

2014年5月14日(水)

2014年度 前期第5回 地球科学輻合ゼミナールレポート

## 「年代測定と安定同位体分析から見る地球の気候変遷

### ～鍾乳石と熱帯樹を用いたアジア赤道域への展開～

講演者:地球惑星科学専攻 地質学鉱物学分野

田上 高広先生

報告者:京都大学大学院理学研究科 地球惑星科学専攻

地質学鉱物学分野 地球テクニクス分科

修士1回生 川村瑠璃

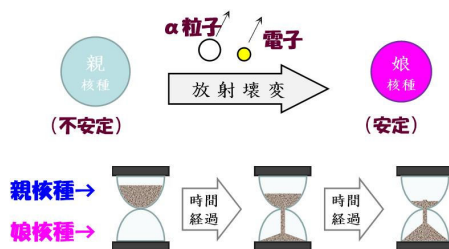
#### I 講演概要

1. 年代測定と安定同位体分析の基礎
  - 1-1. 放射年代(同位体年代)とは?
  - 1-2. 地球科学における安定同位体変動
2. 地球の気候への応用
  - 2-1. 地球の気候システムの概要
  - 2-2. 鍾乳石と樹木年輪を用いた気候変遷復元

#### II 講演内容

1. 年代測定と安定同位体分析の基礎
  - 1-1. 放射年代(同位体年代)とは?

##### 放射年代測定の原理



##### 放射年代の定式化

Chronology

$$\frac{dP}{dt} = -\lambda P$$

Sandglass (clock)

$$D = D_0 + P(e^{\lambda t} - 1)$$

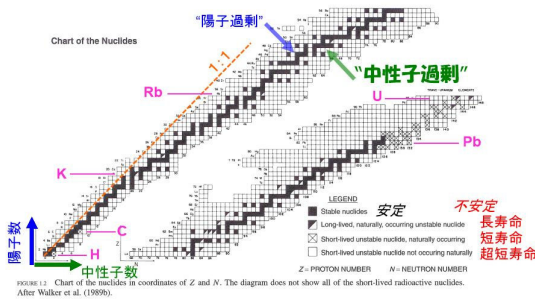
**P**: number of parent atoms 親  
**D**: number of daughter atoms 娘  
 $\lambda$ : decay constant 壊変定数  
**t**: age 年代値  
 $D_0$ : initial number of daughter atoms 娘の初期含有量

放射年代測定は、放射壊変を起こす核種の時間変化から、物質の年代を測定する手法である。親核種が放射壊変を経て娘核種になる。蓄積された娘核種の数から、放射壊変が始まった時期

を遡ることができる。核種の半減期の長さにより、どの年代の放射年代測定に適しているかは異なる。

## 1-2. 地球科学における安定同位体変動

### 核種の一覧図



### 広く用いられる安定同位体

| 元素     | 国際基準物質   | 安定同位体           | 存在比 (モル分率) |
|--------|--|-----------------|------------|
| 水素 (H) | VSMOW<br><i>Vienna Standard Mean Ocean Water</i>   | $^1\text{H}$    | 0.99984426 |
|        |  | $^2\text{H}$    | 0.00015574 |
| 炭素 (C) | VPDB<br><i>Vienna Pee Dee Belemnite</i>            | $^{12}\text{C}$ | 0.988944   |
|        |  | $^{13}\text{C}$ | 0.011056   |
| 窒素 (N) | 大気   | $^{14}\text{N}$ | 0.996337   |
|        |  | $^{15}\text{N}$ | 0.003663   |
| 酸素 (O) | VSMOW  | $^{16}\text{O}$ | 0.9976206  |
|        |  | $^{17}\text{O}$ | 0.0003790  |
|        |  | $^{18}\text{O}$ | 0.0020004  |
| 硫黄 (S) | VCDT<br><i>Vienna Canyon Diablo Troilite (FeS)</i> | $^{32}\text{S}$ | 0.9503957  |
|        |  | $^{33}\text{S}$ | 0.0074865  |
|        |  | $^{34}\text{S}$ | 0.0419719  |
|        |  | $^{36}\text{S}$ | 0.0001459  |

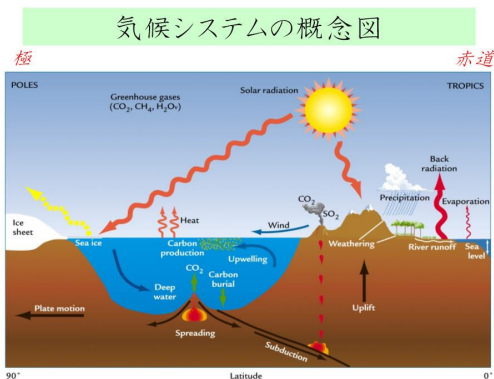
元素は様々な同位体を持つが、その中でも安定な同位体は地球科学において広く利用される。分析したい物質が何の元素を含んでいるかによって、それぞれに適している同位体測定は異なる。

