

과학사 06주차(06강). 중세와 르네상스

학습목표: 유럽의 중세는 암흑의 시대라기보다는 유럽이 드디어 하나의 문명으로서 부상하려는 준비의 시기이며 르네상스의 시대로 단절 없이 연결된다는 것을 이해해 본다.

■대학의 출현 – 재정리

유럽은 (특히 알프스 이북의 유럽은) 로마시대 이래로 중세의 12세기경까지도 여전히 신석기 시대수준의 경제 문화 지식의 낙후지역이었다. 따라서 “유럽이 중세에 ‘암흑시대’로 떨어졌다는 표현은 옳지 않다.”(p.280, 『과학과 기술로 본 세계사강의』) 유럽은 더 이상 떨어질 것도 없었기 때문이다.

따라서 별볼일 없었던 중세유럽의 지식문화는 수도원을 중심으로 비전문적인 학자에 의해 겨우 최소한의 명맥만 유지되던 수준이었다. 그런데, 수공업자들의 독점적 판매유통망인 길드처럼, 돈을 낼 수 있는 학생들이 길드를 이루어 돈이 필요한 선생들을 계약하여 고용하거나(볼로냐 대학), 또는 돈이 필요한 선생들이 길드를 이루어 돈을 낼만한 학생들을 모우는(파리대학) 세속적 금전거래 형식의 자치공동체로서 대학이 시작된다. (1150년의 볼로냐 대학, 1200년의 파리대학, 1220년의 옥스퍼드 대학). 대학의 교양학부는 신입생들에게 논리학 산수 기하학 천문학 음악 등의 기초교양지식을 가르쳤고, 이 과정에서 선별된 학생들에게만 신학 의학 법학이 더 가르쳐졌다.

아리스토텔레스로 대변되는 이교도 잡신사상과 전통적인 기독교세계관을 조화 시키는 스콜라철학을 방어하는 것이 대학의 사명이었다. 그러나 신학적 세계를 의문시하지 않는 한, 동시에, 과학이 신학의 하녀라는 전제 속에서, 대학교 교양학부의 자연철학 선생들은 독창적인 과학적 상상을 자유로이 펼칠 수도 있었다.

[중세 자연철학의 사례]

장 뷔리당(뷔리당)Jean Buridan (대략1297~1358) 프랑스의 신부
아리스토텔레스에 의하면 투사체의 운동원인은 공기가 뒤쪽에서 투사체를 밀어주기 때문이었다. 운동원인을 찾으려는 이런 아리스토텔레스의 전통 속에서 뷔리당은 공기와 같은 물질이 아닌 비물질적인 임페투스(임피터스)Impetus를 투사체의 운동원인이라고 명명했다. 이는 현대역학적 관점에서 운동량이나 관성과 매우 유사한 개념이다.

오컴Ockham (대략 1287~1347) 영국의 스콜라 철학자 신학자 논리학자 물리학자

오컴의 면도날Ockham's Razor란 **가장 간단한 설명이 최선의 설명**이라는 원리이다. 현대과학에서도 최소의 변수로 모델을 설명하는 것이 최고의 설명이라는 원칙으로서 이어지고 있다. 직접 관찰할 수 없는 신의 세계인 형이상학적(혹은 이론적) 내용을 최소화하고 인

간세계의 지식은 경험할 수 있는 내용으로만 설명하여야 한다는 당시의 믿음을 표현한 것이다.



[오컴 “제 머리스탈 짱이져?”] http://en.wikipedia.org/wiki/William_of_Ockham

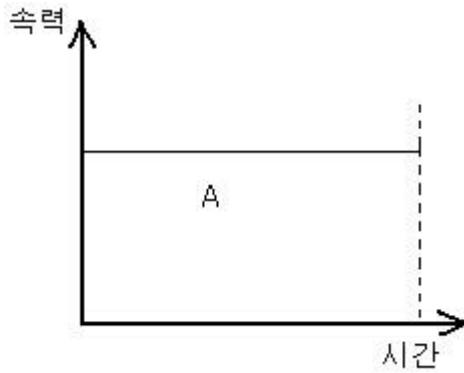
니콜 오렘 Nicole Oresme(1320~1382) 프랑스의 철학자 신학자 천문학자 수학자
일정하게 속력이 증가하는 운동에서의 이동거리는 시간에 제곱에 비례한다는 것을 알아낸다. 이 발견은 일반적으로 갈릴레오가 17세기에야 이룬 것으로 알려져 있다.



