



◆◆◆ Topics

... p.2

新年のご挨拶

(一社) ラドテック研究会 会長 松川 公洋

◆◆◆ New Technology

... p.3

光二量化基を利用した刺激応答性高分子材料

関西大学 化学生命工学部
宮田 隆志

光二量化基を導入した高分子は、光照射により分子間で結合を形成するため、時空間的に架橋構造を制御できる。例えば、光二量化基導入微粒子は光照射によって集合して沈殿する。光二量化基導入フィルムは光架橋により自由体積が減少して表面パターンを形成し、この表面上では細胞パターンも形成できる。光二量化基を導入した親水性高分子は光ゲル化し、形成されたゲルは光照射により弾性率を変化させ、細胞の接着挙動も制御できる。

◆◆◆ Planned Activities

... p.7

第183回ラドテック研究会講演会

期 日：2024年1月26日(金) 13:00~16:40

会 場：東京理科大学神楽坂キャンパス1号館17階 記念講堂

第184回ラドテック研究会講演会

期 日：2024年4月25日(木)

詳細は決まり次第HP等でご案内いたします。

2024年度「ラドテック研究会勉強会」

募集・詳細につきましては2024年3月頃、メール・HPにてご案内の予定です。

◆◆◆ News from RadTech

... p.8

第182回ラドテック研究会講演会 報告

第54回UV/EB技術入門講座実践編 報告

PHOTOPOLYMERIZATION FUNDAMENTALS 2023
参加報告

PHOTOPOLYMER WEEK 2023 参加報告

関連学会の紹介

編集後記

編集・発行

一般社団法人ラドテック研究会

〒102-0082 東京都千代田区一番町 23-2
番町ロイヤルコート 207

Tel: 03-6261-2750 Fax: 03-6261-2751

E-mail: office@radtechjapan.orgURL: <http://www.radtechjapan.org/>

Edited and published by RadTech Japan

#207 Bancho Royal Court, 23-2 Ichiban-cho,
Chiyoda-ku Tokyo, 102-0082 Japan

Tel: 03-6261-2750 Fax: 03-6261-2751

N L 編集委員会

猿渡欣幸(委員長)、小川照彦、清原欣子、
酒井勝壽、佐々木あい、山本洋揮、鷲尾方一、 ↓HPはこちらから↓
事務局

編集協力業者

(株) テクノダ



※許可なく転載を禁止します。

入会案内

ラドテック研究会は、UV/EB表面処理・加工に関連した技術の開発と確立を促進することを目的とし、国際的連携と会員間の情報交換相互理解を深め、関連した分野における調査・研究活動を行っています。UV/EB表面処理加工に関する情報収集や、国内外への発信、相互理解を望んでいる多くの分野の方々への積極的な入会をお勧めしております。

研究会活動内容

- ①講演会、入門講座、勉強会および見学会の開催
- ②国際会議の開催
- ③ニュースレターの発行(年4回)
- ④年報の作成

会費

法人会員 入会金3万円 年会費9万円
個人会員 入会金無し 年会費1万円
※但し個人会員は学・官界関係者とする

問い合わせ先

一般社団法人ラドテック研究会

Tel: 03-6261-2750 Fax: 03-6261-2751

E-mail: office@radtechjapan.org

 **Topics****新年のご挨拶**

一般社団法人ラドテック研究会 会長 松川 公洋

新年、明けましておめでとうございます。平素よりラドテック研究会の活動にご理解とご協力いただき、会員の皆様には感謝申し上げます。皆様におかれましては、健やかで、ご多幸な一年をお祈りしています。

3年間に渡るコロナウィルス禍が終息し、やっと平常の日々が戻ってきました。当研究会におきましても、講演会や勉強会など様々なイベントを対面での開催に戻しました。講演会後の交流会も再開できるようになり、会員相互のネットワーク作りに役立てていただけるようになりました。また、昨年6月に日本接着学会との共催事業として、同学会年次大会で「UV/EB 表面加工」のセッションを持ちました。本年も同セッションを企画しており、さらに、本年の第19回放射線プロセスシンポジウムを全面的に支援することを計画しています。当研究会は、これからも様々なコラボレーションを通じて、ラドテック技術の発展に注力していきたいと考えています。

近年、地球環境と豊かな生活の維持を目標とする「SDGs」の推進が求められており、製造業においても「再生エネルギー」、「省資源」、「グリーンマテリアル」、「カーボンニュートラル」などがキーテクノロジーになっています。私たちが関わっているラドテックでもこれらへの取り組みが重要になってきています。植物資源から作られたグリーン度の高いモノマーを省エネルギー仕様のLED光源・EBで硬化させることがひとつの解決策として掲げられます。しかし、コーティング時のみならず、モノマーや装置の製造に伴うエネルギー消費と二酸化炭素発生を極力抑えることも大きな課題であり、材料調達、製品出荷の輸送においてさえも環境負荷を考えなくてはなりません。これらを網羅したLCA（Life Cycle Assessment）を念頭に入れて、生産活動を進めることが、私たちにとっての必須事項と思われれます。様々な工業プロセスの中で、ラドテック技術は、SDGs的に有望な技術であることは間違いありません。当研究会では、新技術の紹介や会員企業間の情報交換などを経て、時代のニーズに即した技術支援を実施していく所存です。

