

爆発する 光科学の世界

量子から生命体まで

プログラムコーディネーター
立花 隆

- 10:00～10:05 機構長挨拶
自然科学研究機構長 志村 令郎
- 10:05～10:10 趣旨説明
ジャーナリスト 立花 隆
- [新しい光源]
- 10:10～10:25 Overview
分子科学研究所 松本 吉泰
- 10:25～11:05 光シンセサイザーを手のひらに—マイクロ固体フォトニクスの新展開
分子科学研究所 平等 拓範
- 11:05～11:45 宇宙の光を地上でつくる—シンクロトロン光源
分子科学研究所 加藤 政博
- 11:45～12:50 休憩
- [光と分子]
- 12:50～13:30 量子の波を光で制御する
分子科学研究所 大森 賢治
- 13:30～14:10 光を吸う分子の木
分子科学研究所 江 東林
- 14:10～14:50 光触媒がもたらす安全・安心な社会
神奈川科学技術アカデミー 藤嶋 昭
- 14:50～15:05 休憩
- [光と生命体]
- 15:05～15:20 Overview
京都大学 三室 守
- 15:20～16:00 葉緑体の光による細胞内移動
基礎生物学研究所 和田 正三
- 16:00～16:40 光を見る微生物のしくみ
総合研究大学院大学/基礎生物学研究所 渡辺 正勝
- 16:40～17:20 発達する脳を光で見よう
生理学研究所 鍋倉 淳一
- 17:20～17:25 総括
立花 隆
- 17:25～17:30 閉会挨拶
分子科学研究所長 中村 宏樹

※各講演の終了後、5分間で立花隆先生と講演者との対談を予定しております。
※その他、パネル展示、4次元デジタル宇宙シアター上映(定員制)も行います。

※プログラムは一部変更となる可能性があります。

東京国際フォーラムホールB5

東京都千代田区丸の内3-5-1

2006年**9月24日**[日]

10:00→17:30

シンポジウムホームページ

<http://www.nins.jp/>

NINS

National Institutes of Natural Sciences

機構長 挨拶



しむら よしろう
志村 令郎

自然科学研究機構 機構長

1958年京都大学大学院理学研究科修士課程修了。63年米国ジョージア州ジョージア大学医学部研究員、67年大阪大学微生物病研究所研究員、69年京都大学理学部助教授、85年京都大学理学部教授、89年岡崎国立共同研究機構基礎生物学研究所教授（併任、～94年）96年京都大学名誉教授、同年生物分子工学研究所所長、2001年独立行政法人日本学術振興会ストックホルム研究連絡センター長を経て、2004年より現職。
専門は分子生物学。

趣旨 説明



たちばな たかし
立花 隆

ジャーナリスト

1964年東京大学仏文科卒業。同年文藝春秋社に入社。66年文藝春秋社退社。同年東京大学哲学科に入学、フリーライターとしての活動を開始する。95～98年先端科学技術研究センター客員教授。96～98年東京大学教養学部非常勤講師として、第一次立花ゼミ「調べて書く」ゼミを開講。2005年東大特任教授就任を機に、第二次立花ゼミ「先端研究現場へ行こう」を現在開講している。ジャーナリスト・評論家として多くの著作をもつ。

新しい光源

10:10 ~ 10:25

Overview

分子科学研究所 **松本 吉泰**

10:25 ~ 11:05

光シンセサイザーを手のひらに マイクロ固体フォトニクスの新展開

分子科学研究所 **平等 拓範**

11:05 ~ 11:45

宇宙の光を地上でつくる シンクロトロン光源

分子科学研究所 **加藤 政博**



まつもと よしやす
松本 吉泰

自然科学研究機構 分子科学研究所 分子スケールナノサイエンスセンター・教授。
工学博士。

1975年京都大学工学部工業化学専攻卒業。77年京都大学大学院工学研究科修士課程修了。81年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。90年分子科学研究所助教授、97年総合研究大学院大学教授を経て、2004年から現職。

専門は物理化学。特に、表面科学。現在は表面における光反応、超高速過程に関心をもつ。2006年日本化学会学術賞受賞。

光シンセサイザーを手のひらに マイクロ固体フォトニクスの新展開

自然科学研究機構 分子科学研究所

たいら たくのり
平等 拓範

固体レーザーは、高いピークパワーをもつジャイアントパルスや超短パルスの発生が容易なため、物質との強い相互作用が期待できる。このため、大型で高電圧大電流が必要なだけでなく指向性や単色性等の点でも劣っていたが、先端研究に不可欠な精密機器とされ現在に至る。我々は、光の波長オーダーで材料を加工・制御し、固体レーザーのダウンサイジングと新たな光学機能の発現と展開を図る「マイクロ固体フォトニクス」を提案、推進してきた。

共振器長を極端に短くするマイクロチップ固体レーザーでは、そのまま単色性を向上できる。また、光子の共振器内走行時間も非常に短くできるため短パルス化にも適している。すでに1パルス当たり16mWの消費電力でメガワットクラスのジャイアントパルスも得られており、これは光の品質を表す輝度温度換算で 2×10^{20} K（ケルビン：華氏）に相当する。太陽の表面温度（約6,000K）に比較して16桁以上も高い輝度温度が得られていることになる。このため、氷に集光すればパルス照射ごとに水しぶきが上がる（図1）。さらに波長変換素子を組み合わせることで、波長255nmの紫外光から200 μ mの遠赤外光までの広大な波長域を手のひらサイズの装置で実現できる（図2）。

光シンセサイザーとも呼べる広帯域波長可変モバイル光源により、分子分光などの基礎科学から環境汚染物質や温暖化ガスの広域センシングが、また、高輝度特性によりレーザー加工、微細加工も可能になる。さらには燃焼反応制御による自動車エンジンの性能向上など、基礎研究から産業応用、環境対策、セキュリティなどへの幅広い応用が期待される。

