

令和 4 年 10 月 20 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H02019

研究課題名(和文) 新奇縮環 共役高分子の精密合成と構造制御

研究課題名(英文) Precise synthesis and structural control of novel fused pi-conjugated polymers

研究代表者

伊藤 英人 (Ito, Hideto)

名古屋大学・理学研究科・准教授

研究者番号：70706704

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、芳香環が2つ以上の結合で縮環して連なった高分子を「縮環 共役高分子」と定義し、これら物質群の創製と構造・機能制御を目指し、素反応の開発、新規触媒系の開発や重合反応への応用を目指します。本研究では、一度の素反応過程で2つ以上のC(sp²)-C(sp²)結合をいかに効率的かつ選択的に結合させるかが鍵です。そこで本研究では、これらを実現しうる縮環 拡張(APEX)反応と呼んでいるいくつかの新規反応・新規触媒系の構築に成功しました。この反応によって、縮環した 共役分子を連続的に構築することが可能となり、ベンゼン環が複数連なった多環芳香族炭化水素やポリヘリセン類の効率的合成に成功しました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で合成を目指す縮環 共役高分子は共役ラダーポリマーとも呼ばれていますが、高分子化学約100年の歴史の中でごく最近注目されてきた物質群であり、構造の堅牢性、耐久性、優れた半導体・導体特性などが期待できる次世代材料の一つです。また、報告されている縮環 共役高分子は構造の多様性に乏しいですが、これらはいずれも効率的かつ選択的な素反応、触媒系の開発が遅れているのが要因でした。本研究では、これまでにほとんど着目されてこなかった「縮環 共役高分子合成のための素反応開発」に着眼し、実際にいくつかの新規反応の開発に成功しました。今後、これら反応による新規縮環 共役高分子の創製が期待されます。

研究成果の概要(英文)：This research was aiming at the creation of new fused fused -conjugated polymers in which aromatic rings are fused by two or more multiple bonds, and the control of those structure and function by developing new elementary reactions and catalysis. The key in this study is how to construct a -conjugated system in which two or more C(sp²)-C(sp²) bonds in one elementary reaction process. With these backgrounds in hand, we succeeded in the development of several new reactions and new catalytic systems called annulative -expansion (APEX) reactions that can realize these. Through this reaction, it became possible to continuously construct fused -conjugated molecules in a ladder polymer-like fashion, and we succeeded in the efficient synthesis of polycyclic aromatic hydrocarbons in which multiple benzene rings were linked.

研究分野：有機合成化学、高分子化学、ナノカーボン化学

キーワード：縮環 拡張反応 ラダーポリマー グラフェンナノリボン ナノグラフェン 多環芳香族炭化水素 APEX

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

本研究では、芳香環が2つ以上の結合で縮環して連なった共役高分子「縮環 π 共役高分子」の創成と構造・機能制御を目指し、特に次世代炭素材料として期待されているグラフェンナノリボン (GNR) や、ポリヘリセン、新奇共役ラダーポリマーなどの関連高分子の合成のための精密合成法を確立する。縮環 π 共役高分子については、これまで申請者が開発してきた縮環 π 拡張 (APEX) 反応をさらに発展させ、幅・エッジ構造・長さが精密に定義された様々な新奇縮環 π 共役高分子の合成に挑戦する。さらには高分子トポロジー、ヘリシティ、キラリティ、電子的性質、自己組織化能などを制御することによって、一連の縮環 π 共役高分子が織りなす新しい機能を探求する。

