

『人に届く』 関大メディカルポリマーによる未来医療の創出

研究代表者：大矢裕一

研究分担者：岩崎泰彦・宇津野秀夫・柿木佐知朗・河村暁文・葛谷明紀・小谷賢太郎・平野義明・古池哲也・宮田隆志・鈴木 哲・田地川勉・奥野陽太・村瀬敦郎・バビータ シャスニ

学外研究分担者：根本慎太郎・星賀正明・高井真司・朝日通雄・南 敏明・武内 徹・内山和久・宮武伸一・朝井 章・大槻周平・横田淳司・大須賀慶悟

1. はじめに

大矢裕一^{*1}

2025年は、昭和100年に相当し、戦後80年の節目でもある。大阪では1970年以来55年ぶりの万国博覧会が予定されている。1970年当時、小学1年生であった私にとって、万国博覧会は文字通り、胸踊る未来を感じさせてくれる一大イベントであった。万博公園に比較的近い（約3km）ところに住んでいたこともあり、会期中に何度も（おそらく10回以上！）、足を運んだことを懐かしく思い出す。昭和、平成、令和と移り変わり、高度経済成長、オイルショック、バブル景気とその崩壊の時代を過ぎ、まさに、「昭和は遠くなりにつれ」を実感する。我々のプロジェクトも、2025年度で10年目を迎え、プロジェクトで得られた英知と財産を11年目以後にどのように繋いでいくかの決断が迫られる節目でもある。

あちこちで話題にされていることではあるが、近年の、AIに代表される情報科学の進歩には眼を見張るものがある。2024年のノーベル賞は、物理学賞のみならず、化学賞も「AIによるタンパク質の構造予測」であった。筆者が学生の頃、すでに計算化学という分野はあったが、当時はスーパーコンピュータの性能が、今のスマートフォンにも及ばないレベルで、まだまだマイノリティ的な存在であった。今や、マテリアル・インフォマティクス（MI）など、材料化学の分野においても、計算化学は非常に重要な分野に成長した。翻訳や論文の執筆においても、AIは一瞬にして作業を完了し、下手な人間を凌駕するレベルに達している。この10年ほどの間の急激な変化を思うと、今後10年間でこの世界がどこまで変化するのか想像もつかない。しかし、現在のAIは既にある多量の情報（ビッグデータ）から、最もありそうな解答を予想しているに過ぎず、アクセス不可能な情報を反映することはできない。既存の知識・情報と不連続な新しい発想を生み出すことは、おそらく10年後に

もできていないのではないだろうか。よく言われるようにAIが得意なことはAIに任せ、我々人間は真に創造的な活動に頭を使うべきなのだろう。

昨年度に報告したように、当プロジェクトに参画していただいている大阪医科薬科大学の根本慎太郎先生が開発した「成長する心臓修復パッチ」（製品名：シンフォリウム）が、2023年7月に製造販売認可を得て実用化されたことは、大変喜ばしい成果であった。しかし、シンフォリウムの開発はKUMPプロジェクト開始以前から進められており、実質的に99%以上が大阪医科薬科大、福井経網興業、帝人メディカルテクノロジーの三者で進められた成果である。真にKUMPプロジェクトから生まれ、社会実装に至った成果は、残念ながらまだない。シンフォリウム開発の経緯は、NHKの番組「新プロジェクトX」にも取り上げられた。番組中では、福井経網の技術者の逆転の発想が大きくクローズアップされていた。この発想は、現在のAIでも到達不可能な、卓抜したアイデアであったと思われるが、果たして将来のこのような事例ではどうであろう。

我々もこの成功例に倣い、他の追従をするのではなく、独創的な発想で研究を進め、優れたシーズを開発し、社会実装に至ることを目指して奔走している。そのためには、KUMPのような産学連携・分野融合を意識した取り組みと同時に、一見、回り道のように見えても、過度に出口・解決方法を求めず自由な発想で行う基礎研究にも力を注ぎ、セレンディピティの到来を見逃すことなく挑戦し続けることが重要なのだと思う。

最後に、この取り組みの主旨と意義をご理解いただき、研究費と研究場所を提供いただいている学校法人関西大学を始め、連携研究でお世話になっている大阪医科薬科大学の先生・関係部局の方、学外の共同研究者、共同研究企業、そして何よりも研究に参画している大学院生・学部生の皆様に、この場を借りて改めてお礼を申し上げる。

^{*1} 化学生命工学部 教授 博士（工学）

2. インジェクタブルポリマーを用いたがん免疫療法の開発

大矢裕一、能崎優太^{*2}、村瀬敦郎^{*3}

2.1. 緒言

近年、細胞を「医薬」として利用した治療法が新世代のモダリティとして台頭してきている^{1,2)}。キメラ抗原受容体 T 細胞 (CAR-T 細胞) は、造血器腫瘍の「治療薬」として上市され^{3,4)}、人工多能性幹 (iPS) 細胞では、加齢黄斑変性症治療の臨床試験が行われている⁵⁾。このように、遺伝子導入により機能改変された細胞や、様々な臓器に分化する多能性を持つ胚性幹 (ES) 細胞、iPS 細胞、間葉系幹細胞などの体性幹細胞は、これまで不治の病であった傷病の治療に利用できると期待されている。

このような細胞を用いて高い治療効果を得るための鍵の一つが、ハイドロゲル材料であり、細胞を包含させたハイドロゲルシステムが盛んに研究されている^{6,7)}。治療用の細胞をハイドロゲルに内包して生体に移植することで、移植部位での細胞の滞留性の向上、ハイドロゲルを足場とした細胞増殖、細胞が分泌する生理活性物質による治療効果などが期待されている。

インジェクタブルポリマー (Injectable polymer : IP) は、体外では溶液 (ゾル) 状態で存在し、注射器やカテーテルで注入することができ、体内に注入された後、ゾル-ゲル転移を示す *in situ* ゲル形成ポリマー分散液である。中でも、室温から体温への温度上昇に反応してゾルからゲルへの転移を示す温度応答型 IP は、体内に注入するだけでその場でハイドロゲルを形成できるため、汎用性が高いと考えられる。また、体内に注入される材料は、その目的を果たした後、容易に分解され、代謝・吸収されること、すなわち、生分解性 (あるいは生体吸収性) を備えていることが望ましい。

我々は、温度応答型生分解性 IP として、ポリ (*ε*-カプロラクトン-*co*-グリコリド) (PCGA) とポリエチレ

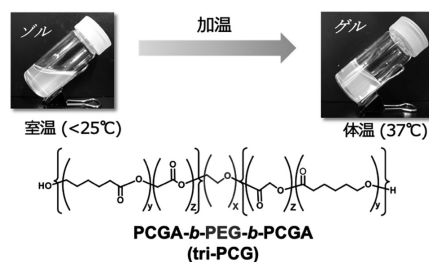


図 1. 本研究で基材として使用している生分解性インジェクタブルポリマー PCGA-PEG-PCGA (tri-PCG)。

*2 先端科学技術推進機構 特任助教、現職：東北大学大学院 薬学研究科 助教 博士 (工学)

*3 先端科学技術推進機構 特任助教 博士 (工学)

ングリコール (PEG) からなる ABA 型トリブロックコポリマー、PCGA-*b*-PEG-*b*-PCGA (tri-PCG) (図 1) の医療応用について報告してきた^{8,9)}。Tri-PCG は PEG の両末端の水酸基を開始点として、*ε*-カプロラクトンとグリコリドを開環重合させることで、ワンステップで容易に合成することができる。得られた tri-PCG 水溶液は体温程度に加温すると tri-PCG ミセル同士の凝集が異方的に起こることで物理的な三次元網目を形成し、ゲル化に至ると考えられる。我々は、tri-PCG の両末端にアクリロイル基を導入した tri-PCG-Acryl のミセル溶液と、疎水性オリゴチオール：ジペンタエリスリトールヘキサキス (3-メルカプトプロピオネート (DPMP) を含む tri-PCG ミセル溶液を混合することにより、化学架橋形成型 IP (図 2) を作成することに成功した¹⁰⁾。この系では、温度に応答してゲル化する際に、アクリロイル基とチオール基間でのマイケル付加型チオール-エン反応が起こって部分的な化学架橋ネットワークが形成され、不可逆的ゲル化を示す。このチオール-エン反応は生体中でも進行し、生体成分に対して影響が小さい生体直行性を有している。我々は、tri-PCG/DPMP と tri-PCG-Acryl との混合比を変えろという簡便な方法で、得られたハイドロゲルの力学的強度と分解期間を制御可能であることを見出し、この IP システムの薬物徐放材料^{11,12)}や術後癒着の防止材料¹³⁾への有用性についても報告している。細胞治療をアシストする材料としても、IP ハイドロゲルは有用であり、脂肪由来幹細胞を IP ハイドロゲルに封入した細胞デリバリーで、心筋梗塞の治療が可能であることを示す実績を得ている¹⁴⁾。

癌免疫療法は、第 4 の癌治療法として注目され、数多くの戦略が研究されており、抗 programmed death ligand-1 (PD-1) 抗体などの免疫チェックポイント阻害剤が既に実用化されている。これらの治療薬は、腫瘍に浸潤した細胞傷害性 T リンパ球 (CTL) を活性化または失活抑制することを目的としている。したがって、癌治療においては、できるだけ大量の有効 CTL を誘導することが重要である。一方、CTL の活性化には樹状

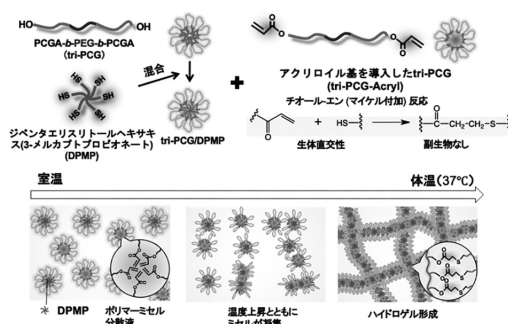


図 2. 共有結合架橋を形成する tri-PCG+tri-PCG-Acryl 混合 IP システムの模式図。

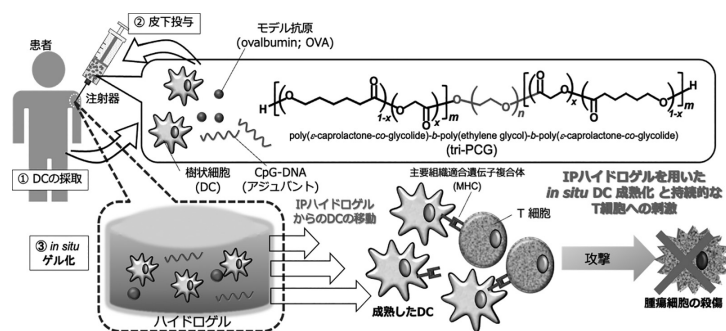


図3. 共有結合架橋を形成する tri-PCG+tri-PCG-Acryl 混合 IP ハイドロゲルと樹状細胞 (DC) を用いた癌免疫療法 (DC ワクチン) 戦略の模式図¹⁵⁾.

細胞 (DC) による抗原提示が必要である。DC は、主要組織適合遺伝子複合体 (MHC) を介して腫瘍抗原由来のペプチドを抗原提示し、癌免疫の起点となる。したがって、DC の挙動を制御することは、様々な癌に対する癌免疫療法を開発する上で重要なアプローチであると考えられる。DC を体外で癌抗原などと共培養してから体内に注射することで、癌に対する免疫応答を惹起させる方法は DC ワクチン療法と呼ばれ、現在も精力的に研究されている。本研究では、抗原や DC の活性化因子を混合した IP 製剤を用いて DC をデリバリーすることで、体外での培養期間を短縮し、ハイドロゲル内での DC の長期生存や活性化状態を維持することで、有効な DC ワクチン療法を実現することを目的とした研究を行った (図3)¹⁵⁾。

2.2. 実験、結果および考察

1) 樹状細胞 (DC) の IP ハイドロゲル内での保持

本研究では、C57BL/6 マウスから採取した骨髄細胞を、顆粒球マクロファージコロニー刺激因子 (GM-CSF) を添加して培養することで分化させた骨髄由来樹状細胞 (BMDC) を用いた。DC マーカー抗原である CD11c の発現を確認することで BMDC に分化していることを確認した。得られた BMDC を IP ハイドロゲル中で 1-3 日間培養し、生細胞数を調べたところ、IP ハイドロゲル中での培養と、汎用の細胞培養用ポリスチレンディッシュ (TCPS) 上での培養では、生細胞数/死細胞数に差がないことを確認した。

2) 抗原およびアジュバントの細胞取り込み

In vitro において IP ハイドロゲル中で BMDC とモデル抗原とアジュバントを保持し、その BMDC への取り込みを調べた。ローダミンでラベルしたオボアルブミン (OVA、モデル抗原) およびフルオレセインでラベルした CpG-DNA (アジュバント活性を持つオリゴ DNA) を tri-PCG ハイドロゲル内で BMDC とともに培養した。フローサイトメーターで細胞の OVA および CpG-DNA の細胞内取り込みを調べたところ、IP ハイ

ドロゲル中で培養した場合には CpG-DNA を多く取り込み、TCPS 上で培養した場合には OVA を優先的に多く取り込むことが分かった。IP ハイドロゲル内での培養と TCPS 培養で、細胞取り込みの物質取り込み傾向が異なった理由は不明であるが、細胞周期が細胞取り込みに影響する¹⁶⁾ことが関係しているのではないかと考えている。我々の系とは異なるが、ハイドロゲル中で培養した細胞はある特定の細胞周期を増加させるという報告がある¹⁷⁾。これらを総合して考えると、IP ハイドロゲル中で培養した細胞は細胞周期の特定の段階の割合が高まった結果、TCPS 上で培養した細胞とは異なる物質取り込み能を示した可能性が示唆される。

3) IP ハイドロゲル中での BMDC の成熟

IP ハイドロゲル中で培養した BMDC の免疫学的な成熟の程度を、細胞表面の MHC 分子発現と炎症性サイトカインの mRNA 発現量を定量することで評価した。IP ハイドロゲル内で培養した BMDC の MHC 分子の発現は TCPS 上で培養した BMDC と同程度であり、IP ハイドロゲル内での培養でも BMDC の成熟化を促進できた。さらに BMDC のインターロイキン 12 (IL-12) と腫瘍壊死因子 (TNF- α) の発現は、IP ハイドロゲルと TCPS での培養の両方において、CpG-DNA の添加によって有意に促進された (図4)¹⁵⁾。これは、BMDC に取り込まれた CpG-DNA が DC 上の Toll 様レセプター 9 (TLR 9) を刺激したことを示している。以上の結果から、IP ハイドロゲル中で培養した細胞は、炎症性サイトカインの発現を促進することが示された。

4) IP ハイドロゲルを用いた細胞の *in vivo* 動態制御

マウスに IP ハイドロゲルとともに皮下注射した BMDC の滞留時間を (In Vivo Imaging System : IVIS) を用いて評価した。BMDC を蛍光染色し、背部皮下に注射して IVIS で蛍光強度をモニターした。細胞の PBS(-) 分散液を注射した群では、投与直後と比べて 1 日後には蛍光が大きく減少したが、IP と混合して注入した群では、細胞の蛍光が観察できる期間が延長し、投与部位の蛍光は緩やかに減少した。このことは、IP ハ

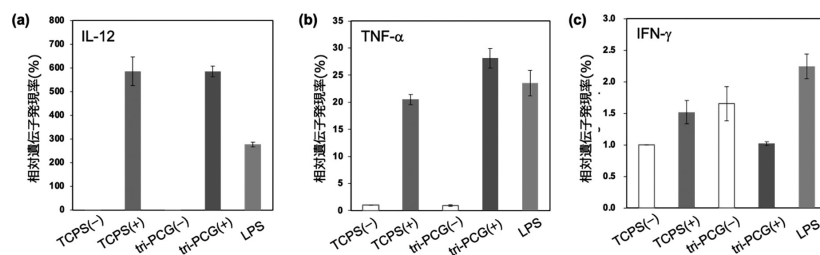


図4. IP ゲル内および細胞培養用ポリスチレンディッシュ (TCPS) 上で培養した骨髓由来樹状細胞 (BMDC) の、各種サイトカインの相対的遺伝子発現 (GAPDH に対する相対的な mRNA 発現量 (RT-PCR)), (a)IL-12, (b)TNF- α , (c)IFN- γ , (-)免疫刺激なし, (+)免疫刺激あり, LPS: リポ多糖 (陽性対照)¹⁵⁾.

イドロゲルを用いて BMDC を投与することで、皮下で BMDC を滞留・徐放させることができることを示しており、IP ハイドロゲルを用いることで *in vivo* での細胞の動態を制御可能であると考えられる。

5) IP ハイドロゲル/BMDC の癌免疫治療効果

IP ハイドロゲル (tri-PCG) を用いた BMDC デリバリーによる癌治療効果を検証した (図5)¹⁵⁾。マウスの左背部に OVA を癌抗原として発現している遺伝子改変 T リンパ腫 (E.G7-OVA) の固形腫瘍を形成させ、DC ワクチンを投与し、腫瘍のサイズをモニターした。BMDC を混合せず OVA と CpG-DNA を含む IP を投与した群では、腫瘍体積の増加は PBS 投与群 (対照) と同等であった。BMDC を OVA と CpG-DNA とともに 37°C、5% CO₂ 条件で24時間培養した DC ワクチン (予め活性化した DC) を投与した群では、腫瘍増殖抑制効果が観測された。さらに、IP ハイドロゲル中で OVA と CpG-DNA と BMDC を混合してから投与した群 (IP (DC あり)) では、DC ワクチン投与群よりもより強く腫瘍増殖を抑制することが明らかとなった。これらの結果より、IP ハイドロゲル中に保持された BMDC は、ハイドロゲル中で OVA と CpG-DNA を取り込んで成熟化し、徐々にハイドロゲルから移動して抗原提示を行った結果、多くの CTL が誘導され、腫瘍の成長を抑制したと推察される。

2.3. 結論

本稿では、我々が開発した温度応答型生分解性 IP を用いた癌免疫療法について紹介した。IP ハイドロゲルは、細胞を生存させたまま、ある程度の期間、保持することが可能で、癌免疫治療の効果を高める細胞療法をアシストする材料として有望であることが示された。我々は、共有結合形成 IP ハイドロゲルからの抗原とアジュバントの長期徐放によっても、腫瘍増殖抑制効果が向上することも確認している¹⁸⁾。また、別の実験系において、IP ハイドロゲルへの細胞接着性ペプチドなどの導入が、ハイドロゲル内の間葉系幹細胞の生存率を高めるという知見も得ている¹⁹⁾。今後、これらの知見を活用す

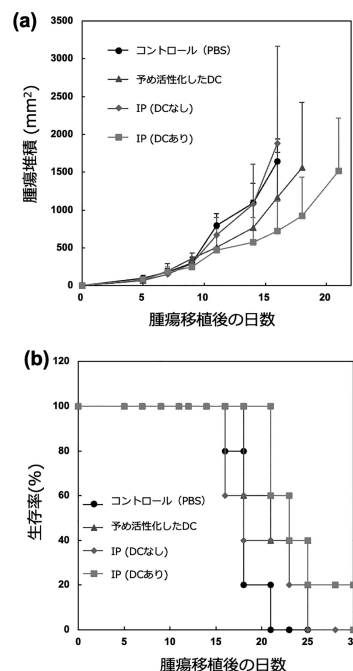


図5. DC ワクチン療法によるモデル T リンパ腫癌細胞移植マウスにおける癌抑制効果. (a)腫瘍体積, (b)生存率¹⁵⁾.

ることで細胞の機能を精密に制御できる IP ハイドロゲルを創製でき、細胞治療のコスト削減や有効性の向上に寄与することが期待される。

3. 抗がん剤ナノキャリアとしての DNA オリガミデン ドリマーの応用とその細胞取り込み機構の解明

葛谷明紀*4

腫瘍部位への薬物分子の送達は、がん治療における副作用を回避するために必要な条件である。そこで体内での薬物分布を制御することで、薬物の効果を最大限に高め、副作用を最小限に抑えることを目的としたドラッグデリバリーシステム (DDS) がある。DDS では必要な場所に必要量を必要な時間だけ薬物を作用させることが求められる。さらに、標的細胞への治療薬の効果的かつ安全な送達が課題である。この課題に対する一つの

*4 化学生命工学部 教授 博士 (工学)

戦略はナノキャリアを用いることである。ナノ粒子ベースの DDS は EPR 効果により、受動的な薬物の腫瘍に対する蓄積が期待できる。このような目的で利用する素材として、近年 DNA が注目を集めている。遺伝物質である DNA は、高い生体適合性を有していると考えられ、医療応用に理想的である。特に DNA オリガミ構造体²⁰⁾は、非常に長い一本鎖環状 DNA を多数の短い一本鎖 DNA (staple) で折りたたむことにより 100 nm 前後の自在なナノ形状を作り出せることに加え、高い薬物負荷効率を示すとともに、トランスフェクション試薬なしに効率的に細胞に取り込まれることがわかっており、DDS キャリアとしての応用も盛んに検討されるようになってきた。当研究室ではこれまでに、このための新しい DNA オリガミ構造体として、樹状高分子 (デンドリマー) の形状を模倣した DNA オリガミデンドリマーを開発している (図 6)²¹⁾。

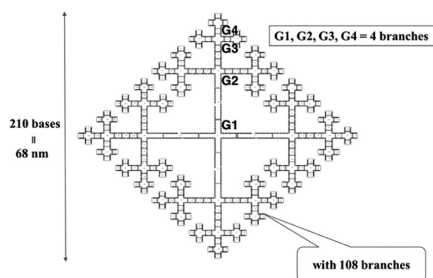


図 6. DNA オリガミデンドリマーの設計

この構造体は、二本の DNA 二重らせんを束ねた DX モチーフを基本骨格として、第四世代までの四分岐構造をもたせることで、合計108本の分岐を有している。各分岐には一本鎖 DNA を二本ずつ延長することができ、ここに機能性分子で修飾した相補鎖をそれぞれハイブリダイゼーションさせることにより、最大で216分子の機能化を行うことができる。原子間力顕微鏡 (AFM)、動的光散乱法 (DLS)、透過型電子顕微鏡 (TEM)、アガロースゲル電気泳動などを用いた観察結果により、設計から予想されるのとほぼ同じ、直径約70 nm の均一な構造体が形成されていることが確認されている。さらに、機能性分子としてビオチンを導入すれば、これと非常に強く結合するストレプトアビジン (SA) タンパクで DNA オリガミデンドリマーを被覆できることも確かめられており、その数は導入したビオチン分子数に応じて変化することが示唆されている。

本研究では、この DNA オリガミデンドリマーに DNA 結合性の抗がん剤であるドキソルビシン (DOX) を内包させ、実際に抗がん剤キャリアとして活用できるかを検討した。

DOX 内包 DNA オリガミデンドリマーを含む培地で

4 時間 HeLa 細胞を培養した結果、細胞の活性はおよそ 66.7% まで低下することが MTT Assay により示された (図 7)。さらに、培地交換の上 24 時間培養すると、最終的な細胞活性は 43.3% まで低下した。一方で、DOX を内包していない DNA オリガミデンドリマーを加えた系では、細胞活性に有意差は生じなかった。同様の結果は、Live/Dead Assay によって定性的にも示されている。

