

世界科學技術史〈東洋篇〉

아랍의 科學思想

朴 星 來
〈韓國外國語大學教授 文博〉

그리스科學의 受容

지금부터 1천년쯤 전에 세계에서 제일 앞선 과학을 발달시키고 있던 곳은 틀림없이 아랍지역이었다. 아랍 科學은 보통 서양과학사에서 조금씩 다뤄지기는 하지만 어느 서양과학사도 이 부분을 상세히 다루지는 않았다. 西洋科學史가 다루는 아랍科學이란 그저 그리스科學을 12세기 이후 라틴西洋에 다시 전해 주었다는 정도에서 그치는 수가 많다. 홀(Hall)이 쓴 〈간명한 과학사〉에 있는 것처럼 아랍科學이란 그리스科學을 중세기 이후의 유럽에 “반사시켜 준 거울”이라는 것이다. 즉 지금까지의 서양과학사 서술은 아랍科學을 단지 그리스과학을 보관했다가 다시 유럽에 전해준 전달자 정도로 가볍게 여기는 것이다. 서양 학자들은 서양과학의 우월성에 휩싸여 아랍科學의 중요성과 창조성을 너무 낮게 평가하고 있다.

그럼에도 불구하고 8세기부터 11세기까지는 단연 중국 이외의 세계에서 최고 수준을 보여준 아랍科學은 본질적으로 東洋科學이라기 보다는 西洋科學이다. 그만큼 아랍科學은 그 뿌리가 그리스에 있었고 또, 12세기 이후 유럽에 절대적인 영향을 주었기 때문이다.

사실상 서양의 근대과학은 그 내용이나 방법에 있어서 상당히 아랍科學에 뿌리를 두고 있다는 주장도 가능한 것이다. 그러나 아랍科學은 또한 中國을 비롯한 동양에도 깊이 그 영향을 미쳤다. 특히 아랍천문학은 15세기 世宗代에는 우리에게도 크게 영향을 미쳤고, 그 영향을 거슬러 오르면 元代에 중국에 비친 아랍科學에 근원을 두고 있다.

아랍科學은 이슬람敎가 중동지역을 휩쓸고 그들의 문화권을 형성하면서 성립되기 시작했다. 유목사회에 나타난 예언자 마호메드가 시작한 강력한 一神敎는 즉시 東으로는 중앙아시아에서 西로는 스페인까지 回敎文明圈을 넓혀갔다.

회교사회에 세습군주 즉 칼리프가 등장하여 우마야王朝가 시작된 것은 661年이었다. 그러나 이 왕조에서는 이렇다 할 과학적 업적을 남기지 못한채 749년에는 이를 대신한 아바스王朝가 바그다드를 수도로 번성하기 시작했다. 초기의 알·만수르王과 〈千一夜話〉의 주인공으로도 유명한 하룬·알·라시드王은 특히 그리스科學과 哲學을 아랍말로 번역하는 데 열성을 보였다. 또 그 직후의 마문大王(813~833在位)은 더욱 번역을 장려하여 828년 쯤에는 “지혜의 집” 또는 “集賢殿”같은 기구를 두어 연구소와 번역을 겸하게 했다.

아랍 사람들은 文學에서는 그들의 독자적 영역을 개척하기도 했으나 철학이나 과학에 있어서는 그리스의 것을 철저히 번역해 두었다. 850년까지에는 그들이 갖고 있던 그리스 과학책은 모조리 번역되어 있을 정도였다는 것이다. 뿐만 아니라 印度의 天文學도 그보다 앞서 번역되어 있었다. 이 번역사업에는 수많은 민족의 학자들이 골고루 동원되었는데 그 대표적으로는 마문大王 때에 “지혜의 집” 원장이 되었던 후나

인·이븐·이삭(809—873)을 들 수 있다. 원래 기독교도이며 의사였던 그는 “지혜의 집”을 맡으면서 그의 동료학자들과 함께 히포크라테스·플라톤·아리스토텔레스·갈렌등을 번역했다. 이 중 특히 갈렌의 해부학 책은 오늘날 그의 번역만이 전해질 뿐이다. 그와 그의 동료들은 번역한 책의 무게와 똑같은 순금을 보수로 받았다고 한다.

