

シリコーンゴム中の有機色素分子のウィスカー成長

Growth of Organic-Dye Whisker in Silicone Rubber

中村 大希、 齊藤 光徳 (龍谷大理工)

Taiki Nakamura, Mitsunori Saito (Ryukoku Univ.)

E-mail: msaito@rins.ryukoku.ac.jp

シリコーンゴム (Polydimethylsiloxane, PDMS) は、透明性やモールド成型性に加え、有機溶液に対して高い拡散係数を示すので、色素レーザなどのデバイス作製に有用である。¹⁾ 特にトルエン溶液は高濃度で浸透するため、PDMS の膨潤や爆発など特異な現象を引き起こす。本研究では、蛍光色素ジシアノメチレン (DCM) のトルエン溶液が PDMS 中に拡散する過程で、ウィスカーが形成される様子を観察した。

Fig. 1(a) のように、硬化剤を混ぜた PDMS オイル (信越シリコーン、KE103) を 5 ml ガラス瓶中で硬化させてゴム状にした後、その上に DCM のトルエン溶液 (1~6 mM) を 1 ml 注いで密封した。その直後から PDMS が徐々に着色していく様子が見られ、溶液の浸透を確認できた。同時に上面がドーム状になり、PDMS が膨潤していることが分かった。このように DCM を浸透させると、時折、Fig. 1(b) のようなウィスカーの析出が見られた。そこで、多数の試料を作製し、色素濃度や拡散時の温度を変えて実験を行ったが、Fig. 2 に示すように顕著な傾向はなく、ウィスカーを確実に析出させる条件は見出せなかった。

上述の試料では、ウィスカーが発生する表面で膨潤による変形やトルエンの蒸発が起こるので、Fig. 3 に示す方法で、色素溶液を PDMS 中に閉じ込めた試料を作製した。水で膨潤したアクリル系ゲル球 (直径 9 mm) を入れて PDMS を硬化させると、水の蒸発で 1 mm ぐらいまで収縮したゲル球を取り出した後に空洞ができる。板状の PDMS で空洞を塞いだ後、注射針で DCM 溶液を注入すると、Fig. 4(a) に示すように液滴が形成される。この液滴からトルエンとともに DCM が周囲の PDMS に浸透し、100% の確率でウィスカーが生成された。Fig. 4(b) に示すように、ウィスカーは空洞表面から垂直に 1~2 mm 伸びていた。

1) M. Saito, A. Kubota, and R. Yagi, *AIP Adv.* 10, 025007 (2020).

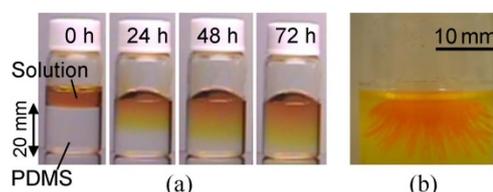


Fig. 1 (a) Penetration of the dye solution into PDMS rubber. PDMS oil with a curing agent was put into the glass vessel to create the rubber. Then the toluene solution of DCM ($1 \text{ mM} = 10^{-3} \text{ mol/l}$) was poured on the rubber (0 h). (b) Whiskers that extend from the surface to the inside of the rubber.

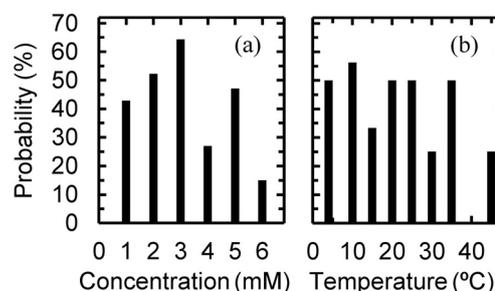


Fig. 2 Probability of the whisker growth in sealed glass vessels, i.e., dependence on (a) the DCM concentration or (b) the preservation temperature.

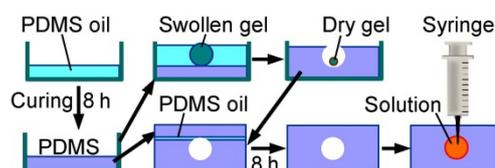


Fig. 3 Fabrication process of a sealed dye droplet. A starting material (oil) is cured in a plastic case to create PDMS rubber, on which additional oil is poured together with an aqueous gel (9 mm diameter). After the curing process, the swollen gel shrinks due to the water evaporation and can be removed through the opening on the PDMS rubber. The opening is closed by adhesion of another PDMS sheet in order to create a PDMS block with a spherical cavity. Finally, a DCM solution is injected into the cavity by using a syringe.

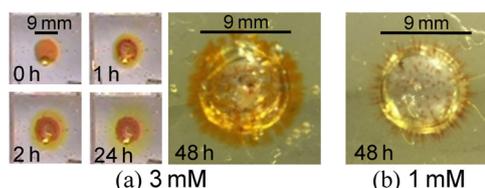


Fig. 4 (a) Dye droplet (3 mM) in the cavity and its penetration into PDMS. Whiskers grew in 48 h after the injection of the solution. (b) Whiskers that emerged after the solution disappeared in the cavity.