

本文章已註冊DOI數位物件識別碼

▶ 台灣沿海濕地的碳匯生態服務

doi:10.29820/TAE.201101.0006

生態臺灣, (30), 2011

作者/Author：林幸助

頁數/Page：38-45

出版日期/Publication Date：2011/01

引用本篇文獻時，請提供DOI資訊，並透過DOI永久網址取得最正確的書目資訊。

To cite this Article, please include the DOI name in your reference data.

請使用本篇文獻DOI永久網址進行連結:

To link to this Article:

<http://dx.doi.org/10.29820/TAE.201101.0006>



DOI Enhanced

DOI是數位物件識別碼（Digital Object Identifier, DOI）的簡稱，是這篇文章在網路上的唯一識別碼，用於永久連結及引用該篇文章。

若想得知更多DOI使用資訊，

請參考 <http://doi.airiti.com>

For more information,

Please see: <http://doi.airiti.com>

請往下捲動至下一頁，開始閱讀本篇文獻

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE





台灣沿海濕地的 碳匯生態服務

文、攝 / 林幸助

1. 生態系統中碳的重要性

18世紀以來，人爲活動對於地球生態系統的影響日益明顯，造成碳、氮與磷等生地化元素循環失衡，人爲排放量大增，其中影響最大的元素就是碳。有機碳構成生物體之生物量、食物與能量來源，是生態系統能量傳輸與物質循環的主要物質。近年來更重要的二氧化碳是主要的溫室氣體，甚至未來可以在市場中交易。2009年11月IGBP (the International Geosphere-Biosphere Program), GCP(Global Carbon Budget Consortium)所發表的2008 Carbon Budget中(<http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget>)，顯示在全球碳收支模式中約有12-15%的碳被忽略未計算，稱爲消失的碳(missing carbon)，可能的原因是過去低估了自然生態系統吸收碳的能力，在各種氣候變化的模式中忽略了生態系統碳匯(carbon sink)的功能。

國際間因應全球暖化的共識是必須要巨幅削減溫室氣體的排放量，同時需提升二氧化碳的吸收與蓄存量。雖然國際間正發展許多人爲吸納二氧化碳的高科技方法，但是在可預見的2025年之前，因爲許多因素，例如經費昂貴、氣體洩漏或環境風險等各種問題，仍無法大規模實際付諸施行。相對地，保育與復育具有吸納二氧化碳能力的自然生態系統，已成爲可立即發揮功能、成本效益高、具有生物多樣性高附加價值以及一般民衆可接受的最佳選項(Laffoley and Grimsditch 2009)。2009年10月14日由聯合國環保署、糧農組織和教科文組織聯合發佈的報告《藍碳》(Blue Carbon)，已強調了海岸濕地的碳匯作用(Nellemann et al. 2009)。該報告指出海洋生物吸收和固定的溫室氣體總量占全球生物吸收和固定溫室氣體總量的一半，其中海濱和河口地區的鹽沼(圖1)、紅樹林(圖2)和海草床(圖3)每年可存儲1650萬噸二氧化碳，幾乎占全球交通工具排放量的一半，是地球上效率最高的碳匯系統，因此沿海濕地對全球和區域碳平衡具有舉足輕重的作用。



圖1 高美溼地雲林莞草鹽沼生態系。



圖2 金門浯江溪口紅樹林生態系。



圖3 東沙島沿岸海草床生態系。

2.沿海濕地的生態服務項目

根據拉姆薩國際濕地公約(The Ramsar Convention on Wetlands)的定義，沿海濕地涵蓋的範圍很廣，不管是天然或人爲、永久或暫時、死水或活流、只要是海水淹沒或淡水與海水混合的區域，水深在低潮時不超過六公尺者皆可稱爲沿海濕地(<http://www.ramsar.org/>)。沿海濕地的類型包括紅樹林、河口、鹽沼、灘地、潟湖、漁塭與鹽田等。溼地常久以來被認爲是荒蕪的爛泥灘，蚊蠅孳生的不毛之地，往往成爲棄置垃圾、開發工業區、築堤、填土築路或闢爲建地時被優先考慮使用的地方。全球面積估計有860萬平方公里(Mitsch and Gosselink 2000)，雖僅佔地球表面6.4%之面積，但其生物量卻高達全球25%以上，漁獲量更可高達全球90%。其中鹽沼、紅樹林、珊瑚礁及海草床等生態系統雖僅佔全球面積0.4%，但卻常是地球上生物多樣性及生產力最高的生態系統之一。海岸溼地連接了陸域、海域與大氣，對陸海之間物質傳輸具有相當大的貢獻，具有重要的碳吸納能力。濕地具有淨化水質、過濾污染物、製造氧氣、調節氣候、保護海岸等生態功能，也是許多生物的棲所以及陸生、水生動物的避難所(Hansson et al. 2005)。因此濕地面積的減少非但只是單純地降低了濕地內的

