



花蓮縣吉安溪 RPI 及關聯水質參數機率分佈及 警戒值研析

江漢全^{1*} 高育琦² 戴文堅³ 王御安⁴ 王志惠⁵

1. 國立宜蘭大學環境工程學系(所)教授
2. 國立宜蘭大學環境工程學系(所)研究生
3. 臺北科技大學工程科技研究所環工組博士候選人
4. 國立臺北科技大學環境工程與管理研究所研究生
5. 花蓮縣政府環境保護局水污染防治科科長

摘要

河川污染指數 (River pollution index, RPI) 是台灣地區河川污染狀況評估應用最廣泛的指標之一，其中有四個參數分別是溶氧 (DO)、生化需氧量 (BOD)、懸浮固體 (SS) 及氨氮 (NH₃-N) 等，經計算後得 RPI 指數，再將水質依 RPI 之值進行污染程度分類，普遍應用於河川流域之水質規劃與管理。

本研究利用行政院環保署吉安溪之水質監測資料，依太昌橋測站(上游)及仁里橋測站(下游)，統計花蓮地區 2002~2010 年每個月的資料，兩個測站共計 216 筆，再以豐、枯水期及上、下游之 BOD、NH₃-N、DO、SS 及 RPI 之值，分別先採用 Spearman 相關性分析，了解其間之相關特性，再將河川測站資料進行蒙地卡羅 (Monte Carlo) 模擬，決定原始數據的機率分佈函數，並繪製累積機率分佈函數曲線，獲得 BOD、NH₃-N、DO、SS 及 RPI 值所對應之各機率百分數，據以評析造成該河川污染的主要污染物質，並提出

警戒值，供主管機關進行污染防治之參考。

研究結果顯示，吉安溪流域於 2002-2010 年間，經由 Spearman 相關分析顯示，在上游測站時 BOD 升高對 RPI 之增加具有極顯著相關性，且 BOD 升高時，氨氮亦隨之升高；然而，下游測站則有 BOD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 SS 三個參數與 RPI 皆有極顯著的相關性。

以蒙地卡羅模擬花蓮縣吉安溪近 9 年豐、枯水期之結果顯示，此河川兩測站的 RPI 及其副指標在豐、枯水期差別並不明顯，建議使用上、下游來分別訂定污染稽查時之警戒值，以累積機率 70 % 為基準，其警戒值在上游測站之 RPI 和 BOD 之值為 2.04、2.17 mg/L，下游測站 RPI、BOD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 SS 分別是 2.31、3.20 mg/L、0.50 mg/L 和 50.59 mg/L。

關鍵詞: RPI、Spearman 相關分析、Monte Carlo 模擬、吉安溪

*通訊作者 E-mail : hcchiang@niu.edu.tw



Evaluation of the Warning Value and Probability Distribution Function of RPI value and Related parameter of Ji-An River Water Quality in Hualien County

Hann-Chyuan Chiang^{1*}, Yu-Chi Kao², Wen-Chien Dai³,

Yu-An Wang⁴, Ghih-Hui Wang⁵

1. Professor, Department of Environmental Engineering, National Ilan University
2. Graduate student, Department of Environmental Engineering, National Ilan University
3. Ph.D. Candidate, Graduate Institution of Engineering Technology-Doctoral, National Taipei University of Technology
4. Graduate student, Institute of Environmental Engineering and Management, National Taipei University of Technology
5. Section chief, Department of Water Pollution Control and Prevention, Environmental Protection Bureau, Hualien County

ABSTRACT

The RPI (River pollution index) is one of the indicators that is extensively applied to the assessment on river water quality in Taiwan. The RPI involves four parameters: DO, BOD, SS, and NH₃-N, the overall index is then divided into pollution levels. The proposed indicator is commonly used in water quality planning and management.

This study is investigating the probability distribution function of RPI value and related parameters on Ji-An River, Hualien County, Taiwan. First, the water quality data were collected from the Environmental Protection Administration (Taiwan) monthly in 2002-2010

from two water quality monitoring stations on Ji-An river, the Tai-Chang Bridge (upstream), and the Ren-Li Bridge (downstream). Total numbers of 216 RPI data were collected. Then applied the Spearman's correlation analysis to the BOD、NH₃-N、DO、SS, and RPI of upstream and downstream in the wet period and dry period to obtain the correlation between each two items. Next, we discovered the probability distribution function and cumulative probability distribution curve of the four parameters and RPI by Monte Carlo simulation analysis. Finally, the main pollutants and the warning value for the water quality monitoring stations on Ji-An river were determined, as a reference to competent authorities in pollution prevention.

After applying the Spearman's correlation analysis to the Ji-An River basin from 2002 to 2010, the result showed that the increased of BOD was significant positively related to RPI, and increased of BOD was extremely significant positively related to NH₃-N at upstream monitoring station. However, BOD, NH₃-N, and SS were extremely significant positively related to RPI at downstream monitoring station. As a result, it has not shown significant differences between wet period and dry period on all water quality parameters. Therefore, we suggested that setting warning value for different water quality parameters by monitoring station basis (upstream or downstream). In this study, based on the cumulative probability 70%, the warning values of RPI and BOD for upstream monitoring station of the Ji-An river are 2.04 and 2.17 mg/L, respectively. On the other hand, the warning values of RPI, BOD, NH₃-N, and SS for downstream monitoring station are 2.31, 3.20 mg/L, 0.50 mg/L and 50.59 mg/L, respectively.

