

平成21年 5月 13日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18350062

研究課題名（和文）高共役モノマーを用いた固相重合反応の解明と高分子合成

研究課題名（英文）Understanding of Solid-State Polymerization and Polymer Synthesis Using Highly Conjugated Monomers

研究代表者 伊藤 敬人（ITO TAKAHITO）

三重大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：90126954

研究成果の概要：高共役モノマーであるキノイド化合物群（置換キノジメタン化合物と置換キノンメチド化合物）を合成し、それらの結晶構造解析と固相重合反応生成物の解析により結晶中における分子間相互作用と固相重合反応性との関係を明らかにした。また、置換キノンメチド化合物を用いた光学活性モノマー合成を固相重合や溶液重合で行い生成ポリマーの一次構造制御に関する知見を得た。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	3,900,000	0	3,900,000
2007年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2008年度	2,700,000	810,000	3,510,000
年度			
年度			
総計	10,000,000	1,830,000	11,830,000

研究分野：高分子合成

科研費の分科・細目：複合化学・高分子化学

キーワード：キノイド化合物、固相重合、トポケミカル重合、結晶構造解析、分子間相互作用、置換基効果、不斉アニオン重合、光学活性ポリマー

1. 研究開始当初の背景

高分子の様々な物性や高度の機能発現のためには重合反応を精密に制御して明確な一次構造をもつ高分子を合成するだけでなく、高分子鎖の集合状態の制御や組織化まであらかじめ考慮に入れた高度に制御された高分子の合成が強く望まれている。固相で起きる重合反応は数多く知られているが、多くは非晶質状態での重合であったり、重合開始時に結晶格子が乱れている反応である。しかし、その中にトポケミカル重合反応と呼ばれる特殊な重合反応がある。トポケミカル重合反応は、結晶モノマーからポリマー単結晶が生成する様式の重合で、重合中モノマー配列

および原子位置は殆ど移動しないでポリマーを生成するので高分子構造制御の観点から注目される。しかしながらトポケミカル重合の成功例（ジビニルベンゼン誘導体の光四点固相重合、ジアセチレン類とジエン類の熱、光、放射線照射による固相重合、トリアセチレン誘導体やトリエン類の熱、光固相重合）は少ない。申請者は、置換キノイド類の溶液重合の研究を遂行中、偶然ではあるがテトラキス（メトキシカルボニル）キノジメタンの二種類結晶のうち、一方の結晶のみがトポケミカル重合することを見出し、それらの結晶構造解析からキノジメタン化合物がトポケミカル重合する新しいモノマーであること

を見出した。さらに、固相においてキノジメタン化合物が酸素分子とトポケミカル的に反応し、交互共重合体を生成する特異な重合反応を見いだした。従来の固相重合では観察されない特異な重合をキノイド化合物群で見出したことから、このキノイド化合物での重合の検討を突破口に固相重合反応の特徴、高分子合成への指針を示すことが期待できる。更に、置換キノイド類は、立体的に大きく平面構造を有する新しい構造のモノマーであり、またエキソ位炭素上とエステル基やアミド基に種々の置換基を導入でき系統的に構造を変えることも分子構造を大きく変化させることも可能なので、結晶中で重合に適した分子配列をとらせるための分子間相互作用（水素結合相互作用、双極子双極子相互作用、ファンデルワールス相互作用、CH/ π 相互作用）についての知見が得られると期待できる。更に、種々の置換基を導入できるのでキノイド化合物を用いた溶液重合や固相重合を検討することで明確な一次構造を持つ高分子の合成、特に、立体規則性やコンフォメーションが精密に制御されたキラル高分子の合成（不斉重合）について構造制御に関する知見を得ることが出来ると期待できる。

