

分子機能研究部門

江 東 林 (准教授) (2005 年 5 月 1 日着任)

A-1) 専門領域：有機化学，高分子科学

A-2) 研究課題：

- a) 二次元高分子の創出と機能開拓
- b) 多孔性共役高分子による蛍光発光及び蓄電システムの構築

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 18 電子を有する大環状ポルフィリンを用い，共有結合で二次元高分子骨格に織り込み，紫外から近赤外まで幅広い波長領域にわたって光を吸収し，極めて高い光伝導性を持つ二次元高分子の合成に成功した（イギリス王立化学協会誌 *Chem. Commun.* 2011）。また，フタロシアニン誘導体をモノマーとして用い，縮合反応により二次元高分子を合成した。フタロシアニンはお互いに真上に来るようにスタックしているため，極めて大きなキャリア移動度（ $1.6 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{S}^{-1}$ ）を示した。フタロシアニン二次元高分子は紫外から近赤外まで幅広い波長領域の光を効率よく捕集することができ，新しい光エネルギー変換材料として大いに注目されている（ドイツ化学会誌 *Angew. Chem., Int. Ed.* 2011）。さらに，二次元骨格のエッジ部位に電子吸引力分子を導入することで，新規な n 型二次元高分子の合成に成功した。スタックによりカラム構造が形成され，高い電子移動度（ $0.6 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{S}^{-1}$ ）を示した。この場合，光を照射すると，高い光伝導性を誘起できる。この成果は，n 型二次元高分子の初めての例として注目されている（アメリカ化学会誌 *J. Am. Chem. Soc.* 2011, Highlighted by *Chemical and Engineering News*）。さらに，二次元高分子の細孔構造を自由自在に制御してつくる手法を開拓した（*Nature Communications* 2011）。この手法を用いることでポア表面に様々な官能基を導入することができる。また，設計した通りにその量をコントロールすることができ，テーラード細孔の構築に新しい道を開いた（科学新聞，化学工業日報，日経産業新聞，日刊工業新聞，日経バイオテク online，Nanotech Japan トピックス，フランス大使館科学技術部メルマガ等に記事報道）。
- b) アザ縮環構造を有する共役多孔性高分子は多くの窒素原子を内包しており，合成条件により，細孔サイズを約 1 ナノメートルにコントロールしてつくることができる。この縮環共役多孔性高分子は電気伝導性を示し，電極材料として適している。実際，スーパーキャパシターの蓄電特性を検討したところ，電気容量がなんと 1 グラム当たり 946 ファラッドという極めて大きな値を示した。従来の炭素材料である活性炭やカーボンナノチューブ，グラフェンなどに比べて，電気容量を 6 倍にも向上することに成功した。これによって，エネルギー密度と出力密度を著しく向上することができた。さらに，アザ縮環共役多孔性高分子は極めて速い充放電特性を持ち，短時間で充放電できる特徴を持ち合わせている。化学的に安定な縮環構造のため，何度も充放電することができる。実際，1 万回充放電を繰り返しても，電気容量の減衰は全く観察されず，極めて安定して長く使うことができることが分かった。本研究成果は，蓄電システムのキー物質である電極材料を提供するものであり，技術革新に貢献することが期待されている（ドイツ化学会誌 *Angew. Chem., Int. Ed.* 2011, Evaluated as VIP, Highlighted by *Nature Nanotechnology*, *Nano Werk*，日刊工業新聞，科学新聞，DIME 誌）。また，多孔性共役高分子を用いて極めて高い蛍光発光効率を有する新規な高分子を創製した（アメリカ化学会誌 *J. Am. Chem. Soc.* 2011, Highlighted by *ACS Noteworthy Chemistry*）。

B-1) 學術論文

- X. FENG, L. CHEN, Y. DONG and D. JIANG**, “Porphyrin-Based Two-Dimensional Covalent Organic Frameworks: Synchronized Synthetic Control of Macroscopic Structures and Pore Parameters,” *Chem. Commun.* **47**, 1979–1981 (2011).
- X. DING, J. GUO, X. FENG, Y. HONSHO, J. GUO, S. SEKI, P. MAITARAD, A. SAEKI, S. NAGASE and D. JIANG**, “Synthesis of Metallophthalocyanine Covalent Organic Frameworks That Exhibit High Carrier Mobility and Photoconductivity,” *Angew. Chem., Int. Ed.* **50**, 1289–1293 (2011).
- L. CHEN, Y. YANG, Z. GUO and D. JIANG**, “Highly Efficient Activation of Molecular Oxygen with Nanoporous Metalloporphyrin Frameworks in Heterogeneous Systems,” *Adv. Mater.* **23**, 3149–3154 (2011).
- Y. KOU, Y. XU, Z. GUO and D. JIANG**, “Supercapacitive Energy Storage and Electric Power Supply Using an Aza-Fused Conjugated Microporous Framework,” *Angew. Chem., Int. Ed.* **50**, 8753–8757 (2011). (VIP)
- X. DING, L. CHEN, Y. HONSHO, X. FENG, O. SAENGSAWANG, J. GUO, A. SAEKI, S. SEKI, S. IRLE, S. NAGASE, P. VUDHICHAI and D. JIANG**, “An *n*-Channel Two-Dimensional Covalent Organic Framework,” *J. Am. Chem. Soc.* **133**, 14510–14513 (2011).
- A. NAGAI, Z. GUO, X. FENG, S. JIN, X. CHEN, X. DING and D. JIANG**, “Pore Surface Engineering in Covalent Organic Frameworks,” *Nat. Commun.* **2**, 536 (doi: 10.1038/ncomms1542) (2011).
- Y. XU, L. CHEN, Z. GUO, A. NAGAI and D. JIANG**, “Light-Emitting Conjugated Polymers with Microporous Network Architecture: Interweaving Scaffold Promotes Electronic Conjugation, Facilitates Exciton Migration, and Improves Luminescence,” *J. Am. Chem. Soc.* **133**, 17622–17625 (2011).

