

Save The Earth by Global Conservation

News Letter vol.4
2008年9月30日発行

● 2008年度 講演会・シンポジウム

■ 主催シンポジウム

・ストラスブルグ大学合同シンポジウム "Frontiers in Chemistry and Interface with Biology and Physics"
2008年6月2日～3日 於：大阪大学吹田キャンパス 銀杏会館

■ 主催講演会

- ・Teruko Taketo教授(McGill) 講演会 2008年4月17日 於：工学研究科C3棟サントリーメモリアルホール
- ・Andrea Mele教授(PoliMi) 講演会 2008年5月7日 於：工学研究科化学棟会議室
- ・Mathias Senge教授(TCD) 講演会 2008年6月4日 於：工学研究科化学棟会議室
- ・Eric Anslyn教授(UTexas) 講演会 2008年6月5日 於：工学研究科C3棟サントリーメモリアルホール
- ・Jean-Pierre Sauvage 教授(ULP Strasbourg) 講演会
2008年9月5日 於：理学研究科F棟6階 F608(豊中)

■ 生命環境化学特別講義(1学期開講)

・Peter Comba教授(Heidelberg) 特別講義
2008年7月28日～30日 於：工学研究科C1棟講義室・C3棟サントリーメモリアルホール

● お知らせと今後の行事

大阪大学／グローバルCOEプログラム「生命環境化学グローバル教育研究拠点」主催

第8回大阪大学フォーラム

Osaka University Forum 2008 "Bio-Environmental Chemistry"

2008年12月8日(月)～10日(水)

Milton Marks Conference Center

455 Golden Gate Avenue, San Francisco, California, United States

講演予定者*

Harry Gray教授(Caltech) John Arnold教授(Berkeley)
Daniel Nocera教授(MIT) Nathan Lewis教授(Caltech)
福住俊一教授(工) 茶谷直人教授(工) 井上佳久教授(工) 菊地和也教授(工)
原田明教授(理) 渡會仁教授(理) 松村道雄教授(太陽エネ)他 *順不同

※詳細はグローバルCOE「生命環境化学グローバル教育研究拠点」ホームページにて近日公開予定。
<http://www.gcoebec-osaka-u.jp/forum2008/index.html>

■ 主催会議

- ・グローバルCOE生命環境化学国際会議サテライト-1 分子情報化学グループ
2008年11月10日(月)～12日(水) 於：国立台湾科技大学(台北)
- ・グローバルCOE生命環境化学国際会議サテライト-2 環境生物化学グループ
2009年1月21日(水)～22日(木) 於：未定

■ 主催講演会

・Stephen Lippard 教授(MIT) 講演会 2008年11月14日(金) 於：工学研究科C3棟サントリーメモリアルホール

■ 生命環境化学特別講義(2学期開講)

- ・Joan S. Valentine 教授(UCLA) 特別講義 2008年11月17日(月)・18日(火)開講(吹田)
- ・Thomas Fässler 教授(TU München) 特別講義 2008年10月23日(木)・24日(金)開講(吹田)
- ・Fritz Kühn 教授(TU München) 特別講義 2009年2月中旬開講(豊中)

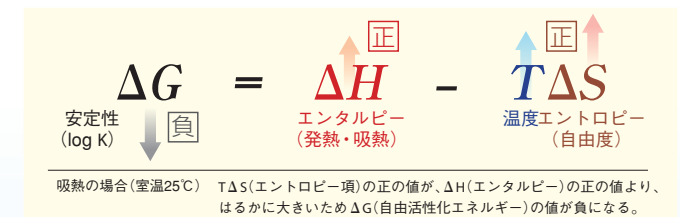
エントロピーの積極活用で 新しい時代の環境保護システムへ

200年間の常識をうち破り、新たな発見

私が現在、研究している分野のひとつは「エントロピー制御化学」です。そこで、まず「エントロピーとは？」からご説明します。

エントロピーとは、「分子の自由度、乱雑さを表す量」のことで、化学反応はエントロピーが増大する方向、自由度が高い方向に進みやすくなります。例えば、氷は部屋に置いておくと、溶けて水になっていきます。これは水の分子が、氷の状態で規則正しく並んでいる状態より、水の状態のほうが自由度が高いためです。そして、このエントロピーの他にもうひとつ化学反応に大きく関係しているものがあります。それは「エンタルピー」というものです。エンタルピーとは、「化学反応に伴って発生する熱量」のことで発熱・吸熱を表すものです。化学反応が起きるときは必ず熱の出入

