

熱発光を示す励起ビラジカルの発見と「有機ラジカルEL」の開拓

池田 浩 Hiroshi Ikeda

大阪府立大学 大学院工学研究科 物質・化学系専攻 応用化学分野 准教授

最近われわれは、偶然にも励起ビラジカルの熱発光現象を見出し、さらにこれを有機エレクトロルミネッセンス (EL) に応用することに成功した。この有機EL素子は、①長波長発光の簡易実現、②内部量子効率の飛躍的増大、③耐久性向上のための新機構、という3点の特徴をもつ。これらは従来型有機ELの諸問題を解決しうる新概念であることから、われわれはこれを「有機ラジカルEL」と名づけた。ここで紹介する熱発光、有機ラジカルELの原点は、光誘起電子移動反応にあり、逆電子移動 (あるいは電荷再結合) を基礎としているのが共通の特徴である。

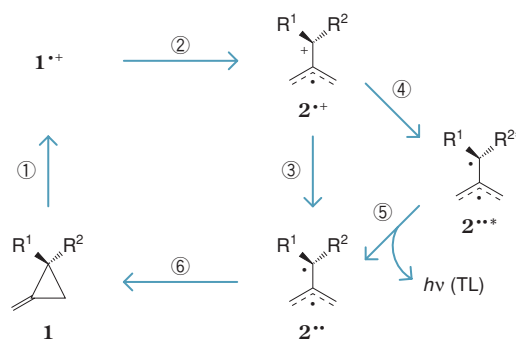
1 はじめに¹⁾

有機ラジカルは一般に反応中間体として知られる化学種で、たとえば炭素-炭素単結合の均等開裂やカルボカチオンの還元、あるいはカルボアニオンの酸化で生成する。また、1分子内にラジカルサイトが2つある化学種は、「ビラジカル」と呼ばれ、熱および光転位反応における中間体としても認識されている。有機ラジカルは、長年、その特異な電子構造や分子構造がもたらす高い反応性や基礎的物性に興味もたれてきた。しかし、最近では有機ラジカル電池や色素増感太陽電池など、有機ラジカルを応用したデバイス研究が注目されている。

一方、最近われわれは、2,2-ジアリールメチレンシクロプロパン (**1**, 図1) から誘導される励起トリメチレンメタン (TMM) ビラジカル (**2^{••}**) の熱発光

(thermoluminescence, TL)²⁾⁵⁾ を偶然に見出したことから⁶⁾、有機ELの研究に足を踏み入れた。われわれの有機EL素子は、①長波長発光の簡易実現、

②内部量子効率の飛躍的増大、③耐久性向上のための新機構、という3つの特徴をもつ。これらは従来型有機EL素子の諸問題を解決しうる新概念であ



a: $R_1 = R_2 = \text{An}$ (4-MeOC₆H₄), b: $R_1 = R_2 = \text{Ph}$ (C₆H₅),
c: $R_1 = \text{Ph}$, $R_2 = \text{CH}_3$, d: $R_1 = \text{Ph}$, $R_2 = 2\text{-naphthyl}$.

光誘起電子移動反応: ① 光照射, 増感剤, 電子移動, ② 開環, ③ 逆電子移動, 増感剤ラジカルアニオン, ⑥ 閉環
γ線誘起発光: ① γ線照射, 電荷分離, ② 開環, ④ 電荷再結合, ラジカルアニオン, ⑤ 発光, ⑥ 閉環
有機ラジカルEL: ① 電圧印加, 電荷分離, ② 開環, ④ 電荷注入, 電荷再結合, ⑤ 発光, ⑥ 閉環

図1 メチレンシクロプロパン (**1**) の光誘起電子移動反応、γ線誘起熱発光および有機ラジカルELにおける反応機構の相違点

ることから、われわれはこの有機EL素子を「有機ラジカルEL」と名づけた。実はメチレンシクロプロパン**1**の熱発光、有機ラジカルELの原点は光誘起電子移動反応⁷⁾⁸⁾にあり、いずれも逆電子移動（あるいは電荷再結合）を基礎としている。そこで、本レビューでは、それらを順に概説していく。

