

中華民國第四十八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

佳作

030816

臺灣藍金、行船人的救星---太陽能「海水淡化槽」

學校名稱：嘉義縣立中埔國民中學

| | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 作者： 國二 林秀靜 國二 邱泓佐 | 指導老師： 曾勝偉 許翠伶 |
|---------------------------------|-----------------------------|

關鍵詞： 太陽能、海水淡化、蒸餾器

壹、摘要

本研究在探討海水淡化槽玻璃面的傾斜度、海水淡化槽寬度、長度、深度的不同對水滴生成量的影響，並得出當傾斜度 17.89°、長度 42.69cm、深度 5.5cm 時，有最大水滴生成量，且寬度與水滴生成量呈線性關係。我們並據此作出一最佳的海水淡化槽(且設寬度為 60cm)，至目前為止，其最大的水滴生成量為 384.1ml (5 月 9 日)，我們並估算出 4 坪土地面積所設置的海水淡化槽，1 年可生產 1,670 公斤的海洋深層水。當我們以墨水模擬進行汗水處理時，發覺此海水淡化槽亦可作為簡易的汗水處理裝置。

貳、研究動機

出海行船的人，最怕的就是沒有水喝，前一陣子新聞報導說，臺灣有 4 位漁民落海 16 小時，被太陽曬到了半昏迷狀態，只好喝海水，誰知不喝還好，一喝下去卻「嘴破、肚痛、喉嚨痛」，只好靠喝尿撐下去。而我們在「自然與生活科技」第三冊第一章第一節學到食鹽的精製，令我們想到利用「蒸餾」的方法來進行水資源淨化，如此出海的人，就可利用其周遭豐富的海水資源及太陽能，從此就不用再畏懼沒有水喝了。

在澎湖等離島地區也經常受缺水之苦，不時都需要由台灣本島運水過去，且本島的民眾因自來水的水質不佳，要常去購買飲用水來喝，環顧台灣四周，有一非常優越的環境---「海」，且四季陽光的照射也充足。在目前能源價格高漲的時代裡，若能利用免費的太陽能來蒸餾海水，取得他們所需的淡水，豈不妙哉？而在台東更可用來生產海洋深層水，用以提升農村的收入，改善農民的生活。

我們在「工業技術研究院能源與環境研究所」的再生能源網上，查閱到一則有關海水淡化的文章及設備草圖，唯對海水淡化槽的尺寸設計付之闕如，因而興起我們對海水淡化槽設計的探討，想藉此得出一最佳化的淡水生成量，以為實際生活上的應用。

參、研究目的

在固定太陽光輻射強度、氣溫、風力的情形下，分別探討

- 一、玻璃面的傾斜度對水滴生成量的影響
- 二、海水淡化槽的寬度對水滴生成量的影響

- 三、海水淡化槽的長度對水滴生成量的影響
- 四、海水淡化槽的深度對水滴生成量的影響
- 五、設計出最佳海水淡化槽，並測出其水滴生成量
- 六、以墨水進行汙水處理，觀察處理結果及水滴生成量。

肆、研究設備及器材

| | | |
|------------------|----------------|----------------|
| 玻璃 79x17 公分 1 片 | 酒精燈 1 只 | 鐵架 2 只 |
| 三腳架 1 只 | 500 c.c.燒杯 1 只 | 1000c.c.燒杯 1 只 |
| 5000c.c.以上容器 1 只 | 鹽 1 包 | 玻棒 1 只 |
| 溫度計 1 支 | 量角器 1 只 | 天平 1 台 |

照度計(0~400,000 流明) 1 臺

各式海水淡化槽尺寸如下 (單位：公分)

| 編號 | 長 | 寬 | 前深度 | 後深度 | 玻璃傾斜度 | 玻璃 | |
|----|----|------|-----|------|-------|------|------|
| | | | | | | 長 | 寬 |
| 1 | 30 | 27 | 5.5 | 7.3 | 4.5° | 36 | 27.5 |
| 2 | 30 | 27 | 5.5 | 9.8 | 10.5° | 36 | 27.5 |
| 3 | 30 | 27 | 5.5 | 11.9 | 14° | 36 | 27.5 |
| 4 | 30 | 27 | 5.5 | 14 | 17° | 36 | 27.5 |
| 5 | 30 | 27 | 5.5 | 16.2 | 20.5° | 36 | 27.5 |
| 6 | 30 | 19 | 5.5 | 14 | 17° | 35 | 20 |
| 7 | 30 | 22 | 5.5 | 14 | 17° | 35 | 22.5 |
| 8 | 30 | 27 | 5.5 | 14 | 17° | 35 | 27.5 |
| 9 | 30 | 32.5 | 5.5 | 14 | 17° | 35 | 33 |
| 10 | 30 | 36.5 | 5.5 | 14 | 17° | 35 | 37 |
| 11 | 21 | 27 | 5.5 | 12 | 17° | 26 | 28.5 |
| 12 | 26 | 27 | 5.5 | 13.5 | 17° | 31.5 | 28 |
| 13 | 30 | 27 | 5.5 | 14 | 17° | 36 | 27.5 |
| 14 | 36 | 27 | 5.5 | 17 | 17° | 40.8 | 29.3 |
| 15 | 41 | 27 | 5.5 | 18.5 | 17° | 45.8 | 29.2 |
| 16 | 30 | 28 | 5.5 | 12 | 13° | 34 | 29.5 |
| 17 | 30 | 28 | 7.5 | 14 | 13° | 34 | 29.5 |
| 18 | 30 | 28 | 8.5 | 15 | 13° | 34 | 29.5 |
| 19 | 30 | 28 | 10 | 16.5 | 13° | 34 | 29.5 |
| 20 | 30 | 28 | 11 | 17.5 | 13° | 34 | 29.5 |

表 1：各式海水淡化槽尺寸表

一、編號：1 號~5 號海水淡化槽(玻璃面傾斜度不同)



傾斜度：4.5°



傾斜度：10.5°



傾斜度：14°



傾斜度：17°



傾斜度：20.5°

二、編號：6 號~10 號海水淡化槽(寬度不同)



