



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

Study on the Assessment of Water Quality with Biological Indicator of Aquatic Insects in the Keelung River 【Research report】

應用水棲昆蟲生物指標評估基隆河水質之研究【研究報告】

Chorng-Bin Hsu and Ping-Shih Yang

徐崇斌、楊平世*

*通訊作者E-mail :

Received: Accepted: 1997/06/21 Available online: 1997/09/01

Abstract

This study presents the results of routine investigation of aquatic insects at seven sampling sites in the Keelung River, Taiwan from Aug., 1990 to May, 1992 by 50cm×50cm modified Surber net monthly. Water quality of each sampling site was assessed by Hilsenhoff Biotic Index, Family-Level Biotic Index, Percent Model Affinity, Taxa Richness, EPT Richness, Rapid Bioassessment Protocol II and III. As the results of assessment by different metrics of biotic indices, the water quality of the Keelung River was becoming gradually worse from upstream to downstream. The applicability of these biotic indices is different and the choice of biotic index should be based on the need and purpose of the survey.

摘要

自1990年8月至1992年5月，在基隆河設置七個採樣站，以50cm×50cm之定面積水網，調查基隆河水棲昆蟲之種類及個體數。以採獲的水棲昆蟲基本資料，利用Hilsenhoff種級生物指標、科級生物指標(Family-level biotic index)、百分比模式相似性(Percent model affinity)、豐度指標(Taxa & EPT Richness)與快速生物評估法Ⅱ、Ⅲ(Rapid Bioassessment Protocol Ⅱ&Ⅲ)，對基隆河各採樣站的水質進行評估並加以比較。利用水質評估之結果，基隆河域除了瑞楓橋採樣站以外，水質自上游往下游有逐漸劣化之趨勢。各種指標評估結果大致相同。不同指標評估方法各有優缺點，應視調查之目的與需求而有取捨，但就現階段水質監測而言，則以Hilsenhoff科級生物指標法較為適用。

Key words: Keelung river, Aquatic insects, Biological indicator, Percent Model Affinity, Rapid bioassessment protocol.

關鍵詞: 基隆河、水棲昆蟲、生物指標法、百分比模式相似性、快速生物評估法。

Full Text:  [PDF\(1.07 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

應用水棲昆蟲生物指標評估基隆河水質之研究

徐崇斌 楊平世*

國立臺灣大學植物病蟲害學系 台北市羅斯福路四段1號

摘要

自1990年8月至1992年5月，在基隆河設置七個採樣站，以50 cm×50 cm之定面積水網，調查基隆河水棲昆蟲之種類及個體數。以採獲的水棲昆蟲基本資料，利用Hilsenhoff種級生物指標、科級生物指標(Family-level biotic index)、百分比模式相似性(Percent model affinity)、豐度指標(Taxa & EPT Richness)與快速生物評估法II、III (Rapid Bioassessment Protocol II & III)，對基隆河各採樣站的水質進行評估並加以比較。利用水質評估之結果，基隆河域除了瑞楓橋採樣站以外，水質自上游往下游有逐漸劣化之趨勢。各種指標評估結果大致相同。不同指標評估方法各有優缺點，應視調查之目的與需求而有取捨，但就現階段水質監測而言，則以Hilsenhoff科級生物指標法較為適用。

關鍵詞：基隆河、水棲昆蟲、生物指標法、百分比模式相似性、快速生物評估法。

前言

近年來由於國民經濟水平的提升，一般大眾對於生活品質的要求亦相對的提高，是故以往一直被忽視的環保問題，也逐漸受到重視。河川污染的問題在臺灣相當嚴重，根據環保署1989年發佈的資料顯示，在21條主要河川，2093.2公里長的河段中，67%未受污染或稍受污染，7.4%為輕度污染，12.5%為

中度污染，13.1%受到嚴重污染(Anonymous, 1992)。

過去環保單位對於水污染檢測，主要是利用化學方法，因為化學檢驗分析只要採樣數目和時間適宜，結果頗為準確，所以環保署之「河川污染等級分」，是以化學分析方法為主，包括溶氧量(DO)，生化需氧量(BOD)，

懸浮固量(SS)以及氨-氮含量(NH₃-N)(Anonymous, 1975)之測定。而化學分析法還是存在一些缺點,如變異大、樣品數多、採樣點及時間所造成的差異大。同時化學分析需要精密的儀器及訓練有素的專家,這些都需要花費大量的時間及金錢才能夠獲得的。

