

東京大学アイソトープ総合センター

EIK

VOL. 36 NO. 4 2006. 3. 24

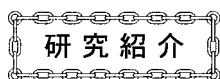
アイソトープ実験と安全管理

宮 島 篤

分子生物学研究においては、化学発光や蛍光試薬などの非放射性試薬の導入によりRI実験の必要性は以前に比べて格段に減少しました。しかし、RI実験がなくなったわけではなく、依然として重要な位置を占めています。私が研究を始めた30年前は、丁度DNAの組み換え実験が始まった時期です。当時は、DNAの標識に使う ^{32}P 標識のATPを自前で合成しておりました。まず ^{32}P の無機リン酸とADPから酵素を使って ^{32}P で標識したATPを合成しカラムで分離してから、DNAの標識に使いました。したがって、大量の ^{32}P を使わざるを得ず、その作業中は大変緊張したものです。また、実験後の片付けもなかなか大変でした。現在の分子生物学研究では、それ程大量のRIを使うことはほとんどないのではないかと思います。しかし、RI実験には、それが低容量であっても厳密な規制があります。時には過剰な規制と考える場合もあるかと思いますが、規則は守らねばなりません。

私が長年勤務しておりましたカリフォルニアにあった研究所での出来事をご紹介します。アメリカでもRI実験の規制はもちろんありますが、日本ほど厳密ではなく、通常の実験室でもRIを使用することができました。したがって、RIがベンチのあちこちに置かれていることもしばしばありました。また、それが許されていると思っていたのですが、実はそうではありませんでした。ある時、州政府の査察があり、RIの不適切な放置、実験台のRI汚染、実験室内での飲食の痕跡等々、所内の各所において様々な規則違反が見つかりました。いずれも、人体に影響を与えるとは思えない軽微なものであったと思いますが、今回の査察で違反が見つかった場合には研究所のRI使用のライセンスが取り消されるという事態に至りました。そのために、毎日夕方になると、所長が自ら白衣を着てサーベーターを片手に各実験室を回り規則の徹底に努め、さらに3回規則違反をした者は即刻解雇という厳しいお達しまで出されました。こうして研究所内のRI使用法は大幅に改善されました。実験をする立場からは多少窮屈に思いましたが、規則は守らねばならないということを痛感した出来事でした。実験をする立場から管理する立場になった現在、当時のこの研究所長の気持ちがよく理解できます。RIの使用量が減少した現在、その使用に関する規制が例え過剰で不合理であると思っても規則は規則です。違反には罰則がつきものですので、心してRIを使用していただきたいと思います。

(分子細胞生物学研究所長)



紙類の放射能と原料の変遷

小 橋 浅 哉

1. はじめに

紙類に含まれる放射能について研究を始めて十数年になる。研究を始めた当時、関係する論文はわずかであった。われわれにとってきわめて身近な物である紙類にどのような放射性核種がどの程度含まれるかについて、測定し、明らかにしたいと思った。また、紙類は、今日の文明社会において多量に製造し、消費し、保管し、廃棄している物であるので、紙類の放射能の研究は、環境科学的にも意味があると考えた。研究開始以来、主なデータは、アイソトープ総合センターの共同利用機器を利用して得ている。紙類に含まれる放射性核種の定量は、ゲルマニウム半導体検出器を装備した γ 線スペクトロメーターを使用して行っている。紙には填料^{*1}や塗工用顔料^{*2}として無機物質（鉱物）が含まれているが、その同定と定量を、エックス線回折装置を使用して行っている。センターには、ずいぶんお世話になっていることになる。研究の結果については、これまで本ニュースで二度報告^{1,2)}しているので、本稿では、その後の成果を中心に紹介する。

2. 書籍に含まれる天然放射性核種とその源³⁾

20世紀中(1917～1993年)にわが国で発行された書籍について、放射能の測定を行い、その源について研究した。試料は、普通の紙（塗工紙ではない紙）を使用した書籍（ほとんどは厚表紙の書籍）である。試料には、天然放射性核種の ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 及び ^{40}K が検出されたが、これらの核種は、主に中身（ページ部分）に含まれる填料に存在することが判明した。填料の種類は時代とともに移り変わっており、1930年代～1940年代半ばは葉蠟石と滑石の混合物、1950年代は葉蠟石、1960年代～1970年代前半は再び葉蠟石と滑石の混合物、1970年代後半～1980年代前半は滑石、1980年代後半～1990年代初めは滑石と炭酸カルシウム（天然または人造。鉱物としては方解石）の混合物の期間であることがわかった。天然放射性核種（特にウラン系列核種の ^{226}Ra 並びにトリウム系列核種の ^{228}Ra 及び ^{228}Th ）の濃度は、1950年代が最も高く、1970年代後半～1980年代前半及び1980年代後半～1990年代初めが最も低くなっており、葉蠟石の含有量との相関が認められ、填料として用いられている物質の中で葉蠟石が、放射能の主たる原因であることが判明した。

