

研究成果報告書

(公財)スガウエザリング技術振興財団 研究助成事業

令和3年度研究助成(第40回)

1. 研究課題 ゴム材料の初期劣化を捉える非線形粘弾性指標の探索
2. 研究者所属・氏名 地方独立行政法人神奈川県立産業技術総合研究所・津留崎恭一
3. 研究期間 令和3年4月1日から令和4年3月31日まで
4. 研究成果の概要

(和文) 本研究では、我々が開発した微分幾何学を用いた非線形粘弾性(NLVE)の解析法を用いて、ゴム材料の劣化指標を構築した。また、耐候性試験のキセノン光の強さが低照度 60W/m^2 と強照度 180W/m^2 で劣化させたゴムについて、劣化指標の劣化時間依存性を比較することで、紫外線の照度と劣化速度の関係を評価した。

粘弾性の測定点(歪、歪速度、応力)を3次元中に表示すると閉曲線(3D-Lis)が得られる。歪が小さい時には、線形粘弾性(LVE)となり、3D-Lisは平坦な楕円である。歪が大きくなりNLVEが現れると、3D-Lisが空間的に湾曲する。我々は、この湾曲度を定量化する為、各測定点の曲率 κ を3D-Lisに沿って1周積分した全曲率 Θ をNLVEの指標としてきた。事前検討によって、耐候性試験を低照度でゴムを1000h劣化させると、 Θ が変化することが分かっている。

本研究ではこの結果をさらに進め、 Θ の被積分関数である κ がNLVEに大きく影響を受ける場所のみを抽出した劣化指標 S_p を構築した。但し、研究を進めるうちに、LVEでは問題にならない粘弾性の測定方法でもNLVEは変化することが分かってきた。この為、粘弾性の測定方法を色々と検討し、ゴムを治具で締め付ける力や治具間距離なども詳細に定めた。

3種類のゴム材料(スチレンブタジエンゴムSBR、天然ゴムNR、シリコンゴムSiR)について耐候性試験を実施し、 S_p の劣化時間依存性を調べた。この結果、ゴムの種類や照度に依らず、 S_p は劣化初期(低照度で150h)で僅かに増加した後、中期(600h)までは減少、終期(900h)からは再び増加する複雑な振る舞いを示すことが分かった。次に、SBRとNRは S_p を放射露光量に対して表示すると低照度と強照度でほぼ重なった。これは、強照度にすることで劣化速度が概ね3倍に加速されたことを意味する。一方で、SiRは強照度にするすることで劣化速度が逆に低下した。この原因は、SiRの主たる劣化因子が紫外線よりも熱である為と考えられる。

(英文) We investigated a novel deterioration index S_p of rubber materials using non-linear viscoelasticity (NLVE). The value S_p introduced by our novel differential geometric method is strongly affected by deterioration. We degraded rubbers in the weathering test with xenon light at low illuminance 60 W/m^2 and high illuminance 180 W/m^2 . By comparing the deterioration time dependence of S_p for deteriorated rubbers at low and high illuminances, we found that the deterioration rates of styrene-butadiene rubber and natural rubber increases by increasing the illuminance. On the other hand, that of silicon rubber becomes slower since the main deterioration factor will be heat rather than ultraviolet rays.