Keywords

輝度と輝度温度：輝度とは発光体の単位面積当たりの明るさを、輝度温度とは与えられた波長における発光体の分光輝度（波長の微小範囲でみた輝度）と等しい分光輝度をもつ黒体の温度と定義される。横モード品質を表す因子を適用することで、これらの定義をレーザー光に拡張できる。

マイクロチップ固体レーザー：一般に、レーザー媒質長が1mm程度かそれ以下の固体レーザーを指す。半導体同様にウエハー加工が可能なので量産化に適しており、体積としても励起用の半導体レーザーと同程度であるため、半導体レーザーを収めるパッケージに同梱することが可能となる。違いは、縦モードを単一化するエタロンそのものがレーザー共振器であるため単一周波数発振や、モードホップフリーの広帯域波長可変動作が容易に行えることにある。最近では、単結晶だけでなくセラミック材料による多機能化、複合化が注目されている。

非線形光学波長変換：一般に、入射光の振幅に比例せず、2乗以上の高次の効果が現れる光学現象を利用して入射光と異なる波長に変換する手法。多くは、非線形感受率の高い光学結晶における複屈折率を用いて基本波と目的とする高調波または通倍波の位相を整合させ、その効果を高める。最近では、2次の非線形分極を周期的に変調することで任意波長を疑似的に位相整合させる手法が可能となってきた。



図1 マイクロレーザーの第二高調波（波長532nm）を氷に照射すると、ショット毎に水しぶきが上がる。消費電力16mW/pulseでも尖頭値で1.7MW、輝度温度で 2×10^{20} Kの高輝度光が実現される

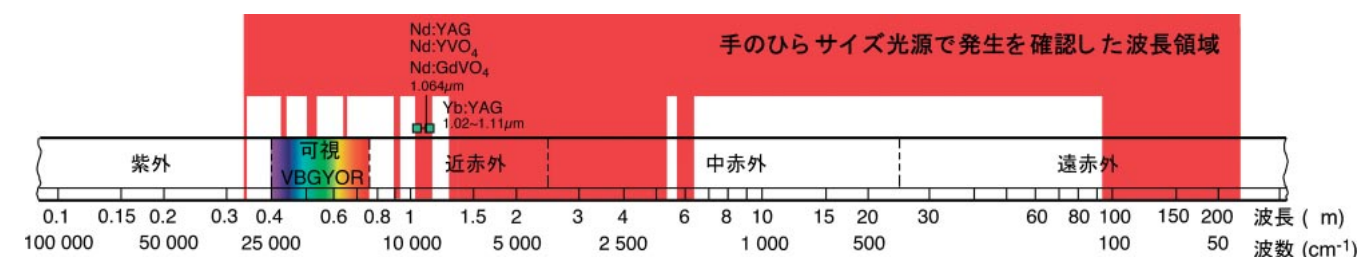


図2 マイクロ固体フォトニクスにより手のひらサイズ装置で実現された波長域



自然科学研究機構 分子科学研究所・助教授。東北大学工学博士。

1983年福井大学工学部電気工学科卒業。85年同大学大学院工学研究科修士課程電気工学専攻修了。85年三菱電機（株）研究員。89年福井大学工学部助手を経て、98年より現職。この間、文部省在外研究員（米スタンフォード大学）、総合研究大学院大学物理科学研究科助教授、宮崎大学・福井大学非常勤講師、理化学研究所、物質・材料研究機構客員研究員、仏国ピエール・マリキュリー大学（パリ第六大学）客員教授を歴任。専門は光エレクトロニクス。高輝度マイクロ固体レーザー、高性能非線形波長変換の研究に関心をもち、上位概念としてマイクロ固体フォトニクスを展開中。

2004年文部科学大臣賞（第30回研究功績者）その他、1999年に（社）レーザー学会賞（論文賞）、同年（財）みやぎ科学技術振興基金研究奨励賞、2001年（社）日本金属学会金属組織写真奨励賞、02年（社）日本ファインセラミックス協会技術振興賞、05年（社）レーザー学会業績賞（進歩賞）各賞受賞。

著書（共著）に『固体レーザー』（学会出版センター/1997）、『レーザーハンドブック』（オーム社/2005）などがある。

宇宙の光を地上でつくる シンクロトロン光源

自然科学研究機構 分子科学研究所

かとう まさひろ
加藤 政博

宇宙の遙か彼方、超新星爆発のあとに残された超高密度の星が生み出す高エネルギーの電子が星の周りの磁場のなかでだす光があります。シンクロトロン光と呼ばれています。この地上には存在しない光を作り出すための装置、それがシンクロトロン放射光源です。

小さなものでは数メートル、大きなものでは1キロメートルを超えるようなほぼ円形の軌道上を、ほとんど光の速さまで加速された高エネルギーの電子が周回します。電子の軌道上は宇宙空間と同じ超高真空に保たれ、地磁気の数万倍の強さの磁場が印加されています。磁場のなかで進行方向を曲げられた電子はシンクロトロン光を放出します。

シンクロトロン光は電波からX線まできわめて幅広い波長の光を含む指向性の高い明るい光です。良質な光源の少ないX線、真空紫外線、遠赤外線、テラヘルツ波といった様々な波長領域で、学術研究、技術開発、モノ作り、医療から犯罪捜査まで、幅広い分野で利用されています。

円形の電子加速器を利用したシンクロトロン放射光源は技術的な完成度が高く、世界各地で建設され稼働しています。一方で、従来型のシンクロトロン光源の性能限界を打ち破るための新たな挑戦も始まっています。シンクロトロン光源技術の最新の状況をお話いたします。

Keywords

電子加速器：電場や磁場を用いて電子を高エネルギーまで加速し、蓄積する装置。従来は原子核実験や素粒子実験に利用されてきたが、近年では、シンクロトロン光源として広く利用されている。

光の速さ：秒速30万km。物体を加速していくと速度はどんどん速くなるが、アインシュタインの特殊相対性理論によると、光の速さを超えることはできない。シンクロトロン光源を周回する電子はほとんど光の速さまで加速されている。



