

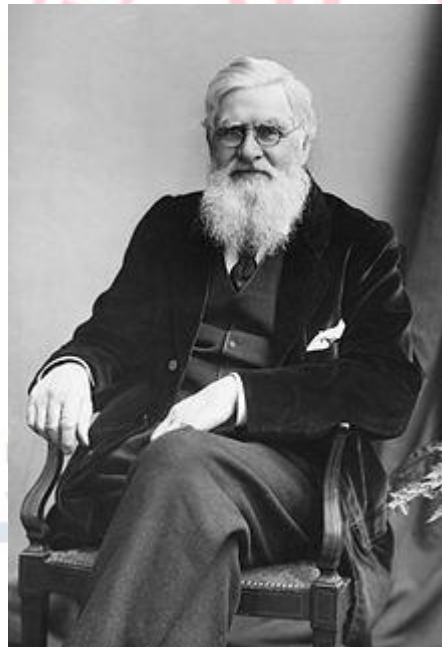
과학사 12주차(12강). 진화론, 유전학, 생물학

학습목표: 다윈에 의한 자연선택적 진화론이 20세기 초에 이르러 유전학 및 생물학의 정립에 의해 어떻게 부활하는지를 이해해본다.

■진화론 –계속

●진화론의 공동발견자; 월리스 Alfred Wallace(1823-1913)

- 영국의 자연주의자naturalist, 박물학자, 생물지리학biogeography의 아버지
- 아마존과 동남아시아 지역을 직접 탐험한 후 1858년 진화개념의 확립
- 다윈이나 라이엘처럼 부유한 가정 출신이 아니라서 경제적 어려움 속에서 탐사비용을 마련을 위해 힘들게 노력함



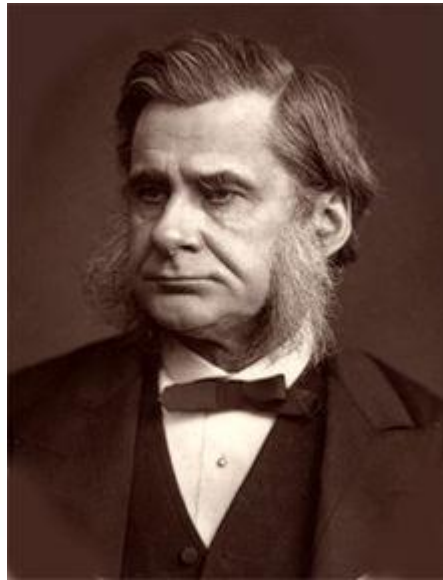
[라이엘] http://en.wikipedia.org/wiki/Alfred_Russel_Wallace

[질문]과학의 동시발견은 어떻게 가능한가?

- [사례]미적분학(뉴튼과 라이프니츠), 진화론(다윈과 월리스), 열역학(마이어, 헬름홀쯔, 줄 등)
- 전통적 답변; 과학은 진리이므로!
- 과학사적 입장; ”과학적 발견이 [...] 사회, 경제, 사상 등의 외적 요건에 좌우된다.”(p.203, 『과학사 신론』 2판)

-다윈은 인간기원의 논쟁에서 영국의 생물학자이자 연설가인 **헉슬리** Thomas Huxley(1825 –

1895)(다윈의 볼테르? 혹은 “다윈의 불독”^^)로부터의 광범위한 대중적 지원을 받는다. 헉슬리는 영국 국교회 주교인 윌버포스 Samuel Wilberforce(1805-1873)와 1860년에 유명한 논쟁을 이끌며 진화론의 대중화에 기여한다. 그러나 헉슬리의 영향력은 흔히 말해지는 것만큼 그리 결정적이지는 못했다.



