

金門慈湖菲律賓簾蛤(*Ruditapes philippinarum*) 之時空差異與環境影響因子

潘靖汶¹，江政人¹，林幸助^{2,3}

¹ 多樣性生態顧問有限公司；² 國立中興大學生命科學系；³ 通訊作者 E-mail:
hjlin@dragon.nchu.edu.tw

[摘要] 菲律賓簾蛤 (*Ruditapes philippinarum*) 為慈湖重要之經濟水產資源。為探討菲律賓簾蛤之時空分布與環境影響因子，本研究於慈湖設置 8 處測站 (慈 1-慈 8)，並在 2016 年 4 月至 2017 年 4 月期間，每月調查菲律賓簾蛤豐度並量測其形質、肥滿度指數，並每季檢測各測站之水溫、鹽度及底質粒徑。結果顯示，慈湖之菲律賓簾蛤分布侷限於水閘門一帶 (慈 1、慈 2 測站)，此現象導因於此區底質含砂量較高所致。另一方面，菲律賓簾蛤之豐度自 2016 年 5 月達到高峰後開始下降，並至 9 月達到最低。初步推測，颱風過後之低鹽度環境為 9 月菲律賓簾蛤豐度極低之可能原因。但仍有其他因子影響使慈湖之菲律賓簾蛤族群量在夏季快速減少。

關鍵字：粒徑分析、鹽度、水溫

Factors Influencing Spatio-temporal Variation of Manila Clam (*Ruditapes philippinarum*) in Cih Lake, Kinmen

Ching-Wen Pan¹, Zheng-Ren Jiang¹ and Hsing-Juh Lin^{2,3}

¹ Diversity Ecology Consultants Ltd; ² Department of Life Sciences, National Chung Hsing University;
³ Corresponding author E-mail: hjlin@dragon.nchu.edu.tw

ABSTRACT *Ruditapes philippinarum* is an important economic resource in Cih Lake. In order to clarify factors influencing the distribution pattern of *R. philippinarum*, monthly surveys of clam abundance, shell length and condition index were conducted at eight stations (C1-C8) from April 2016 to April 2017. In addition, water quality and sediment grain size analyses were carried out each season. Our results show that the distribution of *R. philippinarum* was limited to the west side of Cih Lake due to sandy substrate. Population survey shows that clam abundance was highest in May and then substantially declined, perhaps due to low salinity condition caused by Typhoon Meranti. However, factors causing *R. philippinarum* abundance decline during summer remain inconclusive.

Keywords: grain size analysis, salinity, water temperature

前言

菲律賓簾蛤 (*Ruditapes philippinarum*)，中

國俗名菲律賓蛤仔，隸屬軟體動物門下之雙殼綱 (Bivalvia)，簾蛤目 (Veneroida)，簾蛤科 (Veneridae)。主要分布於日本、南韓、中國沿

海及南千島群島一帶；自 1972 年引入歐美後，至今於北美洲、法國、西班牙、義大利沿海均有紀錄 (Gouletquer 2005)。在臺灣則主要分布於西部、東北角、金門、澎湖與馬祖沿海 (陳育賢 2014)，因其生長快速、廣鹽、廣溫與離水存活率高等特性，為現今重要之經濟養殖水產資源 (閻喜武 2005)。

一般而言，菲律賓簾蛤之繁殖季依地理區而異，在中國大連 (閻喜武等 2005)、膠州灣 (Liang and Fang 1998) 1 年中有 2 次繁殖期 (6-7 月；9 月)；在福建則僅有 1 次繁殖期 (Qi 1987, 9-11 月)。菲律賓簾蛤之受精卵孵化後約 25 小時形成 D 形幼蟲；幼蟲經附著、變態後約 20-40 日，即成長為殼長約 0.6-0.8 mm 之稚貝；在 160 日齡時成長為 8-10 mm 之幼貝 (閻喜武 2005)。

近年來，由於菲律賓簾蛤重要之水產價值，其生物學 (張躍環等 2009)、養殖技術 (閻喜武 2005) 與環境生態生理學等研究繁多。過去文獻指出，水溫 (陳麗梅等 2007)、溶氧 (Uzaki *et al.* 2003, 張文斌等 2014)、鹽度 (楊鳳等 2016)、底質 (孫詩萌等 2017)、食物資源 (包永波、尤仲傑 2004, Komorita *et al.* 2014)、重金屬 (Useto *et al.* 1997) 等因子均會影響菲律賓簾蛤之生長狀態。其中，水溫與鹽度因直接影響貝類耗氧率、排氮率、濾水率等代謝過程與免疫能力 (范超等 2016, 聶鴻濤等 2017)，故相關研究最為詳盡。