図1 分子科学研究所のシンクロトロン光源 UVSOR-II




図2 UVSOR-II で作り出したシンクロトロン光



自然科学研究機構 分子科学研究所・教授。理学博士。

1981年東北大学理学部物理学第二学科卒業。86年東京大学大学院理学系研究科物理学専門課程中退。86年高エネルギー物理学研究所放射光実験施設助手、2000年岡崎国立共同研究機構分子科学研究所助教授を経て、03年より現職。

専門は加速器科学、放射光科学。相対論的電子線を用いた光発生に関心をもつ。



光と分子

12:50 ~ 13:30

量子のさざ波を光で制御する

分子科学研究所 大森 賢治

13:30 ~ 14:10

光を吸う分子の木

分子科学研究所 江 東林

14:10 ~ 14:50

光触媒がもたらす安全・安心な社会

神奈川科学技術アカデミー 藤嶋 昭

量子の波を光で制御する

自然科学研究機構 分子科学研究所

おおもり けんじ
大森 賢治

サッカーボールから惑星に至るまで、私達の目に見える物質の運動は古典力学と呼ばれる理論によって説明することができる。古典力学は17世紀末に英国の天才アイザック・ニュートンによって確立された。ところが、人間の技術が向上し、原子や電子あるいは光子といったミクロな物質を観察できるようになると古典力学では説明できない現象があることがわかってきたのである。そのひとつが「物質は見方によって粒子になったり波になったりする」という発見だった。この奇妙な現象を説明するために量子論が出現した。量子論は1920年代に確立された比較的新しい理論だが、コンピュータやコンパクトディスクなど今や先進国のGNPのかなりの部分は量子論に依存しているといわれている。しかし、私たちはまだ量子論を支える「粒子と波の二重性」を完全には理解できておらず¹⁾、その曖昧さを活かした応用の可能性も膨大に残されているのである。

有名なヤングの実験もそうだが、ふつう研究者たちが物質の波動性を証明しようとする際には、波が重なった後にできた干渉縞を観察しようとする(図1)。ところが最近我々は、フェムト秒(フェムト=1000兆分の1)の時間スケールで2つの原子の波がぶつかって干渉し始める瞬間を、ピコメートル(ピコ=ナノの1000分の1)の空間分解能で可視化することに成功した(図2)²⁾。さらに、それら2つの原子の波の振動のタイミングをアト秒精度(アト=フェムトの1000分の1)で調節することによって、干渉がほぼ完璧に制御される様子をリアルタイムに観察したのである³⁾。

今後、粒子と波の二重性の謎を解き明かす検証実験や、原子や分子の波の性質を活かした量子メモリーや量子コンピュータ、あるいはナノテクを超える精度で物質内の化学結合を操作する未知の量子テクノロジーの開発への寄与が期待される。

参考文献

- 1) 最近のレビューとしては例えば、M. Tegmark and J. A. Wheeler, *Scientific American* 284, 54(2001); D. Kleppner & R. Jackiw, *Science* 289, 893(2000)
- 2) H. Katsuki, H. Chiba, B. Girard, C. Meier, and K. Ohmori, *Science* 311, 1589(2006)
- 3) K. Ohmori, H. Katsuki, H. Chiba et al., *Phys. Rev. Lett.* 96, 093002(2006)

Keywords

干渉：2つの波の山と山が重なれば強めあい、山と谷が重なれば弱めあう現象。波に特有の性質である。
量子メモリー：物質を構成する原子や電子の波(波動関数)の振動の幅(振幅)とタイミング(位相)を情報として利用するメモリー。異なる情報を書き込んだ多数の波を一つの物質の中に重ね合わせて保存することができる。このような波の重ね合わせは「波束」と呼ばれる。
量子コンピュータ：量子力学的な重ね合わせ状態を利用して、古典的なコンピュータが実現し得ない並列処理を可能にするコンピュータ。古典的なコンピュータではある瞬間にひとつのビットに保持できるのは0か1のいずれかの値であるが、量子コンピュータでは同時に0と1の両方の値を重ね合わせ状態として保持することができる。このような量子力学的なビットを量子ビット(キュービット)と呼ぶ。さらに、複数の量子ビットの間に量子力学的な相関(量子もつれ; エンタングルメント)をもたせ、一度の操作でこれらを連動させることも可能である。

光がもし波だったら

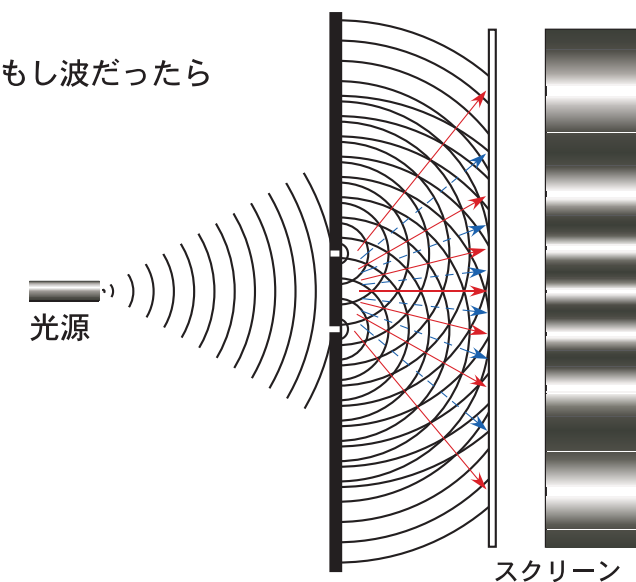


図1 トーマスヤングは、今から200年程前、2つのスリットを通り抜けてきた光がスクリーン上に重なってできる明暗の干渉縞を観測し、それまで粒とされていた光が波であることを証明した。これが教科書にもでてくる有名なヤングの実験である