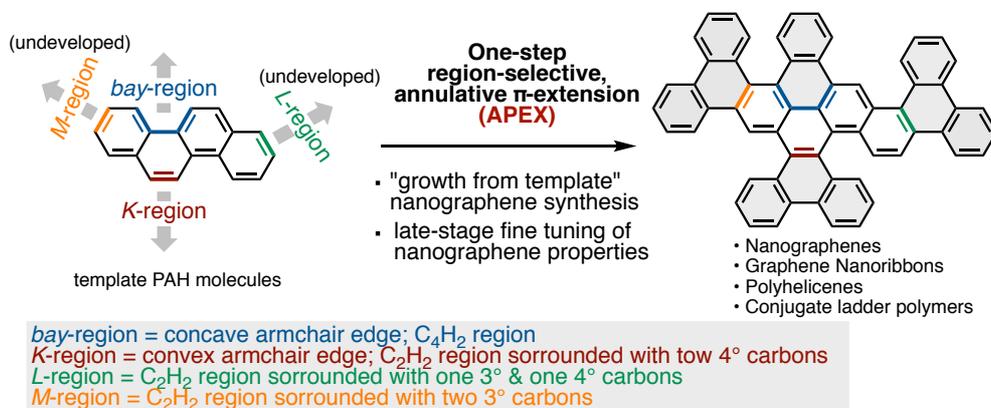
当初の研究計画では、グラフェンナノリボンの構造一義的合成を研究の柱の一つとしており、研究機関中の1,2年目(2018、2019年度)にかけて集中的に研究を実施してきた。しかし、研究提案の核となっていた「縮環 π 拡張 (APEX) 重合」やグラフェンナノリボンについて、2019年度中に発表した論文に記載されていたデータに疑義や再現性の問題があることが明らかになり、自主的に3つの論文の取り下げを行った (*Nature* **2019**, 571, 387-392. *J. Am. Chem. Soc.* **2020**, 142, 1686-1691. *ACS Appl. Nano Mater.* **2019**, 2 4825-4831.)。そこで、上記3論文の成果を基盤とした研究計画については一旦停止することとした。ただし、APEX 重合反応によるグラフェンナノリボンの合成については反応開発に立ち返り、現在でも鋭意再検討中である。一方で、GNR 合成とは別に、縮環 π 共役高分子の合成のための素反応開発、触媒開発、ポリヘリセン合成などについて大きな進展があったこともあり、目指していた縮環 π 共役高分子合成のための基盤的な研究を実施することができたため、当該研究成果を中心に以下本報告書で報告する。

2. 研究の目的

本研究では新奇縮環 π 共役高分子群の精密合成法の確立のために、①縮環 π 共役構造を与える素反応開発、②縮環 π 共役オリゴマーとポリマーの合成、③関連物質群の構造・物性評価を行った。

3. 研究の方法

まず「①縮環 π 共役構造を与える素反応開発」として、これまで開発してきた縮環 π 拡張 (APEX) 反応をさらに発展させる研究を行なった。APEX 反応とは未官能基化された芳香環に対し、ハロゲン化などの官能基化を経ずに一段回で縮環 π 拡張を行う反応形式を指し、我々が過去に定義し、開発してきた反応である(総説1,2)。例えば、多環芳香族炭化水素 (PAH) には *K*, *L*, *M*, *bay* 領域といった炭素と水素からなる周辺領域が存在するが、これら領域で形式的に炭素水素結合を直接変換して π 拡張することができれば、より大きな PAH、ナノグラフェンだけでなく、グラフェンナノリボン、アセン、ポリヘリセンなどの縮環 π 共役高分子が合成できる可能性を秘めている。



Review on APEX reaction: *Angew. Chem. Int. Ed.* **2017**, 56, 11144.
J. Am. Chem. Soc. **2019**, 141, 3.

図1 縮環 π 拡張 (APEX) 反応の概念図

グラフェンナノリボンは従来のクロスカップリング反応などでも構築可能であるが、多数の官能基を必要とする点や、反応後段階修飾が難しい点など合成的な改善点を残していた。一方、PAHに普遍的に存在する *K, L, M, bay* 領域を反応点として伸長・重合することができれば、次世代の効率的な縮環 π 共役高分子合成法となりうり、これまで合成されてこなかった新規高分子の創製にもつながる。例えば、ベンゼンを出発原料にナフタレン、アントラセン、フェナントレンと理論上 π 拡張していけば、様々な PAH (ベンゼン誘導体のオリゴマー・ポリマー)、ナノグラフェンにとどまらず、アセン、フェナセンを含む一連のグラフェンナノリボン、ポリヘリセン、拡大ヘリセンの多様な縮環 π 拡張高分子の合成につながる (図2)。このような概念のもと縮環 π 拡張高分子 (あるいは共役ラダーポリマー) を合成した例はこれまでない。そこで本研究では、これら APEX 反応のうち、未だ未開発の *M* 領域選択的 APEX 反応 (*M*-APEX) やポリヘリセン合成を可能とする APEX 反応系の開発、ヘテロ原子を含んだ縮環 π 共役高分子合成のための hetero-APEX 反応の開発などに焦点を当て、研究を行なった。また、合成した多くの多環芳香族炭化水素、ヘリセン類、ナノグラフェンはいずれも新規化合物群であったため、それらの構造的評価や基本的な物性解明の研究も行なった。