2. 研究の目的

高分子合成法の一つである固相重合反応を統一的かつ定量的に捉え理解することは、環境に負荷のかからない高分子合成法の開発の観点から重要である。固相重合反応の統一的な理解、結晶中での分子配列制御と立体規則性制御、分子配列制御による重合反応効率化、固相重合反応を利用した機能材料合成などの目的のために、置換キノイド化合物群を用いて低環境負荷型高分子合成法である固相重合反応を統一的に理解し、固相反応設計、材料設計へと展開していくことが目標である。具体的には、トポケミカル重合反応の進行した置換キノイド化合物に注目し、置換様式の異なる多くの置換キノイド化合物群（特に、キノジメタン類、キノンメチド類）を合成して結晶構造の詳細な解析を通して分子配列を制御する因子を解明するとともに、それら化合物群の固相重合を詳細に検討して固相重合反応性の原理を明らかにする。さらに、一次構造制御の観点から置換キノイド化合物群の溶液重合による構造制御と固相重合反応の構造制御を検討して高分子鎖の構造制御、立体規則性制御、機能性材料合成への指針を得る。

3. 研究の方法

(1) アルコキシカルボニル基、ハロエトキシカルボニル基 (X=F, Cl, Br)、アルコキシアルコキシカルボニル基、フッ素置換ベンジロキシカルボニル基やこれら置換基とシアノ基を有する置換キノジメタン化合物を合成し、それらの熱、光固相反応を種々の条件で調査し、反応生成物の解析を行うとともに、置換キノジメタン化合物の単結晶構造解析を行うことにより、置換基と結晶構造との関係、結晶構造と固相重合反応性との関係を検討して置換キノジメタン化合物における固相重合反応の原理を見出す。

(2) 置換キノイド化合物群に属するが、置換キノジメタン化合物と対称性が大きく異なるアルコキシカルボニル基、ハロエトキシカルボニル基 (X=F, Cl, Br)、置換ベンジロキシカルボニル基、フッ素置換ベンジロキシカルボニル基置換基とシアノ基を有する置換キノンメチド化合物群を合成し、それらの熱、光固相重合反応生成物の解析を行うとともに、置換キノンメチド化合物の単結晶構造解析を行うことにより、結晶中での分子配列を支配する相互作用と固相重合反応性の関係を明らかにする。また、低分子の電子受容性化合物や電子供与性化合物と置換キノンメチド化合物との分子間相互作用を利用した結晶中における分子配列制御について検討する。

(3) 明確な一次構造を持つ高分子の合成、特に、立体規則性やコンフォメーションが精密に制御されたキラル高分子の合成についての制御因子についての知見を得るために、フェニル置換キノンメチド化合物や光学活性置換基をエステル基部位やアミド基部位に導入した置換キノンメチド化合物群を合成し、種々の不斉配位子/アニオン開始剤系を使用した溶液重合と生成オリゴマー成分の単離、解析することにより不斉発現についての知見を得ることや固相重合反応による不斉誘導について検討する。

4. 研究成果

4. 研究成果

(1) ハロゲン-ハロゲン相互作用がトポケミカル重合に適した結晶構造形成に有効に働いていることを見出しているが、シアノ基の強い電子吸引力と立体効果の結晶構造と固相重合反応性への影響を調査するためエステル結合の一つをシアノ基に変換したシアノトリス（ハロエトキシカルボニル）キノジメタン (**1a-d**) を合成し、固相重合と結晶構造解析を調査した。

1a-d で

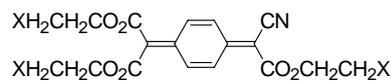
は光、

熱固相

重合が

進行し、

固体状ポリマーを生成した。生成ポリマーは非晶質でありトポケミカル的な重合は進行

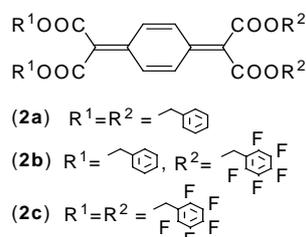


X = H(**1a**), F(**1b**), Cl(**1c**), Br(**1d**)

しなかった。結晶構造解析より、導入したシアノ基による強い CH-N 相互作用のため、**1a-d** モノマー分子はシート状に並んでいることが分かった。シート内に存在するモノマー分子間の距離は長い、シート間に存在するモノマー分子間では結合に適した距離にあるため、重合はシート間で進行し非晶質ポリマーを生成することが分かった。モノマーの分子設計の観点からシアノ基の存在は置換キノジメタン化学物にトポケミカル重合に適した結晶構造を取らせるのに有効でないことが明らかとなった。

