

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K21073

研究課題名(和文)カーボンナノチューブにおける新規ラジカル反応の開発と機能性ナノカーボンの創出

研究課題名(英文)Radical polymerization inside carbon nanotube and its application

研究代表者

大町 遼 (Omachi, Haruka)

名古屋大学・物質科学国際研究センター・助教

研究者番号：60711497

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：カーボンナノチューブの内部空間を利用して、従来にはない様々な1次元物質を合成することに成功した。従来の熱融合反応とは異なり、温和な条件下での炭素-炭素結合形成反応および水素結合形成を利用することで、効率的に新規1次元物質を構成することが可能である。実際にポリチオフェンやダイヤモンドポリマーといった1次元物質の合成を実証している。特にカーボンナノチューブ内部のポリチオフェンは通常とは異なり、固体状態であっても主鎖がねじれることなく平面共役骨格を保つことができ、また金属型カーボンナノチューブをpドープすることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：Utilizing inner space of carbon nanotubes, new synthetic methods for one-dimensional nanomaterials were accomplished. Instead of the thermal coalescence of encapsulated molecules, novel one-dimensional nanomaterials were synthesized efficiently through carbon-carbon bond or hydrogen bond formation under mild conditions. We demonstrate the synthesis of one-dimensional diamondoid polymers or long polythiophenes. Especially, polythiophenes, encapsulated in carbon nanotubes, showed s-trans co-planar conformation even at solid state. In addition, selective p-doping to metallic carbon nanotubes were observed after the encapsulation of polythiophenes.

研究分野：ナノカーボン化学

キーワード：カーボンナノチューブ 内包 ラジカル 1次元 ダイヤモンドポリマー ポリチオフェン

1. 研究開始当初の背景

カーボンナノチューブの特性の変化や、新たな機能の付与を目指して、内部空間に分子を内包させる試みが世界中で精力的に研究されてきた。1998年のペンシルベニア大学のグループによるピーポッド（フラーレンを一次元に内包したカーボンナノチューブ）の合成に始まり、金属内包フラーレンピーポッドによるバンドギャップ変調や、テトラシアフルバレンやテトラシアノキノジメタンの内包によるキャリアドーピングなどの報告がなされている。

また、カーボンナノチューブの内部空間を利用した一次元物質の創出についても研究が進んでいる。例えば、前述のピーポッドを高温熱処理した際に、内部のフラーレンがカーボンナノチューブへと変換される現象が名城大学の坂東によって報告されている。他にも金属内包フラーレンを利用した異常磁性をもつ金属ナノワイヤー合成や、アンモニアボラン分子の変換による絶縁性窒化ホウ素ナノチューブが合成されている。

しかし、これらの合成反応の多くは非常に高い温度条件下における熱融合反応を用いるのが一般的である（通常 900-1200 °C）。内包物質の加熱分解ののちに骨格を再構築することから、狙った物質をコントロールして合成することは容易ではない。すなわち、内包分子の骨格や性質を活かして、多種多様な機能性ナノカーボン物質群がデザイン・合成できれば、これまでにない特性が生まれることも考えられ、及ぼすインパクトは計り知れない。

2. 研究の目的

本研究ではカーボンナノチューブ内部におけるラジカル反応の開発と、新奇ナノカーボン物質となる高分子内包カーボンナノチューブの機能評価である。多種多様なπ共役高分子を内包したカーボンナノチューブの高効率・汎用合成法を確立する。また、これら高分子内包カーボンナノチューブの構造・物性に関する評価を行い、新たな機能を探索と新奇機能性ナノ物質の創出を目指した。

3. 研究の方法

申請者は、従来の内包1次元物質の合成で用いられてきたπ共役化合物の熱融合に代わって、ホモリティックに解離しやすい炭素-ハロゲン結合をあらかじめ化合物に導入しておくことで、カーボンナノチューブの内部で分子構造を活かした合成反応が進行するのではないかと新たな戦略を想定した。本研究では、カーボンナノチューブ内部での新規ラジカル重合反応の開発と高分子内包カーボンナノチューブの機能評価を推進した。

