

# 以 BioNET<sup>®</sup> 生物程序進行自來水原水前處理之可行性評估

鄒文源<sup>1</sup>、張王冠<sup>1</sup>、洪仁陽<sup>1</sup>、吳漢松<sup>2</sup>、莊順興<sup>1</sup>

## 摘要

目前水源水質受污染之項目以大腸桿菌群為最多，其次則為氨氮濃度過高。目前降低氨氮與有機物的方法中，以前加氯最屬普遍。此單元可將水中有機物、氨氮與其他無機物氧化，以降低後續單元之負荷。然而因有產生致癌物質之疑慮，亟需以其他技術替代。BioNET 為『生物網膜處理系統』之簡稱，主要是以多孔性擔體做為微生物附著與生長之介質，多孔性擔體之主材料為 PU (polyurethanes) 樹脂，由於開孔性結構具有廣大的表面積，可提供微生物附著增殖，以累積大量及多樣性之微生物族群，有助於去除水中各種污染物。

本研究係以 5m<sup>3</sup> BIONET 模型廠，對台灣省自來水公司港西淨水廠之東港溪原水，進行有機物與氨氮去除之試驗及操作探討。反應槽操作採取逐漸提昇負荷方式進行試驗操作，亦即水力停留時間從 1.5 小時縮短至 10 分鐘。處理過程中，對進出流水定期採樣，分析測量總化學需氧量(TCOD)、溶解性化學需氧量(SCOD)、總有機碳(TOC)、總凱式氮(TKN)、懸浮固體(SS)、濁度、氨態氮、亞硝酸氮、硝酸氮等參數。模型廠操作結果顯示，在廣泛操作範圍 (1~10mg NH<sub>3</sub>-N/L) 內，BIONET 反應器均能對氨氮有 90~100% 之去除率，出流水中約略等量 NO<sub>3</sub>-N 的增加，顯示硝化反應之進行。在水力停留時間低至 10 分鐘時，BIONET 反應器仍能維持相同之硝化效率，並對有機物有部分去除能力，平均可去除 20%TOC。比較進出流水濁度，發現 BIONET 出流水可有效降低約 40% 之 NTU 值。由於具高效率去除氨氮的效果，BIONET 可減少後段處理流程之加氯量，對操作費用之降低有相當助益。設備操作期間經歷不正常斷電、停機維修或進流水水質異常等狀況，BIONET 反應器均能在短暫時間恢復正常功能。研究結果顯示，本技術同時具有操作簡單及操作彈性大之優點，反應槽水力停留時間短，可節省建造所需土地面積及反應槽體積，應用於自來水淨水廠之原水前處理，對氨氮去除等具有良好且穩定之處理效果。因此為確保自來水的安全飲用水質，在現有的自來水處理流程前，增添此一簡單高效率且又經濟的處理單元，以去除氨氮與有機物，應是最直接可行之方式。

## 一. 前言

台灣由於人口密度高而且工商業及農業發達，但土地開發及規劃不當，以致自來水水源受到氨氮及有機物的污染日漸嚴重，而自來水原水氨氮與有機物濃度是影響自來水加氯量的重要關鍵，目前先進國家對飲用水之水質標準新增管制項目大多為有機物，我國環保署於民國 86 年 9 月公告之「飲用水水源之水質標準」中，亦規定原水之總有機碳(TOC)需小於 4mg/L，化學需氧量(COD) 需小於 25mg/L。另環保署於民國 87 年 2 月公告之「飲用水水質標準」亦規定總三鹵甲烷(TTHMs)全國統一標準為 0.1mg/L，同時亦規定民國 89 年 12 月起，自由有效餘氯之限值將自現行之 0.2 至 1.5mg/L 修改為 0.2 至 1.0mg/L。為確保飲用水的安全，減少餘氯在配水管網內之耗損，同時降低加氯消毒時產生三鹵甲烷等副產物的生成，因此對自來水源有必要先進行原水前處理的工作(葉, 1998)。

工業技術研究院 化學工業研究所 環境科技研究組 1 研究員 2 副研究員

根據環保署民國 83 年對地面水體水質的調查(陳, 1995), 主要是以河水中的溶氧量(DO)、生化需氧量(BOD)、懸浮固體及氨氮等四項水質參數為主, 發現在台灣的 21 條主要河川中, 未受污染者僅有 7 條, 其餘主要河川的最下游河段則都受到輕重不同的污染。台灣主要河川的污染情形如表 1 所示。台灣水庫也是重要的淡水資源之一, 根據環保署民國 83 年的調查以各水庫中水的總磷、葉綠素、和透明度三項指標計算, 發現僅有日月潭和翡翠水庫未達到優養化, 其餘均已遭到污染發生優養化。所謂優養化即是指水庫中的含有氮、磷等營養物質, 因而造成水中藻類大量繁殖的一種現象。台灣主要水庫的優養化情形如表 2 所示。

表 1 台灣主要河川的污染情形

污染情形		主要河川名稱
全河未受污染		頭前溪、大甲溪、濁水溪、蘭陽溪、花蓮溪、秀姑溪、卑南溪
最 下 游 河 段	輕度污染	曾文溪
	中度污染	大安溪、烏溪、朴子溪、八掌溪、高屏溪、林邊溪
	嚴重污染	淡水河、後龍溪、北港溪、急水溪、鹽水溪、二仁溪、東港溪

