



# 地球史の時間をはかる

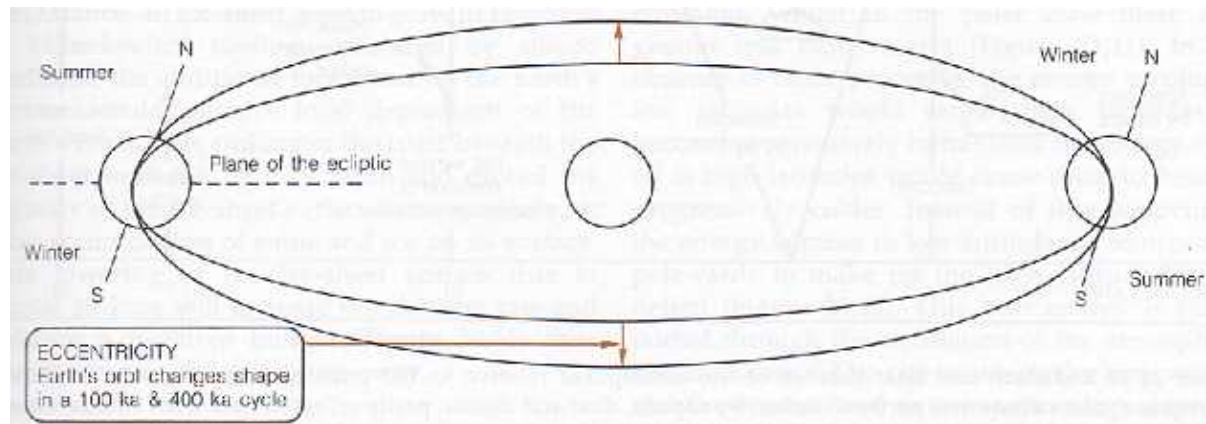
2008.7.5 東京学芸大学

萩谷 宏(武蔵工業大学)

( = 東京都市大学・自然科学科)

# 地球史46億年

- 誰が46億回も地球が太陽のまわりを回る数を数えたのか？



# 世界最古の地層

- グリーンランド南西部の氷河地帯・イスア地域に露出。38億年前の地層。
- 38億年前に、すでに地球に海が存在していたことがわかる。
- 化石は見つかっていないが、生物起源のものと思われる炭素は発見されている。









