


日本化学会研究会
「低次元系光機能材料研究会」
ニュースレター 第8号
(2015年3月)

- 
1. 巻頭言
「象牙の塔」
京都大学工学研究科 陰山 洋
 2. レビュー
「二次元の超分子化学とみんなのナノテクノロジー」
物材機構 WPI-MANA 有賀 克彦
 8. トピック
「層状複水酸化物 (LDH) を用いた水中でのCO₂の光還元」
京都大学大学院工学研究科
井口 翔之・寺村 謙太郎・細川 三郎・田中 庸裕
 12. 研究室紹介
山口大学大学院医学系研究科 川俣 純
 14. 会告
 17. 編集後記

■ 巻頭言 ■

象牙の塔

京都大学工学研究科、陰山 洋

最近、ネイチャー誌の Editorials (Nature 2014, 514, 273) に掲載された「University Challenged」というタイトルの文章を読んだ。これによると、1000年以上の間、大学では教員と学生が同じ時間と空間を過ごすことにより、既存の知識を学ぶことと（教育）、新しい知識を獲得すること（研究）の両方が可能であった。つまり、教育（知の継承）と研究（知の創造）のシナジー効果は自然と形成されていたが、大学が大学足りえてきたはずのこの土台が、近年、加速度的に変化する世界の流れにのまれて破壊される危機的な状況らしい。大きな変化の一つとして挙げられているのが、学生数の増加、学生の質の多様化である。一世紀前の大学教育は、主に上流階級の限られた数の人々に対して提供されていたが、現在は一般の人々（発展途上国を含む）に対して開かれている。次いで、教育や研究の提供手法もインターネットの普及により劇的に変わりつつあることに触れられている。例えば、MOOCs（大規模オープンオンライン講座）は今後もっと普及していくと予想されている。米国の知人は、オンラインで海外出張先から自分の大学の講義をできるから助かるかといっていた。日本の大学では、今後人口が減少していくこともあり、否応無しに大きな変革を迫られている。京都大学でも、日本人以外の教員と留学生の割合を増やす計画が進められているところである。

さらにこのEditorialの筆者は、避けられない変化として「人間がもつ好奇心や知識への飢えは、もはや大学の主たる存在理由にはならない」と続けている。つまり、経済の発展に貢献するのが今後の大学の存在意義であるゆえ、大学はproblem-orientedな研究を行い、科学者は起業家を目指すべきであり、大学への投資は、利益がでることを優先するべきであると。確かに、我が国でも、ここ10年でこのような考え方が浸透しているように見える。しかし、本当にこれでいいのだろうか。学生をおだてて育てると確かに研究はよくやるので、“役に立つ”成果は早くでるかもしれないが、それで知の継承、知の創造といえるのか。ニュートンは自身を「巨人の肩の上にいる矮人」と表現したが、このような謙虚な姿勢はもう不要であろうか。先日、この三月に退職される先生（某分野で世界のリーダー）を訪ねたときに、「これまで、お弟子さんには言葉ではなく、背中を見せてきた」とおっしゃった。私より二回りくらい上の大先生にはこのタイプが多かったように思う。今こそ、敢えて象牙の塔を地でいくのもいいのではないか。知の継承と創造はそもそも簡単なことではなく、途方も無い時間と忍耐が必要なことなのだから。

著者紹介

陰山 洋（かげやま ひろし）

京都大学・教授

略歴：平成10年 京都大学大学院理学研究科化学専攻博士後期課程修了

平成10年 東京大学物性研究所助手

平成15年 京都大学大学院理学研究科化学専攻助教授、のちに准教授

平成22年 京都大学工学研究科物質エネルギー化学専攻教授、現在に至る

現在の研究分野/テーマ：無機固体化学、新物質合成と機能性の開拓、最近は、特に混合アニオン化合物に興味がある。



■レビュー■

二次元の超分子化学とみんなのナノテクノロジー

物材機構 WPI-MANA、有賀克彦

1. なぜ界面で超分子か？

生命活動は何故効率的で機能的なのか？その答えのひとつは生体における分子認識にある。特別な分子を見分けそれに応じて非常に効率のよいプロセスが起こる。これが生命活動である。その代表例が、核酸による遺伝子情報の伝達や機能性タンパク質の合成、あるいは、酵素による特異基質の化学変換などである。その多くの場合、水素結合が大きな役割を果たしている。

水素結合は水素原子を介した二次結合で、酸素や窒素などの電子的にリッチな元素との間に出来るもので、電荷の偏りによっている。したがって、それを解消してしまうような誘電率の高い媒体中では水素結合が形成されにくい。事実、水素結合を用いた人工の分子認識系の多くが非極性な低誘電率の溶媒を媒体に用いている。水などというのは水素結合を介した分子認識系において最悪の媒体である。ところが、生体系の媒体は水である。そこでは水素結合が生命活動で重要な役割を担っている。何という矛盾であろうか？

その矛盾する事実を解明する鍵は界面にある。生体系の分子認識はほとんどバルクの溶液中では起こっていない。例えば、細胞膜表面、酵素ポケット内部、DNA のように整列した高分子鎖の上など、広い意味での界面環境で行われている。生体の分子認識における界面の重要性を解く鍵として、二次元の界面である気-水界面における分子認識が 1980 年代の後半から検討され始め、北野と Ringsdorf は、水中にチミジンが存在するときにアデニン型の両親媒性物質の単分子膜の表面圧-面積 (π -A) 曲線が変化することを見出した¹⁾。これは、核酸塩基間の水素結合形成が水存在下の界面で形成されることに対する重要な示唆である。その後、より系統的な分析手法を用いて、国武、栗原、有賀らによって、気-水界面における水素結合による生体分子の認識系が、核酸塩基、ヌクレオチド、糖、アミノ酸、ペプチドなどの対象に広く達成されることが定量的に実証された²⁾。

上述の動きは、超分子化学の基礎概念がノーベル賞をとったあたりから起きており、従来の溶液系の超分子化学に対して超分子化学を二次元界面のような場（環境）を踏まえて検討すべしという研究の第二段階に入ったものと考えられる。それに加え、近年、界面環境がマクロスコピックな現象と超分子形成のような分子レベルの現象を結びつける役割を担うという新しい概念（第三段階）の導入を我々は行っている。分子が相手分子を認識し集合して新しい機能を示すという純化学の対象であった超分子化学が、生物の謎を解く鍵となり、分子マシンを自由に操るようなナノテクノロジーに貢献するものとなっている。本稿では、その研究の流れを簡単に、筆者らの研究例を中心に紹介したいと思う。

2. 分子認識、分子パターンニング、分子マシン駆動・・・

2-1. 界面での分子認識のナゾに迫る

まず、界面の形態や性状がどのように分子認識の効率に影響するのかを実験的に究明した（図1）。用いたモデル系は、グアニジニウムとリン酸間の分子認識であり、この分子認識系では静電的な相互作用と水素結合が協同的に働く。この分子系が、水中に分散しているときの結合定数は、 1.4 M^{-1} ($\Delta G = 0.9 \text{ kJ/mol}$) にすぎない³⁾。グアニジニウム官能基を頭部に持つ両親媒性物質を水中に分散してミセルや二分子膜構造を形成し、そのメゾスコピックな界面において結合定数を求めたところ、 $10^2 - 10^4 \text{ M}^{-1}$ ($\Delta G = 11-25 \text{ kJ/mol}$) となり大幅な増大が観測された⁴⁾。さらに栗原、国武らがマクロスコピックな界面である気-水界面において決定した結合定数は、 $10^6 - 10^7 \text{ M}^{-1}$ ($\Delta G = 34-42 \text{ kJ/mol}$) となり、分子分散系に比べて100万倍から1000万倍の結合力の増強がなされていることもわかった⁵⁾。つまり、低誘電率相との界面に分子認識系を置くとその分子間相互作用が顕著に増大することが確かめられたのである。ただその効果は、相の連続性に大きく依存することから、単なる分子に接する誘電環境だけでは決定されえないこともわかる。効率的な分子認識を達成するために分子設計のみを考察しがちであるが、むしろその分子をどのような環境下に置くかが重要といえる。つまり、どのような分子を作るかと同時に、どこにその分子を置くかに注目せねばならない。

さらに、我々は櫻井らと共同で量子化学的手法で界面における分子間相互作用の特性について解析を進めた（図2）⁶⁾。系として脂質相（誘電率 2）と水相（誘電率 80）が接する媒体を設定し、界面からのさまざまな位置にグアニジニウムとリン酸のペアを置く。グアニジニウム基を固定しリン酸基を界面に垂直に動かしてその相対位置を変えてエネルギーを計算

してホストとゲスト間の距離に対するエネルギープロファイルを作って、そこから結合エネルギーを計算した。このペアを、低誘電率相中に置くと結合定数が大きくなり高誘電率相中に置くと結合定数はきわめて小さくなる。ただし、相互作用部位が高誘電率相中に存在しても低誘電率相に近接する（つまり界面近傍の水相にある）ならば、グアニジニウムとリン酸が会合するような結合エネルギーが得られ、その値は実験的に得られているものにはほぼ一致した。これは、分子認識が起こっている官能基にじかに接している媒体の誘電環境だけではなく、近傍にある誘電的な影響が分子認識に影響を与えることを示している。