4. 研究成果

ここでは主に2つの研究成果について、報

告する。

(1) 成果：雑誌論文5-①など

3で示した着想に基づき、水素原子で終端された sp^3 炭素骨格分子を用いて、反応条件の探索を行った。炭素-臭素結合をもつダイヤモンド分子である4,9-ジプロモジアマンタンを用いて検討を行ったところ、減圧条件下175 °Cという従来よりも極めて低い温度で、カーボンナノチューブ内部に1次元のダイヤモンドポリマーを合成することに成功した。透過型電子顕微鏡を用いて観察を行ったところ、カーボンナノチューブの内部に数珠状のコントラストを確認した(図1)。モデル構造およびシミュレーションから原料に使用したジアマンタンの骨格を持つポリマーであることが明らかになった。また、各種スペクトル測定の結果からも、そのジアマンタンが繋がったポリマーであることが示唆された。

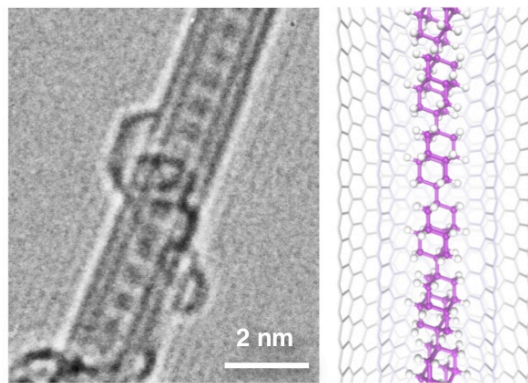


図1. 内包されたジアマンタンポリマーの透過型電子顕微鏡像とモデル図

本手法の反応機構については、CNT合成時の触媒である金属粒子が鍵となり、分子の炭素-臭素結合のラジカル開裂を補助し反応が進行していることを確認している。より高い反応温度を必要とするものの、炭素-臭素結合よりも結合エネルギーの大きい4,9-ジクロロジアマンタンを用いてもジアマンタンポリマーを合成することが可能である。

本手法は、 sp^2 炭素骨格を持つ原料にも有効である。α位を臭素化した2,2'-ビチオフェンを原料に用いることで、カーボンナノチューブの内部にポリチオフェンを合成することが可能である(図2)。

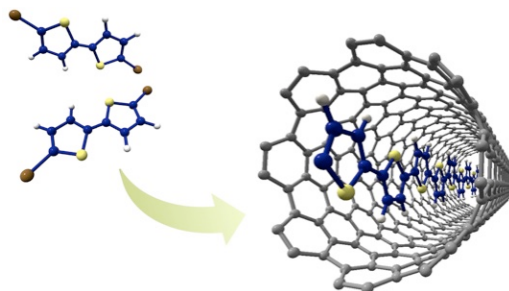


図2. ポリチオフェン内包カーボンナノチューブ合成の模式図

透過型電子顕微鏡による観察では、カーボンナノチューブの両端まで内包された様子が確認され、少なくとも 20 nm 以上の長さでこれは 90 量体の長さに相当する。吸収スペクトルからも同様の長さを持つポリチオフェンが主生成物として得られたことが示唆された。また、この長い主鎖を持つポリチオフェンは、カーボンナノチューブ中では固体状態であってもほとんどねじれることがなく、同一平面上で共役していることが、ラマンスペクトルから示された。

カーボンナノチューブには金属型と半導体型の 2 種類が存在するが、このうち金属型については、ポリチオフェンが内包される際に p-ドーピングされることが明らかとなった。この特性を生かして、現在トランジスタとしての応用を探索中である。

