

戦略的創造研究推進事業
ナノテクノロジー分野別バーチャルラボ

研究領域「**環境保全のためのナノ構造制御触媒
および新材料の創成**」

研究課題「**精密自在制御型ナノ触媒の創製**」

研究終了報告書

研究期間 平成 15年 10月 ～ 平成 20年 3月

研究代表者：山 元 公 寿

(慶應義塾大学 理工学部・教授)

1 研究実施の概要

本報告書は(独)科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業(CREST)によって、平成15年10月-19年9月までの4年間にわたって得られた研究成果をまとめた報告である。

金属タンパク質に代表される有機-金属複合材料は金属と有機物とで無限の組み合わせがあり、金属の特性と自在な設計が可能な有機骨格の特長を活かして多重機能の発現が期待されている。

代表者は代表的な有機-金属複合材料であるいわゆる高分子錯体[図1(a)]の合成と機能について一貫して研究を推進、幾何学的に枝の数が密度勾配をもつ樹状構造体[dendri-mer: 図1(b)]には分子内ポテンシャル勾配が存在すると予想し、金属集積部位としてアゾメチン(イミン)を有する従来とは全く異なるタイプの樹状の π 共役高分子に着目した。金属イオンは統計的にランダムに配位するとする従来の常識を覆し、分子の内側から外側に向けて放射状にしかも段階的に金属イオンが規則正しく集積される現象(多段階放射状錯形成)を世界で初めて発見 [Nature, 415, 509 (2002)]した。

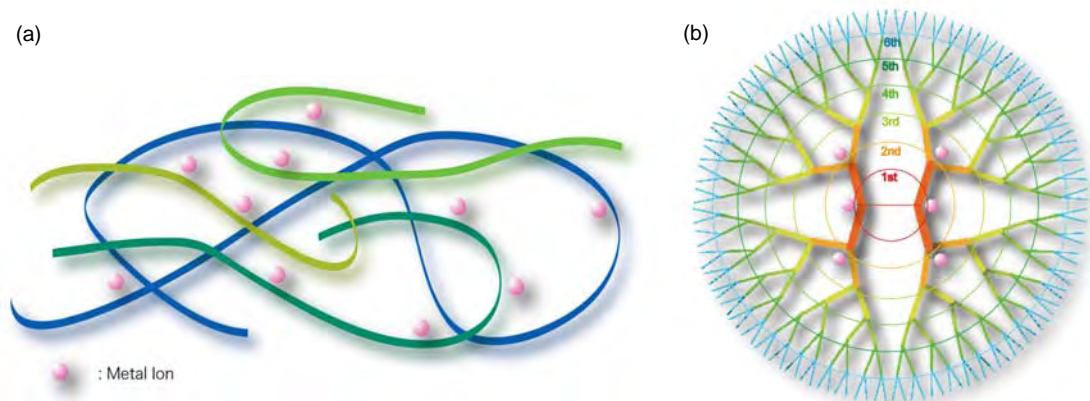


図1 (a)従来型の高分子錯体 (b)樹状高分子(dendri-mer)による精密金属集積高分子錯体(内側からの分岐点を世代と呼び円周であらわしている)

本研究では代表者らが見出した新現象「多段階放射状錯形成」と独自の物質「フェニルアゾメチン樹状高分子」を基盤として、精密な金属集積法の確立と、環境ナノ材料としてクリーンエネルギーや環境触媒への実用性の実証が狙いである。

代表者は本プロジェクトで20種類以上の樹状高分子誘導体を系統的に合成、金属イオンの集積順と集積数の制御および4種類のヘテロ金属集積を実現し、**金属の数、位置、種類**を決めて精密にしかも自在に飾り付けできる従来に無い新物質「**精密金属集積高分子錯体**」の創製に成功している。代表者は独自の精密金属集積法を駆使し、従来法ではなし得ない優れた新機能・物質の創製を達成している。更に、代表者らは単に物質化学の追及のみに留まらず、触媒、太陽電池、燃料電池などへいち早く応用し、機能材料としての実用性を実証している。

特筆すべきは主な具体的成果として、

- (1) 世界最小の量子サイズ酸化チタン粒子、サブナノ白金粒子の合成に成功
- (2) ポテンシャル勾配を利用した最長寿命の常温電荷分離の達成
- (3) アゾメチン樹状高分子を高濃縮塩基ナノカプセルとして利用した反応開発
- (4) 新しい金属微粒子保護剤 など従来までに無い物質・機能を見出した。

代表者は更に強力に押し進め、(1)超微量白金燃料電池触媒 (2)高エネルギー変換効率の有機太陽電池 (3)低環境負荷エンプラ合成 (4)オレフィン水素化、ニトロベンゼン還元の高効率触媒 などへ展開し、新しい機能ナノ材料としての実用性を実証した。

これらの成果は幅広い有機/無機複合の分野に役に立つ環境ナノ触媒材料としてインパクトを与えただけに留まらず、金属錯体化学、クラスター科学、触媒化学、高分子材料化学の分野に波及する物質と方法論で、新概念に基づく物質化学を拓くものと期待している。

2 研究構想及び実施体制

(1) 研究構想

研究計画書記載の当初の目標（【】内）を以下にそのまま記載する。

【本研究は、申請者が世界にさきがけ開発した新型金属精密集積超分子を追求し、金属の数を精密かつ自在に制御した触媒、いわゆる精密自在集積型ナノ触媒を創製する。この申請者独自の材料を鍵として、単分散クラスターや連続多電子移動など新概念の創出を目指す。さらに、「二酸化炭素還元触媒」、次世代軽量燃料電池に組み込む「酸素還元触媒」など国際的にも緊急課題として注目されている対象に突破口を開き環境・エネルギー科学への波及を実証したい。

近年のナノテクノロジーや精密合成の進歩に伴って、次世代の環境触媒を目指したナノ材料は界面や有機構造体の中に多種金属を場所と個数を厳密に配置することが強く望まれているが、いまだ実現されていない。金属の数を精密に決めた自在な制御法が鍵とされているが、まさに、申請者独自の超分子錯体を用いる方法はこの要望に見合う新しい方法論と成りえる。

全く新しい精密自在制御型ナノ触媒の創出を目指して、本申請では(1)精密自在金属集積法の確立、(2)金属クラスターの創製 (3)多電子移動触媒への展開 に焦点を絞って早急に短期間で推進する。】

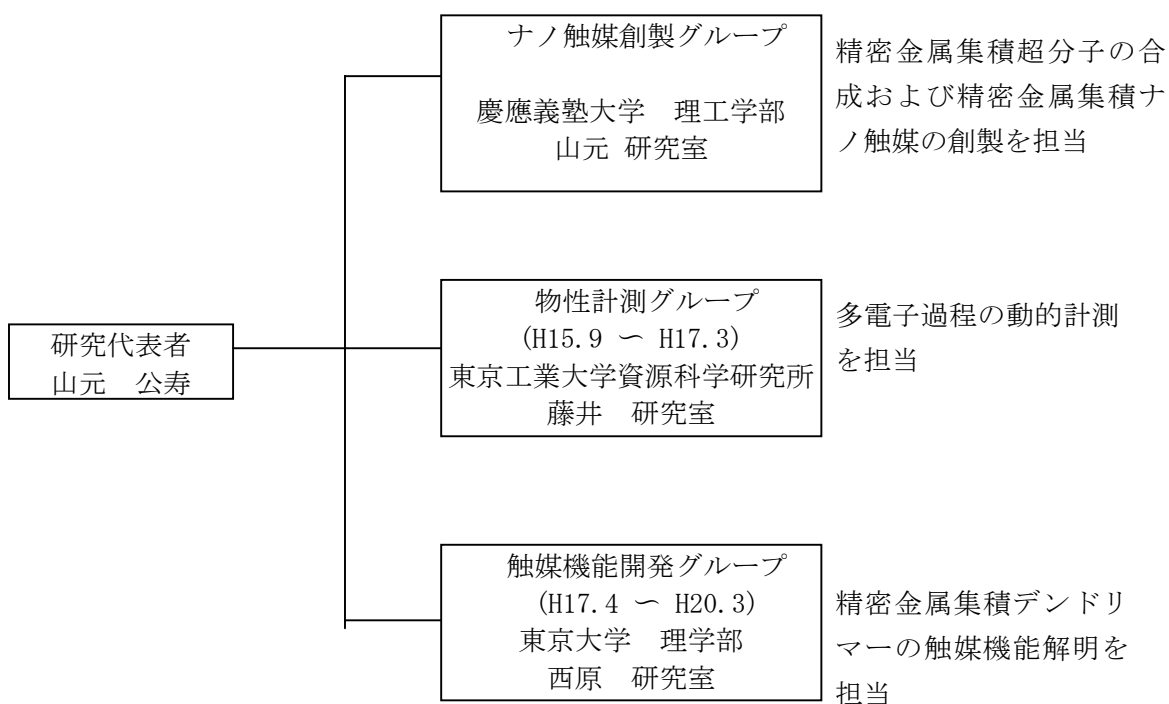
研究の進展に伴いを新たに次の項目も目標に設定した。(4)クリーンエネルギー変換にむけた長寿命電荷分離 (5)塩基ナノカプセルによる空気酸化重合触媒の開発 (6)堅い樹状高分子に内包された金属微粒子触媒の開発

ナノ触媒創製グループ（慶大 山元グループ） 分担：項目(1)～(5) H15.10 - H19.9

物性計測グループ（東工大 藤井グループ） 分担：項目(4) H15.10 - H17.3

触媒機能開発グループ（東大 西原グループ） 分担：項目(6) H17.4 - H20.3

(2) 実施体制



3 研究実施内容及び成果

3.1 ナノ触媒創製(慶應義塾大学 山元グループ)

(1) 研究実施内容及び成果

(1-1) 精密自在金属集積法の確立

アゾメチン樹状高分子の合成は C=N 結合形成を何度も繰り返すため、高効率イミン生成反応が要求される。本研究では、はじめに我々は素反応の開発から始め、四塩化チタンを用いる芳香族アミンと芳香族カルボニルからイミン生成させる反応を追及、より大きな世代、第5世代の大型樹状高分子の新合成法の確立を目的として、新しい高効率合成法の確立を目指した。

従来までは原料のアミノベンゾフェノン自身の高分子化による副反応を抑制するため、過剰のベンゾフェノンが必要としていた。ベンゾフェノンの前駆体であるベンゾプロパンを用いて dendron を合成後、酸化によりベンゾフェノン dendron を得る方法を開発した(図2)。新合成法により従来法に比べ約20倍近く効率が上昇し、G5の大型樹状高分子の合成が可能になった。

これを基盤としてフェニルアゾメチン樹状高分子(DPA)の高収率量合成法を確立、コアおよび末端の骨格を様々な機能分子へ拡張し、我々はここ4年間で20種類以上の数多くの樹状高分子誘導体(図3)を合成した。

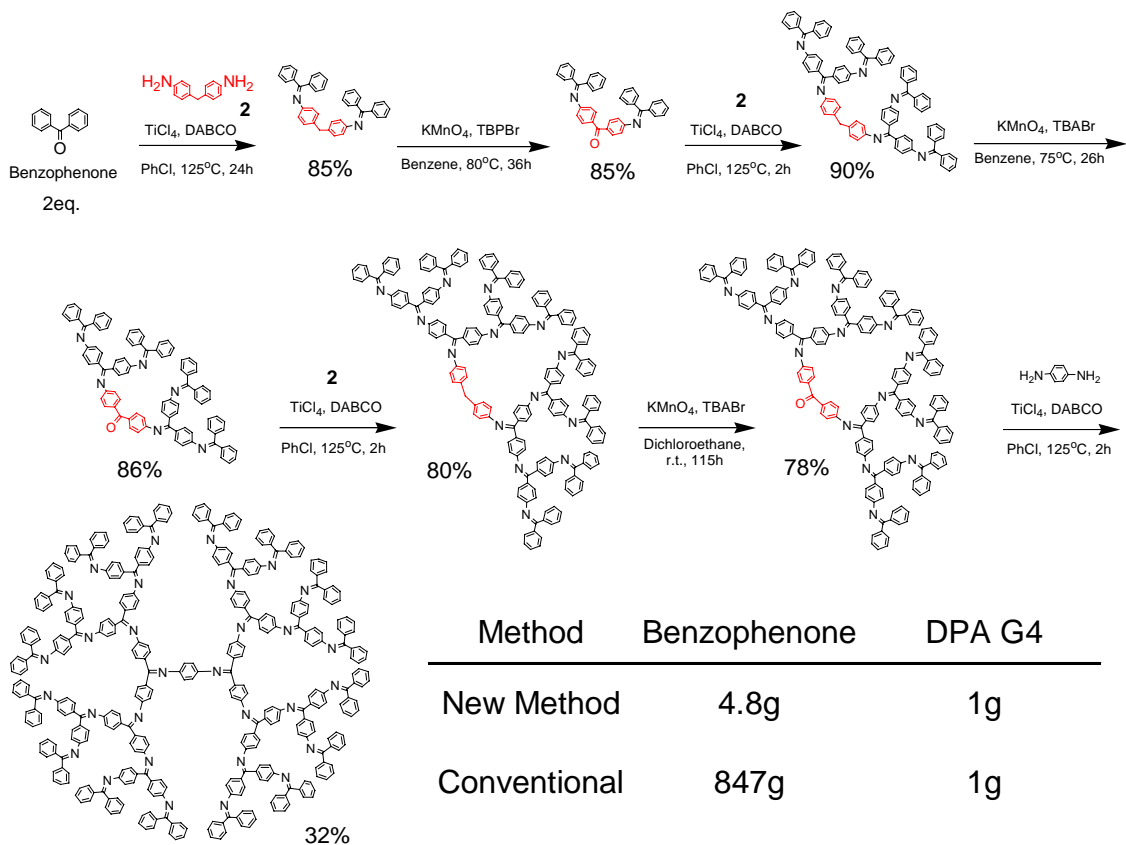


図2 コンバージェント法によるプレカサーを経由したフェニルアゾメチン樹状高分子の新合成

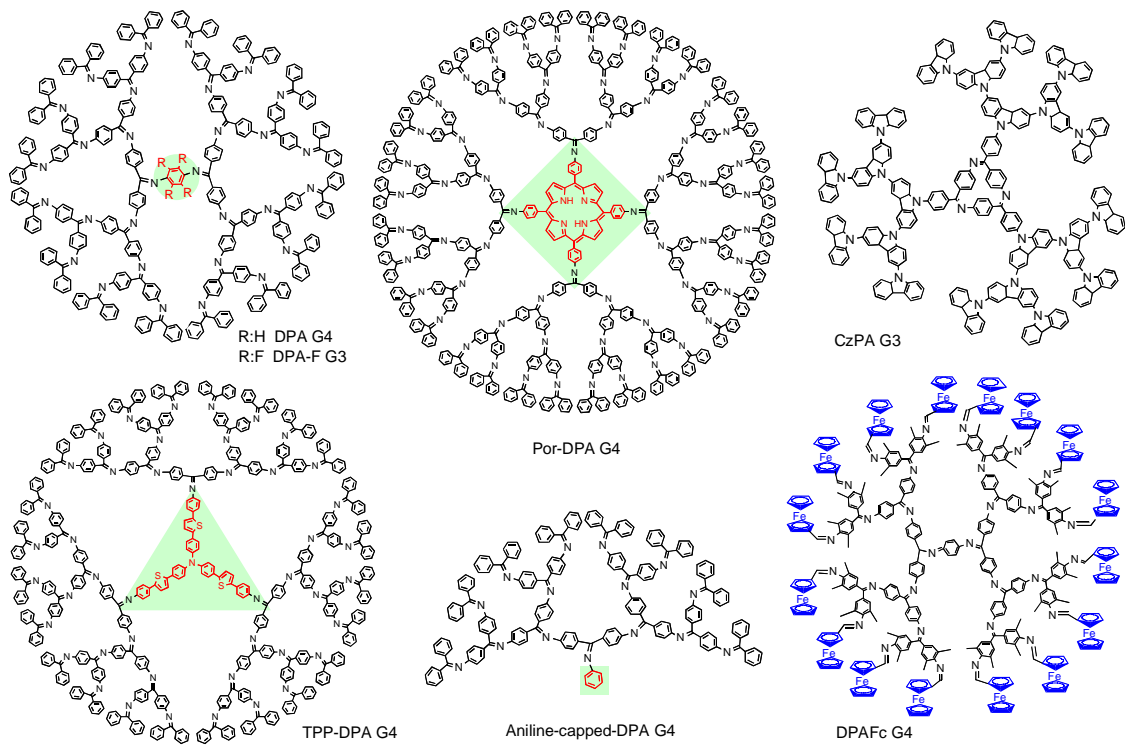


図3 代表的なフェニルアゾメチン樹状高分子誘導体：Gは世代を表し、これまでにG1-G5 (1-5世代)までの樹状高分子を合成している。

2) フェニルアゾメチン樹状高分子への精密金属集積

第4世代のフェニルアゾメチン樹状高分子(DPAG4: 図3)はイミン部位を一分子内部に全部で30個有している。金属イオンは統計的にランダムに配位するとの従来常識を覆し、分子の内側から外側に向けて放射状にしかも段階的に金属イオンが規則正しく集積される事を発見している。この特異な錯形成挙動はコアに近い世代での錯形成が終わらないと、それより外側の世代での錯形成が始まらない。この新現象を多段階放射状錯形成(図4)と名付けている。

我々は各世代のフェニルアゾメチン樹状高分子の金属配位挙動を、各種物理化学計測を駆使し詳細に解析した。一連のフェニルアゾメチン骨格を持つ様々な樹状構造体においても普遍的な現象である事を実証している。特異な放射状多段階錯形成挙動はフェニルアゾメチンデンドロン骨格の様々な球状樹状高分子においても同様に見られる(図4)。例えば、TPP-DPA G4では3→6→12→24当量、Por-DPA G4では4→8→16→32当量、Aniline-capped DPA G4では1→2→4→8当量の金属イオン添加に対応して4段階の等吸収点のシフトが生じた。いずれの球状樹状高分子においても、各段階での塩化スズの当量数と球状樹状高分子の各層のイミンの数とが一致することから、錯形成は、内側の世代より段階的に金属が集積されている。これらの特異な錯形成挙動は、金属の位置と数を決めて集積できることを意味するものである。

集積金属原子数は樹状高分子の枝の部分(デンドロン)の数と集積順により決まる。我々は1から4置換のフェニルアゾメチン樹状高分子誘導体を用いて金属数の精密制御に成功した(図4)。金属原子数は各世代の配位サイトの数により決定されるため、特異数いわゆるマジックナンバーが

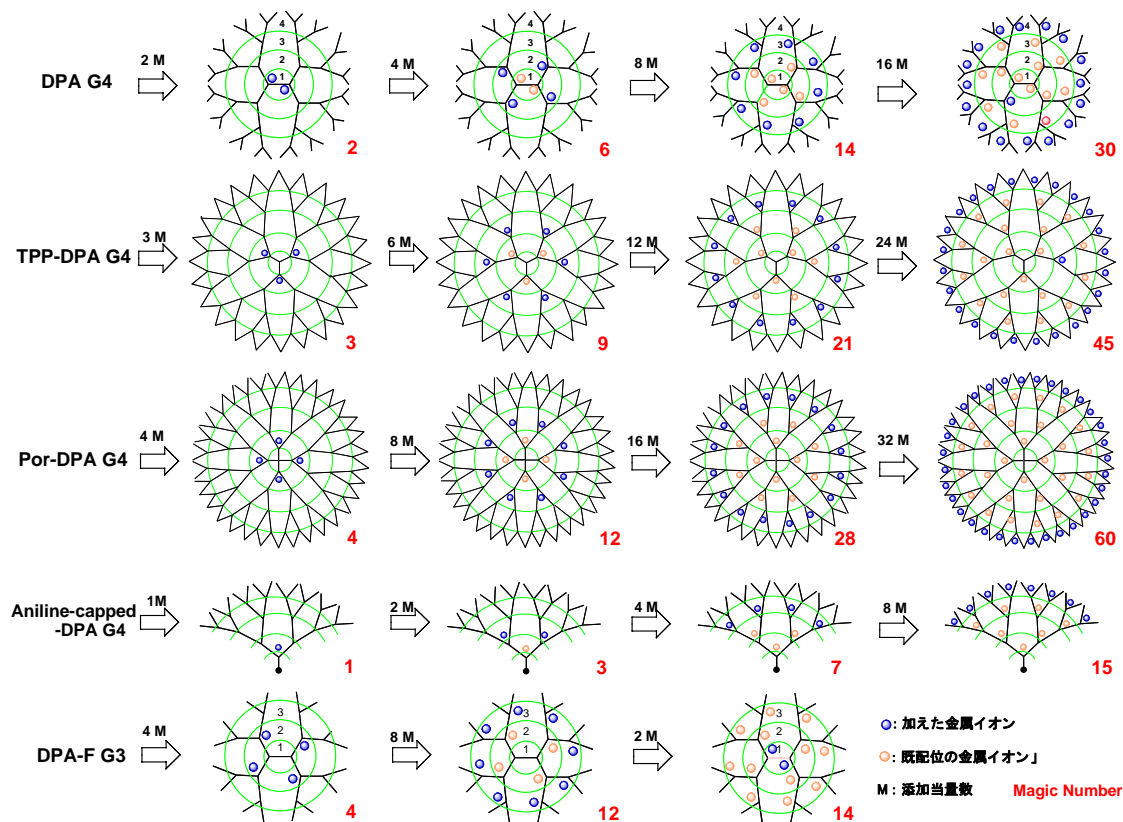


図4 樹状高分子への多段階放射状錯形成による精密金属集積(赤字はマジックナンバー)。内側の世代より段階的に金属が集積される。

存在する。これまでに金属集積法を駆使し、1,2,3,4,6,7,9,12,14,15,21,24,28,30,45,56,60,62,124 のマジックナンバーを確定、従来の気相法と液相法では制御が困難であった金属原子数(10~50)を得られた事は極めて重要である。

段階的な放射状錯形成は、球状樹状高分子内のイミン窒素の塩基性度が各層で大幅に異なるために生じると考えられる。電子勾配を定量的に評価するため、等吸収点シフトと滴定曲線をシミュレーションし、トリフルオロ酢酸と各層のイミンとの錯形成定数を決定した。窒素数の多い DPAG4 では正確な解析が困難なため、アニリンでキャップしたフェニルアゾメチンデンドロン(Aniline-capped-DPA G1-G4)を用いた。第1層のイミンとプロトンとの会合定数(K)が $1.5 \times 10^7 \text{ M}^{-1}$ と飛躍的に高く、外側の世代へむけて塩基性度が1桁ずつ低下する電子勾配をもつことが明らかになった(図5)。この階段状の塩基性度の勾配が、放射状段階的錯形成を引き起こしている。

