

嘉南藥理大學 104 年度教師研究補助研究計畫

重點研究總計畫

校園魚菜共生水處理循環系統之可行性評估

子計畫名稱：利用蚵殼曝氣系統淨化魚池水質之研究

子計畫主持人：張家源

四、研究計畫內容

(一)摘要

本研究應用校內有志廣場二樓「校園魚菜共生水處理循環系統」，以廢棄的蚵殼作為魚池放流水水質淨化介質，設置三槽，分別為一無氧與二好氧牡蠣殼接觸槽。試驗中測定魚池出水口及蚵殼處理系統出水口之化學需氧量、氨氮、硝酸及亞硝酸濃度。研究除探討蚵殼處理系統對魚池放流水水質淨化效果外，亦將評估蚵殼處理系統放流水後續再利用為水耕蔬菜水源之可行性。

(二)研究動機與研究問題

蚵殼為臺灣西南沿海養殖鄉鎮常見之廢棄物，若能利用蚵殼表面多孔隙之特性與化學組成成分上之特點，不僅降低場址營建成本，並且能移除蚵殼廢棄物，蚵殼曝氣淨水系統，主要利用基質多孔隙之特性，提供微生物附著之表面形成生物膜，藉由不規則形狀之生物膜胞外聚合物，分泌之酵素對於污水中之有機物、氮、磷進行降解或吸收，以期達到水質淨化之效果。

(三)文獻回顧與探討

自然處理系統對於水質淨化同時具有低造價、低操作維護、高污染去除之特性。低技術與低成本之工法對於都市污水、農業污水之水質自然淨化處理具有發展之潛力(Vymazal *et al.*, 1998)。以礫石作為濾床之基質提供過濾污水中懸浮固體與作為水中微生物附著之表面。在水質淨化應用上，主要可以去除水中懸浮固體及高濃度有機物之水質，但後續維護上需要注意礫間接觸槽體之阻塞狀況，當槽體有效孔隙降低時，水流易發生滯留現象，水體呈現厭氧。實驗發現在最上層添加粒徑較細之基質可以有效減少水流阻塞情況(Sun *et al.*, 2007)。



牡蠣(蚶)分類上屬於異柱目(*Anisomyaria*)，牡蠣科(*Ostreidae*)，世界上目前共發現18屬，上百種之牡蠣。台灣最常見之牡蠣為太平洋牡蠣(*Crassostrea gigas*)，此牡蠣本種於1793年由Thunberg命名。台灣牡蠣多由西部沿海地區養殖，漁民將牡蠣殼掛於海中使牡蠣苗附著生長，主要的養殖方式有平掛法、懸掛法與延繩法。因為產量大，營養價值豐富，又兼具淨化水質之功能，在20世紀初期就開始發展出大規模人工養殖。牡蠣殼主要是牡蠣養殖所產生之副產物，在養殖當地常造成環境衛生的問題(Curtis, 1950)。牡蠣殼成分主要由鈣及其他金屬如鈉、鎂、鉀等...所組成。其中鈣含量佔牡蠣殼乾重達37.4%(Kwon *et al.*, 2004)。歐美對於牡蠣殼的再利用有廣泛的研究，尤其是牡蠣殼的耐熱、耐壓、易變形且比重大於水的性質使得牡蠣殼具有應用空間(Wheaton, 2007)。

利用生物膜以作為水質淨化工程案例，最早於1893年由英國以滴濾池的形式，應用生物膜來作為水質改善淨化的方法，此方法構想來自於河川自淨作用，並發展成為現今現地生物處理法之一。原理主要是利用固定於濾材表面生長之微生物來達到處理水質的目的。生物膜生成之主要條件為：提供生物膜附著之基質、水與營養源。生物膜之形成過程主要分為四個部份：傳遞、附著、增生、剝落。淨化水質與基質上生長之生物膜之種類、構造、厚度、水中營養源多寡、在生物膜內溶氧擴散速度及酵素生物降解之反應速度有關，尤其是生物膜初期在基質表面不斷增殖分泌聚合物之下，達一定厚度，形成具生物氧化機能之好氧性層之厚度，同時也形成溶氧無法到達的厭氧性層。由於生物膜厭氧性層因厭氧分解作用而產生甲烷(CH₄)、二氧化碳(CO₂)、硫化氫(H₂S)、氮氣(N₂)等氣體，減低生物膜與基質表面附著的能力，使生物膜發生脫離基質表面之現象。蚶殼上之生物膜呈現垂直瘦長之生物群聚，較一般層狀之生物膜有較大的比表面積，故利用附著蚶殼上之微生物降解水中污染物的效能較高 (Volodymyr *et al.*, 2006)。

