우주와 생명

J. Hwang
2010.10.14

"개인이 모임에서 혼자가 아니듯, 사회에 속한 어떤 사람도 다른 이들로부터 혼자가 아니듯이, 인간은 우주에서 혼자가 아니다."

"Just as the individual is not alone in the group, nor any one in society alone among the others, so man is not alone in the universe."

Claude Lévi-Strauss, *Tristes Tropiques*

JH

생명이란 무엇인가?
우연인가 필연인가?
생명이 나타날 조건은?
지구의 어떤 조건이 생명에 필수적인가?
지구에서 어떻게 생명이 출현하고 진화 했는가?
생명이 존재 가능한 한계는?
우리는 우주에서 유일한가?
우주에 생명이 얼마나 흔할까?
어디서 찾을 수 있나?
어떻게 찾을 수 있나?
어떻게 생겼을까?
조우 가능성은?
우주에서 생명의 미래는?
지구생명의 미래는?
우리는 누구인가?

우주

universe

우리 우주의 역사

- 팽창 중
- 유한한 과거에 팽창시작
- 간접 추정 나이 ~140억년

  그 전은?

- 처음 40만년은 빛의 시대
- 그 후 물질시대 → 은하, 별, 행성, 생명 형성

- 우리은하에 오래된 천체 ~ 140억년

  별들은 지금도 계속 만들어지고 있음.
- 태양계와 지구의 나이 ~ 46억년

  우리은하에서 후발주자!

  미래는?

우리우주의 규모

- 은하들의 분포가 큰 영역(~수억 광년 이상)에서 대략 균일. (가정!)
- 볼 수 있는 영역 ~140억 광년

  그 너머는?

- 볼 수 있는 영역 안에 ~천억 개 은하
- 우리은하 안에 ~천억 개 별

  우리은하 크기 ~지름 10만 광년인 원반
- 태양계 안에 수십 개의 행성급 천체
- 최근, 태양계 근처 별들에서 수백 개의 행성 발견

"천상에 대한 연구가 매혹적이고 중요한 것은 단지 그에 대한 우리의 지식이 불완전하다는 것으로 유지된다."

"The charm and importance of a study of the heavens was matched only by the uncertainty of the knowledge produced."

Aristotle (384-322 B.C.)*

*Roger French in 『Cosmology in Antiquity』 by M. R. Wright (1995), ixp

우주와 생명

Life in the Universe

우주와 생명

우연 (Contingency, chance):

"인간은 결국 거대하고 감정이 없는 우주에, 단지 우연으로 나타난, 홀로 떨어진 고독한 존재라는 것을 깨닫게 되었다."

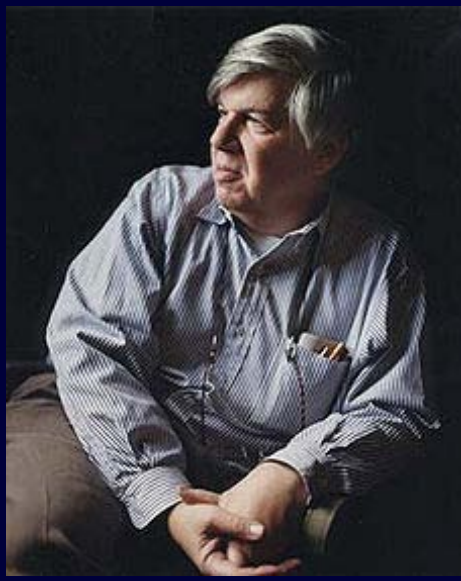
"Man at last knows that he is alone in the unfeeling immensity of the universe, out of which he emerged only by chance."

Jacques Monod (1910-1976)

『*Chance and Necessity*』(1971)

우주와 생명

우연:



"우리는 복잡성을 향한 추구도 없었고 예측도 불가능한 과정에 따른 영광스러운 우연의 결과물일 뿐이지, 그 자신의 필연적인 출현을 이해할 수 있는 존재가 나타나도록 갈망하는 진화의 원리에서 예상할 수 있는 결과물이 아니다."

"We are glorious accidents of an unpredictable process with no drive to complexity, not the expected results of evolutionary principles that yearn to produce a creature capable of understanding the mode of its own necessary construction"

Stephen Jay Gould (1941-2002)
『*Full House*』(1996)

JH

우주와 생명

필연 (Natural outcome, law):

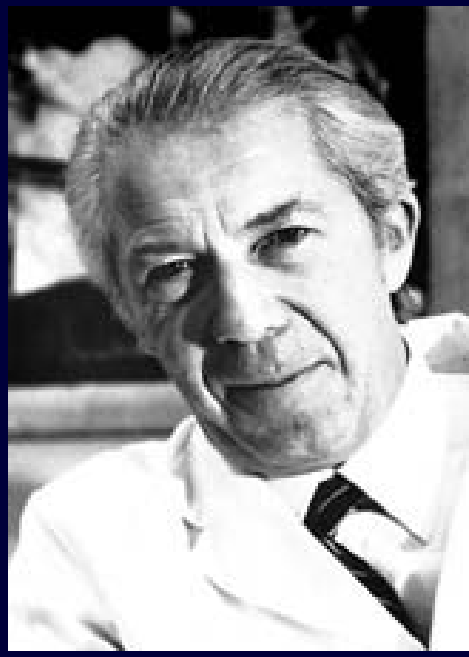
"거기에는 우리자신의 것과 비슷한 세계가
무한하게 펼쳐져 있다."

"In it are an infinity of worlds of the same kind as our own."
Giordano Bruno (1548-1600)
『*On the Infinite Universe and Worlds*』(1584)

우주와 생명

필연:

"우주는 생명을 잉태하고 있다....
생명은 우주의 필연이다!
생명은 어디서고 물리적 조건만 (지구와)
비슷하다면 ... 거의 필연적으로 출현한다."



"The universe is pregnant with life…
Life is a cosmic imperative!
Life is almost bound to arise… wherever physical conditions are similar (to Earth)."

Christian de Duve (1917-)
『*Vital Dust* 』(1995)

생명이란?

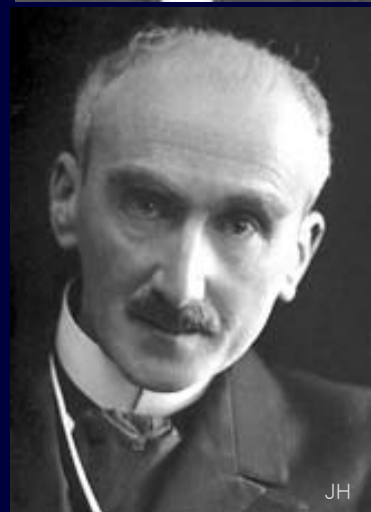
What is Life?

생명이란?

- 생물학에서는 생명이 무엇인지 중요하지 않지만 우주생물학 (생명의 기원, 인공생명)에서는 중요.
- 무엇을 찾는지는 알아야...

- 생명은 물리-화학 법칙으로 설명가능?
- "생명이란 물질이 진화하는 과정에서 이르게 되는 여러 수준들의 하나에 지나지 않는다."

A. Oparin (1894-1980)



- "생의 약동"
  "Élan vital"

Henri Bergson『The Creative Evolution』(1907)

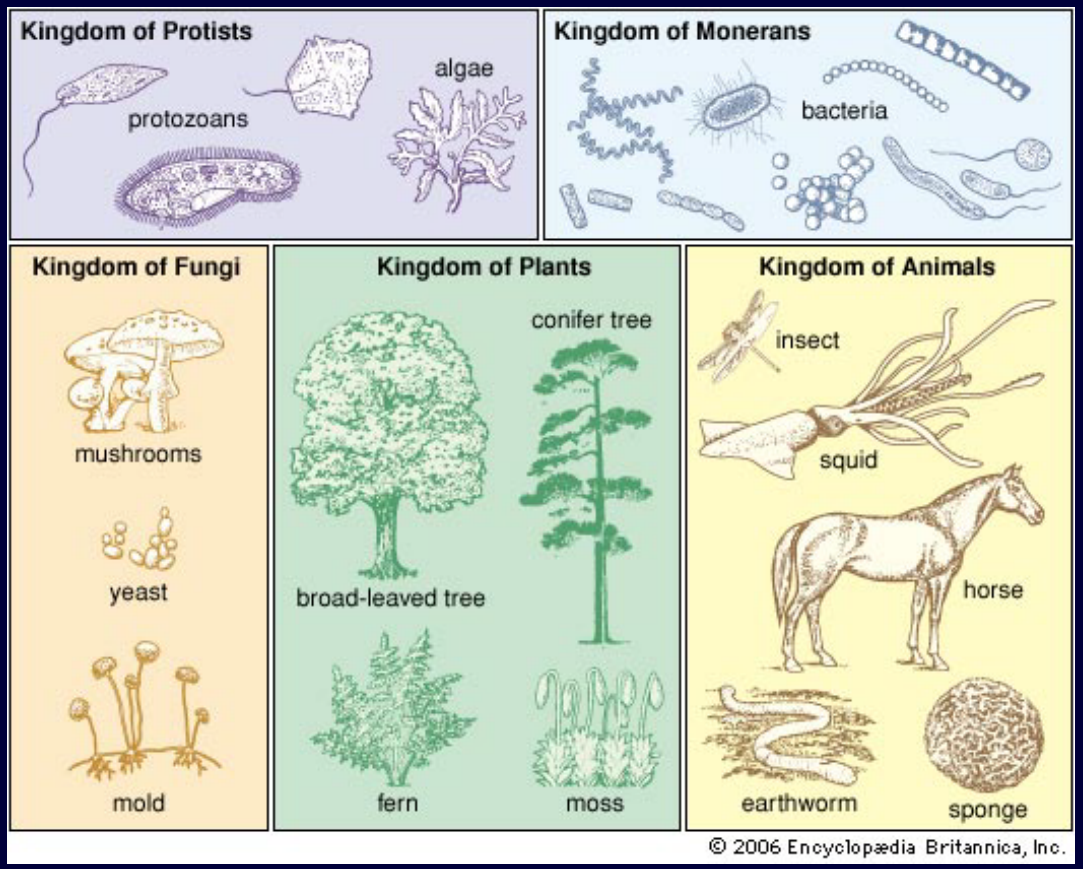
JH

Five Kingdoms

Three levels of life: vegetative life (plants), sensitive life (animals), conscious life (man).

Aristotle, *De Anima*

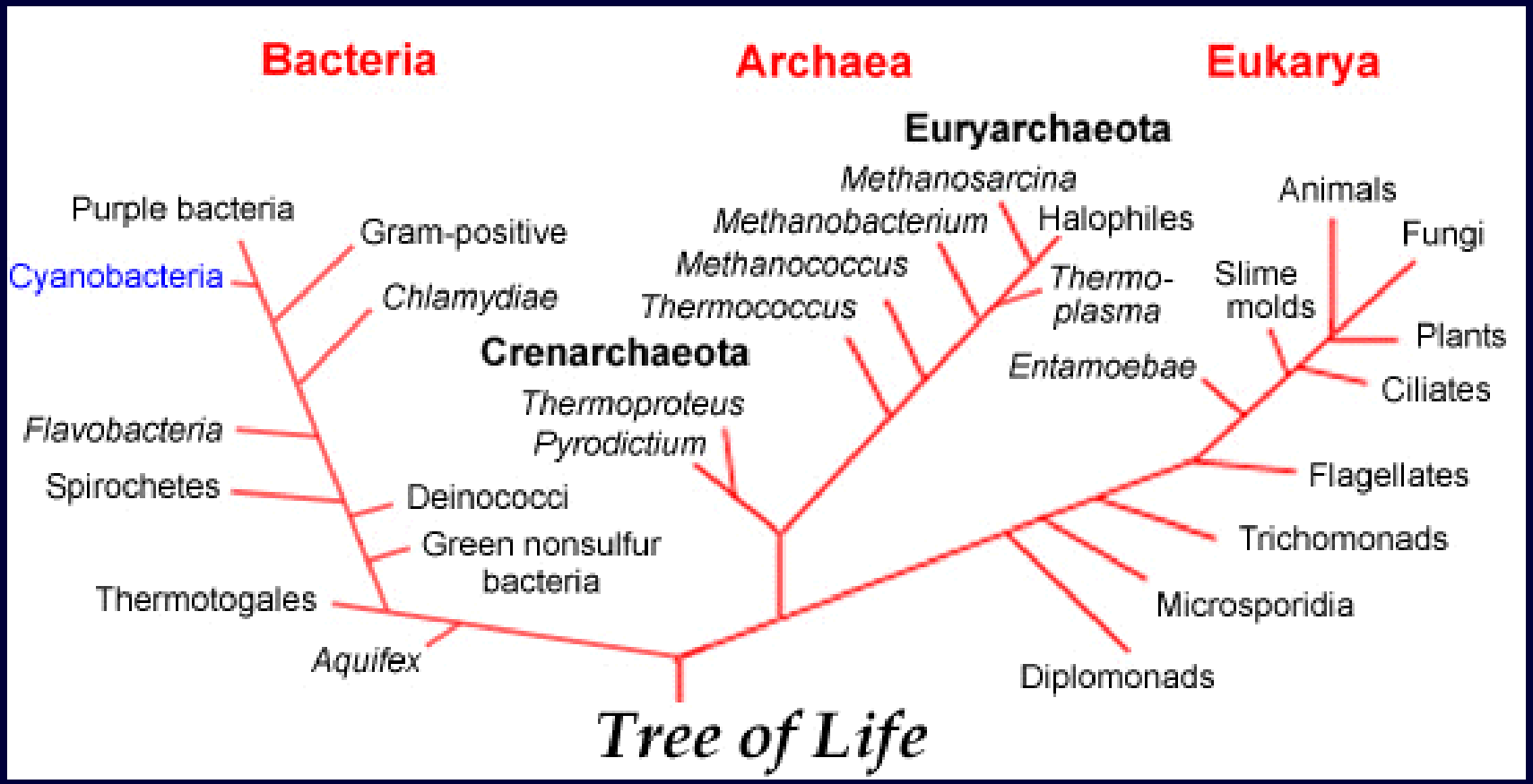
Five Kingdoms:



Janet Siefert, LUCA

JH

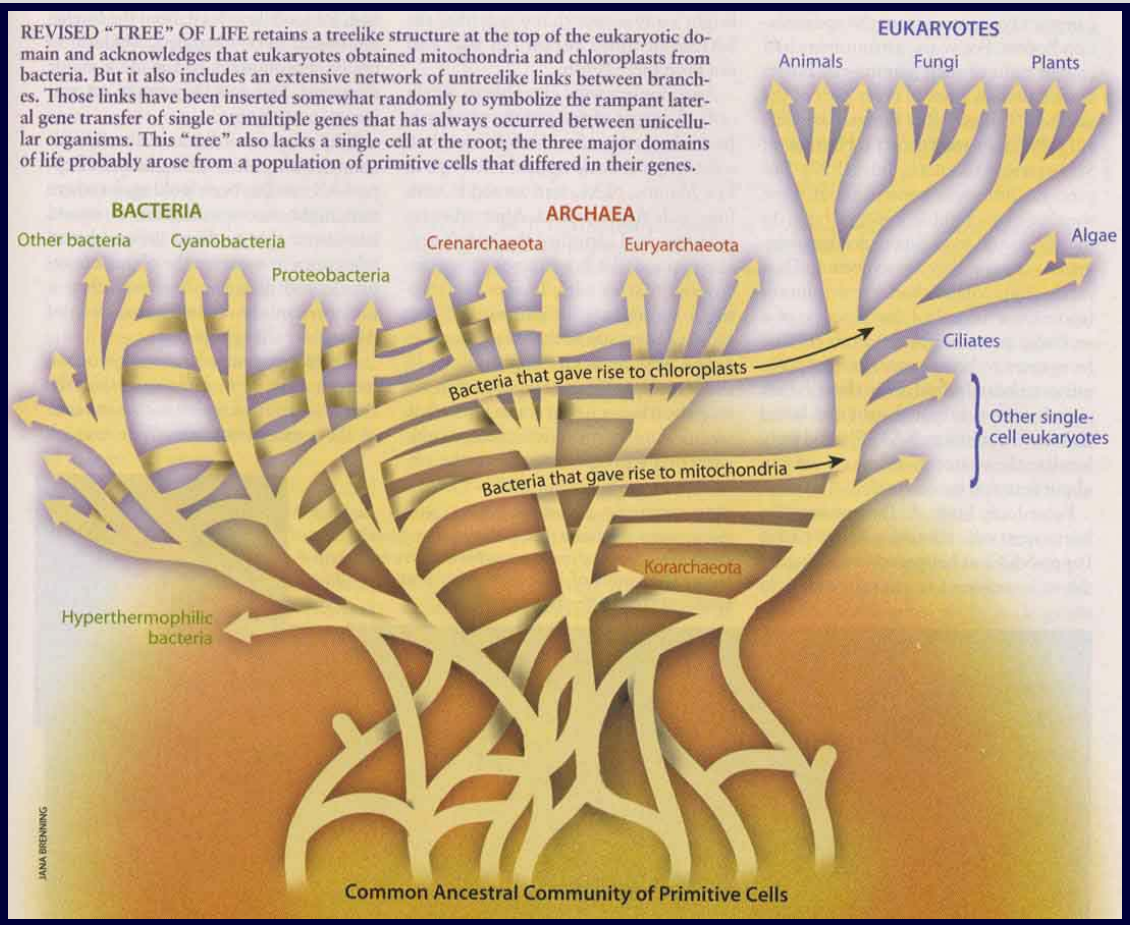
Three Domains



16S rRNA
as a universal molecular chronometer

Carl Richard Woese (1928-)

Horizontal Gene Transfer



"진화의 복잡함 불가능해 보이는 아름다움과 창조적 잠재력을 결코 과소평가하지 말라."

"Never underestimate the complex, improbable beauty and creative potential of evolution."

W. Ford Doolittle, Scientific American, Feb. 72 (2000)

JH

생명의 가능성

- 물질진화 수준의 끝은 어디인가?
- 화학에 다양성이 가능하다면,
  지구 생명은 특수한 (다양하지 않은) 복잡성을 추구.
- 지구생명이 추구하지 않은 다양한 가능성에서는 어떠한 생명이 가능할까?
- 지구생명은 화학반응의 필연적이며 보편적인 결론인가,
  혹은, 지구상황에 따른 우연적이며 특수한 경우인가?

지구 생명

우리가 아는 지구생명은:

- 액체 상태 물을 용매
- Carbon 중심 생화학
- 주위 환경과 에너지를 교환
- 진화가 가능한 분자계

외계 생명은?

- 다른 용매와 다른 생화학이 가능할까?

극한환경에 사는 생명

- Extremophiles (괴짜들)
- 온도: 113C at <3 atm (120-150C)
- 압력
- 소금기(salinity)
- 산도(acidity)
- 진공상태와 강한 복사에도 살아 남음.

- 최초의 생명일 가능성!
  그렇다면 누가 괴짜인가?
- 액체상태의 물 필요!
- 외계생명 존재 범위에 대해 다시 생각 하게함.

지구생명은 단일종류

- 같은 genetic alphabet, code: AGCT,U
  모두 D-형 당류 (뉴클레오티드)
  (실험실: 수천 가지 가능)
- 같은 기본 아미노산: 20여가지
  모두 왼손형 (L-type)
  (인공적: 수백만 가지 가능, 자연: 수백 가지 존재)
- 같은 에너지 화폐: ATP
- 같은 생화학 작용

  ➡ 공통조상의 자손암시

- 외계 생명에서도 유일할 것인가?

지구생명의 탄생

- 초기지구는 충돌로 형성
  350-400km 충돌 → 지구표면이 2000K 가열!
  150-190km → photic zone (200m) 증발.
- 38억년 전까지 충돌추정.
- 38억년 전 생명의 흔적 ($^{12}C/^{13}C$).
- 35억년 전 생명화석.
- 생명이 존재할 조건이 갖추어지자 곧 출현.

진화 (Evolution)

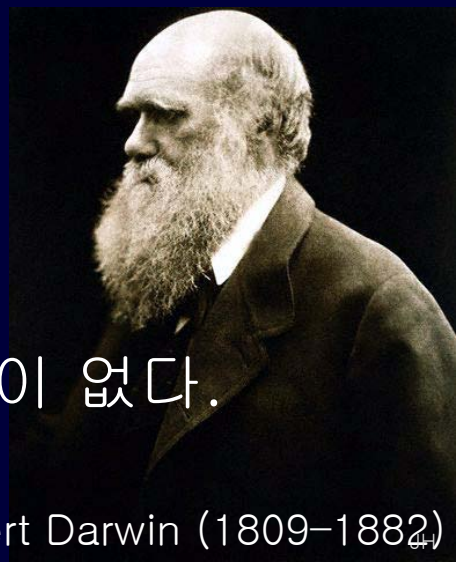
- "진화를 고려하지 않으면 생명의 어떤 측면도 이해되지 않는다."

