

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：13102

研究種目：挑戦的研究（開拓）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K18316

研究課題名（和文）ナノコンポジットのネットワークを有するゴム状ポリマーの創製とリサイクル

研究課題名（英文）Preparation and recycle of rubbery polymer with nanocomposite-network

研究代表者

河原 成元（Kawahara, Seiichi）

長岡技術科学大学・工学研究科・教授

研究者番号：00242248

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 20,000,000円

研究成果の概要（和文）：天然ゴムおよびポリイソプレンに、ラテックスの状態では高分子ナノ粒子、ナノダイヤモンド、シリカナノ粒子、タンパク質ナノ粒子を結合することによりナノ海島構造を有するポリマーを創製した。単一のナノ粒子を用いてナノ海島構造を形成することにより天然ゴムおよびポリイソプレンの破断応力の値は0.5～5MPaから10～18MPaに増加したが、高分子ナノ粒子およびシリカナノ粒子をハイブリッド化することにより破断応力の値は約24MPaに増加した。ポリスチレンナノ粒子（サイズが50nm以上）を用いて形成したナノ海島構造を有する天然ゴムは、混練した後、加熱プレスすることによりリサイクルできることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

架橋することなく、リサイクルできるゴム製品を天然ゴムから創り出すことが、持続可能な社会を構築するために重要な課題となっている。架橋しなければ、タイヤの粉塵ゴミは海に到達する前に生分解できるようになるし、タイヤを含む全てのゴム製品はリサイクルできるようになる。しかしながら、架橋は人命を預かるゴム（タイヤ等）を安心して使用できるようにしてきた実績があるため、架橋に代わる仕組みを創ることは容易なことではない。本研究では、架橋にかわる概念としてゴム状ナノコンポジットをマトリックスとするネットワークポリマーを創製し、リサイクルできる可能性を見出した。今後、リサイクルに向けて研究は進展することを期待する。

研究成果の概要（英文）：Polymers with the island-nanomatrix structure were prepared by linking polymer-nanoparticles, nanodiamonds, silica-nanoparticles, and protein-nanoparticles to natural rubber and polyisoprene in the latex stage, respectively. Value of stress at break of natural rubber and polyisoprene increased from 0.5-5 MPa to approximately 24 MPa as the island-nanomatrix structure was formed by hybridizing polymer nanoparticles and silica nanoparticles, while it was 10-18 MPa as the structure was formed with each nanoparticle. Natural rubber with the island-nanomatrix structure formed with polystyrene nanoparticles (size 50 nm or more) was suggested to be recycled by kneading followed by hot-pressing.

研究分野：天然ゴム

キーワード：天然ゴム リサイクル ネットワーク ナノコンポジット ナノ粒子

## 様式 C-19、F-19-1 (共通)

### ナノコンポジットのネットワークを有するゴム状ポリマーの創製とリサイクル

#### 1. 研究開始当初の背景

架橋することなく、リサイクルできるゴム製品を天然ゴム<sup>1)</sup>から創り出すことが、持続可能な社会を構築するために重要な課題となっている。架橋しなければ、タイヤの粉塵ゴミは海に到達する前に生分解できるようになるし、タイヤを含む全てのゴム製品はリサイクルできるようになる。それ故、海洋プラスチック問題(25%はゴム)や廃タイヤ問題は、架橋からの脱却を図ることにより解決できるようになる。しかしながら、架橋は人命を預かるゴム(タイヤ等)を安心して使用できるようにしてきた実績があるため、架橋に代わる仕組みを創ることは容易なことではない。この状況を打開するためには、架橋せずにゴム状ネットワークポリマーを創製する新しい学理の構築に挑戦しなければならない。

架橋せずにゴム状ネットワークポリマーを創製するためには、共有結合以外の結合で複数の高分子を繋げることが考えられる。共有結合以外の結合として、例えば、水素結合やイオン結合等があり、ガラス化や結晶化を利用した物理的結合もある。実際、これまでの研究では、超分子を用いた複数の水素結合<sup>2)</sup>や極性基間の分子間引力から<sup>3)</sup>、熱可塑性ポリマーのガラスドメインや結晶ドメイン<sup>4)</sup>まで、共有結合以外の種々の結合を利用する検討が行われてきた。しかしながら、共有結合以外の結合を利用した場合、ゴム状ネットワークポリマーは、大変形した後、力を取り除いても完全に元の形に戻ることは無く、永久歪みが残るため、エネルギー損失、発熱および摩擦等が大きくなり、物性は低下することが問題となっていた。それ故、共有結合以外の結合を利用して、ゴム状ネットワークポリマーを創製することは困難であるといわれてきた。

最近、架橋せずに形成されるネットワークとしてナノ海島構造(図1)が提案された<sup>5,6)</sup>。ナノ海島構造は厚さ数10 nmのマトリックス(ナノマトリックス)に直径数 $\mu\text{m}$ のポリマー粒子(島)を分散させたナノ不均一構造である。この構造は、マトリックス成分としてガラス状ポリマーや結晶性ポリマーを用いることによりゴム製品の作製に利用できる可能性がある。例えば、ナノ海島構造を固定しながらポアソン比を0.5にする新たな仕組みを創ることにより、大変形と回復を繰り返すことができるようになると思われる。もし、ナノ粒子を緻密に充填することによりゴム状ナノコンポジットのネットワークを形成することができれば、充填されたナノ粒子の量に依存する体積効果とナノ粒子間で緻密にガラス化したゴム状ポリマーの接着効果により、ナノ海島構造の固定と大変形回復挙動を両立できる可能性がある。

