中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組　生活與應用科學科

030824

生命之水

臺北縣立福和國民中學

作者姓名：
國一 汪琦偉 國一 蕭擁丁 國一 林佑華
國一 牛文昀

指導老師：
林喬盈

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

科　　別：生活與應用科學

組　　別：國中組

作品名稱：生命之水

關 鍵 詞：自來水、水中餘氯、OTO 試劑

編　　號：

壹、研究動機

記得小時後,每當我開水龍頭時,總是詫異的看著媽媽,驚訝的說道：「媽,水從哪裡來？」媽媽哄騙著我：「河水、雨水、山上的水都算是啊！」我心裡不禁懷疑：「那水不是很髒嗎？」沒想到,這個問題已植生於我幼小的心靈。直到國中遇到志氣相投的同班同學,在「南一版自然與生活科技上冊 2-1 水對生物體的重要性」的課程中又再次提到,此時,我回想起老師要我們找題目的方向－盡量是生活上自己本身所遇到的問題,看著由水龍頭中嘩啦而下的自來水,我彷彿又看到了當年的自己在納悶：「那水不是很髒嗎？」

在成長過程中,電視新聞甚至雜誌,都有報導自來水的流程, 有時也有聽到用氯除去水中小生物,這樣水才不會髒,但是又聽到氯對人體有害,兩相互矛盾之下,促使我們決定了這樣的主題－讓我們一起來研究水與氯的關係吧！

貳、研究目的

一、自來水中加氯的必要：

我們所飲用的自來水,是由雨水、河水等不同來源水所引用的,但是這些水中有髒東西及微生物存在,而這些不乾淨的物質對人體有害。因此自來水廠會有消毒人員在水中加入氯或其他的消毒劑殺菌。（在管線運送之中,自來水中存在的餘氯還可以繼續消毒）

許多沒有清潔飲用水的地區常見疾病,則包括傷寒、痢疾、霍亂等。自 1908 年美國開始用氯來消毒自來水,才得以供應衛生安全的自來水,而在自來水中以加氯的方式來消毒也逐漸爲各國使用。從此自來水的衛生得以確保,使全球數以億計人口的健康得到保障。除了氯之外,已有其他消毒自來水的方法,如二氧化氯、臭氧等,除成本較高外,最主要的問題還是在完成消毒過程之後,便會溶解消失於水中；而氯則不會,且水中的餘氯上能減少自來水再輸送過程中受細菌污染的機會。

二、氯對人體的重要性：

氯離子是人體重要的電解質,人體若缺乏電解質,許多生理機能會停擺,水分與酸鹼值之平衡也會被破壞。例如：食鹽的成分就是氯化鈉,人體中的氯也大都是由食鹽攝取。

三、氯對人體的壞處：

我們所飲用的自來水,會先經過消毒（OCl^-　Cl_2　HOCl）,在自來水運送至家的管線當中,前 2 者會消毒雜質而隨著雜質幾乎消失。剩下的 HOCl 或是其他剩餘的消毒劑,就是所謂的「餘氯」。基本上,因爲餘氯量少,所以不足以構成對人體的傷害,但是餘氯如果吸收過多,則會酸化蛋白質,對皮膚造成傷害。而未消失的 Cl_2 會和水中有機物形成三鹵甲烷（甲烷中的 4 個氫有其中三個氫被鹵素取代）而這種物質在經過科學家的白老鼠實驗後(Rook 於 1974 年首先證實三鹵甲烷是致癌性消毒副產物,對供試老鼠具致癌性)是致癌物質,對人體有傷害。

在消毒過程中,氯與水中殘餘的有機物產生化學作用,一系列的消毒副產物化合物,

如三氯甲烷(氯仿)、溴仿、溴二氯甲烷、氯二溴甲烷等便產生了,而這些物質經證實會對人體造成一定程度的致癌。由於在輸水過程中仍有餘氯的關係,所以這些化學作用不單是在水場消毒的過程中會發生,當水在輸水管線內流動時也會不斷進行,尤其是在夏天炎熱的氣溫下水溫跟著升高,化學反應也隨著溫度的上升增加。而多少的「消毒副產物」是人體可以「忍受」的?這是一個尚在不斷討論的問題,但可以肯定的是,長期飲用含消毒副產物的自來水,對人體是有害的。

四、日常生活中,經由多種方式吸收餘氯,因此我們從動物、植物的皮膜吸收,如洗澡,來探討人體除了從食物中吸收餘氯之外,其他部分的吸收情形；另外,經由數種日常生活中常見的處理方式,如把水煮沸,來看看大家在家中有沒有在不知不覺中吸收過量的餘氯及能否使用簡單的處理方式來減少生活中餘氯的攝取及吸收。

五、餘氯檢測使用方法的探討：

檢測方式	所含成分	使用方式
OTO 試劑比色法 CHLORINE TEST	2%Orthotolidine，Hydrochloric acid	10 cc的水配 1~2 滴試劑。（滴入試劑後，其溶液若含有氯 則呈黃色。越黃表示氯含量越多。）
DPD 光度分析法	N，N-Diethyl-p-phenylenediamine	取 5mL 磷酸鹽緩衝溶液及 5mL DPD 顯色劑於 250mL 三角燒瓶中，加入 100mL 水樣，使均勻混合，立即以分光光度計在波長 515 nm 處測其吸光度。（DPD 試劑滴入水中而水中餘氯會將 DPD 氧化，使溶液轉變爲紅色，越紅其濃度越高。）
Ag 離子滴定法	P-dimethylaminobenzalrhodanine	以硝酸銀溶液滴定水中的氯離子，形成氯化銀沈澱，在滴定終點時，多餘的硝酸銀與指示劑鉻酸鉀生成紅褐色的鉻酸銀沈澱。

綜合上面，本實驗的研究方法採用兼用 OTO 試劑比色法及以分光分度比色器之測量結果互相對照，得到水中正確含氯量。

圖一 分光分度計

圖二 OTO 試劑

參、研究設備與器材

圖三 所有器材

各種的水、試管、滴管、燒杯、量筒、OTO 試劑、分光分度比色器、酒精燈、酒精溫度計、石棉網、三腳架、保鮮膜、鋁箔紙、溫度計、竹炭、臭氧水、綠豆、青菜、花、電磁爐、1 公升的燒水壺

