

科學의 社會的 役割

14

朴 星 來
 〈史學博士·外大教授〉

中世의 科學 (完)

하느님이 애초에 임피터스를 주면 될 일을 수많은 천사를 동원하여 복잡하게 했을 이치가 없다는 그의 생각은 오캄으로 하여금 “적은 것으로 할 수 있는 일을 많은 것으로 하지 않는다”고 선언하게 했고 이런 태도를 흔히 그의 〈면도날 원칙〉(razor principle)이라 한다. 근대 과학자들은 자연관찰의 기본 태도로서 “자연은 복잡한 방법보다는 간단한 방법으로 움직인다”는 입장을 취하고 있음을 볼 때 그런 태도의 원칙이 오캄에게 있었다고도 말할 수가 있을 것 같다.

옥스포드의 오캄에 의해 부활된 임피터스설은 파리대학의 학장 장·부리당(Jean Buridan)과 그 후임자였던 알버트·삭스니(Albert of Saxony) 등에 의해 계승되었다. 부리당은 아리스토텔레스의 운동이론이 틀리다는 것을 증명하기 위해 교묘하게 팽이의 운동을 예로 들었다. 제 자리에서 빙빙도는 팽이의 경우엔 앞에 실린 공기가 뒤에서 다시 밀어주는 그런 작용이란 있을 수 없다. 그런데도 불구하고 팽이가 운동을 계속할 수 있음을 보더라도 임피터스설이 올바른 것을 알 수 있다는 것이었다. 또 그는 임피터스란〈물질의 양〉과 그〈속도〉에 비례하는 것임을 알고 있었다.

알버트·삭스니는 투사체의 운동이란 처음에는 바로 이 임피터스가 무게를 이겨 직선운동을

하지만 임피터스가 저항때문에 약해지면서 무게에 의한 낙하운동이 복합되어 곡선운동을 하다가 임피터스가 아주 약화되면 낙하 운동만이 남게 된다고 설명했다. 그는 또한 운동을 등속도운동, 變速운동(등가속도 운동), 불규칙운동의 세가지로 나누어 설명하기도 했다.

그뒤를 이은 역시 파리의 니콜·오렘(Nicole Oresme, 1320~1382)은 역사상 처음으로 위의 세가지 운동을 그래프로 그려 등속운동은 직사각형으로, 변속운동은 삼각형으로, 불규칙운동은 불규칙하게 그릴 수 있음을 보여주었다. 수학, 점성술, 천문학에 밝은 그는 또한 당대의 인류경제학자로서 화폐에 관한 중요한 책을 남긴 학자였다. 오렘은 또한 고대 그리이스의 지구자전설을 재생시킨 사람으로서 그를 둘러싼 일부 학자들 사이에서는 중세 말기에 이미 天動說이 의심을 받고 있었던 것이다.

모든 자연현상은 변화를 포함하고 있다. 그 변화를 기하학적 그림으로 표현할 수 있다는 인식은 17세기에 이르러 데카르트의 解析기하학이 나오음으로서 더욱 발전하는 것으로 근대과학의 기초가 되는 중요한 인식이었던 것이다.

갈릴레오의 선구자들

중세과학과 근대과학을 구별해주는 한가지 특

성이 근대과학의 數學化라고 볼때 니콜·오렘까지의 학자들은 이미 근대과학의 태도를 단편적으로나마 보여주고 있었던 셈이다. 그러나 이들 이외에도 여러 중세학자들이 자연현상의 수학적 이해를 위해 노력했고, 그중 대표적인 사람들이 옥스포드대학, 특히 머튼·칼리지(Merton College)의 학자들이었다. 計量学派라 불려도 좋을 이들중에는 브래드워딘(Thomas Bradwardine, 1295~1349), 스와인스헤드(Richard Swineshead, fl. 1344~1355), 하이티스베리(William Heytesbury, 1313~1372) 등이 포함돼 있다. 아리스토텔레스의 운동이론이 물체의 운동속도는 그에 가해지는 힘에 비례하고 저항에 반비례한다. $[V=K(P/R)]$ 고 가르치는데 반대하고 나선 브래드워딘은 그대신 $[V=K \log \frac{P}{R}]$ 에 해당하는 주장을 내세웠다. 힘(P)이 저항(R)보다 작거나 같은 정도라면 운동은 일어나지 않음을 보여주고 있는 이 주장은 옳은 것은 아니지만 아리스토텔레스의 이론을 다른 이론을 갖고 배격했다는 점에 그 뜻이 있었던 것이다. 이 학자들은 또한 “등가속도운동에 있어서의 통과거리는 초속도와 終속도의 평균속도를 가진 등속도 운동이 같은 시간동안에 통과한 거리와 같다.”는 사실을 발견해 냈다. 이것은 오늘날(머튼규칙) (Mertonian Rule)으로 알려져 있지만 이것은 그뒤 그래프로 설명한 니콜·오렘을 기념하여 <오렘의 규칙>으로 알려졌다. 오렘과 같은 머튼·칼리지의 덤블톤(John Dumbleton, fl. 1331~49)은 “등가속도 운동에 있어서 통과거리는 시간

