

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

海岸工程施作前後生態影響評估與改善策略之整合性研究-
子計畫六：以棲地理化特性評估海岸工程施作所產生的影
響

研究成果報告(精簡版)

計畫類別：整合型
計畫編號：NSC 95-2221-E-216-064-
執行期間：95年08月01日至96年07月31日
執行單位：中華大學景觀建築學系

計畫主持人：陳有祺
共同主持人：周文杰
計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理：李聖晨、李佳銘、魏經權

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96 年 10 月 16 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

以棲地理化特性評估海岸工程施作所產生的影響

The study of using physical and chemical properties of habitat to assess the ecological impact from the coastal construction

計畫編號：NSC 95-2221-E-216-064

執行期限：95年8月1日至96年7月31日

主持人：陳有祺 中華大學景觀建築學系副教授

一、摘要

近年來，海岸棲地復育的議題漸受國內各界所關切，然而海岸環境受到許多因素干擾，欲篩選出較少受到干擾的棲地場址，往往是不容易的工作，以海岸潮間帶的台灣招潮蟹棲地為例，它除了需要工程人員參與外，也需要有蟹類、底棲生物、藻類等各領域專家的參與，才能順利執行評估的工作，但往往基於預算及人員專業的限制，使得工程單位無法進行適當的評估。因此，本研究將應用生物呼吸量及生物質量，來評估台灣招潮蟹 (*Uca formosensis*) 棲地場址所受潮汐干擾的程度，進而發展海岸棲地評估的簡易指標，以供海岸工程施作對棲地影響評估使用，這對國內海岸棲地復育的工作推展將有所助益。

關鍵詞：招潮蟹、生物呼吸量、生物質量、潮汐干擾、棲地評估

ABSTRACT

In recent years, the issues of habitat recovery in the coastal area has become concerned. While it is not easy to screen out a suitable recovery site with little interference, due to many interfering factors existing in the coastal environment. For instance, the assessment of *Uca formosensis* habitat

needs to be performed by the engineers and a group of specialists of crab, benthon, algae. Therefore, the engineering department can hardly conduct the habitat assessment projects when the budget is limited. In this study, the biological respiration and biomass is applied to assess the tidal interference at the recovery site for *Uca formosensis*. Furthermore, the functional indicators were developed to assist the engineers to conduct the habitat assessment during the period of coastal construction. The result of the study will contribute to the promotion of habitat recovery in Taiwan coast.

Keywords: Formosensis、Biological respiration、Biomass、Tidal interference、Habitat Assessment

二、前言

近年來，海岸棲地復育的議題漸受國內各界所關切，然而海岸環境受到許多因素干擾，欲篩選出較少受到干擾復育場址，往往是項專業且耗費人力與經費的工作，以海岸潮間帶的招潮蟹棲地復育為例，它除了需要工程人員參與外，也需要有蟹類、底棲生物、藻類等各領域專家的參與，才能順利執行評估的工作，但往往基於預算及人員專業的

限制，使得工程單位無法進行適當的評估。因此，本研究將應用生物呼吸量與生物質量比值法，來評估台灣招潮蟹 (*Uca formosensis*) 復育場址所受潮汐干擾的程度，建立海岸棲地篩選的簡易方法，以協助工程人員可直接參與評估工作，這對國內海岸生態復育的發展有重大的意義。

海岸棲地復育工程的過程中，有一項重要工作即是如何有效篩選干擾較少的復育場址，但是至目前為止，並未有適當的評估準則或指標，可被廣泛且可靠地被採用。同時，過去所常用的一些生物指標，例如：生物多樣性 (biodiversity) 及物種群聚指標 (Species assemblages) 等，對於工程人員而言，是項困難且費時的工作，因牽涉到生物領域的操作，常造成工程人員評估的困擾。

生態學大師 Odum(1985)曾以能量觀點提出：受干擾生態系統 (例如：工程施工、潮汐干擾)，會將部分生產 (production) 所需的能量移轉至呼吸 (respiration) 以抵抗外界的壓力 (stress)，因此，在受干擾的生態系統，其生物呼吸量與生物質量的比值 (respiration / biomass) 將高於未受干擾或已恢復穩定的系統 (Mageau et al., 1998; Kolla et al., 2000; Kurtz et al., 2001)，這種生物呼吸量與生物質量比質的評估方式曾被用於淡水生態系的復育評估 (Xu et al., 1999)。Mayer (2001 及 2004) 亦曾採上述的理念於美國 South Dakota 草澤濕地的復育評估。

本研究依 Odum (1985) 及 Mayer (2004) 所提出的理論及指標，採用五日生化需氧量 (BOD_5) 作為生物呼吸

量之參數，總有機碳 (TOC) 及葉綠素 a (Chl-a) 為生物質量之參數，並分別以 $\log(BOD_5/TOC)$ 及 $\log(BOD_5/Chl-a)$ 代表生態系統之生物呼吸量與生物質量的比值，實際應用新竹香山濕地的台灣招潮蟹復育區，藉此發展生物呼吸量與生物質量比值法，來檢視該復育區各地點的干擾程度，並配合其他研究計劃的生物調查成果，以確認 Odum (1985) 及 Mayer (2004) 的理論是否適合應用於新竹香山濕地的台灣招潮蟹復育場址之評估。

新竹香山濕地的台灣招潮蟹棲地主要位於高潮線鄰近位置的砂、泥質灘地 (陳有棋等, 2006)，每個月都會遭受兩次的大潮干擾，藉由海水高潮所引入的營養鹽與有機質等，提供台灣招潮蟹及其他生物的食物來源。本研究將藉由台灣招潮蟹復育區附近的潮汐溝進行水質採樣與分析，並對照潮汐變化的影響，來瞭解台灣招潮蟹棲地水質於大潮前後的變化情形，藉以發展適當的棲地評估指標，期望日後可應用於海岸棲地復育工程。本研究目的如下：

- 1、檢測水質參數，包括： BOD_5 、導電度、TOC、chl-a、pH、TP、TN等，並研究潮汐對於棲地內各項水質的影響，並探討香山潮間帶台灣招潮蟹棲地養分與物質供給情況。
- 2、研究將 $\log(BOD_5/TOC)$ 及 $\log(BOD_5/Chl-a)$ 比值與潮汐干擾的變動關係，並探討以該比值作為棲地干擾評估指標的可行性。

