

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 29 日現在

機関番号：24403

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25620178

研究課題名(和文) 制御ラジカル重合を活用した解体性接着ポリマー材料の設計

研究課題名(英文) Design of Dismantlable Adhesion Polymer Materials Using Controlled Radical Polymerization

研究代表者

松本 章一 (MASTUMOTO, Akikazu)

大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：00183616

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：使用時は強固に接着しながら、光照射および加熱の二重外部刺激に対して応答して容易に剥離可能となる刺激応答型の易剥離接着システムを提案し、シークエンス構造が精密に制御された高分子量ポリアクリル酸エステルをリビングラジカル重合法によって合成し、光酸発生剤を用いた刺激応答による側鎖エステル基の変換と分子間反応を利用して接着特性を制御することに成功した。ポリマー材料の精密分子設計による凝集力向上、短時間剥離の達成、界面剥離様式の制御によって、高感度かつ高性能の易解体性接着材料の設計を達成した。

研究成果の概要(英文)：We proposed dismantlable adhesive systems that required both strong bonding without deterioration during use and quick and easy debonding responding to dual stimuli, such as UV irradiation and subsequent heating. High-molecular-weight acrylic ester polymers with well-defined sequence structures were synthesized using living radical polymerization and their adhesive properties were controlled by the side-chain transformation and subsequent polymer reactions in the response to the dual external stimuli in the presence of a photoacid generator. The enhanced cohesive force of adhesives, quick response during debonding process, and control of failure modes were achieved by the precise control of adhesive polymer materials.

研究分野：高分子合成

キーワード：制御重合 リビングラジカル重合 機能性高分子 高分子合成 易解体性接着材料 ブロックポリマー  
ポリアクリル酸エステル 光酸発生剤

## 1. 研究開始当初の背景

粘着剤(感圧性接着剤)は簡単に接着でき、かつ使用後に剥がすことが必要とされる接合に用いられる機能材料で幅広い分野で利用されている。特に、エレクトロニクス分野におけるアクリル系粘着剤の技術開発の進展は著しく、ディスプレイ用光学フィルム材料や半導体製造工程分野で重要性が増している。粘着剤は適度な接着強さと容易な剥離のバランスによって性能が発揮されているが、より強靱な接着と限りなく低負荷での剥離が必要とされる用途では、上記バランスだけでは十分な材料設計が困難であり、高分子合成の観点からの新しい発想に基づく材料設計が必要となる。申請者は、以前から反応性ポリマーを活用した易解体性接着材料の開発に取り組み、主鎖分解型のポリペルオキシドを新規合成し、易剥離型の強粘着材料の開発を進めてきた。使用中は高い粘着力を保持しながら、使用後に簡単に剥がせる易剥離型粘着材料を設計するには、刺激を加えて剥離時の状態を大きく変える必要があり、瞬時に接着材料の物性変化を引き出すため、ブロックポリマーの相分離構造を利用した材料モルフォロジー変化の活用を提案した。直鎖状、分岐型およびゲル状の分解性ポリマーの刺激応答による易剥離特性を評価したところ、加熱による剥離作業性の向上が認められたものの、ポリペルオキシド系粘着材料の強度や長期安定性の面で十分に満足できる材料を設計することは困難であった[*Chem. Rec.*, **9**, 247 (2009), *ACS Appl. Mater. Inter.*, **2**, 2594 (2010)]。そこで2種類以上の刺激が重複して与えられた時のみ、選択的に応答して剥離可能となる材料開発に着手し、予備検討の結果、側鎖分解型のアクリル系ブロックコポリマーを用いると易解体性接着材料の設計が可能になることを見出した[*ACS Appl. Mater. Inter.*, **4**, 2124 (2012)]。易解体性接着に関する基本的な理解が深まれば、それらを応用して刺激応答型の易剥離接着用フィルムへと展開、近い将来に実用化も期待できる。易剥離性接着材料には、強粘着性でありながら易剥離できる材料の開発が求められ、特に、長期使用後の易剥離性を維持できることが重要な要素となる。剥離様式を制御するには、接着材料の凝集力に加えて、界面接着力を十分に理解し、それらを制御するための分子設計や合成手法の開拓を含めたポリマー材料設計法を確立することが重要である。易剥離型で強粘着特性を有する易解体性接着材料は、半導体製造工程用テープ、液晶ディスプレイ関連フィルム・セル用接着剤、フラットパネル用粘着剤、ICタグ、医療用テープ製剤などを含む広範囲な分野で応用が期待される。

