

養殖循環水設施過濾池之操作研究

The Optimum Operation Conditions of the Filter Unit in the Recirculation System of Aquacultural Pond

國立宜蘭農工專科學校化學工程科副教授

江 漢 全

Hann-Chyuan Chiang

摘 要

依照臺灣省漁業局烏山頭淡水養殖中心現有之循環水設施過濾池部分，製作直線比為10：1之模型，於實驗室內進行過濾池之操作研究。在不同流速及停留時間下，觀察水質改善之情形，其結果顯示在研究之流量範圍，過濾池對移除養殖水中之懸浮固形物有效，但若希望有機物之氧化及氮素硝化作用亦能進行以增進效果，則模型流量應低於126.6 ml/min，即烏山頭現有設施流量應低於7m³/hr，水力停留時間應超過60分鐘。

ABSTRACT

The efficiency of the gravel filter unit of the water recirculation system of Wushantow Freshwater Fish Culture Demonstration Centre (WFFCDC), Taiwan Fisheries Bureau, was studied by using a model of linear ratio of 10:1. The study was carried out at various flow rates and retention time. From the results, the suspended solids of pond water could be removed sufficiently in the flow rate from 63.3 ml/min to 189.9 ml/min. But with the effective carbon oxidation and nitrification only occurred at the flow rate less than 126.6 ml/min, that is the corresponding flow rate less than 7m³/hr and retention time longer than 60 min are required for the gravel filter unit of the water recirculation system of WFFCDC to improve the water quality of effluent.

一、前 言

本省由於地形條件及降雨分配不均，淡水水源並不充裕，近年來，由於各種產業發達，人口增加且生活水準提高，水源的需求年年增加，導致各地供水不足的現象一再發生，加上水污染情況普遍，

養殖魚池之用水，不論在水量或水質方面都日趨嚴重，因此，如何有效利用有限的水源來養殖，已是當前很重要的課題。

日本在養殖用水再處理利用方面的研究起步較早，近來養鰻池用水以生物滴濾 (Biofilter) 法為主的處理，其再利用效果相當良好，可將流水式

養鰻池生產 1 公斤鰻魚所需水量由 11~83m³ 降低至 0.3m³ (8)，經處理再利用後的用水量遠比國內初步調查(1)所得的 16.78~29.06 m³/kg 為低。可見將養殖池水經處理後循環利用，應可節省生產單位重量魚類所需的水量。

臺灣省漁業局為推廣養殖水之循環利用，於臺南縣該局之烏山頭淡水養殖示範中心 (Wushantou Freshwater Fish Culture Demonstration center, WFFCDC) 建有循環用水設施，其主要處理單元包括沉澱池、過濾池、曝氣水道等，如圖一所示。這些處理單元的效果經由現場及實驗室實驗加以評估後，發現沉澱池單元在去除固體物方面的效果並不好，可能因養殖廢水中之固形物係以有機物為主，沉澱不易；過濾池單元在原操作情況下 (流量 170 m³/hr)，亦無硝化 (Nitrification) 及碳素氧化 (Carbon oxidation) 之效果(4)。

鑑於生物處理對於養殖水之循環使用相當有效，本文乃針對過濾池處理單元進行模型研究，探討操作條件改變時，是否能具備生物處理的功能，改善處理水質，以作為現場操作及設計循環水設施之參考。

二、材料與方法

(一) 材 料

(1) 實驗模型

試驗模型係依照烏山頭循環水設施 (見圖一) 之過濾池部分加以縮小，其直線比為 10:1。以透明壓克力製成長 80.5 公分、寬 23.5 公分、高 12.5 公分之長方形水槽，槽內以隔板分成 16 小格，格與格間有小孔相通，其中有 7 格內放置濾材，實驗時，側面以鋁箔覆蓋以防藻類滋生。

