

大陸リソスフェア（テクトスフェア）はなぜ安定か？

Why is the continental lithosphere (tectosphere) stable?

片山 郁夫^{1*}, 是永 淳²

Ikuo Katayama^{1*}, Jun Korenaga²

¹広島大学地球惑星システム学, ²エール大学地質地球物理

¹Hirosima University, ²Yale University

太古代大陸地殻の下には非常に厚い(~300km)マントルリソスフェアが存在することが知られている(Tom Jordanはそのような厚いリソスフェアをテクトスフェアと名付けた)。テクトスフェアを構成するカンラン岩捕獲岩の同位体年代はこれらの岩石がほぼ20億年以上前に形成したことを示唆している(e.g. Pearson 1999)。つまり、これら古い大陸下の厚いリソスフェアはマントル対流に巻き込まれず20億年以上もの間安定に存在したことになる。一方、太古代より若い大陸下にはそのような厚いリソスフェアは確認されておらず、なぜテクトスフェアが厚く且つ安定に存在するかが議論になっている。Jordan(1975)はテクトスフェアの化学組成が周りのマントルに比べ枯渇している点に注目し、密度低下(浮力)のためテクトスフェアが上部マントル中に浮いていると考えた。しかしながら、数値計算による解析では密度低下だけでは安定化を説明することは難しく、テクトスフェアの粘性率が重要な役割を担うと報告している(Lenardic and Moresi 1999; Sleep 2003)。粘性率は温度に敏感であり、テクトスフェアの温度構造はBoydらによる捕獲岩の温度圧力解析により周りのマントルより低温であるため粘性率が比較的高いと予想される。しかし、温度低下による粘性率の上昇だけではテクトスフェアを安定化するのは難しく、何か他の要因で粘性率を下げる必要があると考えられている。Pollack(1986)は水の存在が岩石の粘性率を劇的に変化させる点から、テクトスフェアは主成分だけではなく水に枯渇しているため粘性率が高く安定化している可能性があるとして指摘した。本発表ではテクトスフェアの安定性に関する水の効果に注目し、安定化に必要な含水量(低下)を一次元数値計算により解析し、実際にテクトスフェアを構成するカンラン岩捕獲岩の含水量についても議論する。

オリビンの塑性強度に対する水の効果は高温高压変形実験により詳細に研究されており、歪み速度は含水量の1.2乗に比例する(Mei and Kohlstedt 2000; Karato and Jung 2003)。すなわち、応力が一定と仮定するとオリビンの含水量の低下にしたがい有効粘性率はほぼ線形に増加する。今回はこの含水量依存性の流動則を計算に組み込み、テクトスフェアの粘性率を大陸の地温勾配から計算した。その結果、深さ200kmでの有効粘性率は 1.3×10^{18} [Pa s] (COH=100 ppm H/Si)、 8.5×10^{16} (1000 ppm)、 5.4×10^{15} (10000 ppm)と見積もられる。得られた粘性率を用いテクトスフェアのレイリー数を計算した結果、含水量が100 ppm以下では臨界レイリー数(critical $Ra \sim 100$)を下回り対流に巻き込まれずに安定に存在するが、100 ppm以上では臨界レイリー数を超え不安定になる結果が得られた。つまり、テクトスフェアを安定化するためには含水量を100 ppm以下に維持する必要がある、これは周りのマントルの含水量(1000 ppm)より一桁程度低い値になる。

では実際にテクトスフェアを構成する岩石を取り込んだ捕獲岩の含水量はどのようになっているだろうか。マントル捕獲岩中のオリビンの含水量は赤外分光計や二次イオン質量計により分析されており、平均して800~1000 ppmの水が含まれていると報告されている(Bell and Rossman 1992; Kurosawa et al. 1997)。しかし、この値はテクトスフェア安定化に必要な含水量の計算結果と矛盾する。その要因としては、水の拡散が速いため現在の含水量がマントル条件での含水量を反映していない可能性が挙げられる(揮発性に富んだキンパーライトマグマに取り込まれた際

ど)。一方、後の影響を受けにくいオリビンの格子選択配向はAタイプを示し(Ben Ismail and Mainprice 1998)、変形時の含水量は比較的低かったと予想される(<200 ppm)。また、大陸下マントルの電気伝導度もテクトスフェアが周りのマントルより低含水量であることを支持している(Hirth et al. 2000)。

キーワード:テクトスフェア,レオロジー,含水量,安定性解析,変形ファブリック

Keywords: tectosphere, rheology, water content, instability analysis, deformation fabric