

# 七股地區淺坪虱目魚塭及文蛤池底棲動物相之研究

## A Study on the Benthic Fauna of Shallow-water Milkfish Ponds and Hard Clam Ponds in Qigu

黃書彥\*

Shu-Yen Huang\*

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集镇民生東路 1 號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantao, Taiwan

\*通訊作者：shuyung2001@tesri.gov.tw

\*Corresponding author: shuyung2001@tesri.gov.tw

### 摘 要

本研究自 2012-2013 年於七股針對 9 個淺坪虱目魚塭及 10 個文蛤池進行調查，共採得底棲動物 3633 隻，分 19 科 23 種。各類群中以多毛類 12 種最多，螺貝類 7 種次之。其它生物包含水生昆蟲幼蟲(搖蚊及牙蟲)、端足類及海葵。兩種魚塭底棲動物的組成有顯著差異。虱目魚塭共紀錄 8 種，以小頭蟲(*Capitella* sp.)、栗螺(*Stenothyra* sp.)及搖蚊幼蟲為優勢。文蛤池共紀錄 21 種，以腺帶刺沙蠶(*Neanthes glandicincta*)及褐皮粗米螺(*Didontoglossa koyasensis*)為優勢。在群聚結構比較上，文蛤池採得底棲動物的種類數及多樣性較高。虱目魚塭則具較高的平均密度並以小頭蟲等投機物種為優勢。利用 AMBI(AZTI's Marine Biotic Index)及 M-AMBI(Multivariate-AMBI)評估兩種魚塭底土的生態環境品質。兩指標評估的一致性程度屬好的等級。多數文蛤池被歸為好的生態環境狀態；虱目魚塭則為中等至差。由底棲動物群聚結構及兩指標評估結果暗示，淺坪虱目魚塭可能承受較高的有機質物，導致底質生態環境品質較差。

## Abstract

Nine shallow-water milkfish (*chanos chanos*) ponds and ten hard clam (*Meretrix lusoria*) ponds in Qigu were surveyed for benthic fauna from 2012 to 2013. A total of 3,633 individuals belonging to 19 families and 23 species were collected. Overall, 12 polychaete species and seven mollusc species were found. Others include aquatic insect larvae (chironomidae and hydrophilidae), amphipod, and sea anemone. Benthic fauna communities were significantly different between the two pond types. A total of eight species were found in milkfish ponds, in which *Capitella* sp., *Stenothyra* sp., and chironomid larvae were dominant. A total of 21 species were found in hard clam ponds, in which *Neanthes glandicincta* and *Didontoglossa koyasensis* were dominant. Benthic fauna species richness and diversity were higher in hard clam ponds, but the mean density was higher in milkfish ponds and the dominance of opportunistic species such as *Capitella* sp. AZTI's Marine Biotic Index (AMBI) and Multivariate-AMBI (M-AMBI) were applied to assess the benthic ecological status of ponds. A "good" level of agreement was between AMBI and M-AMBI. Most hard clam ponds were classed at "good" ecological quality, but milkfish ponds ranged between "moderate" to "poor". The results of benthic fauna community and the two indices suggest that shallow-water milkfish ponds might have higher organic matter loading, which led to poorer ecological quality status.

**關鍵詞：**底棲動物、水產養殖魚塢、虱目魚、文蛤、海洋生物指標

**Key words:** benthic fauna, aquacultural pond, milkfish, hard clam, AMBI

收件日期：2016年04月27日      接受日期：2016年08月12日

Received: April 27, 2016

Accepted: August 12, 2016

## 緒 言

底棲動物是魚塢生態系重要的一環，有些底棲動物的出現會危害養殖目標生物，例如淺坪虱目魚塢中的搖蚊幼蟲於池底築土管破壞藻床，且會與虱目魚競爭攝食底藻(蘇 2007)。文蛤養殖池中孳生大量螺類及貽貝會與文蛤競食，甚至干擾文蛤攝食行為(劉 2001)。但有

些底棲動物則對養殖有正面幫助，例如多毛類透過攝食殘餌及糞便等營養物質改善魚塢底質(Carvalho *et al.* 2007; 邱等 2011; Puigagut *et al.* 2014)，另也是養殖蝦類的重要天然餌料(Nunes 1997; 許等 2007)。

底棲動物也能用來反映養殖環境的品質狀況，例如魚塢中底棲動物組成會因有機質含量不同而有差異(Carvalho *et al.* 2006)。有機質

含量為養殖環境品質重要指標，因池底累積過多的有機物在經由微生物分解時，會消耗大量氧氣使池底缺氧。而在缺氧環境下，有機物分解會產生一些有毒物質，影響養殖魚蝦生長(Avnimelech and Ritvo 2003)。此外於探討魚塢養殖廢水(Silva *et al.* 2012)及箱網養殖(Borja *et al.* 2009; Martinez-Garcia *et al.* 2013; Valdemarsen *et al.* 2015; Tomassetti *et al.* 2016)對海洋環境造成影響的研究中，也常以底棲動物做為反映污染的物生物類群。

底棲動物直接生活於底泥中，能直接反映底土環境變化，因此研究人員利用其發展出許多評估海洋或濕地環境狀態的指標，例如 AMBI(AZTI's Marine Biotic Index, Borja *et al.* 2000)、M-AMBI(Multivariate-AMBI, Borja *et al.* 2004)、Bentix(Simboura and Zenetos 2000)、BQI(Benthic Quality Index, Rosenberg *et al.* 2004)等。

Borja 等(2015)透過比較文獻發表數、文獻中使用指標與環境污染間是否有顯著相關性，以及指標在不同地理區使用的普遍度，將 35 個由底棲動物發展的環境評估指標進行有系統的評比及排名。結果顯示 AMBI 及 M-AMBI 在 3 項評比上皆為前兩名，為目前使用區域最廣及穩定的指標工具。

