

## ワユール天然ゴムの加硫の研究 –非ゴム成分の影響– Study on Vulcanization of Guayule Natural Rubber: Effect on the Non-Rubber Components

池田 裕子<sup>a</sup>, Junkong Preeyanuch<sup>a</sup>, 榎 優太<sup>a</sup>, 佐藤 智之<sup>a</sup>, 宮地 皓佑<sup>a</sup>, 橋爪 慎治<sup>b</sup>  
Yuko Ikeda<sup>a</sup>, Preeyanuch Junkong<sup>a</sup>, Yuta Sakaki<sup>a</sup>, Tomoyuki Sato<sup>a</sup>, Kosuke Miyaji<sup>a</sup>, Shinji Hashizume<sup>b</sup>

<sup>a</sup>京都工芸繊維大学, <sup>b</sup>有限会社エステリア  
<sup>a</sup>Kyoto Institute of Technology, <sup>b</sup>Estia Inc.

世界中で汎用に用いられているヘベア天然ゴムの代替ゴムとして、最も注目されているワユール天然ゴムの高性能化への指針を示すべく、ワユール天然ゴムに含まれると考えられる非ゴム成分をイソプレンゴムに配合し、そのモデルゴム配合物を *in situ* 亜鉛 K 殻 X 線吸収微細構造測定に供した。その結果、ワユール天然ゴム中に含まれる非ゴム成分が加硫反応に影響を及ぼすことが示された。

**キーワード：** 加硫、ワユール天然ゴム、*in situ* XAFS 測定

### 背景と研究目的：

免震ゴムや航空機用タイヤ等の製品に代表されるように、硫黄架橋天然ゴムは我々の生活に必要不可欠である。約 175 年の歴史を有するゴムの加硫反応は、様々な製造法等の発展により[1]、目覚ましい発展を遂げてきた。しかし、その硫黄架橋構造形成の反応機構は未だ十分には明らかにされておらず、今後の低炭素化時代における安全で安心な社会の構築に役立つ高性能ゴム製品製造のため、その解明が急がれている。

一方、近年頻発している地球規模の異常気象等により、東南アジアで栽培されるヘベア天然ゴムの生産量の不足が世界的な社会問題ともなりうる状況にある[2]。その一つの解決案として、ヘベア代替天然ゴムの実用化が挙げられる。しかし、天然ゴム中には、多糖などの非ゴム成分が含まれていることから、それらの存在下における適切なゴム材料製造における配合技術の確立は、今後の天然ゴムの需要を満たすために極めて重要となる。

そこで本研究では、ヘベア天然ゴムの代替天然ゴムとして最も期待されているワユール天然ゴムに対する適切な加硫反応の条件の検討を行うことを目的として、先ず、合成天然ゴムとして知られるイソプレンゴム (IR) に多糖を添加することによる影響を検討したので報告する。

### 実験：

ワユール天然ゴムのモデルゴムは、室温下、二本ロールを用いて、IR に多糖 (以後、本報告書では PS と略す)、酸化亜鉛 (ZnO)、ステアリン酸 (StH) を混練して作製した。*in situ* 亜鉛 K 殻吸収端 X 線吸収微細構造 (Zn K-edge XAFS) 測定は、透過法でモノクロメーターとして Si(311)を用いた。測定は、配合物を加熱用セルに装填し、Spring-8 の BL14B2 にて 144 °C で測定を行った。また、IR に ZnO と StH を添加した系は、PS を添加したモデルゴムの参照試料として同様の方法により作製し、*in situ* Zn K-edge XAFS 測定に供した。各試料コードはそれぞれ IR-PS-ZnO-StH 及び IR-ZnO-StH である。得られたデータは、ソフトウェア Athena を用いて解析した。

### 結果および考察：

図 1 に *in situ* Zn K-edge XAFS 測定で得られた 144°C における IR-PS-ZnO-StH と IR-ZnO-StH の吸収端近傍領域の XAFS スペクトルを示す。点線で示す IR-PS-ZnO-StH のスペクトルの吸収端エネルギーと 9675 eV 付近のショルダーピーク形状は、実線で示す IR-ZnO-StH スペクトルとそれぞれ異なっていることが判った。この結果は、我々が報告している反応中間体“複核ブリッジ型二配座亜鉛/ステアレート錯体” [3]の生成に PS が影響を及ぼしていることを示唆した。従って、加硫反応の鍵物質である反応中間体生成に関する探究は、ワユール天然ゴムを有用なゴム材料とし

て加工するために、必要不可欠であることが判った。

#### 今後の課題：

得られた XAFS スペクトルについて、成分分離を行うなど、引き続き *in situ* Zn K-edge XAFS スペクトルのデータ解析を行う。そして、今回の実験結果から示された PS の反応中間体生成に対する影響を明らかにする。

また、他の非ゴム成分による影響や硫黄含有系における Zn K-edge XAFS 測定結果の検討を定量的に行う。そして、その結果を引張物性や動的粘弾性などの物性試験結果や、SPring-8 の BL-40XU ラインで行う伸長結晶化挙動分析結果と相関付ける。

結果の総括を行い、ヘベア天然ゴムの代替ゴムとなりうるワユレ天然ゴムの高性能化につながる知見を提出する。

#### 参考文献：

- [1] Coran, A. Y. *The Science and Technology of Rubber*, 2nd ed.; Mark, J. E., Erman, B., Eirich, F. R., Eds.; Academic Press: San Diego, 1994.
- [2] Ikeda, Y.; Tohsan, A.; Kohjiya, K.: Renewed Consideration on Natural Rubber Yielding Plants: A Sustainable Development Standpoint, in “Sustainable Development: Processes, Challenges and Prospects”, Nova Science Publishers, New York, Chapter 3, pp. 65-85, 2015.
- [3] Ikeda, Y.; Yasuda, Y.; Ohashi, T.; Yokohama, H.; Minoda, S.; Kobayashi, H.; Honma, T. *Macromolecules* **2015**, *48*, 462–475.

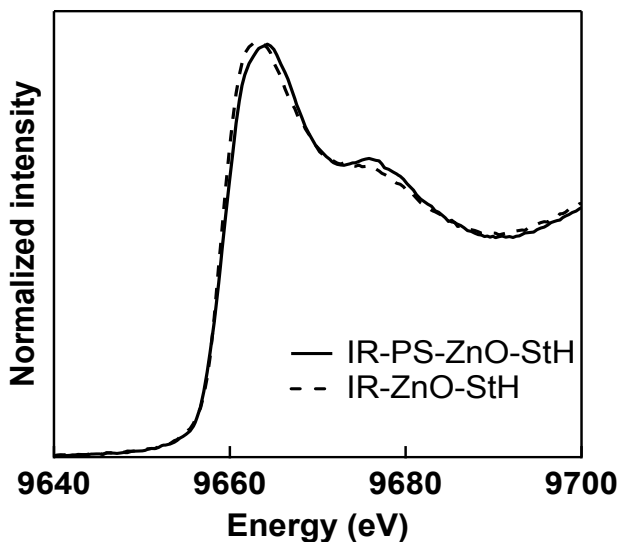


図 1. 144°C における IR-PS-ZnO-StH と IR-ZnO-StH の吸収端近傍領域の Zn K-edge XAFS スペクトル。