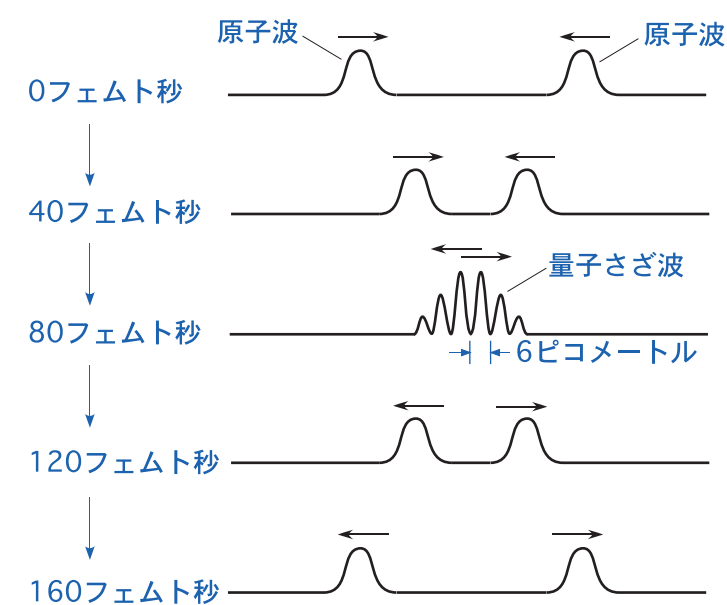


図2 分子の中にできた2つの原子の波の衝突の様子をおおまかに示す模式図。衝突してすり抜けるわずか100フェムト秒の間だけ、ピコメートルスケールのさざ波が現れる



自然科学研究機構 分子科学研究所・教授。工学博士。

1987年東京大学工学部反応化学科卒業。92年東京大学大学院博士課程修了。2001年東北大学多元物質科学研究所助教授、03年岡崎国立共同研究機構分子科学研究所教授を経て、04年より現職。

専門は超高速コヒーレント光科学。現在は光でつくった物質の波がどのように乱れていくかに興味がある。

光を吸う分子の木

自然科学研究機構 分子科学研究所 相関領域研究系

ちゃん どんりん
江 東林

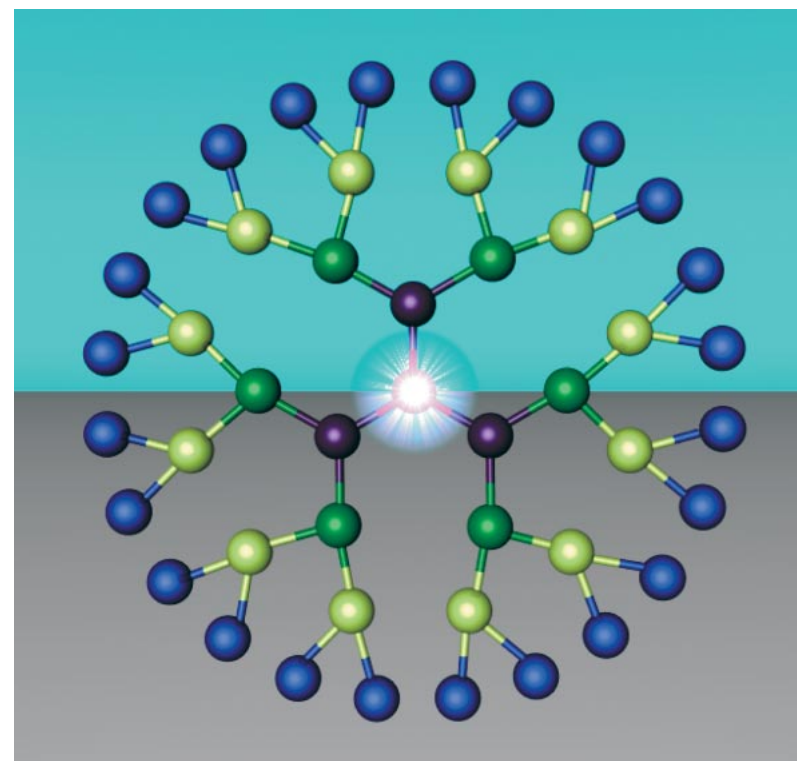
太陽エネルギーは地球上の生態系の成り立ちに深く関連して、かけがえのない役割をはたしている。植物や光合成バクテリアは太陽光を吸収し、二酸化炭素と水を原料として用いて糖類を生産している。突き詰めて考えると、これは人類活動ひいてはすべての生命が必要とするエネルギーの源となっている。もし、自然界のような巧みな光エネルギー変換システムを人工分子で実現することができればエネルギー問題をはじめ、人類・地球が抱えている様々な難問の解決にもつながる。この意味において、光機能性分子の設計はきわめて重要な課題であり、21世紀の分子科学の中核をなすと考えられている。

樹木は、太陽光の吸収に都合のよい形態をしているが、はたして樹木のように枝分かれ構造を有する『分子の木』は、光を捕集することができるのだろうか。我々は化学的手法を用いて様々な『分子の木』をつくることに成功し、さらに、『分子の木』がきわめてユニークな光捕集機能を有することを発見した。『分子の木』は、光捕集アンテナとして機能し、枝の部分で獲得した光エネルギーを効率よく分子の中心部に送り込むことができる。特に、最近、可視光を用いた水の光還元による水素発生を達成した。水素は太陽光の下でも発生し、発生効率はこれまでの例を大きく上回った。本講演では、『分子の木』を用いた光機能性材料の開拓を中心に我々の最新の研究成果を紹介する。

Keywords

分子の木：ギリシャ語の樹木（Dendron）を語源とするデンドリマー（Dendrimer）とも呼ばれ、規則正しい枝分かれ構造を有する人工分子である。分子一つでナノメートル（10億分の1メートル）サイズの構造を提供することができ、ナノ材料のモチーフとして様々な応用が期待されている。

