

令和 2 年 6 月 17 日現在

機関番号：13102

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H02291

研究課題名(和文)有機無機ナノマトリックス構造化学の創成

研究課題名(英文)Creation of chemistry in organic-inorganic nanomatrix structure

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) 36,000,000円

研究成果の概要(和文)：有機無機ナノマトリックス構造を有する有機材料を創製することにより、新しい物性や機能を発現させるための学理を確立する検討を行った。まず、水中で無機ナノ粒子を高分子マイクロ粒子に結合してから凝固または成膜することにより、無機ナノ粒子を充填した厚さ数nmのマトリックスに多量成分の高分子マイクロ粒子を分散した有機無機ナノマトリックス構造を有する有機材料を調製した。次に、有機無機ナノマトリックス構造を有する有機材料はエントロピー弾性とエネルギー弾性を併せ持つことを見出した。エネルギー弾性は、無機ナノ粒子間に存在する高分子が拘束され、変形によりポテンシャルエネルギーが増加したこと起因することを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

有機無機ナノマトリックス構造は、本申請者らが天然ゴムの構造解析を行う過程で発見したナノマトリックス構造に基づく独創的な新概念である。これは、コロイド結晶、ナノコンジットおよびハイブリット材料とは異なり、高分子マイクロ粒子だけではなく無機ナノ粒子の配置構造を精密制御することにより物性や機能をチューニングできる可能性を秘めている。また、有機無機ナノマトリックス構造は、有機材料の物性が多量成分とマトリックス成分に支配されるという経験則に基づき、多量成分の有機物質およびマトリックス成分の無機物質の優れた物性と機能を相乗的に発現できることから、その社会的意義および産業的意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：This study was devoted to an establishment of a new scientific principle for generation of outstanding properties and functions by preparing organic materials with an organic-inorganic nanomatrix structure. The organic materials with the organic-inorganic nanomatrix structure were prepared by binding inorganic nanoparticles onto polymer microparticles in water followed by coagulation or film formation. The organic materials with the organic-inorganic nanomatrix structure was found to have not only entropic elasticity but also energetic elasticity by adjusting spacial distribution of organic microparticles and inorganic nanoparticles. The energetic elasticity was attributed to an increase in potential energy due to a restraint of the polymers in a narrow space between the inorganic nanoparticles, i.e., less than 10 nm, which was revealed by synchrotron radiation X-ray scattering technique, three-dimensional transmission electron microscopy and atomic force microscopy.

研究分野：高分子材料関連分野

キーワード：ナノマトリックス構造 有機材料 無機ナノ粒子 高分子マイクロ粒子 動的粘弾性

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ナノマトリックス構造(図1)は、直径数 $\mu\text{m}$ のゴム粒子が厚さ数十 nm のタンパク質や脂質のマトリックス(ナノマトリックス)に分散した不均一構造であり、天然ゴムの構造解析を行う過程で発見された自然界に存在するナノ構造である<sup>1)</sup>。この構造は、熱力学的に平衡な海島構造とは異なり、多量成分の分散質と少量成分のマトリックスから構成されるため、多量成分の物性と少量成分の物性を相乗的に兼ね備えることができる新しい構造として注目を集めている<sup>2)</sup>。そこで、ナノマトリックス構造における、ゴム粒子を高分子マイクロ粒子に、タンパク質や脂質のナノ粒子を無機ナノ粒子に置き換えることにより、有機無機ナノマトリックス構造を形成し、新たな物性や機能を発現させる学理を確立することを目標とした。

有機物質と無機物質を掛け合わせる試みは、ナノコンポジットや有機無機ハイブリッド材料として検討されている。ナノコンポジットは自動車や家電製品等の部材として社会実装され<sup>3)</sup>、有機無機ハイブリッド材料は「元素ブロック高分子材料の創出」として科研費新学術領域研究(2012~2016年度)に発展し<sup>4)</sup>、基礎研究だけでなく応用展開も行われている。また、ナノ構造体は、バルクとは異なる特異な物性を示すことに基づき<sup>5)</sup>、新しい物性や機能の発現を目指した研究が行われている。これに対し、国外においては、「ナノ」をキーワードにした大型プロジェクト研究が既にスタートしている。例えば、米国の

National Science

Foundation (NSF) は、高

分子のナノ相分離構造の

精密制御、インフォメーシ

ョン技術に応用可能なナ

ノデバイス等の技術開

発、インプラネーション

に関するナノテクノロジー

開発およびナノバイオテ

クノロジーの開発を精力的

に支援している。また、欧

州連合(EU)は、欧州型

オープン・イノベーション

システムとして Framework

program-7 (FP-7) を構築

し、インフォメーション

や先端エンジニアリング

材料および技術に

関するナノテクノロジーへ

の研究を支援して

いる。これら国内外の研究

は、新規材料の創成に繋

がる可能性を有している

が、概念的には従来から

研究されてきたナノテ

クノロジーの範疇に入る

ものである。それ故、

最近では、新概念の創

出に向けた研究が強く

求められている。

ナノマトリックス構造

は、本申請者が発見

した独創的なナノ構造

であり、新しい物性

や機能の発現が期待

できる不均一構造

である。例えば、ポリ

スチレンナノ粒子のナ

ノマトリックスを有

する天然ゴム(図2)

では、粘弾性体であ

りながら周波数に依

存しない動的粘弾性<sup>6)</sup>

、バルクの1/3の体

積分率であるにもか

かわらず3倍のプロ

トン伝導度(表1)<sup>7)</sup>

、未加硫であるに

かかわらず加硫

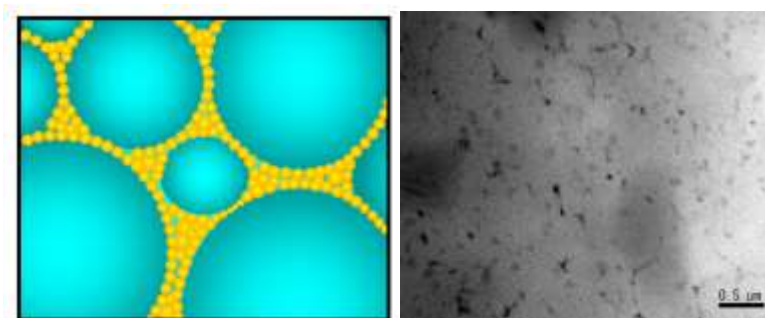
ゴムと同程度の引

張強度<sup>8)</sup>、二律背

反とされるエントロ

ピー弾性とエネル

ギー弾性の同時発



(A)

(B)

