

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年6月1日現在

機関番号：15101

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23750127

研究課題名（和文） 機能性デンドロナイズドポリマーの合成

研究課題名（英文） Synthesis of Functionalized Dendronized Polymers

研究代表者

野上 敏材（NOKAMI TOSHIKI）

鳥取大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：60402963

研究成果の概要（和文）：

デンドロナイズドポリマーの表面を機能化するためには、末端に分子変換容易な官能基を有するデンドロナイズドポリマーの合成方法を確立する必要がある。そこで、まず変換可能な官能基を有するデンドリマー状カルボカチオンの発生とポリマーとの反応について検討した。続いて、得られた末端にハロゲン化アリアル構造を持つデンドロナイズドポリマーに対してパラジウム触媒を用いたクロスカップリング反応を行い、多様な表面修飾が簡便に行えることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

In order to achieve the surface functionalization of dendronized polymers, it is necessary to develop the synthetic methods of dendronized polymers equipped with transformable functional groups at the terminal position. Therefore, we initiated our study by generating dendritic carbocations having transformable functional groups and investigated their reactions with polymers. Dendronized polymers thus-obtained were treated with palladium catalyst and organometallic reagents to demonstrated the surface modification of dendronized polymers by cross-coupling reactions.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：複合化学・高分子化学

キーワード：ナノ材料創成・ナノ機能材料・高分子反応・分解・機能性高分子・高分子合成

## 1. 研究開始当初の背景

本研究の学術的背景は(1)電気化学的手法を用いた分子変換法としての有機電解合成、(2)有機材料としてのデンドロナイズドポリマーの二つにあり、それぞれについて述べたのち、研究代表者らが見出したデンドリマー状カルボカチオンを用いたデンドロナイズドポリマー合成を紹介したい。

有機化合物の電気化学的手法による酸化あるいは還元は非常に強力な活性化手法であり、電極表面で生じる活性種を利用した分子変換は有機電解合成として一分野を形成している。一般的な有機合成反応と比較した場合に電気

化学的手法には次のようなメリットがある。  
①酸化剤・還元剤を必要としない。②反応を中性条件で行える。③スイッチのON, OFFと電流値で反応（速度）が厳密に制御出来る。④コルベ反応やアジポニトリルの二量化反応など電解法に特有な反応が存在する。これらの有機電解合成の特長は単に実用的な側面と捉えられがちであるが、例えば電極表面で発生する活性種ひとつを取り上げても、活性種の電子移動反応を含む生成過程・構造・安定性、反応性などの化学的性質と学術的にも未解明な点は多い。

デンドロナイズドポリマーはポリマー側鎖

に dendroliamer 状置換基を有するポリマーであり、直鎖ポリマーや dendroliamer では実現困難なナノメートルスケールの柱状構造を形成する。その研究は最近10年で大きく進歩したが、dendronized ポリマーが形成する構造に関する研究にとどまっておらず、合成方法の煩雑さや表面官能基が限定されているなどの理由から、機能開拓にまで結びついていないのが現状である (Percec et al, *Chem. Rev.* 2009, p6275)。

代表者の所属するグループは低温条件下の電解酸化反応によって生じるカルボカチオンの反応と性質について研究を進めてきた。その過程で、代表者らはジアリアルカルベニウムイオンを電気化学的手法によって順次発生・反応させていくことで、dendroliamer 状カルボカチオン (図1) の創出に成功した (Nokami et al, *J. Am. Chem. Soc.* 2008, p10864)。このカルボカチオンのユニークなところはマイルドな条件で反応する高い反応性と熱的安定性を兼ね備えている点である。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は電気化学的手法を用いて発生させたカルボカチオンなどの高い求電子性を有する dendroliamer と汎用ポリマーとの反応による簡便な dendronized ポリマー合成方法の開発と表面の機能化である。研究代表者らはすでに、電気化学的に発生させた反応性の高い dendroliamer 状カルボカチオンとポリスチレンとを反応させることで、dendronized ポリマーが合成可能であることを見出している。この手法を応用して、表面に様々な官能基を有する dendronized ポリマーを合成し、従来のポリマーや dendroliamer に代わる新しい有機高分子材料としての機能を創出する。研究代表者は二年間の研究期間内に、次の三点について明らかにしたいと考えている。(1) 機能性部位を導入するための官能基を有する dendronized ポリマー合成方法を確立する。(2) 表面に導入可能な機能性官能基を明らかにする。(3) 表面に機能性部位を有する dendronized ポリマーの構造を明らかにする。(表面官能基の導入数、dendronized ポリマーの三次元構造)

