

廢水處理調勻池效能評估指標建立之研究

林紘原，萬能科技大學環境工程系副教授

中文摘要

水質水量調勻(整)的目的是將廢水性質的變動性加以控制或降至最低，使操作水量與質維持於一穩定狀況，使所需處理容量減少，降低設置與操作成本，並可穩定處理效率，對於整個處理設施而言，往往有舉足輕重之影響。鑑於事業廢水來源不可能侷限在某時間，其排放點亦不可能平均分配於整個事業廠區，故一般在水質與水量變動大的廢水處理設施通常需設計調勻池以利收集，並適當調整其污、廢水之量與質。

然而，國內廢水處理實務上，對於水量調整通常缺乏嚴謹的設計依據，且一般對水質調整的重視不如水量。主要原因為水質變動隨這水量調整後也往往可降低至可街接受的程度。然而，如果水量變化程度遠低於水值質便變化程，在傳統單純考量水量調勻需求下，池容量將明顯不足，導致處理後放流水質相當不穩定；如果調勻池容量過大，則徒增加土地、建造與操作成本，因此有必要建立一套評估調勻持效能的操作指標，以簡明呈現調勻池操作狀況。

本研究將說明水量水質調勻池設計之理論，並建立適當的調勻池效能指標，再藉由設計例，透過這些指標，比較單純水量調勻與兼顧水質調勻的容積差異，以供工程實務上設計與操作之參考。

關鍵字：調勻池、調整池、廢水處理、污水處理

Study on Establishing a Performance Indicator for Equalization Tanks

Abstract

The application of an equalization tank in a wastewater treatment facility is to attenuate the fluctuation of the flow rate and/or the strength of the wastewater to promote a better effluent quality control. Accordingly, an equalization tank usually plays a pivotal role for a whole treatment process. It is usually required in treating industrial wastewater in that such wastewater varies both in flow rate and waste concentration quite often.

However, for practical design, there has not enough efforts paid on flow or concentration equalization, especially for pollutant concentration. The main reason is in that concentration fluctuation can always be alleviated to some acceptable level even through a purely flow-equalization oriented process. However, unstable effluent quality can occur if the volume of an equalization tank is too small.

Hence, there is a need to establish a performance indicator to evaluate the appropriate volume of the tank for equalization tanks. In this study, three typical design cases are illustrated and can be referenced for practical design.

Keywords : equalization tank, wastewater treatment equalization, attenuation

一、研究動機

調勻的目的是將廢水性質的變動性加以控制或降至最低，使操作水量與質維持於一穩定狀況，使所需處理容量減少，降低設置與操作成本，並可穩定處理效率。鑑於事業廢水來源不可能侷限在某時間，其排放點亦不可能平均分配於整個事業廠區，故一般需設計調勻池以利收集，並適當調整其污、廢水之量與質。

事業廢水來源不可能侷限在某時間，其排放點亦不可能平均分配於整個事業廠區，故一般需設計調勻池(equalization tank)以利收集，並適當調整其污、廢水之量與質。調勻的目的是將廢水性質的變動性加以控制或降至最低，使操作水量與質維持於一穩定狀況，使所需處理容量減少，降低設置與操作成本，並可穩定處理效率，如何進行調勻池容量之最佳化設計乃為本研究之動機。

本研究案例為假設之情況，若實際上廢水水量與水質變化明顯不同於假設調條件者，應在應用本研究結果時應有所保留。

二、研究方法

(一)收集與整理相關文獻資料：收集國內外有關調勻池與暴雨滯留池之文獻，並加以分類，彙整。

(二)彙整調勻池與暴雨滯留池容量設計公式，做為設計例之參考。

(三)3.進行三種不同排放特性之工業廢水調勻池容量需求分析，並建立評估指標做為決定最佳化之參考。

(四)調勻效果評估指標之建立

本研究選擇下列統計指標做為評估條調勻池容量適當與否的依據：

1.尖峰係數調降率

尖峰係數(peaking factor, PF)是指統計資料中的最大值與其算數平均值之比率，本研究針對流量、標的污染物濃度與其質量流率分別計算調勻前進流水與調勻後出流水之尖峰係數，並定義

$$\text{尖峰係數調降率} = \frac{\text{調前尖峰係數} - \text{調勻後尖峰係數}}{\text{調勻前尖峰係數}} \times 100\%$$

