

宜蘭河水文環境之研究

張智欽

一、前言

宜蘭縣境內的重要河川，由北至南有大溪川、得子口溪、蘭陽溪、新城溪（中、上游稱武荖坑溪）、蘇澳溪、東澳溪、南澳溪、和平溪（下游是宜、花縣界，部份流域在花蓮縣）。根據民國 87 年 6 月公告之〈台灣省河川管理規則〉，河川的管理單位分為中央與地方兩級，蘭陽溪（含宜蘭河）與和平溪為中央管轄，宜蘭縣境內其他河川全數歸地方政府管理。依據過去台灣省水利局的河川分類，宜蘭地區的主要河川有蘭陽溪 1 條，主流為蘭陽溪，支流有羅東溪、宜蘭溪；次要河川 5 條，分別為得子口溪、新城溪、蘇澳溪、南澳溪及和平溪；普通河 2 條，為東澳溪及大溪川；區域排水則包括冬山河等 64 條。

冬山河在 20 年前，知道它的存在的人並不多，而今它卻成為台灣最有名的河川之一，甚至名揚國際，每年有上百萬的遊客到冬山河的親水公園，讚嘆台灣竟有如此美麗河川！但也有人認為冬山河只是條筆直的排水溝，由過去蜿蜒自然的河道，變成截彎取直後的人工河道，甚至成為一條觀光遊憩為主的河川。儘管各界對親水公園有不同的評價，但過去水患頻仍的冬山河，搖身一變成為宜蘭人的「希望之河」；而其整治兼顧了防洪、觀光遊憩、環境保育，成為台灣河川治理的典範。

冬山河成功的範例，是宜蘭人的驕傲，居住在蘭陽溪以北的宜蘭人，亦希望有重大的河川整治建設，規劃優質的生活空間，以縮小溪南、溪北的區域差異及平衡當地居民的心理。

宜蘭地區最主要的河川，當然是蘊育宜蘭平原的母親——蘭陽溪，但縱觀宜蘭地區的發展過程、水利設施、文物古跡、人文特色及人河交互作用等因素，宜蘭河的重要性決不亞於蘭陽溪。尤其是現今的宜蘭河，穿越繁華的宜蘭市，中、下游河段已是宜蘭市民的生活場所，為了拉近日益疏遠的人河關係，喚起人們親水的記憶，全流域、前瞻性的河川治理與景觀、遊憩、環境保育等規劃是十分必要的，如此可以將水與綠重新納入我們的生活環境，這是宜蘭人殷切的期盼。

二、宜蘭河水系與流域概況

宜蘭河是蘭陽溪的支流，不論是從源流區域或出海口來說皆可成立。宜蘭河在壯圍東港村與蘭陽溪支流冬山河匯流出海；又宜蘭河的支流之一——大湖溪，根據《台灣堡圖集》（台灣省文獻會，1969）判讀，其源頭在上深溝附近與蘭陽溪相連，直至 1924 年興建蘭陽溪北岸的員山堤防時，才將蘭陽溪流至宜蘭河的地面水系阻斷。根據《噶瑪蘭廳志》記載：「西勢大溪：在廳治（今宜蘭市）西南三十里。從界外玉山腳發源，出大叭哩沙湍口，至內崩山與東勢之濁水（蘭陽溪）分支，由圳頭、大三鬮、胡鯪斗、金包股、六七結繞過三結，東轉至下渡頭淺澳束成港道，北匯烏石港入海」（陳淑均，1993：16）。宜蘭河不僅與蘭陽溪同源而且曾北徙至烏石港出海。宜蘭河及蘭陽溪流至平原地區，其間水系纏繞不清，每逢大雨河川暴漲，便發生河川襲奪、併水、改道等現象。漢人入墾後修建堤防，在蘭陽溪北岸有「濁水溪堤岸：在廳南八里。其堤自芭荖鬱莊直透闊嘴寮、過嶺仔。……因溪地稍高，凡傍溪一帶田園每遇颶風大雨，即遭淹浸沖塌，居民就地鳩築……」（陳淑均，1993：40）。在宜蘭河下游北岸有辛仔罕堤岸（在廳東北三里，……。自辛仔罕順流而下，至哆囉美遠）；南有民壯圍堤岸（在廳東北三里，……。自下渡頭順水而東至十三股），「按上三堤，亦皆因堤高田低，驟遇風雨，易於沙壓水沖者，故防禦一律云」（陳淑均，1993：41）。興建河堤之後河道較為穩定，根據早期的「噶瑪蘭廳地輿全圖」及「噶瑪蘭廳水利堤堰全圖」來看（圖 1、圖 2），昔日主河道似為北支流，但根據《台灣堡圖》（1904）判讀，主河道漸偏南流；日據中期以後，有較大規模修築員山堤防、壯圍堤防，使宜蘭河道終趨穩定，且蘭陽溪北岸地面水不再流入宜蘭河（圖 3）。

此處請插入圖 1 噶瑪蘭廳地輿全圖

此處請插入圖 2 噶瑪蘭廳水利堤堰全圖

此處請插入圖 3 宜蘭河河道變遷

宜蘭河有 4 條主要的支流（表 1），由北至南分別是小礁溪、大礁溪、五十溪及大湖溪。小礁溪發源自標高 1,147 公尺的小礁溪山，大礁溪大部份支流發源於大礁溪山（標高 1,161 公尺），最長的支流發源於中阿玉山（1,283 公尺），流至刺仔崙橋下游約 600 公尺處，有小礁溪匯入。根據經建版二萬五千分之山一比例尺地形圖之判讀，宜蘭河主流應是五十溪（流域中流量最大、河道最長者為主流，大礁溪與五十溪長度相近，若考慮流經地區及聚落發展，五十溪的重要性遠大於大礁溪）。五十溪發源於員山鄉山西峰（1,019 公尺）（地圖上未明確標示位置），往南行約 4 公里在雙連埤的北側即往東沿著台 9 甲省道流至圳頭出谷，形成細長之沖積扇。五十