一、使用器材：如圖。

二、ＯＴＯ試劑使用注意事項：

(一)10 cc的水配 1 滴試劑。

(二)爲求實驗準確,一個試管配一個滴管,避免水與水的干擾。

(三)OTO 試劑含強酸具腐蝕性,請小心使用。

三、分光分度比色器（光度計）：光度計也稱比色器,可藉它測定某種溶液的透光能力而求得該溶液中吸光物質濃度的方法。

(一)常用濾光器及其適用範圍：

濾光玻璃顏色	適用欲測定溶液之顏色
藍色	紅、粉紅、橙黃、黃
綠色	紫
紅色	綠、藍紫

(二)使用方法：把蒸餾水（我們以蒸餾水爲對照組）和欲測試溶液分別裝入石英管並置入機器中,並把蒸餾水放在可測試的位置,用調節輪把度數調定 100% ,再切換欲測試溶液放在測試的位置,觀察其度數(如果數值越高,也就是透光程度越強,即越接近清澈水程度,表示含氯濃度極低。)

肆、研究過程或方法

一、實驗一：不同的水源含氯的不同

（一）探測每個人家中及學校自來水所含氯的不同。

理由：不同地方的自來水,其氯含量也應有所差異,這又可以推廣到其水塔的材質或有無加蓋.....等。

步驟：

1.以蒸餾水沖洗器具。

2.把各地方的自來水用量筒量 10 cc以滴管吸取於試管,再滴 1 滴試劑至試管,並均勻搖晃 5 分鐘。

3.以蒸餾水爲對照組,將加試劑過後的水以分光分度比色器測量。

4.將所測得的數據紀錄下來。

（二）探測不同水源其含氯多寡。

步驟：使用地下水、蒸餾水、自來水同實驗(一)。

（三）探測學校各樓層（1~5 樓）自來水所含氯的不同。

理由：根據現有文獻,氯在水塔中會沉澱到最底部。因此我們猜想氯的沉澱會影響到各樓層自來水氯的含量。

步驟：使用 1~5 樓的水,同實驗(一)。

圖四 加試劑後的自來水

二、實驗二：家中水除氯的方法

（一）探測不同溫度的水其氯的變化。

步驟：

1.以蒸餾水沖洗器具。

2.將取得的自來水（200 毫升）倒入燒杯中並入溫度計開始加熱。

3.取 20℃、40℃、60℃、80℃、100℃、煮沸後五分鐘、煮沸後十分鐘、煮沸後十五分鐘的水。

4.把各種溫度的自來水用量筒量 10 cc以滴管吸取於試管,等水涼後, 同時滴 1 滴試劑至試管,並均勻搖晃。

5.以蒸餾水爲對照組,將加試劑過後的各種的自來水以分光分度比色器測量並紀錄。

（二）探測不同溫度的水其氯的變化。

理由：水量的多寡會不會影響到氯的存在值。

器材：電磁爐、1 公升的燒水壺。

步驟：

1.以蒸餾水沖洗器具。

圖五 一公升的水在煮時

2.溫度計放入水壺煮水。

3.-5.同上。

（三）探究家中消毒自來水的方式是否能完全消除氯。

（四）市面上的竹炭真的可以除氯嗎?

理由：根據廣告,臭氧殺菌及竹炭消毒自來水都可有效除氯,所以我們想以此研究,檢驗臭氧及竹碳是否能確實消除水中的氯。

步驟：

1.以蒸餾水沖洗器具。

2.把水加入竹炭一分鐘取一次水 10cc,放入不同試管做到五分鐘。

3.把臭氧水以滴管吸取 10 cc於試管,再滴 1 滴試劑,並均勻搖晃。

4.同上。

三、實驗三：氣曝法的研究

圖六 有陽光有曝氣的水

圖七 無陽光無曝氣的

（一）想了解外在因素對水中氯的影響。

理由：Thacker（2002）等建議氣曝法爲水中餘氯有效的去除方式因此對於氣曝法分析以下兩件影響因子光照與否和曝氣。

器材：保鮮膜、鋁箔紙。

步驟：

1.以蒸餾水沖洗器具。

2.每支試管標上標籤 1~8 爲一單位。

3.先拿 6 支試管各裝 10cc 的水,其環境分成：

(1)有空氣無透光：放在陰暗處。

(2)有透光無空氣：試管上用保鮮膜封住。

(3)有空氣有透光：放在日光燈下。

(4)無透光無空氣：先用保鮮膜封住在用鋁箔紙全部包起來。

(5)強光(太陽)無空氣：用保鮮膜封住在放到太陽下。

(6)強光(太陽)有空氣：直接放到太陽下。

4.每 30 分鐘做一次 1~6 但原先的不要動做 8 次。

5.第 8 次作完等 30 分鐘後全部拿出來加入 1 滴試劑,五分鐘之後放入分光分度計比較並紀錄數據。

四、實驗四：日常生活中生物體對餘氯的吸收

圖八 泡青菜

（一）探測植物體對自來水的含氯變化。

器材：花、綠豆、青菜。

步驟：

1.以蒸餾水沖洗器具。

2.自來水分別倒入兩個杯子,再把綠豆、青菜(一片菠菜)適當量加入自來水兩個杯子。並在作檢測的 6 天前把花插入自來水中（花插入自來水的瓶口要用凡士林封密起來,避免水被空氣影響）。

3.靜置 30 分鐘~60 分鐘後,把兩個杯子的水用量筒量 10 cc以滴管　吸取於試管,同時滴 1 滴試劑至試管,並均勻搖晃。

4.同上處理。

（二）探究人體是否能吸收氯。

步驟：

1.以蒸餾水沖洗器具。

2.把大拇指放入 100cc 自來水的杯子。（因拇指接觸面積較大,效果較好）

3.拇指放置一到五分鐘,每隔一分鐘取樣,並量好 10 cc加入 1 滴試劑觀察其變化。

4.以蒸餾水爲對照,將加試劑後不同時間的水以分光分度比色器測量。

5.將所測得的數據紀錄下來。

註：把鋁箔紙撕下把姆指包起剛好大小盡量不要有重疊處把多餘的撕下再　用 1 平方公分的格子算鋁箔紙的面積(盡量爲矩形方便計算)。

（三）沐浴和淋浴吸收氯的差別。

理由：洗澡時會吸收氯,比較淋浴和沐浴的差別。

步驟：　(註:因爲洗澡不便所以用洗手代替洗澡)