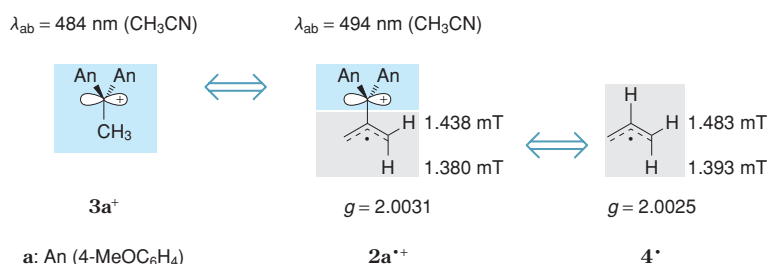


図2 TMM型ラジカルカチオン ($2a^{\bullet+}$) およびその部分構造の吸収波長とESRパラメータ (g 値, 超微細結合定数) の比較

2 光誘起電子移動反応

光誘起電子移動反応とは一般に電子受容性の増感剤を光励起し、生じた励起増感剤と電子供与性基質との（前向き）一電子移動で開始される反応である。狭義では、単にこの一電子移動過程や、その逆反応である逆電子移動過程までを指し、広義ではこれによって誘起される物質変換反応全体を指す。本レビューで主役となる2,2-ビス（4-メトキシフェニル）メチレンシクロプロパン (**1a**) の縮退転位の場合は後者の例である。その機構⁹⁾は図1に示すように、光励起された増感剤と**1a**との電子移動により、まずラジカルカチオン $1a^{\bullet+}$ が生成する。次に速やかな開環反応よりTMM型中間体 ($2a^{\bullet+}$) が生成する。中間体 $2a^{\bullet+}$ は増感剤ラジカルアニオンとの逆電子移動によりピラジカル $2a^{\bullet\bullet}$ に変換され、最後に速やかな閉環反応により**1a**を再生する。われわれはこの機構を「ラジカルカチオン開環-ピラジカル閉環機構」と名づけた。

反応の鍵は、電子移動反応でありながら中間体としてラジカルカチオン $2a^{\bullet+}$ のみならずピラジカル $2a^{\bullet\bullet}$ が存在し、 $2a^{\bullet+}$ が逆電子移動過程で $2a^{\bullet\bullet}$ に変換されていることである。中間体の存在の実証と構造の解析は、酸素あ

るいはテトラシアノエチレンを用いた中間体の捕捉実験などの有機化学的手法と、化学誘起動的核分極 (CIDNP) 法、レーザーフラッシュフォトリスに伴うナノ秒時間分解過渡吸収分光法および電子スピン共鳴 (ESR) 法、あるいは密度汎関数理論 (DFT) 計算などの物理化学的手法の両者をもってなされた。

たとえば、 $2a^{\bullet+}$ の過渡吸収はアセトニトリル中 $\lambda_{ab} = 494$ nm に観測され、それは部分骨格であるビス（4-メトキシフェニル）エチルカチオン ($3a^+$) の吸収 $\lambda_{ab} = 484$ nm と酷似していた (図2)。また、 $2a^{\bullet+}$ の ESR ではアリルラジカル部のメチレン水素の超微細結合定数 ($\alpha_H = 1.380, 1.438$ mT) が、部分骨格である母体アリルラジカル (4^{\bullet}) のそれら ($\alpha_H = 1.393,$

1.483 mT) とほぼ同じであった。これらの実験事実は、 $2a^{\bullet+}$ の構造が母体TMM (図3) から類推される平面構造とはまったく異なることを示している。すなわち、ジアリールメチルカチオン部とアリルラジカル部の間には電子的な相互作用がほとんどなく、 $2a^{\bullet+}$ の構造は極端に捻れている (図3)。DFT 計算 (UB3LYP/cc-pVDZ) から、捻れ角が $\theta = 48.8^\circ$ と算出された⁹⁾。すなわち、分子構造としては大きな捻れ構造、電子構造としては局在型構造が強く示唆された。

同様に $2a^{\bullet\bullet}$ についても捻れ構造と局在型構造が示唆された。たとえば、 $2a^{\bullet\bullet}$ の過渡吸収はアセトニトリル中 $\lambda_{ab} = 350$ nm に観測され、それは部分骨格であるビス（4-メトキシフェニル）エチルラジカル ($3a^{\bullet}$) の吸収 $\lambda_{ab} =$