[다윈의 불독 헉슬리] http://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_Henry_Huxley

-진화의 개념 자체는 폭넓게 수용되어 보수적 종교인들 사이에서도 점차 받아들여졌으나, 자연선택을 통한 무작위적인 변이가 최종적으로 인간을 유발한다는 것은 받아들이기 어려웠다. 그리하여, 신의 최종 목적인 인간을 향해 발전하는 방향성을 가진 진화가 더 자연스러워 보였다. 따라서, **자연선택의 개념은 종교적 관점에서 적대시되고** 진화는 신성한 계획에 의해 미리 결정된다는 라마르크적인 생각이 다시 유행한다.

●19세기에 나온 진화론에 대한 여러 비판

1.인간의 기원에 대한 비판

-자연선택과 같은 우연에 의해 진화가 일어나면 비록 신이 간접 역할을 한다 할지라도 생명체를 더 이상 신의 신성한 창조물로 여길 수 없었다. 특히 1871년 다윈은 『인간의 유래』Descent of Man에서 직립보행이 손을 자유롭게 만들어 도구를 가능케 하면서 지능을 발전시켰다고 주장한다. 이리하여 인간이 개선된 동물에 불과하다는 생각은 인간이 영원 불멸의 영혼을 지닌 영적인 존재라는 생각과 충돌하였다. 창조론자들에게 다윈은 인간만이 가진 정신적 도덕적 기능을 포기하게 함으로서 전통 가치와 도덕을 붕괴시켜 사회혼란을 유발하는 유물론자였다. 그러나 인간도 자연계의 한 구성원으로서 환경과 생명의 한 부분에 불과하다는 생태주의적 철학은 이런 비판을 무력화시킨다.

2. 연결고리 화석의 부족에 근거한 비판

-비록 화석증거가 너무 불완전하다는 점을 인정할지라도, 고대 조상에서 현생 생물체로 이어지는 단계별 연결고리 화석의 직접적 증거 없이는 진화를 받아들이기는 어렵다. 그러나, 1870년대 파충류와 조류 사이를 연결시켜주는 시조새의 화석이 독일에서 발견되고 비슷한 시기에 미국에서 말들의 여러 다양한 화석들이 현대 말과 연결되면서 진화의 실증적 연결고리증거들이 나타났다. 이런 발견들은 자연사박물관에 전시되어 대중과 직접 교류하였다.

3. 적자생존의 개념에 대한 뮌스주의적 비판

-뮌스주의자들이 볼 때, 다윈은 무한 경쟁적 자본주의 이데올로기인 생존경쟁을 정당화하려는 지배 계급 출신의 의심스러운 꿈수 과학자였다. (실제로 다윈은 매우 부유한 가정 출신이다.) 그러나 다윈을 가장 강력하게 비판하는 창조론자들이 대부분 자본의 지배자이며 가장 열광적으로 자본경쟁을 지지하는 사람들이었다. (미국에서 창조론을 가장 열광적으로 신봉하는 지역은 거대 사탕수수 농장주들의 최대 밀집지역인 미국 동남부지역이다.) 그러므로 다윈이 자본가계급의 이데올로기로서 자연을 투영했다면 왜 창조론자들이 그토록 다윈을 경멸했는지가 상당히 이해하기 어렵다.

4. 유전적 희석에 근거한 비판

-부모세대의 특성이 반반씩 혼합되어 다음 세대로 전해진다면, 한 개체에서 새 형질이 나타났더라도 그런 형질이 없는 짝을 만나면 다음 세대에는 그런 형질의 특성이 반으로 줄어들고 세대를 거듭할수록 더 희석되어 점차로 특성자체가 사라질 것이다. 따라서 새로운 형질이 자연선택을 받아 반성하기는 불가능하다는 비판이다. 그러나 현대의 유전학은 우성과 열성의 유전자가 반반씩 섞일 때 우성의 특성만이 나타난다며 이런 희석론을 반박한다.

■ 진화론 -계속

-라마르크의 발전적 진화는 전반적으로 인정하면서도 다윈의 자연선택적 진화는 점점 더 집중적인 공격을 받는다. 1880년대경에는 윌리스만이 다윈의 자연선택설을 여전히 방어하던 소수의 생물학자였다. 특히 19세기 후반 미국에서는 강력한 신라마르크주의 운동이 부활하여 **다윈주의의 암흑기**가 도래한다. 이시기를 즈음한 한 세대의 과학자들은 다윈에게서 완전히 등을 돌렸다.