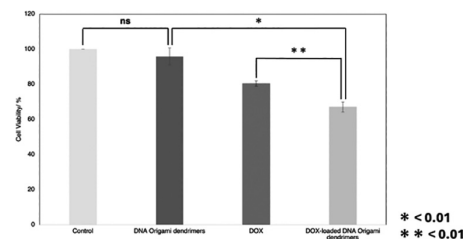


図 7. 4 時間培養後の MTT Assay の結果

次いで、DNA オリガミデンドリマーの細胞取り込み経路を検討した。FAM 修飾 DNA オリガミデンドリマーおよび DOX 修飾 DNA オリガミデンドリマーをそれぞれ HeLa 細胞に取り込ませて、スピニングディスク共焦点蛍光顕微鏡で観察した結果、FAM 蛍光は細胞質内に顆粒状に観察され、DOX 蛍光はこれに加えて細胞核に集積している様子が観察された (図 8)。DNA オリガミデンドリマーはエンドサイトーシス経路で取り込まれた後にエンドソームを脱出することができず、DOX だけが核まで到達して抗がん活性を示していることが推測される。

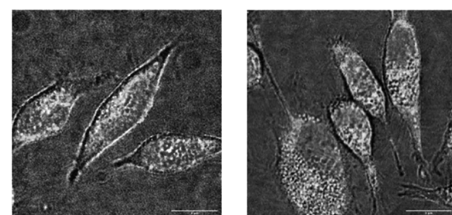


図 8. FAM 修飾 DNA オリガミデンドリマー (左) および DOX 内包 DNA オリガミデンドリマーを取り込ませた HeLa 細胞の蛍光観察像。緑色: FAM、青色: Hoechst33342。

4. エマルションを利用した酵素内包ナノカプセルの調製

河村暁文*⁵

4.1. はじめに

ポリマーベシクルやポリマーナノカプセルなど、内部に水相を有するナノカプセルは、ドラッグデリバリーシステムやナノバイオリアクター、診断システムなどへの

*5 化学生命工学部 教授 博士 (工学)

応用が期待されており、大きな注目を集めている。内水相を有するナノカプセルは、ポリマーナノ粒子や炭酸カルシウムナノ粒子などの犠牲コロイドテンプレートを用いて調製される。layer-by-layer 法や表面開始重合法を用いてポリマーにより犠牲コロイドテンプレートの表面をコーティングした後、コロイドテンプレートの除去によりナノカプセルが得られる。バイオマテリアル分野においては、犠牲コロイドとして炭酸カルシウムナノ粒子が多用される。炭酸カルシウムナノ粒子は、エチレンジアミン四酢酸で処理することにより分解除去できる。そのため、物理的に生体高分子を埋入した炭酸カルシウムナノ粒子を用いて生体分子内包ナノカプセルが調製される。しかしながら、炭酸カルシウムナノ粒子に固定化される生体高分子の量が少量であるため、ナノカプセルへの生体高分子の封入効率は著しく低い。そのため、高いカプセルへの封入効率を有する生体高分子内包ナノカプセルの調製法が強く求められている。

われわれはこれまでに、poly(2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine) (PMPC) と poly[oligo(ethylene glycol) methacrylate] (POEGMA) とからなる水溶性ブロック共重合体を乳化剤として用いることにより、Water-in-Oil (W/O) エマルションを形成させることに成功した²²⁾。この W/O エマルション液滴の界面から重合を開始することにより、水中に安定に分散可能な還元環境応答性ナノカプセル²²⁾やコア-シェル型温度応答性マイクロゲル²³⁾の調製にも成功している。この水溶性乳化剤を用いた還元応答性ナノカプセル調製において、油相に用いるクロロホルムに生長ラジカルが連鎖移動することにより、カプセル膜が疎な構造になっており、これにより封入した生体分子が漏出することが課題であった。そこで本研究では、生体分子の高効率な封入が可能なナノカプセル調製法の確立を目的として、W/O エマルションの界面を安定化している水溶性乳化剤の直接架橋によるカプセル調製を試みた。まず PMPC と側鎖末端に架橋部位となるヒドロキシ基を有する poly[oligo(ethylene glycol) methacrylate] (POEGMA) とからなるブロック共重合体 (PMPC-*b*-POEGMA) を合成した。続いて、得られた PMPC-*b*-POEGMA を乳化剤として

用いて W/O エマルションを調製した。さらに、divinyl sulfone (DVS) によるエマルション液滴界面の PMPC-*b*-POEGMA 乳化剤の架橋により、水中において安定に分散可能なナノカプセルの調製を試みた (図 9)。

4.2. 架橋導入部位を有する水溶性乳化剤の合成と W/O エマルションの調製

MPc、4-cyano-4-[(dodecylsulfanyl thiocarbonyl)sulfanyl] pentanoic acid、および 4,4'-azobis(4-cyanovaleric acid) (ACVA) を用い、可逆的付加開裂連鎖移動 (RAFT) 重合により PMPC macroRAFT 剤を合成した。続いて、合成した PMPC macroRAFT 剤、OEGMA、および ACVA を用い、RAFT 重合により PMPC-*b*-POEGMA を合成した。¹H NMR 測定により、合成した PMPC-*b*-POEGMA の PMPC および POEGMA の重合度は、25 および 72 と算出された。また GPC 測定により、多分散度が 1.37 であったことから、比較的分子量分布が狭い PMPC-*b*-POEGMA の生成を確認した。

得られた PMPC-*b*-POEGMA をリン酸緩衝生理食塩水 (PBS(-)) に溶解させ、この溶液をクロロホルムに添加した後、超音波照射により W/O エマルションを調製した。動的光散乱 (DLS) 測定の結果、得られたエマルション液滴の粒径は約 200 nm であり、多分散度指数は 0.043 であった。これらの結果から、単分散な液滴を有する W/O エマルションの形成を確認した。さらに、このエマルションは 8 時間後においても 2 相に分離せず、その粒径も大きく変化しなかった。PEG の末端基は PEG の親油性に影響する。これまでに、末端がヒドロキシ基の PEG は、水とトルエンとの 2 相系において水相に優先的に分配することが報告されている。今回合成した水溶性乳化剤の親油性基として機能する POEGMA の側鎖 OEG 末端はヒドロキシ基であるために、乳化剤としての機能が低下することが危惧された。しかし、側鎖 OEG 末端がヒドロキシ基の POEGMA を用いても W/O エマルションが形成したことから、今回合成した PMPC-*b*-POEGMA も水-クロロホルム 2 相系において水溶性乳化剤として機能して W/O エマルションを形成できることが明らかになった。これは、POEGMA のポリメタクリレート主鎖によるものと推察される。

4.3. W/O エマルション液滴界面の水溶性乳化剤の架橋による生体分子内包ナノカプセルの調製

PMPC-*b*-POEGMA を用いて調製した W/O エマルションに DVS を添加して W/O エマルションの液滴界面の水溶性乳化剤のヒドロキシ基間を架橋することによ

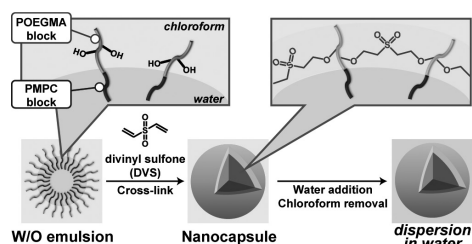


図 9. エマルション界面を安定化している水溶性乳化剤の架橋によるナノカプセルの生成

り、ナノカプセルを調製した。W/O エマルションに DVS を添加した後、連続相をクロロホルムから水に置換した。エマルション液滴と得られた粒子の粒径分布に大きな変化がみられなかったことから、得られた粒子はエマルション液滴と同程度の粒径を維持していることがわかった。走査型電子顕微鏡を用いて得られた粒子を観察したところ、約200 nm の球状の粒子が生成していることがわかった。これらの結果から、エマルション液滴界面の PMPC-*b*-POEGMA が DVS により架橋され、水中においても分解せず安定に分散するナノカプセルが生成したことがわかった。

そこで、モデル生体分子として peroxidase (POx) を選択し、W/O エマルションの水相として POx が溶解した PBS(-) を用いて W/O エマルションを調製し、その液滴界面の架橋により POx 内包ナノカプセルを調製した。エマルション調製時の POx の濃度について検討したところ、3 mg/mL 以下において安定なエマルションが形成されることがわかった。そこで、PBS(-) 中の POx の濃度を 3 mg/mL とし、これを水相として用いて POx 内包ナノカプセルを調製した。DLS 測定の結果、この POx 内包ナノカプセルの粒径分布と、POx を PBS(-) に溶解させていないナノカプセルの粒径分布には、大きな変化がみられなかった。この結果から、POx を水相に溶解させた場合においてもナノカプセルの調製が可能であることがわかった。続いて、microBCA 法を用いてナノカプセルから漏出した POx の濃度を定量することにより、ナノカプセル内への POx の封入効率を算出した。架橋剤である DVS の添加量を変えて調製したナノカプセルへの POx の封入効率を検討したところ、OEGMA 末端のヒドロキシ基に対して 1 当量以下の DVS を添加した際には、いずれの添加量においても POx の封入率はほぼ100%であった。これに対して、5 および10当量の DVS を添加した際には、POx の封入効率が50% 程度と顕著に低下した。したがって、OEGMA 末端のヒドロキシ基に対して 1 当量以下の DVS を添加してエマルション液滴界面の PMPC-*b*-POEGMA を架橋することにより、POx の高効率な封入が可能であることが明らかになった。末端のヒドロキシ基に対して 5 当量以上の DVS を添加した際には、POEGMA ブロックのヒドロキシ基に DVS の片末端のみが結合したものが多くなり、PMPC-*b*-POEGMA のヒドロキシ基間に十分な架橋構造が導入できなかったと考えられる。そのため、ナノカプセル膜の架橋密度が低下してナノカプセルから POx が漏出したと推察される (図10)。

以上の結果から、DVS によるエマルション液滴界面の PMPC-*b*-POEGMA の架橋により、水相に安定に分

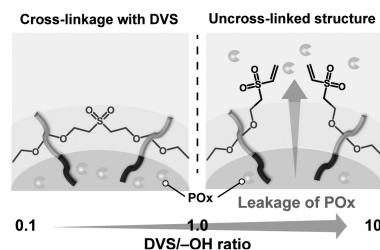


図10. ナノカプセル形成における DVS 添加量と POx 封入効率との関係

散可能なナノカプセルが生成したことがわかった。また、水相に POx を溶解させた場合においてもナノカプセルを調製できることがわかった。さらに、PMPC-*b*-POEGMA の OEGMA 末端のヒドロキシ基に対して 1 当量以下の DVS を用いることにより、高効率な POx の内包が可能であることが明らかになった。このような生体分子内包ナノカプセルはナノバイオリアクターや高効率な診断材料などへの応用が期待できる。

5. 自己組織化ペプチドハイドロゲルの設計と足場材料としての応用

平野義明^{*6}、藤野圭太郎^{*7}、大槻周平^{*8}

5.1. 緒言

足場材料は、組織が損傷した際に細胞外マトリックスを模倣し細胞の増殖や分化をサポートし組織再生へと導くことができるため再生医療・組織工学において注目されている。この材料のひとつにハイドロゲルがあり、高い含水率や網目構造を有するため細胞外マトリックスを模倣していることや、インジェクタブルである点において理想的な生体材料と考えられている²⁴⁾。その中でも、生体由来のアミノ酸からなる自己組織化ペプチドハイドロゲルは優れた生体適合性や生分解性、アミノ酸配列により機能を付与することができるという利点²⁵⁾から近年、足場材料の候補として注目されている。自己組織化ペプチドは親水性アミノ酸と疎水性アミノ酸の繰り返し配列からなる両親媒性ペプチドであり、水溶液中で塩や pH 等に応答して水素結合や疎水性相互作用を介してナノ構造へと自己組織化する。その際に水を内包しハイドロゲルとなる²⁶⁾。奥野、青山らは、 β -ストランド構造をとる親水性アミノ酸の Lys と疎水性アミノ酸の Ile の繰り返し配列に、 β -ターン構造として RGDS 配列を組み込んだ $(\text{Ile-Lys})_n\text{-Arg-Gly-Asp-Ser-(Lys-Ile)}_n$ [KI24RGDS ($n=5$)] ペプチドがウサギモデルの半月板欠損部位の修復に著しく治癒効果を発揮することから新

*6 化学生命工学部 教授 博士 (工学)

*7 大阪医科大学 整形外科科学教室 助教 博士 (医学)

*8 大阪医科大学 整形外科科学教室 教授 博士 (医学)

規足場材料として有用であると報告した²⁷⁾。また、RGDS 配列はフィブロネクチン由来のペプチドで、細胞表面に存在するインテグリンと相互作用し細胞接着活性を示すことが知られている。KI24RGDS において RGDS 配列が治癒効果に大きな影響を及ぼしていると考えられる。

KI24RGDS は親水性表面と疎水性表面の 2 層を形成し、塩の添加により親水性表面の静電反発遮蔽、疎水性表面の疎水性相互作用、水素結合により自己組織化するハイドロゲルである。しかしながら、動物実験においてウサギの一部の個体において欠損部位からのハイドロゲルの流出が見られたことから機械的強度の改善が必要であることも示された。そこで、ゲルの特性を保ったまま機械的強度を向上させる必要があると考えられる。

本研究では機械的強度の向上のため、 β -ターン部分の Gly を非天然アミノ酸のニペコチン酸 (Nip) に置換した (Ile-Lys)_n - Arg - Nip - Asp - Ser - (Lys - Ile)_n [KI24RN_nDS (n=5)] ペプチドを分子設計した。グリシンはアミノ酸の中で最小の側鎖を持ち、主鎖の立体配座の柔軟性を高めることが知られている²⁸⁾。それに対しニペコチン酸は環構造を有するため、主鎖の剛性を高めハイドロゲルの機械的強度の向上が期待できる。また、Ile と Lys の繰り返し数 n = 4 に減らした 20 残基の KI20RN_nDS ペプチドと n = 6 に増やした 28 残基の KI28RN_nDS ペプチドを分子設計した。ペプチドの鎖長を変更させることで、RN_nDS 配列を挟む 2 本の β -ストランド間の水素結合数や分子内の Ile 同士の疎水性相互作用する箇所が増減し、二次構造の安定性に変化をもたらすことによりハイドロゲルの機械的強度に影響を与えたと考えた。さらには Gly から Nip への置換とペプチド鎖長の変更を行い、従来の KI24RGDS ペプチドハイドロゲルと二次構造や機械的強度および細胞との相互作用を比較することで、新規足場材料としての応用の可能性を評価した。

臨床分野において、腱と骨の結合部の形成は、前十字靱帯再建術 (Acute anterior cruciate ligament ; ACLR) のリハビリテーションスケジュールを早め、スポーツへの早期復帰を促進する可能性がある。大きな機械的強度を必要としない箇所では KI24RGDS の有効性を検討した。前十字靱帯再建術後の腱と骨の結合部の形成を促進することを目指して KI24RGDS の治療効果の検討をマウスを用いておこなった²⁹⁾。

5.2. 実験

Fmoc 固相合成法および最終脱保護の操作により KI20RN_nDS, KI24RN_nDS, KI28RN_nDS を合成した。合成したペプチドをマトリックス支援レーザー脱離イオン化

-飛行時間型質量分析装置 (MALDI-TOF-MS) および高速液体クロマトグラフィー (HPLC) により目的物を同定した。次に、フーリエ変換赤外吸収 (FT-IR) スペクトルおよび円二色性 (CD) スペクトルによって、ペプチドの二次構造を解析した。ペプチド水溶液と 10 倍濃度のリン酸緩衝生理食塩水 (PBS) を混合することで、ハイドロゲルを作製した。そして、ハイドロゲルの貯蔵弾性率 (G') および損失弾性率 (G'') をレオメーターによって測定し、ペプチドハイドロゲルの弾性率比較を行った。次に 25℃ から 60℃ まで 5℃ ずつ温度を上昇させ、合成した 3 種類のペプチドの PBS 中での CD スペクトルを測定し、それぞれの熱安定性を調べた。細胞の足場としての機能を評価するため、ハイドロゲルに L929 を播種し細胞増殖試験を行った。RN_nDS 配列が RGDS 配列と同様に細胞接着性を示すかを調べるために細胞接着阻害試験を行った。また、L929 細胞をハイドロゲル内に内包し 24 時間培養した。その後 Live/Dead 染色を行い、共焦点レーザー顕微鏡でゲル内での細胞分布を観察した。

5.3. 結果・考察

HPLC によりそれぞれの単一ピーク、MALDI-TOF-MS により目的物由来の分子イオンピークを検出したため KI20RN_nDS, KI24RN_nDS, KI28RN_nDS の合成の完了を確認した。FT-IR スペクトルより 1625 cm⁻¹ にアミド I バンド、1535 cm⁻¹ にアミド II バンドを検出した。多変量解析を用いて各二次構造の含有率を算出したところ KI20RN_nDS, KI24RN_nDS, KI28RN_nDS は類似した二次構造を構築していることが明らかとなった。CD 測定より KI20RN_nDS, KI24RN_nDS, KI28RN_nDS は PBS 中において 220 nm 付近に負のコットン効果を観測したため β -シート構造を形成するのに対し、水中では β -シート構造を形成しないことが分かった。これは、水中では Lys 同士の静電反発が生じ自己組織化を阻害するが、塩の添加により静電反発を遮蔽し β -シート構造へ自己組織化すると考えられる。FT-IR スペクトルおよび CD 測定より KI20RN_nDS, KI24RN_nDS, KI28RN_nDS は KI24RGDS と同様の二次構造を形成することが明らかとなった。

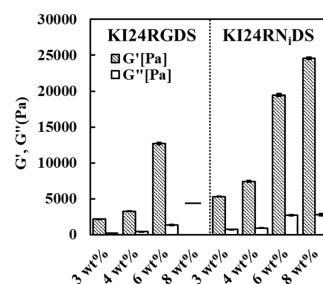


図11. KI24RGDS と KI24RN_nDS ハイドロゲルの弾性率比較

それぞれのペプチドを水に溶解し10倍濃度 PBS とシリンジ内で混合することでハイドロゲルを作製しレオロジー測定により弾性率を測定した。すべてのペプチド濃度および鎖長において貯蔵弾性率 G' が損失弾性率 G'' を上回っていることからゲル挙動を示した。同じ残基数でターン部分が RGDS 配列の同濃度における G' を比較すると、20残基のときはペプチド濃度 3 wt% において約 4 倍増加した。24残基では図11に示すように 6 wt% で13 kPa から20 kPa、28残基のときは14 wt% で34 kPa から57 kPa へと増加した。Gly から Nip に置換すると水溶性が向上し、KI24RN_iDS は 8 wt%、KI28RN_iDS は 15 wt% まで溶解しそのときのハイドロゲルの G' はそれぞれ約25 kPa、約85 kPa と高い値を示した。このことより Gly から Nip への置換が機械的強度の向上に有効であることが示唆された。

L929 細胞での増殖試験では、3 wt% 濃度の KI20RN_iDS、6 wt% 濃度の KI24RN_iDS、および KI28RN_iDS ハイドロゲル上で7日間培養し、日数の経過に伴い細胞増殖を確認できたことからハイドロゲルが細胞増殖を促進することが示唆された。RGDS 配列がフィブロネクチンを介した細胞接着を阻害することから行った細胞接着阻害試験では、RN_iDS 配列は RGDS 配列に少し劣るが細胞接着を阻害した。コントロールとして用いた RGEs 配列では細胞接着の阻害が見られなかった。細胞接着性を示すとされている RGDS 配列と細胞との接着は、細胞表面に存在するインテグリンと Arg および Asp が結合することで起こる³⁰⁾。このことより相互作用に大きく関与していない Gly を他のアミノ酸に変更させても細胞接着が起こると考えた。L929細胞を KI20RN_iDS、KI24RN_iDS、KI28RN_iDS ハイドロゲル内で培養した時の細胞分布では、RN_iDS 配列の細胞接着性によりゲル内に細胞を保持していることが分かった。Gly から Nip に置換しペプチド鎖長を長くすることでハイドロゲルの細胞接着性を保ったまま機械的強度の向上が実現できた。よって、新規足場材料として利用が可能であることが示唆された。

さらには、前十字靱帯再建術において KI24RGDS の有用性を検討するため、ACLR+KI24RGDS 群と ACLR 群に分けて尾の腱を用いて結合部の評価を行った。腱と骨の結合部の成熟度を評価するため、腱の石灰化軟骨 (MFC) の面積を定量化した。また、前駆細胞の増殖を評価するために、 α -平滑筋アクチン (α -SMA) の免疫蛍光染色を行った。

腱-骨付着部の強度は、引き抜き試験により評価した。MFC および最大破断荷重は、ACLR+KI24RGDS 群では ACLR 群よりも14日目に著しく高かった。しかし、28日目では両群間に有意差は認められなかった。腱移植

片における α -SMA 陽性細胞の数は、両群とも ACLR 後7日目に最も多く、ACLR+KI24RGDS 群では ACLR 群よりも有意に高かった。KI24RGDS は ACLR 後の腱移植片と骨トンネルの早期の带状癒着を促進する治癒能力が増強されることが分かった。これらの結果は、KI24RGDS の RGDS 配列による細胞と親和性の向上が治癒効果の促進に寄与していると推察できる²⁹⁾。

6. 純マグネシウムの生理環境下における極めて速い腐食分解を抑制する生体由来分子被覆技術

柿木佐知朗*⁹

近年、生分解性金属であるマグネシウム (Mg) は Ti 合金などに代わる新たな骨固定デバイス基材として注目されている。しかし、純 Mg は生理的環境下における腐食分解速度が極めて速く、腐食分解に伴って生じる水素ガスによってデバイス埋入部周辺組織に空孔を形成し、正常な治癒が妨げられることが課題である。純 Mg の腐食分解抑制には合金化が一般的であり、欧州では MgYREZr 合金が骨固定スクリューとして臨床応用されているが、Mg 合金に添加されている希土類金属の生体毒性が懸念されている^{31,32)}。純 Mg や Mg 合金の表面改質による腐食分解の抑制は広く研究されている。なかでも、ポリドーパミン (PDA) は、操作が簡便で、低毒性かつ高い反応性を有するなど、被覆材として多くの利点がある。一般的に PDA コーティングに用いられる Tris-HCl 緩衝液は、弱アルカリ性 (pH=8.5) で塩化物イオンを含み、純 Mg の腐食分解を強く促進するために適用できない³³⁾。本研究では、拮抗する純 Mg の腐食と PDA の重合を制御できる溶液反応系を最適化し、PDA 被覆による純 Mg 基材の初期腐食の抑制を検討した。

鏡面研磨した純 Mg 基材 (99.95%) を 1 M NaOH 水溶液に50℃で24時間浸漬して、アルカリ処理した。反応後、超純水で洗浄し、減圧下で乾燥した。アルカリ処理した純 Mg 基材をそれぞれ1.8 mL の0.01、0.05、0.1 M NaOH 水溶液に浸漬し、50℃に加熱した。その後、それぞれを0.2 mL の20 mM ドーパミン (DA) 水溶液を加え、50℃で24時間振盪した。反応後、超純水で洗浄し、減圧下で乾燥した (図12)。純 Mg 基材表面の