의 제곱에 비례한다.”는 옳바른 사실을 알아내었다. 그러나 그는 이와같은 자연현상의 수학적 이해에도 불구하고 그 실험적 측면에는 전혀 무관심해서 자유낙하의 문제에는 적용하지를 않았다.

14세까지의 스킨라 학자들이 발전시킨·자연관은 운동을 수학적으로 이해하려 했다가, 운동량 또는 合成 또는 質(quality)을 계량화(quantification)하려는 노력등등에서 놀랄만큼 성공적이었고 갈릴레오의 선구자로 불리울만한 중요한 발전이 있었음이 사실이다. 그러나 그것은 단편적이었고 제한된 것이었다. 예를 들면 임피터스의 아이디어는 媒體에서 추진력을 찾으려는 아리스토텔레스의 생각을 조금 바꾸어 媒體대신 運動體속에서 추진력을 찾은 것 뿐이었다. 근대적인 慣性(inertia)의 이론에 의하면 정지하고 있는 물체에도 관성은 존재하지만, 中世학자들의 임피터스이론에 따르면 정지하고 있는 물체에는 임피터스 같은 것은 없다.

임피터스 이론은 아리스토텔레스의 운동이론을 근본적으로 뒤흔들면서도 오히려 근대 과학보다는 그리이스 과학에 더 가까웠다고 함직하다.

여하튼 이런 한계성을 가진 발전속에 중세의 종말을 고하는 일대 知的革命이 일어날 수 있는 바탕은 성숙하고 있다고 하겠다. 실험정신의 등장, 자연현상의 수학적이해 등등 근대과학의 특성은 부분적으로 발달되어 가고 있었다. 문제는 그 부분들이 어떻게 한 곳에 모여 科學革命을 낳느냐는 것이다.

科學革命(上)

<科學革命>이란 표현은 오늘날 역사가들이 사용하는 낱말이 되어 있다. 그러나 이말이 <르네상스>나 <종교개혁>처럼 西洋史서술에 널리 쓰여지기 시작한 것은 몇 10년도 되지 않는다. 프랑스의 저명한 과학사가 알렉상드르·코예(Alexandre Koyre)가 처음 이말을 쓰기 시작한 것은 1943년이니까 말이다.

현대에 있어서의 과학의 위치가 더욱 더 커보일수록 그러한 과학을 낳기 시작한<과학혁명>의 역사적 중요성은 보다 높이 인식되어간 것이다. <과학혁명>의 중요성을 올바르게 평가한 학자 가운데 대표적인 사람은 아마 영국의 近代史家 허버트·버터필드(Herbert Butterfield)를 손꼽을 수 있을 것이다. 과학사를 전문으로 하지

않은 학자이면서 〈과학혁명〉의 역사적 중요성을 남보다 먼저 인식한 버터필드는 《近代科學의 起源, 1300~1800》이란 책을 쓰고 그머릿말에서 〈과학혁명〉이야말로 〈르네상스〉나 〈종교개혁〉과는 비교가 안되는 西洋史上的의 가장 큰 혁명이었다고 설파하고 있다. 그에 의하면 〈르네상스〉란 中世的 정신의 표현에 불과하고, 〈종교개혁〉이란 기독교 전통내부에서의 작은 변화였던데 비해, 〈과학혁명〉은 기독교 발생 이래 西洋史에서 있었던 최대의 사건이라는 것이다.