(2) 成果：雑誌論文 5-⑧

当初の計画にはなかった成果について以下に示す。(1) では共有結合によって連結することで 1 次元物質を合成することに成功したが、この場合には炭素-ハロゲン結合のラジカル開裂を促進する触媒が必要となるため、適用可能なカーボンナノチューブに制限が生じてしまう。この問題を解決するため、内包したい分子に水酸基を導入し水素結合でネットワークを形成することとで、1 次元構造を構築することに成功した。水素結合は容易に解離することから、透過型電子顕微鏡での観察中にカーボンナノチューブの内部を自由に動く様子が観測された (図 3)。

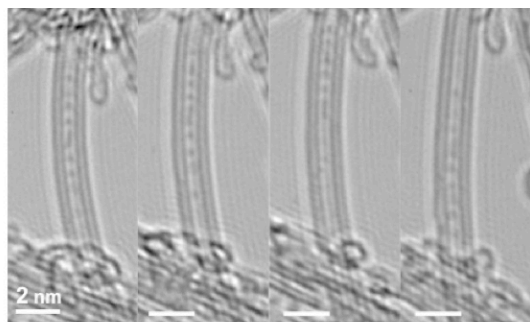


図 3. カーボンナノチューブの内部を移動するヒドロキシ基を導入したジアマンタン誘導体

この 1 次元物質合成時においても加熱を行っていることから、一部の水素結合で脱水反応が生じ、エーテル結合で連結されていることが赤外スペクトルで明らかとなった。

この内包カーボンナノチューブは通常よりも温和な温度および圧力条件下でダイヤモンドへと変換されることも見出しつつある。

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 8 件)

- ① 中西勇介, 大町遼, Natalie A. Fokina, Peter R. Schreiner, Jeremy E. P. Dahl, Robert M. K. Carlson, 篠原久典, “One-dimensional hydrogen bonding network of bis-hydroxylated diamantane formed inside double-wall carbon nanotubes”, *Chem. Commun.*, *54*, pp3823-3826, (2018). 査読有
- ② 澤畑恒来, 丸山実那, 大町遼, Nguyen Thanh Cuong, 篠原久典, 岡田晋 “Band-Gap Engineering of Graphene Heterostructures via Substitutional Doping with B₃N₃”, *ChemPhysChem*, *19*, 237- 242, (2018). 査読有
- ③ Boanerges Thendie, 大町遼, 廣谷潤, 大野雄高, 宮田耕充, 篠原久典, “Purification of 1.9 nm diameter semiconducting single-wall carbon nanotubes using temperature controlled gel-column chromatography and its application to thin-film transistor devices”, *Jpn. J. Appl. Phys.* *56*, p065102, (2017). 査読有
- ④ Zhiyong Wang, 大町遼, 篠原久典, “Non-Chromatographic Purification of Endohedral Metallofullerenes”, *Molecules*, *22*, p718 (2017). 査読有
- ⑤ Zhenyu Gao, 中西勇介, 野田祥子, 大町遼, 篠原久典, 木村寛之, 長崎幸夫, “Development of Gd₃N@C₈₀ encapsulated redox nanoparticles for high-performance magnetic resonance imaging,” *J. Biomater. Sci. Polym. Ed.*, *28*, p1036- 1050 (2017). 査読有
- ⑥ Boanerges Thendie, 大町遼, 宮田耕充, 篠原久典, “Efficient separation of semiconducting single-wall carbon nanotubes by surfactant-composition gradient in gel filtration”, *Jpn. J. Appl. Phys.* *56*, p015101, (2017). 査読有
- ⑦ Zhiyong Wang, 青柳忍, 大町遼, 北浦良, 篠原久典, “Isolation and structure determination of a missing endohedral fullerene La@C₇₀ through in situ trifluoromethylation”, *Angew. Chem., Int. Ed.*, *54*, pp10802- 10806, (2016). 査読有
- ⑧ 中西勇介, 大町遼, Natalie A. Fokina, Peter R. Schreiner, 北浦良, Jeremy E. P. Dahl, Robert M. K. Carlson, 篠原久典, “Template synthesis of linear-chain nanodiamonds inside carbon nanotubes from

bridgehead-halogenated diamantane precursors”, *Angew. Chem., Int. Ed.*, 55, pp199–202, (2015). 査読有

