

ナノスケール解析による地衣成分—玄武岩反応プロセスの解明

Nano-scale observations of interface between lichen and basaltic rock: Pseudomorphic growth of amorphous silica on silicate minerals

*田村 知也¹、興野 純¹、癸生川 陽子²、高木 壮大¹

*Tomoya Tamura¹, Atsushi Kyono¹, Yoko Kebukawa², Sota Takagi¹

1. 筑波大学大学院生命環境科学研究科、2. 横浜国立大学 大学院工学研究院 機能の創生部門

1. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Faculty of Engineering, Yokohama National University

Introduction: 火山噴火に伴って流出した溶岩の表面には、地衣類がパイオニアプラントとして定着する (Jackson, 1971). 地衣類とは藻類と菌類が共生した独立栄養生物であり、岩石への菌糸の貫入による物理的風化や、岩石と地衣類の代謝産物の反応による化学的風化によって、岩石の風化を促進する (Chen et al., 2000). Vingiani et al., (2013)は、偏光顕微鏡や走査型電子顕微鏡 (SEM) によって、ミクロスケールの細粒な生成物が地衣類—溶岩界面で複雑な組織を形成している様子を明らかにした。しかしながら、地衣類—溶岩相互作用メカニズムの解明には、それらの界面のナノスケール観察や化学状態解析が必須である。本研究では、透過型電子顕微鏡 (TEM)、走査型透過X線顕微鏡 (STXM) による地衣類—溶岩界面のナノスケール解析を行った。

Methods: 伊豆大島の三原山で1986年に噴出した玄武岩溶岩 (Nakano and Yamamoto, 1991) のうち、樹状地衣類 (*Stereocaulon vesuvianum*) が着生したものをを用いて実験を行った。地衣類—溶岩界面の厚片試料を作成した後、FIB (JEOL: JIB-4000, JEOL: JEM-9320FIB) に供試し、地衣類—溶岩界面の透過電子顕微鏡 (TEM) 用試料および走査型透過X線顕微鏡 (STXM) 用試料を作成した。STXMは米国ローレンスバークレー研究所 (LBNL) の Advanced Light Source (BL 5.3.2.2) および分子科学研究所 (UVSOR) の BL4U のもの、TEMは物質材料研究機構 (NIMS) の電子顕微鏡 (JEOL: JEM-2100F) をそれぞれ用いた。

Results and Discussion: 採取した玄武岩の主要構成鉱物は augite, plagioclase であった。TEM 観察の結果、地衣類 (*S. vesuvianum*) と溶岩の界面に、厚さ 1 μm 未満の amorphous silica 層が確認された。また、amorphous silica 層とその内部に存在する augite の界面は原子的にシャープであった。STXM により Ca L-edge および Fe L-edge XANES スペクトルを取得し解析した結果、amorphous silica 層と augite の界面から 500 nm の範囲において、augite に含まれる Ca および Fe は本来の化学状態を維持していた。これらの結果から、amorphous silica 層は界面における溶解と再沈殿の連動モデル (Coupled interfacial dissolution-precipitation (Hellmann et al., 2012; Ruiz-Agudo et al., 2014) (Fig. 1) に従った augite の溶解に伴う生成物と考えられる。

この溶解反応が *S. vesuvianum* の分泌物 (アトラノリン, スチクチン酸) と玄武岩の主要構成鉱物 (augite, plagioclase) との間で生じるかを検証するため、*S. vesuvianum* の分泌物 (地衣成分) を溶解させた Elix 水に玄武岩の厚片を入れ、 $19\pm 1^\circ\text{C}$ の暗室で 30 日間静置した。静置後の玄武岩を TEM 観察した結果、plagioclase の表面ではそれと原子的にシャープな状態で、amorphous silica 層がみられた。一方、augite の表面では amorphous silica 層は観察されなかった。一般に、酸性条件下における溶解速度は、augite よりも anorthite の方が速い (Wilson, 2004)。したがって、*S. vesuvianum* の分泌物が Elix 水に溶解し、pH が低下したことで、augite と plagioclase の溶解速度に差が生じ、相対的に溶解速度が速い plagioclase の表面では、界面における溶解と再沈殿の連動モデル (Coupled interfacial dissolution-precipitation) (Fig. 1) に従って溶解と amorphous silica 層の生成が促進されたと考えられる。