是故, Kolkwitz and Marson (1908, 1909)乃倡議以水生生物作為水質監測之指標生物(Biological indicator);其後經Liebmann (1951)、Beck (1955)、Tsuda (1956, 1974)、Cairns and Dickson (1971)及Hilsenhoff (1982, 1987, 1988)等之發展,如今已發展出多種評估水質之指標生物法。類似之報告,如Wilhm (1970)、Huges (1978)、Mangum (1985)、Hilsenhoff (1982, 1987, 1988)、Eaton and Lenat (1991)、Lenat (1993)、Lenat and Barbour (1994)及Barbour *et al.* (1996)之研究;其中Hilsenhoff (1982, 1987, 1988)與Plafkin *et al.* (1989)之方法,如今和化學檢驗法一樣,已成為美國保署(EPA)推荐之監測水質方法。

Plafkin *et al.* (1989)之報告指出,利用指標物來評估水質具有下列的優點:

1. 生物群聚反映了整體生態的綜合條件。
2. 生物群聚綜合所有污染物的效應,提供對於其影響的整體性的評估。
3. 定期性的監測花費不貴。
4. 活生生的生物,易引起大眾的興趣。
5. 在其他的評估標準不存在時,生物指標往往是唯一可用的方法。

不過指標生物亦有一些引人爭議之處,例如其精確性與可信賴性。因為生物在環境之中,並不單單受到污染的影響,環境中任何的變動,如河川地的開墾、橋樑工程、道路開挖等,甚至於天然的災害,如洪水或乾旱,也會使得生物族群產生極大的變動。凡此種種,皆會影響生物指標對於水質的評

估。所以一般在調查指標生物時,往往會配合環境因子的調查,使此類的調查較具有環境整體評估的作用。

生物的分佈具有地域性,而目前在臺灣所引用的指標生物評估方式,多為參照國外發展多年的方法,此法在本地的適用性為何,為另一令人質疑的問題;據Yang *et al.* (1990a)及Tsuda (1962, 1975)在日本沿用多年之「2A+B」法,其適用值即不適用於臺灣。其他,又如Hilsenhoff所利用的指標生物的污染忍受值(Tolerance values),在臺灣因地理環境的差異,是否具有相同的意義?均值得進一步評估。過去水域生態學者對污染忍受值的訂定,多為所謂的專家的觀點(expert opinion),但如今已有較客觀的訂定方法可循,所欠缺的只是在這之前的廣泛採集及調查的工作、分類問題的解決及環保單位有計畫的全面性配合,若在此三方面能有進展,相信將來在臺灣,指標生物對水質監測一定更有貢獻。故本研究擬以基隆河為調查對象,綜合近年來多位學者所發展出的指標生物法進行評估、比較,以評選適用於臺灣河川污染監測之指標生物法。

調查方法

一. 調查範圍及方法

調查河域為基隆河水系,共設七個採樣站,分別為菁桐村(KL1)、侯硐(KL2)、瑞楓橋(KL3)、慶安橋(KL4)、大華二橋(KL5)、實踐橋(KL6)及長壽橋(KL7)(圖一)。

1990年8月至1992年5月,每月以50 cm × 50 cm之蘇伯氏定面積水網在各採樣站之兩岸及中央各採集一次,為避免每次調查時於同地點採集而影響水棲昆蟲數量之變化,各站之採集範圍為50m之河域,每次於不同點進行採集。

所採獲之標本,直接在野外以鑷子挑出

後，置於75%之酒精中攜回實驗室鑑定。分類鑑定依據主要參酌Kawai (1985)、Ho & Hsu (1977)、Tsuda (1962)、Yang *et al.* (1980, 1986, 1986, 1990a, 1990b)、Merritt and Cummins (1984)及Wiggins (1977)之報告。

二. 生物指標法

將所得之結果，依下列方法進行水質之評估：

(一). 種級生物指標(Hilsenhoff Biotic Index, BI) (Hilsenhoff, 1982; 1987)

(二). 科級生物指標(Family-level Biotic Index, FBI) (Hilsenhoff, 1987)

