

フジシール財団 研究助成事業
成果報告書

公益財団法人フジシール財団
理事長 岡 崎 裕 夫 殿

報告日 2022年5月31日

研究課題	環境適合性天然ゴム系高性能ソフトパッケージに関する研究	助成金額
		400万円
ふりがな	いけだ ゆうこ	研究助成申請年度
研究者氏名	池田 裕子	2019年度 ・ 2020年度
所属機関	京都工芸繊維大学	研究期間
		2021年4月～2022年3月
役職	名誉教授	
連絡先	〒606-8585 京都市左京区松ヶ崎橋上町1番地 TEL 075(724)7714 (研究協力係 西村様方) E-mail yuko@kit.ac.jp	

下記の通り、研究成果を報告いたします。

記

1. 研究成果の概要 (こちらに報告いただいた内容はそのまま当財団ホームページ上で公開します。)

2020年10月、「我が国は、2050年までに、温室効果ガス排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」と発せられた。カーボンニュートラルな低炭素社会構築は、紙に書いた目標ではなく、今や待ったなしで実現しなければ成らない課題となった。多くの石油製品使用で成り立っているパッケージ業界もその例外ではない。今、研究者・技術者は英知を搾り出し努力しなければならない。そのような背景の中、発表者は、環境適合性No.1で、かつ、今なお、その性能特性において化学合成物では太刀打ちできない有用バイオマス「天然ゴム」をソフトパッケージ製品製造に用いることを最終目標として基礎研究を行った。先ず、合成天然ゴムをモデルゴムとして、発表者らが長年に渡って展開してきた「ゴムの網目制御技術」と「ゴムの高性能化技術」を利用して、“ソフトパッケージ”製品製造技術の構築に役立つ研究成果が得られたので報告する。

高強度新規ゴム系パッケージフィルムの材料設計指針を提出することを目標として、先ず、硬質ゴムフィルム層(A)と軟質ゴムフィルム層(B)から成るABA型ソフトパッケージフィルムの材料設計指針を提出に挑戦した。しかし、厚み1mm以下の薄膜の場合、フラットなフィルムを作製することは困難であった。

そこで、我々がこれまで展開してきた図1に示す加硫ゴムの二相網目不均一構造制御[1-3]を利用して、ゴム系薄膜の高強度化に役立つ材料設計を得る研究を行った。つまり、硫黄架橋に必要な加硫試薬のうち、特に、

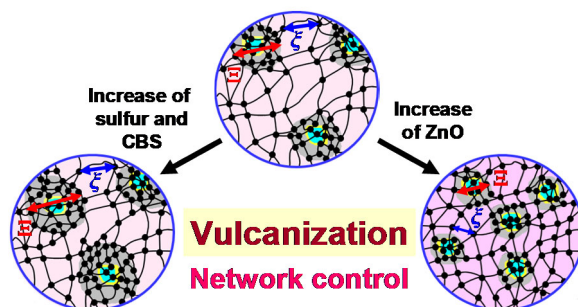


図1 加硫ゴムの二相網目不均一構造制御[1].

酸化亜鉛 (ZnO) 量に着目して、加硫促進剤と硫黄との配合割合を変量して、加硫ゴムの二相不均一構造制御を行った。その結果、図2に示すように、網目ドメインのクラスター化とそれに続く、網目ドメインのネットワーク化を達成し、その特異なモルフォロジー効果が高強度発現に極めて有用であることを本研究で見出した [4, 5]。

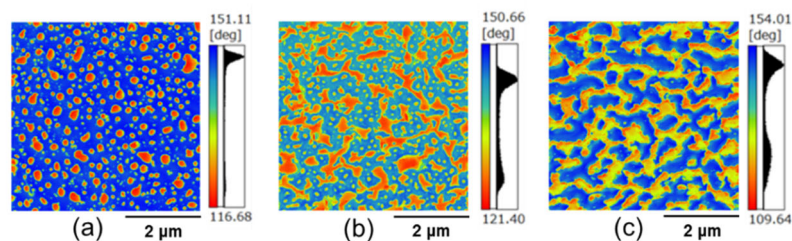


図2 加硫ゴムの原子力顕微鏡観察における位相像 [5] .

一方、パーオキシド架橋ゴム系の研究では、パーオキシド架橋を担う試薬が、配合量を増加させることによって、我々が今回見出した加硫ゴムのドメインより小さなドメインを形成し、それがゴムの補強効果上昇に有効であることを、伸長結晶化 (SIC) 挙動と合わせて考察することにより、本研究で明らかにすることができた [8]。そして、均一加硫系ゴムの SIC 挙動 [9] との比較検討も行うことができた。

ゴムの補強において、カーボンブラックなどの高性能な補強充てん剤を加えても、マトリックスとなる網目形成が不十分であると優れた補強効果は発現しない [6, 7]。しかし、単に網目形成を行うだけで十分ではなく、網目構造そのものにも補強を担う効果を発現させることが望ましい。我々は、すでに、網目ドメインがその作用を担うことを報告してきた [1-3] が、さらに、本研究では、その網目ドメインの階層構造を制御することによりその補強効果を上昇させることが可能であることを見出した。

