

世界科學技術史 (西洋篇)

中世의 科學技術

宋 相 庸

<成均館大 敎授>

중세과학사가 크롬비(A.C. Crombie)에 따르면 중세는 과학과 기술, 그리고 과학의 방법에서 모두 진전을 보였다. 먼저 합리적 설명의 개념, 특히 수학의 이용의 회복은 어떻게 이론을 세우고 檢證 또는 반증하는가의 문제를 제기했다. 이 문제는 스콜라적인 歸納理論과 실험적 방법에 의해 해결되었다. 그 예는 13, 14세기의 광학과 磁氣學에서 볼 수 있다.

임페투스力學의 成立

또 다른 중요한 공헌은 수학을 전 물리과학으로 확장했다는 것이다. 원인에 관한 형이상학적인 문제보다는 실험적 검증의 한도안에서 수학이론으로 답해질 수 있는 문제에 대한 관심이 높아갔다. 이 방법의 예는 13, 14세기의 精力學, 광학, 천문학에서 볼 수 있다.

13세기말에는 공간과 운동의 문제에 관한 전혀 새로운 접근이 시작되었다. 정력학의 발전에 이어 14세기에는 변화와 운동의 수학을 건설하려는 첫 시도가 있었다. 새로운 動力學에 기여한 여러 요소 가운데 공간은 무한하고 진공일지 모른다는 생각과 중심없는 우주는 아리스토텔레스의 우주를 파괴하고 상대적 운동의 개념이 나오게 했다. 아리스토텔레스의 역할을 비판하고 나온 임페투스(impetus)力學은 근대역학으로 넘어가는 다리가 되었다.

11세기초만 해도 수학은 간단한 계산, 피타고라스이전 기하학의 명제, 분수에 한정되어 있었다. 그러나 13세기말에 이르면 피타고라스기하학의 고등문제, 원추의 交點에 의한 3차방정식의 解, 球面三角法의 논의

에 이르고 미분법도 거의 발견하게 되었다.

같은 기간에 占星術師들은 프톨레마이오스천문학을 흡수했을 뿐 아니라 항성과 행성의 궤도를 알게 되어 코페르니쿠스革命을 준비했다. 鍊金術師들은 금속과 기체의 성질에 관한 새로운 발견을 했다. 動物寓話集, 식물지의 편찬자들은 근대의 과학적 분류학에 이르는 길을 닦았다. 동물해부로 해부학지식은 늘어났고 인체생리학에 대한 어느 정도의 지식도 얻게 되었다. 상이한 지역의 動·植物相에 관한 기재가 행해졌고 자연주의적인 미술에 의해 정확한 圖解가 도입되었다.

農業技術의 革新

그러나 가장 불만한 것은 技術이다. 크롬비는 중세가 先史時代 이후 기술에서 가장 빠른 진보를 보였다고 주장한다. 6세기전반부터 9세기말 사이에 북부유럽에서는 농업기술의 일대혁신이 일어났다. 망해가는 로마제국을 침략한 야만인들 튜튼(Teuton)족은 발명의 재간이 있어 많은 새로운 물건들을 가지고 왔는데, 그 가운데는 바뀌달린 무거운 쟁기가 있었다.

원래의 쟁기, 즉 로마식 가벼운 쟁기는 사람이 땅에 박히는 일정한 깊이를 유지해 주어야 했으므로 힘이 들었고 땅은 걸만 살짝 긁힐 뿐이었다. 그런데 새 쟁기는 깊이를 조절하는 바퀴가 달려 있어 힘을 절약하게 했을뿐 아니라 땅을 깊게, 그리고 반듯하게 갈 수 있었다. 또한 그들은 밭 가는데 쓰던 소를 빠르고 효율적인 말로 바꾸어 놓았다. 새로운 馬具와 잉여곡물이 이것을 가능하게 했다. 그들은 三圃農法(three-field

system)에 의한 輪作을 함으로써 수확을 늘렸다.

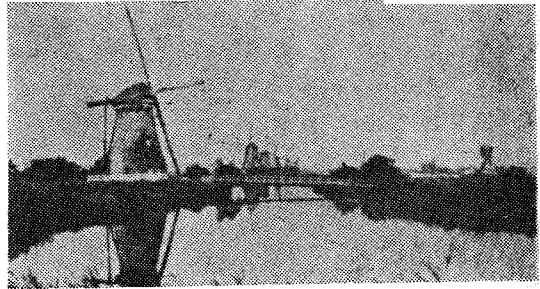
그 결과 북유럽의 농업은 차츰 협업체제를 갖추게 되고 소출의 증대가 농촌의 발전을 가져와 遊休노동력은 도시로 진출해서 상공업이 일어났다. 한편, 남부유럽은 여전히 재래식 쟁기와 소와 三圃農法을 쓴 까닭에 농업이 정체되었다. 농업기술의 혁신으로 샤를마뉴(charlesmagne)때 유럽문명의 중심은 지중해 연안으로부터 북부평원으로 옮겨지게 되었다.

