

ゴム・化学架橋ゲルの破壊における速度効果

農工大院農, 神産技セ

田中文彦

Rate-Effect in the Fracture of Rubbers and Chemically Cross-linked Gels

Division of Natural Resources and Echo-Materials, Tokyo University of Agriculture and Technology,

Kanagawa Industrial Technology Center

F. Tanaka

ゴムやゲルの破壊は衝撃によるものが圧倒的に多いので、実用上は静止強度（極限強度）より有限速度下での衝撃強度が重要である。すなわち、破壊エネルギー G （単位面積の破断面を新たに生成するためのエネルギー）が破壊速度 V とともにどのように変化するかという破壊における速度効果は、非常に基本的な問題である。本発表ではゴムおよび化学架橋ゲル中において鎖の切断を伴う破壊現象を解析する分子論モデルを構築し、亀裂の進行、剥離、引裂きの3種の破壊様式において速度曲線 $G(V)$ を求める [1]。架橋点間の鎖分子量を M 、温度を T とする。先端角が 2θ の亀裂が一定速度 V で高分子ネットワーク中を伝播する場合（図1左）には、速度曲線は

$$G(V)/\nu l k_B T = \Psi_0(M, T) + \Delta\Psi(2 \tan \theta V / l \beta_0(T))$$

となる。ここで、 ν は鎖の数密度、 l は平均末端間距離、 $\beta_0(T)$ は鎖が限界伸長度 ϵ_c （鎖が破断する臨界値）を超えた時の切断確率である。右辺第1項が極限強度で、鎖の分子量と温度に依存する。第2項が速度効果で、ゴム弾性の古典理論を動力学に拡張することにより具体的に求まる。この結果から、エネルギーを $\nu l k_B T$ で、速度を $l \beta_0(T) / 2 \tan \theta$ でスケールすると重畳則が成立することが分かり、破壊マスター曲線が得られる（図1右）。剥離（片側、両側の場合がある）、引裂きの場合も同様な結果が得られる。亀裂、剥離の場合は鎖の伸長による破断であるが、引裂きの場合には鎖の剪断による切断である。0速度の外挿値としての極限破壊強度の分子量依存性（ $M^{1/2}$ に比例）、ならびに高速領域における速度べき乗則（実験では0.16~0.20が多い）に注目し、多くの実験データ（文献 [2][3] など）と比較検討する。

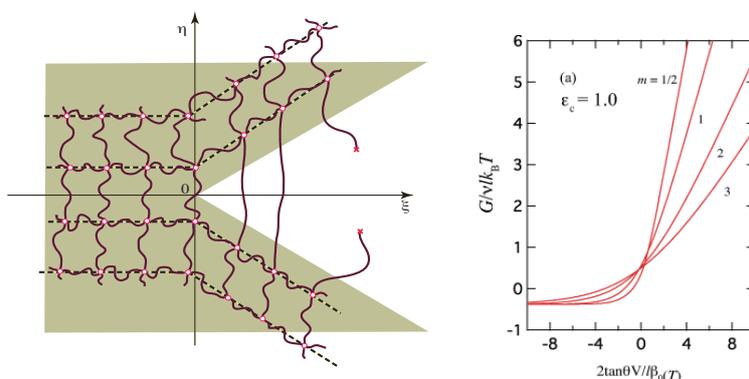


図1 (左) 架橋高分子ネットワーク中を進行する亀裂。(右) 破壊マスター曲線。破壊エネルギーを $\nu l k_B T$ で、破壊速度を $l \beta_0(T) / 2 \tan \theta$ でスケールすると、温度、分子量によらないマスター曲線が得られる。0速度への外挿値は極限破壊強度。この図では限界伸長度 ϵ_c を1.0、すなわち2倍に伸長されると鎖の切断が始まるとしている。