## 2. 研究の目的

本研究では、省資源や省エネルギーの重要な要素技術となることが期待される刺激応答型の易剥離接着システムを開発することを目的とし、使用時は強固に接着しながら、光照射および加熱の二重外部刺激に対して選択的かつ高感度で応答し、容易に剥離可能となる接着材料システムを設計する。高分子量で極性基を含み、シークエンス構造が精密に制御されたポリアクリル酸エステルをリビングラジカル重合法によって合成し、光酸発生剤を併用することにより、二重外部刺激による側鎖エステル基の変換と分子間反応を利用して接着特性を制御する。ポリマー材料の精密分子設計による凝集力向上、短時間剥離の達成、界面剥離様式の制御によって、高感度かつ高性能の易解体性接着材料を設計する。強粘着・易剥離可能な粘着剤ポリマーの精密合成、ならびに高性能粘着剤ポリマー合成のための新規リビングラジカル重合法の開発、短時間解体剥離と選択的な界面剥離のための材料設計の研究を実施する。

## 3. 研究の方法

現在用いられている易解体性接着技術として、熱軟化、溶媒膨潤、熱膨張カプセル、電磁誘導加熱、通電方式などがある。これらの方式は、いずれも物理的な刺激(熱、光、電磁波など)をトリガーとして与えることによって、接着力を一気に変化させるものである。化学的な刺激も利用可能であり、例えば、熱や光による分解反応をトリガーとすることができる。ただし、単純な熱分解方式では、接着材料の使用中の劣化を抑えながら、かつ加熱により瞬時に物性変化を引き出すことが難しいため、構造変化により効果的に接着力低下を引き出す工夫が必要である。安全性と解体機能性を両立させるため、2種類以上のトリガーを組み合わせ使用することが望ましいが、実際にそのような取り組みは報告されていなかった。用途に応じた特徴を持ち、剥がす必要があるときにさっと剥がせるオンデマンド・デボンディング技術を開発する上で重要な点は、解体手法と材料開発の両方向からの取り組みである。易解体性接着材料の開発にあたって、使用中には接着力を保持しながら、使用後に簡単に剥がせるという、一見矛盾する条件を満足するには、剥離時に外部刺激を加えて接着剤ならびに接着界面の状態を大きく変えることが重要である。刺激により瞬時に接着材料の物性変化を引き出すには、相分離などの物理的な構造変化を誘起して効果的に接着力の低下を引き起こす方法が効果的であり、また、材料の使用安全性と高効率解体性の両立には複数のトリガーを組み合わせ使用することが材料開発の鍵となる。こ

こ数年、高性能化や環境対応に加えて、リサイクル性の向上を目的とした易解体性接着技術が注目され、使用後に解体・再利用することを考慮した製品設計を進めることが求められている。近い将来、易解体性接着技術の適用範囲は、従来のリサイクルに加えて製品使用中の修理、あるいは部品や製品の製造段階における再作業性も考慮した製品設計にまで広がると予想される。

本研究で使用する側鎖反応型アクリル系ブロックポリマーは、従来フォトレジスト分野で利用されてきたポリマー材料から着想を得たものであり、上記の目的に適合する材料である。モノマー、リビングラジカル重合条件、光酸発生剤の選択により、本研究での使用条件に適合した材料を設計することができる。側鎖分解型ブロックポリマーは良好な接着特性を示し、紫外線照射と加熱によって側鎖エステル置換基がカルボン酸に変換され、ポリマーの物性変化や構造変化により、接着強度が低下する。ここで、反応によって局所的な極性が変化するだけでなく、ミクロ相分離構造変化や低分子生成物の発生による界面構造・相互作用に与える効果が重要である。加熱だけでは反応は進行せず、熱と紫外線照射をこの順で組みあわせたときのみカルボン酸への変換が進行する。材料合成には、リビングラジカル重合法を用い、分子量とブロックシークエンスの比を精密制御したポリマー分子構造の探索が行われている。既に種々のポリアクリル酸エステルおよび光酸発生剤についてそれぞれ接着特性と刺激応答による接着特性の低下に関して評価を行い、ポリアクリル酸  $\epsilon$ -ブチルとポリアクリル酸 2-エチルヘキシルからなるアクリル系ブロックコポリマーと光酸発生剤を組み合わせた外部刺激応答型の粘着剤を用いることにより、光と加熱の二重刺激が与えられた場合にのみ接着強度が急激に低下する易剥離接着用ポリマー材料が設計できることを明らかにしている。

