

조상 이야기

- 생명의 기원을 찾아서

이한음 번역, 까치(2005)



2010년 4월 6일
인천백북스
손호선

전체 내용

제목: 조상 이야기 - 생명의 기원을 향한 순례여행 (2005)

원제: The Ancestor's Tale : A Pilgrimage to the Dawn of Life (2004)

이 책은 40억년의 시간을 거슬러 올라가는 일종의 순례여행입니다. 순례자는 사람과 다른 동물, 식물, 곰팡이 그리고 세균 등 살아있는 모든 생물들이고, 우리는 시간을 거슬러 올라가면서 우리와 같은 조상을 지닌 다른 순례자들과 차례로 만나면서 합류합니다. 이 거대 담론은 각 순례자들의 이야기를 모은 것입니다. 이 이야기들의 밑바탕에는 전체를 하나로 통합하는 **진화**라는 근본 원리가 놓여있기 때문에, 우리는 이 책에서 우리의 조상을 추적하고 우리와 다른 생물들과의 관계를 알게 됩니다.

- 조상이야기, 뒤쪽 표지 요약

목 차

1. 이 책의 선정이유
2. 총서시: 진화의 증거
 - 화석과 지질시대
 - 형태비교
 - 유전자 비교
3. 본론: 랑데부 0 ~ 9
4. 토론

왜 이 책을 선정했는가?

1. 인류의 조상을 처음부터 끝까지 추적
2. “**분자진화학**”의 최근 성과를 충분히 반영하였다.
3. 통찰력 있는 통합이론 (고생물학 + 비교해부학
+ 생태학 + 유전학 + 분자생물학)
4. 불편한 진실을 회피하지 않았다.
5. 작은 이야기 형식으로 구성되어 읽기 쉽다.

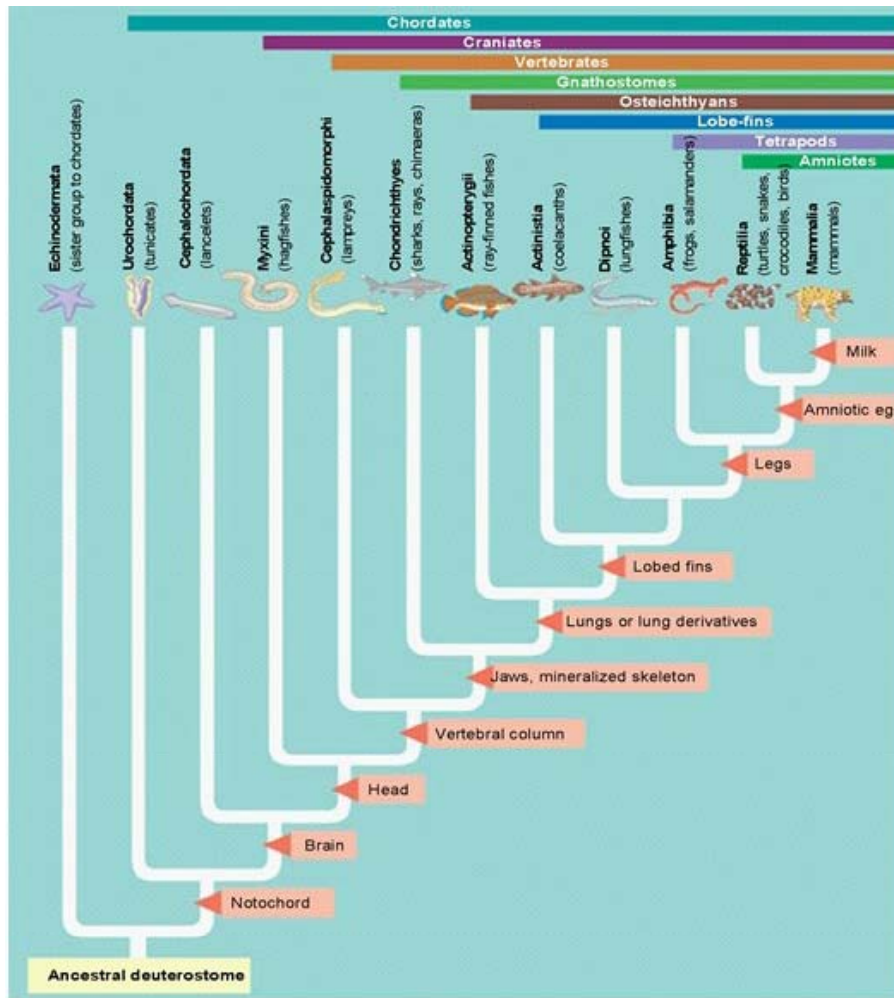
**그래서 내용이 어렵고, 원문이 거칠고, 번역이 시원치
않음에도 불구하고 이 책을 선정했습니다.**

왜 이 책을 선정했는가?

“오늘날 진화론은 지구가 태양의 둘레를 돌고 있다는 사실과 같이 의심의 여지가 없다. 그러나 다윈 혁명이 뜻하는 모든 것은 아직 충분히 이해되지 않고 있다.(...) ”

- 리처드 도킨스, [이기적유전자] 1장

진화란 무엇인가?



1. 우리의 몸과 마음은 40억년 진화의 산물이다.
2. 생물은 진화경로에서 새로운 형질을 획득하거나 잃어버린다.
3. 가까운 공통 조상(MRCA)을 가진 생물은 많은 공유형질을 가진다.

세계관을 바꾼 3번의 과학혁명

첫 번째, 코페르니쿠스-뉴턴 혁명 (16세기)

>>> 지구는 우주의 중심이 아니다.

두 번째, 다윈 혁명 (18세기)

>>> 인간은 털 없는 원숭이다.

세 번째, 뇌과학 혁명 (20세기?)

>>> 몸과 마음은 하나이다.

진화는 사실인가?

콩 심은 데 콩 나고, 팥 심은 데 팥 난다. - 한국 속담

하나님이 땅의 짐승을 그 종류대로, 육축을 그 종류대로, 땅에
기는 모든 것을 그 종류대로 만드시니... - 창세기 1장25절

사람 여자는 사람 남자와 결혼해서 사람 아기를 낳는다.

침팬지 암컷은 침팬지 수컷과 교미해서 침팬지 새끼를 낳는다.

고릴라 암컷은 고릴라 수컷과 교미해서 고릴라 새끼를 낳는다.

그런데 왜 사람과 침팬지 고릴라는 많은 공통점을 가졌을까?

진화의 증거

1. 화석의 증거 - 시간축
2. 형태 비교
3. 유전자(DNA) 비교

1. 화석의 증거






















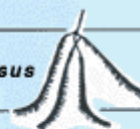


주로 화석생물의 변화를 토대로 지질시대를 구분한다.

“페름기 말에 일어난 대규모 멸종 전후의 암석 덩어리를 제대로 구분하지 못하는 고생물학자는 없다.”

- p28, 스티븐 제이 굴드

표준화석 (index fossil) – 지질시대 인식의 기준이 되는 화석

표준화석

CENOZOIC ERA (Age of Recent Life)	Quaternary Period	<i>Pecten gibbus</i>		<i>Neptunea tabulata</i>	
	Tertiary Period	 <i>Calyptraphorus velatus</i>		 <i>Venericardia planicosta</i>	
MESOZOIC ERA (Age of Medieval Life)	Cretaceous Period	<i>Scaphites hippocrepis</i>		<i>Inoceramus labiatus</i>	
	Jurassic Period	 <i>Perisphinctes tiziani</i>		<i>Nerinea trinodosa</i>	
	Triassic Period	<i>Trophites subbullatus</i>		<i>Monotis subcircularis</i>	
PALEOZOIC ERA (Age of Ancient Life)	Permian Period	 <i>Leptodus americanus</i>		 <i>Parafusulina bosei</i>	
	Pennsylvanian Period	<i>Dictyoclostus americanus</i>		<i>Lophophyllidium proliferum</i>	
	Mississippian Period	 <i>Cactocrinus multibrachiatus</i>		 <i>Prolecanites gurleyi</i>	
	Devonian Period	<i>Mucrospirifer mucronatus</i>		<i>Palmatolepus unicornis</i>	
	Silurian Period	 <i>Cystiphyllum niagarense</i>		 <i>Hexamoceras hertzeri</i>	
	Ordovician Period	<i>Bathyrurus extans</i>		<i>Tetragraptus fruticosus</i>	
	Cambrian Period	 <i>Paradoxides pinus</i>		 <i>Billingsella corrugata</i>	
PRECAMBRIAN					

화석과 지질시대

대	기	세	절대연대(백만년전)
신생대	제4기	홀로세 플라이스토세	~1.6
	제3기 (고+신)	플라이오세 마이오세	~23
		올리고세 에오세 팔레오세	~65
중생대	백악기		~145
	쥐라기		~200
	트라이아스기		~251
고생대	페름기		~299
	석탄기		~359
	데본기		~416
	실루리아기		~444
	오르도비스기		~488
	캄브리아기		~542
원생대	(선캄브리아기)		~2500
시생대	(선캄브리아기)		~

←백악기 멸종
(지배파충류 X)

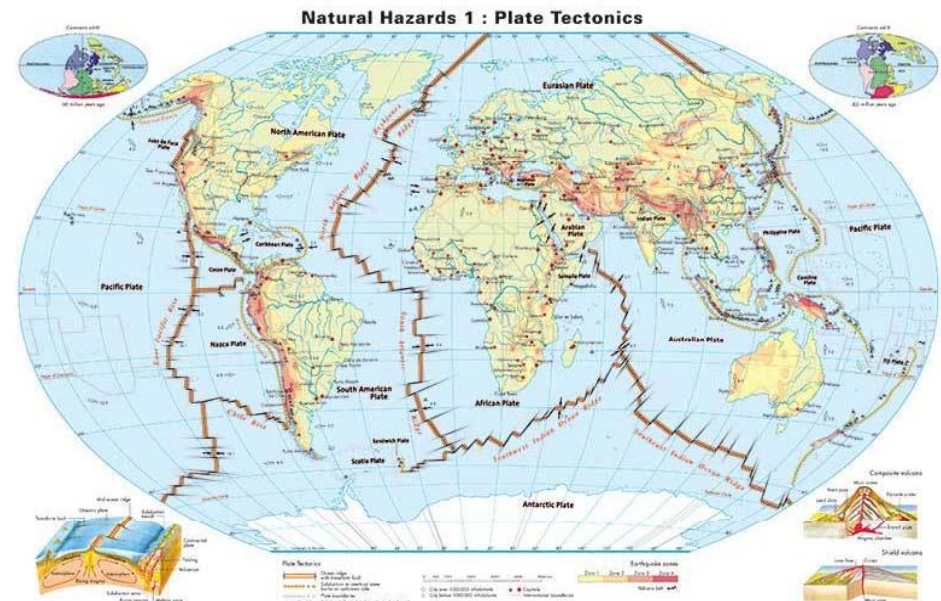
←페름기 대멸종
(생물종 % X)

보충자료: 대륙 이동

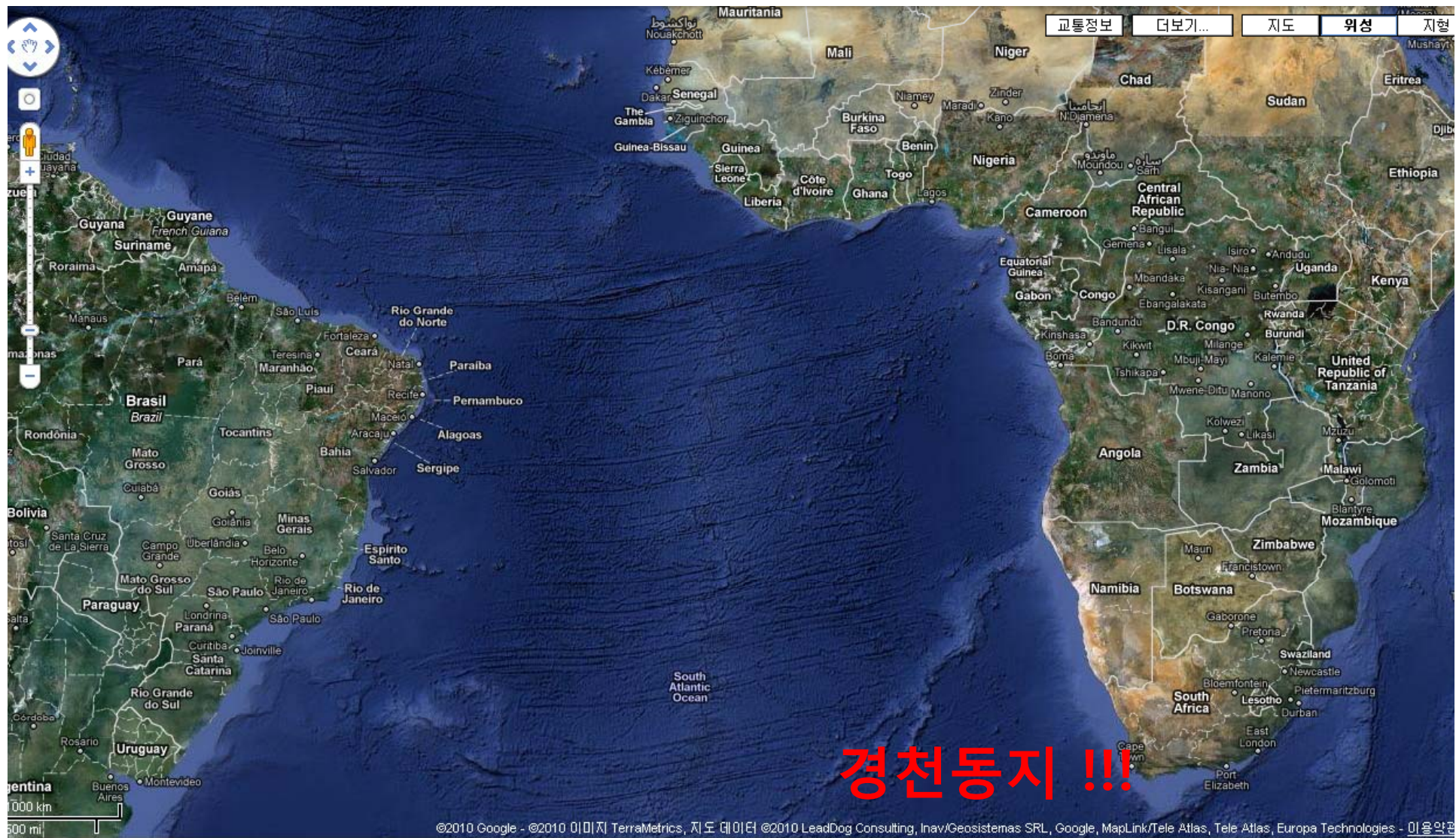
1. 해안선 모양이 일치
2. 해저산맥(해령)에서 새로운 지각이 생성된다. -> 구글지도
3. 해저산맥에 가까울수록 최근에 생성되었다.
4. 지자기의 역전 (액체상태의 용암이 굳으면서)



