

# 金門國家公園沿海濕地碳通量調查計畫

金門國家公園管理處委託辦理報告

中華民國 100 年 5 月

# 金門國家公園沿海濕地碳通量調查計畫

受委託者：國立中興大學

計畫主持人：林幸助

協同主持人：李麗華

參與調查人員：

林蔚任、呂易哲、廖璟郡、葉峻銘、黃秋平、戴孝勳、卓盟翔、

黃筱芬、侯昌豪、童莉婷、張禾玫、林良瑾

金門國家公園管理處委託辦理報告

中華民國 100 年 5 月

# 目次

摘要.....	1
ABSTRACT.....	4
第一章 緒論.....	6
第一節 計畫緣起及目標.....	6
第二節 文獻回顧.....	8
第二章 調查過程與方法.....	12
第一節 樣點位置.....	12
第二節 採樣時間.....	18
第三節 環境因子採樣及測量方法.....	19
第四節 生物因子採樣及測量方法.....	26
第五節 生產量和呼吸量的測量方法.....	28
第六節 統計分析.....	32
第三章 結果.....	33
第一節 環境因子.....	33
第二節 生物因子.....	42
第三節 生產量和呼吸量.....	45
第四節 統計分析.....	49
第四章 討論.....	53
第一節 影響生產量的主要因子.....	53
第二節 與高美濕地比較.....	54
第三節 金門本島西半部沿海濕地提供的生態服務價值.....	55
第五章 結論與建議.....	56
第一節 結論.....	56
第二節 建議.....	57
參考書目.....	58

附錄.....	63
壹、專業名詞詞彙表.....	63
貳、「金門國家公園沿海濕地碳通量調查計畫」期中報告會議紀錄.....	64
參、「金門國家公園沿海濕地碳通量調查計畫」期末報告會議紀錄.....	67

## 表次

表 2-1. 金門本島西海岸線各分區海岸線長度、潮間帶寬度及面積估算。 .....	13
表 2-2. 各裸灘樣點及維管束植物生長區域全球衛星定位系統座標。 .....	16
表 2-3. 粒徑對照表。 .....	24
表 2-4. 篩選度分級表。 .....	24
表 3-1. 各調查樣點四季底土粒徑大小分類結果。 .....	38
表 3-2. 各調查樣點四季底土篩選度分類結果。 .....	38
表 3-3. 四個調查樣點的年生產量及年碳吸收量。 .....	48
表 3-4. 底棲生物群集生產量和呼吸量與環境、生物因子 Spearman's rank correlation 相關性結果。 .....	51
表 3-5. 季節、地點對底棲生物群集生產量和呼吸量雙因子變異數分析的結果。 .....	52
表 3-6. 季節、植物種類對維管束生產量和呼吸量雙因子變異數分析的結果。 .....	52

## 圖次

圖 1-1. 海洋生態系統的服務分類。 .....	10
圖 2-1. 金門本島西海岸分區示意圖。 .....	13
圖 2-2. 歐厝樣點照片。 .....	14
圖 2-3. 浯江樣點照片。 .....	14
圖 2-4. 湖下樣點照片。 .....	15
圖 2-5. 北山樣點照片。 .....	15
圖 2-6. 各調查樣點於金門本島西海岸的地理位置。 .....	16
圖 2-7. 互花米草區照片。 .....	17
圖 2-8. 甘草區照片。 .....	17
圖 2-9. 利用密閉罩蓋法測量 CO <sub>2</sub> 流量的儀器裝置組合。 .....	29
圖 3-1. 四季日光合作用有效光度變化。 .....	33
圖 3-2. 四季海水水質變化。 .....	34
圖 3-3. 四季海水營養鹽濃度變化。 .....	35
圖 3-4. 孔隙水水質變化。 .....	36
圖 3-5. 四季孔隙水營養鹽濃度變化。 .....	36
圖 3-6. 四季底土粒徑大小變化圖。 .....	37
圖 3-7. 四季底土篩選係數變化圖。 .....	38
圖 3-8. 四季底土粉泥黏土含量結果。 .....	39
圖 3-9. 四季底土氧化電位變化圖。 .....	40
圖 3-10. 四季底土有機物質含量變化圖。 .....	41
圖 3-11. 四季各樣點葉綠素 a 測量結果。 .....	42
圖 3-12. 維管束植物生物量的測量結果。 .....	43
圖 3-13. 底棲無脊椎動物生物量的測量結果。 .....	43
圖 3-14. 底棲生物群集生產量與呼吸量的測量結果。 .....	45

圖 3-15. 維管束植物生產量與呼吸量的測量結果。 .....	46
圖 3-16. 維管束植物生產量以生物量標準化的結果。 .....	47

# 摘要

關鍵詞：生產量、呼吸量、底棲微藻、生態系統服務價值

## 一、計畫緣起

沿海濕地初級生產力高，植物及藻類會進行光合作用將大氣中的二氧化碳(CO<sub>2</sub>)吸收並儲存在濕地內，因此是地球上天然的碳匯系統。金門本島海岸線擁有豐富廣大的自然濕地，但是其所扮演的碳吸存生態服務功能仍未曾量化。

## 二、調查過程與方法

本計畫利用密閉罩蓋法，藉由紅外線監測 CO<sub>2</sub> 的流量變化，測定潮間帶退潮後底棲微藻、互花米草與甘草等三種優勢植物的生產量和呼吸量。在春、夏、秋與冬四季，分別於金門本島西海岸的歐厝沙灘(歐厝樣點)、浯江溪出海口北岸(浯江樣點)、湖下海堤(湖下樣點)及北山海堤(北山樣點)四個沿海濕地進行底棲微藻生產量和呼吸量的測定，同時在浯江溪出海口北岸測量互花米草及甘草。最後以四季得到的資料估算金門本島西海岸沿海濕地的年生產量，並估算沿海濕地碳吸收提供的生態系統服務的價格。

## 三、重要發現

北山樣點生產量和呼吸量最高，因底土粒徑最小、粉泥黏土含量最高(泥灘地)，累積的有機物質含量較多，提供底棲微藻及底棲無脊椎動物較多的營養來源，使底棲微藻的生產量高，且底棲無脊椎動物生物量增加而呼吸量高。歐厝樣點生產量最低，因底土粒徑最大、粉泥黏土含量最低(沙灘)，不易累積有機物質於底土中，使底棲微藻有低生產量。在金門本島西海岸沿海濕地底棲生物群集平均年碳生產為  $14.29 \pm 5.29 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ，而互花米草和甘草則分別是底棲生物群集的 22.2 和 6.3 倍。綜合底棲生物群集及維管束植物的年碳生產量，一年金門本島



西海岸沿海濕地可吸收  $189.51 \text{ ton C yr}^{-1}$ ，提供生態系統服務價格約為每年 270,246 元。

#### 四、主要建議事項

##### 立即可行之建議

主辦機關：金門國家公園管理處

協辦機關：金門縣政府

- (1) 本計畫已建立適用於金門地區沿海濕地生態系統碳吸收之標準調查方法，可列為未來金門沿海濕地的生態監測與調查項目之一。
- (2) 本計畫證實了金門本島西半部沿海濕地具有明顯的碳匯生態系統服務功能 ( $189.51 \text{ ton C yr}^{-1}$ )，也初步計算了此項生態系統的服務價格(每年 270,246 元)，可將此價格納入計算金門沿海濕地的經濟價值之中。
- (3) 此計畫所量化的金門本島西半部沿海濕地二氧化碳吸收量，既可作為沿海濕地生態系統調節之服務功能，亦是穩定當地微氣候之調節服務功能，同時也可做為初級生產量之生態系統支持服務功能計算基準。

##### 長期性建議

主辦機關：金門國家公園管理處

協辦機關：金門縣政府

- (1) 本計畫量化了金門本島西半部沿海濕地具有明顯的碳吸收生態系統服務功能( $189.51 \text{ ton C yr}^{-1}$ )，按理推測，金門本島東半部以及小金門沿岸廣大的濕地也應該具有碳吸收生態系統服務功能，但仍未調查量測。未來應該儘快調查與量化金門本島東半部以及小金門沿岸廣大的濕地之碳吸收生態系統服務功能，對於金門沿海濕地的經濟價值的評估將會更形完整。
- (2) 金門本島西半部沿海濕地所具有吸收二氧化碳的生態系統調節服務功能、穩定微氣候之調節服務功能以及初級生產量之支持服務功能，顯示沿海濕地為

金門珍貴自然資產，應進行生態監測，尤其是應該包括底質環境，同時致力於避免人為汙染與干擾，影響服務品質與服務量。

# ABSTRACT

Wetland plants and algae absorbing the atmosphere carbon dioxide and storing in the sediment through photosynthesis leads to high primary productivity of coastal wetlands. Therefore, coastal wetlands are natural carbon sinks on the Earth. Coastal wetlands contribute a large proportion of the total area of Kinmen Island. However, there has been little study on benthic metabolism on the coastal wetlands of Kinmen.

Benthic primary production and respiration of benthic microalgae, the marsh plant species *Spartina alterniflora*, and the seagrass *Zostera japonica* were measured *in situ* in four seasons by monitoring CO<sub>2</sub> fluxes in benthic chambers on the intertidal sandflats of 4 study sites on the western coast of Kinmen during emersion. Finally, the annual production on the western coast of Kinmen and the ecosystem service price which coastal wetlands provide were calculated according to the benthic primary production and respiration in four seasons.

The results showed that the production and respiration in the northern study site, Beishan, were the highest because of the small sediment grain size, the large sediment silt/clay content hence accumulating large amount of sediment organic content. Those provided the benthic algae and the benthic invertebrate nutrients to increase production and respiration. The production in the southern study site, Oucou, was the lowest because of the large sediment grain size, the small sediment silt/clay content hence accumulating less sediment organic content, which leads to low production of benthic algae. The average annual production of the benthic community on the western coast of Kinmen was  $14.29 \pm 5.29 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ , and *Spartina* and *Zostera* were about 22.2 and 6.3 times respectively more than the benthic microalgae. Considering all producers in coastal wetlands, annual carbon sequestration of the western coast of Kinman is  $189.51 \text{ ton C yr}^{-1}$ , and the ecosystem service price which coastal wetlands

provide was NT 270,246 dollars.

Suggestions for managing the coasts of Kinmen include (1) establishment of the standard method to monitor the carbon sequestration of coastal wetlands in Kinmen, (2) in order to calculate overall ecological value of coastal wetlands in Kinmen, the eastern coast of Kinmen and the coastal wetlands of small Kinmen Island should be measured as soon as possible, (3) the carbon sequestration of coastal wetlands can also be used to estimate primary production for supporting and climate adjustment for regulation of ecosystems, (4) incorporate the carbon sequestration into the evaluation of coastal wetlands, and (5) monitoring and protection of the coastal wetlands .

# 第一章 緒論

## 第一節 計畫緣起及目標

### 壹、計畫緣起

八大工業國與新興工業五國於 2007 年，德國波茨坦舉行環境高峰會，決議進行生物多樣性流失的經濟學研究。德國與歐盟執委會委託曾任職於德意志銀行的資深銀行家 Pavan Sukhdev 擔任此計畫的獨立研究主持人，進行「生態系暨生物多樣性經濟倡議」(The Economics of Ecosystems and Biodiversity)研究計畫，簡稱 TEEB。TEEB 由聯合國環境規劃署主導，獲得歐盟委員會、德國、英國、挪威、荷蘭與瑞典的贊助。2010 年 10 月於日本名古屋舉行的生物多樣性公約締約國第 10 次會議上，TEEB 發表第 4 份報告《讓自然經濟學主流化》(Mainstreaming the Economics of Nature)。其主要內容是利用經濟學的方法，以貨幣化的方式展現生態系服務被忽略的價值。

國際上將生態系統所提供的服務分為四大項：供給、調節、文化及支持。「供給」為人類可以直接從自然界取得的資源，例如農產、漁產、林木等；「調節」是緩和自然災害的機制，例如降低洪水對人類聚落的衝擊；「文化」則是人類從自然界中獲得的知識，以及人與土地之間的關係和情感，可以說是文明的累積，例如環境教育、文化遺產、在地認同感等；「支持」所包含的功能是自然界運作的機制，如光合作用、營養循環、水循環、碳吸存等的機制，也才能夠提供「供給」、「調節」、「文化」三項生態系統服務運作所需，因此「支持」是所有生態系統服務的基礎。

金門縣面積共 150.456 平方公里(km<sup>2</sup>)，除大、小金門島外，尚包括大膽、二膽、東碇、北碇等 12 個島嶼。金門本島形似啞鈴，中央狹窄東西兩端較寬廣，為一大陸型島嶼，地理位置位於中國大陸九龍江口的廈門灣內，緯度與台中相當。金門本島生物資源豐富，擁有廣闊的沿海濕地生態系，金門國家公園於 1995 年

10 月經內政部公告成立後，陸續對金門本島上的生物資源進行調查研究，然而沿海濕地可提供碳吸收生態系統服務功能與影響因素仍未有調查研究及探討。內政部自 2007 年公告 75 個國家重要濕地、2009 年以自然濕地生態為主要保護資源的台江國家公園公告設立及 2010 年公告新增 15 個國家重要濕地後，濕地保育、經營管理及永續利用的重要性已日漸提升。金門國家公園為保育具有吸納二氧化碳能力的自然生態系統及強化、落實碳管理政策，本計畫調查金門本島西海岸沿海濕地碳通量，了解沿海濕地碳吸收功能。

## 貳、目標

本計畫透過實地測量金門本島西半部沿海濕地碳吸收之功能，提供金門國家公園管理處對於沿海濕地藻類及維管束植物的生產量和呼吸量，提供未來保育及經營管理之參考。本調查主要的目的有：

- 一、建立適用於金門地區濕地生態系碳吸收之調查分析方法。
- 二、於各處沿海濕地，進行生態系碳通量之現地調查，實地量測底棲生物群集淨生產量、底棲生物群集呼吸量以及底棲生物群集總生產量。
- 三、以所獲得的生態系統碳通量與生物碳吸收量，評估各處沿海濕地生態系所提供之碳匯能力，量化各處沿海濕地碳年通量。
- 四、量化沿海濕地碳通量與碳吸收量之季節間變化型態。
- 五、找出沿海濕地碳通量與碳吸收量之地點間變化型態。
- 六、釐清影響各處沿海濕地碳通量與碳吸收量之環境因子及主要驅動力。
- 七、提供未來維護沿海濕地生態系功能之經營管理建議。

## 第二節 文獻回顧

19 世紀工業革命開始大量使用化石燃料進行工業活動，人口急遽增加使得人類改變對土地利用方式及日常生活型態而增加大氣中溫室氣體的含量。Nellemann et al.(2009)估計溫室氣體的來源有 24.6%由電力和熱等能源消耗時產生，其次有 18.2%及 13.5%因為土地利用方式改變及農業、運輸所造成。逸散至大氣中的溫室氣體有以二氧化碳(carbon dioxide, CO<sub>2</sub>)為主(77%)，另外有 14%及 8%為甲烷(methane, CH<sub>4</sub>)及氧化亞氮(nitrous oxide, N<sub>2</sub>O)。以 CO<sub>2</sub> 為例，2008 年化石燃料的燃燒及土地利用的改變分別造成 CO<sub>2</sub> 的排放量為  $8.7 \pm 0.5 \text{ P g C yr}^{-1}$  及  $1.5 \pm 0.7 \text{ P g C yr}^{-1}$  (1 P g = 10<sup>15</sup> g)，使得全球大氣中 CO<sub>2</sub> 濃度已自工業革命前約 280 ppm 增加至現今約 387 ppm(Le Quéré et al. 2009)。溫室氣體在大氣中濃度增加，造成地球氣候改變，例如從 1906 至 2005 年間地球平均溫度上升 0.74°C、高山積雪及冰層的覆蓋度降低、全球海平面與海洋熱含量上升、極圈溫度上升與極圈海冰縮小(Mitsch and Gosselink 2007)。正因為如此，近年來對於碳循環中碳匯(carbon sink)與碳吸收(carbon sequestration)的研究逐漸受到重視(Chmura et al. 2003, Bouillon et al. 2008)。2010 年第 1 屆台灣濕地生態系研討會也將濕地碳吸收生態服務功能列為未來濕地研究的重點。

濕地佔全球面積估計有  $7-10 \times 10^6$  平方公里(km<sup>2</sup>)，大約佔陸地面積的 5-8 %。碳匯是濕地主要的生態系統服務功能之一(Mitsch and Gosselink 2007)，而濕地是陸地生物性碳庫最大的組成部分(Dixon and Krankina 1995)。濕地中的植物與藻類等生產者會利用大氣中的 CO<sub>2</sub> 進行光合作用，將碳保存在濕地底層低分解的厭氧土中。但厭氧環境下，土壤中的細菌會進行無氧呼吸分解有機質產生能量，當其他如氧氣(oxygen, O<sub>2</sub>)、硝酸鹽(nitrate, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)、硫酸鹽(sulfate, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>)等電子接受者皆被還原後，最後會由 CO<sub>2</sub> 接受電子後還原成 CH<sub>4</sub> 逸散到大氣中(Bridgham et al. 2006)，此一現象即為產甲烷菌(methanogens)進行的甲烷化作用(methanogenesis)。Aselmann and Crutzen(1989)估計自然濕地 CH<sub>4</sub> 的釋放量約為

0.03-0.12 P g C yr<sup>-1</sup>，數量雖少於 CO<sub>2</sub>，但 CH<sub>4</sub> 的溫室效應卻是 CO<sub>2</sub> 的 21 倍(Bartlett and Harriss 1993, Brix et al. 2001)。然而，沿海濕地因潮汐週期性的有海水進入，海水內的 SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> 經黃等人(1999)研究指出會使得硫酸鹽還原菌(sulfate reducing bacteria)的族群數增加，進而和產甲烷菌競爭養分，而抑制 CH<sub>4</sub> 產生(Freeman et al. 1994)，使沿海濕地因為有較低的 CH<sub>4</sub> 釋出，能較有效發揮碳吸收的功能(Bridgham et al. 2006)。

