

濁水河流域颱風降雨特性

白烈燿⁽¹⁾ 王慶豐⁽²⁾ 陳進興⁽³⁾ 徐瑞宏⁽⁴⁾ 黃皇嘉⁽⁵⁾

摘要

台灣地區受颱風影響劇烈，故針對濁水河流域颱風降雨特性進行分析，以瞭解濁水河流域受颱風侵台之影響，作為未來防災應用、規劃設計或水資源利用參考。依據中央氣象局十類侵台颱風路徑，分析 1958 年至 2010 年間之歷史颱風資料，歷年各路徑侵台颱風事件之平均降雨延時介於 35 至 65hr 間，平均降雨延時最長者為第十類侵台颱風路徑，最短者為第九類侵台颱風路徑。總降雨量方面，影響濁水河流域降雨較大者為第一、二、三、六及十等 5 類颱風侵台路徑。降雨分佈方面，第一、二、三、九、十類侵台颱風路徑之颱風主要降雨區為清水溪上游；第四、五、六、七、八類侵台颱風路徑之颱風主要降雨區為丹大、郡大溪流域。降雨強度方面，主要強降雨區為濁水溪上游、丹大、郡大溪上游、陳有蘭溪中、上游、清水溪中、上游及日月潭集水區等八區。

(**關鍵詞**：降雨延時、降雨分佈、降雨強度)

The rainfall Characteristics of the Zhoushui River Basin During Typhoon Seasons

*Lieh-Tung Pai⁽¹⁾ Wang, Ching-Feng⁽²⁾ Chen, Chin-Hsing⁽³⁾ Syu,
Ruei-Hong⁽⁴⁾ Huang, Huang-Jia⁽⁵⁾*

Director⁽¹⁾ Deputy Director⁽²⁾ Section Manager⁽³⁾ Associate Engineer⁽⁴⁾, Planning Section, Fourth River Management Office, WRA. Engineer⁽⁵⁾, Sinotech Engineering Services, LTD.

ABSTRACT

During typhoon seasons, Taiwan was suffered for heavy storm rainfall, which usually caused large river runoff, overland flow, erosion, landslide, debris flow, loss of power, and etc. In order to understand effects of large precipitations on the

(1)經濟部水利署第四河川局局長

(2)經濟部水利署第四河川局副局長

(3)經濟部水利署第四河川局規劃課課長

(4)經濟部水利署第四河川局規劃課副工程師

(5)環興科技股份有限公司工程師(通訊作者 E-mail: g9210812@mail.sinotech-eng.com)

Zhuoshui River Basin, this study analyzed the rainfall characteristics of typhoons for providing references of applications of disaster prevention, planning and design of water resource uses. The recordings of typhoon rainfall during 1958-2010 were divided into ten path categories by the Central Weather Bureau. The averages of typhoon rainfall durations for each path category were between 35 and 65 hrs, the longest average duration was typhoons of the tenth path category and ninth path category was the shortest average duration. Regard with total amount of rainfall, five path categories of typhoons as the first, second, third, sixth and tenth categories have larger rainfall amounts than the remainder categories on the Zhuoshui River Basin. The main distributions of rainfall of Typhoons belong to the first, second, third, ninth, tenth path categories were on the upstream Basin of Chingshui stream, whereas typhoons of the fourth, fifth, sixth, seventh, eighth path categories mainly distributed on the Danda and Jyunda Basins. The heavy typhoons with high rainfall intensity mainly occurred on eight areas such as upstream area of the Zhuoshui River Basin, Danda Basin, upstream area of the Jyunda Stream Basin, midstream-upstream areas of Chenyoutan River and Qingshui River Basin, and the Sun Moon Lake Basin.