[공부하는 오렘 “책상은 기운게 아니어요. 원근법이 아직 없어서 멀리 있는 쪽을 그냥 위에 그려요” ππ]

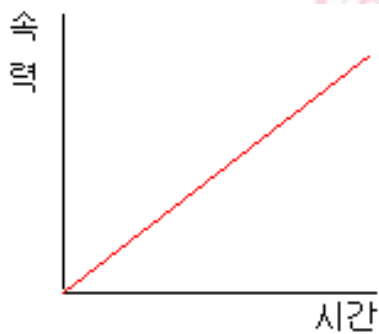
http://en.wikipedia.org/wiki/Nicole_Oresme

[심화 탐구1] 일정한 속력을 가진 운동에서 이동거리 구하기

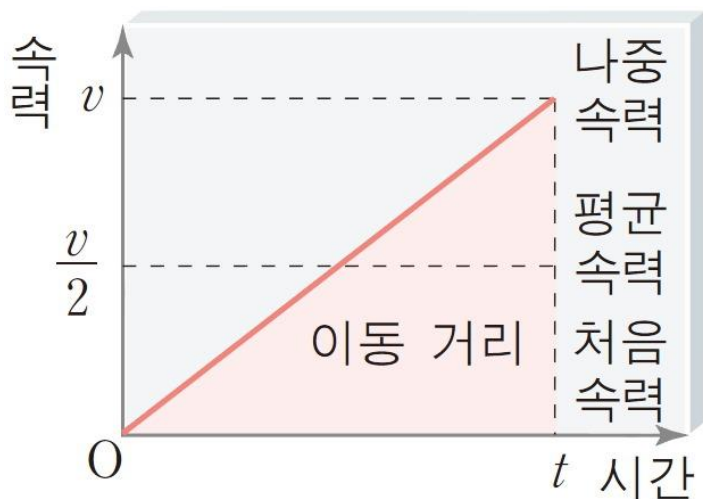


위의 그림에서처럼 시속 100km의 일정한 속력으로 움직이는 물체가 있다. 그렇다면, 이 물체의 한 시간 동안 운동거리는 ()km이고 두 시간 동안의 운동거리는 ()km 세시간 동안의 운동거리는 ()km이다. 따라서 이런 일정한 속력에서 **거리=속력×시간** 이다. 따라서 위의 그림에서 이동거리는 (사각형모양) 면적 A이다.

[심화 탐구2] 일정하게 증가하는 속력을 가진 운동에서 이동거리 구하기



이제 바로 위의 그림에서처럼 서있던 물체가 일정하게 속력이 증가하며 움직인다. 이런 운동에서의 이동거리도 (삼각형모양) 면적과 같을 것이라고 오렘은 생각한다. 그는 먼저 이 삼각형의 면적과 동일한 면적의 직사각형을 만들어 낸다. 즉 위 그림의 운동을, 최종 속력의 절반인 평균속력으로 일정하게 움직이는 운동으로 바꾼다. [아래 그림참조]



이제 평균속력이라는 일정한 속력으로 움직이는 운동의 이동거리는 (사각형 모양) 면적을 구하는 일이 된다. 그러므로 이제 **이동거리=평균속력×시간(t)** 이다. 최초속력은 0 최종속력을 v 라고 하면 이미 말했듯이 평균속력은 최종속력의 절반이다; $\frac{최초값+최종값}{2} = \frac{0+v}{2} = \frac{v}{2}$. 그런데 위 그래프에서 일정한 것이 하나 있다. 그건 바로 일정한 기울기(= $\frac{높이}{밑변} = \frac{v}{t} = a$)인데 여기서는 a 라고 불러보자 (현대에서는 가속도라고도 불린다). 그럼 $v = a \times t$ 이다. 그러므로 이것을 모두 다 정리하면,

$$\text{이동거리} = \text{평균속력} \times \text{시간} = \frac{v}{2} \times t = \frac{a \times t}{2} \times t = \frac{1}{2} a t^2$$

이때 기울기 a 는 일정한 상수이다. 따라서, 이동거리는 시간의 제곱에 비례한다. 이걸 오렘이 찾아낸 것이다. 250년 후, 17세기의 갈릴레오는 낙하운동은 일정하게 속력이 증가하는 이런 운동이며 따라서 이동거리는 시간의 제곱에 비례한다고 발표한다.