H25年度の研究計画として、まず、強粘着・易剥離可能な粘着剤ポリマーの精密合成を行う。二重外部刺激前後の剥離強度比を大きくするため、リビングラジカル重合法による精密なポリマー構造制御を行い、接着用ポリマー材料の高分子量化ならびに極性基の導入を試みる。分岐構造や架橋構造も制御する必要があり、解体時の反応に伴うポリマー材料中の極性変化、官能基を利用した架橋構造の導入、剥離過程での架橋構造の導入などについて、各種分析を行う。接着剤成分の凝集力が高くなるほど易剥離が困難になると予想されるが、光酸発生剤の種類、濃度、紫外線照射時間、加熱温度ならびに加熱時間等のパラメータを順次検討し、必要条件を満たす材料ならびに使用のための基本条件を確立する。

同時に、高性能粘着剤ポリマー合成のための新規リビングラジカル重合法を開発する。粘着剤の凝集力を高めて安定した粘着強度を発現させるには、ポリマーの高分子量化と極性基の導入が必要であるが、既存の重合手法を用いても、重合速度が遅く数十万以上の分子量をもつポリアクリル酸エステルブロックコポリマーを精密構造制御しながら合成し、さらに側鎖に極性基を導入することはできないので、有機テルル化合物を用いるリビングラジカル重合を利用し、固体で比較安定なジテルリド化合物を用いて、アゾ開始剤との組み合わせによるin-situ活性種生成法を用いた重合によりブロックコポリマーの合成を試みる。2種類のアゾ開始剤を併用することで、高い粘着強度を有する高分子量ブロックコポリマーの合成条件を精密化し、適応範囲の拡大と一般化を図る。また、ブロックコポリマーとランダムコポリマーの剥離強度挙動の違いを明らかにし、精密なポリマー構造制御による接着性能の高機能化を試みる。

さらにH26年度において、短時間解体剥離と選択的界面剥離のための材料設計を目的として、紫外線照射ならびに加熱時間の短時間化を行うため、剥離の高感度化のためのポリマー側鎖反応性基の高活性化、反応性基含有率の最適化を行うと同時に、光酸発生剤添加量、紫外線波長・強度、温度など剥離用刺激の条件最適化を検討する。本課題で取り組んでいる二重刺激に応答型の系では、各々単独の刺激に対して材料劣化は示さず、剥離時の感度を高めることにより、ポリマー側鎖の反応性、光酸発生剤添加量、ならびに紫外線波長や強度、温度などの外部刺激条件を変化させて、使用時の安定性と剥離時の高感度応答性の両立を試みる。各種測定、材料物性評価には現有の装置を用いる。さらに、選択的な界面破壊とミクロ相分離構造の制御とガス発生による解体の促進を行うために、解体時の架橋構造の導入による凝集力の向上を行い、さらに接着基材への接着層成分の固定化と表面物性制御を試みる。分子間相互作用と架橋構造の導入によって剥離強度の数倍以上の凝集力を有する接着材料を設計し、被着体と基材の界面におけるそれぞれ剥離強度について非対称性を付与する。また、接着用基材側での界面剥離を抑制するため、基材表面処理による接着剤ポリマーとの相互作用の増大ならびに基材上への接着剤成分の化学的固定などを検討する。剥離様式を制御するには、接着剤材料の凝集力に加えて、界面接着力を十分に理解し、制御することが必要となるので、顕著な特性を発現できる条件を探索し、基材表面処理による官能基の導入を利用した共有結合生成による固定化と強固な分子間力の付与による固定化を検討する。紫外線照射と加熱

によって側鎖エステル置換基が脱エステル化によりカルボン酸へと変換され、ポリマーの物性変化ならびに接着強度低下に、局所的な極性変化だけでなく、ミクロ相分離構造変化が界面構造に与える効果を明らかにする。

