

# 理研ニュース

No.178 April 1996

理化学研究所

## 2 ● 研究最前線

有機-無機ハイブリッド材料を用いた新しい短波長電界発光素子を開発

## 5 ● TOPICS

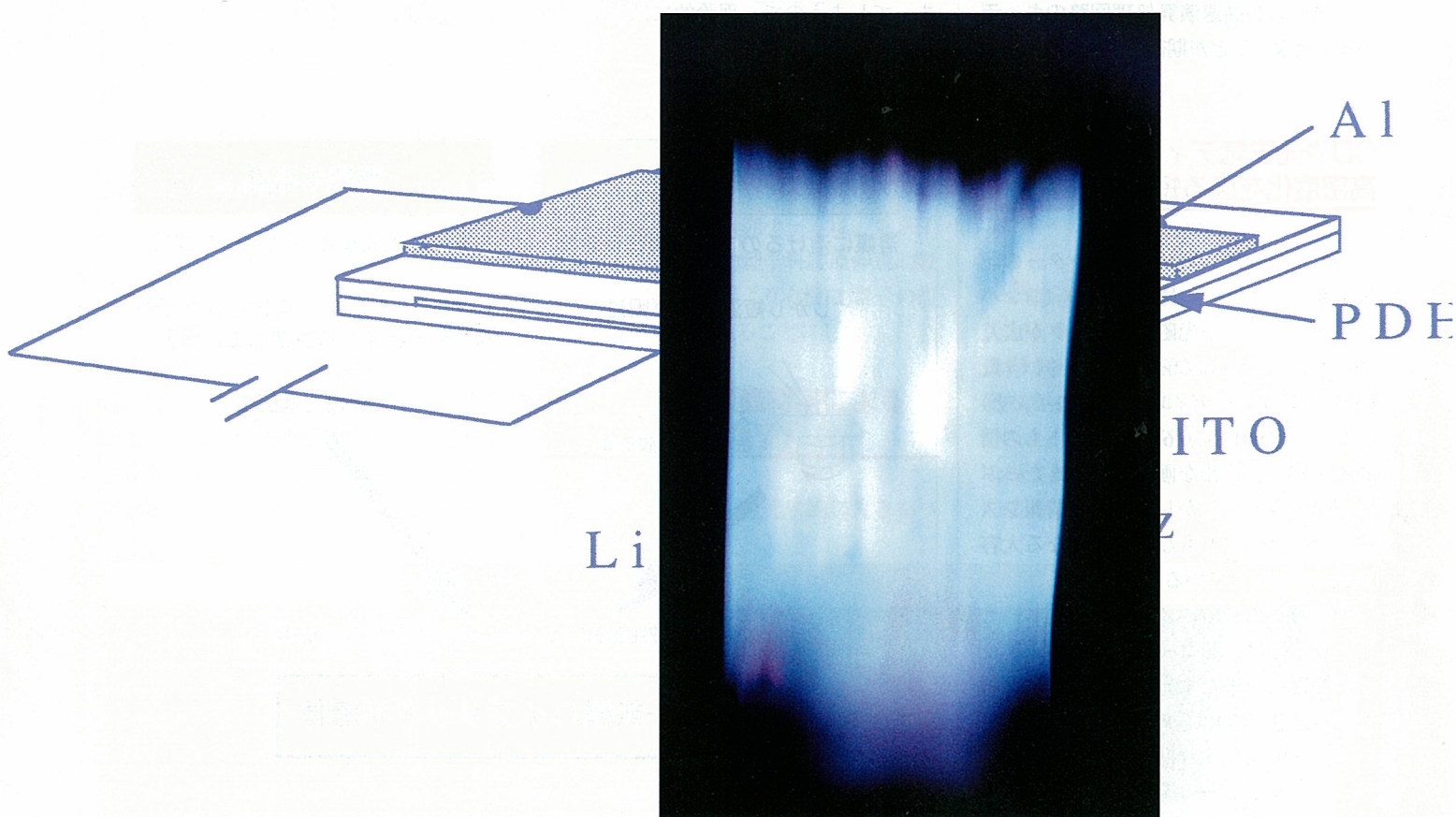
- ・新主任研究員紹介
- ・牧野内主任研究員、「科学技術庁長官賞」受賞
- ・当所映像作品「遺伝子を見る」、第6回TEPIAハイテク・ビデオ・コンクール優秀作品賞受賞
- ・平成9年度基礎科学特別研究員公募について
- ・科学技術館（北の丸公園）に新しい展示装置等が誕生

## 7 ● SPOT NEWS

生物発光システムにより生体情報を読む

## 8 ● 原酒

好奇心と無常感



研究最前線より、「紫外電界発光素子」の開発  
(記事は2ページ)

# 有機—無機ハイブリッド材料を用いた新しい短波長電界発光素子を開発

大容量光メモリーの開発に道を開く

当所フォトダイナミクス研究センター（仙台市）の光反応研究チームは、東京工業大学理学部応用物理学科腰原伸也助教授と共同で、電界発光素子（EL素子）の短波長化の研究を進めてきたが、有機—無機材料による新しい「紫外電界発光素子」の開発に成功した。

本研究成果は、3月26日より開催された応用物理学会で発表されたが、紫外線領域の新しいタイプのEL素子として注目を集めた。今後、さらに短波長化を進めることにより、大容量光メモリーや光コンピュータの超高速演算処理回路のキーデバイスとなることが期待されている。

