



北川 浩之 教授



小田 寛貴 助教

## <sup>14</sup>C加速器質量分析を用いた正しい年代編年のもとに、自然と人類の歴史を調べ、それらの接点を探る。

環境史学は、工業や農業による水や空気の汚染、1960年代以降のオゾン層の枯渇、人間活動による温室効果の増大など地球環境問題に対する意識の高まりにより生まれた比較的新しい学際的な学問分野です。環境史学研究室の主な目的は、過去に遡って、人類がどのように自然環境に影響されてきたか、そして自然環境によって人類はどのような影響を受けたか、その背景にどのようなメカニズムがあるかを理解することです。年代測定研究部・環境史学研究室では、加速器質量分析法による炭素14年代測定や環境試料の安定同位体分析を主な研究の手段として、自然と人類の歴史、それらの相互関係の詳細な理解を目指しています。

### 加速器質量分析法による高精度な炭素14分析

加速器質量分析は英語でAccelerator mass spectrometry (AMS) です。AMS法とは、通常の分析で測定が不可能な微量の原子を測定する超高感度分析です。環境試料に極僅か含まれている宇宙線生成同位体 (<sup>14</sup>C, <sup>10</sup>Be, <sup>26</sup>Alなど宇宙線の作用で生成される同位体) を高い精度・精度で分析することができます。宇宙線生成核種の1つは質量数14の炭素同位体 (<sup>14</sup>C) です。<sup>14</sup>Cは5,730年の半減期で壊変する放射性同位体で、過去5万年間の年代測定に利用されています。また、環境試料の<sup>14</sup>C分析から、地球システムの性状や変動を探ることもできます。環境史研究室では、加速電圧3メガボルトで荷電粒子を加速できるタンデム型AMSを運用し、環境試料や考古・歴史時代資料の高精度な<sup>14</sup>C分析を行っています。



図1. <sup>14</sup>C測定用の加速器質量分析装置

### パレオアジアの環境変動・文化史

約20万年前頃のアフリカ大陸で誕生したホモ・サピエンス (新人)は、10~5万年前頃以降、ユーラシア各地の多様な環境に適応しつつ拡散し、先住者である旧人たちと交差しました。新人がアジア各地に拡散し定着した時代のアジア (パレオアジア) の環境・文化を探り、アジアにおける新人文化の形成過程の実態とその背景を明らかにすることを目指しています。国際共同研究 (死海深層掘削プロジェクトなど)、アジア各地の気候学者や考古学・民族学研究者と連携した現地調査 (パレオアジア文化史学プロジェクト) を進め、これらの研究プロジェクトで得られた成果をもとに、パレオアジアの新人拡散過程や文化史を再現できるコモデルの開発にも手がけています。



図2. 国際陸上科学掘削計画・死海深層掘削プロジェクト

### 環境同位体と地球システム変動解析

放射性同位体および安定同位体は、地球システム (陸域・海洋・大気) 内で引き起こされる各種のプロセスの解明に有効で (時には、「環境トレーサー」とも呼ばれています。)、過去の気候変動の復元や現在の私たちが直面している環境問題の解決のための強力なツールとなります。環境史学研究室では高精度な<sup>14</sup>C分析が可能な加速器質量分析装置、デュアルインレット方式と高温熱分解装置を備えた連続フロー式の安定同位体質量分析装置を主に利用して、過去、現在の気候・環境変動解析、地球表層における物質循環 (たとえば、地球規模の炭素循環など) や生物地球化学プロセスの解明、パレオアジアの人々の居住環境やライフスタイルの探求を進めています。



図3. 安定同位体質量分析装置 (左:デュアルインレット方式、右:高温熱分解装置を備えた連続フロー式)