慈湖位於金門西北角，過去原為海灣地形，自 1969 年築慈堤後才形成人工鹹水湖之樣貌，現今僅在西南側有 1 水閘門供內外水體交換。慈湖水域面積約為 99 ha，水深由東往西漸深，平均約為 0.84 cm (林幸助等 2017)。慈湖內之水生資源豐富，為當地漁民賴以維生之重要漁場 (翁自保等 2012)。現今慈湖僅剩少數漁民仍保有傳統之「摸蚶」漁法，其主要採捕目標即為菲律賓簾蛤，並有少許西施舌、文蛤、臺灣環簾蛤等混獲 (邱郁文等 2015)。然而，目前國內菲律賓簾蛤與其環境影響因子之研究仍十分稀少。因此，本研究每月調查慈

湖菲律賓簾蛤之群族量，量測其外殼形質，並探討環境因子與菲律賓簾蛤豐度之關聯性，以作為後續制定經營管理辦法之基礎數據。

材料與方法

一、菲律賓簾蛤豐度與形質調查

本研究於 2016 年 4 月至 2017 年 4 月期間，在慈湖設置 8 處測站 (慈 1-慈 8，圖 1，表 1)，每月調查菲律賓簾蛤豐度。採集時由測站範圍隨意選取 9 個 0.25×0.25 m² 之採樣方格 (自 2016 年 6 月起以每 3 個採樣方格為 1 重複，共計 3 重複)，挖取表層 20 cm 之底質過篩後，採集底質中之菲律賓簾蛤。採集之樣本全數攜回實驗室後，均以精確值至 0.1 mm 之電子游標尺測量其殼長、殼高、殼寬。

二、肥滿度調查

肥滿度指數 (Condition Index, CI) 為計算海洋貝類營養與健康程度之簡易指標 (Lucas & Beninger 1985)。本研究每月選擇採集之樣本中，殼長大於 20 mm 之菲律賓簾蛤至少 20 隻 (採集個體少於 20 隻時增加努力量以補足樣本數)，攜回實驗室後將貝殼與軟組織分離，烘乾後秤其重量，並以下列公式計算肥滿度指數：

$$\text{肥滿度指數} = \text{肉乾重} / \text{殼乾重} \times 100\%$$

三、水質檢測

本研究於 2016 年 6 月、9 月、12 月與 2017 年 2 月，根據行政院環保署公告之檢測方法，量測慈 1-慈 8 測站之水溫、鹽度等環境因子。

四、底質粒徑分析

本研究於 2016 年 5 月、6 月、9 月、12 月，根據 Hsieh & Chang (1991) 改良之濕篩法量測慈 1-慈 8 測站之底質粒徑大小。採集時以 core 管取得表層 5 cm 底質，攜回實驗室之樣品依序以網目 1 mm、0.5 mm、0.25 mm、0.125 mm、0.0625 mm 之篩網過篩。留存之底質裝

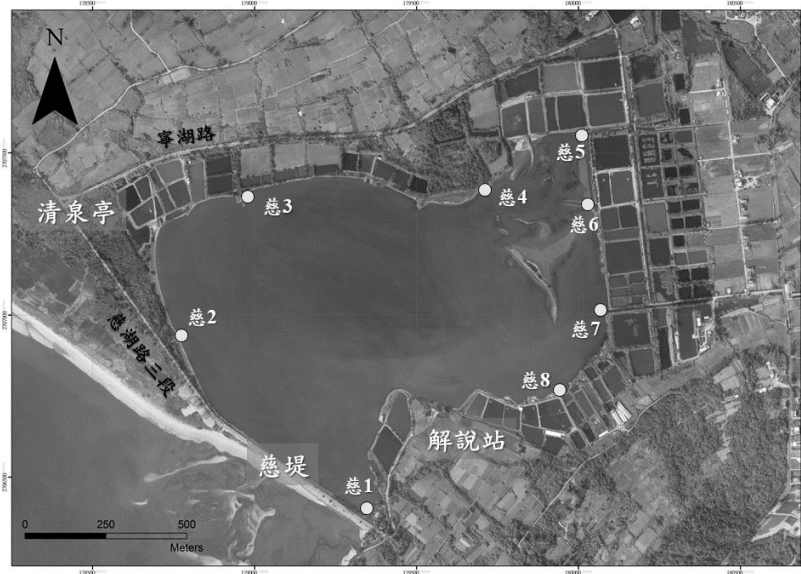


圖 1. 慈湖測站位置圖

表 1. 慈湖測站座標

樣點	座標	
	緯度	經度
慈 1	N 24° 27.741'	E 118° 18.176'
慈 2	N 24° 28.065'	E 118° 17.812'
慈 3	N 24° 28.254'	E 118° 17.954'
慈 4	N 24° 28.284'	E 118° 18.418'
慈 5	N 24° 28.352'	E 118° 18.586'
慈 6	N 24° 28.239'	E 118° 18.599'
慈 7	N 24° 28.072'	E 118° 18.622'
慈 8	N 24° 27.935'	E 118° 18.535'