基本上，接觸曝氣法不像活性污泥法須操作控制曝氣槽中MLSS濃度，因此操作較為簡單，應考量之控制要點分述如下：

1. 有機負荷：接觸曝氣法在操作管理上最大的問題是接觸材的阻塞問題，高容積或面積負荷愈大，愈易阻塞，以致去除率降低，且各種接觸材料的形狀及孔隙率各異，設計負荷除依比表面積、循環水流速、曝氣量、槽形狀之不同而異，尚無非常適用且單一的



方式計算，應依據模廠實驗操作後決定。一般二級處理，面積負荷為 $5 \sim 25 \text{ g COD/m}^2\cdot\text{day}$ ，三級處理面積負荷為 $1 \text{ g COD/m}^2\cdot\text{day}$ 。

2. 送風量及循環量：送風量應藉水工實驗探討均勻曝氣所需之空氣量。需注意廢水流經接觸材之流速，以免造成阻塞，一般所需空氣量較活性污泥法多。若以鼓風機曝氣循環時，曝氣強度依有效水深成反比，一般控制於：
 - (1)水深 $2 \sim 3 \text{ m}$ ，曝氣強度 $2 \sim 3 \text{ m}^3/\text{m}^3\cdot\text{hr}$ ，溶氧 1 mg/L 以上。
 - (2)水深 4 m ，曝氣強度 $1 \sim 1.5 \text{ m}^3/\text{m}^3\cdot\text{hr}$ ，溶氧 1 mg/L 以上。
3. 反沖洗：接觸曝氣槽生物膜積厚時，生物膜之內側易呈厭氧性而發生自然剝離現象，必須設置反沖洗設備，定期反沖洗剝離積厚之污泥。反沖洗時間通常約15分鐘，依污泥剝離狀況而調節之。
4. 接觸槽配置注意事項：接觸材應設置支撐設施，防止生物膜增殖時，接觸材負載過重，發生塌陷。
5. 接觸材體積與曝氣槽容積之比宜為 $55\% \sim 70\%$ 。
6. 進流口設置整流牆，防止短流。

(四)研究方法與步驟

本研究應用校內有志廣場二樓「校園魚菜共生水處理循環系統」，以廢棄的蚵殼作為魚池放流水水質淨化介質，設置三槽，為二好氧接觸槽，後接一污泥沉澱槽。試驗中測定魚池出水口及蚵殼處理系統出水口之化學需氧量、氨氮、硝酸及亞硝酸濃度。

一般而言，水體只要停留之時間足夠，污染物質去除率便會提升，且去除率也會受限於入流水質濃度變化而有所影響。本研究主要對於蚵殼曝氣淨水系統於魚池水質淨化的追蹤，以進一步瞭解蚵殼曝氣淨水系統對於水質改善的效益。水質測定分析項目主要有化學需氧量、氨氮、硝酸及亞硝酸濃度。各項細部分述如下：

1. 蚵殼接觸槽設置

本研究擬於有志廣場二樓「智慧環境水產養殖系統」設置二槽蚵殼接觸槽，為二好氧接觸槽，後接一污泥沉澱槽（如圖1與圖2所示），個槽體積約 $0.8 \times 0.8 \times 1.2 \text{ m}^3$ ，系統擬配置曝氣盤、可調式流量計、水位控制器與水位控制探棒等零件。槽中的溶解氧含量一般應維持在 $2.5 \sim 3.5 \text{ mg/L}$ 之間，氣水比為 $15 \sim 20 : 1$ 。