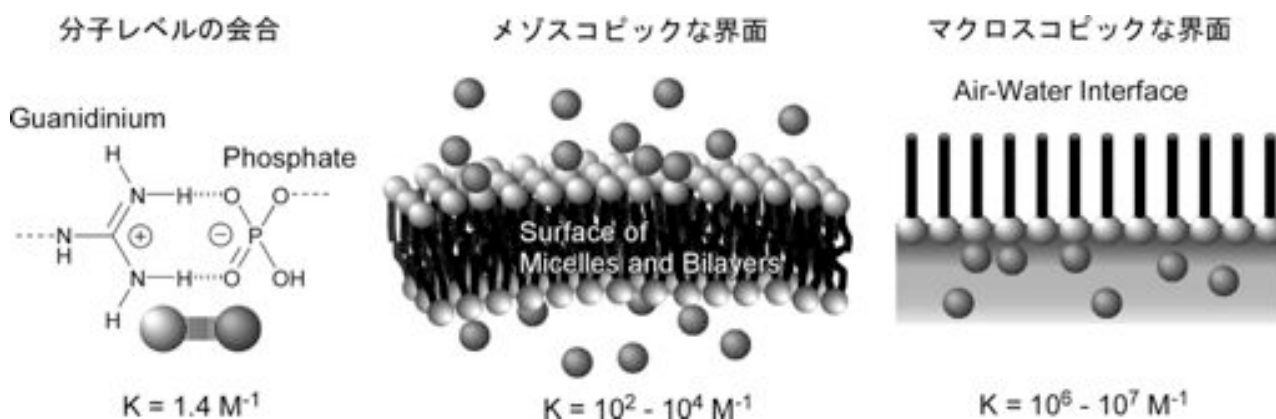


図1 さまざまな界面における結合定数の比較

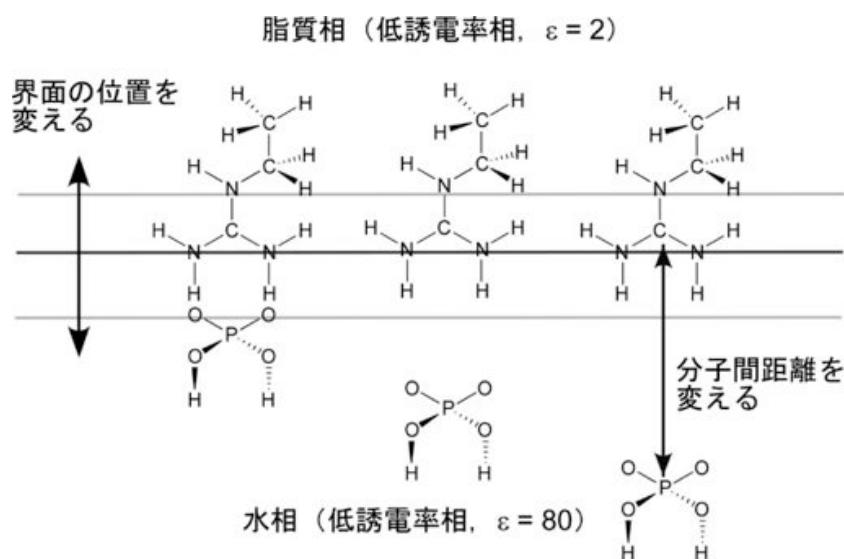


図2 界面分子認識を解析するモデル

2-2. 二次元分子パターンニング：オングストロームレベルで制御された人工格子

二次元面内に認識サイトを固定化することには、特異な誘電環境で分子認識を行うということ以外に、認識サイトの自己形成というメリットもある。二次元面内に認識サイトの拡散範囲を限定すれば、複数の認識部位が自発的に集合して複雑な認識サイトを形成することができる。グリシルリシンアミド基と安息香酸基を持つ両親媒性分子の混合単分子膜を用いて水相中に存在するジペプチドの分子認識を行った（図3）⁷⁾。この場合、ゲストの結合によって二種類の認識成分が自発的に複雑な認識サイトを形成すると考えられる Induced-fit 型の分子認識である。グリシルロイシンがゲスト分子である場合は、ゲストのグリシルロイシンとホストのグリシルリシンアミドはアンチパラレルのベータシート型の水素結合を形成し、ゲストのC末端は、安息香酸とカルボン酸の二量体を形成する。さらに、この結合様式では、ロイシンの疎水的な側鎖が脂質側を向きバルクの水相との不利な接触が避けられている。さらに、ホストペプチド間の距離や側鎖間の立体障害など

の要素によって、多彩にゲスト選択性やその結合定数を制御できる。これは、あたかもレセプターや酵素ポケット内で複数の認識サイトが共同的に働くモチーフのようである。つまり、二次元面内に官能基の運動を限定することによって生体高分子のような高度な認識システムが自発的に形成されるのである。

このような複数レセプターによるゲスト認識を逆に考えると、結合ゲストをテンプレートにした複数分子の規則配列制御につながる。複数種のレセプター脂質分子と特異的に結合できる鋳型分子を水相に加えることにより、多成分分子膜の二次元分子パターンニングを行うことができる(図4)⁸⁾。鋳型分子として、フラビンアデニンジヌクレオチド(FAD)を用いているが、この分子は、そのリン酸基でグアニジニウム型脂質を分子認識し、アデニン部でオロチン酸脂質と結合する。長鎖グアニジニウム分子とオロチン酸分子の混合単分子膜に、FADが結合すると適正な水素結合を形成するように分子が配列し、分子長の長いオロチン酸脂質のアルキル鎖先端が突き出ることになる。これが二次元的に配列することによって、オングストロームレベルの凹凸構造を持つ二次元人工格子が形成される。二次元面内での分子認識と分子集合をコントロールすれば、オングストロームレベルの精度のファブリケーションができるのである。実際に行っているのは、水相に鋳型分子を溶かすこと、水面上に単分子膜を展開すること、膜を適正に圧縮すること、それを基板に移し取る事だけであり、全く高度なファブリケーション装置は使っていない。

