

科技部補助專題研究計畫成果報告 期末報告

基於胺基之激發態分子內質子轉移分子的合成、性質探討及應用開發

計畫類別：個別型計畫
計畫編號：MOST 104-2113-M-040-001-
執行期間：104年08月01日至105年11月30日
執行單位：中山醫學大學醫學應用化學系(含碩士班)

計畫主持人：趙啟民
共同主持人：劉冠妙、周必泰
計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：劉柏慶
碩士班研究生-兼任助理人員：劉俊騏
碩士班研究生-兼任助理人員：林大鈞
碩士班研究生-兼任助理人員：黃建豪
大專生-兼任助理人員：李宜臻

中華民國 106 年 02 月 28 日

中文摘要：我們設計及合成新穎的基於2-(2'-胺基苯基)苯駢噻唑及10-胺基苯駢[h]喹啉骨架的胺基型氫鍵化合物，以各種不同的推/拉電子基團取代這兩個化合物上的胺基的其中一個氫及苯胺主體的對位，進行廣泛的光譜及動力學研究，這樣的研究不見於以往的羥基型激發態分子內質子轉移系統。

在2-(2'-胺基苯基)苯駢噻唑系列化合物的光物理研究中，經由實驗數據可以看出氫鍵強度、ESIPT動力學及熱力學三者間有關連，觀察到的趨勢是氫鍵越強則ESIPT越快，且過程放能愈多，這是首次關於ESIPT過程可以在相同系列的胺基型分子內氫鍵系統中進行調控的報導。再者，在研究10-胺基苯駢[h]喹啉衍生物中，我們首度發現存在於一級胺氫鍵系統的ESIPT行為，而也創造了放射波長從590 nm橫跨到770 nm的分子系統。我們亦對於具有超快ESIPT的胺基上有甲苯磺醯基團的2-(2'-胺基苯基)苯駢噻唑衍生物進行了實驗及理論研究並加以對照，提出此類分子完整的ESIPT cycle。我們亦合成了三個不同長度聚乙二醇修飾的2-(2'-胺基苯基)苯駢噻唑衍生物，並探討其光物理性質及生物造影能力。

中文關鍵詞：激發態分子內質子轉移，苯駢噻唑，喹啉，胺基，氫鍵

英文摘要：Novel series of amino-type hydrogen-bonding compounds comprising 2-(2'-aminophenyl)benzothiazole and 10-aminobenzo[h]quinoline had been designed and synthesized. Derivations of 2-(2'-aminophenyl)benzothiazole and 10-aminobenzo[h]quinoline via replacing one of the amino hydrogens by various electron-donating/withdrawing substituents were successfully achieved. This, together with a versatile capability for modifying the parent moiety, makes feasible the comprehensive spectroscopy and dynamics studies of amino-type excited-state intramolecular proton transfer (ESIPT), which was previously inaccessible in the hydroxyl-type ESIPT systems.

In the photophysical study of 2-(2'-aminophenyl)benzothiazole series, empirical correlations were observed among the hydrogen-bonding strength, ESIPT kinetics, and thermodynamics, demonstrating a trend that the stronger hydrogen bond leads to a faster ESIPT, and a more exergonic reaction thermodynamics. This is the first report that ESIPT reaction can be harnessed within the same series of amino-type intramolecular H-bond system. In addition, in the study of 10-aminobenzo[h]quinoline derivatives, from which we found for the first time the occurrence of ESIPT in the primary amino hydrogen-bonding system. It was also found that the proton-transfer emission can be widely tuned from 590 nm to 770 nm. Studies have also been carried out to gain insight in to an overall excited-state proton transfer cycle for a series of N-tosyl derivatives of 2-(2'-aminophenyl)benzothiazole. Moreover,

three poly(ethylene glycol) derived 2-(2' -
aminophenyl)benzothiazole were synthesized and their
photophysical and bio-imaging properties were also probed.

英文關鍵詞：ESIPT, benzothiazole, quinoline, amino, hydrogen-bonding

基於胺基之激發態分子內質子轉移分子的
合成、性質探討及應用開發

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：MOST 104-2113-M-040-001-

執行期間：104年8月1日至105年11月30日

執行機構及系所：中山醫學大學/醫學應用化學系

計畫主持人：趙啟民

共同主持人：劉冠妙，周必泰

計畫參與人員：劉俊騏，林大鈞，劉柏慶，黃建豪，李宜臻

本計畫除繳交成果報告外，另含下列出國報告，共 ____ 份：

執行國際合作與移地研究心得報告

出席國際學術會議心得報告

出國參訪及考察心得報告

中 華 民 國 106 年 2 月 28 日

104 年度科技部計畫成果報告

申請執行時間: 104 年 8 月 1 日至 106 年 7 月 31 日

通過執行時間: 104 年 8 月 1 日至 105 年 7 月 31 日

實際執行時間: 104 年 8 月 1 日至 105 年 11 月 30 日

計畫名稱: 基於胺基之激發態分子內質子轉移分子的合成、性質探討及應用開發
Synthesis, characterization and application developments of amino type
ESIPT molecules