三、實驗暨研究方法

3.1 研究調查區域概況

依據「新竹市濱海野生動物保護區保育計畫書」記載 (新竹市政府，

2004)，客雅溪口以南的海岸依序有客雅溪河口濕地、三姓公溪及大庄溪口草澤濕地、香山泥灘濕地、海山罟紅樹林濕地及南港沙灘，是北台灣最大的海濱濕地，生態資源豐富，千餘公頃潮間帶所孕育的大量蝦蟹螺貝，吸引大批水鳥，據統計記錄的鳥類多達二百七十四種、螃蟹達四十三種。尤其介於客雅溪口至南港無名溝之間的香山潮間帶，已於 1996 年國際拉薩姆公約組織會議中被正式列為「東亞水鳥保護網」的一環。

台灣招潮蟹是台灣特有種類，亦是河口泥灘地的關鍵物種，然而台灣招潮蟹的棲地正遭受嚴重的衝擊，保育台灣招潮蟹除可維持生態的平衡，亦符合生物多樣性 (biodiversity) 的精神。台灣招潮蟹的重要棲地為新竹香山、彰化伸港、台南七股三處 (施習德, 1999)，除新竹香山以外其餘地點的族群都較小，數量並不穩定。然而，目前新竹市政府於三姓公溪與大庄溪口之間的海埔地設置「客雅水資源回收中心」，將使台灣招潮蟹的棲地遭受嚴重衝擊，因此如不能妥適且積極針對台灣招潮蟹棲地型態與復育措施進行研究，則北台灣可能會喪失台灣招潮蟹的主要棲息地。

本研究區域位於客雅溪口以南之大庄溪口的海岸灘地及海山罟以北灘地。選定該區域是因為該處屬於台灣招潮蟹的復育場址 (陳有棋等, 2006)，詳細研究範圍參考圖 1。

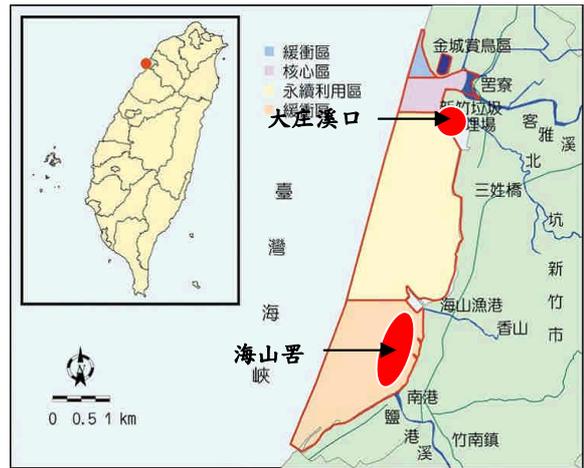


圖 1 新竹香山濕地示意圖

3.2 水質採樣與分析方法

本研究採樣點分別有大庄溪口北側及大庄溪口南側的 A 與 B 二個樣點 (參圖 2)，以及海山罟樣區於北到南的 C、D、E、F、G 等五個樣點 (參圖 3)，並利用 GPS 作定位 (參表 1)。採樣時間為最大潮發生後約兩小時，待潮水退去立即採取滯留於潮汐溝內之水樣，以及大潮後七天採取平時滯留於潮汐溝內之水樣，因此，藉由大潮後與平時的水質採樣，探討潮汐干擾是否對棲地水質產生任何的影響。

表 1 採樣點一覽表

區域	編號	GPS 定位	
大庄溪	A	N24°47'44.7"	E120°54'51.4"
	B	N24°47'42.9"	E120°54'54.9"
海山罟	C	N24°45'34.2"	E120°54'21.9"
	D	N24°45'35.5"	E120°54'21.5"
	E	N24°45'24.2"	E120°54'19.7"
	F	N24°45'25.0"	E120°54'18.1"
	G	N24°45'19.3"	E120°54'19.1"

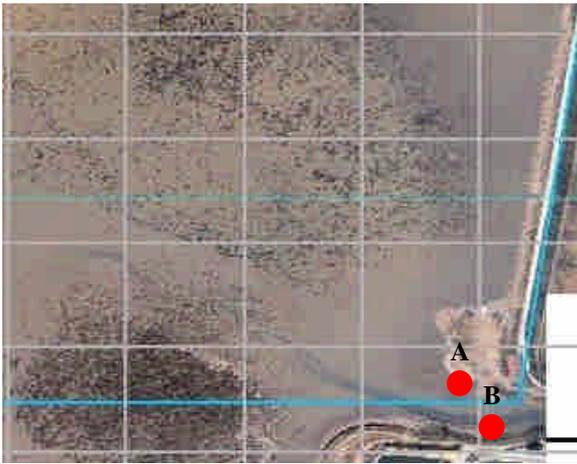


圖 2 大庄溪口採樣位置圖

各項水質檢驗方法如下：酸鹼度（攜帶式酸鹼度計）、溶氧（攜帶式溶氧度計）、電導度（攜帶式電導度計）、總有機碳（NIEA W530.51C）、葉綠素 a（NIEA E508.00B）、5 日生化需氧量（NIEA W510.53A）、亞硝酸鹽氮（NIEA W418.51C）、硝酸鹽氮（NIEA W419.51A）、氨氮（NIEA W448.51B）、總磷（NIEA W444.51C）等。

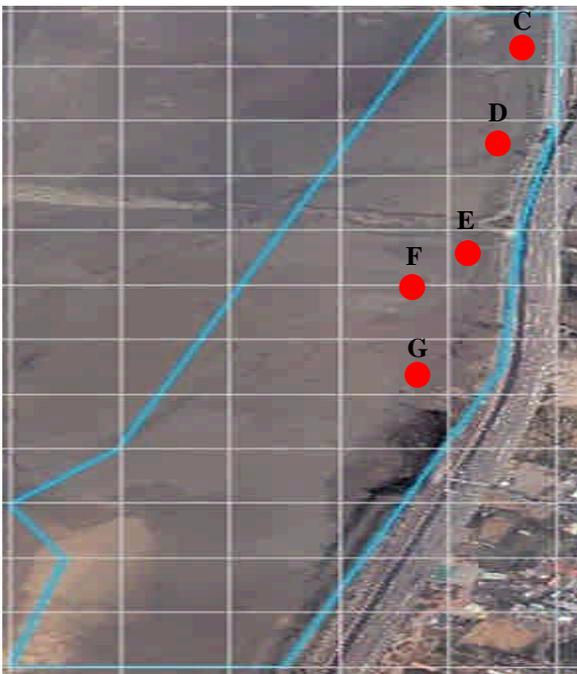


圖 3 海山罟採樣位置圖

3.3 統計方法

本研究藉由 SPSS 統計軟體進行因素分析，萃取大潮後所採水樣的水質分析結果，使分析結果更清晰表達潮汐作用的影響情形，同時也達到構面縮減的目的，並以多元迴歸分析建立生物呼吸量與生物質量迴歸模式。