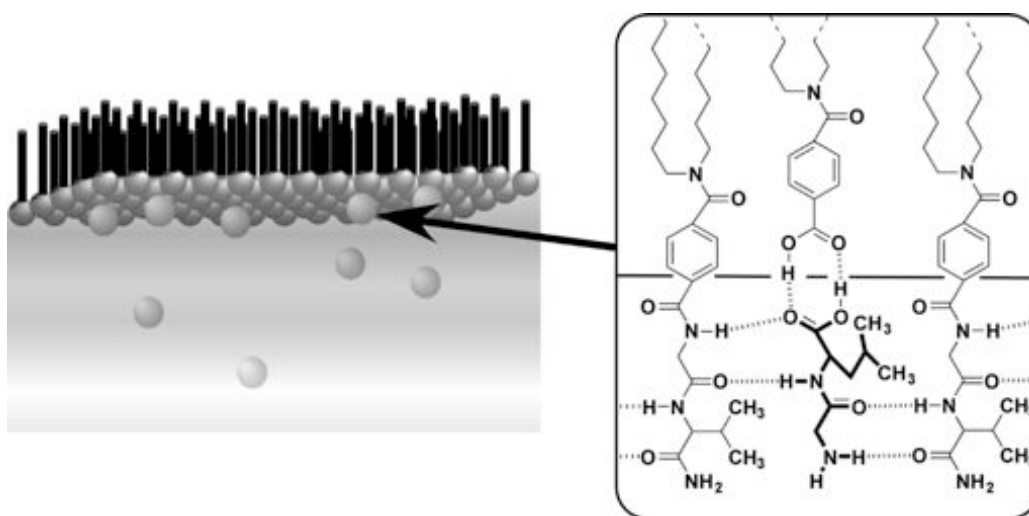


図3 混合単分子膜による認識サイト形成

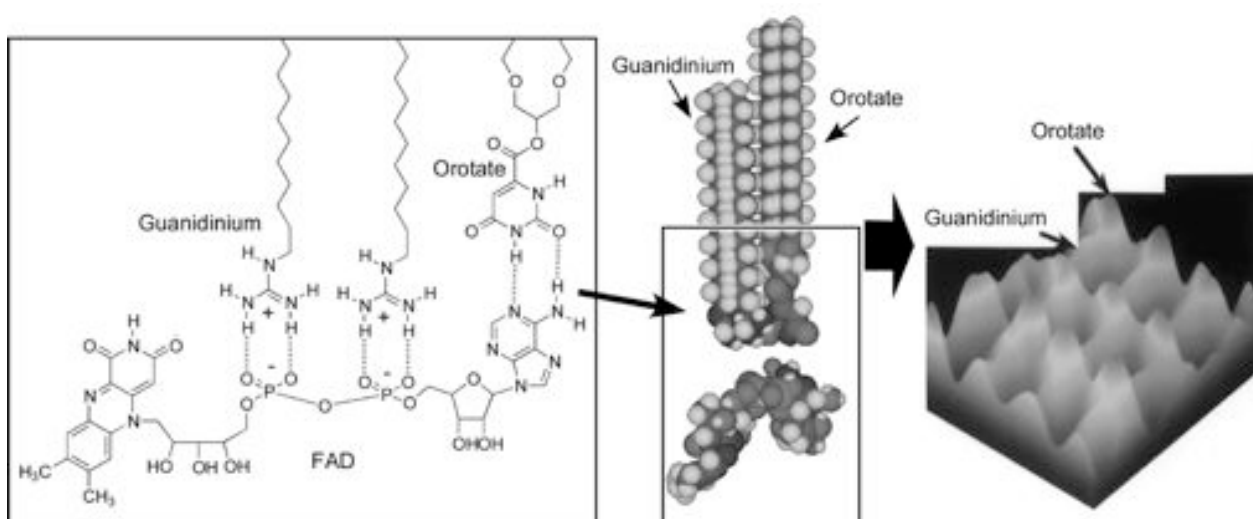


図4 二次元分子パターンニング

2-3. 分子マシン駆動: Hand-Operating Nanotechnology 1

以上の例では、二次元の界面環境がいかにバルク環境と違うかということを利用して、特異な分子認識現象を検討し、またナノファブリケーションを実現している。そもそも界面科学で取り扱われている研究例を見ると、そのほぼすべてが界面における特異現象を検討するものである。界面はバルクとは違う・・・これが界面科学の鉄則であり、バルクと違う特性を引き出すことこそが界面科学の役割である。我々はこれに異を唱え、界面のもうひとつの重要な役割として、マクロスコピックな現象と分子・ナノ現象をつなぐ場であることを近年提唱している。つまり、日常的なマクロの動作で分子を動かす、例えば、手の動きで分子マシンを駆動する、分子レセプター構造をチューニングすることができるのが界面である。

何故、界面でマクロとナノを結びつけることができるのか？考えてみれば当たり前である。二次元の界面では、横方向（いわゆる X-Y 平面）には目に見えるような大きさの変化を引き起こせる。一方、それと垂直方向（Z 軸）にはナノ・分子レベルの変化が誘引できる。界面はこの大きさの異なる現象をカップリングできる場なのである。そのためには伸縮可能な界面が必要であるが、デモンストレーションのための動的界面系として気-水界面の単分子膜系を用いて、分子マシンの駆動やレセプター分子の構造最適化をマクロスコピックな力学動作で行った。これは、手を動かすような動作で分子構造をマニピレートすることであり、手で操るナノテク Hand-Operating Nanotechnology という新概念で提唱している⁹⁾。

第一の取り組みは、分子マシンの手動駆動である。ここでは、界面で動く分子マシンとしてステロイドシクロファンを用いた（図5）¹⁰⁾。この分子マシンは、シクロファン環構造を中央部に持ち、そこにステロイド部位が四つフレキシブルなスペーサーを介して導入されている。特に、ステロイド部は片面に水酸基が三つついたコール酸ユニットを用いており、圧力が印加されていなければ、コール酸の親水面を水面に貼り付け、開いたコンフォメーションをとる。単分子膜のマクロスコピックな圧縮により圧力を印加すると、この分子マシンは三次元的なキャビティを形成する。この際、手でものをつかむように水中のゲストを捕まえる。ナフタレン型の蛍光性分子をゲストとして用いると、分子占有面積 2 nm^2 付近で著しい蛍光強度の増加がおり、ステロイドシクロファン分子が三次元キャビティを形成し、水中に存在するゲスト分子をつかんでいることがわかった。単分子膜の圧縮・膨張を数十 cm のレベルでマクロスコピックに繰り返し行くと、それに応じてゲスト分子のキャッチ&リリースが繰り返し起こることがわかった。界面環境を使えば、手で動かせるようなバルクの力学刺激（目に見える大きさ、数十 cm）によって、ナノスケールである分子を掴んだり放したりできるのである。

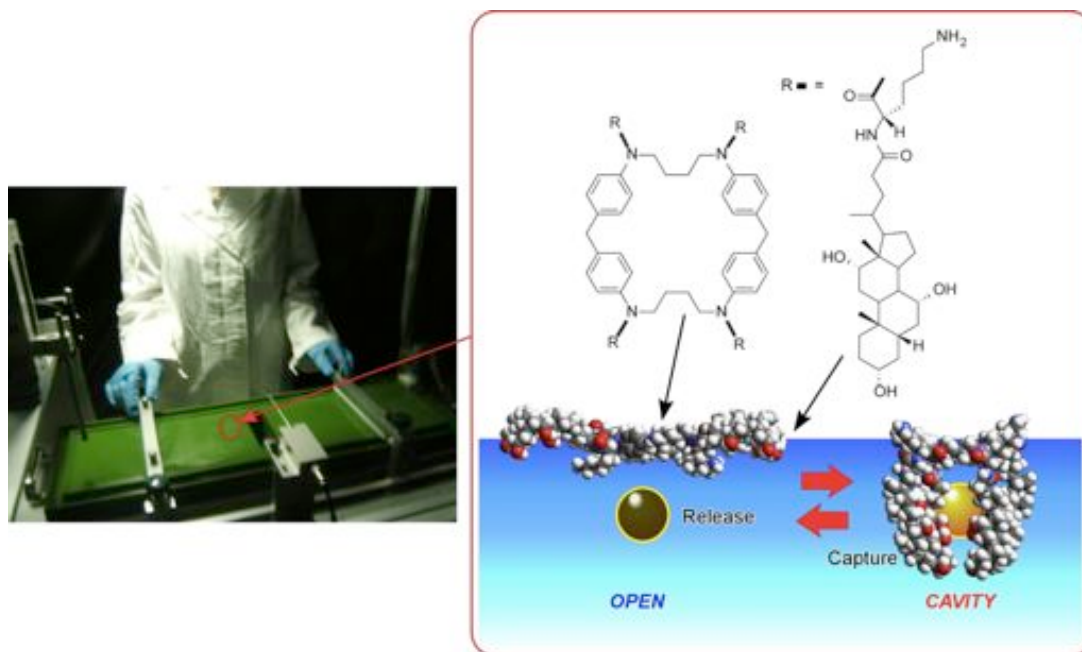


図5 マクロスコピックな力学動作による分子マシンコントロール（測定時の圧縮は機械による）

2-4. 分子レセプターチューニング：Hand-Operating Nanotechnology 2

次のデモンストレーションは、分子レセプターの力学チューニングである。この分子レセプターは、不斉なひねりを生み出すことができる分子であり、その不斉環境により不斉分子が選択的に吸着する。この分子レセプターを気-水界面に並べ、マクロスコピックな圧縮によってアミノ酸の光学異性体結合の選択性の反転に成功した。手の動きでキラルを識別することが可能になった¹¹⁾。また、アームドシクロノナンという分子レセプター分子を、水面上に単分子膜として並べ、膜の横方向から圧力を徐々にかけていき、構造チューニングにより、最適条件で 64 倍の精度でウラシルを選択的に識別できることがわかった¹²⁾。DNA や RNA はいずれもアデニンを相補的塩基として用いていることから、これらの天然の核酸ではチミンとウラシルの識別ができない。上記の例では、膜を力学的に押すだけで核酸塩基の選択認識を実現したのである。

分子認識様式は結晶構造などの安定構造を参考に一義的に考えられてきた。しかしながら、動的に最適構造を探し出すという要素を加えれば、レセプター分子の潜在能力を引き出すことができるのである（図 6）。分子認識は、クラウンエーテルやシクロデキストリンなどのホスト分子で一義的にゲストを認識することから始まり、ホストの異性化によって選択性をスイッチングする（複数の安定状態を転移する）様式が取り入れられている。実は、現在の分子マシンのほとんどがこの安定状態のスイッチングによっており、この段階からは脱してはいない。一方、我々の方法は、無数の状態間をチューニングして最適構造を見出すものであり、分子認識の様式の新しいページを開くものである。有機分子はそのやわらかさに最大の特徴があり、それを結晶のような構造で一義的に考える、あるいは数状態しか考えないのは、有機物の特性を正当に利用しているとはいえない。有機分子はその構造を連続的に変化させ、機能特性をチューニングすることによって潜在的な能力を引き出すことができる。そのためには力学的な手法などによって分子構造チューニングすることが必要であり、界面環境でマクロスコピックな動作を分子動作に結びつけることが有効な方法になるのである。