光捕集アンテナ：太陽光を集める部分を指している。植物や光合成バクテリアは多数のクロロフィル色素を空間特異的に配列した車輪状分子アレイを光捕集アンテナとして用い、エネルギー密度が希薄な太陽光を巧みに集めている。吸収された光エネルギーがそのような特異なアンテナによって効率よく反応中心に運ばれ、光合成を遂行している。人工分子で光合成を実現するため、いかに「光を効率よく捕集する分子」を設計することが重要となる。



分子の木：枝分かれした美しい構造を有する分子。望みのサイズ、望みの性質を自由自在に設計可能で、機能性ナノ材料としてこれまでの小分子にはない可能性が秘められている



自然科学研究機構 分子科学研究所 相関領域研究系・助教授。工学博士。

東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。1998年東京大学工学部助手、2000年科学技術振興機構ナノ空間プロジェクトグループリーダーを経て、05年より現職。同年、科学技術振興機構さきかけ研究員兼任。

専門は高分子、特に機能性高分子。現在は光、電子、スピンに関心をもつ。2006年度文科大臣表彰若手科学者賞受賞、2006年度高分子学会Wiley賞受賞。

光触媒がもたらす 安全・安心な社会

財団法人神奈川科学技術アカデミー
ふじしま あきら
藤嶋 昭

この世に生を受けたからには、少なくとも天寿を全うしたいとどの人も思っています。天寿とは何歳のことをいうのでしょうか。現在、日本は世界一の長寿国ですから、一般的に言えば90歳を一つの目安としてもよいのかも知れません。もちろん100歳を一つの目標と考えてもよいでしょう。

健康で、快適な雰囲気のもと、どの人もが天寿を全うすることができればと、最近特に思うことが多くなりました。自分自身が60歳を越したことによるのでしょうか。科学技術の最終目的は何かと問えば、このどの人もが望んでいる、天寿を全うすることに寄与することであると思うようになってきました。

天寿を全うすることができるためには、健康を維持することが不可欠ですが、それには少なくとも必要な食料があり、生活を保つための電気エネルギーなどに不足がなく、なるべく快適な生活空間が必要となります。

私が研究してきました光触媒は、空気をきれいにでき、水もきれいになり、殺菌をすることができ、建物などが汚れないようにできるなど、快適な空間を作ることができる科学技術の一つです。

本講演では、水中の酸化チタンに光を当てることで起こる水の光分解を基本とし、いろいろな製品となって活躍を始めている光触媒について、最近の動きや将来の課題を含めてわかりやすくお話ししてみたいと思います。

Keywords

光触媒：酸化チタンに光が当たると、強い酸化力が生じるとともに、水にぬれやすくなる超親水性効果を示す。消臭、防汚、殺菌などができ、各方面で応用製品が利用されている。

酸化チタン：光触媒作用を示す無機物質。タイル、ガラスなどいろいろの基板の上に透明にコーティングされて利用されている。資源的には豊富で問題がない。

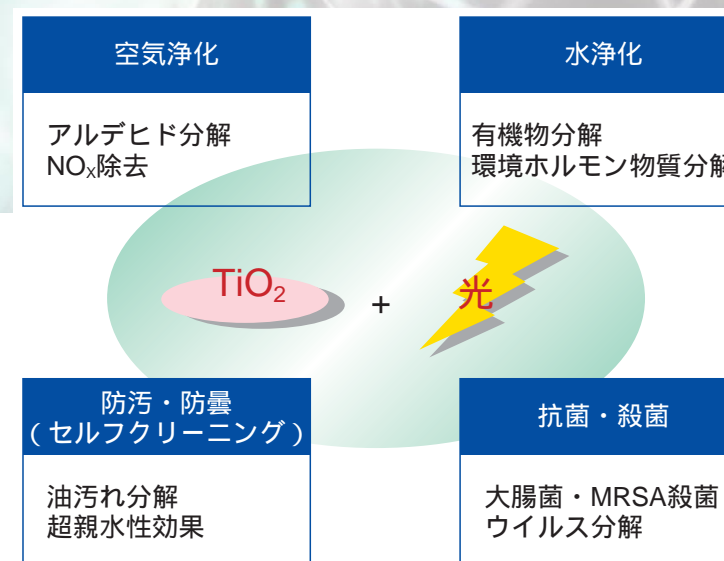
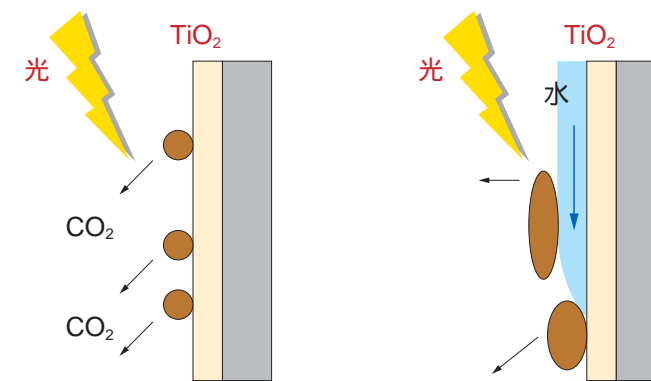


図1 光触媒の基本分野



(1) 徐々にくる油汚れは強い酸化力で分解させる
(2) かなりの油汚れも水をかけると超親水性効果で除去できる

図2 光触媒によるセルフクリーニング



財団法人神奈川科学技術アカデミー・理事長。

1966年横浜国立大学工学部卒業。71年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。同年神奈川大学工学部講師。75年東京大学工学部講師、78年東京大学工学部助教授、86年東京大学工学部教授を経て、2003年より現職。同年JR東海機能材料研究所所長（兼務）。現在日本学会会議員、日本化学会会長など。

