

10thNICE-微型蒸餾器工作坊發表

廖旭茂^{1,2}

¹ 台中市立大甲高級中等學校

² 教育部高中化學學科中心

nacl880626@gmail.com

摘要：蒸餾是一種基本的分離技術，利用混合物中各成分沸點的差異來進行分離。它廣泛應用於釀造、石化等產業。然而，高中實驗室中傳統的蒸餾裝置通常體積龐大、價格昂貴且易碎，限制了其用途，多半僅用於教師示範，而非學生的實際操作。因應臺灣對綠色化學與創客運動日益重視，本研究開發了一種新型微型蒸餾裝置。此系統以 20 mL 樣品瓶取代傳統的大型圓底燒瓶，外部纏繞電熱絲並透過變壓器控制，以提供穩定熱源，免除了對昂貴且高耗能的電熱套，或具危險性的酒精燈的需求。此外，珍珠奶茶用矽膠吸管作為冷凝管，並配合 USB 供電的沉水馬達，進行水循環以達到高效冷卻，進而實現節水效果。綜合以上，微型蒸餾裝置具有體積小、耐用、可攜帶、節能等優點，提升了安全性與實用性。其設計可廣泛應用於蒸餾實作相關的教育場合，並可作為探究式與實作型科學課程中的寶貴工具。

■ 前言

連日大雨滂沱，思緒紛亂，索性打開筆電，整理手機內照片，一幅幅山形的旖旎風光與與精采活動剪影快速流轉，溯洄從之，濁緒緩緩滌清。回憶山形之旅，將依時序，記下這趟台日友好之旅的驚奇....

很開心能夠與國立臺灣師範大學科學教育研究所的邱美虹教授、國立台北教育大學周金城教授所帶領的博士生團隊，以及學科中心伙伴一起參加了今年七月底在日本山形市所舉辦的第十屆亞洲化學教育研討會（10th Conference on Network for Inter-Asian Chemistry Educators, 10th NICE Conference），本屆 NICE 大會，有各國代表的主題報告、口頭報告，與精彩的師生海報展，其中更有數個攤位，各式道具齊全，藉由實驗演示來介紹自己的研究成果；筆者延續以往 NICE 的慣例，分享迷你型蒸餾模組的體驗工作坊（Workshop），由於事前與主辦單位充分地溝通，獲得時段、時間與場地上妥善地安排，讓一個小時內結合介紹簡報與蒸餾實作體驗結合的工作坊能夠圓滿進行。趁思緒清晰之際，將微型蒸餾器的製作、組裝、使用與測試結果，與工作坊的分享歷程，記錄下來。

■ 迷你型蒸餾器的開發與應用

迷你型蒸餾器的外型特徵是從前一代 (廖旭茂, 2020) 改良而來 ; 為減少電熱式加熱瓶纏繞電熱線時常發生的短路現象 , 並提升隔熱效果 , 捨棄原有扁形電熱合金帶的使用 , 改用外覆鐵弗龍塑膠的電熱絲 ; 為提高鑽孔的安全性 , 加大矽膠塞的規格 , 並捨棄一般珍奶吸管的使用 , 改用彈性更好的矽膠管 ; 為避免操作時燙傷 , 加熱瓶底部加裝矽膠套 , 作為隔熱之用 ; 為穩定電熱加熱瓶 , 捨棄原有藉由雷射切割機與機械加工而成的壓克力支架 , 改用實木底座 , 節省繁複工序 , 並提升原有加熱瓶的穩定度。確認所有工序後 , 並測試蒸餾器對各種酒類的蒸餾功能 , 與相關溫度變化參數。除此之外 , 新一代的蒸餾器 , 可改變加熱瓶的體積 , 選擇不同電阻的電熱線 , 與變壓器的選擇 , 以達到最適合的功率輸出。將兩代蒸餾器的外觀 , 做一比較 , 如圖 1 所示。

