

國立中興大學水土保持學系
碩士學位論文

山區簡易自來水水源選址之研究
Site selection of water supply for simplified tap
water systems in a mountain area

國立中興大學



National Chung Hsing University

指導教授：林昭遠 Chao-Yuan Lin

研究生：盧元裕 Yuan-Yu Lu

中華民國一百零六年六月

國立中興大學水土保持學系

碩士學位論文

題目：山區簡易自來水水源選址之研究

姓名：盧元裕 學號：5104042007

經口試通過特此證明

論文指導教授

林昭遠

論文考試委員

周良勳

李錦育

吳振發

林昭遠

中華民國 106 年 06 月 03 日

謝誌

首先誠摯的感謝指導教授林昭遠老師，在這兩年中不時的討論並指點我正確的方向，更由於老師悉心跟耐心的研究指導及倚靠研究室的學長姐、同學、學弟妹的共同勉勵與協助，使學生我得以完成論文。

在這短短兩年飛逝的日子中，回想在研究室裡的點點滴滴，於學術上的討論、五花八門的閒扯、面對 meeting 的革命情感，猶記得一年級的時候，晚上課程結束還跟映承探討學生間對老師的不得不說的感受，現在一下子就到 2 年級畢業離校的前夕了，有種莫名的感傷。

本論文的完成其中要感謝的是政侑學長的引導、映承、育珊及學長姐、學弟妹的協助，共同奮鬥的同學坤振、騰丰、家豪、美瑩、瑋良、慧珊、力綺，彼此間互相砥礪打氣跟不厭其煩的吐槽，另外長官黃技正育珍及同事陳虹合、陳啟堂、趙英俊對我研究上的指教開導，當然最感謝的還是老師對我們學生的督促及鞭策。因為有大家的幫忙，指出我研究論述中的缺失，且總能在我迷惘時為我解惑，使得本論文能夠更完整而嚴謹。

於論文文稿初成時，感謝口試委員李錦育教授、吳振發教授、周良勳教授的逐字審閱及斧正，使本文更趨完備，在此表達誠摯之感謝。

最後，謹以本文獻給我父母與家人，感謝在求學期間所給予的支持與關心，願與所有關心、協助我的人，共同分享論文完成的喜悅。

摘要

105 年度臺灣自來水普及率約為 93.58%，估計有約 150 萬人使用地表及地下天然水體做為生活用水，而如何照顧無自來水地區民眾之用水權益、預防水質污染與減少傳染病極為重要。山區居民多數依地域聚落設置簡易自來水設施，過去簡易自來水設施配置及施工規劃一般利用現地踏勘、地形圖及當地人的經驗等做為判斷的依據，但所選水源位址常有供水不穩定、水質不佳及錯估用水量等情形。

本研究藉由 GIS 圖資及數值高程模型萃取窪蓄區位，在供水規模、可取得水源、原水水質、地形、河川流量、經濟效益及非點源污染等條件下，評估及優選水源地，後續配合現地勘查，規劃配置水源地至聚落蓄水池間之簡易自來水工程設施，俾供工程設施設置及改善之參考。

本研究所篩選之水源地共 A、B、C 處，以 A 處因距離近、水質佳且具高經濟效益，因此為營造之第一優選，惟流量最低，宜從 B、C 兩處擇一作為備用水源，但 B 處因地形起伏大使經濟效益低、維護管理經費高；C 處則因集水區有大面積農地開墾，分為 C-1、C-2 兩種規劃，須有完善之淨水設施或緩衝帶配置改善水質後方可取用水源。

關鍵詞：簡易自來水、窪蓄區位、山區

ABSTRACT

Currently, about 93.58% of population in Taiwan had access to tap water, and about 1.5 million people use surface water and underground natural water as domestic water. How to archive the water right to uplift the living standard and to prevent water pollution for some people without tap water is also important. Most of hill tribes had constructed the simple tap water facilities along the tribe terrain and location. In the past, the design of water facilities and construction planning were generally based on field investigation, topographic map and local experience. However, the selected sites of water source are often having the conditions of instable water supply, poor water quality and improper water consumption estimation.

In this study, GIS data and Digital Elevation Model (DEM) were applied to extract the depression storage. The water supply would be evaluated and prioritized under the conditions such as acquirable water, quality, terrain, discharge, economic benefit and non-point pollution. The suitable sites for constructing the water facilities from water supply to tribes would be also coupled with field survey. The results could be a reference for the water facilities placement and improvement.

In this study, three sites of water supply for simplified tap water systems were selected. The best one was site A due to good quality, short distance from water supply site to tribe and high economic benefit of construction and maintain. However, because the discharge in site A is lower, the backup water supply site should be selected from site B or C. For the site B, the economic benefit is lowest and the maintain budget is highest owing to the high terrain roughness. For the site C which was

divided into C-1 and C-2 showing large area of farm land in the watershed, a perfect water purification facilities and/or configuration of vegetation buffer zone should be constructed to improve water quality before access to water source.

Keyword: Simplified tap water, Depression sites, Mountain area



目 錄

謝誌	i
摘 要	ii
ABSTRACT	iii
目 錄	v
表目錄	vii
圖目錄	viii
第一章 前言	1
第一節 研究動機.....	1
第二節 研究目的.....	2
第三節 研究流程.....	2
第二章 文獻回顧	4
第一節 山區簡易自來水面臨問題	4
第二節 自來水工程水源選址原則	6
第三節 簡易自來水淨水原則	7
第四節 植生緩衝帶相關文獻	16
第三章 研究材料與方法	20
第一節 研究樣區.....	20

第二節 研究材料.....	23
第三節 研究方法.....	24
第四章 結果與討論	44
第一節 篩選預定水源地之窪蓄區位.....	46
第二節 削減農業污染措施	51
第三節 綜合分析.....	59
第四節 水力計算.....	65
第五章 結論與建議	67
第一節 結論	67
第二節 建議	68
參考文獻	70

表目錄

表 2-1 飲用水水源水質標準.....	8
表 2-2 陸域地面水體（河川、湖泊）	9
表 2-3 簡易自來水淨水方法選定原則	9
表 2-4 簡易自來水水質檢驗標準.....	14
表 2-5 國內外相關濱水區緩衝帶規定	17
表 2-6 國內外相關濱水區緩衝帶規定(續).....	18
表 3-1 簡易自來水工程計畫最大每日供水量估算參考表.....	29
表 3-2 各類輸水管材料相對特性一覽表	32
表 3-3 土壤質地表	38
表 3-4 各土地利用類型之單位面積污染輸出係數表.....	39
表 3-5 營養鹽氮磷留存機制.....	40
表 4-1 水源選址考量 SWOT 分析	45
表 4-2 篩選之水源位址附近之河川水質檢測	52
表 4-3 植生緩衝帶改善成效.....	58
表 4-4 合歡站 103 年日平均流量.....	61
表 4-5 選取之水源流量	62
表 4-6 水源選址適宜性	63

表 4-7 水源選址適宜性(續).....	64
-----------------------	----

圖目錄

圖 1-1 研究流程.....	3
圖 2-1 簡易自來水篩除、沉澱及消毒淨水流程.....	10
圖 2-2 簡易自來水混凝、沉澱、過濾、消毒淨水流程.....	11
圖 2-3 簡易自來水活性炭吸附或逆滲透等高級處理淨水流程....	12
圖 3-1 地理位置圖.....	21
圖 3-2 篩選窪蓄區位流程.....	25
圖 4-1 萃取窪蓄區位.....	47
圖 4-2 篩選水源地.....	49
圖 4-3 篩選之水源集水區範圍.....	50
圖 4-4 有勝溪超限利用地分佈.....	53
圖 4-5 德基水庫集水區農作分佈圖.....	53
圖 4-6 集水區面積與農業開墾率.....	55
圖 4-7 水系里程數與開墾率變化.....	55
圖 4-8 C區污染熱點區位.....	56
圖 4-9 配置前氮輸出量.....	57
圖 4-10 配置後氮輸出量.....	57

圖 4-11 配置前磷輸出量	58
圖 4-12 配置後磷輸出量	58
圖 4-13 簡易自來水系統規劃.....	66

國立中興大學



National Chung Hsing University

第一章 前言

第一節 研究動機

山區水源受季節雨量影響，有豐枯水期的變化，在枯水期水源水量常有不穩定情形，另外受到集水區觀光遊憩及農業耕作等開發行為影響，水源水質亦日趨惡化，多有不符合飲用水水質標準的問題。山區用水通常引用地表天然水體經過簡單的沉澱程序(部分地區系統省略這個步驟)而至蓄水配水池，之後就直接供水至用戶家中使用，不只是一般生活用水，飲用水亦是。山區簡易自來水系統因受地形影響，規模皆不大，供應一至二百戶人家即算規模大者，多數為十多戶人家組成，另外有各戶自行從溪邊取用；因為成本及維護考量，這樣的設施完全是以簡單能使用為原則，並未考慮水質、安全性及維護性。

自來水設備應具有必要的取水、貯水、導水、淨水、送水與配水等設備，且須依自來水工程設施標準配置等設備，但簡易自來水系統多位於偏遠地區，有水源不穩、處理單元簡單與維護管理不易等問題。並無法完全適用自來水工程設施標準興建，故經濟部水利署另外訂定「簡易自來水工程設施技術手冊」，以作為簡易自來水工程設施設置及改善之參考。

第二節 研究目的

本研究藉由 GIS 圖資及數值高程模型萃取窪蓄區位，在供水規模、可取得水源、原水水質、地形、河川流量、經濟效益及非點源污染等條件下，優選河道窪蓄區位之水源地，以配置水源地至聚落蓄水池間之簡易自來水工程設施，作為工程設施設置及改善之參考，達到供水有質有量的目標。

第三節 研究流程

研究分為如下之五章節，研究流程如圖 1-1 所示。

第一章前言：說明研究動機、目的及流程。

第二章文獻回顧：簡述山區簡易自來水面臨問題、簡易自來水淨水原則、原水消毒方法及植生緩衝帶。

第三章研究材料與方法：說明樣區基本資料、研究材料、研究方法及分析方法。

第四章結果與討論：篩選污染熱點區位、削減農業污染之措施，針對簡易自來水水源選址進行分析，以優選最佳水源地。

第五章結論與建議：說明水源選址除第一優選地點外，若將灌溉用水一併納入考量，其餘評估區位可列為備援水源，開闢第二、第三水源，以利互相調配。山區簡易自來水系統主要困難在後續的管

理及設施維護，除輔導簡水系統健全營運管理外，建議評估由自來水公司接管簡易自來水系統之可行性。

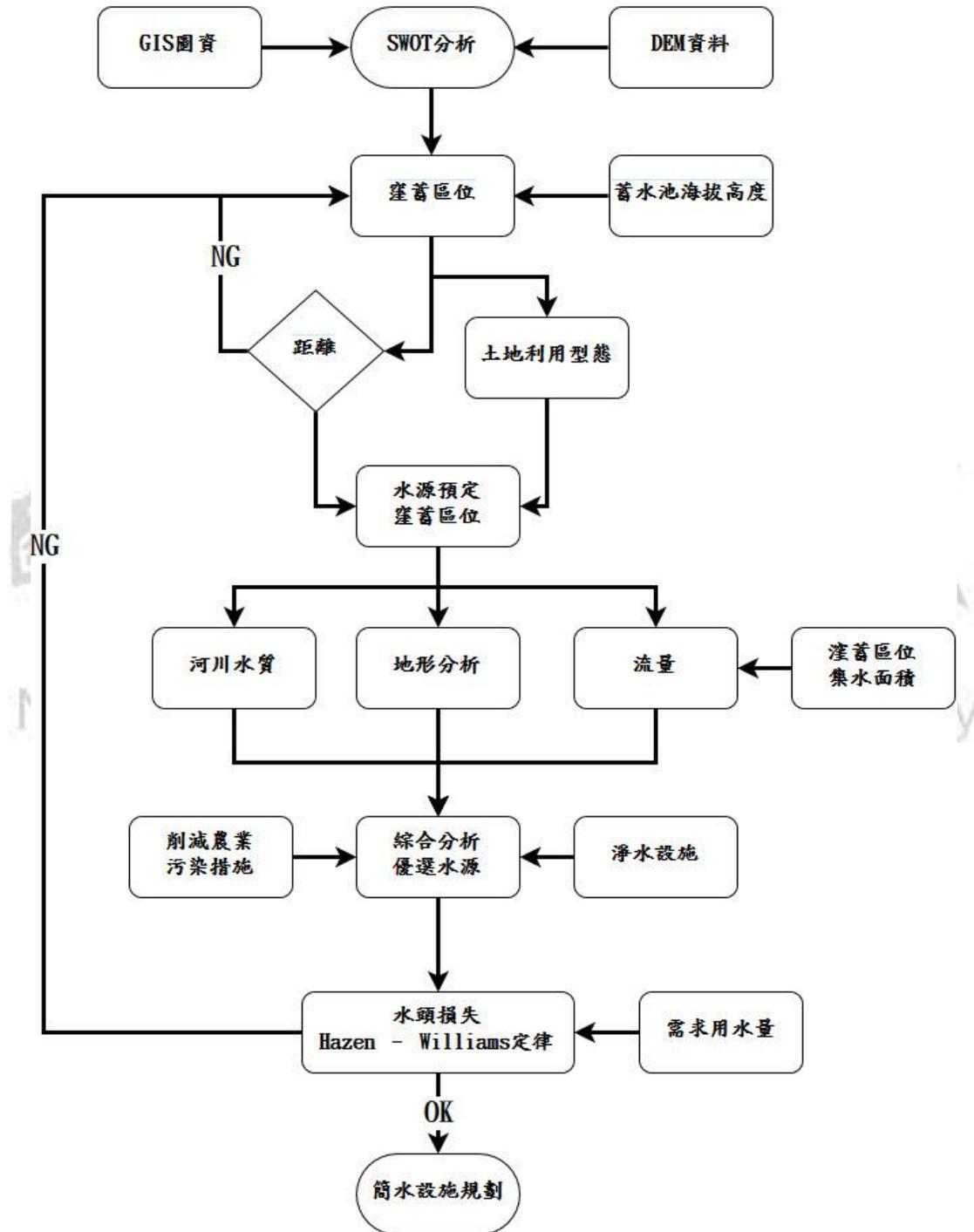


圖 1-1 研究流程

第二章 文獻回顧

第一節 山區簡易自來水面臨問題

1. 山區水源枯竭，聚落亟需替代之穩定水源。

在全球氣候變遷影響下，旱澇狀況趨於極端化。對河流湍急的台灣而言，極端降雨會大幅提高河川水量及水質管理難度，最直接的影響是旱季時間延長，造成偏低的河川基流量而降低污染涵容能力(行政院環境保護署，2011)。

在部分山區供水方式多以簡易自來水系統供給，因為在供水面上，山區聚落分散人口相對較少，自來水公司囿於經濟財務的壓力，故無法大量投資以提升自來水普及率。而對山區居民而言，亦不滿意自來水系統的供水品質及口味；至於簡易自來水系統在供水方面，則有水量不足、水質不佳等問題，管理方面則為專業、人力及經費嚴重不足，造成營運管理及供水不符使用需求等問題。山區居民另有自行取水的特殊方式，其設施條件與水質，不一定能符合現行法規之安全與衛生標準，是山區水資源運用上必須積極處理之課題。近年來山區發展觀光及休閒產業，加上山區農業耕種需求，居民自行取水供應民生使用外，多數是導引農業灌溉，甚至於乾早期水源枯竭時，使用自來水灌溉，故生活用水與產業用水產生競合效應，加劇供水不足，有前端水

源分配不均，造成後端用戶無水可用等情形，又另覓水源困難，且經費龐大等種種(行政院原住民族委員會，2014)。

2. 天然災害頻繁，供水設施易遭破壞。

在偏遠的山區，因為自來水供水成本高，多數以簡易自來水或自行取水方式供應用水，而臺灣屬於多颱風且多豪雨、地震地區，在諸多先天不良的因素下，再加上簡易自來水系統設施多設在人跡罕至且環境敏感或不宜有高強度工程施工的地方，在成本及施工便利考量下，就地取材就是一個不得不為的措施，通常水源取水處除天然窪蓄外，漿砌石牆作為攔水堰已屬較佳的作法，惟每逢颱風豪雨，仍抵擋不住山洪的威力，更何況引水管線設施，故山區簡易自來水系統主要困難在後續的管理及設施維護(行政院原住民族委員會，2014)。

3. 合乎飲用水標準之水源不易尋找

簡易自來水水源為山泉、河川及地下水等皆為天然水體，而山區多數採用河川、山泉水源，其易受颱風豪雨影響而大幅提高原水濁度，另外山區農業開墾常用肥料、農藥亦有污染水質的情形，致使聚落周遭並無合乎標準的飲用水源，往往需要至數公里甚至10數公里外取用，除了成本所費不貲，管線維護亦不易。

4. 維護管理系統不易

簡易自來水系統多會成立管理委員會，負責系統管理及維護工作，但有許多系統用戶僅願支付不多的水費且不珍惜用水，而管理委員會因僅能收取到微薄管理費用，又因缺乏專業人員進行維護操作，在缺乏經費又無專業技術的情形下，導致絕大多數的簡易自來水系統管理不彰、設施年久失修，供水功能失去作用而棄置，使得簡易自來水系統之改善及新增需求，無法妥善解決。

第二節 自來水工程水源選址原則

依自來水工程設施標準(2003)第七條規定，自來水取水設施以河川表流水為取水水源者，應先就下列事項作長期之調查，並利用過去之流量與氣象資料以估計水源之安全出水量：

