

生物濾床對受污染水源中微顆粒組成成分及粒徑的影響

鄭幸雄¹、黃志彬²、王永福³、游惠宋⁴、簡杏純⁵、陳美鳳⁵、涂碩修⁵

摘要

本研究主要針對新營急水溪原水流經生物濾床時，原水中微顆粒粒徑及組成成份的改變進行探討，此期間急水溪原水水質(平均值)：水溫 25°C、pH 7.1、溶氧 1.5mg/L、4.9 mg NPDOC /L、7.29 mg ORG-N/L、3.02mg NH₄⁺-N/L、0.54 mg NO₂⁻-N/L、1.37 mgNO₃⁻-N/L and 0.58 mg TP/L. 濁度 5.3 NTU、4.5 mgSS/L、1.4mgVSS/L and 總溶解固體物 (TDS)359mg/L；生物濾床對氨氮及 NPDOC 有 90 %和 28 %的轉化率。

原水中之微顆粒經生物濾床後，顆粒粒徑(1 μm ~ 15 μm)及其顏色已被明顯改變，由實驗結果得知，由於粒徑範圍在1 μm ~ 0.45 μm 之微顆粒經生物濾床後逐漸減少，0.45 μm 濾膜阻塞狀況經生物濾床後逐漸降低；但同時2 μm ~ 15 μm之微顆粒卻逐漸增多，導致GF/B(濾紙孔徑1 μm)濾紙過濾不佳，顯示水中之微顆粒粒徑，經生物濾床後有明顯增長現象，雖然原水濁度經生物濾床後逐漸升高(原水平均8 NTU，出流水20 NTU)，SS和VSS也分別從4.5 mg/L及1.4 mg/L升高到22.9 mg/L及6.1 mg/L，但顆粒中的有機物質 (VSS/SS) 卻無太大差異(從31 %降至26 %)，配合上述狀況，顯示有關顆粒粒徑改變，極有可能是生物濾床改變微顆粒表面電性，將1 μm以下的微顆粒凝集成 2 μm ~ 15 μm 之大顆粒流出濾床。因此急水溪水源若使用生物濾床進行前處理程序，將有助於降低後續前加氯程序及混凝沉澱槽之藥劑量。

關鍵字：微顆粒、過濾

1：國立成功大學環境工程系教授 2：國立交通大學環境工程研究所教授

3：國立成功大學環境工程研究所博士生 4：國立交通大學環境工程研究所博士生

5：國立成功大學環境工程系研究助理

前言：

淨水程序中，除了可溶性的污染物，如氨氮、NPDOC 等外，懸浮微粒的去除，也是重要的一項課題。懸浮微粒的種類，依其性質可分成以下數類：1.無機性顆粒：此種顆粒大部分是水源區河流流動時，因水流冲刷而落下，暴雨後水源濁度增加就是此種顆粒造成。2.有機性顆粒：此類顆粒來源多為水源區動植物代謝而生成，有些是單純有機物顆粒，有些則為優氧化水體所滋生之藻類、細菌或原生動物等。這些物質的出現，代表著不同情形的污染。微顆粒的存在，不僅影響民眾對水質的觀感，也使微生物因微顆粒的保護，而必須用更高的消毒劑劑量，才能達到殺菌的作用。

淨水程序中去除微顆粒的程序為混凝沉澱程序及過濾程序。混凝沉澱是利用混凝劑的添加，使微顆粒凝聚沉澱而到達去除的目的，微顆粒表面帶電性的不同，會影響混凝劑加藥量，一般使用界達電位（zeta potential）及瓶杯試驗（Jar test）來了解微顆粒的表面特性以作為加藥劑量使用的參考，加藥劑量的多寡，是本槽操作成本高低的主因。混凝沉澱後的砂濾程序，則是利用砂體粒徑及濾床高度組成的等效孔徑，對微顆粒作攔截去除，定期反沖洗是砂濾槽正常運作必要步驟。