1.以蒸餾水沖洗器具。

2.到水龍頭下沖手下面的水用大燒杯接住(淋浴)　。

3.再用另一個燒杯裝水泡手 10 分鐘(沐浴)　。

4.再裝一杯普通自來水。

5.全部取 10cc 的水裝不同試管加 1 滴試劑。

6.五分鐘之後放入分光分度計比較。

7.觀察並紀錄數據。

＊水樣保存方式：

圖十 水樣保存：將自來水放置冰箱，停止自來水因時間的變化(文獻建議)。

伍、研究結果與討論

一、實驗一：不同水源
（一）家中與學校自來水含氯不同 （二）蒸餾水、自來水、地下水含氯的不同 （三）學校樓層含氯不同
二、實驗二：家中水除氯的方法
（一）200 ml 水溫度變化含氯實驗 （二）一公升水溫度變化含氯實驗 （三）竹炭除氯實驗 （四）臭氧除氯實驗
三、實驗三：氣曝法的研究
（一）曝氣或光對氯的影響
四、實驗四：日常生活中生物體對餘氯的吸收
（一）人體皮膚對於水中餘氯的吸收程度 （二）植物對於水中餘氯的吸收方式

一、實驗一：不同水源

（一）家中與學校自來水含氯不同

	比色(ppm)	穿透率
蒸餾水	0	100%
甲家的自來水	0.7	94%
乙家的自來水	0.8	93%
丙家的自來水	0.5	96%
丁家的自來水	0.3	99%
學校的自來水	0.3	98%

表 1-1

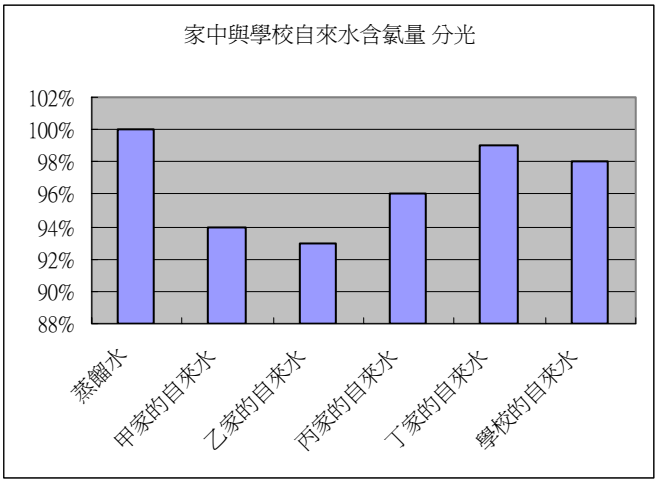

圖 1-1

實驗結果顯示不同地方的氯含量不一,這可能和當地環境的所需量不同而訂,但我們家中的自來水應皆來自於同一淨水場,加氯量相同,可是每人家中含氯量卻不同,推測可能是以下原因：

1.管線配置（材質、路徑長短）。
2.水塔或水管內生物、有機質的含量。
3.水在水塔或水管所待的時間。
4.水塔被加熱的溫度。

我們討論上列三項的原因是因爲我們推測從水塔到水龍頭的水管路徑如果越長,氯有兩個途徑可以作用：第一是和水中有機質結合形成三鹵甲烷；第二是被水中生物吸收。而第四項原因是我們猜測白天時太陽照射而加熱水塔,使得氯因爲溫度提高而離開水,

蒸發至空氣中。又發現乙家水含氯量為多,所以實驗多採用乙家水,結果會比較明顯。

（二）蒸餾水、自來水、地下水含氯的不同

	比色(ppm)	透光率
蒸餾水	0	100%
地下水	0.1	98.25%
自來水	0.3	98.75%

表 1-2

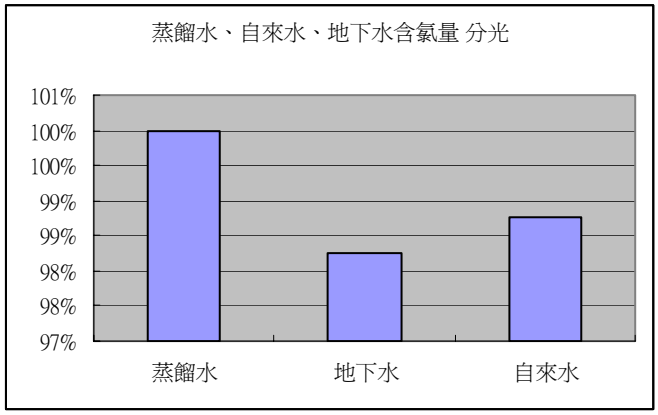

圖 1-2

比較不同來源的水,蒸餾水以 OTO 比色及分光比色穿透率測定來看,皆無餘氯存在,可是經文獻探討可知蒸餾水仍含微量餘氯,但因量少且不易測定,故本實驗以蒸餾水為標準 0 值,另外學校中也有使用地下水,因此我們又很好奇常在新聞報導上聽到的地下水是不是也有含氯呢?實驗結果答案是有的,因為地下水取自天然,一定有和氯作接觸,當然也會含有氯。蒸餾水因為氯含量已是機器探測為 0ppm,含量極低,故人類可以飲用,而自來水是人工加氯,所以氯含量最多。

（三）學校樓層含氯不同

	比色 (ppm)	穿透率
蒸餾水	0	100%
一樓	0.3	96%
二樓	0.4	95%
三樓	0.3	98%
四樓	0.6	95%
五樓	0.8	94%

表 1-3

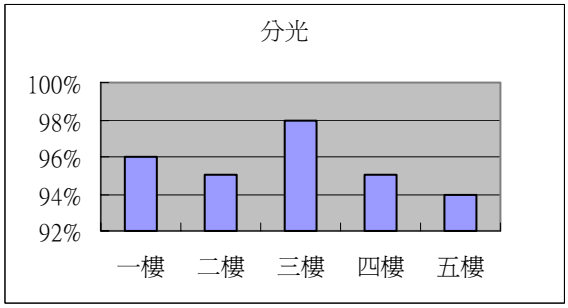

圖 1-3

我們取水的地點在各樓層中是一樣的位置,但是氯含量並不相同且沒有一定的規律,結果發現同一棟樓的自來水來源不一定是同一個水塔,所以三樓的氯含量相較於其他樓層才會顯得較低。然而可以肯定的是,學校的自來水都符合標準(0.2-1.5mg/L)。

二、實驗二：家中水除氯的方法

（一）250 ml 水溫度變化含氯實驗

250 毫公升	比色(ppm)	穿透率
20 度	0.8	97%
40 度	0.6	98%
60 度	0.5	98%
80 度	0.3	99%
100 度	0.1	100%
沸騰後 5 分鐘	0	100%
沸騰後 10 分鐘	0	100%
沸騰後 15 分鐘	0	100%

