

利用野溪既設結構物發展農村 自主能源所需流量簡易推估式之探討

成果報告書



農業部農村發展及水土保持署 編印

中華民國113年12月

利用野溪既設結構物發展農村自主能源所
需流量簡易推估式之探討
**Analysis of simple estimation formulas for
flow data required to develop rural
independent energy using existing wild
creek structure
(成果報告書)**

執行單位：國立中興大學

執行期間：113年01月01日至113年12月31日

計畫主持人：陳榮松 教授

農業部農村發展及水土保持署 編印

中華民國 113 年 12 月

(本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本署施政參考)

利用野溪既設結構物發展農村自主能源所需流量簡易 推估式之探討

摘要

研究探討了利用野溪既設結構物發展農村自主能源所需流量的簡易推估方法。主要目標是透過統計迴歸法，推估無水文觀測站址的年流量數據，供小型水力發電潛能評估使用。研究範圍包括全台七個分區，蒐集各流量測站的水文觀測數據，進行統計迴歸分析，以推估河溪上游場址的年流量數據。這種方法不僅能省卻新設堰堤的高額工程費用，還能快速展開小水力發電事業評估進程。研究強調利用現有的砂防壩、低矮堰堤等結構物進行小型水力發電的可行性，這在日本已有多年經驗，但在臺灣尚處於初期階段。研究方法包括資料收集、統計迴歸分析和利用集水區面積比法進行流量推估。研究結果將對農村綠電產業的投資展望與規劃提供重要參考。

關鍵詞：流量推估、迴歸分析、防砂壩

Analysis of simple estimation formulas for flow data required to develop rural independent energy using existing wild creek structure

Abstract

The study explores simple estimation methods for the flow rates required to develop rural independent energy using existing wild creek structures. The primary objective is to estimate annual flow data at locations without hydrological observation stations through statistical regression methods, for evaluating the potential of small hydropower generation. The research scope includes seven regions across Taiwan, where hydrological observation data from various flow measurement stations are collected and analyzed using multiple regression analysis to estimate the annual flow data at upstream sites. This method not only saves the high construction costs of building new weirs but also facilitates a rapid assessment process for small hydropower projects. Additionally, the study emphasizes the feasibility of using existing structures such as check dams and low weirs for small hydropower generation. While this approach has been practiced for many years in Japan, it is still in the early stages in Taiwan. The research methods include data collection, multiple regression analysis, and using the area ratio method for flow estimation. The research findings will provide significant references for investment outlook and planning in the rural green energy industry.

Keywords: Discharge estimation 、 Regression analysis 、 Check dam

目次

摘要.....	I
Abstract.....	II
目次.....	III
表次.....	V
圖次.....	VI
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 流量與面積率定關係	2-3
第三節 簡單線性迴歸分析	2-4
第三章 研究理論及方法	3-1
第一節 流量推估式	3-1
第二節 常流量、低流量、枯流量轉換	3-3
第四章 研究區域介紹	4-1
第一節 淡水河區	4-2
第二節 蘭陽區	4-3
第三節 鳳山溪至後龍溪區	4-5
第四節 大安溪至濁水溪區	4-6
第五節 北港溪至阿公店溪區	4-8
第六節 高屏溪以南區	4-11

第七節 花東區	4-12
第五章 分析成果及討論	5-1
第一節 各區域流量分析成果	5-1
第二節 使用分析成果之實際範例	5-17
第三節 與 2017-2021 年流域流量推估式係數之比較.....	5-19
第四節 含砂水流對於發電機組之危害及預防機制	5-19
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	附錄-1
附錄二、期中審查會議紀錄暨回覆辦理情	附錄-3
附錄三、期末審查會議紀錄暨回覆辦理情	附錄-4

表次

表 2-1 日本各地區堰堤場址流量推估式範例	2-2
表 5-1 泰崗壩流量延時百分比.....	5-2
表 5-2 淡水河區流域的流量推估式係數.....	5-3
表 5-3 古魯壩流量延時百分比.....	5-4
表 5-4 蘭陽區流域的流量推估式係數.....	5-5
表 5-5 上坪壩流量延時百分比.....	5-6
表 5-6 鳳山溪至後龍溪區流域的流量推估式係數	5-7
表 5-7 瑞岩壩流量延時百分比.....	5-8
表 5-8 大安溪至濁水溪區流域的流量推估式係數.....	5-9
表 5-9 龜重壩流量延時百分比.....	5-10
表 5-10 北港溪至阿公店溪區流域的流量推估式係數	5-11
表 5-11 民權壩流量延時百分比.....	5-12
表 5-12 高屏溪以南區流域的流量推估式係數	5-13
表 5-13 卑南壩流量延時百分比.....	5-14
表 5-14 花東區流域的流量推估式係數	5-15
表 5-15 臺灣各區流域流量推估式係數統整	5-16
表 5-16 大安溪至濁水區流域與烏溪流域之係數比較.....	5-19

圖次

圖 2-1 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)	2-3
圖 3-1 流況曲線圖示範例	3-4
圖 3-2 超越機率分布曲線示意圖.....	3-5
圖 4-1 臺灣流域劃分圖	4-1
圖 4-2 淡水河區測站分布圖	4-3
圖 4-3 蘭陽區測站分布圖	4-4
圖 4-4 鳳山溪至後龍溪區測站分布圖	4-6
圖 4-5 大安溪至濁水溪區測站分布圖.....	4-8
圖 4-6 北港溪至阿公店溪測站分布圖.....	4-10
圖 4-7 高屏溪以南區區測站分布圖.....	4-12
圖 4-8 花東區測站分布圖.....	4-14
圖 5-1 水輪機砂石容許濃度與粒徑.....	5-22

第一章 前言

第一節 計畫緣起及目的

一、計畫緣起

近年來，全球暖化問題日益嚴重，各國政府紛紛推動減碳政策以緩解氣候變遷的影響。其中，開發並利用綠色能源成為實現零碳排放的重要策略。水力發電作為一種成熟且不排放二氧化碳的綠色能源技術，已被廣泛應用於世界各國。除了大規模水力發電系統外，近年來小型水力發電技術也逐漸受到重視，尤其是日本和歐洲各國已成功開發出具備高動力特性及高發電效率的小型水力發電系統。

在臺灣，平地農水路具備低流量、低落差條件，已成為政府推動小水力發電的重點對象。此外，農村發展及水土保持署轄下淺山地區的野溪既設結構物，由於具有低流量、低落差且易開發的優點，其發電潛能足以提供周邊地區的公共用電，如災害預警系統、街道照明等，成為農村自主能源的一部分。

二、計畫目的

為了在野溪既設結構物推動小水力發電事業，首先需要進行發電潛能初步評估。評估過程中，除需了解河道斷面尺寸、有效落差等參數外，更需要足夠的歷史流量數據。然而，現有結構物所在處往往缺乏流量測站，造成流量數據不足。因此，在農業部積極推動農村綠能的政策下，解決缺乏長年流量數據的問題成為當務之急。

此外，評估場址發電潛能所需的流量延時曲線（亦可稱為流況曲線）不同於一般防洪或水資源規劃所需的數據。針對長年流量觀測數

據不足的問題，實務上常以集水區面積比法（Area Ratio Method）為基礎，透過統計迴歸的方法獲取不同河溪點位的流量數據。

本研究計畫將以全臺 7 個區域水文特性均一性劃分的分區為研究範圍，包括雙北之淡水河區、桃竹之鳳山溪至後龍溪區、中彰之大安溪至濁水溪區、嘉南之北港溪至阿公店溪區、高屏溪以南區、花東區及蘭陽區。利用各分區內流量站之日流量觀測紀錄進行統計分析，透過統計迴歸法等確定出各流域分區有關平、低、枯流量之通用型流域面積與流量迴歸式，以作為快速評估防砂壩等既有設施之小水力發電潛能的有效工具。

第二節 計畫範圍

本研究將以雙北之淡水河區、桃竹之鳳山溪至後龍溪區、中彰之大安溪至濁水溪區、嘉南之北港溪至阿公店溪區、高屏溪以南區、花東區及蘭陽區等，全臺 7 個依照區域水文特性之均一性劃分之各分區為研究範圍。

第三節 計畫目標

利用各河川流域分區之水文觀測數據，透過統計迴歸法來推估無水文觀測站址之年流量數據，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

地河溪中之既設構造物方面，如砂防壩、低矮堰堤等，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，進而評估開發小水力發電事業的可行性。

此等利用河溪既設構造物來推動小水力發電事業從可行性評估、機組設計到實質建置小水力發電站的實際案例，在日本已有多年的推動經驗。惟在本國有關此等利用河溪既設構造物來推動小水力發電的相關經驗尚在萌芽階段，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

本研究預計以全臺 7 個分區，包括雙北區、桃竹區、中彰區、嘉南區、高屏溪以南區、花東區及蘭陽區等之流量測站為研究對象。依照豐枯年循環週期，從各河川主支流上分別選取近 10~20 年之日流量觀測紀錄較為完整的測站，收集其日流量時間序列觀測數據及集水區面積等地文資料，以資統計迴歸分析之用。

三、以統計迴歸法推估流量

本計畫各分區具有相似水文氣象特性，依據集水區面積比法概念，故將結合分區內各流域之多測站觀測數據進行統計迴歸分析。

透過統計迴歸法將可利用由各測站流量數據所轉換而成之年流量延時曲線，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。

四、快速評估發電潛能之應用

依據各分區之統計迴歸式關係式可直接推估出該集水區上游對象結構物場址之常流量、低流量、枯流量數據，進而據其常流量、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。

有關利用流量-面積關係之統計迴歸式或是先將流量及面積無因次化後再推求其統計迴歸式，無論在關係式的推估過程，或是在推廣至其他對象結構物場址的應用面上，兩者在觀測數據取得、分析方法的難易度及應用面上的便捷性等差異，將在此進行評析。

第二章 文獻回顧

第一節 流量推估

河川的長年流量紀錄為推估水力發電潛能不可或缺的數據，在重要河川的諸水文站大多有流量紀錄，因此可藉以評估該站點或鄰近區域的水力發電潛能，而位於河川上游地區的防砂壩等河道橫貫設施則因其工程目的不同而鮮少有水文站的設置，也因而不會有長年的河川流量紀錄。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將以雙北之淡水河區、桃竹之鳳山溪至後龍溪區、中彰之大安溪至濁水溪區、嘉南之北港溪至阿公店溪區、高屏溪以南區、花東區及蘭陽區等，全臺 7 個依照區域水文特性之均一性劃分之各分區，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統計迴歸分析外，亦可結合同區域之河川流域的多測站觀測數據來進行統計迴歸分析。

