

## 後記

# 減廢的春天：花蓮在地減廢新契機

花崗岩、大理石為花蓮最負盛名的特產，殊不知棄置廢泥也是花蓮最大宗的特產。本實驗將廢泥燒製成「輕質粒料」建材，減廢再利用。

「輕質粒料」可減輕混凝土自重、提高跨度、增加樓板使用面積，是一外觀玻璃化呈相，骨材裡含氣泡的高價綠建材。目前下水道污泥製成輕質粒料已有廣泛的應用，但尚未有發掘石材廢泥之研究，由張齊憲老師指導，花蓮高工呂婉榛、宋雅雯、蔡岳廷、涂盛宏四位同學決心將這個想法實踐。

為期1年的實驗，從初始以卡車載運廢泥，至亞洲水泥商借X-Ray螢光分析儀，做材質測試，再將廢泥攪拌均質化後，手工搓成一顆顆直徑1.2 cm大小圓球入高溫爐中加熱，找可燒結成功之溫度和方法，最後找到最適溫度1100°C，再找最佳燒結時間呈相，期間實驗室內超高溫加熱環境，需常常使用大型電鋸鋸開石頭觀察剖面，既辛苦又有危險性，粒料製成後尚需後加入混凝土中實測建材強度。

## 燒結

受訪當天，笑容可掬的呂婉榛、宋雅雯同學，開朗的臉龐如晴朗的天氣，全不受大風影響，閃動靈活大眼、充滿溫情地回憶實驗過程：「所有高中的回憶就是這個。」平常到校早自習時，燒個幾盤，中午午休再去觀察，寒暑假也到校研究、打資料，連春假也提早結束，生活泡在實驗室裡了。

## 驚蟄

燒結成功與否除了溫度，均質化也是關鍵。一開始不曉得先用攪拌器把廢泥攪勻再製成湯圓，明明同一個溫度燒結，同批粒料一會兒冥頑不靈，連玻璃相也沒，一會兒化成一碗巧克力湯，整整一個月找不到燒製溫度瀕臨放棄，靠著張老師安慰打氣才堅持下去。男同學們特別辛苦，負責用大型電鋸鋸開石頭看呈相，戰戰兢兢帶著護目鏡，老師站在旁邊監督，夾子夾很緊怕萬一有任何閃失，會受傷。宋同學說：「最高興的時刻是粒料終於燒成功的時刻！」知道1100度可行，可以開始小範圍溫度測試，找出最省能源的燒製溫度和時間。

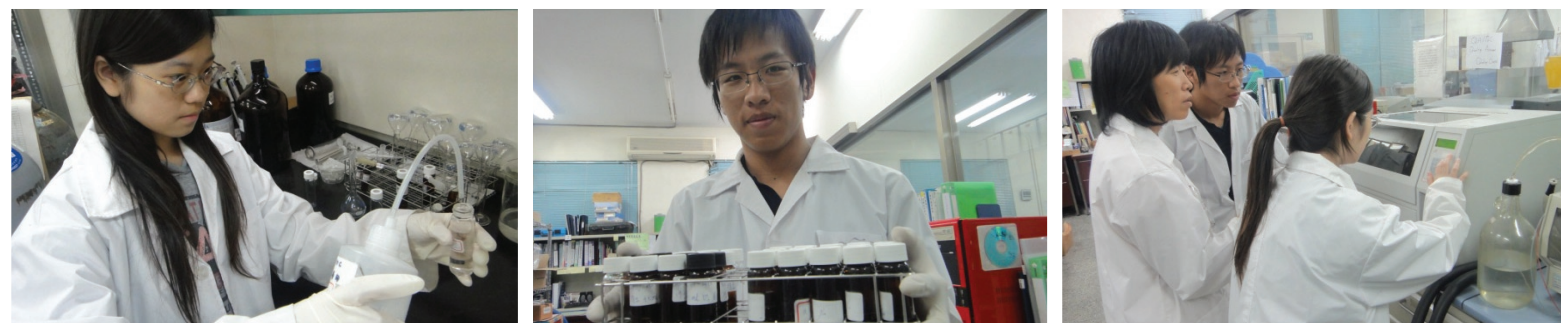
兩個受過訓練口才無礙的女生回想起來，格外感謝老師嚴格的訓練。呂同學強調，老師嚴格是希望我們不要將來到競爭場上受挫「哭著回來。」縱使已經決定誰要上台報告，還是訓練每位組員練習演講，以免臨時被要求上台，「不知道為什麼，在老師面前就緊張得結結巴巴。」同學笑瞇瞇地說，「上台去報告反而容易一點。」老師如武俠小說裡的黃蓉，步步沙盤推演各種狀況、可能被問到的問題，論文寫作上的漏洞，問最多刁鑽問題的就是老師自己。

