

珊瑚砂過濾在用水回收處理效果之研究

陳弘成* • 鍾國南*

摘 要

由於污染及超抽地下水,臺灣養殖用水水源已日漸匱乏。水處理後再利用應是有效解決此一困境的途徑之一。本研究乃探討珊瑚砂層過濾在養殖用水回收處理中的效果,希望提供有效且實用的研究數據,作為業者參考的依據,俾能減少水資源的浪費,並遏止地下水濫抽的情形。

試驗分別在海水中進行比較不同面積,不同厚度及不同砂量對珊瑚砂濾材硝化能力的效應。此外並探討不同曝氣順序,不同分層的效果差異,以及硝化作用對過濾水 pH 值的影響。

由本研究結果發現,濾材進行硝化作用呈現 4 種模式:第一種為濾材之硝化能力完全不足以抑制水中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 之累積量增加。第二種為濾材經調整後才能硝化水中的氨,但必須經一段時間後才能使水中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 濃度降低。第三種為濾材可完全硝化水中的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$,因此氨及亞硝酸都維持很低的濃度。第四種為濾材前期雖有良好的硝化能力,但後期卻因阻塞而導致硝化效率降低。

因此砂層的面積相同時,增加濾床厚度及砂量可增加其硝化能力。砂量相同時,厚度大面積小的濾床要比厚度小面積大的濾床有較好的效果。砂層厚度相同時,較大面積及較多砂量的濾床有較佳的硝化效率。改變曝氣順序並沒增加濾床的硝化能力。將 20cm 厚的砂層分為兩層進行過濾比不分層者有效,但 10cm 厚的濾床分層時卻無此效應。

硝化作用能導致水中 pH 值下降以及使用珊瑚砂作為濾材時能提高水中 pH 值的效果在本試驗均得以證實。本試驗並發現濾材的阻塞效應在過濾時造成不可忽視的影響,因此在實際使用時,必須要有逆洗的裝置或常常清洗濾材才行。

關鍵詞:池水回收,過濾處理,珊瑚砂。

前 言

近半世紀以來,水產養殖用水之回收已漸受到重視⁽¹⁾。密閉或半閉式養殖系統 (Closed or Semiclosed culture system) 比之流水式養殖系統 (Flow-through culture system),雖然並沒有較高的蓄養密度,但在水資源有限的狀況下,仍然是最經濟的養殖方式⁽²⁾。

由於淡、海水源受污染的情形日益嚴重,在地下水逐漸匱乏的地區,養殖用水的回收更形重要。而集約養殖時,氨是大部份水生生物的排泄物⁽³⁾,即使是低濃度的氨,其毒性仍然足以危及水生生物或抑制其生長⁽³⁻⁶⁾。

至於消除水中氨的方法有:空氣脫除法 (Air stripping)、離子交換法 (Ion exchange) 及生物硝化法 (Biological nitrification),三者聯合使用固能有最佳的效率⁽⁴⁾,但 Wild⁽¹⁾, Reeves⁽⁷⁾ 及 Bower⁽⁸⁾ 的研究均認為其中最經濟實用且較具前途者仍然是生物硝化法。其優點除

*國立台灣大學動物所與漁業生物試驗所

了硝化效率高之外,其他如操作簡單,維護方便,設備便宜,以及可篩濾出特定大小的固形物質等,都是此法被廣泛採用的原因⁽⁹⁾。又因為過濾設備佔空間少,設備便宜,分隔容易,使用於實驗室亦十分合適^(10~13)。

本試驗即針對台灣由於水資源日益缺乏,循環使用池水愈加重要的前提下,以砂礫為濾材,探討增大濾材面積,厚度或砂量對硝化能力的效應進行比對,並配合蓄養密度及其他環境因子之數據,來探討硝化作用的情形與水中的氨、亞硝酸、硝酸及 pH 值的關係。此外,本試驗分別在淡、海水中進行相同的比較,並探討濾材分層放置及改變曝氣順序的效果差異,以做為循環用水處理之參考與依據。