填料の種類の変遷には理由がある。戦前・戦中までの書籍に、滑石が使用されている理由は、中国東北部や朝鮮から滑石がわが国に移入されていたためと考えられる。また、

^{*1} 填料は、印刷に使用する紙を製造する時にパルプに混合される粉末物質である。填料は、繊維の空隙を埋めることにより、紙を、印刷に適するように、白く不透明で、表面が平滑な状態にする役割をしている。填料としては、次のような鉱物が使用されてきた：葉蠟石 $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ 、滑石 $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ 、方解石 CaCO_3 、カオリナイト $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ 。填料の葉蠟石、滑石、方解石（天然）及びカオリナイトは、自然界から得られる鉱物であり、他の種類の鉱物が不純物として入っており、天然放射性核種を含むことになる。

^{*2} 塗工用顔料を塗布することにより、紙の表面平滑度や白色度を向上させることができる。このようにして製造される塗工紙は、写真の忠実な再現等印刷効果の点で優れ、書籍、雑誌等において使用されている。塗工用顔料としては、主としてカオリナイトの微粉末が用いられている。

1960年代から葉蠟石の使用が減少しているが、その訳は、葉蠟石は、不純物として硬い鉱物である石英をかなり含んでおり、抄紙機を磨耗させるという欠点を持っていたことにある。そして、1980年代半ばから書籍用紙の填料として炭酸カルシウムを用いるようになった理由は、酸性紙の使用が原因となって書籍が傷んできていることが問題となり、中性紙への切り替えが行われたためである。

3. 書籍に含まれる ^{137}Cs とその源^{3, 4)}

20世紀中に発行された書籍については、フォールアウト核種の ^{137}Cs も検出された。 ^{137}Cs の源は、パルプ原料の植物と考えられる。書籍の ^{137}Cs 濃度は、1965年に鋭いピークがあるパターンを示した。そのパターンは、1963年にピークがある全地球的なフォールアウトの ^{137}Cs の地表への沈積量のパターンに2年遅れではあるが、非常によく似ていた。2年遅れという点に関しては、パルプ原料植物の収穫から書籍発行までの期間として理解できる。わが国のパルプ原料のほとんどは木材であるので、当初は書籍に含まれる ^{137}Cs の源は木材と考えたが、樹木は多年生であるので、1965年に鋭いピークがあるパターンを説明できなかった。

書籍は、中身と表紙に分けることができ、それぞれには、別の種類の紙が使用されていることに気付いた。そこで1960年代に発行された厚表紙の書籍を新たに用意し、それを中身と表紙に分けて ^{137}Cs の測定を行った。その結果を図1に示す。表紙は、芯となっている板紙が重量の大部分を占めている。その板紙は、稲わらパルプから作られる黄板紙、古紙パルプから作られるチップボール、及び両者の中間の板紙（稲わらパルプの層と古紙パルプの層を積み重ねて製造される抄き合わせ板紙）に分類できる。図1には、各試料の表紙の板紙の種類も示してある。この図から、1965年に ^{137}Cs 濃度のピークがあることが確認される。また、 ^{137}Cs の大部分は表紙に含まれており、 ^{137}Cs の源が主に稲わらであることがわかる。イネは一年生植物であるので、毎年収穫される稲わらの ^{137}Cs 含有量は、

その年に沈積したフォールアウトの ^{137}Cs の量を反映していると考えられる。そのことが、1965年に ^{137}Cs 濃度のピークがある主たる理由と考えられる。1960年代半ばから黄板紙から抄き合わせ板紙、さらにチップボールへの切り替えが行われたことにより、ピークは鋭さを増し、フォールアウトのパターンに一層似たものになったと考えられる。

稲わらは、ヘミセルロースを多く含み、硬い紙を作れるので、板紙の原料として利用されていた。稲わらから作られる黄板紙は、わが国における非木材繊維の紙への利用の数少ない例である。黄板紙は、後述する理由から、古紙から製造されるチップボールに取って

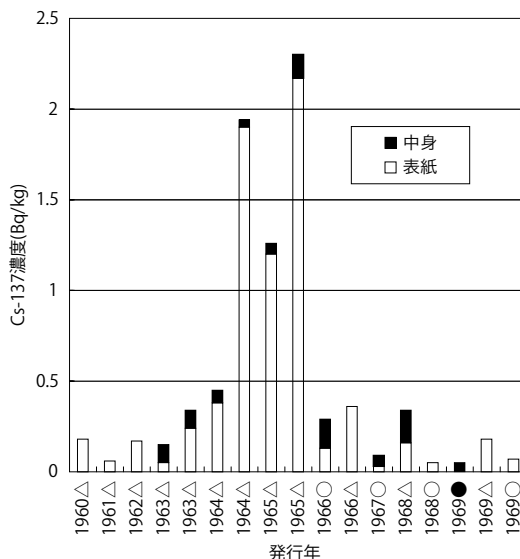


図1 わが国において1960年代に発行された書籍の ^{137}Cs 濃度
表紙に使用されている板紙の種類は、次の通りである(△:黄板紙、○:抄き合わせ板紙、●:チップボール)

代わられた。書籍の ^{137}Cs 含有量のフォールアウト沈積量に似たパターンは、1960年代に稲わらを原料とした板紙が使用されていなければ見られなかったはずである。