3.3.1 因素分析

因素分析的統計原理是要縮減變項的維度，也就是要從眾多相關變項中抽取若干共同的因素，簡化複雜的變項關係（石計生等，2003）。因素分析會試著找出基本變數，這些變數可以說明觀察變數組中所存在的相關型態。因為這些因子可以說明多量明顯變數中所存在的變異性，所以可以利用因素分析來縮減資料，也可以使用因素分析來產生跟經常性機制相關的假設，或者篩選變數，以便日後分析。

因素分析是數學中的一種精簡作法，能夠將眾多的變數濃縮成個數較少的幾個變數，這些精簡的變數就是因素（Factor），因此此種統計處理就稱為因素分析。行為個體所展現出來的行為變數，看起來為數至多且雜亂無章。然而，隱藏在背後的潛伏因素只有少數幾個且井然有序。因素分析就是由為數至多的行為變數，萃取出少數幾個潛在因素（邱皓政，2002）。

因素分析將 K 個行為變數 (X_1, X_2, \dots, X_K) 縮減為 J 個潛在因素 (Y_1, Y_2, \dots, Y_J)，變數相依關係為：

$$(X_1, X_2, \dots, X_K) \rightarrow [FA] \rightarrow (Y_1, Y_2, \dots, Y_J)$$

其中

X_K = 第 k 個行為變數，可由觀察而得；

Y_j = 第 j 個潛在因素，無法觀察，須經由

因素分析萃取而得；

$k=1,2,\dots,k; j=1,2,\dots,J$ 。

3.3.2 多元迴歸分析

多元迴歸分析或稱複迴歸分析，可視為簡單線性迴歸之延伸。多元迴歸分析是利用多個自變項來對依變數進行解釋與預測以建立之數學模式。而本研究中只討論迴歸方程式之配適度的部份。

假設有 k 個自變數則多元迴歸模型是：

$$Y = b + b_1 Z_1 + b_2 Z_2 + b_3 Z_3 + \dots + b_k Z_k \quad (1)$$

其中 b, b_1, b_2, \dots, b_k 是估計迴歸係數，而自變數為 $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_k$ ，是各自獨立的基本變數。

R^2 稱為迴歸模型的判別係數， R^2 開方後可得到 multiple R ，為自變項與依變項的多元相關係數。 R^2 反應了自變項與依變項所形成的線性迴歸模式的契合度， R^2 為 0 之時，表示自變項與依變項之間沒有線性關係。以樣本統計量推導出來的 R^2 來評估整體模式的解釋能力，並進而推論到母群體時，會有高估的傾向，樣本數越小，越容易高估，解釋力膨脹效果越明顯，樣本數越大，膨脹情形越輕微。 R^2 表示使用 X 去預測 Y 時的預測力，也即是 Y 變項被 X 變項所解釋的比率。此一數值是否具有統計上的意義，反映了此一迴歸分析或預測力是否具有統計上的意義，必須透過統計考驗來判斷（邱皓政，2002）。

四、結果與討論

4.1 大潮對台灣招潮蟹棲地養分供給分析

大潮後滯留於潮汐溝中的水體水

質檢測結果見表 2。利用表 2 結果，以因素分析法得到所有水質參數的因子負荷量（參表 3），並得到四個特徵值大於 1 之因子分別稱為 Fac 1、Fac 2、Fac 3、Fc 4。這四個潛在因子特徵值分別為 3.59、2.10、1.94、1.37，可解釋總變異量分別為 29.93%、17.48%、16.14%、11.38%，累積總變異量為 74.92%，亦即上述四個潛在因子具有原資料矩陣 74.92% 的解釋能力。本研究將利用於前兩因子（Fac1 及 Fac2）分析棲地受大潮干擾的主要因素。

分析結果顯示：因子一（Fac 1）中，最具代表性因子為總氮（TN）、氨氮（ $\text{NH}_3\text{-N}$ ）、硝酸鹽氮（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ），並且呈現高度正相關（因子負荷量大於皆 0.7）。總氮、氨氮、硝酸鹽氮等受海水漲潮影響相當的大，故可瞭解漲潮後台灣招潮蟹復育場址的營養來源主要為海水中之氮鹽，其含量多寡直接或間接影響浮游性植物生長，因此可將潛在因子（Fac1）詮釋為「大潮與氮之影響因子」。因子二（Fac 2）中，葉綠素 a、總有機碳、酸鹼值呈現正相關，而電導度呈現負相關，可解釋海水漲潮會將海水中部份的藻類、有機物帶到海岸棲地中，提供水域生態系統的食物來源，因此可將潛在因子（Fac 2）詮釋為「大潮與有機物之影響因子」。

由上述分析得知：台灣招潮蟹復育區主要食物來源為大潮所帶來的氮與有機物。氮的影響於海岸地區分別為藻類生長和其他生物的促進作用關係，足夠的氮可增加浮游植物的數量，藉由浮游生物進行光合作用，不僅釋放出氧氣供其他生物呼吸之用，同時光合作用產生的有機養分也提供了海岸生態系中的基本食物來源。因此，氮的有效供給

直接影響海岸棲地系統生產力。另外，當棲地處於週期性淹滯的情況下，將有助於氧化條件的形成，使得有機物在水體與介質表層附近得以被氧化，再次進入循環之中，促進植物與動物的大量生長。

表 2 大潮後滯留於潮汐溝中水體水質檢測成果

項目	單位	範圍值	平均數	標準差
TOC	mg/L	0.38~38.60	9.70	9.66(n=56)
chl-a	ug/L	1.53~140	61.18	53.85(n=56)
BOD ₅	mg/L	0.94~8.88	3.50	1.64(n=56)
E.C.	us/cm	938~19890	7413	5205(n=56)
pH		7.22~9.38	8.41	0.49(n=56)
TN	mg/L	1.82~27.08	6.86	5.25(n=56)
TP	mg/L	0.01~8.02	1.19	1.21(n=56)
DO	mg/L	1.72~9.46	5.15	1.88(n=56)
NO ₂ ⁻ -N	mg/L	0.03~0.52	0.12	0.09(n=56)
NO ₃ ⁻ -N	mg/L	0.20~8.70	1.77	1.60(n=56)
NH ₃ -N	mg/L	0.12~20.70	4.81	4.01(n=56)

