

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 期末報告

台灣南部地區水產養殖業水資源永續發展對策 - 綠色水產  
養殖池及水循環回收系統之研發 , --台灣南部地區水產  
養殖業水資源永續發展對策 - 綠色水產養殖池及水循環回  
收系統之研發

計畫類別：整合型  
計畫編號：NSC 101-2119-M-009-004-  
執行期間：101年08月01日至102年10月31日  
執行單位：國立交通大學環境工程研究所

計畫主持人：黃志彬  
共同主持人：楊磊、袁如馨  
計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：吳蕙如  
碩士班研究生-兼任助理人員：鄭昕維  
博士班研究生-兼任助理人員：趙淑如  
博士班研究生-兼任助理人員：郭修齊

公開資訊：本計畫可公開查詢

中華民國 103 年 01 月 16 日

中文摘要：台灣地區養殖業主要集中於台中以南，養殖面積佔全台灣 2/3 以上，一般水產養殖業一公頃面積魚塭所需之淡水用量：鰻魚為 33.2 - 55.3 萬噸、蝦類為 11.4 - 17.2 萬噸及虱目魚為 3.8 - 4.9 萬噸。截至 2011 年 11 月，南部地區水產養殖業淡水用水量每年約為 6,800 萬噸，顯示養殖業需要大量之淡水。然而台灣南部水資源長期匱乏，造成淡水資源取得不易，導致漁民需仰賴地下水為養殖池補注水源。而超抽地下水衍生出土壤液化、土壤鹽化、地層下陷與高鐵危機等問題，所以水產養殖業用水是一項值得重視的課題，其匱乏問題急待解決。養殖漁業另一個問題為養殖後廢水產生問題，因為養殖廢水具有高氮氮並且含有病菌，如果排放於水體中容易造成污染，雖然目前已有少部分養殖場具有生態和廢水處理系統，但是礙於系統施工與維護不易、操作介面困難、初設成本高等缺點造成漁民接受意願低，所以研發與建立簡易組裝與高效率水處理系統與水質及生物活性自動監測為養殖業永續經營為當務之急。

計畫針對一處南部養殖魚塭進行水質監測，該養殖魚塭主要為虱目魚及白蝦混養。在計畫執行期間水質監測結果顯示水質狀況良好並無太大變動。在藻類調查中發現綠藻綱的 *Chlorella* spp. (小球藻) 佔了 50% 以上，小球藻能夠提供養殖魚、蝦豐富、均衡的天然營養素，但也偵測到 *Microcystis* sp. (微囊藻) 的存在，微囊藻在水體中會形成藻毒，可能對水中之生物造成生物毒性。在內分泌干擾物質 BPA、NP、OP、NP1EO 及 NP2EO 方面，檢出率依序為 OP > NP2EO > BPA = NP1EO > NP。結果顯示，OP 為兩個魚塭池之主要內分泌干擾物質，NP 則非養殖水中之主要內分泌干擾物質。在生態循環處理系統的設計與初步建置上，利用系統中的快速沉澱池、挺水植物區及沉水植物區，可分別去除魚蝦排泄物與大顆粒污染物、氮氮排泄物及大顆粒砂土與氮、磷、鉀。處理後的水，經過 UV 殺菌與生物活性監測系統確認後，即可將水循環回養殖池再行使用。此外，針對水產養殖水水質與水回收需求，設計一套裝式循環處理模組，本系統設計包含五項主要單元包含：高效能沉澱槽、生物濾床、超濾膜過濾系統、殺菌系統及反沖洗系統，可有效處理養殖池之氮氮等對生物有毒性之物質，使處理水可循環至養殖池再利用。而生物活性監測系統則利用魚種在環境變化下會發生行徑路徑變異、攝食改變等行為反應，並傳遞相異的電子訊號，作為生物活性指標，可結合上述兩種處理系統，評估處理水是否符合再利用之標準。並可針對養殖池之水質進行預警監測，對於水質惡化可提早應變，降低漁獲損失。

中文關鍵詞：水產養殖池、水生態循環處理系統、水循環回收系統、水質自動監測系統、生物活性自動監測系統

英文摘要：A fish farm where milkfish and white shrimps were cultured was chosen to monitor the water quality. There are two ponds in this fish farm. During the monitoring period, water quality in the fish farm remained good and stable. In the algae investigation, *Chlorella* spp. which can provide nutrients for fish and shrimps was found to be the dominant algae species (>50%) in the fish farm. However, *Microcystis* sp. which can produce algal toxin was also detected in the fish farm. Therefore, *Microcystis* sp. may be harmful for the milkfish and white shrimps. With regard to the endocrine disrupting chemicals, EDCs, the order of the detection rate is OP>NP2EO>BPA=NP1EO>NP. The result shows that OP is the major EDCs but, in contrast, NP is negligible in both ponds. To reuse the effluent from fish farm, we have developed a water recirculating system by constructed wetland and a packaged recirculating aquaculture system with the functions of speed-assembly and high mobility. There are three separated zones in the constructed wetland: settlement basin, emergent macrophytes, and submersed macrophytes. The treated water was further polished by UV illumination for sterilization and connected to an automated water quality and biological activity monitoring system to confirm if the treated waters comply with the requirement of reused water quality. There are five units designed in the packaged recirculating aquaculture system: settlement, biofilter, ultrafiltration, UV illumination and backwash units. This packaged recirculating aquaculture system can effectively reclaim the effluent to reduce the amount of water withdrawal. In the development of a biological activity monitoring system, Japanese medaka and zebrafish were used to measure the toxicity of reclaimed water. This system is based on the examination of the behavior of the fish and a number of combined parameters such as speed, swimming height growth, number of fish etc. This biological

activity monitoring system enables to detect toxic substances in water and provides an online real-time early warning system. By combining the biological activity monitoring system with the constructed wetland and the packaged recirculating aquaculture system, water can be reused to sustain the fish farming and online real-time early warning can reduce the loss of fish catch in southern Taiwan.

英文關鍵詞： aquaculture, constructed wetland, recirculation aquaculture system, water quality monitoring, biological activity

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

(期中進度報告/期末報告)

台灣南部地區水產養殖業水資源永續發展對策 -

綠色水產養殖池及水循環回收系統之研發

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 101 - 2119 - M - 009 - 004 -

執行期間：101 年 08 月 01 日至 102 年 10 月 31 日

執行機構及系所：國立交通大學環境工程研究所

國立中山大學海洋環境及工程學系

計畫主持人：黃志彬

共同主持人：楊磊、袁如馨

計畫參與人員：蘇育俊、吳蕙如、趙淑如、鄭昕維、郭修齊

本計畫除繳交成果報告外，另含下列出國報告，共 0 份：

執行國際合作與移地研究心得報告

出席國際學術會議心得報告

期末報告處理方式：

1. 公開方式：

非列管計畫亦不具下列情形，立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權，一年二年後可公開查詢

2. 「本研究」是否已有嚴重損及公共利益之發現：否 是

3. 「本報告」是否建議提供政府單位施政參考 否 是，\_\_\_\_\_（請列舉提供之單位；本會不經審議，依勾選逕予轉送）

中 華 民 國 103 年 1 月

## 目錄

表目錄.....	II
圖目錄.....	III
摘要.....	IV
Abstract.....	V
一、前言.....	1
二、研究目的.....	2
三、文獻探討.....	2
3.1 高密度養殖的生物汙染與環境衝擊.....	2
3.2 水產養殖用水處理方式.....	3
四、研究方法.....	5
4.1 研究場址介紹.....	5
4.2 分析方法.....	6
4.2.1 水質檢測分析項目.....	6
4.2.2 採樣點.....	7
4.2.3 採樣頻率.....	8
五、結果與討論.....	8
5.1 養殖池水質監測.....	8
5.2 生態循環處理系統設計及初步建置.....	14
5.3 套裝式循環處理模組設計及初步建置.....	15
5.4 生物活性自動監測系統設計.....	15
六、結論與建議.....	16
參考文獻.....	17
附錄.....	19

## 表目錄

表 4-1 本研究水質分析項目及檢測方法 .....	7
表 5-1 養殖魚塭池水之基本水質監測結果.....	10
表 5-2 養殖魚塭池水之藻種及數量分析結果 .....	11
表 5-3 內分泌干擾化合物之檢出率及濃度範圍 .....	13
表 5-4 大、小魚塭池之目標化合物平均濃度( $\mu\text{g/L}$ ).....	13
附表 1 2012 年 10 月 24 日檢測結果.....	19
附表 2 2012 年 11 月 30 日檢測結果.....	20
附表 3 2012 年 12 月 19 日檢測結果.....	21
附表 4 2013 年 1 月 7 日檢測結果.....	22
附表 5 2013 年 1 月 9 日檢測結果.....	23
附表 6 2013 年 2 月 4 日檢測結果.....	24
附表 7 2013 年 2 月 5 日檢測結果.....	25
附表 8 2013 年 2 月 18 日檢測結果.....	26
附表 9 2013 年 2 月 25 日檢測結果.....	27
附表 10 2013 年 3 月 4 日檢測結果.....	28
附表 11 2013 年 3 月 11 日檢測結果.....	29
附表 12 2013 年 3 月 18 日檢測結果.....	30
附表 13 2013 年 3 月 25 日檢測結果.....	31
附表 14 2013 年 7 月 8 日檢測結果.....	32
附表 15 2013 年 7 月 15 日檢測結果.....	33
附表 16 2013 年 7 月 22 日檢測結果.....	34
附表 17 2013 年 7 月 29 日檢測結果.....	35
附表 18 2013 年 8 月 5 日檢測結果.....	36
附表 19 2013 年 8 月 12 日檢測結果.....	37
附表 20 2013 年 8 月 19 日檢測結果.....	38
附表 21 2013 年 8 月 26 日檢測結果.....	39

## 圖目錄

圖 5-1 生態循環處理系統之設計 .....	14
圖 5-2 養殖池水套裝式循環處理模組之設計 .....	15
圖 5-3 生物活性自動監測系統之設計 .....	16



## 摘要

台灣地區養殖業主要集中於台中以南，養殖面積佔全台灣 2/3 以上，一般水產養殖業一公頃面積魚塭所需之淡水用量：鰻魚為 33.2 - 55.3 萬噸、蝦類為 11.4 - 17.2 萬噸及虱目魚為 3.8 - 4.9 萬噸。截至 2011 年 11 月，南部地區水產養殖業淡水用水量每年約為 6,800 萬噸，顯示養殖業需要大量之淡水。然而台灣南部水資源長期匱乏，造成淡水資源取得不易，導致漁民需仰賴地下水為養殖池補注水源。而超抽地下水衍生出土壤液化、土壤鹽化、地層下陷與高鐵危機等問題，所以水產養殖業用水是一項值得重視的課題，其匱乏問題急待解決。養殖漁業另一個問題為養殖後廢水產生問題，因為養殖廢水具有高氨氮並且含有病菌，如果排放於水體中容易造成污染，雖然目前已有少部分養殖場具有生態和廢水處理系統，但是礙於系統施工與維護不易、操作介面困難、初設成本高等缺點造成漁民接受意願低，所以研發與建立簡易組裝與高效率水處理系統與水質及生物活性自動監測為養殖業永續經營為當務之急。

計畫針對一處南部養殖魚塭進行水質監測，該養殖魚塭主要為虱目魚及白蝦混養。在計畫執行期間水質監測結果顯示水質狀況良好並無太大變動。在藻類調查中發現綠藻綱的 *Chlorella spp.* (小球藻) 佔了 50% 以上，小球藻能夠提供養殖魚、蝦豐富、均衡的天然營養素，但也偵測到 *Microcystis sp.* (微囊藻) 的存在，微囊藻在水體中會形成藻毒，可能對水中之生物造成生物毒性。在內分泌干擾物質 BPA、NP、OP、NP<sub>1</sub>EO 及 NP<sub>2</sub>EO 方面，檢出率依序為 OP > NP<sub>2</sub>EO > BPA = NP<sub>1</sub>EO > NP。結果顯示，OP 為兩個魚塭池之主要內分泌干擾物質，NP 則非養殖水中之主要內分泌干擾物質。在生態循環處理系統的設計與初步建置上，利用系統中的快速沉澱池、挺水植物區及沉水植物區，可分別去除魚蝦排泄物與大顆粒污染物、氨氮排泄物及大顆粒砂土與氮、磷、鉀。處理後的水，經過 UV 殺菌與生物活性監測系統確認後，即可將水循環回養殖池再行使用。此外，針對水產養殖水水質與水回收需求，設計一套裝式循環處理模組，本系統設計包含五項主要單元包含：高效能沉澱槽、生物濾床、超濾膜過濾系統、殺菌系統及反沖洗系統，可有效處理養殖池之氨氮等對生物有毒性之物質，使處理水可循環至養殖池再利用。而生物活性監測系統則利用魚種在環境變化下會發生行徑路徑變異、攝食改變等行為反應，並傳遞相異的電子訊號，作為生物活性指標，可結合上述兩種處理系統，評估處理水是否符合再利用之標準。並可針對養殖池之水質進行預警監測，對於水質惡化可提早應變，降低漁獲損失。

**關鍵詞：**水產養殖池、水生態循環處理系統、水循環回收系統、水質自動監測系統、生物活性自動監測系統

## Abstract

In Taiwan, two thirds of aquacultures are located in the south of Taichung, in which about 1/3 are fresh water fish farming. Although the amount of fresh water for each hectare of fish farm varies with fish species, the demand is significant. According to the Government report in Nov. of 2010, the annual fresh water consumption by aquaculture industry in southern Taiwan alone has reached 680,000,000 m<sup>3</sup>, indicating a great regional demand for fresh water by fish farming. However, the South has long suffered from water shortage mostly due to the uneven precipitation. In addition, most rivers in southern Taiwan are highly polluted. As a result, farmers turn to groundwater for water supplement, leading to the over-pumping of groundwater and the consequences of environmental impacts such as soil liquefaction, soil salinization, and land subsidence which jeopardizes the life of high speed rail. Conservation of groundwater has, therefore, become one of the top priorities in Government policies. Wastewater from aquaculture industry contains high-strength ammonia and pathogens, which should not be discharged into water body directly. Many studies have been conducted to investigate the feasibility of recirculating the aquaculture wastewater. To safeguard the production of fish farming as well as the health concern of the recycled water, the monitoring of biological activity of the treated water must be considered. On the other hand, fish farmers are not enthusiastic about the conventional wastewater treatment process, mostly due to the high capital cost, the hardship in construction and maintenance, and others. Therefore an efficient and user-friendly recirculating aquaculture system integrated with water quality and biological activity monitoring must be developed for sustainable aquaculture.