図1 ナノマトリックス構造(模式図(A)、天然ゴム(B))

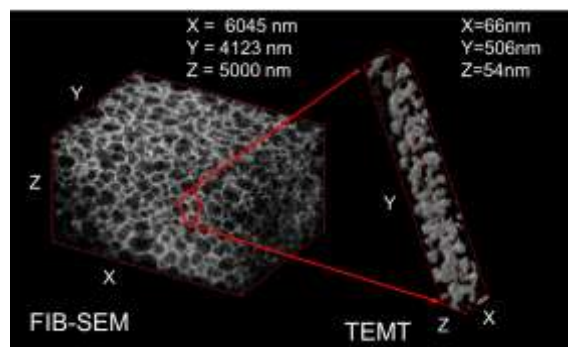


図2 ポリスチレンナノ粒子のナノマトリックスを有する天然ゴムの3次元SEMおよび3次元TEMイメージ

表1 プロトン伝導度

試料	プロトン伝導度 (S/cm)
スルホン化ポリスチレンをナノマトリックスとする天然ゴム	$9.5 \times 10^{-2}$
スルホン化ポリスチレン	$3.2 \times 10^{-2}$
Nafion®117 (フッ素系電解質)	$8.0 \times 10^{-2}$

2. 研究の目的

本研究では、有機無機ナノマトリックス構造を有する有機材料を創製することにより、新しい物性や機能を発現させるための学理を確立することを目的とした。まず、水に分散させた直径数 $\mu\text{m}$ の高分子マイクロ粒子に無機ナノ粒子を化学的および物理的に結合させてから凝固することにより、少量成分の無機ナノ粒子が密に充填されたマトリックスに多量成分の高分子マイクロ粒子を分散させた有機無機ナノマトリックス構造を形成した。化学結合は、高分子マイクロ粒子に無機ナノ粒子のプレカーサーを含むビニルモノマーをグラフト共重合させながら加水分解と縮合を行うことにより形成した。無機ナノ粒子および高分子マイクロ粒子の配置構造を変化させながら動的粘弾性および引張強度を測定することにより、有機無機ナノマトリックス構造と物性および機能との関係を解明する検討を行った。

### 3. 研究の方法

ナノマトリックス構造は水プロセス(図 3)で形成する検討を行った。高分子マイクロ粒子として天然ゴムを使用し、無機ナノ粒子としてナノダイヤモンドおよびシリカナノ粒子を使用した。天然ゴムとナノダイヤモンドの間に化学結合を形成するため、天然ゴムラテックスとナノダイヤモンドのスラ

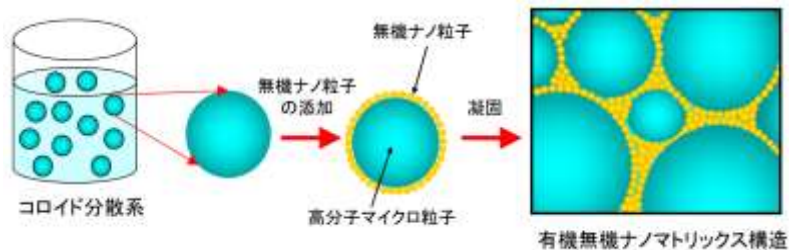


図 3 有機無機ナノマトリックスの形成方法 (水プロセス)

リーを混合し、ラジカル開始剤を加えて反応を行った。一方、天然ゴムとシリカナノ粒子の間に化学結合を形成するため、高分子マイクロ粒子に無機ナノ粒子のプレカーサーをグラフト共重合しながらゾルゲル反応を行うことにより高分子マイクロ粒子と無機ナノ粒子の間に化学結合を形成した<sup>9)</sup>。

#### 3. 1 試薬・試料

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(TBHP)、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(VTES)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。天然ゴムラテックスは、市販の高アンモニア天然ゴム(HANR)ラテックス(乾燥ゴム含有率(DRC)60w/w%)を使用した。

#### 3. 2 脱タンパク質化天然ゴムの調製

DRCを30w/w%に調整したHANRラテックスにSDS1w/w%と尿素0.1w/w%を加え、室温で1時間インキュベーションを行った後、遠心分離(15℃、10,000g、30min)を行い、漿液とクリーム分に分離した。このクリーム分にSDS水溶液に加え、SDS0.1w/w%、DRC30w/w%の条件で再分散を行った。遠心分離と再分散を2回行った後、最終的に得られたクリーム分をSDS0.5w/w%、DRC30w/w%の条件で再分散を行うことで脱タンパク質化天然ゴム(DPNR)ラテックスを調製した。

#### 3. 3 ナノダイヤモンドからなるナノマトリックス構造を有する天然ゴムの調製

ナノダイヤモンド(住石マテリアルズSCMファインダイア)は、濃アンモニア水に混合し、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、21kHz(10W)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、TBHP/TEPA( $6.6 \times 10^{-2}$  mol/kg-rubber)をラジカル開始剤として40℃で4時間反応を行った。ラテックスはシャーレに展開し、50℃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)フィルムを調製した。

#### 3. 4 シリカナノ粒子からなるナノマトリックス構造を有する天然ゴムの調製

DRCを20w/w%に調整したDPNRラテックスをセパラブルフラスコに入れ、1時間窒素置換を行った。窒素雰囲気下、200rpmで攪拌しながら、有機レドックス系開始剤であるTBHP/TEPA、ビニルトリエトキシシラン(VTES)を順に滴下し、30℃で2時間重合を行った。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、脱タンパク質化天然ゴム-ビニルトリエトキシシラングラフト共重合体(DPNR-graft-silica)ラテックスを得た。得られたラテックスをシャーレにキャストし、50℃で1週間減圧乾燥することによりDPNR-graft-silicaフィルムを調製した。

#### 3. 5 灰分測定およびモノマー反応率測定

DPNRフィルムを1mm片に切り、恒量に達したるつぼに入れ、ガスバーナーを用いて弱火で加熱した。白煙が上からなくなってきたら蓋をし、恒量に達するまで強火で繰り返し加熱を行った。得られた残留物重量よりDPNRの灰分含有率を算出した。DPNR-graft-silicaにおいても同様の操作を行い、残留物重量からシリカ含有率及びモノマー反応率を算出した。

#### 3. 6 ゲル含有率測定

DPNR、DPNR-NDおよびDPNR-graft-silica(40mg)を1mm片に切り、乾燥トルエン40mlに浸漬し、暗所で一週間静置してから、15℃、10,000g、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. 7 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200kVで行った。

#### 3. 8 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1mm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200mm/minで測定を行った。