출처: 구글지도

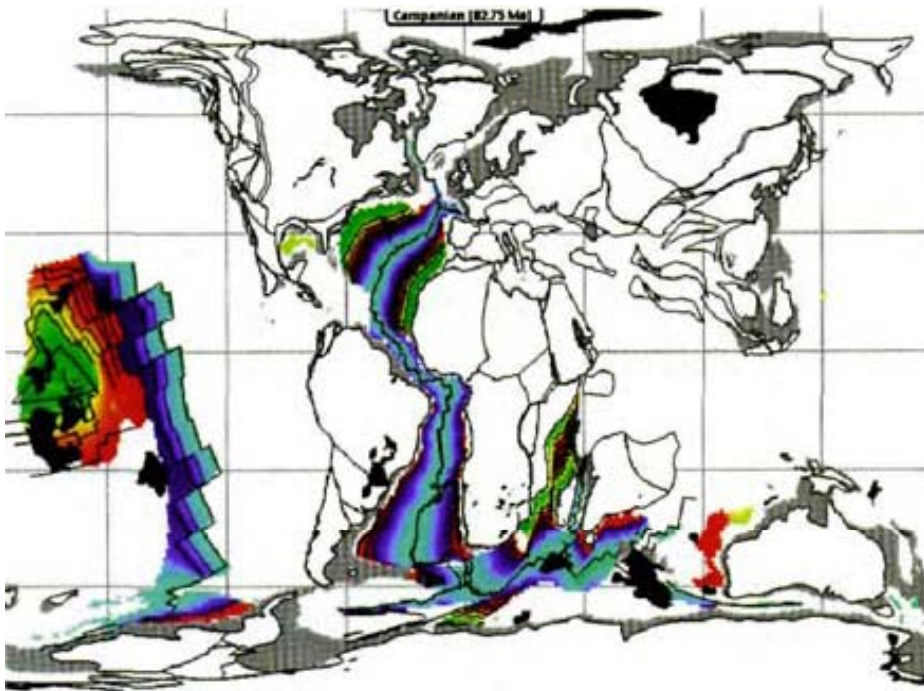


출처: <http://img5.imageshack.us/img5/7871/platetectonics.jpg>

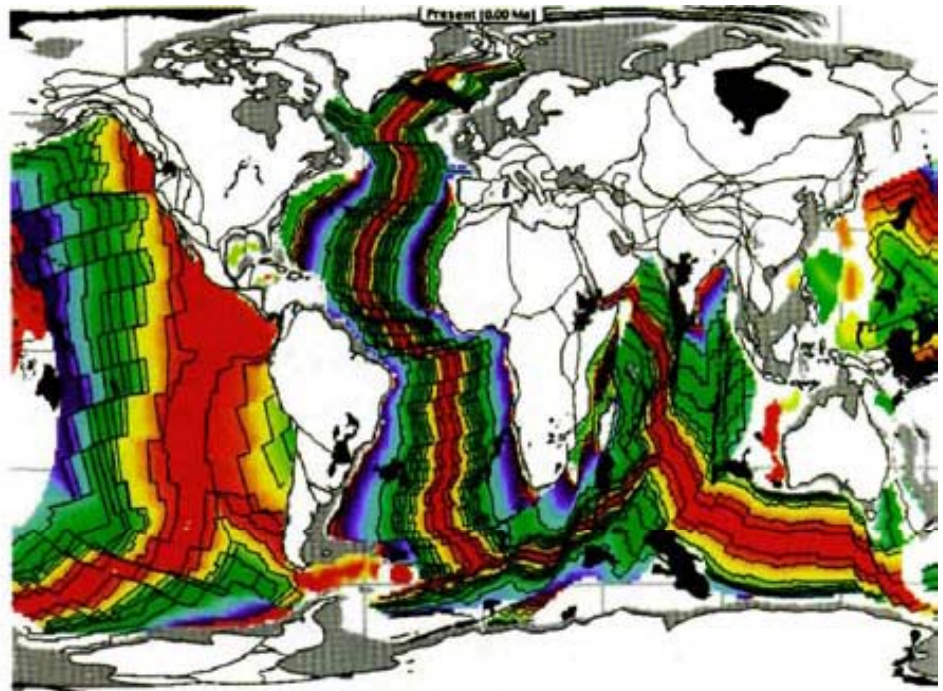


출처: 구글지도

대륙이동설과 지각의 생성연대(p325)

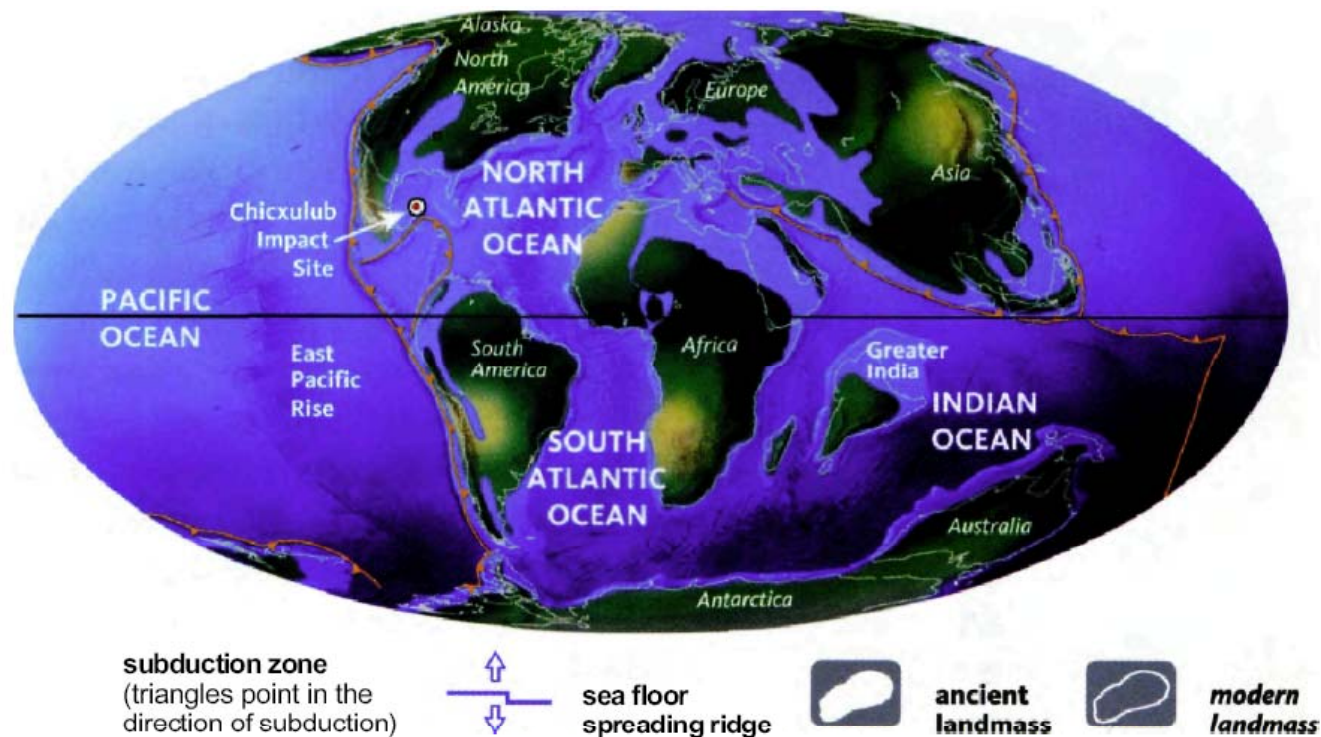


6,800만년전 (백악기 말)



현재

6,500만년전 대륙분포 (백악기말)

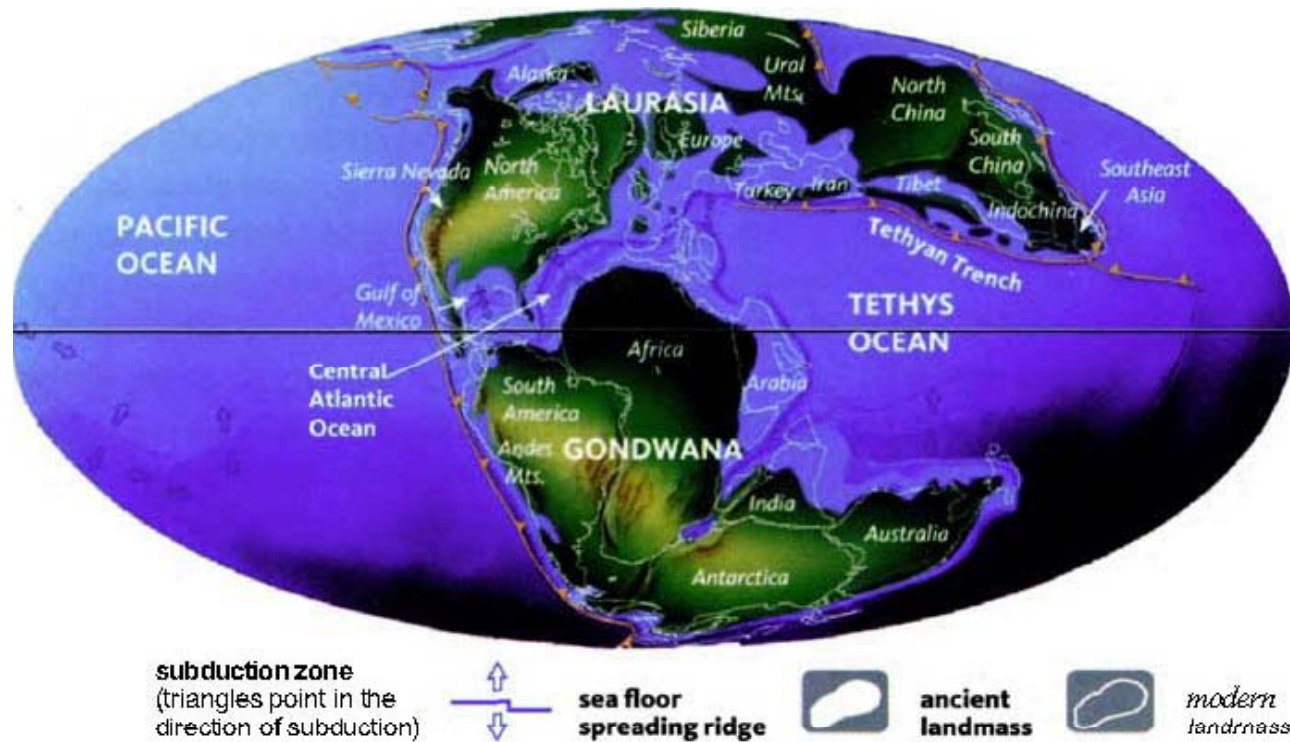


곤드와나의 분리 = 남미 + 아프리카 + 마다가스카르 + 인도 + 호주 + 남극

중생대 내내 따뜻하여 남극까지 생물이 살았다. – p196

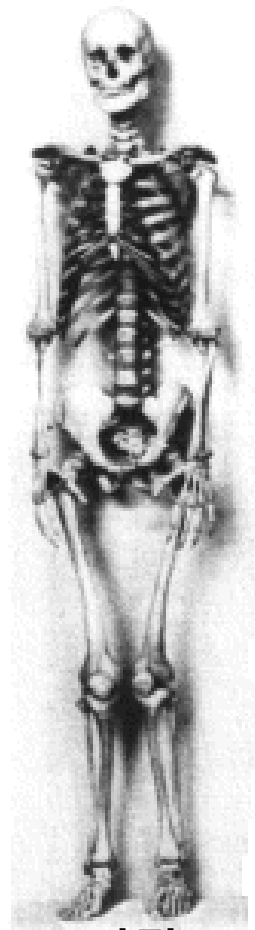
15,000만년전 대륙분포 (쥐라기초)

로라시아 = 북미 + 유럽 + 아시아

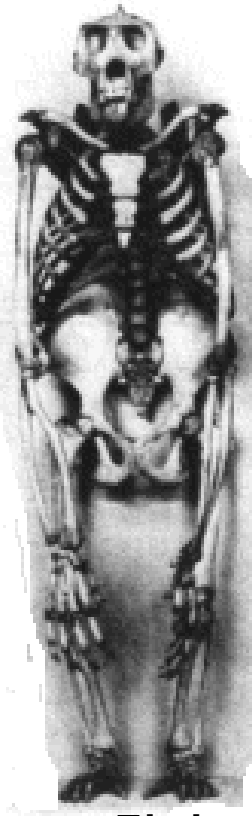


곤드와나 = 남미 + 아프리카 + 인도 + 호주 + 남극

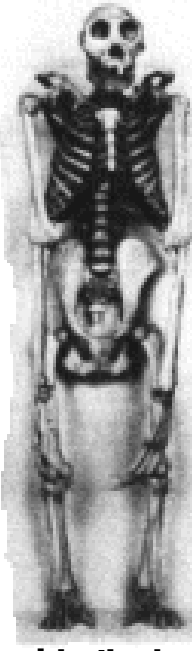
2. 형태적 증거 (상동성)



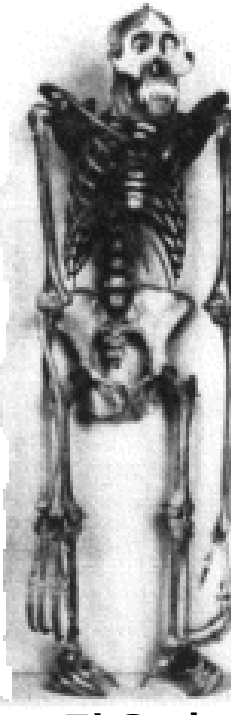
사람



고릴라



침팬지

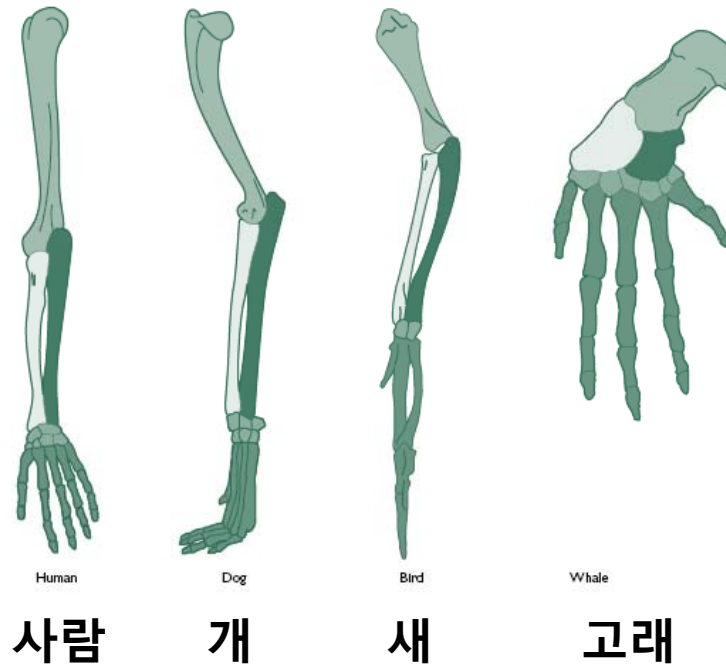


오랑우탄



긴팔원숭이

2. 형태적 증거 (상동성)