(2) 養殖廢水

試驗用之養殖水採自桃園縣中壢市郊漁牧經營淡水魚混養池之排水口。於每次取樣時分析其水質。

(3) 菌 種

於過濾試驗時，所加入之菌種為美國 General Environmental Science Corp. 出品之 Stock cultures of LLMO (6)，含有 7 支菌株如下：*Pseudomonas dinitrificans*, *Pseudomonas stutzeri*, *Aerobacter aerogenes*, *Bacillus subtilis*, *Nitrobacter winogradskyi*, *Cellulomonas*

biazotea, *Rhodopseudomonas palustris*。此產品現已廣被利用於廢水處理程序。

(二) 方 法

模擬烏山頭淡水養殖中心之過濾池，於過濾槽中放入 7mm 之砂石為過濾材料，每三天取一次養殖廢水於不同流速循環過濾，其裝置見圖二。實驗開始時，先植入菌種使生物膜生長馴化約一個月，從較慢流速開始進行試驗，定時測定進出水之水質，待水質測定兩個循環以上 (每次循環三天)，所得結果皆相似才算完成，接著進行另一流速的實驗。各流速之試驗，均採用兩個模型進行二重複。水質測定項目包括 pH 值、氨態氮 (Ammonia-nitrogen, NH₄-N)、亞硝酸態氮 (Nitrite nitrogen, NO₂-N)、硝酸態氮 (Nitrate nitrogen, NO₃-N)、化學需氧量 (Chemical oxygen demand, COD)、磷酸鹽 (Phosphate, PO₄-P)、懸浮性固體物 (Suspended Solid, S.S.)。

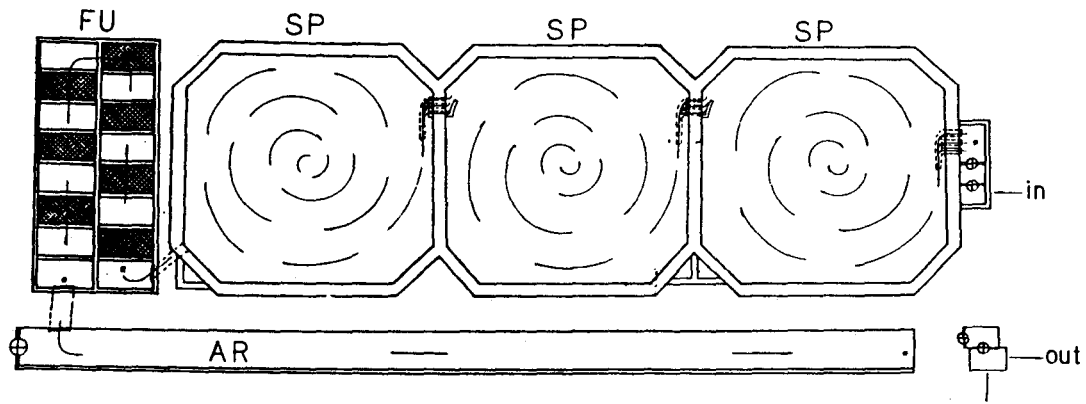
分析方法悉依照美國公共衛生協會出版之「水與廢水標準檢驗法」(2) 分析，如表一所示。

三、結果與討論

一般生物處理系統之流量僅 1.4~7.0 m³/hr (3,6)，烏山頭淡水養殖示範中心現有循環水設施之過濾池部分經量測知其流量達 170 m³/hr，在這麼高的流量下，過濾池可能僅有物理過濾少部分懸浮固體的作用，談不上有機物之氧化 (Carbon Oxidation) 及氮的硝化 (Nitrification)，故本試驗之模型操作，目的即在尋找一適當流量，能兼顧 COD 與氮素之處理，以增進過濾池在整個循環水設施處理上的能力。表二所列，即為本試驗所採用之各種流速條件，及於濾材上之停留時間。

