

# 採樣分析總菌落數前合理排水時間之研究

蔡勇斌<sup>1</sup>、萬騰州<sup>2</sup>、邢治宇<sup>3</sup>

## 摘 要

行政院環境保護署於 86 年 5 月 21 日修正通過「飲用水管理條例」，加強飲用水水源管理、設備管理與水質管理，並加重相關罰責，期提昇我國飲用水品質。為落實「飲用水管理條例」<sup>(1,2)</sup>中之飲用水設備管理工作，環保署隨後於民國 87 年 7 月 29 日修正發布「飲用水設備維護管理辦法」，明確規範飲用水設備維護管理單位應定期維護保養，以自來水為水源者，應於每三個月檢驗八分之一台數飲用水設備之出水總菌落數與大腸桿菌群，並須符合飲用水標準(總菌落數應小於 100 CFU/mL；大腸桿菌群應小於 6 CFU/100mL)，倘經環保單位抽驗不合格，每台將遭罰鍰 6 萬至 60 萬元。此規定公告與實施後，目前各公私場所飲水機，定期委外檢測總菌落數與大腸桿菌群之數量日漸增加。

總菌落數與大腸桿菌群檢驗，係屬微生物檢測項目<sup>(3,6)</sup>，從採樣到分析完成整個過程中，須特別避免遭受外在污染，使分析結果產生誤差。一般認為，不管是自來水或是飲水機，其剛開始出水時的水質，並無法代表系統真正的水質狀況，因為在自來水或飲水機管末端(即出水口)，可能有受到外界污染或蓄積鐵鏽之虞。因此，在分析微生物項目時的採樣，通常會先排水一段時間後再取樣，以避免採到不具代表性的水樣。

在環保署 87 年 12 月 24 日起實施之「飲用水水質採樣方法——自來水系統採樣」中，尚未規定採樣前應排水之時間，目前由採樣者依其經驗辦理。惟在環保法令修訂公告實施後，採樣檢測微生物的頻率與次數大增，且分析結果攸關罰鍰事宜，更突顯建立合理採樣方法之重要性。

本研究以傳統式飲水機、開水機、RO 純水機、程控滅菌飲水機為研究對象，每隔 2 至 3 天，於每一機型之冰、溫出水口處，進行採樣分析大腸桿菌與總菌落數。採樣動作分別在排水時間第 0~1、1~2、2~3、3~4、4~5 分鐘時進行，共進行十次。本文主要將十次在不同排水時間採樣分析結果，利用統計檢定原理，探討下列問題：

- 一、各種飲水機機型，在不同排水時間的採樣條件下，總菌落數與大腸桿菌群變化之差異。
- 二、冰、溫出水在不同排水時間的採樣條件下，總菌落數與大腸桿菌群變化之差異。
- 三、合理採樣前排水時間。

## 一、前言

台灣地區水污染問題日漸突顯，民眾對飲用水水源之水質信心不足，造成使用淨水設備<sup>(7-12)</sup>期提高飲用水品質之現象日漸增加。在市場需求環境下，業者爭相引入或開發各種淨水設備。由

<sup>1</sup> 國立暨南國際大學土木系副教授

<sup>2</sup> 國立雲林科技大學環安系副教授

<sup>3</sup> 國立雲林科技大學博士班研究生

於淨水設備種類繁多，一般民眾對於各種處理機制未能瞭解，更缺乏適當之設備維護與管理，致造成飲用水設備水質惡化之反效果。環保署業管機關有鑑於此，遂於民國八十六年五月二十一日修正通過「飲用水管理條例」，加強飲用水水源管理、設備管理與水質管理，並加重相關罰責，期望提昇我國飲用水品質。為落實「飲用水管理條例」中之飲用水設備管理工作，環保署隨後於民國八十七年七月二十九日修正發布「飲用水設備維護管理辦法」，期望藉由對公私場所供公眾飲水之設備管理上的要求，導正國人過去未能善盡淨水設備維護與管理責任之通病，以維護國民健康。

