

校園污水水質改善方案—— 以慈塘、蒙民偉樓及物理館旁的水溝與昆明湖為例

一、前言

(一)、動機

每當經過蒙民偉樓、物理館旁的水溝、慈塘(位在女生宿舍旁)以及昆明湖時，都會聞到濃厚的臭味，汙濁且色澤泛白的污水，也能看見水面漂浮著白色的泡沫，在這些觀察之下，筆者認為這些場域的水體不只會對周遭的生態環境造成危害，也會影響校園的風貌。因此，此報告想要探究上述區域中污水的來源以及成因，並且向校方提出數個改善污水水質的方案。在與總務處環安組以及事務組相關人員交流後，得知上述中各場域的水體同源自寶山，經過慈塘流經靜湖、蒙民偉樓再到物理館、昆明湖，水體彼此互相流通，因此這份報告會聚焦於以下數個水體的污水成因與改善方案：靜湖、蒙民偉樓木橋前與木橋後的水溝、物理館旁的水溝與昆明湖。此外，若以靜湖為起點，昆明湖為終點連成一條線，女生宿舍之橋有兩側，此報告將橋靠近起點的一側命名為橋前，靠近終點的一側則為橋後，蒙民偉樓的木橋前、後命名邏輯亦同。

(二)、行動方法

先向校方詢問靜湖、蒙民偉樓旁水溝等水體的資訊，再進行水質檢測，最後透過實驗數據分析污水來源及成因，並提出水質改善方案。首先，組員向總務處環安組及事務組相關人員，詢問關於校內污水管線線路、來源及校方污水處理方針等資訊，並討論水質檢測方式及水體採集相關事宜等。第二，依據「全國環境水質監測資訊網」公布的「河川污染指標(RPI)」以及基礎生命科學的水質檢測實驗¹，組員在評估可實行性與必要性後，決定測量以下數項水質檢測項目：水體的溶氧量、硝酸鹽、亞硝酸鹽、胺以及磷酸鹽含量，水溫及PH值。第三，在完成實驗數據整理及分析後，此報告參考「台中市清溪計畫」以及其他國內外污水整治案例，提出校內污水處理之對策，並了解校方目前使用之策略，並比較方案的差異。

二、實驗方法

組員在取水地直接使用試劑，測量水體的溶氧、硝酸鹽、亞硝酸鹽、胺、磷酸鹽含量，並以溫度計紀錄水溫及室溫。使用血清瓶盛裝200mL的水樣，將其帶回實驗室，先以濾紙過濾水中雜質，再以酸鹼度計(PH meter)測量水樣之PH值。

三、實驗結果分析

由表一比較不同地點的水質檢測數據，可觀察到同一檢測項目中有較為不同的數據，此段將以這些數據加以分析。蒙民偉樓木橋後的多項數據與其他區域非常不同，且木橋後有一排水口，故以下就此區域的水體數據特別分析：第一，NO₃⁻的濃度顯著

1 〈河川污染指標(RPI)〉，〔全國環境水質監測資訊網〕，2020年5月28日，
https://wg.moenv.gov.tw/EWQP/zh/Encyclopedia/NounDefinition/Pedia_37.aspx，瀏覽日期：2024年6月3日。

提高， NO_3^- 以及 NO_2^- 的正常濃度為0ppm，兩者濃度增加時，水體會長藻類或使水質變酸。而在組員檢測的點並沒有任何一處的 NO_3^- 數值為0，推測可能是在上游就已受到氮化合物的影響；第二， $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ 的濃度略為下降，當其濃度為8ppm時，即達到試劑可測試的最大濃度，表示氮不能有效轉換成亞硝酸跟硝酸鹽，而氮對水中生物有毒性，若不能有效轉換則會帶來很大的危害，導致水體中的生物變少，或只有少部分適應性強的生物得以存活；第三， PO_4^{3-} 大幅上升，磷酸鹽為優養化的主要來源，為水體藻類提供養分，會使藻類迅速增加；第四，水體的pH偏鹼；第五，溶氧量較低，水若受到有機物質污染，則水中微生物在分解有機物時會消耗水中的溶氧，造成水中溶氧降低甚至缺氧。正常環境的水樣溶氧量大於6.5ppm，25°C時，淡水溶氧低於4ppm表示危險。