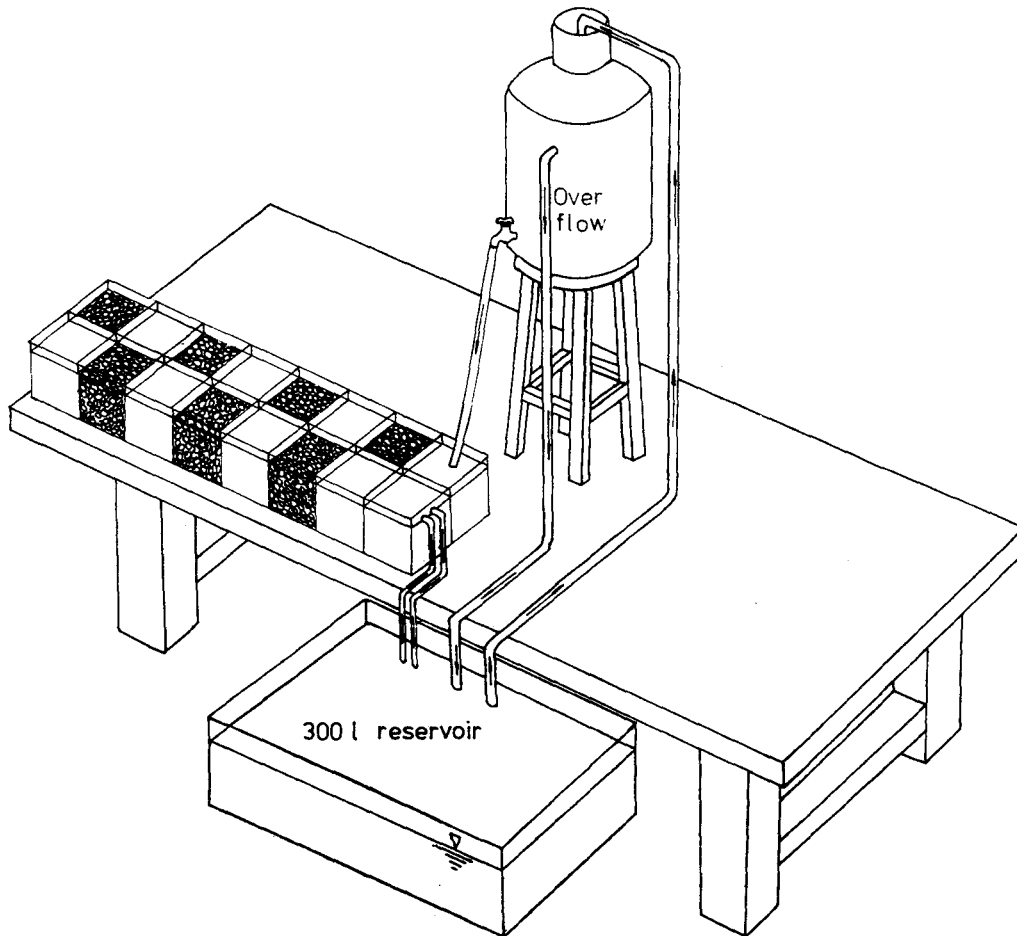
先進行預備實驗，在實驗室操作條件之下，生物膜之生成緩慢，約經一個月後測定水質，進出水之差異很小，故往後試驗每日均植入菌種 1.5ppm，以維持生物膜之穩定存在。

當流量為 63.3 ml/min 時，循環水質在三天內之變化見圖三。圖三(a)顯示懸浮固體物之去除相當明顯。COD 之變化見圖三(b)，進流水與流出水差距可超越 30 ppm (原水濃度 64 ppm，流出 32.5 ppm)。圖三(c)及圖三(d)顯示的氮素硝化現象 (NH₄-N → NO₃-N) 相當明顯，同時總無機氮有顯著降低的趨勢。圖三(e)中，磷酸鹽則呈略微增加



圖一、烏山頭淡水養殖示範中心循環水系統廢水處理單元詳圖
 SP: 沉澱池 FU: 過濾池 AR: 曝氣水路 *: 採樣點

Fig. 1. The wastewater treatment unit of the recirculation system: at WFFCDC.
 SP: Settling pond, FU: Filter unit. AR: Aeration raceway. *: Sampling location.



