

國立東華大學

# 校園環境中心通訊 第 30 期

Newsletter of *C*ampus *C*enter for the *E*nvironment

---



◎ 東湖水文收支初探

◎ 五月份校園環境中心活動預告

# 目錄

---

封面：東湖風光(劉俊甫攝)

封底：夜東湖 (劉俊甫攝)

- 校園環境知識補給站 **01**  
東湖水文收支初探 張世杰 **01**
- 中心五月份活動預告 **12**
- 環境議題投稿專欄 **13**

總編輯：楊懿如

執行編輯：李莉莉

美術編輯：劉俊甫

編輯委員：林祥偉、許育誠、張世杰、張成華、陳毓昫、蘇銘千、黃國靖

出版：國立東華大學環境學院校園環境中心

地址：花蓮縣壽豐鄉志學村大學路二段1號環境學院 B104

電話：03-8633335

網址：<http://www.cce.ndhu.edu.tw/bin/home.php>

出版日期：2015年05月05日

# 校園環境知識補給站

## 東湖水文收支初探

文/圖 張世杰老師 校園環境中心 氣象水文小組組長

在東華大學待過一陣子，對校園環境稍有一點關心與認識的教職員生們應該都聽過，20年前建校之際曾經有個荖溪引水計畫。那個計畫打算把荖溪的水導引進校園內、讓溪水順著蜿蜒的小河道貫穿校園注入東湖再離開校園。因為許多的因素引水計劃最後功敗垂成，結果就是大家現在看到的校園內的廢河道，以及與其他地表水體隔絕的東湖。

因為沒有任何上游的河水挹注，於是，東湖之水只能天上來嗎？如果是這樣，那麼在不大下雨的日子裡，東湖應該會像最近幾個月的石門水庫、日月潭、以及曾文水庫一樣，水位逐漸下降才對啊！事實上，為了避免這樣的情形發生，東湖早已挖設了一個地下水井，以利降雨不足時補注湖水之用。那麼，雨水和地下水進入東湖之後，除了吸收了能量蒸發成水蒸氣之外，有它的去處嗎？東湖的確有個下游出水口，只是它位在景觀橋東側的小湖區且隱身於茂密的林木下，無法被輕易發現。



東湖早晨(劉俊甫攝)

## 校園環境知識補給站

因為沒有明顯的水位變化，所以當你悠閒散步在湖畔草地，或是在景觀橋上欣賞湖光山色時，並不會察覺，東湖的各種水文收支過程，正在緩緩持續進行著。東湖的水文收支可以用以下的簡單公式來描述：

$$P + G = O + E + \Delta S$$

其中，P為降雨、G為地下水補注量、O為由出水口溢流輸出量、E為蒸發量、 $\Delta S$ 則為湖水總量的變化量(圖 1)。在水文學的研究上，我們常以長度單位(例如毫米，mm)來表示水量。如果觀察的時間間隔為1日，則上述的各個水文過程都可以用 $[\text{mm d}^{-1}]$ 來表示。

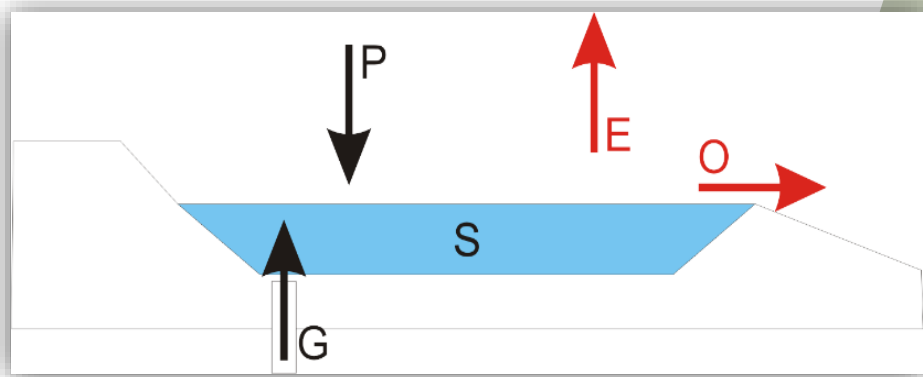


圖 1：東湖水文收支示意圖。P:降雨、G:地下水補注、E:蒸發、O:出水口溢流、S:總儲水量



## 校園環境知識補給站

本文以2014年12月份的31天為例，對東湖的水文收支進行初步的探討。我們利用可以直接量測的降雨、地下水補注量、以及水位變化量，來計算溢流量與蒸發量的和。假設在連續未降雨的日子東湖水位低於出水口的水位，亦即溢流量為零，則可以推估此時刻的蒸發量。