## 3. 研究の方法

dendronized ポリマーの表面を機能化するためには、末端に分子変換容易な官能基を有する dendronized ポリマーの合成方法を確立する必要がある。従って、まず変換可能な官能基を有する dendroliamer 状カルボカチオンの発生とポリマーとの反応について十分に検討する。研究代表者のデザインした末端にハロゲン化アリール構造を持つ dendronized ポリマーはパラジウム

触媒を用いた溝呂木—Heck 反応、鈴木—宮浦カップリング、Buchwald-Hartwig アミノ化反応などによって、多様な表面修飾が簡便に行えると期待される。得られた dendronized ポリマーは分光学的手法によって、表面官能基の物性評価や官能基の導入率が算出できると考えられる。また、AFM を用いることで、表面修飾された dendronized ポリマーが形成するナノメートルスケールの三次元構造についても明らかにする。

### (1). 変換可能な官能基を有する dendronized ポリマーの合成

研究代表者らが現在までに合成に成功している dendronized ポリマーは末端にフッ素を有することから、中村らによって開発されたニッケル触媒を用いた Grignard 反応剤とのクロスカップリング反応の利用も考えられる。しかしながら、Grignard 反応剤は官能基許容性が低く、反応相手がフッ素であることから高い表面修飾率も期待できない。そこで、まず末端にハロゲン化アリール構造 (フッ素よりも反応性の高い塩素、臭素、ヨウ素) を有する dendroliamer 状カルボカチオンを電気化学的に発生させ、ポリスチレンをはじめとする汎用ポリマーとの反応を検討する。ハロゲン元素がカルボカチオンと相互作用してポリマーとの反応を阻害する場合には、ハロゲン元素同様にクロスカップリング反応への利用が期待できるトリフラート (OTf) も検討する。また、トリフラートやハロゲン元素 (特にカチオンとの相互作用が考えられるヨウ素や臭素) を変換可能な官能基として用いた場合に、dendroliamer 状カルボカチオンの発生・蓄積が困難であれば、あらかじめ機能性官能基 (酸化条件に不安定な場合は必要に応じて官能基を保護する) を導入した上で dendroliamer 状カルボカチオンの発生・蓄積も試みる。dendroliamer 状カルボカチオンと反応させるポリマーは溶媒に可溶なものに限らず、不溶性のポリスチレンビーズなども検討し、将来的に固体表面の化学修飾法として発展させるための予備的な検討も行いたい。また、ポリスチレンの他にポリチオフェンなども検討し、コア部分のポリマーと表面官能基の両方を性質利用した機能性材料についても可能性を探る。

### (2). 官能基変換による表面修飾 dendronized ポリマーの合成

末端のハロゲン化アリールの変換反応として、パラジウムなどの遷移金属触媒を用いた様々な反応が利用できると考えている。まず、オレフィン類との溝呂木—Heck 反応によってスチルベン骨格を表面に有する dendronized ポリマーが簡便に合成できる。有機ホウ素化合物を用いた鈴木—宮浦カップリング反応は最も官能基許容性が高いクロスカップリング反応であることから、キノン類

の直接導入も可能であると期待される。しかしながら、必要に応じて保護基も導入し、種々のクロスカップリング反応の中から、最も表面修飾が効率良く行える反応を採用する。また、Buchwald-Hartwig アミノ化反応を用いれば、トリアリールアミンで修飾された dendronized polymer の合成も可能になると期待される。この他にも菌頭カップリング反応によって末端アセチレンを導入すれば、アジド基との Huisgen 環化反応 (Click 反応) によりさらに dendronized polymer の拡張や生体適合材料への展開も期待出来る。

### (3). 分光学的手法による dendronized polymer 表面官能基の機能評価

表面修飾された dendronized polymer は IR、UV、蛍光スペクトル、電気化学測定によって評価を行う。特にスチルベン骨格の光物性が dendronized polymer の polymer 部分の性質 (polymer 鎖長・分子量分布) や dendrimer の世代によってどのように変化するかは興味深い。また、キノンやトリアリールメタンといった可逆な酸化・還元挙動を示す置換基を導入し、CV などによる電気化学測定を行うことで、官能基導入率や polymer の構造が酸化・還元挙動に及ぼす影響を調べる。polymer 部分を変えることで、dendronized polymer の溶解性を制御できれば、官能基部分の高い溶解度のために有機材料の普及が進まなかった分野への応用も期待できる。