[질문] 낙하운동에서의 이동거리가 시간의 제곱에 비례한다고 알아낸 것(역학 혁명의 큰 부분이다)은 갈릴레오인가 아니면 오렘인가?

오렘은 위 그림의 일정하게 증가하는 운동을 낙하운동과 같은 실제세계의 운동에 연관시키지 않고 일종의 지적인 퍼즐문제로 보았기 때문이다. 따라서 한 사람의 발견자만 거명해야 한다면 갈릴레오가 맞다. 그러나 이런 한계에도 불구하고, **중세유럽의 대학 안에서는 아리스토텔레스에 대한 비판적 검토가 시작되어 몇 세기 후에 일어날 과학혁명에 대한 제도적 지적 토대가 마련되고 있었다.** “오렘의 성취는 놀라운 과학적 상상력이 빚어낸 경이로운 지적 성취였다”(p. 294, 『과학과 기술로 본 세계사강의』).

■중세의 농업혁명; 가슴걸이, 편자, 등자

유럽의 평원지대에서 경작지를 세 부분으로 나누어 3년 주기로 돌아가며 가을에 뿌리는 밀, 봄에 경작하는 귀리 콩 보리 채소 등을 교대로 심는 윤작체계를 도입하고, 여덟 마리의 소가 끄는 무거운 쟁기를 사용 함으로서 척박한 토양을 깊게 쟁기질하여 농업생산성이 향상되었다. (유럽은 큰 강이 없어서 질척한 진흙 논이 아닌 건조한 밭 형태의 경작지를 가진다)

이후 견인동물을 소에서 속도와 지구력이 더 뛰어난 말을 이용하기 시작하였으며 소의 짧은 목에 거는 멍에yoke 대신 말의 어깨에 거는 **가슴걸이**horse collar를 중국에서 도입하여 견인력은 더욱더 향상되었다. 이때 말의 **편자**horseshoe도 큰 도움을 주었다.



[명에가 얹혀있는 소의 목덜미]

http://www.ohmynews.com/NWS_View/view/at_pg.aspx?cntn_cd=A0000316093



[가슴걸이를 한 말] http://en.wikipedia.org/wiki/Horse_collar

학교
SEJONG UNIVERSITY



[말 발굽에 편자 박기] <http://en.wikipedia.org/wiki/Horseshoe>

이에 따라 농업은 점차 북 유럽으로 확산하여 공동소유 공동경작과 공동 가축사육을 통한 마을단위 경제가 형성되어갔다. 게다가 유럽은 중국에서처럼 큰 강이 존재하지 않아 대규모 수로와 같은 관개기반시설을 건설 관리하는 중앙정부는 필요치 않았고 마을단위의 지방분권적 봉건관계인 장원제manorialism가 중세유럽체제의 기본을 이루었다.

이 와중에, 과거 5세기경 중국에서 이미 발명되어 나중에 중세 유럽에 전파된 **등자**stirrup는 말에서 타고 내리는 과정을 쉽게 하고 말에 탄 사람의 체중을 균형 있게 분산시켜 말에서 떨어지지 않고 안정적인 기마를 가능하게 하였다. 이에 따라 기마돌격전이 가능하게 된 기사와 말은 현대의 탱크처럼 전쟁터에서 화약이전 시대의 가장 강력한 무기가 된다.



[등자만 있음 되죠 뭐!] <http://mode74.tistory.com/332>

장원제의 정점에 있던 영주는 이런 기사를 계약을 통해 고용하고 기사는 다시 영주에게 충성하며 장원내 치안과 사법을 책임지고 그 대가로 장원의 일부 토지를 직접 관리하며 토지에 대한 세금 및 소작료를 거두었다.