表 3 大潮後水質參數之因子負荷表

項目	Fac 1	Fac2	Fac 3	Fac 4
TN	0.972	0.141	0.068	0.043
NH ₃ -N	0.957	0.091	0.100	-0.079
NO ₃ ⁻ -N	0.784	0.275	-0.093	0.226
TOC	0.102	0.909	-0.069	-0.036
Chl-a	0.231	0.874	0.051	0.021
pH	-0.167	0.546	0.453	-0.100
E.C.	-0.245	-0.532	0.161	-0.014
BOD ₅	0.105	0.057	0.885	-0.056
DO	-0.087	-0.405	0.802	-0.139
TP	0.332	0.197	0.527	0.504
NO ₂ ⁻ -N	-0.188	0.085	-0.143	0.858
水溫	-0.318	0.246	0.041	-0.692
特徵值	3.59	2.10	1.93	1.37
變異量	29.93	17.48	16.14	11.38
累積變異量	24.09	45.34	61.90	74.92

4.2 生物呼吸量與生物質量比值與潮汐關係

本研究將綜合七個樣點的平均值探討生物呼吸量與生物質量比值，但考

慮生物呼吸量與生物質量比值之數值分散，因此藉由「log」轉換其比值數據，所得到的生物呼吸量與生物質量比值的對數如表 4、圖 4 及圖 5 所示。

由分析結果可發現，生物呼吸量與生物質量比值在大潮後（干擾）呈現較低值，反之，在未受干擾的平時，其比值則較高，這結果明顯與 Mayer(2004)對於淡水沼澤生態系統研究結果呈現相反的結果，其原因可能是海岸生態系統與內陸淡水生態系統的營養來源不同。以本研究為例，台灣招潮蟹棲地的主要營養供給來自每月兩次的大潮(如 3.1 之分析)，大潮後的生物呼吸量

(BOD₅)與平時相比較，呈現不規律變化(參圖 6)，而生物質量的代表參數有機碳濃度(TOC)則大都較平時為高(參圖 7)，尤其是大潮後 Chl-a 濃度明顯高於平時(參圖 8)，這顯示大潮確實提供有機碳(TOC)及浮游植物(Chl-a)給棲地使用。因此，大潮對於海岸生態系統而言，其角色是「營養供給者」甚於「干擾者」；故 Odum(1985)及 Mayer(2004)的論點有關：在受干擾的生態系統其生物呼吸量與生物質量的比值將高於未受干擾或已恢復穩定的系統，似乎不適用於本研究案例中的潮汐變化情況。相對地，本研究從所有的樣點 A、B、C、D、E、F、G(參圖 9~15)發現：在台灣招潮蟹棲地的海岸生態系統中，每月二次大潮後之生物呼吸量與生物質量的比值對數大都低於平時。本研究結果雖與 Odum(1985)及 Mayer(2004)的結果不同，但確也提供不同的觀點，亦即生物呼吸量與生物質量的比值，仍是評估生態系統的可利指標，該指標應用於內陸淡水生態系統時，可評估該系體受干擾的情

況（例如：Odum 及 Mayer 之研究）；但該指標應用於海岸生態系統時，卻可用於評估潮汐供給養分的情況。從本案例研究所得的數據（參表 5）得知：在大潮後 $\log(BOD_5/TOC)$ 的範圍值為 -0.49~0.09，其平均值為 -0.15； $\log(BOD_5/Chl-a)$ 的範圍值為 1.55~2.94，其平均值為 2.05；在平時的情況下， $\log(BOD_5/TOC)$ 的範圍值為 -0.42~0.29，其平均值 -0.07； $\log(BOD_5/Chl-a)$ 的範圍值為 1.85~2.65，其平均值為 2.28。

表 4 生物呼吸量與生物質量比值對數表

組別	日期	$\log(BOD_5/TOC)$	$\log(BOD_5/chl-a)$
1	2007/1/6初18大潮後	-0.22	2.96
	2007/1/14初26平時	0.07	2.29
2	2007/1/21初3大潮後	-0.03	2.35
	2007/1/28初10平時	0.29	2.65
3	2007/2/5初18大潮後	-0.07	2.04
4	2007/3/7初18大潮後	0.09	2.05
	2007/3/14初25平時	-0.22	2.31
5	2007/3/21初3大潮後	-0.49	1.76
	2007/3/28初10平時	-0.42	2.27
6	2007/4/5初18大潮後	-0.19	1.86
	2007/4/11初24平時	-0.16	1.87
7	2007/4/19初3大潮後	-0.19	1.55
	2007/4/25初9平時	0.03	2.28
8	2007/5/4初18大潮後	-0.12	1.83

表 5 大潮與平時之生物呼吸量與生物質量比值的範圍與平均值

類別	$\log(BOD_5/TOC)$	$\log(BOD_5/Chl-a)$
大潮	範圍值:-0.49~0.09	範圍值:1.55~2.96
	平均值:-0.15	平均值:2.05
平時	範圍值:-0.42~0.29	範圍值:1.87~2.65
	平均值:-0.07	平均值:2.28
大潮與平時 平均值變化 百分比(%)	53.3%	11.2%