(**Keywords** : Rainfall duration, Rainfall distribution, Rainfal intensity)

前言

台灣地區位處北太平洋西部海域颱風移動路徑要衝，經統計中央氣象局 1958 年至 2010 年間之歷史颱風資料，每年平均有 3.4 個颱風侵台。且台灣因災害性天氣所造成的直接財物損失，年平均約高達 150 億元，間接損失更難以估計，其中 85% 左右與颱風有關(中央氣象局，2010 年)。

濁水河流域為台灣最長河川，孕育台灣主要農業地區，故為瞭解濁水河流域受颱風侵台之影響，以作為未來防災應用、規劃設計或水資源利用參考。

濁水溪概述

濁水河流域發源於合歡山主峰與東峰之

「佐久間鞍部」，從上游段霧社溪，併萬大溪、丹大溪、陳有蘭溪、水里溪等支流，經集集盆地再匯入南清水溝溪、東埔蚋溪與清水溪後流入彰雲平原，最後於彰化縣大城鄉與雲林縣麥寮鄉間流入台灣海峽，流域涵蓋中部彰化、雲林、南投及嘉義等 4 縣 21 個鄉鎮，提供彰、雲、南投等地區農業灌溉、工業用水、水力發電及民生飲用水。

濁水河流域年平均雨量約 2459 毫米，年平均流量約 60.95 億立方公尺，雨水來源主要為 5 月至 10 月西南季風、梅雨、颱風所帶來之較大降雨；而 11 月至翌年 4 月東北季風受中央山脈之阻擋，降雨較少。

研究方法

經彙整中央氣象局歷年颱風事件及濁水

溪雨量站資料，於 1958 年至 2010 年侵台颱風事件共計 150 場，但濁水溪流流域雨量紀錄始於 1992 年(民國 81 年)後才較為完整，因此本研究主要針對 1992 年後之 72 場侵台颱風事件資料，再依中央氣象局劃分之 10 類侵台颱風路徑進行降雨特性分析，包括降雨延時、總降雨量、降雨分佈及降雨強度等。

1.降雨延時

降雨事件之不降雨時間要持續多久方可視為兩個獨立之降雨事件，此間距的選擇並無一定準則。張守陽(1983)於其研究中指出颱風為非鋒面之氣旋(cyclone)降水，屬於長延時之降雨，其 90%雨量集中於 30 小時之內發生，且過境時間較長，約為 18~30 小時之間。張守陽(1995)亦考慮降雨之延續性、發生時期、降雨延時及降雨總量，決定以兩小時之中斷降雨來分割一場颱風長延時的降雨事件。而石棟鑫(2001)則以中央氣象局發佈此颱風侵台日期內，總降雨的 90%當成這場颱風之參考降雨，而達到此參考降雨量之延時為該場颱風之降雨延時。

台灣侵台颱風除本身帶來之豪雨外，亦常引進西南氣流或與東北季風共伴降雨，因此造成颱風過境後豪雨成災之現象。對於颱風是否引進西南氣流或與東北季風共伴，此需參考當時台灣周遭之大氣環境狀態，而夏天引進之西南氣流及秋天之東北季風共伴，其降雨型態並不同，故本研究只針對颱風本身帶來之降雨進行分析研究，並以中央氣象局發佈陸上颱風警報至解除陸上颱風警報期間作為該場颱風事件之降雨延時，而該期間內之降雨則做為該場颱風事件之降雨量。

因此本研究降雨延時估算，主要依中央

氣象局發佈陸上颱風警報至解除陸上颱風警報期間為該場颱風事件之降雨延時。以 2009 年莫拉克颱風為例，中央氣象局陸上颱風警報發佈時間為 2009 年 8 月 6 日 8 時 30 分，陸上颱風警報解除時間為 2009 年 8 月 10 日 5 時 30 分，因此本計畫以 2009 年 8 月 6 日 8 時為降雨起始時間，而以 2009 年 8 月 10 日 6 時為降雨結束時間，共計降雨延時為 95hr。依上述方式推估 1992 年(民國 81 年)後之 72 場侵台颱風事件之降雨延時，再依中央氣象局劃分之 10 種類型侵台颱風路徑進行各侵台颱風路徑降雨延時分析。

2.總降雨量

本研究總降雨量估算，主要依颱風事件時之濁水溪流流域雨量站分佈，利用徐昇氏法進行權重估算(如圖 1 所示)，再依各颱風事件雨量站雨量記錄進行各颱風事件之濁水溪流流域集水區總雨量推估，如圖 2 所示。以 2009 年莫拉克颱風為例，濁水溪流流域集水區總降雨量為 1,059.9mm，最大降雨強度為 43.4mm/hr，發生於 2009 年 8 月 9 日 1 時。依此推估 1992 年(民國 81 年)後之 72 場侵台颱風事件濁水溪降雨量後，再依中央氣象局劃分之 10 種類型侵台颱風路徑進行各侵台颱風路徑濁水溪降雨分析。

