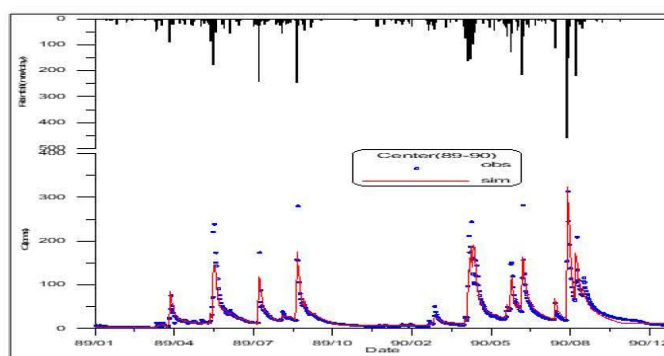
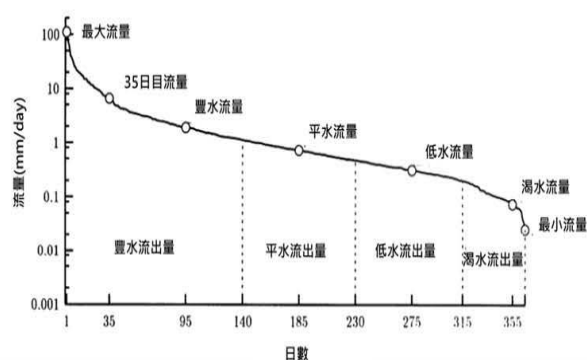
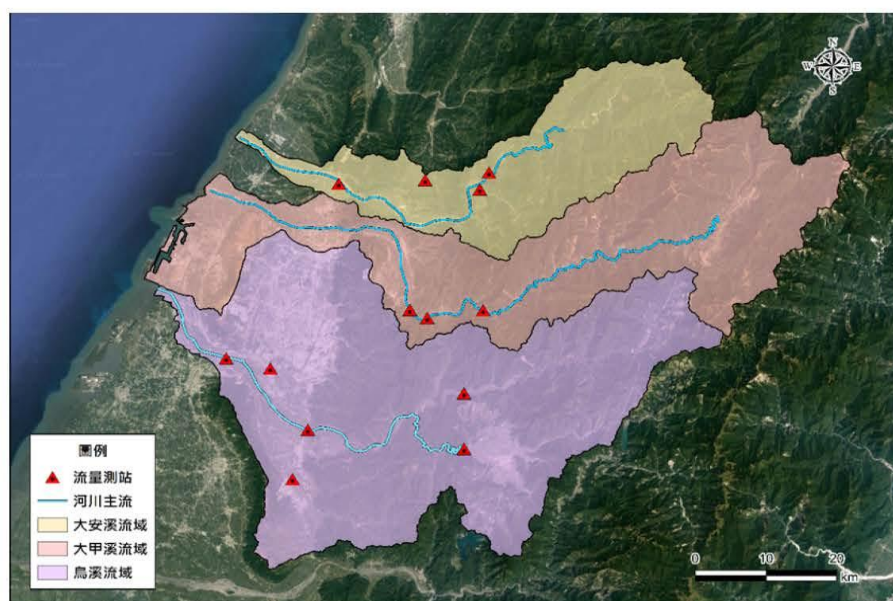


中臺灣地區評估防砂壩水力發電潛能 所需流量資料之研究分析

成果報告書



農業部農村發展及水土保持署 編印

中華民國112年12月

**中臺灣地區評估防砂壩水力發電潛能所需
流量資料之研究分析**
**Analysis of flow data required to evaluate
the hydroelectric potential of check dams
in central Taiwan**
（成果報告書）



執行單位：國立中興大學
執行期間：112年02月08日至112年12月31日
計畫主持人：陳榮松 教授兼系主任

行政院農業委員會水土保持局 編印

中華民國 112 年 12 月

（本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本局施政參考）

中臺灣地區評估防砂壩水力發電潛能所需流量資料之 研究分析

摘要

水土保持局轄下野溪中的防砂壩，已建有蓄水功能的壩體，在推動小水力發電上甚具便利性，然而此等防砂壩經常缺乏評估發電潛能所需之流量資料。為解決防砂壩缺乏長年流量數據的問題，本研究以臺灣中部具有相似水文氣象特性之大甲溪、大安溪及烏溪流域作為研究範圍。研究中利用集水區面積與流量之相關性，以各流量站之日流量觀測紀錄率定出有關常、低、枯流量與集水區面積之迴歸式。此外亦利用高海拔流量站之日流量及日雨量觀測紀錄，透過水文數值模式之擬合分析結果，直接推估防砂壩之日流量流況曲線，提供山坡地既有設施進行小水力發電潛能評估的依據。結果顯示，在各流域可正常取得流量資料時，迴歸分析法即可簡單勝任流量推估的工作。相反的若正常流量資料不易取得時，利用水文數值模式對高海拔流量測站的擬合分析，雖較為繁瑣與複雜，但其不失為一可靠的流量推估工具，可對防砂壩小水力發電潛能快速評估做出貢獻。

關鍵詞：多元迴歸、水文數值模式、流況曲線、防砂壩

Analysis of flow data required to evaluate the hydroelectric potential of check dams in central Taiwan

Abstract

Check dams in wild streams under the Soil and Water Conservation Bureau have been built to store water, which is convenient for promoting small hydroelectric power generation, but these dams often lack flow data for evaluating power generation potential. In order to solve the problem of lack of long-term flow data for sand control dams, this study was conducted in the Da-Jia River, Da-An River, and Wu River watersheds in central Taiwan, which have similar hydrological and meteorological characteristics. In this study, the correlation between catchment area and flow rate was used to determine the regression equations of normal, low, and dry flow rates and catchment area by using daily flow observation records of each flow station. In addition, daily discharge and daily rainfall observation records at high-altitude flow stations are also used to directly estimate the flow curve through the fitting analysis results of the hydrological numerical model. The results show that when flow data can be obtained normally in each basin, the regression analysis method can easily perform flow estimation work. On the contrary, if the normal flow data is not easy to obtain, the fitting analysis of high-altitude flow measuring stations using hydrological numerical models is more

cumbersome and complicated, but it can be regarded as a reliable flow estimation tool.

Keywords: Multiple regression, Hydrological numerical model, Flow duration curve, Check dam



目次

摘要.....	I
Abstract.....	II
目次.....	IV
表次.....	VI
圖次.....	VII
第一章 前言.....	1-1
第一節 計畫緣起及目的	1-1
第二節 計畫範圍	1-2
第三節 計畫目標	1-2
第四節 工作項目及內容	1-2
第二章 文獻回顧	2-1
第一節 流量推估	2-1
第二節 流況曲線	2-3
第三節 流量與面積率定關係	2-4
第四節 簡單線性迴歸分析	2-5
第五節 水筒模式	2-6
第三章 研究理論及方法	3-1
第一節 常水年分析	3-1
第二節 流況曲線	3-1
第三節 流量推估法	3-2
第四章 研究區域及水文測站介紹	4-1
第一節 大安溪流域	4-1
第二節 大甲溪流域	4-3
第三節 烏溪流域	4-4

第五章 結果與討論	5-1
第一節 常水年分析	5-1
第二節 流況曲線分析	5-4
第三節 流量迴歸分析	5-6
第四節 水文數值模式分析	5-14
第五節 流量迴歸及水文數值模式分析比較	5-19
第六節 2017-2021 年流量迴歸分析	5-23
第六章 結論與建議	6-1
第一節 結論	6-1
第二節 建議	6-1
參考文獻.....	參-1
附錄.....	附錄-1
附錄一、期初審查會議紀錄暨回覆辦理情形	附錄-1
附錄二、期中審查會議紀錄暨回覆辦理情形	附錄-2
附錄三、期末審查會議紀錄暨回覆辦理情形	附錄-3

表次

表 2-1 日本各地區堰堤場址流量推估式範例.....	2-1
表 4-1 大安溪流量站.....	4-2
表 4-2 大甲溪流量站.....	4-3
表 4-3 烏溪流量站.....	4-4
表 5-1 評鑑指標公式表	5-1
表 5-2 各年流量效率係數	5-3
表 5-3 2021 年各流量站流況流量值表	5-5
表 5-4 各別流域及全部流域的常流量推估式參數	5-8
表 5-5 各別流域及全部流域的低流量推估式參數	5-11
表 5-6 各別流域及全部流域的枯流量推估式參數	5-13
表 5-7 烏溪流域參數值	5-15
表 5-8 烏溪觀音橋相對均方根誤差(RR)及效率係數(CE).....	5-16
表 5-9 大安流域參數值.....	5-16
表 5-10 大安象鼻均相對均方根誤差(RR)及效率係數(CE).....	5-17
表 5-11 大甲流域參數值	5-18
表 5-12 大甲龍安橋相對均方根誤差(RR)及效率係數(CE)	5-18
表 5-13 烏溪觀音橋 2021 年流況曲線之常、低、枯流量.....	5-19
表 5-14 大安象鼻 2021 年流況曲線之常、低、枯流量.....	5-21
表 5-15 大甲龍安橋 2021 年流況曲線之常、低、枯流量.....	5-22
表 5-16 流況曲線之各流量迴歸值比較.....	5-25

圖次

圖 2-1 流況曲線圖示範例	2-3
圖 2-2 水文站流量與集水區面積率定關係圖(第 18 旬旬流量平均值)	2-4
圖 2-3 直列 3 段水筒模式及其各係數	2-6
圖 3-1 流況曲線圖示範例	3-2
圖 3-2 參數最佳化率定之變異情形(1988-1990)	3-4
圖 3-3 最佳參數組對流量紀錄之擬合結果(1988-1990)	3-4
圖 4-1 中臺灣流域圖	4-1
圖 4-2 大安溪流量站位置圖	4-2
圖 4-3 大甲溪流量站位置圖	4-3
圖 4-4 烏溪流量站位置圖	4-5
圖 5-1 2017 年流量與歷年平均流量	5-2
圖 5-2 2018 年流量與歷年平均流量	5-2
圖 5-3 2019 年流量與歷年平均流量	5-2
圖 5-4 2020 年流量與歷年平均流量	5-3
圖 5-5 2021 年流量與歷年平均流量	5-3
圖 5-6 2021 年流況曲線	5-5
圖 5-7 2021 年大甲溪流域常流量-流量與面積關係圖	5-7
圖 5-8 2021 年大安溪流域常流量 流量與面積關係圖	5-7
圖 5-9 2021 年烏溪流域常流量 流量與面積關係圖	5-7
圖 5-10 2021 年全部研究流域常流量-流量與面積關係圖	5-8
圖 5-11 2021 年大甲溪流域低流量-流量與面積關係圖	5-9
圖 5-12 2021 年大安溪流域低流量-流量與面積關係圖	5-10

圖 5-13 2021 年烏溪流域低流量-流量與面積關係圖	5-10
圖 5-14 2021 年全部研究流域低流量 流量與面積關係圖	5-10
圖 5-15 2021 年大甲溪流域枯流量-流量與面積關係圖	5-12
圖 5-16 2021 年大安溪流域枯流量-流量與面積關係圖	5-12
圖 5-17 2021 年烏溪流域枯流量-流量與面積關係圖	5-13
圖 5-18 2021 年全部研究流域枯流量 流量與面積關係圖	5-13
圖 5- 19 烏溪流域觀音橋參數率定結果比較圖表	5-15
圖 5- 20 大安象鼻參數率定結果比較圖表	5-17
圖 5- 21 大甲龍安橋參數率定結果比較圖表	5-18
圖 5- 22 烏溪觀音橋 2021 年流況曲線	5-19
圖 5- 23 大安象鼻 2021 年流況曲線	5-21
圖 5- 24 大甲龍安橋 2021 年流況曲線	5-21
圖 5- 25 2017 年-2021 年烏流域常流量-流量與面積關係圖	5-23
圖 5- 26 2017 年-2021 年烏溪域低流量-流量與面積關係圖	5-24
圖 5- 27 2017 年-2021 年烏溪域枯流量-流量與面積關係圖	5-24



第一章 前言

第一節 計畫緣起及目的

一、計畫緣起

近年來世界各國為減緩地球暖化的進程，正在刻不容緩地推動零碳排運動，並積極開發各種綠色能源，其中水力發電正是不會排放二氧化碳的綠色能源之一。

推動小水力發電事業之前，必須先進行發電潛能初步評估，方能進一步判斷在技術面及經濟面的可行性，而評估發電潛能除了需要知道河道斷面尺寸、有效落差等之外，更需要有足夠的歷史流量數據。水土保持局轄下野溪中的防砂壩，已建有蓄水功能的壩體，因此在推動小水力發電上甚具便利性。惟水土保持局所轄防砂壩之中上游山坡地集水區經常面臨無測站之窘境。欲積極推動如防砂壩等以既有構造物開發小水力發電時，首先必須解決的就是缺乏長年流量數據的問題。

二、計畫目的

本研究利用流域內高海拔流量站近年的日流量及日雨量等觀測紀錄，以水文數值模式進行年度流量曲線觀測值之擬合分析後，再進一步直接推估出其上游任一防砂壩場址的年度日流量曲線之序列數據。此外也將利用各流域流量站之日流量觀測紀錄進行統計分析，透過多元迴歸法等率定出中臺灣集水區內有關平、低、枯流量等之通用集水區面積與流量迴歸式，以作為在相同水文特性區域內山坡地集水區之防砂壩等既有設施進行小水力發電快速潛能評估的依據。

第二節 計畫範圍

本研究範圍以大甲溪、大安溪及烏溪流域為主。

第三節 計畫目標

利用各河川之水文觀測數據，透過統計迴歸及水文數值模式模擬等方法來推估無水文觀測站之防砂壩的年流量數據，以供水力發電潛能評估之用。

第四節 工作項目及內容

一、相關研究資料收集

小水力發電事業除了以往利用在河川築堤以提高水頭、穩定水量來發電外，善用存在人工輸水渠道的落差、流量來廣設小水力發電站已然成為開發綠能、推廣零碳排的重點推廣項目之一。尤其在活用坡地砂防壩方面，既可省卻新設堰堤的高額工程費用，更可快速展開小水力發電事業評估進程，透過砂防壩發電潛能的推估，進而評估開發小水力發電事業的可行性。

此等利用砂防壩推動小水力發電事業可行性評估、機組設計到實質建置小水力發電站的實際案例，在日本已有十年以上的推動經驗。惟在本國則尚無利用砂防壩推動小水力發電的相關經驗，故將收集此等相關資料以資參考。

二、對象流域之水文觀測資料收集

本計畫預計以臺灣中部大安、大甲、烏溪流域之流量測站為研究對象。從各河川主支流上分別選取近5年(2017年-2021年)之日流量、降雨量觀測紀錄較為完整的測站，並收集其日流量、日降雨量之時間

序列觀測數據及集水區面積等地文資料，以資水文數值模式模擬擬合分析以及多元迴歸分析之用。

三、以多元迴歸法推估流量

本計畫對象區域位於臺灣中部之大安、大甲、烏溪流域，為具有相似水文氣象特性的區域，依據集水區面積比法概念，除了利用各自河川流域之多測站觀測數據來進行多元迴歸分析之外，亦可結合 3 條河川流域之多測站觀測數據進行多元迴歸分析。

透過多元迴歸法將可利用由各測站流量數據所轉換而成之年流況曲線，直接率定出對象集水區內有關常流量、低流量、枯流量等之通用集水區面積與流量迴歸式，據此關係式將可推估該集水區上游對象防砂壩場址進行小水力發電量評估時所需之常流量、低流量、枯流量數據。

四、以水文數值模式推估流量

基於相似水文氣象特性區及集水區面積比法概念，除了利用統計學的多元迴歸法之外，亦可採用水文數值模式如直列四段式水筒模式等，針對較高海拔之單一測站的年度流量曲線觀測值進行降雨-逕流過程的擬合分析，以進一步直接推估其上游任一對象防砂壩場址的年度日流量曲線之序列數據。

由以往的研究成果顯示，透過直列四段式水筒模式來模擬自然集水區的降雨-逕流行為，進而率定對象集水區的特性參數，藉以推估無水文觀測站場域的流量數據，不失為一項有效的做法。惟直列四段式水筒模式的參數甚多，因此在擬合年度流量曲線觀測值時，將採用參數最佳化工具來獲取最佳參數組。