表 2-1

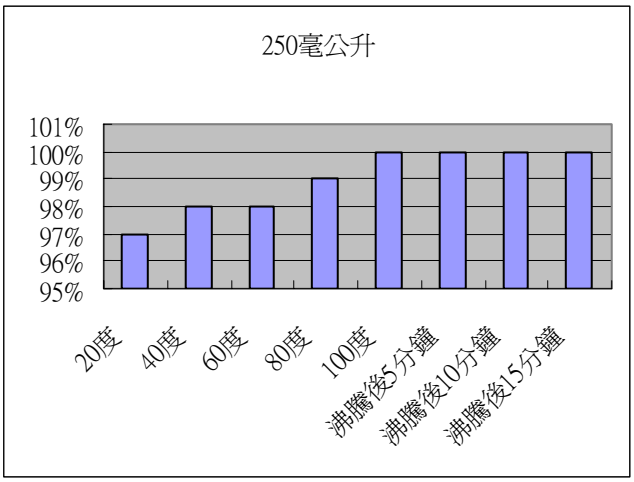

圖 2-1

本次實驗我們可以看出,水量爲 250ml 的自來水,經過加溫後,發現溫度愈高,其氯含量愈少,當水溫達 100 度時其氯含量已接近 0,但是根據江木泳等人的「煮沸法去除自來水中三鹵甲烷之研究」的報告來看這並不一定是件好事,溫度越高其氯含量是會減少,是因水中的氯和有機物結合形成總三鹵甲烷,而總三鹵甲烷具有致癌性。有數據顯示水煮沸後掀蓋 3-5 分鐘便可去除水中餘氯,故實驗設計爲水煮沸過後 5 分鐘爲一間隔,持續測量至煮沸後 15 分鐘。又根據工業衛生研究主任洪玉珠的報告指出,三鹵甲烷的沸點大約是 60-70℃,只要煮沸達 100℃後,水中的總三鹵甲烷便以氣態的形式存在壺中,所以掀開蓋子再持續煮沸 3 分鐘以上的時間,所形成的三鹵甲烷已揮發至空氣當中。總結上述討論,煮沸五分鐘以上可使氯含量接近 0ppm,而根據報告,1830ml 的自來水煮沸三分鐘可使總三鹵甲烷含量降至<1 μg/L。

（二）一公升水溫度變化含氯實驗

1 公升	比色(ppm)	穿透率
20℃	0.6	95%
40℃	0.6	96%
60℃	0.6	97%
80℃	0.4	98%
100℃	0.2	98%
沸騰後 5 分鐘	0	100%
沸騰後 10 分鐘	0	100%
沸騰後 15 分鐘	0	100%

表 2-2

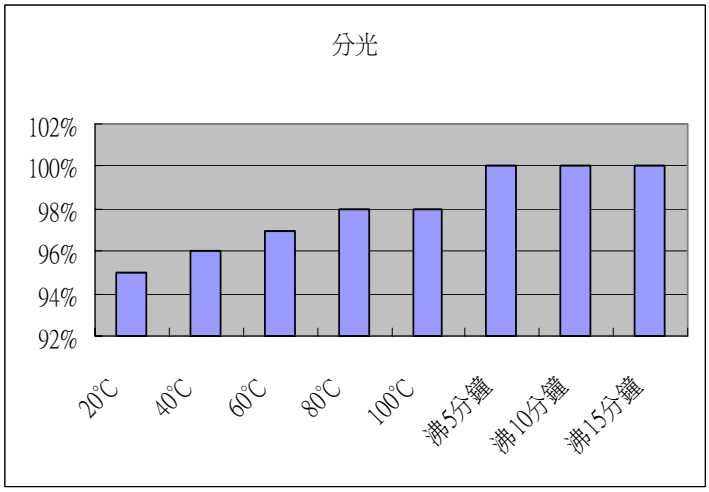

圖 2-2

根據上述的實驗（一）,水量爲 250ml。但我們推測如果水量愈多,氯含量也會愈多,而且家中煮水大部分都是一次煮好幾公升,所以我們又做了 1000 ml 的家用水壺加熱實驗。由實驗發現同樣 100℃時,250ml 的水比 1000 ml 的氯含量低。可見水量愈多需要加熱的時間必需愈長,但只要讓他沸騰至一定的時間,再掀開蓋子讓氯化的總三鹵甲烷揮發至空氣中(當水燒到 100℃時氯含量爲 0.2ppm,是因爲氯與水中的有機物結合成總

三鹵甲烷,至沸騰後 5 分鐘含氯量以上爲 0ppm 以完全結合成總三鹵甲烷）,還是可達到除氯的效果,只是要花較多一點的時間而已。

（三）竹炭除氯實驗

竹炭泡水		
	比色(ppm)	穿透率
1 分鐘	0.6	95%
2 分鐘	0.2	98%
3 分鐘	0.1	99%
4 分鐘	0	99.5%
5 分鐘	0	99.5%

表 2-3

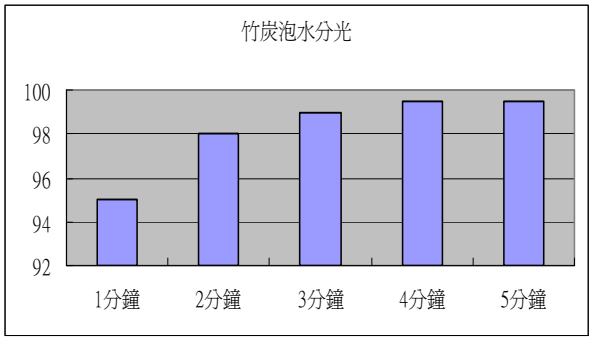

圖 2-3

（四）臭氧除氯實驗

	比色	穿透率
臭氧水	0ppm	100%

表 2-4

由表 2-3 和表 2-4 得知,竹炭及臭氧皆能除氯,臭氧較竹炭除氯效果爲佳,且量近似於蒸餾水。

三、實驗三：氣曝法的研究

（一）曝氣或光對氯的影響

1	不透光無空氣		透光無空氣	
	比色	穿透率	比色	穿透率
30 分	0.7ppm	95%	0.7ppm	95%
60 分	0.7ppm	95%	0.7ppm	96%
90 分	0.7ppm	95%	0.7ppm	96%
120 分	0.6ppm	96%	0.7ppm	96%
150 分	0.5ppm	97%	0.6ppm	97%
180 分	0.3ppm	98%	0.5ppm	97%
210 分	0.3ppm	98%	0.5ppm	97%
240 分	0.3ppm	98%	0.3ppm	98%