## CDや光磁気ディスクの高密度化を図る短波長EL素子

パソコンをはじめコンピュータの記憶メディアとして、大容量のCD（コンパクトディスク）や光磁気ディスクが広く利用されるようになってきた。例えば、CDはフロッピーディスク（5 1/2インチ）に対して約500倍の0.64ギガバイトもの情報量を有し、複雑な画像や動画もたっぶり記録できる。しかし、最近の情報システムの高度化にともない、さらなる大容量化が求められている。

CDや光磁気ディスクの大容量化の決め手となるのは、レコード針（ピックアップ）の役目を果たす光素子である。情報を読み書き（CDは読み出し専用）するビームを短波長化すれば、それだけ情報トラック（レコードの溝に相当）の幅や間隔の密度を高められるので記憶容量は飛躍的に増大する。現在、パソコンの記憶装置やCDプレーヤー、光ビデオディスク用として実用化されている発光素子は、ガリウム—ヒ素系、インジウム—リン系などの無機半導体を利用したレーザーダイオードで、近赤外レーザー光（波長800nm＝ナノメートル前後）を発する。最近では、1枚のCDに2時間映画をそっ

くりおさめることができる「デジタルビデオCD」や次世代高密度光磁気ディスク用として、亜鉛とセレンの化合物（ZnSe）、ガリウムと窒素の化合物（GaN）などの無機半導体を用いた波長400nm～450nm前後の青色光を発振するレーザーダイオードの開発が盛んに行われている。

しかし、無機半導体を利用する発光ダイオード（LED）やレーザーダイオードでは、“バンドギャップ”と呼ばれる結晶の物理定数（伝導帯と価電子帯のエネルギー差）によって発振する光の波長が決まってしまうので、理論的には近紫外か

ら可視光の範囲の360nm～400nmが限界とされている。しかも、加工面でも青色域までは比較的容易だが、さらなる短波長化を図るには量子細線（原子1個ずつが鎖のように精密に並ぶ線）レベルの超微細加工が必要となるなど、大面積化や量産化はきわめて困難といえる。

## 注目されなかった有機EL素子の短波長化

一方、有機化合物を発光中心として用いる有機EL（エレクトロルミネッセンス）

図1

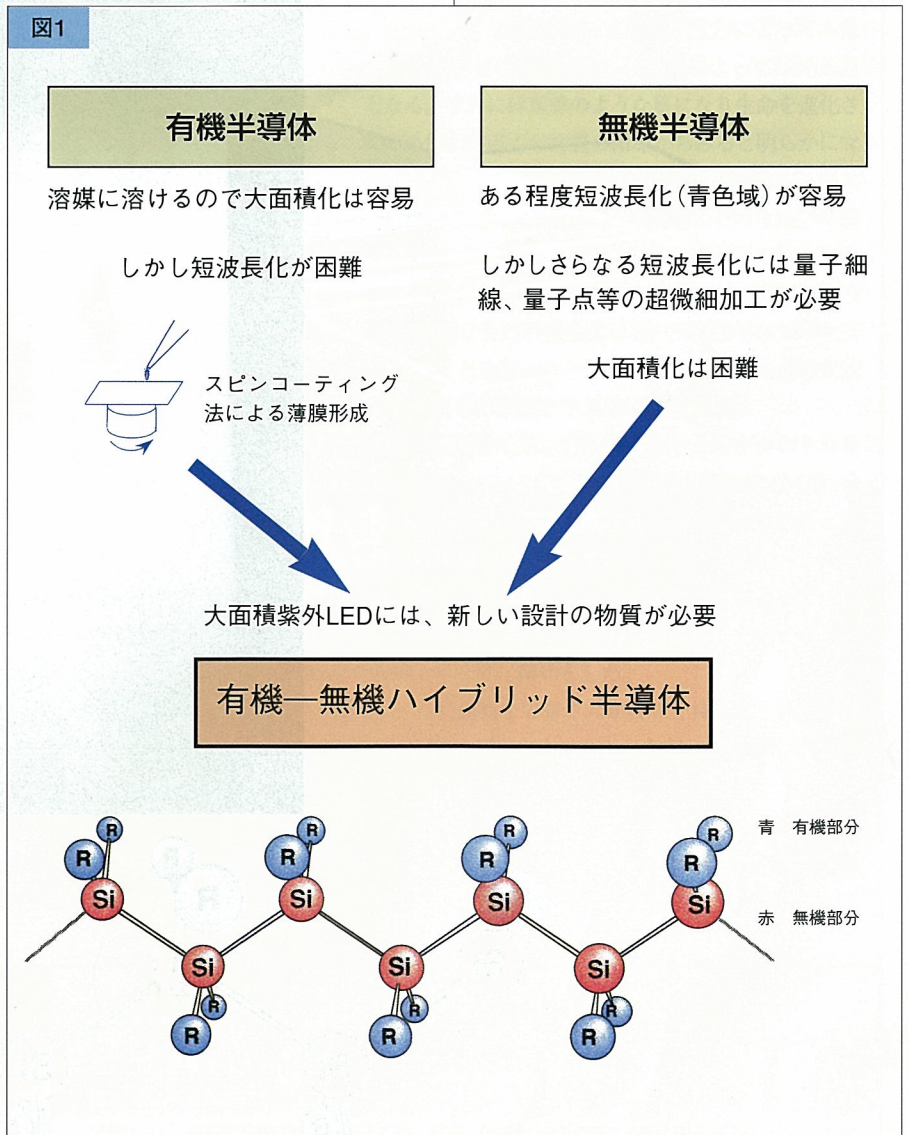
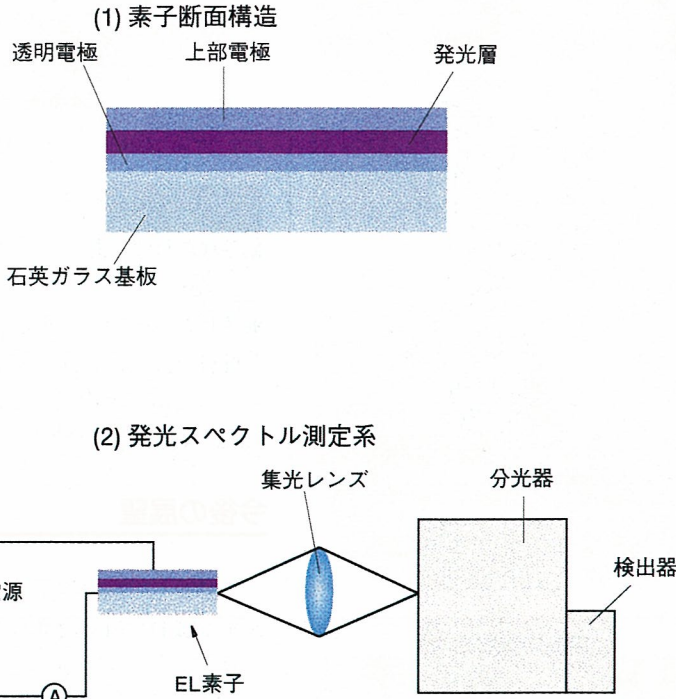