Keywords: RPI, Spearman's Rank Correlation, Monte Carlo Simulation Analysis, Ji-An River

***Corresponding author E-mail:** hcchiang@niu.edu.tw

一、前言

河川污染指數 (RPI, River Pollution Index) 和 WQI (Water quality index) 是河川水質污染評估最常使用的指標，其中，WQI 是成功大學為台灣河川研發出的本土化之河川水質指數(溫清光, 1990)，以涵蓋較多影響河川水質項目的參數來評估，作法乃選擇七項水質參數，包括溶氧、大腸桿菌群、pH 值、生化需氧量、氨氮、懸浮固體及總磷等項，利用公式計算得到水質指數，使能從評估結果之水質指數了解並界定其適合的水體用途；而 RPI 則是台灣目前對於河川水質污染最廣泛使用的指標(Lin and Yo, 2007; Suen and Herricks, 2006; Liou et. al., 2004; Liou et. al., 2003; 行政院環保署, 1998)，其水質參數為溶氧量 (DO)、生化需氧量 (BOD₅)、懸浮固體 (SS)、氨氮 (NH₃-N) 四項檢測之結果探討流域污染情況之差異性，藉以分析水體隨著空間及時間交互作用下的變化情形，樣本在檢測這些參數值後，再經由一個判斷表來給定各項參數的污染指數，四項指數之算數平均值，即為 RPI 值。RPI 對應之河川污染等級，可分為未 (稍) 受污染程度、輕度污染程度、中度污染程度及嚴重污染程度等 4 個等級，如能訂定河川各 RPI 指標目標值，可檢視並評估河川污染程度及改善狀況，有利於河川流域水質之規劃與管理(江漢全等, 2009; 行政院環境保護署, 2007; 謝坤嶧, 2006)。

台灣各個地方的河川流域，會因為地區的不同有各式各樣不同的特色和污染來源，以花蓮縣的花蓮溪、秀姑巒溪為例，由於上游山區地勢高峻陡峭，區域氣候具有高溫、強風且多雨之特色，且台灣在降雨時間分佈上，有豐、枯水期降雨量相差甚大之特性，導致兩河川單位面積輸砂量大，其泥砂問題嚴重，很容易因為大雨讓河川沖刷土石，使兩條河川水質中的 SS 每逢豐水期就會偏高，影響其河川水質，使得 RPI 指標值上昇(許麗淑, 2010; 許麗淑等, 2010)；為配合環保署推動一縣市一河川之政策，花蓮縣政府選擇吉安溪做為花蓮縣之代表，雖然吉安溪並不長，流域面積也不廣闊，但其人文背景卻非常濃厚，而吉安溪易受人為之污染，故值得去研究及探討。吉安溪發源地在七腳川山南峰，幹線長度 11.40 公里，流域面積 42.16 平方公里，吉安溪又名七腳川溪，關於七腳川溪的命名有很多不同種的說法，有一種說法是說七腳川溪最早以前稱為「荳蘭溪」，這

是由日語翻譯過來的，後來因為七腳川社事件，所以把這條溪稱為「七腳川溪」，另一種說法為，有些人不適應乘坐貨輪在海上搖擺之苦，而導致暈船致全身髒亂，下船後即在該川溪邊清洗手、洗腳，因為「洗腳」的音調與「七腳」十分相似，而予以命名為七腳川溪，還有一種說法是說七腳川溪在地圖上的流域地形看起來像阿拉伯數字中的7，因而將之命名為七腳川溪，近幾年因為行政區域劃分，所以稱為「吉安溪」。吉安溪流經花蓮縣吉安鄉慶豐、勝安、宜昌等村後，沿著吉安鄉、花蓮市邊界，於吉安溪橋附近注入太平洋。吉安鄉以前是阿美族的盤踞之地，阿美族稱此為「知卡宣」，意為出產薪柴甚多的地方，目前人口約八萬人，僅次於花蓮市，為全縣第二，但其面積卻是花蓮市的兩倍有餘。

河川水質監測的主要目的，係掌握河川水質之污染現況及其變化情形，以提供河川水質管理及訂定水污染防治策略的參考。然而，河川污染型式可分為自然因素及人為因素兩種，河川水質監測數值之變化，有可能受河川地質、地形、位置、氣候及土地利用等影響(Rothwell, 2010; Neal et al., 2006; McNeil et al., 2005; Dadson et al., 2003; Billett et al., 1997; Robson and Neal, 1997)，若水中礦物的含量受季節性及氣候所影響，可能屬於自然污染為主的型式；而有機物及營養鹽則可能屬於人為來源為主(Vega et al., 1998)，如農牧活動、工業活動、河川疏浚及生活廢水等人為活動(Chang, 2008; Buck et al., 2004; Garvey et al., 2004)。因此，透過指標傳達之水質狀況亦會有所變異，故需探討其主要變化因素，進而對症下藥，尋得因應措施與解決方法，以清楚判讀指標意義，並保有良好的環境品質。

