

嘉義市第 37 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：地球科學

組 別：國 中 組

作品名稱：校園用水水質分析
及校園水污染調查

關 鍵 詞：水質分析、水汙染

編 號：

校園用水水質分析及校園水污染調查

摘要

本件科展活動的主要內容分為兩部分，第一部分是本校為例，針對校園內之地下水、自來水、礦泉水、飲水機水、實驗廢水、廚房廢水等各類用水做水質分析。第二部分是對校園內主要的排放廢水做污染調查，包含(一)洗滌廢水污染調查。(二)廚房廢水污染調查。(三)實驗廢水污染調查。以進一步探討其校園廢水對環境可能造成的影響，喚起相關單位對校園用水品質的重視，並呼籲同學對校園用水之愛惜與維護。

壹、研究動機

隨著各項科技蓬勃發展與日新月異，而各類用水所造成的環境污染亦日形嚴重，我們應隨時注意並關懷周圍的生活用水品質，讓我們聯想到校園內的用水安全問題，於是興起了我們研究的興趣，立刻邀集了同學，開始著手收集相關資料，展開了這次的科展活動。

貳、研究目的

- (一)檢測校園各項水質以了解各項水質狀況。
- (二)了解校園用水之水質是否符合國家標準值。
- (三)探討校園廢水對校園周圍環境可能造成之影響。
- (四)喚起同學對校園用水之愛惜與維護。

參、研究設備及器材

PH計、導電度計、溶氧計DO、COD檢測計、COD試藥、水質檢測計、水質檢測試藥、實驗室廢水、地下水、RO水、自來水、量筒、燒杯、試管、錐形瓶、滴管、塑膠桶、數位相機、筆電。

		
a.校園用水採樣	b.實驗廢水收集	c.pH及導電度檢測計
		
d.攜帶型水質檢測計	e.水質檢測試藥	f.COD消化爐
		
g.水質用分光光度計	h.COD消化藥劑	i.溶氧(DO)檢測計
		
j.各種容量之量筒	k.各種容量之燒杯	l.試管

圖1.研究設備及器材

肆、研究過程及方法

實驗流程：

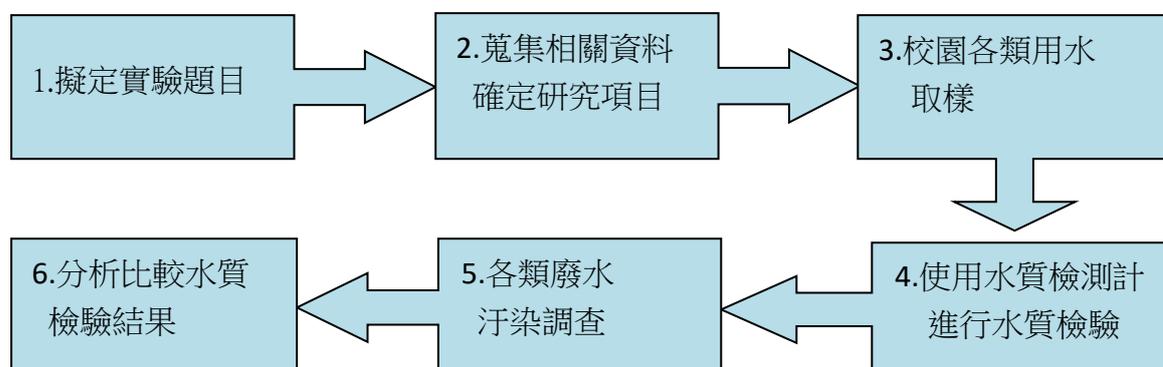


圖 2.研究過程實驗流程

說明：

- 1.各類用水取樣：採集校園地下水、自來水、RO 水、魚池水、實驗廢水、廚房廢水、學生常飲用之各類礦泉及飲水機水等水樣。
- 2.各項水質檢驗：利用分光光度計、攜帶型水質檢測計、pH 計及導電度計等檢測儀器，測定各種水樣之色度、濁度、導電度、pH 值、硬度、總鉻、鋁離子、餘氯等水質指標項目。
- 3.各類廢水汙染調查：是針對校園內主要的排放廢水，包含(一)洗滌水廢水。(二)廚房廢水。(三)實驗廢水做汙染調查。
- 4.分析比較水質優劣：檢驗結果與國家規定之標準值比較，以做為用水之參考。