生物濾床經研究對氨氮及 NPDOC 有良好轉化率，雖然因濾料（泡棉、活性炭、焦碳）及操作方式（填充床、流體化床）會有些許差異，但對於前加氯量、AOC 及消毒副產物的減少有相當明顯的成效。對於生物濾床減少混凝劑的添加，王(1999)曾針對港西淨水場(泡棉擔體，流體化床)及澄清湖高級淨水模型廠(焦碳擔體，填充床)之生物濾床作混凝劑減少量的評估，以濁度及微顆粒粒徑作指標，結果發現，經生物濾床後，混凝劑加藥量大幅減少，針對這種現象 Rebhun and Lurie,(1993)認為，由於微顆粒之表面電性受水中有機物濃度及種類影響，當水中有機物被微生物利用而減少時，會使微顆粒表面電性發生改變，進而使微顆粒表面之 zeta potential 趨近於零，所以可減少混凝劑之添加量。從 Zhang et al (1998) 研究中，發現在寡養環境下，微生物會增加菌絲的成長，以增加對基質之攔截，所分泌之胞外聚合物，可造成生物濾床對微顆粒進行生物濾除現象。游(2000, 2001)以急水溪水源進行研究，亦發現有上述之混凝劑量減

少的現象。本研究即以急水溪為原水，利用以泡棉為擔體之生物濾床進成生物處理，探討微顆粒經生物濾床後之粒徑及組成變化。

實驗設備：

本研究使用之生物濾床，如圖一所示。每座生物濾床 5 公升，共四槽，採串聯組合，每槽水力停留時間為 15 分鐘，總停留時間為 1 小時，槽內以粒狀泡棉(直徑約 1.5 公分)為單體，每槽皆連續式曝氣，新營急水溪為進流水。

實驗方法：

水質檢驗：水質分析項目，除了水溫、pH、溶氧及濁度外，水樣皆適當預處理後，於實驗室分析。本研究之水質檢驗方法，均採用美國 standard method 或環保署公告之水值檢驗方法。分析項目有： NH_4^+ 、TKN、 NO_2^- -N、 NO_3^- -N、 PO_4^{3-} 、TP、NPDOC、THMFP、濁度、溶氧、pH、SS、VSS。

微顆粒粒徑分析及成份分析：微顆粒粒徑部分針對 $2\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 顆粒，使用 Met One 量測，該儀器可同時偵測不同粒徑範圍之為顆粒，量測範圍為 $2\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$ 、 $3\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m} \sim 15\mu\text{m}$ 、 $15\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ ；由於儀器限制， $0.2\mu\text{m} \sim 1\mu\text{m}$ 範圍之微顆粒數量多寡以過濾效果表示，所使用之濾紙為 $0.2\mu\text{m}$ 、 $0.45\mu\text{m}$ 及 $1\mu\text{m}$ 孔徑之濾紙，為了個別探討水樣中 $0.2\mu\text{m} \sim 0.45\mu\text{m}$ 、 $0.45\mu\text{m} \sim 1\mu\text{m}$ 之顆粒分布情形，原水先經 $1\mu\text{m}$ 濾紙過濾後，再用 $0.45\mu\text{m}$ 過濾，再將濾液以 $0.2\mu\text{m}$ 濾紙過濾，個別紀錄狀況， $1\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 之顆粒亦同時分析其 VSS/SS。

結果與討論：

1. 水質數據：研究期間，新營水廠水質：水溫 25°C 、pH 7.1、溶氧 1.5mg/L、4.9 mg NPDOC /L、7.29 mg org-N/L、3.02mg NH_4^+ -N/L、0.54 mg NO_2^- -N/L、1.37 mg NO_3^- -N/L and 0.58 mg TP/L. 濁度 5.3 NTU、4.5 mg-SS/L、1.4mgVSS/L and 總溶解固體物 (TDS)359mg/L，經各生物槽連續式曝氣生物處理後，數據如表一、二所示。原水溶氧