表 3-1

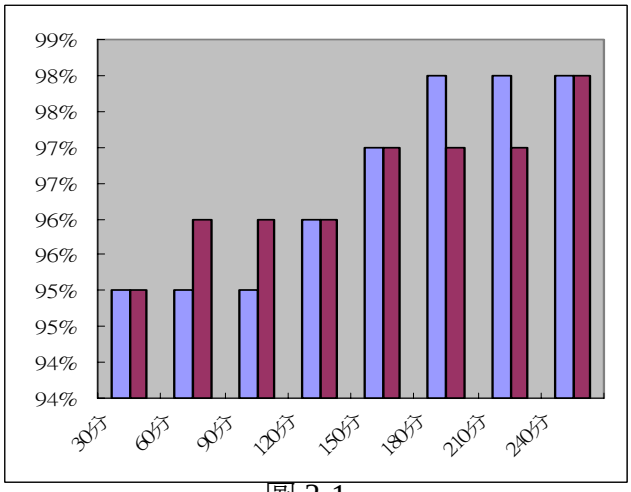

圖 3-1

2	不透光有空氣		透光有空氣	
	比色	穿透率	比色	穿透率
30分	0.6ppm	95%	0.8ppm	92%
60分	0.6ppm	95%	0.8ppm	92%
90分	0.6ppm	95%	0.8ppm	96%
120分	0.5ppm	97%	0.7ppm	96%
150分	0.5ppm	97%	0.6ppm	97%
180分	0.4ppm	98%	0.6ppm	98%
210分	0.3ppm	98%	0.5ppm	98%
240分	0.2ppm	98%	0.5ppm	99%

表 3-2

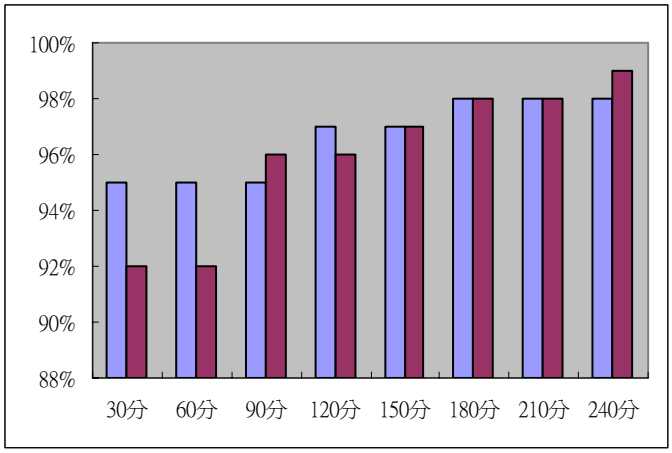

圖 3-2

3	透光無空氣		陽光無空氣	
	比色	穿透率	比色	穿透率
30 分	0.7ppm	95%	0.8 ppm	95%
60 分	0.7ppm	96%	0.7 ppm	97%
90 分	0.7ppm	96%	0.7 ppm	97%
120 分	0.7ppm	96%	0.6 ppm	98%
150 分	0.6ppm	97%	0.6 ppm	99%
180 分	0.5ppm	97%	0.2 ppm	99%
210 分	0.5ppm	97%	0.1 ppm	99%
240 分	0.3ppm	98%	0 ppm	100%

表 3-3

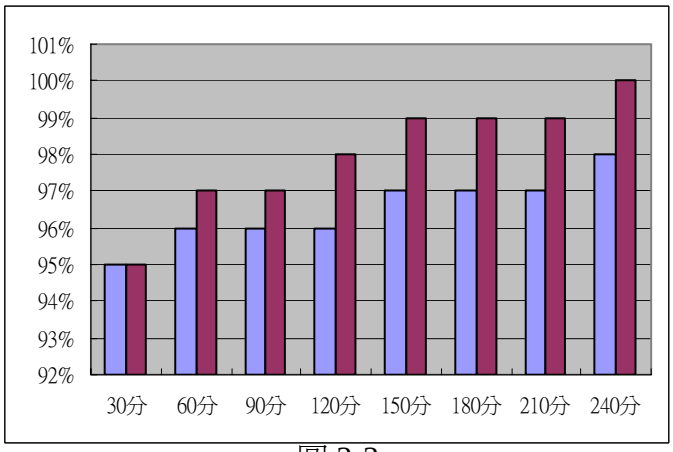

圖 3-3

4	陽光有空氣		陽光無空氣	
	比色	穿透率	比色	穿透率
30 分	0.7ppm	95%	0.8ppm	95%
60 分	0.7ppm	97%	0.7ppm	97%
90 分	0.7ppm	97%	0.7ppm	97%
120 分	0.4ppm	99%	0.6ppm	98%
150 分	0.3ppm	99%	0.6ppm	99%
180 分	0.3ppm	99%	0.2ppm	99%
210 分	0.2ppm	99%	0.1ppm	99%
240 分	0ppm	100%	0ppm	100%

表 3-4

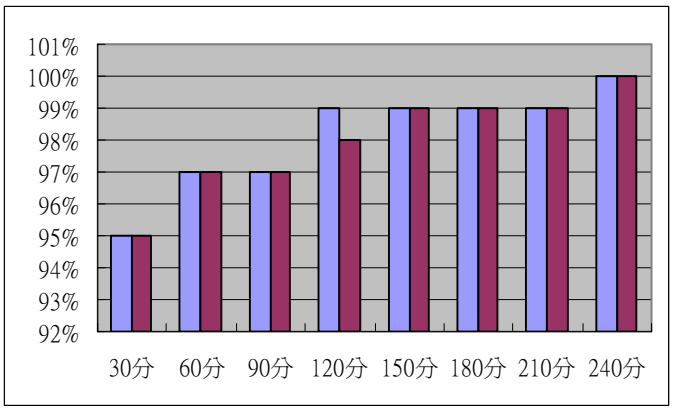

圖 3-4

5	透光有空氣		陽光有空氣	
	比色	穿透率	比色	穿透率
30 分	0.8ppm	92%	0.7ppm	95%
60 分	0.8ppm	92%	0.7ppm	97%
90 分	0.8ppm	96%	0.7ppm	97%
120 分	0.7ppm	96%	0.4ppm	99%
150 分	0.6ppm	97%	0.3ppm	99%
180 分	0.6ppm	98%	0.3ppm	99%
210 分	0.5ppm	98%	0.2ppm	99%
240 分	0.5ppm	99%	0ppm	100%