4. 最近の紙類に含まれる天然放射性核種とその源⁵⁾

わが国において最近(1999～2000年)製造または販売された各種の紙類について、天然放射性核種の ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 及び ^{40}K の放射能を測定した。 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 及び ^{40}K の測定結果を図2(a)に示す。紙類試料に含まれている鉱物の相対含有量の測定も行った。その結果を図2(b)に示す。図2(a)を見ると、天然放射性核種の濃度は、互いに相関していることがわかる。3核種の濃度について相互の相関係数を計算すると0.86～0.90の範囲にあり、強い相関があることが確認された。この事実は、天然放射性核種の源は同一であることを示唆している。図2(a)と図2(b)を比較すると、天然放射性核種の濃度のパターンと、カオリナイトの相対含有量のパターンが似ていることがわかる。実際、天然放射性核種の濃度と鉱物の相対含有量の相関係数を求めると、滑石と方解石については低く、カオリナイトについては高い。例えば、 ^{228}Ra と滑石、方解石及びカオリナイトの相関係数は、それぞれ0.05、0.02及び0.59である。紙類試料の天然放射性核種の大部分は、カオリナイトによりもたらされていることが推定される。

図2をよく見ると、天然放射性核種のパターンとカオリナイトのパターンは、似ているが、合わない点もあることに気付く。例えば、文庫本は、放射性核種の濃度が高いのに、カオリナイトの含有量はそれほど多くない。この疑問は、カオリナイトには、填料用と顔料用の2種類があることがわかり、解消した。試料は、カオリナイトを填料として使用しているグループ(文庫本、印刷用紙、コピー用紙及びノートブック)と主として顔料として含むグループ(写真週刊誌、カラー雑誌、総合週刊誌、漫画週刊誌及び新聞)に分けることができる。この2組について ^{228}Ra とカオリナイトの相関係数を求めたところ、填料のグループでは0.72、顔料のグループでは0.93と、どちらについても高い値が得られた。このことは、填料用カオリナイトと顔料用カオリナイトでは、天然放射性核種の含有量が異なる(填

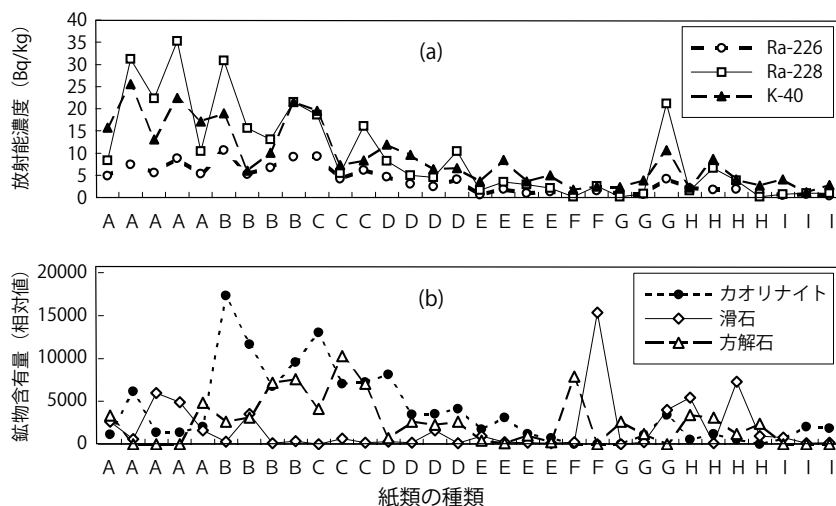


図2 紙類試料に含まれる放射性核種の濃度および鉱物の相対含有量
 試料の種類は、次の通りである。(A:文庫本、B:写真週刊誌、C:カラー雑誌、D:総合週刊誌、E:漫画週刊誌、F:印刷用紙、G:コピー用紙、H:ノートブック、I:新聞)

料用の方が高い)ことを示すとともに、紙類試料の天然放射性核種の大部分が、カオリナイトによりもたらされていることを強く支持している。

最近の紙類についての研究結果と前述の書籍の放射能についての研究結果から、わが国における紙類の放射能の主原因が、過去においては葉蠟石であったが、現在はカオリナイトになっていることがわかる。

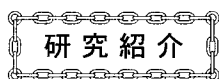
5. おわりに

理学的あるいは環境科学的な関心から紙類の放射能の研究を進めてきたが、紙類の放射能の原因や含有量の変化が紙の原料の歴史と関係していることがわかり、産業史の面でも面白いと思っている。

わが国において、葉蠟石は、かつては硫黄とともに世界最大の産出量を誇った鉱産物である。著者の出身地岡山県には、三石地方に蠟石鉱山があり、葉蠟石等を産出していた。蠟石の鉱工業が地域の重要な産業であることを小学生のとき学んだ。黄板紙は、独特の黄褐色をした板紙である。ある程度の年齢の人なら、子供の頃または若い頃に見たことがあるはずである。黄板紙が製造されなくなったことについては、稲作のやり方が変わり、稲わらを回収利用しなくなったことが関係している。著者は、1960年代に小・中・高校生として稲作の手伝いを多少ではあるがしており、そのあたりの状況をつぶさに見ている。世の中の移り変わりを感じる。