參數最佳化工具將採用本研究團隊研發之 Multi-start Powell 法。依據前人研究證實 Powell 共軛方向法(簡稱 Powell 法)在函數值域最小值的局部搜尋法中是一效果相當好的方法，故研究中將 Multi-start (複數起始點)概念帶入 Powell 法中，以使其在模式參數最佳化上具備全域搜尋之能力。並以相對均方根誤差(RR)及效率係數(CE)等誤差函數，綜合評估最佳參數組，藉以推估位其上游之對象防砂壩場址的年度日流量序列數據，以及進行小水力發電量評估時所需之經轉換的常流量、低流量、枯流量數據。

五、快速評估發電潛能之應用

透過多元迴歸式或水文數值模式演算並直接套用上游對象防砂壩廠址所衍生之流量曲線及流況曲線，將能有效且快速評估該防砂壩的發電潛能。在此將利用衍生所得之常流量、低流量、枯流量數據，分別推估該防砂壩最大發電使用水量及年度可能的發電量。

有關利用多元迴歸式或水文數值模式的推估過程在推廣應用於其它流域或地區時，兩者在觀測數據取得、分析方法的難易度及應用上的便捷性等，將在此進行評析。

第二章 文獻回顧

第一節 流量推估

在日本，為了活化偏遠農村並促進農村的永續發展，除了利用廣布農山村的水圳外，亦利用防砂壩等既有設施來進行小水力發電，積極開發農村的經濟與能源的來源。為了推動防砂壩的小水力發電，對於流量數據不足的問題，則以集水區面積比法的概念，利用相似流域水文特性區之諸水文站的數據及迴歸統計法來獲取關係式 $Q=\alpha \times \text{Area}^\beta$ ，取得 α 與 β 的常流量、低流量、枯流量，如表 2-1，以進一步推估對象防砂壩所需要的流量數據。進而據此推估出最大發電使用水量(cms)(=常流量或低流量)以及年可能發電量(kW)(=最大發電量 $\times 365 \times 24 \times$ 設備利用率。其中，最大發電量 $=9.8 \times$ 最大發電使用水量 $\times$ 發電水頭 $\times$ 綜合效率(日本國土交通省砂防部保全課，2010)。

表 2-1 日本各地區堰堤場址流量推估式範例

地方		常流量(Q1)	低流量(Q2)	枯流量(Q3)
東北太平洋側	α	0.8805	0.8212	0.8564
	β	0.0639	0.0539	0.0296
東北日本海側	α	0.8293	0.768	0.7065
	β	0.1257	0.1001	0.0772
關東	α	0.7863	0.7537	0.7342
	β	0.0618	0.0494	0.0379
北陸	α	0.7573	0.8267	0.7109
	β	0.189	0.0944	0.0873
中部	α	0.9322	0.9364	0.9348

	β	0.0553	0.036	0.024
近畿	α	0.8963	0.8314	0.7216
	β	0.0498	0.0395	0.0352
中國	α	0.7597	0.781	0.8491
	β	0.0838	0.0525	0.0253
四國太平洋側	α	0.9862	0.9922	0.9813
	β	0.0416	0.0238	0.0144
四國瀬戸内側	α	0.4203	0.4136	0.406
	β	0.2077	0.1274	0.0704
九州	α	1.23	1.258	1.3281
	β	0.0148	0.0087	0.0044

資料來源：日本國土交通省砂防部保全課(2010)。

本研究之對象區域位於臺灣中部之大安、大甲、烏溪流域，具有相似水文氣象特性的區域，亦可參考上述集水區面積比法之概念，利用各自河川流域之多測站觀測數據來進行多元迴歸分析外，亦可結合同區域之3條河川流域的多測站觀測數據來進行多元迴歸分析。

第二節 流況曲線

所謂流況曲線是指將每年的日流出量按照降序排列而得到的曲線。水文曲線在降雨情況下會產生凹凸不平的變化，而流況曲線的特點是呈現出平緩向右下的曲線，流況曲線通常是按照每年的日流出量進行排列，計算從第 1 天到第 365 天進行，閏年的第 366 天的流量不使用。對於流況曲線，稱每年的流況曲線為單年流況曲線。為了數值化討論流況曲線，流況流量（流況指標）常常被使用。一般在使用上是將流況曲線上的第 95 天的流量定義為豐流量，第 185 天定義為常流量，第 275 天定義為低流量，第 355 天定義為枯流量，並將各個流量作為流況曲線的代表值如圖 2-1 所示。在本研究中，將研究區域也使用流況流量作為各個流況曲線的代表值。

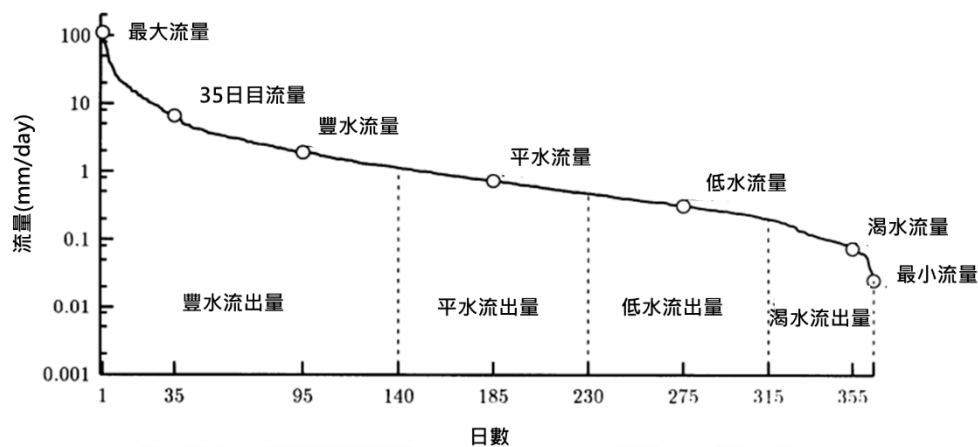


圖 2-1 流況曲線圖示範例

資料來源：真板英一(2013)

第三節 流量與面積率定關係

經濟部水資源局推動節約用水措施 86 年度委辦計畫(計畫編號：86EC2A040022)，經分析經濟部水資源局委辦計畫研究所選用之 12 個水文站各旬不同機率之流量，其水文站集水區的面積與流量之間的率定關係，如圖 2-2 所示為其中第 18 旬各水文站旬流量平均值與集水區面積率定關係圖，經由這種旬流量與集水區面積關係率定分析結果顯示，可用於本研究計畫的 $Q = \alpha \times \text{Area}^\beta$ 。

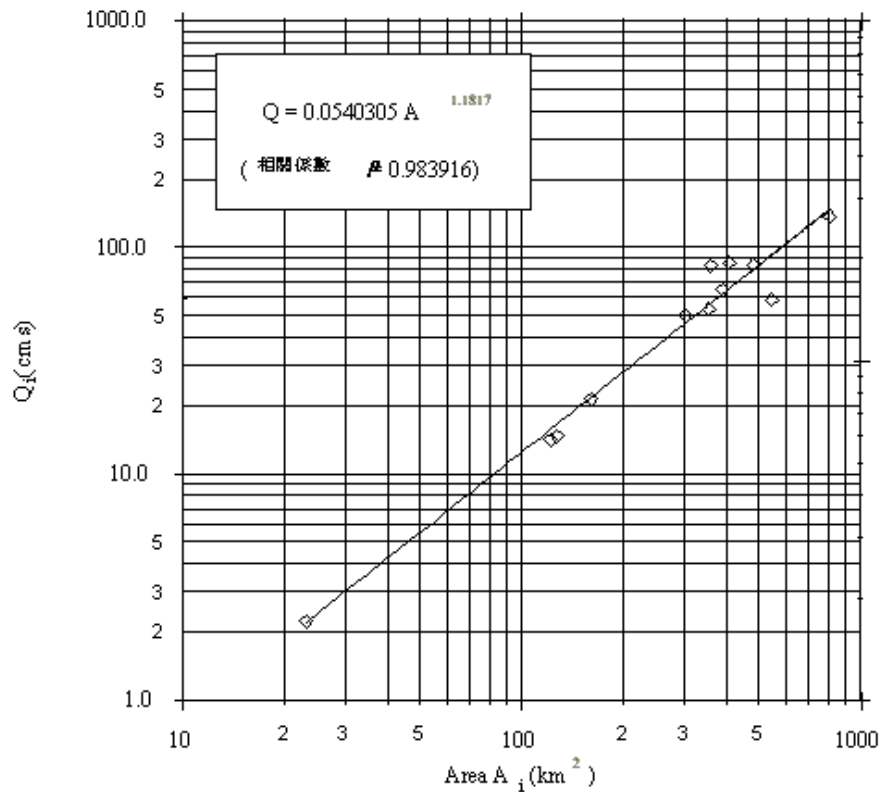


圖 2-2 水文站流量與集水區面積率定關係圖(第 18 旬旬流量平均值)

資料來源：經濟部水資源局(1997)

第四節 簡單線性迴歸分析

迴歸分析是一種應用廣泛的統計分析方法，設有兩種變數 X_i 及 Y_i ， X_i 為一自變數，是一種能事先準確固定的變量。 Y_i 為依變數，是依 X 之值而改變的變數的線性迴歸方程式可表為：

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i \quad (2-1)$$

其中 α ：直線的截距；是一未知參數

β ：直線的斜率；是一未知參數

其中 ε_i ， $i = 1, 2, \dots, n$ ，為獨立的隨機誤差變數，每個均為一具有期望值為 0，變異數為的常態分配，由於 $E(Y_i)$ 為 X 之線性函數，理論的線性迴歸方程式可表為：

$$E(Y_i) = \mu_Y = \alpha + \beta X_i \quad (2-2)$$

簡單線性迴歸分析是要知道是否能用自變數 X 來解釋變數 Y ，變數 X 及 Y 的關係是否密切，而適當地用一種線性方程式來表示，即可由變數 X 的值預測出 Y 的值。它是理論線性迴歸方程式的一種估計式，亦即 Y 為 $E(Y)$ 的估計量。

$$Y = \alpha + \beta X \quad (2-3)$$

迴歸分析的結果通常這些結果可以幫助我們了解自變數和因變數之間的關係的可靠性。

第五節 水筒模式

河村隆雄(2005)利用直列3段水筒模式作為分析工具調整了係數，以使從降水資料估算出的流況曲線與基於流量觀測數據的流況曲線相符。

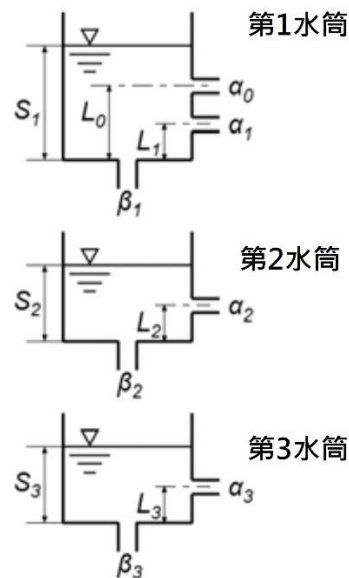


圖 2-3 直列3段水筒模式及其各係數

資料來源：河村隆雄(2005)

圖 2-4 顯示了基於 2009 年至 2013 年間在武儀川口流量觀測站觀測到的數據所繪製的流況曲線。垂直軸表示每單位流域面積的流量 [mm/day]，並使用對數刻度以更容易可視化低流量區域。使用上述方法估算的流量所獲得的流況曲線以虛線表示在同一圖中。除了洪水區域或旱災區域外，它與實際流況曲線相當吻合。

在圖中以虛線顯示了根據日本氣象廳之土砂災預測係數所估算的結果。除了有重現洪水區間的流量變化外，平常流量並未能重現。若將圖 2-4 的垂直軸恢復為線性刻度，並設定水輪機的容許最

大流量及最小流量，將可評估武儀川口流量觀測站的年度發電容量。

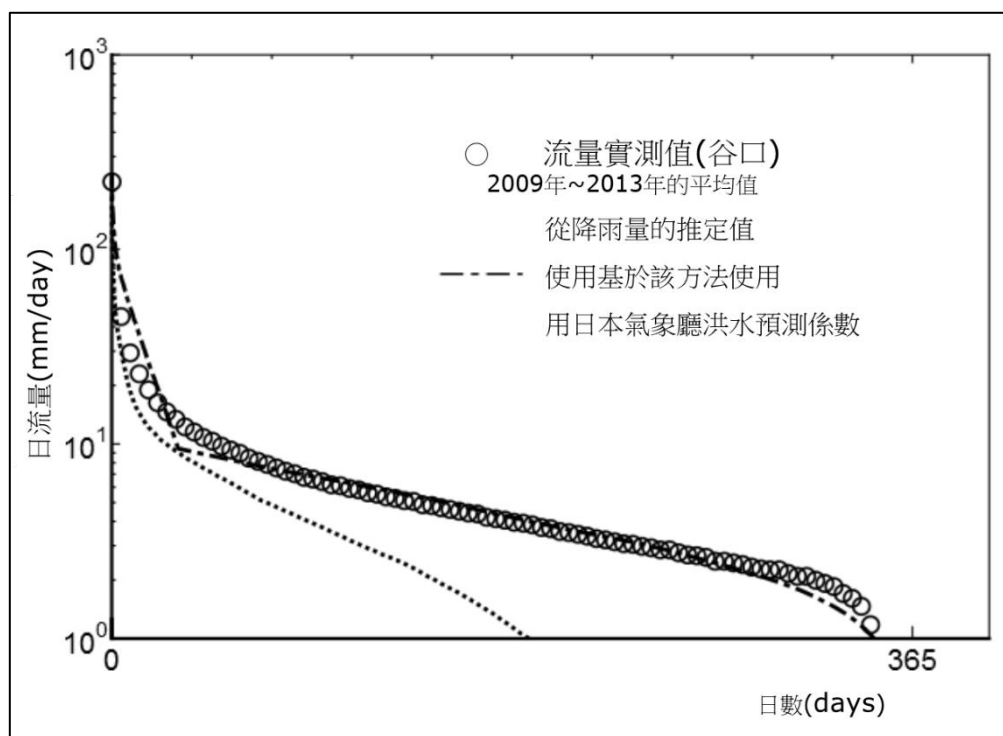


圖 2-4 武儀川的流況曲線

資料來源：河村隆雄(2005)

第三章 研究理論及方法

第一節 常水年分析

根據 105 年臺灣水文環境情勢專刊，年雨量或年流量接近歷年平均雨量或平均流量，稱為常水年；年雨量或年流量高於歷年平均雨量或平均流量，稱為豐水年；年雨量或年流量低於歷年平均雨量或平均流量，稱為枯水年。本計畫利用五年期間(2017~2021 年)的測站平均流量找到最接近歷年平均流量的常水年。

第二節 流況曲線

流量潛能的評估對水力發電尤為重要，利用流況曲線可初步判斷水力發電的發電功率和利用率。受到氣候條件的影響，使得降雨量因季節而有所差異。因此不僅要知道一年的河流流量，還要知道流量的波動有多大。通過觀察流況曲線，流況曲線將一年內的每天的河流流量按照由大到小的排序，並繪製出圖如圖 3-1。從圖 3-1 來看，縱軸代表流量，橫軸代表累計天數。通過觀察流況曲線，可以了解臺灣中部之大安、大甲、烏溪流域各測站流量數據所轉換而成之年流況曲線的常流量、低流量、枯流量。

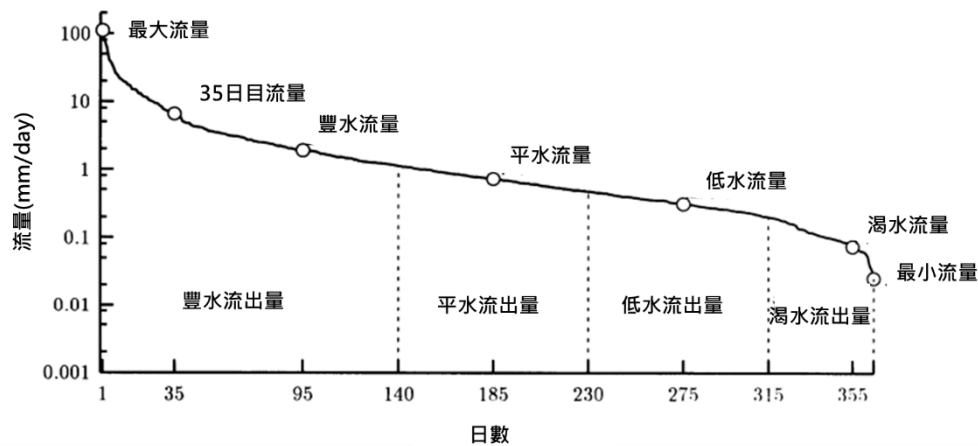


圖 3-4 流況曲線圖示範例

第三節 流量推估法

一、利用多測站觀測資料

研究範圍內之多測站的日流量觀測資料，在本研究計畫中進行了多測站的日流量觀測收集，並利用多元迴歸法分析了多測站的觀測資料，以建立年流況曲線。通過率定曲線，可以直接率定出對象集水區內的常流量、低流量及枯流量等與集水區面積之間的關係， $Q = CIA/360$ 將 $C \times I/360$ 表示為 α ，而引入了指數 β ，它描述了集水區面積與流量之間的非線性關係，這樣的假設認為集水區面積的增加將對流量產生指數級的影響，即 $Q = \alpha \times \text{Area}^\beta$ ，其中 Q 代表流量， Area 代表集水區面積， α 和 β 是需要確定的參數， $Q = \alpha \times \text{Area}^\beta$ 關係可以用一個通用的迴歸式表示。根據關係式據此關係式將可推估該集水區上游對象防砂壩場址進行小水力發電量評估時所需之常流量、