計畫代號: 104-2113-M-040-001

計畫主持人: 趙啟民 共同主持人: 劉冠妙, 周必泰

計畫參與學生: 劉俊騏, 林大鈞, 劉柏慶, 黃建豪, 李宜臻

前言

本計畫部分內容原本於申請 103 年度計畫時提出(102 年底撰寫), 最後審查不通過。當時在提出計畫時申請者與劉冠妙老師實驗室已經開始 2-(2'-胺基苯基)苯駢噻唑初步的實驗, 亦即 102 年底就已經開始相關研究, 持續到 103 年底撰寫 104 年度計畫時附上初步發現及可行性數據, 甫獲 104 年度計畫核准。因此, 至 104 年 2 月底, 研究已經進行 1 年以上, 此時將部分成果歸納整理, 發表於 *Journal of Physical Chemistry Letters* 期刊中。之後我們立刻進行另類分子 10-胺基苯駢[h]噻啉系統的研究, 這一部分的內容並沒有在 104 年度申請計畫中, 同年 8 月整理實驗結果進行發表。其中在胺基上接上甲苯磺醯基團(Ts)的 2-(2'-胺基苯基)苯駢噻唑衍生物, 也就是讓我們發現超快 ESIPT 行為的幾個重要化合物被更進一步研究其完整的 ESIPT 循環過程, 研究結果於 105 年一月(計畫執行期間)投稿發表。執行計劃期間, 我們也快速進行了水溶性改質的研究, 實驗結果於 105 年 12 月投稿。以上計畫都是利用 104 年度計畫的經費產出。

摘要

我們設計及合成新穎的基於 2-(2'-胺基苯基)苯駢噻唑及 10-胺基苯駢[h]噻啉骨架的胺基型氫鍵化合物, 以各種不同的推/拉電子基團取代這兩個化合物上的胺基的其中一個氫及苯胺主體的對位, 進行廣泛的光譜及動力學研究, 這樣的研究不見於以往的羥基型激發態分子內質子轉移系統。

在 2-(2'-胺基苯基)苯駢噻唑系列化合物的光物理研究中, 經由實驗數據可以看出氫鍵強度、ESIPT 動力學及熱力學三者間有關連, 觀察到的趨勢是氫鍵越強則 ESIPT 越快, 且過程放能愈多, 這是首次關於 ESIPT 過程可以在相同系列的胺基型分子內氫鍵系統中進行調控的報導。再者, 在研究 10-胺基苯駢[h]噻啉衍生物中, 我們首度發現存在於一級胺氫鍵系統的 ESIPT 行為, 而也創造了放射波長從 590 nm 橫跨到 770 nm 的分子系統。我們亦對於具有超快 ESIPT 的胺基上

有甲磺醯基團的 2-(2'-胺基苯基)苯駢噻唑衍生物進行了實驗及理論研究並加以對照，提出此類分子完整的 ESIPT cycle。我們亦合成了三個不同長度聚乙二醇修飾的 2-(2'-胺基苯基)苯駢噻唑衍生物，並探討其光物理性質及生物造影能力。

關鍵字：激發態分子內質子轉移，苯駢噻唑，喹啉，胺基，氫鍵

Abstract

Novel series of amino-type hydrogen-bonding compounds comprising 2-(2'-aminophenyl)benzothiazole and 10-aminobenzo[*h*]quinoline had been designed and synthesized. Derivations of 2-(2'-aminophenyl)benzothiazole and 10-aminobenzo[*h*]quinoline via replacing one of the amino hydrogens by various electron-donating/withdrawing substituents were successfully achieved. This, together with a versatile capability for modifying the parent moiety, makes feasible the comprehensive spectroscopy and dynamics studies of amino-type excited-state intramolecular proton transfer (ESIPT), which was previously inaccessible in the hydroxyl-type ESIPT systems.

In the photophysical study of 2-(2'-aminophenyl)benzothiazole series, empirical correlations were observed among the hydrogen-bonding strength, ESIPT kinetics, and thermodynamics, demonstrating a trend that the stronger hydrogen bond leads to a faster ESIPT, and a more exergonic reaction thermodynamics. This is the first report that ESIPT reaction can be harnessed within the same series of amino-type intramolecular H-bond system. In addition, in the study of 10-aminobenzo[*h*]quinolone derivatives, from which we found for the first time the occurrence of ESIPT in the primary amino hydrogen-bonding system. It was also found that the proton-transfer emission can be widely tuned from 590 nm to 770 nm. Studies have also been carried out to gain insight in to an overall excited-state proton transfer cycle for a series of *N*-tosyl derivatives of 2-(2'-aminophenyl)benzothiazole. Moreover, three poly(ethylene glycol) derived 2-(2'-aminophenyl)benzothiazole were synthesized and their photophysical and bio-imaging properties were also probed.

Key words: ESIPT, benzothiazole, quinoline, amino, hydrogen-bonding

研究目的

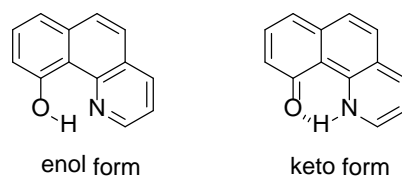
要產生 ESIPT 現象的分子，需具有酸性頗強的 proton donor，這也就是絕大多數被報導的分子其 proton donor 大都是酸性頗強的 phenol proton，因為其 pKa 大約 9。為何鮮少報導胺基的 ESIPT 呢？最基本的原因是胺基不能被當作是質子提供者，胺基通常被當作鹼使用，如 aniline 的 pKa 大約 16，因此絕對無法作為 proton donor。但是若胺基可以具有 ESIPT 的話，除了基本理論可以研究外，其應用性或許可以別於 phenol 類的分子，有機會可以更拓展。因此本計畫將針對鮮少被研究的胺基進行探討，將系統性地設計及合成一些 2-(2'-胺基苯基)苯駢噻唑(2-(2'-aminophenyl)benzothiazole)化合物，利用合成方法引入一些具電子誘導效應的官能基團，擬藉此來增加胺基上氫的酸性，使其可以順利形成分子內氫鍵而有 ESIPT 行為。除了探討有效的合成方式外，化合物的結構鑑定、光譜量測、光物理現象的觀察及探討以及理論計算也將一併執行，這些資料將做為應用開發的重要依據，而計畫中亦將進行初步的應用研究。

