

國立陽明交通大學

NATIONAL YANG MING CHIAO TUNG UNIVERSITY

出國報告（出國類別：國際會議）

參加第十五屆國際京都有機化學會議及赴 大阪大學進行反芳香性化合物 *s*-indacene 單分子結電導的測量

服務機關：陽明交通大學應用化學系所

姓名職稱：朱清標 博士生

派赴國家：日本 京都及大阪市

出國期間：112.11.19~112.12.16

報告日期：112.12.08

摘要

近年來，多環反芳香烴因其獨特的電子結構、磁性、光物理和電子特性而成為研究的焦點。在近期的研究中，探討單分子結點電導率和芳香度的關聯性，並提出了低芳香度結構表現出較高的電導率。我們預測反芳香族化合物在分子連接處會有更高的電導率。芳香族分子電導性較差，因它們將抵制這種電荷的重新分配。相反，反芳香化合物有利於重新分配，破壞了環狀共軛，導致較高的導電性。此外，反芳香族分子具有較小的能隙。當連接到（金）電極時，反芳香分子的前沿分子軌道更接近費米能階，進而提高電導率。最近，我們提出了在特定位置上帶不同取代基的反芳香 *s-indacene* 衍生物。因此，我們將利用 *s-indacene* 衍生物研究單分子結點反芳香性與芳香性的電導率關係。

目次

一、目的.....	1
二、過程.....	1
三、心得及建議.....	2

本文

一、目的

於 112 年 11 月 20 日至 112 年 11 月 24 日期間，參加在京都舉行的「The 15th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry」(IKCOC-15) 國際會議。此次研討會匯聚了來自全球的卓越化學家，共同探討有機化學及相關領域的關鍵議題。我透過參與壁報發表的方式與他人分享了我在特定領域的研究成果，並獲得了許多有價值的建議，這是一次極具啟發性的學術交流體驗。

於 112 年 11 月 24 日至 112 年 12 月 15 日，前往大阪大學 Hirokazu Tada 教授實驗室進行研究，將我們合成的 *s-indacene* 反芳香性化合物應用於單分子結點，並探討其導電度，進而研究單分子結點反芳香性與芳香性的電導率關係。

二、過程

IKCOC-15 國際會議涵蓋三個主要主題，首先是有機合成的效率優化，其次是應用於材料科學的有機合成，最後則是應用於生命科學的有機合成。在第一天的演講中，以頒發 IKCOC 獎項作為開場，榮獲此殊榮的是 Stuart L Schreiber 教授。他的研究聚焦於分子膠黏劑(Molecular Glues)，這一技術應用於連接蛋白質。這場演講不僅讓我對此領域有了更深入的了解，也拓寬了我的學術視野，原來有機合成在這個領域中也有著此重要的應用價值。在接下來的幾天，每天都有來自數十個不同領域的演講，使參與者得以根據自己的興趣做出選擇。而在每天的演講結束後，將舉辦為期兩小時的壁報展，匯聚了各國學生和教授的研究成果，提供了進一步深入討論和交流的機會。

在大阪大學中，我們先與 Hirokazu Tada 教授開會，共同策劃接下來三週的計畫。首先，將致力於學習如何操作掃描隧道顯微鏡(STM)，並在熟悉操作後進行 STM 數據的測量和檢查以確保其正常運作。接下來，我們將深入學習如何進行 STM-BJ (Break Junction)的測量，不同於 STM 的是，STM-BJ 的探針為金，我們將學習如何應對可能出現的各種問題。最後，我們將以不同的條件進行 *s-indacene* 化合物的測量，以得到其電導率。完成 STM-BJ 的測量後，我們還將進行我們合成的第二代 *s-indacene* 的 UV-vis-NIR 吸收光譜的測量。

三、心得及建議

(一) 心得

在 IKCOC-15 國際會議的首日，Stuart L Schreiber 教授分享了有關 Molecular Glues 在連接蛋白質上的應用。這讓我深刻體會到有機化學的廣泛應用，它涉及到各個領域的相互關聯，呈現出其在科學研究中的重要性。在接下來的演講中，我將聚焦於有機合成效率的優化及應用於材料科學的有機合成。這兩個主題與我的研究項目密切相關，因此我選擇了這方面作為演講的焦點。這次演講邀請到了 Stephen L. Buchwald 教授，這也是我首次親眼見到書本中的學者。他的演講主題主要聚焦於金屬催化在連接碳氮鍵方面的研究。在聆聽了數十場演講後，接下來迎來了壁報展。在一般的演講中，由於參與人數眾多，我通常不太主動提問問題。然而，在壁報展中，最吸引人的地方在於能深入了解各位研究者的成果，提出問題並展開討論，這讓我有機會更深入地瞭解不同領域的研究。