表 2 台灣主要水庫的優養化

污染種度	水庫名稱
貧 養	日月潭、翡翠水庫
普 養	霧社
優 養	石門、寶山、永和山、明德、仁義潭、蘭潭、白河、曾文、烏山頭
嚴重優養	阿公店、澄清湖、鳳山、德基

自來水原水受污染問題不僅使水質變壞產生臭氣(杜, 1998), 且會造成處理的困擾, 使得濾床阻塞、濾程縮短等, 直接或間接造成水處理成本的增加。國內淨水廠多採用預氣處理, 而原水中之大量有機物有可能與氯反應而產生三鹵甲烷(THM)等致癌性物質。

根據調查顯示, 台灣省部分地區自來水所含之三鹵甲烷甚有超過標準者。若原水直接以混凝沈澱處理, 除增加藥劑使用量提高處理成本外, 仍無法完全去除臭氣, 造成淨水處理上之一棘手問題, 故不論為減輕淨水處理的困擾或降低三鹵甲烷的形成, 對於受污染之自來水原水的處理技術, 已勢必加以提升, 始能確實提供安全、可口、舒適之自來水。

自來水水源受到污染後, 其處理對象物質之異常臭氣及有機氯化物, 為現行之標準程序所無法去除, 其性質與懸浮物質不同, 不僅是質、其量的存在狀態以及其相互之競合作用, 各物質的變化對處理也有很大的影響。因之應針對水質狀況加以檢討。自來水高級處理對象物質包括氨氮、NOx、有機物、臭氣界面活性劑、重金屬等。自來水高級處理的方法中, 目前在國外已漸被應用之技術如圖 1 所示。

自來水高級處理有如以上的分類處理方式, 雖各有其優點, 但由於各淨水場之原

水，因地區及水源環境不同，而有不同的特性，因之選用時應先掌握各水源水質現況及未來的特性，以及在既有處理方法上之影響，研究適合之高級處理方式。

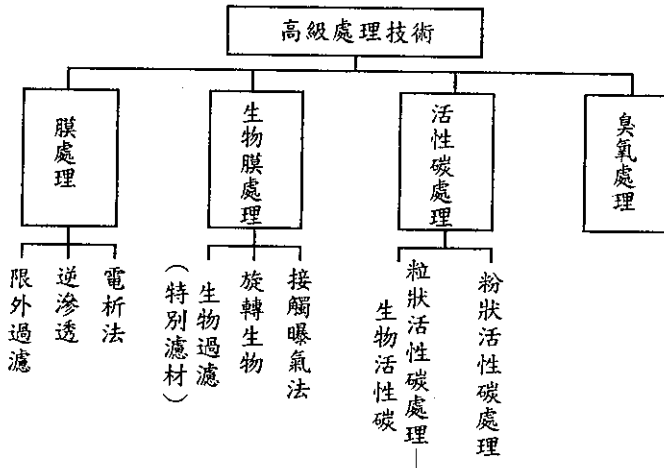


圖 1 國外已被應用之自來水高級處理技術

BioNET 反應槽淨化法屬於微生物處理法，其原理為利用 PU 泡綿作為微生物附著生長之擔體，於適當之環境條件下，微生物於擔體之表面增殖，形成生物膜，藉由大量微生物及多樣性微生物族群之作用，分解水中之污染成份，達到淨化水質之目的。

而由於 BioNET 反應槽採用之接觸濾材 PU 泡綿具有極大之比表面積( $m^2/m^3$ )，可提供大量之表面積作為微生物增殖之環境，因此，對於水質之淨化，具有相當大之處理潛力；而另一方面，由於東港溪水質之懸浮固體物濃度不高，因此，採用 BioNET 反應槽淨化法，處理效率可提高。

BioNET 反應槽，採用多孔性擔體作為反應槽之介質，根據相關文獻之報導與目前累積之研究經驗，本處理系統所具有之技術特點如下：

- a. 採用多孔性擔體作為反應槽之介質，提高懸浮固體物攔截之機會，同時，由於擔體屬於開放性孔洞，有助於水流流況之穩定。
- b. 多孔性擔體提供廣大表面積作為微生物附著、增殖之介質，可累積大量生物膜微生物，有助於達到去除各種污染物之目的。
- c. 多孔性擔體上成長大量微生物，反應槽具有高負荷、高效率、高穩定性的優點。
- d. 成長於多孔性擔體之生物膜型態，有助於特定族群微生物之馴養。
- e. 採用固定床/膨脹床方式操作，具有操作簡易之特點。
- f. 對於有機污染物之處理，多孔性擔體之成本與浸水濾床材質相近，但其處理功能為浸水濾床之二倍。

由目前相關研究結果可知，採用多孔性擔體之接觸濾床淨化技術，對於受污染自來水原水之淨化、提昇二級生物處理放流水之品質，去除有機物與 TKN、氨氮等具有良好之處理效果。

## 二.研究方法

本研究採用多孔性擔體之接觸濾床淨化技術，配合業界合作廠商，自來水公司之需求，因此在港西水廠進行，現場以 5m<sup>3</sup> 級模型廠進行原水前處理試驗，其目的在求取放大設計常參數及驗證本 BioNET 處理槽之性能及操作特性。

### 2.1. 實驗設備

BioNET 現場模型試驗之處理流程示意如圖 2 所示，組裝完成反應槽設備如圖 3 所示。使用之設備包括：原水泵、進流泵、流量計、BioNET 反應槽、鼓風機等。