球状樹状高分子の電子勾配を外側が最も高い電子密度を持つように自在に制御できれば、内側に向けて勾配を大きくして外側で捕集した電子や光を効率的に内側に集積することが可能となる。

我々はさらにこの原理を発展させ、電子勾配の制御に取り組んだ。段階的錯形成における世代の順番は、各世代のイミンの塩基性度によって決まると考えられる。すなわち、フェニルアゾメチン樹状高分子内において、塩基性度の勾配を変化させることが「電子勾配」の制御につながる。中心核に電子吸引性の基を導入するとイミン窒素原子上の電子密度が世代で逆転し錯形成のパターンを変化させることに成功した。電子を吸引するフッ素をフェニルアゾメチン樹状高分子の内側に導入した 4F-G3 フェニルアゾメチン樹状高分子を合成した。等吸収点は3段階で変化するが、それぞれの等吸収点を示す塩化ズズの添加量は無置換のG3のフェニルアゾメチン樹状高分子の場合と異なり、4、8、2当量であった。金属はまずはじめに第2層の4つのイミンと錯形成し、つぎに第3層の8個のイミンと錯形成した後に、最後に第1層のイミンと錯形成することを示している(図4)。従って、電子吸引基を導入することで集積順を変えて、球状樹状高分子への金属の飾り付けにバリエーションを持たせることができた。

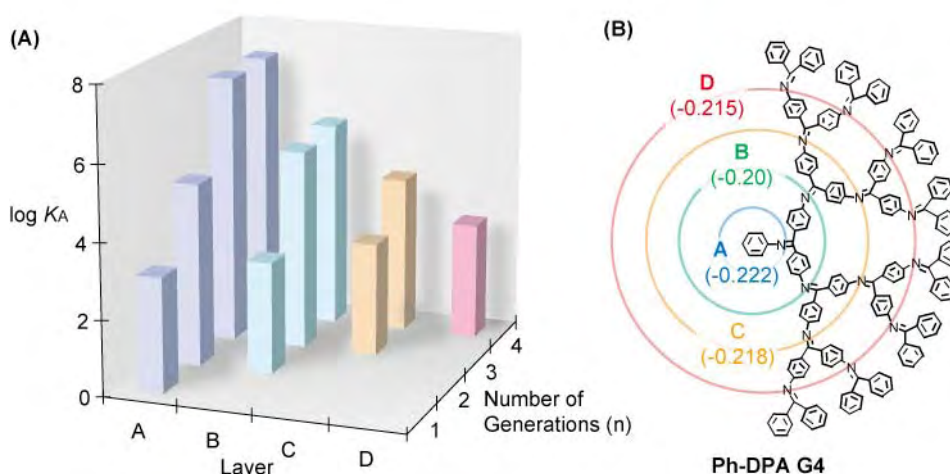


図5 フェニルアゾメチン樹状高分子 G1-G4 の各層の錯形成定数 (A) G4 樹状高分子の電荷密度 (B)

一方、フェニルアゾメチン樹状高分子 G4 はスズ以外にもイミンに配位する金属であれば、例えば、 AuCl_3 , FeCl_3 , VCl_3 , GaCl_3 , $\text{Ti}(\text{acac})_2\text{Cl}$, 希土類イオン ($\text{Eu}(\text{OTf})_3$, $\text{La}(\text{OTf})_3$) などを精密集積可能である。現在までに 20 種類近くの金属イオンの集積を確認した。さらに、金属の錯形成定数を指標 (錯形成定数: $\text{FeCl}_3 > \text{AuCl}_3 > \text{SnCl}_2$) に樹状高分子内の 1 から 4 層ごとに異なる金属 (鉄、バナジウム、金、スズなど) がそれぞれ配列した高分子錯体すなわち、第 1 層に 2 個の塩化鉄、第 2 層に 4 個の塩化ガリウム、第 3 層に 8 個の塩化金、第 4 層に 16 個の塩化スズを層毎に個数を決めて精密に集積した系など、種々の異種金属のヘテロ金属集積も実現している (図 6)。置換基や金属イオンを選択することによりこのプロセスを制御できることから、金属を球状樹状高分子の構造内に自在に飾り付けができることになり、他に類例がない金属ハイブリッド材料を実現できると考えられる。

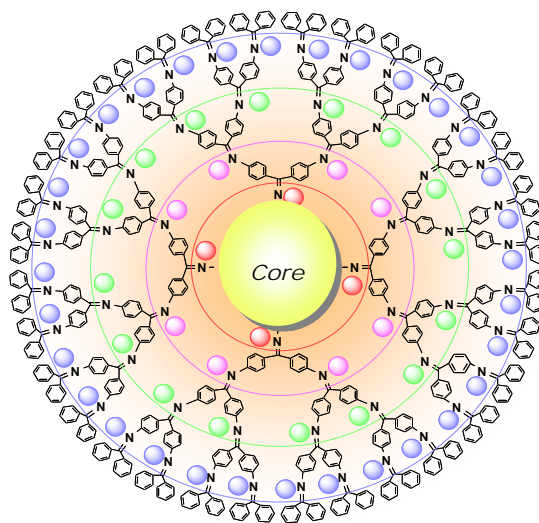


図 6 樹状高分子への異種金属精密階層構造をもつヘテロ金属集積

3) 金属集積-放出の制御

生体内にはタンパク質により形成された小さいナノ空間に鉄を貯蔵するフェリチンが存在する。フェリチンは我々の必須元素である鉄イオンが過剰に存在する際に取り込み貯蔵し、不足すると放出する働きを持つ。この鉄貯蔵運搬機能は酸化還元によって制御している。我々はフェニルアゾメチン樹状高分子に着目し、3nm の微小なカプセルと見立て、金属を内包させる機能を再現できた。金属集積部位(イミンサイト)を 30 個持つ第 4 世代の樹状高分子へ、鉄イオンは放射状段階的錯形成を経て、内側から 2, 6, 14, 30 個の鉄が精密に充填される。樹状高分子に鉄イオン 30 個を内包させた状態で、鉄の 2/3 価のレドックス電位 $-0.1\text{V}(\text{vs } \text{Ag}/\text{Ag}^+)$ 以下の電位を印加すると完全に鉄イオンが 2 価へ還元される。鉄の 3 価から 2 価への価数減少は 8 桁もの錯形成定数の低下を招き鉄イオンが放出されるが、再度、3 価へ酸化すると鉄イオンが集積される。電位の切り替えによる鉄イオンの

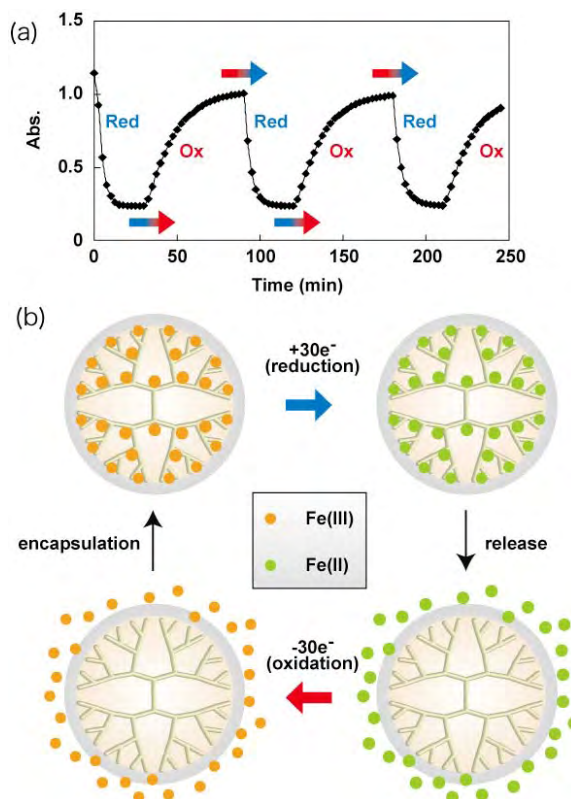


図 7 樹状高分子錯体を用いたフェリチン類似の鉄イオンの放出・貯蔵の精密制御 (a) レドックススイッチングによる可視吸収変化 (b) 鉄イオンの可逆な放出・集積挙動

可逆で精密な内包／放出はフェリチン類似の機能を再現したものである。金属として鉄イオンを選び、フェリチンに比べ 50 倍近く小さいカプセルで内包／放出を精密に制御することに成功した(図7)。

球状樹状高分子という樹状の骨格を持つ特殊な高分子に金属錯形成部位を組み込み、金属貯蔵カプセルとして働くことを示した。放射状段階的錯形成性を利用して金属の位置と個数を精密に制御できることが特徴である。金属の酸化還元によって錯形成定数を変化させ、金属の内包と放出を精密に制御できることが明らかとなった。今後は金属数を任意に決めた高性能のドラッグデリバリーシステムへ球状樹状高分子の内包／放出が利用されると考えられる。

(2)精密金属クラスターの創製

金属ナノ粒子は量子サイズ効果により、バルクと異なる特異触媒機能や発光特性を発現することが期待されており、新規機能材料として注目を集めている。ナノ粒子の物性はサイズに大きく影響されるため、サイズの制御が重要な課題となっており、近年様々な手法が開発されている。金属クラスターは液相系では凝集のためにサブナノサイズの粒子を得る事が困難であり、一方、気相法では 1nm 以上大きなサイズの粒子を量的に得る事ができない。従って、従来法では 1nm 前後のサブナノ領域の金属原子数を精密に制御することが困難であった。

1) 量子サイズサブナノ酸化チタンクラスターの創製

我々は凝集のため報告例のない酸化チタン粒子のサブナノサイズの制御に挑戦した。樹状高分子を鋳型として、14 個のチタン錯体を集積、基盤上で加水分解する手法で、1nm の世界最小の酸化チタン粒子の合成に成功した(図8)。本手法を駆使し、6,14,30 個のチタンを集積、それぞれ 0.7 ± 0.1 , 0.9 ± 0.2 , 1.2 ± 0.2 nm の酸化チタン粒子サイズを制御している。興味ある事に、サイズの減少とともにバンドギャップが 3.0eV から 3.6eV へ広がり、酸化チタンクラスターで初めて量子サイズ効果が確認され、半導体クラスターの量子化学へ大きなインパクトを与えている。

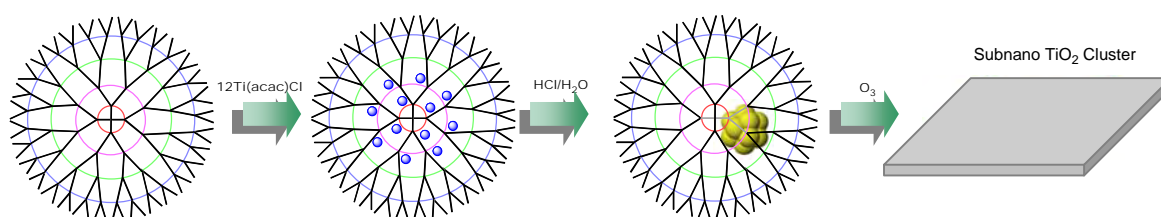


図8 樹状高分子を鋳型とするサブナノ酸化チタンクラスターの

2)サブナノ白金クラスターの創製

我々は酸化チタンから金属種を拡張、現在最も緊急性の高い燃料電池触媒の白金クラスターに展開した。これまで、適当な精密クラスター合成法が無いため、粒径と分布の制御が出来ず 2nm 以下の白金クラスターの機能は未解明であった。現在、燃料電池には白金触媒は 3-5nm のものが使用されている。我々の精密金属集積はまさに、この問題を打破できる唯一の方法論である。鋳型となりサブナノクラスターを安定に保持できるシェル効果の高い樹状高分子を設計、これを用いて 0.86nm の 12 個の白金クラスターの生成に成功している(図9)。4,12,28,60 個の白金原子を精密に

制御したクラスターを調整、金属数と酸素還元触媒能の相関を初めて明らかにしている。驚くべき事に同じ重さで比較すると12個の白金クラスターが最も高い酸素還元能を示した。この結果は、1000個以上の白金原子を要した従来触媒に比べ、遥かに少ない原子数で酸素還元機能が発現する事を意味しており、燃料電池や触媒分野へのインパクトは計り知れない。

3) 白金クラスター内包炭素の創製

フェニルアゾメチン樹状高分子は高度に共役した構造のために、剛直な球状構造をとり、高い耐熱性を持つことを明らかにした。特に、1000℃でグラファイト化できる興味ある特徴を持つ樹状高分子である。

この特性を活かし、フェニルアゾメチン樹状高分子を鋳型として用いて金属塩を集積し、熱分解することで一段階のグラファイト包型金属クラスターの合成(図10)を実施した。樹状高分子に集積させる金属

として、燃料電池触媒などとしての応用が期待できる白金を選択した。樹状高分子白金錯体を窒素下で熱分解することにより得た黒色の粉末は、球状で粒径の揃った微粒子であることを確認、ゼロ価の白金クラスターを含有する事を明らかにした。グラファイト包型金属クラスターは単に電極に被覆するだけで、酸素4電子還元触媒として働く事を電気化学的に確認できた。簡便で新しい燃料電池の酸素極触媒を提供できる方法となり得る。

(3) 多電子移動触媒への展開

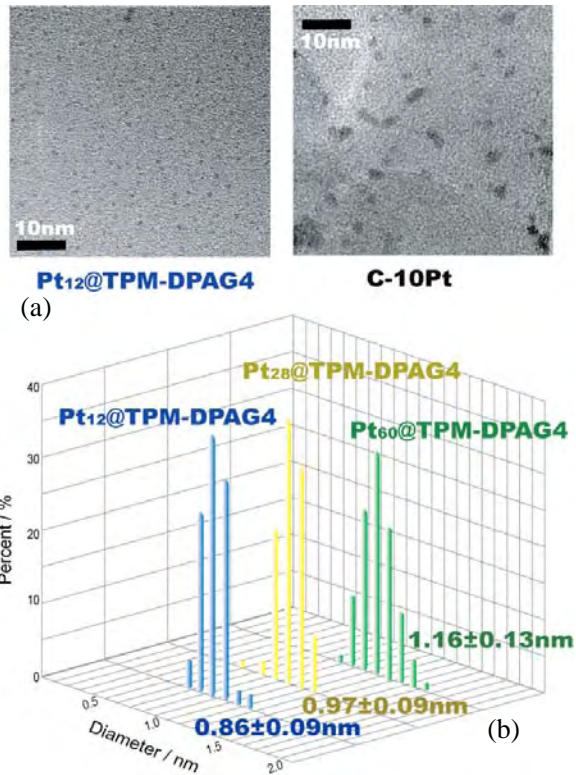


図9 樹状高分子を鋳型とする精密白金クラスター(a)TEM写真(C-10Pt:市販)(b)粒径分布

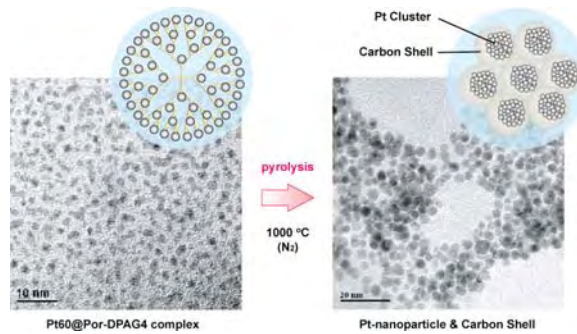


図10 焼成による白金クラスター担持炭素の一段階合成

ポルフィリン錯体は生体内の巧妙な反応を司る分子変換触媒として良く知られる。コバルトポルフィリンは二酸化炭素分子に対して、理論上 1 価錯体でも十分な熱力学的還元力を有している。しかし通常は非常に強力な還元剤もしくは大きな負の過電圧を印加して 0 価錯体まで還元しなければ十分な触媒活性を示さないことが分かっている。これは (a)単核

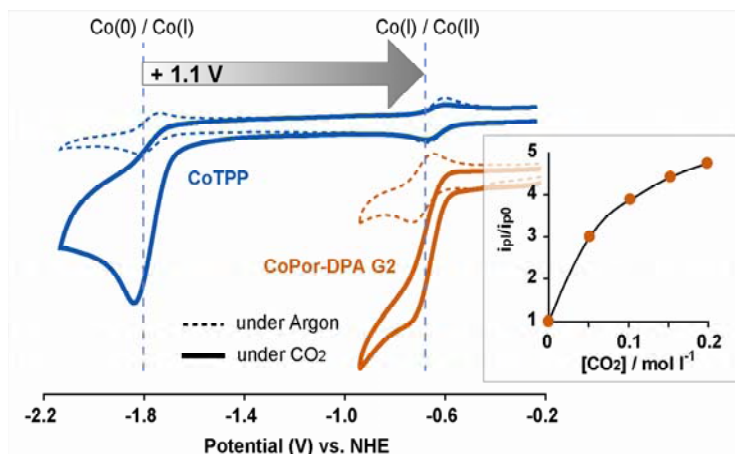


図 11 コバルトポルフィリン錯体および金属(Tb^{3+})集積型樹状高分子による CO_2 触媒還元のカイクリックボルタモグラム (挿入図) 触媒電流値の濃度依存性

の錯体を介しては一度に 1 電子しか基質へ電子供給できない、(b)1 価のコバルトポルフィリン錯体では求核性が十分でなく CO_2 分子を十分安定に触媒内に固定できない、の二点が問題となっているからである。本研究ではこの二点を精密金属集積型高分子錯体によって解決し、通常では得られない触媒活性の発現を目指した。精密金属集積型とすることで、活性中心に対する金属イオンの集積状態を緻密に制御することができ、これに基づいて金属イオンを介した活性点に対する迅速な多電子注入が可能になると期待される。また取り込んだ基質分子に対して直接配位することによる活性化も期待される。

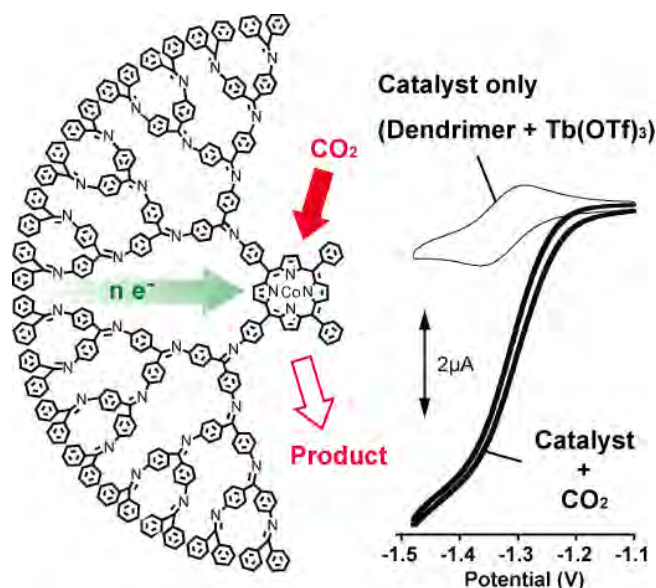


図 12 Open-Shell タイプ樹状高分子 (*cis*-2(DPAG4)-CoP) を用いた CO_2 触媒のカイクリックボルタモグラム

実際に本高分子錯体を用いて CO_2 分子に対する触媒還元活性の評価を実施したところ、明確な性能向上を確認することができた。カイクリックボルタモグラム上で、還元触媒サイクルを意味する不可逆な還元電流値の増加がコバルト 1 価錯体生成に対応する酸化還元電位において観測された。これは一般的なコバルトポルフィリンをはじめとする単核錯体が活性を示す 0 価錯体生成に比べて 1.1 V も高い電位であり、金属集積が大幅な過電圧の低下に寄与することが実証された(図 11)。テルビウムイオンを集積させた球状樹状高分子を電極触媒として用いると、従来のポルフィリンより 1V も高い電位(過電圧が 1V 減少)において二酸化炭素の還元反応が進行することを見出した。樹状高分子の世代数、置換数を変更することにより触媒性能の違いを検証したところ、**cis-2(DPAG4)-CoP** のような配位部位を多く持ち、かつコア(活性中心)に対してのアクセシビリティ

イが保たれた分子で高い活性が得られた事から、高い金属集積能力、基質分子の取り込み能の2点が発鍵となっていることが示された(図12)。

(4) 新しい展開

1) クリーンエネルギー変換にむけた長寿命電荷分離

光合成の反応中心では階段状に並んだレドックスポテンシャルが構成されて、光電子移動による数秒の寿命の電荷分離に大きな役割を果たしている。長寿命の電荷分離を実現する数多くの分子が設計・合成されており、現在、常温均一系でおよそ 300 μ s の電荷分離寿命が報告されている。我々は擬似的な光合成系を構築する全く新しいアプローチとして、電子勾配を有しコアに光反応中心となる亜鉛ポルフィリンを導入したフェニルアゾメチン樹状高分子に注目した(図3: Por-DPAG4)。この高分子は従来の系と同様にコア寄りの第一世代イミン窒素から順番に外側の層に向かって、放射状の電子勾配が存在している。球状樹状高分子内に孤立したコアの電子は光励起とともに電子勾配にしたがい dendron の π^* 軌道を経由し外部へと運ばれ、電子アクセプターからの電荷再結合は大きなシェル効果に伴い抑制されることが期待される(図13)。

独創的なアイデアを実証するため、いち早くコアに光反応中心となる亜鉛ポルフィリンを導入したフェニルアゾメチン樹状高分子合成、レーザーフラッシュホトリシスによる過渡吸収スペクトルを詳細に解析、電子放出反応の量子収率、再結合反応の速度を計測し常温での電荷分離過程を解明している。驚くべき事に、従来の常温均一系の最高値(300 μ s, Fukuzumi et. al)を10倍以上上回る最長の数ミリ秒の最長寿命の電荷分離に成功した。藤井グループとの共同により、電子過程の過渡的な活性種のカチオンも検出できた。一般的には電荷分離(外部へ電子が放出される)の効率は距離が増加するほど指数関数的に低下する。しかしながら、常識に反して世代数が1から4へと大きなシェルになるほど電荷分離効率が增加、最も大きなシェルを持つ第4世代では1に近い。効率と長寿命の相反する機能を両立できた初めての物質系である。