3. 유전자 비교 - 게놈 DNA

생물종	게놈 크기(bps)	유전자 수	유전자 밀도 (1 gene / bps)	염색체 수(n)	참고
인간	3,200 million	25,000	128,000	23	2001년
침팬지	3,100 million	25,000	124,000	24	2005년
생쥐	2,600 million	25,000	100,000	20	
초파리	137 million	13,000	9,000	4	2000년
애기장대	100 million	25,000	4,000	5	
예쁜꼬마선충	97 million	19,000	5,000	6	
효모	12.1 million	6,000	2,000	16	
대장균	4.6 million	3,200	1,400	1	
병원성 세균 H. Influenzae	1.8 million	1,700	1,000	1	
미토콘드리아(인간)	16,569 bp	15	1,000	1	

출처 자료 수집

3. 유전자 비교 - 공통 코드

		1st base					
		U	C	A	G		
2nd base	U	UUU Phenylalanine	UCU Serine	UAU Tyrosine	UGU Cysteine	U	3rd base
		UUC Phenylalanine	UCC Serine	UAC Tyrosine	UGC Cysteine	C	
		UUA Leucine	UCA Serine	UAA Stop	UGA Stop	A	
		UUG Leucine	UCG Serine	UAG Stop	UGG Tryptophan	G	
	C	CUU Leucine	CCU Proline	CAU Histidine	CGU Arginine	U	
		CUC Leucine	CCC Proline	CAC Histidine	CGC Arginine	C	
		CUA Leucine	CCA Proline	CAA Glutamine	CGA Arginine	A	
		CUG Leucine	CCG Proline	CAG Glutamine	CGG Arginine	G	
	A	AUU Isoleucine	ACU Threonine	AAU Asparagine	AGU Serine	U	
		AUC Isoleucine	ACC Threonine	AAC Asparagine	AGC Serine	C	
		AUA Isoleucine	ACA Threonine	AAA Lysine	AGA Arginine	A	
		AUG Methionine (Start)	ACG Threonine	AAG Lysine	AGG Arginine	G	
	G	GUU Valine	GCU Alanine	GAU Aspartic Acid	GGU Glycine	U	
		GUC Valine	GCC Alanine	GAC Aspartic Acid	GGC Glycine	C	
		GUA Valine	GCA Alanine	GAA Glutamic Acid	GGA Glycine	A	
		GUG Valine	GCG Alanine	GAG Glutamic Acid	GGG Glycine	G	

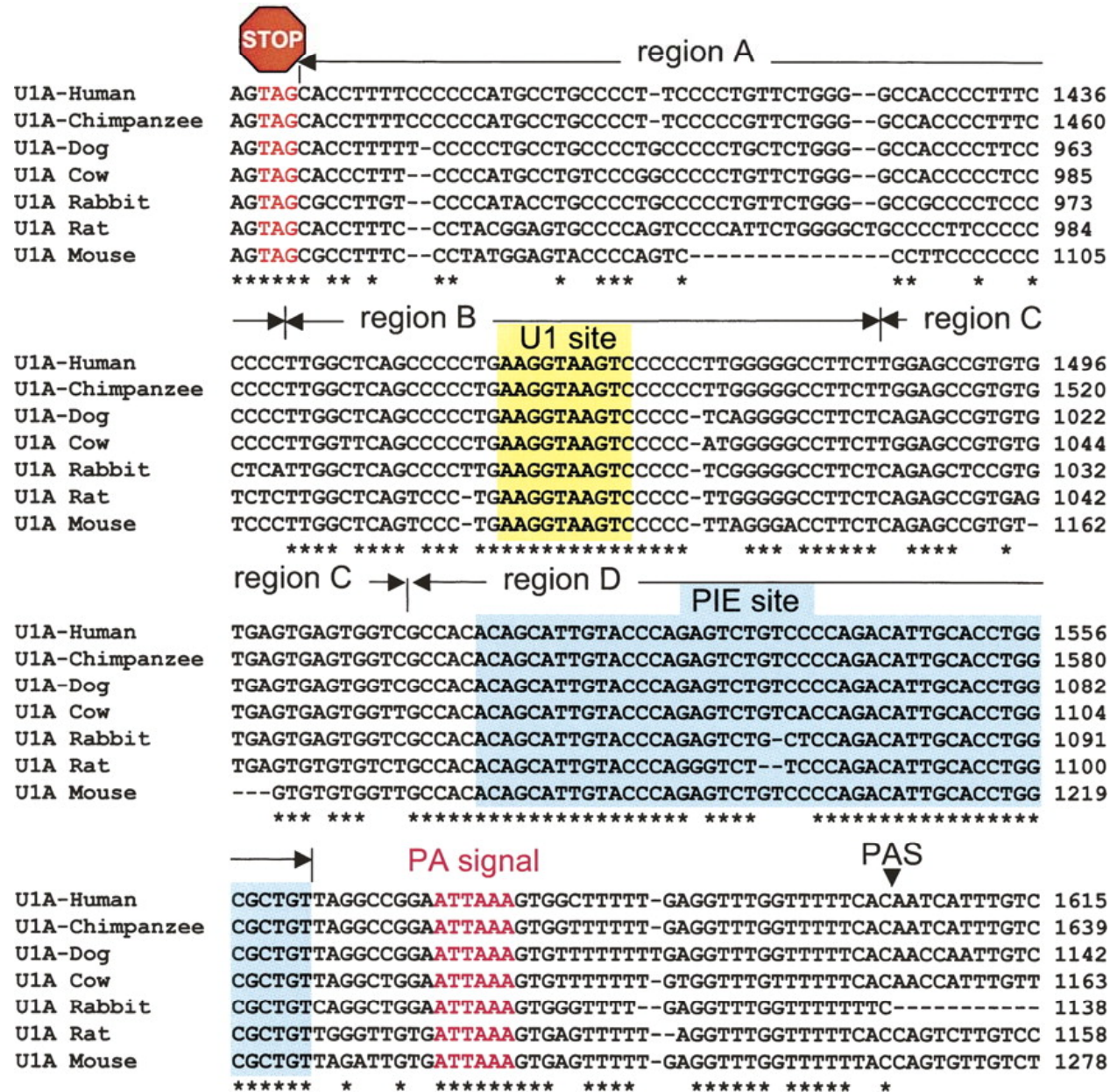
Nonpolar, aliphatic Polar, uncharged Aromatic Positively charged Negatively charged

모든 생물의 만국공통어 !!!

G, A, T(U), C = 4

4 X 4 X 4 = 64

3. 유전자 비교 사례 (U1A 유전자)



계통나무 만드는 방법

1. 이웃결합법 (neighbor joining method)
2. 경제법 (parsimony method)
3. 최대우도법 (maximum likelihood method)
4. 부트스트랩 방법 (bootstrap method)
5. 베이지안 방법 (bayesian method)

보충자료: 캔터베리 이야기

《캔터베리 이야기(The Canterbury Tales)》는 영국의 이야기 문학으로, 제프리 초서(Geoffrey Chaucer)의 걸작이다.

총 30명 내외의 사람들이 런던의 어느 여관에 모여, 순교자 토머스 벅을 모시는 캔터베리의 유명한 사원으로 순례를 떠나게 된다. 그리하여 여관집 주인이 자진하여 안내자가 되어 왕복길을 지루하지 않고 재미있는 순례길이 되기 위해 한 사람이 두 가지씩 이야기를 할 것을 제안한다. 이리하여 순례자들은 각자 자기 나름대로의 재미있는 이야기를 하게 된다.

출처: 위키백과

캔터베리 이야기 판본의 문제

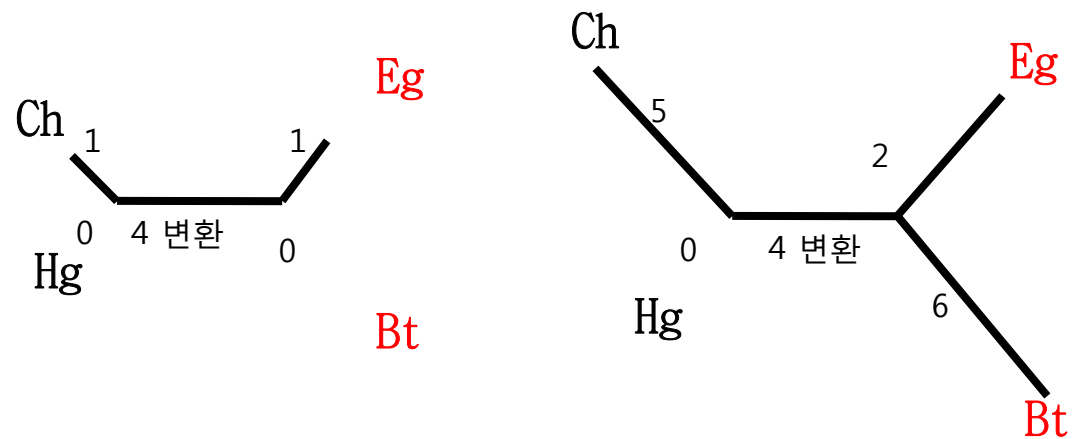
Bt: Whan that Apiylle / wyth hys showres soote	The drowhte of Marche / hath pcede to the rote
Ch: Whan that Auerell w' his shoures soote	The droght of Marche hath pced to the roote
Eg: Whan that Aprille with his showres soote	The drowte of marche hath pced to the roote
Hg: Whan that Aueryll w' his shoures soote	The droghte of March / hath pced to the roote
1 2 3 4 5 6 7	8 9 10 11 12 13 14

캔터베리 이야기 판본의 문제

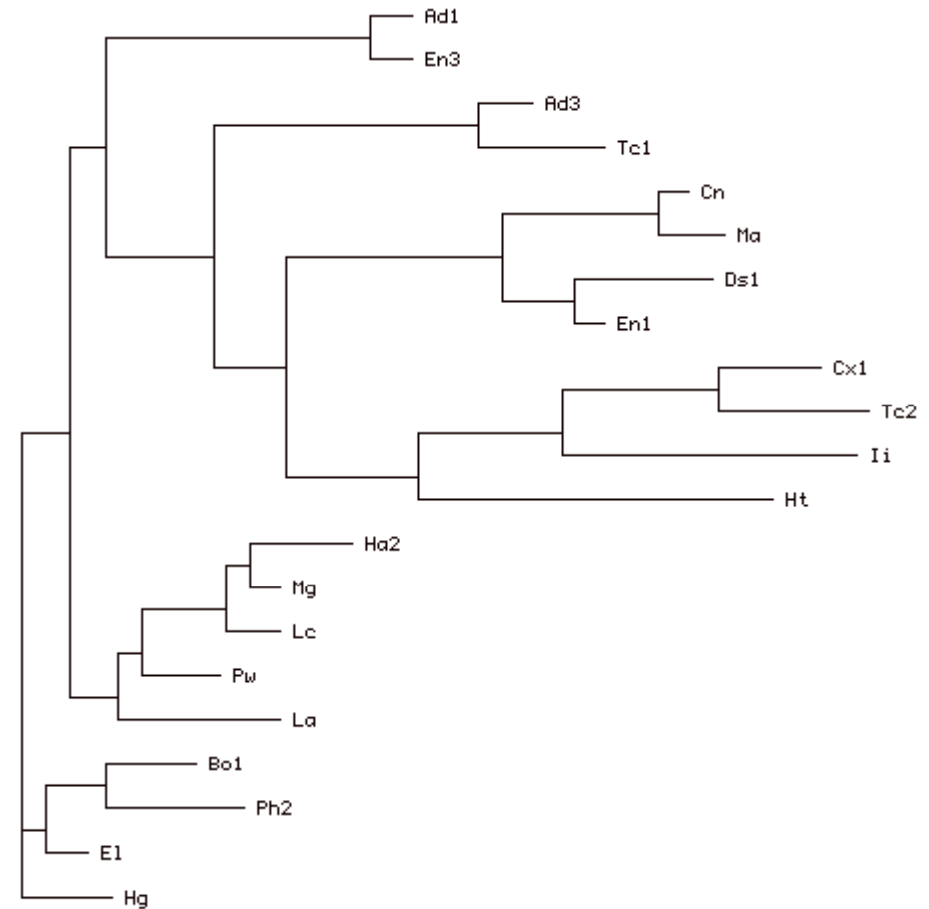
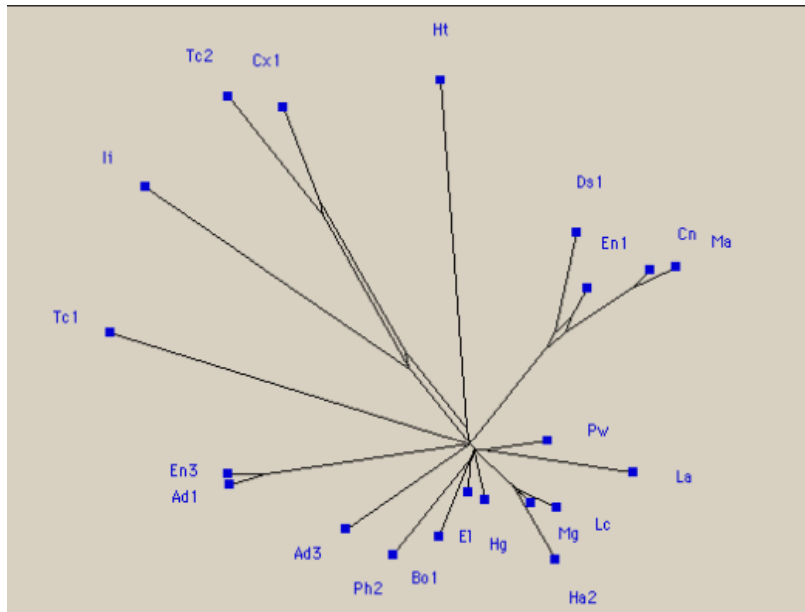
Bt: Whan that Apiylle / wyth hys showres soote	The drowhte of Marche / hath pcede to the rote
Ch: Whan that Auerell w' his shoures soote	The droght of Marche hath pced to the roote
Eg: Whan that Aprille with his showres soote	The drowte of marche hath pced to the roote
Hg: Whan that Aueryll w' his shoures soote	The droghte of March / hath pced to the roote
1 2 3 4 5 6 7	8 9 10 11 12 13 14

경제법 (parsimony method)