AMBI 及 M-AMBI 發展於歐洲地中海區域，目前也應用於美國(Borja and Tunberg 2011)及紐西蘭(Keeley *et al.* 2012)等不同地理區。大陸黃海及渤海等沿海地區近年來也開始利用此兩指標進行環境評估研究，並證實能有效反映人為干擾(Li *et al.* 2013; Cai *et al.* 2014; Cai *et al.* 2015)，然臺灣目前較缺乏相關應用研究。

本研究兩種魚塢皆為海水養殖，加上池底

為軟質底土構成，符合 AMBI 及 M-AMBI 的使用條件。由於本研究未收集環境資料，無法了解魚塢受有機質的污染程度，因此期應用此兩指標工具，嘗試將魚塢底質的生態環境進行分級，並為未來相關研究參考。

魚塢中的底棲動物除了上述功能外，黃及薛(2014)研究淺坪虱目魚塢及文蛤養殖池發現，當魚塢晒池時因水位降低，吸引了許多鸕鶿類等水鳥前來利用。鸕鶿類以水生無脊椎動物為食(Colwell 2010)，底泥中的底棲動物成為其潛在的食物來源。因此魚塢的底棲動物除了影響養殖本身外，晒池時也提供了度冬及過境水鳥覓食棲地，在水鳥保育策略上具有重要功能。

本研究針對臺南市七股地區的淺坪虱目魚塢及文蛤養殖池進行調查，主要目的為：(1)分析兩種魚塢的底棲動物組成及群聚結構差異，提供相關養殖管理參考。(2)透過計算底棲動物的 AMBI 及 M-AMBI 值，評估兩種魚塢底土的生態環境品質狀態。(3)建立魚塢底土中水鳥的潛在食物資源，為後續探討水鳥利用晒池魚塢覓食之基礎。

## 材料與方法

### 一、樣區地點

本研究以七股曾文海埔魚塢區及美國魚塢區為研究地點，北起七股瀉湖南至縣道 173，西起七股大潮溝東至西濱 61 快速道路。自 2012-2013 年共針對 9 個淺坪虱目魚塢及 10 個文蛤池進行底棲動物相調查(圖 1)。淺坪虱目魚塢為吋苗養殖，魚苗放養後育成至 3-5 吋後賣出。文蛤池則會混養魚蝦，以清除池底藻類及螺類。

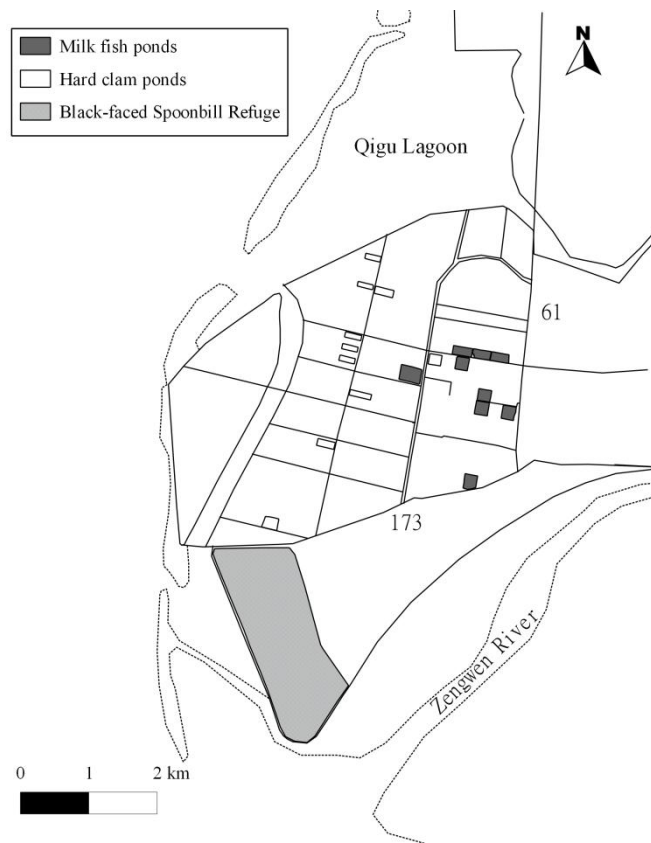


圖 1. 七股調查樣區的魚塭位置。

Fig. 1. The location of studied aquacultural ponds in Qigu.

## 二、底棲動物採集及分類

選定魚塭於開始晒池的 2 天內進行採集，此時池水多以排出，露出如泥灘濕地的底土。因配合不同晒池時程，淺坪虱目魚塭於 2012 年 10 月(7 池)及 11 月(2 池)調查，共採 9 池。文蛤池則於 2012 年 12 月(1 池)、2013 年 1 月(2 池)、2 月(5 池)及 3 月(2 池)調查，共採 10 池。

每池魚塭只採集 1 次，每次共採 5 個樣點，分別於魚塭四周及中央各採樣一點。每樣

點以直徑 7.5 cm 的水管採集表面 10 cm 的底泥，再以 0.5 mm 網目篩網篩洗。過篩後的殘餘物及蟲體以採樣罐收集，並放入薄荷腦進行麻醉，最後再加入中性福馬林固定。

採樣罐帶回實驗室後將底棲動物挑出進行鑑定及計數。如為不完整之蟲體以頭部數為計算依據。所有樣本以 70% 酒精保存。採得之動物依台灣貝類資料庫 (<http://shell.sinica.edu.tw/>)、陽及孫(1998)、謝等(1999)及王及王(2011)進行分類

及鑑定。

### 三、統計分析

#### (一) 底棲動物組成及群聚結構

計算每池魚塭採集到底棲動物的種類數、密度(ind/m<sup>2</sup>)及多樣性指數(Shannon-Wiener index)，並以 Mann-Whitney U test 比較上述 3 個值於兩魚塭間是否有顯著差異。兩種魚塭底棲動物群集以 Primer 6 套裝軟體進行分析。每個物種的密度先以開根號轉換，再計算所有魚塭間的 Bray-Curtis similarity，並以 average linkage 法進行階層群集分析。另也利用 MDS(Non-metric Multi-Dimensional Scaling) 比較兩種魚塭底棲動物組成差異。最後以 ANOSIM (Analysis of similarities) 檢測組成差異是否具顯著性。

