

電子顯微鏡으로 들여다 본 生命의 모습  
The World of Living Cells through the Electron  
Microscope

慶北大學校 醫科大學  
名譽教授 孫 泰 重

17세기 중반에 네델란드의 류원후크(A. Leeuwenhoek)에 의해서 광학현미경이 발명된 이래, 인류는 현미경에 실로 헤아릴 수 없을 만큼 많은 微視的인 世界의 지견을 얻었습니다. 그로부터 200여년 후인 1876년(우리나라 조선조 高宗 13年)에 위대한 독일의 광학자 아베(E. Abbe)는 광학현미경에서는 여하이 정교하게 렌즈를 만들어도 사용하는 가시광선의 파장 때문에 분해능에 한계(파장의 약 절반인  $\sim 0.2\mu\text{m}$ )가 있다는 것을 발견하고 이를 세상에 발표하였습니다. 이 소식을 들은 세상 사람들은 몹시 낙담했다고 전해지고 있습니다. 이 광학현미경의 한계는 1920년 후반 무렵부터 독일의 베를린 공과대학의 크놀(M. Knoll) 교수와 그의 제자 루스카(Ernst Ruska)를 중심으로 해서 시작된 전자현미경의 개발에 의해서 완전히 깨어졌습니다. 60여년이 지난 현재 전자현미경의 분해능은 비약적으로 개선되어 이제 투과전자현미경에서는 0.1nm, 주사전자현미경에서는 0.5nm에 이르게 되었습니다. 그리하여 의학, 생물학 분야에서는 광학현미경으로는 보이지 않던 바이러스, 세포내 미세구조 등의 관찰이 가능하게 되었고, 재료과학 분야에서는 결정격자의 결함을 직접 관찰, 미소부분의 구성 원소를 정성 및 정량분석이 가능하게 되었습니다. 최근에는 경원소인 산소 원자까지도 볼 수 있게 발전하였습니다. 또 광학현미경에 있어서도 광원에 레이저를 이용한 공초점 레이저 주사현미경(CLSM)의 개발로 고해상도, 고콘트라스트를 이룩하여, 의학, 생물학 분야나 재료과학 분야의 연구자들의 주목을 받고 있습니다.

여기에 이르기까지에는, 다른 과학 분야와 마찬가지로, 현미경 분야에서도 이론과 실제의 양면에 선각자들의 많은 창의적인 노력이 있었습니다. 예를 들면, 현미경에서 가장 중요한 대물렌즈의 구면수차, 색수차, 비점수차 등 렌즈 결함

의 감소 내지 보정, 고휘도 전자원의 실현, 고압 전원의 안정도 향상 등이 그것들입니다. 뿐만 아니라, 현미경의 종래의 범용 현미경 외에 새로운 종류의 광학현미경에는 실체 현미경, 측정현미경, 형광현미경, 편광현미경, 공초점 레이저 주사현미경 등이 있고, 전자현미경에는 가장 먼저 제작된 투과전자현미경(TEM) 외에 주사전자현미경(SEM), ASEM, ESEM, AEM, STEM, HRTEM, HVTEM 등이 등장하였습니다. 그 밖에도 최근에는전계이온현미경(FIM), 주사터널현미경(STM), 주사형용량현미경(SCaM), 자기력현미경(MFM), 근접주사형 광학현미경(NSOM), 주사형터널전자분광현미경(STS) 등이 출현하고 있습니다. 그 용도에 있어서도 의학, 생물 및 재료과학의 연구분야에서 생산업계, 제조업계, 의료계 등 모든 자연과학 분야에 널리 이용되고 있습니다.

우리나라에 처음 전자현미경이 도입된 때는 1950년대 후반이었습니다. 그러니까 40여년이 되었습니다. 그간에 전자현미경학회가 1967년에 창립되고, 한국 전자현미경학회지가 1969년에 창간호를 발간한 이래 26권 4호에 이르게 되었습니다. 전자현미경의 수도, 각 기업체와 부속연구소에 있는 것을 모두 파악하지는 못하였으나, 대학이나 연구소에 있는 것만으로도 400여대에 이르고 전국 방방곡곡에 널리 설치되어 있습니다. 회원의 수도 600여명에 이르고 있으며, 그간 이 방면의 수많은 연구자들이 해외로 진출하여 우리 학회와 자신의 발전을 위해서 많이 노력해 왔습니다. 그러기에, 이제 전자현미경학계도 우리 스스로가 세계 전자현미경 학계의 수준에 도전하고 육박하여야만 하는 당위성을 지닌 현실을 맞이 하였으며, 이 방면에서 연구하는 우리들의 사명감이 한층 더 무거워졌다고 생각합니다.