寬度：19 公分



寬度：22 公分



寬度：27 公分



寬度：32.5 公分



寬度：36.5 公分

三、編號：11 號~15 號海水淡化槽(長度不同)



長度：21 公分



長度：26 公分



長度：30 公分



長度：36 公分



長度：41 公分

四、編號：16 號~20 號海水淡化槽(深度不同)



前深度：5.5 公分



前深度：7.5 公分



前深度：8.5 公分



前深度：10 公分



前深度：11 公分

五、最佳的海水淡化槽尺寸

玻璃傾斜角：18° 長：43 公分 寬：取 60 公分 前深度：5.5 公分



圖 1：最佳的海水淡化槽

伍、研究方法

- 一、海水淡化槽：外表面噴上一層黑色的噴漆，以增加對太陽能的吸熱效果，上面並蓋上一面玻璃，利用溫室效應原理，以保持槽內的高溫。



圖 2：海水淡化槽成品

- 二、海水淡化槽的集水原理：以蒸餾的方式，利用太陽能將海水蒸發成水蒸氣，使凝結於玻璃面上，並利用重力使得凝結的水滴能沿著玻璃面下滑到集水槽中，而收集到蒸餾出的水滴。
- 三、研究內容：由於太陽光輻射強度、氣溫、風力、海水淡化槽的外觀構造，均會影響集水效果，所以本研究在固定太陽光輻射強度、氣溫、及隔絕風力因素的情況下，分別探討玻璃面的傾斜度、海水淡化槽的寬度、海水淡化槽的長度、海水淡化槽的深度對水滴生成量的影響，進而找出一最佳的海水淡化槽外觀尺寸。
- 四、本研究為使實驗進行順暢起見，一律先使用淡水來替代海水，務使能找出最佳的淡水產生量。
- 五、當以最佳海水淡化槽進行實驗時，則改以自行調製的海水來進行(2000 克水加入 70 克鹽)

陸、研究過程

一、玻璃面的傾斜度對水滴生成量的影響

- (一)測量讓水流下的最小玻璃傾斜度，以為後續設計用。
- (二)觀察 1 號到 5 號海水淡化槽，在每天 AM8:00~PM3:00 的日照時間下，玻璃面凝聚水滴的情形，及測量集水量。
- (三)每次槽內水量為 1000 c.c.。
- (四)玻璃面周圍以膠帶密封，以隔絕風力的影響。
- (五)海水淡化槽座向向南，以求接收最大的日照量。
- (六)重複 5 天，得出水滴生成量的數據，並記錄之。



圖 3：不同的玻璃面傾斜度對水滴生成量的影響

二、海水淡化槽的寬度對水滴生成量的影響

- (一)觀察 6 號到 10 號海水淡化槽，在每天 AM8:00~PM3:00 的日照時間下，玻璃面凝聚水滴的情形，及測量集水量。
- (二)每次槽內水量為 1000 c.c.。
- (三)玻璃面周圍以膠帶密封。
- (四)海水淡化槽座向向南。
- (五)重複 5 天，得出水滴生成量的數據，並記錄之。



圖 4：不同的寬度對水滴生成量的影響

三、海水淡化槽的長度對水滴生成量的影響

- (一)觀察 11 號到 15 號海水淡化槽，在每天 AM8:00~PM3:00 的日照時間下，玻璃面凝聚水滴的情形，及測量集水量。
- (二)每次槽內水量為 1000 c.c.。
- (三)玻璃面周圍以膠帶密封。
- (四)海水淡化槽座向向南。
- (五)重複 5 天，得出水滴生成量的數據，並記錄之。



圖 5：不同的長度對水滴生成量的影響

四、海水淡化槽的深度對水滴生成量的影響

- (一)觀察 16 號到 20 號海水淡化槽，在每天 AM8:00~PM3:00 的日照時間下，玻璃面凝聚水滴的情形，及測量集水量。
- (二)每次槽內水量為 1000 c.c.。
- (三)玻璃面周圍以膠帶密封。
- (四)海水淡化槽座向向南。
- (五)重複 5 天，得出水滴生成量的數據，並記錄之。