由表一可見，慈塘、昆明湖的溶氧量非常低，推測是慈塘、昆明湖的水體幾乎不流動且水面上藻類較多的緣故，組員觀察時，發現水體內的魚也都浮上水面呼吸，浮頭現象明顯。物理館前水段的磷酸鹽濃度偏高，其相對流動速度卻比慈塘高一些，推測可能在蒙民偉橋後水段1-2之間及到物理館前的兩處還有其他往水體內排水的水管，可能排放含有洗潔用品的廢水，導致磷酸鹽濃度偏高。物理館後溶氧量高，推測原因是我們取水處前方恰好有水位落差，使得水沖下而溶氧變高，此處也有魚類生存，且沒有浮頭情況。但受限於此區段較小，魚類數量也不多，耗氧量就不大，推測也是此水段溶氧量較高的原因。

此外，雖則在實驗儀器的限制之下，無法檢測水體的惡臭物質和臭氣強度，但是水體的臭味是可以清晰判斷的。由於宿舍區民生用水會排入這些水體中，因此廚餘殘渣、垃圾以及毛髮可能卡住排水口，油垢堆積在排水口會導致酸臭，而垃圾分解也可能釋放臭味。

此次檢測的水體自過了蒙民偉橋後，除了物理館後有較大高低落差增加曝氣使溶氧增加外，其他地方溶氧多低於4ppm，根據河川水質汙染指標已到達中度汙染值。且此次溶氧值最低的昆明湖更是達到嚴重汙染程度。

四、計畫檢討

此次計畫的目的是透過分析數據，探索汙水的成因，再提出改善水質的方案。原先此報告的水質檢測項目包含重金屬與硼，然而，由於組員找不到能力所及的檢測方法因而放棄這些項目，如此一來便無法得知水中的重金屬汙染情形，導致分析並不完整。

五、未來展望

此段會先根據水質檢測數據分析，提出針對水質以及水體臭味改善的策畫，再與校方的方案相互比較。

首先，針對水質筆者提出改善策略：第一，推測環境中無硝化菌（光合菌），因此可加入硝化菌吸收陽光，將毒性高的氮及水底下死亡的生物轉換為毒性較低的亞硝酸及硝酸鹽；第二，定期修剪周圍樹木以增加日照，使水中存有的菌類運作；第三，可以在湖中新增打氧氣的工具，提升溶氧量，使菌類得以運作；第四，在湖中種植水生植物，有效地消耗磷酸鹽；第五，定期監測，以利在出現異常時即時維護。針對水質校

方提出改善策略:第一，向新竹市政府爭取環境部前瞻計畫，在水體的汙染源頭——民宅聚集的高翠路，使用綠材並以自然工法加蓋現地處理設施(On-site treatment)，以降低源頭汙染；第二，在昆明湖旁建設汙水井以收集來自靜湖、蒙民偉樓及物理館旁水溝的汙水，使汙水得以排向新竹市水資源回收中心。

第二，針對臭味筆者提出改善方案：第一，請專人清理管線，並持續維護，然而其缺點為花錢、花時間，而且須要持續進行；第二，放置油脂分解菌，其優點是天然、可以自行維護環境，但缺點是培育此環境較為困難。