# グリーンランド・イスアの地層

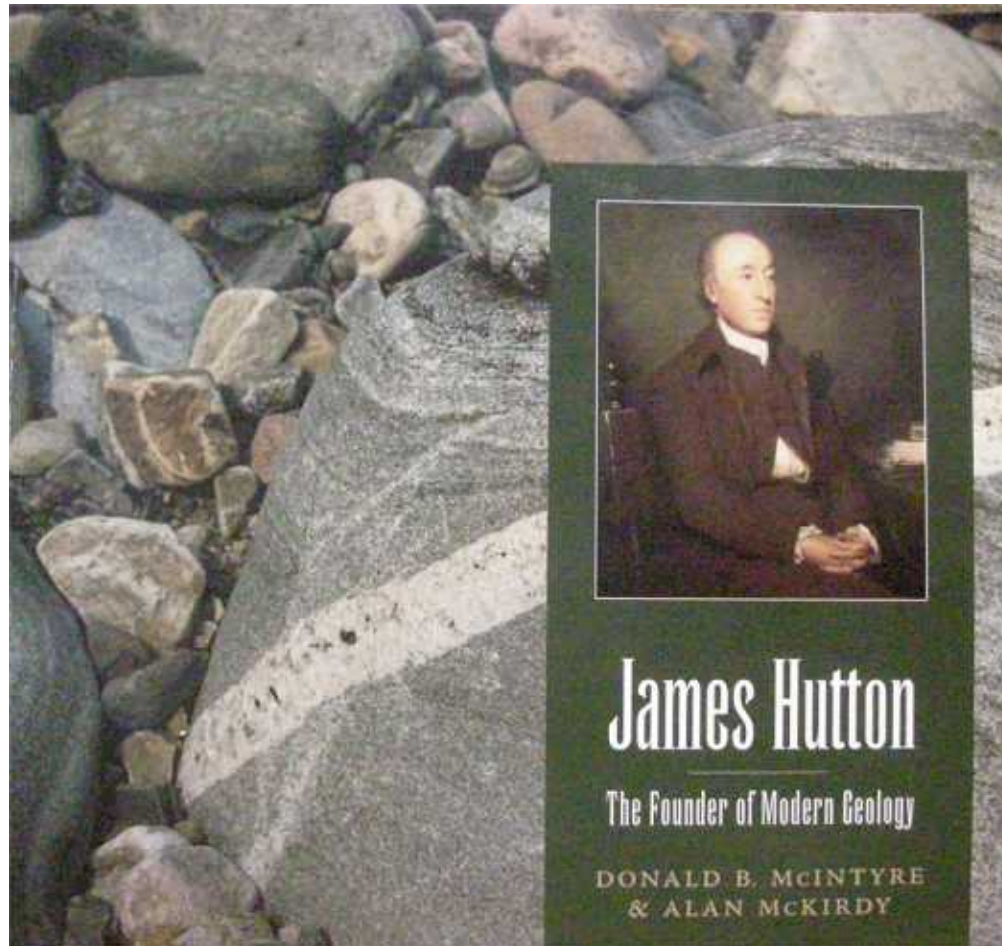
- 38億年前に、すでに地球に海が存在していたことがわかる。
  - …れき岩、枕状熔岩、石灰岩など
- 当時、現在と同じような大陸と海洋の地殻ができていたことがわかる。
- 酸素を出す光合成生物がいたかも??



# 地質学発祥の地：スコットランド



# ジェームズ・ハットン



# “地質学の父” ジェームズ・ハットン (1726-1797)



著書: Theory of the Earth

聖書が絶対の権威を持っていた時代に、地球の歴史は聖書にある6000年ではなく、はるかに長い時間をかけてつくられていることを、地層や岩石の証拠から論証した

# Siccar Point



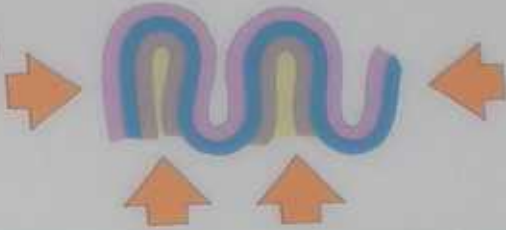
## HOW THE UNCONFORMITY WAS FORMED

①



Deposition and compaction of sediment on a sea bed forms rock layers (400 million years ago)

②



Folding and uplift of the rock layers during a period of mountain building

③



Erosion of the rock-layers

④



a gap of 55 million years between the upper and lower rocks

Rock-layers sinking and after a gap of 55 million years, deposition of new sediment (now known to be from rivers and lakes rather than the sea) on top of them

⑤



The new sediment is compacted into rock layers, and tilting brings the rocks to their present position

1) 海底で地層は水平にたまる

2) 大陸の衝突で地層が圧縮、  
曲げられる(しゅう曲)

3) 曲げられた地層が陸上に露  
出し、雨風に削られ、低くなる

4) 新しい地層が曲げられた地  
層の上にたまる

5) その後の変動で全体がゆる  
く傾斜する

1)と4)の間に、ここでは5500  
万年の時間差が存在する。















# 岩石の中に巨大な時間を読む

- 固化した岩石を割って、マグマが貫入
  - 地層が断層でずれたり、傾いたり、しゅう曲する
  - 岩石が地表で雨風に削られ、レキや砂になり、運ばれ、地層をつくり、岩石になる
- …これらすべてが、現在起きているプロセス







# ハットンの業績

- 地球の歴史に対して正しい認識を広めた  
“非常に長い時間をかけて、地球は変化し  
続けている”

ライエルの「地質学原理」(1832)

