

<고대와 중세의 과학>

송성수(부산대학교 물리교육과 교수, 과학기술학)

과학의 시작

기원전 6~5세기에 소크라테스 이전의 학자들(pre-Socratic philosophers)은 자연 세계를 구성하는 근본물질과 그것의 변화에 대해 논의하였다. 탈레스(Thales)는 만물의 근원이 물이라는 의견을 제시하면서 지진이 일어나는 것은 물 위에 떠 있는 땅덩이가 흔들리기 때문이라고 설명했다. 아낙시만드로스(Anaximandros)는 물에서 불이 나올 수 없다고 반박하면서 모든 물질을 포함하고 있는 무한자(無限者, apeiron)가 만물의 근원이라고 주장했다. 아낙시메네스(Anaximenes)는 무한자와 같은 추상적 물질은 존재하지 않는다고 반박하면서 공기가 근본물질이며 공기가 농축되면 물이 되고 공기가 희박해지면 불이 된다고 설명했다. 헤라클레이토스(Heracleitos)는 불을 근본물질로 보면서 만물은 끊임없이 변화한다고 주장했던 반면, 파르메니데스(Parmenides)는 어떤 것이 다른 것으로 변한다는 생각은 틀린 것이라고 반박했다. 엠페도클레스(Empedocles)는 흙, 물, 불, 공기의 네 가지 물질이 근본물질이며 그들이 적당히 섞여서 다양한 물체가 된다는 4원소설을 타협안으로 제시했다. 레우키포스(Leucippos)와 데모크리토스(Democritos)는 네 가지 근본물질로는 모든 물체를 만들 수 없기 때문에 눈에 보이지는 않지만 무수히 많은 원자(原子)들이 모여서 갖가지 물체들이 만들어진다는 원자설을 주창했다.

오늘날의 관점에서 보면 유치한 성격을 띠고 있지만 이러한 논의는 이전과는 다른 성격을 띠고 있었다. 이전에는 자연현상을 초자연적인 존재의 탓으로 돌렸지만 기원전 6세기부터는 자연 안에서 자연현상의 기원을 찾기 시작했다. 예를 들어 이전에는 지진이 신적인 존재가 일으킨 현상으로 간주되었지만 탈레스는 지구가 물 위에 떠 있으면서 흔들릴 때 발생한다고 보았던 것이다. 이보다 더욱 중요한 것은 합리적 토론과 비판의 전통이 생겨났다는 점에서 찾을 수 있다. 즉 탈레스에서 데모크리토스에 이르는 고대의 학자들은 서로의 주장을 비판하고 더 나은 주장을 제시하려고 노력하면서 그들의 논의를 합리적이고 체계적으로 만들었던 것이다. 과학이 기원전 6세기에 시작되었다고 보는 까닭도 여기에 있다.

당시에는 근본물질에 대한 관심과 더불어 특정한 분야를 중심으로 학파가 생겨나기도 했다. 피타고라스 학파와 히포크라테스 학파는 그 대표적인 예이다. 피타고라스(Pythagoras)는 직각 삼각형에 대한 정리로 유명한 사람이다. 물론 그러한 관계는 이전부터 알려져 있었지만 그것을 논리적으로 증명한 사람은 피타고라스였다. 피타

고라스 학파의 활동은 종교적 색채를 강하게 띠고 있었지만 자연현상을 수학적으로 이해할 수 있다는 신념을 남겼다는 의의를 가지고 있다. 히포크라테스(Hippocrates)는 의사들의 윤리가 집약된 히포크라테스의 선서로 유명한 사람이다. 기존의 의사들이 질병의 즉각적인 치료를 중시했던 반면 히포크라테스는 자연과의 조화로운 삶을 강조하면서 질병의 진행을 정확히 기록하고 예측하는 일을 중시했다. 히포크라테스 학파의 선배가 남긴 기록은 후배에게 좋은 참고자료가 되었고 그것은 <히포크라테스 전집>으로 집대성되었다.

고대 과학의 발전

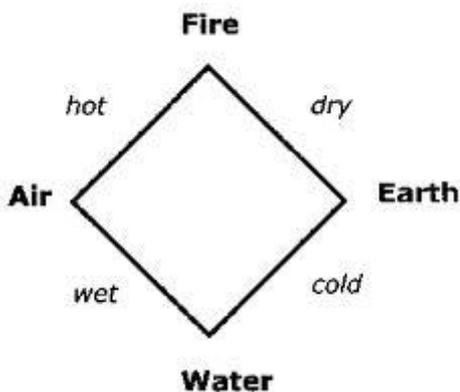
기원전 5세기 초부터는 그리스 본토에 있는 아테네가 학문의 중심지가 되었다. 아테네에서는 학문에 대한 저변이 확대되는 가운데 자연현상에 대한 학문적 논의도 더욱 발전되었다. 당시를 대표하는 학자로는 플라톤(Platon)과 아리스토텔레스(Aristoteles)를 들 수 있다. 그들은 각각 아카데미아(Academia)와 리케이온(Lyceion)이라는 학교를 세워 많은 제자들을 양성하기도 했다. 당시의 교육은 한 명의 스승이 여러 명의 제자를 가르치는 방식으로 진행되었으며, 특별히 과학이 별도로 가르쳐지지는 않았다.