이관기님은 국내외의 연구환경의 변화속에서 연자는 1956년 3월 25일에 경북대학교 의과대학을 졸업하고 바로 이 대학의 병리학교실의 조교로 발령을 받은 이후 전임강사, 조교수, 부교수 그리고 교수를 지내다가 지금으로부터 1년 3개월전인 1996년 2월 29일 정년을 맞이하여 오랫동안 정들었던 모교를 뒤로하게 되었습니다. 꼭 40년에 걸친 연구생활이었습니다. 그러니까 강산이 4번이나 변한 셈이었습니다. 지금은 이 대학의 명예교수로서 이 대학에 설치되어 있는 WHO 진단전자현미경학연구연수협력센터의 센터장으로서 임무를 수행하고 있습니다. 이렇게 연자는 대학에 재직한 40여년간의 연구기간 중 1956년에서 1967년까지의 10여년간은 광학현미경으로써의 연구를 주된 테마로 하였고, 그후는 전적으로 투과 및 주사전자현미경에 의한 정상 및 병적 세포의 미세구조 연구에 전력을 다하였습니다. 특히, 최근의 15년간, 즉, 1980년부터는 주사전자현미경으로 각종 세포의 3차원(三次元) 구조를 관찰하는데 몰두하였습니다.

이렇게 된 이유로서는 전자현미경, 특히 주사전자현미경으로 생물의 모양을 만들고 있는 세포의 모습을 자세히 들여다 보았던 바, 각종 다세포 생물을 구성하고 있는 세포의 모습이 다양하고 복잡하기는 하나 일정한 질서에 따라 배열되어 있고, 또 이들 세포의 표면과 세포내부의 각종 구조물의 모습이 말과 글로는 표현할 수 없을 만큼 오묘하고 아름다운 모습을 보여주었기 때문이었습니다. 다시 말하면, 아름다움 즉, 미(美)는 육안으로 보는 사람의 육체미를 비롯하여 바다에도, 하늘에도 그리고 땅에도 수없이 많지만 전자현미경이 펼치는 세포의 세계에도 이미 언급한 바와 같이 필설로는 형언할 수 없는 오묘함과 아름다움이 있다는 것을 발견하였다는 것입니다. 그리하여 연자는 이들 세포의 표면과 그 내부에 숨겨진 오묘하고 아름다운 모습을 수없이 관찰하고, 이들 세포의 아름다움을 황홀 이상의 경지의 것으로 보고, 이것이야말로 대자연(大自然)이 창조한 미(美) 중에서는 최고의 걸작품이고 또한 그것은 세포로 구성된 우리 생명체 모두가 가지는 신비 즉 “生命的 秘密(The Mystery of Life, 국배판, 656쪽, 경북대학교 출판부, 1996)”라고 보았던 것입니다.

연자가 지금까지 세포의 입체구조를 관찰한 대상은 주로 건강한 또는 병든 마우스, 흰쥐 그리고 개에서 사람에 이르기까지의 다세포생물이었습니다. 또 사람에게 있어서의 재료로서는 종양성 질환, 염증성 질환, 대사성 질환 등을 비롯한 병적 조직도 망라하여 관찰하였습니다. 이들 다세포생물을 구성하고 있는 세포의 수와 종류는 헤아릴 수 없을 만큼 많고, 그 구조 또한 복잡합니다. 그러나 이들은 서로가 일정한 질서에 따라 혼란을 일으키지 않고 협조하여 생명을 유지하고 있는 것을 본 관찰을 통하여 재확인하였습니다.

오늘날 생명체가 가지는 이들 생명현상을 규명하기 위한 연구의 성과가 각 분야에서 수없이 발표되고 있는데 그 중에서도 특히 유전, 면역 또는 단백질합성 등의 생체내 기전에 대하여 최근에 밝혀진 새로운 지견은 눈에 띄게 증가하고 있습니다. 뿐만 아니라 최근에 발표된 크리크(Francis Harry Compton CRICK, 1962년 DNA의 2중나선 모델을 창안한 공로로 노벨의 학생리학상을 수상한 분)의 “**얼(soul)에 대한 과학적인 연구(The Astonishing Hypothesis : The Scientific Reaserch for the Soul, Charles Scribner’s Sons, New York, 1994)**” 즉 얼이 공중에 있는지, 심장에 있는지, 개개의 세포에 있는지, 유전자인 DNA에 있는지, 아니면 그 밖에 어디에 있는지 등등에 관한 연구는 우리들의 관심을 모으고 있습니다. 이런고로 전자현미경의 크디 큰 기능에 대하여 기대하는 바 지대합니다.

하지만, 이러 여러가지 기전으로서도 결코 모든 생명체에서 필연적 현상으로 나타나는 『生·老·炳·死』라든가 또한 인류에서 볼 수 있는 『善·怒·愛·樂·憎·惡·慾』이란 七情 등 매혹적이고도 신비적인 생명현상의 정체에 대해서는 아직까지도 그 일부만이라도 설명할 수 있는 단계에 도달하지 못하고 있고, 앞으로도 이것들의 정체를 구명하는 것은 매우 어려운 과제이므로 이 생명의 정체야말로 영원한 베일 속에서 신비스럽게 존재할지도 모르겠습니다. 그러나 전자현미경은 이것에도 도전하고 있는 훌륭한 인류의 발명품입니다.

