

D1-02 高分子ソフト材料のき裂進展のダイナミクス

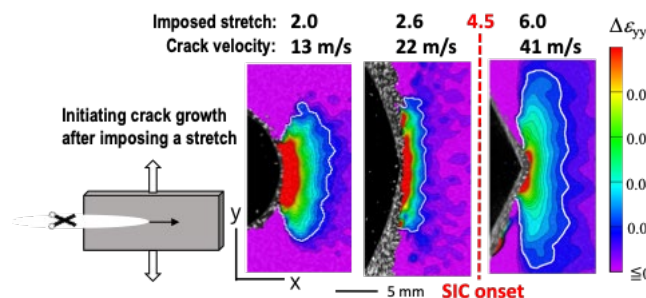
浦山健治（京大院工）

ゴムやゲルなどの高分子ソフト材料はエントロピー弾性由来の低弾性率や大変形などのユニークな力学特性を有し、工業的にも他の物質では置き換えできない重要な材料である。近年、高分子ソフト材料の強靱化が精力的に行われている。材料中に発生したき裂の進展は破壊につながるため、進展に対する耐性は強靱性の尺度のひとつである。き裂耐性は材料の劣化・分解の進行度にも敏感であることが予想される。強靱な材料の設計指針の確立や、劣化・分解の力学特性への影響の基礎的理解のためにも、き裂の進展機構の解明は重要である。金属などのハードマテリアルとは異なり大変形や粘弾性を示すソフト材料のき裂の進展挙動は複雑であり、その理解は道半ばである。本講演では、ゴムやゲルのき裂進展ダイナミクスに関する我々の最近の研究成果¹⁾を紹介する。

一定の伸び(λ)を与えたゴムにき裂を挿入すると、自走するき裂の速度(V)は λ とともに増加し、材料の音速 C_s (ずり波速度;典型的には20~30 m/s)を超える。我々は、高速で進展するき裂の先端で生じるひずみ場をDIC法で可視化し、同ひずみ場の領域は λ とともに大きくなるが、 V が C_s を超えると逆に急激な減少に転じるなど、亜音速域と超音速域では進展挙動が大きく異なることを見出した²⁾。また、十分大きな λ を印加するとひずみ誘起

結晶化(SIC)を示すようなゴム(イソプレンゴム)では、 λ が λ^* (λ^* はSIC開始点)を超えると結晶化度が λ とともに0から連続的に増加し、ひずみ硬化が生じる。 $\lambda > \lambda^*$ では V が加速されるとともに、き裂の先端のひずみ場の様々な特性が λ^* 付近で不連続的に大きく変化することがわかった³⁾(右図)。例えば、き裂の開口度は $\lambda < \lambda^*$ では λ とともに大きくなるが、 λ^* を超えると逆に減少した。また、き裂由来のひずみ領域(図中の白線で囲まれた領域)は、 $\lambda < \lambda^*$ では λ にあまり依存しないが、 λ^* を超えると急激に増加した。

さらに、ひずみ履歴がき裂進展に及ぼす効果⁴⁾、およびゲルを二方向に様々な λ で伸長した状態で調べたき裂の特性の解析⁵⁾についても紹介したい。



1) Mai, T.-T., Morishita, Y., Tsunoda, K., Urayama, K., *Adv. Polym. Sci.* (2021) (Review).

2) Mai, T.-T., Okuno, K., Tsunoda, K., Urayama, K., *ACS Macro Lett.* (2020).

3) Osumi, R., Yasui, T., Tanaka, R., Mai, T.-T., Takagi, H., Shimizu, N., Tsunoda, K., Sakurai, S., Urayama, K., *ACS Macro Lett.* (2022).

4) Mai, T.-T., Okuno, K., Tsunoda, K., Urayama, K., *Mechanics of Materials* (2021).

5) Mai, T.-T., Urayama, K., *Macromolecules* (2021).

PROFILE

浦山健治（京都大学大学院工学研究科材料化学専攻 教授）

①学歴：1990年京都大学工学部高分子化学専攻卒業，1994年同大学大学院博士後期課程中退 職歴：1994年京都大学化学研究所助手、同大学講師、准教授を経て2013年京都工芸繊維大学工芸科学研究科教授，2022年より現職②専門：高分子物性、③主な受賞歴：2006年米国物理学会高分子物理部門 John H. Dillon Medal, 2008年高分子学会 Wiley 賞，2012年ブリヂストンソフトマテリアルフロンティア賞，2019年日本材料学会学術貢献賞など ④主な著書：「ゲルの科学」(長田, Dusek, 柴山, 浦山, 共著) 講談社サイエンティフィック⑤その他：2020年より JST-CREST「ひずみ誘起結晶化機構の解明と最大化によるエラストマーの革新的強靱化」の研究代表者を務め、博士研究員、特任助教を募集中。