りが発生し、先ほどの例でいくと、氷から水になる時は吸熱反応です。化学反応においては、エントロピーとエンタルピーは相関関係にあるのですが、実際はエンタルピーの影響が非常に大きく、反応式もエンタルピーで説明されることが多いため、エントロピーの役割は重要視されてきませんでした。しかし今回の研究では、近代化学が本格的に始まり、約200年常識とされていたエンタルピー中心の化学からエントロピーだけで化学反応が制御される、「世界初」の結果を得ることができました。



光反応によって「照らし出された事実」

化学反応を大きく分けると熱反応と光反応がありますが、世界で長年研究されてきたのは、ほとんどが熱反応です。ただ、私の研究の一番のベースは、光で色々な化合物を合成することです。そして、光反応を使い、様々な実験を行ってきました。光反応の特徴は二つあり、その一つ目は分子の中にある電子を励起するので、通常とは違う動きをし、普段では存在できないような軌道に乗せることができます。そのため同じ分子の形でありながら熱反応とは違う反応性を示し、別の生成物が得られます。二つ目は、温度を自由に換えられることです。実際プラス150℃からマイナス150℃まで変化させても、反応も室温と同じくらいのスピードで進みます。一方、熱反応は熱が反応の推進力なので低温になると分子が反応しにくく、高温では副反応が起きてしまいます。また分子も光反応と違い、もらった熱エネルギーが振動エネルギーになって反応を促進するだけなので、これも反応に限られる原因となっています。この光合成の特徴を有機合成に活用したいと考え、着手したのが光合成を使っの「キラル分子」の作り分けです。

ここではトランス-シクロオクテンという物質を例にあげますが、キラル分子とは、二つの立体構造がちょうど右手と左手のような関係・構造で、鏡に映し出されたような分子のことです。ちなみに生物ではアミノ酸は左手型、糖は右手型だけが使われ

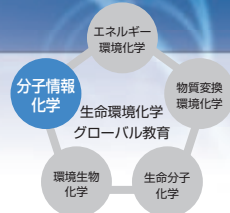


分子情報化学グループ

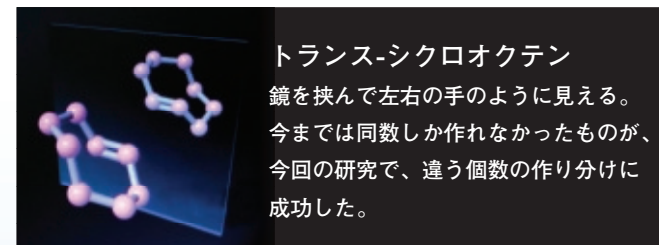
井上 佳久 YOSHIHISA INOUE

工学研究科応用化学専攻・教授

研究課題：キラル光化学、超分子化学



ています。今までの化学反応では、左右の分子の作り分けは不可能でした。特に医薬品を製造する現場などでは、キラル分子の右手型あるいは左手型のどちらか一方だけを作ることや両方を作り分けることが必要なのですが、特に後者はキラル触媒などでは困難でした。しかし、前ページの自由エネルギー変化の式を考えた場合、エントロピー項 (ΔS) がゼロでない限り、温度が重要な役割を果たすことは間違いありません。そして広い範囲で温度調節が可能な光反応でキラル化合物の合成を行ったところ、温度による右手型・左手型の作り分けが可能になりました。また同時に、これまで熱反応でエントロピーの重要性に気づきにくかったのは、反応が同じ機構で進む温度範囲が限られていたためであることもわかりました。さらに温度以外でも圧力、異なる溶媒でもキラル分子を作り分けができることも発見しました。そして、様々な系で検討を加え、弱い相互作用が重要な役割を果たす天然や人工の超分子系で、エントロピーがエンタルピーと同等かそれ以上の働きをしていることを明らかにしました。