2.變異係數調降率

變異係數(coefficient of variation)或稱為相對標準差(relative standard deviation)，或稱為相對散布數(relative dispersion)，是指統計資料中的標準差與其平均數的比：

$$\text{變異係數(CV)} = s / \mu \times 100\%$$

式中 S 為標準差(standard deviation)。當長期統計資料的真正平均值 μ 為已知

時， $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{n}}$ ，當長期統計資料的真正平均值 μ 為未已知，須以有限資料

之算數平均值 \bar{X} 代替之，則

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

本研究定義變異係數比為流量、標的污染物濃度與其質量流率調勻前(進流水)與調勻後(出流水)變異係數調降率為

$$\text{變異係數調降率} = \frac{\text{調勻前變異係數} - \text{調勻後變異係數}}{\text{調勻前變異係數}} \times 100\%$$

3.水力停留時間比

水力停留時間是指調勻池有效容積除以日累積流量，可以反應出調勻池有效容積與日累積流量的相對大小。

三、結果與討論

本研究以三個設計例子進行調勻池容積設計與分析。第一個例子為 10 小時連續排放廢水，第二個例子為 16 小時連續排放廢水，第三個例子為 24 小時連續排放廢水，三個設計例之水量與水質變動性均大，廢水特性詳表 1。

表 1 設計例中廢水排放特性假設表

	時間	流量(cmm)	TOC(mg/L)	累計水量(m ³)	TOC(kg/24hrs)
第一例	8~10	1.703	920.0	204.39	188.0
	10~12	2.347	1,130.0	281.60	318.2
	12~14	3.179	1,475.0	381.53	562.8
	14~16	3.028	1,525.0	363.36	554.1
	16~18	1.287	910.0	154.43	140.5
	18~8	0	-	122.63	0
第二例	8~10	1.703	920.0	204.39	188.0
	10~12	2.347	1,130.0	281.60	318.2
	12~14	3.179	1,475.0	381.53	562.8
	14~16	3.028	1,525.0	363.36	554.1
	16~18	1.287	910.0	154.43	140.5
	18~20	1.022	512.0	122.63	62.8
	20~22	2.157	1,210.0	258.89	313.3

	22~24	4.164	1,520.0	499.62	759.4
	0~8	0	-	499.62	0
第 三 例	8~10	1.703	920.0	204.39	188.0
	10~12	2.347	1,130.0	281.60	318.2
	12~14	3.179	1,475.0	381.53	562.8
	14~16	3.028	1,525.0	363.36	554.1
	16~18	1.287	910.0	154.43	140.5
	18~20	1.022	512.0	122.63	62.8
	20~22	2.157	1,210.0	258.89	313.3
	22~24	4.164	1,520.0	499.62	759.4
	0~2	4.542	1,745.0	545.04	951.1
	2~4	3.028	820.0	363.36	298.0
	4~6	1.930	410.0	231.64	95.0
	6~8	2.157	490.0	258.89	126.9

(一)第一設計例調勻所需容量分析

單純考量水量調勻，則調勻成 24 小時穩定出水所需調勻池容積係取進流水與出流水累積水量之最大差異量，為 1428.8m^3 ，水力停留時間略超過 1 日，為 24.8 小時。進一步分析在該調勻容積下廢水 TOC 濃度變動性，結果顯示，調勻前 TOC 濃度尖峰係數為 1.20，調勻後 TOC 濃度尖峰係數降為 1.03；變異係數調降率分別為 90.00%與 95.89%；尖峰係數調降率分別為 14.37%與 35.71%，已接近完全均勻的程度。此一結果顯示，當本例水量調勻所需容量已接近一日廢水量時，水質變化也同時達到均勻化(詳圖 1 與表 2)。

