

太空與海洋世界

— 太空部份 —

朱延祥

國立中央大學太空科學研究所

研究室：科學四館818室，分機：65764

E-mail: yhchu@jupiter.ss.ncu.edu.tw

第七週(107年6月7日)

五、恐龍滅絕原因的探討

六、冰河時期的成因

七、外太陽系行星的探索

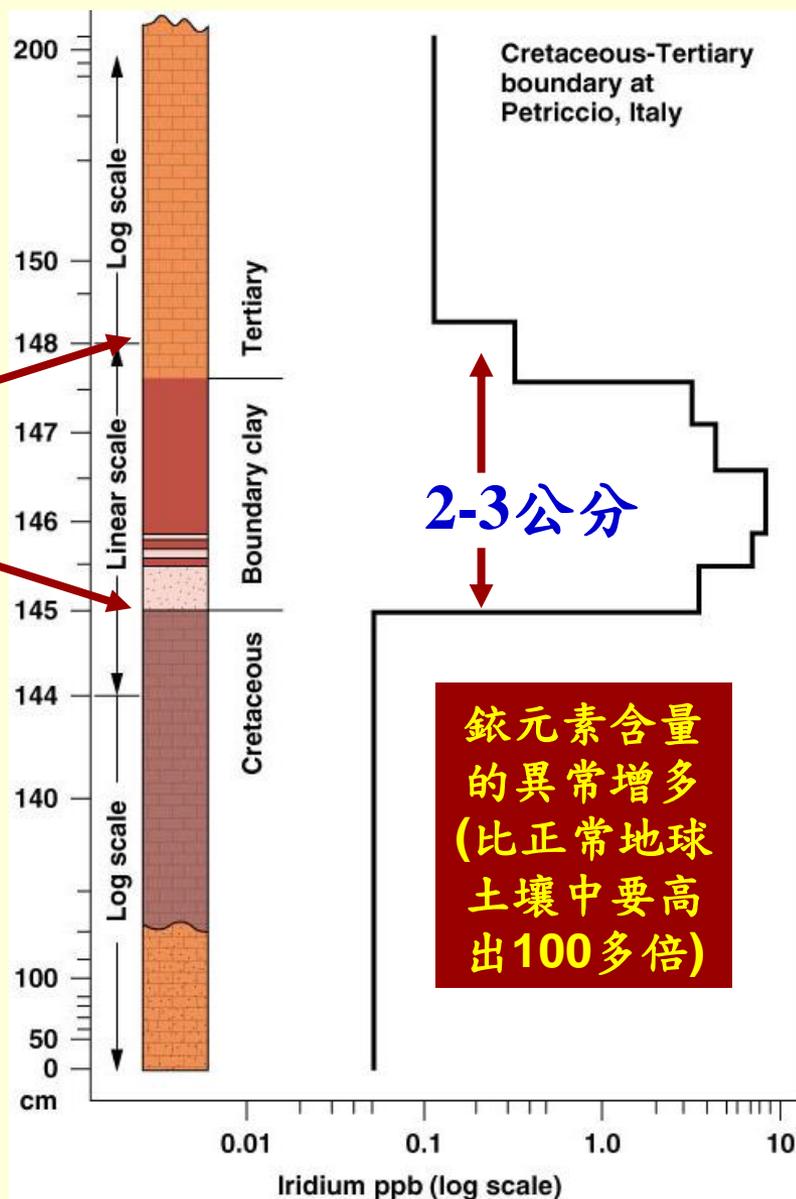
恐龍滅絕隕石說的證據(1)－鉱元素的異常

白堊紀／第三紀邊界黏土層

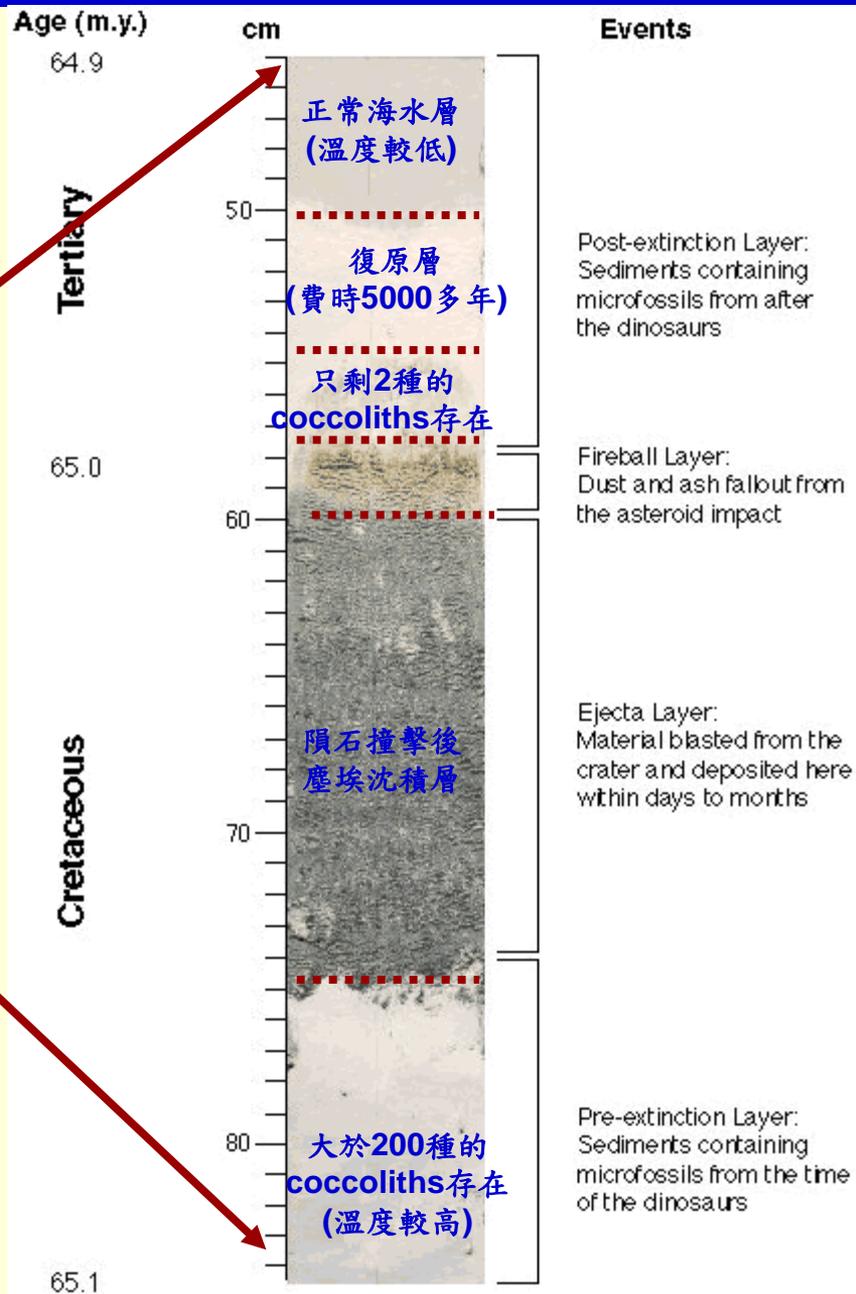
Cretaceous/Tertiary (K/T) boundary clay



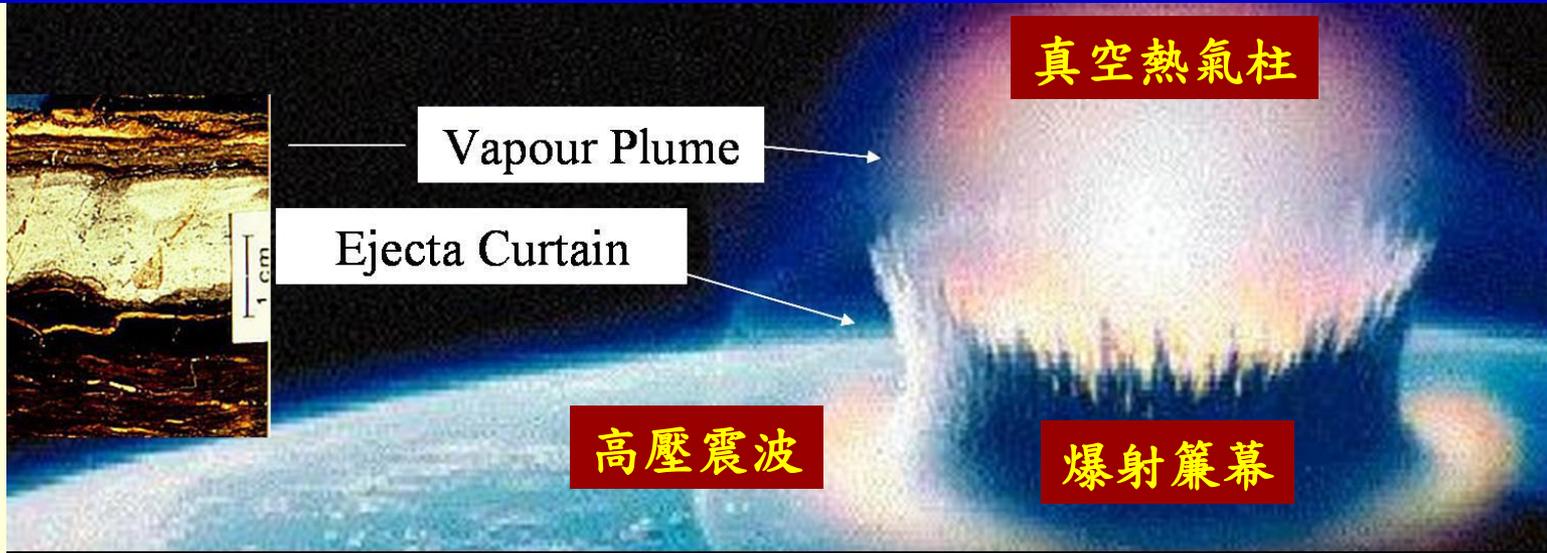
鉱元素在地球上的含量十分稀少，但在地球以外的岩石中，包括月球以及小遊星漢隕石中，鉱元素的含量則相對十分豐富。因此若有來自外太空的物體撞擊地球，所產生的殘骸中，必含有豐富的鉱元素。



恐龍滅絕隕石說的證據(2)－海洋生物滅絕

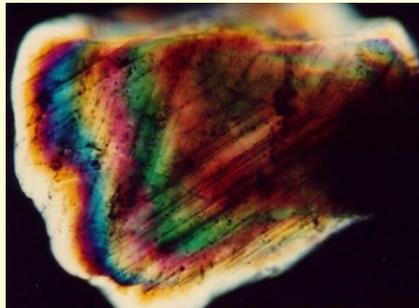


隕石撞擊的瞬間與後續產物



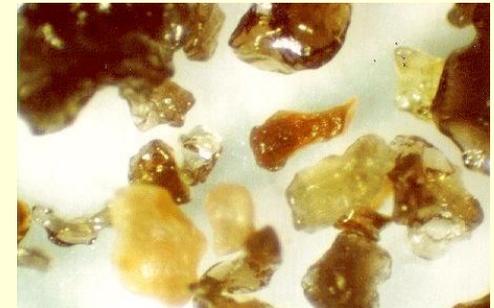
Spherules

中空玻璃狀的物體，
大小約1-2 mm，係
撞擊後所噴起的物
質冷卻後的產物



Shocked Quartz

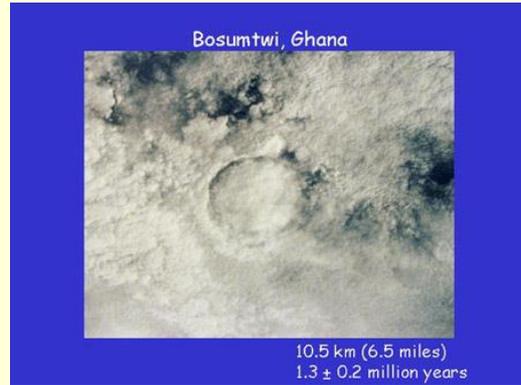
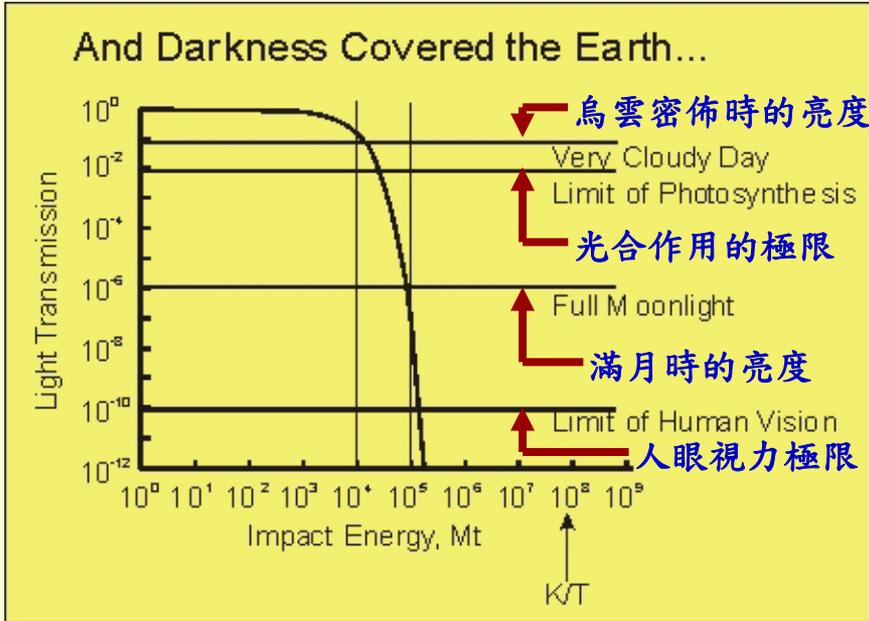
此石英剖面顯示
係受到高壓高溫
作用下而形成的
層狀結構



Tektites

類似玻璃狀的物體，
大小約數公分，係地
表土壤被高速巨型
物體撞擊後的產物

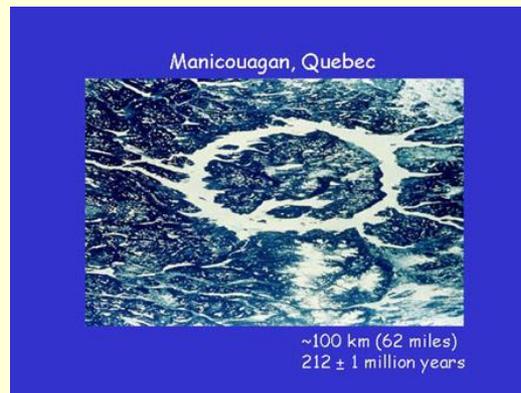
不同等級的隕石撞擊後大氣灰塵遮蔽情形



相當於 10^4 百萬噸炸藥爆炸能量
(光線穿透率只剩百分之一)



相當於 10^6 百萬噸炸藥爆炸能量
(光線穿透率為0)



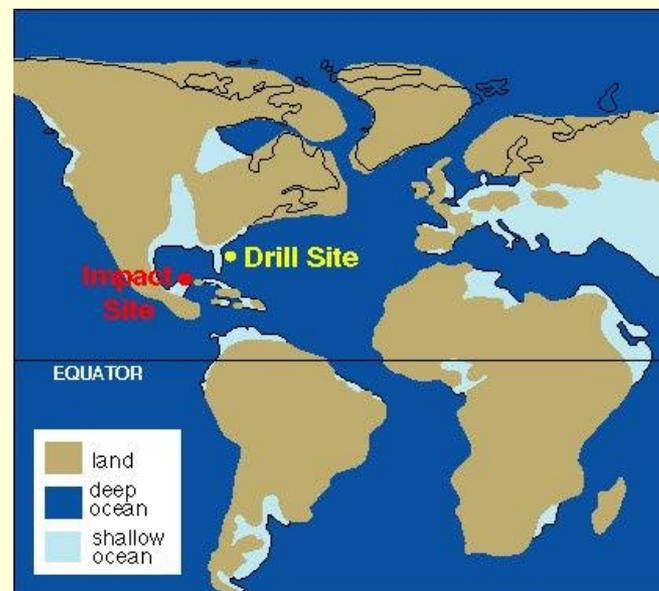
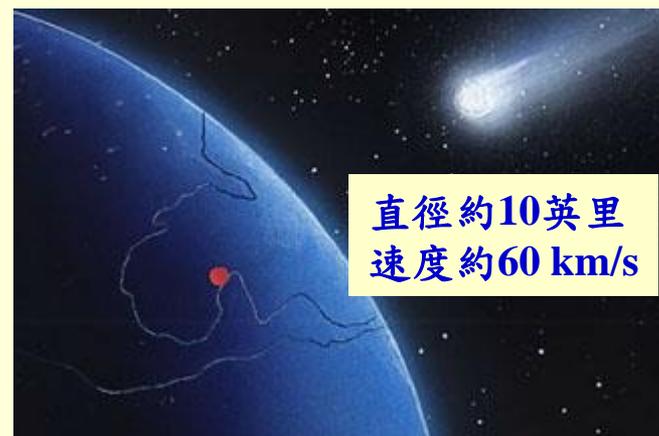
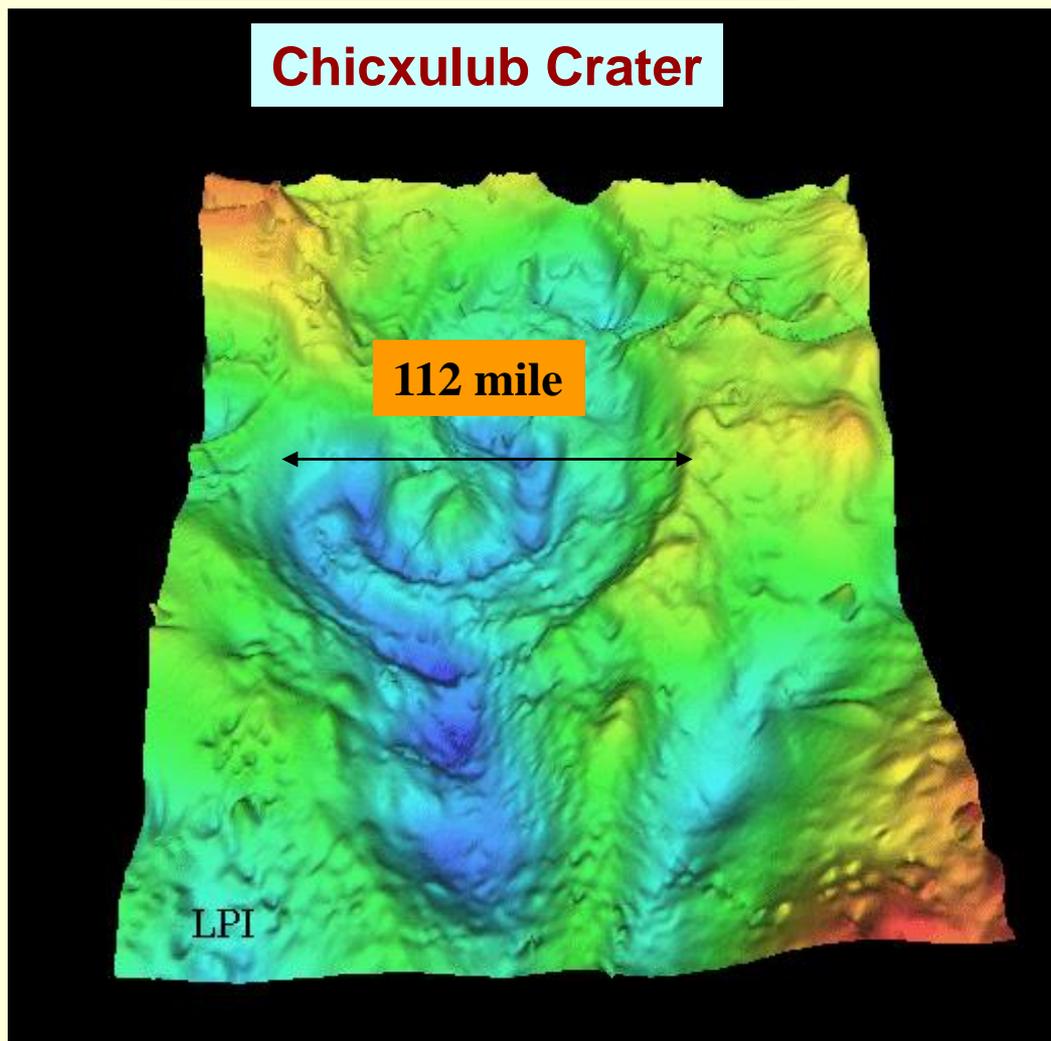
相當於 10^7 百萬噸炸藥爆炸能量
(光線穿透率為0)

Size of Bolide	Energy: millions of tons of TNT	Frequency (how often): once every	Size of Crater	Example
70 m	10s	200 yrs	<1 km	Meteor Crater, AZ
140 m	100s	2000 yrs	2-3 km	small lunar crater
300 m	1,000s	10,000 yrs	4-5 km	
700 m	10,000s	60,000 yrs	8-9 km	Bosumtwi, Ghana
1.4 km	10,000-100,000s	300,000 yrs	20 km	Aorounga, Chad, Africa
3 km	100,000-1 million	2 million yrs	35 km	Clearwater Lakes, QU
7 km	1-10 million	15 million	60 km	Manicouagan, QU
14 km	>10 million	90 million	180 km	Chicxulub?
	~1 billion	even longer!	300 km	Chicxulub?