-결국, 1900년대에 들어 대부분의 생물학자는 진화론자였지만 자연선택에 근거한 다윈주의는 사망했다고 선언됐다. 이때, 생물학자 대다수들이 사회적 지위를 강화하기 위해 유전학과 같은 실험적 연구로 선회하면서, 화석을 채집하던 고생물 연구는 경멸되었다. 덕분에 라마르크주의가 서서히 무너지며 오히려 다윈주의가 재등장할 토대가 마련되고 있었다.

■다윈주의의 부활

●배경: 20세기 초 유전학의 정립과 20세기 중반 분자생물학의 출현

-다윈이 제시한 종과 종을 뛰어넘는 진화론의 개념을 혐오했던 카톨릭 신부 멘델Gregor Mendel (1822-1884)은 종의 경계를 뛰어넘는 진화가 불가능함을 완두 교배를 통해 1866년에 보이려 했다.



[멘델] http://en.wikipedia.org/wiki/Gregor_Mendel

다윈: 신부님! 제가 싫죠?

멘델: 반말이니?

다윈: 아니 아니

멘델: 콩 심은 데 콩 나며 팥 심은 데 팥 날뿐이듯이, 완두를 교배해서 완전히 다른 새로운 형태의 종은 전혀 출현하지 않아!

-멘델은 완두의 부모로부터 자손으로 어떤 특징들이 어떤 식의 법칙으로 나타나는지에

대한 **교배의 법칙**을 알아본 것이다. 유전자의 법칙을 테스트한 것은 아직 아니다! 유전자 이론자체가 존재조차 하지 않았다.

-멘델은 세대에 걸쳐 전달되는 쌍을 이룬 물질 입자(현대의 유전자)를 전혀 언급하지 않았으며 가설로도 제시조차 하지 않았다. 다윈적 진화에 도전하는 것만으로 충분했다. 게다가, 다양한 완두의 교배실험은 당시의 원예학자들뿐만 아니라 자연주의자들에 의해서도 이미 수행되고 있었기에 멘델이 처음도 아니다. 따라서, 멘델을 유전학의 선구자라고 부르는 것은 무리이다.

-현대 생물학 교과서는 멘델이 쓰지 않은 유전자의 개념을 상정하여 다음과 같이 해석한다. 먼저, 완두의 크기가 클지 작을지를 결정하는 두 개의 대립유전자 T(tall)와 S(short)가 있다고 가정한다. 이때 큰 특성이 우성이고 작은 특성은 열성이라고 하자. 완두는 부모로부터는 각각 한 개씩 대립유전자 T와 S를 물려받는다. 순종일 경우에, 크기가 큰 완두는 TT, 작은 것은 SS이다. 이런 순종의 큰 완두와 작은 완두를 교배하면 후대의 완두는 전부 크고 TS의 유전자를 가진다. 다시 이들을 교배하면 후대는 TT, TS, ST, SS의 유전자를 가지게 되어 3:1의 비율로 큰 완두와 작은 완두가 나타난다.

-그러나 생명체의 특징은 난잡하게 섞인 수많은 유전자에 의해 나타난다. 멘델의 경우에서처럼 크기가 크다 작다의 뚜렷하게 구분되는 단 두 가지의 이분법적 특징은 매우 비현실적이다. 인간의 키는 서장훈(207cm)과 나폴레옹의 두 집단으로 뚜렷하게 나뉘지 않으며, 다윈이 관찰했듯이, 다양한 연속적인 변이를 만든다. (이런 연속분포를 가우스 분포 혹은 정규분포라고 현대 통계학은 말한다.) 따라서 “멘델의 법칙이 다양한 유전현상을 이해하는데 사용되기까지는 상상력의 엄청난 도약이 필요했을 것이다”(p.267 『현대과학의 풍경1』).