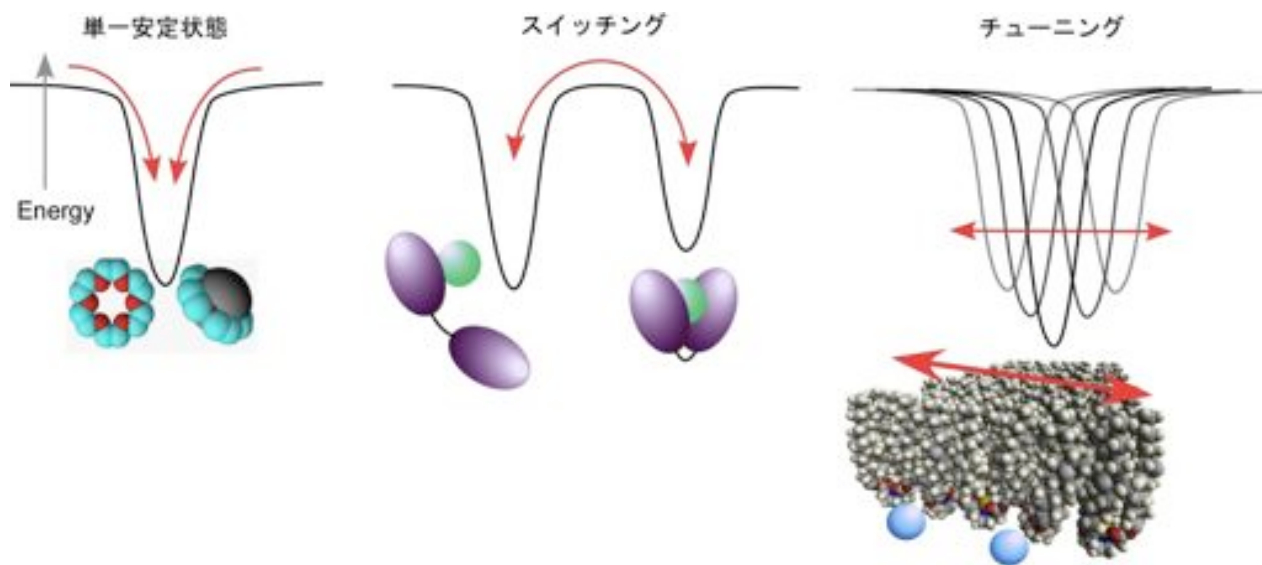


図 6 分子認識モードの進化

3. 将来展望：みんなのナノテクノロジー

本稿では、気-水界面での分子認識、分子集合、分子マシン/分子レセプター制御の例を示すことによって、超分子化学を展開する上で環境の次元性などの場の効果を考えることがきわめて重要であり、溶液中の挙動や結晶構造に依存する従来の手法に固執すべきではないことを述べてきた。そこでは、学術的な側面を中心に述べてきたので、最後にその社会に対するインパクトについて簡単に述べたい。二次元面のような界面を用いると、マクロな動作とナノの機能が連結される。簡単なマクロスコピックな動きがナノの機能につながる。これは、高度なナノ操作は研ぎ澄まされたチップのような精巧な構造に依存しなければならないという常識を否定するものである。つまり、日常的なマクロスコピックな動作（引っ張ったり、押ししたり、曲げたり）をナノの機能に「ロジカルに」結びつける方法論である（各論的にたまたまできたという例はあるが・・・）。

ナノテクノロジーの恩恵は計り知れず社会に対して大きな貢献をするであろう。ただし、そのための機械がブラックボックスであり、十分な理解のもと賢く使うことは出来なくなることが、多くの人の生活を支えるテクノロジー進展の正しい姿とは思われない。専門家にしかできないナノテクノロジーではなく、どんな状況でも、どのような国でも地域でも、誰でも、工夫して使える技術というものが開発されるべきである。高度な機能を得るためにいかに難しい技術を開発するかという時代からは卒業して、いかに簡単な動作で高度な機能を達成するかという方法論の確立を目指すべきである。手の動きのような簡単な操作で分子マシンを操ることができる。このような「みんなのナノテクノロジー」こそが、真に必要なものではないかと考えている。

参考文献

- 1) H. Kitano, H. Ringsdorf, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **58**, 2826 (1985)
- 2) (a) K. Kurihara, K. Ohto, Y. Tanaka, Y. Aoyama, T. Kunitake, *Thin Solid Films*, **179**, 21 (1989); (b) K. Kurihara, K. Ohto, Y. Tanaka, Y. Aoyama, T. Kunitake, *J. Am. Chem. Soc.*, **113**, 444 (1991); (c) Y. Ikeura, K. Kurihara, T. Kunitake, *J. Am. Chem. Soc.*, **113**, 7342 (1991); (d) Y. Honda, K. Kurihara, T. Kunitake, *Chem. Lett.*, 681 (1991); (e) T. Kawahara, K. Kurihara, T. Kunitake, *Chem. Lett.*, 1839 (1992); (f) X. Cha, K. Ariga, M. Onda, T. Kunitake, *J. Am. Chem. Soc.*, **117**, 11833 (1995); (g) K. Taguchi, K. Ariga, T. Kunitake, *Chem. Lett.* 701 (1995); (h) K. Ariga, T. Kunitake, *Acc. Chem. Res.*, **31**, 371 (1998); (i) K. Ariga, A. Kamino, X. Cha, T. Kunitake, *Langmuir*, **15**, 3875 (1999); (j) K. Ariga, H. Ito, J. P. Hill, H. Tsukube, *Chem. Soc. Rev.*, **41**, 5800 (2012)
- 3) B. Springs, P. Haake, *Bioorg. Chem.*, **6**, 181 (1977)
- 4) M. Onda, K. Yoshihara, H. Koyano, K. Ariga, T. Kunitake, *J. Am. Chem. Soc.*, **118**, 8524 (1996)
- 5) (a) D. Y. Sasaki, K. Kurihara, T. Kunitake, *J. Am. Chem. Soc.*, **113**, 9685 (1991); (b) D. Y. Sasaki, K. Kurihara, T. Kunitake, *J. Am. Chem. Soc.*, **114**, 10994 (1992). (c) D. Y. Sasaki, M. Yanagi, K. Kurihara, T. Kunitake, *Thin Solid Films*, **210/211**, 776 (1992)
- 6) (a) M. Sakurai, H. Tamagawa, Y. Inoue, K. Ariga, T. Kunitake, *J. Phys. Chem. B*, **101**, 4810 (1997); (b) H. Tamagawa, M. Sakurai, Y. Inoue, K. Ariga, T. Kunitake, *J. Phys. Chem. B*, **101**, 4817 (1997).
- 7) X. Cha, K. Ariga, T. Kunitake, *J. Am. Chem. Soc.*, **118**, 9545 (1996).
- 8) Y. Oishi, Y. Torii, T. Kato, M. Kuramori, K. Suehiro, K. Ariga, K. Taguchi, A. Kamino, H. Koyano, T. Kunitake, *Langmuir*, **13**, 519 (1997).
- 9) (a) K. Ariga, T. Mori, J. P. Hill, *Adv. Mater.*, **24**, 158 (2012); (b) K. Ariga, Y. Yamauchi, T. Mori, J. P. Hill, *Adv. Mater.*, **25**, 6477 (2013); (c) K. Ariga, T. Mori, S. Ishihara, K. Kawakami, J. P. Hill, *Chem. Mater.*, **26**, 519 (2014).
- 10) (a) K. Ariga, Y. Terasaka, D. Sakai, H. Tsuji, J. Kikuchi, *J. Am. Chem. Soc.*, **122**, 7835 (2000); (b) K. Ariga, T. Nakanishi, Y. Terasaka, H. Tsuji, D. Sakai, J. Kikuchi, *Langmuir*, **21**, 976 (2005).
- 11) (a) T. Michinobu, S. Shinoda, T. Nakanishi, J. P. Hill, K. Fujii, T. N. Player, H. Tsukube, K. Ariga, *J. Am. Chem. Soc.*, **128**, 14478 (2006); (b) T. Michinobu, S. Shinoda, T. Nakanishi, J. P. Hill, K. Fujii, T. N. Player, H. Tsukube, K. Ariga, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **13**, 4895 (2011)
- 12) T. Mori, K. Okamoto, H. Endo, J. P. Hill, S. Shinoda, M. Matsukura, H. Tsukube, Y. Suzuki, Y. Kanekiyo, K. Ariga, *J. Am. Chem. Soc.*, **132**, 12868 (2010).

著者紹介

有賀克彦（ありがかつひこ）

物質・材料研究機構・主任研究者／ユニット長

略歴：1987年東京工業大学大学院理工学研究科高分子工学専攻修士課程修了、1987年東京工業大学工学部助手、1990年工学博士（東京工業大学）、1991年東京工業大学生命理工学部助手（1990-1992年米国テキサス大学博士研究員兼任）、1992年新技術事業団超分子プロジェクトグループリーダーなど、1998年奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科助教授、2001年科学技術振興機構相田ナノ空間プロジェクトグループリーダー、2004年物質・材料研究機構超分子グループグループリーダー（現在に至る）、2007年物質・材料研究機構国際ナノアーキテクトニクス研究拠点主任研究者（現在に至る）、ナイスステップな研究者（科学技術政策研究所、2010年）、英国王立化学会フェロー（2013年～）、世界で影響力のある科学者（トムソンロイター、2014年）