#### 3. 9 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12mmの平行円板を用いた。試料には厚さ約1mmのフィルムを直径12mm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℃、1Nの力を45分間かけることによって行った。最初に周波数1Hz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0.1~10Hz、温度-70~140℃で周波数依存性を測定した。

#### 4. 研究成果

##### 4.1 ナノダイヤモンドのナノマトリックス構造

図4にTBHP/TEPAを加えて調製したDPNR-NDのモルフォロジーのナノダイヤモンド含有率への依存性を示す。ここで、明るい領域はDPNR、暗い領域はナノダイヤモンドである。ナノダイヤモンド含有率が10および20 w/w%のとき、DPNRのマトリックスにナノダイヤモンドの2次粒子が分散した海島構造が形成された。これは、DPNRの粒子が互いに融着し、マトリックスを形成したことによるものと考えられる。一方、ナノダイヤモンド含有率が30および40 w/w%のとき、厚さ数10 nmのナノダイヤモンドのマトリックスにDPNRの粒子が分散したナノマトリックス構造が形成された。これは、ナノダイヤモンド含有率が高くなり、ラテックスの状態でDPNR粒子の表面をナノダイヤモンドが化学結合を形成しながら覆ったことによるものと考えられる。図5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5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密に分散し、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6にDPNR-NDの応力-歪曲線を示す。ナノダイヤモンドの含有率が0、10および20 w/w%と高くなるのにしたが、破断応力の値は大きくなり、破断伸びの値は小さくなった。一方、ナノダイヤモンドの含有率が30および40 w/w%では、破断応力および破断伸びの値は約17 MPaおよび約5とほぼ同じであった。図4に示すように、TBHP/TEPAを加えて調製したDPNR-NDは、ナノダイヤモンド含有率が30 w/w%以上でナノダイヤモンドナノマトリックス構造を形成していた。これにより、ナノダイヤモンドナノマトリックス構造を形成したDPNR-NDの物性はナノダイヤモンド含有率に依存せずほぼ同程度であったが、ナノマトリックス構造を形成していないDPNR-NDの物性はナノダイヤモンド含有率に依存して変化することが明らかとなった。

ナノダイヤモンドの隙間に天然ゴムが存在していることは、AFMによるナノ触診により検証することができる。天然ゴムの弾性率は約6 MPaであり、ナノダイヤモンドの弾性率は数百GPaであるため、ナノダイヤモンドの隙間に天然ゴムが完全に充填されていれば、ナノ触診のタッピングモードで求めた弾性率の値は数MPaと数百GPaの間で変化するはずである。加えて、ナノダイヤモンドはカーボン材料であり、SP2炭素からなるグラファイト表面を有しているため、ラジカルが発生する場合、天然ゴムのアリル位に生じたラジカルとナノダイヤモンドのグラファイト表面に生じたラジカルが再結合することにより化学結合が形成される可能性が高い。この場合、バウンドラバーと呼ばれる硬いゴムの層がナノダイヤモンドの表面に形成されるため、ナノダイヤモンド間の天然ゴムの弾性率は高くなると考えられる。図7にDPNR-NDの500nm×500nm範囲の弾性率マップを示す。

弾性率の値は $10^6$  Paから $10^8$  Paまで大きく変化した。とりわけ、弾性率の値が $10^8$  Paの領域は硬い層の中心付近に点在していた。この弾性率マップの領域に関して作成した弾性率のヒストグラム(図7(A))には、弾性率の値が $10^6$  Pa付近の分布と $10^7$  Pa付近の分布が重なり、二峰性の分布になっていることが示された。図7(A)の弾性率のヒストグラムを天然ゴムの領域とナノダイヤモンドを含む領域とに分けて図7(B)と図7(C)に示す。図7(B)に示した天然ゴムの領域の弾性率のヒストグラムは、弾性率の値が1.3 MPaを中心とする単峰性の分布を示した。これは、天然ゴムの領域にナノダイヤモンドは存在していないという図4のTEM観察の結果と一致する。一方、図7(C)に示した天然