Bt: p e w w /
Ch: u l u g
Eg: p e w w
Hg: u l u g /
1 3 7 8 12

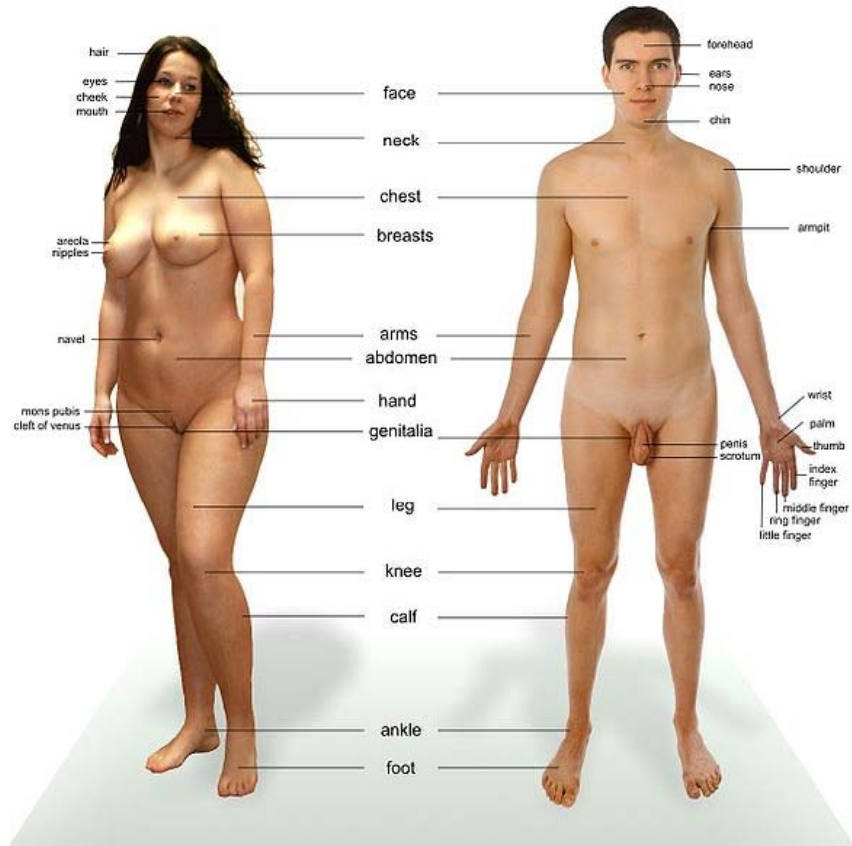


캔터베리 이야기 프로젝트 판본 분석 데이터



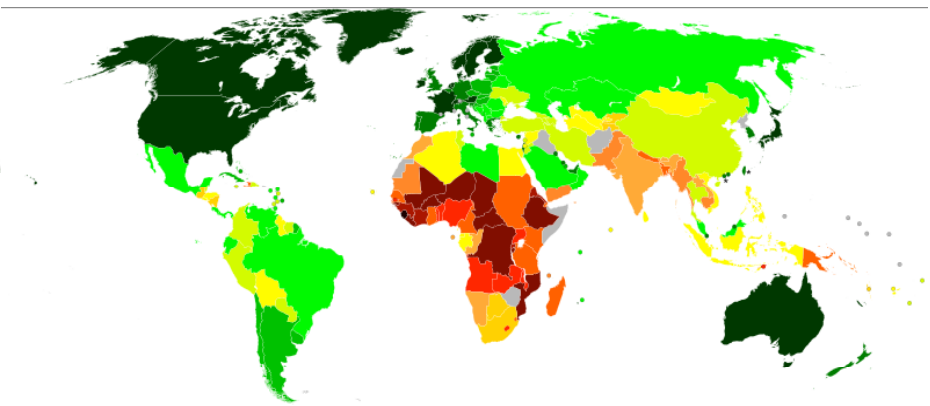
출처: <http://www.canterburytalesproject.org/pubs/desc2.html>

랑데부0: 현생인류(Homo Sapiens)

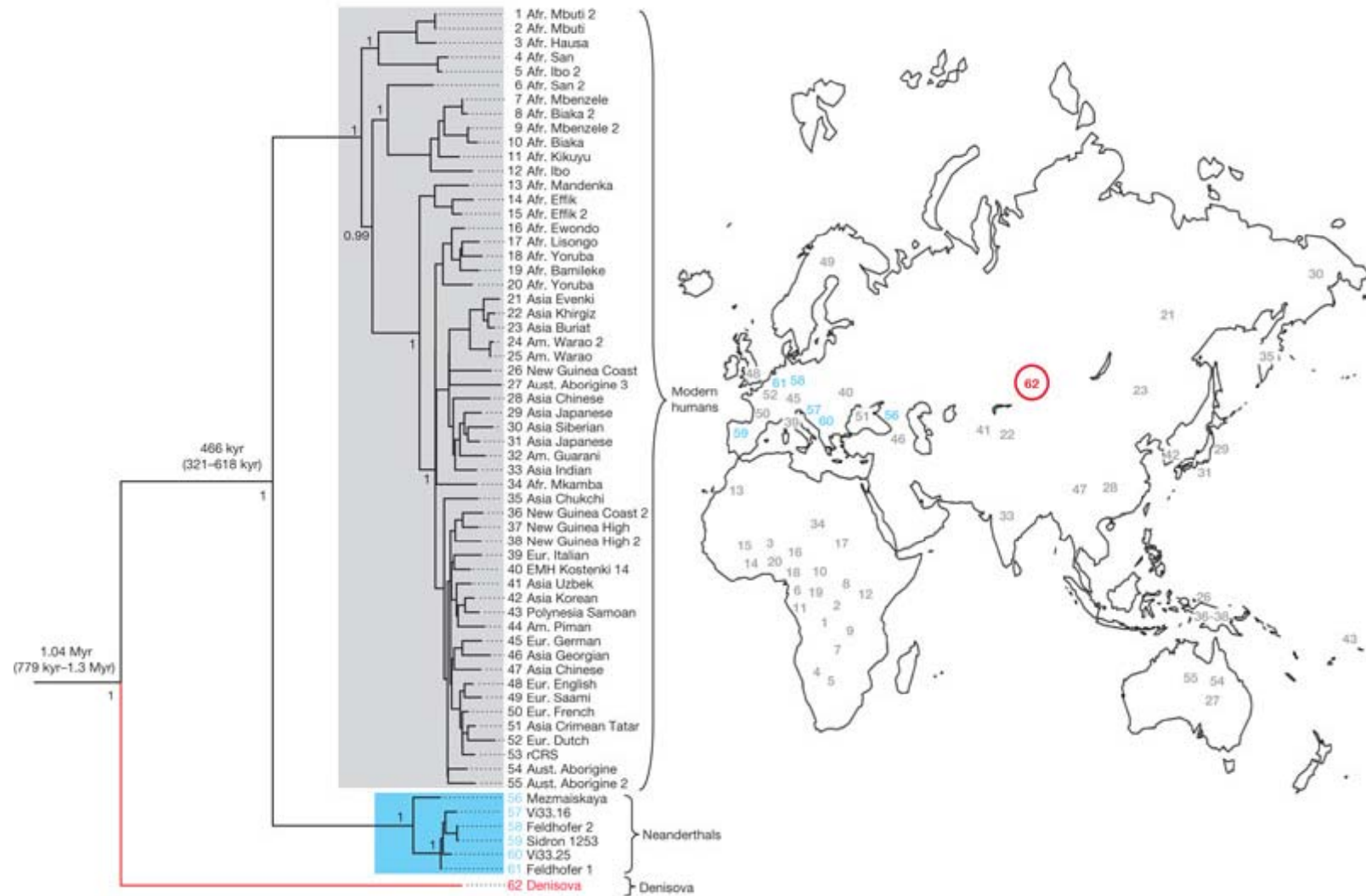


출처: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Human_anatomy.jpg

분포 지역



이브의 이야기 (미토콘드리아 DNA)



출처: Johannes Krause et al, The complete mitochondrial DNA genome of an unknown hominin from southern Siberia. Nature, 24 March 2010 | doi:10.1038/nature08976

아담의 이야기 (Y 염색체)

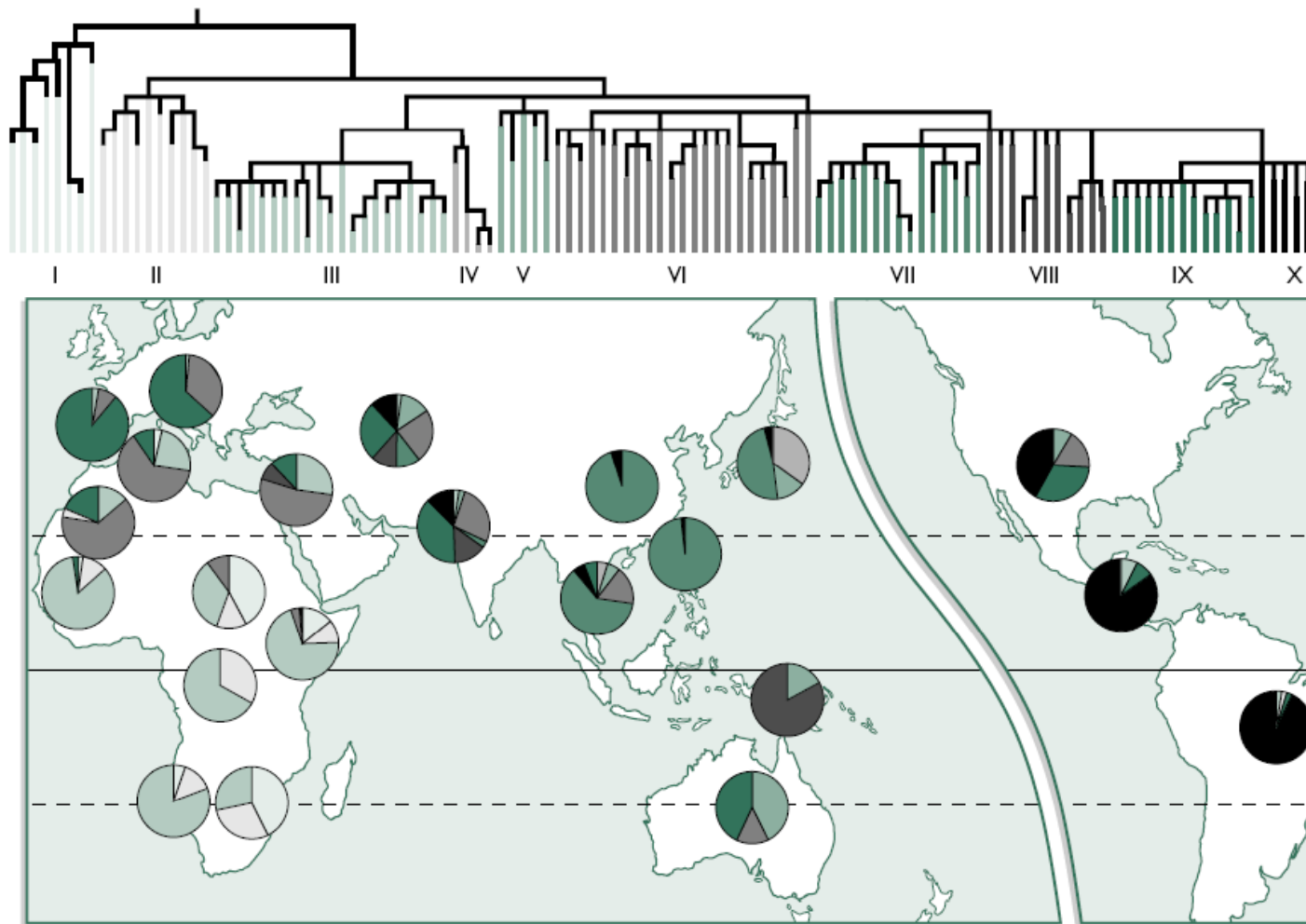
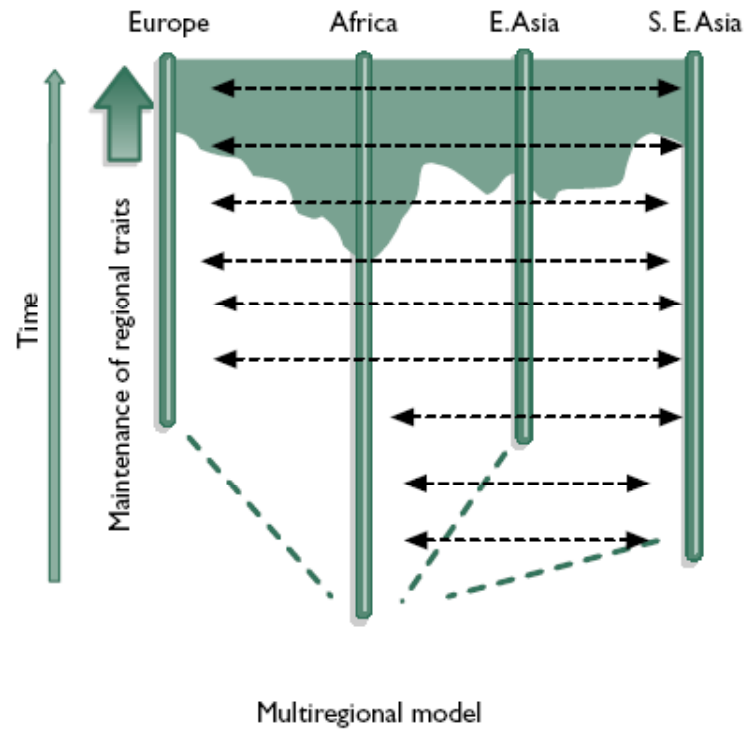
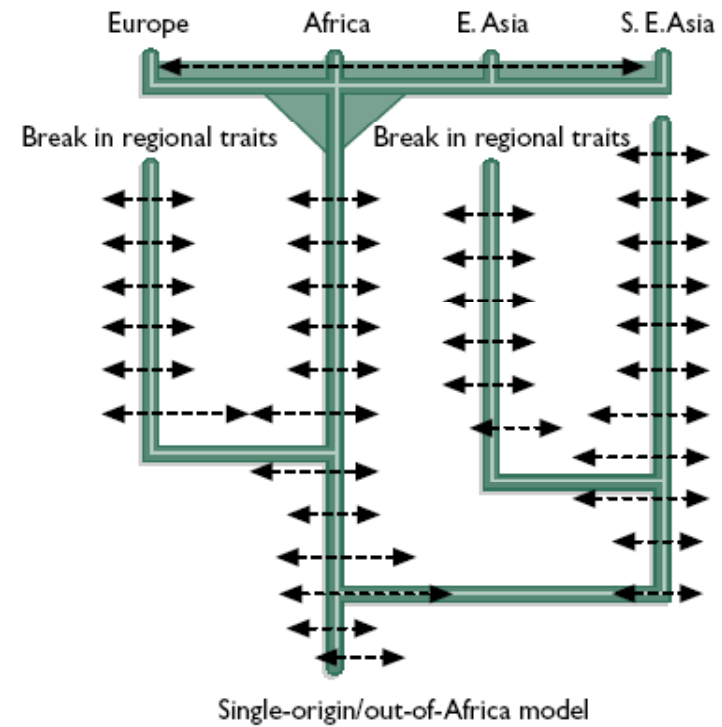


