

行政院國家科學委員會專題計畫成果報告

計畫名稱:應用氣泡柱去除循環水中固形物及氮化合物之聯控設計

A bubble column design for multi-removaling solids and nitride in a recycled aquacultural system.

計畫編號: NSC88-2313-B-002-103

執行期間: 87 年 8 月 1 日至 88 年 7 月 31 日

主持人: 侯文祥 houws@ccms.ntu.edu.tw

執行機構: 台灣大學農業工程學系

一. 摘要

設計低造價氣泡柱設備並聯控操作水力設計入氣量 入水量 水力停留時間等, 以探討去除循環水養殖池中產生的有機性物質之處理效率及物質可能再利用方式, 包括不同粒徑的固形物之固態總氮與水中液態總氮等物質總類。計測對象包括淡水室內集約式鰻魚養殖及海水九孔立體式養殖等兩種高密度循環水養殖系統。鰻池中固形物以小於 $60\ \mu\text{m}$ 之小粒徑佔半數以上, 九孔池則以大於 $300\ \mu\text{m}$ 之大粒徑佔 80% 以上。鰻池中固態總氮生成速度約液態之二至三倍, 九孔池中則以液態氮佔約 70~80%, 約為固態之三至四倍。以內徑 15 公分, $120\ \mu\text{m}$ 氣泡粒徑, 控制入氣量 15~18 升/分, 入水量 7~10 升/分, 水力停留時間 138 秒(鰻)~197 秒(九孔)。對鰻池小於 $300\ \mu\text{m}$ 之中小粒徑固形物可得 80% 吸附去除效率, 對固態與液態總氮亦可達 50% 以上去除效率。對九孔池小於 $270\ \mu\text{m}$ 粒徑小固形物去除效率約 43%, $270\ \mu\text{m}$ ~ $400\ \mu\text{m}$ 者 33%, 大於 $400\ \mu\text{m}$ 大粒徑者僅約 15%。而對液態和固態總氮的收集效率約為 30% 與 25%。在九孔池中固形物以大粒徑者為主, 且液態總氮亦佔多數, 因此結合沈澱機能過濾設備及生物混養利用收集得有機

物質的經營方式將可被考慮。而氣泡柱的適當水力時間及循環流速設計應該依據生物種類別作不同的循環系統設計也由此可被確認。

關鍵字: 氣泡柱、固形物、總氮、循環水養殖。

Abstract

A solid and nitride removal models within a bubble motion was made, and a bubble column equipped & aeration systems was designed for two intensive culture system by recirculated water, included an eel pond and a multi-layer abalone pond. In practice, the main aquatic solids size ranges are less than $60\ \mu\text{m}$ in eel pond and larger than $300\ \mu\text{m}$ in abalone pond. The solid nitride concentration is two times over than soluble nitride in eel pond, but one third in abalone pond. 15cm inner diameter column, $120\ \mu\text{m}$ bubble size, 15 to 18 liter per minute air flow rate and 7 to 10 liter per minute water flow rate were set, therefore the water retention time 138 sec in eel pond water and 197 sec in abalone pond water

were controlled. The solid removal rate above 80% and the nitride removal rate 50% were get in eel pond, but the same removal rate could not get in abalone pond at the same process. The result that the water treatment design need follow within the different mass characteristics in any fish culture, and the adapt process design will be get in abalone pond in future.

Keywords: bubble column, solid, nitride, recirculated water culture.

二.緣由與目的

台灣的循環水養殖系統設備組合中，不論養殖生物對象為何，對於去除池中產生的固形物大多以機械式過濾機設備之物理式過濾法作為主要工具。由於高壓噴水的逆洗方式，將多數已濾除附著於濾網上的固形物打碎成細小微粒，而通過濾網，再流回系統內之生物處理槽中，增加微生物分解消化的負荷。且現今引至國內或自行開發的過濾設備，大多仍考慮 60 μm 以上固形物去除為主。然而，如幼鰻、中鰻池或魚貝幼苗培育池中多數為 60 μm 以下顆粒(侯，1995)。且由於設計欠妥，過濾階段的總去除效率也減低至僅約 30%(侯，1995；梁、陳，1995)。

侯(1994，文獻 4)提出高價、管理複雜的過濾機設備可以低造價、操作維護易的沉澱槽及傾斜板、毛刷材等設施組合來達到相同甚且更高的功能，然而，在確立此功能前尚須經由完整的水理、流力試驗之先期測試，始能進行如流量、容積、配置等設計以推廣應用於現場。在此目標達成之前，對於目前使用中的機械式過濾機設備，改為一個以去除中小顆粒為主的低造價氣泡槽設備應也可達到類似效果。國外曾有應用氣泡槽於活魚運輸系統中，但主要以供應大量氧氣為重點。而以提高顆粒去除效率且同時節省電力消耗的適當氣泡入氣方式的設計則尚未被應用於循環養殖用水系統中。本研究目的即利用