#### 2.1.1 BioNET 反應槽

BioNET 反應槽為圓柱體，外觀直徑 1m、高 5.5m，有效體積為 4.2m<sup>3</sup>，反應槽為碳鋼材質製，底部設有曝氣盤。

#### 2.1.2 PU 泡綿

反應槽中填充之 PU 泡綿主成份為二異氰酸甲苯與聚丙二醇，泡綿是扇形狀，如圖 4 所示，每顆泡綿直徑為 2.2cm、厚度為 2cm，體積為 4.5m<sup>3</sup>，反應槽填充泡綿量為槽體之 85%，進水初期因泡綿內部孔隙含空氣，水不易取代填滿，所以會上浮至槽頂 1/3 左右，但連續進水操作二星期泡綿充滿水後，泡綿就會充滿整槽。

### 2.2 實驗操作與控制

本研究採模型廠現場試驗方式進行，模型廠現場處理試驗之重點在於，探討反應槽單元之處理效能，作為實廠設計之依據；處理試驗依處理水質狀況，調整、操作不同試驗時程，以掌握淨化改善之特性。

模型廠試驗於現場進行，自港西水廠進水口抽取原水，流入一緩衝槽，再抽送至 BioNET 反應槽，經處理後的水，先流入放流水槽後再排放。

模型廠試驗進行中，主要之控制參數為水力停留時間，試驗過程中將連續採取水樣並進行分析，以評估模型廠之處理性能與穩定性，以確實掌握自來水原水處理之可行性。

模型廠試驗採樣分析之項目包括有機物質( TOC、TCOD、SCOD、SS)、營養鹽物質(總氮、TKN、氨氮、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮等)與濁度。

模廠試驗初期先控制進水量為 40L/min，反應槽並未外加植種微生物，大約經過 14 天連續馴養後，PU 泡綿會附著生長微生物，泡綿擔體重量增加後會下降而形成浮動床，反應槽採全面曝氣，曝氣量為 200Nm<sup>3</sup>/min，反應槽未進行迴流。

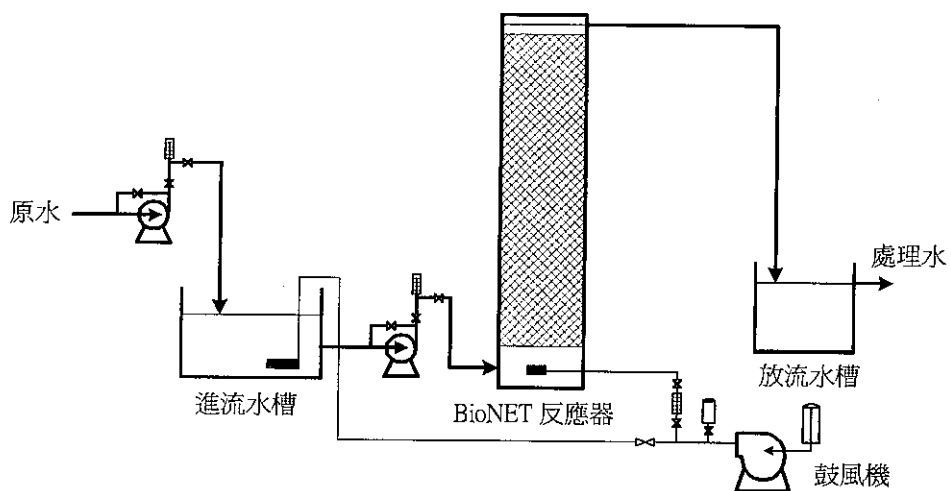


圖 2 BioNET 模型廠流程示意圖

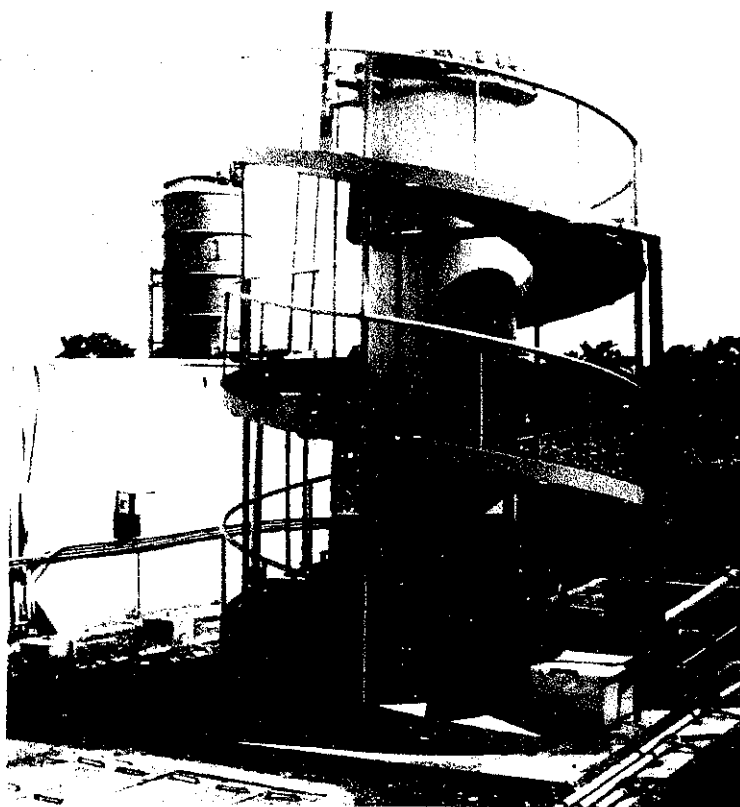


圖 3 BioNET 模廠反應槽



圖 4 BioNET 反應槽使用的 PU 泡綿

### 三. 結果與討論

港西水廠 BioNET 處理技術開發實驗，分成原水水質調查結果與模廠試驗結果分別討論。

#### 3.1 港西自來水原水水質調查

港西水廠原水水質自 87.10.7 至 88.6.11 採樣分析結果整理成表 3，以下分別依 TOC、TCOD、濁度、TKN、氨氮及硝酸氮等各污染成份詳細討論如后：

