

3-2 有機 EL の発光メカニズム

有機 EL の発光メカニズムとして、次の三つが知られている。

- 蛍光有機 EL (Fluorescent OLED)
- りん光有機 EL (Phosphorescent OLED)
- 熱活性遅延蛍光有機 EL (TADF: Thermally Activated Delayed Fluorescent)

有機分子のエネルギー状態が基底状態から励起状態に励起されるとき、一重項励起状態 (Excited singlet state) S_1 と三重項励起状態 (Excited Triplet state) T_1 とが生じる。量子量論的に、 S_1 と T_1 の比は、1:3 と決まっている。

通常、一重項励起状態は基底状態に戻るとき発光しうるが、三重項励起状態は禁制遷移であるため、発光によって基底状態に戻ることができない。

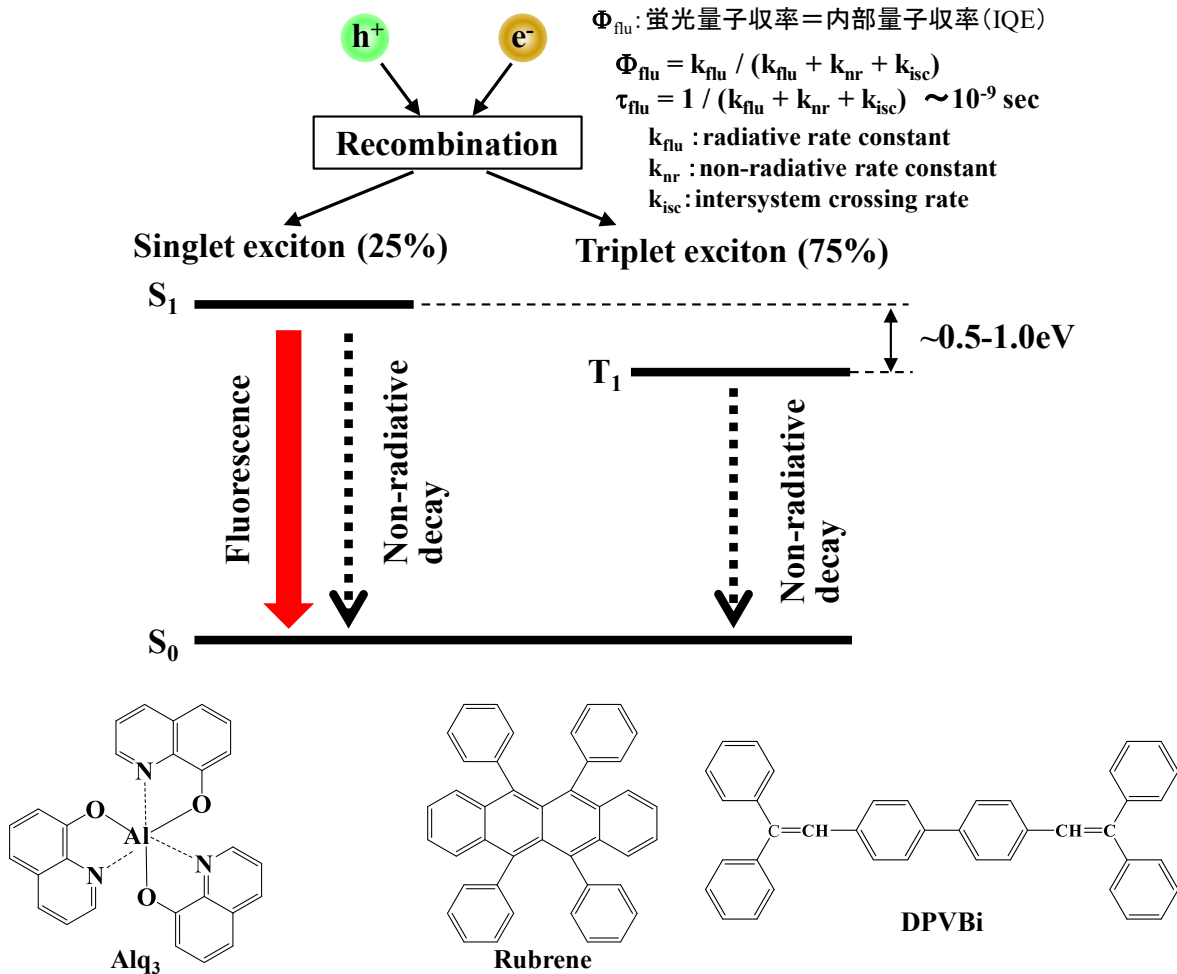
蛍光有機 EL は一重項励起状態からの発光を利用するものであり、このため、原理的に、励起エネルギーの 1/4 しか発光に寄与しないことになる。