-멘델의 법칙 논문은 1866년에 이미 발표되었으나 오랫동안 거의 완전히 무시되었고 결국 멘델은 무명으로 사망하였다. 1900년에 이르러서야 네델란드의 식물학자 휘호 **더프리스**Hugo de Vries(1848-1935)와 독일 식물학자 칼 **코렌스**Carl Correns(1864 -1933)에 의해 멘델의 논문이 다시 알려졌다. “세번째 재발견자라고 주장한 **에리히 폰 체르마크**[Erich Tschermak(1871-1962)]는 멘델의 법칙을 충분히 이해하지 못했다는 이유로 오늘날 재발견자 명단에서 제외됐다.”(p.270 『현대과학의 풍경1』)

-이 즈음, 개체의 변이가 연속적이고 점진적이라고 보던 당시의 다윈주의자들과는 다르게 더프리스는 돌연변이mutation설을 처음으로 제안했다. “이 이론에 따르면 진화는 새로운 변종 혹은 심지어 완전히 새로운 종이 갑자기 만들어지는 변이에 의해 진행되는 것이었다”(p.269 『현대과학의 풍경1』) 이제 진화는 갑작스런 도약 혹은 격변을 통해 일어난다고 여겨졌다. “하지만 흥미롭게도 더프리스는 돌연변이 형질이 반드시 멘델의 법칙을 따

르지는 않는다는 것을 알게 된 후 곧 멘델주의에 대한 흥미를 잃어버렸다”(p.270).

-영국의 **베이트슨**William Bateson(1861-1926)은 멘델의 논문을 영어로 번역하고, 1905년에 ‘유전학’genetics이라는 용어를 만들어 1916년 케임브리지 대학에서 처음으로 유전학 교수가 되었다. 그럼에도 그는 부모세대의 특징을 다음세대로 전하는 암호화된 정보를 가진 물질(유전자)이 존재할 가능성에 반대했다. 덴마크의 식물학자 **요한센**Wilhelm Johannsen (3 February(1857-1927)이 마침내 유전자gene의 용어를 도입했으나 요한센도 유전자는 물질이 아니라 일종의 에너지라고 보았다.

-1910-15년 사이에 미국의 생물학자 토마스 **모건**Thomas Morgan(1866-1945)이, 초파리의 연구로부터, 난자와 정자가 결합하여 한 쌍의 염색체가 만들어지고 그곳에 암호화된 여러 유전자들이 위치하고 있다고 선언하며 그 위치에 대한 지도를 작성하였다. (1933년 노벨 의생리학상 수상)



[모건] http://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_Hunt_Morgan

-1920년에 모건은 방사능 등에 의해 갑자기 새로운 암호를 저장한 유전자가 출현하는 돌연변이가 일어나고, 이렇게 변형된 유전자가 번식과 생존에 더 유리할 특질을 만들 경우에 자연선택 되어 더 퍼져나가게 된다고 주장한다. 이렇게 돌연변이와 자연선택간의 관계가 유전자를 통해 확립되면서 **다윈주의는 20세기 초에 부활하고 현대유전학과 자연선택적 진화론은 통합된다.**

-그러나 모건은 배아의 발생도중 유전자 암호가 해독되는 과정에서 환경적 요소가 관여할 가능성을 완전히 무시한다. 환경적 요소가 유전자의 발현에 영향을 주어 성체의 특성까지 변화시킬 수 있을 가능성을 부정한 것이다. 모건은 유전자만이 모든 특성의 결정자라는 인식을 부추겨, 우수하지 못하다고 인정되는 유전자를 가진 사람들의 출산을 억제

하는 우생학적 프로그램을 낳았다. 이는 결국 나치의 잔혹행위로도 이어진다.