#### (二) 生態環境品質評估

AMBI 概念為利用軟質底土中的底棲無脊椎動物組成反映環境干擾狀態。Borja *et al.* (2000) 依對污染的不同反應將底棲動物分為 5 個生態群(EGI-干擾敏感類型; EII-干擾不敏感型; EGIII-干擾容忍型; EGIV-次級機會主義型; EGV- 一級機會主義型)。計算公式如下:  $AMBI = [(0 \times EGI\%) + (1.5 \times EGI\%) + (3 \times EGIII\%) + (4.5 \times EGIV\%) + (6 \times EGV\%)] / 100$ 。計算所得 AMBI 值愈低表示環境品質愈好，並依 Muxika *et al.* (2005) 區分為 5 個生態環境等級：高品質 (high quality <1.2)、好 (good 1.2-3.3)、中等 (moderate 3.3-4.3)、差 (poor 4.3-5.5)、壞 (bad >5.5)。

目前已有免費軟體 (<http://ambi.azti.es>) 可計算 AMBI，並建有資料庫列出各物種的生態群。本研究採集物種若未出現於資料庫，則將其歸於同屬相近物種的生態群。若資料庫

也無同屬物種，則不加以分群。另腺帶刺沙蠶在資料庫列為 EGI，但根據邱(2010)研究認為其對環境有較高容忍性，成為七股潟湖最優勢的多毛類。因此本研究將腺帶刺沙蠶歸為 EGIII。

M-AMBI 亦利用上述免類軟體分析，其則整合了物種數(species richness)、多樣性指標(Shannon's diversity index)及 AMBI，並透過因素分析進行計算(Muxila *et al.* 2007)。所得 M-AMBI 值愈高表示環境品質愈好，並依 Borja *et al.* (2007) 區分為 5 個生態環境等級：高品質 (high quality >0.77)、好 (good 0.53-7.77)、中等 (moderate 0.38-5.53)、差 (poor 0.20-0.38)、壞 (bad <0.20)。

M-AMBI 分析前需輸入高及壞的環境狀態背景值才能進行比較。由於缺少底質未受干擾的魚塭資料可參考，高品質的環境狀態設定為所有調查中最高的物種數加 15%、最高的多樣性指數加 15%，以及最低的 AMBI 減 15% (Borja *et al.* 2008; Cai *et al.* 2015)。壞的環境狀態則將物種數及多樣性指數設為 0，AMBI 設為 6。

回顧相關文獻 AMBI 及 M-AMBI 評估結果有時未必一致 (Liu *et al.* 2014; Nebra *et al.* 2014; Brauko *et al.* 2016)。因此本研究以 weighted Kappa 分析兩指標評的一致性程度。若兩指標一致性高，則較有信心相信評估出的生態環境狀態；但若兩指標一致性低，解釋需較為保守，並待後續有環境資料比對才能釐清。

一致性程度以 Kappa 值分成 8 個等級 (Monserud and Leemans 1992)：完全不一致 (null < 0.05)、很低 (very low 0.051-0.20)、低 (low 0.21-0.40)、中等 (moderate 0.41-0.55)、好 (good 0.56-0.70)、很好 (very good 0.71-0.85)、

幾乎一致(almost perfect 0.86-0.99)、完全一致(perfect 1.00)。最後以 Mann-Whitney U test 比較兩種魚塭的 AMBI 及 M-AMBI 是否有顯著差異。

## 結 果

### 一、底棲動物組成及群聚結構

#### (一) 底棲動物組成

本研究共採集到底棲動物 3633 隻，分 19 科 23 種(表 1)。各類群中以多毛類 12 種最多，螺貝類 7 種次之。其它生物包含水生昆蟲幼蟲(搖蚊及牙蟲)、端足類及海葵。

兩種魚塭中的物種數量以文蛤池的 21 種較多，虱目魚池只發現 8 種。兩種魚塭的優勢種各異，虱目魚池以小頭蟲(*Capitella* sp.)45.4%、栗螺(*Stenothyra* sp.)26.3%及搖蚊科幼蟲(Chironomidae)9.6%所佔比例最高。文蛤池則以腺帶刺沙蠶(*Neanthes glandicincta*)33.5%及褐皮粗米螺(*Didontoglossa koyasensis*)33.4%最高(表 1)。

利用底棲無脊椎動物的組成對魚塭進行群集分析，結果顯示相似性在 15%處可將樣本分為虱目魚塭及文蛤池兩群(圖 2)。檢視 MDS 分布圖，亦可將魚塭被分為兩群，其中虱目魚塭聚集於右側，文蛤池則於左側(圖 3)。最後以 ANOSIM 檢測兩種魚塭的底棲動物群聚是否有區隔，結果顯示兩者具有顯著性差異( $R=0.964$ ,  $p=0.001$ , number of permutations=9999)。

#### (二) 底棲動物群聚結構

兩種魚塭底棲動物的物種數、密度及多樣性皆有顯著差異。虱目魚塭平均每池只能發現

5.56±1.74 種，顯著低於文蛤池的 8.00±2.91 種( $Z=-2.113$ ,  $p=0.035$ )。然虱目魚塭平均密度(個體/m<sup>2</sup>)為 12786.6±11916，顯著高於文蛤池的 5016 ±3513( $Z=-1.982$ ,  $p=0.045$ )。多樣性指數(Shannon-Weaver diversity index)比較上，虱目魚塭平均為 1.05±0.24，顯著低於文蛤池的 1.41±0.41( $Z=-2.041$ ,  $p=0.041$ )。

