

【特別推進研究】

理工系（化学）



研究課題名 物理的摂動を用いる巨視スケールにおよぶ構造異方性の制御と特異物性発現

東京大学・大学院工学系研究科・教授 あいだ たくぞう
相田 卓三

研究分野：化学

キーワード：超分子化学、複合材料・物性、物理的摂動

【研究の背景・目的】

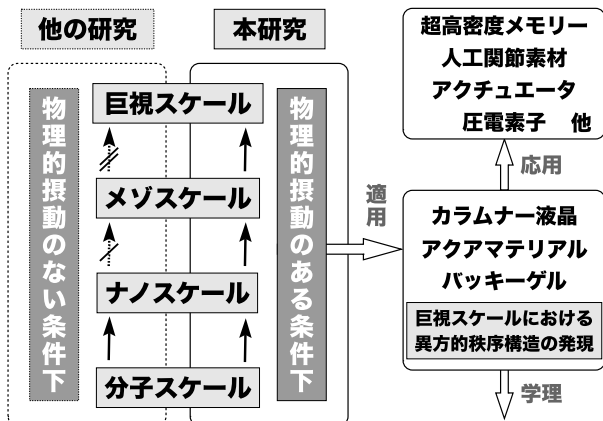
生体組織は、構造的に著しく異方的である。より厳密にいうと、分子からナノスケールを超え、メゾ・巨視スケールにいたる「階層的異方構造」からなり、この特異構造が、多様かつ特異な物性・機能の発現を担う。この「階層的異方構造」の形成プロセスは、「熱力学平衡支配の組織化」とは本質的に異なり、イオン勾配、浸透圧、流束、剪断力といった生体内の様々な「物理的摂動」を巧みに利用している。

超分子化学の目覚ましい発展により、ナノスケールまでの分子組織化は、今や化学の標準的ツールになっている。しかし、ナノ構造がさらに組織化してできる巨視スケール構造の予測・制御は、組織化の階層があがるにつれて可逆的な熱力学平衡支配から不可逆的な速度論支配に移行するため、一般に不可能である。これはボトムアップ材料設計の Missing Link であり、超分子化学の応用展開を著しく妨げている。

本プロジェクトでは、生体内の組織化に学び、「物理的摂動下での組織構造の形成」に焦点をあて、分子スケールからナノ・メゾスケールを超え、巨視スケールにいたる高度に制御された階層的異方構造からなるソフトマテリアルを設計するとともに、その異方性に由来する格別な物性・機能の開拓をめざす。

【研究の方法】

物理的摂動として電場・磁場などを用いた配向制御材料はすでに知られている。しかし、本研究プロジェクトでは、工学的・物理的側面の強いそれらの研究とは一線を画し、研究代表者がこれまでに独自



開拓してきた「メッセージ性の強い」モチーフを投入し、「化学と物理を橋渡しする学際的な材料科学研究」を展開する。具体的には、(1) 強誘電性コラムナー液晶、(2) ナノシートを架橋点とするネットワークからなるアクアマテリアル、(3) かつてない濃厚カーボンナノマテリアル懸濁液などを対象とする。

【期待される成果と意義】

本研究で開拓される新学理は、基礎科学的な重要性に加え、人々の生活を一変させる応用技術にも直結する。(1) 強誘電性コラムナー液晶の開拓は、「動的性質を有するソフトな組織体中で如何に極性構造を発現させ、操るか」という基礎科学の大きな挑戦であると同時に、光微細加工の呪縛から解放された「低コスト・低電圧駆動・超高密度の次世代メモリー素子」の開発に繋がる。(2) 架橋点となるナノシートが一次元配向したアクアマテリアルは、伝統的な構造材料の分野に大きな一石を投じるものであり、今なお当該分野の夢である「人工関節・人工筋肉」をより現実的なものにする。(3) かつてない濃厚なカーボンナノマテリアル分散液への物理的摂動の印加は、金属フリーの電子素子・電子デバイスの開拓・実用化を大きく促進する基盤技術を生み出すものと期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ D. Miyajima *et al.* Ferroelectric columnar liquid crystal featuring confined polar groups within core-shell architecture, *Science* **336**, 209–213 (2012).
- ・ Q. Wang *et al.* High-water-content mouldable hydrogels by mixing clay and a dendritic molecular binder, *Nature* **463**, 339–343 (2010).
- ・ T. Fukushima *et al.* Molecular ordering of organic molten salts triggered by single-walled carbon nanotubes, *Science* **300**, 2072–2075 (2003).

【研究期間と研究経費】

平成 25 年度–29 年度
464,500 千円

【ホームページ等】

<http://macro.chem.t.u-tokyo.ac.jp/>
aida@macro.t.u-tokyo.ac.jp