第二節 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，經由此種旬流量與集水區面積關係率定分析結果顯示，其關係式之形式與日本採用之 $Q = \alpha \times \text{Area}^\beta$ 雷同。

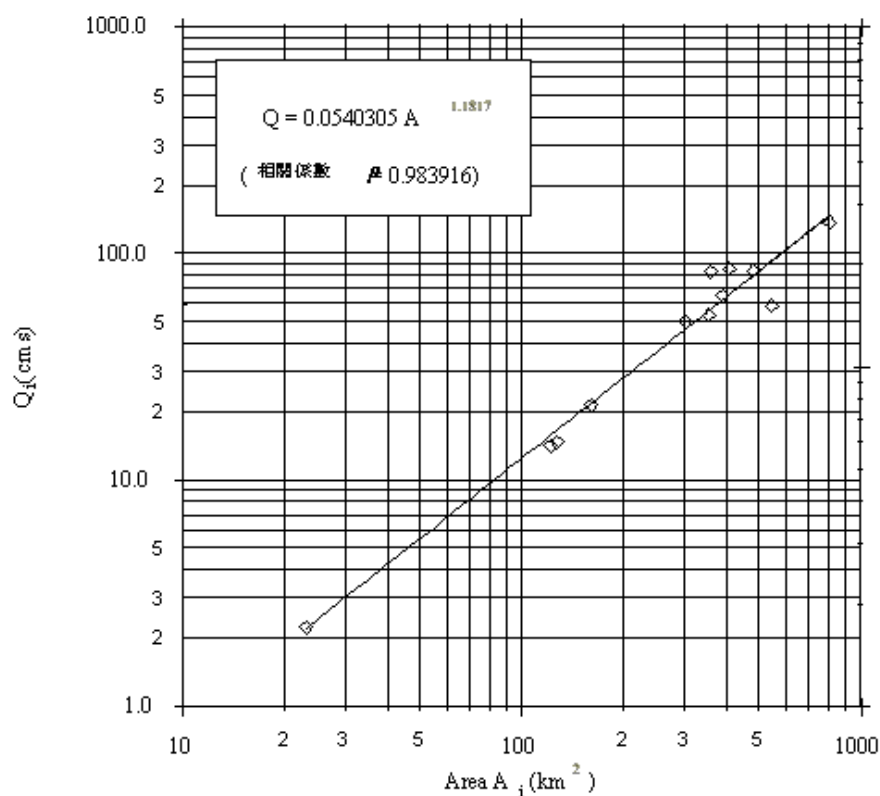


圖 2-1 水文站流量與集水區面積率定關係圖(第 18 旬旬流量平均值)

資料來源：經濟部水資源局(1997)

第三節 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。

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

迴歸分析的結果將有助於了解自變數和因變數間之關係的可靠性。

第三章 研究理論及方法

第一節 流量推估式

了解河川流量與其集水區面積之間的關係，對於缺乏流量觀測點的流量推估具有一定的便利性。為了推導此等流量與集水區面積之關係式，以日本相關作法(日本國土交通省砂防部保全課，2010)為例，首先需要從各河川的流量觀測站收集歷年的日流量觀測數據，以資分析流量與集水區面積之間的關係。這種分析可以幫助研究人員理解在不同流況條件下，流量如何隨著集水區面積的不同而變化。為了建立這種關係，使用流量與面積迴歸法來擬合出年流量延時曲線是一種有效的方法。亦即可利用此曲線來推估常流量 (Q_{50})、低流量 (Q_{75}) 和枯流量 (Q_{95})，而這些特徵流量將有助於快速評估防砂壩場址之水力發電潛能。

然而在本計畫之先期研究中發現，臺灣各河川流量站所顯示的流量數據僅為觀測時點的現況數據，在中臺灣各河川流域甚至有愈往下游，其流量觀測數據愈小的不正常現象，究其原因應該是未將途中各標的取水的水權量進行校正回歸所致。有鑑於校正全臺流量站的資料量複雜，且經濟部水利署在 2023 年完成河川小水力發電開發技術參考手冊當下所推導之流量面積關係式，即是以已完成水權量校正回歸之各流量站修正數據為依據，因此本研究在流量推估方法，主要將引

用河川小水力發電開發技術參考手冊及推動案例(經濟部水利署，2023)的資料來進行分析。

有別於技術參考手冊(經濟部水利署，2023)採用之流量-面積關係式 $Q_D=Q_B(A_D/A_B)^n$ ，其中 Q_D =壩址日流量(cms)、 Q_B =基本站日流量(cms)、 A_D =壩址控制流域面積(130.98 km²)、 A_B =基本站控制流域面積(335.29km²)、 n =為特定區之流量迴歸係數。本研究所採用之流量-面積關係式為：
$$Q=\alpha\times\text{Area}^\beta$$

其中： Q ：流量（單位：立方米每秒 m³/s）、 α ：經驗係數，根據不同的地理和水文條件調整、 Area ：集水區面積（單位：平方公里 km²）、 β ：指數係數，此公式強調流量與集水區面積之間的非線性關係，流量(Q)與集水區面積(A)成正比。一旦 α 及 β 係數被確定，就可以使用此關係是來估計任何集水區面積已知之特定集水區的流量，對於上游防砂壩場址進行小水力發電量評估至為便利。

第二節 常流量、低流量、枯流量轉換

本研究提及常流量、低流量及枯流量之日流量序位亦可轉換為日流量的超越機率，亦即常流量所對應之流量機率 50% 標記為 Q_{50} ，低流量所對應之流量機率為 75% 標記為 Q_{75} ，枯流量所對應之流量機率為 95% 標記為 Q_{95} ，而河川的生態基流量則可以 Q_{95} 計之，或可依「臺灣地區水資源開發綱領計畫」內對於生態保流量之規劃，每 100 平方公里集水區需保留 0.135 cms 之生態基流量進行概估。

以下就日本及我國(經濟部水利署，2023)針對各特徵流量的定義及其相互的轉換法進行說明。在日本所常用之流況曲線(即流量延時曲線)如圖 3-1 所示，其是將每年的日流量進行大小排序，從最大值的第 1 位(日)排到最小值的第 365 位(日)，閏年之第 366 位(日)的流量不使用。此等以年計的流況曲線為單年流況曲線。為了數值化討論流況曲線，常會使用所謂的流況流量(或稱流況指標)。一般在使用上是將流況曲線上的日數(序位)利用威伯法(Weibull plot)來計算各排序 m 之發生超越機率， n 為流量觀測值的樣本數：

$$Q_n = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

其中以第 95 日的流量定義為豐流量(Q_{25})，第 185 日定義為常流量(Q_{50})，第 275 日定義為低流量(Q_{75})，第 355 日定義為枯流量(Q_{95})，並將各個流量作為流況曲線的代表值。

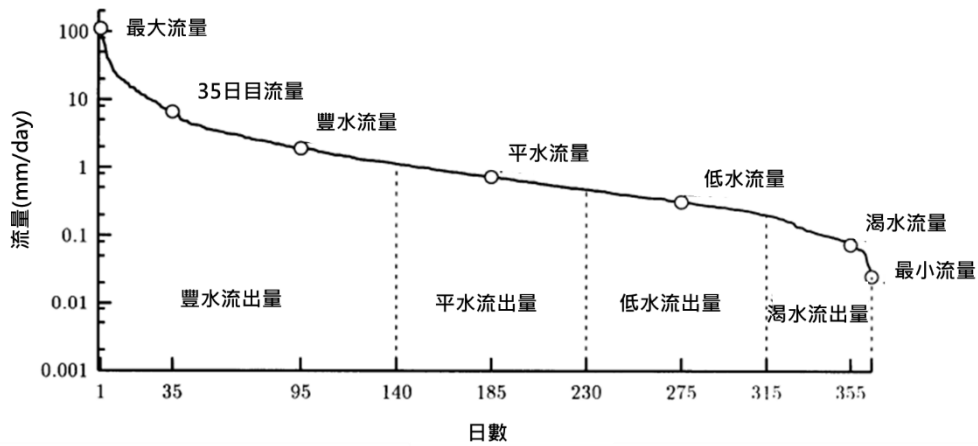


圖 3-1 流況曲線圖示範例

資料來源：真板英一(2013)

另由經濟部水利署所發行之河川小水力發電開發技術參考手冊及推動案例(經濟部水利署，2023)，流量的超越機率常以歷史流量資料搭配威伯公式找出流量資料點與其發生機率間的關係，進而求得流量超越機率及所對應之流量值。一般而言，流量越大其超越機率越小，流量越小超越機率越大。計算設計流量方式如下：

- (1) 首先繪製流量延時曲線，先將對象場址推估之流量以大至小排序，以威伯公式(Weibull)計算各排序 m 之發生超越機率 P ， n 為流量觀測值的樣本數：

$$P\% = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

- (2) 將各流量 Q 之發生之超越機率值 $P\%$ ，以流量為縱軸、超越機率為橫軸繪製成超越機率分布曲線，如圖 3-2 所示。

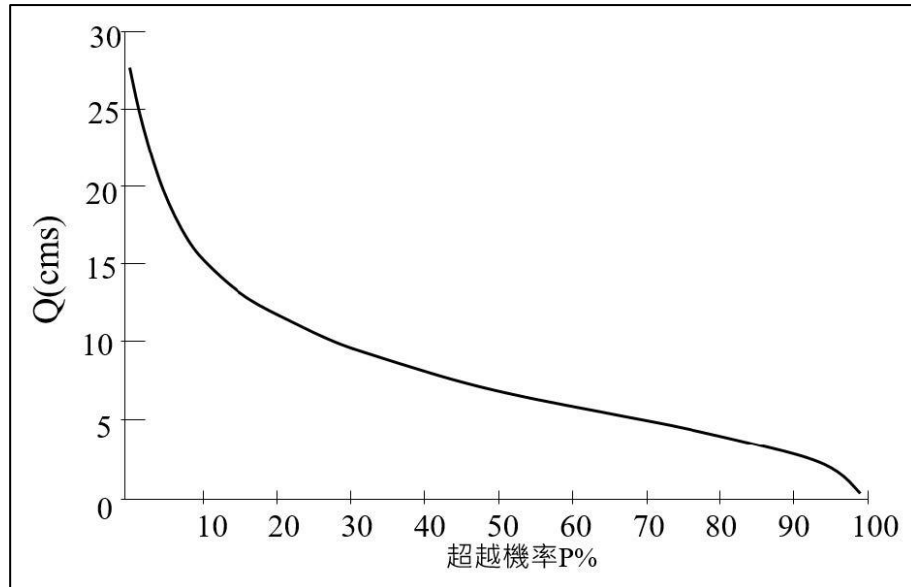


圖 3-2 超越機率分布曲線示意圖

資料來源：經濟部水利署(2023)