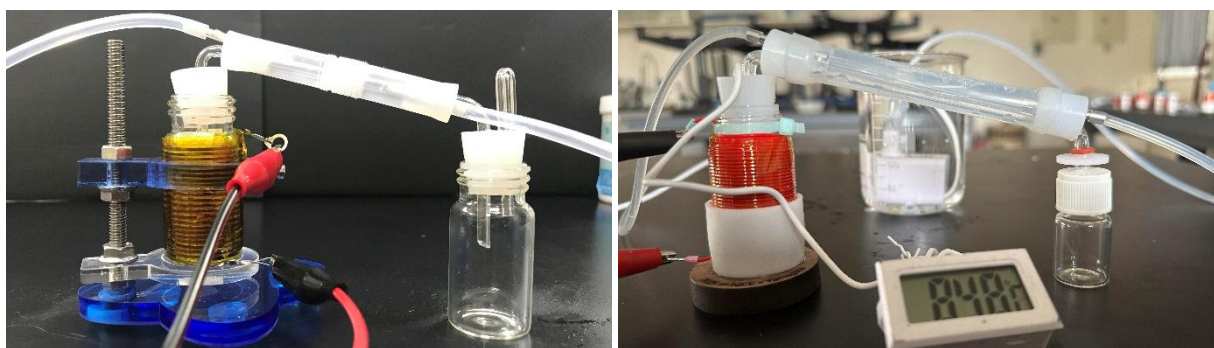


圖 1：圖左為第一代蒸餾器，圖右為第二代蒸餾器

各關鍵元件的製作、組裝、使用過程分述如下：

1. 電熱式加熱瓶的製作

電熱式加熱瓶的製作包括：聚熱鋁箔紙的黏貼、電熱線的纏繞與固定、隔熱防燙矽膠套的安裝、實木底板的黏著等；按此完整過程，可以劃分成兩個區塊、11 個詳細步驟，第一區塊為電熱式加熱瓶的製作（包括步驟 1-1~1-5）。相關步驟如圖 2 所示。



圖 2：電熱式加熱瓶的製作流程

第二區塊屬於電熱式加熱瓶的優化，包括直流電源接頭-管狀端子的壓接、防燙矽膠套的安裝、與實木底座的黏著固定，(包括步驟 1-6~1-11)。相關的步驟如圖 3 所示：



圖 3：電熱式加熱瓶的優化製作流程

2. 冷凝管的製作

冷凝管的製作包括玻璃內管彎折、矽膠塞上鑽孔(含玻璃內管穿孔與冷卻水孔,共鑽2個孔),進出水口金屬管轉接頭安裝等相關製作流程,如圖4(步驟2-1至2-5)所示:



圖 4：冷凝管的製作流程

3. 迷你型蒸餾器的組裝

取一個6號矽膠塞,以鑽孔器鑽出2個孔,一孔供冷凝管的玻璃內管貫串連接,作為熱蒸氣的接收通道,另1孔插入溫度計的金屬探針頭,以偵測蒸氣的溫度;6號矽膠塞緊塞加熱瓶後,與冷凝管連接在一起。冷凝管前、後矽膠塞的進、出水口,透過不鏽鋼金屬管作為轉接頭,分別連接各一條約40公分長的小矽膠管;隨後進水口的矽膠管與固定在燒杯底部的打水小馬達出水口連接,而與出水口連接的小矽膠管放置回燒杯中,達成冷卻水循環節水的目的。相關組裝流程如圖5(步驟3-1至3-5)所示。



圖 5：迷你型蒸餾器的組裝步驟

4. 迷你型蒸餾器的使用 (以紅酒蒸餾為例)

量取 8 毫升紅酒，倒入加熱瓶中，蓋上與冷凝管左側相連的矽膠塞；接著 250 毫升燒杯中注水約八分滿，隨後將打水小馬達的 USB 插頭插入變壓器的 USB 插座中；當變壓器的插座接通電源時，冷卻水自打水馬達流出，經由小矽膠管，由下方進入冷凝管的玻璃內管與大矽膠外管之間，等大矽膠外管注滿水後，水再由上方經出水口、小矽膠管回到燒杯中。

接下來，變壓器的 DC 接頭分出的兩條鱷魚夾紅、黑導線，分別夾持電熱瓶前、後電熱線的管狀端子，電熱線不分極性，相反接法，亦可產生電熱效應。將注意力放在溫度計上，觀察溫度計顯示的溫度有無上升，10 秒鐘後若無變化，檢視鱷魚夾接線、插頭是否接受？若無問題，繼續加熱約 6~8 分鐘後，仔細觀察第一滴蒸餾液溜出，紀錄溫度計的溫度與餾液的顏色。圖 6 (步驟 4-1 至 4-5) 是迷你型蒸餾器的使用步驟。