これらの知見は、非ゴム成分の影響を結果から除くために、天然ゴムのモデルゴムとなる合成天然ゴム、つまり、イソプレンゴムを用いて行なった研究の成果であり、ヘベア天然ゴムをはじめとして、ワユレ天然ゴムやたんぽぽ天然ゴムにも有用となる。さらに、ナノセルロースファイバーやリグニンなどのバイオマスを補強充てん剤とするゴム系ソフト複合体の材料設計にも役立つ知見となる。従って、多くの場合で薄膜化が必須である高強度新規ゴム系パッケージフィルムの材料設計に極めて有効な成果と位置づけられる。今後の応用展開が望まれる。

引用文献

- (1) Ikeda, Y.; Yasuda, Y.; Hijikata, K.; Tosaka, M.; Kohjiya, S., *Macromolecules* 2008, 41, 5876-5884.
- (2) Ikeda, Y.; Higashitani, N.; Hijikata, K.; Kokubo, Y.; Morita, Y.; Shibayama, M.; Osaka, N.; Suzuki, T.; Endo, H.; Kohjiya, S., *Macromolecules* 2009, 42 (7), 2741-2748.
- (3) Ohashi, T.; Sato, T.; Nakajima, T.; Junkong, P.; Ikeda, Y., *RSC Adv.* 2018, 8 (57), 32930-32941.
- (4) Ikeda, Y.; Miyaji, K.; Ohashi, T.; Nakajima, T.; Junkong, P., *the 200th Technical Meeting of the Rubber Division*, ACS, Paper# A11, Pittsburgh, PA, Oct. 6, 2021, ISSN: 1547-1977.
- (5) Ikeda, Y.; Miyaji, K.; Ohashi, T.; Nakajima, T.; Junkong, P., *Rubber Chem. Technol.*, 印刷中.
- (6) Ikeda, Y.; Kato, A.; Kohjiya, S.; Nakajima, Y. *Rubber Science: A Modern Approach*; Springer: Singapore, 2017.
- (7) Kohjiya, S.; Kato, A.; Ikeda, Y., *Reinforcement of Rubber*, Springer Singapore, 2020.
- (8) 山川笑子, 宮地皓佑, 池田裕子, 第70回 高分子討論会, 発表番号 1F18, 2021年9月6日, WEB発表.
- (9) 山川笑子, 宮地皓佑, 池田裕子, 第32回エラストマー討論会, 発表番号 B-4, 2021年11月24日, 福岡市.

2. 研究成果のパッケージ産業への貢献の可能性（こちらに報告いただいた内容はそのまま当財団ホームページ上で公開します。）

- (1) 硫黄架橋とパーオキサイド架橋のいずれの場合でも、ゴムの架橋試薬を制御することにより、パッケージ産業に使用されるゴム材料の高強度化に有用な材料設計の鍵を発信することができたので、本研究成果のパッケージ産業分野への貢献は極めて大きいと期待される。特に、厚みの薄い材料には必須の知見となるであろう。
- (2) ゴム工業で汎用の硫黄架橋とパーオキサイド架橋に関する成果であることから、天然ゴムにも合成ゴムにも適応可能な知見であり、ナノスケールの網目構造制御技術からのゴム系“ソフト”パッケージ製品製造技術の新展開に貢献するであろう。
- (3) 今後益々必要とされるバイオマス素材を使用したゴム系“ソフト”パッケージ製品製造にも、本成果は有効な知見となり、バイオマスの使用量アップに貢献すると期待される。

3. 学会発表、学会誌等への論文掲載、産業財産権出願などの実績（現時点で未発表・未掲載・未出願のため、上記「1. 研究成果の概要」、「2. 研究成果のパッケージ産業への貢献の可能性」の当財団ホームページ上の公開の延期を希望される場合、その旨 記載してください。）

【学会発表】

- (1) Ikeda, Y.; Miyaji, K.; Ohashi, T.; Nakajima, T.; Junkong, P., Insights into Vulcanization for Reinforcement of Rubber, the 200th Technical Meeting of the Rubber Division, ACS, Paper# A11, Pittsburgh, PA, Oct. 6, 2021, ISSN: 1547-1977.
- (2) 山川笑子, 宮地皓佑, 池田裕子, パーオキサイド架橋イソプレングムの伸長結晶化に及ぼす網目構造の影響, 第70回高分子討論会, 発表番号1F18, 2021年9月6日, WEB発表.
- (3) 山川笑子, 宮地皓佑, 池田裕子, 均一性の高い網目構造を有する硫黄架橋イソプレングムの伸長結晶化挙動, 第32回エラストマー討論会, 発表番号B-4, 2022年11月24日, 福岡市.

【学会誌等への論文掲載】

- (1) Ikeda, Y.; Miyaji, K.; Ohashi, T.; Nakajima, T.; Junkong, P., VULCANIZATION FOR REINFORCEMENT OF RUBBER, Rubber Chem. Technol., 印刷中.