

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國中-地球科學科

科 別：地 球 科 學 科

組 別：國 中 組

作品名稱：大水何時來？！ 上游降雨量與校園後方基隆河水位關係
之探討

關 鍵 詞：颱風、基隆河、汐止淹水

編 號：030503

學校名稱：

臺北縣立樟樹國民中學

作者姓名：

蔡思敏、蔡佩樺、張溢涵

指導老師：

陳鈞嗣



壹、摘要

颱風過後，無水無電，到處泥濘，一年「又」一年，我們已見怪不怪了！然而，大水什麼時候來呢？基隆河上游到底降多少雨，汐止就會淹水，必須趕快撤離呢？我們決定找尋答案！利用自動水位記錄儀，記錄校園後方基隆河的水位變化(自民國 90 年 12 月至今)，將水位紀錄轉成圖表，配合上游的降雨量資料計算分析後，我們看到了許多現象：(1)從潮汐變化瞭解汐止(水返腳)命名的由來。(2)比對汐止與淡水河口的滿潮時間差異，得知汐止滿潮時間約晚了 2 小時又 13 分鐘。(3)計算上游主要降雨量與洪峰到達的時間差，得知汐止洪峰時間延遲約 9 小時。(4)分析得出上游降雨量與校園後方基隆河水位關係式為 $y=0.3641x+112.85$ 。我們進一步由關係式推估上游平均降雨量達 85.4mm/hr 時，校園後方的基隆河洪峰高度可能溢堤，此研究希望在雨季期間能提供預警撤離之參考，目前水位仍持續觀測中，未來取得更多資料，進一步修正方程式，更趨近實際狀況後，將可提供更準確之預警參考。

貳、研究動機

場景(學校)學務主任：「基隆河水位快接近警戒線了(照片一)，同學們趕快收拾書包，並將一樓的課桌椅搬到二樓，準備放學！」

颱風過後，學校停課，無水無電，處處泥濘，爸媽忙著打掃家裡，老師們忙著清洗課桌椅……。一年「又」一年，我們已見怪不怪了！（照片二）然而，大水什麼時候來呢？基隆河上游到底降多少雨，汐止就會淹水，居民必須趕快撤離呢？

我們決定努力找尋答案！過程中，國民中學地球科學課本裡所學到的洪水(第三章第五節)、颱風(第六章第

二節)和潮汐(第四章第三節)等知識，成為我們解決問題的重要概念！



▲照片一 警戒線(排水孔)



▲照片二 象神與納莉風災校園淹水的高度

參、研究目的

- 一、找出上游降雨量與校園後方基隆河水位的變化關係。
- 二、由推測之洪峰高度與到達時間，提供學校及民眾作為預警撤離之參考。
- 三、培養科學研究過程中，蒐集資料與分析圖表的能力。

肆、研究器材

自動水位記錄儀(照片三)、水位觀測木樁(照片四)、五萬分之一地形圖、數位相機、望遠鏡



▲照片三 自動水位紀錄儀



▲照片四 水位觀測木樁

伍、研究過程

☆ 資料蒐集與實地考察

- 實地考察基隆河中游沿岸開發情形
- 90年12月固定彩色木樁於學校後方基隆河內，利用望遠鏡觀察、紀錄水位高度；並固定自動水位紀錄儀於基隆河內，每五分鐘紀錄一次水位資料至今
- 購買基隆河上游降雨量資料