오늘날 많은 학자들은 〈과학혁명〉의 중요성을 강조하고 그것을 보통 17세기에 시작한 것으로 보려한다. 예를 들어 영국의 철학자 버트란드·러셀(Bertrand Russell)은 그의 서양철학사에서 近代의 시작을 17세기로 보고 그 까닭을 이런 투로 설명한다. 만약 플라톤, 아리스토텔레스가 〈르네상스〉의 이탈리아에 다시 태어났다면 그 당시의 이탈리아인들의 생각을 이해할 수 있었을 것이다. 그러나 그들이 조금뒤에 뉴턴의 글을 읽었다면 전혀 그것이 무슨 소리인지 이해 불가능이었을 것이라는 것이다. 이처럼 17세기 이후의 서양은 그전과는 전혀 다른 세계였고 그 까닭이 바로 〈과학혁명〉에 있었다는 러셀의 말이다.

이런 관점에서 볼때 17세기가 미국의 철학자 화이트헤드(Alfred N. Whitehead)에 의해 “천재의 世紀”라 불리운 것은 당연한 일이라 하겠다. 화이트헤드는 17세기의 천재로서 다음과 같은 12명의 이름을 예로 들고있다.

베이컨(F. Bacon), 하비(W. Harvey), 케플러(J. Kepler), 갈릴레이(G. Galilei), 데카르트(R. Descartes), 파스칼(B. Pascal), 호이겐스(C. Huyghens), 보일(R. Boyle), 뉴턴(I. Newton), 로크(J. Locke), 스피노자(Spinoza), 라이프니츠(G. Leibniz)등 12명중 10명은 과학의 역사에 빼놓을 수 없는 과학자라는 사실은 과학이 “天才의 세기”에 얼마나 중요한 것이었음 보여준다.

〈과학혁명〉이란 과연 어떻게 정의될 수 있는가? 앞에서 얘기한 17세기를 경계로하여 近代

가 시작됐다는 뜻에서의 〈과학혁명〉은 좁은 의미에서의 그것을 말하는 것이다. 이 좁은 의미에서의 〈과학혁명〉은 1543년 코페르니쿠스가 《天球의 회전에 대하여》라는 책을 발간함으로써 시작된 것으로 보통 이해되고 있다. 이 책속에서 코페르니쿠스는 폐쇄된 유한한 우주의 중심에 영원히 정지해 있다고 믿어져 오던 지구에게 자전과 공전이라는 운동을 주었다. 그의 태양중심 지동설은 당시 공인되어 있던 아리스토텔레스의 우주관에 결정적인 반기를 들고 나섰다는데 그 뜻이 있다. 그리고 그의 뒤를 이은 티코·브라헤, 갈릴레오, 케플러, 뉴턴등은 바로 코페르니쿠스의 주장을 결정적으로 확인해 준 인물들이었던 셈이다.

코페르니쿠스에서 뉴턴까지에 걸쳐 아리스토텔레스의 우주관은 완전히 물러나고 새로운 우주관이 확립되었다. 순전히 과학적인 측면에서만 본다면 이것이 〈과학혁명〉의 전부였다. 그러나 이 좁은 의미에서의 〈과학혁명〉은 과학만의 혁명으로 끝나지는 않았다.

知的인 면에서도 〈과학혁명〉은 커다란 혁명을 가져왔다. 자연을 보는 태도에 근본적인 변화가 일어난 것이다. 그것은 종교적이 아닌 世俗의 태도였을 뿐 아니라 그에서 한발자욱 나아가 자연을 이용하여 거기서 인간이 필요한 힘을 얻을 수 있다는 생각까지 발전해 나아갔다. 자연에 대한 이러한 태도 변화는 그와 더불어 자연을 이해하는데에는 실험과 관찰을 계획적으로 行해야 하며 또 그렇게하여 얻은 자연의 법칙성은 수학을 이용하여 표시되어야 한다는 지혜를 불려왔다. 이 모든 변화는 그후 과학의 모든 분야에서 급격한 혁명적 발달을 가능하게 해 주었다. 그리하여 천문학과 물리학이 17세기에 근대화과정을 거쳤다면 화학은 18세기말에 라부아지에를 대표로하는 〈化學革命〉을 거쳐, 또 생물학은 19세기중반 다윈의 進化論에 의해 각각 근대화를 완성한 것으로 해석되고 있다.

이처럼 〈과학혁명〉은 知的 혁명이었고 또 그것은 유럽사회를 근본적으로 뒤바꿔 놓는 知的 에너지가 되었다.