In the first year of this project, a fish farm where milkfish and white shrimps were cultured was chosen to monitor the water quality. There are two ponds (large one and small one) in this fish farm. During the monitoring period, water quality in the fish farm remained good and stable. In the algae investigation, *Chlorella spp.* which can provide nutrients for fish and shrimps was found to be the dominant algae species (>50%) in the fish farm. However, *Microcystis sp.* which can produce algal toxin was also detected in the fish farm. Therefore, *Microcystis sp.* may be harmful for the milkfish and white shrimps. With regard to the endocrine disrupting chemicals, EDCs, the order of the detection rate is OP>NP<sub>2</sub>EO>BPA=NP<sub>1</sub>EO>NP. The result shows that OP is the major EDCs but, in contrast, NP is negligible in both ponds. To reuse the effluent from fish farm, we have developed a water recirculating system by constructed wetland and a packaged recirculating aquaculture system with the functions of speed-assembly and high mobility. There are three separated zones in the constructed wetland. At the first zone namely settlement basin, excrement from fish

and large particles can be removed in this zone. At the second zone where emergent macrophytes were grown, ammonia can be degraded. At the third zone where submersed macrophytes were grown, large sands, nitrogen, phosphorous and potassium can be removed. The treated water was further polished by UV illumination for sterilization and connected to an automated water quality and biological activity monitoring system to confirm if the treated waters comply with the requirement of reused water quality. There are five units designed in the packaged recirculating aquaculture system: settlement, biofilter, ultrafiltration, UV illumination and backwash units. This packaged recirculating aquaculture system can effectively reclaim the effluent to reduce the amount of water withdrawal. In the development of a biological activity monitoring system, Japanese medaka and zebrafish were used to measure the toxicity of reclaimed water. This system is based on the examination of the behavior of the fish and a number of combined parameters such as speed, swimming height growth, number of fish etc. This biological activity monitoring system enables to detect toxic substances in water and provides an online real-time early warning system. The integration of these three projects will effectively reclaim the effluent to reduce the fresh water withdraw demand. By combining the biological activity monitoring system with the constructed wetland and the packaged recirculating aquaculture system, water can be reused to sustain the fish farming and online real-time early warning can reduce the loss of fish catch in southern Taiwan.

**Keywords : aquaculture, constructed wetland, recirculation aquaculture system, water quality monitoring, biological activity**

## 一、前言

聯合國糧農組織(Fisheries Department; FAO) 於 2004 統計資料顯示，養殖漁業的漁獲總量佔全球漁獲總量的比例(含甲殼及軟體動物)在過去十到四十年間呈現急速成長，其比例由 1970 年的 3.9% 激增至 2002 年的 29.9%。2009 年，FAO 的統計資料更指出，全球捕撈與養殖漁業漁獲總量約 1 億 4,510 萬公噸，其中養殖漁業產量達 5,510 萬公噸，已占全球總產量的 38%。在台灣，行政院農委會漁業年報資料顯示，台灣地區養殖漁業的產量在 2009 至 2010 年間仍有增加的趨勢，鹹水魚塢 2010 年全年生產量為 125,609 公噸，較 2009 年的 117,861 公噸，增加了 7,748 公噸，增產比率為 6.57%，而淡水魚塢方面，2010 年全年生產量為 147,424 公噸，較 2009 年的 135,911 公噸增加了 11,513 公噸，增產比率為 8.47%。養殖漁業的發展雖然提高了水產食品的產量，但卻也帶來水產食品對環境衝擊的安全議題：如大量的水資源損耗、土地利用、廢水和廢棄物的排放等(Gemende *et al.*, 2008; Zhang *et al.*, 2011)

養殖漁業在台灣以海水養殖(43.56%)及淡水養殖(30.53%)為主(行政院農業委員會漁業署年報，2010)，而內陸水產養殖的業者主要集中在中、南部地區，其養殖面積及用水量占內陸養殖的 90% 以上。一般水產養殖業 1 公頃面積之魚塢，所需之淡水用量為：鰻魚 33.2 至 55.3 萬公噸，蝦類 11.4 至 17.2 萬公噸及虱目魚 3.8 至 4.9 萬噸。根據行政院農委會在 2010 年漁業署年報，顯示國內養殖魚塢的總面積為 55,400 公頃，水產養殖業年淡水用水量為 734.4 百萬噸，淡水水源取得為漁民面臨的重大問題。

早期，台灣地區淡水養殖業之補注水源主要為地下水，惟因超抽地下水衍生地層下陷、海水倒灌、地下水及土壤鹽鹼化等問題(張等，2004)，故台灣現在已經全面禁止養殖漁業抽取地下水做為淡水養殖水之補注來源。目前漁民養殖之淡水水源來自農業灌溉用水、河川水與地下水，而其中最大的淡水來源仍為非法抽取之地下水，為永續經營養殖業，如何將養殖廢水處理、回收、再利用，已為近年來各界重視的課題。

台灣因為地窄人稠，所以淡水養殖業多採高密度的養殖方式。高密度養殖方式容易因魚塢中含有殘餘飼料、養殖生物屍體及排泄物，而形成氨氮、亞硝酸鹽氮及其他有機污染物，導致養殖生物不易存活(Itoi *et al.*, 2006; Cancino-Madariaga *et al.*, 2011)。為解決上述問題，業者一方面須不斷將養殖廢水排出，另一方面又需要不斷引進超抽的地下水來維持一定的用水量。因高密度養殖方式而造成的大量廢水排放不僅造成環境污染，往往因為下游漁民不知情，使用了受污染的廢水作為補充水源，而引發魚群死亡，造成漁民損失。由於養殖廢水不斷排出，漁民必須大量超收地下水來補充新水源的做法，則衍生出地層下陷、高鐵路基下陷與土壤鹽化等嚴重問題，可見，如何永續經營管理養殖業用水確為當務之急。

針對上述問題，本計畫以綠色水產養殖池及套裝式水循環回收系統，以解決養殖業廢水造成環境污染與地下水超抽之問題。本計畫以水產養殖池水生態循環處理系統與水產養殖池水套裝式循環處理模組，做為養殖廢水處理與水回用之設備，此計畫研發之設備，具有高效能處理養殖廢水之功能，同時兼具機動性、高便利性及安裝省時等優點，搭配以水產養殖池水水質及生物活性自動監測系統，可以確保養殖業之水質品質與穩定性；執行本計畫可提升水資源再利用與減緩因超抽地下水造成地層下陷之問題。

## 二、研究目的

本研究目的為設計綠色水產養殖系統與開發智慧型水產養殖環境控制及水回收系統，以提高養殖業之水質穩定性與品質，並提升水資源再利用與減緩地下水超抽造成之地層下陷問題，此系統包含三個主要單元：(1)水產養殖池水生態循環處理系統之研發與功能測試，(2)水產養殖池水套裝式循環處理模組之研發與功能測試，及(3)水產養殖池水水質及生物活性自動監測系統。

為整合上述三種系統，達到水質、水量調配，水質淨化與生物活性監測等功能，此系統將搭配可程控設備及操作簡單且易懂之人機介面智能系統，做為每一單元之最佳化調配，可使養殖業者清楚且簡單地監控魚塭水質環境，藉由此系統之整合，魚塭水體可再生循環利用，大幅降低養殖用水與地下水抽用，達到預防地層下陷之治本成效及防災目標。

本生態循環處理系統兼具節水與水資源再利用之功能；而套裝式循環處理模組則具有節水與水資源再回用，亦可應用於緊急救災，當災害發生時，如水災，可快速更新模組之薄膜等元件，立即進行淨水與供水，做為救災與緊急供水使用。茲就本計畫前瞻應用與技術規劃，說明如下：

**應用處：**南部養殖漁業之水處理與回收，減少地下水超抽之問題，並可紓緩南部地區高鐵路基下陷與土壤鹽化之問題。

**技術核心：**本計畫的技術獨特性為所開發的套裝式淨水裝備並研發水體環境監控系統具有高效能水質淨化效率且組裝容易、具備移動便利性，平時可以做為水產養殖廢水處理與養殖池補充水來源(防災)，災難發生時可以作為臨時淨水與供水設備(救災)，例如對颱風後的水量、水質進行控制(高濁水處理與控制)、對氨氮進行處理與控制，使養殖生物能於災時受到妥善照顧與生存，避免影響農漁戶之生計。由效益上來看，平時，此一套裝式淨水裝置及水體環境監控系統可透過創造穩定而優質的供水環境，增加養殖產量、降低用水量及減少操作成本，若發生災難時，則可做為緊急民生供水系統之用。

## 三、文獻探討

### 3.1 高密度養殖的生物汙染與環境衝擊

由於土地資源有限，台灣淡水養殖業一般採用高密度的養殖方式，高密度養殖容易因為殘餘飼料或生物體產生排泄物，造成養殖水體  $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$  及有機物的濃度增加。國外研究發現，水產養殖系統污染物來源有 36% 生化需氧量是由魚排泄物所提供，75% 的氮來自於氨氮所提供，84.02% 的磷則是因為生物代謝廢棄物所產生(Raffie & Saad, 2005; Iván & Tsunao, 2012)。其他學者更證實，

低濃度之  $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$  即會導致生物存活不易 (Gemende *et al.*, 2008; Cancino-Madariaga *et al.*, 2011; Díaz *et al.*, 2011)。為了因應高密度養殖方式，漁民必須取得大量淡水，但淡水取得不易，所以養殖業只好仰賴地下水的供應。根據農委會飼料營養雜誌資料，82 年度台灣地區地下水抽水量為 71 億噸，其中養殖漁業地下水抽用量即達 30 億噸，佔地下水總抽用量 71 億噸之 42% (行政院農委會飼料營養雜誌，1999)，顯示養殖漁業嚴重抽取地下水；超抽地下水帶造成地層下陷，帶來令人憂慮的環境衝擊，根據內政部水利署統計資料，台南地區民國 76 - 99 年間地層下陷面積高達 198  $\text{km}^2$ ，最大下陷速率為 5.4  $\text{cm/year}$  (內政部水利署年報，2010)。國內外研究資料顯示，高密度養殖帶來除了帶來生物汙染且由於淡水需求，引發超抽地下水行為而致地層下陷，兩項問題都需要運用新技術、新方法來加以解決。

### 3.2 水產養殖用水處理方式

目前淨化與回收水產養殖業廢水處理方法包含：混凝沉澱、薄膜過濾處理、離子交換、化學氧化法、生物濾床和人工溼地等 (Díaz *et al.*, 2011; 陳等，2003)，相關文獻整理如下：

#### (1) 薄膜過濾處理技術

淡水水產養殖水回收常以 NF 及 RO 薄膜處理含  $\text{NH}_4^+$  之廢水，效果優於海水養殖，係因為海水中含有高量的  $\text{Na}^+$ ，會與  $\text{NH}_4^+$  競爭薄膜表面的鍵結位子，故導致效果不佳。Cancino-Madariaga 等人的研究也指出 pH 改變對淡水養殖廢水之 NF 過濾有顯著之影響，實驗結果顯示在 pH 7 的過濾效果優於 pH 5，主要因為在 pH 5 的情形下 NF 表面帶正電，而氮以  $\text{NH}_4^+$  的形態存在也帶正電，故截留效果不佳 (Cancino-Madariaga *et al.*, 2011)。Ali 等人的研究則發現利用 polyethersulfone (PES) 薄膜，分別可截留 85.7% 及 96.49% 的含氮及含磷物質 (Ali *et al.*, 2005)。

Liu 等人結合風力驅動的 RO 系統與浮萍生態池 (duckweed-covered treatment) 處理吳郭魚 (*Oreochromis niloticus*) 水產養殖廢水，經 RO 與生態池系統處理後，氨氮濃度低於 0.02  $\text{mg/L}$  (6 hrs)，可再將水回用，此研究之浮萍種類為 *Spirodela spp.*，生態系統中氨氮去除機制以吸附作用為主，僅些許的微生物硝化作用。研究中也建議生態系統設計需考量 (a) 營養鹽進流濃度 (氨氮需  $< 2 \text{mg/L}$ )、(b) 反應槽深度、(c) 反應槽表面積及 (d) 浮萍生長密度 (Liu *et al.*, 2007)。

#### (2) 化學氧化技術

化學氧化法處理含氮、磷養殖廢水方法包含：臭氧 ( $\text{O}_3$ )、UV、電化學氧化和折點加氯等。Díaz 等人利用類鑽碳 (boron doped diamond) 當作電極，以電化學氧化法來分解含氮磷之海水養殖廢水，結果顯示，雖然電化學氧化法可以有效且快速去除廢水之 COD、氨氮及亞硝酸鹽氮等物質，同時也導致氧化副產物如三鹵甲烷 (trihalomethanes, THMs) 之生成，形成二次污染。因此文章中建議以電化學程序處理廢水後應該結合活性碳或其他處理方法將 THMs 去除 (Díaz *et al.*, 2011)。

此外，化學藥劑也經常添加於養殖池，常用的化學藥劑有福馬林、硫酸銅、氯胺、過乙酸、臭氧及過氧化氫，可幫魚卵消毒，控制真菌及細菌的生長之作用，改善水質並且降低魚的死亡率。臭氧可有效去除 TOC、濁度、氨氮、藻類、色度及亞硝酸鹽氮外，亦具有消毒作用，研究指出，若添加 15  $\text{g O}_3/\text{kg feed/天}$  可以維持

水中硝化菌的菌落數，進行硝化與脫硝作用達到穩定水質(Krumins *et al.*, 2001)；而化學藥劑添加缺點為對環境衝擊、操作及設備成本高及操作人員在使用上的安全問題(Pedersen & Pedersen, 2012)。