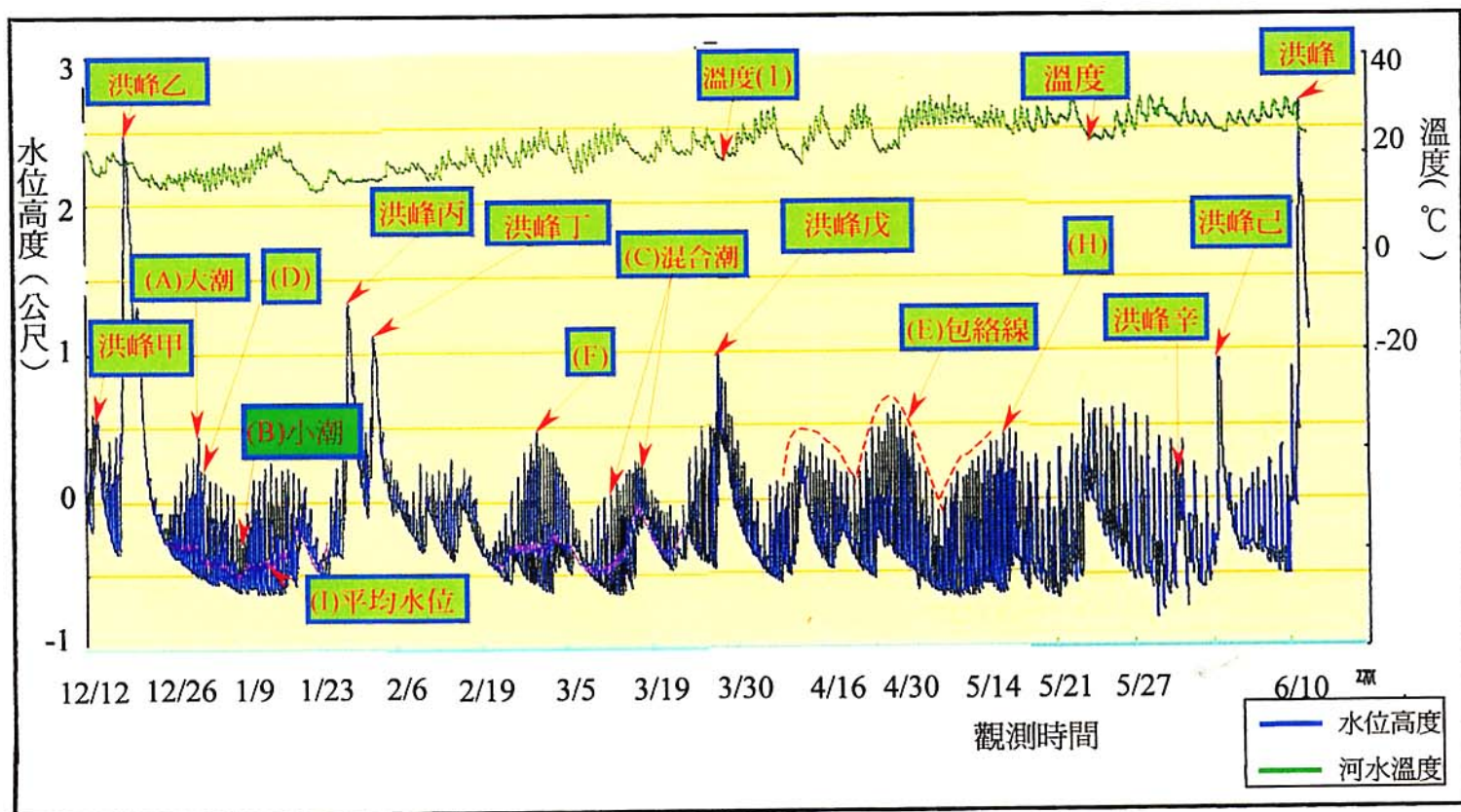
☆ 製作與分析圖表

- 利用 Excel 製作圖表
- 分析日期：90年12月12日
~91年6月11日



☆ 水位與降雨量之關係

- 求出上游降雨量與基隆河洪峰高度與時間之關係



▲圖一 基隆河水位變化圖

一、看圖說故事：

我們從水位變化圖看到了什麼？

(一)「汐止」地名的由來

從[汐止鎮志]這本書得知以前的汐止稱為「水返腳」，意即潮流漲至此。民國九年，更名為「汐止」。從基隆河水位的觀測結果(圖一)可明顯的看出潮汐現象，藉此我們實際瞭解「汐止」命名的由來。

(二)基隆河的潮汐現象屬「混合潮」

據[海洋]一書載「兩次潮落的潮差大小不同，漲潮時和落潮時也不等，我們稱為『混合潮』。」依此定義，我們發現汐止的潮汐現象是屬於混合潮【圖一(C)】。

(三)汐止的滿潮時間比淡水河口晚多久呢？

計算淡水河口與汐止的滿潮時間差【圖一(A)、(D)、(F)、(H)】(表一)，得知汐止的滿潮時間比淡水河口晚了約2小時又13分鐘。

▼表一 汐止滿潮與淡水滿潮時間差

資料點	國曆 (農曆)	汐止 滿潮 時間 (1)	淡水 河口 滿潮 時間 (2)	滿潮 時間差 (3) =(1)-(2)
(A)	1/1 (11/18)	14:39	12:21	2:18
(D)	1/2 (11/19)	02:14	00:04	2:10
(F)	2/28 (1/17)	13:59	11:44	2:15
(H)	5/16 (4/30)	03:24	01:14	2:12

