

研究助成 研究成果報告書

平成25年 8月28日

公益財団法人 江野科学振興財団
理事長 江野真一郎 殿

貴財団より助成のありました研究の成果について、下記のとおり報告します。

申請者名

平川 靖之 _____ 印

記

1.研究課題名

和文

ゴム加硫反応の電磁気学的手法による解明

英文

Understanding of vulcanization reactions in rubbers by electromagnetic methods.

2.申請者名(代表研究者)

氏名 平川靖之	ローマ字表記 Yasuyuki Hirakawa
所属大学・機関名 久留米工業高等専門学校	英訳表記 Kurume National College of Technology
学部・部課名 電気電子工学科	英訳表記 Department of Electrical and Electronics Engineering
役職名 教授	英訳表記 Professor

3.共同研究者 (下段 英訳表記)

氏名	所属機関名・学部名・役職
(氏名) 森 哲夫 (英訳表記) Tetsuo Mori	久留米工業高等専門学校・名誉教授 (英訳表記) Kurume National College of Technology, Emeritus Professor
(氏名) 渡邊 勝宏 (英訳表記) Katsunori Watanabe	久留米工業高等専門学校・生物応用化学科・准教授 (英訳表記) Kurume National College of Technology, Department of Biochemistry and Applied Chemistry, Associate Professor
(氏名) 権藤 豊彦 (英訳表記) Toyohiko Gondoh	久留米工業高等専門学校・教育研究支援室・副技術長 (英訳表記) Kurume National College of Technology, Support Office of Education and Research, Assistant Chief of Technicians

4.英文抄録（300 語以内）

The vulcanization reaction, in which heat and pressure are applied to rubber compounds, is one of the most important processes in rubber productions. In the traditional production process of the vulcanized rubbers in factories, the condition of the vulcanization is normally decided in advance. This is because the vulcanization process has not fully been revealed and the nondestructive real-time monitoring is difficult by the conventional techniques. The authors have been developing novel estimation methods of rubber products by electrical measurements and terahertz time-domain spectroscopy (THz-TDS).

As for the electrical measurements, the variation of AC currents and electrical impedance with cure time during vulcanization process of rubbers were investigated. As a result, the temporal variation of the current and impedance were in good agreement with the conventional methods such as torques measurements and cross-link densities. It was also found that this temporal variation was caused by the vulcanization reaction using sulfur.

The THz-TDS measurements revealed that in the case of the sample with S, the THz absorbance was gradually decreased with the vulcanization time while the profile of the THz spectra indicated no tendency about the cure time for the sample without S. This suggests that the THz absorbance was affected by the progress of the vulcanization reaction.

These experimental results indicated that both techniques have possibility of non-destructive and real time estimation of the vulcanization reaction in rubbers, and they could detect the construction of the network created by the reaction.

5.研究目的

ゴム製品は、その開発・製造の多くの部分を職人芸的な経験に基づいて行っているのが現状であり、効率的な開発・製造のための改善の余地は大きい。また、ゴム自身に関して明らかとなっていない物理的・化学的側面も多く、それらを明らかにできれば、これまでにない機能を有するゴム製品の開発も夢ではない。

申請者等は、従来より、電氣的加硫瞬時測定法を用いて電氣的に加硫反応過程を追跡する手法の開発を行ってきた。本手法は加硫中のゴムに流れる電流を計測することで、リアルタイムに加硫反応過程をモニタリングできる(下図のグラフ参照)ものであるが、この被測定電流に関与する電氣的な要素(抵抗、コイル、コンデンサー成分)がどのように変化しているのかは現時点ではよく分かっていない。そのため、優れた手法であるにもかかわらず、産業界での実用化が進まない遠因ともなっている。

これとは別に、光と電波の狭間の電磁波であるテラヘルツ(以下、THzと略す)光を利用した非破壊分析をゴム評価に適用することで、ゴム製品製造時の品質評価や、ゴムの物理的・化学的特性の解明を試みている。本手法の利点は、2次元で非破壊的に各種の物性を算出できる点にある。

そこで本研究では、時々刻々と変化する加硫反応による網目構造を、電氣的計測でその電気回路網から推測するとともに、網目構造の分布の様子をTHz光により非破壊的に確認し、未だに不明点の多い加硫反応を電磁気学的手法により明らかにすることで、電氣的加硫瞬時測定法の理論的ベースを築くことを目的とした。