図2



素子は、有機溶媒に可溶であるので大面積化も比較的容易であり、大型のフラットパネル型カラーディスプレイへの応用が期待されている。

しかしこれまでEL素子は可視光を利用したものしかなく、短波長化は困難というのが常識であった。したがって紫外領域を発するEL素子の研究はほとんど行われることはなく、まして光メモリのピックアップ用として研究される例もなかった。

そこで、当所フォトダイナミクス研究センターの光反応研究チームは、東京工業大学理学部応用物理学科腰原伸也助教授と共同で、1995年より有機EL素子の短波長化の研究を進めることにした。

### 新しい有機-無機材料による「紫外電界発光素子」

本研究チームは、分光学的に大きなバ

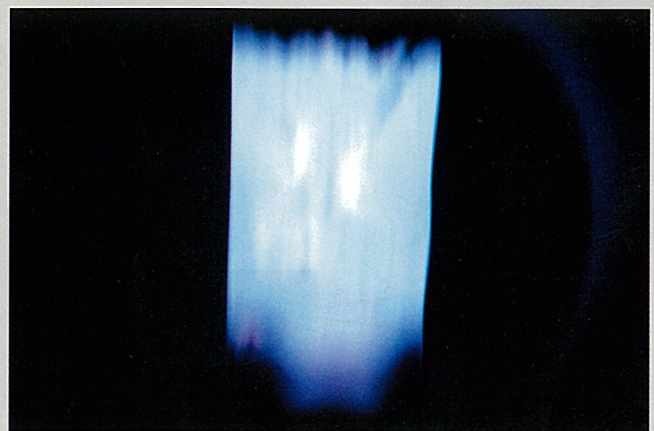
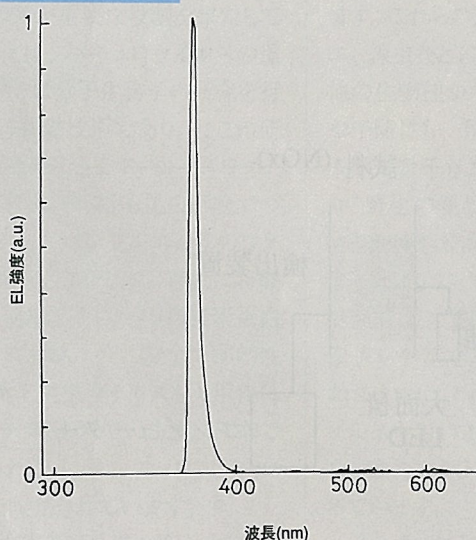
ンドギャップを有することが知られている一次元ポリシラン (4.5eV) に注目した。ポリシランとは、チェーン状につながったケイ素原子上に有機基を有する有機-無機ハイブリッドポリマーであり、このものを発光層として用いることにより、従来のEL素子に比べてはるかに短波長の光を発することが期待される。

こうして見出だされたのが、ポリ(ジヘキシルシリレン)と呼ばれる有機-無機ハイブリッド型ポリマー(ポリシラン：図1)である。このポリマーはアルゴン雰囲気下、ジヘキシルジクロロシランをナトリウムを用いて縮合させることによって得られるが、EL素子のためには高純度合成が必要であった。

この高純度ポリシランから、有機半導体で一般に行われているスピンコーティング法\*により、大面積EL素子を作製したところ(素子断面構造及び発光スペクトル測定系：図2)、絶対温度210K(摂氏マイナス60℃)以下の低温下ながら、世界で初めて紫外領域に、しかも波長純度の高いスペクトルを有する発光が確認された。(図3、写真1)