沿海濕地是海水與陸地的交會緩衝地帶，包括鹽澤(salt marsh)、泥灘地(mud flats)、河口沙洲(sand bars)、高鹽潟湖(hypersaline lagoons)、海草床(seagrass beds)及紅樹林沼澤區(mangrove)等多樣性環境，具有重要的碳吸收能力，是地球上生物多樣性及生產力最高的生態系之一。MacIntyre et al.(1996)指出底棲微藻是沿海濕地中重要的生產者，可以提供三分之一以上(Sullivan and Moncrieff 1988, Pinckney and Zingmark 1993)，甚至達到三分之二(Asmus 1982)的生態系總初級生產量。底棲微藻也是沿海濕地濾食性底棲無脊椎動物的主要食物來源。基於底棲微藻在沿海濕地的重要性，亟需要來量化底棲藻類的生產力(Pinckney and Zingmark 1993)。

測量底棲微藻群集生產力有許多方法，例如 Hancke and Glud(2004)利用微溶氧電極測定儀測量丹麥及挪威底棲微藻群集的生產量；Colijn and de Jonge(1984)利用 <sup>14</sup>C 同位素來測量荷蘭北方沿海濕地底棲微藻群集的生產量；Serôdio(2003)利用葉綠素螢光測定儀(PAM)測量底棲微藻的光合作用速率；Migné et al.(2002)在法國英吉利海峽沿岸利用密閉罩蓋法(closed-chamber method)藉由 CO<sub>2</sub> 流量，測量淨生產量和呼吸量。為了能在野外現地進行監測，對底土造成最小的干擾，並能快速測得 CO<sub>2</sub> 的固定量(Silva et al. 2005)，本次調查使用改良式密閉罩蓋法藉由紅外線分析底棲生物群集的 CO<sub>2</sub> 流量變化來量測底棲微藻及其他維管束植物的生產量和呼吸量，並藉由各季節於金門本島西海岸沿海濕地實地測量，推估一年金門本島西海岸沿海濕地碳的吸收量。

海洋生態系統透過內部的海洋生物多樣性(如浮游生物、底棲生物及大型生



物等)及海洋生態過程(如光合作用、呼吸作用、生物泵作用、礦化作用、鈣化作用、硝化作用等)證明及展現海洋生態系統對人類發展的重要性，當海洋生態系統產生變化，會直接地產生有生境改變、過度開發、外來種入侵、污染、氣候變遷等問題並間接地對人類社會的人口、經濟、社會政治、文化、宗教等面相造成影響。透過海洋生態系統的結構組成、生態過程及生物多樣性等服務來源，張等(2007)認為海洋生態系統可以有支持服務、供給服務、調節服務、文化服務等4個基本服務類型及15個服務項目(圖1-1)。

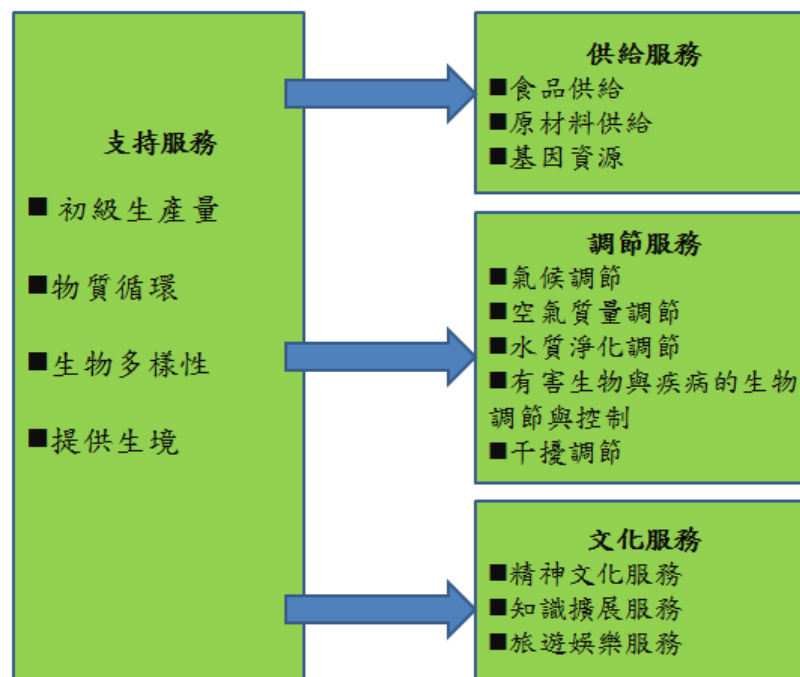


圖 1-1. 海洋生態系統的服務分類。

沿海濕地可透過內部生物多樣性及生態過程提供大量有形或無形的利益資產給予人類，但近年來國內的沿海濕地已逐漸轉為工業、石化業或其他用途，其原因可能是如同 Hanson et al.(2006)所指出因為濕地的生態服務功能未能有效地評估計算，以致無法和其他土地利用利益相比較。為了計算濕地的經濟價值，Costanza et al.(1997)曾列舉 17 項生態系統的服務價值，其中和生態系統內生產者光合作用生產量有關的氣體調節(gas regulation)和氣候調控(climate regulation)兩

項。Gustavson and Kennedy(2010)進一步估算濕地經濟價值時將濕地可以提供的功能分為直接利用(direct uses)、間接利用(indirect uses)及被動利用(passive uses)等三類別，並將碳吸收(carbon sequestration)列為間接利用的其中一項。本調查期望在計算出一年金門本島西半部沿海濕地碳吸收量後，估算沿海濕地碳吸收提供之金門本島西海岸沿海濕地初級生產量(支持服務)及氣候調節(調節服務)的經濟價值。

## 第二章 調查過程與方法

### 第一節 樣點位置

本調查為估算金門本島西半部沿海濕地碳吸收量，參考張和謝(1997)對金門本島西海岸沿岸底質的分類，將西海岸線先做以下的分區(圖 2-1)：

- (一)尚義海堤東端至水頭碼頭西岸(圖 2-1 黃色部份)。
- (二)水頭碼頭北防波堤起始端至金城鎮與金寧鄉交界。(圖 2-1 紅色部份)
- (三)金城鎮與金寧鄉交界至慈湖西邊海岸轉折處(圖 2-1 藍色部份)。
- (四)慈湖西邊海岸轉折處至金門國家公園古寧頭區於金門本島北岸東端(隴口)(圖 2-1 綠色部份)。

各區以 Google 地球(Google Earth v6.0)軟體估算海岸線長度，並於現場測量當日潮水最底點時，潮間帶之寬度，用以估算各區潮間帶的面積(表 2-1)。並在各區選定調查樣點如下(各調查樣點與相對應的海岸線分區號碼相同)(圖 2-6)：

- (一)歐厝沙灘(OC)。

歐厝沙灘位於金門國家公園古崗區內，底質以沙地為主，有少許岩岸分布，底棲生物以花蛤和錐螺為多(圖 2-2)。

- (二)浯江溪出海口北岸(WJ)。

浯江溪出海口北岸位於雄獅堡及福建省政府辦公大樓外、金城海濱休閒公園北側的海岸，底質有泥、沙地組成(圖 2-3)。

- (三)湖下海堤(HX)。

湖下海堤位於慈湖濕地的南方，底質以沙地為主，潮間帶外側有泥地分布但靠近低潮線的位置(圖 2-4)。

- (四)北山海堤(BS)。

北山海堤位於金門國家公園古寧頭區內、北山安檢所外側海灘，底質以泥地為主(圖 2-5)。

表 2-1. 金門本島西海岸線各分區海岸線長度、潮間帶寬度及面積估算。

金門本島西海岸分區	海岸線長度 (公里)	潮間帶寬度 (公尺)	面積計算 (公頃)
尚義海堤東端 至水頭碼頭西岸	16.41	215*	352.82
水頭碼頭北防波堤起始端 至金城鎮與金寧鄉交界	2.31	573.33**	133.90
金城鎮與金寧鄉交界 至慈湖西邊海岸轉折處	4.05	430*	174.15
慈湖西邊海岸轉折處 至金門國家公園古寧頭區於金門 本島北岸東端(隴口)	9.35	550*	514.25

\*潮間帶寬度由金門國家公園管理處於 2011 年 5 月 12 日及 16 日(陰曆 4 月 10 日及 14 日)測量及提供。

\*\*潮間帶寬度於 2011 年 3 月 26 日至 30 日(陰曆 2 月 22 日至 26 日)進行測量。



圖 2-1. 金門本島西海岸分區示意圖。黃色部份為分區(一)，紅色部份為分區(二)，藍色部份為分區(三)，綠色部份為分區(四)。



圖 2-2. 歐厝樣點照片。



圖 2-3. 浯江樣點照片。





圖 2-4. 湖下樣點照片。



圖 2-5. 北山樣點照片。

另外在浯江溪出海口北岸，泥、沙地交界處有外來種互花米草(*Spartina alterniflora*)生長、泥地上則有甘草(*Zostera japonica*)分布，選擇兩種維管束植物生長的區域為互花米草區(SA) (圖 2-7)及甘草區(ZJ) (圖 2-8)，並測量互花米草與甘草的生產量和呼吸量。

選定樣點後以衛星導航器測量各樣點的全球衛星定位系統座標(表 2-2)。

表 2-2. 各裸灘樣點及維管束植物生長區域全球衛星定位系統座標。

樣點名稱	全球衛星定位系統座標(GPS)		面積 (平方公尺)
	東經(°E)	北緯(°N)	
歐厝(OC)	118°20'11.9"	24°24'7.1"	
浯江(WJ)	118°18'31.1"	24°25'55.3"	
湖下(HX)	118°18'9.7"	24°27'13.7"	
北山(BS)	118°18'9.9"	24°29'8.1"	
互花米草區(SA)	118°18'31.4"	24°25'58.2"	809.99
甘草區(ZJ)	118°18'33.2"	24°26'0.1"	1759.52



圖 2-6. 各調查樣點於金門本島西海岸的地理位置。



圖 2-7. 五花米草區照片。



圖 2-8. 甘草區照片。



## 第二節 採樣時間

本調查採樣時間自 2010 年 7 月至 2011 年 3 月。依據交通部中央氣象局提供的每月月均溫將 2010 年 7、8 月定義為夏季，10 月定義為秋季，2011 年 1、2 月定義為冬季，3 月定義為春季。

### 第三節 環境因子採樣及測量方法

#### 壹、光度

以光量子感測器(LI-190SA, LI-COR)於金門國家公園管理處中山紀念林園區內無遮陰的高處測量當日的光合作用有效光度(photosynthetically active radiation, PAR)，並使用資料收集器(LI-1400, LI-COR)每 5 分鐘(min)記錄 1 次。測得一日 PAR 變化在估計日總生產量時搭配計算。

#### 貳、水質

##### 一、物理因子

海水採樣於當天漲潮最高點開始退潮的 1 小時(hr)內，以綜合水質儀(model 556, YSI)測量海水溫度、溶氧值、酸鹼值及鹽度，4 種海水物理因子各 6 重複。

孔隙水採樣以內徑 3.4 公分(cm)的 PVC 塑膠管採集自表層至約 15 公分(cm)深處的底土，去除 0~2 公分(cm)及 12~15 公分(cm)處的底土後，裝入 1000 毫升(ml)的塑膠瓶中，經過劇烈震盪後以塑膠滴管吸取瓶內自底土滲出的孔隙水，以酸鹼計(HTC-200, HOTECH)測量酸鹼值及手持式鹽度計(S/Mill-E, ATAGO)測量鹽度。

海水與孔隙水水樣以褐色瓶取回後，使用抽氣馬達以孔徑為 0.45 微米( $\mu\text{m}$ )的濾紙過濾去除水中有機質及浮游、底棲生物，避免冷凍儲存後生物體內的營養鹽釋放影響水樣營養鹽濃度(García-Robledo et al. 2010)，再冷凍攜回實驗室進行營養鹽濃度分析，共 3 重複。

##### 二、營養鹽濃度

水體營養鹽分析溶解態無機磷(dissolved inorganic phosphate, DIP)及溶解態無機氮(dissolved inorganic nitrogen, DIN)濃度，未馬上分析的水樣，則置於 $-20^{\circ}\text{C}$

冰箱中冷凍保存。

DIP 的測定為測定水中正磷酸鹽(orthophosphate,  $\text{PO}_4^{3-}$ )的濃度。測定方法採用氫鉬酸還原法(Murphy and Riley 1962, Pai and Yang 1990a, 洪, 2001)。首先取待測水樣 1 毫升(ml)至試管中, 依序加入 40  $\mu\text{l}$  酸性鉬酸銨(ammonium molybdate tetrahydrate)及抗壞血酸(ascorbic acid), 充分混合均勻約 5 分鐘(min)內即呈色, 最後以分光光度計(U2001, HITACH)波長為 880 奈米(nm)測定之。

DIN 的測定為測定水中亞硝酸態氮(nitrite,  $\text{NO}_2^-$ )、硝酸態氮(nitrate,  $\text{NO}_3^-$ )及銨態氮(ammonium,  $\text{NH}_4^+$ )。

$\text{NO}_2^-$ 的測定方法採用分光光度計法(Parson et al. 1964, Pai and Yang, 1990b)。首先取待測水樣 1 毫升(ml)至試管中, 依序加入 40  $\mu\text{l}$  磺胺試劑(sulfanilamide reagent)及萘乙二胺試劑(N-1-naphthylethylenediamine reagent), 充分混合均勻約 10 分鐘(min)內即呈色, 最後以分光光度計(U2001, HITACH)測量波長為 543 奈米(nm)的吸光值。

$\text{NO}_3^-$ 的測定方法依水樣不同, 分別使用下列兩種測定方式:

(一)海水水樣的測定方法採用分光光度計法(行政院環境保護署環境檢驗所, 2006)。首先取水樣 1 毫升(ml)至試管中, 加入 1N 的鹽酸(hydrogen chloride)20 微升( $\mu\text{l}$ ), 均勻充分混合後以分光光度計(U2001, HITACH)測量波長為 220 奈米(nm)及 275 奈米(nm)的吸光值。

(二)孔隙水水樣的測定方法採用馬錢子鹼比色法(Jenkins and Medsker, 1964)。首先取水樣 2 毫升(ml)至試管中, 依序加入 0.4 毫升(ml) 3%氯化鈉(sodium chloride)及 2 毫升(ml) 76%硫酸(sulfuric acid)。待冷卻至室溫後取 1 毫升(ml)待測水樣以分光光度計(U2001, HITACH)波長為 410 奈米(nm)測量空白水樣吸光值。剩下待測水樣加入 0.1 毫升(ml)馬錢子鹼—氯苯磺酸溶液, 以 95°C 的恆溫槽加熱靜置 25 分鐘(min)後冷卻至室溫以分光光度計(U2001, HITACH)測量波長為 410 奈米(nm)的吸光值。

$\text{NH}_4^+$ 的測定方法首先取待測水樣 1 毫升(ml)至試管中, 依序加入 40 微升( $\mu\text{l}$ )

的石碳酸(phenol)、檸檬酸鈉(sodium citrate)、二氯異三聚氰酸(dichloroisocyanuric acid)、氫氧化鈉(sodium hydroxide)及硝醯鐵氰化鈉(sodium nitroprusside)，在室溫下遮光反應 1 小時(hr)後，以分光光度計(U2001, HITACH)測量波長為 410 奈米(nm)的吸光值(Parson et al. 1984, Pai et al. 2001)。

## 參、底土

### 一、粒徑分析

以內徑 3.4 公分(cm) PVC 塑膠管採集表層以下約 5 公分(cm)的底土沉積物，共 3 重複，冷凍保存攜回實驗室，參考 Buchanan and Kain(1971)、Hsieh and Chang(1991)及謝等(1993)等人提出的以濕篩法進行底土粒徑分析。

將底土樣品依序在水中用網目為 2.00、1.00、0.50、0.25、0.125 及 0.0625 毫米(mm)的鋼製篩網系列過篩，收集各篩網內之砂粒置於已知重量( $W_p$ )的錫盤上，放入 60°C 烘箱內烘乾至恆重，稱重並扣除  $W_p$  得各篩網內砂粒淨重，依序為  $W_{2.00}$ 、 $W_{1.00}$ 、 $W_{0.50}$ 、 $W_{0.25}$ 、 $W_{0.125}$ 、 $W_{0.0625}$ 。收集粒徑小於 0.0625 毫米(mm)的部分置於 1000 毫升(ml)的量筒中加水維持總體積為 1000 毫升(ml)進行沉降，並以定量吸管法進行分析(Buchanan and Kain 1971, Hsieh and Chang 1991)。沉降分三階段：

(一)充分均勻搖晃 1000 毫升(ml)量筒使顆粒均勻分布在水中，立即以定量吸量管於液面下 20 公分(cm)深處吸取懸浮溶液共 20 毫升(ml)，以事先用 60°C 烘箱烘乾稱重( $W_{p1}$ )、孔徑為 0.47 微米( $\mu\text{m}$ )的玻璃纖維濾紙抽氣過濾，此時所得顆粒粒徑大小介於 0.0156 至 0.0625 毫米(mm)之間。抽氣過濾後連同濾紙在 60°C 烘箱內烘乾至恆重，記錄此重量( $W_1$ )。

(二)充分均勻搖晃 1000 毫升(ml)量筒使顆粒均勻分布在溶液中，靜置 7 分 44 秒後，立即以定量吸量管於液面下 10 公分(cm)深處吸取懸浮溶液共 20 毫升(ml)，以事先用 60°C 烘箱烘乾稱重( $W_{p2}$ )、孔徑為 0.47 微米( $\mu\text{m}$ )的玻璃纖維濾紙

