

年代測定手法の高度化への挑戦

—加速器質量分析装置における新検出手法の開発—

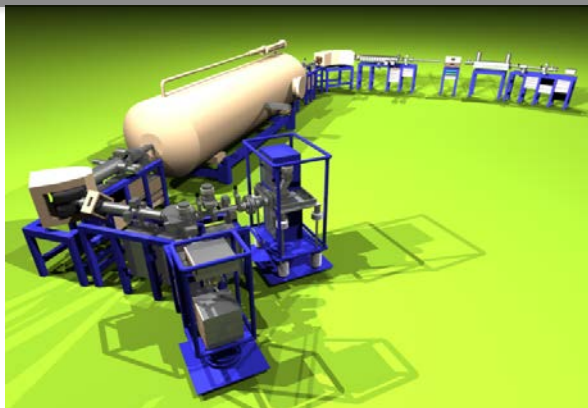
平成29年11月14日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター
地層科学研究部 年代測定技術開発グループ

藤田 奈津子

東濃地科学センターの概要

タンデム型加速器質量分析装置
(AMS)



深度500m研究坑道



土岐地球年代学研究所

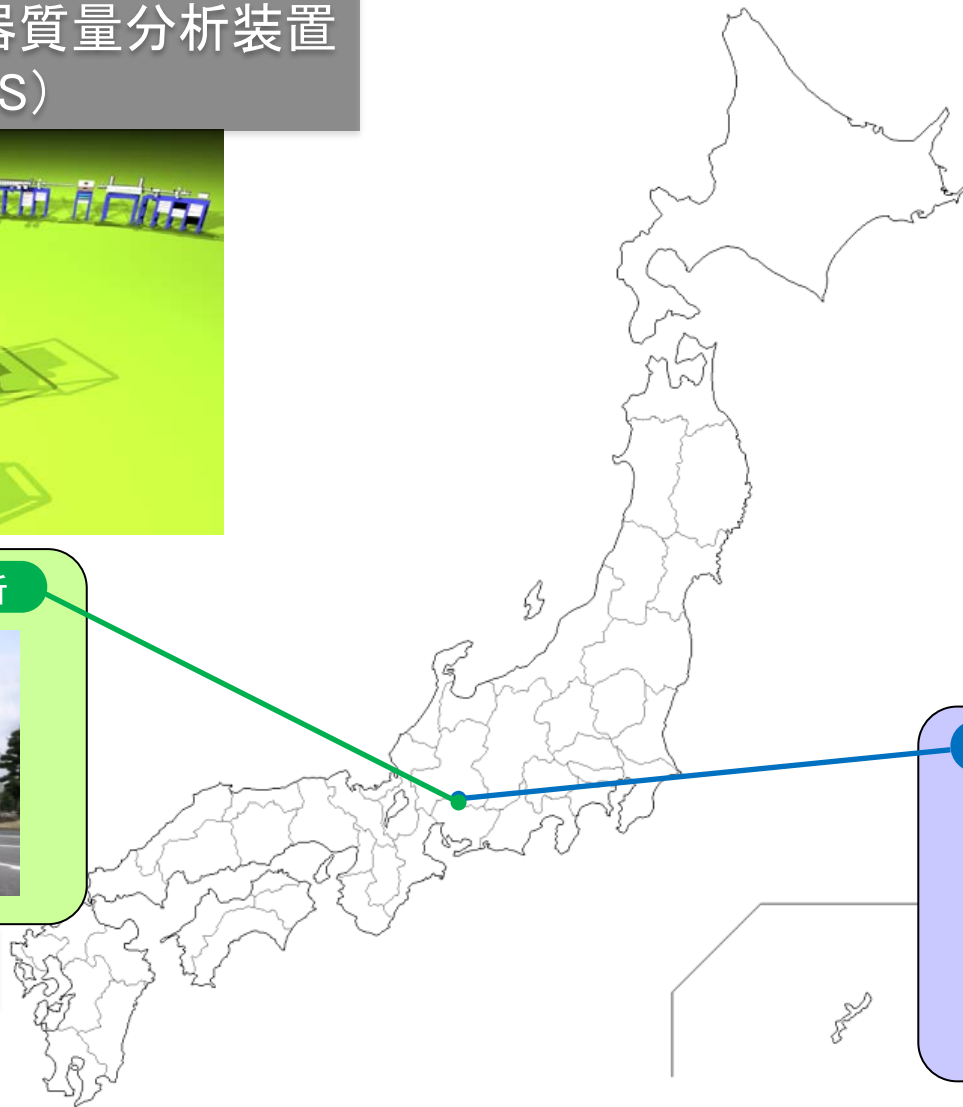


岐阜県土岐市

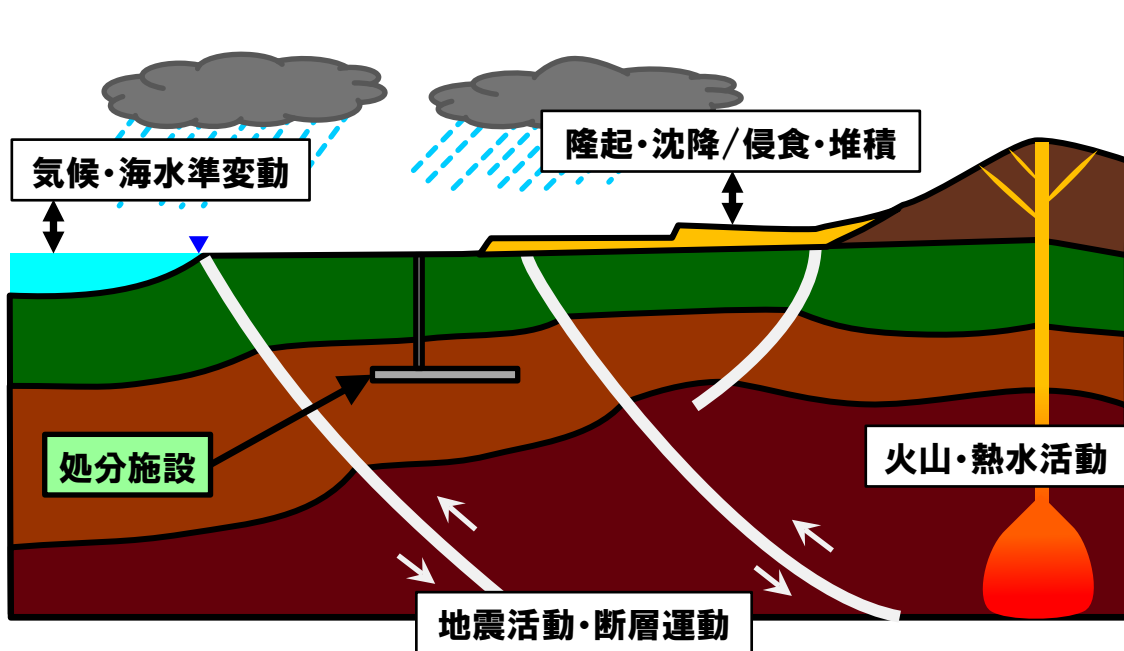
瑞浪超深地層研究所



岐阜県瑞浪市



地層処分において考慮すべき自然現象



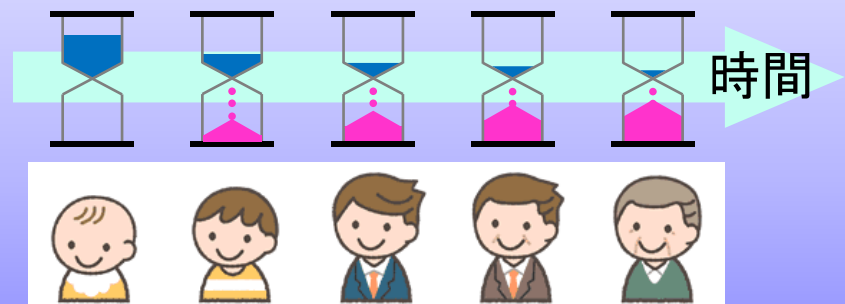
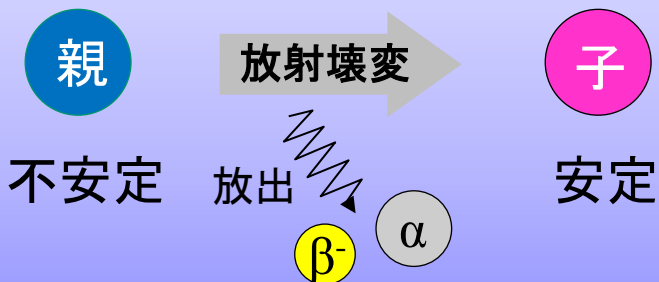
過去の断層運動・火成活動の時期
また隆起・侵食などの傾向・速度を
精度良く把握することが必要