溪流至員山大橋匯入宜蘭河，宜蘭河最南側支流為大湖溪，發源地部份在雪山山脈與平原交接低於 500、600 公尺之山麓地帶，另一部份支流則源自蘭陽溪由東北東方向轉往東流的地區，也就是在上深溝附近（圖 4）。

另一發源在阿玉山（1,420 公尺）東南側之溪流，河水匯集於雙連埤成為內陸濕地，雙連埤的集水區及其上游的水系，與五十溪僅有一丘之隔，是否與屬於宜蘭河水系？從地形圖判讀應分屬不同之水系，但要如何解釋雙連埤的源頭及周圍河水之流向呢？經實地調查及訪問當地居民，可能的情形是雙連埤的水源可分兩部份，一為四週較高之山地的地面水及湧泉，另者為上述發源於阿玉山東南側之溪流往南流至生子寮後呈東西雙向分流，向東者流經下埤，最後至雙連埤積水成湖，西向的分流流過雙溪口後即成為粗坑溪的上游；若雙連埤的水位較高時亦會往西流，由粗坑溪流出，所以當地人有「雙向流水」之說。

宜蘭河主要長 17.25 公里（員山大橋至出海口），流域面積 149.06 平方公里，平地（標高 100 公尺以下）與山地面積約各占一半；平均坡降，上游段約 1/45，中游段（中山橋至員山大橋）1/2150，下游段（中山橋至河口）1/2200；河床地質方面，山區以四稜砂岩、頁岩為主，平原地區多為沖積層，員山大橋之河床質 $D_{50}=5.51\text{mm}$ ，中山橋 $D_{50}=0.41\text{mm}$ （水利局，1990：5-15）

此處請插入表 1 宜蘭河流域特性

一般而言，宜蘭地區河川落差均很大，流短水急，沖蝕力量大，導致河水亂流，而形成寬大河床。上游河段幼年期的 V 型谷地遍存，多急流瀑布，不直接流入海者，常自上游帶來大量砂石，堆積谷口，形成典型之沖積扇地形。由於雨後地面逕流快速入海，所以宜蘭河中、上游亦多屬「荒溪型」的河川，溪水在沖積扇頂大量入滲，至扇端（標高 5-15 公尺）即形成湧泉帶（地下水面與地形面相切或相交之處）。下游河道蜿蜒，匯集許多小支流（區域排水），且正是地下水流出區，所以河川水量豐沛。

當河流由上游搬運礫石、土砂至下游時，在谷口因河床坡度減緩，流幅增寬，深度變淺，磨擦力增加，流速減弱，而形成半圓錐體的堆積，即為沖積扇（alluvial fan）。宜蘭地區因地形起伏大，岩層脆弱易侵蝕，降雨豐沛，縱谷及山麓地帶沖積扇十分發達，在平原地區就有 17 個（張瑞津，1995：151-191），多分布於平原西側雪山山脈山麓，由福德溪、林美溪、小礁溪、大礁溪及大湖溪等切割斷層崖之小溪谷，於此層崖下連成合流沖積扇（confluent fan）（林朝榮，1957：328-329）。在宜蘭河流域內的沖積扇有大、小礁溪沖積扇及大湖沖積扇，分述於下。

大、小礁溪聯合沖積扇：位於宜蘭市西方，由宜蘭河上游支流小礁溪和大礁溪沖積而成，扇頂高約 70 公尺，扇徑約 3,500-4,000 公尺，扇端高約 10 公尺，經實地調查，其扇端應再往東移至宜蘭市金六結附近，宜蘭市大部分在其影響範圍內。沖積扇的扇央及扇端地下水屬於受壓水有形成自噴井的條件，一般而言在宜蘭市鐵路以西的沖積扇的地形區，深度超過 100 公尺水井多能自噴（張智欽，1997）。

大湖沖積扇：位於大小礁溪沖積扇和蘭陽沖積扇間，亦由大湖溪和五十溪聯合沖積而成，因流經大湖地區，以大湖扇稱之。是一細長沖積扇，扇頂約 75 公尺（在圳頭淨水場附近），扇徑約 4,000 公尺，沿台 9 甲省道可明顯看出狹長的沖積扇形狀及其坡度。

較早期的研究中並未將大湖沖積扇視為獨立之地形區（林朝棨，1957：328-329），若根據地下水流向的判斷（張智欽，1997），大湖沖積扇與蘭陽溪沖積扇的確不易截然劃分。

此處請插入圖 4 宜蘭河流域地形與水系

三、氣候概況與氣候水平衡

（一）氣候概況

蘭陽平原地區年平均（1971—2000）溫度為 22.3°C，近 20 年的氣溫略微升高 0.2-0.3°C（1951—1980 年平均為 22°C），60 年來上升約 0.6°C（姜善鑫，1994），一月平均氣溫 16°C，七月平均氣溫則約 28°C，600 公尺之丘陵地區年平均溫度 18°C，一月平均溫約 12°C，七月在 24-25°C 間。

宜蘭河流域雨日（ $\geq 0.1\text{mm}/\text{日}$ ）超過 200 天，受季風及地形的影響，可謂終年有雨，但年中仍有乾濕季之分，9 至 11 月不論是平原或山地，降水皆超過 300 公釐，颱風、對流雨是主要降水來源，秋季是宜蘭最多雨的季節，東北季風減弱的 3、4 月又因鋒面未形成氣旋雨（梅雨），是年中短暫較少雨的月份（圖 5、圖 6）。宜蘭河流域降水的空間分布亦有明顯的區域差異，一般而言，平原地區年雨量約 2,500-3,000 公釐，山區多在 3,000 公釐以上，集水區內 5 個雨量站的降水量相差 1000 公釐以上（請參見表 2）。

