

# 逢甲大學學生報告 ePaper

## 淤沙堆積量與水庫輸送水量的關係

Relationship between the Sedimentary Soil and Reservoir Water Discharge

作者：吳田宇、林子婷、葉則欣、蔡永葦

系級：統計學系 一甲

學號：D0509880、D0509951、D0571281、D0408533

開課老師：魏裕中

課程名稱：統計學(二)

開課系所：統計學系

開課學年：105 學年度 第二學期

## 中文摘要

由中部地區自然條件相似的三個水庫，以變異數分析探討平均出入水量比的差異性，並以迴歸分析建構淤沙與出入水量的關聯性。結果顯示石岡壩水庫的出入水量顯著低於德基與鯉魚潭水庫，且淤沙量增加會降低出入水量比。

**關鍵字：**水量、水庫淤沙、輕質骨材、變異數分析、迴歸分析

## Abstract

Based on the three reservoirs with similar natural conditions in the central region of Taiwan, the variability of average water intake and outflow ratio was analyzed via analysis of variance, and the correlation between the sedimentary soil and the amount of water intake and outflow was analyzed by regression analysis.

The results show that the amount of water intake and outflow of Shigangba Reservoir is significantly lower than that of Techí Reservoir and Liyutan Reservoir, and the increase of sedimentary soil will decrease the water intake and outflow ratio.

**Key Words:** analysis of variance, lightweight aggregate, regression analysis, reservoir's sedimentary soil, water volume

## 目 次

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 中文摘要.....            | I   |
| Abstract.....        | II  |
| 目次.....              | III |
| 第一章、序論.....          | 1   |
| 第一節、研究動機.....        | 1   |
| 第二節、研究目的.....        | 1   |
| 第二章、研究背景及水庫基本介紹..... | 2   |
| 第一節、研究背景.....        | 2   |
| 第二節、水庫基本介紹.....      | 2   |
| 第三章、研究分析方法.....      | 3   |
| 第四章、結果分析與應用價值.....   | 5   |
| 第五章、結論與討論.....       | 10  |
| 第一節、結論.....          | 10  |
| 第二節、建議未來走向.....      | 10  |
| 第六章、團隊合作之學習與成長.....  | 13  |
| 第七章、參考文獻與資料來源.....   | 16  |

## 第一章、序論

### 第一節、研究動機

水，看似普通，長久存在於生活當中，人人皆習以為常，卻肩負著人類延續命脈的使命。水為生命之源，一切皆與其息息相關。因此人們自古代起就興建水庫供給灌溉用水，近代後則供以生活用水與工業用水。有時候水庫是一個景觀，也是城鄉建設中的重要一員，人們常常會忽略它，但又離不開它。

台灣雖然年降雨量豐沛，但因為豐枯懸殊且河川坡陡流急，故降下的雨水容易直接逕流入海，政府當局為解決此問題，便著手興建水庫與埤塘，但隨著時間流逝，許多昔日所興建的壩體，多數已老舊，且近年來山坡地大量開發，導致土質鬆軟，故每逢颱風豪雨之際，則容易造成土壤大量沖蝕至河流當中，間接造成水庫泥沙淤積，不僅影響水量輸送，且亦造成水庫的原水濁度過高，導致自來水廠淨水作業能力降低<sup>1</sup>。因此，如何加強水庫的永續利用，則是目前我們所面臨的一大問題。有鑑於此，這次我們便以「台中」做為研究之地域範圍，比對三大水庫進出水量與淤沙堆積量之間的強弱影響，以期維護水資源的分配供給與環境保護，維持正常生態，增加水庫出水量，提升民生水平，為我們生存的家園做出貢獻。

### 第二節、研究目的

由過往的研究報導<sup>2</sup>得知，淤沙量沉積可能會造成水庫出入水量的減少，不利於水庫運作；此外，清淤除了能改善水庫的出入水量比，且挖除的淤沙可經由後續處理，做成輕質骨材出售以獲得其他的經濟效應。

因此，本研究依據自然條件相似的台中地區三大水庫出水量與入水量資料，探討各水庫的出入水量比的異同；再搭配淤沙量的資料，進一步探討水庫出入水量與之間淤沙量的關係，以判斷淤沙量是否為造成水庫出入水量比變化的潛在因素。