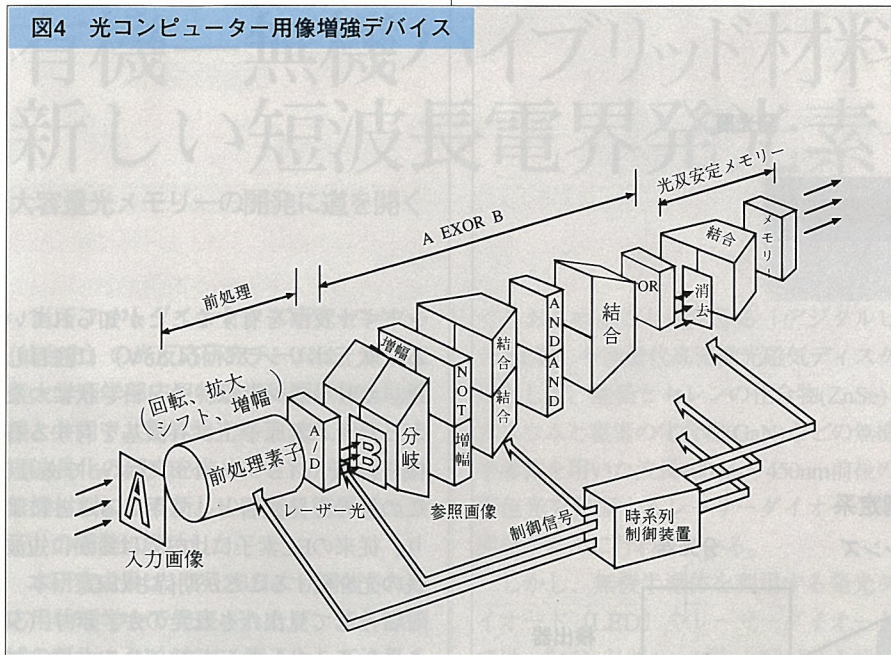
短波長電界発光素子として無機半導体を超越する性能をもつ素子であることが実

図3 ポリシランのEL発光



(写真1) 紫外用接写レンズを用いて撮影したポリシランのEL発光

図4 光コンピューター用像増強デバイス



証されたわけである。

\*スピンコーティング法…溶媒で溶かした材料を高速回転する基盤の上に滴下して、遠心力による拡散を利用して薄膜を調製する方法。

### 今後の展望

これまで、高い波長純度の紫外光を発光するLEDやEL素子はまったくなかっただけに、今回開発されたポリシランを用いたEL素子が実用化されれば、CDや光磁気ディスクの高密度化が実現される。それだけでなく、情報の受け渡しを電流のオンオフに変えて光のオンオフで行う“光コンピューター”用のデバイス（画像も瞬時に受け渡し可能な像増強デバイス（図4）や超並列処理のためのデバイス）への適用が期待される。

図5 フルカラー大面積表示装置

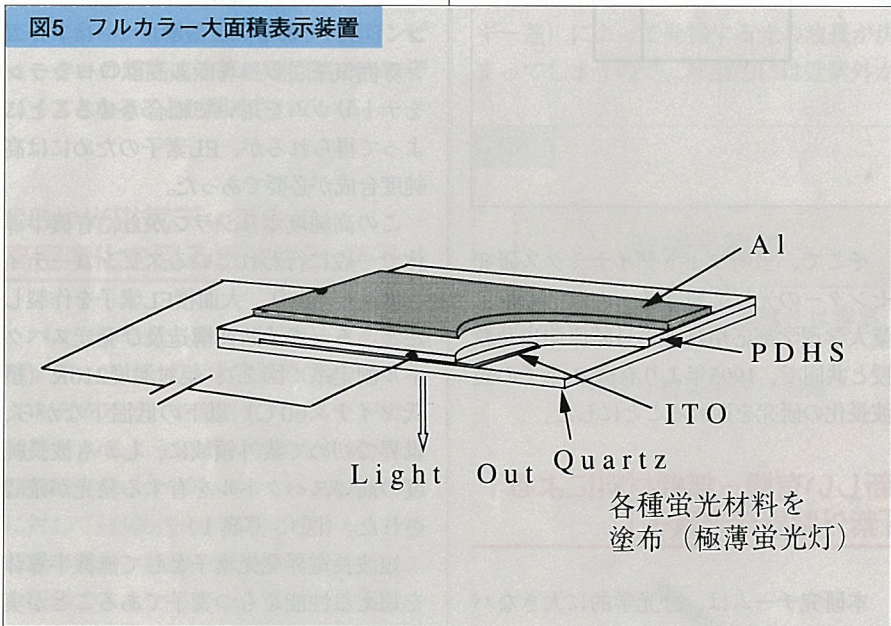
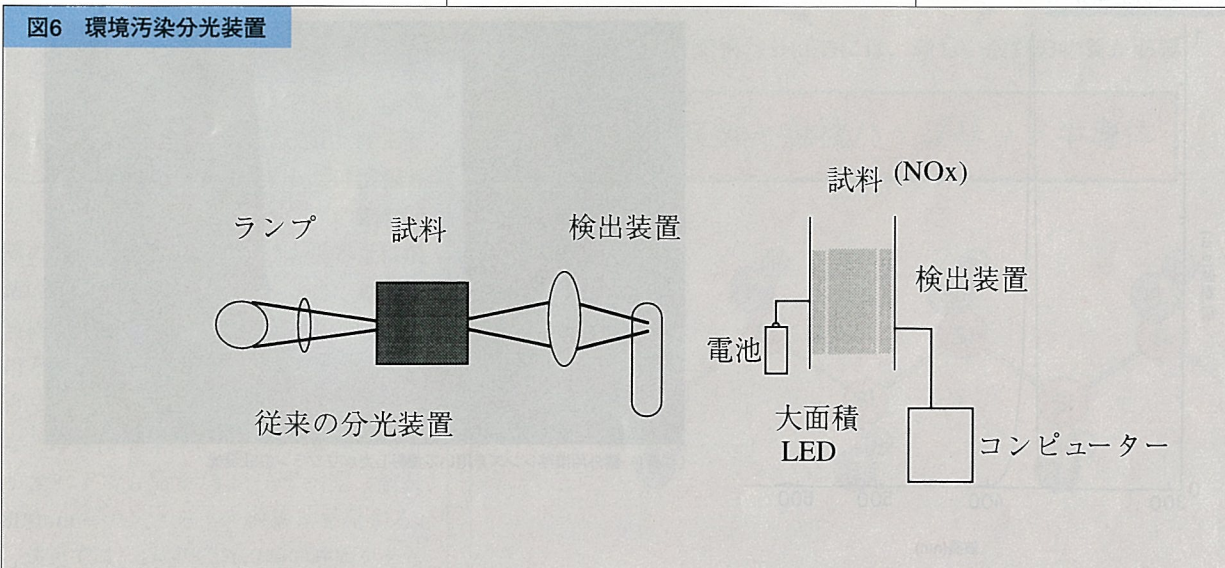