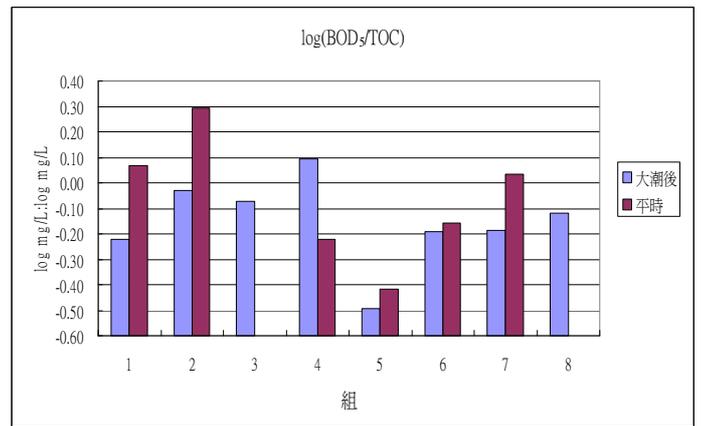


圖 4 $\log(BOD_5/TOC)$ 比值圖

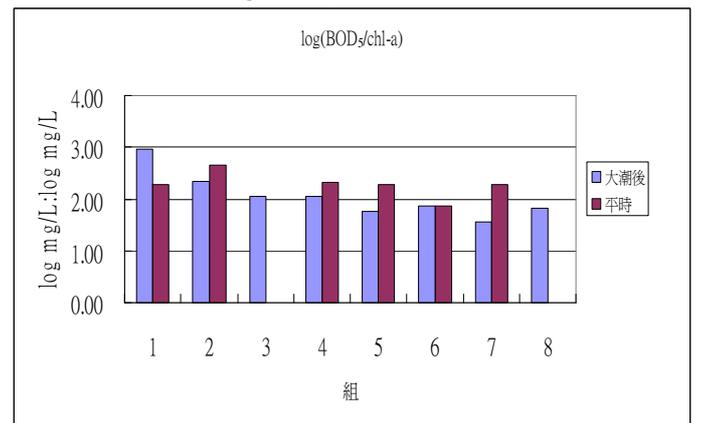


圖 5 $\log(BOD_5/Chl-a)$ 比值圖

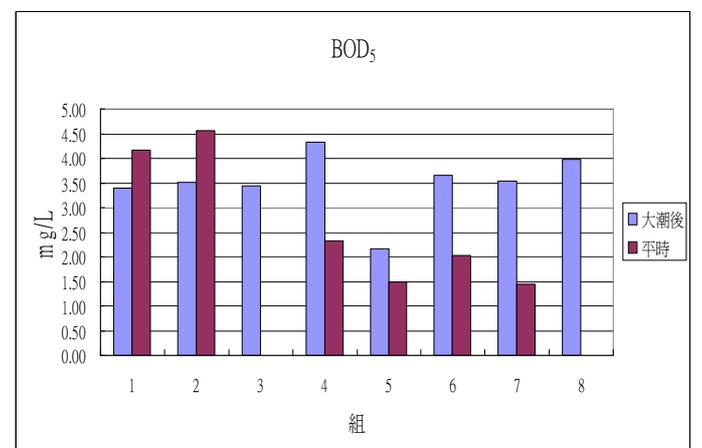


圖 6 BOD_5 趨勢圖

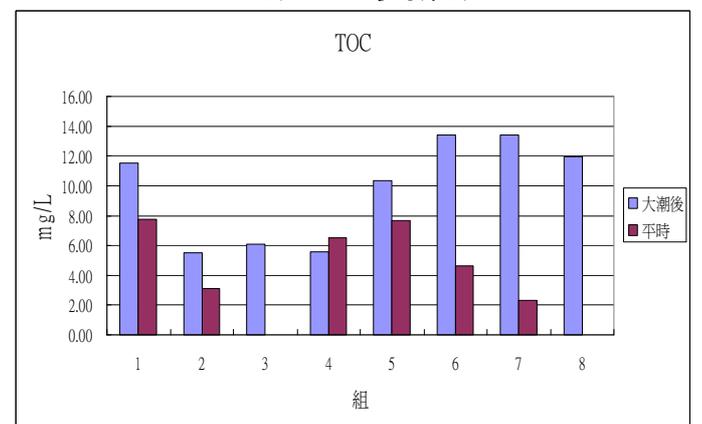


圖 7 TOC 趨勢圖

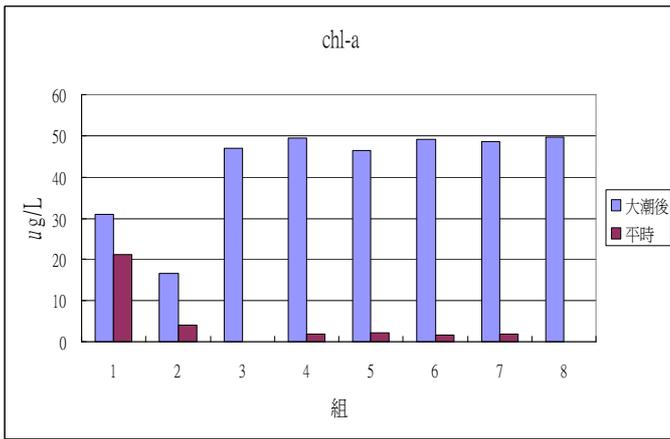


圖 8 Chl-a 趨勢圖

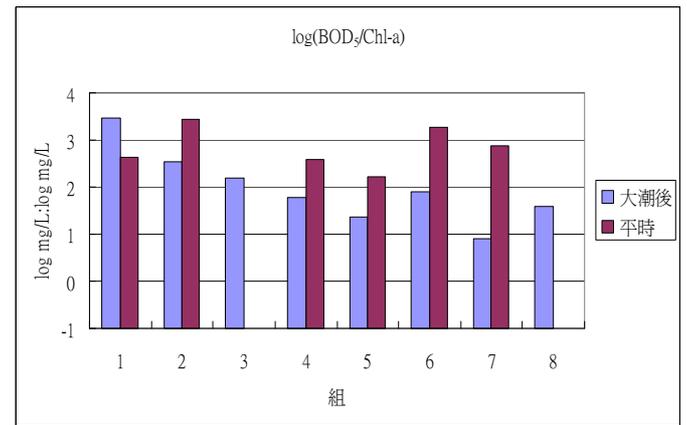
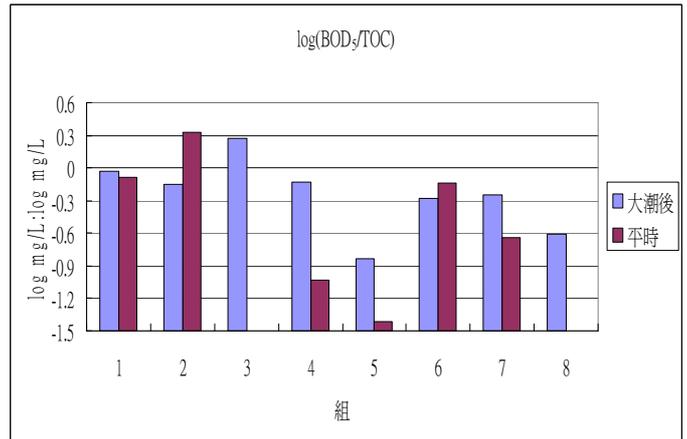


