

第248回地質調査所研究発表会講演要旨*

特集 二次イオン質量分析計 (SIMS) を用いた測定法の現状と課題

地質調査所の二次イオン質量分析計 (SIMS)

森下祐一

地質調査所が1995年に導入した二次イオン質量分析計 (SIMS) の概要を示す。セクター型SIMSの原理は、加速して細く絞った一次イオン(酸素、セシウム等)を真空中で試料に照射し、試料表面からスパッタリングにより飛び出した粒子のうち二次イオンを電場で引き出し、静電場セクターと磁場セクターで二重収束させて質量分析する。セクター型SIMSの特徴は、 μm オーダーの分析領域(高空間分解能)においてppbオーダーの低い検出限界が得られることや、水素を始めとする全元素の分析ができることである。特にnmオーダーの分解能を持つ深さ方向分析(depth profiling)と同位体比分析はSIMSの際立った特徴であり、拡散係数の測定等に大きく貢献している。

国内にはこのセクター型SIMSが半導体産業を中心に70台以上あるが、地球科学分野では特に大型SIMSの持つ高感度・高質量分解能が重要である。講演では、具体的な測定対象に即してこの点を論証した。地質調査所では我が国で最初に大型SIMS(ims-1270)を導入し、精密温湿度制御、除振台の設置、実験室のクリーンルーム化等の最適な実験室の設計や装置の立上げを行ってきた。種々の測定を本格的に実施している現在では、多方面にわたる研究の萌芽が明確に感じとれる。

(鉱物資源部)

Keywords: Secondary Ion Mass Spectrometry (SIMS)

SIMSを用いた酸素・硫黄同位体比測定

森下祐一

岩石・鉱物の軽元素同位体比を測定すると、それらの生成環境を推定する事ができる。特に、平衡下で共存する2鉱物の酸素または硫黄同位体比を用いて鉱床生成に関与した熱水の起源や進化を議論する事ができるが、鉱物毎の同位体比を求めるためには鉱物を分離して処理する必要がある。密雑する細粒鉱物は特別の場合を除いて分離できないが、SIMSを用いて微小領域の同位体比を

測定する事ができれば、これまで不可能であった研究を行うことが出来るようになる。

SIMSを用いた硫化物・硫酸塩鉱物の硫黄同位体比局所分析はこれまでも行われてきているが、本研究では多様な鉱物を用意し、一次イオンとして Cs^+ を用いることにより二次イオンの収率を高めるなどして、高精度測定を可能とした。多量の試料処理を必要とする従来法で得た同位体比との定量的な関係を現在検討しているところであり、SIMSによる酸素・硫黄同位体比局所分析手法を確立しつつある。

(鉱物資源部)

Keywords: SIMS, oxygen isotope ratio, sulfur isotope ratio

太陽系初期の一千万年の年代測定を目指して —SIMSで測る隕石の短寿命核種と U-Pb系—

木多紀子

隕石は地球や月や惑星とともに、太陽を取り囲む塵とガスの雲からつくられたが、進化の時間スケールは太陽系初期の数千万年という短さである。隕石の研究からこの間の進化の様々な過程を調べるには数百万年単位で年代値を決める必要がある。それには、同位体比から精度良く年代の決まるU-Pb年代法と半減期1千万年以下の放射性核種(消滅核種)の娘核種同位体比異常から太陽系最初の1千万年を相対的に年代決定する二つの方法がある。本研究ではSIMSを用いて(1)半減期150万年の ^{60}Fe 起源 ^{60}Ni 同位体比異常をユレイライト隕石中に探すことと、(2)コンドライト隕石の燐酸塩のPb同位体比年代を求めることを試みた。45.6億年の古いU-Pb年代を持つユレイライト隕石中のカンラン石の70ppmのNiについて同位体比を測定した結果、0.1%の測定精度で同位体比は地球の標準試料と同じであり、この隕石の形成が太陽系形成後5百万年以上あとであることが分かった。また、コンドライト隕石の鉛同位体比を予察的に測定した結果から $4505 \pm 12 \text{ Ma}$ の年代値が得られ、同じタイプの隕石の文献値と良く一致し、SIMSを隕石の初期の精密年代測定に応用できる見通しがたった。

(地殻化学部)