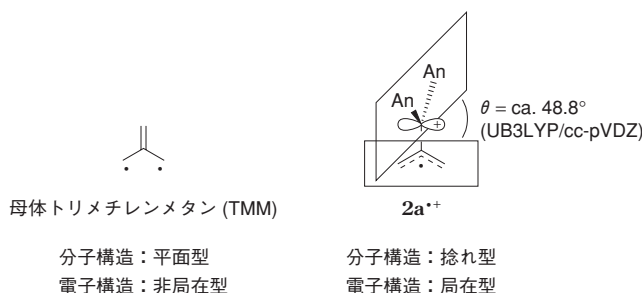


図3 母体TMMの平面型分子構造と非局在型電子構造（左）とTMM型ラジカルカチオン ($2a^{\bullet+}$) の捻れ型分子構造と局在型電子構造（右）

350 nmと酷似していた。また、**2a^{••}**のESRではゼロ磁場分裂パラメータ ($|D/hc| = 0.0116 \text{ cm}^{-1}$) が、平面構造をとる母体TMMのそれ ($|D/hc| = 0.024 \text{ cm}^{-1}$) と比較して小さい値であった。これらの実験事実は、**2a^{••}**のジアリールメチルラジカル部とアリルラジカル部の相互作用がかなり小さく、**2a^{••}**が捻れた分子構造と局在化した電子構造をとっていることを示唆する。また、ESRのCurieプロット解析から**2a^{••}**は基底三重項であることが示唆された。

ラジカルカチオンがビラジカルに変換される系で、両者がさまざまな物理化学的手法で多角的に検証されるのは本系が初めてである。さらに本系では、問題の逆電子移動過程の自由エネルギー変化 (ΔG_{bet}) についても光音響熱測定法の結果なども考慮して評価し、9,10-ジシアノアントラセン増感の場合には約-21 kcal/molであることを示した。すなわち、逆電子移動過程は発エルゴン反応であり、その速度定数 k_{bet} を、

$$k_{\text{bet}} = \left(\frac{4\pi^3}{h^2 \lambda_s k_B T} \right)^{1/2} |V|^2 \sum_{\omega=0}^{\infty} \left(\frac{e^{-S} S^\omega}{\omega!} \right) \exp \left\{ - \frac{(\lambda_s + \Delta G_{\text{bet}} + \omega h\nu)^2}{4 \lambda_s k_B T} \right\}$$

$$S = \lambda_s / h\nu$$

k_{bet} : 逆電子移動速度定数	T : 絶対温度
h : プランク定数	V : マトリックスエレメント
λ_s : 内圏 (溶媒) 再配向エネルギー	λ_s : 外圏 (振動) 再配向エネルギー
k_B : ボルツマン定数	ΔG_{bet} : 逆電子移動過程の自由エネルギー変化

図4 逆電子移動速度定数 k_{bet} を評価する Miller の式

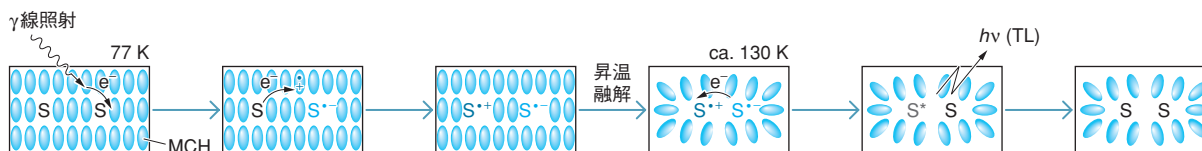


図5 基質 (1) を含むメチルシクロヘキサン (MCH) の低温マトリックスへの γ 線照射と、それに続くマトリックス融解によって誘起される熱発光のモデル図

Marcus理論を用いたMillerの式 (図4) から $1.0 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$ と推定した。これらにより、逆電子移動は効率よく、しかも高速で起きていることが確実となった。

3 熱発光

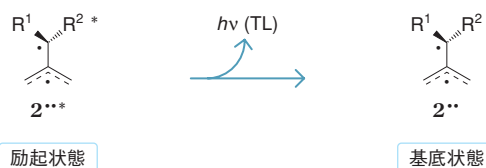
3.1 熱発光の原理

熱発光とは、加熱あるいは自然昇温によって誘起される発光現象である²⁵⁾。化学における熱発光の典型例は、サンプルを含む低温マトリックスに γ 線を照射し、それを昇温したときに見られる発光である (図5)。この場合、 γ 線照射により有機ラジカルカチオンとラジカルアニオンが同時に、しかも等量生成する。次に昇温するとマトリックスが緩み、これらラジカルイオンが拡散し始めて逆電子移動 (電荷再結合) を起こす。これにより励起種が発生し、それが基底状態に失活するときに発光する。

