

## 施設を利用するには？

本装置は、日本原子力研究開発機構が行う施設供用制度の1施設になっており、本制度により有償にて外部の方にご利用いただいています。研究開発や産業利用など、目的に合わせた利用枠を設けております。詳細情報、応募様式等は下記URLから入手可能です。

<https://tenkai.jaea.go.jp/facility/3-facility/01-intro/index-02.html>



利用枠	課題区分	募集時期
成果非占有	一般課題(課題審査有)	定期募集*1 随時受付(緊急時のみ)
	優先利用課題*2	定期募集 随時受付
成果占有	一般課題*3	定期募集 随時受付
	利用促進課題*4	定期募集 随時受付

\*1 定期募集時期は5月と11月(次年度課題)

\*2 成果非占有 優先利用課題・・・研究成果を公開し、国等の競争的資金で採択され、マシントimeを優先的に配分を行う課題

\*3 成果占有 一般課題・・・研究成果を公開せず、商業利用目的等での利用を行う課題

\*4 成果占有 利用促進課題・・・研究成果を公開せず、産業利用、学術利用に限らず、研究開発目的等での利用を行う課題

## 応募資格

大学、民間企業及び公的研究機関に属する研究者等(学生を除く)とします。

## 利用料金

利用料金については、利用区分や定期的な見直しによって異なります。以下URLにてご確認ください。

<https://tenkai.jaea.go.jp/facility/facilities.html>

## 成果の公開と実績

成果非占有課題として利用された方は、利用後に実施報告書の提出と利用の成果を論文や学会発表等にて公表していただく必要があります。

過去の成果公開については以下URLをご確認ください。

<https://tenkai.jaea.go.jp/facility/3-facility/06-news/commonuse.html>

## お問い合わせ先

[施設供用について]

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 産学連携戦略室

〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2番地4

TEL:029-282-6260 E-mail:renkei.shisetsu@jaea.go.jp

[利用内容、相談について]

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

核燃料・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

〒509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺959番地の31

TEL:0572-53-0211 E-mail:JAEA-AMS-TONO@jaea.go.jp

お問い合わせ

〒509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺959番地の31

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

核燃料・バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター

土岐地球年代学研究所 TEL:0572-53-0211

<https://www.jaea.go.jp/04/tono/shisetsu/pere/pelletron.html>



# JAEA

# AMS TONO

## JAEA-AMS-TONO

ペレトロン年代測定装置



国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

核燃料・バックエンド研究開発部門

東濃地科学センター 土岐地球年代学研究所

Japan Atomic Energy Agency

Sector of Nuclear Fuel,

Decommissioning and Waste Management

Technology Development

Tono Geoscience Center

Toki Geochronology Research Laboratory

## はじめに

東濃地科学センターでは、深地層の科学的研究として、地下の地質構造、地下水の流れや水質の変化等に関する研究、断層運動や火山活動に関連した研究などを行っています。

これらの研究では、地下水の滞留年代や地層の形成年代についての調査技術が不可欠です。当センターでは、加速器質量分析装置であるJAEA-AMS-TONO(通称:ペレトロン年代測定装置)を導入し、年代測定や年代測定のための技術開発を進めています。

また、本装置は日本原子力研究開発機構が行う施設供用制度の施設になっており、地球科学に関する研究だけでなく、考古学試料の年代推定や同位体変動に注目した環境科学分野の研究にも利用されています。

## 年代測定法とは

加速器質量分析装置を用いて試料中の放射性同位体を測定すると、同位体の個数を直接測定するため、放射性同位体を放射能で測定する方法より試料が少なく済み、また短時間で測定することができます。

## 炭素-14年代法

自然界の炭素の同位体のうち、安定同位体は炭素-12( $^{12}\text{C}$ )、炭素-13( $^{13}\text{C}$ )があり、放射性同位体は炭素-14( $^{14}\text{C}$ )があります。炭素-14は時間とともに壊変し5730年(半減期)で元の個数の半分にになります。これを利用する方法が炭素-14年代法で、現代から数万年前の年代範囲を対象とする年代測定のうち最も精度の高い年代測定法のひとつです。この年代法を使用して地球科学や考古学の試料などの年代を得ることができます。

