

日立 機械研

日立 水戸ビルシステム本部

日立ビルシステム

○成瀬友博

日立 機械研

服部敏雄

山口幸宏

日立ビルシステム

金井哲也

関谷太志

1 緒 言

近年、環境への配慮から材料のノンハロゲン化が進められている。ゴム材料においても、ノンハロゲン化を図り、焼却処分可能な材料が求められている。ゴム材料は、温度、湿度、光環境下に曝されると、強度低下することが知られている。ゴム材料のノンハロゲン化を進める上で、ハロゲン入りのゴムと、その代替材料であるノンハロゲンゴムの実劣化環境・時間下での強度低下特性を把握することが必要である。時間的な制約から実劣化環境・時間下での強度を直接実測することは困難である。したがって、劣化加速環境における強度低下を実劣化環境・時間に換算する劣化加速試験法が不可欠である¹⁾²⁾。

本研究では、ハロゲン入りのゴムとしてクロロスルホン化ポリエチレン (CSM)、ノンハロゲンゴムとしてエチレンプロピレンゴム (EPT) を選び、それらの温度環境下での劣化について検討した。温度加速劣化後の粘弾性特性を計測し、さらに疲労強度試験を行い、それぞれの劣化挙動について考察した。

2 粘弾性挙動の温度劣化挙動

2.1 ゴムの粘弾性挙動と動的粘弾性試験 ゴムのような粘弾性材料に動的荷重を与えたときの応力とひずみの関係から、複素弾性率 E^* を次式のように定義することができる。

$$E^* = E' + iE'' \quad (1)$$

応力とひずみの位相差 δ は、

$$\tan \delta = E'' / E' \quad (2)$$

で与えられ、 $\tan \delta$ は損失正接と呼ばれる。

260×5×2mm³の試験片を用意し、Table 1 に示す条件で曝したのちに、動的粘弾性試験機を用いて荷重周波数 5Hz のときの複素弾性率を計測した。

Table 1 Degradation conditions

Degradation condition	Degradation time (hours)
80°C	72, 168
100°C	72, 168
120°C	72, 168

2.2 試験結果

ゴム Fig.1,2 に CSM と EPT の複素弾性率の絶対値 $|E^*|$ の温度変化を示す。Fig.3,4 に CSM と EPT の損失正接 $\tan \delta$ の温度変化を示す。ここでは、Table 1 の劣化時間 168h のもののみを示した。 $\tan \delta$ が極大となる温度が、ガラス転移点温度 T_g に相当し、 T_g の前後で複素弾性率が大きく変化する。CSM では、劣化温度が高く、劣化時間が長いほど、

T_g 前後の複素弾性率の変化が小さくなっているが、EPT はほとんど変化していない。一方、 $\tan \delta$ をみると、CSM は、劣化温度が高く、劣化時間が長いほど、 T_g が高温になるのに大して、EPT は T_g はほとんど変化しない。Fig.5 に未劣化材を基準として 30°C の $\tan \delta$ を比較したものを示す。CSM は劣化温度、時間によらずほぼ等しいのに対して、EPT は劣化温度が高く、劣化時間が長いほど $\tan \delta$ が低下していることが分かる。