低流量、枯流量數據。這將有助於我們更準確地評估該場址的發電潛力及水力資源利用情況。

二、利用單測站觀測資料

水文數值模式如直列四段式水筒模式等，針對較高海拔之單一測站的年度流量曲線觀測值進行降雨-逕流過程的擬合分析，以進一步直接推估其上游任一對象防砂壩場址的年度日流量曲線之序列數據。由以往的研究成果顯示，透過直列四段式水筒模式來模擬自然集水區的降雨-逕流行為，進而率定對象集水區的特性參數，藉以推估無水文觀測站場域的流量數據，不失為一項有效的做法。透過參數最佳化法如 Multi-start Powell 共軛方向法進行擬合分析，以獲取最佳參數組。以烏溪南北通橋站為例，最佳 16 參數組的一致性分析及最佳參數組對流量紀錄之擬合結果均甚佳，如圖 3-2 及圖 3-3。因此藉此水筒數值模式將可合理推估並衍生出位於該測站上游之對象防砂壩場址的日流量序列數據，進而獲得該場址之平、低、枯流量數據。並以相對均方根誤差(RR)及效率係數(CE)等誤差函數，綜合評估最佳參數組，藉以推估其上游之對象防砂壩場址的年度日流量序列數據，以及進行小水力發電量評估時所需之經轉換的常流量、低流量、枯流量數據。

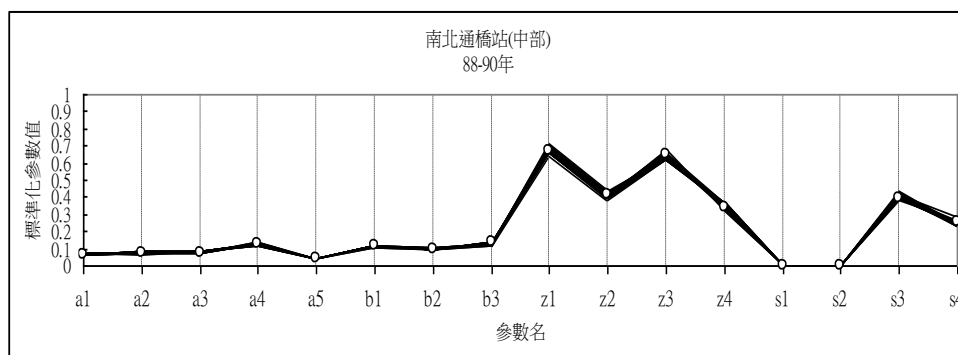


圖 3-2 參數最佳化率定之變異情形(1988-1990)

資料來源：陳榮松等(2003)

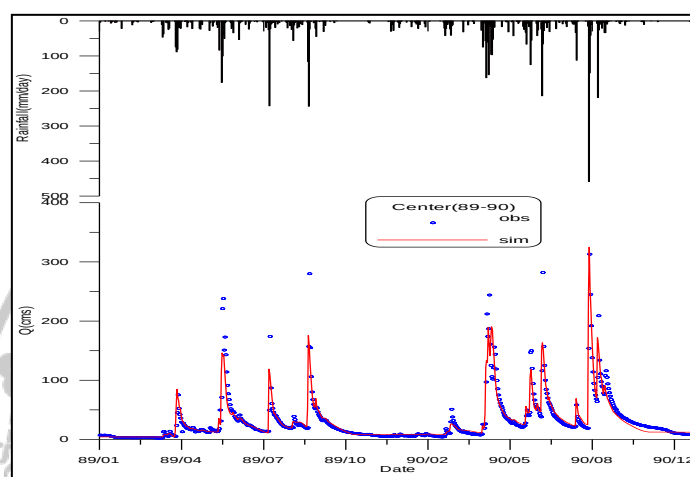


圖 3-3 最佳參數組對流量紀錄之擬合結果(1988-1990)

資料來源：陳榮松等(2003)

第四章 研究區域及水文測站介紹

本研究初步將以大甲溪、大安溪及烏溪流域等具備相似流域水文特性的山坡地集水區為研究範圍如圖 4-1，利用研究區域流量站近五年(2017~2021 年)的日流量觀測紀錄以進行後續分析。

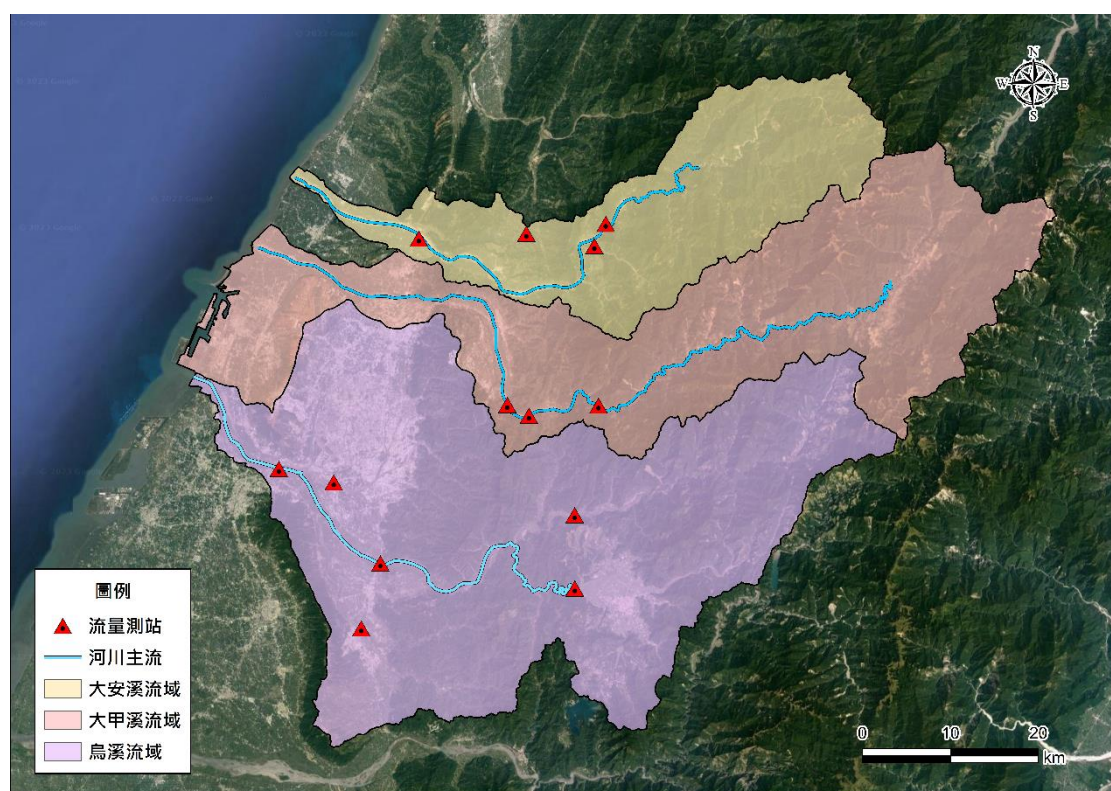


圖 4-1 中臺灣流域圖

第一節 大安溪流域

大安溪位於臺灣中部，屬於中央管河川，主流河長 95.76 公里，全臺第七大河川，流域面積 758.47 平方公里，分布於苗栗縣南部及臺中市北部，本研究測站四個流量站義里、雪山坑、象鼻(3)及景山如表 4-1 及圖 4-2 所示。

表 4-1 大安溪流量站

流量站名	WGS84(經度)	WGS84(緯度)
義里	120°44' 16.327"E	24°20' 32.533"N
雪山坑	120°56' 3.044"E	24°20' 5.710"N
象鼻(3)	120°56' 48.970"E	24°21' 27.960"N
景山	120°51' 29.175"E	24°20' 50.856"N

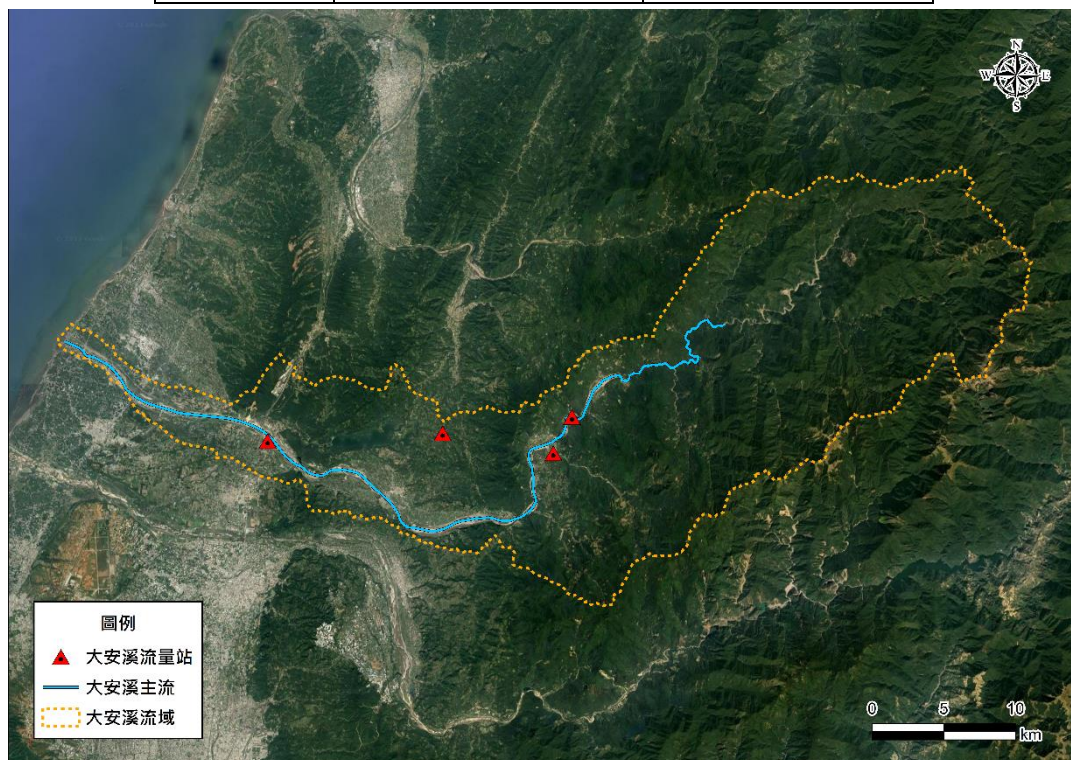


圖 4-2 大安溪流量站位置圖

第二節 大甲溪流域

大甲溪是臺灣中部重要的河川，屬於中央管河川，主流河長 140 公里，流域面積 1235.73 平方公里，流域主要分布於台中市，並包括南投縣、宜蘭縣之一小部分，本研究測站三個流量站馬鞍後池、天福大橋、龍安橋如表 4-2 及圖 4-3 所示。

表 4-2 大甲溪流量站

流量站名	WGS84(經度)	WGS84(緯度)
馬鞍後池	120°56' 19.954"E	24°10' 16.411"N
天福大橋	120°51' 40.169"E	24°9' 38.455"N
龍安橋	120°50' 13.558"E	24°10' 18.567"N

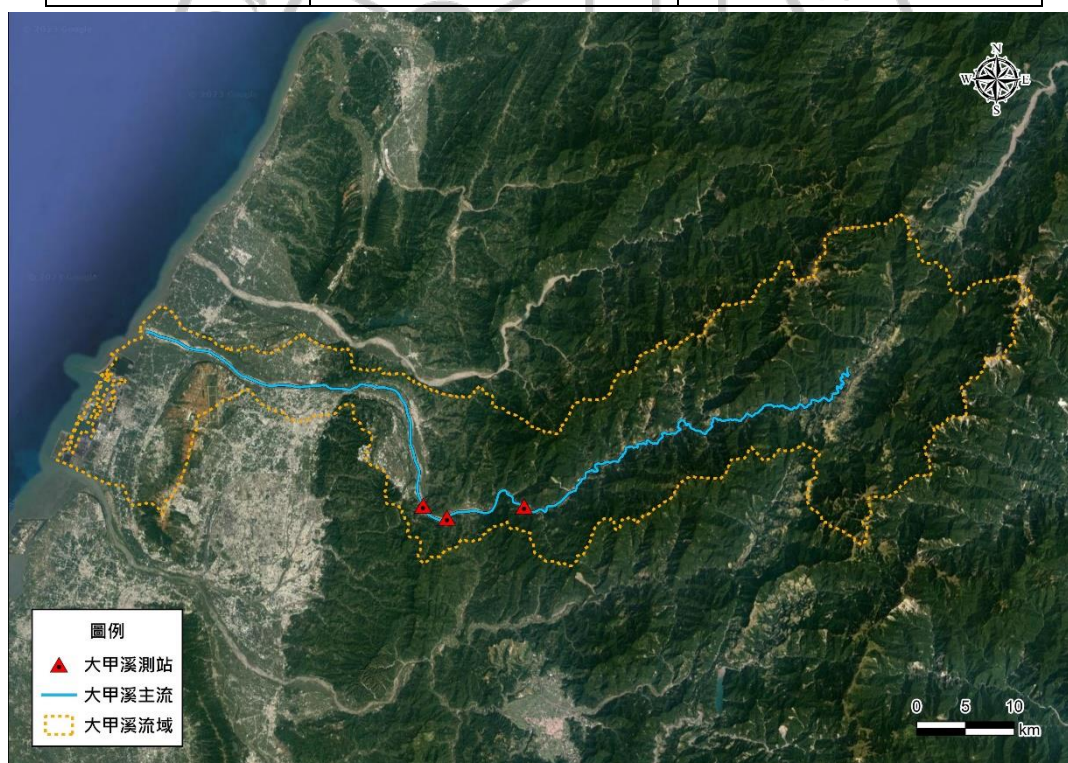


圖 4-3 大甲溪流量站位置圖

第三節 烏溪流域

烏溪位於臺灣中部，為中央管河川，下游河段因流經臺中市大肚區，河長 119.13 公里，流域面積 2,025.60 平方公里，本研究測站六個流量站大肚橋、溪南橋、烏溪橋、南北通橋、觀音橋、南崗大橋如表 4-3 及圖 4-4 所示。

表 4-3 烏溪流量站

流量站名	WGS84(經度)	WGS84(緯度)
大肚橋	120°34'54.788"E	24°6'20.214"N
溪南橋	120°38'35.852"E	24°5'31.332"N
烏溪橋	120°41'44.217"E	24°0'31.999"N
南北通橋	120°54'44.649"E	24°3'31.161"N
觀音橋	120°54'45.286"E	23°59'0.356"N
南崗大橋	120°40'28.035"E	23°56'31.649"N