同位体分別とは、二つの物質間や同じ物質の二相間で同位体が分配された結果、異なる同位体比を持つことであり、物理的、科学的、あるいは生物学的な過程が関与する。同位体分別を生じる主な過程には同位体交換反応(化学平衡下での同位体分配)と動的同位体効果(非平衡下での同位体分子の反応速度差など)がある。

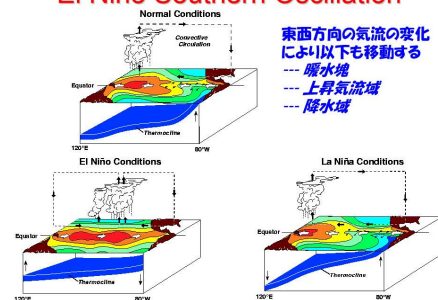
自然界の様々な局面で同位体変動は起きており、水文、地質、生物など多様な分野で利用されている。

## 2. 地球の気候への応用

### 2-1. 地球の気候システムの概要

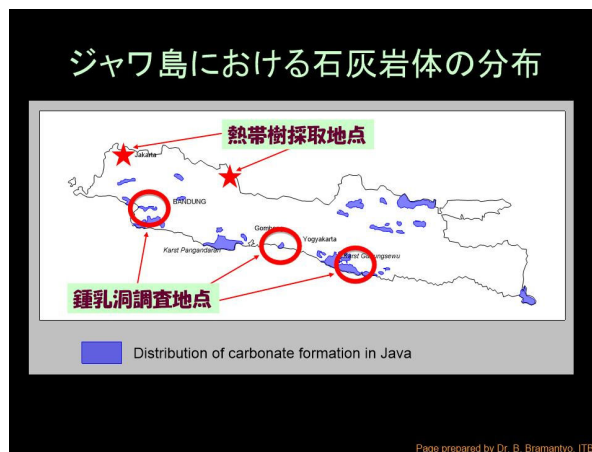
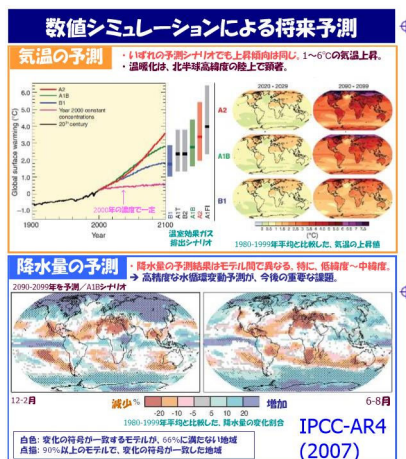


### El Niño Southern Oscillation



気候システムは太陽光などをエネルギー源としており、地殻から海洋、大気、地球表層までが関わっている。気候変動現象としては地軸の傾きによる四季や、夏・冬の季節風、異常気象のエルニーニョ・ラニーニャが有名であるが、より大きなスケールの気候変動として氷河期がある。氷期・間氷期のサイクルが構成される要因は3つある。10万年周期の離心率、4.1万年周期の傾斜角、2万年周期の歳差である。

## 2-2. 鍾乳石と樹木年輪を用いた気候変遷復元



地球環境の将来における変化に備えるためには、過去にどのような気候・環境の変動があったかを詳細に復元し、その変動の要因を探ることが課題となっている。しかし正確な将来予想のためには、過去2000年程度の復元が必要となる。この過去2000年間の復元の方法としては、機器観測による気象データのコンパイル、時空間分解能と信頼度の高い、古気候・古環境の代替指標の確立と適用が求められる。

分析には堆積物、氷床、サンゴ、樹木、鍾乳石が利用されるが、この中でも特に樹木と鍾乳石が、年代決定、2000年間という期間、空間分析の全ての面で他より優れている。また、アジア-太平洋の赤道域が重要視されているが、その理由は世界最大の人口稠密地域であることと、大気の大気対流活動が活発で、世界規模の大気循環を駆動しているためである。

現在、アジア赤道域の中核を占めるインドネシアにおいて、鍾乳石と樹木の同位体分析により、過去2000年程度の気候変遷の復元が進められている。

## III 感想

私自身は溶岩の年代測定をしており、気候復元を目指す研究の大枠とその詳細を知る機会はありませんでした。中々説明されただけでもかなり多くの要因が気候変動をもたらしており、この分野の研究が一筋縄ではいかないという難しさも感じました。