소체를 계수하여 인정할 수 있는 기준을 두고 있다.

위 기준은 분석방법에 대하여 특별히 명시되어 있지 않지만, 1997년 헬싱키 기준에 따른 위상차현미경을 이용한 석면분석법을 근거로 수립되었다. 그러나 위상차현미경법은 분석배율에 한계가 있고 석면 여부를 정확히 구분할 수 없기 때문에 판정에 있어 보조 수단으로만 활용될 뿐이다.

## 전자현미경을 이용한 생체시료의 석면분석

생체시료에는 부검이나 생검을 통하여 떼어

낸 폐조직, 기관지내시경을 통해 식염수를 주입하여 폐포 내에 있는 세포 및 물질을 세척해 빼내는 기관지폐포세정액 (Brochoalveolar lavage fluid; BALF), 그리고 객담 등이 있다.

생체시료 내에서 석면은 석면섬유(asbestos fiber) 또는 석면소체(asbestos body)의 형태로 존재하는데, 폐 내에 흡입된 석면섬유는 생체 내 대식세포에 의해 탐식되어 오랜 기간 동안 단백질 물질을 흡착하여 석면소체를 형성하게 된다.

생체시료의 석면분석은 일반적인 공기중 포집시료와 고형시료와 달리 주의해야 할 사항이 있다.

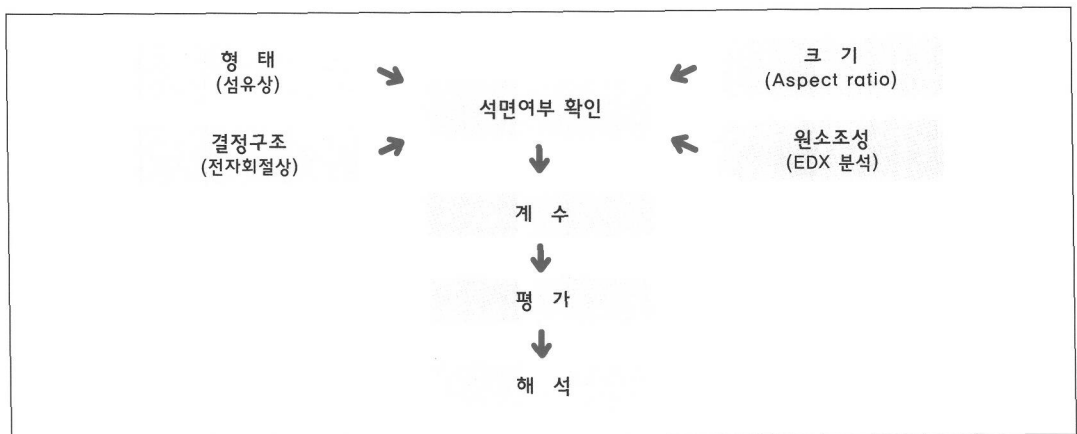
우선 시료제작과정에서 생체 내 주요 구성성분인 유기물 및 비석면 물질 등을 제거하여 분석에 방해되는 요소를 제거하고, 실

제 생체 내 석면농도에 영향을 주지 않고 균질한 시료를 만드는 작업이 필요하다. 그리고 석면섬유와 석면소체를 구별하여 분석해야 하며, 생체 내에서 화학적 성분변화를 고려하여 표준석면과 비교하여야 한다.

한국산업안전보건공단 산하 산업안전보건연구원에서는 투과전자현미경과 에너지분산 X선 분산장치(Energy Dispersive X-ray Spectrometer; EDX)를 이용하여 근로자의 직업병 판정을 위한 생체시료분석 및 생체 내 석면의 변화와 유해성에 대한 연구를 수행하여 왔다.

전자현미경을 이용한 석면분석은 <그림 1>과 같은 과정을 거치게 된다.

시료를 전자현미경에서 10,000배 이상의 고배율로 형태와 크기를 관찰하고 EDX 분



<그림 1> 전자현미경을 이용한 석면분석 과정



〈그림 2〉 섬유유 폐조직을 투과전자현미경으로 15,000배의 배율에서 촬영한 것

석을 통한 원소조성과 전자회절상을 이용한 결정구조를 파악하여 석면여부를 확인하고 계수 및 평가한다.

이 방법은 석면의 모든 특성을 종합적이며 객관적으로 분석하여 석면의 유무와 종류를 구별하고, 시료 내에 함유된 모든 석면을 빠짐없이 검출할 수 있는 장점이 있다.

예를 들어 〈그림 2〉의 섬유유 폐조직을 투과전자현미경으로 15,000배의 배율에서 촬영한 것으로 길이는 3  $\mu\text{m}$ , 직경은 50 nm 정도이다. 광학현미경으로는 관찰이 어려운

크기이며, 석면인지 확인할 방법도 없다.

그러나 전자현미경으로는 관찰이 가능하며 EDX 분석 및 전자회절상을 분석함으로써 석면과 동일한 성분 및 결정구조를 가지고 있다는 것을 알 수 있어 석면섬유로 판정할 수 있으며 종류는 백석면으로 확인할 수 있다.

그러므로, 생체시료의 석면분석에서 중요한 정확하고 정밀한 분석을 위해서는 전자현미경을 이용한 분석방법이 석면판정의 오류를 최소화하는 최적의 분석방법이므로 전자현미경을 이용하는 것이 필수적이라 할 것이다.

## 결론

현재 우리나라에서는 석면 사용이 전면적으로 금지된 상태로 석면 이용 자체는 감소하고 있지만 과거 석면수입 및 사용실태를 감안할 때 오랜 기간 동안 광범위하게 사용되어 노출이 불가피하다. 또한, 석면의 잠복기(약 10년-40년)를 감안하면 향후 석면에 의한 피해가 계속 발생할 것으로 예상된다.

따라서, 석면에 의한 건강장해 진단을 위한 병리조직학적 검사, 영상의학적 진단 등과 더불어 생체시료의 정밀한 석면분석 지원을 필요로 하고 있다.

생체시료의 경우에는 광학현미경을 사용하는 것은 한계가 있으며, 전자현미경을 활용하는 것이 가장 최선이라 할 수 있다.

체시료의 석면분석 방법을 표준화하고, 분석기관의 확대 및 전문화를 통하여 직업병 판정 및 석면피해자 구제를 위한 지원을 위하여 노력해야 할 것이다. 🌱

이에 우리나라도 전자현미경을 이용한 생

### ☞ 참고 문헌

1. 김수근, 석면에 의한 건강장애의 진단과 보상, Korean J Fam Med. 2009;30:335-343
2. 환경부, 석면피해인정기준, 석면피해구제법 시행령 별표 1
3. Consensus Report. Asbestos, Asbestosis and Cancer: the Helsinki Criteria for diagnosis and attribution. Scand J Work Environ Health 1997;23:311-316.
4. Sakai, K., Hisansga, N., Kojima, A., and Takeuchi, Y. 1991. Elemental composition of asbestos fibers recovered from human lung. Ann. Rep. Nagoya City Public Health Res. Inst., 37:116-119. (In Japanese)
5. Yu, I. J., Moon, Y. H., Sakai, K., Hisanaga, N., Park, J. D., and Takeuchi, Y. 1998. Asbestos and non-asbestos fiber content in lungs of Korean subjects with no known occupational asbestos exposure history. Environ. Int. 24: 293-300.