Hou, Chen(1998)及侯、李(1998)完成的氣泡槽運動機制理論探討成果實際應用於循環水養殖系統中，從物質收支理論同時評估固形物及總氮物質之去除效率，以減低系統中污濁物的總負荷量，並節省設備成本。並以鰻魚及九孔等兩種集約式養殖種類為計測對象池，提出造價低、管理操作簡易的氣泡槽設計與操作模式，以作為開發本土化循環水養殖之水質淨化技術設計之參考。

三.材料與方法

- 1.製作三組氣泡槽設備(15 公分直徑，1.4 公尺高，含入氣盤、馬達、水流量計、空氣流量計、污水收集槽及沉澱槽等)，於淡水養鰻池及海水九孔池現場裝設於養殖池之後，探討對固形物及水中總氮等兩種物質同時吸附去除以及大顆粒沉澱去除之效率，以減低水中污濁物負荷。
- 2.使用儀器:雷射粒度分析儀、濁度計、多點電壓計、資料收集器等自記儀器與總氮分析儀等。
- 3.採樣點包括養殖池內、氣泡柱回水口、沉澱槽、氣泡柱濃縮泡沫出水口和原水補給口，共計五點。準備預秤乾重之濾紙(Toyo GS-25, $\phi 47\text{mm}$)，水樣於現場加壓過濾(Satrius SM165)，並記錄過濾水樣體積，烘乾秤重後，換算採樣點之固形物濃度(SS)。總氮濃度測定包括未過濾與過濾後水樣，可比較固態總氮與液態總氮含量。另外，各點採集 180ml 未過濾水樣，添加 6~8ml 無粒子福馬林純液後冷藏保存，以粒徑分布計測儀(Marlvorn Instruments Ltd.)測定樣本的固形物粒徑分布，粒徑計測範圍設定於 0.5~600 μm ，區分為 32 個粒徑區間，分別得到分布最頻徑、分布中位徑等資料。
- 4.配合養殖系統中污濁固形物的物性及化性特徵，包括魚貝體型大小、給飼前後、日夜間別、夏冬季節別、放養密度等現場狀況，調整入水流量、水力停留時間、

氣泡粒徑及入氣量、氣泡上升速度與固形物濁度及粒度分布物理性質、單位重量固形物總氮含量化學性質等參數關係組合，製作出不同去除效率之操作模式圖，以提供作為現場管理參考用。

5. 實驗現場參見照片一及二。

四. 結果與討論

1. 確認養殖水中主要污濁固形物質為有機性固形物與氮化合物等兩種類。其物理性質包括固態和液態兩類。應開發低造價處理設備以建立本土化應用。
2. 確認氣泡吸附法具有可同時分離水中有機性固形物和固態總氮以及液態總氮等物質之特性。且須找出合適的操作管理模式。
3. 確認總氮在池中生成的速度，固態和液態所佔比例因魚種不同有很大差別。在淡水鰻池中，固態生成速度大，佔 65~70%，約為液態生成速度 30~35% 的二至三倍。而在海水立體九孔養殖池中則正好相反，液態生成速度佔 70~80%，大約為固態 20~30% 的三至四倍。因此，利用氣泡吸附法須把握物質去除的優先順位，找出其操作模式的最適設計。
4. 在確立了氣泡柱去除有機固形物的操作參數之後，將一套氣泡柱設備，裝置於室內高密度養鰻系統內，以池水中固形物去除為優先處理，水中總氮去除則作為聯控設計考慮。鰻池水 25 噸，池中包含生物濾球滾筒進行生物過濾。固形物濃度約 $13.8 \pm 0.5 \text{ mg/l}$ ，使用內徑 15 公分圓柱， $120 \mu\text{m}$ 氣泡分散盤，控制入氣量約 15 升/分，入水量約 6 升/分時可達到 70% 以上的去除效率。且在不同粒徑區間的去處特徵方面，對 $300 \mu\text{m}$ 以下有機固形物具有極佳，約 80% 吸附去除效率。其水力停留時間約 138 秒，每噸池水每日約可循環 8 回。
5. 依據上述結果，利用兩套氣泡柱設備，且在出水口處設計淨水沉澱裝置，一併收集氣泡吸附法無法處理的無機性固形物及大顆粒等。裝設於宜蘭縣頭城九孔養殖現場。先探討利用於海水養殖時固