ダーウィンの進化論に影響

聖書の世界観を超えて、自然科学の確立  
に大きな貢献



# チャールズ・ライエル

(1797-1875)



49 Charles Lyell (1797-1875)

- “現在は過去の鍵である  
斉一説(Uniformitarianism)の提唱  
激変説(Catastrophism)と対立
- 「地質学原理」の出版(1830  
~ 1833, 3巻)  
ダーウィンの進化論に影響  
過去の進化・現在の進化

# 地球の年齢を測る

- 理論的計算・・・ケルビン卿(19世紀末)  
スコットランドの天才的物理学者
- 地球内部が高温であることは火山や鉱山の地下ですでにわかっていた
- 「火の玉」状態で地球が生まれたとすると、現在の冷えた状態になるまでの時間を計算すれば、地球の年齢が求まるはず？

# ケルビン卿 (トムソン) (1824-1907)



- 10歳でグラスゴー大学入学、22歳でグラスゴー大学教授。後に総長。
- 熱力学の権威。絶対温度の単位に名を残す…K(ケルビン)





# ケルビン卿の主張

- 「地球が火の玉のような状態で生まれたとすると、現在の程度に冷えるには、1000万年あればいい。」と1880年代に発表
- 地質学者は猛反発  
“地球の歴史はそんなに短くない！”
- 20世紀になっても論争が続く

# 放射能の発見

- ヘンリ・ベクレル(1896):放射能を発見。  
1903年には、放射壊変で熱が発生することが確認される
- 地球の熱源として、ウランなどの放射性物質が重要。つまり、地球は単純に冷えていたわけではない。

# 半減期

- 放射性物質は、周囲に放射線を放出しながら、一定の割合で壊れていく。
- 壊れるスピード・・・半減期(もとの半分の量になるのにかかる時間):物質によって様々

例:放射性炭素14 半減期5700年

5700年で1/2、11400年で1/4、17100年で1/8 ...

57000年で1/1024 ...114000年で100万分の1以下

ウラン238 半減期45億年



# アーサー・ホームズ (1890-1965)



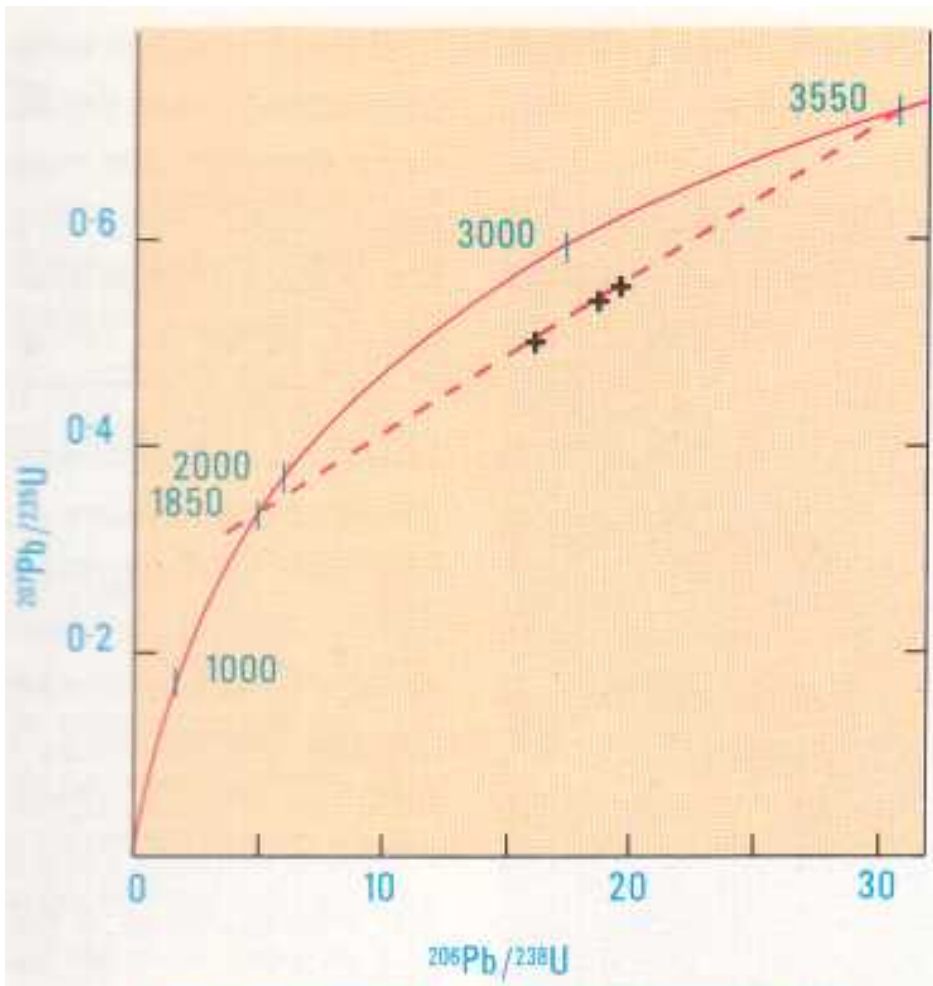
- 貧乏生活の後、大学教員になる。ダーラム大学講師、エディンバラ大学教授
- 世界中の岩石を集めて、放射性物質を精密に測定し、形成年代を調べた
- ウェゲナーの大陸移動説を粘り強く支持した。