6500年前造成恐龍滅絕之小行星撞擊地球的地點示意圖

-墨西哥猷加敦半島-

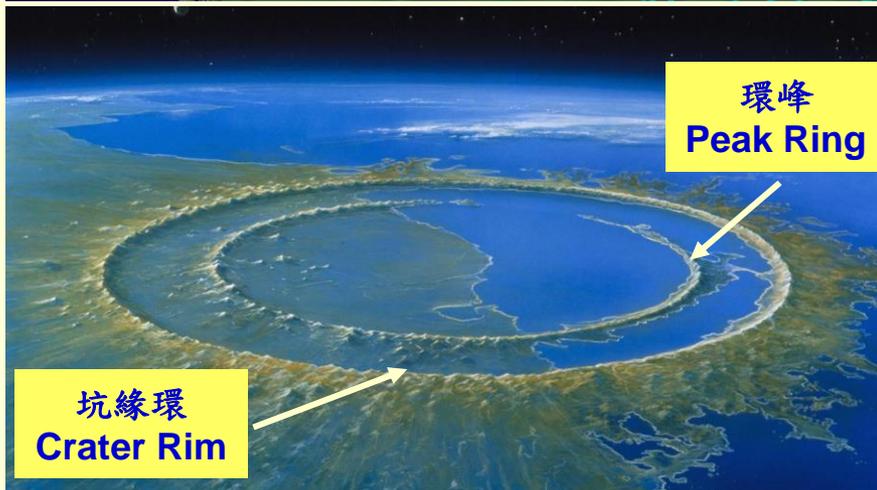
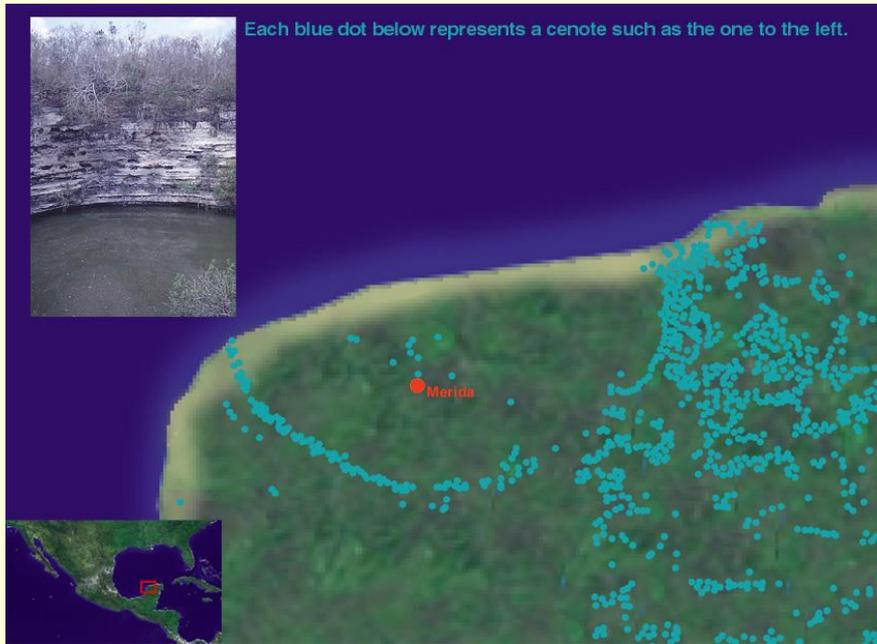
衛星的重力遙測異常分布



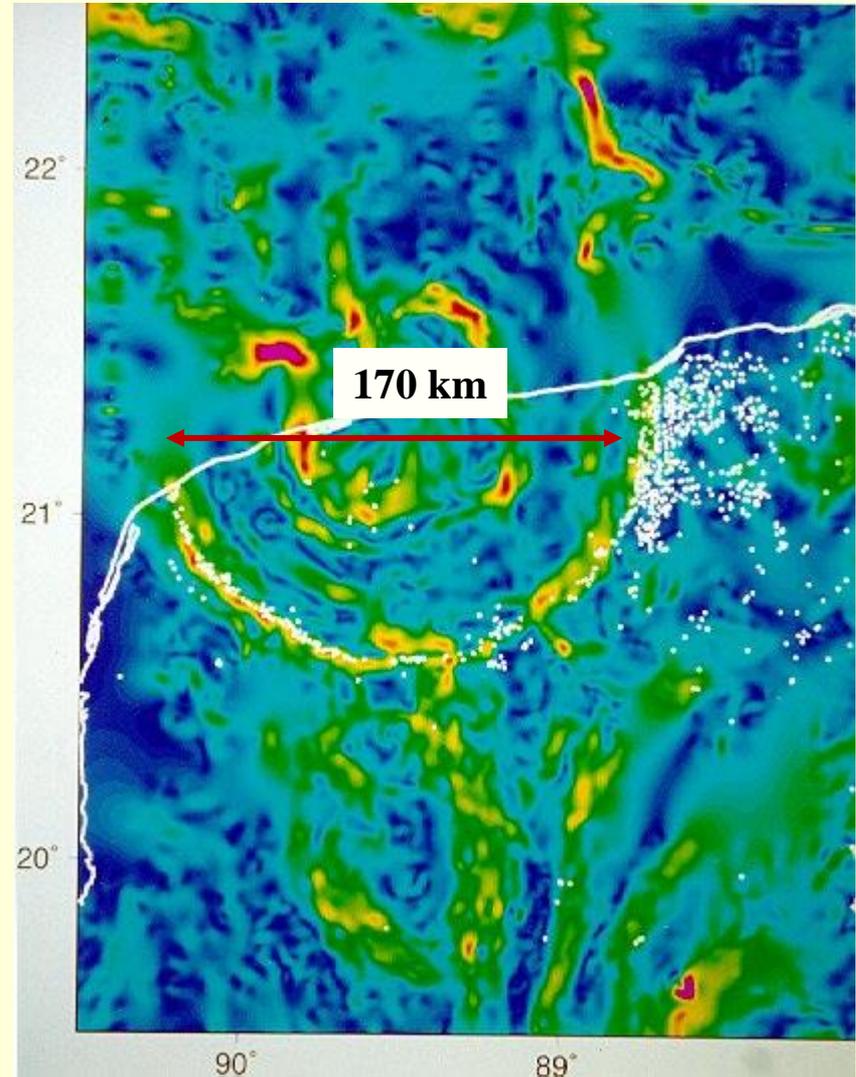
Sharpton V.L., Burke K., Camargo-Zanoguera A., Hall S., Marin L., Urrutia-Fucugauchi J., 1993, Chicxulub multiring impact basin: Size and other characteristics derived from gravity analysis. Science. 261. 1564-1567

Chicxulub Crater 撞擊證據

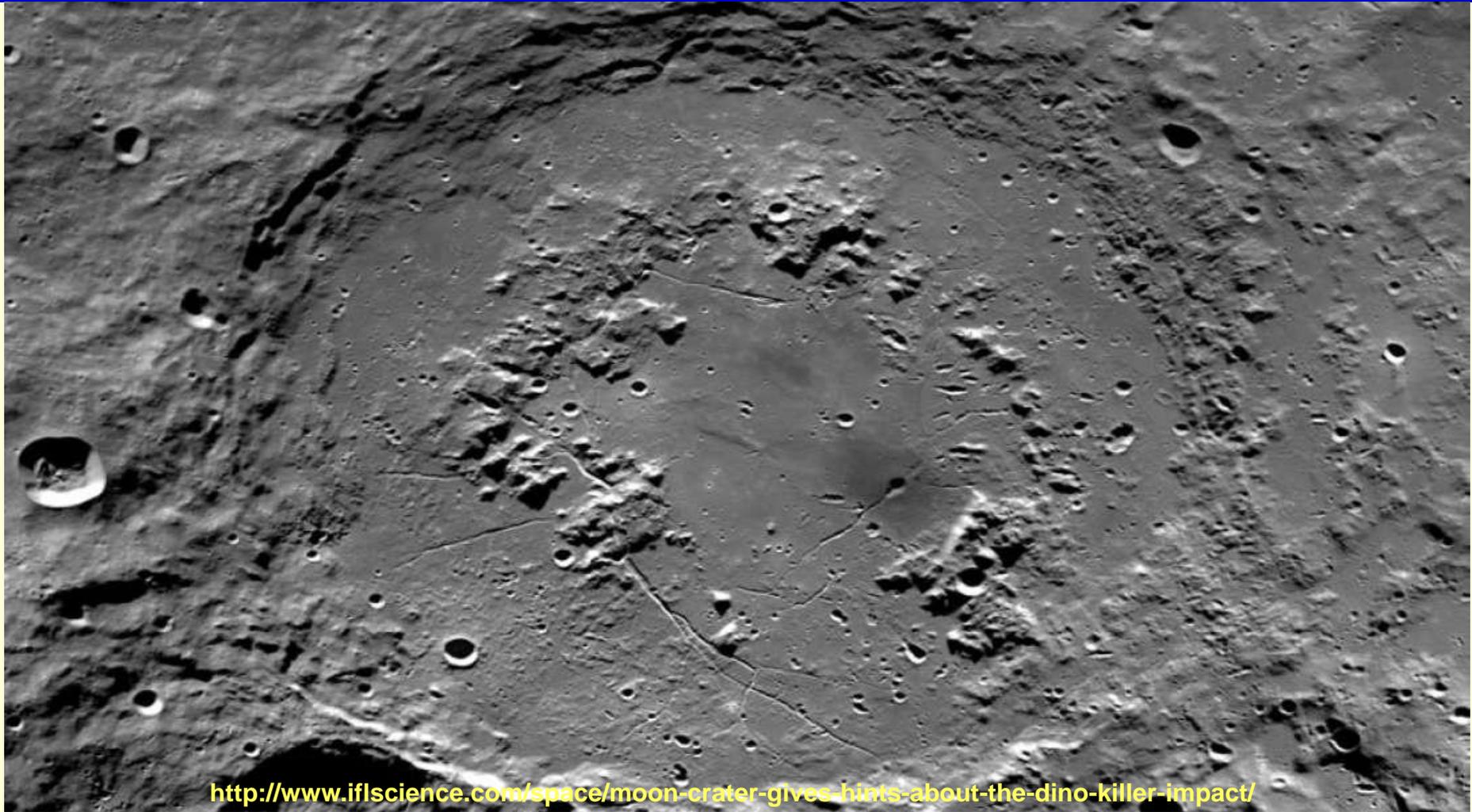
地下水泉孔洞的異常分布



重力梯度分布異常



在月球上與Chicxulub Crater幾乎相同的隕石坑 - Schrödinger crater -



<http://www.iflscience.com/space/moon-crater-gives-hints-about-the-dino-killer-impact/>

Schrodinger Crater的環峰與坑緣環外形和**Chicxulub Crater**幾乎一致，但前者直徑比後者大了約一倍。

Chicxulub Crater 撞擊證據

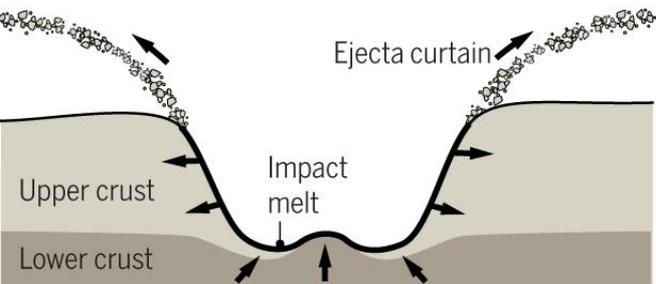
Probing ground zero

Since April, scientists have been drilling into Chicxulub crater, where an asteroid impact 66 million years ago led to one of Earth's biggest mass extinctions. Researchers are now sampling rocks from a buried peak ring, Earth's only preserved example.

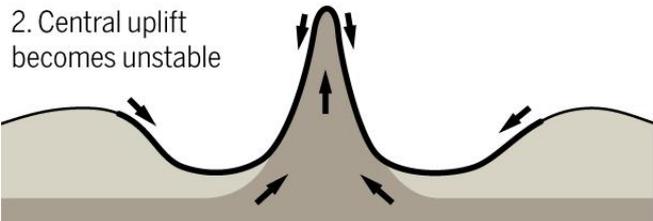
Making the mounds

Impact shocks could make rocks behave like fluids, piling deep crustal rocks on top of rocks of shallower origin.

1. Postimpact excavation and beginning of uplift



2. Central uplift becomes unstable

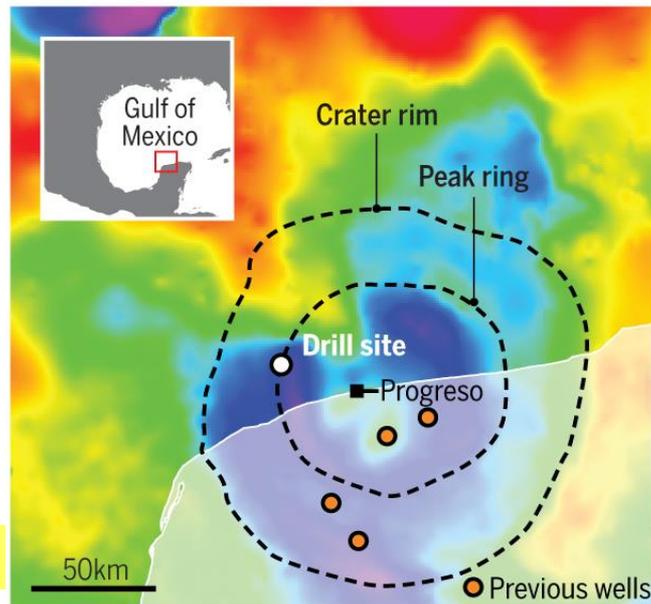


3. Uplift collapses to form peak ring



Buried treasure

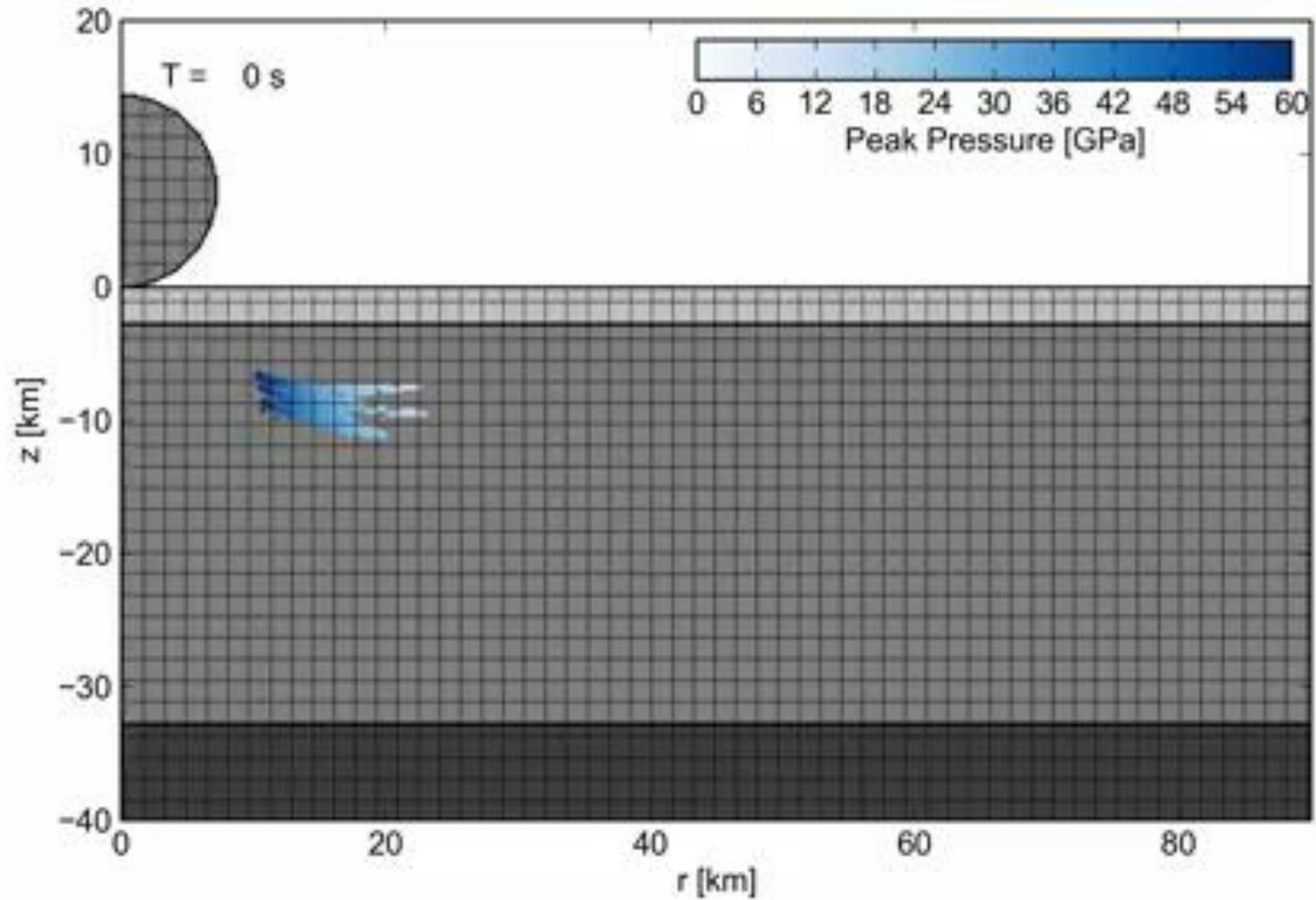
Offshore from Progreso, Mexico, scientists will drill into the crater's peak ring, partially seen by geophysical remote sensing. Onshore wells have been drilled into the crater before, but few were cored and none reached the peak ring.