表 3-5

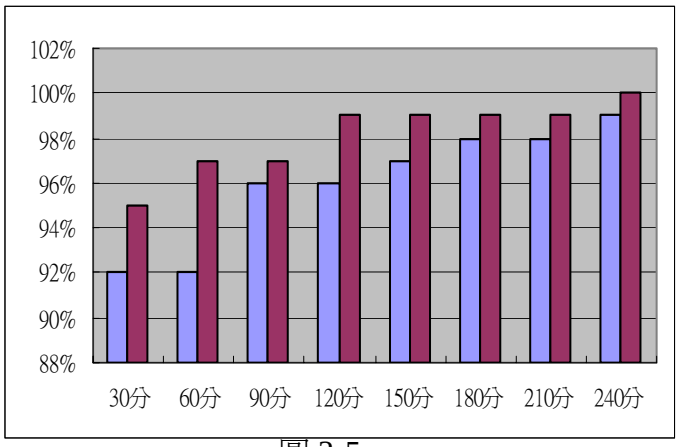

圖 3-5

6	不透光無空氣		不透光有空氣	
	比色	穿透率	比色	穿透率
30 分	0.7ppm	95%	0.6ppm	95%
60 分	0.7ppm	95%	0.6ppm	95%
90 分	0.7ppm	95%	0.6ppm	95%
120 分	0.6ppm	96%	0.5ppm	97%
150 分	0.5ppm	97%	0.5ppm	97%
180 分	0.3ppm	98%	0.4ppm	98%
210 分	0.3ppm	98%	0.3ppm	98%
240 分	0.3ppm	98%	0.2ppm	98%

表 3-6

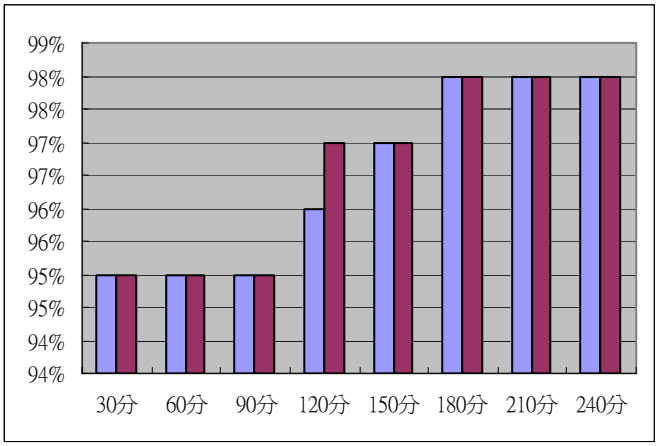

圖 3-6

7	透光無空氣		透光有空氣	
	比色	穿透率	比色	穿透率
30 分	0.7ppm	95%	0.8ppm	92%
60 分	0.7ppm	96%	0.8ppm	92%
90 分	0.7ppm	96%	0.8ppm	96%
120 分	0.7ppm	96%	0.7ppm	96%
150 分	0.6ppm	97%	0.6ppm	97%
180 分	0.5ppm	97%	0.6ppm	98%
210 分	0.5ppm	97%	0.5ppm	98%
240 分	0.3ppm	98%	0.5ppm	99%

表 3-7

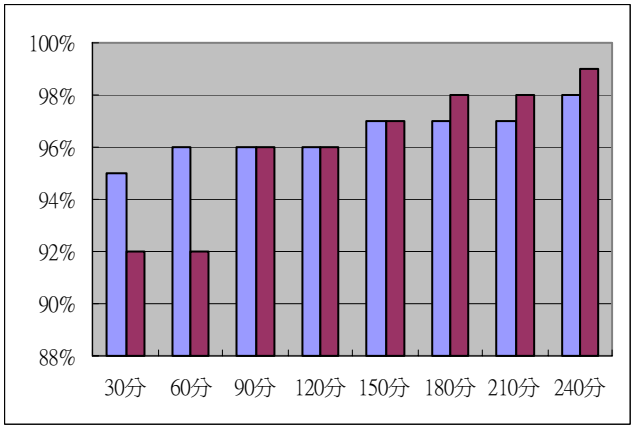

圖 3-7

1.同樣是沒有曝氣且經過四小時的情形下,其氯含量大小爲：沒有照光＞照日光＞

照太陽光；同樣是直接曝氣且經過四小時的情形下,其氯含量大小爲：沒有照光＞照日光＞照太陽光

2.同樣是沒有照光且經過四小時的情形下,其氯含量大小爲：無曝氣＞有曝氣；不管是照什麼光,經過四小時的情形下,其氯含量大小爲：無曝氣＞有曝氣。

3.總結上述討論,照光(較重要)或曝氣皆可減少氯的含量,最佳除氯的方式是有陽光有曝氣,且經過四小時以上,可達 0ppm、透光率 100%,與蒸餾水相同,又根據 Thacker（2002）等建議氣曝法爲三鹵甲烷有效的除去方法,所以本實驗證明使用氣曝法來除氯有效。

四、實驗四：日常生活中生物體對餘氯的吸收

（一）人體皮膚對於水中餘氯的吸收程度

每人手吸收量	比色	穿透率
原水	0.4ppm	97%
甲同學	0.2ppm	99%
乙同學	0.1ppm	99%
丙同學	0.2ppm	98%
丁同學	0.2ppm	99%

表 4-1

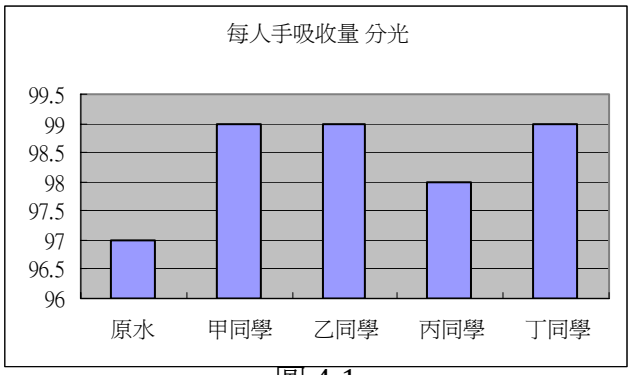

圖 4-1

手掌淋水	比色	穿透率
原水	0.6	95%
淋 1 分鐘	0.3	97%
淋 2 分鐘	0.3	97%
淋 3 分鐘	0.2	98%
淋 4 分鐘	0.2	98%
淋 5 分鐘	0.2	98%
淋 6 分鐘	0.2	99.5%
淋 7 分鐘	0.2	99.5%
淋 8 分鐘	0.2	99.5%
淋 9 分鐘	0.1	99.5%
淋 10 分鐘	0.1	99.5%