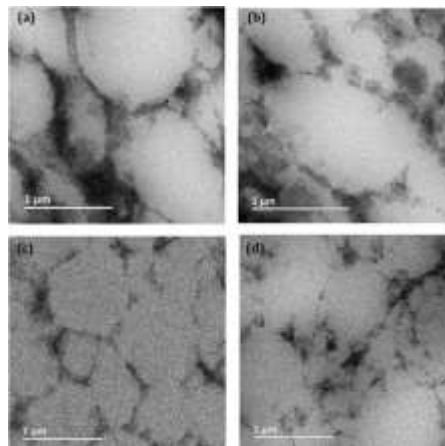


図4 DPNR-NDのTEM写真  
(a) 40, (b) 30, (c) 20 (d) 10 w/w% ND

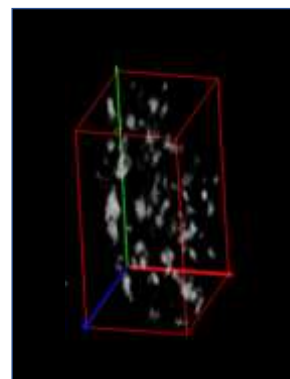


図5 DPNR-NDの3D-TEM写真  
X 75.6 nm, Y 154.1 nm, Z 105.8

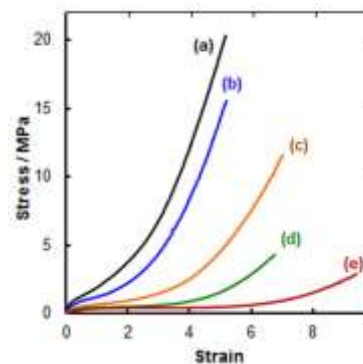


図6 DPNR-NDの応力-歪曲線  
(a) 40, (b) 30, (c) 20, (d) 10, (e) 0 w/w% ND

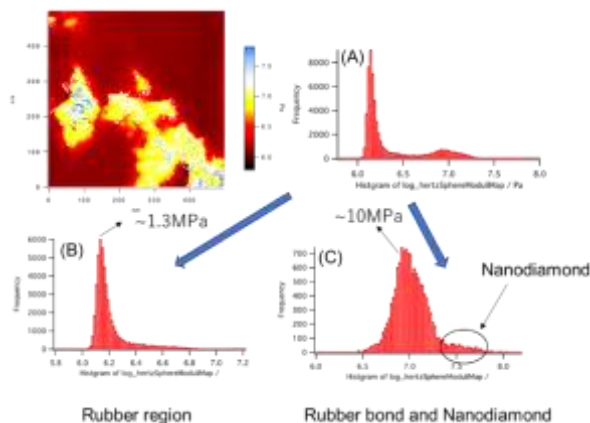


図7 DPNR-NDの弾性率マップ

ゴムおよびナノダイヤモンドから構成されるナノコンポジットの領域の弾性率のヒストグラムは  $10^7$  Pa を中心とする大きな分布と  $10^{7.5}$  Pa を中心とする小さな分布が重なっていた。 $10^7$  Pa を中心とする大きな分布はナノダイヤモンドに結合した天然ゴム(バウンドラバー)であり、 $10^{7.5}$  Pa を中心とする小さな分布はゴム中に埋め込まれたナノダイヤモンドがゴムのクッション効果により弾性率の値が小さくなって現れたものと考えられる。これにより、天然ゴムおよびナノダイヤモンドから構成されるナノコンポジットの領域はナノダイヤモンドに結合したバウンドラバーとしての硬い天然ゴムにナノダイヤモンドが規則的に分散していることが明らかとなった。

#### 4. 2 シリカナノ粒子のナノマトリックス構造

図 8(a)および(b) にシリカ含有率が 2.8 w/w% および 5.7 w/w% の DPNR-*graft-silica* の TEM 写真を示す。ここで、明るい領域は天然ゴム、暗い領域はシリカである。いずれの試料においても、直径約 40~200 nm 程度のシリカ粒子が形成されていることが観察された。シリカ含有率 7.5 w/w% の DPNR-*graft-silica* では、多量成分である天然ゴム粒子が少量成分であるシリカ粒子のナノマトリックスに分散し、ナノマトリックス構造が形成されていることが示された。これに対し、シリカ含有率 2.8 w/w% の DPNR-*graft-silica* では、天然ゴム粒子同士が互いに融着することによりマトリックスを形成し、ナノマトリックス構造は崩壊していることが示された。

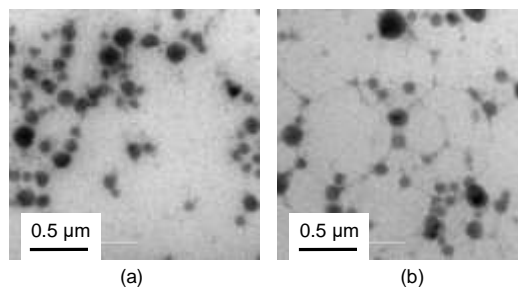


図 8 DPNR-*graft-silica* の TEM 写真  
(a) 2.8 w/w%, (b) 5.7 w/w% silica content

図 9 に DPNR および DPNR-*graft-silica* の横シフトファクター ( $a_T$ ) の温度依存性を示す。点線は、DPNR に関して WLF 式から見積もった  $a_T$  の値である。

$$\log a_T = \frac{C_1(T - T_r)}{C_2 + (T - T_r)}$$

ここで、 $T$  は測定温度、 $T_r$  は参照温度 ( $-62.5$  °C) であり、 $C_1$  および  $C_2$  は  $-13.2$  および  $47.4$  である。すべての試料において、 $a_T$  の温度依存性は WLF 式を用いて見積もった値とほぼ一致していたことから、DPNR-*graft-silica* の緩和は天然ゴムの緩和に支配されていることが明らかとなった。

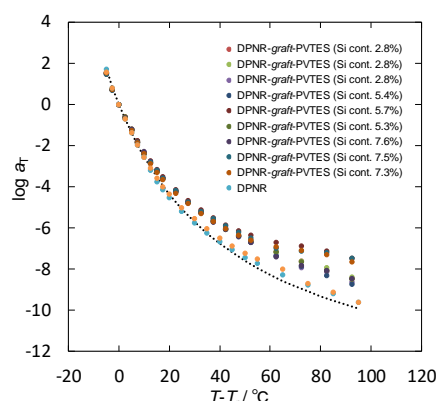


図 9 DPNR-*graft-silica* の  $a_T$

図 10 に DPNR および DPNR-*graft-silica* の縦シフトファクター ( $b_T$ ) の温度依存性を示す。DPNR の  $b_T$  は、ガラス転移温度 ( $T_g$ ) 以下で負の傾きとなり、 $T_g$  以上で正の傾きとなった。五十野らの報告<sup>10)</sup>に基づき、天然ゴムの弾性は、 $T_g$  以下ではガラス化によりエネルギー弾性となり、 $T_g$  以上ではゴム状態に転移することによりエントロピー弾性になったと考えられる。また、シリカ含有率が 5.4 w/w% 以下の DPNR-*graft-silica* の  $b_T$  は、DPNR と同様に  $T_g$  以上で正の傾きを示した。これに対してシリカ含有率が 5.7 w/w% 以上の DPNR-*graft-silica* の  $b_T$  では、 $T - T_r = 35.7$  °C から  $82.5$  °C でエネルギー弾性を示す負の傾きを示し、 $T - T_r = 92.5$  °C 以上でエントロピー弾性を示す正の傾きを示した。シリカ含有率が 5.7 w/w% 以上の DPNR-*graft-silica* では、ナノマトリックス構造が形成され、エネルギー弾性を示したと考えられる。以上より、DPNR-*graft-silica* は、天然ゴムとシリカから成るナノマトリックス構造を形成することにより、エントロピー弾性とエネルギー弾性を有することが明らかとなった。