文獻探討

由於 ESIPT 獨特的光物理性質已被應用到眾多領域，在分子結構的設計上，將針對一些與本研究相關性較高的文獻做一簡單扼要的介紹。

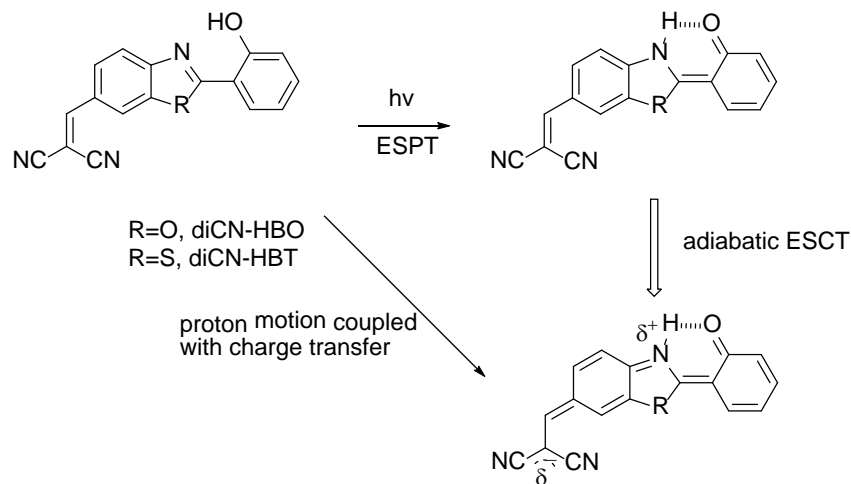
(1) 台大化學系周必泰教授是 ESIPT 的專家，其實驗室對於此領域的研究相當廣泛且深入，在此舉二例加以說明。

周教授實驗室利用多種光譜技術，研究了 10-羥基苯駢喹啉(10-hydroxy-benzo[*h*]quinoline, HBQ)及其氘取代物 (DBQ)在非極性溶劑中的激發態烯醇式-酮式互變異構結構分子內質子轉移之動力學。¹ 作者發現，在光源 385-400 nm 的激發下，HBQ 及 DBQ 都會進行超快激發態質子轉移得到相當高比例的 keto tautomer。



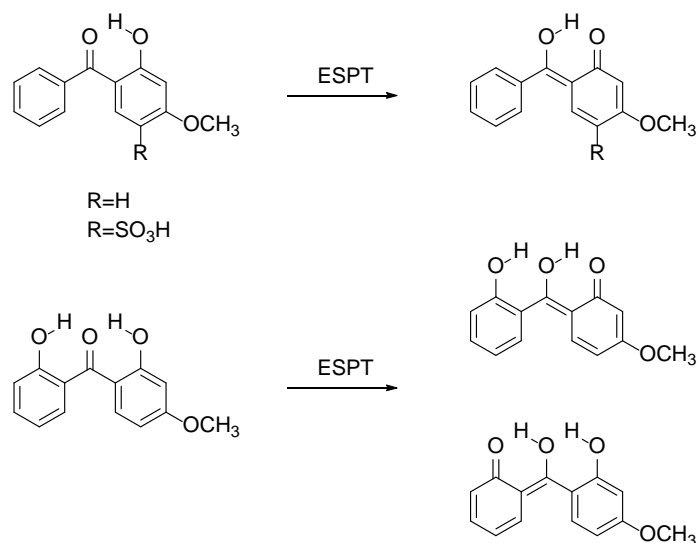
圖一 10-羥基苯駢喹啉及其相對應的酮式結構

另外，周教授實驗室合成 diCN-HBO 及 diCN-HBT 化合物，利用光譜及動力學來研究此二化合物之 ESPT(excited-state proton transfer)及 ESCT(excited-state charge transfer)行為，² 此二化合物呈現 ESPT 先發生然後再伴隨 ESCT 的機制，這跟以往的情形是不一樣的，也因此導致了 ESPT 的反應動力學與溶劑極性間有很大的關係。



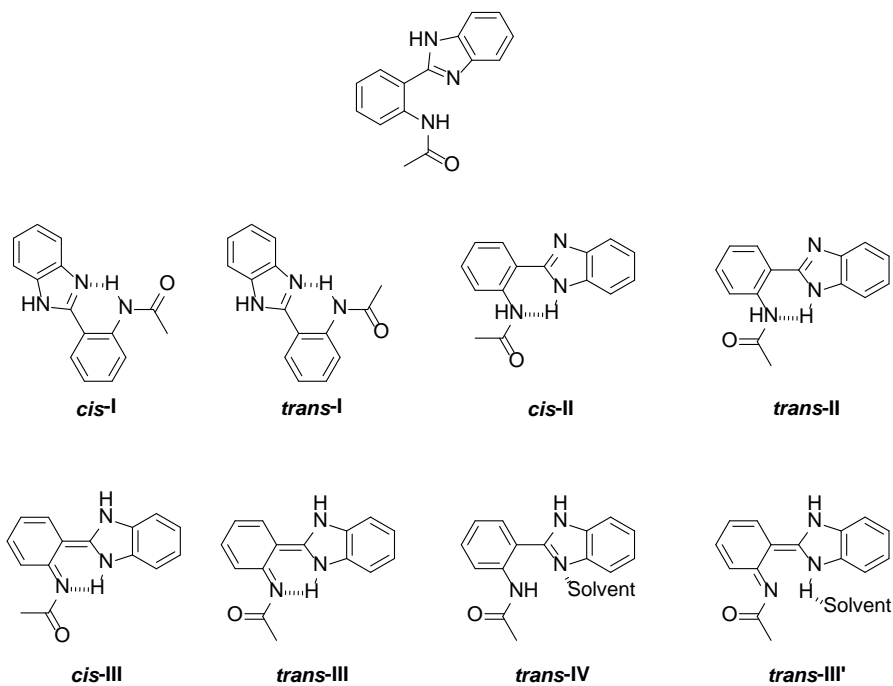
圖二 diCN-HBO 及 diCN-HBT 的激發態 ESPT 及 ESCT 現象