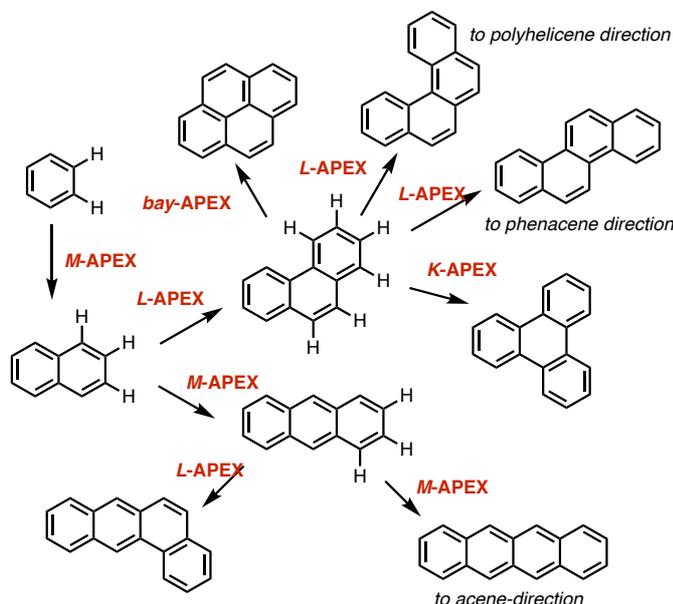


図2 APEX 反応による縮環 π 共役高分子への伸長過程

4. 研究成果

(1) *M* 領域選択的 APEX 反応の開発

これまで我々と他研究者らが開発してきた APEX 反応はほぼ *K* 領域と *L* 領域での選択的な反応に限られており、このことが APEX 反応を用いたナノグラフェン合成、縮環 π 共役高分子合成への展開にとって大きな制限となっていた。多環芳香族炭化水素 (PAH) において、特にアセンの長軸方向に位置する *M* 領域と呼ばれる部位は選択的な官能基化や π 拡張が困難であった。今回、メチルトリアゾリジノンによる PAH の脱芳香族化を行うことで、*M* 領域の選択的活性化に成功した。続いて、鉄触媒存在化、biaryl Grignard 試薬や monoaryl Grignard 試薬を作用させ、再芳香族化を行うことで、*M* 領域選択的 APEX 反応の開発に成功した (論文 1)。この新手法の開発によって、多様性指向型のナノグラフェン合成や π 拡張ルブレンなど様々な新規シート状ナノカーボンの合成が可能になった。