### (3) 循環水養殖系統 (Recirculating aquaculture systems, RAS)

循環水養殖系統已逐漸推廣運用於水產養殖水回收與再生，循環水養殖系統具有自然生態淨化與污水處理能力及減少能源的消耗等優點(Itoi *et al.*, 2006; Cancino-Madariaga *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2011)。因此循環水系統主要利用生物濾床及生物流體化床來處理廢水，達到水產養殖水循環再利用之目的，所以可以大大的降低補水率。傳統養殖池換水率約為 30-40%/天，循環水養殖系統換水率僅需 5-10%/天，此系統操作條件需控制溶氧量、含氮物質濃度、CO<sub>2</sub> 濃度、溫度、pH、總固體濃度(TS)來達到最佳的處理效果(Gemende *et al.*, 2008; Iván & Tsunao, 2012)。

NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 的去除主要靠硝化及脫硝反應，硝化生物濾池(nitrifying biofilters)係 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 經由自營性硝化菌和亞硝化菌轉變成 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 及 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N，最終產物為 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N (Gemende *et al.*, 2008; Itoi *et al.*, 2006)，而硝化菌的硝化反應與效率取決於環境中的溶氧量、溫度、pH、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、鹽度、鹼度及有機質濃度(Cancino-Madariaga *et al.*, 2011)。Gemende 等人為提升循環水養殖系統之脫硝反應，將循環水系統串聯無氧反應槽與沉浸式薄膜生物處理(submerged membrane bioreactor, SMBR)，結果顯示 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 由 58 mg/L 降至 16 mg/L，去除率為 78%，顯示串連式 SMBR 對漁養殖業廢水處理有其效用(Gemende *et al.*, 2008)。

循環水養殖系統亦有使用生物流體化床式，係利用生物固定化技術將培養之微生物菌體包覆於擔體內部，藉由較高之生物量平衡水池生態中之食微比，使污染物得以有效之分解穩定，其所具有之優點包括 (a)不需迴流污泥以控制食微比，操作維護容易；(b)可維持較高之微生物量，不易被沖洗而流失；(c)擔體具有保護菌體之功效，可抵抗外來毒性物質之傷害；(d)擔體具有高表面積，且價格低廉；(e)同時兼具好氧及厭氧之環境，有益於脫氮處理；(f)因微生物之生物相複雜，食物鏈較長，故污泥產量少。缺點為 (a) 擔體吸附過飽和，需良好的再生過程；(b)擔體使用超時，老化的生物膜需要去除，才可保有良好之分解作用(陳等, 2003; Iván & Tsunao, 2012)。

### (4) 人工溼地 (Constructed wetland system)

國內首宗人工溼地是結合生態景觀、教育學習、水資源再利用之綠建築示範案，由成大建築系林憲德教授、嘉南科大環工系荊樹人教授執行。該溼地之水源為建築系師生 300 餘人每日所排放出之生活污水 3-10 公噸，溼地總面積為 100 m<sup>2</sup>，BOD 去除率大於 90%，每日最高處理量可達 10 公噸(歐, 2004)。林瑩峰、荊樹人於 2005 至 2006 年進行人工溼地管理水產養殖廠排放廢水污染之技術開發，此研究利用既有的魚塢整地後改造成一個農場規模的人工溼地(105 m<sup>2</sup>)，將魚塢養殖池 (1,225 m<sup>2</sup>)以管線及抽水機建構成循環水養殖系統，溼地對魚塢的面積比僅為 0.086。另設置無循環水處理的魚塢(1,138 m<sup>2</sup>) 做為控制組，兩處魚塢均飼養白蝦，探討人工溼地的淨化能力。研究結果發現人工溼地可有效處理魚塢廢水，TS 去除率為範圍為 59-72%、濁度去除率為範圍為 55-65%、葉綠素 a 為 58-72%、BOD 為 29-40%和 COD 為 13-24%，出流水水質符合環保署公告的養殖場放流水

標準(TSS < 30mg/L, BOD < 30 mg/L, COD < 100 mg/L) (林等, 2008)。

蔡(2010)以人工溼地系統預先處理生活廢水後並將水回收做為養殖業補充水源, 研究中養殖魚種為吳郭魚、鯽魚、大頭鯪及草魚。研究結果發現, 經過生態處理後水中的 SS 濃度、濁度、有機物與氮磷營養鹽均比處理前濃度低, SS 平均進流濃度約為 3 mg/L, BOD 濃度降為 2.2 mg/L, COD 濃度為 34.8 mg/L,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  為 4.07 mg/L, 也發現生態池中浮游生物的數量在處理廢水過程中逐漸增加, 主要因為養殖廢水中含有機物與氮磷營養鹽物質可作為浮游生物的營養來源, 而浮游生物成為魚的食物來源, 形成多元之自然生態系統。

綜合上述國內外相關研究顯示, 一般水產養殖廢水皆含有高氨氮及病菌, 排放於自然水體中易造成污染, 可藉生態或其他生物及物化方法處理與回收再利用。但大部份研究僅針對處理養殖廢水與回收之效能做探討, 對於處理前後之養殖水並無做生物活性監測, 故無法得知回收水是否會影響漁池生物之活性。目前雖已有少部分養殖場具有生態和廢水處理系統, 但是礙於系統施工與維護不易、操作介面困難、初設成本高等缺點, 造成漁民接受意願低。因此, 研發與建立簡易組裝與高效率水處理系統與水質及生物活性自動監測為養殖業永續經營之當務之急。

## 四、研究方法

### 4.1 研究場址介紹

本計畫之研究場址位於臺南市仁德區一處魚塢(如圖 4-1), 此魚塢的進流水為地下水, 分為大、小兩池, 且兩池相通。大、小兩池的面積分別為 11,300  $\text{m}^2$  及 7,200  $\text{m}^2$ , 實際測量兩池之深度平均均約為 1.4 m, 以此估算本研究場址水體體積為大池 15,820  $\text{m}^3$ 、小池 10,080  $\text{m}^3$ 。

場址業者為提高魚塢產值, 採取虱目魚及白蝦混合之養殖方式, 以虱目魚為主要的養殖對象。虱目魚屬廣鹽性的熱帶魚類, 不能耐寒, 對低溫的耐受能力較差, 生長適溫為 16~39°C, 當水溫降至 14°C 時即停止攝食, 抵抗力開始下降, 下降至 10°C 時開始死亡, 所以需要設置越冬溝。因此, 本場址業主為高單位面積生產量, 避免氣壓突然降低溶氧不足或太冷造成虱目魚群大量死亡, 於是採用高密度的深水式集約養殖法。養殖時間為 8 月至隔年 4 月, 本場址於 4 月收穫後會對魚塢進行「曝池」工作, 讓魚塢的底層土接受陽光曝曬, 達到殺菌、消毒的效果, 因此會把水放乾, 曬池休養, 直到 6 月份再開始下一次的養殖週期。

本場址使用以黃豆粉替代高價的魚粉做為蛋白質來源之漁專牌- 虱目牌- 虱目魚特配用配合飼料, 其主要成分為黃豆粉、全脂豆粉、小麥粉、麥粉、粉頭、清糠、酵母粉等。給料方式靠自動投料機取代人工投料, 在兩池中間走道設置數個自動投料機, 給料時間為經常性投料並依漁期而定(本研究場址魚塢業者依其經驗判斷是否增加投料量)。

本場址業者為淨化水質、促進光合作用, 以及提供額外蛋白質, 所以在養殖期間會不定期投入陽光素- 光合成菌 (Photosynthetic bacteria, PSB), 所添加之光合菌為 *Rhodospirillum rubrum*、*Rhodovulum sulfidophilum*、*Rhodobacter sphaeroides*、*Rhodospirillum rubrum*、*Rhodospirillum rubrum*、*Rhodospirillum rubrum*。光合成菌為革蘭氏陰性細菌 (Gram



negative bacteria)，在不同的自然環境下，具有多種異養功能如固氮、脫氮、固碳、硫化物氧化等，與自然界中的氮、磷、硫循環有著密切的關係，在自然環境的自淨過程中，擔任著重要的角色，且對家禽、家畜及魚、蝦、蟹、貝幼體具有明顯的促進生長和提高成活率的作用。相關文獻指出向魚池投入適量光合成菌培養液能淨化魚池水質，促進苗種生長，提高魚苗存活率，並可有效的去除水中氨氮含量，也因為光合成菌數量的增加，形成對養殖生物最有利的微生物群落，使致病性的微生物數量達到控制，也因此光合成菌具有有效改善養殖環境、淨化水質及減少病害的能力。



圖 4-1 本研究所選定之養殖魚塢場址空照圖（資料來源 google maps）

## 4.2 分析方法

本研究之調查期間從 2012 年 10 月至 2013 年 8 月份止，共計採取 21 次水樣進行水質測定。同時裝取大魚塢及小魚塢之混樣，並於魚塢業主有開啟進流水時採集水樣進行檢測。

### 4.2.1 水質檢測分析項目

分析項目分為現場測定：溫度 (Temperature)、溶氧 (DO)、氫離子濃度 (pH)、導電度 (Conductivity)、鹽度 (Salinity)、氧化還原電位 (ORP) 等；實驗室分析項目：葉綠素 a (Chlorophyll a)、總懸浮固體物 (SS)、生化需氧量 (BOD)、化學需氧量 (COD)、氨氮 ( $\text{NH}_3\text{-N}$ )、亞硝酸氮 ( $\text{NO}_2\text{-N}$ )、硝酸氮 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )、總磷 (TP)、總凱氏氮 (TKN)、藻種調查 (Algae Investigation)。實驗分析方法均遵照環保署公告標準進行 (如表 4-1)。

為了解水產養殖池中內分泌干擾物質 (Endocrine disrupting chemicals, EDCs) 之含量分佈，進行養殖水中雙酚 A (BPA)、壬基苯酚 (NP)、辛基苯酚 (OP)、壬基苯酚單乙氧基醇 (Nonylphenol monoethoxylate, NP<sub>1</sub>EO) 及壬基苯酚雙乙氧基醇 (Nonylphenol diethoxylate, NP<sub>2</sub>EO) 五種酚類化合物之調查。萃取步驟為先將均勻混合之水樣經粗濾和細濾以避免顆粒及為生物留於水中，再使用固項萃取法進行

濃縮淨化。萃取管柱利用二氯甲烷、甲醇和去離子水進行活化，之後將水樣通過管柱，待完全通過再加入去離子水和甲醇沖洗，最後以二氯甲烷和甲醇沖提並收集沖提液進行氮氣吹拂濃縮，經定量再以液相層析儀配合螢光偵測器化學分析。

表 4-1 水質分析項目及檢測方法

分析項目	水質檢測方法	分析項目	水質檢測方法
採樣方法	NIEA W104.51C	化學需氧量	NIEA W515.54A
溫度	NIEA W421.50A	氨氮	NIEA W416.50A
溶氧量	NIEA W421.50A	總凱氏氮	NIEA W420.50B
鹽度	NIEA W203.51B	硫化物	NIEA W433.51A
pH 值	NIEA W424.50A	正磷酸鹽	NIEA W443.51C
導電度	NIEA W203.51B	硝酸氮	NIEA W419.51A
葉綠素 a	NIEA E507.02B	亞硝酸氮	NIEA W418.51C
總磷	NIEA W444.50C	藻種調查	NIEA E504.42C
生化需氧量	NIEA W510.54B		

#### 4.2.2 採樣點

本研究的採樣點分別為大漁塭水體入流處、大漁塭中間點、大漁塭灑料點、小魚塭角落點、小魚塭水體中間點，以及小魚塭灑料點，共計六點（如圖 4-2）。



圖 4-2 本研究採樣點位置示意圖。編號 1:大漁塭水體入流處(經緯度: 22.927775,120.237433); 編號 2:大漁塭水體中間點(經緯度: 22.92732,120.237669); 編號:3 大漁塭灑料點(經緯度: 22.927093,120.237197); 編號 4:小魚塭角落點(經緯

度: 22.926747,120.238001);小魚塭水體中間點(經緯度: 22.927133,120.237712);編號 6:小魚塭灑料點(經緯度: 22.926955,120.23724)。

#### 4.2.3 採樣頻率

採樣頻率以及採樣時間配合魚塭業主養殖週期視現場情況做調整,採樣時間固定在上午,分別為 2012 年 10 至 12 月份為每月 1 次、1 月份 2 次、2 月份 3 次、3 月份增加為每星期一次。其中,1 月以及 2 月初為添加光合菌前後各採樣 1 次。2013 年 7 月至 8 月則改為每星期 1 次。

本研究並於 2013 年 2 月 25 日 12:00 至 2013 年 3 月 4 日 7:00、2013 年 8 月 26 日 12:00 至 2013 年 8 月 31 日 15:00 使用 HYDROLAB 多參數水質儀連續監測水質之變化,測量項目為溫度、pH、導電度、鹽度、總懸浮固體物、溶氧、葉綠素 a、氧化還原電位等,測量間隔時間為 1 小時 1 次。

## 五、結果與討論

### 5.1 養殖池水質監測

本場址在養殖期間的 pH、DO 均未有劇烈變動,均維持在 8 及 4 mg/L 左右,鹽度與導電度在魚養殖初期較高,中後期則維持在 3~4 ppt、6~7 mS/cm 左右,COD 在 100 mg/L 左右,BOD<sub>5</sub>在養殖前期較穩定,但整體而言並不高在 10 mg/L 左右。SS 在 40~50 mg/L 左右。葉綠素 a 與 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 初期較低,到中期較高。NH<sub>3</sub>-N 前期較高,中後期則在 2 mg/L 左右,NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 則都低於偵測極限。

連續監測水質參數結果,雖然養殖初期日間 DO 有過飽和的狀態,可能有優養化的現象,但夜間 DO 濃度也都高於 2 mg/L,不至於讓虱目魚死亡。唯在 2013 年 3 月 2 日至 4 日因有泥巴覆蓋在電極上,導致葉綠素 a 及氧化還原電位數據出現驟降。2013 年 8 月 26 至 31 日因輕度颱風康芮來襲,因此監測期間數據均受到颱風的影響,數據接有下降趨勢。ORP 則因連日雨勢致使數據往上提升,葉綠素 a 電極也因泥巴覆蓋導致數據在監測前期出現驟降的情況。