材料與方法

本試驗使用 0.1ton 容量之塑膠方型桶為蓄養槽,總水量 70 ℓ,內蓄養疎斑豹紋鰩 (*Gymnothorax undulatus*),總重亦為 700g; 即海水之魚密度為 10kg/m³。 惇敦

過濾器置於蓄養槽中,用小型沈水馬達抽水進入過濾器中,以順流方式由上至下通過濾床。濾材可分為 1 至 3 層置放,水流經過濾材後流回到蓄養槽中,溢流前以電動打氣機曝氣。濾材以使用實際養殖時普遍被採用的珊瑚砂,其粒徑為 2~5mm,由於實驗係針對已具備硝化能力的濾材之效果,故濾材在使用前均置於已蓄魚之大型水族箱中使用二週以上。

試驗時分別按濾材之不同面積,不同砂量,不同厚度及不同分層方式進行 S.A~S.I 等 8 個處理; 另外供氣之氣泡石置於濾床前,亦加以試驗。各處理及其換算之數據均列於 (Table 2)。

每個處理都進行 48 小時之試驗,但放入濾材進行過濾之前,先將水、魚及其他裝置放入 4 小時,並於前後各採水 500ml,測驗其 NH₄⁺-N, NO₂⁻-N, NO₃⁻-N, 實驗期間水溫維持 26±1°C, 每次採水時均記錄 DO、pH 及魚的狀況。

Table 1. Requirements and dimensions of filtration system used in this study

1. Fish weight :	700g
2. Water volume T :	70 ℓ
(Total system)	
3. Water volume F :	43 ℓ
(Fish rearing tank)	
4. Fish density T :	10kg / m ³
(Total system)	
5. Fish density F :	17kg / m ³
(Fish rearing tank)	
6. Flow rate :	8.75 ℓ / min.
7. Turnover time :	8 min.
8. Filter medium :	coral sand
9. Sand bed area :	165 - 330cm ²
10. Sand bed depth :	5 - 30cm
11. Sand volume :	1.65 - 3.30 ℓ
12. Hydraulic loading :	1273 - 7636m ³ / m ³ .day

Table 2 Summery capital letter used in experiment for representing different treatments (Seawater)

Treatment	Area (cm ²)	Depth (cm)	Volume (ℓ)	Hydraulic loading
SA (Control)	--	--	--	--
SB	330	5	1.65	7636
SC	330	10	3.30	3818
SD	330	20	6.60	1909
SF	165	10	1.65	7636
SG	165	20	3.30	3818
SH	330	5+5	3.30	3818
SI	330	10+10	6.60	1909
*SD ¹	330	20	6.60	1909

* : Different aeration sequence.

結 果

在 52 小時的試驗期間內,各處理的水質變化示如 Table 3~ Table 12。海水之對照組,由於幾乎完全沒有進行硝化作用,所以 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 均極少,故其中之 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 可視為完全累積之量 (Table 3)。其對照組中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 累積量與時間因子之間有迴歸直線之關係,其迴歸方程式如下:

$$Y (\text{NH}_4^+ - \text{N, ppb}) = 21.371 + 26.241X (X, \text{hr})$$

在面積為 330cm² 時,因增加厚度,砂量亦增加,使硝化率亦隨之增加,相對地, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 之累積量便減少 (Table 4、5、6 及 Fig.1)。在厚度達 20cm 時,其硝化效果最佳,水中氨濃度都在 0.08ppm 以下。但在面積為 165cm² 時,濾砂厚度較深,砂量較多之處理 (Table 7、8) 均有較好的硝化能力,然而 20 小時後,其 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 之累積量均有逐漸增加的趨勢,這是由於砂層厚度增加,濾材開始阻塞而致硝化效率降低與過濾效果減少之故。