1. 水量及水位：
 - (1) 每年最低枯水量、枯水位。
 - (2) 水量、水位變化情形。
 - (3) 每年最高洪水位。
2. 水權。

3. 水質：

- (1) 勘查影響水質之天然與人為因素。
- (2) 降雨與濁度之關係。
- (3) 整年之水質變化。

另自來水工程設施標準(2003)第八條規定河川表流水之安全出水量，應以重現期距為二十年之枯水流量為準。但小規模自來水設施如簡易自來水系統，以小溪流為水源而無長期流量紀錄可供分析時，得斟酌情形推定其安全出水量。

第九條規定以河川表流水為水源之取水地點之選定規定如下：

1. 流速和緩將來流心不致於變遷或河床上升降低之地點。
2. 取水地點及其附近應為地質良好且不致因沖刷而破壞之地點。
3. 避免污水流進之處所及有潮汐可到達之地點。
4. 與防洪及其他水利設施及計畫相配合。

第三節 簡易自來水淨水原則

依飲用水管理條例(2006)第六條規定，簡易自來水之飲用水水源，其原水水質應依照飲用水水源水質標準第五條：地面水體或地下水體作為自來水及簡易自來水之飲用水水源者，其水質應符合表 2-1 規定：

表 2-1 飲用水水源水質標準

項 目	最 大 限 值	單 位
大腸桿菌群密度	20,000 (具備 MPN / 100 毫升消毒單元者) 或 50 (未具備消毒單元者) CFU / 100 毫升者)	
氨氮 (以 NH ₃ -N 表示)	1	毫克 / 公升
化學需氧量 (以 COD 表示)	25	毫克 / 公升
總有機碳 (以 TOC 表示)	4	毫克 / 公升
砷 (以 As 表示)	0.05	毫克 / 公升
鉛 (以 Pb 表示)	0.05	毫克 / 公升
鎘 (以 Cd 表示)	0.01	毫克 / 公升
鉻 (以 Cr 表示)	0.05	毫克 / 公升
汞 (以 Hg 表示)	0.002	毫克 / 公升
硒 (以 Se 表示)	0.05	毫克 / 公升

資料來源：飲用水水源水質標準(1997)

原水淨水方法應能有效除去各種不需成分，依據地面水體分類及水質標準規定如表 2-2、2-3 所示：

1. 原水水質符合甲類水體水質標準者，採用消毒方式。
2. 原水水質符合乙類水體水質標準者，採用過濾處理方式。
3. 原水水質符合丙類水體水質標準者，採用高級處理方式。

表 2-2 陸域地面水體（河川、湖泊）

分級	氫離子濃度指數(pH)	溶氧量(DO) (mg/L)	生化需氧量(BOD) (mg/L)	懸浮固體(SS) (mg/L)	大腸桿菌群(CFU/100mL)	氨氮(NH ₃ -N) (mg/L)	總磷(TP) (mg/L)
甲	6.5-8.5	6.5 以上	1 以下	25 以下	50 個以下	0.1 以下	0.02 以下
乙	6.0-9.0	5.5 以上	2 以下	25 以下	5,000 個以下	0.3 以下	0.05 以下
丙	6.0-9.0	4.5 以上	4 以下	40 以下	10,000 個以下	0.3 以下	—
丁	6.0-9.0	3 以上	—	100 以下	—	—	—
戊	6.0-9.0	2 以上	—	無漂浮物 且無油污	—	—	—

資料來源:地面水體分類及水質標準(1997)

國立中興大學



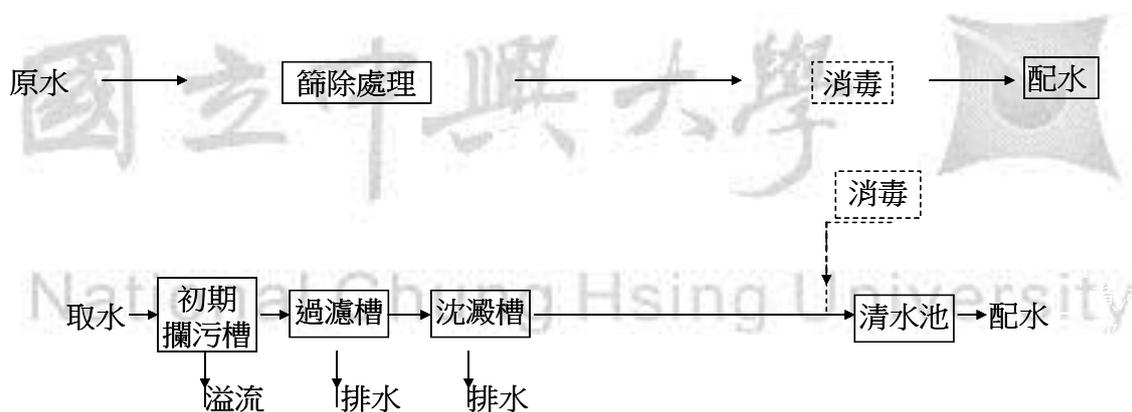
表 2-3 簡易自來水淨水方法選定原則

處理方式	原水水質	淨水方法
篩除沉澱+消毒	<ol style="list-style-type: none"> 1. 大腸桿菌群(CFU/100mL)50 以下 2. BOD 1 mg/L 以下 3. 其他項目符合飲用水水源水質標準 	篩除、沉澱及消毒
過濾系統+消毒	<ol style="list-style-type: none"> 1. 大腸桿菌群(CFU/100mL)5,000 以下 2. BOD 2 mg/L 以下 3. 其他項目符合飲用水水源水質標準 	可設置混凝、沉澱、過濾及消毒設施
高級處理+消毒	<ol style="list-style-type: none"> 1. 大腸桿菌群(CFU/100mL)10,000 以下 2. BOD 4 mg/L 以下 3. 其他項目符合飲用水水源水質標準 	可設置活性碳吸附、離子交換、逆滲透等高級處理

資料來源:經濟部水利署(2015)

不同的原水水質應採用適宜之淨水處理方法，處理後水質能滿足自來水或飲用水水質標準。為顧及長期運作之要求，設施操作、管理宜簡便，且建設、營運管理費用應經濟。

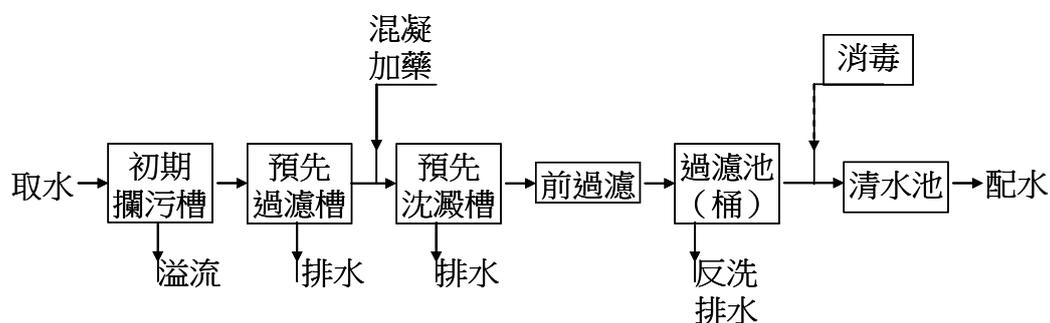
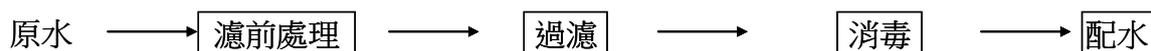
水質良好之地下水水源，可僅採用消毒淨水方式；而符合於甲類水體水質標準之地面水源，水體淨水流程如圖 2-1 所示，原水由取水設施引入後，通過攔污槽、過濾槽及沉澱槽等篩除處理，去除水中懸浮固體後，並經過消毒送往配水設施。



資料來源:經濟部水利署(2015)

圖 2-1 簡易自來水篩除、沉澱及消毒淨水流程

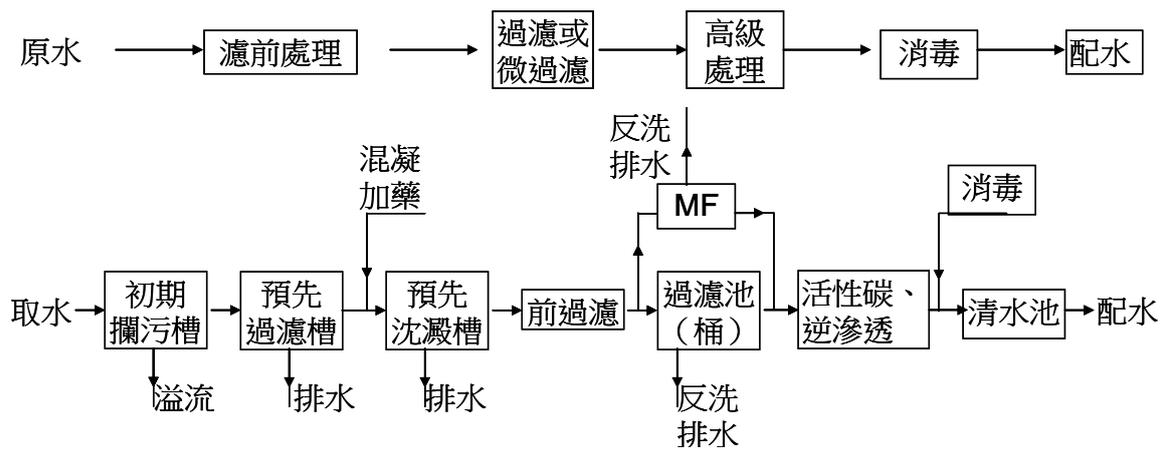
符合於乙類水體水質標準之水源，水體淨水流程如圖 2-2 所示，通過攔污槽、過濾槽，篩除水中部分懸浮固體，經混凝、沉澱前處理程序，及後續(加壓)過濾、消毒殺菌等淨水處理後，送往配水設施。



資料來源:經濟部水利署(2015)

圖 2-2 簡易自來水混凝、沉澱、過濾、消毒淨水流程

符合丙類水體水質標準之水源，水體淨水流程如圖 2-3 所示，採用高級淨化處理方法，包含活性碳、離子交換、逆滲透等，高級淨化處理程序均須先經由其他前處理設備先行處理，並隨原水水質及淨化標的而定。另由於高級處理設施建設、維護費用相對較高，需投入較多管理人力，方能力保操作安全可靠，故仍以選擇較佳水質之水源為更佳之抉擇。



資料來源:經濟部水利署(2015)

圖 2-3 簡易自來水活性炭吸附或逆滲透等高級處理淨水流程

依據臺中市政府環境保護局-簡易自來水廠水質檢測資料(2017)

顯示，臺中市針對簡易自來水水質檢測項目如下，其檢測標準如表 2-4 所示：

1. 大腸桿菌群:水中出現大腸桿菌群時，表示可能會有其他致病菌同時出現。

2. 色度:屬影響適飲性項目。由於原水中色度大都來自有機物(尤其腐植質)，色度可視為有機污染之指標之一。

3. 濁度:

(1) 當濁度大於 1NTU 時，將影響消毒效率；而大於 5NTU 時肉眼可辨，會造成消費者之抱怨。

(2) 濁度過高可能於顆粒中藏匿微生物進而影響人體健康。

4. 亞硝酸鹽氮:為毒性物質之一，人體內亞硝酸鹽主要為硝酸鹽在體內轉換而成，在高濃度時會產生心血管方面之疾病，低濃度時會發生變性血色蛋白血症(發生於嬰孩則稱為藍嬰症)，症狀為皮膚出現藍紫色之斑紋及呼吸急促等。
5. 硝酸鹽氮:對人體之毒性目前仍不確定，屬低毒性或無毒性，但因硝酸鹽氮於進入人體後，有部分會轉變為亞硝酸鹽，因而對人體造成危害。
6. 總硬度

(1) 水中之硬度乃源於溶解多價之金屬離子(以 CaCO_3 為單位)，主要包括鈣、鎂離子，其餘如 Sr^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 均屬之。

(2) 總硬度過高之飲水與泌尿系統結石疾病間之相關性尚無法確定。硬度在飲水中之影響主要為味覺口感，飲用水水質標準(2017)第三條規定，總硬度最大限值為 $300(\text{mg/L})$ ，而水中總硬度太低，可能加速管線腐蝕作用，太高時(超過 200mg/L)，可能在加熱過程中形成鍋垢或水垢。

表 2-4 簡易自來水水質檢驗標準

檢測項目	pH 值 (無單位)	大腸桿菌 (MPN/100mL)	色度(鉑鈷單 位)	濁度 (NTU)	亞硝酸 鹽氮 (mg/L)	硝酸鹽氮 (mg/L)	總硬度 (mg/L)
飲用水質 標準值	6.0~8.5	6	5	2	0.1	10.0	300

資料來源:臺中市政府環境保護局(2017)

由於天然水體中含有微生物及細菌，後續如經混凝、沉澱、過濾等程序，亦無法完全去除，因此消毒是非常重要的處理程序，消毒方法大致上可以分為物理性及化學性兩類方法。深圳市華南高科水處理設備有限公司(2017)在其「紫外線消毒與四種化學消毒方法的比較」中說明物理性方法主要有機械過濾、冷凍、加熱、輻射、紫外線、微電解和微波消毒等方法；化學方法主要有氯、二氧化氯、氯胺、臭氧、鹵素、陰離子表面活性劑、金屬離子及其它殺生劑等。國內一般常見淨水消毒方法簡述如下：

1. 氯氣：氯為目前最廣泛使用的消毒劑，由於它具有用量少、便宜且在充足加量下能產生一定餘氯量等優點，通常以氯氣，次氯酸鈉或次氯酸鈣加入水中進行消毒。
2. 臭氧：臭氧能氧化水中的有機物，短時間內就分解放出氧氣，使處理水不會發生如氯氣消毒的臭味並能殺死病毒、芽孢及細菌。

其消毒反應迅速，殺菌效率高，能有效地去除水中殘留有機物、色、嗅、味等，受 pH 值、溫度的影響很小，減少水中 THMs 等鹵代烷類消毒副產物的生成量。惟臭氧穩定性差容易分解為氧氣，故不能瓶裝貯存和運輸，必須現場制備使用，因此無法在水中提供持續性的殺菌效果，水處理設備相對投資大，電耗大，成本較高；運行管理比較複雜。

3. 紫外線：通過紫外線對微生物的輻射，可對水體消毒滅菌，生物體內的核酸吸收了紫外線的光能，破壞了核酸的功能，使微生物致死，從而達到消毒的目的。根據生物效應的不同，紫外線按照波長劃分為四個部分，即 A、B、C、D 波段，其中 C 波段紫外線會使病毒、芽孢、細菌以及其它病原菌的 DNA 喪失活性，破壞它們的複製和傳播疾病的能力。

臺北自來水事業處(2013)說明在飲用水中之微生物、細菌就算經過混凝、沈澱、過濾等程序，依然無法完全去除，因此後續仍需消毒的處理程序；自來水消毒雖可採用臭氧、氯氣、紫外線等方式以達到滅菌的目的，但最為有效且在配水管中仍可有延續性消毒能力，以避免輸送及儲存過程中二次污染發生者，僅有加氯消毒，故加氯消毒在歐美淨水場亦被普遍利用。

第四節 植生緩衝帶相關文獻

林昭遠等(2010)說明植生緩衝帶是一種可以有效減少農業非點源污染匯集的處理方法，其為位於潛在污染源與地表水體間之人工栽植或天然植被。具有增加地表對逕流的抵抗力、降低地表沖蝕、過濾泥砂、農藥、肥料等污染物，使泥砂、養分及殺蟲劑與逕流分離，降低水處理成本，減緩水庫水質的劣化及安定河岸，能有效阻絕山坡地農業耕作所產生之非點源污染，對於河川之生態保育助益良多，為農地最佳管理措施之一，亦為集水區防治非點源污染物污染水質的有效方法之一。

水土保持法(2016)第 20 條規定說明：經劃定為特定水土保持區之水庫集水區，其管理機關應於水庫滿水位線起算至水平距離三十公尺或至五十公尺範圍內，設置保護帶。其他特定水土保持區由管理機關視實際需要報請中央主管機關核准設置之。前項保護帶內之私有土地得辦理徵收，公有土地得辦理撥用，其已放租之土地應終止租約收回。第一項水庫集水區保護帶以上之區域屬森林者，應編為保安林，依森林法有關規定辦理。相關濱水區緩衝帶規定，如表 2-5 所示。

表 2-5 國內外相關濱水區緩衝帶規定

國家與地區	水體型態	緩衝帶寬度	遮蔽率或冠層規定	文獻	備註
中華民國	水庫	滿水位起算，水平距離 30-50m 範圍內		水土保持法第 20 條	
	溪流	兩側水平距離至少 5m 內			
	沿海地區	防風綠帶寬度至少應在 30m 以上			
愛德荷州	第一類河川*	至少 75ft(22.86m) 以上	75%遮蔽率		美國 (Idaho State)
	第二類河川*	至少 5ft(1.524m) 以上			
華盛頓州	第一、二、三型河川	依河川寬度而異(5-100ft, 1.524-30.48m)	50%遮蔽率，但若溫度>60 時，則為 75%		美國 (Washington State)
	第四型河川**	無規定			
	加州	第一、二類河川*	依河川寬度而異(50-200ft, 15.24-60.96m)	50%冠層雨林下植被覆蓋率	
	第三類河川**	無規定	50%冠層下		
奧瑞岡州	第一類河川**	3 倍河川寬度	50%冠層覆蓋率、75%遮蔽率		美國 (Oregon State)
	第二類特別保護河川*	無規定	75%遮蔽率		

資料來源:陳嬉旻(2016)

*飲用水或養殖用。

**河川具有輸送沉澱或其他影響或對下游水質具有顯著影響。

表 2-6 國內外相關濱水區緩衝帶規定(續)