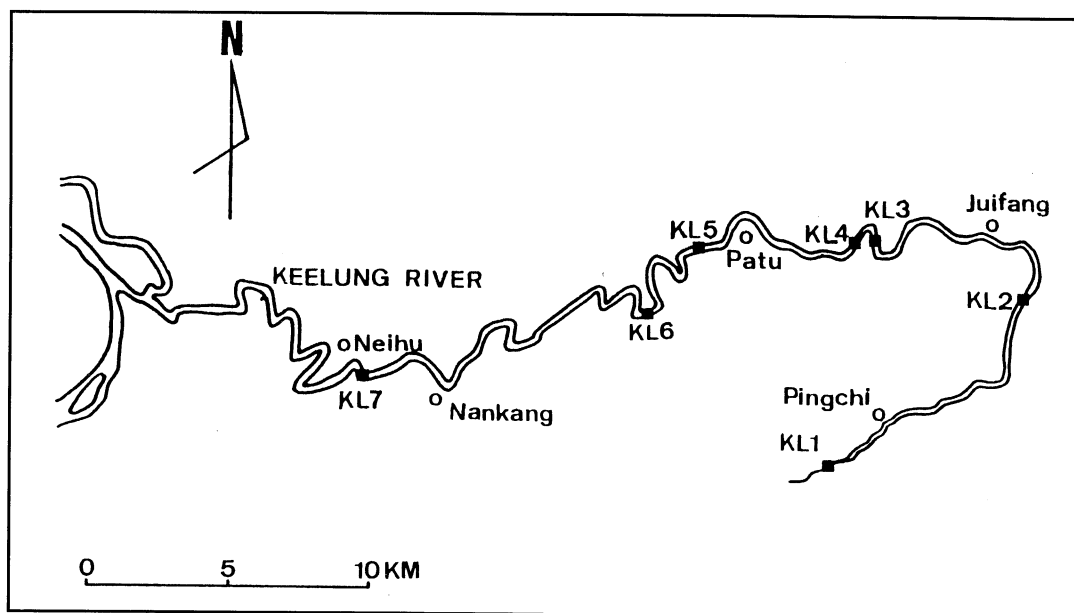
(三). 百分比模式相似性(Percent Model Affinity, PMA) (Novak and Bode, 1992)

(四). 豐度指標(Lenat, 1988)

1. 分類群豐度(Taxa Richness)

2. EPT豐度(EPT Richness)

(五). 快速生物評估法(Rapid Bioassessment Protocol) II & III (Plafkin *et al.*, 1989)。



圖一 基隆河各採樣站位置圖

Fig. 1. Map of the sampling sites in the Keelung River.

結 果

一. Hilsenhoff種級生物指標(BI)與科級生物指標(FBI)

由Hilsenhoff種級生物指標評估結果如表一。從表中可以發現，以種級生物指標的指標值而言，基隆河的水質變化，就第一年的結果，除了第三站外，水質等級有自上游往下游劣化的趨勢。上游的第一及第二站則是

屬於「Good」及「Very good」，第四站、第五站及第六站皆是「Fair」，第七站屬「Poor」級，唯第三站是屬於「Excellent」水質。而在第二年的結果大致與第一年相同，唯第三站及第六站水質有劣化，而第二站則有上升。

表一 基隆河各採樣站以Hilsenhoff種級生物指標評估之指標值及水質等級

Table 1. Hilsenhoff biotic index value and assigned water quality at sampling sites in the Keelung River