年代測定技術の開発

- 技術の高度化・標準化は極めて重要かつ基盤的な要素技術
 - 最先端の機器分析装置の導入を行い、各種の放射年代測定手法の整備中

放射年代測定法の原理



年代測定技術の開発

目的や対象物質に応じた各種年代測定法を開発整備

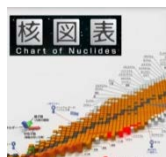
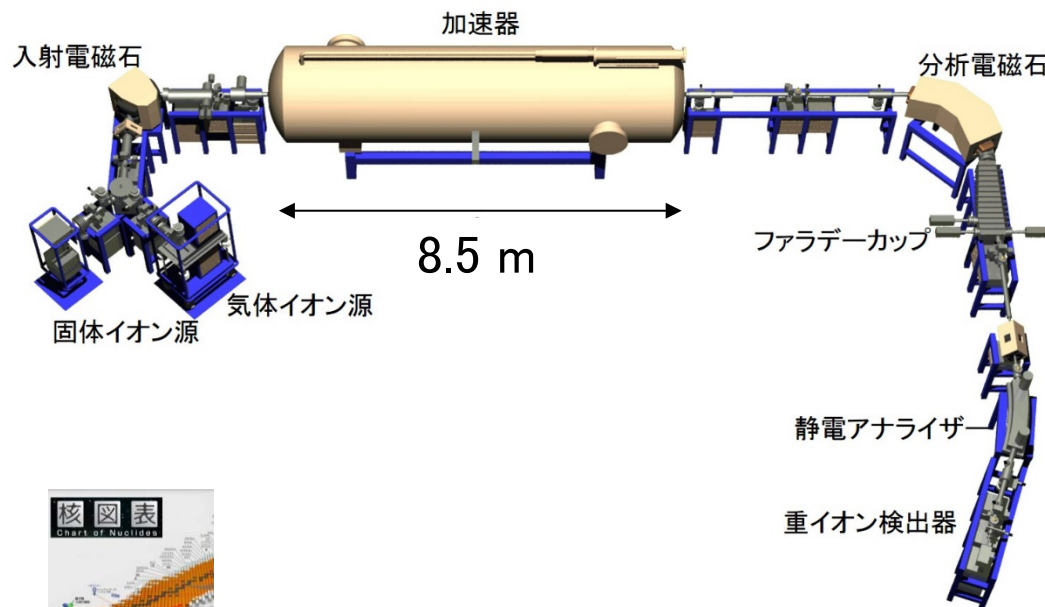
技術開発の対象年代範囲

対象施設	年代測定法	年代測定範囲 (年)							主な反映先	対象物質	実用化へのスケジュール
		10 ⁹	10 ⁸	10 ⁷	10 ⁶	10 ⁵	10 ⁴	10 ³			
タンデム型加速器 質量分析装置 (AMS)	¹⁴ C法								断層運動	地下水, 有機物	実用化済
	¹⁰ Be法								隆起速度	石英	実用化済
	²⁶ Al法								隆起速度	石英	実用化済
	³⁶ Cl法								地下水年代	地下水	開発中
	¹²⁹ I法								地下水年代	地下水	開発中
希ガス質量分析装置	K-Ar法	■	■	■	■	■	■	■	断層運動	自生雲母粘土鉱物	実用化済
四重極型質量分析装置	(U-Th) / He法		■	■	■	■	■	■	隆起速度	アバタイト, ジルコン	実用化済
光ルミネッセンス測定装置	OSL法							■	断層運動	石英, 長石	実用化済
電子スピン共鳴装置	ESR法			■	■	■	■	■	後背地解析	石英, 炭酸塩鉱物	開発中
高精度希ガス質量分析装置	希ガス法			■	■	■	■	■	地下水年代	地下水	開発中
電子プローブマイクロアナライザ	CHIME法	■	■	■	■	■	■	■	後背地解析	モナザイト, ジルコン	実用化済
レーザーアブレーション 誘導結合プラズマ 質量分析装置	U-Pb法	■	■	■	■	■	■	■	後背地解析	ジルコン	実用化済
	²³⁰ Th- ²³⁴ U法							■	断層運動	炭酸塩鉱物	開発中
	FT法	■	■	■	■	■	■	■	隆起速度	ジルコン, アバタイト	開発中

➡ 高速増殖原型炉もんじゅの敷地内の破砕帯の年代測定等に活用

加速器質量分析(AMS)の利用

加速器質量分析 (Accelerator Mass Spectrometry, AMS):
ごく微量の放射性同位体を超高感度で検出し定量する方法



タンデム型加速器質量分析装置

- National Electrostatics Corp.製
15SDH-2 (5 MV)
- AMS専用機
(^{14}C , ^{10}Be , ^{26}Al , ...)

