

様式 F - 7 - 2

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）実績報告書（研究実績報告書）

1. 機関番号

1 4 6 0 3

2. 研究機関名

奈良先端科学技術大学院大学

3. 研究種目名

若手研究(B)

4. 補助事業期間

平成27年度～平成28年度

5. 課題番号

1 5 K 1 7 8 4 3

6. 研究課題名

化学吸着法を利用した基板上でのグラフェンナノリボン合成

7. 研究代表者

研究者番号	研究代表者名	所属部局名	職名
0 0 7 3 6 9 3 6	ハヤシ ヒロノブ 林 宏暢	物質創成科学研究科	特任助教

8. 研究分担者

研究者番号	研究分担者名	所属研究機関名・部局名	職名

9. 研究実績の概要

グラフェンナノリボン（GNR）は、次世代のエレクトロニクスを担う材料として期待されているが、凝集性が高いため通常的手法では取り扱いが困難である。本研究では、「単分子膜を形成できる化学吸着法」と「難溶性分子を可溶性前駆体分子から熱や光を用いて変換できる前駆体法」に着目し、電極上でのGNR合成と単分子膜としての固定化を一気に行い、基板上での新規GNR合成法を確立することを旨とした。

最終年度である今年度は、「化学吸着法」を導入したGNRモデル分子の金基板への吸着、および、基板上での脱水素環化反応の検討を行った。リンカー長さの異なる2種類のGNRモデル分子を金基板上に吸着させ、サイクリックボルタンメトリーに吸着状態を評価した結果、金基板上に単分子膜形成をしていることが示唆された。試験的に真空中で脱水素環化反応を検討したところ、さらなる詳細な解析が必要ではあるが、脱水素環化反応の進行が示唆された。

また、本年度は、より幅広いGNRやエッジ修飾GNRの合成に必要な鍵化合物の合成も行った。とくに、バンドギャップの狭い幅広いGNR合成の重要な鍵化合物であるヘプタセンやノナセンの光変換型前駆体を合成することに成功した。また、フッ素修飾GNRのモデル化合物（フッ素化ビスアンテン）を合成し、そのねじれた構造をX線構造解析によって明らかにした。このフッ素化ビスアンテンは、光に対して安定であり、トルエン・メタノール中で半導体特性を示すナノファイバーを形成することを明らかにした。また、フッ素を導入したGNR前駆体を用いて、昇華法によるGNR合成を検討した結果、フッ素が脱離することが明らかになったため、その反応メカニズムを量子化学計算を用いて解析した。

10. キーワード

(1) グラフェンナノリボン

(2) 化学吸着

(3) エッジ修飾

(4) 前駆体法

(5) ナノファイバー

(6)

(7)

(8)

(注)・印刷に当たっては、A4判（縦長）・両面印刷すること。

(1/7)

11. 研究発表

〔雑誌論文〕 計(6)件/うち査読付論文 計(6)件 (最終年度分)

/うち国際共著論文 計(0)件 (最終年度分) /うちオープンアクセス 計(0)件 (最終年度分)

著者名		論文標題【掲載確定】				
Hironobu Hayashi, Junichi Yamaguchi, Hideyuki Jippo, Ryunosuke Hayashi, Naoki Aratani, Mari Ohfuchi, Shintaro Sato, Hiroko Yamada		Experimental and Theoretical Investigations of Surface-Assisted Graphene Nanoribbon Synthesis Featuring Carbon-Fluorine Bond Cleavage				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
ACS Nano	有	印刷中	2 0 1 7	印刷中	-	
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)						
10.1021/acsnano.7b02316						
オープンアクセス						
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難						

著者名		論文標題【掲載確定】				
Hironobu Hayashi, Naoki Aratani, Hiroko Yamada		Semiconducting Self-assembled Nanofibers Prepared from Photostable Octafluorinated Bisanthene Derivative				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
Chemistry A European Journal	有	印刷中	2 0 1 7	印刷中	-	
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)						
10.1002/chem.201700080						
オープンアクセス						
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難						

著者名		論文標題【掲載確定】				
Akinobu Matsumoto, Mitsuharu Suzuki, Hironobu Hayashi, Daiki Kuzuhara, Junpei Yuasa, Tsuyoshi Kawai, Naoki Aratani, Hiroko Yamada		Studies on Pyrene and Perylene Derivatives upon Oxidation and Application to a Higher Analogue				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
Bulletin of the Chemical Society of Japan	有	印刷中	2 0 1 7	印刷中	-	
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)						
10.1246/bcsj.20160337						
オープンアクセス						
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難						

(課題番号: 15K17843)

(注)・印刷に当たっては、A4判(縦長)・両面印刷すること。

(2/7)

著者名		論文標題				
Yuto Tamura, Daiki Kuzuhara, Mitsuharu Suzuki, Hironobu Hayashi, Naoki Aratani, Hiroko Yamada		Fullerene-linked Tetrabenzoporphyrins for Solution-processed Organic Photovoltaics: Flexible vs. Rigid Linkers				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
Journal of Material Chemistry A	有	4	2016	15333-15342	-	
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)						
10.1039/C6TA06599F						
オープンアクセス						
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難						