今年も、皆様にとって有益な情報を提供できるよう、さらに充実した研究会活動を企画してまいりますので、ご支援の程、よろしくお願いいたします。

2024 年元旦



New Technology

光二量化基を利用した刺激応答性高分子材料

関西大学 化学生命工学部
宮田 隆志



1. はじめに

近年、様々な光異性化分子や光二量化分子、光開裂性分子などの光機能分子を利用した光機能性材料が設計されており、医療・環境・エネルギー分野への応用が試みられている。中でも、光照射によって2分子が結合して二量体を生成する光二量化分子は、高分子鎖に導入することにより光に反応して共有結合を形成することから光架橋などに利用されている。一方、筆者らは、動的架橋として分子複合体を利用することにより、標的分子に反応した様々な刺激応答性ゲルを設計してきた^[1,2]。これらの研究は、外部刺激に反応して結合または解離する架橋構造を形成させると、その刺激に反応した膨潤・収縮などの網目構造変化を誘起できることを示している。最近では、動的架橋による刺激応答性材料の設計コンセプトを拡張し、光二量化基を動的架橋として利用した光応答性高分子材料の設計も試みている。特に光は、非接触で任意のタイミングで任意の場所に照射することができるため、pHや温度などの刺激よりも制御しやすい刺激である。そこで、筆者らは光二量化基を動的架橋として導入することにより、様々な光応答性高分子材料を設計してきた。本稿では、最近、筆者らが取り組んでいる光二量化基を導入した高分子材料として、光応答性高分子微粒子、フィルムおよびゲルについて最近の研究成果を紹介する。

2. 光二量化基を有する高分子微粒子の光集合特性

高分子微粒子は、ナノからマイクロメートルオーダーでの粒径制御が可能であり、幅広い分野に応用されている。一方、ボトムアップ型ナノテクノロジーとして、プログラム分子の自己集積化により高次構造を構築し、機能発現を目指した研究が精力的に行われている。筆者らは、分子よりも大きなビルディングブロックとして高分子微粒子に着目し、その集積化により新たな構造体の構築と機能発現が可能になると考えた。そこで、双性イオンポリマー微粒子表面に光二量化基を導入し、紫外光 (UV) により粒子間結合を形成して光集合する光応答性高分子微粒子の調製を試みた^[3]。まず、モノマーとしてスチレン (St) とメタクリル酸 (MAA)、2-メタクリロイルオキシエチルホスホリルコリン (MPC)、架橋剤としてジビニルベンゼンを用いてソープフリー乳化重合により、双性イオンポリマー (P(St-co-MAA-co-MPC)) 粒子を合成した。この P(St-co-MAA-co-MPC) 粒子表面のカルボキシ基と *N*-(2-アミノエチル) マレイミド塩酸塩のアミノ基とを反応させることにより、光二量化基のマレイミドを表面に導入した maleimide-P(St-co-MAA-co-MPC) 粒子を調製した。この maleimide-P(St-co-MAA-co-MPC) 粒子は、生理的イオン強度条件下でも安定に分散した。生理的イオン強度条件下の P(St-co-MAA-co-MPC) 粒子および maleimide-P(St-co-MAA-co-MPC) 粒子分散液に UV 照射した結果、P(St-co-MAA-co-MPC) 粒子は UV 照射後も良好に分散していたのに対して、maleimide-P(St-co-MAA-co-MPC) 粒子は UV 照射により凝集し、明確な沈殿が生じた (図 1)。

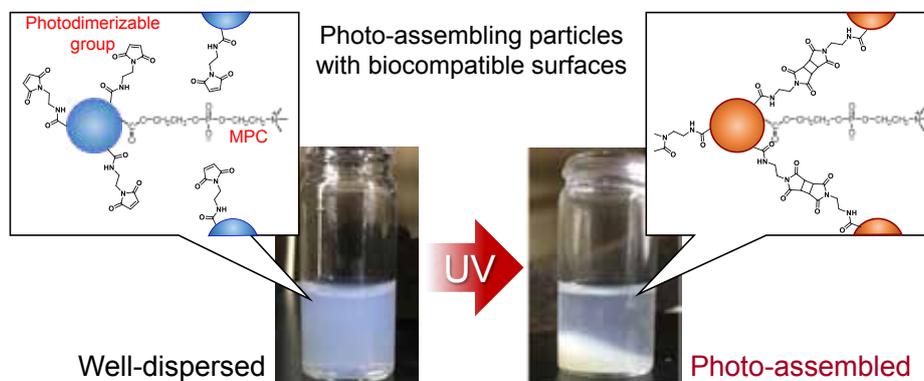


図 1 光二量化基を導入した双性イオンポリマー粒子の光集合挙動

動的分散 (DLS) 測定の結果、P(St-co-MAA-co-MPC) 粒子は UV 照射してもその粒径に変化が認められなかったが、maleimide-P(St-co-MAA-co-MPC) 粒子の粒径は光照射時間の増加に伴って増加することがわかった。これらの結果は、maleimide-P(St-co-