為了希望未來能將研究結果無償分享，對環境盡一份心力，老師特別不想申請專利。2位小組成員已經是大學土木系學生，發現一些本來需要背誦的知識，現在只要回想實驗過程就可以貫通，比別人通曉使用的原理，額外感到駕輕就熟。

6-2

環 境

科學小論文



## 後勁版柯南 探討後勁溪仁武橋之污染趨勢

國立中山大學附屬國光高級中學  
林晨光、陳萱



## 後勁版柯南——探討後勁溪仁武橋之污染趨勢

高雄，一個重工業密集的都市。後勁溪為原高雄縣市交界之主要河川，源自高雄仁武、大社兩支流，分別流經大社工業區、仁武工業區、中油高雄廠、楠梓加工出口區及楠梓住宅區，爾後出海；因此，後勁溪承受大量工業廢水及家庭生活污水；若後勁溪遭受嚴重污染，不只會造成沿岸居民健康的危害、溪流生態破壞，另外有農作物被污染的疑慮。自去年台塑被爆出嚴重的地下水污染之後，我們就拜訪高海科大林教授希望能學習檢測水質的技巧，親自為家鄉的環境生態盡一份微薄的心力。這次的研究以最少每月一次（污染巔峰期則每週一次）的頻率，採集後勁溪八空橋、仁武橋段的表面水，檢測其含氯有機物的含量，發現濃度最高的污染物為三氯甲烷（氯仿）；在好奇心的驅動之下，激發起我們扮演後勁版柯南之志氣，致力探討含率有機溶劑之污染來源。

### A 研究動機

從二十世紀開始，化學工業蓬勃發展，也是人們逐步意識到化學工業對人類健康、生態環境也有危害的世紀。經過多次大規模的污染事件使人類更為重視環保，美國從1900年到1960年間，才制定16項環保相關法規；1960到1995年間制定了100多項環保法律，1990年通過了《污染防治法》〔Pollution prevention Act(PPA)〕成為全國環境保護的政策。

台灣在1960年代左右也開始發展化學工業，而過程中也付出不小的環境代價；尤其發生在我們學校鄰近的台塑仁武廠後勁溪污染事件、中油空污履遭居民抗議的事件，使的本身對化學有高度興趣的我，看到環境污染問題不斷發生，極度痛心。於是找到對環保有興趣的同學，以關懷鄉土環境為核心目標，共同探討學校附近的河川污染，希望能作後勁溪的柯南，為自己美麗的家鄉盡一份心力，並宣傳我們所得到的成果，達到環境保護全民不分男女、老少皆參與的目標。

### B 研究目的

生長在楠梓長達十多年，新聞一直不斷播報附近的環境問題，從以前的垃圾山到現在的後勁溪，看著附近居民抗議的情形，讓我從年就希望為環境盡一份心力。希望藉由此機會，學到更多環保知識，並將這些收穫分享給在校同學及社會民眾。

經過多次開會討論，我們擬定所欲探討之工作項目及內容如下：

- 一、含氯VOC的定義及對人體的影響
- 二、國內外含氯VOC的管制情形
  - （一）國外河川水中Cl-VOCs調查概況
  - （二）國內河川水中Cl-VOCs調查概況
  - （三）國外河川水中Cl-VOCs管制情形
  - （四）國內河川水中Cl-VOCs管制概況