表 4-2

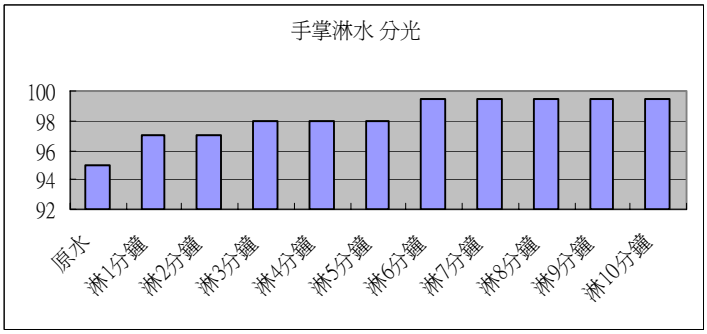

圖 4-2

	比色	穿透率
淋浴水	0.6ppm	95%
沐浴水	0.2ppm	98%
普通自來水	0.8ppm	94%

表 4-3

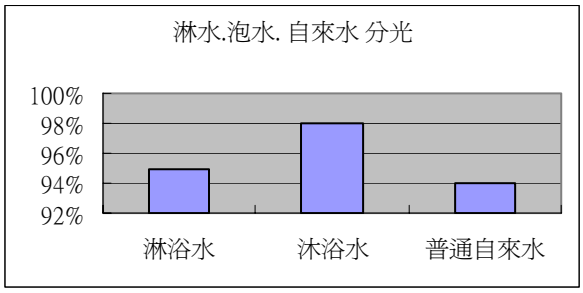

圖 4-3

(ps.此實驗手溫不在討論範圍內，因水溫不會與手溫一樣爲 36 度，又本實驗用水量爲 610ml，所以水溫受手溫影響又更低了，又根據氣曝法的「透光有空氣」實驗中，發現在透光及曝氣下需一小時才會減少，故不受影響)

1.爲確定人體皮膚有餘氯吸收,以泡手指頭實驗後發現,每個組員手指對餘氯的吸收量不盡相同,可能與每個人因皮膚面積、特性或環境有關；再以吸收最好的組員手掌表皮(因爲實驗數據會比較明顯,也希望能以此代表人體最大吸收量)爲測量單位測量,推算人體表皮的餘氯吸收量。

2.據統計人體表皮總面積約爲 16000cm^2 並測得組員手掌表面積爲 356cm^2：

16000(cm^2)÷356(cm^2)＝45

3.淋水：沖手掌處理的學校自來水(0.6ppm)十分鐘後,水中餘氯爲 0.1ppm（分光比色 99.5％）,得知淋浴十分鐘會吸收 0.5ppm 的餘氯。

0.5(ppm)×45＝22.5(ppm)

一個人每天淋浴十分鐘吸收餘氯量必大於 22.5ppm。

4.泡水：又泡水的吸收量(0.8 變成 0.2)顯然較淋水(0.8 變成 0.6)的吸收量爲多,所以可以知道若每天泡澡,自來水中餘氯吸收會比較多,但因爲生物吸收物質可能有飽和的問題,所以在此不做估算。

5.由上述實驗知道,我們每天洗澡時皮膚會吸收很多的餘氯(超過 22.5ppm),可是目前並沒有明確的報告指出,多少含量的餘氯或其形成的三鹵甲烷會對人體造成傷害,但以下兩個報告都指出三鹵甲烷與餘氯的濃度越高,致癌之機率也越大。Hogan(1978)發現飲用水中,三鹵甲烷濃度越高,飲用者罹患膀胱癌之機率越大。Cantor (1977)報告說,飲用水中的氯仿濃度與直腸癌、膀胱癌、大腸癌有直線相關。

（二）植物對於水中餘氯的吸收方式

青菜泡水 面積 92.7cm^2	比色	穿透率
自來水	0.8ppm	95%
泡一分鐘	0.6ppm	95%
泡二分鐘	0.5ppm	96%
泡三分鐘	0.4ppm	97%
泡四分鐘	0.2ppm	98%
泡五分鐘	0.2ppm	98%

表 4-4

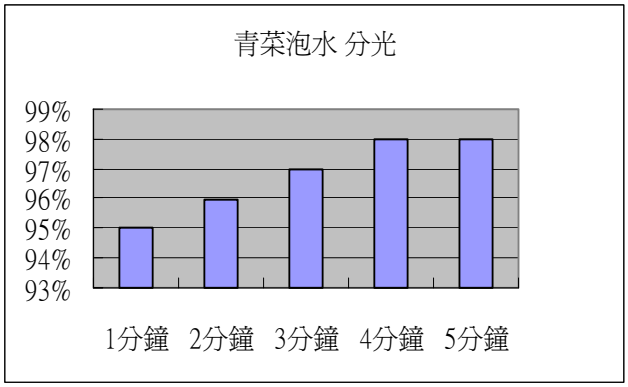

圖 4-4

綠豆泡水 1.5cm^2×50=75cm^2	比色	穿透率
原水	0.6ppm	94%
泡一分鐘	0.2ppm	98%
泡二分鐘	0.2ppm	98%
泡三分鐘	0.1ppm	99%
泡四分鐘	0.1ppm	99%
泡五分鐘	0.1ppm	99%

表 4-5

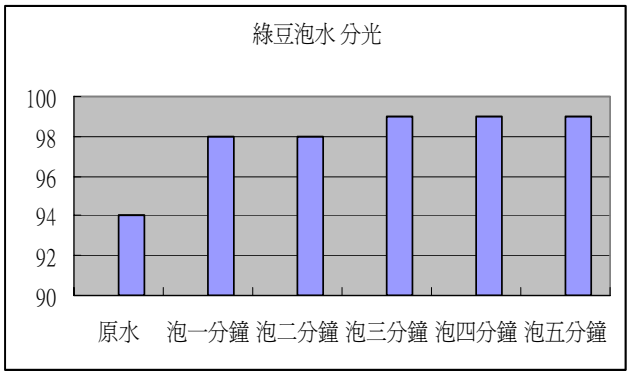

圖 4-5

花泡水		
	比色	穿透率
六天	0ppm	100%
六天自來水	0.1ppm	99%

表 4-6

Ps.植物由維管束吸收水不易計算，所以我們以多天來看較明顯

人體皮膚能吸收水中餘氯,於是我們也猜測【植物吸收氯的狀況】會怎樣?根據不同餘氯吸收方式選了花、綠豆、菠菜作爲對象,發現吸收氯的程度不盡相同。一分鐘綠豆吸收程度顯然比菠菜好。而五分鐘時，綠豆單位面積較菠菜吸收程度好。但若考慮生物吸收或許有飽和的問題,因此只就實驗進行的時間來推論可知五分鐘內,浸泡綠豆與青菜皆有吸收水中餘氯,因此洗菜及蔬果時會累積水中餘氯,但若烹煮超過五分鐘後即可使其消失。