#### 4. 研究成果

まず、強粘着で易剥離可能な粘着剤ポリマーを精密合成するため、リビングラジカル重合法による精密ポリマー構造制御を行い、強粘着材料設計に必要となるポリマー高分子量化ならびに極性基の導入を行った。高分子量ブロック共重合体の合成には、ジフェニルジテルリド (DPDT) とアゾ開始剤である2,2'-アゾビス(4-メトキシ-2,4-ジメチルバレロニトリル) (AMVN、60 °Cにおける半減期 ( $t_{1/2,60^{\circ}\text{C}}$ ) = 12 min) を用いた。[AMVN]/[DPDT] 比を1.2から1.4に増加させると重合率および分子量が増加したが、多分散度も同時に大きくなり、ラジカル濃度の上昇により二分子停止の寄与が増したためと考えられた。ここで、[AMVN]/[DPDT] = 1.2の重合系に、AMVNより分解が遅い2,2'-アゾビス(イソブチロニトリル) (AIBN、 $t_{1/2,60^{\circ}\text{C}}$  = 20 h) をDPDTに対して0.2-1.0当量添加すると、AIBNの添加量が増えるにつれて分子量が増加し、AIBNの添加量によらず多分散度は1.3以下であった。このように、AMVNの迅速な分解により重合初期にモノテルリド化合物およびドーマント種を生成し、AIBNの緩慢な分解により供給されるラジカルによって重合中の交換連鎖を促進することにより、高重合率まで迅速かつ制御よく重合を進行させ、多分散度の低い高分子量ポリマーを得ることが可能になった。また、粘着成分としてアクリル酸2-エチルヘキシル (2EHA)、極性成分としてアクリル酸2-ヒドロキシエチル (HEA) を含むブロック共重合体を類似条件下で合成したところ、PtBA<sub>w</sub>-b-P(tBA<sub>x</sub>-co-2EHA<sub>y</sub>-co-HEA<sub>z</sub>) ( $w/x/y/z$  = 44.7/3.0/49.1/3.3 (mol%),  $M_n$  = 159,000,  $M_w/M_n$  = 1.69) が得られた。さらに、ジテルリド化合物としてジブチルジテルリド (DBDT) を用いた系についても同様の結果が得られた。合成したブロック共重合体に光酸発生剤として*N*-ヒドロキシナフタルイミドトリフラート (NIT) を添加し、PET支持フィルムとステンレス鋼板を貼り合わせ、180°剥離試験を行った。HEAを導入した高分子量ブロック共重合体は、市販の粘着テープに劣らない高い粘着強度を示し、UV光照射後に100 °Cで加熱した場合のみ強度が著しく低下した。また、類似の組成、分子量を有するブロック共重合体とランダム共重合体を比較すると、未処理時の剥離強度は同程度であったが、ブロック共重合体では、2.5分のUV光照射の後、150 °Cで5分加熱すると強度が著しく低下したのに対し、