## 第二章、研究背景及水庫基本介紹

### 第一節、研究背景

德基與石岡壩水庫為在槽水庫<sup>a</sup>，雖然可以直接利用河槽做為庫容，但缺點為上游逕流所挾入之泥沙，絕大多數易淤積於庫底；鯉魚潭水庫為離槽水庫，因為在非洪水時段引入逕流，故泥沙較少，水庫淤積率相對較低<sup>3</sup>。

因此我們便探討台中地區的三大水庫，是否會因為淤沙量進而對出入水量比例造成影響。

### 第二節、水庫基本介紹

#### (一)台中三大水庫比較

| 水庫名稱  | 德基水庫 <sup>4</sup>                    | 鯉魚潭水庫 <sup>5</sup>                   | 石岡壩水庫 <sup>6</sup>  |
|-------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|
| 水源    | 大甲溪、大甲溪支流<br>志樂溪                     | 大安溪支流景山溪、<br>大安溪（士林攔河堰<br>越域引水）      | 大甲溪   |
| 位置    | 台中市和平區                               | 苗栗縣三義鄉、<br>卓蘭鎮、大湖鄉                   | 台中市石岡區  |
| 興建時間  | 民國 58 年 12 月～<br>63 年 9 月            | 民國 74 年 7 月～<br>81 年 11 月            | 民國 63 年 10 月～<br>66 年 10 月  |
| 功能效益  | 發電：年發電量 3.6<br>億度（德基電廠）、<br>給水、灌溉、防洪 | 給水：日 70 萬噸、<br>灌溉、發電（景山電<br>廠計畫中）、觀光 | 給水：大台中地區公共用水<br>每日 90 萬噸（豐原淨水廠）<br>灌溉：大肚山、車龍埔新灌<br>溉區 3,400 公頃、八寶川、<br>葫蘆墩圳舊灌溉區 10,935 公<br>頃 |
| 集水區面積 | 592 平方公里                             | 53.45 平方公里                           | 1,061 平方公里  |
| 滿水位面積 | 4.55 平方公里                            | 4.38 平方公里                            | 0.645 平方公里  |
| 滿水位標高 | 1,408 公尺                             | 300 公尺                               | 267.1 公尺  |
| 總容量   | 1 億 9,662 萬立方公尺                      | 1 億 1,905 萬立方公尺                      | 129 萬立方公尺   |
| 有效容量  | 1 億 5,000 萬立方公尺                      | 1 億 1,547 萬立方公尺                      | 113 萬立方公尺   |

<sup>a</sup> 在槽水庫：於河槽內建壩來滯蓄逕流。

<sup>b</sup> 離槽水庫：興建於河流附近窪地，經渠道由河流引水，引水口處附設堰壩以提高引水效率。

## (二)分析元素

進水量：上游流入及降雨於水庫之水量<sup>7</sup>。

出水量：一特定時間內可從水庫供應的水量<sup>8</sup>。

淤沙量：建造水庫時，地理位置若選在易被沖刷侵蝕的河道上，水中懸浮粒攔，導致流速下降，沉積於水庫中，進而產生之<sup>9</sup>。

**進出水量與淤沙量單位：百萬立方公尺**

因此我們便先運用出水量與進水量之數據，算出兩者比值，目的是為了在相同基準之下，進行比較，接著再與水庫淤沙量進行比對，以探討出入水量比值與淤沙量之間，是否有顯著關係。

## 第三章、研究分析方法

本研究主要目的有二：首先，將藉由變異數分析<sup>10</sup>與多重比較<sup>11</sup>，探討台中地區三個主要水庫，年進出水量比之母體平均是否相等；再者，藉由迴歸分析<sup>12</sup>，探討水庫年進出水量比與淤沙量的關聯性。

### (一)各水庫間的平均出水量與進水量比之比較

本研究將以經濟部水利署所提供的民國 87 年至 101 年各水庫進出水量<sup>13</sup>為樣本數值，探討天然條件相似的台中地區三個主要水庫(德基水庫、鯉魚潭水庫、石岡壩水庫)母體年進出水量比是否相同。

