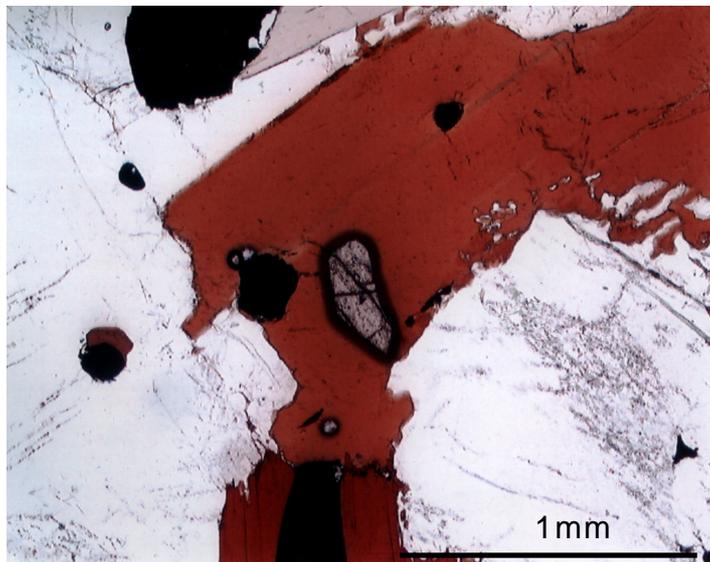
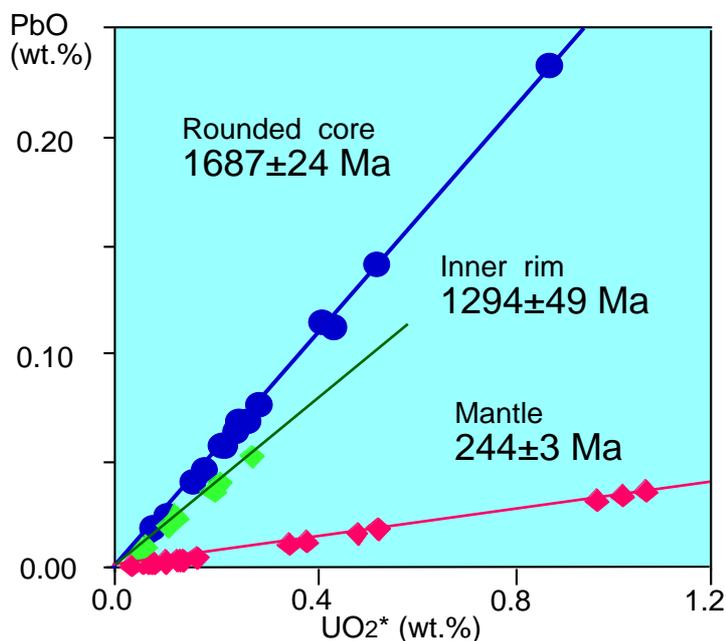


CHIME年代測定法：Chemical Th-U-total Pb isochron method

モナザイト[(La,Ce,Nd)PO₄]やジルコン[ZrSiO₄]は岩石中に普遍的に極少量含まれる鉱物です。これらの鉱物はウランやトリウムを多く含んでいます。右の写真は黒雲母(茶色)に包有されるモナザイトです。モナザイト中でウランやトリウムが鉛に壊変する放射線に被曝して周囲の黒雲母の結晶構造が壊れて黒く見えます。



モナザイトやジルコンは、熱に対して頑強なため高温の変成作用を受けたりマグマに取り込まれたりすると、2次成長ではっきりとしたコア-マントル構造を形成することがあります。コアとマントルは、それぞれ結晶してから時間を刻んでいるので、各部分ウラン・トリウム・鉛を分析して年代(サブグレイン年代)が決定できれば、岩石が受けてきた全地史が解析できます。