この物質独自の放射状のポテンシャル勾配を経由して、コアから外側に向かって電子が放出さ

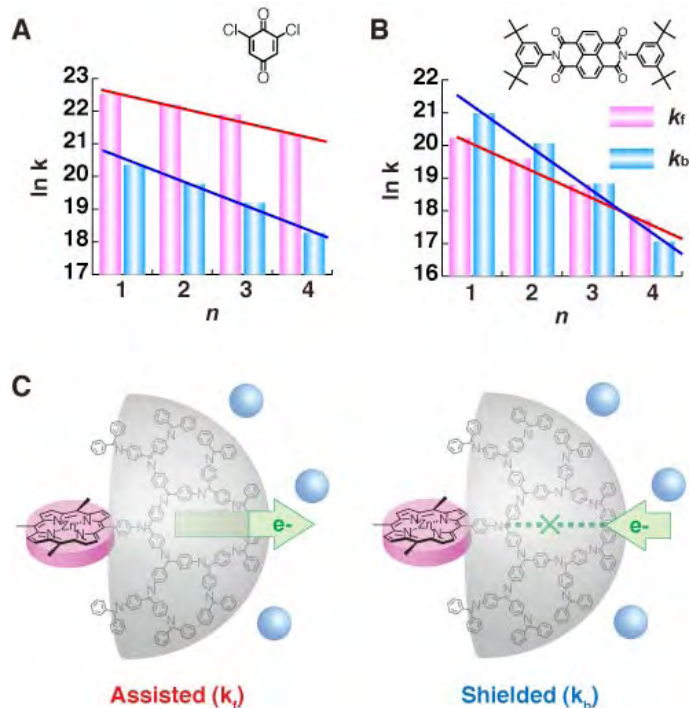


図13 樹状高分子の電子勾配を利用した高効率の長寿命電荷分離 (A、B) 各世代 dendron と電子アクセプターとの電子移動速度定数、(C) シェルを介した電子移動反応スキーム

れ、再結合反応は大きな樹状高分子シェルのために電子が戻れず抑制される(図11)。この分子は電子を放出しやすく(電子透過係数 $\beta = -0.08 \text{ \AA}^{-1}$)、電子を受け入れにくい($\beta = -0.21 \text{ \AA}^{-1}$)特異な機能を有する。

2) 高効率太陽電池を目指した新しいホール輸送材料

我々はこの樹状高分子のユニークな特性を太陽電池へ持ち込んでいる。近年、新しいクリーンエネルギーの開発の必要性から、低価格で高性能な太陽電池として可能性の高い色素増感太陽電池についての研究が盛んに行われている。しかし、理論的には1V近くの電圧が取り出せ、エネルギー変換効率は15%に達するとされているが、現状では10%程度に留まっている。これは酸化チタンに注入された電子が I_3^- や色素に戻る逆電子移動がエネルギー効率の低下を招いている事が原因である。これまで、色素や半導体の改良が精力的に行われているが、効率を10%から11%へたかだか1%増加させるのに10年を要している。

電子を放出しやすく遮蔽効果で再結合を抑制できる特性を逆電子移動抑制に利用す

る我々の独創的なアイデアに基づき、トリフェニルアミンフェニルアゾメチン樹状高分子(図3: TPP-DPA G1 - G5)を設計・合成し、色素上にコートして色素増感太陽電池を作製した(図14[a])。既存構成のセルに樹状高分子をキャストするだけの単純な操作で、開放電圧、エネルギー変換効率を向上させることに成功した。

世代の上昇に伴って125mV以上開放電圧は増加、さらに SnCl_2 と錯形成させることで電子移動が促進され、短絡電流が増加した。開放電圧と電流値の増加によりエネルギー変換効率を従来の30%以上の向上させる事に成功した(図14[b])。樹状高分子を利用した太陽電池の最初の例である。1%の効率向上に10年をかけている有機太陽電池の分野では、極めて画期的な物質として大変注目されている

3) 高濃縮塩基ナノカプセルを利用した触媒開発と低環境負荷エンブレ製造への展開

高濃度塩基性下で進行する有機合成反応の例は極めて多い。均一系では高塩基性度を得るため、有毒な強塩基性化合物の多量の添加を必要とする。我々は反応の生起するナノスケールの反応場のみを塩基性雰囲気中に保てば良いとの発想から、フェニルアゾメチン樹状高分子を高濃縮塩基ナノカプセルと見立て、その利用を考えた。4置換のフェニルアゾメチン樹状高分子は直径3nmの中に、30個の塩基サイトを有し、計算上、カプセル内は2.7Mの塩基性場に保たれている。

ポリフェニレンエーテル(PPO)は耐熱性と強度などを兼ね備えた優れたエンジニアリングプラスチック

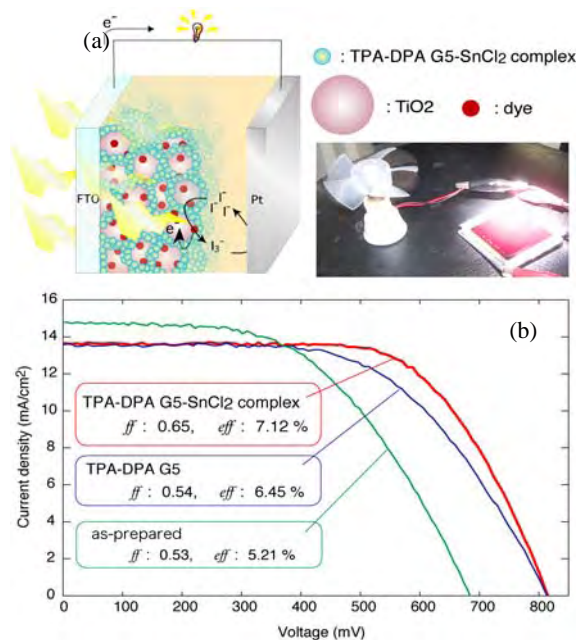


図 14 樹状高分子錯体を利用した色素増感太陽電池 (a) セル構成と写真 (b) I-V カーブと変換効率

ックとして、今なお生産量が増加している有用な樹脂である。PPO は空气中酸素を利用した常温常圧の酸化重合により製造されている。空気酸化重合は大気下、開放系で副生物が水である極めて安価で簡便で省エネクリーンな環境低負荷合成として注目されている。しかしながら、いまでも、多量の塩基の使用と再生不可能な触媒を大量に使っている。

我々は工業的に極めて有用なエンプラのポリフェニレンエーテル(PPO)の空気酸化重合による合成に着目、工業製法として問題となっている大量の塩基(ピリジン)使用の解決に取り組んだ。塩化銅を精密に2等量集積させた第4世代樹状高分子錯体を触媒として利用する事により、従来の触媒の10分の1以上少ない量で、しかもピリジンなどの塩基を全く加える事なく、ポリマーを製造する事に成功した(図15)。ポリマー1gを得るための添加物の量を比較すると、候補者の系は従来に比べ1/100以下に減少し、低環境負荷合成法として評価できる。触媒活性点周辺のナノスケールの反応場だけを高塩基性雰囲気を保つ高濃縮塩基ナノカプセルは、新しいコンセプトとして塩基を必要とする広範な合成反応へ波及できると期待される。

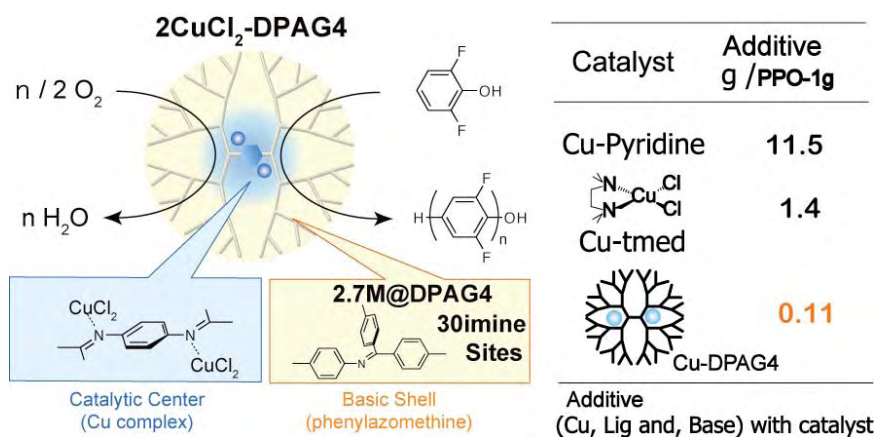


図 15 樹状高分子錯体触媒を利用したフェノールの酸化重合とポリマー 1 g 得るための添加物の量の比較

(2)研究成果の今後期待される効果

我々の新物質は「燃料電池触媒」「EL」「色素増感太陽電池材料」「PPO 合成触媒」としての有用性を実際に確認されている。更に、本プロジェクトにて 5 件以上の特許出願もあり、波及効果の大きさが実証されている。もとよりの成果の原点は新物質の発見であり、研究としては最も上流に位置しているため、応用への広がり大きく波及効果は計り知れない。

次世代の有機/金属ハイブリッド材料は金属の精密かつ自在な飾り付けが鍵とされているが、まさに、候補者独自の物質と原理はこの要望に見合う新しい方法論を提供したものである。また、研究の中で見いだされた新現象(多段階放射状錯形成、ポテンシャル勾配、原子数制御、高塩基濃縮ナノカプセル、量子サイズ効果)などは新しい基礎化学を拓く学術的にも極めて意義あるものである。基礎化学を十分に追究した基盤の上に応用への展開を計っており、研究の深度は深いといえる。この新概念に基づく精密金属集積は金属の個数を決めた精密クラスター化学、多段階配位による

錯体合成化学、ベクトルの揃った電子移動化学、ナノ触媒化学、高輝度発光デバイス、精密な金属内包放出を担う金属デリバリーシステムなどあらゆる分野の新しい学問を誕生させるものと考えられる。

例えば、電子勾配による高効率の電荷分離を達成した樹状高分子は、高量子収率光電変換セルや従来に無い長寿命の光増感触媒へ展開されると期待される。金属数の精密制御を生かし、金属数を任意に決めた樹状高分子を鋳型とした精密クラスターの創製により、高輝度発光デバイス、太陽電池、環境ナノ触媒に波及する事は明らかである。

このような新物質を利用すれば、従来にない中性常温作動型の燃料電池や自然光分解の環境触媒の創製にもつながる。樹状高分子の内包／放出が精密に制御出来る新しいドラッグデリバリーシステムへ展開されると考えられ、シスプラチン(Pt 錯体)やガドリニウム内包によりガン治療薬や高感度造影剤としての利用も期待される。基礎成果のみに留まらず、候補者独自の新物質系がエネルギー変換や分子変換へ役に立つ材料として実証されており、21世紀のエレクトロニクスを支える次世代型科学技術の誕生へ波及すると確信している。

本研究成果は役立つ鍵材料を誕生させただけでなく、エネルギー、医療、環境、生体機能の諸科学に跨がる新しいサイエンスを拓くもので、研究の意義とも極めて大きいものである。

3.2 物性計測グループ(東京工業大学 藤井グループ)

(1)研究実施内容及び成果

1) 精密金属集積構造体内部における超高速電子過程

金属集積がコアにおける触媒反応などの反応性に及ぼす影響を調べるため分子プローブとして亜鉛ポルフィリンを導入した DPA を新たに用意した。これを用いることで、コバルトポルフィリンを用いた場合における触媒系と同等のナノ構造のもと、電気化学的手法による分子内ドメインの環境、超短パルスレーザーを用いた時間分解分光測定による高速の電子移動反応を調べることができる。

実際に金属を集積した樹状高分子における、特筆すべきコア物性の変化として、「酸化還元電位のシフト」と「蛍光の消光」が挙げられる(図16)。一点目は集積した金属の強いルイス酸性がコアの電子状態に及ぼす影響を示しているが、興味深いことは、結合を介した直接的な電子吸引に加えて、空間を介した外層からの影響がみられることである。これは主に樹状高分子の3層目に金属が集積した際に強く観

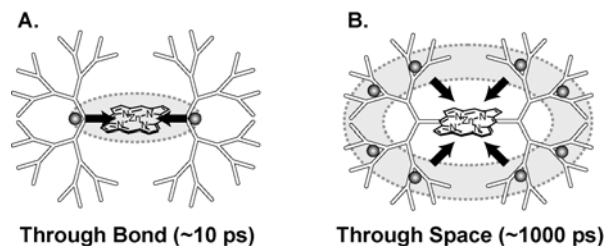


図16 金属集積サイトとコアへの影響

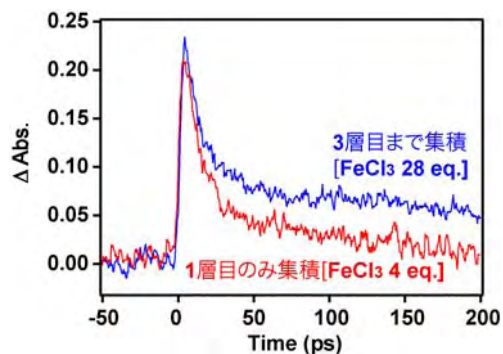


図17 ZnPor-DPAG4 に FeCl₃ を集積した錯体の過渡吸収の減衰 (700 nm)

測されており、樹状高分子内部のドメイン環境が大きく変化していることを意味する。このことは触媒の反応場形成に関するコア-金属の共同効果と密接なつながりがあると考えられる。また、金属集積はコア分子に対して強い消光作用を示すことが蛍光スペクトル測定から明らかになった。極少量の金属イオン添加によって 100 %に近い蛍光が消えることから、極めて高速な電子移動、もしくはエネルギー移動が生起していると考えられた。そこでピコ秒タイムスケールのもと、コアの励起に伴う吸収スペクトルの変化を測定すると、金属集積条件下では数~数十ピコ秒の時間減衰が観測される。この際見られるスペクトルは、ポルフィリンコアカチオンラジカルのもので一致し、これよりコアと金属間における電子移動が生起していると確認された。金属の錯形成は中心に近い層から段階的に進むため、常にコア周辺へ金属が集まっていることになる。これは 1,2 当量の添加で十分な消光が得られる事と一致する。また金属の添加量を増やすと減衰曲線において寿命の長い成分が見えてくるが、これは外層の金属まで電子が拡散していることを示しており、この寿命は外層からコアへの電子の戻りに対応する。この場合も電子移動は数 100 ピコ秒以内で終了しており、金属集積錯体内部におけるコアへの電子集積が非常に高速であることを発見した(図17)。

当研究グループでは研究代表者(慶大理工 教授 山元公寿)との密接な連携のもと、精密金属集積型高分子錯体の超高速の多電子過程解明に焦点を絞り研究を推進してきた。以上の成果は共著論文[J. Am. Chem. Soc., 127, 13896 (2005)]として既に報告しており当初の目標は十分達成された。本研究は慶応義塾大学から今岡享稔助手が参画して推進し、大きな役割を果たしてきた。今岡助手は既に本研究推進にあたり必要な物理化学および高速分光計測を取得した。この共同研究の成果を基盤として、今岡、山元を中心に新しいコンセプトによる独自に光増感触媒に向けた新しい展開の礎となり、前項の(クリーンエネルギー変換にむけた長寿命電荷分離の著しい成果に繋がっている。

(2)研究成果の今後期待される効果

電子勾配を利用した電荷分離の新原理に基づき、新しい光増感触媒、高効率電子デバイスの創製に向けた研究に既に着手しており、今後短期間でこの新しいコンセプトに基づいた新機能、高機能電子材料の進むべき方向性を確立したい。新しい原理の実証と、新原理にもとづく環境光触媒や、高効率のクリーンエネルギー変換へ持ち込み、戦略目標に貢献出来ると考えている。

3.3 触媒機能開発グループ(東京大学 西原グループ)

(1)研究実施内容及び成果

金属ナノ粒子は吸着や触媒特性などバルクや錯体とは異なる物性を示すことが知られており、特にサイズの小さいものには優れた触媒機能が期待されている。しかしながら、これらは凝集や融合を起こし、触媒能力が低下することがしばしば問題となっている。こうした問題点を克服するために、金属ナノ粒子の保護剤として、樹状高分子が注目されている。山元グループが開発したフェニルアゾメチン樹状高分子は分子内の電子密度勾配により、コアに近い側から順に錯形成し、決まった数の金属イオンを取り込むことができる。そのため、これを前駆体として得られる金属ナノ粒子はサイズ分散が小さいことが予想される。本研究では、主にロジウムナノ粒子を調製し、その水素

化触媒能について調査した。

第4世代のポルフィリンコアフェニルアゾメチン樹状高分子(**TPP-DPA G4**)のイミン部位に塩化ロジウムを錯形成させたのち化学的に還元し、金属ナノ微粒子を調製した(図18)。調製したロジウム粒子は直径が約1.2 nm(ほぼ60原子相当)と均一であることが透過型電子顕微鏡より確認された。MALDI-TOF-MSの測定結果もロジウム原子60個が1つの樹状高分子分子に内包されていることを示唆した。

このナノ粒子触媒を用いて水素化還元反応を行い、反応速度の評価を行った(図19)。この**Rh₆₀@TPP-DPA G4**は、オレフィン類の水素化反応において、錯体触媒であるWilkinson錯体および、末端が水酸基の第4世代ポリアミドアミン樹状高分子保護ロジウム微粒子(**Rh₆₀@PAMAM G4-OH**; 大きさ約1.8 nm)と比較して、およそ10-20倍速く反応が進行し、従来見られるような触媒の劣化は観察されなかった。さらに、これらの粒子はニトロ基をアミノ基へと水素の存在下で還元する触媒能も示した。

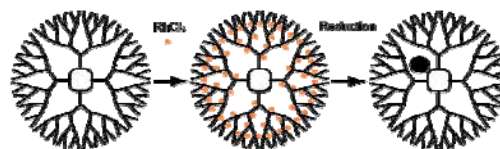
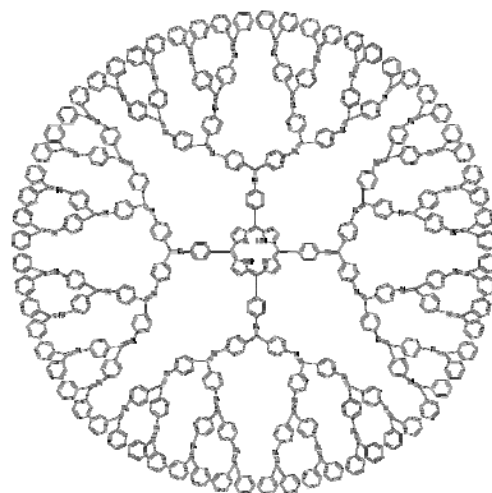


図18 堅い骨格の樹状高分子に内包されたロジウム金属微粒子触媒

(2)研究成果の今後期待される効果

上述の様に、本プロジェクト研究ではフェニルアゾメチン樹状高分子内包型ロジウムナノ粒子の調製法の開発とその触媒能について調査した。これは現在までに知られている樹状高分子保護のナノ粒子と比較して粒径分布が非常に狭く(すなわち、均一なサイズを有しており)、対応する錯体触媒より反応性が高く触媒も失活しないという利点がある。従って反応で使用するロジウム金属の量を大幅に軽減できる可能性があり、この研究分野に重要な貢献ができたと考えている。

なお、同族金属であるイリジウムでも予備的な実験により均一な微粒子が調製できることを確認しており、今後は水素化だけでなく炭素-炭素結合を生成する反応へ適用するべく研究を続ける予定である。さらに2種の金属を含む粒子を調製できるのも本研究の特色であり、触媒機能の解明を含め新しい触媒系の開発を推進していきたい。金属粒子触媒の安定性とアクセス性の相反する機能を両立できる新しい保護剤として、幅広い反応へ応用できると期待できる。

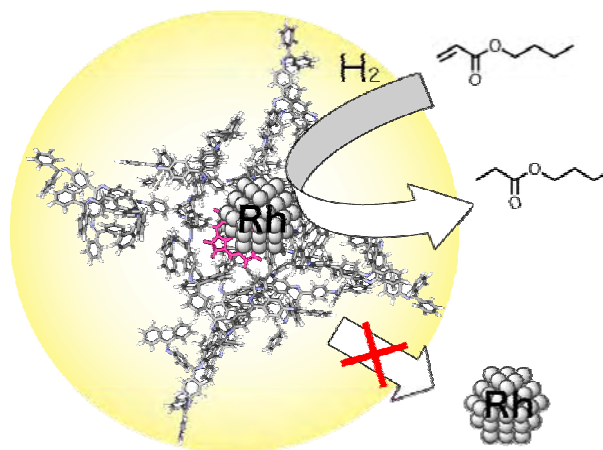


図19 樹状高分子保護のロジウムクラスター触媒による水素化反応

4 研究参加者

① ナノ触媒創製グループ (慶大 山元グループ)

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
山元 公寿	慶大理工	教授	精密金属集積超分子の合成	H15.10 – H20.3
樋口 昌芳	慶大理工	訪問助教授	“	H15.10 – H20.3
栄長 泰明	慶大理工	准教授	“	H15.10 – H20.3
今岡 享稔	慶大理工	助教	“	H16.10 – H20.3
伊藤 正時	慶大理工	教授	表面物理化学	H18.10 – H20.3
金澤 洋彦	慶大理工	訪問研究員	精密金属集積超分子の合成	H18.4 – H20.3
佐藤 宗英	慶大理工	JST 研究員	“	H19.4 – H20.3
アルブレヒト (山下) 建	慶大理工		“	H19.4 – H20.3
越智 庸介	慶大理工		“	H19.4 – H20.3
川名 佑紀	慶大理工		“	H19.4 – H20.3
中島 聡夫	慶大理工		“	H19.4 – H20.3
宮川 裕司	慶大理工		“	H19.4 – H20.3
井上 尚紀	慶大理工		“	H19.4 – H20.3
河西 勇人	慶大理工		“	H19.4 – H20.3
須藤 裕	慶大理工		“	H19.4 – H19.9
竹永 正裕	慶大理工		“	H19.4 – H20.3
室井 るみの	JST	事務員		H16.10 – H16.10
福本 直美	JST	事務員		H16.10 – H20.3

② 物性計測グループ (東工大 藤井グループ)

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
藤井 正明	東工大資源化学 研究所	教授	多電子過程の動的計測	H15.10-H17.3
酒井 誠	東工大資源化学 研究所	助手	“	H15.10-H17.3

③ 触媒機能開発グループ (東大 西原グループ)

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
西原 寛	東大理	教授	精密金属集積樹状高分子 の触媒機能解明	H17.4 – H20.3