(二)第二設計例調勻所需容量分析

調勻成 24 小時穩定出水所需調勻池容積係取進流水與出流水累積水量之最大差異量，為 1230.8m^3 ，水力停留時間為 13 小時(詳表 4-7 與圖 4-3)。在此一調勻容積下，調勻前廢水 TOC 濃度與質量流率尖峰係數分別為 1.19 與 2.10，調勻後均降為 1.03，調降率分別為 13.73%與 50.92%。TOC 濃度與質量流率變異係數調降率分別為 44.67 與 28.1，調勻後均降為 3.26，調降率分別為 88.38%與 95.10%。雖調勻程度較第一例略低，但亦已接近完全均勻的程度(詳圖 2 與表 3)。

(三)第三設計例調勻所需容量分析

本例水量調勻所需容量為 497.1m^3 ，調勻水量後 TOC 濃度與質量流率在調勻前其尖峰係數分別為 1.46 與 2.61，經 500m^3 容積調勻池後，兩者尖峰係數均降為 1.39，調降率分別為 5.18%與 46.86%；相對標準差由調勻前之 42.39%與 37.88%均降為 23.88%，其調降率分別為 37.10%與 69.42%，尖峰係數，除了相對標準差之調勻效果不及 1/2 外，濃度尖峰係數調降幅度幾更屬有限。由以上分析知，若水質需進一步均勻化，應擴大調勻池容積。將 $500\sim 3500\text{m}^3$ 不同調勻容積之水質均勻化效果包括調勻體積對 TOC 濃度與質量流率尖峰係數、變異係數之關係詳圖 3~圖 4。

