

大気の進化：風化から制限される酸素と二酸化炭素の濃度

Atmospheric evolution: Oxygen and carbon dioxide concentrations constrained by weathering

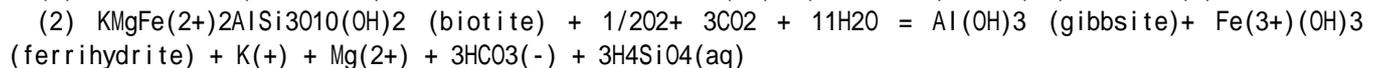
村上 隆[1]

Takashi Murakami[1]

[1] 東大・理・地惑

[1] Dept. of Earth Planet. Sci., Univ. of Tokyo

風化反応は鉱物 - 水 - 大気の相互作用として、地球表層で起こり、この反応は、例えば、



のように表される。風化により、鉱物、水、大気中の元素の再分配が行われる。反応式によれば、風化には大気中の二酸化炭素、酸素が関与し、しかも、このような反応は地球史を通じて起こっていたはずである。このような風化の情報が岩石にそのまま記録されているなら、我々は大気の進化を知ることができるはずである。ところで、二酸化炭素、酸素は地球史初期は、それぞれ現在の 10^4 倍程度、 10^{-3} 以下と推定されている (e.g., Kasting, 1993)。特に、酸素は、約 20 億年前に急上昇したと考えられている (e.g., Rye & Holland, 1998)。我々は、このような大気の進化を、実験及び当時の情報を残す岩石から推定しようとしている。本講演では、35 億年前の二酸化炭素濃度、及び 25 億年前の酸素濃度を推定した例を示す。

オーストラリア、North Pole の greenstone は 35 億年前に、中央海嶺の basalt が熱水と反応して形成し保存されていると考えられている。ここでは多くの場所で、epidote の代わりに carbonates が産出している。様々な場所でサンプリングした試料に対し、Chlorite 地質温度計により形成温度を算出し、carbonates の有無を調べた。一方、basalt と反応した後の海水化学をインプットデータとして、熱力学コード EQ3NR により、温度と二酸化炭素濃度に対する carbonates 形成の平衡曲線を求めた。これらから、熱水に溶けていた二酸化炭素濃度を求め、これが海水に均一に溶けていたと仮定した (なお、脱ガスによる貢献は 10% 以下)。その結果、当時の大気中の二酸化炭素は $10^{3.3}$ - $10^{4.7}$ PAL と計算され、Kasting (1993) のモデル計算値より、高かった。

カナダ、Pronto では、25 億年前の風化により、花崗岩上部に風化帯が形成している。花崗岩にはアクセサリー鉱物として apatite が産出する。この鉱物の縁に、rhabdophane, $(\text{La}, \text{Ce}, \text{Nd})\text{PO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ が沈澱していた。全岩の REE のパターンと rhabdophane の産出状態から、rhabdophane は風化時に生成したと考えられた。現代の風化でも rhabdophane は沈澱するが、Ce は含まない。溶出した Ce(III) は酸化して Ce(IV)O₂ の cerianite として、別に沈澱するためである。ところが Pronto の rhabdophane は多量に Ce(III) を含んでいた。これは地下水を Ce(III) として移動していたためである。Ce(III) として溶液中に存在するための条件を熱力学的に計算すると、大気中の酸素濃度は 10^{-13} PAL 以下となり、当時、酸素はほぼなかったと考えられる。