山野井 慶徳	東大理	助教	の触媒機能解明	H17.4 – H20.3
村田 昌樹	東大理	助手	“	H17.4 – H17.9
久米 晶子	東大理	助教	“	H18.4 – H20.3

5 招聘した研究者等

氏名(所属、役職)	招聘の目的	滞在先	滞在期間
Wayne Wang (Professor, Carleton Univ. CANADA)	共同研究	慶應義塾大学	1ヶ月間

6 成果発表等

(1)論文

1. N. Satoh, J-S. Cho, M. Higuchi, K. Yamamoto, Novel Triarylamine Dendrimers as a Hole transport Material with Controlled Metal-Assembling Function, *J. Am. Chem. Soc.(ACS)*, **125**, 8104-8105(2003)
2. A. Kimoto, J-S. Cho K. Yamamoto, Electroluminescence Device with Novel Hole-transporting Materials Having Metal Collecting Sites 1, *J. Photopolym. Sci. and Technol.*, **16**, 293-294(2003)
3. J-S Cho, A. Kimoto, T. Nishiumi K. Yamamoto, Electroluminescence Device with Novel Hole-transporting Materials Having Metal Collecting Sites 2, *J. Photopolym. Sci. and Technol.*, **16**, 295-296(2003)
4. O. Enoki, T. Imaoka, K. Yamamoto, Synthesis of Novel Phenylazomethine Dendrimers Having Cyclam Core and Their Zinc Complex, *Org. Lett.(ACS)*, **5**, 2547-2549(2003)
5. M. Higuchi, M. Tsuruta, H. Chiba, S. Shiki, K. Yamamoto, Control of Stepwise Radial Complexation in Dendritic Polyphenylazomethines, *J. Am. Chem. Soc.(ACS)*, **125**, 9988 - 9997(2003)
6. M. Higuchi, K. Yamamoto, Design on Mixed Valence States of Class II/III Transition for N,N'-Diphenyl-1,4-phenylenediamine Structures as a Polyaniline Unit, Toyohiko Nishiumi,

Chem. Phys. Lett., **378**, 18-23(2003)

7. T. Nishiumi, M. Higuchi, K. Yamamoto, π -Conjugated Polymers Exhibiting a Novel Doping Based on Redox of Side Chains, *Macromolecules(ACS)*, **36**,6325-6332(2003)
8. Y. Iketaki, T. Watanabe, S. Ishiuchi, M. Sakai, T. Omatsu, K. Yamamoto, M. Fujii, Predicted spatial resolution of super-resolving fluorescence microscopy using two-color fluorescence dip spectroscopy, *Appl. Spectroscopy*, **57**, 1312-1316(2003)
9. J-S. Cho, Y. Kojima, N. Sato, M. Higuchi K. Yamamoto, Intra-Molecular Energy Transfer Characteristics of Novel Oligo(thienylphenyl) -amine Derivatives Having a Gradient Structure, *Macromol.Chem. Phys.*, **204**, 2175-2182(2003)
10. J-S Cho, Y. Kojima, K. Yamamoto, Energy Transfer and Hole Transport Materials for Light-Emitting Diodes of Novel Branched Oligo(thienylphenylamine)s, *Trans. Mat. Res. Soc., Jpn.*, **28**, 517-520(2003)
11. T. Kamimura, T. Nishiumi, M. Higuchi, K. Yamamoto, Fluorescence Switching Based on the Redox Reaction of Quinones Induced By Complexation with Rare-earth Metals, *Electrochem. Solid State Lett.*, **7**, H9-H11(2004)
12. R Nakajima, M. Tsuruta, M. Higuchi, K. Yamamoto, Fine Control of the Release and Encapsulation of Fe Ions in Dendrimers through Ferritin-like Redox Switching, *J. Am. Chem. Soc.(ACS)*, **126**,1630-1631(2004)
13. N. Satoh, T. Watanabe, Y. Iketaki, T. Omatsu, M. Fujii, K. Yamamoto, Formation of Nano-dots of Phenylazomethine Dendrimers with Rhodamine 6G on Mica, *Polym. Adv. Technol.*, **15**, 159-163(2004)
14. T. Nishiumi, Y. Chimoto, Y. Hagiwara, M. Higuchi, K. Yamamoto, First Redox Polymer bearing One-step Successive Two-electron Transfer Process (OSTT) with High Energy Density, *Macromolecules(ACS)*, **37**, 2661 - 2664 (2004)
15. A. Kimoto, J-S. Cho, K. Yamamoto, Novel Carbazole Dendrimers Having a Metal Coordination Site as a Unique Hole-transport Material, *Macromol. Symp.*, **209**, 51-66 (2004)
16. J-S. Cho, K. Uchida, N. Yoshioka, K. Yamamoto, Electrical and magnetic properties of electro-oxidative polymerized poly(tris(thienylphenyl)amine)s, *Sci. Technol. Adv. Mat.*, **5**, 697-701(2004)

17. A. Kimoto, K. Masachika, J-S. Cho, M. Higuchi, K. Yamamoto, Novel Poly(*p*-phenylene vinylene)s with a Phenylazomethine Dendron as a Metal-Collecting Site, *Org. Lett.(ACS)*, **6**, 1179 - 1182 (2004)
18. T. Nishiumi, Y. Nomura, Y. Chimoto, M. Higuchi, K. Yamamoto, The Class II/III Transition Electron Transfer on an Infrared Vibrational Time Scale for *N,N'*-Diphenyl-1,4-phenylenediamine Structures as a Polyaniline Unit *J. Phys. Chem. B (ACS)*, **108**, 7992 - 8000 (2004)
19. K. Takanashi, H. Chiba, M. Higuchi K. Yamamoto, Efficient synthesis of Poly(phenylazomethine) Dendrons allowing access to higher generation dendrimers, *Org. Lett.(ACS)*, **6**, 1709 - 1712 (2004)
20. R. Tanaka, T. Imaoka, K. Yamamoto, Thermal Property of Phenylazomethine Dendrimer with Porphyrin Core, *J. Photopolym. Sci. and Technol.*, **17**, 323-326(2004)
21. A. Kimoto, J-S. Cho, M. Higuchi K. Yamamoto, Synthesis of Asymmetrically Arranged Dendrimers with a Carbazole Dendron and a Phenylazomethine Dendron, *Macromolecules(ACS)*, **37**, 5531 - 5537 (2004)
22. A. Kimoto, K. Masachika, J-S. Cho, M. Higuchi, K. Yamamoto, Synthesis and Electroluminescence Properties of Novel Main Chain Poly(*p*-phenylenevinylene)s Possessing Pendant Phenylazomethine Dendrons as Metal Ligation Sites, *Chem. Mater.(ACS)*, **16**, 5706-5712(2004)
23. K. Suzuki, S. Ishiuchi, M. Sakai M. Fujii, Pulsed Field Ionization ZEKE Photoelectron Spectrum of o,m,p-Tolunitrile, *J. Electron Spectrosc.*, **142**, 215-221 (2005).
24. K. Yamamoto, M. Higuchi, A. Kimoto, T. Imaoka, K. Masachika, Novel Functional Groups with Fine-controlled Metal Assembling Function, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **78**, 349-355(2005)
25. J-S. Cho, A. Kimoto, M. Higuchi, K. Yamamoto, Synthesis of Diphenylamine-Substituted Phenylazomethine Dendrimers and Performance of Organic Light-Emitting Diodes, *Macromol. Chem. Phys.*, **206**, 635-641(2005)
26. J-S. Cho, K. Takanashi, M. Higuchi, K. Yamamoto, Phenylazomethine Dendrimer Complexes as Novel Hole-transporting Materials of Organic Light-emitting Diodes, *Synth. Met.*, **150**, 79-82 (2005) (cover of the issue)

27. A. Kimoto, J-S. Cho, K. Ito, D. Aoki, T. Miyake K. Yamamoto, Novel Hole Transport Material for Efficient Polymer Light-Emitting Diodes by the Photoreaction, *Macromol. Chem. Rapid Commun.*, **26**, 597-601(2005)
28. T. Imaoka, K. Yamamoto, Up-Converted Emission in a Series of Phenylazomethine Dendrimers with a Porphyrin Core, Xingzhong Yan, Theodore Goodson, III, *J. Phys. Chem. B.*, **109**, 9321-9329(2005)
29. Y. Iketaki, T. Watanabe, S. Ishiuchi, M. Sakai, T. Omatsu, K. Yamamoto, M. Fujii, Two-point Separation in Far-Field Super-Resolution Fluorescence Microscopy Based on Two-Color Fluorescence Dip Spectroscopy I Experimental Evaluation, *Appl. Spectr.*, **59**, 868-872 (2005)
30. K. Nishi, T. Nishiumi, M. Higuchi K. Yamamoto, A High Energy Rechargeable Battery Based on a One-Step Successive Two-Electron-Transfer Process. *Electrochem. Solid State Lett.*, **8**, A382-A384 (2005)
31. N. Satoh, J-S. Cho, M. Higuchi, K. Yamamoto, Triarylamine Dendrimers with a Controlled Metal-Assembling Function for Organic EL Devices, *J. Photopolym. Sci. and Technol.*, **18**, 55-58(2005)
32. N. Satoh, T. Nakashima, K. Yamamoto, Metal-assembling Dendrimers with a Triarylamine Core and their Application to a Dye-Sensitized Solar Cell, *J. Am. Chem. Soc.*, **127**, 13030-13038 (2005)
33. T. Imaoka, R. Tanaka, S. Arimoto, M. Sakai, M. Fujii K. Yamamoto, Probing Stepwise Complexation in Phenylazomethine Dendrimers by a Metallo-Porphyrin Core, *J. Am. Chem. Soc.*, **127**, 13896-13905 (2005)
34. H. Kanazawa, M. Higuchi, and K. Yamamoto, An electric cyclophane: Cavity control based on the rotation of a paraphenylene by redox switching, *J. Am. Chem. Soc.*, **127**, 16404-16405(2005)
35. A. Kimoto, J-S. Cho, Y. Matsuura, K. Yamamoto, Synthesis and the Hole-transporting Property of Novel Polyvinylcarbazole Copolymer with Metal-coordination Site, *Macromol. Chem. Phys.*, **206**, 1928-1933 (2005)
36. T. Watanabe, Y. Iketaki, M. Sakai, T. Ohmori, T. Ueda, T. Yamanaka, S. Ishiuchi, M. Fujii, Analysis of a fluorescence depletion process of Rhodamine 6G in a PMMA matrix induced by

nano- and picosecond lasers, *Chem. Phys. Lett.*, **420**, 410-415 (2006)

37. N. Nakagawa, T. Yamada, M. Murata, M. Sugimoto, and H. Nishihara, Thermochromic Triangular [MCo₂] (M = Rh, Ir, Ru) Clusters Containing a Planar Metalladithiolene Ring in η^3 -Coordination, *Inorg. Chem.*, **45**(1), 14-16 (2006).
38. M.-C. Daniel, A. Sakamoto, J. Ruiz, D. Astruc, and H. Nishihara, Photoisomerization-induced Change in the Size of Ferrocenylazobenzene-attached Dendrimers, *Chem. Lett.* **35**(1), 38-39 (2006).
39. M. Murata, S. Habe, S. Araki, K. Namiki, T. Yamada, N. Nakagawa, T. Nankawa, M. Nihei, J. Mizutani, M. Kurihara, and H. Nishihara, Synthesis of Heterometal Cluster Complexes by the Reaction of Cobaltadichalcogenolato Complexes with Groups 6 and 8 Metal Carbonyls, *Inorg. Chem.* **45**(3), 1108-1116 (2006).
40. H. Kanazawa, M. Higuchi, and K. Yamamoto, Synthesis and Chemical Degradation of Thermostable Polyamide with Imine Bond for Chemical Recycling, *Macromolecules*, **39**, 138-144(2006)
41. M. Suzuki, R. Nakajima, M. Tsuruta, M. Higuchi, Y. Einaga, and K. Yamamoto, Synthesis of Ferrocene-modified Phenylazomethine Dendrimers Possessing Redox Switching, *Macromolecules*, **39**, 64-69 (2006)
42. M. Higuchi, D. G. Kurth, K. Yamamoto, Functional modules: Metal ion Assembly in Novel Topological Poly (phenylazomethine)s, *Thin Solid Film*, **499**, 234-241(2006)
43. O. Enoki, H. Katoh, and K. Yamamoto, The Novel Synthesis and Properties of a Phenylazomethine Dendrimer with a Tetra-phenylmethane Core, *Org. Lett.*, **8**, 569-571(2006)
44. Y. Men, M. Higuchi, and K. Yamamoto, Synthesis of DPA Dendron Encapsulated Gold Clusters with Metal-assembling Function, *Sci. and Technol. of Adv. Mat.*, **7**, 139-144(2006)
45. Y. Ohba, K. Kanaizuka, M. Murata, and H. Nishihara, Synthesis of A New Terpyridine Ligand Combined with Ruthenium(II) Complex and its Usage in the Stepwise Fabrication of Complex Polymer Wires on Gold, *Macromol. Symp.*, **235**, 31-38 (2006).
46. M. Higuchi, A. Hayashi, K. Yamamoto, Modification and Electrochemical Properties of Poly(phenylazomethine) Derivatives, *Macromol. Symp.*, **235**, 121-126(2006)

47. O. Enoki, T. Imaoka, K. Yamamoto, One Step Synthesis of a Platinum Nanoparticle with Carbon Materials Using a Phenylazomethine Dendrimer as a Template, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **79**, 621-626(2006)
48. N. Nakagawa, M. Murata, M. Sugimoto, and H. Nishihara, Dithiolato-Bridged [MRu₂] (M = Rh, Ir, Ru) Triangular 50e- Cluster Complexes Synthesized by Complete Metal Framework Reconstruction, *Eur. J. Inorg. Chem.*, **2006**, 2129-2131.
49. M. Murata, and H. Nishihara, A Ferrocenylspiropyran That Functions as a Molecular Photomemory with Controllable Depth, S. Nagashima, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **45**(26), 4298-4301 (2006).
50. M. Kondo, M. Murata, H. Nishihara, E. Nishibori, S. Aoyagi, M. Yoshida, Y. Kinoshita and M. Sakata, Guest-Induced Instant and Reversible Crystal-to-Crystal Transformation of 1,4-bis(ferrocenylethynyl)anthraquinone, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **45**, 5461-5464 (2006).
51. Y. Yamanoi, H. Nishihara, Rhodium-catalyzed silylation of ortho-functionalized aryl halides with hydrosilanes, *Tetrahedron Lett.*, **47**, 7157-7161 (2006).
52. N. Satoh, T. Nakashima, K. Albrecht K. Yamamoto, Dye-sensitized Solar Cell using π -Conjugated Dendrimer, *J. Photopolym. Sci. and Technol.*, **19**, 141-142(2006)
53. K. Albrecht, K. Yamamoto, Organic Light-Emitting Diodes with Novel Carbazole Dendrimer as a Photocrosslinking Hole-transfer Layer, *J. Photopolym. Sci. and Technol.*, **19**, 175-176(2006)
54. T. Imaoka, R. Tanaka, K. Yamamoto, Synergetic Activation of Carbon Dioxide Molecule Using Phenylazomethine Dendrimers As a Catalyst, *J. Polym. Sci. A, Polym. Chem.*, **44**, 5229-5236 (2006)
55. T. Imaoka, R. Tanaka, K. Yamamoto, Investigation of a Molecular Morphology Effect on Polyphenylazomethine Dendrimers – Their Physical Properties and Metal-assembling Processes, *Chem. Eur. J.*, **12**, 7328-7336 (2006)
56. M. Higuchi, R. Shomura, Y. Ohtsuka, A. Hayashi, K. Yamamoto, and Dirk G. Kurth, Sequential Metal Ion Assembly in Cyclic Phenylazomethine, *Org. Lett.*, **8**, 4723-4726 (2006)
57. T. Takatsuka, K. Yamamoto, Catalytic Dehalogenation Enhanced by Appending Dendritic Ligands on Cobalt Porphyrins, Takane Imaoka, *J. Porphyrins and Phthalocyanines*, **10**, 1066-1070(2006)

58. Y. Ohba, K. Kanaizuka, M. Murata, and H. Nishihara, Synthesis of A New Terpyridine Ligand Combined with Ruthenium(II) Complex and its Usage in the Stepwise Fabrication of Complex Polymer Wires on Gold, *Macromol. Symp.* 235, 31-38 (2006).
59. M. Kondo, M. Uchikawa, W.-W. Zhang, K. Namiki, S. Kume, M. Murata, Y. Kobayashi, and H. Nishihara, Protonation-Induced Cyclocondensation of 1-Aryl Ethynylantraquinones: Expanding the π Conjugation, *Angew. Chem. Int. Ed.* 46, 6271-6274, (2007).
60. A. Wada, M. Watanabe, Y. Yamanoi, T. Nankawa, K. Namiki, M. Yamasaki, M. Murata, and H. Nishihara, Control of Coordination and Luminescence Properties of Lanthanide Complexes Using Octadentate Oligopyridine-amine Ligands, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **80**(2), 335-345 (2007).
- Y. Nishimori, K. Kanaizuka, M. Murata, and H. Nishihara, Synthesis of Molecular Wires of Linear and Branched Bis(terpyridine) Complex Oligomers and Electrochemical Observation of Through-bond Redox Conduction, *Chem. Asian J.*, **2**(3), 367-376 (2007).
62. K. Takanashi, Y. Einaga, K. Yamamoto, "Heterometal Assembly in Dendritic Polyphenylazomethines", *Bull. Chem. Soc., Jap.*, **80**, 1563-1572(2007)
63. K. Yamamoto, Y. Kawana, M. Tsuji, M. Hayashi, T. Imaoka, "Additive-Free Synthesis of Poly(phenylene oxide): Aerobic Oxidative Polymerization in a Base-Condensed Dendrimer Capsule" *J. Am. Chem. Soc.* **129**, 9256-9257 (2007).64.
64. Divergent Approach for Synthesis and Terminal-modifications of Dendritic Polyphenylazomethines, Kensaku Takanashi and Kimihisa Yamamoto, *Org. Lett.*, **9**, 5151-5154(2007)
65. N. Satoh, T. Nakashima, K. Kamikura, K. Yamamoto, Quantum Size Effect in TiO₂ Nanoparticles Prepared by Finely Controlled Metal Assembly on Dendrimer Templates, *Nature Nanotechnology*, **3**, 106-111(2008)

(2)その他の著作物 (総説、書籍など)

1. K. Yamamoto, *Metal- and Metalloid-Containing Macromolecules*, Ed. A. S. Abd-El-Aziz, Wiley-VCH, Germany 2003, Synthesis of Novel Phenylazo-methine Derivatives as a Multi-dentate Ligand for Advanced Metal-Organic Hybrid Materials, 155-164,

2. 山元公寿、樋口昌芳、機能分子の創製のための多電子系の構築、機械の研究、55, 246-251(2003)
3. 山元公寿、樋口昌芳、金属自在集積能を有する新高分子、高分子, 52, 707 (2003)
4. A. Kimoto, J-S. Cho, and K. Yamamoto, *Organometallic and Coordination Clusters and Polymers: Synthesis and Applications*, Ed. A. S. Abd-El-Aziz and P. D. Harvey, Wiley-VCH, Germany 2004, Novel Carbazole Dendrimers Having a Metal Coordination Site as a Unique Hole-transport Material, 51-66 (2004)
5. 今岡享稔、山元公寿、*ナノ粒子・マイクロ粒子の最先端技術*、監修：川口春馬、シーエムシー出版、第2章4節、球状超分子、90-99 (2004)
6. 榎修、山元公寿、*金属ナノ粒子の合成・調製、コントロール技術と応用展開*、監修：米澤徹、技術情報協会、第10章1節、 dendrimerを用いた金属ナノ粒子の作製と機能、323-331 (2004)
7. 樋口昌芳、山元公寿、次世代有機／金属ハイブリッド材料の創製、化学工業、55, 31-35(2004)
8. M. Higuchi and K. Yamamoto, Novel p-Conjugated Nano-Supramolecules Having Precise Metal-Assembling Function, *Bull. Chem. Soc, Jpn*, **77**, 853-874(2004)
9. K. Yamamoto, and M. Higuchi, Dendritic Polyphenylazomethines: Synthesis, Structure, and Metal-assembling Function, *Pure Applied Chemistry (IUPAC)*, **76**, 1501-1510(2004)
10. 山元公寿、樋口昌芳、精密金属集積高分子材料の創製と応用、有機化学協会誌、62, 433-439(2004)
11. 樋口昌芳、山元公寿、高分子錯体アニュアルレビュー、**2004**, 16-17.
12. 樋口昌芳、山元公寿、精密金属集積能を有するナノ球状有機高分子の開発、工業材料、**52(8)**, 10-11(2004)
13. 木本篤志、趙俊相、山元公寿、金属集積機能を利用した新規ホール輸送材料、工業材料、**52(9)**, 10-11(2004)
14. 中島玲奈、山元公寿、高性能金属貯蔵輸送カプセル材料、工業材料、**52(10)**, 6-7 (2004)
15. 木本篤志、趙俊相、山元公寿、精密金属集積能を有する dendrimer の電子素子への応用、化学工業、**55**, 672-676(2004)

