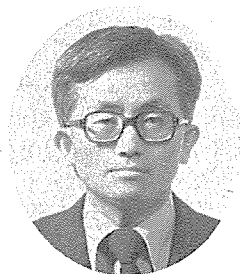


科学의 社会的 役割

5



朴 星 来

(史學博士 · 外大教授 · 科學史)

그리스의 科学 ③

數와 幾何學의 세계

아스리토텔레스의 宇宙觀

소크라테스(Socrates 470~399)는 천문학이 시간 낭비일 따름이라고 생각했을 만큼 자연현상에는 무관심했다고 전해지고 있다. 그러나 그의 제자인 플라톤에게는 우주의 움직임은 <완전한 이상 세계의 불완전한 표현>쯤으로 보였던 것 같다. 그래서 그는 스승과 마찬가지로 천문의 관찰은 중요시하지 않으면서도 천체의 움직임은 이상적인 기하학적 형태에 그린다고 굳게 믿었다. 지구 중심의 동심원적 우주관은 피타고라스 이후의 전통으로 플라톤에 의해 계승된 셈이다.

플라톤이 아무런 우주관의 발전을 이룩하지 못 한데 반해, 그의 제자이며 친구인 유클리드(Euclid, 409~356)는 플라톤의 지나치게 이상적이 이기만 한 宇宙觀을 수정하려 노력했다. 지구를 중심으로 하여 여러개의 同心圓軌道 上을 行星은 움직이고 있다고 그는 생각했다. 특히 유클리드의 특징은 각 行星이 소속하고 있는 하늘은 서로 방향이 다른 軸으로 서로 연결되어 있어 中心인 지구위에서 볼 때 行星은 順·留·逆行 등 불규칙한 모양을 보일 수 있다는 점이다. 실제로 눈에 보이는 行星의 逆行 현상 등을 무시한채 완전한 等速圓운동을 고집한 플라톤에 비하면 유클리드는 한층 더 과학적인 태도를 보인 셈이다.

이 태도를 계승 발전시킨 사람이 아리스토텔레스(Aristotles, 384~322)다. 마케도니아왕의 侍醫를 아버지로 하고 태어난 그는 18세에 아테네로 옮겨 플라톤의 아카데미에 들어가 공부하기 시작했다. 플라톤이 죽을 때까지 거의 20년이나 아카데미에 머물던 아리스토텔레스는 B. C. 343년에 당시 13살이던 알렉산더의 선생이 되었다. 이 두 유명한 사람 사이에 대해서는 그 이상 더 알려져 있지가 않아 잘 알 수 없지만 3년동안 위대한 철학자 밑에서 공부한 알렉산더大王이 이렇다할 영향을 그로부터 받은 것 같지는 않다.

기원전 335년부터 323년까지 12년간 아리스토텔레스는 아테네에서 살았고 이 기간동안 그는 리케이온(오늘날 Lyceum이란 말로 남음)이란 자기 학원을 만들어 연구도 하고 제자도 가르쳤다. 그가 논리학, 철학, 정치학, 윤리학, 천문학, 물리학, 동물학에 걸친 방대한 저술을 완성하여 후세에 최초의 위대한 학자로서 이름을 남기게 된 것은 바로 이 기간동안에 이룩한 업적 때문이다. 그의 스승인 플라톤이나 그에 앞선 소크라테스가 보다 적극적인 社會改革에 뜻을 두고 있었다면, 아리스토텔레스는 상아탑속의 학자라고 부를 수 있을 만큼 실생활로부터 한 걸음 높이를 올라간 자세에서 모든 학문을 연구했던 것이다.

아리스토텔레스의 거창한 자연관을 설명하는데에는 天文學사상만을 빼어 얘기하기 보다는 그것들 그의 物質觀 및 運動의 이론들과 아울러 다루는 것이 이해하기 편하다. 그만큼 그의 自然觀 혹은 과학사상은 방대하면서도 서로 잘 연관되게 짜여져 있다.