3.降雨分佈

本研究降雨分佈主要將濁水溪流流域內雨量站觀測資料，利用克利金法推估各颱風事件下流域內之總降雨分佈進行分析，如圖 3 所示。以 2009 年莫拉克颱風為例，濁水溪總降雨量主要集中於清水溪及陳有蘭溪上游，總降雨量達 2,500-3,000mm 之間，呈現由南往北遞減現象。

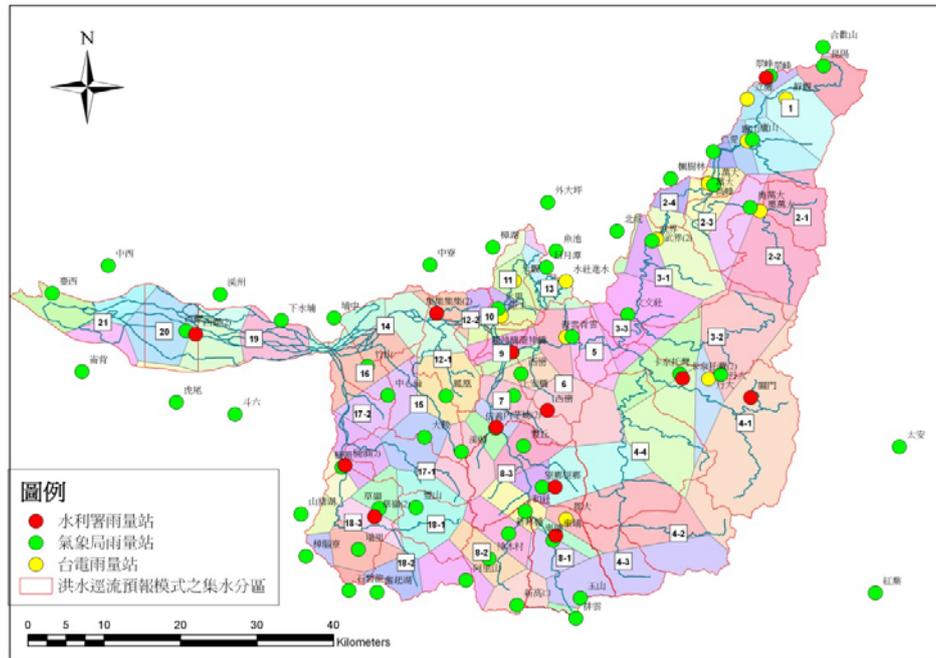


圖 1 濁水河流域徐昇氏法

Fig. 1 The Zhuoshui River Basin with the Thiessen polygons distribution

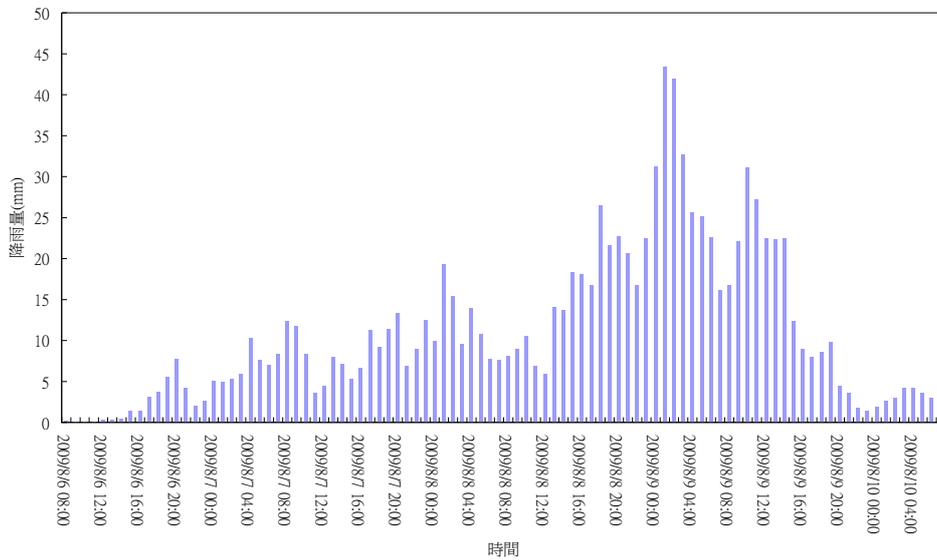


圖 2 2009 年莫拉克颱風濁水河流域集水區降雨量

Fig. 2 The Rainfall bar chart of Typhoon Morakot(2009) in Zhuoshui River Basin