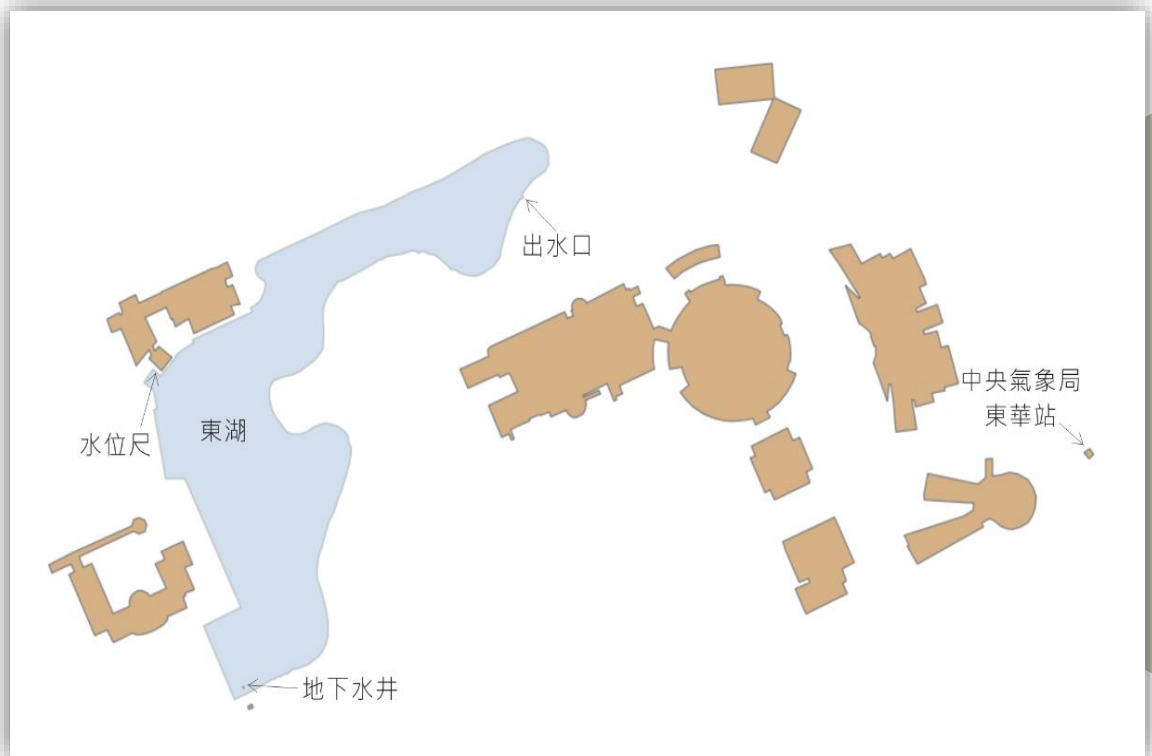


圖 2：東湖水文收支相關設施位置圖

# 校園環境知識補給站

## 1. 降雨的輸入水量

大氣降水(precipitation)是東湖唯一的天然水源。在東湖東方580 m的短短距離內，就有一個中央氣象局的自動觀測站可提供降雨資料(圖 2)。此站位於環境學院與環境解說中心東側的草地，中央氣象局的正式名稱為東華站(代號C0Z100)。自2014年9月設置以來，可提供每小時的降雨、氣溫、風速、及風向資料。

一場降雨究竟能為東湖帶來多少水呢？除了直接降於湖水表面的雨水，我們也不能忘記東湖周邊集水區(watershed)的貢獻。如果有機會環繞東湖走一圈的話，你會發現四周湖岸有相當不一樣的土地覆蓋(land cover)形式。在遊客最喜歡拍照的景觀橋兩邊，土地覆蓋形式截然不同。東側的小湖區四周長滿樹木，是校園各種鷺鷥的最重要棲息地。而景觀橋西側的大湖區則是大片的漂亮草地，從湖畔餐廳旁一路延伸到行政大樓旁。至於湖畔餐廳與藝術中心玻璃屋之間，以及往行政大樓方向的東湖西岸，則有兩處水泥石子階梯，供作各種水上活動的碼頭(圖 3)。



