

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K05616

研究課題名(和文) 微細構造表面を誘起するスキン層の科学の開拓

研究課題名(英文) Pioneering study for the science of skin layers inducing micro-structured surfaces

研究代表者

井澤 浩則 (IZAWA, Hironori)

鳥取大学・工学研究科・准教授

研究者番号：50643235

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：ポリオンコンプレックススキン層がキトサンフィルム表面に誘起するリンクルの形態とサイズを制御する方法論の確立を目的に、様々なアニオン性高分子を用いて得られるフィルムの形態とサイズについて研究を行った。アニオン性高分子の種類により生成するスキン層の硬さが異なり、スキン層の硬さが上がるにつれてリンクルサイズも大きくなることが明らかになった。つまり、適切なアニオン性高分子の選択によるスキン層の硬さの制御が重要であることが分かった。水中で二重らせん構造を形成する  $\kappa$ -及び  $\iota$ -カラギーナンを用いると、それぞれ、階層的なリンクル及びバンプが生成することを見出し、そのメカニズムの解明にも成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、乾燥によって生成するリンクルのスキン層の影響を系統的に評価した世界初の知見であり、学術的価値が高い。

本研究で確立した手法は、フィルム表面をイオン架橋するだけの極めてシンプルなプロセスであり、リンクル材料の応用拡充に向けた大きな波及効果が期待できる。

本研究で得られたフィルムは、生体高分子であるキトサンをベースとした材料であり、微細構造の機能を活かした創傷被覆材、生体接着剤、細胞培養基材などバイオマテリアルへの活用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：We investigated morphologies and sizes induced by polyion complex skin layers prepared by diverse anionic polymers to establish the methodology for preparing surface wrinkles induced by polyion complex skin layers upon drying. We revealed that wrinkle sizes are predominately determined by hardness of skin layers which could be controlled by selection of the anionic polymers. In addition, we found that hierarchical wrinkles and bumps are generated by the use of  $\kappa$ - and  $\iota$ -carrageenan, respectively, and we revealed their mechanisms.

研究分野：高分子化学

キーワード：リンクル ポリオンコンプレックス スキン層 キトサン

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、『しわ』の形成を利用して微細構造を構築するリンクルに注目が集まっている。この手法では、硬い表層と柔らかい基板(ゴムなど)から成る材料に外部応力が加わると、硬さの違いから表面で座屈が起こり、リンクルが生じる。つまり、リンクルを形成する鍵は『スキン層』と呼ばれる硬い表層にある。また、スキン層の特性(構造、弾性率、厚み)がリンクルの形態とサイズに大きく影響することが知られている。一方、乾燥(水分蒸発)によるしわ形成は自然界では一般的な事象であるにも関わらず、積極的な材料開発への利用は行われていない。これは、乾燥によるリンクル形成の報告例が極めて少なく、一般的な開発指針が存在しないことが原因と考えられる。申請者は、最近、アニオン性高分子によるキトサン(CS)フィルム表面のイオン架橋で生成する『ポリイオンコンプレックス(PIC)スキン層』が乾燥によって様々なサイズのリンクルを誘起することを発見した。また、カラギーナン(CG)を用いると二つのサイズが共存する階層的なリンクルが得られことも分かってきた。このように、様々なアニオン性高分子をスキン層形成に用いることで、多様なリンクルが誘起されることが分かってきたが、その多様性が生じるメカニズムが明らかになっていない。

### 2. 研究の目的

本研究では、『1. スキン層の弾性率と厚みがリンクルサイズに及ぼす影響』と『2. スキン層の構造がリンクル形態に及ぼす影響』を解明することにより、PICスキン層が誘起するリンクルの形態とサイズを制御する方法論の確立を目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1). スキン層の弾性率と厚みがリンクルのサイズに及ぼす影響の解明

アニオン性高分子には、ポアクリル酸ナトリウム(PA;分子量:6万,25万,200万)及び、ポリスチレンスルホン酸ナトリウム(PS;分子量:7万)アルギン酸ナトリウム(AG;15-25 cps,80-120 cps)、カルボキシメチルセルロース(CMC;分子量7万)、リグニンスルホン酸(LS;分子量:6万)を用いて、同条件でリンクルフィルムを調製した。生成したリンクルの幅と高さを、それぞれ、SEMとAFMを用いて測定した。フィルムの表面硬さは、超微小硬度計により分析した(ここでは、吸引ろ過下での乾燥で得られる平滑な表面のフィルムを測定に用いた)。スキン層の厚みは、フィルム断面の顕微鏡観察及び蛍光ラベル化したアニオン性高分子を用いて調製したフィルム断面の共焦点レーザー顕微鏡観察を用いて観察した。これらの結果から、アニオン性高分子の種類と分子量の影響を考察した。