表 3 港西水廠原水水質分析結果

項目	最小值	最大值	平均值
PH	7.00	9.29	7.38
TOC (mg/L)	3.85	18.36	10.00
TCOD (mg/L)	1.00	246	25.00
SCOD (mg/L)	0.30	183	18.27
SS (mg/L)	ND	575	20.26
濁度 (NTU)	5	524	31.90
TKN (mg/L)	ND	11.52	5.83
氨氮(mg/L)	ND	10.88	3.69
硝酸氮(mg/L)	ND	12.61	1.39
亞硝酸氮(mg/L)	ND	4.27	0.15

### 3.1.1 港西水廠原水 TOC

港西水廠原水 TOC 經長時間的採樣分析結果，最高為 18.36mg/L、最低 3.85mg/L，平均為 10.0mg/L。依圖 5 原水 TOC 濃度分佈圖可知，TOC 濃度在 5~10mg/L 佔最多為 41%，其次是 10~15mg/L 佔 38%，依自來水原水 TOC 標準最低為 4mg/L，因此本水源幾乎全部不合標準，因此原水必需先加前處理。

### 3.1.2 港西水廠原水 TCOD

港西水廠原水 TCOD 在採樣分析期間，最高達 246mg/L，最低為 1mg/L，平均為 25.0mg/L。依圖 6 原水 TCOD 分佈圖可知，TCOD 濃度在 10~20mg/L 佔最多為 36%，其次是 20~30mg/L 佔 31%，約有 38%的水質大於自來水原水的 COD 標準 25mg/L。

### 3.1.3 港西水廠原水濁度

港西水廠原水濁度依 88.1~88.6.11 之分析結果，最高是 524NTU，最低為 5NTU，平均為 31.90NTU。依圖 7 原水濁度分佈圖可知，濁度在 10~20NTU 的佔最多為 71%，最高濃度達 90NTU，主要是水源區下大雨造成河水混濁的原因。

### 3.1.4 港西水廠原水 TKN

港西水廠原水 TKN 經長時間的採樣分析結果，最高達 11.52mg/L，最低為 0mg/L，平均為 5.83mg/L。由圖 8 TKN 濃度分佈圖可知，TKN 濃度在 4~6mg/L 佔最多為 26%，其次是 2~4mg/L 佔 24%，佔第三的是 6~8mg/L 為 17%。

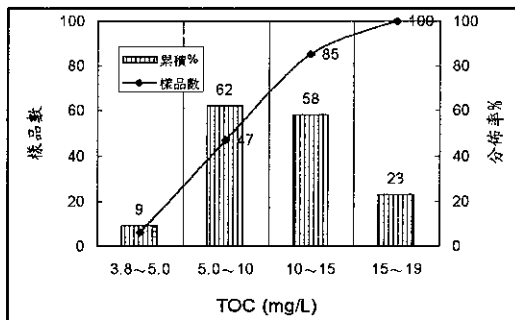


圖 5 自來水原水 TOC 濃度分佈圖

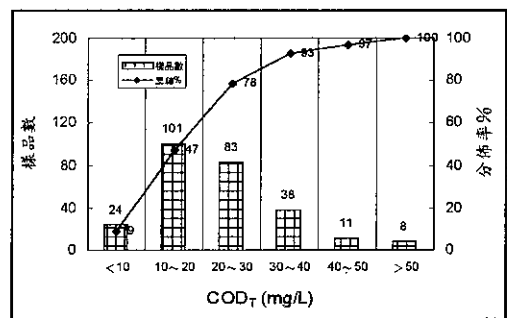


圖 6 自來水原水 TCOD 濃度分佈圖

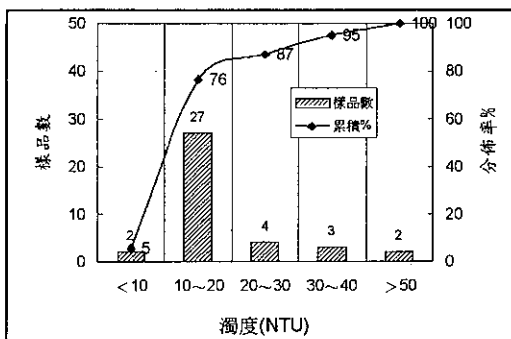


圖 7 原水濁度分佈圖

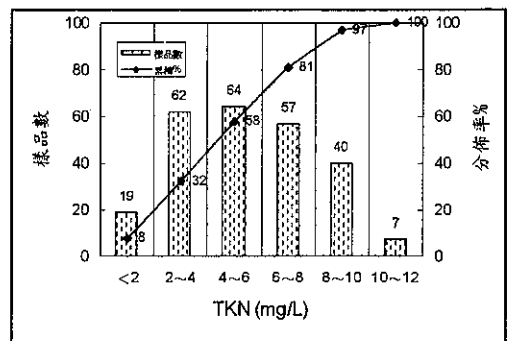


圖 8 自來水原水 TKN 濃度分佈圖

### 3.1.5 港西水廠原水氨氮

港西水廠原水氨氮濃度經長時間的採樣分析結果，最高為 10.88mg/L、最低為 0mg/L 平均為 3.69mg/L。由圖 9 可知，自來水原水氨氮濃度分佈圖可知，原水氨氮濃度小於 2mg/L 的佔最多為 31%，其次是 4~6mg/L 的佔 30%。第三是 2~4mg/L 佔 19%。