이븐·이삭은 王의 명령을 따르지 않았다고 욕에 갖쳐 1년씩이나 감방살이를 한 일도 있다. 王이 자기 정적을 즐기고 독약을 만들어 내자는 명령에 그가 굴복하지 않았기 때문이다. 뛰어난 의사이기도 했던 그는 결국 무사히 석방되어 오랫동안 살았고 그의 번역사업은 그의 아들에 의해 계속되었다. 이런 번역사업은 막대한 책을 만들어 냈고 10세기 스페인의 코르도바에 있던 王立도서관에는 40만권의 장서가 있었다고 전해진다.

과학의 모든 분야에서 아랍사람들이 이룬 업적은 바로 이런 번역서적을 바탕으로 그위에 세워진 것이었다.

數 學

회교세계는 일찍부터 유클리드를 알고 있었다. 알·만수르王은 이미 8세기 중엽 비잔틴과의 교섭을 통해 유클리드의 기하학 책을 얻었다고도 전해진다. 그러나 아랍세계에 그리이스의 기하학을 뛰어 넘는 수학체계가 발달한 것은 알·크와리즈미(약 780~850)로부터였다. 알·크와리즈미는 원래 이름이 아부·압둘라·모하메드·이븐·무사란 긴 것이지만 그의 고향인 크와리즈름을 따서 그냥 알·크와리즈미라 알려져 있다.

영어에는 흔히 쓰이는 단어로 알고리즘(algorithm)이란 말이 있다. 이 단어는 바로 그의 이름 알·크와리즈미에서 나온 것으로 그의 공헌을 지금까지 상기시켜 주는 기념물이 되고 있다. 그는 때마침 인도에서 전해진 記數法을 받아 들여 수학을 발달시켰는데 그 결과가 뒤에 서양에 전해지면서 <인도 수학에 관한 알크와리즈미>라는 책으로 번역되었던 것이다. 이 책 제목으로부터 알고리즘이란 말이 태어나 記數法이란 뜻으로 서양 말로 남게된 것이다.

이 얘기를 뒤집으면 中世의 西洋이 얼마나 記數法에 뒤떨어져 있었던가를 보여준다. 알·크리즈미의 다른 책 이름은 영어에 엘지브라(algebra) 즉 代數學이란 말을 남기기도 했다. 이 말은 알·자브르라는 아랍어에서 나온 것으로 그 뜻은 부수어진 부분을 다시 모은다는 의미이다. 실제로 기하학을 대단히 발달시킨 그리이스지만 代數學은 이렇다 할 진전이 없다가 이를 계기로 크게 발달을 보게된 것이었다. 말하자면 그리이스의 피타고라스는 이미 직각 3각형의 빗변의 제곱은 나머지 두 변의 제곱의 합과 같다는 定理를 증명해 내고 있었으나 이것이 우리가 아는 간단한 式($a^2+b^2=c^2$)으로 표현되게 된 것은 알·크와리즈미 이후라 할 수 있다.