[学会発表] (計 5 1 件)

- ① Kazuki Ueno, Haruka Omachi, Tomohiko Komuro, Jun Hirotsu, Yutaka Ohno, Hisanori Shinohara, “Rapid and Efficient Removal of Water Soluble Polymers from ATP-extracted Semiconducting Single-Wall Carbon Nanotube,” 第 53 回 フラワーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 東京, 2018.
- ② 上野和樹, 大町遼, 小室智彦, 廣谷潤, 大野雄高, 篠原久典, “カーボンナノチューブ分散液中の水溶性ポリマー迅速除去法の開発,” 第 65 回応用物理学会春季学術講演会, 東京, 2018.
- ③ 相崎元希, 篠原久典, 大町遼, 中西勇介, “カーボンナノチューブの内部空間を用いた MoS₂ ナノリボンの合成,” 帝人 21 世紀フォーラム, 東京, 2018.
- ④ Kazuki Ueno, Haruka Omachi, Tomohiko Komuro, Jun Hirotsu, Yutaka Ohno, Hisanori Shinohara, “Semiconducting Carbon Nanotubes Extraction by Aqueous Two Phase System and Thin-Film-Transistor Application,” 統合物質創成化学推進機構 (IRCCS) The 1st International Symposium, 福岡, 2018.
- ⑤ Tsukasa Inoue, Haruka Omachi, Zois Syrgiannis, Shuya Hatao, Hirofumi Yoshikawa, Maurizio Prato, Hisanori Shinohara, “Synthesis of S,P-doped Graphene Oxide and Battery Application,” 統合物質創成化学推進機構 (IRCCS) The 1st International Symposium, 福岡, 2018.
- ⑥ 中西勇介, 丹羽健, 島田隼, 大町遼, Natalie A. Fokina, Peter R. Schreiner, 長谷川正, 篠原久典, “ナノピーポッドの構造相転移による新奇ダイヤモンドの創製,” 第 58 回 高圧討論会, 名古屋, 2018.
- ⑦ Haruka Omachi, Miho Yamagishi, Masachika Kato, Ryo Kitaura, Hisanori Shinohara “Oxidative Degradation of Carbon Nanotubes and Extraction of Encapsulated 1D Materials,” 2017 Workshop on Innovative Nanoscale Devices and Systems, Hawaii, 2017.
- ⑧ Haruka Omachi, Tomohiko Komuro, Jun Hirotsu, Yutaka Ohno, Hisanori Shinohara “Film Fabrication of Semiconducting Single-Wall Carbon Nanotubes by Aqueous-Two Phase System and Thin Film Transistor Applications,” The 8th A3 Symposium on Emerging Materials: Nano materials for Energy and Electronics, 蘇州・中国, 2017.
- ⑨ Haruka Omachi, “Semiconducting Carbon Nanotubes Extraction and Thin-Film-Transistor Application,” 第 2 回大津会議合同研究会, 名古屋, 2017.
- ⑩ Ryo Nakanishi, Jyunya Satoh, Keiichi Katoh, Haitao Zhang, Haruka Omachi, Hisanori Shinohara, Masahiro Yamashita, “An endohedral metallofullerene single-molecule magnet DySc₂N@C₈₀ encapsulated in single-walled carbon nanotube,” 第 53 回 フラワーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 京都, 2017.
- ⑪ 中西亮, 佐藤純耶, 加藤恵一, 章 海濤, 大町遼, 篠原久典, 山下正廣, “金属内包フラワーレン単分子磁石 DySc₂N@C₈₀ 内包単層カーボンナノチューブの創製,” 錯体化学会 第 67 回討論会, 札幌, 2017.
- ⑫ Yuka Oka, Haruka Omachi, Hisanori Shinohara, “CNT-Template Synthesis of Graphene Nanoribbon and Extraction by Chemical Oxidation,” ERATO International Symposium on Nanocarbons, 名古屋, 2017.
- ⑬ Yuka Oka, Haruka Omachi, Hisanori Shinohara, “CNT-Template Synthesis of Graphene Nanoribbon and Extraction by Chemical Oxidation,” ERATO International Symposium on Nanocarbons, 名古屋, 2017.
- ⑭ Motoki Aizaki, Haruka Omachi, Hisanori Shinohara, “Concise Synthesis of MoS₂ Nanoribbon using Inner Space of Carbon Nanotubes,” ERATO International Symposium on Nanocarbons, 名古屋, 2017.
- ⑮ Tomohiko Komuro, Kazuki Ueno, Haruka Omachi, Jun Hirotsu, Yutaka Ohno, Hisanori Shinohara, “Semiconducting Carbon Nanotubes Extraction by Aqueous-Two Phase System and Thin-Film-Transistor Application,” ERATO International Symposium on Nanocarbons, 名古屋, 2017.
- ⑯ Haruka Omachi, “Efficient separation of semiconducting Single-wall carbon nanotubes,” IKOCS-17, 名古屋, 2017.
- ⑰ 大町遼, “カーボンナノチューブを用いた材料創製「1次元ナノ物質の合成とトランジスタ応用」,” 京都大学エネルギー理工学研究所第 11 回センター談話会, 京都, 2017.
- ⑱ 大町遼, “半導体性単層カーボンナノチューブの高効率分離法の開発と薄膜トランジスタへの応用,” 統合物質創製