圖 6：不同的深度對水滴生成量的影響

五、最佳海水淡化槽的水滴生成量

(一)根據上述一~四的實驗分析結果，得出最佳的海水淡化槽外觀尺寸(玻璃面傾斜度、寬度、長度、深度)，並製作紙模以利製作成品。



圖 7：最佳海水淡化槽紙模

(二)調製海水

用天平秤取 70 克食鹽，加入 2000 克水中，並用玻棒攪拌均勻。



圖 8：用天平秤取食鹽 70 克



圖 9：將 70 克食鹽加入 2000 克水中攪拌

(三)海水淡化槽成品座向向南。

(四)觀察海水淡化槽，在每天 AM8:00~PM5:00 的日照時間下，收集的水量，並記錄之。



圖 10：最佳海水淡化槽測水滴生成量

六、以最佳海水淡化槽進行汗水處理

(一)以最佳化海水淡化槽，在 AM8:00~PM5:00 的日照時間下，測量集水量。

(二)槽內水量為 2000 c.c.，並滴入適當的黑色墨水。

(三)海水淡化槽座向向南。

(四)觀察收集到的水與自來水有何差異

(五)以廣用指示劑檢驗汗水處理的結果，並與自來水做比較



圖 11：以海水淡化槽進行汗水處理

柒、研究結果

一、玻璃面的傾斜度對水滴生成量的影響

(一)只要玻璃傾角 3° 以上，便可發現水滴會沿著玻璃面流下去。

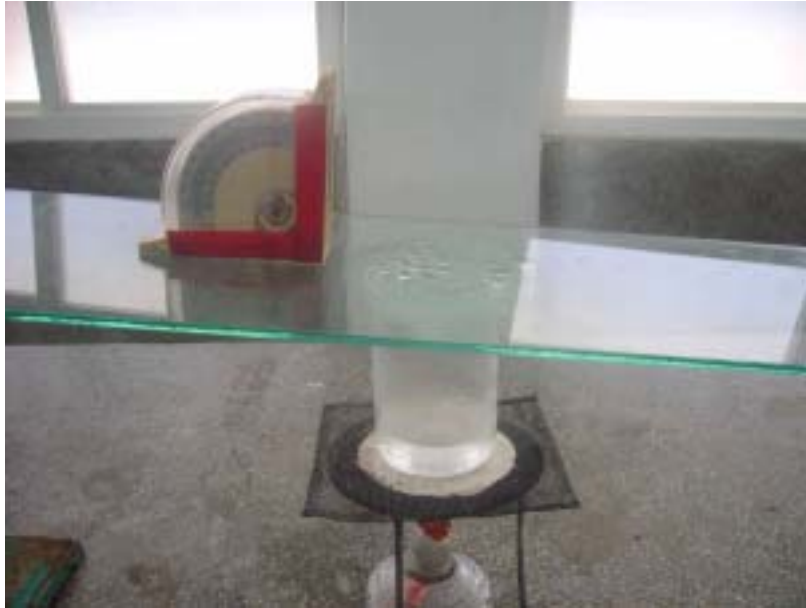


圖 12：水滴沿玻璃面下滑的情形

(二)下圖為水蒸氣在玻璃面凝結成水滴，並收集成功的情形。



圖 13：水滴在玻璃面的凝結情形

(三)玻璃面的傾斜度太小時(例如 1 號)，會發生當玻璃面的水滴形成太大，水滴滴回水槽中的情形。



圖 14：1 號海水淡化槽

(四)一天下來，不同玻璃面傾斜度的水滴生成量

| | | | | | | | |
|-----------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|------|
| 日期 | 12/04 | 12/10 | 12/11 | 12/14 | 12/18 | | |
| 水泥地面最高溫度 | 30°C | 35°C | 39°C | 36°C | 36°C | | |
| 最大日照強度(*100 流明) | 920 | 1050 | 1080 | 945 | 964 | | |
| 編號 | 傾斜度 | 第一次 (ml) | 第二次 (ml) | 第三次 (ml) | 第四次 (ml) | 第五次 (ml) | 平均 |
| 1 | 4.5° | 13.9 | 28.9 | 35.8 | 14.3 | 8.5 | 20.3 |
| 2 | 10.5° | 15.9 | 24.5 | 29.2 | 26.5 | 22.1 | 23.6 |
| 3 | 14° | 27.9 | 36.5 | 48.2 | 32.0 | 29.1 | 34.7 |
| 4 | 17° | 32.2 | 44.7 | 48.3 | 28.0 | 31.7 | 37.0 |
| 5 | 20.5° | 37.8 | 43.1 | 40.6 | 26.1 | 29.4 | 35.4 |

表 2：不同玻璃面傾斜度的水滴生成量

(五)二小時後(AM10:00)，1 號玻璃面比 5 號玻璃面先佈滿大水珠，且有流下的跡象。

(六)一天下來，當玻璃面的傾斜度愈大，則水滴的生成量可能愈多

例如：4 號玻璃面的水量比 1 號多，但有一很奇特的現象，5 號的水量反而比 4 號少

(七)不同玻璃傾斜度水滴生成量的趨勢圖

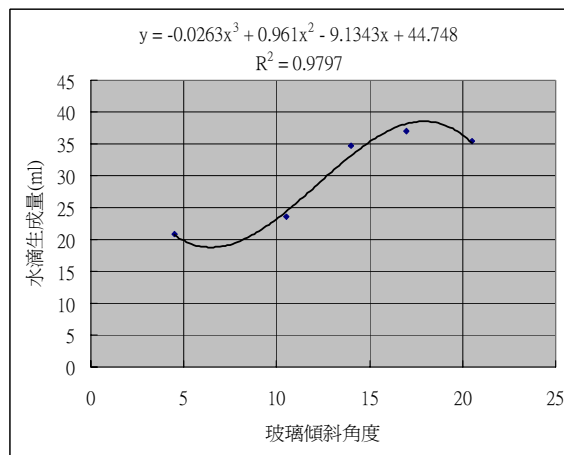


表 3：不同玻璃傾斜度水滴生成量的趨勢圖

說明：1.由 Excel 分析可得出 $y = -0.0263x^3 + 0.961x^2 - 9.1343x + 44.748$ ，且 $R^2 = 0.9797$ ，所以可見玻璃傾斜度與水滴生成量有高度相關。

2.由(八)的計算可得出，當 $x=6.47^\circ$ 時， y 有極小值。當 $x=17.89^\circ$ 時， y 有極大值

(八)最佳玻璃傾斜角度的計算

$$\text{由 } y = -0.0263x^3 + 0.961x^2 - 9.1343x + 44.748 \quad \therefore y' = -0.0789x^2 + 1.922x - 9.1343$$

$$\text{當 } y' = 0 \quad \Rightarrow y' = -0.0789x^2 + 1.922x - 9.1343 = 0 \quad \therefore 0.0789x^2 - 1.922x + 9.1343 = 0$$

$$\therefore x = 6.47 (y \text{ 有極小值}) \text{ 或 } x = 17.89 (y \text{ 有極大值})$$

即當 $x=17.89^\circ$ 時， y (水滴生成量)會有最大

三、海水淡化槽的寬度對水滴生成量的影響

(一)三月七日 AM10:00 因有西風吹拂，所以 5 個海水淡化槽的西邊水滴凝結情形均較差。

[討論]風力會加速水槽的散熱。

(二)一天下來，不同寬度的水滴生成量

| 日期 | 2/26 | 3/5 | 3/6 | 3/7 | 3/11 | | |
|-----------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|------|
| 水泥地面最高溫度 | 35.5°C | 36°C | 34°C | 33°C | 36°C | | |
| 最大日照強度(*100 流明) | 1160 | 860 | 972 | 837 | 991 | | |
| 編號 | 寬度 | 第一次 (ml) | 第二次 (ml) | 第三次 (ml) | 第四次 (ml) | 第五次 (ml) | 平均 |
| 6 | 19 | 44.6 | 41.0 | 37.5 | 23.0 | 40.5 | 37.3 |
| 7 | 22 | 35.0 | 48.6 | 46.0 | 28.5 | 38.5 | 39.3 |
| 8 | 27 | 55.0 | 67.1 | 66.0 | 45.5 | 81.5 | 63.0 |
| 9 | 32.5 | 74.5 | 83.0 | 80.0 | 53.0 | 101.2 | 78.3 |
| 10 | 36.5 | 75.2 | 93.0 | 90.0 | 60.5 | 108.0 | 85.3 |