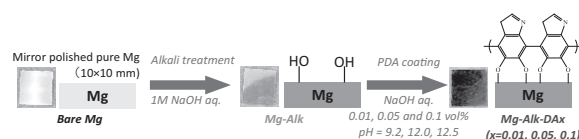


図12. 純 Mg 基材表面への PDA 被覆

*9 化学生命工学部 教授 博士 (工学)

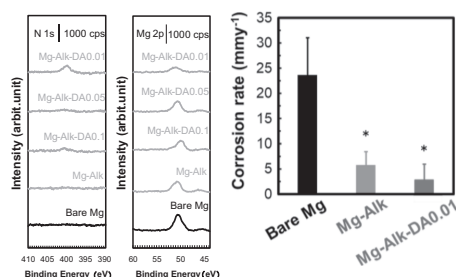


図13. 各純 Mg 基材表面の XPS による表面元素解析 (左) と α MEM 培地中における腐食分解速度 (右)

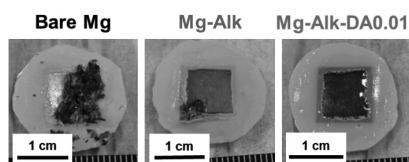


図14. α MEM 培地中に48時間浸漬後の各純 Mg 基材

元素組成は X 線光電子分光法 (XPS) で解析した。未処理および PDA 処理後の純 Mg 基材の腐食分解挙動は、 α MEM 培地 (5 %FBS 含有) 中におけるステンレスを対極とした三極分極測定によって電気化学的に解析した。

純 Mg 基材表面を XPS で解析したところ、他の試料と比較して、Mg-Alk-DA-0.01 で DA に含まれる窒素 (N 1s) が最も強く検出され、マグネシウム (Mg 2p) が最も弱く検出されたことから、Mg-Alk-DA-0.01 が最も緻密な PDA 被覆層を形成していると考えられる (図13)。 α MEM 培地中での電気化学的腐食試験の結果、PDA 被覆によって純 Mg 基材の腐食は強く抑制された (図14)。これは PDA 層の欠陥部で初期段階の腐食が起こるものの、その後、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 MgCO_3 およびリン酸マグネシウムを含む不動態層で充填されるためと考えられる。また、純 Mg 基材の α MEM 中への浸漬後の様子において、未修飾の純 Mg 基材は48時間後に著しく腐食していたが、PDA 被覆後の純 Mg 基材は48時間後でもその形態を維持することができた (図14)³⁴⁾。

今後は、純 Mg 基材のさらなる腐食分解の抑制を目指し、熱処理を施した純 Mg 基材に PDA 被覆を施し、その腐食抑制効果を解析する。

7. 結晶性セグメントを疎水部とした両親媒性ブロックペプチドの会合挙動

奥野陽太*¹⁰、岩崎泰彦*¹¹

7.1. 緒言

両親媒性分子が水中で形成する分子集合体は薬物送達

(DDS) 基材をはじめ医用材料として欠かせない。両親媒性ポリマーは水中で自己組織化し、疎水部セグメントがコアとなるミセル構造や、二分子膜から形成され内水相を有するベシクル構造等の分子集合体を形成する。両親媒性ポリマーが形成する分子集合体は、脂質などの低分子集合体に比べて格段に安定であり、刺激応答性などのポリマーの性質に由来する特性を付与できる点で優れている。

一般的に両親媒性ポリマーはミセルやベシクルといった3次元的に等方性の高い分子集合体を形成するが、疎水性セグメントに結晶性を付与すると疎水性相互作用によって会合した後、疎水部の結晶化の進行に伴いナノシートやナノチューブなどの異方性のある構造を構築できることが報告されている。これらの異方性を有する分子集合体は当方的な構造に比べて血中滞留性や細胞取り込み性が向上することが報告されており、異方性分子集合体の構築および形態制御は次世代の DDS 基材に繋がり得る基礎研究である³⁵⁾。

そこで本研究では両親媒性ブロックコポリマーとしてペプチドを選択し、異方性のある分子集合体の構築とその形態制御に取り組んだ。ペプチドはポリ (N-置換グリシン) の通称である。ペプチドと同様にポリアミド2構造の主鎖を有しているが窒素原子上に置換基が存在するため分子内および分子間水素結合を形成せず、その物理化学的性質は側鎖に強く依存する³⁶⁾。したがって側鎖の選定によってペプチドの親疎水性や結晶性を制御できる。一方ビニルポリマーとは異なり二面角の制限のために主鎖が比較的剛直であり、結晶性セグメントとして優れている。他にも、ペプチドはペプチドと同様に N-置換グリシンの N-カルボキシ無水物 (N-carboxy anhydride; NCA) の開環重合によって容易に重合でき、主鎖がペプチド様構造であるため比較的生体適合性が高いなどのメリットを有する。ここでは疎水部として結晶性を有する poly (N-butylglycine)、親水部には poly (N-methylglycine) を適用した両親媒性ブロックペプチドを設計し、この分子が水中で形成する分子集合体の構造及び、疎水性セグメントである poly (N-butylglycine) の結晶化に伴う構造相転移に関して調査した (図15)。

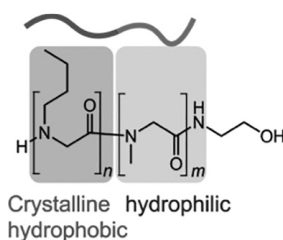


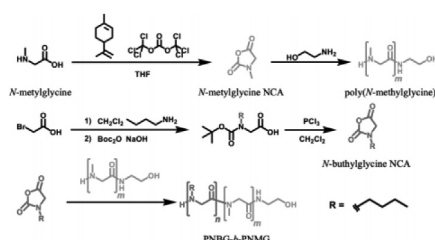
図15. 本研究で用いた両親媒性ブロックペプチド

*10 化学生命工学部 助教 博士 (工学)

*11 化学生命工学部 教授 博士 (工学)

7.2. poly(*N*-butylglycine) - *block*- poly(*N*-methylglycine) の合成

合成はスキーム 1 に則り *N*-methylglycine とトリホスゲンの反応から *N*-methylglycine NCA を得た。アミノエタノールを開始剤として *N*-methylglycine NCA の開環重合によって親水性セグメントである poly(*N*-methylglycine) を重合した。別途、ブromo酢酸にブチルアミンを反応させて *N*-butylglycine を合成し *N* 端を Boc 基で保護して Boc-*N*-butylglycine を得た。ここから三塩化リンを用いて *N*-butylglycine NCA を合成した。先んじて重合した poly(*N*-methylglycine) をマクロ開始剤とし、*N* 端より *N*-butylglycine NCA の開環重合によって目的の両親媒性ブロックペプチドである poly(*N*-butylglycine) - *block*-poly(*N*-methylglycine) (PNBG-*b*-PNMG) を合成した。



スキーム 1. PNBG-*b*-PNMG の合成経路

プロトンの核磁気共鳴分光測定から両親媒性ブロックペプチドに占める疎水セグメントの割合は重合度として64%であることが明らかとなった。

7.3. 室温での分子集合体の調製と特性評価

分子集合体の調製にはインジェクション法を用いた。PNBG-*b*-PNMG を 100 mg/mL で 1,1,1,3,3,3-ヘキサフルオロイソプロパノール (HFIP) に溶解した溶液を、終濃度 1.0 mg/mL になるように超純水に滴下した。25℃で30分間攪拌した後、ネガティブ染色法を用いた透過型電子顕微鏡 (transmission electron microscope ; TEM) によって形態を確認した。観察の結果、図16a に示すように粒子径50-200 nm 程度の球状構造であるとわかった。続いて結晶性セグメントである poly(*N*-butylglycine) の結晶化を促進するため、球状分子集合体の分散液を poly(*N*-butylglycine) の融点以上である90℃に加熱し24時間保持した。その後25℃まで冷却し先ほどと同様に TEM によって形態を確認した。TEM 画像から、球状構造に混じってシート状の形態が確認された (図16b)。

上記の球状分子集合体からナノシート状分子集合体への構造相転移が poly(*N*-butylglycine) の結晶化によるものかの確認のため、透過型電子顕微鏡を用いた電子回

折 (selected area electron diffraction ; SAED) 法を用いてそれぞれの構造を分析した。図16c, d から明らかのようにシート状分子集合体でのみ規則的な構造に由来する回折パターンが確認でき、poly(*N*-butylglycine) セグメントの結晶化により構造相転移が誘起されたと示唆された。なお球状分子集合体を室温で3週間にわたって静置していてもナノシートは形成されなかったことから球状分子集合体は速度論的にトラップされた構造であり、シート状への相転移には加熱による分子の運動性付与と疎水部の結晶化が必要であったと考えられる。

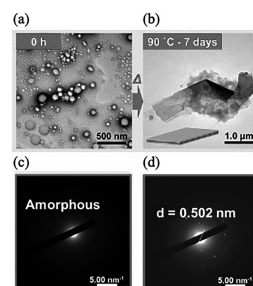


図16. (a), (b)加熱前後での分子集合体の構造相転移、及び(c), (d)それぞれの構造の電子回折像

そこでさらなる解析のため、シート状分子集合体を SPring-8 放射光施設 (BL40B2) で広角 X 線散乱 (wide-angle X-ray scattering ; WAXS) 測定したところ、 4.56 nm^{-1} に明確なピークが現れた。実空間では 1.38 nm であり、これは poly(*N*-butylglycine) の側鎖である butyl 基の伸び切り鎖長のちょうど2倍にあたる。先行研究から結晶性である poly(*N*-octylglycine) を疎水部とした両親媒性ブロックポリマーは側鎖の結晶化によって、主鎖間距離が側鎖の伸び切り鎖長の2倍となることが報告されている³⁷⁾。今回のシート状分子集合体でも同様の結晶化構造をとっていることが想定される (図17)。なお TEM 観察で確認できたシート状分子集合体はいずれも長方形であるが、これは poly(*N*-butylglycine) セグメントの結晶構造を反映しているものと推察される。

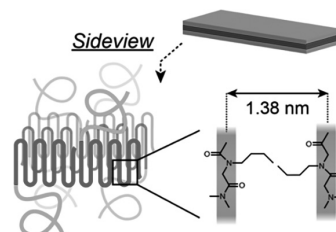


図17. 推定されるシート状分子集合体の内部構造

7.4. ナノシートからナノチューブへの相転移

7.3項で得られたシート状分子集合体が最安定構造で

あるかの確認のため、90℃での加熱を7日間まで引き伸ばし、再度 TEM 観察を行った。その結果シート状構造に混じってチューブ状構造が確認できた（図18）。TEM 観察によって確認できるチューブの直径からチューブの周長を計算すると、直前で得られていたシート状集合体の長方形の短辺と概ね一致した。このことからチューブ状構造はシート構造の巻き上げによって形成されたものと推測される。その駆動力についてはさらなる調査が必要であるものの、シート状分子集合体の横幅が一定値を超えるとシート表面の張力がシートの剛直性を上回り、曲率が現れたと予想される。シート状構造の長辺のエッジ同士が接合してチューブ形態となることで、長辺のエッジで水中にむき出しになっていた疎水部のエンタルピー的な不安定さが解消されることが1つの駆動力となっているものと思われる。

なおシート状構造を室温で静置していてもチューブ状構造への相転移は認められなかったため、やはり構造相転移についても加熱が必要であり、シート構造が速度論的にトラップされた構造であったことが示唆される。

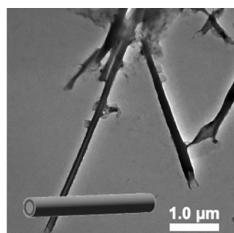


図18. チューブ状分子集合体の TEM 像

7.5. まとめ

本研究では、PNBG-*b*-PNMG を合成し、水中での分子集合体の形態とその構造相転移について調査しはじめに得られた球状構造から、加熱によってシート状構造、チューブ状構造に構造相転移することを明らかにした。また、この構造相転移を速度論的に制御できることを見出した。我々の知る限り完全に水中で球状、シート状、チューブ状構造に速度論的に制御された状態で相転移した報告はこれまでに存在しない。ナノサイズの分子集合体と生体との相互作用を考察する際に1種類の分子から様々な形態を作り出すことができれば、分子種の違いによる影響を議論から排除することができ、純粋に分子集合体の構造が生体との相互作用に与える影響を調査し得る。現状、分子論的なメカニズムについては不明瞭な点が多いため、今後さらなる評価・解析を進めていく。

謝辞

SPring-8 での放射光 WAXS 測定は、信州大学繊維学部の西村智貴先生のご助力のもと実施されました。ここ

に御礼申し上げます。

8. バクテリアセルロース膜のバイオマテリアルへの応用

古池哲也*¹²

8.1. はじめに

生体内の組織、臓器は細胞と細胞外マトリックス (ECM) により構築されている。ECM は細胞を取り囲むようにして存在し、細胞は ECM を介して、周囲の細胞と情報伝達しながら生体恒常性を維持している。生体組織が損傷を受けると、細胞とともに ECM も失われてしまう。近年、iPS 細胞を用いた再生医療の発展が目覚ましいが、これには細胞が接着し、増殖するための空間、すなわち創傷によって失われた ECM の代わりとなる人工的な足場（医療用足場材料）が必要不可欠となる。医療用足場材料は細胞を三次元的に分布させ、特定の形状を付与しつつ、再生のための空間を提供するという役割がある。これにはいくつかの条件が求められ、細胞の接着、増殖を促進して細胞の分化を制御できること、生体適合性、高い強度や多孔性を有することなどが挙げられる。そこで本研究では、新たな医療用足場材料としてバクテリアセルロース（図19）に着目した。

バクテリアセルロース (BC) は酢酸菌が糖類を代謝することで生成されるセルロースであり、一般的にナタデココとして広く知られている。BC は植物由来のセルロースとは異なり、リグニンやヘミセルロースなどの不純物を含まない純粋なセルロースであり、リボン状のナノフィブリルを形成することにより三次元網目構造として存在している。そのため、高い機械的強度や柔軟性を示し、膨潤性や保水性にも優れており、さらに、生分解性や生体適合性を併せ持つ。これらの特性から既に多くの医用材料素材に応用されている。しかし、医療用足場材料への応用のためには、BC のみでは細胞接着性や増殖性が不十分であるという問題がある。そこで、本研究では、優れた細胞接着性や増殖性、さらに骨分化を促進することで知られるアニオン性多糖であるコンドロイチ

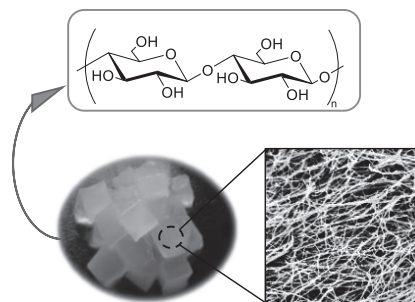


図19. バクテリアセルロース (BC)

* 12 化学生命工学部 教授 博士（地球環境科学）

ン硫酸 (ChoS) を、カチオン性多糖であるキトサン (CS) との Layer by layer (LBL) 法によって化学的に修飾した BC/CS/ChoS 膜の調製を行い、BC において乏しい細胞接着性や増殖性の改善を試みた。

8.2. BC/CS/ChoS の調製

D-グルコースを主成分とする SH 培地を用い、30℃ で 7 日間、酢酸菌を静置培養することにより BC 膜を得た。得られた BC 膜を 4% NaOH 水溶液で煮沸洗浄した後、中性になるまで純水洗浄を繰り返し行うことで純粋な BC 膜を調製した。得られた BC 膜を 1.0 g/L の KIO_4 水溶液に浸漬することで、セルロース中のグルコース残基の C2-C3 位間で酸化的開裂を起こし、アルデヒド基へと変換して酸化処理した BC (DABC) を調製した。さらに DABC を 0.1% の CS 溶液に浸漬し、DABC のアルデヒド基と CS のアミノ基間でシッフ塩基を形成させ、BC 膜上に CS を化学修飾した。その後、LBL 法を用いて、0.2% の ChoS 溶液と 0.1% の CS 溶液の順で 5 回あるいは 10 回交互に浸漬することで、BC と CS、ChoS の複合膜 (BC/CS/ChoS ⑤、BC/CS/ChoS ⑩) を得た。調製した膜は FT-IR スペクトル、元素分析、ケルダール窒素分析を用いて成分分析を行い、さらに SEM 観察と引張強度試験により特性評価を行った。

BC、CS、ChoS、BC/CS/ChoS ⑤、BC/CS/ChoS ⑩の FT-IR スペクトルの結果から、 1550 cm^{-1} 付近に CS 由来の $-\text{NH}_2$ の変角振動、 1250 、 820 cm^{-1} にそれぞれ ChoS 由来の $\text{S}=\text{O}$ 、 $\text{C}-\text{O}-\text{S}$ の伸縮振動のピークが、BC/CS/ChoS ⑤、BC/CS/ChoS ⑩で観察された。また、ケルダール窒素分析と元素分析の結果から各 BC/CS/ChoS 膜に N および S の存在が確認され、コーティング回数に伴って N および S の割合は増加した。これらの結果から、CS や ChoS が BC 上にコーティングされていることが示唆された。次に、引張強度試験の結果から、DABC の強度は BC と比較して 50 cN 減少した (図 20)。これは、BC 膜内のグルコース環構造が過ヨウ素酸化により酸化的開裂したことにより、セルロース分子間の水素結合が減少したことに起因する。しかし、

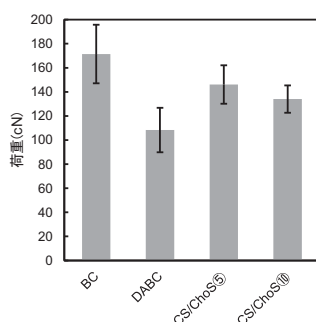


図20. 各膜の引張強度試験

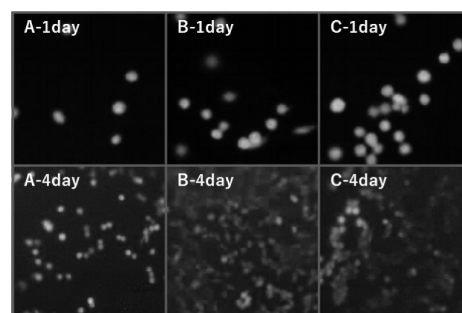


図21. 各膜に播種した細胞の1、4日後の形態

(A)BC、(B)BC/CS/ChoS ⑤、(C)BC/CS/ChoS ⑩

DABC はコーティングを行うことにより強度は向上した。さらに、SEM 測定の結果から、BC/CS/ChoS ⑤、BC/CS/ChoS ⑩は BC 膜と同様に、網目構造を保った繊維形態が観察された。また、SEM 画像から各膜の繊維径を測定すると、コーティング回数に伴い繊維径が増加した。

8.3. 細胞接着試験

調製した複合膜に L929 マウス線維芽細胞を 1×10^4 cells/well の細胞密度で播種し、1、4 日後の細胞の形態を蛍光顕微鏡によって観察した。

BC、BC/CS/ChoS ⑤、BC/CS/ChoS ⑩の 1、4 日培養後の蛍光顕微鏡写真を図 21 に示す。いずれの膜も培養 1 日目で細胞接着性を示し、BC と比較して BC/CS/ChoS ⑤と BC/CS/ChoS ⑩は、より多くの細胞の接着が観察され、さらに細胞の伸展も確認された。次に、培養 4 日目においては BC/CS/ChoS ⑤と BC/CS/ChoS ⑩は膜表面を覆いつくすように細胞の増殖が観察され、これは ChoS の存在により細胞の増殖が促進されたためと考えられる。

以上の結果から、LBL 法を用いた CS、ChoS のコーティングにより BC 膜の細胞接着性や増殖性が改善されたことが示唆された。

9. 四分岐構造を有する温度応答性高分子の光ゲル化と均一網目構造の形成

宮田隆志*¹³

温度や pH などの外部環境の変化により膨潤収縮する刺激応答性高分子ゲルは、医療・環境・エネルギー分野などへの応用を目指して精力的に研究されている。なかでも、32℃ に下限臨界溶液温度 (LCST) を有する poly (*N*-isopropylacrylamide) (PNIPAAm) からなる温度応答性ゲルは、温度変化に応答して親水・疎水性や体積が大きく変化するために、薬物放出やセンサー、細胞培養

* 13 化学生命工学部 教授 博士 (工学)

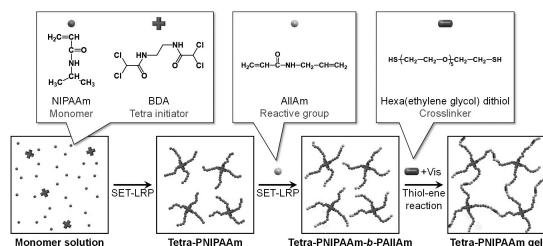


図22. 四分岐構造を有する PNIPAAm の合成と光ゲル化による Tetra-PNIPAAm ゲルの調製

などへの幅広い応用が期待されている。通常、PNIPAAm ゲルはフリーラジカル重合 (FRP) で合成されるが、精密重合により PNIPAAm ゲルを合成すると、その網目構造の均一性が向上することを、われわれは報告してきた^{38,39)}。一方、細胞の挙動は外部の物理的および化学的な環境に強く依存するため、外部刺激により構造や性質を変化させる刺激応答性材料を用いて細胞を制御しようとする研究が盛んである。われわれは、細胞挙動を制御するために、分子応答性や光応答性を有する様々な刺激応答性ゾル-ゲル相転移ポリマーを設計してきた^{40,41)}。そこで、光ゲル化により均一網目構造を有する PNIPAAm ゲルを設計できれば、その表面や内部で細胞培養することにより、均一網目構造に基づく力学物性や温度で細胞を制御できると考えた。本研究では、細胞制御材料への応用を目指して、精密重合で合成した四分岐構造の PNIPAAm とジスルフィド架橋剤を用いて均一網目構造を有する温度応答性ゲルの調製を試みた (図22)⁴²⁾。このゲルの網目構造の均一性と温度応答挙動について、通常の FRP により合成した PNIPAAm ゲルと比較検討した。

まず、単電子移動リビングラジカル重合 (SET-LRP) によって四分岐構造を有する開始剤を用いて *N*-isopropylacrylamide (NIPAAm) を重合した後、さらに *N*-allyl acrylamide (AllAm) を共重合することにより、四分岐構造を有するポリマー

(Tetra-PNIPAAm-*b*-PAIAm) を合成した (図22)。次に、このポリマーと両末端チオール基を有する架橋剤 hexa (ethylene glycol) dithiol、光開始剤を混合した後、可視光照射に伴うチオール-エン反応により Tetra-PNIPAAm ゲルを調製した。また、比較のため、FRP により通常の PNIPAAm ゲルも調製した。さらに、Tetra-PNIPAAm ゲルおよび PNIPAAm ゲルの濁度測定による温度応答挙動および動的光散乱法 (DLS) による網目構造の均一性を評価した。