"Nothing in biology makes sense except in the light of evolution."
Theodosius Dobzhansky (1973)

- 변이(variation)와 자연선택(natural selection)
- 많은 자손을 낳으며, 자손은 어미와 약간씩 다름
  → 변화된 환경에 적합한 자손이 번식확률이 높음

- 환경의 변화는 필연적
- 생명존재 자체가 환경을 변화시킴

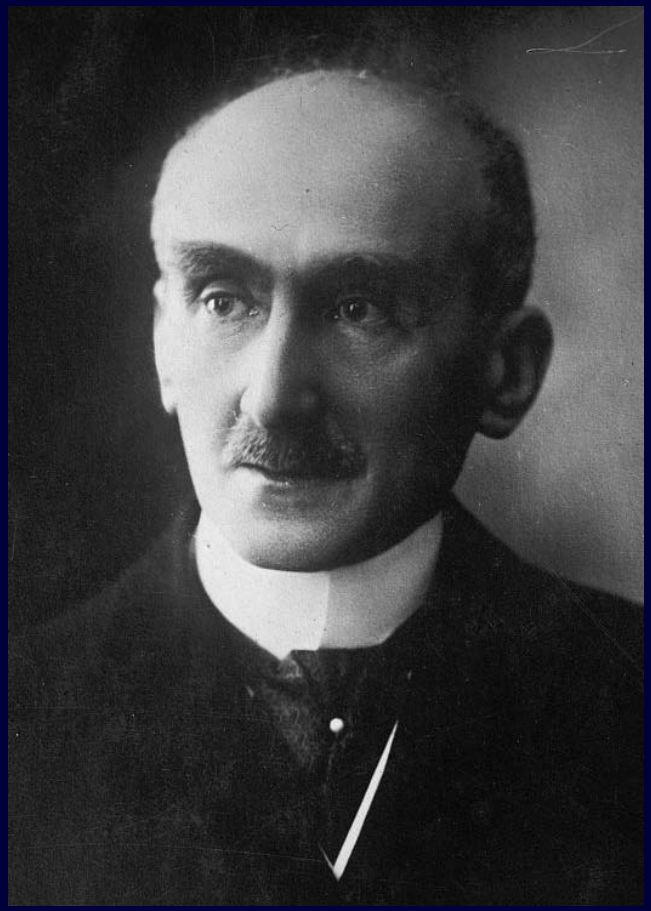
- 방향성이 없으며 (우연이 지배) 진보의 개념이 없다.



Charles Robert Darwin (1809-1882)

"Élan vital"

Henri Bergson (1907)
『The Creative Evolution』



Henri-Louis Bergson (1859-1941)
http://en.wikipedia.org/wiki/Henri_Bergson

생명의 과정이 우연적이라고 보는 것은 단지 현재 기계론적이고 환원주의적인 과학세계관의 한계를 보여주는 것일 가능성이 있다. 생명의 전개는 기계적 법칙에 구속되어 우연과 환경조건에 맡겨진 것이 아니라, 도리어 변화에 적극 대항하여 더 고도로 복잡하고 다양한 형식을 갖춘 수준들을 추구하는 대담한 과정일 수 있다. 기계론-환원주의 과학으로는 생명 진화과정의 창조적 잠재성을 짐작조차 하기 어렵다.

JH

멸종 (Extinction)

- 모든 종의 운명은 멸종
- 지구상 99%의 종은 이미 멸종
- 종의 평균 수명은 ~ 100만년
- 한 해에 100만종 중 하나 정도 멸종
- 최근 인류의 영향으로 1000종 중 하나 정도로 증가함
- 화석기록은 점진적이기 보다는 급격함
- 안정된 환경에서 생명은 거의 진화하지 않는다.
  안정된 환경에서는 기존의 종이 새로운 종의 출현을 허용하지 않음
- 돌연변이로 "잠재적 괴물 (**hopeful monster**)" 출현

  ➡ (주변부에서) 성체가 되면 일거에 기존 종을 치환함!

  1940, R. Goldschmidt

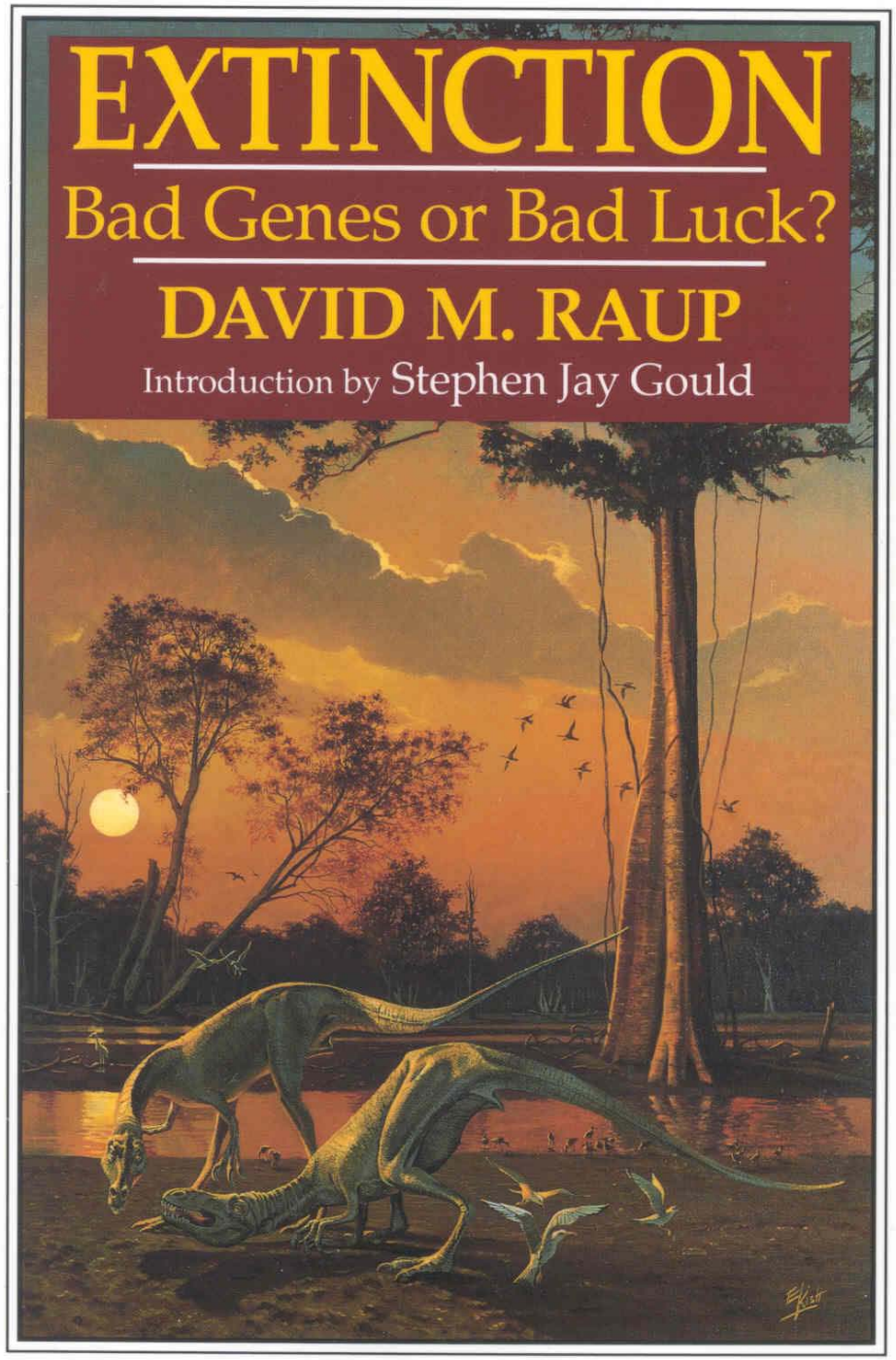
  1972, S. J. Gould and N. Eldridge "Punctuated equilibrium"

절멸 (Mass Extinction)

- 기존생명이 "적응하기에 너무 빠른 환경의 변화"가 일어나면 절멸
- 이 틈에 새로운 종이 빠르게 진화: Punctuated equilibrium
- 급격한 환경변화의 원인:

  초대륙 형성, 화산폭발, 기후변화, 충돌, ...
- 절멸은 진화의 원동력으로서 역할
- 유전자 탓인가, 운이 나쁜 것인가?

  "Bad gene? Or bad luck?"
- 과거 다섯 번의 절멸
- 최근 인류의 영향으로 제6의 절멸 진행 중


EXTINCTION
Bad Genes or Bad Luck?
DAVID M. RAUP
Introduction by Stephen Jay Gould

다섯번의 절멸

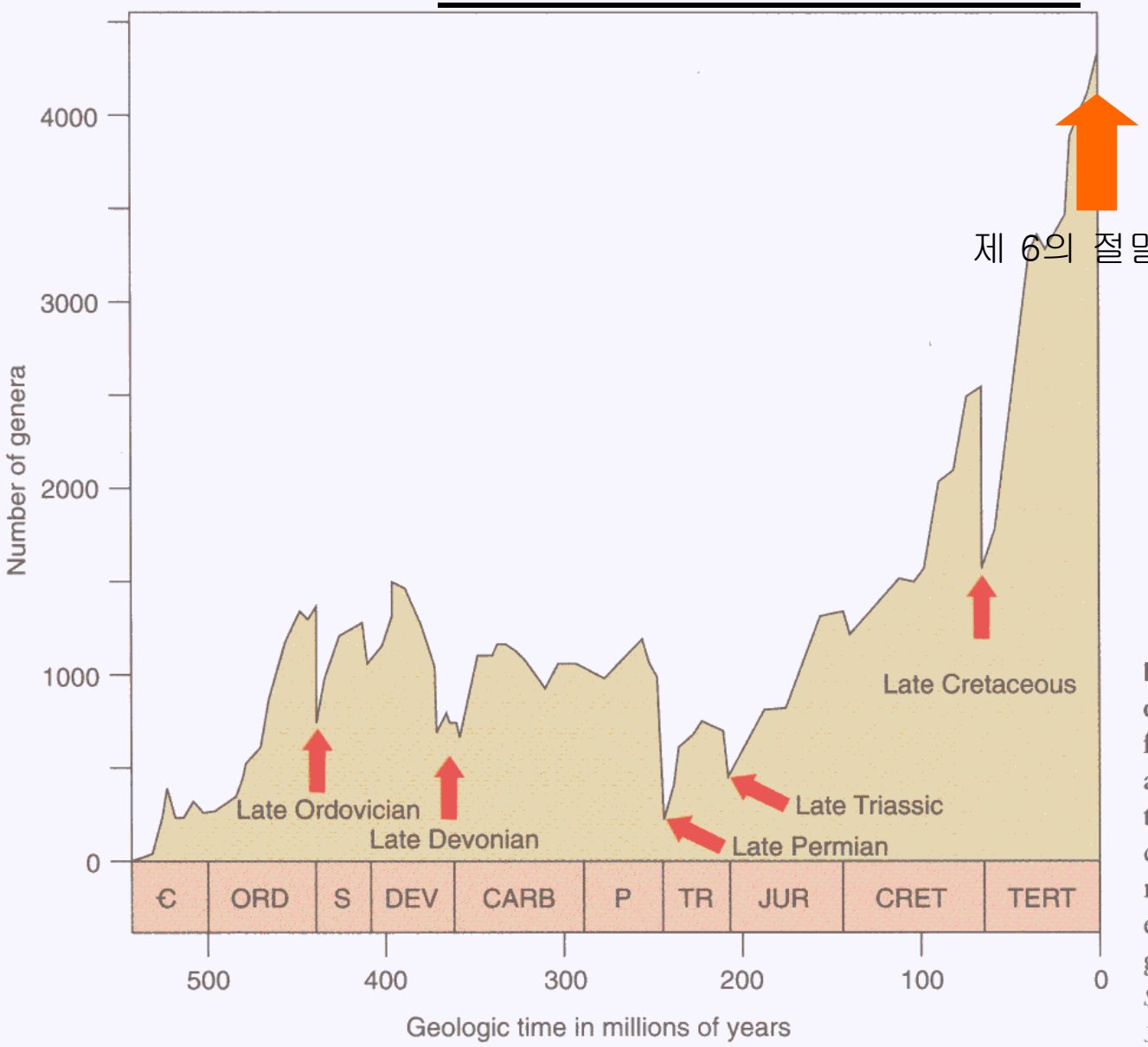


FIGURE 10–84 Diversity of marine animals compiled from a database recording first and last occurrences of more than 34,000 genera. The graph depicts five major episodes of mass extinction (global extinctions over a short span of geologic time). *(Adapted from Sepkoski, J. J., Jr. 1994. Geotimes 39(3):15–17.)*

Levin (1999) 『Earth through time』

우주 칼렌다:

우주의 나이 (140억년)를 1년으로 압축

시간	사건
1월 1일 0시	우리우주의 탄생: 복사시대시작
1월 1일 0시 15분	물질 시대 시작: 팽창시작 후 약40만년
3월 중순	우리은하 원반형성: 110억년전 쯤이라 보자
8월 23일	태양계 형성: 50억년전
9월 3일	지구형성 (고체화): 46억년전 충돌의 시대, 화학진화 진행
	지구에 생명 탄생
9월 24일	생명의 화학흔적: 38억년전
10월 1일	최초의 생명 화석, 시아노박테리아, 스트로마톨라이트: 35억년전
10월 말	산소농도 증가: 유독, 최초이자 최대의 환경오염사태, 25억년전쯤
12월 중순	대기 중 산소 발생 20-22억년전
12월 중순	진핵세포 출현: 17억년전 쯤
12월 초	두 가지 성 출현: 10억년전 쯤
12월 초	다세포 생명 출현: 10억년전 쯤
12월 17일	캄브리아기 생명의 폭발적 증가: 5억4천만년전, 물고기, 삼엽충
12월 19-20일	지상식물, 곤충 출현
12월 22일	최초의 양서류
12월 23일	최초의 파충류, 나무
12월 25일	최초의 공룡
12월 30일 오후 4시	K/T impact, 공룡 절멸: 6천5백만년전, 포유류 조류시대 열림
12월 31일 저녁 9시 33분	*Australopithecus afarensis* (Lucy): 약 390만-300만년전
12월 31일 저녁 10시 26분	*Homo habilis*: 약 250만-180만년전
12월 31일 저녁 10시 52분	*Homo erectus* (Pithecanthropus erectus): 180만-7만년전
12월 31일 저녁 11시 51분	네안데르탈인 (*Homo Sapiens Neanderthalensis*): 25만-3만년전
12월 31일 저녁 11시 56분 14초	크로마뇽인 (*Homo Sapiens Cro-magnon*): 10만년전 현대인 (*Homo Sapiens Sapiens*)
12월 31일 저녁 11시 59분 49초	인류의 역사: 5천년
6초전	고대 그리스시대: 2500년

JH

지구생명의 역사

- 우리우주의 시작: 13.7Gyrs ago
- 태양계 형성: 4.6Gyrs ago
  - 화학 진화
- 생명의 기원: 3.8 Gyrs ago
  - 생물 진화, genetic takeover
- 산소 위기: ~ 2 Gyrs ago
- 다세포 생물 출현: 600 Myrs ago
- 문화 진화: ~ 100,000 yrs ago
- 미래:
  - **의도된 진화?**
  - **Robotic (AI) takeover?**
  - **Posthuman era?**
  - **붕괴?**

21 세기?

지구의 역사

'life like us'

Future Life on Earth?

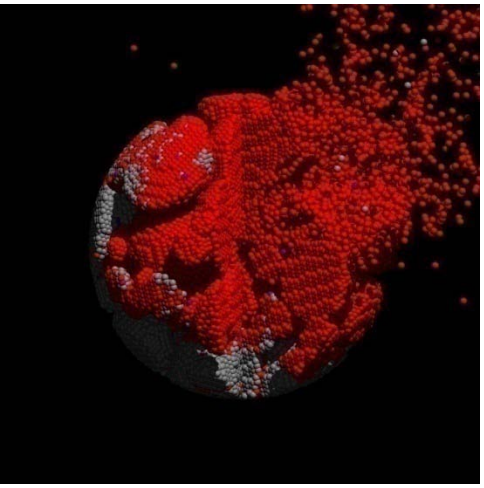
~0.05 Gyr: Earth completed

0.7 Gyr: end heavy bombardment; life

2 Gyr: oxygen catastrophe

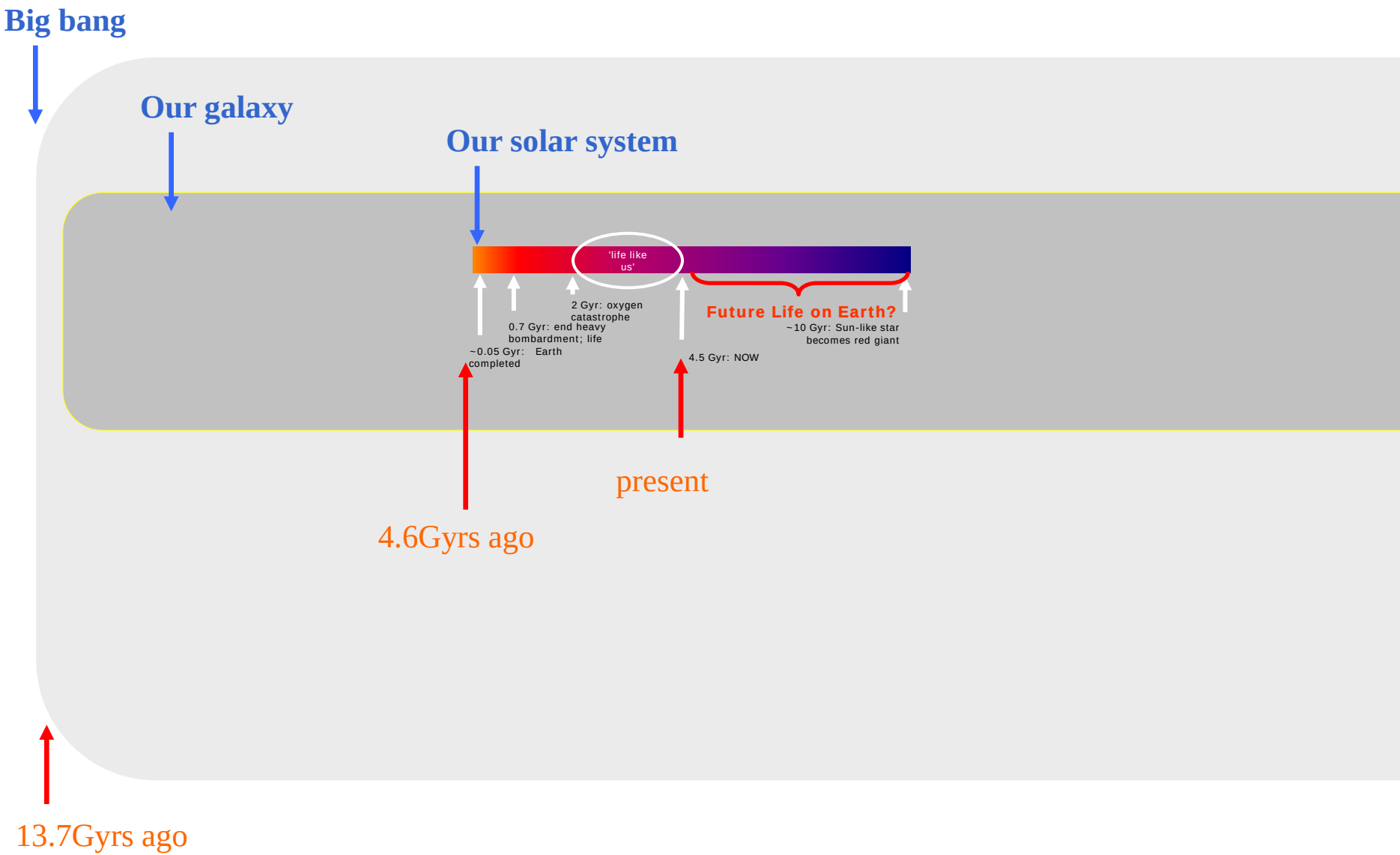
4.5 Gyr: NOW

~10 Gyr: Sun-like star becomes red giant



Jane Greaves, http://2009springsymposium.stsci.edu/TalkAbstracts/GreavesTalkAbstract.htm