至錫盤後，置於 60°C 烘箱後秤量乾重，依其粒徑大小依序分為極粗砂 (1-2 mm)、粗砂 (0.5-1 mm)、中等粗砂 (0.25-0.5 mm)、細砂 (0.125-0.25 mm) 與極細砂 (0.0625-0.125 mm)。此外，將過篩後之水體倒入 1 公升沉降管，並定量至 1 公升，搖晃均勻後取液面下 10 cm 處之水體 20 ml，抽氣過濾至已秤重之玻璃纖維濾紙 (孔徑 0.5 μm , Whatman GF/C)；水樣沉降 7 分鐘與 2 小時後，再取液面下 20 cm 處之水體 20 ml，分別過濾至 2 濾紙，此濾紙烘乾後之增重即為粉泥 (0.0039-0.0625 mm) 與黏土 (<0.0039mm) 重。最後，依據 Folk (1966) 之計算方式，求出底質之粒徑中值與粉泥黏土含量。

五、統計方法

本研究以 SPSS 之 two-way ANOVA 檢驗菲律賓簾蛤豐度於季節、測站間之差異，並利用 one-way ANOVA 檢測菲律賓簾蛤肥滿度之季節變異，事後檢定以 Tukey test 執行。此外，亦以 Pearson 相關分析檢驗菲律賓簾蛤豐度與環境因子間之相關性。

結果

一、菲律賓簾蛤豐度

本研究共採集菲律賓簾蛤 1,103 隻，總重 2,423 g，各季各測站之豐度介於 0.00-510.22 ind. m^{-2} 。豐度於季節與測站間有顯著差異且交互影響 (2-way ANOVA, $F = 37.22$, interaction,

$p < 0.001$)，8 處測站間僅在慈 1、慈 2、慈 3、慈 4、慈 6 測站發現菲律賓簾蛤 (圖 2)，其中慈 3 測站自 2016 年 8 月至 12 月之豐度均為 0 ind. m⁻²；慈 4、慈 6 測站僅在 2017 年 2、3 月發現極少之個體 (< 3.6 ind. m⁻²)。慈 1 測站之菲律賓簾蛤數量遠高於其餘測站，占總採集個體之 77%，顯示慈湖之菲律賓簾蛤族群多侷限於水閘門一帶，且越接近東側其族群量越少。

菲律賓簾蛤之豐度季節變化明顯。以 2016 年 5 月之豐度最高，6-8 月豐度大幅下降 (圖 2)，至 9 月採集之總個體數小於 10 隻，直至翌年 3、4 月才重新回升，然而豐度遠不及前年 4 月。整體而言，菲律賓簾蛤之族群量極不穩定。

二、菲律賓簾蛤形質調查

本研究捕獲個體之殼長介於 7.30-47.13 mm，殼高介於 4.86-35.74 mm，殼寬介於 2.74-23.03 mm。殼長頻度分布圖顯示 (圖 3)，2016 年 4 月以殼長 20-22 mm 之菲律賓簾蛤最多，族群呈單峰分布；至 2016 年 8 月雖個體數量減少，但整體仍成長至 28-30 mm。2016 年 9 月起因族群量驟減，使頻度分布無明顯峰值；直至 2017 年 1 月，方有小個體族群出現。

三、肥滿度指數

慈湖菲律賓簾蛤之肥滿度指數介於 6.2-12.2% (圖 4)，其季節變異顯著 ($F = 36.2, p < 0.001$)。2016 年 4-6 月肥滿度顯著下降，至 6-7 月顯著大幅上升後，緩慢成長至 9-10 月再次驟降，10-12 月肥滿度無顯著差異，並於 1 月起再次成長。

四、水質

慈湖 8 處測站之水溫介於 11.4-34.1°C (表 2)，以夏季最高，平均高達 32.08±1.41°C；鹽度介於 1.0-28.7 psu，秋季因莫蘭蒂颱風影響，故鹽度最低，約為 15.9±1.6 psu，其中慈 5、慈 7 因鄰近東側淡水溝渠，故偶有極低之鹽度

(<10 psu)。

五、粒徑分析

慈湖 8 處測站中以慈 1、慈 2 測站之底質粒徑中值最大 (圖 5)，其粗砂、細砂、粉泥黏土之比例依序為 84-87%、10-12%、3-4%；慈 5、慈 7、慈 8 測站之底質中值最小，其粗砂、細砂、粉泥黏土之比例依序為 43-52%、21-29%、21-28%；慈 3、慈 4、慈 6 測站則介於 2 者之間，其粗砂、細砂、粉泥黏土之比例依序為 61-75%、16-24%、10-17%。