將採用變異數分析 (Analysis of Variance; ANOVA)與 Fisher's LSD 多重方法統計模型進行分析。變異數分析是藉由比較組間與組內變異數的概念，並以 F 檢定來檢測多組獨立母體的平均數是否全然相等。若變異數分析結論為各組母體平均數不全相等，則須進一步判斷哪兩組母體平均數間有差異與哪兩組母體平均數間沒有差異。

## (二)水庫平均出水量與進水量比與淤沙量之關聯性

本研究將針對 921 地震後淤沙量有顯著變化<sup>14</sup>的石岡壩水庫，加以探討淤沙量<sup>15</sup>對於水庫平均出入水量比的關聯性。

將採用散佈圖(scatter diagram)觀察淤沙量與水庫出入水量比的關係，並由迴歸分析 (Regression analysis)深入探討淤沙量和水庫平均出入水量比的關聯性。其中，迴歸分析是藉由建構一個適當的數學方程式稱之迴歸模式，探究自變數(X)和應變數(Y)的關係，並利用此方程式來解釋或預測應變數之值。本研究以經濟部水利署所提供的民國 87 年至 101 年水庫進出水量比作為應變數、淤沙量為自變數。

## 第四章、結果分析與應用價值

本研究的資料整理與統計分析，皆以 Excel 與 SPSS 統計軟體操作。

### (一)各水庫間的平均出水量與進水量比之比較

#### (A)變異數分析：

##### 分析目的與方法：

首先以變異數分析，探討台中地區三個主要水庫(德基水庫、鯉魚潭水庫、石岡壩水庫)母體年進出水量比是否相同。

##### 分析假設：

$H_0$ :三個水庫的母體平均出水量進水量比皆相等

$H_a$ :三個水庫的母體平均出水量進水量比不完全相等

##### 分析結果：

##### 變異數分析表

|      | 平方和   | 自由度 | 均方    | F      | 顯著性  |
|------|-------|-----|-------|--------|------|
| 群組之間 | 3.579 | 2   | 1.790 | 32.872 | .000 |
| 群組內  | 2.286 | 42  | .054  |        |      |
| 總計   | 5.866 | 44  |       |        |      |

透過變異數分析結果得知：因為 $P\text{-value}=0 < \alpha=0.05$ ，拒絕 $H_0$ ，表示母體平均出水量進水量比不完全相等。

由分析結果顯示，雖然台中地區三個主要水庫其降雨條件等自然因素可能相似，但是有未知的潛在因素，造成三個水庫的進水量出水量比有所差異。

**(B)多重比較：**

**分析目的與方法：**

由於上述變異數分析發現三水庫的母體年進出水量比不全相同，因此將以 Fisher's LSD 方法進行兩兩的多重比較，以找出三個水庫的進水量出水量比的異同。

**分析假設：**

H<sub>0</sub>:水庫I與水庫J的母體平均出水量進水量比相等

H<sub>a</sub>:水庫I與水庫J的母體平均出水量進水量比不相等

**分析結果：**

| (I) | (J) | 平均值差異<br>(I-J) | 標準誤  | 顯著性  | 95% 信賴區間 |       |
|-----|-----|----------------|------|------|----------|-------|
|     |     |                |      |      | 下限       | 上限    |
|     | 鯉魚潭 | .087           | .085 | .315 | -.085    | .259  |
|     | 石岡  | .637*          | .085 | .000 | .465     | .809  |
|     | 德基  | -.087          | .085 | .315 | -.259    | .085  |
|     | 石岡  | .550*          | .085 | .000 | .378     | .722  |
|     | 德基  | -.637*         | .085 | .000 | -.809    | -.465 |
|     | 鯉魚潭 | -.550*         | .085 | .000 | -.722    | -.378 |

\*平均值差異具有顯著差異 (顯著水準0.05)

由上述分析表得知：石岡壩水庫與其他水庫進行兩兩比較時，P-value = 0 < α = 0.05，代表石岡壩水庫的平均出入水量比和其他水庫不同；再藉由平均值差異可得知，石岡壩水庫的平均出入水量顯著的低於其他水庫。因此可能有其他潛在因素，造成石岡壩水庫出入水量比較低。