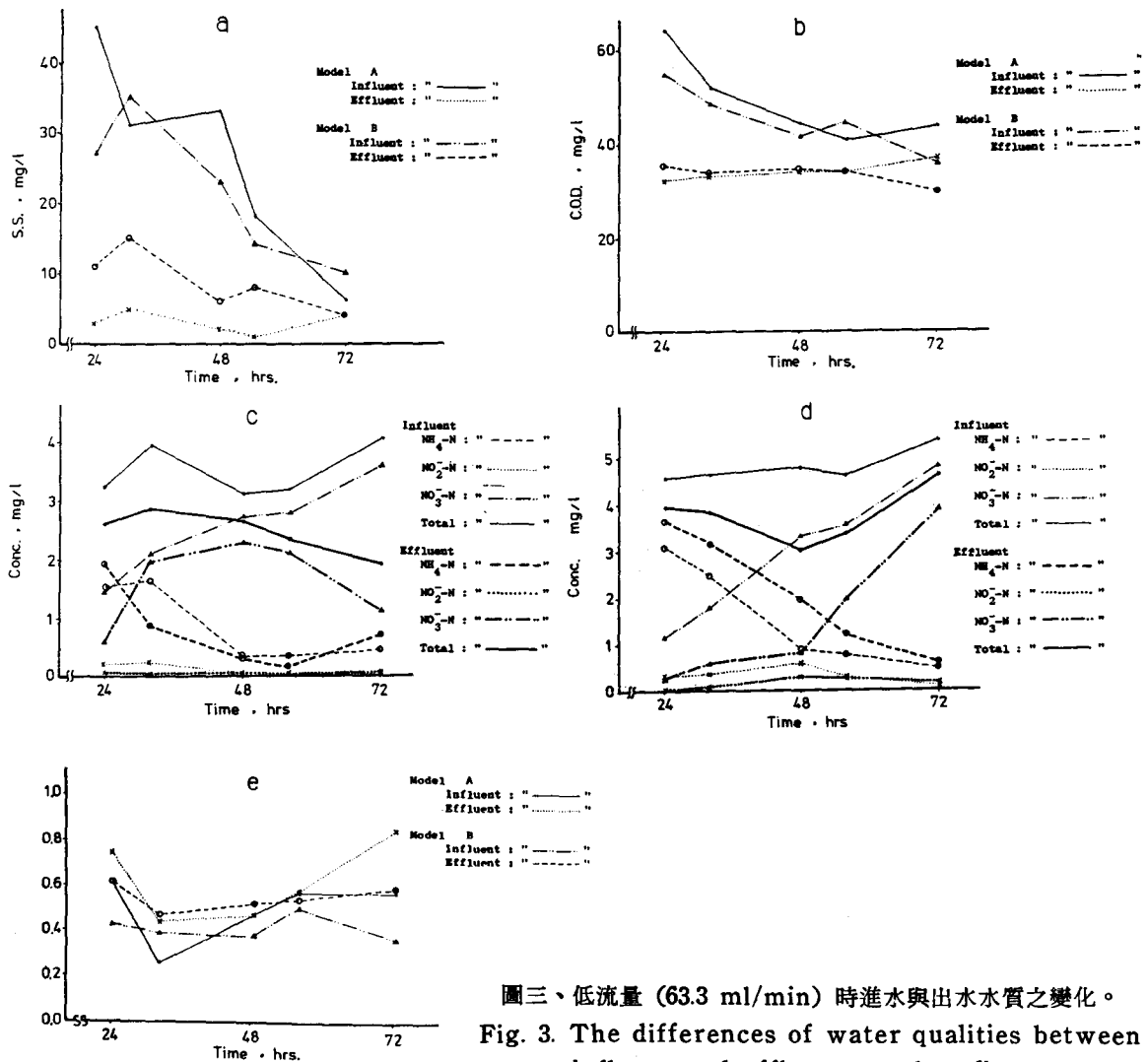
圖二、過濾池模型試驗示意圖。

Fig. 2. The Schematic diagram of model apparatus of gravel filter unit.

表一、水質分析方法

Table 1. The methods used for the measurement of water quality.

Parameter	Method
PH	Glass electrode
Ammonia nitrogen	Phenate method
Nitrite nitrogen	Diazotization method
Nitrate nitrogen	Brucine method
Chemical oxygen demand	Dichromate method
Phosphate	Stannous chloride method
Suspended Solid	Oven



