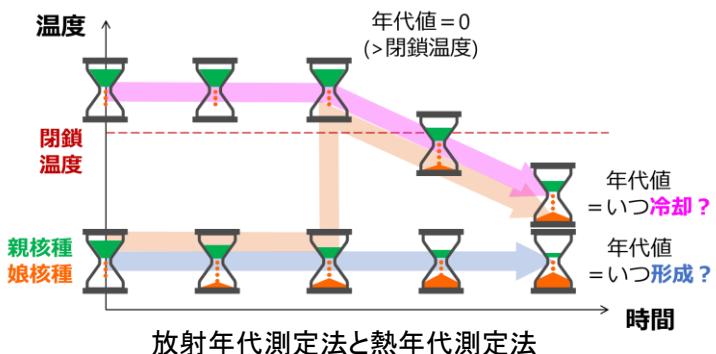


熱年代学とは？

- 放射性核種は、壊変反応によって、別の安定な核種に変化します。壊変反応は一定の確率で起こりますので、壊変前の核種(親核種)と、壊変後の核種(娘核種)の割合が分かれば、試料形成からの経過時間が計算できます(放射年代測定法)。
- ここで、娘核種が軽い希ガスなどの場合、温度が上昇すると試料の中に安定に保持されないため、見掛け上、年代がゼロにリセットされます。
- これを利用すると、娘核種が安定に保持される温度(閉鎖温度)まで試料が冷えてからの経過時間を求めることができます(熱年代学)。



Fickの第二法則

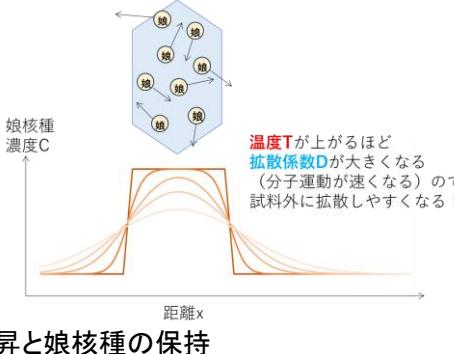
$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