中世技術史家 화이트 2세(Lynn White, Jr.)는 중세에는 『지금까지 주로 스콜라철학논쟁과 고딕성당건축에만 바빴으리라고 알려져 온 유럽이 動力技術의 시대로 용감하게 뛰어 들었다』고 말한 바 있다. 고대에 발명된 도구와 기계는 사람 또는 동물의 근육의 힘으로 해서 움직였었다. 유럽은 11세기부터 자연동력, 즉 水力과 風力을 이용함으로써 인간을 힘든 노동에서 해방시킬 수 있었다. 마을마다 수차, 풍차가 있어 독특한 전원 풍경을 이루었다. 1086년의 土地臺帳에 따르면 당시 영국에는 인구 400에 하나꼴로 5,000여개가 있었으며, 13세기에는 벨기에의 이프르(Ypres) 근방에만도 120개의 풍차가 세워졌다고 한다.

새 動力技術時代로

노예나 소가 돌리던 연자매는 수차, 풍차에 연결되어 손쉽게 탈곡, 제분을 할 수 있었다. 자연동력은 그 밖에도 여러 공정에 이용되어 기술에 커다란 변화를 일으켰던 것이다. 그것으로 연료와 광석을 뿔뿔히 가축이나 천을 질기게 하기 위해 두드리는 해머를 움직였으며, 광산, 鹽田에 편 물을 빼냈다. 영국의 직물공장들이 서북부로 이동한 것은 그곳의 풍부한 수력을 이용하기 위해서였다. 가장 중요한 결과는 그것이 鎔鐵爐의 풀무를 움직여 성능좋은 쇠를 만들 수 있게 해주었다는 것이다. 이와같이 새로운 동력의 파급효과는 매우 컸다.

중세에는 여러가지 작업기계가 나타나 무엇보다도 직물공업의 변모를 바꾸었다. 채광기술이 진전을 보았고, 잇따른 전쟁은 무기의 개선을 가져왔다. 플란더스(Flanders)와 동부도이칠란트에서의 대규모적인 干拓事業은 도시계획, 배수법등 토목공학을 발전시켰다. 교역이 증대됨에 따라 대양을 항해하는 배가 건조되었고 화려한 고딕성당 건축물은 건축기술의 향상을 따르게



네덜란드 엘쇼우트 근방의 風車

했다.

특히 機械時計의 발명이 주목을 끈다. 물시계, 해시계, 모래시계는 오래전부터 사용되었지만 최초의 기계시계는 1344년 빠도바(Padova)의 카라타(Carrara)宮에 세워진 것이다. 이때 만들어진 기계시계는 추와 톱니바퀴에 의해 움직였다. 그것은 비록 크고 무겁고 조잡하기는 해도 당시로서는 가장 복잡한 기계였고 근대 정밀기계기술의 기초를 만들었던 것이다.

중세에 유럽에서 발달된 기술 가운데 상당한 부분은 중국에서 건너간 것이다. 이것은 中國科學史家 니덤(Josph Needham)에 의해 역설되어 온 것인데, 이제 서구학계에서 대체로 받아들여지고 있다. 11세기부터 서유럽은 팽창일로를 걸었고 이슬람과 비잔티움은 쇠퇴기에 들어갔다. 이 세지역을 훨씬 앞지르고 있던 중국의 우수한 기술이 이슬람, 비잔티움 또는 이슬람 지배아래 있던 스페인을 거쳐 서유럽에 전해졌는데, 그 확실한 루트는 아직 알 수 없다

중국에서 간 기술에는 鑄鐵, 화약, 나침반, 인쇄술 등이 있다. 처음 들어온 것은 製紙術로서 몽고와 이슬람의 전장에서 전해져 사마르칸드(Samarkand), 바그다드, 카이로를 경유해 스페인까지 도달한것 같다. 인쇄술을 보면 중국의 목판인쇄술이 몽고인들에 의해 유럽에 전달되었는데, 손보기교수는 15세기중엽 구텐베르크(Johann Gutenberg)가 발명한 금속활자도 한국에서 元을 거쳐 들어간 鑄字術이 발전된 것이라는 대답한 주장을 하고 있다.

自然觀과 勞動觀

화이트 2세는 중세에 서유럽에서 기술이 발전한 원

인을 그리스도교와 관련시켜 두가지로 분석하고 있다. 첫째는 자연에 대한 태도의 변화이다. 그리스의 자연 개념은 物活論的인 것이었다. 자연이 살아 있고 동식물에도 영혼이 있다고 함으로써 인간과 자연의 구별이 모호해졌다. 그런데 그리스도교교회는 이를 거부하고 精靈崇拜를 성자숭배로 돌려 놓음으로써, 인간이 자연을 지배, 착취할 수 있는 근거가 마련되었다는 것이다. 더구나 중세기에 보면 신은 모든 것을 다 만든 다음에 마지막으로 인간을 창조했다. 그것은 인간이 살 수 있도록 만반의 준비를 갖추려는 의도였으며, 따라서 자연은 인간에 봉사할 운명을 타고난 것이다.