MAA-co-MPC) 粒子表面のマレイミド基が UV 照射により二量化し、粒子間結合を形成することを示唆している。

次に、キャスト法により作製した粒子集積膜に UV 照射した後、マウス線維芽細胞 (L929) および血小板の接着挙動を検討した。MPC を導入していない maleimide-P(St-co-MAA) 粒子集積膜に比較して、maleimide-P(St-co-MAA-co-MPC) 粒子集積膜への L929 の接着は著しく抑制された (図 2)。

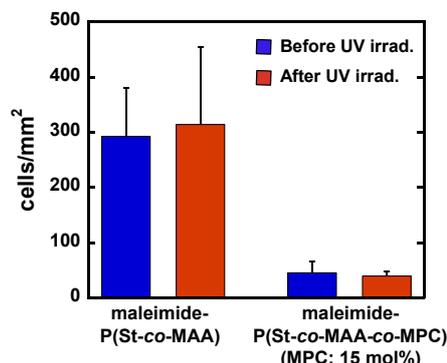


図 2 光二量化基を導入した双性イオンポリマー粒子の集合体膜表面への細胞接着

さらに、UV 照射後の maleimide-P(St-co-MAA-co-MPC) 粒子集積膜も細胞接着を効果的に抑制した。同様に、maleimide-P(St-co-MAA-co-MPC) 粒子集積膜上への血小板の粘着は、maleimide-P(St-co-MAA) 粒子集積膜よりも効果的に抑制され、粘着した血小板の伸展もほとんど認められなかった。したがって、maleimide-P(St-co-MAA-co-MPC) 微粒子は光集合特性を有し、バイオイナートな表面を形成するためのビルディングブロックとして期待できる。

3. 光二量化基を有する高分子フィルムの表面パターンニング特性

細胞が増殖・分化する際、周囲のマトリックス空間が細胞の足場として働くため、細胞工学や組織工学において細胞を制御するためには最適な細胞周辺環境の構築が重要となる。また、細胞は周辺環境の化学的性質だけでなく物理的性質を認識し、自らの伸展や分化といった挙動を変化させる。そのため、近年、細胞培養基材の力学物性により細胞挙動を制御するメカノバイオロジーが盛んになっている。さらに、微細加工技術を用いて細胞培養基材の性質を変化させることにより、細胞の伸長方向を意図的にコントロールできる細胞パターンニング技術が注目されている。従来の微細加工技術としてはフォトリソグラフィやナノインプリントが挙げられる。しかし、これらの技術は製造工程が多段階であるといった欠点があり、より簡便に微細加工できる技術や材料の開発が望まれる。そこで筆者らは、より簡便に微細加工できる材料の開発を目的として、光二量化基を動的架橋点として用い、UV 照射部位のみで架橋構造を形成し、体積変化を示す光応答性高分子フィルムを試みた (図 3)。

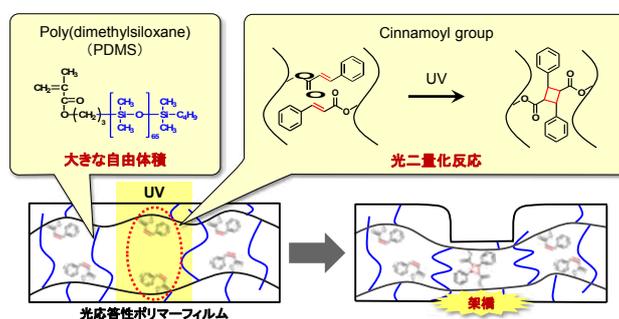


図 3 光二量化基を導入したポリマーフィルムの光二量化による自由体積変化

まず、光二量化基を有する 2-シンナモイルオキシエチルメタクリレート (CEMA) と大きな自由体積を有するポリジメチルシロキサン (PDMS) を側鎖に有するマクロモノマーとの共重合体 (PCEMA-g-PDMS) を合成し、UV 照射部位のみの体積が変化して簡便に表面パターンニングできる光応答性高分子フィルムを調製した^[4]。PCEMA-g-PDMS のクロロホルム溶液に所定時間 UV 光を照射すると、照射時間の増加に伴い、シンナモイル基に由来する 280 nm 付近の吸収の減少が確認できた。したがって、PCEMA-g-PDMS のシンナモイル基は UV 照射により二量体を形成することが明らかになった。