図23には、可視光照射によって調製した Tetra-PNIPAAm ゲルおよび通常の PNIPAAm ゲルの濁度測定結果を示した。図より、いずれのゲルにおいても PNIPAAm 水溶液の下限臨界溶液温度 (LCST) である32℃付近で透過率が100%から0%に急激に低下することがわかる。これは、温度上昇に伴いポリマー鎖が親水性から疎水性に急激に変化するためである。また、Tetra-PNIPAAm ゲルの方がやや高い転移温度を有するのは、架橋剤である hexa (ethylene glycol) dithiol が親水性のエチレングリコール鎖をもつためと考えられる。このように、Tetra-PNIPAAm ゲルと PNIPAAm ゲルでは架橋剤の親水性の差により転移温度がわずかに異なるが、いずれのゲルも PNIPAAm の LCST 付近で温度応答性を示すことがわかった。さらに、25℃から40℃に温度を変化させたときの Tetra-PNIPAAm ゲルと PNIPAAm ゲルの応答速度を調べた結果、Tetra-PNIPAAm ゲルの方が遅いことがわかった。一般に、このような温度応答性は、ゲルの網目構造に強く影響される。そこで次に、DLS 測定によりゲルの網目構造の均一性を評価した。

一般のゲルの網目構造は不均一であり、DLS 測定を行うと測定位置によって散乱強度は大きくばらつくことになる。われわれはこの散乱強度のばらつきを標準偏差で示し、それによってゲル網目構造の均一性を評価する方法を提案してきた^{38,39)}。そこで、DLS 測定により Tetra-PNIPAAm ゲルおよび PNIPAAm ゲルの各サンプル位置での散乱強度を測定し、その標準偏差に及ぼすポリマー濃度の影響を図24に示した。図より、

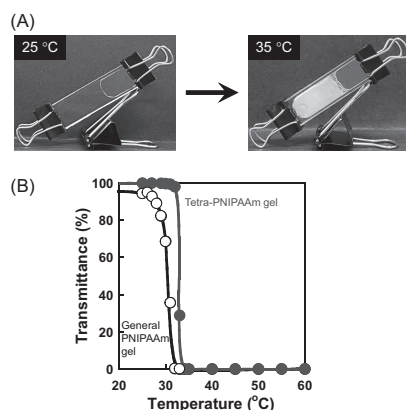


図23. Tetra-PNIPAAm ゲルおよび通常の PNIPAAm ゲルの写真(A)と透過率の温度依存性(B)

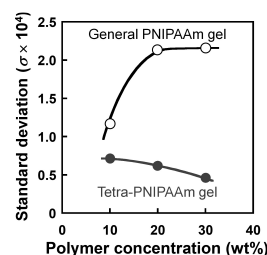


図24. 様々なポリマー濃度を有する Tetra-PNIPAAm ゲルおよび通常の PNIPAAm ゲルの光散乱強度の位置依存性に対する標準偏差

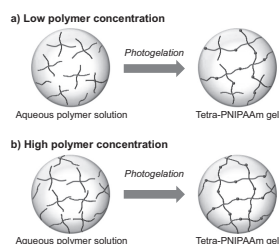


図25. 低ポリマー濃度(a)および高ポリマー濃度(b)での光ゲル化で合成した Tetra-PNIPAAm ゲルの網目構造

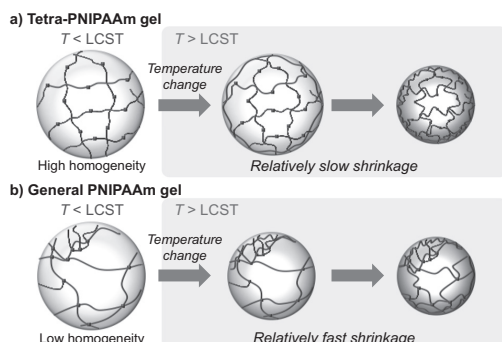


図26. 温度変化に応答した Tetra-PNIPAAm ゲル(a)および通常の PNIPAAm ゲル(b)の網目構造変化

PNIPAAm ゲルに比較して Tetra-PNIPAAm ゲルの散乱強度の標準偏差は小さな値を示すことがわかる。PNIPAAm ゲルは不均一なネットワーク構造のため、散乱強度が測定位置に強く依存し、その標準偏差は大きな値を示す。一方、Tetra-PNIPAAm-*b*-PAAm 末端のアリル基と架橋剤のチオール基との反応により形成される Tetra-PNIPAAm ゲルは、比較的均一な三次元網目を有するために散乱強度の測定位置依存性が小さく、その標準偏差も小さな値を示すと考えられる。また、図25に示すように、高いポリマー濃度条件で光ゲル化すると、生成する Tetra-PNIPAAm ゲルはより均一網目構造を形成しやすいため、ポリマー濃度の増加と共に標準偏差が次第に低下すると推察される。さらに、PNIPAAm ゲルに比較して Tetra-PNIPAAm ゲルの方が温度変化に対する応答速度が小さくなる理由として、Tetra-PNIPAAm ゲルの方が均一な網目を有しており、温度上昇に伴ってより密なスキン層を形成して水分子の拡散が抑制されることが考えられる（図26）。

以上の結果より、Tetra-PNIPAAm-*b*-PAAm のような四分岐ポリマーは、均一なネットワーク形成のためのビルディングブロックとして有用であることが示唆された。このような均一網目を有する Tetra-PNIPAAm ゲルは、温度変化に伴うゲルの親水性・疎水性の変化と均一網目構造の変化により薬物放出や細胞挙動を制御できるスマートポリマー材料として期待できる。

10. 血液循環の数理モデルに基づく Blalock-Taussig Shunt 術時の最適な短絡血流量制御要因の検討

田地川勉^{*14}、根本慎太郎^{*15}

我々の研究室では、生体内の環境を模した物理的・数理的モデルを作製・作成し、それらを稼働・機能させることで、生体内と同じ現象を再現し、そこから医療機器の開発支援等への応用に繋げる取り組みをしている。昨年度はファロー四徴症（TOF）患者の血液循環動態を模した数理モデルの作成とそれを使った Blalock-Taussig Shunt 術（BTS）時の最適な短絡血流量制御要因を検討をコンピュータシミュレーションで行った取り組みを紹介したが、本年度はこれを実際に生体外も循環回路として再現したシミュレータを作製し、これを新規のデバイス開発に役立てようという試みを紹介する。

心室中隔欠損（VSD）、肺動脈狭窄（PS）、大動脈騎乗（OA）、右心室肥大（RVH）の4つの特徴を持つチアノーゼ性先天性心疾患である TOF は、患者の発育に大きく影響するため、循環動態的な条件が整った上で適切な時期に治療介入することが望ましい。患者が小さく、条件が整っていない場合は長時間におよぶ根治術に耐えられないため、まず比較的患者の負担が少ない姑息術で症状を緩和して、患者の発育に伴う心肺機能の発達を促し、必要な体力と体格を得て循環動態的な条件が整った後に、根治術として開心術を行うことが多い。姑息術の1つの BTS は鎖骨下動脈等と肺動脈を人工血管で短絡（shunt）することで、体循環への血流を肺循環に一部還流して肺血流量を増やし、体循環の酸素不足を低減する。しかし、シャント血流量が多すぎると、体循環の血流量が確保できなくなるため、厳格な制御が必要不可欠だが、臨床ではその制御要因となるシャント管の寸法や抵抗の付与などは医師の経験に依存しており、明確な根拠がない。

そこで根本らのグループは、内径3～5mmのPTFE製人工血管にポリウレタン製のカフ状バルーンを被せ、これを使って鎖骨下動脈と肺動脈を短絡させ、皮下に留置したポンピングデバイスを使ってバルーンを拡張して人工血管を圧閉することで、短絡血流量を閉胸後でも調整可能なデバイスを試作し、その特性を生体外の定常流条件下で評価すると共に、ビーグル犬を使った動物実験にて検証し、その有用性を確認した⁴³⁾。しかし実際の患児は、心拍を伴う拍動流条件で血液循環しているためその再現性は十分ではなく、動物実験も試行回数に限度がある。また市販されている血液循環シミュレータは、乳

*14 システム理工学部 准教授 博士（工学）

*15 大阪医科薬科大学 胸部外科 教授 医学博士

児や新生児に対応しておらず、健常な循環系によって回路が構成されているため、患児の血行動態を再現しているとは言いがたい。

そこで本研究では、これまで我々が開発してきたヒトの体循環を再現した生体外循環シミュレータ^{44,45)}を、新生児や乳児の体循環と肺循環の両方を再現できるように再設計し、作製し直した。

図27にその循環シミュレータの概略図を、図28に実際に作製したシミュレータを示す。

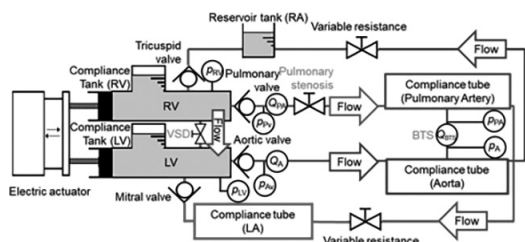


図27. 作製した乳幼児血液循環動態シミュレータ概略図

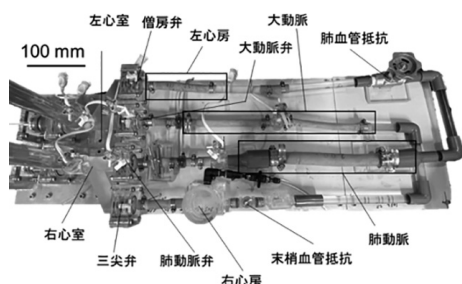


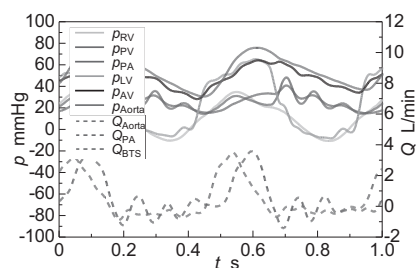
図28. 実際に作製した乳幼児血液循環動態シミュレータの全体図 (写真は健常児の場合)

この回路は、血液循環の基本要素である、末梢血管の血流抵抗、大血管の血管コンプライアンス、大血管を流れる血液の慣性の3つの組み合わせで構成された体循環と肺循環モデルを、1つの電動アクチュエータで作製した2つのピストンポンプを全て直接に接続することで、健常児の血液循環動態を再現している。心臓の役割を果たすピストンポンプの出入り口には、合計4つの弁を持ち、ピストンポンプが左右の心室の役割を果たすことから、これをオリフィスで短絡させることで、VSDとOAを、右心室流出路に相当する管を細くすることでPSを模してTOF患児の循環動態が再現可能である。

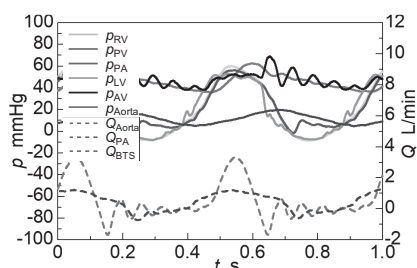
このシミュレータを使って、まずは健常児とTOF患児の血行動態の再現を試みた。シミュレータの運転条件としては、心拍数120 bpm、ピストン行程容積8.3 mLであり、各血管のコンプライアンスや末梢抵抗は適宜調整した結果、図29に示すような圧力、流量波形を得た。

これらの結果、各血管モデルの抵抗、コンプライアンスや心室コンプライアンスを適切に与えることで、心拍数120 bpm以上の健常な新生児、乳児の血圧や血流量を

再現することができ、この結果は我々のグループで実施している1次元数理モデルに基づくシミュレーション結果⁴⁶⁾ともよく一致していた。また、健常児モデルに対してVSD、PSモデルを追加したTOF患児モデルで得られた血圧・血流量は形を見ると、肺動脈位流量が大幅に減少しており、このときの肺動脈血流量 Q_{PA} と大動脈血流量 Q_{AO} の比を、チアノーゼ性の判断指標である肺体血流比と定義すると、図30に示すように、中隔欠損孔の直径 D_{VSD} の影響はほとんど関係なく、肺動脈狭窄度 A'_{PA}/A_{PA} が7.5%以下になると、肺体血流比が0.66を下回った。これは、右室流出路としての肺動脈から左心室に至るまでの血流抵抗と、それを短絡する形で存在するVSDによる抵抗のバランスで、肺体血流比が変化していると考えられた。



(a) Healthy



(b) TOF

図29. 乳幼児血液循環動態シミュレータを使って再現した健常児の圧力流量波形の例

TOF患児モデルに対して、図31に示すBTSモデルを追加し、BTSモデルの人工血管モデル長さを20 mmで固定し、その直径を $D_{BTS}=3, 4, 5$ mmと変化させ、さらに直径3 mmの人工血管モデルについては、根本らが試作した流量調整用のバルーンデバイスを使って圧閉させて短絡抵抗を変化させ、シミュレータを稼働させた。その結果を図32に示す。この結果から、本シミュレータでは $D_{BTS}=3$ mm以上の人工血管を使って大動脈位と肺動脈位を短絡させるだけでは、BTS時の肺体血流比が2を超え、 $D_{BTS}=3$ mmの人工血管に被せたバルーンデバイスを生理食塩水を注入して膨らませることで、肺体血流比を1に近づけることができたが、本シミュレータを使った実験の範囲内では肺体血流比を1にすることが

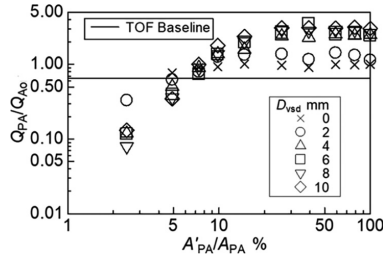


図30. シミュレータを使って検証した TOF 患児モデルの肺動脈狭窄と心室中隔欠損が肺体血流比におよぼす影響

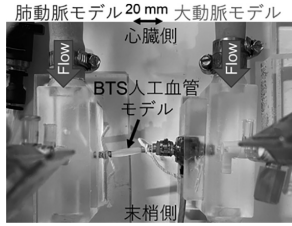


図31. 作製した BTS モデル

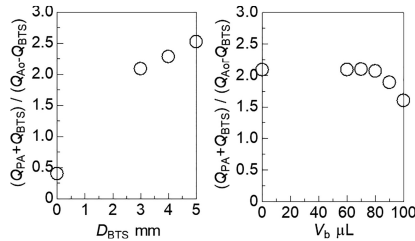


図32. BTS モデルを使った試作デバイスによるシャント流量制御実験の結果

できなかった。

今後、TOF 患児モデルモデルの再現性を検証すると共に、本シミュレータを使って、試作デバイスの性能評価を行うことを目指す。

11. 気道の波動伝搬現象の抵抗に関する研究

宇津野秀夫^{*16}

呼吸器系の疾患として、慢性閉塞性肺疾患（COPD）が知られている。この疾患は煙草の煙を主とする有害物質を長期に吸入曝露することで生じる肺の炎症性疾患である。煙草の煙を吸入することで肺の中の気管支に炎症を起こし、気管支が枝分かれした奥にあるぶどうの房状の小さな袋である肺胞が破壊される。日本の COPD 患者数は40歳以上で約530万人といわれており、世界では死因の第4位となっている重大な病気である。

著者らは音響波動分野の研究を行っており、多孔質材料である吸音材の特性に関して深い知見を有している。そこで肺胞を吸音材と見做し、口唇部から音波を入射し肺胞の末端での反射波を測定することで、肺胞の状態を

診断可能かどうかの基礎的な検討を行っている。

図33に COPD の概念図を示す。正常な肺胞では肺胞壁が存在するが、COPD ではこの肺胞壁が無くなっている。

一次元音場に対して、音圧 P と体積速度 U を結ぶ関係式を伝達行列によって表現する。空気の密度は ρ 、波数 k は ω/c 、角周波数は ω 、音速は c 、管の断面積は S とする。長さ L の音響管において、両端の音圧と体積速度は下式で表される。この管路の伝達行列モデルを連結して口唇から肺胞に至る解析モデルを作成し、肺胞の音波の反射の様子を解析することができる。

$$\begin{pmatrix} P_1 \\ U_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos kL & j \frac{\rho_0 c}{S} \sin kL \\ j \frac{S}{\rho_0 c} \sin kL & \cos kL \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_2 \\ U_2 \end{pmatrix}$$

その前段階として、剛壁管路における減衰機構の解析モデルを作成する。通常、剛壁管路は非減衰とされ吸音率はゼロだが、肺胞のように細い管路ではレイノルズ数が小さくなり粘性の影響が表れやすい。そこで熱音響工学の解析理論を参考に、半径 a の管路の管路壁面の粘性効果を表現する複素密度 ρ^* と、音波の圧縮で上昇した空気温度の熱が管路壁面に伝導する効果を複素体積弾性率 K^* で表現する。次式に複素密度と複素体積弾性率の解析式⁴⁸⁾を示す。

$$\rho^* = \frac{\rho}{1 - \frac{2}{k_s a} \frac{J_1(k_s a)}{J_0(k_s a)}}, \quad k_s^2 = -\frac{j\omega}{\nu} \quad (1), (2)$$

$$K^* = \frac{K}{1 + (\gamma - 1) \frac{2}{k_b a} \frac{J_1(k_b a)}{J_0(k_b a)}}, \quad k_b^2 = -\frac{j\omega}{\alpha} \quad (3), (4)$$

基礎研究の観点から間隔 d の平行平板間の複素密度 ρ_1^* を解析的に導出できたので次式に示す。なお複素体積弾性率も解析的に導出したが本稿では省略した。

$$\rho_1^* = \frac{\rho}{1 - \frac{2}{k_s d} \tan\left(\frac{k_s d}{2}\right)} \quad (5)$$

なお同様に二重円筒の場合の複素密度と複素体積弾性率も導出することができている。

以上で単純な流路形状における波動伝搬の理論解析ができたので、音響境界層の厚さ δ を検討する。平行平板間隔 $d = 2 \text{ mm}$ の流路における音響粒子速度分布の計算の一例を図34に示す。管路の両端に交番的に変化する圧力差を設定し、壁面の粘性と熱伝導効果を考慮すると、管路幅方向の粒子速度分布は一様ではなくなる。管路中央の主流部の流速分布はほぼ一様であるが、壁近傍の音響的な境界層部の粒子速度は壁部の速度ゼロと主流速度を繋ぐ形で大きく変化し、位相遅れも生じる。粘性と熱

*16 システム理工学部 教授 博士（工学）

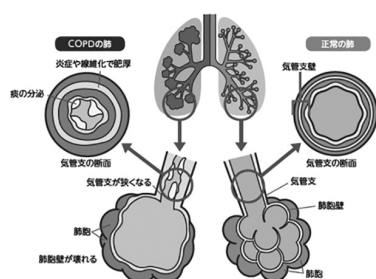


図33. 正常な肺胞と COPD の肺胞⁴⁷⁾

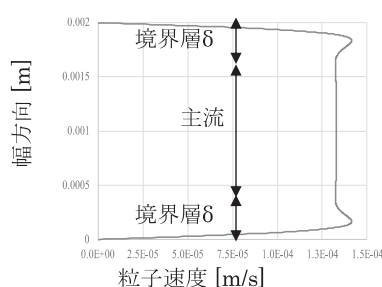


図34. 音響粒子速度分布の計算の一例

伝導の影響は、主に境界層内で複素数の密度と複素数の体積弾性率として現れ、主流部では通常の空気密度と体積弾性率が得られる。

種々の周波数に対して数値計算で検討したが、100 Hz 以上では境界層の厚みは400 μm と見なすことができ、この境界層内の複素数の密度と体積弾性率を、主流部の実数の密度と体積弾性率とを面積で案分することで、流路の音響特性を表現することができた。

謝辞

本研究（又は本研究の一部）は、「関西大学研究ブランディング事業（2024年度）」「関西大学先端科学技術推進機構研究グループ予算（2024年度）」によって実施されたものである。

参考文献

- 1) T. Owaki *et al.*, *Biotechnol. J.* **2014**, 9, 904.
- 2) G. Keller *et al.*, *Genes. Dev.* **2005**, 19, 1129.
- 3) S. Guedan *et al.*, *Annu. Rev. Immunol.* **2019**, 37, 145.
- 4) N. N. Shah *et al.*, *Nat. Rev. Clin. Oncol.* **2019**, 16, 372.
- 5) M. Mandai *et al.*, *N. Engl. J. Med.* **2017**, 376, 1038.
- 6) J. A. Burdick *et al.*, *Cell Stem Cell* **2016**, 18, 13.
- 7) J. A. Yang *et al.*, *Prog. Polym. Sci.* **2014**, 39, 1973.
- 8) Y. Yoshida *et al.*, *Polym. J.* **2014**, 46, 632.
- 9) Y. Ohya *et al.*, *Polym. J.* **2019**, 51, 997.
- 10) Y. Yoshida *et al.*, *Biomater. Sci.* **2017**, 5, 1304.
- 11) K. Takata *et al.*, *Gels* **2017**, 3, 38.
- 12) Y. Yoshizaki *et al.*, *ACS. Symp. Ser.* **2020**, 1350, 35.
- 13) Y. Yoshizaki *et al.*, *ACS. Appl. Bio. Mater.* **2021**, 4, 3079.

- 14) Y. Yoshizaki *et al.*, *Sci. Technol. Adv. Mater.* **2021**, 22, 627.
- 15) Y. Yoshizaki *et al.*, *Int. J. Pharm.* **2024**, 652, 123801.
- 16) J. A. Kim *et al.*, *Nat. Nanotech.* **2012**, 7, 62.
- 17) H. Oda *et al.*, *Biomaterials* **2013**, 34, 5891.
- 18) Y. Yoshizaki *et al.*, *Adv. Therap.* **2024**, 7, 2300296.
- 19) N. Murase *et al.*, *J. Polym. Sci.* **2025**, 63, 239.
- 20) P. W. K. Rothmund, *Nature* **2006**, 440, 297.
- 21) 特願2022-079640
- 22) H. Nakaura, A. Kawamura, T. Miyata, *Langmuir* **2019**, 35, 1413.
- 23) M. Sasaoka, A. Kawamura, T. Miyata, *Polym. Chem.* **2022**, 13, 3489.
- 24) M. Qasim *et al.*, *Int. J. Nanomed.* **2019**, 14, 4333.
- 25) G. Chen *et al.*, *Macromol. Biosci.* **2002**, 2, 67.
- 26) S. Zhang *et al.*, *Biomaterials* **1995**, 16, 1385.
- 27) N. Okuno *et al.*, *J. Orthop. Res.* **2021**, 39, 165.
- 28) I. Atsuya *et al.*, *Chem. Eur. J.* **2019**, 25, 13523.
- 29) K. Fujino *et al.*, *J Exp Orthop.* **2024**, 11, e12061.
- 30) W. Xiaa *et al.*, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2014**, 111, 17863.
- 31) J. M. Seitz *et al.*, *Miner. Met. Mater. Sec.* **2016**, 68, 1177.
- 32) Violeta Tsakiris *et al.*, *J Magnesium Alloys* **2001**, 9, 1884.
- 33) Cheng W *et al.*, *ACS Nano* **2019**, 13, 8537.
- 34) K. Kitada *et al.*, *Eng. Biomat.* **2024**, 172, 05.
- 35) Y. Geng *et al.*, *Nature Nanotech.* **2007**, 2, 249.
- 36) Y. Okuno, Y. Iwasaki, *ChemMedChem* **2023**, e202300217.
- 37) Z. Shi *et al.*, *Macromolecules* **2018**, 51, 6344.
- 38) C. Norioka *et al.*, *Polym. Chem.* **2017**, 8, 6050.
- 39) C. Norioka *et al.*, *Soft Matter* **2023**, 19, 2505.
- 40) C. Norioka *et al.*, *Polym. Chem.* **2017**, 8, 6378.
- 41) M. Okihara *et al.*, *Gels* **2022**, 8, 183.
- 42) N. Itaya *et al.*, *Polym. J.* **2025**, 57, 455.
- 43) 本橋宜和ら, *日本小児循環器学会雑誌* **2016**, 32, 154.
- 44) 田地川勉ら, *生体医工学* **2023**, 60, 149.
- 45) 関戸耀太ら, *生体医工学* **2021**, 59, 146.
- 46) 土井啓郁ら, *日本機械学会関西支部 第99期定時総会講演会講演論文集*, 10102 (2024.3).
- 47) 生活習慣病を知ろう, 健康寿命をのばそう
<https://www.smartlife.mhlw.go.jp/event/disease/copd/>
- 48) 中山陽介ら, *機械学会 D&D Conference* (2024).