우주에서 지구생명의 역사

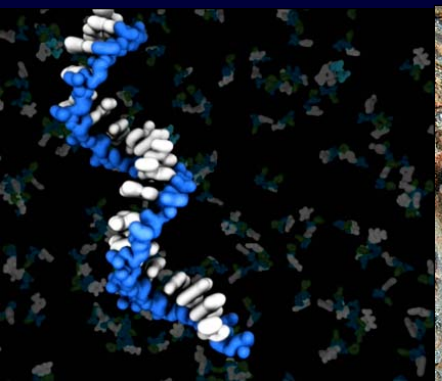
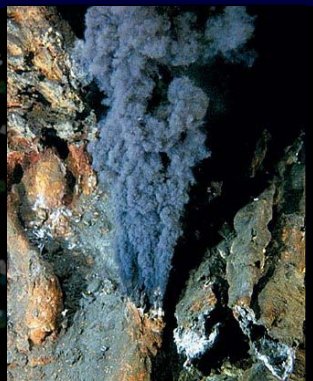
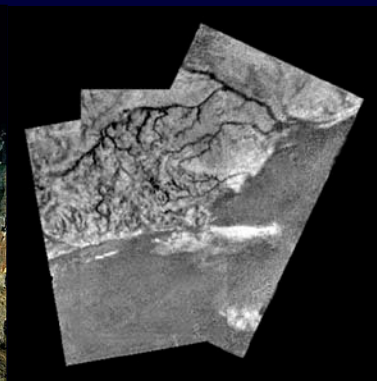
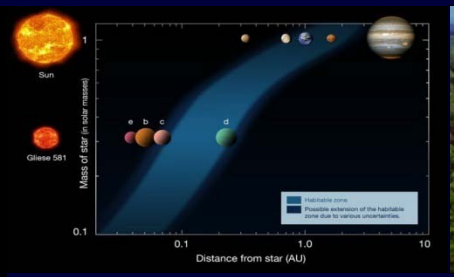


찾는 법

Search

다섯 가지 길

1. 생명의 기원 연구.
2. 극한환경 생물 연구
3. 태양계 생명 탐사
4. 외계행성 탐사
5. SETI

찾는 법

- 운석 분석
- 태양계 탐사: 화성, 유로파, 엔셀라두스, 타이탄, ...
- 외계 지구형 행성 원격탐사
- 외계 고등 생명체가 보낸 신호 탐지, 접촉 시도
- 외계 고등 문명이 이 남긴 흔적 탐색, 통신 감청
- 방문한 외계인과 접촉
- 방문

거대한 침묵

Great Silence

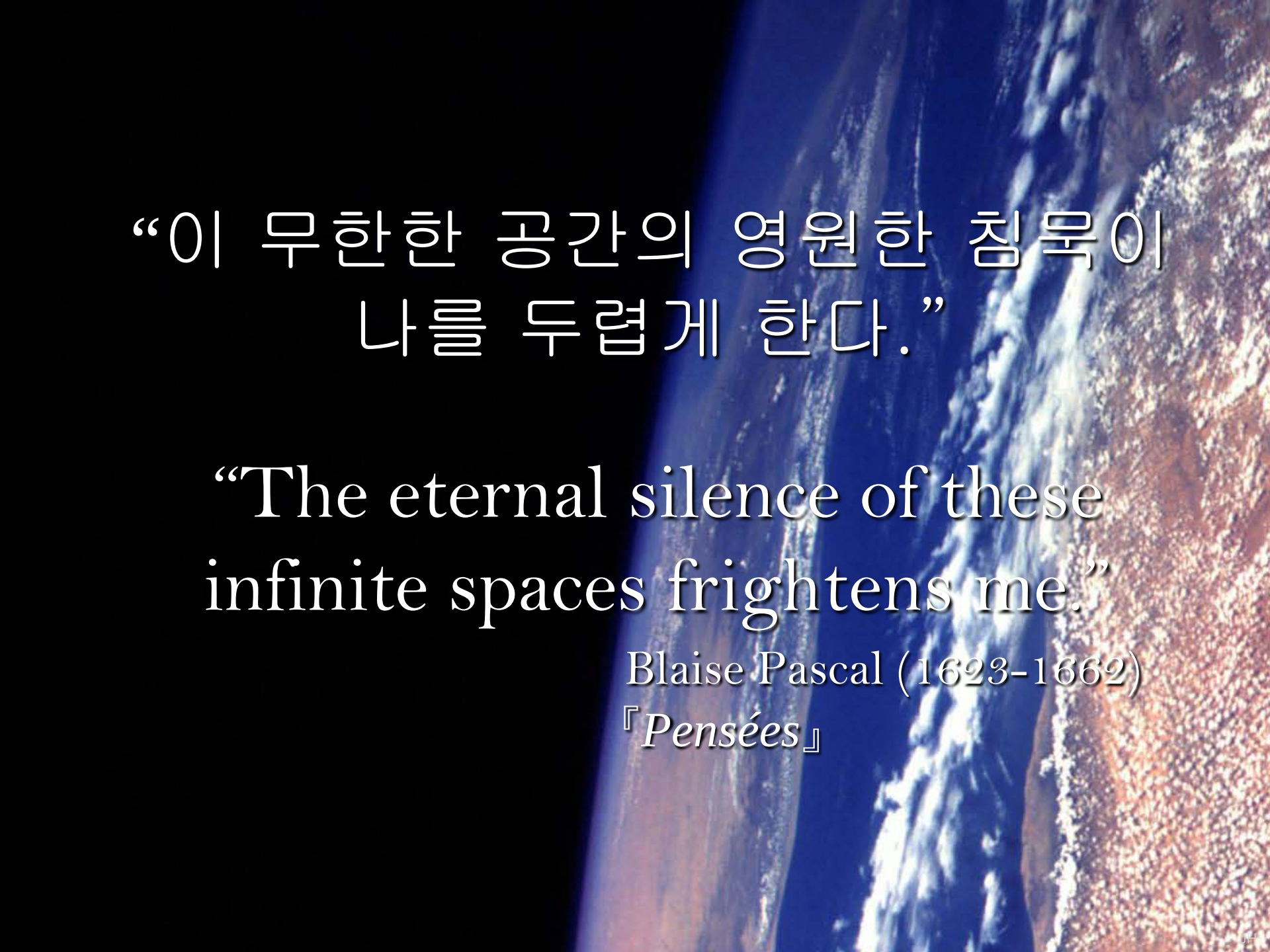
거대한 침묵의 문제

- 우리은하가 만들어진 지 100억년이 되었고, 별 사이를 이동할 문명이 발생하는데 45억년이 걸린다고 하자.
- 문명이 별 사이(3광년)를 이동하는데 만년이 걸린다면, 우리은하 (지름 10만 광년)를 점거하는데 는 30억년이면 됨.

- "그럼 다들 어디에 있나?"

  Fermi Paradox (1950)

Enrico Fermi (1901-1954)


"이 무한한 공간의 영원한 침묵이
나를 두렵게 한다."
"The eternal silence of these
infinite spaces frightens me."
Blaise Pascal (1623-1662)
『Pensées』

태양계 탐사

Solar System Search

액체상태의 물이 있는 지역은?

JH

지구의 특수성

- 대기를 지닐 정도로 큰 질량.
- 유체상태 물이 존재할 낮은 온도.
- 유기화학 반응이 활발할 수 있는 온도.
- 오래 살 수 있는 해.
- 생명에 필요한 충분한 원소.
- 판구조(Plate tectonics) ~ CO_2 순환.
- 충돌: 진화의 다양성에 필요.
- 목성형 외행성의 존재 ➡ 지구에서 충돌확률을 줄임.
- 거대한 달의 존재: 지축안정화.
  조석작용 → 생명의 다양성에 기여
- 이 조건들이 특수하지 않을 수도 있고 필요하지 않을 수도 있다.

Follow the Water

지구에서 생명은 생태학적으로 액체상태의 물을 필요로 함.
태양계와 그 너머에서 생명을 찾는 작업은 기술적으로는 첫째 액체상태의 물을 찾는 것.

Chris McKay JH

화성 생명

- 물이 흘렀던 증거
- 초기환경은 생명탄생 유지에 적합
- 미생물 화석이 남아있을 가능성
- 지금도 표면이나 근처에 액체상태 물 존재 가능
- 최근에 일어난 화산이나 지열 시사
- 표면 밑 현생생명을 부정할 수는 없다
- “Follow the Water”

“그들이 우리와 비슷하다면 찾기는 쉽겠지만
흥미롭지 않다.
우리와 다르다면 어렵겠지만 흥미롭다.”

“If its like us then easy, less interesting.
If its alien then hard, but interesting.”

Chris McKay

"미국의 우주탐사에서 외래 생명과 조우하고서도 알아보지 못하는 것보다 더 최악의 상황은 없다."

"Nothing would be more tragic in the American exploration of space than to encounter alien life and fail to recognize it."

COEL report 2007*

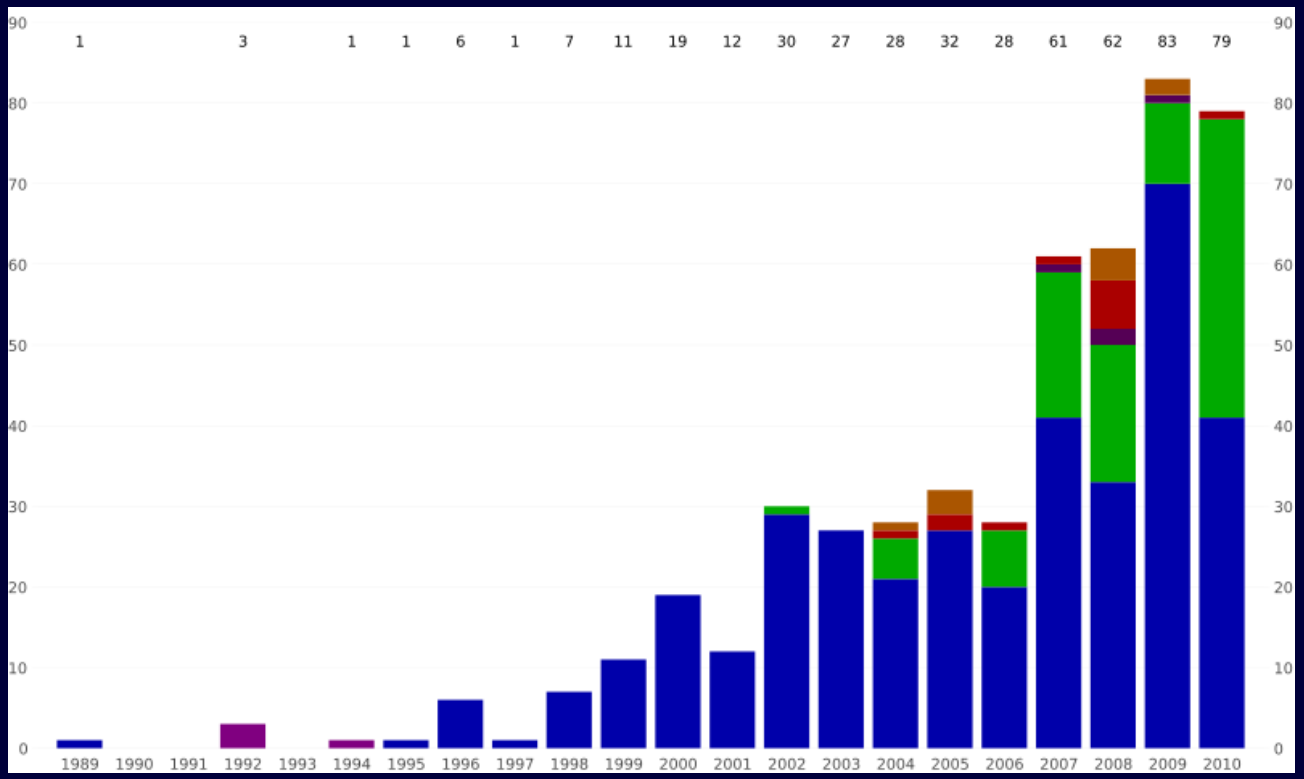
*Sara Seager
http://2009springsymposium.stsci.edu/TalkAbstracts/SeagerTalkAbstract.htm

외계 행성

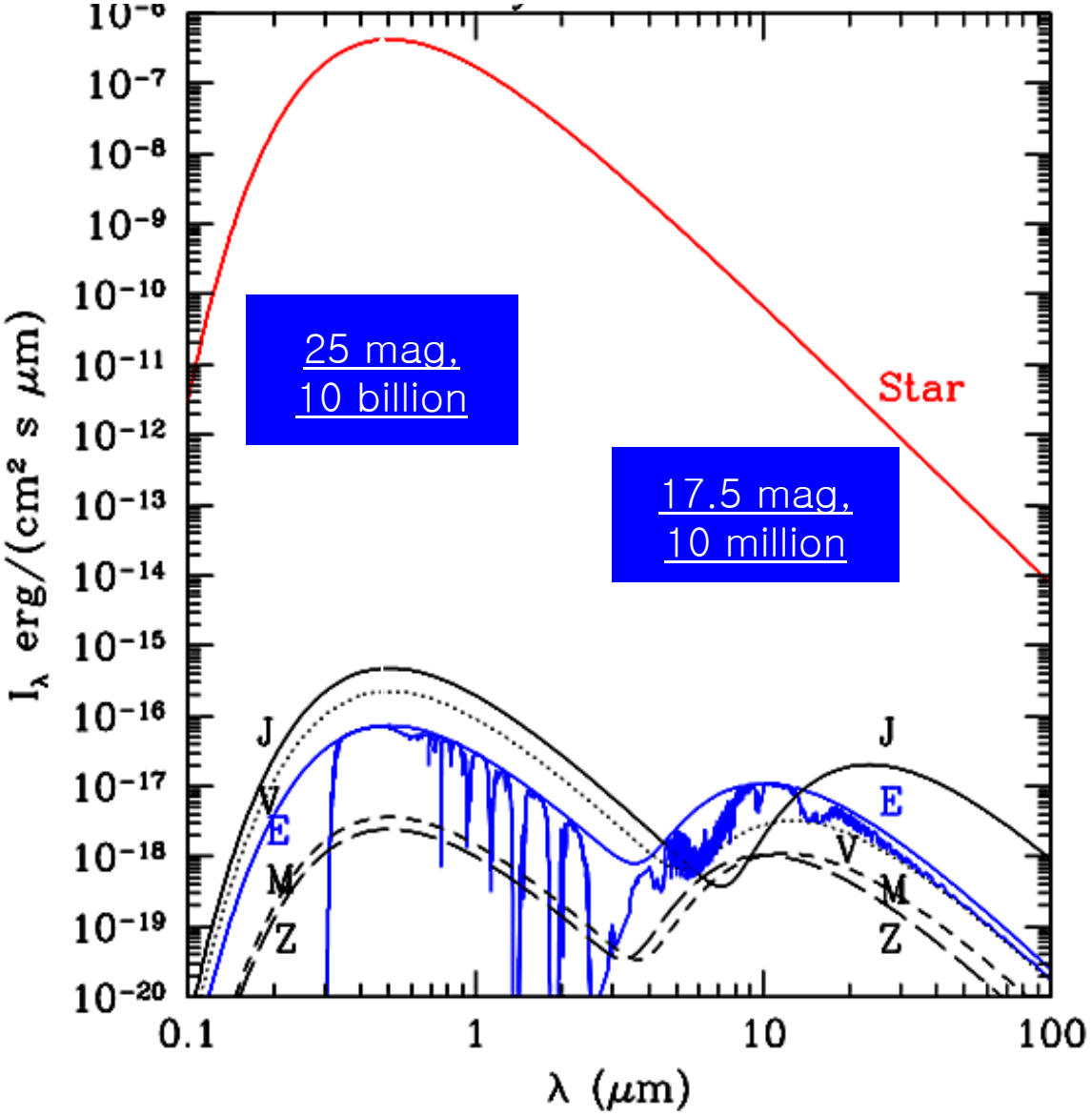
Extra-solar planets

외계행성

- 1995년 처음 발견됨. 실은 1988년 최초 발견
- 주로 별 가까이 있는 목성형 행성.
  관측방법 (스펙트럼 도플러효과)이 선호.
- 지금까지 492개 (2010) 발견, 계속 발견...
- http://exoplanet.eu/catalog.php