알·크와리즈미가 數學에 남긴 또 다른 공헌으로는 0(영, zero)의 사용법을 보급했다는 점을 들 수 있다. 古代의 에집트는 10進法을, 그리고 바빌로니아는 60進法을 중심으로 숫자를 표시했는데 어느 쪽도 0을 쓸 줄은 몰랐다. 특히 바빌로니아는 記數 방식에 있어 에집트 보다 나은 체계를 갖고 있으면서도 계산에는 극히 복잡한 방법을 쓸 수밖에 없었다. 게다가 로마 사람들은 MDCLXIII에다가 XLI를 곱한다는 투로 복잡한 계산을 하고 있었다. 알·크와리즈미 시대의 아랍 사람들은 이것은 간단히 1663×41 로 표기하기 시작한 셈이며 게다가 0의 사용까지 것들이기 시작했다. 오늘날 영어에서는 0을 zero 또는 cipher라고도 부르는데 cipher는 바로 아랍어 씨프르(sifr) 즉 텅비어 있다는 뜻에서 나온 것이다. 즉 10進法을 쓰던 아랍어 숫자 표기에서 어느 자리의 수가 텅비었다는 뜻에서 동그라미로 표시한 것이었다.

알·크와리즈미는 그의 代數學을 써서 2차방정식을 풀 수 있었고 또 그는 싸인(sine)과 탄젠트(tangent)를 포함한 삼각함수표도 만들었다.

아랍세계 최대의 詩人으로 유명한 오마·카얌(1038—1120)은 代數學에서도 책을 하나 남겼다. 이 책에서 그는 대수와 기하 양쪽에서 3차방정식을 풀어 보이고 있어 中世 수학의 가장 높은 수준을 반영해 주고 있다고 평가될 정도이다. 그는 또한 유클리드의 公準과 定義를 비판하고

있기도 하며 아주 정밀한 曆法을 계산해 내기도 했다. 오마·카얌은 시인이었고 동시에 수학자이며 천문학자였던 셈이다. 그리고 이 시대의 아랍 학자들은 모두가 여러 분야에 통달한 사람들이었다. 아직 학문은 전문화되지 않은 시절이었기 때문이다.

天 文 學

인도의 수학은 그리이스 天文學을 이미 받아들이고 있던 아랍 天文學者들에게 아주 편리한 수단이 되었다. 또한 印度의 천문학 기록 <싯단타>도 번역되어 이용되었다. 829年 마문大王은 바그다드에 天文臺를 세웠고 알·화르가니등 천문학자들이 관측을 계속했다. 관측천문학에서 특히 뛰어났던 학자로는 알·바타니(858~929)를 꼽을 수 있다. 이슬람世界의 최대 천문학자로도 손꼽히는 그는 여러가지 관측기구를 사용한 것으로도 유명하다.

그가 사용한 天文儀器에는 우선 노몬(gnomon, 日晷)이 있다. 노몬은 원래 해시계를 뜻하는 것으로 수직 막대기를 세워 그림자를 수평면 위에서 재어 태양의 고도를 잴 수 있다. 冬至와 夏至의 측정, 그리고 그림자의 크기를 비교함으로써 높은 건조물의 높이를 측량하는데도 쓸 수 있다. 이것은 물론 즉각적으로 수평 또는 수직식의 해시계로 변형되어 사용될 수 있다. 또 그는 아스트로레이브(astrolabe)란 것도 사용했는데 이것 역시 그의 발명은 아니고 古代부터 쓰여진 것이었다. 이미 툴레미는 <알마게스트>에서 이것을 쓰고 있음을 보여 주고 있는데 둥근 고리 또는 원판에다가 회전할 수 있는 바퀴를 달고 또 직각으로 바퀴를 더 붙여 별의 위치와 경도·위도를 정하는데 사용했다. 이보다 조금 복잡한 것으로는 armillary sphere도 사용되었다. 이것은 고리(環)가 더 많아 각각 赤道·黃道·地平線등을 맞추게 만들고 천체의 위치등을 관측하는 장치였다. 이들 두 가지는 元代에 中國에 큰 영향을 준 아랍 天文學에 섞여서 中國을 거쳐 우리나라에까지 전해졌다. 世宗代에 만들어 사용한 簡儀와 渾天儀등이 바로 그것이다.