表 4：不同寬度的水滴生成量

(三)二小時後(AM10:00)，6 號除了已佈滿大水珠外，也有收集到水量。而 10 號玻璃面佈滿了大水珠，但尚未收集到水。

(四)不同寬度水滴生成量的趨勢圖

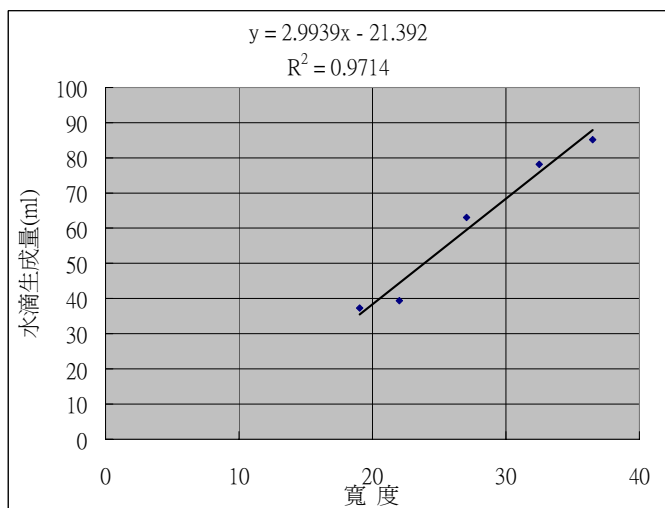


表 5：不同寬度水滴生成量的趨勢圖

說明：1.由 Excel 的分析可得出 $y = 2.9939x - 21.392$ 且 $R^2 = 0.9714$ ，所以可見寬度與水滴生成量呈線性關係。

2.寬度愈寬(x)⇒水滴生成量(y)愈多。

(五)寬度愈寬⇒水滴生成量愈多

由 $y = 2.9939x - 21.392$ 可知寬度(x)愈寬⇒水滴生成量(y)愈多

四、海水淡化槽的長度對水滴生成量的影響

(一)一天下來，不同長度的水滴生成量

| 日期 | 3/12 | 3/18 | 3/19 | 3/20 | 3/21 | | |
|-----------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| 水泥地面最高溫度 | 38.7°C | 42°C | 36°C | 42°C | 41.5°C | | |
| 最大日照強度(*100 流明) | 891 | 967 | 896 | 990 | 944 | | |
| 編號 | 長度 | 第一次(ml) | 第二次(ml) | 第三次(ml) | 第四次(ml) | 第五次(ml) | 平均 |
| 11 | 21 | 33.1 | 45.0 | 28.8 | 40.5 | 33.8 | 36.2 |
| 12 | 26 | 38.6 | 59.0 | 33.4 | 50.0 | 38.9 | 44.0 |
| 13 | 30 | 54.3 | 75.2 | 47.0 | 60.5 | 53.9 | 58.2 |
| 14 | 36 | 56.2 | 75.0 | 40.0 | 58.3 | 60.0 | 57.9 |
| 15 | 41 | 51.1 | 85.4 | 50.1 | 72.0 | 61.6 | 64.0 |

表 6：不同長度的水滴生成量

(二)二小時後(AM10:00)，12~15 號除了已佈滿大水珠外，也有收集到一些水，而 11 號尚未收集到水。

(三)一天下來，長度愈長↪收集的水量愈多。但發覺長度部分 13、14、15 號水量的增加情形，不若寬度部分 8、9、10 號的增加情形。

(四)不同長度水滴生成量的趨勢圖

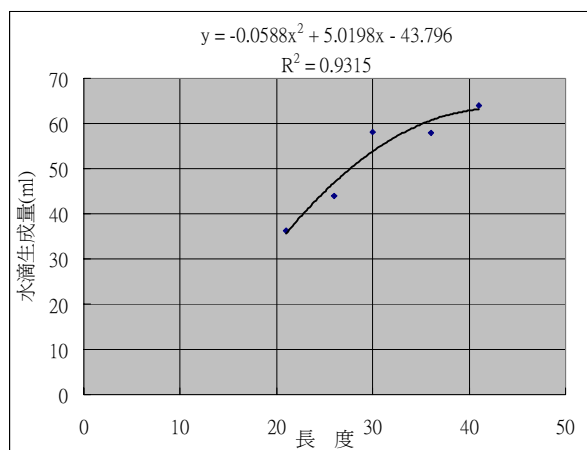


表 7：不同長度水滴生成量的趨勢圖

說明：1.由 Excel 分析可得出 $y = -0.0588x^2 + 5.0198x - 43.796$ ，且 $R^2 = 0.9315$ ，所以長度與水滴生成量有高度正相關。

2.由(五)的計算可得出，當 $x=42.69$ (cm) 時， y 有最大值。

(五)最佳長度的計算

$$\text{由 } y = -0.0588x^2 + 5.0198x - 43.796 \quad \therefore y' = -0.1176x + 5.0198$$

$$\text{當 } y' = 0 \quad , \text{ 即 } x = \frac{5.0198}{0.1176} = 42.69 \text{ (cm) 時, } y \text{ (水滴生成量) 會有最大}$$

五、海水淡化槽的深度對水滴生成量的影響

(一)一天下來，不同深度的水滴生成量

| 日期 | | 3/25 | 3/26 | 3/27 | 3/28 | 4/2 | |
|-----------------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|------|
| 水泥地面最高溫度 | | 40°C | 34°C | 42°C | 34°C | 38°C | |
| 最大日照強度(*100 流明) | | 1140 | 918 | 1020 | 1006 | 1126 | |
| 編號 | 前深度 | 第一次 (ml) | 第二次 (ml) | 第三次 (ml) | 第四次 (ml) | 第五次 (ml) | 平均 |
| 16 | 5.5 | 63.6 | 36.7 | 70.6 | 40.0 | 21.2 | 46.4 |
| 17 | 7.5 | 56.1 | 29.9 | 53.5 | 37.0 | 23.9 | 40.1 |
| 18 | 8.5 | 52.0 | 23.1 | 71.1 | 35.0 | 24.0 | 41.0 |
| 19 | 10 | 51.0 | 32.0 | 67.5 | 53.1 | 21.8 | 45.1 |
| 20 | 11 | 57.5 | 40.8 | 76.6 | 35.5 | 20.4 | 46.2 |