國家與地區	水體型態	緩衝帶寬度	遮蔽率或冠層規定	文獻	備註
科羅拉多州	沉砂目的	最少 20ft(6.096m)		美國農業部	美國農業部自然資源保育署科羅拉多地區辦公室保育措施標準
	降低懸浮固體物濃度	最少 30ft(9.144m)			
美國	森林集水區溪流兩岸	耕地保育計畫為 20-30m 森林集水區為 30m		林信輝， 2001	美國農業部
新芬蘭省	水道	水平距離 20m(坡度<30%) 12+1.5X(坡度>30%)		Forsey& Bren, 2003	加拿大新芬蘭 (Newfoundland) 林業處
澳洲	常年流	水平距離至少 20m 以上		Dignan& Bren, 2003	澳洲自然資源與環境部，林業法規
日本	河川保護區	為不超過河川管理設施所需 最小區域為 限，不超過河川 界線 50m		林信輝， 2001	日本河川法第 54 條

資料來源：陳嬉旻(2016)

植生緩衝帶之效果與植生種類、寬度、配置地點、降雨特性及集水區土壤特性有很大關係，如何配置植生緩衝帶最佳區位以達到最佳效益，陳嬉旻(2016)研究說明，應用 InVEST 模式採用三種情境進行模擬集水區不同環境區位配置緩衝帶之單位面積改善率：1. 超限利用農

地回收(SOURCE) 2. 濱水區位(SINK) 3. 農地傳輸路徑區位(PATH)。

其針對相關結論摘錄如下：

1. 單位面積營養鹽留存率依序為：濱水區>農地主要污染路徑>超限利用區。
2. 針對超限區鄰近濱水區域設置植生緩衝帶，氮及磷之單位面積輸出改善率為 17.41%、15.94%。
3. 針對農地鄰近濱水區域設置植生緩衝帶，氮及磷之單位面積輸出改善率為 15.39%、14.05%。

有關集水區內營養鹽污染影響水質的問題，搭配篩選污染熱點區域並於超限區或農地濱水區設置植生緩衝帶(至少 10m 寬)，可以較為有效的改善營養鹽污染水質的情形並可利用植生緩衝帶攔阻泥砂。

第三章 研究材料與方法

第一節 研究樣區

德基水庫位於臺中市和平區大甲溪上游，即中橫公路台 8 線 62 公里處，1969 年 12 月 8 日開工興建，1974 年 9 月全部完成。集水區面積約 600 平方公里，橫跨臺中、南投、花蓮及宜蘭等四個縣市，本研究樣區位於臺中市和平區平等里，其地理位置如圖 3-1 所示。

依據民國 103 年度經濟部水利署、行政院原民會及各縣市政府統計資料，全國簡易自來水系統數為 904 處，而臺中市簡易自來水系統有 126 處，其中東勢、新社及和平區等山城地區的簡易自來水系統數為 47 處，和平區 28 處為臺中市簡易自來水系統數量最多的行政區。

和平區全區為山地範圍，其區內有台灣自來水股份有限公司第四區管理處梨山淨水廠及谷關淨水廠，惟梨山淨水廠因地形及供應能量因素所限，目前僅供梨山里地區民眾使用，另谷關淨水廠目前僅供谷關遊客中心使用。依據台灣自來水股份有限公司統計資料(105.07)顯示，臺中市和平區自來水普及率為 10.61%，非自來水用戶絕大多數為使用簡易自來水。多數簡易自來水場具有位處偏遠、供水量小、水源不穩定、處理單元簡單與維護管理不便等特性，乾淨水源大多距離甚遠，在經濟效益上不符比例原則，亦衍伸日後維護管理上的諸多不便。

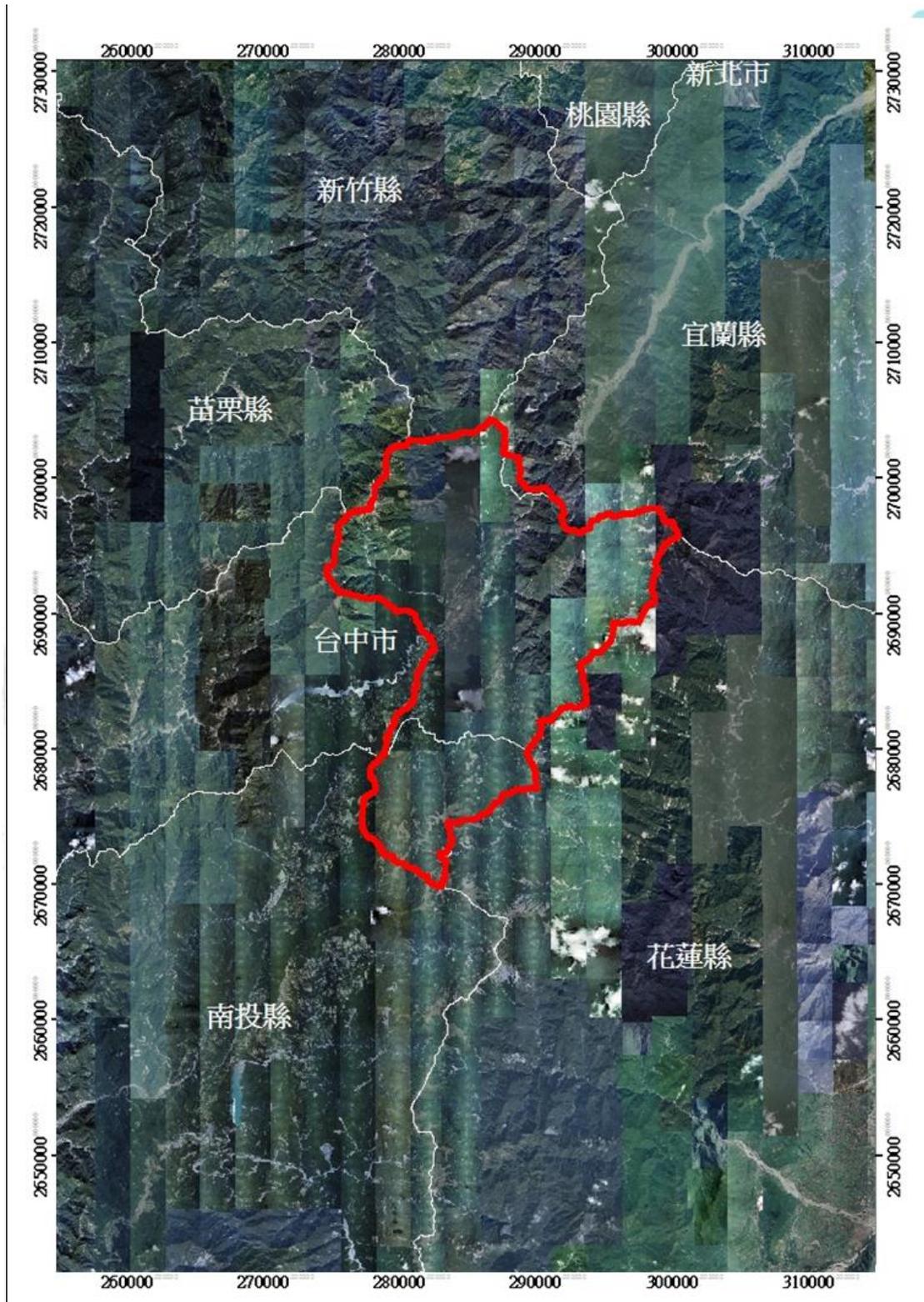


圖 3-1 地理位置圖

1. 氣候與地形

和平區位處臺中市之東北角，幅員廣達約 1037 平方公里。和平區位於雪山山脈南側，有大甲溪貫穿，西半部氣候屬溫帶、東部為高地氣候，氣溫呈現西高東低的情況。境內為雪山山脈與中央山脈分布，2,000-3,000 公尺以上的山地密布，邊境上有許多 3,000 公尺以上的山峰。另有眾多大小河流所生成曲流、沖積扇、河階、通谷、瀑布等地形景觀。該區位居大甲溪中上游，西北部自由里與達觀里則位於大安溪中、上游河谷。其中平等里 10 鄰位處海拔約 1,680 公尺，4 月至 9 月為豐水期，枯水期 11 月至 2 月。

2. 人口分佈

依據臺中市和平區公所(2016)「中華民國 104 年臺中市和平區人口統計分析」說明該區平等里截至 104 年底人口數為 921 人。全里居民用水皆使用簡易自來水，其中平等里水文站簡易自來水系統用戶 105 年統計有 40 戶，以每戶 3 人計算，即約有 120 名使用者。

3. 德基水庫集水區主要污染

臺灣水庫集水區水質污染主要以非點源污染佔絕大多數，在降雨期間，隨著雨水將累積於地表之污染物沖刷入水體，由於此型態之污染隨著降雨全面產生，無明確發生地點，故稱為非點源污染，其發生

機制及污染特性與點源污染不同(黃建智，2002)。

透過 2010、2015 年衛星影像土地利用分類顯示，德基水庫集水區內農作種植相對集中武陵農場周圍局部地區、武陵路一帶局部地區、有勝溪及大甲溪沿岸、台 7 甲線兩側、環山部落、福壽山農場力行產業道路及福壽路等地區。農民於農業生產過程過度施用肥料、農藥和耕作習慣使農地裸露，均成為污染來源，主要包括沉澱因子(如懸浮固體、濁度)、營養鹽(氮、磷等)及農藥(經濟部德基水庫集水區管理委員會，2015)。

國立中興大學



第二節 研究材料

National Chung Hsing University

1. 數值高程模型

由內政部地政司繪測之 DEM(40m*40m)資料，利用 ArcGIS 軟體，進行地形分析、集水區劃分、水系網萃取等。

2. GIS 圖資-土地利用

採用 2008 年國土繪測中心及交通部運輸研究所 2007 年繪製資料，區分農業、森林、交通、水利、建築、公共設施、遊憩及其他等 8 個類別，利用集水區資訊系統 (wingrid 2.0)軟體分析水系集水區農業土地分佈，評估水質改善措施。

3. 流量

採用經濟部水利署編印「中華民國 103 年臺灣水文年報第二部分—河川水位及流量」之測站資料。

4. 原水水質

研究使用經濟部德基水庫集水區管理委員會(2015)「104 年度德基水庫水質與藻類監測計畫」，其中 2015 年 3 月 3 日、5 月 14 日、8 月 19 日及 10 月 20 日德基水庫集水區溪流採樣水質監測結果。

第三節 研究方法

在過往案例中，許多的簡易自來水系統都由政府補助設置簡易自來水設施，其中也包含有消毒淨水設施，但是簡易自來水管理委員會成員皆為當地住民所組成，主要管理成員大多並未接受過「簡易自來水操作人員」相關訓練，且消毒過程多為採用次氯酸鈉做為消毒藥品，由非專業人員使用有危及健康之疑慮，故大多數設施閒置未使用而荒廢，失去了政府協助設置的美意。本研究為協助簡易自來水系統水源選址，以窪蓄區位(河床自然形成深潭處)為選擇標的，篩選水源地預定位址流程如圖 3-2 所示：

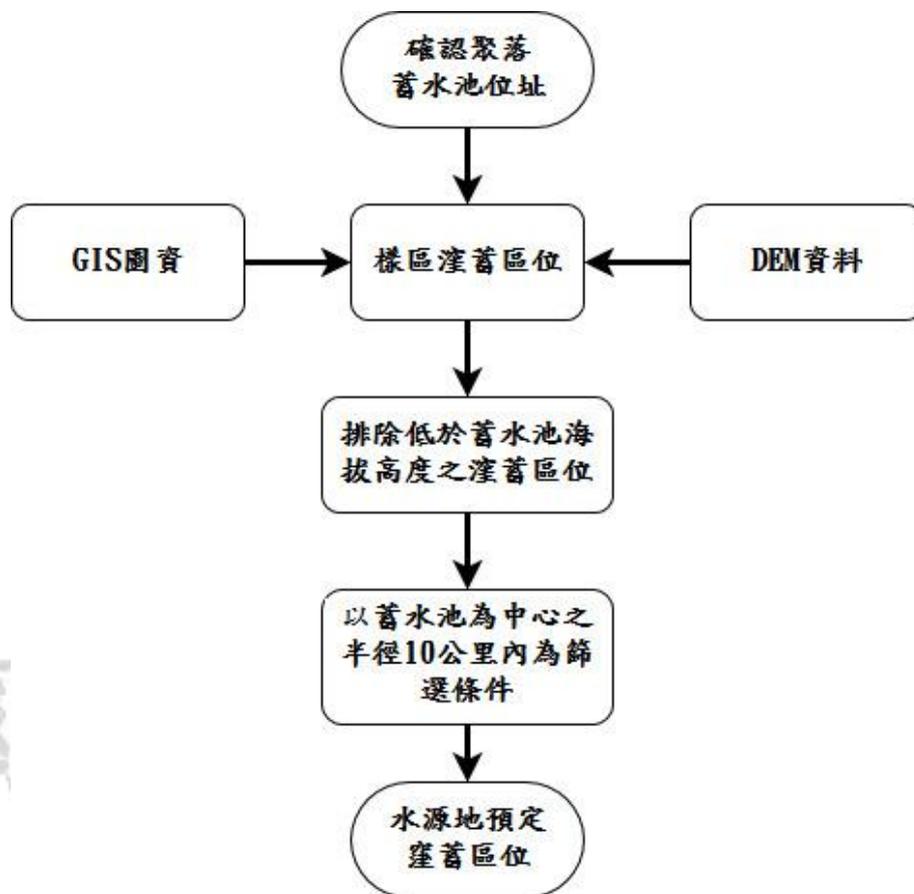


圖 3-2 篩選窪蓄區位流程

相關研究參數及方法如下：

1. SWOT 分析

針對分析對象內外環境所形成的機會 (Opportunities)，風險 (Threats)，優勢 (Strengths)，劣勢 (Weaknesses) 等四種情況進行分析，以尋找制定適合實際情況的處理方案和策略的方法。另外針對機會、風險、優勢、劣勢互相結合，組成優勢—機會 (SO)、劣勢—機會

(WO)、優勢—威脅 (ST) 及劣勢—威脅 (WT) 以研擬可行策略。

以 SWOT 分析方法探討各種相關環境因素，分析篩選主要影響參數用以優選最佳水源地點。

2. 窪蓄區位萃取

降雨落於地面上，其貯留於溝、坑及其他地表窪地之過程，稱為窪蓄，依類型可分為自然或人工窪蓄區位。在窪蓄區位萃取流程上，利用 Jenson and Domingue(1988)提出的高差法結合斜面法，搭配數值高程模型(Digital Elevation Model, DEM)計算網格高程差，自動萃取窪蓄區位，得到窪蓄區位的大小、深度、坡面型與河道型等分類。一般而言，在河道上的窪地是良好設置防砂壩、水庫、攔河堰等橫斷河道的水利或水保設施的位置，而在坡面上則是良好的濕地、沉砂滯洪池、埤塘、人工湖等窪蓄貯水設施的優選地點。山區水源宜儘量選擇四季水量穩定之常流水，於河道型窪蓄地點設置取水引水設施。

3. 地形分析、水源距離及土地利用型態

簡易自來水取水方式，可依取用水源不同，採用自然流或機械動力引水的方式，但考量減輕山區居民水費負擔及梨山地區地下水含石

灰質高之情形下，當地簡易自來水取水設施仍以採用山區溪流為主要取水點，利用地形高低差重力式引流導水至聚落的方式為佳。水源取水地點之選定，以下列各款為準：

- (1) 流速和緩將來流心不致於變遷或河床自然形成深潭處。
- (2) 應為地質良好而不致因沖刷而破壞之處。
- (3) 避免污水流進之處所。
- (4) 與其他水利設施及計畫相配合。

當地的產業型態以農業為主，在簡易自來水水源選擇上，除採用河道窪蓄區位以外，仍須注意河道上游是否有農業利用之土地，以避免農藥及肥料對河川水質之影響。若水源上游有農藥肥料污染之虞，視原水水質狀況，可選擇消毒、過濾等適宜安全又可靠之淨水處理方式。

利用 DEM 資料萃取之河道型窪蓄區位，其適宜作為預定水源地的窪蓄點多位於人跡罕至的地方，故水源地與聚落水塔間，考量施工之難易度及後續簡易自來水管委會人員維護便利，在地形高低起伏過大之情形下，一般採用明管佈設於地面沿著山勢蜿蜒排列，若須橫過深谷河川，可於深谷河川兩岸設置混凝土固定錨座，並掛設鋼纜，以作為管線依附支撐跨越深谷河川。

4. 農業開墾率

於河道上每一網格之集水區範圍內，農業使用面積除以該網格所涵括之集水區面積，乘以百分比後即為農業開墾率。

$$\frac{A_A}{A_w} \times 100\% = \text{開墾率}(\%) \quad (1)$$

式中

A_A : 主河道沿線各集水區面積內農業使用土地面積

A_w : 主河道沿線各集水區土地面積

5. 需求用水量

臺中市和平區平等里水文站簡易自來水系統約有 120 位用戶，最大日供水量為每人每日需水量 * 預定供水人口。採計每人每日最大需水量為 300(L)，該系統每日用水需求量為 $120 \times 300 / 1000 = 36(\text{m}^3/\text{day})$ ，為預防颱風豪雨山洪暴發之情形，導致水源地暫時無法供水時，應有兩日之儲水量備用，建議用水需求為兩日之水量，故每日用水需求為 $120 \times 300 / 1000 \times 2 = 72(\text{m}^3/\text{day})$ 。