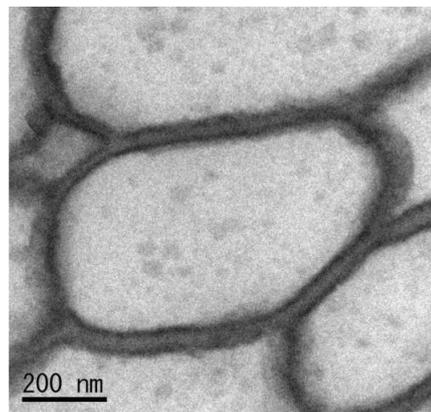


図1 典型的なナノ海島構造

#### 2. 研究の目的

本研究では、ナノ粒子のゴム状ナノコンポジットをマトリックスとして形成することにより、架橋することなく、リサイクルできるゴム状ネットワークポリマーを創製することを目的とした。具体的には、ナノ粒子のゴム状ナノコンポジットをマトリックスとして形成し、ナノ粒子間距離を精密制御することにより物性を制御し、リサイクル可能なゴム状ネットワークポリマーを創製する検討を行った。

#### 3. 研究の方法

ナノ粒子のゴム状ナノコンポジットをマトリックスとするネットワークポリマーは図2に示す手順で調製する検討を行った。平均直径約 $1\mu\text{m}$ のゴム状ポリマー粒子の表面にナノ粒子を貼り付けてから表面を互いに貼り合わせることによりナノ粒子のゴム状ナノコンポジットのマトリックスを形成する検討を行った。

##### 3.1 試料および試薬

平均直径約 $1\mu\text{m}$ のゴム状ポリマー粒子を含む試料として、天然ゴムラテックスおよび合成シスポリイソプレンラテックスを用いた。ドデシル硫酸ナトリウム((SDS)1級)、*tert*-ブチルヒドロペルオキシド

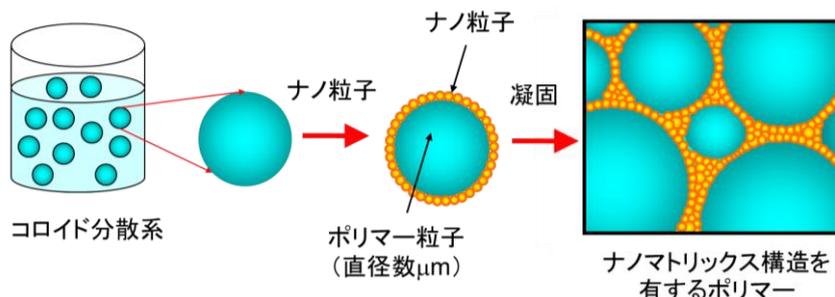


図2 ナノ粒子のゴム状ナノコンポジットをマトリックスとするネットワークポリマーの作製手順

(TBHPO), テトラエチレンペンタミン (TEPA) はキシダ化学 (株) 製を用いた。尿素 (特級) はナカライテスク (株) 製を用いた。ビニルトリエトキシシランは Alfa Aesar 製を用いた。試料の精製等に用いたメタノール, アセトン, トルエンは市販品 (ナカライテスク (株) 製) をそのまま用いた。ナノダイヤモンドは, 住石マテリアルズ SCM ファインダイアを用いた。オボアルブミン (OVA) (卵由来) は富士フイルム和光純薬 (株) 製を用いた。

### 3. 2 脱タンパク質化天然ゴムの調製

天然ゴムラテックスは, DRC を 30 w/w% に調整し, SDS 1 w/w% および尿素 0.1 w/w% を加え, 室温で約 1 時間インキュベーションした後, 遠心分離 (15 °C, 10,000 g, 30 min) を行うことにより, 漿液とクリーム分に分離した。得られたクリーム分に SDS 水溶液を加え, SDS 0.1 w/w%, DRC 30 w/w% の条件で再分散を行った。遠心分離と再分散を 2 回繰り返した後, 最終的に得られたクリーム分に SDS 水溶液を加え, SDS 0.5 w/w%, DRC 30 w/w% の条件で再分散を行うことにより脱タンパク質化天然ゴム (DPNR) ラテックスを調製した。

### 3. 3 スチレンを用いたナノ海島構造を有する天然ゴムの調製

DPNR ラテックスは, 窒素雰囲気下, 開始剤として *tert*-ブチルヒドロパーオキシド (TBHPO) /テトラエチレンペンタミン (TEPA) ( $3.3 \times 10^{-2}$  mol/kg-rubber) を加えてからスチレンを滴下し, 30 °C で 2 時間グラフト共重合を行った。反応終了後, 未反応モノマーは減圧留去し, 得られた DPNR-ポリスチレングラフト共重合体 (DPNR-graft-PS) ラテックスはシャーレに展開してから 50 °C で減圧乾燥することによりアズキャスト膜を作製した。

### 3. 4 ナノダイヤモンドを用いたナノ海島構造を有する天然ゴムの調製

ナノダイヤモンドは, 濃アンモニア水に分散し, 一昼夜攪拌することによりスラリーを調製した。ナノダイヤモンドスラリーは, 21 kHz (10 W) で 90 分間超音波処理してから DPNR ラテックスと混合し, 窒素雰囲気下, TBHPO/TEPA ( $6.6 \times 10^{-2}$  mol/kg-rubber) を用いて 40 °C で 4 時間反応を行った。得られたラテックスはシャーレに展開し, 50 °C で 1 週間減圧乾燥することにより DPNR-ナノダイヤモンド (DPNR-ND) のアズキャスト膜を調製した。

### 3. 5 ビニルトリエトキシシランを用いたナノ海島構造を有する天然ゴムの調製

DPNR ラテックスは, DRC を 20 w/w% に調整し, 1 時間窒素置換を行った。窒素雰囲気下, 200 rpm で攪拌しながら, TBHPO/TEPA ( $3.3 \times 10^{-2}$  mol/kg-rubber), ビニルトリエトキシシランを順に滴下し, 30 °C で 2 時間重合およびゾル-ゲル反応を行った。反応後, 未反応モノマーはロータリーエバポレーターを用いて減圧留去し, DPNR - コロイダルシリカ (DPNR-SiO<sub>2</sub>) ラテックスを得た。得られたラテックスはシャーレに展開し, 50 °C で 1 週間減圧乾燥することにより DPNR-SiO<sub>2</sub> フィルムを調製した。

