

PIUS

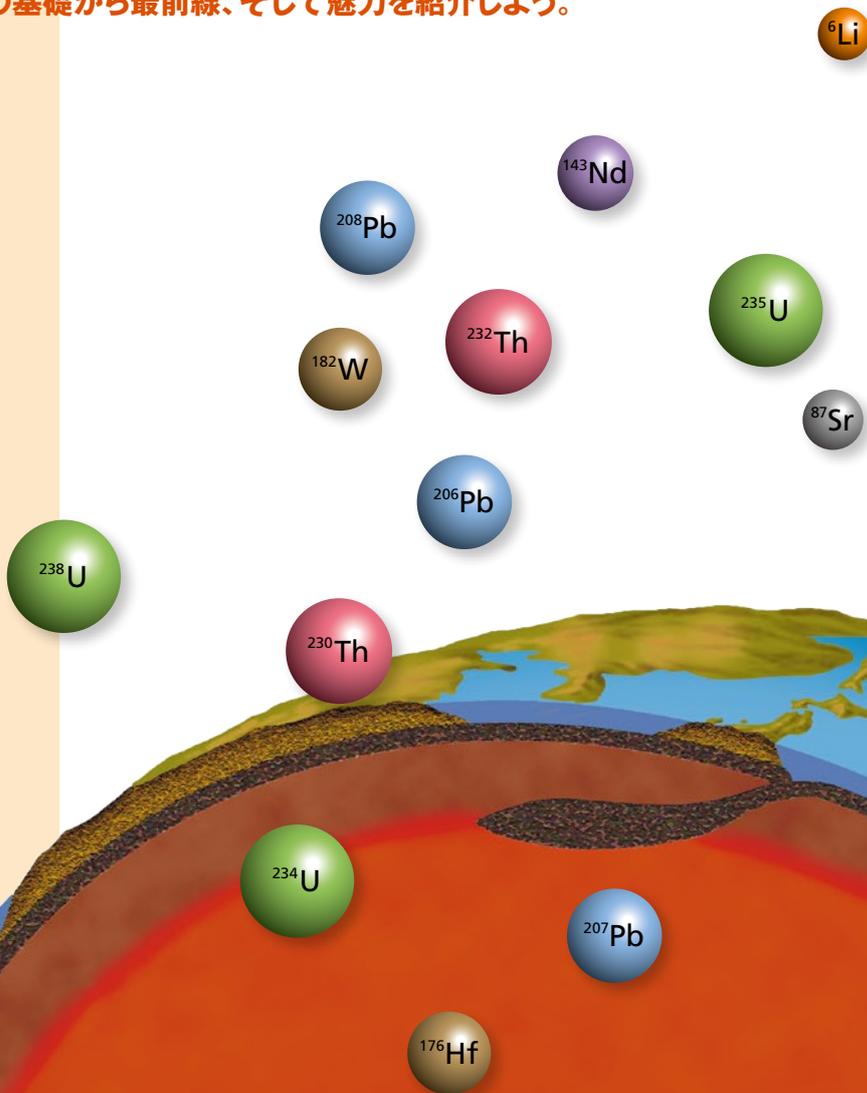
地震研究所 ニュースレター

NEWS LETTER Plus No.11
Earthquake Research Institute,
The University of Tokyo

地震研究所では、地震学、火山学、地球物理学、地質学、地球化学、
数学、工学など、さまざまな分野の知識や技術を駆使し、
地球を丸ごと理解することを目指して研究を進めている。
今回の特集では、地球化学にスポットを当てる。
地球化学を専門とする中井俊一教授は、岩石に含まれる元素の同位体比を測定し、
岩石の生成年代や、地球を構成している物質の起源や循環などを調べている。
岩石の同位体比はどのように測定するのだろうか？
同位体比からなぜ岩石の生成年代が分かるのだろうか？
地球化学の基礎から最前線、そして魅力を紹介しよう。

特集

「化学」で
地球を理解する



東京大学地震研究所

「化学」で地球を理解

岩石から元素や同位体を取り出す

白衣の上下にキャップを身に着けた中井俊一教授が現れた。ここは地震研究所の地下にあるクリーンルームだ。「私の専門は地球化学です。地震研究所の中では希少ですね」と笑う。「岩石に含まれる微量元素の濃度や同位体比を測定することで、岩石の生成年代や、地球の物質の起源や循環などを調べています」(図1)

自然界には100種類以上の元素が存在している。さらに、同じ種類の元素で、質量数が異なる同位体もある。「岩石には、さまざまな元素や同位体が含まれていますが、私たちが調べたい元素や同位体は1gの岩石に100万分の1gほどしか含まれていないものばかりです。まず調べたい元素や同位体だけを分離・精製する必要があります」