キーワード：地衣類—岩石相互作用、TEM、STXM、ナノスケール

Keywords: lichen-rock interaction, TEM, STXM, nano-scale

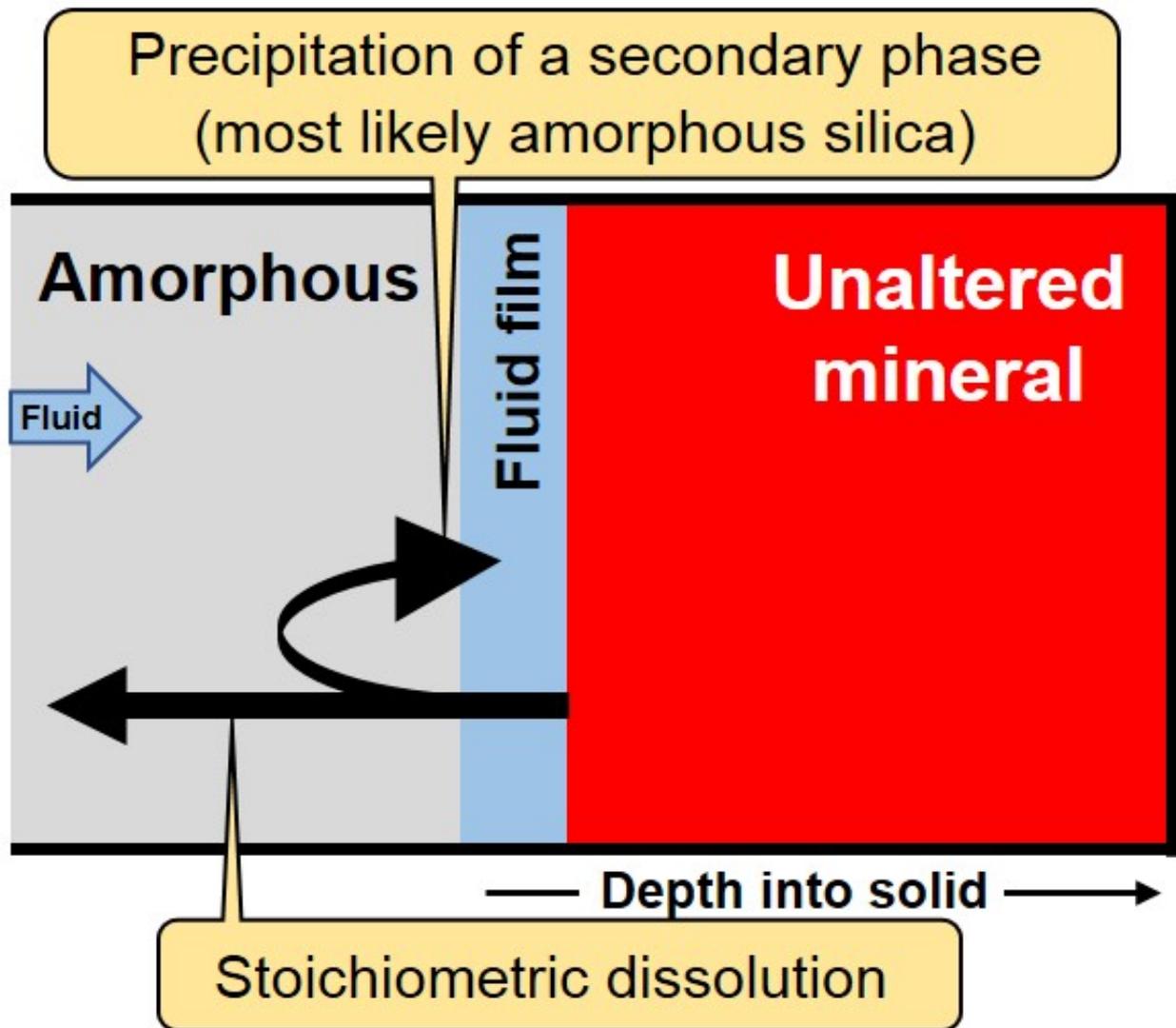


Fig. 1 Coupled interfacial dissolution-precipitation mechanism (Hellmann et al., 2012).