將物種數最多的多毛類獨立進行比較，虱目魚塭平均每池只能發現 1.78±1.20 種，顯著低於文蛤池的 5.00±2.11 種( $Z=-3.003$ ,  $p=0.002$ )。虱目魚塭平均密度(個體/m<sup>2</sup>)為 6916±8409，雖高於文蛤池 2599±1302，但無顯著差異( $Z=-0.573$ ,  $p=0.604$ )。多樣性指數比較上，虱目魚塭平均為 0.24±0.26，顯著低於文蛤池的 0.95±0.5( $Z=-2.945$ ,  $p=0.002$ )。

### 二、生態環境品質評估

AMBI 及 M-AMBI 分析結果顯示，全部 19 池魚塭中共有 13 池(68.42%)兩指標評估出的生態環境等級相同。兩指標的 Kappa 值為 0.604，一致性程度屬於好的等級。兩指標於兩種魚塭的比較結果分述於下。

在 AMBI 比較上，虱目魚塭顯著高於文蛤池( $Z=-3.553$ ,  $p<0.001$ )，表示虱目魚塭底質環境較差。虱目魚塭的生態環境狀態被歸為好的有 1 池、中等的 4 池、差的 4 池。而文蛤池中，歸為高品質的有 2 池，歸為好的 8 池(圖 4)。

在 M-AMBI 比較上，虱目魚塭顯著低於文蛤池( $Z=-3.393$ ,  $p<0.001$ )，亦表示虱目魚塭底質環境較差。虱目魚塭的生態環境狀態被歸為好的有 1 池、中等 2 池、差的 6 池。而文蛤池中，歸為高品質的有 1 池、好的 6 池、中等的 3 池(圖 5)。

表 1. 兩種魚塢底棲動物的優勢度、出現頻度及平均密度

Table 1. Dominance (D), frequency (F), and average density (A) of benthic fauna species in two types of fish ponds

	Milkfish ponds (n=9)			Hard clam ponds (n=10)		
	D (%)	F (%)	A (ind/m <sup>2</sup> )	D (%)	F (%)	A (ind/m <sup>2</sup> )
<b>Cnidaria</b>						
Actiniaria				0.81	30	41±69
<b>Arthropoda</b>						
Amphipoda	4.41	55.6	563±120	7.59	60.0	380±676
Chironomidae	9.60	100.0	1227±703			
Hydrophilidae	4.49	100.0	573±610			
<b>Mollusca</b>						
<i>Laternula</i> sp.				0.27	10.0	14±43
<i>Meretrix lusoria</i>				0.18	10.0	9±29
<i>Potamocorbula fasciata</i>				0.18	10.0	9±29
<i>Thiara riqueti</i>	1.14	22.2	146±405	4.70	20.0	235±579
<i>Batillaria zonalis</i>				0.09	10.0	5±14
<i>Didontoglossa koyasensis</i>				33.36	90.0	1670±2443
<i>Stenothyra</i> sp.	26.25	88.9	3355±5846	0.63	30.0	32±71
<b>Annelida</b>						
<i>Neanthes glandicincta</i>	0.47	44.4	60±90	33.54	100.0	1680±1132
Hesionidae				0.18	20.0	9±19
<i>Goniadid</i> sp.				0.09	10.0	5±14
<i>Marphysa</i> sp.				0.36	40.0	18±23
<i>Scoloplos</i> sp.				2.17	30.0	109±224
<i>Prionospio japonicus</i>				3.71	50.0	186±320
<i>Polydora cornuta</i>	8.26	66.7	1056±2233	5.33	90.0	267±314
<i>Polydora fusca</i>				0.27	20.0	14±31
<i>Pseudopolydora</i> sp.				0.81	30.0	41±69
<i>Capitella</i> sp.	45.38	66.7	5800±6613	2.89	60.0	145±238
<i>Heteromartus</i> sp.				0.90	20.0	45±128
Sabellidae				1.90	50.0	95±165

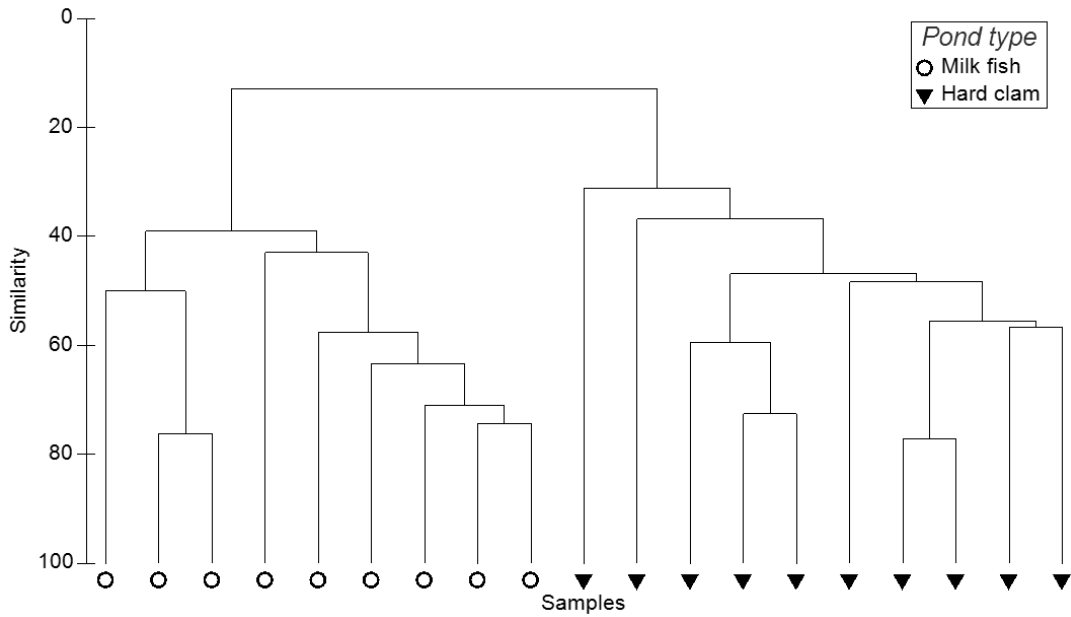


圖 2. 各魚塭底棲動物相階層群集分析樹狀圖。

Fig. 2. The dendrogram for hierarchical clustering of the benthic fauna in fish ponds.