우선 그는 사람이 느끼고 알 수 있는 세계를〈완전한 하늘〉과〈불완전한 땅〉으로 兩分한다. 하늘의 세계는 변화가 없고 모든 天體는 완전한 圓운동만을 하는데 반해 땅의 세계는 변화의 세계라 규정한다. 그리고 이 두개의 세계를 구분 짓는 것이 달이라고 말한다. 달표면이 완전 투명하지 못한 상처같은 것을 우리 눈에 보여주는 것은 그것이 불완전한 세계와 완전한 세계의 경계에 있기 때문이다. 이와 같이 하늘과 땅을 둘로 나눠 보는 생각은 위에 말한 피타고라스나 플라톤의 전통이 그대로 계승된 것이며, 완전한 圓운동의 생각도 계속되는 전통이었다.

아리스토텔레스는 同心圓的인 우주관과 지구중심의 생각도 그대로 이어 받았고 유독소스의 同心天球說도 계승했다. 그러나 그는 유독소스가 설명을 위해 기하학적 모델만을 생각하고 있던 天球說을 그대로 실재하는 天球로 고정시켜 갔다. 지구를 중심에 두고 55개의 天球(heavenly spheres)가 겹겹이 싸여 있고 그 天球에 수성, 금성, 태양, 화성등은 물론 불박이 별(恒星)들도 붙어 지구 둘레를 돈다는 것이다. 그에 의하면 天體(heavenly bodies)는 우리 눈에 보이지만 그 천체들이 달려 있는 天球는 유리 또는 수정같이 투명한 물질로 되어 있어 우리 눈으로 볼 수가 없다. 또 이 天球들은 빛의 통과는 허락하지만 물체의 통과는 불가능한 그런 것이라고 믿어졌다.

우주의 제일 밖에는 모든 天球의 움직임을 하루 한번씩 제자리로 돌려주는 우주 운동의 주재자인 宗動天(Primum Mobile)이 있다. '이처럼 有限한 우주의 운동은 누가 가능하게 해 주는가? 모든 별은 宗動天의 회전에 맡기받은 것이라면 宗動天 그것은 누가 움직여 준단 말인가? 여기서 아리스토텔레스는 자기 스스로는 움직이지 않고 다른 것을 움직여 줄 수 있는 어떤 絕對者(God)의 존재를 생각하지 않을 수 없었다. 宗動天은 즉 철대자가 되는 것이다. (Primum Mobile=Unmoved Mover)

그러면 이처럼 완전한 하늘을 만들고 있다는 수정과도 같은 물질이란 어떤 것일까? 여기서 그의 天文사상은 그의 물질관과 만나게 된다. 아리스토텔레스에 의하면 하늘을 만들고 있는 물질은 땅위에 있는 四元素와는 전혀 다른 第五의 원소(Quintessence=第五元素)라야만 한다. 그것은 투명하고 무게가 전혀 없는 완전한 물질, 따라서 우리의

물질개념으로는 상상할 수 없는 그런 것이었다.

그와는 정반대로 땅위의 물질은 탁하고 무게가 있는 것들이다. 그는 그리이스 전래의 四元素說을 받아들였지만 거기에 전혀 없던 位階性 또는 階級性(hierarchy)을 주려했다. 4 원소는 그 완전성에서 서로 다른 것이라 믿어졌다. 4 원소중 가장 완전한 원소는 불이며 그래서 불은 가장 높은 곳 즉 하늘을 향해 솟아 오르려 한다. 그다음 공기, 물, 흙의 차례가 된다. 가벼운 것일수록 더 고귀한 원소가 되는 셈이다.

4 원소는 각각 물질이 갖고 있는 4 가지 기본적인 성질(四元性)과 관련되어 있다고 아리스토텔레스는 믿었다. 따뜻함, 차가움, 건조함과 축축함의 네 가지 성질은 각각의 원소에 각각 두 가지씩 관계된다. 불은 따뜻하고 건조하며, 물은 정반대로 차고 축축하다는 식이다. 따라서 어느 원소의 성질을 한 가지지만 바꾸면 다른 원소가 될 수도 있다는 생각이 가능해지고, 이 가능성은 뒤에 연금술의 발달과 연관지어지는 그런 사고 방식이 있다. 또 아리스토텔레스가 땅위의 원소들 사이에 계급성을 인정하는 태도는 그가 당시의 노예제도를 긍정적으로 받아들인 社會思想과도 서로 연관되는 것으로 보인다.