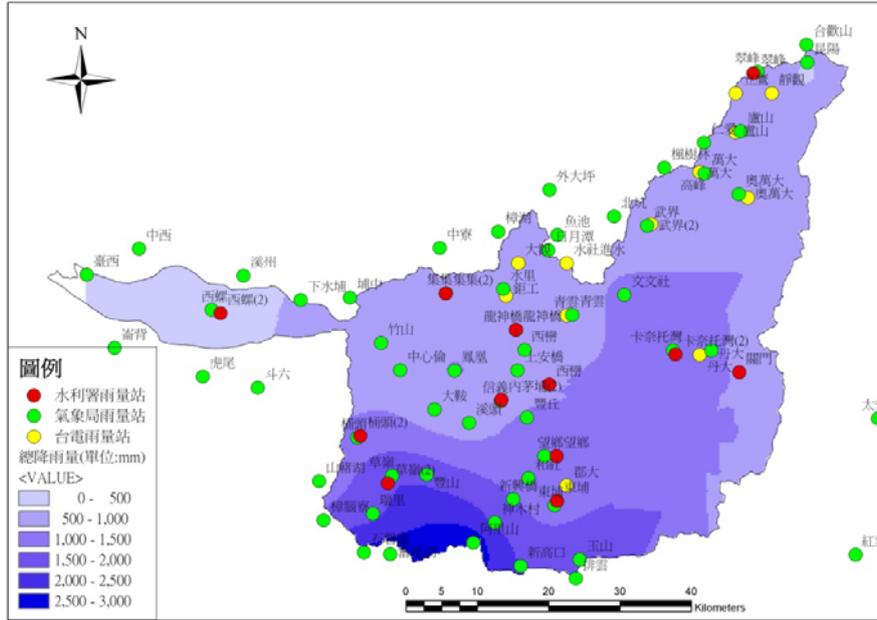


圖 3 2009 年莫拉克颱風濁水溪流域總雨量分佈圖

Fig. 3 The Rainfall accumulation and distribution of Typhoon Morakot(2009) in Zhuoshui River Basin

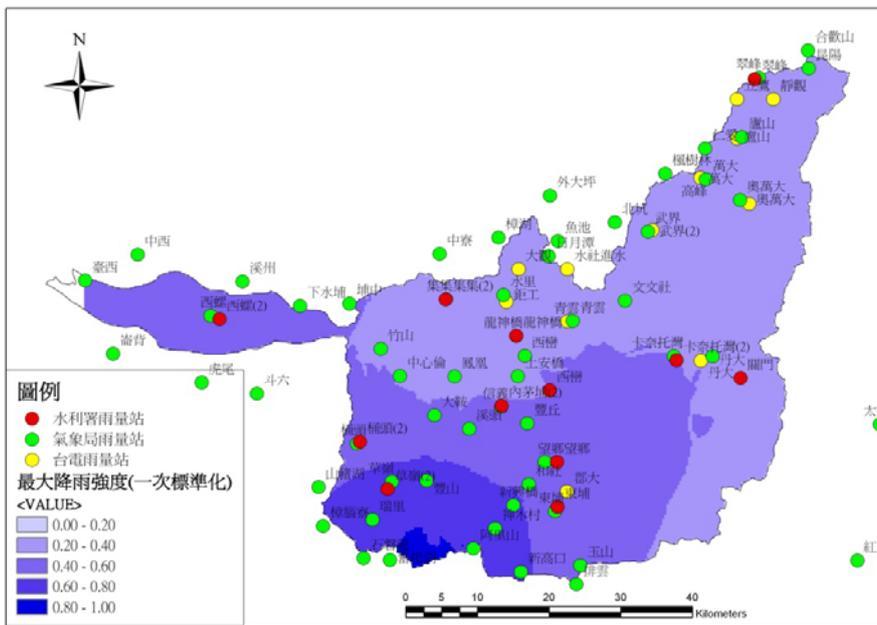


圖 4 2009 年莫拉克颱風濁水溪流域降雨強度一次標準化

Fig.4 The standardized rainfall intensity distribution of Typhoon Morakot(2009) in Zhuoshui River Basin