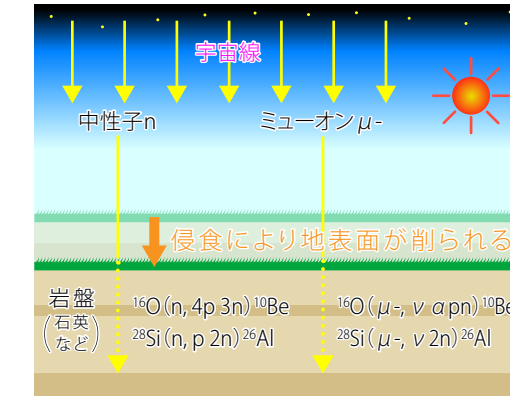
## 自然界の炭素の同位体

炭素同位体	$^{14}\text{C}$	$^{12}\text{C}$	$^{13}\text{C}$
自然界での存在量	約1兆分の1	99%	1%
5730年経過	↓量1/2	↓	↓
5730年経過	↓量1/2	↓	↓

## ベリリウム-10・アルミニウム-26年代法

宇宙線の中性子やミュー粒子と岩盤中の石英などに含まれる、酸素-16やケイ素-28が反応することにより、放射性同位体であるベリリウム-10( $^{10}\text{Be}$ )やアルミニウム-26( $^{26}\text{Al}$ )が生成します。ベリリウム-10・アルミニウム-26年代法は、この生成を利用する年代測定法であり、地面の侵食速度などを得ることができます。半減期は、 $^{10}\text{Be}$ が約140万年、 $^{26}\text{Al}$ が約70万年のため、およそ数万年から一千万年までの年代範囲を推定できます。

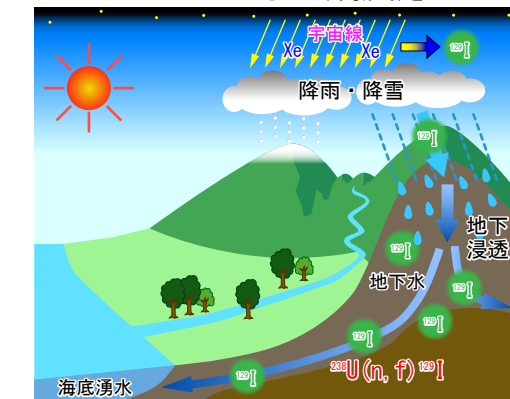
## $^{10}\text{Be}$ 及び $^{26}\text{Al}$ の主な生成反応



## ヨウ素-129年代法

ヨウ素-129( $^{129}\text{I}$ )年代法は地下水の滞留年代などを得ることができます。大気中のキセノン(Xe)と宇宙線との反応(核破砕反応)及びウラン(U)の自発核分裂により $^{129}\text{I}$ は生成され地下水等に取り込まれます。半減期は約1570万年と長半減期であるので、数万年前から数千万年前までの年代範囲を推定できます。