文 献

- 1) 小橋浅哉, 東京大学アイソトープ総合センターニュース, **25** (4), 4-5 (1995).
- 2) 小橋浅哉, 東京大学アイソトープ総合センターニュース, **28** (4), 2-3 (1998).
- 3) Asaya Kobashi, J. Radiat. Res., **37**, 81-95 (1996).
- 4) Asaya Kobashi, Appl. Radiat. Isot., **55**, 327-330 (2001).
- 5) 小橋浅哉, RADIOISOTOPES, **54**, 427-435 (2005).
- 6) 小橋浅哉, 化学と教育, **53**, 610-611 (2005). (紙類の放射能についての基礎的な解説)
(大学院理学系研究科化学専攻)



放射化分析およびメスバウアー分光法による 河口域堆積物の非破壊分析

久野章仁・松尾基之

1. はじめに

近年、河口域には人口が集中し、その環境評価は重大な関心事となっているが、河口域は淡水と海水とが混ざり合う複雑な系であり、そこにおける元素の挙動については、まだ詳しく理解されていない。そこで、著者らは河口域における物質移動や物質変換を環境化学的立場から解明することを目的とし、多摩川河口域堆積物中の40元素の鉛直分布および鉄化合物の化学状態とその鉛直分布を調べた。比較のため、多摩川最上流に位置する奥多摩湖および人為的影響の少ない河口域と考えられる大分県八坂川河口域でも堆積物を採取し、同様の分析に供した。

多摩川河口域では、2km離れた2つの地点(水深約50cm)から深さ約45cmの柱状堆積物を9回にわたり採取した。奥多摩湖では、湖の中央付近(水深約57m)から深さ約40cmの柱状堆積物を採取した。採取した堆積物は深さごとに分け、機器中性子放射化分析法(INAA)および中性子誘起即発ガンマ線分析法(PGA)により元素分析を行い、 ^{57}Fe メスバウアー分光法により鉄化合物の状態分析を行った。

2. 放射化分析による河口域堆積物の元素分析

INAAもPGAも非破壊多元素分析法であり、酸などによる溶解が必要な手法に比べると、溶解処理に伴う汚染や損失を避けることができるので、溶解の手間が省けるだけでない本質的な利点がある。PGAは比較的新しい手法で、S、H、Bなど軽元素やCdなどの元素が感度良く定量できる特長がある。INAAおよびPGAにより、Ag、Al、As、Au、B、Ba、Br、Ca、Cd、Ce、Cl、Co、Cr、Cs、Eu、Fe、Gd、H、Hf、K、La、Lu、Mg、Mn、Na、Nd、Rb、S、Sb、Sc、Si、Sm、Ta、Th、Ti、U、V、W、Yb、Znの40元素の鉛直分布が明らかになった。各元素含有量は、有機物含有量や含水率など他の成分の変動によって相対的に変動するので、こういった影響を除去するため、Al含有量で規格化して実質的な分布を評価した。その理由は、Alが一般に風化過程で最も移動しにくい元素の一つであるだけでなく、土壌中に大量に含まれ人為的影響を受けたとしても、多くの場合、その影響が無視しうるからである。定量した元素の内、特に興味深い挙動が見られたS、Cd、Znの鉛直分布を図1に示す。Sは深層部で著しく増大するが、これは海水などを起源とする硫酸イオンが酸素の少ない深層部で硫酸還元菌の活動により還元され硫化物として固定されているためと考えられ、有機物と硫酸イオンに富む河口域堆積物に特徴的な分布と言える。Ag、Cd、Znの分布はこのようなSの分布と似通っており、これらの元素の地球化学的挙動を考え合わせると、硫化物として堆積物中に取り込まれていると考えられる¹⁾。それでは、河口域堆積物深層部には一般にこのような有害元素が濃集されているのかということ、人為的影響の少ないと考えられる大分県八坂川河口域では、河口域に特徴的な深層部でのSの増大は見られたにも関わらずCdは検出限界以下であった。このことから、多摩川河口域堆積物

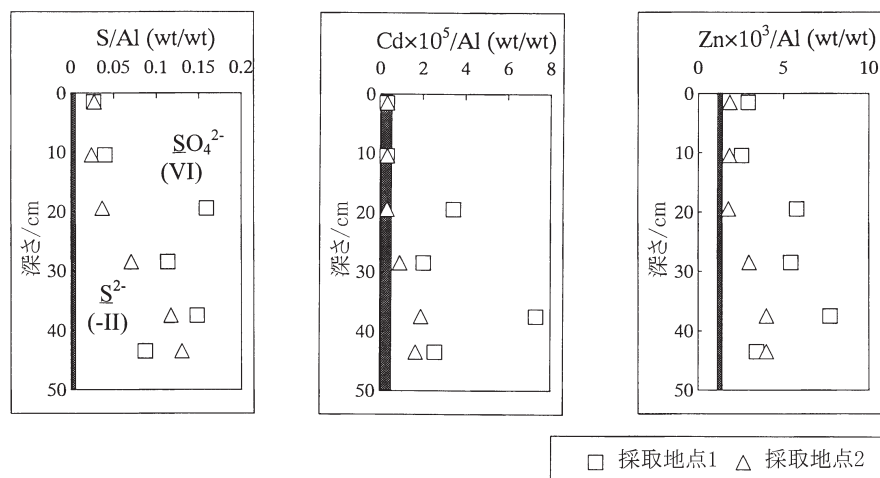


図1 Alの含有量で規格化した多摩川河口域堆積物中の元素の鉛直分布

網掛けは奥多摩湖堆積物中の最大値と最小値の範囲を示す。ただし、SとCdは奥多摩湖堆積物中では検出限界以下だったので、検出限界を網掛けで示す。検出限界はSが500ppm、Cdが0.5ppm。採取地点2は採取地点1より2km上流。