4.降雨強度

降雨強度方面，因其具有明顯時間或空間之差異，亦即時間或空間分佈均為非均勻性，無法直接進行加總平均。因此本研究採用石棟鑫(2001)研究台灣地區降雨強度空間分佈之分析方式，乃將降雨強度加以二次標準化，即針對每一場颱風選出該場颱風所有雨量站觀測到的最大降雨強度，然後將所有測站之觀測值除以最大值(一次標準化)，如圖 4 所示。以 2009 年莫拉克颱風為例，降雨強度由東北向西南方向遞增，且強降雨區位於濁水溪流域之清水溪上游，最大降雨強度發生於阿里山雨量站。

再依前述方式求出各颱風事件下，濁水溪流域雨量站之降雨強度一次標準化後，再依各侵台颱風路徑進行所有颱風事件之雨量站一次標準化值進行加總，再以最大值除之，使其所有值皆位於 0~1 之間(二次標準化)。最後再利用克利金法繪出降雨強度圖，以比較出濁水溪流域於各侵台颱風路徑時之強雨區及弱雨區。再針對最強降雨發生機率最高之雨量站，進行降雨強度之統計分析，以了解各侵台颱風路徑之最大降雨強度特性，如圖 5 所示。2009 年莫拉克颱風所屬第三類侵台颱風路徑主要強降雨區位於清水溪上游，強降雨最高機率之雨量站為阿里山雨量站。

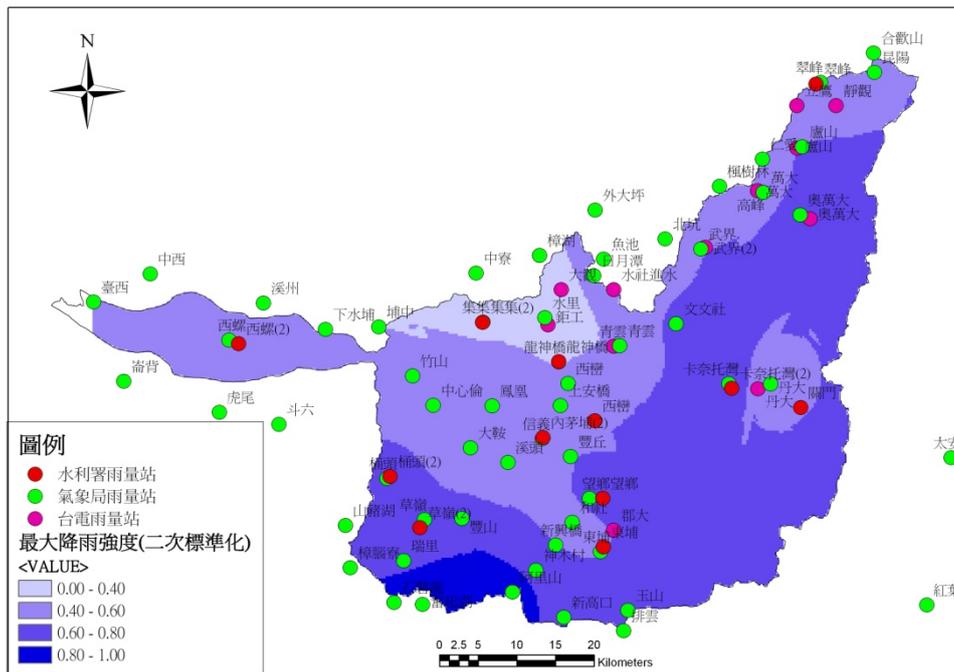


圖 5 第三類路徑濁水溪流域降雨強度空間分佈圖

Fig.5 The hourly rainfall relate distribution of the tenth categorized paths of typhoons invading Taiwan in Zhuoshui River Basin