(2) 分子間相互作用として、芳香環同士の π - π 相互作用と CH- π 相互作用に加えハロゲン-ハロゲン相互作用の期待できるフッ素置換芳香環を導入したモノマー、テトラキス(置換ベンジルオキシカルボニル)キノジメタン(**2a-c**)を合成し、導入した芳香環の結晶構造への影響と結晶構造と固相重合反応性との関連について調査した。

2a-c は照射下では全く固相重合が進行しなかった。一方、熱固相重合では、**2a** は比較的低温でオリゴマーをわずかに生成し

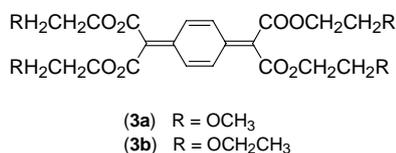


2b は長時間加熱することにより定量的に非晶質ポリマーが生成し、**2c** の固相重合は全く進行しなかった。結晶構造解析から、**2a** はモノマー分子がカラム状にスタッキングしていないため、高温にすることで結晶構造を崩しながらポリマーが生成した。**2b** は隣接するカラム間のペンタフルオロフェニル環同士のハロゲン-ハロゲン相互作用のためトポケミカル重合に適したパッキング様式を取るが、この相互作用が強すぎるためモノマー分子の回転起きずトポケミカル重合が進行しないことが分かった。**2c** は分子がカラム状に斜めにスタッキングしているが、ハロゲン-ハロゲン相互作用が隣接するカラム間だけでなく同一カラム内でも存在するため、より強い相互作用が働きモノマー分子のスタッキングが固定されモノマーの回転や移動も困難となるため重合反応性が著しく低下していることが分かった。モノマー分子間には分子配列制御と重合時におけるモノマー分子の回転と並進運動を許す適度な相互作用が必要であることがわかった。結晶中でトポケミカル重合に適したスタッキング様式に分子を配列させるためのモノマーの分子設計についての指針が得られた。

(3) 結晶中でモノマー分子を並べるための分子間相互作用として、置換基の電子供与効

果と CH-O の分子間の弱い水素結合が期待できるアルコキシアルキルカルボニル基を有するテトラキス(アルコキシアルコキシカルボニル)キノジメタン(**3a, b**)を合成し、導入したアルコキシアルコキシ基の結晶構造への影響と結晶構造と固相重合反応性との関連について調査した。

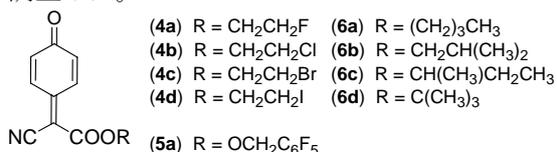
3a, b の光固相重合を行った結果、いずれのモノマーに



においても高分子量のホモポリマーとテトラキス(アルコキシアルコキシカルボニル)キノジメタンの 2 量体である [2.2] パラシクロファンと酸素分子が反応したパーオキシド架橋シクロファンが生成することを見出した。パーオキシド架橋シクロファンは [2.2] パラシクロファンと溶液中に溶存している酸素分子との反応で生成することが分かった。また、[2.2] パラシクロファンはビラジカルダイマーから生成することが見出された。モノマー単結晶の X 線構造解析を行った結果、CH-O の分子間の弱い水素結合相互作用によりトポケミカル重合が進行するモノマー結晶と類似のスタッキング構造を取ることがわかった。しかし、重合の進行に必要な反応点間距離が長く、スタッキング距離もポリマーの繰り返し単位より長いことによりビラジカルダイマーが生成し、そのビラジカル種が分子内でカップリングして [2.2] パラシクロファンが生成する反応機構であることが分かった。この結果からキノジメタン化合物のトポケミカル重合が起きる限界スタッキング距離(約 8 Å)が明らかとなった。置換キノジメタン化合物分子を結晶中でスタッキングさせる距離に関する知見が得られたことは、今後の固相重合反応設計をする上での重要な指針となる。更にパーオキシド架橋シクロファンが生成したことから新しい過酸化系開始剤としての応用が期待できる。