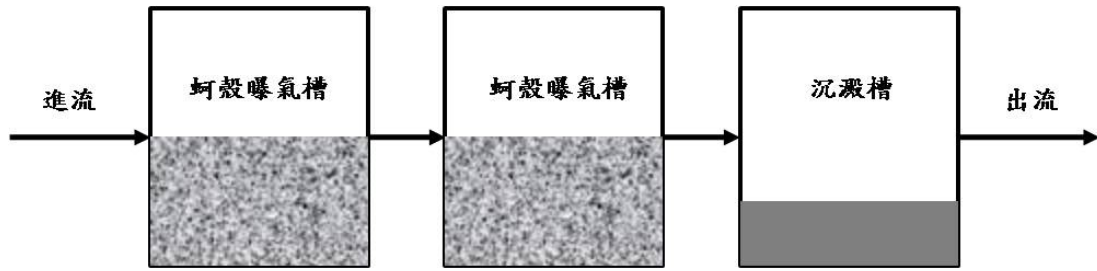
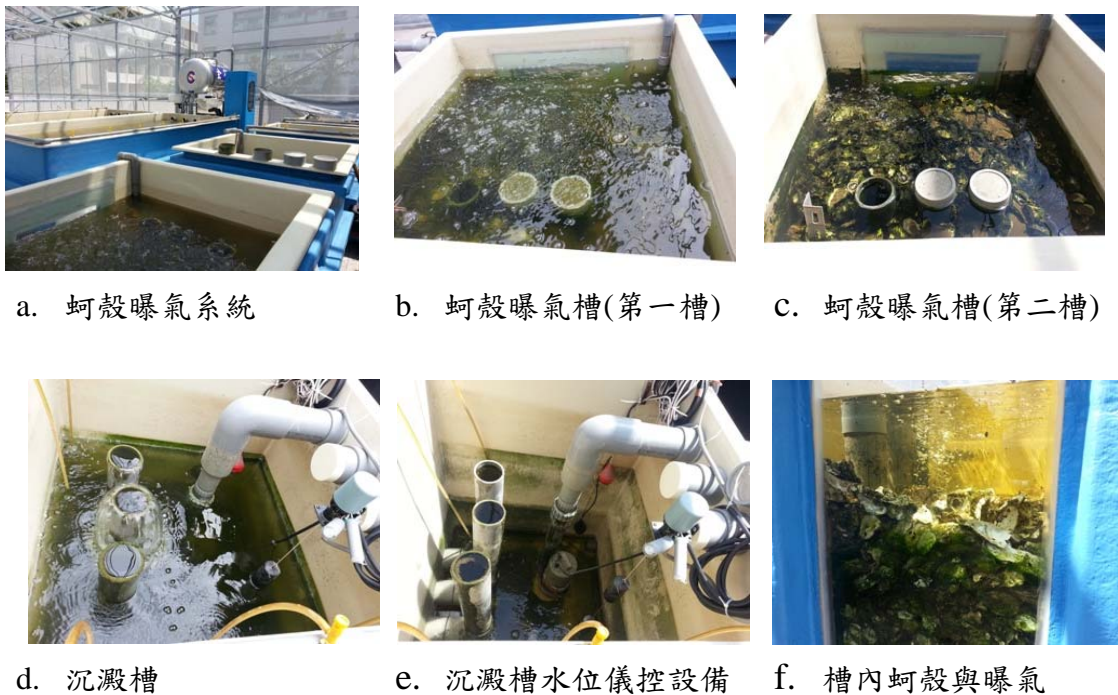


圖 1 蚵殼曝氣水質淨化系統示意圖



a. 蚵殼曝氣系統

b. 蚵殼曝氣槽(第一槽)

c. 蚵殼曝氣槽(第二槽)

d. 沉澱槽

e. 沉澱槽水位儀控設備

f. 槽內蚵殼與曝氣

圖 2 蚵殼曝氣水質淨化系統現場照片

2. 蚵殼準備

蚵殼擬取於七股地區廢棄之蚵殼棄置場，取回後之蚵殼須預先去鹽再置入反應槽中。蚵殼填充率(體積比)為本研究之主要項目之一，本研究擬針對 50%、60%、70% 三種體積填充率進行蚵殼填充，探討在不同蚵殼體積填充率操作下，蚵殼處理系統對魚池放流水水質淨化效果外，以及蚵殼處理系統放流水後續再利用為水耕蔬菜水源之可行性。