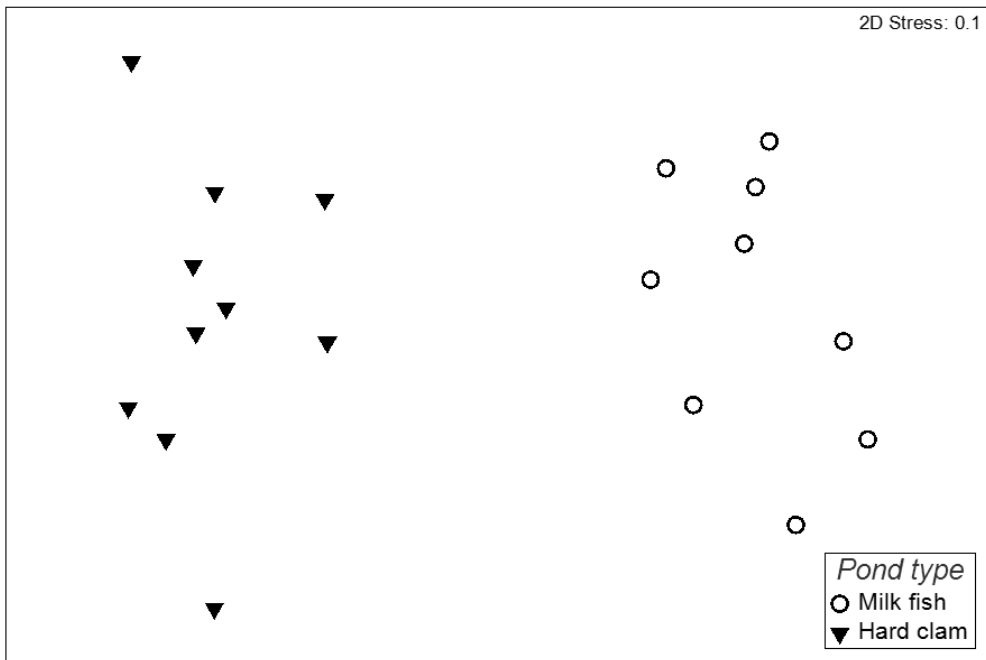


圖 3. 各魚塭底棲動物相群聚組成的 MDS 分布圖。

Fig. 3. The MDS ordination plot of the benthic fauna in fish ponds.

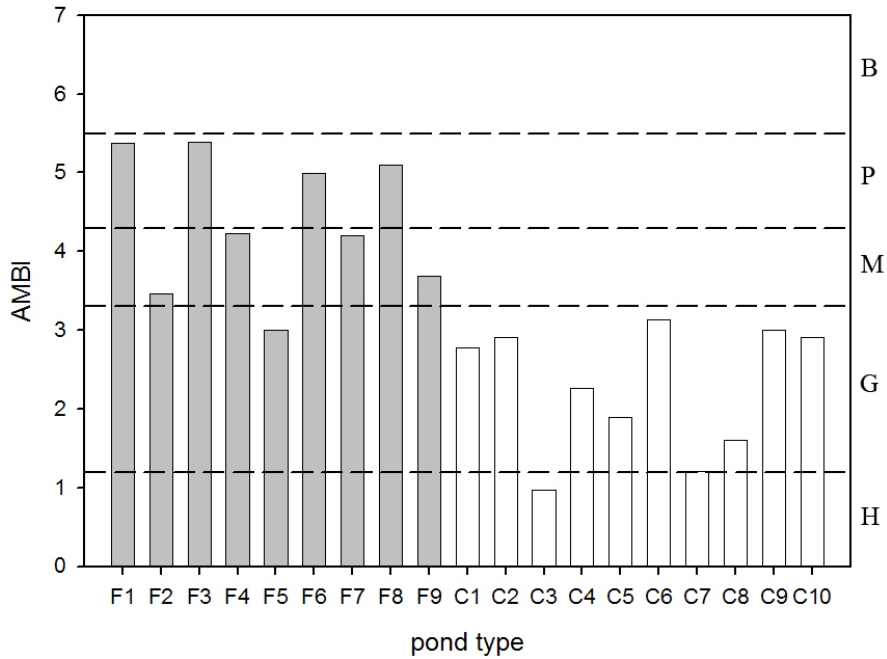


圖 4.兩種魚塭的 AMBI 值。

Fig. 4. AMBI values for two types of fish ponds. F: milkfish ponds; C: hard clam ponds; H: high quality; G: good; M: moderate; P: poor; B: bad.

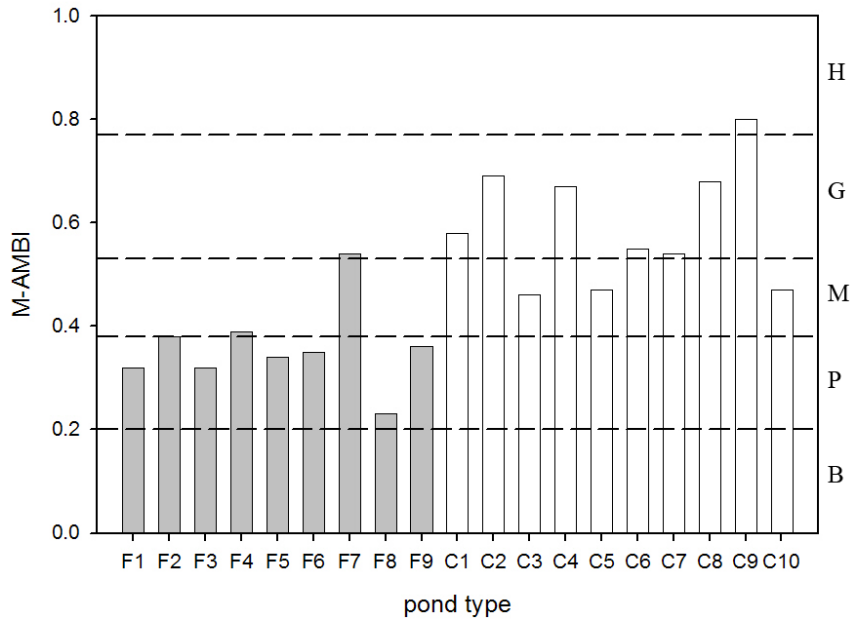


圖 5. 兩種魚塭的 M-AMBI 值。

Fig. 5. M-AMBI values for two types of fish ponds. F: milkfish ponds; C: hard clam ponds; H: high quality; G: good; M: moderate; P: poor; B: bad.