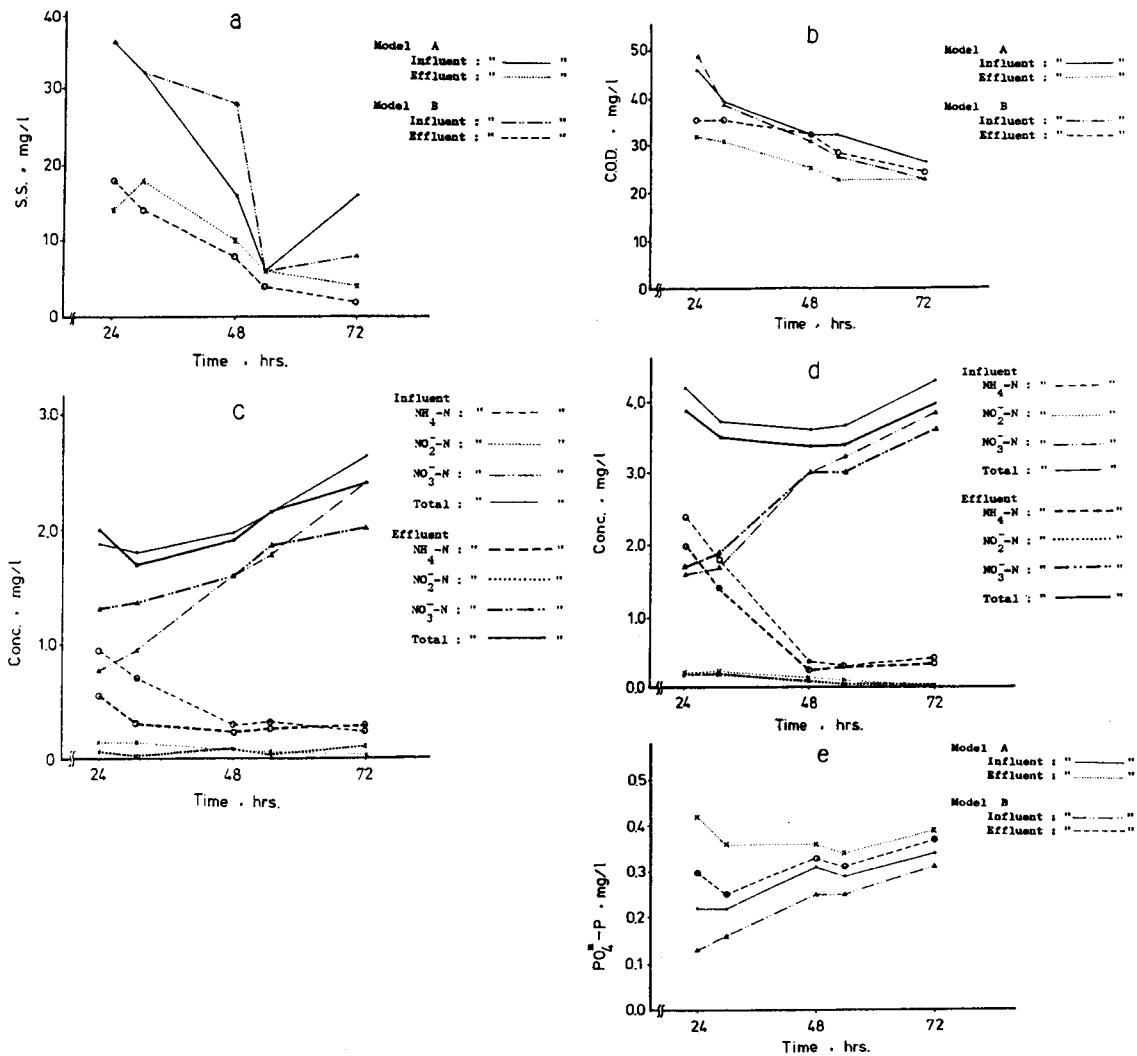
圖三、低流量 (63.3 ml/min) 時進水與出水水質之變化。
Fig. 3. The differences of water qualities between influent and effluent at low flow rate (63.3ml/min).

表二、模型操作之停留時間、流量及原型相對之流量。

Table 2. The retention time, flow rate and the corresponding flow rate of prototype, Q_r , in this study.