### 3.1.6 港西水廠原水硝酸氮與亞硝酸氮

港西水廠原水硝酸氮經長時間採樣分析結果由表 4 可知，最高為 12.61mg/L，最低為 0mg/L，平均為 1.39mg/L。由圖 10 原水硝酸氮濃度分佈圖可知，濃度小於 1mg/L 佔最多為 48%。其次是 1~2mg/L 的佔 31%。由表 3 可知原水亞硝酸氮最小值為 0mg/L，最大值為 4.27 mg/L 平均為 0.15 mg/L。

綜合以上之原水水質分析結果可知，TCOD 有 38%大於 25mg/L，TOC 幾乎 100%大於 4mg/L，氨氮則有 77.05%大於 1 mg/L。表示港西水廠原水已受到嚴重污染，為使原水達到自來水原標準值以內，避免自來水產生過多三氯甲烷，並避免飲用時感覺有不快的口感，原水宜採適當的生物前處理。

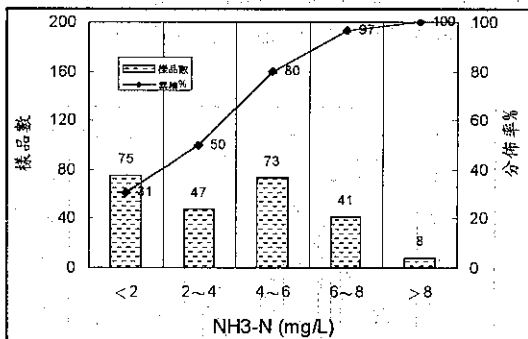


圖 9 自來水原水氨氮濃度分佈圖

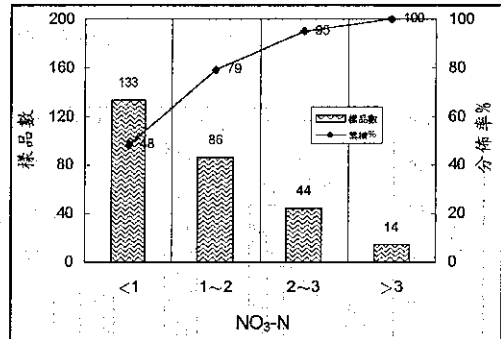


圖 10 自來水原水 NO<sub>3</sub>-N 濃度分佈圖

## 3.2 模廠實驗結果與討論

BioNET 模型廠從 87.2.10 至 88.6.11 經長時間試驗，其操作條件及結果示於表 4。

### 3.2.1 模廠試驗進流水及出流水 TOC 之變化

由圖 11 模廠試驗 TOC 之變化可知，除第 1 試程因 TOC 分析儀故障數據不採用外，第 2 至第 5 試程的去除率分別是 17.01%、20.97%、25.85%及 18.77，TOC 去除率總平均為 20.65%顯示水力停留時間由 90 分縮短至 10 分 TOC 仍有不錯的去除效果，但經處理後之放流水 TOC 仍大於自來水原水的標準 4mg/L，因此仍有待進一步研究，再提昇去除率。

表 4 模型廠試驗操作條件及結果

操作條件	試程 1	試程 2	試程 3	試程 4	試程 5
試驗日期	87.2.10	87.5.21~	87.9.17	88.1.13	88.4.21
	87.5.20	87.9.16	88.1.1	88.4.2	88.6.1
反應槽體積(m <sup>3</sup> )	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
進料量(m <sup>3</sup> /day)	67	201	302	400	600
水力停留時間(min)	90	30	20	15	10
有機物體積負荷(kgCOD/m <sup>3</sup> .day)	0.38	1.15	1.55	2.15	3.74
氮氣體積負荷(kgNH <sub>3</sub> -N/m <sup>3</sup> .day)	0.07	0.8	0.28	0.44	0.54
進流水水質					
pH	7.90	8.14	7.31	7.24	7.15
TOC (mg/L)		10.23	7.44	12.23	8.63
TCOD (mg/L)	23.61	24.13	21.51	22.57	26.20
SCOD (mg/L)	18.93	13.67	13.88	17.85	12.53
SS (mg/L)	8.51	33.33	18.39	25.05	27.50
濁度 (NTU)					35.20
TKN (mg/L)	6.45	3.24	4.01	7.54	7.45
NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	4.20	1.64	3.88	4.63	3.78
NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	1.28	1.82	1.95	0.81	0.95
NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	0.19	0.08	0.14	0.54	0.00
出流水水質					
pH	8.03	8.24	7.28	7.21	7.33
TOC (mg/L)		8.49	5.88	9.81	7.61
TCOD (mg/L)	20.80	18.66	16.74	18.21	21.83
SCOD (mg/L)	15.72	11.39	11.55	14.32	10.25
SS (mg/L)	12.17	30.23	19.93	18.80	18.81
濁度 (NTU)					16.68
TKN (mg/L)	2.23	1.84	1.40	1.46	0.92
NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	0.79	0.44	0.20	0.27	0.65
NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	3.82	3.33	4.33	5.17	5.96
NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	0.09	0.03	0.08	0.33	0.00
TOC 去除率(%)		17.01	20.97	25.85	18.77
TCOD 去除率(%)	11.90	22.67	22.16	19.74	16.71
SCOD 去除率(%)	16.94	16.68	16.82	19.67	18.19
SS 去除率(%)	-43.00	9.30	-8.37	24.95	31.60
濁度去除率(%)					52.61
TKN 去除率(%)	65.43	43.52	65.09	80.64	87.65
NH <sub>3</sub> -N 去除率(%)	81.19	73.17	94.85	94.17	82.80
NO <sub>3</sub> -N 增加率(%)	198.44	82.97	122.05	538.27	527.37