### 3. 6 オボアルブミンを用いたナノ海島構造を有する天然ゴムの調製

DPNR ラテックスは, DRC を 20 w/w% に調整し, 1 時間窒素置換を行った。窒素雰囲気下, 400 rpm で攪拌しながら, TBHPO/TEPA ( $3.3 \times 10^{-2}$  mol/kg-rubber), オボアルブミン 30 w/w% 水溶液を順次滴下し, 30 °C で 2 時間反応を行った。得られたラテックスはシャーレに展開し, 50 °C で 1 週間減圧乾燥することにより DPNR-graft-OVA フィルムを調製した。

### 3. 7 ゲル含有率測定

DPNR, DPNR-graft-PS, DPNR-ND, DPNR-SiO<sub>2</sub> および DPNR-graft-OVA を 1 mm 片に切り, 40 mg を乾燥トルエン 40 ml に浸漬し, 暗所で一週間静置してから, 15 °C, 10,000 g, 30 分間遠心分離を行い, トルエン不溶分 (ゲル分) とトルエン可溶分 (ゾル分) を分離した。ゲル分は一日風乾した後, 一週間の減圧乾燥を行った。乾燥後, ゲル分を精秤し, ゲル含有率を算出した。

### 3. 8 透過型電子顕微鏡 (TEM) 観察

超薄切片は Richert-Nissi 製 Ultracut N クライオミクロトームを用いて NR のガラス転移温度以下で作製した。TEM 観察は日本電子 (株) JEM - 2100 を用いて, 加速電圧 200 kV で行った。

### 3. 9 引張試験

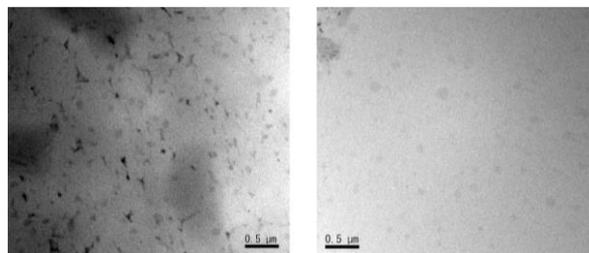
引張試験は東洋精機製作所製 ストログラフ VG10E を用いて JISK6251 に準じて行った。厚さ 1 mm の試料フィルムをダンベル状 7 号形試験片に打ち抜き, 室温, 引張速度 200 mm/min で測定を行った。

### 3. 10 動的粘弾性測定

動的粘弾性測定は Anton Paar 製 Physica MCR 301 を用いて行った。測定治具は直径 12 mm の平行円板を用いた。試料には厚さ約 1 mm のフィルムを直径 12 mm の円盤状に打ち抜いたものを使用した。試料と治具の融着は, 温度 130 °C, 1 N の力を 45 分間かけることによって行った。最初に周波数 1 Hz でひずみ分散測定を行い, 線形領域を求めた。その後, 求めた線形領域において, 周波数 0.1 ~ 10 Hz, 温度 -70 ~ 140 °C で周波数依存性を測定した。

## 4. 研究成果

図 2 に天然ゴムおよび DPNR の透過型電子顕微鏡 (TEM) イメージを示す。



天然ゴム DPNR  
図 2 天然ゴムおよび DPNR の TEM イメージ

ここで、天然ゴムおよび DPNR のタンパク質含有率はそれぞれ 1.36 および 0.00 w/w%であり、黒いドメインはタンパク質、白いドメインは主にシスポリイソプレンである。天然ゴムは、平均直径約 1  $\mu\text{m}$  のシスポリイソプレン粒子が厚さ数から数十 nm のタンパク質やリン脂質等から成るナノマトリックスに分散したナノ海島構造を形成していたが、タンパク質を完全に除去することによりナノ海島構造は消失した。

図 3 に DPNR-graft-PS, DPNR-ND, DPNR-SiO<sub>2</sub> および DPNR-graft-OVA の TEM イメージを示す。ここで、PS, ND, SiO<sub>2</sub>, OVA の含有率は約 10 v/v%である。TEM イメージには、平均直径約 1  $\mu\text{m}$  のシスポリイソプレン粒子が厚さ数から数十 nm の PS, ND, SiO<sub>2</sub>, OVA から成るナノマトリックスに分散したナノ海島構造を形成していることが示された。図 4 にナノダイヤモンドのナノマトリックスの 3D-TEM 写真を示す。平均直径約 3 nm 以下の白いドメインとしてのナノダイヤモンドは、黒いドメインに分散していた。この黒いドメインは天然ゴムであると考えられる。図 4 の画像を解析することにより、ナノダイヤモンドのナノマトリックスは、天然ゴムにナノダイヤモンドが分散したゴム状ナノコンポジットのネットワークであり、ナノダイヤモンド間の距離は 10 nm 以下であることが明らかとなった。

図 5 に DPNR-ND の複素弾性率のナノダイヤモンド体積分率依存性を示す。ここで、丸は DPNR-ND の複素弾性率 ( $G^*$ )、三角はラジカル開始剤を使わずに調製した DPNR/ナノダイヤモンド混合物の  $G^*$ 、直線は DPNR の  $G^*$  ( $G_{NR}^*=1.92 \times 10^5 \text{ Pa}$ )、破線はナノダイヤモンドを均一分散した DPNR の複素弾性率 (理論値) である。DPNR-ND の  $G^*$  の値は、DPNR/ナノダイヤモンド混合物と比較してナノダイヤモンドの体積分率に強く依存し、ナノダイヤモンドが 8 v/v%で  $1.19 \times 10^6 \text{ Pa}$  と急激に大きくなった。この値から、次式を用いてナノマトリックスの中に存在するシスポリイソプレンの複素弾性率 ( $G_{\text{gum}}^*$ ) の値を見積もった。

$$\frac{1}{G^*} = \frac{\phi}{\lambda G_{NR}^* + (1-\lambda)G_{FR}^*} + \frac{(1-\phi)}{G_{FR}^*} \quad (1)$$