ランダム共重合体では10分UV光照射を行った後に150 °Cで5分加熱しても強度低下が十分でなく、ブロック共重合体の方が優れた解体性を示すことが明らかになった。

次に、短時間剥離ならびに選択的界面剥離のための材料設計を行った。iBAを用いた光と熱の二重刺激に応答する粘着剤は、未処理時で市販のセロハンテープを上回る剥離強度を示し、UV光3分照射後にオープンで3分加熱することで元の強度の6 %まで強度が低下した。さらにUV光量を上げることにより、光照射30秒、加熱30秒の短時間の処理で強度を元の15 %まで低下させることにも成功した。ホットプレートで被着体を直接加熱したところ、3分間の加熱で剥離強度はほぼ0となった。粘着層に効率よく熱が伝わったためと考えられる。剥離様式は未処理状態では凝集破壊、処理後はPET界面で剥離しSUS板に糊残りが多くみられた。剥離様式の制御および解体に必要な外部刺激の多様化等を目的として、ビニルエーテルを用いてアセタール保護したアクリル系共重合体の設計と易解体性接着材料への応用も検討した。アセタール保護型のアクリル酸(1-イソブトキシエチル) (iBEA) を含むポリマーを用いた迅速解体型の粘着剤については、未処理の状態での強度はややiBA含有ポリマーに劣るものの、3分間の紫外光照射で劇的に強度が下がり、ほぼ0となった。光照射処理前の解体様式は凝集破壊であったが、光照射後はSUS界面で剥離した。水中で加熱したランダム共重合体P(iBEA<sub>72.5</sub>-co-2EHA<sub>13.5</sub>-co-HEA<sub>14.0</sub>)では、iBEA ユニットの加水分解が容易に起こり、水、クロロホルムに不溶化した。重クロロホルム可溶部のNMR スペクトルには、イソブチルアルコールとアセトアルデヒドに由来するピークが見られ、PiBEAの加水分解により生じたヘミアセタールがさらに分解していることがわかった。一方、空气中100 °Cで30分間加熱した場合は、側鎖分解は起こらなかった。P(iBEA<sub>72.5</sub>-co-2EHA<sub>13.5</sub>-co-HEA<sub>14.0</sub>)を粘着剤として用いた試験片は、優れた180°剥離強度を示し、100 °Cの水中で10分間加熱すると自発的に剥離した。UV光照射により解体した場合、剥離強度はほぼ0になり、共重合体は架橋していた。剥離様式はSUS界面であり、粘着剤はPETとの密着性も低く、フィルム上で剥離可能であった。以上、反応性ユニットとしてiBEAを導入した共重合体は、水中100 °Cでの加熱により側鎖分解に対応するアクリル酸含有共重合体に変換され、iBEAおよびHEA含有量が高いランダム共重合体は短時間でSUS板およびPETフィルムの両界面から自発的に剥離する一方で、PAG存在下で光照射を行うと、側鎖分解と架橋が進行し、著しい剥離強度の低下およびSUS界面での剥離が起こり、剥離試験後の

PET フィルムからアクリル系ポリマー層を剥離することが可能であることを見出した。

剥離様式についてさらに詳しい検討を行った。互いに類似した組成からなるランダム共重合体P(tBA<sub>26.5-co</sub>-2EHA<sub>63.5-co</sub>-HEA<sub>10.0</sub>), R1およびブロック共重合体PtBA<sub>32.3-b</sub>-P(tBA<sub>7.9-co</sub>-2EHA<sub>52.0-co</sub>-HEA<sub>7.8</sub>), B1は、未処理時は市販のセロハンテープ以上の高い180°剥離強度を示し、SUS 界面剥離であった。解体処理を行うと、**B1** の180°剥離強度は未処理時の5%以下に低下しPET 界面剥離となった。一方、**R1** の場合、解体処理後の180°剥離強度は未処理時の17%までしか低下せず、凝集破壊となった。解体処理により、両ポリマー中のtBAユニットの側鎖分解が定量的に進行したことをIR 測定から確認した。また、解体処理後は両ポリマーともクロロホルムなどの有機溶媒に不溶化し、粘着剤層の厚みは増加した。HEA ユニットのエステル交換による架橋と、tBA ユニットの側鎖分解で発生したイソブテンによる発泡のためと考えられる。解体前の**R1**および**B1**のそれぞれ剥離試験片の断面SEM 像の観察の結果、SUSと粘着剤層、PET 支持フィルムそれぞれが密着しているが、解体処理後の**R1**および**B1**はSUS とPET 支持フィルム間に柱状に伸びた粘着剤と空隙が生じ、粘着剤層での発泡は凝集力の低下に繋がると考えられる。また、**B1** の解体処理後には、粘着剤がSUS 側に密着し粘着剤とPET支持フィルムが自発剥離した部分も観察されたが、試験片全体に占める割合は小さかった。**B1** で見られた粘着剤とPET の部分的な自発剥離は、剥離試験時にPET 界面での剥離が起こる要因の1つであると考えられるが、試験片の大部分では**R1** と同様に粘着剤層中で発泡したことを考慮すると、イソブテンガスの発生様式以外にも剥離様式に影響を与える因子があると考えられる。以上、解体処理により、**B1** は十分に強度低下しPET 界面で剥離したのに対し、**R1** の強度低下は十分ではなく凝集破壊であること、および**R1** および**B1** を解体処理すると架橋と粘着剤層中での発泡が起こり、**B1** で粘着剤とPET が自発剥離した部分があったがその割合は小さいことを明らかにした。