## (二)水庫平均出水量與進水量比與淤沙量之關聯性

### (A)簡單線性迴歸模型

#### 分析目的與方法：

經由上述變異數分析與多重比較，發現台中地區三大水庫中的石岡壩水庫，出進水量顯著的與其他兩水庫不同，因此猜測有其他潛在因素造成石岡壩水庫出水量低。而報導指出石岡壩水庫的淤沙量情況嚴重，因此欲探討淤沙量是否是造成水庫出入水量低的潛在因素。

#### 分析結果：

| 模型   | 非標準化係數  |      | 標準化係數   | T      | 顯著性  |
|------|---------|------|---------|--------|------|
|      | $\beta$ | 標準誤  | $\beta$ |        |      |
| (常數) | .299    | .062 |         | 4.815  | .003 |
| 淤沙量  | -.067   | .056 | -.438   | -1.193 | .278 |

由上表格，估計出迴歸方程式為： $\hat{Y}=0.299-0.067X$ ，其中自變數X代表淤沙量，應變數Y代表出入水量比，故而得知，淤沙量和石岡壩水庫的進出水比例呈現反向關係，亦即當總淤沙量越多時，石岡壩水庫的進出水比例則相對減少。

| 模型 | 平方和  | 自由度 | 均方   | F     | 顯著性               |
|----|------|-----|------|-------|-------------------|
| 迴歸 | .015 | 1   | .015 | 1.423 | .278 <sup>b</sup> |
| 殘差 | .064 | 6   | .011 |       |                   |
| 總計 | .079 | 7   |      |       |                   |

| 模型 | R                 | R 平方 | 調整後 R 平方 | 估計的標準誤 |
|----|-------------------|------|----------|--------|
| 1  | .438 <sup>a</sup> | .192 | .057     | .103   |

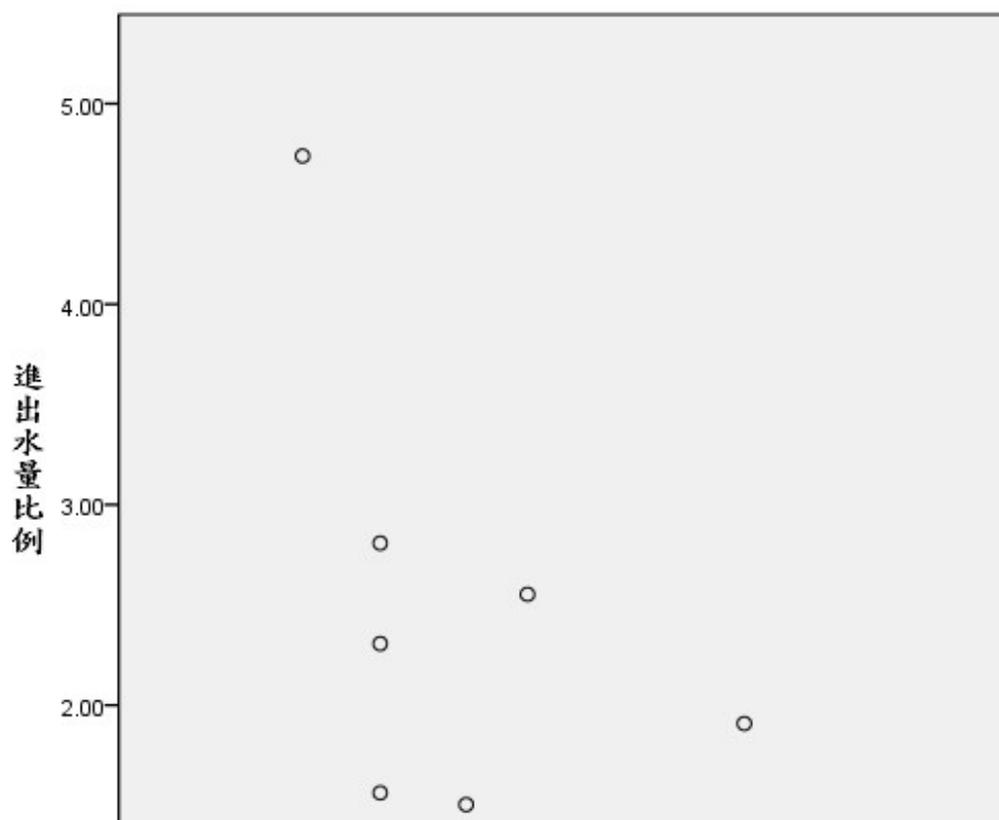
然而，由淤沙量參數與變異數分析表的P-value=0.278> $\alpha=0.05$ ，發現此迴歸模型的解釋力不足，且R平方僅為0.192配適度不佳，因此雖淤沙量愈多，水庫進出水量比愈少的結論符合常理，但此兩者的關聯性可能非為線性關係。