此處請插入圖 5 宜蘭河流域三月份平均降水量

此處請插入圖 6 宜蘭河流域九月份平均降水量

此處請插入表 2 宜蘭河流域平均降水量

宜蘭河流域平均風速每秒約 1.3 公尺-1.5 公尺，每年 10 月至翌年 3 月有半年之東北季風，但受地形影響，在近陸低空偶有西南風（反向風）出現，至於夏季則盛行東風或東北風。宜蘭市全年以東北風、西風為優勢，蘇澳港區附近，則以西風為主（中央氣象局，1990）。每年 7、8、9 月為颱風侵襲最盛的月份，根據中央氣象局 1958—2000 年網上的颱風資料，整理歸納分析，對宜蘭影響較大的第 1 及第 4 條颱風侵襲路徑，總計 40 次，占總次數 46%，若加上第 2 及第 6 條路徑，則超過 2/3 的侵台颱風可能會對宜蘭造成嚴重的影響。

由於終年多雨，宜蘭地區之相對濕度之高亦是全省之冠，各月平均對濕度皆在 82% 以上，年平均為 85%，山區如福山更高達 94%（林業叢刊，2000）。同樣的本區雲量多、日照少，平地平均雲量高達 8/10 以上，山區則更高，全年平均日照率為 30%，最低之 11 月平均日照率竟不到 20%（中央氣象局，1990）。

（二）蒸發散量

蒸發散在水循環（hydrologic cycle）或水收支（water budget）所扮演的角色，可由基本的水平衡式（water balance）中看出： P （降水量）、 ET （蒸發散量）、 R_0 （逕流量）三者的關係如下： $P=ET+R_0+\Delta S$ （水文期間為 1 年， $\Delta S=0$ ，流域範圍內，一定期間，所保持的水量變化），甚至可將水資源定義為 $P-ET$ ，因為上式中逕流量可說是人類所能利用水資源之極限，可見蒸發散在水收支中的重要性。目前台灣地區水文資料中，較能正確掌握的應屬降雨量，而蒸發量的測站則十分稀少，一個集水區的逕流量多由降雨量扣除蒸發散量來推估，所以逕流量（或稱可用水量）的正確與否，幾乎完全決定於蒸發散量之推估是否精確合理，所以蒸發散量可作為評估一地區水資源重要的依據。換言之，欲了解一個流域水收支的情況，除了要有長期的降水資料外，也需要蒸發散量的數據，才能進而推估流域內之土壤水分含量、剩水（surplus）或缺水（deficit）的概況，作為水資源經營、農業灌溉計畫擬定之依據。

蒸發散量測定方法很多（V. T. Chow, 1964；周根泉，1969：34-62），一般而言可分為直接測量及間接推估。前者費時、費事，若無政府龐大的經濟、人力支持，

很難作長期觀測，而較小規模或小範圍的測量又難具代表性，所以多數研究是利用氣候資料推估蒸發散量，替代經年累月的實測，國內農學界也多以 Blaney—Criddle 的經驗公式推估作物需水量（台大農工系等，1976；張建勛，1968：353-371），氣象、地理學界則多以 Thornthwaite 法來推估蒸發散量或計算氣候水平衡（邱永和，1977；陳國彥，1980：25-42；楊萬全，1988：22-44），雖然 Thornthwaite 法來推估蒸發散量與皿蒸發量相關較低，似乎不如 Penman 法精確（黃大任，1990：56-59），但小區域內往往無氣象測站資料，無以推算。

常用的蒸發量 (Evaporation, E) 或蒸發散量 (evapotranspiration, ET)，有利用蒸發皿觀測的皿蒸發量 (pan evaporation, Ep)，較大範圍水體觀測或由計算所得的水面蒸發量 (water surface evaporation, Ew)，也有利用月均溫計算的可能蒸發散量 (potential evapotranspiration, ETp 又稱為蒸發散位、蒸發散潛能，最大蒸發散量等)，有利用月均溫和月平均降水量計算的合理（實際）蒸發散量 (actual, evapotranspiration, ETa)，有利用測滲儀 (lysimeter) 觀測所得的實際真正蒸發散量 (real or true evapotranspiration, ETr)。

氣候水平衡計算的基本式是：

$$\text{降水量}(P) = \text{蒸發散量}(ET) + \text{逕流量}(RO)$$

式中的蒸發散量需要的是實際的蒸發散量 (ETr)，但此數據觀測不易，連先進國家都極少，台灣地區亦僅有農業研究單位小規模做短期的觀測，所以通常採用皿蒸發量乘以一定係數，或利用可能蒸發散量和合理蒸發散量之關係，乘以一定係數計算。台灣地區的林口台地和花蓮以北，實際真正蒸發散量約為皿蒸發量的 0.6 倍、可能蒸發散量的 0.7 倍（楊萬全，1988）。但在植被良好地區，如山區因蒸散 (transpiration) 作用較盛，所以用皿蒸發量來換算並不適宜。蒸發皿有兩種規格，早期使用小皿（直徑 20 公分），1970 年代以後多改成 A 皿（直徑 122 公分），中央氣象局宜蘭站於 1974 年起兩種皿同時測量，其年蒸發量兩者相差約 1/3 (400 公釐)，引用上造成困擾，且山區無量測資料，故本研究以可能蒸發散量來換算，可能蒸發散量的數據，以宜蘭市及福山植物園的月平均氣溫資料採用桑士偉 (C.W. Thornthwaite) 法（市川正己，1973：114-116）計算，其公式如下：

$$ETp = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a \text{ (mm/month)} \quad (1)$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514} \quad (2)$$

$$i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514} \quad (3)$$

$$a = (0.675I^3 - 77.1 I^2 + 19720I + 492390) \times 10^{-6} \quad (4)$$

式中 i = 月熱能指數

I = 年熱能指數，由 i 累加

T = 月平均溫度

a = 月可能蒸發散量（未修正）計算係數

Thornthwaite 的計算公式較為簡單，只要有月平均溫度即可計算，其基本假設風速及相對溼度是固定的（宜蘭地區月平均相對溼度 83%-88%，年平均 86%，月平均風速 1.3m-1.5m/sec），而每月 30 天，每天日照 12 小時，所以必須因地區及季節以緯度、月份加以修正，其計算結果如表 3、表 4。