3.2 メチレンシクロプロパンの熱発光

2,2-ジフェニルメチレンシクロプロパン (**1b**) の熱発光²⁾について説明しよう。まず、MCHを溶媒とし、スプライン製製の平型脱気セルを用いて**1b**のマトリックスを液体窒素温度77 Kで調製した。次に⁶⁰Coを線源として、このマトリックスに液体窒素中で γ 線照射した。その結果、紫外可視吸収スペクトルでは、440 nmおよび500 nmにそれぞれ**2b^{•+}**と**2b^{•-}**に帰属される吸収が観測された。最後に液体窒素からセルを抜き出すことによって、マトリックスを昇温すると図6 (中央) に示す緑色の熱発光 ($\lambda_{\text{fl}} = 501, 533 \text{ nm}$) が観測された。これは種々の検討、特に励起1,1-ジフェニルエチルラジカルの光励起発光 (**3b^{••}**; 図7, $\lambda_{\text{pl}} = 522, 551 \text{ nm}$)と比較して、励起三重項TMMビラジカル (**3b^{•••}**) が基底三重項状態に失活する際の蛍光発光と帰属された (図1)。なお、フェニル・メチル体 (**1c**) では青の、フェニル・2-ナフチル体 (**1d**) では赤の発光が観測され、**1b**と併せて基本三原色の発光観測に成功した (図6)。

興味深いことに、ラジカルカチオンのみを選択的に与える *n*-ブチルクロライドに溶媒を変えると、**2b^{•+}**の吸収は観測されるが、昇温しても熱発光は観測されない^{10a)}。また、ラジカルアニオンのみを選択的に与えるメチルテトラヒドロフランを用いたときは



b: R₁ = R₂ = Ph (C₆H₅), c: R₁ = Ph, R₂ = CH₃, d: R₁ = Ph, R₂ = 2-naphthyl.

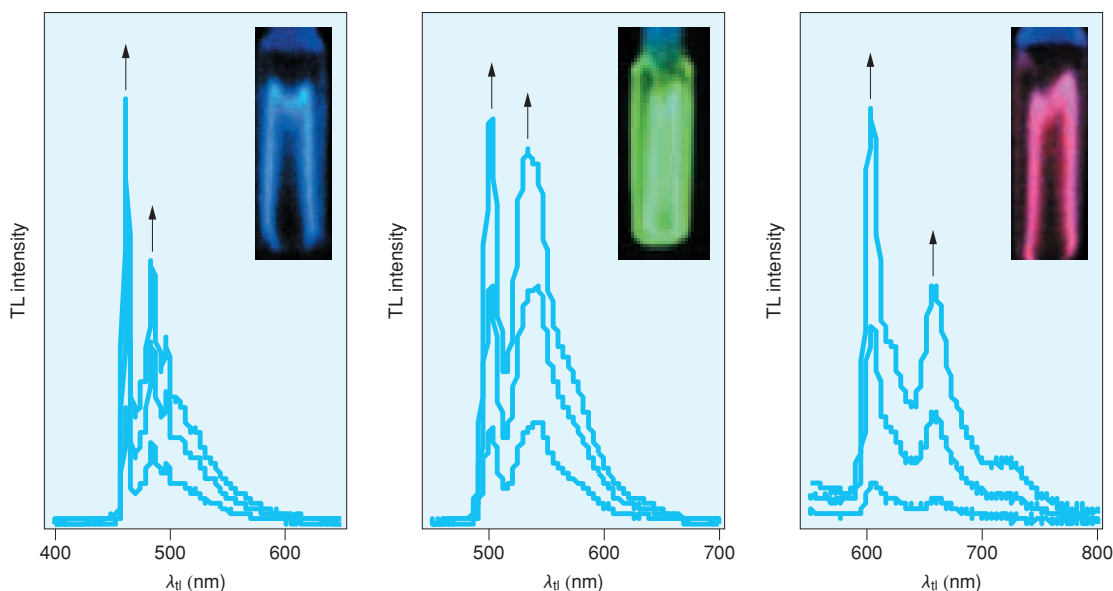


図6 1b(中央), 1c(左), および1d(右)のMCHマトリックスのγ線誘起熱発光

2b^{••}の吸収は観測されるが、熱発光はまったく起きない^{10b)}。これらの実験事実、熱発光にはラジカルカチオンとラジカルアニオンの両者が必要不可欠であることを示している。本系の場合、ラジカルカチオンとしては1b^{•+}と2b^{•+}、ラジカルアニオンとしては1b^{•-}と2b^{•-}が生成していると考えられ、その組合せから4通りのラジカルイオンペア(1b^{•+}, 1b^{•-}), (1b^{•+}, 2b^{•-}), (2b^{•+}, 1b^{•-}), (2b^{•+}, 2b^{•-})が考えられる。エネルギー論的考察から、このうち、前者3組は電荷再結合により2b^{••}を発生できるが、最後の組だけはその発生過程が吸エルゴニックで2b^{••}を発生できず、発光に寄与しないことが明らかとなった。