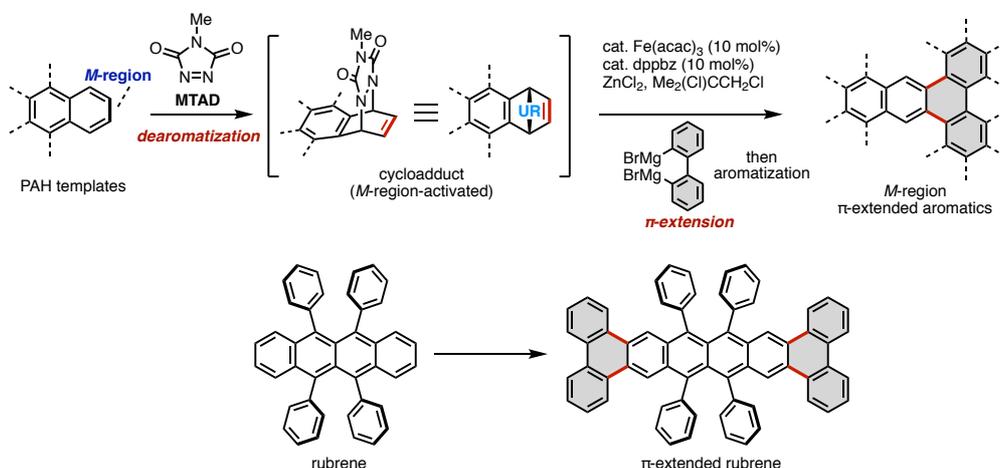


図3 *M* 領域選択的 APEX 反応

(2) Hetero-APEX反応の開発

縮環 π 共役高分子にさらなる物性や機能の付与を考えた場合、ヘテロ原子を含む芳香環を導入することが一つの効果的な方法となりうる。そこで、未官能基化芳香族化合物に対して、一段階で縮環ヘテロ芳香環を接合する hetero-APEX 反応を考案した。特にピリジン環を構築する aza-APEX 反応を実現するための π 拡張剤や反応系を種々検討した (図 4a)。その結果、フェナントレンなどの *K* 領域を有する一連の未官能基化 PAH に対し、アリールアニリドから容易に調整できるジアリールイミドイルクロリドを π 拡張剤とし、 AgPF_6 を活性化剤として用いると、*K* 領域選択的な aza-APEX 反応が進行し、新たにピリジン環が接合した含窒素多環芳香族化合物 (N-PACs) が一段階で合成できることを見出した (論文 2、図 4)。アリール基として様々な芳香環を適用可能であり、種々の新規 N-PAC や含窒素ナノグラフェンの合成も可能となった。DFT 計算による詳細な反応機構解明研究によって、本反応ではジアリールニトリリウム塩 (A) がイミドイルフルオリド (A') より安定に存在し、活性な π 拡張剤として作用しうることを見出した。また、PAH の二重結合性の高い *K* 領域での選択的な芳香族求電子置換反応や、その後の分子内 Friedel-Crafts 反応、芳香族化を経て反応が進行しうることを突き止めた (図 4b)。本反応は原理的には繰り返し実施することで、ラダー状の含窒素縮環 π 拡張高分子や含窒素 GNR、含窒素ヘリセン類を与える。今後、本反応をもちいたオリゴマー化や重合反応を検討する予定である。