本研究係為提昇單機飲水機飲用水品質，而為在使用單機飲水機時，確保免於飲水機出口端可能受到外界污染或蓄積鐵鏽，致造成管末出口滋菌，可能造成飲用人之健康影響，擬探討飲用水前合理之排水時間。再者，環保法令修訂公告實施後，採樣檢測微生物的頻率與次數大增，分析結果攸關罰鍰事宜，合理之採樣前排放時間之研訂，亦可以減少採樣檢驗可能造成的爭議。因此，本研究以傳統式飲水機、開水機、RO 純水機為研究對象，於每一機型之冰、溫出水口進行排程採樣，以檢驗不同排水時間，採樣水中之大腸桿菌與總菌落數，利用一般簡易之數理原理及方法，藉以由其中探究出飲用水前，應至少留置多少之排水時間，方能使用水品質更令人安心。

## 二、實驗設備

### 1. 飲水機設備

利用經過改裝符合研究分析用之三套單機飲水機設備(傳統式飲水機、開水機、純水(RO)機)，此三套研究設備之設置依下列原則考量：

- (1). 使用市面上常用之耗材與零件，使結果符合實際情況。
- (2). 耗材種類：初濾心(綿紗與 pp 二種)、活性炭濾心(粉末、粒狀二種)、離子交換濾心、UV 滅菌燈等。
- (3). 每台飲水機獨立加裝雙 timer，以飲水機鮮為人用最保守情況，定實驗進流量條件控制為 15 秒停用 120 分鐘。
- (4). 進流量以一般市面上設定流量為基準，配合考量各單元之限制流量(如一般 UV 殺菌燈流量限制在 2 gal/min(相當於 3.78 L/min)內)。目前設置之飲水機出水量約為 1.4~2.0 L/min，並未超過限制流量，亦屬飲水機正常出水量範圍。
- (5). 開水機型式者之熱缸，採方便拆卸以組合冷凝管式與冷凝桶式熱缸。
- (6). 純水機型式之貯存桶選擇不定時排水。
- (7). 三套設備均設計為冰、溫、熱三用飲水機，亦即末端均依實際狀況設置冰桶與簡易加熱桶。
- (8). 三套設備均設置使用 UV 紫外線殺菌設備。

### 2. 水源儲存設備

本研究購買 20 噸蓄水槽乙座，經事前檢驗發現已餘氯量很少，原因為實驗場所在為管末，因此本研究最終採用自行於 20 噸蓄水槽加餘氯方式進行。另本研究對象侷限在間接供水模式之

自來水，為仿照實際現況，在設置飲水機位置前端，加設一家庭用不鏽鋼材質之 1 噸水塔，供應飲水機之水源，以模擬實際使用狀況。整個計畫實驗在國立暨南國際大學埔里校區之污水處理廠管理中心實驗場中進行。

### 1. 化驗分析設備

本研究所擬化驗分析之水質項目為大腸桿菌群、總菌落數兩項，所需使用之相關儀器、耗材與藥品等購置，均依環保署公告的檢驗方法內之規範需求添購。

## 三、研究方法

以傳統式飲水機、開水機、純水(RO)機為實驗設備，進行合理採樣方法(採樣前究應排放多少水量，始可採得代表系統水質的樣品?)之分析與探討，實驗設計如表 1。飲用水水質標準項目中，以大腸桿菌群與總菌落數二種水質項目分析結果，最容易受到採樣方法的影響，而此二者更是現今飲用水設備維護管理辦法中明文規定必須定期檢驗的水質項目。因此，採樣設備是否受到生菌污染？啟動瞬間採得的水樣，是否會受出水口及其管線曝露空氣中滋菌而污染？此等問題均需於採樣時特別注意。

表 1. 本研究目前進行第一階段實驗試程(探討採樣方法)

試程編號	機型	實驗進流量條件	採樣週期	每次採樣之樣品數 n
1	傳統式飲水機	考量最保守情況，飲水機鮮為人用，長時間放置與曝露。進流量條件控制在使用 15 秒停用 120 分鐘。先依此方式操作 4 天後，開始採樣。	每隔 3 天採樣乙次連續進行 15 天	第 0~1 分鐘一個水樣；第 1~2 分鐘一個水樣；……；第 4~5 分鐘一個水樣。冰、溫出水口各一個採樣點，共計各 10 個水樣
2	開水機			
3	純水(RO)機			