(4) 置換キノンメチド化合物についてトポケミカル重合に適した結晶構造を構築するためにハロゲン-ハロゲン相互作用の期待できるハロエトキシカルボニル基(F, Cl, Br, I)を有するシアノ(ハロエトキシカルボニル)ベンゾキノンメチド(**4a-d**)と π - π 、CH- π 、ハロゲン-ハロゲン相互作用が期待できるペンタフルオロフェニル基を有するシアノ(ペンタフルオロベンジルオキシカルボニル)ベンゾキノンメチド(**5a**)を合成し、各モノマーの固相重合反応性と結晶構造との関係について調査した。更に、アルコキシ基の立体効果が結晶構造と重合反応性に及ぼす影響をシアノ(アルコキシカルボ

ニル)ベンゾキノンメチド(**6a-d**)を合成して調査した。



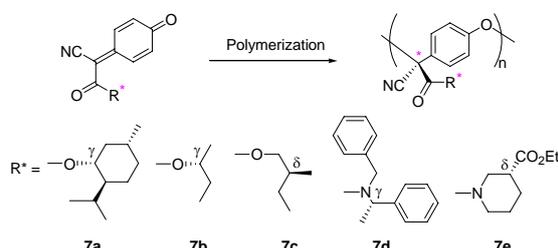
4a-d は熱固相重合条件下で、全てのモノマーにおいて重合は進行したが、得られるポリマーは全て非晶質であった。光固相重合では、各モノマーにおいてそれぞれ異なった反応性を示し、フッ素を有するモノマー**4a** は全く反応が進行せず、塩素を有するモノマー**4b**からはごくわずかなオリゴマーが得られ、ヨウ素を有するモノマー**4d**からはヨウ素の脱離を伴う様々な生成物が得られた。一方、臭素を有するモノマー**4c**からはトポケミカル重合は進行しないものの、結晶構造を維持したまま反応が進行し、モノマーの2倍の分子量を有する生成物を高収率で得た。スペクトル解析と単結晶X線構造解析よりキノイド骨格の二重結合間で[2+2]環化付加した2量体であった。キノンメチドモノマー**4a-d**の単結晶構造解析から、**4a-d**においてはハロゲン-ハロゲン相互作用がそれ程有効には働かず分子がトポケミカル重合に適したカラム状スタッキング様式を取ることができず熱固相重合では結晶構造を崩しながらポリマーが生成することが明らかとなった。また、隣接するモノマー間のキノイド骨格の二重結合距離は[2+2]環化付加反応に適した距離(4.2 Å以下)にあっても、その二重結合の重なり程度により反応が制限される、すなわち非常に限定された分子配列を取る場合のみトポケミカル的な反応が起きることが明らかとなった。

5a は熱、光固相重合のいずれも進行しなかった。単結晶構造解析よりモノマー分子はカラム状に並んでいるが、同一カラム内の分子間に C-F- π 相互作用により隣接カラムの分子の大きなペンタフルオロフェニル基が挿入され同一分子内の分子間距離が離れるため重合が進行しないことがわかった。また、**5a** と種々の電子供与性低分子化合物との電解移動相互作用による共結晶生成による分子配列制御を検討したが、共結晶を得ることができず議論できなかった。

6a-d は熱、光固相重合条件下でいずれも重合は進行したが、生成するポリマーはいずれも非晶質であり、トポケミカル重合は進行しなかった。アルコキシ基の立体効果は固相重合反応性には明確な違いを示さなかった。しかし、立体的に大きな *tert*-butyl 基を有する**6d**の光固相重合において、キノイド骨格の二重結合と隣接するモノマーのエキソメチレンの二重結合間で[2+2]環化付加した二量体を経由した重合が進行することを見出した。結晶構造解析よりキノイド骨格の二重結合