此處請插入表 3 宜蘭河流域氣候水平衡（平原）

此處請插入表 4 宜蘭河流域氣候水平衡（山區）

宜蘭河流域約有 2/3 的面積為植被覆蓋良好的闊葉林地，蒸發散作用十分旺盛，可能蒸發散量 (ETp) 的區域差異明顯的受地形影響，山區與平原大致可以 1,000 公釐作為山區與平原的分界，即山區少於 1,000 公釐，平原則高於 1,000 公釐。宜蘭地區之蒸發散量計算結果，可能蒸發散量 (ETp) 等於合理蒸發散量 (ETa)，所以本研究採用的實際蒸發散量平原地區乘以 0.7 之值，山區溫度較低但植被覆蓋較好，所以乘以相同之值（劉興士，1999）。

（三）逕流量與水文特徵

逕流量的多少，可由河川流量的直接觀測，也可由水平衡式計算。由水平衡計算時，因水文區情況之不同而有差異，宜蘭河流域尚稱完整，但流至標高 10 公尺以下的地區沒有明顯的分水嶺，若不考慮地下水的情況其水平衡式可簡化為：

$$\text{逕流量} = \text{降水量} - \text{蒸發散量}$$

宜蘭河流域範圍廣大，水文站並不普遍，即使有亦是短暫的紀錄，而且河流因含沙量大，河床橫剖面變化不定，長期正確的流量觀測十分困難，且取水、引水、家庭用水流入等情形複雜。所以觀測之流量僅能供參考、比對，外國文獻亦有直接河川流量觀測值不如水平衡式計算值正確之探討。

宜蘭河流域年加權平均降水量 3,115.6 公釐，年平均可能蒸發散量為 1,135.3 公釐，加權年平均實際蒸發散量為 794.7 公釐，宜蘭河流域集水面積為 149.06 平方公里，若平地與山地面積各占一半，所以逕流量應分開計算較為合適：

(1) 年平均逕流水深＝

$$(3,403.5\text{mm}-617.7\text{mm})/2 + (2,827.7\text{mm}-971.7\text{mm})/2 = 2,320.9\text{mm}$$

(2) 平均逕流量＝ $2,785.8\text{mm} \times 10^{-3} \times 149.06\text{km}^2 \times 10^6 \div 2$

$$+ 1,856\text{mm} \times 10^{-3} \times 149.06\text{km}^2 \times 10^6 \div 2$$

$$= 345.95 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{年}$$

$$= 947.81 \times 10^3 \text{ m}^3 / \text{日}$$

$$= 10.97 \text{ m}^3 / \text{秒 (cms)}$$

宜蘭河流域年平均逕流水深為 2,320.9 公釐，年逕流量為 $345.95 \times 10^6 \text{ m}^3$ ，平均逕流量為 10.97cms。逕流量時間的分配上大致與降水量與土壤水分的年變化相近，以 9、10 月份最高，4、7 月最低，流域較大的蘭陽溪逕流係數也較大 (0.76-0.77)，宜蘭河流域逕流係數為 0.74。

河川係數是指河川豐枯流量的比例，根據水文年報的定義：是以歷年紀錄中最大流量與最小流量的比值，這種極端比值不是常態，若以長期各月平均做比較，對河川流量豐枯情形較容易了解，亦有實用上參考價值；宜蘭河的月平均流量大小比值為 2.5，而蘭陽溪的比值為 6.5，顯然宜蘭河流量較為穩定。

長期平均的簡單水平衡為逕流量 (R0) 等於降水量 (P) 減去蒸發散量 (ET)，此逕流量為該地的最大水資源量，水平衡中的蒸發散量應為實際蒸發散量，本文以可能蒸發散量的 0.7 倍為準。經濟部水資會出版的《台灣水文年報》中，宜蘭平原上的河川實測逕流量如表 5。

此處請插入表 5 蘭陽溪與宜蘭河流量記錄

宜蘭河 (中山橋) 的比流量為 12.31 (cms/100km²)，約為台灣地區平均比流量

($5.88\text{cms}/100\text{km}^2$) 的 2 倍以上, 也高出台灣北部地區平均比流量($6.95\text{cms}/100\text{km}^2$) 甚多(經濟部水資會, 1998), 主要原因是蘭陽溪沖積扇有部分地下水流入宜蘭河的結果, 就同一流域比較: 比蘭陽溪(蘭陽大橋)的比流量為 $10.63(\text{cms}/100\text{km}^2)$, 高出約 $2(\text{cms}/100\text{km}^2)$, 由此更可證明蘭陽溪流域的地下水流入宜蘭河的水系中。根據台灣堡圖判釋(圖 3), 蘭陽溪、宜蘭河流域主河道偏北, 從宜蘭平原地下流網(圖 7)分析(張智欽, 1997); 宜蘭平原地下水可分為得子口溪、蘭陽溪及冬山河 3 個水系, 但其地下水域與地面水系範圍並不相符; 大小礁溪、大湖溪等沖積扇向東流的地下水至下游地區是流向得子口溪流域, 大小礁溪沖積扇的地下水流出區, 在等高線 10-20 公尺間形成許多湧泉、水塘, 成為得子口溪地面水系支流(武暖排水、黃德記排水)的源頭可以為證; 同樣的蘭陽溪中、上游主河道是沿著雪山山脈西南往東北走向, 大約流至河床等高線 70 公尺以下即轉往東流, 故在 1924 年以前員山、壯圍堤防尚未興建時, 每逢大雨來襲時, 洪水仍往東北方向氾濫, 並曾以宜蘭河下游河段為主流, 可能是舊河道及水流慣性使然, 所以蘭陽溪主流轉往東流時, 仍有一股地下水往東北流入宜蘭河水系, 甚至流至得子口溪水系, 以上的現象皆可在宜蘭平原地下流網圖找到佐證。