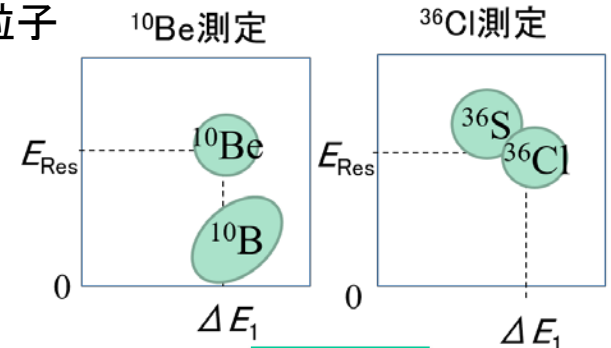


加速器質量分析(AMS)について

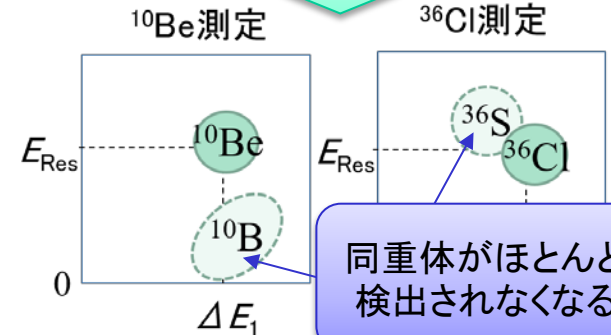
同じ質量電荷比の同重体は、存在比で測定核種に比べ3~9桁高い
このため、AMSでは同重体分別が必須

AMSで代表的な分析核種と同質量電荷比(m/q)粒子

核種	半減期	同 m/q 粒子
^{10}Be	1.51 My	^{10}B
^{14}C	5.73 ky	$^7\text{Li}_2$
^{26}Al	720 ky	^{26}Mg
^{32}Si	140 y	^{32}S
^{36}Cl	301 ky	^{36}S
^{41}Ca	103 ky	^{41}K
^{53}Mn	3.7 My	^{53}Cr
^{129}I	15.7 My	—



問題が解決されると
測定の精度が上がる!



同重体がほとんど
検出されなくなる

核種の原子番号
が大きくなると...

大型加速器が
必要

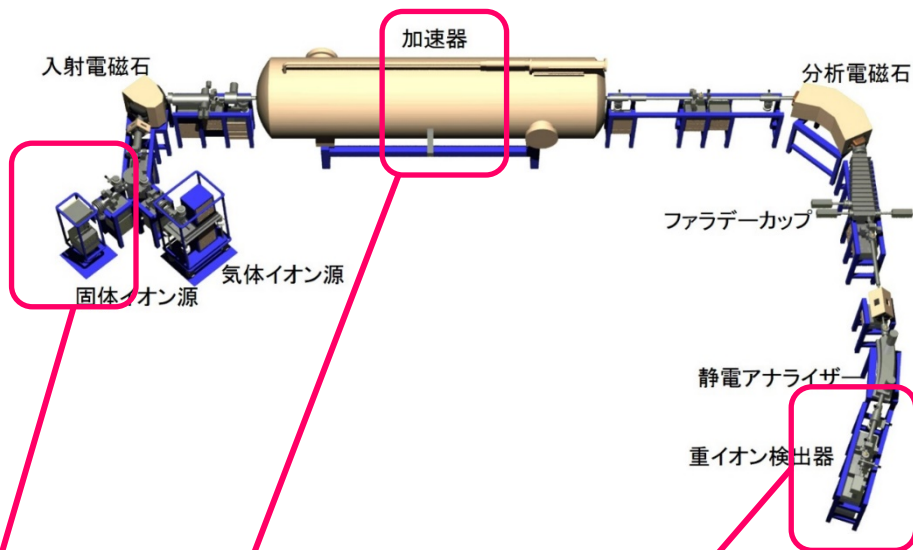
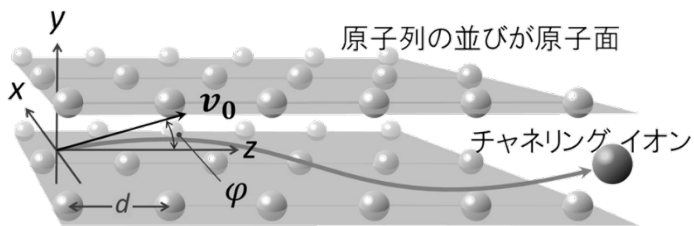
小型(5 MV以下)のAMSで使用できる
新しい同重体分別技術が必須