#### (2). スキン層の構造がリンクル形態に及ぼす影響の解明

$\kappa$ -及び  $\iota$ -CGの凝集構造と階層化の関連性を明らかにするために、 $\kappa$ -及び  $\iota$ -カラギーナンが凝集構造を形成する30°C、一本鎖になり始める60°C、完全に一本鎖になる80°Cでスキン層形成を検討した。1と同様にリンクルの形状をSEM、AFM、3Dレーザー顕微鏡で測定した。得られたフィルム表面の形状を比較することで、CGの凝集構造とリンクルの階層化の関連性について考察した。また、得られたフィルムから1と同様にフィルム切片を調製し、破断面の光学顕微鏡観察を実施した。フィルム調製時の洗浄温度と時間に関しても同様な手順で検討を行った。

### 4. 研究成果

#### (1). スキン層の弾性率と厚みがリンクルのサイズに及ぼす影響の解明

CS(分子量10万)2gを0.5%酢酸水溶液98mlに溶解し、その10mLをテフロンシャーレ( $\Phi=5$ cm)に加え、60°Cで24時間静置することでキャストフィルムとした。次いで、メタノールに2日間浸漬し、乾燥することでCSフィルムが得られた。得られたCSフィルムを水に浸漬し膨潤させた後に、1wt%アニオン性高分子水溶液に30°Cで24時間浸漬することでPICスキン層を形成した。次に、純水に30°Cで6時間浸漬することでCSフィルム表面に余分に付着した高分子を取り除き、40°Cで乾燥することでリンクルフィルムを得た(図1)。

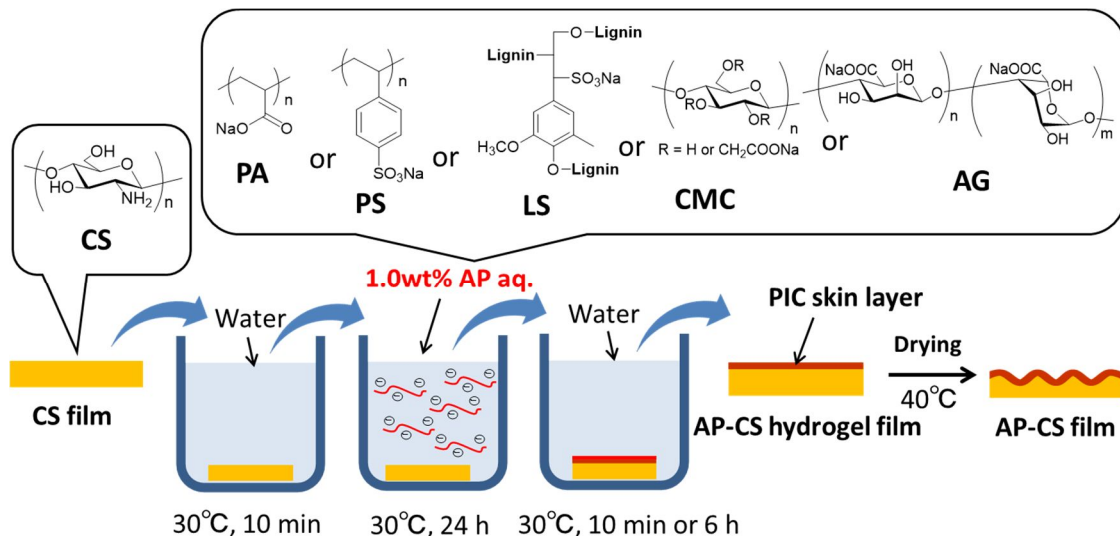


図1 . PIC スキン層を用いるリンクルフィルムの調製 .