深層部のCdは人為的影響により供給されたものが硫酸還元過程に伴い硫化物として固定されている可能性がある。一方、もしこのような硫化物としての固定がなかった場合、これらの有害元素が水中に溶存し生物の生命を脅かすことが推察されるという点で、硫酸還元過程の持つ自然浄化能ととらえることができる^{2,3)}。

3. メスbauer分光法による河口域堆積物中の鉄の状態分析

Feもまた硫化物を形成する元素であるが、その全量は深さによる変化があまり見られなかった。そこで、⁵⁷Fe メスbauer分光法により、その化学種別鉛直分布を調べた。土壌や堆積物などの固体試料の化学種形態分析には従来、酸などを用いて抽出する逐次抽出法が用いられてきたが、そのような手法では、抽出により試料のもともとの化学状態が変化してしまうなどの問題がある。それに対してメスbauer分光法は試料を非破壊で化学状態を変えことなく分析できるという特長がある。多摩川河口域堆積物中の鉄化合物の化学種別鉛直分布を図2に示す。メスbauer分光法では価数、磁性、スピン状態などの異なる化学種の分布を調べることができる。Pyrite (FeS₂) は反磁性低スピン2価であるが、堆積物中に存在するこのような化学種はpyriteのみ考えられるので鉱物名で記した。何度か試料採取と分析を行った結果、pyriteが20～40cmの深さで最大値をとる層状の分布を示し、それに対して常磁性高スピン2価の成分が相補的に変動することがわかった。

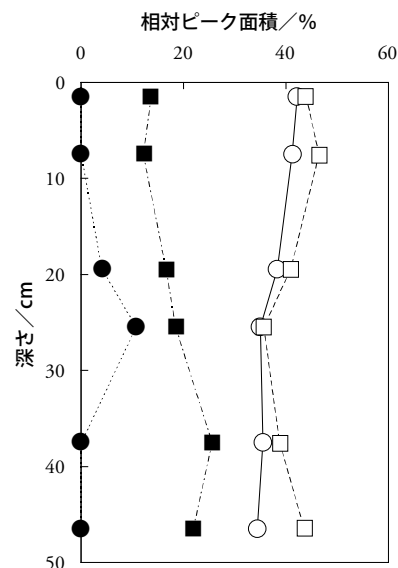


図2 多摩川河口域堆積物中の鉄化合物の化学種別鉛直分布

○：常磁性高スピン3価 □：常磁性高スピン2価 ●：pyrite ■：磁気分裂成分

しかし、酸化還元電位などは深層部ほど単調減少すると考えられるのに、常磁性高スピン2価の成分が、中層部で減少し、深層部で再び増大するのは不思議な現象と言える。そこで、採取したそのままの状態を保った試料だけでなく、空気中で乾燥した風乾試料についても測定したところ、常磁性高スピン2価の成分が、風乾によって酸化される成分と風乾後も残る成分とに分けられた。それらの鉛直分布を調べた結果、風乾後も残る成分は深さに対して単調減少し、風乾によって酸化される成分は深さに対して単調増加することがわかった。前者は一次鉱物中のFeと考えられ、後者は微細なpyrrhotite (Fe_{1-x}S)と考えられる。総合すると、深層部ほどケイ酸塩の加水分解に伴いケイ酸塩と結びついていた Fe^{2+} が溶出するが、この溶出した Fe^{2+} は中層部ではpyriteとして固定され、より酸化還元電位の低い深層部ではpyrrhotiteとして固定されていると考えられる⁴⁾。

4. おわりに

以上のように、放射化学的手法を用いて、多摩川河口域堆積物中の40元素の鉛直分布および鉄化合物の化学状態とその鉛直分布を明らかにし、その分布に対して合理的な説明を与えると同時に河口域堆積物中でのこれらの元素の挙動に関して興味深い知見を得た。中でも、人為起源の可能性もあるCdなどのいくつかの有害元素が河口域堆積物深層部で硫酸還元過程に伴い多量に蓄積されていることを見出した点は環境化学的に興味深い。また、Feについてはメスバウアー分光法により、堆積物中での硫化物の生成に関する詳細な情報が得られた。環境試料は一般に複雑な混合物であるので、環境中の物質移動や物質変換を解明するためには様々な分析手法を適用する必要がある。著者らはさらにX線吸収微細構造(XAFS)による状態分析も河口域堆積物に適用している⁵⁾。