我也參與了壁報展，分享著我的研究成果。令我感到欣慰的是，有許多人對我的研究表現出濃厚的興趣，尤其因為反芳香性化合物的研究領域相對較為少見。其中一個讓我印象深刻的事是，遇到了一位同為進行相關研究的學生。我先行介紹了我的研究成果，接著我們進行了深入的討論，探討彼此的想法、提出疑問，並探討未來潛在的研究方向。

很幸運能夠參加這次的研討會，特別是考慮到過去一次的演講因為 COVID-19 的影響而延後舉行。在這場研討會中，我獲得了豐富的有機化學知識，同時也擴展了我的學術視野。這次經歷對我而言是一個極具意義的經驗。如果有機會的話，我希望能繼續參與類似的研討會，與來自不同國家的學生和教授進行化學領域的交流。這種國際性的學術交流不僅有助於個人的學術成長，也促進了全球科學社群的合作與共享知識的機會。

在這次的短期研究中，我學到了如何操作 STM 以及 STM-BJ。與 STM 不同的是，STM-BJ 的探針金屬為金，其製備過程包括剪下金絲作為探針。在這個製備步驟中，我花了相當一段時間去熟悉，因為製備金探針時不能僅僅剪斷金絲，而是需要利用金的延展性進行拉斷的方法製備。若製備不佳，在測量過程中可能會缺乏訊號，導致無法進行正確的測量，也無法獲得良好的實驗數據。

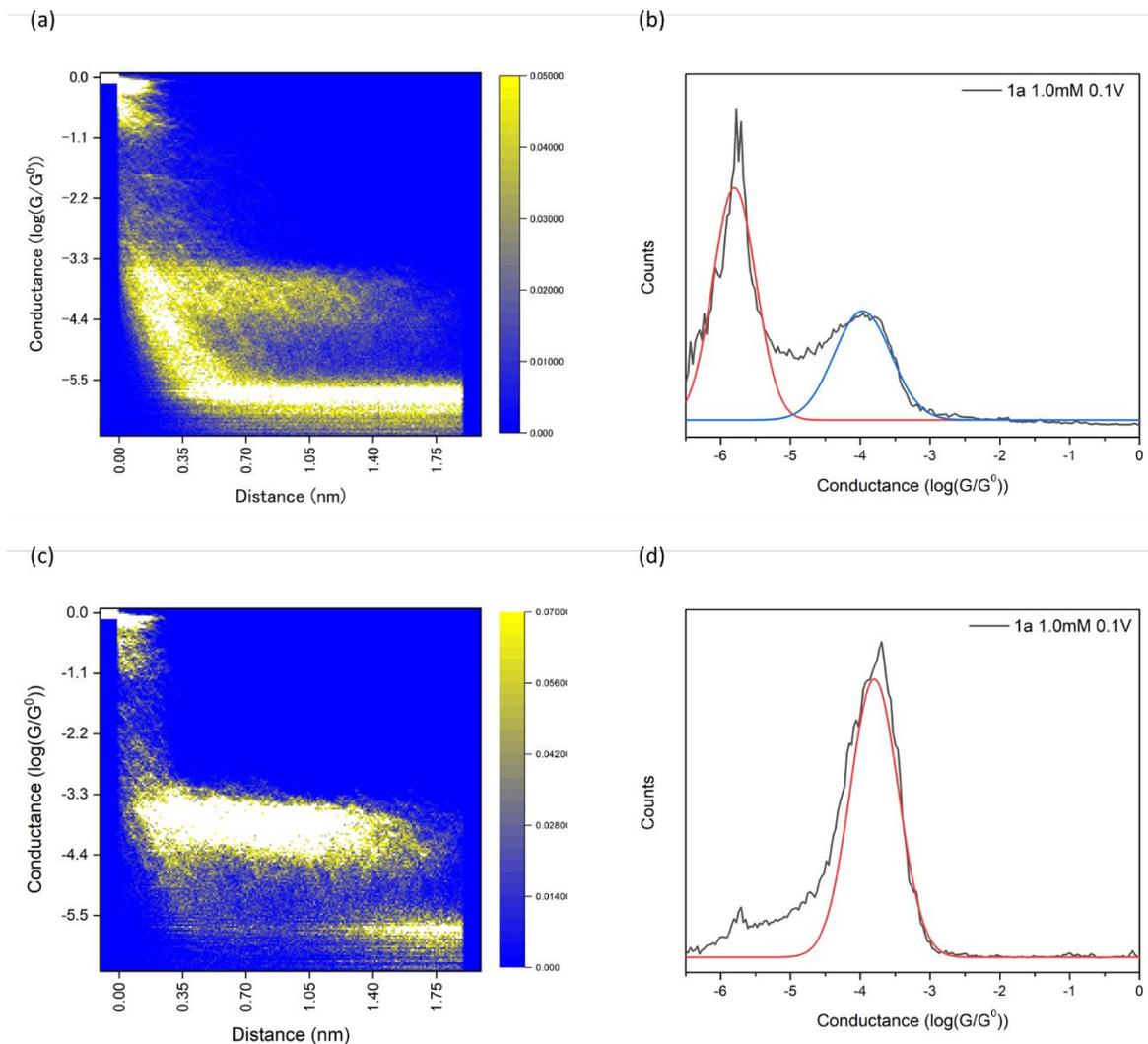
在熟悉了 STM-BJ 的操作後，並開始測量我們的 s-indacene 材料。首先，我們需要調製一