抽氣過濾，此時所得顆粒粒徑大小介於 0.0039 至 0.0156 毫米(mm)之間。抽氣過濾後連同濾紙在 60°C 烘箱內烘乾至恆重，記錄此重量(W<sub>2</sub>)。

(三)充分均勻搖晃 1000 毫升(ml)量筒使顆粒均勻分布在溶液中，靜置 2 小時 3 分後，立即以定量吸量管於液面下 10 公分(cm)深處吸取懸浮溶液共 20 毫升(ml)，以事先用 60°C 烘箱烘乾稱重(W<sub>p3</sub>)、孔徑為 0.47 微米(μm)的玻璃纖維濾紙抽氣過濾，此時所得顆粒粒徑大小介於 0.0012 至 0.0039 毫米(mm)之間。抽氣過濾後連同濾紙在 60°C 烘箱內烘乾至恆重，記錄此重量(W<sub>3</sub>)。

計算顆粒大小介於 0.0012 至 0.0039 毫米(mm)之重量，如公式(1)：

$$(W_3 - W_{p3}) \times 50 = TW_3 ; \text{公式(1)}$$

計算顆粒大小介於 0.0039 至 0.0156 毫米(mm)之重量，如公式(2)：

$$(W_2 - W_{p2}) \times 50 - TW_3 = TW_2 ; \text{公式(2)}$$

計算顆粒大小介於 0.0156 至 0.062 毫米(mm)之重量，如公式(3)：

$$(W_1 - W_{p1}) \times 50 - TW_3 - TW_2 = TW_1 ; \text{公式(3)}$$

由上述處理方式可得各粒徑層級的重量分別為：W<sub>2.00</sub>、W<sub>1.00</sub>、W<sub>0.50</sub>、W<sub>0.25</sub>、W<sub>0.125</sub>、W<sub>0.0625</sub>、TW<sub>1</sub>、TW<sub>2</sub> 及 TW<sub>3</sub>，經計算可得粉泥與黏土的百分比含量(Silt/Clay %)，如公式(4)：

$$\text{Silt/Clay \%} = \frac{(TW_1 + TW_2 + TW_3) \times 100\%}{W_{2.00} + W_{1.00} + W_{0.50} + W_{0.25} + W_{0.125} + W_{0.0625} + TW_1 + TW_2 + TW_3} ; \text{公式(4)}$$

將 2.00 至 0.0012 毫米(mm)粒徑大小，換算成 phi(Φ)值尺度，換算方式如公式(5)：

$$\Phi = -\log_2^{\text{粒徑大小(mm)}} ; \text{公式(5)}$$

依此粒徑之 phi(Φ)值對照各粒徑分組所佔泥樣之總重量(乾重)的累積百分比，畫出曲線圖。由圖中讀取 95%、84%、50%、16%、5%的 phi(Φ)值分別記錄為 Φ<sub>95</sub>、Φ<sub>84</sub>、Φ<sub>50</sub>、Φ<sub>16</sub>、Φ<sub>5</sub>，先計算粒徑中間值(MdΦ)，計算方式如公式(6)：

$$\text{Md}\Phi = \frac{\Phi_{84} + \Phi_{50} + \Phi_{16}}{3} ; \text{公式(6)}$$

再換算出下列各種表示粒徑分析的參數：

(一)粒徑大小(grain size)：

藉由  $Md\Phi$  可回推粒徑大小(直徑)，計算方式如公式(7)：

$$\text{grain size(mm)} = -2^{(Md\Phi)} ; \text{公式(7)}$$

計算得到的粒徑大小可對照 Folk(1966)提出的粒徑分類表(表 2-3)，得出各底土樣品之底土粒度類別。

(二)篩選係數(Sorting coefficient, S)

篩選係數的計算方式，如公式(8)：

$$S = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{14}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6.6} ; \text{公式(8)}$$

計算得到的篩選係數可對照 Folk(1966)篩選分級表(表 2-4)，得出各底土樣品之底土篩選程度。

## 二、氧化電位值

以內徑 3.4 公分(cm)的 PVC 塑膠管採取表層以下約 12 公分(cm)的底土樣本，維持圓柱形狀由管內取出，並由表層開始利用氧化還原電位計(ORP30, CLEAN)測量底土各層的氧化電位值(Oxygen redox potential, Eh)，依序每 2 公分(cm)的土樣剖面測定至表層下 10 公分(cm)為止，共 3 重複。

回實驗室後將測得資料輸入電腦，以繪圖軟體將各層 Eh 連接成底土氧化電位變化曲線，並找出各實驗樣點的氧化還原不連續層(Redox discontinuity layer, RDL)。RDL 為土壤氧化電位( $Eh > 0$ ，土壤呈淡黃色)急劇轉變為還原電位( $Eh < 0$ ，土壤呈黑色)之灰色土壤區。

表 2-3. 粒徑對照表(Folk 1966)。

英文名稱	中文名稱	粒徑大小(mm)
Boulder	巨礫	>256
Cobble	中礫	256 ~ 64
Pebble	小礫	64 ~ 4
Granule	細礫	4 ~ 2
Very coarse sand	極粗砂	2 ~ 1
Coarse sand	粗砂	1 ~ 0.5
Medium sand	中等粗砂	0.5 ~ 0.25
Fine sand	細砂	0.25 ~ 0.125
Very fine sand	極細砂	0.125 ~ 0.0625
Silt	粉泥	0.0625 ~ 0.0039
Clay	黏土	< 0.0039

表 2-4. 篩選度分級表(Folk 1966)。

英文名稱	等級	篩選係數( $\Phi$ )
Very well sorted	極佳	0.35
Well sorted	佳	0.50
Moderately well sorted	中等佳	0.71
Moderately sorted	尚佳	1.00
Poorly sorted	不佳	2.00
Very poorly sorted	極不佳	4.00
Extremely poorly sorted		

### 三、有機物質含量

以內徑 3.4 公分(cm) PVC 塑膠管採集表層以下約 5 公分(cm)的底土沉積物，共 3 重複，冷凍保存攜回實驗室。將底土沈積物置於已知重量( $W_p$ )的錫箔皿上置於 60 °C 的烘箱乾燥至恆重後，秤得底土沉積物及錫箔皿的乾重( $W_{dw}$ )。再將烘乾之底土沈積物以 400 °C 高溫灰化 4 小時(hr)，待降溫後取出秤得底土沉積物及錫箔皿的灰化重( $W_{ash}$ )。底土有機物質含量(soil organic matter content)的計算方式，如公式(9)：

$$\text{soil organic matter content (\%)} = \frac{W_{dw} - W_{ash}}{W_{dw}} \times 100\% ; \text{公式(9)}$$



## 第四節 生物因子採樣及測量方法

### 壹、底棲微藻生物量

葉綠素 *a* (Chl *a*) 濃度通常是用來表示底棲微藻生物量的指標(Kelly et al., 2001)，測量方式依據 Parsons et al. (1984) 提出的方法進行。在進行底棲微藻碳代謝測量的範圍內，利用經切取針頭部份後的 2.5 毫升(ml) 的塑膠注射針筒，內徑約為 0.9 公分(cm)，面積(A) 約為  $6.35 \times 10^{-5}$  平方公尺(m<sup>2</sup>)，取 1 公分(cm) 表層底土 2 次，置於 12 毫升(ml) 螺旋玻璃試管內，以冷凍且避光保存攜回實驗室分析測量。

在含有土樣的 12 毫升(ml) 螺旋玻璃試管內加入 90% 的丙酮(acetone) 10 毫升(ml)(v) 並劇烈搖晃，隔離光線置於 4°C 下靜置 16 小時(hr) 進行葉綠素 *a* 的萃取。萃取完成後以轉速 3500 rpm 離心 10 分鐘(min)，取上層澄清液以分光光度計 (U2001, HITACH) 測量波長為 630、647、664、750 奈米(nm) 的吸光值，依序為  $A_{630}$ 、 $A_{647}$ 、 $A_{664}$ 、 $A_{750}$ ，計算葉綠素 *a* 濃度([Chl *a*])，如公式(10)：

$$[\text{Chl } a](\mu\text{g/ml}) = 11.85 \times E_{664} - 1.54 \times E_{647} - 0.08 \times E_{630}; \text{ 公式(10)}$$

其中  $E_{664}$  為  $A_{664}$  和  $A_{750}$  的差值， $E_{647}$  為  $A_{664}$  和  $A_{750}$  的差值， $E_{630}$  為  $A_{664}$  和  $A_{750}$  的差值。最後再以 [Chl *a*] 求得單位面積底棲微藻葉綠素 *a* 含量(BChl *a*)，如公式(11)：

$$\text{BChl } a(\text{mg/m}^2) = \frac{[\text{Chl } a] \times v}{1000 \times A \times 2}; \text{ 公式(11)}$$

### 貳、維管束植物生物量

在互花米草區和甘草區進行碳代謝測量的範圍內，以剪刀剪下範圍內所有互花米草植株及甘草植株，共 3 重複，冷凍攜回實驗室秤重。

測量生物量前，先以清水洗淨植株上殘留的泥土並挑去殘留在植株上的無脊椎動物，剪去植株上如根、枯葉等不會行光合作用的部分，以 60°C 烘箱烘乾至

恆重後，秤重並記錄。

### 參、底棲無脊椎動物生物量

底棲無脊椎動物依據謝等(1993)提出的方法進行採樣。在進行底棲微藻碳代謝測量的範圍內，以內徑 10 公分(cm)的鋼製採土管採取表層以下約 10 公分(cm)的底土，立即以實驗地點的海水用網目為 0.50 毫米(mm)的鋼製篩網進行過篩，以廣口塑膠瓶收集篩網上剩餘底土，先加入薄荷腦對底棲無脊椎動物進行麻醉，避免加入固定液時動物緊縮扭曲不易於觀察種類，再加入 5%的福馬林(formalin)進行固定，攜回實驗室以 60°C 烘箱烘乾至恆重後，秤重並記錄。

## 第五節 生產量和呼吸量的測量方法

### 壹、生產量和呼吸量

底棲生物群集及維管束植物的生產量和呼吸量測量使用改良式密閉罩蓋法 (Migné et al. 2002) 測量 CO<sub>2</sub> 流量。培養儀器上半部為半圓形透明壓克力罩，下半部則為高 16 公分(cm)、直徑 30 公分(cm) 的圓形鋼圈。實驗選定當日潮汐最低點約兩小時前開始，在海水退去表層乾燥的裸灘，將圓形鋼圈壓入底土 10 公分(cm)，再蓋上透明壓克力罩，利用長尾夾夾緊形成密閉接合，使內部氣體無法和外界交換。接著利用幫浦及塑膠管將密閉培養器內之氣體經無水硫酸鈣(anhydrous calcium sulfate, CaSO<sub>4</sub>) 乾燥劑降低水氣後，引進紅外線二氧化碳氣體分析儀 (LI-820, LI-COR) 中測量 CO<sub>2</sub> 濃度，同時有光亮子感測器(LI190SA, LI-COR) 測量光度變化及溫濕度計紀錄溫度及濕度，並以資料收集器(LI-1400, LI-COR) 每 30 秒記錄 1 次光度及 CO<sub>2</sub> 濃度數值(圖 2-9)，共 3 重複。測得的數據輸出至電腦後，以 CO<sub>2</sub> 濃度及時間變化用直線回歸法求得回歸線方程式的斜率，並參考 Silva et al.(2005)、Hubas et al.(2006) 等人提出的計算方式，將斜率(ppm CO<sub>2</sub> [30 sec]<sup>-1</sup>) 換算成生產量或呼吸量(mg C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>)。

在測量生產量時會利用不同遮光程度的紗網和蘭花網模擬不同的照光程度，產生 100%、70%、50%、30%、0% 等五種不同光度，並測量在不同光度下底棲生物群集的生產量。在不遮光的處理(100%光度)下測得為底棲生物群集的淨生產量(Net community production, NCP)，在全遮光的處理(0%光度)下測得為底棲生物群集的呼吸量(Community respiration, CR)，底棲生物群集總生產量(Gross community production, GCP)的計算方式，如公式(12)：

$$GCP = NCP + CR ; \text{公式(12)}$$

測量維管束植物的生產量和呼吸量時，第 1 次為維管束植物與底棲生物群集共同提供的淨生產量和呼吸量，測定完成後割除互花米草及甘草植株，第 2 次測得為該區底棲生物群集單獨提供的淨生產量和呼吸量，2 次測得數值相減即為維

管束植物的淨生產量(Net production, NP)及呼吸量(Respiration, R)。維管束植物的總生產量(Gross production, GP)的計算方式，如公式(13)：

$$GP = NP + R ; \text{公式(13)}$$

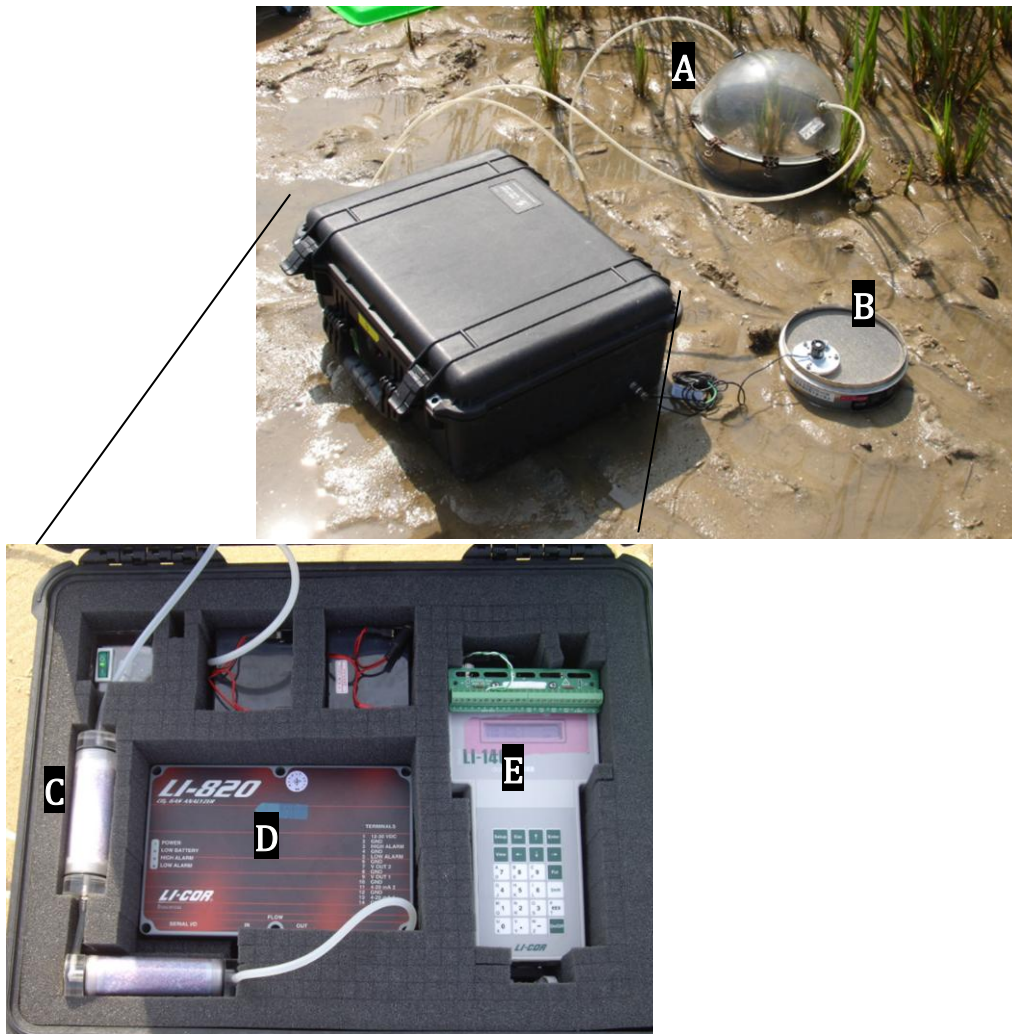


圖 2-9. 利用密閉罩蓋法測量 CO<sub>2</sub> 流量的儀器裝置組合。(A)透明壓克力罩及鋼圈。(B)光量子感測器。(C)CuSO<sub>4</sub> 乾燥劑。(D)二氧化碳氣體紅外線分析儀。(E)資料收集器。

## 貳、日總生產量計算

五種不同光度下測得的生產量，可利用 Jassby and Platt(1976)提出用來描述藻類光合作用與光度關係的雙曲線正切函數(P-I curve)求得最大生物群集總生產量( $GCP_m$ )。雙曲線正切函數，如公式(14)：

$$GCP = GCP_m \times \tan h \left( \alpha \times \frac{I}{GCP_m} \right); \text{公式(14)}$$

其中 I 為測量生產量時的光合作用有效光度。在秋、冬季時會有光抑制 (photoinhibition) 現象發生，即當光度超過藻類最適合行光合作用所需的光度時，底棲微藻會避免過多的光線所造成的傷害而有向底土深處垂直移動的現象造成藻類生產力降低(Perkins et al. 2010)，使得 GCP 會受到光度抑制而隨光度增加有遞減的現象，此時則可利用 Platt et al.(1980)提出的 P-I curve 求得  $GCP_m$ 。

計算一日總生產量前，假設每日光度自日出後即到達最大飽和光度，考慮自退潮開始潮間帶裸露後，底棲微藻由底土深處移動至底土表層行光合作用的時間(Spilmont et al. 2007)，一日總生產量( $GCP_{daily}$ )的計算方式，如公式(15)：

$$GCP_{daily} = GCP_m \times (I_{daily} - I_{time\ lag}); \text{公式(15)}$$

其中  $I_{daily}$  為一天潮間帶退潮時太陽的日照時數， $I_{time\ lag}$  為底棲微藻由底土深處移動至表層的時間。最後將每日的總生產量相加總，可得到年總生產量。