図6 環境汚染分光装置



また、本素子の発光層に用いたポリシランは他の有機E L素子材料と同様に溶媒に溶かすことができるので、簡単な方法で大面積の薄膜を作ることができる。したがって大面積表示装置(図5)への応用も可能である。



電界発光の測定に用いる機器

その他、環境汚染分析装置の光源(図6)など、これまでにない新しい応用分野が広がるものと期待される。

なお、今回開発した物質は、200K(摂氏マイナス70℃)以上になると物質に構造転移が起きて性能が損なわれるため、本研究チームでは、今後は、室温でも安定的に発光する物質の探索をコンピューターシミュレーションと合成設計の両面から行い、実用化に向けて、本素子の研究開発をさらに進めていく予定である。

文責：総務部広報室

監修：フォトダイナミクス研究センター  
光反応研究チーム  
吉良満夫チームリーダー



## TOPICS

### 新主任研究員紹介

昆虫生態制御研究室

主任研究員 前田 進

この4月より着任しました研究室は“昆虫生態制御研究室”という名前ですが、今後は、分子昆虫学を主体とした研究を進めようと思っています。分子は“molecular biology”、すなわち、分子生物学の意味で、昆虫を用いて分子生物学の研究をするという意味です。私の過去の研究歴からしますと昆虫ウイルス学というのが最も当てはまっていると思います。ウイルスとか昆虫とかというと、何となく良いイメージがわかないかもしれませんが、しかし、最近の生物学、特に分子生物学における基礎的、応用的な分野では昆虫と昆虫ウイルスが重要な役割を果たしてきました。たとえば、バキュロウイルスの遺伝子発現ベクターは分子生物学の研究を行うために必須の基礎技術であり、どこの研究室でも見ることができます。エイズワクチンの最初の人体へのテストも昆虫細胞で作られたものですし、インフルエンザのワクチンも市場化が近いようです。害虫に特異的に効果のある遺伝子(サソリの毒素蛋白質遺伝子など)を挿入した、安全で即効性のある、組み換え昆虫ウイルスも実用化に向けて野外でテストされています。日本でもカイコで作られたインターフェロンがネコのカゼ薬として販売されています。

昆虫は全生物種の半分以上を占めるとも

いわれ、地球上のいたるところで見つけることができます。ヒトは脳を大きくし、寿命を延ばし、少ない子供を大切に育てるという方向で進化してきました。昆虫は、小さな体に、小さな脳を持ち、多数の子孫を生み、短期間で成長するという、人類とは全く異なった方向に進化してきました。このように構造も遺伝子もヒトと比べると比較的単純な昆虫をじっくりと見て(研究して)みると、ヒトと共通点の多いことにも感心させられます。たとえば、形態形成に絡んだ遺伝子は最初、昆虫で分離、解析されてきましたが、ヒトなどの脊椎動物でも同じような遺伝子が見つかり、似たような機構で体が作られることがわかりました。また、昆虫ウイルスのゲノムには、アポトーシスと呼ばれる細胞死を阻止する遺伝子が見つかります。これらの遺伝子はヒト、ショウジョウバエ、線虫などにも働き、同じような遺伝子が他の生物種からも見つかり、ガン化の解明や予防にも一役かっています。一方、蚕は人類が数千年かけて“作った”生物種であり、野生の蚕と交配実験などから、餌を探すとか擬態をするという行動が、一つの遺伝子によりコントロールされていることも推察できました。昆虫を用いて行動に関する遺伝子レベルでの解析も可能となるものと思われれます。このような方法で、昆虫と昆虫ウイルスを用いることにより、今まで解明できなかったような生命現象を追及したいと思っています。