$$\phi = 5V_{NR}/(2 + 3V_{NR}) \quad (2)$$

$$\lambda = (2 + 3V_{NR})/5 \quad (3)$$

$$c = \frac{x}{x + y(1-x)} \quad (4)$$

$$G_{FR}^* = G_{\text{gum}}^*(1 + 2.5c + 14.1c^2) \quad (5)$$

$$\lambda\phi = V_{NR} = \frac{(1-x)(1-y)}{x + y(1-x) + (1-x)(1-y)} \quad (6)$$

ここで、 $x$  は添加したナノダイヤモンドの体積分率、 $y$  はシスポリイソプレンの中でナノマトリックスに含まれるシスポリイソプレンの割合である。DPNR-ND のナノマトリックスの中に存在するシスポリイソプレンの  $G_{\text{gum}}^*$  の値は  $1.64 \times 10^6 \text{ Pa}$  であり、DPNR の  $G_{NR}^*$  の約 10 倍であった。これは、原子間力顕微鏡 (AFM) を用いて得られた結果と一致しており、ナノマトリックスの中

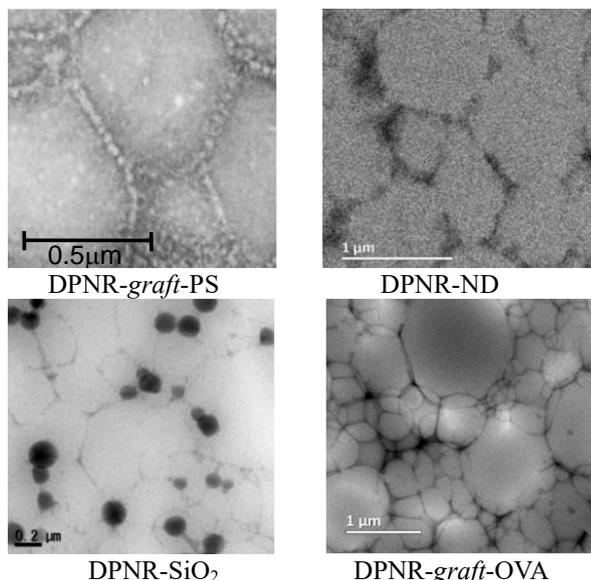


図 3 DPNR-graft-PS, DPNR-ND, DPNR-SiO<sub>2</sub> および DPNR-graft-OVA の TEM イメージ

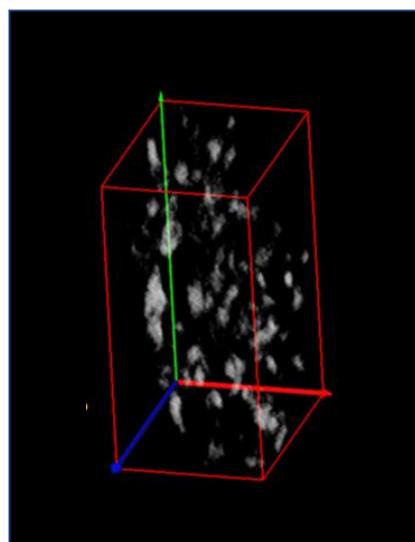


図 4 DPNR-ND の 3D-TEM 写真  
X 76 nm, Y 154 nm, Z 106 nm

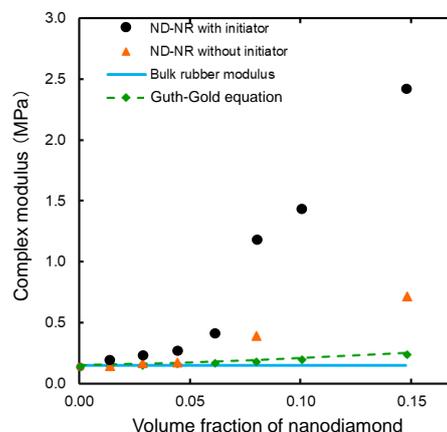


図 5 DPNR-ND の複素弾性率のナノダイヤモンド体積分率依存性

でナノダイヤモンドの間に存在するシスポリイソプレンはナノダイヤモンドに結合したゴム(バウンドラバー)として、ガラスのように硬くなっていることが明らかとなった。同様に、DPNR-*graft*-PSについて、実験で得られたDPNR-*graft*-PSの $G^*$ およびDPNRの $G_{NR}^*$ からナノマトリックスの中でポリスチレンナノ粒子の間に存在するシスポリイソプレンの $G_{gum}^*$ を求めた。(1)式から(6)式を用いて計算してみると、DPNR-*graft*-PSの $G^*$ の値が約10倍になればナノマトリックスの中でポリスチレンナノ粒子の間に存在するシスポリイソプレンの $G_{gum}^*$ の値は約10倍になり、 $G^*$ の値が30倍になれば $G_{gum}^*$ の値は30倍になるという結果が得られた。これにより、ナノマトリックスの中でナノ粒子の間に存在するシスポリイソプレンの複素弾性率の値はナノ海島構造を有する天然ゴムの複素弾性率の値を決定する支配的因子であることが明らかとなった。