圖 6：蒸餾器的使用步驟流程

5. 蒸餾液觀察與酒精度的測量

當收集餾液達 1 毫升時，紀錄此時溫度計的溫度，並將蒸餾液迅速倒至一乾淨小樣本瓶 A，接著將收集瓶放原來回收位置，持續通電加熱。取一支小滴管自樣本瓶 A 中吸取 1 小滴蒸餾液，滴在手背上，戳開液滴嗅聞，觀察溶液的顏色、氣味。與原酒相比較有何差異？

梅酒蒸餾後的餾液酒精濃度與原梅酒相比是升高或降低？取一酒精度計，打開取出盒中小滴管，吸取蒸餾液滴在觀測平台上，闔上透明蓋，手持酒精度計朝向日光燈光源處，觀察光線曲折後，藍白的交界處對應的刻度，即為酒精的濃度。試問蒸餾液的確切濃度是多少 %？觀測酒精濃度過程，如圖 7 所示。



圖 7：酒精度計的外觀操作與測量過程

7. 迷你型蒸餾器的梅酒蒸餾測試

此迷你型蒸餾器，透過 12V·2A 的變壓器加熱，若教師想了解加熱瓶的加熱效果，可透過紅外線溫度計測量瓶外溫度，並利用數位溫度計量測瓶內的溫度，探討加熱過程中瓶身的溫度隨時間的變化。圖 8 為加熱效果調查的實驗裝置。

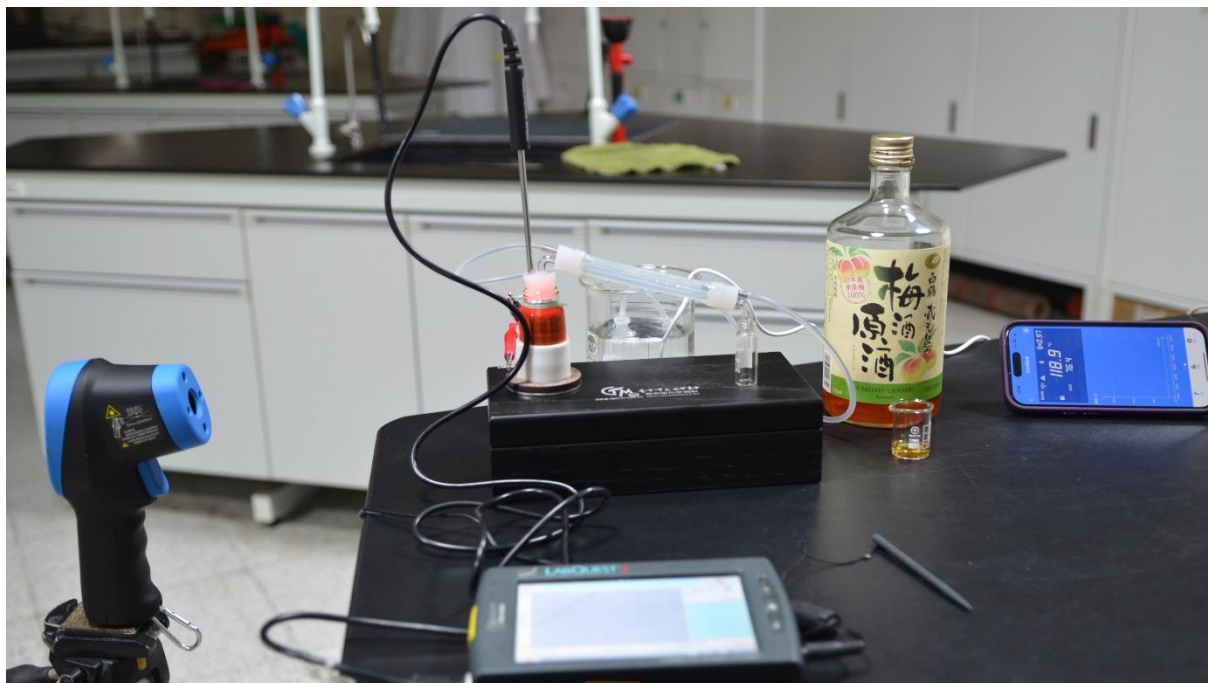


圖 8：加熱瓶加熱效果的量測裝置

此種變壓器常見於監控攝影機系統上，最大功率為 24W，價格不貴；亦可使用較高功率的變壓器或電源供應器供電，加熱速度會增快，但溫度提高，安全性會有疑慮，價位也會較高。圖 9 為瓶內、外溫度隨時間的變化。