本研究之水質檢測結果水質參數結果如表 5-1 所示。鹽度測定在 2013 年 2 月 5 日前各採樣點的平均為 3.73 ppt、3.76 ppt、3.81 ppt、2.90 ppt、2.91 ppt、2.93 ppt,2 月 18 日起各採樣點的平均鹽度為 4.27 ppt、4.27 ppt、4.27 ppt、3.18 ppt、3.18 ppt、3.15 ppt,因 2 月 5、18 日水溫呈現較高的數值使得魚塭水位下降,故開啟進流水補充水位,進流水平均鹽度為 5.4 ppt 導致魚塭鹽度上升,但虱目魚屬於廣鹽性魚類故不影響其生長。

虱目魚在初期飼養時需要大量的飼料提供其生長所需要的營養,而這些飼料中也含有大量的蛋白質,因此當這些沒有被攝食完的餌料經細菌分解,會產生硫化氫以及氨進而對水質產生影響,因此氧化還原電位於 2012 年 10 月 24 日第 1 次採樣分析為 86 mV、97 mV、100 mV、101 mV、108 mV、113 mV 皆呈現偏低的數據,總凱氏氮在首次分析的 12.65 mg/L、18.64 mg/L、27.7 mg/L、20.55 mg/L、18.52 mg/L、18.75 mg/L 也是高於平均的 14.71 mg/L、18.50 mg/L、19.32 mg/L、16.53 mg/L、14.86 mg/L、17.76 mg/L;養殖初期的水質會呈現較不穩定的狀況,這期間也是攸關整體漁獲量的關鍵時期,因此從養殖初期開始魚塭就必須定期的投入光合菌來穩定水質,前人研究中表示光合菌可有效的去除水中氨氮含量(郭

等，2003），因此，當漁期進入中後期後開始減少飼料的供應，進而在後期減少魚塢水體的負擔。整體而言本場址於研究期間水質並無太大變動，故水質數據呈現平穩狀況且均在適合的養殖範圍內，並不影響養殖。

藻種分析結果如表 5-2 所示，大魚池中，綠藻綱的 *Chlorella spp.*（小球藻）、藍綠藻綱的 *Chroococcus sp.*（微小色球藻）及 *Oscillatoria tenius*（顫藻）、綠藻綱的 *Monoraphidium komarkovae* 為主要的優勢藻類。小魚池中，綠藻綱的 *Chlorella spp.*（小球藻）、藍綠藻綱的 *Chroococcus sp.*、隱藻門的 *Cryptomonas sp.*及藍綠藻綱的 *Oscillatoria tenius*（顫藻）為小魚池中的優勢藻類。大小魚池中綠藻綱的 *Chlorella spp.*就佔了 50%以上，小球藻能夠提供豐富、均衡的天然營養素，包括 18 種氨基酸組成的優質蛋白質和多種維生素礦物質、葉酸、葉綠素、活性因子 C.G.F.、藻多糖、核酸等。這些營養成分有助於誘發干擾素，激活 NK 細胞的免疫活性，提高防病能力和抵抗力。小球藻具有修復細胞的作用，可以解除體內各細胞代謝異常的根源，使各器官的機能恢復正常，廣泛用於蝦苗、魚苗、蟹苗、海參、貝類最好的天然餌料。此外，藍綠藻含量可做為水質有機污染指標，*Oscillatoria tenius*（顫藻）會使水體生物產生土臭味及霉臭味，因此須要多加注意，在大魚池中 *Oscillatoria tenius* 會有好發的現象應多加注意，而 *Microcystis sp.*（微囊藻）在水體中會形成藻毒。

此外，在分泌干擾化合物於養殖水中之流佈調查。本研究由 12 個有效樣品結果發現，2 批水樣中，OP 檢出率最高為 100%；其次為 NP<sub>2</sub>EO 檢出率為 83%；再者為 BPA 及 NP<sub>1</sub>EO，檢出率皆為 67%；最後為 NP 檢出率為 8%。表 5-3 為各內分泌干擾化合物之檢出率及檢測之濃度範圍。

小魚塢池部份，平均濃度以 OP 最高，檢出濃度別為  $0.051 \pm 0.018 \mu\text{g/L}$ ，其次為 BPA、NP<sub>2</sub>EO 及 NP<sub>1</sub>EO，濃度分別為  $0.023 \pm 0.008 \mu\text{g/L}$ 、 $0.017 \pm 0.014 \mu\text{g/L}$  及  $0.014 \pm 0.003 \mu\text{g/L}$ ，而最高濃度出現在 OP 之第 2 樣點為  $0.084 \mu\text{g/L}$ ，另外 NP 則皆未檢出。表 5-4 為目標化合物之平均濃度。

大魚塢池部份，平均濃度以 OP 最高，檢出濃度別為  $0.052 \pm 0.011 \mu\text{g/L}$ ，其次為 NP<sub>2</sub>EO、NP<sub>1</sub>EO，濃度分別為  $0.041 \pm 0.037 \mu\text{g/L}$  及  $0.016 \pm 0.002 \mu\text{g/L}$ ，而最高濃度出現在 NP<sub>2</sub>EO 之第 3 樣點為  $0.113 \mu\text{g/L}$ ，另外 BPA 及 NP 皆只有一個樣點有偵測出濃度，各為  $0.013 \mu\text{g/L}$  及  $0.01 \mu\text{g/L}$ 。大魚塢池各目標化合物之平均濃度如表 5-4 所示。

由於養殖廢水常使用除草劑或殺菌劑來抑制水中產生優氧化的問題，而有些殺菌劑會添加酚類化合物，來增加其抑制效率(Hernando *et al.*,2007)，所以造成養殖廢水中酚類化合物的產生。而在監測之養殖水中又以 OP 之平均濃度最高，可能是由於養殖水的來源多為農業灌溉渠道水及地下水，因此推估可能是由於農業灌溉渠道非密閉式取水系統，因此當大量排入含辛基苯酚聚乙氧基醇類化合物(OPEOs)的清潔用品，會使得水中出現高檢出率及相對較高濃度的趨勢。而 NP 檢出率低之原因，可能為於 2008 年環保署頒布嚴格管制壬基苯酚類化合物之添加量後，使得許多許多清潔用品中的界面活性劑皆改用辛基苯酚類化合物取代原有的產品，因此才造成 NP 下降，OP 上升的可能原因之一。

表 5-1 養殖魚塭池水之基本水質監測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值							
		大魚塭 1	大魚塭 2	大魚塭 3	小魚塭 1	小魚塭 2	小魚塭 3	大魚塭混樣	小魚塭混樣
水溫 <sup>b</sup>	°C	23.45±2.29	23.29±2.34	23.32±2.28	23.35±2.41	23.26±2.36	23.38±2.39	-	-
DO <sup>b</sup>	mg/L	4.12±0.29	4.03±0.31	3.98±0.31	3.93±0.31	4.06±0.38	4.00±0.31	-	-
pH <sup>b</sup>		8.10±0.16	8.14±0.14	8.14±0.17	8.17±0.09	8.15±0.10	8.17±0.15	-	-
導電度 <sup>b</sup>	mS/cm	7.23±0.51	7.24±0.53	7.24±0.56	5.63±0.40	5.63±0.36	5.62±0.36	-	-
鹽度 <sup>b</sup>	ppt	3.98±0.29	3.99±0.27	4.02±0.27	3.03±0.16	3.04±0.15	3.03±0.13	-	-
ORP <sup>b</sup>	mv	176.15±32.52	171.54±28.55	175.23±28.28	172.23±30.41	170.62±29.50	170.31±27.07	-	-
葉綠素 a <sup>b</sup>	mg/m <sup>3</sup>	44.37±30.71	42.55±26.06	45.71±32.45	34.00±22.60	37.09±32.42	41.99±23.42	50.83±33.22	42.86±28.47
SS <sup>b</sup>	mg/L	48.00±9.29	48.38±8.85	49.00±9.98	42.62±8.03	39.31±4.41	41.46±10.26	48.38±5.10	46.25±7.87
BOD <sub>5</sub> <sup>b</sup>	mg/L	11.37±3.31	12.08±2.97	11.62±3.55	12.04±4.07	13.15±5.23	11.96±4.31	15.24±3.35	17.78±2.85
COD <sup>b</sup>	mg/L	107.36±40.82	93.49±28.21	105.25±35.92	120.57±41.06	116.67±45.64	115.16±42.08	119.63±43.67	124.90±33.77
NH <sub>3</sub> -N <sup>b</sup>	mg N/L	1.80±0.45	2.65±1.23	2.11±0.68	2.00±0.93	1.69±0.31	1.60±0.51	2.33±0.44	2.17±0.30
NO <sub>2</sub> -N <sup>b</sup>	mg N/L	N.D. <sup>a</sup>	0.17±0.41	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
NO <sub>3</sub> -N <sup>b</sup>	mg N/L	1.85±1.18	1.99±1.67	1.96±1.45	1.92±1.64	1.83±1.48	1.79±1.37	2.05±1.88	2.21±2.44
TP <sup>b</sup>	mg P/L	5.68±1.32	5.40±1.09	5.51±1.25	5.32±1.09	5.48±0.98	5.50±1.16	6.48±0.78	5.97±0.78
TKN <sup>b</sup>	mg N/L	14.71±6.65	18.50±6.26	19.32±6.71	16.53±7.44	14.86±5.92	17.76±9.33	15.20±2.02	12.73±1.93
PO <sub>4</sub> -P <sup>b</sup>	mg P/L	4.21±1.00	3.59±1.43	4.00±0.83	6.87±1.92	6.51±1.50	6.81±1.70	4.23±1.15	6.75±1.72
總硫 <sup>c</sup>	µg/L	70.50±5.50	69.50±9.73	67.25±5.72	76.75±5.12	72.50±3.84	70.50±2.29	74.25±9.68	73.50±4.27

備註：<sup>a</sup> 低於偵測方法極限之測定以”N.D.”表示；<sup>b</sup> 採樣次數: 13；<sup>c</sup> 採樣次數: 4

表 5-2 養殖魚塭池水之藻種及數量分析結果

地點	大魚塭				小魚塭				水質指標	總計	百分比	大魚塭	百分比	小魚塭	百分比
	10	11	12	2	10	11	12	2							
藻類															
<b>Bacillariophyta 矽藻</b>															
<i>Navicula marina</i>							76,800		ams-βms	76,800	0.15%	0	0.00%	76,800	0.30%
<i>Navicula spp.</i>	76,800		64,000	46,310			153,600		ams-βms	340,710	0.67%	187,110	0.75%	153,600	0.60%
<i>Nitzschia acicularis</i>		76,800					76,800		ams-βms	153,600	0.30%	76,800	0.31%	76,800	0.30%
<i>Nitzschia palea</i>	76,800	153,600	64,000						ams-βms	294,400	0.58%	294,400	1.17%	0	0.00%
<i>Nitzschia paleacea</i>			64,000						βms-os	64,000	0.13%	64,000	0.26%	0	0.00%
<i>Nitzschia spp.</i>	76,800	76,800	19,200			89,600	76,800		ams-βms	339,200	0.67%	172,800	0.69%	166,400	0.65%
<i>Chlorella spp.</i>	4,684,800	2,380,800	4,608,000	1,279,968	4,838,400	2,956,800	4,454,400	1,007,251	Ams	26,210,419	51.86%	12,953,568	51.66%	13,256,851	52.06%
<i>Closterium sp.</i>		76,800		37305		89,600		38,592	ams-os	242,297	0.48%	114,105	0.46%	128,192	0.50%
<i>Coelastrum sp.</i>	153,600	76,800	192,000	68822	76,800	89,600	76,800	81,043	βms	815,465	1.61%	491,222	1.96%	324,243	1.27%
<i>Cosmarium sp.</i>	153,600	76,800	64,000	113203	76,800				βms	484,403	0.96%	407,603	1.63%	76,800	0.30%
<i>Crucigeniella crucifera</i>			64,000		76,800				ams-βms	140,800	0.28%	64,000	0.26%	76,800	0.30%
<i>Crucigeniella sp.</i>	230,400	76,800	128,000	65,606	153,600	89,600	76,800	53,385	ams-βms	874,191	1.73%	500,806	2.00%	373,385	1.47%
<i>Endorina sp.</i>	76,800	76,800	64,000		76,800	89,600	76,800		βms	460,800	0.91%	217,600	0.87%	243,200	0.96%
<i>Monoraphidium komarkovae</i>	153,600	230,400	320,000		76,800	179,200	230,400		βms-os	1,190,400	2.36%	704,000	2.81%	486,400	1.91%
<i>Monoraphidium sp.</i>	76,800	230,400	64,000		76,800	89,600	153,600		βms-os	691,200	1.37%	371,200	1.48%	320,000	1.26%
<i>Oocystis sp.</i>	76,800	76,800	64,000	46,953	76,800	89,600	76,800		ams-βms	507,753	1.00%	264,553	1.06%	243,200	0.96%
<i>Pandorina sp.</i>	76,800	76,800	64,000		76,800	89,600	76,800	45,024	βms-os	505,824	1.00%	217,600	0.87%	288,224	1.13%
<i>Pediastrum biwae</i>	76,800				76,800			55,958	βms-os	209,558	0.41%	76,800	0.31%	132,758	0.52%
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	76,800	76,800	64,000	33,450					ams-(βms)	251,050	0.50%	251,050	1.00%	0	0.00%
<i>Scenedesmus dimorphus</i>	76,800	76,800	64,000	33,450					ams-(βms)	251,050	0.50%	251,050	1.00%	0	0.00%
<i>Scenedesmus guaricauda</i>	153,600	153,600	128,000	53,385	76,800	89,600	76,800	83,616	ams-(βms)	815,401	1.61%	488,585	1.95%	326,816	1.28%
<i>Scenedesmus obliquus</i>			64,000						ams-(βms)	64,000	0.13%	64,000	0.26%	0	0.00%
<i>Scenedesmus sp1.</i>	76,800	76,800	64,000	33,450	76,800		76,800		ams-(βms)	404,650	0.80%	251,050	1.00%	153,600	0.60%
<i>Scenedesmus sp2.</i>	76,800		64,000		76,800	179,200			ams-(βms)	396,800	0.79%	140,800	0.56%	256,000	1.01%
<i>Scenedesmus sp3.</i>			64,000		76,800	89,600			ams-(βms)	230,400	0.46%	64,000	0.26%	166,400	0.65%
<i>Scenedesmus sp4.</i>					76,800		76,800		ams-(βms)	153,600	0.30%	0	0.00%	153,600	0.60%
<i>Scenedesmus spp.</i>							230,400		ams-(βms)	230,400	0.46%	0	0.00%	230,400	0.90%
<i>Staurastrum sp.</i>			64,000	10,291		89,600			βms-os	163,891	0.32%	74,291	0.30%	89,600	0.35%
<i>Tetraedron sp.</i>	76,800								ams-os	76,800	0.15%	76,800	0.31%	0	0.00%
<i>Chroococcus sp.</i>	1,305,600	384,000	832,000	340,896	2,073,600	1,075,200		590,457	βms-os	6,601,753	13.06%	2,862,496	11.42%	3,739,257	14.68%
<i>Merismopedia sp.</i>	153,600	76,800	192,000	91,334	153,600	89,600		67,536	ams-(βms)	824,470	1.63%	513,734	2.05%	310,736.00	1.22%
<i>Microcystis sp.</i>	76,800	76,800	256,000	75,254	76,800	89,600		69,465	ams-βms	720,719	1.43%	484,854	1.93%	235,865	0.93%