## 4. 研究成果

### (1). 変換可能な官能基を有する dendronized polymer の合成

変換可能な官能基として、dendrimer 骨格の末端にある、フッ素をより反応性の高い臭素へと変更した dendrimer の合成に成功した。特に第一世代の dendrimer については本研究で開発した Friedel-Crafts 反応による合成が威力を発揮した (発表論文(10))。塩素についても同様の誘導体を合成することが出来たが、ヨウ素の場合では誘導体の合成に多段階を要することに加えて、対応する第一世代の dendrimer 状カチオンの発生効率が低いという問題を抱えた。その一方で、塩素、臭素については dendrimer 状カチオンの発生・蓄積ならびにポリスチレンとの反応によって、対応する dendronized polymer の合成を高い収率で達成することが出来た (図 1)。また、可溶性のポリスチレンだけでなく、ポリスチレンビーズとの反応も検討し、ポリスチレンビーズ表面への dendrimer 導入に成功している。

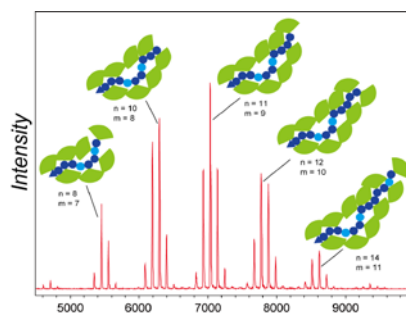


図 1. 塩素を表面に有する dendronized polymer の MALDI-TOF-MS

### (2). 官能基変換による表面修飾 dendronized polymer の合成

臭素を表面に有する dendronized polymer が合成出来たことから、①パラジウム触媒を用いたオレフィン類との溝呂木-Heck 反応によってスチルベン骨格を導入②有機ホウ素化合物を用いた鈴木-宮浦カップリング反応によってピレンを導入、③ Buchwald-Hartwig アミノ化反応を用いたトリアリールアミン骨格の導入に成功した。特に鈴木-宮浦カップリングによる表面臭素官能基の変換効率は高く、MALDI-TOF-MS によって 40 個以上の臭素が全てピレンへと変換された dendronized polymer に対応するピークも観測された。

### (3). 分光学的手法による dendronized polymer 表面官能基の機能評価

Buchwald-Hartwig アミノ化反応によって、表面にトリアリールアミン骨格を導入した dendronized polymer の電気化学測定を行った。dendronized polymer を白金電極上に塗布して CV 測定を行ったところ、トリアリールアミンの可逆な 1 電子のレドックスに由来すると考えられる 2 組の酸化・還元波が観測された。

合成に関しては期待以上の成果が得られたが、スケールアップには課題を残している。一方、機能化に関する成果はやっと出始めたところであり、現在 UV スペクトルによるスチルベン、ピレン導入率の算出や dendronized polymer に対する選択的な分子取り込みなどを検討している。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 12 件)

(1) 野上敏材、渡邊喬、寺尾公維、曾我和也、大畑公佑、吉田潤一  
Multiple Alkylation of Thiophene Derivatives with Simple and Extended Diarylcarbenium Ion Pools、*Electrochemistry*、査読有、Vol. 81、2013、pp. 399-401.

http://dx.doi.org/10.5796/electrochemistry.81.399

(2) 野上敏材、齊藤巧泰、吉田潤一、Synthetic Carbohydrate Research Based on Organic Electrochemistry、査読有、Vol. 363、*Carbohydr. Res.*、**2012**、pp.1-6.

DOI: 10.1016/j.carres.2012.09.023

(3) 野上敏材、Sulfonium Ions as Reactive Glycosylation Intermediates、査読有、Vol. 24、No. 139、*Trends in Glycoscience and Glycotechnology*、**2012**、pp.203-214.

DOI: 10.4052/tigg.24.203

(4) 野上敏材、松尾隆宏、稲富友、北條伸彦、塚越貴史、芳澤浩司、清水章弘、倉本拓樹、小前和智、津山博昭、吉田潤一、Polymer-Bound Pyrene-4,5,9,10-Tetraones for Ultrafast-Charge and -Discharge Lithium-Ion Batteries with High Capacity、査読有、Vol. 134、No. 48、*J. Am. Chem. Soc.*、**2012**、pp.19694-19700.

