

# モナズ石へのLi固溶と要因: 物質循環史解明に向けた 新たな方法論の開発を目指して



日本原子力研究開発機構 安全研究・防災支援部門

安全研究センター 環境安全研究ディビジョン 廃棄物安全研究グループ 阿部 健康

本研究はJSPS科研費「研究活動スタート支援」JP16H07438の助成を受けたものです。



## 鉱物学的研究としての背景

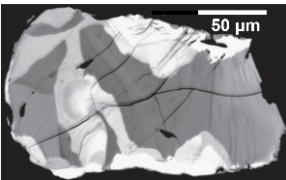
- モナズ石研究の意義
- ・希土類元素のリン酸塩鉱物
- ・花崗岩や変成岩など、地殻構成岩に広く産する
- ・U, Thを多く含有= **放射年代測定 (U-Pb法)**が可能 (Parrish, 1990; Suzuki and Adachi, 1991)
- ・数種類の**地質温度圧力計**が開発されている (Gratz and Heinrich, 1997; Pyle et al., 2001)
- ⇒ **圧力-温度-時間の指標鉱物**として重要



Alpine hydrothermal monazite

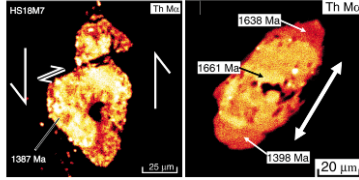
## -近年の研究: モナズ石組織の研究

熱水変質組織 (Thの組成累帯構造)



Bingen and van Breemen (1998)

変形組織 (破砕・伸長構造)



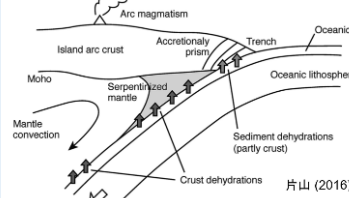
Williams and Jercinovic (2012)

**熱水活動・変形作用の指標**としても利用可?

## 廃棄物安全研究としての背景

### -日本列島の地下構造と地層処分

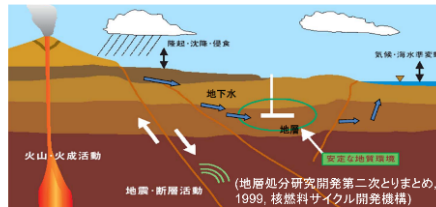
沈み込み帯における水循環の模式図



- ・プレートの沈み込みに伴う熱水発生
- ・周囲の岩石と相互作用しながら上昇

⇒断層活動や火成作用, 変成作用, 鉱床形成など, **様々な地質現象に熱水が関与している**

地層処分環境の自然的影響因子



変動が大きな地質環境をサイト選定により避けることが基本  
⇔  
“変動帯”に位置する日本

数万年から数十万年の長期的な安全評価において, **熱水活動の影響を考慮する必要**

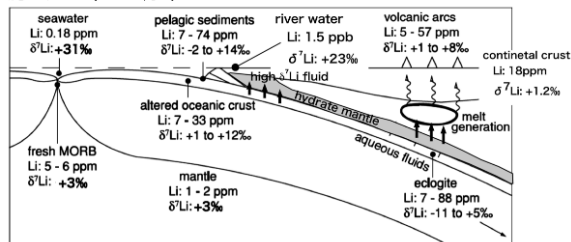
## 研究内容

モナズ石へのLi固溶とその要因: 物質循環史解明に向けた新たな方法論の開発を目指して (過去の熱水活動の評価手法の高度化を目的とした研究)

### 1, なぜLiか?

- ・H, Heに次ぐ軽元素 = **大きな同位体効果** ( $^6\text{Li}$ ,  $^7\text{Li}$ )
- ・**熱水に濃集する性質** (e.g. 西尾, 2013)
- ・起源によって**濃度や同位体比にバリエーション**

沈み込み帯のLi分布

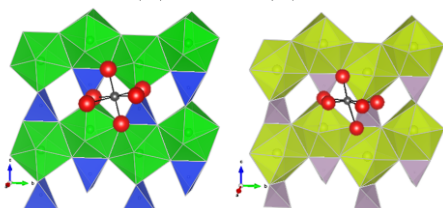


Li濃度及び同位体比の分布 (西尾, 2013, after Wunder et al., 2006)