雖然環保署有長年的河川水質監測資料，但文獻缺乏對花蓮縣吉安溪污染情形之統計研析，也缺乏稽查吉安溪污染及擬定管理其水質策略之依據，因此，本研究的目的，即利用Spearman相關分析，找出吉安溪RPI及關聯水質之關聯性，推測主要影響RPI指標值之關聯水質參數，再將RPI及關聯水質參數數據進行蒙地卡羅模擬，得到機率分佈函數，據以比較豐、枯水期或上、下游測站之水質，各機率所對應測值及指標值之差異，研究吉安溪流域之污染情形，進而訂定河川水質警戒值，可供環保單位作為稽查河川人

為污染及擬定管理河川水質策略之依據。而此方法，亦可作為其他河川進行RPI及關聯水質參數機率分佈及警戒值研析之參考。

二、研究方法

本研究之流程如圖1所示，利用花蓮縣吉安溪河川水質資訊，包括流域上、下游測站之河川水質，從2002年到2010年的各月水質監測數據，將各測站資料進行彙整，依據上、下游及豐、枯水期進行分類，利用Spearman相關分析法了解其間之相關特性，Spearman相關分析法是一種敘述兩參數間相關程度的分析方法，其依據參數的等級順序進行相關分析，因此其相關係數（ ρ ）範圍在 $-1 \leq \rho \leq 1$ ，當兩者等級順序相同時， $\rho=1$ ，當兩者等級順序相反時，則 $\rho=-1$ 。然後，將具極顯著性相關的參數，其數據進行蒙地卡羅模擬法（Monte Carlo Simulation）演算後，得到機率分配函數，而機率分配函數經積分後，即形成累積機率分佈函數；依據此累積機率分佈函數，可求得累積機率之各百分位數所對應之監測或統計值，並針對機率70%做為警戒值進行討論（許麗淑，2010；許麗淑等，2010）。K-S檢定可用以檢定實證數據機率分佈模式的適合度（goodness-of-fit），即求取最佳分佈檢式，一般而言，參數的分佈情況是未知的，因不同的數據集群，或不同的分佈函數，會有相異的累積密度函數（Cumulative density function, CDF），需要由數據資料進行估算取得，而K-S檢定即利用參數之CDF與參考模型的CDF進行擬合，找出其振動特徵最相似者，即為參數之最佳分佈模式，是一有效區別振動特徵的檢定方法（Broom et al., 2007; Andrade et al., 2001）。蒙地卡羅模擬法則是一種風險分析模式（Risk Analysis Model），其為一種數值研究方法，利用隨機取樣的方式，以模擬隨機變數之機率分配，進而取得一些重要參數。經過一系列重複實驗求出風險變數的期望值與標準差，並利用分析建構在模型內任一機率分配模式之隨機抽樣的數學統計方式，創造出數百甚至上千種的結果，是一種相當接近現實的風險分析方法（Grigorios et al., 2008）。

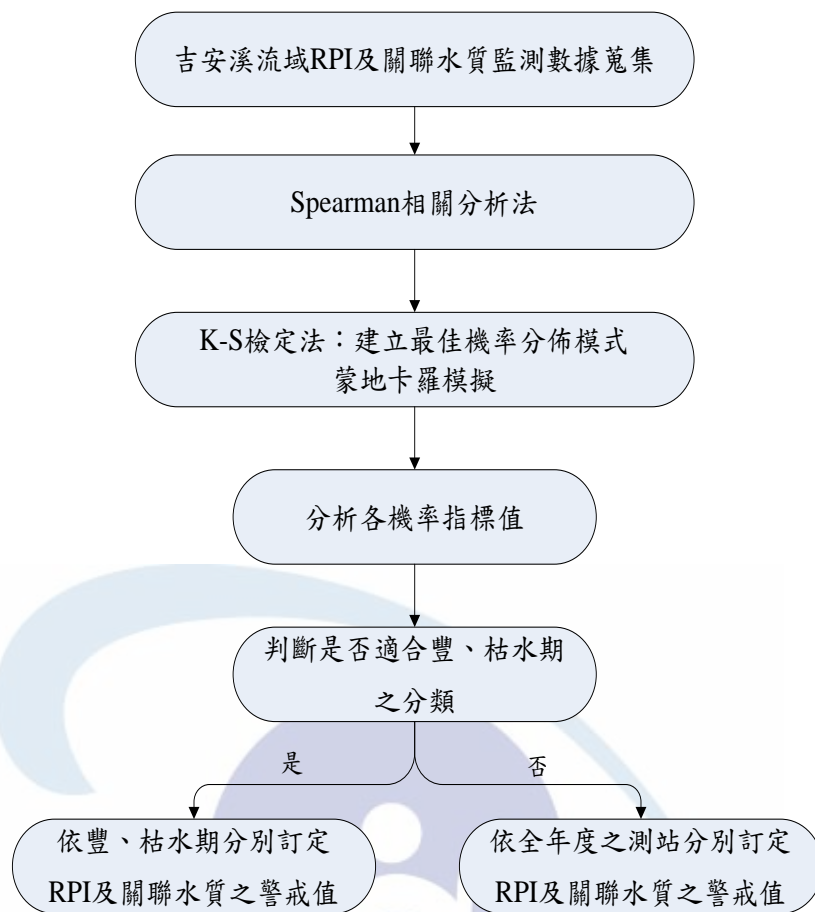


圖 1. 本研究流程圖

吉安溪上、下游測站分別為太昌橋測站與仁里橋測站做為水質監測資訊，該河川之兩個測站RPI及關聯水質數據，分別計有108筆（1年12筆，共計9年）。經蒙地卡羅法模擬各水質之機率分佈圖，可以推估吉安溪上、下游於各機率所對應之RPI及關聯水質指標值，並進一步訂立各河段警戒值。