### 歴史時代資料の年代測定と年代を決定した「新出」資料を用いた歴史の解明

<sup>14</sup>C年代測定法は、長い間、先史時代の考古資料を対象とした手法とされてきました。しかし、約1 mgの炭素試料での分析が可能なAMSの開発、<sup>14</sup>C年代という自然科学的年代を暦年代に換算する較正法の確立、また年代測定の精度・確度の向上といった分析法の進歩によって、貴重であり、数十年の年代差が問題となる歴史時代資料に対する年代測定の道が拓かれてきました。そこで、古文書や美術工芸品といった資料の年代測定法の開発に取り組んでいます。年代や真贋のわからない古文書や美術工芸品を、歴史学・考古学・古典文学・書跡史学・美術史学などの資料として扱うことはできません。<sup>14</sup>C年代測定法によってこれらの年代が判明するということは、歴史学などにとって実質的な新出資料の発見になるのです。そこで、こうした歴史時代資料の年代測定と、年代を決定した「新出」資料を用いることで、これまで明らかにならなことができなかった新たな歴史の解明を進めています。

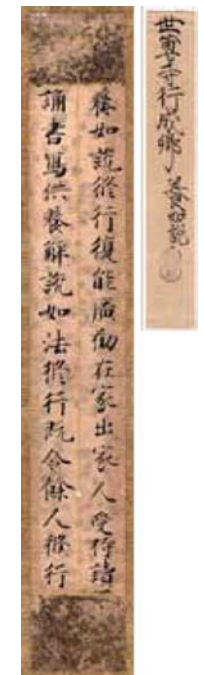


図4. 伝藤原行成筆装飾経切

### 花粉・植物遺体分析により先史時代の環境・人類社会を探る

湖沼堆積物や泥炭に含まれている花粉や植物遺体の分析を行い、そのデータを数理的なアプローチで解析を行うことで、ユーラシア大陸の後期第四紀の気候や植生を定量的に復元することができます。その結果と考古学や地球科学のアプローチで得られる多様な情報を総合的に解釈し、先史時代の環境と人類の相互作用-気候変動がいかに人類に影響を及ぼしたか、人類社会がいかに環境に影響を及ぼしたかについて検討しています。また、日本、中国、ロシアなどの遺跡発掘で採集した植物遺体や炭化種子の解析から、狩猟採集民の自給自足経済、植物栽培、穀物の栽培の地理的分布など、先史時代における植物の利用、生活様式、社会について探求しています。



図5. インド・ヒマラヤの高山湖の湖底堆積物 (8000年前) から抽出した花粉化石の顕微鏡写真

### 西南極氷床の融解イベントの検出

南極海の一部であるアムンゼン海に面している西南極氷床の縁辺は、現在の南極の中で最も氷河が減少しており、地球温暖化による大規模な氷床の融解が危惧されている地域です。日本、アメリカ、ヨーロッパ、ニュージーランド、中国、インド、韓国の研究者が参加した国際深海科学掘削計画 (IODP) 第379次航海では、「アムンゼン海における西南極氷床史-アムンゼン海灣入域掘削記録による西南極氷床の温暖化応答性の検証」というテーマのもと、海底堆積物の掘削を行いました。本航海に参加し、堆積物に含まれている微化石の安定同位体の分析を進め、過去500万年間における西南極氷床の融解イベントの検出を目指しています。



図6. アムンゼン海に浮かぶ氷山



写真の説明: 左より、(1)イラン、(2)オマーンにおける洞窟遺跡の発掘現場、(3)タール砂漠の調査 (パキスタン)、(4)カシミールの山岳地帯調査 (インド)、(5)アレイク火山地帯の調査 (ベトナム)

Webページ: <http://www.nendai.nagoya-u.ac.jp/ja/index.html> (年代測定研究部)  
<http://www.leis21.net> (北川個人)  
 連絡先: [hiroyuki.kitagawa@nagoya-u.jp](mailto:hiroyuki.kitagawa@nagoya-u.jp) (北川)  
[oda@nendai.nagoya-u.ac.jp](mailto:oda@nendai.nagoya-u.ac.jp) (小田)







南 雅代 教授



加藤 文典 准教授

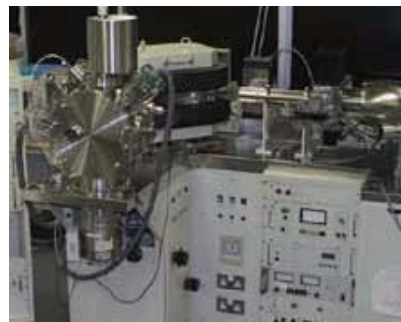
## 地球のフィールドスケールから顕微鏡スケールまでの空間情報に時間軸を入れ、地球誕生から現在まで46億年にわたり地球で生じた現象とそのメカニズムを解き明かす。