(2) Schmidtke 實驗室研究了幾種二苯酮(benzophenone)分子的光物理特性。³ 實驗發現分子上的取代基對性質有很大的影響，量測到的光譜具有溶劑效應，作者經由光譜研究和理論計算，利用 ESPT 原理解釋了二苯酮吸收紫外線的溶劑效應。



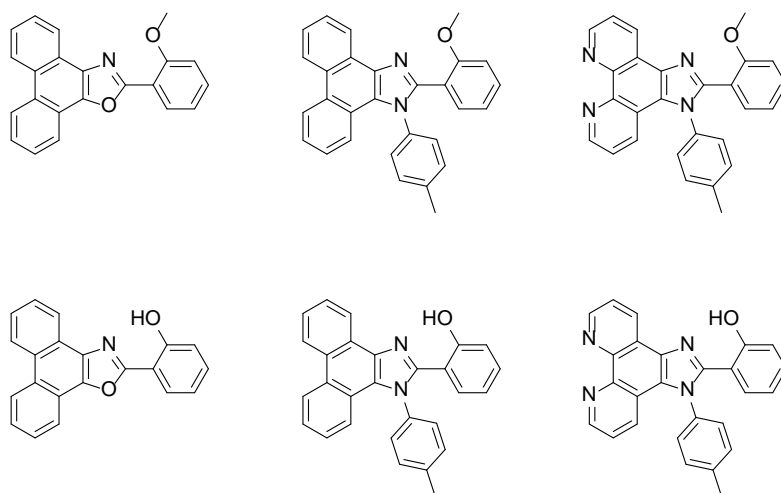
圖三 二苯酮分子的分子內 ESPT 示意圖

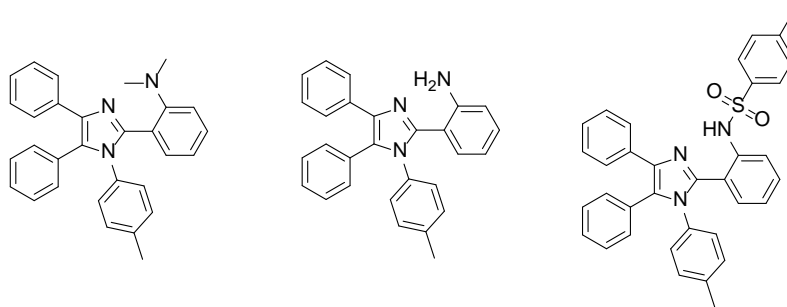
(3) Dogra 實驗室研究了 2-(2'-乙醯胺基)苯駢咪唑(2-(2'-acetamidophenyl)benzimidazole)在不同溶劑中的 ESPT 過程。⁴ 作者發現此化合物具有雙重螢光(dual fluorescence)，他們利用穩態及時間分辨螢光光譜(steady-state, time-resolved fluorescence spectroscopy)，輔以半經驗量子力學計算，得出了在不同極性溶劑中參與 normal 及 tautomer 螢光的異構物結構。



圖四 2-(2'-乙醯胺基)苯駢咪唑結構圖及其可能的構型

(4) Gryko 及 Flamigni 教授實驗室在 2013 年利用穩態及時間分辨螢光光譜，共同研究了一系列具有 ES IPT 行為的 imidazole 衍生物在不同溶劑下於室溫及 77 K 時的激發態動力學。⁵ 作者量測了激發態中互變異構的速率及酮式激發態的生命期，在 77 K 時的螢光、磷光光譜及生命期亦被量測，烯醇式和酮式的激發單重態及烯醇式的激發三重態的能階也被計算出。





圖五 Gryko 及 Flamigni 教授所研究的一系列的 imidazole 化合物

從相關文獻可以了解，一個分子若要有 ESIPT 的性質，在結構上是要有符合某些要求的，就分子結構來看，分子構形必須要正確才能有分子內氫鍵，且 proton donor 的質子酸性要夠大，這也就是 phenol 常被用來當作 ESIPT 的 proton donor 的原因。而相對上來看，苯胺上胺基的氫酸性就很差，pKa 僅 16 左右，故是相當差的 proton donor，因此並沒有以單純的苯胺作為 proton donor 的 ESIPT 的報導。但其實 amino 基團在實際應用上是有其優勢的，比方說因其可以是三鍵結，故可以引入一個增加功能性的基團，或是與胜肽或其他胺基酸分子鍵結，而仍保留一個 proton，這是苯酚無法做到的。