### (B)其他迴歸模型

#### 分析目的與方法：

先由散佈圖觀察淤沙量與水庫出入水量比之關係，再藉由 SPSS 軟體自行挑選其他適合的迴歸模型，以建構兩者的關聯性。

#### 分析結果：

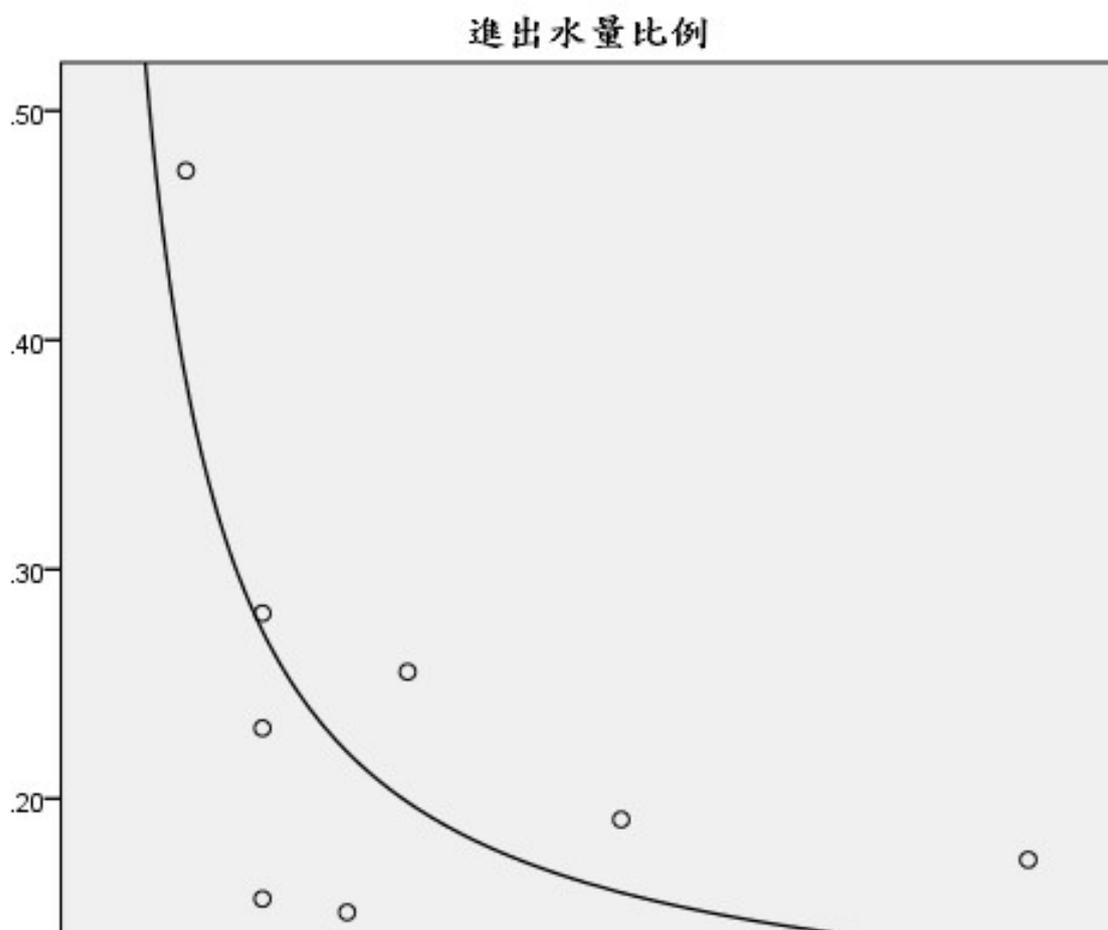


由散佈圖觀察，淤沙量和石岡壩水庫的進出水比例雖有相關性，但應不是線性關係，而為曲線關係。

由 SPSS 軟體點選迴歸曲線分析，由「逆模式」得到下述結果：

| 方程式 | 模型摘要  |      |       |      |
|-----|-------|------|-------|------|
|     | R     | R 平方 | F     | 顯著性  |
| 逆模式 | -.747 | .558 | 7.574 | .033 |

| 方程式     | 參數估計 |         |
|---------|------|---------|
|         | 常數   | $\beta$ |
| P-value | .095 | .033    |



由上述表格可發現相關係數(R)=-0.747，表示淤沙量與水庫出入水比呈現負相關，且 R 平方=0.558 和淤沙量係數的 P-value=0.089 有些微的顯著性，因此判斷此模型可較線性模型更有效解釋淤沙量與水庫出入水量比的關聯性。

## 第五章、結論與討論

### 第一節、結論

首先藉由變異數分析(Analysis of Variance)和 Fisher's LSD 多重比較之統計方式，對各水庫間的平均出水量與進水量進行比對，進而得知：石岡壩水庫的平均出入水量顯著低於其他水庫，因此推論可能有其他潛在因素，造成石岡壩水庫出入水量偏低。