綜合上述的觀察,似可得到如下的推論,即在厚度小時,增大面積及砂量,能增加硝化能力;厚度大時,增大面積及砂量則未見有較佳的硝化能力出現,甚且面積較大者需 20 小時才能逐漸發揮其硝化能力。面積小的濾床雖然與厚度相同而面積較大的濾床在初期有相同之效果,但僅 20~24 小時後就開始逐漸降低其硝化能力。

海水處理中,分層過濾的促進功效與不分層者並沒有明顯的差異,這可能由於下分層之對照組已有相當高的硝化率,所以無法顯示出分層後的效果 (Table 9、10)。

至於將氣泡石放置於濾床前之處理 SD 組 (Table 11) 與對照組之比較,則發現在此種過濾方式中二者亦沒有明顯之差異,這可能由於本試驗中,循環時間較短,對照組的過濾後水經曝氣流入蓄養槽,再被抽回時,氧氣被消耗得不多所致。

綜觀本試驗全部處理之圖形,除對照組外大致可分為 4 個模式 (Fig.2) :

- (1) 氨濃度大幅上升,亞硝酸濃度僅初期有增高現象,硝酸量呈緩慢上升。這種累積的情形發生在砂量最少,厚度最小的SB (Table 4)。
- (2) 氨濃度在前 12~20 小時仍然增高,亞硝酸量呈波動狀態,但大致上仍跟隨 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 量延遲 4~8 小時起伏,硝酸量有較大幅的上升。這類模式發生在濾材之量或能力不足以立刻硝化水中氨及亞硝酸的處理如: SH 及 SC 等 (Table 5, Table 9)。
- (3) 氨的累積量僅在 20 小時內有微小變動,但即使是最高也不超過 0.15ppm,8 到 12 小時後更逐漸下降,穩定維持在 0.08ppm 以下。亞硝酸濃度亦能維持在極低的狀態,但硝酸量卻大幅快速上升,至 40~44 小時才有不明顯的緩和趨勢。這類模式表現在濾材最多,厚度最大的如: SD,SI 及 SD' 等 (Table 6, Table 10, Table 11)。
- (4) 氨濃度在初期較低,然後在 8~24 小時之間明顯增高,由於氨的硝化量減少,亞硝酸量下降,而硝酸濃度增高的趨勢逐漸趨緩和。這種模式全部發生在小面積 (165 cm^2) 之處理上,如 SF 及 SG 等 (Table 7, Table 8)。

最後可由累積之 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 量,計算出每個處理在 24 小時及 48 小時之硝化率 (Nitrification rate),將其列於 Table 12,以作為各處理效率良否之比較基準,其中以 SD,SD' 及 SH 之過濾效果最佳。

Table 3 Fluctuations of pH value, ammonium, nitrite and nitrate during the experimental period of 52 hours in control tank.

Area	cm ²			
Depth	cm			
Volume	liter			
Hours	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ (ppb)	$\text{NO}_2 - \text{N}$ (ppb)	$\text{NO}_3 - \text{N}$ (ppb)	pH
4	49	22.1	153	7.4
8	232	29.3	182	7.3
12	320	28.2	237	7.3
16	481	34.2	301	7.4
20	631	24.3	301	7.4
24	687	22.5	241	7.1
28	784	31.4	353	7.2
32	826	30.8	373	7.0
36	952	38.9	399	7.0
40	1121	41.5	442	6.9
44	1168	32.4	572	6.7
48	1272	39.0	685	6.6
52	1327	42.7	740	6.6

Table 4 Fluctuations of pH value, ammonium, nitrite and nitrate during the experimental period of 52 hours in treatment SB

Area	330 cm ²			
Depth	5 cm			
Volume	0.65 liter			
Hours	NH ₄ ⁺ - N (ppb)	NO ₂ - N (ppb)	NO ₃ - N (ppb)	pH
4	52	21.7	143	7.4
8	100	23.5	331	7.4
12	92	38.8	687	7.3
16	133	50.9	884	7.3
20	231	53.0	895	7.3
24	202	51.9	1349	7.2
28	230	45.2	1613	7.0
32	311	50.3	1687	7.1
36	426	52.0	1721	7.1
40	491	40.1	1783	7.3
44	633	49.4	1829	7.1
48	827	43.8	1903	7.0
52	941	40.2	1951	6.8