図6にDPNR、DPNR-*graft*-PS、タンパク質を除去した天然ゴムのシスポリイソプレン粒子の表面にスチレンおよびビニルトリエトキシシランを30℃で2時間グラフト共重合することにより得られた生成物(DPNR-PS-SiO<sub>2</sub>)の応力-歪曲線を示す。DPNR-*graft*-PSの応力は、歪1でDPNRの約2倍となり、歪約4で急激に立ち上がり、歪約9で約18MPa(破断応力)となった。一方、DPNR-PS-SiO<sub>2</sub>の応力は、歪1でDPNR-*graft*-PSとほぼ同じとなり、歪約4で急激に立ち上がり、歪約9で約24MPa(破断応力)となった。DPNRの破断応力の値が約5MPaであったことから、破断応力の値は、DPNR-*graft*-PSで約4倍であり、DPNR-PS-SiO<sub>2</sub>で約5倍となった。すなわち、DPNR-PS-SiO<sub>2</sub>の応力-歪曲線は、DPNR-*graft*-PSのそれよりも急峻に立ち上がっているといえる。DPNR-*graft*-PSの応力-歪曲線は、ナノマトリックスの中でポリスチレンナノ粒子の間に存在するシスポリイソプレンがガラスのように硬くなり、バインダーの役割を果たしたことによりDPNRよりも急激に立ち上がったと考えることができる。DPNR-PS-SiO<sub>2</sub>の応力-歪曲線は、DPNR-*graft*-PSのPSナノ粒子の間にSiO<sub>2</sub>ナノ粒子が入り込むことにより、ナノ粒子間距離が短くなり、シスポリイソプレンがさらに固くなったことによりDPNR-*graft*-PSよりも急激に立ち上がったと考えることができる。以上より、ナノ海島構造は、ナノマトリックスの中でナノ粒子間に存在するシスポリイソプレンがバウンドラバーとしてガラスのように硬くなり、バインダーの役割を果たすことによってゴムの力学物性を飛躍的に改良できることが明らかとなった。

表1にPSを約30 v/v%含むDPNR-*graft*-PSの応力歪曲線を示す。ここで、DPNR-*graft*-PSは、マテリアルリサイクルの可能性を検討するため、150℃、30rpmで15分間素練りを行う操作を繰り返した。DPNR-*graft*-PSの破断強度は、15MPaとDPNRの約7倍であり、素練り1回目では11MPaと高い値を示した。素練り2回目には9MPa、3回目には8MPaと減少し、4回目には5MPaとなった。これにより、DPNR-*graft*-PSは数回であればマテリアルリサイクルできることが示唆された。

<参考文献>

- 1) S. Kawahara, "Rubber, Natural", in "Encyclopedia of Polymer Science and Technology", John Wiley & Sons, 2023.
- 2) K. Chino, *et. al.*, *Macromolecules*, **34**, 9201 (2001).
- 3) Y. Miwa, *et. al.*, *Commun. Chem.*, **1**, 5 (2018).
- 4) 甲木博, *日本ゴム協会誌*, **57**, 684 (1984).
- 5) S. Kawahara, *et. al.*, *Polymer*, **44**, 4527 (2003).
- 6) S. Kawahara, *Polym. J.*, **55**, 1007 (2023).

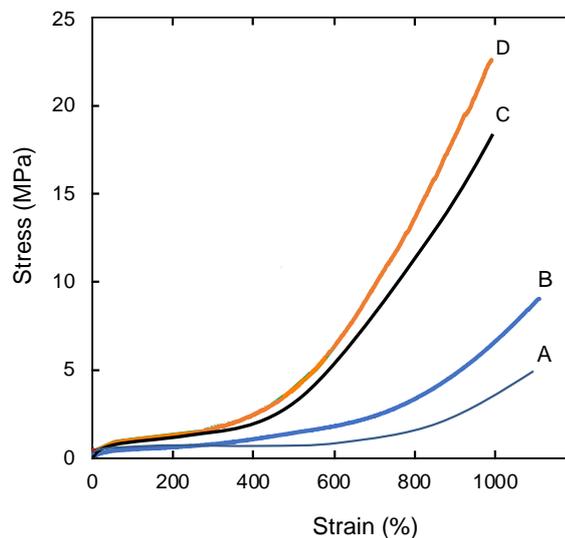


図6 DPNR, DPNR-*graft*-PSおよびDPNR-PS-SiO<sub>2</sub>の応力-歪曲線

表1 DPNR および PS を約 30 v/v%含む DPNR-*graft*-PS の破断応力。素練りは 150℃、30 rpm で 15 分間行った。

試料	破断応力 (MPa)
DPNR	2
DPNR- <i>graft</i> -PS	15
素練り 1 回	11
素練り 2 回	9
素練り 3 回	8
素練り 4 回	5