分析成果

1. 降雨延時

依中央氣象局劃分之十種類型侵台颱風路徑進行各侵台颱風路徑降雨延時統計分析，如表 1 所示。歷年各路徑侵台颱風事件之平均降雨延時介於 35~65hr 間，平均降雨

延時最長者為第十類侵台颱風路徑，主要原因為 2001 年之納莉颱風在台灣附近飄移，更因此發佈兩次颱風警報，故造成降雨延時高達 113hr。降雨延時最短者為第九類侵台颱風路徑，該路徑移動由通過臺灣南部向東或東北行進，如 1995 年狄安娜颱風及 2010 年梅姬颱風。

表 1 1992 年至 2010 年颱風事件降雨延時統計表

Table 1 Rainfall duration of Typhoon events from 1992 to 2010

侵台路徑	次數	平均降雨延時 (hr)	標準偏差 (hr)	95% 信賴區間 (hr)	最長延時颱風事件	極端事件
一	6	60	12	36-84	2002 年辛樂克颱風(74hr)	
二	7	63	16	32-94	2008 年辛樂克颱風(89hr)	
三	16	58	19	21-95	2009 年莫拉克颱風(95hr)	
四	6	47	24	0-94	2001 年利奇馬颱風(93hr)	
五	5	38	7	24-52	2001 年尤特颱風(47hr)	
六	11	53	18	18-88	1998 年瑞伯颱風(80hr)	
七	4	48	20	9-87	1996 年葛樂禮颱風(74hr)	
八	4	41	8	25-57	1995 年賴恩颱風(50hr)	
九	9	35	6	23-47	1995 年狄安娜颱風(92hr)	1995 年狄安娜颱風(92hr) 2010 年梅姬颱風(56hr)
十	4	65	34	0-132	2001 年納莉颱風(113hr)	

2. 總降雨量

依中央氣象局劃分之十種類型侵台颱風路徑進行各侵台颱風路徑濁水溪降雨統計分析，如表 2 所示。第一、二、三、六及十等 5 類颱風侵台路徑於濁水溪流域平均總降雨量超過 100mm，對濁水溪流域降雨影響較大。其餘 5 類颱風侵台路徑(包含第四、五、七、八及九等 5 類)之平均總降雨量皆低於

100mm，95%信賴區間上限亦低於 105mm，且 1992 年至 2010 年僅 2010 年之凡那比颱風超過此上限，但總降雨量僅為 171mm，故此類颱風侵台路徑對濁水溪流域總降雨量影響不大。

影響濁水溪流域降雨較大之 5 類颱風侵台路徑中，以第二類颱風侵台路徑之平均總降雨最高(421mm)，且 95%信賴區間上限亦達 819mm，主要為颱風氣旋式環流逆時針旋轉

進入濁水溪流域山區造成之降雨，與中央氣象局針對各颱風侵台路徑之雨量分佈相符。其次為第一類颱風侵台路徑之平均總降雨量為 204mm，其主要原因類似第二類颱風侵台路徑，主要差別在於颱風環流進入濁水溪流域的範圍，如颱風登陸地點越北，則進入濁水溪流域之環流範圍越少。第 3 者為第三類颱風侵台路徑之平均總降雨量為 188 mm，但因中部有中央山脈阻擋，因此容易破壞颱風結構減少降雨。但往年亦有颱風從中央山脈缺口越過，颱風結構破壞較少造成濁水溪流域較大之降雨量，如 2009 年莫拉克颱風出現高達 1,060mm 之極端值，除颱風結構破壞較小

外，其移動速度較為緩慢，降雨延時亦高達 95hr 造成。第 4 者為第六類颱風侵台路徑之平均總降雨量為 127mm，主要原因為颱風沿東部沿海往北方移動時，於夏季容易引進西南氣流，由西南方上來之濕熱水氣進入濁水溪流域後受地形抬昇造成劇烈降雨，如 1994 年道格颱風、1998 年瑞伯颱風及 2004 年敏督利颱風皆造成濁水溪流域總降雨量超過 200mm 之豪雨。第 5 者則為第十類颱風侵台路徑之平均總降雨量為 103mm，因第十類路徑為特殊路徑較無規則，故無法掌握，但仍需小心大豪雨發生，如 2001 年納莉颱風之總降雨量達 265mm。