第一部分：校園用水水質分析

〔檢測項目一〕測定導電度(COND)

(一)說明：1.在環境監測上，水的導電度常被用來評估水體是否遭受污染的指標，水中溶解有電解質時，電流通過時可解離正、負離子而導電。

2.本項目採用 pH/COND/TDS 水質檢測計(圖 1-c)測定。

(二)方法：使用攜帶型之 pH/COND/TDS 檢測計，在採樣現場立即檢測水樣，將水樣 5cc 倒入導電度儀之試樣槽，欲測的**導電度(COND)**就會直接在液晶螢幕上顯示出來。

(三)實驗情形：(圖 4-a)

〔檢測項目二〕測定 pH 值

(一) 說明：1.pH 值為溶液中所含氫離子濃度之數值指標，一般 25°C，PH 值 <7 質呈酸性；PH=7 水質呈中性；PH>7 水質呈鹼性。pH 值亦為水質測定指標之一。

2.本項目採用 pH/COND/TDS 水質檢測計(圖 1-c)測定。

(二)方法：1.使用攜帶型之 pH/COND/TDS 檢測計檢測。

2.在採樣現場立即檢測水樣，將水樣 5cc 倒入檢測槽中，檢樣的 **pH 值**就會顯示在液晶螢幕上。

(三)實驗情形：(圖 4-b)

〔檢測項目三〕測定總溶解固體量(TDS)

(一) 說明：1.pH 值為溶液中所含氫離子濃度之數值指標，一般 25°C，PH 值 <7 水質呈酸性；PH=7 水質呈中性；PH>7 水質呈鹼性。pH 值亦為水質測定指標之一。

2.本項目採用 pH/COND/TDS 水質檢測計(圖 1-c)測定。

(二)方法：1.使用攜帶型之 pH/COND/TDS 檢測計檢測。

2.在採樣現場立即檢測水樣，將水樣 5cc 倒入檢測槽中，水樣的 **總溶解固體量(TDS)**就會顯示在液晶螢幕上。

(三)實驗情形：(圖 4-c)

〔檢測項目四〕測定溶氧(D.O.)

(一)說明：1.DO 值為水中所含氧濃度之指標，一般 25°C，新鮮的水質 DO 值約在 10ppm 左右。

2.本項目採用 DO 水質檢測計(圖 1-i)測定。

(二)方法：1.使用攜帶型之 DO 檢測計檢測。

2.在採樣現場立即檢測水樣，將水樣倒滿檢測槽中；或是將 DO 檢測計直接置入流動的水樣中，**溶氧值(DO)**就會顯示在液晶螢幕上。

(三)實驗情形：(圖 4-d)

〔檢測項目五〕化學需氧量(COD)測定

(一)說明：1.化學需氧量（Chemical Oxygen Demand，簡稱 COD）是水中有機物污染最常用的指標之一。COD 值越大，表示水質遭受有機物污染越嚴重。

2.本項目採用 COD 消化爐(圖 1-f)及分光光度計(圖 1-g)測定。

- (二)方法：1.將水樣過濾後取 2ml，加入 2ml 二鉻酸鉀試劑(圖 1-h)，混合均勻。
- 2.放入 COD 消化爐中，反應 120 分鐘，等冷卻至常溫。
- 3.使用分光光度計檢測，輸入程式代碼 430，按 ENTER 鍵，調整波長到 420nm。
- 4.取蒸餾水注滿 25ml 比色瓶中，放入比色槽中按 ZERO 歸零，做為空白實驗。
- 5.將待側水樣倒入另一支比色瓶，放入比色槽中，按 READ，在液晶螢幕上讀取 **COD 值**。

(三)實驗情形：(圖 4-e)

〔檢測項目六〕測定色度(Colour)

(一)說明：1.水中腐植質、浮游生物、微生物及工業廢水…等常使水帶有顏色，自然物分解所產生的色度一般不具毒性；。若色度太高則代表水質有問題不宜使用。色度單位是指 1mg 鉑以氯鉑酸根子形態存在於一公升水中所產生的色度。