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 11件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Kawahara Seiichi, Nishioka Hironari, Yamano Masaki, Yamamoto Yoshimasa	4. 巻 4
2. 論文標題 Synthetic Rubber with the Tensile Strength of Natural Rubber	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Applied Polymer Materials	6. 最初と最後の頁 2323 ~ 2328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsapm.1c01508	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Pham Minh Duc, Nguyen Quan Hai, Nguyen Quyen Thi, Cao Quan Anh, Nga Nguyen Kim, Kawahara Seiichi, Nguyen Ha Thu	4. 巻 54
2. 論文標題 Graphene matrix formation in a natural rubber dispersoid	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 727 ~ 733
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-022-00620-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Thi Nghiem Thuong, Nguyen Thang Ngoc, Yusof Nurul Hayati, Kawahara Seiichi	4. 巻 54
2. 論文標題 Effect of naturally occurring proteins on graft copolymerization of vinyltriethoxysilane on natural rubber	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 633 ~ 641
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-022-00616-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 TAKAHASHI Koichiro, OHTAKE Yoshito, KAWAHARA Seiichi	4. 巻 29
2. 論文標題 STUDY ON CAUSES OF DEGRADATION OF POLYESTER PROTECTIVE FILM ATTACHED ON GLASS CURTAIN WALLS	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 AIJ Journal of Technology and Design	6. 最初と最後の頁 46 ~ 51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aijt.29.46	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山野将輝、石田拓馬、山本祥正、河原成元	4. 巻 95
2. 論文標題 ゴム状態NMR 法による天然ゴムの加硫における加硫促進剤の効果に関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本ゴム協会誌	6. 最初と最後の頁 293 ~ 297
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Saito Takayuki, Yamano Masaki, Nakayama Kazumi, Kawahara Seiichi	4. 巻 96
2. 論文標題 Quantitative analysis of crosslinking junctions of vulcanized natural rubber through rubber-state NMR spectroscopy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymer Testing	6. 最初と最後の頁 107130 ~ 107130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymeresting.2021.107130	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tevenot Quentin, Kawahara Seiichi	4. 巻 37
2. 論文標題 ATRP-ARGET of a Styrene Monomer onto Modified Natural Rubber Latex as an Initiator	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 6151 ~ 6157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.1c00168	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nguyen Thu Ha, Nguyen V?n Anh, Ougizawa Toshiaki, Kawahara Seiichi, Cao Hong Ha	4. 巻 32
2. 論文標題 Electromagnetic shielding material based on hydrogenated natural rubber/expanded graphite blend: Preparation and characterization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymers for Advanced Technologies	6. 最初と最後の頁 3008 ~ 3017
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pat.5313	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Nghiem Thi Thuong, Cao Hong Ha, Nurul Hayati Yusof, Kawahara Seiichi	4. 巻 28
2. 論文標題 Graft copolymerization of methyl methacrylate and vinyltriethoxysilane binary monomers onto natural rubber	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Polymer Research	6. 最初と最後の頁 246
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10965-021-02606-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yamano Masaki, Yamamoto Yoshimasa, Saito Takayuki, Kawahara Seiichi	4. 巻 235
2. 論文標題 Preparation and characterization of vulcanized natural rubber with high stereoregularity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 124271 ~ 124271
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymer.2021.124271	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Gannoruwa Asangi, Zhou Yuanbing, Kosugi Kenichiro, Yamamoto Yoshimasa, Kawahara Seiichi	4. 巻 94
2. 論文標題 ORIGIN OF ENERGETIC ELASTICITY AND ENTROPIC ELASTICITY OF NATURAL RUBBER WITH NANODIAMOND NANOMATRIX STRUCTURE	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Rubber Chemistry and Technology	6. 最初と最後の頁 704 ~ 719
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5254/rct.21.79923	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kawahara Seiichi, Nishioka Hironari, Yamano Masaki, Yamamoto Yoshimasa	4. 巻 4
2. 論文標題 Synthetic Rubber with the Tensile Strength of Natural Rubber	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Applied Polymer Materials	6. 最初と最後の頁 2323 ~ 2328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsapm.1c01508	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Thi Nghiem Thuong, Yusof Nurul Hayati, Kawahara Seiichi	4. 巻 55
2. 論文標題 A polystyrene/silica hybrid nanomatrix formed in natural rubber	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 631 ~ 637
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-022-00753-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Nguyen Lam Ba, Van Nguyen Hoang, Vu Cuong Quoc, Cao Ha Hong, Van Nguyen Anh, Kawahara Seiichi, Nghiem Thuong Thi	4. 巻 63
2. 論文標題 Insights into self healing performance of epoxidized deproteinized natural rubber/graphene oxide composite	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Polymer Engineering & Science	6. 最初と最後の頁 1781 ~ 1791
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pen.26324	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Akahori Yayoi, Kawahara Seiichi	4. 巻 123
2. 論文標題 Effect of water on the accelerated sulfur vulcanization of natural rubber	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Polymer Testing	6. 最初と最後の頁 108030 ~ 108030
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymertesting.2023.108030	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kim Bunsreyneang, Boonkerd Kanoktip, Kawahara Seiichi	4. 巻 34
2. 論文標題 Structure and mechanical properties of natural rubber vulcanized with various zinc oxide nanoparticles	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Polymers for Advanced Technologies	6. 最初と最後の頁 3003 ~ 3010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pat.6123	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Nghiem Thuong Thi, Nguyen Ba Lam, Huyen Luu Thanh, Kawahara Seiichi	4. 巻 55