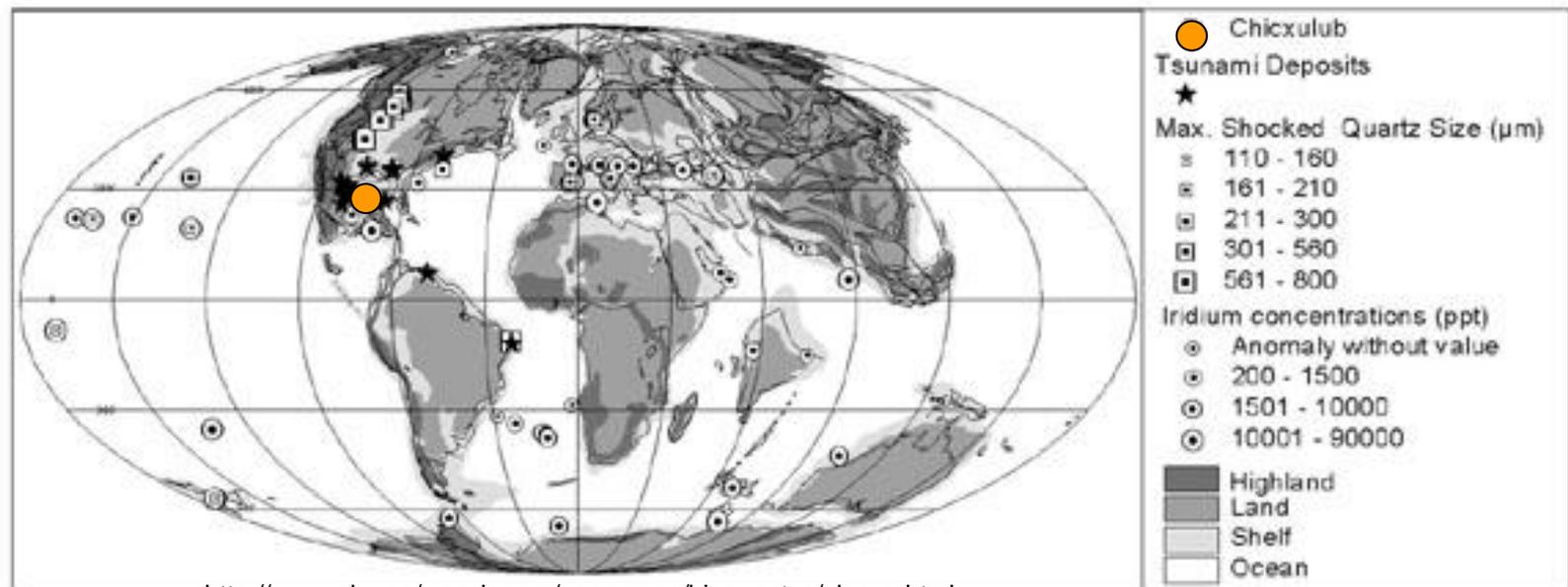
<http://www.sciencemag.org/news/2016/11/update-drilling-dinosaur-killing-impact-crater-explains-buried-circular-hills>

環峰是隕石撞擊地表先形成坑緣環後，再因撞擊處地表反彈(高達十公里)，並與坑緣環回落堆積而成，科學家估計，環峰約在撞擊後數分鐘內便形成。環峰在太陽系中隨處可見，但此環峰是地球上保存最好的一個。科學家在2016年4月鑽探顯示，環峰主要由擠壓的火山花崗岩加上撞擊前的生物和沉積物所形成，其上覆蓋有厚度達約800公尺的撞擊引起各種擾動的沉積物質，此結果再次證實6千5百萬年前隕石撞擊事件導致恐龍滅絕。

Chicxulub Crater 撞擊證據



Chicxulub 隕石撞擊後的結果

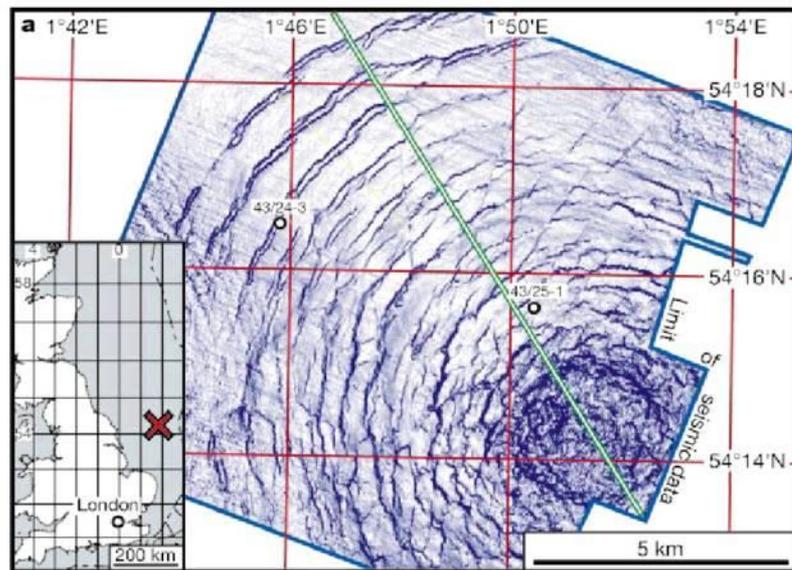


<http://www.ehu.es/~gpplapam/congresos/bioeventos/claeys.html>

- 一、隕石爆炸，產生巨大火球，爆炸物四射，揚起蔽日濃煙，熾熱礫石由天而降，二氧化碳濃度急遽增高，改變大氣與海洋性質。
- 二、激發出浪高50-100公尺的巨浪，產生海嘯。
- 三、隕石所含濃度異常的鉍元素隨大氣流動而分佈至全球各地。
- 四、高壓高溫下因震波的擠壓所產生的衝擊石英(Shocked Quartz)隨隕石的爆射物質而分布至遠方。

6千5百萬年前的其他隕石撞擊地球事件

Silverpit隕石坑



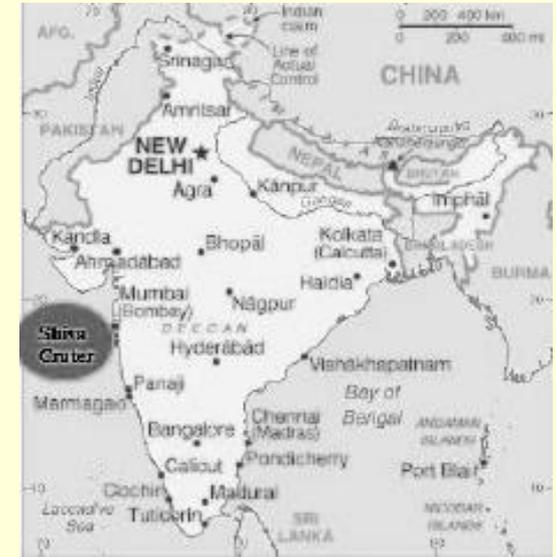
位置：英國北海
直徑：20公里

Boltysch隕石坑



位置：烏克蘭
直徑：24公里

Shiva隕石坑



位置：印度外海
直徑：約500公里

恐龍滅絕時間表

爆炸期(撞擊發生—爆炸後數小時間)

現象—火球，蕈狀雲，熱震波，海嘯，地震，
狂風猛浪，天降炙石，森林大火)

黑暗期(數小時—數個月間)

現象—煙塵蔽日，溫度降低
臭氧耗竭(紫外線入射)
酸雨發生(海水酸度增加)

寒冰期(3~4個月—數百年間)(核子冬天)

現象—冰雪遍地，溶解緩慢
浮游生物死亡
植物停止生長或死亡
動物大量凍死
二氧化碳增加
食物鏈被破壞

恐龍滅絕時間表(續)

滯暖期(數百年—數千年間後)

現象—死劫海洋

酸性海水(浮游生物大量死亡)

二氧化碳大增

溫室效應(海水上升2到5度)

地球生態破壞

滅絕期(數千年—十萬年間)

現象—恐龍滅絕

不育(生殖力被破壞)

過熱

棲息地被破壞

遺傳變異

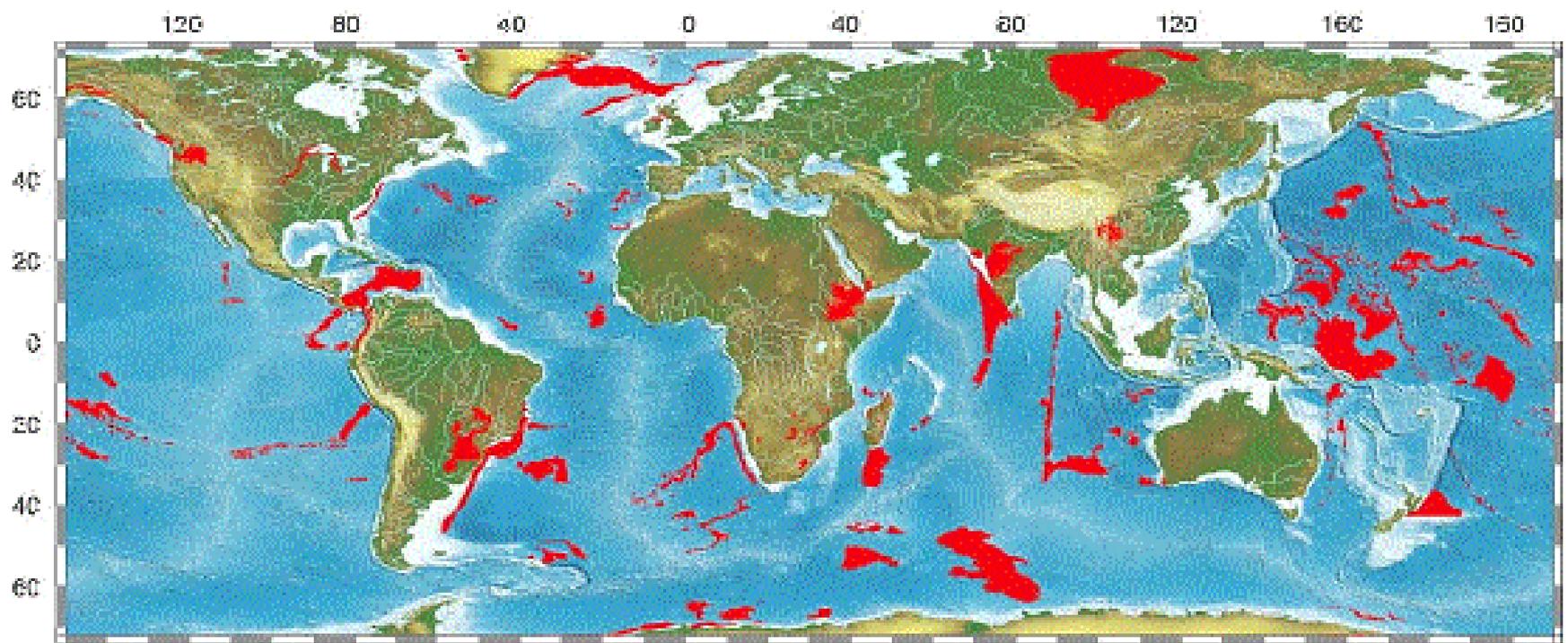
食物鏈被打斷

另一種理論 - 恐龍滅絕與火山爆發的關連

過去曾發生過大規模火山噴發事件的歷史記錄

地點	年代 (Myr)	熔岩體積 (10^6 km^3)	古地質緯度	持續時間 (Myr)
Columbia River	16 ± 1	0.25	45°N	~ 1 (for 90%)
Ethiopia	31 ± 1	~ 1.0	10°N	~ 1
North Atlantic	57 ± 1	>1.0	65°N	~ 1
Deccan	66 ± 1	>2.0	20°S	~ 1
Madagascar	88 ± 1	?	45°S	~ 6?
Rajmahal	116 ± 1	?	50°S	~ 2
Serra Geral/ Etendeka	132 ± 1	>1.0	40°S	~ 1 or ~ 5?
Antarctica	176 ± 1	>0.5	50-6°S	~ 1?
Karoo	183 ± 1	>2.0	45°S	0.5 - 1
Newark	201 ± 1	>1.0?	30°N	~ 0.6
Siberian	249 ± 1	>2.0	45°N?	~ 1

史上發生過大規模火山熔岩洪流的位置



<http://www.geolsoc.org.uk/template.cfm?name=fbasalts>

恐龍滅絕與火山爆發的關連(續)

大規模火山熔岩事件與地質不連續層時間對照表

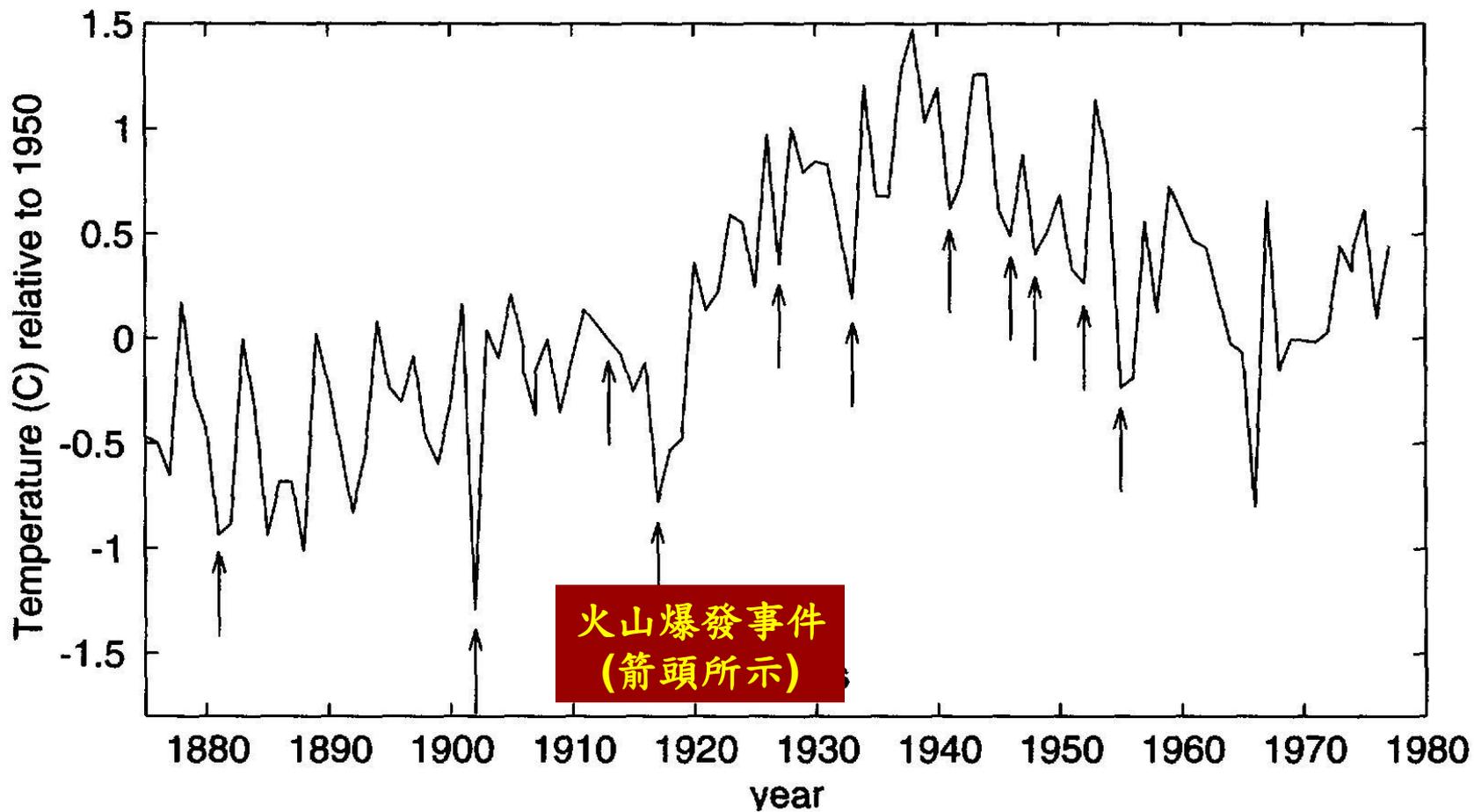
岩漿洪流事件	年代 (Mys)	地層邊界(地質不連續)	年代 (Mys)
Columbia River	16 ± 1	Early/Mid-Miocene	16.4
Ethiopia	31 ± 1	Early/Late Oligocene	30
North Atlantic	57 ± 1	Paleocene/Eocene (Thanetian/Selandian)	54.8 (57.9)
Deccan	66 ± 1	Cretaceous/Tertiary	65.0 ± 0.1
Madagascar	88 ± 1	Cenomanian/Turonian Turonian/Coniacian)	93.5 ± 0.2 (89 ± 0.5)
Rajmahal	116 ± 1	Aptian/Albian	112.2 ± 1.1
Serra Geral/Etendeka	132 ± 1	Jurassic/Cretaceous (Hauterivian/Valanginian)	142 ± 2.6 (132 ± 1.9)
Antarctica	176 ± 1 or 183 ± 1	(Aalenian/Bajocian)	(176.5 ± 4)
Karoo	183 ± 1	Early/Middle Jurassic	180.1 ± 4
Newark	201 ± 1	Triassic/Jurassic	205.7 ± 4
Siberian	249 ± 1	Permian/Triassic	248.2 ± 4.8

地質年代表

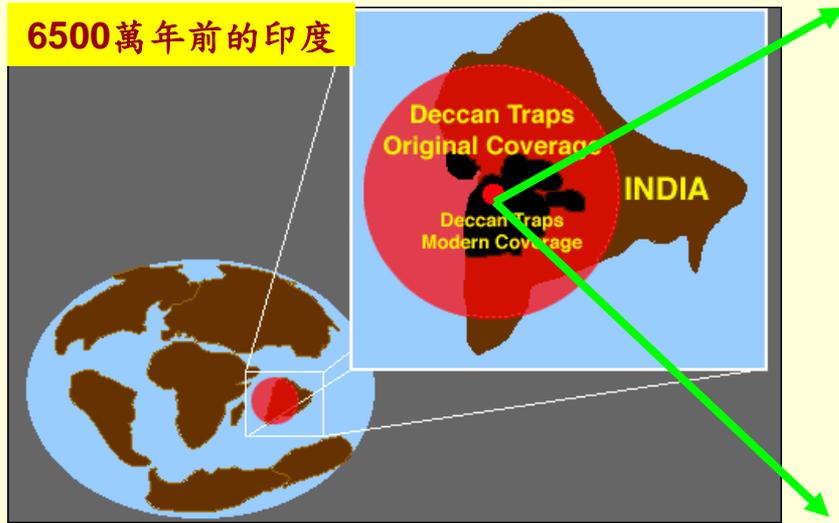
顯生宙 Phanerozoic		單位：百萬年
新生代 Cenozoic		
第四紀 Quaternary		
全新世 Holocene		現代 Today--0.01
更新世 Pleistocene		0.01--1.8
第三紀 Tertiary		
上新世 Pliocene		1.8--5.3
中新世 Miocene		5.3--23
漸新世 Oligocene		23--36.5
始新世 Eocene		36.5--53
古新世 Palaeocene		53--65
中生代 Mesozoic	← 70% 海洋生物滅絕	← 恐龍滅絕年代
白堊紀 Cretaceous		65--145
侏羅紀 Jurassic	← 50% 地球生物滅絕	145--208
三疊紀 Triassic		208--248
古生代 Palaeozoic	← 90% 海洋生物滅絕 70% 脊椎動物滅絕	← 史上最大滅絕
二疊紀 Permian		248--290
石炭紀 Carboniferous		290--360
泥盆紀 Devonian	← 70% 地球生物滅絕	360--410
志留紀 Silurian		410--438
奧陶紀 Ordovician	← 60% 地球生物滅絕	438--510
寒武紀 Cambrian		510--570
元古宙 Precambrian		
元古代 Proterozoic		
震旦紀 Sinian		570--800-
		800--2,500
太古宙 Archaean		
太古代 Archaeozoic		2,500--4,600