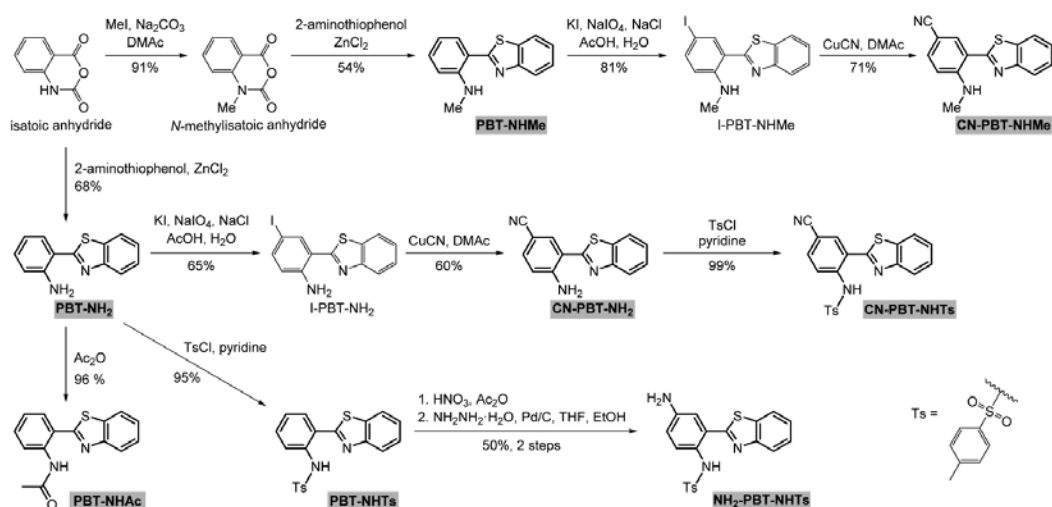
研究方法

鑒於以苯胺為主體結構的 ESIPT 的分子及相關研究較少，且其具有不小的應用潛力，因此本計畫研究重點為開發基於苯胺結構的 ESIPT 分子單元及延伸結構，研究基於胺基的 ESIPT 行為，並試圖開發基礎的應用。我們將從氫核磁共振光譜來鑑定結構及粗步判斷 proton donor 上的質子的環境如何，輔以晶體的培養，由 X-ray 資料來初步判斷分子是否具有分子內氫鍵的機會，由量測其吸收及螢光行為來判定其是否具有 ESIPT，並實際量測動力學行為並理論計算其動、熱力學參數及軌域能階等，來解釋分子所呈現的光物理現象及行為。之後將基於此基礎研究，利用開發的 ESIPT 分子單元來建構一些光學材料分子及賦予其應用性。

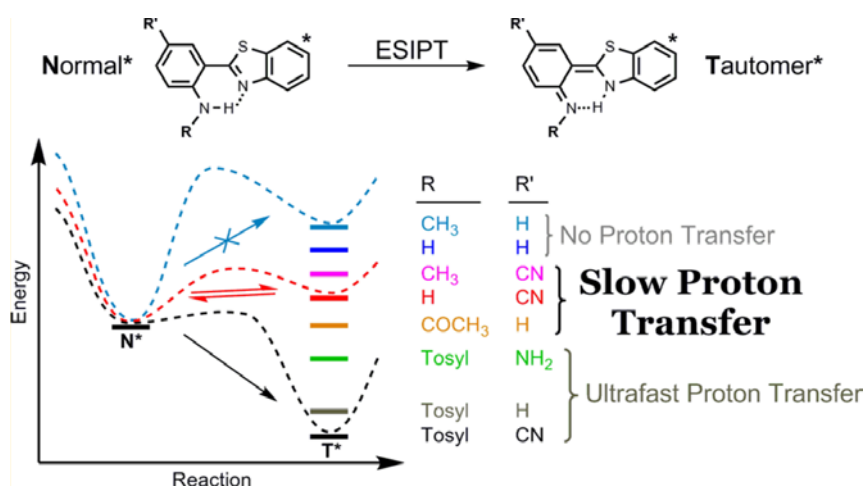
結果與討論

(1) 我們合成了一系列 2-(2'-胺基苯基)苯駢噻唑衍生物，合成方式如圖六所示。經由計算及可以量測到的熱、動力學資訊(圖七)，發現在胺基上掛上甲苯磺醯基團會促使超快激發態分子內質子轉移，無法偵測到速率，光譜上完全是 tautomer 的放光，而如果是在苯胺的對位掛上氰基(CN-PBT-NH₂ 及 CN-PBT-NHMe)，則會使原本無 ESIPT 行為的 PBT-NH₂ 及 PBT-NHMe 產生較慢的 ESIPT，這種情況可以量測到過程的速率，光譜可以看到 dual emission。經由實驗數據的比對，可以看出氫鍵強度、ESIPT 動力學及熱力學三者間有關連，觀察到的趨勢是氫鍵越強則 ESIPT 越快且過程放能愈多。這是第一次關於 ESIPT 過程可以經由在相