微量の元素や同位体の測定方法を簡単に紹介しよう(図2)。まず岩石を粉末にする。その粉末に酸を加え加熱して分解する。さらに、さまざまな薬品を使って何段階もの化学反応を利用し、目的の元素だけを分離・精製していく。このとき、周りからの汚染は禁物だ。そのため、専用の着衣で作業し、クリーンルーム内は外部より気圧を上げ、外気が流入しな

いようになっている。また薬品は高純度のものを使用する。

「元素をきれいに分離・精製できたかどうか、その後の研究の成果を左右します。万能な方法はなく、試料ごとに手順や薬品の種類、量、時間などを調整しなければなりません。さらに、同じ作業をしても、人によって成功したり失敗したりします。私ももっと腕を磨かなければ、といつも思っています」

精製した元素や同位体の測定には、質量分析計を用いる。試料をプラズマなどによってイオン化し、真空中で数千ボルトの電圧をかけて加速し、電磁石で発生させた磁場を通過させる。質量が小さいものは大きく曲がり、質量が大きいものはあまり曲がらないことを利用して、元素の同位体を質量ごとに分けて検出し、濃度や比率を測定するのだ。しかし、試料をセットすれば自動的にデータが出てくるわけではない。「実は、装置の性能を最大限に活かすコツがあるんです」と中井教授。

コアの物質を手にした

中井教授が取り組んでいる研究の一つが、コア(核)とマントルの相互作用の検証である。

地震波が伝わる速度の違いから地球の内部構造を調べる地震波トモグラフィーは、コアとマントルの境界付近から南太平洋へ向かうマントル物質の上昇流があることを示している。「上昇流がコアとマントルの境界に根を持つのであれば、南太平洋に浮かぶ火山島の岩石にコア由来の物質が混入している可能性があります。私たちは、タングステン(W)の同位体比を使い、地表の岩石にコアの痕跡を見つけようとしています」

具体的には、質量数(陽子数と中性子数の和)が182と184のタングステンの同位体比を用いる(図3)。¹⁸²Wは、質量数182のハフニウム(Hf)の放射壊変によってできる。放射壊変とは、原子核が放射線を出して崩壊し、ほかの種類の原子核になることである。Wは鉄と合金をつくりやすく、Hfは酸素と結合しやすい元素だ。地球が誕生したとき、WとHfは混ざり合っていた。しかし、誕生から3000万年ほどしてコアが形成されると、その分布が変化した。Wは鉄を主成分とするコアに集まり、Hfはマントルと地殻に多くコアにはほとんど存在しない。

「コアが形成されてから現在までの間に、マントルと地殻では¹⁸²Hfの放射壊変によって

図1 年代の異なる方鉛鉱の鉛同位体比

2種類の方鉛鉱(鉛の硫化鉱物)の鉛(Pb)同位体測定結果を示した。²⁰⁶Pbと²⁰⁷Pbは、質量数238と235のウラン(U)がそれぞれ放射壊変してできる。もとの原子核が崩壊して放射線量が半分になる期間を半減期といい、²³⁸Uは約45億年、²³⁵Uは約7億年である。

地球史の初期は²³⁵Uがまだ多く、そのころにできた方鉛鉱には²³⁵Uが壊変してできた²⁰⁷Pbがたくさん取り込まれる。地球史の後半になると²³⁵Uが少なくなっているため、取り込まれる²⁰⁷Pbは少なく、²⁰⁶Pbが相対的に濃集する。方鉛鉱にUは取り込まれず、²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb比は方鉛鉱がつけられたときから変わらないため、²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb比から方鉛鉱が形成された年代を推定することができる。

²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb比が高いアフリカ産の方鉛鉱の生成年代は約30億年前、²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb比が低い北海道産の方鉛鉱は200万年前ごろにできたものである。



▶元素の分離・精製を行う中井俊一教授。実際の実験ではマスクも着用する。



する

^{182}W が増え、 $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 比が高くなってきました。一方、コアの $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 比は、コアが形成されたときの低いままです。南太平洋の火山島から $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 比の低い岩石が見つければ、それはコアの物質を含んでいる可能性があります。それを見つけない、と思ったのです」

これは地球化学のホットなテーマで、世界中の研究者が注目している。しかし、 $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 比が低くコアの物質を含んでいると確定されたものは、まだ見つかっていない。中井教授は、「Wはごく微量な元素で、また同位体比の変化が小さいため、ほかの同位体比に比べて測定が格段に難しい」と指摘する。

中井教授自身も、これまでに南太平洋のさまざまな火山島の岩石の $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 比を測定したが、地殻やマントル物質と比べて同位体比が低く、コアの物質を含んでいると決定づける結果は得られていない。しかし、「精製技術を高め、新しいイオン化の手法を導入することで、 $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 比の非常にわずかな違いも見えるようになるはず」と、現在も精力的に研究に取り組んでいるところだ。