## 參、碳吸收的生態服務價值估算

劉等(2008)提出計算濕地生態系統價值的各項方法，其中濕地植物固定  $CO_2$  所提供價值的計算方式是以植物的生產量和對  $CO_2$  的收費標準來計算。計算金門本島西海岸沿海濕地碳吸收的生態服務價值，依劉等(2008)提出的理論架構並修正張等(2007)計算海洋生態系統對有害氣體吸收所提供生態系統服務價值的計算方式，如公式(16)：

$$\text{碳吸收的生態服務價值} = \text{碳吸收量} \times \text{碳的價格}; \text{公式(16)}$$

其中碳吸收量由本調查估算金門本島西海岸沿海濕地一年底棲生物群集的生產

量，碳的價格則依據黃(2002)在綠色租稅改革對經濟影響評估研究中，模擬求得最適碳稅稅額為每公噸 1,426 元。

## 第六節 統計分析

以斯皮爾曼等級相關係數(Spearman's rank correlation)檢驗底棲生物群集生產量和呼吸量與環境、生物因子間的相關性。

利用雙因子變異數分析(Two-way ANOVA)探討不同季節、地點對底棲生物群集生產量和呼吸量的影響，若在不同季節或不同地點有顯著差異，則進一步利用Duncan's Multiple Range Test 事後檢定探討哪個季節、地點有差異。

# 第三章 結果

## 第一節 環境因子

### 壹、光度

四季每日光合作用有效光度變化如圖 3-1。夏季最大的光合作用有效光度為  $1805.25 \pm 163.78 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，秋季最大的光合作用有效光度為  $1570.73 \pm 153.46 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，冬季最大的光合作用有效光度為  $1235.53 \pm 163.92 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，春季最大的光合作用有效光度為  $1643.28 \pm 74.17 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 。

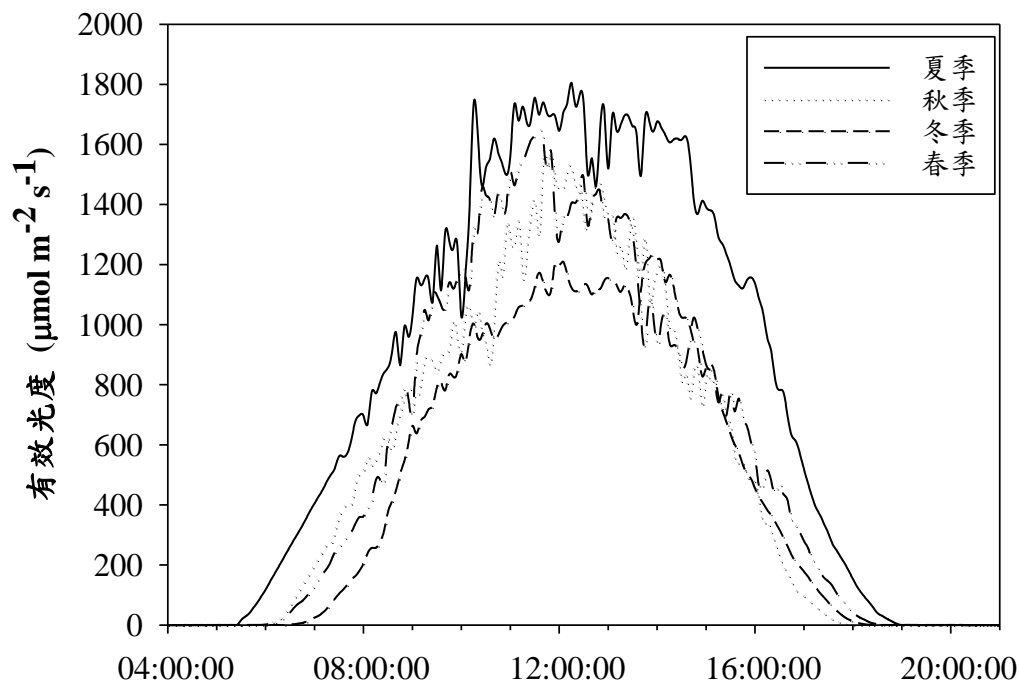


圖 3-1. 四季日光合作用有效光度變化。



## 貳、水質

### 一、海水

各調查樣點的海水水質測量結果如圖 3-2。海水平均水溫以夏季最高 ( $30.9 \pm 1.5$  °C)，冬季 ( $12.2 \pm 0.2$  °C) 最低。春季的海水平均溫度與冬季的海水平均溫度相差不大，應是氣候剛回暖且調查日期受到大陸冷氣團南下所影響。海水平均鹽度以春季最高 ( $35.6 \pm 0.2$  psu)，冬季最低 ( $31.5 \pm 0.7$  psu)。海水平均溶氧值以春季最高 ( $8.9 \pm 0.0$  mg L<sup>-1</sup>)，夏季最低 ( $6.0 \pm 0.4$  mg L<sup>-1</sup>)。海水平均酸鹼值四季差異不大，約為  $7.9 \pm 0.1$ 。

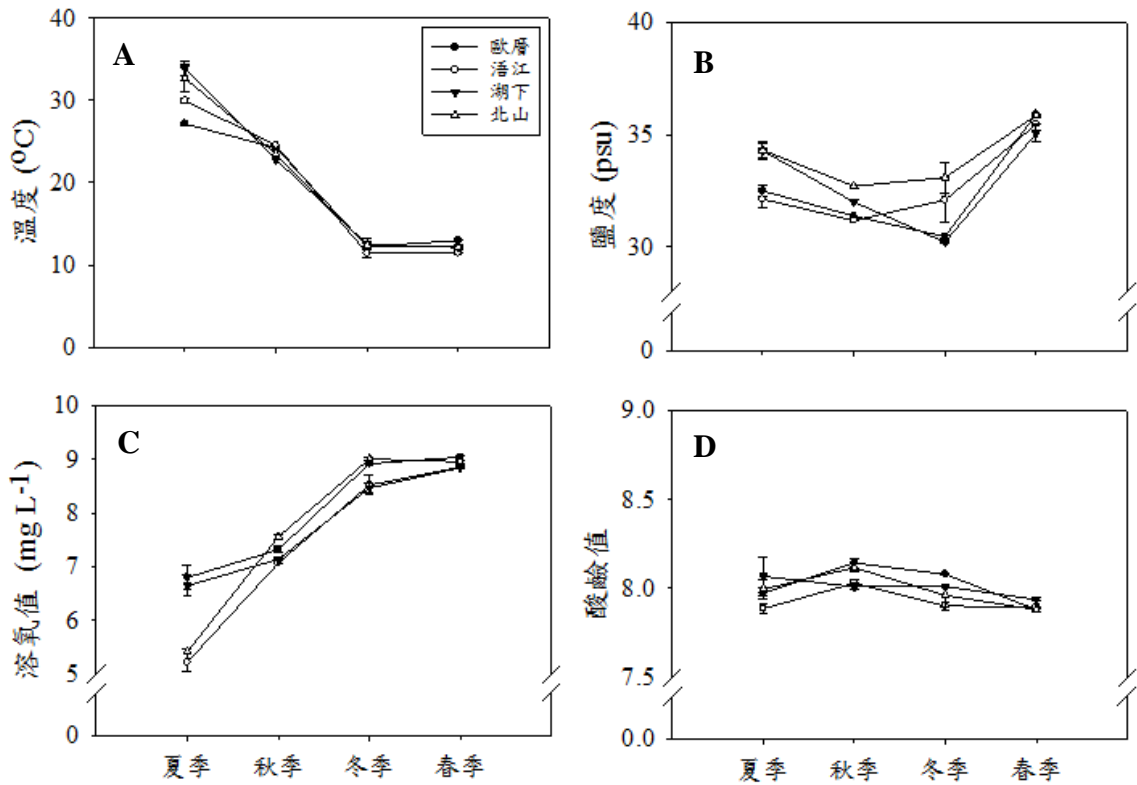


圖 3-2. 四季海水水質變化。(A)海水溫度。(B)海水鹽度。(C)海水溶氧值。(D)海水酸鹼值。

各調查樣點的海水營養鹽濃度結果如圖 3-3。海水  $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$  平均濃度以冬季最高( $47.42 \pm 0.77 \mu\text{M}$ )，夏季最低( $39.37 \pm 8.20 \mu\text{M}$ )；海水  $\text{NH}_4^+$  平均濃度以夏季最高( $15.37 \pm 7.38 \mu\text{M}$ )，春季最低( $0.22 \pm 0.12 \mu\text{M}$ )，其中秋季海水  $\text{NH}_4^+$  平均濃度因為濃度過低超過儀器的偵測極限，所以沒有測到濃度值；海水  $\text{PO}_4^{3-}$  平均濃度春季最高( $1.06 \pm 0.16 \mu\text{M}$ )，夏季最低( $0.95 \pm 0.22 \mu\text{M}$ )。

## 二、孔隙水

各調查樣點的孔隙水酸鹼值及鹽度如圖 3-4。孔隙水酸鹼值以夏季偏低( $7.7 \pm 0.1$ )，其他三個季節相差不大，約為  $7.9 \pm 0.1$ 。孔隙水鹽度以秋季最高( $33.5 \pm 1.2 \text{psu}$ )，冬季最低( $29.4 \pm 0.9 \text{psu}$ )。

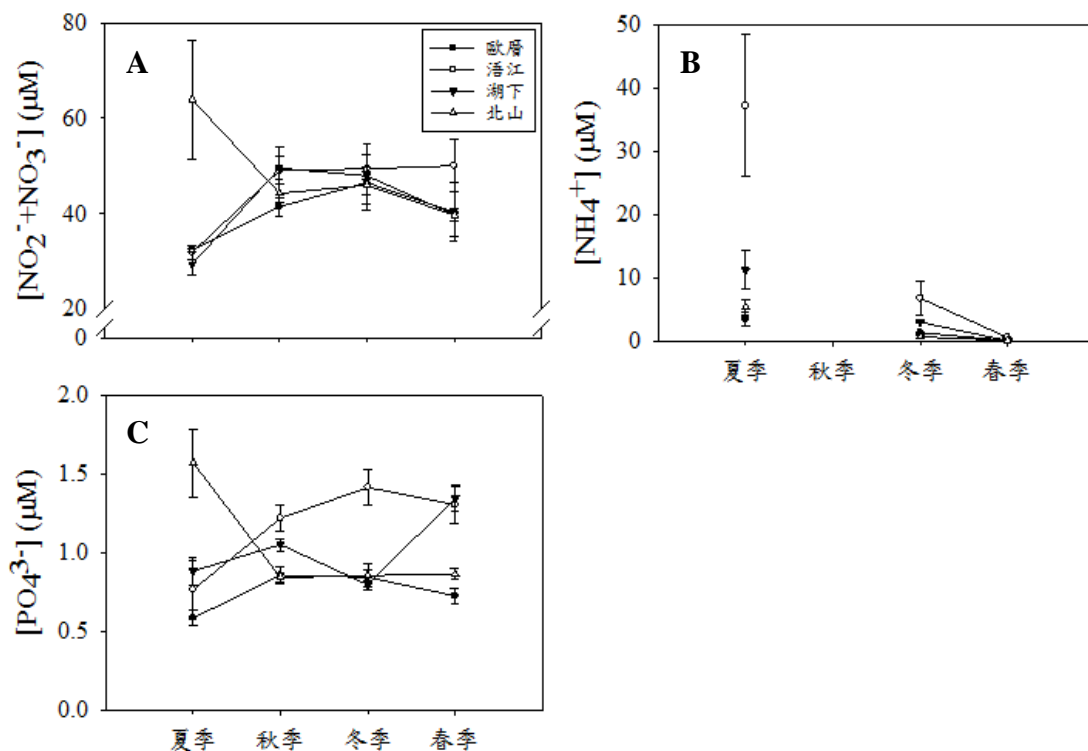


圖 3-3. 四季海水營養鹽濃度變化。(A)海水  $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$  濃度。(B)海水  $\text{NH}_4^+$  濃度。  
(C)海水  $\text{PO}_4^{3-}$  濃度。

各調查樣點的孔隙水營養鹽濃度結果如圖 3-5。孔隙水  $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$  平均濃度以夏季最高( $20.92 \pm 11.75 \mu\text{M}$ )，春季最低( $6.84 \pm 3.69 \mu\text{M}$ )；孔隙水  $\text{NH}_4^+$  平均濃度以夏季最高( $72.86 \pm 44.51 \mu\text{M}$ )，冬季最高( $18.36 \pm 4.72 \mu\text{M}$ )，其中秋季海水  $\text{NH}_4^+$  平均濃度因為濃度過低超過儀器的偵測極限，所以沒有測到濃度值；海水  $\text{PO}_4^{3-}$  平均濃度秋季最高( $5.25 \pm 1.27 \mu\text{M}$ )，冬季最低( $2.64 \pm 1.43 \mu\text{M}$ )。

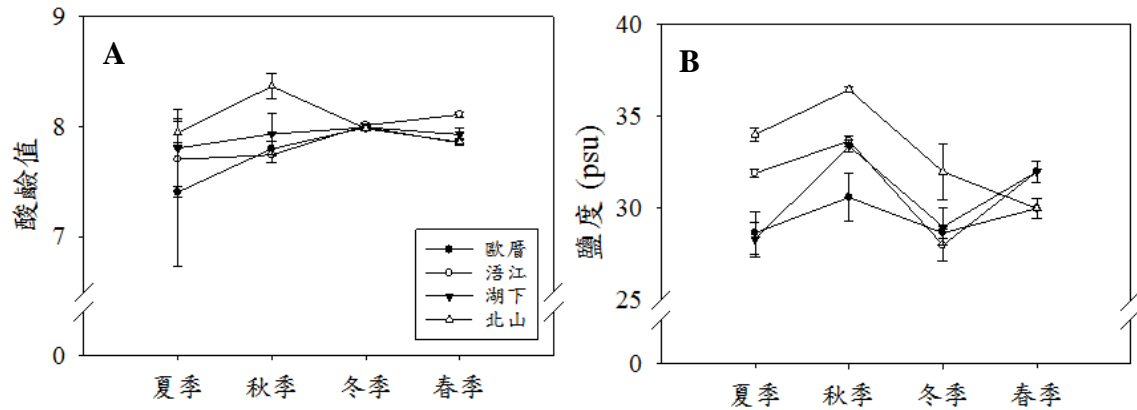


圖 3-4. 孔隙水水質變化。(A)孔隙水酸鹼值。(B)孔隙水鹽度。

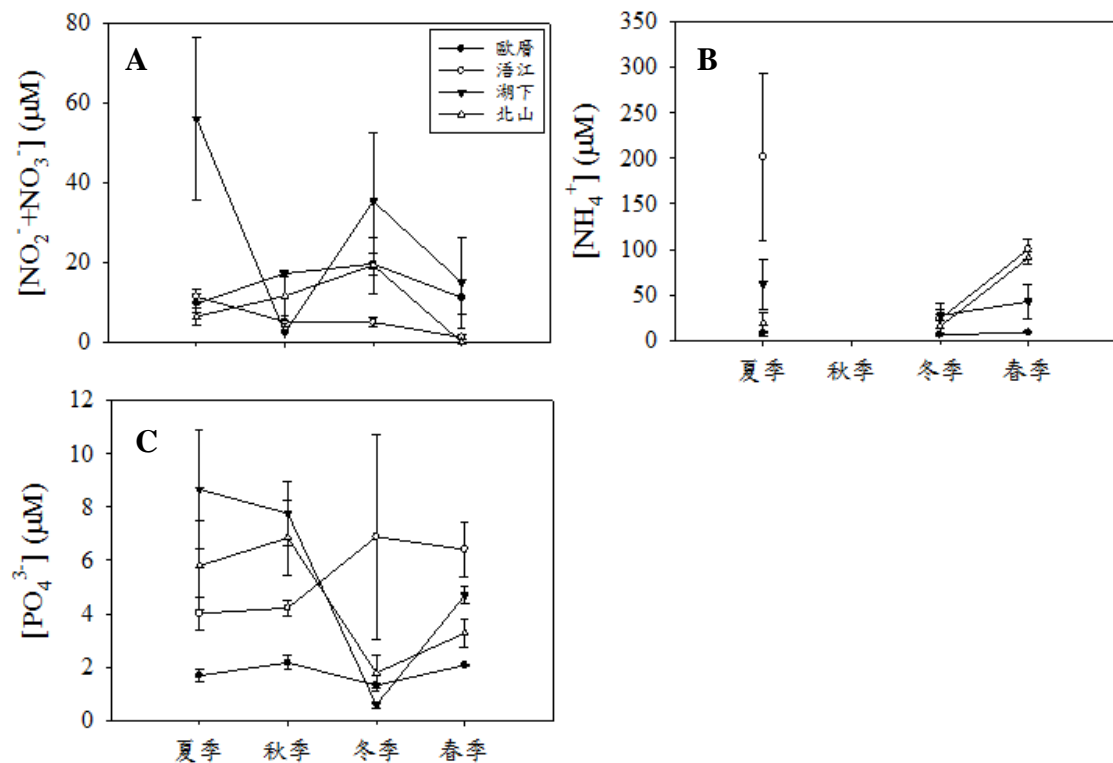


圖 3-5. 四季孔隙水營養鹽濃度變化。(A)孔隙水  $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$  濃度。(B)孔隙水  $\text{NH}_4^+$  濃度。(C)孔隙水  $\text{PO}_4^{3-}$  濃度。

## 參、底土

### 一、粒徑分析

底土粒徑大小分析結果如圖 3-6，底土粒徑分類結果如表 3-1。粒徑大小在夏、秋、冬、春季皆以北山樣點最小( $0.10\pm 0.01$ 、 $0.11\pm 0.00$ 、 $0.13\pm 0.03$ 、 $0.13\pm 0.03$  mm)，夏、秋、冬季以浯江樣點最大( $0.64\pm 0.02$ 、 $0.75\pm 0.02$ 、 $0.60\pm 0.04$  mm)，春季則以歐厝樣點最大( $0.57\pm 0.09$  mm)。