另外,我們在七年級上學期生物 3-1 有學到植物吸收水分的方式,因此我們選取材料吸收水的方式不同。花是利用維管束來吸收水分。在「植物生理學」這本書當中,說到維管束是利用其木質部吸收水分,木質部又可細分爲薄壁細胞、纖維、管細胞,其中管細胞是主

要水分輸導的細胞。植物體吸脹作用又以蛋白質爲最佳,又我們所選用的綠豆富含蛋白質,因此綠豆的細胞可以達到吸收氯的方法。剩下的菠菜是利用葉來吸收氯,而我們在洗菜的過程當中,破壞到一些角質層,使其內部的表皮或其他細胞直接與水接觸,因此除了角質層微量吸收水的機制外,葉的其餘細胞皆可吸收水。

五、未來展望：

(一)有報告指出,泳池加氯量遠多於自來水,所以每次游泳會吸收爲減少游泳池水中的氯被人體大量的吸收,未來可朝製造防氯特殊的泳　衣。

(二)爲減少平時與氯之暴露,未來希望能朝製作除氯之水龍頭的方向邁進。

(三)藉微生物之力淨化水質或用基因操作製造能分解水中特殊雜質的微生物。

(四)未來可以做家中簡易「水塔除氯方法」、「水龍頭除氯方法」的消除氯方式,使我們在洗澡時不會吸收過多的氯。

陸、結論

一、在家中及學校不同的水樣檢測當中,我們得知,每個家庭的自來水餘氯 濃度皆不相同,組員家中的自來水餘氯濃度 0.3 至 0.8ppm 之間,學校個樓層的自來水 0.3 至 0.8ppm 之間,皆在自來水質標準餘氯濃度範圍內(0.2 至 1.5ppm)。

二、家中自來水含量因管線配置 水塔材質及自來水運輸過程中有機物質的含量皆會對水終餘氯的含量有所影響。

三、比較地下水和自來水餘氯含量,發現本校地下水餘氯含量(0.1ppm)較本校四樓自來水(0.3ppm)少,但地下水的其他物質含量並未檢測。

四、家中自來水簡易除氯的方法中煮沸除氯的時間若水量少於 200 毫生 0 到 3 分即可,若水量超過一公升則需煮沸超過 5 分鐘其時間與水量多寡需更進一步的研究。

五、家中自來水簡易除氯的方法中若以竹炭或臭氧處理五分鐘則其餘氯含量可降至與蒸餾水相近(穿透濾 99.5 至 100%)。

六、由生物體餘氯吸收檢測可知動物和植物的體表皆可對水中餘氯發生吸收 的情形。

七、生物體中植物對餘氯的吸收可由維管束及表皮吸收,而綠豆一分鐘單位面積吸收量較菠菜爲佳。

八、生物體中植物(插花)經由維管束吸收餘氯六天後,比色爲 0ppm(穿透率 100%)六天後的封閉自來水比色爲 0.1ppm 植物可經維管束造成餘氯的減少。

九、生物體中檢測大拇指對餘氯吸收情形,發現手指對餘氯吸收與面積及皮膚特性有關,每人不盡相同。

十、生物體中人體皮膚經由洗澡會吸收餘氯,我們以手掌皮膚推算全身餘氯吸收量每 10 分鐘吸收大於 22.5ppm 的餘氯,且泡澡吸收較淋浴多。

十一、氯含量大小爲：不透光無空氣＞透光無空氣＞不透光有空氣＞透光有空氣＞陽光無空氣＞陽光有空氣。欲去除氯,本實驗得知接觸空氣且照陽光的自來水經過 4 小時候,氯會達到最低值 0ppm（穿透率１００％）。陽光（強光）是減少氯含量的最主要條件,曝氣爲次要條件。

柒、參考資料

一、網路資源：

（一）林財富。安全飲用水。成大環工系。
取自於：http://www.ncku.edu.tw/~tflin/Research/Talks/safedrinking.PDF

（二）王正雄(民 91)。三鹵甲烷環境暴露之探討。環境檢驗季刊，42：2-1。
取自於：
http://www.gosh.com.tw/files/%A4T%B3%BF%A5%D2%D6J%C0%F4%B9%D2%BC%C9%C5S%A4%A7%B1%B4%B0Q.pdf

（三）中華民國八十三年八月三日環署檢字第 19170 號公告(民 83)，水中餘氯檢測方法－分光光度計/DPD 法。
取自於：http://www.niea.gov.tw/niea/WATER/W40850A.htm

（四）自來水水質標準(民國 92 年 08 月 20 日公發佈)。

二、書籍：

（一）王越雲，陳是瑩，童武夫(民 89)。植物生理學實驗(光度計的原理及使用，12~18 頁)。台北市:藝軒。

（二）林春輝等人(民 78)。醫學保健百科全書 皮膚與傳染病(皮膚的構造，7~8 頁)。台北市:光復書局。

（三）賈浩琪等人(民 68)。Guyton’s 生理學(穿過細胞膜的物質運輸，第一篇第四章)。台北市:合計。

（四）Cecie Starr，Ralph Taggart 著。丁澤民等編譯(民 80)。生物學(上冊)(膜的構造與功能，第六章)。台北市:藝軒。

（五）林春輝等人(民 79)。光復科技百科全書 4(有機化學 54~57 頁)。台北市:光復書局。

（六）柯勇(民 93)。植物生理學(p85 植物細胞吸脹作用)。台北市:藝軒。

三、期刊文章：

（一）江木泳、李欽慧、張玉玲(民 83)。煮沸法去除自來水中三鹵甲烷之研究。行政院環境保護署環境檢驗所環境調查研究年報第二號。台北：行政院環境保護署環境檢驗所，1994；431-68。

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評　　語

國中組　生活與應用科學科

030824
生命之水

臺北縣立福和國民中學

評語：
具科學研究精神，但實用性價值及應用推廣部份可再加強。