現在の研究分野/テーマ：世界初の研究、歴史に残る研究、世の中を変える研究



■トピック■

層状複水酸化物 (LDH) を用いた水中でのCO₂の光還元

京都大学大学院工学研究科
井口 翔之, 寺村 謙太郎
細川 三郎, 田中 庸裕

1. はじめに

地球規模での温暖化や気候変動の要因の一つと考えられている大気中のCO₂濃度の増加を抑止する技術として、光触媒系を用いたCO₂の還元 (人工光合成) が注目されている。無尽蔵に降り注ぐ太陽光を光触媒反応のエネルギー源として用いることができれば、エネルギーの有効利用の観点からも非常に興味深い。H₂Oを原料とした太陽光エネルギーを用いた水素製造 (H₂Oの光分解) については、すでに高い活性を示す光触媒が見出されている。しかし、CO₂とH₂Oを原料としたCO, HCOOH, HCHO, CH₃OHなどのC1化学の原料となり得る物質の製造技術については、解決すべき課題が多いのが現状である。

我々はこれまでに、ZrO₂^[1], MgO^[2], Ga₂O₃^[3], ATaO₃ (A = Li, Na, K)^[4]等の金属酸化物を光触媒として用いたCO₂の光還元について検討し、H₂を還元剤とした場合に紫外光照射下でCO₂がCOへ還元されることを報告した。固体表面上のCO₂吸着種、反応中間体等の詳細な分析から固体光触媒を用いたCO₂光還元の反応機構を提案し、さらに、CO₂の光還元においては触媒表面上にCO₂吸着種が形成されることが非常に重要なステップであることを見出した。実際、MgOやGa₂O₃を水中で用いた場合にはCO₂の光還元活性が失われることが分かっている。これは、水中では金属酸化物表面が多量のH₂Oで覆われており、CO₂が触媒表面に吸着できないことによるものと理解できる。従って、H₂Oを還元剤に用いるCO₂光還元系の構築にあたり、H₂O共存下においてもCO₂が吸着可能な触媒表面を設計することが必要と言える。そこで我々は、水中でも固体塩基として機能することが知られている層状複水酸化物 (LDH)^[5]に注目し、水中で駆動するCO₂光還元系について検討している。本稿ではその一端を紹介する。

2. 層状複水酸化物 (LDH)

層状複水酸化物 (LDH : Layered Double Hydroxide) は層状構造を持つ粘土化合物で、 $[M^{2+}_{1-x}M^{3+}_x(OH)_2][A^{n-}_{x/n} \cdot mH_2O]$ で示される。2価と3価の金属イオンからなる水酸化物シートと、その層間に保持される水とアニオンで構成される。水酸化物シートは2価の金属イオンの水酸化物シート (brucite構造) の一部を3価の金属イオンが置換した形を取っており、この3価の金属イオンが入った分だけシート全体が正電荷を持つ。この電荷を層間のアニオンが補償することで静電的に結びつき、c軸方向に積層した構造をとる。2価の金属イオンとしては、Mg²⁺, Mn²⁺, Fe²⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺などが、3価の金属イオンとしては、Al³⁺, Ga³⁺, In³⁺, Cr³⁺, Fe³⁺, Co³⁺などが用いられる。また、層間のアニオンとしてはCO₃²⁻, NO₃⁻, Cl⁻, ポリ酸, 有機酸, 色素などをインターカレートした例が報告されている^[6]。光触媒材料としてLDHを用いた例はこれまでに、色素もしくは有機物の分解^[7], 犠牲剤を用いた水分解半反応^[8], CO₂光還元^[9]などがある。

Figure 1に、(a) 合成したLDHのXRDパターン、(b) 質量減少曲線の一例を示す。LDHはc軸方向の積層構造に由来する特徴的な回折ピーク (図中の * マーク) を示すことが知られている。また、質量減少曲線においては、層間に保持される水分子の脱離、層構造の崩壊に伴う層間アニオンの脱離、に起因する二段階の質量減少を示す。合成した試料については、XRDパターンと質量減少曲線からLDH構造を評価することが可能である。

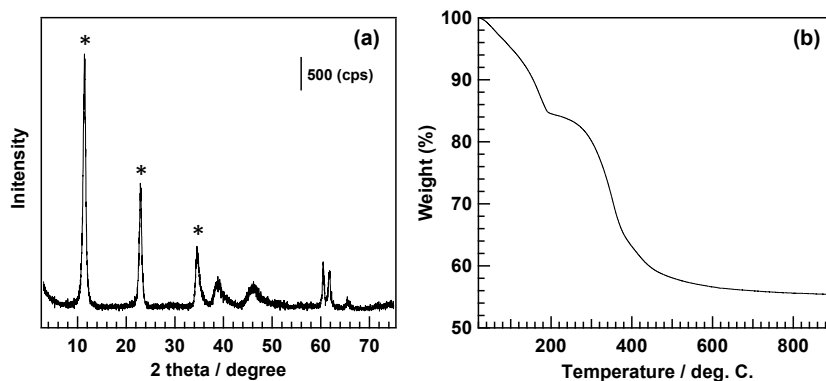


Figure 1 Mg-Al LDH (Mg/Al = 3) の (a) XRDパターンと、(b) 質量減少曲線。

3. 水中でのCO₂の光還元

共沈法により合成した各種LDH (Mg-Al, Ni-Al, Zn-Al, Mg-In, Ni-In LDH) について、CO₂光還元活性を評価した。他のグループによるLDHを用いたCO₂の光還元^[9]はCO₂雰囲気中での気相反応であるが、我々は閉鎖循環系反応装置を用いて水中におけるCO₂光還元活性を評価した。LDH粉末を水中に懸濁させて脱気し、CO₂ガスを導入して紫外光を照射した^[10]。Figure 2 に照射8時間後までの生成物の総生成量を示す。CO₂の還元生成物としては主にCOが生成し、CH₄の生成量はわずかであった。また、CO₂の還元と競争してH₂O由来のプロトンの還元が進行し、H₂が生成した。その一方、H₂Oの酸化生成物であるO₂は生成しなかった。生成物の生成量とその選択性はLDHの水酸化物シートを構成する金属の組み合わせによって大きく変化し、Ni-Al LDHを用いた場合に、特異的にH₂生成量が抑制されCOが高い選択性で生成した。このNi-Al LDHを用いて¹³CO₂を基質とした同位体実験を行い、生成ガスをGC-MSで分析したところ、生成したCOはすべて¹³CO (*m/z* = 29) であり、¹²CO (*m/z* = 28) は検出されなかった。よって、水中に溶解したCO₂が光触媒反応により還元されてCOが生成したと考えられる^[11]。

次に、流通系反応装置へ展開し、Ni-Al LDHを用いて種々の検討を行った。Ni-Al LDH粉末を水中に懸濁させ、CO₂ガスを流通させながら紫外光を照射して、生成物を分析した。反応溶液に各種のNa塩 (Na₂CO₃, NaHCO₃, Na₂SO₄, NaCl, NaNO₃) を添加すると、各生成物の生成量は添加剤により大きく変化した。Na₂CO₃やNaHCO₃を添加した場合、H₂の生成が優先して進行し、CO生成量は純水中の場合と同程度であった。またNaNO₃を添加すると、NO₃⁻の光分解生成物と考えられるO₂が多量に生成し、還元生成物はほとんど得られなかった。NaClを添加した場合には、純水中に比べてCOの生成量が3倍程度に大きく増加し、CO選択率も向上した。NaClだけでなく、KCl, CsCl, MgCl₂, CaCl₂といった他の塩化物塩を [Cl⁻] = 0.1 M となるように添加した場合にも同様の添加効果が表れた (Table 1)。その一方、ハロゲン化物イオンのNa塩であるNaBr, NaIを添加した場合には、COの生成量は向上しなかった。水中でのCO₂の光還元では、CO₂の還元とH₂O由来のH⁺の還元が競争して進行するため、H₂生成を抑制してCO₂還元への選択性を制御することが課題の一つと言える。Ni-Al LDHは、貴金属助触媒等を修飾する必要が無く、Cl⁻を添加した反応溶液に懸濁するのみで高い選択率でCO₂をCOに還元することが可能である。

4. 反応溶液中のCl⁻の役割

前述のように、本光触媒系では反応溶液中のCl⁻が効果的に機能し、CO₂光還元活性が向上する。このような例はこれまでに報告されたことが無いため、反応溶液中でCl⁻がどのような役割を担っているのか検討した。H₂Oの酸化生成物であるO₂が生成しなかったため、Cl⁻の酸化生成物である次亜塩素酸 (HClO) の分析を試みた。反応溶液中のHClOの定性と定量は、DPD法により行った。DPD法は、HClOの強い酸化力により生じる呈色反応を用いるもので、溶液中のHClO濃度を確認する最も一般的な方法である。気相の還元生成物 (CO, H₂) の合計量 (●) と、反応溶液中に生成する酸化生成物 (HClO) の生成量 (●) をFigure 3に示す。Cl⁻の酸化生成物であるHClOの生成量は照射に伴い還元生成物の生成量と同じような傾向で増加した。また、Cl⁻の二電子酸化生成物であるHClOの生成量から電子と正孔の消費量比を算出すると、照射7時間後の値は $e^-/h^+ = 0.86$ であった。照射を行わない場合、触媒が無い場合にはHClOの生成は確認されなかった。一方で、ClO₃⁻やClO₄⁻といった他の塩素のオキシアニオンやCl⁻で