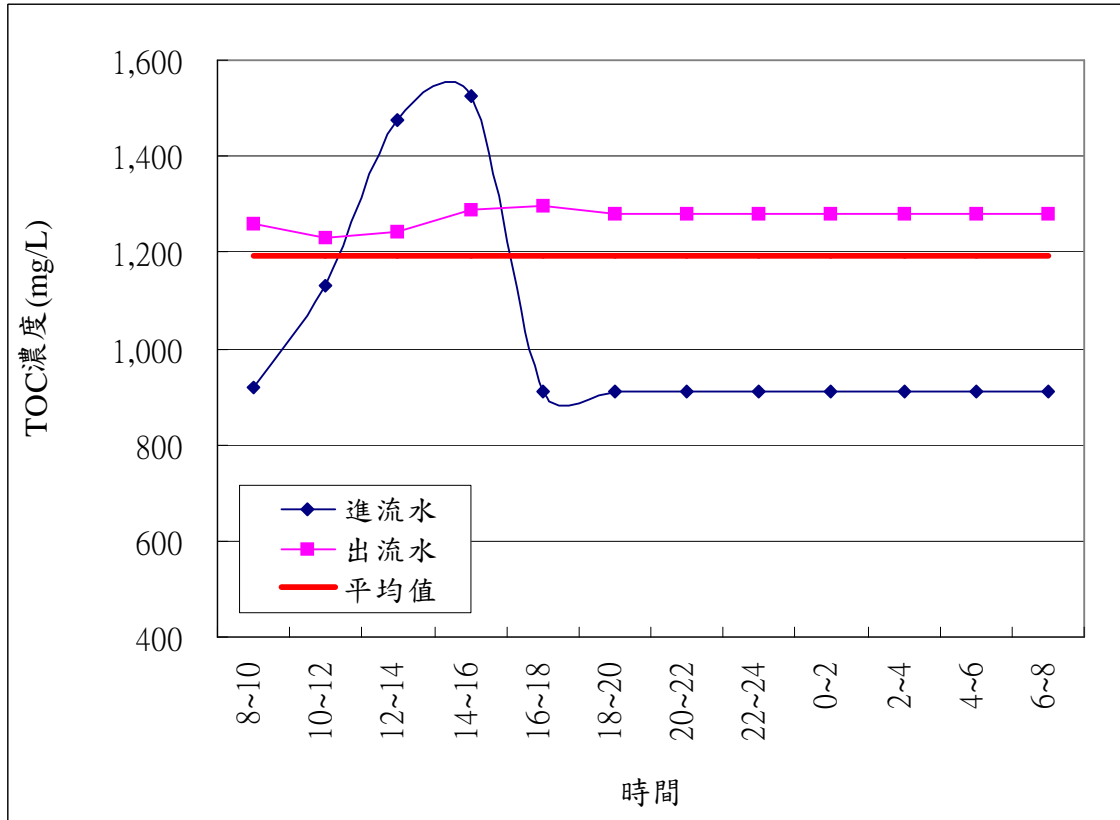


圖 1 第一例調勻後進流水與出流水 TOC 濃度比較圖

表 2 第一例採水量調勻為主(調勻池容量=1429m³)之結果分析表

時間	進流量 (cmm)	進流濃度 (mg/L)	進流質量流率	出流量 (cmm)	出流濃度 (mg/L)	出流質量流率
8~10	1.703	920	188.0	2.545	1,250	247.3
10~12	2.347	1,130	318.2	2.545	1,204	238.3
12~14	3.179	1,475	562.8	2.545	1,231	243.7
14~16	3.028	1,525	554.1	2.545	1,299	257.0
16~18	1.287	910	140.5	2.545	1,306	258.5
18~08	0	910	0	2.545	1,284	254.1
合計	11.544	5,960	1,763.7	19.790	15,278	3,023.6
平均	2.309	1,273	352.7	2.545	1,273	252.0
標準差(SD)	0.820	295	198.75	-	29.5	5.84
尖峰係數(PF)	1.38	1.20	1.60	1.00	1.03	1.03
相對標準差	35.50	23.18	56.35	-	2.32	2.32
水力停留時間比 =103.14%(24.75hrs)			變異係數調降率(%)		90.00	95.89
			尖峰係數調降率(%)		14.37	35.71