有鑑於此，故而採用迴歸分析，探討平均進出水量比與淤沙量之關聯性，起初運用簡單線性迴歸模型進行分析，雖然透過迴歸方程式可知曉：淤沙量和石岡壩水庫的進出水比例呈現反向關係，但倘若利用相關係數、R 平方、與模型顯著性的 P-value 的角度視之，則發現此迴歸模型的解釋力不足，故而推論兩者間可能存在著非線性之關聯性，故之後便使用迴歸曲線分析的逆模式，結果指出；此模型與線性模型相較之下，在淤沙量與水庫出入水量比的關聯性之方面，具有更高度解釋力，和原先推論相為呼應。因此由上述圖形可知：如若能將多餘的泥沙淤積清除，則可讓石岡壩的進出水量比值提升，以增加出水量。

造成上述分析結果的疑慮原因可能為：水利署網站所提供的資料量部分年份有缺漏，資料量過少，因而分析產生誤差。

### 第二節、建議未來走向

綜合上述之資料分析得知：石岡壩水庫受淤沙影響進出水比例，故我們建議方案為：因為石岡壩水庫有著淤沙顆粒較粗之特性，具再利用價值，故希望透過挖抽泥船清淤<sup>c</sup>及陸面機械開挖<sup>d</sup>之清淤方式，經處理做成輕質骨材出售<sup>16</sup>。

---

<sup>c</sup> 挖抽泥船清淤：適用於大中型水庫之中游段庫區或採低水位之小型水庫(例如：攔河堰)下游段庫區，以清除粗粒淤積物。

<sup>d</sup> 陸面機械開挖：枯水期時利用挖土設備開挖露出水面的淤積物，不受粒徑粗細之影響，其施工成本較其他清淤方式低。

輕質骨材具有外殼堅硬、內含孔隙、質輕且具適當強度，極適合應用於非結構性牆面之特性。目前由國外歐、美及大陸進口的骨材單價約為2000～5000 元/立方公尺，經相關專家模擬結果得出：在水庫附近設置輕質骨材廠成本分析，可得到假設工廠生產量可達到360,000立方公尺/年，則在10年攤提所有生產設備、人員、租金、水電等費用下，輕質骨材成本為450元/立方公尺。此一單價具有相當的競爭力。並規劃政府在輔導業者生廠期間，支付淤沙處置成本費用在500～1000 元/立方公尺之間，經一段時間，業者已能具有獲利下可將淤沙處置費用逐年下降，最終目標為政府不必負擔淤沙處置費用，完全由業主自行吸收，此有助於減輕政府財政負擔<sup>17</sup>。