生物多樣性及生物數量，也同時影響整個區域內生物數量，對於遷移動物而言更關係到其全世界之數量。1971年聯合國於伊朗拉姆薩召開溼地大會，溼地所具有的生物多樣性與生態功能才逐漸為人們所了解，今日「明智使用」溼地已成為國際社會的趨勢及共同關注的議題。目前已至少有159個國家參與國際濕地公約，總計181萬平方公里的濕地受到保護。Defeo et al. (2009)彙整了海岸濕地廣泛的生態系統服務項目，其中有許多是與人類密切相關的，包括：(1)沉積物的儲存與輸送，(2)波浪的消散以及極端事件(颱風暴潮與海嘯)的緩衝功能，(3)能即時但有限度地反應海平面上升，(4)分解有機物與污染物，(5)過濾與淨化水質，(6)營養礦化與循環，(7)水的儲存與地下水的釋出，(8)生物多樣性的維持與基因庫的儲存，(9)稚魚的孵育場，(10)水鳥與海龜的築巢地以及鰭足類的群棲處，(11)鳥類與陸棲野生動物的食餌來源地，(12)景觀遊憩，(13)人類食物來源以及(14)陸域與海域環境的连接處。海岸濕地每年所提供的服務價值達一千七百兆美元之多，佔全球各型生態系所提供經濟總值之53% (Le Tissier et al. 2006)。

台灣生態資源豐富，棲地多樣，擁有廣闊的溼地生態系統，估計約有12,000公頃，其中海岸濕地就佔有11,450公頃，沿著台灣西海岸從北到南綿延分布400公里，為台灣西岸最典型的沿海生態系統。台灣現有濕地雖然未登錄於國際濕地公約，但是就地理位置來看，台灣為東亞候鳥遷徙路線重要的樞紐，每年有數以萬計的候鳥遠由西伯利亞、加拿大飛來在台灣度冬，或者過境飛往更南的澳洲、婆羅洲，以台灣作為遷徙的中繼站，因此台灣濕地的保育有其不可取代的地位。內政部營建署於2007年評選公告75處國家重要濕地，並將人工濕地納入，積極推動溼地保育與復育政策，並與各地民間團體共同執行溼地的生態監測與經營管理。2009年營建署又賡續推動第二次國家重要濕地的評選工作，估計將有超過100處將列為國家重要濕地。同時於2009年12月28日成立台江國家公園，其主要職責就是進行濕地保育，因此在可預見未來，濕地的保育、復育與經營已成為國家重要政策。

3.沿海濕地的碳匯生態服務

氣候暖化普遍被認為是溫室氣體的排放速率快過於自然生態系統的吸納速率。溼地生態系統藉由光合作用吸收二氧化碳與呼吸作用釋放二氧化碳，與大氣圈進行碳交換作用。碳匯功能被認為是濕地主要的生態服務項目之一，濕地已成為陸地生物性碳庫中最主要的部分(Dixon and Krankina 1995)。濕地中的生產者會利用大氣中的二氧化碳進行光合作用，將碳保存在濕地底層分解速率低的厭氧土中。鹽沼土壤據估計吸納210gC或者770gCO₂m⁻² yr⁻¹，約佔美國總碳匯的1-2%(Chmura et al. 2003)。沿海濕地與淡水濕地不同之處在於海水有硫酸根離子，會降低產甲烷菌的活性，因此沿海

濕地每吸納一分子二氧化碳會比其他生態系統更有價值的原因，是在於較不會再伴隨產生其他溫室氣體(Bridgham et al.2006)。潮汐帶入許多無機沉積物，可填滿土壤間空隙，降低底土微生物如微小動物(meiofauna)和細菌等有氧分解的效能，因此有機物質較容易累積蓄存。復育沿海濕地時，如果能將潮汐再導入鹽沼中，預期將會很明顯地提昇全球自然碳匯的能力(Chmura 2009)。然而全球氣候模式模擬結果顯示過去60年來，自然生態系統的碳匯效能已明顯下降，部分原因可能是生態系統的吸納能力在高濃度二氧化碳的狀況下效率降低，當然也跟過去150-300年的人為開發造成>90%的物種消失，破壞65%的溼地，導致水質惡化，並加速外來種入侵有關(Lotze et al.2006)。Connor et al.(2001)估計若復育加拿大Fundy Bay先前被開墾為農地的沿海濕地，每年吸收二氧化碳的速率將等同於在京都議定書架構下，加拿大1990年需消減排放目標的4-6%。