筆者與校方針對水質提出的改善方案截然不同，筆者傾向改善水體本身的水質，而校方傾向從汙染源頭下手以減輕汙染情形，與汙水在流放回環境前的處理。兩者應當可以同時並行。

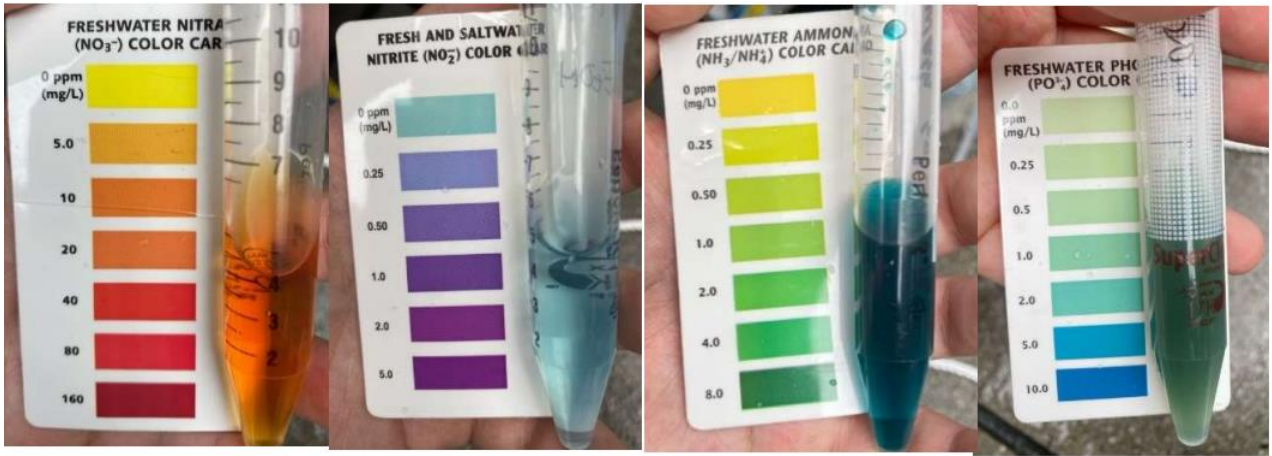
六、其他補充資料



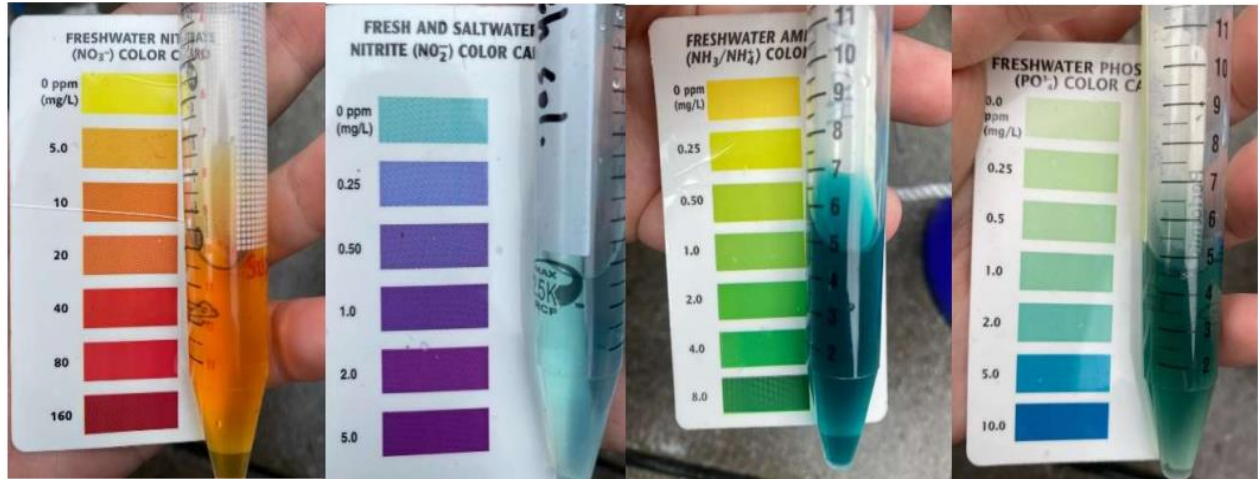
圖一、慈塘水質檢測結果(由左至右分別為 NO_3^- 、 NO_2^- 、 $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ 、 PO_4^{3-} 的檢測結果)



圖二、女宿旁水質檢測結果(由左至右分別為 NO_3^- 、 NO_2^- 、 $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ 、 PO_4^{3-} 的檢測結果)



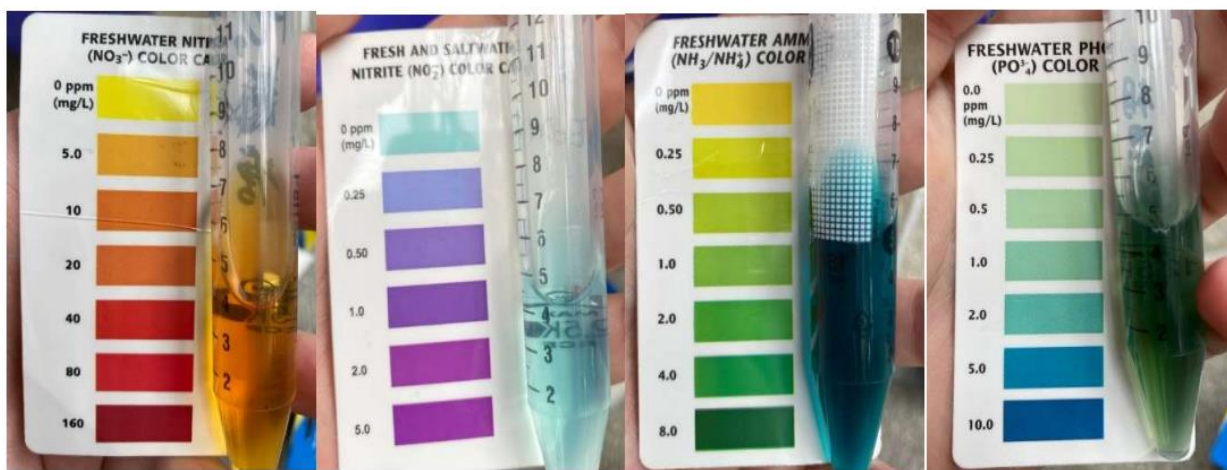
圖三、蒙民偉橋前水質檢測結果(由左至右分別為 NO_3^- 、 NO_2^- 、 $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ 、 PO_4^{3-} 的檢測結果)