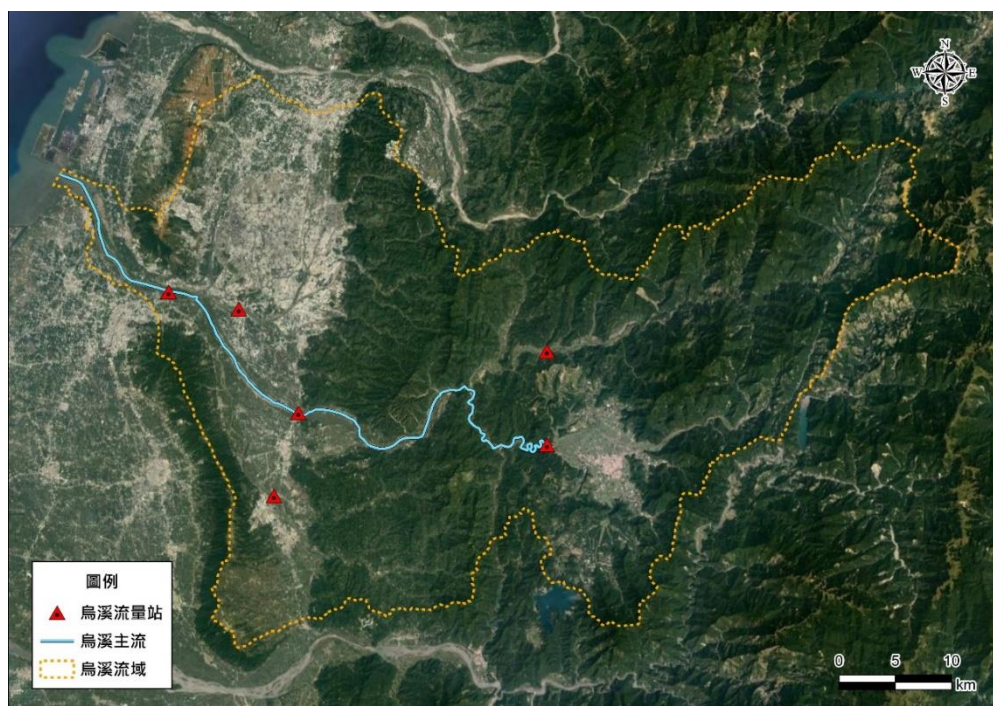


圖 4-4 烏溪流量站位置圖



第五章 結果與討論

第一節 常水年分析

從水文資訊網整合服務系統-水利署網站(參考網址：<https://gweb.wra.gov.tw/Hydroinfo/?id=Index>)，取得研究計畫的各測站河流或水域的近五年(2017年-2021年)流量日資料，將近五年(2017年-2021年)的每一年的各測站的平均流量，來尋找最接近歷年的平均流量的常水年，利用評價指標效率係數 CE(Coefficient of efficiency)如表 5-1，效率係數值越接近 1 則表示那年的平均流量與歷年平均流量越相近，2017 年、2018 年、2019 年、2020 年及 2021 年與歷年平均流量如圖 5-1、圖 5-2、圖 5-3、圖 5-4 及圖 5-5，2021 年的效率係數值較接近 1，所以 2021 年定義為常水年，效率係數結果如表 5-2。

表 5-1 評鑑指標公式表

常用評鑑指標種類	評鑑指標方程式
效率係數 CE (Coefficient of efficiency)	$CE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (Q_{est} - Q_{obs})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})^2} \right]$

註 1: Q_{est} 為該年年流量， Q_{obs} 為平均流量

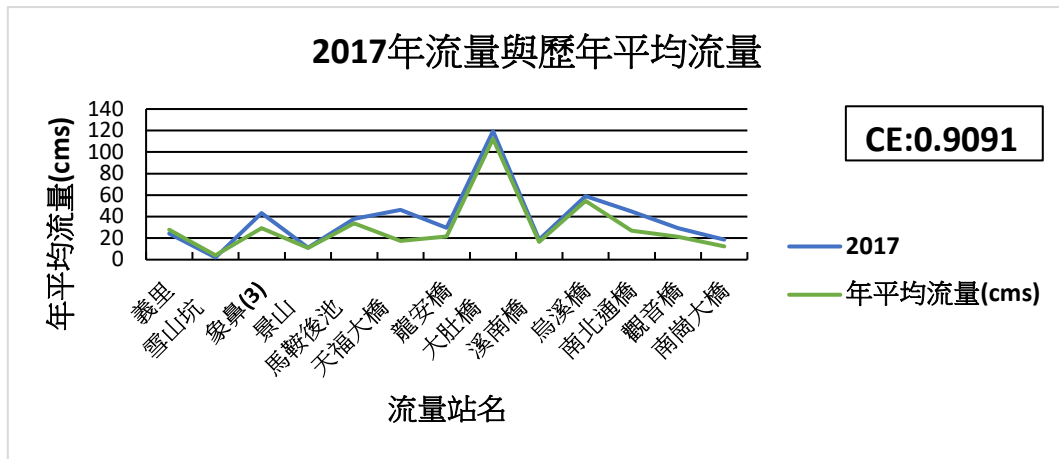


圖 5-1 2017 年流量與歷年平均流量

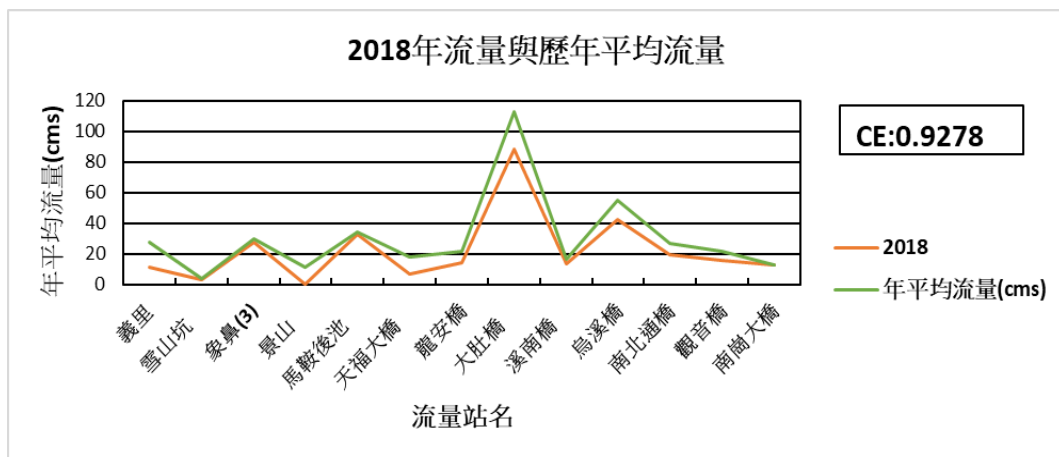


圖 5-2 2018 年流量與歷年平均流量

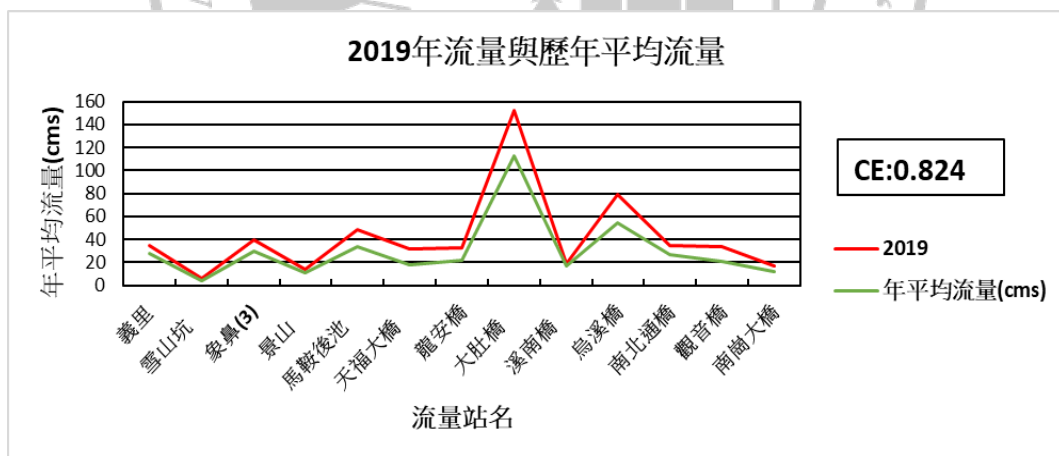


圖 5-3 2019 年流量與歷年平均流量

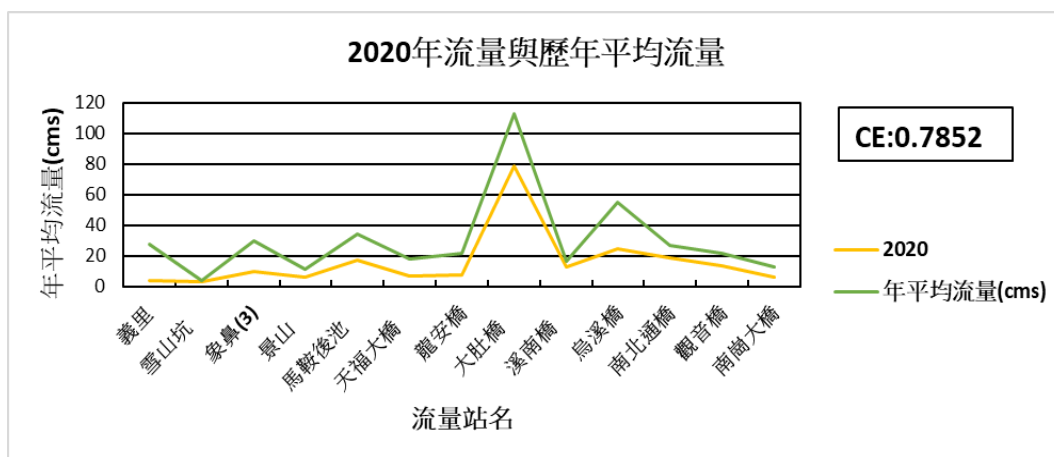


圖 5-4 2020 年流量與歷年平均流量

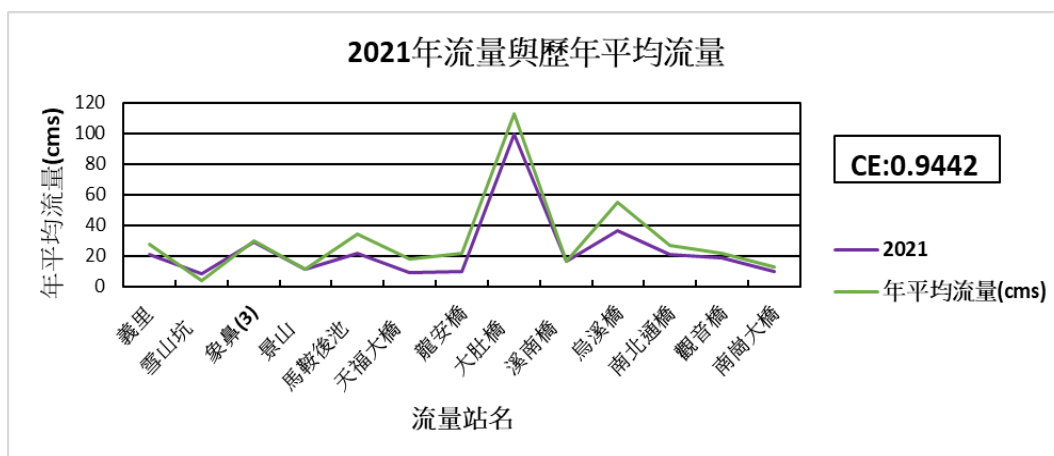


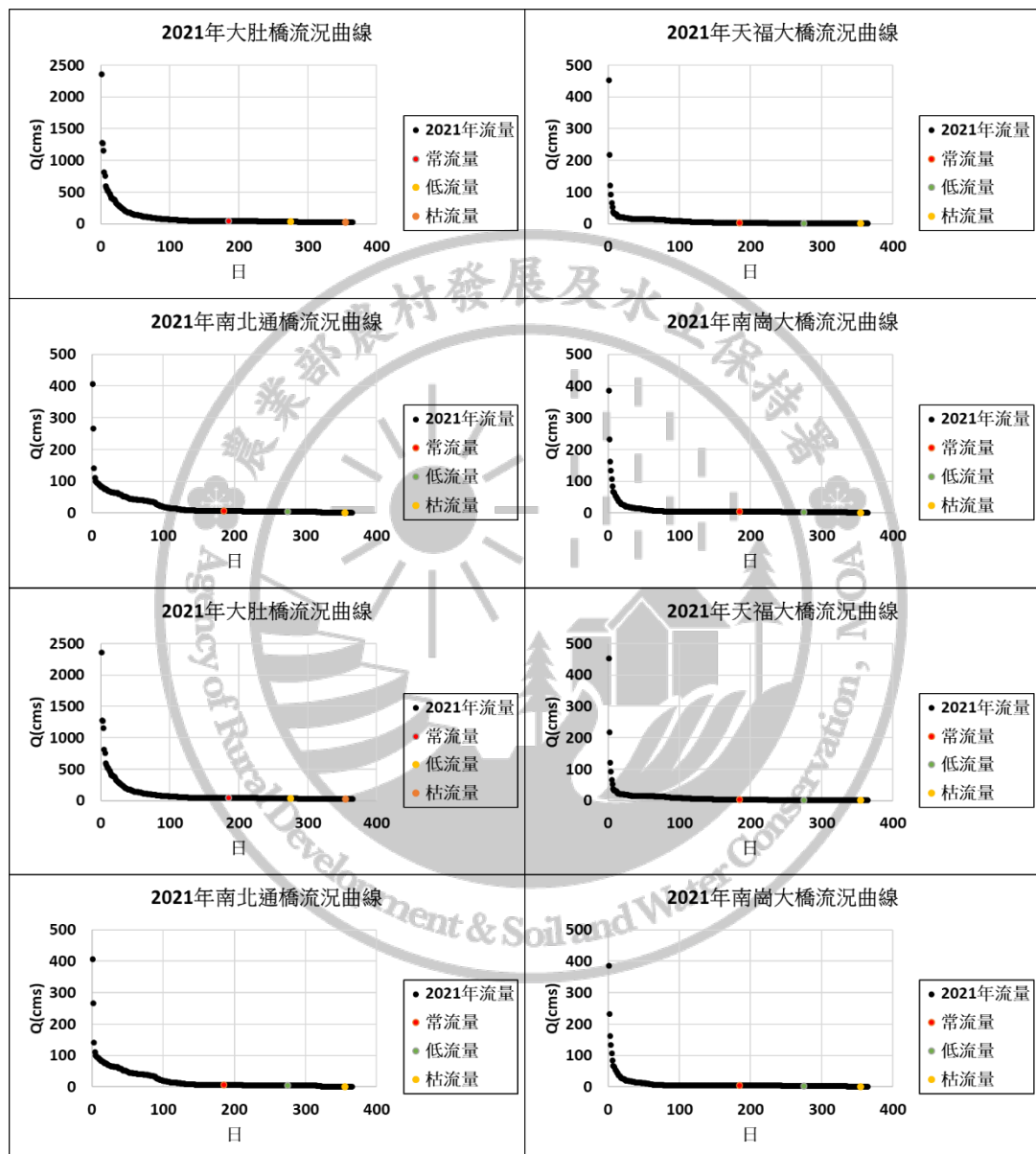
圖 5-5 2021 年流量與歷年平均流量

表 5-2 各年流量效率係數

年分	CE
2017	0.9091
2018	0.9278
2019	0.8245
2020	0.7852
2021	0.9442

第二節 流況曲線分析

將研究區域內各流域常水年之每日河流流量按照由大到小的排序，通過觀察流況曲線，分析中部之大安溪、大甲溪、烏溪流域各測站流量數據所轉換而成之年流況曲線的常流量、低流量、枯流量，如圖 5-6 及表 5-3 所示。