FIGURE 15.9 Y chromosome diversity and relationships: As with mitochondrial DNA, the Y chromosome shows that the greatest diversity is to be found in Africa. This tree represents the gene history of the Y chromosome, and hence the history of males. Roman numerals show the Y chromosome haplogroups that have been recognized and have a regional pattern; pie charts show their frequency in different parts of the world. (Courtesy of P. Underhill et al.⁴¹²)

인류기원에 대한 두 가지 가설

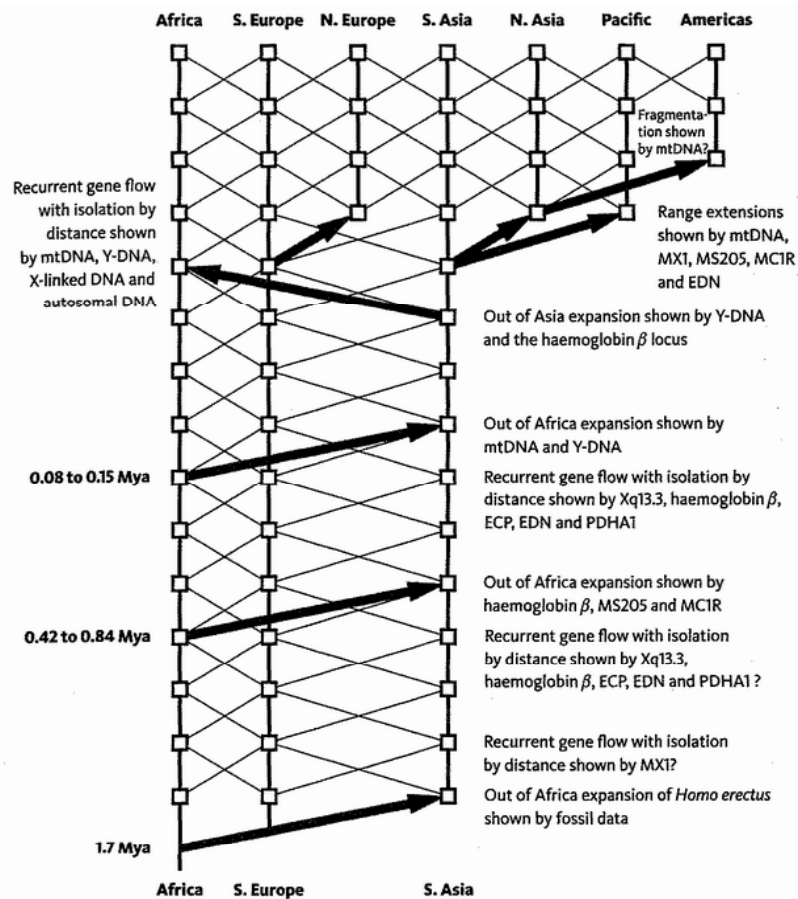


고아프리카 탈출설 (OOOA)



신아프리카 탈출설 (YOOA)

아프리카 반복 탈출설



Out of Africa again and again. Templeton's summary of major human migrations, based on the study of 13 haplotypes. Vertical lines represent genetic descent; diagonal lines represent gene flow. The major human migrations indicated by genetic data are shown by the thick arrows. Adapted from Templeton [284] (square brackets refer to sources in the Bibliography).

아프리카반복탈출설 (OOAA)

현생인류의 기원에 대한 결론

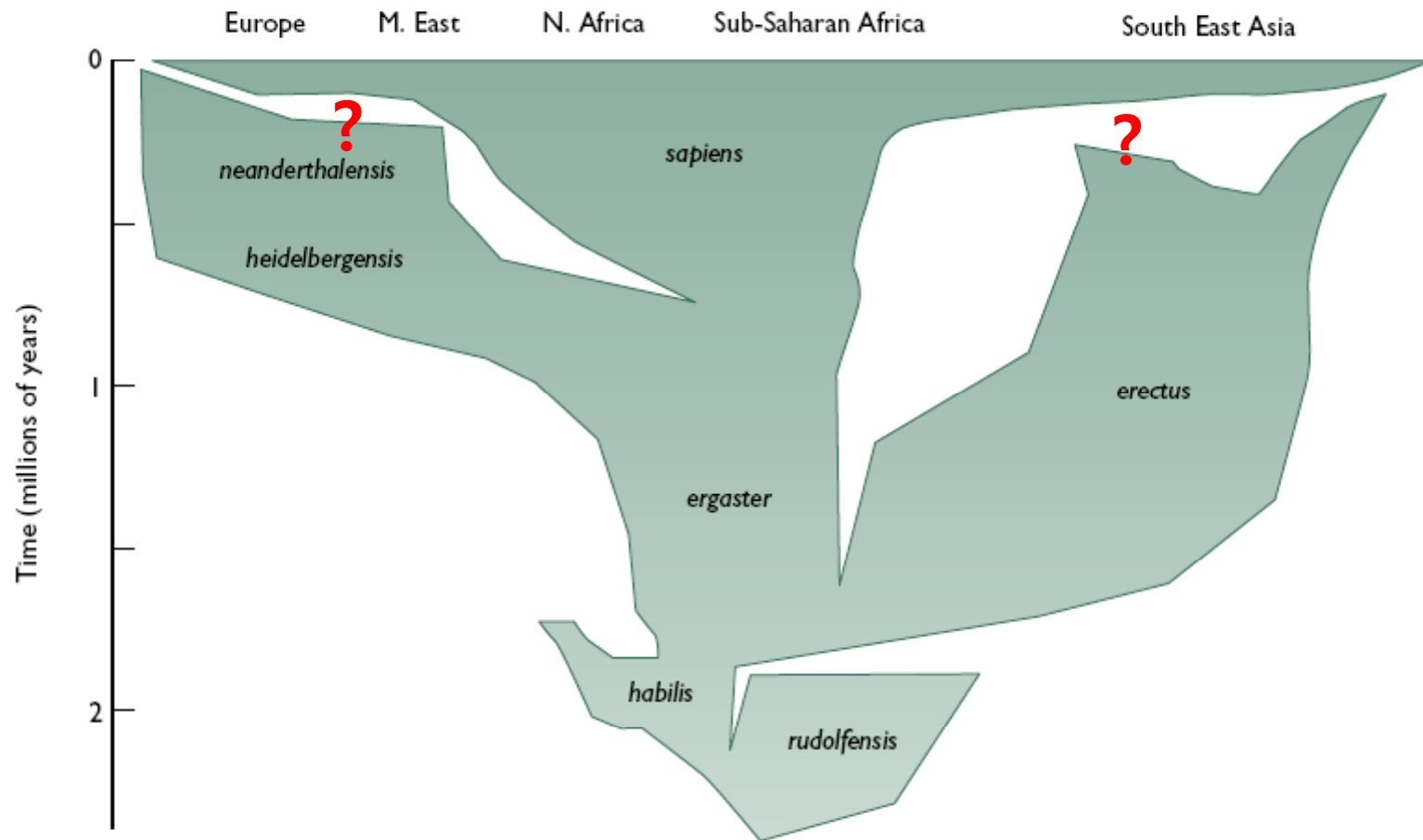
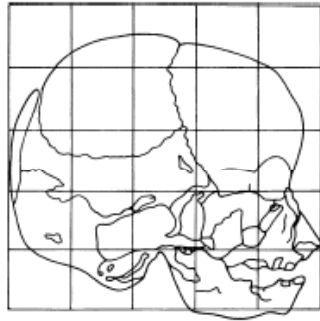
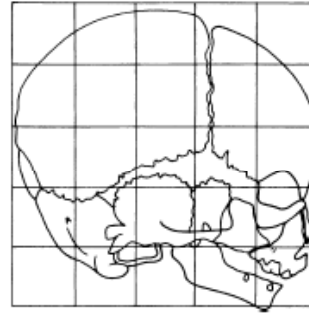


FIGURE 13.1 Overview of the evolution of *Homo*: The evolution of *Homo* is seen here in terms of an expanding geographical distribution and the divergence of lineages. (Courtesy of Robert Foley.⁸²)

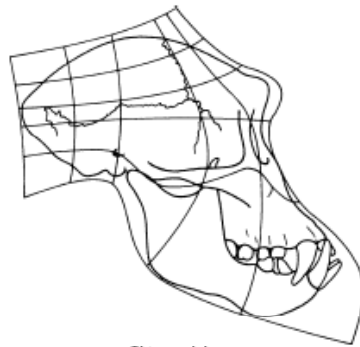
유태 진화



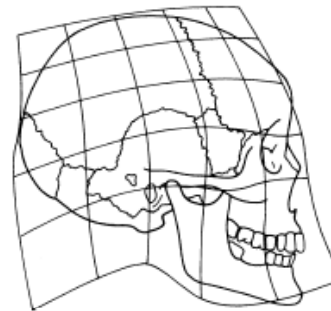
Chimp fetus



Human fetus



Chimp adult



Human adult

침팬지

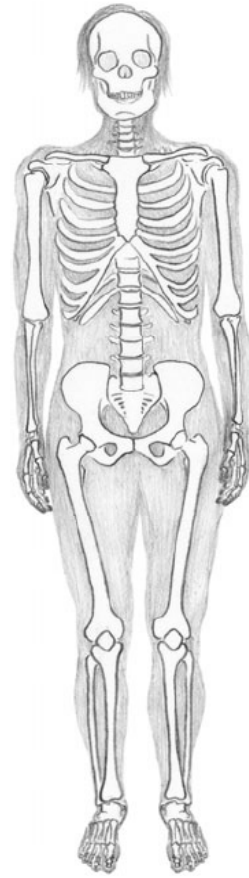
인간

화석인류



Comparison of Chimp (left), *A. afarensis* (middle), and human (right)

골격비교



Homo sapiens



Australopithecus afarensis



Pan troglodytes
(chimp)



인간



(아파렌시스)

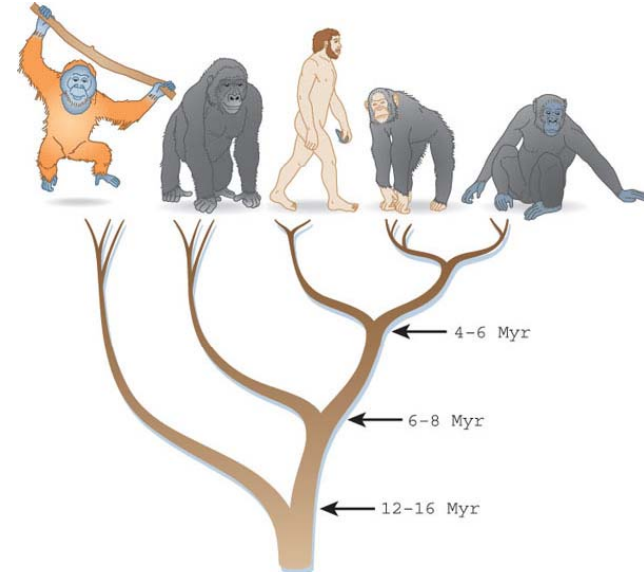


침팬지

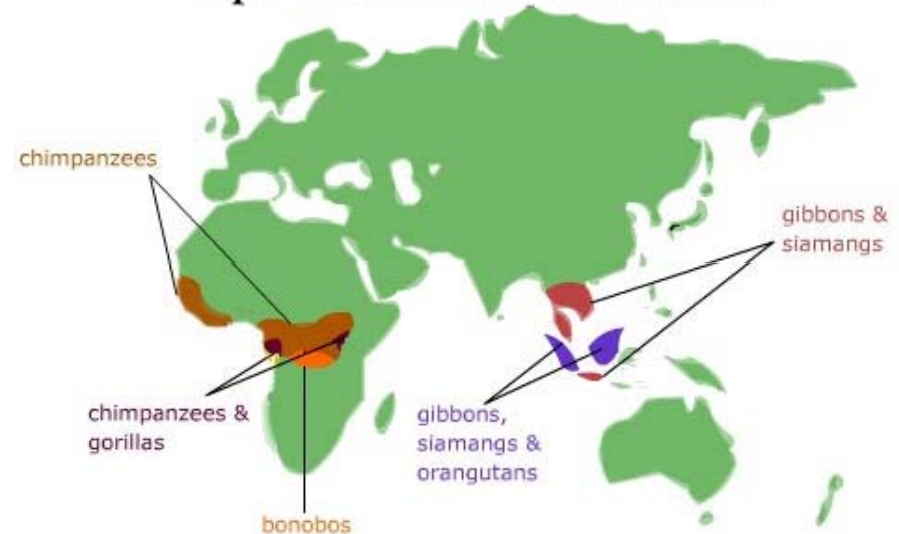
유인원들(Apes)

대형 유인원 (Great Apes)

0. 인간 (Human)
1. 침팬지 (침팬지 + 보노보)
2. 고릴라 (서부 + 동부)
3. 오랑우탄 (보루네오 + 수마트라)



Ape distribution in the world



소형 유인원 (Lesser Apes)