그러나 토지를 영주가 자신의 만아들에게 상속하는 제도로 인해 땅이 없는 기사의 수가 점점 많아져 잉여기사들의 십자군침략(최초원정 1096년-최후원정 1270년)이 이루어진다. 그러나 “유럽의 침략자들이 맞닥뜨린 것은 기술적으로 대등하고 문화적으로 우월한 문명-비잔틴문명과 이슬람문명-이었으므로 승리할 가능성은 희박했다.”(p.278, 『과학과 기술로 본 세계사 강의』)

이때 중세유럽은, 중국에서처럼 많은 인력을 중앙에서 동원할 수 없는 지방분권적 정치 제도와 적은 인구 때문에 일찍부터 기계에 대한 관심이 높았다. 인간의 근력에 의하지 않은 기계들은 이론적인 과학배경 없이 고안되어 여러 혁신을 이루어 내었다. 예를 들어, 하천의 흐름에서 수차는 제분기에 동력을 주었으며, 바람을 이용한 풍차는 바닷물을 퍼 내어 경작지를 늘려주었다. 이때부터 유럽은 인간을 위해 자연을 기술적으로 이용할 대상으로 보는 공격적인 세계관을 일찍부터 가지기 시작했다. 이런 공격적인 태도는 군사 기술에 대한 관심과 혁신으로도 이루어진다.

■ 화약의 정치사회경제학

9세기 중국에서 발명된 화약은 (1)몽고와 중앙아시아의 초원을 거쳐, 혹은 (2)중국에서 이슬람세계를 거쳐, 혹은 (3)1275년에서 1292년까지 중국황제 밑에서 일한 마르코 폴로 같은 여행자들을 통해 유럽에 전파되었다. 이로부터 유럽은 최초의 대포를 1310-20년 사이에 만들었다. 이로서 화약기술의 원조인 아시아인들을 대포기술에서 곧 능가하게 되었으며 이 기술은 거꾸로 중동과 아시아로 빠르게 확산되었다. 성벽을 무너뜨릴 수 있던 화포기술은 기사를 무용하게 만들고 화포 군대의 유지비용을 영주는 감당할 수 없어서 중앙정부와 왕의 역할은 점점 더 커져갔다. (15세기 후반기에 이르자 화약 신무기의 비용으로 인해 새로운 지출을 감당하고자 서유럽 정부는 세금을 두 배로 늘렸다.)

소총은 1550년대에 도입되어 일렬로 늘어선 소총수들에 의한 일제 장전사격이 전술로 개발했다. 기마병을 완전히 대체한 이런 소총수와 포병부대는 1600년부터 전장의 주역이 되어 이후 2백년 동안 수십만 명의 보병부대로 나라마다 확대되어 갔다. 또한 대포 공격으로부터의 방어를 위해 중세의 성들은 별 모양의 요새로 개조되었고 이때 막대한 비용이 필요해서 중앙집권적 민족 국가들만이 이 비용을 낼 수 있었다.



[1593년에 만들어진 별모양의 네델란드 요새]

<http://blog.donga.com/lake1379/archives/7752>

결국, 수 천년 전부터 이집트나 중국에서 농업용 관개수로 망의 건설이 중앙집권화를 통한 문명화의 효과를 준 것처럼, 유럽에서 화포무기와 요새를 만들고 관리하는 것이 마침내 15세기 이후에야 중앙집권적 문명화의 효과를 유럽에 불러왔다. **이때 유럽 군대의 유지**를 위한 **국민모병제(징병제)**는 **고대 이집트 피라미드의 건설이나 고대 중국 만리장성의 건설을 위한 강제노역에 해당한다.** 인류의 4대문명보다 5천년 늦게 유럽은 드디어 15세기에야 신석기 시대를 확실하게 탈피하여 단일 문명권역으로서 등장한다. 그러나 큰 하천이 없어서 대규모 건설사업을 단일 제국이 수행할 필요가 없었던 유럽은 다양한 인종과 언어의 민족국가들이 서로 경쟁하며 어느 하나도 전체를 지배할만한 충분한 힘을 얻지는 못했다. 이런 상호 견제는 현대에까지 군사적 분쟁의 원인이 된다.

■해상전술의 변화

육상군사전략의 변화와 함께 대포는 해상군사전략도 크게 바꾸어갔다. 충돌 후 적의 배에 옮겨 탄 후 공격하는 것이 1571년 레판토Lepanto 해전 무렵까지는 주된 해전 전술이었으나, 1588년 영국해군이 스페인 무적함대를 격파할 무렵에는 일렬로 전열을 맞춘 배들이 측면 대포를 일제히 발포하여 적을 공격하는 포격전 전술로 변화한다. 또한 많은 인력이 노를 저어 움직이던 배(갤리galley선)에서 바람을 이용하여 비교적 적은 인원이

탑승하는 대형범선(갤리언galleon)이 등장하여 항해에서 바람을 타는 기술이 중요하게 되었다. 또 선장은 나침반과 북극성의 고도로부터 위도를 확인할 수 있는 기술이 있어야 했다.