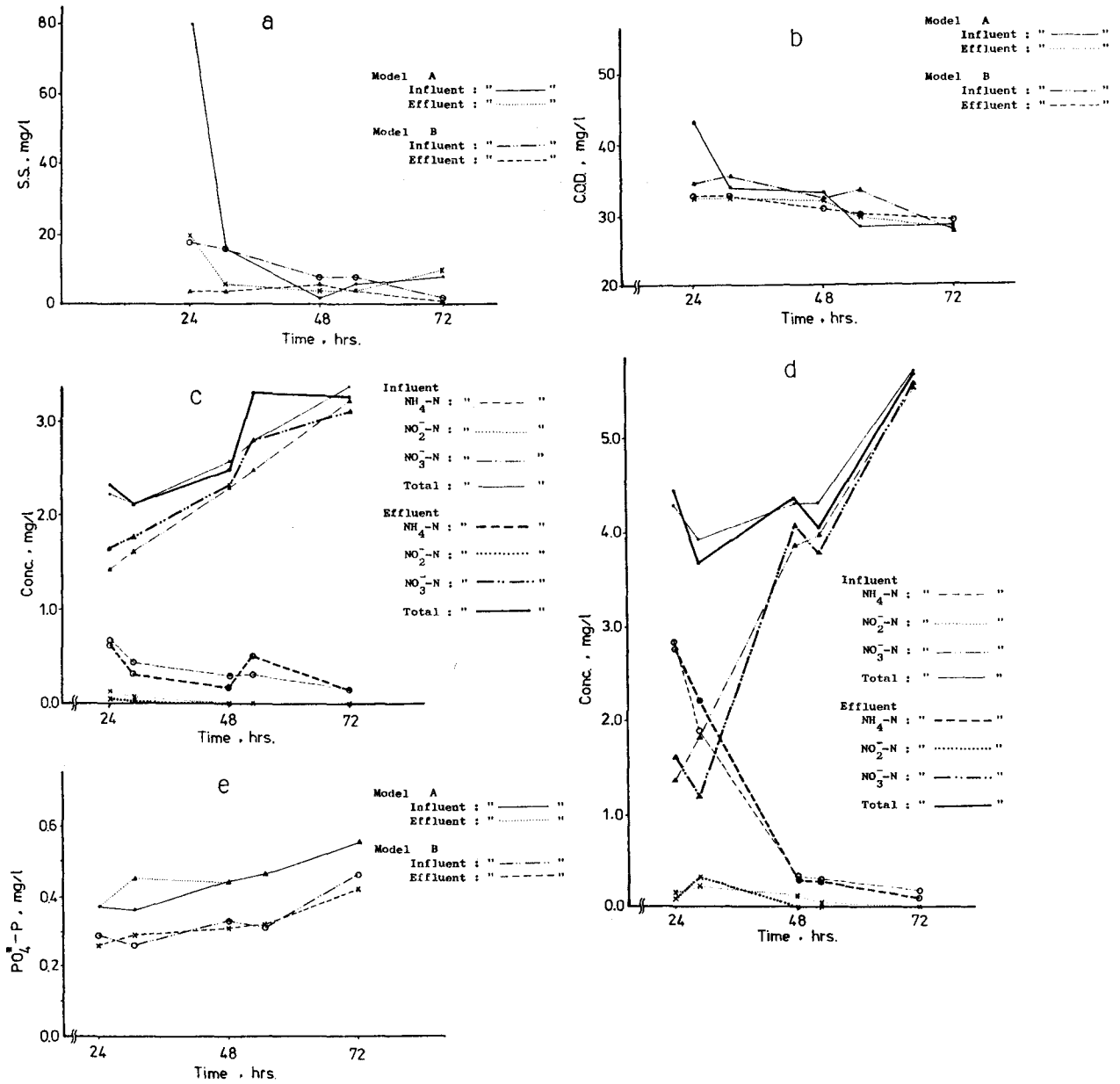
Retention time	Flow rate	Q_r^*
min	ml/min	m ³ /hr
40	189.9	11.4
60	126.6	7.6
120	63.3	3.8

* Q_r is calculated by using the equation $Q_r = Lr^3$; and Lr is the linear ratio of model and prototype. The value of Lr is 10 in this study.



圖四、中流量 (126.6 ml/min) 時進水與出水水質之變化。

Fig. 4. The differences of water qualities between influent and effluent at medium flow rate (126.6 ml/min).



圖五、高流量 (189.9 ml/min) 時進水與出水水質之變化。
 Fig. 5. The differences of water qualities between influent and effluent at high flow rate (189.9 ml/min).