- 化学推進機構 第3回統合物質シンポジウム「物質創製化学の新潮流」, 京都, 2017.
- ⑲ 大町遼, “カーボンナノチューブの化学: 基礎研究と応用研究,” 2017年名古屋大学オープンキャンパス, 名古屋, 2017.
- ⑳ Haruka Omachi, “Challenges to Carbon Nanotubes by Organic Chemist,” Okada Group Seminar, 筑波, 2017.
- 21 西野真希子, 青柳忍, 大町遼, 王志永, 中川綾乃, 北浦良, 篠原久典, “Isolation and structural analysis of La@C60(CF3)5,” 第52回 フラレーン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 東京, 2017.
- 22 金野泰弘, 大町遼, 北浦良, 篠原久典, “Template Synthesis of π -Conjugated 1D Nanomaterials Using Inner Space of Carbon Nanotubes,” 第52回 フラレーン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 東京, 2017.
- 23 小室智彦, 大町遼, 廣谷潤, 大野雄高, 篠原久典, “Film Fabrication of Semiconducting Single-Wall Carbon Nanotubes by Aqueous-Two Phase System and Thin Film Transistor Applications,” 第2回統合物質創製化学研究推進機構シンポジウム, 札幌, 2017.
- 24 金野泰弘, 大町遼, 北浦良, 篠原久典, “Template Synthesis of π -Conjugated 1D Nanomaterials Using Inner Space of Carbon Nanotubes,” 第2回統合物質創製化学研究推進機構シンポジウム, 札幌, 2017.
- 25 Haruka Omachi, “Efficient separation of semiconductor SWNTs,” Specail Session -IRENA Project by JST-EC DG RTD- 第8回 ナノカーボン実用化推進研究会, 東京, 2017.
- 26 山岸美保, 大町遼, 加藤雅親, 北浦良, 篠原久典 “カーボンナノチューブの酸化分解反応と内包物質の抽出,” 日本化学会第97春季年会, 横浜, 2017.
- 27 中川綾乃, 青柳忍, 大町遼, 王志永, 石野勝真, 北浦良, 篠原久典, “新規ガドリニウム内包フラレーン誘導体の単離,” 21世紀帝国フォーラム, 札幌, 2016.
- 28 山岸美保, 大町遼, 加藤雅親, 北浦良, 篠原久典 “カーボンナノチューブの酸化分解反応と内包物質の抽出,” 第27回基礎有機化学討論会, 広島, 2016.
- 29 大町遼, Zois Syrgiannis, 金野泰弘, Maurizio Prato, 篠原久典, “硫黄原子をドーピングした酸化グラフェンの合成,” 第27回基礎有機化学討論会, 広島, 2016.
- 30 Thendie Boanerges, Haruka Omachi, Jun Hirotsu, Yutaka Ohno, Ryo Kitaura, Yasumitsu Miyata, and Hisanori Shinohara, “Purification of high purity semiconducting single-wall carbon nanotubes with large diameter of 1.9 nm by gel filtration,” 第51回 フラレーン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 札幌, 2016.
