

# 렌즈 나노 세계에 접근하다



유지영

현재 한국산업기술진흥협회 기술정책팀  
1995년 6월부터 과학신문기자로 활동  
2000년 과학기술단체총연합회 공로상 수상  
각종 매체에 과학관련 원고 다수 연재

## 소실률 최소화한 ‘완벽렌즈’ 예고 관찰 영역 40나노미터까지 내려가

**지**금은 컴퓨터 한 대만 있으면 혼자서도 밤낮 가리지 않고 열광하며 놀 수 있지만, 20여 년 전만해도 마땅한 오락거리가 없었다. 롤러스케이트를 타거나 탁구장에 가는 것이 제일 인기 있는 오락이었고, 운동장에서 뛰노는 것이 전부였다. 그러니 부모님이 모두 외출하신 일요일 한낮에는 모든 것이 적적할 수밖에 없다. 불운하게도 함께 놀아줄 친구들마저 모두 집을 배운 날이라면 심심함은 하늘을 찌를 정도였다.

이런 적적한 날에는 돋보기가 정말 훌륭한 친구가 되어주었다. 돋보기 하나만 있으면, 하루 종일 즐겁게 보낼 수 있었다.

돋보기를 들고 마당에서 줄지어 기어가는 개미를 보거나, 햇빛을 모아서 검은 종이를 태우는 것도 꽤 재미있는 놀이였다. 맑은 날이면 동네 꼬마들이 양지바른 곳에 용기종기 쭈그리고 앉아, 검은 종이에서 연기가 피어오를 때까지 정신을 집중하곤 했다.

이미 그때부터 렌즈와 빛의 관계를 몸으로 터득했던 것이다. 소년에게 렌즈는 새로운 세상과 연결해주는 다리같은 것이었다.

실제 렌즈는 세상과 세상을 연결시키고, 시간을 뛰어넘도록 돕는다.

카메라에 장착된 렌즈는 순간을 담아 기록하고, 망원경에 장착된 렌즈는 공간을 초월해버린다. 또 나노의 작은 세계를

창조하는 조각도구로 사용되기도 한다.

쓰임새가 다양해지면서, 렌즈 기술도 급격하게 발전했다. 우리가 흔히 보던 두툽한 유리렌즈는 물론이고, 플라스틱수지로 만든 렌즈 그리고 액체렌즈에 이르기까지 수많은 종류와 크기의 렌즈들이 곳곳에 숨어있다.

### 음(-)굴절 렌즈를 만들어라

렌즈기술의 발달로 볼 수 있는 세계의 영역이 점점 넓어지고 있다. 최근에는 나노세계까지 볼 수 있는 렌즈가 개발되었다.

렌즈는 대상물체에서 나오는 빛을 초점에 모아서 물체의 형태를 만드는 물체다. 따라서 물체가 작아서 빛이 약할 때는 그만큼 물체의 형태를 식별하기 어렵게 된다. 특히 빛이 렌즈를 통과하는 순간에 에너지의 일부가 소실되기 때문에, 그만큼 더욱 식별이 어렵다.

때문에 과학자들은 렌즈를 통과한 빛의 '소실광(消失光)'을 보상해 최대한 사물의 원래 상태와 같은 형상을 얻어내려는 노력을 계속해왔다.

물질을 통과한 빛은 휘게 마련. 이를 굴절률이라고 하는데, 물을 비롯한 대부분의 물질은 양(+)의 굴절률을 가지고 있다. 그런데 만약 이렇게 양의 굴절률을 가진 빛을 다시 음(-)으로 휘게 한다면 어떻게 될까? 양의 굴절률을 지닌 물질과 음의 굴절률을 지닌 물질의 경계에서 빛은 반대방향으로 굽게 될 것이다.

2000년 런던 임페리얼 칼리지의 연구원 존 펜드리는 이 질문을 통해 소실광을 복원한 '완벽한 렌즈(혹은 수퍼렌즈)'가 가능할 것이라고 주장했다. 즉 양과 음의 굴절률을 가진 물질을 결합하면 소실광을 복원할 수 있다는 것이다.