## $^{129}\text{I}$ の主な生成反応



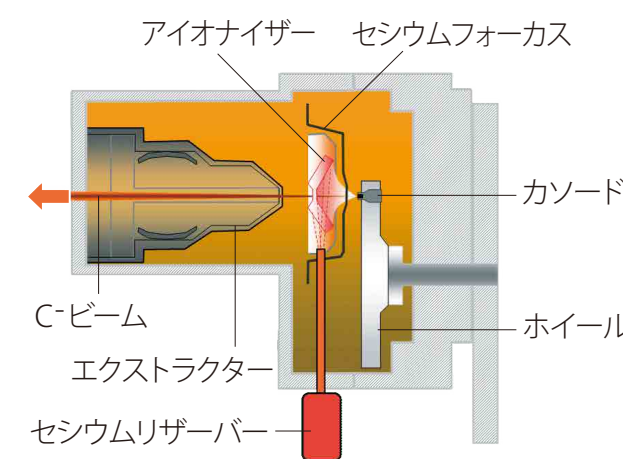
## JAEA-AMS-TONO 装置各部の紹介

試料は、カソードに詰められた後、ホイールに充填され、固体試料用イオン源①にセットされます。試料は、そこでイオン化された後、逐次入射システム②で同位体ごとに分離され、加速器③に送られます。加速器では、二段階のイオンの加速が行われ、検出器に運ばれます。安定同位体はファラデーカップ検出器④で、量の少ない放射性同位体は重イオン検出器⑤で検出されます。ファラデーカップ検出器と重イオン検出器で測定した同位体の量から同位体比を算出し、試料と同時に測定した標準試料の結果と放射性同位体の半減期から年代値を算出します。

装置が設置されている測定室の隣には、オペレーションルームがあります。ここで、装置の各部分をコントロールしています。測定は、イオン源、加速器、検出部など各部の調整後、装置の調子やデータの監視をしながら、自動運転で行います。

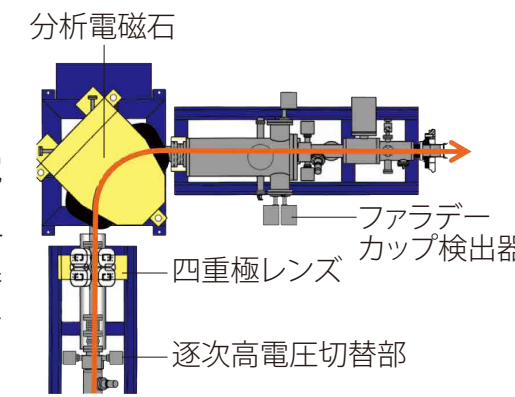
### ①固体試料用イオン源

試料をイオン化するために、金属セシウムイオン ( $Cs^+$ ) を用います。セシウムはセシウムリザーバーで加熱気化し、アイオナイザーでイオン化します。生成した  $Cs^+$  は試料に照射され、負イオン (例えば  $C^-$ 、 $BeO^-$ 、 $Al^-$ 、 $I^-$ ) を生成させます。発生した負イオンはエクストラクターにより引き出され、逐次入射システムへ運ばれます。



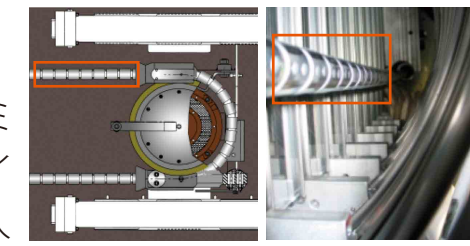
### ②逐次入射システム

逐次入射システムにより同位体の各イオン (例えば  $^{12}C^-$ 、 $^{13}C^-$ 、 $^{14}C^-$ ) は、決められた時間間隔で加速器へ送られます。逐次高電圧切替部で、加速電圧を各イオンの質量に見合った値に切替えることで、各イオンが同じ軌道を通って分析電磁石から加速器に入射します。Al、I 試料の場合は C と同様に逐次入射させますが、Be は  $^9Be^{17}O$  と  $^{10}Be^{16}O$  を同時に加速器に入射します。