### 3.2.2 模廠試驗進流水及出流水 COD 之變化

由圖 12 模廠試驗 TCOD 之變化可知，第 1 試程可能是 BioNET 初期較不穩定，以致去除率稍低為 11.890%，但 BioNET 泡綿隨後經較長時間的馴養後，雖然提昇進流量縮短 HRT 至 30 分，由表 4 可知 COD 體積負荷由 0.38 kg COD/m<sup>3</sup> day 提昇至 1.15 kg COD/m<sup>3</sup> day，其 TCOD 的去除仍上升至 22.67%，再分階段提昇負荷至第 3 試程體積負荷為 1.55 kg COD/m<sup>3</sup> day，進流水平均 TCOD 為 21.51mg/L 時，去除率為 22.16%；第 4 試程體積負荷為 2.15 kg COD/m<sup>3</sup> day，進流水平均 TCOD 為 22.57mg/L，其去除率為 19.74%；第 5 試程體積負荷為 3.74 kg COD/m<sup>3</sup> day，進流水平均 TCOD 為 26.20mg/L，其去除率仍有 16.71%，顯示 BioNET 對 COD 去除的潛力很大。

由表 4 模廠試驗 SCOD 之變化可知，試程 1 至試程 5，雖然 HRT 由 90 分縮短至 10 分，COD 體積負荷由 0.38 kg COD/m<sup>3</sup> day 提昇至 3.74 kg COD/m<sup>3</sup> day，進流水各試驟程之 SCOD 平均在 12.53 至 18.93mg/L，其 SCOD 的去除率相當穩定，維持在 16.68 至 19.67%之間。

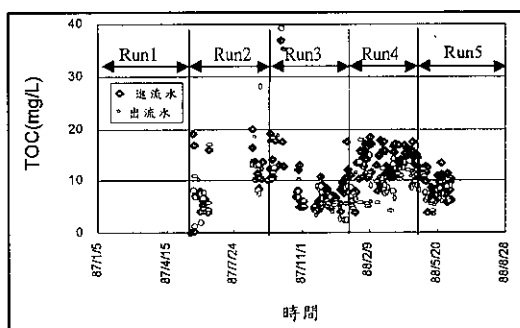


圖 11 模廠試驗 TOC 之變化

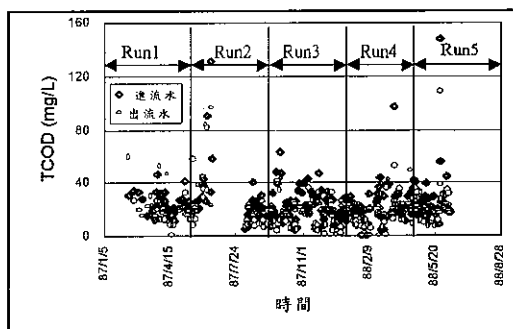


圖 12 模廠試驗 TCOD 之變化

### 3.2.3 模廠試驗進流水及出流水 SS 之變化

由圖 13 模廠試驗 SS 之變化可知，BioNET 對 SS 的去除不穩定，由第 1 試程可知進流水平均 SS 為 8.251mg/L，但出流水卻上升為 12.17mg/L，但在第 5 試程進流水 SS 平均為 27.50mg/L 時，出流水可下降至 18.81mg/L，去除率可達 31.60%，造成 BioNET 反應槽對 SS 去除不穩定的原因，可能是泡棉的填充率不夠，而且因 HRT 很短，水流上升速度太快，以致無法截留 SS 所致，未來實廠放大時，應考慮 BioNET 反應槽要填充 100% 的泡棉。

### 3.2.4 模廠試驗進流水及出流水 TKN 之變化

由圖 14 模廠試驗 TKN 之變化可知，第 1 試程 HRT 為 90 分時，進流水平均 TKN 為 6.45mg/L，出流水為 2.23mg/L，其去除率為 65.343%，當 HRT 縮短至 30 分時去除下降為 43.52%，可能是這段時間進流水 TKN 較低，平均只有 3.24mg/L 所致，因隨後再提升負荷縮短 HRT 至 20 分、15 分及 10 分其去除率均上升，尤其第 4、5 試程進流水濃度上升至 7.45 以上，去除率反提高至 80% 以上，顯示 BioNET 對 TKN 的去除潛力相當大。