計算流量超越機率時，兩者都使用類似的方法：根據歷史流量資料，使用韋伯公式計算每個流量觀測值的超越機率 $P\%$ 。這些超越機率反映了特定流量發生的機率，將可在小水力發電開發過程中用來推估水力發電潛能，進而對所選定之發電場址進行開發的可行性評估。

第四章 研究區域介紹

本研究預計以水文特性均一性為劃分原則，將全臺劃分為 7 個分區，包括雙北之淡水河區、桃竹之鳳山溪至後龍溪區、中彰之大安溪至濁水溪區、嘉南之北港溪至阿公店溪區、高屏溪以南區、花東區及蘭陽區等，其劃分圖如圖 4-1 所示。並以各劃分流域之各流量測站為研究對象，利用流量站的歷年日流量觀測紀錄進行後續分析。

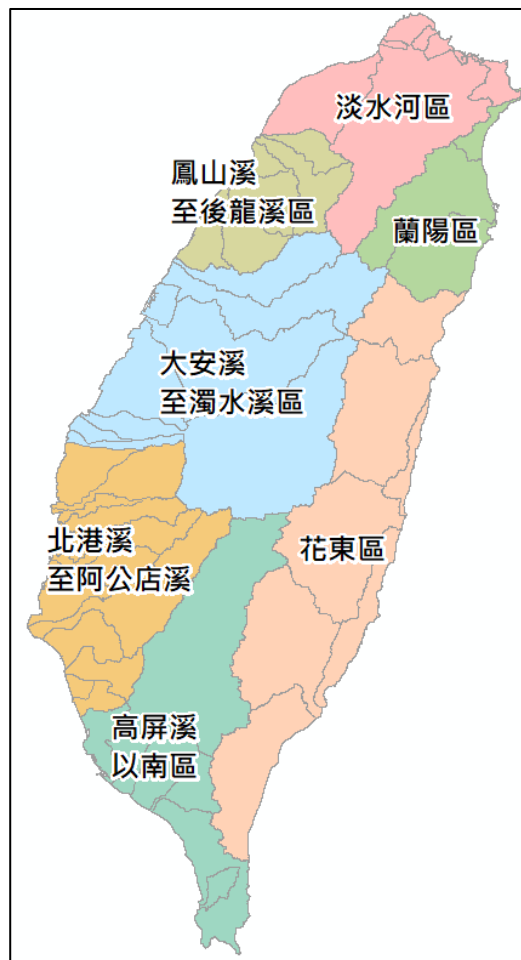


圖 4-1 臺灣流域劃分圖

資料來源：經濟部水利署(2023)

第一節 淡水河區

淡水河區主要為淡水河、基隆河、新店溪及大漢河流域，各河川特性：

淡水河：淡水河是臺灣北部的重要河川，也是淡水河流域的主幹河川。流域面積約為 2,726 平方公里，總長度約為 159 公里。流經臺北市、新北市等地區，最終注入臺灣海峽。

基隆河：基隆河是淡水河的重要支流之一。河長約為 86 公里，流域面積約為 496 平方公里。發源於基隆市，流經臺北市、新北市，最後在臺北市匯入淡水河。

新店溪：新店溪是淡水河的另一重要支流。河長約為 82 公里，流域面積約為 921 平方公里。發源於新北市，流經新北市和臺北市，匯入淡水河。

大漢溪：大漢溪同樣是淡水河的重要支流。河長約為 135 公里，流域面積約為 1,163 平方公里。發源於桃園市，流經新北市，匯入淡水河。

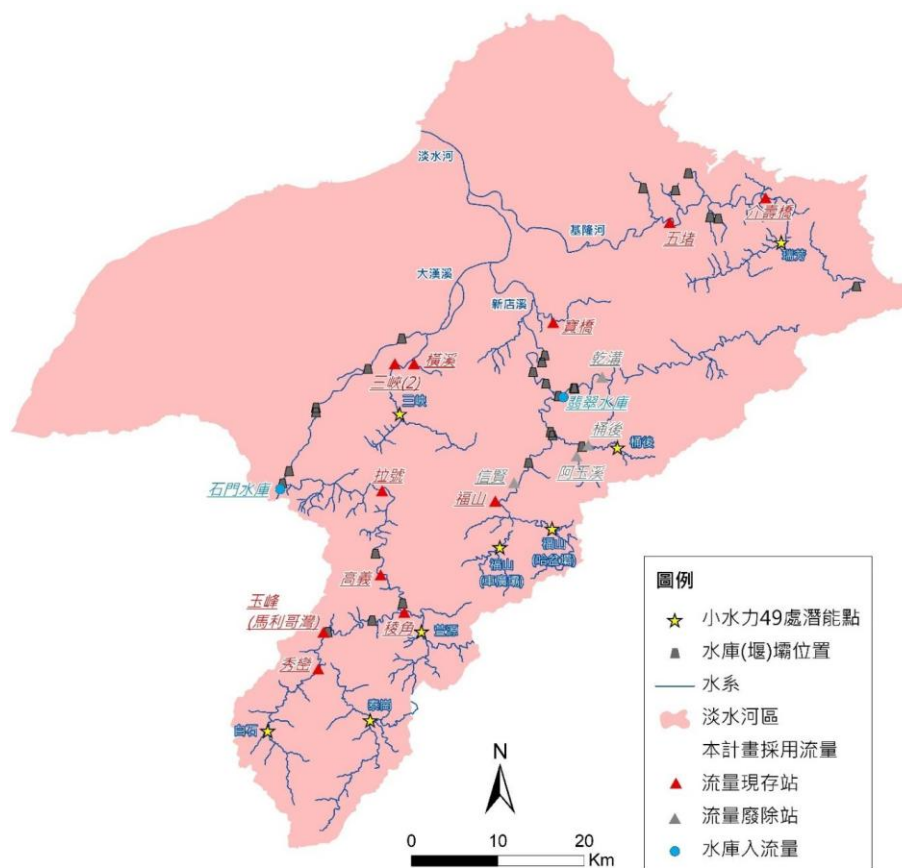


圖 4-2 淡水河區測站分布圖

資料來源：經濟部水利署(2023)

第二節 蘭陽區

蘭陽區主要為宜蘭河、蘭陽溪、南澳溪及和平溪流域，河川特性：

宜蘭河：宜蘭河是宜蘭縣的主要河川之一。河長約為 57 公里，流域面積約為 337 平方公里。發源於宜蘭縣大同鄉的太平山，流經礁溪鄉和宜蘭市，最終注入太平洋。

蘭陽溪：蘭陽溪是蘭陽平原的主要河川。河長約為 73 公里，流域面積約為 980 平方公里。發源於南山大霸尖山，流經大同鄉和五結

鄉，最後在蘭陽平原注入太平洋。流域內主要為蘭陽平原，土地肥沃，農業發達，河道兩岸多為稻田和農田。

南澳溪：南澳溪位於宜蘭縣的南澳地區。河長約為 40 公里，流域面積約為 202 平方公里。發源於南澳鄉的山區，流經南澳鄉，最終注入太平洋。

和平溪：和平溪位於宜蘭縣和平地區。河長約為 45 公里，流域面積約為 238 平方公里。發源於大同鄉的山區，流經和平鄉，最終注入太平洋。



圖 4-3 蘭陽區測站分布圖

資料來源：經濟部水利署(2023)

第三節 鳳山溪至後龍溪區

鳳山溪至後龍溪區主要為鳳山溪、頭前溪、中港溪及後龍溪流域，
河川特性：

鳳山溪：鳳山溪位於苗栗縣，流域面積約為 185 平方公里，河長約為 41 公里。發源於苗栗縣南庄鄉的山區，流經三義鄉和苑裡鎮，最終注入臺灣海峽。

頭前溪：頭前溪位於新竹縣和新竹市，是新竹地區的重要河川。河長約為 63 公里，流域面積約為 603 平方公里。發源於新竹縣尖石鄉的雪山山脈，流經竹東鎮和新竹市，最終注入臺灣海峽。

中港溪：中港溪位於新竹縣和苗栗縣，流域面積約為 425 平方公里，河長約為 60 公里。發源於苗栗縣大湖鄉的山區，流經新竹縣竹南鎮和苗栗縣頭份市，最終注入臺灣海峽。

後龍溪：後龍溪位於苗栗縣，是苗栗地區的重要河川。河長約為 56 公里，流域面積約為 391 平方公里。發源於苗栗縣泰安鄉的雪山山脈，流經後龍鎮和通霄鎮，最終注入臺灣海峽。