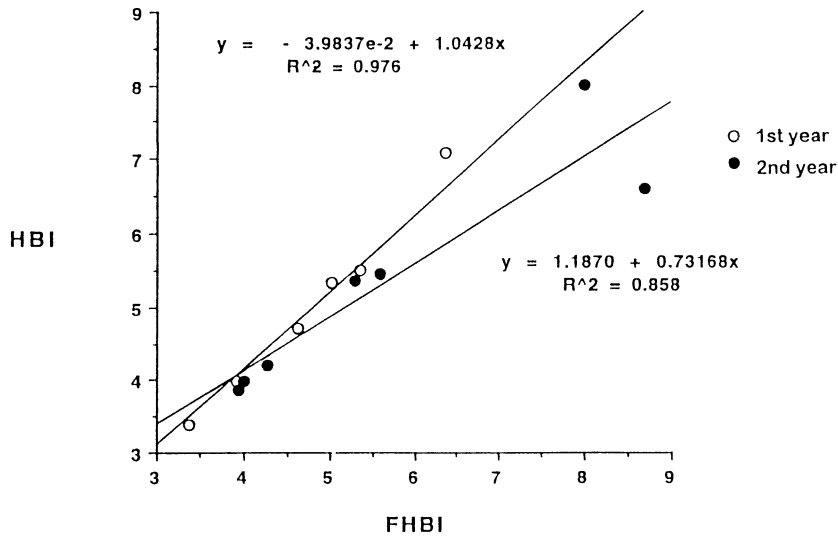
	KL1	KL2	KL3	KL4	KL5	KL6	KL7
1st Year BI value	4.15	4.80	3.4	5.80	5.65	6.36	8
Water quality	VG	G	E	F	F	F	P
2nd Year BI value	4.06	4.48	4.05	5.74	5.55	6.60	8
Water quality	VG	VG	VG	F	F	FP	P

Water quality: E: Excellent; VG: Very good; G: Good; F: Fair; FP: Fairly poor; P: Poor; VP: Very poor.

表二 基隆河各採樣站以科級生物指標評估之指標值及水質等級

Table 2. Family-level biotic index value and assigned water quality at different sampling sites in the Keelung River

	KL1	KL2	KL3	KL4	KL5	KL6	KL7
1st Year BI value	4.21	4.87	3.51	6.14	5.78	7.09	8
Water quality	VG	G	E	FP	FP	P	VP
2nd Year BI value	4.15	4.57	4.08	5.68	5.70	8.69	8
Water quality	VG	G	VG	F	F	VP	VP



圖二 以各採樣站之科級生物指標值(FHBI)對Hilsenhoff 種級生物指標值(HBI)之迴歸直線。

Fig. 2. Lines of best fit for Family-level biotic values v.s. Hilsenhoff biotic index values of each sampling site in Keelung River.

以科級生物指標對基隆河各採樣站評估的結果(表二)，在第一年中，除了第三站外，水質變化的趨勢由上游往下游惡化。第二年的變化為第一、二及第七站三站水質等級不變，第三站與第六站下降，第四站與第五站則為上升。

以兩年各採樣站所得的指標值迴歸分析的結果(圖二)，可發現不論在第一年或第二年，兩者之間的相關性都很高 (r^2 分別為0.976及0.858)。

二.百分比模式相似性 Percent Model Affinity (PMA)

以百分比模式相似性對於水質評估的結果列於表三。由表中的百分比值可以看出，PMA對於水質的評估，在上游三站，百分比值都在80%以上，且以第三站為最好，其餘各站愈往下游則愈差。在第二年除了第六站下降，其餘各站變化不大。

表三 以原始模式評估基隆河各採樣站之百分比值及水質等級

Table 3. Percent model affinity value by original model and assigned level of impact at each sampling site in the Keelung River

	KL1	KL2	KL3	KL4	KL5	KL6	KL7
1st Year Percentage (%)	84.4	85.7	86.7	71.6	66.6	57.4	21.0
Water quality	Non.	Non.	Non.	Non.	Non.	Slightly	Sev.
2nd Year Percentage (%)	85.1	86.5	89.5	67.9	66.1	42.7	21.0
Water quality	Non.	Non.	Non.	Non.	Non.	Mod.	Sev.

Water quality: Non.: Non-impacted; Slightly: Slightly impacted; Mod: Moderately impacted; Sev.: Severely impacted.

然而在水質等級的劃分上，則效果不佳，由第一與第二年的結果可看出，在第五站以上的各採樣站，水質皆屬第一級(Non-impacted)，故將原來的模式作部分修改，以第一年在第一站之採樣站所得到的群聚結構作為替代模式，各類群個體數所佔的百分比調整如下：

Chironomidae	: 19.9	
Trichoptera	: 11.1	
Ephemeroptera	: 30.2	Percentage similarity
Plecoptera	: 8.5	= $100 - 0.5 \sum a - b $
Coleoptera	: 8.0	= $\sum \min(a, b)$
Other	: 22.3	

所得的結果如表四所示，在第一年的百

分比值，自最上游的參考站(reference site)，逐漸往下游遞減，在第四站以上皆屬第一級水質，第五站及第六站則屬第二級受輕微影響(Slightly impacted)，第七站則為受嚴重影響(Severely impacted)。在第二年的結果，前三站仍屬第一級，且第六站水質由第二級降為第三級的中度影響(Moderately impacted)。