。這些結果指出，當流量低至相當於原型之 $3.8\text{m}^3/\text{hr}$ 時，本過濾池系統已兼具物理與生物處理性能。

流量調高為 $126.6\text{ ml}/\text{min}$ 時，循環水水質在三天內之變化見圖四。圖四(a)中，懸浮固體物之去除仍相當明顯。COD 之變化，見圖四(b)，進流水與流出水差距較小，在 15 ppm 左右。圖四(c)及圖四(d)則顯示仍有氮素硝化現象，氨態氮降低，硝酸態氮增加，亞硝酸態氮則維持原來的濃度。磷酸鹽之變化見圖四(e)，流出水之磷酸鹽仍顯示略微增加，原因有待探討。圖四的結果顯示，當流量相當於原型之 $7.6\text{ m}^3/\text{hr}$ 時，本過濾池系統尚具有生物處理之功能，能將碳素氧化，降低 COD，並將氮素硝化，使 $\text{NH}_4\text{-N}$ 降低，轉換成 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的型式，對水質之改善有效。

當流量進一步調高為 $189.9\text{ ml}/\text{min}$ 時，懸浮固體物在三天內之變化如圖五(a)所示，兩個模型皆顯示仍能將流出水降至 20 ppm 以下（原水為 82 ppm ）。COD 之變化見圖五(b)，效果有限，進流水與流出水相差僅在 10 ppm 之內。圖五(c)及圖五(d)顯示氮素之去除或硝化，模型 A 或 B 皆無效。磷酸鹽之去除見圖五(e)，亦無顯著效果。由以上的結果，可知流量在相當於原型之 $11.4\text{ m}^3/\text{hr}$ 時，過濾池設施僅能除去部分懸浮固體物，對有機物之氧化或氮素之硝化均無效果，也就是只有物理處理效果，並無（或很少）生物處理效果。

以上三種流量試驗顯示流量的大小能左右過濾池之處理能力，不論流量大小，過濾池具有去除 S.S. 之作用，模型之流量小於 $126.6\text{ ml}/\text{min}$ （相當於原型之 $7.6\text{ m}^3/\text{hr}$ ）時，過濾池系統之微生物漸漸發生功能，可將有機物氧化，氮素硝化，對水質之改善有效。本試驗結果與前人研究相當吻合，可供養殖水再處理利用時，其本處理系統設計之參考，若期望過濾系統不只具物理功能，則流量應低於 $7\text{ m}^3/\text{hr}$ ，水力停留時間高於 60 分鐘。

四、結 論

以過濾池處理養殖水時，在相當大的流速範圍內，過濾系統均具有去除懸浮固體物的作用，若期

望過濾池兼具生物處理的功能，亦即可將水中有機物氧化，氮素硝化，改善其水質以供再利用，則流速必須降低，以漁業局烏山頭淡水養殖中心之循環水設施為例，流量應低於 $7\text{ m}^3/\text{hr}$ ，水力停留時間高於 60 分鐘，才具有生物處理的效果。

引 用 文 獻

- 1.徐玉標、江漢全、林承民。1984。養殖用水量之現況調查研究。農業工程研究中心研究報告，AERC-84-RR-11。
- 2.American Public Health Association. 1976. Standard methods for the examination of water and wastewater. 14th ed., APHA, Washington, D. C., 1193PP.
- 3.Busch, C.D., J.L. Koon, and R. Allison. 1974. Aeration, water quality, and catfish production. Trans. of ASAE, 17:433-435.
- 4.Chiang, H. C., and J. C. Lee. 1986. Study of treatment and reuse of aquacultural wastewater in Taiwan. Aquacultural Engineering, 5:301~312.
- 5.Horsfall, F.L., and B. Gilbert. 1976. June 15, 1976 U.S. Patent 3,963,576.
- 6.Otte, G., and H. Rosenthal. 1979. Management of a closed brackish water system for high-density fish culture by biological and chemical water treatment. Aquaculture, 18:169-181.
- 7.Schuetzle, D., Koskinen, J.R., and F.L., Horsfall. 1982. Chemometric modeling of waste water treatment processes, Journal W.P.C.F., 54:154-163.
- 8.里見至弘。1980。養殖にすける用水利用の現状と問題點，P20~29，日本水産學會編，淡水養魚と用水。恒星社厚生閣株式會社，東京，日本，142p.