## 討 論

底土有機物的控制是魚塢養殖很重要的管理工作。魚塢有機物質主要來自殘餌及排泄物。水產養殖動物一般只能蓄積飼料中 5-40% 的養分，剩餘的飼料會沉澱於池底(Avnimelech and Ritvo 2003)。累積的有機物因微生物分解會消耗大量氧氣，使底土逐漸缺氧，進而降低氧化還原電位(周及葉 2013)。研究顯示養殖年代愈久的魚塢，受有機污染愈嚴重，底土氧化還原電位負值也愈高(蘇 1988)。而當池底有機物於缺氧環境分解時，產生的有機酸、還原有機硫化物、及硫化氫等有毒物質，將導致魚蝦生長受到影響(Avnimelech and Ritvo 2003)。

文蛤等貝類及蝦子因棲息於底土，受有機質的影響最為直接，而其它非養殖目標的底棲動物亦然。研究指出多毛類群聚組成可反映海洋底土受干擾情況(Samuelson 2001; Tomassetti and Porrello 2005; Dean 2008)，例如小頭蟲(Pearson and Rosenberg 1978; Tsutsumi 1990; Cai *et al.* 2013)及角才女蟲(Dix *et al.* 2005)會大量出現於高有機質環境中，常被視為有機污染指標生物。

邱(2010)研究認為七股潟湖屬略受有機質干擾區，多毛類的多樣性高。其資料顯示潟湖每樣點多毛類平均有  $7.0 \pm 3.0$  種，高於本研究文蛤池的  $5.0 \pm 2.1$  種及虱目魚池的  $1.8 \pm 1.2$  種。潟湖每樣點多毛類的多樣性指數(Shannon-Weaver diversity index)為  $1.37 \pm 0.5$ ，亦高於文蛤池的  $0.95 \pm 0.5$  及虱目魚塢的  $0.24 \pm 0.26$ 。魚塢多毛類種類及多樣性較潟湖低的原因應與養殖產生的有機質累積有關。例如箱網漁業的研究已證實，殘餌及魚的糞便會增加魚場下方的有機質，使底棲動物的種類及多樣性降低、投機物種數量增加(Martinez-Garcia *et al.* 2013; Tomassetti *et al.* 2016)。盧及徐(1991)

研究也觀察到，每當養殖池底開始惡化時，小頭蟲數量會大增成為優勢種，其它底棲動物則逐漸減少。

邱(2010)研究指出，當潟湖有機物累積形成污染狀態時，小頭蟲成為優勢種；當底質環境逐漸改善後，則由腺帶刺沙蠶取代。本研究淺坪虱目魚塢以小頭蟲為優勢種；文蛤池則為腺帶刺沙蠶。加上虱目魚塢底棲動物的種類數及多樣性皆顯著低於文蛤池，而其較高的平均密度主要來自數量大增的小頭蟲。因此透過比較底棲動物群集結構，並根據上述前人研究可推論，虱目魚塢的底質生態環境應較文蛤池差。此外利用 AMBI 及 M-AMBI 亦得到相似結果，分析顯示兩指標評估結果一致性高，多數文蛤池底土品質被歸於好的等級；而虱目魚塢則介於中等至差(圖 5、6)。

若虱目魚塢底土環境品質較差，暗示其承受了更大的人為有機物質干擾。淺坪虱目魚塢放養前會以米糠施肥，並進水培養藻類供虱目魚覓食(蘇 2007)。因此除殘餌及排泄物外，米糠及死亡後的藻類應也是池底重要的有機質來源。王(2014)於七股進行淺坪虱目魚塢養殖試驗，曾有 1 池魚群大量死亡，其推測原因為底棲絲狀藻大量死亡後，微生物分解消耗氧氣，形成缺氧環境所致。建議未來養殖前需加強曬池工作，利用翻土或增加曝曬時間，讓底土有機質充分氧化。另以米糠施肥養藻的用量需斟酌，避免一次過多有機質進入水體。若發現藻類大量死亡現象時則應儘快清除並更換池水。

獵食者捕食壓力及養殖環境穩定性也是影響魚塢底棲動物的重要因素。文蛤池一般會混養虱目魚及蝦子來清除藻類，另也混養鰱科魚類來清除螺類(劉富光 2001)。研究也指出多毛類為對蝦的重要食物來源(Nunes *et al.* 1997)，養殖池蝦子數量愈高，會降低多毛類的

密度(Nunes and Parsons 2000)。因此文蛤池混養的魚蝦應對底棲動物產生不小的捕食壓力，而混養密度的不同，可能影響底棲動物的組成及數量。另根據漁民訪查，淺坪虱目魚塢一般為單養。而虱目魚以藻類及飼料為主食，對底棲動物的捕食壓力相對較低。

根據觀察淺坪虱目魚塢最早於 4 月養殖，最晚於 11 月結束，每年視情況可養 2-3 批魚苗。在每批魚苗採收後，池子常放乾約一周後才入水放養下批。魚塢持續有水時間約只有 3-4 個月，水文環境變動大。小頭蟲因具有生活史短(約 1.5 個月)、生長快速及大量子代特性(林 2004)，能於干擾頻度高的虱目魚塢成為優勢種。腺帶刺沙蠶則具多年生特性(曾等 1995)，不似一年生多毛類在繁殖後死亡。文蛤池環境變動較虱目魚塢穩定，漁民表示約 2-3 年才進行 1 次晒池整理。因此文蛤池持續有水的時間較長，有利多年生的腺帶刺沙蠶發展為優勢種。