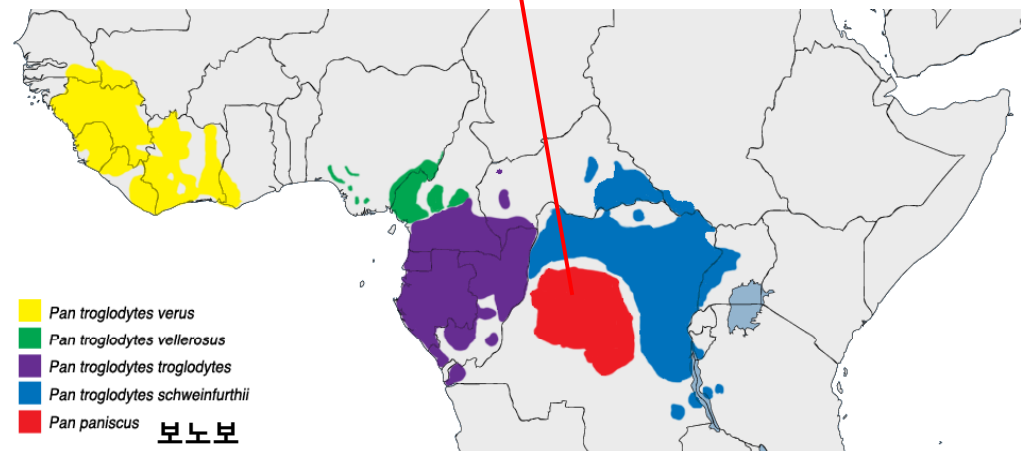
4. 긴팔원숭이류 4속 16종

랑데부1: 두 종류의 침팬지



침팬지

보노보



랑데부2: 고릴라

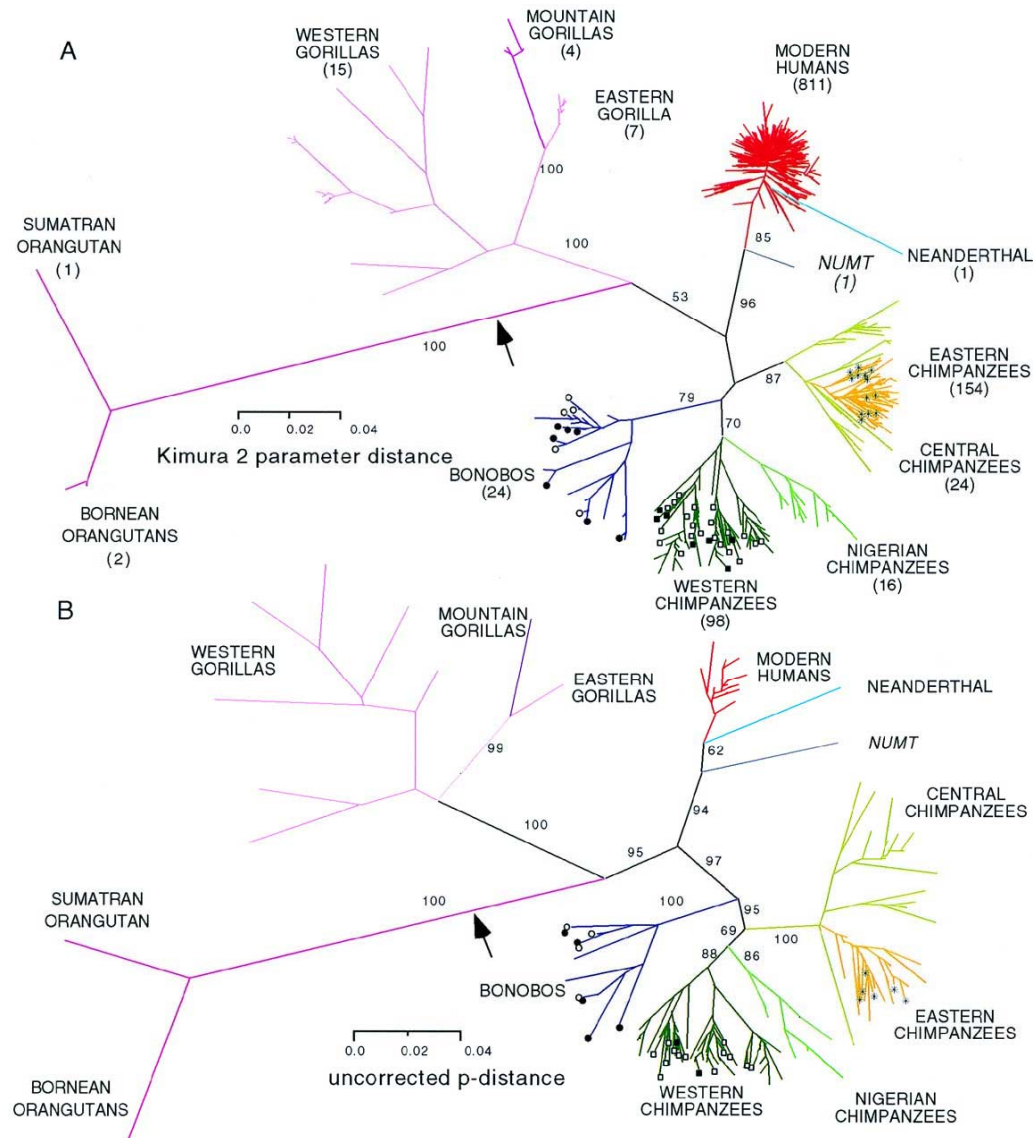


동부고릴라

서부고릴라



아프리카 유인원 개체들의 진화역사 (mtDNA)



1. 인간은 최근 분지

2. 침팬지 오래된 분지

3. 고릴라 오래된 분지

랑데부3: 오랑우탄



수마트라 오랑우탄



보루네오 오랑우탄



랑데부4: 긴팔원숭이 4속 16종



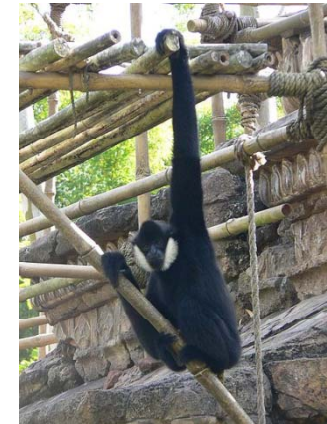
힐로베이트 (lar)



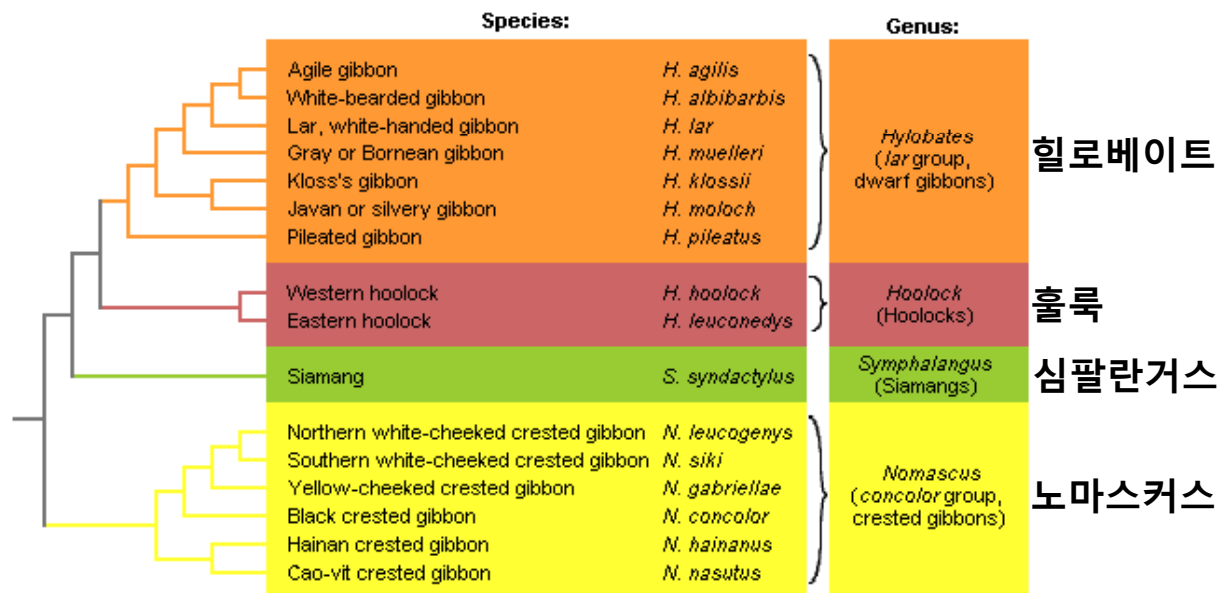
홀록(hoolock)



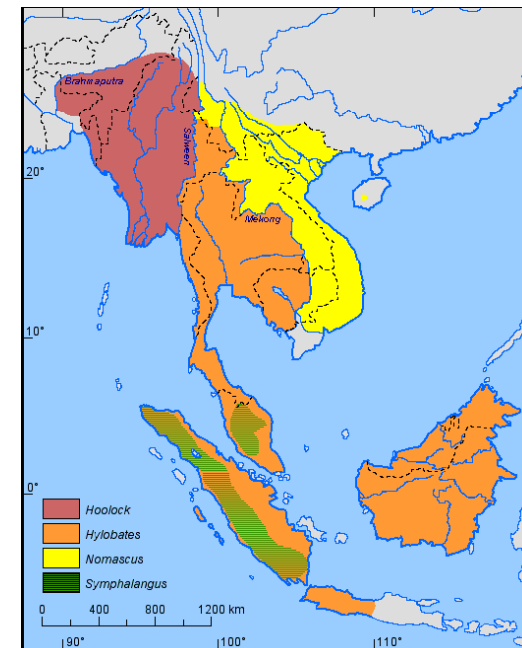
심팔란거스 (Siamang)



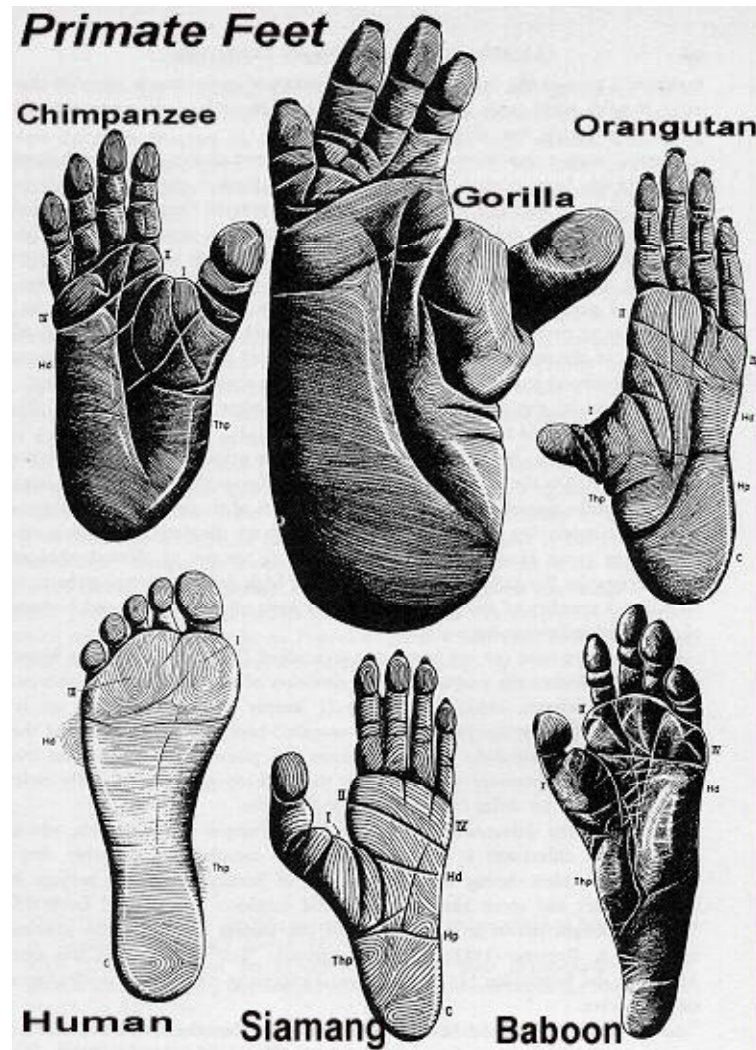
노마스커스
(Leucogenys)



출처: <http://www.gibbons.de/main/system/system.html>



유인원의 형태비교: 발과 손



대형 영장류는 어느 대륙에서 생겼을까?

아프리카 기원설

0. 인간 (Human)

1. 침팬지 (침팬지 + 보노보)

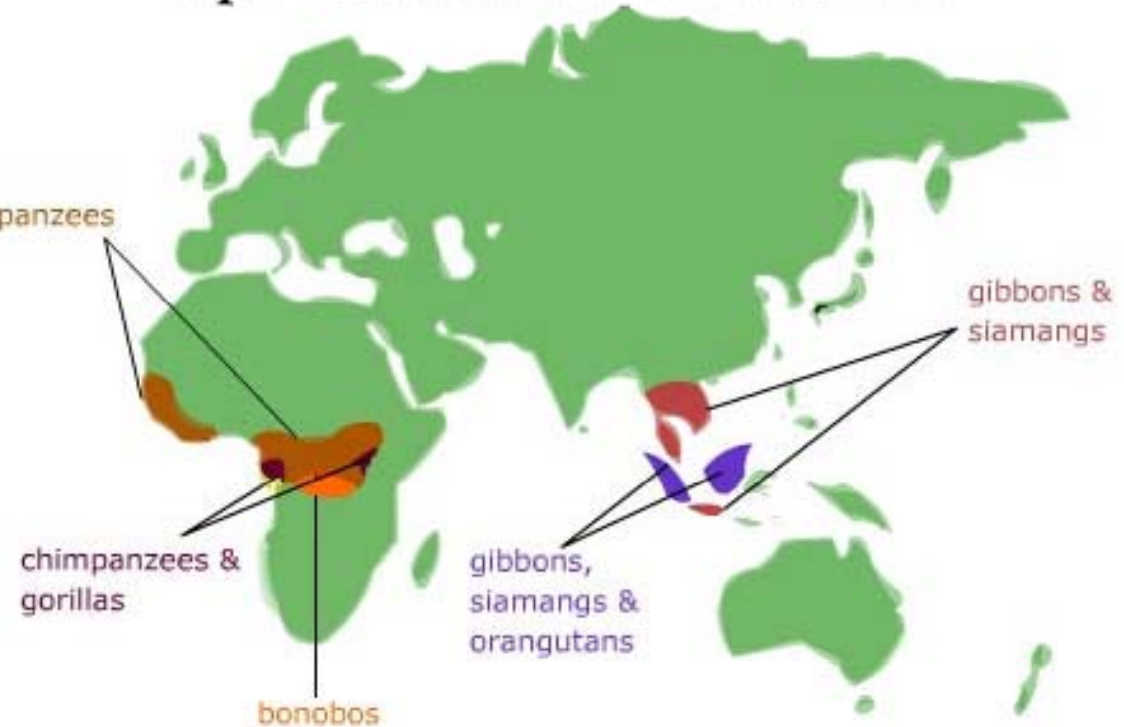
2. 고릴라

아시아 기원설

3. 오랑우탄

4. 긴팔원숭이류

Ape distribution in the world



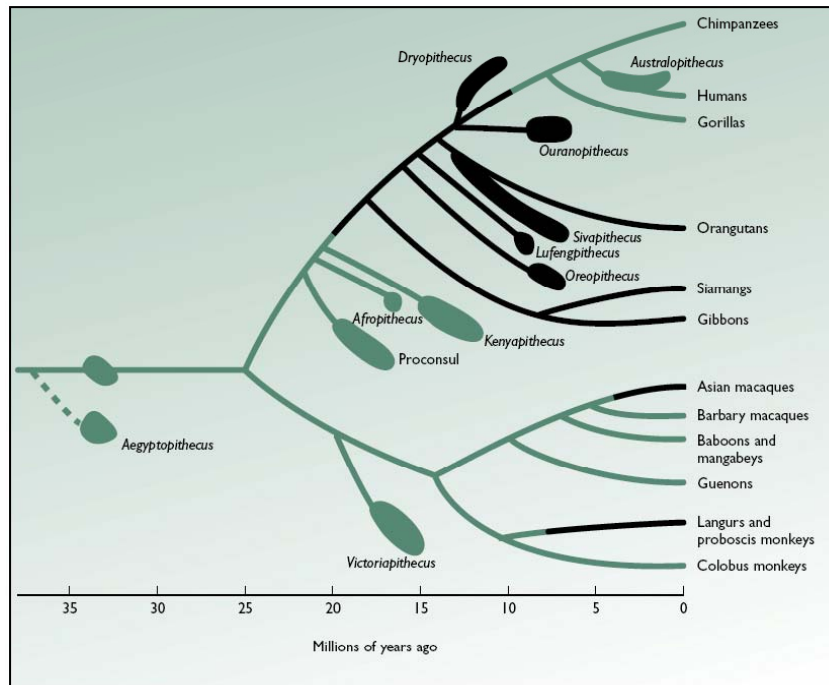
대형 영장류는 어느 대륙에서 생겼을까?