底質篩選係數分析結果如圖 3-7，底質粒徑篩選度結果如表 3-2。夏、秋、冬、春季皆以北山樣點最高( $2.18\pm 0.20$ 、 $1.81\pm 0.08$ 、 $1.98\pm 0.11$ 、 $2.03\pm 0.16$  mm)，夏、冬季以歐厝樣點最低( $0.61\pm 0.10$ 、 $0.58\pm 0.05$  mm)，秋、春季以湖下樣點最低( $0.69\pm 0.06$ 、 $0.54\pm 0.03$  mm)。

粉泥黏土含量分析結果如圖 3-8。粉泥黏土含量在夏、秋、冬、春季皆以北山樣點最高( $27.52\pm 2.48$ 、 $31.17\pm 4.77$ 、 $30.21\pm 2.50$ 、 $29.36\pm 2.73$  %)，歐厝樣點最低( $0.07\pm 0.03$ 、 $0.08\pm 0.04$ 、 $0.05\pm 0.00$ 、 $0.09\pm 0.01$  %)。

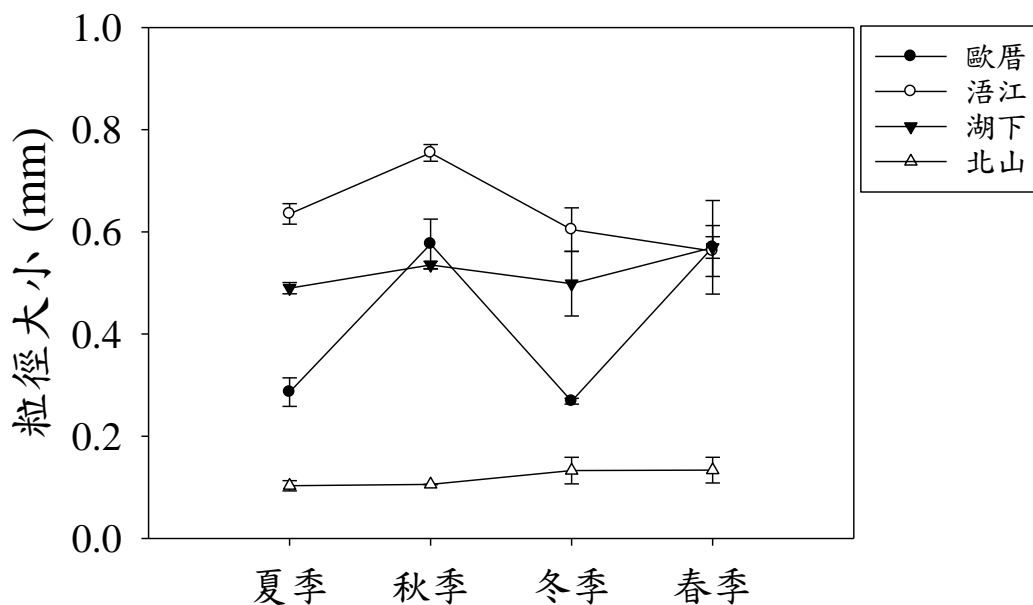


圖 3-6. 四季底土粒徑大小變化圖。

表 3-1. 各調查樣點四季底土粒徑大小分類結果。

	夏季	秋季	冬季	春季
歐厝樣點	中等粗砂	粗砂	中等粗砂	粗砂
浯江樣點	粗砂	粗砂	粗砂	粗砂
湖下樣點	中等粗砂	粗砂	粗砂	粗砂
北山樣點	極細砂	極細砂	細砂	細砂

表 3-2. 各調查樣點四季底土篩選度分類結果。

	夏季	秋季	冬季	春季
歐厝樣點	中等佳	尚佳	中等佳	尚佳
浯江樣點	不佳	不佳	不佳	尚佳
湖下樣點	中等佳	中等佳	中等佳	中等佳
北山樣點	極不佳	不佳	不佳	極不佳

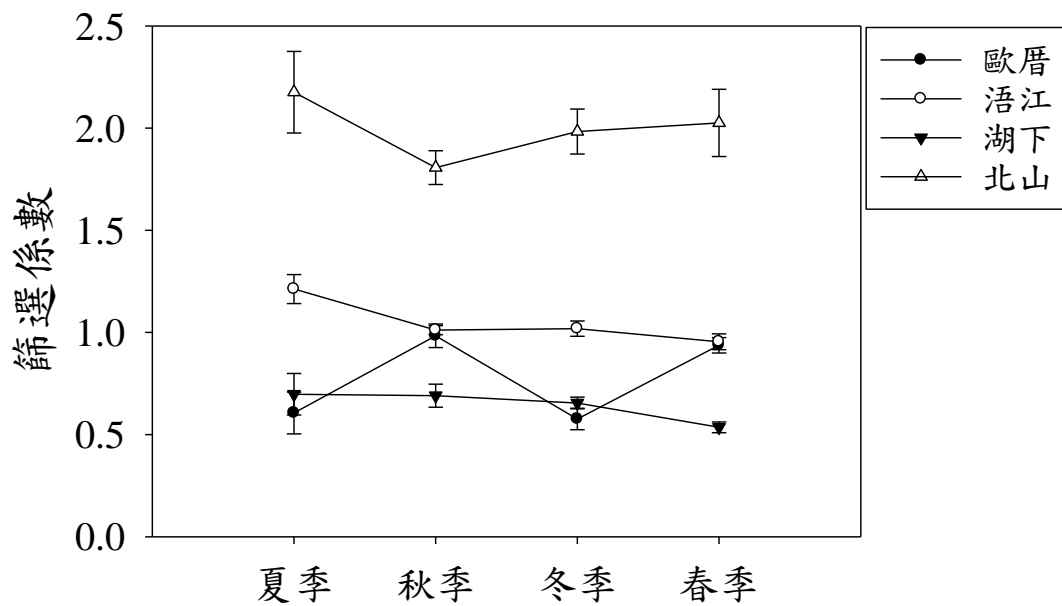


圖 3-7. 四季底土篩選係數變化圖。

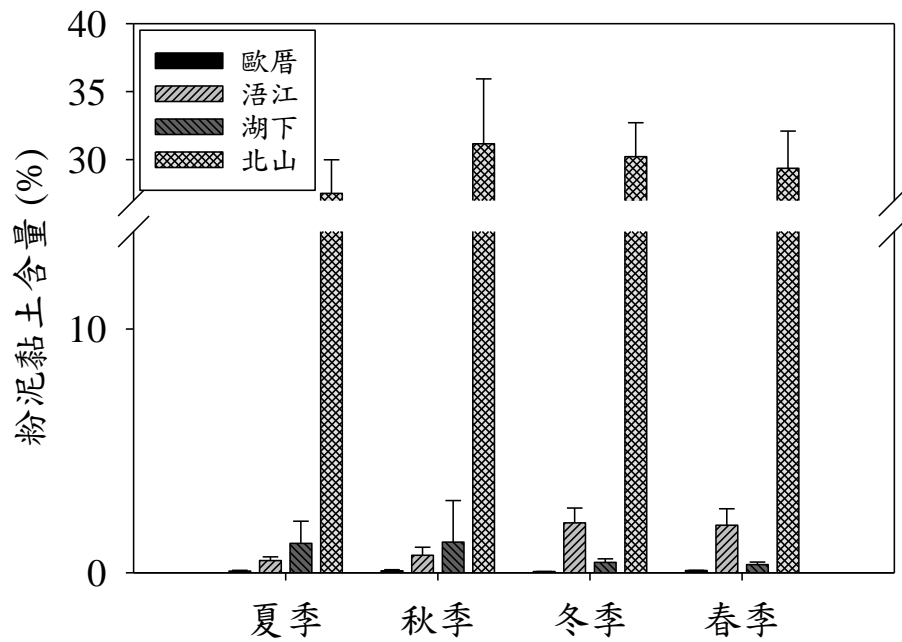


圖 3-8. 四季底土粉泥黏土含量結果。

## 二、氧化電位值

底土氧化電位值四季測量結果如圖 3-9。各實驗樣點除歐厝樣點冬季底土氧化電位值較其他三季高外，其餘樣點在四季的底土氧化電位值較相似。氧化電位值為正代表底土為氧化層，反之氧化電位為負值則代表底土為還原層，氧化電位值為 0 時的底土深度即為氧化還原不連續層(RDL)的深度，四個樣點間 RDL 深度比較由深至淺為：歐厝樣點、湖下樣點、浯江樣點、北山樣點。

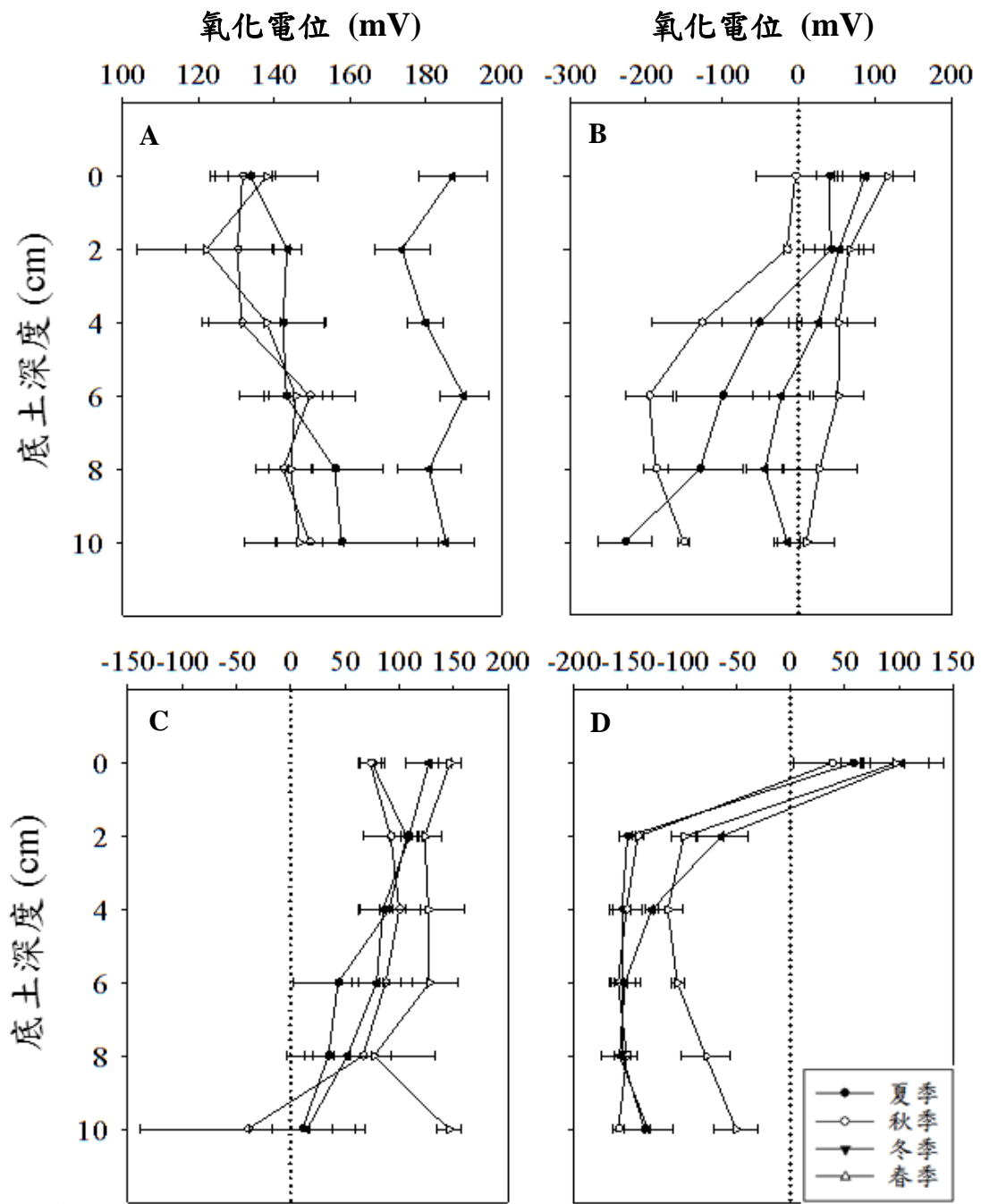


圖 3-9. 四季底土氧化電位變化圖。(A)歐厝樣點。(B)浯江樣點。(C)湖下樣點。  
(D)北山樣點。

### 三、有機物質含量

底土有機物質含量分析結果如圖 3-10。有機物質含量在夏、秋、冬、春季皆以北山樣點最高(1.56±0.08、1.14±0.02、1.48±0.11、1.35±0.08 %)，歐厝樣點最低(0.28±0.01、0.21±0.01、0.22±0.02、0.22±0.00 %)。

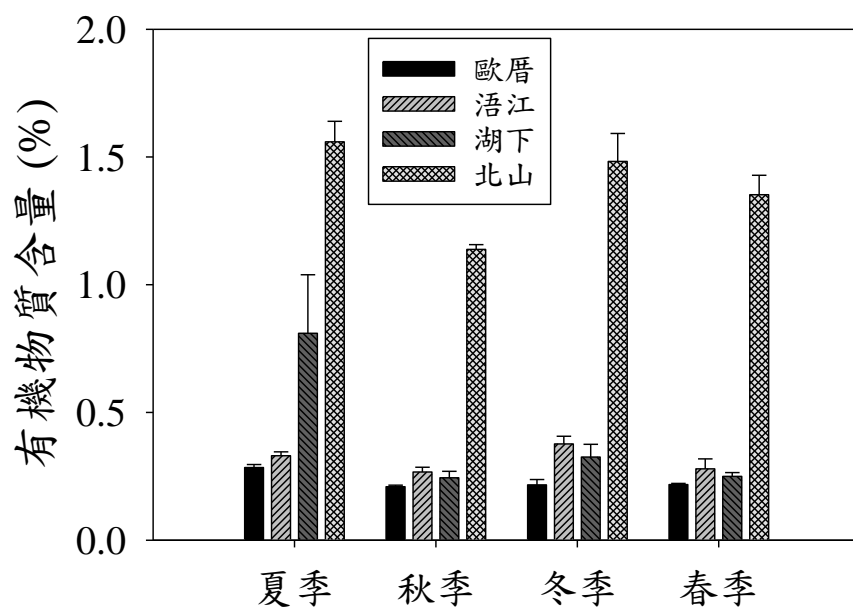


圖 3-10. 四季底土有機物質含量變化圖。



## 第二節 生物因子

### 壹、底棲微藻生物量

底棲微藻生物量以葉綠素 *a* 濃度表示，測量結果如圖 3-11。夏、秋、冬及春季皆以歐厝樣點的葉綠素 *a* 濃度最低(28.68±3.68、10.01±2.03、13.94±0.83、9.83±1.35 mg m<sup>-2</sup>)。夏、秋及冬季以浯江樣點最高(297.59±31.02、203.10±33.26、134.70±15.00 mg m<sup>-2</sup>)，春季則以北山樣點高(139.91±8.47 mg m<sup>-2</sup>)。

### 貳、維管束植物生物量

互花米草生物量及甘草生物量測量結果如圖 3-12。互花米草生物量在夏、秋兩季沒有很大的差異(65.26±22.38、66.56±12.80 gDW m<sup>-2</sup>)；甘草在夏、秋、冬三季的生物量則有增加的現象，以冬季最高(39.99±4.06 gDW m<sup>-2</sup>)。