由於目前法規上並未明訂採樣前應排放多少的水量，僅規定採樣前應以酒精或其它方法消毒出水口，及以採取具有該系統水質代表性的水樣為要求，致不同排放水量的採樣檢驗結果之正確性與代表性，值得進一步探討。初步判斷，飲水機設備閒置愈久，愈易造成出水口及其管路內滋菌，而法規如欲訂定採樣前之排放量，宜朝「多數」飲水機在排放該水量後，確實可採得代表該系統水質之水樣。基於此點考量，本研究在本階段乃以使用 15 秒停用 120 分鐘模式，模擬進流水量(用水量)，並在採樣前仍依規定以火烤方式進行出水口之消毒工作，且於系統啟動前，進行濾心全面更新，並以 NaOCl 消毒所有管線與內容器，以確保系統初始狀態無菌。

#### 四、結果與討論

從民國 88 年 11 月至 89 年 1 月間，依研究方法進行採樣並分析總菌落數與大腸桿菌數，結果見表 2~表 13。由表中發現大腸桿菌數檢出之值相當少且變化不大，故主以總菌落數作為本研究分析之探討依據。由於水質數據的不穩定及變異因素大，擬利用數據均值分析，將探討條件的不同時間累加後求取其平均數，首以直觀法分析其結果，並假設其菌數應為時間指數遞減模型，以離散數列方式逐一求解遞減率(  $\gamma$  )值，其方法如下：

基本假設：

$$x(t + \Delta t) - x(t) = -rx(t)\Delta t$$

其中

$x(t + \Delta t)$ ：為前一時間所採樣分析菌數。

$x(t)$ ：為後一時採樣分析菌數。

$\Delta t$ ：一分鐘採樣時差，取 1。

以總菌落數所得數據為分析對象，運用前提方法，並對以下問題進行分析探討。

- (1). 各種飲水機機型，在不同排水時的採樣條件情況，由圖 1 明顯可見在第一分鐘時間各機型之菌數均最高，時間愈長有緩和穩定趨勢，且以純水機之表現最為平穩。由圖 2 分析其中三種機型之差異，以傳統式飲水機之表現最為不佳。由前可論證目前市面上飲水機場量及使用情況，傳統式飲水機已漸被淘汰，也是不增的事實。

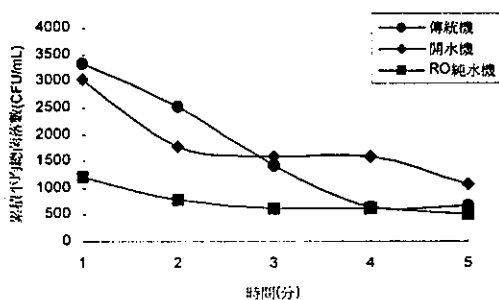


圖 1：飲水機排水採樣時間累積平均比較

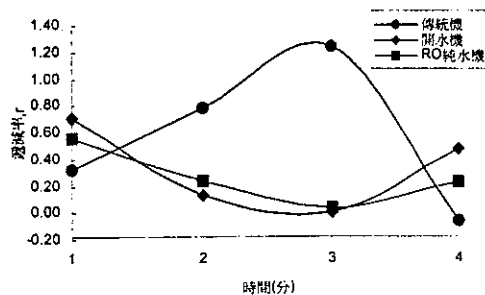


圖 2：飲水機排水採樣時間遞減率比較

- (2). 冰溫出水在不同排水時間的採樣條件情況，由圖 3 明顯可見在第一分鐘時間冰溫水之菌數均最高，且又以冰水較溫水高出很大，分析其主要在有無盛容器(冰桶)的裝設差異。並由圖 4 亦可判知，冰溫水之正負趨勢均約第二分鐘內快速穩定變化。