文 献

- 1) A. Kuno, M. Matsuo, B. Takano, C. Yonezawa, H. Matsue, H. Sawahata, "Neutron induced prompt gamma-ray and instrumental neutron activation analyses of urban estuarine sediments", *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, **218** (1997), 169-176.
- 2) A. Kuno, K. Sampei, M. Matsuo, C. Yonezawa, H. Matsue, H. Sawahata, "Vertical distribution of elements in non-polluted estuarine sediments determined by neutron induced prompt gamma-ray and instrumental neutron activation analyses", *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, **239** (1999), 587-590.
- 3) M. Matsuo, A. Kuno, "Environmental evaluation of estuarine sediments" in "Analytical Applications of Nuclear Techniques", edited by International Atomic Energy Agency (IAEA), (IAEA, 2004) pp. 65-67.
- 4) A. Kuno, M. Matsuo, B. Takano, "Mössbauer spectroscopic study on vertical distribution of iron components in estuarine sediments collected from Tama River in Tokyo", *Hyperfine Interact.*, **C3** (1998), 328-331.
- 5) A. Kuno, M. Matsuo, C. Numako, "In situ chemical speciation of iron in estuarine sediments using XANES spectroscopy with partial least-squares regression", *J. Synchrotron Radiat.*, **6** (1999), 667-669.

(大学院総合文化研究科広域科学専攻)



“Possible Mantle Materials”って？

森 岡 正 名

最近の独立行政法人海洋研究開発機構地球深部探査センター発信のトピックスで、地球内部を構成しているマンツルの研究を推進する上で不可欠な井戸掘り船「ちきゅう」が完成し、進水式があったことが報道されました。内容を引用すると、

『2003年10月から、我が国と米国が主導し、ヨーロッパ諸国、中国が参加する統合国際深海掘削計画(ODP: Integrated Ocean Drilling Program)が開始されました。ODPは、我が国が提供する地球深部探査船「ちきゅう」、米国が提供するライザーレス掘削船、ヨーロッパ諸国が提供する特定任務掘削船の運用を基本とした国際プロジェクトで、その科学成果は、地震発生メカニズム解明、地球環境・エネルギー問題の解決等、人類が現在直面している課題の解決へ向けて、大きな期待がかけられています』。

筆者が地球化学の研究に係わり合ってから四十年近く、地球科学研究の新しい道具「ちきゅう」の活躍が今後の地球化学の研究の進展にどう結び付けてくれるのか興味津々です。

四半世紀より少し前、我々の知っている地球内部、特に地下数〜数十キロメートル以深の上部マンツルといわれる場所の情報をもたらしてくれるのは地震と火山の噴火活動によって地表に流れ出てくる溶岩でした。この地震波の観測から、地球内部の物理情報、たとえば密度変化などが正確に数値化され、地球の層構造が明らかにされました。他方、溶岩から得られる化学情報はというと、これがなんと少ないものでした。この理由は、化学の立場からものを言うためには実際のもの、この場合“マンツル物質”を手取る必要があるのに現実には不可能だったためでした。実際に手に入るものは上部マンツルの一部が溶けたと考えられている分化過程の溶岩や、上部マンツルに由来する溶岩中のインクルージョン(包有物)でした。この化学的な情報不足を補うため、パイロライト(Pyrolite)といわれる仮想上のマンツル物質を想定し、物理情報との整合性に関する研究も進められていました。

そこで日本の地球化学屋たちは地質屋さんと協力して、「上部マンツルの代表として最もふさわしい物質は？」と考えました。そこで出た結論が玄武岩溶岩中に見出すことの出来る“橄欖岩ゼノリス(捕獲岩塊)”でした。このゼノリスはカンラン石(オリビン)とキ石(パイロキシン)を主成分とするもので、直径約0.5mm(大きなものは1cm近い)のきれいな単結晶の集合体です。そして、メディアとしての溶岩を利用して地表に運ばれたのは事実なのですが、ゼノリスと溶岩の間には見かけ上閉鎖系が保たれていて、元素や同位体の出入りはないと考えられていました。つまり上部マンツル物質かほぼそれに近いものだと考えたわけです。これがこの話に出てくる写真1の“Possible Mantle Materials”です。

この“Possible Mantle Materials”に何人かの化学屋たちがそれぞれ異なるアプローチで取り組みました。筆者もこのようなゼノリスのいくつかを分けてもらい、地殻熱流量と

して観測されている地球からの自己放出熱の熱源である天然放射性元素、ウラン、トリウム、カリウムの放射化分析による定量と、ウラン、トリウム、鉛の含有量と鉛同位体比を用いたゼノリスの年代測定に取り組みました。前者の結果、これら熱源元素の含有量は極微量であるにもかかわらず地球内部に対流のような熱の移送機構がなければマントルが溶けてしまうという当時としてはとても信じ難いものでした。今でいうところの、そして実際に観測されていることですが、いわゆるマントル対流だと思っています。また後者について得られたゼノリスの年



写真1 玄武岩に取り込まれて噴出した橄欖岩ゼノリス、“Possible Mantle Material”