鹽沼生態系生產力過去的研究大多侷限於溫帶與寒帶地區，常以傳統收割方法估算維管束植物地上部生物量的生產量。熱帶與亞熱帶地區的研究則非常少，但是預期會比溫帶與寒帶地區的生產量高(Turner 1976)，據估計在熱帶沿海濕地碳蓄存的速率大概是溫帶森林的10倍，熱帶森林的50倍(Laffoley and Grimsditch 2009)。其實過去鹽沼生態系生產力的研究還缺了兩大部分未曾探討：1.維管束植物地下部生產量及非維管束植物(藻類)的生產量。在很多鹽沼，維管束植物較淡水濕地維管束植物有更多的地下部生物量(根與地下莖)，因此生產量也較多。這些在土壤中的生物量可以長久保存在土壤中，除非經由有機物分解作用，否則不易藉由碎屑食物鏈的形式輸出生態系統外。2.在沿海濕地最常被忽視的初級生產力是底土表面的微細藻類，包括藍綠菌和矽藻等，而這部份可能是台灣西海岸沿海濕地最主要的基礎生產者。

台灣溪流的特徵是坡降陡峭、河水湍急以及溪序短。台灣地區雨量不少，加上地質脆弱，經常受溪水冲刷剝蝕，因此湍急短促的溪流經常夾帶大量的泥沙堆積在台灣西海岸。在台灣西海岸因為地形與外在營力作用之下，草澤植物與紅樹林分布的面積不像溫帶或東南亞熱帶沿海濕地那麼大，底棲微細藻類反而成為沿海濕地最主要的基礎生產者，然而相關的生產量研究非常缺乏。Sullivan and Currin(2000)曾經比較過美國沿岸底棲微藻與草澤維管束植物的年生產量，發現底棲微藻對生產量的貢獻變異很大，從德州佔維管束植物生產量的8%到加州的140%。在沿海濕地中，底棲微藻甚至可以提供高達三分之二以上的總生產量(Asmus 1982)。