と隣接するモノマーのエキソメチレンの二重結合が[2+2]環化付加反応が起きる**4c**で見出された重なりから少しずれているが反応が起きること、しかし、生成したシクロブタン環は歪を有するため不安定で時間とともに分解、重合を起こすことが分かった。しかし、いずれの分子間相互作用を用いても結晶中でトポケミカル重合に適したスタッキング様式に分子を並べることができなかったことからモノマー分子が有する構造の非対称性がトポケミカル重合に適した分子配列に有利には働いていないことが分かった。今後、固相重合反応は対称性の良い置換キノイド化合物で検討する必要があることを示唆している。

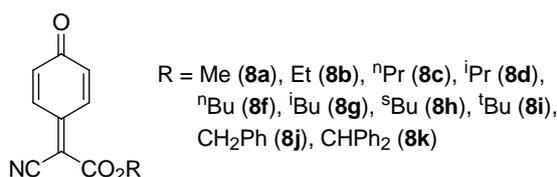
(5) 側鎖にキラルなアルコキシカルボニル

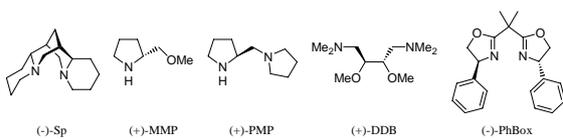


基あるいはアミド基を有する置換キノンメチド化合物(**7a-e**)を用いた光学活性ポリマーの合成について溶液重合(ラジカル重合、アニオン重合)と固相重合(光)で調査した。

7a-c では側鎖の不斉炭素の位置主鎖に近づくほど、また高くなるほどポリマー主鎖への不斉誘起が大きくなることが分かった。エステル型モノマーでは主鎖から δ 位に不斉炭素を有するモノマー**7c**の場合主鎖への不斉誘起の起きなかったのに対し、アミド型モノマーでは、 δ 位に不斉炭素を有する**7e**でも不斉が誘起され、エステル型モノマーよりアミド型モノマーでの誘起が大きく主鎖の立体制御にはエステル型モノマーよりアミド型モノマーの方が有効であることが明らかとなった。ポリマー主鎖への不斉誘起による光学活性ポリマー合成を行う場合のモノマーの分子設計に関する指針を得た。

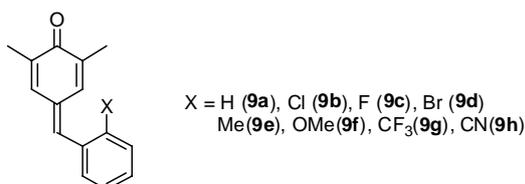
(6) シアノ基と種々のアルコキシカルボニル基を有する置換キノンメチド化合物(**8a-k**)の光学活性開始剤を用いた光学活性ポリマー合成と構造制御について検討した。





(-)-Sp、(+)-MMP、(+)-PMP、(+)-DDB、(-)-PhBoxなどの不斉配位子を用いて不斉アニオン重合を行った場合、求核性の高いアニオン開始剤を使用した場合ポリマーは生成しなかったが、求核性の弱いリチウムフェノキシドやリチウムイソプロピルフェノキシドを使用した場合には重合が進行した。不斉配位子に(-)-Spを用いた場合、値は小さいものの、負の旋光度を有するポリマーが、(-)-PhBoxを用いた場合には他の系と比べて非常に大きな正の比旋光度を有するポリマーが得られた。生成ポリマー(Et(8b))の比旋光度の値への開始剤濃度や溶媒の極性の効果から、成長鎖末端の会合体の形成が立体制御に大きく影響していることが示唆された。重合の初期生成物である1量体、2量体の立体選択性について検討した結果、光学活性ポリマー主鎖中の不斉炭素の絶対配置は、おおよそ2:1程度の割合で制御されていることが分かった。アルコキシ基の違いは生成ポリマーの比旋光度に大きな影響を与えるが、アルコキシ基が高くなると立体制御は低下することが分かった。立体制御には種々の会合体が関与しており、一次構造制御にはこの会合体の制御が重要であることがわかった。