発案したRCEによる同重体分別法

コヒーレント共鳴励起

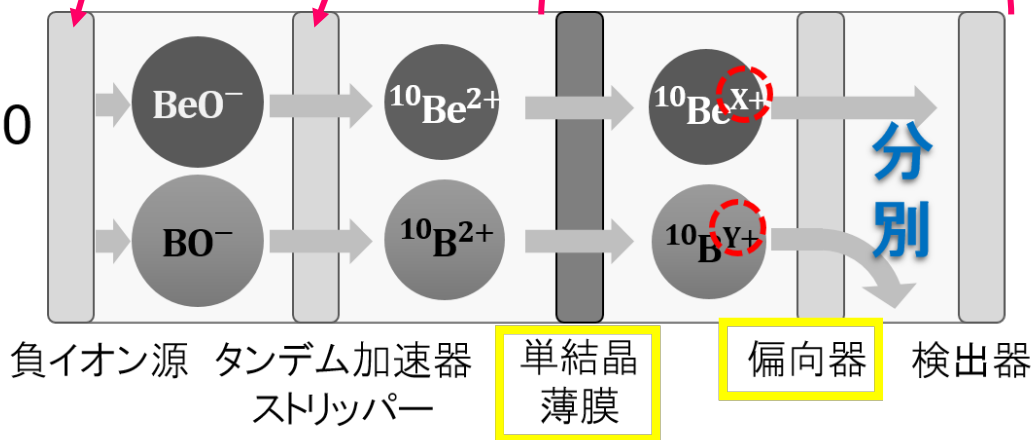
(Resonance Coherent Excitation: RCE)

運動するイオンが静的周期場を感受し
イオンの内部励起が発生する現象



特許
第6086587
(原子力機構)

目的核種
ベリリウム-10
妨害核種
ホウ素-10



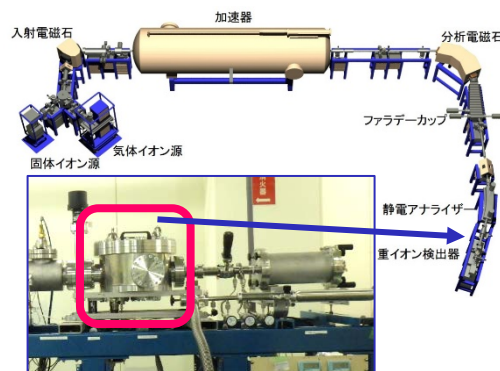
RCEを発生

電荷の違いで分別

成果：技術基盤の整備

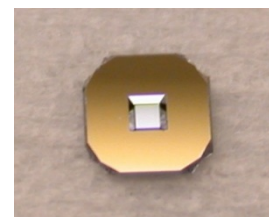
✓ チェンバーの製作

- 実験領域(薄膜、偏向器)を設置



✓ 単結晶薄膜の膜厚検討

- 膜厚が厚くなるとランダム過程によってRCEが不鮮明
- 膜厚が薄いと5 MVでもRCEを発生可能
- 30 nm(世界最薄)の薄膜使用予定 (H29年12月以降)



✓ 既存の厚い(200 nm) 単結晶薄膜を使用した技術基盤の整備

- チャネリング技術の構築
- 荷電分布取得技術の構築

- RCEによるAMSの同重体分別を考案
 - 特許第6086857
「加速器質量分析による妨害核種分別方法およびその装置」
- 実証のための技術基盤を整備
 - 30 nm薄膜を用いた実証試験 (H29年12月以降)
- 新たな特許出願
 - 国内特許: 特願2017-55416
「イオンビーム透過膜の透過率改善方法及びその装置」
 - 外国出願に向けて準備中
- 測定の高精度化、装置の小型化 (世界最小AMS) の実現に向けて実証試験中

本研究の構成・謝辞

- ◆ 本研究は下記の制度を利用して行いました。
 - 奈良女子大学との共同研究
 - 機構内の平成27年～28年萌芽研究開発制度（寄附金利用）
- ◆ メンバー
 - 原子力機構 藤田奈津子、國分（齋藤）陽子
 - 株式会社ペスコ 松原章浩
 - 奈良女子大学 石井邦和、小川英巳
- ◆ RCEの学術的研究を先導されておられる
理化学研究所 東俊行主任研究員
立教大学 中野祐司准教授
には有益なご助言をいただきましたことを感謝いたします。