代は鉛—鉛法でみると、複数の異なる試料にもかかわらず全体として約35億年というものでした。この約35億年という値は地表で見出されている最も古いカナダの片麻岩40億年と比較して、マントル—地殻の進化、分化の歴史にどう組み入れるかにもよりますが、マントルと地殻の間で何か大きな出来事があった時期と考えています。ところが同時に並行して行った異なる年代測定、ウラン—鉛法、トリウム—鉛法では系統的な解釈の出来る値は得られませんでした。これは、単一試料に対し複数の測定法によって異なる数値がでるとい、いわゆる不一致年代を持つ試料の典型といえるものでした。残念なことにこの結果は、ゼノリスの完全な化学的閉鎖系の成立を否定するもので、ものの出入りがどの位あったかに意味があることになります。こうなると、この不一致年代の主な原因である鉱物内での元素や同位体の移動、固体内拡散について知りたくなります。

この拡散の最新の研究経過は、少し前のRIセンターニュース (No. 2, 2005) に詳しい紹介があるのでここでは省略し、拡散の研究がスタートした当時のエピソードをひとつあげます。まず試料として直径数ミリの天然のオリビンを何個か手に入れ、予備実験として窒素気流中で加熱してみました。考えてみれば当たり前ですが、きれいな淡緑色をしたオリビンが褐色に変わってしまいました。これはオリビンに含まれている試料表面の二価の鉄が三価に酸化したためで、当然結晶構造も変わったはずで、失敗！でした。そこで鉄イオンを含まない試料であれば、実験系の酸素分圧の厳密な制御を必要としないため、オリビンの端成分鉱物フォルステライト (Mg_2SiO_4) に注目しました。ところがこれは融点が1890℃と地球の自然界ではありえない、とてつもなく高い、どこにでもあるというものではありませんでした。思い悩んでいると、救いが現れました。人工合成が出来るというのです。高純度の試薬をストイキオメトリック量(化学量論量)に混ぜて融解し、合成する方法が国内で確立していました。早速合成のための手ほどきを受け、数ヵ月後には～500カラット(約30cc, 100グラム)もの無色透明で明かりの下できらきらと輝く、筆者にとってかけがえないジュエルを手に入れました(写真2)。現在ではアイソトープ総合センターでも写真3の装置を使用して、十種類以上の酸化物やケイ酸塩の単結晶を合成できるようになっています。ありがたいことにこのフォルステライトは天然のオリビンと比べて良いことが沢山ありました。例をあげると、化学組成が明確で一定、切り刻んで試料とするのに余りある体積、泡やヒビなどの確認が容易なことなどです。早速結晶方位に合わせて切った結晶に幾種類かの放射性同位体あるいは安定同位体をトレーサーとして拡散させる方法で拡散係数の測定を始めました。結果は実験系を化学的に単純化してあるので当然かもしれませんが、



写真2 単結晶フォルステライト“Artificial Mantle Material”

左下から右上方向に向かって円錐状に成長している。左下の真っ直ぐな部分は元となる種結晶。左上は混合試薬を溶かすイリジウム坩堝。イリジウムの融点は2454℃でフォルステライトなどの高融点メルトとの反応性の低い金属元素である。

拡散元素の大きさに依存して拡散速度が変わるという分かりやすい拡散モデルで説明できるものでした。

このように筆者の地球化学の研究対象は玄武岩溶岩中のゼノリス“Possible Mantle Materials”から始まって、人工のフォルステライト“Artificial Mantle Materials”になりました。そしてこれらが、「ちきゅう」の登場によってもたらされるはずの“Real Mantle Materials”に替わる日、そしてアイソトープ総合センターに持ち込まれる日は、もうすぐのはずです。「ちきゅう」の活躍に筆者の期待は日毎に高まるばかりです。

珈琲ブレイク

アイソトープ総合センターの一階図書室に、“固体と地球のレオロジー”（東海大学出版会）、“Rheology of Solids and of the Earth” (*Oxford Sci. Publications*) と “Diffusion, Atomic Ordering and Mass Transport” (*Springer-Verlag*) などの単行本が置いてあります。地球のダイナミックスについての初期の実験や解説が主な内容で、その一部にオリビン中のイオン拡散について、拡散実験や結果の解釈について詳しい話があります。

(アイソトープ総合センター化学部門)

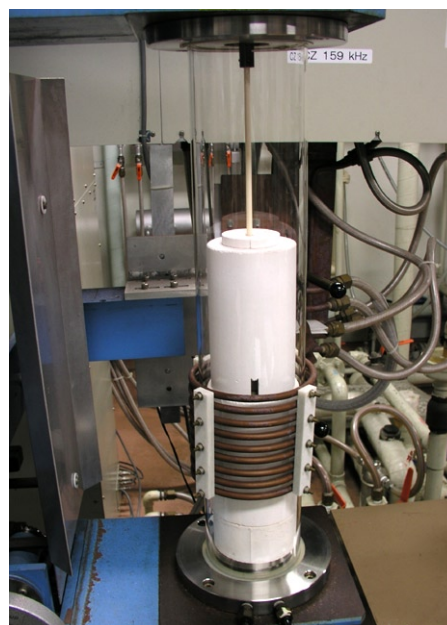


写真3 単結晶引き上げ装置、後方が高周波発振機

コイルの部分で発振してエアータイト用の石英管シリンダー内のイリジウム坩堝を誘導電流で加熱する。白い筒は断熱用のアルミナで中央の細いアルミナパイプの先端に種結晶が付けてある。