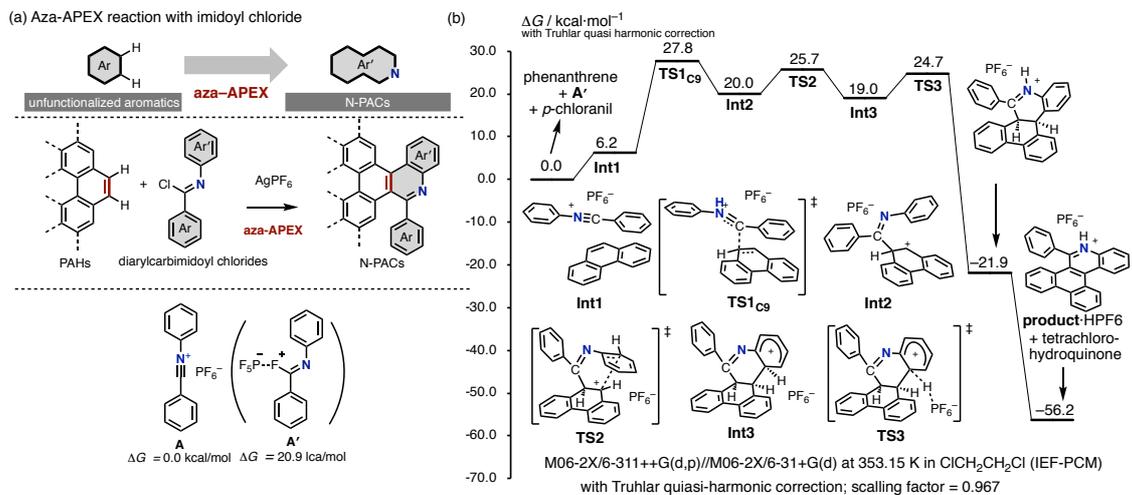


図 4 aza-APEX 反応による含窒素多環芳香族化合物の一段階合成と DFT 計算による予想反応機構

(3) ヘリセン合成を可能とする APEX 反応系の確立

続いて、これまで開発してきた *K* 領域選択的な APEX 反応を用いて、ポリヘリセンの合成が行えないか検討した。これまでに、フェナントレンのように *K* 領域をもった PAH に対して、パラジウム触媒、ジヨードビアリール π 拡張剤、ピバル酸銀 (AgOPiv)、トリフルオロメタンスルホン酸 (TfOH) を作用させると温和な条件で *K*-APEX 反応が進行し、ジベンゾケリセンが一段階で得られることを報告している (論文 3)。そこでこの反応を用い、種々の *K* 領域を有する PAH や様々な π 拡張剤を設計・利用することで、多数のベンゾ縮環構造をもったポリベンゾポリヘリセンが合成できないかと考えた (図 5a)。実際種々の *K* 領域をもった PAH テンプレートとジヨードビフェニル誘導体を用いることで、単純な PAH から一段階で dibenzo[4]helicene, tribenzo[5]helicene, tetrabenzo[6]helicene などの合成することに成功し、特に PAH 1 と π 拡張剤 2 を用いた反応では、一段階で pentabenzo[7]helicene を合成できることを見出した。現在論文投稿準備中であり、さらに大きなヘリセンの合成や重合化も検討している。

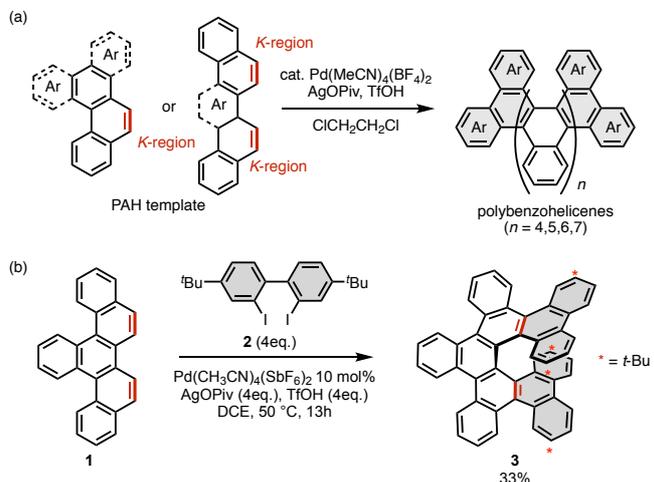


図 5 APEX 反応による一段階ポリヘリセン合成

(4) その他関連 π 共役分子の合成・物性研究

本研究に関連する研究として、縮環アズレン骨格を含むらせん π 共役高分子合成を目指した研究 (論文4)、ペリレンジイミド骨格を含むGNR合成を目指したbay領域選択的APEX反応の開発 (論文5)、ヘテロ芳香環のAPEX反応 (論文6)、以前に開発しているhelix-to-tube法 (論文7) によるらせん高分子からチューブ状縮環 π 共役高分子への変換への試み (論文8)、などについて、研究期間のうちに実施した。また本研究に関連して、これまでのGNR合成をまとめた総説 (総説3) や七員環を含むナノグラフェン合成 (総説4)、アルキン骨格を含む共役らせん高分子合成 (総説5) などをまとめて投稿し、各論文誌に受理・出版された。これらは研究背景のさらなる理解を深めることや研究結果の解釈、円滑な研究遂行にとって良いきっかけとなった。

(5) 本研究のまとめ

以上の(1)~(4)の研究結果より、いずれも縮環 π 共役高分子合成の今後につながる素反応開発や縮環芳香族オリゴマー、ポリヘリセン類縁体の選択的合成が達成できた。多環芳香族炭化水素の反応性に関する多くの知見を得て、APEX反応による縮環 π 拡張重合への新たな道筋を見いだすことができた。研究は道半ばであり、今後も縮環 π 共役高分子 (共役ラダーポリマー)、グラフェンナノリボンなどの精密合成を目指し、検討を続けていく予定である。