表 3-1 簡易自來水工程計畫最大每日供水量估算參考表

計畫供水人口	每人每日最大需水量 (L)	計畫最大供水量 (m ³ /day)
10,000	240~300	2,400~3,000
5,000	240~300	1,200~1,500
2,000	240~300	480~600
1,000	240~300	240~300
500	240~300	120~150
200	240~300	48~60
100	240~300	24~30

資料來源:經濟部水利署 (2015)

當引取水源距離較遠、導水管線較長時，設計取水量除計畫最大日供水量，另須計入源水輸送損失量，如無調查分析資料，計入源水輸送過程中之損失水量，最高不超過每人每日 200(L)，上限設定為每人每日 260~500(L)，惟本研究計算用水需求量為兩日之水量，換算每人每日需求量已達 600(L)，故未將源水輸送過程中之損失水量列入考量。

6. 水源溪流流量

山區簡易自來水水源一般多以小溪為主，並無長期流量紀錄可供分析，估計山區水源處的小溪流量，可檢具水源位置、座標資料，依據水源引用溪流之水系，洽詢水權登記受理機關，其將依據水權水量

審核系統，以面積比法估算水源處流量(經濟部水利署簡易自來水工程設施計畫手冊，2015)。

面積比法可採集水區內及其鄰近流量站之歷年流量記錄，進行實測流量頻率分析，依分析結果推估未設站控制點之流量時，若地形坡度變化較大(如：由山地坡度地形急遽變化為平坦地形之集水區)，則須檢討面積比法之適用性或進行係數之修正。另外面積比法所採用之迴歸係數，得依過去經驗或利用降雨—逕流分析成果予以推求。

$$Q_2 = Q_1 \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^n \quad (2)$$

式中

Q_1 : 已知點之流量(m^3/s)

Q_2 : 測點之流量(m^3/s)

A_1 : 已知點之集水區面積(km^2)

A_2 : 測點之集水區面積(km^2)

n : 常數(保守估計採用 2/3) -(高屏河流域重現期距水文量分析，2004)

在穩定供水前提下，窪蓄處通常為溪流深潭，引水設施設置於深潭處，於枯水期水位降低時，仍能蓄積水位引流，不致無水可用。依上述條件篩選出較為適宜的引用水源地後，仍需進行水質檢驗，以確

認水源是否符合飲用水質標準或利用相應之淨水設施處理。依水利法施行細則第 15 條規定，水源為地面水者，其平常保持之水量須能滿足設計取水量，如無法滿足時，可考慮新增第 2 水源。

7. 流體水頭損失

簡易自來水工程除了考慮水源地、水塔選址地點，另需考慮水源地及水塔兩端之水頭差，其中水頭差除了兩地之直接高程差，尚有水流於管線中流動所產生之摩擦帶來之水頭損失，其中水頭損失分為主要水頭損失(Major Loss)及次要水頭損失(Minor Loss)。

$$\text{水頭差} = \text{直接高程差} - \text{主要水頭損失} - \text{次要水頭損失}$$

主要水頭損失取決於水量、管路材質狀況(光滑、粗糙)及液體性質(黏度、濃度)。簡易自來水管路屬壓力流體管路，管路有各種口徑亦有各種材質，特性如表 3-2 所示。

表 3-2 各類輸水管材料相對特性一覽表

管材	聚氯乙稀塑膠管 (PVCP)	聚乙烯 (PE)管	延性鑄鐵 管(DIP)	鋼管(SP)	鍍鋅鋼管 (GIP)
材質	硬質聚氯乙稀 (PVC)	高密度 聚乙烯 (HDPE)	延性鑄鐵 +水泥	不鏽鋼 (SUS)	鋼管+熱浸 鍍鋅
接頭	小口徑處理簡單 大口徑較難	普通	不易	壓接容易 紋牙不易	紋牙焊接 不易
使用年限	短	長	長	長	短
耐震	中等	佳	佳	差	中等
耐撞擊性	不耐	耐	耐	不耐	耐
耐壓性	低	中	高	高	高
耐候性	低	耐紫外 線	良	優	優
維護	容易	容易	中等	不易	不易
施工	容易	容易	中等	壓接容易 紋牙不易	中等
成本	低	中	高	高	中

資料來源:經濟部水利署(2015)

山區簡易自來水主幹管直徑多在 1.5~2.5 英吋，材質以聚氯乙稀塑膠管(PVCP)、鋼管(SP)及高密度聚乙烯(HDPE)管較常見，其主要水頭損失計算公式，以 Darcy - Weisbach ,Colebrook – White 以及 Hazen – Williams 公式為主：

本研究依據簡易自來水工程設施規劃及審查原則(經濟部水利署，2016)採用哈森定律(Hazen – Williams Equation)，計算主要水頭損失。

$$V = 0.35464 \times C \times D^{0.63} \times I^{0.54} \quad (3)$$

$$Q = 0.27853 \times C \times D^{2.63} \times I^{0.54} \quad (4)$$

$$I = h_f / L \quad (5)$$

$$h_f = L \times 10.666 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85} \quad (6)$$

式中

V ：平均流速(m/s)

Q ：流量(cms)

I ：水力坡降

h_f ：摩擦損失水頭(m)

L ：管路長(m)

D ：管徑(m)

C ：流速係數，高密度聚乙烯(HDPE)管為 110，其他管線材質相關數據可查詢管材出廠數據。

另外次要水頭損失係指管路系統中非直線管路所造成之水頭損失，如接頭、彎頭、三頭及分歧管等等，概略估算以主要水頭損失 20%計算。

管線送水最大流速控制於 0.6~3(m/sec)，屬於較理想的水力條件，可避免管路磨損及管內水中泥沙沉積的情形發生。在管線從水源至水塔的路線中，當管內壓力大於管路允許壓力時，需考慮設置減壓設施

如調節池或減壓閥，避免管路爆裂、漏水等情形，原則上於管路沿線任意兩點間之水頭差大於 60m 以上時，應於其間設置減壓設施。另在管線分佈由低向高處，在落差相對高處可設置排氣閥，避免管路進入空氣而堵塞水流暢通。

8. 營養鹽留存模式

InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs)，乃由「自然資本計畫」(The Nature Capital Project)所研發之 GIS 軟體，近年來被應用在農業非點源污染等相關研究上。模式中參數取得來源如下：

(1) 數值高程模型

由內政部地政司所測繪之 DEM(5m*5m)，使用 ERDAS 軟體進行網格處理為 10m*10m 解析度。

(2) 土地利用分布

根據 2008 年國土測繪中心繪製之土地利用圖資，依據 InVEST 模式中使用的生物性土地利用資料分類成本研究所需之 9 項土地利用，歸納如表 3-3 所示。

表 3-3 生物性土地利用分類表

生物性 Lucode	地目類別	台灣地目類別
1	住宅區 0-4 DU/ac	0502
2	住宅區 4-9 DU/ac	0502
3	住宅區 9-16 DU/ac	0502
4	住宅區 16 DU/ac	0502
5	空地	0908
6	商業用地	0501
7	通訊+工業用地(副)	0502
8	工業用地	0503
9	通訊+工業用地(主)	0502
10	通訊+住宅用地(主)	0502
11	無植被都市土地	0502
16	農村結構	0104
18	鐵路	0302
19	主要道路	0303
20	次要道路	0303
21	輕型道路	0303
24	無植被農村土地	0502
29	無植被主要通道土地	0303
32	河流 order5-7	0401
33	內陸湖	0403
39	地形圖暗影區	0908
40	雪線區	0201
42	荒蕪區	0905
49	都市林冠區	0202
51	高地開放性森林	0201
52	高地半封閉混和林	0201
53	封閉性硬木森林	0201
54	封閉性混和林	0201
55	高地半封閉針葉林	0201
56	針葉林 0-20 年	0201
57	封閉針葉林 21-40 年	0201
58	封閉針葉林 41-60 年	0201
59	封閉針葉林 61-80 年	0201
60	封閉針葉林 81-200 年	0201

生物性 Lucode	地目類別	台灣地目類別
61	封閉針葉林 200 年以上	0201
62	高地半封閉硬木林	0201
66	混和白楊樹林	0201
67	Grass seed rotation	0101
68	Irrigated annual rotation	0101
71	穀物	0101
72	苗圃	0101
73	漿果或葡萄園	0101
74	兩季耕區	0101
75	酒花區	0101
76	薄荷區	0101
77	萊椰子區	0101
78	甜菜區	0101
79	中耕作物	0101
80	草地	0101
81	火燒地	0101
82	大田作物	0101
83	麥田	0101
84	晚大田作物	0101
85	牧場	0103
86	天然草原	0101
87	天然灌木	0101
88	休耕地	0101
89	沼澤	0402
90	長年灌溉農地	0101
91	草坪	0101
92	果園	0101
93	聖誕樹林區	0201
95	針葉樹小林區	0201
98	橡樹疏林草原	0201
101	濕灌木	0201
102	其他/未知	0908

資料來源: 問玉珊

(3) 土壤有效含水量

PAWC 為植物可利用水分含量(plant available water capacity)

亦就是土壤有效水容量之體積，計算土壤有效水容量時須利用植物可利用水分含量，其中 FC 代表田間容水量(field capacity)，自然狀態下，土壤已排出重力水所餘之水量；WP 代表土壤永久凋萎點(permanent wilt point)，在該臨界點以下，土壤中的水份已不能再維持植物生命所需之正常水含量。對植物而言，土壤中的水並非全部都是有效水分。植物之有效水分於土壤中的田間容水量與永久凋萎點之間，並且不同土壤質地的土壤保水能力也會不同。

以 GIS 圖資獲取土壤質地並經由查表得飽和含水量及永久凋萎點，計算兩者差值即得土壤有效含水量，如表 3-4 所示。

表 3-4 土壤質地表

中文名稱	FC(%)	WP(%)	AWC(%)
砂土	10	5	5
壤質砂土	12	5	7
砂質壤土	18	8	10
砂質黏壤土	27	17	10
壤土	28	14	14
砂質黏土	36	25	11
坩質黏土	31	11	20
坩土	30	6	24
黏質壤土	36	22	14
坩質黏壤土	38	22	16
坩質黏土	41	27	14
黏土	42	30	12

資料來源:Decagon Devices(2015)

備註:FC:飽和含水量 WP:永久凋萎點 AWC:有效含水量
 $FC-WP=AWC$

(4) 營養鹽

陳鶴文等(1998)和張尊國等(1996)及經濟部水利署等依據土地利用型態之單位面積污染輸出係數如表 3-4 所示，探討面積變化與可能產生污染源釋出量。

表 3-5 各土地利用類型之單位面積污染輸出係數表

土地利用類型	總磷 (kg/ha/yr)	總氮 (kg/ha/yr)	生化需氧 (kg/ha/yr)	懸浮固體 (kg/ha/yr)
林地	0.2	3	5	85
社區	5	8.5	50	460
菜園	4	26	5.5	104
果園	4	26	18	129.4
農地(水道)	0.3	2.25	--	--
草地(旱作物)	0.2	0.74	2.7	58.6
其他	04	1		

資料來源:張尊國等(1996)、陳鶴文等(1998)及經濟部水利署

(5) 根系深度

根系深度值採用下列文獻:一般草生栽培根系中有 8 成分佈於 30cm 深處(鄭泰山, 1989), 農牧用地之根系深度為 30cm 深處(林柏君等, 2012), 木本植物根系深度採用 100cm 深處(沈哲緯等, 2009)。

(6) 營養鹽留存模式

林明育(2015)說明依不同的地覆類別, 計算各網格營養鹽之留存、輸出量, 如下式所示:

$$ALV_x = HSS_x \times pol_x \quad (7)$$

$$HSS_x = \frac{\lambda_x}{\lambda_w} \quad (8)$$

$$\lambda_x = \log \left(\sum_U Y_u \right) \quad (9)$$

ALV_x =網格 x 的營養鹽負荷量校正值(Adjusted Loading Value)

HSS_x =網格 x 的水文敏感分數(Hydrologic Sensitivity Score)

pol_x =網格 x 的營養鹽輸出係數

λ_x = 網格 x 的逕流係數

$\overline{\lambda_w}$ =集水區平均逕流係數

$\sum_u Y_u$ =河川流線上高於網格 X 的總出水量總和(含網格 x 本身的出水量)

於計算出各網格之營養鹽負荷量後，依其留存及輸出比率，再計算出每個網格之留存量及輸出量，計算過程如表 3-5 所示。

表 3-6 營養鹽氮磷留存機制

網格 編號	營養鹽留 存比率	ALV	營養鹽 留存量	網格之營養鹽輸出量 ($G_i=1-E_i$)
1	E1	ALV1	0	ALV1
2	E2	ALV2	ALV1*E2	ALV1*G2+ALV2
3	E3	ALV3	(ALV1*G2+ALV2)*E3	(ALV1*G2+ALV2)*G3+ALV3
4	E4	ALV4	ALV1*G2*G3*E4+ALV2*G3*E4+ALV3*E4	ALV1*G2*G3*G4+ALV2*G3*G4+ALV3*G4+ALV4

註 E_i : 營養鹽留存比率， G_i : 營養鹽輸出比率

(7) 出水量參數

出水量為營養鹽留存模式的重要參數，當出水量增加，表示降雨量可能增加，但也可能是土地涵養水源能力降低所造成，依 Budyko 曲線及年降雨量兩者計算出水量，而 Budyko 曲線採用潛勢蒸發散量與降雨量之比值，估算實際蒸發散量與降雨量之比值 (Zhang et al., 2004)，陳嬉旻(2016)研究設定忽略地表水與地下水間的交互作用及降雨延時作用，其計算流程包含三個步驟：

1. 確定資料中每個網格的年出水量 Y_x ：

$$Y_x = \left(1 - \frac{AET_x}{P_x}\right) \quad (10)$$

式中

Y_x =第 X 網格之年出水量。

AET_x =第 X 網格之年實際蒸發散量(mm)。

P_x =網格 X 之年降雨量(mm)。

以每個網格的年降雨量為基準，計算年蒸發散量與年降雨量的比例，扣除後就是年出水量的比例。

而年降雨量採用 2008 年水文年報測站統計資料，利用克利金法進行雨量分布之計算。年蒸散量則是採用 2008 年氣象年報之測

站資料，選用 A 型蒸發皿之數值，計算時乘上蒸發皿係數，本研究採蒸發皿係數為 0.7(楊德良，2002)，以克利金法計算得出蒸發散量分布。

2. 根據 Fu(1981)和 Zhang et al. (2004)所提出的 Budyko 曲線，以蒸散量於植生相關土地利用的情況推導出 AET_x/P_x 的表示式。

$$\frac{AET_x}{P_x} = 1 + \frac{PET_x}{P_x} - \left[1 + \left(\frac{PET_x}{P_x} \right)^{\omega_x} \right]^{\frac{1}{\omega_x}} \quad (11)$$

3. PET_x (年潛勢蒸發散量)和 ω_x (土壤氣候特性參數) 使用之參數包含土地利用類別、土壤深度、根系深度、年降雨資料、年參考蒸發散資料、土壤有效水容量等資料進行估算個別集水區之年雨量，並給定一個可能的標準，出水量容易受到土地利用類別影響，產生極端的變化，其定義如下：

$$PET_x = K_c \times ET_{ox} \quad (12)$$

式中

PET_x =第 X 網格之年潛勢蒸發散量(mm)。

ET_{ox} =網格 X 之參考蒸發散量(mm)。

K_c =作物蒸發散係數。

ω_x =土壤氣候特性參數。

$$\omega_x = Z \frac{AWC_x}{P_x} + 1.25 \quad (13)$$

Z=季節因子，代表季節性降雨分布與降雨深度，本研究取預設值 5(Yang et al., 2008; Donohue et al., 2012)，僅為比較不同土地利用類型之差異。

AWC_x =土壤有效水容量(mm)

$$AWC_x = FC - WP \quad (14)$$

FC =田間容水量； WP =作物永久凋萎點。

國立中興大學



National Chung Hsing University

第四章 結果與討論

選取合適水源前，應先擇定適當之蓄水池位置，另本研究考量降低簡易自來水管理委員會之管理負擔，供水系統選擇以重力式供水，故只要地形平坦且海拔高於用戶之地點，原則上均可作為蓄水池用地。

一般而言水源仍以選擇較佳水質之水源為更好之抉擇，針對樣區水源選址進行 SWOT 分析以確認樣區現狀及相對應之處理方案，研擬可行策略並探討各種相關環境因素，如表 4-1 所示。由 SWOT 分析中，相關水源選址考量因子如水源流量、距離、經濟效益、地形分析與原水水質等，作為評估優選水源之因素，以供配置簡易自來水工程設施之參考，達到供水有質有量的目標。

表 4-1 水源選址考量 SWOT 分析

內部環境 外部環境	Strength(優勢)	Weakness(劣勢)
Opportunity(機會)	優勢—機會 (SO)	劣勢—機會 (WO)
Threat(威脅)	優勢—威脅 (ST)	劣勢—威脅 (WT)

1. 梨山地區年平均雨量為 2,340mm(民國 55 至 89 年)(台灣電力公司, 1990), 雨量豐沛。
2. 水系眾多且河川上游相對下游水質較佳。
3. 當地有環山污水處理廠, 協助處理生活污水。

1. 雨量於豐枯水期差異甚大, 低者僅及年雨量之 18%。
2. 當地產業以農業為主, 多為農藥、肥料污染河川水質。
3. 當地為無自來水地區。
4. 山區地形起伏大, 引水設施不易施作且用地亦不易取得。

1. 當地位處原住民自治區內, 原住民委員會定期經費補助當地建設。
2. 簡易自來水設施可申請經濟部水利署-無自來水地區改善供水計畫補助。
3. 臺中市和平區公所及經濟發展局皆編列簡易自來水工程經費。
4. 政府持續保育林地及超限利用地回收造林