3. 化學需氧量、氨氮、硝酸及亞硝酸濃度分析

水樣採回後(如圖 3 所示)檢測水中氨氮(行政院環境保護署環境檢驗所, 2005a)與硝酸鹽(行政院環境保護署環境檢驗所, 2005b, 2006)及



亞硝酸鹽(行政院環境保護署環境檢驗所, 2002), COD 檢驗方法將參考環境保護署環境檢驗所提供之標準方法進行。

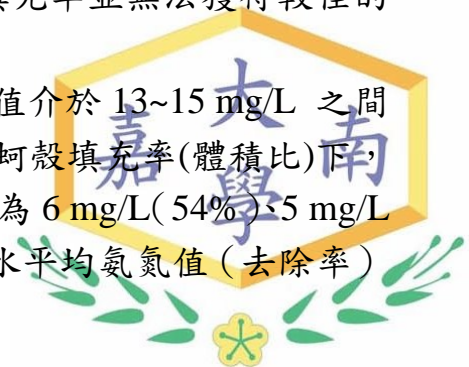


圖 3 水質採樣與分析

(五)結果與討論

分析結果顯示，魚菜共生系統出流水平均 COD 值介於 143~157 mg/L 之間（如圖 4 所示），在 50%、60%、70% 三種蚵殼填充率(體積比)下，第一蚵殼槽出流水平均 COD 值(去除率)分別為 44 mg/L (69%)、46 mg/L (71%)、41 mg/L (72%)，第二蚵殼槽出流水平均 COD 值(去除率)分別為 21 mg/L (52%)、18 mg/L (61%)、23 mg/L (43%)（如圖 5 所示），在 50%、60%、70% 三種蚵殼填充率(體積比)下，SCOD 去除率分別為 85%、89%、84%，研究結果顯示，在蚵殼填充率 60% 下有較佳 COD 去除率，70% 蚵殼填充率並無法獲得較佳的 COD 去除率。

在氨氮方面，魚菜共生系統出流水平均氨氮值介於 13~15 mg/L 之間（如圖 6 所示），在 50%、60%、70% 三種蚵殼填充率(體積比)下，第一蚵殼槽出流水平均氨氮值(去除率)分別為 6 mg/L (54%)、5 mg/L (64%)、6 mg/L (60%)，第二蚵殼槽出流水平均氨氮值(去除率)



分別為 2.4 mg/L (60%)、1.5 mg/L (70%)、3 mg/L (50%) (如圖 7 所示)，在 50%、60%、70%三種蚵殼填充率(體積比)下，氨氮總去除率(硝化作用)分別為 82%、89%、80%，研究結果顯示，在蚵殼填充率 60%下有較佳 COD 去除率，50%與 70%蚵殼填充率並無法獲得較佳的氨氮去除率。

在亞硝酸鹽方面，魚菜共生系統出流水平均亞硝酸鹽值介於 4.2~4.6 mg/L 之間(如圖 8 所示)，在 50%、60%、70%三種蚵殼填充率(體積比)下，第一蚵殼槽出流水平均亞硝酸鹽(去除率)分別為 1.6 mg/L (62%)、1.5 mg/L (66%)、1.3 mg/L (72%)，第二蚵殼槽出流水平均亞硝酸鹽(去除率)分別為 0.6 mg/L (63%)、0.63 mg/L (58%)、0.3 mg/L (77%) (如圖 9 所示)，在 50%、60%、70%三種蚵殼填充率(體積比)下，亞硝酸鹽總去除率分別為 85.7%、86.7%、93%，研究結果顯示，在蚵殼填充率 70%下有較佳亞硝酸鹽去除率，但亞硝酸鹽為硝化作用過渡反應，我們仍須瞭解硝酸鹽的消長情況，以判定系統效能。

在硝酸鹽方面，魚菜共生系統出流水平均硝酸鹽值介於 1.2~2.3 mg/L 之間，在 50%、60%、70%三種蚵殼填充率(體積比)下，經硝化作用後，第二蚵殼槽出流水平均硝酸鹽分別為 15 mg/L、18 mg/L、21 mg/L (如圖 10 所示)，在 50%、60%、70%三種蚵殼填充率(體積比)下，經氮平衡計算結果顯示，三種填充率硝化作用良好，但脫硝功能不佳。