三. 豐度指標

基隆河各採樣站，以分類群及EPT 豐度指標對照美國北卡羅來納州的水質分級的標準，所得的評估結果如表五所示。以美國北卡羅來納州的標準，對水質的分級，在分類群豐度指數上，而第一站為「Good fair」，第二站為「Fair」，自中游第三站以下的各站皆屬「Poor」級；第二年的結果完全與第一年

相同。而在EPT指標方面，最上游第一站及第二站為「Good」級，中游之第三、四、五站為「Fair」級，下游第六站及第七站為

「Poor」；第二年與第一年差異則在第三站及第五站水質由「Fair」降為「Poor」。

表四 以修正之模式評估基隆河各採樣站之百分比值及水質等級

Table 4. Percent model affinity value by modified model and assigned level of impact at each sampling site in the Keelung River

	KL1	KL2	KL3	KL4	KL5	KL6	KL7
1st Year Percentage (%)	99.9	88.1	82.6	71.4	63.6	50.1	19.9
Water quality	Non.	Non.	Non.	Non.	Slightly	Slightly	Sev.
2nd Year Percentage (%)	90.6	90.6	89.7	64.8	65.2	41.6	19.9
Water quality	Non.	Non.	Non.	Slightly	Non.	Mod.	Sev.

Water quality: Non.: Non-impacted; Slightly: Slightly impacted; Mod.: Moderately impacted; Sev.: Severely impacted.

表五 基隆河各採樣站以豐度指標評估水質結果

Table 5. Taxa and EPT richness values and assigned water quality at each sampling site in the Keelung River

	KL1	KL2	KL3	KL4	KL5	KL6	KL7
1st Year Taxa index	60	47	17	13	16	5	2
Water quality	GF	F	P	P	P	P	P
EPT Index	32	23	10	6	7	2	0
Water quality	G	G	F	F	F	P	P
2nd Year Taxa Index	61	48	18	11	13	5	3
Water quality	GF	F	P	P	P	P	P
EPT Index	33	24	10	5	5	2	0
Water quality	G	G	F	P	P	P	P

四. 快速生物評估法(Rapid Bioassessment Protocol) II & III

以快速生物評估法II對基隆河各採樣站第一年及第二年的總結果評估，除CPOM採樣外，其餘結果如表六。可知在水質等級上由上游漸往下游有劣化的趨勢，第一站為「Non-impaired」，第二至第五站為「Moderately impaired」，第六及第七站為

「Severely impaired」；第二年的結果中，在第二站的水質變為「Non-impaired」，其餘各站結果為一致的。而以快速生物評估法III之評估結果(表七)，由於此法將劃分之水質等級較快速生物評估法II多一級，所以其結果第二及第三站之水質為「Slightly impaired」，同樣在第二年之第二站水質亦為「Non-impaired」。

表六 基隆河各採樣站以快速生物評估法 II(RBP II)之評估結果

Table 6. Classification of biological conditions of different sampling sites in the Keelung River by rapid bioassessment protocol II

	KL1	KL2	KL3	KL4	KL5	KL6	KL7
1st Year Percentage %	100	64.3	64.3	35.7	42.9	7.1	0
Water quality	Non.	Mod.	Mod.	Mod.	Mod.	Sev.	Sev.
2nd Year Percentage %	100	92.9	71.4	42.9	42.9	0	0
Water quality	Non.	Non.	Mod.	Mod.	Mod.	Sev.	Sev.

Water quality: Non.: Non-impaired; Mod.: Moderately impaired; Sev.: Severely impaired.

表七 基隆河各採樣站以快速生物評估法 III(RBP III)之評估結果

Table 7. Classification of biological conditions of different sampling sites in the Keelung River by rapid bioassessment protocol III

	KL1	KL2	KL3	KL4	KL5	KL6	KL7
1st Year Percentage %	100	71.4	61.9	42.9	33.3	9.5	0
Water quality	Non.	Slightly	Slightly	Mod.	Mod.	Sev.	Sev.
2nd Year Percentage %	100	90.5	61.9	33.3	42.9	9.5	0
Water quality	Non.	Non.	Slightly	Mod.	Mod.	Sev.	Sev.