DOI: 10.1021/ja306663g

(5) 野上敏材、渋谷章人、三枝善博、真鍋史乃、伊藤幸成、吉田潤一、Electrochemical Generation of 2,3-Oxazolidinone Glycosyl Triflates as an Intermediate for Stereoselective Glycosylation、査読有、Vol. 8、*Beilstein J. Org. Chem.*、**2012**、pp.456-460.

DOI: 10.3762/bjoc.8.52

(6) 芦刈洋祐、野上敏材、吉田潤一、Oxidative Hydroxylation Mediated by Alkoxysulfonium Ions、査読有、Vol. 14、No. 3、*Org. Lett.*、**2012**、pp.938-941.

DOI: 10.1021/ol203467v

(7) 吉田潤一、齊藤巧泰、野上敏材、永木愛一郎、Space Integration of Reactions: An Approach to Increase the Capability of Organic Synthesis.

*Synlett*、査読有、No. 9、**2011**、pp.1189-1195.

DOI: 10.1055/s-0030-1259946

(8) 芦刈洋祐、野上敏材、吉田潤一、Integrated Electrochemical-Chemical Oxidation Mediated by Alkoxysulfonium Ions、*J. Am. Chem. Soc.*、査読有、Vol. 133、No. 31、**2011**、pp.11840-11843.

DOI: 10.1021/ja202880n

(9) 齊藤巧泰、三枝善博、野上敏材、吉田潤一、Electrochemically Generated  $\text{ArS}(\text{ArSSAr})^+ \text{B}(\text{C}_6\text{F}_5)_4^-$  as an Activator of Thioglycosides for Glycosylation、*Chem. Lett.*、査読有、Vol. 40、No. 7、**2011**、pp.678-679.

DOI: 10.1246/cl.2011.678

(10) 野上敏材、渡邊喬、武者直樹、末廣貴史、諸藤達也、吉田潤一、Electrochemical Synthesis of Dendritic Diarylcarbenium Ion Pools、*Tetrahedron*、査読有、Vol. 67、

No. 25、**2011**、pp.4664-4671.

DOI: 10.1016/j.tet2011.04.065

(11) 野上敏材、渡邊喬、武者直樹、諸藤達也、田原一邦、戸部義人、吉田潤一、Direct Dendronization of Polystyrenes Using Dendritic Diarylcarbenium Ion Pools、*Chem. Commun.*、査読有、Vol. 47、No. 19、**2011**、pp.5575-5577.

DOI: 10.1039/C1CC10923E

(12) 齊藤巧泰、上岡耕二、松本浩一、菅誠治、野上敏材、吉田潤一、Indirect Cation Flow Method. Flash Generation of Alkoxy-carbenium Ions and Studies on Stability of Glycosyl Cations、*Angew. Chem., Int. Ed.*、査読有、Vol. 50、No. 22、**2011**、pp.5153-5156.

DOI: 10.1002/anie.201100854

[学会発表] (計39件)

(1) ピレンテトラオンの多電子レドックス反応を利用したリチウムイオン電池有機正極材料の開発、野上敏材、清水章弘、倉本拓樹、吉田潤一、稲富友、北條伸彦、塚越貴史、芳澤浩司、電気化学会第80回大会、2013年3月29日、東北大学

(2) 電気化学的手法に基づくオリゴ糖自動合成装置の開発、野上敏材、林竜太郎、吉田潤一、電気化学会第80回大会、2013年3月29日、東北大学

(3) スチレンのフローアニオン重合を用いた分岐ポリマーの合成、宅見正浩、野上敏材、永木愛一郎、吉田潤一、日本化学会第93春季年会、2013年3月24日、立命館大学

(4) ピレン-4,5,9,10-テトラオンを有するポリマーの充放電特性、倉本拓樹、清水章弘、野上敏材、辻井豊、松尾隆宏、稲富友、北條伸彦、塚越貴史、芳澤浩司、吉田潤一、日本化学会第93春季年会、2013年3月22日、立命館大学

(5) ピレン-4,5,9,10-テトラオンとそのポリマーの合成と電気化学特性、辻井豊、清水章弘、野上敏材、倉本拓樹、松尾隆宏、稲富友、北條伸彦、塚越貴史、芳澤浩司、吉田潤一、日本化学会第93春季年会、2013年3月22日、立命館大学