Table 5 Fluctuations of pH value, ammonium, nitrite and nitrate during the experimental period of 52 hours in treatment SC

Area	330 cm ²			
Depth	10 cm			
Volume	3.30 liter			
Hours	NH ₄ ⁺ - N (ppb)	NO ₂ - N (ppb)	NO ₃ - N (ppb)	pH
4	59	20.1	121	7.0
8	101	36.8	309	7.1
12	142	37.9	518	7.2
16	138	44.0	877	7.1
20	193	39.7	1043	7.2
24	107	41.9	1686	7.2
28	105	42.2	2042	7.3
32	101	34.2	2278	7.1
36	82	33.3	2837	7.0
40	66	34.2	3237	6.9
44	78	30.2	3558	7.0
48	58	80.5	3906	6.9
52	62	50.2	4285	6.8

Table 6 Fluctuations of pH value, ammonium, nitrite and nitrate during the experimental period of 52 hours in treatment SD

Area	330 cm ²			
Depth	20 cm			
Volume	6.60 liter			
Hours	NH ₄ ⁺ - N (ppb)	NO ₂ - N (ppb)	NO ₃ - N (ppb)	pH
4	62	24.8	105	7.2
8	122	26.0	253	7.1
12	101	35.9	660	7.1
16	48	39.7	1189	7.2
20	64	41.1	1479	7.1
24	50	34.3	1890	7.1
28	17	34.1	2353	7.2
32	30	39.6	2658	7.2
36	9	33.8	3084	7.3
40	12	27.2	3430	7.1
44	57	25.0	3637	7.0
48	21	20.7	3785	7.0
52	35	22.7	3879	6.8

Table 7 Fluctuations of pH value, ammonium, nitrite and nitrate during the experimental period of 52 hours in treatment SF

Area	165 cm ²			
Depth	10 cm			
Volume	1.65 liter			
Hours	NH ₄ ⁺ - N (ppb)	NO ₂ - N (ppb)	NO ₃ - N (ppb)	pH
4	70	18.8	86	7.2
8	44	24.7	520	7.3
12	23	26.3	939	7.4
16	72	27.2	1124	7.4
20	156	19.2	1197	7.4
24	187	14.3	1452	7.3
28	209	10.2	1587	7.4
32	225	12.3	2033	7.5
36	261	14.2	2246	7.4
40	280	11.5	2541	7.4
44	222	15.6	3089	7.3
48	268	13.3	3286	7.3
52	321	12.4	3457	7.2

Table 8 Fluctuations of pH value, ammonium, nitrite and nitrate during the experimental period of 52 hours in treatment SG

Area	165 cm ²			
Depth	20 cm			
Volume	3.30 liter			
Hours	NH ₄ ⁺ - N (ppb)	NO ₂ - N (ppb)	NO ₃ - N (ppb)	pH
4	64	24.3	99	7.0
8	59	29.7	462	7.3
12	49	27.1	849	7.4
16	22	33.9	1285	7.3
20	16	39.5	1645	7.2
24	82	38.9	1775	7.1
28	157	30.0	1882	7.1
32	140	27.3	2301	7.3
36	151	22.9	2617	7.2
40	144	23.5	3343	7.3
44	163	27.7	3473	7.3
48	186	37.1	3732	7.2
52	196	32.8	3899	7.2

Table 9 Fluctuations of pH value, ammonium, nitrite and nitrate during the experimental period of 52 hours in treatment SH

Area	330 cm ²			
Depth	5+5 cm			
Volume	3.30 liter			
Hours	NH ₄ ⁺ - N (ppb)	NO ₂ - N (ppb)	NO ₃ - N (ppb)	pH
4	62	21.0	110	7.1
8	121	18.8	266	7.1
12	173	15.7	444	7.3
16	209	16.3	674	7.3
20	169	26.6	1147	7.4
24	161	34.0	1513	7.3
28	90	36.6	2101	7.4
32	108	37.6	2395	7.5
36	77	30.7	2857	7.4
40	53	19.8	3301	7.2
44	68	18.0	4001	7.2
48	51	29.9	4231	7.1
52	32	20.6	4429	7.0