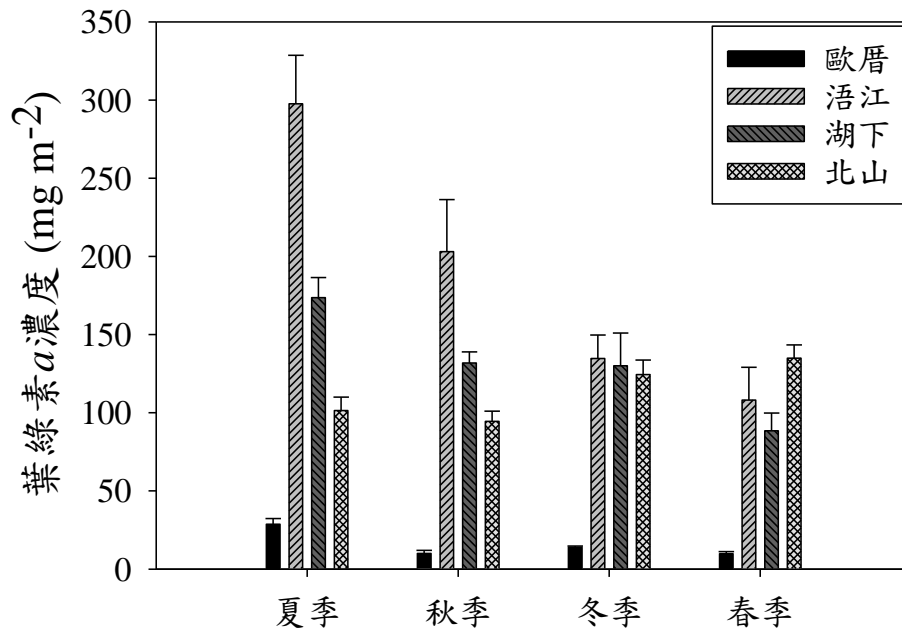


圖 3-11. 四季各樣點葉綠素 *a* 測量結果。

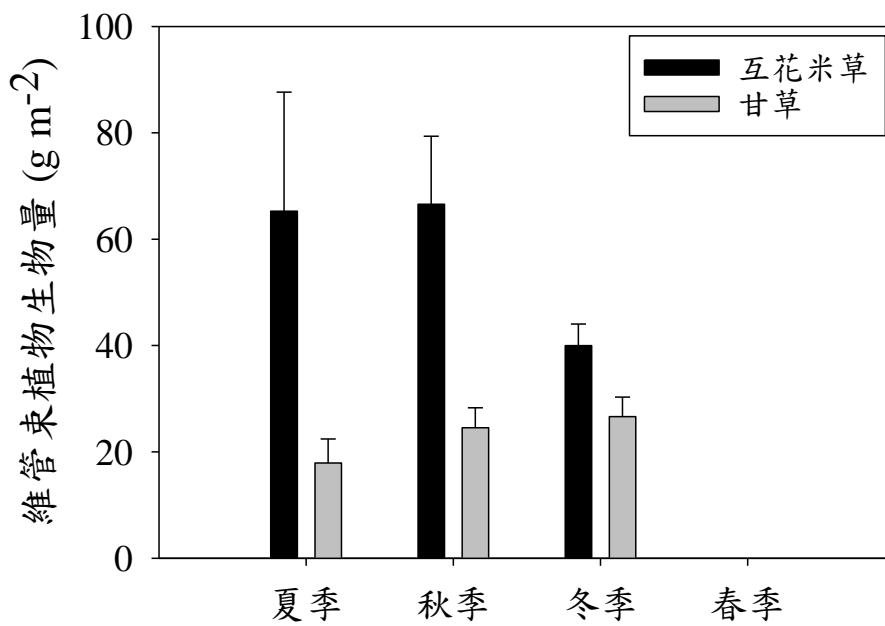


圖 3-12. 維管束植物生物量的測量結果。

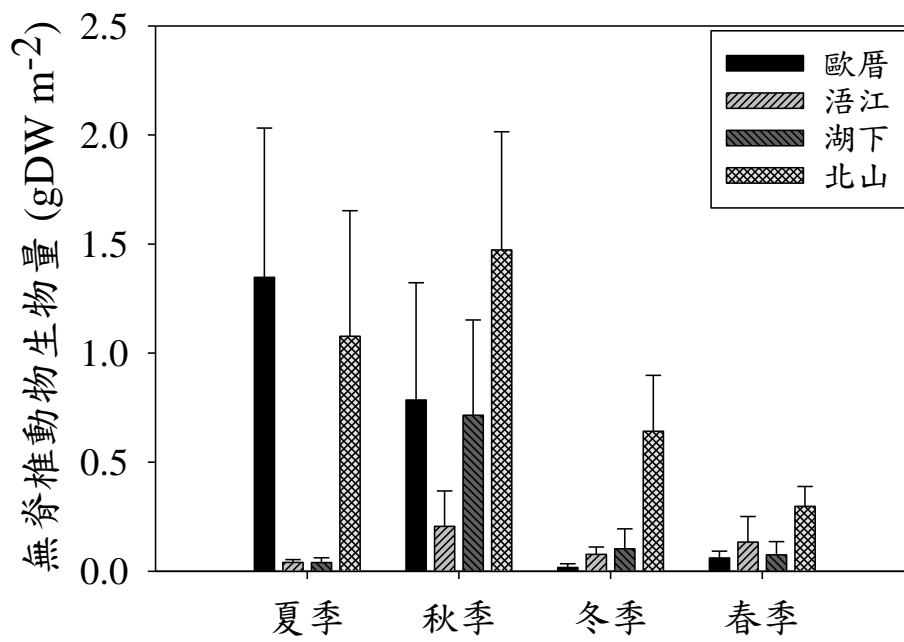


圖 3-13. 底棲無脊椎動物生物量的測量結果。

### 參、底棲無脊椎動物生物量

底棲無脊椎動物生物量測量結果如圖 3-13。在四個樣點四個季節的採樣中，歐厝樣點主要以雙殼綱廉蛤科的無脊椎動物為主，浯江樣點主要有和尚蟹科 (Mictyridae) 及多毛類的沙蠶等無脊椎動物，湖下樣點有和尚蟹科、沙蟹科 (Ocypodidae) 及多毛類的沙蠶等無脊椎動物、北山樣點主要以多毛類的沙蠶、管蟲及少數簾蛤科 (Veneridae)、沙蟹科等無脊椎動物為主。底棲無脊椎動物生物量在夏季以歐厝樣點最高 ( $1.38 \pm 0.69 \text{ gDW m}^{-2}$ )，秋、冬及春季則以北山樣點最高 ( $1.47 \pm 0.54$ 、 $0.64 \pm 0.26$ 、 $0.30 \pm 0.09 \text{ gDW m}^{-2}$ )。

### 第三節 生產量和呼吸量

#### 壹、底棲生物群集生產量和呼吸量

底棲生物群集淨初級生產量(NCP)測量的結果如圖 3-14(A)。在夏、冬及春季皆以北山樣點較高( $18.73\pm 3.31$ 、 $56.07\pm 5.15$ 、 $59.34\pm 8.20$   $\text{mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ )，秋季則以浣江樣點最高( $13.36\pm 1.31$   $\text{mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ )；夏、秋、冬及春季皆以歐厝樣點最低( $5.56\pm 1.36$ 、 $4.26\pm 3.15$ 、 $5.25\pm 1.72$ 、 $1.23\pm 0.69$   $\text{mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ )。

底棲生物群集呼吸量(CR)測量結果如圖 3-14(B)。在夏、秋、冬及春季皆以北山樣點最高( $5.26\pm 1.15$ 、 $2.93\pm 0.62$ 、 $5.01\pm 1.28$ 、 $4.39\pm 0.73$   $\text{mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ )；夏季則以浣江樣點最低( $1.31\pm 0.19$   $\text{mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ )，秋季則以湖下樣點最低( $0.94\pm 0.20$   $\text{mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ )，冬、春季則以歐厝樣點最低( $0.37\pm 0.13$ 、 $0.41\pm 0.07$   $\text{mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ )。

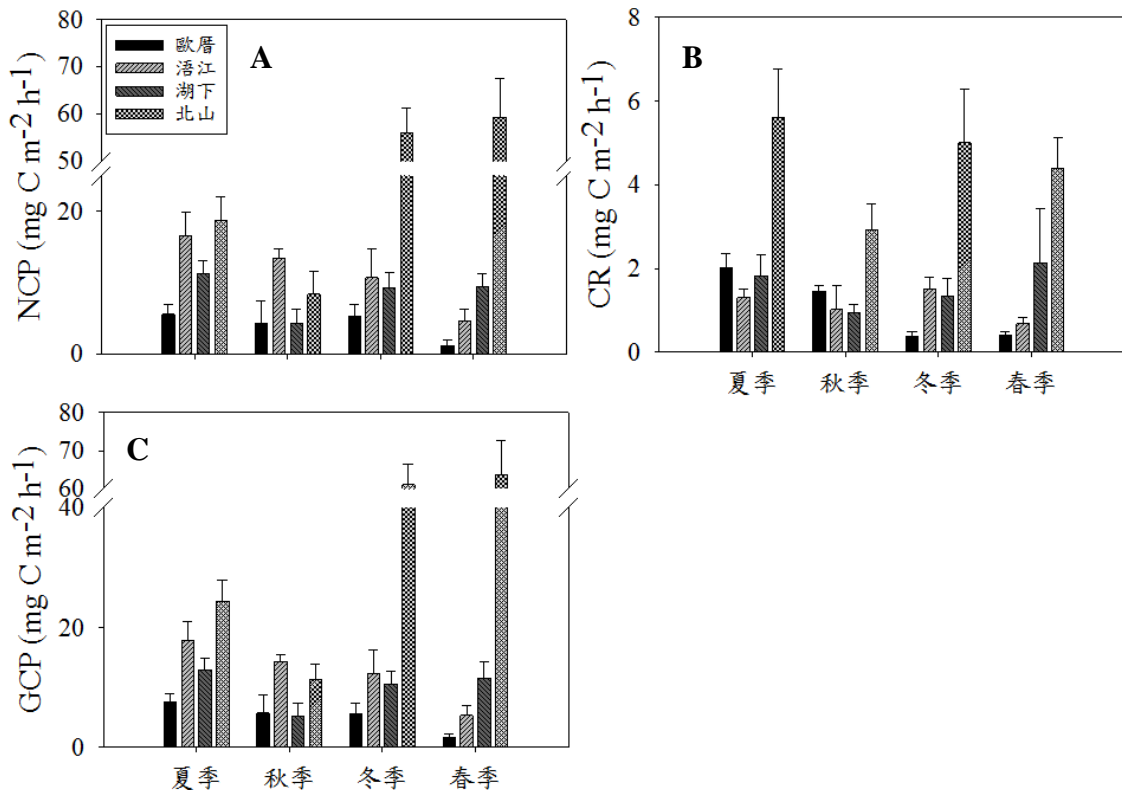


圖 3-14. 底棲生物群集生產量與呼吸量的測量結果。(A)底棲生物群集淨初級生產量(NCP)。(B)底棲生物群集呼吸量(CR)。(C)底棲生物群集總生產量(GCP)。

底棲生物群集總生產量(GCP)測量結果如圖 3-14(C)。在夏、冬及春季皆以北山樣點較高( $24.35\pm 3.57$ 、 $61.08\pm 5.37$ 、 $63.73\pm 8.92$   $\text{mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$ )，歐厝樣點最低( $7.57\pm 1.43$ 、 $5.62\pm 1.77$ 、 $1.64\pm 0.64$   $\text{mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$ )，秋季則以浯江樣點最高( $14.38\pm 1.04$   $\text{mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$ )，湖下樣點最低( $5.29\pm 2.15$   $\text{mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$ )。

## 貳、維管束植物生產量和呼吸量

維管束植物淨生產量(NP)測量結果如圖 3-15(A)。春季的測量結果異常，因此暫不併入分析。互花米草的 NP 在秋季最高( $141.94\pm 23.14$   $\text{mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$ )，夏季最低( $30.37\pm 5.09$   $\text{mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$ )。甘草的 NP 在夏、秋、冬季測得的值相似( $19.77\pm 3.64$ 、 $22.69\pm 3.30$ 、 $23.09\pm 5.56$   $\text{mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$ )。

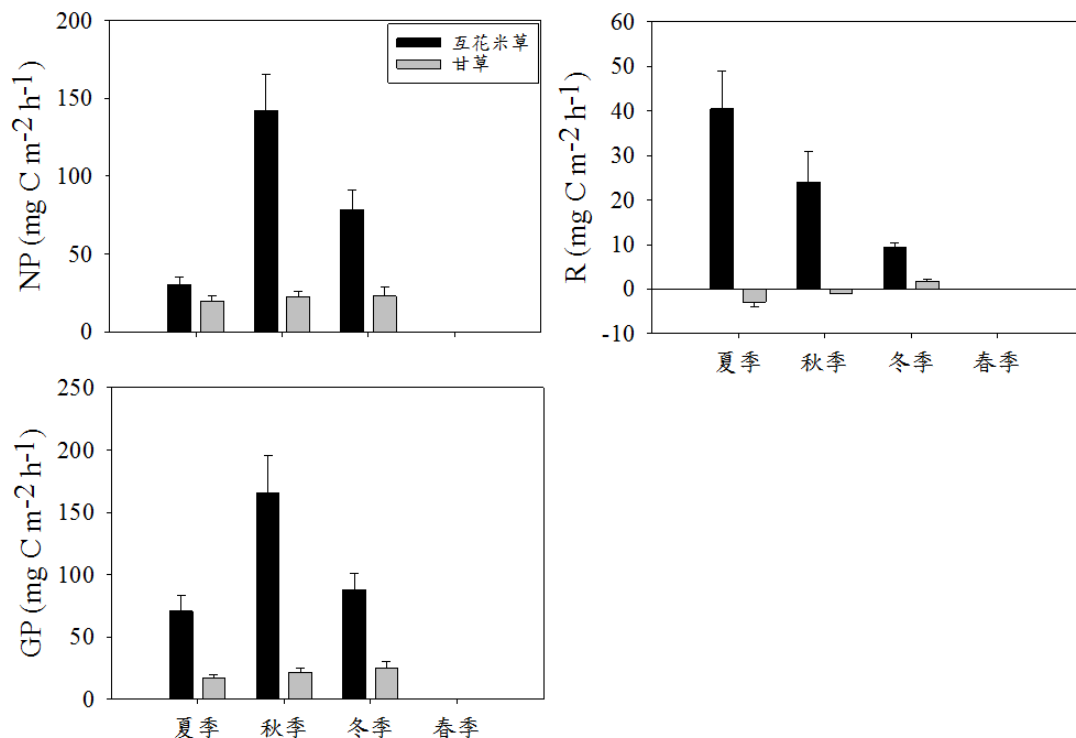


圖 3-15. 維管束植物生產量與呼吸量的測量結果。(A)維管束植物淨生產量(NP)。

(B)維管束植物呼吸量(R)。(C)維管束植物總生產量(GP)。

維管束植物呼吸量(R)測量結果如圖 3-15(B)。互花米草的 R 在夏季最高 ( $40.45 \pm 8.49 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ )，冬季最低( $9.32 \pm 1.05 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ )。甘草的 R 在夏、秋季為負值( $-2.92 \pm 0.97$ 、 $-0.89 \pm 0.18 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ )，推測可能是在割除甘草時擾動底土造成，但實際造成原因仍不清楚，冬季則為正值( $1.66 \pm 0.56 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ )。

維管束植物總生產量(GP)測量結果如圖 3-15(C)。互花米草的 GP 在秋季最高( $166.00 \pm 30.06 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ )，較夏季最低( $70.82 \pm 12.68 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ )。甘草的 GP 在冬季最高( $24.75 \pm 5.76 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ )，夏季最低( $16.85 \pm 3.26 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ )。

維管束植物生產量主要受密閉罩蓋內的生物量的多寡所影響，因此將測得維管束植物的生產量以生物量做標準化，得到維管束植物淨生產力( $\text{NP}^{\text{B}}$ )和總生產力( $\text{GP}^{\text{B}}$ )，結果如圖 3-16。不論是  $\text{NP}^{\text{B}}$  或  $\text{GP}^{\text{B}}$ ，互花米草皆以在秋季最高( $2.02 \pm 0.16$ 、 $2.26 \pm 0.15 \text{ mg C [gDW plant]}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )，夏季最低( $0.58 \pm 0.09$ 、 $1.32 \pm 0.22 \text{ mg C [gDW plant]}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )，甘草皆以在夏季最高( $1.74 \pm 0.54$ 、 $1.40 \pm 0.38 \text{ mg C [gDW plant]}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )，秋、冬季相差不大。

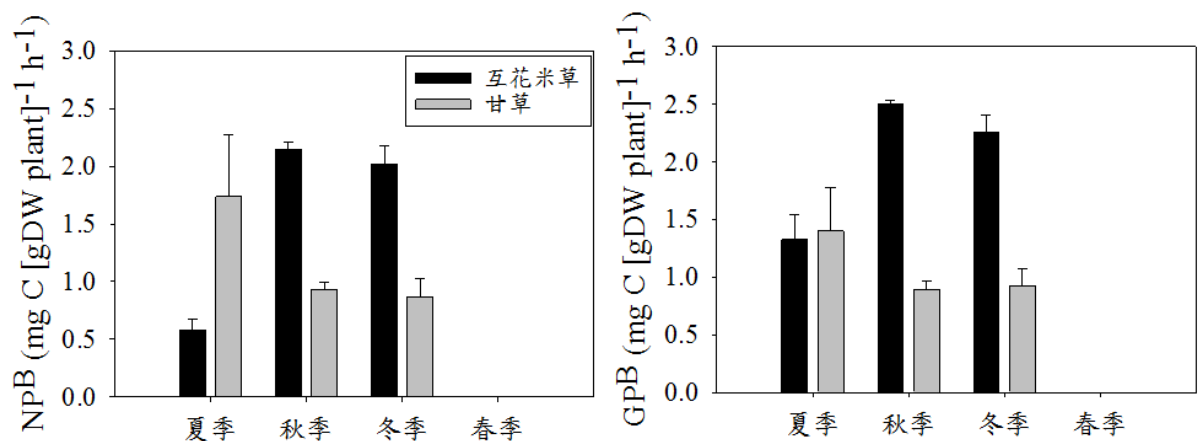


圖 3-16. 維管束植物生產量以生物量標準化的結果。(A)維管束植物淨生產力 ( $\text{NP}^{\text{B}}$ )。(B)維管束植物總生產力( $\text{GP}^{\text{B}}$ )。

### 參、年生產量估算

各調查樣點的年生產量估算如表 3-3，歐厝樣點為  $3.45 \text{ g C m}^{-2}$ ，浯江樣點為  $19.00 \text{ g C m}^{-2}$ ，湖下樣點為  $7.93 \text{ g C m}^{-2}$  及北山樣點為  $26.77 \text{ g C m}^{-2}$ 。維管束植物年生產量估算，互花米草為  $317.25 \text{ g C m}^{-2}$ ，甘草為  $89.62 \text{ g C m}^{-2}$ 。

### 肆、年碳吸收量及碳吸收生態服務價值估算

各調查樣點的年生產量與代表該區的海岸面積相乘可估算金門本島西海岸一年的碳吸收量(表 3-3)，金門本島西海岸的年碳吸收量加總為  $189.51 \text{ ton C yr}^{-1}$ ，換算金門本島西海岸沿海濕地年碳吸收量提供生態系統服務價值每年為 270,246 元，約為 1 座台北市大安森林公園半年的碳吸收量。

表 3-3. 四個調查樣點的年生產量及年碳吸收量。

調查樣點	底棲植物 (生產者)	年生產量 ( $\text{g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ )	海岸面積 ( $\text{m}^2$ )	年碳吸收量 ( $\text{ton C yr}^{-1}$ )
歐厝樣點	底棲微藻	3.45	$352.82 \times 10^4$	12.17
	底棲微藻	19.00	$133.90 \times 10^4$	25.44
浯江樣點	互花米草	317.25	810	0.26
	甘草	89.62	1760	0.16
湖下樣點	底棲微藻	7.93	$174.15 \times 10^4$	13.81
北山樣點	底棲微藻	26.77	$514.25 \times 10^4$	137.67