表 8：不同深度的水滴生成量

(二)二小時後(AM10:00)，16 號已開始集水，但 20 號只是玻璃佈滿水珠，尚未收集到水。

(三)一天下來，16~20 號水滴生成量的差距不大。

(四)不同深度水滴生成量的趨勢圖

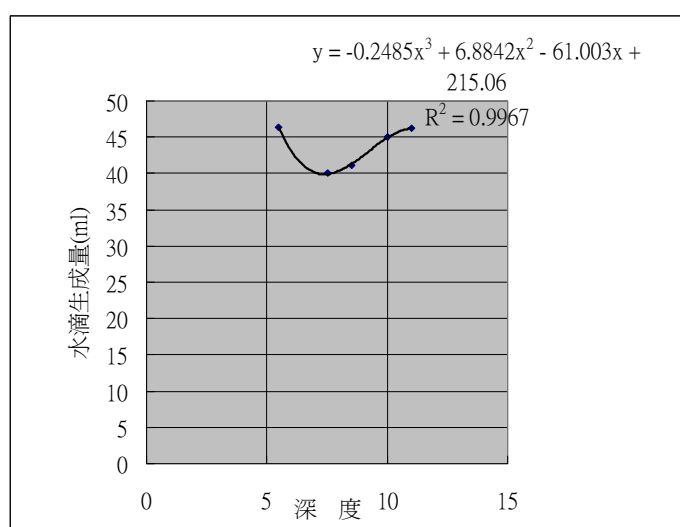


表 9：不同深度水滴生成量的趨勢圖

說明：1.由 Excel 分析可得出 $y = -0.2485x^3 + 6.8842x^2 - 61.003x + 215.06$ ，且 $R^2 = 0.9967$ ，所以深度與水滴生成量有高度正相關。

2.由(五)的計算可得出，當 $x=7.38$ (cm) 時， y 有極小值、 $x=11.09$ (cm) 時， y 有極大值。

(五)最佳深度的計算

由 $y = -0.2485x^3 + 6.8842x^2 - 61.003x + 215.06$ $\therefore y' = -0.7455x^2 + 13.7684x - 61.003$

當 $y' = 0$ 時，即 $0.7455x^2 - 13.7684x + 61.003 = 0$

亦即 $x = \frac{13.7684 - \sqrt{13.7684^2 - 4 \times 0.7455 \times 61.003}}{2 \times 0.7455} = 7.38 \text{ cm}$ 時， y (水滴生成量)有極小值

或 $x = \frac{13.7684 + \sqrt{13.7684^2 - 4 \times 0.7455 \times 61.003}}{2 \times 0.7455} = 11.09 \text{ cm}$ 時， y (水滴生成量)有極大值

(六)最佳深度的選定

1. 當 $x = 11.09 \text{ cm}$ ，經由計算可得 $y = 46.27 \text{ ml}$ 。

2. 而 $x = 5.5 \text{ cm}$ 時，由實驗可得 $y = 46.4 \text{ ml}$ ，因為表 9 的水滴生成量趨勢圖在 $x = 5.5 \text{ cm}$

以下，是向上延伸趨勢，但為了方便管理及製作，我們選定 $x = 5.5 \text{ cm}$ 為深度標準

六、最佳海水淡化槽的水滴生成量

(一)最佳尺寸：玻璃傾斜度 18° 寬度取 60 cm (此乃為配合本次科展實物尺寸限制所取的寬度，實際上可一直延伸下去) 長度 43 cm 前深度 5.5 cm 。

(二)最佳海水淡化槽的水滴生成量

(AM8:00~PM5:00)

至目前此最佳海水淡化槽的水滴生成量為 384.1 ml (5 月 9 日天氣：晴朗)。

| 日期 | 4/14 | 4/15 | 4/16 | 5/8 | 5/9 |
|------------------|--------------|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------|
| 水泥地面最高溫度 | 43.8°C | 41.5°C | 43.1°C | 41°C | 45°C |
| 最大日照強度 (*100 流明) | 919 | 929 | 1223 | 1305 | 1293 |
| 天氣 | 早上：晴 下午：陰 | 早上：晴 下午：陰 | 早上：晴 下午：偏陰 (1/3 晴) | 早上：晴 下午：稍陰 (3/5 晴) | 早上：晴 下午：晴 |
| 水滴生成量 (ml) | 106.9 | 84.5 | 157 | 310.5 | 384.1 |

表 10：最佳海水淡化槽的水滴生成量

七、汗水處理的結果及水滴生成量

水滴生成量：255ml、最大日照強度：1205*100 流明(5 月 15 日天氣：晴，下午陰)

汗水處理出的水，我們以廣用指示劑檢驗得出呈中性的綠色反應。



汗水處理結果 一般自來水



汗水處理結果 一般自來水

圖 15：汗水處理結果

圖 16：以廣用指示劑檢驗結果

捌、理論建構與討論

在傾斜度、寬度、長度、深度的實驗中，我們為了解釋所觀察到的各種不同現象，就先對海水淡化槽的物理名詞做基本的定義，並計算出這些物理名詞的變化率分析表，進而嘗試去建構一理論來解釋所觀察到的現象。