(四) 氣候水平衡

降水、蒸發、逕流是了解水文量的 3 要素, 而水平衡(water balance)的基本式即為降水量(P) = 蒸發散(ET) + 逕流量(R0)。因降水後雨水被地面吸收和蒸發, 入滲(infiltration)到地面下不飽和帶(unsaturated zone)形成中間流(inter flow), 再下滲(percolation)到地下水面(water table)成為地下逕流, 而雨量過多形成超滲容量(excess rainfall)才會產生漫地流(overland flow), 而地下的逕流會以泉水(spring)或滲流(seepage)方式流出地表面或流入河、湖、海中, 其間的滯流(retention)時間差異甚大, 河川流量觀測不可能量測出真正降水所形成的各種逕流。因此欲了解一個區域水收支的情形, 就要先算出該區的蒸發散量。其測量方法固然很多, 但是由於氣象站少不易取得小區域完整氣象資料, 故本文以 Thornthwaite 法來推估蒸發散量或計算水平衡, 土壤含水量 100 公釐來調節, 以求得實際(合理)蒸發散量(actual ET, ETa)。若月平均可能蒸發散量大於月平均降水量, 而土壤水分已因蒸發為零而不能再調節時, ETa 最多等於月平均降水量。

此處請插入圖 7 宜蘭平原地下水流網圖

在計算時，因採用土壤水分為 100 或 200 公釐之不同，計算結果相異，尤以一個月或一季之水收支為然，若以全年而言，尤其在全年濕潤地區 ($P > ET$)，以 100 或 200 公釐計算差異甚小，而在較長乾季之地區，其差異亦不會大於兩者本身之差。若以 50 公釐計算則很短之乾季亦能顯示出來。一般認為土壤調節水分功能之厚度為 1 公尺，有效水分以 10% 計算，相當於 100 公釐，故本文土壤水分以 100 公釐較為適宜（張智欽，1992：347-367）。

本文推算出之水平衡如表 3、表 4；將降水量與可能蒸發散比較（圖 8、圖 9），平原地區只有 7 月份的降水量小於蒸發散量，需要消耗土壤的水分，而 8 月土壤水補注恢復飽和，全年除了 7 月份外皆有過剩之水量，全年總和為 1,442.4 公釐。根據台灣地區氣候水平衡分類（楊萬全，1988）屬於第一類型，即 $ETa = ETp < P$ ，各月平均降水量 (P) 或小於月平均可能蒸發散量 (ETp)，但因土壤中貯存的水分可充分供應調節之用，所以 $ETp = ETa$ （月平均合理蒸發散量），而宜蘭平原地區是屬於第一類型中的第二亞型；即全年有 3 個月以內 $P < ETp$ ，此時期必須耗用土壤水，但有充分之土壤水可供調節，所以 $ETa = ETp$ ，為盛夏耗用土壤水型；低海拔山區（福山植物園），屬於第一類型中的第一亞型，即各月平均降水量均大於平均蒸發散量，每個月均有剩水，全年總和為 2,521 公釐，此為宜蘭河流域豐沛流量的主要來源。

此處請插入圖 8 宜蘭平原氣候水平衡圖

此處請插入圖 9 宜蘭山區氣候水平衡圖

四、水患與河川治理

（一）淹水原因分析

從上述氣候、水文的分析，宜蘭河流域應無缺水之虞，儘管近年來台灣許多地區發生嚴重水荒，宜蘭得天獨厚，從不缺水。此區水文方面的問題是淹水或排水不良，自古以來就是水患嚴重，從《噶瑪蘭廳志》記載：自嘉慶元年（1796）起至道光 30 年（1850），文獻記載的風災水患，造成河流改道、田園淹水者達 19 次之多（黃雯娟，1990：23-27）。

河川流量的多寡當然深受降水量的影響，但相同的降水量，因集水區的大小、

地勢高低、流域特性、都市化程度等水文環境之不同，而產生完全相異的結果（楊萬全，1993）。一般而言，降水量太大，超滲水量多，或長期下雨累積水量多，河川流量大，若流水不能順暢，就可能在低地勢的地區形成淹水。根據水文環境分析（Philip, 1992：87-148），宜蘭河流域容易造成水患的原因大致有下列幾點：