『人に届く』関大メディカルポリマーによる未来医療の創出

2024年度 研究成果一覧表

1. 論文

- (1) Y. Matsui (Gunma Univ.), M. Tobe (Gunma Univ.), S. Nobusawa (Gunma Univ.), Y. Sasaki, Y. Yoshizaki, Y. Ohya, S. Saito (Gunma Univ.), An injectable controlled-release local anesthetic formulation of levobupivacaine based on a temperature-responsive polymer: Evaluation of analgesia, motor impairment, and histological toxicity in rats, *Journal of Anesthesia*, in press.
- (2) H. Ishida, T. Ito, A. Kuzuya, *Molecular Origami: Designing Functional Molecules of the Future*, *Molecules*, 30(2), 242 (2025. 1).
- (3) G. Zhang (Science Tokyo), K. Ichikawa (Science Tokyo), K. Iitani (Science Tokyo), Y. Iwasaki, K. Mitsubayashi (Science Tokyo). Handheld biofluorometric system for acetone in the exhaled breath condensates, *Analyst*, 2025, 150, 505 (2024. 12).
- (4) G. Zhang (Science Tokyo), K. Ichikawa (Science Tokyo), K. Iitani (Science Tokyo), Y. Iwasaki, K. Mitsubayashi (Science Tokyo). Headset biofluorometric system for acetone vapor from the ear canal, *Sens Actuators B: Chem.*, 2025, 427, 1372205 (2024. 12).
- (5) K. Iitani (Science Tokyo), N. Ishizuki (Science Tokyo), Y. Matsubashi (Science Tokyo), K. Yokota (Science Tokyo), K. Ichikawa (Science Tokyo), K. Toma (Shibaura Inst. Tech.), T. Arakawa (Tokyo Univ. Tech.), Y. Iwasaki, K. Mitsubayashi (Science Tokyo), Biofluorometric acetone gas sensor of sub-ppbv level sensitivity, *Anal. Chem.* 2024, 96, 20197 (2024. 12).
- (6) J. J. Keya, M. Akter, Y. Yamasaki, Y. Kageyama, K. Sada, A. Kuzuya, A. Kakugo, Nonequilibrium Self-Assembly of Microtubules Through Stepwise Sequential Interactions of DNA, *Small*, 2408364 (2024. 12).
- (7) N. Itaya, C. Norioka, K. Satoh (Science Tokyo), M. Kamigaito (Nagoya Univ.), A. Kawamura, T. Miyata, Structures and properties of temperature-responsive gels with homogeneous networks prepared by photogelation of four-armed star-shaped poly(N-isopropylacrylamide), *Polymer Journal*, 2025, 57, 455 (2024. 12).
- (8) 新銅央行, 小谷賢太郎, 奥田啓斗, 朝尾隆文, 鈴木哲, 手掌に提示された触情報の位置知覚特性—手掌上の位置と振動による影響—, *人間工学* 60(5), 276-282 (2024. 10).
- (9) N. Murase, Y. Hirano, Y. Ohya, Temperature-Responsive Injectable Hydrogels Containing Gelatin and Cell Adhesion Peptides for Adipose-derived Stem Cell Delivery, *Journal of Polymer Science*, 2025, 63(1), 239-248 (2024. 10).
- (10) K. Yamashita, T. Shimizu, S. Shingubara, H. Ishida, A. Kuzuya, T. Ito, Electrochemical Biosensor Using Methylene Blue as an Electrochemical Mediator Coupling with DNA Aptamer, *2024 IEEE SENSORS*, 1-4 (2024. 10).
- (11) T. Tajikawa, S. Kohri, T. Mouri, T. Fujimi, H. Yamaguchi, K. Ohba, Development of Miniaturised Fibre-Optic Laser Doppler Velocimetry for Opaque Liquid: Measurement of Velocity Profile in Engine Oil Flow of Lubrication System, *Photonics*, 2024; 11(9), 892 (2024. 9).
- (12) Y. Yamada, M. Aono, M. Iwamoto, Y. Hirano, Synthesis and Evaluation of Peptoid-Peptide Hybrid for Biomaterial Application, *Peptide Science*, 2023, 159-160 (2024. 8).
- (13) Y. Hirano, S. Okamoto, M. Washizaki, Screening and Activity Evaluation of Anti-Ice Nucleation Peptide from Bacteriophage-Displayed Peptide Libraries, *Peptide Science*, 2023, 161-162 (2024. 8).
- (14) K. Kitada, S. Yoshitomi, M. Sugiyama, T. Morishige, S. Kakinoki, Polydopamine Coating Effectively Prevents Early-Stage Corrosion of Pure Magnesium in Tissue Culture Medium, *Eng. Biomat.*, 172 (2024) 05, (2024. 7).
- (15) L. Li, X. Yao, P. Wei, D. He, Q. Ding, B. Bai, X. Lv, A. Kuzuya, Y. Wang, K. Wu, K. Wang, J. Zheng, DNA Origami-Constructed Nanotapes for Sunitinib Adsorption and Inhibition of Renal Clear Carcinoma Cells, *ACS Omega*, 9(31), 33765-33772 (2024. 7).

- (16) Y. Iwasaki, S. Fukaura, S. Mabuchi, Y. Okuno, A. Yokota (Osaka Med. Pharm. Univ.), M. Neo (Osaka Med. Pharm. Univ.), Suppression of bone resorption in ovariectomized mice using estrogen-immobilized polyphosphodiester, *Materialia*, 2024, 36, 102166 (2024. 6).
- (17) T. Tajikawa, Y. Sekido, K. Mori, T. Kawashima, Y. Nakashima, S. Miyamoto, Y. Nakayama, Diverse Shape Design and Physical Property Evaluation of In-Body Tissue Architecture-Induced Tissues, *Bioengineering*, 2024; 11(6), 598 (2024. 6).
- (18) K. Fujino (Osaka Med. Pharm. Univ.), N. Yamamoto, Y. Yoshimura (Osaka Med. Pharm. Univ.), A. Yokota (Osaka Med. Pharm. Univ.), Y. Hirano, M. Neo (Osaka Med. Pharm. Univ.), Repair potential of self-assembling peptide hydrogel in a mouse model of anterior cruciate ligament reconstruction, *J. Exp. Orthop.*, 11, e1206 (2024) (2024. 6).
- (19) A. Mahara (NCVC), S. Ota, H. T. Le (NCVC), K. Shimizu, R. Soni (NCVC), K. Kojima, Y. Hirano, S. Kakinoki, T. Yamaoka (NCVC), Improving hemocompatibility of decellularized vascular tissue by structural modification of collagen fiber, *Inter. J. Biological Macromol.*, 269, 132040 (2024. 6).
- (20) Y. Taguchi (Science Tokyo), K. Toma (Shibaura Inst. Tech.), K. Iitani (Science Tokyo), T. Arakawa (Tokyo Univ. Tech.), Y. Iwasaki, K. Mitsubayashi (Science Tokyo). In Vitro Performance of a Long-Range Surface Plasmon Hydrogel Aptasensor for Continuous and Real-Time Vancomycin Measurement in Human Serum, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2024, 16, 28162 (2024. 5).
- (21) P. Pongsanon, A. Kawamura, H. Kawasaki, T. Miyata, Effect of Gold Nanoparticle Size on Regulated Catalytic Activity of Temperature-Responsive Polymer-Gold Nanoparticle Hybrid Microgels, *Gels*, 10(6), 357 (2024. 5).
- (22) Y. Yoshizaki (Tohoku University), K. Horii, N. Murase, A. Kuzuya, Y. Ohya, Sustained-Release of Antigens and CpG-DNA using Temperature-Responsive Biodegradable Injectable Polymers: Performance on Induction of Immune Responses, *Advanced Therapeutics*, 7(8), 2300296 (2024. 4). 【Selected as a front cover】
- (23) Y. Taguchi (Science Tokyo), K. Toma (Shibaura Inst. Tech.), K. Iitani (Science Tokyo), T. Arakawa (Tokyo Univ. Tech.), Y. Iwasaki, K. Mitsubayashi (Science Tokyo), Long-range surface plasmon hydrogel aptasensor for sensitive, selective, and continuous measurement of vancomycin, *Sens. Actuators B: Chem.*, 2024, 413, 135882 (2024. 4).
- (24) M. Brió Pérez (Univ. Twente), D. A. Resendiz-Lara (Univ. Twente), Y. Matsushita, S. Kakinoki, Y. Iwasaki, M. A. Hempenius (Univ. Twente), S. de Beer (Univ. Twente), F. R. Wurm (Univ. Twente), Creating anti-biofouling surfaces by degradable main-chain polyphosphoester polymer brushes, *Adv. Funct. Mater.*, 2024, 2316201 (2024. 4).
- (25) T. Tajikawa, K. Aoki, H. Fukuzawa, Mathematical Investigation for the Mechanism of the Pancreatic Juice Reflux in High Confluence of Pancreaticobiliary Ducts and Pancreaticobiliary Maljunction. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 2024; 55(5), 47447 (2024. 4).
- (26) K. Mori, T. Umeno, T. Kawashima, T. Wada, T. Genda, M. Arakura, Y. Oda, T. Mizoguchi, R. Iwai, T. Tajikawa, Y. Nakayama, S. Miyamoto, Breaking the Limit of Cardiovascular Regenerative Medicine: Successful 6-Month Goat Implant in World's First Ascending Aortic Replacement Using Biotube Blood Vessels, *Bioengineering*, 2024; 11(4), 405 (2024. 4).
- (27) 小谷賢太郎, 前芝直輝, 朝尾隆文, 鈴木哲, タブレット端末を用いた視線データによる心理的レジリエンス推定手法, *産業保健人間工学学会研究* 24(1), 5-16 (2024. 4).
- (28) A. Kawamura, R. Takahashi, T. Miyata, UCST-Type Thermoresponsive Sol-Gel Transition Triblock Copolymer Containing Zwitterionic Polymer Blocks, *Gels*, 10(5), 288 (2024. 4).

2. 図書

- (1) 河村暁文, 刺激応答性ゲル微粒子の合成と DDS への応用展開, ゲル化・増粘剤の使い方と新しいゲルの活用事例, 技術情報協会, 334-343, 総ページ数 554 (2025. 1).

3. 国際学会

- (1) Y. Ohya, T. Kato, K. Horii, N. Murase, Y. Yoshizaki (Tohoku University), Application of hyaluronic acid-coated polymeric micelles as an intranasal vaccine against coronavirus infection, International Symposium on Exponential Biomedical DX 2024 (eMEDX-24), Ishikawa (2024. 12). 【招待講演】
- (2) Y. Ohya, R. Dohi, F. Seko, T. Yasuda, Y. Nakazawa, K. Shinzaki, K. Mizuguchi, H. Ogawa, N. Murase, Molecular net (MN) and penetrating polymerization: a new paradigm for “topological” gels, 14th International Gel Symposium (Gel Sympo 2024),

Okinawa (2024. 11). 【招待講演】

- (3) N. Murase, Y. Hirano, Y. Ohya, Preparation of temperature-responsive injectable hydrogels containing cell adhesion peptides for adipose-derived stem cell delivery, 14th International Gel Symposium (Gel Sympo 2024), Okinawa (2024. 11).
- (4) H. Ogawa, F. Seko, Y. Nakazawa, K. Shinzaki, K. Mizuguchi, N. Murase, Y. Ohya, Preparation of topological gels using penetrating polymerization and evaluation of their physical properties, 14th International Gel Symposium (Gel Sympo 2024), Okinawa (2024. 11).
- (5) A. Kawamura, Smart Soft Materials Composed of UCST-type Thermoresponsive Zwitterionic Polymer, 14th International Gel Symposium (GelSympo2024), Okinawa (2024. 11). 【招待講演】
- (6) T. Miyata, Preparation of Functional Gels by Design of Physical and Chemical Crosslinks, 14th International Gel Symposium (GelSympo2024), Okinawa (2024. 11). 【招待講演】
- (7) N. Aoshima, T. Miyata, A. Kawamura, Preparation of Collagen Gel Particles Using W/O Emulsion Stabilized with Water-soluble Emulsifiers, 14th International Gel Symposium (GelSympo2024), Okinawa (2024. 11).
- (8) H. Matsui, T. Miyata, A. Kawamura, UCST-type Sol-Gel Transition of Triblock Copolymers Having Zwitterionic Polymer Blocks, 14th International Gel Symposium (GelSympo2024), Okinawa (2024. 11).
- (9) R. Inaba, T. Miyata, A. Kawamura, Preparation of polymersome using amphiphilic block copolymer having zwitterionic polymer, 14th International Gel Symposium (GelSympo2024), Okinawa (2024. 11).
- (10) R. Kotani, T. Miyata, A. Kawamura, Mild Preparation of Reductively Degradable Poly (lipoic acid) Hydrogels, 14th International Gel Symposium (GelSympo2024), Okinawa (2024. 11).
- (11) Y. Fujii, A. Kawamura, T. Miyata, Design of Temperature-responsive Gel Particles under physiological conditions, 14th International Gel Symposium (GelSympo2024), Okinawa (2024. 11).
- (12) M. Murakami, A. Kawamura, T. Miyata, Design of Tough Hydrogels by Introducing Entanglement of Polymer Chains and Their Mechanical Properties, 14th International Gel Symposium (GelSympo2024), Okinawa (2024. 11).
- (13) Y. Takao, A. Kawamura, T. Miyata, Design of Photoresponsive Polypeptide Film That Undergo Conformational Change by Light Exposure and Regulation of Cell Adhesion, 14th International Gel Symposium (GelSympo2024), Okinawa (2024. 11). 【Advanced Materials Poster Award】
- (14) J. T. Finch, A. Kawamura, T. Miyata, Cell Regulation through Dual-Stimuli Responsive Polymer Gels with Properties Controllable by Light and Temperature, 14th International Gel Symposium (GelSympo2024), Okinawa (2024. 11). 【RSC Applied Polymers Poster Award】
- (15) Y. Hirano, Peptide-based on Biomaterials for Tissue Engineering, Biomaterials for Cell and Tissue Engineering Symposium, Boston, USA (2024. 11). 【招待講演】
- (16) Y. Okuno, Y. Iwasaki, Encapsulation of multiple enzymes within a microgel via water-in-water emulsions for enzymatic cascade reactor, The Korean Society for Biomaterials Fall Meeting and Tutorial Symposium 2024, Jeju, Korea (2024. 11).
- (17) Y. Takao, A. Kawamura, T. Miyata, Design of Photoresponsive Polypeptide Films That Undergo Conformational Changes upon Light Exposure and Cell Adhesion on Their Surface, International Symposium on Fiber Science and Technology 2024, Kyoto (2024. 11).
- (18) T. Miyata, M. Murakami, C. Hajime, C. Norioka, A. Kawamura, Preparation of Tough Gels Using Entanglements of Polymer Chains, International Symposium on Fiber Science and Technology 2024, Kyoto (2024. 11).
- (19) Y. Hirano, M. Iwamoto, R. Watanabe, I. Aminmoto, Y. Futaki, A. Kadobayashi, Application of Cell Aggregation Inducing Peptide KP24, The International Conference on Biofabrication 2024, Fukuoka (2024. 11).
- (20) K. Kitada, S. Yoshitomi, T. Morishige, S. Kakinoki, Surface modification of pure magnesium to inhibit early-stage rapid corrosion and to improve osteoblast compatibility, 33rd Annual Conference of the polish society for biomaterials, Poland (2024. 10).
- (21) S. Kakinoki, Peptide Immobilization to Create Bioactive and Bioinert Surfaces for Blood-Compatible Medical Devices, 33rd Annual Conference of the polish society for biomaterials, Poland (2024. 10). 【招待講演 (Plenary lecture)】
- (22) A. Kuzuya, Precise Control of Bioluminescence by DNA Programming, BioNano2024 Workshop, Durham University, UK (2024. 9). 【招待講演】

- (23) Y. Iwasaki, Macromolecular strategies for musculoskeletal care, ACS Fall 2024, Denver, USA (2024. 8). 【招待講演】
- (24) K. Okuda, K. Kotani, S. Suzuki, T. Asao, Accuracy of the tactually perceived location of vibration stimuli applied to the palm, IEA2024, Korea (2024. 8).
- (25) H. Matsui, T. Yokota, K. Kotani, T. Asao, S. Suzuki, Estimating Resilience Using Eye Tracking—Relationship Between Image Type and Attention Bias—, IEA2024, Korea (2024. 8).
- (26) T. Ikeda , K. Kotani , S. Suzuki, T. Asao, Evaluation for AR-based Facial Expression Transformation System for Minimizing Social Anxiety in Interpersonal Situations, IEA2024, Korea (2024. 8).
- (27) Y. Iwasaki, Bone-targeting polyphosphoesters for the prevention of osteoporotic bone resorption, 5th International Conference on Bioinspired and Zwitterionic Materials, Ithaca, USA (2024. 7). 【招待講演】
- (28) T. Miyata, Zwitterionic Polymer Materials with Dynamic Crosslinks, 5th International Conference on Bioinspired and Zwitterionic Materials (ICBZM 2024), Ithaca, USA (2024. 7). 【招待講演】
- (29) T. Miyata, Design and Applications of Responsive Polymer Materials, 2024 Japan-Taiwan Bilateral Polymer Symposium (JTBPS 2024), Ehime (2024. 7). 【招待講演】
- (30) T. Miyata, Y. Toyoshima, Y. Fujii, T. Iwagaki, A. Kawamura, Molecularly Imprinted Hydrogels with Dynamic Binding Sites for Drug, The 40th Annual Meeting of Japan Society of Drug Delivery System, Ibaraki (2024. 7).
- (31) A. Kuzuya, Nanomechanical DNA Origami Devices, 21st International Union of Pure and Applied Biophysics Congress (IUPAB2024), Kyoto (2024. 6). 【招待講演】
- (32) Y. Ohya, Hepatic Delivery of Anti-Fibrosis Drug Using Hyaluronic Acid-Coated Polymeric Micelles, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Korea (2024. 5).
- (33) N. Murase, Y. Hirano, Y. Ohya, Adipogenic differentiation of adipose-derived stem cells in temperature-responsive injectable polymer hydrogel using biomacromolecules as crosslinkers, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Korea (2024. 5).
- (34) Y. Fujita, A. Kawakami, N. Sugishima, N. Murase, Y. Ohya, Preparation of biodegradable polyion complex sheets for trans, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Korea (2024. 5).
- (35) D. Taniguchi, N. Murase, Y. Ohya, Synthesis of soluble ultra-high-molecular-weight 3-dimensional network structures of poly(ethylene glycol), Molecular Nets, with various mesh sizes, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Korea (2024. 5).
- (36) Y. Shoda, I. Kasatani, N. Murase, Y. Ohya, Enhancement of physical strength of biodegradable injectable hydrogel by branching and cross-linking strategy, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Korea (2024. 5).
- (37) Y. Kuwano, T. Kato, K. Suzuki, Y. Yoshizaki (Tohoku University), N. Murase, Y. Ohya, Cellular delivery of mRNA using hyaluronic acid-coated polymeric micelles, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Korea (2024. 5).
- (38) Y. Miyaji, I. Kasatani, N. Murase, Y. Ohya, Construction of a temperature-responsive injectable hydrogel with enhanced tissue adhesive properties, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Korea (2024. 5).
- (39) Y. Iwasaki, S. Fukaura, S. Mabuchi. Reduction of osteoclastic resorption by bone-targeting polyphosphoesters, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Daegu, Korea (2024. 5). 【招待講演】
- (40) K. Maeda, Y. Okuno, Y. Iwasaki, Specific detection of biomolecules on zwitterionic hydrogel thin-film arrays with incorporated enzymes, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Daegu, Korea (2024. 5).
- (41) R. Fukuda, T. Nishimura (Shinshu Univ.), A. Kuzuya, Y. Iwasaki, Y. Okuno, Phase Transiion of Self-Assemblies Composed of Diblock Peptoids Involving Crystalline Aliphatic Side Chains, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Daegu, Korea (2024. 5).
- (42) Y. Okuno, Y. Iwasaki, Encapsulation of Multiple Enzymes within a Microgel via Water-in-Water Emulsion for Enzymatic Cascade Reaction, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Daegu, Korea (2024. 5).
- (43) M. Kakisako, Y. Okuno, T. Furuike, Y. Iwasaki, Functionalization of cellulose using glycometabolism, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Daegu, Korea (2024. 5).
- (44) Y. Tabe, R. Tanaka, Y. Okuno, Y. Iwasaki, Surface modification of macrophages for efficiently elimination of solid tumor cells, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Daegu, Korea (2024. 5).
- (45) N. Tsuda, Y. Iwasaki, Y. Okuno, Function and protease tolerance of protein via poly(sarcosine) conjugation, 12th World

Biomaterials Congress (WBC2024), Daegu, Korea (2024. 5).