6.研究内容及び成果の本文

別紙に 6000 字程度で作成添付してください。(図や数式がある場合は 10 個程度にしてください)

7.今後の研究の見通し

今回の研究により、カーボンブラック(CB)を含まないサンプルについては、THz 分光による加硫反応時の変化を計測し、徐々に THz 吸収が低下する様子が観察された。一方、電気計測に於いては、電流およびインピーダンスが加硫反応の進展に伴い変化し、また、従来の評価法であるトルク計測や網目鎖密度の評価との相関が確認できた。つまり、電気計測によっても、THz 計測によっても、加硫反応によるゴムの状態変化を評価可能であることを示すことができた。今後の課題としては、

(1) 同一のサンプルによる THz および電気計測による評価、

(2) CB 配合のサンプルによる評価、

(3) THz 吸収低下の要因の検討、

以上の三つが挙げられる。

(1) については、今回の研究では、同じ時に練られたサンプルでないため、本研究結果を再確認する意味から必要と考えられ、現在実験を進めているところである。(2) については、今回の研究では、電流の大きさを制限、あるいは THz の見かけの吸収を小さくするために、CB を配合しないサンプルを用いたが、CB による何らかの加硫反応への寄与についても正確に評価するために、CB 配合のサンプルについても評価が必要と考えており、こちらについても実験の準備を進めている。さらに、(3) の THz 吸収の低下が、加硫反応進展に伴い生じる点については、現時点に於いてはその原因については推測の域を出ないが、加硫反応に伴う網目鎖と THz 光との光の干渉効果も一つの要因として考えられる。こちらについては、詳細な理論的な考察も必要である。これらの 3 つの課題が明らかになれば、等価電気回路を求めることで、より詳細に加硫反応について論じることが可能になると考えられる。

8.本助成金による主な発表論文、著書名

“Changes of Electric Characteristics of Rubber Compounds during Vulcanization Reaction”, R. Miratsu, Y. Hirakawa, T. Gondoh, K. Watanabe, T. Mori, Abstracts of the 2012 International Symposium on Technology for Sustainability (ISTS2012), pp. 35-38 (PID22), 2012.

“Temporal measurements of electric impedance of rubber during vulcanization”, R. Miratsu, Y. Hirakawa, T. Gondoh, K. Watanabe, T. Mori, Proceedings of the 3rd Thailand-Japan Rubber Symposium, pp. 78-79 (B-10), 2013.

“Visualization of Progress of Vulcanization Reaction in Rubbers by Terahertz Time-domain Spectroscopy”, T. Eguchi, Y. Hirakawa, Y. Saita, T. Gondoh, T. Mori, M. Tonouchi, H. Ohtake, T. Hirosumi, Extended Abstracts of International Workshop on Optical Terahertz Science and Technology 2013 (OTST 2013), Kyoto, Th2-01 (2013).

“Distribution Variation of Carbon Black in Tensile-Tested Rubbers Estimated by Terahertz Time-Domain Spectroscopy”, Y. Hirakawa, Y. Ohno, T. Gondoh, T. Mori, T. Noguchi, M. Tonouchi, H. Ohtake, T. Hirosumi, Technical Digest of the 10th Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim (CLEO-PR 2013), Kyoto, WPC-7 (2013).

[注 1] 本報告書は、研究終了後 3 ヶ月以内に必ず提出してください。

[注 2] (お願い) 電子媒体の添付ご提供をお願いします。インターネットメールでの送付を歓迎します。<E-Mail: enozaidan@kokoku-intech.com>

[注 3] この報告書を当財団の事業報告書(年報)及び当財団のホームページに掲載することがありますので、予めご了承ください。

※当財団へのご意見・ご要望がございましたら、下記へご記入ください。

お寄せいただいたご意見・ご要望は今後の参考にさせていただきます。

今回は貴重な研究費を賜り、誠にありがとうございました。研究遂行の際に有効に利用させていただきました。本研究費に関して、今回お知らせいただいたようなかなり詳しい報告書が必要になることを、すっかり失念しており、慌ててこの8月に書き上げるというお恥ずかしい事態となりました。できましたら、授与式の際にでも、報告書の様式等を配布していただけますと、事前の準備もスムーズに行えるかと思っておりますので、よろしくご配慮のほど、お願い申し上げます。

アンケートへのご協力ありがとうございました。

以上