2. 論文標題 A novel approach to prepare self-healing vulcanized natural rubber using tetramethylthiuram disulfide	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 1097 ~ 1102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-023-00818-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Thuong Nghiem Thi, Lam Nguyen Ba, Van Hoang Nguyen, Ha Cao Hong, Van Anh Nguyen, Binh Bui Thi Thanh, Nghia Phan Trung, Yusof Nurul Hayati, Huyen Luu Thanh, Kawahara Seiichi	4. 巻 31
2. 論文標題 Preparation and characterization of deproteinized natural rubber/graphene oxide composite	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Polymer Research	6. 最初と最後の頁 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10965-023-03815-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Thuong Nghiem Thi, Quang Le Dinh, Cuong Vu Quoc, Ha Cao Hong, Lam Nguyen Ba, Kawahara Seiichi	4. 巻 15
2. 論文標題 Modification of graphene oxide and its effect on properties of natural rubber/graphene oxide nanocomposites	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Beilstein Journal of Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 168 ~ 179
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3762/bjnano.15.16	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Nguyen Thu Ha, Pham Thi Lan, Cao Anh Quan, Nguyen Tuan Anh, Vu Xuan Minh, Le Thi My Hanh, Le Van Thuan, Kawahara Seiichi, Tran Dai Lam	4. 巻 32
2. 論文標題 Biocompatible membrane from the natural rubber-grafted-(2-hydroxyethyl methacrylate) and its metal removal application	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Macromolecular Research	6. 最初と最後の頁 313 ~ 324
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13233-023-00232-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計68件（うち招待講演 17件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 河原成元
2. 発表標題 Discovery of Nanomatrix Structure of Natural Rubber and Its Application
3. 学会等名 12th RMUTNC and 11th RMUTIC (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河原成元
2. 発表標題 天然ゴムのナノ海島構造の発見とその応用
3. 学会等名 第71回高分子学会年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本祥正、佐藤皓大、佐々木杏奈、河原 成元
2. 発表標題 天然ゴムラテックスのスプレー乾燥および加硫におけるその効果
3. 学会等名 第71回高分子学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河原成元、遠藤航太、山本祥正
2. 発表標題 ポリスチレンのナノマトリックス構造を有する天然ゴムの動的粘弾性
3. 学会等名 第71回高分子学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masaki Yamano, Yoshimasa Yamamoto, Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Preparation and characterization of vulcanized natural rubber with high stereoregularity
3. 学会等名 第71回高分子学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山野将輝、河原成元
2. 発表標題 ステアリン酸亜鉛を用いた高立体規則制加硫天然ゴムの調整と物性
3. 学会等名 日本ゴム協会 2022年年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Bunsreyneang Kim, Kanoktip Boonkerd, Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Cure characteristics and mechanical properties of natural rubber when using various ZnO nanoparticles as curing activator
3. 学会等名 日本ゴム協会 2022年年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 天然ゴムの硫黄促進剤加硫に及ぼす水分の影響
2. 発表標題 赤堀弥生、河原成元、日座操
3. 学会等名 日本ゴム協会 2022年年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本祥正、佐藤皓大、佐々木杏奈、河原成元
2. 発表標題 天然ゴムラテックスのスプレー乾燥および加硫に
3. 学会等名 日本ゴム協会 2022年年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Discovery of island-nanomatrix structure of natural rubber and its application to synthetic cis-1,4-Polyisoprene
3. 学会等名 the German Rubber Conference and the International Rubber Conference (IRC) 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河原成元、山本祥正
2. 発表標題 ナノマトリックスをネットワークとするゴム状ポリマーの創製と物性
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 KIM Bunsreyneang、Kanoktip Boonkerd、Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Cure characteristics and mechanical properties of natural rubber prepared with ZnO nanoparticles
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masaki Yamano, Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Effect of proteins on the stereoregularity and mechanical properties of vulcanized natural rubber
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Vulcanization mechanism of natural rubber
3. 学会等名 RubberCon2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 天然ゴムの加硫と伸長結晶化
3. 学会等名 第 70 回レオロジー討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Preparation and Mechanical Properties of Vulcanized Natural Rubber with High Stereoregularity
3. 学会等名 14th Fall Rubber Colloquium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河原成元、山野将輝、山本祥正
2. 発表標題 天然ゴムの加硫，伸長結晶化，引張強度
3. 学会等名 第33回エラストマー討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本祥正、佐藤皓大、佐々木杏奈、河原成元
2. 発表標題 スプレー乾燥により調製した天然ゴムの構造と物性
3. 学会等名 第33回エラストマー討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Quentin Tevenot , Seiichi Kawahara
2. 発表標題 ATRP-ARGET of styrene monomer onto a modified natural rubber latex as a macro-initiator
3. 学会等名 第33回エラストマー討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Structure and Properties of Vulcanized Natural Rubber
3. 学会等名 The Rubber- Elastomer Technology Association (RETA) International Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Development of Sustainable Natural Rubber Ecosystem toward Creation of New Industry
3. 学会等名 American Chemical Society Rubber Division, Spring Meeting, (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Discovery of nanomatrix structure playing important role in degradation and vulcanization of natural rubber
3. 学会等名 German Rubber Society, Elastomer Symposium 2021, (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Discovery of Nanomatrix Structure of Natural Rubber and Structural Design of Its Mimetic Composites
3. 学会等名 The Society of Polymer Science, Japan, 4th G ' L ' owing Polymer Symposium in KANTO, (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Discovery of Nanomatrix Structure of Natural Rubber and Preparation of Its Mimetic Composites
3. 学会等名 International Rubber Conference organization, RubberCon2021, (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河原成元
2. 発表標題 ゴム劣化の基礎