플라톤은 <티마이오스(Timaeos)>를 통해 자연세계에 대한 자신의 견해를 밝혔다. 그 책에는 조물주(demiourgos)가 핵심적인 존재로 등장한다. 플라톤의 조물주는 기독교의 창조주와는 다른 존재이다. 창조주는 무의 상태에서 우주를 만드는 존재이지만 조물주는 이미 존재하는 혼동 속의 물질에 질서와 조화를 가하여 우주를 만들어 내는 존재이다. 플라톤은 4원소설을 받아들인 후 이를 간단한 입체 모형으로 설명하는 기하학적 원소론을 제시했다. 흙은 정육면체, 불은 정사면체, 공기는 정팔면체, 물은 정이십면체이며 흙을 제외한 나머지 원소들은 그것들이 이루고 있는 기하학적 성분의 결합과 분리를 통해 서로 변환될 수 있다. 이 외의 정다면체인 정십이면체는 제5원소로서 하늘을 구성하는 원소이다.

플라톤이 추상적인 기하학적 모형을 통해 물질의 근원을 표현하려고 했듯이, 그는 감각적인 경험보다는 이성적인 추론을 강조했다. 그는 감각보다는 이성이 우월하고 이성 중에서도 수학적 이성이 가장 완벽하다고 믿었다. 그것은 플라톤의 핵심 사상인 이데아 이론에 반영되어 있다. 이데아의 세계는 이성이 지배하는 세계로서 변하지 않는 반면 현실 세계는 감각이 지배하는 세계로서 항상 변화를 경험한다. 칠판 위에 우리가 무수한 원을 그릴 수 있지만 그것들은 완전하지 않으며 완전한 원은 이성적인 추론에 의해서만 알 수 있다는 것이다.

아리스토텔레스도 플라톤을 따라 자연세계가 이성적 계획의 산물이라고 믿었지만 플라톤과 달리 이상적 세계가 현실 세계를 반영한 것이라고 생각했다. 예를 들어 플라톤에게는 책상의 이데아가 현실 세계에 존재하는 책상들과 따로 존재하는 것이지만 아리스토텔레스가 말하는 책상의 형상은 현실 세계에 존재하는 책상들의 공통적인 성질을 추상해서 얻은 것이다. 이처럼 아리스토텔레스는 경험적 자연관을 강조했으며 그것은 생물학 분야의 많은 업적으로 이어졌다. 그는 자신의 저서를 통해 500종이 넘는 동물에 대해 서술했으며 특히 동물을 해부하여 각 기관의 목적과 기능을 연구하였다.

아리스토텔레스는 우주론, 물질이론, 운동이론을 체계적으로 연결시킨 고대 최고의 과학자였다. 그는 달을 기준으로 영구불변의 천상계와 불완전한 세계인 지상계를 구분했다. 천상계에는 완전한 원소인 에테르(aether)가 있으며 지상계에는 흙, 물, 공기, 불의 4원소가 지구의 중심에서 무거운 순서대로 자리잡고 있다. 4원소 중에서 흙은 차고 따뜻하며, 물은 차고 습하며, 공기는 따뜻하고 건조하며, 불은 따뜻하고 습하다. 이러한 성질들이 서로 바뀌면서 4원소들은 서로 변환될 수 있다. 운동이론과 관련하여 아리스토텔레스는 물체가 가진 본래의 속성인 자연스러운 운동(natural motion)과 그렇지 않은 강제적 운동(violent motion)으로 구분했다. 천상계의 원운동이 자연스러운 운동의 대표적인 예이며, 지상계에서는 가벼운 것이 올라가고 무거운 것이 아래로 내려가는 수직운동이 자연스러운 운동이다. 반면 강제적 운동은 돌을 던진다거나 수레를 미는 것과 같이 외부의 운동원인(mover)이 있어야 하며 지상계에서만 발생한다. 아리스토텔레스의 과학이 이후에 많은 비판을 받았음에도 불구하고 약 2천년 동안 계속 유지될 수 있었던 것은 바로 이러한 체계성 덕분이었다.



그리스가 멸망한 이후에 고대 과학은 알렉산드리아를 중심으로 발전하였다. 에우클레이데스(Euclides)는 <원론(Stoicheia)>을 통해 기하학의 공리를 정식화하였고, 프톨레마이오스(Ptolemaios)는 <알마게스트(Almagest)>를 통해 천문학을 집대성했으며, 갈레노스(Galenos)는 과거의 자료와 동물 해부를 바탕으로 인체에 관한 종합적인 이론을 제시하였다. 특히 당시의 프톨레마이오스 왕조는 도서관과 박물관을 겸비한 무세이온(Museion)을 설립하는 등 학문 활동을 지원하는 데 열성적인 모습을 보였다. 반면 지중해 지역을 정복하고 있었던 로마에서는 과학을 탐구하는 활동이 점차 약화되었다. 로마 시대의 과학적 저술들은 독창적인 이론을 전개하기보다는 이전부터 알려진 각종 지식을 간략히 정리하여 전달하는 형태를 띠고 있었다.