針對河川水質之累積機率分佈情況，參考行政院環保署(2007)所提出之水質變化評斷準則，其水質評定區界劃定如圖2所示，以C表示機率值所對應之參數值，而各水質變化評定準則列於表1，可藉由參數值的機率分佈，採取相關的應變措施。然花蓮縣河川水質狀況優良，依水質變化評定準則所訂定之75%訂定為警戒值將過於嚴謹，故本研究依據前人研究(許麗淑等，2010)及地方河川水質特色，將0-50%機率所對應之參數值定義為安全區，50-70%屬水質狀況正常，而70%以上則達警戒區，水質狀況變差，當參數值達此

區域時，應探討其變化原因，而高達80 %者，即達立即改善區，水質狀況明顯劣化，應立即查明劣化原因並進行改善。

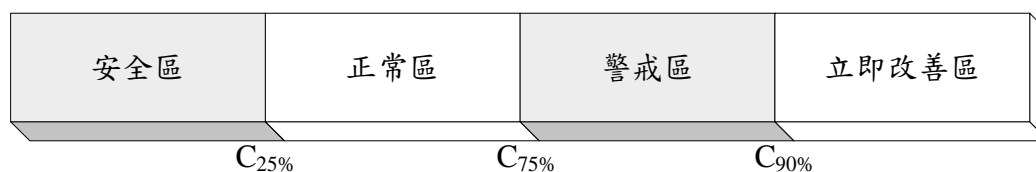


圖 2. 環保署之水質評定區界劃定示意圖

表 1. 水質變化評定準則

區界劃定	檢驗準則	應變措施
安全區	$C < C_{25\%}$	水質狀況屬良好，參數值在安全區域內。
正常區	$C_{25\%} \leq C < C_{75\%}$	水質狀況屬正常，為一般情況。
警戒區	$C_{75\%} \leq C < C_{90\%}$	水質狀況恐變差，參數值達此區域，應探討變化原因。
立即改善區	$C > C_{90\%}$	水質狀況顯著劣化，參數值達此區域時，應立即查明劣化原因，並進行改善。

三、結果與討論

本研究首先蒐集吉安溪流域各測站從2002年到2010年之每個月份的RPI及關聯水質的數據，以Spearman相關分析評估花蓮縣吉安溪近9年之RPI與其關聯水質相關性結果顯示，如表2所示，在豐水期上游RPI與關聯水質相關性不顯著，只有下游RPI與SS有極顯著性相關，枯水期上游RPI與BOD為極顯著性相關，下游RPI則與BOD、NH₃-N和SS有極顯著性相關。而以蒙地卡羅模擬各豐、枯水期水質在70%機率之數據，如表3所示，上游太昌橋測站，RPI為1.91、2.00，BOD(mg/L)為2.23、2.14，NH₃-N(mg/L)為0.18、0.19，SS(mg/L)為41.14、39.72，DO(mg/L)為9.12、9.87，而下游仁里橋測站RPI為2.49、2.36，BOD(mg/L)為3.21、3.36，NH₃-N(mg/L)為0.48、0.53，SS(mg/L)為47.91、53.68，DO(mg/L)為8.87、9.50，由此河川兩測站的RPI及其關聯水質指標可知，在豐、枯水期其差異並不明顯，以吉安溪RPI及關聯水質進行蒙地卡羅模擬，與花蓮縣主要河川如花蓮溪及秀姑巒溪差異性大(許麗淑等，2010)，所以在此就不以豐、枯水期做為研究依據，而是以全年度之測站數據來進行分析及評估。以Spearman相關分析評估2002-2010年之RPI與其關聯水質之相關性，找出是何種關聯水質影響RPI之結果，如表4所示，顯示出上游之太昌橋測站BOD升高對RPI之增加具有極顯著相關性，其BOD與RPI之顯著性為0.004 ($\alpha < 0.05$)，相關係數(ρ)為0.273，且BOD升高時，氮氮亦隨之升高，顯著性為 1×10^{-6} ，相關係數高達0.594；如表5所示，而下游測站則有BOD、NH₃-N和SS三個參數與RPI皆有極顯著的相關性，其顯著性分別是BOD為0.001、SS為 1×10^{-6} 、NH₃-N為 1×10^{-6} ，相關係數分別是BOD為0.329、SS為0.576、NH₃-N為0.443。