三、2010年後勁溪之污染物及特性

- （一）後勁溪仁武橋的污染物種類及其危害
- （二）後勁溪仁武橋污染物的濃度探討及時間變化趨勢

四、探討後勁溪之污染源

- （一）空間面
- （二）時間面
- （三）製造原料
- （四）污染歷史
- （五）排除其餘可能性（刪去法）
- （六）季節性
- （七）地下水污染

五、研究結果之宣導

### C 研究設備及器材

一、實驗材料

1. 試劑水：使用之試劑水為經過純化之去離子水（比電阻 $<18.2 \text{ m}\Omega$ ）。
2. 甲醇：分析試藥級，純度為99.8 %以上，主要作為稀釋及清洗用。
3. VOC Mixture標準品溶液：採用Ultra公司所生產之DWM-588 VOC標準品及AccuStandard公司生產之M-502-10X VOC標準品，以上皆為60種VOC混合標準品，另外再購買由AccuStandard公司生產之MTBE標準品，自行配製61種之VOC混合標準品。
4. 內標準品及擬似標準品溶液：採用SUPELCO公司生產之EPA 524.2 Fortification Solution，其中含內標準品：氟苯(Fluorobenzene)，及擬似標準品：1,2-二氯苯-d4(1,2-Dichlorobenzene-d4)與4-溴氟苯(4-Brmofluorobenzene)。
5. 氣體：所使用氣體為純度99.999%之高純度氮氣。
6. 注射針：使用SGE公司所生產之 $10 \mu\text{L}$ 、 $25 \mu\text{L}$ 、 $100 \mu\text{L}$ 、 $1,000 \mu\text{L}$ 注射針，主要為配製標準品。
7. 定量瓶：使用50 mL及100 mL之定量瓶，主要為配製檢量線及稀釋樣品。

二、儀器設備

1. 微量吸管：採用Eppendorf公司所生產Research系列之 $100 \mu\text{L}$ 、 $1,000 \mu\text{L}$ 、 $5,000 \mu\text{L}$ 微量吸管，主要為手動稀釋樣品之用。
2. 分析天平：採用Mettler-Toledo公司所生產之天平，精密度為0.1 mg，作為定量瓶校正之用。
3. 純水製造機：採用MILLIPORE公司生產之Simplicity 185純水製造機，搭配Simpak 1/超純水純化管柱，製造實驗用之試劑水（比電阻 $<18.2 \text{ m}\Omega$ ）。



4. 自動進樣裝置：採用O.I公司所生產之O.I.A 4552 Water/Soil Autosampler，可同時放置51個樣品、可程式自動添加內標準品與擬似標準品及自動稀釋樣品。
5. 吹氣捕捉裝置：採用O.I公司所生產之O.I.Analytical 4560 Sample Concentrator，主要進行樣品中VOC化合物之捕集與濃縮。
6. 氣相層析質譜儀(GC/MSD)：採用惠普(HP)公司所生產之6890 GC及5973 MSD，進行VOC化合物之分離、定性及定量。