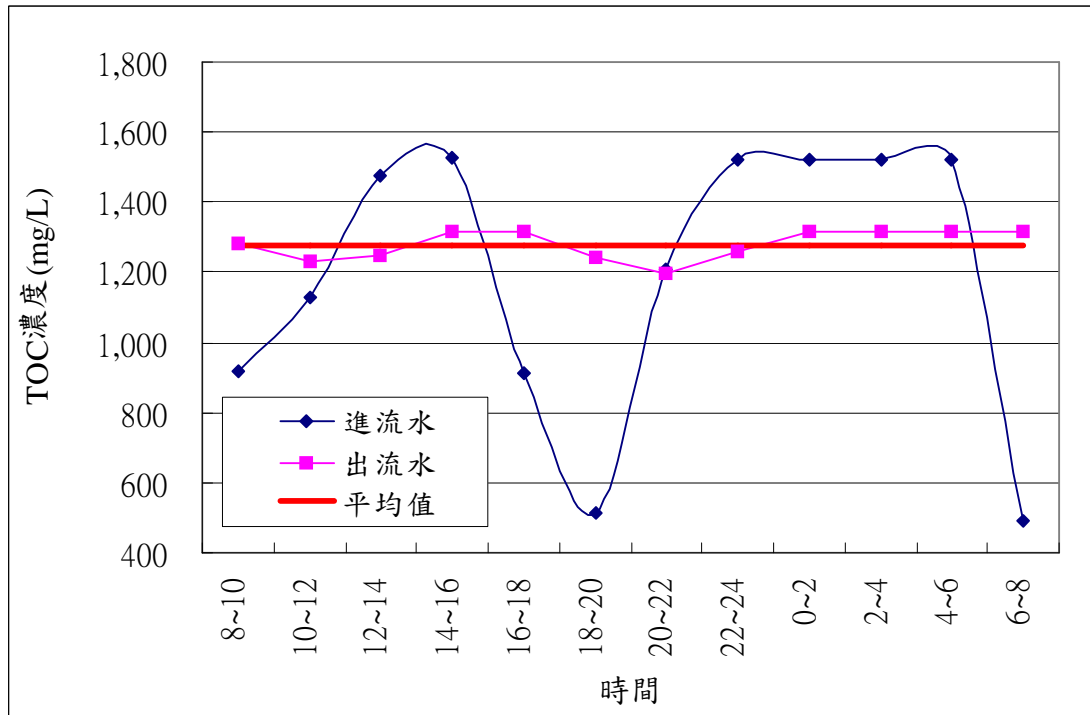


圖 2 第二例調勻後進流水與出流水 TOC 濃度比較圖

表 3 第二例採水量調勻為主(調勻池容量=1230.8m³)之結果分析表

時間	進流量 (cmm)	進流濃度 (mg/L)	進流質量流率(kg/2hrs)	出流量 (cmm)	出流濃度 (mg/L)	出流質量流率(kg/2hrs)
8~10	1.703	920	188.0	2.361	1,280	1,280
10~12	2.347	1,130	318.2	2.361	1,230	1,230
12~14	3.179	1,475	562.8	2.361	1,250	1,250
14~16	3.028	1,525	554.1	2.361	1,314	1,314
16~18	1.287	910	140.5	2.361	1,316	1,316
18~20	1.022	512	62.8	2.361	1,244	1,244
20~22	2.157	1,210	313.3	2.361	1,199	1,199
22~24	4.164	1,520	759.4	2.361	1,257	1,257
24~08	0.000	1,520	759.4	2.361	1,315	1,315
合計	18.887	9,202	2,899	28.331	15,350	4,349
平均	2.361	1,279.1	362.4	2.4	1,279.1	362.4
標準差(SD)	1.055	359.50	241.51	0.00	41.76	11.83
尖峰係數(PF)	1.76	1.19	2.10	1.00	1.03	1.03
相對標準差	44.67	28.10	66.64	0.00	3.26	3.26
水力停留時間比 =54.30%(13.03hrs)	變異係數調降率(%)		88.38	95.10		
	尖峰係數調降率(%)		13.73	50.92		