2.本項目採用水質用分光光度計檢測計(圖 1-g)測定。

- (二)方法：1.將水樣過濾去除懸浮物，使用分光光度計檢測(圖 1-g)，輸入程式代碼 125，按 ENTER 鍵，調整波長到 465nm。
- 2.取一 100ml 燒杯注入 50ml 待測水樣，調整 pH 為 7.6。
- 3.蒸餾水注入 25ml 比色瓶中，放入比色槽中按 ZERO 歸零，做為空白實驗。
- 4.將待側水樣倒入另一支 25ml 比色瓶中，放入試樣槽中按 READ，在液晶螢幕上讀取**色度值(Colour)**。

(三)實驗情形：(圖 4-f)

〔檢測項目七〕測定濁度(Turbidity)

(一)說明：1.濁度來源有黏土、淤泥、無機及有機微粒浮游生物、細菌等，濁度的大小更影響水的品質。

2.本項目採用水質用分光光度計檢測計(圖 1-g)測定。

(二)方法：1.輸入程式代碼 750 按下 ENTER,調整波長到 860nm。

2.加 25ml 蒸餾水於比色瓶中按下 ZERO 歸零，此為空白實驗。

3.加入 25ml 水樣放入比色槽中按 READ，螢幕即顯示**濁度值**。

(三)實驗情形：(圖 4-g)

〔檢測項目八〕測定餘氯含量(Chlorine Free)

(一)說明：1.水體中餘氯是判定水質好壞的重要依據，飲用水中餘氯不得超過 1ppm 濃度，餘氯偏高時表示原水可能受到污染。

2.本項目採用 exact micro20 水質檢測計(圖 1-d)測定。

(二)方法：1.取出檢測藥劑試片放乾燥處。

2.開機(按 ZERO/ON 鍵)。

3.選擇餘氯參數(連續按 SELECT 鍵，再連續按 MENU 鍵，選擇對應測試項目)。

4.置入待測樣品 4ml 於檢測槽(先用待測樣品洗滌檢測槽三次以上)。

5.歸零(按 ZERO/ON 鍵，儀器會顯示 0.00ppm)。

6.浸入試片或滴入試劑於檢測槽內，立刻按下 READ 鍵，儀器會倒數計時 20 秒。

7.顯示檢測結果 ppm 讀值(螢幕會顯示 ppm 值,若出現 LO 表示含量低於儀器最低檢出數值)。

(三)實驗情形：(圖 4-i)

〔檢測項目九〕測定硝酸鹽(Nitrate)含量

(一)說明：1.水體中硝酸鹽是判定水質好壞的重要依據，水源中硝酸鹽濃度偏高時表示原水可能受到污染。

2.本項目採用 exact micro20 水質檢測計(圖 1-d)測定。

(二)方法：1.同上〔檢測項目八〕測定餘氯含量之步驟 1~7。

2.僅步驟 6 浸入之試片要改浸入硝酸鹽試片。

(三)實驗情形：(圖 4-j)

〔檢測項目十〕測定鋁離子(Al^{3+})含量

(一)說明：1.飲用水中鋁離子(Al^{3+})含量是判定水質好壞的重要依據，水源中鋁離子(Al^{3+})濃度目前規定應低於 0.2ppm，若超過 0.2ppm 長期飲用時，可能會影響身體健康。

2.本項目採用 exact micro20 水質檢測計(圖 1-d)測定。

(二)方法：1.同上〔檢測項目八〕測定餘氯含量之步驟 1~7。

2. 僅步驟 6 浸入之試片要改浸入鋁離子(Al^{3+})試片。

(三)實驗情形：(圖 4-k)

〔檢測項目十一〕測定總鉻(Cr)含量

(一)說明：1.依 106.01.10 公布的飲用水水質標準，飲用水總鉻(Cr)含量應低於 0.05ppm。；水中總鉻(Cr)含量是判定飲用水質好壞的重要依據，水源中總鉻(Cr)濃度過量時，表示原水可能受到污染。

2.本項目採用 exact micro20 水質檢測計(圖 1-d)測定。

(二)方法：1.同上〔檢測項目八〕測定餘氯含量之步驟 1~7。

2.僅步驟 6 浸入之試片要改浸入總鉻(Cr)試片。

(三)實驗情形：(圖 4-L)