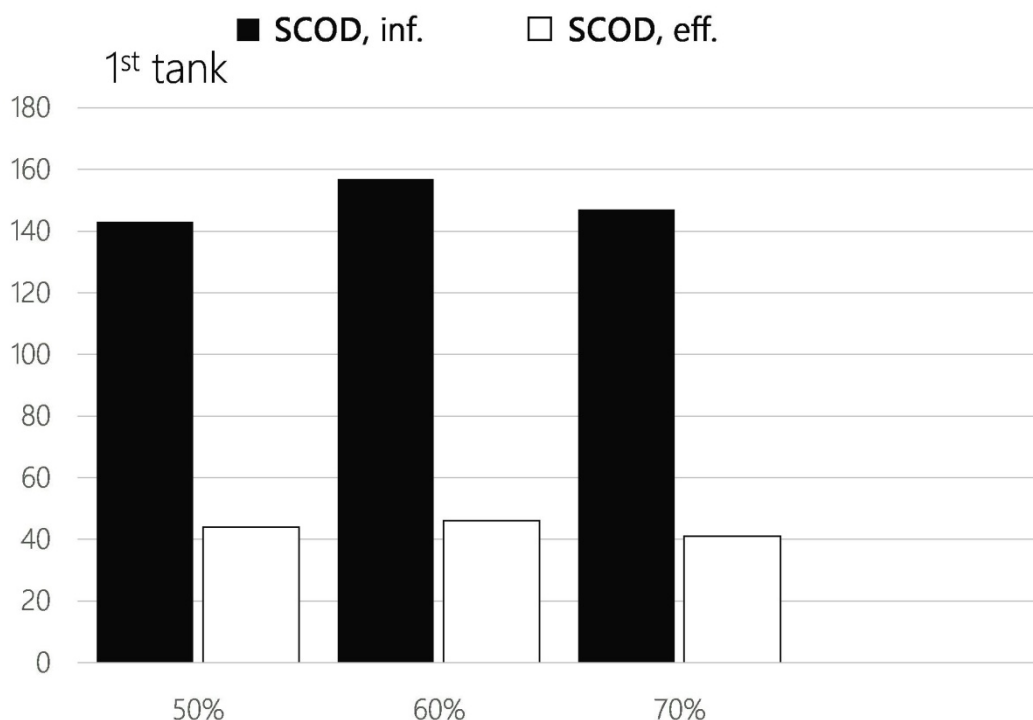


圖 4 第一蚵殼槽進流與出流 COD 值

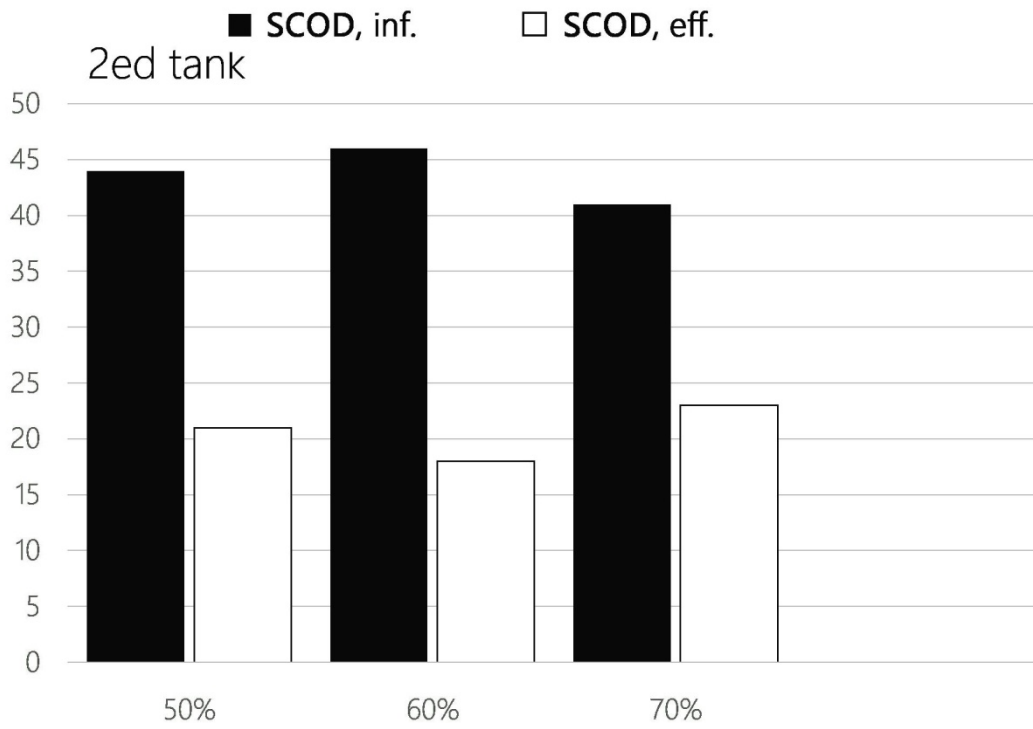


圖 5 第二蚵殼槽進流與出流 COD 值



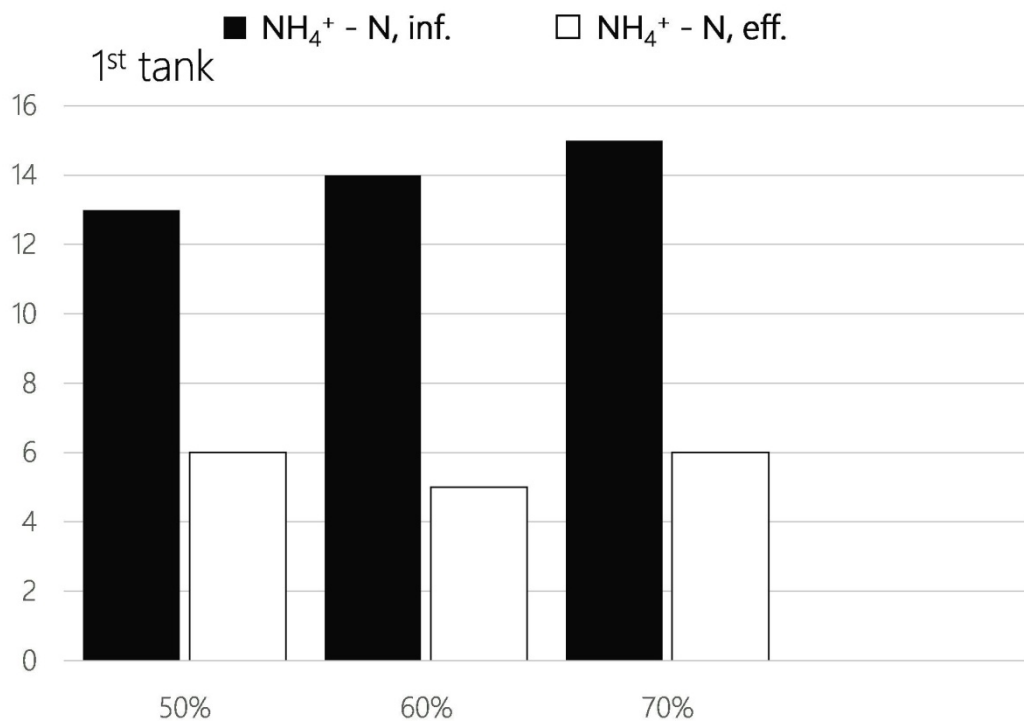


圖 6 第一蚶殼槽進流與出流氨氮值

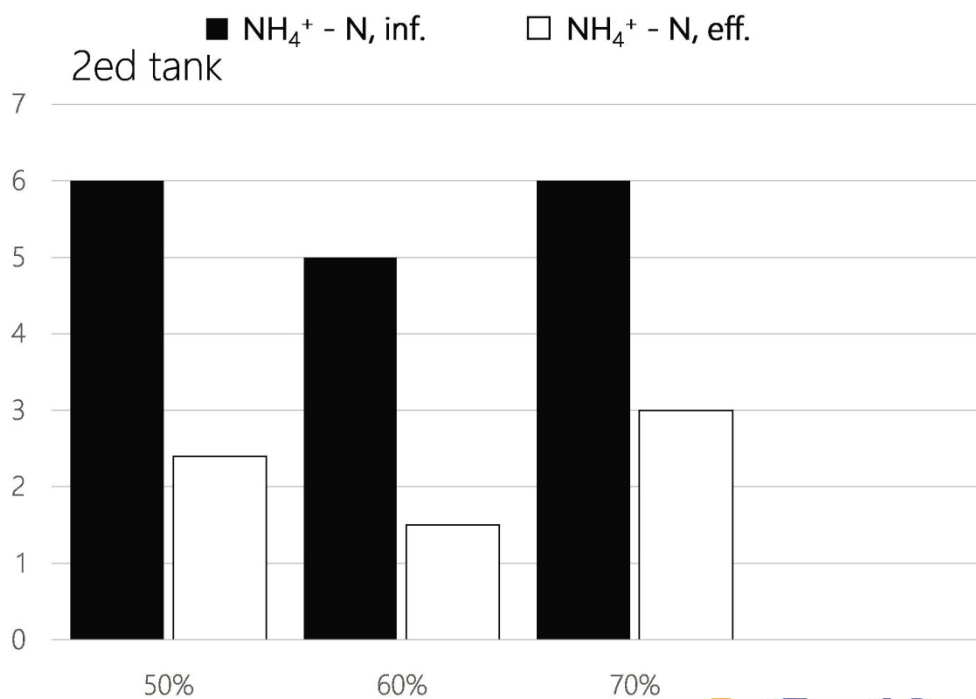


圖 7 第二蚶殼槽進流與出流氨氮值



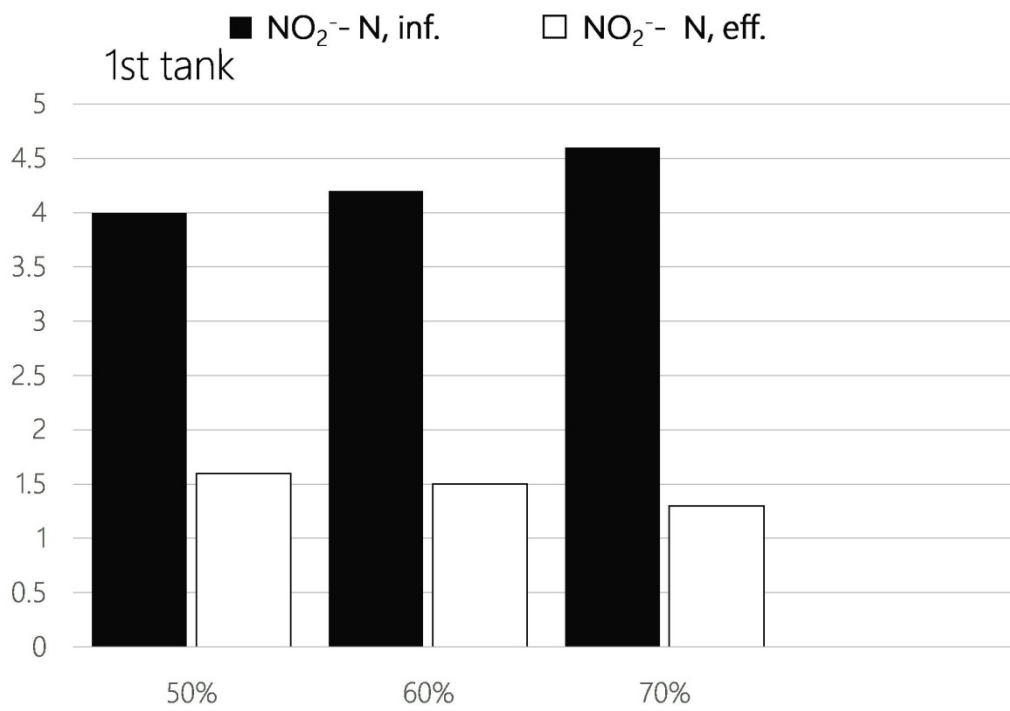


圖 8 第一蚵殼槽進流與出流亞硝酸鹽值

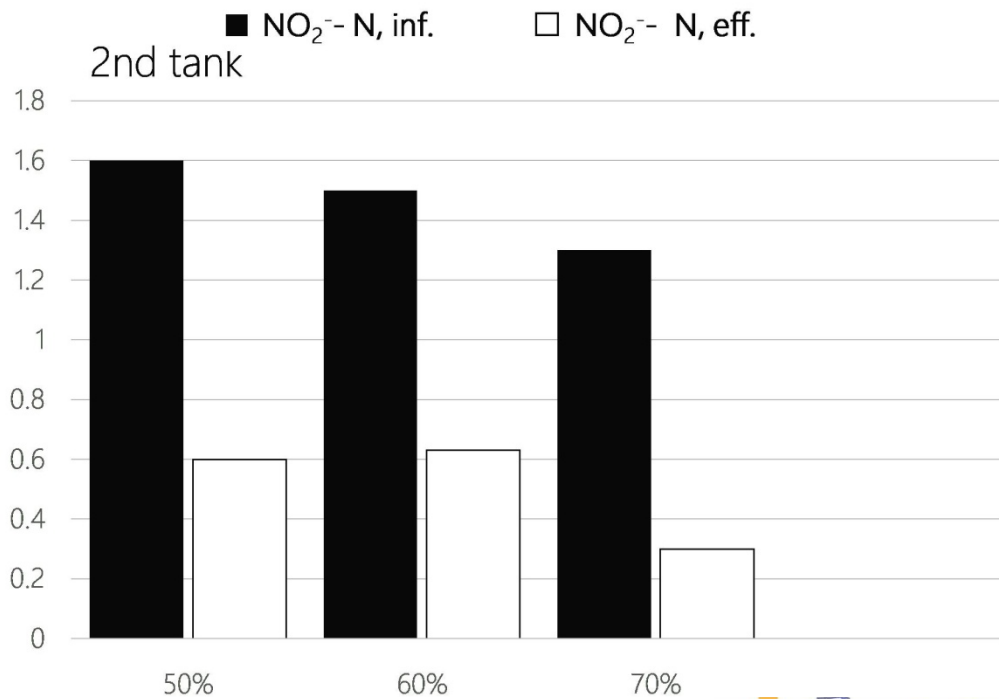


圖 9 第二蚵殼槽進流與出流亞硝酸鹽值



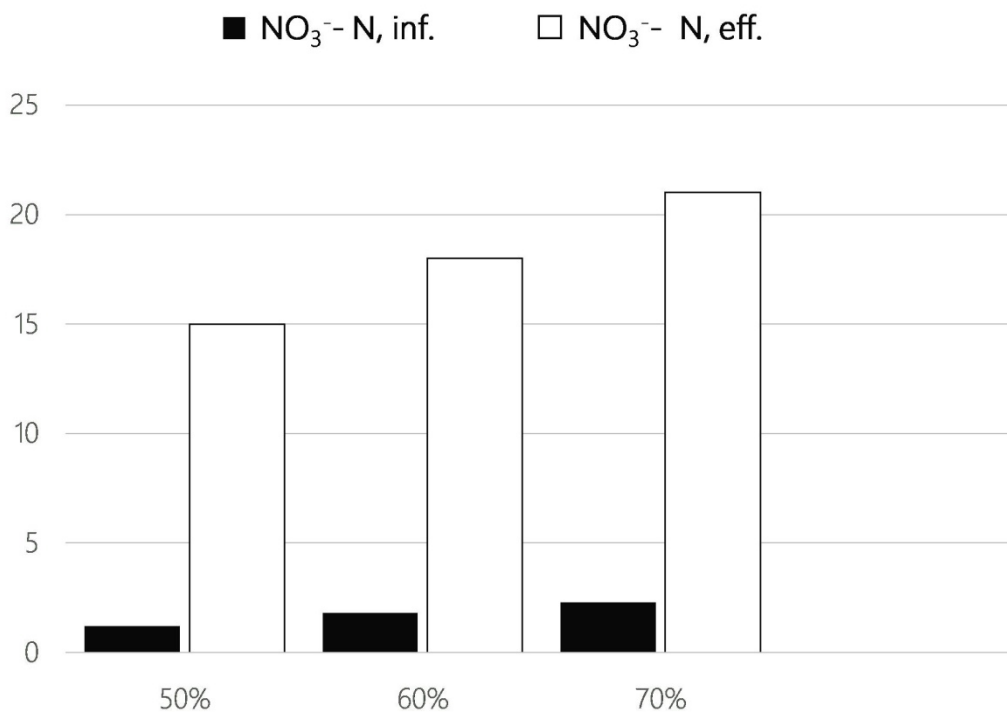


圖 10 系統進流與出流硝酸鹽值

(六)結論與建議