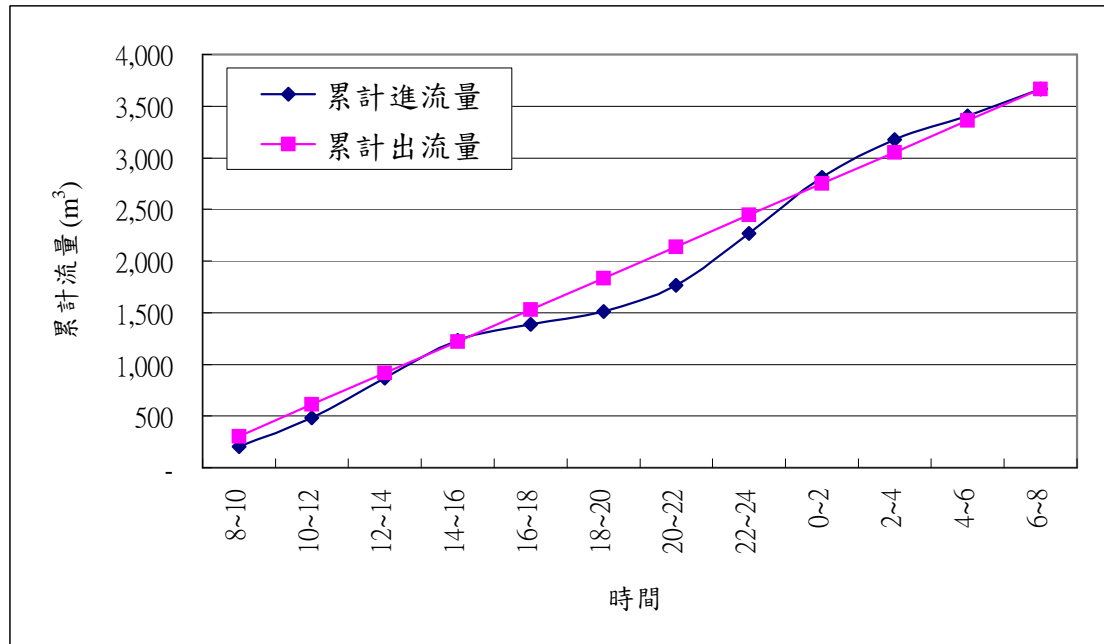


圖 3 第三例調勻後進流與出流累積水量比較圖

表 4 第三例採水量調勻為主(調勻池容量=500m³)之結果分析表

時間	進流量 (cmm)	進流濃度	進流質量流率	出流量 (cmm)	出流濃度	出流質量流率
8~10	1.703	920	188.0	2.545	777	237.5
10~12	2.347	1,130	318.2	2.545	936	285.8
12~14	3.179	1,475	562.8	2.545	1,215	371.1
14~16	3.028	1,525	554.1	2.545	1,443	440.7
16~18	1.287	910	140.5	2.545	1,388	423.8
18~20	1.022	512	62.8	2.545	1,041	317.9
20~22	2.157	1,210	313.3	2.545	1,023	312.6
22~24	4.164	1,520	759.4	2.545	1,400	427.6
0~2	4.542	1,745	951.1	2.545	1,655	505.4
2~4	3.028	820	298.0	2.545	1,506	460.0
4~6	1.930	410	95.0	2.545	1,095	334.6
6~8	2.157	490	126.9	2.545	828	253.0
合計	30.545	12,667	4,370.0	30.545	14,307	4,370.0
平均	2.545	1,192	364.2	2.5	1,192	364.2
標準差(SD)	1.079	452	283.80	-	284	86.78
尖峰係數	1.78	1.46	2.61	1.00	1.39	1.39
相對標準差	42.39	37.88	77.93	-	23.83	23.83
水力停留時間比=13.64%(3.27hrs)				變異係數調降率(%)	37.10	69.42
				尖峰係數調降率(%)	5.18	46.86