- (1) 降水量大，河川上游坡度陡峻：宜蘭河流域年平均降水約 3,000 公釐，山區則超過 3,500 公釐，颱風豪雨，大量的降水，由於上游河道陡峻（比降約 1/20—1/45），短時間內山洪匯集到平原地區。
- (2) 平原地勢低窪：宜蘭河流貫宜蘭市區，地面標高在 2—10 公尺之間，坡度平緩，約 0.23%，鐵路以東地區，地面標高多在 5 公尺以下，宜蘭河水位上漲時，無法以重力排水，若逢滿潮，感潮河段深受海水頂托，淹水情況更加嚴重。
- (3) 海岸沙丘影響：宜蘭河下游海岸沖積平原，其標高往往低於 2 公尺，但海岸卻有高約 10 公尺左右的沿岸沙丘，阻礙地面水流入海，在沙丘後方或丘脊之間形成後背溼地，地面水、地下水排水皆成問題，一旦暴雨必然淹水（張政亮，1992：82-90）；平原地區 30 餘公里海岸，僅有得子口溪、蘭陽溪及新城溪 3 個出海口，且沙丘透水性好，大量降水入滲後，沙丘的地下水位高於後背溼地，也影響地下水的流出（張智欽，1997）。
- (4) 流域形狀特性：宜蘭河流域面積雖不大，但上游支流多，呈放射狀，4 條支流匯集後即進入平原，且上游流域形狀近乎正方形或橫長方形，降水後水位上升，洪峰時間縮短，洪峰量較大，所以造成的災害也會較嚴重（楊萬全，1993）。
- (5) 河道彎曲：宜蘭河進入平原後，河道蜿蜒曲折，河幅寬窄不一，造成水流瓶頸，水流受阻，自然形成淹水。
- (6) 地下水位過高：宜蘭河流域地面標高 10 公尺的地區，地下水位距地面多在 1.5 公尺以內，鐵路以東地區，地下水位距地面只有數十公分，大雨過後，地下水面與地面水一般高，造成排水困難；且上游沖積扇補注、入滲的地下水，到海岸平原是其流出區，沖積扇的滲透係數（K 值）較大，流速快，到海岸平原以黏土、粉砂為主的地質（K 值小），流速較緩，自然形成溼地，亦增加排水困難。
- (7) 都市化的影響：都市化後，土地利用改變，不透水面積增加，暴雨時逕流係數提高至 0.9，甚至 0.95，縮短洪峰時間，洪峰加大，都市內下水道宣洩不及，昔日淹水往往是因沒有河堤，今天河堤高築，使河道兩側積水無法流入河道，

靠抽水站抽排未必奏效，且人河爭地，使河道斷面變窄，易成水流瓶頸。

（二）河川治理

1、治理沿革

宜蘭河治理始於日據時代，自 1904 年起進行第一公共埤圳改修工事，重修了太山口圳，原有渠道及入水口通過宜蘭城後，沿宜蘭河南側新建一條渠路，將水截往壯圍一帶，到近海口處再回流注入宜蘭河，並沿宜蘭河南岸興建堤防及多條水道。1926 年興建小礁溪堤防，使其順流入宜蘭河。1931 年起構築金同春圳，以解決七張、古亭、五間、功勞等地灌溉水不足問題，此項工程在溪底 3 至 5 公尺埋設集水暗渠，將員山、新城地區的湧泉及伏流水引到缺水地區（黎明，2000）。

宜蘭河在民國 72 年省府未調整河川分類以前，概由宜蘭縣政府辦理整治工作，上游五十溪、大湖溪、大礁溪、小礁溪 4 支流，限於經費，僅局部性築堤保護，宜蘭河下游左右兩岸之公館及壯圍堤防，則多屬日據時代培厚之圍墾土堤，其高度與強度均嫌不足。民國 70 年由水利局第一工程處著手辦理宜蘭河之治理規劃工作，全盤檢討堤防斷面、水理要素、計畫河寬、計畫洪水位等，於 71 年完成規劃報告並提出「宜蘭河治理基本計畫」。自 72 年 7 月省府調整宜蘭河為主要河川後，水利局一工處依據宜蘭河治理基本計畫開始辦理宜蘭河系之治理工作，先後新建梅洲、永和、金六結等堤防，並辦理上游 4 支流之新建及加高加強工程。目前則繼續辦理上游 4 支流之整治工作及下游壯圍、公館堤防之加高加強工程、俾使兩岸居民生命財產及土地等獲得全面之保護（水利局，1990）。

2、治理原則

宜蘭河主支流均源短流急，河道蜿蜒曲折；平地區域河幅寬狹不一，部分河段不但無固定流槽，且兩岸尚未築堤保護，每遇洪水則泛濫成災。針對現況洪災成因，並配合都市發展興區域繁榮，水利局於民國 70 年著手辦理宜蘭河治理規劃工作，旨在防止泛濫、減免災害並提高土地利用價值。

宜蘭河上游五十溪等 4 支流呈輻射狀，其集水面積及山區溪谷狹小，包括宜蘭河主流上游段，受地形限制，蓄洪、分洪均不宜採用，所以配合地方發展、土地利用及既有堤防，採束洪、導洪並用為治理原則；民國 71 年起以兩岸築堤並配合拓寬、浚濬，局部截彎取直等方式施行，內容包含堤防、護岸、護腳及河道整修浚濬，已築堤部份按河道現況檢討兩岸堤防安全，未治理部份依計畫河寬佈置兩岸堤線，計

畫工程包括堤防、護岸、護腳及河道整修浚深（水利局，1990）。上游各支流應視急流狀況，擇要加設固定河床工，調整河床坡降穩定河槽；中央橋起上游治理區段兩岸堤內排水不良處，應擇要加設排水溝及排水涵洞倒流入堤內。

都市的繁榮發展、土地利用改變、不透水面積增加，對排水有相當直接影響，不僅降水後的逕流流出率增加，且集流時間縮短，預先加以推估，並調查容易淹水的地區，重新檢討都市下水道排洪的能力，在人口密集的地區且嚴重淹水的地區優先考慮裝設抽水站，以維護居民生命財產的安全。

五、河川污染與生態復育

宜蘭河河道自然蜿蜒，沿岸風景秀麗，景觀多變；昔日宜蘭人乘航運之便、享灌溉之利，而擴展生存空間及改善生活方式；它也是宜蘭的文化之河，富有濃郁的人文氣息，它與宜蘭平原的開發過程、歷史發展息息相關，它的過去充滿了宜蘭人的記憶，豐富了宜蘭人的生活；而今又流經人口密集的地區，人河關係就更密切了。現今人們的生活水平提昇，休閒的時間越來越多，原有的遊憩空間也不能滿足現今更多元化的需求，民眾對環境保育的要求相對也較高，環境倫理的觀念也漸漸深入人心，所以宜蘭河的整治，已不應完全從人類唯用的價值取向去思考，河川的功能除了防洪、灌溉、觀光、遊憩外，更重要是重建河川本身的生態系統，所以河川整治不僅是洪氾控制，或在某一段河岸建設成河濱公園、運動場或親水遊戲區，亦應包含河川上中下游整個流域的復育計畫，河川有無生命力，生物的歧異度是重要的指標，一條健康的河川，它的生物種類必定是多樣的，唯有健康的河川，其生命才能永續，而河川水質的良窳又是最重要的關鍵。