Table 10 Fluctuations of pH value, ammonium, nitrite and nitrate during the experimental period of 52 hours in treatment SI

Area	330 cm ²			
Depth	10+10 cm			
Volume	6.60 liter			
Hours	NH ₄ ⁺ - N (ppb)	NO ₂ - N (ppb)	NO ₃ - N (ppb)	pH
4	55	19.8	135	7.0
8	72	18.7	433	7.3
12	138	11.1	569	7.4
16	111	12.4	1013	7.4
20	101	14.8	1390	7.3
24	58	14.0	1891	7.3
28	405	22.2	2291	7.2
32	61	26.0	2448	7.3
36	64	25.9	2944	7.2
40	47	35.2	3302	7.0
44	60	37.5	3609	7.1
48	49	32.4	4004	7.0
52	41	23.6	4155	6.9

Table 11 Fluctuations of pH value, ammonium, nitrite and nitrate during the experimental period of 52 hours in treatment SD¹

Area	330 cm ²			
Depth	20 cm			
Volume	6.60 liter			
Hours	NH ₄ ⁺ - N (ppb)	NO ₂ - N (ppb)	NO ₃ - N (ppb)	pH
4	72	21.0	76	7.4
8	97	19.7	346	7.4
12	138	22.8	522	7.6
16	81	28.9	1091	7.5
20	99	31.1	1374	7.5
24	50	34.3	1890	7.5
28	42	26.6	2278	7.6
32	71	24.2	2539	7.4
36	55	24.0	2941	7.5
40	59	20.1	3280	7.4
44	14	22.4	3786	7.3
48	23	25.2	4102	7.3
52	33	20.8	4424	7.2

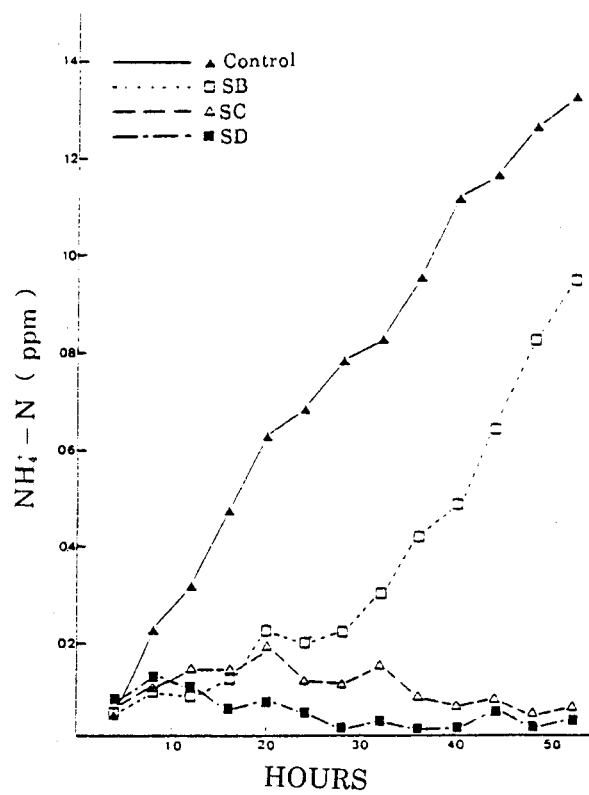


Fig.1 Change of ammonium in seawater filtration system treated with different depths of coral sand in the experiment of same bottom area.