著者名		論文標題				
Masataka Yamashita, Hironobu Hayashi, Mitsuharu Suzuki, Daiki Kuzuhara, Junpei Yuasa, Tsuyoshi Kawai, Naoki Aratani, Hiroko Yamada		Bisanthra-thianthrene: Synthesis, Structure and Oxidation Properties				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
RSC Advances	有	6	2016	70700-70703	-	
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)						
10.1039/C6RA13036D						
オープンアクセス						
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難						

著者名		論文標題				
Akinobu Matsumoto, Mitsuharu Suzuki, Hironobu Hayashi, Daiki Kuzuhara, Junpei Yuasa, Tsuyoshi Kawai, Naoki Aratani, Hiroko Yamada		Aromaticity Relocation in Perylene Derivatives upon Two-electron Oxidation to Form Anthracene and Phenanthrene				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
Chemistry A European Journal	有	22	2016	14462-14466	-	
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)						
10.1002/chem.201602188						
オープンアクセス						
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難						

〔学会発表〕 計(8)件/うち招待講演 計(1)件 (最終年度分) /うち国際学会 計(3)件 (最終年度分)

発表者名		発表標題	
Hironobu Hayashi, Junichi Yamaguchi, Hideyuki Jippo, Shintaro Sato, Hiroko Yamada		Graphene nanoribbon synthesis associated with a dissociation of carbon-fluorine bonds	
学会等名		発表年月日	発表場所
日本化学会第97春季年会		2017年03月16日～ 2017年03月19日	慶應義塾大学理工学部(神奈川県横浜市)

発表者名		発表標題	
坂倉 光洋・林 宏暢・山田 容子		自己組織化単分子膜の鎖長がアントラセン二量体の金表面への吸着に与える影響	
学会等名		発表年月日	発表場所
日本化学会第97春季年会		2017年03月16日～ 2017年03月19日	慶應義塾大学理工学部(神奈川県横浜市)

発表者名		発表標題	
稗田 奈央・林 宏暢・山田 容子		光変換型ヘキサセン前駆体の合成	
学会等名		発表年月日	発表場所
日本化学会第97春季年会		2017年03月16日～ 2017年03月19日	慶應義塾大学理工学部(神奈川県横浜市)

発表者名		発表標題	
川野 倅暉・林 宏暢・山田 容子		多量体化を目指したTIPSペンタセン誘導体の合成と物性評価	
学会等名		発表年月日	発表場所
日本化学会第97春季年会		2017年03月16日～ 2017年03月19日	慶應義塾大学理工学部(神奈川県横浜市)

発表者名	発表標 題	
Hironobu Hayashi, Hiroko Yamada	Synthesis of model compounds toward graphene nanoribbon synthesis through a bottom-up approach	
学 会 等 名	発表年月日	発表場 所
The 2nd international symposium on synthetic two-dimensional polymers (国際学会)	2016年06月02日 ~ 2016年06月04日	Todayji Temple Cultural Center (Nara, Japan)

発表者名	発表標 題	
Hironobu Hayashi, Hiroko Yamada	Synthesis and Physical Properties of Model Compounds of Graphene Nanoribbon	
学 会 等 名	発表年月日	発表場 所
8th international conference on Molecular Electronics (国際学会)	2016年08月22日 ~ 2016年08月26日	Paris, France

発表者名	発表標 題	
Hironobu Hayashi, Hiroko Yamada	Self-assembled nanofibers of fluorinated bisanthene derivatives	
学 会 等 名	発表年月日	発表場 所
The 51th fullerenes-nanotubes-graphene general symposium	2016年09月07日 ~ 2016年09月09日	北海道立道民活動センター かでる2・7 (北海道札幌市)

発表者名	発表標 題	
Hironobu Hayashi	On-surface reaction of fluorinated precursor molecule for graphene nanoribbon	
学 会 等 名	発表年月日	発表場 所
Mini-symposium on functional p-molecules (招待講演) (国際学会)	2017年03月15日 ~ 2017年03月15日	奈良先端科学技術大学院大学 (奈良県生駒市)

〔図書〕 計(0)件 (最終年度分)

著者名	出版社		
書名	発行年	総ページ数	

12. 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

〔出願〕 計(1)件 (最終年度分)

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	出願年月日	国内・外国の別
高次アセン誘導体及び高次アセン誘導体の製造方法	林宏暢、山下正真、山田裕子	同左	特許、2016-231276	2016年11月29日	国内

〔取得〕 計(0)件 (最終年度分)

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	取得年月日	国内・外国の別
				出願年月日	

13. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計(0)件 (最終年度分)

国際研究集会名	開催年月日	開催場所

14. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

(1) 国際共同研究 : 国際共同研究である

共同研究相手国	相手方研究機関			
Switzerland	EMPA	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	/	/	/	/

15. 備考