約經四槽連續曝氣後，溶氧已逐漸回升，氨氮普遍在第一槽(水力停留時間為 15 分鐘)就轉化成硝酸氮，在第一槽有明顯硝化作用，而後三槽均維持在 0.2 mg-N/L 左右，與其他研究結果相同，顯示原水中之氨氮極易以生物濾床去除，此結果也有利於急水溪水源處理時之前加氯量的減少。而在 NPDOC 及有機氮方面，由於其成份複雜，微生物較難分解，所以第四槽出流水中都還有 3.5 mg-C/L、2.1 mg-N/L 之殘留，各有 28 %及 55 %的轉化率，針對易營菌(轉化 NPDOC)及硝化菌(硝化作用)溶氧競爭之交互作用，游(2001)以同樣之設備進行研究，指出最佳水力停留時間為 30 分鐘。比電導度的變化也顯示急水溪原水水質受上游污染源頗大。

2. 濁度、微顆粒粒徑及成份變化：研究期間，圖二中，原水濁度最高可到 10 NTU，最低為 2 NTU，流經生物濾床後，除了在第二槽因曝氣偏差，造成濁度局部上升外，於第四出流水並無明顯去除，但進一步利用顆粒計數器 (Particle counter) 作粒徑分析時，如圖三，發現 $2\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 顆粒在數量上有很大的變化，在原水 $2\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$ 、 $3\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m} \sim 15\mu\text{m}$ 各個範圍中，每毫升不到 100 count，其中以 $2\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ 佔多數，隨著原水流經各段濾床後，各範圍之微顆粒均大幅成長，於第四槽出流水中，甚至已到 2000 count / mL 以上，成長幅度以 $2\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ 最為顯著。爲了了解所增加之微顆粒性質，將原水與各段濾床出流水進行 VSS / SS 分析，結果如圖四、圖五所示，從過濾後濾紙外觀上，發現濾紙上之殘留物顏色變化很大，顯示微顆粒流經生物濾床後 雖然濁度並未大幅改變，但在數量及外觀上已經有變化。值得一提的是，此期間 VSS / SS 之比值並無明顯變化，雖然 VSS 及 SS 從原水的 2 mg/L、5 mg/L 到出流的 8 mg/L、22 mg/L，但比值在 0.32 到 0.26 之間，間接顯示顆粒之生物性質並無太大差異，所以生物膜剝落造成微顆粒增加之可能性應可排除 (否則 VSS/SS 比值會很高)。進一步對微顆粒形成原因作探討，利用 $0.2\mu\text{m}$ 、 $0.45\mu\text{m}$ 及 $1\mu\text{m}$ 孔徑之濾紙對 $1\mu\text{m} \sim 0.2\mu\text{m}$ 之微顆粒作分析，結果如圖六，從圖中 可以很明顯看到原水中含有大量 $0.45\mu\text{m} \sim 1\mu\text{m}$ 之微顆粒存在，從濾紙顏色外觀來看，顯示原水中 $0.45\mu\text{m} \sim 1\mu\text{m}$ 粒徑之微顆粒，流經生物濾床後已被大量去除。從圖七也可得到應證，原水

在過濾 500 mL 水樣後，過濾速度就變得十分緩慢，而各槽在過濾 1500 mL 後，仍有良好過濾速度。而 $0.45\ \mu\text{m}$ 以下之微顆粒，在本實驗中水樣中就不顯著。由於生物濾床對小分子有機物有明顯去除效果，游(2001)，所以本生物濾床去除微顆粒機制，與(Rebhun and Lurie, 1993)較為雷同。

因此，根據以上實驗結果顯示，本研究之生物濾床對微顆粒的影響雖然無明顯攔除現象，但已改變其粒徑大小。游(2001)針對原水及生物濾床出流水作混凝沉澱實驗，結果亦證明若以生物濾床處理原水則對後續混凝沉澱加藥量有明顯降低。所以生物濾床在淨水程序上，因其可降低氨氮、NPDOC 及後續混凝沉澱加藥量，同時設備維護簡單、初設費低，相對於加氯氧化氨氮，造成三魯甲烷(THM)等消毒副產物、混凝劑的大量使用，造成廢棄污泥量問題，在淨水工程上，生物濾床應可發揮極大功效

