

# 同位体・液相濃集元素組成を用いた沈み込み帯における物質循環の研究

## Review for the study of material recycling at subduction zone employing the isotope and trace element compositions

# 柴田 知之[1]

# Tomoyuki Shibata[1]

[1] 京大・地球熱学研究施設

[1] BGRL, Kyoto Univ

沈み込み帯における物質循環は、Armstrong (1968)が沈み込み帯は地殻物質がマントル内へ再注入される唯一の場であること、そして沈み込み帯マグマの起源物質に沈み込む地殻物質が関与していることをはじめて示して以来、地殻 - マントル間の物質循環を議論するうえで重要な課題として多くの研究が行われてきた。特に、1980年代後半から1990年代にかけて、地球化学や高温高圧実験等の研究により、沈み込み帯での物質循環に対する理解は飛躍的に進歩した。これらの新たな知見は地殻 - マントル間の物質循環のみならず、沈み込み帯の地殻内に存在する流体の起源を推定することにも応用可能であり、地震学をはじめとする地球物理学的研究に対しても重要な基礎的情報であると考えられる。そこで、本講演では地球化学的研究を中心にレビューし、最近の沈み込み帯における物質循環に関する知見を紹介する。

沈み込み帯のマグマ(島弧マグマ)は、上部マントルの組成を代表すると考えられる中央海嶺玄武岩(MORB)と比べ特徴的な化学組成を示す。すなわち、島弧マグマは固相より液相により多く分配される元素(液相濃集元素)のうち、Cs, Rb, Ba等のイオン半径が大きく電価の小さい元素(LILE)に富み、Ti, Nb, Zrなどのイオン半径が小さく電価の大きい元素(HFSE)に乏しく、また古くて微量元素に富んだ物質を持つ(enrichした)Sr・Nd・Pb等の同位体組成を示す(e.g. Wood et al., 1979)。LILEは水に対する溶解度が高くHFSEは低いこと、また、スラブ物質はenrichした同位体組成を示すことから、島弧マグマの化学的特徴は沈み込んだスラブ物質から生じた流体相もしくは水に富んだ液相がマントルウェッジに付加された結果生じたと考えられた(e.g. Fyfe and McBirney, 1975)。これに対し、島弧マグマと同様に液相濃集元素に富む海洋島玄武岩(OIB)の起源マントル物質がマントルウェッジに付加されることで島弧マグマの化学的特徴は説明できるという考えもあった(e.g. Stern and Ito, 1983)。しかし、Brown et al., (1982)は大気中でのみ形成され、半減期も1.5Myrと短い<sup>10</sup>Bが島弧マグマ中に多量に含まれることを発見し、沈み込むスラブ由来の物質が島弧マグマの起源物質として寄与していることを証明した。さらにNakamura et al. (1985)は、島弧マグマの特徴であるLILEに富みHFSEに枯渇する程度が前弧側から背弧側に向かって、すなわちスラブの沈み込み深度が増加するのに伴い、小さくなることを示した。そしてこの事実を、スラブが脱水反応し流体を放出することによりスラブ中のLILEはHFSEに対しより多く取り去られることで、スラブ震度の増加に伴いLILE/HFSE比が小さくなっていると主張した。この水に対する溶解度の違う元素間の量比がスラブ深度と相関して変化する傾向は、その後多くの沈み込み帯で観察され(e.g., Miller et al, 1994; Ishikawa and Nakamura, 1994; Shibata and Nakamura, 1997)。沈み込むスラブが脱水反応を起こしマントルウェッジ中に流体相を放出していることは疑いのないこととなった。また、沈み込むスラブは温度圧力の上昇により火山フロントに達する前に脱水反応を完了してしまうと考えもあったが(e.g. Tatsumi, 1986)沈み込み速度と沈み込む前のスラブの温度・厚さ、及びマントルウェッジの温度構造から計算した結果、スラブは火山フロント以深でも脱水反応が可能であることがPeacock (1990)によって示された。その後、スラブ中の水の運搬を担う含水鉱物に関し、温度圧力変化に伴う安定条件の変化や流体相と含水鉱物間の各元素の分配に関する高温高圧実験を基にした研究も盛んに行われ(e.g. Brenan, et al, 1995)かつ特定の含水鉱物の分解による脱水も地球化学的に観察されるようになってきた(e.g. Shibata and Nakamura, 1997)。以上述べてきたように、最近20年間で沈み込み帯での物質循環、特にマントルウェッジと沈み込むスラブの間の物質移動に関する理解は飛躍的に深まった。しかしながら、これらのうち多くの研究は未だ定性的なものであり、地殻 - マントル間の物質循環や島弧マグマの成因論をより深く理解するために、今後定量的な議論を可能にしてゆくことが望まれる