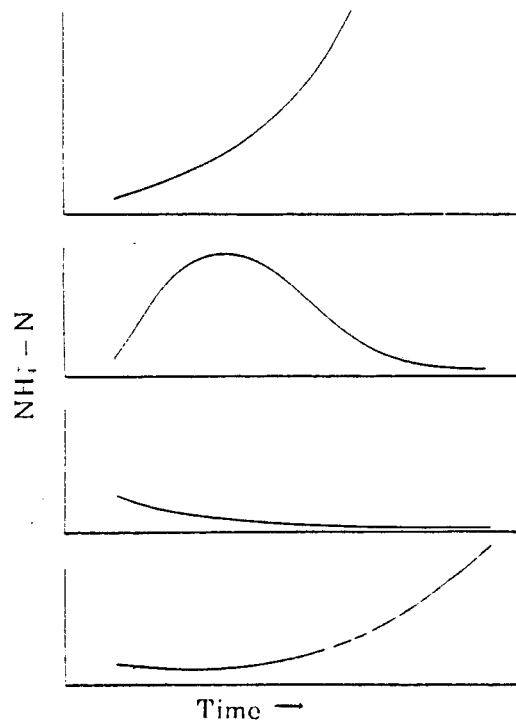


Fig.2 Four representative models showing the change of ammonium in different efficiency of nitrification.

Table 12 Nitrification rate of different treatments at 24 and 48 hours.

Treatment	Nitrification rate	
	24 hours	48 hours
Sea - water		
SA (Control)	--	--
SB	68.2	28.9
SC	85.5	95.4
SD	97.6	97.4
SF	71.1	76.1
SG	78.3	85.4
SH	94.5	96.9
SI	87.6	97.6
*SD ¹	94.2	97.5

* : Different aeration sequence.

討 論

在實際應用砂層過濾回收養殖用水時，不論是集約或半集約養殖，均要求過濾系統能在短時間內發揮效能，以確保養殖生物的安全。Forster⁽⁴⁾指出，新的濾材在使用 4 週後硝化能力可達顛峰，Kawai⁽¹⁴⁾認為需 2 個月，而 Hirayama⁽¹⁵⁾則指出 40~60 天可得最佳硝化效能。但是如果以水中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 所需的時間，則分為 8~10 天⁽¹⁵⁾，5~12 天⁽⁴⁾，及其他研究所證實的 15 天⁽⁵⁾，14 天⁽¹⁶⁾等。本試驗所使用的珊瑚砂在已蓄有魚類的水族箱中使用二週以上，因此可認為已具備相當的硝化能力，能較快速的進行硝化作用。這種採用已具硝化能力的濾材進行有關的研究已有多篇報告^(17~22)，而 Heidinger⁽²³⁾這與其他的研究嶄新的濾材，使硝化細菌在表面重新附著，並逐漸增生增加數量現象不同，因後者需要較長的一段時間才能趨於穩定，因此，過濾系統應在養殖開始前即必須予以運轉，使其能在較短時間內發生效能，否則，其最初的硝化作用必不完全。

Forster⁽⁴⁾在報告中曾明確指出，硝化率隨水力負荷之增加而下降，本試驗結果亦可得到同樣的趨勢，即在面積為 330cm^2 的二條相關曲線中，明顯的隨著水力負荷之增加，其硝化率亦顯著下降，但 48 小時下降幅度較大，這是由於厚度小的砂層中，其硝化功能已無法將累積多量的氨分解掉的緣故。在海水硝化率變化的趨勢幾乎與此完全符合。

在本試驗中可以肯定增加濾材量和鋪設面積，則硝化率會隨之上升，但由於厚度大的時候阻塞程度增加，因此在 24~48 小時後硝化率大為降低，反而不若厚度小的濾材。Wheaton⁽⁹⁾指出，濾材厚度增加，水頭損失 (Headloss) 亦隨之增加，也就是通過濾材的水壓降低，水中懸浮固體被阻於濾材間的機率也隨之增加，這可能是生物過濾法特有的限制因子，並能完全阻斷水流。本試驗證實面積愈小厚度愈大都使阻塞現象更明顯。在實際應用砂層過濾時，為防止阻塞現象的發生，可以增加逆洗的次數，增大濾材粒徑，將濾水進行前處理，以及降低水力負荷等。Haug and McCarty⁽¹⁷⁾指出逆流式 (Up-flow) 過濾法可避免阻塞，而 Paller⁽¹⁶⁾並設計往復式過濾法，使阻塞現象不致造成困擾。