(四)明顯的大潮與小潮

1、大潮

每逢農曆初一、十五前後，水位漲得最高，落的最低，潮差最大，稱為「大潮」。基隆河的水位觀測結果我們可明顯見到這個現象

【如圖一(A)】。由(A)計算汐止大潮時潮差約 $0.447 - (-0.491) = 0.938$ 公尺。

2、小潮

每月初八、廿三，海水漲的不高，落的也不低，潮差最小，

稱為「小潮」。從基隆河水位觀測結果，我們可明顯見到這個現象【如圖一(B)】，由(B)計算汐止小潮時潮差約 $-0.302 - (-0.6) = 0.298$ 公尺。

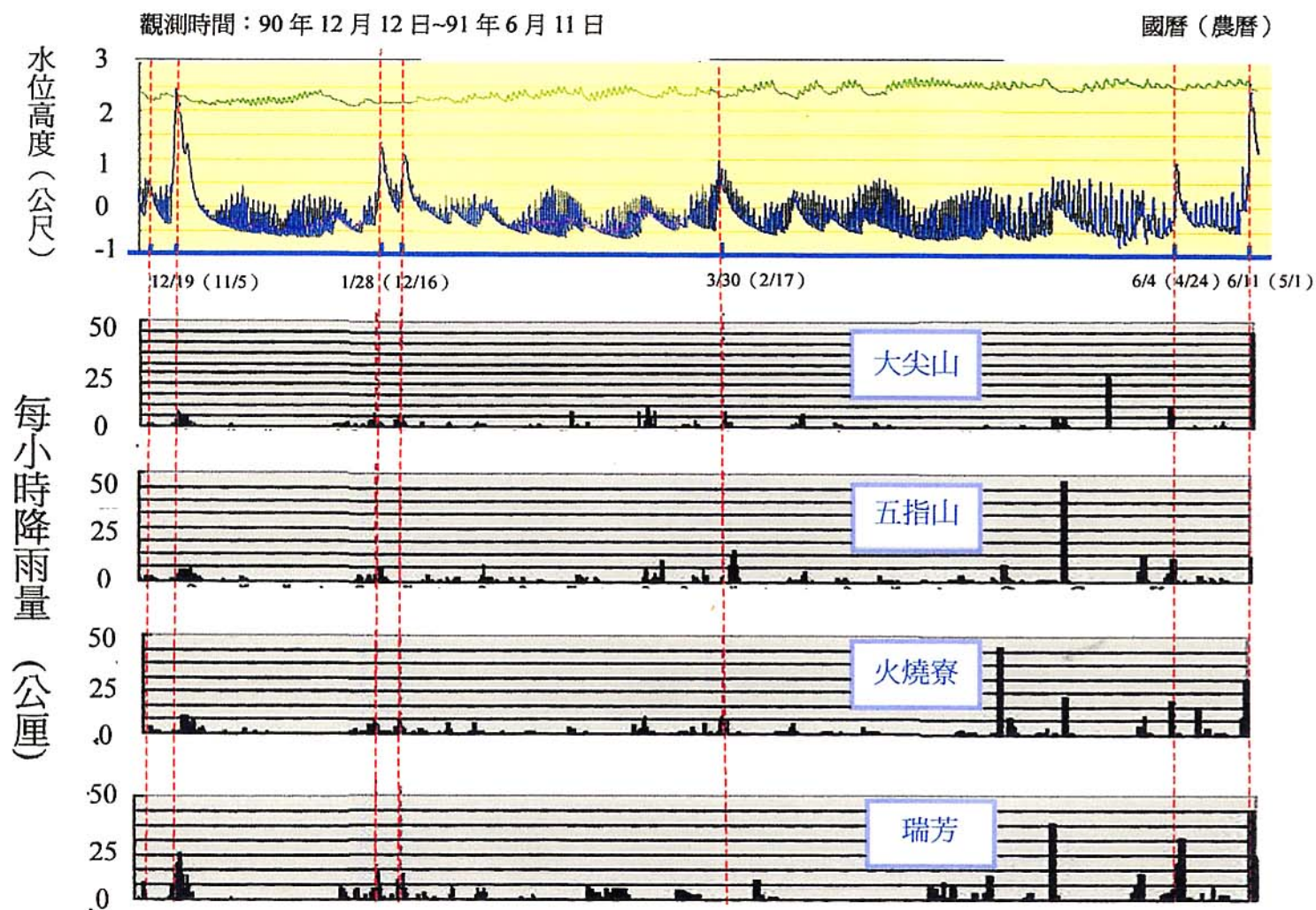
將水位變化圖中的高潮與低潮以包絡線方式連起來，可看出大小潮的趨勢【如(E)】，這個現象在今年缺乏春雨的期間更為明顯。