## D 研究過程或方法

### 一、採樣點規劃

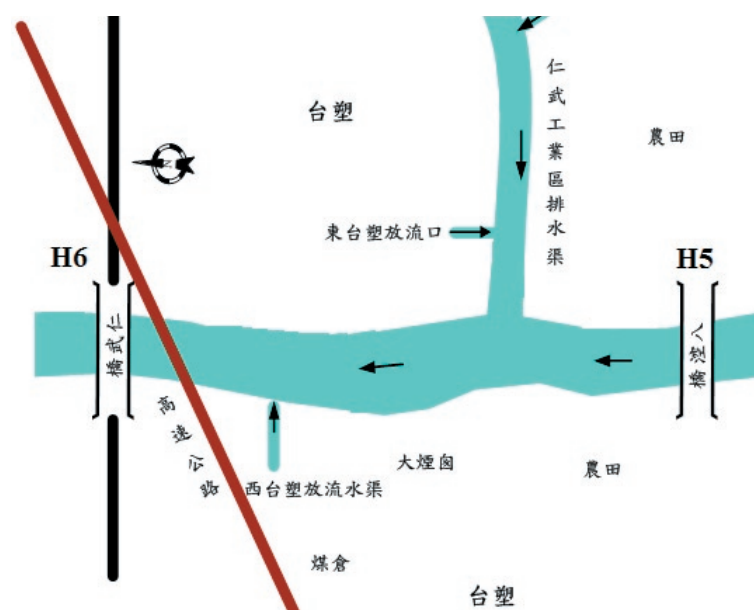


圖1 採樣位置規劃

本次研究的採樣規劃以每個月至少一次（若發現高濃度則提高檢測頻率為每星期一次）的頻率進行（從2010年1月至2010年11月），目標鎖定在去年新聞中的主角—仁武橋，因為位處仁武工業區及台塑仁武廠下游，所以推測其揮發性有機物的濃度應為最高。

### 二、採樣方法

本研究採樣方式為參考行政院環保署之河川、湖泊及水庫水質採樣通則(NIEA W104.51C)與環境樣品採集及保存作業指引(NIEA-PA102)，採取河道中間之表層水，樣品立即以含鐵氟龍墊片之40 mL棕色玻璃瓶盛裝，且運送過程需於4 °C以下、無光照之環境保存。

### 三、實驗分析方法

本研究主要參考行政院環保署環境檢驗所NIEA W785.54B「水中揮發性有機化合物檢測方法—吹氣捕捉／氣相層析質譜儀法」及美國環保署Method 8260B「Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)」

## E 結論

整理我們所作的成果，可得到以下的結論：

- 一、利用後勁溪中氯仿濃度及排放特性，有助於追蹤污染之源頭。
- 二、後勁溪中氯仿濃度之貢獻與台塑仁武廠可看出不少相關性。
- 三、後勁溪中氯仿濃度於2010下半年突然升高，推測為產業需求所造成之趨勢。
- 四、地下水的滲透可能為污染的原因之一，應該要求整治地下水。
- 五、在天候不佳時（雨季），加強對於河川污染的檢測，避免業者有機可乘，傾倒廢水、工業廢料。
- 六、台塑製成之原料，大多為含氯有機物，和所測到的。
- 七、我們所作的研究可提供監督業者之功能，更可使附近居民瞭解週遭環境之現況，並使相關主管機關重視環境之議題，重視長期監測之重要性。藉由長期監測之功能，可提供周遭居民及環保團體堅實及可信的監測數據，並作為與業主與相關主管機關溝通及商討之依據，使兩者位於同等之知識平台。
- 八、本研究提出具有參考性的證據證明：此地區的污染濃度是人為引發的，並且是可以被控制。





## F 未來之建議

- 一、持續監測以達到監督可能造成污染之業者。
- 二、將環境監測方法及技術應用在相關環境議題中及探討相關之社會因素。
- 三、可利用本研究之監測數據做為後勁溪整治前後之比對。
- 四、政府應嚴格監督工廠排放是否符合標準，避免業者鑽漏洞。
- 五、引用此研究之研究方法監測全台灣其他河川。

## G 作品貢獻

除了可利用這些數據作為監督後勁溪的水質，我們也到學校其他班級去作環境檢測的演講，把我們所作的成果與結論分享給其他同學。我們目前所去到的兩個班級，都獲得相當大的迴響，也給了我們不少寶貴的意見。希望大家都能具備這些觀念，並且幫忙監督後勁溪是否有工廠偷排廢水，達到環境保護全民不分男女、老少皆參與的目標。

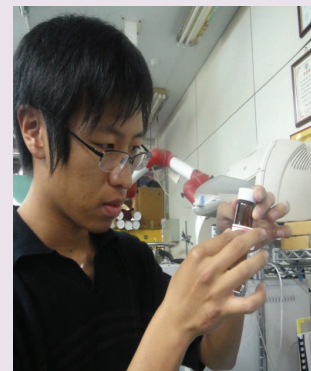
未來我們計畫：

- 一、架設教育諮詢網頁
  - 二、刊載文章於校刊
  - 三、效法美國前總統高爾製作教育性質的影片
  - 四、張貼環境宣導海報
  - 五、舉辦校內、外演講
  - 六、擴大研究範圍
- 等方式推廣環境保育。