16. 趙俊相、山元公寿、**高分子新素材のすべて**、監修：国武豊喜、工業調査会、4章、精密金属集積型高分子、202-205 (2005)
17. K. Yamamoto and M. Higuchi, *Macromolecules Containing Metal and Metal-like Elements*, A. S. Abd-El-Aziz, C. E. Carraher, Jr., C. U. Pittman, and M. Zeldin, 2005 John Wiley & Sons, Inc., Metal-Coordination Polymers, Eds. Novel Phenylazomethine Dendrimer Complexes for Fine-controlled Metallorganic Hybrid Materials, Chapt. 6, 141-154(2005)
18. 山元公寿、**デンドリティック高分子**、監修：エヌティーエス、第3編2章、デンドリマー金属錯体：精密金属集積を利用した次世代有機-金属ハイブリッドナノ材料、394-403 (2005)10月31日2005
19. 木本篤志、山元公寿、**金属集積機能を有するポリフェニレンビニレンの合成と機能**、高分子加工、54, 162-167(2005)
20. K. Yamamoto, Dendrimer Complexes: Fine control of Metal Assembly in Macromolecules, *J. Polym. Sci. Part A*, (Highlight), **43**, 3719-3727 (2005) (cover of the issue)
21. 榎修、山元公寿、デンドリマーを鋳型とした金属ナノ粒子触媒の創製、**触媒**、47, 563-567 (2005)
22. 佐藤宗英、山元公寿、**進化する有機半導体**、監修：エヌティーエス、応用編 有機光・電子機能デバイス開発への挑戦：1.4 デンドリマーを電荷輸送層に用いた有機電子素子の開発、226-235 (2006)
23. T. Imaoka and K. Yamamoto, **Redox Systems under Nano-space Control**, Ed. T. Hirao, 2006 Springer, Multi-Electron Redox Catalysts in Metal-Assembled Macromolecular Systems, Chapt.6, 119-132(2006)
24. 山元公寿、**物質の化学・有機化学**、放送大学教育振興会、11章、光・電子機能材料-エレクトロニクスを支える有機機能材料-、11, 183-196(2006)
25. 山元公寿、**ライフコンジュゲートケミストリー**、(編著) 山元公寿、三共出版、(2006)
26. K. Yamamoto and T. Imaoka, Dendrimer Complexes Based on Fine-controlled Metal Assembling, *Bull. Chem. Soc., Jpn.*, **79**, 511-526(2006)
27. 金澤洋彦、山元公寿、ここまできた分子機械、**化学**、**61**, 70-71(2006)

28. 山元公寿、**金属集積高分子**、化学と工業、**59**, 972-974(2006)
29. T. Imaoka and K. Yamamoto, Fine-decoration of Metal Ions in Dendritic Molecules for Advanced Metal-Organic Hybrid Materials, Chap in bottom-up nanofabrication: Supramolecules, Self-Assemblies, and Organized Films, published in 2007/10, American Scientific Publisher
30. 佐藤宗英、山元公寿、デンドリマー錯体を用いた色素増感太陽電池・最新 機能性色素 大全集・第11章 第2節、307-319 2007年
31. **Nanoparticle Technology Handbook**, Elsevier, Ed. By M. Hosokawa, K. Nogi, M. Naitoh, T. Yokoyama, Dendrimers and Their Application to Organic Electronics Devices, Nirifusa Stoh and Kimihisa Yamamaoto, Chapt.19, 494-498, 2007
32. 樹木型高分子テンプレートによる集積金属錯体の電子機能、今岡 享稔・山元 公寿、Electrochemistry, **75**, 885-889(2007)
33. 新高分子錯体の創製と応用、今岡 享稔・山元 公寿、高分子、**57**, 159-164 (2008)
34. **ナノ有機エレクトロニクス**、長谷川悦雄編著、工業調査会、樹状高分子錯体：メタロデンドリマー、高梨 健作、山元 公寿、6章1節、2008年

(3)学会発表(国際学会及び主要な国内学会発表)【JST が Acknowledge されているもののみ】

① 招待講演 (国内会議 27 件、国際会議 19 件)

1. 山元公寿(慶大理工)、精密金属集積球場樹状分子の機能展開、技術情報協会(東京)、2003年10月(依頼講演)
2. K. Yamamoto(Keio University), Novel Phenylazomethine Dendrimers with an Electron Gradient for Advanced Metal-Organic Hybrid Materials, *13th International Symposium on Fine Chemistry and Functional Polymer (FCFP-III)*, Quanzhou(China) Nov. 2003 (Invited)
3. K. Yamamoto(Keio University), Novel Phenylazomethine Dendrimers for Advanced Metal-Organic Hybrid Materials, *3rd Singapore International Chemical Conference(SICC-3)*, (Singapore) Dec.2003 (Invited)
4. M. Fujii(Toko Inst. Technol.), Picosecond time-resolved IR spectroscopy on 7-azaindole dimer-Bridge from cluster to solution, International Symposium on Functional Clusters and

Cluster-Based Nano-Materials (Okazaki) 2003.12.16

5. K. Yamamoto(Keio University), Novel Phenylazomethine Dendrimers with a Controlled Metal Assembling Function, *The 1st International Symposium on Advanced Materials in Asia-Pacific Rim (ISAMAP)*, (Kanazawa) Mar. 2004 (invited)
6. 山元公寿 (慶大理工)、精密金属集積高分子の創製と応用、2004年電気化学会(東京)、2004年3月(招待講演)
7. 山元公寿 (慶大理工)、精密金属集積高分子のエレクトロニクス材料への展開、ニューマテリアル研究会(志賀)、2004年5月24日(依頼講演)
8. 山元公寿 (慶大理工)、精密金属集積高分子のエレクトロニクス材料への展開、ニューマテリアル研究会(志賀)、2004年5月24日(依頼講演)
9. K. Yamamoto(Keio University), Fine-controlled Metal Assembling in Novel Phenylazomethine Dendrimers, *the 87th Canadian Chemistry Conference*, London(Canada), 2004.5.29.(Invited)
10. K. Yamamoto(Keio University), Fine Control of Metal Assembling in Novel Phenylazomethine Dendrimers for Advanced Metal-organic Hybrid Nano-materials, *International Symposium on Polymer Chemistry (PC'2004)*, Changchun(China) 2004.6.4.(Invited)
11. 山元公寿 (慶大理工)、精密金属集積樹状超分子の創製と応用、第30回高分子学会関東支部茨城地区講演会(筑波)、2004年6月11日(依頼講演)
12. 石内俊一、藤井正明(東工大)、2波長分光法による分子振動の解析、「次世代治療技術開発のための細胞組織・分子機能の計測・制御研究会、日本ME学会専門別研究会/第3回研究会、防衛医科大学校医用電子工学講座、(埼玉)2004年11月9日(招待講演)
13. K. Yamamoto(Keio University), Fine Control of Metal Assembling in Dendrimers for Advanced Metal-organic Hybrid Nano-materials, *International Symposium on Bio-conjugated Materials and Molecular Devices*, Cornell Univ. Ithaca(USA), 2004.12.7(Invited)
14. 山元公寿 (慶大理工)、精密金属高分子のエレクトロニクス材料への応用、技術情報協会(東京)、2004年12月(依頼講演)
15. 山元公寿 (慶大理工)、精密金属高分子のエレクトロニクス材料への応用、光・量子デバイス技術委員会(独)科学技術振興機構(東京)、2004年12月(依頼講演)
16. 山元公寿 (慶大理工)、精密金属高分子のエレクトロニクス材料への応用、錯体化学に基づく最前線、分子研研究会(岡崎)、2005年3月(招待講演)

17. 山元公寿（慶大理工）、精密金属高分子のエレクトロニクス材料への応用、分子ナノテクノロジー第174委員会研究会、(独) 日本学術振興会（東京）、2005年3月（依頼講演）
18. 山元公寿（慶大理工）、精密金属高分子のエレクトロニクス材料への応用、錯体化学に基づく最前線、分子研研究会（岡崎）、2005年3月（招待講演）
19. 山元公寿（慶大理工）、精密金属高分子のエレクトロニクス材料への応用、分子ナノテクノロジー第174委員会研究会（独）日本学術振興会（東京）2005年3月
20. M. Sakai, T. Ohmori, and M. Fujii(Toko Inst. Technol.), Vibrational Relaxation of 7-Azaindole Dimer studied by Picosecond Time-resolved Transient Fluorescence Detected IR Spectroscopy, ICONO/LAT 2005 Conference (Pribaltiyskaya Hotel, St. Petersburg, Russia) 2005.5.13 (Invited)
21. K. Yamamoto(Keio University), Fine Control of Metal Assembling in Novel Dendrimers, **2005 Japan-USA Forum**, South Lake Tahoe(USA), 2005.6.24-29(Invited)
22. 山元公寿（慶大理工）、精密金属集積高分子の合成と機能、高分子討論会（山形）、高分子学会 WIELY 賞、2005年9月21日（受賞講演）
23. 山元公寿（慶大理工）、精密金属集積分子カプセルの機能と応用、05-2 高分子錯体研究会、（東京）2006年2月2日（依頼講演）
24. 藤井正明（東工大）、2波長レーザー多光子分光法の新展開 - 2波長超解像顕微鏡と前処理無しリアルタイム超高感度分析法の開発、バイオテクノロジー開発技術研究組合講演会（東京）2006年3月31日（招待講演）
25. 山元公寿（慶大理工）、精密金属集積高分子の創製と環境・エレクトロニクス材料への応用、技術情報協会、（東京）2006年4月17日（依頼講演）
26. 山元公寿（慶大理工）、機能材料化学での応用、BAS セミナー、（東京）2006年6月28日（依頼講演）
27. M. Fujii(Toko Inst. Technol.), Vibrational Relaxation of 7-Azaindole Dimer in Gas and Solution Studied by Picosecond Time-Resolved IR-UV Double Resonance Spectroscopy, International Workshop on Time-Resolved Spectroscopy (IWTS-2006) (RIKEN, Wako, Japan) 2006.8.19(Invited)

28. 山元公寿（慶大理工）、異種金属集積高分子の合成と機能、第 55 回高分子討論会 高分子学会、(富山) 2006 年 9 月 22 日（依頼講演）
29. 山元公寿（慶大理工）、精密金属集積高分子の創製とエレクトロニクス材料への応用、ナノテク研究会、(東京) 2006 年 9 月 28 日（依頼講演）
30. 山元公寿（慶大理工）、精密金属集積ナノカプセルと革新機能、第 37 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会日本化学会（名古屋）2006 年 11 月 12 日（招待講演）
31. K. Yamamoto(Keio University), Fine Control of Metal Assembling in Novel Dendrimers: Development of Dendrimer Complexes for Electronic Devices, 2nd International Symposium on Organic Electron Transfer Chemistry (ISOETC-2007), Yokohama (Japan), Jan. 10, 2007 (Invited)
32. 山元公寿（慶大理工）、精密金属集積 dendrimer と機能、分子研研究会「無機-有機複合体のナノ構造制御による機能・物性発現」、(岡崎) 2007 年 3 月 14-15 日（依頼講演）
33. 山元公寿（慶大理工）、精密金属集積ナノ材料の創製と応用、社団法人新化学発展協会先端化学技術部会 高選択性反応分科会講演会、(東京) 2007 年 3 月 16 日（依頼講演）
34. K. Yamamoto(Keio University), Fine-Controlled metal-Assembly in nano space of rigid dendrimers, Coordination Space Japan-USA Joint Symposium 2007, (Chicago) 2007.6.24-26, (Invited)
35. 山元公寿（慶大理工）、精密金属集積 dendrimer 創製と機能、財団法人 光科学技術研究振興財団第 9 回 分子ダイナミック分光ワークショップ、(浜松) 2007 年 7 月 5-6 日（依頼講演）
36. K. Yamamoto(Keio University), Novel Phenylazomethine Dendrimers with an Electron Gradient for Advanced Nano-catalysts, Xilinhot (China), 2007.7 (Invited)
37. 今岡享稔、桂山真、上田拓明、山元公寿（慶大理工）、剛直な樹木状高分子が創り出す精密空間と分子機能、第 1 回超分子若手懇談会（神奈川県三浦市マホロバマイズ）2007 年 7 月（依頼講演）
38. T. Imaoka, K. Yamamoto(Keio University), Efficient Production of Highly Stable Radical-Ion-Pair with a Rigid π -Conjugating Dendrimer Shell *BMC IX-2007*, Xilinhot (China), 2007.7(Invited)

39. Kimihisa Yamamoto(Keio University), Fine Controlled Metal-assembly in Nano-space of Rigid Dendrimers, 234th ACS National Meeting, Boston (U.S.) 2007.8.21-25 (Invited)
40. K. Yamamoto(Keio University), Fine Controlled Metal-assembly in Nano-space of Rigid Dendrimers, International Dendrimer Symposium 5(IDS5), Toulouse(France) 2007.8.29-9.1 (Invited)
41. 今岡享稔、山元公寿 (慶大理工)、リジッドな樹木状ホスト分子を基盤とした集積金属錯体の創製特定領域「元素相乗系」、第2回若手コロキウム (岡崎) 2007年9月 (依頼講演)
42. K. Yamamoto(Keio University), Fine Control of Metal Assembly in Dendrimers, IUPAC 3rd International Symposium on Novel Materials and Synthesis NMSIII, Shanghai (China), 2007.10.17-21 (Invited)
43. K. Yamamoto(Keio University), Fine Controlled Meta-Assembly in dendrimers for Advanced Nano-Technology, 9th International Symposium on Polymers for Advanced Technologies, Shanghai (China), 2007.10.22-25 (Invited)
44. Finely Controlled Metal Assembly on Dendrimers, Kimihisa Yamamoto, 第1回 光機能デバイス国際シンポジウム, 大阪、2008年3月14日 (招待講演)
45. 堅いデンドリマー空間の新機能、山元 公寿、日本化学会第88春季年会、2008年3月29日、東京 (依頼講演)
46. メタロデンドリマーの創製と機能材料への展開、山元公寿、山元 公寿、日本化学会第88春季年会、2008年3月29日、東京 (受賞講演)

② 口頭発表 (国内会議 127 件、国際会議 11件)

1. Y. Men, K. Yamamoto(Keio University), Novel Cluster modified Phenylazomethine Dendrons with an Electron Gradient, *13th International Symposium on Fine Chemistry and Functional Polymer (FCFP-III)*, Quanzhou(China) 2003.11.
2. 渡邊武史、池滝慶記、酒井誠、石内俊一、藤井正明、尾松孝茂、山元公寿 (東工大・千葉大・慶大理工)、2色レーザー光を用いたナノ空間超解像蛍光計測法(II)、表面科学講演大会、(早稲田大学総合学術情報センター国際会議場 2003年11月27日)

3. 上倉健太、佐藤宗英、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、デンドリマーの金属集積能を利用した TiO₂ 精密クラスターの創製 日本化学会 第 84 春季年会（関西学院大学 2004 年 3 月）
4. 榎修、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチンデンドリマーを用いた白金クラスターの合成と酸素還元、日本化学会 第 84 春季年会（関西学院大学 2004 年 3 月）
5. 西海豊彦、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、高速電子移動を示すフェニレンジアミン類の設計、日本化学会 第 84 春季年会（関西学院大学 2004 年 3 月）
6. 木本篤志、趙俊相、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチン-カルバゾール複合デンドリマー、日本化学会 第 84 春季年会（関西学院大学 2004 年 3 月）
7. 鈴木真奈、中島玲奈、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、フェロセン修飾デンドリマーのイオンセンシング、日本化学会 第 84 春季年会（関西学院大学 2004 年 3 月）
8. 中島玲奈、飛田聡、尾上順、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、Ferritin 類似フェニルアゾメチンデンドリマー-鉄イオンの内包/放出の精密制御-、日本化学会 第 84 春季年会（関西学院大学 2004 年 3 月）
9. 田中玲子、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチンのデンドリマー構造体、日本化学会 第 84 春季年会（関西学院大学 2004 年 3 月）
10. 高梨健作、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチンデンドリマーの金属集積能を利用したクラスターの作製、日本化学会 第 84 春季年会（関西学院大学 2004 年 3 月）
11. 西健太郎、西海豊彦、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、1 段階 2 電子移動の新原理に基づく新規ポリアニリン電池、日本化学会 第 84 春季年会（関西学院大学 2004 年 3 月）
12. 木本篤志、政近桐子、趙俊相、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、金属集積能を有するポリフェニレビニレンの合成と機能、日本化学会 第 84 春季年会（関西学院大学 2004 年 3 月）
13. 樋口昌芳、金澤洋彦、山元公寿（慶大理工）、環状ポリフェニルアゾメチンの構造とレドックス特性の制御、日本化学会 第 84 春季年会（関西学院大学 2004 年 3 月）

14. 有本祥子、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、亜鉛ポルフィリン-フェニルアゾメチン
 dendリマーのレドックススイッチング、日本化学会 第 84 春季年会（関西学院大
 学 2004 年 3 月）
15. 松浦有吾、木本篤志、趙俊相、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、ポリビニルカルバゾ
 ール-フェニルアゾメチン dendリマーを用いた **EL** デバイス、日本化学会 第 84 春
 季年会（関西学院大学 2004 年 3 月）
16. 今岡享稔、酒井誠、藤井正明、山元公寿（慶大理工・東工大）、金属集積機能を有する
 dendリマーにおける電子移動反応、日本化学会 第 84 春季年会（関西学院大学
 2004 年 3 月）
17. 佐藤宗英、趙俊相、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、トリフェニルアミンをコアに持
 つフェニルアゾメチン dendリマーと電子素子への応用、日本化学会 第 84 春季年会
 （関西学院大学 2004 年 3 月）
18. 金澤洋彦、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、環状キノニンイミンの合成とレドックスに
 よるキャビティー空間制御、日本化学会 第 84 春季年会（関西学院大学 2004 年 3 月）
19. 木本篤志、政近桐子、趙俊相、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、金属集積能を有する
 ポリフェニレンビニレンの合成と機能、第 53 回高分子学会年次大会（神戸国際会議
 場 2004 年 5 月 25-27 日）
20. 中島玲奈、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチン dendリマーの機能
 分子の精密集積、第 53 回高分子学会年次大会（神戸国際会議場 2004 年 5 月 25-27
 日）
21. Y. Men, M. Higuchi, and K. Yamamoto(Keio University), Stepwise Metal Assembling of Gold
 Clusters with the DPA Dendrons, *International Symposium on Polymer Chemistry
 (PC'2004)*, Changchun(China) 2004.6.4
22. 今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、亜鉛ポルフィリンをコアに持つフェニルアゾメチン
 dendリマーの光機能、第 21 回フォトポリマーコンファレンス（千葉大学けやき会館
 2004 年 6 月 25 日）
23. J-S. CHO, M. Higuchi, K. Yamamoto(Keio University), Electronic Devices Using
 Phenylazomethine Dendrimers., *International Conference of Macro-2004*, Paris(France) 2004.
 7.7
24. M. Sakai, S. Ishiuchi and M. Fujii(Tokyo. Inst. technol.), Picosecond Time-resolved IR
 Spectroscopy of the 7-Azaindole Dimer in Gas Phase and Solution, Gordon Research
 Conference on Molecular and Ionic Clusters Centre Paul Langevin, Aussois, (France)
 2004.9.8-9

25. M. Fujii(Tokyo. Inst. technol.), IR Dip Spectroscopy of the Phenol -Ar₂ Cluster Cation: When does Ar Move, Hot Topics in Gordon Research Conference on Molecular and Ionic Clusters (Centre Paul Langevin, Aussois, (France) 2004.9.8
26. 樋口昌芳、金澤洋彦、山元公寿 (慶大理工)、環状ポリフェニルアゾメチンの構造と酸化還元特性の制御、第 53 回高分子討論会 (北大 2004 年 9 月 15-17 日)
27. 金澤洋彦、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工)、環状キノニンイミンの合成とレドックスに伴うキャビティー構造のスイッチング、第 53 回高分子討論会 (北大 2004 年 9 月 15-17 日)
28. 佐藤英宗、趙俊相、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工)、トリフェニルアミンをコアに持つフェニルアゾメチン dendrimer と電子素子への応用、第 53 回高分子討論会 (北大 2004 年 9 月 15-17 日)
29. 中島玲奈、飛田聡、尾上順、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工・東工大)、フェニルアゾメチン dendrimer への機能性基導入の検討、第 53 回高分子討論会 (北大 2004 年 9 月 15-17 日)
30. 大森努、酒井誠、藤井正明 (東工大)、溶液・気相の両面から見た 7-アザインドールの振動緩和過程—種々の溶媒による共鳴効果の検証、分子構造総合討論会 2004 (広島国際会議場 2004 年 9 月 28 日)
31. T. Imaoka, S. Arimoto and K. Yamamoto(Keio University), Metal Ion Assembly in Phenylazomethine Dendrimers and Their Effect to the Porphyrin Core, 206th Meeting of The Electrochemical Society (ECS), (Hawaii) 2004. 10
32. A. Kimoto, J-S. Cho, M. Higuchi, K. Yamamoto(Keio University), Novel Dendrimers Having a Finecontrolled Metal Complexation as a Unique Hole-transport Material, Keio Univ., KAST 206th Meeting of The Electrochemical Society (ECS), (Hawaii) 2004. 10
33. 加藤英明、榎修、山元公寿 (慶大理工)、精密金属集積能を用いた金属クラスターの合成、日本化学会 第 85 回春季年会 (神奈川大学横浜キャンパス 2005 年 3 月)
34. 桂山真、今岡享稔、山元公寿 (慶大理工)、Naphthalenediimide コアの新規 dendrimer、日本化学会 第 85 回春季年会 (神奈川大学横浜キャンパス 2005 年 3 月)
35. 藤井敦庸、中島玲奈、山元公寿 (慶大理工)、dendrimer へのヘテロ金属集積、日本化学会 第 85 回春季年会 (神奈川大学横浜キャンパス 2005 年 3 月)
36. 上倉健太、佐藤宗英、山元公寿 (慶大理工)、dendrimer 錯体を用いた TiO₂ ナノクラスターの創製、日本化学会 第 85 回春季年会 (神奈川大学横浜キャンパス 2005 年 3 月)

37. 鈴木真奈、中島玲奈、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチン dendroマーの有機金属錯体の内包、日本化学会 第 85 回春季年会（神奈川大学横浜キャンパス 2005 年 3 月）
38. 西健太郎、山元公寿（慶大理工）、1 段階 2 電子移動を示すフェニルアゾメチン dendroマー、日本化学会 第 85 回春季年会（神奈川大学横浜キャンパス 2005 年 3 月）
39. 中島玲奈、飛田聡、尾上順、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチン dendroマーへの機能分子集積、日本化学会 第 85 回春季年会（神奈川大学横浜キャンパス 2005 年 3 月）
40. 高梨健作、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチン dendroマーを利用したヘテロクラスターの合成、日本化学会 第 85 回春季年会（神奈川大学横浜キャンパス 2005 年 3 月）
41. 佐藤宗英、趙俊相、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、トリアリアルアミン dendroマーを用いた高効率色素増感太陽電池、日本化学会 第 85 回春季年会（神奈川大学横浜キャンパス 2005 年 3 月）
42. 榎修、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチン dendroマーを鋳型とした白金ナノ粒子の合成と構造、日本化学会 第 85 回春季年会（神奈川大学横浜キャンパス 2005 年 3 月）
43. 金澤洋彦、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、分子認識を目指したレドックス駆動型分子フラップ、日本化学会 第 85 回春季年会（神奈川大学横浜キャンパス 2005 年 3 月）
44. 木本篤志、趙俊相、伊藤潔、前田博己、青木大吾、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、光架橋 dendroマーをホール輸送層として用いた高効率高分子積層素子、日本化学会 第 85 回春季年会（神奈川大学横浜キャンパス 2005 年 3 月）
45. 今岡享稔、酒井誠、藤井正明、山元公寿（慶大理工・東工大）、 π 共役樹状高分子を用いた高効率・長寿命の電荷分離反応、日本化学会 第 85 回春季年会（神奈川大学横浜キャンパス 2005 年 3 月）
46. 川島安武、大森努、武田朗宏、酒井誠、藤井正明（東大理工）、ピコ秒過渡蛍光検出赤外分光法によるローダミン 6G の振動冷却の観測、一カウンターイオン効果へ、日本化学会 第 85 回春季年会（神奈川大学横浜キャンパス 2005 年 3 月）