地點	大魚塭				小魚塭					總計	百分比	大魚塭	百分比	小魚塭	百分比
<i>Oscillatoria tenuis</i>	460,800	76,800	384,000	131,856	230,400		230,400	225,120	ams-βms	1,739,376	3.44%	1,053,456	4.20%	685,920	2.69%
<i>Oscillatoria sp.</i>	76,800		64,000		76,800		76,800		ams-βms	294,400	0.58%	140,800	0.56%	153,600	0.60%
<i>Cryptomonas sp.</i>	153,600	76,800	448,000		230,400	448,000	230,400		βms	1,587,200	3.14%	678,400	2.71%	908,800	3.57%
<i>Englena acus</i>							76,800		ams-os	76,800	0.15%	0	0%	76,800	0.30%
<i>Englena proxima</i>	153,600						76,800		ams-ps	230,400	0.46%	153,600	0.61%	76,800	0.30%
<i>Englena sp.</i>	76,800	76,800			76,800	268,800	153,600	32,166	ams-ps	684,966	1.36%	153,600	0.61%	531,366	2.09%
<i>Euplotes sp.</i>			64,000		76,800	268,800	230,400		ams-ps	640,000	1.27%	64,000	0.26%	576,000	2.26%
<i>Phacus sp.</i>			64,000		76,800	89,600	76,800	49,526	ams-ps	356,726	0.71%	64,000	0.26%	292,726	1.15%
<i>Strobilidium spl.</i>			64,000		76,800				ams-ps	140,800	0.28%	64,000	0.26%	76,800	0.30%
<b>Total cell count.</b>	<b>8,985,600</b>	<b>4,838,400</b>	<b>8,787,200</b>	<b>2,461,533</b>	<b>9,216,000</b>	<b>6,630,400</b>	<b>7,219,200</b>	<b>2,399,139</b>		<b>50,537,472</b>	<b>100.00%</b>	<b>25,072,733</b>	<b>100.00%</b>	<b>25,464,739</b>	<b>100.00%</b>
Total species 種類數	27	23	31	16	26	21	24	13							
Shannon's diversity index	2	2.18	2.09	1.83	1.79	2.11	1.82	1.82							
Dominance Index	0.30	0.26	0.29	0.30	0.33	0.24	0.39	0.26							
Species Richness	1.62	1.43	1.88	1.09	1.56	1.27	1.46	0.82							
Pielou evenness index	0.61	0.69	0.61	0.66	0.55	0.69	0.57	0.66							

表 5-3 內分泌干擾化合物之檢出率及濃度範圍

Compounds	檢出率(%)	濃度範圍(µg/L)
BPA	67	ND~0.038
NP	8	ND~0.01
OP	100	0.035~0.084
NP <sub>1</sub> EO	67	ND~0.019
NP <sub>2</sub> EO	83	ND~0.113

表 5-4 大、小魚塭池之目標化合物平均濃度(µg/L)

	小魚塭池	大魚塭池
BPA	0.023±0.008	0.013 <sup>a</sup>
NP	ND	0.01 <sup>a</sup>
OP	0.051±0.018	0.052±0.011
NP <sub>1</sub> EO	0.014±0.003	0.016±0.002
NP <sub>2</sub> EO	0.017±0.014	0.041±0.037

ND : Not Detected

<sup>a</sup> : 只有一個樣品檢出



## 5.2 生態循環處理系統設計及初步建置

生態池包含不同植物生長區域，如圖 5-1 所示。第一區為快速沉澱池，可去除大部分魚蝦排泄物與大顆粒污染物，並於沉澱池底設有一抽泥系統，可將污泥抽出，作為綠色肥料或其他植物之營養來源；第二區以種植挺水植物(如：蘆葦)為主，因蘆葦粗壯的梗，可以減緩水流速度，並達到粗濾的作用，可進一步將含氮氮排泄物及大顆粒砂土去除，池底鋪有礫石層，可吸附部分重金屬，並且由於蘆葦可將氧氣傳輸至根部，致使根部表形成好氧區，並促進好氧性之硝化菌附著於其根部表面(稱之為根區效應，root zone effect)，因而發生硝化作用，而遠離根部的區域則仍維持濕地所具有的厭氧特性，因而產生缺氧脫氮反應，以去除養殖池水中的氮營養鹽；第三區為沉水植物區，主要為種植茭、銳葉芋薺、大安水蓴衣等爵床植物，可降低日照強度，防止水中藻類滋生，並可去除氮氮兼具過濾功能，且此類原生種植物為重肥植物，可吸收大量氮磷鉀，更可有效去除氮氮，達到淨化水質之目的，構成完整的自然生態污水處理系統。本系統處理後的水，經過 UV 殺菌與生物活性監測系統確認後，即可將水循環回養殖池再行使用。

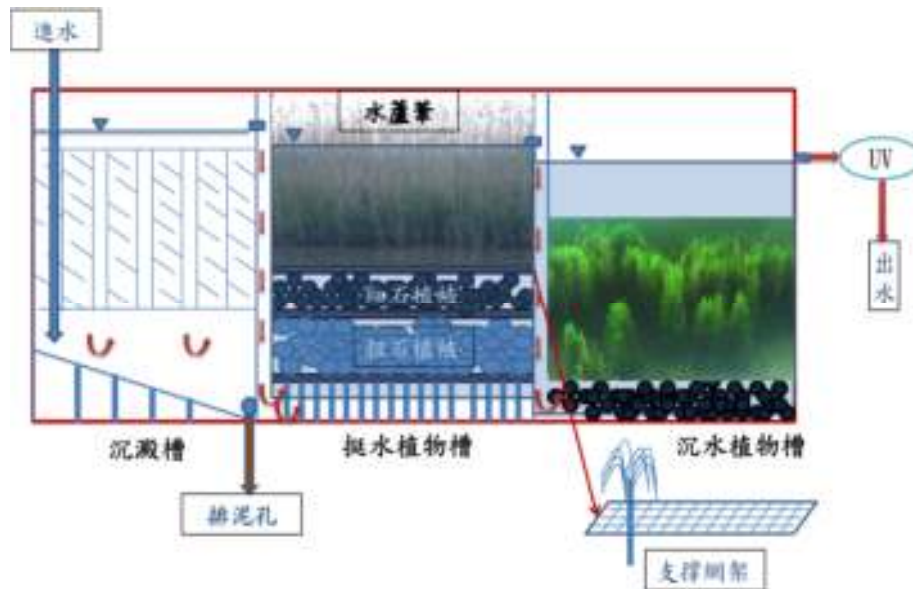


圖 5-1 生態循環處理系統之設計。第一區：快速沉澱池；第二區：挺水植物區；第三區：沉水植物區。

此系統主要以 20 呎貨櫃為主，並以 FRP 或 PVC 做為生態池之基底。第一區快速沉澱池，水流由下往上包含傾斜板之設計，可快速將大顆粒污染物予以沉澱，設計尺寸為(L×W×H = 1.5 m × 1.2 m × 1.0 m)，池底斜率 > 5%。第二區挺水植物挺水植物區，槽體尺寸為(L×W×H = 4.0 m × 1.5 m × 1.0 m)，此區包含礫石層，礫石粒徑由小至大(3 至 7 cm)，第三區為浮葉植物區，槽體尺寸為(L×W×H = 4.0 m × 1.5 m × 0.8 m)，第四區為 UV 殺菌區，UV 光波長為 254 nm，水流以重力方式降低能耗，並觀察水生植物與礫石對污染物涵容能力與使用週期，並評估更替時間。此外，在生態池底部配置抽泥設備，使用不易阻塞之開放葉輪幫浦，抽取生態池底部之污泥，污泥可以回收做為植物生長營養來源或當培養土等資源再利用。完成生態循環處理系統設計及初步建置後，後續將此系統移至實場養殖池中進行功能測試及與生物活性自動監測系統之整合測試。

### 5.3 套裝式循環處理模組設計及初步建置

本套裝式循環處理模組設計系統包含五項主要單元，包含高效能沉澱槽、生物濾床、超濾膜過濾系統、殺菌系統及反沖洗系統如圖 5-2 所示，設計高效能沉澱系統尺寸約為(W×H×L= 1.8 m × 0.3 m × 0.9 m)，生物濾床尺寸約為(W×H×L= 1.8 m × 0.3 m × 0.9 m)，超濾膜過濾約為(W×H×L= 1.8 m × 0.3 m × 0.9 m)，反沖洗系統為具有高壓水柱之設備，殺菌系統為波長 254 nm 之殺菌燈，傾斜板沉澱池之溢流率預估設計為 167 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·day，生物濾床濾速為 2.3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·hr，UF 薄膜槽通量設定為 20.8 L/m<sup>2</sup>·hr，膜孔徑小(<0.08 μm)，有效膜面積為 30 m<sup>2</sup>，實際設計尺寸需待於實驗室初步試驗後，做為參考設計值。本設備並搭配可移動式平台，可方便移動，機動性高。其中，高效能沉澱單元可針對大顆粒沙土或魚蝦排泄物進行固液分離，生物濾床可進行硝化與脫硝反應，並將養殖水之磷去除，超濾膜過濾係以中空纖維濾膜為過濾介質，經由過濾後可以使水質更佳，當薄膜阻塞，可經由反沖洗系統將薄膜清洗後繼續使用。此系統將包含程式控制與人機介面整合系統，可達到全自動化，漁民可容易觀測水質情況，且本模組具可以於短時間內組裝完成，單元設備損壞時，每項套件可快速更替。完成套裝式循環處理模組設計及初步建置後，後續將此模組移至實場養殖池中進行功能測試及與生物活性自動監測系統之整合測試。

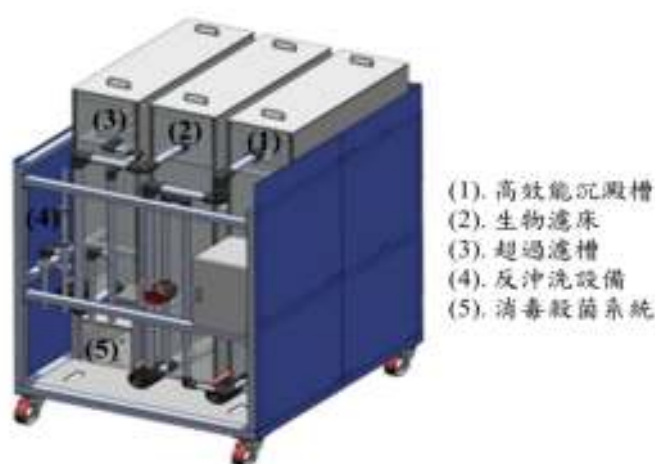


圖 5-2 養殖池水套裝式循環處理模組之設計。第一單元：高效能沉澱槽；第二單元：生物濾床；第三單元：超過濾槽；第四單元：反沖洗設備；第五單元：消毒殺菌系統。

### 5.4 生物活性自動監測系統設計

生物活性監測是最直接且最符合生物生長或生物環境之方法，當環境發生變化以至於影響生物活性時，實驗魚種會發生行徑路徑變異、攝食改變等行為反應，並傳遞相異的電子訊號，因此可以依此特性作為生物活性指標。此系統可同時發布訊號做為預警系統，系統主要包含：(1)標準毒性傳感器：生物毒性傳感器是由含兩組電極的密閉管組成，管柱裡的每組電極由相對設置的兩對電極組成，每組電極的結構一致，其中一對為信號發射電極，另一對為信號接收電極。兩對電極分別與水質在線安全預警系統連接，其中一對接低壓交流電，在管內形成低壓電場，另一對與信號採集器連接，為感應電極。利用兩對電極產生之訊號，形成可量化之數據來得知水質對生物的毒性。(2)自動恆溫預處理單元：由於魚類生活環境的水溫有一定的限制，為避免在測定水質生物毒性的同時因非水質問題的因

素導致魚類死亡，會在水源進流端設置自動恆溫系統，使魚類能在穩定的條件下獲得準確之偵測指標。(3)水質安全線上生物預警系統安全數據控制中心：上述的生物毒性傳感器其電極所偵測的訊號，會經由電腦接收至數據控制中心，利用此控制中心將數據轉換成生物綜合毒性值，可便於在不同條件的水質情況下，讓生物毒性有統一之指標數值來做為水質污染判斷與比較。

此系統以本土青江魚及斑馬魚作為標準魚種。以觀察魚體外觀、生長、攝食等作為行為觀察，另外並觀察，魚體所發出之電子信號，魚體若發生變異或影響魚體之動作而改變電子訊號，經由上述可作為生物活性監測，當發生變異，可立即就由警報系統傳至人機介面系統通知漁民。此系統具有人機介面，可做智慧型調控水質並與其他系統整合連結，調控水質、調配水量及淨化水質，人機介面易懂且操作簡單，可讓養殖業者清楚且簡單的監控養殖環境，如圖 5-3 所示。完成生物活性自動監測系統設計後，後續將此系統移至實場養殖池中進行功能測試及與生態循環處理系統、套裝式循環處理模組之整合測試。