- 31 山岸美保, 大町遼, 加藤雅親, 北浦良, 篠原久典 “カーボンナノチューブの酸化分解反応と内包物質の抽出,” 第51回 フラレーン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 札幌, 2016.
- 32 中川綾乃, 青柳忍, 大町遼, 王志永, 石野勝真, 北浦良, 篠原久典, “新規Gd内包フラレーン誘導体の単離,” 第51回 フラレーン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 札幌, 2016.
- 33 大町遼, Zois Syrgiannis, 金野泰弘, Maurizio Prato, 篠原久典, “Synthesis of Sulfur-doped Graphene Oxides,” 第51回 フラレーン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 札幌, 2016.
- 34 大町遼, Zois Syrgiannis, 金野泰弘, Maurizio Prato, 篠原久典, “Synthesis of Sulfur-doped Graphene Oxides,” The 7th A3 Symposium on Emerging Materials, Nanomaterials for Energy and Electronics, Buyeo, Korea, 2016.
- 35 大町遼, 山岸美保, 加藤雅親, 北浦良, 篠原久典 “カーボンナノチューブの酸化分解反応と内包物質の抽出,” 第29回モバイルプロセス・ナノテクノロジー国際会議, 京都, 2016.
- 36 Haruka Omachi, “CNT-Template Synthesis and Extraction of One-Dimensional Nanomaterials,” 6th SKKU-NU Joint Symposium on Neuroscience, Suwon, Korea, 2016.
- 37 大町遼, “カーボンナノチューブの酸化分解反応と内包物質の抽出,” 第6回 フラレーン・ナノチューブ・グラフェン若手研究会, 札幌, 2016.
- 38 Katsuma Ishino, Haruka Omachi, Zhiyong Wang, Hiroyuki Niwa, Ayano Nakagawa, Ryo Kitaura, and Hisanori Shinohara, “Isolation of La@C60 as a Trifluoromethyl Derivative,” 第50回 フラレーン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 東京, 2016.
- 39 Tomohiko Komuro, Haruka Omachi, Jun Hirotsu, Ryo Kitaura, Yutaka Ohno, and Hisanori Shinohara, “Single-Step Extraction of Semiconducting Single-Wall Carbon Nanotubes by Aqueous-Two Phase (ATP) System,” 第50回 フラレーン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 東京, 2016.
- 40 Yusuke Nakanishi, Haruka Omachi, Natalie A. Fokina, Peter R. Schreiner, Ryo Kitaura, Jeremy E. P. Dahl, Robert