<参考文献>

* 総説

- (1) *Angew. Chem. Int. Ed.* **2017**, *56*, 11144–11164. DOI: 10.1002/anie.201701058.
- (2) *J. Am. Chem. Soc.* **2019**, *141*, 3–10. DOI: 10.1021/jacs.8b09232
- (3) *J. Org. Chem.* **2020**, *86*, 4–33. DOI: 10.1021/acs.joc.9b02814
- (4) *Angew. Chem. Int. Ed.* **2021**, *60*, *Accepted Article*. DOI: 10.1002/anie.202100260
- (5) *Tetrahedron Lett.* (digest paper), **2018**, *59*, 1531–1547. DOI: 10.1016/j.tetlet.2018.03.018

* 論文

- (1) *Nat. Commun.* **2020**, *12*, 3940. DOI: 10.1038/s41467-021-24261-y
- (2) *Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**, *59*, 6383–6388. DOI: 10.1002/anie.201913394
- (3) *Angew. Chem. Int. Ed.* **2017**, *56*, 12224–12228. DOI: 10.1002/anie.201707486
- (4) *Chem. Commun.* **2019**, *55*, 9606–9609. DOI: 10.1039/C9CC03510A
- (5) *Synlett*, **2019**, *30*, 423–428. DOI: 10.1055/s-0037-1611668.
- (6) *Chem. Sci.* **2018**, *9*, 7556–7561. DOI: 10.1039/c8sc02802h
- (7) *J. Am. Chem. Soc.* **2016**, *138*, 11001–11008. DOI: 10.1021/jacs.6b05582
- (8) *Polym. Chem.* **2021**, *12*, 3290–3298. DOI: 10.1039/D1PY00144B

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Chaolumen, Ito Hideto, Itami Kenichiro	4. 巻 55
2. 論文標題 An axially chiral 1,1 -biazulene and its -extended derivative: synthesis, structures and properties	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 9606 ~ 9609
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CC03510A	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kawahara Kou P., Matsuoka Wataru, Ito Hideto, Itami Kenichiro	4. 巻 59
2. 論文標題 Synthesis of Nitrogen Containing Polyaromatics by Aza Annulative Extension of Unfunctionalized Aromatics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 6383 ~ 6388
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201913394	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ito Hideto, Segawa Yasutomo, Murakami Kei, Itami Kenichiro	4. 巻 141
2. 論文標題 Polycyclic Arene Synthesis by Annulative -Extension	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 3 ~ 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b09232	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kitano Hiroyuki, Matsuoka Wataru, Ito Hideto, Itami Kenichiro	4. 巻 9
2. 論文標題 Annulative -extension of indoles and pyrroles with diiodobiaryls by Pd catalysis: rapid synthesis of nitrogen-containing polycyclic aromatic compounds	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 7556 ~ 7561
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8sc02802h	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakamuro Takayuki, Kumazawa Kazushi, Ito Hideto, Itami Kenichiro	4. 巻 30
2. 論文標題 Bay-Region-Selective Annulative -Extension (APEX) of Perylene Diimides with Arynes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Synlett	6. 最初と最後の頁 423 ~ 428
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0037-1611668	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Matsuoka Wataru, Ito Hideto, Sarlah David, Itami Kenichiro	4. 巻 12
2. 論文標題 Diversity-oriented synthesis of nanographenes enabled by dearomative annulative -extension	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 3940
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-021-24261-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Toya Michihisa, Ito Hideto, Itami Kenichiro	4. 巻 12
2. 論文標題 Synthesis and properties of helically-folded poly(arylenediethynylene)s	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymer Chemistry	6. 最初と最後の頁 3290 ~ 3298
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1PY00144B	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Chaolumen, Stepek Iain A, Yamada Keigo E, Ito Hideto, Itami Kenichiro	4. 巻 60
2. 論文標題 Construction of Heptagon Containing Molecular Nanocarbons	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202100260	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Toya Michihisa, Ito Hideto, Itami Kenichiro	4. 巻 59
2. 論文標題 Recent advances in acetylene-based helical oligomers and polymers: Synthesis, structures, and properties	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tetrahedron Letters	6. 最初と最後の頁 1531 ~ 1547
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tetlet.2018.03.018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計68件 (うち招待講演 19件 / うち国際学会 20件)