47. 今岡享稔、山元公寿、酒井誠、藤井正明（慶大理工・東大理工）、フェニルアゾメチン dendroliマーを用いた光誘起電子移動の制御、第 54 回高分子学会年次大会（パシフィコ横浜 2005 年 5 月）
48. 佐藤宗英、趙俊相、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、芳香族アミンをコアに有する dendroliマーを用いた有機 EL 素子、第 22 回フォトポリマーコンファレンス、（千葉大学 けやき会館 2005 年 6 月 21-24 日）
49. H. Kanazawa, M. Higuchi, K. Yamamoto(Keio University), A Redox-Driven Nanomechanical Molecular Module Capable of Turning ON and OFF a Molecular Flap, *The 8th SPSJ International Polymer Conference (IPC2005)* (Fukuoka, Japan), 2005.07.
50. 今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、 π 共役樹状高分子を用いた光誘起ラジカルイオン対の高効率発生とメカニズム、第 54 回高分子討論会（山形大学小白川キャンパス 2005 年 9 月）
51. 榎修、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチン dendroliマーを鋳型とした白金ナノ粒子の合成と構造、第 54 回高分子討論会（山形大学小白川キャンパス 2005 年 9 月）
52. 佐藤宗英、中島聡夫、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、トリアリールアミンをコアに持つフェニルアゾメチンアミン dendroliマーと高効率色素増感太陽電池への応用、第 54 回高分子討論会（山形大学 小白川キャンパス 2005 年 9 月）
53. 高梨健作、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチン dendroliマーの世代選択的金属集積とクラスターの合成、第 54 回高分子討論会、（山形大学小白川キャンパス 2005 年 9 月）
54. T. Imaoka, K. Yamamoto(Keio University), Macromolecule-Metal Hybrids Using Phenylazomethine Dendrimer Architecture for a CO₂ Reduction Catalyst, *Pacificchem2005*, Honolulu (Hawaii), 2005.12
55. 今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、ポルフィリン錯体を分子プローブとした精密金属集積挙動の確認と自在制御、日本化学会第 86 春期年会（日本大学船橋キャンパス 2006 年 3 月）
56. 榎修、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチン dendroliマーを用いる白金ナノ粒子、日本化学会第 86 春季年会（日本大学船橋キャンパス 2006 年 3 月）

57. 金澤洋彦、山元公寿（慶大理工）、レドックススイッチングによるパラフェニレンの回転に基づいたキャビティ制御、日本化学会第 86 回春季年会(日本大学船橋キャンパス 2006 年 3 月)
58. 佐藤宗英、上倉健太、山元公寿（慶大理工）、金属集積 dendroliマーを用いた TiO₂ ナノドットの創製、日本化学会第 86 春季年会（日本大学船橋キャンパス 2006 年 3 月）
59. 高梨健作、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチン dendroliマーの混合錯形成とクラスターの作製、日本化学会第 86 春季年会（日本大学船橋キャンパス 2006 年 3 月）
60. 上田拓明、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、 dendroliマーを用いた新規光導電材料の創製、日本化学会第 86 春季年会（日本大学船橋キャンパス 2006 年 3 月）
61. 桂山真、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、長寿命で高効率な電荷分離を担う dendroliマー、日本化学会第 86 春季年会（日本大学船橋キャンパス 2006 年 3 月）
62. 加藤英明、榎修、山元公寿（慶大理工）、テトラフェニルメタン dendroliマーを鋳型とする白金ナノ微粒子の合成と触媒能 日本化学会第 86 春季年会(日本大学船橋キャンパス 2006 年 3 月)
63. 藤井敦庸、越智庸介、山元公寿（慶大理工）、有機-金属ハイブリッド精密集積、日本化学会第 86 春季年会（日本大学船橋キャンパス 2006 年 3 月）
64. 越智庸介、藤井敦庸、鈴木真奈、山元公寿（慶大理工）、 dendroliマーへの有機機能分子の精密集積、日本化学会第 86 春季年会(日本大学船橋キャンパス 2006 年 3 月)
65. 川名佑紀、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、 dendroliマー銅錯体を用いた高効率 PPO 合成、日本化学会第 86 春季年会(日本大学船橋キャンパス 2006 年 3 月)
66. 中島聡夫、佐藤宗英、山元公寿（慶大理工）、 dendroliマー錯体の色素増感太陽電池への応用、日本化学会第 86 春季年会(日本大学船橋キャンパス 2006 年 3 月)
67. アルブレヒト建、山元公寿（慶大理工）、新規 dendroliマー EL 材料の開発、日本化学会第 86 春季年会(日本大学船橋キャンパス 2006 年 3 月)
68. 佐藤宗英、中島聡夫、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチン dendroliマーを用いた高効率色素増感太陽電池、電気化学会第 73 回大会(首都大学、2006 年 4 月)
69. 今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、分子プローブを活用した dendroliマーへの精密金属集積挙動の確認、第 55 回高分子年次大会（名古屋国際会議場 2006 年 5 月）

70. 佐藤宗英、中島聡夫、山元公寿（慶大理工）、 π 共役 dendrimer を用いた色素増感太陽電池、第 23 回フォトポリマーコンファレンス（千葉大学西千葉キャンパス 千葉大学 けやき会館 2006 年 6 月）
71. アルブレヒト建、山元公寿（慶大理工）、光架橋性新規ホール輸送材料による有機 EL 素子、第 23 回フォトポリマーコンファレンス（千葉大学西千葉キャンパス 千葉大学 けやき会館 2006 年 6 月）
72. 今岡享稔、桂山真、上田拓明、山元公寿（慶大理工）、光電効果を促進する π 共役 dendrimer、第 30 回有機電子移動化学討論会（東京工業大学すずかけ台キャンパス 2006 年 6 月）
73. K. Yamamoto(Keio University), Fine Control of Metal Assembly in a Dendrimer with a Porphyrin Core, International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines ICPP-4, (Rome) July 2006.
74. 今岡享稔、桂山真、上田拓明、山元公寿（慶大理工）、亜鉛ポルフィリン内包型フェニルアゾメチン dendrimer の光誘起電子移動とその特異性、2006 年光化学討論会（東北大川内キャンパス 2006 年 9 月）
75. 佐藤宗英、上倉健太、中島聡夫、山元公寿（慶大理工）、精密金属集積 dendrimer を用いたナノ酸化チタンドットの作製、電気化学秋季大会（同志社大学 2006 年 9 月）
76. 佐藤宗英、中島聡夫、上倉健太、山元公寿（慶大理工）、dendrimer 錯体を用いた酸化チタンナノクラスターの創製、第 56 回錯体化学討論会（広島大学 2006 年 9 月）
77. 加藤英明、山元公寿（慶大理工）、新規 dendrimer を鋳型とする精密白金ナノクラスターの合成、錯体化学会 第 56 回錯体化学討論会（広島大学 2006 年 9 月）
78. 藤井敦庸、越智庸介、山元公寿（慶大理工）、有機 / 金属ハイブリッド精密集積 dendrimer、錯体化学会 第 56 回錯体化学討論会（広島大学 2006 年 9 月）
79. 高梨健作、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチン dendrimer への異種金属集積とクラスターの合成、第 55 回高分子討論会（富山大学五福キャンパス 2006 年 9 月）
80. 上田拓明、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、dendrimer を用いた新規キャリア発生材料の創製と光導電特性評価、高分子学会、第 55 回高分子討論会（富山大学五福キャンパス 2006 年 9 月）

81. 桂山真、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、ユニークな電荷分離特性を示すポテンシャル傾斜型 dendrimer、高分子学会、第 55 回高分子討論会（富山大学五福キャンパス 2006 年 9 月）
82. アルブレヒト建、山元公寿（慶大理工）、新規 dendrimer-EL 材料の開発、第 55 回高分子討論会（富山大学五福キャンパス 2006 年 9 月）
83. 越智庸介、藤井敦庸、鈴木真奈、山元公寿（慶大理工）、dendrimer への機能分子集積、第 55 回高分子討論会（富山大学五福キャンパス 2006 年 9 月）
84. 川名佑紀、辻正宏、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、dendrimer 銅錯体を用いたフェノールの酸化重合、第 55 回高分子討論会（富山大学五福キャンパス 2006 年 9 月）
85. 中島聡夫（慶大理工）、佐藤宗英、山元公寿、dendrimer 錯体を用いた色素増感太陽電池、第 55 回高分子討論会（富山大学五福キャンパス 2006 年 9 月）
86. 中村郁瀬、山野井慶徳、米澤徹、西原寛、山元公寿、（東大院理・慶大理工・CREST）、フェニルアゾメチン dendrimer で保護したロジウムナノ微粒子触媒によるオレフィン水素化第 55 回高分子討論会（富山大学五福キャンパス 2006 年 9 月）
87. T. Imaoka, M. Katsurayama, H. Ueda, K. Yamamoto(Keio University), A Photoelectron Releasing Nanocapsule Base on π -Conjugating Dendrimer Architecture, *2nd International Symposium on Organic Electron Transfer Chemistry (ISOETC-2007)*, Yokohama (Japan), 2007.1.9
88. 佐藤宗英、中島聡夫、山元公寿（慶大理工）、樹状高分子を用いた高効率色素増感太陽電池、日本化学会第 87 春季年会（関西大学千里山キャンパス 2007 年 3 月）
89. 高梨健作、山元公寿（慶大理工）、水溶性フェニルアゾメチン dendrimer の合成、日本化学会第 87 春季年会（関西大学千里山キャンパス 2007 年 3 月）
90. 上田拓明、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、dendrimer を光増感剤とした新規高効率キャリア発生材料の光電変換特性、日本化学会第 87 春季年会（関西大学千里山キャンパス 2007 年 3 月）
91. 桂山真、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、ポルフィリンをコアとしたポテンシャル傾斜型 dendrimer の電荷分離特性、日本化学会第 87 春季年会（関西大学千里山キャンパス 2007 年 3 月）

92. 加藤英明、山元公寿（慶大理工）、サブナノ白金精密クラスターの酸素還元触媒機能、日本化学会第 87 春季年会（関西大学千里山キャンパス 2007 年 3 月）
93. 藤井敦庸、越智庸介、山元公寿（慶大理工）、有機-金属精密集積 dendrimer、日本化学会第 87 春季年会（関西大学千里山キャンパス 2007 年 3 月）
94. アルブレヒト建、山元公寿（慶大理工）、光架橋性新規 dendrimer-EL 材料の開発、日本化学会第 87 春季年会（関西大学千里山キャンパス 2007 年 3 月）
95. 越智庸介、鈴木真奈、山元公寿（慶大理工）、dendrimer への電子応答性機能分子の集積、日本化学会第 87 春季年会（関西大学千里山キャンパス 2007 年 3 月）
96. 川名佑紀、辻正宏、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、dendrimer 銅錯体を用いた高効率 PPO 合成、日本化学会第 87 春季年会（関西大学千里山キャンパス 2007 年 3 月）
97. 中島聡夫、佐藤宗英、上倉健太、山元公寿（慶大理工）、精密金属集積 dendrimer を用いた酸化チタンサブナノ微粒子の合成、日本化学会第 87 春季年会（関西大学千里山キャンパス 2007 年 3 月）
98. 井上尚紀、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、テトラビフェニルポルフィリンコアを用いた長寿命電荷分離、日本化学会第 87 春季年会（関西大学千里山キャンパス 2007 年 3 月）
99. 河西勇人、アルブレヒト建、山元公寿（慶大理工）、新規機能性 dendrimer を利用した高効率ホール輸送材料の開発、日本化学会第 87 春季年会（関西大学千里山キャンパス 2007 年 3 月）
100. 須藤裕、金澤洋彦、山元公寿（慶大理工）、芳香族シクロファン分子スイッチ機能、日本化学会第 87 春季年会（関西大学千里山キャンパス 2007 年 3 月）
101. 竹永正裕、加藤英明、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチン dendrimer を鋳型とした精密サブナノ白金触媒の合成、日本化学会第 87 春季年会（関西大学千里山キャンパス 2007 年 3 月）
102. 関根和則、秋山公男、今岡享稔、山元公寿、手老省三（東北大工・慶大理工）、時間分解 EPR 法による π 共役樹状高分子系の光誘起電子移動初期過程の研究、日本化学会第 87 春季年会（関西大学千里山キャンパス 2007 年 3 月）
103. 中村郁瀬、山野井慶徳、米澤徹、山元公寿、西原寛（東大院理・慶大理工）、フェニルアゾメチン dendrimer を用いたロジウムナノ微粒子触媒による水素化反応、日本化学会第 87 春

季年会（関西大学千里山キャンパス 2007年3月）

104. 今岡享稔、桂山真、上田拓明、山元公寿(慶大理工)、内部光電効果を促進する π 共役樹状高分子カプセル、電気化学第74回大会（東京理科大学野田キャンパス 2007年3月）
105. 佐藤宗英、中島聡夫、山元公寿（慶大理工）、樹状高分子を用いた高効率色素増感太陽電池、日本化学会第87春季年会、（関西大学千里山キャンパス 2007年3月25-28日）
106. 高梨健作、山元公寿（慶大理工）、水溶性フェニルアゾメチン dendrimer の合成、日本化学会第87回春季年会、（関西大学千里山キャンパス 2007年3月25-28日）
107. アルブレヒト建、山元公寿(慶大理工) 光架橋性新規 dendrimer-EL 材料の開発 日本化学会第87回春季年会、（関西大学千里山キャンパス 2007年3月25-28日）
108. 川名佑紀、辻正弘、今岡享稔、山元公寿(慶大理工)、 dendrimer 銅錯体を用いた高効率 PPO 合成、日本化学会第87春季年会、（関西大学千里山キャンパス 2007年3月25-28日）
109. 中島聡夫、佐藤宗英、上倉健太、山元公寿（慶大理工）、精密金属集積 dendrimer を用いた酸化チタンサブナノ微粒子の合成、日本化学会第87春季年会（関西大学千里山キャンパス、2007年3月25-28日）
110. 井上尚紀、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、テトラビフェニルポルフィリンコア G5 dendrimer を用いた長寿命電荷分離、日本化学会、（関西大学千里山キャンパス 2007年3月25-28日）
111. 河西勇人、アルブレヒト建、山元公寿（慶大理工）新規機能性 dendrimer を利用した高効率ホール輸送材料の開発 日本化学会第87春季年会（関西大学千里山キャンパス 2007年3月25-28日）
112. 須藤裕、金澤洋彦、山元公寿（慶大理工）、芳香族シクロファンの分子スイッチング機能、日本化学会第87春季年会（関西大学千里山キャンパス、2007年3月25-28日）
113. 竹永正裕、加藤英明、山元公寿(慶大理工)、フェニルアゾメチン dendrimer を鋳型とした精密白金ナノ触媒の合成、日本化学会第87春季年会、(関西大学千里山キャンパス、2007年3月25-28日)
114. 佐藤宗英、中島聡夫、山元公寿（慶大理工）、樹状高分子を用いた色素増感太陽電池の高効率化、第56回高分子学会年次大会、(国立京都国際会館、2007年5月29-31日)

115. 今岡享稔 (慶大理工)、内部光電効果を促進する π 共役樹状高分子カプセル、電気化学会第 74 会大会 (東京理科大野田キャンパス 2007 年 7 月)
116. アルブレヒト建、山元公寿(慶大理工) Carbazole-Phenylazomethine Double Layer-Type Dendrimer: A Photocrosslinking Hole-Transporting Material オルガテクノ 2007 (東京ビッグサイト 2007 年 7 月 18 日)
117. 越智庸介、山元公寿(慶大理工)、New type Electro-responsive Dendrimers オルガテクノ 2007 (東京ビッグサイト 2007 年 7 月 18 日)
118. 今岡享稔、山元公寿 (慶大理工)、剛直樹状高分子からなる超薄膜の光導電特性、第 56 会高分子討論会 (名古屋工業大学 2007 年 9 月)
119. 佐藤宗英、上倉健太、中島聡夫、山元公寿 (慶大理工)、精密金属集積 dendrimer を用いた量子サイズ酸化チタンの作製と結晶系、第 57 回錯体化学討論会、(名古屋工業大学 2007 年 9 月)
120. アルブレヒト建、山元公寿 (慶大理工)、高耐熱性新規 dendrimer の合成とその物性、第 56 回高分子討論会 (名古屋工業大学 2007 年 9 月)
121. 越智庸介、藤井敦庸、鈴木真奈、山元公寿 (慶大理工)、dendrimer への機能分子集積、第 56 回高分子討論会 (名古屋工業大学 2007 年 9 月)
122. 川名佑紀、今岡享稔、山元公寿(慶大理工)、金属集積型 dendrimer を用いた高効率 PPO 重合法、第 56 回高分子討論会、(名古屋工業大学 2007 年 9 月)
123. 集積型銅錯体を触媒とした塩基の添加を必要としないフェノールの酸素酸化重合、今岡享稔、川名佑紀、山元公寿、日本化学会第 88 春季年会、(立教大学池袋キャンパス 2008 年 3 月 26-30 日)
124. Sub-Nano Size Control of Quantum-Size TiO_2 by Fine-Controlled Metal-Assembling using Dendrimer Templates、Norifusa Satoh, Toshio Nakashima, Kimihisa Yamamoto、日本化学会第 88 春季年会、(立教大学池袋キャンパス 2008 年 3 月 26-30 日)
125. フェニルアゾメチン dendrimer の高効率合成法と精密金属クラスターの作製、高梨健作、山元公寿、日本化学会第 88 回春季年会、(立教大学池袋キャンパス 2008 年 3 月 26-30 日)
126. 新規高世代カルバゾール dendrimer の合成と高効率ホール輸送材料への展開、アルブレヒト建、河西勇人、山元公寿、日本化学会第 88 春季年会 (立教大学池袋キャンパス)

ス 2008 年 3 月 26-30 日)

127. デンドリマーにポケットは存在するのか？—選択的形狀分子認識、川名佑紀、坂入聖志、今岡享稔、山元公寿、日本化学会第 88 春季年会、(立教大学池袋キャンパス、2008 年 3 月 26-30 日)
128. 量子サイズ効果を示すサブナノ酸化チタンクラスター、中島聡夫、佐藤宗英、山元 公寿、日本化学会第 88 春季年会 (立教大学池袋キャンパス、2008 年 3 月 26-30 日)
129. デンドリマーを利用したアゾベンゼン分子集積、宮川裕司、山元公寿、日本化学会第 88 春季年会、(立教大学池袋キャンパス、2008 年 3 月 26-30 日)
130. フェニルアゾメチンデンドリマーの内部空間を利用した長寿命電荷分離、井上尚紀、今岡享稔、山元公寿、日本化学会第 88 春季年会、(立教大学池袋キャンパス、2008 年 3 月 26-30 日)
131. Double-Layer 型デンドリマーの開発と高効率有機薄膜デバイスへの応用、河西勇人、アルブレヒト建、山元公寿、日本化学会春季年会、(立教大学池袋キャンパス 2008 年 3 月 26-30 日)
132. サブナノ白金触媒の精密合成と酸素還元機能、竹永正裕、今岡享稔、山元公寿、日本化学会 88 春季年会、(立教大学池袋キャンパス、2008 年 3 月 26-30 日)
133. フェニルアゾメチンデンドリマーの精密分子認識、坂入聖志、川名佑紀、今岡享稔、山元公寿、日本化学会 88 春季年会、(立教大学池袋キャンパス、2008 年 3 月 26-30 日)
134. デンドリマーへの有機機能分子集積、櫻井こずえ、越智庸介、山元公寿、日本化学会 88 春季年会、(立教大学池袋キャンパス、2008 年 3 月 26-30 日)
135. フェニルアゾメチンデンドリマーを鋳型とした白金ナノ粒子の合成と性質、園井厚憲、竹永正裕、今岡享稔、葛目陽義、伊藤正時、山元公寿、日本化学会 88 春季年会、(立教大学池袋キャンパス、2008 年 3 月 26-30 日)
136. 剛直樹状高分子フェニルアゾメチンデンドリマーからなる集合体のナノ～メソ構造、武家尾典子、今岡享稔、山元公寿、日本化学会 88 春季年会、(立教大学池袋キャンパス、2008 年 3 月 26-30 日)
137. 剛直樹状高分子の微小反応場における長寿命電化分離、今岡享稔、井上尚紀、山元公寿、電気化学会第 75 回大会、(山梨大学、平成 20 年 3 月 29-31 日)
138. 精密金属集積デンドリマーを鋳型とした量子サイズ酸化チタンのサブナノサイズ制御と結晶形、佐藤宗英、中島聡夫、山元公寿、電気化学会第 75 回大会、(山梨大学、平成 20 年 3 月 29-31 日)

139.