様々な分子量の PA と PS 及び LSA と CMC を用いてリンクル形成を検討した結果、全てにおいて微細なリンクル表面が確認された ( 図 2 )。PA ( 6 万 ) 及び PS ( 7 万 ) を用いて得られたリンクルの平均波長はともに  $0.15 \mu\text{m}$  であった。また、PA 及び PS の分子量が 25 万及び 20 万に増加するとリンクルサイズの増加が確認された。一方で、PA 及び PS の分子量が 200 万及び 100 万では、PA の平均波長は分子量 25 万と比較してあまり変化しなかったが、PS は 20 万と比較して低下した。多糖である AG 及び CMC を用いると、分子量が同程度の PA や PS より大きな波長のリンクルが形成し、平均波長は、それぞれ  $1.53 \mu\text{m}$  及び  $0.56 \mu\text{m}$  であった。LS を用いた場合、より大きなリンクルが得られ平均波長は  $15.4 \mu\text{m}$  であった。

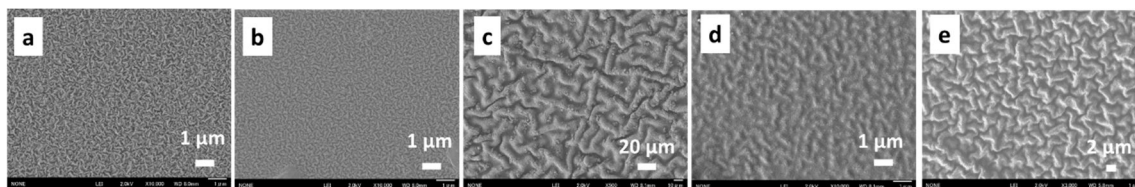


図2 . 得られたフィルム表面の SEM 画像 ( a : PA , b : PS , c : LS , d : CMC , e : AG ) .

蛍光ラベル化した PA ( 6 万 , 25 万 ) 及び LS を用いてリンクルフィルムを作製し、共焦点レーザー顕微鏡によりスキン層の厚みを比較した。分子量の 6 万及び 25 万の PA の場合は、スキン層の厚みは約  $1 \mu\text{m}$  と同程度であったことから、分子量 25 万の PA では、スキン層の弾性率が上がることでリンクルサイズが上がったと考えられた。一方、LS においても、スキン層の厚みは約  $1 \mu\text{m}$  程度であり、同程度の分子量の PA と厚みが変わらなかった。このことから、LS を用いて調製したリンクルのサイズが他と比べて顕著に大きいのは、スキン層の弾性率が高いことが原因と考えられた。

PIC スキン層の硬さがリンクルサイズに関与していることが示唆されたことから、微小硬度計を用いて PIC スキン層の表面硬さを評価した。同様な分子量の PA、PS、LS、CMC、AG を用いて得られた PIC 層を有するフィルム及びキトサンフィルムの負荷-除負荷曲線から、Martens 硬さを算出した。その結果、PA、PS、LS、CMC、AG 及び CS フィルムの Martens 硬さは、それぞれ、 $80.8 \pm 2.0 \text{ MPa}$ 、 $82.3 \pm 3.3 \text{ MPa}$ 、 $224.9 \pm 13.1 \text{ MPa}$ 、 $107.9 \pm 4.3 \text{ MPa}$ 、 $150.8 \pm 7.8 \text{ MPa}$ 、及び  $78.3 \pm 3.0 \text{ MPa}$  であった。  $0.1 \mu\text{m}$  程度の小さなリンクルが生成する PA や PS では、CS との Martens 硬さの差はわずかであり、  $10 \mu\text{m}$  程度の大きなリンクルが生成する LS では、CS よりも約 3 倍高い値であった。また、Martens 硬さが上がるにつれて、リンクルサイズも大きくなったことから、本系におけるリンクルのサイズには、PIC 層の弾性率や弾性率に相関して変化する収縮率など物理的特性が関与していることが明らかになった。

## ( 2 ) . スキン層の構造がリンクル形態に及ぼす影響の解明

$\kappa$ -CG 及び  $\iota$ -CG を室温で 24 時間攪拌することで、  $1.0 \text{ wt}\%$   $\kappa$ -CG 及び  $\iota$ -CG 水溶液を調製した。CS フィルムを水に浸漬し膨潤させた後に、  $1 \text{ wt}\%$   $\kappa$ -又は  $\iota$ -CG 水溶液に  $30^\circ\text{C}$ 、 $60^\circ\text{C}$ 、又は  $80^\circ\text{C}$  で 24 時間浸漬した。しかし、  $60^\circ\text{C}$  又は  $80^\circ\text{C}$  で浸漬したフィルムは、部分的な溶解によりフィルムが崩壊した。そこで、浸漬温度は、  $30^\circ\text{C}$  に固定した。  $30^\circ\text{C}$  で調製したフィルムを純水に  $30^\circ\text{C}$  で

6, 12, 72 時間浸漬することで余分に付着した CG を取り除き、40°C で乾燥することでリンクルフィルムを得た ( 図 3 ) .