討 論

一. 各種生物指標評估結果

就Hilsenhoff種級生物指標與科級生物指標的結果(表一及二)而言,在第一年中,除了第三站外,兩者皆顯示水質的變化是由上游往下游惡化;在第二年科級生物指標之變化較Hilsenhoff種級物指標所得結果為大。但若由兩種指標的指標值來看,變化的情形則是一致的。調查過程中在第一年由於往上游菁桐村的道路有拓寬工程,及坡地的維修、砂石傾倒,對第二站第一年水質評估有相當的影響。

至於在兩種指標水質等級的判定上則略有差異;依據Hilsenhoff (1988)指出,對於水質等級的判定上,在未受污染或稍受污染的

地區,科級生物指標評估的等級會較Hilsenhoff種級生物指標所得的結果低;而嚴重污染的地區,則情況剛好相反。由基隆河第一站、第二站及第三站所得到的結果,即是因在科級與屬或種級之間忍受值的差異(表一及二);但在最下游第七站兩年來的採樣記錄,皆僅採獲搖蚊科的幼蟲,因此在兩種指標之間,並無差異存在。

由圖二可知,Hilsenhoff種級生物指標及科級生物指標兩者的相關性極高($r^2=0.976$ 及 0.858),而在應用上,科級生物指標可以節省大量耗費於屬、種鑑定上的時間(Hilsenhoff,, 1982),因此在進行快速評估時,應可選擇科級生物指標來替代Hilsenhoff種級生物指標(Hilsenhoff,, 1988)。

利用不同的參考站對各採樣站進行百分比

模式相似性評估的結果(表三及四)大致相同。惟在修正模式中，第四採樣站為第二級水質，下游的第五站卻為第一級，兩站間百分比值相差不過0.4%，此表示二站水質應極為相近，但由於應用Novak and Bode (1992)所訂之標準，第一與第二級水質的分界在65%，因而造成兩站水質差異。

在豐度指標方面，雖然各採樣站的種類數，愈往上游有愈增加的趨勢(表五)，但各採樣站的水質評估結果卻有差低的現象，即在第一站的水質在豐度指標為「Good fair」，在EPT指標則為「Good」，而未達到「Excellent」的標準。美國在北卡羅來納州應用此指標已有相當長的時間，並且利用EPT限定採樣法(EPT Sample)，來進行水質評估(Eaton and Lenat, 1991)；在基隆河的應用上，在水質等級劃分的標準上應再重新修訂。豐度指標在準確性上不如一般的標準採樣法，但兩者之間的相關性極高；且EPT限定採樣法，在應用上極為簡單、省時，更為符合經濟效益，適宜快速的評估之用(Eaton and Lenat, 1991)，同時亦可用於重金屬污染之監測(Poulton *et al.*, 1995)。

快速評估法與前述指標之差異，在於等級的劃分上，快速評估法在不同的等級之間，留下一段以人為的觀察並配合其他的理化或環境因子來作判斷的空間，而未如前述之指標作嚴格的分界，此優點可避免等級相近的採樣站因指標值些微的差距，而落入兩不同的水質等級之中。同時，快速生物評估法中，利用了八項指標來作為評估標準，主要是利用各指標有其不同的敏感範圍，如在功能攝食群的比例上，與參考站的差別在百分之五十以內的都在可接受的範圍；而差距在五十至一百之間，則不但重要，且可清楚地劃分生物狀況等級，作為評估的依據(Plafkin *et al.*, 1989)。

二. 不同生物指標法間之相關性和比較

應用前面五種生物指標，以各採樣站每年所得到的結果，利用指標值進行相關性分析，所得到的相關係數如表八。由表中可以清楚地看出，豐度指標(Taxa及EPT Richness)與科級生物指標及百分比模式相似性的相關性較低外，其餘兩兩指標之間的相關程度高。兩豐度指標之間相關程度最大，其次為百分比模式相似性與Hilsenhoff種級及科級生物指標。而百分比模式相似性及兩豐度指標都和Hilsenhoff種級及科級生物指標呈負相關，是因為此三者之指標標準設定的結果所致，指標值愈大表示水質愈佳，而與Hilsenhoff及科級生物指標相反所造成的。