次に、PCEMA-g-PDMS フィルムにフォトマスクを通して UV 照射した後のフィルム表面の構造を AFM により観察した。

その結果、フィルムの膜厚が薄い場合、光照射した部分のみでフィルムの膜厚がわずかに増加する傾向を示すことがわかった。これは、光照射により、横方向の光二量化反応が生じ、高分子鎖が集まるためと推察される。一方、調製時のフィルムの膜厚が厚い場合、UV 照射した部分のみでフィルムの膜厚が減少し、メッシュ状のフォトマスクの形状が明確にフィルム表面に記録された (図 4)。これは、UV 照射部位のみでシナモイル基が二量化し、高分子鎖間で架橋構造が形成され、自由体積が減少するためと考えられる。



図 4 光二量化基含有ポリマーフィルムの表面パターンニング特性

さらに、フォトマスクを通して UV 照射することにより表面パターンニングした PCEMA-*g*-PDMS フィルムに L929 やヒト肝癌由来細胞 (HepG2) を播種して、1 日後のフィルム表面への接着挙動を調べると、格子状に L929 や HepG2 が接着していることが確認できた (図 5) [5]。

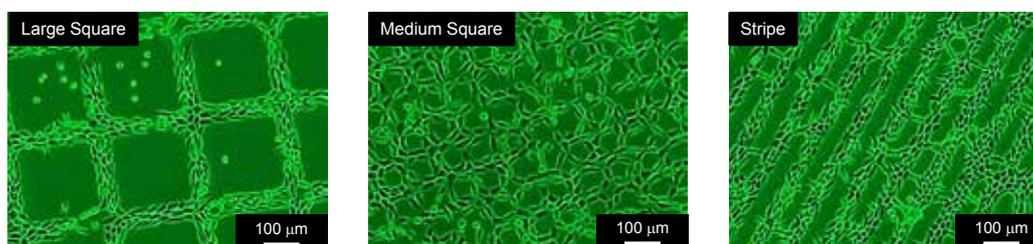


図 5 フォトマスクを通した光照射によりマイクロパターン形成させた光二量化基導入ポリマーフィルム表面での細胞接着挙動

この接着は PCEMA-*g*-PDMS フィルムの光未照射部位のみで生じており、L929 および HepG2 は光未照射部位に優先的に接着することが明らかになった。これらの結果は、光未照射部位と照射部位の表面性質に差異が生じ、それを細胞が認識するためと考えられる。そこで、UV 照射によるフィルム表面の化学的性質や物理的性質の変化を調べた。まず、光照射後のフィルム表面の接触角測定の結果、光照射時間が増加しても空気中における水の接触角および水中における気泡の接触角はいずれも変化しないことが明らかとなった。また、X 線光電子分光法 (XPS) により、PCEMA-*g*-PDMS フィルム表面の化学組成は UV 照射によってほとんど変化しないことが示された。本研究では、UV 照射の際に 280 nm のバンドフィルターを用いているため、UV による高分子の分解はほとんど起こらなかったと考えられる。一方、PCEMA-*g*-PDMS フィルムにフォトマスクを通して UV 照射した後のフィルム表面の弾性率分布を原子間力顕微鏡 (AFM) で調べると、光照射した部分のみでフィルムの弾性率が增加し、フォトマスクの形状に応じた弾性率分布が確認できた。PCEMA-*g*-PDMS フィルムに UV 照射すると、照射部位のみのシナモイル基が二量化して高分子鎖間で架橋構造が形成されるため、光照射部位の弾性率が增加すると考えられる。したがって、細胞のパターンニング挙動は、UV 照射による弾性率変化を細胞が認識するためと推察される。このように、光照射部位のみで位置選択的に表面形状や表面弾性率が変化する光応答性高分子フィルムを調製でき、そのパターン化表面を利用すると細胞パターンニングへの応用が可能である。

4. 光二量化基を有する高分子ゲルの化学的・物理的性質制御

3 で述べたように、細胞は周辺環境の親水・疎水性などの化学的性質や弾性率などの物理的性質に応答して、自らの伸展挙動や分化を変化させることが報告されており、物性を変化させることができる細胞培養基材の研究が行われている。また、細胞は生体内で動的な環境下におかれているため、物性を動的にコントロールできる足場材料の開発が求められている。そこで、複数の刺激によって培養基材の物性を動的に変化させることができれば、細胞を時空間的に制御できる細胞制御基材の開発が可能になる。一方、ハイドロゲルは高い含水性を有し、その弾性率が生体内と類似しているため、生体内に近い環境を模倣できる細胞足場材料として期待されている。そこで筆者らは、動的架橋点として光二量化基を用いることにより、光照射時間で弾性率を時空間的に制御できる高分子ゲルを設計した。まず、光二量化基としてシナモイル基およびマレ