Arrhenius則

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right)$$

C: 濃度
t: 時間
x: 距離
D: 拡散係数

D_0 : $T=\infty$ の拡散係数
Q: 活性化エネルギー
R: 気体定数
T: 絶対温度



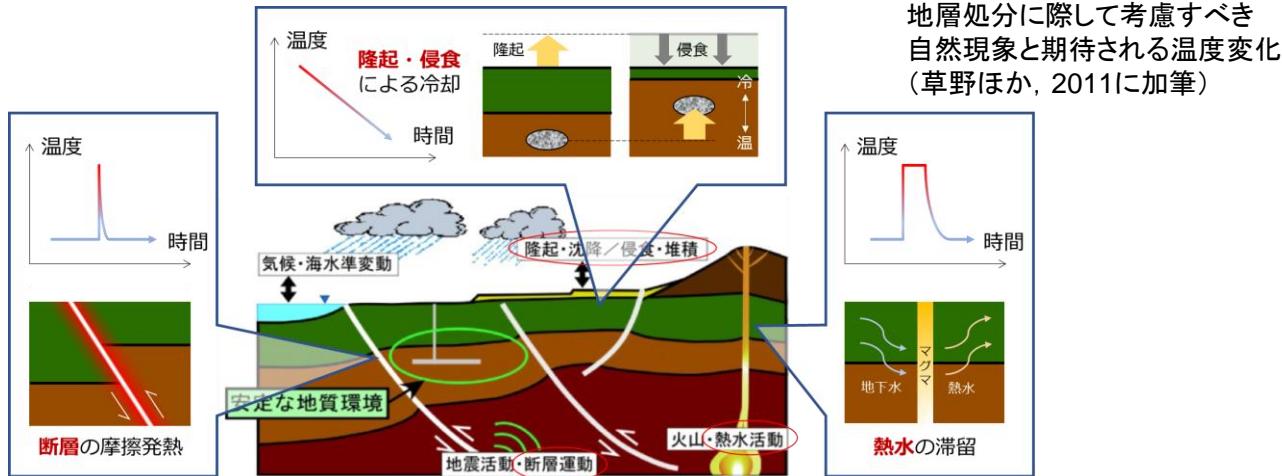
調査・分析方法

- 露頭からハンマー等で採取した岩石から、年代測定に使う鉱物を分離します。
- 質量分析装置を使って、鉱物に含まれる親核種と娘核種の濃度を測定します。

- 地層処分の際に考慮すべき自然現象には、火山・熱水活動、断層運動、隆起・侵食などが挙げられています。
- これらの自然現象が、将来、いつ・どこで・どのような規模で発生するか予測するためには、過去に発生した時期・頻度・速度などを推定する必要があります。
- これらの自然現象が発生すると、右図のように岩石の温度を変化させますので、熱年代学の手法を使えば時期・頻度・速度などを知ることができます。

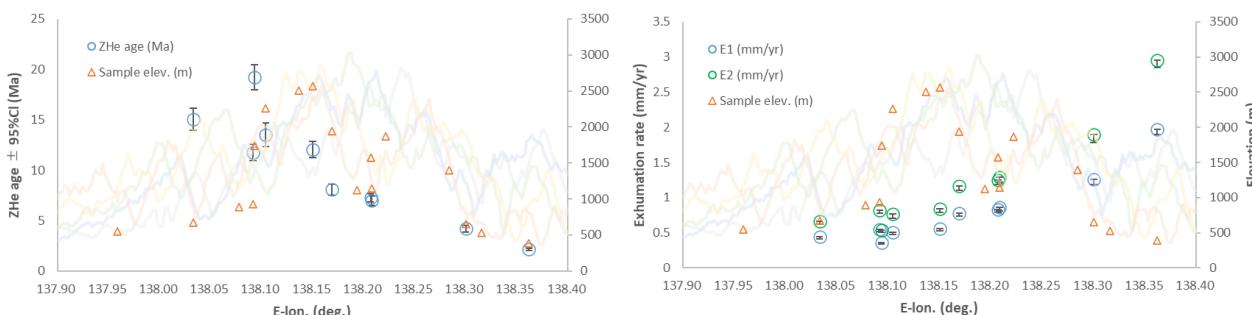


He測定用の希ガス質量分析装置 (東濃地科学センター)



長期安定性研究への取り組み: 赤石山地の侵食速度の推定

- ジルコン(U-Th)/He法を用いて、赤石山地の侵食速度を推定した事例です。
- ジルコン(U-Th)/He法の閉鎖温度は約180°Cなので、地温勾配を20~30°C/kmだと仮定すると、約6~9 kmの侵食に要した期間が求まります。
- 赤石山地を横断する東西方向にみると、東側に向かって年代が若くなる(侵食速度が速くなる)傾向が確認できました。赤石山地の東縁に分布する糸魚川-静岡構造線断層帯の活動による隆起が原因だと考えられます。



ジルコン(U-Th)/He年代から推定された赤石山脈の侵食速度(原子力機構・電中研, 2023に加筆)。侵食速度の計算には、age2exhume (van der Beek and Schildgen, 2023)を使用した。E1は鉛直方向の岩石の移動のみを考慮した侵食速度で、E2は傾斜45°の逆断層を仮定している。

今後の展望

- 熱年代学の手法を使った、火山・熱水活動、断層運動、隆起・侵食などの研究事例の蓄積(適用性の検証、課題の整理)
- 新しい熱年代学の手法の開発による、適用性の拡充、精度・確度の向上
- 2025年に熱年代学の国際会議が日本(金沢)で開催予定であり(右QRコード)、海外の研究者との交流、国外への成果の公表



引用文献

・草野友宏ほか(2011)「地質環境の長期安定性に関する研究」第1期中期計画期間(平成17年度~平成21年度)報告書(H22レポート)。JAEA Research, 2010-044, 153p.
 ・日本原子力研究開発機構, 電力中央研究所(2023)令和4年度 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業 地質環境長期安定性評価技術高度化開発 報告書。
 ・van der Beek, P. and Schildgen, T.F. (2023) Short communication: age2exhume – a MATLAB/Python script to calculate steady-state vertical exhumation rates from thermochronometric ages and application to the Himalaya. Geochronology, vol.5, pp.35–49. https://doi.org/10.5194/gchcon-5-35-2023