地球溫度變化與火山爆發事件的關連

— 灰塵遮蔽效應造成溫度下降 —



6千5百萬年前印度Deccan火山熔岩事件分析



Deccan Traps (火成岩形成的階梯狀岩層)

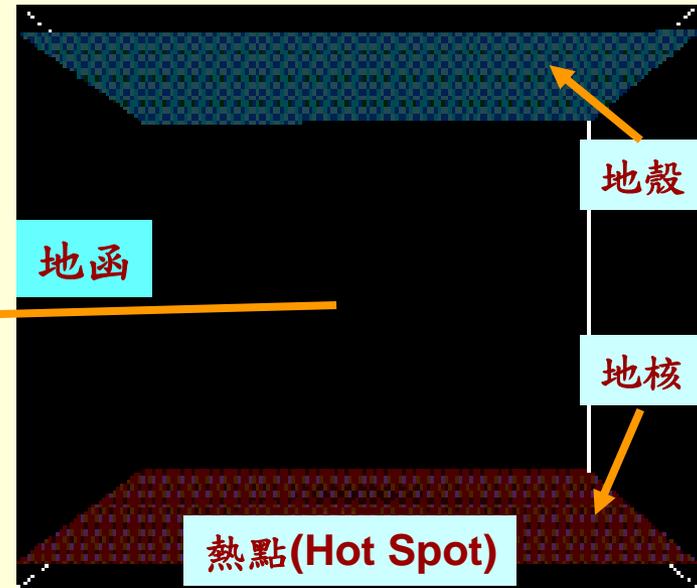
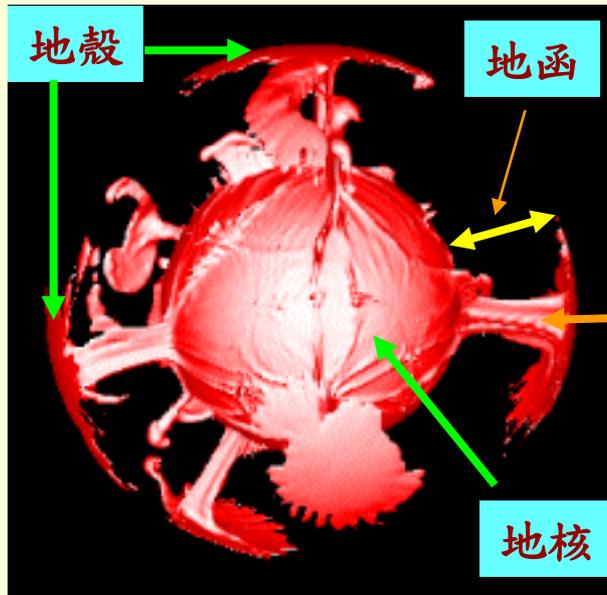


http://www.classzone.com/books/earth_science/terc/content/investigations/esu801/esu801page05.cfm



在6千5百萬年前，於印度的Deccan地區發生有史以來最大的火山爆發事件。噴發出的岩漿所流過的距離超過900公里，堆積的厚度超過600公尺，有些地區超過2000公尺，而涵蓋面積超過50萬平方公里，大於美國華盛頓州與奧勒岡州面積總和。若Deccan噴發的岩漿均勻分布在地球上，其厚度可達10英尺。

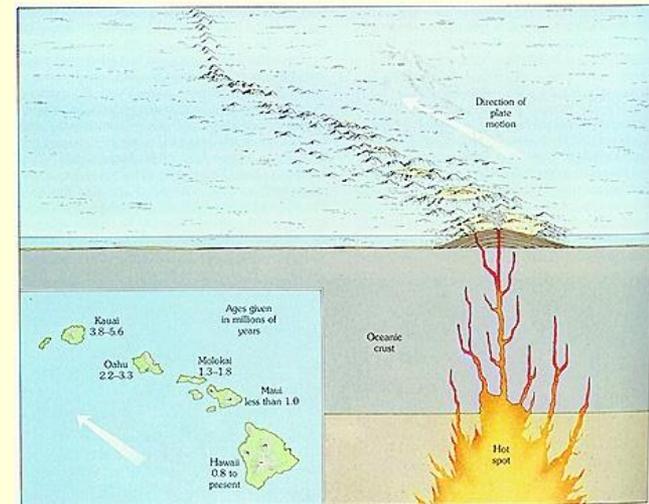
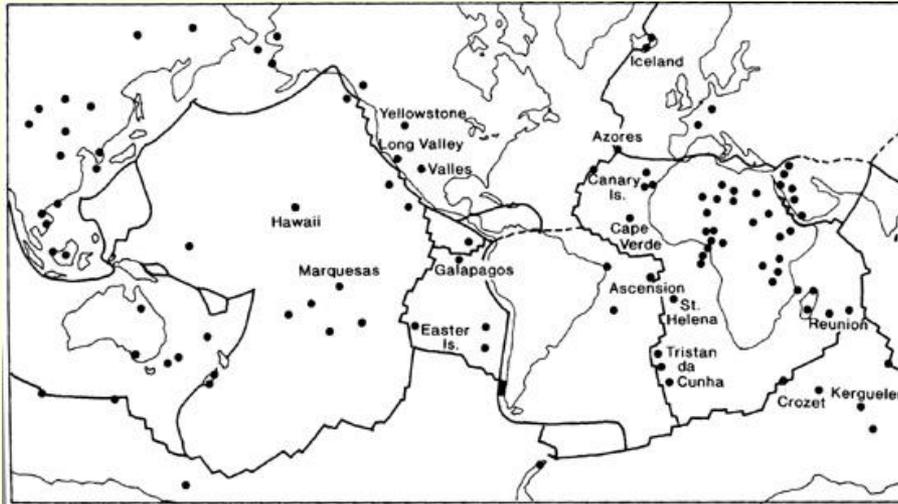
大規模火山熔岩洪流形成機制



<http://www.geolsoc.org.uk/template.cfm?name=fbasalts>

產生Deccan Traps的火山噴發，科學家相信係為於地殼深處內靠近地核附近的岩漿，以柱狀的方式在地函中對流上升。發生對流的位置即為所謂的熱點Hot Spot，在地函中的對流柱稱為地函柱Mantle Plume。此對流上升約需百萬年的時間才會到達地表附近，最後衝破地殼，造成大規模的岩漿洪流。除了印度的Deccan地區之外，在2億4千8百萬年前西伯利亞地區亦發生過此種大規模的火山爆發所產生的岩漿洪流事件。

全球熱點的分佈



http://visearth.ucsd.edu/VisE_Int/plate_tectonics/hot_spot.html

熱點一般特性

- 一、熱點是地球內部熱能往地表傳送的對流發生位置
- 二、在數千萬年的時間中，熱點的位置幾乎固定不動
- 三、除了板塊的鄰接觸，熱點也可以存在於陸塊中
- 四、熱點亦是地震容易發生的位置

火山爆發與恐龍滅絕



<http://www.s-d-g.freemove.co.uk/craters.html>



Cretaceous Dawn © 1996 George Arthur Bush

- 一、噴發出大量煙塵，遮蔽日光，地球溫度降低。
- 二、產生大量二氧化碳與含硫氣體，這些溫室效應氣體改變大氣的性質與生態，造成氣候變異。
- 三、溫室效應結果，極區冰層溶解，海平面上升，海洋化學性質因二氧化碳與硫化物的溶解而發生改變，導致海洋生物的滅絕。
- 四、大規模熔岩噴出，觸發火災，改變地形地貌，造成動植物的死亡。

Deccan火山爆發與恐龍滅絕關連的問題

一、規模似乎不夠大

只發生在印度西北部，而非全球性的噴發

二、火山熔岩噴發時間太長

岩石定年顯示，**Deccan Traps**的主要火山噴發時間似乎在**K/T**邊界層發生之前沒多久(**65Mys**)。但亦有學者認為可能遠在**K/T**邊界層發生之前(**83-70Mys**)。另外火山噴發的持續時間可能高達百萬年之久，似乎無法解釋恐龍在短時間(數萬年)中的滅絕現象。

三、銩元素的問題

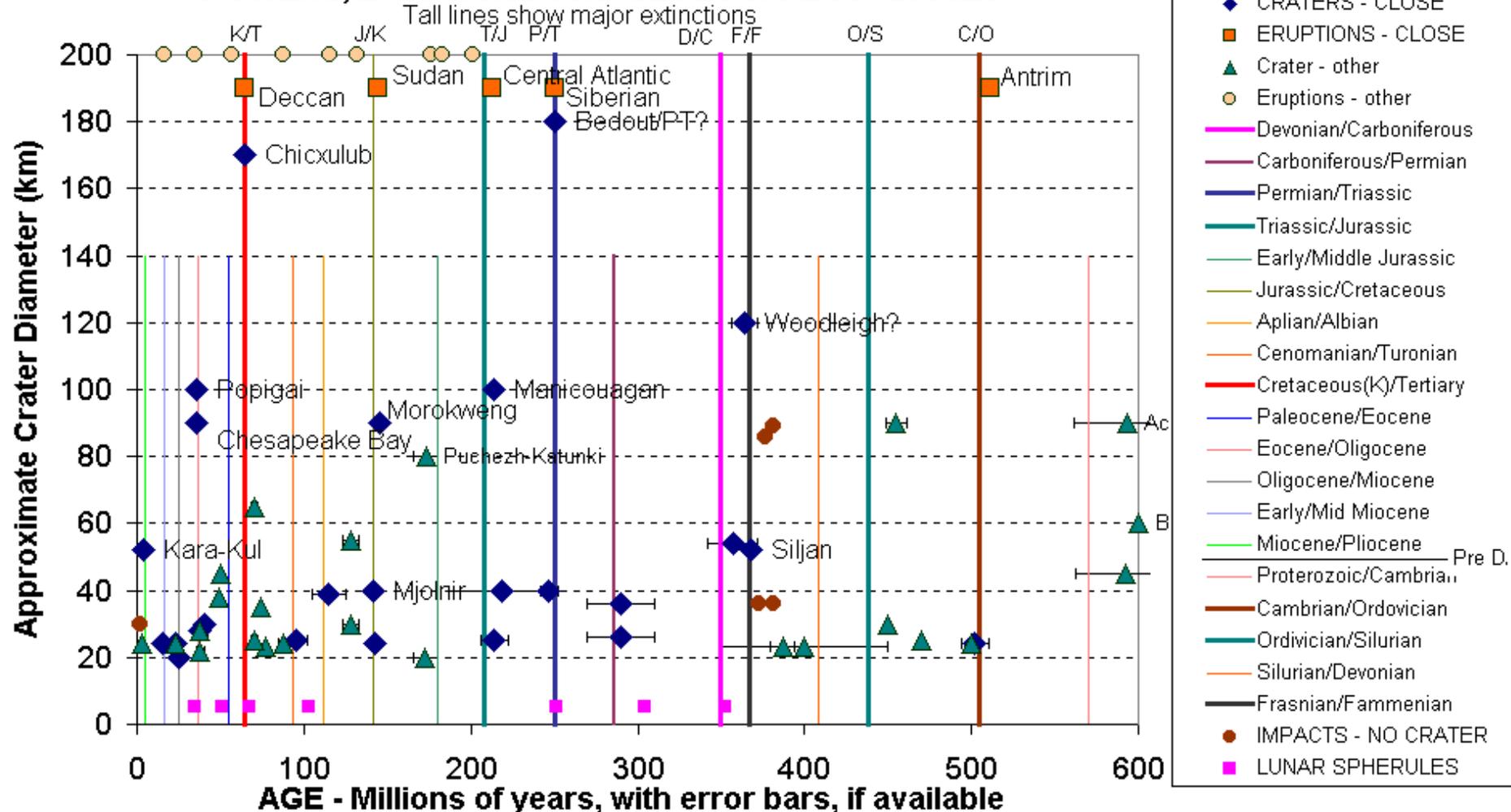
雖然地核中所含的銩元素含量比地表要多，但分析岩石化學成份顯示，**Deccan**火山熔岩中只含有薄薄的一層異常濃密的銩元素，表示全球銩元素在**K/T**邊界層的異常增多，不是由**Deccan**火山爆發所致。另外火山理論亦難以解釋為何遠離火山的銩元素含量比火山附近要高。

四、碳的釋放量問題

由樹葉化石呼吸孔的研究顯示，在一到二萬年中，有超過**6.4**兆噸的碳被釋放到地球大氣中，此數量為全球植物呼吸所需碳量的五倍以上。顯然此碳不可能由火山洪流事件所產生，因它共持續了百萬年時間。此數量的碳將會在短時間中將地球溫度提升攝氏**7.5**度。

地質邊界與隕石撞擊和火山爆發之統計

CRATERS, ERUPTIONS AND GEOLOGIC BOUNDARIES

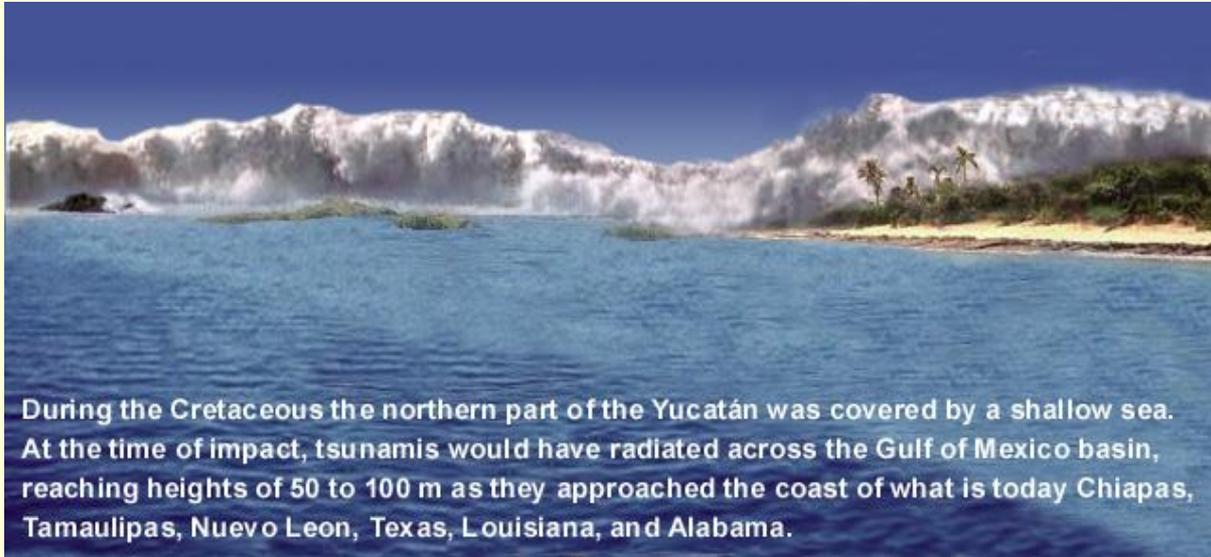


Graph by Michael Paine. Thanks to Andrew Glikson, Franco Pirajno and Dallas Abbott. Updated March 2001

恐龍(或生物)滅絕可能原因總結

- 一、證據顯示在6500萬年前恐龍滅絕時期(亦即K/T邊界層)，有多起的隕石(或彗星)撞擊地球以及大規模的火山爆發事件幾乎同時發生，結果足以改變地球的生態環境，進而導致恐龍的滅絕。至於其他因素則可以排除。
- 二、由於大規模的火山噴發持續時間均甚長(百萬年)，如印度的Deccan Traps事件，單獨的火山噴發作用，不大可能在短時間(數萬年)中造成恐龍滅絕。另外鉍元素異常含量只存在熔岩中很薄的一層，以及大量(5倍)的二氧化碳在極短的時間中被釋放到大氣中(約1-2萬年)，均無法以火山爆發事件解釋。因此造成恐龍滅絕的直接因素，推測應該是隕石撞擊結果，而火山噴發則為強化恐龍不利生存的環境，最終滅絕。

隕石與海嘯的關係

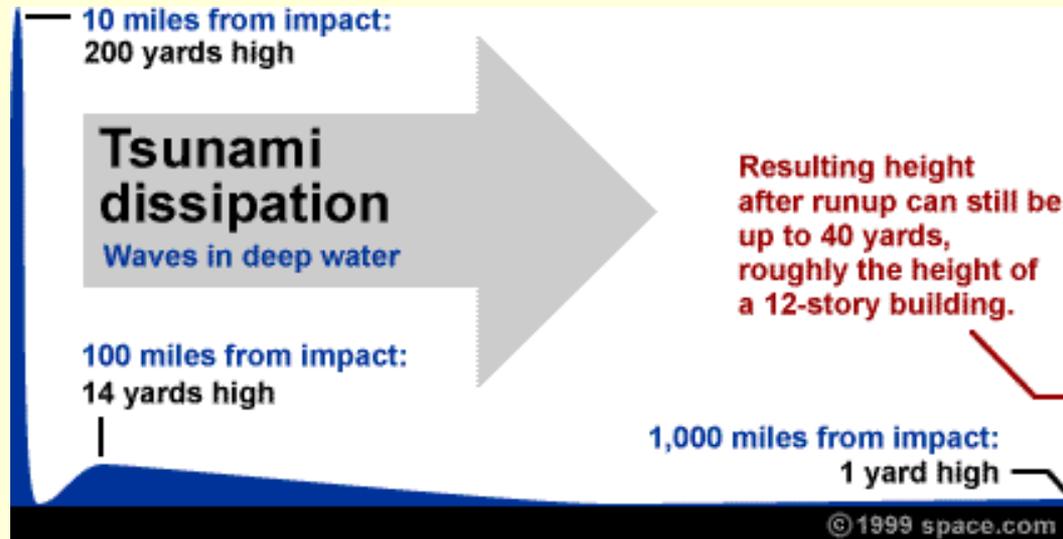


During the Cretaceous the northern part of the Yucatán was covered by a shallow sea. At the time of impact, tsunamis would have radiated across the Gulf of Mexico basin, reaching heights of 50 to 100 m as they approached the coast of what is today Chiapas, Tamaulipas, Nuevo Leon, Texas, Louisiana, and Alabama.