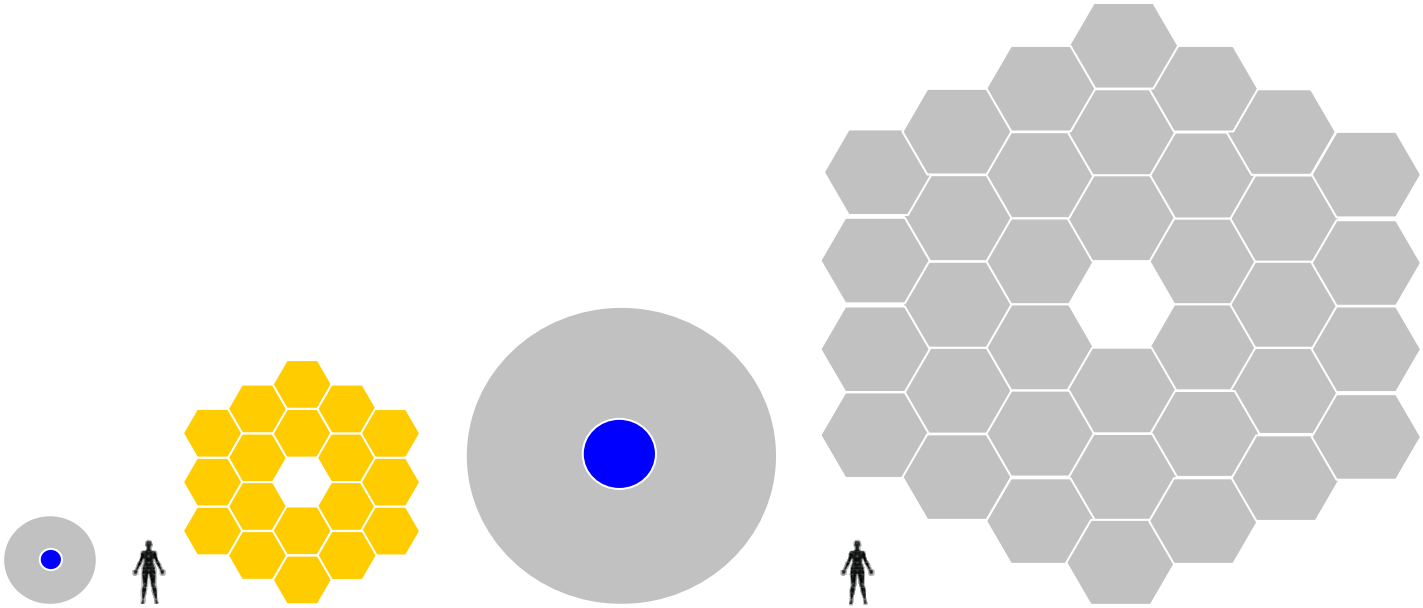


Solar System at 10pc



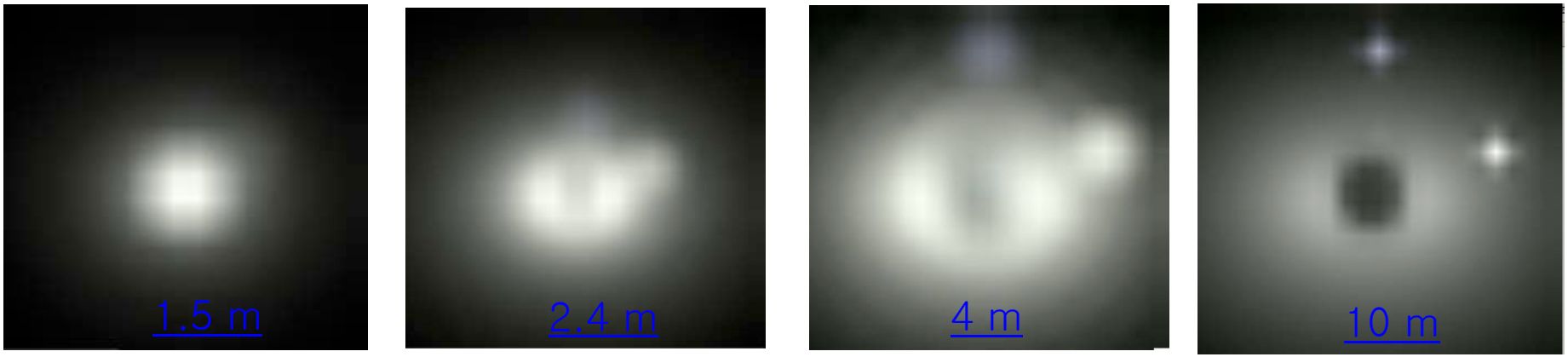
Lisa Kaltenegger

Telescope size matters



HST 2.4-m **JWST 6.5-m** **ATLAST 8-m** **ATLAST 16-m**

Advanced Technology Large-Aperture Space Telescope



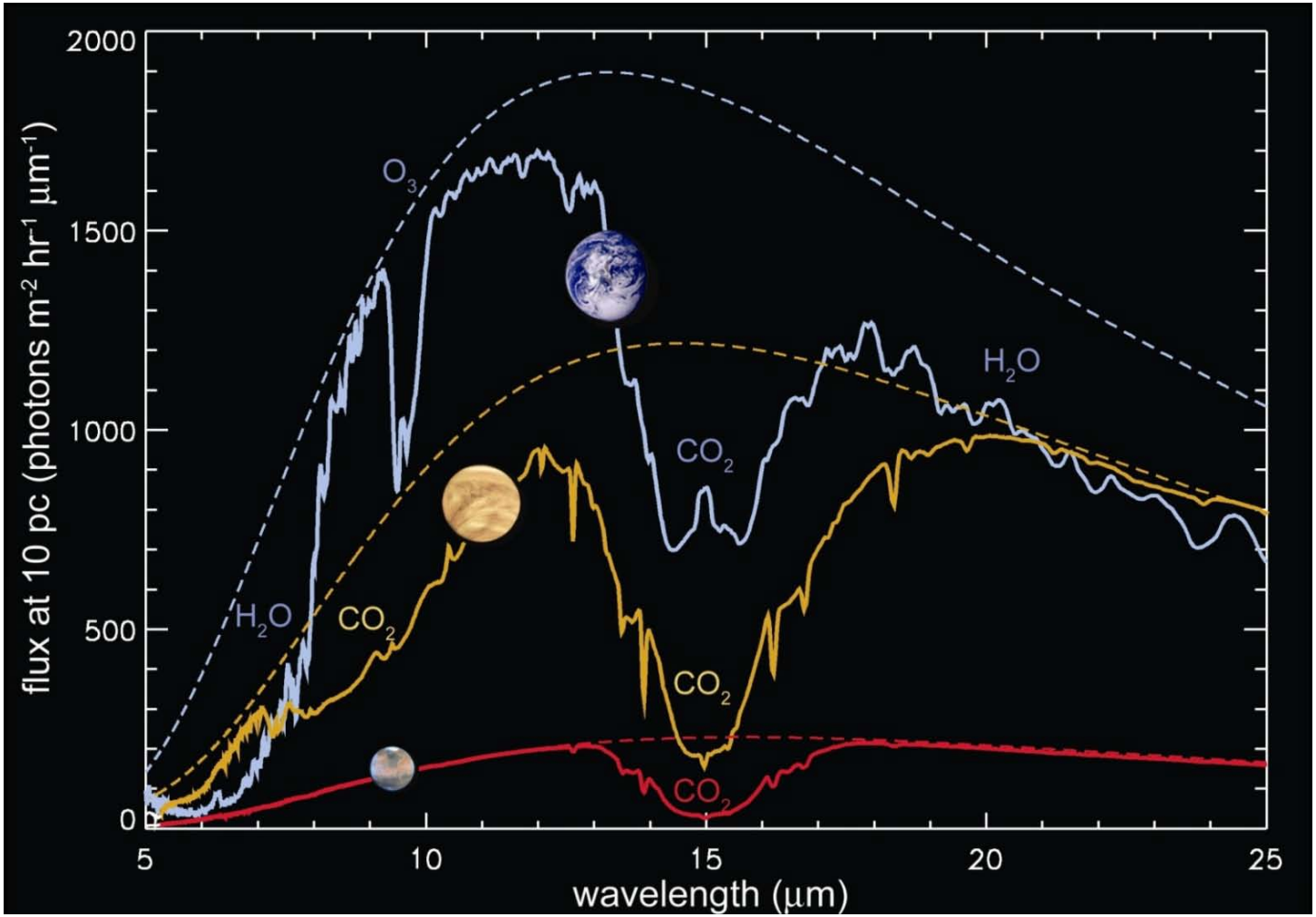
Ref.: (upper) M. Postman et al., ATLAST study; (lower) W. Cash et al., NWO study.

Wesley Traub

Biomarkers on Exo-Earth

"Good planets are hard to find."

Ronald N. Bracewell (1921-2007)



Lisa Kaltenegger

외계생명

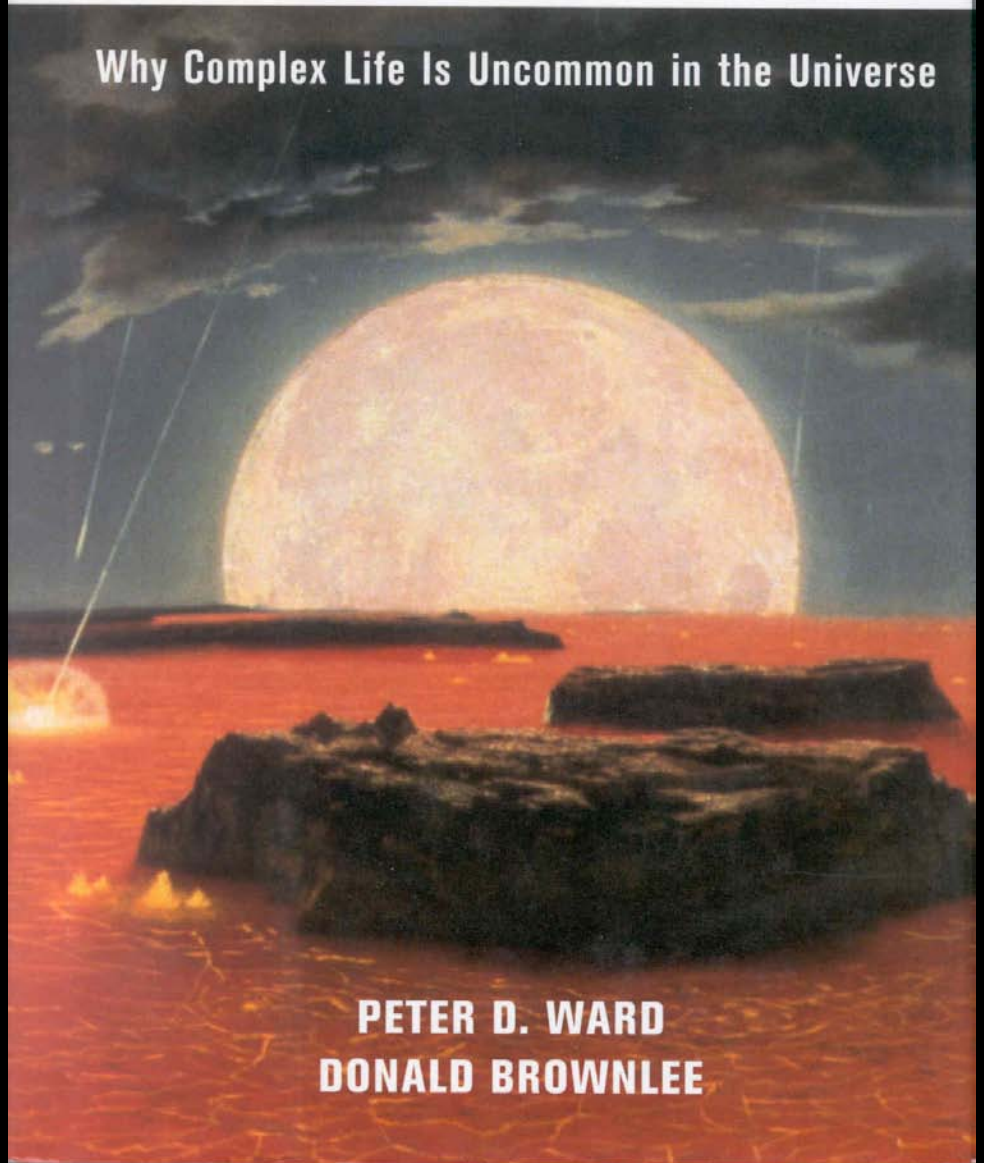
Alien lifeform

단순한 생명?, 복잡한 생명?

- 물리-화학 조건만 맞으면 생명은 출현.
- 간단한 유기물은 태양계와 성간에 흔함.
- 단순한 박테리아는 지금도 지구를 지배.
- 화성, 유로파에서는 단순한 생명 기대.
- 단순한 생명이 있으면 복잡한 생명의 출현은 필연적일 가능성.
- 복잡한 생명이 흔한지 드문지는 모름.
- 생명이 얼마나 다를 수 있나?
- 찾고자 하는 것만이 보일 가능성!

RARE EARTH

Why Complex Life Is Uncommon in the Universe



PETER D. WARD
DONALD BROWNLEE

JH

LIFE EVERYWHERE

The MAVERICK SCIENCE of ASTROBIOLOGY

DAVID DARLING

JH

“알려진 사실이 적은 경우, 추측은 개인의 심리를 대변할 가능성이 높다.”

“When facts are few, speculations are likely to represent individual psychology”

Carl Gustav Jung (1875-1961) *

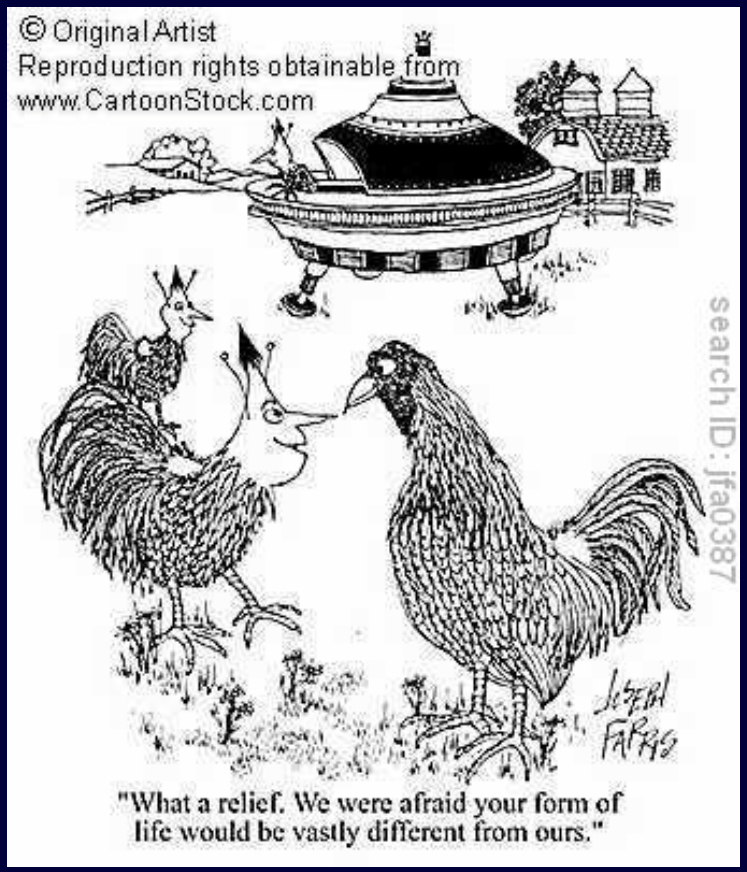
*Stephen Webb『Where is everybody?』(2002) 234p

JH

"다른 천체의 특별한 상황에서 어떻게 생명이 나타나고 발전되었는지에 대해 확실히 알 수는 없다. 하지만 생명은 환경이 만드는 것이기에 [천체의 특별한 상황에서] 생명 진화과정을 통해 만들어진 생명체들은 지구의 식물이나 동물과는 본질적으로 다를 가능성은 짐작할 수 있다."

"We, certainly, cannot say how life originated and developed on other celestial bodies under the conditions peculiar to them. But it stands to reason that the organisms forming in the process of biological evolution must differ essentially from the terrestrial animals and plants since it is the environment that forms life."

Alexander Oparin
Life in the Universe, 1961



"또 하나의 예가 있다면 정말 좋을텐데."

"Another sample would be nice… really nice."

http://www.cartoonstock.com/directory/a/alien_life_forms.asp

외계생명의 특성

- 생명이 얼마나 다를 수 있나?

  환경에 따른 형태 제약.

  환경의 예,

  행성의 중력,

  행성표면 대기 압력, 온도, 산도, 대기성분,

  모 항성의 복사 특성

- 우리를 방문하는 경우

  장시간 여행에 따른 진화적 퇴화, 변형

  상호간에 virus 면역력이 없을 가능성:

  인류의 최근 역사에서 매우 중요했음

- 방문자는 기계일 가능성이 큼

외계문명

Extraterrestrial Civilization

외계 intelligence의 존재 가능성

- 우주에 생명은 흔하더라도 intelligence는 흔하지 않을 가능성. 지구의 경우:

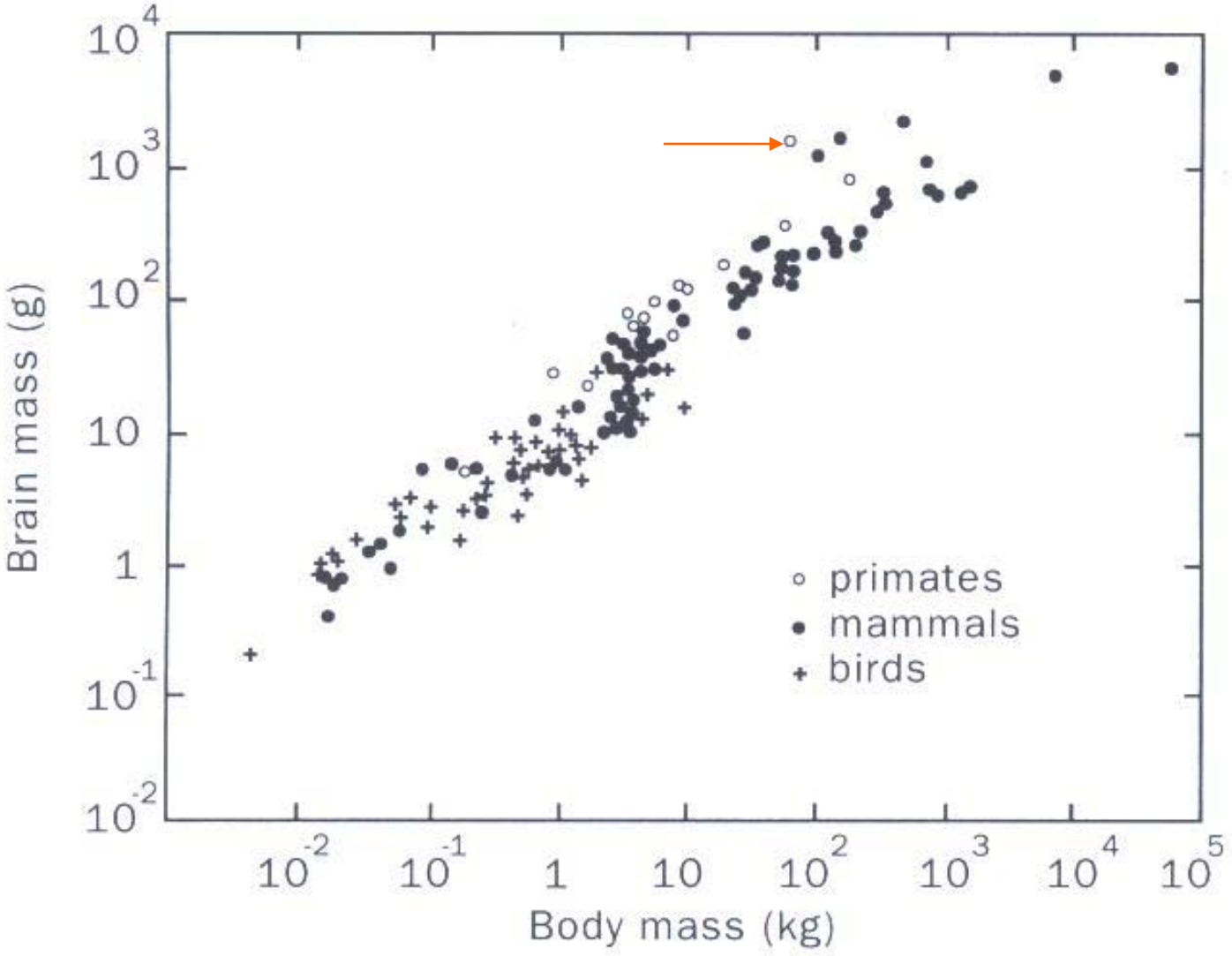
- "Intelligence가 그렇게 좋고, 명백하게 생존에 유리하고, 쉽게 출현하는 것이라면, 다른 종들도 intelligence를 가져야 하는데 그렇지 않다. 그럼에도 그들은 잘 지내고 있다."

"If intelligence was such a good thing, and it was so obviously of Darwinian benefit, and it was an easy thing to achieve, I assume other lineages would have it, and they haven't. And yet they're doing very well."

Stephen Jay Gould

EQ(Encephalization Quotient)

뇌와 몸의 질량비율



[Figure 17.1]
Comparison of brain mass versus body mass for a variety of primates, mammals, and birds. The open circle farthest above the general trend is modern humans. (After Sagan, 1977.)

Jakosky (2000) 『The search for life on other planets』

JH

- 우리가 intelligence를 가진 유일한 종 확실한가?
- 현생인류인 우리가 intelligence를 가진 것은 확실한가?
- 자신의 둥지를 파괴하고 스스로 멸종을 재촉하는 무모한 종을 intelligent 하다고 할 수 있을까?
- Intelligence란 무엇인가?

ETI 찾기

- 무슨 의미가 있나? : 우리뿐인가?

  우주에서 우리의 위치
- 어떻게 찾나? : 전파 영역

  Search for Extraterrestrial Intelligence (SETI)
- 현재 인류의 전파기술은 우리은하 규모에서 상호교신 가능

  Search for Extraterrestrial Radio Technology

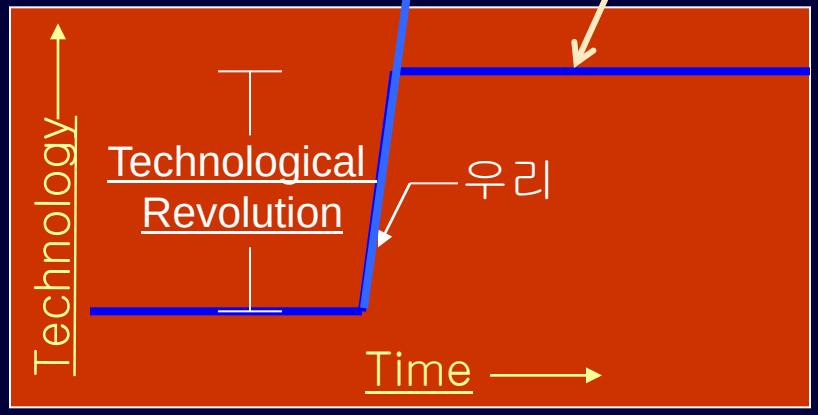
SETI

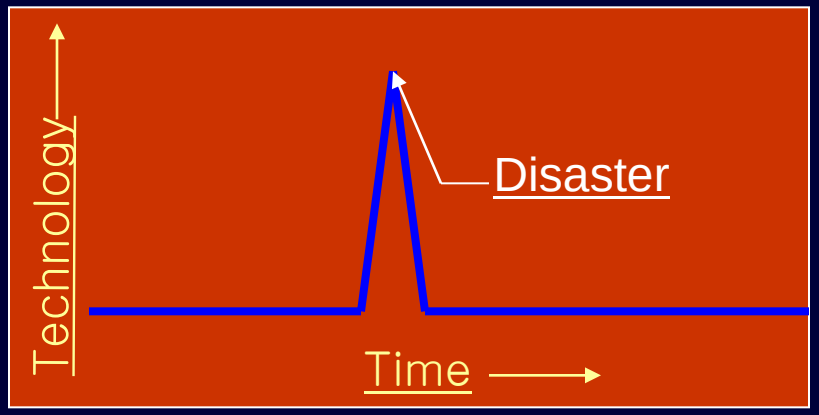
검출 가능한 외계 기술들은 우리보다 오래되었을 것임.