한편 社会的인 측면에서 볼 때 〈과학혁명〉은 과학자가 비로소 독립된 전문가로 나타나는 계기가 되었음을 알 수 있다. 18세기 까지도 科学이란 말은 “自然哲学”(natural philosophy)으로 알려져 있었고 그것은 19세기에 들어와서야 “과학”(science)이란 말로 바뀐다.

그러나 실제로 직업으로서의 과학자는 〈과학혁명〉 직후부터 생겨나 大学の 안팎에서 활약하기 시작했고, 그것이 20세기에 들어와서는 “새로운 聖職계급”이라고 불리울 만큼 과학자는 어느나라 어느사회에서나 절대적 중요성을 가진 사회계층이 되어있다.

그렇다면 가장 좁은 뜻에서의 〈과학혁명〉이란 코페르니쿠스에서 시작되어 17세기에 완결을 보는 천문학적·물리학적 혁명과 그것이 불러온 知的 사회적 변화를 가리킨다고 할 수 있다. 좀 그 뜻을 넓혀 본다면 〈과학혁명〉은 17세기 이후 19세기까지에 일어난 몇개의 과학분야의 혁명적 변화를 함께 일러 말하는 것이며 그에 부수한 지적·사회적 변화를 함께 의미한다고도 할 수 있다. 그러나 좀 더 〈과학혁명〉의 뜻을 넓혀 본다면 오늘날 바로 이순간에도 과학은 끊임없이 놀라운 변화를 계속하고 있고 그 변화들은 인간의 장래에 대해 예측을 불허하는 가능성을 갖고 있음을 우리는 알고 있다. 넓은 의미에서 과학혁명은 17세기 이후 지금까지 줄 곳 계속되고 있는 셈이다.

코페르니쿠스

〈과학혁명〉의 첫 타자였던 니콜라우스·코페르니쿠스(Nicolaus Copernicus, 1473~1543)는 후세에 “코페르니쿠스의 轉換”이란 표현을 남겼고 revolution(革命)이란 서양말은 바로 그의 책 제목에서 “회전”이란 말이 뜻이 바뀌어 태어난 표현이라고 한다. 그만큼 코페르니쿠스의 이름은 西洋史에서의 최대 변환점을 장식하는 것으로 알려져 있다.

하지만 사실인즉 코페르니쿠스는 그의 뒤를 이어 벌어진 西洋史의 급격한 소용돌이는 전혀

예측치도 않았던 르네상스의 인간이었을 따름이다. 오늘날 폴란드에 해당하는 토른이란 도시에서 태어난 코페르니쿠스는 그지방의 크라카우大學에서 의학을 공부한 뒤 30세가 넘을 때까지 르네상스의 본바닥인 이탈리아의 여러대학에서는 神学·天文学·数学·法律·医学등을 공부했다. 10년만에 고향에 돌아온 그는 의사로서 명성을 얻는 한편 그곳 교회에서 중요한 자리를 차지하고 있었다.

코페르니쿠스를 역사에 남긴 그의 공헌은 물론 그의 책 《天球의 회전에 대하여》(De Revolutionibus Orbium Coelestium)이 1543년 출간된 때문이다. 그가 거의 마지막 숨을 거둘때에 인쇄가 끝났다는 이 책은 다음과 같은 점들을 내세우고 있었다.

① 태양은 세계의 중심에 위치하여 움직이지 않는다.

② 恒星은 恒星天球에 자리잡고 역시 움직이지 않으며 恒星天球는 종래 믿었던 것보다 훨씬 더 먼 거리에 있다.

③ 지구는 다른 惑星과 마찬가지로 태양둘레를 公轉한다.

④ 지구는 24시간에 한번씩 지축을 중심으로 自轉한다.

⑤ 달은 지구둘레를 돈다.

코페르니쿠스가 이와같은 새로운 주장을 들고나선 배경에는 우선 실질적인 요구가 깔려 있었음을 부인할 수 없다. 프톨레미의 우주관에 의하면 우주는 圓形天球에 80개 가량의 周轉圓을 더한 아주 복잡한 모습으로 움직인다고 설명되었다. 그는 이런 복잡한 우주상을 자기방식으로 하면 아주 간단해진다고 주장하고 나선 것이다. 아직 흑성의 궤도가 타원인줄 모르던 그였기에 코페르니쿠스는 복잡한 우주상을 아주 단순화 시키지는 못했고, 그 결과 80개에서 30개 정도로 그 주전원을 줄이는 정도로 만족할 수밖에 없었다.