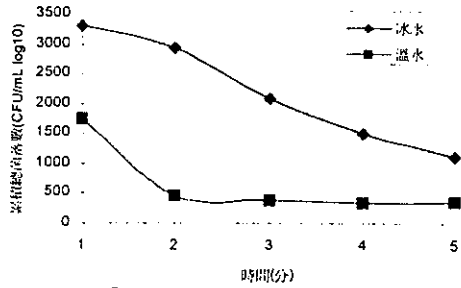


圖3：冰、溫飲水機排水採樣時間累積比較

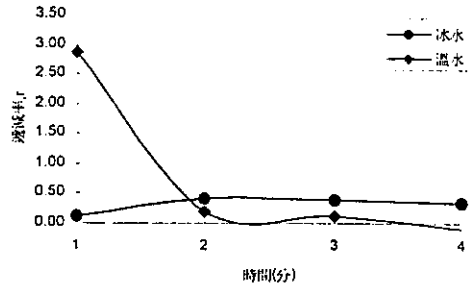


圖4：冰、溫飲水機排水採樣時間遞減率比較

表 2、傳統式飲水機各時段冰水出口總菌落數

時段	時間 編號	日期									
		881122	881214	881216	881220	881222	881229	881231	890103	890105	890107
0-1分	1	14750	0	98	6375	2800	4890	10900	5920	2680	3890
1-2分	2	12375	0	75	4500	3000	4230	9900	5420	15100	3130
2-3分	3	0	53	75	2475	2400	2430	6000	1920	2220	1990
3-4分	4	0	50	115	1170	2600	2310	1310	1090	750	705
4-5分	5	0	53	88	1128	1200	1540	1340	1060	868	908

表 3、傳統式飲水機各時段冷水出口總菌落數

時段	日期 編號	日期									
		881122	881214	881216	881220	881222	881229	881231	890103	890105	890107
0-1分	1	12375	48	438	465	900	1560	1360	2290	1720	423
1-2分	2	0	45	60	392	210	513	513	775	535	398
2-3分	3	0	13	75	732	180	690	350	535	433	330
3-4分	4	0	75	115	800	190	830	575	513	373	388
4-5分	5	0	80	130	918	170	948	708	733	425	1210

表 4、開水機各時段冰水出口總菌落數

時段	日期 編號	日期									
		881122	881214	881216	881220	881222	881229	881231	890103	890105	890107
0-1分	1	22750	155	6225	5125	0	213	1300	1220	2750	3570
1-2分	2	19125	103	6200	5075	0	240	1700	1140	2010	3000
2-3分	3	19000	153	6218	4375	0	235	1440	1370	1850	2170
3-4分	4	19625	240	6000	4325	0	493	1100	1070	2330	2120
4-5分	5	20500	143	2475	415	0	310	735	1130	1740	1680

表 5、開水機各時段溫水出口總菌落數

時段	日期 編號	881122	881214	881216	881220	881222	881229	881231	880103	880105	880107
		0-1分	1	15250	193	858	9480	0	460	523	1900
1-2分	2	12250	170	640	1440	0	238	283	588	408	658
2-3分	3	12375	170	500	615	0	348	268	438	640	543
3-4分	4	8750	175	880	480	0	133	293	535	533	698
4-5分	5	12625	43	628	5190	0	85	310	600	730	738

表 6、純水機各時段冰水出口總菌落數

時段	日期 編號	881122	881214	881216	881220	881222	881229	881231	890103	890105	890107
		0-1分	1	15000	0	203	1375	1300	2020	2000	2910
1-2分	2	0	0	0	1662	90	1730	2060	2530	1662	1100
2-3分	3	2000	0	0	1958	70	980	1680	1640	1958	468
3-4分	4	16875	0	0	1795	93	910	928	1760	1795	463
4-5分	5	14375	0	3	1165	190	3630	1430	1690	1165	220

表 7、純水機各時段冷水出口總菌落數

時段	日期 編號	881122	881214	881216	881220	881222	881229	881231	890103	890105	890107
		0-1分	1	22500	0	23	1500	540	2250	858	1070
1-2分	2	22700	0	0	68	680	145	200	273	68	265
2-3分	3	16875	0	3	58	350	1030	140	180	58	248
3-4分	4	18125	0	5	62	260	3510	125	195	62	180
4-5分	5	14325	0	23	75	150	535	248	130	75	185