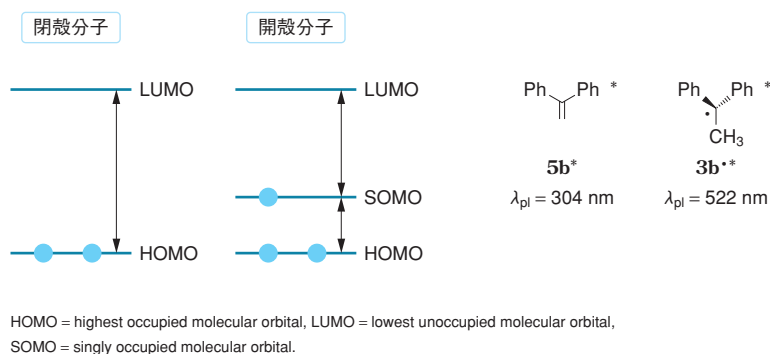


図7 閉殻種および開殻種の電子遷移の概念図とその一例

4 有機ラジカルEL

4.1 熱発光と有機ELの共通点

上述の熱発光現象は、ラジカルカチオンとラジカルアニオンの電荷再結合

で生成した励起種からの発光である。したがって、正孔と電子の電荷再結合で生ずる励起子からの発光を利用する有機ELと機構上、密接に関連している。大きな違いは、ラジカルカチオン(正

表1 光誘起電子移動反応、熱反応および有機ELの相違点

種別	温度領域	媒体	イオン化の方法	イオン化で生成する化学種の呼称	逆電子移動（電荷再結合）の相手	逆電子移動（電荷再結合）で生成する化学種あるいは状態の呼称	発光
光誘起電子移動反応	室温	溶液	励起増感剤との電子移動	ラジカルカチオン	増感剤のラジカルアニオン	基底状態	発光しない
熱発光	77 K~130 K	有機マトリックス	γ 線照射	ラジカルカチオン	基質ラジカルアニオン	励起状態	熱発光
有機EL	室温	固体ポリマー	電圧印加	ホール	陰極からの電子	励起子	EL

孔)とラジカルアニオン(電子)の発生仕方とそれらが生ずる環境だけといっても過言ではない(表1)。

では、もし**1**の熱発光が有機ELに応用できたならば、発光種は何であろうか? もちろんそれは励起三重項TMMビラジカル($^3\mathbf{2}^{**}$)のはずである。しかし、このように化学反応を用いて発光性ラジカルを生成し、有機ELデバイスを作成した例はまったくない。なぜなら、このような化学反応は、現在の最大課題である有機EL素子の耐久性を低下させる一番の原因であり、回避すべきものであると一般には考えられているからである。すなわち、有機EL素子の発光材料に化学反応をもち込むことは、専門家からすればまったく非常識的アプローチといえよう。

4.2 有機ラジカルELのメリット

それでは、 $^2^{**}$ のような発光性ビラジカルを生成する化学反応を用いた有機ラジカルELには何のメリットが期待できるのであろうか? 筆者らが考えるに、①長波長発光の簡易実現、②内部量子効率の飛躍的増大、③耐久性向上のための新機構の3点があげられる。次にこれを順次説明する。

(1) 長波長発光の簡易実現

一般に炭化水素(閉殻種)を用いた有機EL素子の場合、長波長発光が実現

しにくい。長波長発光の実現のために、従来用いられている方法は、主に3つある。1つ目はIr錯体などのリン光材料を用いる方法で、内部量子効率が高いこともあって魅力的な手法である。2つ目は単純に大きな π 共役系化合物を用いる方法である。すなわち、ベンゼンを多数縮環させ、HOMO-LUMO間のエネルギー差を小さくするのであるが、このような分子の合成は困難なことが多く、また凝集しやすいなどの問題もある。3つ目は、小さな分子系で励起状態での構造変化を利用する方法で、ストークスシフトを大きくする、すなわち発光波長を長波長化させるものである。しかし、この方法で励起状態での構造変化を予測し制御することは一般には難しい。一例として、励起状態分子内プロトン移動(excited state intramolecular proton transfer)を起こす分子の有機EL素子への応用