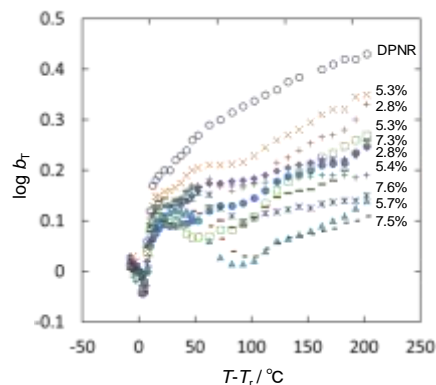


図 10 DPNR-*graft-silica* の  $b_T$

#### <引用文献>

1. S. Kawahara, O. Chaikumpollert, K. Akabori, Y. Yamamoto, *Polym. Adv. Technol.*, **22**, 2665 (2011).
2. 高分子学会 Wiley 賞(2011)、アメリカ化学会 (ACS) Sparks-Thomas 賞(2014).
3. B.K.G. Theng "Formation and Properties of Clay Polymer Complexes", Elsevier, NY 1979.
4. Y. Chujo, T. Saegusa, *Adv. Polym. Sci.*, **100**, 11 (1992).
5. O. Kamigaito, *J. Jpn. Soc. Powder Powder Metall.*, **38**, 315 (1991).
6. S. Kawahara, Y. Yamamoto, S. Fujii, Y. Isono, K. Niihara, H. Jinnai, H. Nishioka, A. Takaoka, *Macromolecules*, **41**, 4510 (2008).
7. S. Kawahara, P. Suksawad, Y. Yamamoto, H. Kuroda, *Macromolecules*, **42**, 8557 (2009).
8. S. Kawahara, T. Kawazura, T. Swada, Y. Isono, *Polymer*, **44**, 4527 (2003).
9. S. Kawahara, Nurul Hayati Yusof, K. Noguchi, K. Kosugi, Y. Yamamoto, *Polymer*, **55**, 5024 (2014).
10. Y. Isono, T. Aoyama, *Nihon Reorogi Gakkaishi*, **41**, 137 (2013).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計28件（うち査読付論文 28件 / うち国際共著 15件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Gannoruwa Asangi, Kawahara Seiichi	4. 巻 34
2. 論文標題 Distribution of Nanodiamond Inside the Nanomatrix in Natural Rubber	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 6861 ~ 6868
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.8b00761	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 Zhou Yuanbing, Yamamoto Yoshimasa, Kawahara Seiichi	4. 巻 91
2. 論文標題 DETERMINATION OF A SUITABLE CONDITION OF GRAFT COPOLYMERIZATION OF VINYLTRIETHOXYSILANE ONTO NR TO FORM NANOMATRIX STRUCTURE	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Rubber Chemistry and Technology	6. 最初と最後の頁 767 ~ 775
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5254/rct.18.81545	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 Nghiem Thi Thuong, Phan Trung Nghia, Seiichi Kawahara	4. 巻 56
2. 論文標題 Detection of isomerization in commercial natural rubber	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Vietnam Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 574 ~ 578
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/vjch.201800050	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 Thuong Nghiem, Trung Nghia Phan, Kawahara Seiichi	4. 巻 7
2. 論文標題 Factors influencing green strength of commercial natural rubber	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Green Processing and Synthesis	6. 最初と最後の頁 399 ~ 403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/gps-2018-0019	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 Yamamoto Yoshimasa, Binti Norulhuda Siti Nadiyah, Nghia Phan Trung, Kawahara Seiichi	4. 巻 156
2. 論文標題 Thermal degradation of deproteinized natural rubber	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Polymer Degradation and Stability	6. 最初と最後の頁 144 ~ 150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymdegradstab.2018.08.003	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 Noguchi Fumitoshi, Zhou Yuanbing, Kosugi Kenichiro, Yamamoto Yoshimasa, Nghia Phan Trung, Fukuda Masao, Kawahara Seiichi	4. 巻 37
2. 論文標題 Effect of strain-induced crystallization on the tear strength of natural rubber/styrene butadiene rubber blend	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advances in Polymer Technology	6. 最初と最後の頁 1850 ~ 1858
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adv.21843	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, Tran Anh Dung, Do Quoc Viet, Nguyen Ngoc Tue, Nguyen Thu Ha, Tran Thi Thuy, Phan Trung Nghia, Yoshimasa Yamamoto and Seiichi Kawahara,	4. 巻 126
2. 論文標題 Removal of Protein from Natural Rubber in Pilot Scale Toward Production of Low Protein Rubber Gloves	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Science and Technology	6. 最初と最後の頁 1 ~ 4
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 該当する

1. 著者名 Yoshimasa Yamamoto, Takuya Ishida, Kenichiro Kosugi, Phan Trung Nghia, Masao Fukuda, Seiichi Kawahara	4. 巻 71 (4)
2. 論文標題 Crystallization Behavior and Mechanical Property of Epoxidized Natural Rubber/Poly(lactic acid) Blend	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Kautsch. Gummi Kunst	6. 最初と最後の頁 32 ~ 38
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 該当する