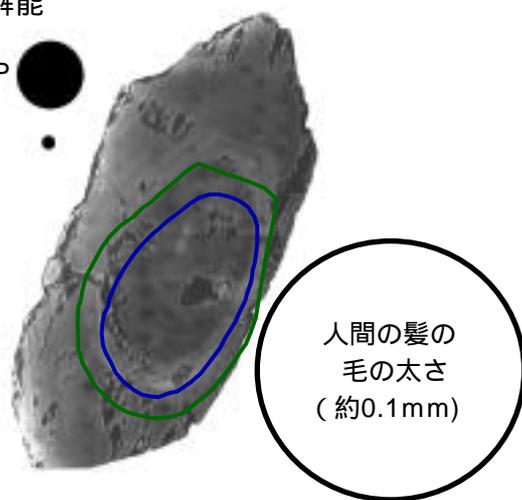


* Ma は100 万年を表す単位です。100Maで、1 億年になります。

空間分解能

SHRIMP

CHIME



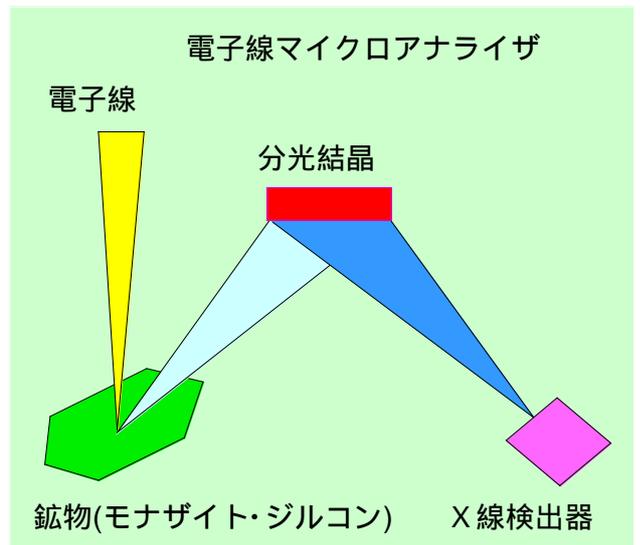
名古屋大学では、高性能化した電子線マイクロアナライザでモナザイトやジルコン粒子の各部分のTh・U・Pbを分析して年代を決定する新しい方法(CHIME法)を開発しました。サブグレイン年代測定ができるのは、現在でも名古屋大学のCHIMEとオーストラリア国立大学のSHRIMPだけです。オーストラリア国立大学のSHRIMPは、鉱物をイオンビームでスパッタリングして放出されるウランと鉛の同位体を測定する方法(2次イオン質量分析)です。SHRIMPはCHIMEより高精度ですが、空間分解能は劣ります。どちらも、地球科学者自身が手作りで完成させた装置で、それぞれの特徴を生かして、世界のサブグレイン年代測定の研究をリードしています。



CHIME 年代測定用
電子線マイクロアナライザ

Suzuki, K., Adachi, M. and Tanaka, T. (1991): Sediment. Geol., 75, 141-147.
 Susuki, K. and Adachi, M. (1991): Geochemical J., 25, 357-376.
 Suzuki, K., Adachi, M. and Kajizuka, I. (1994): Earth Planet. Sci. Lett., 128, 391-405.

物質(鉱物)にエネルギーの高い電子線を照射すると、物質を構成する各原子が励起されて、各原子(元素)ごとに決まった波長の特性X線を放射します。電子線マイクロアナライザは、径1 μm程度に絞った高速電子線を物質(鉱物)に照射して、放射されるX線の波長と強度を測定して、微小領域の化学分析をする装置です。



天然のトリウム (Th) は質量数232の同位体を主体とし、ウラン (U) には質量数235と238の同位体があります。その現在量と鉱物ができてからの 時間の間に放射壊変で生じた鉛の量には、次の関係があります。

$$^{208}\text{Pb} = ^{232}\text{Th} \{ \exp(\lambda_{232} t) - 1 \}$$

$$= 4.9475 \times 10^{-11} / \text{y}$$

$$^{207}\text{Pb} = ^{235}\text{U} \{ \exp(\lambda_{235} t) - 1 \}$$

$$= 9.8485 \times 10^{-10} / \text{y}$$

$$^{206}\text{Pb} = ^{238}\text{U} \{ \exp(\lambda_{238} t) - 1 \}$$

$$= 1.55125 \times 10^{-10} / \text{y}$$

鉱物中には放射壊変起源の鉛と鉱物ができたときに取り込んだ少量の初生鉛が存在します。

$$\text{全鉛量} = \text{初生鉛} + ^{232}\text{Th} \{ \exp(\lambda_{232} t) - 1 \} + ^{235}\text{U} \{ \exp(\lambda_{235} t) - 1 \} + ^{238}\text{U} \{ \exp(\lambda_{238} t) - 1 \}$$

U同位体の現在比 ($^{238}\text{U} / ^{235}\text{U} = 137.88$) を使うと、同位体を使わない式に書き直せます。

$$\text{全鉛量} = \text{初生鉛} + \text{Th} \{ \exp(\lambda_{232} t) - 1 \} + \text{U} \{ [\exp(\lambda_{235} t) + 137.88 \exp(\lambda_{238} t)] / 138.88 - 1 \}$$

鉱物の中にはU・Thの多い部分(大時計)や少ない部分(小時計)があります。同じ時間が経つと、大時計では小時計よりたくさんの鉛が生じますが、鉛と残っているウラン・トリウムと割合は大時計も小時計も同じです。従って、鉛の分析値を通る直線(アイソクロン)は年代が古くなるほど急勾配になります。アイソクロンの切片は初生鉛の量を示します。鉱物中のいくつかの点を分析してアイソクロンを描くと、その勾配から年代、切片から初生鉛が同時に決定できます。

CHIME年代と同位体年代を比較してみると、両年代は大変よく一致しています。CHIME法によって得られる年代は地球惑星科学的なスケールでの議論には十分な精度があります。