大部分的海嘯是由海底地震與岸邊陸地的高山崩塌落入海中所致。但隕石亦有可能造成海嘯。科學家估計，在每一萬年中隕石會在地球上發生一次造成上千人死亡的海嘯事件。

科學家計算結果顯示，一個直徑約一公里的隕石落到海洋中，將會激起高為40公尺以上的海嘯，並可以越過大洋，包括太平洋，大西洋，與印度洋等，造成成千上萬生命的傷亡，以及巨大的財物損失。

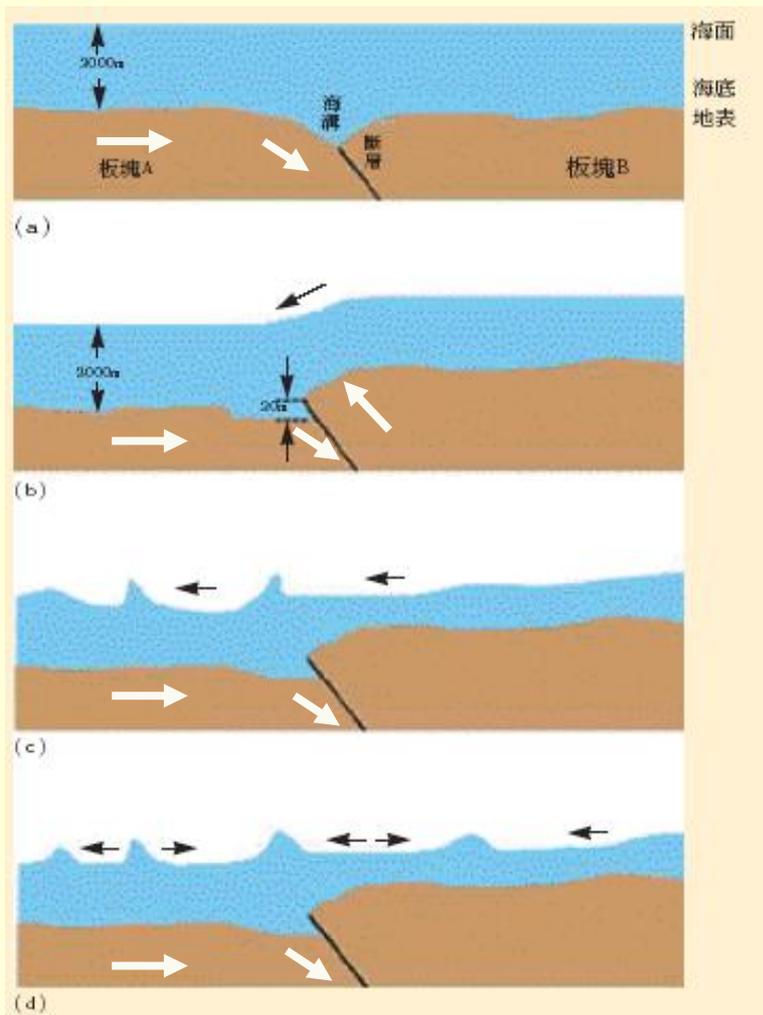
隕石所激起的海嘯傳播特性



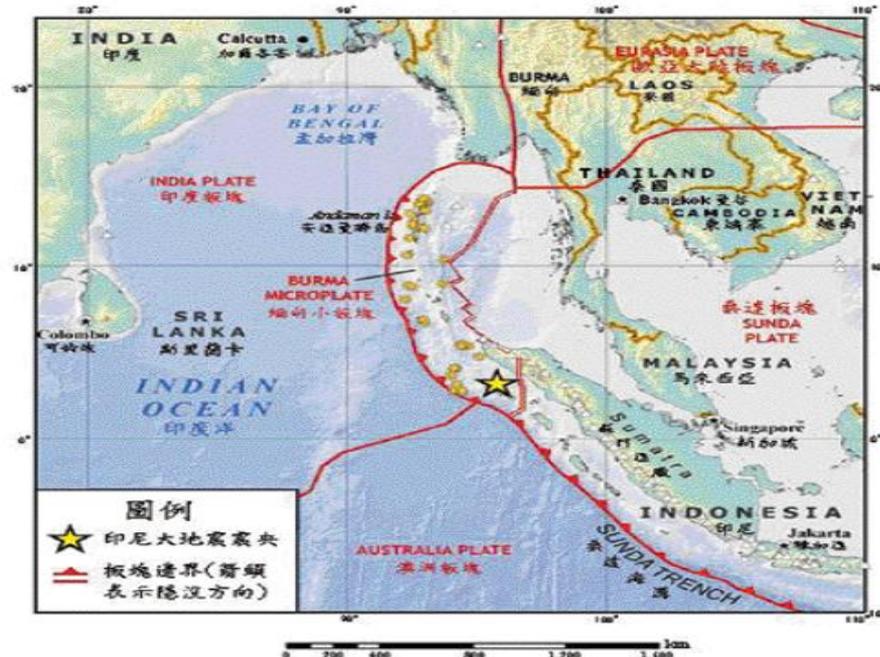
根據美國 NASA 的估計，直徑 100 公尺的隕石撞擊地球的機率約為每 2000 年發生一次。直徑 500 公尺的隕石撞擊地球的機率則為每八萬年發生一次。直徑一公里的隕石撞擊地球的機率約為每 20 萬年發生一次。

一個直徑 500 公尺的隕石撞擊海面後，將會產生直徑約 5 公里的水坑。離撞擊點 15 公里的地方，所激起的波浪高度可達 200 公尺。海嘯在深水中的傳播速度大約為 180 公尺／秒。當波浪傳播了 150 公里遠的距離之後，波高將迅速降低至 14 公尺。傳播距離超過 1500 公里時，波浪高度只剩 1 公尺。但此波浪碰到岸邊後，因為淺水的放大作用，波高可以再度放大至 40 公尺左右，形成海嘯，造成嚴重的傷亡。

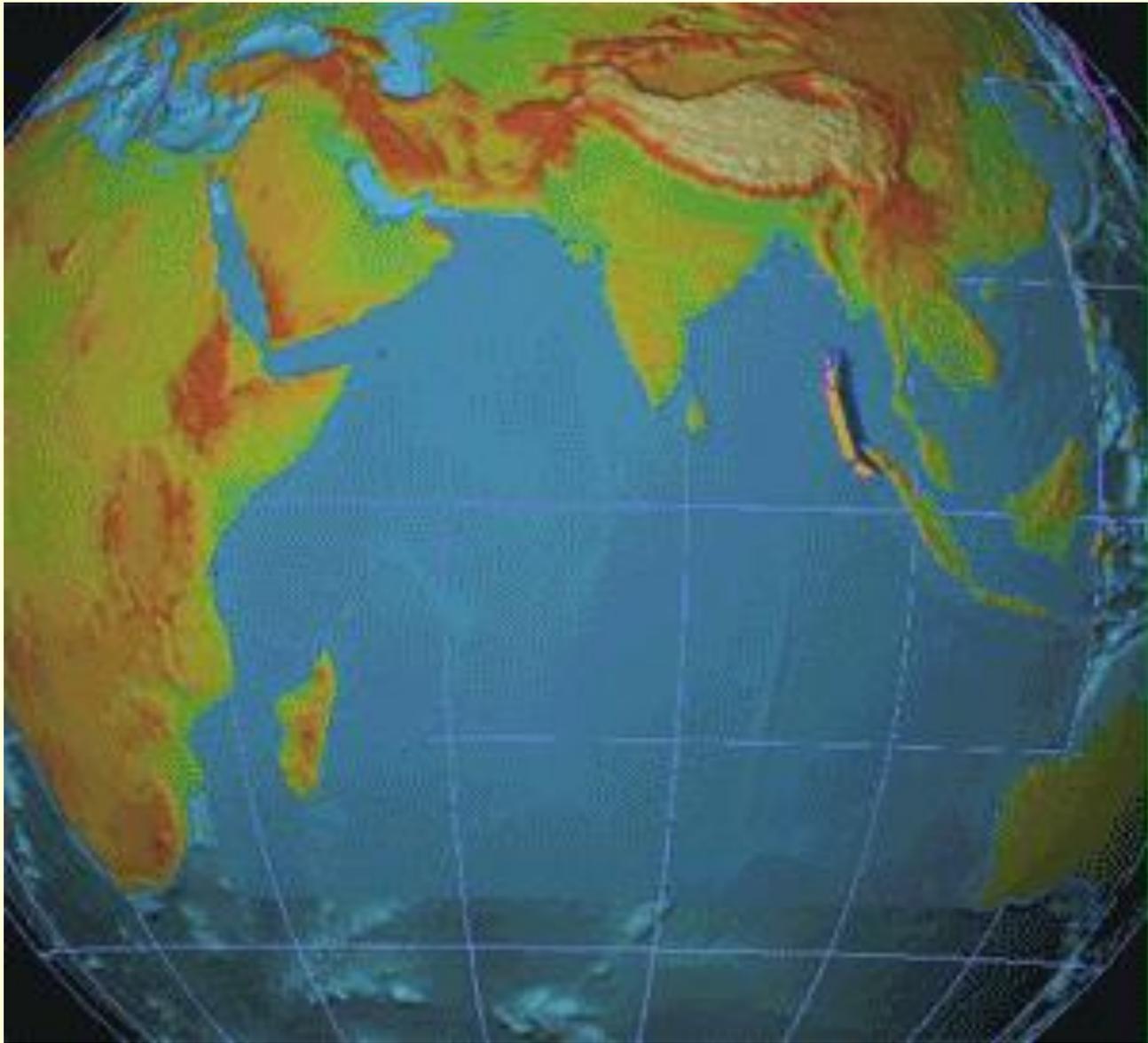
海嘯的成因



海底傾斜滑移斷層引發海嘯的過程。(a) 板塊A與板塊B之間是一個傾斜滑移斷層，未發生地震時，海水保持平衡狀態；(b) 發生地震時，板塊B及上方的海水在幾秒鐘之內抬升；(c) 海水向板塊A方向流動；(d) 形成巨浪，引發海嘯。為清楚說明，本圖未按實際比例繪製。



南亞海嘯模擬

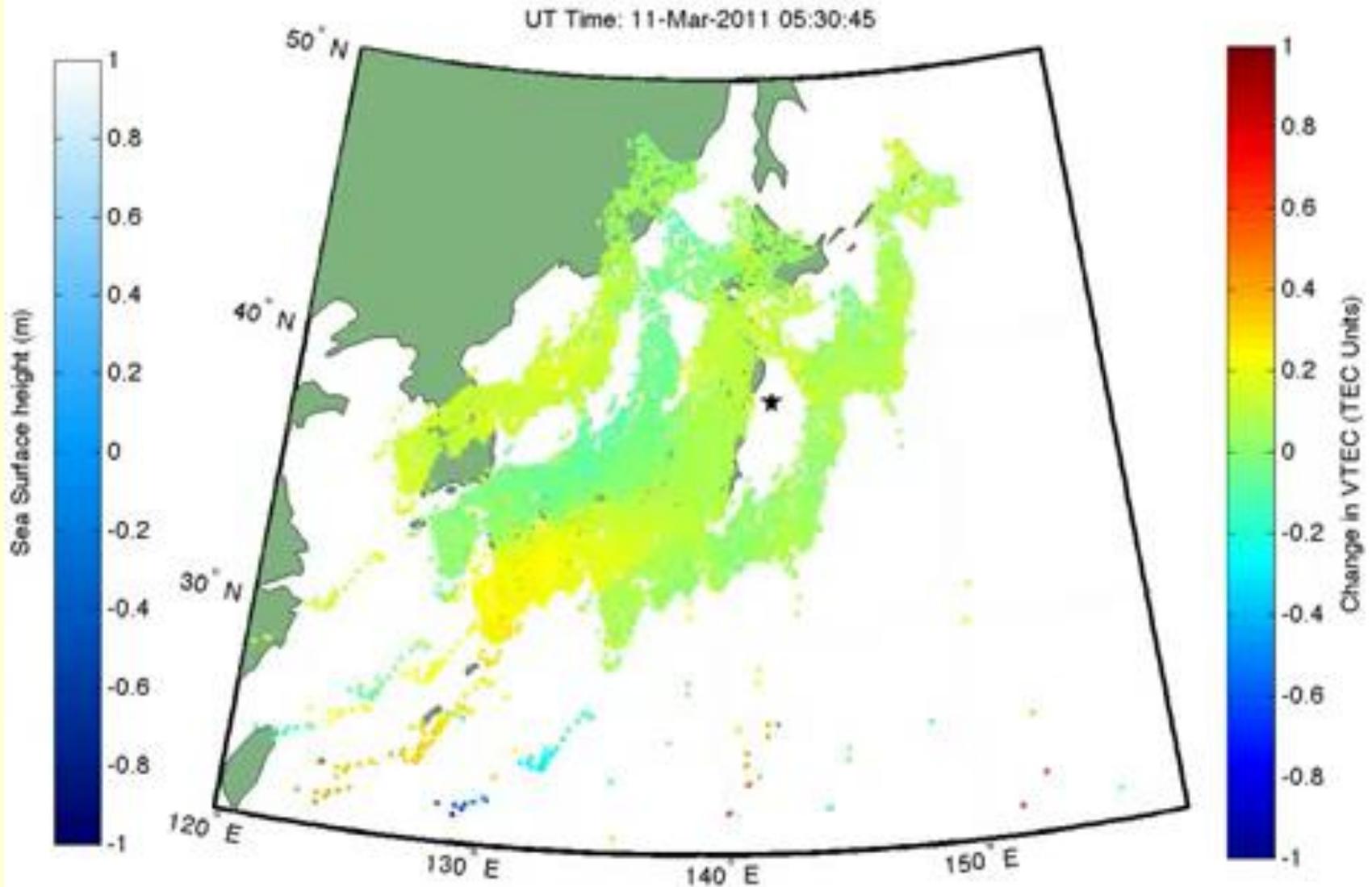


http://en.wikipedia.org/wiki/2004_Indian_Ocean_earthquake

海嘯實況



海嘯對太空環境的影響實況



海嘯前後

之前



之後

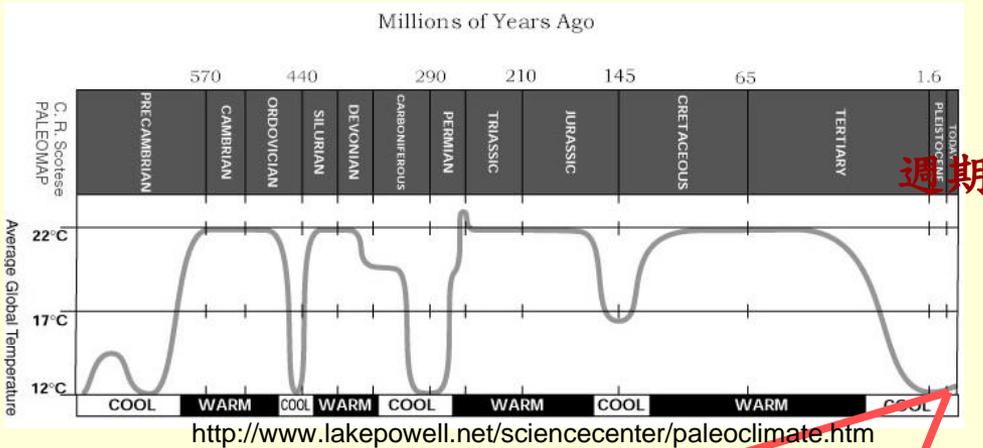


太空事件與冰河

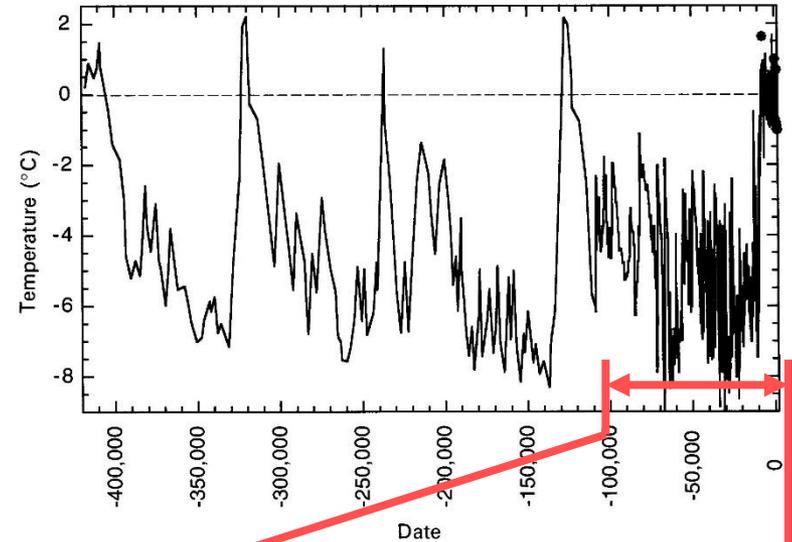
除了影響地球的地質年代交替、海洋劇烈擾動(海嘯)、地表面貌重塑(隕石坑)、以及生物的興替滅絕之外，太空事件也對於地球大氣溫度以及伴隨而來的氣候變遷，發生巨大影響，其中冰河的發生便與地球在太陽系中的公轉軌道以及自轉現象有關。

冰河時期的證據—地球溫度變化的記錄(1)