地球年代学とは、さまざまな宇宙・地球物質の年代を決定し、太陽系惑星の一つとしての地球に記録された歴史を紐解いていく学問分野です。46億年前に生まれた地球は常に変動しており、その情報は地球内外の物質に記録されています。過去から現在にわたり地下深部から宇宙までの広い範囲で起きた現象を理解するためには、「いつ」「どのような現象が」「なぜ」生じたのかを正確に知る必要があります。そのためには、フィールドワークによりマクロスケールの地球の姿を観察し、ミクロスケールに記録された物理情報、化学情報を正確に引き出さなければなりません。

地球年代学研究室では、特に「いつ」の現象なのかという問題を、放射性同位体の壊変を利用した年代測定法や、名古屋大学が世界に先駆けて開発・実用化したCHIME年代測定法などを用い、隕石、岩石、鉱物、堆積物、生物化石、石筍、地下水、氷、木片、考古遺物など、さまざまなものに時間軸を付与することによって明らかにする研究を行っています。本研究室は、名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻の協力講座である「地球史学講座」を博物館とともに担い、年代学に関する高度な知識と先端的な分析技術を修得した大学院生及び若手研究者の育成を目指しています。地球科学・化学・物理学・生物学・考古学など、理系・文系さまざまな分野出身の学生と一緒に研究を推進しています。興味のある方は、是非とも研究室を訪ねてみてください。

### 放射性同位体を用いた年代測定・環境解析

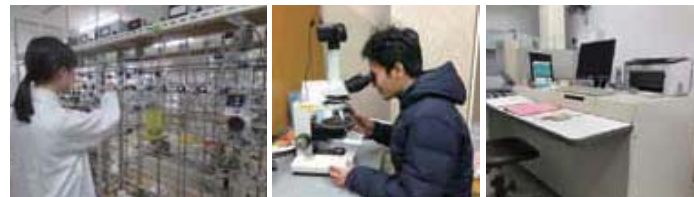
親核種と娘核種の同位体比の時間的変化を利用する方法（ルビジウム(Rb)-ストロンチウム(Sr)法、サマリウム(Sm)-ネオジウム(Nd)法、ウラン(U)-トリウム(Th)-鉛(Pb)系列法など）、宇宙線生成核種を利用する方法（放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) 法、ベリリウム- $^{10}\text{Be}$ 法など）を利用し、岩石、鉱物、化石、堆積物などの年代測定を行っています。年代測定だけでなく、微量同位体をトレーサーとした古環境解析や環境動態解析の研究も行っています。環境史学研究室と密接に関わり合いながら、加速器質量分析装置を使い、時空間変動に着目した宇宙・地球環境の性状と動態に関する研究にも取り組んでいます。 $^{14}\text{C}$ 以外の宇宙線生成核種を用いた研究はまだ発展途上ですが、今後、他の宇宙線生成同位体を使った新たな研究を開始していく予定です。皆さんと協力して、超高感度分析による新たな研究分野の創造を目指します。



Sr同位体比を高精度に測定可能な表面電離型質量分析装置



$^{14}\text{C}$ を高精度に測定可能なタンデロン加速器質量分析装置



### 同位体地球化学による地球環境変動の解明

本研究室では過去の地球で起こったさまざまな現象に年代軸を与えるとともに、年代測定を地球環境に応用する研究や、新しい分析方法の開発など、幅広い分野の研究を行っています。本研究室で行なっている研究の一部を以下に紹介します。

- ・細粒河川堆積物を用いた日本の広域Sr同位体比分布図
- ・河川・湖沼堆積物の $^{10}\text{Be}$ の吸着・溶脱プロセスに関する研究
- ・石筍やトラバーチンによる古気候解析
- ・炭酸コンクリーション中のSr同位体比を用いた地層の形成年代決定
- ・永久凍土中の地下水の正確な形成年代決定のための基礎研究
- ・火山泥流に含まれる木片の $^{14}\text{C}$ 年代に基づく火山噴火周期解析
- ・南極隕石の落下年代によるペアリングの研究