専門は光電気化学、機能材料。

2003年紫綬褒章を受章。1983年朝日賞、04年日本国際賞、日本学士院賞、06年恩賜発明賞を受賞。

著書に『光触媒のしくみ』（日本実業出版社）、『光機能化学 - 光触媒を中心にして』（昭晃堂）、『天寿を全うするための科学技術』（シーエービー出版）などがある。

財団法人神奈川科学技術アカデミー：<http://www.newkast.or.jp>

光と生命体

15:05 ~ 15:20

Overview

京都大学 三室 守

15:20 ~ 16:00

葉緑体の光による細胞内移動

基礎生物学研究所 和田 正三

16:00 ~ 16:40

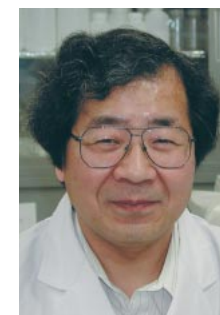
光を見る微生物のしくみ

総合研究大学院大学 / 基礎生物学研究所 渡辺 正勝

16:40 ~ 17:20

発達する脳を光で見よう

生理学研究所 鍋倉 淳一



みむろ まもる
三室 守

京都大学大学院地球環境学堂地球親和技術学廊・教授。理学博士。

1973年東京大学理学部生物科卒業。78年東京大学大学院博士課程修了。80年基礎生物学研究所助手、96年同助教授、97年山口大学理学部教授を経て、2002年より現職。05年より日本光生物学協会会長。

専門は植物生理学。特に光合成。現在は酸素発生系に関心をもつ。

1989年植物学会奨励賞受賞。

著書に『光がもたらす生命と地球の共進化：エネルギーと食糧と地球環境に対するグローバルな視点』（中部経済新聞社/1999）、『カロテノイド色素：多様性と生理活性』（掌華房/2006）などがある。

葉緑体の光による細胞内移動

自然科学研究機構 基礎生物学研究所

わだ まさみつ
和田 正三

植物は光のエネルギーを使って、水と炭酸ガスという無機物から、糖という有機物を合成する。これが、いわゆる、光合成であり、動物にはできない芸当である。したがって地球上のほとんどすべての生物は植物が合成した有機物に依存して生活している。植物にとって光が重要であることを知っている人は多い。しかし植物は光をエネルギーとしてではなく、自分自身を発達させるためや、光合成を効率よく行うための情報源としても利用していることを知っている人は少ない。情報源としての光は強い必要はなく、むしろ何色の光かという、光の波長が重要である。たとえば、種子の発芽は主に赤色光で制御されており、光合成の効率化は青色光によって制御されている。

光合成に働く葉緑体は、曇りの日など、光が弱い場合には細胞内の明るい場所に集まり、光が強すぎれば細胞内の陰になった部分に逃げる。これらの葉緑体の運動は、植物の成長を促進したり、光による傷害からの予防することに役立っている。葉緑体が光の強弱を感知するためには、そのための光受容体が必要であり、青色光を認識するフォトトロピンという色素タンパク質が関与している。細胞内を移動するためには、そのための運動機構が関与しており、動物の筋肉を構成する因子の一つ、アクチン繊維が働いていると考えられている。シンポジウムでは葉緑体運動に関するメカニズムについてお話しする。

Keywords
フォトトロピン：1997年に発見された青色光を認識するタンパク質。光屈性、気孔の開口、葉緑体運動、葉の伸展など、光合成を活性化させる現象を制御している。
アクチン繊維：動物の筋肉を構成する主要なタンパク質。植物にも存在し、ミオシンという別のタンパク質とともに細胞内の運動系を制御している。

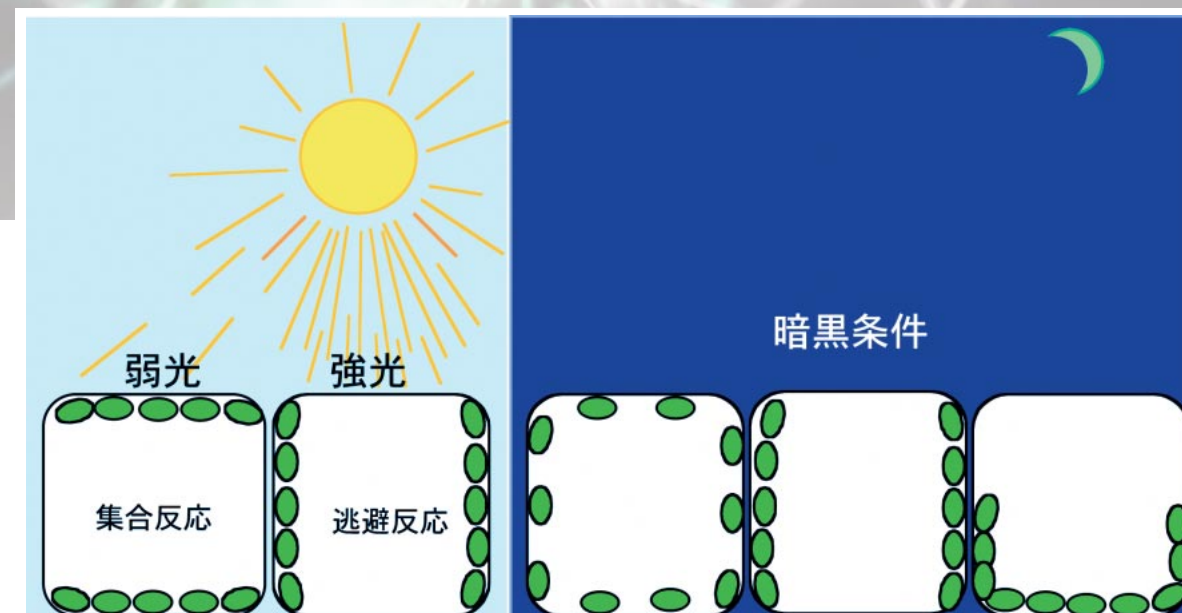


図1 光条件によって移動した葉緑体の細胞内分布を示す模式。葉緑体は光条件によって細胞内を移動する。強光下では細胞の側面に、弱光下では細胞の上面と下面に、暗黒下では植物種や組織の違いで異なる分布をする