-“사람들이 새로운 과학의 창시자로 멘델을 기꺼이 인정한 것은, 재발견자들 사이에서 발생할지도 모르는 격렬한 우선권 논쟁을 피하고 싶었기 때문이었을지도 모른다.”(p.270『현대과학의 풍경1』)

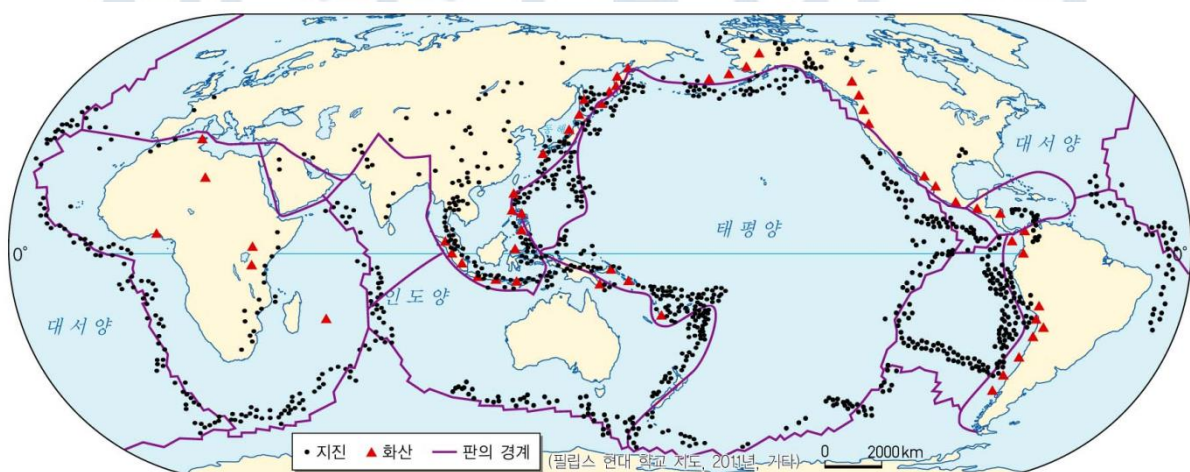
●[보충] 방사능은 진화뿐만 아니라 현대지질학에서도 중요한 역할

-방사능은 생물 돌연변이 및 지질활동 전반에 걸친 에너지의 원천

-지구내부의 방사선 에너지로 인하여 맨틀이 대류 하면서 그 위에 떠있는 판들이 서로 움직이며 충돌하면서 대륙이 이동하고 화산과 지진이 발생한다.



http://lg-sl.net/sl_song/SONG/SONG2012/SONG201203/SONG2012030002//study/SONG2012030002.htm



<http://www.byc100.com/middle/m01/500.html?PHPSESSID=807a0b39b3d108da8d5aa1143ce6c8a7>

-[질문]그러나 세계최대의 화산은 왜 태평양판 한 북판에 있나?



[현재도 분출중인 미국 하와이의 킬라우에아 화산]

<http://www.voakorea.com/content/article/2498299.html>

[논쟁] 석유는 어디서 오는가?

-미국 코넬대학의 천문학자 골드Thomas Gold(1920-2004)는 석유의 기원이 고대생명체의 화석이 아니라 우주에 원래 있던 탄화수소류 물질이 50억년전 이미 지구 생성시부터 지구내부에 갇혀있다가 지금 조금씩 계속 방출되는 것이라고 주장하였으나 현대 지질학자들의 지지는 받지 못하였다.



[골드] “석유는 20세기초부터 30년이면 전부 고갈된다고 했었어요”

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

[논쟁] 콘크리트 건물내의 라돈Radon 방사능 오염수준 심각; 실내공기 환기의 중요성

“취도 새도 모르게 폐암 유발하는 '라돈'”(2014년 10월 23일 YTN보도)

http://weather.ytn.co.kr/issue/issue_view.php?key=201410231010585272

“라돈은 원래 토양에서 기인하는 것으로 알고 있습니다. 그런데 최근에는 남원의 한 마을에서 지하수 오염도 있었고, 땅에서는 멀리 떨어진 고층 아파트 실내에서도 높은 수치의 라돈 오염이 나타나기도 했습니다. [...] 미국에서는 주택거래를 할 때에도 라돈 조사 결과를 의무적으로 주고받아야 한다고 합니다. 그만큼 주택에서의 라돈 오염을 중요하게 인식하고 있다는 뜻인데요. 우리나라는 아직은 라돈 오염에 대해서 덜 인식하고 있는 것 같아요. [...] 생활 속 **환기를 습관화**하셔서 라돈의 위험으로부터 지켜야 하겠습니다.”