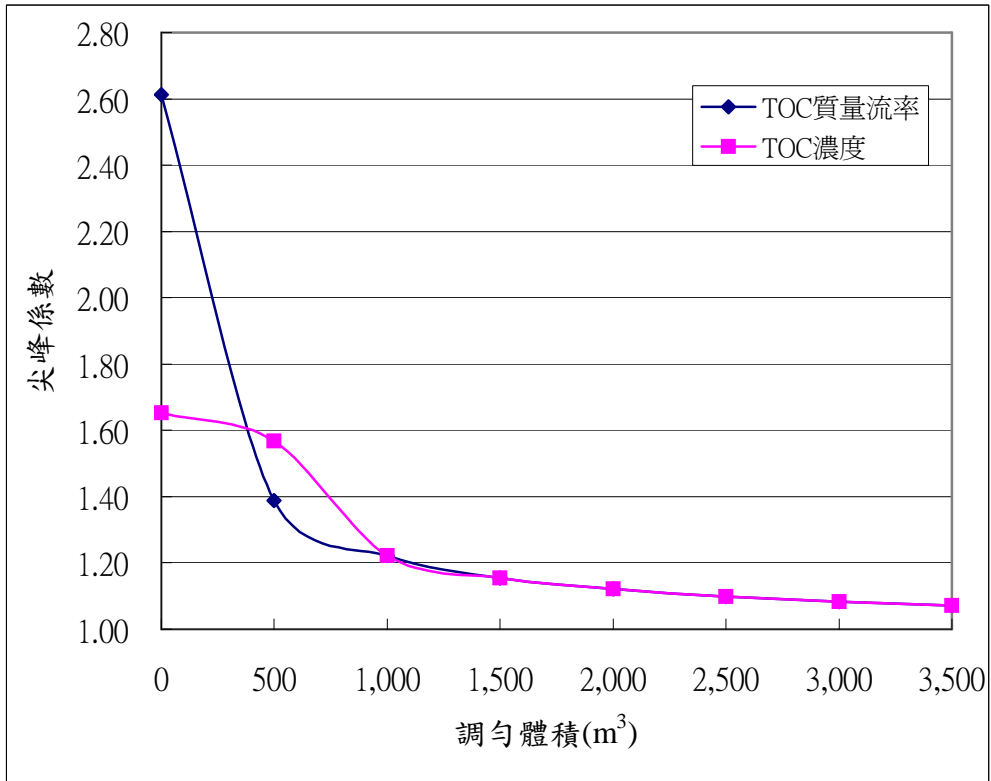


圖 4 第三例調勻體積對 TOC 尖峰係數影響分析圖

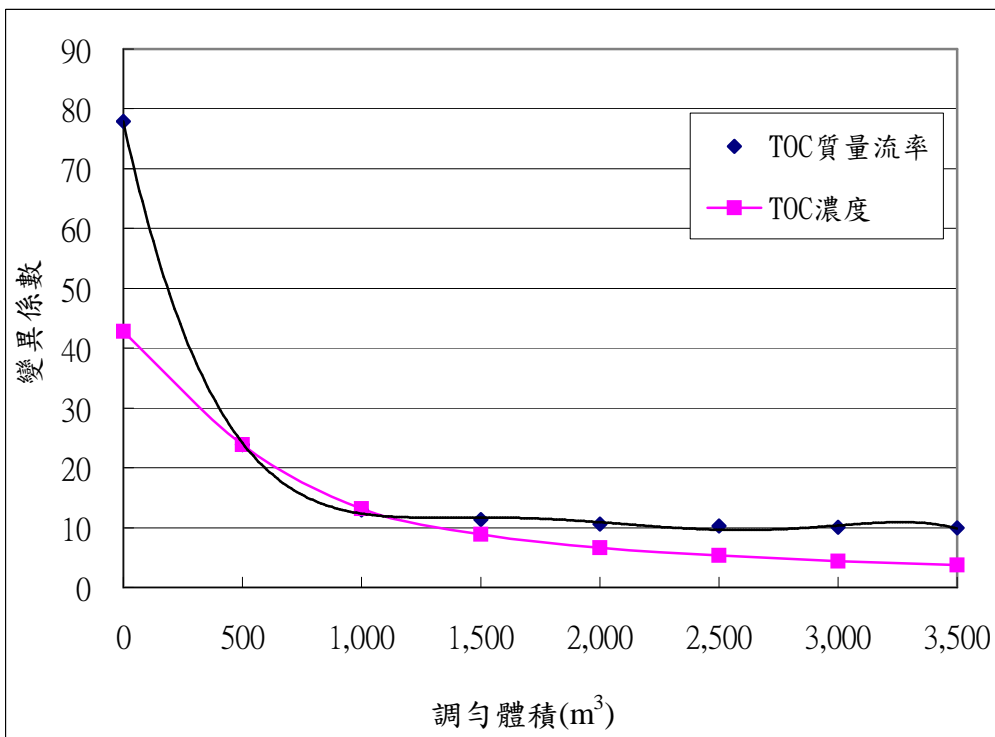


圖 5 第三例調勻體積對 TOC 變異係數影響分析圖

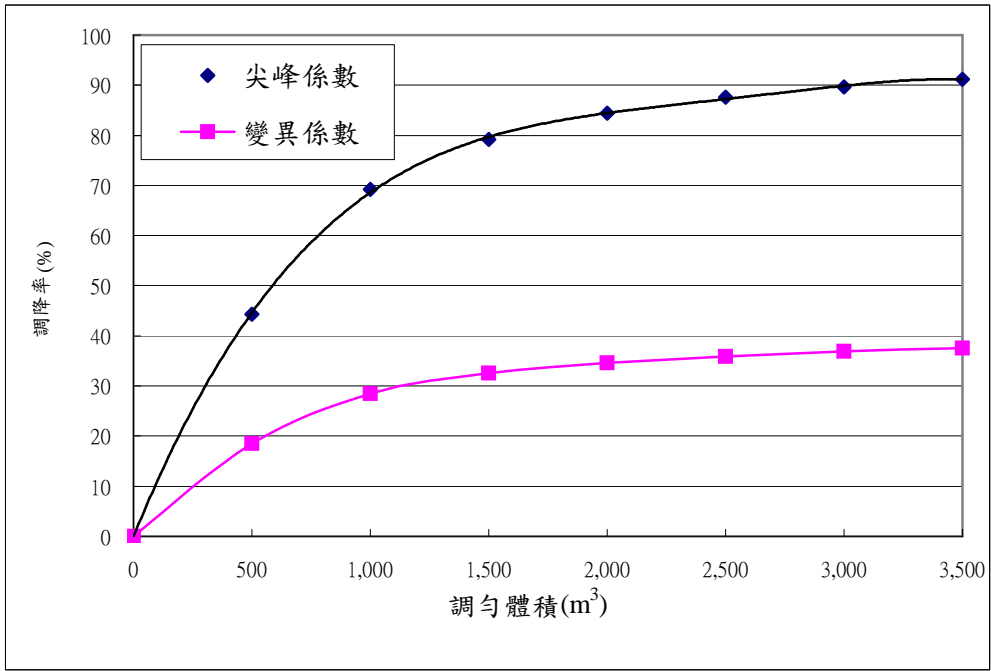


圖 6 調勻體積對 TOC 濃度調降率影響分析圖

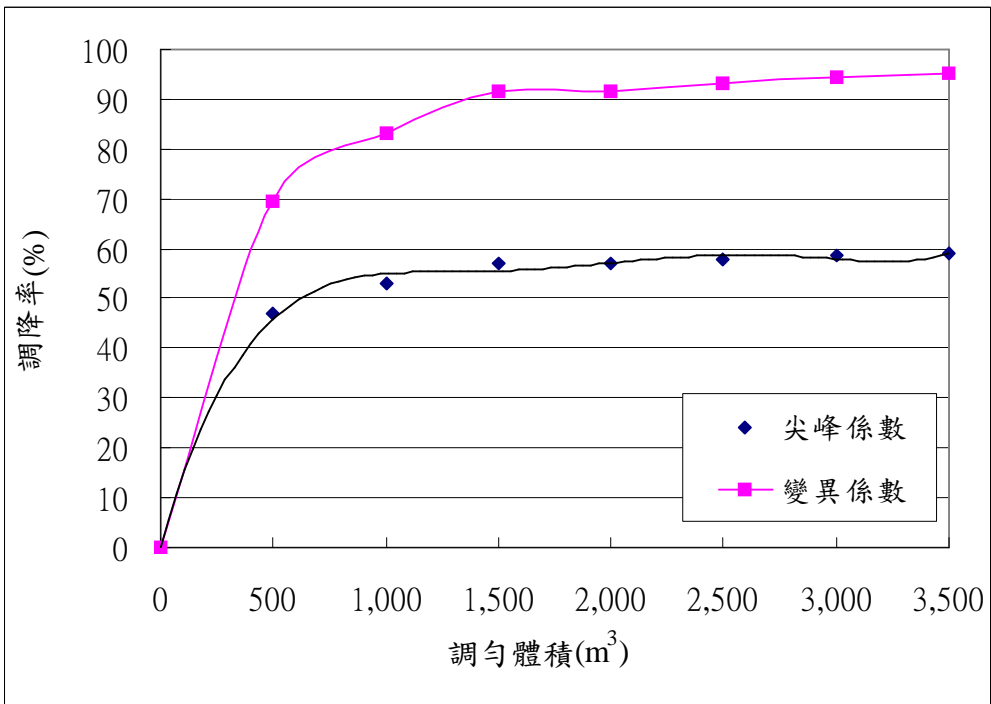


圖 7 調勻體積對 TOC 質量流率調降影響分析圖

四、結論

設置調勻池的主要功用的主要目的是將廢水性質的變動性加以控制或降至最低，使操作水量與質維持於一穩定狀況，使所需處理容量減少，降低設置與操作

成本，並可穩定處理效率。尤其可以透過良好的水量流出管理使處理系統，減輕定期傾倒或濺漏入污水下水道的濃縮廢液量，以降低這類高濃度廢液對日常低濃度污水生物或化學處理之負面衝擊。

由上述分析知，單純以水量均勻化需求來設計調勻池，無法有效達到水值均勻化之效果，必須視廢水處理系統中敏感單元所能忍受的水質負荷變動範圍以及對放流水質變化之效應，酌予放大調勻容積。第三例也顯示，TOC 質量流率調降較濃度小，在調勻容積達 1,500m³ 以後，調降率變化不大。最佳設計容量之決定可由允許之水量與水質變動範圍決定之。

參考文獻

- 1.環境工程資料-調整池設計之相關計算暨注意事項，
<http://www.geocities.com/RainForest/Vines/8882/eneg.html>。
- 2.曾明華，“工業區污水廠調勻池及活性污泥系統處理可行性評估研究”，中央大學土木研究所碩士論文(1989)。
- 3.<http://moeaidb.gov.tw/indpark/tawulun/intro.htm>。
- 4.黃宏斌、張三郎、吳正雄，“調節池設計之探討”，中華水土保持學報 27(1):第 39~46 頁(1996)。
- 5.吳瑞賢、余濬，“臺灣地區山坡滯留池容量計算方法之比教研究”，台灣水利 第 44 卷，第一期。
- 6.王盛明、陳曼栖，“滯留池規劃設計重點概論”，中華技術 第 32 期。