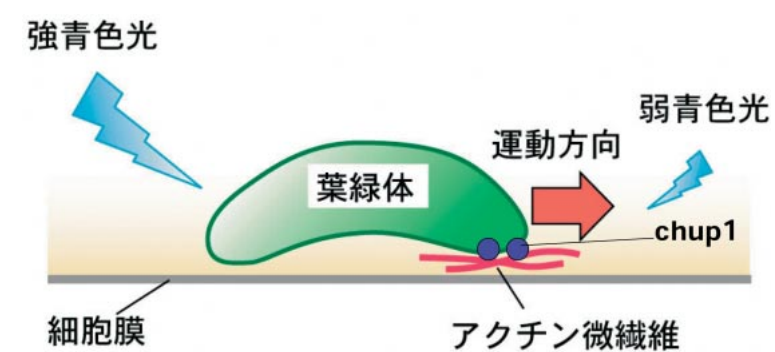


図2 葉緑体運動機構の新モデル。葉緑体の移動とともに、葉緑体の移動方向前方にアクチンの繊維が重合される。Chup1はアクチンの重合に関与すると思われる



自然科学研究機構 基礎生物学研究所・特任教授。理学博士。

1965年東京大学理学部生物学科卒業。東京大学大学院博士課程単位取得退学。71年東京大学理学部助手、81年東京都立大学助教授、教授を経て、2005年退職、同年より現職。専門は光形態形成。特に葉緑体運動。現在は葉緑体の運動機構に関心をもつ。

2004年日本植物学会学術賞、05年 American Society of Plant Biologists 「Corresponding membership award」、06年日本植物生理学会賞受賞。

著書に『花も葉っぱも光がだいすき』（岩波書店/1997）などがある。

光を見る微生物のしくみ

総合研究大学院大学先導科学研究科
自然科学研究機構 基礎生物学研究所

わたなべ まさかつ
渡辺 正勝

微生物は30億年以上前に誕生した起源の古い生物群である。なかでも、植物と同様に太陽光エネルギーを利用する光合成反応を行う単細胞の微細藻類は適度な光条件を求めて積極的に移動する性質を備えている。このような光誘引行動や光逃避行動のしくみ、特に光センシングを司る物質（光センサー分子）の実体は長年の謎であったが、ミドリムシに関する私どもの最近の研究により（2002年、Nature 415巻 pp1047-1051）画期的な知見が得られたミドリムシの鞭毛基部近くには副鞭毛体と呼ばれる構造があり、これが光を感じる部位、すなわち動物でいえば目に相当する部分である。副鞭毛体にはフラビン（ビタミンB2およびその類似化合物）という黄色の色素が含まれていることが知られており、また、ミドリムシの光応答現象に有効な光は紫外～青色域で、フラビンの吸収波長に類似していることから、副鞭毛体に含まれるフラビンを結合したタンパク質が光センサーとして機能しているものと推定された。そこで私どもは種々の苦労の末、副鞭毛体を単離し、その中に含まれるタンパク質を精製することで、新奇な光センサー分子、光活性化アデニル酸シクラーゼ（PAC）を得た。PACはそれ自身が光で活性化され、サイクリックAMP（cAMP）を生成する驚くべき酵素である。cAMPは細胞内の信号伝達物質としてさまざまな生命現象にかかわる重要な分子であることから、PACを利用することで光による生命機能の制御という意外な展望も開けてきた。

Keywords

生物光センサー分子：生物の光感覚を司っている物質のこと。たとえば、古くから知られている動物の目の網膜にあるロドプシンはビタミンA関連物質であるレチナールという色素を結合したタンパク質であり、最近発見された植物の屈光性（光に向かう屈曲反応）などを司るフォトトロピン（1997年、Science）や、ミドリムシの光逃避行動を司るPAC（バック）（2002年、Nature）はビタミンB2関連物質であるフラビンという色素を結合したタンパク質で、それぞれ特有の構造や作用機構を備えている。

サイクリックAMP：cAMP、環状AMPともいう。アドレナリンなどの血糖上昇作用を仲介する細胞内因子として1957年にサザーランドらにより発見された物質。その後、ほかの多くのホルモンなどの細胞外情報物質（第一メッセンジャー）の作用を仲介する細胞内の情報物質（第二メッセンジャー）として働くことが明らかにされた。



図1 ミドリムシ（顕微鏡写真）。単細胞鞭毛藻の一種、ミドリムシ。全長は約50ミクロン（200分の1ミリメートル）。左側が細胞の前端で、そこから生えている1本の鞭毛（べんもう）をプロペラのように振り回して前進する。鞭毛の付け根に光感受部位の副鞭毛体が1個あるが、蛍光顕微鏡で緑色に光らせないとよく見えない。細胞前端付近に目立つオレンジ色の粒は、顕微鏡の始祖レーベンフックの頃から目のようなものと考えられて「眼点」（eyespot）と名付けられてしまったが、実際は光感受部位ではなく、光の方向を知るための日傘のようなものと考えられる。細胞内の多数の緑色の粒は光合成を行う葉緑体である

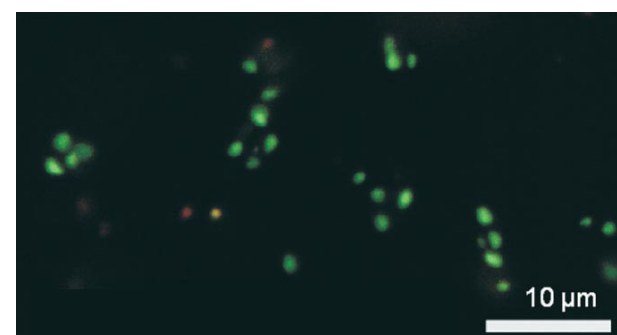


図2 ミドリムシの光感受部位（本当の「目玉」）である副鞭毛体を細胞から取り出して集めた様子。含まれるフラビンという黄色い色素のため、蛍光顕微鏡で強い青紫の光を当てて見ると緑色に見える