一方、りん光有機 EL と熱活性遅延蛍光有機 EL は、三重項励起状態を利用する工夫をなしたもので、原理的に、励起エネルギーをすべて発光させることが可能である。

3-2-a) 蛍光有機 EL (Fluorescent OLED)

蛍光有機 EL の発光メカニズムと代表的な化合物を図に示す。蛍光有機 EL は一重項励起状態のみからの発光を利用するものであり、三重項励起状態は非発光遷移によって励起状態に戻る。

このため、原理的に、蛍光有機 EL での内部発光量子収率は最大 25%となる。

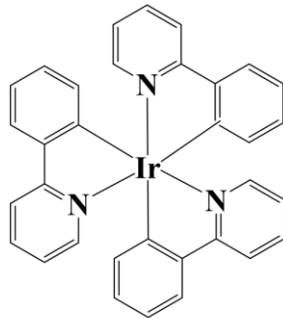
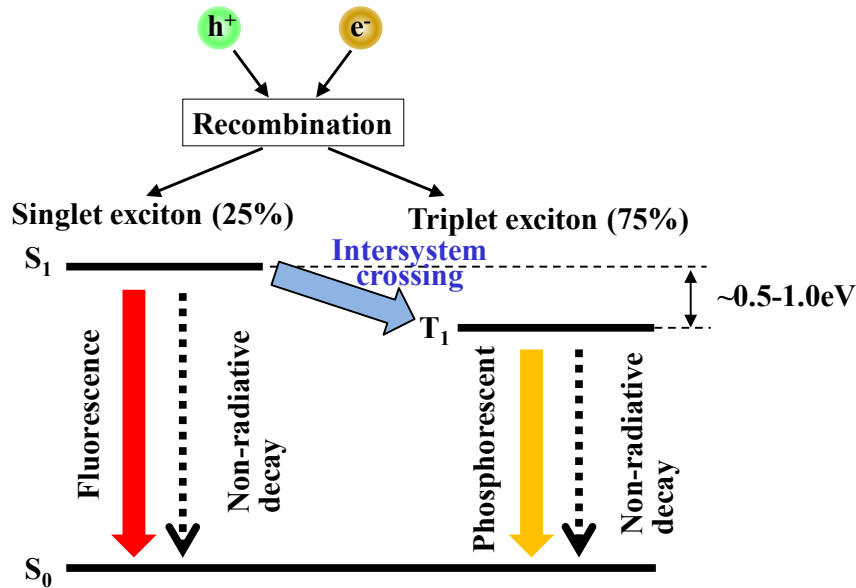
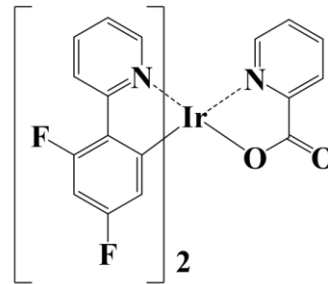


3-2-b) リン光有機EL (Phosphorescent OLED)