Sr同位体比分布図作成のための河川堆積物採取



石筍を用いた古気候復元のための滴水水の分析

### 文化財資料の高精度 $^{14}\text{C}$ 年代測定のための化学処理法の開発

考古遺跡から出土する炭化物、骨化石は $^{14}\text{C}$ 年代測定の有効な試料であり、考古学ならびに古環境の分野で広く利用されています。正確な $^{14}\text{C}$ 年代を得るには、土壌埋没中に資料に取り込まれた外来炭素成分（特に腐植酸）を適切な化学処理で除去する必要があります。効果的かつ効率的に腐植酸を除去する化学処理法や試料加熱法など、文化財資料の高精度年代測定のための化学処理法の開発研究を行っています。



化学処理法の検討に用いた炭化木試料



骨のバイオアパタイトを用いた $^{14}\text{C}$ 年代測定。写真は、真慶と推定される火葬骨（左が低温の熱、右が高温の熱を被った骨片）

### 名古屋大学が世界に先駆けて開発・実用化したCHIME年代測定法

名古屋大学が1990年代に開発したCHIME (Chemical U-Th-Total Pb Isochron Method) 年代測定法は、ウラン・トリウムが放射壊変により鉛になる現象を用いています。CHIME年代測定法は、同位体年代測定ではなく化学年代測定であり、電子プローブマイクロアナライザー (EPMA) を用いることにより、ミクロスケールのサブグレイン年代測定を非破壊で行うことが可能です。本研究室では、モナザイト・ジルコン・ゼノタイムなど様々な鉱物のサブグレイン年代測定を行っています。

これらの鉱物は熱に対して強く、いったん形成されるとその後高温変成作用などを被っても年代情報を保持し続け、また2次成長により年代累帯構造を形成することがあります。ミクロスケールの年代累帯構造をCHIME法により正確に測定することにより、鉱物の成長記録を知り、地球の歴史を理解することができます。

### EPMAによるCHIME年代測定

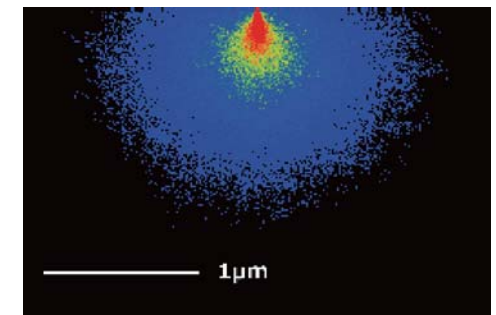
CHIME年代測定にはEPMAを用います。UやPbなど通常の鉱物には数10~数ppm以下しか含まれないような微量元素を効率よく定量するための分光系の設定や電子線を安定して長時間照射するための改良などがなされています。また、バックグラウンド測定やピーク分離など、微量元素の検出感度を上げて、より正確な定量分析を行うための基礎的研究を続け、装置を実用化しました。微量元素測定技術は年代測定以外にも応用され、ジルコン中のチタンを用いた地質温度計などを用いた研究も行っています。



第2世代のCHIME年代測定装置

### CHIME年代測定法の高精度化と測定可能年代の拡張

EPMA分析における化学組成の正確さは、エックス線の測定、補正計算および標準物質の化学組成の正確さで決まります。CHIME年代測定法で新生代の岩石の正確な年代測定が可能な研究機関として、さらなる測定法の改良を行っています。実際に測定した岩石で最も若いものは1700万年前に形成されたヒマラヤの岩石です。そして、100万年前の岩石も測定可能にするため、より正確なエックス線強度の測定法、補正計算の改良を行っています。また、海外の研究機関と協力し、標準物質の品質維持も行っていきます。



モナザイト中のトリウム線線の発生領域 (シミュレーション)

写真の説明：左より(1)国内・(2)中国天山山脈・(3)アメリカユタ州におけるフィールド調査での一コマ、(4) $^{14}\text{C}$ 試料調製を行う学生、(5)CHIME年代測定前の顕微鏡観察、(6)XRF分析装置

Webページ: <http://www.nendai.nagoya-u.ac.jp/ja/index.html>  
 連絡先: minami@isee.nagoya-u.ac.jp (南)  
 kato@nendai.nagoya-u.ac.jp (加藤)