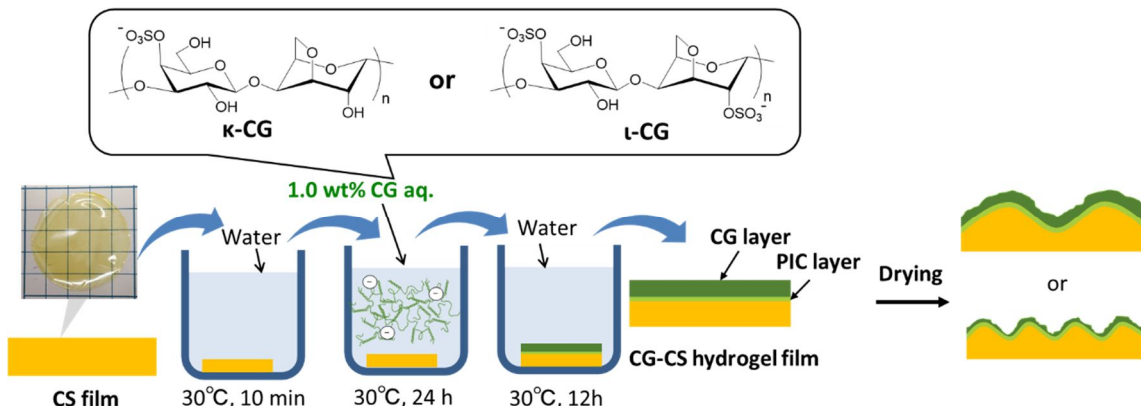


図 3 . κ-及び ι-CG を用いる PIC スキン層の調製 .

洗浄時間が 6 時間の κ-CG-CS フィルムでは、1 μm 未満のランダムなリンクル構造とより大きなリンクル構造からなる階層的なリンクル構造が確認された ( 図 4a ) . また、洗浄時間を 12 時間及び 72 時間に変えても形態に大きな変化は見られなかった ( 図 4b 及び c ) . また、CHNS 元素分析の結果から、洗浄時間が増えても CG 量はあまり変化しないことが分かった。κ-CG-CS フィルム断面の光学顕微鏡観察を行った結果、約 9 μm の κ-CG 層と約 1 μm の PIC 層が観察された。このことから、表面には CG 層と PIC 層から成る二重スキン層が生成していることが分かった。これは、二重せん構造を有する CG ミクロゲルが PIC 層の生成によって表面に固定化されるため、洗浄でも除去できなかったからと考えられる。

洗浄時間が 6 時間の ι-CG-CS フィルムは、1 μm 未満のバンプ構造と、不規則に分布する 5 μm 程度のバンプ構造が確認された ( 図 4a ) . 洗浄時間を 12 時間に延ばすとバンプ構造が一様に観察された ( 図 4b ) . 洗浄 72 時間では、小さなバンプ構造が消失した。光学顕微鏡にて ι-CG-CS フィルムの断面を観察した結果、洗浄 6 時間及び 12 時間において約 1 μm 程度の CG 層が確認できた。一方で、72 時間では明確な CG 層は観察できなかった。そこで、フィルムの CHNS 元素分析を行ったところ、洗浄 6, 12, 72 時間後のフィルム中の CG 含有率は、それぞれ 2.7, 2.1, 1.9 wt% と見積もられた。12 時間から 72 時間に洗浄時間が伸びても CG 含有率はあまり変わらなかったこと及び光学顕微鏡観察で CG 層が確認できないことから、大部分の CG は、PIC 層内に存在することが示唆された。また、洗浄時間が 6 時間から 12 時間に伸びると CG 含有率が 0.6 wt% 低下したことから、洗浄 6 時間後のフィルムで凸構造がまばらな理由として、表面に余分に付着した CG によって凸構造が覆われていることが考えられた。