알·바타니는 그밖에 또 벽에 고정시킨 관측장

치로 四分儀를 썼으며 視差尺을 이용하기도 했다. 그는 또 알리데이드(alidade)라는 角高度 관측기도 사용했다. 이런 기구들을 충분히 이용한 알·바타니는 41年間の 관측기록을 후세에 남겼다. 그결과 그는 툴레미가 남긴 기록의 잘못을 수정했으며 달의 軌道계산을 더 정밀히 할 수도 있었다. 球面三角法을 천문학에 응용한 알·바타니의 천문학체계는 16세기까지 유럽에서 가장 권위있는 것으로 인정되었다.

이런 관측기록을 바탕으로 천체의 운동을 계산해 내는 天文表가 만들어진 것은 당연한 일이었다. 특히 카이로에서 번성한 또 하나의 回敎王朝의 뛰어난 군주 알·하킴王은 역시 “지혜의 집”같은 기관을 지원하여 과학과 학문을 장려했다. 여기에서 크게 활약한 천문학자가 이븐·유니스(?~1009)였다. 그는 자기의 관측기록과 그밖의 기록을 모으고, 그렇게 모은 200년간의 자료를 바탕으로 <하킴天文臺>를 만들었다.

그와 그의 동료들은 일식, 월식은 물론 行星이 서로 만나는 상태까지 상세히 관측하여 기록했고, 또 3각법을 천문학에 이용하고 있었다.

回敎世界의 정치적 중심지는 바그다드와 카이로에만 있었던 것이 아니라 멀리 스페인에도 있었다. 특히 코르도바에서 활약한 알·자르칼리(1029~1087)는 1080년에 <톨레도 天文表>를 만들었다. 그는 케플러보다 거의 6세기 앞서 이미 행성의 타원궤도를 가상했다고 해석되기도 하는데 이에 대해서는 그렇지 않다는 해석도 있다. 여하튼 그의 노력은 궁극적으로 툴레미의 宇宙觀을 수정하려는 것이었고, 이런 뜻에서 古代 그리이스의 天文學체계는 크게 흔들리기 시작했다고도 해석된다. 스페인의 이슬람 천문학자들은 툴레미가 가상의 기하학적 中心톰레에 행성들이 돌도록 만든 우주관을 맹렬히 반대했다. 세빌리아의 천문학자 게베르, (그의 이름은 鍊金術의 대가로 알려진 게베르와 혼동하기 쉬우나 전혀 다른 인물이다). 사라고사의 아베파케(?~1139), 그라다나의 알·비트루지(?~1200)와 아부파케르(1100~1185)등에 의해 툴레미는 맹렬히 비판된 것이다. 게다가 천학자 아베로에스(1126~1198)도 철학적 입장에서 이에 반

대했다. 行星은 기하학적인 點의 돌레가 아니라 實在하는 中心天體의 돌레를 돌아야 한다는 것이 이들의 주장이었다.

이런 비판이 높아지고는 있었으나 아랍科學은 그리이스 天文學의 한계를 본질적으로 뛰어 넘을 수는 없었다. 지구를 우주의 中心으로 보는 태도가 지속되었을 뿐만아니라 달 저쪽의 우주는 완전한 세계라는 믿음이 조금도 바뀌지 않고 있었기 때문이다.

光 學

카이로의 알·하킴王 아래 활약한 알하이삼(또는 알하젠, 963~1039)은 11세기에 활약한 최대의 光學者였다. 철학자로서도 상당한 수준에 있던 그는 빛의 본질에 대해 상식적인 생각을 부정하고 나섰다. 피타고라스에서 유클리드까지 대개의 그리이스 학자들은 우리가 무엇을 보는 것은 눈에서 나간 빛이 물체에서 반사하여 되돌아 오기 때문이라고 설명했다. 오늘날 우리가 가진 생각과는 틀리지만 이것이 알·하이삼이 활동하던 시대에도 지배적인 의견이었다.