[논쟁] 기상청; 미세먼지 오염수준 심각; 창문 닫고 외출자제

"창 닫아" "외출 안돼"... 곳곳 미세먼지 마찰 (2015년 4월 7일 조선일보 보도)

http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2015/04/07/2015040700242.html

“지난달 31일 오후 4시쯤 서울 북가좌동의 한 헬스장에서 중년 여성 회원이 헬스장 여직원과 말다툼을 벌이다 손찌검을 하는 바람에 경찰이 출동하는 일이 벌어졌다. 전국적으로 미세 먼지 농도가 '나쁨' 수준을 기록했던 이날, 헬스장 회원 최모(58)씨가 "미세 먼지가 많으니 창문을 닫아달라"고 요구했지만, 직원 신모(22)씨가 "**환기를 해야 한다**"고 거절하면서 싸움이 난 것이다. 최씨는 경찰 조사에서 "미세 먼지를 마시라는 듯 창문을 열어놓아 화가 났다"고 했다.”

“과학사는 과학을 다르게 보고 다양하게 보게 하는 도구”

프로타고라스; “인간은 만물의 척도”

; 진리란 인간의 여러 주장들 중 그 시대에 인기를 끌게 된 주장

■다윈주의의 부활-계속

●현대 진화론

-현대의 유전학genetics이나 현대의 분자생물학molecular biology은 방사능이나 바이러스와 같은 외부 환경인자가 어떻게 DNA라는 분자기계에 우연한 변화를 일으켜 돌연변이를 유발하는지에 관한 구체적인 물리적 화학적 연구를 진행하고 있다.

-대부분의 돌연변이는 치명적이지만 극소수의 돌연변이는 생존에 오히려 유리하여 이후 자연선택 된다.

-이런 돌연변이는 유전체의 본질인 DNA자체의 변화에 의해 생겼으므로 다음세대에도 유

전되고 또다시 다른 돌연변이들이 반복되면 진화의 형태로 나타난다. 따라서, 진화는 갑작스런 도약을 통해 누적적으로 일어난다.

-결국 유전의 암호는 DNA라는 분자가 가지고 있으며 이 분자가 RNA를 만들고 이 RNA는 단백질을 만든다. 그러나 단백질의 변화(튼튼한 역도 선수의 근육)가 거꾸로 유전자의 변형을 초래하지는 못하기에 개체변이는 유전되지 않는다.

-이렇게 생명현상을 미시적 화학분자의 작용으로 설명하려는 분자생물학은 **물리학적 환원주의**(reductionism(생명현상은 기저에 있는 미시적 물리적 과정을 이해 함으로서 전부 설명할 수 있다)의 입장을 가진다. 그러나, 자연전체의 조화 속에서 생명현상을 이해하려는 생태주의자들은 물리학적 환원주의에 반대하며 지금도 분자생물학적 세계관과 대립하고 있다.

-다윈의 자연선택에 의한 진화론이 19세기 중반의 지질학적 지식을 기반으로 진행되었고, 다윈주의의 부활이 20세기 초 유전학적 지식을 기반으로 가능했듯이, 현대의 분자생물학은 21세기의 물리학, 수학, 화학 및 생물학전반의 지식을 기반으로 지금도 크게 성장 중이다.