圖 10 樣點 B 之生物呼吸量與質量比值圖

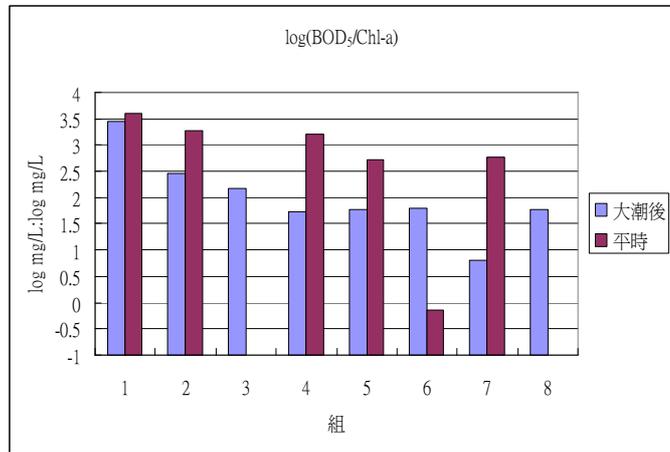
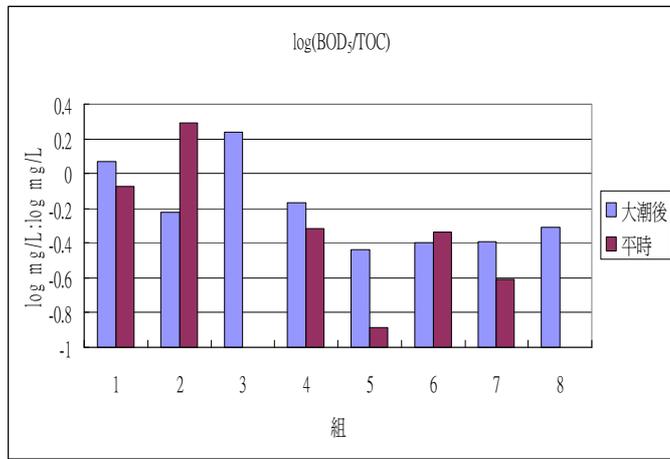


圖 9 樣點 A 之生物呼吸量與質量比值圖

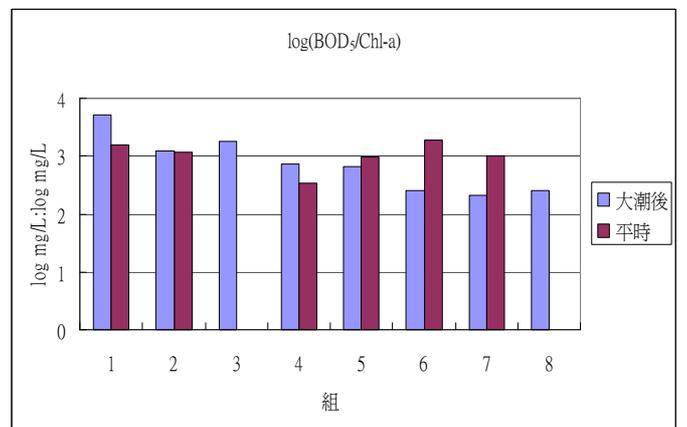
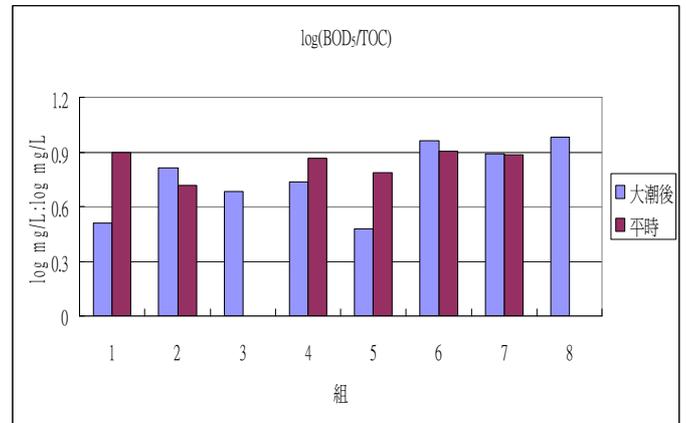