# エディンバラ大学



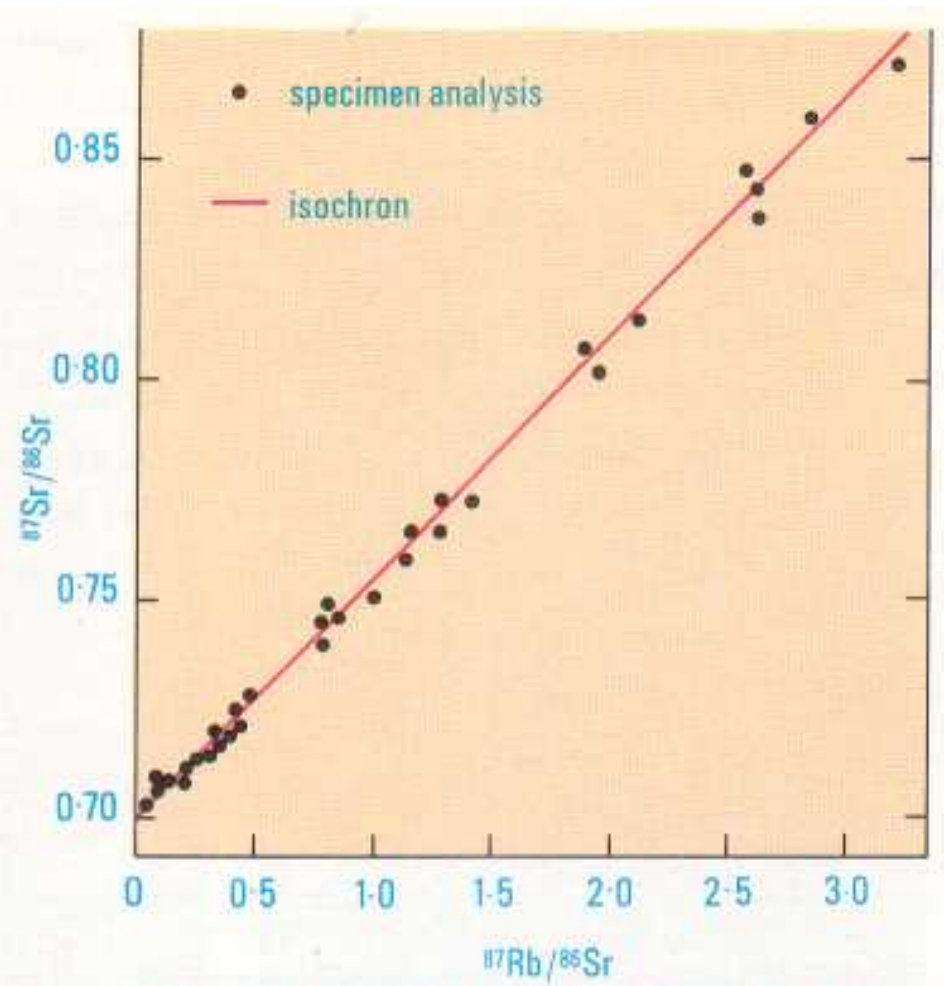
# ウランという元素の性質

- ウラン238 45億年の半減期で、鉛206に変化する。その間に8個のヘリウム原子を放出
- 岩石に含まれているウラン238と、ヘリウムまたは鉛206の量をはかれば、岩石ができてからの年代が求められる



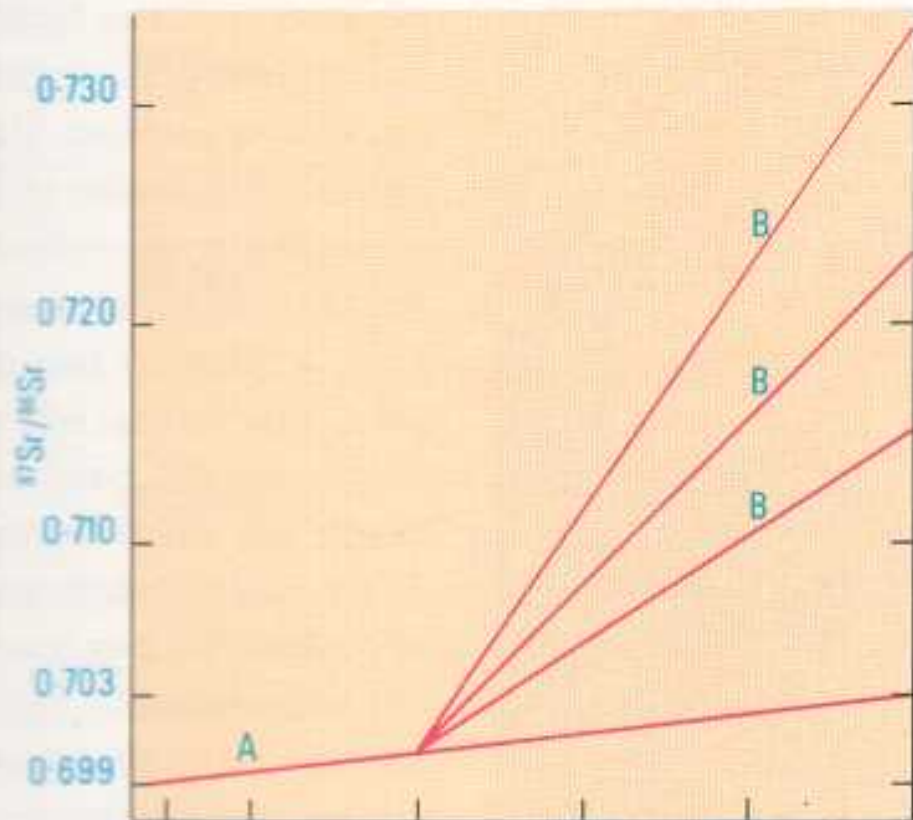
Three zircon samples fall below the concordant age pattern expected for the rock body and suggest dates between 2640 and 3280 million years. The intersections of their straight line on the curve give the true age, 3550 million years, and the date of lead-loss, 1850 million.