故綜合上述分析：倘若做成其出售，一方面不但可以讓水庫實際供水量有所提升，另一方面，亦能解決長久以來水庫淤沙無處堆置及處理問題，更可將淤沙資源化成另一種新材料，不僅增加淤沙之附加價值，也符合「綠色」、「環保」、「再生利用」的「綠色材料」目標，達到多贏之局面。

石岡壩水庫淤砂物理性質成果表

| 礫石(%) | 砂質(%) | 黏土質(%) | 土壤分類        |
|-------|-------|--------|-------------|
| 0.0   | 59.9  | 40.1   | 黃褐色泥質砂土(SM) |

水庫淤砂化學性質分析表

| PH   | 含水率<br>(%) | 有機質<br>C<br>(%) | 總 氮<br>(mg/kg) | 總 磷<br>(mg/kg) | 鉛<br>Pb<br>(mg/kg) | 鎘<br>Cd<br>(mg/kg) | 鉻<br>Cr<br>(mg/kg) | 銅<br>Cu<br>(mg/kg) | 汞<br>Hg<br>(mg/kg) |
|------|------------|-----------------|----------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 7.21 | 7.5        | 0.218           | 213            | 278            | 9.36               | ND                 | 14.75              | 6.48               | ND                 |

附註：ND-not detected，濃度過低無法偵測。

淤積資源化技術運用流程圖<sup>18</sup>



## 第六章、團隊合作之學習與成長

此次競賽對我而言，所蘊含的意義不單只侷限於比賽層次，其亦涵括了學用合一與團隊精神之實踐。因為在準備比賽的過程中，不論是起初資料搜尋、主題訂定，甚至是最後成果分析的呈現，以直接性層面來看，是將統計學正課所學到的理論與套裝軟體課所習得的分析技巧，做出整體性結合，而非獨立視之；若用間接性層面而論，我們則是從中學習獨立思考，利用「1+1>2」的精神，共同腦力激盪並勇於提出己見，藉以鍛鍊彼此間發現問題以及解決之能力。

舉例來說：起初在決定主題時，曾列出三個方向，包括：天氣、車禍死亡率與政策之相關性、水庫，但後來大家在進行資料數據蒐集與主題分析的討論過程中，因為分別考量到其牽涉區域範圍的廣度、官方數據資料之呈現、是否具應用價值等其他因素，所以最終以水庫做為主題訂定。但主題訂定之後，便會遇到軟體操作與資料分析上的障礙，進而產生挫折和失望感，此時，很感謝魏裕中老師對我們的協助，因為有老師的悉心教導，才使我們能以不同思維去進行切入分析並更熟稔運用SPSS。

我很幸運能夠和大家一起參與此次競賽，因為有你們，讓比賽不單只是比賽，而是一個新的契機，藉以培養軟硬實力，以讓彼此更臻完善並共創絢爛回憶。

— 組長 統計一甲 林子婷

「萬事起頭難」由於這次競賽的題目是自定的，所以在一開始題目的制定，就費了許多功夫，最後，我們決定由容易取得統計數據的主題下手，經過這次的專題競賽，使我們深入了解水庫淤沙堆積量對水庫輸送水量的影響，並且活用課堂中所學習到的統計工具，透過變異數分析運用在報告中。

我也在報告製作的過程中，學習到企劃排版的編排、跟組員之間的溝通... 這些都對我的未來工作上有許多的幫助，接著，非常謝謝組員們全心投入此次的競賽，雖然我們在報告的內容處理上或許不十分有經驗，但是若沒有彼此的協助，最後也無法做出完整的分析報告，而最重要的是，要感謝指導老師在百忙中安排時間為我們解答疑問，教導我們課堂中還沒學到的知識。最後，希望未來能有其他機會參加類似的活動，方能進一步探討統計在其他領域是否有更多的應用。