一、海水淡化槽的物理定義

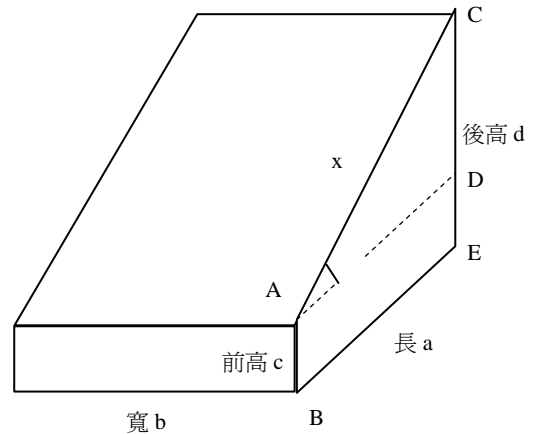
設海水淡化槽長為 a 、寬 b 、前高 c 、後高 d 、

$\overline{AC} = x$ 、玻璃傾斜角 θ

$$1. \therefore x = a \sec \theta \quad \text{---①}$$

$$d = \overline{CD} + \overline{DE} = a \tan \theta + c \quad \text{---②}$$

$$2. \text{槽內體積 } V = \frac{(c+d) \times a}{2} \times b = \frac{ab(c+d)}{2} \quad \text{---③}$$



$$3. \text{有效集熱面積 } A = \frac{(c+d) \times a}{2} \times 2 + bx + bc + bd = a(c+d) + b \times a \sec \theta + b \times (c+d)$$

$$= (a+b)(c+d) + ab \sec \theta \quad \text{---④}$$

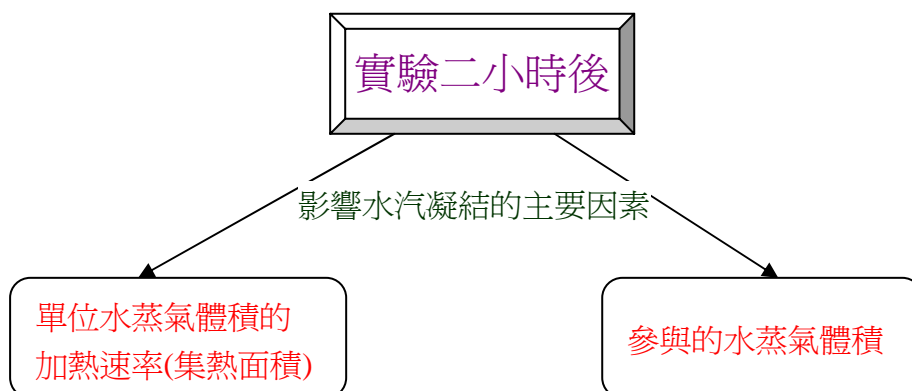
$$4. \text{散熱面積 } A' = \frac{(c+d) \times a}{2} \times 2 + bx + ab + bc + bd = a(c+d) + b \times a \sec \theta + ab + b \times (c+d)$$

$$= (a+b)(c+d) + ab(\sec \theta + 1) \quad \text{---⑤}$$

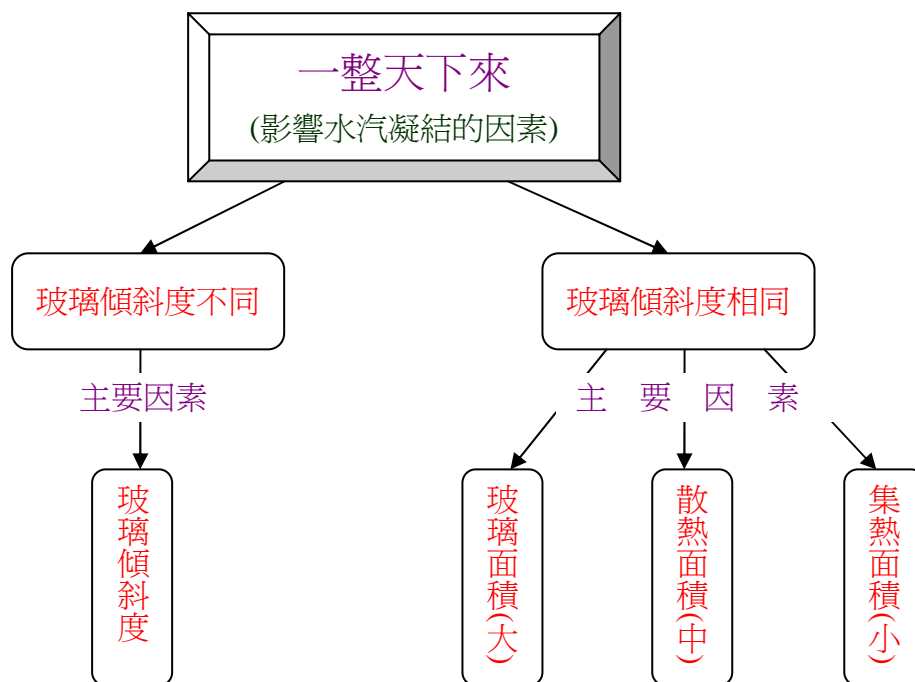
$$5. \text{玻璃面積} = bx = ba \sec \theta \quad \text{---⑥}$$

$$6. \text{底面積} = ab \quad \text{---⑦}$$

二、海水淡化槽影響水汽凝結速率的理論分析



(解說：因為剛開始水槽內水溫較低，所以影響水滴形成的因素為加熱因素)



解說：1.若玻璃傾斜度不同，則傾斜度愈大，水滴在玻璃凝結時，即可馬上滑下來收集成功，有利於後續的水蒸氣去接觸較冷的玻璃面，而再度凝結成水滴，所以水滴形成的速度較快。

2.若玻璃傾斜度相同，則

(1)玻璃面積愈大，則參與凝結的水蒸氣也就愈多，所以為最主要的影響因素。

(2)由於一天下來，槽內水溫已達高溫平衡狀態，所以散熱面積的影響會比集熱面積為大

三、海水淡化槽的變化率分析表

(一)由 1~5 號海水淡化槽的尺寸及物理定義③~⑦，可得到表 11 的變化率分析數據

| 編號 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|----------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| V (cm ³) (變化率%) | 5184 | 6197 (19.53%) | 7047 (35.94%) | 7898 (52.34%) | 8789 (69.53%) |
| 玻璃面積(cm ²) (變化率%) | 813 | 824 (1.39%) | 835 (2.74%) | 847 (4.25%) | 865 (6.43%) |
| 底面積(cm ²) (變化率%) | 810 | 810 (0%) | 810 (0%) | 810 (0%) | 810 (0%) |
| 集熱面積 A(cm ²) (變化率%) | 1542 | 1696 (9.97%) | 1827 (18.45%) | 1959 (27.00%) | 2102 (36.29%) |
| 散熱面積 A'(cm ²) (變化率%) | 2352 | 2506 (6.54%) | 2637 (12.10%) | 2769 (17.70%) | 2912 (23.79%) |
| 單位水蒸氣體積所 分享的集熱面積(A/V) (cm ⁻¹)(變化率%) | 0.297474 | 0.273686 (-8.00%) | 0.259202 (-12.87%) | 0.247991 (-16.63%) | 0.239138 (-19.61%) |