둘째는 노동에 대한 태도의 변화이다. 그리스 로마의 전통은 육체노동을 천하게 여겼으나 유대 그리스도교적 전통에는 이런 편견이 전혀 없다. 많은 유대 法律博士들은 비천한 노동자였다. 그리스도교도 4세기까지는 프롤레타리아信仰이었다. 중세의 수도원에서 교리를 연구한 修士들은 노동을 신성한 것으로 보고 땀 흘리며 일했다. 이렇게 해서 학자는 일하지 않고 장인은 배우지 않는다. 이는 그리스 이래의 전통이 깨졌다. 수도하면서 일하는 수사는 수도원 주변에 사는 농민, 장인들의 노동에 대한 자부심을 고취했고 그 결과 기술의 발전이 촉진되었다는 것이다.

중세말에 발전된 인쇄술과 화약, 銃砲는 청동기시대에 들어와 문자와 철의 제법이 발명된 것과 비슷한 효과를 나타냈다. 인쇄술은 장인들의 문자해독을 가능하게 하여 그 가운데는 자기의 경험을 기록하는 사람이 나왔다. 이것은 기술이 학자적인 전통과 접촉할 길을 주었다. 총포는 騎士와 城時代의 종언을 고하게 하고 봉건체제의 붕괴를 촉진하는데 큰 역할을 했다.

懷疑로 찢든 時代

중세과학을 부정적으로 보는 견해도 있다. 經濟史家 포스틴(Michael Postan)은 중세과학의 停滯要因을 세 가지로 분석한다. 첫째, 중세에는 지적 자극이 없었다. 과학은 자연을 이해하겠다는 지적호기심의 소산이라 할 수 있는데, 암도적인 신앙의 시대에 자연에 관한 의문의 답은 이미 성서에 나와 있었다. 따라서 과학이 금지되었던 것은 아니나 탐구의 분위기는 이루어지지

않았다.

둘째, 실질적 자극도 없었다. 중세의 폐쇄적인 경제 정책이 기술의 발전을 저해했다. 온갖 까다로운 법과 규칙에 의해 경제활동이 제약을 받았고 보호정책 때문에 기술이 비밀로 다루어져 모처럼 技術革新이 이루어져도 전파되지 않았다. 예컨대 1272년 볼로냐(Bologna)에서 발명된 명주실 짜는 기계는 1538년까지 외부에 알려지지 않았으며 영국에는 17세기에야 도입되었다.

제지술만 해도 그렇다. 1150년 스페인에서 시작해 프랑스의 에르(Heravll, 1180), 이탈리아의 몬테파노(Montefano, 1276), 도이칠란트의 뉘른베르크(Nürnberg, 1391)를 거쳐 영국(1494)에 도달하는데 무려 344년의 걸렸다. 중세사회가 얼마나 폐쇄적인가를 단적으로 말해주는 예이다. 중세의 건축기술이 불만한 것은 지방정부의 간섭을 받지 않는 떠돌이 기술자들과 손으로 이루어졌기 때문이며, 14세기 영국 직물공업과 기술혁신도 정부의 영향권을 벗어남으로써 가능했다고 분석된다.

세째, 과학과 기술의 상호작용이 없었다. 오늘날 과학과 기술은 相乘作用에 의해 서로 자극을 주기 때문에 발전한다. 그런데 중세에는 이 둘이 따로따로 자체의 고유한 영역을 지켰고 서로 영향을 미치지 못했다. 예를 들면 중세초에 철의 주요성질이 발견되었으나 용수철은 17세기에야 만들어졌다. 반대로 산업에서는 펌프가 사용되었으나 역학은 眞空概念을 쓰지 못해 과오를 범했다. 공기나 증기의 팽창을 이용한 기계는 쓰여졌지만 공기팽창, 대기압에 관한 이론은 그 영향을 받지 않았다.

이런 요인들때문에 중세는 헬레니즘이나 근대에 바하면 보잘것없는 과학을 낳았을 뿐이라는 얘기가. 그러나 科學的 르네상스로 불리는 12,13세기의 과학활동의 加速化는 번역의 홍수때문에 일어난 것만은 아니다. 중세의 지적분위기가 변했던 것이다. 문학과 철학에서 世俗的이고 현세적인 편견이 종교적인 문화로부터 갑자기 생겨났다. 중세학문의 복판에서 견해의 불일치가 일어났고 철학논쟁이 敎義의 근본을 흔들었다. 수사들 가운데서도 사상의 확일성을 깨뜨리려는 움직임이 싹텄다. 이 모든 것에서 심각한 懷疑論이 나왔다. 문학비평가 뎀(Hippolyte Taine)이 말한 것처럼 「중세는 회의로 찢든 시대」였다. 고대의 철학과 과학의 부흥은 필연적인 것이었다.