B-3) 総説, 著書

- D. JIANG, X. DING and J. GUO**, “Two-Dimensional Semiconductive π -Electronic Frameworks,” in *Supramolecular Soft Matter: Applications in Materials and Organic Electronics*, John Wiley & Sons, Inc.; Hoboken, NJ, U.S.A., Chapter 8 (2011).

B-4) 招待講演

- D. JIANG**, “Design and Functions of Two-Dimensional Porous Macromolecules,” Beijing-Guangzhou-Hongkong Symposium on Polymer, Guangzhou (China), January 2011.
- D. JIANG**, “Design and Functions of Two-dimensional Macromolecules and Organic Frameworks,” FAPS-PC2011, Beijing (China), May 2011.
- D. JIANG**, “Two-dimensional Macromolecules: Design, Precise Synthesis, and Applications,” 2011 National Polymer Symposium of China, Dalian (China), September 2011.
- D. JIANG**, “Pore Surface Engineering in Covalent Organic Frameworks,” China-Japan Joint Symposium on Functional Supramolecular Architecture, Beijing (China), October 2011.
- D. JIANG**, “Design and Precise Synthesis of π -Electronic Two-Dimensional Macromolecules,” The 10th International Symposium on Functional π -Electron Systems (F- π -10), Beijing (China), October 2011.

B-6) 受賞, 表彰

- 江 東林, 2000年度日本化学会年次大会講演賞 (2000).
- 江 東林, 2005年度日本化学会若手特別講演賞 (2005).
- 江 東林, 2006年度高分子学会 Wiley 賞 (2006).
- 江 東林, 2006年度科学技術分野文部科学大臣表彰若手科学者賞 (2006).

B-7) 学会および社会的活動

学会の組織委員等

第二回デンドリマー国際会議実行委員 (2000).

Winter School of JSPS Asian Core Program on Frontiers of Materials, Photo and Theoretical Molecular Science, Beijing, December 5–8, Organizer (2006).

China-Japan Joint Symposium on the π -Conjugated Molecules towards Functional Materials, Beijing, February 24–25, Organizer (2008).

Sokendai Asian Winter School “Molecular Sciences on Different Space-Time Scales,” Okazaki, December 9–12, Co-Organizer (2008).

China-Japan Joint Symposium on Functional Supramolecular Architecture, Beijing, December 20–21, Organizer (2008).

China-Japan Joint Symposium on Functional Supramolecular Architecture, Hokkaido, August 2–5, Organizer (2009).

Sokendai Asian Winter School “Molecular Sciences on Different Space-Time Scales,” Okazaki, December 2–5, Co-Organizer (2009).

China-Japan Joint Symposium on Functional Supramolecular Architecture, Jilin University, Changchun, July 25–28, Organizer (2010).

China-Japan Joint Symposium on Functional Supramolecular Architecture, Beijing Normal University, Changchun, October 6–9, Organizer (2011).

B-10) 競争的資金

科研費若手奨励研究(A), 「赤外線を用いた人工光合成系の構築」江 東林 (1999年–2000年).

科学技術振興機構さきがけ研究「構造制御と機能領域」 「樹木状金属集積体を用いたスピン空間の構築と機能開拓」江 東林 (2005年–2008年).

科研費基盤研究(B), 「光・磁気スイッチング配位高分子の設計と機能」江 東林 (2008年–2010年).

科学技術振興機構さきがけ研究「太陽光と光電変換機能領域」 「シート状高分子を用いた光エネルギー変換材料の創製」江 東林 (2009年–2012年).

C) 研究活動の課題と展望

『ゼロ』から出発しやっとなんか出てきた。二次元高分子及び多孔性共役ポリマーがどのようなサイエンスを秘められているのか、メンバーと日々悩んでそして楽しく。