如圖3及圖4所示，將吉安溪流域於2002年至2010年間，上、下游測站RPI及關聯水質之數據模擬結果進行彙整，經蒙地卡羅模擬得知的累積機率分佈函數對應結果顯示，吉安溪於上游的太昌橋測站，RPI機率50%為1.59，70%為2.04，90%為3.25，SS濃度機率50%為17.73 mg/L，70%為38.10 mg/L，90%為114.93 mg/L，BOD濃度機率50%為1.62 mg/L，70%為2.17 mg/L，90%為2.95 mg/L，NH₃-N濃度機率50%為0.12 mg/L，70%為0.18 mg/L，90%為0.32 mg/L，DO濃度機率50%為9.17 mg/L，70%為9.59 mg/L，90%為10.14

mg/L，而下游的仁里橋測站，RPI機率50%為1.81，70%為2.31，90%為3.20，SS濃度機率50%為26.01 mg/L，70%為50.69 mg/L，90%為132.79 mg/L，BOD濃度機率50%為2.38 mg/L，70%為3.20 mg/L，90%為4.92 mg/L，NH₃-N濃度機率50%為0.41 mg/L，70%為0.50 mg/L，90%為0.64 mg/L，DO濃度機率50%為8.85 mg/L，70%為9.24 mg/L，90%為9.74 mg/L，顯示上游之水質狀況較下游佳，下游的污染情形較為嚴重，可推測吉安溪下游水質RPI、BOD、SS及NH₃-N，有可能受居民集中之影響而升高，造成水質劣化的機率較高，故水質狀況較差。

綜合上述，以全年度的上、下游測站數據進行Spearman相關分析和蒙地卡羅模擬來進行研究，在Spearman相關分析中上游之RPI與BOD有極顯著性相關，這代表當RPI的上升與BOD是有密切的關聯，其BOD也和NH₃-N也有極顯著性相關，而下游則有BOD、NH₃-N和SS三個參數與RPI皆有極顯著的相關性，且由蒙地卡羅模擬出上游在70%機率RPI為2.04，BOD為2.17 mg/L，而下游70%機率RPI為2.31，BOD為3.20 mg/L，NH₃-N為0.50 mg/L，SS為50.69 mg/L，可說明吉安溪RPI上游河川水質狀況較下游佳，造成上、下游河川污染的污染源不盡相同，上游太昌橋測站附近人口並不密集卻有BOD的污染，顯示出可能有畜牧廢水加上少許的生活污水之污染，亦可能有工廠排放影響BOD之廢水，而下游仁里橋測站附近因為是人口密集地區，會有較多的生活污水排放而造成污染，進而影響BOD、NH₃-N和SS這些與RPI相關之關聯水質，進而影響RPI，建議配合上、下游之差異，依照所訂立上、下游測站之70%機率值為警戒值，以供稽查河川污染及擬定管理河川水質策略之依據，若超出該警戒值，可依水污染源管制資料管理系統之管制資料，分析可能影響之污染來源，進行河川水質稽查行動，以查明水質劣化原因，並督促污染源或主管機關進行改善。

表 2. 吉安溪流域2002-2010年豐、枯水期RPI及關聯水質Spearman相關分析模擬結果彙整表

RPI	豐水期		枯水期	
	上游	下游	上游	下游
BOD	0.090	0.060	0.475**	0.552**
NH ₃ -N	-0.094	0.331*	0.279*	0.551**
SS	0.150	0.479**	0.100	0.661**
DO	-0.154	-0.230	0.174	-0.257

*表示相關性之顯著水準為顯著 ($\alpha \leq 0.05$)

**表示相關性之顯著水準為極顯著 ($\alpha \leq 0.01$)

表 3. 吉安溪流域2002-2010年豐、枯水期RPI及關聯水質模擬70%機率結果彙整表

吉安溪	單位	豐水期		枯水期	
		上游	下游	上游	下游
RPI	-	1.91	2.49	2.00	2.36
BOD	mg/L	2.23	3.21	2.14	3.36
NH ₃ -N		0.18	0.48	0.19	0.53
SS		41.14	47.91	39.72	53.68
DO		9.12	8.87	9.87	9.50

表 4. 吉安溪上游測站RPI值與關聯水質相關分析結果

吉安溪上游		RPI	SS	BOD	NH ₃ -N	DO
RPI	相關係數	-	-0.093	0.273**	0.102	-0.032
	顯著性	-	0.337	0.004	0.293	0.742
SS濃度	相關係數	-0.093	-	-0.139	-0.194	0.180
	顯著性	0.337	-	0.150	0.044	0.062
BOD濃度	相關係數	0.273**	-0.139	-	0.594**	-0.060
	顯著性	0.004	0.150	-	1*10 ⁻⁶	0.536
NH ₃ -N 濃度	相關係數	0.102	-0.194	0.594**	-	-0.188
	顯著性	0.293	0.044	1*10 ⁻⁶	-	0.051
DO濃度	相關係數	-0.032	0.180	-0.060	-0.188	-
	顯著性	0.742	0.062	0.536	0.051	-

*表示相關性之顯著水準為顯著 ($\alpha \leq 0.05$)

**表示相關性之顯著水準為極顯著 ($\alpha \leq 0.01$)

表 5. 吉安溪下游測站RPI值與關聯水質相關分析結果

吉安溪下游		RPI	SS	BOD	NH3-N	DO
RPI	相關係數	-	0.576**	0.329**	0.443**	-0.219
	顯著性	-	1×10^{-6}	0.01	1×10^{-6}	0.022
SS濃度	相關係數	0.576**	-	-0.239	0.125	-0.02
	顯著性	1×10^{-6}	-	0.013	0.196	0.980
BOD濃度	相關係數	0.329**	-0.239*	-	0.153	-0.214*
	顯著性	0.001	0.013	-	0.114	0.026
NH3-N 濃度	相關係數	0.443**	0.125	0.153	-	-0.038
	顯著性	1×10^{-6}	0.196	0.114	-	0.696
DO濃度	相關係數	-0.219*	-0.002	-0.214*	-0.038	-
	顯著性	0.022	0.980	0.026	0.696	-