- (46) S. Kakinoki, A. Myzk (Pol. Acad. Sci.), Y. Matsushita, K. Takahashi, Y. Iwasaki, M. Ueda, R. Major (Pol. Acad. Sci.), Anti-biofouling surface provided by collagen backbone-inspired oligoproline immobilization, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Korea (2024. 5).
- (47) K. Kitada, S. Yoshitomi, T. Morishige, S. Kakinoki, Surface modification of pure magnesium to inhibit early corrosion and to improve the compatibility of osteoblasts, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Korea (2024. 5).
- (48) H. Kobayashi, S. Kakinoki, Conjugation of osteogenic growth peptide into plasma clot through fibrinogen-derived A-knob sequence, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Korea (2024. 5).
- (49) T. Kawaguchi, Y. Matsui, R. Minami, S. Kakinoki, Co-immobilization of heparin and ligand peptide on ePTFE to enhance MSCs adhesion and blood compatibility, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Korea (2024. 5).
- (50) Y. Matsui, T. Kawaguchi, D. Jin (Osaka Med. Pharm. Univ.), S. Takai (Osaka Med. Pharm. Univ.), S. Kakinoki, Immobilization of chymase inhibitor complex peptide on ePTFE for preventing in graft stenosis, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Korea (2024. 5).
- (51) T. Doko, K. Hirohara, S. Kakinoki, Design of a photocleavable amphiphilic conjugate for light-driven engineered platelets, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Korea (2024. 5).
- (52) R. Yokoi, K. Hirohara, S. Kakinoki, Evaluation of the uptake behavior of anti-inflammatory agents conjugated poly(L-lysine) into platelets, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Korea (2024. 5). 【Best Poster Presentation Award】
- (53) Y. Hirano, Cell-aggregate inducing by periodic peptide-immobilized substrate, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Daegu, Korea (2024. 5).
- (54) A. Kawamura, M. Kawaguchi, T. Miyata, Design of submicron-scale smart capsules for intracellular delivery, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Daegu, Korea (2024. 5).
- (55) T. Miyata, Y. Toyoshima, Y. Fujii, T. Iwagaki, K. Matsumoto, A. Kawamura, Design of molecularly imprinted hydrogels with dynamic molecular binding sites for drug delivery, 12th World Biomaterials Congress (WBC2024), Daegu, Korea (2024. 5).
- (56) T. Miyata, Y. Inoue, M. Togawa, A. Kawamura, Amphiphilic liquid crystalline polysiloxane self-assemblies, the 20th International Symposium on Silicon Chemistry, Hiroshima (2024. 5).
- (57) A. Kuzuya, Y. Minamide, F. Takano, T. Niki, S. Tabana, T. Inui, K. Tanimoto, T. Sharma, DNA-Scaffolded Bioluminescence Resonance Energy Transfer (dsBRET), The 3rd International Symposium on Biofunctional Chemistry (ISBC2024) The Chemical Society of Japan, Aichi (2024. 4).
- (58) A. Kuzuya, Precise Control of Bioluminescence Energy Transfer with DNA, Pre-symposium of ISBC2024, Nara (2024. 4). 【招待・特別講演】

4. 国内学会

- (1) 濱田章太朗, 根本慎太郎, 田地川勉, 経カテーテル大動脈弁留置術時の弁留置精度が弁機能におよぼす影響, 日本機械学会関西支部第 100 期定時総会講演会, 大阪 (2025. 3).
- (2) 山田さゆ, 土井啓郁, 岸 勘太, 根本慎太郎, 田地川勉, 楠野宏明, 大友涼子, 山本恭史, 先天性心疾患に対する Blalock-Taussig shunt 術時の 1 次元血行動態シミュレーション, 日本機械学会関西支部 2024 年度関西学生会卒業研究発表講演会, 大阪 (2025. 3).
- (3) 森田時空, 濱田章太朗, 根本慎太郎, 田地川勉, 楠野宏明, 大友涼子, 山本恭史, 経カテーテル的大動脈弁置換術時の弁留置姿勢が弁機能におよぼす影響 (石灰化した心臓弁モデルの作製), 日本機械学会関西支部 2024 年度関西学生会卒業研究発表講演会, 大阪 (2025. 3).
- (4) 嶋田恒太, 樋口皓太, 田地川勉, 楠野宏明, 大友涼子, 山本恭史, 血液停滞による血栓形成を再現した模擬血液の開発 (凝集塊の流路壁への接着特性), 日本機械学会関西支部 2024 年度関西学生会卒業研究発表講演会, 大阪 (2025. 3).
- (5) 藤井敦史, 小林剛, 根本慎太郎, 田地川勉, 楠野宏明, 大友涼子, 山本恭史, 先天性心疾患児の血行動態を再現する生体外循環シミュレータの開発, 日本機械学会関西支部 2024 年度関西学生会卒業研究発表講演会, 大阪 (2025. 3).
- (6) 松崎幹永, 濱田章太朗, 木村高宏, 田地川勉, 楠野宏明, 大友涼子, 山本恭史, 大動脈弁の弁葉表面性状が弁機

能におよぼす影響（生体外模擬循環回路を使った弁機能評価），日本機械学会関西支部 2024 年度関西学生会卒業研究発表講演会，大阪（2025.3）。

- (7) 成林祐亮，北川貴士，田地川勉，楠野宏明，大友涼子，山本恭史，エッジトーン発生時のエッジ近傍の流れ場，日本機械学会関西支部 2024 年度関西学生会卒業研究発表講演会，大阪（2025.3）。
- (8) 朴 悠都，大友涼子，田地川勉，楠野宏明，山本恭史，決定論的横置換法による微粒子分離のためのマイクロ流体デバイスの作製 —三角柱障害物が微粒子の横方向変位モードに与える影響—，日本機械学会関西支部 2024 年度関西学生会卒業研究発表講演会，大阪（2025.3）。
- (9) 池田雅敬，楠野宏明，大友涼子，田地川勉，山本恭史，偏光計測手法を用いた複雑流体の応力可視化に向けた装置構築と光弾性体ゲルに発生する軸対称応力の検証，日本機械学会関西支部 2024 年度関西学生会卒業研究発表講演会，大阪（2025.3）。
- (10) 浜崎智弘，山本恭史，楠野宏明，大友涼子，田地川勉，非浸透条件緩和モデルによる高速な濡れの 3 次元シミュレーション—界面再構成における曲率考慮の影響—，日本機械学会関西支部 2024 年度関西学生会卒業研究発表講演会，大阪（2025.3）。
- (11) 岡本倫明，山本恭史，楠野宏明，大友涼子，田地川勉，Front-tracking 法を用いた動的な流れを考慮したカーテンコーティングの数値シミュレーション，日本機械学会関西支部 2024 年度関西学生会卒業研究発表講演会，大阪（2025.3）。
- (12) 高田 英，山本恭史，楠野宏明，大友涼子，田地川勉，Front-tracking/BEM を用いた交流電場における液滴の電気流体力学シミュレーション，日本機械学会関西支部 2024 年度関西学生会卒業研究発表講演会，大阪（2025.3）。
- (13) 安田朱里，奥野陽太，西村智貴，岩崎泰彦，温度応答性グラジエント型ペプチドが形成する分子集合体とその特性，日本化学会第 105 春季年会，大阪（2025.3）。
- (14) 福田蓮弥，奥野陽太，西村智貴（信州大学），岩崎泰彦，両親媒性ペプチドの疎水セグメントの側鎖アルキル鎖長が分子集合体形成に与える影響，日本化学会第 105 春季年会，大阪（2025.3）。
- (15) 新垣優音，奥野陽太，石川正司，松井由紀子，出口三奈子，岩崎泰彦，リチウム硫黄電池のサイクル特性向上に資する負極改質剤の開発，日本化学会第 105 春季年会，大阪（2025.3）。
- (16) 橋本穂亜，田中喜基，阪本康太，巽康平，大矢裕一，葛谷明紀，DOX 内包 DNA 四重鎖ゲル微粒子の細胞取り込み挙動，日本化学会第 105 春季年会(2025)，大阪（2025.3）。
- (17) 市川航也，水口拳一郎，藤田大和，村瀬敦郎，大矢裕一，Poly(N-isopropylacrylamide) を構成種とする三次元網目構造体を用いたトポロジカルゲルの合成，日本化学会第 105 春季年会（2025），大阪（2025.3）。
- (18) 小坂 元，安井貴彦，村瀬敦郎，大矢裕一，三次元巨大網目構造体を多官能架橋剤として用いた分子ネットゲルの開発，日本化学会第 105 春季年会(2025)，大阪（2025.3）。
- (19) 今井博之，杉島夏海，正田湧希，村瀬敦郎，大矢裕一，生分解性インジェクタブルポリマーの分子形態とゲル化濃度との相関関係，日本化学会第 105 春季年会（2025），大阪（2025.3）。
- (20) 徳岡桃香，大場誠悟（昭和大学歯学部），柴田陽（昭和大学歯学部），菅森泰隆（昭和大学歯学部），小島啓二郎（昭和大学歯学部），高田亜理菜（昭和大学歯学部），河上綾花，村瀬敦郎，大矢裕一，歯槽骨再生を意図した β -リン酸三カルシウム分散インジェクタブルポリマー製剤の開発，日本化学会第 105 春季年会(2025)，大阪（2025.3）。
- (21) 後藤洋海，宮地佑季，村瀬敦郎，大矢裕一，血液成分との混合により共有結合架橋を形成する温度応答型生分解性インジェクタブルポリマーの開発，日本化学会第 105 春季年会（2025），大阪（2025.3）。
- (22) 堀口陽菜，藤田大和，村瀬敦郎，大矢裕一，心膜を介した薬物送達を意図した生分解性ポリイオンコンプレックス膜の形成，日本化学会第 105 春季年会（2025），大阪（2025.3）。
- (23) 稲葉頼世，宮田隆志，河村暁文，双性イオン構造を有する両親媒性ブロックコポリマーを用いたポリマーソームの調製と DDS キャリアへの展開，日本化学会第 105 春季年会，大阪（2025.3）。
- (24) 蓬萊瑠将，宮田隆志，河村暁文，チミン含有両親媒性ブロック共重合体を用いた高分子ミセルの調製と ATP 応答挙動，日本化学会第 105 春季年会，大阪（2025.3）。
- (25) 小村谷準，河村暁文，宮田隆志，表面物性可変な光応答性ポリマーフィルムによる細胞挙動の制御，日本化学会第 105 春季年会，大阪（2025.3）。
- (26) 村嶋優徳，河村暁文，宮田隆志，変性タンパク質を認識する刺激応答性ポリマーの創製と応答挙動，日本化学会

第 105 春季年会, 大阪 (2025.3).

- (27) 宮田隆志, 萩原脩太, 河村暁文, 温度応答性高分子のシネレシス挙動の解明とその応用, 日本化学会第 105 春季年会, 大阪 (2025.3).
- (28) 大矢裕一, 瀬古文佳, 中澤祐登, 水口拳一郎, 新崎晃成, 村瀬敦郎, 可溶性三次元網目構造体 (分子ネット) を串刺しにしたトポロジカルな構造を持つ新規ゲルの合成と物性, 第 36 回 高分子ゲル研究討論会, 東京 (2025.1).
- (29) 松井日和, 宮田隆志, 河村暁文, 双性イオンポリマーを有する UCST 型ゾルーゲル相転移ポリマーの合成とその温度応答挙動, 第 36 回高分子ゲル研究討論会, 東京 (2025.1).
- (30) 青島菜乃香, 宮田隆志, 河村暁文, 水溶性乳化剤によって安定化されたエマルション液滴内でのゾルーゲル相転移によるコラーゲンゲル微粒子の調製, 第 36 回高分子ゲル研究討論会, 東京 (2025.1).
- (31) 村上緑, 河村暁文, 宮田隆志, 高分子鎖の絡み合い架橋を利用したゲルの力学物性の向上, 第 36 回高分子ゲル研究討論会, 東京 (2025.1).
- (32) 宮田隆志, 村上果子, 河村暁文, タンパク質のコンフォメーション変化を検出するタンパク質応答性高分子の設計と応答挙動, 第 36 回高分子ゲル研究討論会, 東京 (2025.1).
- (33) 田部勇仁, 田中亮丞, 奥野陽太, 岩崎泰彦, 細胞表面への官能基誘導によるマクロファージ表面修飾とがん細胞の貪食, 第 34 回日本 MRS 年次大会, 神奈川 (2024.12).
- (34) K. Maeda, Y. Okuno, Y. Iwasaki, The effect of the content of phosphate ester bonds on dynamic behavior of crosslinking polymer networks, 第 34 回日本 MRS 年次大会, 神奈川 (2024.12).
- (35) 小林剛, 根本慎太郎, 田地川勉, 先天性心疾患を有する乳幼児の血行動態を再現可能な循環シミュレータの開発, 日本機械学会 第 35 回バイオフロンティア講演会, 神奈川 (2024.12).
- (36) 宮崎叶実, 糸満璃香, 宮田隆志, 河村暁文, スルホベタイン構造を有する芳香族ポリエステル共重合体の表面特性, 第 20 回日本接着学会関西支部 若手の会, 大阪 (2024.12).
- (37) 川口莉佳, 宮田隆志, 河村暁文, スルホベタイン構造を有する脂肪族ポリエステルの合成とその表面機能, 第 20 回日本接着学会関西支部若手の会, 大阪 (2024.12).
- (38) 藤井悠斗, 河村暁文, 宮田隆志, 分子結合能を制御できる UCST 型温度応答性ゲル微粒子の創製, 接着界面科学研究会 Part IX 第 3 回例会～接着界面科学シンポジウム～, 大阪 (2024.12).
- (39) 川本果典, 河村暁文, 宮田隆志, ウェアラブルデバイス応用を目指した絡み合い架橋を有する多機能タフゲルの設計, 接着界面科学研究会 Part IX 第 3 回例会～接着界面科学シンポジウム～, 大阪 (2024.12).
- (40) 葛谷明紀, いきものがつくるイルミネーションを DNA で制御する, 第 50 回中国四国地区高分子講座 (鳥取地区), 鳥取 (2024.12). 【招待講演】
- (41) 松井優樹, 川口紡, 高井真司 (大阪医科薬科大学), 金徳男 (大阪医科薬科大学), 柿木佐知朗, キマーゼを標的として狭窄予防を目指した ePTFE 製人工血管の機能化, 第 62 回日本人工臓器学会大会, 埼玉 (2024.11). 【萌芽研究ポスター賞 優秀賞】
- (42) 柿木佐知朗, ペプチド固定化技術を活用した医用デバイス基材表面の生体適合化, 第 62 回日本人工臓器学会大会, 埼玉 (2024.11). 【依頼講演】
- (43) 守屋智輝, 福澤宏明, 田地川勉, 流れと物質輸送の 1 次元数値モデルによる膵・胆管合流異常および高位合流における膵液・胆汁流れのシミュレーション, 日本機械学会 第 102 期流体工学部門講演会, 新潟 (2024.11).
- (44) 庄司匠杜, 加藤翔大, 小谷賢太郎, 朝尾隆文, 鈴木哲, VR 空間における坂道歩行時の疑似ステップによる昇降感覚への影響の評価, 2024 年度日本人間工学会関西支部大会, 大阪 (2024.11).
- (45) 永原恵太, 奥田啓斗, 小谷賢太郎, 朝尾隆文, 鈴木哲, 触覚刺激に痛覚情報を付加することで刺激知覚位置の正確さは向上するか, 2024 年度日本人間工学会関西支部大会, 大阪 (2024.11).
- (46) 大西智貴, 柿本航汰, 朝尾隆文, 鈴木哲, 小谷賢太郎, 機械操作の習熟過程における操作主体感と反射性眼球運動, 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 2024, 富山 (2024.11).
- (47) 藤田絢香, 中里高典, 河村暁文, 宮田隆志, 正浸透膜システムの駆動溶液に応用可能な光応答性ポリマーの設計, 膜シンポジウム 2024, 滋賀 (2024.11).
- (48) 三島健太郎, 河村暁文, 宮田隆志, 動的規則構造を有するリガンド導入液晶高分子薄膜の設計と標的分子応答挙動, 膜シンポジウム 2024, 滋賀 (2024.11).
- (49) 宮田隆志, 野口貴史, 東野美玲, 児玉寧色, 河村暁文, 表面パターンニング特性を有する光応答性高分子薄膜を用

いた細胞パターン形成，膜シンポジウム 2024，滋賀（2024.11）。

- (50) 溝脇夢美，河村暁文，宮田隆志，コンフォメーション変化により分子結合能を制御できるポリペプチドゲル微粒子の設計，2024 年繊維学会秋季研究発表会，京都（2024.11）。【優秀ポスター発表賞】
- (51) 村嶋優徳，河村暁文，宮田隆志，変性タンパク質を特異的に検出できる刺激応答性ポリマーの創製と応用，2024 年繊維学会秋季研究発表会，京都（2024.11）。
- (52) 前田和穂，奥野陽太，岩崎泰彦，熱駆動エステル化反応による修復性架橋ポリマーの創出，第 33 回ポリマー材料フォーラム，京都（2024.11）。
- (53) 藤井悠斗，河村暁文，宮田隆志，生理環境下で LCST または UCST を示す温度応答性ゲル微粒子の創製，第 33 回ポリマー材料フォーラム，京都（2024.11）。
- (54) 三島健太郎，河村暁文，宮田隆志，リガンド導入液晶高分子の設計と分子応答挙動，第 33 回ポリマー材料フォーラム，京都（2024.11）。
- (55) 宮田隆志，動的構造を利用した多彩な高分子材料の設計と応用，第 33 回ポリマー材料フォーラム，京都（2024.11）。【招待講演】
- (56) 村嶋優徳，河村暁文，宮田隆志，タンパク質の構造変化を検出できる刺激応答性ポリマーの創製と応用，京都（2024.11）。
- (57) 川合充佳乃，須藤大輝，田花汐理，葛谷明紀，DNA Origami 吸着によるリポソームの変形誘導，「細胞を創る」研究会 17.0，大阪（2024.11）。
- (58) 大矢裕一，スマートポリマーバイオマテリアルの医療応用，日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024，宮城（2024.10）。
- (59) 小川弘晃，瀬古文佳，中澤佑登，新崎晃成，水口拳一郎，村瀬敦郎，大矢裕一，温度応答性直鎖高分子と三次元網目構造体の二成分からなるトポロジカルゲルの物性評価，日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024，宮城（2024.10）。
- (60) 藤田大和，水口拳一郎，村瀬敦郎，大矢裕一，PNIPAAm 分子ネットを用いて作成した温度応答性トポロジカルゲルの物性評価，日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024，宮城（2024.10）。【優秀ポスター賞】
- (61) 村瀬敦郎，平野義明，大矢裕一，細胞接着性ペプチドを導入したインジェクタブルゲル内部での細胞機能の評価，日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024，宮城（2024.10）。
- (62) 飯阪晔未，Avery Fister (Clemson Univ.)，田部勇仁，奥野陽太，岩崎泰彦，抗がん剤を可溶化した両親媒性ポリリン酸ジエステルのミネラル親和性と抗腫瘍細胞活性，日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024，宮城（2024.10）。
- (63) 津田規智，山形小雪，奥野陽太，岩崎泰彦，高分子の電荷密度と親水性度がコアセルベートの耐塩性とタンパク質内包に与える影響，日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024，宮城（2024.10）。
- (64) 柿迫昌樹，奥野陽太，岩崎泰彦，ラジカル開環重合によるポリリン酸エステルの合成，日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024，宮城（2024.10）。
- (65) Y. Okuno, Y. Iwasaki, Encapsulation of multiple enzymes within a microgel via water-in-water emulsions for enzymatic cascade reactor, 日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024，宮城（2024.10）。
- (66) 松井優樹，川口 紡，高井真司（大阪医科薬科大学），金徳男（大阪医科薬科大学），柿木佐知朗，キマーゼ阻害ペプチド誘導体を固定化した ePTFE 製人工血管の機能評価，日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024，宮城（2024.10）。
- (67) 横井里奈，廣原滉大，大原貴志，小谷卓矢（大阪医科薬科大学），鈴鹿隆保（大阪医科薬科大学），武内徹（大阪医科薬科大学），柿木佐知朗，メトトレキサート複合ポリ L-リジンを内包した血小板の機能評価，日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024，宮城（2024.10）。
- (68) 渡邊理沙，松下夕真，北田琴巳，柿木佐知朗，コラーゲン骨格模倣オリゴプロリン固定化表面の細菌付着抑制能，日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024，宮城（2024.10）。
- (69) 牧村駿佑，宮田隆志，河村暁文，スルホベタイン構造を有するポリエステルを用いた核酸デリバリーキャリアの設計，日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024，宮城（2024.10）。
- (70) 板屋奈津希，河村暁文，宮田隆志，温度応答性四岐ポリマーの光ゲル化挙動と細胞培養基材への応用，日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024，宮城（2024.10）。

- (71) 小村谷準, 河村暁文, 宮田隆志, 光により表面物性可変な光応答性高分子フィルム上での細胞挙動, 日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024, 宮城 (2024. 10).
- (72) 大隅 瑛, 平野義明, BSH-ペプチドハイブリッド体の BNCT 用薬剤としての可能性, 日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024, 宮城 (2024. 10).
- (73) 山本夏綺, 平野義明, β -ターンペプチドハイドロゲルの足場材料への応用, 日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024, 宮城 (2024. 10).
- (74) H. Kadobayashi, Y. Yamada, E. Matsumura, Y. Naruse, S. Kishimoto, Y. Hirano, Investigate of acid sequence dependence of cell aggregation inducing peptide, 第 61 回ペプチド討論会, 愛知 (2024. 10).
- (75) S. Sakamoto, Y. Hattori, T. Shirakawa, Y. Hirano, Interaction analysis of boron clusters and peptide, 第 61 回ペプチド討論会, 愛知 (2024. 10).
- (76) H. Kondo, A. Kuzuya, A. Konagaya, Development of a Supervised Deep Learning Method for DNA Sequence Estimation from DNA Images, CBI 学会 2024 年大会, 東京 (2024. 10).
- (77) K. Tanimoto, Y. Minamide, M. Hashimoto, H. Tanaka, Y. Mano, A. Kuzuya, Evaluation of anticancer activity and investigation of cellular uptake mechanism of drug-loaded DNA Origami dendrimers for application to drug delivery system, CBI 学会 2024 年大会, 東京 (2024. 10).
- (78) 大矢裕一, 加藤匠磨, 村瀬敦郎, 能崎優太 (東北大学), 注射要らずのワクチン-ヒアルロン酸被覆ナノ粒子を用いた対コロナウイルス経鼻ワクチン, 第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024. 9).
- (79) 小川弘晃, 瀬古文佳, 中澤祐登, 新崎晃成, 水口拳一郎, 村瀬敦郎, 大矢裕一, 分子ネットと縫い込み重合により得られる架橋「点」の無いトポロジカルゲルの物性評価, 第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024. 9).
- (80) 谷口大悟, 瀬古文佳, 中澤祐登, 水口拳一郎, 村瀬敦郎, 大矢裕一, 異なる網目径を持つ網目状巨大分子 (分子ネット: MN) を用いて作成したトポロジカルゲルの物性比較, 第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024. 9).
- (81) K. Maeda, Y. Okuno, Y. Iwasaki, Preparation of crosslinked polymers with phosphoester linkages exhibiting bond exchange reactions, 73rd Symposium on Macromolecules, Niigata (2024. 9).
- (82) N. Tsuda, K. Yamagata, Y. Okuno, Y. Iwasaki, Improving Salt-Tolerance of Complex Coacervate by Tuning the Hydrophobicity of Polymer Components, 73rd Symposium on Macromolecules, Niigata (2024. 9).
- (83) Y. Okuno, R. Fukuda, T. Nishimura (Shinshu Univ.), Y. Sasaki (Kyoto Univ.), K. Akiyoshi (Kyoto Univ.), Y. Iwasaki, Efficient Encapsulation of Proteins into Polymer Vesicle for Nanoreactor, 73rd Symposium on Macromolecules, Niigata (2024. 9).
- (84) 福田蓮弥, 奥野陽太, 西村智貴 (信州大学), 葛谷明紀, 岩崎泰彦, Poly(*N*-aliphatic glycine) 領域の結晶化によって構築される異方性分子集合体; 側鎖長が相転移に及ぼす影響, 第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024. 9).
- (85) 中村和希 (京都大学), 西村智貴 (信州大学), 秋吉一成 (京都大学), 奥野陽太, 岩崎泰彦, 佐々木善浩 (京都大学), 温度に応答した生体膜の機能化に向けた両親媒性ポリマーの設計と合成, 第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024. 9).
- (86) 岩崎泰彦, 深浦想大, 平井宏昌 (大阪大学), 海渡貴司 (大阪大学), 硬組織治療に資するポリリン酸エステル, 第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024. 9).
- (87) 河村暁文, 松井日和, 高橋亮吾, 宮田隆志, UCST 型温度応答性双性イオンポリマー含有トリブロックコポリマーの合成とそのゾル-ゲル相転移, 第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024. 9).
- (88) 宮崎叶実, 糸満璃香, 河村暁文, 宮田隆志, スルホベタイン構造を有する芳香族ポリエステル共重合体の合成とその界面特性, 第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024. 9).
- (89) 梶村太貴, 宮田隆志, 河村暁文, UCST 型温度応答性ポリマーの相転移温度の制御とその集合体形成, 第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024. 9). 【優秀ポスター賞受賞】
- (90) 溝脇夢美, 河村暁文, 宮田隆志, pH に応答して分子結合能を制御するポリペプチドゲル微粒子の設計, 第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024. 9).
- (91) 萩原脩太, 河村暁文, 宮田隆志, シネレシスを発現する温度応答性高分子の設計と形成過程の評価, 第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024. 9).
- (92) 高尾夢芽, 河村暁文, 宮田隆志, 光に応答してコンフォメーション変化するポリペプチドフィルムの設計とその表面での細胞挙動制御, 第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024. 9).
- (93) 小村谷準, 河村暁文, 宮田隆志, U 表面物性を変化できる光応答性ポリマーフィルムを用いた細胞挙動の制御,

第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024.9).