하늘의 제 5 원소가 완전한 圓운동만을 끊임없이 거듭하는 것과는 달리 땅위의 운동은 시작과 끝이 있는 직선운동, 특히 지구중심을 향한 직선운동만이 자연적으로 일어난다고 믿었다. 공기속이나 물속에서 돌을 놓으면 그 돌은 지구 중심을 향해 떨어지고, 물속의 공기 방울이나 공기중의 불꽃은 지구 중심으로부터 반대방향을 향한다. 이런 운동만이 지상에서의 自然運動이라는 것이다.

자연운동이 아닌 모든 지상의 운동은 強制 운동이다. 그리고 모든 강제운동은 동물의 운동과 그 밖의 물체의 운동으로 나뉘어 생각할 수 있다. 동물의 경우 정신이 육체를 계속 밀어주어 운동(강제운동)이 가능하듯, 어느 물체라도 강제운동을 계속하기 위해서는 그 물체를 계속 움직여 주는 힘이 필요하다. 여기 주의할 것은 물체를 강제운동하게 해주는 起動者의 힘은 물체와 직접 접촉해서만 전달될 수 있다는 그의 생각이다. 오늘날 우리는 달과 지구가 그사이에 아무런 연결없이도 引力이라는 힘을 서로 작용하고 있다고 생각한다. 그러나 아리스토텔레스에게는 서로 접촉하지 않고 힘이 전달된다는 것은 마치 마차를 말에 매지 않고도 말이 마차를 끌고갈 수 있다는 것만큼은 허황한 생각으로 보였다.

강제운동의 구체적인 예를 들어 그의 생각을 좀 더 설명해 보자. 지금도 그런 놀이를 하는지 모르지만 내가 어렸을 적엔 정월 대보름에는

빈통조림통에 불을 지펴 끈에 매어 빙글 빙글 돌리며 동네 아이들과 붙싸움을 한일이 있다. 이 경우 통이 그리는 거의 원모양의 궤도는 지상에서의 강제운동이다. 그리고 이 강제운동은 내가 손으로 계속 힘을 들여 끈을 돌려주고 그힘은 끈을 매개로 하여 통에 전달되기 때문에 가능한 것이라고 아리스토텔레스는 설명하는 것이다. 그러나 내가 끈을 놓아 버리는 그 통은 포물선을 둥그렇게 그리며 저쪽에 떨어진다. 내가 끈을 놓은 그 순간 그 통은 계속 움직여주던 힘은 사라진 셈이고 따라서 그통은 강제운동을 그 이상 계속할 수 없어 지구 중심을 향한 자연운동을 해야 하지 않을까?

던져진 물체나 앞을 향해 쏘 대포알이 바로 손이나 대포를 떠나자마자 자연운동인 직선운동인 직선낙하를 하지 않고 포물선을 그리며 멀리 나가는 이유를 아리스토텔레스는 이렇게 설명한다. 그의 이론에 의하면 계속 앞으로 나가는 것은 강제운동이며 거기에는 계속되는 힘이 작용하고 있음이 확실하다. 그 계속되는 힘은 대포알이 대포를 떠난 순간부터는 앞에서 밀려난 공기가 대포뒤로 돌아오면서 대포에서 처음에 전달된 추진력을 계속 대포알 뒤에 작용한다는 것이다. 이생각은 얼핏보아 너무도 터무니없이 보이는 것이 사실이다. 그러나 자석의 두극 사이에 힘의 전달이 있다고 생각하는 19세기 이후의 과학과 비교해 보면 오히려 그럴듯한 느낌을 가질 수도 있다.

이처럼 물리적인 힘이 멀리까지 전달되기 위해서는 텅 빈 공간(眞空 void)이란 있을 수가 없다. 예를 들어 그 당시에 이미 달과 지구의 바닷물 사이에는 어떤 힘의 작용이 있다고 믿었는데 만약 달과 지구 사이가 텅 비어 있다면 달의 힘은 지구에 전달될 수가 없을 것이다. 그래서 아리스토텔레스는 진공이란 있을 수 없다고 주장하기에 이르렀다. 또 그가 진공의 존재를 부인한 것은 그의 운동의 이론과 다른 면에서도 관련이 있다. 그에 의하면 운동속도는 저항에 반비례하고 힘에 비례한다. 이것을 자유낙하에 적용하면 무거운 물체일수록 그 무게에 비례하여 빨리 떨어진다는 말이 된다. 아무것도 없는 진공속에서라면 저항은 거의 없다는 말이 되므로 운동속도는 무한대가 될 판이다. 속도가 무한하다면 한가지 물체는 같은 순간에 여기와 저기에 함께 있을 수 있다는 논리적 모순을 낳는다. 따라서 그는 진공이란 있을 수 없다고 잘라 말할 수 있었던 것이다. 진공의 존재를 믿는 원자설을 그가 거부한 것은 당연한 일이었다.