同系列的胺基型分子結構衍生化中進行調控的報導。此部分的研究結果已發表在 *Journal of Physical Chemistry Letters* 期刊中。



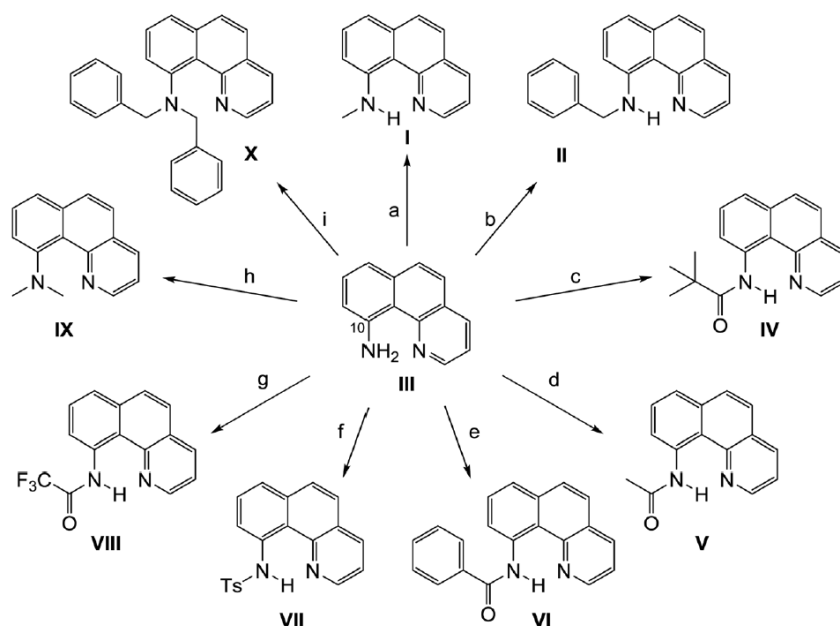
圖六 2-(2'-胺基苯基)苯駢噻唑衍生物的合成方式



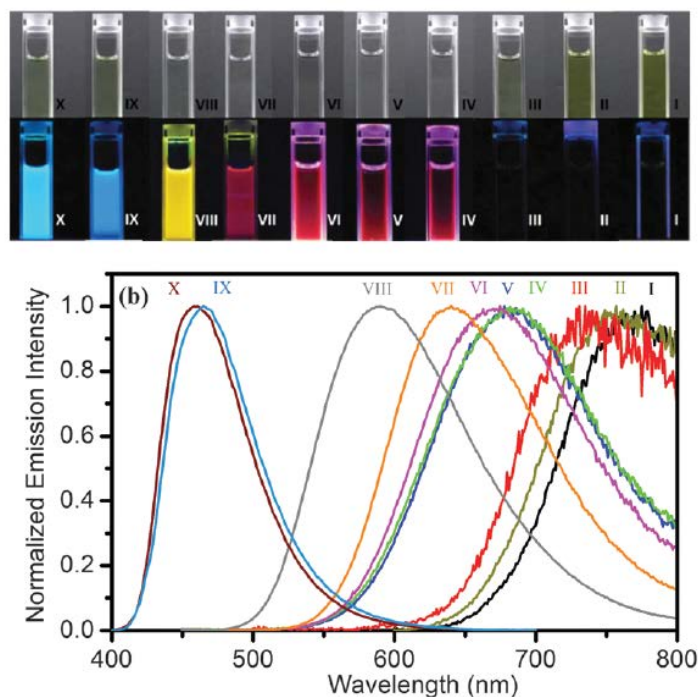
	ΔE^* (kcal/mol)		k_{pt}
	Computed	Observed	
PBT-NHMe	7.28		No PT
PBT-NH ₂	5.66		No PT
CN-PBT-NHMe	4.09	0.14	$1.3 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$
CN-PBT-NH ₂	2.60	-1.07	$1.6 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$
PBT-NHAc	1.23	-1.53	$2.4 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$
NH ₂ -PBT-NHTs	-1.22		Ultrafast
PBT-NHTs	-6.16		Ultrafast
CN-PBT-NHTs	-7.27		Ultrafast

圖七 2-(2'-胺基苯基)苯駢噻唑衍生物的部分熱、動力學資訊

(2) 隨後，我們將 10-胺基苯駢[h]喹啉進行胺基的衍生化，創造出掛有推/拉電子基團的化合物(圖八)，經由光譜研究發現，經由衍生化後此系列化合物放射波長可從 590 nm 橫跨到 770 nm (圖九)，且在本研究中我們首度發現存在於一級胺氫鍵系統的 ESIPT 行為，此研究成果對於我們後續的應用研究相當重要，而此研究的發現對於未來光電領域的應用也提供了一個可能的機會。此部分的研究結果已發表在 *Chemical Communications* 期刊中。

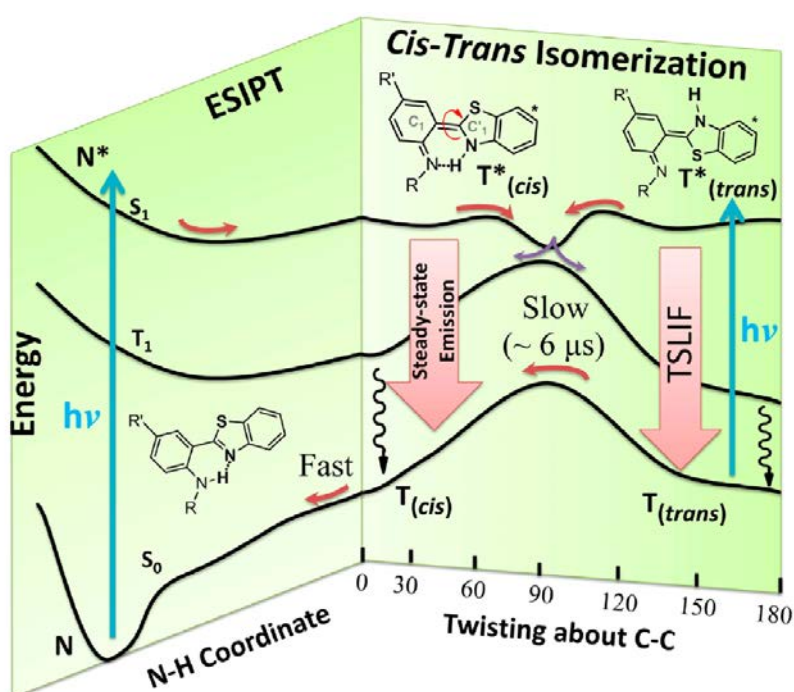


圖八 10-胺基苯駢[h]喹啉衍生物結構



圖九 10-胺基苯駢[h]喹啉衍生物的部分光學特性

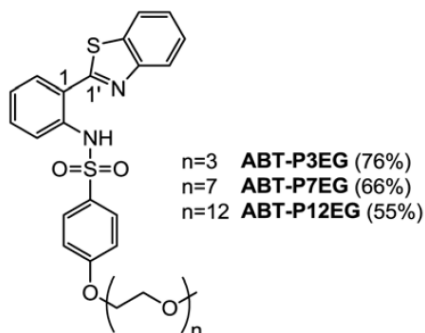
(3) 對於具有超快 ESIPT 的胺基上有甲苯磺醯基團的 2-(2'-胺基苯基)苯駢噻唑衍生物進行了實驗及理論研究並加以對照，提出此類分子完整的 ESIPT cycle。實驗發現此類分子在進行激發態分子內質子轉移後可能有 cis-trans 異構化的情形，經由理論計算數據輔助，猜測 **PBT-NHTs** 分子在激發態分子內質子轉移後會進行 C₁-C_{1'} 單鍵旋轉，當苯駢噻唑與苯基的扭轉角大約呈 100 度時 S₁ 與 T₁ 的能量幾乎相同，導致兩狀態進行快速的系統間的跨越(S₁ to T₁ intersystem crossing)，經由此去活化最快的路徑，S₁ 上的 cis-form 會轉變為 T₁ 狀態的 cis 及 trans tautomer，然後在 T₁-S₀ 的去活化後，S₀ (ground state) 的 cis-tautomer 進行快速的 reverse proton transfer 回到原本的 cis normal form，由此構成一個 ESIPT 的 cycle。此部分的研究結果已發表在 *Journal of Physical Chemistry A* 期刊中。