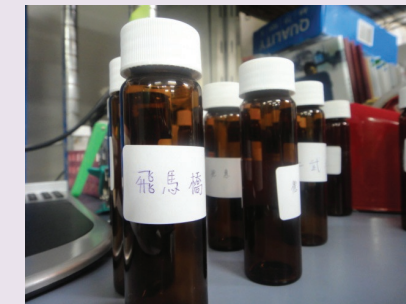
檢測過程照片：



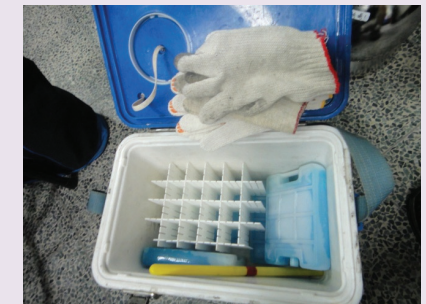
採樣前填寫標籤紙



把標籤紙黏上採樣瓶



採樣的藥品均以棕色玻璃瓶裝



保溫箱、手套、溫度計



這裡釣的魚你敢吃嗎？



頂著豔陽、大風，辛苦採樣



將河水倒入瓶中（不可有氣泡）



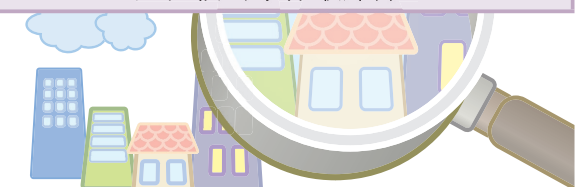
本研究最重要的採樣點：仁武橋



仁武橋前合影



八漚橋的水樣最難採！







檢視有沒有氣泡



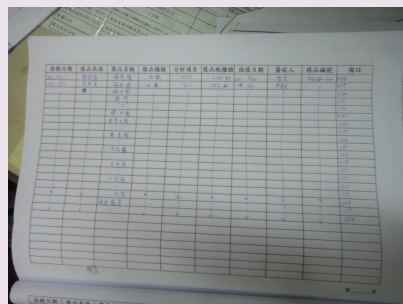
從八漕橋望向台塑廠區



八漕橋前合影



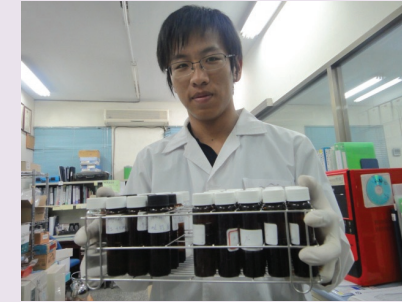
填寫實驗記錄本



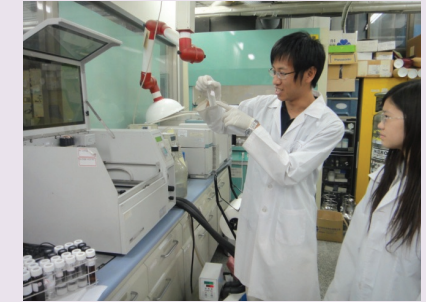
將採樣點一一紀錄下來



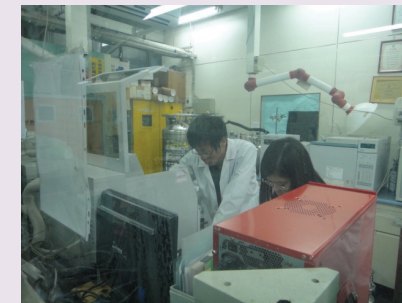
配製空白樣品



疲憊，但相當有滿足感



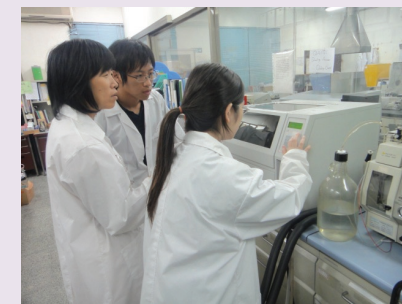
我也可以當小助教喔！



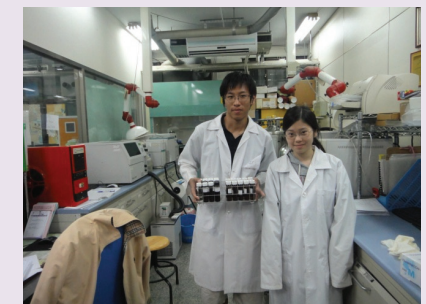
認真設定程式



設定自動進樣器



六隻眼睛嚴格檢查是否有設定錯誤



於儀器前合影



## 後記

### 疼惜家鄉土地 中山大附中學生調查後勁溪汙染

出於對家鄉環境的關心，林晨光及陳萱兩位中山大附中的同學，到高雄應用科技大學實驗室學習，合作了一份調查報告，研究學校旁邊的後勁溪是否受到汙染。



去年三月，台塑仁武廠附近的土壤和地下水，被環保署查出嚴重汙染。當時看到報導的林晨光和陳萱兩人，暗暗關心起環境議題，當他們得知高瞻計畫提供做研究的機會時，便以學校附近的後勁溪為對象，研究溪水受汙染的程度。