(五)洪峰、降雨量、河水溫度之關係

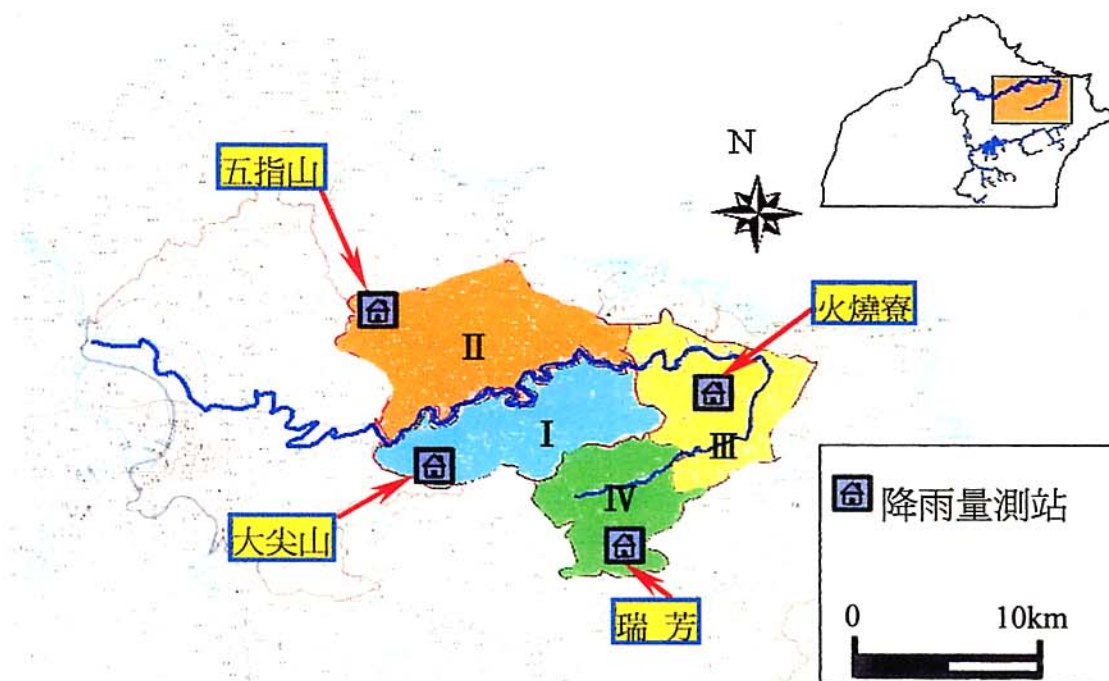
在紀錄基隆河水位變化時，我們同時記錄了基隆河水溫變化(圖一)，我們發現每次出現洪峰，即上游降雨量較多時，河水溫度就會明顯下降【如溫度(1)、(2)】，原因為降雨大多因鋒面接近台灣而造成，而鋒面除帶來降雨外，其後方較冷的空氣到達將會導致溫度下降。

二、上游降雨量與校園後方基隆河水位之關係

我們蒐集了民國90年12月至民國91年6月期間，基隆河上游降雨量資料，並測量校園後方基隆河的水位變化，嘗試尋找它們的變化關係(圖二)：



▲圖二 基隆河水位與上游降雨量對照圖



▲圖三 基隆河中、上游集水面

(一) 畫集水範圍並計算集水面積

利用地形圖找出稜線，畫出基隆河中、上游的集水範圍，並依大尖山、五指山、火燒寮、瑞芳等四個降雨量測站之位置，區分為 I、II、III、IV 四個集水區域(圖三)，利用網格分別計算每個集水範圍的面積(表二)(附圖一)。

