

石英片岩中の石英 c 軸ファブリックのランダム化によって示される転位クリープから微小断層活動および溶解 沈殿クリープへの転移

Mechanism transition in quartz aggregates from dislocation to micro-faulting and dissolution-precipitation creep

竹下 徹 [1]; El-Fakharani Abdel-Hamid[2]; 金川 久一 [3]

Toru Takeshita[1]; Abdel-Hamid El-Fakharani[2]; Kyuichi Kanagawa[3]

[1] 北大・理・自然史科学; [2] 広大・理・地球; [3] 千葉大・理・地球科学

[1] Dept. Natural History Sci., Hokkaido Univ.; [2] Earth system, Hiroshima Univ.; [3] Dept. Earth Sci., Chiba Univ.

石英の結晶内すべりおよびそれに起因する結晶格子選択配向 (Crystallographic preferred orientation, CPO) の発達の研究は、理論、実験および天然について非常に多数行われて来た。一方で粒界拡散クリープ (Coble クリープ) に分類される石英の溶解 沈殿クリープについては、理論や単結晶の実験については数が多いが、多結晶の実験研究については例が少ない。Nakajima (1995) は、これまでの実験結果をレビューして、大気圧および室温の下での、水に飽和した粒界に沿うシリカの拡散係数 (D_{gb}) を $5 \times 10^{-14} \text{m}^2/\text{s}$ 、その活性化エネルギーを 15-30 kJ/mol と推定した。しかし、これらの物性値を直接用いると、温度 350 °C における溶解 沈殿クリープによる歪速度は、 $10^{-7} \sim 10^{-11}/\text{s}$ (Nakashima, 1995; Shimizu, 1995) と見積もられる。一方、天然の歪速度は $10^{-15}/\text{s}$ 程度と推定されるので、見積もられた溶解 沈殿クリープの歪速度は天然のそれに比べて 4-8 桁も速いことになり、現実的ではない。この実験と天然の歪速度の不一致は、Shimizu (1995) が述べている様に実際の高圧下で変形している変成岩中の粒界が十分塗れていない (流体のチャネルが繋がっていない) ため、天然の粒界拡散係数 (D_{gb}) が実験のものより著しく小さいことによると考えられる。現段階で、天然の D_{gb} や溶解 沈殿クリープ速度をうまく再現する実験が行われていない以上、天然の溶解 沈殿クリープ過程の観察や変形条件の推定は、構成方程式を推定していく上で極めて重要である。本講演では、四国中央部の三波川帯新居浜地域および秩父帯北帯思地地域に産する石英片岩について予察的な記載を行う。

(1) 新居浜地域の三波川帯石英片岩中の微小断層活動および溶解 沈殿クリープ

最近、El-Fakharani and Takeshita (in review) は、四国中央部新居浜地域の三波川帯変成岩黒雲母帯の岩石が著しい正断層活動を被っている事実を明らかにし、この正断層活動は D3 鉛直褶曲以前の変成岩上昇時に準緑色片岩相 (300 °C 程度) の条件で生じたと推定した (D2 正断層)。ここで報告する西ノ谷産の石英片岩薄片中には、著しく高い密度で微小断層が発達している。微小断層はフェンジャイトが断層面に沿って成長したシェアバンドの様なものと、カタクラシスで形成されたと思われる幅 1 mm 以下の微細石英粒子の集合体で示されるものがある。

石英 c 軸ファブリックは、シェアバンドが著しく発達している試料においても、シェアバンドに境されたレンズ状石英粒子集合体中に残存しており、高い強度と明瞭な対称性を示す。しかし、幅の広いシェアバンド中では、c 軸が Z 軸 (短縮軸) 方位に優勢に配向する既存の type I クロスガードルは残存しているが、その対称性が崩れている。一方、新しく成長したフェンジャイトの割合が高く、石英が波動消光を示さず不規則な形状を示す試料では、X 軸 (伸長軸) 方位に c 軸が配向する石英粒子が増え、c 軸ファブリックは殆どランダム化している。

(2) 思地地域秩父帯北帯石英片岩中の溶解 沈殿クリープ

石英片岩中では、異なる石英再結晶粒径を示す層がミリ単位以下で互層し、粒径の減少に伴いフェンジャイトの割合が増加している様に見える。これはもともとフェンジャイトの割合が層ごとに異なり、石英の成長がフェンジャイトに阻害されるためその再結晶粒径がフェンジャイトの割合に支配されていることを示すのであろう。石英 c 軸ファブリックは粒径が約 40 micron の比較的粗粒再結晶石英中では強く発達しているが、粒径の減少とともに徐々に弱くなり、粒径が約 20 micron の細粒再結晶石英層中では非常に弱いか、ほぼランダムとなっている。

考察: 石英片岩中では、微小断層活動のみでは X 軸方向に石英 c 軸方位が向くことはないが、c 軸ファブリックの対称性が粒子の差動回転によって乱れる。石英の溶解 沈殿過程では、c 軸が X 軸方向に向く石英も成長して c 軸ファブリックのランダム化が生じる。全体の転位クリープから溶解 沈殿クリープへの転移の過程をまとめると、先に微小断層活動が生じてフェンジャイトの割合が増加し、これがメカニズム転移を引き起こす要因になっていると考えられる。この事実は、同じ歪速度で雲母と石英の 2 相系岩石が溶解 沈殿クリープで変形する差応力の方が、石英 1 相が転位クリープ変形するそれよりも低いことを示唆する。この転移の過程では、転位クリープは温度減少・差応力増加により一旦微小断層活動に転移し、その後雲母の増加により著しい反応軟化 (溶解 沈殿クリープへの転移による差応力減少) が起こると考えられる。