1. 水資源豐富, 水源選擇較為寬鬆
2. 為平衡城鄉差距, 簡易自來水工程較易取得政府協助。
3. 水質改善主要考量非點源污染, 可排除生活污水。

1. 自來水為民生基本需求, 政府有相關協助改善用水政策。
2. 超限利用地回收造林可改善水質。
3. 若水源水量不足, 可考慮增設備用水源。

1. 天然災害頻繁, 供水設施易遭破壞。
2. 山區簡易自來水工程耗費不貲。
3. 地方政府相關簡易自來水工程經費編列相對不足。
4. 超限利用地回收造林不易, 曠日廢時。
5. 無專職專業人員維護管理系統。
6. 灌溉與生活用水易混用, 致使民用不足。

1. 選擇較不易受災或易於管理維護之水源點。
2. 水源選擇距離蓄水池越近, 工程費用通常更為經濟。
3. 可考量以水源保育相關經費補貼管理人員, 以增加積極性

1. 加強對當地農民宣導環境友善措施。
2. 強化簡易自來水管理委員會管理維護人員專業性。
3. 回收造林為長期規劃, 短期規劃可使用淨水設施以達供水目的。
4. 確認簡易自來水系統供應民生用水無虞並說明灌溉用水非補助範疇。

第一節 篩選預定水源地之窪蓄區位

1. 窪蓄區位萃取

目前依據臺中市和平區水文站簡易自來水管理委員會提供之土地位置作為蓄水池預定地，配合 DEM 資料計算網格高程落差，所萃取之窪蓄區位如圖 4-1 所示，圖中紅點為窪蓄區位，未位於河道上者，則為坡道型窪蓄區位。

臺中市和平區水文站簡易自來水系統用戶皆分布於台 7 甲公路沿線之大甲溪台地上，周邊水系主要為合歡溪、南湖溪及司界蘭溪等，當地產業多為農業型態且地形多屬山地，在聚落的周遭取水有農業及生活廢水污染之虞，故為確認水質適宜的水源，應儘量避開選取上游為農業開墾區域之水源為佳，另外選擇距離過遠的水源會增加過多的工程支出及後續維護管理的不便。

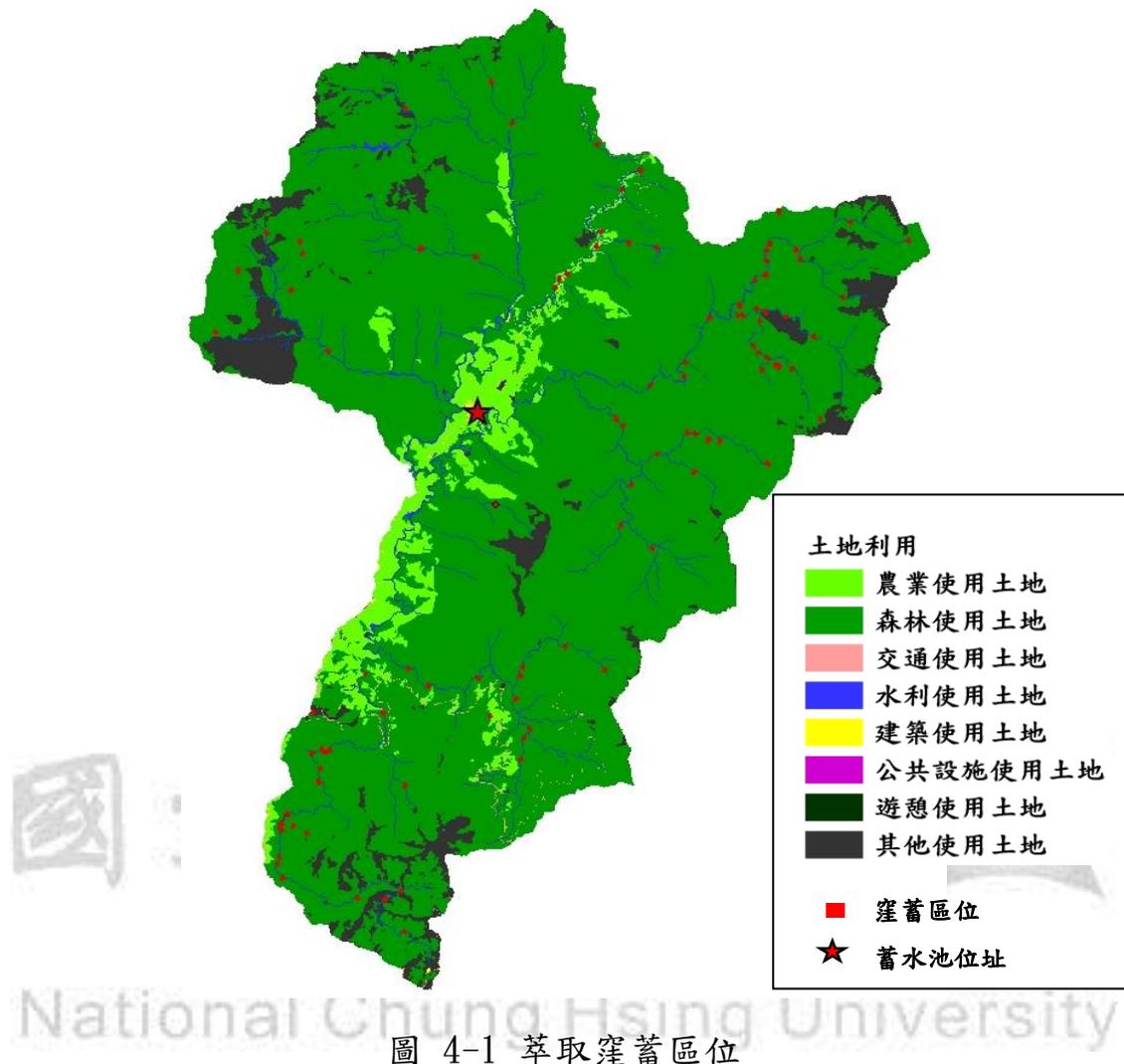


圖 4-1 萃取窪蓄區位

2. 篩選水源

由於山區地形起伏多變，未來規劃水源地至蓄水池之管線系統，考量地形及交通因素，須於經費經濟性、施工便利性及管理維護便利間取得平衡，山區適宜做為水源地的河道窪蓄區位多位於人跡罕至的位置，在條件允許下，水源地應盡量選擇接近人車可通行的道路。

篩選水源地若離蓄水池愈遠，預計工程經費規模更大及管理維護

難度將更為提高，本研究設定水源地地址為以蓄水池半徑 10km 範圍為篩選區。

依據蓄水池海拔高度 1748m 為基準，先行排除海拔低於 1748m 之窪蓄區位。篩選距蓄水池最近之窪蓄區位，篩選後之水源地如圖 4-2 所示。篩選範圍之距離並無相關規定，端視預計工程經費規模及管理維護難易度而定。

依圖 4-2 考量距蓄水池之直線距離，選取合歡溪、南湖溪及有勝溪最靠近蓄水池之區位各一處，即選取 A、B、C 三處窪蓄區位，其集水區範圍如圖 4-3 所示。



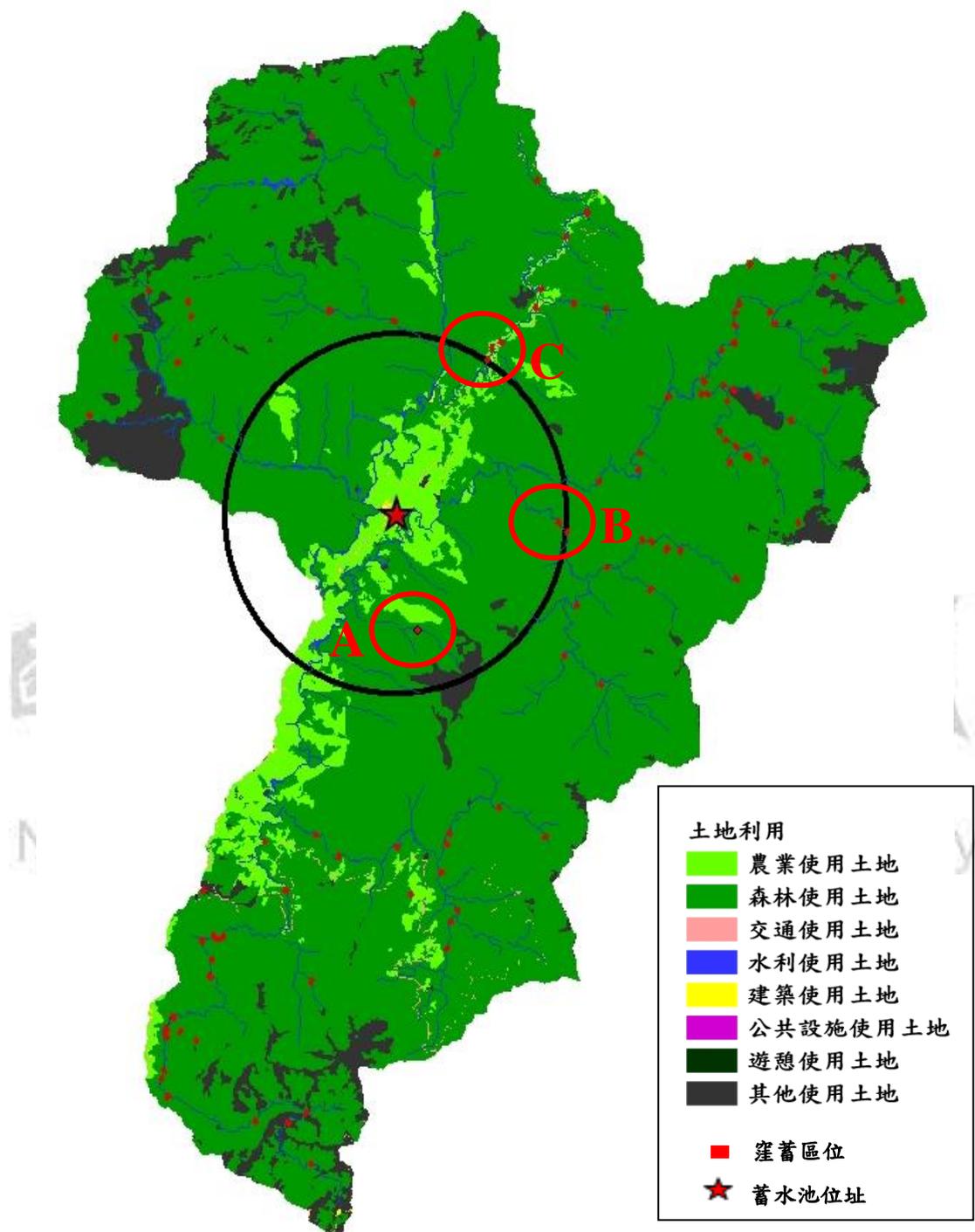


圖 4-2 篩選水源地

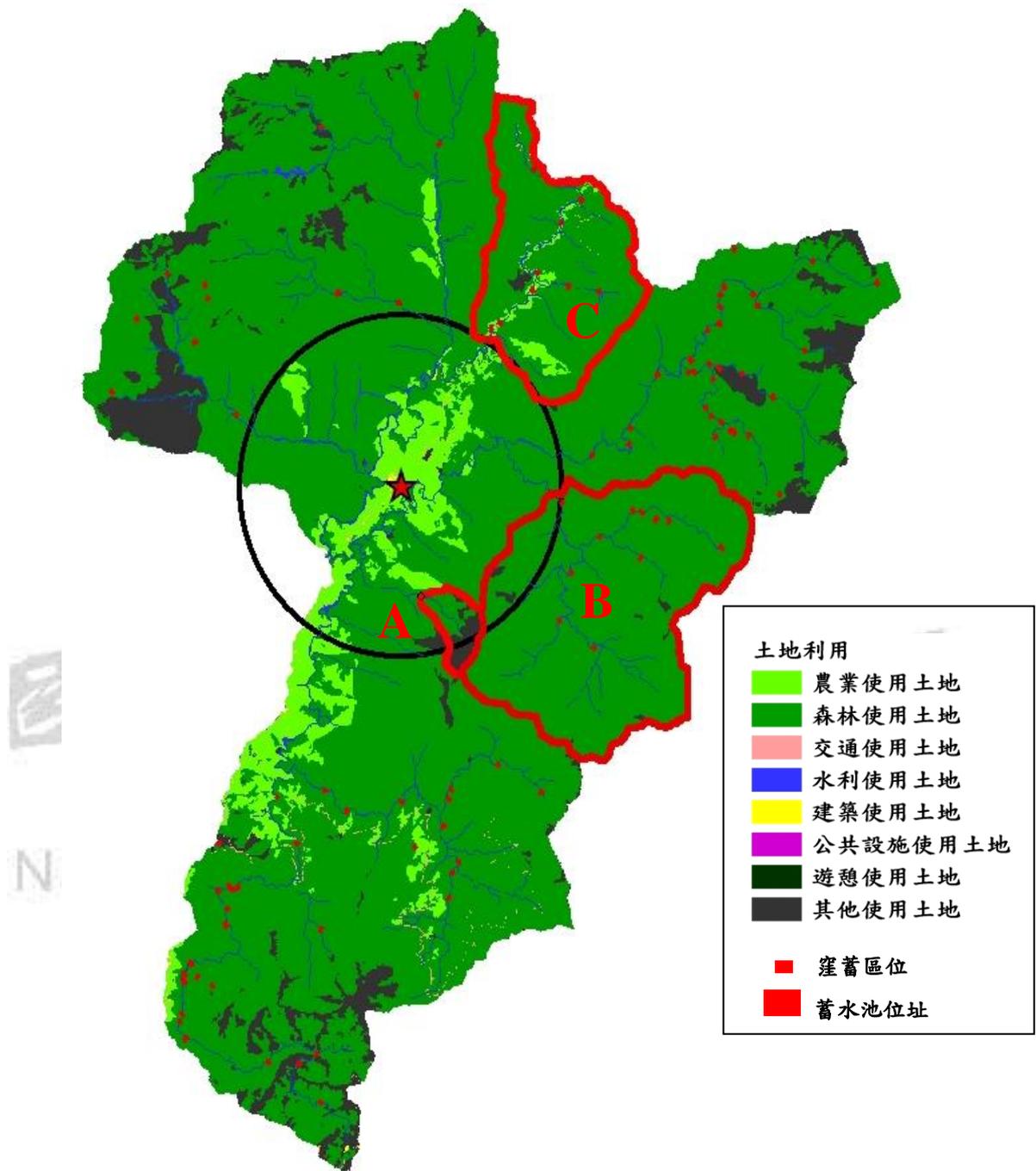


圖 4-3 篩選之水源集水區範圍

第二節 削減農業污染措施

A、B、C 三處分別位於合歡溪、南湖溪、有勝溪等三條水系，依據經濟部德基水庫集水區管理委員會「104 年度德基水庫水質與藻類監測計畫」，三處溪流水質檢測結果如表 4-2 所示，依水質檢測結果顯示合歡溪下游水質常年保持乙等水質，A 處位於其上游支流，且上游集水範圍無農業使用區域，評估水質應屬優良。另於 104 年 08 月 19 日採樣成果，南湖溪下游水體水質為戊等，主要為受到蘇迪勒颱風的影響，懸浮固體和濁度含量較高，其他時間維持乙等水體水質，B 處位於其上游支流，且上游集水範圍無農業使用區域，評估水質應屬優良。

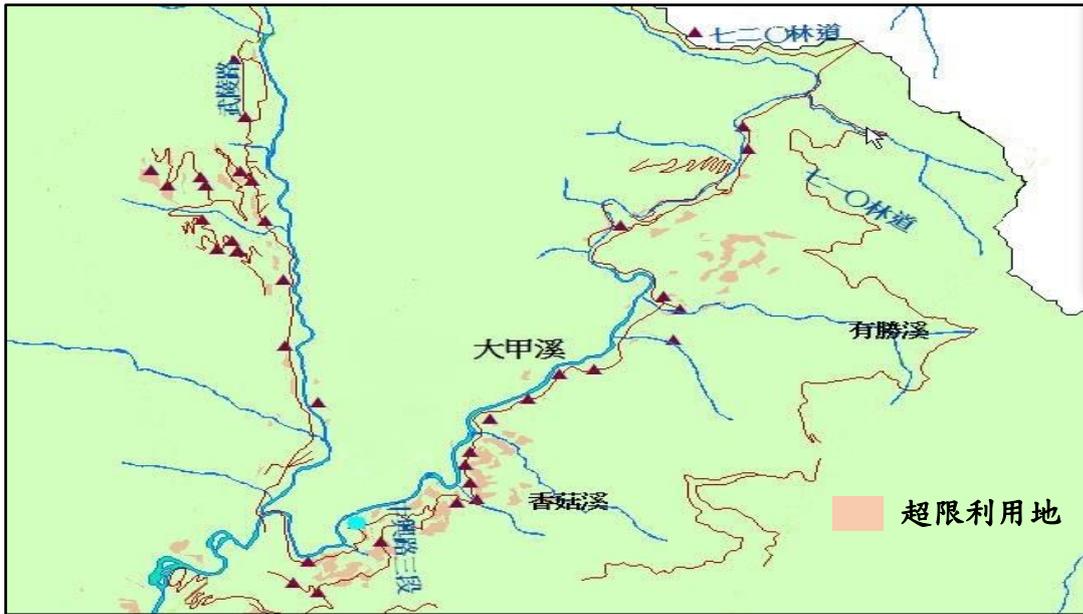
依據經濟部德基水庫集水區管理委員會「104 年度德基水庫水質與藻類監測計畫」說明，有勝溪上中下游三樣站，其水質顯示可能為受到農業活動影響，硝酸鹽氮、總磷與磷酸鹽濃度較高，且有由上游往下游，濃度漸升趨勢。C 處位於有勝溪下游，有勝溪下游站(千祥橋)水體水質為丙等，其依據圖 4-4、4-5 所示，德基水庫集水區之有勝溪濱水區域多為超限利用地及農業使用區域，主要為菜園，少數為果園、茶園，肥料與農藥等農業非點源污染造成長期的水域水質與生態變化。