**34 Discordant age pattern**



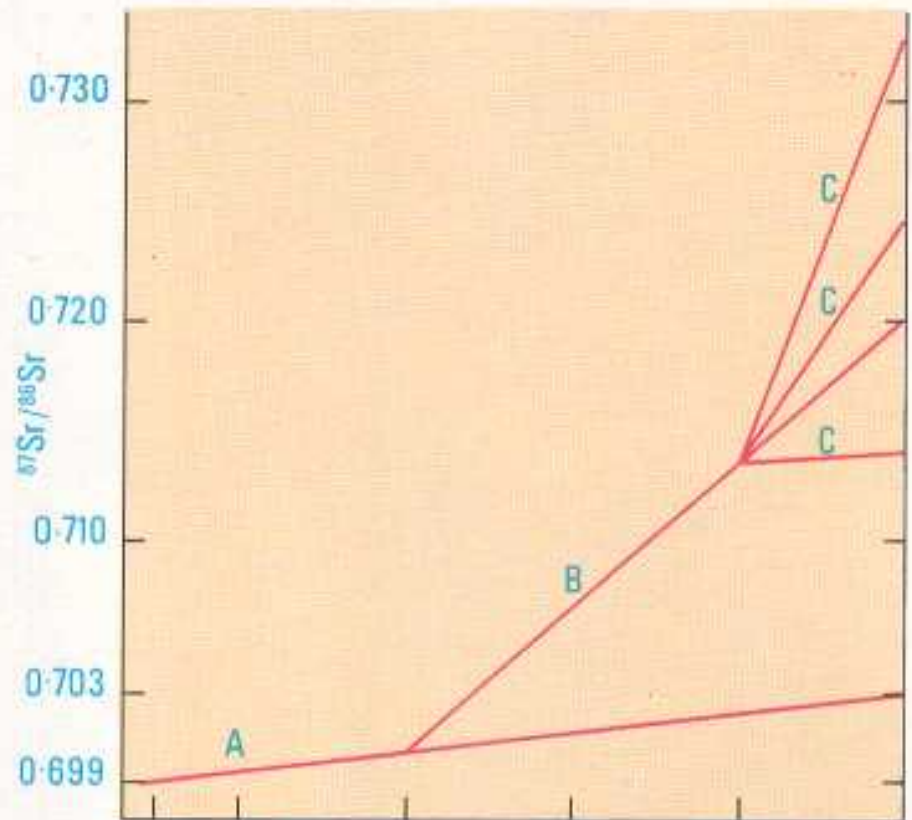
Isotopic analyses of 32 gneiss specimens of different compositions from the Godthaab area in West Greenland plotted on a graph. The slope of the line, known as the isochron, gives the age of the gneiss,  $3750 \pm 80$  million years.

**35 Age-dating by isochron**



4000 million years      2000      1000      present  
 origin of the Earth

Strontium ratios of three granite samples (B), plotted to show their origin in the mantle (A) 3000 million years ago.