아프리카 기원설

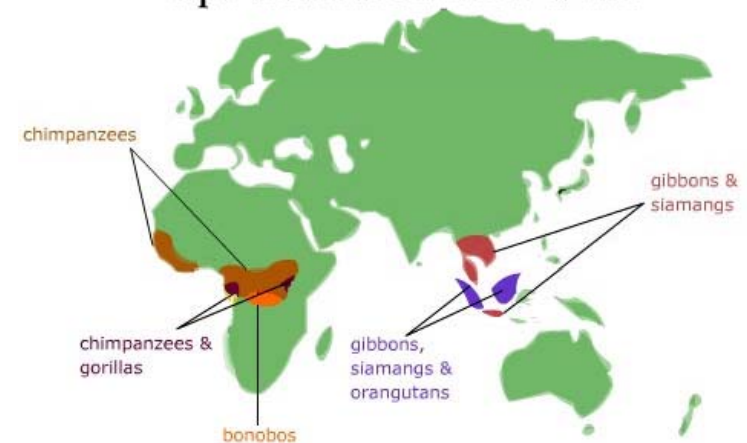
0. 인간 (Human)
1. 침팬지 (침팬지 + 보노보)
2. 고릴라

아시아 기원설

3. 오랑우탄
4. 긴팔원숭이류



Ape distribution in the world

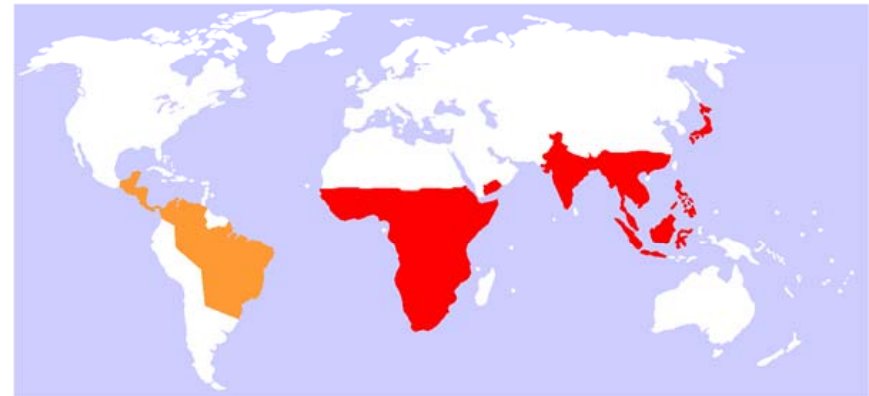


구대륙 원숭이(Old world monkeys)

Old World Monkeys



이들은 아프리카와 아시아에 분포하며 콧구멍이 아래로 향하고 있어서 협비원류라 불린다. 이들은 땅에서 사는 놈과 나무에서 사는 놈들이 있다. 이들은 떼지어 사는 **사회적 생활**이 발달되어 있다.



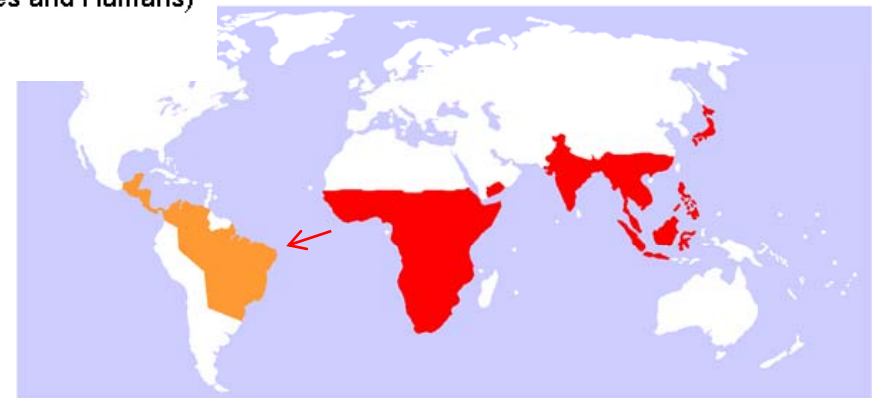
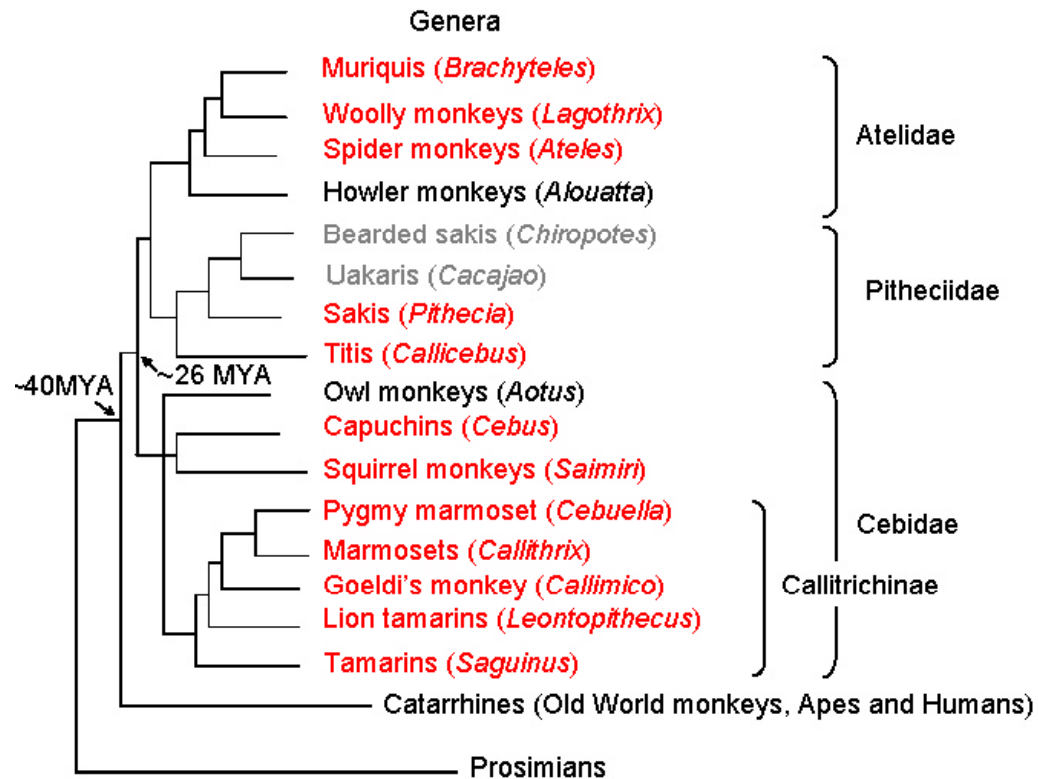
신대륙원숭이(New world monkey) 이야기



중남미의 영장류는 콧구멍이 바깥으로 향하고 있어서 광비원류라 불린다. 이들은 대부분 주행성이고 꼬리가 잘 발달되어 있다. 이들은 모두 최근에 공통조상으로부터 유래한 단일 분지군이다.



신대륙원숭이(New world monkey) 이야기



안경원숭이 (타셔)



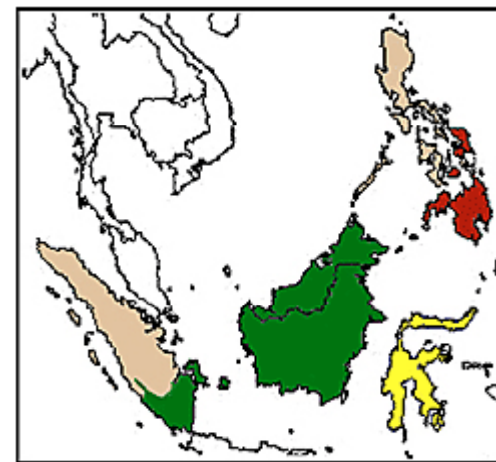
보루네오 안경원숭이
(bancanus)



셀레베즈 안경원숭이
(spectrum)



필리핀 안경원숭이
(syrichta)



곤충을 잡아먹는 야행성 영장류

마다가스카르 : 여우원숭이들의 천국 (p185)



알락꼬리 여우원숭이

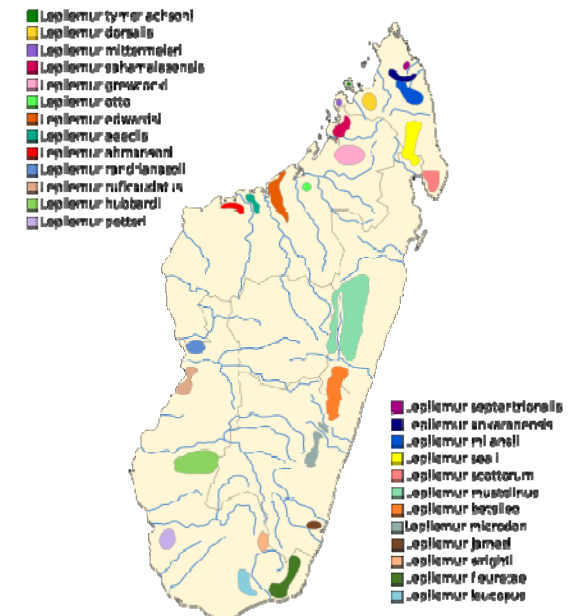


인드리



아이아이

마다가스카르 섬의 다양한 영장류들은 모두 단일 분지군에 속한다. 이들은 모두 이곳에 들어와서 진화한 것이다.



로리스, 포또 그리고 갈라고



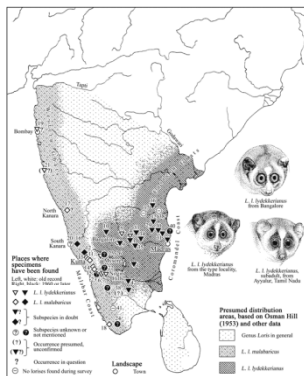
홀쭉이 로리스 원숭이



포또(potto)



갈라고(galago)



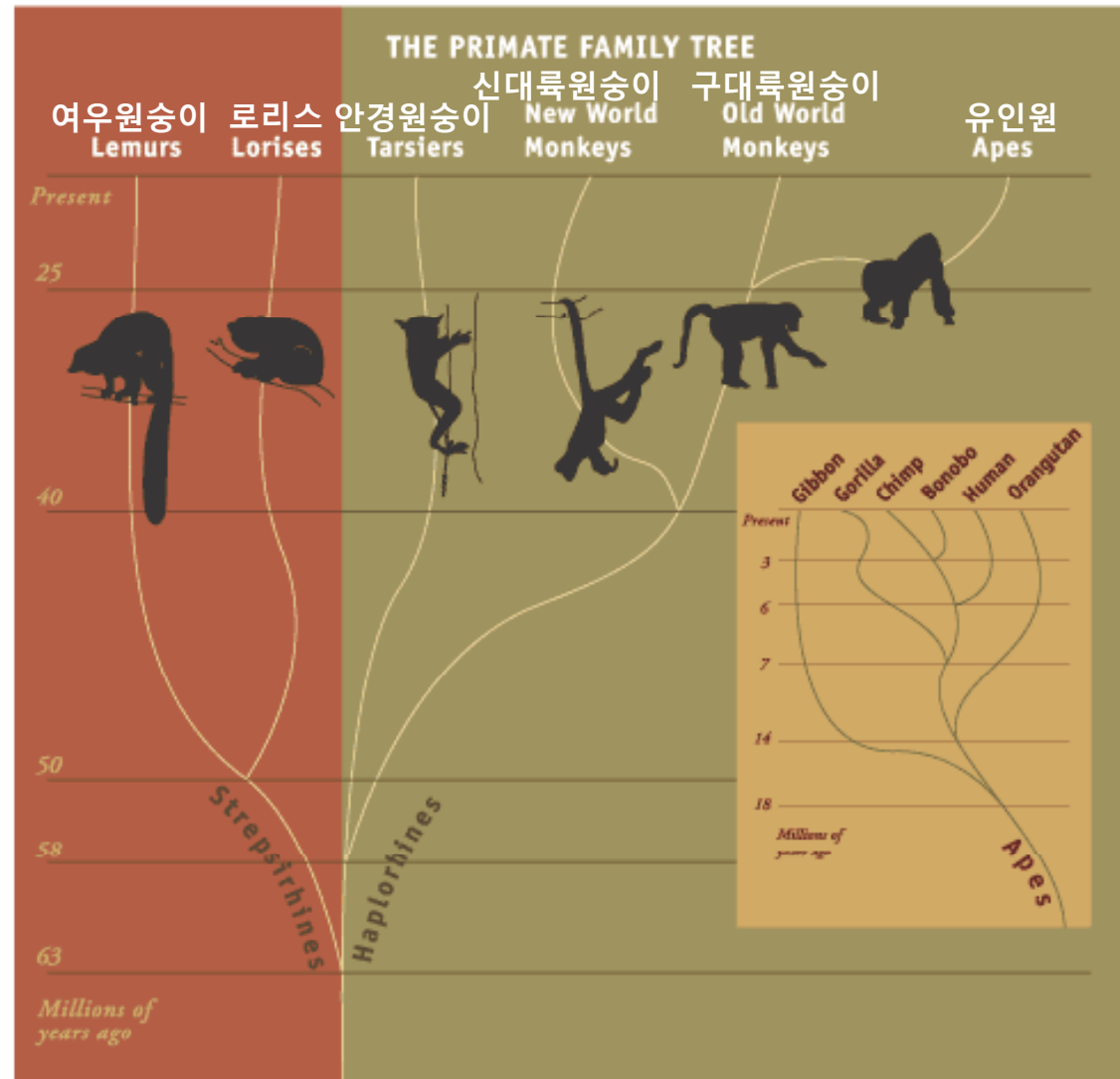
영장류의 개요

갈라진 콧구멍(Strepsirrhines)

1. 여우원숭이(Lemurs)
2. 로리스원숭이(Lorises)

단순한 콧구멍 (Haplorrhines)