六、相關分析

相關分析結果顯示，菲律賓簾蛤豐度與粒徑中值 ($r = 0.552, p < 0.01$)呈顯著正相關，與粉泥黏土含量呈顯著負相關 ($r = -0.42, p < 0.05$)，與水溫 ($p = 0.38$)、鹽度 ($p = 0.08$)及其他環境因子則無顯著之相關性。

討論

一、底質粒徑對菲律賓簾蛤空間差異之影響

埋棲性貝類之生存率受潛砂行為之影響甚鉅，故底質狀態常為影響貝類分布之重要因子。李明雲 (1989)指出，粉泥 10%、細砂 14%、貝殼碎末和粗砂 75.57%之環境較適合菲律賓簾蛤棲息；張國范、閔喜武 (2010)則表示菲律賓簾蛤偏好含砂量 70-80%之底質，於泥質或礫石棲地之分布較少。孫詩萌等 (2017)之研究進一步比較不同泥砂比例對菲律賓簾蛤潛砂行為之影響，其結果顯示菲律賓簾蛤在全砂環境中之潛砂率顯著較高；泥質增加可能使底質更加緻密，導致貝類潛砂阻力上升。而在本研究結果中，菲律賓簾蛤豐度亦與底質粒徑有顯著相關性。整體而言，菲律賓簾蛤多集中於粗砂量大於 80%之水閘門一帶 (慈 1、慈 2 測站)；當粗砂量降至 60-75%時，雖仍有菲律賓簾蛤分布，但豐度僅有上述測站之 7% (慈 3、慈 4、慈 6 測站)；而在粗砂量約為 50%之東側一帶 (慈 5、慈 7、慈 8)測站，則已無菲律賓