圖 3：東湖集水區的各种土地覆蓋形式分布圖

## 校園環境知識補給站

土地覆蓋形式，會影響落於其上的雨水分布。雨水可以沿著集水區的斜坡，一路在地表向下流動而進入湖體，這個部分的雨水稱為地表逕流(surface runoff)。另外一部分的雨水，則是在地面流動的過程中進入了土壤層，成為土壤水或地下水，這個過程稱為土壤入滲(infiltration)。當然也有一部分雨水會停留在地面上的植被表面，既不進入土壤也不流入湖體，這部分的水終究將因蒸發作用而離開地面，稱為攔截損失(interception loss)。對一般的集水區而言，入滲進入土壤層的水有一部分會在土壤層或地下水層中向下流動，而最後也進入下游的湖泊或溪流。但是在東湖集水區，一旦進入土壤層的水就沒有機會進入東湖了，原因是東湖整體有防水布包覆，避免湖水的滲漏，當然也就阻斷了四周土壤層的水進入湖體的可能性。

相同的降雨條件下，不同的集水區土地覆蓋形式會有不同的地表逕流比例。可以想像，藝術中心玻璃屋兩旁的水泥石子階梯，不會有任何雨水有機會穿過水泥進入其下的土壤。因此除了一部分的表面積水之外，大部分的雨水都將流入東湖成為湖水的一部份。我們在此假設，它們的地表逕流係數(surface runoff coefficient, SRC)為0.95。至於景觀橋旁的樹林呢？它一方面擁有很大的樹葉枝條表面積，可能有10%以上的雨水被攔截於此，另一方面樹林地被層也相當複雜，增加了土壤入滲的機會。因此我們假設樹林的地表逕流係數為0.3。至於佔集水區面積最大的草地，我們假設其地表逕流係數為0.65(表 1)。

## 校園環境知識補給站

有了假設的各種地表逕流係數後，我們當然需要各種土地覆蓋形式的面積，才能進一步計算集水區對於湖水的貢獻。我們使用QGIS這個地理資訊系統來量測東湖集水區的面積。使用的地圖為2014年10月14日空拍照片。經過計算，東湖湖面面積為30268 m<sup>2</sup>，草地集水區面積為4738 m<sup>2</sup>，樹林面積為4350 m<sup>2</sup>，水泥石子地面積最小(表1)。當然要特別注意的是，這些面積的估算還有很大的誤差可能。以湖畔餐廳以及藝術中心為例，這兩棟建築物面向東湖這一側的一樓地面，是否該納入集水區的範圍，還有待進一步的釐清。此處地面設有排水溝，如果進入排水溝的雨水被導入東湖，則應將此處歸為集水區範圍。另外一處具有相同問題有待釐清的地方，則是行政大樓面向東湖的一樓地面。

根據集水區各種土地覆蓋形式的面積及地表逕流係數，我們計算了它們對東湖水位的等效雨量係數(equivalent precipitation coefficient, EPC)：

$$EPC(i) = \frac{A_{LC(i)}}{A_{Lake}} \times SRC(i)$$

其中， $A_{LC(i)}$ 為第*i*種土地覆蓋形式的面積、 $A_{Lake}$ 為東湖面積、 $SRC(i)$ 為第*i*種土地覆蓋形式的地表逕流係數(表1)。整個陸域集水區的等效雨量係數即為：

$$EPC = \sum_i EPC(i)$$

以目前的數據來看，總等效雨量係數為0.20。因此，以12月1日的5 mm降雨為例，從集水區進入湖體的等效雨量即為5 mm \* 0.2 = 1 mm。

表1：東湖集水區各種土地覆蓋形式面積及水文特性

|       | 面積 [m <sup>2</sup> ] | 地表逕流係數 | 等效雨量係數 |
|-------|----------------------|--------|--------|
| 東湖    | 30,268               |        |        |
| 景觀橋   | 817                  |        | 0.97   |
| 水泥石子地 | 1,747                | 0.95   | 0.05   |
| 草地    | 4,738                | 0.65   | 0.10   |
| 樹林    | 4,350                | 0.3    | 0.04   |
| 總計    |                      |        | 1.17   |