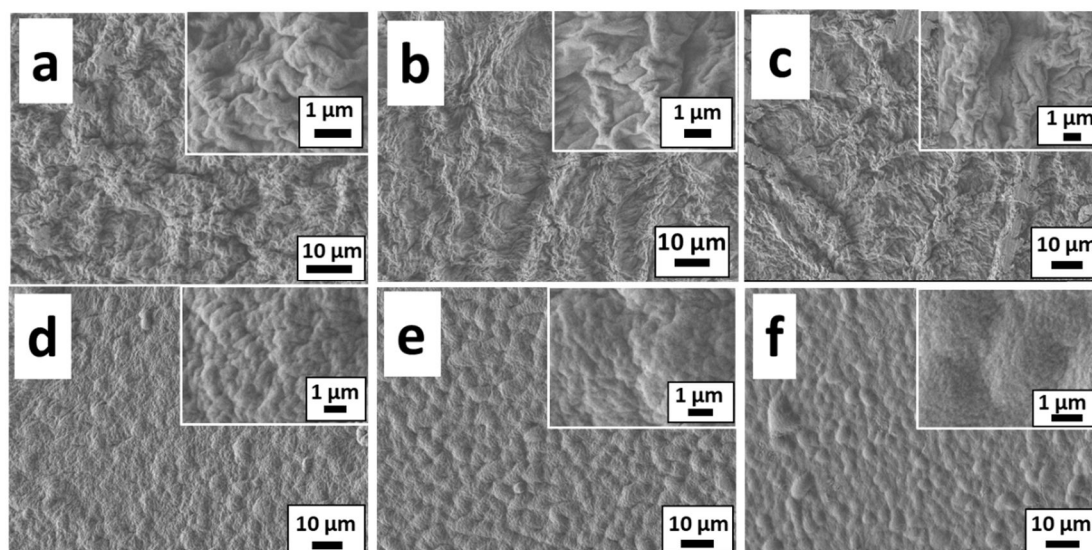


図 4 . κ-及び ι-CG-CS フィルム表面の SEM 画像 .

CG 層と PIC 層から成る二重スキン層の生成によって階層的なリンクルが生成するメカニズムの解明に取り組んだ。CG 層の乾燥凝集による微細構造の生成を検証するために、κ-CG 及び ι-CG のキャストフィルムを水で湿潤後、40 °C で乾燥した。ι-CG のキャストフィルムでは、乾燥後

のフィルム表面に微細構造は観察されなかったが、 $\kappa$ -CG のキャストフィルムでは、 $\kappa$ -CG-CS フィルムで見られた小さなリンクル構造と同程度の大きさの凹凸構造が観察された。このことから、 $\kappa$ -CG で見られた小さなリンクル構造は、 $\kappa$ -CG 層の乾燥凝集によって生成したことが示唆された。CS フィルムの乾燥では水平方向の収縮が起こることから、この効果を検証する必要がある。そこで、CS フィルム上で CG 水溶液の水分を蒸発し、ある程度の湿潤状態を保った状態でフィルムを取り出し、完全に乾燥した。 $\kappa$ -CG では、 $\kappa$ -CG-CS フィルムで見られた小さなリンクルと同程度のサイズのリンクルが観察され、 $\iota$ -CG では、 $\iota$ -CG-CS フィルムで見られた小さなバンプと同程度のサイズの凸構造が観察された。これらのことから、小さなリンクル及びバンプは、 $\kappa$ -及び  $\iota$ -CG 層の CS フィルム上での乾燥凝集によって誘起された構造であることが分かった。

CG 層と CS フィルム間の収縮率の違いで発生するリンクルについて検証するために、CS フィルム、 $\kappa$ -CG 及び  $\iota$ -CG キャストフィルムの膨潤-収縮挙動及び弾性率を調査した。その結果、 $\kappa$ -CG キャストフィルムは、CS フィルムよりも硬く、膨潤-収縮による水平方向の体積変化を起こしにくいことが分かった。このことから、 $\kappa$ -CG-CS フィルムで見られた大きいリンクル構造は、CG 層と CS 層の収縮率の違いによって発生したと考えられた。一方で  $\iota$ -CG は湿潤状態で柔らかく、全く収縮しないことから、CS フィルムの収縮に従ってフィルム上で乾燥することが考えられた。