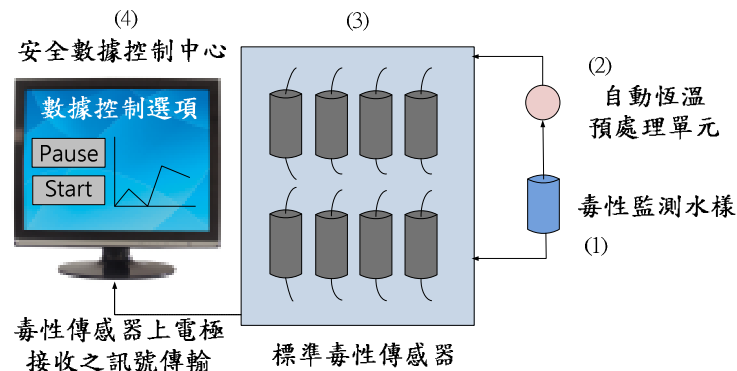


圖 5-3 生物活性自動監測系統之設計。第一單元：毒性監測水樣放置處；第二單元：自動恆溫預處理單元，預防氣溫過低造成毒性高估；第三單元：標準毒性傳感器，管柱內放置待測魚隻評估水質污染情況；第四單元：安全數據控制中心，接收傳感器產生之訊號並轉換成毒性評估指標。

## 六、結論與建議

本場址在養殖期間水質並無劇烈變化，養殖的虱目魚也無出現大量死亡的現象，可見本場址水質一直處於良好、穩定的狀態。在 1 月及 2 月初的光合菌添加前後水質並無顯著差異，研判可能是魚塢水質本已在良好且穩定的狀態，且魚塢業主也表示本場址水質並沒有太大的幅度變化，所以光合菌的添加量並不多。

在養殖過程當中最最重要的水質觀察指標為 DO、pH、含氮化合物三項，SS 及 ORP 則為次要觀察指標。本場址因水車日夜不停的轉動，使得水體中的 DO 一直維持在 4 mg/L 上下，且保持充足的狀況。pH 整體平均在 8 左右，仍維持在穩定的狀況。集約式養殖系統會造成放養密度過高，投餵了大量的飼料，未被攝食完的飼料經細菌分解，會產生硫化氫、含氮化合物進而對水質產生影響。本場址養殖後期因氣候較冷導致虱目魚無法進食，業主開始大量減少投料，因此本場址雖有排泄物與殘餌累積，雖 ORP 於後期較高，但水中  $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$  並未有明顯升高的現象。本場址的葉綠素濃度大概在 20 mg/L 左右，這對於養殖而言有正面之幫助，因為水體內的藻類會提供豐富的食物來源（一些矽藻除外），尤其是在魚塢養殖後期。

養殖初期大小魚池中藍綠藻綱的 *Chroococcus* sp. 就佔了 46% 以上，養殖後期大小魚池中綠藻綱的 *Chlorella* spp. 則佔了 50% 以上。藍綠藻含量可做為水質有機污染指標，藍綠藻自身所合成的「毒性物質」，可抵抗其他物種之侵略與攻擊，包括細菌、真菌、浮游生物及真核微細，造成浮游動物的直接死亡，並間接抑制浮游動物的繁衍，而使浮游動物數量，也會導致水生動物死亡，因此須要多加注意。此外，大小魚池中小球藻為常見種類。小球藻能夠提供豐富、均衡的天然營養素，包括 18 種氨基酸組成的優質蛋白質和多種維生素礦物質、葉酸、葉綠素、活性因子 C.G.F.、藻多糖、核酸等。這些營養成分有助於誘發干擾素，激活 NK 細胞的免疫活性，提高防病能力和抵抗力。小球藻具有修復細胞的作用，可以解除體內各細胞代謝異常的根源，使各器官的機能恢復正常，廣泛用於蝦苗、魚苗、蟹苗、海參、貝類最好的天然餌料。矽藻綱的可作為水質污染的生物指標，*Cyclotella* sp. (小環藻) 為受污染水域出現的藻類。而 *Microcystis* sp. (微囊藻) 在水體中會形成藻毒。同樣在大魚池中 *Oscillatoria tenuis* 會有好發的現象應多加注意。本次調查大小魚池雖然只有小部分，但也是在後續環境管理中應該注意的部分。在內分泌干擾物質 BPA、NP、OP、NP<sub>1</sub>EO 及 NP<sub>2</sub>EO 方面，檢出率依序為 OP>NP<sub>2</sub>EO>BPA=NP<sub>1</sub>EO>NP。結果顯示，OP 為兩個魚塢池之主要內分泌干擾物質，NP 則非養殖水中之主要內分泌干擾物質。

在生態循環處理系統的設計與初步建置上，利用系統中的快速沉澱池、挺水植物區及沉水植物區，可分別去除魚蝦排泄物與大顆粒污染物、氨氮排泄物及大顆粒砂土與氮、磷、鉀。處理後的水，經過 UV 殺菌與生物活性監測系統確認後，即可將水循環回養殖池再行使用。此外，針對水產養殖水水質與水回收需求，設計一套裝式循環處理模組，本系統設計包含五項主要單元包含：高效能沉澱槽、生物濾床、超濾膜過濾系統、殺菌系統及反沖洗系統，可有效處理養殖池之氨氮等對生物有毒性之物質，使處理水可循環至養殖池再利用。而生物活性監測系統則利用魚種在環境變化下會發生行徑路徑變異、攝食改變等行為反應，並傳遞相異的電子訊號，作為生物活性指標，可結合上述兩種處理系統，觀察處理後之出流水是否具有生物毒性，評估處理水是否符合再利用之標準。並可針對養殖池之水質進行預警監測，對於水質惡化可提早應變，降低漁獲損失。

## 參考文獻

- Ali N., Mohammad A. W., Jusoh A., Hasana M. R., Ghazalia N., Kamaruzamana K. (2005) "Treatment of aquaculture wastewater using ultra-low pressure asymmetric polyethersulfone (PES) membrane" *Desalination* 185, 317–326.
- Cancino-Madariaga B., Hurtado C. F. and Ruby R. (2011) "Effect of pressure and pH in ammonium retention for nanofiltration and reverse osmosis membranes to be used in recirculation aquaculture systems (RAS)" *Aquacultural Engineering*, 45, 103–108.
- Díaz V., Ibáñez R., Gómez P., Urtiaga A. M., Ortiz I. (2011) "Kinetics of electro-oxidation of ammonia-N, nitrites and COD from a recirculating aquaculture saline water system using BDD anodes" *Water research*, 45, 125–134.
- Gemende B., Gerbeth A., Pausch N. and Bresinsky A. (2008) "Tests for the application of membrane technology in a new method for intensive aquaculture" *Desalination*, 224, 57–63.

Hernando M. D., Vettori S. D., Marti'nez Bueno M. J., Ferna'ndez-Alba A. R. (2007) "Toxicity evaluation with *Vibrio fischeri* test of organic chemicals used in aquaculture" *Chemosphere* 68, 724-730.

Itoi S., Niki A., Sugita H. (2006) "Changes in microbial communities associated with the conditioning of filter material in recirculating aquaculture systems of the pufferfish *Takifugu rubripes*" *Aquaculture* 256, 287-295.

Iván A.S.O. and Tsunao M. (2012) "Hydrodynamic characterization and performance evaluation of an aerobic three phase airlift fluidized bed reactor in a recirculation aquaculture system for Nile Tilapia production" *Aquacultural Engineering*, 47, 16-26.

Krumins V., Ebeling J., Wheaton F. (2001) "Part-day ozonation for nitrogen and organic carbon control in recirculating aquaculture systems" *Aquacultural Engineering* 24, 231-241.

Liu C. C. K., Xia W., Park J.W. (2007) "A wind-driven reverse osmosis system for aquaculture wastewater reuse and nutrient recovery" *Desalination* 202, 24-30.

Pedersen L., Pedersen P. B. (2012) "Hydrogen peroxide application to a commercial recirculating aquaculture system" *Aquacultural Engineering* 46, 40-46.

Rafiee G. and Saad C.R. (2005) "Nutrient cycle and sludge production during different stages of red tilapia (*Oreochromis sp.*) growth in a recirculating aquaculture system" *Aquaculture*, 244, 109-118.

Zhang S. Y., Li G., Wu H. B., Liu X. G., Yao Y. H., Tao L. and Liu H. (2011) "An integrated recirculating aquaculture system (RAS) for land-based fish farming: The effects on water quality and fish production" *Aquacultural Engineering*, 45, 93-102.

內政部水利署年報，2010年。

行政院農委會飼料營養雜誌，「台灣地下水抽取情況」，1999年。

林瑩峰、荊樹人、蘇璿裕，「人工溼地管理水產養殖廠排放廢水污染之技術開發」，2008年。

郭世榮、陳敏隆、吳豐成、丁雲源，「農政與農情」，農委會水產試驗所海水繁養殖研究中心，2003年。

張承宗、龔誠山、蕭健雄、蔡文豪、陶方策、陳智惠 「台灣地區地下水資源管理決策支援系統建置」，2004年。

蔡震州，「污水營養鹽回收進行生態養殖之研究」，嘉南藥理科技大學碩士論文，2010年。

歐文生，「人工濕地之研究」，台灣濕地，2004年。

## 附錄

本計畫歷次水質檢測分析結果如附表 1 至附表 21 所示。

附表 1 2012 年 10 月 24 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值						MDL
		大魚塢			小魚塢			
		1	2	3	4	5	6	
水溫	°C	26.6	26.6	26.5	26.7	26.5	26.4	
pH	-	7.8	8.0	8.0	8.1	8.2	8.1	
DO	mg/L	3.88	4.67	4.40	3.76	4.25	4.55	
導電度	mS/cm	6	6	6	5	5	5	
鹽度	ppt	3.6	3.7	3.6	2.9	3.0	3.0	
ORP	mv	86	97	100	101	108	113	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	33.7	40.5	46.0	20.4	19.5	33.0	
SS	mg/L	48	55	71	54	39	27	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	9.3	11.8	10.4	8.8	9.0	9.3	
COD	mg/L	72.4	42.5	129.1	83.4	58.3	42.5	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	1.21	4.24	2.19	4.70	1.88	3.10	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	3.66	3.76	3.11	2.81	2.73	3.16	
TKN	mgN/L	12.65	18.64	27.70	20.55	18.52	18.75	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	3.35	3.68	3.73	4.72	4.67	4.59	
TP	mgP/L	6.49	5.32	5.82	4.99	5.54	5.84	

附表 2 2012 年 11 月 30 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值						MDL
		大魚塢			小魚塢			
		1	2	3	4	5	6	
水溫	°C	25.1	24.9	24.9	25.0	24.8	24.9	
pH	-	8.1	8.1	8.0	8.1	8.1	8.1	
DO	mg/L	4.03	3.88	3.69	4.44	5.20	3.72	
導電度	mS/cm	6	6	6	5	6	5	
鹽度	ppt	3.6	3.6	3.6	2.8	2.8	2.9	
ORP	mv	147	145	150	139	135	140	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	44.8	50.7	39.6	33.6	25.7	35.7	
SS	mg/L	40	36	28	49	39	42	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	7.3	6.6	7.4	5.7	5.9	6.0	
COD	mg/L	63.2	95.2	74.4	68.0	58.4	55.2	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	1.29	1.17	1.24	1.41	1.37	1.39	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	2.02	1.98	2.11	2.25	2.31	2.31	
TKN	mgN/L	13.23	23.13	36.75	38.32	28.50	38.08	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	5.30	2.53	3.63	6.18	5.84	5.99	
TP	mgP/L	5.66	6.37	6.04	6.04	5.74	5.26	

附表 3 2012 年 12 月 19 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值						MDL
		大魚塭			小魚塭			
		1	2	3	4	5	6	
水溫	°C	21.8	21.6	21.8	22.0	21.7	22.0	
pH	-	8.4	8.4	8.3	8.3	8.3	8.4	
DO	mg/L	4.02	4.13	3.85	4.27	4.27	3.94	
導電度	mS/cm	7	7	6	5	5	5	
鹽度	ppt	3.7	3.7	3.7	2.8	2.8	2.8	
ORP	mv	157	158	157	148	147	151	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	58.4	39.6	40.3	19.3	29.4	51.7	
SS	mg/L	72	53	48	48	52	56	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	8.7	9.0	8.9	9.4	11.0	11.1	
COD	mg/L	66.4	58.4	50.4	140.0	93.6	76.0	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	1.98	1.83	1.80	1.76	1.27	1.73	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	1.60	1.62	1.59	1.35	1.27	1.26	
TKN	mgN/L	10.00	11.64	24.75	10.89	5.67	10.33	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	3.50	3.47	4.31	6.44	5.84	7.17	
TP	mgP/L	2.39	2.99	2.37	2.91	2.99	2.75	



附表 4 2013 年 1 月 7 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值						
		大魚塭			小魚塭			MDL
		1	2	3	4	5	6	
水溫	°C	20.1	19.8	20.1	20.0	19.9	20.0	
pH	-	8.3	8.3	8.3	8.2	8.2	8.2	
DO	mg/L	4.75	4.02	3.89	3.92	3.84	3.81	
導電度	mS/cm	7	7	7	5	6	6	
鹽度	ppt	3.7	3.7	3.8	2.9	2.9	2.9	
ORP	mv	173	167	180	183	176	169	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	64.6	27.0	30.9	18.5	19.2	13.6	
SS	mg/L	43	47	39	31	34	29	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	12.9	13.1	11.4	11.9	11.7	11.6	
COD	mg/L	80.8	64.8	77.6	68.0	76.0	92.0	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	1.16	1.07	0.99	1.05	1.27	1.15	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	1.07	1.11	1.37	0.77	0.76	0.76	
TKN	mgN/L	26.69	31.53	16.00	20.80	15.35	29.16	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	4.64	4.40	4.26	11.17	7.65	8.94	
TP	mgP/L	5.56	4.89	3.80	4.87	4.75	5.36	