#### 追蹤水質 時間和耐心是考驗

事實上，和中山大附中同樣位在高雄的高雄應用科技大學，早已開始針對後勁溪的水質做調查。林晨光和陳萱兩人參加高瞻計畫之後，加入高應大的團隊，沿續他們先前的成果繼續進行調查，在高應大的實驗室工作，和高應大實驗室的負責人及研究生們一起使用儀器。對兩個高中學生而言，這是十分難得的體驗，「會覺得高中生的某些能力不輸給研究生！」林晨光說。

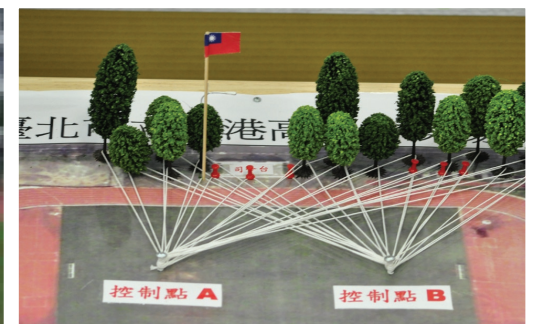
調查水質是一個需要投入長期努力的工作，對還在高中就讀的兩位學生來說，除了平常課業之外，還得抽出額外時間來做；調查過程中，有許多細節都需要良好的耐心，加上兩位學生追求完美的個性，因此大量的時間和精神都集中在這個調查上了。不過他們並不以為苦，而是將它視為挑戰，「做就要做到最好，」林晨光說，「人生總要有一些不同的挑戰。」

#### 和各大學合作 看得遠才是「高瞻」

「以一場演唱會為例，她負責搭舞台，我負責唱歌。」林晨光以幽默的類比說明他和陳萱的團隊合作。原本是同班同學的兩人，林晨光做事習慣看大不看小，喜歡負責規畫研究的方向，而陳萱十分細心、手工靈巧，兩個人正好個性互補，工作起來也很能互補。兩人在今年五月中還參與了國際研討會，為這份研究做了英文簡報，正好二個人英文程度都很好，發表時不成問題。

問到兩人對高瞻計畫的期望，他們表示到高應大的實驗室工作，使用到其他高中生無法使用的儀器，是很寶貴的經驗。林晨光認為，若未來仍有高瞻計畫，他會推薦學弟妹參加；但他也認為高瞻計畫還可以再更「高瞻」，如果能更多開放式的活動，加入專題課程，讓高中學生有機會和大學做連結，就會有更多有趣的成果出現，對學生的未來也會大有幫助。此外，高中生能到大學去修學分，對高中優秀學生也很有吸引力，「高瞻計畫就是要『看得遠』，才名符其實嘛。」林晨光笑著說，「如果課程都和一般高中生一樣就沒意思了。」

## 7-1 地理資訊 科學小論文



## 天羅地網 改良傳統測量方式以快速蒐集地理資訊

臺北市立南港高級工業職業學校  
周南威、闕育晴