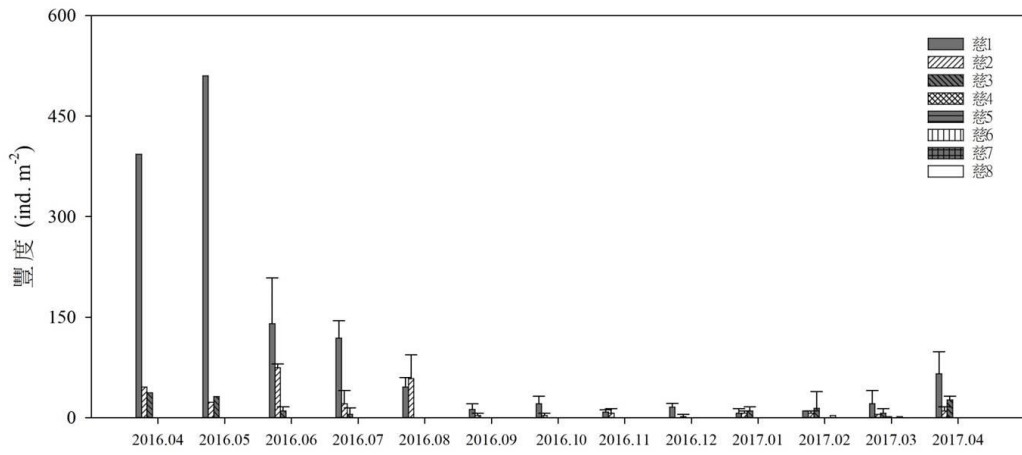


圖 2. 2016 年 4 月至 2017 年 4 月慈湖各測站(慈 1-慈 8)之菲律賓簾蛤豐度

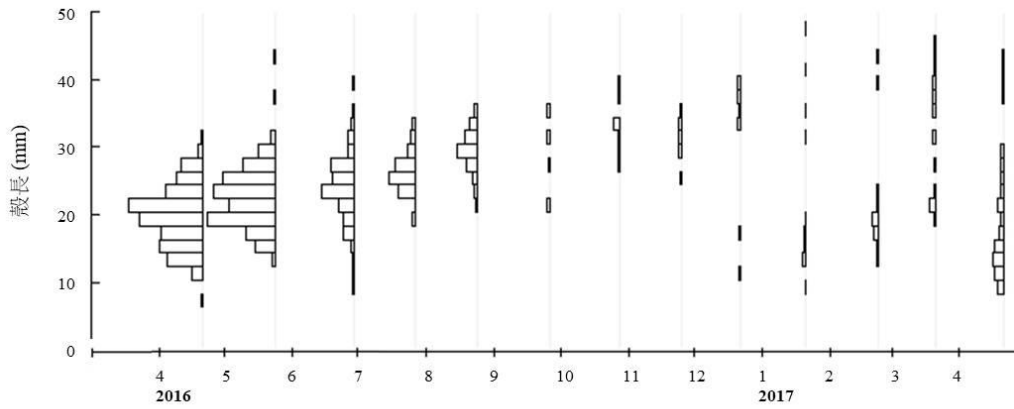


圖 3. 2016 年 4 月至 2017 年 4 月慈湖菲律賓簾蛤殼長組成月變化

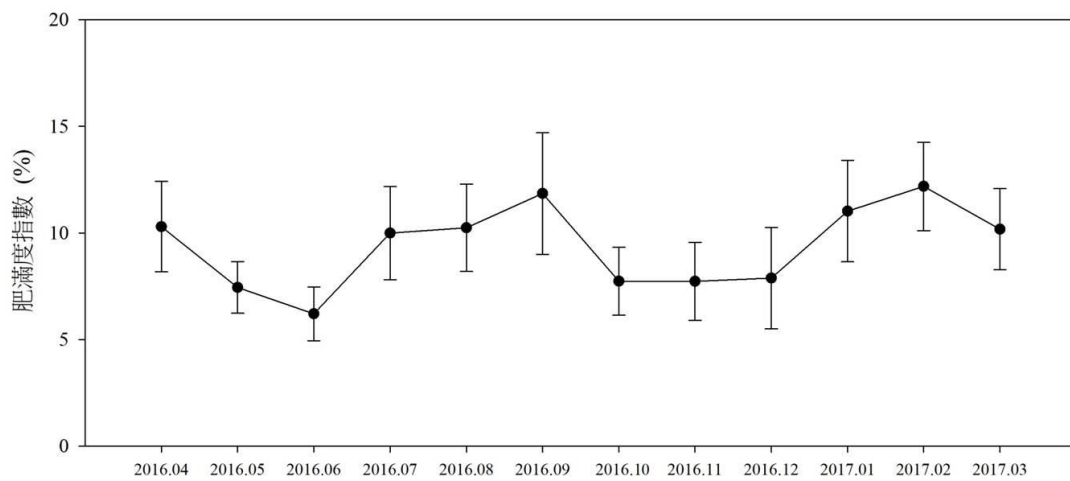


圖 4. 2016 年 4 月至 2017 年 3 月慈湖菲律賓簾蛤肥滿度指數

表 2. 2016 年 6 月至 2017 年 2 月慈湖各測站(慈 1-慈 8)每季之水溫與鹽度

樣點	水溫 (°C)				鹽度 (psu)			
	2016.06	2016.09	2016.12	2017.02	2016.06	2016.09	2016.12	2017.02
慈 1	29.7	27.9	20.8	19.6	28.7	16.0	26.7	28.2
慈 2	31.6	29.2	22.0	19.5	26.5	17.0	26.9	28.2
慈 3	31.2	29.2	22.8	19.3	24.1	17.4	26.9	26.8
慈 4	34.1	30.2	23.3	14.9	24.8	15.4	26.7	22.3
慈 5	31.7	31.1	23.3	19.4	8.6	16.4	20.3	1.0
慈 6	32.4	30.2	26.3	15.2	17.5	16.6	23.0	15.3
慈 7	32.1	29.0	25.4	15.2	23.0	12.3	26.1	21.6
慈 8	33.8	28.9	22.0	14.8	24.5	15.7	26.4	21.5

