

分子情報生命科学研究推進グループ

Molecular-informational Life Science Research Group

グループヘッド 和田 達夫
WADA, Tatsuo

本研究推進グループは、文部科学省の委託事業「ナノテクノロジー・材料を中心とした融合振興分野研究開発」研究拠点形成型（バイオナノテクノロジー研究拠点の形成）において採択された研究開発課題「生命分子の集合原理に基づく分子情報の科学研究ネットワーク拠点」（平成17年8月開始）の推進を目的としている。ここでは、情報科学を共通の概念とし、生命科学と物質科学の融合を図ることで、生命機能の根源である生物の分子認識、情報伝達、エネルギー伝達といった機能の定量的解明とその機構の応用を目指す分子情報生命科学研究を、九州大学、北海道大学、大阪大学と拠点ネットワークを構築し、有機的連携のもと総合的かつ効率的に推進している。

1. 生命機能の情報抽出と数理解析に関する研究

(1) 生命体のファジィな運動の機構解明とその定量化（川合，山田，金，Rzeźnicka（訪問研究員），横田（基礎特研））

細胞膜を分子レベルで認識する超微細地図の描画を図るべく、モデル細胞膜を形成する手法を開発し、生体化学反応の基本を溶液中で1分子の空間分解能で捉える観測に挑戦している。リン脂質分子については、より実際に近い混合リン脂質分子の観測を行い、特にエタノールアミン脂質と小型タンパクのデュラマイシンの結合による細胞膜構造の大規模な変化を捉えることに成功した。また、タンパクについては、GFP、PYP、アズレン等の分子を金基板上に強固に結合してSTMで観測可能にする化学的処理法を開発した。さらに単一タンパク分子にSTM探針から電子を注入励起して蛍光観測を行うためのSTM発光観測システムの整備を行っている。また、基板上に固定した荷電生体分子を水溶液中電極電位印加のもとにAFMで観測して、分子間力を利用して画像化する基礎的研究に着手しており、着実に成果が上がっている。

(2) 新奇な情報伝達系の設計・構築とCollective Motionの発現（和田，池田，佐々，川本，佐藤^{*2}，福地^{*2}）

Collective Motionへと発展する分子システムとして、光駆動分子ローター1分子で1,000分子の液晶分子のらせん構造を制御できることに既に成功している。この分子情報の伝達系の増強とともに、Collective Motionによる機能発現システムの構築に取り組んでいる。より効率の良い光駆動分子ローターとして、分子長変化の大きなアゾベンゼンの β, β' 部位を軸不斉を有するピナフチルと結合した環状化合物の合成に成功した。この化合物は、UV照射により、ピナフチルの不斉軸の円二色性比($\Delta\epsilon$)が増加した。一方、 $\Delta\epsilon$ は温度の上昇とともに減少した。このように、光と熱刺激によって異なる挙動をしめす分子ローターの開発に成功した。この分子ねじれに基づく構造変化の情報を伝達して、機能を発現しうる媒体として、光電子機能性液晶の開発に着手した。さらに、分子情報の伝達系を流動性を持つ脂質二分子膜まで拡張し、分子ローターのスイッチングを脂質二分子膜上で機能する生体分子(イオンチャンネルタンパク)の機能制御へ応用展開を図った。

2. 研究・人材育成ネットワークの構築

(1) 研究ネットワークの形成（武藤^{*1}，土屋^{*1}，陳^{*1}，高木^{*1}）

リアルタイムで接続可能なWEB会議システムを活用し、拠点内および拠点間での研究情報交換や質疑応答に用いることで、また、適宜、一堂に会して運営委員会を開催することで、強固な拠点間相互ネットワーク構築を実現した。さらに、各拠点で展開される研究コンポーネント間を繋ぐ人材として4人の博士研究員が活動し、マルチサイトを包括する新奇な研究テーマの提案などが提示され、うち一部を実際に推進し始める等、ネットワーク拠点として新しい研究の種を産み出している。

(2) 連携研究機関との人的交流に基づく人材育成ネットワークの構築

人材育成プログラムとして、九大および北大にて、それぞれスクーリングを開催した（大阪大学“分子情報連携研究センター”が主催）。スクーリングでは、若手研究者を中心として、連携研究創出に向けた議論を行うとともに、連携研究推進のために必要な技術研修を行った。これらにより、連携機関間の人的交流が促進され、多数の連携研究の萌芽が得られ、独創的な連携研究が進められている基礎を着実に築いている。

^{*1} 協力研究員，^{*2} 研修生

The objective of a research group is to promote the Molecular-informational Life Science Network based on the concept for material creation beyond the hierarchy peculiar to the biomolecules, funded by “Research and Development in a New Converting Field based on Nanotechnology and Materials Science”, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. We have established a research promotion group by creating a network comprised of Kyushu University, Hokkaido University and Osaka University, and based on systematic cooperation we are comprehensively and efficiently conducting molecular-informational life science research aimed at quantitatively elucidating and applying the mechanisms underlying the molecular recognition, information communication and energy transfer functions of living organisms, which are the origin of all life functions, by fusing life sciences and materials sciences and using information science as a shared concept.