### 2, 先行研究からの考察

モナズ石と類似の構造を持つジルコン中のLi

ジルコン (左)及びモナズ石 (右)の格子間席

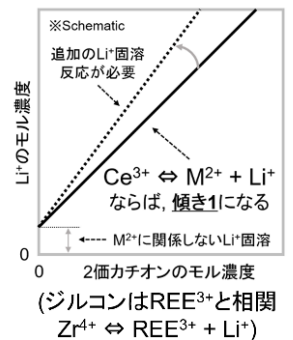
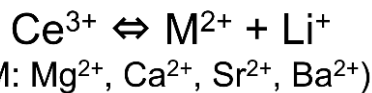


- ・欠陥として**格子間席に存在** (Finch et al., 2001)
- ・起源に応じ異なるLi濃度, 同位体比 (Ushikubo et al., 2008)

### 3, 本研究の実験・分析内容

目的: モナズ石へのLi固溶の証明  
Li存在形態及び要因の解明

- ・Liをドーブしたモナズ石の合成  
 $\text{MoO}_3\text{-Li}_2\text{O}$ 系の融液を用いる (Cherniak et al., 2004)
- 同時に**2価の第2族元素**を共にドーブ

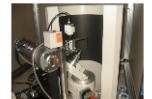


- ・即発γ線分析 (JRR-3M): 微量成分も含めた化学組成の決定  
放射化分析の一種, 非破壊で高感度分析が可能  
第2族元素固溶量とLi固溶量の相関を調べる (JAEA物質科学センター大澤崇人博士と協力)

即発γ線分析装置外観



X線回折装置外観



- ・単結晶X線構造解析: **平均構造**の決定  
単結晶からのX線回折強度データを元に構造解析  
第2族元素の違いに応じた構造変化を調べる (JAEA先端基礎研究センター芳賀芳範博士と協力)

### ・今後の展望

- 1, 天然モナズ石のLi組成データを解釈可能になる  
天然試料の収集・分析 → Li濃度・同位体比と起源の関係?
- 2, X線回折装置では平均構造しか見えない  
XANES等による局所構造解析 → Li拡散など, モナズ石物性の理解

## モナズ石への Li 固溶と要因: 物質循環史解明に向けた

### 新たな方法論の開発を目指して

安全研究センター 環境安全研究ディビジョン 廃棄物安全研究グループ

数万年から数十万年の長期的なタイムスケールで地層処分の安全評価を行う上では、過去の地質現象を把握し、地質環境変動の特性を見出すことが前提となる。本研究では、過去の熱水活動に基づく物質移動現象を対象に、年代測定鉱物を用いて鉱物学的に評価することを目指し、モナズ石への Li 固溶とその要因の解明を目的にモナズ石合成実験と回収試料の結晶構造及び化学組成分析を行っている。

岩石の隙間を埋めるようにして地球内部に存在する水は、高い移動能力と元素溶解能力を持つ優れた物質輸送媒体として、地球内部の物質移動を支配している。近年、地球内部における岩石-水相互作用のトレーサーとして Li が注目され、鉱物中の Li の存在形態や挙動を解明するための研究が進められている。本研究で注目しているモナズ石は、花崗岩や変成岩など、地殻を構成する岩石に微量だが広く産出する希土類元素のリン酸塩鉱物であり、U や Th に富んで年代測定に利用されている。また近年、モナズ石と水との相互作用の研究も進められ、地球内部の熱水活動の指標として利用する可能性が高まっている。ここでさらにモナズ石への Li 固溶が明らかになれば、モナズ石の Li 濃度や同位体組成から地球内部の熱水活動を地球化学的に特徴づけることができるようになる。地殻に広く産するモナズ石の鉱物学的データを積み重ねていけば、最終的に過去の物質移動現象を把握できる可能性がある。この可能性を検討すべく、Li をドーブしたモナズ石の人工合成実験と回収試料の分析を行い、モナズ石への Li 固溶とその要因の解明を進めている。