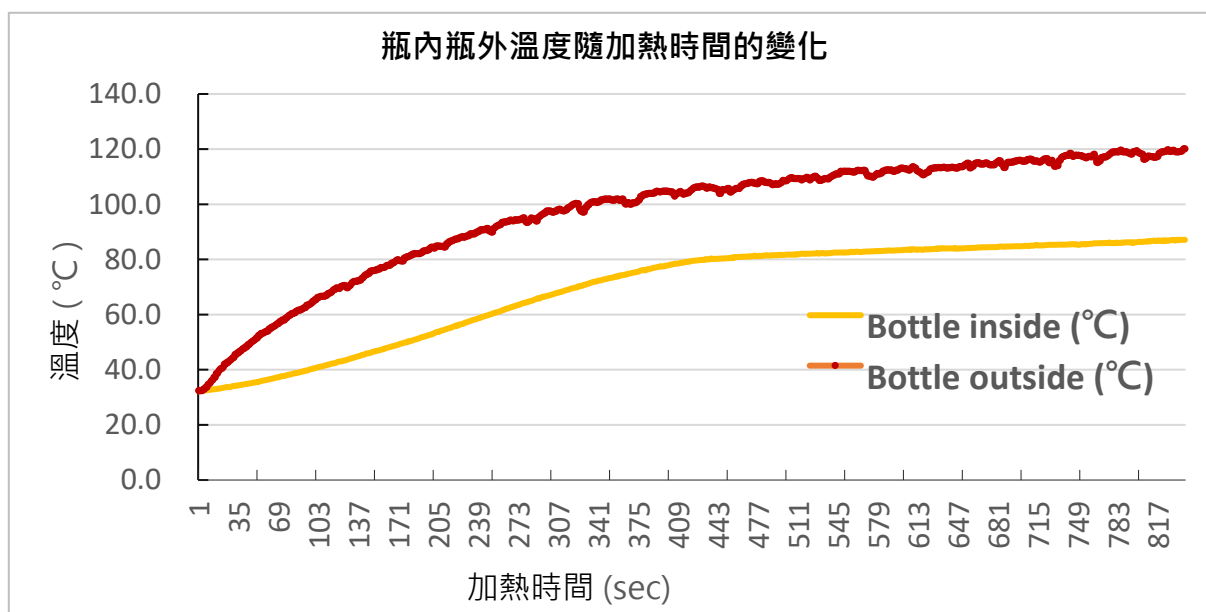


圖 9：電熱瓶內、外的溫度變化

■ 關於活動後話

1. 工作坊之前

此次研討會主辦人為山形大學的 Yasunao 教授，筆者與 Yasunao 教授屬舊識，早在 2013 年在屏東教育大學舉辦的 5thNICE，筆者分享的工作坊上即結識，之後兩年一次的研討會都會見到面；基於台日友好，筆者自去年中，決定分享蒸餾器的主題後，三個月前開始利用課餘時間，陸陸續續完成 35 組蒸餾器的製作；最後一個月進入打包與運送的惱人環節，為避免攜帶一堆非日常生活用品進出海關時，將面臨到疑惑性的詢問，甚至誤解，筆者再次進行詳閱運送法規後，確認寄送的物品非正面表列的違禁品後，將工作坊所需的蒸餾器完整打包，如實上網申報，透過郵寄方式於活動兩個星期前寄至山形大學，當 Yasunao 教授回覆收到包裹的那一刻，真是讓人鬆了一口氣啊。圖 10 是此次研討會分享的所有教具。