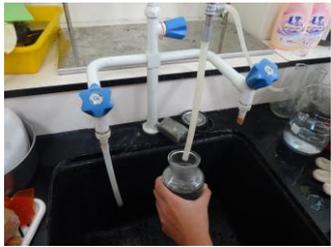
		
a.本校地下水水井	b.本校地下水取樣	c.本校飲水機取樣
		
d.RO 水取樣	e.自來水取樣	f.廚房廢水取樣
		
g.實驗廢水水樣	h.魚池水取樣	i.礦泉水水樣

圖 3.本校校園各類用水取樣

		
a. 測定導電度(COND)	b. 測定 pH 值	c. 測定總溶解固體量 (TDS)
		
d. 測定溶氧量(D.O.)	e. 測定化學需氧量(COD)	f. 測定色度(Colour)
		
g. 測定濁度(Turbidity)	h. 各項目檢測藥劑	i. 測定餘氯含量
		
j. 測定硝酸鹽含量	k. 測定鋁離子含量	L. 測定總鉻(Cr)含量

圖 4.校園各種項目水質檢測情形

第二部分：校園各類廢水汙染調查

一、研究過程及方法：

調查了解校園內廚房用水、實驗用水及洗滌用水，其廢水排放之情形。對校園內各種排放之廢水做汙染調查，包含(一)廚房廢水汙染調查。(二)實驗廢水汙染調查。(三)洗滌廢水汙染調查等三部分。以深入了解其對校園周圍環境可能造成之影響，進一步探討改進措施，以維護校園環境達到綠色與零汙染校園之目標。

二、研究調查項目：

(一)廚房用水汙染調查

- 1.洗蔬果排放水
- 2.洗碗筷廚具排放水
- 3.洗油鍋排放水

(二)實驗用水汙染調查

- 1.含鉻、鎘、汞等重金屬物質排放水。
- 2.含酸、鹼、鹽等無機物驗排放水。
- 3.含苯、甲苯、醛等有機物排放水。

(三)洗滌用水汙染調查。

- 1.校園交通車及汽機車之洗滌排放水。
- 2.校園牆壁、桌椅及垃圾桶之洗滌排放水。
- 3.同學飯後清洗餐具之排放水。
- 4.校園花草樹木施肥、噴灑農藥或除草劑之排放水。

三、改進措施：

- (一)降低校園用水總量，少用化學清潔劑改用天然清潔劑做洗滌之用。
- (二)宣導學生節約用水，營造綠色校園理念。
- (三)籌備經費建立校園廢水處理場，再將处理好之放流水與縣市下水道連結，統一排入下水道系統。
- (四)落實水資源管理策略，並擬定校園節水教育實施計畫

	
a.化學實驗室廢水	b.校園排水溝排放水
	
c.校園內水池排放水	d.校園交通車排放水
	
e.實驗室過濾廢水	f.魚菜共生實驗廢水
	
g.生物實驗廢水	h.學校廚房洗滌餐具廢水

圖 4.校園各種廢水汙染調查情形

伍、結果

第一部分：校園用水水質分析

一、說明：1.飲用水水質標準(行政院環保署 106.01.10 修正公布)

2.放流水水質標準(行政院環保署 106.01.10 修正公布)

二、結果：

表(一)校園飲用水檢測值與國家標準值比較分析(紅色表示檢測值不合國家標準)

檢測項目	導電度	pH	TDS	DO	COD	色度	濁度	餘氯	硝酸鹽	Al3+	總 Cr
國家標準	750	6~8.5	500	6.5	25	5	2	0.2~1.0	10	0.20	0.05
飲水機水	20	6.9	8	7.2	0	0	0.2	0.1	0	0.02	0
自來水	387	7.4	256	8.3	10	0	0.8	1.3	0	0.25	0
RO 水	15	7.3	10	7.0	0	0	0	0	0	0.01	0
礦泉水	19	8.2	12	7.4	0	0	0.1	0.1	0	0.03	0

表(二)校園放流水檢測值與國家標準值比較分析(紅色表示檢測值不合國家標準)