定濃度的溶液。在首次實驗中，我調製了 1.0 mM 的濃度進行測量。調製完成後，將金基板浸泡在溶液中一分鐘，以使材料附著在金基板上進行後續的測量。在第一次的測量中，雖然獲得了實驗數據，但結果並不理想。因此，在製作探針的過程中，我還需要更多熟練和改進。很幸運的是，在之後的幾次測量中，都獲得了理想的結果。此外，我也製備了 0.01 mM 濃度的溶液，試圖測試這個濃度是否可行。可惜的是，猜測由於濃度太低的原因，附著在金基板上的材料非常少，因此無法獲得明顯的訊號。另外，我也使用相同的 1.0 mM 濃度在不同條件下進行測量。分別在 0.05V、0.075V、0.1V 和 0.2V 的電壓下進行了測量，以獲得電流-電壓的曲線，完成單分子結點測量。

接著，我花了相當多的時間學習和摸索，對所有收集到的數據進行分析。在測量過程中，我們會收集超過 10000 個數據，而不是每一條數據都是有用的。我們需要在這 10000 多個數據中篩選出我們需要的信號，然後進行繪圖，以生成一維和二維的圖形，這是一項繁瑣且重要的步驟。

圖一顯示了其中一項測量結果，條件為 1.0 mM 及 0.1 V。圖中的(a)和(c)是二維圖，而(b)和(d)是一維圖。二維圖提供有關分子長度和斷裂動力學的信息，而一維圖則可以確定分子的（最可能的）電導。在圖一(c)中，可以觀察到在電導值約為-3.5 附近有明顯的訊號，且訊號的距離（X 軸）約為 1.75 nm。在我們的化合物中，硫與硫的距離約為 2 nm，因此與實驗結果相似。這表示我們的材料在與金的鍵結時，呈現類似直直站立的結構。在圖一(d)中，我擷取了在電導值約-3.5 的訊號，利用高斯做出曲線而得到電導率，而我們的材料電導值約為-3.75。

最後分析完所有數據後，我們與 Hirokazu Tada 教授和 Yamada 教授一起討論分析完的解果，並且討論如何增加電導率做為未來的方向。



圖一. (a)(c)Two-dimensional (2D) conductance histograms. (b)(d) One-dimensional (1D) conductance histograms

(二) 建議

我期望學校能夠持續鼓勵學生參與類似的研討會，與來自不同國家的同儕和專業教授進行化學領域的跨國交流。這樣的國際學術互動不僅有助於個人的學術發展，也提供了分享知識的重要機會。

此外，在這次的短期研究計畫中，我與大阪大學進行合作，學習了在這裡測量 STM-BJ 的技術和知識，也了解了這邊做實驗的文化。這對我在台灣的研究有極大的幫助。如果有機會，我將能夠將這項技術和知識應用在台灣，進一步推動相關領域的發展。因此，我期望能夠促進並鼓勵與其他學校教授的合作，以促進不同領域技術和知識的交流與學習。