また、HEA ユニットのエステル交換が解体挙動に与える影響を評価するため、tBA ユニットを含まず HEA 含有量が 6.0、17.5、39.4 mol%と異なる共重合体を用い、UV 照射時間と剥離強度の関係を検討した。HEA 含有量によらず、剥離強度は初期値より上昇して極大値に達した後低下し始め、最終的には初期強度の 10%以下まで十分に低下した。剥離強度が増大する領域では、粘着剤層はクロロホルムに可溶であり、分子量は初期値より増加した。HEA ユニットのエステル交換により分子間で共有結合が形成されるもののゲル化に

は至らず、粘着剤に適した弾性率を保持したまま分子量が増加したことで、粘着剤層の凝集力が上昇し、その結果剥離強度が増大したと考えられる。一方、剥離強度が低下する領域では、粘着剤層はクロロホルムに不溶であり、膨潤度は UV 照射時間とともに低下した。UV 照射時間が長くなるほど酸発生量も増加するため、エステル交換が迅速に進行し、ゲル化および密なネットワーク構造の形成が起こり、粘着剤として機能できる弾性率を逸脱したため、剥離強度が低下したと考えられる。次に、tBA ユニットおよびイソブテンガスの生成が解体挙動に与える影響を明らかにするため、P(MA<sub>20.7-co</sub>-nBA<sub>73.3-co</sub>-HEA<sub>6.0</sub>)と同程度の HEA 含有量で tBA ユニットを導入した共重合体 P(tBA<sub>30.5-co</sub>-nBA<sub>64.0-co</sub>-HEA<sub>5.5</sub>)、および tBA ユニットをあらかじめ AA ユニットに変換した共重合体 P(AA<sub>30.5-co</sub>-nBA<sub>64.0-co</sub>-HEA<sub>5.5</sub>)を合成した。P(MA<sub>20.7-co</sub>-nBA<sub>73.3-co</sub>-HEA<sub>6.0</sub>)はゲル化しなかったが tBA および AA 含有共重合体はゲル化し、膨潤度は AA 含有共重合体の方が低かった。HEA ユニットのエステル交換に加え、HEA ユニットと AA ユニットのエステル化によっても分子間結合が形成されるためと考えられる。AA ユニット前駆体である tBA ユニットの導入により、架橋が促進される効果があると言える。このように、架橋性ユニットとして HEA ユニットを導入した共重合体を粘着型の易解体性接着材料として用いると、反応初期は分子量の増加によって凝集力が上昇する結果、180°剥離強度が初期値より上昇するが、さらに反応が進行してゲル化すると剥離強度が低下し始めること、また tBA ユニットを導入すると、側鎖分解によって生じる AA ユニットと HEA ユニットのエステル化により、架橋が促進されることを明らかにした。

## 5 . 主な発表論文等

(雑誌論文)(計 5 件)

Acetal-Protected Acrylic Copolymers for Dismantlable Adhesives Achieving Spontaneous and Complete Removal of Adhesives, E. Sato, K. Yamanishi, T. Inui, H. Horibe, and A. Matsumoto, *Polymer*, **64**, 260-267 (2015). [DOI: 10.1016/j.polymer.2015.01.057] (査読有)

Dismantling Behavior of Pressure Sensitive Adhesives Using Acrylic Block and Random Copolymers in Response to Photoirradiation and Postbaking, E. Sato, K. Taniguchi, T. Inui, K. Yamanishi, H. Horibe, and A. Matsumoto, *J. Photopolym. Sci. Technol.*, **27**(4), 531-534 (2014). (査読有)

High-Molecular-Weight and Polar Acrylate Block Copolymers as High-Performance Dismant-

lable Adhesive Materials in Response to Photoirradiation and Postbaking, T. Inui, E. Sato, and A. Matsumoto, *RSC Adv.*, **4**(47), 24719-24728 (2014). [DOI: 10.1039/c4ra03745f] (査読有)

Organotellurium-Mediated Living Radical Polymerization (TERP) of Acrylates Using Ditetelluride Compounds and Binary Azo Initiators for the Synthesis of High-Performance Adhesive Block Copolymers for On-Demand Dismantlable Adhesion, T. Inui, K. Yamanishi, E. Sato, and A. Matsumoto, *Macromolecules*, **46**(20), 8111-8120 (2013) [DOI: 10.1021/ma401595w] (査読有)

Precise Synthesis of Acrylic Block Copolymers and Application to On-Demand Dismantlable Adhesion Systems in Response to Photoirradiation and Postbaking, K. Yamanishi, E. Sato, and A. Matsumoto, *J. Photopolym. Sci. Technol.*, **26**(2), 239-244 (2013) [DOI: dx.org/10.2494/photopolymer.26.239, (査読有)]