表 4-2 篩選之水源位址附近之河川水質檢測

檢測項目	測站名稱	有勝溪下游(千祥橋)				合歡溪下游				南湖溪				備註	甲類地面	飲用水
	座標 (TWD97)	2693577.43		281398.282		2688406.457		278790.397		2688492.575		278778.944			水體分類	水源
	採樣日期	104.03.03	104.05.14	104.08.19	104.10.20	104.03.03	104.05.14	104.08.19	104.10.20	104.03.03	104.05.14	104.08.19	104.10.20		水質標準	水質標準
水溫	℃	15.4	20.2	21.6	16.9	11.4	17.3	18	16	12.4	19.8	18.6	16.4			
溶氧量	mg/L	8	7.2	7.2	7.8	8.6	7.8	7.9	8.1	8.5	7.4	7.7	7.8		>6.5	—
pH值	---	8.7	8.2	8.4	8.3	7.5	7.3	8.2	8	7.9	7.5	8.3	8.1		6.5~8.5	—
懸浮固體	mg/L	<1.2	2.5	8.8	<1.2	1.5	4.4	65.8	3.7	<1.2	1.6	1140	24.9		<25	—
總溶解固體	mg/L	157	175	157	141	153	122	110	142	182	176	144	155			
濁度	NTU	0.7	0.4	14	2.2	0.8	2.3	50	3.4	0.8	0.6	1200	19			
電導度	µmho/cm	314	359	313	281	305	251	221	287	363	358	289	312			
總鹼度	asCaCO ₃ mg/L	124	141	119	108	127	117	96.4	107	151	149	138	136			
氨氮	mg/L	*0.02	*0.04	*0.02	*0.04	ND	0.07	*0.02	*0.02	*0.03	*0.04	*0.05	0.07	N.D.<0.02	<0.1	<1
亞硝酸鹽氮	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	ND	N.D.<0.001		
硝酸鹽氮	mg/L	0.75	2.12	1.56	0.96	1.08	1.13	1.6	1.88	0.39	0.61	0.88	0.68			
總凱氏氮	mg/L	0.19	0.19	0.22	0.18	0.18	0.2	0.25	0.21	0.11	*0.12	1	0.21	N.D.<0.10		
總磷	mg/L	0.03	0.018	0.062	0.044	*0.008	0.019	0.027	0.039	ND	*0.010	0.04	0.037		<0.02	—
磷酸鹽	mg/L	0.04	0.034	0.179	0.076	*0.017	0.042	0.048	0.04	ND	*0.011	0.041	0.094	N.D.<0.009		
總有機碳	mg/L	0.4	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	*0.2	0.3	0.3	0.3		—	<4
生化需氧量	mg/L	<1.0	1.2	<1.0	<1.0	*1.2	<1.0	<1.0	<1.0	*1.1	<1.0	<1.0	<1.0		<1	—
化學需氧量	mg/L	*5.1	ND	*10.7	*6.7	ND	*5.1	14.6	*10.7	*5.7	ND	24.7	20.8	N.D.<4.1	—	<25
大腸桿菌群	CFU/100 mL	60	320	280	45	820	180	400	170	100	160	3000	210		<50	<20,000
鎘	mg/L	-	-	ND	-	-	-	ND	-	-	-	ND	-	N.D.<0.001	0.01	0.01
鉻	mg/L	-	-	ND	-	-	-	ND	-	-	-	0.032	-	N.D.<0.005	0.05	0.05
鉛	mg/L	-	-	ND	-	-	-	ND	-	-	-	0.026	-	N.D.<0.006	0.1	0.05
砷	mg/L	-	-	ND	-	-	-	ND	-	-	-	0.0062	-	N.D.<0.0008	0.05	0.05
鈣	mg/L	-	-	33	-	-	-	26.4	-	-	-	42.4	-			
鈉	mg/L	-	-	4.8	-	-	-	*3.93	-	-	-	5.15	-			
鉀	mg/L	-	-	2.16	-	-	-	0.767	-	-	-	2.7	-			
汞	mg/L	-	-	ND	-	-	-	ND	-	-	-	ND	-	N.D.<0.0002	0.002	0.002
硒	mg/L	-	-	ND	-	-	-	ND	-	-	-	ND	-	N.D.<0.0004	0.05	0.05
總氮	mg/L	0.94	2.31	1.78	1.14	1.26	1.33	1.85	2.09	0.5	0.73	1.88	0.89			
氮磷比	-	33.7	128.5	28.8	25.9	157.8	70.1	68.6	53.6	-	73.1	47.1	24.1			
公告水體分類		甲	甲	甲	甲	甲	甲	甲	甲	甲	甲	甲	甲			
符合水體水質		乙	乙	丙	乙	乙	乙	乙	乙	乙	乙	戊	乙			

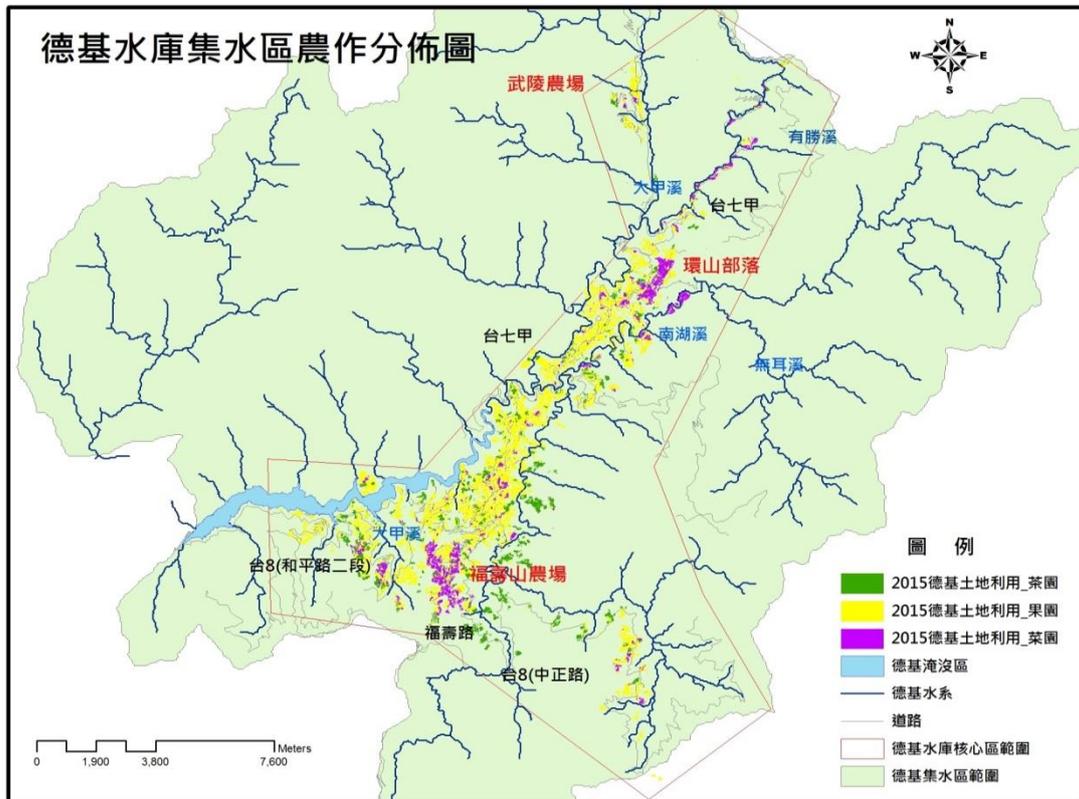
資料來源:經濟部德基水庫集水區管理委員會(2015)

1. N.D.: not detected, 濃度低於 MDL。
2. "*" 表示濃度低於 3.3 倍 MDL。
3. "<" 表示濃度低於檢量線定量範圍。



資料來源:經濟部德基水庫集水區管理委員會(2015)

圖 4-4 有勝溪超限利用地分佈



資料來源:經濟部德基水庫集水區管理委員會(2015)

圖 4-5 德基水庫集水區農作分佈圖

而降低非點源污染的方式可以由降低單位面積輸出之營養鹽總量及在逕流過程中攔截以減少流進河川之營養鹽(陳利頂, 2006), 於濱水區設置植生緩衝帶, 是營養鹽進入河川前的最後一道防線。

有勝溪後續雖經有關單位持續將不當土地利用收回造林, 但此一情形仍難以禁絕, 為維護水質, 一勞永逸作法應為採取土地利用管制手段, 降低不當之土地利用型態面積, 惟難以避免會與民眾產生衝突, 故為降低此一情形之發生, 建議另行篩選出重點污染區位, 針對該區位進行整治改善, 可望降低衝突發生之機率並有效減少污染源進入河川, 以達水質改善之目的。於水源集水區範圍內如圖 4-3 所示, 掃描 C 區河道每一網格集水區面積及農業使用面積, 繪製農業開墾率及農業開墾變化率如圖 4-6、4-7, 其中農業開墾變化率峰值為 C 區中有勝溪上游及下游 2 處, 其中上游峰值係因初始掃描上游河道, 每一網格其集水區相對面積變化小, 開墾率較易有突出之峰值, 故不列為考量區位, 而以下游峰值處列為污染熱點區位如圖 4-8 所示, 後續配合削減農業污染措施。

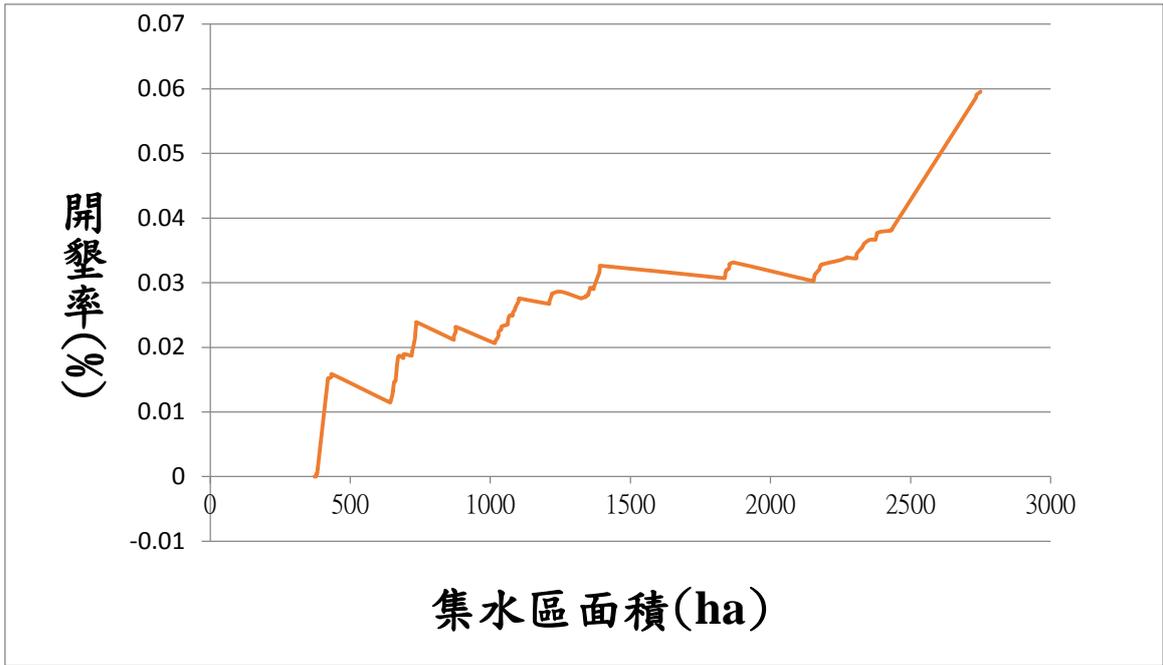


圖 4-6 集水區面積與農業開墾率

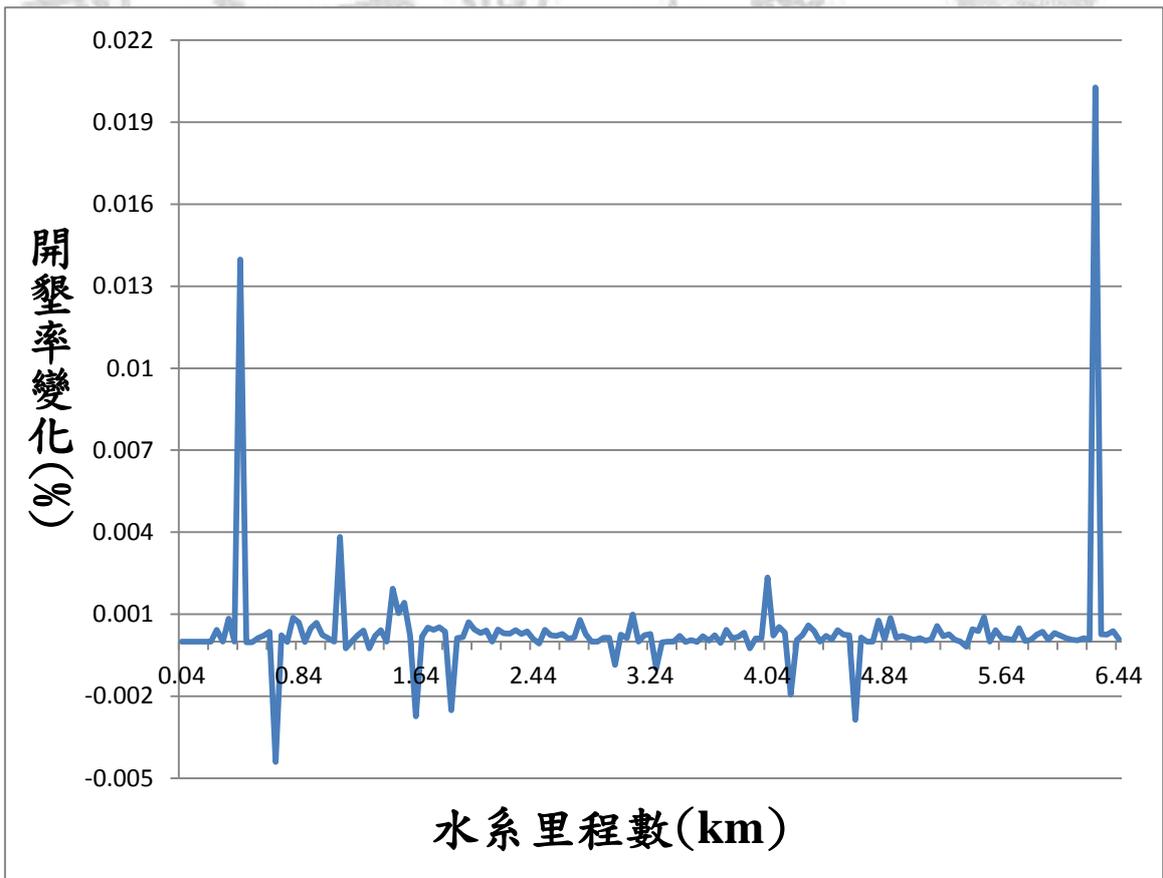


圖 4-7 水系里程數與開墾率變化

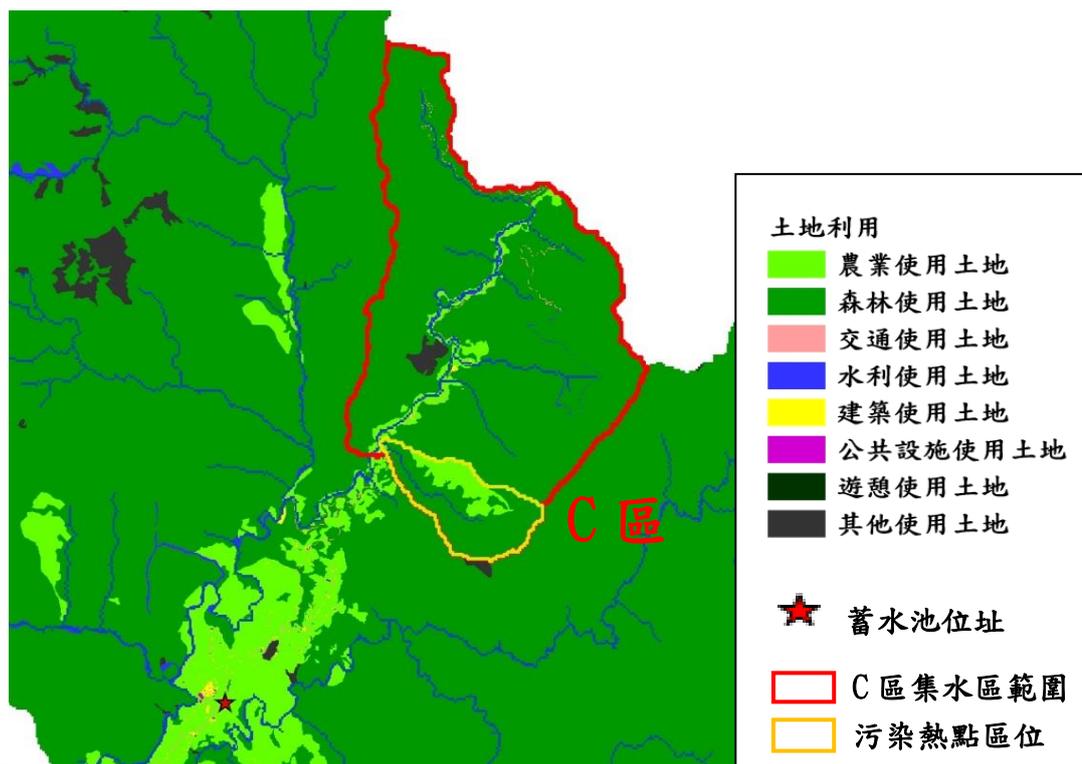


圖 4-8 C 區污染熱點區位

在污染熱點區位內削減農業使用土地面積，減少增加營養鹽之途徑，如圖 4-9、4-10、4-11、4-12 及表 4-3 說明削減農業使用土地前後熱點污染區位氮、磷營養鹽改善情形，可以有效的減緩水質污染的情形，另可於農地周圍設置草帶、草溝等，以增加水源涵養、減少土壤流失並攔截氮磷流入河川，或是配合使用腐熟有機肥(堆肥)、低磷農藥與肥料等，以減少化學農藥或肥料的施用。於農地的地表種植綠肥作物，以削弱雨水打擊地表的力量，並可抑制雜草滋生等，但以上措施皆屬於無法短期見效提供民生用水予使用者，爰為達成儘速供水之目的，視原水水質合乎各級水體分類水質標準，依據經濟部水利署