表 2 1992 年至 2010 年歷年颱風事件濁水溪流域降雨統計表

Table 2 Rainfall of Typhoon events from 1992 to 2010

侵台路徑	次數	平均總降雨量 (mm)	標準偏差 (mm)	95%信賴區間上限 (mm)	最大總降雨量事件	極端事件
一	6	204	148	494	2004 年艾利颱風(428mm)	
二	7	421	203	819	2008 年辛樂克颱風(760mm)	
三	16	188	120	423	2005 海棠颱風(420mm)	2009 年莫拉克颱風(1,060mm)
四	6	41	28	96	2001 年利奇馬颱風(88mm)	2010 年凡那比颱風(171mm)
五	5	46	29	103	2003 年杜鵑颱風(95mm)	
六	11	127	96	315	1998 瑞伯颱風(293mm)	
七	4	34	22	77	1996 年葛樂禮颱風(71mm)	
八	4	20	22	63	1995 年賴恩颱風(57mm)	
九	9	44	31	105	2002 年娜克莉颱風(102mm)	
十	4	103	116	330	2001 納莉颱風(265mm)	

3.降雨分佈

依中央氣象局劃分之十種類型侵台颱風路徑進行各類侵台颱風路徑總雨量分析結果，如表 3 所示。經彙整 1992 年至 2010 年歷颱風事件，濁水溪流域主要降雨區為清水溪上游、丹大、郡大溪及霧社水庫上游等三區。其中第一、二、三、九、十類侵台颱風路徑之颱風主要降雨區為清水溪上游；第四、五、六、七、八類侵台颱風路徑之颱風主要降雨區為丹大、郡大溪流域。

4.降雨強度

依中央氣象局劃分之十種類型侵台颱風

路徑進行各類侵台颱風路徑降雨強度分析結果，如表 4 所示。主要強降雨區為濁水溪上、下游、丹大、郡大溪上游、陳有蘭溪中、上游、清水溪中、上游及日月潭集水區等八區。各類侵台颱風路徑強降雨最高機率雨量站之最大降雨強達 95%信賴區間達 40mm/hr 以上者為第一、二、三、十類侵台颱風路徑與總降雨分析之影響較大侵台颱風路徑大致相符，僅第六類侵台颱風路徑強降雨最高機率雨量站(王山雨量站)之最大降雨強達為 17mm/hr，可見總雨量與降雨強度並非呈現等向關係，即非總雨量越大降雨強度越大之關係。

表 3 1992 年至 2010 年歷年颱風事件濁水溪流域主要降雨區統計表

Table 3 Rainfall distribution of Typhoon events from 1992 to 2010

侵台路徑	次數	主要降雨區	最大總降雨量事件	極端事件
一	6	清水溪上游	2004 年艾利颱風(428mm)	
二	7	清水溪上游	2008 年辛樂克颱風(760mm)	
三	16	清水溪上游	2005 海棠颱風(420mm)	2009 年莫拉克颱風(1,060mm)
四	6	丹大、郡大溪流域	2001 年利奇馬颱風(88mm)	2010 年凡那比颱風(171mm)
五	5	丹大、郡大溪流域	2003 年杜鵑颱風(95mm)	
六	11	丹大、郡大溪流域	1998 瑞伯颱風(293mm)	
七	4	丹大、郡大溪流域	1996 年葛樂禮颱風(71mm)	
八	4	丹大、郡大溪流域	1995 年賴恩颱風(57mm)	
九	9	清水溪上游	2002 年娜克莉颱風(102mm)	
十	4	清水溪上游	2001 納莉颱風(265mm)	