〔学会発表〕(計 28 件)

易解体性接着材料の高性能化, 松本章一, 高分子学会第 24 回ポリマー材料フォーラム招待講演, タワーホール船堀, 東京, 2015 年 11 月 26-27 日講演予定, 講演要旨集印刷中

接着剤設計: 接着機構と材料からみた接着設計, 松本章一, ポリマーフロンティア 21 「接着における材料設計とそのメカニズム解明: 接着の不思議、どのように作り出されるのか?」依頼講演, 高分子学会, メルパルク京都, 京都, 2015 年 1 月 16 日, 講演要旨集, pp. 7-12.

接着に関して: 初歩から最近の先端研究まで, 松本章一, 超塑性加工ものづくり研究会第 74 回勉強会依頼講演, 大阪府立大学 I-site なんば, 大阪, 2014 年 11 月 7 日

ラジカル重合による分解性ポリマーの合成と解体性接着材料の設計, 松本章一, 第 51 回日本接着学会年次大会 学会賞受賞講演, 明治大学, 東京, 2013 年 6 月 20-21 日, 講演要旨集, pp. 11-16.

Enhanced Dismantlable Adhesive Properties by Molecular Design of Side-Chain Reactive Acrylic Polymers, E. Sato, K. Yamanishi, K. Taniguchi, T. Inui, H. Horibe, A. Matsumoto, World Congress on Adhesion and Related Phenomena (WCARP-V), Shin-Kokaido (Nara), September 7-11, 2014, 11-1150-A, Abstracts, p. 223.

Dismantling Behavior of Pressure Sensitive Adhesives Using Acrylic Block and Random Copolymers in Response to Photoirradiation and Postbaking, E. Sato, K. Taniguchi, T. Inui, K. Yamanishi, H. Horibe, A. Matsumoto, The 31<sup>st</sup> In-

ternational Conference of Photopolymer Science and Technology (ICPST-31), Chiba University Keyaki Hall (Chiba), July 8-11, 2014, A-38, Abstracts.

On-Demand Dismantlable Adhesion System Using Acrylate Block Copolymers in Response to Photoirradiation and Postbaking as Dual Stimuli, A. Matsumoto, E. Sato, K. Yamanishi, 247th ACS National Meeting, Dallas, March 16-20, 2014, Abstracts.

Precise Synthesis of High-Molecular-Weight Acrylic Polymers by Living Radical Polymerization Using Ditetelluride Compounds and Binary Azo Initiators, K. Yamanishi, T. Inui, E. Sato, and A. Matsumoto, The 13<sup>th</sup> Pacific Polymer Conference (PPC-13), Kaohsiung, Taiwan, November 17-22, 2013, Poster-S1-073, Abstracts.

Control of Living Radical Polymerization of Acrylates Using Ditetellurides and Binary Azo Initiators, E. Sato, K. Yamanishi, T. Inui, and A. Matsumoto, IUPAC International Symposium on Ionic Polymerization 2013 (IP 2013 Awaji), Yumebutai (Awaji), September 23-28, 2013, SLA06, Abstracts.

Precise Synthesis of Acrylic Block Copolymers and Application to On-Demand Dismantlable Adhesion Systems in Response to Photoirradiation and Postbaking, K. Yamanishi, E. Sato, and A. Matsumoto, The 30<sup>th</sup> International Conference of Photopolymer Science and Technology (ICPST-30), Chiba University Keyaki Hall (Chiba), June 25-28, 2013, A-37.

〔図書〕(計 2 件)

ラジカル重合による分解性ポリマーの合成と解体性接着材料の設計に関する研究, 松本章一, 日本接着学会誌 (総合論文, 日本接着学会発行), **50**(3), 72-81 (2014)

反応性高分子を用いる易解体性接着材料の設計, 佐藤絵理子, 松本章一, ファインケミカル(シーエムシー出版発行), **43**, No. 9, pp. 32-38 (2014)

〔その他〕

ホームページ

<http://www2.chem.osakafu-u.ac.jp/ohka/ohka7/>

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

松本章一 (MATSUMOTO AKIKAZU)

大阪府立大学・工学研究科・教授

研究者番号: 00183616