1. 著者名 Yuka Iwase, Toru Shindo, Hiroaki Kondo, Yoshito Ohtake and Seiichi Kawahara	4. 巻 71 (3)
2. 論文標題 Low Ozone-Resistivity of Isoprene rubber Mixed with a Wax as an Antiozonant at Below Freezing	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Kautsch. Gummi Kunst.	6. 最初と最後の頁 32 ~ 36
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 Nghiem Thi Thuong, 山本祥正, 齊藤貴之, 渡邊智子, 大武義人, 河原成元	4. 巻 30
2. 論文標題 NMR による市販天然ゴムの劣化の解析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 成形加工	6. 最初と最後の頁 437 ~ 443
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 山本祥正, Siti Nadiyah Binti Norulhuda, 齊藤貴之, 大武義人, 河原成元	4. 巻 91
2. 論文標題 天然ゴムおよび脱タンパク質化天然ゴムの熱劣化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本ゴム協会誌	6. 最初と最後の頁 109 ~ 114
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 Gannoruwa Asangi, Sumita Masao, Kawahara Seiichi	4. 巻 126
2. 論文標題 Highly enhanced mechanical properties in natural rubber prepared with a nanodiamond nanomatrix structure	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 40 ~ 47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.polymer.2017.08.025">https://doi.org/10.1016/j.polymer.2017.08.025</a>	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 Sae-heng Kewwarin, Kanya Tanongsak, Choothong Nuorn, Kosugi Kenichiro, Ariyawiriyanan Warunee, Kawahara Seiichi	4. 巻 28
2. 論文標題 Latex-state NMR spectroscopy for quantitative analysis of epoxidized deproteinized natural rubber	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Polymers for Advanced Technologies	6. 最初と最後の頁 1156 ~ 1161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1002/pat.4008">https://doi.org/10.1002/pat.4008</a>	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 Choothong Nuorn, Kosugi Kenichiro, Yamamoto Yoshimasa, Kawahara Seiichi	4. 巻 113
2. 論文標題 Characterization of brominated natural rubber by solution-state 2D NMR spectroscopy	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Reactive and Functional Polymers	6. 最初と最後の頁 6 ~ 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2017.02.004">https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2017.02.004</a>	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 Zhou XiaoLong, Tunmee Sarayut, Suzuki Tsuneo, Phothongkam Pat, Kanda Kazuhiro, Komatsu Keiji, Kawahara Seiichi, Ito Haruhiko, Saitoh Hidetoshi	4. 巻 73
2. 論文標題 Quantitative NEXAFS and solid-state NMR studies of $sp^3 / (sp^2 + sp^3)$ ratio in the hydrogenated DLC films	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Diamond and Related Materials	6. 最初と最後の頁 232 ~ 240
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.diamond.2016.09.026">https://doi.org/10.1016/j.diamond.2016.09.026</a>	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 Thuong Nghiem Thi, Yamamoto Oraphin, Nghia Phan Trung, Cornish Katrina, Kawahara Seiichi	4. 巻 28
2. 論文標題 Effect of naturally occurring crosslinking junctions on green strength of natural rubber	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Polymers for Advanced Technologies	6. 最初と最後の頁 303 ~ 311
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1002/pat.3887">https://doi.org/10.1002/pat.3887</a>	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 K. Kosugi, H. Arai, Y. Zhou, S. Kawahara	4. 巻 102
2. 論文標題 Formation of Organic Inorganic Nanomatrix Structure with Nanosilica Networks and Its Effect on Properties of Rubber	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 106-111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1016/j.polymer.2016.09.005	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 N. T. Thuong, Y. Yamamoto, P. T. Nghia, S. Kawahara	4. 巻 123
2. 論文標題 Analysis of Damage in Commercial Natural Rubber through NMR Spectroscopy	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Polym. Degrad. Stabil.	6. 最初と最後の頁 155-161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2015.11.025	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 N. H. Yusof, K. Kosugi, T. K. Song, S. Kawahara	4. 巻 88
2. 論文標題 Preparation and Characterization of Poly(Stearyl Methacrylate) Grafted Natural Rubber in Latex Stage	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 43-51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1016/j.polymer.2016.02.005	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 S. Miwa, Y. Ohtake, S. Kawahara	4. 巻 128
2. 論文標題 Characterization of Ozone-Degraded Composite of Crosslinked Polydimethylsiloxane with Silica in Water	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Polym. Degrad. Stabil.	6. 最初と最後の頁 193-199
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2016.02.013	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 N. T. Ha, K. Kosugi, P. T. Nghia, S. Kawahara	4. 巻 69(10)
2. 論文標題 Mechanism of Heterogeneous Hydrogenation of Natural Rubber in Latex	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Kautsch. Gummi Kunst.	6. 最初と最後の頁 71-76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) Link to Kautsch. Gummi Kunst.	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 Yusuke Iizuka, Yoshimasa Yamamoto, Seiichi Kawahara	4. 巻 297
2. 論文標題 Latex-State 13C-NMR Spectroscopy for Poly(butyl acrylate)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Colloid Polym. Sci.	6. 最初と最後の頁 133-139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/s00396-018-4444-2">https://doi.org/10.1007/s00396-018-4444-2</a>	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 Seiichi Kawahara, Kewwarin Sae-heng, Kenichiro Kosugi, Warunee Ariyawiriyanan	4. 巻 72(1-2)
2. 論文標題 Mechanism of Prevlcanization of Natural Rubber through Latex-State NMR Spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Kautsch. Gummi Kunst.	6. 最初と最後の頁 26-30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://www.kgk-rubberpoint.de/wp-content/uploads/2019/02/KGK_01-02_2019_26-30.pdf">https://www.kgk-rubberpoint.de/wp-content/uploads/2019/02/KGK_01-02_2019_26-30.pdf</a>	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 Choothong Nuorn, Shioyama Shintaro, Yamamoto Yoshimasa, Kawahara Seiichi	4. 巻 30
2. 論文標題 Preparation of phenyl-modified natural rubber in latex stage	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Polymers for Advanced Technologies	6. 最初と最後の頁 1044 ~ 1050
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1002/pat.4537">https://doi.org/10.1002/pat.4537</a>	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 KEINO Tatsuya, UCHIDA Nozomu, KAWAHARA Seiichi, AKIYAMA Kazuki	4. 巻 17
2. 論文標題 Analysis of Biosynthesis Process of Rubber Using Computational Natural chemistry	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Computer Chemistry, Japan	6. 最初と最後の頁 235 ~ 236
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.2477/jccj.2018-0048">https://doi.org/10.2477/jccj.2018-0048</a>	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 Nguyen Thu Ha, Do Quoc Viet, Tran Anh Dung, Kawahara Seiichi	4. 巻 31
2. 論文標題 Preparation of hydrogenated natural rubber with nanomatrix structure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Polymers for Advanced Technologies	6. 最初と最後の頁 86 ~ 93
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1002/pat.4749">https://doi.org/10.1002/pat.4749</a>	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, Nguyen Linh, Phan Nghia, Yusof Nurul, Kawahara Seiichi	4. 巻 31
2. 論文標題 Formation of an in situ nanosilica nanomatrix via graft copolymerization of vinyltriethoxysilane onto natural rubber	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Polymers for Advanced Technologies	6. 最初と最後の頁 482 ~ 491
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1002/pat.4785">https://doi.org/10.1002/pat.4785</a>	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 Kawahara Seiichi, Gannoruwa Asangi, Nakajima Ken, Liang Xiaobin, Akiba Isamu, Yamamoto Yoshimasa	4. 巻 30
2. 論文標題 Nanodiamond Glass with Rubber Bond in Natural Rubber	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Functional Materials	6. 最初と最後の頁 1909791 ~ 1909791
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1002/adfm.201909791">https://doi.org/10.1002/adfm.201909791</a>	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