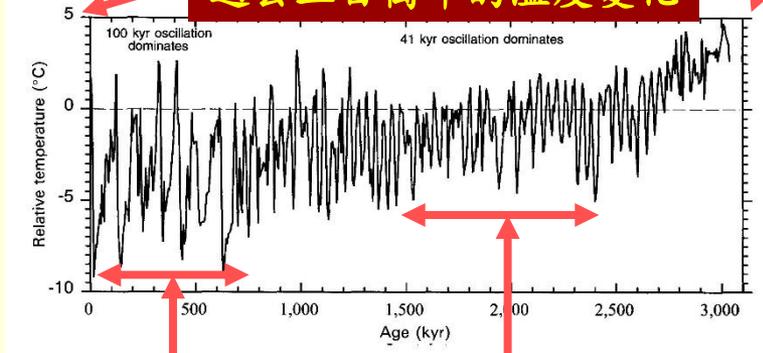
過去六億年的溫度變化示意圖



過去四十萬年的溫度變化



過去三百萬年的溫度變化



十萬年的
週期震盪

四萬一千年的
週期震盪

過去十萬年的溫度變化

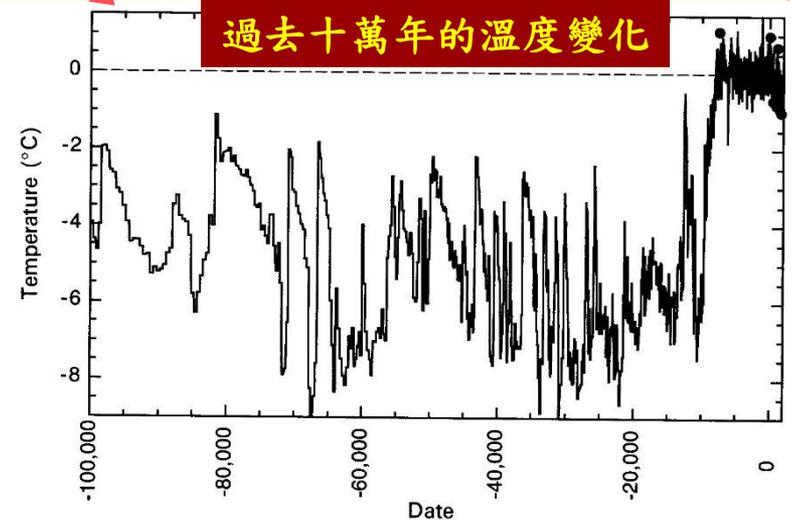
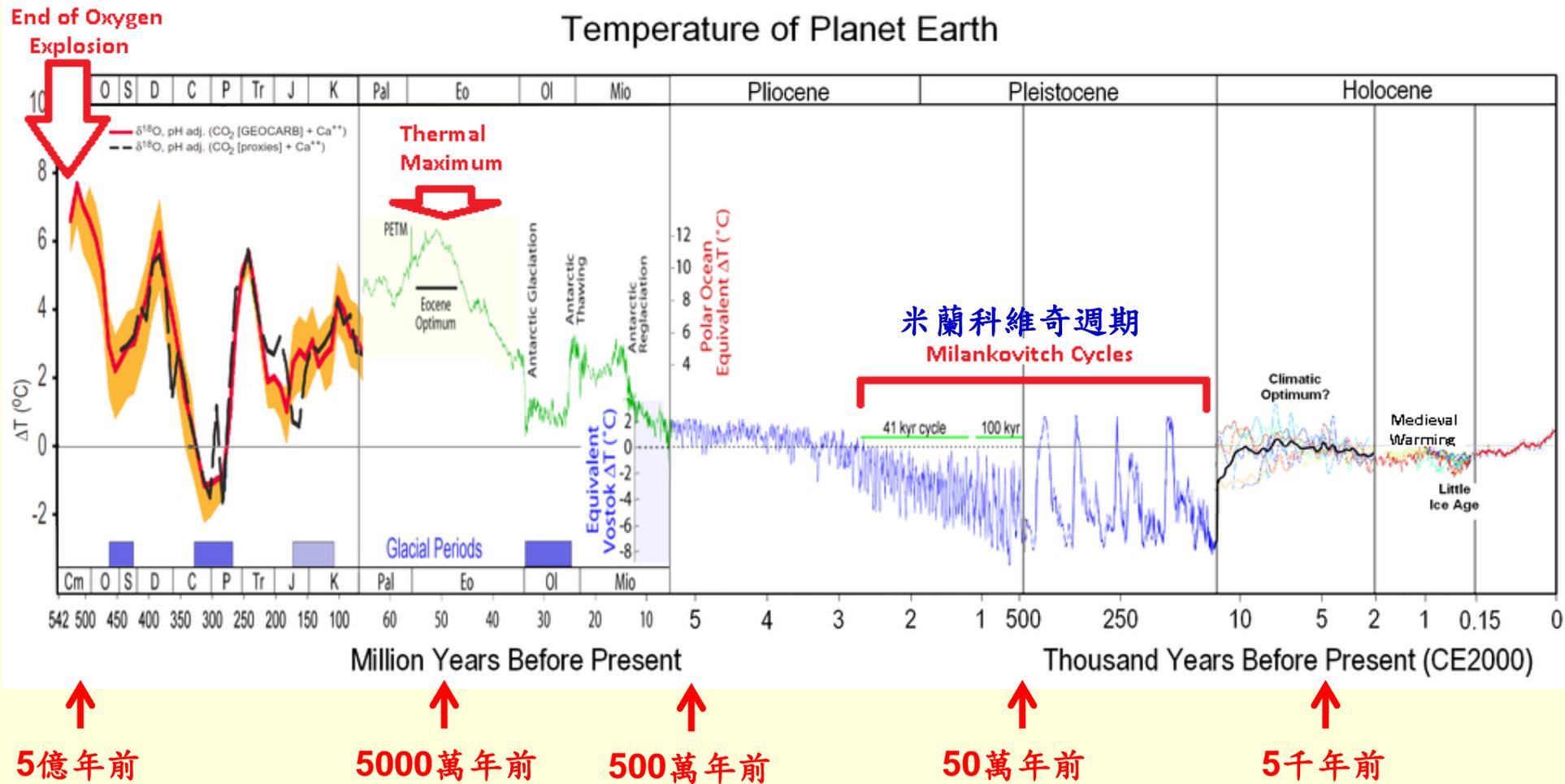
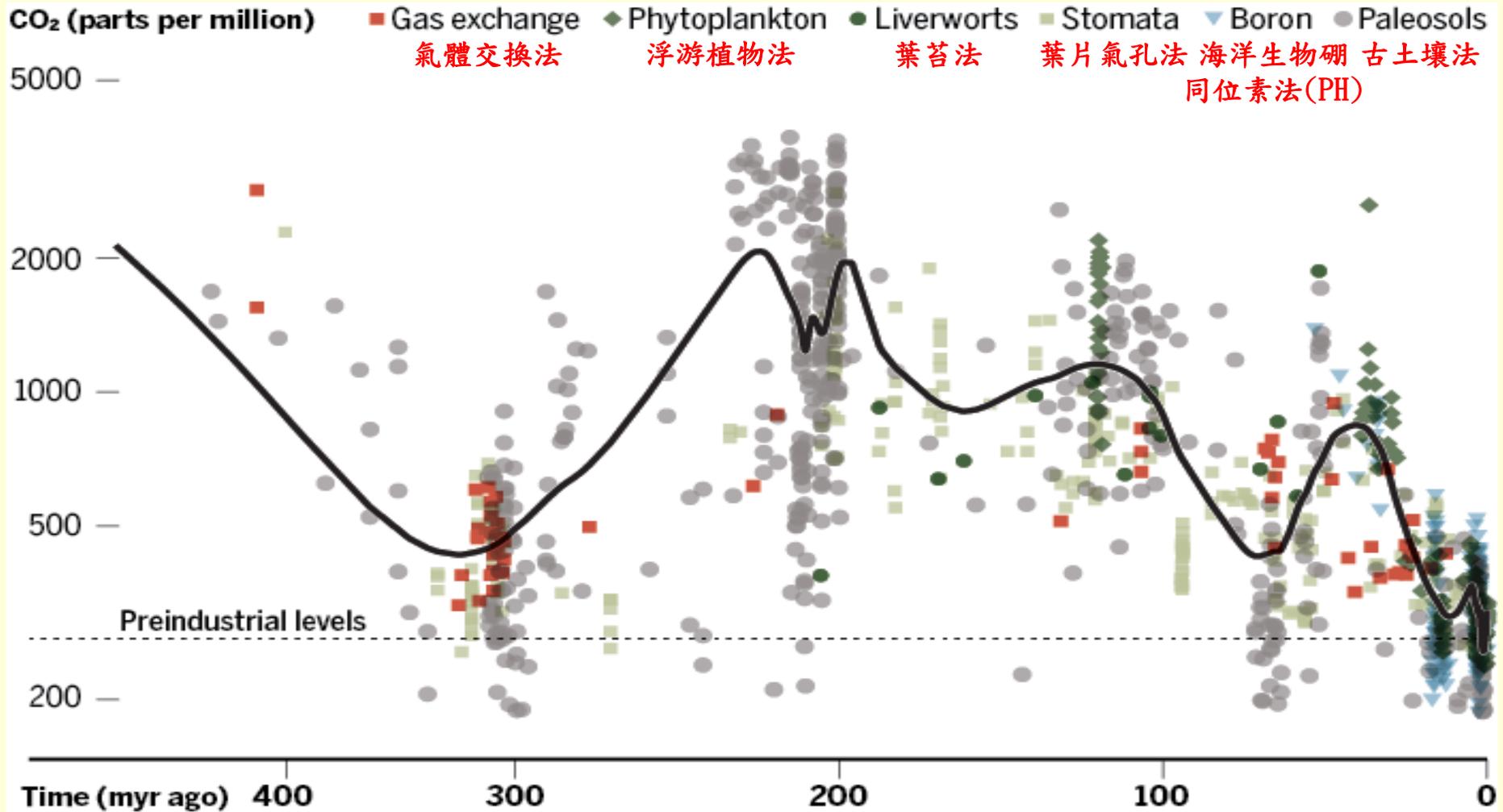


Fig. 1.4. Climate of the last 100,000 years.

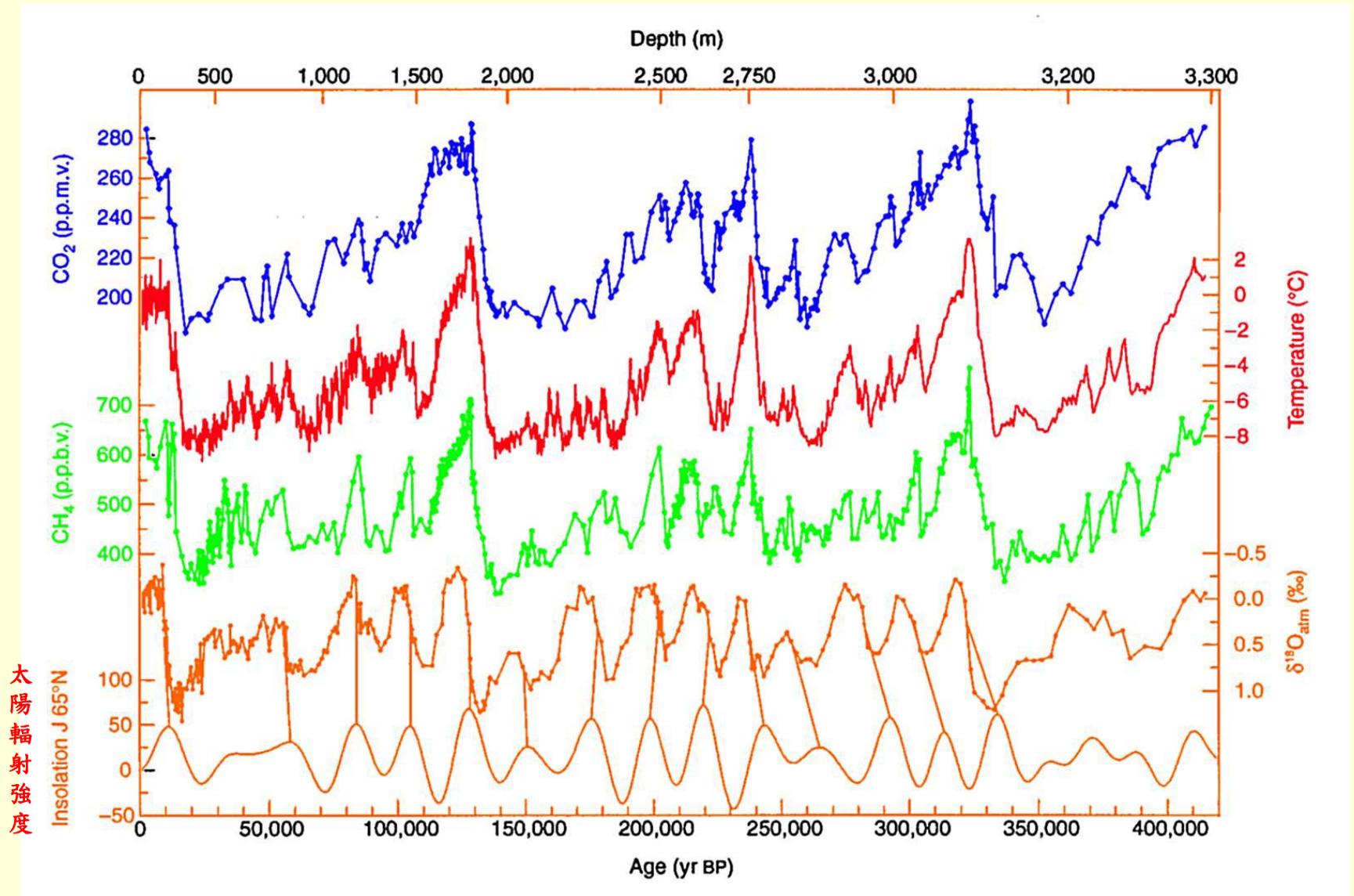
過去五億年地球大氣溫度之變動



過去五億年地球二氧化碳濃度之變動



米蘭科維奇週期現象



米蘭科維奇週期理論

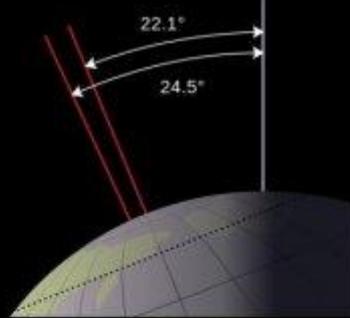


Milutin Milankovich

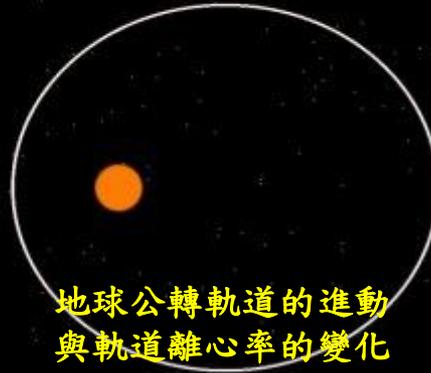
地球自轉軸的週期進動



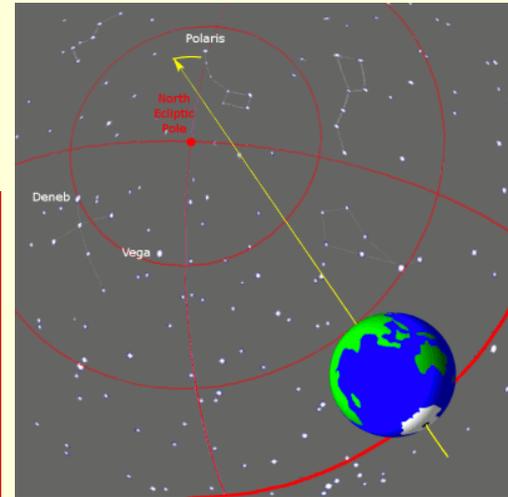
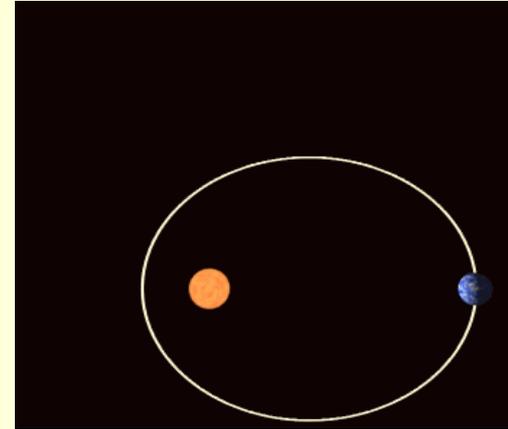
地球自轉軸的傾斜角變化