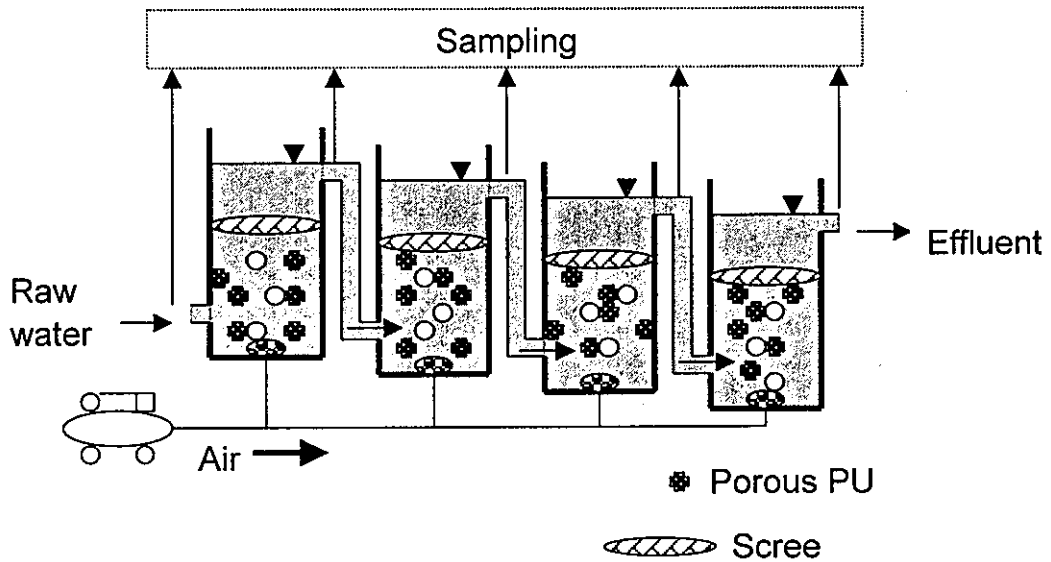
感謝：

在此感謝國立成功大學環境工程系葉宣顯教授實驗室在實驗器材上的協助，也感謝台灣省自來水公司在研究經費上的補助。

參考文獻：

1. 游惠宋，黃志彬，“受污染水源之最佳可行處理技術研究(第一年)” 台灣省自來水公司報告，國立交通大學環境工程研究所，2000。
2. 游惠宋，黃志彬，“受污染水源之最佳可行處理技術研究(第二年)” 台灣省自來水公司報告，國立交通大學環境工程研究所，2001。
3. 王文革，“生物濾床處理澄清湖優養化給水源之研究”，國立成功大學環境工程研究所碩士論文，88年6月。
4. 王永福，“淨水程序中微生物分佈及營養源之生物分解研究”，國立成功大學環境工程研究所碩士論文，89年。
5. Rebhun, M., Lurie, M., Wat. Sci. Tech., 27(11)(1993), 1-20.

6. X. H. Zhang et al., Synergistic combination of coagulation with biofiltration for drinking water treatment, J. Environ. Sci. Health, A33(5)(1998), 729-747.