4.台灣沿海濕地的碳吸收量

熱帶與亞熱帶地區潮間帶的底棲生物碳吸收與蓄存量研究相當缺乏。我們從2008年開始，利用罩蓋法實地在退潮後之高美濕地之光灘潮間帶進行底棲生產量與呼吸量

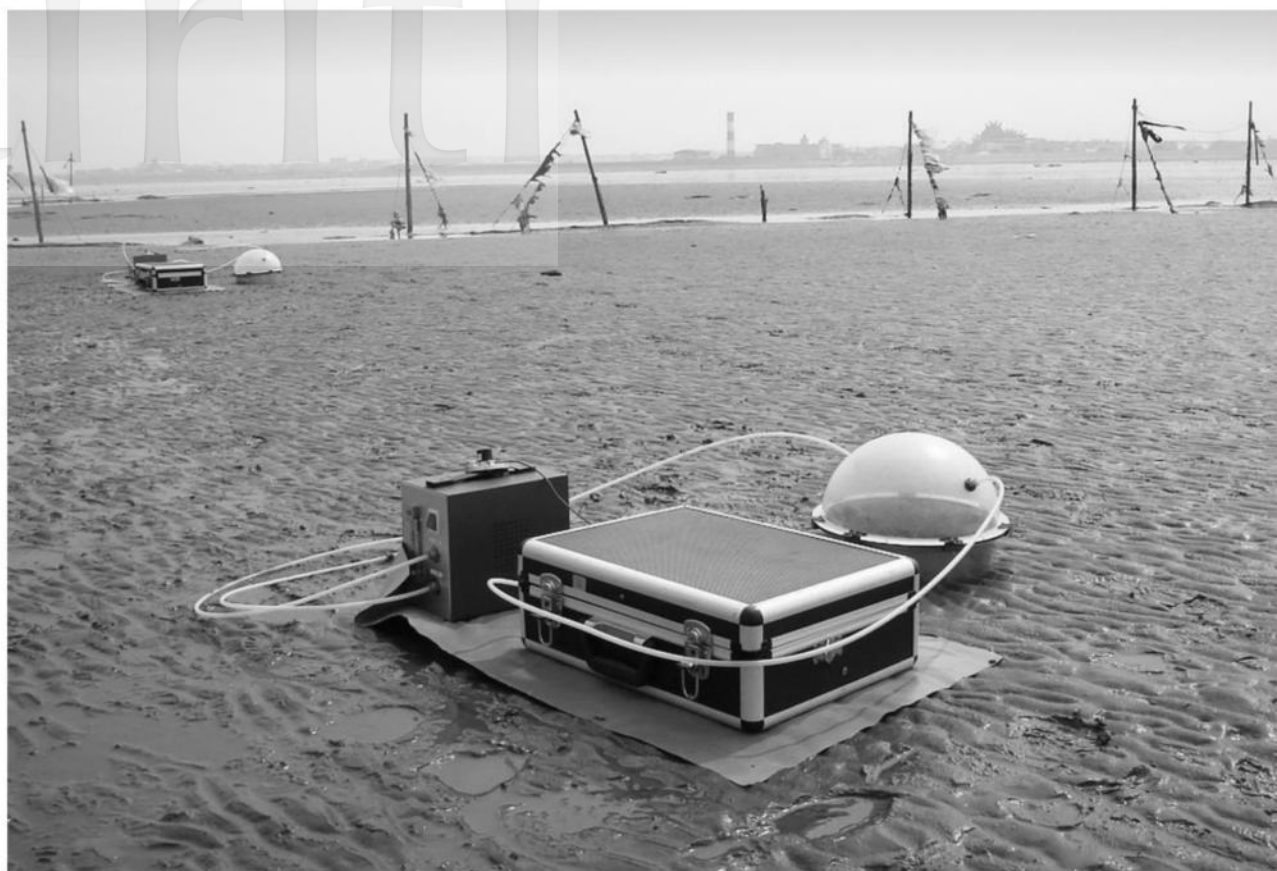


圖4 退潮後於高美濕地之光灘潮間帶進行底棲生產量與呼吸量之量測。

之量測(圖4)，藉由監測二氧化碳流量變化來推估全年的底棲微藻碳吸收量(李麗華與林幸助，2010)。研究結果顯示，底棲生產量及呼吸量均有明顯的季節變化，夏季高，冬與春季低。底棲碳吸收量亦呈現地點間差異，與底質粒徑呈現正相關，但與粉泥黏土含量及底質篩選係數呈現負相關。與溫帶地區最大不同之處是，地處亞熱帶之高美濕地底棲生產量全年測量值幾乎皆為正值，顯示為自然碳匯系統。推估一整年高美濕地之光灘潮間帶退潮後之底棲淨生產量高達 $22\text{gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ 。

我們在2010年開始於金門沿海濕地(林蔚任與林幸助，2010)，藉由同一方法進行潮間帶底棲碳吸收與蓄存量研究(圖5)。金門位於九龍江口的廈門灣內，與高美溼地位處於同一緯度，其研究結果可相互比較。目前僅限於夏季之測量結果顯示，影響金門底棲生產量主要影響因子是海水氮與磷營養濃度以及土壤酸鹼值與鹽度，但底棲呼吸量仍受到土壤粉泥黏土含量之影響。夏季金門沿海濕地4個量測地點之底棲淨生產量平均為 $6.85\text{mgCm}^{-2}\text{h}^{-1}$ ，且皆為正值，顯示亦為碳匯型濕地。然而我們也發現不同植物的生產量有所不同，鹽沼維管束植物與海草分別為底棲微藻的3倍及2倍。整體而言，熱帶與亞熱帶地區即使沒有植被生長之光灘潮間帶亦扮演一個自然碳匯的角色。