イミド基を末端に有する四分岐構造のポリエチレングリコール (Tetra-PEG) を合成し、その光ゲル化挙動を検討した^[6]。シンナモイル基導入 Tetra-PEG のゲル化には 140 分以上の UV 照射が必要であったが、マレイミド基導入 Tetra-PEG は数分間の UV 照射によってゲル化することがわかった。したがって、親水性高分子に光二量化基を導入することにより、光ゲル化挙動を示す光応答性高分子が設計できることがわかった。

さらに、UV 照射時間により弾性率を制御でき、温度により親水・疎水性を変化させる高分子ゲルを設計し、その表面での細胞挙動を調べた (図 6)^[7]。

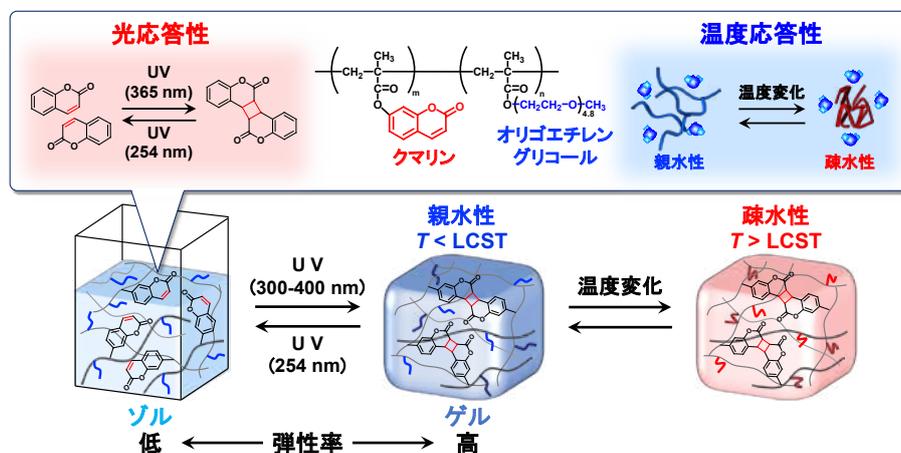


図 6 光二量化基を導入したオリゴエチレングリコール誘導体の光ゲル化挙動と温度応答挙動

まず、光二量化基のクマリン基を有する 7-メタクリロイルオキシクマリン (MAC) と下限臨界溶解温度 (LCST) を有するメトキシオリゴエチレングリコールメタクリレート (OEGMA) とを用いて、新規な光・温度応答性高分子 (P(MAC-co-OEGMA)) を合成した。MAC 含有率 20 mol% の P(MAC-co-OEGMA) 水溶液に UV 照射した際の貯蔵弾性率 (G') および損失弾性率 (G'') の変化をレオメーターで調べた結果、30 分間の UV 照射によって $G' > G''$ となり、P(MAC-co-OEGMA) 水溶液はゲル化することがわかった。また、UV 照射時間の増加に伴い、ゲルの架橋密度が増加するために G' が増加した。したがって、P(MAC-co-OEGMA) ゲルは UV 照射時間により弾性率を制御できることが明らかになった。

次に、UV を 30 分間および 60 分間照射して調製した弾性率の異なるゲル上で L929 を培養すると、前者のゲルよりも後者のゲルの方がより多くの細胞が接着した。さらに、フォトマスクを通して光照射し、表面に弾性率パターンを形成させたゲル上では、UV 照射した弾性率の高い部位に L929 が接着して増殖した。これらの結果は、細胞が足場の弾性率の差異を認識し、接着挙動を変化させることを示唆している。さらに、P(MAC-co-OEGMA) ゲルの透過率は 33℃ を境に大きく低下し、体温付近に転移点を有することがわかった。この P(MAC-co-OEGMA) ゲル上に L929 を播種して、30℃ で培養すると細胞はほとんど接着しなかったが、37℃ では数多く接着した。さらに、細胞の伸展率は 30℃ と 37℃ で各々 0% と 93% となり、全く異なった挙動を示した。ゲルが 33℃ に転移点を有していることにより、30℃ ではゲル表面が親水性となって細胞接着を抑制するのに対し、37℃ では疎水性表面となり細胞接着が促進されるために伸展挙動が変化すると考えられる。さらに、37℃ で培養して細胞接着させた後、25℃ へと温度を低下させると、細胞の形状が球状へと変化することも確認された。したがって、P(MAC-co-OEGMA) ゲルは光と温度の二重刺激に応答して弾性率や親水・疎水性をコントロールできるため、細胞の挙動を制御するための細胞制御基材としての応用が期待できる。

5. おわりに

本稿では、筆者らが最近設計した光二量化基を導入した高分子微粒子、フィルムおよびゲルを紹介した。光は非接触で任意のタイミングで任意の場所に与えることができる刺激であり、材料の構造や物性を時間的および空間的に制御することが可能である。これらの光架橋性を示す微粒子やフィルム、ゲルは、光照射によって構造や性質を変化させるユニークな光応答性を示し、細胞制御などの医療分野への応用が期待できる。現在、UV だけではなく、可視光に応答して構造変化する高分子材料の設計も試みている。その他にも光異性化反応や光開裂反応なども利用でき、光刺激に応答する高分子材料は様々なコンセプトでの設計が可能である。筆者らの研究もまだ基礎研究として始まったばかりであるが、ユニークな挙動を示すことが明らかになっており、医療応用を中心に光刺激応答性材料としての実用化を目指していきたい。