▼表二 基隆河上游集水面積

雨量觀測站 (集水區域)	大 尖 山 (I)	五 指 山 (II)	火 燒 寮 (III)	瑞 芳 (IV)
集水面積 ($\text{km}^2 =$ $\times 10^{10} \text{cm}^2$)	76.9	92.4	42.0	73.9

(二) 選取資料點

由基隆河水位變化圖中(圖一)(附表十二之一~十二之七)，選取因上游降雨造成基隆河水位驟增的洪峰共七個(甲~庚)。

(三) 洪峰延遲時間

我們利用集水區主要降雨時間與洪峰到達時間，得知汐止的洪峰延遲時間約九小時(表三)(附表一~四)。由洪峰形狀為 ，表集水面積較小或都市化的結果。

▼表三 洪峰延遲時間

洪峰	主要降雨時間	洪峰到達時間	洪峰延遲時間
(乙)	12/19 03:00	12/19 12:24	約九小時
(丙)	1/28 08:00	1/28 16:49	約九小時
(丁)	2/1 18:00	2/2 04:44	約十一小時
(戊)	3/29 17:00	3/30 01:04	約八小時

(四) 降雨量與水位變化關係方程式

1、計算洪峰水位上升量

利用乾季期間(如 90 年 12 月下旬~91 年 1 月上旬)計算基隆河未降雨之平均水位【如圖一(I)】利用洪峰的水位與未降雨之平均水位的高度差，分別計算七個洪峰水位上升量(表四)(附表五~十一)。

2、計算上游總降雨體積

由水位變化圖對應各雨量站測得之主要降雨量(附表十三之一~十三之廿)，依下式計算上游總降雨體積

$$I \times J = K$$

I = 某洪峰在某雨量站測得之
主要降雨量

J = 某雨量站對應之集水面積

K = 某集水面積之降雨體積

總和 I、II、III、IV 四個區域的降雨體積(K)，得出某洪峰上游總降雨體積，依此方法分別計算七個洪峰的上游總降雨體積（表五）（附表五~十一）。

3、求出降雨量與水位變化關係方程式

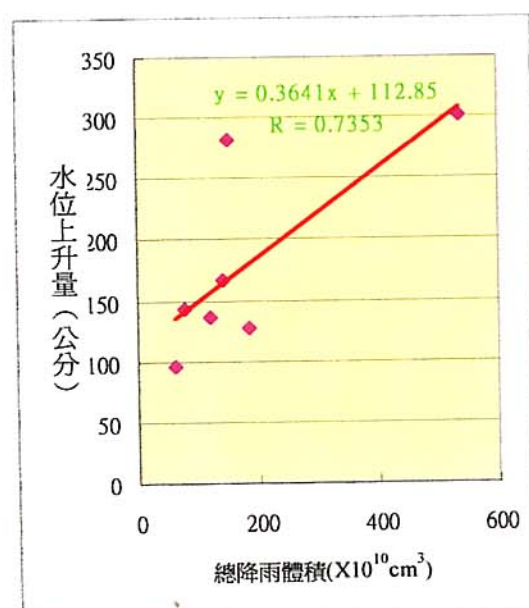
令七個洪峰的上游降雨總體積為 X 軸，洪峰水位上升量為 Y 軸（表四、五），作圖並表示趨勢線（圖四），得出方程式 $y = 0.3641x + 112.85$ 112.85 相關係數 $R = 0.7353$

▼表四 各洪峰之水位上升量

洪峰	水位上升量（公分）
（甲）	95.83
（乙）	282.36
（丙）	167.00
（丁）	136.64
（戊）	127.02
（己）	142.96
（庚）	301.97

▼表五 各洪峰之上游總降雨體積

洪峰	上游總降雨體積 ($\times 10^{10} \text{cm}^3$)
（甲）	62.43
（乙）	152.51
（丙）	141.29
（丁）	119.02
（戊）	183.08
（己）	78.45
（庚）	537.21