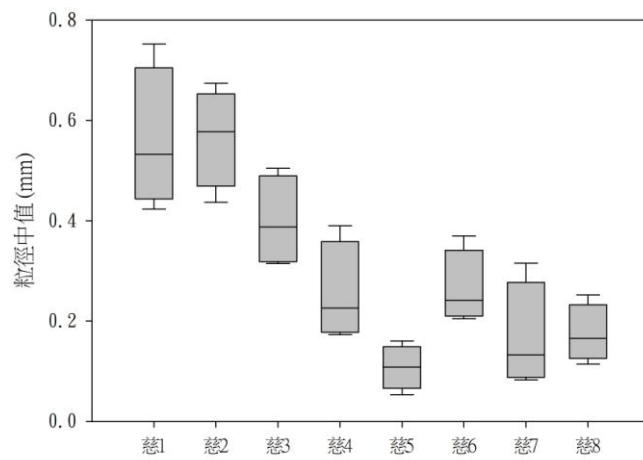


圖 5. 2016 年 5 月至 12 月慈湖各測站(慈 1-慈 8)底質粒徑中值

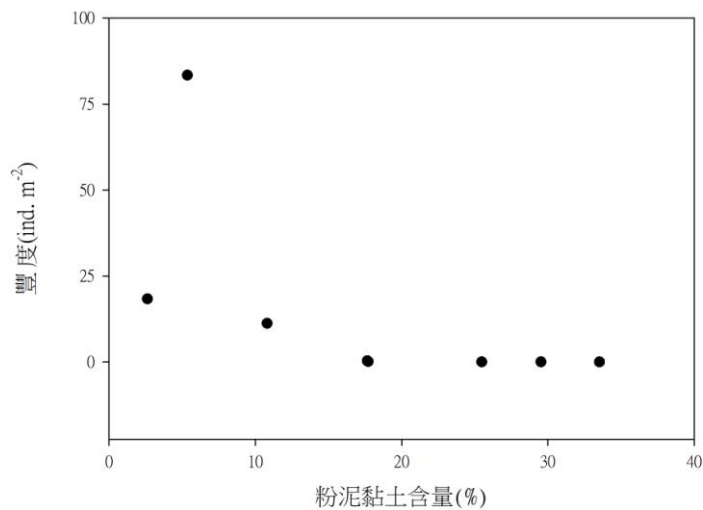


圖 6. 慈湖菲律賓簾蛤豐度與底質粉泥黏土含量散布圖

簾蛤發現紀錄。本研究結果顯示慈湖之菲律賓簾蛤偏好含砂量極高之底質，尤其當粉泥黏土含量大於 10% 時 (圖 6)，幾乎無菲律賓簾蛤可棲息。

二、菲律賓簾蛤豐度時間變異之影響因子

溫度為影響貝類生長代謝之重要因子。過去研究顯示，菲律賓簾蛤幼生適合生長之溫度範圍介於 25.4°C 至 32.5°C，並以 30°C 為最適生長溫度 (包永波、尤仲傑 2004)。以成貝而言，菲律賓簾蛤之耗氧率隨溫度升高而增加 (姜宏波等 2014)；而當水溫高於 30°C 時，即可能造成代謝失調 (聶鴻濤等 2017)、免疫力下降 (楊東敏等 2017) 與離水存活時間縮短 (Munari *et al.* 2011) 等問題。然而，現今溫度對菲律賓簾蛤生長影響之關研究多集中於溫帶地區，或使用溫帶區之育成種為實驗對象，故副熱帶、熱帶區域之菲律賓簾蛤對溫度之適應性可能與上述研究略有不同。在本研究結果中，慈湖之菲律賓簾蛤自 6 月開始大幅減少，此時之水溫最高達 34.1°C，但其成貝肥滿度仍呈正向趨勢，顯示簾蛤生長狀態無異常。因此，本研究認為夏季高溫對菲律賓簾蛤是否造成負面影響仍未能定論；尤其以溫度適應範圍較狹窄之幼期而言，其高溫下之孵化率、幼蟲死亡率影響與否，則尚須有進一步實驗方能驗證。

鹽度亦為影響貝類生存與否之關鍵因子之一，尤其在雨季淡水輸入之衝擊下，貝類常以閉殼與關閉進、出水管等行為避免低鹽度下滲透壓失調造成之傷害 (Navarro *et al.* 1988, Palmer 1980)。至今已有研究證實，鹽度降低會影響貝類之免疫能力，並可能引起疾病爆發 (Matozza *et al.* 2007, 楊東敏等 2017)。過去文獻指出，25-30 psu 為菲律賓簾蛤之最適生長鹽度 (吳桂漢、楊聖雲 2002, 陳麗梅等 2007)。丁鑑鋒等 (2013) 之研究顯示，在鹽度 15 psu 之環境下，菲律賓簾蛤在 48 小時內之死亡率可達 18%；而宋曉楠等 (2013) 將菲律賓簾蛤在低鹽 (15 psu) 環境中培養 6 天後，發

現其鰓絲、鰓表面、肝胰腺、水管、外套膜均出現組織異常現象，顯示低鹽環境對菲律賓簾蛤之威脅。在本研究結果中，菲律賓簾蛤豐度自 9 月降至最低 (0-12 ind. m⁻²)，此時慈湖受莫蘭蒂颱風豪雨影響，水閘門一帶之鹽度降至 16.0-17.0 psu。因此，本研究認為鹽度過低可能為慈湖菲律賓簾蛤豐度在 2016 年 9 月極低之可能原因。另一方面，9-11 月為菲律賓簾蛤之繁殖期，此時之低鹽度環境不僅不利成貝存活，亦可能對菲律賓簾蛤之受精卵孵化率 (王軍等 2003)，與幼生、稚貝生存率 (范超等 2016) 造成負面影響，故亦可能為翌年造成菲律賓簾蛤豐度不如前年之原因之一。然而，慈湖菲律賓簾蛤自 6 月起即開始減少，可見亦有其他因子影響菲律賓簾蛤之族群量變化。