1. Research pertaining to the information extraction and mathematical analysis of life function

(1) Elucidation and quantification of fuzzy action mechanisms of living organisms (Kawai, Yamada, Kim, Rzeźnicka, Yokota)

In order to draw a map of biological cell membrane in a supreme resolution, challenges are continued to construct

model cell membrane, aiming to elucidate the foundation of biochemical reactions in a spatial resolution of single molecule. For observation of phospholipid molecules, mixed phospholipid monolayers were constructed to be closer to the reality. We revealed a massive-scale change of a mixed ethanolamine phospholipid layer triggered by addition of a small protein, duramycin. As for observation of protein molecules, GFP, PYP and azurin were firmly fixed on Au substrates suitably for STM observation. In order to observe fluorescence from single protein molecule excited by tunneling current through the STP tip, special experimental setups are being constructed. Moreover, a fundamental attempt has been made to measure atomic(molecular) forces on charged biomolecules fixed on substrates within electrochemical potentiostatic environment by an AFM setup, which is now in a steady progress.

(2) Design and construction of novel information sharing systems and appearance of collective motion

We have already succeeded in development of the molecular system in which one light-driven molecular rotor could co-operatively control the helical structure of 1000 of liquid crystalline (LC) molecules. As an efficient molecular rotor, 3,3'-cyclic azo-compounds was designed and synthesized with transformation of trans-cis photoisomerization to axial chirality of the binaphthyl moiety. Reversible switching behavior in molecular twisting was obtained by the alternative irradiation of UV and visible light. The circular dichroism studies indicated dichroic ratios $\Delta\epsilon$ at 238 nm increased with photoirradiation. On the other hand, the value of $\Delta\epsilon$ decreased with increasing temperature. The novel 3,3'-cyclic azo-compounds have been successfully developed with the independent control of molecular twisting by light and heat. For the construction of functional collective motion system, we are developing the fluidic media with opto-electronic functions such as photoconductive LC phthalocyanines. We are also introducing the light-driven molecular rotor into the phospholipid membrane system in order to control the biological functions such as ion-channeling.

2. Construction of research and human resources training facilities.

(1) Formation of research network bases (Muto, Tsuchiya, Chen, Takagi)

The participating institutions have established a strong network by using a Web Meeting system to exchange information and questions and answers, and by holding Steering Committee Meetings regularly. In addition, four postdoctoral fellows were hired to provide a link among the research components being developed. Novel coordinated research themes encompassing multiple sites are being proposed and new research taking maximum advantage of the strengths of each location has started to bear fruit.

(2) Construction of human resources training facilities based on personnel exchanges among the collaborating research Institutions

Training programs sponsored by the Molecular Information Human Resources Training Center of Osaka University was held at Kyushu University and Hokkaido University. The programs, mainly attended by young researchers, included lectures and technical training on collaborative research promotion. As a result, seeds for extensive coordinated research have been sown, greater interaction among the institutions is being promoted, and creative coordinated research projects are being pursued.

Staff

Head

Dr. Tatsuo WADA

Members

Dr. Maki KAWAI

Dr. Yoshihito OSADA

Dr. Toshihide KOBAYASHI

Dr. Masahiko HARA

Dr. Akihiko TAKASHIMA

Dr. Hiroyuki OSADA

Dr. Akihiko NAKANO

Dr. Yoshihide HAYASHIZAKI

Dr. Shunichi AMARI

Dr. Yasushi SAKO

Dr. Shigeru IKEDA

Dr. Masuki KAWAMOTO

Dr. Yousoo KIM

Dr. Takafumi SASSA

Dr. Taro YAMADA

Dr. Akihiko TAKAGI*¹

Dr. Tsuyoshi MUTO*¹

Dr. Youichi TSUCHIYA*¹

Dr. Xinjiang CHEN*¹

Dr. Izabela I. Rzeźnicka (houmon kenkyuin)

Dr. Yasuyuki Yokota(Kisotokken)

*¹ Contract Researcher

Trainees

Mr. Satoshi WATANABE (Graduate School of Industrial Science and Technology, Tokyo Univ. of Sci.)

Mr. Yasumasa FUKUCHI (Graduate School of Science and Technology, Tokyo Univ. of Sci.)