▲圖四 上游總降雨體積與水位變化關係圖

4、上游降多少雨可能溢堤？

校園後河堤高度約 10 公尺→令 y ，
上游總降雨體積 (x) = 平均降雨量
(Q) × 集水面積 (285.2km^2)，利用
關係式 $y=0.3641x+112.85$ 推得
上游平均降雨量 (Q) $\geq 85.4\text{mm/hr}$ ，
校園後方基隆河洪峰高度可能溢
堤，應儘速撤離。

柒、討論

一、我們在民國 90 年 12 月實地考察基隆河中游 (瑞芳~南港)，了解並詳實紀錄沿岸受納莉風災破壞與人為開發情形，沿途發現許多違法使用河川地的情形 (照片五)，另外許多人為過度開發 (照片六)，將加劇河道淤沙而變淺、都市化效應提升洪峰高度與縮短洪峰延遲時間等，因而增加水患的嚴重性，政府相關單位應予重視。



▲照片五 河川地之違規使用情形



▲照片六 沿岸過度開發情形

二、在 90 年 11 月 19 日到 90 年 12 月 18 日期間，我們利用望遠鏡，在每堂下課觀察插入基隆河中的彩色木樁，並紀錄水位變化。不幸的，在 12 月 19 日的一場大雨中 (洪峰乙)，由於木樁底部的淤沙遷徙，導致木樁傾斜在河中央，利用木樁觀測水位被迫中斷。

三、以本研究測量之洪峰水位已經反應集水區從土壤的下滲量，較以集水區的總水量與河道截面積所推測的洪峰水位，更接近實際狀況。

四、在洪峰辛 (圖一) 的降雨量很多，但是水位上升量卻很少，我們推論是因為之前太久沒下雨，造成土壤乾燥，當降雨時，雨水大部分都被土壤所吸收，造成基隆河的水位變化不明顯。

五、觀察校園後方的基隆河，在納莉風災前，淤沙量屬於少量 (照片七)，

風災過後，由於洪水帶來大量泥沙，讓校園後方的河道深度減少約 11 個台階（照片八），經量測後得知一個台階高度約 19 公分，故河道深度共減少約 2 公尺，河道變淺了，水利單位應盡速疏浚，否則雨季來臨，洪峰到達時將因此而更容易溢堤，造成淹水。



▲照片七 納莉風災前校園後方基隆河河道深度



▲照片八 納莉風災後校園後方基隆河河道深度

六、本研究因適逢乾早期，截至目前無法藉由更多的洪峰資料，修正方程式，倍感遺憾，期待天降甘霖了，但過程中我們卻意外的紀錄了今年台灣北部嚴重缺水的乾旱現象。

捌、結論

- 一、由基隆河水位觀測結果，我們了解汐止(水返腳)地名的由來。
- 二、比對汐止與淡水河口的滿潮時間差異，得知汐止滿潮時間延遲約 2 小時又 13 分鐘。
- 三、計算上游主要降雨量與洪峰到達時間差，得知汐止洪峰延遲時間約九小時。
- 四、本研究得出上游降雨量與校園後方基隆河水位之關係式為
$$y=0.3641x+112.85$$
相關係數 $R=0.7353$
- 五、利用關係式 $y=0.3641x+112.85$ 推估上游平均降雨量達 85.4mm/hr 時，校園後方基隆河洪峰高度可能溢堤，應儘速撤離。
- 六、本研究仍在持續觀測中，待未來取得更多降雨影響的洪峰資料，進一步修正方程式後，將更趨近於實際狀況，提供未來雨季撤離預警之參考。

玖、參考書目

中華民國台灣地區五萬分之一地形圖

雙溪、台北市，聯勤總部，民國八十六年。

汐止鎮志，台北縣鎮公所，台北，第 128 頁，民國八十七年。

國民中學地球科學，國立編譯館，台北，第 58 至 106 頁，民國九十年。

戚啟勳，海洋，季風出版社，民國六十九年。

劉文俊，台灣的潮汐(第二版)，台北，第 7 至 75 頁，民國八十八年。

(第三名)

從生活取材，將基隆河水位做半年度的研究，很有創意，利用統計的觀念可以再進一步驗證結果的正確度，可惜沒持續探究答案，至於集水區的劃分，亦是本研究尚可再加強之處，是否考慮更細部或是自行作雨量觀測，整體而言，本作品已達甚佳之水平。