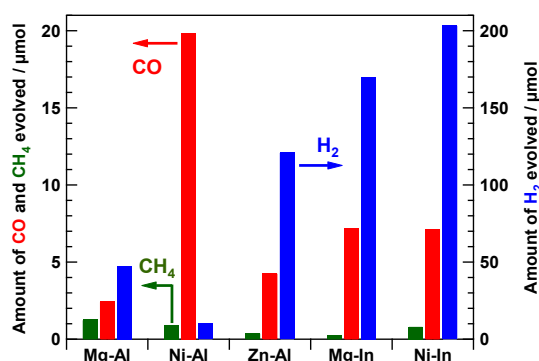


Figure 2 種々のLDHを用いた水中でのCO₂光還元における照射8時間後までの各生成物の生成量

Table 1 種々の塩を反応溶液に添加した場合の還元生成物の生成量とCO選択率 (触媒: Ni-Al LDH)

| Additive | Amount of products | | Select. (%) |
|-------------------|-----------------------|-----------|-------------|
| | H ₂ / μmol | CO / μmol | |
| None | 5.5 | 9.1 | 62 |
| NaCl | 7.9 | 27.1 | 77 |
| KCl | 4.3 | 26.4 | 86 |
| CsCl | 6.9 | 31.4 | 82 |
| MgCl ₂ | 6.8 | 28.3 | 81 |
| CaCl ₂ | 3.8 | 29.7 | 89 |
| NaBr | 6.9 | 17.7 | 72 |
| NaI | 0.8 | 3.3 | 80 |

Selectivity (%) = 100 × CO / (CO + H₂)
Photoirradiation time: 5 h

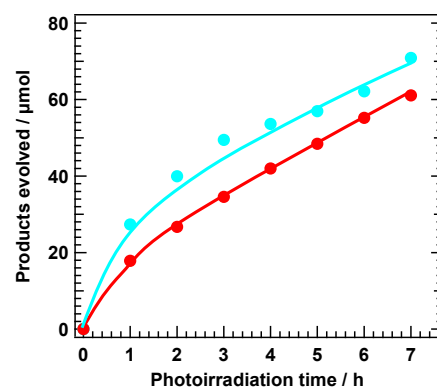


Figure 3 水中でのCO₂光還元における生成物の経時変化。還元生成物 (CO + H₂: ●), 酸化生成物 (HClO: ●). (触媒: Ni-Al LDH, 反応溶液: 0.1 M NaCl).

はDPDの呈色が見られないことが分かっている。これらの結果から、反応溶液中の Cl^- が正孔捕捉剤として機能し HClO に酸化されていると結論した。 Cl^- を添加することによる CO 生成量の増加は、 Cl^- が照射により生じた正孔を速やかに捕捉するため、励起電子が効率よく CO_2 の還元を利用されるためと考えられる (Figure 4)。また、 Cl^- の酸化が H_2O の酸化よりも優先して進行するため、 O_2 の生成が確認できなかったと考えている^[12]。

5. 最後に

これまで、層状化合物は活性成分のホストとしての利用がほとんどであったが、最近では、層状化合物そのものを光触媒として用いる例が多く報告されている。本稿で紹介したNi-Al LDHは水中で光触媒として機能し、反応溶液中の Cl^- を還元剤として利用し CO_2 を CO へ還元する。今後、他の材料との複合化や可視光応答化により、人工光合成研究に資することが期待される。

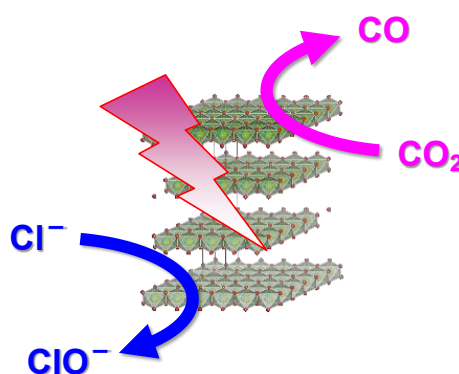


Figure 4 Ni-Al LDHを用いたNaCl水溶液中における CO_2 光還元イメージ図

謝辞

本研究の一部は、文部科学省・実験と理論計算科学のインタープレイによる触媒・電池の元素戦略研究拠点、科学研究費補助金・新学術領域研究「人工光合成による太陽エネルギーの物質変換：実用化に向けての異分野融合」、さきがけ「光エネルギーと物質変換」の助成を受けて行われた。

参考文献

- [1] a) Y. Kohno *et al.*, *Chem. Commun.*, 1997, 841; b) Y. Kohno *et al.*, *Chem. Lett.*, 1997, 993; c) Y. Kohno *et al.*, *J. Chem. Soc. Faraday Trans.* 1998, **94**, 1875; d) Y. Kohno *et al.*, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2000, **2**, 2635.
- [2] a) Y. Kohno *et al.*, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2001, **3**, 1108; b) K. Teramura *et al.*, *J. Phys. Chem. B*, 2004, **108**, 346.
- [3] H. Tsuneoka *et al.*, *J. Phys. Chem. C*, 2010, **114**, 8892.
- [4] K. Teramura *et al.*, *Appl. Catal., B: Environ.*, 2010, **96**, 565.
- [5] K. Ebitani *et al.*, *J. Org. Chem.*, 2006, **71**, 5440.
- [6] F. Cavani *et al.*, *Catal. Today*, 1991, **11**, 173.
- [7] 例えば, M. Shao *et al.*, *Chem. Eng. J.*, 2011, **168**, 519; J.S. Valente *et al.*, *Appl. Catal., B: Environ.*, 2009, **90**, 330.
- [8] 例えば, C.G. Silva *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.*, 2009, **131**, 13833; B. Li *et al.*, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2013, **5**, 10233.
- [9] 例えば, N. Ahmed *et al.*, *J. Catal.*, 2011, **279**, 123; K. Katsumata *et al.*, *Mater. Lett.*, 2013, **107**, 138.
- [10] K. Teramura *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2012, **51**, 8008.
- [11] S. Iguchi *et al.*, *Catal. Today*, in press.
- [12] S. Iguchi *et al.*, submitted.

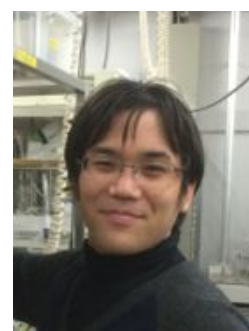
著者紹介

井口 翔之 (いぐち しょうじ)

京都大学大学院工学研究科分子工学専攻博士後期課程2年 ((独) 日本学術振興会・特別研究員)
略歴: 2011年東京学芸大学教育学部中等教育教員養成課程卒業。

2013年京都大学大学院工学研究科修士課程修了。修士(工学)。

現在の研究分野/テーマ: 水中での CO_2 光還元



寺村 謙太郎 (てらむら けんたろう)

京都大学大学院工学研究科・准教授

略歴：1999年京都大学工学部工業化学科卒業。

2004年京都大学大学院工学研究科分子工学専攻博士後期課程修了。博士（工学）。

2004年科学技術振興機構・博士研究員。

2005年東京大学大学院工学研究科・特任助手。

2006年京都大学次世代開拓研究ユニット・特定助手。

2011年京都大学大学院工学研究科・講師。

2013年から現職。

現在の研究分野/テーマ：CO₂に関連した触媒化学（CO₂の光還元，CO₂の再資源化，CO₂の吸収・吸着）



細川 三郎 (ほそかわ さぶろう)

京都大学学際融合教育研究推進センター 触媒・電池元素戦略研究拠点・講師

略歴：2002年京都大学工芸繊維大学工芸学部物質工学科卒業。

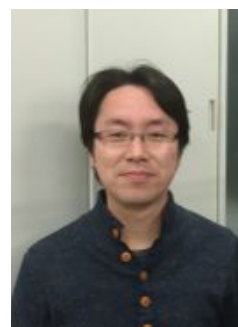
2007年京都大学大学院工学研究科物質エネルギー化学専攻博士後期課程修了。博士（工学）。

2007年京都大学大学院工学研究科物質エネルギー化学専攻・産学官連携研究員。

2007年京都大学大学院工学研究科物質エネルギー化学専攻・助教。

2013年から現職。

現在の研究分野/テーマ：無機材料合成，環境触媒



田中 庸裕 (たなか つねひろ)

京都大学大学院工学研究科分子工学専攻・教授

略歴：1982年京都大学工学部石油化学科卒業。

1987年京都大学大学院工学研究科石油化学専攻博士後期課程修了。博士（工学）。

1987年北海道大学理学部化学科・助手

1990年京都大学工学部石油化学科・助手

1993年京都大学工学研究科分子工学専攻・助手

1997年京都大学工学研究科分子工学専攻・助教授

2004年から現職

2012年から京都大学触媒・電池元素戦略研究拠点・拠点長

現在の研究分野/テーマ：触媒反応機構の解明とそれに基づいた触媒設計



■ 研究室紹介 ■

山口大学理学部生物・化学科 物性化学研究室

山口大学大学院医学系研究科応用分子生命科学系専攻、川俣 純

1. 研究室の構成

現在、当研究室には、川俣、谷誠治講師、鈴木康孝助教の3名のスタッフと、DC2名、MC6名の大学院生、7名の4年生に加え、昨秋から配属になった8名の3年生の合計26名が所属している。当研究室に配属される学部生は、理学部で化学を学んだ学生である。3年生は、半年間、複数の上級生の下でさまざまな研究テーマを体験する。その体験を踏まえ、本人とのディスカッションにより、卒業論文のテーマが決まる。学部生の指導教員は明確に決めていない。学部生が問題に直面した場合は、それぞれの教員の専門性、忙しさを自分で「読み」、場面に応じて最も適切な教員に相談しないと研究が進まない。この過程での試行錯誤、失敗から、自主性やコミュニケーション能力を養い、研究室の方針である「競争社会で生き残れる人物」の育成に努めている。