表八 基隆河應用不同生物指標之相關係數表
Table 8. Correlation coefficient for different biotic indices in the Keelung River

	FBI	PMA	Taxa index	EPT index
BI	0.8698	-0.9002	-0.7334	-0.7536
FBI		-0.9187	-0.6753	-0.6986
PMA			0.6676	0.6852
Taxa index				0.9972

Novak and Bode (1992)亦指出與上述相同的結果，並且說明了在對於非有機污染(non-organic pollution)的情況之下，較Hilsenhoff生物指標更能明確地反映出水質的變化。亦即使用百分比模式相似性與Hilsenhoff生物指標作對照時，當評估結果出現差異時，往往是由污染源的不同造成生物相的改變，而能在以群聚結構為指標的方法表現出來(Novak and Bode, 1992)。

誌 謝

本研究承蒙行政院環保署經費支援(計劃編號：EPA-81-E3S4-0901)，調查期間本系昆蟲保育研究室同仁協助野外調查工作，併此申致由衷之謝忱。

參考文獻

- Anonymous.** 1975. The standard method of water quality assessment. Taiwan Environmental Research Institute, 920 pp. (in Chinese)
- Anonymous.** 1992. Environmental information of Taiwan, R.O.C. Environmental Protection Agency, 494 pp. (in Chinese)
- Barbour, M. T., J. Gerritsen, G. E. Griffith, R. Frydenborg, E. McCarron, J. S. White, and M. L. Bastian.** 1996. A framework for biological criteria for Florida streams using benthic macro-invertebrates. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 15(2): 185-211.
- Beck, W. N.** 1955. Suggested method for reporting biotic data. *Sewage Industr. Waste.* 27(10): 1193.
- Cairns, J. Jr., and K. L. Dickson.** 1971. A simple method for the biological assessment of the effects of waste discharges on aquatic bottomdwelling organisms. *J. Wat. Poll. Cont.* 43: 755-772.
- Eaton, L. E., and D. R. Lenat.** 1991. Comparison of a rapid bioassessment method with North Carolina's qualitative macro-invertebrate collection method. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 10: 335-338.
- Hilsenhoff, W. L.** 1982. Using a biotic index to evaluate water quality in streams. Technical Bulletin No. 132, Dept. Natural Resources, Madison, Wisconsin, 23 pp.
- Hilsenhoff, W. L.** 1987. An improved biotic index of organic stream pollution. *The Great Lakes Entomol.* 20: 31-39.
- Hilsenhoff, W. L.** 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7: 65-68.
- Ho, K. K., and S. J. Hsu.** 1977. Studies of the aquatic insects of Hsin Tein Stream in Taipei area. *J. Taiwan Museum* 12: 1-50. (in Chinese)
- Hughes, B. D.** 1978. The influence of factors other than pollution on the value of Shannon's diversity index for benthic macro-invertebrates. *Water Res.* 12: 359-364.
- Kawai, T.** 1985. An illustrated book of aquatic insects of Japan. Tokai Univ. Press, Tokyo, 409 pp. (in Japanese)
- Kolkwitz, R., and M. Marsson.** 1908. *Okologie der pflanzlichen Saprobien.* *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 26A: 505-519.
- Kolkwitz, R., and M. Marsson.** 1909. *Okologie der tierischen Saprobien.* *Beitrage zur Lehre von der biologischen Gewasserbeurteilung.* *Int. Revue Hydrobiol. Hydrogr.* 2: 126-152.
- Lenat, D. R.** 1988. Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7(3): 222-233.
- Lenat, D. R.** 1993. A biotic index for the southeastern United States: derivation and list of tolerance values, with criteria for assigning water-quality ratings. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 12: 279-290.
- Lenat, D. R., and M. T. Barbour.** 1994. Using benthic macro-invertebrate community structure for rapid, cost-effective, water quality monitoring: rapid bioassessment. pp. 187-215. *in:* S.L. Leob and A. Spacie, eds., *Biological Monitoring of Aquatic Systems*, CRC Press, Florida.
- Liebmann, H.** 1951. *Handbuch der*