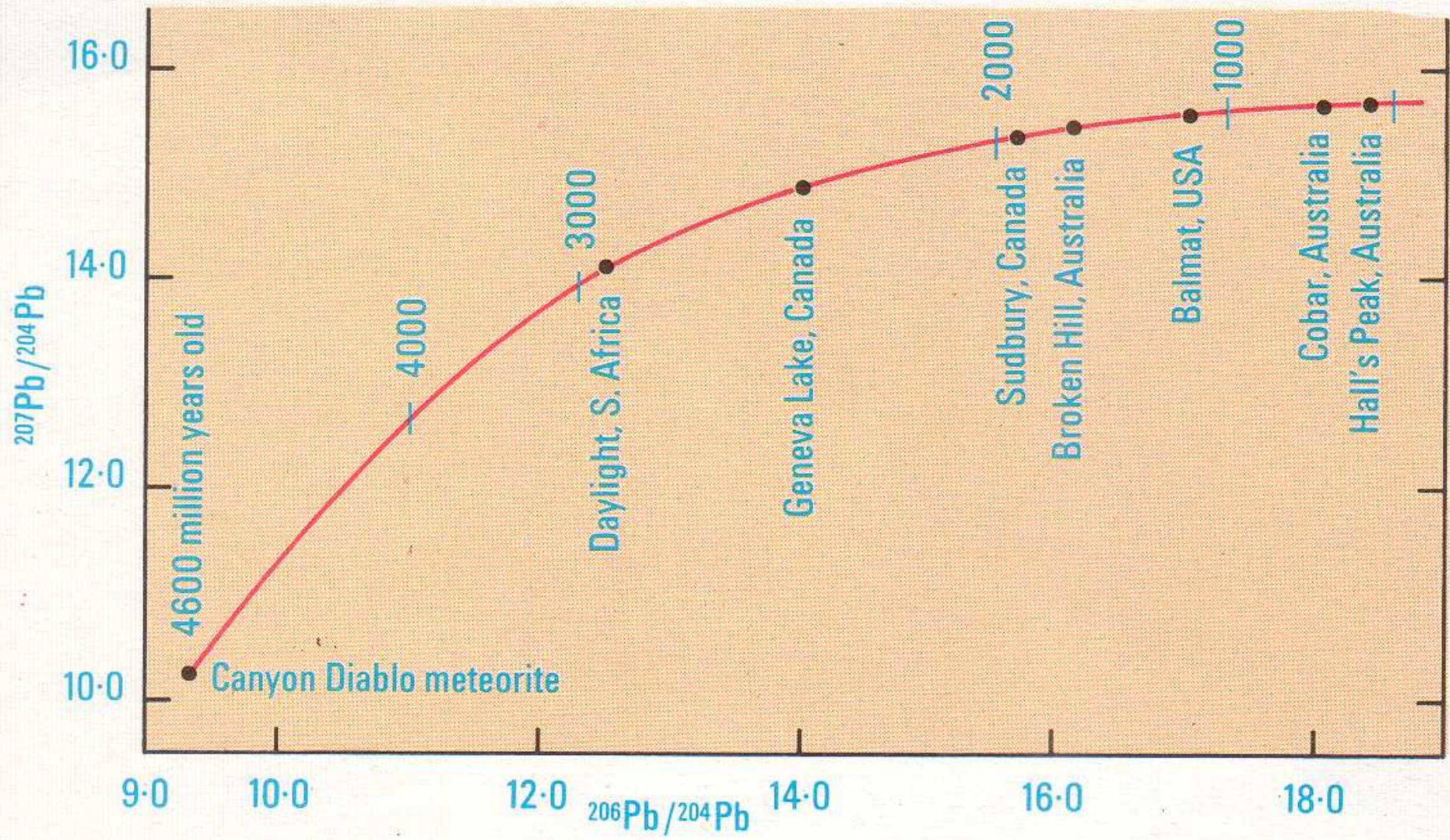
4000 million years      2000      1000      present  
 origin of the Earth

Strontium ratios of another granite (C) showing how it formed from a type B granite 1000 million years ago.

**36 Ratios of strontium isotopes reveal the date and place of origin of granite bodies**

# 地球の年齢の変遷

- 1920年代 ウラン - ヘリウム法で約20億年前
- 1930年代 ウラン - 鉛法の開発。30億年  
ハッブルの法則で求めた当時の宇宙の  
年齢(～20億年)より古い(今は130億年)
- 1955年 パターソンの計算 45.5億年  
…隕石の情報を利用



43 Lead ratios and the age of the Earth

# アエンデ隕石



- 1969年メキシコに落下した小惑星の破片
- 白い部分(CAI)が太陽系最古の物質  
45.66億年前  
全体は45.58億年前
- 生命材料の炭素や水を含む隕石



# 地球の歴史の時間

- 岩石中に微量に存在する放射性物質の性質を利用して、その岩石のできた年代を計算で求めて、地球の歴史が調べられている。
- 地球の表面はゆっくり動いていて、何億年というスケールでは、大陸も島も不変ではなく、どんどん変化している。
- 私たちが見ているのは、地球史のほんの一瞬の断面なのだ

# 東京都市大学もよろしく

- 創立80年を期に、武蔵工業大学から名称変更します。
- あらたに、自然科学科を設置し、理科の好きな学生さんに社会でその知識や能力を発揮するための勉強の機会を提供します。

学芸員資格、数学・理科の教職、海外での野外調査実習など