トランス-シクロオクテン
鏡を挟んで左右の手のように見える。今までは同数しか作れなかったものが、今回の研究で、違う個数の作り分けに成功した。

アジアの連携で全世界を驚かす新しい発見

キラル分子の作り分けに成功し、さらにエントロピーの重要性を研究するため、次のプロジェクトを組むことになったのですが、その際の支援の条件はアジアとの共同研究でした。そして2002年、韓国浦項科学技術大学スマート超分子研究センターの金基文 (Kimoon Kim) 教授と共同研究を進めていくことになりました。

この共同研究では、私達日本が得意とする光化学(光エネルギーの吸収により反応が進行する励起状態化学)と韓国側が得意とする超分子化学(分子間の弱い相互作用で形成される分子組織体の化学)の境界領域で、エントロピーによって反応を制御することに重点をおいて研究してきました。その結果、エントロピーだけで制御できる超分子系を発見したのです。化学の世界では、「エンタルピー・エントロピー補償則」という法則がどのような反応においても、お互いの変化をうち消す方向に連動するので、一方を固定し、一方だけを動かすことは不可能と考えられ、今までこのようなケースはまったく見いだされていませんでした。しかし今回キューカーピチュリルとフェロセン誘導体からなる超



キューカーピチュリル、フェロセン超分子複合体

分子系では、地球上で生体系が35億年かかって達成できなかった「100%エントロピーで制御された系」であることがわかりました。これは、「世界初」の発見です。なぜそうなるのかはまだ完全には分かっていませんが、化学反応をエントロピーで制御するというは従来の化学の常識を覆す新しい発見と応用への展開なので、今後もさらなる新しい発見を目指し、共同研究を進めていきます。

新たなエントロピーの活用で環境に優しい化学反応を

最近エネルギー・環境に関する問題意識が高くなっています。もちろん、そのための省エネシステムや新しい技術を開発することは大切ですが、私自身はこのエントロピー制御も今後、エネルギー・環境問題に大いに貢献できると確信しています。そのヒントは生体系の弱い相互作用にあります。

生体系がエントロピーを効果的に使っている理由はシンプルで、答えは生体系は与えられた条件でしか反応を進められないからです。生体系は自然の中で反応するので「常温・常圧・水中」が基本となります。もちろん有機溶媒や条件の良い高い温度を使いたくても使えません。実はここがエコロジーとも関係したとても重要な点で、この普通の状態で化学反応を起こすことができれば、無駄なエネルギーを使うこともなく、環境にも負荷を掛けずに反応を起こすことが可能です。そして、上手くエントロピー項をコントロールすることで、自然共生化学・環境調和型化学を目指しながら、低エントロピー社会の実現に向かうのも近い将来でないと思えます。

敢えて目標設定しないことが大きな成果に結びつく

今までの研究では、過去何百年と常識とされていたものや、誰も疑うことがなかった法則を打ち破るような新事実を見いだすことができました。実はこれはまったく狙ったものではありません。このような考え方で研究を進めている化学者は少ないと思いますが、これまで、私は研究に対して目標を設定してきませんでした。それは、そこだけに固執すると、視野が狭くなり、「意外な発見」や「違う結果の面白さ」が見えてこなくなるからです。今回ご紹介した研究もはじめから結論があったわけではなく、あくまで「自分の興味のあること、面白いこと」を追究した結果です。それは人間のやることや想像力より、目の前で現実に起きる化学反応の方がはるかに意外性があり、それを研究していく過程で新しいものや発想が生まれると考えているからです。

大切なことは、これまでの考え方では説明できない結果が得られたとき、既成概念や先入観にとらわれず、それをも包括するより幅広い新しい概念を提案できる好奇心と感受性、それに想像力だと思います。新しいコンセプトを目指して自分の興味のあることを徹底して研究することを、常に学生達にも伝えていきます。そこから自分たちの視野や考え方を広げてもらえればと思っています。