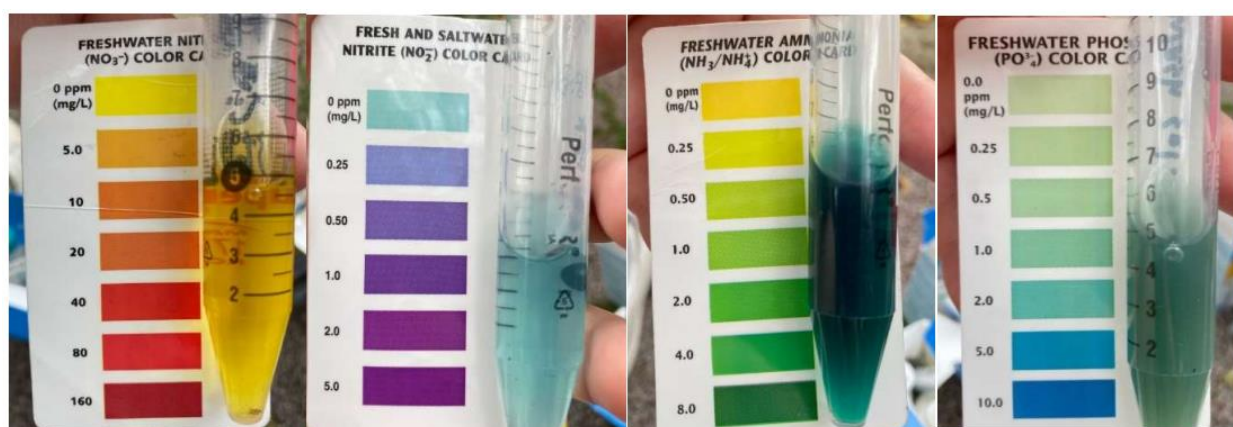
圖四、蒙民偉橋後1水質檢測結果(由左至右分別為 NO_3^- 、 NO_2^- 、 $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ 、 PO_4^{3-} 的檢測結果)



圖五、蒙民偉橋後2水質檢測結果(由左至右分別為 NO_3^- 、 NO_2^- 、 $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ 、 PO_4^{3-} 的檢測結果)



圖六、物理館前水質檢測結果(由左至右分別為 NO_3^- 、 NO_2^- 、 $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ 、 PO_4^{3-} 的檢測結果)



圖七、物理館後水質檢測結果(由左至右分別為 NO_3^- 、 NO_2^- 、 $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ 、 PO_4^{3-} 的檢測結果)



圖八、昆明湖水質檢測結果(由左至右分別為 NO_3^- 、 NO_2^- 、 $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ 、 PO_4^{3-} 的檢測結果)

表一、實驗數據

地點	溫度	pH	溶氧(d)	溶氧(ppm)	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₃ /NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻
慈塘	26	7.55	8	4	5	0	大於8	1
女宿旁	24.3	7.75	12	6	5	0	大於8	1
蒙民偉橋前	26.4	7.73	11	5.5	10	0	大於8	1
蒙民偉橋後1	26.5	7.94	9	4.5	10	0	大於8	2
蒙民偉橋後2	25.8	7.64	5	2.5	20	0	4~8偏8	5~10
物理館前	25.8	7.6	7	3.5	5	0	大於8	5
物理館後	25.2	7.74	10	5	0~5	0	大於8	1
昆明湖	25.4	7.67	4	2	0~5	0	大於8	1.0~2.0



圖九、取水地圖

表二、分工表

李婉綸	pH檢測、實驗結果
李諦亞	各項水質檢測、前言、行動方法
蔡麗如	各項水質檢測、實驗分析
賴蒼文	pH檢測、未來展望

七、實驗器材及藥品



圖十、硝酸鹽試劑



圖十一、亞硝酸鹽試劑



圖十二、阿摩尼亞試劑



圖十三、磷酸鹽試劑



圖十四、溶氧量試劑



圖十五、suntex-桌上型酸鹼計sp-2100

八、參考資料

1. 〈河川汙染指標 (RPI)〉，〔全國環境水質監測資訊網〕，2020年5月28日，
https://wq.moe.gov.tw/EWQP/zh/Encyclopedia/NounDefinition/Pedia_37.aspx，瀏覽日期：2024年6月3日。