附表 5 2013 年 1 月 9 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值						
		大魚塭			小魚塭			MDL
		1	2	3	4	5	6	
水溫	°C	19.7	19.7	19.4	19.2	19.3	19.3	
pH	-	8.1	8.2	8.2	8.2	8.1	8.2	
DO	mg/L	3.94	3.63	3.79	3.66	3.74	3.55	
導電度	mS/cm	7	7	7	6	6	5	
鹽度	ppt	3.7	3.8	3.9	2.9	2.9	2.9	
ORP	mv	193	187	180	177	176	176	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	38.1	23.9	16.1	41.0	21.2	61.8	
SS	mg/L	41	43	47	29	33	27	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	11.8	12.4	10.4	11.4	13.0	11.6	
COD	mg/L	52.0	130.4	85.6	76.0	212.0	120.8	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	1.08	1.13	1.24	1.25	1.28	1.25	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	1.38	1.60	1.15	0.75	0.73	0.73	
TKN	mgN/L	19.37	8.88	15.07	17.99	14.69	34.05	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	4.23	3.31	3.75	6.54	5.97	8.38	
TP	mgP/L	4.02	4.07	4.51	3.18	4.27	3.58	

附表 6 2013 年 2 月 4 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值									
		大魚塭			小魚塭			大魚塭混樣	小魚塭混樣	進流	MDL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
水溫	°C	23.2	23.1	23.2	23.1	22.9	22.9	-	-	25.2	
pH	-	7.9	8.0	8.0	8.1	8.0	8.0	-	-	7.6	
DO	mg/L	4.16	3.46	3.73	3.61	3.84	3.72	-	-	2.2	
導電度	mS/cm	7	7	7	6	6	6	-	-	10	
鹽度	ppt	3.9	3.9	4.0	3.0	3.0	3.0	-	-	5.5	
ORP	mv	194	181	192	188	191	183	-	-	188	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	13.3	6.5	8.4	10.8	4.3	7.1	9.2	7.5	8.1	
SS	mg/L	57	43	54	50	36	56	52	43	12	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	6.9	12.9	7.4	6.8	8.6	6.0	8.6	7.5	1.0	
COD	mg/L	148.0	108.0	76.0	104.8	106.4	109.0	109.0	100.0	79.2	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	2.44	5.01	2.52	3.19	1.91	1.19	2.62	1.77	2.60	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	0.92	0.02	0.91	1.07	1.02	1.06	0.91	0.12	<0.01	0.01
TKN	mgN/L	12.46	16.66	9.33	9.33	7.70	11.50	14.99	9.58	13.36	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	4.71	0.07	4.31	7.49	7.27	6.72	4.83	7.16	<0.01	0.01
TP	mgP/L	5.68	4.45	5.86	6.02	6.11	5.98	6.00	5.46	0.69	

附表 7 2013 年 2 月 5 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值									
		大魚塭			小魚塭			大魚塭混樣	小魚塭混樣	進流	MDL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
水溫	°C	23.6	23.4	23.5	23.4	23.3	23.4	-	-	25.0	
pH	-	7.9	8.0	7.9	8.1	8.1	8.1	-	-	7.5	
DO	mg/L	3.74	3.89	3.69	3.61	3.89	3.73	-	-	2.5	
導電度	mS/cm	7	7	7	6	6	6	-	-	10	
鹽度	ppt	3.9	3.9	4.1	3.0	3.0	3.0	-	-	5.4	
ORP	mv	183	174	170	163	165	170	-	-	182	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	11.7	11.0	14.6	11.3	15.1	9.0	13.6	20.1	2.6	
SS	mg/L	40	44	50	47	39	44	51	47	9	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	8.1	7.8	7.0	6.9	5.9	6.9	7.9	6.9	1.0	
COD	mg/L	103.2	85.6	72.8	130.4	66.4	95.2	85.6	114.4	20.0	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	1.82	3.45	3.18	1.85	1.75	1.50	3.14	1.89	3.97	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	1.21	1.07	0.97	1.12	1.04	1.14	1.04	1.10	<0.01	0.01
TKN	mgN/L	24.06	17.92	15.55	9.74	8.43	10.99	13.17	11.39	20.54	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	4.57	4.68	4.07	7.53	7.37	7.59	4.73	7.01	<0.01	0.01
TP	mgP/L	7.44	4.63	5.82	5.46	6.73	5.66	7.72	5.38	0.72	

附表 8 2013 年 2 月 18 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值									
		大魚塭			小魚塭			大魚塭混樣	小魚塭混樣	進流	MDL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
水溫	°C	25.3	24.8	25.0	25.5	25.1	26.0	-	-	-	
pH	-	8.2	8.3	8.4	8.3	8.3	8.5	-	-	-	
DO	mg/L	4.04	4.04	4.34	3.44	4.14	4.27	-	-	-	
導電度	mS/cm	8	8	8	6	6	6	-	-	-	
鹽度	ppt	4.2	4.2	4.2	3.1	3.1	3.1	-	-	-	
ORP	mv	164	163	169	164	161	157	-	-	-	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	13.8	17.1	22.3	14.3	18.3	23.9	21.1	16.6	-	
SS	mg/L	53	72	63	53	42	56	51	55	-	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	15.6	15.0	16.9	14.5	17.9	12.2	17.6	18.2	-	
COD	mg/L	132.0	116.0	156.0	125.6	152.8	173.6	106.4	116.0	-	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	2.25	3.57	2.88	1.86	1.50	1.30	2.06	1.97	-	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	1.44	1.46	1.46	0.90	1.00	0.90	1.45	0.91	-	
TKN	mgN/L	8.65	10.40	14.73	18.64	16.58	12.98	12.84	13.30	-	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	4.53	4.42	4.46	7.69	7.56	7.33	4.36	7.56	-	
TP	mgP/L	4.69	6.36	6.59	6.87	5.52	7.60	6.79	6.75	-	

附表 9 2013 年 2 月 25 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值									
		大魚塭			小魚塭			大魚塭混樣	小魚塭混樣	進流	MDL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
水溫	°C	24.1	23.8	23.6	23.5	23.4	23.8	-	-	-	
pH	-	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.4	-	-	-	
DO	mg/L	4.39	4.13	3.99	3.74	3.69	4.18	-	-	-	
導電度	mS/cm	8	8	8	6	6	6	-	-	-	
鹽度	ppt	4.2	4.2	4.2	3.2	3.1	3.1	-	-	-	
ORP	mv	196	177	185	177	170	165	-	-	-	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	41.2	69.5	96.7	43.9	38.8	61.5	62.1	39.3	-	
SS	mg/L	47	53	43	36	39	41	36	31	-	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	15.6	15.0	16.9	14.5	17.9	12.2	17.6	18.2	-	
COD	mg/L	140.0	123.2	124.8	128.0	136.0	134.4	177.6	155.2	-	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	1.85	2.96	2.76	1.63	1.88	1.64	2.69	2.04	-	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	3.83	6.06	5.63	5.51	4.32	3.66	6.16	7.17	-	
TKN	mgN/L	21.58	18.36	18.04	15.22	20.65	16.90	17.06	15.29	-	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	2.96	3.04	3.26	5.91	6.55	6.13	3.09	5.89	-	
TP	mgP/L	6.49	6.25	5.40	5.84	6.41	6.11	5.48	7.34	-	

附表 10 2013 年 3 月 4 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值									
		大魚塭			小魚塭			大魚塭混樣	小魚塭混樣	進流	MDL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
水溫	°C	24.1	23.8	23.6	23.5	23.4	23.8	-	-	-	
pH	-	8.2	8.2	8.2	8.1	8.2	8.1	-	-	-	
DO	mg/L	4.51	4.38	4.32	4.33	3.97	4.09	-	-	-	
導電度	mS/cm	8	8	8	6	6	6	-	-	-	
鹽度	ppt	4.2	4.2	4.2	3.2	3.2	3.2	-	-	-	
ORP	mv	173	164	171	169	160	164	-	-	-	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	44.3	51.6	52.1	50.2	50.2	50.3	70.3	53.6	-	
SS	mg/L	40	51	50	37	39	49	51	58	-	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	10.4	11.9	16.7	14.2	25.4	11.7	11.7	12.1	-	
COD	mg/L	193.6	140.8	134.4	142.4	156.8	192.0	136.0	134.4	-	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	1.93	1.27	1.72	1.70	2.19	1.87	1.96	2.26	-	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	4.23	4.53	4.33	5.53	5.61	5.35	4.18	5.52	-	
TKN	mgN/L	11.58	21.57	17.60	16.41	18.24	15.55	19.00	10.69	-	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	4.71	4.67	4.52	6.66	6.91	6.47	4.64	6.79	-	
TP	mgP/L	6.11	6.32	5.96	6.02	5.85	6.15	6.02	6.51	-	
TS	g/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	5

附表 11 2013 年 3 月 11 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值									
		大魚塭			小魚塭			大魚塭混樣	小魚塭混樣	進流	MDL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
水溫	°C	22.8	22.8	22.7	22.7	22.9	22.7	-	-	24.8	
pH	-	8.2	8.3	8.3	8.2	8.1	8.1	-	-	7.5	
DO	mg/L	4.39	4.32	4.37	4.18	4.04	4.61	-	-	1.5	
導電度	mS/cm	8	8	8	6	6	6	-	-	9	
鹽度	ppt	4.3	4.3	4.3	3.2	3.2	3.1	-	-	5.3	
ORP	mv	202	196	203	226	223	214	-	-	215	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	135.7	106.2	127.2	96.2	136.4	90.5	115.9	101.7	5.1	
SS	mg/L	40	39	47	41	40	32	51	42	14	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	16.1	15.2	14.0	18.0	15.5	18.2	20.1	18.1	0.9	
COD	mg/L	146.4	88.0	148.0	152.8	138.4	130.4	196.0	127.2	37.6	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	1.89	2.69	1.84	1.43	1.86	1.07	1.75	2.26	1.76	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	0.76	0.67	0.72	0.83	0.82	0.85	0.74	0.85	<0.01	
TKN	mgN/L	13.58	28.13	20.75	15.76	9.54	11.57	16.47	13.59	18.81	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	5.09	4.91	4.83	7.98	8.24	7.96	5.16	8.34	<0.01	0.01
TP	mgP/L	5.67	5.85	6.12	5.64	6.23	6.13	5.98	6.08	0.77	
TS	g/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5



附表 12 2013 年 3 月 18 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值									
		大魚塭			小魚塭			大魚塭混樣	小魚塭混樣	進流	MDL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
水溫	°C	25.2	25.1	25.2	25.1	25.1	25.1	-	-	-	
pH	-	7.9	8.0	7.9	8.0	8.0	8.0	-	-	-	
DO	mg/L	3.76	3.77	3.41	4.09	3.74	3.88	-	-	-	
導電度	mS/cm	8	8	8	6	6	6	-	-	-	
鹽度	ppt	4.4	4.4	4.4	3.3	3.3	3.3	-	-	-	
ORP	mv	218	212	210	205	206	211	-	-	-	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	31.4	59.8	37.6	31.8	61.9	53.5	55.4	40.5	-	
SS	mg/L	45	42	49	35	38	41	50	44	-	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	10.4	10.0	11.2	16.3	14.8	13.2	11.8	21.5	-	
COD	mg/L	81.6	88.0	80.0	224.0	97.6	120.0	68.8	65.6	-	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	2.07	3.38	2.79	2.28	2.09	1.78	2.46	2.78	-	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	0.61	0.71	0.63	0.92	1.06	0.99	0.64	0.93	-	
TKN	mgN/L	21.57	17.88	16.21	9.65	13.63	8.19	14.56	15.24	-	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	1.79	1.86	1.70	2.60	2.64	2.53	1.70	2.71	-	
TP	mgP/L	6.24	5.88	5.83	5.87	6.13	5.94	6.15	5.28	-	
TS	g/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	5

附表 13 2013 年 3 月 25 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值									
		大魚塭			小魚塭			大魚塭混樣	小魚塭混樣	進流	MDL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
水溫	°C	26.8	27.0	26.8	27.1	27.1	27.0	-	-	-	
pH	-	8.0	8.0	8.0	8.1	8.0	8.0	-	-	-	
DO	mg/L	3.94	4.01	4.23	4.09	4.11	3.91	-	-	-	
導電度	mS/cm	8	8	8	6	6	6	-	-	-	
鹽度	ppt	4.4	4.4	4.4	3.3	3.3	3.3	-	-	-	
ORP	mv	218	212	210	205	206	211	-	-	-	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	31.4	59.8	37.6	31.8	61.9	53.5	55.4	40.5	-	
SS	mg/L	45	42	49	35	38	41	50	44	-	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	10.4	10.0	11.2	16.3	14.8	13.2	11.8	21.5	-	
COD	mg/L	81.6	88.0	80.0	224.0	97.6	120.0	68.8	65.6	-	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	2.07	3.38	2.79	2.28	2.09	1.78	2.46	2.78	-	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	0.61	0.71	0.63	0.92	1.06	0.99	0.64	0.93	-	
TKN	mgN/L	21.57	17.88	16.21	9.65	13.63	8.19	14.56	15.24	-	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	1.79	1.86	1.70	2.60	2.64	2.53	1.70	2.71	-	
TP	mgP/L	6.24	5.88	5.83	5.87	6.13	5.94	6.15	5.28	-	
TS	g/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	5

附表 14 2013 年 7 月 8 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值									
		大魚塭			小魚塭			大魚塭混樣	小魚塭混樣	進流	MDL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
水溫	°C	33.6	35.4	35.4	35.0	35.9	36.0	-	-	34.7	
pH	-	8.4	8.5	8.6	8.4	8.4	8.5	-	-	7.67	
DO	mg/L	4.04	4.04	4.34	3.44	4.14	4.27	-	-	3.10	
導電度	mS/cm	15	14	14	11	11	11	-	-	10	
鹽度	ppt	8.7	8.7	8.7	6.2	6.2	6.2	-	-	6.0	
ORP	mv	118	122	121	138	134	133	-	-	157	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	50.0	51.8	54.5	22.3	19.4	21.1	50.1	23.4	5.6	
SS	mg/L	39	45	50	41	45	46	45	40	8	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	13.5	14.2	13.8	13.5	13.8	13.7	14.0	14.2	8.0	
COD	mg/L	150.4	132.8	104.0	76.8	76.8	107.2	136.0	73.6	32.0	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	8.66	3.70	7.07	6.10	4.37	4.18	4.06	0.35	7.29	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	0.11	0.11	0.12	0.28	0.29	0.28	0.12	0.29	<0.01	0.01
TKN	mgN/L	73.19	34.65	25.16	39.91	52.75	9.96	28.09	31.10	42.25	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	0.92	0.90	0.91	0.91	0.91	1.02	0.81	0.92	<0.01	0.01
TP	mgP/L	3.94	3.92	4.08	4.58	5.36	4.67	3.94	4.65	1.77	
TS	g/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5