表 8、傳統式飲水機各時段冰水出口大腸桿菌數

時段	日期 編號	881122	881214	881216	881220	881222	881229	881231	890103	890105	890107
		0-1分	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1-2分	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3分	3	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4分	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5分	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 9、傳統式飲水機各時段冷水出口大腸桿菌數

時段	日期 編號	881122	881214	881216	881220	881222	881229	881231	890103	890105	890107
		0-1分	1	0	80	0	0	0	0	0	0
1-2分	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3分	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4分	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5分	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 10、開水機各時段冰水出口大腸桿菌數

時段	日期 編號	881122	881214	881216	881220	881222	881229	881231	890103	890105	890107
		0-1分	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2分	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3分	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4分	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5分	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 11、開水機各時段溫水出口大腸桿菌數

時段	日期 編號	881122	881214	881216	881220	881222	881229	881231	890103	890105	890107
		0-1分	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2分	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3分	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4分	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5分	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 12、純水機各時段冰水出口大腸桿菌數

時段	日期 編號	881122	881214	881216	881220	881222	881229	881231	890103	890105	890107
		0-1分	1	11	0	0	0	0	0	0	0
1-2分	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3分	3	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4分	4	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5分	5	9	0	3	0	0	0	0	0	0	0

表 13·純水機各時段冷水出口大腸桿菌數

時段	日期 編號	881122	881214	881216	881220	881222	881229	881231	890103	890105	890107
		0-1分	1	17	0	0	0	0	0	0	0
1-2分	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3分	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4分	4	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5分	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## 五、結論

為探討飲水機飲用前之合理排放時間，利用單一試驗或取其單一試驗結果，都不可能得到完善之解答。本研究使用統計基本原理，在進行本研究試驗後，運用所得試驗資料以平均趨勢觀念，求解平均合理排水時間約在為 1~2 分鐘，雖與實際一般市面上飲水機在機前標示版，提示取用飲用前請排放 30 秒，其結果發現排放時間有過高現象，可能令人難接受，唯原因可能是本研究所使用之實驗儀器，為能符合實驗條件需求，加以組裝內部管、零件較之一般市面出產機型較複雜，影響實驗結果，但由本研究亦可論證，在飲水機取用水前，確實需有一段排放前置時間之水量，方能使用水品質有相當助益。尤其，在民眾對飲水品質要求日益嚴格的今日，民眾本身可以自行做到的，應更注意並且勵行飲水前排除一些水量，藉以消除出口端可能受外界污染或蓄積鐵鏽之機會，以提高個人用水安全，維護民眾身體健康。

## 六、誌謝

本研究承蒙環保署計畫編號 EPA-89-U1J1-03-007 補助支持，特此予以誌謝。

## 七、參考文獻

1. 葉俊宏、許明華，「飲用水管理相關法規之探討」，自來水會刊雜誌第十五卷第四期。(1996)
2. 李澤民，「飲用水之管理與法規內涵」，自來水會刊第十八卷第四期。(1999)
3. 黃志彬、許昺慕、許永華，「飲用水安全之指標微生物及其管制標準」，自來水會刊第十七卷第二期。(1998)
4. 環保署，「飲用水中無機物、微生物及濁度管制項目及管標準合理性分析」，台北：行政院環保署。(1996)。
5. 張怡怡、蔣本基、周永昌、陳美齡，「飲用水中微生物及無機物管制標準之合理性分析」，自來水會刊第十七卷第二期。(1998)
6. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APH/AWWA, and WEA, Washngn, D.C., 19<sup>th</sup> ed.(1995)
7. 環保署，「市售飲用水設備(含磁化水、電解水、礦泉水生成器及自然回歸水等)處理後水質變

- 化之探討及其維護清洗頻率研訂」，行政院環保署。(1998)
8. 賴秋陽，「純水、超純水製造法」，復漢出版社。(1998)
  9. 蔡勳雄，「安全飲用水手冊(第二版)」，台北：行政院環保署。(1998)
  10. 駱尚廉，「飲水機淨水設備對過濾水質之影響」，省環保處。(1993)
  11. 嘉義市環保局，「嘉義市飲用水設備衛生調查」。(1995)
  12. 環保署，「飲用水設備(含飲水機、淨水器、軟水器等)標準草案之研訂」，台北：行政院環保署(1998)。