중세의 과학

중세 전반기에 과학은 암흑기를 맞이했다. 기독교가 지배하면서 세속적인 학문이 배척을 당했으며 유능한 인재들이 신학에 종사했기 때문이다. 몇몇 학자들이 기존의 학문을 백과사전으로 정리하여 명맥을 유지하는 수준이었다. 반면 이슬람 지역에서는 7~11세기에 그리스 과학의 전통을 계승·발전시키는 일이 전개되었다. 수많은 서적들이 아랍어로 번역·보급되었으며 이를 바탕으로 그리스 과학이 탐구되면서 정교하고 자세한 주석이 붙여졌다. 또한 대수학(algebra), 연금술(alchemy), 알코올(alcohol) 등이 아랍어에서 유래했을 정도로 이슬람 과학은 독자적인 업적을 남기기도 했다.

1085년에 십자군이 스페인 지방의 톨레도를 탈환함으로써 기독교 문명권과 이슬람 문명권의 접촉이 빈번해지기 시작했다. 아랍어로 번역되어 연구되던 고대 과학의 내용들이 다시 라틴어로 번역되었다. 특히 12세기에는 수많은 번역가들이 출현해서 활발한 번역 활동을 했는데 그것은 “12세기 르네상스”로 불리기도 한다. 방대한 지식을 배우고 전수하고자 하는 사람들이 많아지면서 성당에 설치되었던 조그만 학교들은 대학으로 발전하였다. 중세의 대표적인 대학으로는 볼로냐대학, 파리대학, 옥스퍼드대학을 들 수 있다.

중세 대학에는 신학, 법학, 의학 등 3개의 전공이 있었으며 과학은 주로 교양학부에서 가르쳐졌다. 중세 대학에는 신학, 법학, 의학 등 3개의 고급학부(higher faculties)가 있었으며, 과학은 이러한 전공으로 들어가기 전에 이수하는 교양학부 혹은 학예학부(arts faculties)에서 다루어졌다. 중세 대학에서 교양학부에서 가르쳤던 교과목으로는 문법, 수사, 논리 등의 소위 3학(三學, trivium)과 산수, 기하, 천문,

음악 등의 4과(四科, quadrivium)가 있었다. 과학은 이런 교양과목을 가르치면서 부수적으로 중세 대학에서 자리를 잡게 되었던 것이다. 중세 대학의 학풍은 실제와는 무관하게 문장 하나하나를 사변적으로 따지는 스콜라 학풍으로 대표된다. 예를 들어 진공의 존재가 가능한가 하는 질문이 제기되면 그 문제에 대한 찬성과 반대의 근거를 논리적으로 살핌으로써 진공의 본질을 파악할 수 있다는 것이다.

12세기 후반 이후에 아리스토텔레스의 학문이 유입되면서 과학과 신학은 갈등적 관계를 형성하였다. 아리스토텔레스주의는 우주의 영원성을 주장하고 인과관계를 강조하는 특성을 가지고 있는데 그것이 기적의 존재와 신의 전능성을 주장하는 기독교 교리와 상충되었던 것이다. 이러한 배경에서 1277년에는 아리스토텔레스 학문에서 문제가 되는 조항을 도출하여 이에 대한 논의를 금지하는 명령이 내려졌다. 1277년의 금지령 이후에 스콜라 학풍에는 커다란 변화가 나타났다. 진정한 원인은 신만이 알 수 있기 때문에 인간은 자연현상을 정확하게 서술하는 데 몰두해야 한다는 것이었다. 이러한 분위기에서 경험적이고 수학적인 논의들이 많이 전개되었고 몇몇 새로운 개념이나 이론도 등장했지만 그것이 아리스토텔레스의 체계를 완전히 벗어나지는 못했다.

임페투스(impetus) 이론은 그 대표적인 예이다. 임페투스란 운동하는 물체가 최초의 운동원인 때문에 얻게 되는 양으로 그것이 물체에 남아 운동원인으로 계속 작용하여 물체의 운동을 지속시켜 준다. 임페투스의 크기는 물체의 속도와 질량에 의해 정해진다. 이 개념을 낙하하는 물체에 적용시키면 낙하하는 동안 무게가 계속 작용하므로 임페투스가 계속 증가하게 되고 이것이 낙하하는 물체의 속도가 증가하는 원인이라는 설명이 얻어진다. 또한 보통 물체의 임페투스는 불완전해서 점점 줄어들어 결국은 운동이 정지해 버리지만, 천체는 완전한 임페투스를 지녀서 이것이 영원히 보존되고 운동을 계속하게 되는 것이다. 임페투스의 개념은 표면상으로는 근대역학의 운동량이나 관성의 개념을 떠올리게 하지만, 사실은 아리스토텔레스의 운동원인을 고수하기 위해 관념적인 운동원인으로 도입되었던 것이다.