大学院生は、取り組みたいテーマに合わせて指導教員を決めている。川俣と鈴木は、医療・健康と関連した生命科学分野について、医学と、工学部・理学部の生物学・化学分野、農学部の応用生物学分野が連携した個性ある学際的教育・研究活動を行う、医学系研究科応用分子生命科学系専攻に所属している。川俣、もしくは鈴木を指導教員とするテーマに取り組む学生は医学系研究科の所属となり、医療や医療倫理に関する講義も履修する。一方、谷は、環境関連の高度専門技術者の養成を目的としている理工学研究科環境共生系専攻に属しているため、谷を指導教員とする学生は理工学研究科の所属である。博士前期課程の入試では、いずれの専攻を受験しても理学部化学の過程で学んだ基礎知識に関する同一の問題が課されている。

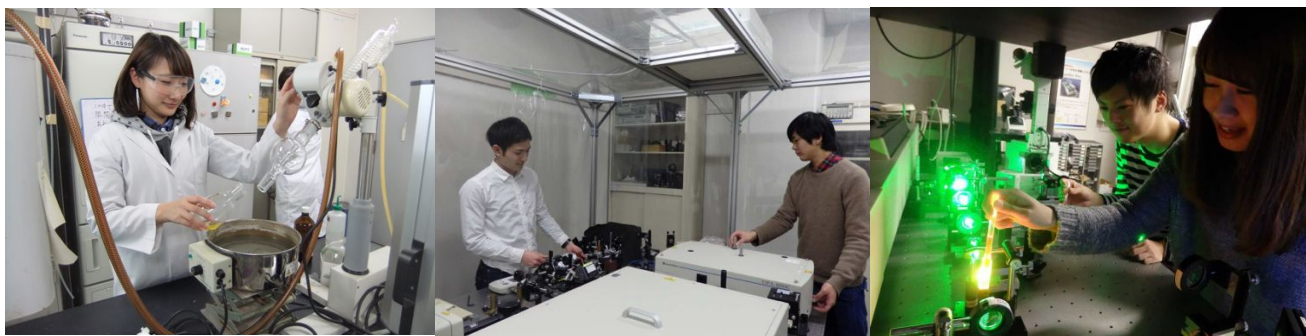
2. 研究テーマ

当研究室の得意技は「光機能性有機化合物」の開発と、「レーザー分光」である。当研究室では、機能性有機化合物の「合成」から「物性評価」までのすべてを同一の学生にさせる方針で、ほとんどの学生が合成の心得と、分光のスキルの両方を身につけている。化学の研究室で、フェムト秒パルスチタンサファイアレーザーを学部生が自由に操ることができる研究室はそう多くはないのではと考えている。

レーザーは、発生する波長、パルスの時間幅等、有機化合物に与える作用が装置によってまちまちである。有機化合物のレーザー分光は、レーザーの都合に合う物質が研究対象とされてきた傾向がある。そのため、優れた特性がある数多くの光機能性有機化合物が、レーザーの都合により埋もれていると筆者は感じてきた。そこで当研究室では、有機化合物の都合によりレーザーが選べる体制を作り、有機化合物の「真の顔」に迫る研究を進めている。したがって、ほとんどの分光測定は、市販の機器ではなく、自前で開発した機器により行っている。このことにより、市販の光学機器から受ける、利用できる波長範囲、分解能、感度などの制約から逃れ、有機化合物の「真の顔」に少しでも迫ろうと日々努力している。



2014年4月の集合写真。



研究室の日常風景。新規有機化合物の合成(左)と、レーザー分光(中、右)。

現在当研究室が力を入れている「光機能性有機化合物」に関する課題は、生体の営みを可視化するための蛍光プローブの開発である。新世代レーザーであるフェムト秒ファイバーレーザーで多光子励起が可能な高効率蛍光プローブ¹⁾や、ミトコンドリアの活力が感度良くモニターできる新機能蛍光プローブの開発に成功している²⁾。研究室メンバーのおよそ半分は、DC1の守友博紀君を中心に、このような生体機能の可視化に向けた有機化合物の開発に携わっており、研究室内では「バイオチーム」と呼ばれている。試作した蛍光プローブの有効性がリアルタイムで検証できるよう、研究室内には細胞培養室があり、Hek293細胞を中心としたモデル細胞がいつでも使える体制を敷いている。

残り半分のメンバーは、4月からDCに進学する富永亮君を中心とした、通称「粘土チーム」で、無機-有機ハイブリッド材料の研究に携わっている。無機ナノシート層間がもたらす環境場を、自分たちが生み出した有機化合物から魅力的な光機能を引き出す舞台と捉え、種々のハイブリッドの作製を試みている。この分野の研究に参入して、まだ10年そこそこで、やっと形になり始めたと感じている。本研究会の各位からは、引き続きのご指導・ご鞭撻をお願い申し上げる。

3. 研究室の自慢

卒業生・修了生の多くは、首都圏や関西圏を中心に各地で活躍している。遠方から、OB・OGが折に触れて研究室を訪ねてくれ、元気な姿を見せてくれるとともに、現役学生を啓蒙してくれる機会に数多く恵まれている。結果的に、現役学生と研究室ではオーバーラップが無かったOB・OGとの間で、世代を超えた交流が実現している。現役学生が就職活動や学会で首都圏や関西圏を訪ねた際には、OB・OGとの交流が行われ、各々の人生や仕事を実り多いものとするための熱い語らいが繰り広げられているようである。当研究室の最大の自慢は、競争社会でたくましく生きている卒業生・修了生諸君である。

4. おわりに

山口県は瀬戸内海と日本海に囲まれ、海の幸に恵まれている。また、山口県にはおいしい地酒も数多く、夜の宴を十分に堪能できる場所である。山口大学近くの繁華街は、西日本随一の湯量を誇る湯田温泉で、宴の後には温泉も堪能できる。当研究室に少しでも興味を持たれた方は、是非気軽にお立ち寄りいただきたい。

研究室ホームページ：<http://web.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~kawalab/index.html>

参考文献

- 1) Y. Niko, H. Moritomo, H. Sugihara, Y. Suzuki, J. Kawamata, G. Konishi, *J. Mater. Chem. B*, **3**, 184 (2015).
- 2) H. Moritomo, K. Yamada, Y. Kojima, Y. Suzuki, S. Tani, H. Kinoshita, A. Sasaki, S. Mikuni, M. Kinjo, J. Kawamata, *Cell Struct. Funct.*, **39**, 152 (2014)

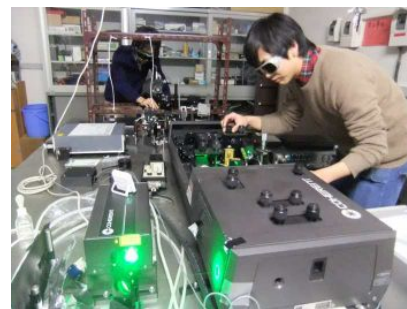
著者紹介

川俣 純 (かわまたじゅん)

山口大学・教授

略歴：平成元年北海道大学大学院理学研究科化学第二専攻中退、同大学応用電気研究所物理部門・教務職員。平成5年同大学電子科学研究所電子機能素子部門・助手(改組による)。平成15年山口大学理学部化学・地球科学科・助教授。平成21年同大学大学院医学系研究科・教授、現在に至る。

現在の研究分野/テーマ：有機化合物を中心とした機能物質化学、レーザー分光、非線形光学。



計測機器の開発風景。近赤外励起近赤外検出用二光子励起顕微鏡。



■ 会告 ■

【主催・共催行事】

□日本化学会第95春季年会特別企画

企画タイトル： 無機化合物がもたらす低次元構造を利用した光機能材料開発の最前線

趣旨： ゼオライトやメソ多孔体、ナノシート、ナノチューブなどの低次元系材料は、高度な構造—機能設計性を秘めており、粒子レベル、さらには、よりマクロなレベルでの形態制御技術の着実な進歩も相まって、エネルギーや環境、ライフサイエンスなどの幅広い分野における革新的機能デザインの基盤となりつつあります。本企画では、無機物を主体とした低次元系材料を中心に、「次元制御にもとづいた巧みな構造設計がもたらす光機能」に焦点を絞り、様々な観点を背景とした研究者から最先端の研究成果を紹介いただき、同材料の魅力について理解を深め、新たな可能性についても討論します。会員のみなさまにはぜひご参加ください。