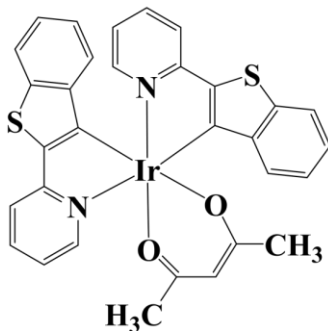
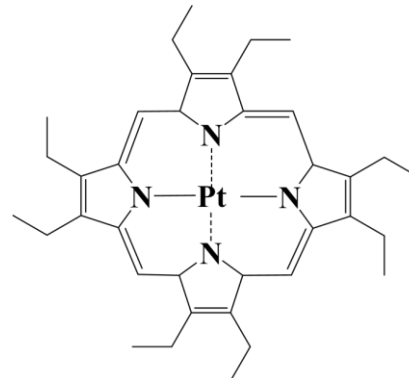
りん光有機 EL の発光メカニズムと代表的な化合物を図に示す。りん光有機 EL は一重項励起状態だけでなく、三重項励起状態からも発光が可能である。

三重項励起状態から発光させるためには、スピン禁制を破る必要がある。りん光有機 EL においては、通常、発光材料にイリジウム(Ir)、白金(Pt)、オスmium(Os)などの重原子の錯体を用い、重原子効果によって三重項励起状態を禁制遷移から発光可能な状態に変えている。

りん光有機 EL は三重項励起状態を利用できるので、原理的に、励起エネルギーをすべて発光させることが可能であり、内部量子収率 100%が可能である。

Ir(ppy)₃

FIrpic

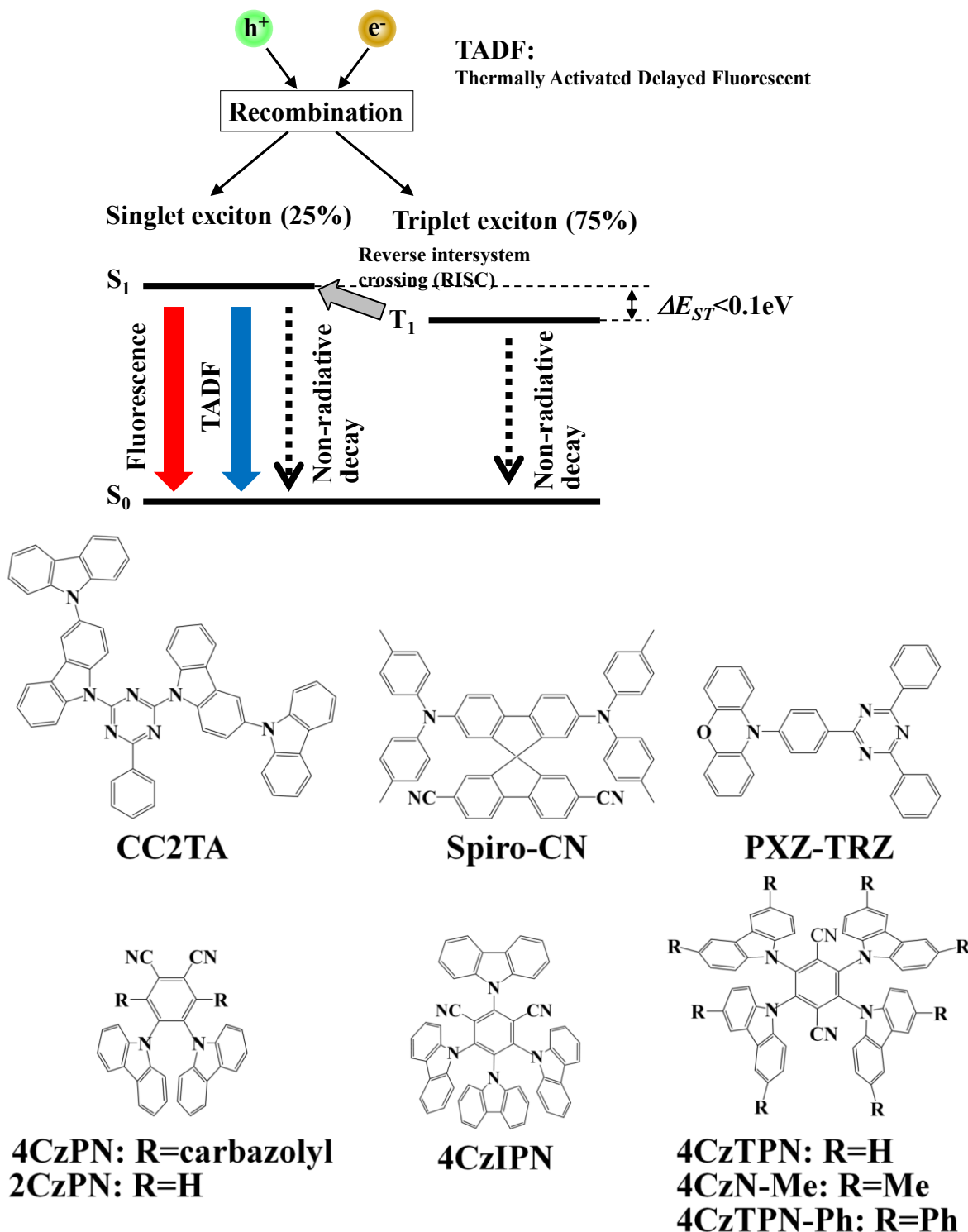
(btp)₂Ir(acac)