これまでに私は日本の大学、アメリカの企

業、アメリカの大学で、二十年近く勤めてきました。このような異なった環境で、研究以外にも多くのことを学んできました。理化学研究所をはじめとして日本での研究環境は世界でも最も素晴らしいものであることは皆の認めるところですし、理研で研究のできることを非常にうれしく、また、名誉に思っています。ただ、アメリカにいて痛切に感じたのは、ソビエト、中国、中近東をはじめ、日本以外の国からは論文や研究費の審査を週に一度は頼まれ、どこでだれが何をしようとしているのが手にとるようにわかりましたが、日本からはこのような情報は全くきませんでした。このような状況から、私個人としては単に素晴らしい研究をするだけでなく、今後ともカリフォルニア大学の職も兼務し、理研と海外との情報の交流にも努めたいと思います。



## 牧野内主任研究員、「科学技術庁長官賞」受賞

このたび、素材材工学研究室の牧野内昭武主任研究員が、平成8年度の「科学技術庁長官賞（研究功績者表彰）」を受賞しました。

今回の受賞は「仮想生産システムのた

めの非線形有限要素法ソフトウェア研究開発」が、社会・経済に大きく貢献する研究業績として評価されたものです。その研究内容の一部は、本誌'96年2月号No.176の研究最前線でも紹介しています。

同賞は、科学技術庁が科学技術の功績や研究成果の優れた人々に贈るもので、科学技術週間の関連行事として実施しています。



## 当所映像作品「遺伝子をみる」、第6回 TEPIA ハイテク・ビデオ・コンクール優秀作品賞受賞

当所が企画した映像作品「遺伝子をみる」(東京文映(株)制作)が、'96年第6回TEPIAハイテク・ビデオ・コンクールで優秀作品賞を受賞しました。

このコンクールは、ハイテク関連ソフトの質的向上をはかることを目的として、TEPIAライブラリーが昨年1年間に収集した200の映像作品を対象に同ライブラリーを運

営する(財)機械産業記念事業財団が主催したものです。

今回の受賞は、企画構成力・映像表現力などが総合的に審査され、先端科学・技術をやさしく理解できることも評価されて優秀作品として認められたものです。



## 平成9年度基礎科学特別研究員公募について

当所では、日本の基礎研究を強力に推進するため、毎年、基礎科学特別研究員を募集しています。

本年度は、採用枠も広がり、斬新な研究課題を自主的に遂行できる、夢と意欲のある若い研究者を期待しています。募集要項は以下の通りです。

●採用予定人員：70名程度

●募集分野：物理学、化学、生物科学、医科学、工学の各分野で、理化学研究所で実施可能な研究。

●対象者：平成9年4月1日現在35歳未満の健康な者で、博士号取得者又はこれと同等の研究能力を有すると認められる者。日本国に永住権を有さない外国人にあつては、上記に加え、応募日現在で日本国に在住している者であつて、日本国の大学院博士課程を修了(見込を含む)し、博士号を取得(見込を含む)の者。

●応募締切日：平成8年6月5日(水)。

応募の意向のある方、詳細を知りたい方は平成8年5月22日(水)までに下記にお問い合わせ下さい。

理化学研究所 研究業務部  
基礎科学特別研究員制度推進室  
〒351-01 埼玉県和光市広沢2番1号  
電話 048-467-9268 FAX 048-462-4608  
E-mail address : wakate@postman.riken.go.jp

## 科学技術館(北の丸公園)に新しい展示装置等が誕生

当所の研究成果普及事業の一環として、(財)日本科学技術振興財団に委託して製作していた展示装置等が完成しました。4月21日(日)、科学技術館の5階および4階の一部に新展示室がオープンします。このコーナーは[FOREST]と呼ぶことにしました。教育・科学・技術・芸術の再結集を図り、「遊び、創造、発見のフォレス

ト(森)」を作り出すことを目指しています。是非ご覧になってください。



## 生物発光システムにより生体情報を読む

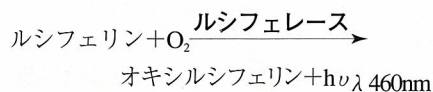
日本人にとって最も馴染み深い昆虫の一つである蛍や日本特有のホタルイカなど、私達の身近にはたくさんの発光生物がいる。何故、発光生物だけが光を発するのであろうか。それは種によって異なるが、大別すると、

- 1) 個体間の交信のため
- 2) 生体防衛としての威嚇やめくらましのため
- 3) 進化上の名残

などと考えられている。さて、発光生物は広く自然界に存在、発光バクテリアからアポゴン等の魚類へと多岐多様にわたっている。生物の発光はルシフェリン(基質)・ルシフェラーゼ(酵素)反応と呼ばれる酵素反応であり、ルシフェリンの酸化に伴う、光エネルギー変換反応である。この光は熱の発生を伴わない、いわゆる冷光であり、地球上で最も高効率の光エネルギー変換反応である。私は、生物発光の分子メカニズムを解明して、生体等における新しいバイオセンサーやバイオフォトマーカー等に応用することを目指し、研究している。以下に、ウミホタル発光系を用いて、一個の細胞における蛋白質の分泌過程を視覚的にとらえることが出来たので、紹介する。