기술이 오래 지속되지 않으면 SETI는 성공하기 어려움

테크놀로지의 수명이 길면 여기에서 발견

테크놀로지의 수명이 짧으면 발견할 수 없다





Jill Tarter JH

"성공가능성을 예측하기는 어렵지만, 우리가 찾지 않는다면, 성공할 가능성은 없다."

"The probability of success is difficult to estimate;
but if we never search, the chance of success is zero."

Cocconi and Morrison (1959)

“우리와 같은 생명을 찾으려는 것이라면서, 왜 하필 … intelligent한 생명을 찾나?”

“If we insist in looking for life which is like our own, why do we looking for … intelligent life?”

F. Giovannelli (1999)

"우리에게 접촉하려는 시도를 전혀 하지 않았다는 것이 우주 어디엔가 intelligent한 생명이 존재한다는 명백한 증거인 것 같다는 생각이 종종 들어."

" Sometimes I think the surest sign that intelligent life exists elsewhere in the universe is that none of it has tried to contact us."

Calvin and Hobbes, Bill Watterson

외계 문명의 존재 가능성

- 오래된 외계문명은 현재 80-90억년까지도 가능!

- 카타쉐프의 초문명 (**super-civilization**):

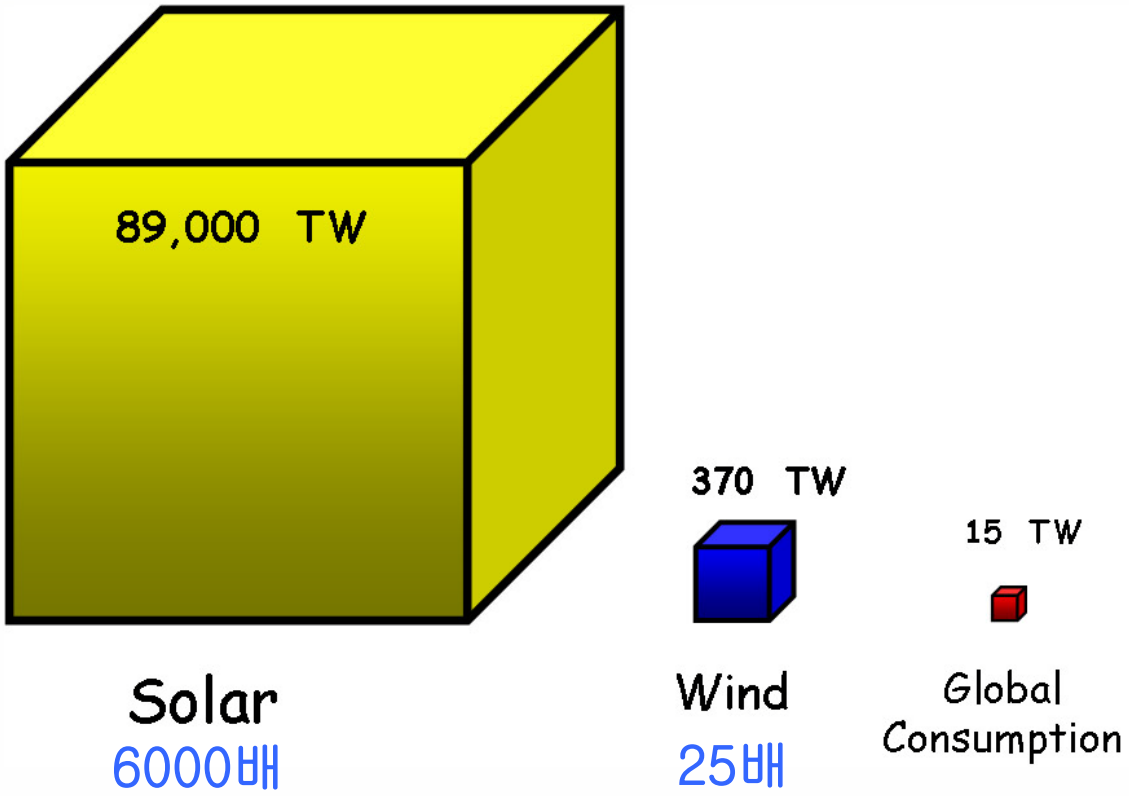
I. 행성에 온 별빛을 모두 활용, ~10^{23} erg/s
II. 별빛 에너지를 모두 활용, ~10^{33} erg/s
III. 은하의 빛 에너지를 모두 활용, ~10^{44}erg/s

Nikolai Kardashev (1964)

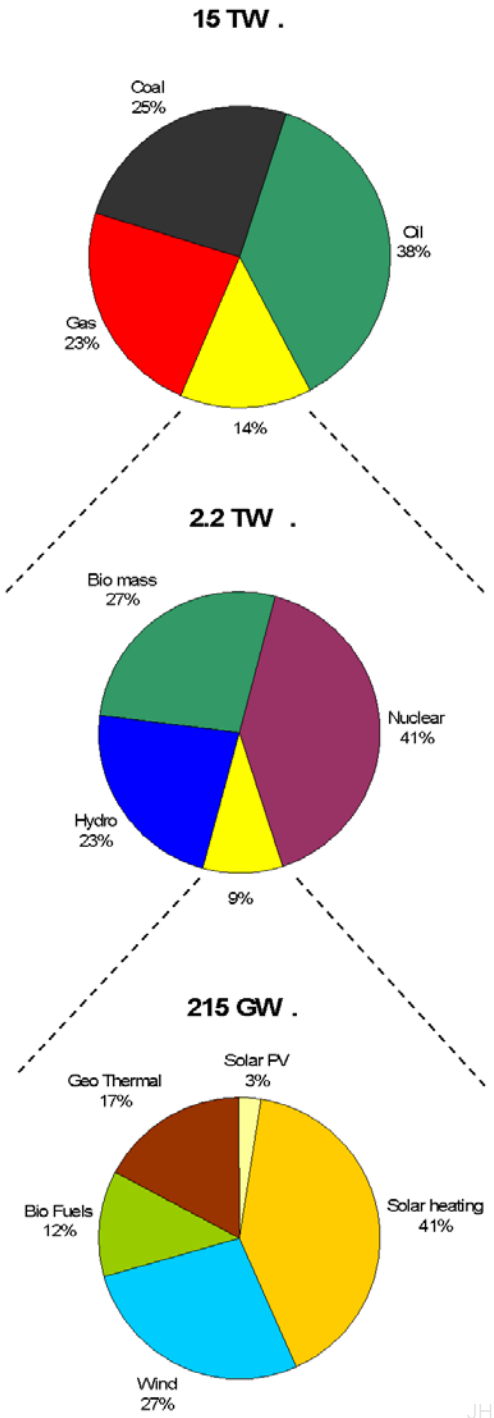
- 다이슨의 구:

Type II. 문명은 IR 방출가능성

Freeman Dyson (1959)
Olaf Stapledon 『Star Maker』 (1937)



Global power usage (Right) and **Available renewable energy.**
Graphic representation of the available energy flux vs energy consumption. 89,000 TW is the amount of sunlight that falls on the Earth surface, 370 TW is all the energy in the wind and 15 TW was the global rate of energy consumption in 2004. The volume of the cubes corresponds to the size of the flux. TW=10^{12} Watt=10^{19}erg/s.
http://en.wikipedia.org/wiki/World_energy_resources_and_consumption



우주규모에서 진화의 끝은?

I. 물리적 진화 (Physical evolution)
II. 화학적 진화 (Chemical evolution)
III. 생물 진화 (Biological evolution)
    유전자 지배 (Genetic takeover)
IV. 문화 진화 (Cultural evolution)
    로봇 (인공지능) 지배 (Robotic (AI) takeover)

III. 과 IV. 의 끝은?

Hans Moravec『Mind Children』(1988)

조우와 전망

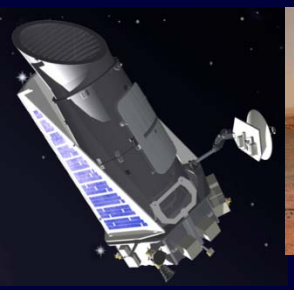
Close Encounter

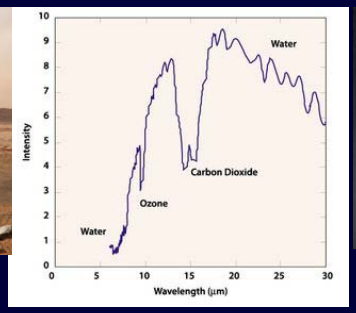
아직 발견되지 않은 이유

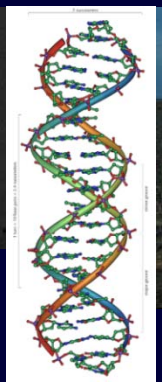
- 고등 문명은 우리가 유일할 가능성
- 고등 문명은 있지만 드물어서 찾으려면 앞으로 더 발달된 기술이 필요할 가능성
- 외계 문명은 많지만 'I 형 문명'을 벗어나지 못하고, 문명에 수명이 있어서 통신가능 기간이 짧을 가능성
- 고등 문명은 있지만 통신 의도는 없고 우리를 지켜보고 있을 가능성: 동물원 가설
- 고등문명이 있고 신호를 보내고 있지만 약하고 흡수당해 안 잡힐 가능성
- 고등문명은 더 발달된 통신 수단을 사용하고 전파는 원시적일 가능성
- 생화학이 다른 고등문명은 예상하기 어려운 기술을 발전시킬 가능성
- ...
- 진화에 성공적인 지능을 갖춘 생물이 호기심이 없을 것 같지는 않음

현실적인 기대

1. 해같은 별 주변에 지구같은 행성 발견
2. 화성에서 유기물 발견
3. 외계행성에서 O_3 나 O_2 발견
4. 엔셀라두스에서 표본검출
5. 실험실에서 생명의 탄생이나 분석
6. 은퇴
7. 유로파에 착륙
8. 타이탄 재방문







Chris McKay JH

혹시 와 있는 것은 아닐까?

조우 (Close encounters):

- CE1: 150m 이내에서 UFO 관측
- CE2: 잔해, 착륙흔적 따위 증거 발견
- CE3: 외계생명 관측, UFO 근처에서
- CE4: 외계생명 접촉, UFO탑승, 납치
- (CE5): 국제적 상호교신

충격적인 주장에는 충격적인 증거가 필요하다!

페르미 패러독스

거대한 침묵의 문제:

"다들 어디에 있나?"

Enrico Fermi (1901-1954)

한가지 가능성 (50여가지 중):

"거대한 제거장치 **(The Great Filter)**"

Robin Hanson (1998)

문명은 때이른 붕괴를 맞을 운명이다.
이 경우 제거장치가 우리 과거에 있었을 것인가 혹은 미래에 있을 것인가?

“만약 화성에 생명이 전혀 살지 않는다는 것이 밝혀지면 좋은 소식이 될 것이다. 죽은 돌들과 생명이 없는 모래들은 나의 생기를 북돋아 줄 것이다.”

“It would be good news if we find Mars to be completely sterile. Dead rocks and lifeless sands would lift my spirits.”

Nick Bostrom (2008)

우리가 외계인을 만난다면

- 만나기 전과 만난 후 인간의 우주와 생명에 대한 인식이 완전하게 다를 것임
- 일부는 이미 접촉 (contact)이 있었다고 믿으므로 전에 그렇게 말하지 않았냐는 반응도 있을 것임

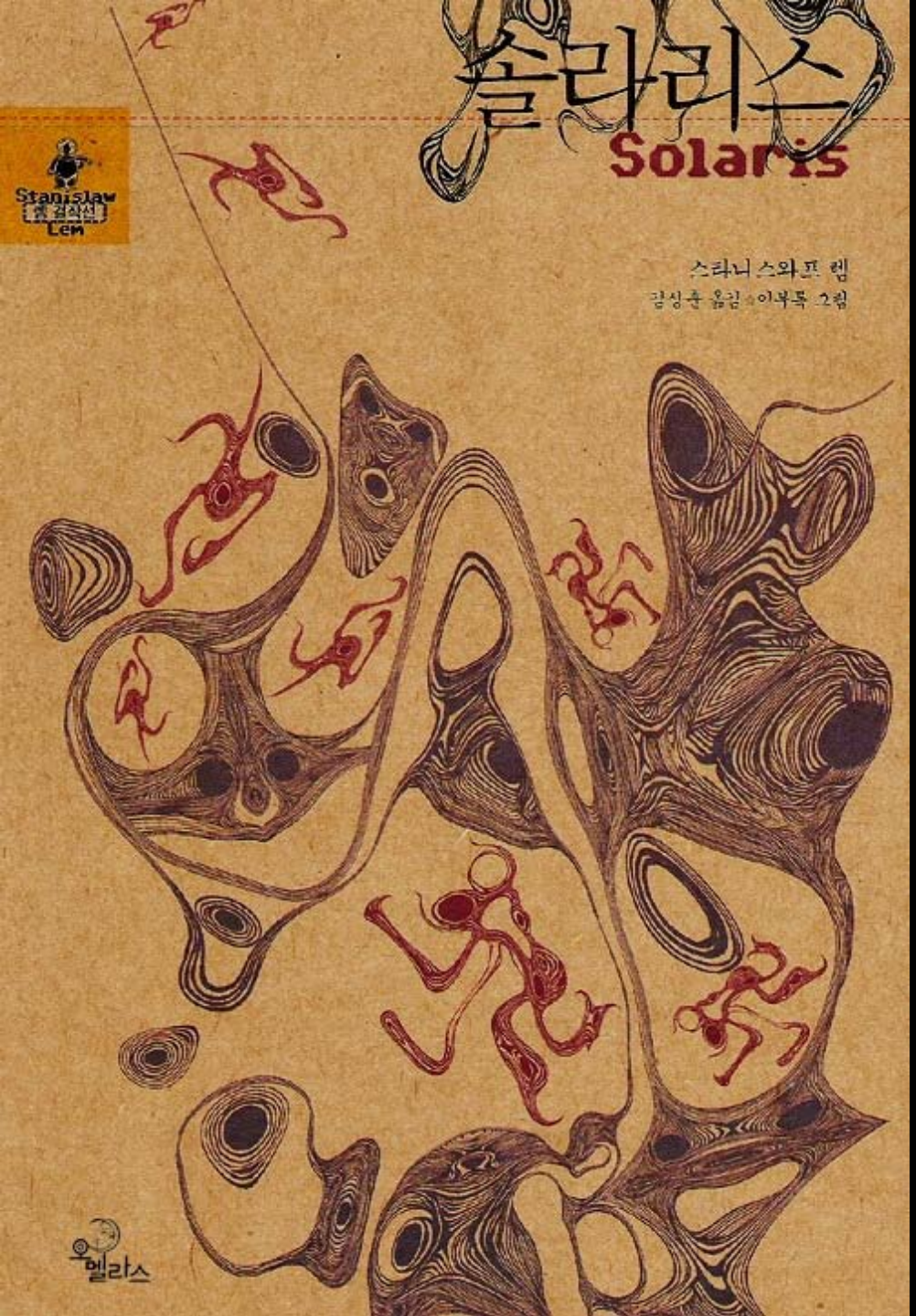
- 우리의 역사에서도 비슷한 교훈을 찾을 수 있음
  예, 15세기 이후 현지인들이 본 서구인의 출현
- 아마도, 인간과 동물의 접촉이 더 적합한 예일 것임

- 진화에 성공적인 지구 생명들은 대부분 호전적?
  호전적인 예, 인간!

- 우리는 그들을 이해할 수 없을 것이다.

2001: A Space Odyssey

Stanley Kubrick (1968)



Solaris (1961) Stanisław Lem

Andrei Tarkovsky (1972)

JH

“우리는 그들을 이해할 수 없을 것이다.”

우주전쟁

The War of the Worlds

H. G. Wells (1898)

Gentlemen's
WAR
OF THE
WORLDS

WAR OF THE WORLDS
DREAMWORKS PICTURES
AMBLIN ENTERTAINMENT
WarOfTheWorlds.com
IN THEATERS JUNE 29
TM & COPYRIGHT © 2005 BY PARAMOUNT PICTURES AND DREAMWORKS LLC. ALL RIGHTS RESERVED

JH

The Battle of Omdurman. "The maxims and infantry annihilated them. Whole battalions vanished under the withering fire."
The Graphic. *September 24, 1898.*

Sven Linqvist (1996) "Exterminate all the brutes"

JH

지구생명의 미래

Life's Future on Earth

JH

“예측은 어렵다, 특히 미래는”

“Prediction is very hard, particularly of the future.”

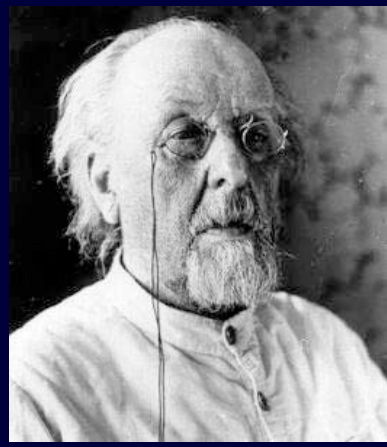
Neils Bohr (1885-1962)

우주적 전망

Cosmic Perspective

우주적 전망

"우리 행성은 정신이 출현한 요람이지만, 우리는 언제고 요람에만 머물 수는 없다."



"Our planet is the cradle of mind, but one cannot live forever in a cradle."

Konstantin Tsiolkovsky (1857-1935)*

"[지금까지 지구에서] 정신과 복잡성이 펼쳐지고 있는 것은 우주적 전망에서 보면 이제 겨우 시작에 불과할 수 있다."

"The unfolding of intelligence and complexity could still be near its cosmic beginnings."

Martin Rees (2003)『Our Final Century』

*http://en.wikiquote.org/wiki/Konstantin_Eduardovich_Tsiolkovsky

"태양계를 벗어나 성간 공간을 지나는 우주여행은, 언젠가 가능하게 되더라도, '인간이후'에 맡겨진 도전이다."

"[T]ravel beyond the solar system, through interstellar space, would, if it ever happened, be a posthuman challenge."

Martin Rees (2003)『Our Final Century』
(우리들의 마지막 세기)

우리의 미래?

Our future?

"앞에 계단이 한참 더 있다는 걸 언제쯤 자네가 알게 될지 궁금했다네."

"I was wondering when you'd notice there's lots more steps."

Gahan Wilson (1930-) http://images.google.com/images?hl=ko&rls=com.microsoft:*:IE-SearchBox&um=1&q=Gahan+Wilson&sa=N&start=18&ndsp=18

"인간은 진화라는 거대한 숲에 있는 조그마한 가지 하나에 지나지 않는다. 인간은 종착지가 아니다."

"Humans are just a little twig on a gigantic bush of evolution … not a terminal direction."

Stephen Jay Gould (1941-2002)*

*John Broomfield (1997)『Other ways of knowing』(지식의 다른 길) 85p

기술의 가속하는 특성

"우리는 단기적으로는 기술발전의 영향력을
과대평가하곤 하지만, 장기적으로는 그 여파를
과소평가하는 경향이 있다."

"We tend to overestimate the effect of a technology in the short run and underestimate the effect in the long run."