〔学会発表〕 計78件（うち招待講演 18件 / うち国際学会 33件）

1. 発表者名 三原大空、野口賢至、河原成元
2. 発表標題 無機フィラー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 日本ゴム協会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 毛利学人、Asangi Gannoruwa、河原成元
2. 発表標題 ナノダイヤモンド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 日本ゴム協会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西岡央成、河原成元、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イソブレンゴムの調製
3. 学会等名 日本ゴム協会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤皓大、河原成元
2. 発表標題 天然ゴムの加硫における非ゴム成分のナノマトリックス構造の効果
3. 学会等名 日本ゴム協会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 太田翔也、河原成元、永谷直人、齋藤俊裕
2. 発表標題 ゴムNMR 法により解析されたクロロプレンゴムの構造と物性の関係
3. 学会等名 日本ゴム協会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本祥正、工藤孝也、河原成元
2. 発表標題 ラテックスの状態での天然ゴムの電気化学的エポキシ化
3. 学会等名 日本ゴム協会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河原成元、山本祥正、齋藤貴之、大武義人
2. 発表標題 Degradation of Natural Rubber and Deproteinized
3. 学会等名 日本ゴム協会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤貴之、仲山和海、大武義人、河原成元
2. 発表標題 NMR 法による加硫天然ゴムの構造解析(2) ~ ゴム1H NMR法による解析 ~
3. 学会等名 日本ゴム協会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西岡 央成、河原 成元、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イソプレンゴムの調製
3. 学会等名 高分子学会第67回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河原 成元、Gannoruwa Asangi、山本 祥正
2. 発表標題 ナノダイヤモンドのナノマトリックス構造を有する天然ゴムの物性
3. 学会等名 高分子学会第67回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 祥正、工藤 孝也、河原 成元
2. 発表標題 二酸化炭素存在下での水プロセスにおける天然ゴムの電気化学的エポキシ化
3. 学会等名 高分子学会第67回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河原 成元、Gannoruwa Asangi、山本 祥正
2. 発表標題 ナノダイヤモンド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 高分子学会第67回討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 祥正、河原 成元
2. 発表標題 電気分解によるエポキシ化天然ゴムおよび臭素化天然ゴムの調製と構造解
3. 学会等名 高分子学会第67回討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西岡 央成、河原 成元、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イソプレンゴムの調製と物性
3. 学会等名 日本ゴム協会第29 回エラストマー討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本祥正、石井宏幸、河原成元
2. 発表標題 天然ゴム製品の溶出タンパク質量と窒素含有率
3. 学会等名 日本ゴム協会第29 回エラストマー討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石井宏幸、山本祥正、河原成元、Phan Trung Nghia
2. 発表標題 天然ゴムの脱タンパク質化反応装置のスケールアップ
3. 学会等名 日本ゴム協会第29 回エラストマー討論会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 河原成元、山本祥正、石井宏幸
2. 発表標題 タンパク質フリー天然ゴムの調製
3. 学会等名 日本ゴム協会第29 回エラストマー討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河原成元、Asangi Gannoruwa、山本祥正
2. 発表標題 ナノダイヤモンドのナノマトリックス構造を有する天然ゴムの力学物性
3. 学会等名 日本ゴム協会第29 回エラストマー討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河原成元、Asangi GannoruwaAsangi、山本祥正
2. 発表標題 ナノダイヤモンドのナノマトリックス構造を有する天然ゴムの力学物性
3. 学会等名 日本レオロジー学会代66回レオロジー討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河原成元
2. 発表標題 ゴム製品のポジティブリスト
3. 学会等名 日本ゴム協会衛生問題技術研究分科会シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河原成元
2. 発表標題 無機ナノ粒子とゴム粒子の複合化による機能発現
3. 学会等名 高分子学会九州支部フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Preparation and Mechanical Properties of Natural Rubber with Nanodiamond Nanomatrix Structure
3. 学会等名 13th Fall Rubber Colloquium (KHK 2018), Germany (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Mechanical Propertise of Natural Rubber with Nanomatrix Structure
3. 学会等名 International Rubber Conference 2018 (IRC2018), Malaysia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Characterization of vulcanized natural rubber through rubber state NMR spectroscopy
3. 学会等名 The International Polymer Conference of Thailand (PCT-8), Thailand (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Structure and Mechanical Properties of Natural Rubber
3. 学会等名 The 4th Thai-Japan Rubber Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Structure of Natural Rubber
3. 学会等名 The 3rd Asia Pacific Rubber Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Structure of Natural Rubber
3. 学会等名 RUBBERCON 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Structure of crosslinking junctions of network polymers through rubber state NMR spectroscopy
3. 学会等名 255th ACS National Meeting & Exposition (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河原成元
2. 発表標題 天然ゴムの構造と物性
3. 学会等名 日本ゴム協会第28回エラストマー討論会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小杉 健一郎，河原 成元
2. 発表標題 高タンパク質化天然ゴムのモルフォロジーと物性
3. 学会等名 日本ゴム協会2016年年次大会（国際学会）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 恩蔵 賢，Nghiem Thi Thuong，小杉 健一郎，河原 成元
2. 発表標題 市販天然ゴムの構造解析
3. 学会等名 日本ゴム協会2016年年次大会（国際学会）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 河原 成元，Nghiem Thi Thuong，小杉 健一郎，山本 祥正
2. 発表標題 NMR法による市販天然ゴムの構造解析
3. 学会等名 日本ゴム協会2016年年次大会（国際学会）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 山本 祥正, 藤田 和杜, Oraphin Yamamoto, 河原 成元, Krisda Suchiva
2. 発表標題 天然ゴムの電子線架橋における促進剤の反応率と物性の関係
3. 学会等名 日本ゴム協会2016年年次大会 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高木 司, 河原 成元
2. 発表標題 有機-無機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 第65回高分子学会年次大会 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 周 遠兵, 河原 成元
2. 発表標題 シリカナノマトリックス構造を有する天然ゴムのモルフォロジーと物性
3. 学会等名 第65回高分子学会年次大会 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Mechanical Properties of Natural Rubber with Silica-Nanomatrix Structure
3. 学会等名 The XVIIth International Congress on Rheology (ICR2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 河原 成元, Sae-heng Kewwarin, 小杉 健一郎
2. 発表標題 ラテックスNMR法による一次構造の定量分析
3. 学会等名 第65回高分子討論会 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 名倉 拓実, 小杉 健一郎, 河原 成元
2. 発表標題 タンパク質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 第65回高分子討論会 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Study on Hierarchal Structure of Natural Rubber
3. 学会等名 International Rubber Conference 2016 (IRC 2016) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kenichiro Kosugi, Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Morphology and Properties of Natural Rubber with Naturally Occurring Nanomatrix Structure
3. 学会等名 International Rubber Conference 2016 (IRC 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kota Endo, Kenichiro Kosugi, Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Effect of Nanomatrix Structure on Mechanical Properties for Natural Rubber Grafted with Polystyrene
3. 学会等名 International Rubber Conference 2016 (IRC 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 名倉 拓実, 河原 成元, 小杉 健一朗
2. 発表標題 タンパク質のナノマトリックスを有する天然ゴムの調製と物性
3. 学会等名 第65回高分子学会北陸支部研究発表会 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 飯塚 悠介, 河原 成元
2. 発表標題 ポリアルキルアクリレートのラテックスNMR分解能と温度の関係
3. 学会等名 第65回高分子学会北陸支部研究発表会 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Effect of Minor Constituents on the Mechanical Properties of Natural Rubber
3. 学会等名 12th Fall Rubber Colloquium (KHK 2016) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Tsukasa Takagi, Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Wet-Masterbatch Procedure for the Preparation of Natural Rubber with Organicinorganic Nanomatrix Structure
3. 学会等名 12th Fall Rubber Colloquium (KHK 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yuanbing Zhou, Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Preparation and Properties of Natural Rubber with Silica Nanomatrix Structure
3. 学会等名 12th Fall Rubber Colloquium (KHK 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 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天然ゴムのFIB加工
3. 学会等名 2016年度高分子基礎物性研究会・高分子計算機科学研究会・高分子ナノテクノロジー研究会 合同討論会 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 周 遠兵, 河原 成元
2. 発表標題 シリカナノマトリックス構造を有する天然ゴムのモルフォロジーと物性
3. 学会等名 2016年度高分子基礎物性研究会・高分子計算機科学研究会・高分子ナノテクノロジー研究会 合同討論会 (国際学会)
4. 発表年 2016年