河川水質污染情形的評估，目前較常引用者為河川污染指標（River Pollution Index, RPI），由溶氧（DO）、生化需氧量（BOD）、懸浮固體（S.S.）及氨氮（ $\text{NH}_3\text{-N}$ ）等 4 項水質指標高低來決定（行政院衛生署，1995），作為綜合判定依據，如表 6。

此處請插入表 6 河川污染程度分類表

根據宜蘭縣環保局委託各學術單位及顧問公司水質調查的結果（江漢全，1992：173-188；黃淑珍，1994，1995；葉明吉，1996；蔡忠賢，1998；亞太環境，2000）整理分析，本文選用資料時間取每年 1、4、7、10 月份，分別代表冬、春、夏、秋

不同時間污染情形，採樣點有員山大橋、宜蘭橋、中央橋、壯圍大橋、及貓里霧罕橋，較長時間的監測只有員山、宜蘭、壯圍 3 點，整理如表 7，其 RPI 積分 2.0 以下為未受污染或稍受污染，而 6.0 以上則屬嚴重污染。

此處請插入圖 10 宜蘭河水質分析

從民國 82 年至 89 年宜蘭河水質監測資料分析如下：

- (1) 大體而言，宜蘭河中、下游呈輕度或中度污染，7 年來並無明顯的改善，下游（壯圍大橋）有較明顯水質惡化的趨勢。
- (2) 年間水質污染雖有變化，其主要影響與氣候或流量有關，枯水期流量較小，稀釋能力較差，污染程度升高，但所幸宜蘭河的豐、枯水量比為 2.5，流量尚稱穩定，河川自淨能力尚可。
- (3) 宜蘭河的主要污染源為家庭廢水、畜牧廢水及少量的事業廢水（酒廠），尤其是宜蘭橋附近受污染情況最顯著，其主要污染項目為溶氧（DO）、生化需氧量（BOD）及氨氮（ $\text{NH}_3\text{-N}$ ），由於宜蘭橋附近水流速度緩慢且水生植物蔓生，使得部份水域因垃圾雜物阻礙水流而溶氧（DO）偏低，因此無法提供微生物有效氨氮及有機物進行好氧分解，所以水體容易產生臭味。
- (4) 下游河段坡降平緩，流速緩慢，河川底泥嚴重淤積，曝氣效果大為降低，影響河川自淨能力，所以應定期疏浚、清除過厚底泥。

除了以上 RPI 值可判定水質狀況外，生物性指標亦可了解水質狀況，雖然無詳細調查資料，但從釣客或捕魚者的口中得知，目前宜蘭河下游河段中，最優勢的魚種竟是琵琶鼠魚（垃圾魚）及吳郭魚為主，而昔日原生或本地的魚類幾乎不見蹤跡，因為需要較佳水質才能生存的魚類已無法存活，或無法與外來魚種競爭。從生物的歧異度來看，宜蘭河水質改善應是當務之急，只有良好的水質才能使河川復育或營造出優質的親水、遊憩環境。所以宜蘭河流域下水道宜加速興建，妥善處理家庭污水及事業廢水，但興建下水道及污水處理常因為經費限制往往緩不濟急，或許考慮以截流的方式處理，至少將金六結營區、文昌、新生抽水站或酒廠等廢水先行簡單處理或平行函管排出。

至於水岸邊或水域內的遊憩行為、親水活動等盡量以不影響生態為原則，並且在攔河堰、攔砂壩等阻水設施皆應設置專用魚道，使迴游魚類能溯溪繁殖，如此方能維護河川生態環境，重建物種的歧異度，復育宜蘭河的生態活力，以達永續經營的目的。

此處請插入表 7 宜蘭河各測站水質污染概況

六、結論

從宜蘭地區的發展過程、水利設施、文物古跡、人文特色及人河交互作用等方面而言，宜蘭河是宜蘭地區最重要的河川，本文根據各類地圖判讀、氣候水文資料演算，探討宜蘭河逕流特徵及氣候水平衡，並根據地形、水文環境、水質狀況，分析淹水原因及思考河川復育方向，結論如下：

1. 宜蘭河是蘭陽溪主河道的北支流，但根據台灣堡圖判讀，主河道漸偏南流，日據中期以後，大規模興建員山堤防、壯圍堤防，使宜蘭河道終趨穩定，蘭陽溪北岸地面水不再流入宜蘭河。
2. 宜蘭河流域中、上游多屬荒溪型河川，至沖積扇頂大量入滲，至扇端即形成湧泉帶，下游河道蜿蜒，是地下水流出區，水量豐沛。一般而言在宜蘭市鐵路以西的沖積扇的地形區，深度超過 100 公尺水井多能自噴。
3. 宜蘭河的比流量為 $12.31 \text{ (cms/100km}^2\text{)}$ ，約為台灣地區平均比流量 (5.88cms/100km^2) 的 2 倍以上，也高出台灣北部地區平均比流量 (6.95cms/100km^2) 甚多，主要原因是蘭陽溪沖積扇有部分地下水流入宜蘭河的結果，比蘭陽溪的比流量高出約 2cms，蘭陽溪流域的地下水大量流入宜蘭河的水系中。
4. 氣候水平衡分析得知，平原地區只有 7 月份的降水量小於蒸發散量，8 月份必須耗用土壤水份，全年除了 7 月外皆有過剩之水量，全年總和為 1,442.4 公釐。低海拔山區各月平均降水量均大於平均蒸發散量，每個月均有剩水，全年總和為 2,521 公釐，此為宜蘭河流域豐沛流量的主要來源。
5. 宜蘭河流域容易造成水患的原因大致有下列幾點：(1) 降水量多，河川中上游比降大；(2) 平原地勢低窪；(3) 海岸沙丘影響；(4) 流域形狀特性；(5) 河道彎曲；(6) 地下水位過高；(7) 都市化的影響。
6. 宜蘭河中、下游呈輕度或中度污染，主要污染源為家庭廢水及少量的事業廢水，其主要污染項目為 DQ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 BOD ，水質變化深受氣候或流量影響，流量穩定，河川自淨能力尚可；部份水域因垃圾雜物阻礙水流，溶氧偏低，微生物無法有效分解氨氮及有機物，水體容易產生臭味；下游河段河川底泥嚴重淤積，影響河川自淨能力。水質改善應是當務之急，宜加速興建下水道，妥善處理家庭污水及事業廢水，或許考慮以截流的方式處理，至少將金六結、文昌等抽水站廢水先行簡