圖 11 樣點 C 之生物呼吸量與質量比值圖

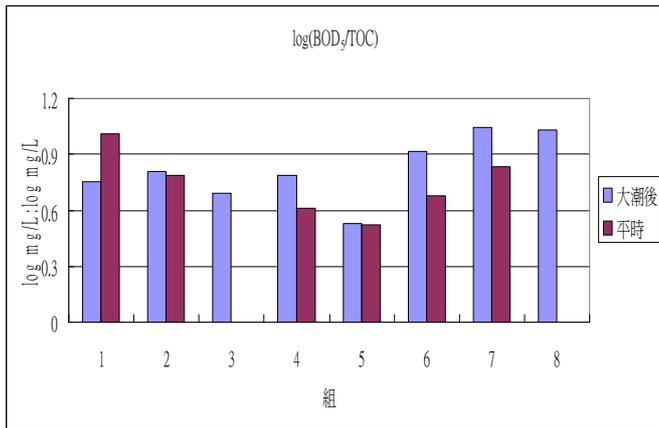


圖 12 樣點 D 之生物呼吸量與質量比值圖

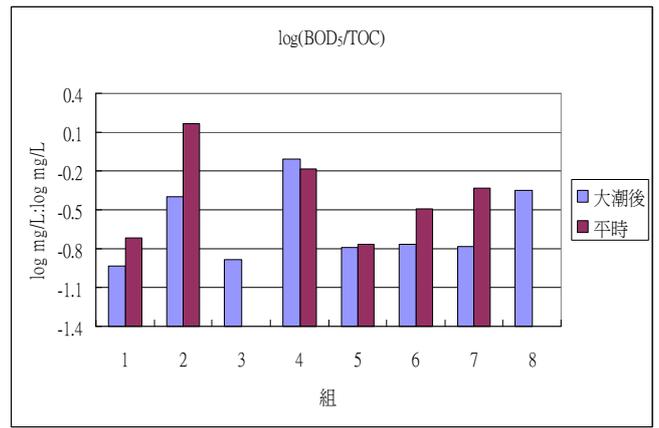


圖 14 樣點 F 之生物呼吸量與質量比值圖

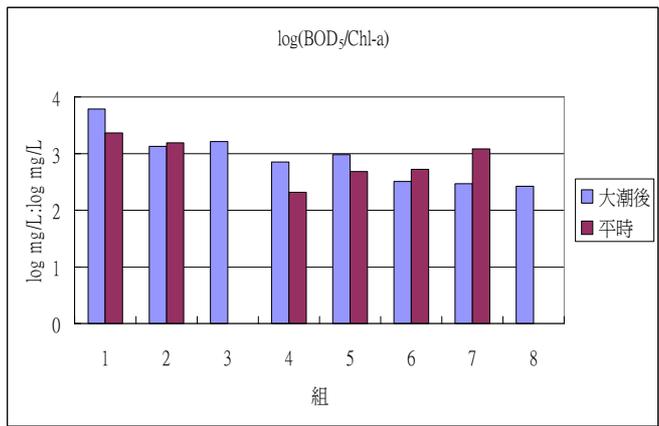


圖 13 樣點 E 之生物呼吸量與質量比值圖

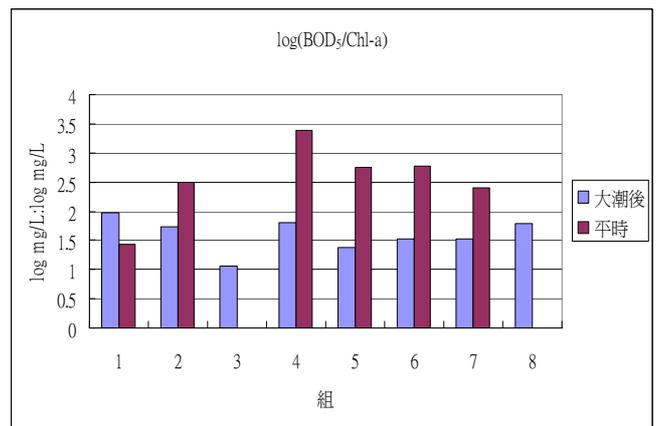


圖 15 樣點 G 之生物呼吸量與質量比值圖

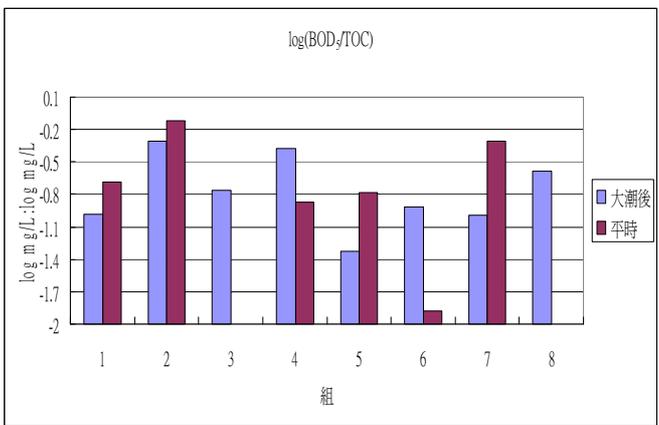


圖 13 樣點 E 之生物呼吸量與質量比值圖

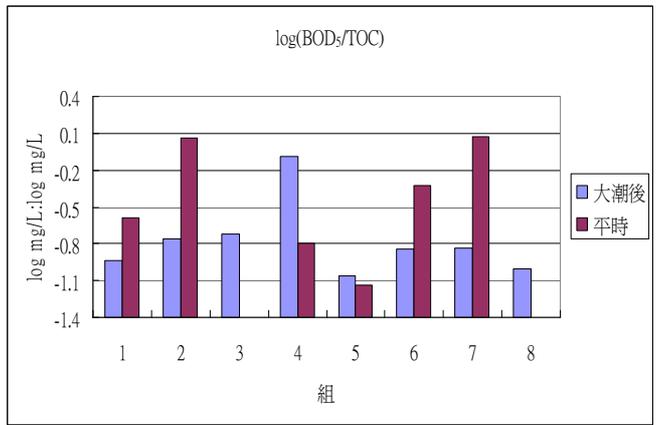


圖 15 樣點 G 之生物呼吸量與質量比值圖

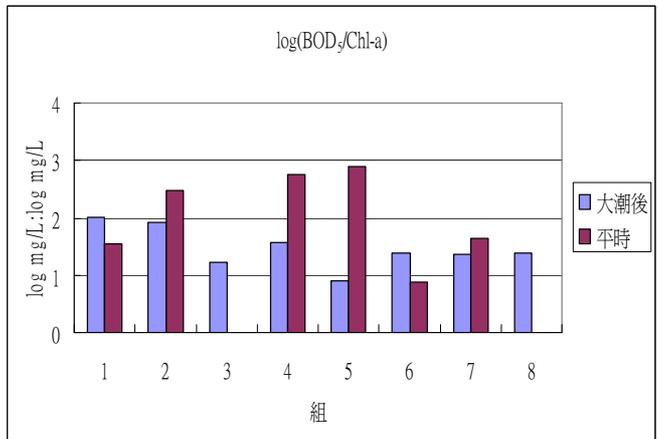


圖 13 樣點 E 之生物呼吸量與質量比值圖

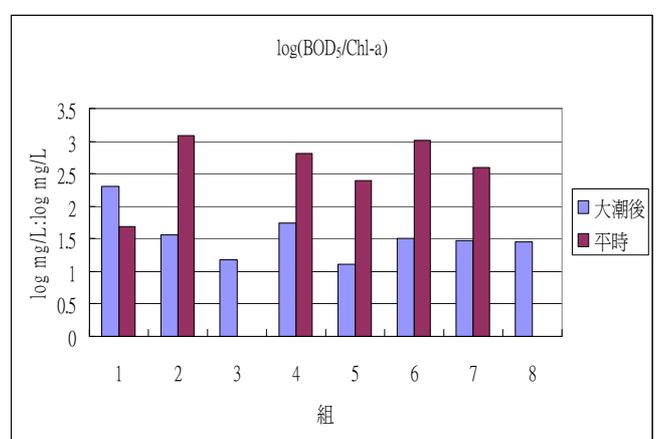


圖 15 樣點 G 之生物呼吸量與質量比值圖

經由因素分析結果（參 3.1 節）得知大潮對台灣招潮蟹棲地水質參數影響的第一因子（Fac1）包括：總氮、硝酸鹽氮及氨氮，以此三個水質參數為自變項，另外分別以 $\log(\text{BOD}_5/\text{TOC})$ 及 $\log(\text{BOD}_5/\text{Chl-a})$ 為依變數，進行多元迴歸分析，所得之迴歸方程式如下：

$$\log(\text{BOD}_5/\text{TOC}) = -0.329 + 0.498X_1 - 0.626X_2 - 0.443X_3 \dots\dots\dots (2)$$

$$\log(\text{BOD}_5/\text{Chl-a}) = 1.847 + 0.557X_1 - 0.679X_2 - 0.501X_3 \dots\dots\dots (3)$$

式中 X_1 為總氮； X_2 為硝酸鹽氮； X_3 為氨氮。分析結果的判別係數 (R^2) 為 0.221 及 0.215，表示三個自變項可以解釋 $\log(\text{BOD}_5/\text{TOC})$ 比值為 22.1% 的變異量及 $\log(\text{BOD}_5/\text{Chl-a})$ 比值為 21.5% 的變異量（參表 6 及 7），顯示本研究採用的兩個生物呼吸量與質量比值 $\log(\text{BOD}_5/\text{TOC})$ 及 $\log(\text{BOD}_5/\text{Chl-a})$ 確實與大潮所帶來的氮 (N) 存有正相關的特性。然而，判別係數 (R^2) 不高，代表可能尚有其他變因存在。進一步迴歸分析係數校估的結果得知：總氮、硝酸鹽氮、氨氮等三項在各比值模式中都具有顯著性 ($p < 0.05$)，表示氮鹽流入會影響到生物呼吸量與生物質量比值。經與 Mayer (2004) 實驗結果比較其 BOD_5/C 比值之迴歸判別係數在恢復濕地為 $R^2=0.039$ 與參照濕地為 $R^2=0.081$ ； $\text{BOD}_5/\text{Chl-a}$ 比值之迴歸判別係數在恢復濕地 $R^2=0.308$ 與參照濕地 $R^2=0.015$ ，本研究結果和 Mayer (2004) 皆顯示迴歸判別係數不高，可能與自然環境中複雜的變因有關。