(6) 電気化学的手法に基づく自動合成装置を用いたオリゴグルコサミン合成、林竜太郎、劉知岳、蒙国光、清水章弘、野上敏材、吉田潤一、日本化学会第93春季年会、2013年3月22日、立命館大学

(7) 多環芳香族化合物をコアに有する dendritic ポリマーの電解合成、武田圭史、清水章弘、野上敏材、吉田潤一、日本化学会第93春季年会、2013年3月22日、立命館大学

- (8) 電解酸化による新規カチオン性Br-DMSO種の発生とその反応、芦刈洋祐、野上敏材、吉田潤一、日本化学会第 93 春季年会、2013 年 3 月 22 日、立命館大学
- (9) 電気化学的手法による糖鎖合成へのアプローチ、野上敏材、第 1 回若手合宿 (新学術領域研究「集積反応化学」) 2012 年 12 月 2 日、ハートフルスクエア-G (岐阜市)
- (10) 有機合成化学的視点による糖鎖合成における 2 つの挑戦、野上敏材、第 10 回日本糖質科学コンソーシアムシンポジウム、2012 年 11 月 30 日、東京コンファレンスセンター品川
- (11) Rapid Access to the Pyrene Cored Dendrimers Using Dendritic Diarylcarbenium Ion Pools, Takeda, K.; Nokami, T.; Yoshida, J., Pacific Rim Meeting 2012, October 7-12, Honolulu, HI, USA
- (12) Redox Active Dendronized Polymers Equipped with Peripheral Triarylaminines, Nokami, T.; Musya, N.; Morofuji, T.; Takeda, K.; Yoshida, J., Pacific Rim Meeting 2012, October 7-12, Honolulu, HI, USA
- (13) 有機電気化学的手法によるグリコシル化反応中間体の研究、野上敏材、日本糖質学会年会、2012 年 9 月 18 日、鹿児島市民文化ホール
- (14) Generation of Glycosyl Cation Equivalents Using Electrochemically Generated ArS(ArSSAr)X, Nokami, T.; Saito, K. Yoshida, J., The 26<sup>th</sup> International Carbohydrate Symposium, ICS-2012, July 22-27, 2012, Madrid, Spain
- (15) Synthetic carbohydrate research based on organic electrochemistry, Nokami, T., New Investigator Symposium, July 21, 2012, Madrid.
- (16) デンドリマー状カルボカチオンを用いた多置換ピレンの合成、武田圭史、野上敏材、吉田潤一、第 36 回有機電子移動化学討論会、2012 年 6 月 21 日、ルミエール府中
- (17) 電解酸化によるアルコキシルホニウムイオンの発生を利用した集積型酸化的ヒドロキシル化反応、芦刈洋祐、野上敏材、吉田潤一、第 36 回有機電子移動化学討論会、2012 年 6 月 21 日、ルミエール府中
- (18) トリアリールアミン構造を持つデンドロナイズドポリマーの合成と電気化学評価、野上敏材、武者直樹、諸藤達也、武田圭史、吉田潤一、第 36 回有機電子移動化学討論会、2012 年 6 月 21 日、ルミエール府中
- (19) Electrochemical Synthesis of Dendronized Polymers, Toshiki Nokami, Naoki Musya, Tatsuya Morofuji, and Jun-ichi Yoshida, The 6th International Conference on Cutting-Edge Organic Chemistry in Asia, December 11, 2011, The Chinese University of Hong Kong, People's Republic of China
- (20) Electrochemical Oligosaccharide Synthesis of Amino Sugars, Toshiki Nokami, The International Symposium on Organic Reactions 10, November 21, 2011, Keio University, Yokohama
- (21) 電解酸化により発生させたアルコキシルホニウムイオンを利用した反応集積化、芦刈洋祐、野上敏材、吉田潤一、第 2 回京都大学GCOE-理化学研究所共同シンポジウム、2011 年 11 月 11 日、京大桂キャンパス
- (22) Electrochemical Synthesis of Dendritic Molecules, Toshiki Nokami, Naoki Musya, Tatsuya Morofuji, Takafumi Suehiro, and Jun-ichi Yoshida, The 62th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, September 11, 2011, Niigata, Japan
- (23) Integrated Electrochemical-Chemical Oxidation Involving Intramolecular Carbon-Carbon and Carbon-Heteroatom Bond Formation, 芦刈洋祐、野上敏材、吉田潤一、2011 年電気化学会秋季大会 (The 2nd Japanese-German Organic Electrochemistry Symposium), 2011 年 9 月 9 日、新潟市
- (24) Electrochemical Generation and Reaction of Dendritic Carbocations, 野上敏材、武者直樹、諸藤達也、吉田潤一、2011 年電気化学会秋季大会 (The 2nd Japanese-German Organic Electrochemistry Symposium), 2011 年 9 月 9 日、新潟市
- (25) ジアリールカルベニウムイオンを利用した有機「ものづくり」化学、野上敏材、第 3 回有機「ものづくり」化学研究会、2011 年 8 月 27 日、福岡市
- (26) 保存可能なグリコシルスルホニウムイオンを用いたグリコシル化反応、野上敏材、三枝善博、眞鍋史乃、伊藤幸成、吉田潤一、第 30 回日本糖質学会年会、2011 年 7 月 11 日、長岡
- (27) Glycosyl Sulfonium Ions as Storable Glycosylation Intermediates, Toshiki Nokami, Yuki Nozaki, Yoshihiro Saigusa, Shino Manabe, Yukishige Ito, and Jun-ichi Yoshida, The 16th European Carbohydrate Symposium, July 3, 2011, Sorrento, Italy