附表 15 2013 年 7 月 15 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值									
		大魚塭			小魚塭			大魚塭混樣	小魚塭混樣	進流	MDL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
水溫	°C	29.8	30.3	30.0	29.8	30.1	30.0	-	-	29.0	
pH	-	7.9	8.0	8.1	8.1	8.2	8.1	-	-	7.7	
DO	mg/L	4.35	3.53	3.94	4.11	4.14	4.06	-	-	3.60	
導電度	mS/cm	12	12	12	10	10	10	-	-	10	
鹽度	ppt	7.3	7.3	7.3	5.7	5.7	5.7	-	-	5.8	
ORP	mv	183	178	170	148	146	147	-	-	206	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	11.6	28.5	20.3	21.1	21.2	21.8	9.9	26.8	3.7	
SS	mg/L	33	38	40	39	38	50	45	41	19	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	12.3	12.4	12.8	12.0	12.5	12.8	12.3	12.5	7.3	
COD	mg/L	132.6	117.5	98.0	84.2	75.2	101.3	126.5	85.4	35.0	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	13.76	12.20	10.33	3.72	4.56	4.52	2.89	0.09	1.57	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	0.15	0.16	0.16	0.29	0.31	0.31	0.16	0.30	<0.01	0.01
TKN	mgN/L	70.76	34.27	32.81	4.30	45.15	32.51	61.12	30.57	5.94	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	0.91	1.01	1.05	0.91	0.81	0.91	1.05	0.91	<0.01	0.01
TP	mgP/L	4.65	5.52	5.95	4.99	6.54	6.79	5.15	4.37	1.85	
TS	g/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5

附表 16 2013 年 7 月 22 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值									
		大魚塭			小魚塭			大魚塭混樣	小魚塭混樣	進流	MDL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
水溫	°C	30.2	29.9	30.0	30.3	30.6	30.5	-	-	29.6	
pH	-	8.1	8.1	8.1	8.3	8.3	8.3	-	-	7.6	
DO	mg/L	3.54	3.47	4.20	4.49	3.67	3.66	-	-	2.6	
導電度	mS/cm	12	12	12	10	10	10	-	-	10	
鹽度	ppt	7.0	7.0	7.0	5.8	5.8	5.8	-	-	5.8	
ORP	mv	178	175	170	164	156	154	-	-	162	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	34.0	27.8	27.6	25.4	23.8	25.9	23.5	20.6	1.2	
SS	mg/L	50	51	48	45	40	41	43	44	10	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	16.1	15.1	15.5	15.9	17.0	15.7	15.7	15.9	11.0	
COD	mg/L	144.0	80.0	88.0	148.8	92.8	115.2	153.6	112.0	41.6	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	1.84	1.64	3.78	6.33	1.11	5.65	2.03	<0.01	7.45	0.01
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	0.14	0.13	0.13	0.28	0.27	0.28	0.14	0.27	<0.01	0.01
TKN	mgN/L	3.44	35.50	22.10	12.01	33.01	5.66	20.04	3.72	28.54	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	0.91	1.05	0.91	1.05	1.05	1.08	0.91	1.01	<0.01	0.01
TP	mgP/L	5.78	6.45	5.16	5.79	6.75	5.33	5.48	4.52	1.52	
TS	g/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5

附表 17 2013 年 7 月 29 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值									
		大魚塭			小魚塭			大魚塭混樣	小魚塭混樣	進流	MDL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
水溫	°C	32.9	33.7	33.2	32.6	33.1	33.0	-	-	31.0	
pH	-	8.0	8.1	8.1	8.3	8.3	8.3	-	-	7.6	
DO	mg/L	4.28	3.67	4.01	4.35	4.21	3.97	-	-	2.7	
導電度	mS/cm	12	12	12	10	10	10	-	-	10	
鹽度	ppt	7.0	6.9	7.0	5.9	6.0	5.9	-	-	5.9	
ORP	mv	177	165	168	163	170	171	-	-	163	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	37.3	37.9	33.7	21.3	18.5	12.8	29.6	21.4	1.3	
SS	mg/L	40	41	45	40	39	48	45	39	9	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	15.3	15.8	16.0	14.3	15.5	15.4	15.5	15.3	8.6	
COD	mg/L	139.0	92.0	101.0	153.2	89.8	113.8	149.3	109.4	36.5	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	11.61	13.21	8.05	10.31	10.80	5.01	8.10	0.69	8.08	0.01
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	0.12	0.12	0.11	0.27	0.27	0.33	0.12	0.42	<0.01	0.01
TKN	mgN/L	22.80	80.20	5.67	30.28	48.92	99.07	32.52	30.41	4.12	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	0.90	0.91	0.87	1.00	1.03	1.01	0.89	1.05	<0.01	0.01
TP	mgP/L	6.85	5.96	5.78	4.86	5.13	6.15	5.25	5.65	1.46	
TS	g/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5

附表 18 2013 年 8 月 5 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值									
		大魚塭			小魚塭			大魚塭混樣	小魚塭混樣	進流	MDL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
水溫	°C	32.5	32.1	31.9	32.5	32.4	32.5	-	-	-	
pH	-	8.0	8.0	8.0	8.1	8.1	8.1	-	-	-	
DO	mg/L	4.09	3.64	3.83	3.42	3.68	4.01	-	-	-	
導電度	mS/cm	12	12	12	11	11	11	-	-	-	
鹽度	ppt	7.0	7.0	7.0	6.1	6.1	6.1	-	-	-	
ORP	mv	100	108	107	101	104	104	-	-	-	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	25.2	28.1	21.2	14.9	20.9	13.1	24.1	10.6	-	
SS	mg/L	36	39	45	42	42	43	39	50	-	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	36.0	39.0	45.0	42.0	42.0	43.0	39.0	50.0	-	
COD	mg/L	96.0	118.4	104.0	100.8	92.8	156.8	116.8	97.6	-	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	4.88	2.76	7.38	12.42	2.75	12.28	1.22	2.29	-	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	1.64	1.64	1.57	1.69	1.78	1.72	1.37	1.75	-	
TKN	mgN/L	5.64	3.28	21.16	27.40	3.84	27.98	1.31	5.07	-	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	1.15	1.21	1.13	1.09	1.08	1.10	0.93	1.03	-	
TP	mgP/L	4.16	4.67	4.58	4.25	4.98	4.34	4.56	4.27	-	
TS	g/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	5

附表 19 2013 年 8 月 12 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值									
		大魚塭			小魚塭			大魚塭混樣	小魚塭混樣	進流	MDL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
水溫	°C	30.9	30.9	30.2	31.4	31.2	31.0	-	-	29.9	
pH	-	7.8	7.8	8.0	8.1	8.1	8.0	-	-	7.6	
DO	mg/L	3.49	3.68	4.01	3.38	3.42	3.42	-	-	2.0	
導電度	mS/cm	12	11	12	11	11	10	-	-	10	
鹽度	ppt	6.8	6.8	6.7	6.2	6.3	6.3	-	-	5.7	
ORP	mv	202	191	192	183	190	189	-	-	182	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	18.7	14.9	21.2	11.0	9.6	6.2	13.3	13.1	0.5	
SS	mg/L	47	44	41	48	49	39	44	46	13	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	15.6	16.2	16.4	16.6	16.8	16.7	16.5	16.6	12.3	
COD	mg/L	136.0	98.0	105.0	92.0	84.0	123.0	137.2	94.1	39.2	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	3.56	2.15	9.41	7.56	10.25	14.17	11.51	7.10	2.42	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	0.13	0.12	0.12	0.85	0.90	0.86	0.13	0.89	<0.01	0.01
TKN	mgN/L	4.32	2.61	12.51	14.51	13.22	8.14	16.17	7.62	3.12	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	1.23	1.25	1.20	1.01	0.98	1.00	1.25	1.07	<0.01	0.01
TP	mgP/L	5.77	6.87	6.40	5.86	4.90	4.87	6.14	5.77	2.29	
TS	g/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5



附表 20 2013 年 8 月 19 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值									
		大魚塭			小魚塭			大魚塭混樣	小魚塭混樣	進流	MDL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
水溫	°C	31.8	31.5	31.5	32.0	32.0	32.1	-	-	-	
pH	-	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	-	-	-	
DO	mg/L	3.99	4.03	3.76	3.61	3.69	3.34	-	-	-	
導電度	mS/cm	12	12	12	12	12	12	-	-	-	
鹽度	ppt	6.8	6.8	6.8	6.3	6.3	6.3	-	-	-	
ORP	mv	147	152	148	139	140	139	-	-	-	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	20.0	15.7	15.7	15.4	16.4	14.7	-	-	-	
SS	mg/L	46	45	48	48	42	41	39	46	-	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	16.1	15.6	16.3	15.3	16.5	15.5	15.9	16.1	-	
COD	mg/L	125.4	108.5	108.2	125.6	102.4	114.5	124.0	98.1	-	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	5.56	4.15	9.55	9.12	11.23	9.12	12.56	2.16	-	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	0.10	0.11	0.12	0.32	0.33	0.33	0.11	0.33	-	
TKN	mgN/L	6.16	4.52	10.25	13.55	11.95	7.61	12.91	6.15	-	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	1.13	1.15	1.16	1.05	0.99	1.02	1.11	1.05	-	
TP	mgP/L	6.45	6.16	5.69	4.71	4.82	5.27	5.72	5.39	-	
TS	g/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	5

附表 21 2013 年 8 月 26 日檢測結果

檢驗項目	單位	樣品編號與檢測值									
		大魚塭			小魚塭			大魚塭混樣	小魚塭混樣	進流	MDL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
水溫	°C	30.8	30.4	30.4	30.5	30.4	30.1	-	-	-	
pH	-	7.7	7.8	7.8	7.8	7.9	7.9	-	-	-	
DO	mg/L	6.33	5.60	3.60	4.79	4.62	4.44	-	-	-	
導電度	mS/cm	11	11	11	10	10	10	-	-	-	
鹽度	ppt	6.2	6.1	6.1	5.7	5.7	5.7	-	-	-	
ORP	mv	141	145	150	152	151	155	-	-	-	
葉綠素 a	mg/m <sup>3</sup>	29.1	25.8	25.8	12.5	13.1	11.6	-	-	-	
SS	mg/L	44	47	49	43	41	42	48	39	-	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	15.0	15.4	15.6	14.9	14.6	15.0	15.3	14.4	-	
COD	mg/L	135.2	115.2	103.0	136.0	93.0	125.0	128.0	95.2	-	
NH <sub>3</sub> -N	mgN/L	4.56	4.48	6.48	8.14	9.15	7.53	10.17	1.24	-	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mgN/L	0.15	0.15	0.15	0.28	0.30	0.31	0.15	0.31	-	
TKN	mgN/L	5.15	5.11	11.98	10.94	9.95	12.95	15.95	9.17	-	
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	mgP/L	1.24	1.26	1.24	1.14	1.17	1.20	1.25	1.19	-	
TP	mgP/L	6.35	6.28	5.49	4.60	4.97	5.65	5.15	5.48	-	
TS	g/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	5

# 國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2014/01/14

國科會補助計畫	計畫名稱: 台灣南部地區水產養殖業水資源永續發展對策 - 綠色水產養殖池及水循環回收系統之研發
	計畫主持人: 黃志彬
	計畫編號: 101-2119-M-009-004- 學門領域: 災害防治與防救科學技術
無研發成果推廣資料	

101 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：黃志彬		計畫編號：101-2119-M-009-004-					
計畫名稱：台灣南部地區水產養殖業水資源永續發展對策 - 綠色水產養殖池及水循環回收系統之研發							
發 展 對 策 - 綠色水產養殖池及水循環回收系統之研發							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	1	1	100%		
		研討會論文	1	1	100%		
		專書	1	1	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	3	3	100%	人次	
		博士生	2	2	100%		
		博士後研究員	1	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	1	1	100%		
		專書	0	0	100%		章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>本計畫的技術獨特性為所開發的套裝式淨水裝備並研發水體環境監控系統具有高效能水質淨化效率且組裝容易、具備移動便利性，平時可以做為水產養殖廢水處理與養殖池補充水來源(防災)，災難發生時可以作為臨時淨水與供水設備(救災)，例如對颱風後的水量、水質進行控制(高濁水處理與控制)、對氨氮進行處理與控制，使養殖生物能於災時受到妥善照顧與生存，避免影響農漁戶之生計。由效益上來看，平時，此一套裝式淨水裝置及水體環境監控系統可透過創造穩定而優質的供水環境，增加養殖產量、降低用水量及減少操作成本，若發生災難時，則可做為緊急民生供水系統之用。目前已將成果撰寫準備投至Aquatic Toxicology 期刊中。</p>
--	--

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科教處計畫加填項目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

# 國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表  未發表之文稿  撰寫中  無

專利： 已獲得  申請中  無

技轉： 已技轉  洽談中  無

其他：（以 100 字為限）

目前已將成果撰寫準備投稿至 Aquatic Toxicology 期刊中。

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

台灣因為地窄人稠，所以淡水養殖業多採高密度的養殖方式。高密度養殖方式容易因魚塢中含有殘餘飼料、養殖生物屍體及排泄物，而形成氨氮、亞硝酸鹽氮及其他有機污染物，導致養殖生物不易存活。為解決上述問題，業者一方面須不斷將養殖廢水排出，另一方面又需要不斷引進超抽的地下水來維持一定的用水量。因高密度養殖方式而造成的大量廢水排放不僅造成環境污染，往往因為下游漁民不知情，使用了受污染的廢水作為補充水源，而引發魚群死亡，造成漁民損失。由於養殖廢水不斷排出，漁民必須大量超收地下水來補充新水源的做法，則衍生出地層下陷、高鐵路基下陷與土壤鹽化等嚴重問題。本研究提供了治本的方案，如本計畫的技術大量普及至養殖戶，將使他們對淡水的運用更有效率，而不需要濫抽地下水，建立適用於國內養殖漁業的快速組裝與移動之水處理與回收系統，由於移動性高，在平時可以防災，在天災來臨的時候可以救災（災難發生時快速移至現場，快速組裝做為緊急供水與淨水系統），應用層面廣。