参 考

1. T. Miyata, *Polym. J.*, 42, 277 (2010).
2. T. Miyata, Target Molecule-responsive Hydrogels, *Chemoresponsive Materials: Smart Materials for Chemical and Biological Stimulation: Edition 2* (Ed. Hans-Jörg Schneider), RSC, Smart Materials Series, Chapter 7, 223-261 (2022).
3. T. Miyata, T. Namera, Y. Liu, A. Kawamura, T. Yamaoka, *J. Mater. Chem. B*, 10, 2637 (2022).
4. T. Noguchi, N. Akioka, Y. Kojima, A. Kawamura, T. Miyata, *Adv. Mater. Interfaces*, 9, 2101965 (2022).
5. T. Noguchi, M. Higashino, N. Kodama, A. Kawamura, T. Miyata, *Responsive Mater.*, 1, e20230007 (2023).
6. M. Okihara, K. Okuma, A. Kawamura, T. Miyata, *Gels*, 8, 183 (2022).
7. M. Okihara, A. Matsuda, A. Kawamura, T. Miyata, *Polym. J.*, in press. doi.org/10.1038/s41428-023-00865-7.

◆◆◆ Planned Activities

第 183 回ラドテック研究会講演会

↓お申し込みはこちらから↓

期 日：2024年1月26日（金）13：00～16：40
会 場：東京理科大学神楽坂キャンパス1号館17階 記念講堂



<プログラム> (敬称略)

① 13：00～13：50（質疑応答含む）

「光融解する新しい分子材料とそのメカニズム」

大阪大学大学院 谷 洋介

光照射によって融解する、新しい有機分子材料を見出した。この材料は光融解するだけでなく、融解に先駆けて発光色などが変化した。講演では、この発光挙動から解明した光融解のメカニズムを含めて紹介する。

② 13：50～14：40（質疑応答含む）

「インクジェットの技術動向と進化形態 ～インクジェットは何処に向かおうとしているのか～」

慶應義塾大学 SFC 研究所 藤井 雅彦

この20年、インクジェット技術進化が市場拡大（変化）を牽引した側面と、市場変化に技術が対応した両側面がある。これにより技術進化形態にも異なる2つの状況が並立するようになった。最新の技術トピック紹介も交え、今後インクジェットが向かう方向を考えたい。

14：40～15：00 休憩

③ 15：00～15：50（質疑応答含む）

「脂環式エポキシ樹脂の開発動向と応用例について」

株式会社ダイセル 竹中 洋登

カチオン硬化系であるエポキシ樹脂の概要、当社が製造・販売を行っている脂環式エポキシ樹脂の製品紹介を中心に行う。また、脂環式エポキシ樹脂の開発例、応用例についても紹介する。

④ 15：50～16：40（質疑応答含む）

「近赤外光を光源とする開始剤の検討とフォトポリマーへの応用」

サンアプロ株式会社 白石 篤志

我々は長波長である近赤外光に着目しこれを用いる光硬化系の検討を行っている。本講演では、ヨードニウム塩／増感色素を併用した近赤外光を光源とする開始剤系の基礎的な検討について報告し、フォトポリマーへの応用可能性について触れる。

17：00～18：30 賀詞交換会

第 184 回ラドテック研究会講演会

2024年4月25日（木）開催を予定しております。詳細は決まり次第 HP 等でご案内いたします。

2024年度「ラドテック研究会勉強会」開催のお知らせ

UV/EBの技術について、より多くの人に理解を深めていただくために（特に若い世代の会員の皆さまに）、勉強会を開催しています。

募集・詳細につきましては2024年3月頃、メール・HPにてご案内の予定です。

○開催月【予定】

2024年6・7・9・12月、2025年1・3月（計6回）

※対面開催にて実施を予定しております。

今後の行事予定

6月	第185回ラドテック研究会講演会、第10期定時社員総会
7月	第55回UV/EB技術入門講座 基礎編（オンライン開催）
8月	第186回ラドテック研究会講演会

◆◆◆ News from RadTech

第182回ラドテック研究会講演会 報告

2023年10月26日に下記の題目にて講演会が開催されました。参加者は54名でオンサイトで実施しました。植物由来高分子リグニンの応用、歯科材料硬化システムの開発、光重合開始剤開発動向、光硬化性樹脂開発におけるレオメーターの応用と、脱炭素社会、環境規制に配慮した実用的な技術を講演いただき、大変有意義だったとの声を多くいただきました。