單處理以函管排出。

7. 河川的的整治，不應完全從人類唯用的價值取向去思考，宜蘭河治理不僅是洪氾控制、建設河濱公園、親水遊戲區，更重要的是重建生態系統。宜蘭河治理應是整個流域的生態復育計畫，生物的歧異度是健康河川的重要指標，唯有健康的河川，其生命才能永續，復育宜蘭河的生態活力，也才是人與環境共存的根本之道。

參考書目

水利局

- 1990 《十四項重要建設九之二「繼河、海堤計畫總評估及後續六年計畫」》。

王如意、易任

- 1983 《水文學（上）》，台北：國立編譯館。

台大農工系、嘉南農田水利會、農工中心

- 1976 《學甲旱作灌溉試驗總報告》。

台灣省環境保護處

- 1990 《台灣省河川水質年報》。

市川正己

- 1973 《水文學の基礎》，東京：古今書院。

江漢全

- 1992 〈宜蘭地區地下水評析〉，《宜蘭農工學報》第4期，頁173—188。

- 1993 《宜蘭縣主次要河川水質監測計劃》，宜蘭縣環保局委託。

行政院衛生署

- 1985 《水體及水質標準》。

亞太環境

- 2000 《宜蘭縣主次要河川水質監測計劃》，宜蘭縣環保局委託。

周根泉

- 1969 《台大地理研究報告》6期，頁34—62。

林朝榮

- 1957 《台灣地形》，南投：台灣省文獻委員會。

邱永和

- 1977 〈區域蒸散量估算問題〉，《氣象學報》第23卷，第2期，頁35—42。

姜善鑫

- 1996 〈宜蘭的氣候變化〉，《宜蘭研究第一屆學術研討會論文集》，宜蘭縣史館。

施嘉昌、黃振昌

- 1987 〈作物需水量與氣象因子相關理論分析之研究〉，《農業工程學報》第 33 卷 2 期，頁 1—37。

張建勛

- 1968 〈作物灌溉需水量之研究〉，《國家長期委員會研究彙報》第二期，頁 353—371。

張政亮

- 1992 《蘭陽平原海岸沙丘之地形學研究》，頁 82—90，台灣師大地理研究所碩士論文。

張智欽

- 1992 〈Penman 與 Thornthwaite 蒸發散量之比較研究〉，《宜蘭農工學報》第 4 期，頁 347—367。
- 1993 〈宜蘭地區水資源初探〉，《宜蘭農工學報》第 7 期，頁 202—235。
- 1997 《宜蘭地區地下水之研究》，台灣師大地理系學位論文獎勵專刊 (3)，陳國章教授學術論文獎助出版。

張瑞津

- 1995 〈蘭陽地區沖積扇之研究〉，《台灣師大地理學研究》第 23 期，頁 151—191。

陳國彥

- 1980 〈Water Balance Type in Taiwan Area〉，《台灣師大地理研究報告》第 4 期，頁 25—42。
- 1988 〈台灣的河川流域之降水量與逕流形式〉，《台灣師大地理研究報告》，第 14 期，頁 51—67。

陳淑均

- 1963 《噶瑪蘭廳誌》。

黃大任

- 1990 《台灣皿蒸發量空間分佈之研究以 Penman 與 Thomthwaite 方法作比較》，台灣大學地理研究所碩士論文。

黃淑珍

- 1994 《宜蘭縣主次要河川水質監測計劃》。
- 1995 《宜蘭縣主次要河川水質監測計劃》。
- 黃雯娟
- 1990 《清代蘭陽平原的水利開發與聚落發展》，台灣師範大學地理研究所碩士論文。
- 楊萬全
- 1988 〈台灣地區蒸發散量問題之探討〉，《台灣師大中等教育》，39 卷 2 期。
- 1993 《水文學》。
- 經濟部水資源統一規劃委員會
- 1998 《台灣水文年報》。
- 葉明吉
- 1996 《宜蘭縣主次要河川水質監測計劃》。
- 樞根勇
- 1965 〈Penman 蒸發式の圖的解決と水收支計算への應用について〉，《水利科學》第 43 期，頁 64。
- 蔡忠賢
- 1998 《宜蘭縣主次要河川水質監測計劃》。
- Fetter C.W.
- 1994 *Applied Hydrology*, PP.514—526.
- Mather
- 1974 *Climatology—Fundamentals and Applications*, McGraw—Hill Book Company.
- Mather
- 1978 *The Climatic Water Budget in Environment Analysis*, Library of Congress Cataloging Publication Data.
- Philip B. Bedient and Wayne C. Huber
- 1992 *Hydrology and Floodplain Analysis 2nd*, pp.87—148.
- Strahler A.N. and Strahler A.H.
- 1983 *Modern physical Geography 2 nd*, pp.206—224
- Ven Te Chow
- 1964 *Handbook of Applied Hydrology*, pp.11—2 11—38, McGraw—Hill Book

Company.