日本近海特産のウミホタル *Cypridina higerdorfii* は太平洋沿岸に広く生息する体長数ミリの発光性介形類であり、主とし

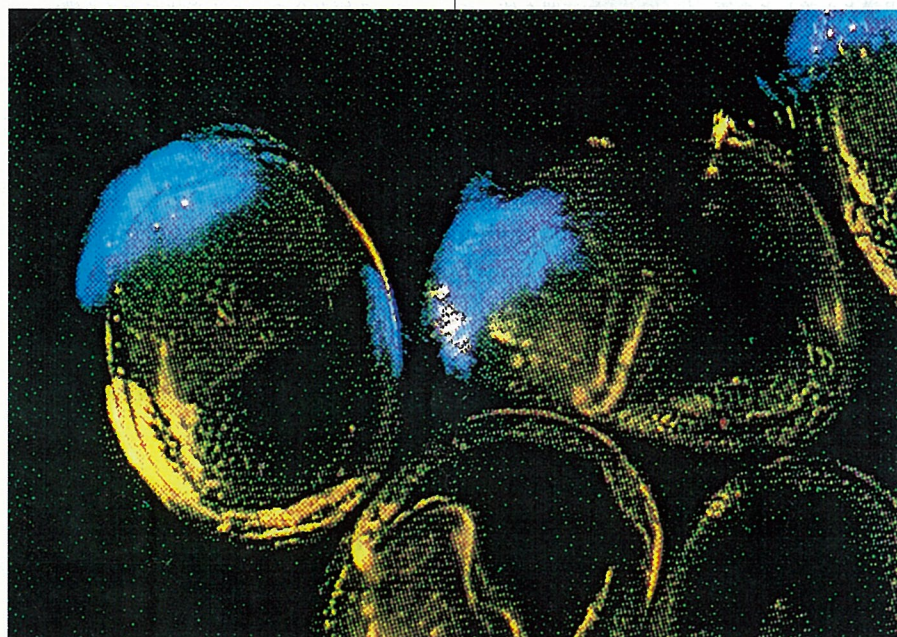
て深さ1-3m位のところに生息している。敵に襲われた時などに、発光液を海水に放出し、直径30-50cmの光の煙幕を張って逃走することが知られている(写真1)。ウミホタルの青白色の発光色はルシフェリン、ルシフェラーゼと水による反応であり、補因子を必要としない極めて簡単な発光系である(他の発光生物、例えばホタルではATPやMg<sup>2+</sup>を発光クラゲではCa<sup>2+</sup>を補因子として必要とする)。



イミダゾピラジノン骨格を持つウミホタルルシフェリンは、ジオキセタン中間体を経てオキシルシフェリンとなり発光するが、アミノ酸残基555個から成る分子量62kDaの糖蛋白質がルシフェラーゼとして発光反応を触媒している。ところで、ウミホタルルシフェラーゼは分泌シグナルを持つという、他のルシフェラーゼとは異なるユニークな特徴を持っている。つまり、細胞内で作られたウミホタルルシフェラーゼは細胞外に分泌されるのである。この特徴により、哺乳類細胞におけるレポーター遺伝子としてウミホタルルシフェラーゼを使用した場合、単に培養液にルシフェリン(基質)を加えるだけで、目的の遺伝子の発現量を定量することができる。この特徴を更に生かすため、ウミホタルルシフェラーゼ遺伝子導入哺乳類細胞におけるルシフェラーゼ分

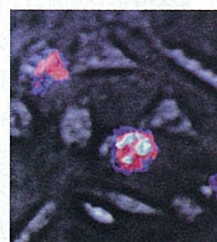
泌に伴う発光をイメージングシステムによって捉え、蛋白質の分泌過程をリアルタイムで解析することにした。具体的には、ウミホタルルシフェラーゼ遺伝子を導入したチャイニーズハムスター卵巣由来CHO細胞を作成、本細胞の生物発光シグナルを光子カウンティング方式によりイメージング化した。本細胞を顕微鏡下、その培養液にルシフェリンを加え観察したところ、細胞表面からルシフェラーゼが分泌される様子が観察された。この発光はルシフェラーゼ抗体により抑制されることから、ウミホタルルシフェラーゼ蛋白質の分泌に伴う発光であることが確認できた。さらに蛋白質分泌過程を種々の条件下で観察したところ、通常の細胞では特定の部位より、栄養欠乏下で培養した細胞では不特定と考えられる多数の部位より蛋白質が分泌されることが明らかになった(写真2)。また、蛋白質分泌阻害剤であるプレフェルジンAの効果が一瞬に起こることを画像上の細胞でリアルタイムに観察した。このように、ウミホタル発光系を用いて、蛋白質の分泌過程をリアルタイム且つ定量的に二次元画像として得る事ができたわけである。生物発光機構が解明された例は非常に少ないが、発光現象がもたらす恩恵は確実に生命科学の分野に反映している。更に、未知の生物発光系に挑戦し、自然からの新しい贈り物を手にしたいものである。

光合成科学研究室  
元協力研究員 近江谷克裕

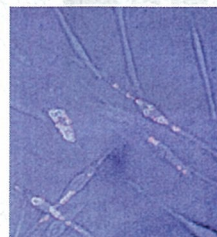


(写真1) 発光するウミホタル

(写真2) ルシフェラーゼ分泌過程の可視化



栄養豊富細胞



栄養欠乏細胞

ウミホタルルシフェラーゼ遺伝子導入細胞の発光、ウミホタルルシフェラーゼの分泌過程の可視化(栄養豊富細胞、栄養欠乏細胞)