が提案されているが、実際にはその例はまだ少ない。

筆者らはこれらに代わるもう一つの方法として、ラジカル構造をもつ小さな分子系の利用を提唱する。一般にアントラセンなどの閉殻種の場合、電子遷移はHOMO-LUMO間で起こる。一方、ラジカルのような開殻種の場合には、電子遷移はHOMO-SOMO間あるいはSOMO-LUMO間で起こり、その小さなエネルギー差のために、閉殻種に比べて発光は長波長にシフトする(図7)。たとえば、励起1,1-ジフェニルエチレン($^5\mathbf{b}^*$, 図7)は $\lambda_{\text{pl}} = 304$ nm (MCH中)に発光するが、構造がよく似た励起1,1-ジフェニルエチルラジカル $^3\mathbf{b}^{**}$ は、 $\lambda_{\text{pl}} = 522$ nmに発光極大をもち、200 nmも長波長シフトする。なお、このような単純な有機ラジカルそのものを有機EL素子に利用することはもちろんできない。なぜなら、

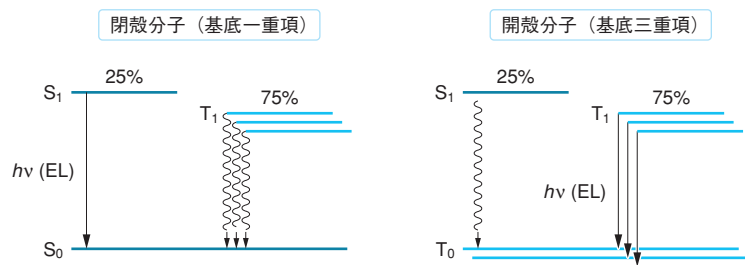


図8 基底一重項分子および基底三重項分子の電子遷移の違いの概念図

いずれも短寿命の高反応性中間体で、定常的に存在することはないからである。

(2) 内部量子効率の飛躍的増大

これはスピン多重度に関連する問題である。よく知られるように、有機ELで用いられるのは、電荷再結合で生じた25%の励起一重項状態からの一重項-一重項遷移に伴う蛍光で、残り75%の励起三重項状態は、そのエネルギーを無駄にしている(図8)。この問題は、昨今のIr錯体の開発で解決しつつあるが、炭化水素系有機物を発光材料として扱うかぎり、宿命の問題として残る。しかし、基底三重項であるピラジカルを用いたら、どうであろうか。上記とは対照的に、75%生ずる励起三重項状態からの三重項-三重項遷移がスピン許容となり、これに伴う蛍光が有機ELに利用できるはずである。

(3) 耐久性向上のための新機構

素子の耐久性低下の原因として、しばしば発光材料の望まざる分解反応があげられる。いわば“悪玉”化学反応であり、特にラジカルカチオン状態などから多く起きるものと推定される。しかし、**1**の縮退転位のように、ラジカルカチオン状態($1^{+\bullet}$)で化学反応して別のラジカルカチオン($2^{+\bullet}$)やピラジカル($3^{2\bullet\bullet}$)、励起ピラジカル($3^{2\bullet\bullet*}$)になっても、発光後にもとの基質(**1**)に戻れば、何ら問題はない(図1)。このように“善玉”化学反応を利用することは、耐久性向上のひとつの鍵になるはずである。図9には従来の有機EL(左)と有機ラジカルEL(右)の違いを模式的に示した。

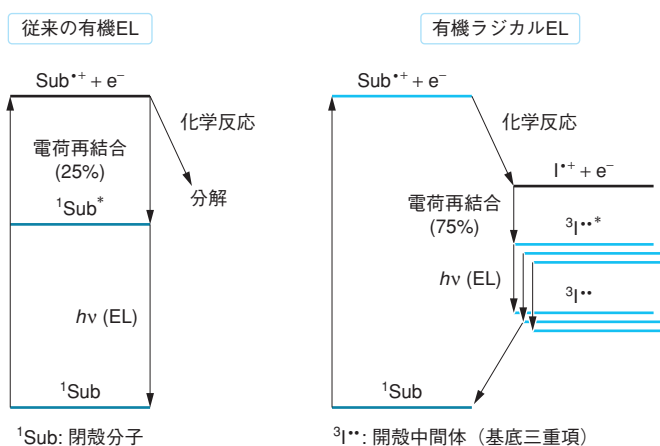
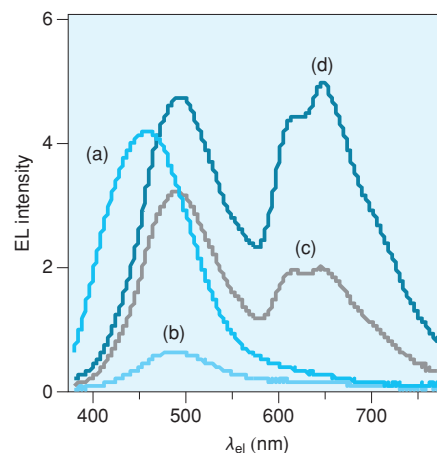
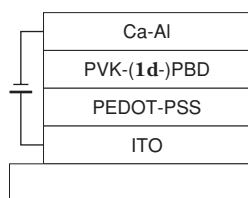
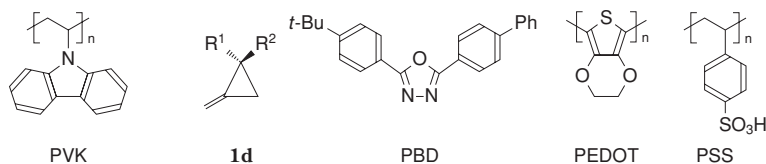