3. 学会等名 日本ゴム協会, 第270回ゴム技術シンポジウム ゴム・エラストマーの環境劣化とその防止技術(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河原成元
2. 発表標題 天然ゴム化学の創成
3. 学会等名 日本ゴム協会, 東海支部 2021 年度アドバンスセミナー(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河原成元
2. 発表標題 持続可能な天然ゴムエコシステム・新しいソフトマテリアル開発
3. 学会等名 日本化学会, 第11回CSJ化学フェスタ2021(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河原成元
2. 発表標題 天然ゴムのナノ海島構造の発見とその模倣ナノコンポジットの創製
3. 学会等名 SPE日本支部, 新規高機能ゴム材料および開発技術(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河原成元
2. 発表標題 長岡技術科学大学河原研究室
3. 学会等名 日本ゴム協会, 関東支部見学会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山野将輝, 河原成元, 西岡央成, 山本祥正
2. 発表標題 ナノマトリックス構造を有する合成シスポリイソプレンの調製と物性
3. 学会等名 日本ゴム協会, エラストマー討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 瀬下涼太, 河原 成元
2. 発表標題 非ゴム成分が天然ゴムの加硫に及ぼす影響
3. 学会等名 日本ゴム協会, エラストマー討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 LUU THANH HUYEN, 河原成元
2. 発表標題 天然ゴムの加硫に及ぼすMgO ナノ粒子の効果
3. 学会等名 日本ゴム協会, エラストマー討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木大輔, 河原成元
2. 発表標題 ポリアダマンチルメタクリレートのナノマトリックス構造を有する天然ゴムの調製と物性
3. 学会等名 日本ゴム協会, エラストマー討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河原成元, 佐藤 皓大, 山本 祥正
2. 発表標題 天然ゴムにおけるZnの分散へのタンパク質の効果
3. 学会等名 日本ゴム協会, エラストマー討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木大輔, 河原成元
2. 発表標題 ポリアダマンチルメタクリレートのナノマトリックス構造を有する天然ゴムの調製と物性
3. 学会等名 高分子学会, 北陸支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山野将輝, 西岡央成, 山本祥正, 河原成元
2. 発表標題 ナノマトリックス構造を有する合成シスポリイソプレンの調製と物性
3. 学会等名 高分子学会, 北陸支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 瀬下涼太, 河原成元
2. 発表標題 非ゴム成分が天然ゴムの加硫に及ぼす影響
3. 学会等名 高分子学会, 北陸支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河原成元, 佐藤皓大, 山本祥正
2. 発表標題 天然ゴムの加硫におけるタンパク質の効果
3. 学会等名 高分子学会, 討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本祥正, 遠藤航太, 河原成元
2. 発表標題 ナノマトリックス構造を有する天然ゴムのエントロピー弾性とエネルギー弾性の同時発現
3. 学会等名 高分子学会, 討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山野将輝, 山本祥正, 河原成元
2. 発表標題 ゴムNMR法による加硫天然ゴムの構造解析
3. 学会等名 高分子学会, 討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河原成元, 西岡央成, 山本祥正
2. 発表標題 ナノマトリックス構造を有する合成ゴムの調製と物性
3. 学会等名 高分子学会, 年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山野将輝, 河原成元
2. 発表標題 ゴムNMR法を用いた加硫天然ゴムの構造解析
3. 学会等名 日本ゴム協会, 年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 赤堀弥生, 日座操, 河原成元
2. 発表標題 Effect of water on the ionic reaction of natural rubber
3. 学会等名 日本ゴム協会, 年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 KRITIDECH PAMANULUK, SATO KOTA, YAMAMOTO YOSHIMASA, KAWAHARA SEIICHI
2. 発表標題 Effect of nanomatrix structure on vulcanization of natural rubber
3. 学会等名 日本ゴム協会, 年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河原成元, Nghiem Thi Thuong, 山本祥正
2. 発表標題 ハイブリッドナノ海島構造を有する天然ゴムの調製と物性
3. 学会等名 日本ゴム協会2023年年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 福重航大, 河原成元
2. 発表標題 タンパク質が加硫天然ゴムのシリカ分散/凝集に及ぼす影響
3. 学会等名 日本ゴム協会2023年年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 李斗南, 河原成元
2. 発表標題 キトサンナノ粒子を用いた天然ゴムナノコンポジットの調製
3. 学会等名 日本ゴム協会2023年年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Quentin TEVENOT, Seiichi KAWAHARA
2. 発表標題 RGET-ATRP of styrene onto a modified natural rubber latex as Macro-Initiator
3. 学会等名 日本ゴム協会2023年年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Pamanuluk KRITIDECH, Seiichi KAWAHARA, Yoshimasa YAMAMOTO
2. 発表標題 Effect of polyacrylonitrile-nanomatrix on vulcanization of proteins-free NR
3. 学会等名 日本ゴム協会2023年年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 徐紹倫, 山野将輝, 河原成元
2. 発表標題 天然ゴムの加硫におけるシリカおよびシランカッ プリング剤の効果
3. 学会等名 日本ゴム協会2023年年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山本祥正, 佐々木杏奈, 河原成元
2. 発表標題 スプレー乾燥により調製した天然ゴムの構造と物性
3. 学会等名 日本ゴム協会2023年年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 河原成元, 山野将輝, 山本祥正
2. 発表標題 加硫天然ゴムの構造と伸長結晶化
3. 学会等名 第72回高分子学会年次大会, 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 河原成元, Nghiem Thi Thuong, 山本祥正
2. 発表標題 ハイブリッドナノ海島構造を有する天然ゴムの調製
3. 学会等名 第72回高分子学会年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山本祥正, 石井 宏幸, 河原 成元
2. 発表標題 ナノマトリックスチャネルを有するプロトン伝導性高分子電解質膜の調製
3. 学会等名 第72回高分子学会年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Seiichi KAWAHARA
2. 発表標題 Analyses of Crosslinking Junction, Strain-induced Crystallization and Mechanical Properties of Vulcanized Natural Rubber
3. 学会等名 RubberCon2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Seiichi KAWAHARA
2. 発表標題 Establishment of Natural Rubber Chemistry toward Low Carbon Society
3. 学会等名 International Polymer Conference of Thailand (PCT-13), 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 河原成元, 山野将輝, 山本祥正
2. 発表標題 天然ゴムの加硫および物性におけるタンパク質の効果
3. 学会等名 第72回高分子討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 河原成元, 山野将輝, 山本祥正
2. 発表標題 ゴム 法による加硫天然ゴムの構造解析
3. 学会等名 第72回高分子討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山本祥正, 佐々木杏奈, 河原 成元
2. 発表標題 天然ゴムのスプレー乾燥におけるタンパク質の影響
3. 学会等名 第72回高分子討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山本祥正, 石井宏幸, 河原 成元
2. 発表標題 ナノマトリックスチャネルを有するプロトン伝導性高分子電解質膜の調製
3. 学会等名 第72回高分子討論会, 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 秋山直輝, 河原成元, 山野将輝
2. 発表標題 ARGET-ATRPによるスチレンおよびメタクリル 酸メチルの天然ゴムへのグラフト共重合
3. 学会等名 第34回エラストマー討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐々木杏奈, 河原成元, 山野将輝
2. 発表標題 ナノ粒子のガラス転移温度がナノ海島構造を有する天然ゴムの物性に及ぼす影響
3. 学会等名 第34回エラストマー討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鈴木絢斗, 山野将輝, 河原成元
2. 発表標題 ヒドロキシアパタイト - 天然ゴム複合材料の調製 と物性
3. 学会等名 第34回エラストマー討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 阿部大輔, 河原成元, 山野将輝
2. 発表標題 ゴムNMR法を用いた天然ゴムの加硫機構に関する研究
3. 学会等名 第34回エラストマー討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山野将輝, 河原成元
2. 発表標題 ゴム状態NMR法による加硫天然ゴムおよび加硫 脱タンパク質化天然ゴムの構造解析
3. 学会等名 第34回エラストマー討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 渡邊涼太, 河原成元, 山野将輝
2. 発表標題 過酸化物架橋天然ゴムの構造と物性
3. 学会等名 第34回エラストマー討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 河原成元, 山野将輝, 山本祥正
2. 発表標題 ナノマトリックスを構造体としてのネットワークとするゴム状ポリマーの調製と物性
3. 学会等名 第34回エラストマー討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山本祥正, 佐々木杏奈, 河原成元
2. 発表標題 スプレー乾燥により調製した天然ゴムおよび脱タンパク質化天然ゴムの構造と物性
3. 学会等名 第34回エラストマー討論会, 2023
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	山本 祥正  (Yamamoto Yoshimasa)  (90444190)	東京工業高等専門学校・物質工学科・准教授   (52601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------