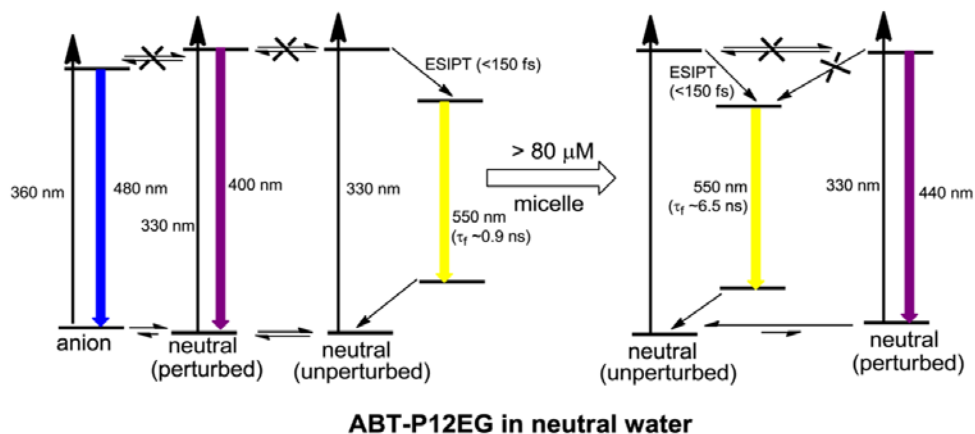
圖十 **PBT-NHTs** 在不同狀態及扭轉角時的計算位能圖

(4) ESIPT 的質子轉移過程深受極性質子溶劑的影響，也因此限制了其於水溶液中的應用。我們合成了三個不同長度聚乙二醇修飾的 2-(2'-胺基苯基)苯駢噻唑衍生物 **ABT-P3EG**, **ABT-P7EG** 及 **ABT-P12EG**，分子結構如圖十一所示，並探討其光物理性質及生物造影能力(圖十二及圖十三)。在極性非質子溶劑中，其會展現超快激發態分子內質子轉移現象，發出 550 nm 的螢光；在中性水中，**ABT-P12EG** 在濃度大於 80uM 時會形成尺寸約 15 ± 3 nm (直徑)的微胞，此時因無水的干擾所以 tautomer 螢光繼續展現。細胞毒性實驗數據告訴我們這三個分子即使在 1 mM 的高濃度下對 HeLa 細胞(實驗用增殖表皮癌細胞)幾乎沒有毒性，我們亦做了活體細胞影像實驗，這三個分子都可以順利進入 HeLa 細胞中。雙光子激發螢光實驗結果顯示，**ABT-P3EG** 在細胞質中呈現跟濃度無關的陰離子藍色

螢光，而 **ABT-P7EG** 及 **ABT-P12EG** 當濃度超過臨界微胞濃度時會呈現綠色螢光，由影像可看到部分會進入細胞核，基於以上的研究觀察，我們將進行更深入的研究觀察及開拓這方面的應用。此部分的研究結果已發表在 *Methods and Applications in Fluorescence* 期刊中。



圖十一 **ABT-P3EG**, **ABT-P7EG** 及 **ABT-P12EG** 分子結構圖



Scheme 2. The proposed ground-state equilibrium and excited-state photophysics of **ABT-P12EG** in neutral water at diluted concentration ($\sim 10 \mu\text{M}$) and $> \text{CMC}$ ($> 80 \mu\text{M}$).

圖十二 **ABT-P12EG** 在中性水中於不同濃度下的吸光、放光示意圖

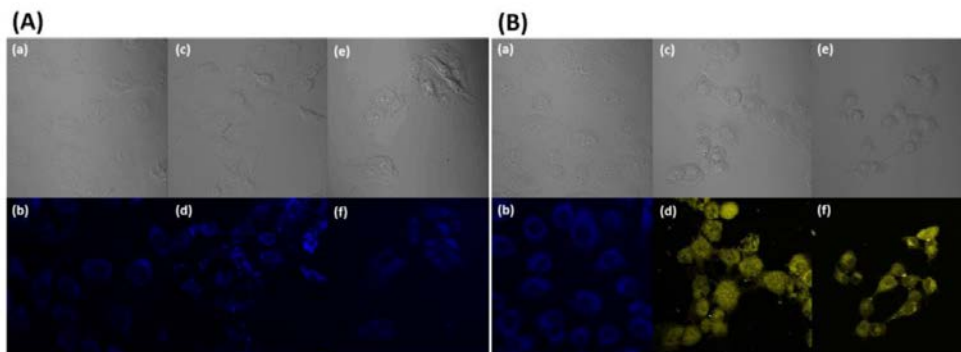


Figure 6. The confocal images of HeLa cells incubated 15 h with (A) $50 \mu\text{M}$ and (B) $500 \mu\text{M}$ of **ABT-P3EG**, **ABT-P7EG**, **ABT-P12EG** (from left to right). Upper: bright field image, lowered: two photon excitation fluorescence image ($\lambda_{\text{ex}} = 690 \text{ nm}$).