本研究應用校內有志廣場二樓「校園魚菜共生水處理循環系統」，以廢棄的蚵殼作為魚池放流水水質淨化介質，研究除探討蚵殼處理系統對魚池放流水水質淨化效果外，亦可評估蚵殼處理系統放流水後續再利用為水耕蔬菜水源之可行性。除此之外，藉由小型蚵殼曝氣淨水系統之實際操作與維護，讓自然生態淨化系統能夠發揮出更多的功能與效益，使學生樂於參與水資源再利用與生態保育，亦可提供環工系學生課程的室外教學及參訪，增進學生的實務體驗。

本研究之成果獲致以下結論與建議

1. 蚵殼填充率 60% 下有較高的 COD 去除率與硝化作用，較高的蚵殼填充率並無法獲得較佳的效率。
2. 經氮平衡計算結果顯示，三種填充率硝化作用良好，但脫硝功能不佳。
3. 脫硝功能不佳之原因，可能與曝氣量過高有關，過高的曝氣量讓污泥不易附著，厭氧菌代謝效果不好所導致，後續可針對曝氣量與接觸材逆洗操作模式進行相關研究



(七)參考文獻

Vymazal, J., 1998. *Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe*. Backhuys Publishers, Czech Republic.

Sun, G., Zhao, Y. Q. and Allen, S. J., 2007. An Alternative Arrangement of Gravel