圖 10：打包完成的蒸餾器材料

2. 會前漫遊

事先抵達山形，離報到還有一日空閒，打算前往當地名勝-立石寺 (Yamadera，又名山寺) 一遊，兩地距離約 14 公里，JR 鐵路行程約 20 分鐘內。一大清早前往山形 JR 站，搭仙山線 (往來仙台-山形市的鐵路) 前往，月台上巧遇美虹教授與王教授夫婦，也是前往山寺，於是一伴同行遊覽。行車約莫 20 分鐘後，抵達山寺站。山寺顧名思義為山中的寺廟，此行除了累人的登山的 1015 階的參拜道路外，還有隱藏版景點「垂水遺跡」，與最吸引人的芭蕉紀念館。一行人步出火車站並未立即直攻山寺，而一同前往日本有俳聖美名的松尾芭蕉，由後人建立的「山寺芭蕉紀念館」參觀；松尾芭蕉於 1702 年發行的旅遊日誌——《奧之細道》中曾

描述 1689 年至山形尾花澤訪紅花富商友人，順路訪遊山寺，並在山寺留下讓後世讚嘆傳頌的名句：「閑さや岩にしみ入る蝉の声」，意旨為「寂靜啊，蟬聲滲入岩石之中」。芭蕉紀念館（Yamadera Basho Memorial Museum）離車站步行約八分鐘，整個館占地極廣，整體外顯出一個日本獨有的枯、寂感，館藏不多，事實上，松尾芭蕉本人與山寺的連結不深，山寺也是「奧之細道」中其中的一站，留下了一句俳詩，但日本人卻可因此作文章，透過細膩的包裝手法，以好好說故事的敘事手法，讓旅客可以藉由俳句上的懷古情懷與臨場意境產生的連結與共鳴，這樣獨特的觀光營銷方式，值得臺灣的觀光業者深思。圖 11 為芭蕉紀念館正面照。



圖 11：山寺芭蕉紀念館圖

3. 7/27 報到、相見歡、Workshop

正式活動從 25 日下午開始，活動場地在山形國際飯店(YAMAGATA KOKUSAI HOTEL) 舉行，因工作坊的材料已經事先寄達山形，委由主辦單位收件。筆者於 7/25 報到日前往會場，整理相關材料；7/27 早上 8:00 到會場與大會山型大學的學生一起布置場地，包括配置電源插座；工作坊為時 60 分鐘，分為 8 組，每組 4~6 人，每組分發 1 組迷你型蒸餾器模組。9 點一到，大會主席 Yasunao 教授特別邀請前東北大學教授，也是國際微型化學大師-荻野和子（おぎのかずこ）教授來擔任這個工作坊的主持人，筆者特感榮幸。工作坊以自我介紹開始，除了出發地、研發過的教具等，圖 12 為自我介紹的簡報。



圖 12：自我介紹的簡報畫面

接著拿迷你型蒸餾器與一般蒸餾器的比較，隨後進入介紹電熱式加熱瓶與冷凝管的製作細節，最後組裝，並教導教師學者們如何使用蒸餾器來進行梅酒的蒸餾。簡報告一小段落，進入實作體驗流程，迷你型蒸餾器引起大家的關注與討論，整場活動相當熱絡，很开心迷你型蒸餾器獲得認可與讚賞。簡報過程中強，強調「工愈善，必須先立其器」，並強調製作教具時該具備的日本職人精神-「Monozukuri」，當說出這詞時，立即獲得與會日本教師的共鳴與認同，令人開心；事前縝密安排，過程中難免疏漏，由於講台使用有線麥克風，而展示桌有點距離，來來回回之間，不慎打翻了冷卻水杯，讓場面有點尷尬，所幸同行夥伴施玓、映辛老師及時上前幫忙，加上美虹教授溫暖一句話，大師該有大師的樣子，讓人著實心安，分享繼續前行；最後到了分送教具的環節，由於參與的太多人了，攜帶過海的教具、材料實在不夠發，最後真心感謝臺灣團隊自己人的禮讓，優先將教具贈於外國友人，完成一項化學大使的國民外交；此舉讓筆者大為感動，這份情回台灣，肯定得加倍奉還！圖 13 為筆者簡報與實作過程的畫面。



圖 13：工作坊簡報與實作互動過程

工作坊最大的遺憾就是忘了大合照.....唉，只能這樣了！感謝主辦單位的充分協助，讓 NICE 工作坊畫下美好句點；感謝同行的台灣夥伴，幾天來海外一起學習、一起同樂、一起冒險，一起留下了難忘的記憶，各位後會有期.....。

■ 參考文獻

廖旭茂 (2020)。綠色創客-3：微型電熱式蒸餾器的設計與製作。臺灣化學教育，40。

<https://reurl.cc/QaebM0>