また逆に、マントルのW同位体比が均質なことが分かれば、地球がどのように成長してきたかに大きな制約をつけることができる。「地震波トモグラフィーなどによって地球の内部

構造は分かってきましたが、コアがどのように成長したかまでは分かりません。マントルのいろいろな地域、深さに由来する岩石のW同位体比を調べ、太陽系が生まれたときの情報をとどめていると考えられる隕石のW同位体比と組み合わせれば、コアの成長史の理解も大きく進むでしょう。地球化学者としてぜひ実現したい」

地球化学は面白い

地震研ではほかにも、プレートの沈み込み帯における物質循環や、マグマの生成から火山噴火に至るタイムスケール、地震断層の活動年代などを、岩石の微量元素の濃度や同位体比から明らかにする研究を行っている。こうした微量元素の濃度や同位体比分析の応用範囲はとても広く、環境や考古学、生命科学、犯罪捜査にまで及ぶ。中井教授は、海底のメタンハイドレートが融解したときに生じるカルシウムの塊の同位体比を解析することで、海面の変動の履歴を明らかにする研究にも取り組んでいる。

一方で、「地球化学の将来が心配」とも嘆く。「最近、化学分析をやろうという学生が少ないのです。特殊な薬品を使ったりするので、敷居が高いと感じてしまうのでしょうか。そんなことないのですが……。化学の視点から

図2 岩石からの元素や同位体の分離・精製

採取してきた岩石を粉碎する(①②)。粉碎した岩石に酸を加え、加熱・分解する(③)。さまざまな化学反応を行い、目的の元素だけを分離させる(④)。精製し、質量分析計で測定する。



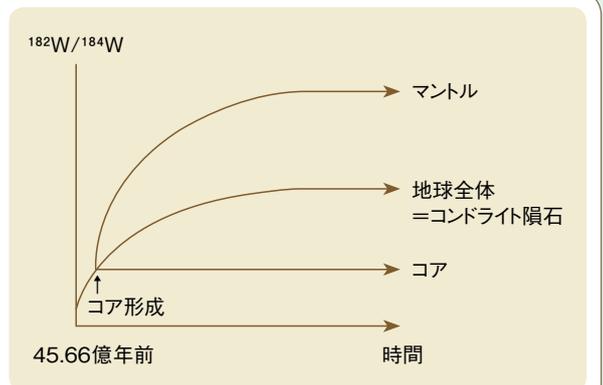
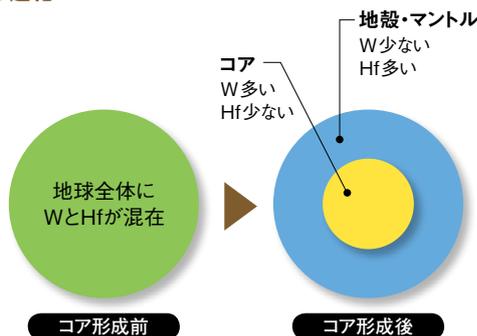
地球を探ることは重要で、とても面白いということをお皆さんに知っていただき、ぜひこの世界に入ってほしい」。そう語る中井教授だが、大学1、2年生のころは生物化学の道に進むつもりで、岩石にはまったく興味がなかったという。希土類元素の分析で有名な東京大学の増田彰正教授と出会い、地球化学へ。「同位体比は、過去の情報を取り出すこともできるし、時間の物差しにもなる。それが、地球化学の魅力です」

「今まで化学分析に使われていなかった元素や同位体を測定する新しい技術を開発したい」と語る中井教授。狙っている元素は？と聞くと、「それは秘密です」と返ってきた。新しい測定技術の完成、そしてそれによって見えてくる新しい地球の姿を楽しみにしよう。

(取材・執筆:鈴木志乃)

図3 コアの形成と同位体比の進化

地球が誕生したとき、タングステン(W)とハフニウム(Hf)は混在していた。コアが形成されると、鉄と合金をつくりやすいWはコアへ、酸素と結合しやすいHfは地殻とマントルへと分かれた。 ^{182}Hf は放射壊変によって ^{182}W になるため、現在の地殻とマントルにおける $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 比は高い。コアの $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 比は低いままである。



TOPICS

一般公開・公開講義のお知らせ

20年ほど前、有志の教員や学生が始めた地震研究所の一般公開。今では全所を挙げての夏の恒例イベントとなっています。今年のテーマは「観る・視る・測る」。私たちがどのように地震や火山活動、地球内部で起きているさまざまな現象を観(み)て、視(み)て、測(はか)って理解していくのかを、広く一般の方々へお伝えします。人気の学生実験は大幅リニューアル、サイエンスカフェでは最先端の研究エッセンスをギュッと盛り込みました。100年前の年代物から最新のものまでを展示した地震計博物館も拡大公開です。初公開の絵巻もお見逃しなく。