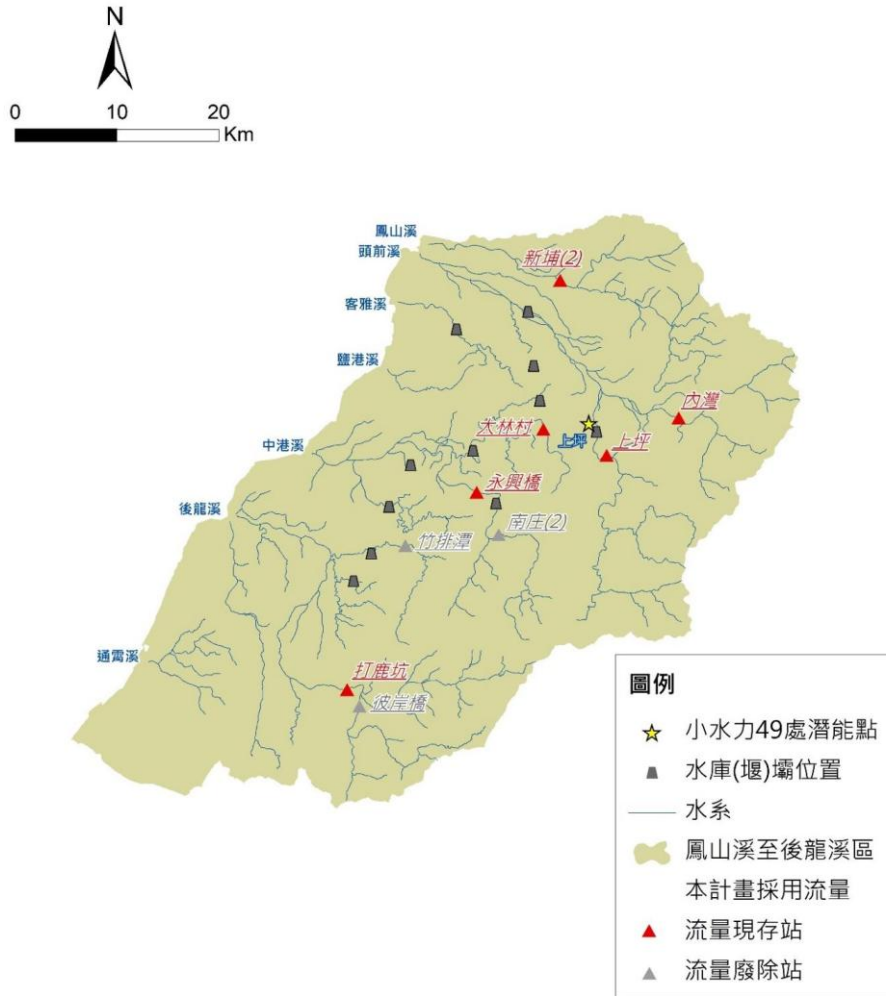


圖 4-4 鳳山溪至後龍溪區測站分布圖

資料來源：經濟部水利署(2023)

第四節 大安溪至濁水溪區

大安溪至濁水溪區主要的流域包括大甲溪、大安溪、烏溪、濁水溪，河川特性：

大甲溪：大甲溪是臺灣中部的重要河川之一，河長約 124 公里，流域面積約為 1,236 平方公里。發源於南投縣的雪山山脈，流經台中市和平區、東勢區，最終注入臺灣海峽。

大安溪：大安溪位於台中市，河長約 96 公里，流域面積約為 758 平方公里。發源於台中市和平區的雪山山脈，流經后里區、大甲區，最終注入臺灣海峽。

烏溪：烏溪是臺灣中部最大的河川之一，河長約 119 公里，流域面積約為 2,022 平方公里。發源於南投縣的中央山脈，流經南投縣和彰化縣，最終注入臺灣海峽。

濁水溪：濁水溪是臺灣最長的河川，河長約 186 公里，流域面積約為 3,157 平方公里。發源於南投縣的中央山脈，流經南投縣、彰化縣和雲林縣，最終注入臺灣海峽。

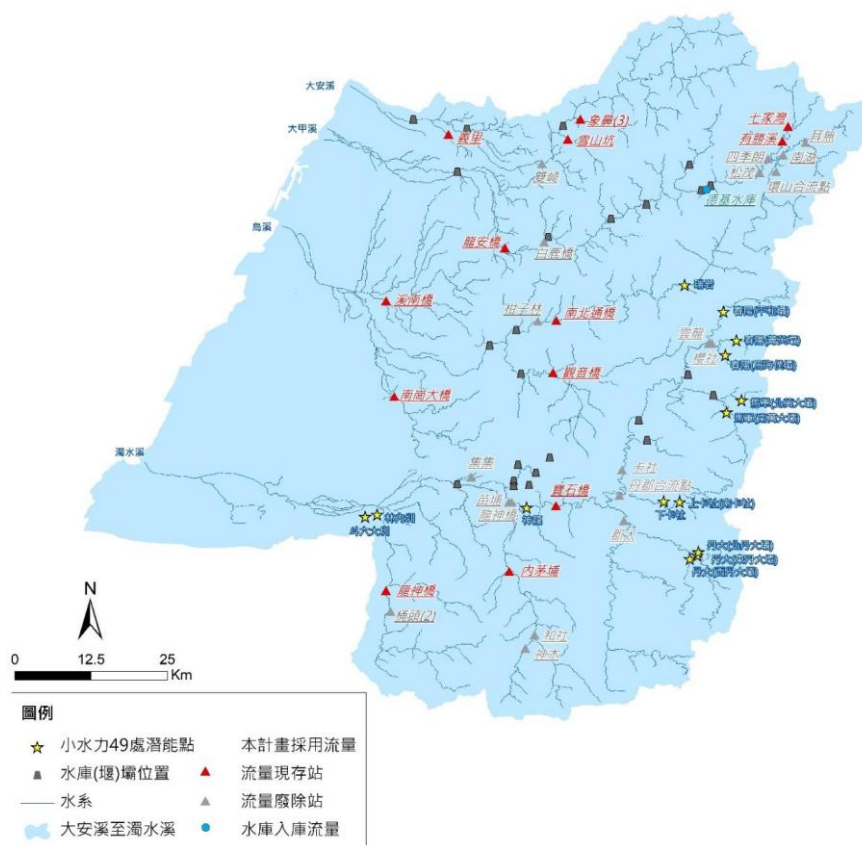


圖 4- 5 大安溪至濁水溪區測站分布圖

資料來源：經濟部水利署(2023)

第五節 北港溪至阿公店溪區

北港溪至阿公店溪區主要為北港溪、朴子溪、八掌溪流、急水溪、曾文溪、鹽水溪、二仁溪及阿公店溪流域，河川特性：

北港溪：北港溪位於嘉義縣和雲林縣，河長約 82 公里，流域面積約為 606 平方公里。發源於嘉義縣阿里山鄉，流經嘉義縣和雲林縣，最終注入臺灣海峽。

朴子溪：朴子溪位於嘉義縣，河長約 54 公里，流域面積約為 379 平方公里。發源於嘉義縣大埔鄉，流經嘉義市，最終注入臺灣海峽。

八掌溪：八掌溪位於嘉義縣，河長約 80 公里，流域面積約為 475 平方公里。發源於嘉義縣中埔鄉，流經嘉義縣和台南市，最終注入臺灣海峽。

急水溪：急水溪位於台南市，河長約 51 公里，流域面積約為 347 平方公里。發源於台南市玉井區，流經善化區和新市區，最終注入臺灣海峽。

曾文溪：曾文溪是臺灣西南部的重要河川之一，河長約 138 公里，流域面積約為 1,176 平方公里。發源於嘉義縣阿里山鄉，流經嘉義縣和台南市，最終注入臺灣海峽。

鹽水溪：鹽水溪位於台南市，河長約 41 公里，流域面積約為 380 平方公里。發源於台南市新化區，流經台南市區，最終注入臺灣海峽。

二仁溪：二仁溪位於台南市和高雄市，河長約 63 公里，流域面積約為 350 平方公里。發源於台南市大內區，流經高雄市大寮區，最終注入臺灣海峽。

阿公店溪：阿公店溪位於高雄市，河長約 38 公里，流域面積約為 120 平方公里。發源於高雄市田寮區，流經高雄市區，最終注入臺灣海峽。

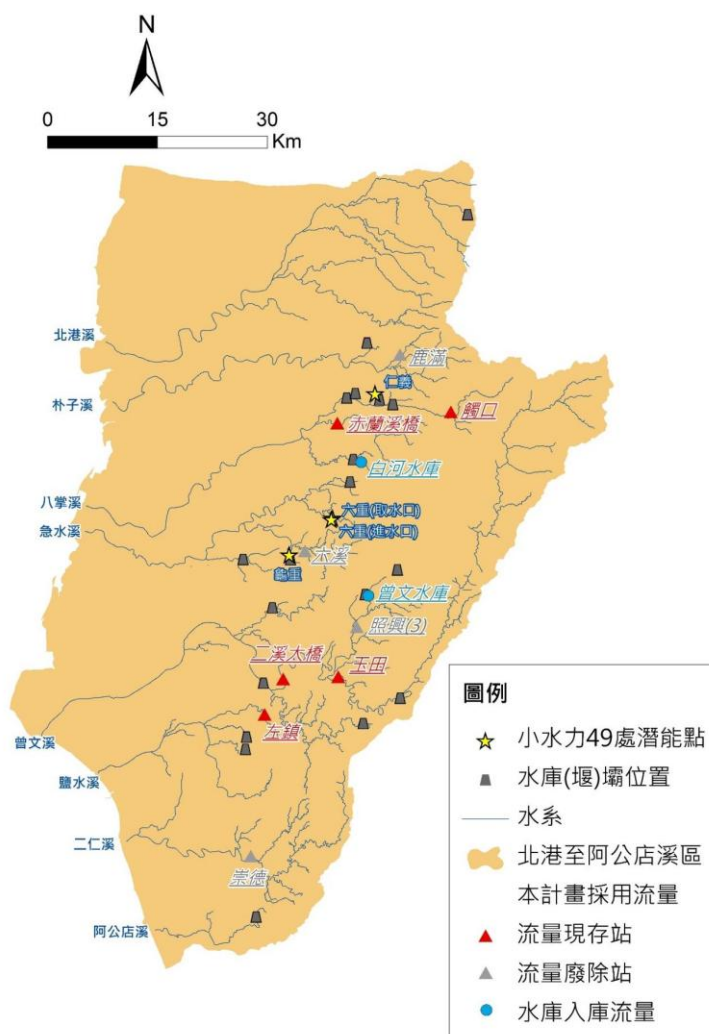


圖 4- 6 北港溪至阿公店溪測站分布圖

資料來源：經濟部水利署(2023)

第六節 高屏溪以南區

高屏溪以南區主要為後勁溪、高屏溪、東港溪、林邊溪及四重溪流域，流域特性：

後勁溪：後勁溪位於高雄市，河長約 26 公里，流域面積約為 59 平方公里。發源於高雄市的田寮區，流經高雄市區，最終注入高雄港。

高屏溪：高屏溪是臺灣南部最大的河川之一，河長約 171 公里，流域面積約為 3,257 平方公里。發源於中央山脈南段的屏東縣霧台鄉，流經高雄市和屏東縣，最終注入臺灣海峽。