菲律賓簾蛤為慈湖之主要漁獲對象，是以採捕行為亦可能影響簾蛤族群量，而夏季 (6-8 月) 為漁民主要採捕季節。但由於慈湖長期缺乏採捕量、採捕人數、努力量等量化數據，故本研究尚無法探討漁獲行為對菲律賓簾蛤數量之影響。

三、菲律賓簾蛤生殖週期

肥滿度指數驟降常與貝類之釋卵行為有關 (Uddin *et al.* 2012, Baek *et al.* 2013)，而本研究中肥滿度大幅下降之 4-6 月與 9-10 月與大連 (閔喜武等 2005b)、膠州灣 (Liang and Fang 1998)、福建 (Qi 1987) 之繁殖期相近，可見此時可能為慈湖菲律賓簾蛤之繁殖期。理論而言，應可於約 120 日後 (8-10 月時) 發現其幼貝族群，但本研究 8-10 月卻未有小個體族群之紀錄，顯示此季繁殖期之幼生可能生長狀況不佳。因此，本研究推測慈湖之菲律賓簾蛤 1 年中應有 2 次繁殖季，但 1 年中卻可能僅有 1 個新生族群，使殼長呈單峰分布。過去研究顯示，夏季高溫低鹽，或溫、鹽度變異幅度過大均不利幼生成長存活。然而，本研究僅有 1 年數據，故目前尚無法確認此現象是否為每年常態，亦難以探討造成菲律賓簾蛤 1 年中僅有 1 個新生族群之原因。

結論

慈湖之菲律賓簾蛤受限於底質含砂量, 故多分布於水閘門一帶 (慈 1、慈 2 測站)。在時間變異方面, 菲律賓簾蛤豐度自 2016 年 5 月達到高峰, 至 6-8 月大幅下降, 並至 9 月達到最低。初步推測, 颱風造成之低鹽逆境為 9 月菲律賓簾蛤豐度極低之可能原因。但仍有其他因子影響使慈湖之菲律賓簾蛤族群量在夏季快速減少。

誌謝

本研究乃金門國家公園管理處委託國立中興大學與多樣性生態顧問有限公司執行「106 年度慈湖、陵水湖、重要湖庫及周邊自然資源之研究」(計畫編號: PG10501-0202)之部分結果。特此感謝金門國家公園管理處與金門縣漁會在調查期間協助瞭解慈湖之管理背景。

引用文獻

丁鑑鋒、王銳、閔喜武、趙立強、楊鳳、王連順。2013。菲律賓蛤仔 3 種殼色群體低鹽耐受能力的比較研究。大連海洋大學學報 28(3):264-268。

王軍、王志松、董穎、周泓、劉忠穎、李大成。2003。鹽度對菲律賓蛤仔浮游幼體存活和生長的影響。水產科學 22(2):12-14。

包永波、尤仲傑。2004。幾種環境因子對海洋貝類幼蟲生長的影響。水產科學 23(12):39-41。

吳桂漢、楊聖雲。2002。鹽度和晝夜節律對菲律賓蛤仔攝食率的影響。台灣海峽 1:72-77。

宋曉楠、馬峻峰、秦艷傑、常亮、王玉英、李霞、趙力強。2013。鹽度驟降對菲律賓蛤仔抗氧化酶活力及組織結構的影響。農學學報 3:50-56。

李明雲。1989。象山港黃墩支港菲律賓蛤仔的種群動態及其繁殖保護措施的探討。生態學報 9:297-303。

林幸助、江政人、潘靖汶、溫唯佳、林宏儒、楊沛青。2017。慈湖、陵水湖、重要湖庫及周邊自然資源之研究(2/3)。金門國家公園管理處委託研究報告。

邱郁文、吳欣儒、顏易君、葉芳伶、蔡宜君。2015。金門濕地動植物資源調查(3/3)。金門國家公園管理處委託研究報告。

姜宏波、宋忠濤、包傑、於業輝。2014。不同溫度及突變方式對菲律賓蛤仔耗氧率的影響。現代畜牧獸醫 3:5-8。

孫詩萌、王擘、楊鳳、霍忠明。2017。泥沙比例對不同規格菲律賓蛤仔幼貝潛沙行為的影響。大連海洋大學學報 32(1):38-43。

翁自保、歐慶賢、柯逢樟、張寶仁、李佳發、蔡經商、丁國桓、李佩娟、黃苑淳、李彥蒲、林淑真。2012。金門慈湖漁業與資源之調查研究計畫。金門縣政府委辦計畫。

張文斌、呂振波、張瑩、陳建強、李凡、鄭亮、叢旭日。2014。缺氧脅迫對菲律賓蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 生理代謝的影響。生態學雜誌 33(9):2448-2453。