表 11：1~5 號海水淡化槽各種變化率的分析數據

(二)由 6~10 號海水淡化槽的尺寸及物理定義③~⑦，可得到表 12 的變化率分析數據

| 編 號 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| V (cm^3) (變化率%) | 5558 | 6435 (15.79%) | 7898 (42.11%) | 9506 (71.05%) | 10676 (92.11%) |
| 玻璃面積(cm^2) (變化率%) | 596 | 690 (15.79%) | 847 (42.11%) | 1020 (71.05%) | 1145 (92.11%) |
| 底面積(cm^2) (變化率%) | 570 | 660 (15.79%) | 810 (42.11%) | 975 (71.05%) | 1095 (92.11%) |
| 集熱面積 A(cm^2) (變化率%) | 1552 | 1704 (9.84%) | 1959 (26.23%) | 2238 (44.26%) | 2442 (57.38%) |
| 散熱面積 A' (cm^2) (變化率%) | 2122 | 2364 (11.44%) | 2769 (30.50%) | 3213 (51.46%) | 3537 (66.71%) |
| 單位水蒸氣體積所 分享的集熱面積(A/V) (cm^{-1})(變化率%) | 0.27918 | 0.264826 (-5.14%) | 0.247991 (-11.17%) | 0.235455 (-15.66%) | 0.228711 (-18.08%) |

表 12：6~10 號海水淡化槽各種變化率的分析數據

(三)由 11~15 號海水淡化槽的尺寸及物理定義③~⑦，可得到表 13 的變化率分析數據

| 編 號 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---------|---------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| V (cm^3) (變化率%) | 4961 | 6669 (34.42%) | 7898 (59.18%) | 10935 (120.41%) | 13284 (167.76%) |
| 玻璃面積(cm^2) (變化率%) | 593 | 734 (23.81%) | 847 (42.86%) | 1016 (71.43%) | 1158 (95.24%) |
| 底面積(cm^2) (變化率%) | 567 | 702 (23.81%) | 810 (42.86%) | 972 (71.43%) | 1107 (95.24%) |
| 集熱面積 A(cm^2) (變化率%) | 1433 | 1741 (21.51%) | 1959 (36.68%) | 2434 (69.86%) | 2790 (94.68%) |
| 散熱面積 A' (cm^2) (變化率%) | 2000 | 2443 (22.16%) | 2769 (38.43%) | 3406 (70.30%) | 3897 (94.84%) |
| 單位水蒸氣體積所 分享的集熱面積(A/V) (cm^{-1})(變化率%) | 0.28882 | 0.26107 (-9.61%) | 0.247991 (-14.14%) | 0.22258 (-22.93%) | 0.209995 (-27.29%) |

表 13：11~15 號海水淡化槽各種變化率的分析數據

(四)由 16~20 號海水淡化槽的尺寸及物理定義③~⑦，可得到表 14 的變化率分析數據

| 編號 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|----------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| V (cm ³) (變化率%) | 7350 | 9030 (22.86%) | 9870 (34.29%) | 11130 (51.43%) | 11970 (62.86%) |
| 玻璃面積(cm ²) (變化率%) | 862 | 862 (0%) | 862 (0%) | 862 (0%) | 862 (0%) |
| 底面積(cm ²) (變化率%) | 840 | 840 (0%) | 840 (0%) | 840 (0%) | 840 (0%) |
| 集熱面積 A(cm ²) (變化率%) | 1877 | 2109 (12.36%) | 2225 (18.54%) | 2399 (27.81%) | 2515 (33.99%) |
| 散熱面積 A' (cm ²) (變化率%) | 2717 | 2949 (8.54%) | 3065 (12.81%) | 3239 (19.21%) | 3355 (23.48%) |
| 單位水蒸氣體積所 分享的集熱面積(A/V) (cm ⁻¹)(變化率%) | 0.255387 | 0.233566 (-8.54%) | 0.22544 (-11.73%) | 0.215552 (-15.60%) | 0.210117 (-17.73%) |

表 14：16~20 號海水淡化槽各種變化率的分析數據

四、實驗 2 小時左右，水滴生成情形的理論探討分析表

| 水滴生成情形 影響因素 | 傾斜度不同 | | 寬度不同 | | 長度不同 | | 深度不同 | |
|--------------------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|-----------|-------------|---------|
| | 1 號 | 5 號 | 6 號 | 10 號 | 11 號 | 15 號 | 16 號 | 20 號 |
| | 先收集 到水 | | 先收集 到水 | | | 先收集 到水 | 先收集 到水 | |
| 單位體積的加熱速率 (A/V) | 主要因素 | | 主要因素 | | 主要因素 | | 主要因素 | |
| | 100% | -19.61% | 100% | -18.08% | 100% | -27.29% | 100% | -17.73% |
| 參與的水蒸氣體積 | | | | | 主要因素 | | | |
| | 100% | +69.53% | 100% | +92.11% | 100% | +167.76% | 100% | +62.86% |