東港溪：東港溪位於屏東縣，河長約 47 公里，流域面積約為 472 平方公里。發源於屏東縣的中央山脈，流經東港鎮，最終注入臺灣海峽。

林邊溪：林邊溪位於屏東縣，河長約 35 公里，流域面積約為 129 平方公里。發源於屏東縣的山區，流經林邊鄉，最終注入臺灣海峽。

四重溪：四重溪位於屏東縣，河長約 20 公里，流域面積約為 84 平方公里。發源於屏東縣車城鄉的山區，流經四重溪溫泉區，最終注入臺灣海峽。

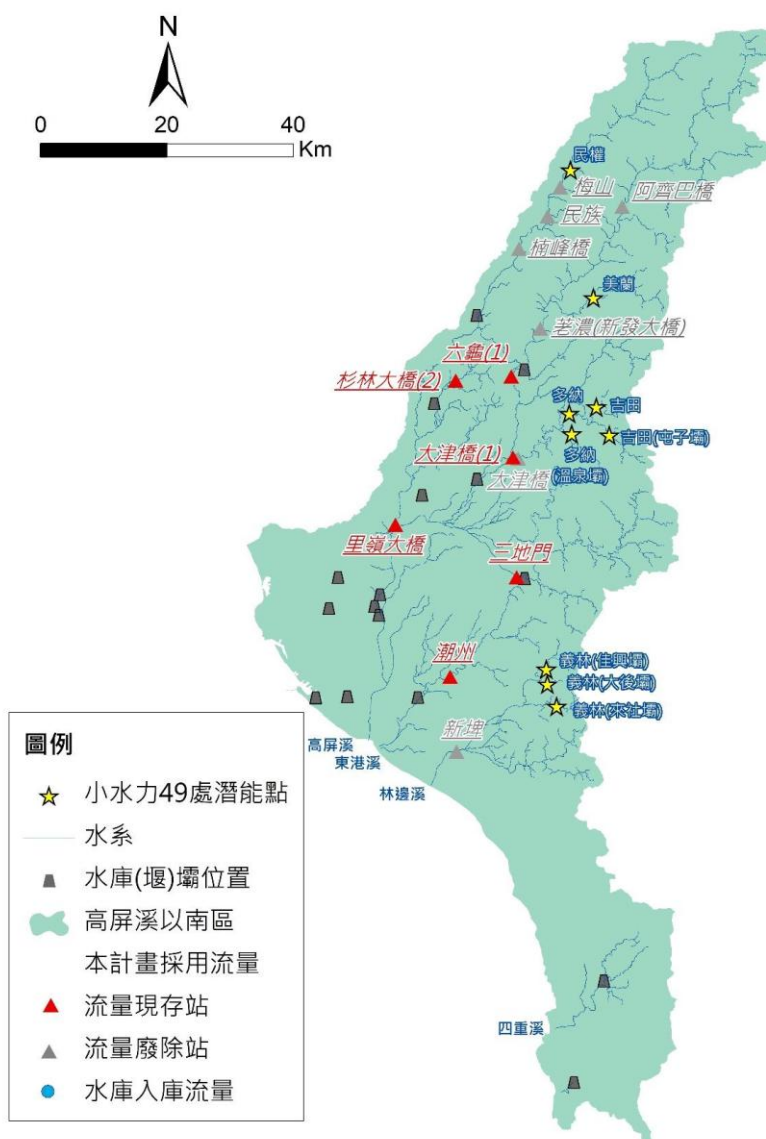


圖 4- 7 高屏溪以南區區測站分布圖

資料來源：經濟部水利署(2023)

第七節 花東區

花東區主要為花蓮溪、秀姑巒溪、卑南溪、知本溪及太麻里

溪流域 流域特性:

花蓮溪：花蓮溪位於花蓮縣，是該地區的重要河川之一。河長約為 77 公里，流域面積約為 1,647 平方公里。發源於中央山脈，流經花蓮縣，最終注入太平洋。

秀姑巒溪：秀姑巒溪是位於花蓮縣和台東縣之間。河長約為 81 公里，流域面積約為 1,818 平方公里。發源於花蓮縣卓溪鄉的中央山脈，流經玉里鎮，最終注入太平洋。

卑南溪：卑南溪位於台東縣，河長約為 84 公里，流域面積約為 1,198 平方公里。發源於海岸山脈，流經台東市，最終注入太平洋。

知本溪：知本溪位於台東縣，河長約為 28 公里，流域面積約為 208 平方公里。發源於海岸山脈，流經台東縣知本地區，最終注入太平洋。

太麻里溪：太麻里溪位於台東縣，河長約為 48 公里，流域面積約為 459 平方公里。發源於海岸山脈，流經太麻里鄉，最終注入太平洋。

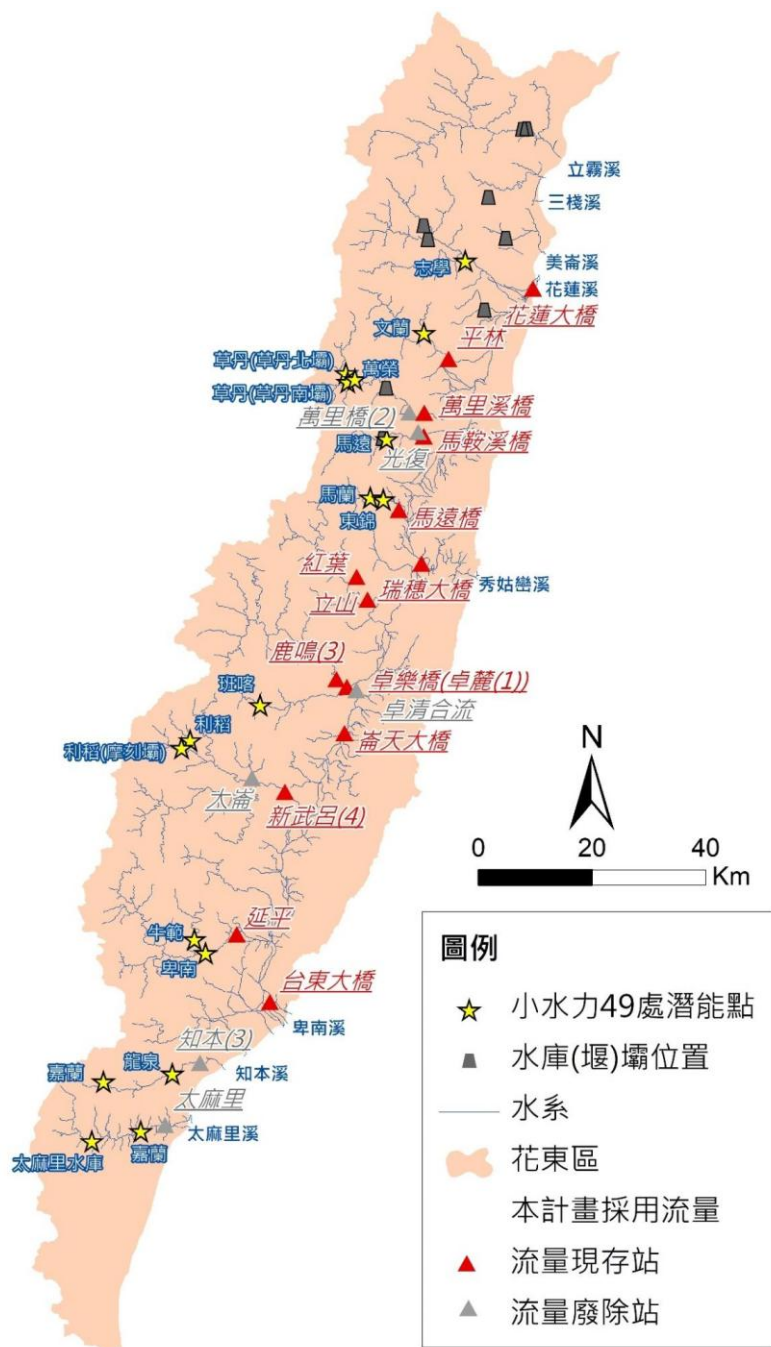


圖 4- 8 花東區測站分布圖

資料來源：經濟部水利署(2023)

第五章 分析成果及討論

第一節 各區域流量分析成果

本研究計畫中的各分區具有相似的水文氣象特性。依據集水區面積比法的概念，參考《河川小水力發電開發技術參考手冊及推動案例》(經濟部水利署，2023)中大安溪至濁水溪區域瑞岩壩的流量，以及《烏溪上游地區特徵流量之推估》(謝承運，2024)中的流量根據水文資訊網整合服務系統-水利署網站，再進行天然流量的還原。因河道水量受取水後而有所變化，該手冊中優先選用水庫堰(壩)位置上游地區之流量站，部分位於水庫堰(壩)位置獲取水設施下游地區之流量站，則參考水權資料還原天然流量，再進行迴歸分析結果。有鑑於此，本研究在相關分析中遂直接利用《河川小水力發電開發技術參考手冊及推動案例》(經濟部水利署，2023)中的迴歸式進行流量與面積的迴歸推估。

利用流量與集水區面積的迴歸分析可以用來轉換各測站的流量數據。亦即透過統計迴歸分析求得相關之迴歸係數，以及目標集水區的集水區面積，便可以直接得出目標集水區內的常流量、低流量和枯流量。

利用通用的集水區面積與流量迴歸式進行推算，可以提高流量估算的精確度和可靠性。這種方法基於大量的實測數據和統計分析結果，具有良好的適用性和可操作性。通過應用這些迴歸式，可以更準確地預測不同集水區的流量變化，從而為小水力發電開發提供具客觀性的科學依據。