The
Milankovitch
Cycles
theory



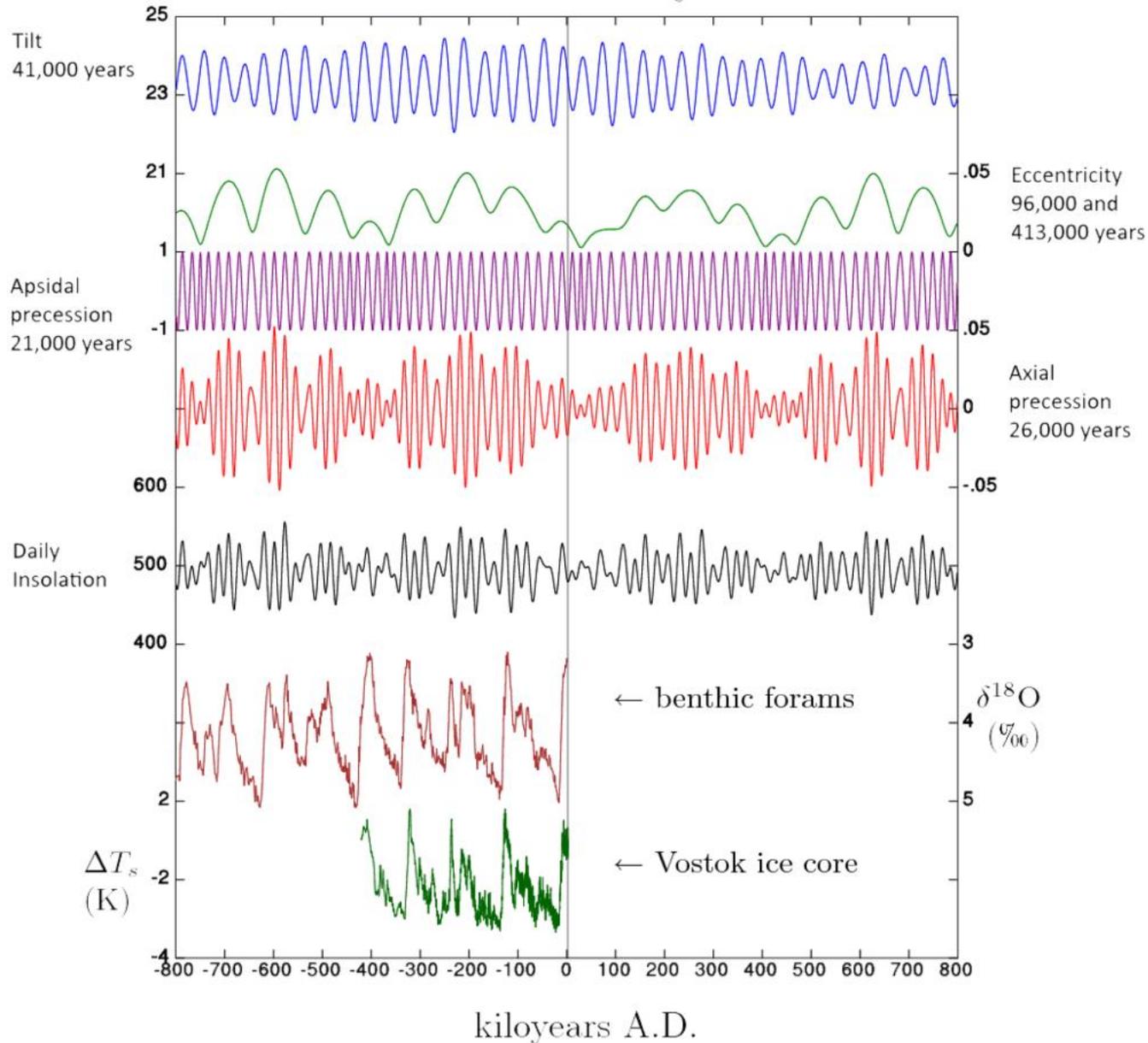
地球公轉軌道的進動
與軌道離心率的變化



米蘭科維奇理論解釋冰河發生週期的原因

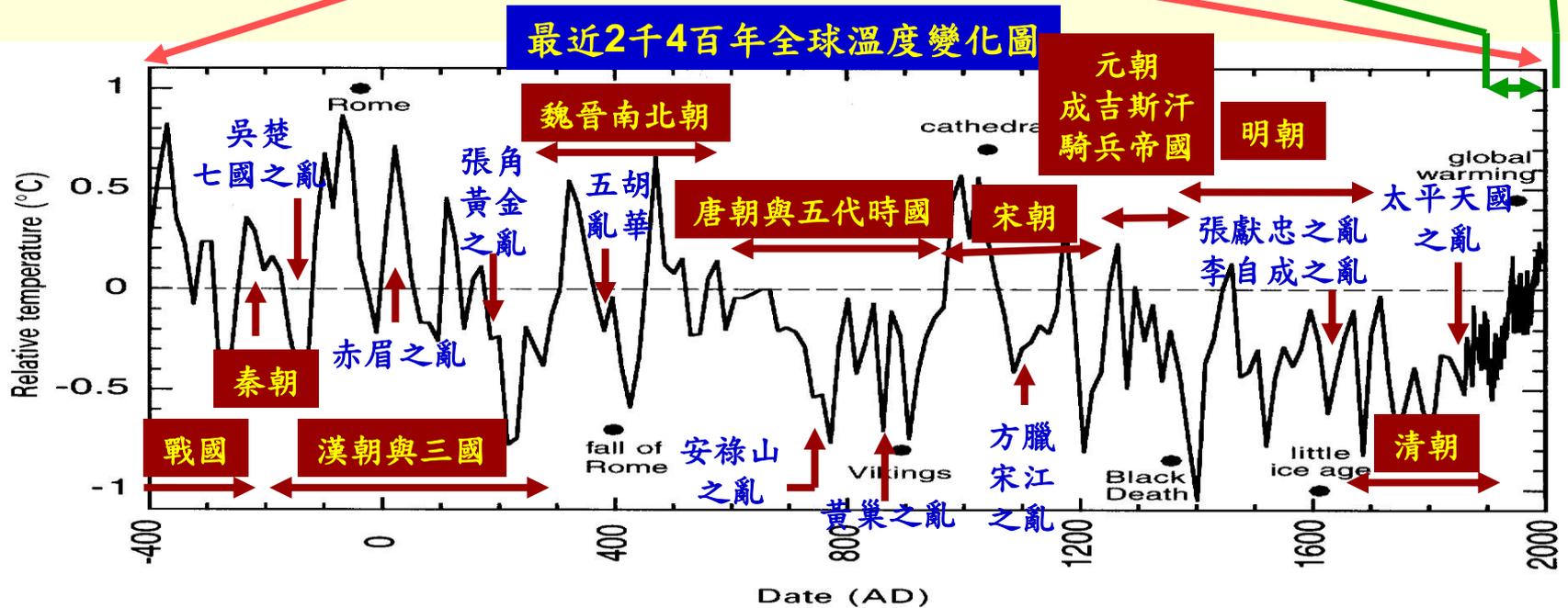
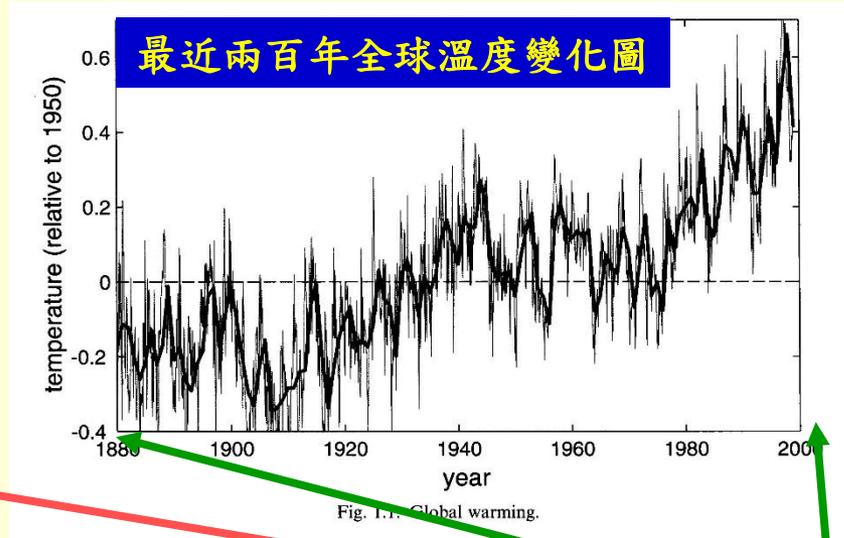
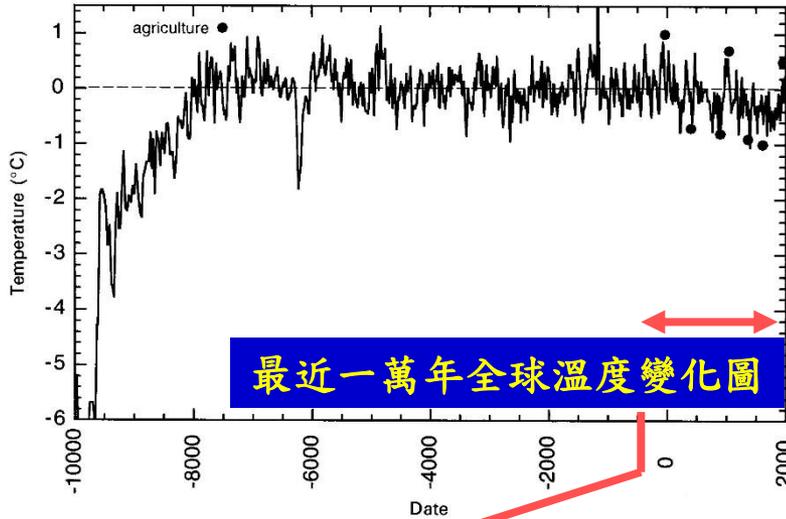
- ▼地球自轉軸的進動週期 — 約2.6萬年
- ▼地球自轉軸的傾斜角變化週期 — 約4.1萬年
- ▼地球公轉軌道的離心率變化週期 — 約10萬年
- ▼地球公轉軌道的進動週期 — 約2.1萬年

Milankovitch Cycles



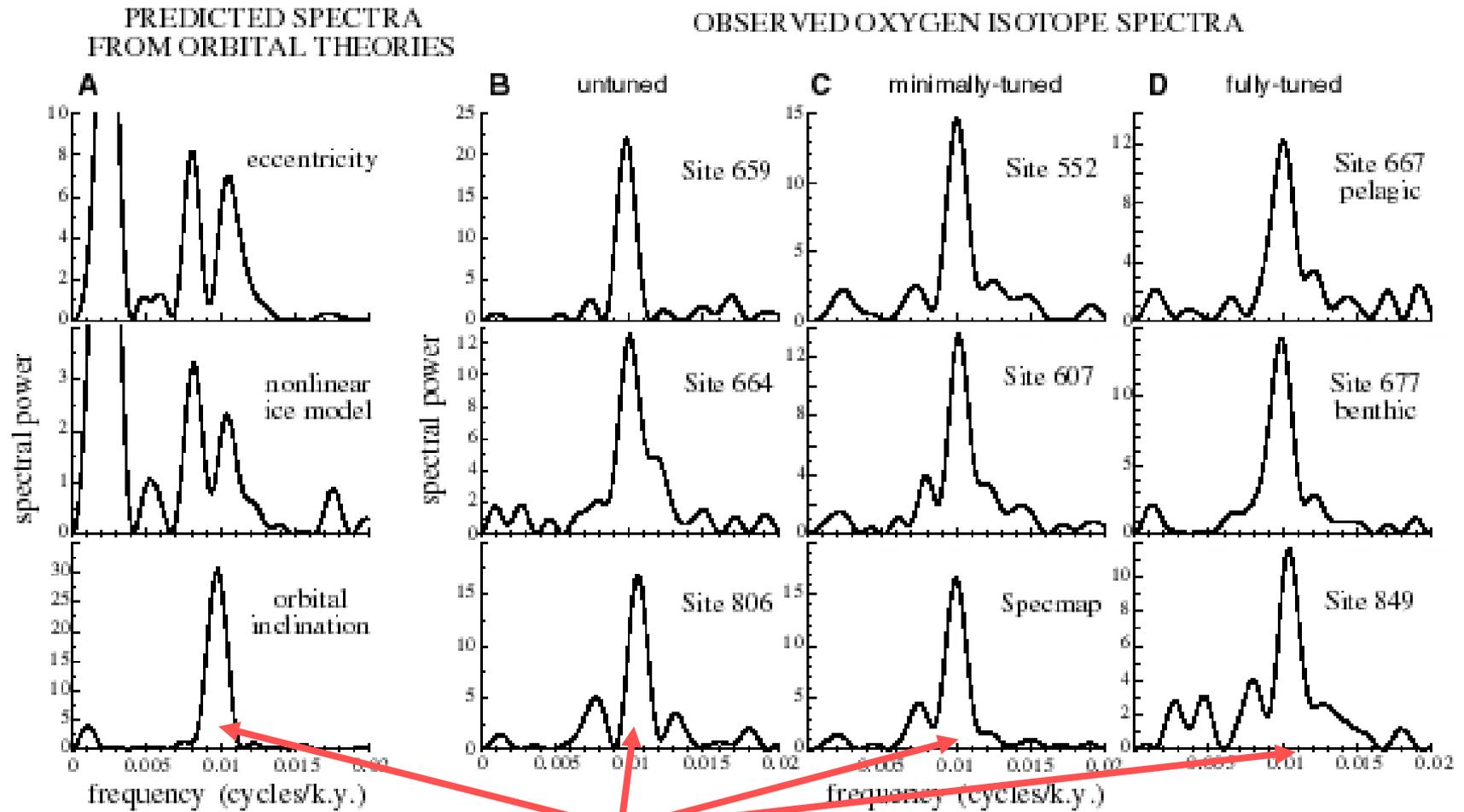
<https://en.wikipedia.org/wiki/>

冰河時期的證據—地球溫度變化的記錄(2)



地球運行與冰河世紀(1)

頻譜分析結果



地球公轉軌道

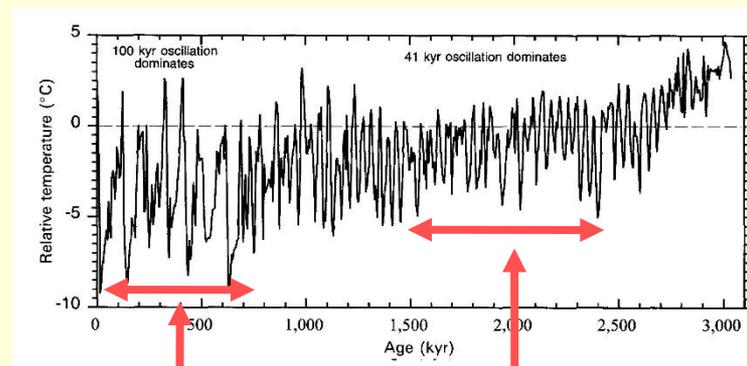
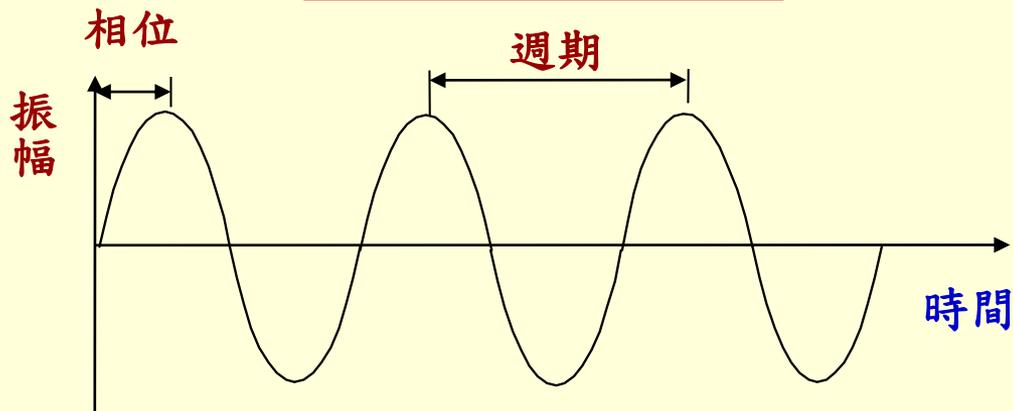
十萬年週期

大氣溫度

頻譜分析(Spectral Analysis)的目的

根據傅立葉序列理論(Fourier Series Theory)，任何一個隨時間或空間變化的訊號，均可以視為由各種具有不同週期(或頻率)的波動所組成。利用傅立葉轉換(Fourier Transform)的數學方法，可以將組成此訊號的所有波動的振幅(Amplitude)與相位(Phase)計算出，藉此看出是哪一個或哪幾個波動支配了訊號的時間或空間的變化，以了解支配訊號變化的物理機制。

頻率等於週期的倒數



十萬年的
週期震盪

四萬一千年的
週期震盪

地球公轉軌道的變化

相對於黃道面的公轉軸傾角

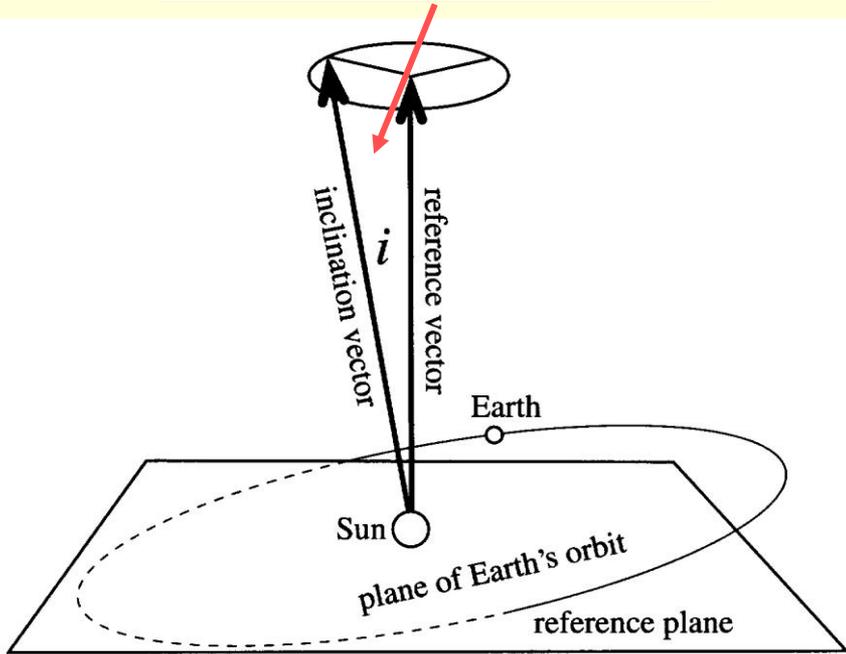


Fig. 2.17. i and Ω for the Earth's orbit.

相對於黃道面的公轉軸傾角變化圖

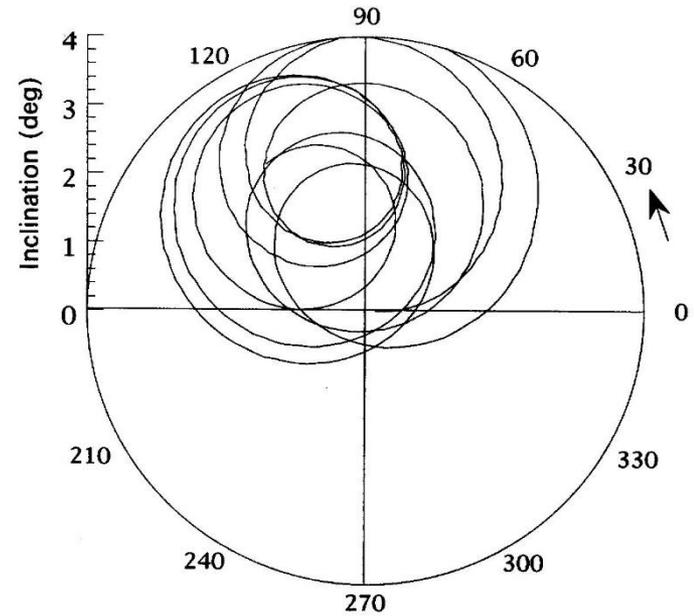
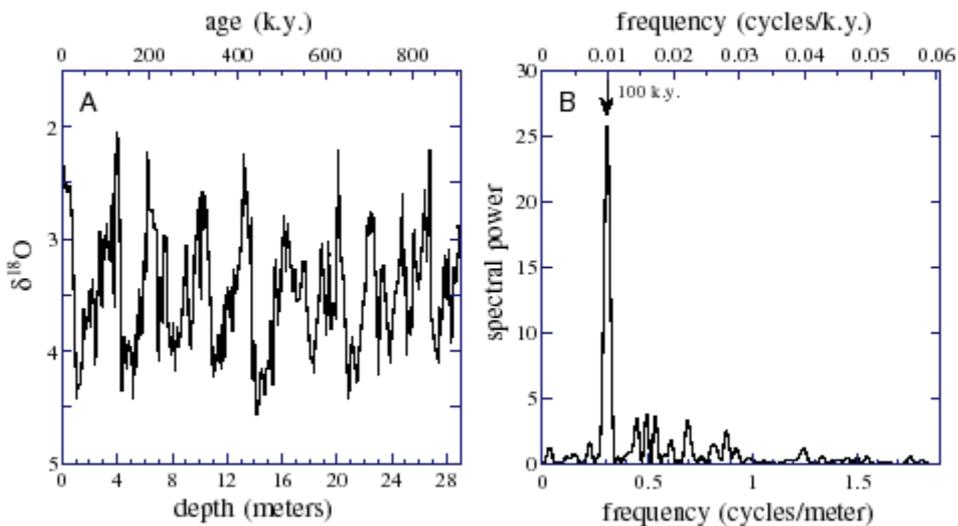
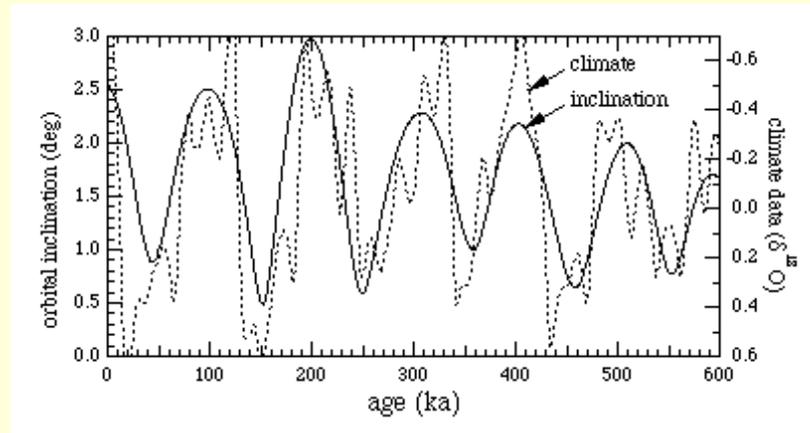
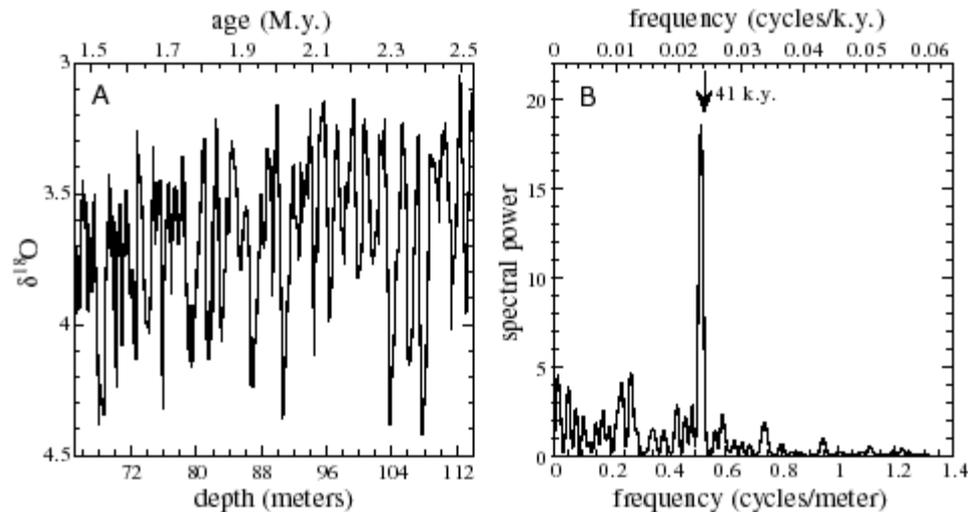


Fig. 2.20. Polar plot of inclination, referred to the Zodiac.