由於硝化作用係氧化作用的一種，在作用時需要相當大量的氧。理論上，每氧化 1kg 的

氨 ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) 需氧量 3.43kg, 而每氧化 1kg 的亞硝酸, 又需氧量 1.14kg, 故氧的有效性 (Availability) 也是生物過濾法的限制因子之一。厚度大時, 濾材中無氧的區域增加, 因此若將之分層, 中間再加以曝氣, 則可使濾材中硝化細菌所需要氧氣維持在充足的狀態, 常有助於硝化能力之提高。

在實際操作方面, 硝化作用進行愈多, pH 下降愈多, 但低 pH 又不利於硝化作用之進行, 補救之道可以採用碳酸鹽的濾材以維持較高的 pH, Hirayama⁽¹⁵⁾ 建議採用牡蠣殼或珊瑚預防水質變酸。Rosseland⁽²⁴⁾ 則明確指出使用貝殼砂 (Shellsand) 濾材, 可使 pH 自原來 4.8~5.3 提高到 6.4~7.4。

Liao⁽¹³⁾ 研究認為改變鹽度, 並不嚴重影響過濾系統的效能。因此在本省的草蝦養殖中, 雖然池水的鹽度變化甚巨, 約在 10~25ppt 之間, 但使用的海水仍可經過簡單的珊瑚砂過濾處理, 再循環使用, 以減少水資源的浪費, 並緩和地層下陷的速度。

謝 辭

本論文之得以完成, 有賴李智隆博士、關世傑先生支持。於研究期間承蒙林明南、蕭一鵬、邱南威、談貴堅、陳麗淑、林麗紅、褚紹英及郭素芬諸位先生小姐之協助, 在此一併致謝。

參考文獻

1. Wild, H.E. (1971). Factors affecting nitrification kinetics. J. WPCF, 43: 1845-1854.
2. Chiba, K. (1980). Effecture utilization of water in various fish culture and water supply. Jap. Sci. Fish. Soc., p.33-46.
3. Forster, J.R.M. (1974). Studies on nitrification in marine biological filters. Aquacul., 4: 387-397.
4. Johnson, P.W. and J. McN. Sieburth (1974). Ammonia removal by selective ion exchange, a backup sytem for microbiological filters in closed-system aquaculture. Aquacul., 4: 61-68.
5. Hampson, B.L. (1976). Ammonium concentration in relation to ammonia toxicity during a rainbow trout rearing experiment in a closed freshwater-seawater system. Aquacul., 9: 61-70.
6. Chen, H.C. (1984). Water quality criteria for forming the grass shrimp, *Penaeus monodon*. First Int. Conf. Cult. Penaeid Shrimp/Prawn, p.33.
7. Reeves, T. G. (1972). Nitrogen removal: a literature review. J. WPCF, 44: 1895-1908.
8. Bower, C.E. and D.T. Jurner (1983). Nitrification in closed seawater culture system: effects of nutrient deprivation. Aquacul., 34: 85-92.
9. Wheaton, F. W. (1977). Aquaculture engineering. Wiley, New York. pp.708.
10. New, N. B., J. P. Scholl, J. C. McCarty and J. P. Bennett (1974). A recirculation system for experimental aquaria. Aquacul., 3: 95-103.
11. Bogon, A.D., and J.D. Castell (1979). A recirculating system for small-scale experimental work on juvenile lobsters (*Homarus americanus*). Aquacul., 18: 383-

387.