本研究於晒池魚塢中採得的底棲動物密度相當高，表示可提供水鳥的潛在食物相當豐富。未來將進一步計算各種底棲動物的生物量，以量化魚塢能提供水鳥的食物資源量，探討晒池魚塢於水鳥保育策略所具有的功能。在 AMBI 及 M-AMBI 的應用上，後續可針對臺灣未出現於資料庫的底棲物種群進行生態分研究，以提高評估的準確性。另於採集同時蒐集環境壓力資料(如底土有機質、水體營養鹽及溶氧等)，並將兩指標評估結果直接與環境干擾因子進行統計比較，以驗證兩指標於臺灣海域及濕地的適用性。

## 參考文獻

王俊才、王新華。2011。中國北方搖蚊幼蟲。中國言實出版社。

- 王一匡。2014。對黑面琵鷺友善之濕地營造計畫(103)。台江國家公園管理處委託研究報告。
- 周昱翰、葉信利。2013。文蛤養殖池的底土管理。水試專訊 43: 17-19。
- 林鴻銓。2004。淡水小頭蟲 *Capitella* sp. 之分類與生活史概述。國立海洋大學碩士論文。
- 邱英哲、沈子耘、許晉榮、葉信利、徐崇仁。2011。七股潟湖潮間帶腺帶刺沙蠶研究。水試專訊 35: 17-19。
- 邱英哲。2010。七股潟湖潮間帶底棲多毛類群聚及其與環境因子之關係。國立臺南大學碩士論文。
- 許晉榮、邱英哲、曾寶順、邱靜山。2007。種蝦生物餌料—多毛類介紹。水試專訊 19: 27-29。
- 曾忠漢、楊森林、王子賢。1995。腺帶刺沙蠶的早期發育。熱帶海洋 14(2): 83-89。
- 黃書彥、薛美莉。2014。涉禽對晒池魚塢之利用-以七股地區虱目魚及文蛤養殖為例。台灣生物多樣性研究 16(4): 339-354。
- 楊德漸、孫瑞平。1988。中國近海多毛環節動物。農業出版社。
- 劉富光。2001。文蛤養殖要點-養殖漁業經營管理手冊。陳秀男(編)。漁業署養殖特刊第 5 號 49-53 頁。行政院農業委員會漁業署。
- 盧民益、徐崇仁。1991。蝦類養殖池底棲生物相及其動態之研究。蝦池環境研究與改善研討會論文集。
- 謝蕙蓮、王豫煌、劉弼仁。1999。底棲無脊椎動物。淡水河系生物相調查及生物指標手冊之建立:基隆河指標生物調查方法(實用操作)。行政院環保署。
- 蘇永銘。1988。台西地區文蛤養殖池底棲動物相之研究。台灣大學碩士論文。
- 蘇茂森。2007。水產試驗所特刊第 9 號。行

政院農業委員會水產試驗所。

- Avnimelech Y. and G. Ritvo. 2003. Shrimp and fish pond soil: processes and management. *Aquaculture* 220: 549-567.
- Borja, A. and B. G. Tunberg. 2011. Assessing benthic health in stressed subtropical estuaries, eastern Florida, USA using AMBI and M-AMBI. *Ecological Indicators* 11: 295-303.
- Borja, A., A. B. Josefson, A. Miles, I. Muxika, F. Olsgard, G. Phillips, J. G. Rodríguez and B. Rygg. 2007. An approach to the intercalibration of benthic ecological status assessment in the North Atlantic ecoregion, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55: 42-52.
- Borja, A., D. M. Dauer, R. Díaz, R. J. Llansó, I. Muxik, J. G. Rodríguez and L. Schaffner. 2008. Assessing estuarine benthic quality conditions in Chesapeake Bay: A comparison of three indices. *Ecological Indicators* 8(4): 395-403.
- Borja, A., J. Franco and V. Pérez. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40(12): 1100-1114.
- Borja, A., J. Franco, V. Valencia, J. Bald, I. Muxika, M. J. Belzunce and O. Solaun. 2004. Implementation of the European Water Framework Directive from the Basque Country (northern Spain): a methodological approach. *Marine Pollution Bulletin* 48 (3-4): 209-218.
- Borja, A., J. G. Rodríguez, K. Black, A. Bodoy, C. Emblow, T. F. Fernandes, J. Forte, I. Karakassis, I. Muxika, T. D. Nickell, N. Papageorgiou, F. Pranovi, K. Sevastou, P. Tomassetti and D. Angel. 2009. Assessing the suitability of a range of benthic indices in the evaluation of environmental impact of fin and shellfish aquaculture located in sites across Europe. *Aquaculture* 293: 231-240.
- Borja, A., S. L. Marín, I. Muxika, L. Pino and J. G. Rodríguez. 2015. Is there a possibility of ranking benthic quality assessment indices to select the most responsive to different human pressures? *Marine pollution bulletin* 97(1-2): 85-94.
- Brauko, K. M., P. Muniz, C. C. Martins and P. C. Lana. 2016. Assessing the suitability of five benthic indices for environmental health assessment in a large subtropical South American estuary. *Ecological Indicators* 64: 258-265.
- Cai, L. Z., J. S. Hwang, H. U. Dahms, S. J. Fu, X. W. Chen and C. Wu. 2013. Does high organic matter content affect polychaete assemblages in a Shenzhen bay mudflat, China? *Journal of Marine Science and Technology* 21(1): 274-284.
- Cai, W., A. Borja, K. Lin, Y. Zhu, J. Zhou and L. Liu. 2015. Assessing the benthic quality status of the Bohai Bay (China) with proposed modifications of M-AMBI. *Acta Oceanologica Sinica* 34(10): 111-121.
- Cai, W., A. Borja, L. Liu, W. Meng, I. Muxika and J. G. Rodríguez. 2014. Assessing benthic health under multiple human pressures in Bohai Bay (China), using density and biomass in calculating AMBI and M-AMBI.