地球運行與冰河世紀(2)

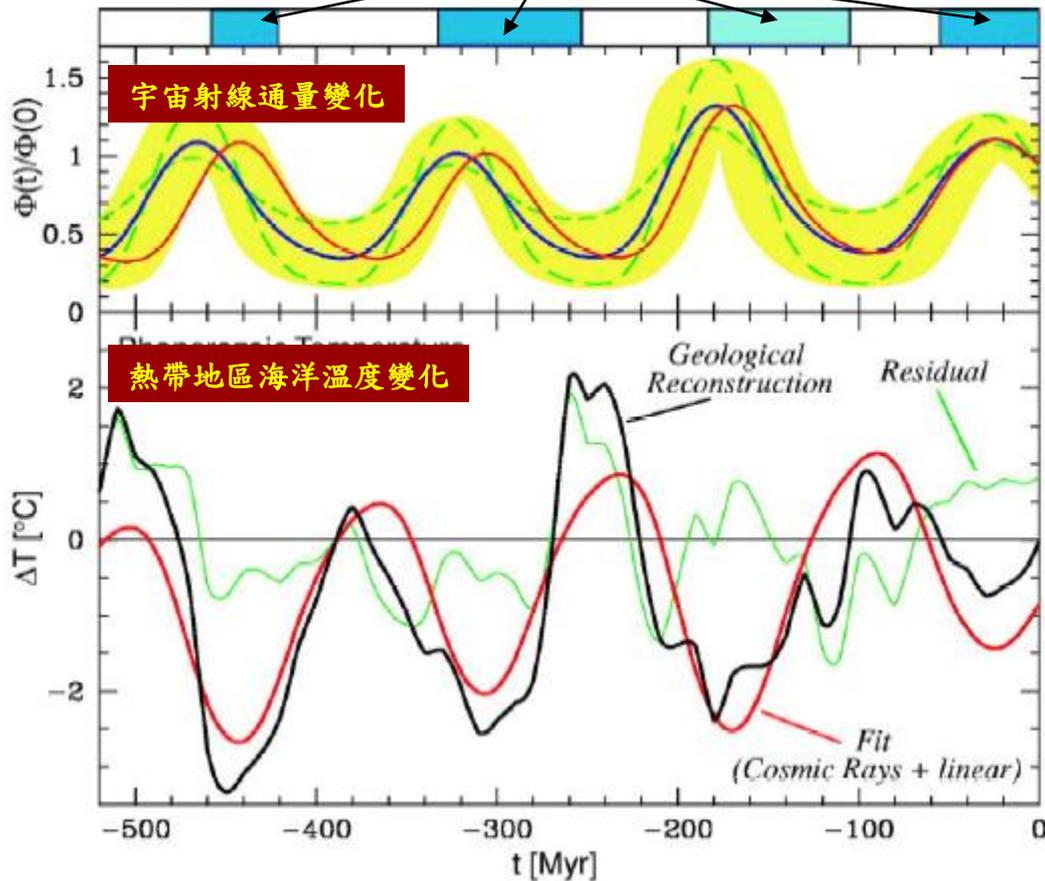


結論

冰河十萬年週期的變化極有可能係由地球公轉軌道傾角的變化所引起地球接收太陽輻射熱能變化所致

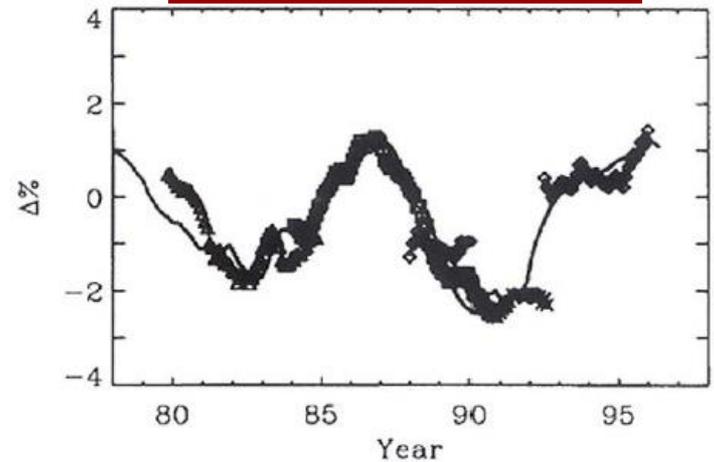
冰河世紀與宇宙射線的關係

冰河時期



Shaviv, N.J. and Veizer, J. (2003) *GSA Today* 13 (7): 4-10

宇宙射線通量與地球雲覆蓋量的關係

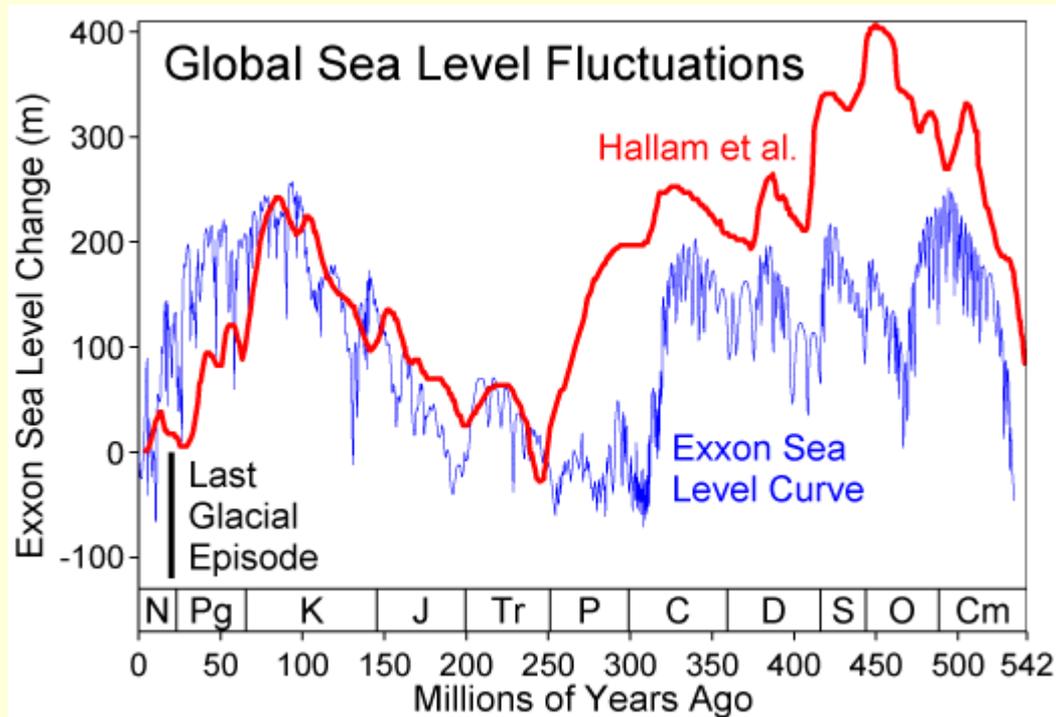


Svensmark, H. and Friis-Christensen, E. (1997) *JASTP*, 59, 1225

宇宙射線通量隨太陽活動性增強而減弱，導致穿入地球大氣時，所產生的凝結核數目亦減少，因而雲量亦隨之減低，結果將造成日照量增加，與地球溫度的上升。

因此週期為1億2千萬年的冰河變化，似乎係導因於宇宙射線強度的變化。

海平面高度變化的歷史曲線

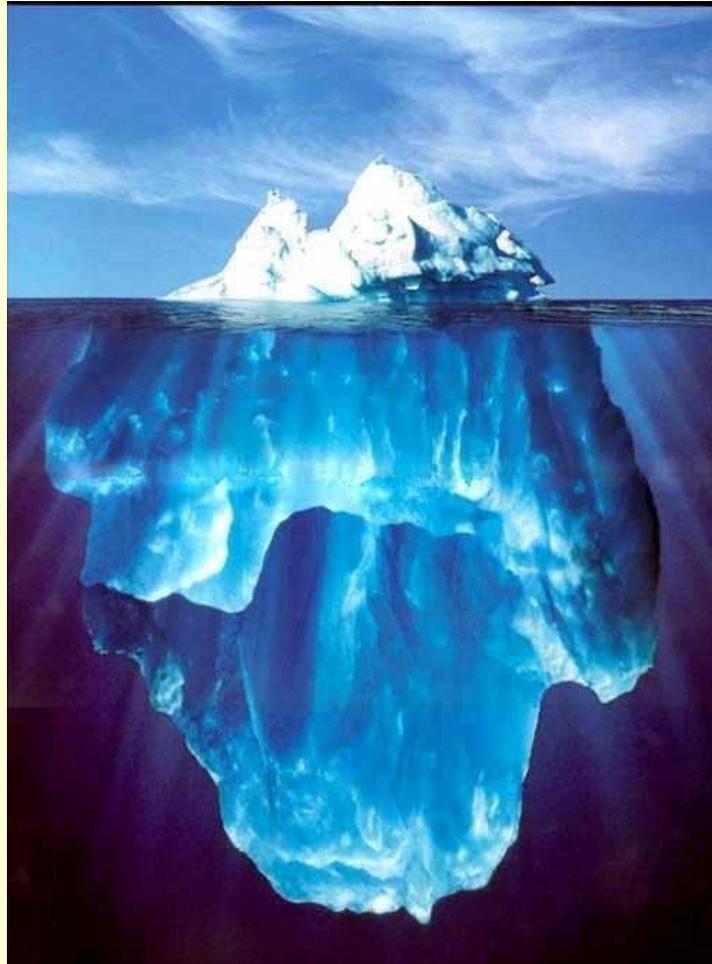


http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/4/44/Phanerozoic_Sea_Level.png

影響海平面高度變化的因素

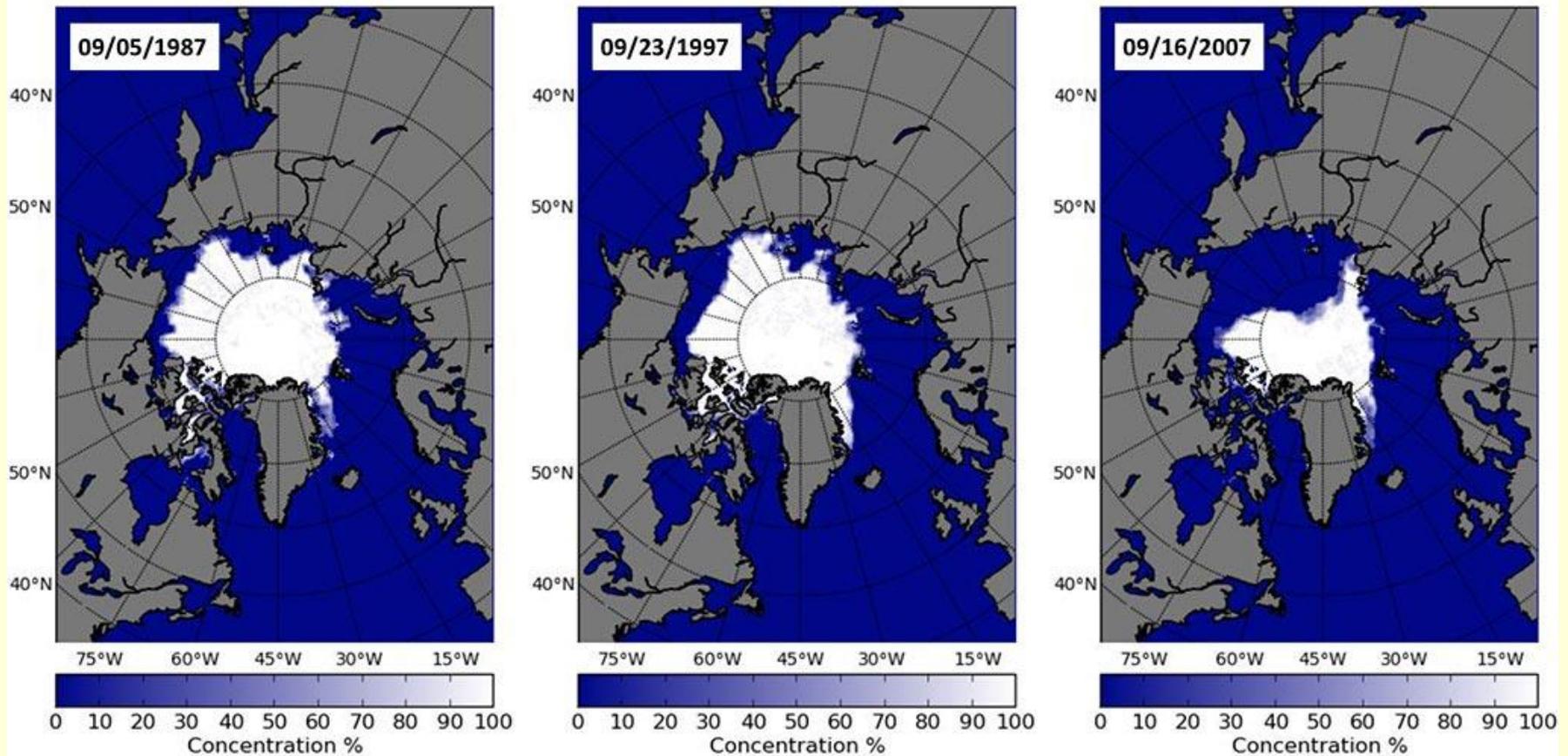
- 一、冰河的發生與溶解
- 二、海洋的沈積現象
- 三、板塊漂移造成陸地上升或下沈
- 四、其他

冰山的一角

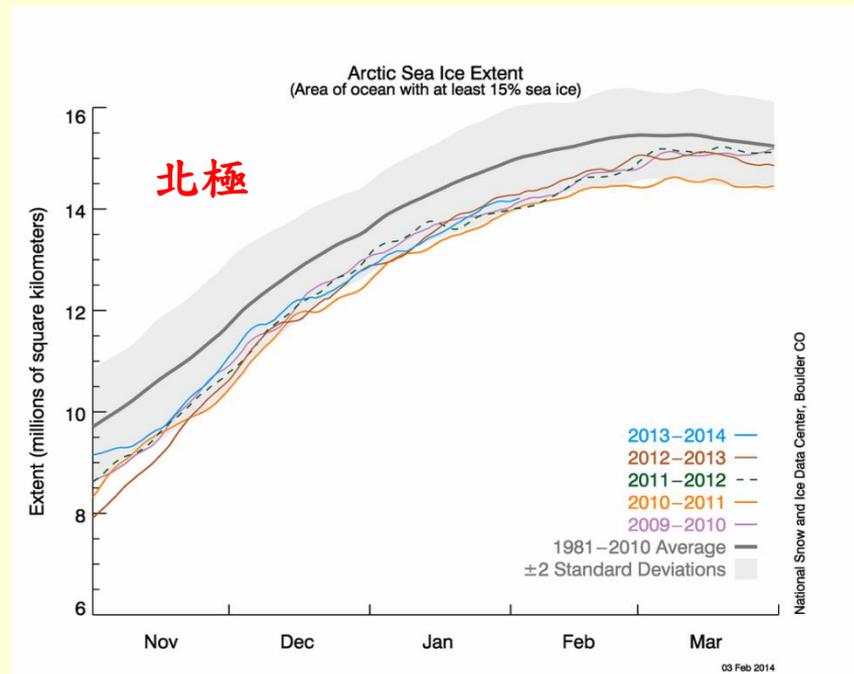
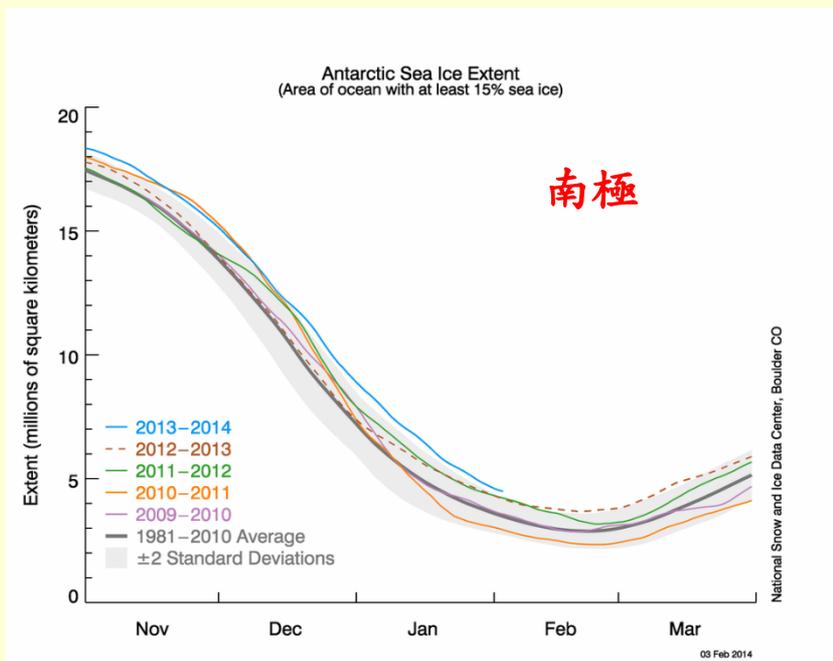
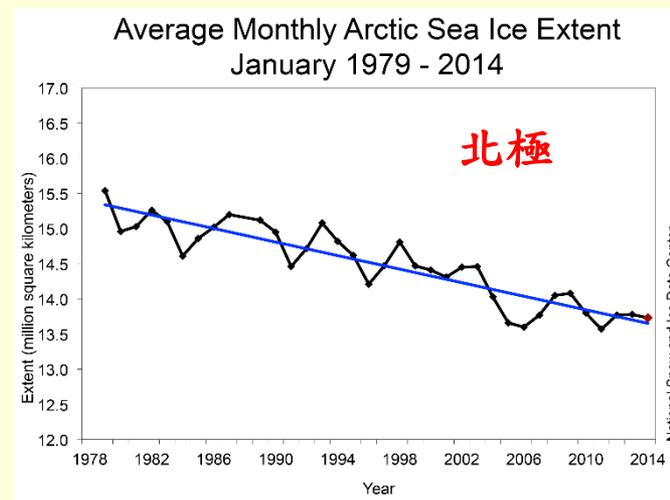
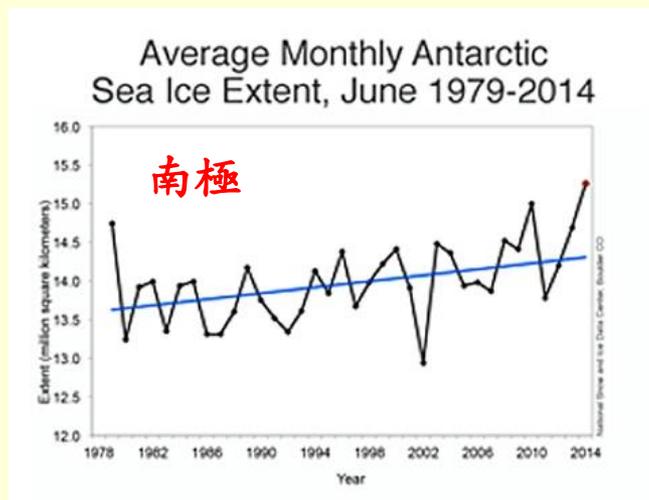


北極海冰覆蓋面積的逐年縮小 (全球暖化效應的結果)

Climate Data Record – Passive Microwave Sea Ice Concentration (%)



南北極海冰覆蓋面積隨時間變化趨勢不一致



習題四

請指出下述兩則中文科學新聞報導何者為真，何者有誤，並請說明理由。

(中央社華盛頓2016年5月10日綜合外電報導)美國國家航空暨太空總署(NASA)今天宣布，克卜勒(Kepler)太空望遠鏡發現截至目前最大一群聚集在一起的行星。NASA去(2015)年7月宣布，天文學家找到目前為止與地球最相似的行星，這顆由岩石構成的行星繞行恆星的距離跟地球繞行太陽的距離相同。

(本則新聞原稿來源 - <https://www.nasa.gov/press-release/nasas-kepler-mission-announces-largest-collection-of-planets-ever-discovered>)

(人間福報2016年5月12日綜合外電報導)美國太空總署(NASA)十日宣布，克卜勒太空望遠鏡在太陽系之外又發現一千兩百八十四顆行星，其中九顆可能有適合生物居住的水。這是克卜勒二〇〇九年三月啟用以來，單次發現系外行星數量最多的一次，使得目前已確定的系外行星總數達到三千兩百六十四顆。科學家這次以新的分析技術，利用一套稱為Vespa的自動軟體系統，證實這批一千兩百八十四顆行星，是克卜勒在為期四年的初期任務中發現的，該任務已在二〇一三年結束。

(本則新聞原稿來源 - <http://www.space.com/32850-nasa-kepler-telescope-finds-1284-alien-planets.html>)

習題五

您覺得上這門課對您的最大收穫為何？對您的未來有所幫助嗎？您對這門課的太空部份的授課方式與內容意見如何？有否可以再強化改善之處？