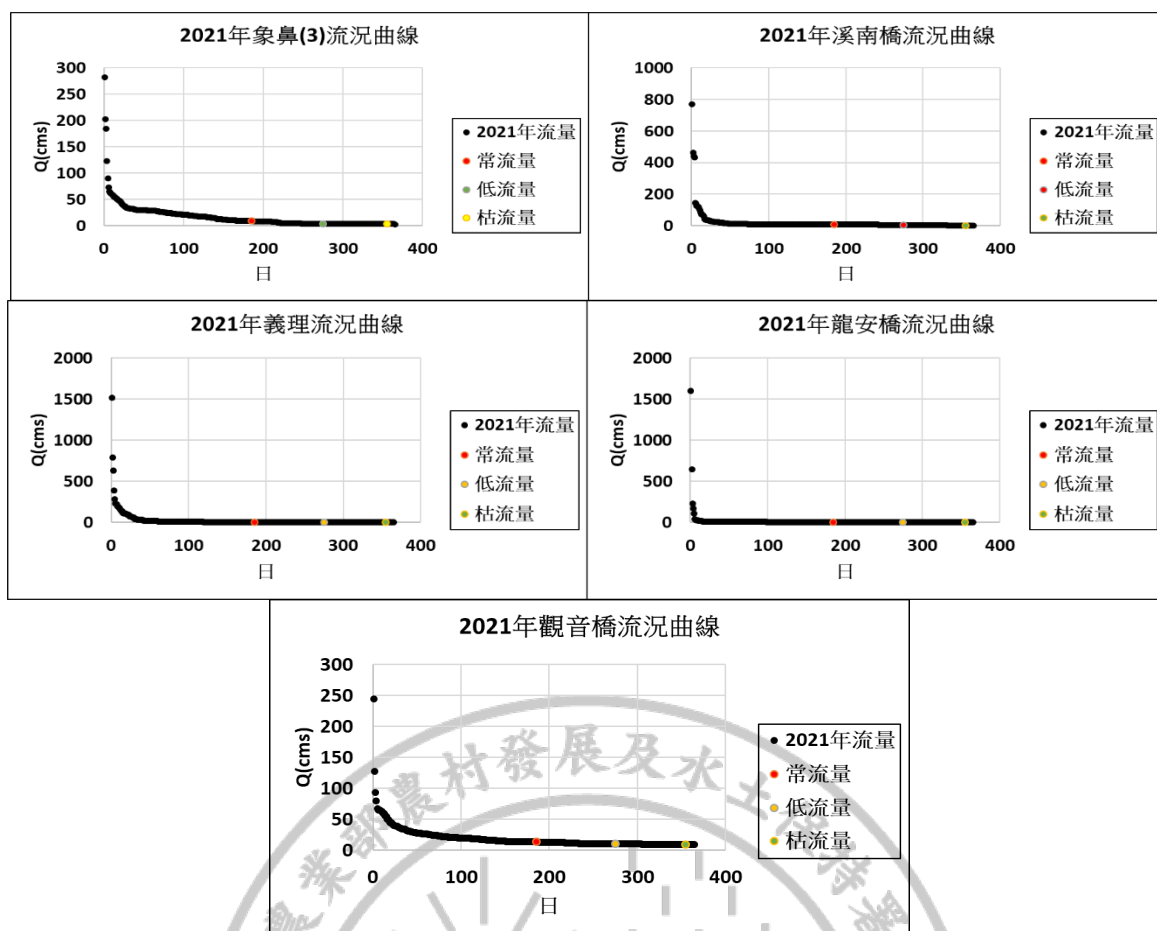


表 5-3 2021 年各流量站流況流量值表

圖 5-6 2021 年流況曲線

地方	測站	常流量(cms)	低流量(cms)	枯流量(cms)
大安溪	義里	0.26	0.17	0.17
	雪山坑	3.88	3.36	1.64
	象鼻(3)	8.75	3.8	3.17
	景山	4.58	3.33	1.42
大甲溪	龍安橋	1.04	0.54	0.43
	天福大橋	2.75	2.1	0.95
	馬鞍後池	12.5	7.58	1.25
烏溪	大肚橋	45.8	35.47	26.55
	溪南橋	7.13	3.34	1.66
	烏溪橋	15.73	4.18	2.98
	南北通橋	6.32	4.55	1.2
	觀音橋	13.19	10.32	8.94
	南崗大橋	3.93	2.72	1.55

第三節 流量迴歸分析

本研究流量迴歸分析推求流量與面積的關係式如(5-1)式：

$$Q = \alpha \times \text{Area}^{\beta} \quad (5-1)$$

其中

Q：流量(cms)；Area：面積(km²)； α 與 β ：參數

一、常流量流量推估式

(一)2021 年常水年的大甲溪、大安溪及烏溪流域各自流域的常流量利用迴歸分析，分析常流量的面積與流量關係式，2021 年大甲溪流域(常流量)流量的迴歸分析面積與流量擬合曲線如圖 5-7，推求的關係式為 $Q = 10^{29} \times \text{Area}^{-9.513}$ ， α 與 β 參數為 10^{29} 及 -9.513 。2021 年大安溪流域(常流量)流量的迴歸分析面積與流量擬合曲線如圖 5-8，推求的關係式為 $Q = 19.052 \times \text{Area}^{-0.4195}$ ， α 與 β 參數為19.052及 -0.4195 。2021 年烏溪流域(常流量)流量的迴歸分析面積與流量擬合曲線如圖 5-9，推求的關係式為 $Q = 0.0321 \times \text{Area}^{0.9319}$ ， α 與 β 參數為0.0321及0.9319。

(二)2021 年全部研究流域(常流量)流量的迴歸分析面積與流量擬合曲線如圖 5-10，推求的關係式為 $Q = 2.5170 \times \text{Area}^{0.1241}$ ， α 與 β 參數為2.5170及0.1241。

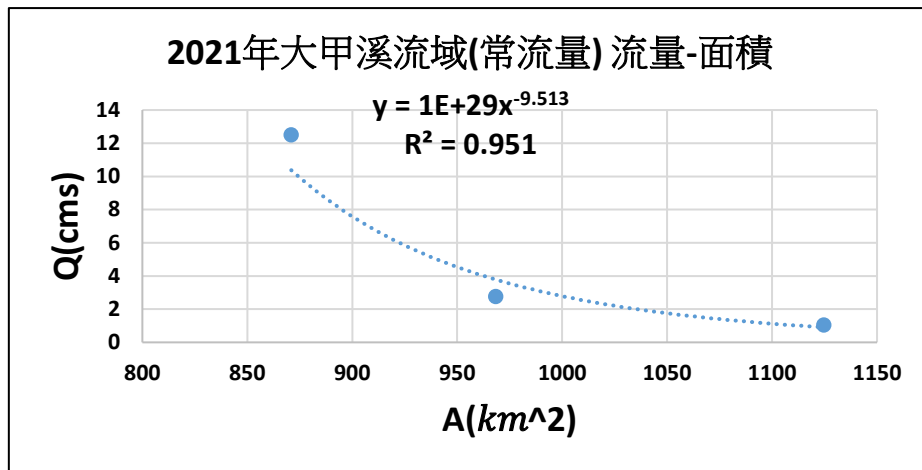


圖 5-7 2021 年大甲溪流域常流量-流量與面積關係圖

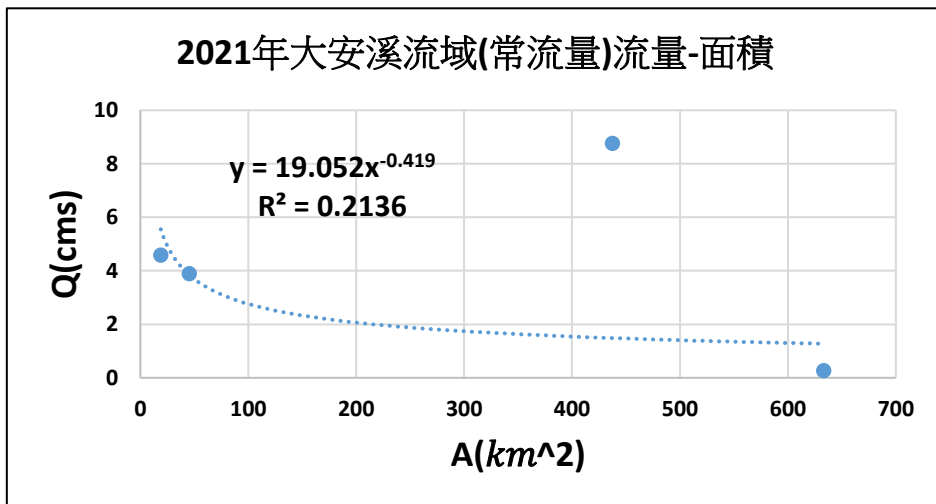


圖 5-8 2021 年大安溪流域常流量 流量與面積關係圖

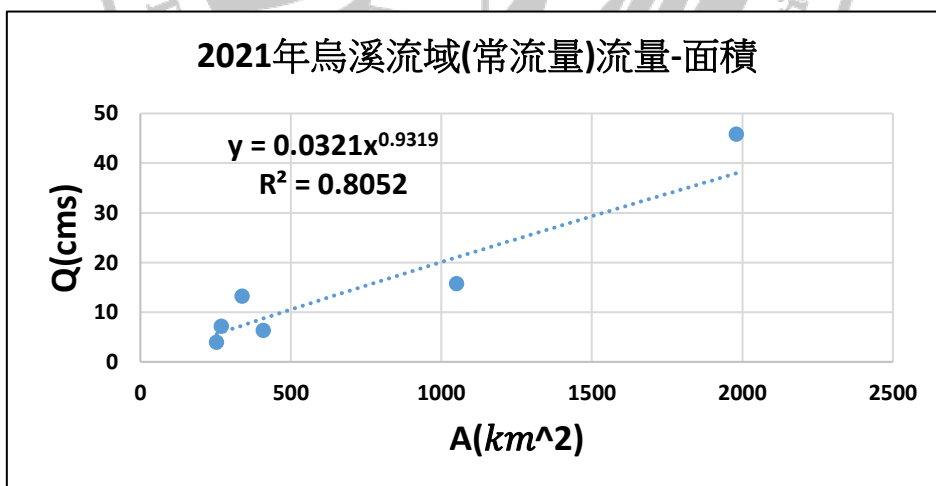


圖 5-9 2021 年烏溪流域常流量 流量與面積關係圖

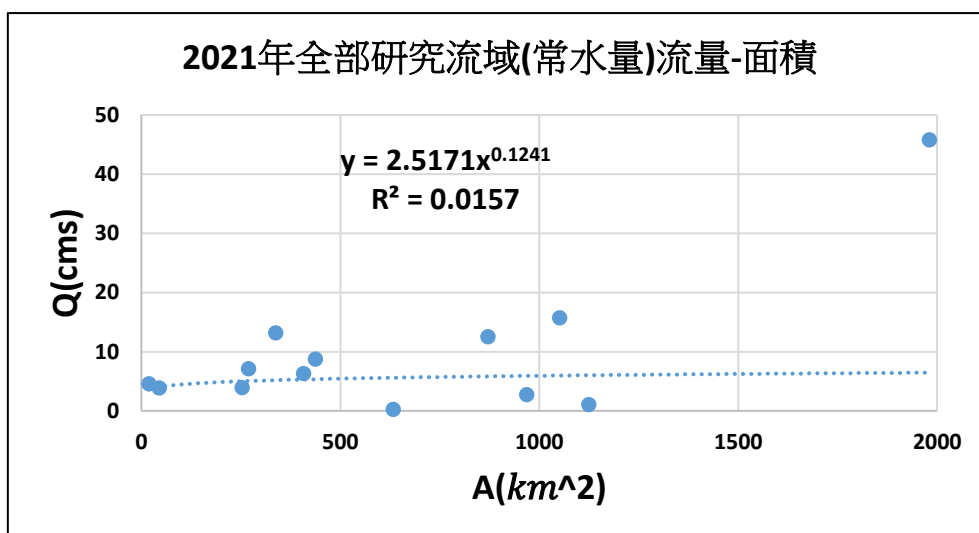


圖 5-10 2021 年全部研究流域常流量-流量與面積關係圖

將個別流域及全部流域的常流量推估式參數，整理圖 5-7 至圖 5-10 表 5-4 所示。

表 5-4 各別流域及全部流域的常流量推估式參數

地方	流量推估式(基於 2021 年常水年)		常流量(Q)
大甲溪	$Q = 10^{29} \times \text{Area}^{-9.513}$	α	10^{29}
		β	-9.513
大安溪	$Q = 19.052 \times \text{Area}^{-0.4195}$	α	19.052
		β	-0.4195
烏溪	$Q = 0.0321 \times \text{Area}^{0.9319}$	α	0.0321
		β	0.9319
全部流域	$Q = 2.5170 \times \text{Area}^{0.1241}$	α	2.5170
		β	0.1241

二、低流量流量推估式

(一)2021 年常水年的大甲溪、大安溪及烏溪流域各自流域的低流

量利用迴歸分析，分析低流量的面積與流量關係式，2021 年大甲溪流域(低流量)流量的迴歸分析面積與流量擬合曲線如圖 5-11，推求的關係式為 $Q = 10^{31} \times \text{Area}^{-10.249}$ ， α 與 β 參數為 10^{31} 及 -10.25 。2021 年大安溪流域(低流量)流量的迴歸分析面積與流量擬合曲線如圖 5-12，推求的關係式為 $Q = 21.406 \times \text{Area}^{-0.533}$ ， α 與 β 參數為21.406及 -0.533 。2021 年烏溪流域(低流量)流量的迴歸分析面積與流量擬合曲線如圖 5-13，推求的關係式為 $Q = 0.0337 \times \text{Area}^{0.8369}$ ， α 與 β 參數為0.0337及0.8369。

(二)2021 年全部研究流域(低流量)流量的迴歸分析面積與流量擬合曲線如圖 5-14，推求的關係式為 $Q = 2.4975 \times \text{Area}^{0.0424}$ ， α 與 β 參數為2.4976及0.0424。