- Marine Ecology 35(2): 180-192.
- Carvalho, S., M. Barata, F. Pereira, M. B. Gaspar, L. Cancela da Fonseca and P. Pousão-Ferreira. 2006. Distribution patterns of macrobenthic species in relation to organic enrichment within aquaculture earthen ponds. *Marine Pollution Bulletin* 52: 1573-1584.
- Carvalho, S., M. Barata, M. B. Gaspar, P. Pousão-Ferreira and L. Cancela da Fonseca. 2007. Enrichment of aquaculture earthen ponds with *Hediste diversicolor*: Consequences for benthic dynamics and natural productivity. *Aquaculture* 262: 227-236.
- Colwell, M. A. 2010. *Shorebird Ecology, Conservation, and Management*. University of California Press, Berkeley, California.
- Dean, H. K. 2008. The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. *Revista de Biología Tropical* 56(4): 11-38.
- Dix, T. L., D. J. Karlen, S. A. Grabe, B. K. Goetting, C. M. Holden and S. E. Markahm. 2005. Spionid polychaetes as environmental indicators: an example from Tampa Bay, Florida, pp. 277-295. In: S. A. Bortone (ed.). *Estuarine Indicators*. CRC, Boca Raton, Florida, USA.
- Keeley, N. B., B. M. Forrest, C. Crawford and C. K. Macleod. 2012. Exploiting salmon farm benthic enrichment gradients to evaluate the regional performance of biotic indices and environmental indicators. *Ecological Indicators* 23: 453-466.
- Li, B., Q. Wang and B. Li. 2013. Assessing the benthic ecological status in the stressed coastal waters of Yantai, Yellow Sea, using AMBI and M-AMBI. *Marine Pollution Bulletin* 75(1-2): 53-61.
- Liu, L., B. Li, K. Lin, W. Cai and Q. Wang. 2014. Assessing benthic ecological status in coastal area near Changjiang River estuary using AMBI and M-AMBI. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 32(2): 290-305.
- Martinez-Garcia, E., P. Sanchez-Jerez, F. Aguado-Giménez, P. Ávila, A. Guerrero, J. L. Sánchez-Lizaso, V. Fernandez-Gonzalez, N. González, J. I. Gairin, C. Carballeira, B. García-García, J. Carreras, J. C. Macías, A. Carballeira and C. Collado. 2013. A meta-analysis approach to the effects of fish farming on soft bottom polychaeta assemblages in temperate regions. *Marine Pollution Bulletin* 69(1-2): 165-171.
- Monserud, R. A. and R. Leemansb. 1992. Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic. *Ecological Modelling* 62(4): 275-293.
- Muxika, I., A. Borja and J. Bald. 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55: 16-29.
- Muxika, I., A. Borja and W. Bonne. 2005. The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecological Indicators* 5(1): 19-31.
- Nebra, A., N. Caiola, G. Muñoz-Camarillo, S. Rodríguez-Climent and C. Ibáñez. 2014. Towards a suitable ecological status assessment of highly stratified mediterranean estuaries:

- A comparison of benthic invertebrate fauna indices. *Ecological Indicators* 46 : 177-187.
- Nunes, A. J. P. and G. J. Parsons. 2000. Effects of the Southern brown shrimp, *Penaeus subtilis*, predation and artificial feeding on the population dynamics of of benthic polychaetes in tropical pond enclosures. *Aquaculture* 183: 125-147.
- Nunes, A. J. P., T. C. V. Gesteira and S. Goddard. 1997. Food ingestion and assimilation by the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis* under semi-intensive culture in NE Brazil. *Aquaculture* 149: 121-136.
- Pearson, T. H. and R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 16: 299-311.
- Puigagut, J., F. Chazarenc and Y. Comeau. 2014. Influence of tubificid worms on nutrient fluxes across water-sediment interface in fish farm settling ponds. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 413: 1-12.
- Rosenberg, R., M. Blomqvist, H. C. Nilsson, H. Cederwall and A. Dimming. 2004. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 49(9-10): 728-739.
- Samuelson, G. M. 2001. Polychaetes as indicators of environmental disturbance on subarctic tidal flats, Iqaluit, Baffin Island, Nunavut Territory. *Marine Pollution Bulletin* 42: 733-741.
- Silva, C., M. Mattioli, E. Fabbri, E. Yáñez , T. A. Delvalls and M. L. Martín-Díaz. 2012. Benthic community structure and biomarker responses of the clam *Scrobicularia plana* in a shallow tidal creek affected by fish farm effluents (Rio San Pedro, SW Spain). *Environment International* 47(15): 86-98.
- Simboura, N. and A. Zenetos. 2002. Benthic indicators to use in Ecological Quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new biotic index. *Mediterranean Marine Science* 3 (2) : 77-111.
- Tomassetti, P. and S. Porrello. 2005. Polychaetes as indicators of marine fish farm organic enrichment. *Aquaculture International* 13: 109-128.
- Tomassetti, P., P. Gennaro, L. Lattanzi, I. Mercatali, E. Persia, D. Vani and S. Porrello. 2016. Benthic community response to sediment organic enrichment by Mediterranean fish farms: Case studies. *Aquaculture* 450(1): 262-272.
- Tsutsumi, H. 1990. Population persistence of *Capitella* sp. (Polychaeta; Capitellidae) on a mud flat subject to environmental disturbance by organic enrichment. *Marine Ecology Progress Series* 63: 147-156.
- Valdemarsen, T., P. K. Hansen, A. Ervik, and R. J. Bannister. 2015. Impact of deep-water fish farms on benthic macrofauna communities under different hydrodynamic conditions. *Marine Pollution Bulletin* 101(2): 776-783.