그의 진공은 없다는 생각은 17세기에 들어오기까지 결정적으로는 부정되지 않는다. 또 낙하물체의 속도는 무거운 것일수록 무게에 비례하여 빨리 떨어진다는 그의 법칙은 17세기 갈릴레오에 의해

결정적으로 부정된다. 그러나 아리스토텔레스의 운동이론이나 천문학등은 모두가 절대적인 권위를 가지고 中世의 사상계에 군림했었다. 실제로 근대 과학의 시작은 아리스토텔레스의 권위에 도전함으로써 비롯한다고 말할 수 있을만큼 그의 과학사상은 절대적 위치를 오래 누려왔던 것이다.

古代의 地動說

아리스토텔레스가 받아드린 지구중심의 天動說은 고대 그리이스의 대표적인 우주관이었다. 그러나 이와는 반대로 지구가 움직인다고 믿었던 학자도 더러 있었으니 그중 후세에 보다 잘 알려진 사람은 헤라클리데스와 아리스타쿠스였다. 헤라클리데스(Heraclides, 약 370 B. C. 활약)는 그전부터 있었던 생각을 체계화하여 지구는 돌며 우주의 중심에 있지만 정지하고 있지 않고 하루 한번씩 自轉을 하여 낮과 밤이 생기는 것이라고 주장했다. 그는 지구를 중심으로 도는 것은 달과 태양이며 다른 혹성들은 태양둘레를 돈다고도 주장했다. 18세기에 우리나라의 洪大容이 생각했던 地轉說과 아주 비슷한 것이었다고 하겠다.

이보다 한 걸음을 더 나아가 보다 대담한 주장을 한 것이 아리스타쿠스(Aristarchus, 약 310~230 B. C.)의 自轉 公轉論이다. 그에 의하면 지구는 하루에 한번씩 자전을 하여 낮과 밤을 만들면서 또 동시에 태양을 중심으로하여 그 둘레에 圓을 그리며 돌아 1년이 된다는 것이다. 이제 지구가 아니라 태양이 우주의 중심을 차지하고 있고 태양둘레를 지구와 다른 혹성들은 圓궤도를 따라 각각 돈다고 아리스타쿠스는 주장한 것이다. 이생각은 1800년쯤 뒤 코페르니쿠스가 주장하여 역사상에 그 이름을 길이 남긴 地動說 그대로이다.

코페르니쿠스의 地動說이 서양의 역사 그리고 나아가서는 세계를 뒤바꿔 놓은 科學革命的 전주곡이었음을 생각한다면 왜 아리스타쿠스의 똑같은 지동설은 이렇다할 반응을 못 일으켰었는지 생각해 볼만한 일이다. 그 당시 이미 지배적인 생각은 하늘과 땅의 세계를 전혀 다른 두가지세계라는 것이었고 아리스타쿠스의 주장은 이런 선입견과는 서로 용납할 수 없는 것이었다. 말하자면 아리스타쿠스의 地動說은 하늘(코스모스)의 완전성을 무시하고 따라서 조물주의 神聖함을 모독하는 것으로 받아들여진 것이다. 또 그때 사람들에게는 이렇다할 증거도 없는데 멀쩡한 지구가 한시도 쉬임 없이 제자리에서 빙글거리며 돌고 또 태양 둘레를 돌아야 한다는 것은 상상하기도 어려웠을 것이다. 여하튼 그의 地動說은 이렇다할 인정을 받지 못한 채 코페르니쿠스시대까지 잠속에 빠져있어야만 했던 셈이다.