檢測項目	導電度	pH	TDS	DO	COD	色度	濁度	餘氯	硝酸鹽	Al3+	總 Cr
國家標準	---	6~9	---	---	150	---	---	---	50	---	2.0
地下水	252	6.8	164	5.3	5	25	90	0.5	1	0.03	0
魚池水	350	7.5	230	6.5	30	3	87	0.6	2	0.06	0
實驗廢水	565	2.5	380	5.0	165	362	166	4.7	3	0.30	0.03
廚房廢水	592	6.9	396	5.1	4	107	107	0.6	0	0	0

第二部分：校園各類廢水汙染調查

調查結果：

(一)廚房用水汙染調查

- 1.廚房清洗油鍋，洗滌後之廢水表面常浮著大量油污，排入水溝，易造成水中溶氧大量減少而使水體腐臭，造成放流水排放汙染周遭環境。
- 2.洗碗筷廚具排放水因為大量使用沙拉脫清潔劑，洗滌後之廢水排入地下水體中，極易造成有機及無機鹽汙染。

(二)實驗用水汙染調查

- 1.含鉻、鎘、汞等重金屬物質之排放水，嚴重汙染環境水質。
- 2.含酸、鹼、鹽等無機物排放水，水中溶解之總固體量急速增加，影響水質。
- 3.含苯、甲苯、醛等有機物排入放流水中，易形成水中水質 COD 值過高。

(三)洗滌用水汙染調查。

- 1.校園交通車及汽機車之車體表面含有機油、油漆、鐵銹、塵埃等汙染源，洗車後之廢水排入水溝，或滲入地下水中，都極易造成有機及無機鹽汙染。
- 2.校園教室牆壁、走廊、桌椅及垃圾桶之洗滌排放水很汙濁。
- 3.同學飯後清洗餐具之排放水，易造成磷及螢光劑汙染。
- 4.校園花草樹木施肥、噴灑農藥或除草劑之排放水。

陸、討論

第一部分：校園用水水質分析

(一)校園飲用水國家標準值如下：

檢測項目	導電度	pH	TDS	DO	COD	色度	濁度	餘氯	硝酸鹽	Al ³⁺	總 Cr
國家標準	750	6~8.5	500	6.5	25	5	2	0.2~1.0	10	0.20	0.05

校園用水之自來水、RO 逆滲透水、礦泉水、飲水機水等可歸類於飲用水範圍，訂有國家標準規範，可見政府對學生校園飲水安全問題的重視。

經使用水質分析儀器檢測，得知僅自來水之所含餘氯及鋁離子檢測值略為超出國家標準值；其餘檢測項目之色度、濁度、酸鹼度、含氧量(DO)、導電度(COND)、總溶解固體量(TDS)、總鉻及硝酸鹽等含量，皆合乎國家標準值。

(二)學生一天在學校時間至少有八小時之多在校園裡生活，校園飲用水之安全與否，攸關學子之健康，故應定期檢測飲用水之水質，以維護學生飲水之安全。

(三)台水公司供水皆經加氯（次氯酸鈉或液氯）消毒處理，故水中有自由餘氯。如何消除餘氯？可煮沸數分鐘，或將自來水裝入其它無蓋之容器中靜置數小時，或採用活性炭過濾，或添加適量的硫代硫酸鈉（俗稱海波）皆可去除餘氯。另為確保自來水符合安全衛生，避免媒疾病的發生，故水中須有自由有效餘氯，且須符合「飲用水水質標準」規定之有效餘氯含量。

(四)氯溶於水中後會產生 HOCl、OCl⁻、H⁺、Cl⁻等反應物。氯在水中濃度約 2 至 3mg/L 時，人類嗅覺即能感受到其特殊刺激之氣味，由於人體之唾液及胃液能迅速反應而消除少量餘氯。氯之優點是可確保自來水符合安全衛生，避免水媒疾病的發生，故原水/清水需加氯消毒，使配水符合「飲用水水質標準」自由有效餘氯含量之規定（○·二至一·○毫克／公升）。缺點是有一些民眾對氯氣味較為敏感，且加氯超出標準會產生消毒副產物如三鹵甲烷，有致癌之疑慮，故不得不慎重處理，不宜過量。