③ ポスター発表 (国内会議 86件、国際会議 26件)

1. 門毅、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工)、DPA デンドロン修飾半導体ナノ粒子の合成と発光特性、日本化学会 第84春季年会 (関西学院大学 2004年3月)
2. 趙俊相、木本篤志、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工)、ジフェニルアミン基を導入したアゾメチン dendrimer と EL 機能、日本化学会 第84春季年会 (関西学院大学 2004年3月)
3. 今岡享稔、山元公寿 (慶大理工)、フェニルアゾメチン dendrimer を利用した光誘起電子移動の制御、ナノ学会第2回大会 (学術総合センター一橋会館 2004年5月9-10日)
4. 木本篤志、趙俊相、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工)、精密金属集積能を有する新型ホール輸送材料と EL 特性、ナノ学会第2回大会 (学術総合センター一橋会館 2004年5月9-10日)
5. 樋口昌芳、金澤洋彦、山元公寿 (慶大理工)、環状ポリフェニルアゾメチンの構造とレドックス特性の制御、第53回高分子学会年次大会 (神戸国際会議場 2004年5月25-27日)
6. 趙俊相、木本篤志、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工)、フェニルアゾメチン dendrimer 類の電子素子機能、第53回高分子学会年次大会 (神戸国際会議場 2004年5月25-27日)
7. 門毅、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工)、発光半導体ナノ粒子の合成と修飾、第53回高分子学会年次大会 (神戸国際会議場 2004年5月25-27日)
8. 西海豊彦、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工)、高速電子移動高分子材料の設計、第53回高分子学会年次大会 (神戸国際会議場 2004年5月25-27日)
9. 木本篤志、趙俊相、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工)、フェニルアゾメチン-カルバゾール非対称 dendrimer、第53回高分子学会年次大会 (神戸国際会議場 2004年5月25-27日)
10. 金澤洋彦、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工)、環状キノニンイミンの合成と電気化学的キャビティ空間制御による分子認識のスイッチング、第53回高分子学会年次大会 (神戸国際会議場 2004年5月25-27日)
11. 佐藤英宗、趙俊相、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工)、トリフェニルアミンをコアに持つフェニルアゾメチン dendrimer と電子素子への応用、第53回高分子学会年次大会 (神戸国際会議場 2004年5月25-27日)
12. 高梨健作、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工)、フェニルアゾメチン dendrimer 混合錯形成とクラスター合成、第53回高分子学会年次大会 (神戸国際会議場 2004年5月)

25-27 日)

13. 上倉健太、佐藤英宗、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工)、デンドリマーの精密金属集積能を利用した TiO₂ 精密クラスターの創製、第 53 回高分子学会年次大会 (神戸国際会議場 2004 年 5 月 25-27 日)
14. 鈴木真奈、中島玲奈、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工)、フェロセン修飾デンドリマーのスイッチング、第 53 回高分子学会年次大会 (神戸国際会議場 2004 年 5 月 25-27 日)
15. 西健太郎、西海豊彦、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工)、1 段階 2 電子移動の新原理を利用した高エネルギー密度 2 次電池、第 53 回高分子学会年次大会 (神戸国際会議場 2004 年 5 月 25-27 日)
16. 松浦有吾、趙俊相、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工)、ポリビニルカルバゾールフェニルアゾメチンデンドリマーを用いた EL デバイス、第 53 回高分子学会年次大会 (神戸国際会議場 2004 年 5 月 25-27 日)
17. Y. Men, M. Higuchi, and K. Yamamoto(Keio University), Stepwise Metal Assembling of Gold Clusters with the DPA Dendrons, *International Symposium on Polymer Chemistry (PC'2004)*, Changchun(China) 2004.6.4
18. J-S. CHO, M. Higuchi, K. Yamamoto(Keio University), Electronic Devices Using Phenylazomethine Dendrimers., *International Conference of Macro-2004*, Paris(France) 2004. 7. 7
19. 佐藤英宗、趙俊相、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工)、トリフェニルアミンをコアに持つフェニルアゾメチンデンドリマーと電子素子への応用、高分子錯体若手研究会 (茨城 2004 年 7 月 7-8 日)
20. 今岡享稔、山元公寿 (慶大理工)、フェニルアゾメチンデンドリマーを利用した光誘起電子移動の制御、高分子錯体若手研究会 (茨城 2004 年 7 月 7-8 日)
21. 中島玲奈、山元公寿 (慶大理工)、フェリチン類似の精密金属集積ドラッグデリバリーシステム、第 3 回早慶ワークショップ (慶大理工 2004 年 8 月 28 日)
22. 門毅、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工)、精密金属集積能を持つ DPA デンドロン修飾金と CdS クラスタ第 53 回高分子討論会 (北大 2004 年 9 月 15-17 日)
23. 木本篤志、趙俊相、樋口昌芳、山元公寿 (慶大理工)、金属集積能を有するカルバゾールフェニルアゾメチンデンドリマー、第 53 回高分子討論会 (北大 2004 年 9 月 15-17 日)
24. 今岡享稔、山元公寿 (慶大理工)、フェニルアゾメチンデンドリマーの電子機能を利用した長寿命、高収率の光増感、第 53 回高分子討論会 (北大 2004 年 9 月 15-17 日)
25. 榎修、今岡享稔、山元公寿 (慶大理工)、フェニルアゾメチンデンドリマーを鋳型とした白金ナノ粒子合成、第 53 回高分子討論会 (北大 2004 年 9 月 15-17 日)

26. 高梨健作、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチン dendriマーの世代選択的金属集積とクラスターの作成、第 53 回高分子討論会（北大 2004 年 9 月 15-17 日）
27. 田中玲子、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、多電子触媒を目指した金属集積 dendriマーの構築、第 53 回高分子討論会（北大 2004 年 9 月 15-17 日）
28. 田中玲子、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、ポルフィリンをコアに持つフェニルアゾメチン dendriマーの構造と物性、第 13 回日本ポリイミド・芳香族系高分子会議（東京工業大学大岡山キャンパス国際交流会館 2004 年 11 月）
29. 金澤洋彦、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、芳香族環状ホリイミンの合成とレトックスによるキャヒティー構造のスイッチング、第 13 回日本ポリイミド・芳香族系高分子会議（東京工業大学大岡山キャンパス国際交流会館 2004 年 11 月）
30. 榎修、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチン dendriマーを鋳型とした白金ナノ粒子の合成と構造、第 54 回高分子学会年次大会（パシフィコ横浜 2005 年 5 月）
31. 金澤洋彦、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、芳香族ポリ環状イミンを用いたレドックス駆動型分子フラップによる分子認識制御、高分子学会第 54 回年次大会（パシフィコ横浜 2005 年 5 月）
32. 佐藤宗英、趙俊相、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、トリアリールアミン dendriマーを用いた高効率色素増感太陽電池、第 54 回高分子学会年次大会（パシフィコ横浜 2005 年 5 月）
33. 高梨健作、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチン dendriマーへの異種金属集積とクラスターの作製、第 54 回高分子学会年次大会（パシフィコ横浜 2005 年 5 月）
34. 上倉健太、佐藤宗英、山元公寿（慶大理工）、アミン dendriマー錯体を用いた TiO₂ ナノクラスターの創製、第 54 回高分子学会年次大会（パシフィコ横浜 2005 年 5 月）
35. 鈴木真奈、中島玲奈、山元公寿（慶大理工）、フェロセン内包フェニルアゾメチン dendriマー、第 54 回高分子学会年次大会（パシフィコ横浜 2005 年 5 月）
36. 西健太郎、山元公寿（慶大理工）、1 段階 2 電子移動を示すフェニルアゾメチン dendriマー、第 54 回高分子学会年次大会（パシフィコ横浜 2005 年 5 月）

37. 桂山真、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、Naphthalenediimide コアの新規 dendrimer、第 54 回高分子学会年次大会（パシフィコ横浜 2005 年 5 月）
38. 加藤英明、榎修、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、テトラフェニルメタンをコアとする新規フェニルアゾメチン dendrimer を利用した金属クラスターの合成、第 54 回高分子学会年次大会（パシフィコ横浜 2005 年 5 月）
39. 藤井敦庸、中島玲奈、山元公寿（慶大理工）、dendrimer への金属ヘテロ集積、第 54 回高分子学会年次大会（パシフィコ横浜 2005 年 5 月）
40. O. Enoki, T. Imaoka, K. Yamamoto(Keio University), Metal Ion Assembly in Phenylazomethine Dendrimers and Their Effect to the Porphyrin Core, Synthesis of a Pt nanoparticle using a phenylazomethine dendrimer as a template, *The 8th SPSJ International Polymer Conference* (IPC2005, Fukuoka, Japan), 2005.7
41. 中島聡夫、佐藤宗英、山元公寿（慶大理工）、dendrimer 錯体の高性能色素増感太陽電池への応用、第 4 回早慶ワークショップ（早稲田大学 2005 年 8 月 27 日）
42. 金澤洋彦、樋口昌芳、山元公寿（慶大理工）、レドックス駆動型分子モジュールを環状主鎖に有するパラシクロファン、高分子学会第 54 回討論会（山形大学 小白川キャンパス 2005 年 9 月）
43. 川島安武、大森努、武田朗宏、酒井誠、藤井正明（東工大）、ピコ秒過渡蛍光検出赤外分光法によるローダミン 6 G の振動冷却の観測－カウンターイオンによる差異－、分子構造総合討論会 2005（タワーホール船堀 2005 年 9 月 27 日）
44. 佐藤宗英、中島聡夫、山元公寿（慶大理工）、トリアリールアミンをコアに持つ dendrimer と高効率色素増感太陽電池への応用、2005 年 21 世紀 COE 東工大慶應大 合同若手フォーラム（東京工業大学 2005 年 10 月 21 日）
45. O. Enoki, T. Imaoka, K. Yamamoto(Keio University), Synthesis of Pt nanoparticles templated by phenylazomethine dendrimers, *Pacificchem2005*, Honolulu (Hawaii), 2005.12
46. Kanazawa, H.; Higuchi, M.; Yamamoto (Keio University), K.Aza-Para-Cyclophanes for Redox-Driven Nanomechanical Module, *Pacificchem2005*, Honolulu (Hawaii), 2005.12
47. N. Satoh, J-S. Cho, M. Higuchi, K. Yamamoto (Keio University), A high performance dye-sensitized solar cell using a metal-assembling dendrimer with a triarylamine core, *Pacificchem2005*, Honolulu (Hawaii), 2005.12

48. K. Takanashi, M. Higuchi, K. Yamamoto (Keio University), Stepwise complexation of dendritic phenylazometines with metals and its clusterization, *Pacificchem2005*, Honolulu (Hawaii), 2005.12
49. K. Kamikura, N. Satoh, K. Yamamoto (Keio University), Preparation of TiO₂ nanoclusters by pyrolysis of dendrimer complexes, *Pacificchem2005*, Honolulu (Hawaii), 2005.12
50. M. Suzuki, R. Nakajima, K. Yamamoto(Keio University), Synthesis of Ferrocene-modified Phenylazomethine Dendrimers Possessing Redox Switching, *Pacificchem2005*, Honolulu (Hawaii), 2005.12
51. K. Nishi, K. Yamamoto (Keio University), A High Energy Rechargeable Battery Based on a One-Step Successive Two-Electron-Transfer Process, *Pacificchem2005*, Honolulu (Hawaii), 2005.12
52. H. Katoh, O. Enoki, T. Imaoka, K. Yamamoto (Keio University), Synthesis of new dendrimer and its property, *Pacificchem2005*, Honolulu (Hawaii), 2005.12
53. M. Katsurayama, T. Imaoka, K. Yamamoto (Keio University), Novel Phenylazomethine Dendrimers with a Naphthalenediimide core, *Pacificchem2005*, Honolulu (Hawaii), 2005.12
54. A. Fujii, R. Nakajima, K. Yamamoto (Keio University), A hetero metal assembly in the phenylazomethine dendrimers, *Pacificchem2005*, Honolulu (Hawaii), 2005.12
55. 中村郁瀬、山野井慶徳、米澤徹、西原寛、山元公寿（東大院理・慶大理工）、フェニルアゾメチン dendrimer を用いるロジウムナノ微粒子の調製とそれを触媒としたアルケン類の水素化反応、日本化学会第 86 春季年会（日本大学船橋キャンパス 2006 年 3 月）
56. 佐藤宗英、上倉健太、山元 公寿（慶大理工）、 dendrimer 錯体を用いた酸化チタンナノクラスターの創製第 55 回高分子学会年次大会（名古屋国際会議場 2006 年 5 月）
57. 高梨健作、山元公寿（慶大理工）、フェニルアゾメチン dendrimer の世代選択的金属集積とクラスター化、第 55 回高分子学会年次大会(名古屋国際会議場 2006 年 5 月)
58. 上田拓明、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、 dendrimer を基盤とした新規キャリア発生材料の創製と光導電特性評価、高分子学会、第 55 回高分子学会年次大会(名古屋国際会議場 2006 年 5 月)

59. 桂山真、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、長寿命で高効率な電荷分離 dendrimer、高分子学会、第 55 回高分子学会年次大会(名古屋国際会議場 2006 年 5 月)
60. 加藤英明、榎修、山元公寿（慶大理工）、新規 dendrimer を鋳型とする白金ナノクラスターの合成と触媒能、高分子学会 第 55 回高分子学会年次大会（名古屋国際会議場 2006 年 5 月）
61. 藤井敦庸、越智庸介、山元公寿（慶大理工）、有機-金属ハイブリッド精密集積、高分子学会 第 55 回高分子学会年次大会（名古屋国際会議場 2006 年 5 月）
62. アルブレヒト建、山元公寿（慶大理工）、新規 dendrimer-EL 材料の開発、第 55 回高分子学会年次大会（名古屋国際会議場 2006 年 5 月）
63. 越智庸介、藤井敦庸、山元公寿（慶大理工）、dendrimer への有機機能分子集積、高分子学会年会（名古屋国際会議場 2006 年 5 月）
64. 川名佑紀、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、dendrimer 銅錯体を用いるフェノールの酸化重合、高分子学会年会(名古屋国際会議場 2006 年 5 月)
65. 中島聡夫、佐藤宗英、山元公寿(慶大理工)、dendrimer 錯体を用いた色素増感太陽電池、第 55 回高分子学会年次大会（名古屋国際会議場 2006 年 5 月）
66. 桂山真、今岡享稔、山元公寿（慶大理工）、ユニークな電荷分離特性を示すポテンシャル傾斜型 dendrimer、有機電子化学研究会 有機電子移動化学若手研究討論会(慶大 2006 年 7 月)
67. 中島聡夫、佐藤宗英、山元公寿（慶大理工）、dendrimer を用いた色素増感太陽電池、有機電子化学研究会 有機電子移動化学若手研究討論会(慶大 2006 年 7 月)
68. 山元公寿、佐藤宗英（慶大理工）、dendrimer を利用した 1nm 酸化チタン粒子の創製、ナノテクノロジー分野別バーチャルラボ成果報告会、(東京国際フォーラム ホール B7 2006 年 7 月)
69. N. Satoh, K. Kamikura, K. Yamamoto (Keio University), Controlled Fabrication of TiO₂ Nano-dots Using Metal-assembling Dendrimer Template” Fifth Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology (TOCAT 5), Tokyo, 2006, 7.
70. N. Satoh, T. Nakashima, and K. Yamamoto (Keio University), Metal-Assembling Dendrimers with a Triarylamine Core and Their Application to a Dye-Sensitized Solar Cell, Tokyo Workshop on Solar Light Energy Conversion (TOSLEC-1) 2006.9.5-6.

71. N. Satoh, K. Kamikura, K. Yamamoto (Keio University), Controlled fabrication of TiO₂ nano-dots using metal-assembling dendrimer template, Tokyo Workshop on Solar Light Energy Conversion (TOSLEC-1) 2006.9.5-6.
72. 中村郁瀬, 山野井慶徳, 米澤 徹, 西原 寛, 山元公寿 (東大院理・慶大理工) フェニルアゾメチン dendrimer で保護したロジウムナノ微粒子触媒によるオレフィン水素化、第 55 回高分子討論会 (富山大学五福キャンパス 2006 年 9 月)
73. K. Takanashi, and K. Yamamoto (Keio University), Metal Assembling and Clusterization in Dendritic Polyphenylazomethines, COE-LCC Keio-Aachen joint symposium, 2006, 10.5
74. N. Satoh, T. Nakashima, and K. Yamamoto (Keio University), Metal-Assembling Dendrimers with a Triarylamine Core and Their Application to a Dye-Sensitized Solar Cell, COE-LCC Keio-Aachen joint symposium, 2006, 10.5
75. 上田拓明、今岡享稔、山元公寿 (慶大理工)、Dendrimer を基盤とした新規キャリア発生材料の創製と光電変換特性評価、第 2 回慶應大・東工大合同 COE 若手フォーラム (慶大矢上キャンパス 2006 年 10 月)
76. 加藤英明、山元公寿 (慶大理工)、新規 dendrimer を鋳型とする精密白金ナノクラスターの合成、第 2 回慶應大×東工大合同 COE 若手フォーラム (4 回東工大材料系 COE 若手フォーラム)、(慶大矢上キャンパス 2006 年 10 月)
77. 藤井敦庸、今岡享稔、山元公寿 (慶大理工)、Stepwise Radial Encapsulation in Phenylazomethine Dendrimer、早慶ワークショップ (慶大 2006 年 11 月)
78. 佐藤宗英、山元公寿 (慶大理工)、精密金属集積 dendrimer を用いたエレクトロニクスデバイス、第三回超階層制御若手フォーラム (名古屋大学野依記念学術交流館 2007 年 1 月)
79. 今岡享稔、山元公寿 (慶大理工)、精密自在制御型高分子の電子過程環境保全のためのナノ構造制御触媒及び新材料の創製-公開シンポジウム-科学技術振興機構 (東京 2007 年 1 月 19 日)
80. 中村郁瀬, 佐藤淳一, 山野井慶徳, 米澤徹, 西原寛, 山元公寿 (東大院理・慶大理工)、フェニルアゾメチン dendrimer で保護した金属ナノ微粒子触媒による水素化反応、環境保全のためのナノ構造制御触媒及び新材料の創製-公開シンポジウム-科学技術振興機構 (東京 2007 年 1 月 19 日)
81. 山野井慶徳, 平良孝史, 西原寛 (東大院理)、ヒドロシラン類をケイ素導入源としたアリアルシラン類の高効率合成法の開発、環境保全のためのナノ構造制御触媒及び新材料の創製-公開シンポジウム-科学技術振興機構 (東京 2007 年 1 月 19 日)

82. T. Imaoka, K. Yamamoto (Keio University), Electrochemical and Catalytic Functions of Precise Macromolecular Metal Complexes *Japan-Nano 2007*, Tokyo (Japan), 2007.3
83. 高梨健作、山元公寿(慶大理工)、ダイバージェント/コンバージェント法による水溶性フェニルアゾメチン dendritic の合成、第 56 回高分子学会年次大会、(国立京都国際会館、2007 年 5 月 29-31 日)
84. アルブレヒト建、山元公寿(慶大理工) 新規カルバゾール dendritic-EL 材料の開発(1)、第 56 回高分子学会年次大会(国立京都国際会館、2007 年 5 月 29-31 日)
85. 越智庸介、山元公寿(慶大理工)、 dendritic への電子応答性機能分子の集積、第 56 回高分子学会年次大会(国立京都国際会館、2007 年 5 月 29-31 日)
86. 川名佑紀、辻正弘、今岡享稔、山元公寿(慶大理工)、金属集積型 dendritic 触媒を用いた空気酸化重合、第 56 回高分子学会年次大会(国立京都国際会館 2007 年 5 月 29-31 日)
87. 中島聡夫、佐藤宗英、上倉健太、山元公寿(慶大理工)、精密金属集積 dendritic を用いた酸化チタンサブナノ微粒子の合成、第 56 回高分子学会年次大会(国立京都国際会館、2007 年 5 月 29-31 日)
88. 宮川裕司、山元公寿(慶大理工)、精密分子集積を利用した dendritic の機能化、第 56 回高分子学会年次大会(国立京都国際会館 2007 年 5 月 29-31 日)
89. 井上尚紀、今岡享稔、山元公寿(慶大理工)、剛直 π 共役 dendritic を活用した超長寿命電荷分離、第 56 回高分子学会年次大会(国立京都国際会館 2007 年 5 月 29-31 日)
90. 河西勇人、アルブレヒト建、山元公寿(慶大理工)、新規カルバゾール dendritic-EL 材料の開発(2)、第 56 回高分子学会年次大会(国立京都国際会館 2007 年 5 月 29-31 日)
91. 須藤裕、金澤洋彦、山元公寿(慶大理工)、シクロファン骨格を利用した分子シャッター、第 56 回高分子学会年次大会(国立京都国際会館、2007 年 5 月 29-31 日)
92. 竹永正裕、加藤英明、山元公寿(慶大理工)、フェニルアゾメチン dendritic を鋳型とした精密白金ナノ触媒の合成と評価、第 56 回高分子学会年次大会(国立京都国際会館 2007 年 5 月 29-31 日)
93. 越智庸介、山元公寿(慶大理工)、機能分子精密集積 dendritic の創製、第 1 回超分子若手懇親会(三浦市マホロバマイズ、2007 年 7 月)

94. 河西勇人、山元公寿（慶大理工）「ホール輸送材料を目指した Double-Layer 型 dendri-
マーの開発」第 1 回超分子若手懇談会（三浦市マホロバマインズ 2007 年 7 月）
95. アルブレヒト建、山元公寿(慶大理工)、Carbazole-Phenylazomethine Double Layer-Type
Dendrimer: A Photocrosslinking Hole-Transporting Material ORGATECHNO 2007
(Tokyo)July 18-20, 2007
96. 越智庸介、藤井敦庸、山元公寿(慶大理工)、New type Electro-responsive Dendrimers
ORGATECHNO 2007 (Tokyo) July 18-20, 2007
97. T. Imaoka, N. Inoue, K. Yamamoto (Keio University), Efficient Production of Highly Stable
Radical-Ion-Pair separated with a Rigid π -Conjugating Dendrimer Shell, 12th IUPAC
International Symposium on MacroMolecular Complexes(MMC-12), Fukuoka (Japan), August
27-31, 2007
98. K. Takanashi, and K. Yamamoto (Keio University), Metal Assembling and Clusterization in
Dendritic Polyphenylazomethines, 12th IUPAC International Symposium on MacroMolecular
Complexes(MMC-12), Fukuoka (Japan), August 27-31, 2007
99. K. Albrecht, Y. Kasai and K. Yamamoto(Keio University), The Novel Synthesis and Properties
of Carbazole-Phenylazomethine Double Layer-Type Dendrimer, 12th IUPAC International
Symposium on MacroMolecular Complexes(MMC-12), Fukuoka (Japan) August 27-31, 2007
100. Y. Ochi, A. Fujii and K. Yamamoto(Keio University), Stepwise Metal Assembly in Dendritic
Polyphenylazomethine, 12th IUPAC International Symposium on MacroMolecular Complexes,
Fukuoka (Japan) August 27-31, 2007
101. 高梨健作、山元公寿（慶大理工）、ダイバージェント/コンバージェント法による末端置
換フェニルアゾメチン dendri-
マーの合成と物性、第 56 回高分子討論会（名古屋工業
大、2007 年 9 月 19-21 日）
102. 中島聡夫、佐藤宗英、上倉健太、山元公寿（慶大理工）、精密金属集積 dendri-
マーを用いた酸化チタン量子サイズ微粒子の合成、第 56 回高分子討論会（名古屋工業大、
2007 年 9 月 19-21 日）
103. 井上尚紀、今岡享稔、山元公寿(慶大理工)、フェニルアゾメチン dendri-
マーを用いた高効
率長寿命電荷分離、第 56 回高分子討論会（名古屋工業大 2007 年 9 月 19-21 日）