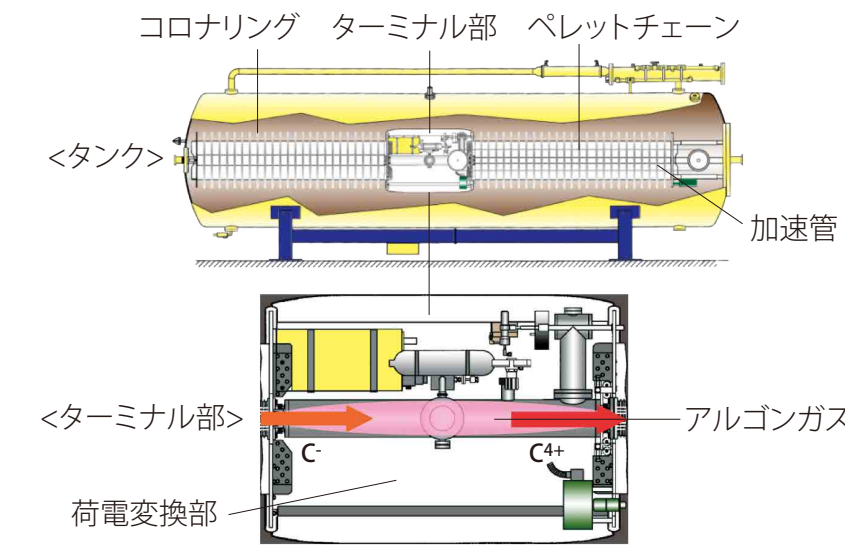


### ③加速器

加速器はタンク内にあり、加速管とターミナル部によって構成されます。ターミナル部はペレットチェーン\*により電荷が供給されプラスに帯電しています。負イオンは加速管に入るとターミナル部に向かって加速され、中央の荷電変換部に入ります。そこでアルゴンガスと衝突して電離し、正イオン (例えば  $C^{4+}$ ) に変換されます。荷電変換部を通過すると、正イオンはターミナルとのプラス同士の反発により、さらに加速されます。なお、測定の妨害となる同じ質量数をもつ分子イオン (例えば  $^{14}C$  に対する  $^{13}CH$  など) もアルゴンとの衝突により分解除去されます。

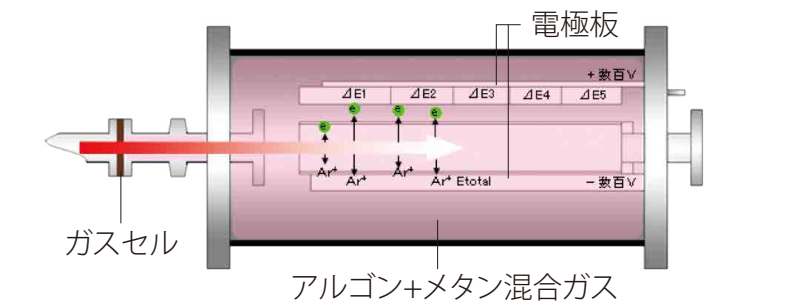


\*ペレットチェーン：プラスチックと金属が交互に連結したチェーンで、電荷を運ぶベルトの役割を担っています。ベルトより耐久性が高く、電荷を安定して供給することができます。

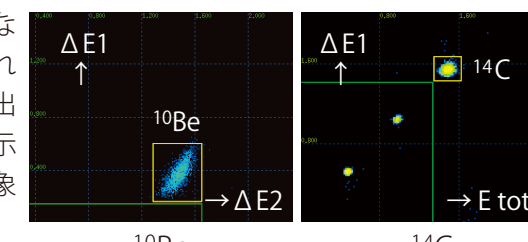


### ⑤重イオン検出器

重イオン検出器の内部は気体電離箱と同じ原理で、入射粒子は検出器中のアルゴンとメタンの混合ガスを電離しエネルギーを失います。電離で発生した電子はプラス電極に、アルゴンイオンはマイナス電極に引き込まれ電流パルスとして検出されます。したがってパルスの大きさから入射粒子のエネルギーが、パルス数から入射粒子の個数が得られます。

