

特 論

河 川 水 利 與 環 境 保 全*

River Hydraulics and Environment Preservation

日本明治大學教授

山本光男 著

Teruo Yamamoto

前台灣省水利局工程司

沈堯鑫 譯

一、前 言

河川以其利用層面而言，為可做為乾淨能源之水力發電，及可做為水資源之農業用水、生活用水、工業用水的水源，做為交通水路之水運，做為漁業之魚類棲息地，為親水、河川綠地、水質淨化等環境保全外，尚具備為了防止洪水災害之治水路的功能。然而，為了保證河川水利之安定與河川環境之保全時，不得不保持需水量（用水量）所對應之河川流量與水質。

一般而言，河川流量為流域內因降雨或降雪（降水）所產生逕流之流量，在下游地區有農業排水與家庭民生排水等污水排入之流量。且因降雨之逕流量是受到流域內之降雨強度、降雨延時、流域之大小、地形、地質、植生、開發狀況的左右很大，而水質是受流域內污水排放量之多寡所影響。本文是因隨氣候變動、季節性或時間性而降雨量顯著地分佈不均，在陡峭易侵蝕之山岳地區為水源之源頭，在流量變動頻繁，會產生大量的土砂或石礫之河溪為水源，當謀求因降雨所產生自然之水源供給與人之需求的平衡時，關於河川水利之安定與環境保全等方面如下所述。

二、河川之水理學特性

河川的大小是以地理學的知識或感覺來分類

時，依次序可分為溪、川、河、江，但溪與川的區分並不明確。

在日本，一般而言河溪流域較小、河床坡度陡急，在山間或溪谷者稱之為溪流(mountain stream)，以運動層面而言，河溪會令人有溪釣、溯溪、露營、及風景名勝或觀光區的印象；但台灣最大的河川為濁水溪，以海拔3,416m之合歡山為起點、流域面積3,155km²、河川長度186.4km、平均河川坡度（平均坡降）1/55、平均年降雨量2,428mm、最大日雨量1,000mm以上，降雨因季節、時間而顯著地分佈不均，當洪水來襲時有些溪流寬度寬達3,000m，流勢湍急，有巨石流到河口處。

因此，在河川水文學上，不論流域的大小，河川坡度陡，河狀係數（最大流量/最小流量）大（數百以上），流量的增減急速變化，歷線(hydrograph)圖形尖銳，大量的土砂、石礫流下，河床變動急速，並由山區、山麓平坦地區所流下的河川可謂為溪流(torrent)。

三、河川之開發流量與蓄水容量

一般而言，在謀求以河川為水源用水時，河川流量之時間（年月）的變化與用水量（開發流量與蓄水容量）的概念如圖1所示。

在流況安定下，該地區之需水量不超過河川

*本學會民國八十三年年會特約演講稿

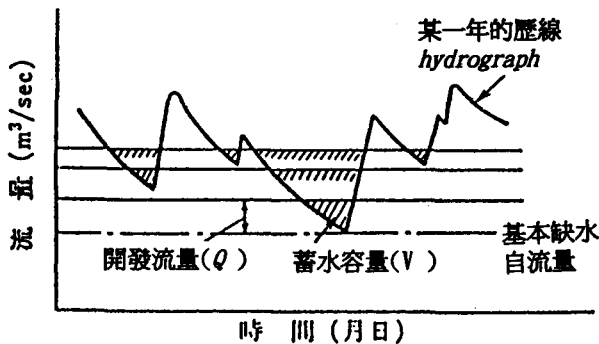


圖 1. 開發流量與蓄水容量之概念圖

基本缺水自流量（在十年之間發生一次規模的缺水量）時，可能會穩定地用水；但在河床變動、流況變化的情況下，爲了要用水穩定而必需進行河道整治、設置取水設施（取水堰）。缺水流量當然會隨水源地區的荒廢、流域的開發而減小。

隨著地域的開發、產業的發達與進展、文化生活的提昇，使得需水量增大，若用水量超過基本缺水自流量時，超過基本缺水自流量所增加的流量部分，必需尋求流量開發。因此，在河川流量不足下，須以開發流量來補足水量（補給水量）。爲了供給此補給水量，此水量稱爲蓄水容量，蓄水容量是基以河川的流量來計算，此正爲水庫計畫之基礎。