# 好奇心と無常感



筆者近影

高校生を聴衆として物理の話をする機会があった。話の始まりは今年の正月2日、20年ぶりに開かれた高校の同窓会だった。高校の教員を経て大分県教育委員会に勤務するごく親しい友人と話すうち、最近時々語られる「若者の理科ばなれ」のことが話題に上った。話の流れで高校生の前で理科(自然科学)の面白さ、楽しさを自分なりに喋ってみようかということになり、友人がコネを付けてくれ、高校の時教えを受けた先生が現在校長をなさっている杵築高校(阿部義隆校長、生物)と大分舞鶴高校(首藤安男校長、国語：今年3月でご退職)で話をするようになった。

話をするようになったものの具体的に何を喋っているのか慎重な考えのあったわけではない。そこで話のネタにと理科が好きで好きでしやがなかつた小学校、中学校、高校のころ(もちろん今でもそうだが)のことを思い出し、何で自分が理科(物理の研究)を職業とするようになったのかをあらためて考えてみた。すると好奇心と無常観というあまり関係あるとも言えない2つの言葉にたどりつく。今思うと高校の時に好奇心に関係する理科と無常観に関係する国語科を教わった先生の所で話をさせてもらったことに不思議な因縁を感じている。

好奇心は、自分と外界(宇宙)を認識しベターな環境を作ろうとするすべての生き物の本性だと思う。子供のころから好奇心の対象がたくさんあった。アサリの貝殻の美しい模様、それが浜から見た山と松原を写しているように見える不思議さ、ビー玉の美しさ、桜の花の美しさ、シャボン玉、虹、夕日の美しさ、アサガオの花の絞り汁の色が酢や灰汁を加えることによって変わること不思議さ、カセイソーダを使って作ったヒイラギモクセイの葉脈の美しさ、蜘蛛が巣を架ける様子の不思議さ、作りたての梅酒の青梅と氷砂糖の色の美しさ、花をつけた竹の美しさとその後竹林が枯れてしまった不思議さ、色々な楽器の音色の美しさ、あらゆる食べ物の美味しさ、女性の美しさ等。そして人間も含めた自然の不思議さや美しさの原因を知りたいと子供なりに思った。

高校の物理の授業で気体の分子運動論を習い、「圧力」というマクロな量が多数の分子の衝突で説明されるのを知ったときにすっかり物理が好きになった。惑星や月の運動を記述するのと同じ運動方程式で気体の圧力が説明されることに普遍的な法則が存在するという希望を見たように思ってしまった。時間、空間、素粒子と



いったお定まりの啓蒙書を読み、ますます好奇心の世界にはまり込んでいった。

一方でいつの頃からか儂いものに対していとしいと思う気持ちがあった。昔から平家物語など無常観をテーマにした古典文学が好きだった。今は痴呆の激しくなった祖母だが元気な頃は筑前琵琶の弾手で、子供の頃に弾き語りに聞かされた平曲が耳に残っていたせいでもある。ある種日本人に典型的な美意識だが、儂いからこそこの瞬間を愛するという意識が自分の中にもあるのを感じる。散っていく桜、すぐに消えていく虹、刻々と様子を変える夕焼け、年取ってゆく人間、変化してゆくものに美しさといとしさを感じた。

最も壮大な無常を知ったのは宇宙の歴史を勉強した時である。宇宙にも創まりがあり、星にも一生がある。元素が宇宙の進化とともに合成され、それを構成要素としてやがてある小さな輝かない星、例えば地球の上に生命が誕生する。生命は常に進化し、やがて絶滅する。地球も太陽の寿命が終わるころには蒸発し、地球上の元素は宇宙空間にばらまかれ、重力によってふたたびどこかに凝集し、場合によっては光る星となる。まれには地球のような星になり生命を進化させる。星の進化と宇宙での物質の循環からみると明らかにマイナーな小さな輝かない星にだけ生命の誕生の可能性がある。なんという宇宙の無常の壮大さ、それに比べ、またなんという生命の儂さだろう。それを知ってすべての生命に対するより一層のいとしさを覚えた。また、そんな儂い生命の一員である人間が、観察と実験と考察によって宇宙の姿をまだ不完全にしる一定の厳格さで想い描くことができる。このことを知ったとき、人間の認識する力のすばらしさに感動して自然科学の研究をやりたいと思った。

あらゆる自然科学に興味がある。が、現在リングサイクロトロンという加速器を使って行っている短寿命の(ある意味でごく儂い)原子核の研究も宇宙の歴史の一部を理解する一助になっていると思って、徹夜の実験も結構楽しんでやっている。

以上のような思いをもとに高校生に語って来た。私にとっては貴重な体験だった。話の最後に私の好きな月から撮影したばかりと宙に浮かぶ地球の写真を示して、締めとした。

私の話を聞いてくれた高校生の皆さんが興味を持ってくれたか自信はない。かえって理科を嫌いにならなかったかと心配もしている。

サイクロトロン研究室  
先任研究員 森田浩介

サイクロトロン研究室  
先任研究員 森田浩介

## 編集後記

本誌TOPICSのコーナーでもご紹介しましたように、北の丸公園内の科学技術館に新展示室がオープンします。子供から大人まで楽しめる内容となっていますので、ゴールデンウィークにでも、ぜひ一度お出かけ下さい。

## 理研ニュース No.178 April 1996

発行日：平成8年4月15日

編集発行：理化学研究所総務部広報室

〒351-01 埼玉県和光市広沢2番1号 電話(048)467-9272(ダイヤルイン)

制作協力：株式会社エフピーアイ・コミュニケーションズ