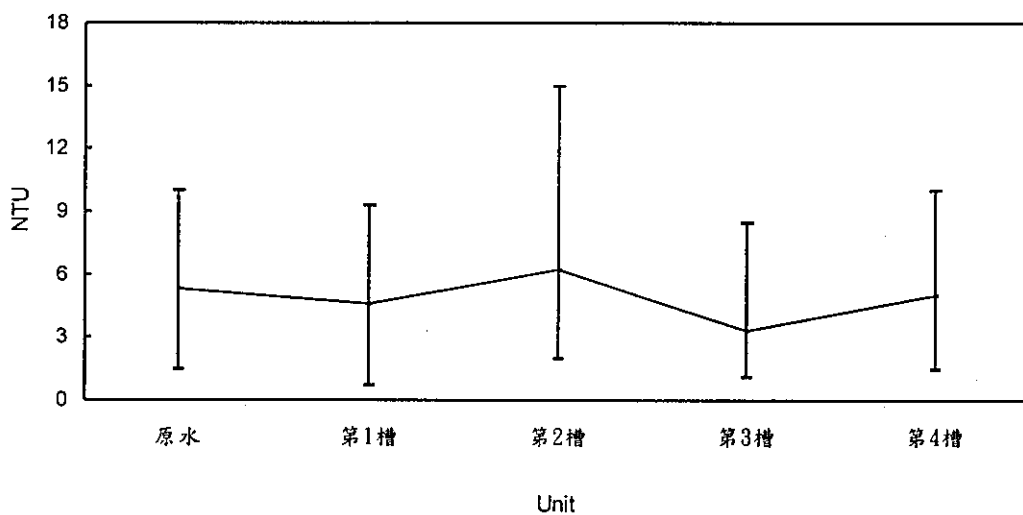
圖一.本研究之生物濾床

表一.本研究期間之基本水質資料

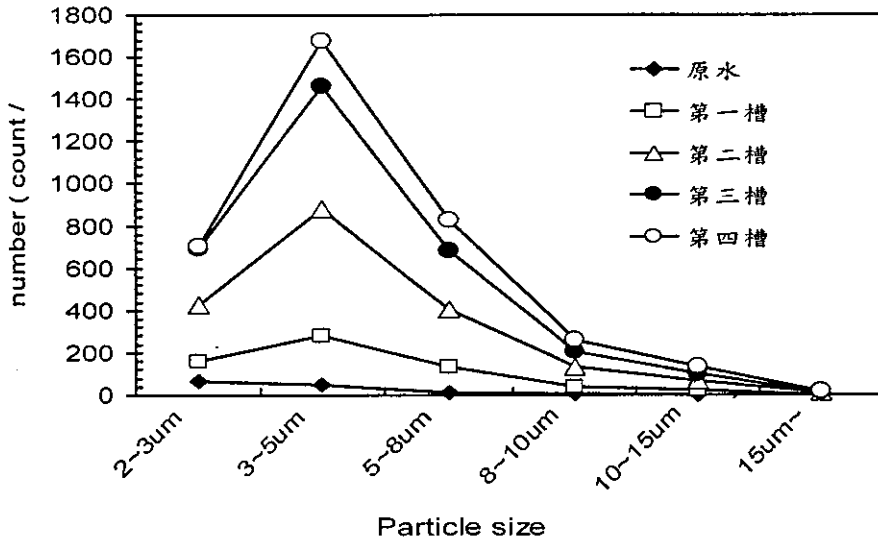
Water Quality	pH	Temperature	D.O	Conductivity	Turbidity
Unit		°C	mg/L	us/cm	NTU
Raw water	6.9 ~ 7.2	23.1 ~ 28.9	1.5 ~ 2.8	520 ~ 775	2.0 ~ 12.4
1st. Eff	6.9 ~ 7.0	23.1 ~ 29.4	3.7 ~ 6.4	510 ~ 760	1.4 ~ 11.6
2nd. Eff	6.9 ~ 7.8	21.9 ~ 29.3	4.5 ~ 8.1	510 ~ 770	2.2 ~ 42.7
3rd. Eff	7.2 ~ 8.3	20.5 ~ 29	5.9 ~ 9.7	540 ~ 750	1.5 ~ 11.4
4th. Eff	7.8 ~ 8.3	19 ~ 28.5	7.2 ~ 11.3	510 ~ 740	1.5 ~ 12.5