一、淡水河區

淡水河區主要為淡水、基隆河、新店溪及大漢溪流域之泰崗壩的流量利用推導，以玉峰(馬利哥灣)水文站為基本流量站，推導流量的面積與流量關係式，淡水河區流域流量，推求的關係式為：

$$Q_D = Q_B (A_D / A_B)^n$$

Q_D = 壩址日流量(cms)、

Q_B = 基本站日流量(cms)、

A_D = 壩址控制流域面積(130.98km²)、

A_B = 基本站控制流域面積(335.29km²)、

n = 為淡水河區之流量迴歸係數(0.7695)。

表 5-1 泰崗壩流量延時百分比

發生機率(%)	流量(CMS)	發生機率(%)	流量(CMS)
5	26.25	55	4.03
10	15.48	60	3.71
15	11.50	65	3.36
20	9.17	70	3.04
25	7.68	75	2.73
30	6.65	80	2.45
35	5.87	85	2.18
40	5.24	90	1.87
45	4.81	95	1.58
50	4.43	100	0.00

資料來源：經濟部水利署(2023)

(一)常流量之 Q_{50} 為 4.43cms，利用公式推導出 Q_B 為 9.131、 Q_B/A_B^n 為 $\alpha = 0.104043$ 、 n 為 $\beta = 0.7695$ ，推導出公式為 $Q = 0.104043 \times \text{Area}^{0.7695}$ 。

(二)低流量之 Q_{75} 為 2.73 cms，利用公式推導出 Q_B 為 $5.627 \cdot Q_B / A_B^n$ 為 $\alpha = 0.0641$ 、 n 為 $\beta = 0.7695$ ，推導出公式為 $Q = 0.0641 \times \text{Area}^{0.7695}$ 。

(三)枯流量之 Q_{95} 為 1.58cms，利用公式推導出 Q_B 為 $3.256 \cdot Q_B / A_B^n$ 為 $\alpha = 0.0371$ 、 n 為 $\beta = 0.7695$ ，推導出公式為 $Q = 0.0371 \times \text{Area}^{0.7695}$ 。

表 5-2 淡水河區流域的流量推估式係數

		淡水河區
常流	α	0.104043
	β	0.7695
低流量	α	0.0641
	β	0.7695
枯流量	α	0.0371
	β	0.7695

二、蘭陽區

蘭陽區主要為宜蘭河、蘭陽溪、南澳溪及和平河流域之古魯壩的常流量利用推導，以古魯水文站為基本流量站，推導流量的面積與流量關係式，蘭陽區流域流量流量，推求的關係式為：

$$Q_D = Q_B (A_D / A_B)^n$$

Q_D = 壩址日流量(cms)、

Q_B = 基本站日流量(cms)、

A_D = 壩址控制流域面積(10.7km²)、

A_B = 基本站控制流域面積(11.3km²)、

n = 為蘭陽區之流量迴歸係數(0.7805)。

表 5-3 古魯壩流量延時百分比

發生機率(%)	流量(CMS)	發生機率(%)	流量(CMS)
5	4.04	55	0.87
10	2.61	60	0.80
15	2.03	65	0.72
20	1.70	70	0.64
25	1.49	75	0.57
30	1.36	80	0.51
35	1.24	85	0.44
40	1.13	90	0.36
45	1.04	95	0.28
50	0.96	100	0.13

資料來源：經濟部水利署(2023)

(一)常流量之 Q_{50} 為 0.96cms，利用公式推導出 Q_B 為 $1.002 \cdot Q_B / A_B^n$ 為 $\alpha = 0.151$ 、 n 為 $\beta = 0.7805$ ，推導出公式為 $Q = 0.151 \times \text{Area}^{0.7805}$ 。

(二)低流量之 Q_{75} 為 0.57 cms，利用公式推導出 Q_B 為 0.595、 Q_B/A_B^n 為 $\alpha=0.089$ 、 n 為 $\beta = 0.7805$ ，推導出公式為 $Q = 0.089 \times \text{Area}^{0.7805}$ 。

(三)枯流量之 Q_{95} 為 0.28 cms，利用公式推導出 Q_B 為 0.292、 Q_B/A_B^n 為 $\alpha = 0.044$ 、 n 為 $\beta = 0.7805$ ，推導出公式為 $Q = 0.044 \times \text{Area}^{0.7805}$ 。

表 5-4 蘭陽區流域的流量推估式係數

		蘭陽區
常流量	α	0.151
	β	0.7805
低流量	α	0.089
	β	0.7805
枯流量	α	0.044
	β	0.7805

三、鳳山溪至後龍溪區

鳳山溪至後龍溪區主要為鳳山溪、頭前溪、中港溪及後龍溪流域之上坪壩的流量利用推導，以上坪水文站為基本流量站，推導流量的面積與流量關係式，鳳山溪至後龍溪區流域流量推求的關係式為

$$Q_D = Q_B (A_D / A_B)^n$$

Q_D = 壩址日流量(cms)、

Q_B = 基本站日流量(cms)、

A_D = 壩址控制流域面積(198km²)、

A_B = 基本站控制流域面積(221.73km²)、

n = 為鳳山溪至後龍溪區之流量迴歸係數(0.9859)。

表 5-5 上坪壩流量延時百分比

發生機率(%)	流量(CMS)	發生機率(%)	流量(CMS)
5	38.46	55	5.17
10	23.43	60	4.83
15	14.94	65	4.36
20	11.27	70	4.08
25	9.66	75	3.68
30	8.23	80	3.38
35	7.31	85	3.20
40	6.62	90	2.76
45	6.03	95	2.52
50	5.67	100	1.97

資料來源：經濟部水利署(2023)

(一)常流量之 Q_{50} 為 5.67cms，利用公式推導出 Q_B 為 6.339、 Q_B/A_B^n 為 $\alpha = 0.0309$ 、 n 為 $\beta = 0.9859$ ，推導出公式為 $Q = 0.0309 \times \text{Area}^{0.9859}$ 。

(二)低流量之 Q_{75} 為 3.68 cms，利用公式推導出 Q_B 為 4.114、 Q_B/A_B^n 為 $\alpha = 0.0200$ 、 n 為 $\beta = 0.9859$ ，推導出公式為 $Q = 0.0200 \times \text{Area}^{0.9859}$ 。

(三) 枯流量之 Q_{95} 為 2.52 cms，利用公式推導出 Q_B 為 2.818、 Q_B/A_B^n 為 $\alpha = 0.0137$ 、 n 為 $\beta = 0.9859$ ，推導出公式為 $Q = 0.0137 \times \text{Area}^{0.9859}$ 。

表 5-6 鳳山溪至後龍溪區流域的流量推估式係數

		鳳山溪至後龍溪區
常流量	α	0.0309
	β	0.9859
低流量	α	0.0200
	β	0.9859
枯流量	α	0.0137
	β	0.9859

四、大安溪至濁水溪區

大安溪至濁水溪區主要為大甲溪、大安溪、烏溪、濁水河流域之瑞岩壩的常流量利用回歸分析，以南北通橋水文站為基本流量站，推導流量的面積與流量關係式，推求的關係式為

$$Q_D = Q_B (A_D / A_B)^n$$

Q_D = 壩址日流量(cms)、

Q_B = 基本站日流量(cms)、

A_D = 壩址控制流域面積(188.1km²)、

A_B = 基本站控制流域面積(408km²)、

n = 為大安溪至濁水溪區之流量迴歸係數(0.9245)。

表 5-7 瑞岩壩流量延時百分比

發生機率(%)	流量(CMS)	發生機率(%)	流量(CMS)
5	45.01	55	6.24
10	28.55	60	5.40
15	21.46	65	4.74
20	17.30	70	4.19
25	14.32	75	3.73
30	12.13	80	3.32
35	10.53	85	2.90
40	9.20	90	2.50
45	8.19	95	1.88
50	7.19	100	0.15

資料來源：經濟部水利署(2023)

(一)常流量之 Q_{50} 為 7.19cms，利用公式推導出 Q_B 為 8.3705、 Q_B/A_B^n 為 $\alpha = 0.0568$ 、 n 為 $\beta = 0.9245$ ，推導出公式為 $Q = 0.0568 \times \text{Area}^{0.9245}$ 。

(二)低流量之 Q_{75} 為 3.73cms，利用公式推導出 Q_B 為 4.3426、 Q_B/A_B^n 為 $\alpha = 0.0294$ 、 n 為 $\beta = 0.9245$ ，推導出公式為 $Q = 0.0294 \times \text{Area}^{0.9245}$ 。

(三)枯流量之 Q_{95} 為 1.88cms，利用公式推導出 Q_B 為 2.1888、 Q_B/A_B^n 為 $\alpha = 0.0148$ 、 n 為 $\beta = 0.9245$ ，推導出公式為 $Q = 0.0148 \times \text{Area}^{0.9245}$ 。

表 5-8 大安溪至濁水溪區流域的流量推估式係數

		大安溪至濁水溪區
常流量	α	0.0568
	β	0.9245
低流量	α	0.0294
	β	0.9245
枯流量	α	0.0148
	β	0.9245

五、北港溪至阿公店溪區

北港溪至阿公店溪區主要為北港溪、朴子溪、八掌溪流、急水溪、曾文溪、鹽水溪、二仁溪及阿公店溪流域之龜重壩的流量利用推導，分析面積與流量關係式，北港溪至阿公店溪區流域流量推求的關係式為

$$Q_D = Q_B (A_D / A_B)^n$$

Q_D =壩址日流量(cms)、

Q_B =基本站日流量(cms)、

A_D =壩址控制流域面積(81.9km²)、

A_B =基本站控制流域面積(86.68km²)、

n =為北港溪至阿公店溪區之流量迴歸係數(0.8975)。

表 5-9 龜重壩流量延時百分比

發生機率(%)	流量(CMS)	發生機率(%)	流量(CMS)
5	10.98	55	0.24
10	5.19	60	0.17
15	2.97	65	0.14
20	1.82	70	0.11
25	1.11	75	0.10
30	0.71	80	0.08
35	0.53	85	0.06
40	0.43	90	0.04
45	0.34	95	0.03
50	0.29	100	0.00

資料來源：經濟部水利署(2023)

(一)常流量之 Q_{50} 為 0.29cms，利用公式推導出 Q_B 為 $0.305 \cdot Q_B/A_B^n$ 為 $\alpha = 0.006$ 、 n 為 $\beta = 0.8975$ ，推導出公式為 $Q = 0.006 \times \text{Area}^{0.8975}$ 。

(二)低流量之 Q_{75} 為 0.1 cms，利用公式推導出 Q_B 為 $0.105 \cdot Q_B/A_B^n$ 為 $\alpha = 0.0019$ 、 n 為 $\beta = 0.8975$ ，推導出公式為 $Q = 0.0019 \times \text{Area}^{0.8975}$ 。