1. 発表者名 伊藤英人
2. 発表標題 Annulative -Extension for Synthesis of -Extended Heteroarenes, Nanographenes and Graphene Nanoribbons
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Novel Aromatics (ISNA18) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤英人
2. 発表標題 Synthesis of Polycyclic Aromatic Compounds with Arylsilanes
3. 学会等名 ケイ素化学協会シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤英人
2. 発表標題 新規ボトムアップ合成法の開拓とナノカーボン構造体の精密合成
3. 学会等名 第一回ラダーポリマー研究会ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤英人
2. 発表標題 Transition Metal-Catalyzed Regioselective APEX Reactions for Polycyclic Arene Synthesis
3. 学会等名 Tateshina Conference on Organic Chemistry 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keigo Yamada, Wataru Matsuoka, Maciej Krzeszewski, Hideto Ito, and Kenichiro Itami
2. 発表標題 Synthesis of Various Polycyclic Aromatic Hydrocarbons by Annulative -Extension Reactions
3. 学会等名 The 3rd IRCCS _ The 2nd Reaction Infography Joint International Symposium: "Reaction Imaging Meets Materials Science" (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Michihisa Toya, Hideto Ito, and Kenichiro Itami
2. 発表標題 Development of Helical Folding Poly(arylene diethynylene)s Toward Construction of Tubular Covalent Architectures
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Novel Aromatics (ISNA18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kou Kawahara, Wataru Matsuoka, Hideto Ito, Kenichiro Itami
2. 発表標題 Development of Aza-APEX Reaction Toward Efficient Synthesis of Nitrogen-Containing Polycyclic Aromatic Compound
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Novel Aromatics (ISNA18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chaolumen, Hideto Ito, and Kenichiro Itami
2. 発表標題 Synthesis and Properties of Azuleno-Fused Acenes
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Novel Aromatics (ISNA18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Maciej Krzeszewski, Takehisa Maekawa, Hideto Ito, Kenichiro Itami
2. 発表標題 Synthesis of Benzohelicenes through Annulative -Extension (APEX) Strategy
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Novel Aromatics (ISNA18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松岡 和, 伊藤 英人, David Sarlah, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 脱芳香族化を足がかりとした芳香族化合物の位置選択的縮環 拡張反応
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田 圭悟, 松岡 和, 伊藤 英人, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 含七員環多環芳香族化合物の効率的合成を指向した触媒反応開発
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田 圭悟, 松岡 和, 伊藤 英人, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 Development of novel synthetic methods for non-hexagonal nanocarbons
3. 学会等名 2019年度 GTR年次報告会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川原 巧, 松岡 和, 伊藤 英人, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 Development of Hetero-APEX Reactions Affording Heteroatom-containing Polyaromatics in One-Step -Extension
3. 学会等名 2019年度 GTR年次報告会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川原 巧, 松岡 和, 伊藤 英人, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 Aza-APEX反応による含窒素多環芳香族化合物の合成
3. 学会等名 Exciting Organic Chemistry with Light _ GTR/ITbM Chemistry Workshop 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田 圭悟, 松岡 和, 伊藤 英人, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 含七員環芳香族化合物の自在合成法の開発
3. 学会等名 Exciting Organic Chemistry with Light _ GTR/ITbM Chemistry Workshop 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田 圭悟, 松岡 和, Maciej Krzeszewski, 伊藤 英人, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 Synthesis of Various Polycyclic Aromatic Hydrocarbons by Annulative -Extension Reactions
3. 学会等名 統合物質第5回国内シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川原 巧, 松岡 和, 伊藤 英人, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 Aza-APEX反応による含窒素多環芳香族化合物の合成