図9 従来の有機EL(左)と有機ラジカルEL(右)の違い



(a) **1d**なし, 15 V (b) **1d**あり, 10 V
(c) **1d**あり, 15 V (d) **1d**あり, 20 V



d: $R_1 = \text{Ph}$, $R_2 = 2\text{-naphthyl}$.

PEDOT: 3,4-エチレンジオキシチオフェン, PSS: ポリスチレンスルホン酸, ITO: 酸化インジウムスズ

図10 **1d**を含む2層系有機EL素子(左)とそのELスペクトル(右)

4.3 メチレンシクロプロパンを用いた有機ラジカルEL素子の作成

以上の期待のもとに、われわれは一電子移動後に化学反応を起こす**1d**を

ドーパした有機ラジカルEL素子とドーパしない有機EL素子を作成し、その発光性能を比較検討した。図10の上段左に示すのは、電子輸送および発光層としてポリ(*N*-ビニル)カルバゾー

ル(PVK)と2-(4-ビフェニル)-5-(4-*t*-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(PBD)を用いた単純な2層系有機EL素子である。このELスペクトルでは、 $\lambda_{el} = 460 \text{ nm}$ 付近にPVK

由来の発光が見られた (図10中のa)。一方、**1d**を20%ドープした有機ラジカルEL素子のELスペクトルでは、電圧を印加するにつれ617 nmおよび650 nmに新しい発光帯が、PVK由来の発光 (460~500 nm付近) と共に現れた。これは**1d**の熱発光実験で観測された熱発光帯603 nmおよび656 nmに酷似していた。これらの実験事実は、有機EL素子というデバイスの中でも、また室温という高温においても、励起TMMビラジカル**2d**^{***}が発生し、励起子として機能していることを示している。

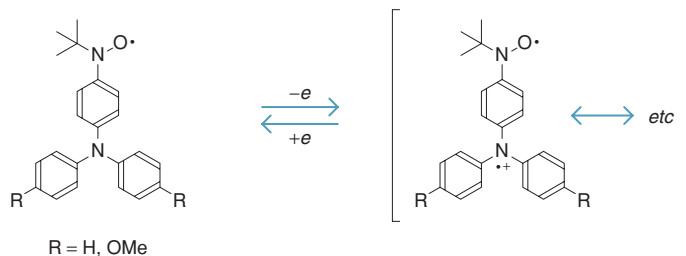


図11 有機EL素子においてホール輸送層として使われるアリールアミン共役系安定ニトロキシドラジカル

5 未来に向けて

有機ラジカルを有機ELに応用する試みは、山形大学・城戸淳二教授のグループと早稲田大学・西出宏之教授のグループで見られ、いずれも安定 (非反応性) ニトロキシドラジカルをホール輸送層に利用している (図11)。したがって、化学反応を用いて、反応性有機ラジカル (正確にはビラジカル) を発生させ、それを励起子として利用する本研究の「有機ラジカルEL」は、これらの研究と一線を画するものである。

上述のように、「有機ラジカルEL」は現状では印加電圧の高さやそれに起因する耐久性の低さなどに問題があるが、その特徴のうち、少なくとも①長波長発光の簡易実現、②耐久性向上のための新機構、は実際に確認され、もはや空想上の素子ではない。本研究ではほとんど発光しない基質から発光性励起 (ビ) ラジカルを化学反応で発生させ、発光後は再び化学反応を用いて基質を再生させた。「有機ラジカルEL」としては、このほかにも化学反応性がな