*表示相關性之顯著水準為顯著 ($\alpha \leq 0.05$)

**表示相關性之顯著水準為極顯著 ($\alpha \leq 0.01$)

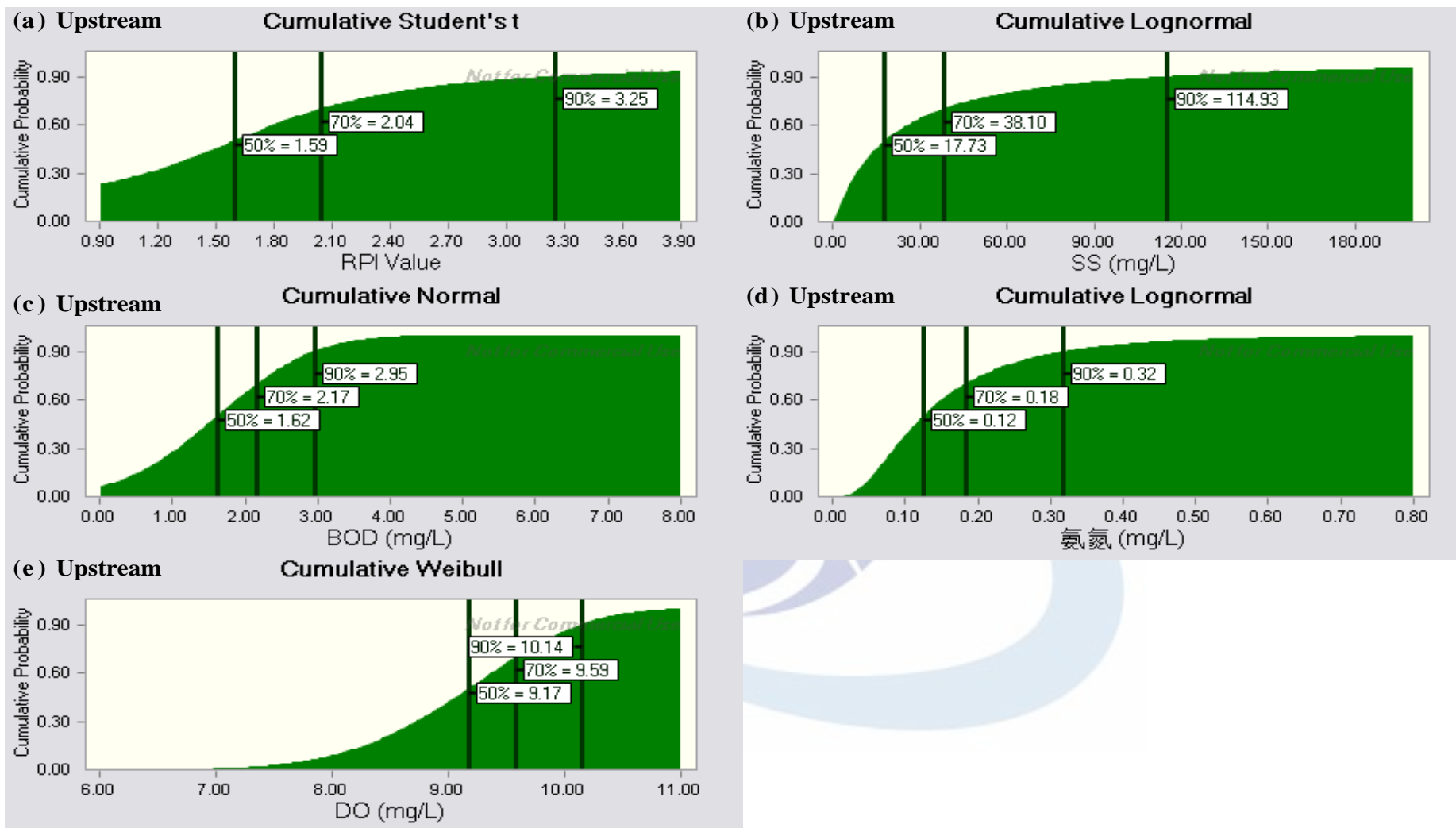


圖 3. 花蓮縣吉安溪流域上游太昌橋測站 RPI 與關聯水質之蒙地卡羅模擬(a) RPI (b) SS (c) BOD (d) NH₃-N (e) DO

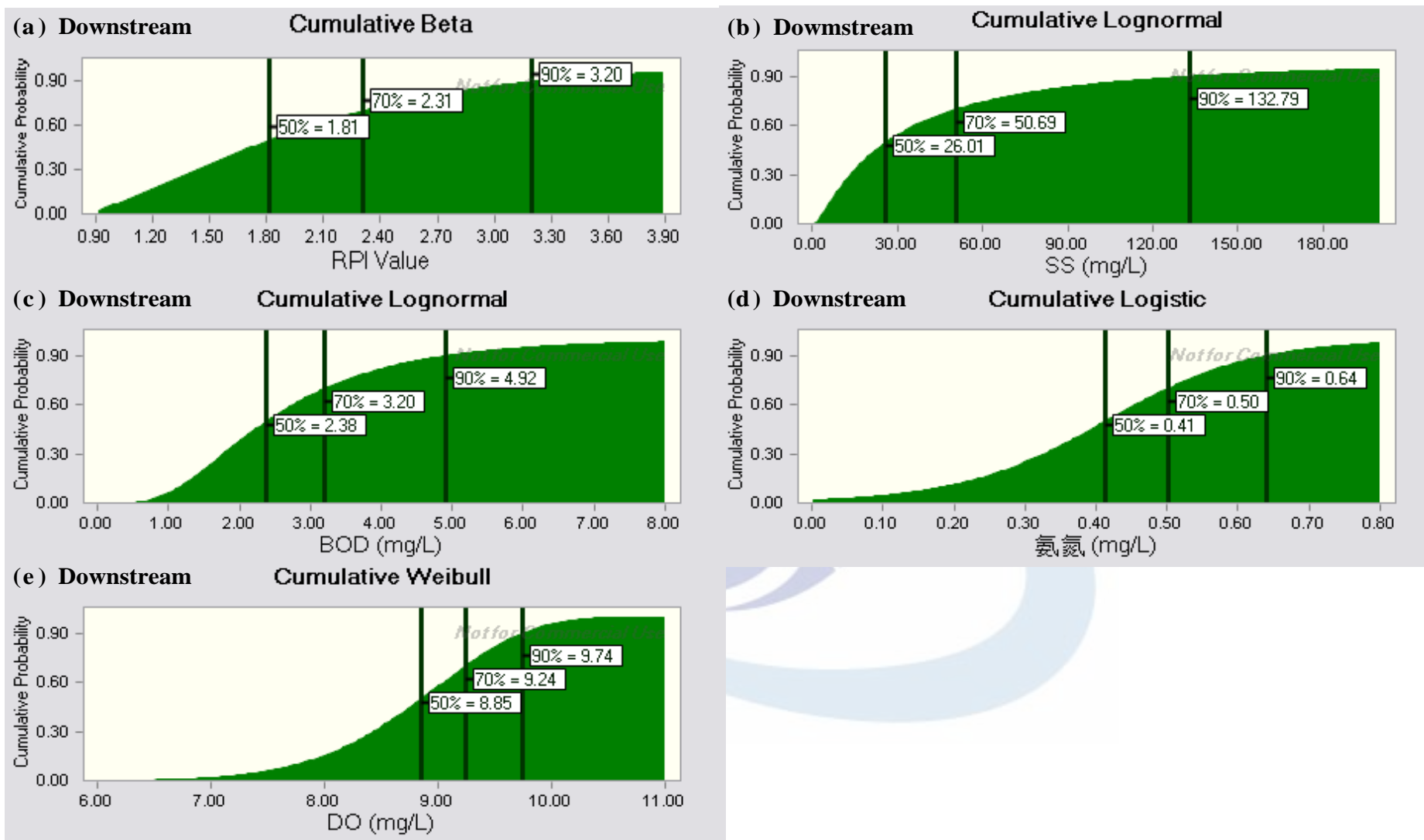


圖 4. 花蓮縣吉安溪流域下游仁里橋測站 RPI 與關聯水質之蒙地卡羅模擬(a) RPI (b) SS (c) BOD (d) NH₃-N (e) DO

四、結論與建議

本研究評估吉安溪河川流域RPI值及關聯水質之Spearman相關模擬和分佈機率，進而訂定河川水質警戒值。豐、枯水期各參數之間的模擬結果，說明豐、枯水期Spearman相關模擬RPI值及關聯水質，有極高的相關性，但蒙地卡羅模擬數值結果，其模擬值差異性不大，可知豐、枯水期之分類並不適合做為警戒值訂定之依據，此與花蓮縣主要河川如花蓮溪及秀姑巒溪不同(許麗淑等，2010)，其原因可能是吉安溪河川污染特性不同所致，意即吉安溪之污染係以人為污染為主，BOD 