表 4 1992 年至 2010 年歷年颱風事件濁水河流域降雨強度統計表

Table 4 Rainfall intensity of Typhoon events from 1992 to 2010

侵台路徑	次數	強降雨最高機率雨量站	平均最大降雨強度 (mm/hr)	標準偏差 (mm/hr)	95%信賴區間上限 (mm/hr)	主要強降雨區	極端事件
一	6	望鄉	30	11	52	陳有蘭溪中游及清水溪中上游	
二	7	阿里山	65	31	126	清水溪上游及日月潭集水區	
三	16	阿里山	37	21	78	清水溪上游	2001 年桃芝颱風(121mm/hr), 2009 年莫拉克颱風 (123mm/hr)
四	6	奧萬大	9	4	17	濁水溪上游、丹大、郡大溪上游、陳有蘭溪上游及清水溪上游	2010 年凡那比颱風 (52.5mm/hr)
五	5	丹大	13	7	27	濁水溪上游及丹大、郡大溪上游	
六	11	玉山	18	8	34	丹大、郡大溪上游、陳有蘭溪上游及清水溪上游	
七	4	桶頭	8	8	24	丹大、郡大溪上游、陳有蘭溪上游及清水溪上游	
八	4	日月潭	11	13	36	濁水溪上游、丹大、郡大溪上游及日月潭集水區	
九	9	臺西	12	6	24	丹大、郡大溪上游、日月潭集水區及濁水溪下游	1998 年妃蔻兒颱風(49mm/hr)
十	4	瑞里	30	28	85	清水溪上游	

結論與建議

1. 結論

歷年各路徑侵台颱風事件之平均降雨延

時介於 35~65hr 間，平均降雨延時最長者為第十類侵台颱風路徑，最短者為第九類侵台颱風路徑。總降雨量方面，影響濁水河流域降雨較大者為第一、二、三、六及十等 5 類

颱風侵台路徑。降雨分佈方面，第一、二、三、九、十類侵台颱風路徑之颱風主要降雨區為清水溪上游；第四、五、六、七、八類侵台颱風路徑之颱風主要降雨區為丹大、郡大河流域。降雨強度方面，主要強降雨區為濁水溪上、下游、丹大、郡大溪上游、陳有蘭溪中、上游、清水溪中、上游及日月潭集水區等八區。

2.建議

本研究採用資料自 1992 至 2010 年，其事件僅 72 場，其中部分路徑如第七、八及十類路徑僅個 4 場，事件偏少分析結果之颱風路徑與降雨特性之代表性則可能偏低，建議持續納入後續新事件進行分析，以提高本研究之效益。

參考文獻

1. 中央氣象局(2010)，防災颱風資料庫網頁(<http://rdc28.cwb.gov.tw/>)
2. 張守陽(1983)，「基隆河集水區系統降雨分析與水文預測之研究」，台灣大學農業工程學研究所碩士論文。
3. 張守陽(1995)，「降雨事件分割之研究」，農業工程學報，第四十一卷，第三期，第 47-60 頁。
4. 吳志剛(2000)，「氣候變遷對高屏河流域水資源衝擊之探討」，國立成功大學水利與海洋工程研究所碩士論文。
5. 石棟鑫(2001)，「台灣地區颱風降雨型態之分析研究」，國立中央大學土木工程研究所碩士論文。
6. 高士傑(2001)，「區域性設計雨型建立方法之研究」，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文。
7. 王瑋斯(2002)，「高屏河流域雨型之探討」，國立屏東科技大學土木工程系碩士論文。
8. 宋嘉文(2003)，「氣候變遷對台灣西部地區降雨及乾旱影響之研究」，國立成功大學水利與海洋工程研究所碩士論文。
9. 陳進興(2006)，「陳有蘭溪及清水溪集水區颱風降雨特性之研究」，國立嘉義大學土木與水資源工程學系碩士論文。
10. 郭峻菘(2009)，「台灣區域降雨趨勢分析」，逢甲大學水利工程與資源保育學系研究所碩士論文。
11. 許東鳴(2009)，「淡水河流域水文時空變異分析」，國立中央大學水文與海洋科學研究所碩士論文。
12. 簡嘉霖(2010)，「濁水河流域之區域長期降雨變遷特性與預測」，國立中央大學土木工程學系碩士論文。
13. Serrano, A., V. L. Mateos and J. A. Garcia (1999), "Trend analysis of monthly precipitation over the Iberian Peninsula for the period 1921-1955", Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere, Elsevier Science, 24(1-2), pp.85-90.

水土保持學報 45 (2): 641 – 652 (2013)

Journal of Soil and Water Conservation, 45 (2): 641 – 652 (2013)

102 年 03 月 08 日收稿

102 年 03 月 15 日修改

102 年 04 月 02 日接受