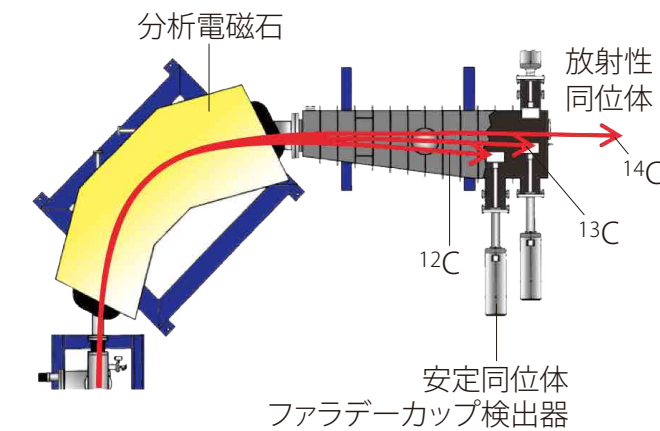


測定結果はこのような二次元スペクトルとして得られます。二種類の電極板で検出した結果の組み合わせで表示され、黄色の枠内に測定対象のパルスが検出されます。



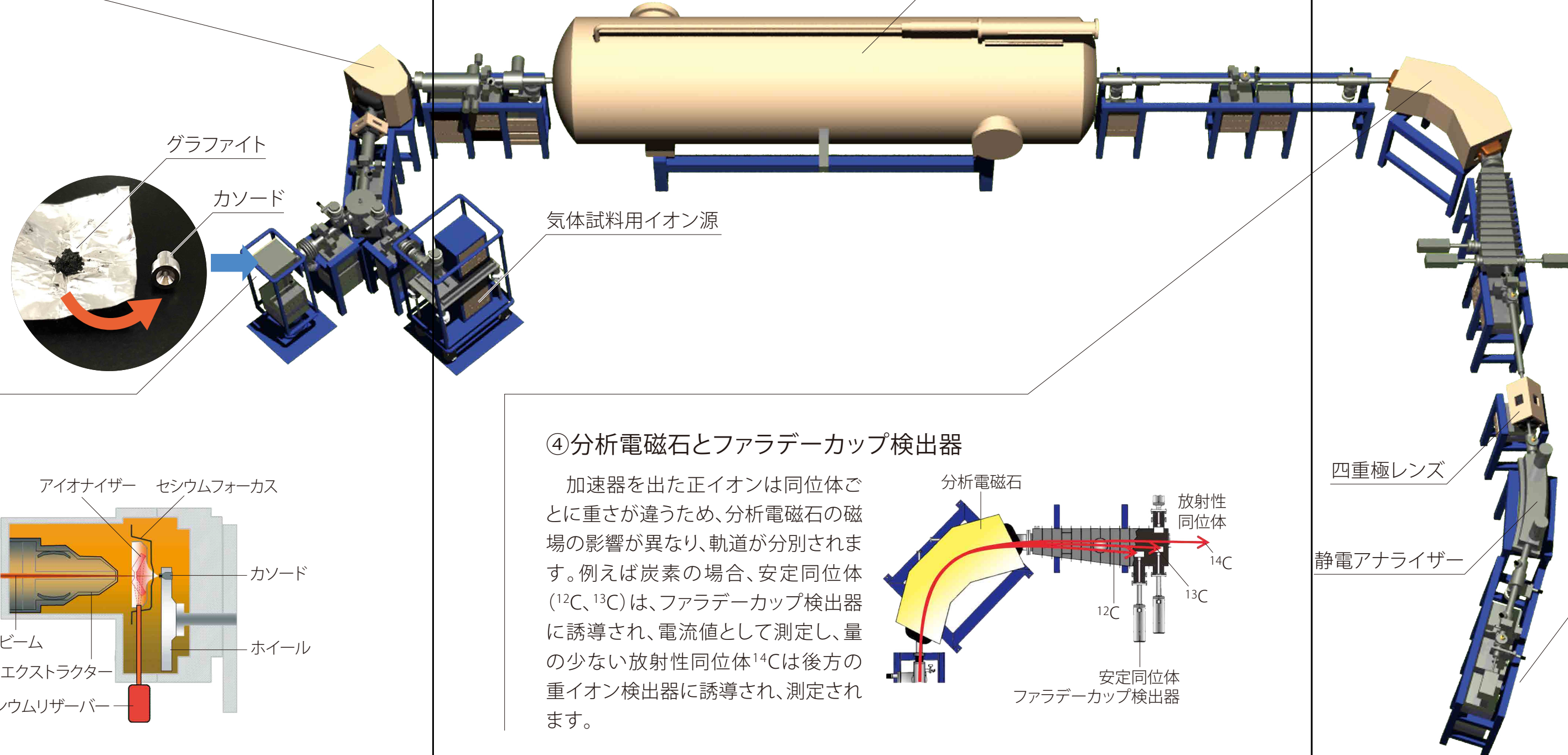
### ④分析電磁石とファラデーカップ検出器

加速器を出た正イオンは同位体ごとに重さが違うため、分析電磁石の磁場の影響が異なり、軌道が分別されます。例えば炭素の場合、安定同位体 ( $^{12}C$ 、 $^{13}C$ ) は、ファラデーカップ検出器に誘導され、電流値として測定し、量の少ない放射性同位体  $^{14}C$  は後方の重イオン検出器に誘導され、測定されます。



