

テラヘルツ分光を利用したゴム加硫反応イメージング

Imaging of Vulcanization in Rubbers by Using Terahertz Spectroscopy

○平川 靖之、延塚 彩夏、神野 拓也、権藤 豊彦 (久留米高専)

○Yasuyuki Hirakawa, Ayaka Nobuzuka, Takuya Kamino, Toyohiko Gondo (NIT, Kurume College)

E-mail: hirakawa@kurume-nct.ac.jp

はじめに

我々は、テラヘルツ時間領域分光法(Terahertz Time-Domain Spectroscopy, THz-TDS)によるゴム非破壊評価の開発を進めている。これまでゴム製品で用いられる各種配合剤の THz 吸収スペクトルやフィラー剤 (カーボンブラック (CB)、BaSO₄) の分散可視化について主に研究を行ってきた。現在、これに加えてゴム製造の最終工程である加硫 (架橋) 反応の可視化の検討を進めている。今回、詳細な加硫反応の進行状況の THz イメージングを試みると同時に、混練りの状態を評価できる可能性も明らかとなったので報告する。

実験装置

実験には、市販の THz-TDS システム (大塚電子、TR-100KS) を用い、透過法を用いて評価した。サンプルは、ポリマーとしてブチルゴム (BR) を用い、架橋材は硫黄とし、圧力 10 MPa、温度 160°Cにおいて 10 の異なる時間加硫反応を行って停止させたものを用意した。厚さは 2 mm で統一した。なお、測定の SN 比を上げるためにフィラー剤の CB は配合していない。イメージングを行う際には、1 mm 刻みで縦横各々 3 ステップ、合計 9 箇所計測し、算出された吸光度スペクトルを周波数に関して積分処理することで、各計測点での THz 吸光度の代表値とした。

実験結果

Fig. 1 は、加硫反応進行に伴う THz 吸光度の平均値を反応時間に対してプロットしたものである。図中の T90 とは、業界の標準的な加硫評価法であるトルク計測により求めた最適加硫時間である。この結果から、最適加硫時間に向かって加硫反応の進展に伴い THz 吸光度が低下し、その後急激に増大する様子が見取れる。今回のポリマーと異なるスチレンブタジエンゴム (SBR) を用いたサンプルでの実験でも同様な傾向が観察された。一方、ここには示していないが、ポリマーと配合剤の混練りに問題のあるサンプルではこの傾向が変わり、T90 付近に THz 吸収の最大値が生じる場合もあることも判明した。これらの結果は、THz イメージングが、ゴム加硫反応の評価、並びにゴム製品の品質に関わる混練りの評価にも応用できる可能性があることを示唆している。なお、加硫反応進展に伴う THz 吸収の変化の原因については、反応に伴うポリマーの網目鎖構造の進展に大きな影響を受けていると考えられるが、今後の詳細な検討が必要であると考えている。

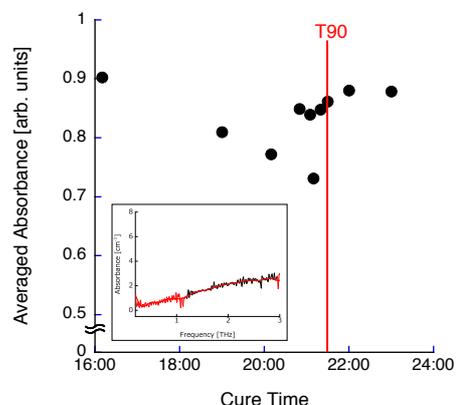


Fig. 1 Temporal variation of THz absorbance with vulcanization reaction. The inset shows the THz absorbance spectrum at T90.