表二. 本研究期間之氮系化合物及 NPDOC 變化

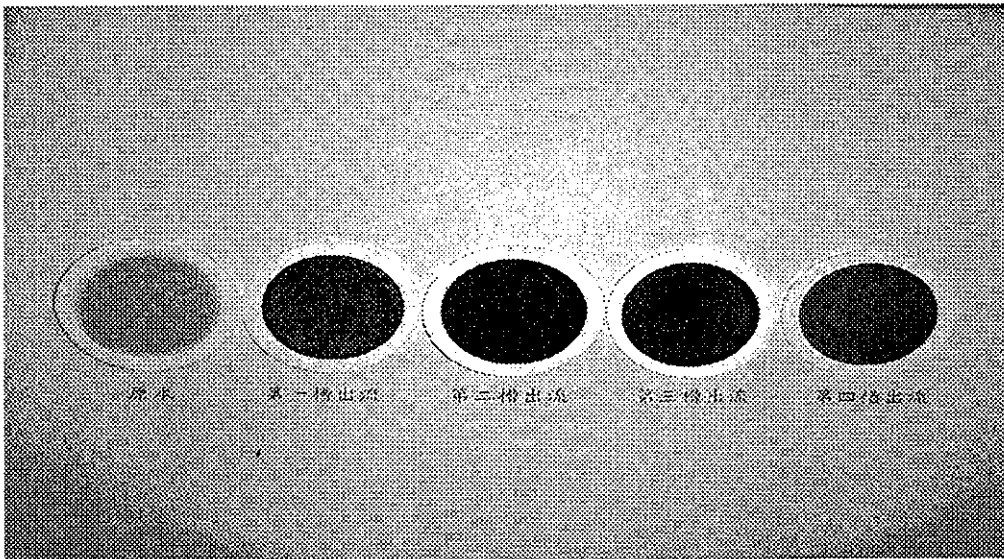
Water Quality	NPDOC	Org-N	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³
Unit	mg-C/L	mg-N/L	mg-N/L	mg-N/L	mg-N/L	mg-P/
Raw water	4.90	6.7-0.6	3.72-1.70	2.22-0.01	2.12-0.17	0.38-0.
1st. Eff	4.46	5.6-0.1	0.41-0.19	0.53-N.D.	5.43-1.56	0.42-0.
2nd. Eff	3.86	4.1-0.1	0.20-0.13	0.73-N.D.	8.55-1.28	0.43-0.
3rd. Eff	3.75	2.3-0.1	0.23-0.10	0.22-N.D.	9.48-1.23	0.45-0.
4th. Eff	3.51	2.8-0.1	0.22-0.10	0.01-N.D.	9.35-1.21	0.48-0.



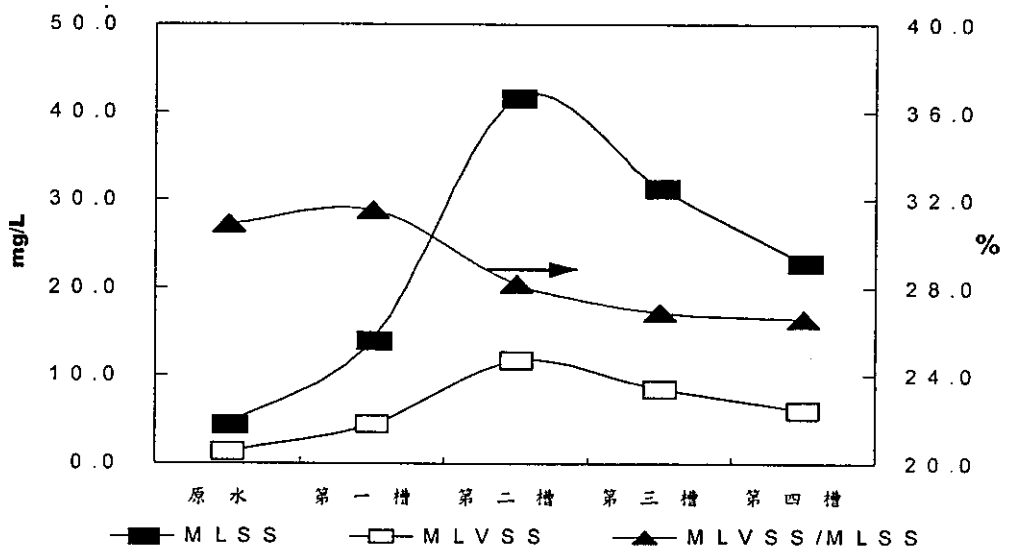
圖二. 各生物濾床出流之濁度變化 (8910 ~ 8911)