開發流量的設定，爲了蓄留補給水量（蓄水容量）而興建的水庫，有的是在河川主流興建的水庫—在槽水庫(on stream dam)，及在河川主流外的支流、或興建於能確保蓄水容量之適當地點的水庫—離槽水庫(off stream dam)。

四、「在槽水庫(on stream dam)」與「離槽水庫(off stream dam)」

在河川主流之在槽水庫阻絕河水興建蓄水池，蓄水池具備集水與取水功能及蓄水功能，此爲河川水利上有效的方法。但採用水庫阻斷河川主流而興建蓄水池的利水方式，不只河水流入，而且也有從自身流域所流入的土砂、石礫、流木，隨流域的開發，流入大量的塵土、污水等，所有物質流入，使得蓄水池淤積，水質污染外，水庫下遊的河川，由於斷絕了土砂礫的供

給，易發生河床降低、河口海濱的侵蝕等河川環境保全上的問題。

加上長時期持續地豪雨，延誤蓄水池放流時機，助長洪水所造成的災害。

所以，在陡峻且易侵蝕的山岳地區之河溪發源地、河狀係數大、流量變化急遽、大量土砂及石礫流下的河川處興建在槽水庫，並設置蓄水池未必見得是有效的水利工法。

因此，按照河川地形、地質、區域狀況而興建離槽水庫，將集水與取水功能及蓄水功能分離，若能樹立取水工與蓄水池合成的水利系統時，可減輕蓄水池的淤積，防止水質污濁，提高蓄水池的蓄水效率，或許可謀求河川水利之永久穩定。

五、離槽水庫與取水工組成的水利系統

此水利系統是在蓄水池本身流域外之河川所設置的取水工，或在支流設置取水工群，用來取水、引水、蓄留之水利工法。此水利系統是以在槽水庫之蓄水方式，或由本身流域外之溪流，以流域變更方式引水，期待能增強蓄水量的同時，有下述之優點：

(一)取水工的型式，依照水理特性，避免在河川經過的取水工地點處全量引取河水，方能保護河川環境。

(二)能夠抑止土砂石礫、流木等流到蓄水池。故預防因泥砂淤積而減少蓄水容量，以延長蓄水池的耐用年限（壽命）。

另外配合河川地形、流況、取水量，而設置取水工，能因有計畫地穩定取水，同時確保土砂石礫能流到或供給河川下游區，防止河床降低、海岸侵蝕。

(三)不只在平常水位時期，而在洪水時期，也能針對蓄水池引水而選擇取水方式。因有水源河川的選擇，且因於洪水時期暫停取用污濁河水，就可以維持取得良質的河水。

(四)蓄水池施工地點之選擇範圍寬廣。在單一蓄水池的情況下，預期的集水地點不可能在支流或小溪流，若是地形或地質條件適

當，可由河川之主流或由鄰近溪流引水，則有興建蓄水池的可能，但也應避免設置在淹沒區等社會條件嚴苛的地點。

- (b) 引進由本身流域外之河川取水，能提高蓄水效率。
- (c) 爲了提高蓄水效率，可縮小蓄水池之規模。

反方面而言，有下述之缺點：

- (一) 一般而言，流到取水工處的河水，不能全部取水。
- (二) 爲了要興建取水工、沈砂池、導水路（導水隧道）等建設，而需要此等工程之工程費用。
- (三) 若要變爲繁雜的水利系統時，會比在槽水庫之蓄水池的維護管理還要複雜。

所以，在此種水利系統的取水工，必定適合河川地形、流況、取水目的、取水量，及維護管理容易，可穩定且有計畫地取水及符合水理特性的水利系統型式。

六、離槽水庫與溪流取水工組成的水利系統例子

如圖2所示，日本愛媛縣企業局面河水庫，是愛媛縣道前道後平原之農業用水的補給水庫，利用導水路途中之落差進行水力發電，及爲了確保松山市、松前町之工業地區的工業用水，於1964年在石槌國家公園內仁淀川水系面河川支流割石川上流處，興建重力式離槽水庫。以地形、地質而言，雖在面河川主流處有可興建在槽水庫之適合地點，不過爲了避免淹沒面河溪之風景地區，而選定目前之水庫壩址。其自身流域面積 16.82km^2 爲小流域面積，有效蓄水量 $2,680\text{萬m}^3$ 爲小規模蓄水量，設置於面河川支流、面河溪、鐵砲石川、坂瀨川、妙谷川大小11個取水工群取水引水而蓄留，擴張集水面積 76.13km^2 ，增大年間使用水量到 $3,215\text{萬m}^3$ ，提高蓄水效率。水庫建設經過30年後的今日，泥沙石礫之淤積與估計量相差甚少，幾乎完全沒有問題發生。且名勝面河溪之河川環境得以完全保全，爲交通極方便之處，觀光旅客絡繹不絕。但取水工之取水堰形式眾多，可