$\iota$ -CG で大きなバンプ構造が生成するメカニズムは、リンクルのメカニズムからの検証では明らかにならなかった。そこで、 $\iota$ -CG-CS フィルムの乾燥前のフィルム表面の光学顕微鏡観察を行った。その結果、大きいバンプ構造と同程度の大きさの凸構造が観察されたことから、このバンプ構造は、CS フィルムを  $\iota$ -CG 水溶液に浸漬する段階で生成することを明らかになった。

### (3) 当初の計画に無かった実施項目

本研究に用いる CS フィルムの機能化を目的に、温度応答性高分子であるポリ *N*-イソプロピルアクリルアミド (PNIPAm) と CS とのコンポジットフィルムの調製を試みたところ、偶然、ハニカム状多孔質 CS フィルムが得られることを発見した。この現象は、PNIPAm を含む CS 水溶液を 25°C で静置することでキャストフィルムを調製し、そのフィルムをメタノールに浸漬後、乾燥することで得られた。このような操作でハニカム状多孔質フィルムが得られるメカニズムの検証を行った。その結果、このシステムでは、水分蒸発によって系内が高濃度、高イオン強度になることで、PNIPAm の下限臨界温度 (LCST) が低下し、高濃度下での均一な相分離が起こったが明らかになった。さらに、相互連結した PNIPAm 粒子がメタノールで洗い流されることで、ハニカム状の空孔が生成したと考えられた。CS の分子量や CS/PNIPAm 比を制御することで孔径を 0.5-3.0  $\mu\text{m}$  に制御できることも分かった。

得られたリンクルフィルムのカーボン材用への変換を目的に炭化を実施した。窒素流通下、真空ガス置換炉の庫内温度を 4°C/min で 900°C まで加熱し、その後、8 時間 900°C で保持した。その結果、黒色のフィルムが得られた。IR 及びラマン分析から、炭素化したフィルムが得られたことが確認された。また、フィルム表面のリンクル構造は保持されていることが SEM 観察によって確認された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 H. Izawa, T. Yonemura, Y. Nakamura, H. Saimoto, S. Ifuku	4. 巻 84
2. 論文標題 Hierarchical surface wrinkles and bumps generated on chitosan films having double-skin layers comprising topmost carrageenan layers and polyion complex layers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Carbohydrate Polymers	6. 最初と最後の頁 119224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbpol.2022.119224	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 H. Izawa, F. Yasufuku, T. Matsumoto, S. Ifuku, H. Saimoto, M. Sumita	4. 巻 -
2. 論文標題 A photo-induced colorimetric reaction of N,N'-bis[2-(trimethylammonium)ethyl]-1,8:4,5-naphthalenetetracarboxydiimide for detection of carboxylate anions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Tetrahedron Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tetlet.2022.153860	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 H. Izawa, F. Yasufuku, T. Nokami, S. Ifuku, H. Saimoto, T. Matsui, K. Morihashi, M. Sumita	4. 巻 6
2. 論文標題 Unique photophysical properties of 1,8-naphthalimide derivatives: generation of semi-stable radical anion species by photo-induced electron transfer from a carboxy group	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 13456-13465
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.1c01685	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 S. Ifuku, K. Tanabe, H. Izawa	4. 巻 54
2. 論文標題 Preparation of nanofiber-reinforced polystyrene molded product using the emulsion forming ability of chitin nanofibers and its recycling property	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 615-621
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-021-00586-9	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 H. Li, S. Yoshida, N. Mitani, M. Egusa, M. Takagi, H. Izawa, T. Matsumoto, H. Kaminaka S. Ifuku	4. 巻 284
2. 論文標題 Disease resistance and growth promotion activities of chitin/cellulose nanofiber from spent mushroom substrate to plant	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Carbohydrate Polymers	6. 最初と最後の頁 119233
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbpol.2022.119233	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 M. Kishimoto, H. Izawa, H. Saimoto, S. Ifuku	4. 巻 29
2. 論文標題 Dyeing of chitin nanofibers with reactive dyes and preparation of their sheets and nanofiber/resin composites	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Cellulose	6. 最初と最後の頁 2829-2837
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10570-021-04079-z	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 H. Izawa, Y. Toyoshima, M. Morimoto, H. Saimoto, S. Ifuku	4. 巻 50
2. 論文標題 Surface Wrinkles Induced on Oriented Chitosan Films via Horseradish Peroxidase-catalyzed Reaction and Drying	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 252-255
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200740	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 D. A. Zewude, H. Izawa, S. Ifuku	4. 巻 13
2. 論文標題 Optimum Preparation Conditions for Highly Individualized Chitin Nanofibers Using Ultrasonic Generator	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymers	6. 最初と最後の頁 2501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/polym13152501	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 H. Izawa, H. Kajimoto, M. Morimoto, H. Saimoto, S. Ifuku	4. 巻 10
2. 論文標題 Honeycomb-like porous chitosan films prepared via phase transition of poly(N-isopropylacrylamide) during water evaporation at ambient condition	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 19730-19735
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0RA03845H	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 H. Izawa, Y. Miyazaki, T. Yonemura, N. Ito, Y. Okamoto, S. Ifuku, M. Morimoto, H. Saimoto	4. 巻 51
2. 論文標題 Polysaccharide-based wrinkled surfaces induced by polyion complex skin layers upon drying	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 675-683
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-019-0174-7	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 H. Izawa, M. Kinai, S. Nishin, S. Ifuku, M. Morimoto, H. Saimoto	4. 巻 9
2. 論文標題 Guanidinylation of chitoooligosaccharides involving internal cyclization of the guanidino group on the reducing end and effect of guanidinylation on protein binding ability	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biomolecules	6. 最初と最後の頁 259-268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/biom9070259.	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 H. Izawa, M. Kinai, S. Ifuku, M. Morimoto, H. Saimoto	4. 巻 125
2. 論文標題 Guanidinylated chitosan inspired by arginine-rich cell penetrating peptides	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Biological Macromolecules	6. 最初と最後の頁 901-905
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijbiomac.2018.12.138	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 -