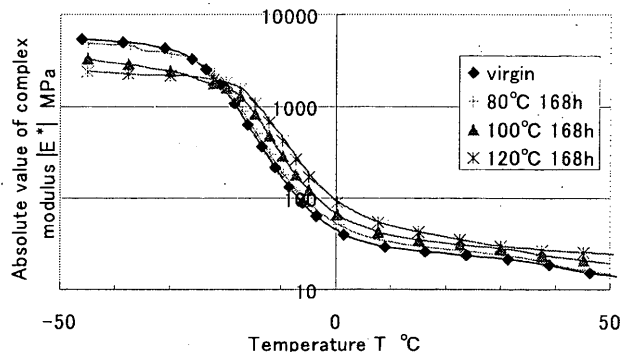


Fig.1 Relation between absolute value of complex modulus of CSM and temperature

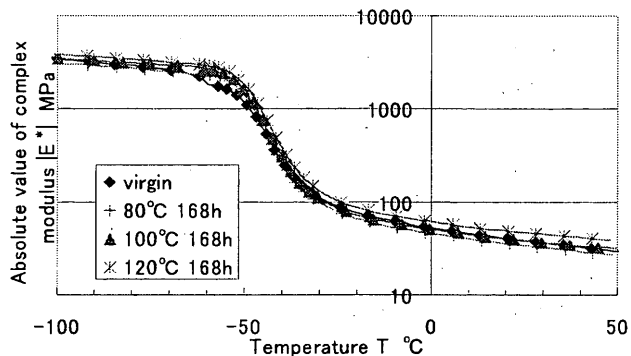
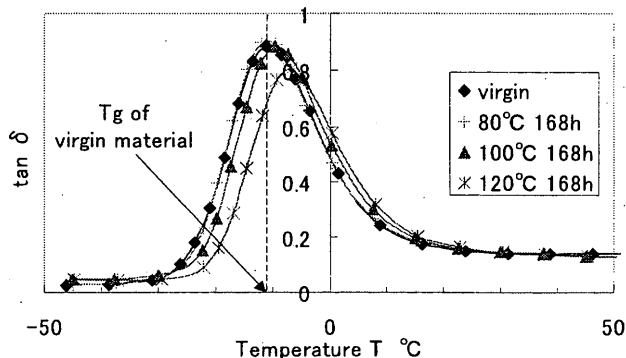
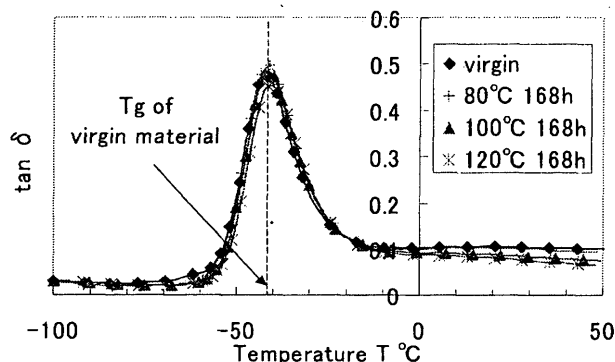
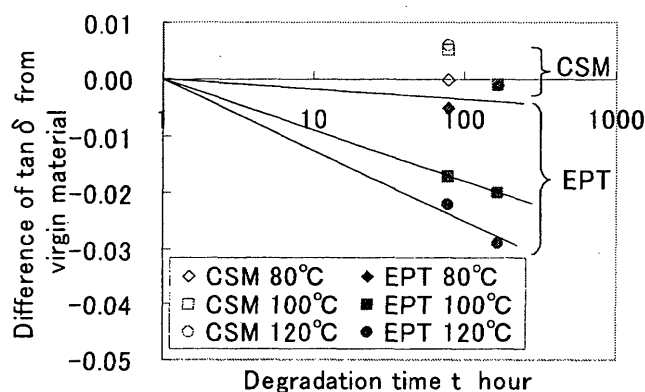


Fig.2 Relation between absolute value of complex modulus of EPT and temperature

Fig.3 Relation between $\tan \delta$ of CSM and temperature


Fig.4 Relation between $\tan \delta$ of EPT and temperature

Fig.5 Difference of $\tan \delta$ from virgin material at 30°C

3 疲労強度の温度劣化挙動³⁾

3.1 試験方法 Fig.6に試験片形状を示す。未劣化材とTable1に示した劣化材に対して電気油圧式疲労試験機を用いて疲労試験を行った。周波数5Hzの片振りの変位制御試験を行い、そのときのひずみ全振幅で整理した。

3.2 疲労試験結果 Fig.7,8にCSM,EPTそれぞれについて未劣化材と80°C, 120°C劣化材の疲労試験結果を示す。疲労強度保持率Dは、各劣化温度・湿度、劣化時間で劣化させた試験片の疲労強度の未劣化材の疲労強度からの保持率として求めた。Fig.9にCSM,EPTそれぞれの各劣化温度Tでの疲労強度保持率Dと劣化時間tの関係を示した。CSM,EPT共に疲労強度低下率Dは劣化時間tの対数に比例して低下することが分かる。また、CSMよりEPTの方が劣化しやすいことが分かる。粘弾性特性と疲労強度の温度劣化を比較すると、30°Cでの $\tan \delta$ が低下したEPTの方が、疲労強度の低下も大きいことが分かる。