- (94) 宮田隆志, 機能性ポリシロキサン分子・材料設計と応用, 第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024.9). 【招待講演】
- (95) 宮田隆志, 眞柴諒, 河村暁文, 液液相分離する刺激応答性高分子の設計とコアセルベート液滴の形成, 第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024.9).
- (96) 宮田隆志, 岩垣智哉, 金澤正明, 木口忠広, 河村暁文, ゲルのシャノンエントロピーと情報の刷り込みによるアロステリックゲルの設計, 第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024.9).
- (97) 宮田隆志, 服部良隆, 河村暁文, 可視光によってがん細胞を死滅させる光応答性高分子の設計, 第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024.9).
- (98) 平野義明, 山内翔太, 山本夏綺, 青山 丈, 奥野修大, 藤野圭太郎, 大槻周平, 関節組織の再生を目指した組織光学用ペプチドハイドロゲルの設計, 第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024.9).
- (99) 山本夏綺, 山内翔太, 藤野圭太郎, 大槻周平, 平野義明, 組織工学用足場としての自己組織化ペプチドハイドロゲルの分子設計, 第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024.9).
- (100) 平野義明, 岡本大智, 栗原健太郎, 小川莉玖, 水澤竜也, 抗氷核ペプチド修飾機材表面の機能評価, 第 73 回高分子討論会, 新潟 (2024.9).
- (101) 谷本晃一, 南出悠貴, 橋本毬亜, 田中喜基, 真野祐樹, 葛谷明紀, ドキソルビシン (DOX) 内包デンドリマー型 DNA Origami 構造体の抗がん活性評価と細胞取り込み機構の調査, 第 73 回高分子討論会 高分子学会, 新潟 (2024.9).
- (102) 永吉 幹, 栗本寛也, 松山剛士, 谷本晃一, 葛谷明紀, 微小管結合能を持つ抗がん剤修飾 DNA の合成と DNA オリガミ DDS キャリアへの導入, 第 73 回高分子討論会 高分子学会, 新潟 (2024.9).
- (103) 橋本毬亜, 田中喜基, 乾 大地, 巽 康平, 阪本康太, 大矢裕一, 葛谷明紀, DOX 内包 DNA 四重鎖ゲル微粒子の細胞取り込み機構と抗がん活性評価, 第 73 回高分子討論会 高分子学会, 新潟 (2024.9).
- (104) 柳野圭吾, 岡田智樹, 田村 裕, 古池哲也, BC/キトサン/コンドロイチン硫酸膜の調製と機能評価, 第 73 回高分子討論会 高分子学会, 新潟 (2024.9).
- (105) 和泉香穂, 田村 裕, 古池哲也, TOCN コーティング PET フィルムの調製, 第 73 回高分子討論会 高分子学会, 新潟 (2024.9).
- (106) 齊藤真梨子, 田村 裕, 古池哲也, キトサン架橋ゲルの調製とアルギン酸添加効果, 第 73 回高分子討論会 高分子学会, 新潟 (2024.9).
- (107) 長澤弘樹, 田村 裕, 古池哲也, PMMA-g-キトサン誘導体の調製, 第 73 回高分子討論会 高分子学会, 新潟 (2024.9).
- (108) 高畑翔太, 古池哲也, シクロデキストリンをコアとしたスターポリマーの重合挙動, 第 43 回日本糖質学会年会, 神奈川 (2024.9).
- (109) 高見優太, 古池哲也, 糖鎖クラスター型シクロデキストリン誘導体の合成, 第 43 回日本糖質学会年会, 神奈川 (2024.9).
- (110) 中山陽介, 宇津野秀夫, 粘性と熱伝導に起因する音響減衰の研究, 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2024 講演会, 神奈川 (2024.9).
- (111) 田地川勉, 田中雅之, 矢野良輔, 廣野充, 柳楽恭子, 血流停滞による赤色血栓形成過程の血液レオロジーの測定とそれを模擬した模擬血液による血栓形成 in-Vitro 実験, LIFE2024, 東京 (2024.9).
- (112) 木村高宏, 中山泰秀, 田地川勉, バイオシートを用いた二葉型人工房室弁の開発, 日本機械学会 2024 年度年次大会, 愛媛 (2024.9).
- (113) 加藤翔大, 庄司匠杜, 小谷賢太郎, 朝尾隆文, 鈴木 哲, 疑似ステップを用いた Redirected Climbing, HI2024, 京都 (2024.9).
- (114) 稲葉頼世, 宮田隆志, 河村暁文, 双性イオンポリマーブロックを有する両親媒性高分子を用いたポリマーソームの調製, 第 75 回コロイドおよび界面化学討論会, 宮城 (2024.9).
- (115) 河村暁文, 田中郁也, 宮田隆志, 親水性ネットワークからなる Bisphenol A 応答性ゲル微粒子の設計, 第 75 回コロイドおよび界面化学討論会, 宮城 (2024.9).
- (116) 宮田隆志, 岩垣智哉, 金沢正明, 河村暁文, 動的分子結合サイトを有するタンパク質ミメティックゲルの設計, 第 75 回コロイドおよび界面化学討論会, 宮城 (2024.9).

- (117) 藤井悠斗, 河村暁文, 宮田隆志, 生理条件下で UCST 型温度応答性を示すゲル微粒子の創製, 第 75 回コロイドおよび界面化学討論会, 宮城 (2024.9).
- (118) 亀井稜生, 河村暁文, 宮田隆志, 両親媒性液晶高分子の合成と自己集合体の調製, 第 75 回コロイドおよび界面化学討論会, 宮城 (2024.9).
- (119) 谷本晃一, 南出悠貴, 橋本毬亜, 田中喜基, 真野祐樹, 葛谷明紀, DNA Origami 法の DDS への応用を指向した薬剤内包 DNA Origami デンドリマーの抗がん活性評価, 第 18 回バイオ関連化学シンポジウム, 茨城 (2024.9).
- (120) 谷本晃一, 南出悠貴, 橋本毬亜, 田中喜基, 真野祐樹, 葛谷明紀, 抗がん剤を内包した DNA Origami デンドリマーの抗がん活性評価と細胞取り込み機構の調査, 第 34 回バイオ・高分子シンポジウム, 東京 (2024.8).
- (121) 葛谷明紀, 乾 俊輝, 田花汐理, 南出悠貴, DNA 足場生物発光共鳴エネルギー移動システムのディスプレイデバイスへの応用, 第 34 回バイオ・高分子シンポジウム, 東京 (2024.8).
- (122) G. Narangerel, Q. Liu, A. Kuzuya, Probing DNA Origami Stability on Mica with Varying Potassium Ion Concentrations using AFM Nanomanipulation, 第 34 回バイオ・高分子シンポジウム, 東京 (2024.8).
- (123) 青木優陽, 田村 裕, 古池哲也, キトサンコーティングジェランガム繊維の調製と機能評価, 第 38 回日本キチン・キトサン学会大会, 京都 (紙面開催) (2024.8).
- (124) 和泉香穂, 田村 裕, 古池哲也, キトサンをバインダーとした TOCN コーティング PET フィルムの調製, 第 38 回日本キチン・キトサン学会大会, 京都 (紙面開催) (2024.8).
- (125) 齊藤真梨子, 田村 裕, 古池哲也, カルバメート化キトサンを用いたヒドロゲルの調製と機能評価, 第 38 回日本キチン・キトサン学会大会, 京都 (紙面開催) (2024.8).
- (126) 長澤弘樹, 田村 裕, 古池哲也, ATRP 法を用いたキトサングラフトポリマーの調製, 第 38 回日本キチン・キトサン学会大会, 京都 (紙面開催) (2024.8).
- (127) 柳野圭吾, 岡田智樹, 田村 裕, 古池哲也, LBL 法によるコンドロイチン硫酸/キトサンコーティング BC 膜の調製, 第 38 回日本キチン・キトサン学会大会, 京都 (紙面開催) (2024.8).
- (128) 藤田大和, 水口拳一郎, 村瀬敦郎, 大矢裕一, ポリ(N-イソプロピルアクリルアミド) からなる網目状巨大分子 (分子ネット) と縫い込み重合を用いたトポロジカルゲルの調製, 日本バイオマテリアル学会関西ブロック第 19 回若手研究発表会, 京都 (2024.7).
- (129) 正田湧希, 村瀬敦郎, 大矢裕一, 末端に反応性官能基を導入した分岐型インジェクタブルポリマーゲルの力学的特性評価, 日本バイオマテリアル学会関西ブロック第 19 回若手研究発表会, 京都 (2024.7).
- (130) 田部勇仁, 田中亮丞, 奥野陽太, 岩崎泰彦, 表面改質マクロファージによる標的がん細胞の貪食, 日本バイオマテリアル学会関西ブロック第 19 回若手研究発表会, 京都 (2024.7).
- (131) 福田蓮弥, 奥野陽太, 西村智貴 (信州大学), 葛谷明紀, 岩崎泰彦, 疎水性ポリ (N-置換グリシン) の結晶化によって構築されるナノ構造の形態制御, 日本バイオマテリアル学会関西ブロック第 19 回若手研究発表会, 京都 (2024.7).
- (132) 津田規智, 奥野陽太, 岩崎泰彦, ポリサルコシン修飾タンパク質の活性とプロテアーゼ耐性, 日本バイオマテリアル学会関西ブロック第 19 回若手研究発表会, 京都 (2024.7).
- (133) 北田琴巳, 吉富彩雪, 森重大樹, 柿木佐知朗, 純マグネシウムの初期腐食の抑制と骨親和性の向上を目指した表面修飾, 日本バイオマテリアル学会関西ブロック第 19 回若手研究発表会, 京都 (2024.7).
- (134) 松井優樹, 川口紡, 高井真司 (大阪医科薬科大学), 金徳男 (大阪医科薬科大学), 柿木佐知朗, キマーゼ阻害ペプチド誘導体の ePTFE 製人工血管への固定化と機能評価, 日本バイオマテリアル学会関西ブロック第 19 回若手研究発表会, 京都 (2024.7).
- (135) 道古剛士, 柿木佐知朗, 血小板の光機能化を志向した光分解性両親媒性複合体の設計, 日本バイオマテリアル学会関西ブロック第 19 回若手研究発表会, 京都 (2024.7).
- (136) 横井里奈, 廣原滉大, 柿木佐知朗, メトトレキサート複合ポリ L-リジンの合成と血小板内移行挙動の評価, 日本バイオマテリアル学会関西ブロック第 19 回若手研究発表会, 京都 (2024.7).
- (137) 松井日和, 宮田隆志, 河村暁文, PEG と双性イオンポリマーからなる UCST 型温度応答性ポリマーのゾルーゲル相転移挙動, 日本バイオマテリアル学会関西ブロック第 19 回若手研究発表会, 京都 (2024.7).
- (138) 梶村太貴, 宮田隆志, 河村暁文, UCST 型温度応答性ポリマーを用いた加温放出型 DDS キャリアの設計, 日本バイオマテリアル学会関西ブロック第 19 回若手研究発表会, 京都 (2024.7).

- (139) 蓬萊瑠将, 宮田隆志, 河村暁文, チミン含有両親媒性ブロック共重合体を用いた ATP 応答性高分子ミセルの調製, 日本バイオマテリアル学会関西ブロック 第 19 回若手研究発表会, 京都 (2024. 7).
- (140) 稲葉頼世, 宮田隆志, 河村暁文, DDS キャリアへの応用を目指した双性イオンポリマーを用いたポリマーソームの調製, 日本バイオマテリアル学会関西ブロック 第 19 回若手研究発表会, 京都 (2024. 7).
- (141) 山本夏綺, 山内翔太, 大槻周平, 平野義明, 自己組織化ペプチドハイドロゲルの半月板再生足場としての展開, 日本バイオマテリアル学会関西ブロック第 19 回若手研究発表会, 京都 (2024. 7).
- (142) 大隅 瑛, 平野義明, BSH-ペプチドハイブリッド体の合成と BNCT に向けた評価, 日本バイオマテリアル学会関西ブロック第 19 回若手研究発表会, P-21, 京都 (2024. 7).
- (143) 宮地佑季, 藤原壮一郎, 村瀬敦郎, 大矢裕一, 共有結合形成温度応答型インジェクタブルポリマーシステムへの組織接着性の付与, 第 53 回医用高分子シンポジウム, 東京 (2024. 7).
- (144) 桑野裕市, 加藤匠真, 鈴木健吾, 能崎優太 (東北大学), 村瀬敦郎, 大矢裕一, コロナウイルススパイクタンパク質を抗原としたヒアルロン酸被覆高分子ミセル型経鼻ワクチンの開発, 第 53 回医用高分子シンポジウム, 東京 (2024. 7).
- (145) 能崎優太 (東北大学), 堀井健大, 村瀬敦郎, 葛谷明紀, 大矢裕一, 温度応答型生分解性インジェクタブルポリマーのワクチン徐放製剤への展開, 第 53 回医用高分子シンポジウム, 東京 (2024. 7).
- (146) 高井清子, 奥野陽太, 岩崎泰彦, エストロゲンを担持したポリリン酸ジエステルポリマーによる破骨細胞分化抑制と骨代謝調節, 第 53 回医用高分子シンポジウム, 東京 (2024. 7).
- (147) 河村暁文, 藤澤駿, 布内達也, 猪俣陽介 (大阪医科薬科大学), 谷口高平 (大阪医科薬科大学), 宮田隆志, 連鎖移動剤を用いて調製した還元応答型カチオン性ゲル微粒子の分解挙動と miRNA 機能発現, 第 53 回医用高分子シンポジウム, 東京 (2024. 7).
- (148) 沖原正明, 河村暁文, 宮田隆志, 光と温度により物性制御可能なスマートゲルを用いた細胞制御基材の設計, 第 53 回医用高分子シンポジウム, 東京 (2024. 7).
- (149) 馬原 淳, 清水開斗, Le Hue, Soni Raghav, 平野義明, 山岡哲二, 薬物徐放担体として機能する脱細胞化組織の開発, 第 53 回医用高分子シンポジウム, 東京 (2024. 7).
- (150) 橋本穂亜, 田中喜基, 乾大地, 巽康平, 寺上佳奈, 大矢裕一, 葛谷明紀, DOX 内包 DNA 四重鎖メゾゲルの抗がん活性評価, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024. 7).
- (151) 小川弘晃, 瀬古文佳, 中澤佑登, 新崎晃成, 水口拳一郎, 村瀬敦郎, 大矢裕一, ネット状巨大分子と化学架橋点を持たない直鎖温度応答性ポリマーからなるトポロジカルゲルの物性調査, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024. 7).
- (152) 正田湧希, 村瀬敦郎, 大矢裕一, ゲル強度向上を意図した末端反応性分岐型インジェクタブルポリマーの合成, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024. 7).
- (153) 谷口大悟, 中澤祐登, 水口拳一郎, 村瀬敦郎, 大矢裕一, 網目状巨大高分子 (MN) の網目径の制御とそれを用いた分子ネット (MN) ゲルの作製, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024. 7).
- (154) 藤田大和, 水口拳一郎, 瀬古文佳, 中澤佑登, 村瀬敦郎, 大矢裕一, ポリ(N-イソプロピルアクリルアミド) からなる網目状巨大分子 (分子ネット) の合成およびそれを用いたトポロジカルゲルの調整, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024. 7).
- (155) 津田規智, 山形小雪, 奥野陽太, 構成高分子の疎水性の相互作用活用と脂質膜被覆による複合コアセルベートへの耐塩性付与, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024. 7).
- (156) 奥野陽太, 岩崎泰彦, 西村智貴 (信州大学), 佐々木義浩 (京都大学), 秋吉一成 (京都大学), 糖鎖-温度応答性ペプチドが形成するベシクルへの効率的な酵素内包とナノリアクターとしての機能, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024. 7).
- (157) 福田蓮弥, 奥野陽太, 西村智貴 (信州大学), 葛谷明紀, 岩崎泰彦, 疎水性ペプチドの結晶化による異方性分子集合体の形成と相転移制御, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024. 7).
- (158) 田部勇仁, 田中亮丞, 奥野陽太, 岩崎泰彦, マクロファージの低刺激光表面改質と標的がん細胞の貪食, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024. 7).
- (159) 蓬萊瑠将, 河村暁文, 宮田隆志, チミン含有両親媒性ブロック共重合体を用いた ATP 応答性自己集合体の創製, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024. 7).

- (160) 宮崎叶実, 河村暁文, 宮田隆志, スルホベタイン構造を有する芳香族ポリエステル共重合体の合成, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024.7).
- (161) 小谷怜真, 河村暁文, 宮田隆志, リポ酸の開環重合による主鎖分解型還元応答性ゲルの調製, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024.7).
- (162) 梶村太貴, 河村暁文, 宮田隆志, UCST を制御した温度応答性双性イオンポリマー含有ブロック共重合体の合成, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024.7).
- (163) 松井日和, 河村暁文, 宮田隆志, 双性イオン構造を有する UCST 型ゾルーゲル相転移ポリマーの合成とその温度応答挙動, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024.7).
- (164) 亀井稜生, 河村暁文, 宮田隆志, 水中での両親媒性液晶高分子の自己集合体形成, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024.7).
- (165) 川本果典, 河村暁文, 宮田隆志, ウェアラブルデバイス応用を目指した絡み合い架橋ゲルの設計, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024.7). 【エクセレントポスター賞】
- (166) 溝脇夢美, 河村暁文, 宮田隆志, pH に応答して二次構造を変化させるポリペプチド微粒子の設計, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024.7).
- (167) 小村谷準, 児玉寧色, 河村暁文, 宮田隆志, 光により表面物性が変化する光応答性ポリマーフィルム上での細胞挙動, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024.7).
- (168) 大隅 瑛, 清水笙太, 平野義明, BNCT に向けたペプチド-ホウ素薬剤ハイブリッド体の合成と評価, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024.7).
- (169) 谷本晃一, 南出悠貴, 橋本毬亜, 田中喜基, 真野祐樹, 葛谷明紀, 抗がん剤を内包した DNA Origami DDS キャリアの細胞取り込みと抗がん活性評価, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024.7).
- (170) 橋本毬亜, 田中喜基, 乾 大地, 巽 康平, 寺上佳奈, 大矢裕一, 葛谷明紀, DOX 内包 DNA 四重鎖メゾゲルの抗がん活性評価, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024.7).
- (171) 武原春奈, 西田琢臣, 土橋佐江子, 葛谷明紀, 膜内結合形式反応を利用した向きの揃った膜貫通 DNA ユニットの構築, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024.7).
- (172) 永吉 幹, 栗本寛也, 松山剛士, 葛谷明紀, 微小管結合性抗がん剤修飾 DNA の大量合成, 第 70 回高分子研究発表会 (神戸), 兵庫 (2024.7).
- (173) 大矢裕一, 堀井健大, 村瀬敦郎, 能崎優太 (東北大学), 温度応答型インジェクタブルポリマーゲル内での樹状細胞の活性化と癌免疫療法への応用, 第 40 回日本 DDS 学会学術集会, 千葉 (2024.7).
- (174) 河上綾花, 村瀬敦郎, 大矢裕一, 薬物徐放型インジェクタブルゲルにおける薬物内包のゲル物性および徐放性への影響, 第 40 回日本 DDS 学会学術集会, 千葉 (2024.7).
- (175) 桑野裕市, 加藤匠真, 鈴木健吾, 能崎優太 (東北大学), 村瀬敦郎, 大矢裕一, ヒアルロン酸被覆高分子ミセルを用いた経鼻投与可能な新型コロナウイルスワクチンの開発, 第 40 回日本 DDS 学会学術集会, 千葉 (2024.7).
- (176) 岩崎泰彦, 健全な運動器を維持するための生体模倣ポリマー, Allan S. Hoffman 名誉教授メモリアルシンポジウム, 茨城 (2024.7). 【依頼講演】
- (177) 亀井稜生, 河村暁文, 宮田隆志, 水中での両親媒性液晶高分子の自己集合体形成とその形態, 第 42 回関西界面科学セミナー, 京都 (2024.7).
- (178) 寺本朱里, 谷口大悟, 中澤祐登, 水口拳一郎, 村瀬敦郎, 大矢裕一, 網目径を調節した分子ネットの作成とそれを用いた分子ネットゲルの作製, 第 73 回高分子学会年次大会, 宮城 (2024.6).
- (179) 小川弘晃, 瀬古文佳, 中澤祐登, 新崎晃成, 水口拳一郎, 村瀬敦郎, 大矢裕一, 縫い込み重合を利用したトポロジカルゲルの作製と物性評価, 第 73 回高分子学会年次大会, 宮城 (2024.6).
- (180) 大矢裕一, 佐々木佳介, 笠谷いつき, 宮地佑季, 村瀬敦郎, 玉井求宜 (香川大学医学部), 田口則之 (香川大学医学部), 田中嘉雄 (香川大学医学部), 永竿智久 (香川大学医学部), 多血小板血漿 (PRP) と温度応答型生分解性インジェクタブルポリマーを用いた組織再生, 第 73 回高分子学会年次大会, 宮城 (2024.6).
- (181) 橋本毬亜, 田中喜基, 乾 大地, 巽 康平, 寺上佳奈, 大矢裕一, 葛谷明紀, DOX 内包 DNA 四重鎖メゾゲルの細胞取り込み及び抗がん活性試験, 第 73 回高分子学会年次大会, 宮城 (2024.6).
- (182) 藤井悠斗, 河村暁文, 宮田隆志, コンフォメーション変化により分子結合能を制御できる温度応答性ゲル微粒子の創製, 第 73 回高分子学会年次大会, 宮城 (2024.6).

