

臺灣大學校內自來水滯留影響水質之探討

Water Quality Deterioration Due to Water Stagnation

on National Taiwan University Campus

實習單位：臺北自來水事業處水質科

實習學生：楊千慧 指導老師：王根樹



研究背景

根據聯合國的最新統計，全球目前有20億人口是沒有乾淨的水可以使用，且每年大約有140萬人口死於缺水；此外，非洲國家有50%的水源含有高濃度的大腸桿菌，也就是腹瀉的病原體之一。以上的現況正是為什麼聯合國在2015年提出的永續發展目標中，其中的第6項為「潔淨飲水與衛生」目標是在2030年前確保每個人都能享有水、衛生及水資源的永續管理。因此，為人們提供充足且衛生的用水，以降低水傳染病的發生率，已成為各國重要的公共衛生目標。

當你打開水龍頭就有水流出，你是否曾想過：這些水是經過了哪些程序，才變成我們所使用的水呢？淨水場將原水進行混凝、沉澱、過濾等處理後，可以去除大部分的污染物與雜質，但是仍有一些微生物會存在水中，必須再經消毒的程序，才能供應給民眾使用。而「氯」是一種高效能的消毒劑，使得自來水在輸送到用戶的過程中維持消毒能力，避免二次污染。以台北自來水事業處為例，其淨水場的出水餘氯均嚴格控制在0.5~0.7 ppm間，因此，經過適當處理的自來水應當不含致病性微生物。

研究動機與目的

若水池、水塔容量太大，或是自來水長期滯留導致餘氯耗盡，將可能影響到水質。舉例而言，大專院校在寒、暑假期間，由於學生不在校，絕大部分的教學大樓及學生宿舍都會被閒置。而自來水在管線中長時間停滯且無餘氯的狀態下，將可能孳生生物膜，使得致病性微生物存在的機率大大增加。因此，本研究將調查暑假期間，臺灣大學校內教學大樓及學生宿舍的自來水水質，探討「滯留水」對水質的影響狀況，並提出相關想法與公共衛生上的建議。

材料與方法

自由有效餘氯

- 自來水多以氯氣消毒，當氯氣溶於水中，會變成次氯酸或次氯酸根離子，即俗稱的自由有效餘氯。
- 代表水「抵禦外來微生物污染」或「預防微生物再生」的能力。
- 可作為一種水質指標。
- 檢測方式
 - ◇選擇暑假期間連續2~3天的相近時段，用DPD法進行餘氯檢測。
 - ◇分別對每個研究對象的自來水做「排水前」、「排水0.5分鐘」及「排水1分鐘」的餘氯檢測。

大腸桿菌（群）

- 利用「酵素呈色及螢光反應檢測法」進行檢驗。
- 檢驗方式
 - ◇用 100 mL 的無菌塑膠瓶量取 100 mL 的水樣。
 - ◇加入 Colilert-18 培養基粉末，搖晃使其完全溶解後裝至定量盤。
 - ◇於 35 ± 1 °C 的溫度下培養 18~22 小時。
 - ◇計數大腸桿菌（群）陽性之孔數，再查表求取最大的可能數。

研究對象

- 臺灣大學校內教學大樓：綜合教學館、新生教學館、普通教學館、博雅教學館以及共同教學館。

比較對象

- 臺灣大學校內學生宿舍：大一女舍、女九舍以及男一舍。

研究結果與分析

表一、教學大樓餘氯檢測結果

自來水檢驗地點	餘氯濃度 (ppm)								
	8月7日			8月8日			8月9日		
檢驗日期	初始	0.5	1	初始	0.5	1	初始	0.5	1
排水時間 (min)	0.19	0.25	0.39	0.21	0.27	0.39	0.20	0.26	0.38
綜合教學館	0.19	0.25	0.39	0.21	0.27	0.39	0.20	0.26	0.38
新生教學館	0.28	0.22	0.35	0.07	0.24	0.21	0.01	0.23	0.31
普通教學館	0.36	0.37	0.39	0.38	0.44	0.45	0.42	0.42	0.44
博雅教學館	0.22	0.24	0.26	0.03	0.26	0.28	0.15	0.25	0.31
共同教學館	0.05	0.06	0.10	0.01	0.07	0.07	0.04	0.07	0.23

表二、學生宿舍餘氯檢測結果

自來水檢驗地點	餘氯濃度 (ppm)					
	8月14日			8月15日		
檢驗日期	初始	0.5	1	初始	0.5	1
排水時間 (min)	0.04	0.05	0.11	0.02	0.03	0.03
大一女舍	0.04	0.05	0.11	0.02	0.03	0.03
女九舍	0.29	0.33	0.39	0.27	0.34	0.35
男一舍	0.01	0.11	0.15	0.03	0.17	0.19

一、餘氯檢測結果分析

●教學大樓

- ◇普通教學館是唯一一個餘氯濃度都合格的教學大樓，主要是因為暑假期間，這裡經常被當作校外英檢的考場，因此自來水的使用頻率高。
- ◇除了共同教學館，其他教學大樓會在部分幾天的排水前出現餘氯不合格的情況，但隨著排水時間的增加，餘氯濃度都有上升。

●學生宿舍

- ◇女九舍的餘氯濃度都有超過0.2ppm。由於本研究進行採樣的兩天都剛好遇到宿舍的打掃阿姨在清掃環境，因此女九舍的自來水較沒有滯留的問題。
- ◇大一女舍及男一舍都有明顯餘氯不足的情況。

●明顯餘氯不足的地點

- ◇共同教學館及大一女舍主要是因為配水管線過長，以及水池水塔容量過大，使得自來水滯留太久而造成餘氯不足。
- ◇男一舍因為使用頻率不高使自來水有滯留的情況，因此在排水後餘氯濃度很快就上升了。

二、大腸桿菌（群）檢測結果

- 教學大樓及學生宿舍的定量盤都完全沒有任何一格呈現黃色，顯示無檢出大腸桿菌（群）。

三、大腸桿菌（群）檢測結果分析

- 雖然沒有驗出微生物，表示未發生外來污染的現象，但不代表水質完全沒有問題；由於影響微生物生長的因子除了自由餘氯濃度之外，還包含了pH值、水中細菌的營養基質等，因此VBNC (Viable But Non-Culturable) 是利用培養法檢測微生物時十分常見的問題。

想法與建議

- 有些地點的自來水會因為滯留的問題，在一開始出水的餘氯濃度是不夠的，故我認為學校可以向學生宣導用水前先進行排水，以降低餘氯不足的可能性。
- 學校的教學大樓應該定期維護用水設備，定期清洗水池水塔，避免孳生生物膜。
- 我認為本研究可以多加調查：各棟建築物的滿水位水量可以供應給學生使用幾天？如此一來，學校是否可以在教學大樓或是學生宿舍使用率不高時，減少水池、水塔容量，以常保新鮮水質。