圖十三 **ABT-P3EG**, **ABT-P7EG** 及 **ABT-P12EG** 的細胞造影結果

以上是本計畫目前所產出的研究結果，實際上是進行了約 2 年半的研究成果及發現，除了有 4 篇相關研究論文外，⁶⁻⁹ 尚有四位研究生的畢業論文。¹⁰ 現階段 (105 年度計畫) 正在進行取代基位置對於化合物光物理性質效應的研究。

參考文獻

- (1) Chou, P.-T.;* Chen, Y.-C.; Yu, W.-S.; Chou, Y.-H.; Wei, C.-Y.; Cheng, Y.-M. *J. Phys. Chem. A*, **2001**, *105*, 1731.
- (2) Heieh, C.-C.; Cheng, T.-M.; Hsu, C.-J.; Chen, K.-Y.; Chou, P.-T.* *J. Phys. Chem. A*, **2008**, *112*, 8323.
- (3) Baughman, B. M.; Stennett, E.; Lipner, R. E.; Rudawsky, A. C.; Schmidtke, S. J.* *J. Phys. Chem. A*, **2009**, *113*, 8011.
- (4) Santra, S.; Krishnamoorthy, G.; Dogra, S. K.* *J. Phys. Chem. A*, **2000**, *104*, 476.
- (5) Ciuciu, A. I.; Skonieczny, K.; Koszelewski, D.; Gryko, D. T.* Flamigni, L.* *J. Phys. Chem. C*, **2013**, *117*, 791.
- (6) Tseng, H.-W.; J Liu, J.-Q.; Chen, Y.-A.; Chao, C.-M.*; Liu, K.-M.*; Chen, C.-L.; Lin, T.-C.; Hung, C.-H.; Chou, Y.-L.; Lin, T.-C.; Wang, T.-L.; Chou, P.-T.* *J. Phys. Chem. Lett.*, **2015**, *6*, 1477-1486.
- (7) Tseng, H.-W.; Lin, T.-C.; Chen, C.-L.; Lin, T.-C.; Chen, Y.-A.; Liu, J.-Q.; Hung, C.-H.; Chao, C.-M.*; Liu, K.-M.*; Chou, P.-T.* *Chem Comm.*, **2015**, *51*, 16099-16102.
- (8) Chen, C.-L.; Tseng, H.-W.; Chen, Y.-A.; Liu, J.-Q.; Chao, C.-M.*; Liu, K.-M.*; Lin, T.-C.; Hung, C.-H.; Chou, Y.-L.; Lin, T.-C.; Chou, P.-T.* *J. Phys. Chem. A*, **2016**, *120*, 1020-1028.
- (9) Liu, B.-Q.; Chen, Y.-T.; Chen, Y.-W.; Chung, K.-Y.; Tsai, Y.-H.; Li, Y.-J.; Chao, C.-M.*; Liu, K.-M.*; Tseng, H.-W.; Chou, P.-T.* *Methods Appl. Fluoresc.*, **2016**, *4*, 014004.
- (10) 林大鈞、劉俊騏、劉柏慶、黃建豪之 2016 年碩士畢業論文。

科技部補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2017/02/21

科技部補助計畫	計畫名稱: 基於胺基之激發態分子內質子轉移分子的合成、性質探討及應用開發
	計畫主持人: 趙啟民
	計畫編號: 104-2113-M-040-001- 學門領域: 有機化學
無研發成果推廣資料	

104年度專題研究計畫成果彙整表

計畫主持人：趙啟民			計畫編號：104-2113-M-040-001-				
計畫名稱：基於胺基之激發態分子內質子轉移分子的合成、性質探討及應用開發							
成果項目			量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等)		
國內	學術性論文	期刊論文		0	篇		
		研討會論文		4			
		專書		4	本	林大鈞，劉俊騏，劉柏慶，黃建豪碩士畢業論文	
		專書論文		0	章		
		技術報告		0	篇		
		其他		0	篇		
	智慧財產權及成果	專利權	發明專利	申請中	0	件	
				已獲得	0		
			新型/設計專利		0		
		商標權		0			
		營業秘密		0			
		積體電路電路布局權		0			
		著作權		0			
		品種權		0			
		其他		0			
	技術移轉	件數		0	件		
		收入		0	千元		
	國外	學術性論文	期刊論文		4	篇	Methods and Applications in Fluorescence, 2016, 4, 014004. Journal of Physical Chemistry A, 2016, 120, 1020-1028. Chemical Communications, 2015, 51, 16099-16102. Journal of Physical Chemistry Letters, 2015, 6, 1477-1486.
			研討會論文		2		
專書			0	本			
專書論文			0	章			
技術報告			0	篇			
其他			0	篇			
智慧財產權及成果		專利權	發明專利	申請中	0	件	
				已獲得	0		
			新型/設計專利		0		

		商標權	0		
		營業秘密	0		
		積體電路電路布局權	0		
		著作權	0		
		品種權	0		
		其他	0		
	技術移轉	件數	0	件	
		收入	0	千元	
參與計畫人力	本國籍	大專生	1	人次	
		碩士生	4		
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	0		
	非本國籍	大專生	0		
		碩士生	0		
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	0		
其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)					

科技部補助專題研究計畫成果自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現（簡要敘述成果是否具有政策應用參考價值及具影響公共利益之重大發現）或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以100字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形（請於其他欄註明專利及技轉之證號、合約、申請及洽談等詳細資訊）

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以200字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性，以500字為限）

激發態分子內質子轉移反應一般都是發生在酸性較強之苯酚類化合物，本研究利用有機修飾的方式讓苯胺類化合物也具有這項性質，並從光譜、熱動力學數據加以探討，發現行為不同於苯酚類化合物，這項限制的突破開啟了胺基型ESIPT的研究，目前有越來越多的相關報導及應用被發表，而水溶性的應用也初步有好的發展，目前正在開發應用中。

4. 主要發現

本研究具有政策應用參考價值： 否 是，建議提供機關

（勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關）

本研究具影響公共利益之重大發現： 否 是

說明：（以150字為限）