

HVEM의 운영현황 및 정량구조분석에의 활용계획

김 윤 중

한국기초과학지원연구원 전자현미경팀

2003년 말 한국기초과학지원연구원(기초연, KBSI) 대덕본원에 설치 완료된 국가적 공동연구 장비인 1300 kV급 투과전자현미경(HVEM, JEOL ARM-1300S)은 원자분해능($\leq 1.2\text{\AA}$)과 고경사각 tilting 기능($\pm 60^\circ$)이 결합되어 물질의 삼차원적 원자배열을 직접 관찰 할 수 있는 세계적인 수준의 장비이다. 또한 에너지 여과기능과 in situ 변온실험(액체헬륨온도 $\sim 1500^\circ\text{C}$), 인장실험 및 원격 운영 기능들을 갖추고 있고 추후 이온빔 가속장치의 부착이 가능하기 때문에 국내외에서 다양한 분야의 연구자들이 다양한 분석 기법을 이용하여 장비를 활용할 수 있다. HVEM이 설치된 전자현미경동은 장비의 성능 향상을 위해 방진 시설, 자기장 차폐장치, 흡음 시설, 공조 설비 등을 비롯한 기반설비 확충 및 개선이 효과적으로 이루어져 장비의 최종성능 시험 결과 일본 JEOL 공장에서 최종 평가한 결과보다 우수한 분해능을 구현할 수 있음을 입증하였다. 기초연 전자현미경팀에서는 HVEM 외에도 1996년에 도입되어 현재까지 활발한 연구 지원을 하고 있는 120 kV급 에너지여과 투과전자현미경(EF-TEM, Carl Zeiss EM912 Ω)과 2003년 말 도입되어 2004년 7월부터 정상적인 연구지원을 시작한 200 kV급 전계방출 투과전자현미경(FE-TEM, JEOL JEM-2100F)이 보조 장비로 가동되고 있다.

2004년 초 시험가동을 거쳐 4월 6일부터 공식적으로 연구지원을 시작한 HVEM은 현재 2004년 제4사분기 정기운영이 진행 중이다. 제2사분기(4월~6월)에는 13과제가, 제3사분기(7월~9월)에는 18과제가 지원되었으며 제4분기(10월~12월)에는 18과제의 연구지원이 수행될 예정이다. 제2사분기에 수행된 과제의 연구결과는 6월 30일 기초연 대덕본원에서 개최한 제1회 HVEM User Workshop에서 발표되었으며, 제3사분기 수행과제는 한국전자현미경학회의 추계 학술대회를 통해 그 연구 결과가 발표되었다. 지금까지의 HVEM 이용 현황을 보면 의생물 분야: 재료 분야(화학 분야 포함)가 약 1:2의 비율로 지원되고 있는데, 의생물 분야는 고투과력을 이용한 Tomography 작업이 주류를 이루고 있고 재료 분야는 고 분해능과 고투과력이 동시에 필요한 작업이 주류를 이루고 있다. 특수 실험으로는 제3사분기에 고에너지 전자빔을 이용한 irradiation damage 작업이 수행되었으며, 제4사분기에는 재료 분야에서 특수 holder(heating, cooling 및 straining)를 이용한 in situ EM이, 의생물 분야에서는 cryo-transfer holder를 이용한 cryo-EM이 수행될 예정이다.

HVEM의 원자분해능, 에너지 여과기능 및 고경사각 tilting 기능을 이용한 신물질의 정량구조분석은 장비의 핵심 활용분야이기 때문에 자료의 정량화에 필요한 기록장치 및 전용 소프트웨어의 도입 및 개선, 그리고 보다 넓은 경사 영역에서의 자료획득이 가능한 새로운 시료지지대의 개발을 지속적으로 추진하고 있다. 사용 가속전압이 1250 kV인 HVEM은 100~300 kV 급인 일반 TEM에 비해 전자회절도형의 기하학적인 왜곡이 작고 시편 내에 투입된 전자의 평균자유경로가 길기 때문에 운동학적인 조건을 이룩하기가 용이하다. 따라서 위상 정보를 직접 추출할 수 있는 고분해능 영상자료와 정량화된 전자회절 자료를 동시에 이용할 수 있기 때문에 신뢰도 높은 구조분석이 가능하다. HVEM을 포함하여 기초연에서 보유하고 있는 TEM 장비를 활용하여 무기물질의 정량구조분석을 수행한 결과를 소개하고 문제점 및 개선책, 그리고 앞으로의 활용계획을 제시한다.