圖 2. 面河off stream dam (離槽水庫)

以說必須配合河川地形、取水量，在維護管理層面而言，應設長時專業職員。

如圖3所示，嘉南農田水利會、烏山頭水庫（又名珊瑚潭）是在台灣西南部，灌溉嘉義、台南縣市之嘉南平原，灌溉面積 $81,000\text{ha}$ 的農地，及引取曾文溪、官田溪爲自來水之水源而興建離槽水庫，於1930年由八田與一技師完成半水壩式土堰堤。其自身流域約 60km^2 ，蓄水容量 $15,000\text{萬m}^3$ ，但在曾文溪主流、楠西鄉王菜宅地區，流域面積約 500km^2 處設置以取水堰形式之取水工，計畫取水量 $56\text{m}^3/\text{s}$ （最大爲 $85.4\text{m}^3/\text{s}$ ），以高約 5.4m 、寬約 5.4m 、全長 $3,107\text{m}$ ，坡度 $1/1,200$ 之馬蹄形導水隧道，年間用水量約高達 $157,000\text{萬m}^3$ 。

烏山頭水庫有效地利用於錯綜羅列、丘陵起伏間之低凹山谷地做爲蓄水池池底。另一方面，潭水面是由多數的島嶼與迂迴曲折的潭岸，猶似珊瑚形狀之水面所組成，幽美的風景，周邊存在多數名勝舊跡，成爲馳名的風景名勝、休閒區，多數的旅客參觀拜訪尋幽。

可是，當水庫四周開闢道路，隨著流域的開發產生大量的土砂流入，水庫完成後，經34年所累積的淤砂量達 $35,586 \times 10^3\text{m}^3$ 。

表中所示台灣地區取水工與水庫組成之水利系統。

七、取水工與河川水利

降雨量因季節性、時間性而顯著地分佈不

均，在流量變動急遽，河床變動極大，大量土砂石礫流下的河川為水源時，為了謀求因降雨之天然水分供給，與人類需水之供需水利穩定平衡，

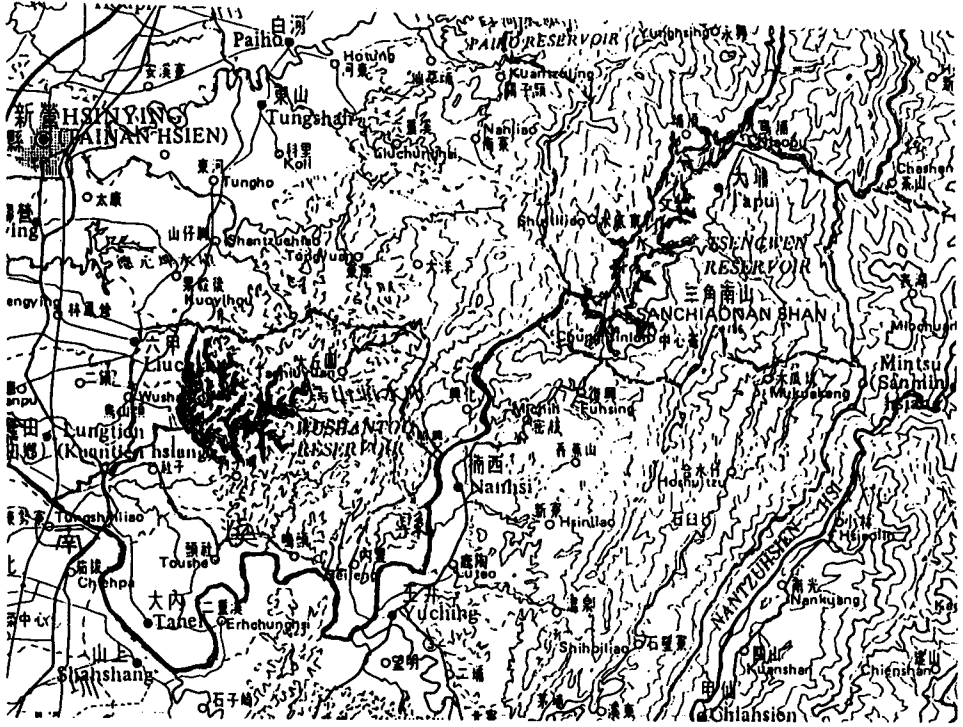


圖 3. 烏山頭off stream dam (離槽水庫)