平成18年度新規放射線取扱者全学一括講習会のお知らせ

業 務 係

新規に放射線やRIを取り扱う場合は、まず所属部局の放射線管理室または放射線取扱者担当の事務係に「放射線取扱者登録申請書」を提出し、取扱開始前に放射線取扱者特別健康診断を受診し、RI教育訓練を終了することが必要です。RI教育訓練は各部局で行われる部局講習会とアイソトープ総合センターで開催される全学一括講習会の両方を受講しなければなりません。講習会の案内は、「登録申請書」の提出者に配布されますので未提出者は原則として講習会を受講できません。平成18年度の開催予定は以下の通りです。

◎RIコース日程*

第126回(A)	平成18年5月8日(月)、9日(火)	60名
第126回(B)	平成18年5月8日(月)、10日(水)	60名
第127回(A)	平成18年5月24日(水)、25日(木)	60名
第127回(B)	平成18年5月24日(水)、26日(金)	60名
第128回(A)	平成18年6月13日(火)、14日(水)	60名
第128回(B)	平成18年6月13日(火)、15日(木)	60名
第129回(A)	平成18年7月26日(水)、27日(木)	60名
第129回(B)	平成18年7月26日(水)、28日(金)	60名
第130回**	平成18年10月10日(火)、11日(水)	60名
第131回(A)	平成18年12月4日(月)、6日(水)	60名
第131回(B)	平成18年12月4日(月)、7日(木)	60名

◎英語RIコース日程*

第16回	平成18年12月5日(火)、6日(水)	30名
------	---------------------	-----

*RIコースは1日目が講義で、2日目に実習があります。

**希望者が60名を超える場合は実習日が追加される場合もあります。

◎X線コース日程

第94回	平成18年5月11日(木)	100名
第95回***	平成18年5月12日(金)	100名
第96回	平成18年5月23日(火)	100名
第97回	平成18年6月28日(水)	100名
第98回	平成18年7月24日(月)	100名
第99回	平成18年12月12日(火)	100名

***柏地区にて開催

◎英語X線コース日程

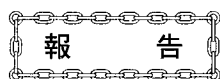
第13回	平成18年12月12日(火)	30名
------	----------------	-----

◎診療放射線コース

第32回	平成18年度未定
------	----------

◎核医学コース

第18回	平成18年度未定
------	----------



平成16 (年度末) —17年度受託研究等の受入について

平成18年1月6日

区 分	委託者及び 寄 附 者	研究課題または寄附目的・条件	受入金額 (円)	受入教員
受託研究	財団法人 日本宇宙フォーラム	長期間の微小重力がメダカの重力 感受機構の形成・発達に及ぼす影 響と解析	4,998,000	助教授 井尻憲一
奨学寄附金	財団法人 緑の地球防衛基金	地球環境化学および放射化学に関 する研究	1,663,000	教授 巻出義紘
奨学寄附金	株式会社 ワカイダ・ワカイダ エンジニアリング	ラジオアイソトープに関する研究	500,000	助手 野川憲夫

●センター日誌

平成18年 1 月 4 日

平成17年度第Ⅲ期共同利用開始

3 月17日

平成17年度第Ⅲ期共同利用終了

教育訓練の実施

平成18年 1 月12日、13日

工学部システム創成学科(BISコース)学生実習

1 月19日、20日

工学部システム創成学科(E & Eコース)学生実習

2 月 6 日～ 9 日

理学部生物化学科学生実習

2 月15日、16日

教養学部(医学部医学科進学予定者)学生実習

●委員会だより

○放射線・安全衛生管理委員会

平成18年 1 月16日(月) 開催

○センターニュース編集委員会

平成18年 1 月18日(水) 開催

○放射線・安全衛生管理委員会

平成18年 1 月30日(月) 開催

○放射線・安全衛生管理委員会

平成18年 2 月27日(月) 開催

○運営委員会

平成18年 3 月20日(月) 開催

東京大学アイソトープ総合センターニュース

目 次

巻頭言

アイソトープ実験と安全管理	宮島 篤	1
---------------	------	---

研究紹介

紙類の放射能と原料の変遷	小橋 浅哉	2
放射化分析およびメスバウアー分光法による河口域堆積物の非破壊分析	久野 章仁・松尾 基之	6

TOPICS

“Possible Mantle Materials”って？	森岡 正名	9
--------------------------------	-------	---

学内RI管理メモ

平成18年度新規放射線取扱者全学一括講習会のお知らせ	業務係	12
----------------------------	-----	----

報 告

平成16(年度末)―17年度受託研究等の受入について		13
----------------------------	--	----

センター日誌		13
--------	--	----

委員会だより		13
--------	--	----

編集後記

早いもので平成17年度も終わろうとしています。この一年間の大学生活はいかがでしたか？ とても充実していたという方もいれば、少し宿題を残してしまったという方もいるでしょう。新年度を迎えるにあたって前年度以上の飛躍を皆さん心に期していることと思いますが、前年度の反省の上に立った飛躍でなければなりません。

大学のキャンパスはそろそろ桜満開になる頃と思います。ほんの少しの時間で結構ですからキャンパスの桜を眺めつつ、このセンターニュースをご一読いただき、あらためて自分の研究について問い直してみるのも一興かと思います。平成18年度もどうぞよろしくお願いいたします。(大矢恭久)