- (183) 宮田隆志, 服部良隆, 河村暁文, フェニルボロン酸基を有する光応答性高分子の設計と腫瘍細胞死減剤への応用, 第 73 回高分子学会年次大会, 宮城 (2024. 6).
- (184) 宮田隆志, 眞柴 諒, 河村暁文, 液液相分離する温度応答性ポリマーの設計とコアセルベート液滴の形成観察, 第 73 回高分子学会年次大会, 宮城 (2024. 6).
- (185) 村上 緑, 河村暁文, 宮田隆志, 高分子鎖の絡み合いを利用したタフゲルの設計とその力学物性, 第 73 回高分子学会年次大会, 宮城 (2024. 6).
- (186) 高尾夢芽, 河村暁文, 宮田隆志, 光刺激によってコンフォメーション変化する光応答性ポリペプチドの設計とそのマイクロパターン化表面での細胞挙動, 第 73 回高分子学会年次大会, 宮城 (2024. 6).
- (187) 三島健太郎, 河村暁文, 宮田隆志, リガンド導入液晶高分子薄膜の相転移と標的分子吸着挙動との相関関係, 第 73 回高分子学会年次大会, 宮城 (2024. 6).
- (188) 村嶋優徳, 村山果子, 河村暁文, 宮田隆志, タンパク質のコンフォメーション変化を検出できる刺激応答性ポリマーの創製と応用, 第 73 回高分子学会年次大会, 宮城 (2024. 6).
- (189) Jared Travers Finch, 河村暁文, 宮田隆志, Preparation of Dual Stimuli-Responsive Gels with Properties Controllable by Light and Temperature for Cell Regulation, 第 73 回高分子学会年次大会, 宮城 (2024. 6).
- (190) 岩本将己, 門林弘晃, 平野義明, 細胞集合体誘導ペプチドを用いた間葉系幹細胞集合体の作製と分化誘導, 第 73 回高分子学会年次大会, 宮城 (2024. 6).
- (191) 馬原 淳, 清水開斗, レ フォエ, ソニ ラグハブ, 平野義明, 山岡哲二, 小口径人工血管の吻合部狭窄に対する薬剤溶出マトリックス, 第 73 回高分子学会年次大会, 宮城 (2024. 6).
- (192) 森本 舞, 平野義明, コラーゲン由来ペプチドの細胞保存液への応用, 第 73 回高分子学会年次大会, 宮城 (2024. 6).
- (193) 武原春奈, 西田琢臣, 葛谷明紀, 向きの揃った膜貫通 DNA ユニットの膜内合成, 第 73 回高分子学会年次大会 高分子学会, 宮城 (2024. 6).
- (194) 立通明日香, 南出悠貴, 谷本晃一, 高野史章, 葛谷明紀, DNA 足場上の BRET システムを活用した長距離エネルギー伝送系の開発, 第 73 回高分子学会年次大会 高分子学会, 宮城 (2024. 6).
- (195) 川合充佳乃, 葛谷明紀, リポソーム膜への DNA Origami の結合解析, 第 73 回高分子学会年次大会 高分子学会, 宮城 (2024. 6).
- (196) 福田蓮弥, 奥野陽太, 西村智貴 (信州大学), 葛谷明紀, 岩崎泰彦, 結晶性セグメントを含むジブロックペプチドが形成する異方性ナノ構造体の相転移, 第 73 回高分子年次大会, 宮城 (2024. 6).
- (197) K. Maeda, Y. Okuno, Y. Iwasaki, Preparation of healable cross-linked polymer films via thermal-assisted transesterification, 第 73 回高分子学会年次大会, 宮城 (2024. 6).
- (198) 樋口皓太, 中山泰秀, 田地川勉, バイオチューブ人工血管による血管バイパス術時の吻合形態と血流の関係, 第 47 回日本バイオレオロジー学会年会, 東京 (2024. 6).
- (199) 小谷賢太郎, 汐崎賢児, 鈴木 哲, 朝尾隆文, HMD による頭部重心の変化が眼球—頭部協調運動に与える影響, 日本人間工学会第 65 回大会, 北海道 (2024. 6).
- (200) 柿木佐知朗, Aldona Myzk (Pol. Acad. Sci.), 高橋和菜, 松下夕真, 上田正人, 岩崎泰彦, Roman Major (Pol. Acad. Sci.), コラーゲン骨格を模倣したアンチバイオフィウリングペプチドの機能評価, 2024 年度繊維学会年次大会, 東京 (2024. 6).
- (201) 川口 紡, 松井優樹, 見浪遼, 柿木佐知朗, 間葉系幹細胞接着性を備えた ePTFE 人工血管基材表面の設計と評価, 2024 年度繊維学会年次大会, 東京 (2024. 6).
- (202) 川久保達矢, 大窪勇輝, 柿木佐知朗, ペプチド複合化光架橋型エラストマーのコラゲナーゼによる分解挙動, 2024 年度繊維学会年次大会, 東京 (2024. 6).
- (203) 宮田隆志, Palida Pongsanon, 太田慶子, 河村暁文, 温度応答性高分子—金ナノ粒子ハイブリッドマイクロゲルの新規合成と可逆的触媒活性制御機能, 2024 年度繊維学会年次大会, 東京 (2024. 6).
- (204) 河村暁文, 三好達也, 宮田隆志, DDS キャリアへの応用を目指した温度応答性ナノカプセルの調製, 2024 年度繊維学会年次大会, 東京 (2024. 6).
- (205) 青木優陽, 田村 裕, 古池哲也, ジェランガム繊維の調製と機能評価, 2024 年度繊維学会年次大会, 東京 (2024. 6).
- (206) 柳野圭吾, 田村 裕, 古池哲也, コンドロイチン硫酸/キトサンコーティング BC 膜の調製と機能評価, 2024 年度

繊維学会年次大会，東京（2024.6）。

- (207) 川口莉佳，糸満璃香，河村暁文，宮田隆志，スルホベタイン構造を導入した芳香族ポリエステルの合成とその機能評価，日本接着学会 若手交流シンポジウム 2024，富山（2024.6）。
- (208) 高尾夢芽，河村暁文，宮田隆志，光刺激によってコンフォメーション変化する光応答性ポリペプチドの設計と細胞接着挙動の制御，日本接着学会 若手交流シンポジウム 2024，富山（2024.6）。
- (209) 川口莉佳，河村暁文，宮田隆志，スルホベタイン構造を導入した脂肪族ポリエステルの合成，第 62 回 日本接着学会年次大会，富山（2024.6）。
- (210) 高尾夢芽，河村暁文，宮田隆志，細胞接着を制御できる光応答性ポリペプチドフィルムの設計，第 62 回 日本接着学会年次大会，富山（2024.6）。【優秀ポスター賞】
- (211) 宮田隆志，野口貴史，東野美玲，児玉寧色，河村暁文，表面物性可変な光二量化基導入高分子薄膜を用いた細胞パターンニング，日本膜学会第 46 年会，東京（2024.6）。
- (212) 田地川勉，田中雅之，矢野良輔，廣野充，柳楽恭子，過凝集性スキムミルクを使った流れの停滞による血栓形成を再現した模擬血液の開発とそれを使った模擬実験，日本機械学会 第 36 回バイオエンジニアリング講演会，愛知（2024.5）。

5. その他

[刊行物]

- (1) Y. Iwasaki, Polyphosphoesters for biomedical applications. RRO-Polymers, Polymeric Materials, and Polymer Technology 2024, *in press*.
- (2) 岩崎泰彦，ポリリン酸エステルを用いた機能性バイオマテリアルの開発，高分子，73(2)，94（2025.2）。
- (3) 古池哲也，科学の峰々「キチン、キトサンなどのバイオマスの有機素材を高分子・低分子を問わず研究。様々な新材料・機能性材料の創成に挑戦（下）」，科学機器，No. 920，8-13（2025.2）。
- (4) 奥野陽太，岩崎泰彦，水中水滴型エマルションを介した複数酵素を内包したマイクロゲルの作製と酵素反応場への応用，日本バイオマテリアル学会誌，43(1)，28（2025.1）。
- (5) 古池哲也，科学の峰々「キチン、キトサンなどのバイオマスの有機素材を高分子・低分子を問わず研究。様々な新材料・機能性材料の創成に挑戦（上）」，科学機器，No. 919，10-15（2025.1）。
- (6) K. Murugaiyan, V.P. Murali, H. Tamura, T. Furuike, J. Rangasamy, Overview of chitin dissolution, hydrogel formation and its biomedical applications, Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition, (2024.12)。
- (7) 宮田隆志，ハイドロゲルの動的構造の設計とその応用ー動的構造が引き出すハイドロゲルの多彩な機能，化学と工業，77(12)，869-872（2024.12）。
- (8) 河村暁文，双性イオンポリマーの界面特性を利用したソフトマテリアルの創出と未来展望，日本接着学会誌，60(11)，308-310（2024.11）。
- (9) R. Fukuda, Y. Okuno, T. Nishimura (Shinshu Univ.), A. Kuzuya, Y. Iwasaki, Two Dimensional Nanosheet Structures Consisting of Amphiphilic Diblock Peptoids with Crystalline Aliphatic Side Chains, PEPTIDE SCIENCE 2023, 1(1)，39-40（2024.8）。
- (10) 大矢裕一，能崎優太（東北大学），温度応答性ハイドロゲル研究と医療への応用，「温度応答型インジェクタブルゲルによる細胞治療」，月刊細胞，56(7)，504-507（2024.6）。
- (11) 奥野陽太，岩崎泰彦，ペプチドを構成要素とする高分子が形成する分子集合体，ペプチドニュースレター，132，12-15（2024.4）。
- (12) 河村暁文，界面化学的手法を用いた機能性ソフトナノマテリアルの設計，日本接着学会誌，60(3)，59-67（2024.3）。

[特許]

- (1) 宮田隆志，河村暁文，椿本恵大，金属有機構造体に包接される化学種の放出方法ならびに高分子ゲルおよびその製造方法，特許番号第 7640987 号（2025.2）。
- (2) 奥野陽太，岩崎泰彦，石川正司，松井由紀子，新垣優音，金属リチウム二次電池用電解液、金属リチウム二次電池用負極およびその製造方法、金属リチウム二次電池用負極改質剤、並びに、金属リチウム二次電池，特願 2025-007099（2025.1）。
- (3) 小谷賢太郎，鈴木 哲，朝尾隆文，横田知宜，松井北斗，心理的レジリエンス推定方法、心理的レジリエンス推

定装置および制御プログラム, 特願 2025-010013 (2025.1).

- (4) 葛谷明紀, 松浦裕, 複合物質, 特願 2024-200875 (2024.11).
- (5) 鈴木 哲, 動揺病の推定装置、動揺病の推定方法、および制御プログラム, 特願 2024-130952 (2024.8).
- (6) 奥野陽太, ゼラチンゲル微粒子及びその製造方法, 特願 2024-134246 (2024.8).
- (7) 奥野陽太, 山形小雪, 津田規智, 複合コアセルベート, 特願 2024-108788 (2024.7).
- (8) 小谷賢太郎, 鈴木 哲, 朝尾隆文, 横田知宜, 松井北斗, 心理的レジリエンス推定方法、心理的レジリエンス推定装置および制御プログラム, 特願 2024-094600 (2024.6).
- (9) 柿木佐知朗, 廣原滉大, 横井里奈, 小谷卓矢, 武内 徹, 鈴鹿隆保, 森 一也, ポリマー薬物複合体, 特願 2024-078587 (2024.5).

[その他の研究発表]

- (1) 岩崎泰彦, BMP 徐放型ポリマーコンジュゲートによる骨形成誘導, 関大メディカルポリマーシンポジウム, 関西大学, 大阪 (2025.1). 講演
- (2) 葛谷明紀, 抗がん剤キャリアとしての DNA オリガミデンドリマー, 関大メディカルポリマーシンポジウム, 関西大学, 大阪 (2025.1). 講演
- (3) 柿木佐知朗, 関節リウマチ治療薬の患部への能動的送達を目指した血小板ヒッチハイキング分子技術, 関大メディカルポリマーシンポジウム, 関西大学, 大阪 (2025.1). 講演
- (4) ムニラ ジャミル, Immobilization of collagen backbone-inspired oligopeptide effectively prevents biofouling on material surfaces, 関大メディカルポリマーシンポジウム, 関西大学, 大阪 (2025.1). 講演
- (5) 村瀬敦郎, 脂肪由来幹細胞デリバリーのための温度応答型インジェクタブルゲル, 関大メディカルポリマーシンポジウム, 関西大学, 大阪 (2025.1). 講演
- (6) バビータ シャスニ, Therapeutic Potential of a Butyrate-loaded Nanoparticle Prodrug in Diverse In Vivo Disease Models, 関大メディカルポリマーシンポジウム, 関西大学, 大阪 (2025.1). 講演
- (7) 河村暁文, 加熱によりゲルからゾルへと相転移するスマートソフトマテリアルの設計, 関大メディカルポリマーシンポジウム, 関西大学, 大阪 (2025.1). 講演
- (8) 奥野陽太, 膜透過性ポリマーベシクルへのタンパク質高効率内包化を目指した取り組み, 関大メディカルポリマーシンポジウム, 関西大学, 大阪 (2025.1). 講演
- (9) 稲葉頼世, 宮田隆志, 河村暁文, エマルションを利用したポリマーソーム調製法の開発と薬物キャリアへの応用, 第 29 回関西大学先端科学技術シンポジウム, PK-01, 関西大学, 大阪 (2025.1). ポスター
- (10) 蓬萊瑠将, 宮田隆志, 河村暁文, ATP 応答性薬物キャリアへの応用を目指した高分子ミセルの設計, 第 29 回関西大学先端科学技術シンポジウム, PK-02, 関西大学, 大阪 (2025.1). ポスター
- (11) 忽那悠平, 古池哲也, 抗菌性ゼラチン不織布の調製, 第 29 回関西大学先端科学技術シンポジウム, PK-03, 関西大学, 大阪 (2025.1). ポスター
- (12) 青木優陽, 古池哲也, 抗菌性ジェランガム繊維の調製, 第 29 回関西大学先端科学技術シンポジウム, PK-04, 関西大学, 大阪 (2025.1). ポスター
- (13) 大原貴志, 横井里奈, 小谷卓矢 (大阪医科薬科大学), 武内 徹 (大阪医科薬科大学), 柿木佐知朗, 抗炎症薬複合カチオン性ポリアミノ酸の合成と血小板内移行挙動の解析, 第 29 回関西大学先端科学技術シンポジウム, PK-05, 関西大学, 大阪 (2025.1). ポスター
- (14) 上村陸斗, 松井優樹, 川口 紘, 金 徳男 (大阪医科薬科大学), 高井真司 (大阪医科薬科大学), 柿木佐知朗, 機能性ペプチド複合体の固定化による ePTFE 製人工血管への結合組織浸潤抑制, 第 29 回関西大学先端科学技術シンポジウム, PK-06, 関西大学, 大阪 (2025.1). ポスター
- (15) 後藤洋海, 宮地佑季, 藤原壮一郎, 村瀬敦郎, 大矢裕一, 体組織接着性を有する温度応答型生分解性インジェクタブルポリマー, 第 29 回関西大学先端科学技術シンポジウム, PK-07, 関西大学, 大阪 (2025.1). ポスター
- (16) 今井博之, 杉島夏海, 正田湧希, 森脇千尋, 村瀬敦郎, 大矢裕一, 温度応答型ゾルゲル転移ポリマーの転移温度に及ぼす末端基および分子形態の影響, 第 29 回関西大学先端科学技術シンポジウム, PK-08, 関西大学, 大阪 (2025.1). ポスター
- (17) 小坂 元, 土肥遼太, 瀬古文佳, 中澤祐登, 村瀬敦郎, 大矢裕一, 分子ネットを用いた縫込み重合による新規トポロジカルゲルの作製, 第 29 回関西大学先端科学技術シンポジウム, PK-09, 関西大学, 大阪 (2025.1). ポスター

- (18) 柿 昌樹, 奥野陽太, 岩崎泰彦, ラジカル開環重合によるポリリン酸エステル合成, 第 29 回関西大学先端科学技術シンポジウム, PK-10, 関西大学, 大阪 (2025.1). ポスター
- (19) 田部勇仁, 奥野陽太, 岩崎泰彦, 糖代謝を利用した表面糖鎖改質マクロファージによる標的がん細胞の消去, 第 29 回関西大学先端科学技術シンポジウム, PK-11, 関西大学, 大阪 (2025.1). ポスター
- (20) 津田規智, 奥野陽太, 岩崎泰彦, 生分解性高分子であるポリサルコシン修飾がタンパク質に与える影響, 第 29 回関西大学先端科学技術シンポジウム, PK-12, 関西大学, 大阪 (2025.1). ポスター
- (21) 福田蓮弥, 奥野陽太, 西村智貴 (信州大学), 岩崎泰彦, 結晶化を駆動力とした両親媒性ペプチドの自己集合化挙動, 第 29 回関西大学先端科学技術シンポジウム, PK-13, 関西大学, 大阪 (2025.1). ポスター
- (22) 藤井悠斗, 河村暁文, 宮田隆志, 体温付近で LCST または UCST を示す温度応答性ゲル微粒子の創製, 第 29 回関西大学先端科学技術シンポジウム, PK-14, 関西大学, 大阪 (2025.1). ポスター
- (23) 小村谷準, 河村暁文, 宮田隆志, 光により表面物性を制御できる光応答性ポリマーフィルム上での細胞挙動制御, 第 29 回関西大学先端科学技術シンポジウム, PK-15, 関西大学, 大阪 (2025.1). ポスター
- (24) 山本夏綺, 山内翔太, 藤野圭太郎 (大阪医科薬科大学), 大槻周平 (大阪医科薬科大学), 平野義明, 関節周辺の組織再生を目指したペプチドハイドロゲル足場, 第 29 回関西大学先端科学技術シンポジウム, ポスター PK-16, 関西大学, 大阪 (2025.1).
- (25) 大隅 瑛, 宮武伸一 (大阪医科薬科大学), 平野義明, BNCT を目指したペプチド-ホウ素薬剤ハイブリッド体の評価, 第 29 回関西大学先端科学技術シンポジウム, PK-17, 関西大学, 大阪 (2025.1). ポスター

6. アウトリーチ活動

[講演]

- (1) S. Kakinoki, Peptide Immobilization to Create Bioactive and Bioinert Surfaces, Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai, China (2025.3).
- (2) 大矢裕一, 「未来医療を創出するバイオマテリアル：生分解性スマートバイオマテリアルの設計と応用」, 大阪医科薬科大学, 大学院統合講義, 大阪 (2024.12).
- (3) 岩崎泰彦, リン酸エステルポリマーのバイオマテリアル応用, Sun-in バイオマテリアル研究会, 島根 (2024.12).
- (4) 河村暁文, 高分子化学と医学の融合ーメディカルポリマーの創出ー, 大阪医科薬科大学統合講義, 大阪医科薬科大学, 大阪 (2024.12).
- (5) T. Miyata, Design of Smart Soft Materials Using Dynamic Structures and Their Applications, Soft Interface Seminar XLVII, Online (2024.12).
- (6) 古池哲也, 関西大学北陽高校高大連携 Advanced Science Program 「蜘蛛の糸を使って神経を修復できるか」, 大阪 (2024.12). 実験
- (7) 奥野陽太, ペプチドを基盤材料とした分子集合体の構造制御と応用, 京都大学, 京都 (2024.11).
- (8) 大矢裕一, 「関大メディカルポリマー (KUMP) で拓く未来医療」, 大阪府立茨木高校 卒業生講座, 大阪 (2024.10).
- (9) Y. Okuno, Peptoid based self-assembly for biomedical application, Instytut Matalurgii I Inzynierii Materialowej Polskiej Akademii Nauk, Krocow, Poland (2024.9).
- (10) 平野義明, 模擬講義「化学の力で病気を治す」, 大阪府立岸和田高校, 大阪 (2024.8).
- (11) 大矢裕一, 「医療応用を目指した生分解性スマートポリマーの開発」, 京都府立医科大学 (2024.8). 講演
- (12) Y. Iwasaki, COIL/Virtual Exchange, The 6th South Africa-Japan University Forum, Stellenbosch, South Africa (2024.8).
- (13) 宮田隆志, ゲルの動的構造を利用した多彩な応用, やわらか 3D 共創コンソーシアム ゲル部会, オンライン開催 (2024.8).
- (14) 宮田隆志, 高分子鎖のつながり “ゲル” の研究と人のつながり “人生” を楽しもう!, ゲルワークショップ イン 伊豆山, 静岡 (2024.8).
- (15) 岩崎泰彦, 双性イオン型ポリマーによる生体機能界面の構築と生物付着, 第 42 回関西界面科学セミナー, 京都 (2024.7).
- (16) 大矢裕一, 「生分解性スマートバイオマテリアルの医療応用」, 京都府立医科大学, 京都 (2024.6). 大学院特別講義
- (17) 宮田隆志, 高分子の界面化学, 界面コロイドラーニングー第 40 回現代コロイド・界面化学基礎講座一, 大阪

(2024. 6).

(18) 宮田隆志, 表面・界面・接着, 第 58 回高分子の基礎と応用講座～わかりやすい高分子入門～, オンライン開催 (2024. 6).

(19) 宮田隆志, 高分子の界面化学, 界面コロイドラーニング―第 40 回現代コロイド・界面化学基礎講座―, 東京 (2024. 6).

(20) 平野義明, 模擬講義「化学の力で病気を治す」, 宮城県立多賀城高校, 宮城 (2024. 5).

[模擬実験]

(1) 河村暁文, 玉虫色の液晶をつくってみよう!～分子をきれいにならべて色をつけよう～, 第 24 回 (2024 年度) 関西大学サイエンスセミナー, 関西大学, 大阪 (2024. 8). 実験

(2) 宮田隆志, かしいゲルを作ってみよう, 第 24 回 (2024 年度) 関西大学サイエンスセミナー, 関西大学, 大阪 (2024. 8). 実験

(3) 岩崎泰彦, 歯医者さんはどんな材料を使っているの?, 第 24 回 (2024 年度) 関西大学サイエンスセミナー, 関西大学, 大阪 (2024. 8). 実験

(4) 古池哲也, 海藻成分から糸や人エイクラを作ってみよう, 第 24 回 (2024 年度) 関西大学サイエンスセミナー, 関西大学, 大阪 (2024. 8). 実験

(5) 葛谷明紀, 科学捜査をしてみよう～DNA 鑑定・血痕鑑定・指紋鑑定～, 第 24 回 (2024 年度) 関西大学サイエンスセミナー, 関西大学, 大阪 (2024. 8). 実験

[展示会]

(1) 大矢裕一, 生分解性インジェクタブルポリマーによる細胞デリバリーと医療機器開発, 第 7 回再生医療産学連携テクノオクシオン, 神奈川 (2025. 3).

(2) 大矢裕一, 生分解性ポリマーを用いたワクチン, DDS, 細胞治療, 癒着防止剤の開発, 再生医療 EXPO 大阪, 大阪 (2025. 2).

(3) 大矢裕一, 柿木佐知朗, 河村暁文, 関西大学メディカルポリマー研究センター, 新機能性材料展, 東京 (2025. 1).

(4) 大矢裕一, 桑野裕市, 正田湧希, 谷口大悟, 藤田大和, 宮地佑季, 関西大学 化学生命工学部化学・物質工学科機能性高分子研究室, 大学研究室紹介ブース, 第 33 回ポリマー材料フォーラム, 京都 (2024. 11).

(5) 宮田隆志, 三島健太郎, 藤井悠斗, 高尾夢芽, 溝脇夢美, 村嶋優徳, 関西大学 化学生命工学部化学・物質工学科 先端高分子化学研究室, 大学研究室紹介ブース, 第 33 回ポリマー材料フォーラム, 京都 (2024. 11).