(三)枯流量之 Q_{95} 為 0.03 cms，利用公式推導出 Q_B 為 $0.032 \cdot Q_B/A_B^n$ 為 $\alpha = 0.0005$ 、 n 為 $\beta = 0.8975$ ，推導出公式為 $Q = 0.0005 \times \text{Area}^{0.8975}$ 。

表 5-10 北港溪至阿公店溪區流域的流量推估式係數

		北港溪至阿公店溪區
常流量	α	0.006
	β	0.8975
低流量	α	0.0019
	β	0.8975
枯流量	α	0.0005
	β	0.8975

六、高屏溪以南區

高屏溪以南區主要為後勁溪、高屏溪、東港溪、林邊溪及四重溪流域之民權壩的流量利用推導，分析流量的面積與流量關係式，高屏溪以南區流域流量，推求的關係式為

$$Q_D = Q_B (A_D / A_B)^n$$

Q_D =壩址日流量(cms)、

Q_B =基本站日流量(cms)、

A_D =壩址控制流域面積(238km²)、

A_B =基本站控制流域面積(519.49km²)、

n =為高屏溪以南區之流量迴歸係數(0.8415)。

表 5-11 民權壩流量延時百分比

發生機率(%)	流量(CMS)	發生機率(%)	流量(CMS)
5	69.48	55	6.43
10	45.83	60	5.61
15	36.03	65	4.89
20	29.22	70	4.10
25	20.30	75	3.75
30	13.48	80	3.53
35	12.21	85	3.40
40	9.13	90	3.32
45	7.37	95	2.60
50	6.85	100	0.01

資料來源：經濟部水利署(2023)

(一)常流量之 Q_{50} 為 6.85cms，利用公式推導出 Q_B 為 13.212、 Q_B/A_B^n 為 $\alpha = 0.0685$ 、 n 為 $\beta = 0.8415$ ，推導出公式為 $Q = 0.0685 \times \text{Area}^{0.8415}$ 。

(二)低流量之 Q_{75} 為 3.75 cms，利用公式推導出 Q_B 為 7.233、 Q_B/A_B^n 為 $\alpha = 0.038$ 、 n 為 $\beta = 0.842$ ，推導出公式為 $Q = 0.038 \times \text{Area}^{0.842}$ 。

(三)枯流量之 Q_{95} 為 2.6 cms，利用公式推導出 Q_B 為 5.015、 Q_B/A_B^n 為 $\alpha = 0.026$ 、 n 為 $\beta = 0.842$ ，推導出公式為 $Q = 0.026 \times \text{Area}^{0.842}$ 。

表 5-12 高屏溪以南區流域的流量推估式係數

		高屏溪以南區
常流量	α	0.0685
	β	0.842
低流量	α	0.038
	β	0.842
枯流量	α	0.026
	β	0.842

七、花東區

花東區主要為花蓮溪、秀姑巒溪、卑南溪、知本溪及太麻里溪流流域之卑南壩的流量利用推導，分析常流量的面積與流量關係式，花東區流域流量，推求的關係式為 $Q_D=Q_B(A_D/A_B)^n$

Q_D =壩址日流量(cms)、

Q_B =基本站日流量(cms)、

A_D =壩址控制流域面積(426km²)、

A_B =基本站控制流域面積(1028.68km²)、

n =為花東區之流量迴歸係數(0.8596)。

表 5-13 卑南壩流量延時百分比

發生機率(%)	流量(CMS)	發生機率(%)	流量(CMS)
5	129.95	55	10.90
10	70.88	60	9.72
15	48.16	65	8.65
20	35.99	70	7.72
25	27.44	75	6.91
30	22.36	80	6.18
35	18.72	85	5.43
40	16.08	90	4.11
45	14.09	95	2.71
50	12.45	100	0.00

資料來源：經濟部水利署(2023)

(一)常流量之 Q_{50} 為 12.45cms，利用公式推導出 Q_B 為 26.563、 Q_B/A_B^n 為 $\alpha = 0.068$ 、 n 為 $\beta = 0.8596$ ，推導出公式為 $Q = 0.068 \times \text{Area}^{0.8596}$ 。

(二)低流量之 Q_{75} 為 6.91cms，利用公式推導出 Q_B 為 14.743、 Q_B/A_B^n 為 $\alpha = 0.0379$ 、 n 為 $\beta = 0.8596$ ，推導出公式為 $Q = 0.0379 \times \text{Area}^{0.8596}$ 。

(三)枯流量之 Q_{95} 為 2.71cms，利用公式推導出 Q_B 為 5.782、 Q_B/A_B^n 為 $\alpha = 0.015$ 、 n 為 $\beta = 0.8596$ ，推導出公式為 $Q = 0.015 \times \text{Area}^{0.8596}$ 。

表 5-14 花東區流域的流量推估式係數

		花東區
常流量	α	0.068
	β	0.8596
低流量	α	0.0379
	β	0.8596
枯流量	α	0.015
	β	0.8596

表 5-15 臺灣各區流域流量推估式係數統整

分區名		常流量(Q ₅₀)	低流量(Q ₇₅)	枯流量(Q ₉₅)
淡水河區	α	0.1041	0.0641	0.0371
	β	0.7695	0.7695	0.7695
蘭陽區	α	0.151	0.089	0.044
	β	0.7805	0.7805	0.7805
鳳山溪至後龍溪區	α	0.0309	0.0200	0.0137
	β	0.9859	0.9859	0.9859
大安溪至濁水溪區	α	0.0568	0.0294	0.0148
	β	0.9245	0.9245	0.9245
北港溪至阿公店溪區	α	0.006	0.0019	0.0005
	β	0.8975	0.8975	0.8975
高屏溪以南區	α	0.0685	0.038	0.026
	β	0.8420	0.8420	0.8420
花東區	α	0.068	0.0379	0.015
	β	0.8596	0.8596	0.8596

第二節 使用分析成果之實際範例

一、以秀巒壩(淡水河流域)為例

秀巒防砂壩位於石門水庫上游新竹縣尖石鄉秀巒村境內，防砂壩及其附屬設施座落於白石溪（為大漢溪源流）。

二、位置及基本資料

秀巒壩座落於白石溪，壩址位於白石溪秀巒大橋 400m 處，其集水區面積為 119.8 平方公里，壩高 18.00m、壩頂寬 3.00 公尺，壩軸長 84.45 公尺、溢流面標高 EL.843.00 m、消能池底板高 EL.843.00 m。

三、發電水頭高度推估

秀巒壩的總壩高為 18 m，並且溢洪口標高為 EL.843.00 m，壩體基礎頂的高度為 10 m、消能池底板高 EL.843.00 m，由於水力發電水頭是指水流的高度差，並考慮到水流可能從溢流面流向消能池，水頭高度可以通過溢流面標高減去消能池底板標高來計算。

因此，發電水頭高約為：

$$\text{水頭高度} = 843.00 - 832.00 = 11.00 \text{ 公尺}$$

即理論上的發電水頭高度為 11 公尺。

四、常流量、低流量、枯流量的推定

$$(一) \text{常流量}(Q_{50}) = 0.104043 \times 119.8^{0.7695} = 4.136 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$(二) \text{低流量}(Q_{75}) = 0.0641 \times 119.8^{0.7695} = 2.548 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$(三) \text{枯流量}(Q_{95}) = 0.0371 \times 119.8^{0.7695} = 1.475 \text{ m}^3/\text{s}$$

五、估算發電量

發電水頭為 11 公尺，機組綜合效率 0.85，及水文資料之差異與發電設備之維護，年利用率採用 90%，估算年發電量。

最大發電量

$$(一) \text{常流量}: P_{\max} = 9.8 \times 4.136 \times 11 \times 0.85 = 378.981(\text{kW})$$

$$(二) \text{低流量}: P_{\max} = 9.8 \times 2.548 \times 11 \times 0.85 = 233.473(\text{kW})$$

$$(三) \text{枯流量}: P_{\max} = 9.8 \times 1.475 \times 11 \times 0.85 = 135.154(\text{kW})$$

年可能發電量

(一) 常流量： $378.981 \times 365 \times 24 \times 0.9 = 2987886 \text{ kWh}$ (約為 2.99 百萬度)

(二) 低流量： $233.473 \times 365 \times 24 \times 0.9 = 1840701 \text{ kWh}$ (約為 1.84 百萬度)

(三) 枯流量： $135.154 \times 365 \times 24 \times 0.9 = 1065554 \text{ kWh}$ (約為 1.06 百萬度)

第三節 與 2017-2021 年流域流量推估式係數之比較

大安溪至濁水溪區主要為大甲溪、大安溪、烏溪、濁水溪流域，以本計畫之大安溪至濁水區流域與烏溪流域之係數作為比較。

表 5-16 大安溪至濁水區流域與烏溪流域之係數比較

		大安溪至濁水溪區	烏溪流域
常流量	α	0.0568	0.0601
	β	0.9245	0.8677
低流量	α	0.0294	0.0489
	β	0.9245	0.8422
枯流量	α	0.0148	0.0354
	β	0.9245	0.8369

第四節 含砂水流對於發電機組之危害及預防機制

水力發電與沉砂池密切相關，沉砂池在系統中扮演著關鍵角色，主要負責減少進入發電系統的水流中的含砂量，以保護水輪機和其他設備，確保發電效率和設備壽命。沉砂池的設置可以有效攔截和沉降水流中的砂粒，減少對設備的磨損和侵蝕，保持水輪機的流道順暢，確保其在設計效率下運行。

一般大型水力發電為大落差加上小流量等機制，利用流速快此種特性，進行位能轉換，在含砂水流進入發電機組前，則利用防砂壩亦或是沉砂池阻擋砂石，防砂壩通常位於河流上游或水庫的進水口處，阻擋河流中的大量砂石，使砂石在壩前沉積，以減少砂石流入下游或水庫內部，沉砂池通常位於水力發電系統的進水口或輸水管道前端，

防砂壩和沉砂池經常配合使用，共同防止砂石對下游水利設施造成的影響。防砂壩負責攔截大部分的砂石，沉砂池則負責進一步沉降剩餘的砂石，確保水流清潔，保障整個水力發電系統的高效運行。