Roy Amara (1925-2007)

http://www.boingboing.net/2008/01/03/roy-amara-forecaster.html

무어의 법칙

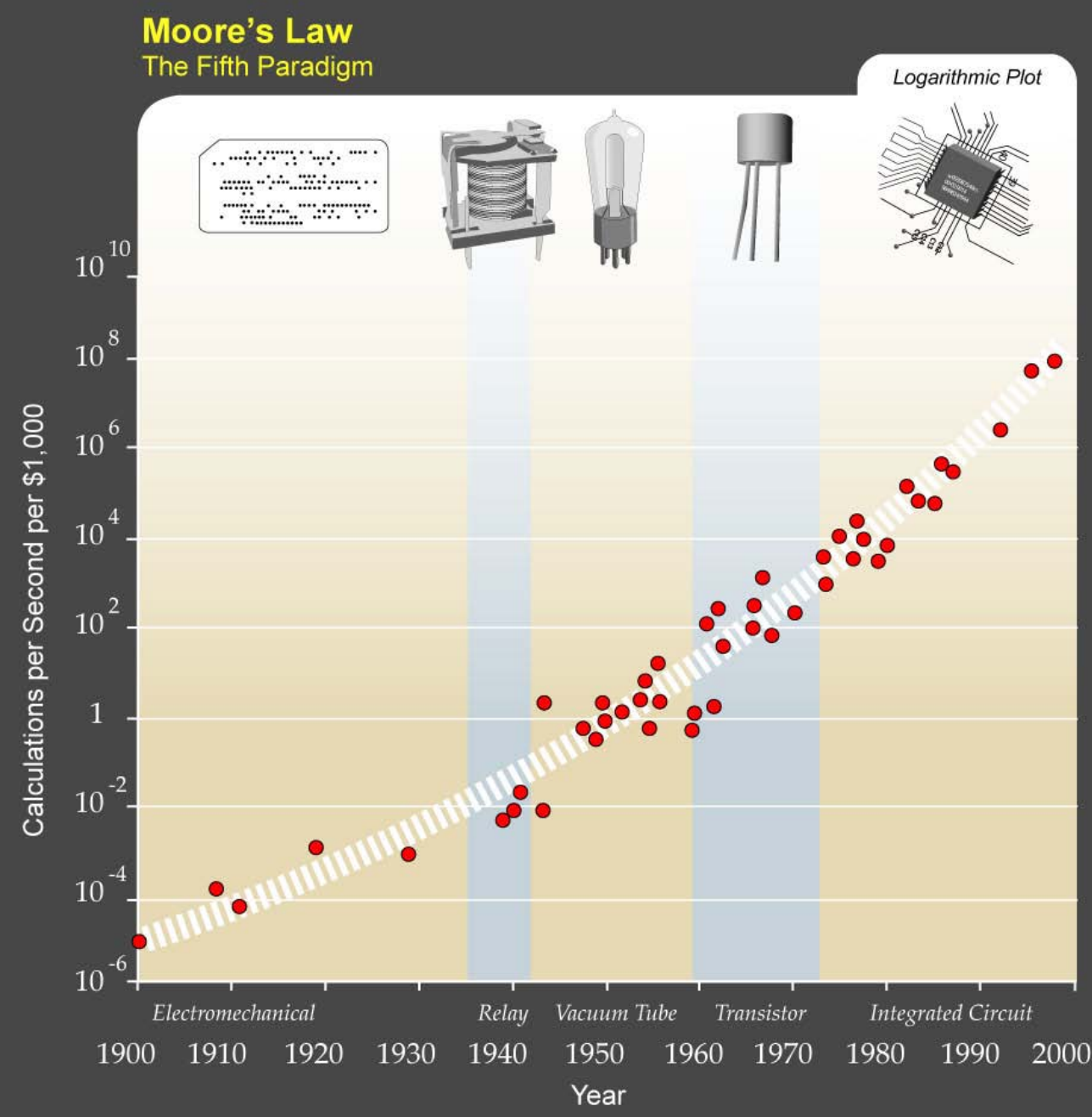
"[동일한 비용으로 얻을 수 있는 트랜지스터의 밀도는] 대략 일년에 두 배의 비율로 증가한다. ... 단기적으로 이러한 경향은, 더 빨라지지는 않더라도, 지속될 것으로 기대된다. 장기적으로 증가의 경향이 어떨지는 다소 불확실하다. ... "

"The complexity for minimum component costs has increased at a rate of roughly a factor of two per year ... Certainly over the short term this rate can be expected to continue, if not to increase. Over the longer term, the rate of increase is a bit more uncertain, …" Gordon Moore (1965)

"이 경향이 한없이 지속될 수는 없다. 지수법칙의 성질은 우리가 밀어붙이는 경우 결국 파국을 맞게 된다."

"It can't continue forever. The nature of exponentials is that you push them out and eventually disaster happens." Gordon Moore (April 13, 2005)

http://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s_law



Moore's Law expanded to other technologies. Kurzweil writes that, due to paradigm shifts, a trend of exponential growth extends from (v) **integrated circuits** to earlier (i) **transistors,** (ii) **vacuum tubes,** (iii) **relays** and (iv) **electromechanical computers**.

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

JH

가속의 결과는:

- 튜링 테스트: 인간과 컴퓨터를 서면으로 면접하여 둘 중 누가 인간인지 구별할 수 있는지 검증

  Alan Turing (1912-1954): 2000 → ~2020

- "이러한 이유로, 2020년 쯤에는 순수한 하드웨어 계산용량만으로 볼 때도 1000달러 [백만원] 정도면 인간 두뇌용량에 달하는 [컴퓨터가 등장할 것으로 예상된다]."

"For this reasons, it is reasonable to expect human brain capacity, at least in terms of hardware computational capacity, for one thousand dollars by around 2020."

Ray Kurzweil (2005) 『The singularity is near: when humans transcend biology』

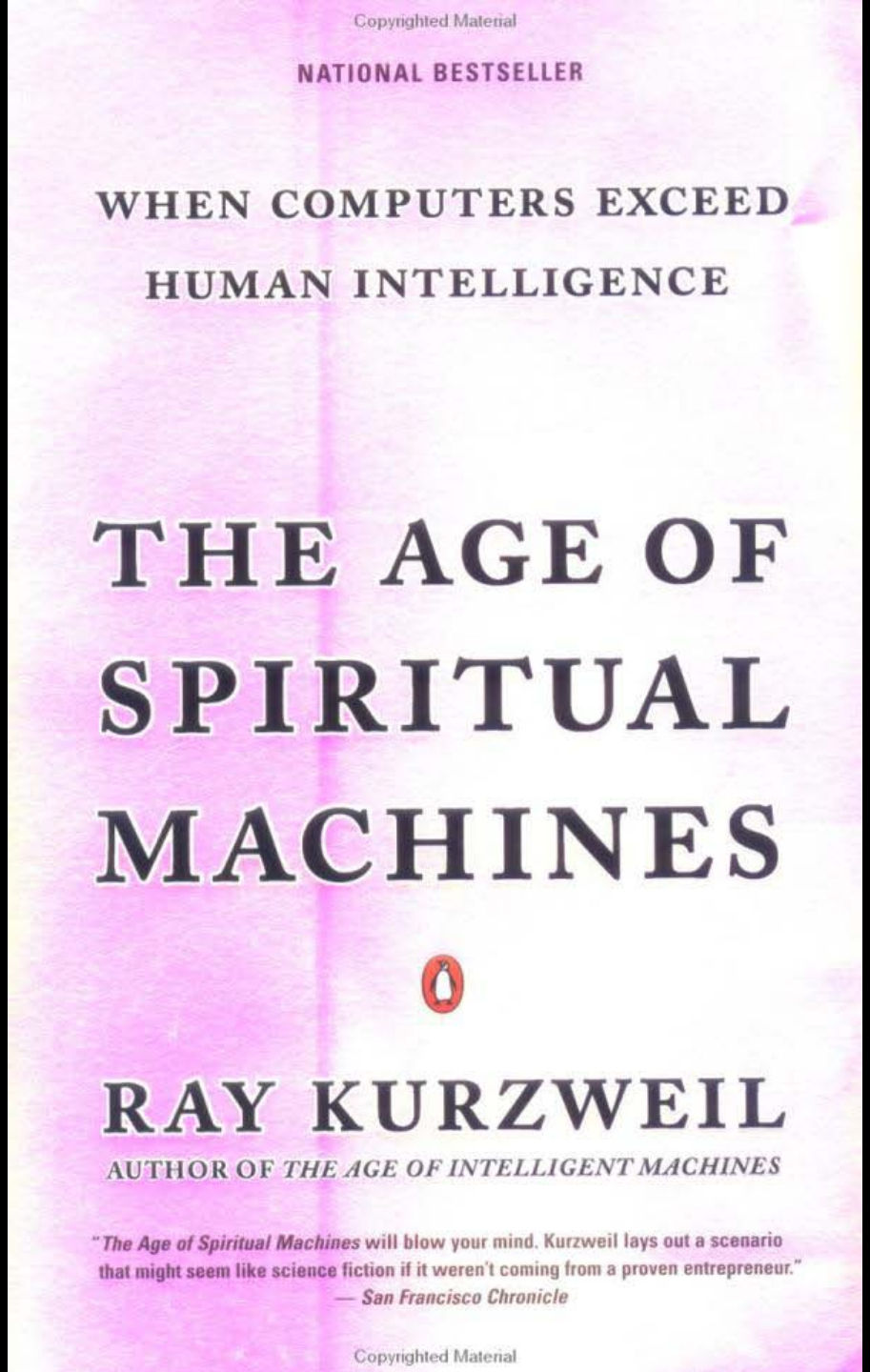
AI (인공지능)

"다음세기 [21세기]가 가기 전에 인간은 더 이상 지구상에서 가장 지능적이거나 능력 있는 종으로 남지 않을 것이다. 이 말은 다시 해야 할 것 같다. 앞에서 한 말의 진위 여부는 우리가 인간을 어떻게 정의할 것인가에 달려있다."

『영혼을 지닌 기계의 시대』

"Before the next century is over, human beings will no longer be the most intelligent or capable type of entity on the planet. Actually, let me take that back. The truth of that last statement depends on how we define human."

Ray Kurzweil (1999)
『The age of spiritual machines』



『The Age of Spiritual Machines: When Computers Exceed Human Intelligence』(2000)

JH

예언

"끊임없이 가속하는 기술은 ... [생존]경쟁의 역사에서, 우리가 아는 한, 인간의 통제를 벗어난 결정적인 파국으로 향하는 것으로 보인다."

"[T]he ever-accelerating progress of technology … gives the appearance of approaching some essential singularity in the history of the race beyond which human affairs, as we know them, could not continue."

John Von Neumann (1903-1957)*

*Ray Kurzweil (2005)『The singularity is near: when humans transcend biology』

JH

생각하는 기계

The thinking machine

"기계가 할 수 없는 무엇인가 있을 것이라고 주장하시는 군요. 기계가 무엇을 할 수 없다는 것인지를 정확히 말씀해 주시면, 바로 그것을 할 수 있는 기계를 항상 만들 수 있다는 걸 보여드리지요."

"You insist that there is something a machine cannot do. If you tell me precisely what it is that a machine cannot do, then I can always make a machine which will do just that!."

John Von Neumann (1903-1957) *

*E. T. Jaynes『Probability Theory: The logic of science』(2003), 7p.

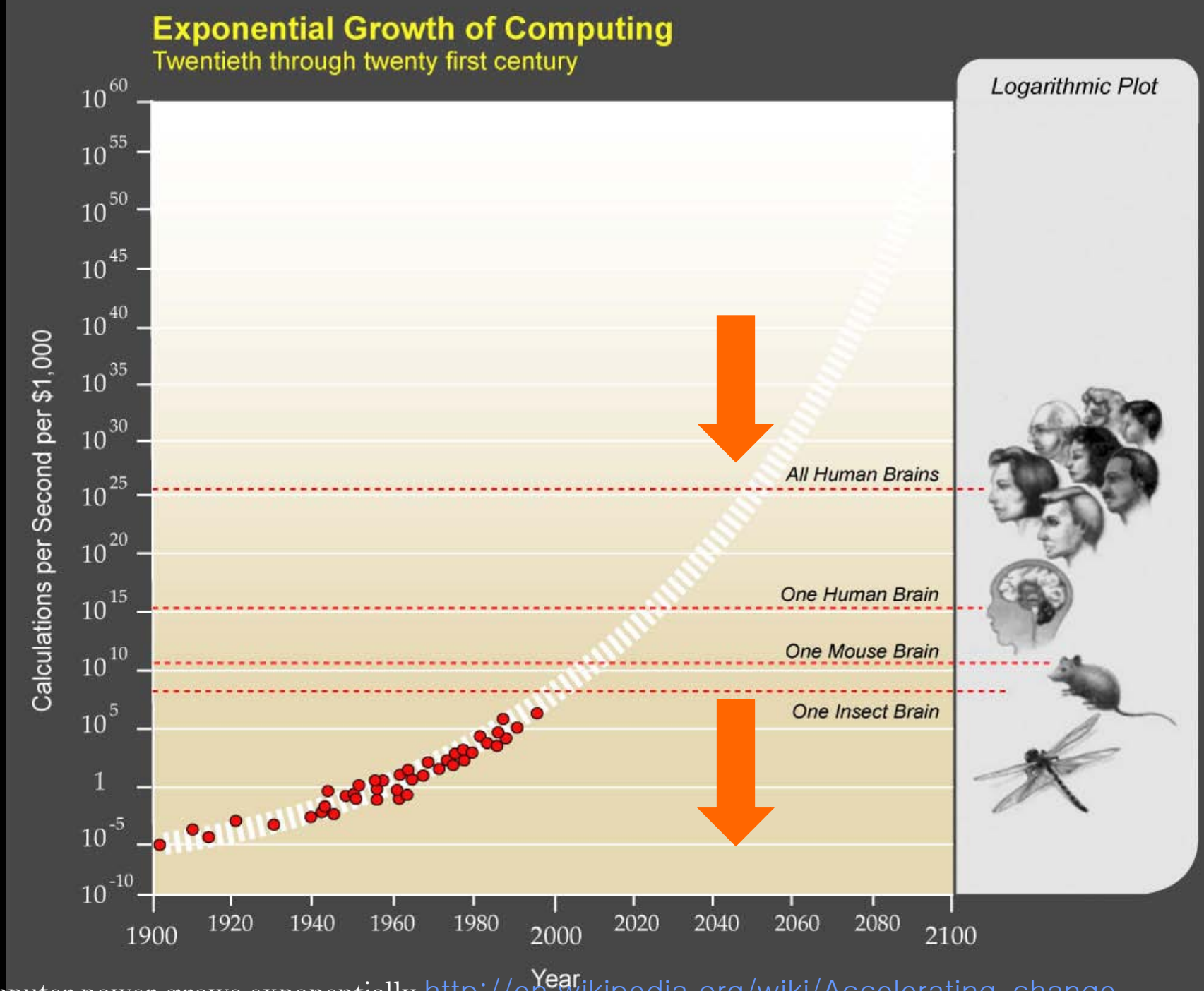
파국

"나는 파국의 – 인류의 능력에 심대하고 파국적인 변화가 일어나는 – 해를 2045년으로 잡는다. 그 해에 창조된 무생물적인 지능의 총량은 현재 모든 인류의 두뇌용량을 합한 것의 백억 배에 달하게 될 것이다."

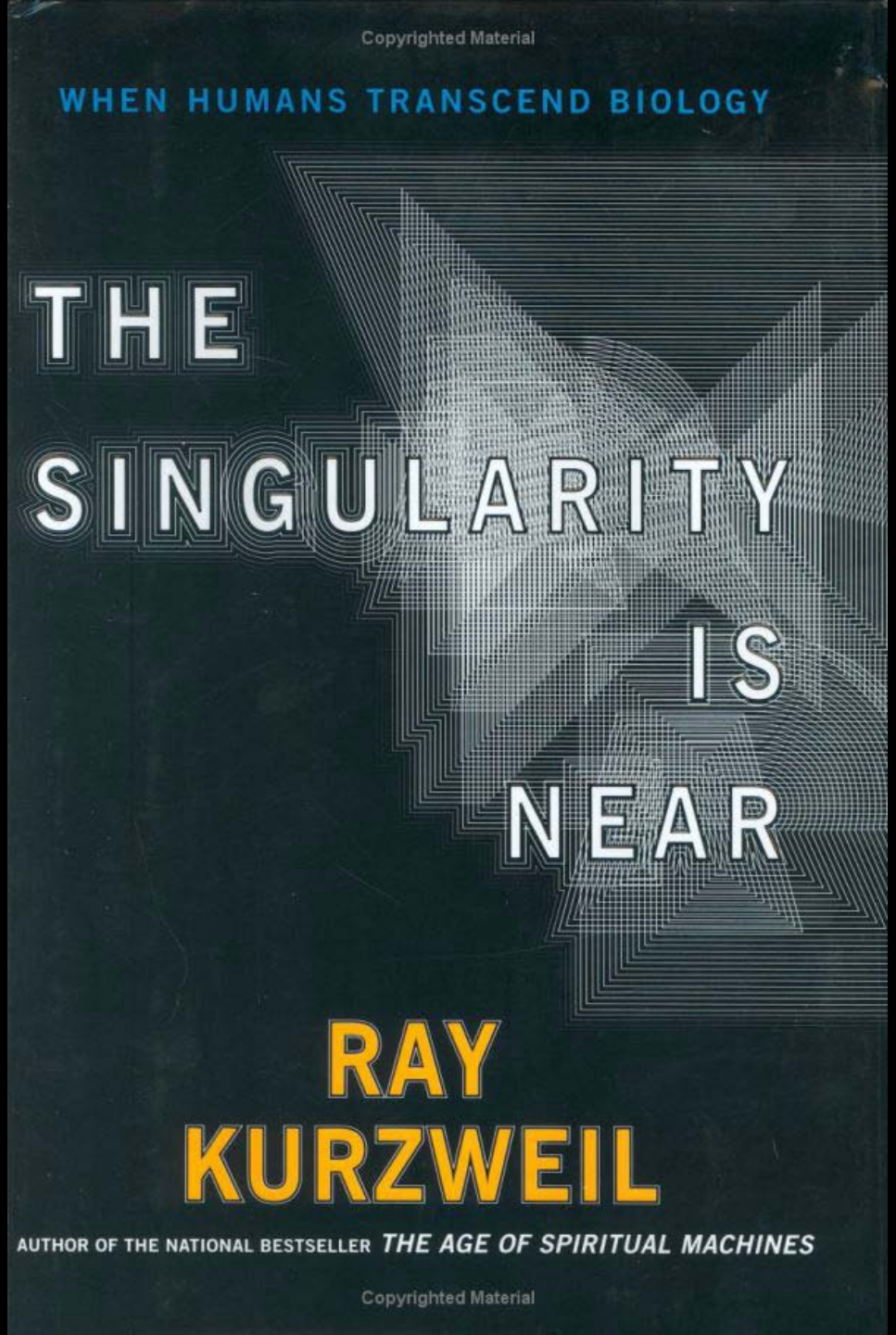
『임박한 파국: 생물의 한계를 넘어선 인간』

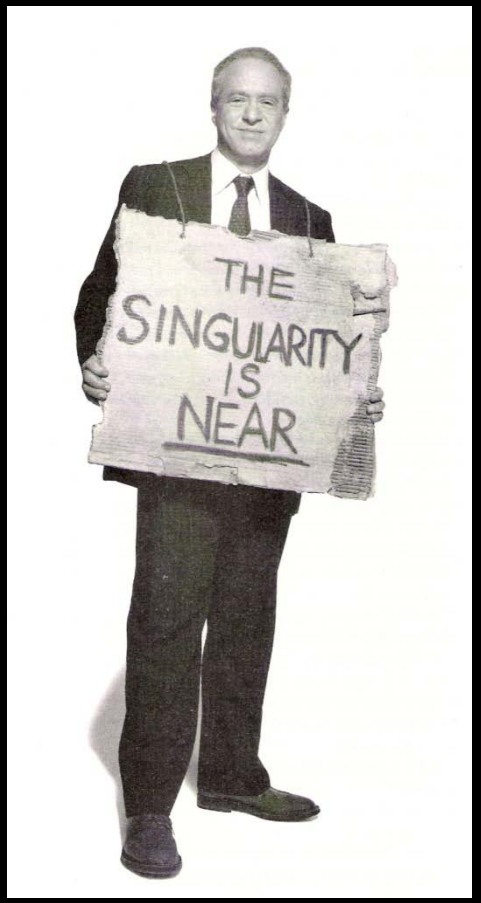
"I set the date for the Singularity – representing a profound and disruptive transformation in human capability – as 2045. The nonbiological intelligence created in that year will be one billion times more powerful than all human intelligence today."

Ray Kurzweil (2005) 『The singularity is near: when humans transcend biology』



Computer power grows exponentially http://en.wikipedia.org/wiki/Accelerating_change





Ray Kurzweil (2005)

『The singularity is near: when humans transcend biology』

JH

인공적 후손

"우리 지식이 창조한 [인공적] 자손들은, 생물진화라는 느린 과정에서 벗어나, 더 크고 근본적인 우주의 도전들을 헤쳐나가기 위해 자유롭게 성장해 나갈 것이다. 우리 현생인류는 당분간은 그들의 노력에서 혜택을 보겠지만, 머지않아, 그들은, 우리의 생물학적 자식들과 같이, 자신들의 삶을 찾아갈 것이고 그들의 노쇠한 부모인 우리 현생인류는 조용히 뒤안길로 사라져 갈 것이다."