(7) 7位にフェニル基、置換フェニル基を有する置換ジメチルキノンメチド(9a-h)の不斉アニオン重合を様々な光学活性開始剤を用いて検討した。



9aについての検討から(-)-Spを不斉配位子として用いた場合立体制御が効果的に行われること、トルエン中0°Cで重合を行うことで定量的に光学活性ポリマーを得た。リチウムイソプロピルフェノキシド/(-)-Sp系開始剤を用いて生成ポリマーの旋光性の由来について調査したところ、反応系の会合状態が生成ポリマーの旋光性に影響していることが明らかとなった。更に、フェニル基上に導入する置換基の種類及び位置により生成ポリマーの旋光度は大きく変化すること、置換位置としてはオルト位、置換基の中ではハロゲン置換基、特にCl基の導入が生成ポリマーの立体制御に最も効果的であった。立体制御には置換基の立体的効果や静電的相互作用

に加え、電子の誘起効果や置換基とベンゼン核との間で起きる共鳴効果など複雑に関連している。特に、オルト位の置換基による立体効果が大きいこと、電子共鳴効果によるエキソ位炭素上の電子状態の変化が大きく影響することを明らかにした。また、置換様式の違いで立体制御機構が異なることも見出した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1件)

① Takahito Itoh, Kyoko Tachino, Takahiro Uno, Masataka Kubo, Norimitsu Tohnai, Mikiji Miyata “Topochemical Reaction of 7-Bromoethoxycarbonyl-7-cyano-1,4-benzoquinone Methides in the Solid State” *Chemistry Letters*, (査読有), 35(8), (2006), 918-919.

[学会発表] (計 2 2件)

① Keita Ito, Takahiro Uno, Masataka Kubo, Takahito Itoh “Polymerization Reactivity in Solid State of Quinonoid Compounds with Pentafluorophenyl Groups” *Asia Polymer Symposium (APOSYM 2008)*, October 12, 2008, Jinan University, China.

② 伊藤啓太、森田絵里香、宇野貴浩、久保雅敬、伊藤敬人、藤内謙光、宮田幹二 “ペンタフルオロフェニル基を有するキノイド化合物の固相重合反応性” 第39回中部化学関係協会支部連合秋季大会、平成20年11月9日、名古屋大学

③ 嶋村紗矢香、宇野貴浩、久保雅敬、伊藤敬人、藤内謙光、宮田幹二 “エーテル官能基を有するテトラキス(アルコキシカルボニル)キノジメタン類の固相重合反応性” 第57回高分子討論会、平成20年9月25日、大阪市立大学

④ 細川哲、西尾洋貴、宇野貴浩、久保雅敬、伊藤敬人 “アミド基を有するキノンキノンメチド類の不斉アニオン重合による光学活性ポリマーの合成” 第57回高分子討論会、平成20年9月25日、大阪市立大学

⑤ 伊藤啓太、舘野恭子、宇野貴浩、久保雅敬、伊藤敬人、藤内謙光、宮田幹二 “ペンタフルオロフェニル基を有するキノイド化合物の固相重合反応性” 第57回高分子討論会、平成20年9月25日、大阪市立大学

⑥ 細川哲、西尾洋貴、宇野貴浩、久保雅敬、伊藤敬人 “アミド基を有するキノンキノンメチド類の不斉アニオン重合における置換基の影響” 第57回高分子年次会、平成20年5月29日、パシフィコ横浜

⑦ 山本修平、宇野貴浩、久保雅敬、伊藤敬人 “種々の置換基を有する7-アリーラー2、

6-ジメチルキノンキノンメチド類の不斉アニオン重合”第57回高分子年次会、平成20年5月29日、パシフィコ横浜

⑧森田絵里香、伊藤啓太、宇野貴浩、久保雅敬、伊藤敬人、藤内謙光、宮田幹二”ペンタフルオロフェニル基を有するテトラキス(アルコキシカルボニル)キノジメタン類の固相重合”第57回高分子年次会、平成20年5月28日、パシフィコ横浜

⑨山本修平、宇野貴浩、久保雅敬、伊藤敬人”種々の置換基を有する7-アリアルキノンメチド類の不斉アニオン重合”第38回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、平成19年11月11日、三重大学工学部