形物與總氮兩種物質複合式聯控工程設計，且以水中液態氮化合物佔多數，約佔 70~80% 的處理為優先考慮，採用九孔池與龍鬚菜池循環水混養系統兩套，依物質充分利用原則設計放養密度。九孔池 1 噸水，放養 8 層 24 箱，共 900 個九孔，每公斤約 216 個，體長約 1 公分。龍鬚菜池 7 噸池水，放養 20 公斤及 50 公斤等兩套。自 88 年一月起放養，系統日換水 10%，九孔池水日循環 10 回。至六月中旬共飼養 160 日，平均日增重速率約 35mg/個/日。池水固形物濃度保持約 50mg/l 以上。

6. 氣泡吸附法對養殖池廢水的處理，最初是以小於 $80 \mu\text{m}$ 的小顆粒去除為主，氣泡柱對淡水養殖鰻魚池的最佳操作條件為入流量 4.2 升/分，對固形物去除效率約 83%。而對九孔池水中液態總氮與固態總氮收集效率約分別為 75% 與 30%，粒徑 $270 \sim 330 \mu\text{m}$ 與 $330 \sim 600 \mu\text{m}$ 區間之收集效率分別為 32% 與 13%。由於九孔池水的鹽度及粘滯度不同於淡水，使得氣泡柱尚未達到最佳操作狀況，對固形物收集仍不佳。沉澱法對池水中液態總氮與固態總氮收集率分別為 3% 與 12%，對固形物的收集以大顆粒為主，約達 35% 的收集效率。

五. 計畫成果自評

利用具有低造價的氣泡吸附法及沈澱法機能設備組合而成的氣泡柱收集養殖池中產生的固形物與總氮物質，使得循環水養殖方法成為可行。減少用水用電支出是本系統設計最大特色，以小規模的系統內水循環取代大規模的池水交換。未來努力的方向，應是提昇氣泡柱處理效率，尋找適合混養的第二生物種，充分利用自養殖池分離出來的液、固態氮廢水，同時達到降低養殖成本與物質充分利用的目標。

六. 參考文獻

1. 侯文祥，1988，無閘式自動反沖洗重力過濾設備應用於鰻魚池循環水再利用

- 系統之研究，中國農業工程學報，34(4):77~91。
2. 侯文祥，1994，循環式養鰻系統環境管理與污濁固形物通量之關係，中國農業工程學報，40(1):55~63。
 3. 侯文祥，1995，養鰻池中污濁固形物運動實態解析-I. 固形物分布及生成通量，台灣水產學會刊，23(3):223~244。
 4. 侯文祥，1996，鰻池中固形物運動解析-II. 固形物物性計測法，台灣水產學會刊，24(1):33~47。
 5. 侯文祥，1996。循環用水系統之評估與推廣-養殖用水(一)，台灣大學水工試驗所研究報告 247 號，經濟部水資源局委託計畫，113 頁。
 6. 侯文祥，1997。循環用水系統之評估與推廣-養殖用水(二)，台灣大學水工試驗所研究報告 262 號，經濟部水資源局委託計畫，114 頁。
 7. 侯文祥，李立偉，1998，利用氣泡吸附法去除循環水集約養鰻池固形物之設備設計。中國水產，550:39-54。
 8. 侯文祥，1999，鰻池四種去除固形物設備效率評估及設計，中國水產，555:45~48。
 9. 丸山英男，關秀司，1992，粒子取付氣泡塔有機懸濁粒子分離，北海道大學水產彙報，43(4):177~184。
 10. 佐野和生，1979，水產養殖水。東京社。269 頁。
 11. 武田重信、菊池弘太郎，1994，養魚物質收支物理化學的淨化法的評價，日本財團法人電力中央研究所研究報告(U93056)，23 頁。
 12. Chen, shulin, 1991, Theoretical and experimental investion of foam separation applied to aquaculture, UMI, pp.239.
 13. Chen Shulin ,M.B.Timmons , D.J. Aneshansley ,1992 , Bubble size Distribution in a Bubble Column , Applied to Aquaculture Systems , Aquaculture Engineering ,11:267-280.
 14. Henry G. Robert E, 1968, Fluid and particle motion in turbulent stirred tanks, I&EC fundamentals, 7(1):1~12.
 15. J. Dudley, 1995, Mass transfer in bubble columns: A comparison of correlations. Wat. Res. 29(4):1129~1138.
 16. M. A. Boller and M. C. Kavanaugh. 1995, Particle characteristics and headloss increase in granular media filtration, Wat. Res. 29(4):1139~1150.
 17. W.S. Hou , W.K. Chen ,1998, Particle Removal Evaluation with Bubble Column on Eel Breeding Circulation System , Journal of the Fisheries Society of Taiwan , 25(2):.117-127.
 18. W.S. Hou ,D. Li ,1998, The physical properties of particles in a closed type eel pond in Taiwan , Journal of The Society of Agricultural Structures ,Japan ,28(4):46.
- 照片一.室內循環水養鰻池用氣泡柱處理操作
(另附)
- 照片二.室外循環水九孔養殖現場
(另附)