# 校園環境知識補給站

除了上述對集水區的考量，東湖湖面因景觀橋的遮蔽造成集水面積的些微減小，也在此一併列入修正(修正係數為0.973)。所以綜合集水區與景觀橋的效應之後，最終的雨量修正係數為1.17。再以上述12月1日的5 mm降雨為例，這一天的降雨讓東湖的湖面上升高度為 $5 \text{ mm} * 1.17 = 5.8 \text{ mm}$ 。

## 2. 地下水補注量

除了來自天空的降雨，東湖水量增加的另一個途徑為地下水。地下水井位於東湖南岸邊(見圖 2)，用來抽取地下水以補注東湖水體。抽水馬達的抽水效率為 $83 \text{ m}^3 \text{ hr}^{-1}$ (資料由九如牌泵浦公司提供給本校環保組)，以2014年10月14日的湖水面積 $30268 \text{ m}^2$ 為基準，抽水造成的水位提高率為 $2.7 \text{ mm hr}^{-1}$ 。地下水補注是以人工控制，由本校環保組依經驗判斷加水的必要性，如果有必要補注則記錄地下水泵浦的啟動與關閉時間。以2014年12月份為例，共計進行了9次的地下水補注，每間隔3至4天進行一次(表 2)。抽水都在白天進行，平均每次供水8小時，讓東湖水位上升約2.2 cm。

表 2：2014年12月份東湖地下水補注紀錄

| 日期         | 啟動時間  | 關閉時間  | 抽水時數 [hr] | 水位上升量 [mm] |
|------------|-------|-------|-----------|------------|
| 2014/12/01 | 08:45 | 16:05 | 7.33      | 20.1       |
| 2014/12/05 | 10:25 | 18:25 | 8.00      | 21.9       |
| 2014/12/08 | 08:30 | 16:25 | 7.92      | 21.7       |
| 2014/12/12 | 10:00 | 16:30 | 6.50      | 17.8       |
| 2014/12/15 | 07:40 | 16:20 | 8.67      | 23.8       |
| 2014/12/19 | 07:40 | 16:30 | 8.83      | 24.2       |
| 2014/12/22 | 08:00 | 16:35 | 8.58      | 23.5       |
| 2014/12/26 | 08:30 | 16:35 | 8.08      | 22.2       |
| 2014/12/29 | 08:45 | 16:45 | 8.00      | 21.9       |

# 校園環境知識補給站

## 3. 水位變化

2013年11月，我們在藝術中心玻璃屋旁的東湖岸邊架設了一個水位尺，用來人工觀測每天的水位變化。透過服務學習的活動，東湖水位已經有超過1年的紀錄。水位的觀測時間為每日上午7-8時之間，紀錄的項目除了水位之外，也包括水溫以及大致的天氣描述。以2014年12月份為例，水位的變化僅有31 mm。

## 4. 2014年12月東湖水文收支

有了每日的水位紀錄、降雨量、以及地下水補注量後，我們試著依據水文收支的公式來計算蒸發與溢流量。由於水位紀錄的時間為每日上午8時左右，所以此處的水文收支計算就以每日上午8時為基準。降雨以及地下水補注量都以前一日上午8時至當日上午8時的累積量來統計。以2014年12月9日為例，當天上午的水位紀錄為1128 mm，較12月8日上午的水位(1108 mm)上升了20 mm。12月8日上午8時至9日上午8時的累積等效降雨量為4.1 mm，累積地下水補注量為21.7 mm。所以根據水文收支公式：

$$O+E=4.1+21.7-20=5.8 \text{ [mm]}$$

也就是說，12月8日上午8時至9日上午8時的24小時內，東湖的水位因蒸發及/或溢流下降的高度為5.8 mm。



湖畔(劉俊甫攝)

# 校園環境知識補給站

從圖 4 可以明顯看出來，去年 12 月份整個東湖的水分輸入主要依賴地下水的補注(197.2 mm)，而降雨的貢獻則只有 55.1 mm。也就是說 12 月的總水份收入 252.3 mm 中，降雨只佔了大約 1/5。至於水分的流失估算，由於我們沒有獨立針對蒸散作用進行微氣象學的估算或量測，東湖出水口也沒有建造可以監測水流量的量水堰(gauging weir)，因此這兩個水文過程無法在此被區分出來。但是就此段數據來看，我們可以瞭解東湖在 12 月份的蒸發量上限，大致上每日蒸發量不會超過 20 mm。蒸發量低於 10 mm d<sup>-1</sup> 的日子則佔了 12 月的 2/3。