아리스타쿠스는 지구와 달과 태양을 서로 비교 연구하여 달보다 태양이 지구에서 19배 더 멀리 떨어져 있다고 계산해 냈다. 또 일식때 달은 태양을 정확히 가려주므로 태양의 지름은 달의 지름보다 약 19배일 것이라고도 산출해 보았다. 이런 방식을 좀 더 교묘하게 사용하여 지구의 크기를 상당히 정확히 알아냈던 사람이 에라토스테네스(Eratosthenes, 276~192B. C.)였다. 알렉산드리아 박물관장이었던 그는 알키메데스의 친구로도 알려져 있는데 그는 남쪽과 북쪽에 따라 해가 내리비치는 각도가 다름에 착안했다. 그는 아프리카 내륙지방 시에느(Syene)에서는 夏至때 정오의 해가 머리위에서 내리 비치는데 알렉산드리아에서는 같은 경우 해가 약 7도쯤 비스듬히 비취줄을 보고 그 사이의 거리를 참고하여 지구둘레를 계산한 것이다.

그리스 天文學의 大成

그리스시대가 로마시대로 엇바뀌면서 그리스의 天文學은 그 절정을 이루었다. 그 대표적인 사람이 관측천문학으로는 히파르쿠스(Hipparchus, 190~120B. C.), 이론 천문학으로는 프톨레마이오스 또는 톨레미(Ptolemy, A. D. 85~165)라 불리는 학자를 들 수 있다.

히파르쿠스는 그전부터의 관심을 이어받아 지구, 태양, 달사이의 거리라거나 크기등을 보다 정확히 추산하는 노력을 하는 한편 오랜기간 하늘의 관측을 계속했다. 그결과 그는 그전부터 알려져 있던 지식까지를 종합하여 1,080개의 별을 관측하고 그 위치를 정확히 표시할 수 있었다. 중국이나 우리나라의 옛기록을 참고해 보아도 인간이 맨 눈으로 볼 수 있는 별은 대략 1,500개를 넘지 못하는 듯하며 이런점에서 그의 관측이 지금부터 2천년전에 이미 상당히 정밀했음을 짐작하고도 남음이 있다. 그는 또한 이관찰을 편리하게 하기 위해 별들을 그 밝기에 따라 6등급으로 나누었으니 이는 원칙적으로 오늘날까지 쓰여지고 있는 방식이라 할 수 있다.

그는 당대의 다른 학자들이나 마찬가지로 지구 중심의 天動說을 믿었으나 혹성의 운동에 대해서는 火星, 木星같은 것들이 지구를 중심으로 돈다고 하지는 않았다. 그대신 혹성 운동의 중심은 지구밖의 허공에 있다는 식의 離心圓說을 갖고 있었다.

바로 이런 방식의 우주관을 아주 교묘하게 발전시켜 그후 1,400년간을 아무 의심없이 서양사람들을 사로잡은 사람이 톨레미였다. 그는 A. D. 127년부터 20여년간 알렉산드리아에서 천문관측을 몸소 한 것으로 알려져 있으나 그의 관측기술은 히파르쿠스만 못했던 것 같다. 그리고 최근에 어느 물리학자는 톨레미가 자기 이론을 확립시키기 위해 일부러 정확치 않은 관측자료를 사용하기도 했다는 주장을 들고 나온 일도 있었다.

그러나 그가 이루어놓은 이론 천문학의 업적, 즉 그가 만든 우주모델은 혹성들이 보여주는 복잡한 운동을 교묘하게 설명한 점에서 천년 이상을 틀림없는 사실이라고 널리 믿어져 왔었다. 여기에 톨레미 우주관의 역사적 중요성은 있는 것이다.

흔히 《알마게스트》(Almagest)라고 알려져 있는 책을 지어 톨레미는 당시로서는 가장 복잡한 우주구조를 생각해 냈다. 우선 火星등의 혹성은 지구자체를 중심으로 도는 것이 아니라 지구밖의 허공 어느점을 중심으로 원운동을 하며(離心圓說) 또 그나마 그 혹성은 자기의 원궤도위에서 다시 작은 원을 그리며 돈다(周轉圓)는 것이다. 順行, 留行, 逆行을 거듭하는 혹성들을 제대로 설명하기 위해서 톨레미의 우주모델은 80개 이상의 원궤도를 복잡하게 얽어놓아야 했다. 톨레미 스스로가 이런 생각을 해내면서 그 원궤도가 실제로 존재하는 것이라고 믿고 있었는지는 의문이다. 그는 오히려 복잡한 우주를 설명하려는 기하학적가설(모델)로서만 이것을 제안했던 것 같다. 그러나 한번 제시된 제안은 그 나름의 생명을 가지고 후세에 살아 있었고 그때에는 하나의 모델로서가 아니라 物理的 實體로서 믿어지게 된 것이다.