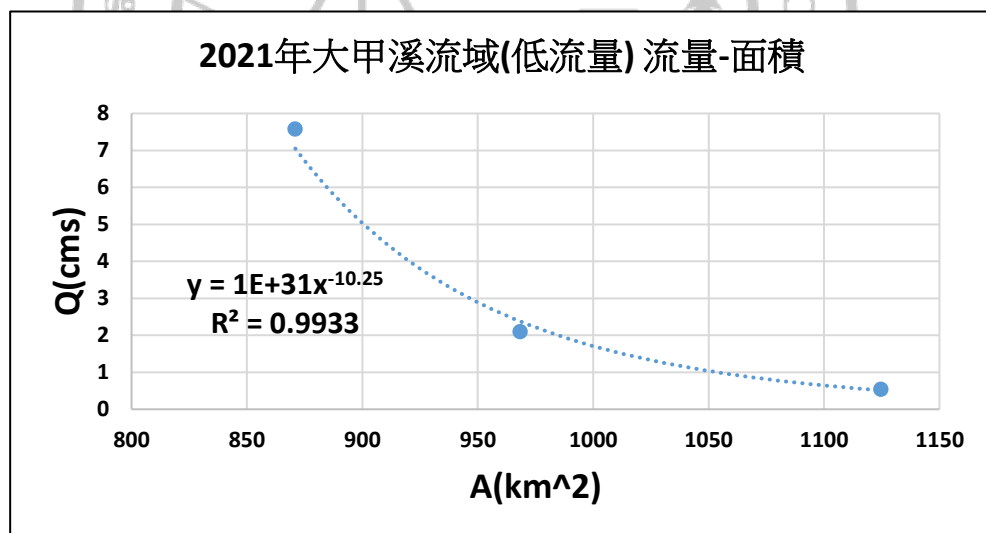


圖 5-11 2021 年大甲溪流域低流量-流量與面積關係圖

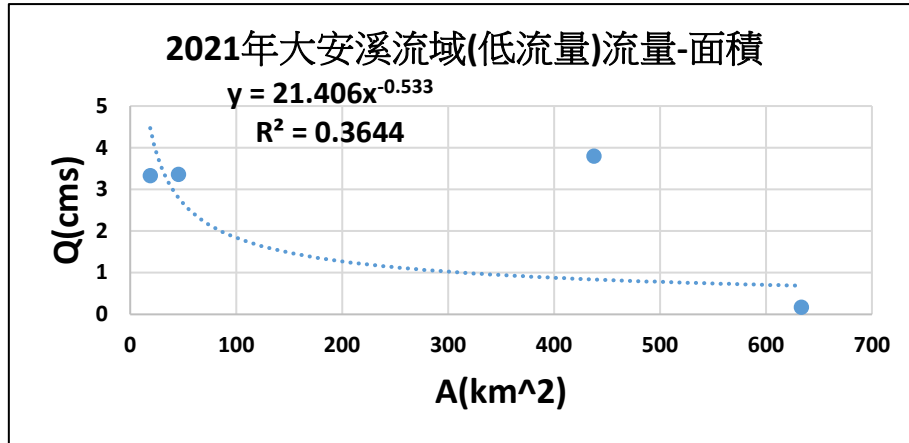


圖 5-12 2021 年大安溪流域低流量-流量與面積關係圖

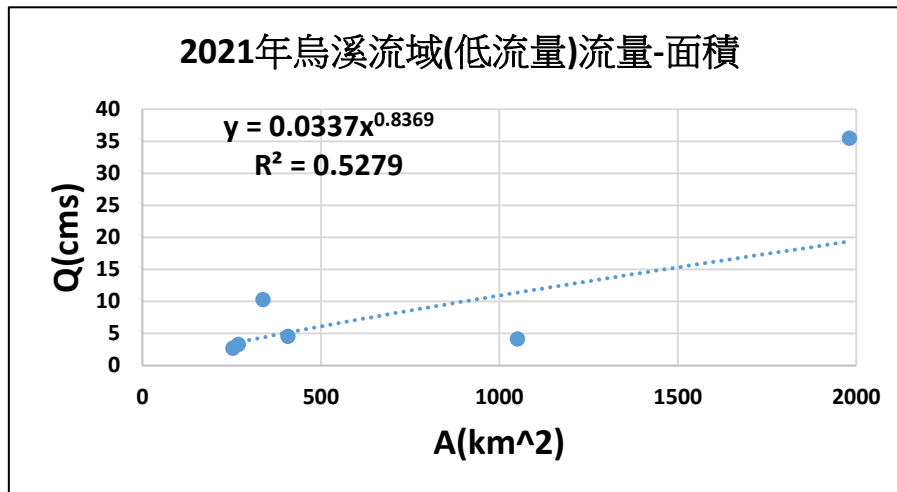


圖 5-13 2021 年烏溪流域低流量-流量與面積關係圖

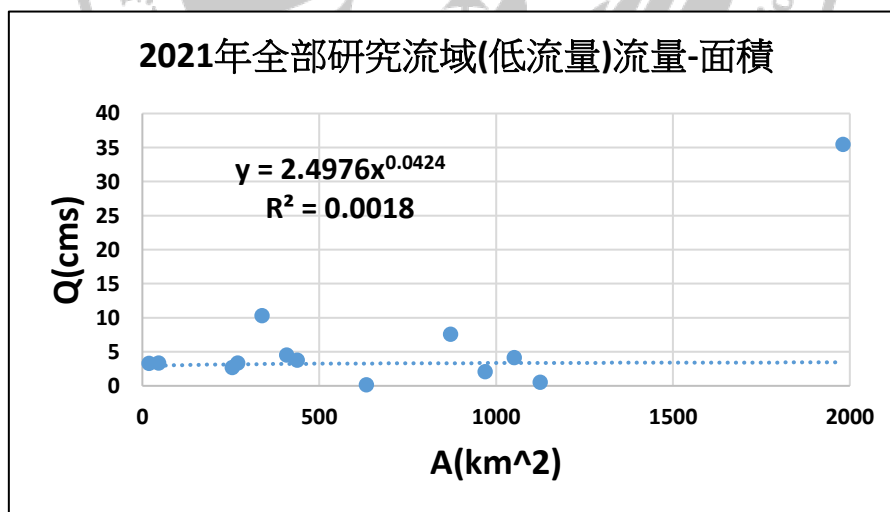


圖 5-14 2021 年全部研究流域低流量 流量與面積關係圖

將個別流域及全部流域的低流量推估式參數，整理圖 5-11 至圖 5-14 表 5-5 所示。

表 5-5 各別流域及全部流域的低流量推估式參數

地方	流量推估式(基於 2021 年常水年)		低流量(Q)
大甲溪	$Q = 10^{31} \times \text{Area}^{-10.249}$	α	10^{31}
		β	-10.25
大安溪	$Q = 21.406 \times \text{Area}^{-0.533}$	α	21.406
		β	-0.533
烏溪	$Q = 0.0337 \times \text{Area}^{0.8369}$	α	0.0337
		β	0.8369
全部流域	$Q = 2.4975 \times \text{Area}^{0.0424}$	α	2.4976
		β	0.0424

三、枯流量流量推估式

(一)2021 年常水年的大甲溪、大安溪及烏溪流域各自流域的枯流量利用迴歸分析，分析枯流量的面積與流量關係式，2021 年大甲溪流域(枯流量)流量的迴歸分析面積與流量擬合曲線如圖 5-15，推求的關係式為 $Q = 4.0 \times 10^{12} \times \text{Area}^{-4.248}$ ， α 與 β 參數為 4.0×10^{12} 及 -4.248。2021 年大安溪流域(枯流量)流量的迴歸分析面積與流量擬合曲線如圖 5-16，推求的關係式為 $Q = 4.3779 \times \text{Area}^{-0.294}$ ， α 與 β 參數為 4.3779 及 -0.294。2021 年烏溪流域(枯流量)流量的迴歸分析面積與流量擬合曲線如圖 5-17，推求的關係式為 $Q = 0.0063 \times \text{Area}^{1.0149}$ ， α 與 β 參數為 0.0063 及

1.0149。

(二)2021 年全部研究流域(枯流量)流量的迴歸分析面積與流量擬合曲線如圖 5-18，推求的關係式為 $Q = 0.9331 \times Area^{0.1051}$ ， α 與 β 參數為0.9331及0.1051。

將個別流域及全部流域的枯流量推估式參數，整理圖 5-15 至圖 5-18 表 5-6 所示。

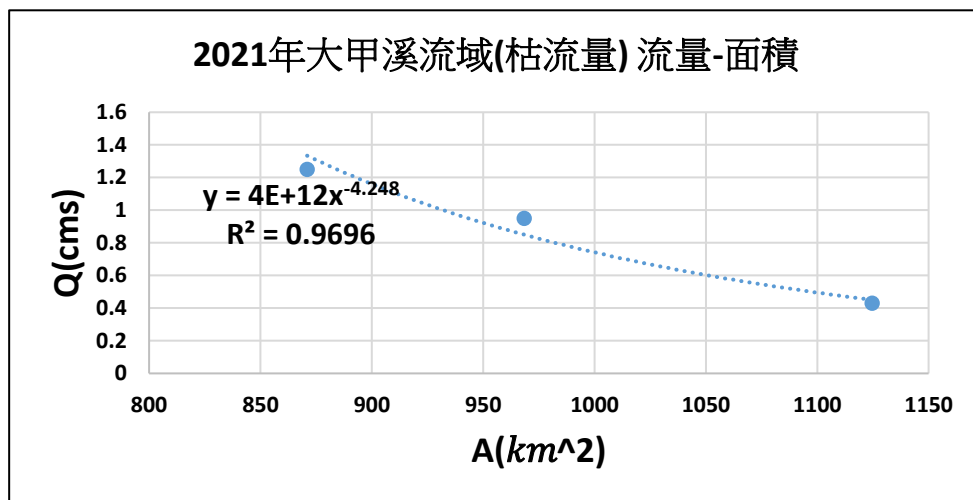


圖 5-15 2021 年大甲溪流域枯流量-流量與面積關係圖

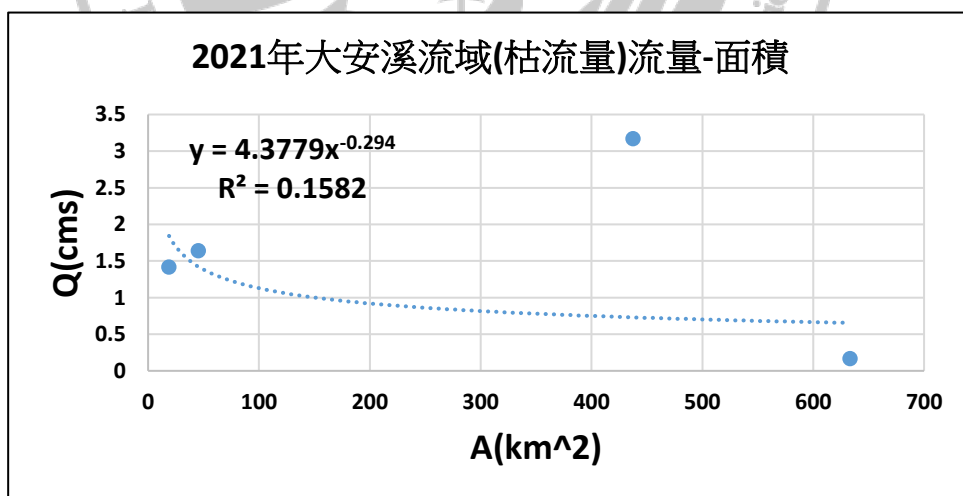


圖 5-16 2021 年大安溪流域枯流量-流量與面積關係圖

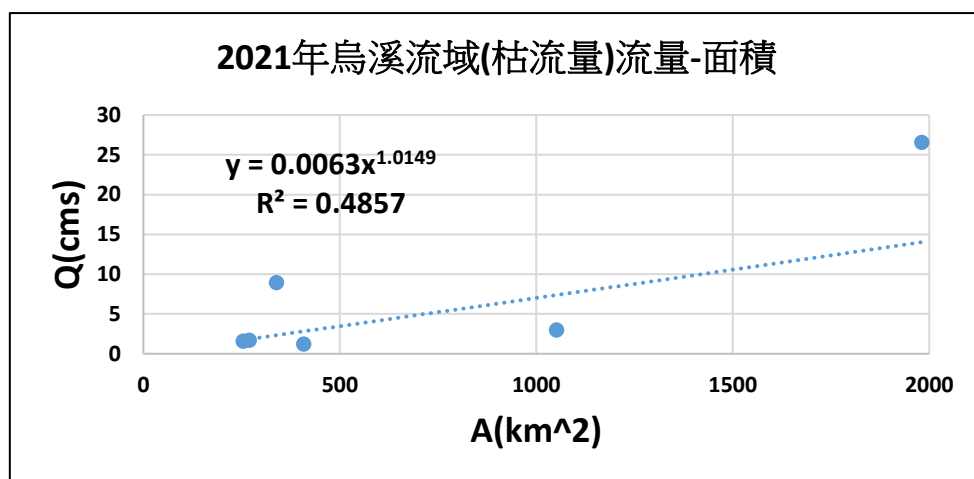


圖 5-17 2021 年烏溪流域枯流量-流量與面積關係圖

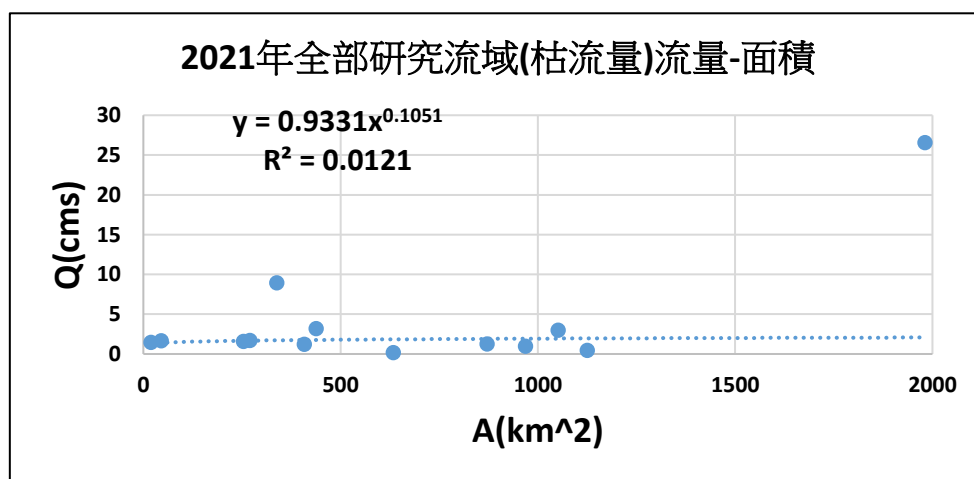


圖 5-18 2021 年全部研究流域枯流量 流量與面積關係圖

表 5-6 各別流域及全部流域的枯流量推估式參數

地方	流量推估式(基於 2021 年常水年)		枯流量(Q)
大甲溪	$Q = 4.0 \times 10^{12} \times Area^{-4.248}$	α	4.0×10^{12}
		β	-4.248
大安溪	$Q = 4.3779 \times Area^{-0.294}$	α	4.3779
		β	-0.294
烏溪	$Q = 0.0063 \times Area^{1.0149}$	α	0.0063
		β	1.0149
全部流域	$Q = 0.9331 \times Area^{0.1051}$	α	0.9331
		β	0.1051

第四節 水文數值模式分析

本研究使用一般通用於山地流域之降雨-逕流擬合分析的直列式四段水筒模式進行數值模擬。分析的對象為各流域較屬上游之高海拔單一測站近五年的降雨及流量資料。另為求得水筒模式在擬合分析過程的最佳參數組，將使用具備全域參數搜尋能力之 Multi-start Powell 法，透過參數搜尋之上限及下限值設定，對目標測站進行降雨-逕流觀測值的擬合分析。依此程序所獲得之 16 個最佳參數將可代表高海拔流域的水文及地文特性，並藉以推估其上游任一無水文觀測站場域的流量數據。在利用水筒模式進行擬合分析中，將藉由相對均方根誤差(RR)及效率係數(CE)等誤差函數值來評斷出最佳參數組，進而將其代入水筒模式，並代入常水年雨量觀測值序列，以繁衍出位其上游之高海拔對象防砂壩場址的年度日平均流量以及相對應之流況曲線。最後利用此繁衍出的流況曲線，找出進行小水力發電量評估時所需之常流量、低流量、枯流量數據。

一、烏溪流域參數

使用直列式四段水筒模式對烏溪觀音橋測站五年的降雨及流量資料進行擬合分析所獲得之 16 個最佳參數組如表 5-7 所示，流量歷線擬合之結果如圖 5-19 所示，模擬值及實際值之相對均方根誤差(RR)及效率係數(CE)如表 5-8 所示。

表 5-7 烏溪流域參數值

	下限	上限		參數值
a1	0	0.5	A1 流出率	0.0930
a2	0	0.5	A2 流出率	0.0776
a3	0	0.5	A3 流出率	0.0732
a4	0	0.50	A4 流出率	0.0732
a5	0	0.020	A5 流出率	0.0008
b1	0	0.5	B1 入滲率	0.4305
b2	0	0.4	B2 入滲率	0.0569
b3	0	0.2	B3 入滲率	0.0173
z1	0	500.0	Z1 孔高度(mm)	83.32
z2	0	500.0	Z2 孔高度(mm)	38.30
z3	0	300.0	Z3 孔高度(mm)	190.09
z4	0	300.0	Z4 孔高度(mm)	232.84
s1	0	300.0	S1 容積(深度 mm)	38.30
s2	0	300.0	S2 容積(深度 mm)	181.49
s3	0	500.0	S3 容積(深度 mm)	152.23
s4	0	4000.0	S4 容積(深度 mm)	3000.00

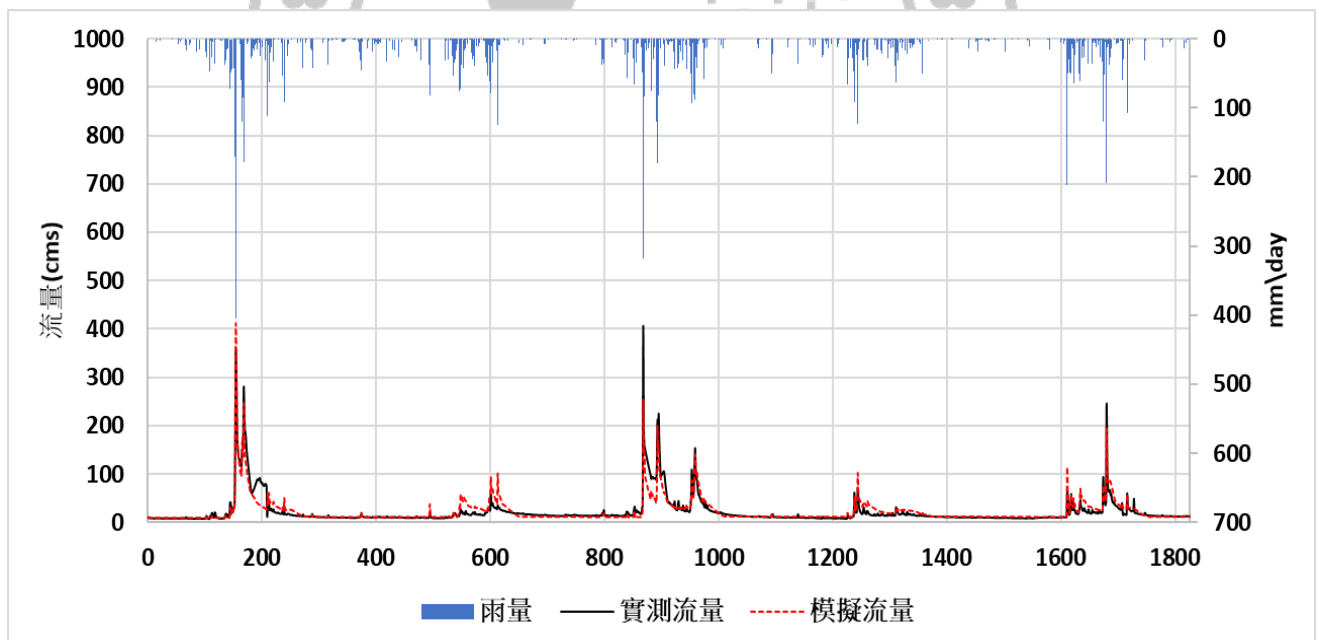


圖 5- 19 烏溪流域觀音橋參數率定結果比較圖表

表 5- 8 烏溪觀音橋相對均方根誤差(RR)及效率係數(CE)