### 3.2.5 模廠試驗進流水及出流水氮之變化

由圖 15 模廠試驗氮之變化可知，BioNET 反應槽的氮硝化率非常好，由表 4

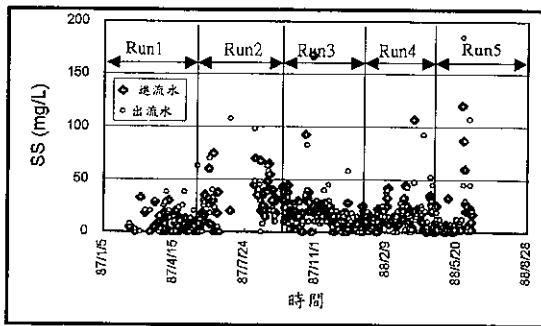


圖 13 模廠試驗 SS 之變化

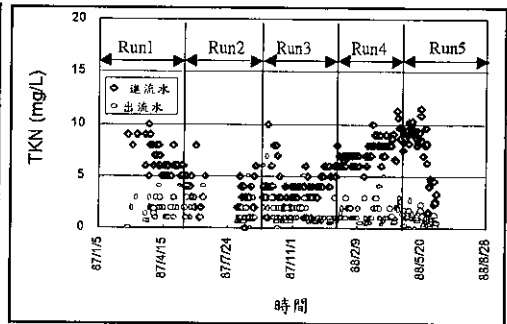


圖 14 模廠試驗 TKN 之變化

模型廠試驗條件及結果可知，HRT 從 90 分縮短至 10 分其  $\text{NH}_3\text{-N}$  平均濃度從 1.64mg/L，氨氮體積負荷從 0.07kg  $\text{NH}_3\text{-N}/\text{m}_3 \text{ day}$  至 0.54kg  $\text{NH}_3\text{-N}/\text{m}_3 \text{ day}$  硝化率都在 73% 以上，最高達 94.85%。顯示 BioNET 反應槽對氨氮的體積負荷還具有提升的空間。

### 3.2.6 模廠試驗進流水及出流水硝酸氮之變化

由圖 16 模廠試驗硝酸氮之變化可知，試程 1 至試程 5，進流水  $\text{NO}_3\text{-N}$  平均濃度在 0.81~1.95mg/L，出流水則升高至 3.33 至 5.96mg/L， $\text{NO}_3\text{-N}$  增加率第 5 試程最高達 527%，顯示 HRT 縮短至 10 分仍不影響  $\text{NH}_3\text{-N}$  硝化為  $\text{NO}_3\text{-N}$ ，而且具有縮短 HRT 的潛力。反應槽在正常曝氣操作下不會產生亞硝酸氮，除非鼓風機異常，反應槽溶氧不足才會產生亞硝酸氮，試驗期間進流水  $\text{NO}_2\text{-N}$  的總平均為 0.15mg/L，出流水總平均為 0.11mg/L。

### 3.2.7 模廠試驗期間泡綿中之污泥量及微生物菌相

模型廠試驗至第 3 試程 87.12.22 時從 BioNET 反應槽高 3.5m 之取樣口，取泡綿 20 顆，部份泡綿如圖 17 所示，利用純水擠壓清洗 6 次，PU 泡綿烘乾並測其重量，此重量與原始新泡綿重量比較，結果減少了 13.53%。收集污泥液取 10ml 做為觀察污泥菌相用，其餘利用高速離心機 8000rpm 離心 20 分，刮取沉澱污泥經 105℃ 烘乾是為 SS，乾污泥經 550℃ 高溫爐烘乾，揮發掉的成份為 VSS 即是有效菌體量。經分析結果每顆泡綿污泥含有 SS 為 36.75mg，VSS 為 15.89mg，VSS 與 SS 的比值為 0.43。

BioNET 反應槽共添加 331000 顆泡綿，每顆泡綿含微生物(VSS)15.89mg，因此槽中共有微生物量 5259g，如果以此微生物量，計算試程 5 的 COD 生物負荷為 2.99 kg COD/kg VSS day，氨氮生物負荷為 0.43 kg  $\text{NH}_3\text{-N}/\text{kg VSS day}$ ，COD 與氨氮的負荷均相當高。

利用顯微鏡觀察附之污泥菌相，結果如圖 18 所示，由圖中可知，附着生長的微生物形成之污泥膠羽非常結實，菌相大都是膠囊桿菌與黏液球菌，很少絲狀菌，因此 BioNET 放流水中所含的 SS 沉降性非常好。

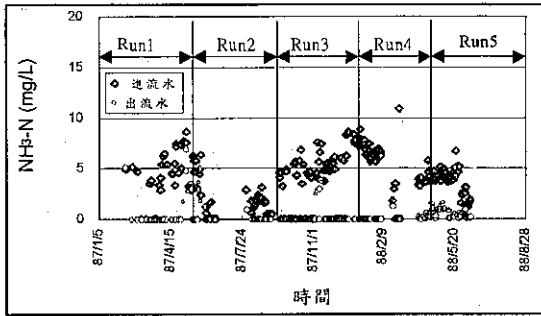


圖 15 模廠試驗氨氮之變化

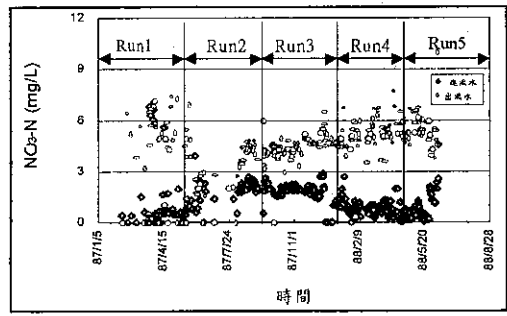


圖 16 模廠試驗硝酸氮之變化



圖 17 BioNET 使用中之泡綿(87.12.22)