Media in Tidal Flow Reed Beds Treating Pig Farm Wastewater. *Water Air Soil Pollution*, 182: 13-19.

Curtis, L. N., 1950. Treasures in troubled waters – the plight of the oyster. *The Scientific Monthly*, February: 105-110.

Kwon, H. B., Lee, C. W., Jun, B. S., Yun, J. D., Weon, S. Y. and Ben K., 2004. Recycling waste oyster shells for eutrophication control. *Resources, Conservation and Recycling*, 41(1): 75-82.

Wheaton, F., 2007. Review of oyster shell properties - part II. thermal properties. *Aquacultural Engineering*, 37: 14-23.

Volodymyr, I., Olena, S., Prakitsin, S. and Piamsak M., 2006. Aggregation of ammonia-oxidizing bacteria in microbial biofilm on oyster shell surface. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 22(8): 807-812.

行政院環境保護署環境檢驗所, (2002) 水中亞硝酸鹽氮檢測方法—分光光度計法(NIEA W418.51C). 行政院環境保護署, 臺北市.

行政院環境保護署環境檢驗所, (2005a) 水中氨氮檢測方法—靛酚比色法(NIEA W448.51B). 行政院環境保護署, 臺北市.

行政院環境保護署環境檢驗所, (2005b) 水中硝酸鹽檢測方法—馬錢子鹼比色法(NIEA W417.51A). 行政院環境保護署, 臺北市.

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). 行政院環境保護署, 臺北市.