表 在臺灣之取水工與水庫組成之水利系統

溪流河川	攔河堰進水口最大取水量(c. m. s.)	水庫容量(千 m^3)	年利用量(千 m^3)
曾文溪	烏山頭進水口 $Q_{max}=85.4$	烏山頭水庫 150,000	1,570,000
頭前溪	上坪攔河堰進水口 $Q_{max}= 2.4$	寶山水庫 5,350	16,000
南庄溪	田美攔河堰進水口 $Q_{max}= 6.5$	永和山水庫 29,580	68,260
八掌溪	仁義潭攔河堰進水口 $Q_{max}= 25.0$	仁義潭水庫 28,800	42,820
大安溪	鯉魚潭攔河堰進水口 $Q_{max}= 35.0$	鯉魚潭水庫 126,000	280,000
東港溪	東港攔河堰進水口 $Q_{max}= 5.0$	鳳山水庫 9,200	44,000
基隆河	基隆河抽水站進水口 $Q_{max}= 4.2$	新山水庫 4,000	68,000
旗山溪	南化水庫攔河堰進水口 $Q_{max}= 30.0$	南化水庫 150,438	290,000

而設計的取水必定符合河川地形、流況、取水方式及取水量。

取水工應須具備的條件為：

- (一)雖在急遽流量變化情況下，仍可得到穩定的計畫取水量。
- (二)對所流下之土石，及種種的浮游流下物，也不致以發生取水之阻礙。
- (三)對流石、流木來說，其結構應堅牢耐用。
- (四)構造簡單、維護管理容易且費用低廉。
- (五)有取水限制的情況下，仍能滿足其確實的條件。
- (六)不會損壞河川環境。
- (七)能保障魚類之棲息環境。

雖可舉出上述等條件，但經水工試驗、現地調查、實驗結果，以管柵後方取水型取水工，及管柵複合型取水工為現在最廣範使用的取水工，以其設計、施工事例為多。

取水量受到落差高度、管柵的坡面角度、管柵的開度（＝管柵間隙面積／落差處坡面積）、管柵設置寬度所影響。

(一)缺水流量為計畫取水量的2倍以上之河川，為了能獲得穩定的定量取水，故採以管柵後方取水型取水工，其管柵開度在8%左右，水褥導堤(water cushion deflector)之設計流量是採用一年內發生5~6次洪水頻率，且為了使浮游物能流到下游，平時小堤保持越流量，故小堤高度不能過高。

(二)缺水流量小，流況為全量取水的河川，以管柵複合型取水工取水較為有利，但計畫取水量能符合管柵設計各種因素，並考慮維護管理會有不確實的情況，故在管柵下游處設置水褥小堤時，其高度為20~30cm。

在管柵複合型取水堰處排列滲水孔(weep hole)，可兼備管柵複合型取水工與 trap dam 的功能，大水時水由管柵處自然流下，缺水時則可由 trap dam 上游處之河床蓄留取水，方能提高水利效果。

當落差高度相同時，管柵複合型取水工之構造簡單，單位寬度的取水量會比管柵後方型取水工大，在計畫取水量大的情況下，以設置管柵複

合型較為有利。

在河床坡度平緩，河川寬度寬廣，取水量大的情況下，一般是設置具有巨大可移動堰之取水堰，但在沒有尖銳角礫流入的地點，且近年來技術顯著地進步，故可採用以橡皮壩(rubber dam)方式之取水堰，其施工簡單，當洪水時容易抑制因堰擋水所造成的回水，在穩定河川水利的同時，也能尋求河川環境保全。