1. 発表者名 高木 司, 河原 成元
2. 発表標題 ウェットマスターバッチによる有機-無機ナノマトリックス構造を有する天然ゴムの調製
3. 学会等名 2016年度高分子基礎物性研究会・高分子計算機科学研究会・高分子ナノテクノロジー研究会 合同討論会 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Hierarchic Structures and Properties of Natural Rubber
3. 学会等名 9th International Conference on Materials Science and Technology (MSAT-9) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara, Kenichiro Kosugi
2. 発表標題 Structure and Properties of Natural Rubber with Silica Nanomatrix Structure
3. 学会等名 The 11th SPSJ International Polymer Conference (IPC 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Mechanical and Viscoelastic Properties of Natural Rubber Prepared with a Nanodiamond Nanomatrix Structure
3. 学会等名 RubberCon 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Effect of bound rubber on mechanical properties of natural rubber with inorganic nanomatrix structure
3. 学会等名 International Rubber Conference 2019 (IRC2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Preparation and Characterization of Natural Rubber with Nanodiamond Nanomatrix Structure
3. 学会等名 44th International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 程傲然、河原成元
2. 発表標題 水に浸漬したタンパク質フリー天然ゴムの劣化
3. 学会等名 日本ゴム協会2019年年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本祥正、小俣綾香、河原成元
2. 発表標題 ラテックスの状態での天然ゴムの電気化学的エポキシ化における塩基の効果
3. 学会等名 日本ゴム協会2019年年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Iizuka, Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Latex-State <sup>13</sup> C-NMR spectroscopy for poly(butyl acrylate)
3. 学会等名 日本ゴム協会2019年年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara, Nuorn Choothong, Yoshimasa Yamamoto
2. 発表標題 Preparation of Phenyl-modified Natural Rubber in Latex Stage
3. 学会等名 日本ゴム協会2019年年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Quentin TEVENOT, Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Atom transfer radical polymerization of styrene onto natural rubber
3. 学会等名 日本ゴム協会2019年年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡部健人、河原成元、信岡俊宏
2. 発表標題 カップリング剤を配合したナノダイヤモンド複合天然ゴムの調製
3. 学会等名 日本ゴム協会2019年年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河原成元、三原大空、山本祥正
2. 発表標題 ナノダイヤモンドのナノマトリックス構造を有する天然ゴムの物性
3. 学会等名 高分子学会第68回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本祥正、小俣綾香、河原成元
2. 発表標題 天然ゴムの電気化学的エポキシ化における塩基の効果
3. 学会等名 高分子学会第68回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Preparation and Mechanical Properties of Natural Rubber-Nanodiamond Hybrid
3. 学会等名 中日先進高分子材料研究討論会（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河原成元、山本祥正
2. 発表標題 ゴムNMR法による加硫ゴムの構造解析
3. 学会等名 高分子学会第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河原成元、山本祥正
2. 発表標題 天然ゴム-ナノダイヤモンドハイブリッドの力学物性
3. 学会等名 高分子学会第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本祥正、三原大空、河原成元
2. 発表標題 天然ゴムと無機フィラーからなるナノマトリックス構造の形成と力学物性
3. 学会等名 高分子学会第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本祥正、三原大空、河原成元
2. 発表標題 ナノマトリックス構造を有するシリカ含有天然ゴムの調製と力学物性
3. 学会等名 日本レオロジー学会第67 回レオロジー討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河原成元、山本祥正
2. 発表標題 天然ゴム-ナノダイヤモンドハイブリッドの調製と力学物性
3. 学会等名 日本レオロジー学会第67 回レオロジー討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河原成元
2. 発表標題 天然ゴムの構造と物性
3. 学会等名 日本セラミックス協会北陸支部特別公演（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山野将輝、河原成元
2. 発表標題 ゴムNMR法を用いた加硫配合天然ゴムの構造解析と物性
3. 学会等名 高分子学会第68回北陸支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山野将輝、河原成元
2. 発表標題 ゴムNMR法を用いた加硫配合天然ゴムの構造解析と物性
3. 学会等名 日本ゴム協会第30回エラストマー討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本祥正、三原大空、河原成元
2. 発表標題 ナノマトリックス構造を有するシリカ含有天然ゴムの調製と力学物性
3. 学会等名 日本ゴム協会第30回エラストマー討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河原成元、山本祥正
2. 発表標題 天然ゴムの構造と物性
3. 学会等名 日本ゴム協会第30回エラストマー討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡部健人、河原成元、能島土貴
2. 発表標題 カップリング剤を配合したナノダイヤモンド複合天然ゴムの調製と物性
3. 学会等名 日本ゴム協会第30回エラストマー討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshimasa Yamamoto, Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Electrochemical Epoxidation of Natural Rubber in Latex Stage
3. 学会等名 日本ゴム協会第30回エラストマー討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Iizuka, Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Latex-state <sup>13</sup> C-NMR spectroscopy for poly(alkyl acrylate)
3. 学会等名 日本ゴム協会第30回エラストマー討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Quentin TEVENOT, Seiichi Kawahara
2. 発表標題 Preparation and characterization of natural rubber grafted with styrene via ATRP
3. 学会等名 日本ゴム協会第30回エラストマー討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Seiichi Kawahara, Yoshimasa Yamamoto
2. 発表標題 Rubber-state NMR spectroscopy for vulcanized natural rubber
3. 学会等名 日本ゴム協会第30回エラストマー討論会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 小杉 健一郎, 河原 成元	4. 発行年 2016年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 399
3. 書名 動的粘弾性チャートの解釈事例集	

1. 著者名 Seiichi Kawahara, Yoshimasa Yamamoto, Takayuki Saito	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Royal Society of Chemistry	5. 総ページ数 156 - 173
3. 書名 Rubber-state NMR Spectroscopy”, in “NMR methods for Characterization of Synthetic and Natural Polymers	

〔産業財産権〕



[ その他 ]

<http://mst.nagaokaut.ac.jp/>

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・機械工学科・准教授    (52601)	