[노를 저어 움직이던 갤리선] <http://en.wikipedia.org/wiki/Galley>



[영국의 대형범선]

<http://www.mutualart.com/Artwork/British-Galleon-at-Sea/DA0E9C5FBA6749D4>

[사례] 이순신의 포격전술

1590년대 이순신 장군도 3층 형태인 판옥선 측면의 높은 곳에 장착된 장거리 화포로 적을 원거리에서 선제 공격하여 적의 승선을 사전에 예방하는 전술을 해상에서 펼친다. 이런 해군전략을 펼치기에 당시의 판옥선은 동북아 최고의 함선이었다. 1층 형태인 왜군 배들(세키부네關船 関船)은 일본에서부터 먼 거리를 와야 했기에 대형 화포를 장착하지 못했을 뿐만 아니라 낮은 높이에서 발포되어 애초부터 사정거리가 짧았다. 게다가, 좁은 해협으로 밀려들어오는 뒤쪽의 자기편 배들로 인해 조선 수군의 화포 사정거리 밖으로 쉽게 후퇴조차 하지 못했다. 그러나, 영화 『명량』에서 왜군들은 판옥선에 올라 탈 정도로 매우 가까이 같은 높이에서 접근하고 있다. 영화에서 무적의 근접 돌격선으로서 묘사되는 거북선은 이순신의 원거리 함포 전략상 꼭 필요하지 않았을 것이며 주로 적을 유인하는 목적으로 쓰였을 것이다.

■문예부흥기(르네상스); “로맨틱 성공적”

아리스토텔레스와 신학을 조화시켰던 스콜라학파가 신학적 사변적 추상적 모습을 가졌다면 15세기의 이탈리아를 중심으로 일어난 르네상스 운동은 인문적 경험적 실용적 경향의 문화활동이었다.

예술가, 상인, 장인들의 사회 정치 문화적 지위는 향상되었고 미술에서는 사실적 원근법과 다채로운 빛과 그림자의 효과를 묘사하는 색채기법 등이 출현하였다. 예를 들어 이탈리아의 건축기사인 필리포 브루넬레스키(1377-1446)나 이탈리아의 화가, 발명가, 기술자, 해부학자였던 레오나르도 다빈치(1452-1519) 등이 활동하였다.

세종대학교
SEJONG UNIVERSITY



[http://en.wikipedia.org/wiki/Perspective_\(graphical\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Perspective_(graphical))

위의 그림은 원근법의 미숙한 초기 형태와 다채로운 색채기법이 나타난 15세기의 서양화를 보여준다. 중앙의 회색건물에는 사실적인 원근법이 분명히 적용되었다. 그러나 체계적인 원근 처리에는 아직 미숙하여 중앙 회색 건물 위쪽에서 일하는 작업자들은 위가 아니라 마치도 뒤 배경에 붙어 작업하는 것처럼 보이기도 한다. 마찬가지로 왼쪽아래 부분의 사람들에게는 체계적인 원근법이 적용되어 물체가 만드는 그림자의 표현도 사실적이다. 반면에 오른쪽 아래의 사람들에게는 원근법이 전혀 적용되지 않았다.

이 르네상스 당시에는 또 신비적 관념론인 신플라톤주의Neoplatonism와 마술이나 연금술과 같은 신비주의 전통인 헤르메티시즘Hermeticism이 유행하였다. 이런 마술적 세계관속에서 빛의 근원인 신비한 태양에 대한 특별한 생각이 태양중심주의로 나타나 코페르니쿠스 혁명의 문화적 배경이 되기도 한다. 특히, 악마의 간교한 흑마술black magic과는 구별되는 선한 자연마술natural magic에 대한 관심으로부터 자연에 대한 실험적 태도가 잉태되고 이로부터 귀납적 근대과학의 방법론에 대한 관심도 생겨나기 시작한다.

참고문헌

『미국민중사1』 Howard Zinn저 유강은 옮김 2010 도서출판 이후

『과학과 기술로 본 세계사 강의』-제 9장 전대호 옮김 2006 모티브