八、結 論

河川在平時符合需水量（用水量）相對應的河川流量與水質情況下，宜確保水利的穩定與河川環境的保全，然而台灣因年平均降水量為2,500 mm左右，且因季節性、時間性降雨顯著分佈不均，流量變動急遽，以大量的土砂石礫流入的河川為水源，為了謀求穩定且有計畫的取水與用水，在適合於河川地形、流況、取水方式、取水量處興建取水工的同時，統合運用離槽水庫、取水設施與取水系統，符合區域的狀況下，確實樹立水資源開水與用水系統。因此，對河川水利而言，不論流量的多寡、水質的好壞，皆會成為問題。為了謀求河川環境與水質的保全，促進因由河川治理或在流域內所流入的污水之處理設施整頓的同時，必須提高居民對於水環境保全之相關意識。

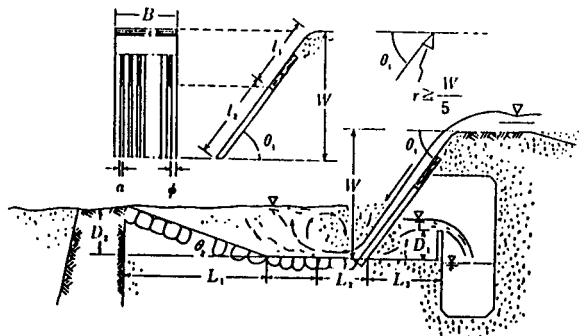


圖 4. 管柵後方取水型取水工

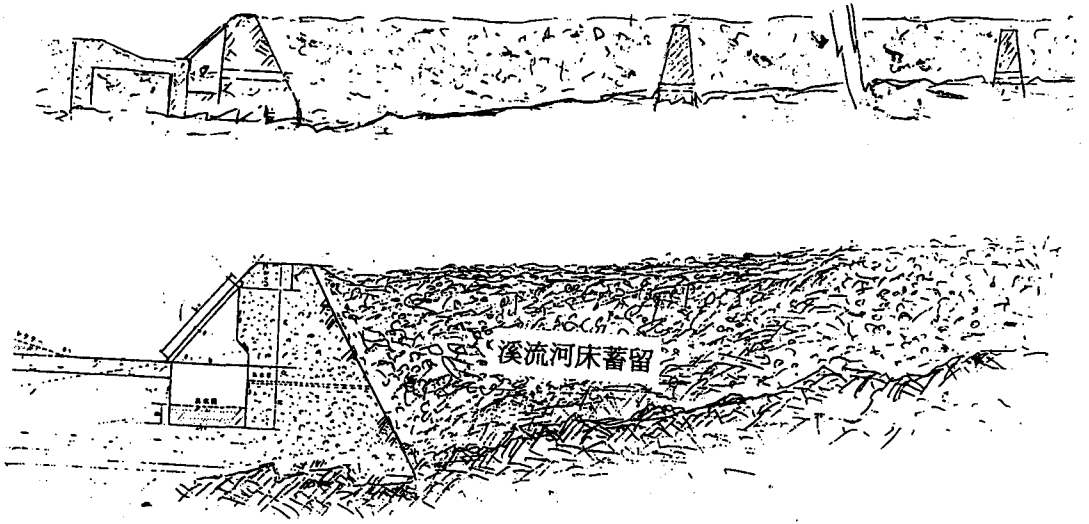


圖 5. Trap dam方式管柵複合型取水工

九、參考文獻

1. 山本光男：「河川地形與取水方式之研究」，農委會水利特刊，No. 1, 1989.
2. 山本光男：「溫帶モンスーン地域における溪流河川地形と取水方式の研究」，日本明治大學科學技術研究所紀要，No. 8, 1990.
3. 山本光男、王 雄：「溪流取水工之設計」，第六屆水利工程研討會論文集（上），1992.
4. HWANG, Jing-San: "A Study of Sustainable Water Resources System in Taiwan Considering the Problem of Reservoir Desiltation", 1992.
5. 陳 正美：「風景幽美珊瑚潭」，建設，No.18，1994.
6. 小島信彦、山本光男：「バースクリーン複合型溪流取水工に関する實驗的研究」，日本農業土木學會論文集，No. 171, 1994.
7. 山本光男、張 耀澤、李 金忠、彭 茂崧：「管柵複合型溪流取水工の水理構造諸元要素算定方法及應用」，第七屆水利工程研討會論文集（上），1994.