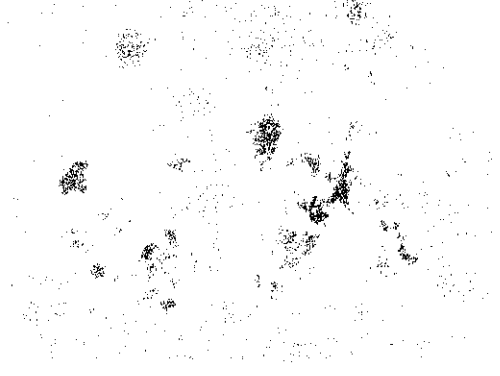


圖 18 BioNET 泡綿內微生物(250X)

## 四. 結論與建議

### 4.1 結論

1. 綜合原水水質分析結果可知，TCOD 平均剛好位於自來水原水標準 25mg/L 之內，但有 38% 大於 25mg/L；TOC 幾乎 100% 大於 4mg/L；氨氮平均為 3.69 mg/L，有 77.05% 大於 1 mg/L；TKN 平均則為 5.83 mg/L。表示港西水廠原水已受到嚴重污染，為使原水達到自來水原標準值以內，避免自來水產生過多三氯甲烷，同時提昇飲用時的口感，原水宜採適當的生物前處理。
2. BioNET 模廠試驗 HRT 由 90 分縮短至 15 分，COD 體積負荷為 2.15 kg COD/m<sup>3</sup> day 時，去除率為 19.74%，當縮短至 10 分，體積負荷為 3.74 kg COD/m<sup>3</sup> day 時，其去除率仍有 16.7%。TOC 去除率總平均則為 20.65%，顯示 BioNET 對有機污染物約有 20% 的去除效果。
3. BioNET 模廠試驗 HRT 由 90 分縮短至 10 分，TKN 有 87% 的去除率，氨氮有 83% 的硝化率，硝酸氮則有 527% 的增加率，顯示 BioNET 對優養化水質的處理效果非常良好。

### 4.2 建議

BioNET 處理技術同時具有操作簡單及操作彈性大之優點，反應槽水力停留時間

短，可節省建造所需土地面積及反應槽體積，應用於自來水淨水廠之原水前處理，對氨氮去除等具有良好且穩定之處理效果。因此為確保自來水的安全飲用水質，在現有的自來水處理流程前，增添此一簡單高效率且又經濟的處理單元，以去除氨氮與有機物，應是最直接可行之方式。

## 參考文獻

葉宣顯(1998)，本省自來水水源中溶解性有機物成份之分析及現有淨水程序對其去除率之評估，國立成功大學環境工程學系。

陳永仁、陳雄文(1995)，環境衛生學 - 飲用水衛生，國立空中大學，p.117~145。

杜政榮、姜善鑫等(1998)，環境規劃與管理 - 水資源的規劃與管理，國立空中大學，p.67~82。

游惠宋(1997)喜氣流動床技術開發，工業技術研究院化學工業研究所。

鄭幸雄(1997)台灣南部給水源污染特性及生物處理程序功能之探討，自來水會刊，第16卷第一期，p.30~56

Aivasidis A. and Wandrey C. (1988) Recent Developments In Process and Reactor Anaerobic Wastewater Treatment. Wat. Sci. Tech. Vol.20 No.1 PP.211-218

AllidSignal Inc Immobilized Cell Bioreactor:Unique Design Outstrips Other Wastewater-Treatment Systems.

Breitenbucher K. (1990) Open-Pore In Sintered Glass As A High-Efficiency Support Medium In Bioreactors : New Results And Long-Term Experiences Achieved In High-Rate Anaerobic Digestion. Wat. Sci. Tech. Vol. 22

Deguchi H. and Kashiwava M. (1994) Study On Nitrified Liquor Recycling Process Operations Using Polyurethane Foam Sponge Cubes As Biomass Support Medium. Wat. Sci. Tech. Vol. 30 No.6 PP. 143-149

Gunter Oertel (1985) Polyurethane Handbook Macmillan Publishing Co.,Inc.,New York

Hegemann W.(1984)A Combination OF The Activated Sludge Process With Fixed Film Biomass To Increase The Capacity OF Waste Water Treatment Plants Wat. Sci. Tech. Vol.16 PP. 119-130

Heidman J. A. et al (1988) Pilot-Plant Evaluation Of Porous Biomass Supports Journal of Enviromental Engineering Vol.114 ,No.5,PP.1077-1096

Pascik Imre (1990)Modified Polyurethane Carriers For Biochemical Waste Water Treatment Wat. Sci. Tech. Vol.22 NO.1/2 PP. 33-42

Reddy M. P. et al (1994) Estimation Of Biomass Concentration and Population Dynamics In A CAPTOR Activated Sludge System . Wat. Sci. Tech. Vol. 29, No.7, PP. 149-152.

Tsubone Toshiaki et al (1994) Characteristics Of An Air-Fluidized-Bed Biofilm Reactor System With A Multi-media Filter Wat. Sci. Tech. Vol.30 No.11 PP. 101-110.