## 第四節 統計分析

### 壹、底棲生物群集生產量和呼吸量與環境、生物因子的相關性分析

底棲生物群集生產量和呼吸量與環境、生物因子間相關性分析結果如表 3-4。底棲生物群集淨生產量(NCP)和底棲微藻生物量、底土粉泥黏土含量及土壤有機物質含量有顯著正相關，與底土粒徑大小有顯著負相關。底棲生物群集呼吸量(CR)和底棲無脊椎動物生物量、底土粉泥黏土含量及土壤有機物質含量有顯著正相關，與底土粒徑大小有顯著負相關。底棲生物群集總生產量(GCP)和底棲微藻生物量、底土粉泥黏土含量及土壤有機物質含量有顯著正相關，與底土粒徑大小有顯著負相關。

### 貳、季節、地點對底棲生物群集生產量和呼吸量的變異數分析

季節和地點對底棲生物群集生產量和呼吸量的雙因子變異數分析(Two-way ANOVA)結果如表 3-5。底棲生物群集淨生產量(NCP)、底棲生物群集呼吸量(CR)及底棲生物群集總生產量(GCP)的結果顯示地點和季節間皆有交感作用。

NCP 和 GCP 在北山樣點在四個樣點中最高，以夏、秋季較低，冬、春季較高，在歐厝樣點及浯江樣點則有和北山樣點相反的結果，以冬、春季較低，夏、秋季較高。湖下樣點則以秋季最低，夏季較高。

CR 在四個樣點間的季節變化皆不同。北山樣點的 CR 在四個樣點中最高，以夏季高、秋季低，歐厝樣點則是夏季高，冬、春季低，浯江樣點以冬季高，夏、秋季低，湖下樣點以春季高，秋季低。

### 參、季節、植物種類對維管束植物生產量和呼吸量的變異數分析

季節和植物種類對維管束植物生產量和呼吸量的雙因子變異數分析(Two-way ANOVA)結果如表 3-6。維管束植物淨生產量(NP)在季節間與植物種類



間有顯著差異，以 Duncan's Multiple Range Test 事後檢定發現秋季顯著高於夏季、互花米草顯著高於甘草。維管束植物呼吸量(CR)的結果顯示季節和不同植物種類有交互作用。互花米草的 CR 會隨著季節(夏、秋、冬季)有遞減的現象，而甘草則會隨著季節(夏、秋、冬季)有增加的現象。維管束植物總生產量(GP)在植物種類間有顯著差異，以 Duncan's Multiple Range Test 事後檢定發現，互花米草顯著高於甘草。

表 3-4. 底棲生物群集生產量和呼吸量與環境、生物因子 Spearman's rank correlation 相關性結果。

		底土葉綠素 <i>a</i> 濃度	海水 [NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	海水 [NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ]	海水 [PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ]	孔隙水 鹽度	海水 溫度	海水 鹽度	底土 粒徑大小	底土 有機物質含量
NCP	<i>r</i>	0.4490	0.0359	-0.0004	0.0653	0.2289	0.1049	0.0353	-0.2731	0.6121
	<i>p</i>	0.0003	0.7819	0.9975	0.6140	0.0840	0.4171	0.7854	0.0317	< .0001
CR	<i>r</i>	0.1271	0.1106	0.0663	0.1255	0.1863	0.1960	0.0313	-0.5678	0.7082
	<i>p</i>	0.3249	0.3920	0.6374	0.3310	0.1616	0.1269	0.8090	< .0001	< .0001
GCP	<i>r</i>	0.4303	0.0250	0.0128	0.0804	0.2365	0.1338	0.0436	-0.3409	0.6713
	<i>p</i>	0.0005	0.8470	0.9274	0.5347	0.0738	0.2999	0.7368	0.0067	< .0001
		底棲無脊椎 動物生物量	孔隙水 [NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	孔隙水 [NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ]	孔隙水 [PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ]	孔隙水 酸鹼值	海水 酸鹼值	海水 溶氧值	底土 粉泥黏土含量	
NCP	<i>r</i>	0.0577	-0.0821	0.0880	-0.0260	-0.0582	0.0155	-0.0523	0.5943	
	<i>p</i>	0.6558	0.5295	0.5309	0.8409	0.6618	0.9049	0.6864	< .0001	
CR	<i>r</i>	0.4301	-0.0841	-0.0198	-0.0027	0.0194	0.1012	-0.1051	0.4919	
	<i>p</i>	0.0005	0.5191	0.8883	0.9831	0.8840	0.4338	0.4162	< .0001	
GCP	<i>r</i>	0.1092	-0.0788	0.0692	-0.0173	-0.0461	0.0385	-0.0719	0.6174	
	<i>p</i>	0.3982	0.5461	0.6223	0.8938	0.7290	0.7664	0.5787	< .0001	

表 3-5. 季節、地點對底棲生物群集生產量和呼吸量雙因子變異數分析的結果。

	Factor	d.f.	F-value	p	Duncan's Test
	季節	3	4.16	*	
NCP	地點	3	30.50	***	
	季節*地點	9	5.37	***	
	季節	3	3.99	*	
CR	地點	3	23.27	***	
	季節*地點	9	2.86	**	
	季節	3	4.88	**	
GCP	地點	3	39.07	***	
	季節*地點	9	6.24	***	

Duncan's Multiple Range Test：其中英文字母不同之平均值有顯著差異( $p < 0.05$ )，兩組間只要有任何一個字母相同則無顯著差異，由左而右為平均數由大至小排列。

OC：歐厝樣點。WJ：浯江樣點。HX：湖下樣點。BS：北山樣點。

Sum：夏季。Aut：秋季。Win：冬季。Spr：春季。

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ , n.s.  $> 0.05$ 。

表 3-6. 季節、植物種類對維管束生產量和呼吸量雙因子變異數分析的結果。

	Factor	d.f.	F-value	p	Duncan's Test
	季節	2	5.03	***	Sum <sup>B</sup> 、Aut <sup>A</sup> 、Win <sup>AB</sup>
NP	植物種類	1	20.02	***	SA <sup>A</sup> 、ZJ <sup>B</sup>
	季節*植物種類	2	1.86	n.s.	
	季節	2	3.34	n.s.	
R	植物種類	1	27.04	***	
	季節*植物種類	2	6.01	*	
	季節	2	2.21	n.s.	
GP	植物種類	1	35.44	***	SA <sup>A</sup> 、ZJ <sup>B</sup>
	季節*植物種類	2	0.5	n.s.	

Duncan's Multiple Range Test：其中英文字母不同之平均值有顯著差異( $p < 0.05$ )，兩組間只要有任何一個字母相同則無顯著差異，由左而右為平均數由大至小排列。

SA：互花米草區。ZJ：甘草區。

Sum：夏季。Aut：秋季。Win：冬季。Spr：春季。

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ , n.s.  $> 0.05$ 。

## 第四章 討論

### 第一節 影響生產量的主要因子

MacIntyre et al.(1996)研究指出，影響底棲微藻生產量的環境因子有表土葉綠素 *a* 濃度、光照度、溫度、潮汐等。但由本調查結果顯示，對金門島西半部沿海濕地底棲微藻碳代謝作用的主要影響因子是底土葉綠素 *a* 濃度、底土粒徑、底土粉泥黏土含量及底土有機物質含量。

由相關性結果可以發現主要影響底棲生物群集生產量(GCP、NCP)的因素以底土環境因子為主，海水環境因子的相關性較小(表 3-4)。底土葉綠素 *a* 濃度可代表底土內底棲微藻的生物量，當底土葉綠素 *a* 濃度(底棲微藻生物量)愈高(圖 3-11)，則有提供較高的生產量，反之則如歐厝樣點底土葉綠素 *a* 濃度(底棲微藻生物量)最低，提供的生產量也最低。但在北山樣點的葉綠素 *a* 濃度雖僅有在春季最高，但在夏、冬、春等三季的生產量皆是四個樣點中最高，觀察北山樣點的氧化電位(Eh)及氧化還原不連續層(RDL)的深度(圖 3-9)可以發現底土 Eh 最低且 RDL 最淺。Eh 可以反應底土中有機物質分解的情形，當底質有機物質含量增加時，微生物的分解作用增強使得 Eh 下降；而當有機物減少或波浪、潮汐擾動增加時，Eh 會升高(Pearson and Stanley 1979)。北山樣點底土氧化層深度最淺，累積的有機物質含量較多(圖 3-10)，使底棲微藻的營養來源豐富而有高生產量。反之如歐厝樣點底土氧化層深度最深，累積有機物質含量最少，提供底棲微藻的營養來源較少而有最低的生產量。

由相關性結果可以發現主要影響底棲生物群集呼吸量(CR)的因素亦以底土環境因子為主，海水環境因子的相關性較小(表 3-4)。底棲生物群集的呼吸量主要貢獻者為底棲微藻及底棲無脊椎動物。由相關性結果可以發現葉綠素 *a* 濃度和 CR 的相關性較低，底棲無脊椎動物生物量則有顯著正相關(表 3-4)，以 CR 在四季皆最高的北山樣點為例，北山樣點的底土粒徑最小(圖 3-6)且粉泥黏土含量最高(圖 3-8)，形成緻密的厭氧層。Wattermann et al.(1999)指出底土較細顆粒中保水性高且營養含量較高，北山樣點有機物質含量高，除了能提供底棲微藻營養來源外，也支持許多以濾食底土內有機物質的底棲無脊椎動物如多毛類的管蟲生長，造成有較高的生物量進而高的 CR。

## 第二節 與高美濕地比較

本次調查在金門本島西海岸沿海濕地調查底棲生物群集生產量和呼吸量，與台灣海峽東部同緯度在台中市的沿海濕地—高美濕地(24°18'N, 120°32'E)—的底棲生物群集生產量和呼吸量相比較。底棲生物群集生產量(GCP、NCP)及呼吸量(CR)除了歐厝樣點較高美濕地的平均值低、北山樣點較高美濕地的平均值高，NCP在兩沿海濕地的值相近，CR則在高美濕地較高，GCP也以高美濕地較高。但對照底土葉綠素 *a* 濃度可發現高美濕地較金門沿海濕地低，底土粒徑除北山樣點外比其他三個樣點都高。

高美濕地底棲生物群集呼吸量(CR)主要的影響因子是底土葉綠素 *a* 濃度及底棲無脊椎動物生物量，和本調查於金門本島西海岸沿海濕地的結果相似。高美濕地底棲生物群集生產量(GCP、NCP)主要影響因子有底土粒徑和底土粉泥黏土含量，底土粒徑有顯著的正相關性，而底土粉泥黏土含量有顯著的負相關性(李，2010)。但本調查的結果則是底土粒徑有顯著的負相關性而底土粉泥黏土含量有顯著的正相關性。由此可知影響沿海濕地底棲生物群集生產量和呼吸量的各因子中，底土因子是重要的，但詳細為何在不同的沿海濕地有不同的影響，仍有待日後深入研討。

### 第三節 金門本島西半部沿海濕地提供的生態服務價值

本調查結果顯示，金門本島西海岸的年碳吸收量加總為 189.51 ton C yr<sup>-1</sup>，約為 1 座台北市大安森林公園半年的碳吸收量，換算生態系統服務價值為 270,246 元，但此金額僅就金門本島西半部沿海濕地提供的「二氧化碳吸收」生態系統服務所計算得到，尚未考慮到「預防海嘯侵襲」、「穩定氣候」、「穩定海岸線」、「淨化水質」、「支持外部生態系統」、「營養循環」、「初級生產量」、「生物多樣性」等重要之生態系統服務功能。金門本島西半部沿海濕地提供全部的生態系統服務價值應詳細了解沿海濕地內部的海洋生物多樣性及海洋各項生態過程，才可計算得到金門本島西半部沿海濕地提供完整生態系統服務價值的金額。

未來如要進一步計算金門沿海濕地完整的生態服務價值，首先應先了解確定沿海濕地生態系服務的產生及變化的過程，確定沿海濕地生態系產生的服務項目、服務項目如何產生及沿海濕地生態系與提供的服務項目兩者間的相互影響的關係。其次是對沿海濕地生態系服務價值進行定量評估，劉等(2008)提出 13 種方法評估濕地生態系統價值、陳(2011)按「生態環境功能是否為市場財」以經濟學理論與方法評估生態價值、陳和黃(2011)依據「濕地價值的市場存在與否」提出 8 種方法評估濕地生態系統價值，但各計算方法是否適用於計算的服務項目需特別注意，避免有高估或低估的現象發生。最後是如何應用計算得到的沿海濕地生態系服務價值轉換到管理方案，先了解沿海濕地生態系變化對提供的服務項目造成的影響，再找出保護沿海濕地生態系、提高對人類福祉貢獻的管理選項，期望能影響使用者、團體及政府對金門沿海濕地的管理政策。

## 第五章 結論與建議

### 第一節 結論

本調查結果發現，在金門本島西海岸沿海濕地，北山樣點的底棲群集生產量和呼吸量高於其他樣點，因北山樣點的底土粒徑最小(泥灘地)，累積的有機物質含量較多，提供底棲微藻及底棲無脊椎動物較多的營養來源，使底棲微藻的生產量高且底棲無脊椎動物生物量增加而呼吸量高。歐厝樣點生產量最低，以底土粒徑最大(沙灘)，不易累積有機物質於底土中，使底棲微藻有低生產量。在金門本島西海岸沿海濕地底棲生物群集平均年碳生產為  $14.29 \pm 5.29 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ，而互花米草和甘草則有比底棲生物群集更高的年碳生產量，分別是底棲生物群集的 22.2 和 6.3 倍。綜合底棲生物群集及維管束植物的年碳生產量，一年金門本島西海岸沿海濕地可吸收  $189.51 \text{ ton C yr}^{-1}$ ，是提供沿海濕地生態系初級生產量並因二氧化碳的吸收有調節微氣候的功能，可以提供「二氧化碳吸收」此項生態系統服務功能價值為每年 270,246 元。

## 第二節 建議

### 壹、立即可行之建議

主辦機關：金門國家公園管理處

協辦機關：金門縣政府

- (1) 本計畫已建立適用於金門地區沿海濕地生態系統碳吸收之標準調查方法，可用於未來金門沿海濕地的生態監測與調查項目之一。
- (2) 本計畫證實了金門本島西半部沿海濕地具有明顯的碳匯生態系統服務功能(189.51 ton C yr<sup>-1</sup>)，也初步計算了此項生態系統的服務價格(每年 270,246 元)，可將此價格納入計算金門沿海濕地的經濟價值。
- (3) 此計畫所量化的金門本島西半部沿海濕地二氧化碳吸收量，既可作為沿海濕地生態系統調節之服務功能，亦是穩定微氣候之調節服務功能，同時也可做為初級生產量之支持服務功能計算基準。

### 貳、長期性建議

主辦機關：金門國家公園管理處

協辦機關：金門縣政府

- (1) 本計畫量化了金門本島西半部沿海濕地具有明顯的碳吸收生態系統服務功能(189.51 ton C yr<sup>-1</sup>)，按理推測，金門本島東半部以及小金門沿岸廣大的濕地也應該具有碳吸收生態系統服務功能，但未曾調查量測。未來應該儘快調查與量化金門本島東半部以及小金門沿岸廣大的濕地之碳吸收生態系統服務功能，對於金門沿海濕地的經濟價值的評估將會更形完整。
- (2) 金門本島西半部沿海濕地所具有吸收二氧化碳的生態系統調節服務功能、穩定微氣候之調節服務功能以及初級生產量之支持服務功能，顯示沿海濕地為金門珍貴自然資產，應進行生態監測，尤其是應該包括底質環境，同時致力於避免人為汙染與干擾，影響服務品質與服務量。



## 參考書目

- 行政院環境保護署環境檢驗所。2006。水中硝酸鹽氮檢測方法—分光光度計法。NIEA W419.51A。
- 李麗華、林幸助。2010。沿海濕地生態系碳通量研究。第一屆台灣濕地生態系研討會論文集。12-25 頁。
- 洪佩瑩。2001。大鵬灣碳及營養鹽之生地化作用及通量研究。國立中山大學海洋地質及化學研究所碩士學位論文。156 頁。
- 張惠珠、謝宗欣。1997。金門沿海海濱植物相調查研究。金門國家公園管理處委託研究。70 頁。
- 張朝輝、葉屬峰、朱明遠。2007。典型海洋生態系統服務及價值評估。海洋出版社。共 279 頁。
- 陳吉仲。2011。經濟學在生態價值的估計。第二屆台灣濕地生態系研討會論文集。138-153 頁。
- 陳韻如、黃裕盛。2011。國家重要濕地之經濟價值評估。第二屆台灣濕地生態系研討會論文集。154-163 頁。
- 黃山內、劉瑞美、林經緯。1999。台灣南部水稻田之甲烷釋放與減量對策。國科會專題研究計畫成果報告書，計畫編號：NSC 88-EPA-Z-067F-001。
- 黃士權。2002。綠色租稅改革下「統收統支」與「專款專用」對我國環境與經濟影響之一般均衡分析。國立台灣大學農業經濟學系暨研究所。共 74 頁。
- 劉增進、張鈺婧、常鳳蘭、潘樂。2008。濕地生態系統價值評價方法研究。安徽農業科學。第 34 期，15147-15148 頁。
- 謝蕙蓮、黃守忠、李坤瑄、陳章波。1993。潮間帶底棲生態調查法。生物科學。第 36 卷第 2 期，71-80 頁。
- Aselmann, I., and Crutzen, P.J.** (1989). Global distribution of natural freshwater wetlands and rice paddies, their net primary productivity, seasonality and possible methane emissions. *J. Atmos. Chem.* **8**: 307-358.
- Asmus R.** (1982). Field measurements on seasonal variation of the activity of primary producers on a sandy tidal flat in the northern Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* **16**: 389-402.
- Bartlett, K. and Harriss, R.C.** (1993). Review and assessment of methane emissions from wetlands. *Chemosphere* **26**: 261-320.