이렇게 생각할 때 “생명이란 무엇인가”하는 의문은 당연히 우리들로 하여금 “최초의 생물은 무엇에서, 어떻게하여 탄생하였을까?”라는 생명의 기원에 관한 원초적인 문제의 제기로 이끌어가게 됩니다. 그러나, 오늘의 이 강연의 목적은 어디까지나 생명체를 구성하는 세포의 모습에 있기에 생명의 기원에 대해서는 언급하지 않기로 합니다. 그 대신에 여기서는 “생물은 오로지 생물에서만 태어나고, 그 생물은 세포로써 구성되어 있기 때문에 세포없이 생명이라는 것은 결단코 있을 수 없다.”는 대원칙을 기조로하여 말하기로 합니다. 본 강연의 제목이 “전자현미경으로 들여다 본 생명의 모습”이라고 한 이유도 바로 여기에 있는 것입니다.

생명체에 대해서 특기해야 할 것은, 다세포생물은 비록 그 종류는 달라도, 그것을 구성하고 있는 세포 및 그 소기관의 구조와 기능은 상호간에 많은 공통점이 있다는 것입니다. 예를 들면 세포막, 미토콘드리아(mitochondria), 조면소포체(rough-surfaced endoplasmic reticulum), 골지장치(Golgi apparatus), 라이소솜(lysosome) 등을 비롯한 세포내외의 구성요소는 다세포생물에 있어서는 모두 기본적으로 그 구조적인 면에서나 기능적인 면에서나 공통성이 있다는 것입니다. 다시 말하면 다세포생물을 만들고 있는 세포의 세포막이나 그 내부의 막을 형성하고 있는 막구조물의 막의 형태는 구조적인 면에 있어서는 두께와 그 모양이 다를 뿐 그 기본적인 분자구조는 모두 지질 2분자(lipid bilayer)를 기초로 하고 있고, 기능적인 면에 있어서는 세포막은 선택적 투과나 대사산물의 수송, 전기적 흥분성, 면역특성의 발현 등의 기능을 영위하고 있고, 미토콘드리아는 에너지의 생성을, 조면소포체는 수출단백의 합성을, 골지장치는 물질의 포합과 저장을, 라이소솜은 세포내 물질의 소화를 담당한다는 것 등입니다.

하지만 이들을 전자현미경으로 자세히 관찰하여보면 세포의 종류에 따라서 각 소기관의모양이 다른 것은 물론 같은 종류의 세포에 있어서도, 또한 같은

세포내에 있어서도 그 구조에는 많은 차이점이 있다는 것을 알 수 있습니다. 예를 들면 같은 미토콘드리아도 세포의 종류에 따라서 그 형태가 다른 것은 물론 같은 세포내에 있어서도 그 부출(expose)된 면(surface)에 따라서 형태가 다양하다는 것입니다. 그래서 연자는 이들 세포를 전자현미경으로 촬영함에 있어서는 세포를 종류별로 찍은 것은 물론 같은 종류의 세포에서도 그 형태에 따라 여러장소를 찍었습니다. 뿐만 아니라, 이들 세포안에 숨겨져 있는 각종 구조물이 너무나도 아름다운 조화의 묘를 이루고 있기에 거기에도 매료되어 같은 구조물이라도 장소를 달리하여 더욱 많은 사진을 찍었습니다. 또 배울에 따라서도 그 형태는 달라지기에 그것들을 배울을 달리하여서도 많이 촬영하였습니다.

이렇게 세포의 종류에 따라, 세포의 부위에 따라, 그 배울에 따라 많은 사진을 촬영하면서 연자는 “아름다운 것이야말로 진리다”라는 키츠(J. Keats)의 말과 같이 형태학자는 세포의 아름다움을 추구하는데 노력해야 한다고 생각하였습니다. 그것은 거기서 우리가 세포의 구조와 기능과의 상관관계를 추구하는데 있어서 우리들에게 또 다른 무엇을 생각할 수 있게하여 줄 것이고, 더 나아가서는 거기서 위대한 대자연의 힘과 창조된 것의 오묘함을 찾아볼 수 있기 때문입니다. 다시 말하면 아름다운 것을 발견하는 즐거움이 형태를 연구하는 형태학자의 마음 그 자체가 되어야 할 것으로 생각한다는 것입니다.

오늘, 이 강연의 내용은 과거 연자가 전자현미경학의 연구를 시작한 1967년 이래 정년으로 퇴임할 때까지 30여년간 축적된 연자의 많은 전자현미경 사진 중에서 이미 발표된 것과 이제까지 비장하여 둔 미발표의 사진 중에서 알맞게 골라 정리하게 발표하는 바입니다.