⑩山本修平、宇野貴浩、久保雅敬、伊藤敬人”種々のオルト置換基を有する7-アリアル-2, 6-ジメチルキノンキノンメチド誘導体の不斉アニオン重合”第56回高分子討論会、平成19年9月19日、名古屋工業大学

⑪宇野貴浩、西尾洋貴、久保雅敬、伊藤敬人、藤内謙光、宮田幹二”シアノ基とアミド基を有するキノンメチド類の不斉アニオン重合”第56回高分子討論会、平成19年9月19日、名古屋工業大学

⑫森田絵里香、山下智史、宇野貴浩、久保雅敬、伊藤敬人、藤内謙光、宮田幹二”側鎖に芳香環を有するテトラキス(アルコキシカルボニル)キノジメタン類の固相重合”第56回高分子討論会、平成19年9月20日、名古屋工業大学

⑬伊藤啓太、舘野恭子、宇野貴浩、久保雅敬、伊藤敬人、藤内謙光、宮田幹二”シアノ基と種々のアルコキシカルボニル基を有するキノンメチド類の固相重合反応性”第56回高分子討論会、平成19年9月21日、名古屋工業大学

⑭山本修平、宇野貴浩、久保雅敬、伊藤敬人”トリフルオロメチル基を有する7-アリアル-2, 6-ジメチルキノンキノンメチド誘導体の不斉アニオン重合”第56回高分子年次会、平成19年5月29日、国立京都国際会議場

⑮ Takahiro Uno, Keisuke Morita, Masataka Kubo, Takahito Itoh ”Synthesis of Poly(p-quinone methides)s with Chiral Substituents and Their Chiroptical Properties” 12th International Conference on Polymers and Organic Chemistry, July 5, 2006, Okazaki, Japan.

⑯森田絵里香、高倉良平、宇野貴浩、久保雅敬、伊藤敬人、藤内謙光、宮田幹二”シアノ基を有するトリス(アルコキシカルボニル)

キノジメタン類の固相重合”第55回高分子討論会、平成18年9月21日、富山大学

⑰山下智史、高倉良平、宇野貴浩、久保雅敬、伊藤敬人、藤内謙光、宮田幹二”テトラキス(ベンジルオキシカルボニル)キノジメタン類の結晶構造と固相重合反応性へのフェニル基上の置換基の影響”第55回高分子討論会、平成18年9月21日、富山大学

⑱宇野貴浩、森田健介、久保雅敬、伊藤敬人”側鎖にキラルな置換基を有するポリ(キノンメチド)類の合成”第55回高分子討論会、平成18年9月20日、富山大学

⑲山本修平、宇野貴浩、久保雅敬、伊藤敬人”電子供与性置換基を有する7-アリアル-2, 6-ジメチルキノンキノンメチド類の不斉アニオン重合”第55回高分子学会年次大会、平成18年5月25日、名古屋国際会議場

⑳森田絵里香、高倉良平、宇野貴浩、久保雅敬、伊藤敬人、藤内謙光、宮田幹二”7-シアノ-7, 8, 8-トリリス(アルコキシカルボニル)キノジメタン類の固相重合”第55回高分子学会年次大会、平成18年5月25日、名古屋国際会議場

㉑舘野恭子、宇野貴浩、久保雅敬、伊藤敬人、藤内謙光、宮田幹二、”シアノ基とハロアルコキシカルボニル基を有するキノンメチド類の固相重合、第55回高分子年次大会、平成18年5月26日、名古屋国際会議場

㉒森田健介、宇野貴浩、久保雅敬、伊藤敬人”キラルなアミド基を有するキノンメチド類の重合”第55回高分子年次大会、平成18年5月26日、名古屋国際会議場

〔その他〕

ホームページ:

<http://material.chem.mie-u.ac.jp/~itoh/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 敬人 (ITOH TAKAHITO)

三重大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 90126954

(2) 研究分担者

宇野 貴浩 (UNO TAKAHIRO)

三重大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号: 50324546

(3) 連携研究者