-미 연방정부의 최대지원 과학분야가 물리학에서 분자생물학 및 생화학분야로 바뀐 지는 이미 오래되었다. 인류과학역사상 최대의 막대한 연구비가 집중 투입되면서 이 분야에는 무수한 연구부정의 사례가 동시에 등장하고 있다. 황우석교수의 사태도 이런 맥락에서 이해해 볼 수 있다.

-그러나, 현대 진화론 및 분자생물학의 성과에도 불구하고 미국 동남부 개신교도들은 성서에 기반한 창조론을 통해 사회적 논쟁을 지금도 활발하게 진행하고 있다.

[논쟁]창조론

-원숭이 재판Monkey Trial; 테네시주 대 스코프Scopes

-존 스코프John Scopes(1900-1970)라는 미국 남부 테네시주 데이튼 Dayton 마을의 고등학교 과학선생님이 테네시주의 진화론 교육 금지 법안(버틀러Butler 법안)에도 불구하고 진화론을 학교에서 가르쳤다는 이유로 테네시주에 의해 1925년 5월 5일에 입건된 후 7월 21일 유죄 선고를 받은 사건



[스코프 선생님] http://en.wikipedia.org/wiki/Scopes_Trial

-이후 재판 과정이 대형 정치 논쟁으로 확대되며 미국전역으로 퍼져감

-창조론은 아직도 미국의 동남부 지역에서 여전히 강력하게 주장되고 있음

-미국 동남부 지역은 사탕수수와 면화 농장지대로 크게 번창했었으나 남북전쟁에서 패배한 후 독립에 실패하면서 미국 역사에서 소외된다. 해외로는 유일하게 한국으로의 개신교 포교활동을 이어온 결과 현재 한국에서도 창조론 논의가 퍼지고 있다.

■생물학의 정립; 19세기 중반 이후 말기 무렵

-생명체는 수정되는 순간부터 아주 작은 성체의 형태로 이미 존재하기 시작한다고 믿는 전성설이 17세기 후반부터 등장했다. 이런 소형인간이 여성의 수정된 난자 속에 존재한다는 것은 현대적 관점에서는 매우 우스꽝스럽다. 그러나 오늘날 우리는 수정된 난자 속의 유전자 내에 암호화된 정보가 발생과정 중에 해독되어 생체기관으로서 실현된다고 믿고 있다. 소형 인간을 유전자로만 바꾼다면 전성설은 그렇게 터무니 없지 않다.

-18세기 후반부터는, 수정된 이후 생체질서를 부여하는 비물질적인 힘을 통해 배아의 기관들이 점진적으로 나타난다는 후성설이 등장한다. 후성설은 생명체와 물질간에는 근본적인 차이가 존재하며 생명현상은 물리학이나 화학으로는 설명되지 않는다고 믿는 생기론vitalism이다.

●생물학의 배경

1. 생리학physiology

-갈레누스Galenus(129-216); 고대 의학의 완성

-하비William Harvey(1578-1657); 혈액 순환설

-헬름홀츠Helmholtz(1821-1894); 동물의 영양섭취로부터 동물의 열 에너지 신경작용 및 내분비계 등에 대한 신경생리학적 연구로부터 열역학 제 1법칙(에너지 보존 법칙)을 확립

-생명현상에 대한 기계론mechanism과 유물론materialism이 출현하여 생명현상은 더 근본적으로 물리학적 현상으로 설명될 수 있다는 물리학적 환원주의reductionism가 출현하면서 실험적 분석적 방법에 의한 생명연구 풍토가 정립됨(신경전달은 전기신호이며 눈은 렌즈 심장은 펌프라는 은유)

-그러나 생명체와 물질간에는 근본적인 차이가 존재하며 생명현상은 물리학이나 화학으로 설명되지 않는다고 믿는 비물질적 생기론vitalism(혹은 후성설)이 나타나서 생명현상에 대한 관념론인 및 비환원주의를 주장

[축구에 대한 두가지 대립적인 입장]

-축구는 대륙을 호령하던 우리나라 기마민족의 혼 [관념론] vs. 물리학적 충돌과 때림 되튀김에 의한 공차기 활동 [환원주의]