(2015)「簡易自來水工程設施技術手冊(草案)」中說明設置相對應之淨水設施，以使符合飲用水水質標準供應民眾所需。

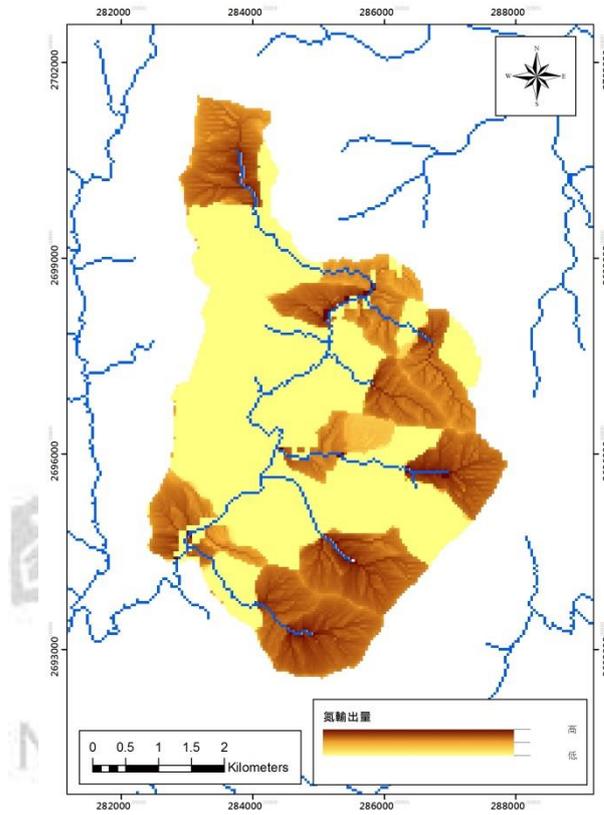


圖 4-9 配置前氮輸出量

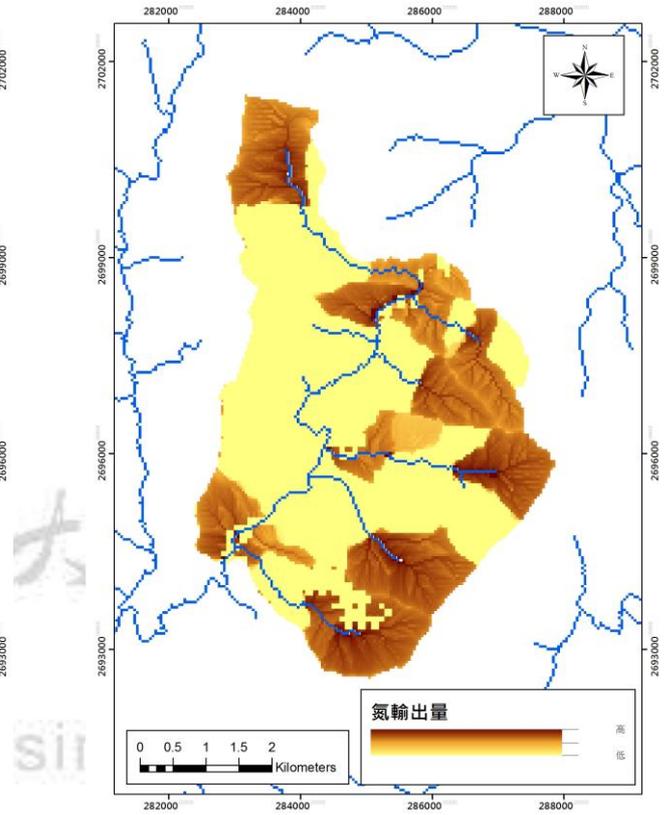


圖 4-10 配置後氮輸出量

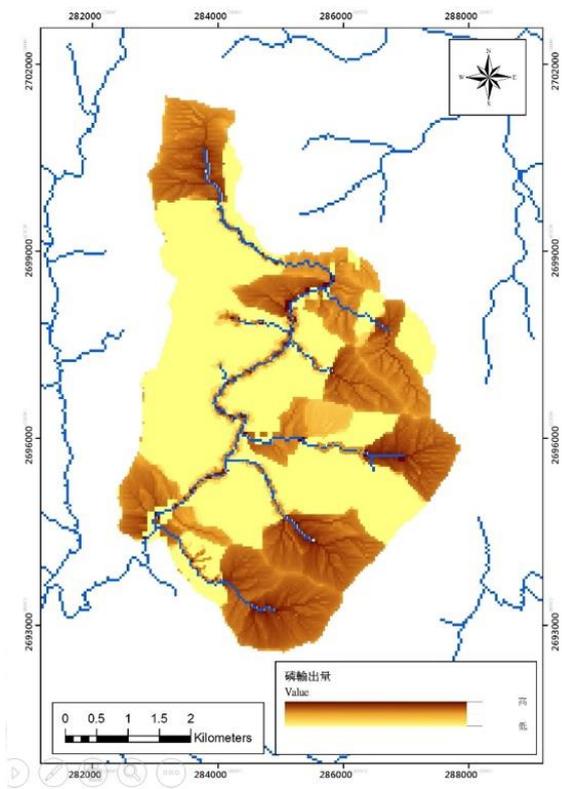


圖 4-11 配置前磷輸出量

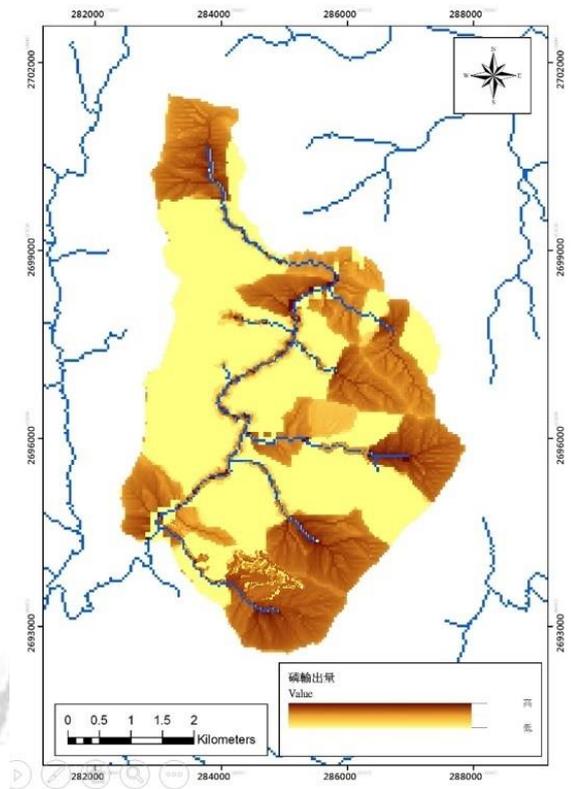


圖 4-12 配置後磷輸出量

National Chung Hsing University

表 4-3 植生緩衝帶改善成效

	配置前(kg/yr)	配置後(kg/yr)	改善率	單位面積改善率
磷留存量	414.97	498.46	20.12%	4.19%
磷輸出量	95.43	59.43	-37.72%	-7.86%
氮留存量	2481.46	2970.46	19.71%	4.11%
氮輸出量	572.68	359.41	-37.24%	-7.76%

熱點區域面積:298.7 公頃，緩衝帶配置面積:4.8 公頃，配置面積占全區:1.6%

第三節 綜合分析

利用面積比法依據集水區內及其鄰近流量站之歷年流量記錄，採用樣區附近合歡溪-合歡流量站民國 103 年當年度每月最小之日平均流量資料，如表 4-4 所示，其中以該年月平均最低值 8.11CMS 為標準。後續進行實測流量頻率分析，依分析結果推估 A、B、C 處之流量，如表 4-5 所示。

綜合評估 A、B、C 區位水源設置適宜性如表 4-6、4-7 所示，水源選址分析如下：

1. A 區：

綜合分析：水源地點以 A 處為第一選擇。

2. B 區：

綜合分析：B 處水源地點為第三優選或備用水源第二選擇。

3. C-1 區：作為 C 處之短期規劃。

綜合分析：管委會於管理維護上未必能維持淨水設施正常運作，最後可能落於廢棄不用狀態，此方案僅評估做為第二優選或備用水源第一選擇，雖初期投入淨水設備費用高昂，但作為一次性投資，後續若淨水設施管理維護良好，在管理成本及維護難易度上較之 A 處更有優勢，亦可作為第一優選水源。

4. C-2 區：作為 C 處之長期規劃。

綜合分析：時程考量上，在以供水為前提之下，無法儘速滿足民眾用水的需求，不過政府單位仍應持續推動改善，不因見效慢而不為，若改善有成，水質狀況回復潔淨達飲用水標準，則在管理成本及維

護難易上較之 A 處更有優勢。

每處簡易自來水系統，皆有其本身先天後天等因素限制，無法一概論之，以上水源選址屬於前期規劃設計，後續仍需配合現場調查，方能作為有效之規劃設計，並作為工程設施設置及改善之參考

國立中興大學



National Chung Hsing University

表 4-4 合歡站 103 年日平均流量

民國 103 年日平均流量 (秒立方公尺)
DAILY MEAN DISCHARGE IN 2014 (C.M.S.)

經 辦 單 位
Sponsoring Agency
台灣電力公司
TPC

流域編號 Basin No.	測站編號 Station No.	流域名稱 Basin	河流名稱 Tributary	測站名稱 Station	流域面積Km ² Drainage Area							
1420 025	H043 30	大甲溪 Dajia River	合歡溪 Hehuan River	合歡 HO-HUAN	128.56							
Month 月 Day 日	一月 Jan.	二月 Feb.	三月 Mar.	四月 Apr.	五月 May	六月 June	七月 July	八月 Aug.	九月 Sept.	十月 Oct.	十一月 Nov.	十二月 Dec.
1	10.40	10.05	8.13	7.83	7.78	8.45	9.09	10.55	10.29	13.48	9.92	8.42
2	10.26	8.41	8.09	7.99	7.91	8.37	8.94	9.84	11.38	13.17	9.57	8.42
3	10.10	7.87	8.02	7.99	8.79	8.43	8.82	9.42	11.11	13.15	8.85	8.38
4	10.11	7.96	7.98	8.14	9.01	8.45	8.60	9.20	10.88	12.90	8.70	8.39
5	10.10	7.89	8.05	8.04	8.94	8.32	8.64	8.33	10.71	12.53	8.70	8.47
6	10.10	7.83	7.98	7.98	9.65	8.37	8.55	8.11	10.57	12.50	8.66	8.38
7	10.10	7.83	8.02	7.98	9.74	8.48	8.45	7.73	10.50	11.66	8.68	8.38
8	10.10	7.83	8.00	7.93	9.29	9.86	8.38	7.94	10.50	11.65	8.61	8.33
9	10.09	7.84	8.48	7.87	9.00	10.29	8.37	8.66	10.55	11.65	8.43	8.38
10	9.98	8.37	8.28	7.95	8.70	9.58	8.30	8.95	10.42	11.66	8.39	8.38
11	9.95	8.23	8.15	8.01	9.27	9.76	8.30	10.37	10.53	11.65	8.38	8.38
12	9.84	8.14	8.14	7.98	9.26	10.41	8.29	14.80	10.12	11.65	8.42	8.38
13	10.90	8.17	8.85	7.96	9.00	10.05	8.31	13.16	9.88	11.55	8.73	8.38
14	11.01	8.37	8.53	7.98	8.90	10.00	8.30	12.45	9.80	11.41	8.87	8.38
15	11.30	8.34	8.43	7.96	8.77	10.14	8.29	12.23	9.85	11.27	9.64	8.20
16	11.00	8.29	8.30	7.88	8.41	9.91	8.29	12.95	9.85	11.27	9.55	8.20
17	10.72	8.15	8.28	7.83	7.91	9.61	8.27	13.04	9.73	11.27	9.73	8.18
18	10.70	8.14	8.17	7.83	7.48	9.47	8.21	12.72	9.74	11.27	10.63	8.05
19	10.70	8.18	8.14	7.83	7.10	9.21	8.31	12.07	9.74	11.27	10.28	8.05
20	10.67	8.39	8.15	7.80	7.12	9.17	8.27	11.96	9.87	11.27	9.53	8.05
21	10.79	8.20	8.16	7.83	7.24	8.96	8.22	12.23	32.74	11.27	9.11	8.09
22	10.75	8.14	8.14	7.96	6.82	8.90	22.31	12.40	36.03	11.46	9.00	8.24
23	10.70	8.14	8.08	7.83	6.81	8.81	72.86	11.65	21.90	11.09	8.74	8.05
24	10.70	8.14	7.98	7.80	6.78	8.56	29.33	11.38	21.14	10.88	8.69	8.05
25	10.67	8.13	7.98	7.78	6.73	8.29	39.73	11.41	20.36	10.88	8.39	7.91
26	10.67	8.08	7.87	8.07	6.73	8.37	38.67	11.55	17.45	10.88	8.40	7.64
27	10.54	8.02	7.84	8.01	6.73	8.56	36.16	10.90	15.58	10.85	8.39	7.39
28	10.40	8.14	7.83	8.21	6.73	8.70	35.72	10.14	14.63	10.36	8.38	7.39
29	10.40		7.83	8.00	7.66	8.72	31.96	9.45	14.51	10.12	8.38	7.39
30	10.39		7.83	7.93	8.45	9.22	25.69	9.24	14.12	10.12	8.38	7.39
31	10.36		7.92		8.48		14.71	9.59		10.04		7.39
上旬平均 1 st 10-day	10.13	8.19	8.10	7.97	8.88	8.86	8.61	8.87	10.69	12.43	8.85	8.39
中旬平均 2 nd 10-day	10.68	8.24	8.31	7.91	8.32	9.77	8.28	12.58	9.91	11.39	9.38	8.22
下旬平均 3 rd 10-day	10.58	8.12	7.95	7.94	7.20	8.71	32.31	10.90	20.85	10.72	8.59	7.72
月平均 Mo. Avg	10.46	8.18	8.12	7.94	8.13	9.11	16.40	10.78	13.82	11.51	8.94	8.11
年度統計 Annual Summary												
平均流量 Average Discharge	年逕流量 Annual Runoff(cms-day)		最大瞬時流量 Max. Peak Discharge				最大日平均 Max. Daily		最小日平均 Min. Daily			
10.18	3716.85		*				72.86 (2014/7/23)		6.73 (2014/5/25)			
歷年統計資料(自1987年至2014年,統計年數:26) Statistics For Recorded Years(From 1987 To 2014 ,Recorded Years : 26)												
月平均 Mo. Avg	2.87	7.23	8.54	13.53	14.48	23.96	10.60	37.69	9.34	5.97	4.88	5.03
月最大平均 Mo. Avg Max	10.46 2014	29.98 2007	56.26 2007	105.46 2007	117.46 2007	263.86 2007	61.37 2007	659.47 2007	23.73 1992	22.80 1998	27.97 2007	56.02 2007
月最小平均 Mo. Avg Min	1.00 1996	1.14 1993	1.19 2013	1.85 2002	2.06 2002	4.85 1996	2.79 2003	1.77 1993	1.20 1993	0.94 1993	0.99 1993	0.87 1993
平均流量 Avg. Annual R.	最大年平均 Max. Annual		最小年平均 Min. Annual		最大瞬時流量 Max. Peak Discharge			最大日平均 Max. Daily		最小日平均 Min. Daily		
7.52	11.73 (2012)		3.25 (2002)		616.00 2000/8/23 上午12:00:00			378.27 (2009/8/9)		0.59 (1996/7/24)		

資料來源:經濟部水利署(2015)

表 4-5 選取之水源流量

編號	高程 (m)	高程差 (m)	集水區面積 (km ²)	流量 (m ³ /s)	備註
合歡站			128.56	8.11	
A	1857	109	2.685	0.62	
B	1828	80	48.422	4.23	
C	1811	63	27.484	2.92	