圖5 退潮後於金門浯江溪口光灘潮間帶進行底棲生產量與呼吸量之量測。

5. 結語

國光石化設廠預定地－彰化沿海濕地保有高達4千公頃以上的海岸溼地，是台灣沿岸最後一塊完整濕地生態，提供的生態服務包括：高單位面積生產力、特有動植物如中華白海豚之棲息地、候鳥遷徙時重要棲地、重要的生物基因庫、重要的漁業生產區、具淨化水質與空氣粉塵功能、具固灘護堤與滯洪防嘯之功能以及豐富的文化、遊憩與教育資源。但最近的研究顯示熱帶與亞熱帶沿海濕地亦具有吸收與蓄存二氧化碳之自然碳匯能力，在當前面對氣候變遷時更形重要。然而彰化沿海濕地之碳吸收與蓄存量尚未有相關研究，更遑論整體生態服務經濟價值之評估。若以一水之隔之高美溼地或同一緯度之金門沿海濕地之量測結果推估，彰化沿海濕地每年至少可以吸收3200公噸的二氧化碳。若國光石化設廠之後，不但吸收二氧化碳的自然碳匯沒了，預估會再增加排放1200萬到2300萬公噸的二氧化碳，相當於3萬多座大安森林公園的吸收量，一旦開發破壞之後，將無法藉由任何措施補償該濕地所能提供的碳匯生態服務功能。

6. 參考文獻

- 李麗華、林幸助。2010。高美濕地底棲碳代謝量的時空變化。海峽兩岸海洋生物多樣性研討會，中國，廈門。
- 林蔚任、林幸助。2010。金門沿海濕地底棲植物碳代謝量的差異。海峽兩岸海洋生物多樣性研討會，中國，廈門。
- Asmus R. 1982. Field measurements on seasonal variation of the activity of primary producers on a sandy tidal flat in the northern Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research*, 16:389-402.
- Bridgham SD, Megonigal JP, Keller JK, Bliss NB, Trettin C. 2006. The carbon balance of North American wetlands. *Wetlands*, 26:889-916.
- Chmura GL. 2009. Tidal Salt Marshes. pp 5-11. In: Laffoley D, Grimsditch G (eds). *The management of natural coastal carbon sinks. The management of natural coastal carbon sinks.* IUCN, Gland, Switzerland.
- Chmura GL, Anisfeld SC, Cahoon DR, Lynch JC. 2003. Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils. *Global Biogeochemical Cycles*, 17:1111, doi:10.1029/2002GB001917.
- Connor RF, Chmura GL, Beecher CB. 2001. Carbon accumulation in bay of Fundy salt marshes: implications for restoration of reclaimed marshes. *Global Biogeochemical Cycles*, 15:943-954.
- Defeo O, McLachlan A, Schoeman DS, Schlacher TA, Dugan J, Jones A, Lastra M, Scapini F. 2009. Threats to sandy beach ecosystems: A review. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 81:1-12.
- Dixon, RK, and Krankina, ON. 1995. Can the terrestrial biosphere be managed to conserve and sequester carbon? In: *Carbon Sequestration in the Biosphere: Processes and Products*, Springer-Verlag, New York, USA. 1st ed. vol33. pp.153-179
- Hansson LA, Bronmark C, Nilsson PA, Abjornsson K. 2005. Conflicting demands on wetland ecosystem services: nutrient retention, biodiversity, or both? *Freshwater Biology*, 50:705-714.
- Laffoley D, Grimsditch G (eds). 2009. *The management of natural coastal carbon sinks.* IUCN, Gland, Switzerland. 53 pp.
- Le Tissier MDA, Buddemeier R, Parslow J, Swaney DP, Crossland CJ, Smith SV, Whyte HAY, Dennison WC, Hills JM, Kremer HH (eds). 2006. *The role of the coastal ocean in the disturbed and undisturbed nutrient and carbon cycles - A management perspective.* LOICZ, Geesthacht, Germany.
- Lotze HK, Lenihan HS, Bourque BJ, Bradbury RH, Cooke RG, Kay MC, Kidwell SM, Kirby MX, Peterson CH, Jackson JBC. 2006. Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science*, 312:1806-1809.
- Mitsch WJ, Gosselink JG. 2000. *Wetlands*, 3rd ed., John Wiley and Sons, New York.
- Nellemann C, Corcoran E, Duarte CM, Valdes L, De Young C, Fonseca L, Grimsditch G (eds). 2009. *Blue Carbon. A Rapid Response Assessment.* United Nations Environment Programme, GRID-Arendal, www.grida.no.
- Sullivan MJ, Currin CA. 2000. Community structure and functional dynamics of benthic microalgae in salt marshes. pp 81-106. In: Weinstein MP, Kreeger DA (eds). *Concepts and Controversies in Tidal Marsh Ecology.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Turner RE. 1976. Geographic variations in salt marsh macrophyte production: a review. *Contribution in Marine Science*, 20:47-68.

作者 / 國立中興大學生命科學系