12. Lu, J.D. (1978). A recirculation aquaculture system. *Bamidgch*, 30 : 12–21.
13. Liao, P.B. (1980). Treatment units used in recirculation systems for intensive aquaculture. *Proc. World Symp. Aquacul. Heated Effluents Recirc. Sys.*, Stavanger, 28–30 May, Vol. 1 : 183–191
14. Kawai, A., Y. Yoshida, and M. Kimata (1964). Biochemical studies on the bacteria in aquarium lation system. I : Change of the qualities of breeding water and bacterial population of the aquarium during fish cultivation. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 30 : 55–62.
15. Hirayama, K. (1974). Water control by filtration in closed cultured systems. *Aquacul.*, 4 : 369–385.
16. Paller, M. H., and W. M. Lewis (1982). Reciprocation biofilter for water reuse in aquaculture. *Aquacul. Eng.*, 1 : 139–151.
17. Haug, R. T. and P. L. McCarty (1972). Nitrification with submerged filters. *J. WPCF*, 44 : 2086–2102
18. Srna, R. F. and A. Babbaley (1975). Kinetic reponse of perturbed marin nitrification systems. *J. WPCF*, 47 : 472–286.
19. Collins, M.T., J.B. Gratzek, D.L. Dawe, and T.G. Nemetz (1975). Effects of parasiticides on nitrification. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32 : 2033–2037.
20. Collins, M.T., J.B. Gratzek, D.L. Dawe, and T.G. Nemetz (1976). Effects of antibacterial nitrification in an aquatic recirculating system. *J. Fish. Res. Board Can.*, 33 : 215–218.
21. Anthonison, A.C. (1976). Inhibition of nitrification by ammonia and airtous acid. *J. WPCF*, 48(5) : 835–582.
22. Poxton, M.G., K. R. Murry and B. T. Linfoot (1982). The growth of turbot (*Scophthalmus maximus*) in recirculation systems. *Aquacul. Eng.*, 1 : 23–24.
23. Heidinger, R. C., L. T. Wawronowicz and B. L. Tetzlaff (1983). Application of water reuse technology for overwinter threadfin shad (*Dorosoma petenense*) at Northern Laitudes. *Aquacul.*, 2 : 153–162.
24. Rosseland, B. O. and O. K. Skogheim (1986). Neutralization of acidic brookwater using shell-sand filter or sea-water : effects on eggs, alevins and smolts of salmonids. *Aquacul.*, 58 : 99–110.

STUDIES ON THE EFFICIENCY OF CORAL SAND FILTER IN WASTE PONDWATER TREATMENT FOR REUSE

*Hon - Cheng Chen and Kuo - Nan Chung
Dept. of Zoology & Institute of Fishery Biology,
National Taiwan University, Taipei, Taiwan*

ABSTRACT

Water resources used for aquaculture have been depleted due to over-pumping of ground water and severe water pollution in Taiwan. It is believed that water reuse after treatment will be one of the effective ways of solving out this problem. The present studies deal with the filtering efficiency of coral sand to clear cultured wastewater for the purposes of recycling and of preventing ground water from over exploitation. Therefore, nitrifying capabilities of coral sand in different surface areas, depths and quantities are designed and compared. In addition, effects of order of aeration, division of sand layer on nitrification are also tested, and change in water pH during filtering is measured.

It is found from results that there are four categories of nitrification related to different arrangements of coral sand filter. First, nitrifying process is not capable to eliminate the increase of accumulated ammonia in water. Second, ammonia can be reduced to low level only at certain period of time following build-up and adaptation of bacteria. Third, nitrification works so perfectly that ammonia and nitrite are nearly absent in water. Fourth, nitrifying abilities are quite good at the beginning, but it gets worse later on due to clogging.

Nitrification can be improved by an increase in depth and quantity of sand, provided with same surface area of filter materials. It is also time for small surface area with thicker depth than big area with thinner depth. Dividing the sand filter into two layers even inserts better nitrifying result. However, change the order of aeration and division of filter sand of 10cm depth into thinner layer have caused no significant improvement.

It has been proved that pH of treated water are decreased during nitrification, but utilization of coral sand can inevitably increase it. Clogging of filter material is bound to take place and affect the nitrification. Therefore, back wash equipment must be installed in practice.

501259