- Bouillon, S., Borges, A.V., Castañeda-Moya, E., Diele, K., Dittmar, T., Duke, N.C., Kristensen, E., Lee, S.Y., Marchnd, C., Middleburg, J.J., Rivera-Monroy, V.H., SmithIII, T.J., and Twilley, R.R.** (2008). Mangrove production and carbon sinks: a revision of global budget estimates. *Global Biogeochem. Cy.* **22**: GB2013, doi:10.1029/2007GB003052.
- Bridgham S.D., Megonigal J.P., Keller J.K., Bliss N.B., and Trettin C.** (2006). The carbon balance of North American wetlands. *Wetlands* **26**: 889-916.
- Brix, H., Sorrell, B.K., and Lorenzen, B.** (2001). Are Phragmites-dominated wetlands a net source or net sink of greenhouse gases? *Aquat. Bot.* **69**: 313-324.
- Buchanan, J.B., and Kain, J.M.** (1971). Measurement of the physical and chemical environment. In *Methods for the Study of Marine Benthos*, N.A. Holmes, and A.D. McIntyre, eds (UK/Oxford: Blackwell Scientific Publication ), pp.30-58.
- Chmura, G.L., Anisfeld, S.C., Cahoon, D.R., and Lynch, J.C.** (2003). Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils. *Global Biogeochem. Cy.* **17**: 1111, doi:10.1029/2002GB001917.
- Colijn, F., and de Jonge, V.N.** (1984). Primary production of microphytobenthos in the Ems-Dollard Estuary. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **14**: 185-196.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neil, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., and van den Belt, M.** (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* **387**: 253-260.
- Dixon, R.K., and Krankina, O.N.** (1995). Can the terrestrial biosphere be managed to conserve and sequester carbon? In *Carbon Sequestration in the Biosphere: Processes and Products*, (USA/New York: Springer), pp.153-179.
- Folk, R.L.** (1996). A review of grain-size parameters. *Sedimentology* **6**: 73-93.
- Freeman, C., Hudson, M., Lock, M.A., Reynolds, B., and Swanson, S.** (1994). A possible role of sulfate in the suppression of wetland methane fluxes following drought. *Soil Biol. Biochem.* **26**: 1439-1442.
- García-Robledo, E., Corzo, A., Papaspyrou, S., Jiménez-Arias J.L., and Villahermosa, D.** (2010). Freeze-lysolable inorganic nutrients in intertidal sediments: dependence on microphytobenthos abundance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **403**: 155-163.
- Gustavson, K., and Kennedy, E.** (2010). Approaching wetland valuation in Canada. *Wetlands.* **30**: 1065-1076.

- Hancke, K., and Glud, R.N.** (2004). Temperature effects on respiration and photosynthesis in three diatom-dominated benthic communities. *Aquat. Microb. Ecol.* **37**: 265-281.
- Hanson, A., Bérubé, D., Forbes, D., O'Carroll, S., Ollerhead, J., Olsen, L.** (2006). Impacts of sea-level rise and residential development on salt marsh in southeastern New Brunswick. In *Impacts of sea level rise and climate change on the coastal zone of Southeastern New Brunswick*, R. Daigle, ed. (Canada/Ottawa: Environmental Canada), pp.1994-2001.
- Hubas, C., Davoult, D., Cariou, T., and Artigas, L.F.** (2006). Factors controlling benthic metabolism during low tide along a granulometric gradient in an intertidal bay (Roscoff Aber Bay, France). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **316**: 53-68.
- Hsieh, H.L., and Chang, K.H.** (1991). Habitat characteristics and occurrence of the spionid *Pseudopolydora* sp. on the tube-caps of the onuphid *Diopatra bilobata* (Polychaeta: Spionidae, Onuphidae). *Bull. Inst. Zool., Academia Sinica* **30**: 331-339.
- Jassby, A.D., and Platt, T.** (1976). Mathematical formulation of the relationship between photosynthesis and light for phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.* **21**: 540-547.
- Jenkin, D., and Medsker, L.L.** (1964). A brucine method for the determination of nitrate in ocean, estuarine, and fresh waters. *Anal. Chem.* **36**: 610-612.
- Kelly, J.A., Honeywill, C., and Paterson, D.M.** (2001). Microscale analysis of chlorophyll *a* in cohesive, intertidal sediments: the implications of microphytobenthos distribution. *J. Mar. Biol. Ass. UK* **81**:151-162.
- Le Quéré, C., Raupach, M.R., Canadell, J.G., Marland, G., Bopp, L., Ciais, P., Conway, T.J., Doney, S.C., Feely, R.A., Foster, P., Friedlingstein, P., Gurney, K., Houghton, R.A., House, J.I., Huntingford, C., Levy, P.E., Lomas, M.R., Majkut, J., Metzger, N., Ometto, J.P., Peters, G.P., Prentice, I.C., Randerson, J.T., Running, S.W., Sarmiento, J.L., Schuster, U., Sitch, S., Takahashi, T., Viovy, N., van der Werf G.R., and Woodward, F.I.** (2009). Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. *Nat. Geosci.* **2**: 831-836.
- MacIntyre H.L., Geider R.J., and Miller D.C.** (1996). Microphytobenthos: the ecological role of the "secret garden" of unvegetated, shallow-water marine habitats. I. Distribution, abundance and primary production. *Estuaries* **19**: 186-201.

- Migné, A., Davoult, D., Spilmont, N., Menu, D., Boucher, G., Gattuso, J.P., and Rybczyk, H.** (2002). A closed-chamber CO<sub>2</sub> flux method for estimating primary production and respiration in emersed conditions. *Mar. Biol.* **140**: 865-869.
- Mitsch, W.J., and Gosselink, J.G.** (2007). *Wetlands*. (USA/Hoboken: John Wiley and Sons)
- Murphy, J., and Riley, J.P.** (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in nature water. *Analytica. Chimica. Acta.* **27**: pp.31-36.
- Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C.M., Valdés, L., De Young, C., Fonseca, L., and Grimsditch, G.** (2009). *Blue carbon. The role of healthy oceans in binding carbon*. (Norway/Arendal: UNEP GRID-Arendal)
- Pai, S.C., Tasu, Y.J., and Yang, T.I.** (2001). pH and buffering capacity problems involved in the determination of ammonia in saline water using the indo phenol blue spectrophotometric method. *Analytica Chimica Acta*, **434**: 209-216.
- Pai, S.C., and Yang, C.C.** (1990a). Effects of acidity and molybdate concentration on the kinetics of the formation of the phosphoantimonybdenum blue complex. *Anal. Chem. Acta.* **229**: 115-120.
- Pai, S.C., and Yang, C.C.** (1990b). Formation kinetics of the pink azo dye in the determination of nitrite in natural waters. *Anal. Chem. Acta.* **232**: 345-349.
- Parsons, T.R., Maita, Y., and Lalli, C.M.** (1984). *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*. (USA/New York: Pergamon Press), pp.7-9, 14-17.
- Pearson, T.H., and Stanley, S.O.** (1979). Comparative measurement of the redox of potential of marine sediments as a rapid means of assessing the effect of organic pollution. *Mar. Biol.* **53**: 371-379.
- Perkins, R.G., Lavaud, J., Serôdio, J., Mouget, J.L., Cartaxana, P., Rosa, P., Barille, L., Brotas, V., and Jesus, B.M.** (2010). Vertical cell movement is a primary response of intertidal benthic biofilms to increasing light dose. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **416**: 93-103.
- Pinckney, J., and Zingmark, R.G.** (1991). Effects of tidal stage and sun angles on intertidal benthic microalgae productivity. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **76**: 81-89.
- Platt, T., Gallegos, C.L., and Harrison, W.G.** (1980). Photoinhibition of

photosynthesis in natural assemblages of marine phytoplankton. *Journal of marine research*. **38**: 687-701.

**Serôdio, J.** (2003). A chlorophyll fluorescence index to estimate short-term rates of photosynthesis by intertidal microphytobenthos. *J. Phycol.* **39**: 33-46.

**Silva, J., Santos, R., Calleja, M.L., and Duarte, C.M.** (2005). Submerged versus air-exposed intertidal macrophyte productivity: from physiological to community-level assessments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **317**: 87-95.

**Spilmont, N., Migné, A., Seuront, L., and Davoult, D.** (2007). Short-term variability of intertidal benthic community production during emersion and the implication in annual budget calculation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **333**: 95-101.

**Sullivan, M., and Moncreiff, C.** (1988). Primary production of edaphic algal communities in a Mississippi salt marsh. *J. Phycol.* **24**: 49-58.

**Watermann, F., Hillebrand, H., Gerdes, G., Krumbein, W.E., and Sommer, U.** (1999). Competition between benthic cyanobacteria and diatoms as influenced by different grain sizes and temperatures. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **187**: 77-87.

## 附錄

### 壹、專業名詞詞彙表

專業名詞	名詞解釋
碳匯 carbon sink	具有固定自然界中碳的能力的系統，如海洋、土壤、生物體等。
碳吸收 carbon sequestration	大氣中的二氧化碳經由化學、生態反應固定於碳庫中的過程。
碳庫 carbon pool	自然界中具有儲存或釋放碳能力的系統。
碳通量 carbon flux	在生態系統中通過一單位面積內碳的總量。
孔隙水 pore water	儲存在於底土土壤顆粒間的水分，又稱為「間隙水」。
群集呼吸量 community respiration	環境中的生產者及消費者進行呼吸作用而產生二氧化碳的量。
總生產量 gross community production	環境中的生產者進行光合作用而從大氣中固定二氧化碳的量。
淨生產量 net community production	扣除環境中的生產者及消費者進行呼吸作用產生的二氧化碳，環境中的生產者進行光合作用而從大氣中固定二氧化碳的量。
氧化還原不連續層 redox discontinuity layer	底土中靠近表層的氧化層與底土深部的還原層交界的土壤區。
光合作用有效光度 photosynthetically active radiation	太陽輻射中生產者可吸收利用行使光合作用的光，光波長為 400~700 奈米(nm)。
微氣候 microclimate	指小範圍區域的氣候狀況，因為環境結構的影響造成與鄰近區域的氣候狀況不同。

檔 號：

保存年限：

## 金門國家公園管理處 函

機關地址：89248金門縣金寧鄉伯玉路2段460號

傳真：082-313124

聯絡電話：082-313120

聯絡人：蔡水田

受文者：保育研究課

發文日期：中華民國99年10月12日

發文字號：營金保字第0990013734號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：普通

附件：如主旨

主旨：檢送本處99年10月7日「金門國家公園沿海濕地碳通量調查計劃案」期中報告審查會議紀錄乙份，惠請儘速依合約規定辦理後續事宜，請查照。

說明：依本處九十九年九月二十四日營金保字第0990005504號開會通知單辦理。

正本：國立中興大學

副本：國立中興大學生命科學系林幸助教授、本處處長室、各課、站

處長 曾 偉 宏

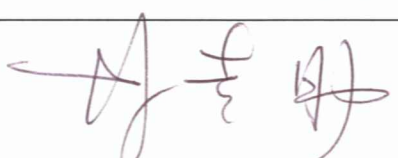
裝

訂

線

「金門國家公園沿海濕地碳通量調查計畫」  
期中報告會議紀錄

時間：99年10月7日（星期四）上午10時0分	
地點：本處會議室。	
主持人：曾處長偉宏 <span style="margin-left: 100px;">曾偉宏</span> <span style="float: right;">記錄：蔡水田</span>	
出席人員	簽到處
盧副處長淑妃	合義
鄭秘書瑞昌	鄭瑞昌
企劃經理課	
環境維護課	
遊憩服務課	蘇芊暹代
解說教育課	黃子娟
烈嶼管理站	楊恭賢
西區管理站	許丕祥
東區管理站	王國俊
保育研究課	邱天火

列席人員	簽到處
國立中興大學	



一、簡報：(略)

二、會議討論

主席暨管理處同仁

- (一) 世界文明發展對於建設的不遺餘力，同時亦注意到了生態保育的重要性；例如上海各項建設飛速，對於崇明島的濕地生態也投入了大量經費與人力加以保育，以為環境之平衡協調，本案透過對沿海濕地碳通量調查，希望對沿海濕地之了解而有益於環境保育之推行。
- (二) 良好生態環境屬於公共財為全民共享，惟易遭破壞管理不易，對於金門濕地環境之調查，可以作為國家公園繼續保育工作之重要參考。

受託單位回應

- (一) 全球性氣候變遷，導因於溫室氣體排放，亦使得濕地中有機泥氧化還原電位產生變化，影響濕地與該區域之生態環境，故有必要調查其碳吸存之狀況並分析其環境影響因子，以增加對現有環境之了解。
- (二) 本案四個實驗地點加上甘草與互花米草兩個樣區，共有六個樣區均顯示具碳匯功能，對於碳吸收有正面之貢獻。
- (三) 南山與北山海岸相鄰近，同樣處於面對廈門方面的大陸水域，其地理位置與海流方向相同，本案選擇在北山作實驗，故其數據可互相作為參考。

三、結論

- (一) 受託單位針對本處同仁之意見均有妥善回應及相關意見均請納入下階段工作之參酌。
- (二) 本期中簡報原則通過，並請受託單位依合約規定繼續執行。

四、散會：上午 11 時 10 分

檔 號：

保存年限：

## 金門國家公園管理處 函

機關地址：892金門縣金寧鄉伯玉路2段460號  
聯絡人：陳尚月  
聯絡電話：082-313172  
電子郵件：dcr@kmp.gov.tw  
傳真：082-313174

裝  
受文者：保育研究課

發文日期：中華民國100年5月13日

發文字號：營金保字第1000011625號

速別：速件

密等及解密條件或保密期限：普通

附件：會議紀錄乙份

訂  
主旨：檢送本處100年5月11日「金門國家公園沿海濕地碳通  
量調查計畫」期末報告審查會議紀錄乙份，惠請儘速依  
旨揭合約第三條規定辦理後續事宜，請 查照。

說明：依本處100年5月4日營金保字第1000002595號開會通  
知單續辦。

正本：國立中興大學、計畫主持人林幸助教授

副本：本處處長室、盧副處長淑妃、鄭秘書瑞昌、各課、站（均含附件）

線  
處長 陳茂春

# 「金門國家公園沿海濕地碳通量調查計畫」期末報告審查

## 會議紀錄

- 一、會議時間：100年5月11日（星期三）下午16時0分
- 二、會議地點：本處第一會議室
- 三、主持人：陳處長茂春（盧副處長淑妃代）記錄：陳尚月
- 四、出席人員：如簽到表
- 五、簡報：（略）
- 六、會議討論：
  - （一）海岸濕地的田野調查和測量工作甚為辛苦，感謝受託單位團隊的調查。
  - （二）本調查結果北山樣點的粉泥粘土含量及碳吸收量都很高，其濕地生態環境可以複製嗎？另發現互花米草的生物量及對碳吸收量均有正面的效益，那麼對於互花米草的入侵，是否仍需採取積極清除方式？
  - （三）生態系的結構和服務功能是一個複雜且多變化的系統，本案因係針對金門西半島濕地的調查，期透過此調查彰顯海岸濕地的服務價值和多元性，因此，在碳通量對保育的功能性及經營管理措施上建請再補強以凸顯其經濟效益，俾作為生態保育及節能減碳之參考依據。
  - （四）調查及了解濕地碳吸收生態的服務功能，可能是未來環境保育的工作重點之一，本報告中所提及之相關專業名詞，請以附錄之詞彙表加以說明，俾能讓一般民眾更加了解以提升保育宣導效果。
  - （五）本報告中第12頁表2-1有關潮間帶寬度的計算，請備註說明其測量的時間點，因潮間帶的寬度與潮汐之漲退有關，由於金門海岸的潮差大，測量潮間帶寬度的時間點會影響其面積的估算。
  - （六）本案分析結果及結論，對於沿海濕地所能提供的服務價值及其珍貴性等重點，建請再加強補充。
  - （七）本報告錯脫落字部分請修正。

## 七、受託單位回應：

- (一) 關於濕地生態所提供之經濟效益、服務價值估算、功能及效益等，將於成果報告再補強。
- (二) 每種生物皆有其適合生存的環境，方造就其生物之多樣性，原則上不需要營造複製，且北山濕地環境的形成自有其原因，了解並作為參考即可。另互花米草是否仍應積極清除，由於本案僅調查測量對碳吸收量的效果，對於互花米草之防治方式，建議應先調查研究了解互花米草的基礎生物學及其對生態系的影響後，再思考其因應方式才能達到防治效果。
- (三) 報告中有關專業名詞以詞彙表說明、潮間帶寬度計算、錯脫落字部分將於成果報告中補充並修正。

## 八、結論：

- (一) 受託單位對於與會人員所提之意見均有妥善回應，請納入成果報告修正之參酌。
  - (二) 本案期末簡報原則通過，並請受託單位依合約規定續辦。
- ## 九、散會：17時20分。

「金門國家公園沿海濕地碳通量調查計畫」期末報告審查會議  
簽到表

時間：100年5月11日（星期三）下午16時0分	
地點：本處第一會議室。	
主持人：陳處長茂春      詹淑妃代      記錄：陳尚月	
出席人員	簽到處
盧副處長淑妃	詹淑妃
鄭秘書瑞昌	鄭瑞昌
企劃經理課	洪綺菱
環境維護課	(另有要公)
遊憩服務課	王瑞亭
解說教育課	陳美竹
烈嶼管理站	楊恭賢
西區管理站	許丕祥
東區管理站	王國俊
保育研究課	邱天火      陳崧楷
列席人員	簽到處
國立中興大學	林平如