4 結言

本研究では、高温中で加速劣化したCSMとEPTの粘弾性特性と疲労特性を評価し、以下の結論を得た。

- (1) CSMは劣化するほど、ガラス転位点が高くなった。一方EPTはガラス転位点は変化せず、劣化するほど常温から高温にかけての損失正接 $\tan \delta$ が低下する。
- (2) CSMよりEPTの方が、劣化するほど疲労強度が低下する。
- (3) 損失正接 $\tan \delta$ の低下と疲労強度の低下は類似の傾向を示す。これにより、動的粘弾性試験により、疲労強度の低下を検討することができる。

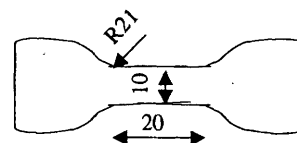


Fig.6 Dimension of the test pieces

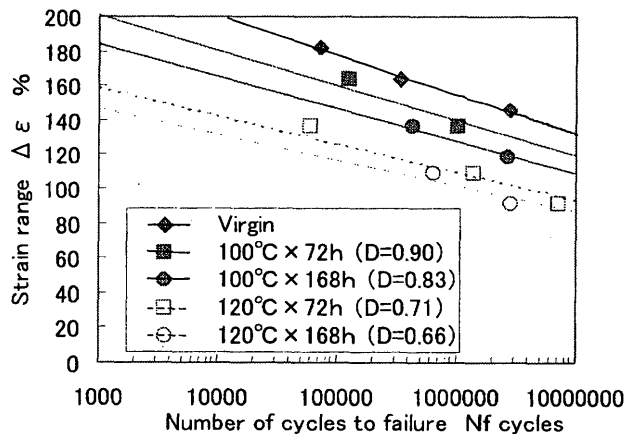


Fig.7 Fatigue strength of CSM after degradation (100°C, 120°C)

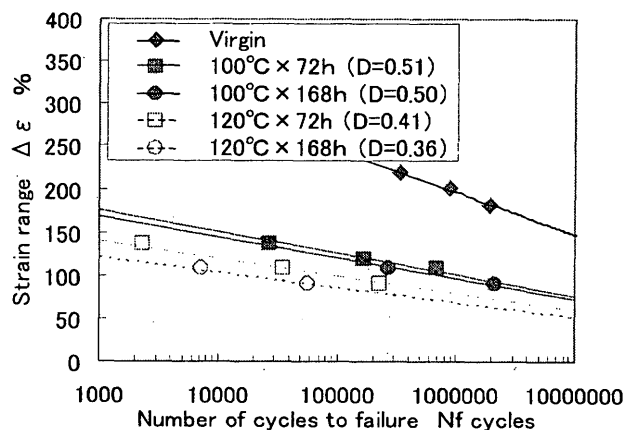


Fig.8 Fatigue strength of EPT after degradation (100°C, 120°C)

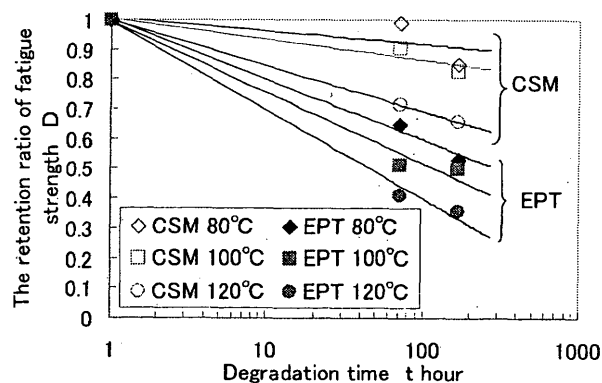


Fig.9 The retention ratio of fatigue strength

参考文献

- 1) 大石不二夫, 高分子材料の耐久性, 工業調査会 (1993)
- 2) Atsushi SAKAMOTO at el, ICM&M'98, 275 (1997)
- 3) 成瀬友博他, 材料学会第51期学術講演会, 283 (2002)