PtOEP

3-2-c) 熱活性遅延蛍光有機EL (TADF: Thermally Activated Delayed Fluorescent)

熱活性遅延蛍光 (TADF) の発光メカニズムと代表的な化合物を図に示す。熱活性遅延蛍光 (TADF) も三重項励起状態を利用するため、励起エネルギーをすべて発光させることが可能であり、内部量子収率 100% が可能である。

熱活性遅延蛍光 (TADF) を実現させるためには、一重項励起状態と三重項励起状態のエネルギー差 (ΔE_{ST}) を小さくすることが必要である。 ΔE_{ST} が小さい場合、熱によって逆系間交差 (RISC: Reverse intersystem crossing) が起こり、三重項励起状態から一重項励起状態に移り、発光が可能となる。

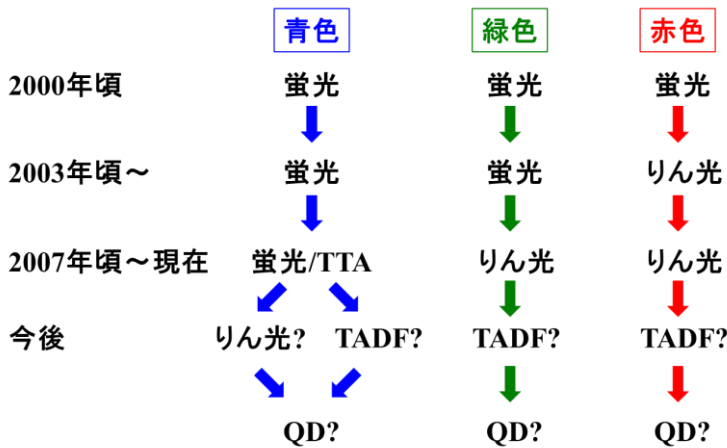


代表的な有機EL材料

	蛍光 (Fluorescent)	燐光 (Phosphorescent)	TADF
メカニズム			
最大内部量子収率	25%	100%	100%
先駆者	コダック (Dr. Tang)	Princeton大 (Prof. Forest) UDC (Universal Display Corporation)	九州大 (安達教授) Kyulux
課題	・原理的に発光効率低	・Ir等の希少金属使用 ・青色が短寿命	・材料・デバイス技術が開発途上