(五)研究結果發現：本市自來水含鋁量約 0.25ppm，已超過世界衛生組織(WHO)含鋁量 0.15ppm 的警戒標準及我國飲用水法規標準含鋁量 0.2ppm。

(六)校園放流水國家標準值如下：

檢測項目	導電度	pH	TDS	DO	COD	色度	濁度	餘氯	硝酸鹽	Al ³⁺	總 Cr
國家標準	--	6~9	--	--	150	--	--	--	50	--	2.0

經檢測本校化學實驗室儲存桶廢水之化學需氧量(COD)達 165ppm，結果發現超出規定之 150ppm 標準量，因此爾後實驗應注意如甲醛、乙酸或丙酮等有機溶劑之用量。目前學校實驗廢水雖統一委託廢棄物回收公司處理，但仍應留意勿使用過量，或盡量改以微量實驗或示範實驗，以兼顧教學品質與環保減碳之理念。

其餘之檢測項目均符合校園放流水國家標準值，應繼續保持以維護實驗用水安全與達到綠色校園之目標。

第二部分：校園各類廢水汙染調查

- (一)校園內花草應盡量避免噴灑農藥，農藥殘餘毒性很強，排入水溝或地下水易造成水源嚴重污染。餐具之清洗使用清潔劑，易造成磷化物及螢光物質之污染，可以改用較環保的米糠粉或綠豆殼粉來清洗。校車之清洗宜先將表面之油污擦拭乾淨再沖水清洗，使污染減至最低。
- (二)教育部積極推動創造「綠色校園」之目標與計劃，使得校園永續性及綠色環境成為具未來性的學校發展主流。校園的污水處理成為重要執行工作，而學校污水處理與下水道排放系統之建置，更是解決校園汙水的首要目標。隨著學校教育發展與成長，學校的污水排放量不斷增加，因此全校產生之生活污水需完善的處理，以達到環保署規定之放流水標準。
- (三)實驗室廢水處理是目前學校汙水處理最棘手的問題，實驗室廢水需依照不同性質進行分類貯存、處理。一般實驗室因其成份較複雜，處理起來也比較困難，都需要有一套廢水化學處理設施；各類廢水經實驗室的廢水處理設施處理後，如其出流水質已符合接管標準，可將出流水接至全校下水道管線。如處理後，其廢水水質仍難以接入下水道，則需考慮減量後，應委由代處理業來處理。

柒、結論

- 一、針對校園飲用之自來水、礦泉水、飲水機水及 RO 逆滲透水等做水質分析，僅自來水之餘氯及鋁離子濃度檢測值依序為 1.3 及 0.25ppm.皆超出國家飲用水標準值 1.0 及 0.2ppm.，其餘皆符合規範；然自來水中餘氯與含鋁離子濃度過量，其對健康之影響勢必會造成民眾的疑慮，應請有關單位做改進。
- 二、另針對實驗廢水、廚房廢水等校園廢水做水質分析，僅實驗廢水之化學需氧量 COD 檢測值為 165ppm，超出國家放流水標準的 150ppm.，目前中等學校之實驗廢水雖集中委託專業的污水公司處理，建議應盡量改以微量實驗或示範實驗，以兼顧教學品質與環保減碳之理念。
- 三、未來展望，(一)籌備經費改善學校之水資源環境，建置再生水資設備及校園廢水處理系統。(二)提升學校飲水衛生設備品質：使用最能保證飲水水質安全衛生的飲水設備，飲用水應經過煮沸後，再冷卻供飲。飲水水源一定是要來自於自來水，供水管線應採用不銹鋼管，過濾設備要經常清洗更換，以免滋生細菌，影響飲水安全。(三)校園各類用水應明確規範與積極管制，以確保學生用水衛生與安全。更希望藉此實驗，喚民眾對校園用水之安全問題，多一點關懷與重視。

捌、參考資料

- 一、國中自然與生活科技，翰林出版社，民國 107 年 8 月。
- 二、黃得時，2017，高中基礎化學實驗(一)，龍騰出版社。
- 三、江漢全，水質分析，三民書局，民國 88 年 8 月。
- 四、黃榮茂、王禹文編譯，1992，化學化工百科辭典，曉園出版社。
- 五、行政院環保署，放流水標準，106 年 12 月 25 日修正公告。
- 六、行政院環保署，飲用水水質標準，106 年 01 月 10 日修正公告。