日時： 2015年3月26日(木) 13:30–16:30

会場： 日本大学理工学部船橋キャンパス S5会場

プログラム：

| | |
|-------------|--|
| 13:30–13:35 | はじめに(物質・材料研究機構)井出裕介 |
| 座長 笹井 亮 | |
| 13:35–14:05 | ナノ空間材料を利用した固体分子触媒系の構築(豊田中央研究所)稲垣伸二 |
| 14:05–14:35 | 低次元ナノ空間のホスト–ゲスト反応(早大教育・総合科学学術院)小川誠 |
| 14:35–15:10 | 可視光応答型層状光触媒による水と酸素からの過酸化水素合成(大阪大学)白石康浩 |
| 15:10–15:20 | 休憩 |
| 座長 宇佐美 久尚 | |
| 15:20–15:50 | 低次元無機粒子のマクロな凝集状態は光化学反応を制御するか (九州工業大学)中戸晃之 |
| 15:50–16:25 | ナノ空間を利用するプラズモニク触媒の調製と応用(大阪大学)山下弘巳 |
| 16:25–16:30 | おわりに(山口大学)川俣純 |

企画責任者：井出裕介(物質・材料研究機構 WPI-MANA), e-mail: IDE.Yusuke@nims.go.jp

【主催行事】

□日本化学会研究会「低次元系光機能材料研究会」

第4回研究講演会 一次元制御と π 造形科学がもたらす物性科学の新展開—

主催： 日本化学会研究会「低次元系光機能材料研究会」

協賛： 日本化学会

日時： 2015年5月29日(金)

会場： 化学会館 7階ホール(〒101-8307 東京都千代田区神田駿河台1-5)[交通]JR御茶ノ水駅から徒歩3分)

趣旨： 本研究会は、次元制御・ナノスペースの創製と利用・機能性有機化合物などをキーワードとする新しい研究領域の確立をめざして活動を行っています。また、新学術領域研究「 π 造形科学」が平成26年度に発足し、 π 電子系有機材料が示す伝導性・磁性・光機能性と分子や分子集合体のダイナミックおよびエラスティックな性質を融合させた新規な有機物性科学の進展に注目が集まっています。本年度の第4回研究講演会では、次世代 π 電子系有機材料を第一線で研究している講演者による最新の成果発表から、次元制御と π 電子系化合物の接点もたらす新規な研究への展開を討論し、次世代の先端機能材料の創製に向けた展望を討論します。会員のみなさまにはぜひご参加ください。

講演予定者(敬称略)：

青柳 忍(名古屋市立大学)

足立 伸一(高エネルギー加速器研究機構)

金原 数(東北大学)

関 隆広(名古屋大学)

竹延 大志(早稲田大学)
芥川 智行(東北大学)
川俣 純(山口大学)
高木 慎介(首都大学東京)

参加費: 無料

懇親会: 講演会終了後~20:00に化学会館601AB室で行います。会費(一般:5000円,学生:3000円)を当日受付にて徴収します。

世話人: 芥川智行(東北大多元研)

参加申込方法: 氏名・所属(学生の場合は学年と研究室名も明記)・連絡先・電子メールアドレス・懇親会への参加の有無を明記の上、タイトルを「低次元無機有機講演会参加申込み」として、5月22日(金)までに下記申込先あて電子メールをお送りください。

申込先/問合せ先:

690-8504 島根県松江市西川津町1060 日本化学会「低次元無機-有機複合系の光化学」事務局

電話/FAX(0852)32-6399 E-mail: rsasai@riko.shimane-u.ac.jp

<http://photolowd.chemistry.or.jp/>

【共催行事】

□ International Conference on Nanospace Materials (ICNM 2015)

趣旨: 本国際会議では、多孔性配位高分子・ナノ多孔体・ゼオライト・層状物質などの「ナノ空間材料」を題材にして、世界の第一線の研究者による最新の研究成果発表を行います。「ナノ空間材料」はガス貯蔵、触媒、薬物送達、イオン交換、光・電子デバイス、分離、吸着、バイオなど多くの分野で注目を集めており、活発な議論が期待されます。全体基調講演、キーノート講演、一般公募口頭発表、一般公募ポスター発表、一般公募ポスター発表を通して、研究者間の交流と情報交換が行われる予定です。奮ってご参加ください。

アブストラクト切: 2015年3月31日(金)

ホームページ: <http://photolowd.chemistry.or.jp>

日時: 2015年6月23日(火)-25日(木)

会場: Department of Chemistry, National Taiwan University (NTU Visitor Center)

主な講演者:

Plenary Speakers:

Prof. Susumu Kitagawa (Kyoto Univ., Japan)

Prof. Hong-Cai (Joe) Zhao (Texas A&M Univ., USA)

Prof. Russell Morris (Univ. of St Andrews, UK)

Prof. Shinji Inagaki (Toyota Central R&D Labs, Japan)

Prof. Shunai Che (Shanghai Jiao Tong Univ., China)

Keynote Speakers:

Prof. Katsuhiko Ariga (NIMS, Japan)

Prof. Asim Bhaumik (IACS, Indai)

Prof. Sue-Lein Wang (NTHU, Taiwan)

Prof. Kuang-Lieh Lu (Academia Sinica, Taiwan)

Prof. Qiang Xu (AIST, Japan)

Prof. Yusuke Yamauchi (NIMS, Japan)

Prof. Xiu-Ping Yan (Nankai Univ., China)

Prof. Hiromi Yamashita (Osaka Univ., Japan)

Prof. Yugen Zhang (Institute of Bioengineering and Nanotechnology, Singapore)

Prof. Norbert Stock (Institut für Anorganische Chemie, Germany)

【主催行事】

□第4回サマーセミナー(予告)

2015年度のサマーセミナーは9月25日(金)–26日(土)に福岡市近郊で開催する予定です。詳細は、決まり次第ホームページに掲載します。

【主催・共催行事】

本会が中心となり企画したシンポジウムが、Pacifichem 2015 (2015年12月15~20日)において開催されます。皆様ふるってお申し込み下さい。

Two-dimensional Nanosheets and Nanosheet-Based Materials:

Synthesis, Characterization, Functionalization and Applications (Symposium ID #95)

Organizers: Jun Kawamata, Hua Zhang, Christian Detellier, Jiaying Huang, Jin-Ho Choy, Li-Jun Wan

Nanosheets and nanosheet-based materials have attracted considerable interest in electronic, catalytic, optical, magnetic, energy and biomedical applications. Despite the wealth of intriguing properties and phenomena in nanosheet related areas, the creation of novel nanosheets with target functionalities still remains elusive. Additionally, the controllable formation of self-assembled nanostructures from nanosheet-based components on long-range ordered nanostructured materials is another challenge, together with developing and understanding of the collective properties of such nanosheet assemblies. This symposium aims to highlight the breakthrough, progress, and challenge in the studies of synthesis and applications of nanosheets and nanosheet-based materials.

WWW.PACIFICHEM.ORG

Pacifichem 2015

January 1 – April 3 | Call for Abstracts

February 2 | Housing Opens

June 25 | Early Registration



*Chemical Networking:
Building Bridges Across the Pacific*

■ 編集後記 ■

ニュースレター第8号も無事発刊に至った。年度末の多忙な時期に素晴らしい原稿を執筆していただいた先生方、編集に携わった方々のご協力に感謝の意を表したい。

研究の裾野がこれだけ広がった現在において、研究とは何のために行うのか？ と多くの研究者は1度は考えたことがあるのではないだろうか。世の中の役に立つような高機能な物質・材料を開発する。もちろん素晴らしい動機である。しかし、“世の中の役に立つ”というのは時間スケールでどの範囲を指すのだろうか？ 現在～数年後、数年～10年後、あるいは10年～30年後の未来のために？ 解決できるかどうかは別にして、このくらいの未来のことであれば目標を設定することは可能であり、科学技術を駆使して課題を解決すべく多くの研究が行われるであろう。しかし“数世紀後の未来”でも役に立つものを想像できるだろうか？ 筆者には到底想像することのできない境地である。現在世の中の役に立つ物質・材料と言われるものも数世紀後はどうなっているか分からない。逆に現時点では用途がないと思われるものが未来では……。このように「研究とは何のために行うのか？」の命題に対していろいろ考えたあげく、何も答えが出ないまま結局“興味の赴くままに”となってしまう。しかし、興味の赴くままに創製したものが、自分自身現時点では高機能な物質・材料ではないと思っても、他分野の研究者・技術者から見たら新しい用途が見えてくることもあるし、さらに未来の研究者が全く新しいコンセプトで機能化を達成してくれるかもしれない。

学術研究においては“オリジナリティー”が最も重要であるのは間違いないが、“社会へ貢献できる物質・材料”を開発することも研究者の責務であると思う。これらをいかにして結びつけるか。分野・業種・世代・時代を超えて、本研究会がそのきっかけになる場を提供できたら幸いである。

2015年3月

日本化学会研究会「低次元系光機能材料研究会」
ニュースレター8, 2015

編集長

金子 芳郎

鹿児島大学 大学院理工学研究科

編集委員

宮元 展義

福岡工業大学 工学部

井出 裕介

物質・材料研究機構 MANA