また同日15時からは安田講堂にて公開講義を開催します。講演内容は、「素粒子で地球を視る」(田中宏幸准教授)と「仮想現実空間で地震を『観る、視る、測る』」(市村強准教授)です。

一般公開：8月3日(火)10:00~15:00

地震研究所1号館および2号館

公開講義：8月3日(火)15:00~17:00

本郷キャンパス安田講堂

一般公開・公開講義ともに登録不要・参加無料

<http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/openhouse/>

エイヤフィヤトラヨークトル火山・新燃岳(霧島火山群)の噴火

2010年4月中旬や5月上旬のアイスランドでの噴火活動に伴う火山灰の拡散によって、ヨーロッパ各地で空港が閉鎖され、多大な経済被害がありました。地震研究所へはこれに関連する問い合わせが相次ぎ、ウェブサイトを立ち上げました(http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/2010/04/201004_iceland/)。また、5月下旬には霧島火山群の新燃岳で小規模な噴火が発生しました(http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/2010/05/201005_shinmoe/)。

地震研究所は共同利用・共同研究拠点です

個々の大学の枠を超えて施設や資料・データを全国の研究者が共同で利用することのできる拠点として、地震研究所は共同利用・共同研究拠点と認定されています。地震研究所のポテンシャルを全国の研究者に活用していただけます。詳しくはHPへ。<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sharing/>

INFORMATION

人事異動

- 昇任 准教授 (地震予知研究センター) 望月公廣
准教授 (地球計測系研究部門) 今西祐一
- 採用 教授 (観測開発基盤センター) 小原一成
- 転入 専門職員 (研究支援チーム) 野内公一
係長 (研究支援チーム) 西村まり
主任 (契約チーム) 山寺祐介
- 転出 係長 (研究支援チーム) 根岸恒夫
係長 (研究支援チーム) 剣持保行
一般職員 (契約チーム) 田邊咲子

表彰・受賞

- 田中宏幸 准教授 日本鉄鋼協会俵論文賞を受賞
- 小屋口剛博 教授 日本火山学会賞を受賞
- 三宅弘恵 助教 日本地震学会若手学術奨励賞を受賞

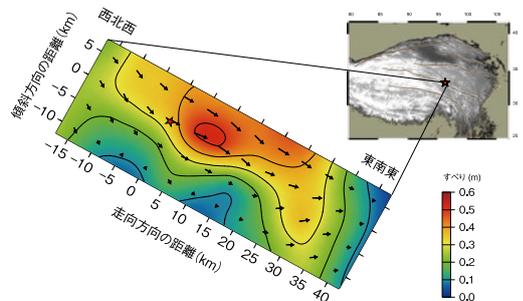
地震研究所紹介ビデオ『THE LABO~研究所の歴史に見る科学の系譜~』が2010年ドイツ国際映像祭で銀賞を受賞(<http://sc-smn.jst.go.jp/index.asp>)
地震研究所教員が出演・協力の中学校指導用教材『大地震に備える』が2009年教育映像祭で優秀作品を受賞

EGUへブースを出展

5月2~6日にオーストリア・ウィーンで開催されたEuropean Geosciences Unionにブースを出展しました。300部用意した世界震源地図が最初の2時間半ですべてなくなるほどの大盛況でした。

中国青海省の地震

4月14日、中国の青海省でマグニチュード6.9の地震が発生し、2500名を超える死者を出しました。チベット高原はインドプレートとユーラシアプレートの衝突するところに位置しているため、マグニチュードの比較的大きな、震源の浅い地震が起こります。2008年には四川地震が起き、死者・行方不明者8万人を超える被害を出しました。地震研究所ではウェブサイトを立ち上げ、研究情報の発信に努めました。http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/2010/04/201004_qinghai/



震源過程インバージョンによる結果。長さ50kmの玉樹断層において、最大で0.5m程度のすべりがあることが分かった。(横田裕輔氏らの解析による)

イベント開催日程

- 女子中高生理系進路支援『Earth Scienceへの道』
9月12日(日) <http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/openlec/shinroshien/>
- 地震研究所施設見学「ラボツアー」は、
ほぼ毎月開催しています。
<http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/tour/>



本所永遠の使命とする所は
地震に関する諸現象の科学的研究と
直接又は間接に地震に起因する災害の予防並に
軽減方策の探究とである(寺田寅彦)

東京大学地震研究所 ニュースレターPlus 第11号

発行日 2010年7月31日

発行者
東京大学 地震研究所

編集者
地震研究所 広報アウトリーチ室
(責任者:大木聖子)

制作協力
フォトンクリエイト
(デザイン: 酒井デザイン室)

問い合わせ先
〒113-0032
東京都文京区弥生1-1-1
東京大学 地震研究所
広報アウトリーチ室
Eメール
outreach@eri.u-tokyo.ac.jp
ホームページ
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/>