〔学会発表〕 計33件（うち招待講演 9件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 井澤浩則
2. 発表標題 素人によるリンクルの研究：発見に導かれる研究展開
3. 学会等名 セルロース学会関西支部 第17回若手セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井澤浩則
2. 発表標題 キトサンフィルム表面のリンクル形成現象～スキン層の科学の開拓～
3. 学会等名 2021 Polymer Journalゼオン賞受賞者講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井澤浩則
2. 発表標題 Polysaccharide-based wrinkled surfaces induced by polyion complex skin layers upon drying
3. 学会等名 第70回高分子学会年次大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hironori Izawa
2. 発表標題 Preparation of novel chitosan-based materials for biomedical applications
3. 学会等名 Sakura Science Online 2nd Joint Meeting（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井澤 浩則、八木 彩華、齋本 博之、伊福 伸介
2. 発表標題 グアニジル化キトサンを用いるドラッグデリバリーシステムの開発
3. 学会等名 第35回日本キチン・キトサン学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井澤 浩則、石坂 翔太、中村 有美、伊福 伸介
2. 発表標題 スキン層の構造制御によるキトサンフィルム表面のリンクル形態制御
3. 学会等名 第35回日本キチン・キトサン学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井澤 浩則、石坂 翔太、中村 有美、伊福 伸介
2. 発表標題 乾燥によって誘起される表面リンクル：スキン層の構造制御によるリンクル形態制御
3. 学会等名 2021年度繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井澤 浩則、石坂 翔太、中村 有美、伊福 伸介
2. 発表標題 スキン層の構造がキトサンフィルム表面のリンクル形態に与える影響
3. 学会等名 第79回高分子討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井澤浩則
2. 発表標題 キトサンフィルム表面のリンクル形成現象～スキン層の科学の開拓～
3. 学会等名 接着学会2020年関西支部岡山講演会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井澤浩則
2. 発表標題 キトサンフィルム表面のリンクル形成現象
3. 学会等名 高分子学会東北支部講演会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 豊嶋 悠太、井澤 浩則、伊福 伸介、森本 稔、齋本 博之
2. 発表標題 配向性キトサンフィルム表面へのリンクルの創製
3. 学会等名 第35回中国四国地区高分子若手研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 梅本 涼、井澤 浩則、伊福 伸介、森本 稔、齋本 博之
2. 発表標題 細胞膜透過性キトサン誘導体の開発
3. 学会等名 第35回中国四国地区高分子若手研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井澤 浩則、梶本 遥也、森本 稔、齋本 博之、伊福 伸介
2. 発表標題 温度応答性高分子を用いるハニカム様多孔質キトサンフィルムの創製
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井澤浩則
2. 発表標題 乾燥によって誘起される微細なリンクル表面
3. 学会等名 2019年 九州地区高分子若手研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井澤浩則
2. 発表標題 キトサンフィルム表面のリンクル形成現象
3. 学会等名 有機合成化学協会中国四国支部 第35回若手化学者のための化学道場（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井澤浩則
2. 発表標題 乾燥によって誘起される微細なリンクル表面~スキン層の科学の開拓~
3. 学会等名 はりま産学交流会 創造例会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木内美月、井澤浩則、伊福伸介、森本稔、齋本博之
2. 発表標題 グアニジル化アミノ多糖の合成