い安定ラジカルを用いることも可能であり、多様な展開が今後に期待される。

謝辞

本研究は東北大学と大阪府立大学で行ったものであり、宮仕勉名誉教授、上田実教授、ならびに水野一彦教授に感謝する。また、研究の節目に適切なお助言を頂いた筑波大学・徳丸克己名誉教授にも感謝する。実際の研究にあたった諸氏、特に熱発光の発見に至った生井準人博士 (当時東北大学大学院生、現・JSR株式会社) と有機ラジカルELの作成に携わった星陽介博士 (日立化成工業株式会社) に厚く感謝する。彼らの貢献なくしては今回の研究はまったくない。最後に本研究の遂行にあたって財政的支援をいただいた文部科学省、日本科学技術振興機構、ならびに泉科学技術振興財団、池谷科学技術振興財団、松籟科学技術振興財団、およびマツダ財団にも厚く御礼申し上げます。

文献

- 1) 本レビューは、著者の最近の論文²⁾、解説³⁾、総説⁴⁾をもとに、さらに加筆したものである。
- 2) H. Namai, H. Ikeda, Y. Hoshi, N. Kato, Y. Morishita and K. Mizuno: *J. Am. Chem. Soc.*, **129**, 9032 (2007).
- 3) 池田浩: 光化学, **38**, 204 (2008).
- 4) H. Ikeda: *J. Photopolym. Sci. Technol.*, **21**, 327 (2008).
- 5) C. Déniat, A. Dérouté, F. Kieffer and J. Rigaut: *J. Lumin.*, **3**, 325 (1971).
- 6) 遊び心が光を生んだ: 有機EL 長寿命の新素材開発. SCIENCE WALK あの瞬間, 読売新聞 (夕刊), 2007年11月26日.
- 7) (a) Y. Takahashi, T. Miyashi and T. Mukai: *J. Am. Chem. Soc.*, **105**, 6511 (1983). (b) T. Miyashi, Y. Takahashi, T. Mukai, H.D. Roth and M.L.M. Schilling: *J. Am. Chem. Soc.*, **107**, 1079 (1985). (c) T. Miyashi, M. Kamata and T. Mukai: *J. Am. Chem. Soc.*, **108**, 2755 (1986). (d) T. Miyashi, Y. Takahashi, K. Yokogawa and T. Mukai: *J. Chem. Soc. Chem. Commun.*, 175 (1987).
- 8) (a) H. Ikeda, T. Nakamura, T. Miyashi, J.L. Goodman, K. Akiyama, S. Tero-Kubota, A. Houmam and D.D.M. Wayner: *J. Am. Chem. Soc.*, **120**, 5832 (1998). (b) H. Ikeda, K. Akiyama, Y. Takahashi, T. Nakamura, S. Ishizaki, Y. Shiratori, H. Ohaku, J.L. Goodman, A. Houmam, D.D.M. Wayner, S. Tero-Kubota and T. Miyashi: *J. Am. Chem. Soc.*, **125**, 9147 (2003).
- 9) H. Namai, H. Ikeda, N. Kato and K. Mizuno: *J. Phys. Chem. A*, **111**, 4436 (2007).
- 10) (a) H. Ikeda, H. Namai, N. Kato and T. Ikeda: *Tetrahedron Lett.*, **47**, 1857 (2006). (b) H. Ikeda, H. Namai, N. Kato and T. Ikeda: *Tetrahedron Lett.*, **47**, 1501 (2006).



池田 浩 Hiroshi Ikeda

大阪府立大学 大学院工学研究科 物質・化学系専攻 応用化学分野 准教授

略歴: 1985年、東北大学理学部化学科卒業。1990年、同大学院理学研究科博士課程後期課程化学専攻修了、理学博士。1990年、同教養部化学科助手。1993年、同理学部化学科助手。1995年、同大学院理学研究科化学専攻助手。2006年、大阪府立大学大学院工学研究科物質・化学系専攻助教授。2007年より現職。この間、日本学術振興会特別研究員 (1989年~1990年)、米国Rochester大学およびNSF Center for Photoinduced Charge Transfer 博士研究員 (1994年)、米国Rutgers・New Jersey州立大学客員研究員 (2000年)、九州大学客員准教授 (2007年)、首都大学東京客員准教授 (2007年~)。

専門: 有機化学、有機光化学、電子移動化学、発光化学

著書: 「光応用技術・材料事典」(産業技術サービスセンター, 2006) など (共著)