2. 자연사natural history 지식의 성장

-생물학적 표본 및 화석기록들이 분류학taxonomy, 비교해부학comparative anatomy, 생물지리학biogeography의 성장을 이끌고 진화론이 이런 지식들을 통합하던 중

3. 의학의 성장

-라이덴Leyden 대학 (네델란드, 18세기 초), 에든버러대학(영국, 18세기 후반), 파리대학(프랑스) 및 독일의 대학(19세기 말) 등지에서 의과대학이 설립

●생물학은 이런 배경을 바탕으로 생명현상에 대한 **실험적 분석적 정량적 접근**을 표방하며 시작됨

●생물학은 이후 다양하게 분화 중

1. 동식물생리학 → 변형단백질 프리온prion(광우병 유발인자로서 제 3의 생명체?) 연구
2. 발생학 → 인간 체세포 복제, 만능줄기세포
3. 유전학 및 세포학 → 현대진화이론

- 4.생화학 → 유전자조작 생물(GMO; genetically modified organism), 생화학무기 개발
- 5.분자생물학 → 강력한 물리학적 환원주의
- 6.생태학 → 강력한 비환원주의적 환경운동

■개별 과학의 역사

- 1.천문학 혁명; 코페르니쿠스의 지동설→케플러의 법칙→갈릴레오의 대중적 활동
- 2.역학혁명;갈릴레오의 관성 및 낙하법칙
- 3.근대물리학(근대역학)의 완성; 뉴턴
- 4.화학혁명; 라브와지에
- 5.지질학혁명; 다윈, 월리스
- 6.생물학의 정립
- 7.유전학 및 분자생물학의 출현

■과학과 기술

[질문] 기술은 과학의 응용인가?

| | 과학자 | 기술자 |
|--------|--|---|
| 철학적 특성 | 이론적 보편성 | 실용적 구체성 |
| 문화적 특성 | 원리적 일관성 | 주어진 문제의 해결력 |
| 사회적 특성 | 논문 공표를 통한 개방성 | 특허인증을 통한 폐쇄성 |
| 역사적 특성 | 르네상스기의 상인들에서 시작하여 근대사회에서 부르조와의 시민계급으로 성장하고 이후 현대사회에서는 대학 및 연구소 등에 정착 | 르네상스기의 장인과 수공업자들에서 시작하여 산업혁명기 이후의 사회에서 기술자로 성장하고 이후 현대사회에서는 주로 생산현장과 기업 등에 정착 |

결론; 과학자와 기술자는 철학문화사회역사적 이질집단이다.

[사례] 과학적 이론 없이도 실제적 기술활동이 가능했다!

| | |
|---|---|
| 유체역학 | 조선술(판옥선) |
| 유기화학, 생화학 | 술제조술(막걸리, 포도주) |
| 화학 | 염소표백술(흰옷) |
| 구조역학 | 건축 및 교량건설기법(피라미드) |
| 열역학 | 증기기관발명(펌프, 엔진) |
| 화학 | 합금기법(왕관) |
| 단순조화진동자이론; 용수철운동에 대한 물리학적 연구로부터 정밀 항해용 시계 chronometer가 18세기에 제작되어 출발지 항구시간을 정확히 알게 되고 이로부터 항해지 현지의 시간과 비교하여 경도를 알아낸다. | 항해술(정화함대); 유럽인들이 18세기에 chronometer의 개발로 소위 대항해의 시대를 열기 훨씬 이전부터 사람들은 원양으로의 항해를 하고 있었다. |

결론; 과학의 이론적 지식 없이 기술은 시행착오에 근거한 경험적 활동으로 스스로 성장해왔다.

참고문헌

『현대과학의 풍경』 김봉국 홍성욱 역 2008 궁리출판

『과학사 신론』 제2판 김영식 임경순 저 2011 다산출판사

세종대학교
SEJONG UNIVERSITY