1. 안경원숭이(Tarsiers)
2. 신대륙원숭이 = 남미
3. 구대륙원숭이
4. 유인원(Apes) = 소형 + 대형



출처: <http://www.greatapetrust.org/primates/index.php>

원숭이 콧구멍 이야기

곡비원류(Strepsirrhini) - "굽은 코" : 여우원숭이
Gr. streptos(στρεπτος, bent), Gr. rhis(ῥις, nose)



직비원류(Haplorrhini) - "단순한 코" : 안경원숭이 + 원숭이 + 유인원
Gr. haplous(ἁπλους, simple), Gr. rhis(ῥις, nose)



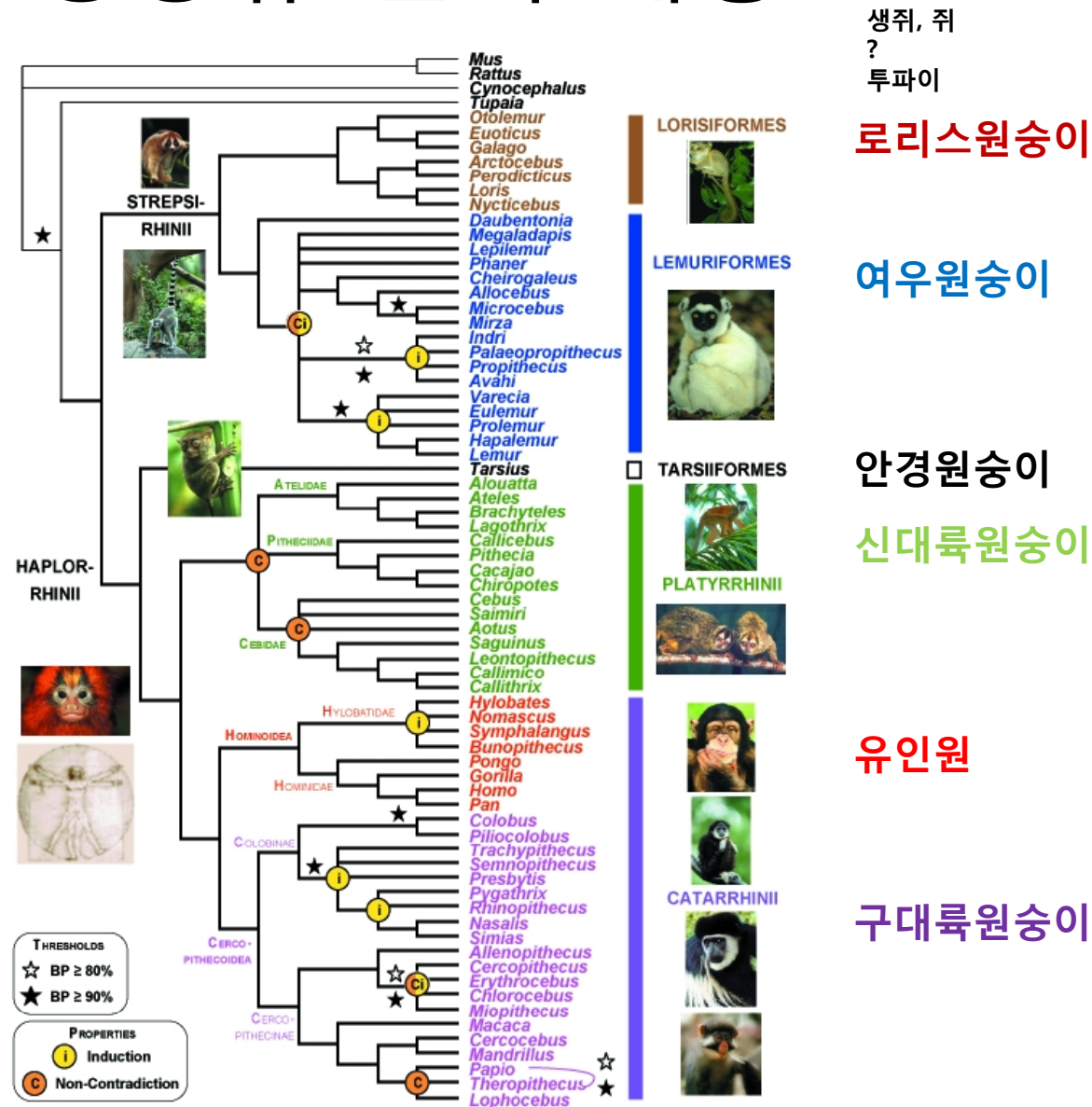
광비원류(신세계원숭이) - 콧구멍이 옆쪽을 향함
Platyrrhini - Gr. platys(πλατυς, flat), Gr. rhis(ῥις, nose)



협비원류(구세계원숭이 + 유인원) - 콧구멍이 아래쪽을 향함
Catarrhini - Gr. kata(κατα, down), Gr. rhis(ῥις, nose)



영장류 진화 계통도



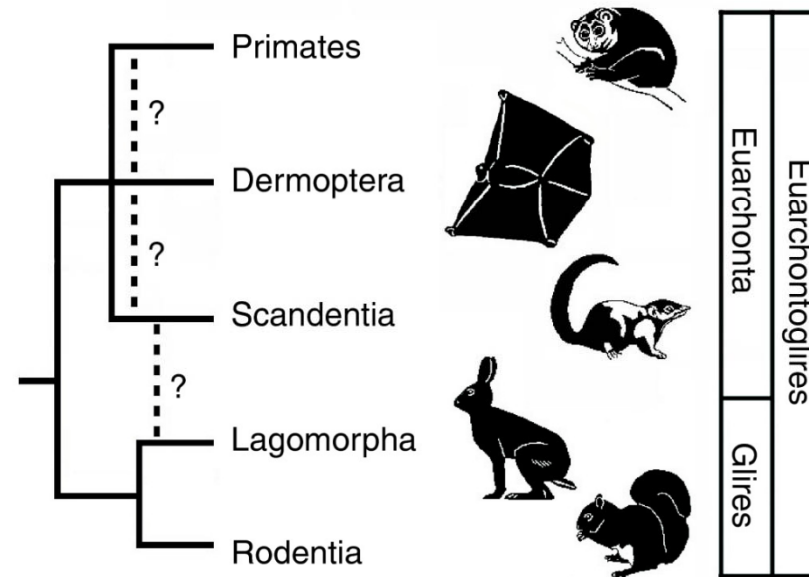
날여우원숭이 이야기

나무땃쥐(투파이)와 날여우원숭이(콜루고)는 영장류와 가장 가까운 동물로 알려져 있는데 이들중 누가 더 영장류에 가까운지는 오랫동안 논쟁의 대상이었다. 이에 대한 해석은 아래의 3가지 가설이 있는데 2007년 사이언스에 발표된 논문에서 결론이 났다. 결론은 3번 콜루고가 영장류에 더 가깝다는 거다. 오랫동안 논쟁이 된 사안이라 많은 시퀀싱 자료를 동원해서 확실해 결론을 냈다.

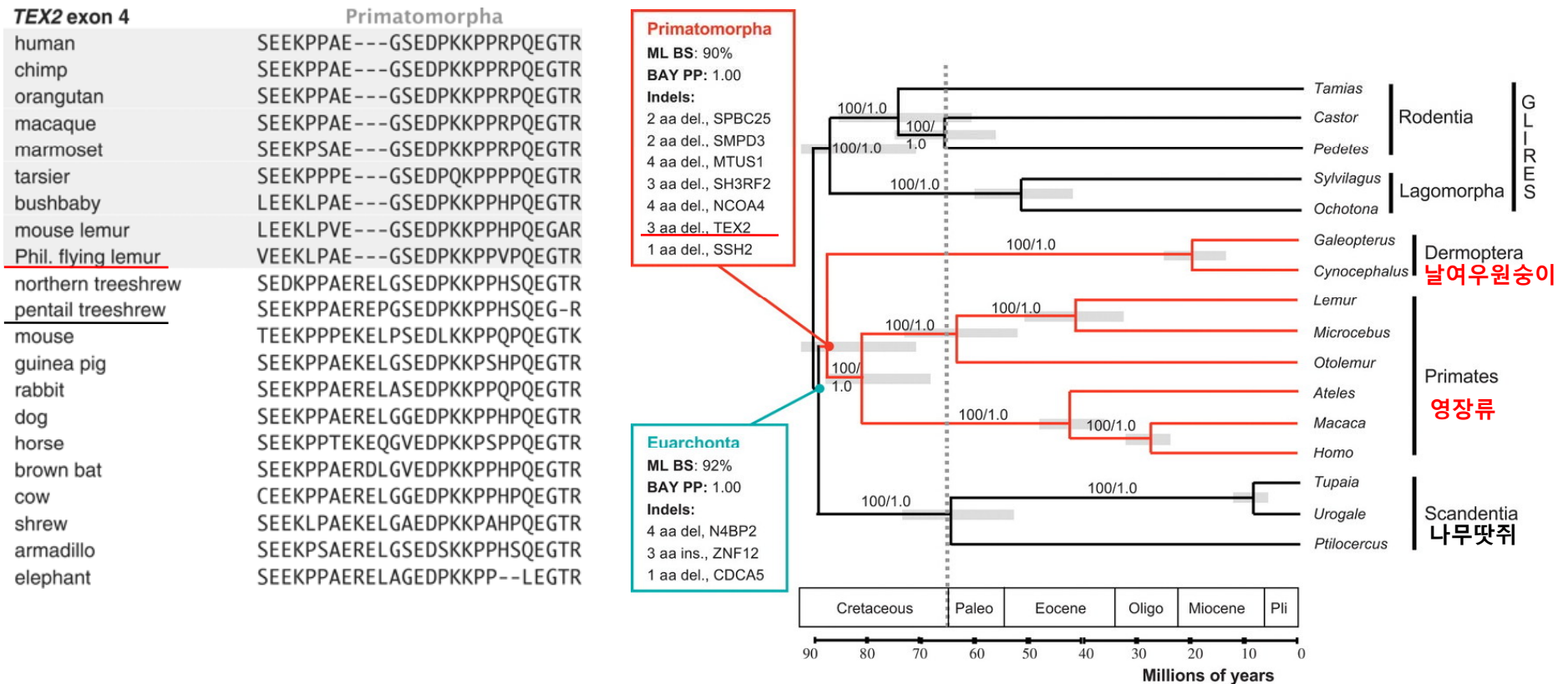
1. 투파이 콜루고 공통분지 가설
(둘의 공통조상이 영장류에서 분지)

2. 투파이 우선가설

3. 콜루고 우선가설



날여우원숭이 vs. 나무땃쥐 vs. 영장류



출처: Jan E. Janecka et al, Molecular and Genomic Data Identify the Closest Living Relative of Primates, Science 2007: Vol. 318. no. 5851, pp. 792 - 794

랑데부 9 : 날여우원숭이



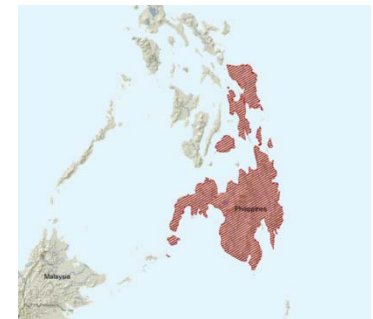
나무 사이를 활공으로 이동하는 야행성 포유동물 주로 나뭇잎과 과일을 먹는 것으로 보인다.



순다 날여우원숭이



필리핀 날여우원숭이



랑데부 10: 나무땃쥐 (투파이)

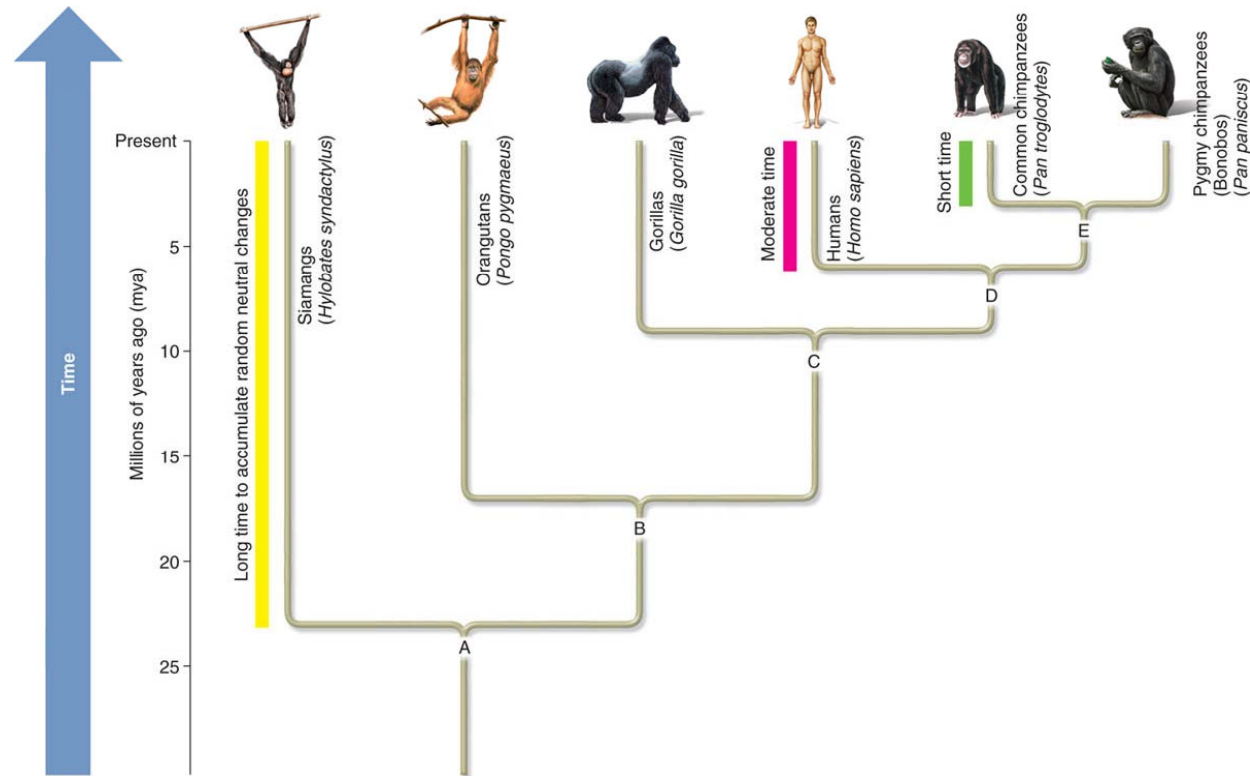
곤충과 과일, 꿀을 먹고 사는 다람쥐처럼 생긴 동물
인도와 동남아시아 등에 30여종이 분포하고 있다.



Tupaia tana

결론

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



**“우리의 몸과 마음은 40억년 동안 여러 단계를 거쳐
천천히 진화해 왔다.”**

질문과 답변