第1回 Frontiers in Chemistry and Interfaces with Biology and Physics シンポジウム

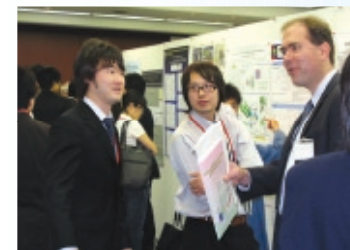
ルイ・パスツール大学(ストラスブルグ大学)との交流活性化

ルイ・パスツール大学との交流は、21世紀COEプログラムにおいて原田教授を中心として進められてきました。共同研究を指向した学生交流をより活発に行うことを目的として、昨年11月、福住教授(工学研究科)、茶谷教授(工学研究科)とともに訪仏し、国際交流担当のM. M. Matt副学長や窓口となって頂いているBraunstein教授(フランス科学アカデミー会員)らと面談し、「ルイ・パスツール大学と大阪大学の交流をどのように活性化するか」という議論を行ないました。一つの回答として、両大学の研究者(教授)同士が知り合うことがもっとも重要であり、その後に、共同研究を指向した大学院生の相互の派遣を行うことが望ましいという意見にまとまりました。その意見がまとまったすぐあとに、福住教授の発案でGCOEプログラムによりルイ・パスツール大学の約10名の教授を大阪大学に招へいし、第一回目の両大学間の交流促進のためのシンポジウムを開催することになりました。



シンポジウムに参加いただいた教授の方々

帰国後、GCOEのコアメンバーにアンケート等にお答え頂き、福住教授を議長とし林教授(工学研究科)を中心とする実行委員会をスタートさせ、「Frontiers in Chemistry and Interfaces with Biology and Physics」と題するCollaboration Symposiumを銀杏会館に於いて去る6月2日~3日の2日間に渡って開催することができました。本シンポジウムには、ルイ・パスツール大学からP. Braunstein, M.-M. Rohmer, M. Rohmer, F. Colobert, M. Goeldner, D. Guillon, K. Muniz, D. Massotte 各教授の8名が出席し講演していただきました。大阪大学側からは、国際交流室室長 辻副学長・理事による大学紹介の講演に加え、福住、林、神戸、茶谷、宇山、桑畑各教授(工学研究科)、青島、深瀬、村田各教授(理学研究科)、直田、真島、中野各教授(基礎工学研究科)が講演を行いました。加えて、ポスターセッションでは、49名の発表があり、熱心な交流が行われました。本シンポジウムの成果は、これを受け、大阪大学の大学院生2名(工学研究科・基礎工学研究科)がルイ・パスツール大学へ短期留学することとなり、また、もう一件の短期留学が検討され、具体的な共同研究がスタートできたことです。これを機会として、今後両大学間の交流が一層活性化することを確信しています。



短期留学予定の大学院生

(基礎工学研究科・真島 和志)

こぼれ話

Conference at a Glance

ルイ・パスツール大学とのジョイントシンポジウムは、ストラスブルグから8名の先生をお迎えして6月2日~3日の両日開催された。彼らは土曜日の早朝(現地時間)にストラスブルグからパリあるいはフランクフルトを経由して、日曜日の早朝に大阪に到着した。同日の夕方ウエルカムディナーを終えて、翌日から休む暇もなく2日間フルに学会を行った。フランスと日本の時差は7時間(夏時間)であるが、一般的に西から東に飛び方が、体力的に厳しいと言われている。その中で、我々が改めて感心したのは、彼らが全く疲れた素振りを見せなかったこと(まったくタフ!)である。日本人は、海外での学会に参加した際、時差と英語の両方のハンディーで、学会会場で急激な睡魔に襲われることが多々ある。今回、日曜日・月曜日の両晩とも夜遅くまで一緒にエンジョイ(交流! →日曜日の晩に味わった豆腐会席料理を「Tofu Symphony」と表現したBraunstein教授の名言は今でも忘れられない)したにもかかわらず、学会では分野を超えて充実したディスカッションを交わす彼らの姿を見るにつけ、いつもながら我々は「なぜ?」と頭を傾げてしまった。結局、火曜日にも交流に努めたが、水曜日の午前のフライトで、「じゃまた(Au revoir)」といった感じで帰国の途についていった。彼らには特別な集中力が備わっているからだろうか? それとも時差をものともしない強靱な体力を潜在的に持っているからだろうか? あるいは、メラトニン(睡眠のリズムを整えるホルモンのサプリメント)を上手に使っているからだろうか? 狩猟民族の集中力は遺伝子レベルなのだろうか...? いずれにせよ、彼らの極意を知りたいものである。

(工学研究科・T.H.)