104. 河西勇人、アルブレヒト建、山元公寿(慶大理工)、カルバゾール骨格を有する高機能 Double-Layer 型 dendrimer の開発、第 56 回高分子討論会 (名古屋工業大 2007 年 9 月 19-21 日)
105. 須藤裕、金澤洋彦、山元公寿(慶大理工)、シクロファン骨格を利用したレドックススイッチング機能、第 56 回高分子討論会 (名古屋工業大 2007 年 9 月 19-21 日)
106. 中村郁瀬、山野井慶徳、米澤徹・西原寛、今岡享稔、山元公寿 (東大院理・慶大理工) フェニルアゾメチン dendrimer 保護金属ナノ粒子触媒による水素化還元反応、第 56 回高分子学会討論会 (名古屋工業大 2007 年 9 月 19-21 日)
107. 佐藤淳一、中村郁瀬、山野井慶徳、米澤徹、西原寛、山元公寿 (東大院理・慶大理工) フェニルアゾメチン dendrimer に内包したロジウム、イリジウムナノ粒子の調製と性質、第 56 回高分子学会討論会 (名古屋工業大 2007 年 9 月 19-21 日)
108. 竹永正裕、加藤英明、山元公寿(慶大理工)、フェニルアゾメチン dendrimer を鋳型とした精密白金ナノ触媒の合成および評価、第 57 回錯体化学討論会 (名古屋工業大 2007 年 9 月 25-27 日)
109. A shape-persistent macromolecular host for fine control of metal-assembling, Takane Imaoka and Kimihisa Yamamoto, The 10th Pacific Polymer Conference (PPC10) Kobe, Japan December 5, 2007
110. Stepwise Metal Assembly in Dendritic Polyphenylazomethines, Yousuke Ochi, Atunobu Fujii, Mana Suzuki and Kimihisa Yamamoto, The 10th Pacific Polymer Conference (PPC10) Kobe, Japan December 5, 2007
111. The Novel Synthesis and Properties of Carbazole-Phenylazomethine Double Layer-Type Dendrimer, Ken Albrecht, Yuto Kasai, and Kimihisa Yamamoto, The 10th Pacific Polymer Conference, Kobe, Japan 6, December, 2007.
112. 精密金属集積高分子を利用した超分子構造体の構築、越智庸介、櫻井こずえ、山元公寿、日本化学会第 88 回春季年会 (立教大学池袋キャンパス、2008 年 3 月 26-30 日)

(4)特許出願

①国内出願 (16件) 国外(2件)

1.発明者：山元公寿、樋口昌芳、高梨健作

発明の名称：フェニルアゾメチン dendrimer と dendron 誘導体の合成方法

出願人：慶應義塾大学
出願日：特開 2004-331850

2.発明者：山元公寿、西海豊彦
発明の名称：高エネルギー密度新規ポリアニリン誘導体
出願人：慶應義塾大学
出願日：特開 2005-2278

3.発明者：山元公寿、榎修
発明の名称：フェニルアゾメチン dendrimer 金属錯体と金属クラスター
出願人：慶應義塾大学
出願日：特願 2003-3018866

4.発明者：山元公寿、佐藤宗英
発明の名称：新しい TiO_2 電極の製造法
出願人：慶應義塾大学
出願日：特開 2004-213908

5.発明者：山元公寿、樋口昌芳、中島玲奈、鈴木真奈、鶴田雅典
発明の名称：フェロセン修飾フェニルアゾメチン dendrimer とそれを利用したイオンセンサー
出願人：慶應義塾大学
出願日：特開 2005-200587

6.発明者：山元公寿、樋口昌芳、中島玲奈、鈴木真奈
発明の名称：有機・有機金属化合物内包 dendrimer
出願人：慶應義塾大学
出願日：特開 2006-070100

7.発明者：山元公寿、榎修
発明の名称：炭素微粒子
出願人：慶應義塾大学
出願日：特開 2006-069818

8.発明者：山元公寿、佐藤宗英、上倉健太
発明の名称：金属酸化物クラスターの製造方法と太陽電池の光電極並びに触媒
出願人：慶應義塾大学
出願日：特願 2005-025693

9.発明者：山元公寿、門毅

発明の名称：金属集積半導体ナノ粒子とその製造方法

出願人：(財) 神奈川科学技術アカデミー

出願日：特開 2006-036866

10.発明者：山元公寿、佐藤英宗

発明の名称：フェニルアゾメチン dendrimer 金属錯体と金属酸化物クラスターとその製造

出願人：(財) 神奈川科学技術アカデミー

出願日：特開 2006-076965

11.発明者：山元公寿、趙、俊相、木本篤志、伊藤潔

発明の名称：有機エレクトロルミネッセンス素子及びその製造方法

出願人：(財) 神奈川科学技術アカデミー

出願日：特願 2004-253595

12.発明者：山元公寿、佐藤宗英、上倉健太

発明の名称：金属酸化物クラスターの製造方法と太陽電池の光電極並びに触媒

出願人：慶應義塾大学

出願日：特開 2006-240984

13.発明者：山元公寿、林美佐

発明の名称：ポリフェニレンオキシド類の製造方法

出願人：慶應義塾大学

出願日：特開 2007-023166

14.発明者：山元公寿、高梨健作

発明の名称：フェニルアゾメチン類の合成方法

出願人：慶應義塾大学

出願日：特願 2007-196640

15.発明者：西原 寛、米澤 徹、山野井慶徳、中村郁瀬、山元公寿

発明の名称：フェニルアゾメチン dendrimer 金属錯体とロジウムナノ微粒子並びにその触媒

出願人：国立大学法人東京大学、慶應義塾大学

出願日：特願 2006-245568

16.発明者：西原 寛、水野克哉、山野井慶徳、山元公寿、井上康則

発明の名称：第4級アンモニウム塩と、疎水性巨大分子の可溶化用界面活性剤およびその製造方法

出 願 人：独立行政法科学技術振興機構

出 願 日：特願 2007-062569

②海外出願 (2件)

1. 発 明 者：山元公寿、趙俊相、佐藤宗英、木本篤志

発明の名称：有機 EL 素子用材料とそれを用いた EL 素子

出 願 人：(財) 神奈川科学技術アカデミー

出 願 日：外国 PCT/JP2004/002383

2. 発 明 者：山元公寿、樋口昌芳、千葉洋、高梨健作、佐藤宗英、榎修

発明の名称：金属または金属クラスター含有フェニリアゾメチンデンドリマーとその製造法

出 願 人：(財) 神奈川科学技術アカデミー

出 願 日：外国 PCT/JP2004/002396

(5)受賞等

①受賞

榎 修 (D2) 日本化学会 学生講演賞 2004 年 4 月 日本化学会第 84 回春季年会
榎 修 (D2) 日本化学会 講演奨励賞 2004 年 6 月 日本化学会第 84 回春季年会
榎 修 (D3) 慶應義塾大学 藤原賞 2005 年 3 月
佐藤 宗英 (D2) 日本化学会 学生講演賞 2005 年 4 月 日本化学会第 85 回春季年会
佐藤 宗英 (D2) 日本化学会 講演奨励賞 2005 年 6 月 日本化学会第 85 回春季年会
山元 公寿 SPSJ Wiley Award 2005 2005 年 9 月
榎 修 (D3) 東工大-慶應大合同 COE 若手フォーラム ポスター賞 2005 年 10 月
佐藤 宗英 (D2) 東工大-慶應大合同 COE 若手フォーラムイノベーション賞 2005 年 10 月
越智 庸介 (B4) 慶應義塾大学 義塾賞 2006 年 3 月
佐藤 宗英 (D2) 慶應義塾大学 藤原賞 2006 年 3 月
金澤 洋彦 (D3) 日本化学会 学生講演賞 2006 年 5 月 日本化学会第 86 回春季年会
高梨 健作 (D1) 日本化学会 学生講演賞 2006 年 5 月 日本化学会第 86 回春季年会
藤井 敦庸 (M2) 早慶ワークショップベストプレゼン賞 2006 年 10 月
加藤 英明 (M2) 東工大-慶應大合同 COE フォーラム イノベーション賞 2006 年 10 月
佐藤 宗英 (JST 研究員) 日本化学会 優秀講演賞 2007 年 4 月 日本化学会第 87 回春季年会
越智 庸介 (M2) 日本化学会 講演奨励賞賞 2007 年 6 月 日本化学会第 87 回春季年会
中島 聡夫 (M2) 早慶ワークショップ 優秀賞 2007 年 10 月
越智 庸介 (M2) 2007 PPF Young Scientist Poster Award 2007 年 12 月
高梨 健作 (D3) 慶應義塾大学 藤原賞 2008 年 3 月
高梨 健作 (D3) 日本化学会 学生講演賞 2008 年 3 月 日本化学会第 88 回春季年会
山元 公寿 日本化学会 学術賞 2008 年 3 月

②新聞報道

化学工業日報 2003年9月29日 「新規 dendrimer 合成」
日経産業経済新聞 2003年10月15日 「大画面化容易な有機 EL 素子」
日経産業経済新聞 2004年3月8日 「原子の数自在に」
日経 2004年9月10日 「低電圧、明るさ 1.5 倍」
日刊工業 2004年9月10日 「高輝度で低駆動電圧」
化学工業日報 2004年9月14日 「低電圧で高輝度化」
日経産業 2004年9月14日 「低電圧で駆動の高輝度有機 EL」
未来材料 4,46-47(2004)
朝日新聞 2004年10月30日 「dendrimer」
化学工業日報 2005年7月20日 「dendrimer でカプセル材料」
Macromol.Chem.Phys., 2005年12月19日 「Most downloaded articles published in year 2005」
日経産業新聞 2006年8月25日 「色素増感太陽電池変換効率 2 ポイント向上」

③その他

Cover of the issue:

Synthetic Metals 2005, 150 issue 1, 20 April.

Cover of the issue:

J. Polymer Sci., Polym. Chem., 2005, 43 issue, September 1.

Selected paper:

Novel Functional Groups with Fine-controlled Metal Assembling Function, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 78, 349-355(2005)

Selected Paper in BCSJ:

One Step Synthesis of a Platinum Nanoparticle with Carbon Materials Using a Phenylazomethine Dendrimer as a Template, Osamu Enoki, Takane Imaoka, Kimihisa Yamamoto, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 79, 621-626(2006)

Inner Cover of the Issue:

Investigation of a Molecular Morphology Effect on Polyphenylazomethine Dendrimers – Their Physical Properties and Metal-assembling Processes, Takane Imaoka, Reiko Tanaka and Kimihisa Yamamoto, *Chem. Eur. J.*, 12, 7328-7336 (2006)

Selected Paper in BCSJ:

Heterometal Assembly in Dendritic Polyphenylazomethines, Kensaku Takanashi, Yasuaki Einaga, and Kimihisa Yamamoto, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 80, 1563-1572(2007)

7 研究期間中の主な活動（ワークショップ・シンポジウム等）

年月日	趣旨・会合名	場所	内容	参加人数
2005/2/3	高分子錯体シンポジウム	東京大学 理学部	超分子材料の最新の 動向調査。成果発表	100
2005/5/21	化学特別講演会 辰巳敬先生	慶應義塾大学 理工学部	JST研究情報交換	100
2005/7/16	化学特別講演会 北川進先生	慶應義塾大学 理工学部	JST研究情報交換	100
2005/11/16	COE特別講演会 青木大吾先生(DNP)	慶應義塾大学 理工学部	エレクトロニクス材 料市場の情報収集	120
2005/8/3	研究打ち合わせ 山元/西原グループ	東京大学 理学部	共同研究成果の議論	5
2005/2/3	研究打ち合わせ 山元/西原グループ	東京大学 理学部	共同研究成果につい て発表と議論	4
2006/5/17	超分子研究会	東大山上会館	超分子材料の最新の 動向調査	80
2006/6/12	Prof. Kalakanov 講演会	慶應義塾大学 理工学部	研究情報交換	20
2006/6/17	原田明先生 講演会	慶應義塾大学 理工学部	成果紹介と研究情報 交換	100
2006/8/11	チーム内ミーティング	慶應義塾大学 理工学部	西原グループと共同 研究成果の議論	5
2006/8/25	セミナーProf. Dr. H. Ali Al-Muallem(Dely U.)	慶應義塾大学 理工学部	研究情報交換	20
2006/10/3	チーム内ミーティング	慶應義塾大学 理工学部	西原グループと研究 打ち合わせ	6
2006/11/16	Prof.P.Harvey 講演会 (Sherbrooke U.)	慶應義塾大学 理工学部	研究情報交換	25
2006/10/3	Dr. Weber 講演会 (BASF)	慶應義塾大学 理工学部	研究情報交換	20
2007/1/26	超分子研究会	東大 山上会館	情報収集	90
2007/14,15	錯体ナノテクシンポジ ウム	分子科学研究所	情報収集と西原グー ープとの打ち合わせ	100

2007/5/11	超分子研究会	慶應義塾大学 理工学部	超分子構造の最先端 計測法の情報収集	80
2007/6/16	岡本佳男先生講演会	慶應義塾大学 理工学部	成果紹介と研究情報 交換	100
2007/8/6	チーム内ミーティング	東京大学 理学部	西原グループと研究 打ち合わせ	4
2008/1/24	超分子研究会	慶應義塾大学 理工学部	超分子のナノアキテク チャの情報収集	100

8 研究成果の展開

(1) 他の研究事業への展開

科学研究費 基盤研究 A を 19 年度より推進中である。NEDO、JST などへの競争的資金・研究事業 に積極的に申請中である。

(2) 実用化に向けた展開

現在、企業からの依頼を受けてクラスター触媒およびエネルギー変換材料の開発など技術移転に向けた共同研究を推進中である。

9 他チーム、他領域との活動とその効果

(1) 領域内の活動とその効果

同じ領域の田先生と共同により、高輝度 X 線を用いたサブナノ白金クラスターの構造解析を押し進めている。既に、高エネルギー研究機構にて EXAFS を計測している。

(2) 領域横断的活動とその効果

バイオ素子・システムの鈴木チームとの高性能ドラッグデリバリーシステムを目指した精密金属集積高分子の合成について共同研究を展開している。ナノ構造体の中嶋チームとも精密金属集積高分子のレーザーTOFF-MASS 計測で試料を提供した。

10 研究成果の今後の貢献について

(1) 科学技術の進歩が期待される成果

従来までの錯体化学では、配位サイトが複数存在する高分子配位子への錯形成はランダムに進行する事が常識であった。この従来の常識を覆した多段階放射状錯形成の発見は錯体化学にインパクトを与えている。この現象は分子内のイミン窒素の電子密度の階段状の勾配に基づくものである。精密金属集積の新原理（ポテンシャル勾配）は、当然、金属イオンに留まらず同じく電荷を持つ電子にも持ち込こめるわけで、光合成で見られるようなベクトルの揃った多電子移動系の実現に繋がる事は科学的に極めて重要である。 dendritic の光捕集

や電荷分離の報告はあるが、実際に分子内のポテンシャル勾配で、高い量子効率と長寿命の両者の相反する特性を両立した例はない。

次世代の有機/金属ハイブリッド材料は金属の精密かつ自在な飾り付けが鍵とされているが、まさに、代表者独自の物質と原理はこの要望に見合う新しい方法論を提供したものである。また、研究の中で見いだされた新現象（多段階放射状錯形成、ポテンシャル勾配、原子数制御、高塩基濃縮ナノカプセル、量子サイズ効果）などは新しい基礎化学を拓く学術的にも極めて意義あるものである。この新概念に基づく精密金属集積は金属の個数を決めた精密クラスター化学、多段階配位による錯体合成化学、ベクトルの揃った電子移動化学、ナノ触媒化学、高輝度発光デバイス、精密な金属内包放出を担う金属デリバリーシステムなどあらゆる分野の新しい学問を誕生させるものと考えられる。

以上のように、本研究は役立つ鍵材料を誕生させただけでなく、エネルギー、医療、環境、生体機能の諸科学に跨がる新しいサイエンスを拓くもので、研究の深さ豊富さとも極めて大きいものである。

各研究成果がブレークスルーになると思われる科学技術について、研究項目に対応させて箇条書きに記述する。

(1) 精密自在金属集積法の確立

新しい精密ハイブリッドナノ材料のビルディングブロック／新型ドラッグデリバリーシステム／MRI 造影剤

(2) 金属クラスターの創製

サブナノクラスター材料の創出／量子機能金属クラスター材料／極微小半導体クラスター／バイオセンシング／環境触媒／燃料電池触媒／発光材料／磁気メモリー

(3) 多電子移動触媒への展開

不活性小分子の新触媒／生命機能の解明

(4) 常温長寿命電荷分離の達成とそれを利用した高効率太陽電池の構築

光合成機能の再現／有機薄膜フレキシブル太陽電池／高効率光電変換素子／新感光体／新型光増感触媒／エレクトロルミネッセンス素子

(5) 塩基ナノカプセルによる空気酸化重合触媒による低環境負荷エンプラ合成法の確立
塩基添加量低減反応への拡張／新エンプラ材料の創出

(6) 堅いデンドリマーに内包された金属微粒子触媒の開発

従来不安定で使用不能な金属粒子の触媒機能の開発

(2) 社会・経済の発展が期待される成果

これまで、自動車に搭載可能な燃料電池の作製のために、白金触媒の大幅低減が渴望されてきたが、精密で安定なサブナノ白金クラスターの製法が無いために、すべての自動車への燃料電池の搭載は不可能とされてきた。次世代の電池として社会的要請の極めて高い実用的な燃料電池の開発には、NEDO により白金の微量化や代替による安定な高活性酸素電極の実現のロードマップが示されており、まさに代表者らの触媒はこの要望に見合う新しいナノ材料である。

本研究で得られた成果の1つである 精密に配置された多種金属の相乗効果による**多金**

属協奏機能を活用した「極微量白金クラスター触媒」は、従来までの白金使用量を激減させて、NEDO ロードマップの目標性能値（使用量の半減）を大きく上回る燃料電池の酸素極としての可能性をもつ。

電子勾配による高効率の電荷分離を達成した dendritic は、高量子収率光電変換セルや従来に無い長寿命の光増感触媒へ展開されると期待される。金属数の精密制御を生かし、金属数を任意に決めた dendritic を鋳型とした精密クラスターの創製により、高輝度発光デバイス、太陽電池、環境ナノ触媒に波及する事は明らかである。このような新物質を利用すれば、従来にない中性常温作動型の燃料電池や自然光分解の環境触媒の創製にもつながる。Dendritic の内包/放出が精密に制御出来る新しいドラッグデリバリーシステムへ展開されると考えられ、シスプラチン(Pt 錯体)やガドリニウム内包によりガン治療薬や高感度造影剤としての利用も期待される。基礎成果のみに留まらず、代表者独自の新物質系がエネルギー変換や分子変換へ役に立つ材料として実証されており、21世紀のエレクトロニクスを支える次世代型科学技術の誕生へ波及すると確信している。

1.1 結び

これまで4年間の特筆すべき主な具体的研究成果は、(1) 精密金属集積の自在制御を端緒として、(2) フェリチン蛋白が担っている鉄貯蔵機能を50倍近く小さいカプセルで再現に成功(3) 量子サイズ効果を発現する初めての世界最小酸化チタン粒子の合成に成功(4) わずか12個の白金クラスターで従来性能を大きく上回る酸素4電子還元触媒を達成(5) 過電圧を1V以上低下させる二酸化炭素の還元触媒の発見(6) 常温均一系で最長寿命の常温電荷分離の達成(7) dendritic を利用した初めての色素増感太陽電池の作製と30%以上の変換効率の向上(8) 高濃縮塩基ナノカプセルを利用した低環境負荷PP0合成の確立(9) 安定性とアクセス性の相反機能を両立する新しい金属粒子触媒保護剤の開発などである。いずれの成果も世界最高水準の機能を見出しており、材料、錯体、クラスター、触媒、高分子などの化学分野およびエレクトロニクス分野に新しい領域を拓く新コンセプトを与える内容である。本研究では、(6)から(9)は当初の計画以外の新しい成果である。ご支援により強力に研究推進を計る事が出来ており、当初の思惑以上の研究が順調に進行したと判断している。

次世代のナノ触媒材料は、ナノ構造体の中に金属の数を厳密に決めて自在に配置することが強く望まれているが、いまだ実現されていない。従来までの材料は金属と有機物は単に統計的な複合にすぎず、その機能を完全に引き出せていないのが現状である。次世代を担う高度機能を有するナノ触には精密化が鍵とされているが、まさに、代表者らの物質と金属集積法はこの要望に見合う新しい方法論と成りえる。本研究の展開で得られてきている知見と原理は、数多くの環境ナノ材料の構築へ展開可能であり、クリーンエネルギーや環境触媒へ広く波及していくものとして期待している。

最後に、本プロジェクトの推進より数多くの発見に立ち会う事ができ、研究者として大きな

感激を味わう事が出来た事に感謝申し上げる。これらの当初の予想を遥かに超える素晴らしい成果と知見を得る事ができたのは、研究室の数多くの学生や共同研究者の先生方のたゆまぬ努力がひとえに結実したものと、ここに深く敬意と感謝を申し上げたい。また、科学技術振興機構のご支援により、充実した研究が支障なく推進出来ました事に、ここに改めてお世話戴きました科学技術振興機構の関係各位に厚くお礼申し上げたい。

12. 自己評価

積極的な研究活動を心がけて、本プロジェクトの成果では4年間で論文65報、著書/総説34報、招待講演46件、受賞21件（学生含む）、特許18件として発信されている。院生を含め10人規模の研究グループとしては、満足はしていないが決して少なくない数と考えている。論文報告の内、山元グループ、藤井グループ、西原グループの共著論文、特許も数多く提出しており、密接な連携体制をとる事のできた研究運営の証しと評価できる。

得られた成果のうち既に学会誌に論文として報告したものもあるが、いまだ未発表の知見も数多く残されており、現在さらに詳細な研究を継続中である。私自身、幸運にもワクワクする沢山の面白い成果が得られたと自負しており、研究を楽しみながら今後も研究が展開できそうである。

これらの成果を今後質の高い研究として結実し、社会への発信と役に立つ材料として社会への還元を果たしたいと強く願っている。

(以上)