(28) デンドロナイズドポリマーの電解合成と表面修飾、諸藤達也、武者直樹、野上敏材、吉田潤一、第 35 回有機電子移動化学討論会、2011 年 6 月 23 日、九州大学

(29) 安定性と反応性を兼ね備えたグリコシル化反応中間体の電気化学的手法による調製、野上敏材、三枝善博、眞鍋史乃、伊藤幸成、吉田潤一、第 35 回有機電子移動化学討論会、2011 年 6 月 23 日、九州大学

(30) インダイレクトカチオンフロー法によるアルコキシカルベニウムイオン種の効率的生成とグリコシル化反応への応用、齊藤巧泰、金松希、三枝善博、野上敏材、吉田潤一、第 35 回有機電子移動化学討論会、2011 年 6 月 23 日、九州大学

(31) 材料合成を指向したカチオン反応の集積化、野上敏材、武者直樹、諸藤達也、吉田潤一、新学術領域研究「集積反応化学」第 4 回若手シンポジウム、2011 年 6 月 11 日、三重大学

(32) ケイ素で炭素を組み立てる、クロスカップリング反応から電解反応へ、野上敏材、IKOC シンポジウム 2011、2011 年 5 月 14 日、名古屋大学

(33) 電気化学的手法を用いたオリゴグルコサミンの効率的合成法の開発、野上敏材、三枝善博、吉田潤一、電気化学会第 79 回大会、2011 年 3 月 29 日、アクトシティ浜松

(34) 電気化学的手法を用いたオリゴ糖のグリコシルトリフラートの発生と蓄積、三枝善博、野上敏材、吉田潤一、第 92 回日本化学会年会、2011 年 3 月 27 日、慶應義塾大学

(35) 環状ビシナルジケトン類の電気化学特性、松尾隆宏、清水章弘、野上敏材、吉田潤一、第 92 回日本化学会年会、2011 年 3 月 26 日、慶應義塾大学

(36) ピレンをコアに有するデンドリマーの電解合成、武田圭史、野上敏材、吉田潤一、第 92 回日本化学会年会、2011 年 3 月 26 日、慶應義塾大学

(37) 電解酸化により発生させたアルコキシスルホニウムイオンを基軸とした集積型酸化的水ドロキシ化反応、芦刈洋祐、野上敏材、吉田潤一、第 92 回日本化学会年会、2011 年 3 月 26 日、慶應義塾大学

(38) 有機材料の効率的合成を目指した電気化学的手法による反応集積化—電気を使って何が作れる？—、野上敏材、第 92 回日本化学会年会、2011 年 3 月 25 日、慶應義塾大学

(39) トリアリールアミン修飾デンドリマーの合成、武者直樹、野上敏材、吉田潤一、第 92 回日本化学会年会、2011 年 3 月 25 日、慶

應義塾大学

[図書] (計 1 件)

(1) “ The Electrochemistry of Organoelemental Compounds”  
Yoshida, J.; Nokami, T.; Suga, S.  
The 24th Chapter of the “ Organic Electrochemistry, 5th Edition, Hammerich, O. Ed. *in press*.

[その他]

ホームページ URL:

<http://www.chem.tottori-u.ac.jp/~itoh/ProfileJ/TN/nokami.htm>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

野上 敏材 (NOKAMI TOSHIKI)

鳥取大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：60402963