3. 学会等名 第36回有機合成化学セミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松岡 和, 伊藤 英人, David Sarlah, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 Transition metal-catalyzed regioselective APEX reactions for polycyclic arene synthesis
3. 学会等名 ITbMサイトビジット
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川原 巧, 松岡 和, 伊藤 英人, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 Development of Aza-APEX Reaction Toward Efficient Synthesis of Nitrogen-Containing Polycyclic Aromatic Compounds
3. 学会等名 ITbM-GTR Pre-ISNA Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松岡 和, 伊藤 英人, David Sarlah, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 Transition Metal-Catalyzed Regioselective APEX Reactions for Polycyclic Arene Synthesis
3. 学会等名 ITbM-GTR Pre-ISNA Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Maciej Krzeszewski, 前川 健久, 伊藤 英人, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 Synthesis of Benzohelicenes through Annulative α -Extension (APEX) Strategy
3. 学会等名 ITbM-GTR Pre-ISNA Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chaolumen, 伊藤 英人, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 Synthesis and Properties of Azuleno-Fused Acenes
3. 学会等名 ITbM-GTR Pre-ISNA Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 戸谷 充寿, 伊藤 英人, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 Development of Helical Folding Poly(arylene diethynylene)s Toward Construction of Tubular Covalent Architectures
3. 学会等名 ITbM-GTR Pre-ISNA Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川原 巧, 松岡 和, 伊藤 英人, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 未官能基化芳香族化合物の含窒素縮環 拡張による含窒素多環芳香族化合物の合成
3. 学会等名 2019年度 GTRリトリート合宿
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川原 巧, 松岡 和, 伊藤 英人, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 Synthesis of Nitrogen-Containing Polyaromatics by Aza-Annulative -Extension of Unfunctionalized Aromatics
3. 学会等名 ITbMコンソーシアム第3回ワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤英人
2. 発表標題 新規ボトムアップ合成法が拓く縮環 共役分子群の精密合成
3. 学会等名 第1回ハイブリット触媒若手道場 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤 英人
2. 発表標題 ナノグラフェン・グラフェンナノリボン・有機ナノチューブの精密ボトムアップ合成
3. 学会等名 平成30年第1回有機金属若手研究者の会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤英人
2. 発表標題 ナノグラフェン・グラフェンナノリボン・ナノチューブの精密合成
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会(2019) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤英人
2. 発表標題 新規ボトムアップ合成法が拓く縮環 共役分子群の精密合成
3. 学会等名 第3回 東工大応用化学系 次世代を担う若手シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川原 巧・松岡 和・伊藤 英人・伊丹 健一郎
2. 発表標題 含窒素多環芳香族化合物の新規一段階構築反応の開発
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川原 巧・松岡 和・伊藤 英人・伊丹 健一郎
2. 発表標題 含窒素多環芳香族化合物の新規一段階構築反応の開発
3. 学会等名 第49回 中部化学関係学協会支部連合秋季大会 (名古屋)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松岡和・北野浩之・伊藤英人・伊丹健一郎
2. 発表標題 パラジウム触媒とジヨードピアリアルによる芳香族化合物の縮環 拡張 (APEX) 反応
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 (2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川原 巧・松岡 和・伊藤 英人・伊丹 健一郎
2. 発表標題 含窒素ナノグラフェンの効率的合成を志向したAza-APEX反応の開発
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 (2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 戸谷充寿・前田果歩・伊藤英人・伊丹健一郎
2. 発表標題 Evaluation of Covalent Organic Nanotubes Synthesized by Light-Induced Cross-Linking of Helical Foldamers
3. 学会等名 Japanese-European EnEx Workshops (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 松岡和、伊藤英人、伊丹健一郎	4. 発行年 2019年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 212
3. 書名 直接的芳香族カップリング反応の設計と応用 (三浦雅博、平野康次 監修) 第12章 直接カップリングによる多環芳香族化合物の合成	

〔産業財産権〕

〔その他〕

名古屋大学大学院理学研究科伊丹健一郎研究室
<http://synth.chem.nagoya-u.ac.jp/wordpress/staff/itohideto>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
米国	University of Illinois Urbana-Champaign		