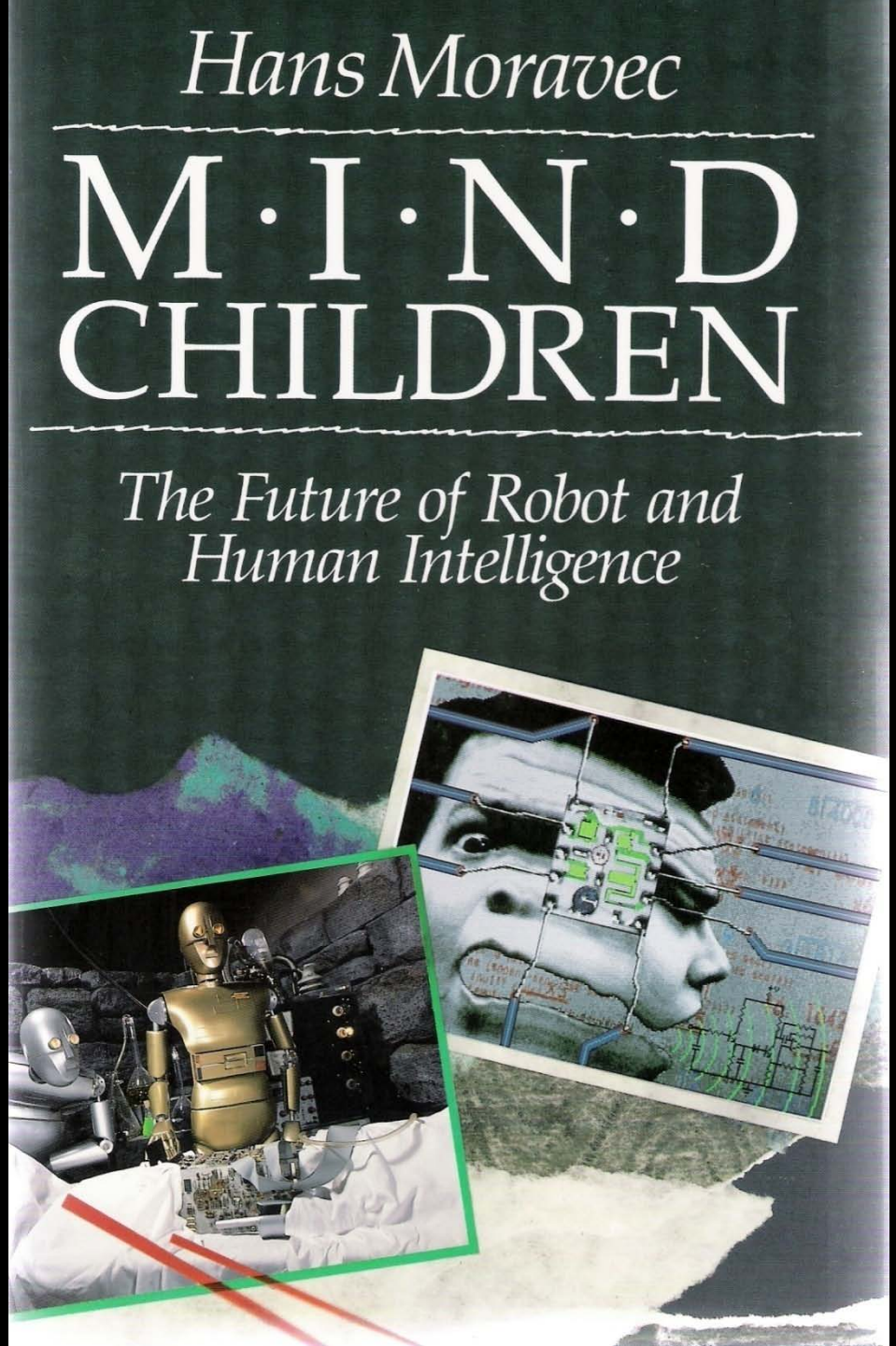
"Unleashed from the plodding pace of biological evolution, the children of our minds will be free to grow to confront immense and fundamental challenges in the larger universe. We humans will benefit for a time from their labors, bur sooner or later, like natural children, they will seek their own fortunes while we, their aged parents, silently fade away."

Moravec『Mind Children』(1988)

“이러한 세계에서 현생인류는 자신들의 인공적인 후손들에게 주도권을 빼앗긴 후 문화진화의 여파에 휩쓸려 사라지고 없을 것이다. … 결국, 새로운 유형의 진화라는 생존경쟁에서 진 우리의 유전자는 더 이상 필요하지 않게 될 것이다. … [생명의] 정신과 [기계의] 물질간의 잠복된 긴장관계는 생명이 사라짐으로써 결국 완전하게 해소될 것이다.”

“It is a world in which the human race has been swept away by the tide of cultural change, usurped by its own artificial progeny. … When that happens, our DNA will find itself out of a job, having lost the evolutionary race to a new kind of competition. …The uneasy truce between mind and body breaks down completely as life ends.”

Moravec『Mind Children』(1988)



Hans Moravec『Mind Children』(1988)

JH

"우리가 외계에서 온 지능과 만난다면, 그들은 우리와 같이 피와 살로 이루어진 존재가 아니라 기계일 가능성이 크다."

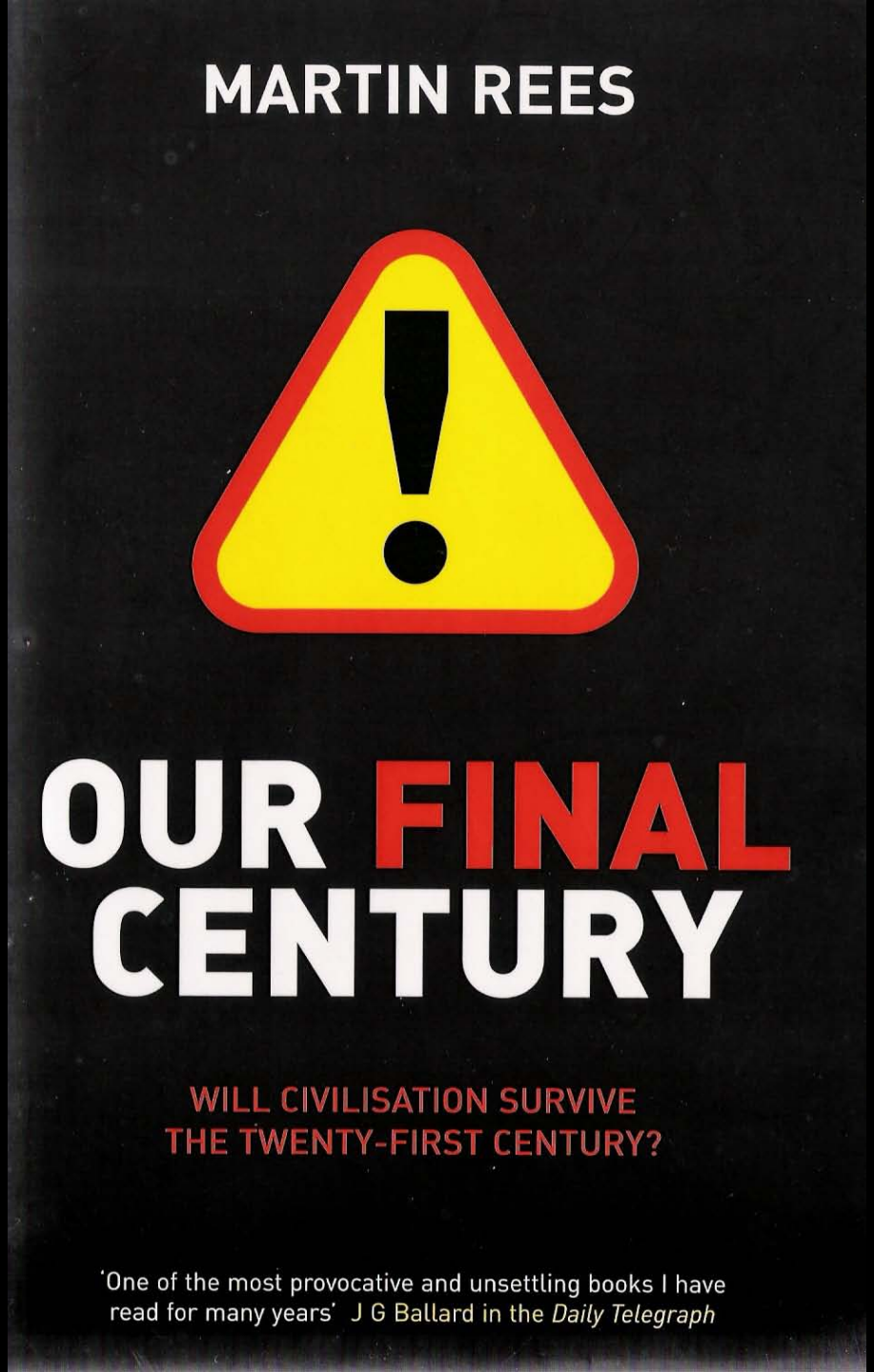
"If we ever encounter extraterrestrial intelligence, they're likely to be machines, not creatures of flesh and blood."

Steven J. Dick (2003)

"가장 가능성이 높고 튼튼한 형태의 "생명"은 오래 전에 주도권을 뺏기거나 지금은 멸종되고 없어진 창조자가 만들었던 기계들일 것이다."

"… the most likely and durable form of "life" may be machines whose creators had long ago been usurped or become extinct."

Martin Rees『Our Final Century』(2003)



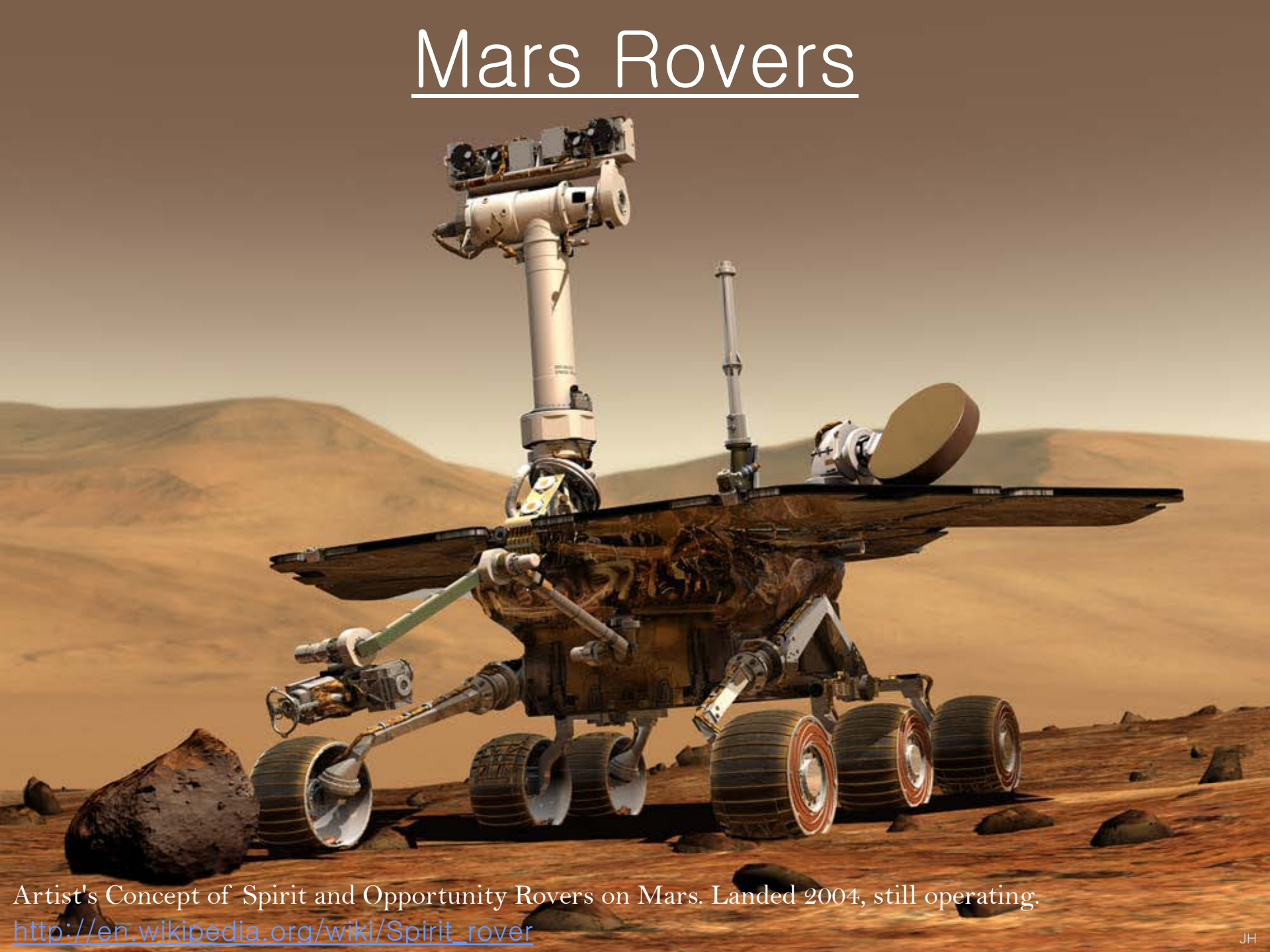
Martin Rees『Our Final Century』(2003)

JH

Insectoids:

Hannibal (left) and Attila, retired insectoids, built at MIT (1989–91). Attila was equipped with solar cells to recharge its batteries. http://www.ai.mit.edu/projects/hannibal/hannibal.html http://www.britannica.com/eb/art-56151/Attila-the-robot-Attila-along-with-its-twin-Hannibal-was

Mars Rovers

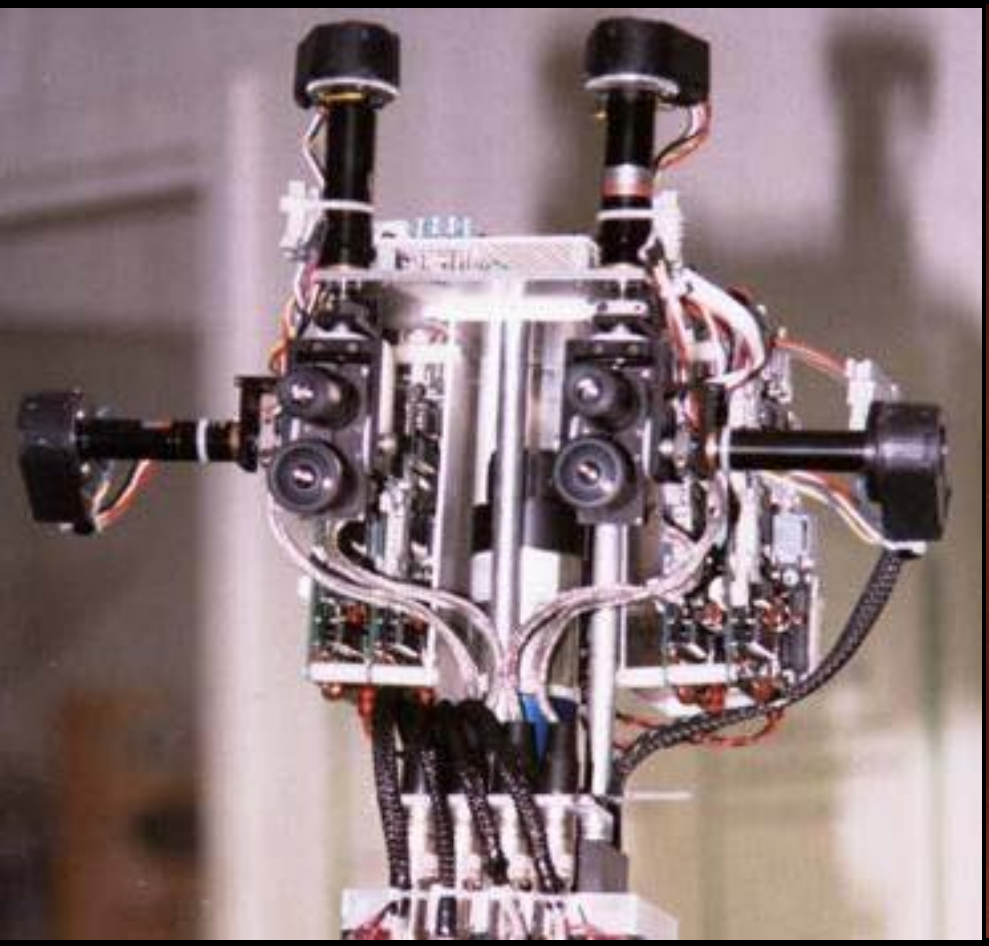


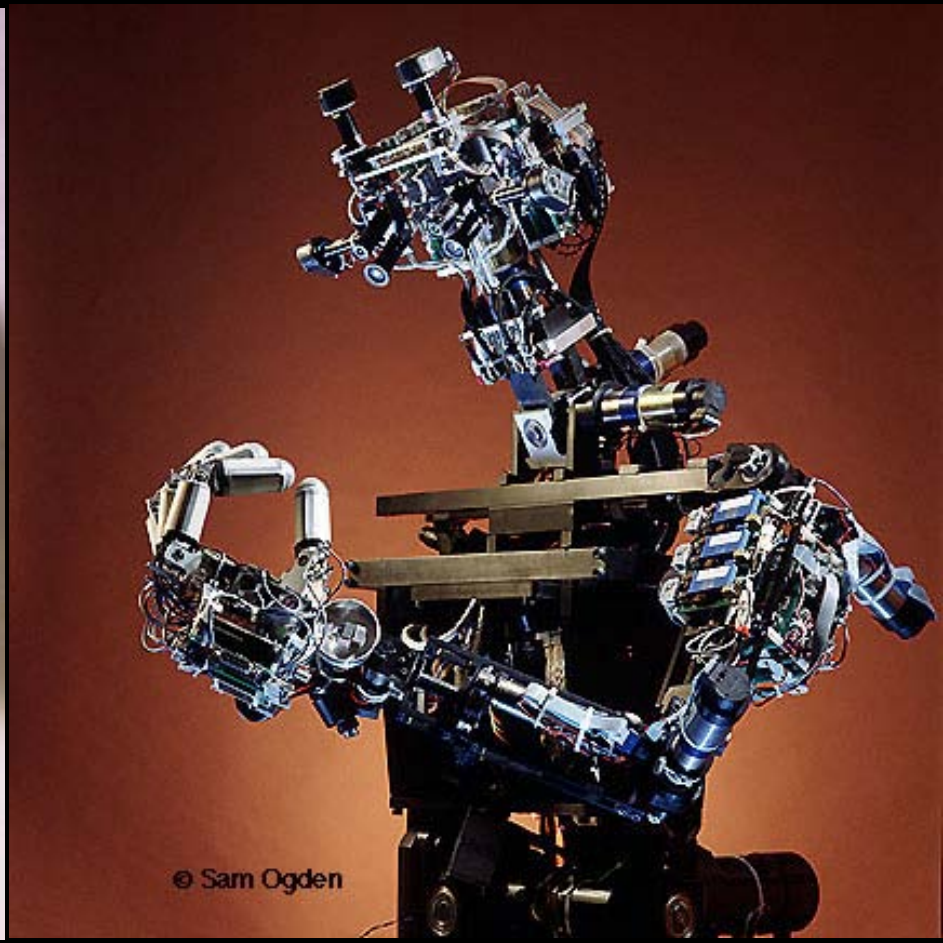
Artist's Concept of Spirit and Opportunity Rovers on Mars. Landed 2004, still operating.
http://en.wikipedia.org/wiki/Spirit_rover

JH

Cog

A Hopeful Monster





Cog, an Android or Humanoid Robot, learns the way a baby does. "Humanoid intelligence requires humanoid interactions with the world." http://www.ai.mit.edu/projects/humanoid-robotics-group/cog/ http://www.acm.org/crossroads/xrds10-2/robotcog.html
You Tube: http://www.youtube.com/watch?v=olvHuifsI7I

JH

“그들이 결국 어리석고 쓸모 없게 된 우리로부터 세상을 빼앗아갈까? 나는 최근 이러한 일은 일어나지 않을 것이라고 판단하게 되었다. 그 이유는 그들 (순수 로봇)이 빼앗아갈 대상인 우리 (사람)가 더 이상 존재하지 않을 것이기 때문이다. … 이러한 모든 경향은 결국 육체와 기계의 결합을 낳게 될 것이다. … 그래서 우리 (기계-인간)는 그들 (순수 기계)보다 항상 한발 앞서가게 될 것이다.”

“Will they decide that we humans are useless and stupid and take over the world from us? I have recently come to realize that this will never happen. Because there won’t be any us (people) for them (pure robots) to take over. … With all these trends we will become a merger between flesh and machines. … So we (the robot-people) will be a step ahead of them (the pure robot).”