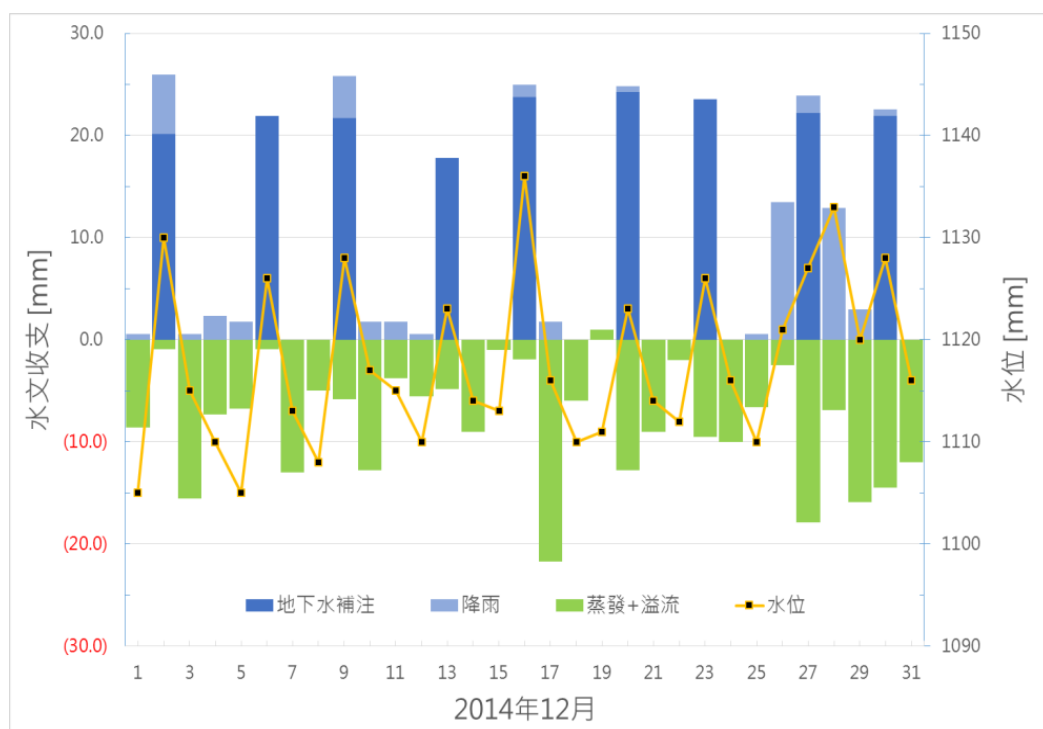


圖 4：2014 年 12 月份東湖水文收支

# 校園環境知識補給站

## 5. 後續的工作

這份報告是東湖水文收支的首次報導。校園環境中心將持續對此投入研究，以對東湖的各項水文過程有更正確的認識。我們預計進行的工作包括：

- 進一步確認東湖集水區的範圍，尤其是周邊建築物的雨水排水系統。
- 針對集水區的草地及樹林，進一步估算地表逕流係數。
- 以微氣象模式和氣象參數來獨立估算東湖蒸發量。
- 以渦流相關法(eddy covariance method)儀器直接量測東湖的水蒸氣通量。這個工作可以同時量測東湖的CO<sub>2</sub>及CH<sub>4</sub>通量，讓我們對東湖的碳收支以及溫室氣體排放情形有所了解。
- 於湖內架設自動水位計，以對水位變化進行連續監測，同時可以避免人工觀測的可能誤差。在經費許可之下，這個架設於湖內的小型監測站也可以同時量測水溫、溶氧、pH、甚至幾項重要的營養離子濃度，用於東湖生態系的養分及物理化學環境的研究。
- 探測湖底地形，並與20年前比較，以了解底泥淤積的狀態，並了解目前的蓄水容量。
- 在水文收支較為清楚之後，以大氣沉降的化學監測資料，評估東湖的養分循環特性。