〈光學〉이란 책을 쓴 알·하이삼은 바로 이 이론을 거부했다. 그 대신 그는 우리가 무엇을 볼 수 있는 것은 제3의 光源에서 받은 빛을 물체가 반사해 주고 그것을 우리 눈이 느끼기 때문이라고 설명했다. 바로 지금 우리가 가진 이론이 되는 셈이다. 그는 이 이론을 바탕으로 어떻게 우리 눈이 작용하는가를 광학적으로 설명했다. 그는 우리 눈의 각막이 어떻게 빛을 굴절시켜 망막 위에 보이는 모양대로 재생시켜 주는가를 설명했다.

눈의 해부학적 구조를 밝히고 그것을 렌즈의 작용으로 설명한 알·하이삼의 과학적 태도는 아주 탁월한 것이었다. 실제로 그는 實驗을 통해 렌즈와 오목거울등을 세밀하게 연구했다. 그 결과 그는 빛의 굴절법칙도 잘 알고 있었다. 이미 틀레미는 빛의 굴절에 있어 입사각과 굴절각이 일정한 비율을 이룬다는 생각을 하고 있었지만, 알·하이삼은 이 생각을 더 분명히 표현하고 또 이 법칙은 입사각이 너무 크지 않을 때에 성립한다고 덧붙였다. 이 법칙은 뒤에 근대

과학이 일어나면서 스넬의 법칙으로 전개되는데 알·하이삼은 스넬의 법칙에 접근해 있었던 것이다.

알·하이삼이 처음 해 본 것으로 특히 흥미있는 것은 暗室구경(camera obscura)이다. 빛을 차단한 밀폐된 상자의 앞 면에 구멍을 뚫고 렌즈를 달아 놓으면 앞의 경치가 그대로 렌즈 뒷벽에 나타난다 말하자면 오늘의 사진기의 원리나 마찬가지로 다만 필름이 자리잡을 곳에 필름이 없고 대신 그 부분을 반투명한 유리 같은 것으로 막고 어둡게 하여 쳐다 보면 밖의 모양이 거꾸로 선명하게 축소되어 보인다. 西洋史에서는 이것이 알·하이삼에 의해 처음 기록된 것으로 알려져 있다. 東洋에서는 언제부터 이런 피를 알고 있었는지 모르지만 18세기의 우리 實學者들도 이것은 잘 알고 있었다. 어쩌면 알·하이삼의 지식을 전해받은 유럽 사람들이 다시 17세기이후 그 지식을 中國에 전해주고 그것이 그뒤 우리나라에 전해진 것이라고도 생각된다.

알·하킴王은 언젠가 그에게 나일江의 범람을 막을 방책을 마련하라는 지시를 내린 일이 있다. 물론 그런 엄청난 재주는 그에게는 없었고, 할 수 없이 王의 처벌을 피하기 위해 알·하이삼은 미친 시늉을 하며 숨어서 王이 죽을 때를 기다렸다고 전한다. 王이 죽고 그리고, 알·하이삼도 죽고 난 뒤, 카이로도 곧 죽어갔다. 1068년 카이로에 침입한 터키인들은 그곳의 왕립도서관에서 20만권의 책을 빼앗아 불태워 버렸다. 그 뒤를 이은 유럽인들의 十字軍 역시 별로 나올 것이 없었다.

그러나 이런 비극적 관계 속에서 유럽 사람들은 아랍科學으로부터 많은 것을 배우기 시작했다. 그것은 그리이스科學을 그저 번역해 들여오는 것이 아니라 아랍科學이 이룩한 업적까지를 계승하는 작업이었다. 그리고 바로 그 아랍科學의 전통으로 13세기 유럽 科學者들에게 깊은 영향을 준 것 하나가 바로 알·하이삼의 관찰과 실험을 중시하는 光學연구였다. 13세기에 경험주의를 외친 유럽 과학자 로저·베이컨(1214~1292)이 알·하이삼을 읽고 光學을 연구한 것은 이 때문이었던 것이다. ∞