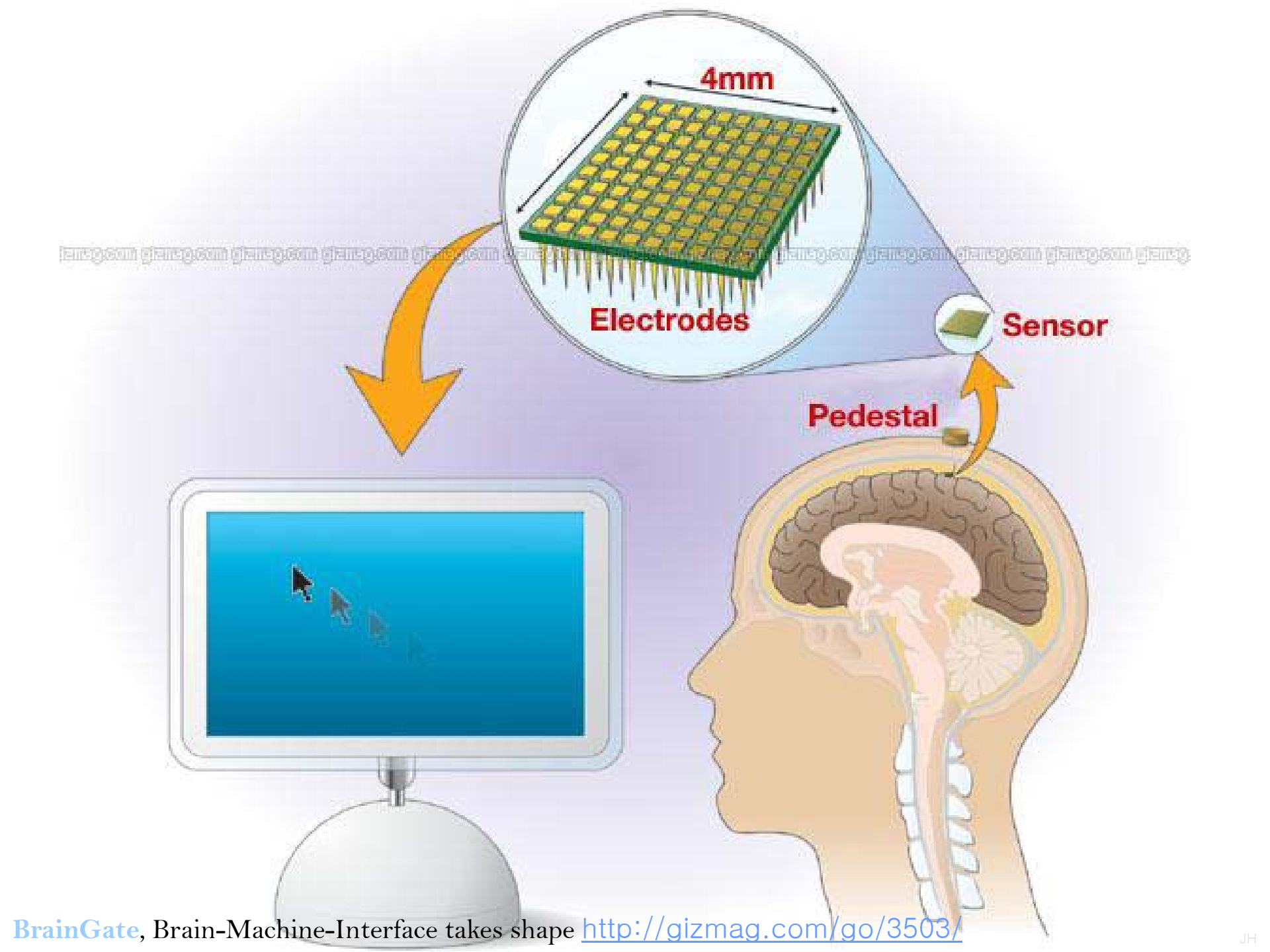
Rodney Brooks『Flesh and Machines』(2003)

"우리의 기계들은 우리와 아주 비슷하게 될 것이고,
우리는 우리들의 기계와 아주 비슷하게 될 것이다."

"Our machines will become much more like us, and we will become much more like our machines."

Rodney Brooks*

*Ray Kurzweil (2005)『The singularity is near: when humans transcend biology』



BrainGate, Brain-Machine-Interface takes shape http://gizmag.com/go/3503/

Claudia Mitchell using a **thought-controlled prosthetic arm**. She can now do "all kinds of daily tasks." Claudia Mitchell is one of the **first non-fictional cyborgs**. Her bionic arm is as of August 2006 the most advanced prosthetic arm, and it does not require any implants.

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

JH

인류의 마지막 발명품

"21세기는 – 우리가 어떻게 사는가 하는 정도가 아니라 – 인간 자체를 바꾸어버릴 가능성이 있다. 인류의 마지막 발명품은 초 지능을 가진 기계가 될 가능성이 있다."

『우리들의 마지막 세기』

"Twenty-first century may alter human beings themselves – not just how they live. A superintelligent machine could be the last invention humans ever make."

Martin Rees『Our Final Century』 (2003)

"따라서 최초의 초지능을 가진 기계가 인간이 만들 필요가 있는 마지막 발명품이다."

"Thus the first ultraintelligent machine is the last invention that man need ever make.

Irving John Good (1965)*

*http://en.wikipedia.org/wiki/Irving_Good

튜링기계

"튜링이 제안하는 것은 결국 중요한 것은 복잡성의 정도일 뿐이라는 것이다. 일정수준의 복잡성을 넘어서게 되면 정성적으로 전혀 다른 특성이 나타나게 되는데, 그러한 "수준을-넘어선" 기계는 우리가 이제까지 알고 있던 단순한 기계들과 전혀 다를 것이다"

"Turing is suggesting that it is only a matter of complexity, and that above a certain level of complexity a qualitative difference appears, so that "super-critical" machines will be quite unlike the simple ones hitherto envisaged."

John R. Lukas (1961)

http://users.ox.ac.uk/~jrlucas/Godel/mmg.html

"최초로 인간의 지능을 넘어서는 존재가 창조되고 자체적인 자기복제와 개선이 시작되면, 근본적인 불연속이 일어날 가능성이 있다. 그것이 어떤 차원의 일이 될지는 나는 차마 예측하려는 시도조차 하기 어렵다."

"When the first transhuman intelligence is created and launches itself into recursive self-improvement, a fundamental discontinuity is likely to occur, the likes of which I can't even begin to predict."

Michael Anissimov*

*Ray Kurzweil (2005)『The singularity is near: when humans transcend biology』

"앞으로 삼십 년 이내로, 우리는 인간을 뛰어넘는 지능을 창조할 기술적 수단을 가지게 될 것이다. 곧이어, 인간의 시대는 끝날 것이다. 이러한 진행을 피할 수 있는가? 피할 수 없다면, 우리가 살아남을 수 있도록 사태를 유도할 수는 있는가?"

"Within thirty years, we will have the technological means to create superhuman intelligence. Shortly after, the human era will be ended. Is such progress avoidable? If not to be avoided, can events be guided so that we may survive?"

Vernor Vinge (1993)
「The Coming Technological Singularity: How to Survive in the Post-Human Era」

http://www-rohan.sdsu.edu/faculty/vinge/misc/singularity.html

넘어선 존재

“인간은 넘어서야 하는 존재이다.”
“인간은 밧줄이다, 동물과 넘어선 존재 사이에 걸쳐진
-- 심연 위에 걸쳐진 밧줄.”

“Man is something that is to be surpassed.”
“Man is a rope, stretched between animal and overman (Übermensch)
-- a rope over an abyss.”

Friedrich Wilhelm Nietzsche (1844-1900)
『Thus Spoke Zarathustra』(1883-1885)

"인류의 자리를 이을 자는 누구인가? 이에 대한 답은: 우리가 우리의 후계자를 창조할 것이다. 결국 [미래에] 인간을 기계와 비교하는 것은 [지금] 말이나 개를 인간과 비교하는 것과 같게 될 것이다; 결론은 기계들이 생명을 갖게 된다는 것이다."

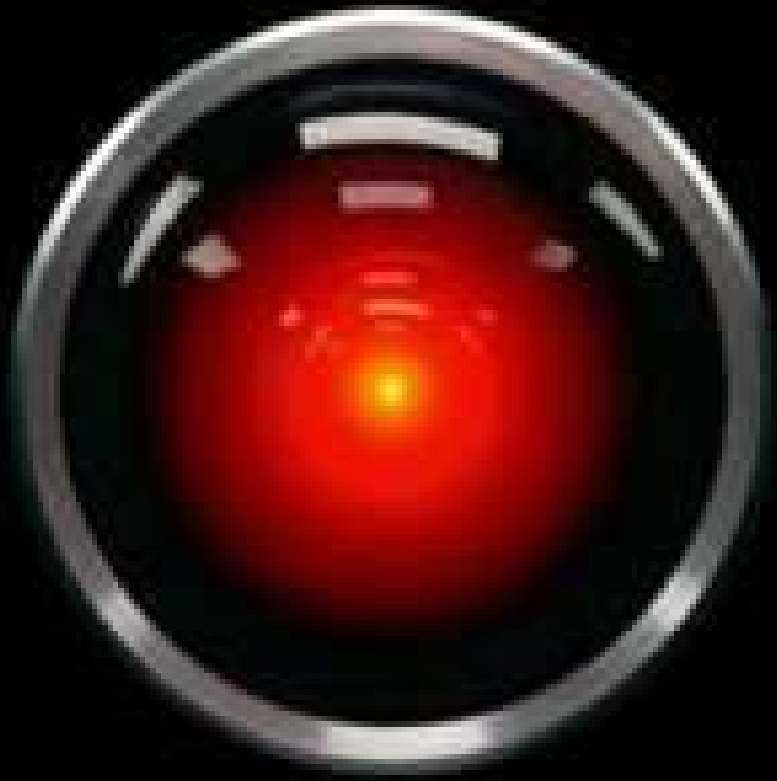
"Who will be man's successor? To which the answer is: We are ourselves creating our own successor. Man will become to the machine what the horse and the dog are to the man; the conclusion being that machines are, or are becoming, animate."

Samuel Butler (1835-1902)『Erewhon』*

*Ray Kurzweil (2005)『The singularity is near: when humans transcend biology』

JH

HAL 9000



Interviewer: Do you believe that Hal has genuine emotions?
Dave: Oh, yes. Well, he acts like he has genuine emotions. Uh, of course, he's programmed that way to make it easier for us to talk to him. But as to whether or not he has real feelings is something I don't think anyone can truthfully answer.

“우리는 그들을 이해할 수 없을 것이다.”

"한 마리 사자가 말을 한다면 우리는 그를 이해할 수 없을 것이다."

"If a lion could speak, we could not understand him."

Ludwig Wittgenstein (1889—1951)

인류의 선택

"[이러한] 초 지능이 언젠가 기술적으로 만들어질 수 있다고 하더라도, 사람들이 만드는 선택을 하겠는가? 이 질문에는 상당히 자신 있게 그렇다고 답할 수 있다. 초 지능을 만드는데 필요한 모든 과정은 [단기적으로] 엄청난 경제적인 이윤과 관련이 있다."

"Given that superintelligence will one day be technologically feasible, will people choose to develop it? This question can pretty confidently be answered in affirmative. Associated with every step along the road to superintelligence are enormous economic payoffs."

Nick Bostrom (1997)
「How Long Before Superintelligence?」 *

*Ray Kurzweil (2005)『The singularity is near: when humans transcend biology』

JH

딜레마

"생명공학은 특히 풀기 어려운 도의적 딜레마를 보여준다. 발전을 유보하려는 어떠한 결정도 그것이 가져다 줄 명백한 혜택 앞에서는 주춤할 수밖에 없다."

『우리의 인간이후 미래』

"Biotechnology presents us with a special moral dilemma, because any reservations we may have about progress need to be tempered with a recognition of its undisputed promise."

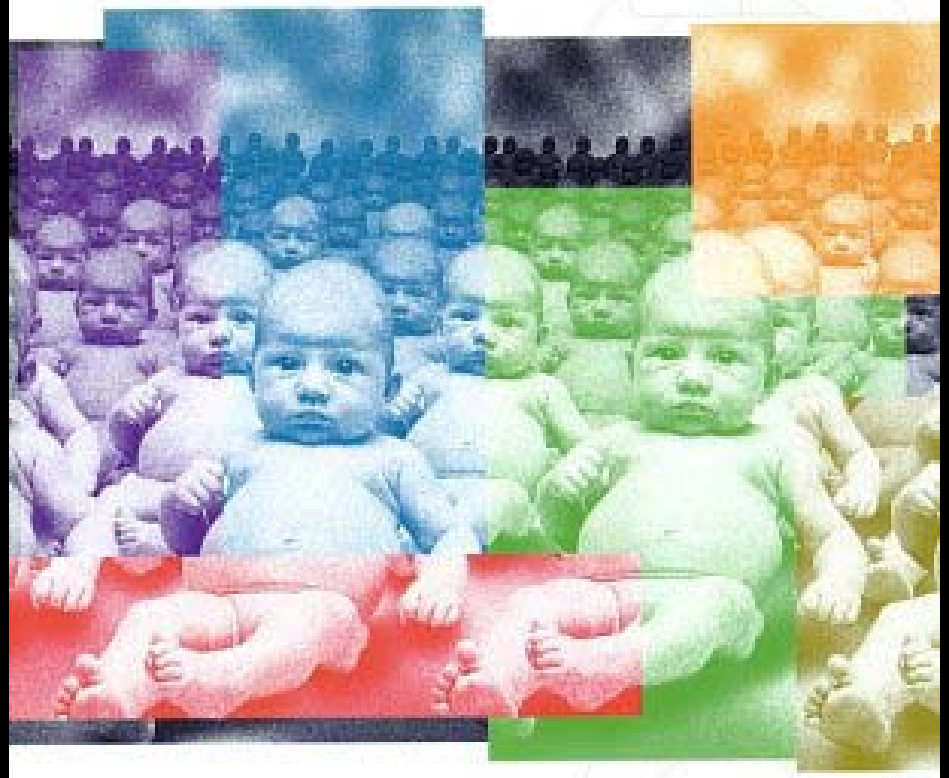
Francis Fukuyama (2002)

『Our Posthuman Future』 84p

JH

OUR POSTHUMAN FUTURE

CONSEQUENCES OF THE BIOTECHNOLOGY REVOLUTION



"Stunning...The genius of *Our Posthuman Future* is that it brings home just how important [these issues] will be in our immediate future for ordinary people." — *San Francisco Chronicle*

FRANCIS FUKUYAMA

PICADOR

JH

우려

"20세기 우리의 가장 강력한 기술들 – 로봇, 유전, 나노 공학 – 은 인류를 멸종위기에 처한 종으로 몰아가고 있다."

「왜 미래는 우리를 필요로 하지 않는가」

"Our most powerful 21st-century technologies - robotics, genetic engineering, and nanotech - are threatening to make humans an endangered species."

Bill Joy (2000)「**Why the future doesn't need us**」

http://www.wired.com/wired/archive/8.04/joy_pr.html

궁극적 위험

"우리가 아직 잘 인식하지 못하고 있는 사실은, 21세기 우리의 가장 강력한 기술들 – 로봇, 유전, 나노 공학 – 은 이제 까지 우리가 알고 있던 기술들과는 전혀 다른 차원의 위험을 초래한다는 것이다. 로봇, 유전공학의 산물, 나노 로봇은 폭발적인 위험요인을 공유하는데: 그들은 자기 복제가 가능하고, … 곧이어 [인간의] 통제를 벗어난다."

"… we have yet to come to terms with the fact that the most compelling 21st-century technologies - robotics, genetic engineering, and nanotechnology - pose a different threat than the technologies that have come before. Specifically, robots, engineered organisms, and nanobots share a dangerous amplifying factor: They can self-replicate. …, and quickly get out of control."

Bill Joy (2000)「Why the future doesn't need us」

http://www.wired.com/wired/archive/8.04/joy_pr.html

인류 전멸 위험

Existential Risks

우리들의 마지막 세기

JH

지구생명의 전멸가능성

- 인류의 핵전쟁으로는 인류조차 멸종 시키기 어렵지만, 자연현상은 지구생명을 전멸시킬 가능성이 있다.
- 예:
    1. 충돌 (asteroid impact)
    2. 인접 슈퍼노바 폭발 (supernova explosion)
    3. 인접 감마선 폭발체 (gamma ray burst)
    4. 해의 진화 (evolution to giant stage)

1.은 방어가능성

2.-3.은 제어 불가

4.는 수십억 년 뒤의 먼 미래

존재론적 위험

강도 / 범위	견딜만함	최종, 회복불능
개인	차량도난	사망
부분적	경기후퇴	인종청소
전체적	오존층 파괴 지구 온난화	존재론적 위험(**Existential Risks**) [자연:] 충돌, 천체 폭발, 해의 진화 [인공:] 전면 핵전쟁, 통제를 벗어난 유전, 나노, 로봇 공학, (호전적) 초지능 출현

Nick Bostrom「Existential Risks」(2002) http://www.nickbostrom.com/existential/risks.html

JH

어두운 전망

Great Filter

문명 제거장치

JH

문명 제거장치

- 우리를 방문한 외계문명이 없다는 "거대한 침묵의 문제"가 제기하는 한 가지 가능성:
  - 인류가 우주로 진출할 수 있는 (로켓)기술을 갖춘 시기가 스스로 자멸할 수 있는 (핵)기술을 갖춘 시기와 일치
  - 이 두 기술은 사실상 같은 것
  - GNR이 보여주는 가능성은 핵보다 더 가공함
- 우주에서 고등문명이 출현하는 것을 막는 "문명 제거장치 (The Great Filter)"가 있다면, 현재 인류 수준에 도달하는 시점의 과거에 있는 것인가, 혹은 미래에 있는 것인가?
- 만약, 제거장치가 우리의 미래에 기다리고 있다면?

미래

The Future

미래는 예측 가능한가?

미래와 우리의 관계는?

"우리는 미래를 건설하러 왔지 미래의 희생물이 되려고 온 것이 아니다."

"We are called to be architects of the future, not its victim."

Richard Buckminster Fuller (1895-1983)*

*Joel Garreau (2005)『Radical evolution』234p

“미래는 그것이 발생하기 훨씬 이전에 우리에 의해 변화되기 위해 우리 앞에 나타난다.”

“The future enters into us in order to transform itself in us long before it happens.”

Rainer Maria Rilke (1875-1926)*

*Ray Kurzweil (2005)『The singularity is near』

전략적 미래

전략적 미래 (Strategic Foresight) :

- 미래는 예측이 가능하지 않다.
  The future is not predictable.
- 미래는 미리 결정되어 있지 않다.
  The future is not predetermined.
- "미래의 결과는 현재 우리의 선택에 좌우된다."
  "Future outcomes can be influenced by our choices in the present"
  Roy Amara (1981)

- 미래에 대한 탐구는 결국 지금 우리가 무엇을 해야 하는지 알고자 하는 노력

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

"우리는 앞으로 단 한 세기 후에 조차 지구에서 지능을 가진 가장 우세한 종이 어떤 형태일지 알고 있지 못하다. ... 우리의 운명은 이번 세기 동안 우리가 할 우리의 선택들에 달려있다."

"[We] cannot even be sure what the dominant form of intelligence on Earth will be, even a century from now. … Our destiny depends on … choices that we ourselves make during the present century."

Martin Rees (2003)『Our Final Century』

우주생물학

- 지구생명은 필연적인가 우연의 결과인가?
- 외계생명이 존재하기 위해 지구의 어떤 조건이 필수적일까?
- Rare Earth 혹은 Life everywhere?
- 외계 생명도 우리와 같은 생화학 (C과 물)에 기반을 두고 있을까?
- 우주에서 생명 진화의 최종단계는 무엇인가?
- 지능을 가진 외계생명은 얼마나 멀리 떨어져 있을까?
- Fermi paradox 가 가진 의미는 무엇인가?
- 우주에서 지구생명의 위치는?
- 지구생명의 미래는?
- 아직 발견되지 않은 외계생명에 대한 우리의 논의는 우리자신의 과거-현재-미래를 돌아보는 것.

"나는 종종 우리가 혼자일 것으로 생각하고, 종종 그렇지 않을 것으로 생각한다. 두 가지 생각 모두 충격적이다."

"Sometimes I think we're alone. Sometimes I think we're not. In either case, the thought is staggering "

Richard Buckminster "Bucky" Fuller (1895-1983)*

*Stephen Webb『Where is Everybody?』(2002)