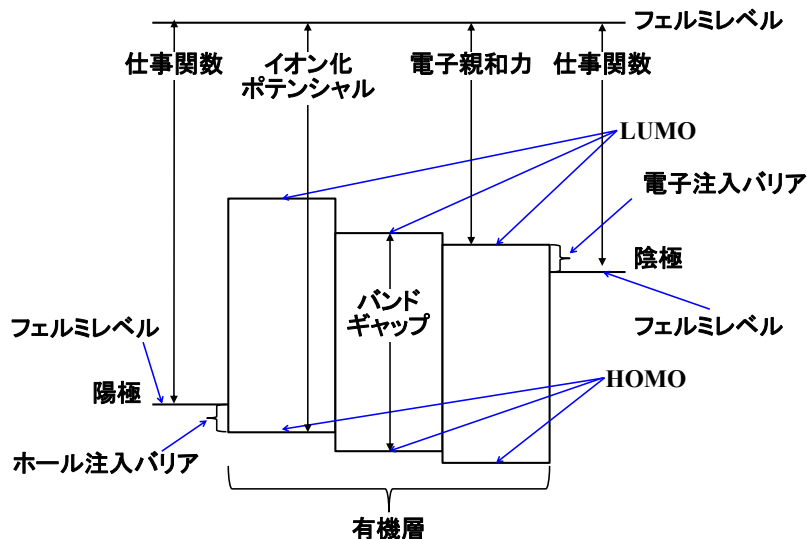
※上記以外の有機EL材料もある。
TTA (Triplet-Triplet-Annihilation)、Hyperfluorescence™など

有機EL発光材料の動向



3-2-d) エネルギーダイアグラム

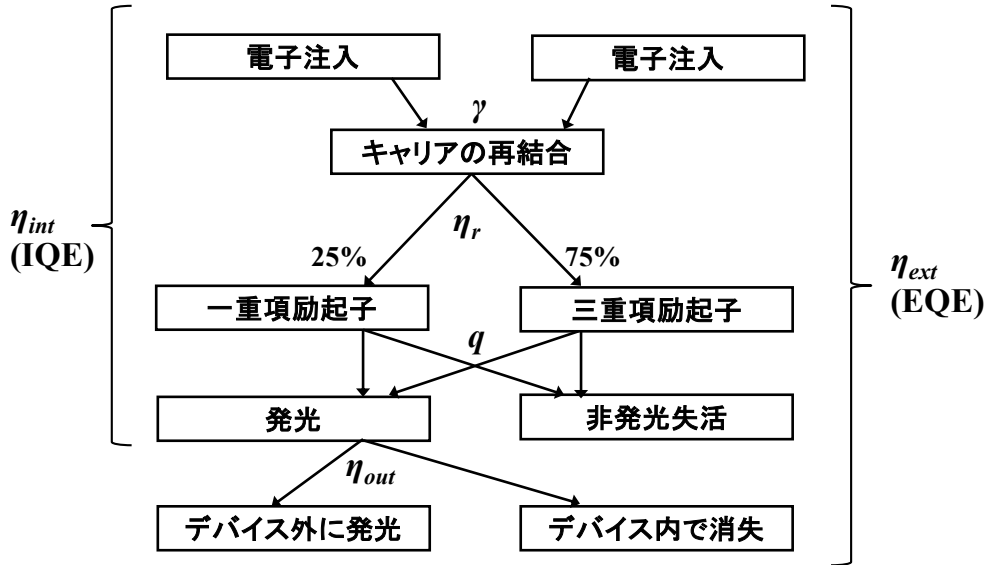
有機 EL デバイスにおいては、各材料(電極材料、有機材料など)のエネルギー準位が非常に重要である。図に、有機 EL デバイスのエネルギーダイアグラムを示す。



3-2-e) 有機ELの発光効率

有機ELデバイスの発光効率を図に示す。

$$\eta_{ext} \text{ (外部量子収率/EQE)} = \eta_{int} \text{ (内部量子収率/IQE)} \times \eta_{out} = \gamma \times \eta_r \times q \times \eta_{out}$$



有機ELの光取り出し効率: Out-Coupling efficiency of OLED