活発な質疑応答の様子からも、講演内容に対する皆さまの関心の高さがうかがえました。懇親会も開催され、講演者、参加者の交流が図れた貴重な機会となりました。

今後の講演内容については、主に環境問題、UV-LED技術、その他新技術に関するご要望をいただきましたので、反映していきたいと思っております。引き続き、多数のご参加の程よろしくお願いいたします。

- | | |
|--|-------------------------------------|
| (1) 「植物・鉱物由来高分子による機能素材開発」 国立研究開発法人 | 産業技術総合研究所 敷中 一洋先生 |
| (2) 「歯科材料における有機過酸化フリースラジカル重合開始剤の開発」 | 三井化学株式会社 高橋 一生氏 |
| (3) 「光重合開始剤のEU規制動向ならびに代替品開発状況」 | IGM ジャパン合同会社 阿部 浩之氏 |
| (4) 「レオロジーの基礎とレオメーターを用いた光硬化型樹脂のアプリケーション事例」 | ティー・エイ・インスツルメント・
ジャパン株式会社 高野 雅嘉氏 |

第54回UV/EB技術入門講座実践編 報告

2023年12月12日（金）に下記の3タイトルにてオンラインで講演会が開催されました。今回は77名の方に参加頂きました。

最初に次世代半導体微細加工技術の一つであるブロック共重合体による誘導自己組織化の基礎と新規材料開発を含む先端研究を、2題目は主にi線用化学増幅型3成分レジストについて、最後に液晶配向技術はアゾベンゼン分子膜による表面光配向制御の学術的な発見から最近の光配向の展開についてご講演を賜りました。

いずれの講演も入門講座の名にふさわしく、とても分かりやすい講演であり、大変有意義だったとの声を多くいただきました。

このような入門講座を行うことで皆様方の技術力、想像力の向上の機会、そして更なる発展へと繋がって行くのではないかと感慨に浸れた1日となりました。

- | | |
|--|----------------|
| (1) 「誘導自己組織化（DSA）による半導体微細加工に向けた
ブロック共重合体の基礎と材料開発」 | 東京工業大学 早川 晃鏡先生 |
| (2) 「i線用化学増幅型3成分レジストの開発」 | 大阪公立大学 堀邊 英夫先生 |
| (3) 「液晶物質の光配向プロセスと新たな展開」 | 名古屋大学 関 隆広先生 |

PHOTOPOLYMERIZATION FUNDAMENTALS 2023 参加報告

RadTech North America が主催するPHOTOPOLYMERIZATION FUNDAMENTALS 2023 (会期 2023.9.19-22) がコロラド大学ボルダー校・東キャンパス SEEC (Sustainability, Energy and Environment Community) センターのアトリウムを講演会場として開催され、ラドテック研究会を代表して松川会長とともに参加しました。

学会は講演 4 日間、ポスター発表 2 日間で構成され、前日の Short course と合わせ PHOTOPOLYMER WEEK として充実したプログラムでした。

初日 (9/20) は組織委員長の Christopher N. Bowman 教授から開会挨拶として PHOTOPOLYMERIZATION FUNDAMENTALS 2023 series のこれまでの経緯、趣旨を紹介されました。アメリカで注目を集める 3D プリンター関連 3 件の Kick off Session から始まり、米 Carbon 社のエラストマーや発泡材料、ヘルメットなどへの適用事例、米 Desktop Metal 社の映画 CGI 技術の 3D 造形への展開、ウィーン工科大スタートアップの Cubicure 社の難燃材料の 3D 造形 (Hot lithography 技術) など応用技術が紹介されました。

次に PHOTOPOLYMERIZATION FUNDAMENTALS という名の通り、高分子合成・光重合に関する充実した Session に移り、豪 South Wales 大・C. Boyer 教授の PET-RAFT 重合、コロラド大・T. White 教授による液晶モノマーの光重合、NC State 大の M. Dickey 教授によるイオンゲルのほか、MIT・Sikes 教授による EOSIN Y 色素を用いた自動増幅反応、コロラド大・S. Bryant 教授によるチオール・アクリル反応、コロラド大・J. Burdick 教授による医用ヒドロゲルなどが報告されました。講演 2 日目 (9/21) も光重合技術に関する Session で、アイオワ大・A. Guymon 教授による 3D プリンターへの RAFT 重合の組み込み、NIST・J. Killgore 博士による in-situ AFM を用いた硬化深度の解析が報告され、早大・須賀からは光精密重合に基づく相分離形成などを報告しました。続いてコロラド大・C. Bowman 教授からは UV 硬化における各深度での物質・エネルギー収支、速度論など各パラメーターを網羅したモデルが提示されました。また、Leoben 大・Griesser 教授による 2 種波長のデュアル・キュア、Kloxin 教授は Click 反応を組み合わせた 2 段階硬化について紹介されました。