CE	RR
0.7900	0.3385

二、大安流域參數

使用直列式四段水筒模式對大安象鼻測站五年的降雨及流量資料進行擬合分析所獲得之 16 個最佳參數組如表 5-9 所示，流量歷線擬合之結果如圖 5-20 所示，模擬值及實際值之相對均方根誤差(RR)及效率係數(CE)如表 5-10 所示。

表 5- 9 大安流域參數值

	下限	上限		參數值
a1	0	0.5	A1 流出率	0.1089
a2	0	0.5	A2 流出率	0.0914
a3	0	0.5	A3 流出率	0.0914
a4	0	0.50	A4 流出率	0.0914
a5	0	0.020	A5 流出率	0.0050
b1	0	0.5	B1 入滲率	0.1800
b2	0	0.4	B2 入滲率	0.0812
b3	0	0.2	B3 入滲率	0.0527
z1	0	500.0	Z1 孔高度(mm)	138.87
z2	0	500.0	Z2 孔高度(mm)	0.1236
z3	0	300.0	Z3 孔高度(mm)	183.64
z4	0	300.0	Z4 孔高度(mm)	200.00
s1	0	300.0	S1 容積(深度 mm)	0.1237
s2	0	300.0	S2 容積(深度 mm)	100.00
s3	0	500.0	S3 容積(深度 mm)	100.00
s4	0	4000.0	S4 容積(深度 mm)	1000.00

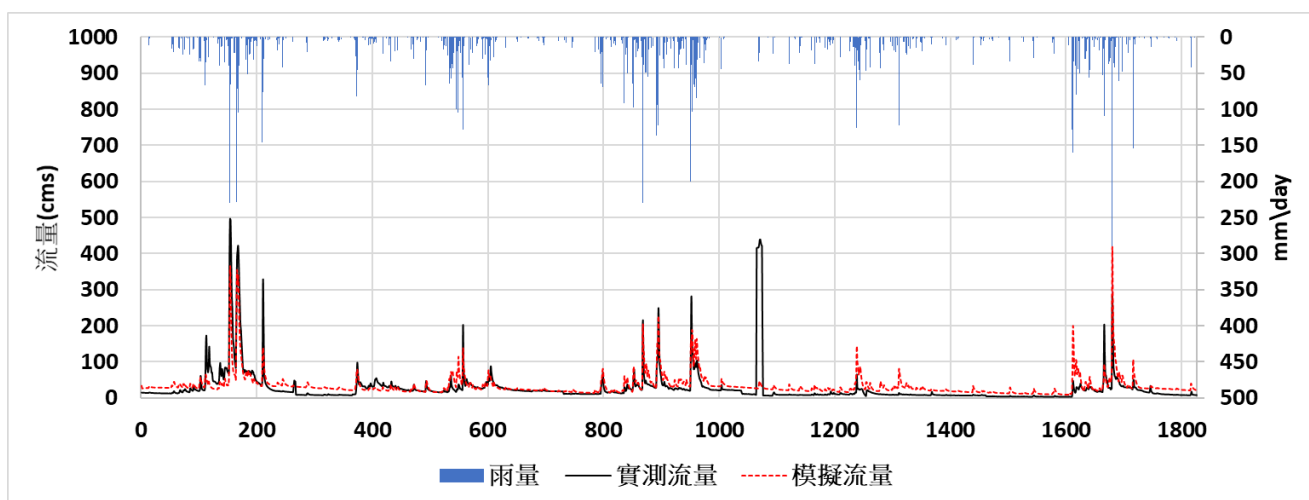


圖 5- 20 大安象鼻參數率定結果比較圖表

表 5- 10 大安象鼻均相對均方根誤差(RR)及效率係數(CE)

CE	RR
-0.3556	0.7969

三、大甲流域參數

使用直列式四段水筒模式對大甲龍安橋測站五年的降雨及流量資料進行擬合分析所獲得之 16 個最佳參數組如表 5-11 所示，流量歷線擬合之結果如圖 5-21 所示，模擬值及實際值之相對均方根誤差(RR)及效率係數(CE)如表 5-11 所。

表 5- 11 大甲流域參數值

	下限	上限		參數值
a1	0	0.5	A1 流出率	0.2640
a2	0	0.5	A2 流出率	0.2360
a3	0	0.5	A3 流出率	0.2360
a4	0	0.50	A4 流出率	0.0068
a5	0	0.020	A5 流出率	0.0000
b1	0	0.5	B1 入滲率	0.5000
b2	0	0.4	B2 入滲率	0.2949
b3	0	0.2	B3 入滲率	0.0396
z1	0	500.0	Z1 孔高度(mm)	171.47
z2	0	500.0	Z2 孔高度(mm)	167.43
z3	0	300.0	Z3 孔高度(mm)	58.00
z4	0	300.0	Z4 孔高度(mm)	141.25
s1	0	300.0	S1 容積(深度 mm)	9.08
s2	0	300.0	S2 容積(深度 mm)	53.19
s3	0	500.0	S3 容積(深度 mm)	273.74
s4	0	4000.0	S4 容積(深度 mm)	4000.00

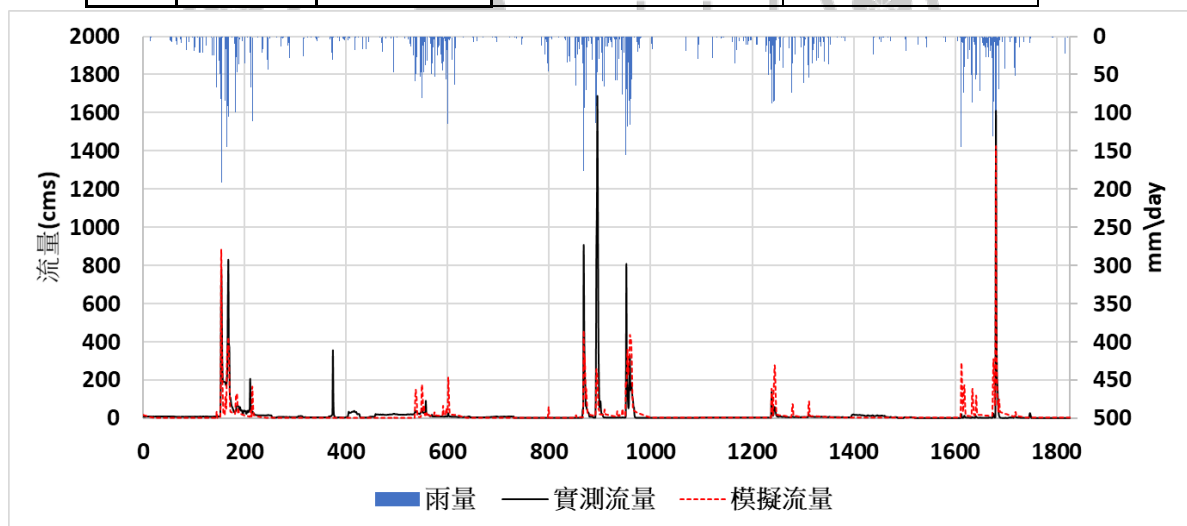


圖 5- 21 大甲龍安橋參數率定結果比較圖表

表 5- 12 大甲龍安橋相對均方根誤差(RR)及效率係數(CE)

CE	RR
-0.0411	5.0195

第五節 流量迴歸及水文數值模式分析比較

一、烏溪流域之應用

將常水年的實際值、多元迴歸法率定的常、低、枯流量之烏溪流域流量迴歸式及直列式四段水筒模式獲得 16 個最佳參數組率定來擬合常水年年度流量曲線觀測值，藉以轉換年度流況曲線的常流量、低流量、枯流量數據並進行比較如圖 5-22 及表 5-13 所示。

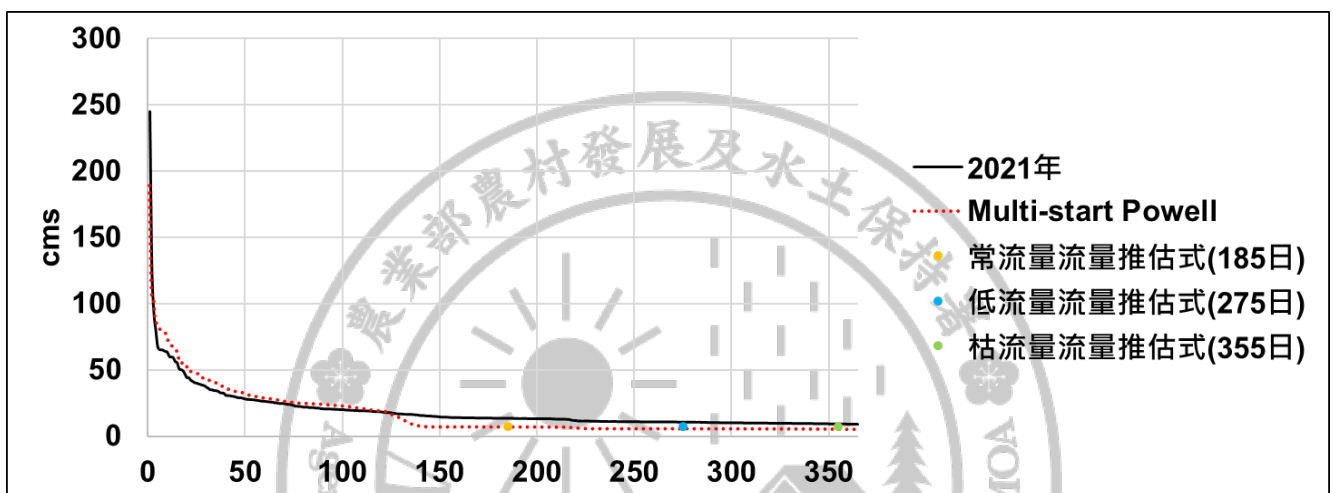


圖 5- 22 烏溪觀音橋 2021 年流況曲線

表 5- 13 烏溪觀音橋 2021 年流況曲線之常、低、枯流量

地方	基於 2021 年(常水年)	常流量(cms)	低流量(cms)	枯流量(cms)
烏溪觀音橋 338 km ²	流量站觀測值	13.19	10.32	8.94
	統計迴歸推估式	7.3	4.41	2.33
	水文數值模式計算值	6.72	5.38	5.01

如表 5-13 所示，以烏溪觀音橋測站做為想定對象壩址所進行的流量推估分析而言，以統計迴歸式或由水文數值模式直接計算，無論

是在常流量或是低流量，其推估結果均相似，可知兩者的推估方法差異性不大，可就其在推廣應用的方便性上擇一為之。另由表 5-13 亦可知，兩法之推估值均小於測站的實際觀測值甚多。關於此點，由於烏溪觀音橋測站之觀測值已納入推估值的統計分析中，在此出現其與推估值之如此差距，實屬必然，因此在討論上述兩推估方法的準確性，應不必將其當成比較的標準。

此外，在流量的簡易推估法中，雖初步證實了透過統計迴歸及水文數值模式，以集水區面積比法概念來推估防砂壩址流量的可行性。惟使用水文數值模式分析時，尚需代入對應年之降雨量方可計算，對於模式操作需具備一定之專業知識及熟稔度，再加上其對於流量的推估結果頗為近似統計迴歸法，故實務上可採統計迴歸法分析即可。

二、大安溪及大甲溪流域之應用

將常水年的實際值、多元迴歸法率定的常、低、枯流量之大安溪流域及大甲溪流域流量迴歸式及四段直列式水筒模式獲得 16 個最佳參數組率定來擬合常水年年度流量曲線觀測值，藉以轉換年度流況曲線的常流量、低流量、枯流量數據並進行比較，其結果分別如圖 5-23、表 5-14 及圖 5-24、表 5-15 所示。

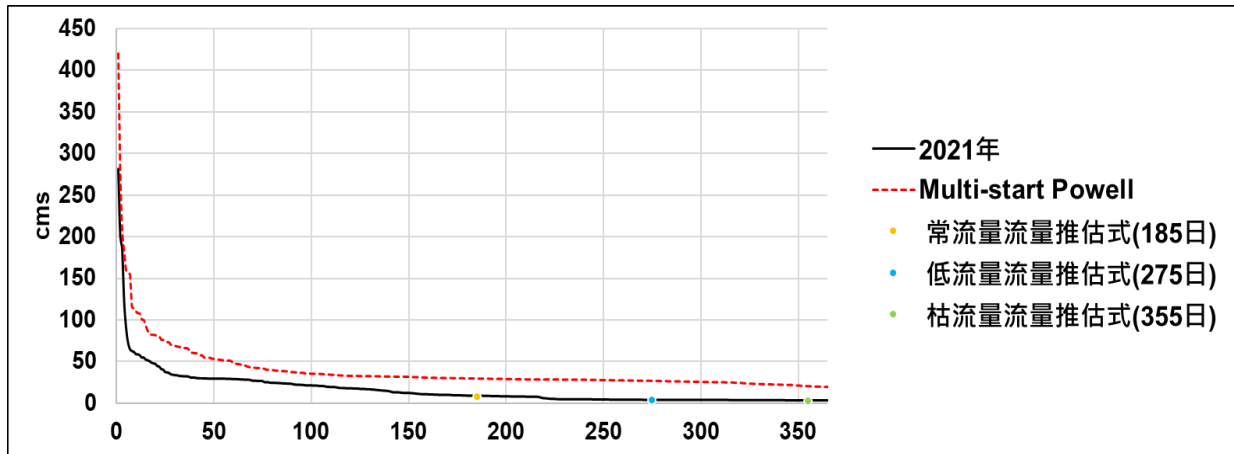


圖 5- 23 大安象鼻 2021 年流況曲線

表 5- 14 大安象鼻 2021 年流況曲線之常、低、枯流量

地方	基於 2021 年(常水年)	常流量(cms)	低流量(cms)	枯流量(cms)
大安象鼻 437.58 km ²	流量站觀測值	8.75	3.80	3.17
	統計迴歸推估式	1.48	0.84	0.73
	水文數值模式計算值	29.61	26.81	20.44

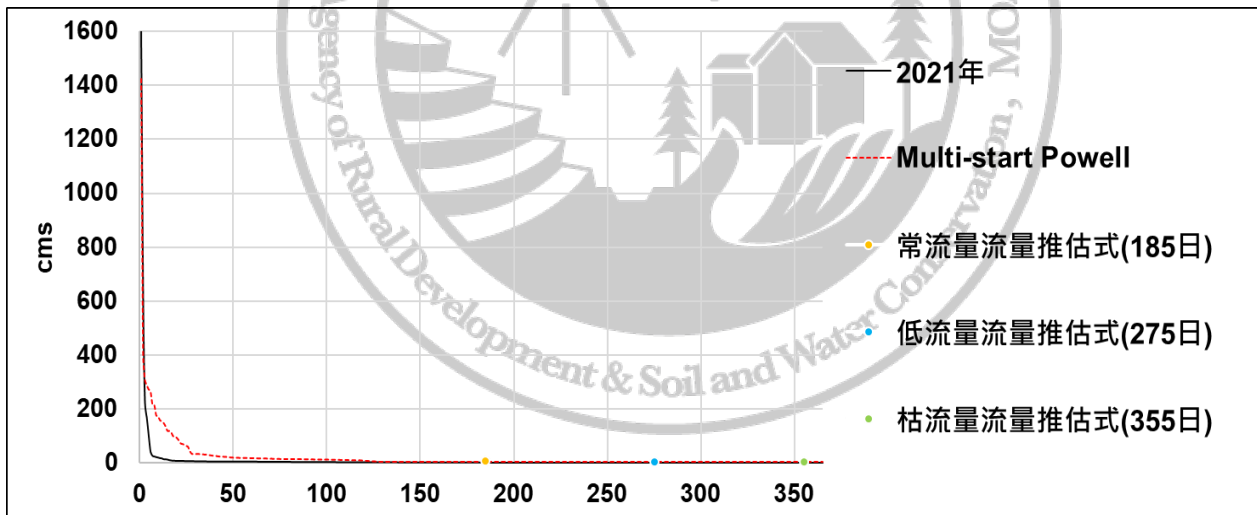


圖 5- 24 大甲龍安橋 2021 年流況曲線

表 5- 15 大甲龍安橋 2021 年流況曲線之常、低、枯流量

地方	基於 2021 年(常水年)	常流量(cms)	低流量(cms)	枯流量(cms)
大甲龍安橋 1124.69 km ²	流量站觀測值	1.04	0.54	0.43
	統計迴歸推估式	0.91	0.51	0.45
	水文數值模式計算值	3.30	2.91	2.90