### 四重極レンズ

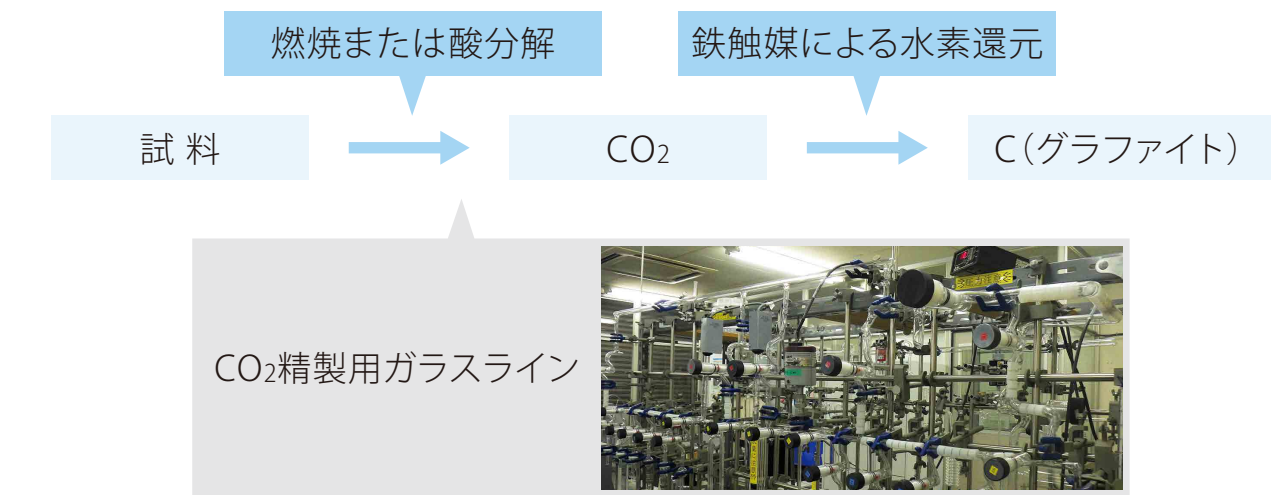
### 静電アナライザー



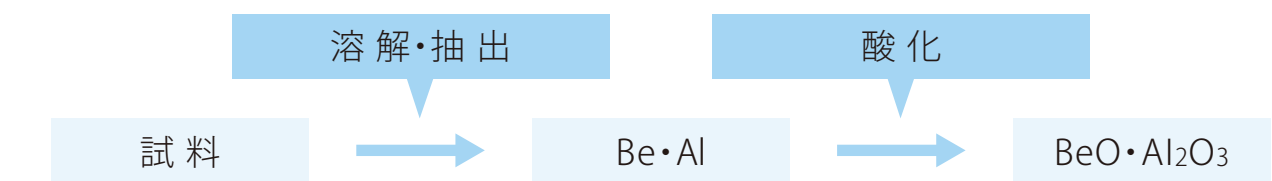
## 測定試料の調製

年代測定を行う場合、 $^{14}C$ 法では、堆積物の中から見つかった植物片などが、また  $^{10}Be$ 法、 $^{26}Al$ 法では岩石が、 $^{129}I$ 法では地下水などが試料となります。しかし、採取したままの試料では測定することができないため、化学処理などを行い、試料から C、Be、Al、I を取り出して、測定試料にします。

### $^{14}C$ 法



### $^{10}Be$ ・ $^{26}Al$ 法



### $^{129}I$ 法