及NH₃-N是主要的水質污染項目，而花蓮溪及秀姑巒溪的污染，SS為主要的水質污染項目。經Spearman相關模擬RPI及關聯水質之相關性可得知，吉安溪上、下游之污染性質不盡相同，上游主要是以BOD為主，下游則是有BOD、NH₃-N和SS為主要影響RPI之污染來源。進一步以蒙地卡羅法模擬花蓮縣吉安溪近9年豐、枯水期之結果顯示，此河川兩測站的RPI及其副指標在豐、枯水期差別並不明顯，與花蓮縣主要河川如花蓮溪及秀姑巒溪均與SS相關(許麗淑，2010；許麗淑等，2010)，有相當的差異性。因此，建議吉安溪使用上、下游來分別訂定污染稽查時之警戒值，以累積機率70%為基準，其警戒值在上游測站之RPI和BOD之值為2.04、2.17 mg/L，下游測站RPI、BOD、NH₃-N和SS分別是2.31、3.20 mg/L、0.50 mg/L和50.59 mg/L，供稽查河川污染及擬定管理河川水質策略之依據，若超出該警戒值，可依水污染源管制資料管理系統之管制資料，分析可能影響之污染來源，進行河川水質稽查行動，以查明水質劣化原因，並督促污染源或主管機關進行改善。