如表 5-4、表 5-5 及表 5-6 所示，大甲溪流域及大安溪流域利用統計迴歸法所推求有關常、低、枯流量之流量-面積關係式中的 β 參數值均為負值，亦即流量與面積的關係呈現出下游流量小於上游流量之不尋常關係。由於大甲溪及大安溪流域有諸多如水壩、堰堤等跨河結構物及取水點，而流量觀測站有的位於堰堤的上游，有的位於其下游，若無法根據其取水情況逐一修正，則流量觀測站的紀錄將無法直接當成天然流量使用，以致有下游流域流量反而小於上游的情況。有鑑於大甲溪及大安溪流域所取得之統計迴歸值可信度不足，因此可以採用以流域最上游之高海拔單一測站為分析對象的水文數值模式，直接取得可代表高海拔流域水文特性的最佳參數組，以藉由面積比例法取得對象發電場域場址(如表 5-14 之大安象鼻測站及表 5-15 之大甲龍安橋測站)所需的各規模估算流量。

三、全部研究流域流量迴歸式探討

水文特性相似區域內其流量與流域面積存在著一定的關係式(經濟部水資源局，1997；日本國土交通省砂防部保全課，2010；經濟部

水利署，2023)，因此本研究中之大甲溪、大安溪及烏溪流域應亦可迴歸出一條屬於三流域的流量-流域關係式。惟如上述一般，因大甲溪、大安溪各流量站之流量數據尚待修整者尚多，若僅僅是機械式地將三流域所收集之各原始數據進行迴歸，所得出之關係式的可信度亦將不高，因此本研究將不進行關於整合三流域之迴歸式探討。

第六節 2017-2021 年流量迴歸分析

一、常流量之流量推估式

2017-2021 年烏溪流域的常流量-面積迴歸分析結果如圖 5-25，推求的關係式為 $Q = 0.0601 \times Area^{0.8677}$ ， α 及 β 參數分別為 0.0601 及 0.8677。

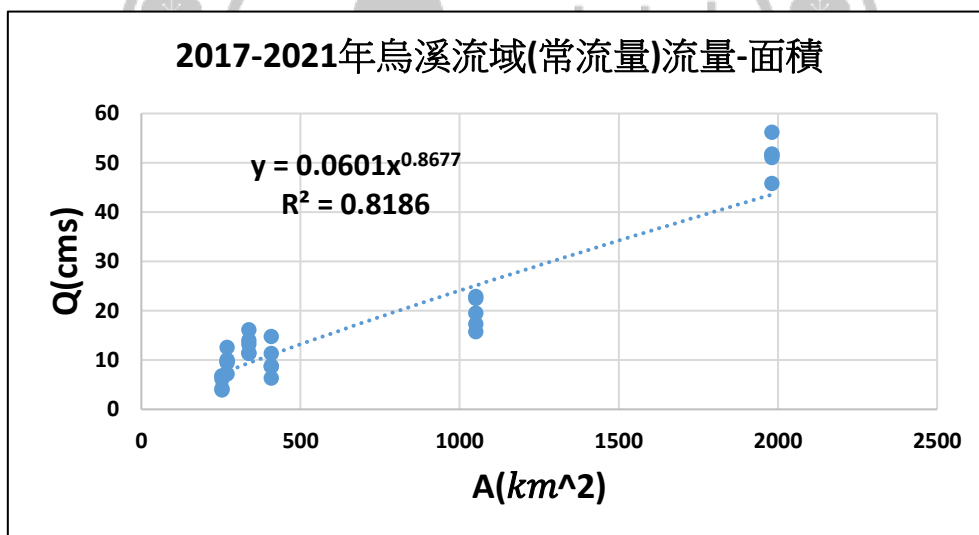


圖 5- 25 2017 年-2021 年烏流域常流量-流量與面積關係圖

二、低流量之流量推估式

2017-2021 年烏溪流域的低流量-面積迴歸分析結果如圖 5-26，

推求的關係式為 $Q = 0.0489 \times Area^{0.8422}$ ， α 及 β 參數分別為 0.0489 及 0.8422。

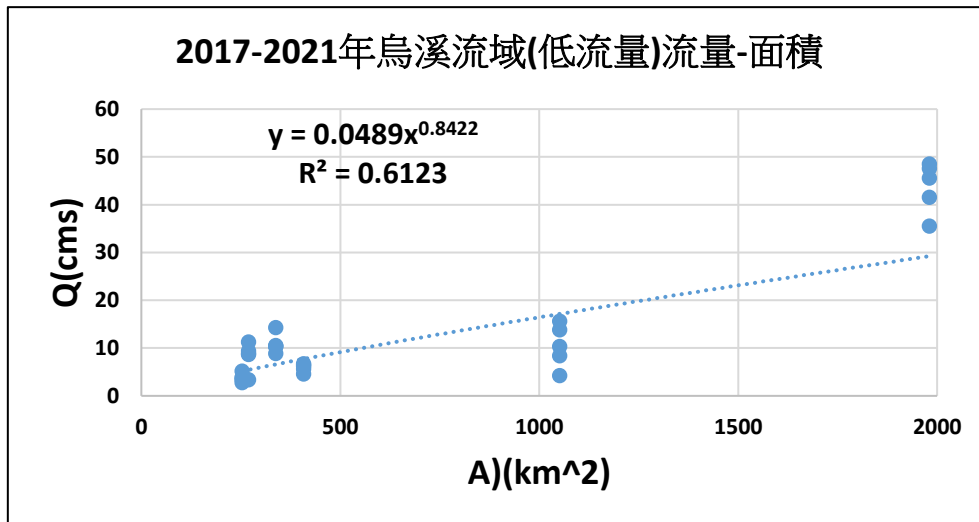


圖 5- 26 2017 年-2021 年烏溪域低流量-流量與面積關係圖

三、枯流量之流量推估式

2017-2021 年烏溪流域的枯流量-面積迴歸分析結果如圖 5-26，推求的關係式為 $Q = 0.0353 \times Area^{0.8369}$ ， α 及 β 參數分別為 0.0353 及 0.8369。

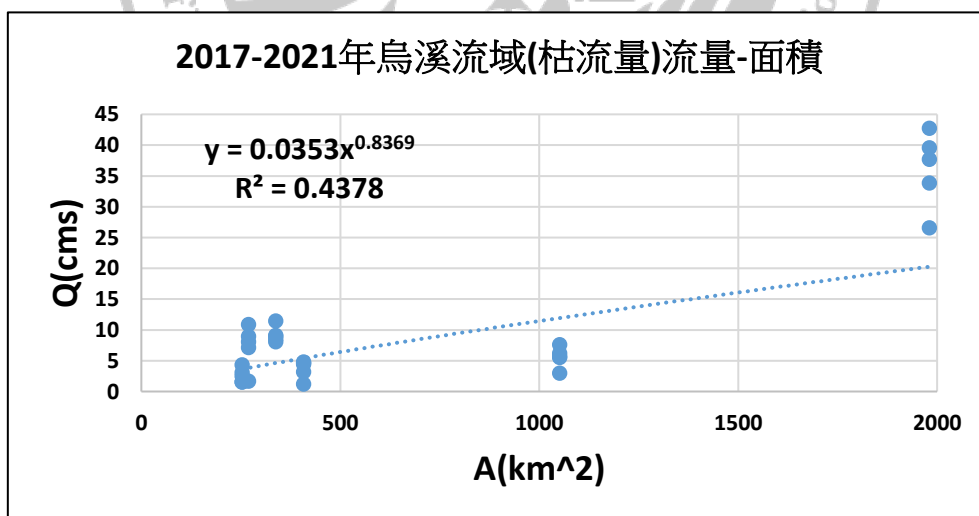


圖 5- 27 2017 年-2021 年烏溪域枯流量-流量與面積關係圖

四、2017-2021年及2021年流量迴歸值比較

本研究在評估小水力發電所需流量時，首以常水年流況為考量目標，因此在近 5 年的流量資料中經篩選後以 2021 年作為水文年中的常水年。並基於該年流量數據以多元迴歸法率定出有關常、低、枯流量之個別流域的流量迴歸式。另顧及不同常水年份的降雨條件可能有異而影響分析的客觀性，因此除了單就常水年單年的分析外，亦就所蒐集 2017-2021 年之 5 年觀測流量資料一併進行迴歸，並將所率定出常、低、枯流量之流量迴歸式與利用 2021 年單年的流量迴歸式進行比較，如表 5-16 所示。由表 5-16 可知，雖然兩者間的差異並不大，因此在考量氣候變遷趨勢及豐枯水年的循環週期下，亦可採用如最近 15~20 年的觀測水文值來取代僅就單一常水年的分析，將可兼具客觀性及代表性。

表 5- 16 流況曲線之各流量迴歸值比較

地方	單位：cms	常流量	低流量	枯流量
烏溪觀音橋 338 km ²	基於 2021 (常水年)	7.30	4.41	2.33
	2017-2021	9.40	6.59	4.61

第六章 結論與建議

第一節 結論

1. 本研究利用簡易推估法評估防砂壩水力發電潛能所需之流量，初步證實透過統計迴歸法以集水區面積比概念來推估防砂壩址流量的可能性。
2. 針對常水年(2021 年)之分析得知，關於常流量及低流量，利用統計迴歸法及水文數值模式的推估值差異性並不大。
3. 本研究採用流況曲線之流量序位來替代流量延時曲線之機率概念，以及統計迴歸法僅需對象場址之流域面積即可得知其相對應之流量，兩者皆方便實務上的使用。

第二節 建議

1. 關於流況曲線各流量的統計分析，可採用多年(如最近 15~20 年，考量氣候變遷趨勢及豐枯年循環週期等)來取代僅就單一平水年的分析，將可兼具客觀性及代表性。
2. 因使用水文數值模式分析時，需帶入降雨量才可計算，另考慮到操作模式計算時亦需對數值模式有一定之熟稔度，在統計迴歸法及水文數值模式兩者方法結果相近的基礎下，比較兩者在觀測數據取得、分析方法的難易度及應用上的便捷性，統計迴歸法皆優於水文數值方法，故在實務上可採用統計迴歸法分析即可。
3. 有鑑於各河川流域的流量站數不多，可參考日本做法，將水文氣象條件類似之河川流域的流量統計值進行彙整，可製作出代表該區域之流量-面積關係式。

參考文獻

1. 利用既設砂防堰堤之小水力發電指導方針(草案)，日本國土交通省砂防部保全課，2010 年 2 月。(日文)
2. 魏夢麗、呂秀英，決定係數(R²)在迴歸分析中的解釋及正確使用，科學農業，第 47 卷，341 頁-345 頁，1999。
3. 經濟部水利署，105 年臺灣水文環境情勢專刊，第 8 頁，106 年 6 月出版。
4. 經濟部水資源局推動節約用水措施 1997 年度委辦計畫(計畫編號：86EC2A040022)。
5. 陳榮松、廖培明、畢嵐杰，水筒模式自動率定參數法建置之研究，九十一年度水資源調查規劃委辦計畫成果彙整及成果發表會論文集，161 頁-175 頁，2003 年 12 月。
6. 河村隆雄，中小河川等之發電潛能推估方法-水文學水筒模式於武儀川之適用案例，岐阜縣情報技術研究所研究報告第 16 號，59 頁-62 頁，2014 年。(日文)
7. 真板英一，千葉演習林袋山沢試驗地における森林伐採が流出量に及ぼす影響に関する研究，P89-P90，2013。(日文)
8. 經濟部水利署，河川小水力發電開發技術參考手冊及推動案例(期末報告)，2023 年 10 月。

附錄

附錄一、期初審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
業務單位審查意見：		
一、	本案原以農村公民電廠方式撰擬，惟本局目前防砂壩多以自電自用為主，建議酌以調整，以利符合目前發展現況。	已修正計畫撰寫內容，即調整成以自電自用為原則，所發展的防砂壩自發電力將可提供附近各種災害預警、警報及通訊系統以及山區道路照明等公共用電等。
二、	各期報告書數量請以期中報告書、期末報告書及成果報告書等各 5 本為原則	各期報告書數量包括期中、期末及成果報告書均以各 5 本為原則編列在雜支預算中。
主計室審查意見：		
一、	按日按件計資酬金：二代健保補充保費金額 144,480 元請更正為 169,824 元。	按日按件計資酬金：二代健保補充保費金額已經更正為 169,824 元。
二、	物品請量化，(1)電腦與 3c…金額有誤請更正。	物品已重新詳列細項，並統整編列預算。
三、	雜支、資訊服務費請量化。該校有編列資訊服務費亦請補列附表三：資訊設備費用明細表。	雜支、資訊服務費已重新詳列細項。資訊服務費已經補列附表三：資訊設備費用明細表。
四、	補附表一、薪俸、主持人費用明細表。	薪俸、主持人費用已經補列附表一：薪俸、主持人費用明細表。

附錄二、期中審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
一、	摘要內容請補述：截至期中階段已獲得之初步成果、往後持續進行之研究項目。	感謝委員意見。遵照辦理。
二、	水文變異每年差異甚大，僅利用五年期測站平均流量，希望找到最接近歷年平均流量的常水年，所獲得之結果可信度不足，應蒐集運用歷年水文年報之資料，予以統計分析，以求得最接近值。	感謝委員意見。此次研究主要是確立推估流量之方法論，加上流量觀測站資料的取得與處理不易且繁瑣，故先以近 5 年測站觀測值為收集對象。在後續研究中為彌補客觀性的不足，將在豐枯年循環週期的考量下收集最近 15 年以上的資料。
三、	P3-1 欠缺圖 2-1。	感謝委員意見。已補齊圖片 2-1。
四、	目前初步完成大甲溪、大安溪及烏溪等流域之流量推估，後續建議將 3 個流域防砂壩位置標示出，並評估適合推動防砂壩水力發電區位可能發電量。	感謝委員意見。此次研究主要是確立推估流量之方法論。有關防砂壩適合推動水力發電的區位評估，建議在本研究評估流量之方法論確立後，另案辦理之。
五、	歷年平均流量僅利用五年測站平均流量，以此代表歷年流量，可信度稍嫌薄弱，蒐集歷年水文資料加以分析。	感謝委員意見。此次研究主要是確立推估流量之方法論，加上流量觀測站資料的取得與處理不易且繁瑣，故先以近 5 年測站觀測值為收集對象。在後續研究中為彌補客觀性的不足，將在豐枯年循環週期的考量下收集最近 15 年以上的資料。
六、	為因應機關組織改造，機關名稱修正為「農業部農村發展及水土保持署」，報告書封面及內文等請依本署最新範本格式撰寫，相關範本檔案請至本署電子圖書管理中心 (https://elibrary.ardswc.gov.tw/)。	遵照辦理。已進行封面修改。

附錄三、期末審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
一、	防砂壩運用發電係未來趨勢，建議是否可找尋防砂壩架設流量觀測。	感謝委員意見。一般防砂壩多土石堆積且豐枯流量懸殊，架設儀器觀測流量著實不易。惟經評估具備經濟規模之發電潛能場址，則可利用如滲流管或堰頂結構體等據以觀測及推估流量。
二、	是否沒有流量站的資料搭配降雨量或水位計成果或新設設備做推估。	感謝委員意見。經評估具備經濟規模之發電潛能場址，透過降雨-逕流水文數值模式及面積比法應可推估其流量，或另行利用堰頂結構等投入新設備據以觀測實際流量。
三、	若防砂壩含砂量較多，是否影響日後發電成果，這樣能否符合的發電需求。	感謝委員意見。防砂壩多利用滲流管引水，含砂多寡、顆粒大小等會影響滲流管的孔洞及透水性設計，對發電成果的影響應不大。惟若可直接從防砂壩引水，在途中需設沉砂池，以免水中土砂損壞水輪機。
四、	建議可納入野溪水砂觀測資料，進行上游野溪流量與下游流量關係之建立。	此次研究主要是確立推估流量之方法論，委員之相關意見，建議可在本研究之方法論確立後，另案辦理之。
五、	建議推估最枯年之流量是否能足夠供防砂壩水力發電。	感謝委員意見。流量能否發電與發電機組的裝置容量較有關。儘管是最枯年，一年中也可能出現可供發電的流量，只是可發電的期間可能很短。因此具備發電潛力與否、能發多少電等，需參考多年度的平均流量紀錄，而非某一年的流量。

農業部農村發展及水土保持署

與您一起打拼



農業部農村發展及水土保持署
54044南投市中興新村光華路6號
<http://www.swcb.gov.tw>