総合研究大学院大学先導科学研究科光科学専攻・教授 /
自然科学研究機構 基礎生物学研究所 光環境学研究室・客員教授。理学博士。

1969年東京大学理学部生物学科卒業。東京大学大学院博士課程修了。91年自然科学研究機構基礎生物学研究所培養成研究施設助教授、2004年より現職。

専門は光生物学。特に藻類光センシングの機構と進化およびそのバイオテクノロジー的応用に関心をもつ。

発達する脳を光りで見よう

自然科学研究機構 生理学研究所

なべくら じゅんいち
鍋倉 淳一

発達にともない、行動、感覚や情動など脳に関連する機能は大きく変わってきます。たとえば、胎児の目を観察すると、不規則な動きから出生直前には動く時間と動かない時間が繰り返すリズムが発達してきます。このような脳機能の発達変化は脳の中の何が変化することによって引き起こされるのでしょうか。脳は多くの神経細胞が互いに密につながり「神経回路」という情報ネットワークを作っています。あるネットワークが電氣的に活動すると、ある脳機能が引き起こされます。脳機能の発達変化は、活動する神経ネットワークが発達に伴い変化するために起こってくると考えられます。

発達期には、まず広範に活動するネットワークが作られます。成熟にしたがい、より精密な情報処理ができるように細かな機能神経回路が作られます。この過程において特徴的な変化として、1) 未熟期にいったん作られた不要回路の除去と、2) GABA という伝達物質の働きが回路活動促進性(興奮)から活動抑制性にスイッチすることがあげられます。この過程の多くはネットワーク自体の活動が必要です。

ところが、いったん作られた成熟ネットワークの種々の脳障害後の回復期には未熟期の特徴が再び出現し、回復していきます。発達期と障害回復期のネットワークの特徴を対比しながら「脳の回復は発達を繰り返す」可能性についての話題を提供いたします。

Keywords

神経ネットワーク：脳では多くの神経細胞がお互いにつながっており神経回路と呼ばれるネットワークを作っている。この回路が電氣的に活動することによって、さまざまな脳機能が発現する。細胞間の情報伝達は神経伝達物質によって行われる。その代表的なものは、成熟期においては回路活動を促進するグルタミン酸と、活動を抑制する GABA である。

余剰シナプスの除去：発達期には、まず成熟期より多くの神経ネットワークが作られる。その後、不要な回路が除去され、必要な回路が残り成熟回路へと発達変化する。

2光子励起法：高密度レーザー光照射による2光子吸収過程を利用したもので、ピンポイント領域の蛍光物質のみが励起される。深さ方向にも高い空間分解能を得ることができる。また、長波長の光利用し、組織等による励起光の散乱がより小さいので深部の観察が可能。

情報伝達の変化

回路の変化

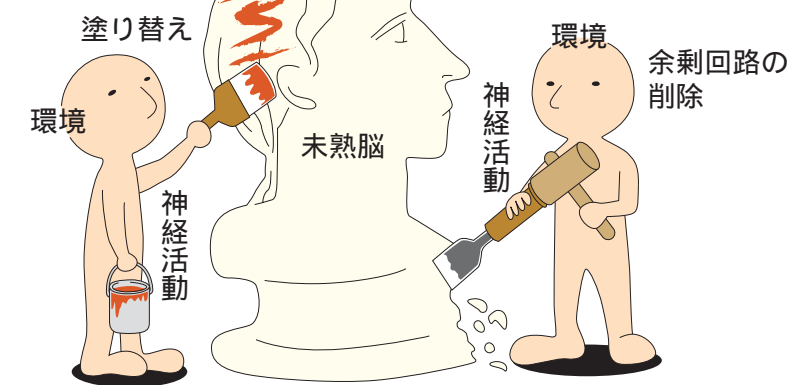


図1 発達脳におけるイメージ図

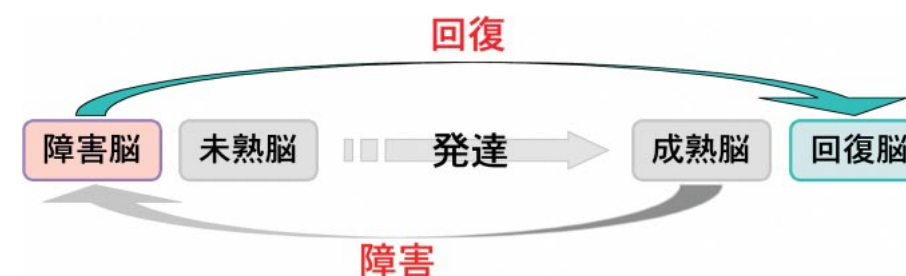


図2 回復は発達をくりかえし？



自然科学研究機構 生理学研究所 生体恒常機能発達機構研究部門・教授。医学博士。

1980年九州大学医学部卒業。86年九州大学大学院医学研究科博士課程修了。90年東北大学助手、92年秋田大学医学部助教授、94年九州大学医学部助教授を経て、2003年より現職。

専門は神経生理学。特に現在は脳機能発達に関心をもつ。

閉会挨拶



なかむら ひろき
中村 宏樹

自然科学研究機構 分子科学研究所・所長。工学博士。

1963年東京大学工学部応用物理学卒業。65年東京大学大学院修士課程修了。同年東京大学工学部物理工学科助手、74年東京大学工学部物理工学科講師、79年東京農工大学助教授。81年岡崎国立共同研究機構分子科学研究所教授、研究主幹を経て、2004年より現職。専門は理論化学物理。特に化学動力学に関心をもつ。

2000年中日文化賞受賞。

著書に『Nonadiabatic Transitions: Concepts, Basic Theories and Applications』(World Scientific/2002)、『化学反応動力学』(朝倉書店/2004年)などがある。