

マンツルの炭素循環～沈み込み炭素とその行方

Carbon geochemical cycle in the mantle

西尾 嘉朗 [1], 佐野 有司 [2]

Yoshiro Nishio [1], Yuji Sano [2]

[1] 東大・理・地質, [2] 広大・理・地球惑星

[1] Geological Insit., Univ. of Tokyo, [2] Earth and Planetary Sci., Hiroshima Univ.

<http://www.geol.s.u-tokyo.ac.jp/~nishio/index.html>

マンツルの炭素循環を明らかにするために、背弧海盆玄武岩や中央海嶺玄武岩といった海洋底玄武岩中の炭素、窒素、ヘリウム、アルゴン同位体、及び元素組成、さらにマトリックスガラスの化学組成を測定した。背弧海盆玄武岩のデータは、プレートの収束域を通して特に炭酸塩といった形で効率良く炭素が地球内部に再注入されている可能性を示唆し、一方、中央海嶺玄武岩のデータは、現在のマンツル中の炭素がこのような再循環炭素によってかなり汚染されている可能性を示した。

マンツルの炭素循環を考える上で、プレートと共に沈み込む再循環炭素の存在は重要である。現在、地球内部に沈み込んでる炭素量は莫大で、現在の割合なら数十億年で地球表層の炭素を注入できるほどである。しかし実際に海洋底玄武岩などのマンツル物質の中に炭素含有量や炭素同位体比をトレーサーとして再循環炭素の同定したという報告はなかった。炭素含有量や炭素同位体比は炭素循環を理解する上で最も重要なトレーサーであるが、炭素は揮発性元素であるため脱ガスや地表付近での汚染の影響を受けやすく、地表で得られたサンプルの炭素の情報は様々な要因で攪乱されている可能性を持つ。さらに、沈み込み炭素の有力な2つの成分である炭酸塩炭素と有機炭素を混合させることで見かけ上マンツルの炭素同位体比を作ることが可能であるため、炭素同位体比のみを用いて再循環炭素とマンツル炭素を区別することはできない。

そこで本研究では炭素循環を理解するために、マンツル物質である海洋底玄武岩の炭素、窒素、ヘリウム、アルゴンといった揮発性元素の同位体比、及びこれらの元素比、さらに試料のマトリックスを構成している難揮発性元素の主成分元素及び希土類元素といった微量元素濃度を測定した。このように1つ試料からこれだけのデータを得て炭素循環の解明を試みた研究はこれまでなかった。また本研究では真空下で試料をボールミルで粉碎することで気泡中のガスを抽出するクラッシング法を用いて、背弧海盆玄武岩 (BABB) や中央海嶺玄武岩 (MORB) を分析している。

(背弧海盆玄武岩の結果から)

北フィジー背弧海盆玄武岩の結果は、マトリックスガラスのK₂O濃度が増加するにつれ、気泡中のCO₂/3He比は増加し、 $\delta^{13}\text{C}$ 値が減少する傾向を示した。これまでの本地域でのSr-Nd同位体比の研究からK₂O濃度のような不適合元素濃度の本地域での大きな変化は、マンツル成分ともう一方の成分の2成分混合の結果あることが知られていたため、CO₂/3He比と $\delta^{13}\text{C}$ 値の大きな変化も2成分混合の結果によるはずである。2成分のうち1つは、低いK₂O濃度、低いCO₂/3He比、高い $\delta^{13}\text{C}$ 値を持つ北フィジー背弧海盆のウエッジマンツルに由来する成分であり、もう1つは高いK₂O濃度、高いCO₂/3He比、低い $\delta^{13}\text{C}$ 値を持つ沈み込みに由来する成分であろう。さらに簡単なマスバランスの計算から、この地域での沈み込み炭素のうち70%が炭酸塩起源であり、残りの30%が有機物起源の炭素であることが示唆される。もし北フィジー背弧海盆に付随する海溝を通して沈み込んだ有機物が沈み込む途中で完全に分解されたと仮定するなら、本地域で現在沈み込んでいる海洋堆積物中の炭酸塩炭素と有機炭素の比が20:1であることから、沈み込んだ炭酸塩の90%以上は分解されずにそのまま再びマンツル内に沈み込んでる可能性が導きだされる。これまで高温高压実験より沈み込んだ炭酸塩が分解されずに地球内部に効率よく再注入されている可能性が指摘されていたが、本研究の結果もその可能性を支持する。

(中央海盆玄武岩の結果から)

本研究では、インド洋ロドリゲス3重会合点付近の中央海嶺玄武岩 (MORB) の揮発性元素のN₂/Ar、C/N、CO₂/3He比が、これまで報告されていたMORBの値と大きく異なることを発見した。今回測定したインド洋中央海嶺玄武岩は液相濃集元素に乏しい典型的なN-MORBであり、これまで報告されていたMORBと化学組成が違っているわけではない。また、同時に測定した⁴He/⁴⁰Ar比やアルゴン同位体比は、これらの元素比の違いが脱ガスや大気成分の汚染によるものでないことを示しており、インド洋と北大西洋-東太平洋MORBのこれらの元素比の違いは、これらの元素比のマンツルの不均質に由来するはずである。インド洋MORBのC/N、CO₂/3He比は、これまで報告されていた北大西洋-東太平洋MORBに比べてより初生的なマンツル炭素の(再循環炭素の汚染の影響が少ない)値である。さらに簡単なマスバランスの計算から、これまで報告されていた北大西洋-東太平洋

MORB中の炭素のかなり（65～95％）が沈み込んだ海洋堆積物起源であることが導き出される。現在の地球内部からの炭素のフラックスは莫大で、この割合だと数十億年で地表の炭素を供給できるほどである。このことから、地球の炭素は連続的に脱ガスしたと主張する研究者もいた。しかし本研究の結果は、炭素も希ガス同様に地球形成初期にカタストロフィックな脱ガスを経験したが、海洋堆積物など形で固定された炭素が効率良く地球内部に再注入された結果、現在のマントルにはカタストロフィックな脱ガスから推定される炭素量より過剰な量の炭素が存在している可能性を支持する。