表 6 $\log(\text{BOD}_5/\text{TOC})$ 之迴歸係數校估表

模式	R^2	係數估計值	標準誤	T值	顯著性
(常數)	0.221	-0.329	0.143	-2.300	0.026
總氮(TN)		0.498	0.150	3.315	0.002
硝酸鹽氮		-0.626	0.167	-3.746	0.000
氨氮		-0.443	0.152	-2.913	0.005
Y=-0.329+0.498X ₁ -0.626X ₂ -0.443X ₃ (X ₁ =總氮，X ₂ =硝酸鹽氮，X ₃ =氨氮)					

表 7 $\log(\text{BOD}_5/\text{Chl-a})$ 之迴歸係數校估表

模式	R^2	係數估計值	標準誤	T值	顯著性
(常數)	0.215	1.847	0.158	11.720	0.000
總氮(TN)		0.557	0.166	3.356	0.001
硝酸鹽氮		-0.679	0.184	-3.684	0.001
氨氮		-0.501	0.168	-2.985	0.004
Y=1.847+0.557X ₁ -0.679X ₂ -0.501X ₃ (X ₁ =總氮，X ₂ =硝酸鹽氮，X ₃ =氨氮)					

五、結論與建議

1. 本研究進行新竹香山台灣招潮蟹棲地場址水質特性分析顯示，大潮後台灣招潮蟹棲地場址的營養供給主要是來自於海水潮汐的影響，經由因素分析可分別以「大潮與氮之影響因子」、「大潮與有機物之影響因子」為主，表示之。
2. Mayer (2004) 應用生物呼吸量與生物質量指標並實驗於美國 South Dakota 草澤濕地，該研究顯示指標在受干擾時，比值會呈現上升趨勢，反之，未受干擾時，比值呈現較低值。然而，本研究以 $\log(\text{BOD}_5/\text{TOC})$ 及 $\log(\text{BOD}_5/\text{Chl-a})$ 兩指標應用於台灣招潮蟹棲地場址進行生物呼吸量與生物質量比值之分析發現，當受潮汐干擾時，潮汐所帶來的食物和營養鹽，使得兩個比值指標皆呈現較低值的趨勢，反之，當棲地在平時狀態（未受干擾）時，兩個比值指標皆會呈現上升趨勢。
3. 生物呼吸量與生物質量比值法可用於評估於台灣招潮蟹復育棲地場址潮汐供給養分的情況，其實驗結果如下：在大潮後 $\log(\text{BOD}_5/\text{TOC})$ 的範圍值為-0.49~0.09，其平均值為-0.15； $\log(\text{BOD}_5/\text{Chl-a})$ 的範圍值為 1.55~2.94，其平均值為 2.05；在平時 $\log(\text{BOD}_5/\text{TOC})$ 的範圍值為 -0.42~0.29，其平均值-0.07； \log

- (BOD₅/Chl-a) 的範圍值為 1.85~2.65，其平均值為 2.28；log (BOD₅/TOC) 於大潮與平時平均值為 53.3%；log (BOD₅/Chl-a) 於大潮與平時平均值為 11.2%。
4. 本研究所得之生物呼吸量與質量比值指標，可以總氮、硝酸鹽氮及氨氮三個水質參數為自變項，建構迴歸方程式，並具有正相關性存在。
 5. 建議後續研究增加採樣點及生物數量調查，以利生物呼吸量與生物質量指標的建立，更能推估指標的適用性。

五、參考文獻

1. Kolka, R.K., E.A. Nelson, and C.C. Trettin., (2000), "Conceptual assessment framework for forested wetland restoration: the Pen Branch experience," *Ecological Engineering*, Vol 15, pp. 17-21。
2. Kurtz, J.C., Jackson, L.E., Fisher, W.S., (2001), "Strategies for evaluating indicators based on guidelines from the Environmental Protection Agency's Office of Research and Development," *Ecol. Indicators*, Vol. 1, pp. 49-60。
3. Mageau, M.T., (1998), Costanza, R., Ulanowicz, R.E., "Quantifying the trends expected in developing ecosystems," *Ecol. Model.* Vol. 112, pp. 1-22。
4. Mayer, P.M., Megard, R.O., Galatowitsch S.M., (2004), "Plankton respiration and biomass as functional indicators of recovery in restored prairie wetlands," *Ecological Indicators*, Vol. 4, 245-253,。
5. Mayer, P.M., Galatowitsch, S.M., (2001), "Assessing ecosystem integrity of restored prairie wetlands from species production-diversity relationships," *Hydrobiologia*, Vol. 443, pp. 177-185。
6. Odum, E.P., (1985), "Trends expected in stressed ecosystems," *Bioscience*, Vol. 35, pp. 419-422。
7. Xu, F.-L., (1999), Jorgensen, S.E., Tao, S., "Ecological indicators for assessing freshwater ecosystem health," *Ecol. Model.*, Vol. 116, pp. 77-106。
8. 陳有祺 (2006), 「新竹市客雅水資源回收中心生復育計畫復育區棲地改善計畫期中報告書」, 中華大學水域生態環境研究中心執行, 新竹市政府委託。
9. 新竹市政府 (2004), 「新竹市濱海野生動物保護區保育計畫書」, 新竹市政府。
10. 施習德 (1999), 「以型態、遺傳及生態研究台灣特有種台灣招潮蟹之分類系統」, 國立中山大學海洋研究所博士論文。
11. 邱皓政 (2002), 「量化研究與統計分析」, 五南圖書出版股份有限公司。
12. 石計生、羅清俊、曾淑芬、邱曉婷、黃慧琦 (2003), 「社會科學研究與 SPSS 資料分析：台灣資料庫應用」, 雙葉書廊有限公司。

六、論文發表

本計劃的研究成果之一，以「以生物呼吸量與生物質量作為台灣招潮蟹棲地評估指標之研究-以新竹香山濕地為例」發表於 2007 年第十六屆水利工程研討會。