3. 学会等名 第34回中国四国地区高分子若手研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 米村友恵、井澤浩則、伊福伸介、森本稔、齋本博之
2. 発表標題 カラギーナンを用いた微細構造表面キトサンフィルムの作製
3. 学会等名 第34回中国四国地区高分子若手研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石坂 翔太、井澤 浩則、伊福 伸介、森本 稔、齋本 博之
2. 発表標題 乾燥によってキトサンフィルムに誘起されるリンクル表面：スキン層の硬さに基づくリンクルサイズの制御
3. 学会等名 第34回中国四国地区高分子若手研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 八木 彩華、井澤 浩則、伊福 伸介、森本 稔、齋本 博之
2. 発表標題 アニジル化PEGグラフトキトサンの合成とオリゴDNAとの複合体形成
3. 学会等名 第35回 若手化学者のための化学道場
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井澤 浩則、木内 美月、伊福 伸介、森本 稔、齋本 博之
2. 発表標題 グアニジル化キトサン及びキトオリゴ糖の合成
3. 学会等名 第33回日本キチン・キトサン学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石坂 翔太、井澤 浩則、伊福 伸介、森本 稔、齋本 博之
2. 発表標題 アニオン性ポリマーを用いるキトサンフィルム表面へのリンクル形成
3. 学会等名 第33回日本キチン・キトサン学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 八木 彩華、井澤 浩則、伊福 伸介、森本 稔、齋本 博之
2. 発表標題 グアニジル化PEGグラフトキトサンとDNAとの複合体形成
3. 学会等名 第33回日本キチン・キトサン学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井澤 浩則、宮崎 友花、伊福 伸介、森本 稔、齋本 博之
2. 発表標題 アルギン酸を用いるキトサンフィルム表面への微細構造の創生
3. 学会等名 第33回日本キチン・キトサン学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井澤 浩則、宮崎 友花、伊福 伸介、森本 稔、齋本 博之
2. 発表標題 キトサンフィルム上のポリイオンコンプレックススキン層が誘起するリンクル表面
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石坂 翔太、井澤 浩則、伊福 伸介、森本 稔、齋本 博之
2. 発表標題 キトサンフィルム表面に誘起されるリンクルの形態とスキン層の物理的特性の関係
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 八木 彩華、井澤 浩則、伊福 伸介、森本 稔、齋本 博之
2. 発表標題 グアニジル化キトサンを用いた遺伝子デリバリーシステムの開発
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石坂 翔太、井澤 浩則、伊福 伸介、森本 稔、齋本 博之
2. 発表標題 アニオン性高分子を用いたキトサンフィルム表面へのリンクル形成
3. 学会等名 2019年日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 八木 彩華、井澤 浩則、伊福 伸介、森本 稔、齋本 博之
2. 発表標題 グアニジル化PEGグラフトキトサンの合成とDNAとの複合体形成
3. 学会等名 2019年日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井澤 浩則、宮崎 友花、伊福 伸介、森本 稔、齋本 博之
2. 発表標題 アルギン酸とキトサンから調製されるバイオベースリンクル表面
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 米村 友恵、井澤 浩則、伊福 伸介、森本 稔、齋本 博之
2. 発表標題 カラギーナンを用いる微細構造表面の創製
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木内 美月、井澤 浩則、伊福 伸介、森本 稔、齋本 博之
2. 発表標題 グアニジル化アミノ多糖の合成とDDSへの応用
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 井澤 浩則、宮崎 友花、伊福 伸介、森本 稔、齋本 博之
2. 発表標題 グアニジル化キトサン及びキトオリゴ糖の合成
3. 学会等名 第33回日本キチン・キトサン学会大会
4. 発表年 2019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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------