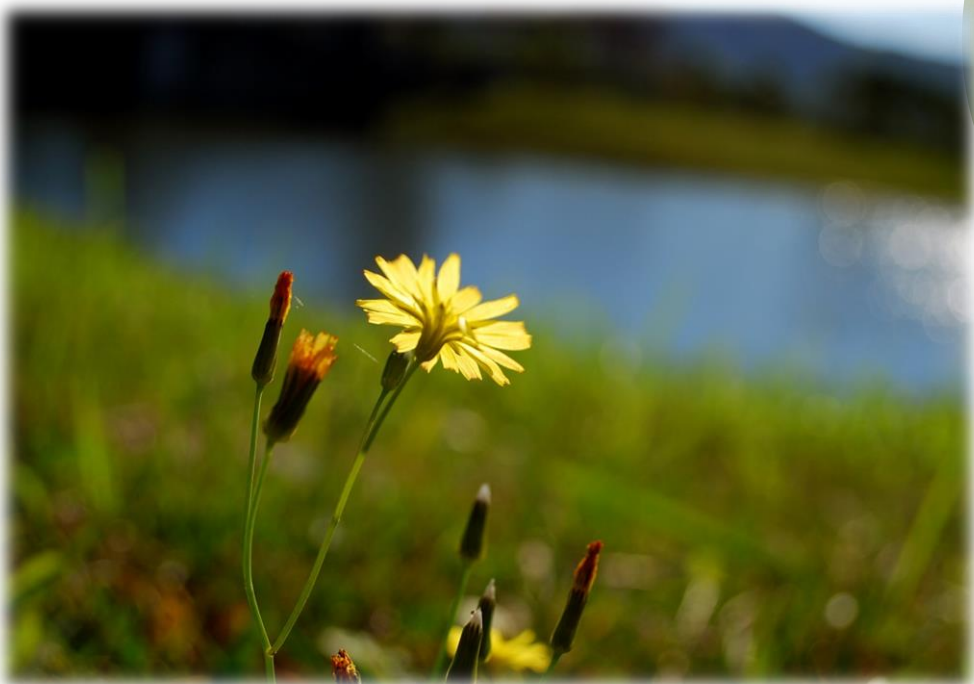
湖畔(劉俊甫攝)



# 校園環境知識補給站

## 6. 致謝

我們誠摯感謝以下所列人員提供的協助，包括：總務處環保組廖順魁組長自2014年12月開始，提供詳細的地下水補注紀錄；中央氣象局花蓮氣象站陳世嵐主任提供了詳細的氣象資料；服務學習多位同學(陳芄如、鄧仕偉、陳家漢、陳平軒、黃柏瑋、吳沂澂、陳威廷、李明翰、王品超、楊志賢、周平芳)風雨無阻紀錄了每日的東湖水位；服務學習鍾佩瑜同學協助分析集水區範圍、自資系林祥偉教授提供校園空拍圖。



湖畔之花(劉俊甫攝)

# 中心五月份活動預告

- 兩棲爬蟲類夜間觀察:

5月11日（周一）晚上 6:00 - 9:00，晚上6:00 於環境學院大門口集合，請自備手電筒，建議穿著長褲雨鞋。

- 校園鳥類繫放調查活動沙氏變色蜥移除

5月12日至5月至14日（周二至周四）。

- 沙氏變色蜥移除

5月13日（周三）早上 07:00 -09:00，早上07:00 於環境學院大門口集合。

# 環境議題投稿專欄

## 我有話要說—中心通訊環境議題投稿專欄

每月出刊之中心通訊增闢環境議題投稿專欄，讓您說說與環境相關的故事或經驗。無論是知識傳閱、環境議題評議、述說所見所聞，或野望、綠色影展或攝影作品賞析，亦或小品自然書寫、自然地圖等皆非常歡迎。

稿件刊登交由校園環境中心老師們審議後決定，並將視情況修改來稿。請勿一稿多投。投稿作品一經刊登，視同授權本中心於註明姓名、來源狀況下於非營利使用，版權屬校園環境中心所有。

### 投稿方式：

1. 線上系統投稿。

投稿網址：<http://www.cce.ndhu.edu.tw/bin/home.php> 通訊徵稿

2. 稿件若為文字檔，請以word檔寄送，以便修改。若圖文併陳，請提供原始圖片檔(格式：.jpg)予本中心。

校園環境中心敬邀