- M. K. Carlson, and Hisanori Shinohara, "High-yield Filling and Transformation of Hydroxylated Diamantane Inside Carbon Nanotubes," 第50回 フラレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 東京, 2016.
- 41 金野泰弘、大町遼、北浦良、篠原久典, "カーボンナノチューブの内部空間を利用した1次元芳香族ポリマーの新規合成法の開拓," 帝人21世紀フォーラム, 東京, 2016.
- 42 小室智彦、廣谷潤、大町遼、北浦良、大野雄高、篠原久典, "半導体性カーボンナノチューブの高純度分離および薄膜トランジスタへの応用," 帝人21世紀フォーラム, 東京, 2016.
- 43 Thendie Boanerges, Haruka Omachi, Ryo Kitaura, Yasumitsu Miyata, and Hisanori Shinohara, "Purification of Large Diameter Semiconducting Species from Pyrolytic-Grown Single-Wall Carbon Nanotubes by Gel Filtration," The 6th A3 Symposium on Emerging Materials, Fukuoka, 2015.
- 44 大町遼, 中西勇介, Natalie A. Fokina, Peter R. Schreiner, 北浦良, Jeremy E. P. Dahl, Robert M. K. Carlson, 篠原久典, "カーボンナノチューブの内部空間を利用したダイヤモンド分子ポリマーの合成," 第26回基礎有機化学討論会, 松山, 2015.
- 45 Thendie Boanerges, Haruka Omachi, Ryo Kitaura, Yasumitsu Miyata, and Hisanori Shinohara, "Sorting of Semiconducting, Large Diameter Single-Wall Carbon Nanotubes: Towards High Mobility Electronic Devices Application," 第76回応用物理学会秋季学術講演会, 名古屋, 2015.
- 46 Yasuyo Ishio, Haruka Omachi, Ryo Kitaura, and Hisanori Shinohara, "Synthetic Studies toward BN-Doped Graphene/Nanographene Using the Borazine Derivatives" 第49回 フラレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 北九州, 2015.
- 47 Thendie Boanerges, Kenshi Miyaura, Haruka Omachi, Ryo Kitaura, Yasumitsu Miyata, and Hisanori Shinohara, "Synthesis of Linear Polythiophene by Utilizing Inner Space of Carbon Nanotubes," The 16th International Conference on the Science and Application of Nanotubes, Nagoya, 2015.
- 48 Haruka Omachi, Yusuke Nakanishi, Natalie A. Fokina, Peter R. Schreiner, Ryo Kitaura, Jeremy E. P. Dahl, Robert M. K. Carlson, and Hisanori Shinohara, "Template Synthesis of Nanodiamond Polymers Utilizing Inner Space of Carbon Nanotubes," 16th International Symposium on Novel Aromatic Compounds, Nagoya, 2015.
- 49 Thendie Boanerges, Haruka Omachi, Ryo Kitaura, Yasumitsu Miyata, and Hisanori Shinohara, "Separation of large diameter single-wall semiconducting carbon nanotubes by gel filtration," The 16th International Conference on the Science and Application of Nanotubes, Nagoya, 2015.
- 50 Haruka Omachi, Yusuke Nakanishi, Natalie A. Fokina, Peter R. Schreiner, Ryo Kitaura, Jeremy E. P. Dahl, Robert M. K. Carlson, and Hisanori Shinohara, "Template Synthesis of Nanodiamond Polymers Utilizing Inner Space of Carbon Nanotubes," The 16th International Conference on the Science and Application of Nanotubes, Nagoya, 2015.
- 51 大町遼, "カーボンナノチューブの内部空間を利用した新物質創製," 続合物質創製化学推進事業第6回続合物質シンポジウム「次世代を拓く新物質創製化学」, 名古屋, 2015.

[図書] (計1件)

- ① 大町遼, 北浦良, 篠原久典, "水系二相系(ATP)分離", カーボンナノチューブ・グラフェンの応用研究最前線 (監修: 丸山茂夫)、エヌ・ティー・エス、2016.

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: 半導体型カーボンナノチューブの分離方法および半導体素子の製造方法
発明者: 大町遼・篠原久典
権利者: 名古屋大学
種類: 特許
番号: 2017-066945
出願年月日: 2017. 3. 30
国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://nano.chem.nagoya-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大町 遼 (OMACHI. Haruka)

名古屋大学・物質科学国際研究センター・助教

研究者番号: 60711497