- Frischwasserwund Abwassebiologie I. Aufl. Verlag. Oldenbourg, Munchen, 539 pp.
- Mangum, F. A.** 1985. Use of aquatic macro-invertebrates as bioindicators of habitat conditions. Intermountain Region USDA-Forest Service Aquatic Ecosystem Analysis Lab., Utah, 44 pp.
- Merritt, R. W. and K. W. Cummins.** 1984. An introduction to the aquatic insects of North American (2nd. ed.) Kendall and Hunt. Publ. Co. Iowa, 722 pp.
- Novak, M. A., and R. W. Bode.** 1992. Percent model affinity: a new measure of macro-invertebrate community composition. J. N. Am. Benthol. Soc. 11: 80-85.
- Plafkin, J. L., M. T. Barbour, K. D. Porter, S. K. Gross, and R. M. Hughes.** 1989. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: benthic macro-invertebrates and fish. EPA/444/4-89-001. United States Environmental Protection Agency, Washington, D. C.
- Poulton, B. C., D. P. Monda, D. F. Woodward, M. L. Wildhaber, and W. G. Brumbaugh.** 1995. Relations between benthic community structure and metals concentrations in aquatic macro-invertebrates: Clark Fork River, Montana. J. Freshwater Ecology 10(3): 277-293.
- Tsuda, M.** 1956. Saprobien system. Freshwater Biology 4: 1-9. (in Japanese)
- Tsuda, M.** 1962. Aquatic Entomology. Horyukan Press, Japan, 269 pp. (in Japanese)
- Tsuda, M.** 1974. Biology of water pollution. Horyukan Press, Japan, 268 pp. (in Japanese)
- Tsuda, M.** 1975. Bioindex of organic contamination. p.3-12. *in*: Mizukai, ed., Bioindex of Environment II. Kyobun Press, Japan, 310 pp. (in Japanese)
- Wiggins, G. B.** 1977. Larvae of the North American caddisfly genera. Univ. Toronto Press, Toronto. 401 pp.
- Wilhm, J. L.** 1970. Range of diversity index in benthic macro-invertebrates populations. J. Water. Poll. Cont. Fed. 42: 221-224.
- Yang, P. S., C. C. Hon, and K. K. Ho.** 1980. A preliminary investigation of mayfly naiads in Tan Shui River. Phytopathologist & Entomologist, NTU. 7:79-78. (in Chinese)
- Yang, P. S., and Y.S. Lin,** 1986. Trophism of Taiwan masu salmon (*Oncorhynchus formosanus*). The Council of Agriculture, Forestry Series No. 9: 14-20.(in Chinese)
- Yang, P.S. Lin, K.C. Wong, S.H. Hsieh, and C.S. Tzen.** 1986. Investigation on the fauna of aquatic insects and ecology of the streams in Wu Ling Farm. The Council of Agriculture, Ecology Research (1989) No. 001. 32pp. (in Chinese)
- Yang, P.S., K.C. Wong, and S.H. Hsieh.** 1990a. Survey on the resource and ecology of aquatic insects in Pei-Shih Stream. I. Aquatic insect fauna and relatedly ecological study. Chinese J. Entomol. 10: 209-224.(in Chinese)
- Yang, P.S., S.H. Hsieh, and K.C. Wong.** 1990b. Survey on the resource and ecology of aquatic insects in Pei-shih Stream. II. The hydrodynamic factors of the stream and the community structure of the aquatic insects. Chinese J. Entomol. 10: 249-269. (in Chinese)

收件日期：1997年3月13日

接受日期：1997年6月21日

Study on the Assessment of Water Quality with Biological Indicators of Aquatic Insects in the Keelung River

Chorng-Bin Hsu Ping-Shih Yang* Department of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan University,
Taipei, Taiwan, R.O.C.

Abstract

This study presents the results of routine investigation of aquatic insects at seven sampling sites in the Keelung River, Taiwan from Aug., 1990 to May, 1992 by 50 cm x 50 cm modified Surber net monthly. Water quality of each sampling site was assessed by Hilsenhoff Biotic Index, Family-Level Biotic Index, Percent Model Affinity, Taxa Richness, EPT Richness, Rapid Bioassessment Protocol II and III. As the results of assessment by different metrics of biotic indices, the water quality of the Keelung River was becoming gradually worse from upstream to downstream. The applicability of these biotic indices is different and the choice of biotic index should be based on the need and purpose of the survey.

(**Key words:** Keelung river, Aquatic insects, Biological indicator, Percent Model Affinity, Rapid bioassessment protocol.)