張國范、閔喜武。2010。蛤仔養殖學。科學出版社。北京。

張躍環、閔喜武、霍忠明、楊鳳、張國范。2009。不同地理群體菲律賓蛤仔生長發育的比較。大連水產學院學報 24(1):34-39。

閔喜武。2005。菲律賓蛤仔養殖生物學、養殖技術與品種選育。中國科學院海洋研究所博士論文。206 頁。

閔喜武、張國范、楊鳳、梁峻。2005。菲律賓蛤仔莆田群體與大連群體生物學比較。生態學報 25(12): 3329-3334。

陳育賢。2014。臺灣生命大百科。www.taieol.tw/pages/133573。

陳麗梅、任一平、徐賓鐸。2007。環境因子對膠州灣移植底播菲律賓蛤仔濾水率的影響。南方水產 3(2):30-35。

- 楊東敏、張艷麗、丁鑑鋒、楊鳳、霍忠明、聶鴻濤、閔喜武。2017。高溫、低鹽對菲律賓簾蛤仔免疫能力的影響。大連海洋大學學報 3:302-309。
- 楊鳳、曾超、王華、文永昇、何陽陽、張瑜。2016。環境因子及規格對菲律賓簾蛤仔幼貝潛沙行為的影響。生態學報 36(3):795-802。
- 范超、溫子川、霍忠明、楊鳳、閔喜武。2016。鹽度脅迫對不同發育時期菲律賓簾蛤仔生長和存活的影响。大連海洋大學學報 31(5):497-504。
- 聶鴻濤、霍忠明、侯曉琳、陳贊、楊鳳、閔喜武。2017。溫度和鹽度突變對菲律賓簾蛤仔斑馬蛤耗氧率和排氨率的影響。水生生物學報 41(1):121-126。
- Baek MJ, YJ Lee, KS Choi, WC Lee, HJ Park, JH Kwak and CK Kang. 2013. Physiological disturbance of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, by altered environmental conditions in a tidal flat on the west coast of Korea. *Marine Pollution Bulletin* 78:137-145.
- Folk R.L. 1966. A review of grain-size parameters. *Sedimentology* 6: 73-93.
- Gouletquer P. 2005. *Cultured Aquatic Species Information Programme. Ruditapes philippinarum*. Fisheries and Aquaculture Department.
- Komorita T, R Kajihara, H Tsutsumi, S Shibamura, T Yamada and S Montani. 2014. Food sources for *Ruditapes philippinarum* in a coastal lagoon determined by mass balance and stable isotope approaches. *PlosOne* 9(1):e86732
- Liang XM and JG Fang. 1998. Gonad development of short necked clam in Jiaozhou Bay. *Marine Fisheries Research* 19(1):18-23.
- Lucas A. and PG Beninger. 1985. The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. *Aquaculture* 44: 187-200.
- Matozzo V, M Monari and J Foschi. 2007 Effects of salinity on the clam *Chamelea gallina*. Part I: alterations in immune responses. *Marine Biology* 51:1051-1058.
- Munari M, V Matozzo and MG Marin. 2011. Combined effects of temperature and salinity on functional responses of haemocytes and survival in air of the clam *Ruditapes philippinarum*. *Fish and Shellfish Immunology* 30:1024-1030
- Navarro JM. 1988. The effects of salinity on the physiological ecology of *Choromytilus chorus* (Molina 1782) (Bivalvia: Mytilidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 122(1):19-33.
- Palmer RE. 1980. Behavioral and rhythmic aspects of filtration in the bay scallop, *Argopecten irradians concentricus* (Say), and the oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 45(2):273-295.
- Qi QZ. 1987. Life history of Manila clam *Ruditapes philippinarum*. *Journal of Fisheries of China* 11(2):111-118.
- Uddin MJ, HS Yang, KJ Park, CK Kang, HS Kang and KS Choi. 2012. Annual reproductive cycle and reproductive efforts of the Manila clam *Ruditapes philippinarum* in Incheon Bay off the west coast of Korea using a histology-ELISA combined assay. *Aquaculture* 364-365:25-32.
- Usero J, E Gonzalez-Regalado and I Gracia. 1997. Trace metals in the bivalve molluscs *Ruditapes decussatus* and *Ruditapes philippinarum* from the Atlantic Coast of Southern Spain. *Environment International* 23:291-298.
- Uzaki N, M Kai, H Aoyoma and T Suzuki. 2003. Changes in mortality rate and glycogen content of the Manila clam *Ruditapes philippinarum* during the development of oxygen-deficient waters. *Fisheries Science* 69:936-943.