微型水輪機組為小落差大流量此種方式運行，比起大型水力發電裝置，腹地大小縮小許多，無防砂壩攔截砂石，但腹地大小到達一定程度，可能有沉砂池配合運行，相比大型水力發電設施，河流中的砂石顆粒大小細小許多，不至於造成設備的磨損和侵蝕，當遇到天然災害而導致河水濁度高時，則停止發電機組運行，以維護發電設備。

一、含砂水流對發電機組的危害

1. **磨損與侵蝕：**含砂水流中的砂粒會對水輪機、閘門、導葉等部件造成嚴重的磨損和侵蝕。這些磨損會導致機組效率下降、運行成本增加，甚至可能引發設備故障。
2. **水力失效：**含砂水流可能會改變水輪機內部的流動特性，導致水輪機的效率降低。尤其是砂粒對於導葉和轉輪的邊緣部位磨損，可能引發渦流、噪聲，甚至水輪機失效。
3. **堵塞與沉積：**含砂水流中的砂粒容易在管道、閘門等處沉積，導致管道堵塞或流量減少，進而影響整個水力系統的穩定性和運行效率。
4. **震動與噪音：**含砂水流會導致設備運行中的不平衡，進而引發異常的震動與噪音，對設備的長期運行產生不利影響。

二、預防機制

1. **沉砂池與砂礫攔截裝置**：在進水口設置沉砂池或砂礫攔截裝置，過濾水流中的砂粒，降低含砂量。這是控制含砂水流進入水力發電系統的首要防線。
2. **材料選擇與防護塗層**：在設計和製造水輪機及相關部件時，選擇高耐磨材料，如不銹鋼或特殊合金，並在部件表面使用防護塗層，減少磨損與侵蝕。
3. **定期檢修與監測**：定期檢查和維護發電機組，尤其是水輪機的關鍵部位，並利用先進的監測技術（如振動監測、超聲波檢測）及早發現並處理潛在問題。
4. **運行工況優化**：根據水流含砂量的變化，適時調整水輪機的運行工況，避免在含砂量過高時以高負荷運行，減少磨損風險。

三、水輪機砂石容許濃度與粒徑

在水輪機的運行過程中，砂石的濃度和粒徑對於水輪機的耐用性和效率有著重要影響。不同水輪機對砂石的容許濃度和粒徑要求有所不同，水輪機砂石容許濃度與粒徑之建議值可參照圖 5-1 對於歐洲國家製品之匯整結果。例如，橫流式水輪機在水頭低於 200 公尺時，最大容許懸浮固體濃度為 50 mg/l，最大粒徑為 0.3 mm，而當水頭降低至 25 公尺以下時，容許的濃度和粒徑可分別達到 250 mg/l 和 0.8 mm。相比之下，佩爾頓水輪機在水頭達到 1000 公尺時，對砂石的容忍度更為嚴格，最大懸浮固體濃度僅為 10 mg/l，最大粒徑為 0.2 mm (水輪機砂石容許濃度與粒徑)。

水輪機砂石容許濃度與粒徑

橫流式水輪機			佩爾頓水輪機			卡布蘭水輪機			法蘭西斯水輪機	
水頭(m)	最大懸浮固體總量(mg/l)	最大粒徑(mm)	水頭(m)	最大懸浮固體總量(mg/l)	最大粒徑(mm)	水頭(m)	最大懸浮固體總量(mg/l)	最大粒徑(mm)	水頭(m)	最大懸浮固體總量(mg/l)
<200	50	0.3	<1000	10	0.2	200-300	30	0.2	<100	60
<150	100	0.4	<750	20	0.2	100-200	60	0.2	<300	30
<100	150	0.5	<500	30	0.2	50-100	60	0.25	>300	0
<50	200	0.6	<300	35	0.2	20-50	60	0.3		
<25	250	0.8								

圖 5-1 水輪機砂石容許濃度與粒徑

資料來源：水律能源股份有限公司。

第六章 結論與建議

第一節 結論

1. 評估防砂壩水力發電潛能所需之流量的簡易推估法中，證實了透過統計迴歸以集水區面積比法概念來推估防砂壩址流量的可行性。
2. 本研究採用流量-面積關係之 $Q=\alpha\times\text{Area}^\beta$ ，僅需特定防砂壩址的集水區面積，便可直接求出流量，便於實務上的使用。
3. 對於位於河川上游且缺乏水文站的防砂壩，集水區面積比法提供了一種有效的流量推估方式，能夠克服流量數據不足的問題。透過這些推估結果，能夠進一步計算小水力發電的潛能，推動各個地區的可再生能源發展。

第二節 建議

1. 關於流量延時曲線(即流況曲線)各流量的統計分析，可採用多年期(如 15 年)的平均來取代單就平水年的分析，將可兼具客觀性及代表性。
2. 有鑑於臺灣各河川流域的流量站數不多，故可參照日本做法，將水文氣象條件類似之河川流域歸類，製作出可代表該區域之流量-面積關係式。
3. 日本位於高緯度，常年有高山積雪，融雪水對河川流量的維持有一定的貢獻，其採用 Q_{50} 或 Q_{75} 來評估發電潛能是否同樣適用於臺灣的河川流況，值得進一步研究。

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. 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-P90，2006。(日文)
4. 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。
5. 經濟部水利署，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)。
6. 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，2023年12月出版。
7. 經濟部水利署，秀巒防砂壩降低改造壩體初步規劃，112年1月出版。

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、	請同時探討含砂水流對於發電機組之危害及預防機制。	將在相關研究資料收集中探討含砂水流對發電機組可能造成的危害，以及含砂水流在用於發電前的處理原則及預防機制等。
二、	請蒐集國外成功案例之發電機組各項設計諸元，以利往後推動參考。	將在相關研究資料收集中蒐集國外利用防砂壩發電的案例及其水輪機組設備諸元與所利用之水流、落差條件等。
三、	須提出流量推估關係式可信度之驗證方法。	流量紀錄的補遺或推估在水文學領域常會基於流量及面積之相關性，運用同一流域上或下游測站所具有的完整流量資料來進行。惟流域之流量及面積之關係式一般可以統計學上之統計迴歸法求得，關係式與原流量觀測數據之相關係數愈接近 1，關係式與原流量觀測數據愈密合，亦即所推估之流量可信度愈高。
四、	本計畫預期將收集各河川流量站之水文觀測數據，透過統計迴歸法來繁衍出野溪河溪上游場址的年流量數據，以提供既設構造物水力發電潛能評估之用，方法具體可行。	感謝審查意見的肯定。
五、	計畫書中圖 1 的比面積法的經驗案例的集水區大小通常大於本研究案的野溪，因此如何臺灣本土野溪的比面積法，建議未來計畫如果通過執行時，可以有更詳實的研	遵照辦理，將在相關研究資料收集中加強說明之。

	究與評析。	
六、	目前農村發展及水土保持署轄下野溪中的既設結構物的盤點資訊取得，與其空間分布也是重點，其發電之後的輸電用電戶的地理區位，也請作合適的評析。	本研究的重點在針對無流量觀測防砂壩址，提出簡易型流量推估式，實為推動小水力發電計畫的前置工作，以便日後能快速且簡便的初估各壩址的發電潛能。而盤點並取得既設結構物、輸電用電戶地理區位等資訊，則屬下一階段的任務，建議可納入後續執行評估之參考，另案辦理之。
主計室審查意見：		
一、	本計畫請以補助經費 694 仟元調整編列。	遵照辦理。
二、	本年度執行期限請修正為自 113 年 2 月 7 日至 113 年 12 月 31 日。(10.9 個月)。薪俸、保險、退休離職儲金、主持人費、兼任研究助理，請以計畫執行期限 10.9 個月內編列。年終獎金亦配合計畫期程。	遵照辦理。
三、	預算明細表補充說明：23-00 按日按件計資酬金：113 年基本工資時薪\$183 元，助理人員酬勞 最高 10.9 個月，請一併修正。	遵照辦理，已修正基本工資時薪為 183 元。
四、	附表三「五」擬申購之資訊設備所列內容與預算明細表不符，請修正。	已調整部分預算編列並刪除預算代號 27-20 之資訊服務費部分，故已無附表三「五」之不符問題。
五、	餘同保育治理組意見。	感謝指正。

附錄二、期中審查會議紀錄暨回覆辦理情

項次	審查意見	回覆辦理情形
業務單位審查意見：		
一、	已屆期中報告，(摘要)除列出計畫目的、工作項目外請詳述完成項目、獲致之初步成果、待完成項目及時程、遭遇困難及解決對策等。	遵照辦理。
二、	期初審查意見(請探討含砂水流對於發電機組之危害及預防機制)，未見蒐集資料，請確認補充。	遵照辦理。已將(探討含砂水流對於發電機組之危害及預防機制)納入期末報告中。

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、	本研究之公式對於上下中游之不同空間，是否有同樣之效益。	感謝委員意見。是的，本研究所研提之公式原則上對於全流域均適用。
二、	集水區面積比法是否可提供關於目標結構物之環境基流量的推估，以利了解小水力設施對流量之可能衝擊？	感謝委員意見。以集水區面積比法取得之迴歸分析式，一般用來評估缺乏流量觀測數據之對象河川站點流量。又在對象河川站點經迴歸分析取得之年流量延時曲線中之超越機率為 Q95 之流量，則可將其視為環境基流量(或生態基流量)。
三、	老師所做之流量簡易推估，未來感覺可落地應用於小水力發電之政策評估工具，極具可行性。	感謝委員意見，所提出之流量簡易推估式在應用上甚為方便，且推估出之流量亦應具有一定的參考價值。
四、	山坡地之防砂設施所處環境大部分無長流水情形下，如何維持供電及效益為何？	防砂設施處是否值得設置發電站、發電規模為何等可透過該處的年流量延時曲線來初步判斷。若無長流水或平時流量太小時，在可行性評估階段終會因發電規模過小或總發電量過少等在益本比小於 1 的情況下，放棄開發。
五、	建議可以「流量-功率」的配合方式來研究，以量化設置本益比。	感謝委員的建議。惟影響發電功率的因子甚多，若水輪機組樣式、有效落差及發電效率等主要條件固定，即可以「流量-功率」的方式來展示。

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
540206南投市中興新村光華路6號
<https://www.ardswc.gov.tw>