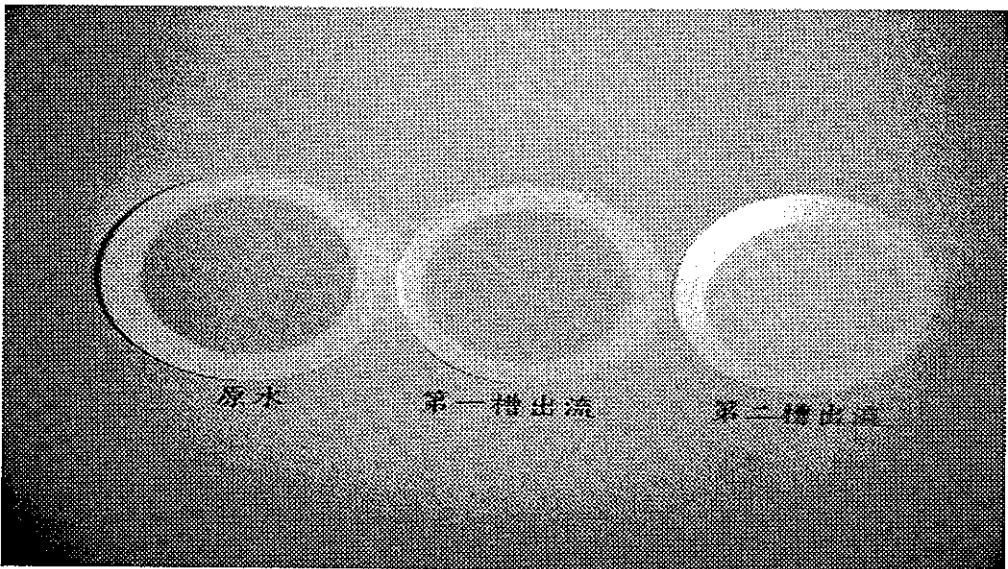
圖三. 各濾床出流之微顆粒粒徑分析(2 ~ 15 um)



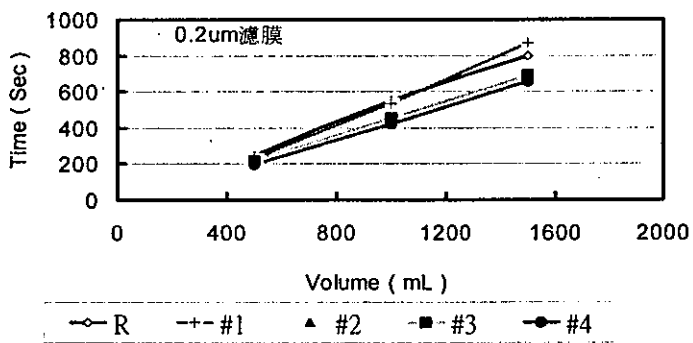
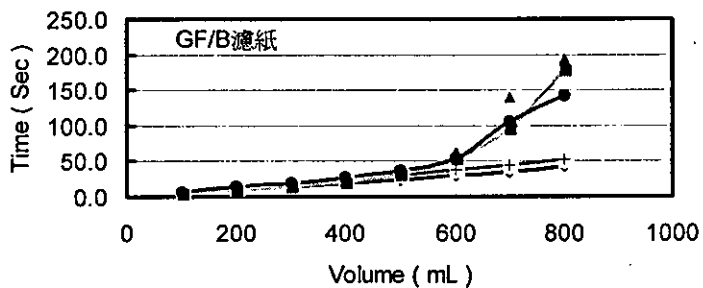
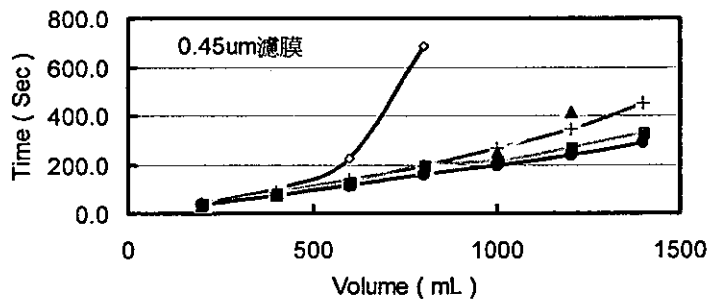
圖四. 原水及各濾床出流之微顆粒顏色，各水樣以 GFB(1um 孔徑)過濾，顆粒範圍 1um 以上。



圖五. 各生物濾床出流之 SS、VSS 變化



圖六. 原水及各濾床出流之微顆粒顏色，各水樣先以 GFB(1 μ m 孔徑)過濾，再以 0.45 μ m 濾膜過濾，顆粒範圍 1 μ m - 0.45 μ m。



圖七. 以三種孔徑濾紙(GF/B(1um) 、0.45um、0.2um)之過濾效果