水塔高程:1748m

National Chung Hsing University

表 4-6 水源選址適宜性

項目	A		B	
	評分	分析	評分	分析
距離	1	直線距離 5 km	2	直線距離約 10 km
流量	3	0.62CMS	1	4.23CMS
地形分析	2	水源距最近的道路 730 線林道約 1 公里，但管線需橫跨 400m 溪谷，惟交通、施工仍屬便利。	3	水源引水至高程適當之最近的道路 730 線林道約 4 公里且地點較 A 點更為偏遠，若規劃跨越溪谷最短距離約 900 多 m，施工困難，交通、施工皆甚不便利。
經濟效益	1	考量工程經費及施工便利性，本區為最優選。	3	考量工程經費及施工便利性，本區名列第三。
完成供水時間	1	水源水質符合需求，管線系統施工完成，即可供水，不需另行處理。	1	水源水質符合需求，管線系統施工完成，即可供水，不需另行處理。
原水水質	1	依水質檢測結果顯示合歡溪下游水質常年保持乙等水質，A 區位於其上游支流，且上游集水範圍無農業使用區域，評估水質應屬優良。	2	於 104 年 08 月 19 日採樣成果，南湖溪下游水體水質為戊等，主要為受到蘇迪勒颱風的影響，懸浮固體和濁度含量較高，其他時間維持乙等水體水質，B 區位於其上游支流，且上游集水範圍無農業使用區域，評估水質應屬優良。
管理維護便利	2	管線主要設置於道路系統，除水源處約 1 公里位於樹林中及另有一處溪谷吊管，巡視管理略有影響外，較之 B 區仍屬便利。	3	管線評估部分設置於道路系統，但水源處約 4 公里位於樹林中及另有一處遠距溪谷吊管，人員巡視管理上有所不便，遇有天災不易搶修。
評分合計		11		15
序位		1		3

*:C-1 為 C 區之短期規劃 **:C-2 為 C 區之長期規劃

各評選項目分別評分，評分合計數最低者為序位第一，次低者為第二名，餘依此類推。

表 4-7 水源選址適宜性(續)

項目	C-1*		C-2**	
	評分	分析	評分	分析
距離	2	直線距離約 10km。	2	直線距離約 10km。
流量	2	2.92CMS。	2	2.92CMS。
地形分析	1	水源即位於道路周邊，惟雖不用跨越溪谷，距離蓄水池較 A 點甚遠，交通、施工最為便利。	1	水源即位於道路周邊，惟雖不用跨越溪谷，距離蓄水池較 A 點甚遠，交通、施工最為便利。
經濟效益	2	有勝溪沿線多為超限利用地及農作使用，水質受農業污染影響，須增加淨水設施費用，工程經費相對較高。	4	有勝溪沿線多為超限利用地及農作使用，水質受農業污染影響，中期規劃為配置緩衝帶，或於農地周圍設置草帶、草溝等，或是配合使用腐熟有機肥(堆肥)、低磷農藥與肥料等，於農地的地表種植綠肥作物，長期規劃回收造林以一勞永逸解決水質不佳的情形，相關執行經費耗費甚多。
完成供水時間	1	水源水質為丙等水體，管線系統及淨水設施施作完成，即可供水，不需另行處理。	2	在以供水為前提之下，緩不濟急，無法儘速滿足民眾用水的需求。
原水水質	3	C 區位於有勝溪下游，有勝溪下游站(千祥橋)水體水質為丙等，可能為受到農業活動影響，硝酸鹽氮、總磷與磷酸鹽濃度較高。	3	C 區位於有勝溪下游，有勝溪下游站(千祥橋)水體水質為丙等，可能為受到農業活動影響，硝酸鹽氮、總磷與磷酸鹽濃度較高。
管理維護便利	1	水源即位於道路周邊，管線設置於道路系統，人員巡視管理最為便利。	3	水源即位於道路周邊，管線設置於道路系統，人員巡視管理最為便利，惟後續需注意集水區內土地利用狀況，仍有違法開發情形之可能，其非管委會成員能處理之情事。
評分合計		12		17
序位		2		4

*:C-1 為 C 區之短期規劃 **:C-2 為 C 區之長期規劃

各評選項目分別評分，評分合計數最低者為序位第一，次低者為第二名，餘依此類推。

第四節 水力計算

適宜之水源區位為 A 處，而後續依據簡易自來水工程設施規劃及審查原則(經濟部水利署，2016)採用哈森定律(Hazen – Williams Equation)，計算主要、次要水頭損失如下：

臺中市和平區平等里 10 鄰水文站簡易自來水系統需求用水為 $72(\text{m}^3/\text{day})=0.000833(\text{m}^3/\text{sec})$ ，選擇常用管徑 2(in) 約等於 0.05(m)。

計劃輸水量： $Q=72 \text{ m}^3/\text{day}=0.000833 \text{ m}^3/\text{sec}$

使用管材：高密度聚乙烯(HDPE)管，流速係數 $C=110$

管徑 $D=0.05\text{m}$

水源取水高程：1857m 水塔高程：1748m

管線長度：5230m

$$h_f = 5230 \times 10.666 \times 110^{-1.85} \times 0.05^{-4.87} \times 0.000833^{1.85} \\ = 40.65\text{m}$$

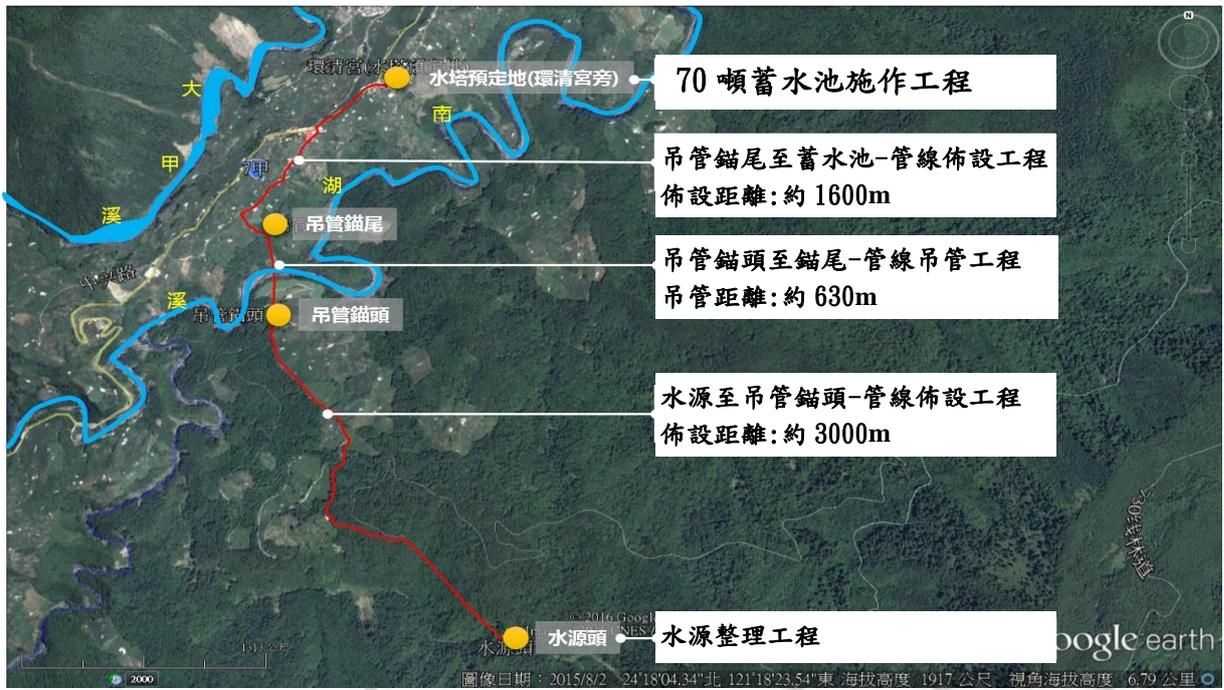
$$V = 0.35464 \times 110 \times 0.05^{0.63} \times (40.65 / 5230)^{0.54} \\ = 0.429(\text{m/s})$$

次要水頭損失概略以主要水頭損失 20%計，損失水頭為 8.13m。

水頭高程差 $1857-1748-40.65-8.13=60.22\text{m}$ ，水頭高程差大於

60m，導水管線應於適當位置裝設減壓設施。

考量工程經費效益、管理維護難易等因素，配合管理委員會人員現地
 勘查，設計規劃成果如圖 4-13 所示。



背景圖資料來源:Google earth 擷取(2016)

圖 4-13 簡易自來水系統規劃

第五章 結論與建議

第一節 結論

山區簡易自來水為民眾廣泛的選擇，但簡易自來水系統因多位於偏遠地區，有水源不穩、處理單元簡單與維護管理不易等問題；而因為成本及維護考量，山區簡易自來水設施完全是以簡單能使用為原則，多數並未考量水質、安全性及維護性。

另外山區農業耕種需求，居民自行取水供應民生用外，多數是導引農業灌溉，甚至於乾早期水源枯竭時，使用自來水灌溉，故生活用水與產業用水產生競合效應，供水不足情況加劇，有前端水源分配不均，造成後端用戶無水可用等情形。

本研究優選之水源地主要以距離最近者為優選。探究以 SWOT 分析水源選址考量之因子，皆與施工經費經濟性與管理維護便利息息相關，而在原水水質無需處理即符合標準前提下，水源間可依距離作為優劣之分別。若原水水質不符標準，需經處理後方可供應使用者，在經濟性上增加成本及維護支出，倘若引水處於聚落近距處，設置淨水設施雖初期投入費用高昂，但作為一次性投資而言，後續若管理維護良好，在管理維護相關成本上以長期效益來看反而較為優勢。

水源選址除最優選地點外，為滿足當地民眾民生用水需求，其餘

評估區位可列為備援水源，開闢第二、第三水源。若將灌溉用水納入考量，在經費允許下，可分別同時於兩處或三處水源取水，以利互相調配使用，惟以政府單位現行簡易自來水補助規定，僅以民生所需為補助對象，其餘用途並無法支應，若以私人興辦，則常難以負荷設施興辦的龐大費用。

第二節 建議

山區簡易自來水設施大部分的損壞都是因為位於山區，颱風豪雨及土石坍塌、落石等問題，在用水安全上，多為生物性水質指標不合格，多數為山區動物的排泄物及落葉等因素。政府部門宜定期調查簡水系統的現況，並輔導簡水系統健全營運管理，以協助各簡水系統邁向自主營運管理，同時透過水質檢測工作，以確保飲用水安全。

山區簡易自來水系統主要困難在後續的設施維護及管理成本，以一般簡易自來水系統規模，硬體設施尚可尋求政府協助設置，但後續依靠水費收入及用戶私人捐助的經費，常有無力維持正常管理營運的情況；引取水設施巡視維護尚可勉力維持，而淨水設施涉及消毒加藥部分，非經相關訓練人員不可操作，管理委員會管理人員多無法配合專職處理。

自來水為民生基本所需，如何供應民眾安全衛生的用水，政府部

門雖持續有相關措施協助辦理，但山區地形限制及人口分散，在經費有限的情況下而成效不彰。考量管理及施工專業性，山區簡易自來水系統可評估由台灣自來水股份有限公司接管之可能性，配合地形連結多個簡易自來水系統，將彼此水源連通共用，設立適當規模淨水廠，並由台灣自來水股份有限公司委派專人管理。

由具專業知識、能力的自來水公司進行管理的優點，為在正常情形下，可保飲水水質無憂，而在颱風豪雨成災後，亦可迅速應對災損並處理修復。而缺點為簡易自來水系統管線多數為裸露狀態，後續巡視管線人力及維修經費成本較之一般自來水系統相對來得高，基於使用者付費的原則，當地居民水費負擔勢必比之自來水水費要高，高出的費用端視是否有政府補助及後續施工管理費用計算，若無相關經費之補助，則民眾接受之意願恐較低落。

參考文獻

一、中文部分：

1. 經濟部水利署(2015)，「簡易自來水工程設施技術手冊(草案)」
2. 經濟部水利署(2016)，「簡易自來水工程設施規劃及審查原則」
3. 經濟部德基水庫集水區管理委員會(2015)，「104 年度德基水庫水質與藻類監測計畫」。
4. 經濟部水利署(2004)，「高屏河流域重現期距水文量分析」。
5. 方興環境工程技師事務所(2015)，「104 年度和平區簡水系統輔導管理計畫」，臺中市和平區公所。
6. 行政院環境保護署(2011)，「水體環境水質改善及經營管理計畫(核定本)」。
7. 行政院原住民族委員會(2014)，「原住民族地區部落水資源規劃及供水第三期(第 2 次修正)」。
8. 林鎮揚、何嘉浚、溫清光、張智華(2011)，「集水區非點源污染現地處理技術研發與應用計畫」，行政院環境保護署。
9. 禹安工程顧問股份有限公司(2014)，「鳳山溪主流(含支流霄裡溪)治理規劃檢討(含光碟電子書)」，經濟部水利署。
10. 經濟部水利署(2015)，「中華民國 103 年臺灣水文年報第二部分-河川水位及流量」。

11. 林忠明(2013)，「因應氣候變遷集水區水源涵養區位之優選與營造」，國立中興大學水土保持學系碩士學位論文。
12. 林明育(2015)，「集水區農業污染熱點區位篩選及治理對策」，國立中興大學水土保持學系碩士學位論文。
13. 陳嬉旻(2016)，「集水區農業非點源污染防治效益之研究」，國立中興大學水土保持學系碩士學位論文。
14. 鄭泰山(1989)，「水土保持草類根系研究」，國立中興大學水土保持學系碩士學位論文。
15. 賴文龍(2002)，「甜柿肥培管理之研究」，國立中興大學土壤環境科學系研究所碩士學位論文。
16. 黃建智(2002)，「流域集水區非點源污染模式之研究」，國立成功大學環境工程學系碩士論文。
17. 楊德良(2002)，「蒸發皿係數」，國家教育研究院。
18. 林昭遠、林承漢、周文杰(2005)，「七家灣溪濱水區植生緩衝帶配置寬度之研究」，中華水土保持學報 37(3)：209-220。
19. 林昭遠、賴威任、莊志瑋(2010)，「水庫集水區植生緩衝帶配置區位及效益評估之研究」，中華水土保持學報 42(1)：15-34。
20. 林昭遠(1998)，「濱水區植生緩衝帶配置之研究」，中華水土保持學報 29(3)：261-272。

21. 林昭遠、林忠明、林政侑(2014)，「集水區水源涵養區位優選之研究」，中華水土保持學報 46(2)：975-986。
22. 沈哲緯、曹鼎志(2009)，「邊坡防護工程中植物根系固土機制與穩定分析初探」，水保技術 4(1):47-55。
23. 林柏君、羅正宗、陳榮坤、劉啟東(2012)，「利用根箱探討水稻根系生長之變化」，嘉大農林學報 9(2)期:17-42。
24. 陳利頂、傅伯杰、趙文武(2006)，「“源”“滙”景觀理論及其生態學意義」，生態學報 26(5)期:1444-1449。
25. 陳貞樺、劉昌文、林家榮、林昭遠(2007)，「集水區農業非點源污染評估系統之建立-以霧社水庫為例」，中華水土保持學報 39(3)：303-318。
26. 張尊國、余忠賢、徐明麟(1997)，「德基水庫優養問題研究」，台灣水利 45:30-37。
27. 臺中市和平區公所(2016.06)，「中華民國 104 年臺中市和平區人口統計分析」。
28. 臺北自來水事業處(2013.5.22)
<http://www.water.gov.taipei/ct.asp?xItem=1144608&ctNo=47806&mp=114001>。

29. 臺中市政府市政新聞(2014. 05. 29)
[http://www.taichung.gov.tw/ct.asp?xItem=1137630&ctNode=7462
&mp=100040](http://www.taichung.gov.tw/ct.asp?xItem=1137630&ctNode=7462&mp=100040)。
30. 臺中市政府環境保護局(2017. 04. 11)
[http://www.epb.taichung.gov.tw/lp.asp?CtNode=22642&CtUnit=1
2296&BaseDSD=7&mp=109010](http://www.epb.taichung.gov.tw/lp.asp?CtNode=22642&CtUnit=12296&BaseDSD=7&mp=109010)。
31. 臺北自來水事業處(2013. 05. 22)
[http://www.water.gov.taipei/ct.asp?xItem=1144608&ctNode=4780
6&mp=114001](http://www.water.gov.taipei/ct.asp?xItem=1144608&ctNode=47806&mp=114001)。
32. 深圳市華南高科水處理設備有限公司(2017. 05. 13)
<http://www.hugke.com/hk/industry43.htm>。
33. 德基水庫水質管理網，經濟部水利署(2017. 04. 15)
http://file.wra.gov.tw/wra_ext/tech/default.asp。

二、英文部分

1. IPCC (2007) Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Climate Change.
2. Jenson, S.K. and J.O. Domingue (1988) Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 54(11):1593-1600.

3. Zhan, X.Y. and M.L.Huang (2004) ArcCN-Runoff: An ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps. *Environmental Modelling and Software* 19 (10): 875-879.
4. Fu,B., Y.K.Wang, P.Xu, and K.Yan (2012) Modelling nutrient retention function of ecosystem-A case study in Baoxing county china. *Procedia Environmental Sciences* 13:111-121.
5. Chou,T.Y., W.T.,Lin, C.Y. Lin and W.C.Chou (2004) Application of the PROMETHEE technique to determine depression outlet location and flow direction in DEM. *Journal of Hydrology* 287:49-61.
6. Fu, B. (1981), On the calculation of the evaporation from land surface [in Chinese], *Sci. Atmos. Sin.*, 1(5), 23–31.
7. Zhang, L., K. Hickel, W. R. Dawes, F. H. S. Chiew, A. W. Western, P. R. Briggs (2004), A rational function approach for estimating mean annualevapotranspiration. *Water Resources Research* 40(2):1-14.
8. Yang, H., D. Yang, Z. Lei, F. Sun (2008), New analytical derivation of the mean annual water-energy balance equation. *Waer Resources Research*,44(3):1-9.
9. Donohue, R.J., M.L. Roderick, and T.R. McVicar (2012), Roots, storms and soil pores: Incorporating key ecohydrological processes into Budyko's hydrological model. *Journal of Hydrology*,436-437,35-50.