Keywords: SIMS, meteorite, extinct nuclide, U-Pb age

*平成9年5月23日 本所において開催

特別講演：SIMSを用いた隕石の解剖学と
みえてきた太陽系の起源

坂本尚義

SIMSは現在考えられる最も高感度な局所・表面分析法である。しかも同位体比分析が可能である。これらの特徴を駆使し、隕石鉱物の原子レベルの結晶成長の順番を明らかにすることができるようになってきた。特に、酸素同位体比は隕石鉱物間で大きい変化をする。この酸素同位体を用いた局所分析により隕石中の最古の物質である難揮発性包有物が原始太陽の双極流により形成されたことが示唆された。この過程が隕石中の同様な物質について適用されるとすると、原始太陽系星雲において高温分子と低温物質のダイナミックな混合がおり、原始太陽系星雲の化学組成が場所により異なっていたことになる。隕石母天体の主成分組成の差異は有機物に富むダストとケイ酸塩に富むダストの蒸発と双極流による原始太陽系星雲の還元で統一的に説明される。このメカニズムは惑星間でその平均組成が異なっていることも説明できる。

(東京工業大学)

Keywords: SIMS, Oxygen isotope, Solar nebulae, Bipolar flow

SIMSによるジルコンのU-Pb年代
測定に必要な分析技術と標準鉱物試料

小笠原正継

ジルコンは酸性から中性の火成岩に微量ではあるが普遍的に含まれており、また一般に物理化学的に安定な鉱物であるため、そのU-Pb年代測定法の応用範囲は広い。現在、SIMSをもちいたジルコンのU-Pb年代測定法の確立のために必要な基礎技術について検討を行っている。主な検討課題は(1)SIMS分析技術、(2)標準鉱物試料の準備、(3)試料調製法である。標準ガラス中に微量に含まれるPbの同位体比を、SIMSにより測定したところ、誤差1.5%以下でPb同位体比を求めることができた。ジルコンでのPb検出感度、UとPbの感度係数の比較とその安定性等の結果から、U-Pb年代測定に必要な分析条件が達成されることが明らかになった。標準鉱物試料については、宝石級の大型ジルコン結晶の中から組成が均質で、UとPbの濃度が適当なものを選択し、現在、同位体希釈法による精密なUとPb濃度およびPb同位体比から標準試料としての妥当性についての最終的な検討を行っている。試料調製については、試料の粉碎、鉱物分離等についての検討を行った。

(鉱物資源部)

Keywords: SIMS, Zircon, U-Pb geochronology, Standard mineral

SIMSを用いた火山ガラスの水素・炭素・
フッ素・硫黄・塩素分析

宮城磯治

噴火のメカニズムの中で、揮発性成分の果たす役割は大きい。揮発性成分は噴火時の脱ガスにより大半が大気中に逸散するため、噴火前の揮発性成分量を見積もるには、斑晶中のガラス包有物(直径数十 μm 以下)を分析するのがよい。本研究では二次イオン質量分析計(SIMS)を用いたガラス包有物の局所分析より、噴火前の揮発性成分量(水素・炭素・フッ素・硫黄・塩素)を測定する。測定には地調のims-1270を用いた。標準物質は筆者が高圧実験装置および常圧炉で合成した含水ガラスおよび角閃石と、環境地質部・斉藤元治氏より分与された玄武岩ガラスである。1nA, 10kV, 直径20 μm のCsイオンビーム(+)を試料に照射し、中心部10 μm からの二次イオン(-)量を分析した。H, C, F, Cl, Sについて二次イオン感度・エネルギー分布・マススペクトルを調べた。約+10eV付近の二次イオンを用いて検量線が得られ、天然への応用の目処が立った。これら複数の成分濃度が同時に得られるメリットは大きい。例えば、水素と炭素はその時のマグマ溜まり中の気泡の有無や量に関する情報を与える。また硫黄は火山ガスの観測と併せて、噴火の際の揮発性物質の収支を考える際に重要な情報源となる。

(環境地質部(科技庁特別研究員))

Keywords: SIMS, ion microprobe, mass spectrometry, volatile, volcanic gas

マグマだまりで何がおきているか
—SIMSによる斜長石中の微量元素分析—

富樫茂子

斜長石はマグマに普遍的に含まれており、マグマの進化に過程を記録していると期待される。SIMSを用いた微小部分の微量元素の定量により、マグマだまりで起きた結晶分化や混合、温度圧力の変化などを読み取ることがめざして、測定法の開発を行っている。斜長石の微量元素の定量のために、天然斜長石を原料としてガラスを作成した。ガラスの均一性や、結晶とガラスの間のイオン化の程度の違いを検討し、標準試料として使用できることを確認した。標準試料の定量は中性子放射化分析を用いた。その結果例えばScについては20ppbまで定量が可能となり、特に酸性岩マグマの成因の解明に期待ができる。富士山の玄武岩において、微量元素の分配係数が斜長石主成分に依存して系統的に変化していることが認められた。

(地殻化学部)

Keywords: SIMS, plagioclase, trace elements, magma