이후 음의 굴절률을 가진 새로운 렌즈의 개발은 광학계의 중요한 화두가 되었다. 음의 굴절률을 가진 렌즈의 개발이 완벽한 렌즈 실현의 열쇠이기 때문이다.

존 펜드리가 아이디어를 제안한 뒤, 음 굴절렌즈에 대한 연구는 큰 진전을 이루었다. 2001년 UC샌디에고의 연구원들이 구리 링(ring)과 와이어(wire)를 결합해 마이크로파를 음의 굴절률을 갖도록 하는데 성공한 것이다. 물론 이때의 연구 성과는 음 굴절률을 갖는 렌즈가 반드시 완벽한 렌즈가 되는 것은 아니라는 논란을 불러일으키기는 했지만, 지금까지 지구상에 존재하는 그 어떤 렌즈보다 성능이 우수한 렌즈의 탄생 가능성을 다시 확인시켰다.

이같은 노력은 올해 광학렌즈의 나노(nano)세계 진출을 가능하게 했다.

### 성능 10배 향상된 새로운 렌즈

과학자들이 소실광이 없는 완벽한 렌즈에 집착하는 것은, 우리의 관심 영역이 점점 작아지는 데에도 원인이 있다. 마이크로 시대에서는 기존의 광학현미경으로도 충분히 관찰이 가능했지만, 연구대상

이 나노 수준으로 내려가면서 점점 그 실체를 보기 어려워진 것이다.

완벽한 렌즈는 이 나노세계를 광학적으로 관찰하는 길을 연다는 점에서 매우 매력적이다.

나노세계의 광학적 관찰이 어려운 것은 그 대상물의 크기가 렌즈의 성능을 벗어나기 때문이다. 앞서 말했듯 렌즈는 관찰대상에서 나오는 빛을 모아서 형체를 만드는 역할을 하고 있는데, 물질의 크기가 작으면 나오는 빛 또한 작기 때문에 렌즈로 모으는데도 한계가 있는 것이다. 게다가 렌즈로 나노 물질을 관찰하는 사이에 그 작은 빛의 일부가 소실되어 버리니, 더욱 관찰이 어려워진다.

따라서 나노 물질을 광학적으로 관찰하기 위해서는 우선 렌즈의 소실광을 최소화하는 것이 전제되어야 하는 것이다.

올 5월달에 미국의 물리학자들이 거둔 성과는 바로 이 영역, 즉 나노세계의 광학적 관찰을 가능하게 했다는 점에서 매우 고무적이다.

미국 버클리대학의 시양 창(Xiang Zhang) 교수팀이 발표한 자료에 따르면, 은(銀) 박막층을 이용해 만든 음 굴절 렌즈가 나노 크기의 물체를 광학적으로 관찰이 가능한 것으로 나타났다.

창 교수팀은 이에 앞서 지난 2003년에 이미 광학 미소파동이 은으로 만든 렌즈를 통과할 경우 증가하는 것을 증명해 보인 바 있다. 창 교수팀은 이 연구결과를 발전시켜, 회절한계를 극복할 수 있는 새로운 렌즈 개발에 성공한 것이다. 이를 통해서 얻은 영상은 빛의 1/6정도의 선명도로, 앞으로 나노 크기의 물체 영상을 자유롭게 얻을 수 있을 것으로 기대하고 있다.

창 교수팀은 이 기술을 발전시키면 40나노미터의 작은 물체를 볼 수 있을 것으로 내다보고 있다. 현재 광학현미경의 해상도가 적혈구의 1/10 정도 크기인 400나노미터 수준이니, 무려 10배 이상 성능이 향상되는 것이다.

렌즈 기술의 발전은 인간의 지평을 넓히고 있다. 맨 눈으로 보이는 것으로 모든 것을 판단하던 시대에서 렌즈를 통해 좀더 작은 세계를 접하던 인간은 이제, 물질의 가장 최소 단위까지 접근하고 있다.

아라비안나이트에 나오는 천리안처럼 인간은 보다 작고 먼 세계를 바로 내 앞의 일처럼 보고 판단하고 있는 것이다.

인간의 또다른 눈 렌즈, 그 한계는 어디일 것인가?