— 組員 統計一甲 蔡永葦

作為統計系的學生，優點是在分析數據時會比其他系的同學更為專業，同時優點也造就了缺點，我在面對各種數據時會先入為主的用統計的思維去固化它們，而不是跳出這個思維圈，故我們在選主題的時候會比較一板一眼，想著用什麼主題去做分析檢定之類的會更加順利。但我覺得我們的這種固化式的開頭作業也充分挖掘了一般人看到卻不會去深入瞭解的東西——水庫淤沙量。這個主題雖然看起來很枯燥，似乎沒有什麼可以去分析去調查的內容，但當我們真正著手去尋找資料的時候，卻發現了很多存在的漏洞以及疑點。首先是最初找台中地區水庫出入水量時，發現水利署的資料有幾年是欠缺的，其次變異數分析的時候，因為數據的關係，分析的時候有存在矛盾性，還有就是自己在操作上的不熟練，看著別人做和自己做是兩碼事，只有實際操作過才能體會到個中酸甜苦辣。通過本次合作，我認識到了實踐的重要性，以及積極態度對團隊合作協調性的重要。

— 組員 統計一甲 葉則欣

這次的比賽是將我們所學的統計專業知識與日常生活做結合，在分析方面，我們利用SPSS軟體進行分析。這是我們在大學內學到的第一個統計軟體，雖然在操作方面還不是很熟悉，第一次做的分析並不正確，但在老師悉心的指導下，我們才得以繼續做下一步的分析。

我認為過程中最困難的是討論出主題的部分，因為主題範圍非常廣，要從中挑選出一個研究方向，並且有合適的資料可以進行分析，其實並不容易，像此次競賽我們的主題「淤沙堆積量與水庫輸送水量的關係」，在資料的方面我們嘗試在網路上搜尋資料，但收集到的資料量並不完整，只能從中挑選部分可用的資料。

最後我要特別感謝指導老師魏裕中老師和組長，以及其他兩位辛苦的組員，因為有團隊的分工合作，此次的競賽才能順利的進行。

— 組員 統計一甲 吳田宇

## 第七章、參考文獻與資料來源

- 1.水資源永續發展相關議題 網站：<https://goo.gl/98M9nR>
- 2.淤泥清不完 嚴重危害水庫壽命(2017). 網站：<https://goo.gl/QnDYTI>
- 3.王文江(2011).水庫與社會，財團法人中興工程科技研究發展基金會。
- 4.經濟部水利署 德基水庫(2017). 網站：<https://goo.gl/XhWPmE>
- 5.經濟部水利署 鯉魚潭水庫(2017). 網站：<https://goo.gl/G5h7WU>
- 6.經濟部水利署 石岡壩水庫(2017). 網站：<https://goo.gl/kqO1UZ>
- 7.臺北市重要統計指標名詞定義 網站：<https://goo.gl/FUtPZm>
- 8.WATER-RESOURCES ENGINEERING 網站：<https://goo.gl/JuaX8f>
- 9.水庫泥沙淤積的原因是什麼(2007). 網站 <https://goo.gl/5AJr3i>
- 10.變異數分析 網站：<https://goo.gl/KCcSSp>
- 11.國家教育研究院(2000). 網站：<https://goo.gl/pdYtFv>
- 12.唐麗英，簡單迴歸分析與相關分析 網站：<https://goo.gl/QKGCvy>
- 13.經濟部水利署各項用水統計資料庫 蓄水設施統計-蓄水設施調節量統計  
(2013). 網站：<http://wuss.wra.gov.tw/reservoir.aspx>
- 14.石岡水壩(2013). 網站：<https://goo.gl/Vp7ZP4>
- 15.經濟部水利署各項用水統計資料庫 蓄水設施統計-泥沙淤積統計(2012).  
網站：<https://goo.gl/SU0i0w>
- 16.許達正、陳億儒、盧佩蒂 (2002). 水庫淤砂再生資源技術研究 4(1)，國立  
交通大學。
- 17.林維明、洪盟峰、黃兆龍、陳宗鵠(2002). 水庫淤泥輕質骨材混凝土在橋樑  
及高樓綠建築上推廣應用，網站：<https://goo.gl/oU5Qox>
- 18.水庫淤泥有效再利用與混凝土之最佳組合(2011). 網站 <https://goo.gl/XCtCC0>