新規開始剤に関する Session では、Haute Alsace 大・X. Allonas 教授はリボフラビン系、豪・クィーンズランド工科大・C. Barner-Kowollik 教授はレーザーリソグラフィー用の 2 種開始剤、テキサス大・Z. A. Page 教授は光塩基発生剤、北京化工大・J. Nie 教授は光異性を組み合わせた開始剤を報告された。

講演 3 日目 (9/22) はコロラド大・K. Anseth 教授より光 Click 反応を用いた細胞培養ヒドロゲル、Haute Alsace 大・C. Crouté-Barghorn 教授による光ゾルゲル反応、トリノ工科大・M. Sangermano 教授による光カチオン重合などラジカル重合以外の光重合技術と応用についても紹介され、コロラド大・J. Stansbury 教授から歯科用コンポジット、最後に環境対応技術として Arkema 社 J. Klang 博士より光開始剤を組み込んだ反応性オリゴマーによる 1 液化技術、松川会長によるポリグリセリンアクリレートなど新規モノマーの展望を紹介された。

2 日間に亘るポスターセッションでは、37 件の発表があり、活発な議論がなされた。開催会場でもあり、コロラド大の光重合関連の研究室学生のポスターも多く、光重合、チオール・エン反応、バイオ応用など多岐に亘る内容であった。Welcome reception, Conference Dinner に参加し、Gary Cohen 博士、RadTech NA の Mickey Fortune らとも交流を深めました。大阪有機化学工業 (株)・三好様のポスター発表や展示含め、日本人参加者は大阪有機化学工業・菊田様、東亜合成アメリカ (株)・加藤様、三井化学 (株)・高橋様 6 名で少数ながらもアジアからの参加は日本が最多で、RadTech コミュニティとしてのプレゼンスと交流を図ることができました。



学会会場 (コロラド大学 ボルダー校・東キャンパス)

一般社団法人ラドテック研究会 新規事業推進本部
早稲田大学 須賀 健雄



開会挨拶 (Bowman 教授)



松川会長の講演



参加者の皆様と

PHOTOPOLYMER WEEK 2023 参加報告

PHOTOPOLYMER WEEK 2023 は RedTech International North America 主催で 2019 年に初めて開催され、4 年ぶりに 2 回目の開催となりました。今年は 9 月 18 日 ~22 日にアメリカコロラド州のボルダーで開催されました。本学会は 2 部で構成されており、前半の 18、19 日は PAMA(Photopolymer Additive Manufacturing Alliance) 2023 WORKSHOP としてパネルディスカッション、ロードマップ作成を通して大学、企業だけでなく、EPA や NIST といった政府関係者と所属を問わずに意見を交わし合いました。後半の 20~22 日は PHOTOPOLYMERIZATION FUNDAMENTALS として口頭発表、ポスター発表を通して近年の発展を学びました。

フォトポリマー分野では 3D プリンターの発展が主に注目されており、様々な発表が行われました。工業分野での活用はもちろんのこと、特に医療分野での活用の発展が顕著だったように思います。将来、3D プリンターで造られた骨、臓器が活躍する日も近いかもしれません。

弊社では新しく開発した低マイグレーションの光開始剤をブース出展、ポスター発表で紹介しました。代表的な光開始剤の 1 つである TPO に有害毒性があるということで、最近、規制が強化されています。光硬化の発展に伴う、近年の規制強化に対応した開発を進めていきたいと感じました。

最後に私事で恐縮ですが、コロナ禍に大学院生時代を過ごしたため、オンラインではない、現地での学会参加は初めてでした。実際に意見を交換し、最先端の研究に触れることができたことは、私にとって非常に良い経験となりました。次回開催を心待ちにしております。

大阪有機化学工業株式会社
研究一課 三好 加純

関連学会の紹介

■ 2024 年度 (第 62 回) 日本接着学会年次大会講演募集要領

会 期：2024 年 6 月 27 日 (木) ~ 28 日 (金)

会 場：富山国際会議場 (〒930-0084 富山市大手町 1-2) <https://www.ticc.co.jp>

申込締切：2024 年 3 月 5 日 (火) 15:00

↓お申込みはこちらから↓



主 催：(一社) 日本接着学会

共 催：(一社) ラドテック研究会

発表資格：発表者は当会会員またはラドテック研究会会員に限ります。非会員の場合は、事前に必ず入会手続きを行って下さい。

申込方法：Web (学会本部 HP) フォームでお申し込みください。

2024 年 1 月 15 日 (月) ~ 3 月 5 日 (火) 15:00 締切

編集後記



皆様、あけましておめでとうございます。長く続いたコロナウィルス禍が終息し、年末年始の帰省や旅行でリフレッシュした方も多いことと思います。ラドテック研究会では講演会がオンサイト開催に戻り、講師の先生方と参加者で直接の意見交換ができる場となっております。多くの方のご参加をお待ちしております。また、今年最初のニュースレターはいかがでしたでしょうか。ニュースレターでは新技術紹介など皆様に有用な情報を引き続き提供していきたいと考えております。本年もよろしく願い致します。

(清原 欣子)