誌謝

本文內容承宜蘭大學環境工程學系林庭毅同學及施雅琳同學協助蒐集及統計資料，謹致由衷謝忱。

參考文獻

- 行政院環保署，1998，國家環境保護計畫，台北。
- 行政院環境保護署，2007，中央管河川劃定水區訂定水體分類檢討計畫，台北。
- 江漢全，戴文堅，許麗淑，張晉豪，張靖為，2009，”降雨對花蓮縣 RPI 指標之影響-以花蓮溪與秀姑巒溪為例”，資源與環境學術研討會論文集，第 35-44 頁。
- 許麗淑，2010，降雨量對花蓮縣河川懸浮固體濃度及河川污染指數之衝擊，碩士論文，環境工程研究所，國立宜蘭大學，宜蘭，台灣。
- 許麗淑，戴文堅，高育琦，王御安，江漢全，2010，”應用機率分佈函數評估花蓮縣河川豐枯水期 SS 濃度及 RPI 值”，資源與環境學術研討會論文集，第 71-84 頁。
- 溫清光，1990，河川分類水質標準及河川污染指標之檢討，行政院環境保護署。
- 謝坤嶧，2006，河川水質變化趨勢之研究—以南勢溪流域為例，碩士論文，防災科技研究所，東南科技大學，深坑區，新北市。
- Andrade, F.A., Esat, I., Badi, M.N.M., 2001, "A new approach to time-domain vibration, condition monitoring: gear tooth fatigue crack detection and identification by the kolmogorov-Smirniv test", *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 240, pp. 909-919.
- Billett, M.F., Lowe, J.A.H., Black, K.E., Cresser, M.S., 1997, "The influence of parent material on small-scale spatial changes in streamwater chemistry in Scottish upland catchments", *Journal of Hydrology*, Vol. 187, pp. 311-331.
- Buck, O., Niyogi, D.K., Townsend, C.R., 2004, "Scale-dependence of land use effects on water quality of streams in agricultural catchments", *Environmental Pollution*, Vol. 130, pp. 287-299.
- Broom, M., Nouvellet, P., Bacon, J.P., Waxman, D., 2007, "Parameter-free testing of the shape of a probability distribution", *BioSystems*, Vol. 90, pp. 509-515.
- Chang, H., 2008, "Spatial analysis of water quality trends in the Han River basin, South Korea", *Water Research*, Vol. 42, pp. 3285-3304.
- Dadson, S.J., Hovius, N., Chen, H.G., Dade, W.B., Hsieh, M.L., Willett, S.D., Hu, J.C., Horng, M.J., Chen, M.C., Stark, C.P., Lague, D., Lin, J.C., 2003, "Links between erosion, runoff variability and seismicity in the Taiwan orogen", *Nature*, Vol. 426, pp. 648-651.
- Garvey, E., Hunt, C., Foster, Atmadja, J., Pang, H., Hayes, D., Fidler, B., Hess, A., 2004, "PCBs, dredging and resuspension: setting a standard for the Hudson River remediation", *Proceedings of the Water Environment Federation*, WEFTEC 2004: session 1 through session 10, pp. 905-934.
- Grigorios, M., Lazarou, S., Pyrgioti, E., 2008, "Optimal placement of wind turbines in a wind

- park using Monte Carlo simulation”, *Renewable Energy*, Vol. 33, pp. 1455-1460.
- Suen, J.P. Herricks, E.E., 2006, ”Investigating the causes of fish community change in the Dahan River (Taiwan) using an autecology matrix”, *Hydrobiologia*, Vol. 568, pp. 317-330.
- Liou, S.M., Lo, S.L., Hu, C.Y., 2003, ”Application of two-stage fuzzy set theory to river quality evaluation in Taiwan”, *Water Research*, Vol. 37, pp. 1406-1416.
- Liou, S.M., Lo, S.L., Wang, S.H., 2004, ”A generalized water quality index for Taiwan”, *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 96, pp. 35-52.
- Lin, K.J. Yo, S.P., 2007, ”The effect of organic pollution on the abundance and distribution of aquatic oligochaetes in an urban water basin, Taiwan”, *Hydrobiologia*, Vol. 596, pp. 213-223.
- McNeil, V.H., Cox, M.E., Preda, M., 2005, ”Assessment of chemical water types and their spatial variation using multi-stage cluster analysis, Queensland, Australia”, *Journal of Hydrology*, Vol. 310, pp. 181–200.
- Neal, C., Neal, M., Hill, L., Wickham, H., 2006, ”River water quality of the River Cherwell: An agricultural clay-dominated catchment in the upper Thames Basin, southeastern England”, *Science of the Total Environment*, Vol. 360, pp. 272-289.
- Robson, A.J., Neal, C.I., 1997, ”A summary of regional water quality for Eastern UK rivers”, *Science of The Total Environment*, Vol. 194-195, pp. 15-37.
- Rothwell, J.J., Dise, N.B., Taylor, K.G., Allott, T.E.H., Scholefield, P., Davies, H., Neal, C., 2010, ”A spatial and seasonal assessment of river water chemistry across North West England”, *Science of the Total Environment*, Vol. 408, pp. 841–855.
- Vega, M., Pardo, R., Barrado, E., Deban, L., 1998, ”Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis,” *Water Research*, Vol. 32, pp. 3581-3592.