表 15：實驗 2 小時左右，水滴生成情形的理論探討分析表

伍、一天下來，水滴的生成量的理論探討分析表

| 水滴生成量 影響因素 | 傾斜度不同 | | | 寬度不同 | | 長度不同 | | 深度不同 | | | | |
|---------------|--------------|-------|--------|-------------|--------|-------------|--------|--------------|--------|--------|--------|--------|
| | 1號 | 4號 | 5號 | 6號 | 10號 | 11號 | 15號 | 16號 | 17號 | 18號 | 19號 | 20號 |
| | 20.3 | 37 | 35.4 | 37.3 | 85.3 | 36.2 | 64 | 46.4 | 40.1 | 41.0 | 45.1 | 46.2 |
| 結果 | 傾斜度愈大，水量可能愈多 | | | 寬度愈大，水量愈多 | | 長度愈大，水量愈多 | | 水量最大至最小的差距不大 | | | | |
| 玻璃傾斜度 | 主要因素 | | | 相等 | | 相等 | | 相等 | | | | |
| | 4.5° | 17° | 20.5° | 17° | 17° | 17° | 17° | 13° | 13° | 13° | 13° | 13° |
| 玻璃面積(大) | 差距不大 | | | 主要因素 | | 主要因素 | | 相等 | | | | |
| | 100% | +4.3% | +6.4% | 100% | +92.1% | 100% | +95.2% | 100% | +0% | +0% | +0% | +0% |
| 散熱面積(中) | 主要因素 | | | | | | | 主要因素 | | | | |
| | 100% | 17.7% | +23.8% | 100% | +66.7% | 100% | +94.8% | 100% | +8.5% | +12.8% | +19.2% | +23.5% |
| 集熱面積(小) | | | | | | | | 主要因素 | | | | |
| | 100% | +27% | +36.3% | 100% | +57.4% | 100% | +94.7% | 100% | +12.4% | +18.5% | +27.8% | +34% |

表 16：一天下來，水滴的生成量的理論探討分析表

六、問題與討論

(一)問題：傾斜度的實驗中，二小時後 1 號玻璃面比 5 號先收集到水

[解析]5 號單位體積的加熱速率比 1 號少了(19.61%)，雖然 5 號參與的水蒸氣體積比 1 號大，但因不是多很多(只有 69.53%)，所以 1 號先收集到水

(二)問題：在寬度、深度的實驗中，二小時後分別是 6 號比 10 號先收集到水、16 號比 20 號先收集到水

[解析]同問題(一)的解析

(三)問題：在長度的實驗中，我們發現一個奇特的現象，2 小時後反而是 15 號玻璃面比 11 號先收集到水

[解析]雖然 15 號單位體積的加熱速率比 11 號少了(27.29%)，但因 15 號參與的水蒸氣體積比 11 號大很多(達 167.76%)，所以 15 號先收集到水。

而 15 號單位體積的加熱速率減少的量(-27.29%)與 15 號參與的水蒸氣體積增加的量(+167.76%)，在跟傾斜度、寬度、深度相比較時，差異不是很大，所以我們也觀測到了 15 號與 11 號先收集到水的時間相差不是很多

(四)問題：在傾斜度實驗中，一天下來 4 號收集的水量比 1 號多

[解析]因爲 4 號玻璃的傾斜度大，所以水滴形成量不大時，即可馬上滑下收集成功，有利於後續的水蒸氣去接觸到較冷的玻璃面，而形成有效水滴，所以 4 號收集的水量會比 1 號多。且 1 號因傾斜度不大，也易發生凝結的水滴滴回水槽的現象。

(五)問題：在傾斜度實驗中，一天下來 5 號收集的水量反而比 4 號少

[解析]5 號玻璃的傾斜度(20.5°)雖然比 4 號大(17°)，但因玻璃傾斜到一定的程度後，水滴都會很順暢的滑下來，所以此時玻璃傾斜度的影響因素可以忽略。而 4 號、5 號玻璃面積的差距只有 $6.43\% - 4.25\% = 2.18\%$ ，散熱面積的差距則爲 6.1% ，所以造成 5 號收集的水量比 4 號少。

(六)問題：在傾斜度實驗中，剛開始 2 小時內是 1 號比 4 號最快收集到水，但爲何一天下來卻是 4 號收集的水量最多，而且爲 1 號的 1.83 倍之多

[解析]因爲剛開始槽內水溫較低，所以由加熱因素來決定水滴的形成速率，因此水滴的形成速率受單位水蒸氣體積的加熱速率及參與的水蒸氣體積影響。而一天下來，槽內的水處於高溫平衡狀態，所以加熱因素的影響較小，而是要視玻璃傾斜度及散熱面積而定，因爲 4 號的傾斜度大，所以水滴在玻璃凝結時，即可馬上滑下來收集成功，有利於後續的水蒸氣去接觸較冷的玻璃面，而再度凝結成水滴，所以水滴形成的速度較快。

(七)問題：在寬度的實驗中，一天下來 10 號收集的水量比 6 號多

[解析]因爲 10 號、6 號的玻璃傾斜度相同，所以玻璃面積、散熱面積爲主要的影響因素。因爲玻璃面積 10 號(+92.11%)>6 號，雖然散熱面積 10 號(+66.71%)>6 號，但因不是很多，所以 10 號收集的水量比 6 號多

(八)問題：在長度的實驗中，一天下來 15 號收集的水量比 11 號多

[解析]因爲 15 號、11 號的玻璃傾斜度相同，所以玻璃面積、散熱面積爲主要的影響因素。因爲玻璃面積 15 號(+95.24%)>11 號，雖然散熱面積 15 號(+94.84%)>11 號，但還不是很多，所以 15 號收集的水量比 11 號多。

(九)問題：在寬度和長度的實驗中，一天下來，10 號收集的水量爲 6 號的 2.29 倍，而 15 號收集的水量卻只爲 11 號的 1.77 倍，爲何差了 0.52 倍。

[解析]因爲玻璃面積的變化率：10 號(+92.11%)接近 15 號(+95.24%)，所以照理來說產生的水量應是差異不大，但在散熱面積的變化率部份：10 號(66.71%)的變化幅度 < 15 號(94.84%)，以致不利於 15 號水量的生成，所以造成 15 號水量的生成較 10 號差了 0.52 倍。

(十)問題：在深度的實驗中，一天下來 16 號至 20 號生成水量差距不大(最多只有 0.15 倍)

[解析]因爲 16 號至 20 號，玻璃傾斜度及玻璃面積都相等，所以水量的生成情形要視散熱面積及集熱面積而定，因爲散熱面積的變化率與集熱面積的變化率，彼此間的差異不是很大，以致於 16 號至 20 號生成的水量差距不大。

(十一)問題：爲何在設計最佳海水淡化槽時，長度只能取 43 公分，而寬度卻可無限延伸。

[解析]因爲經由表 7 不同長度水滴生成量的趨勢圖中，我們微分可得當長度 43 公分時，水滴生成量有最大。而在表 5 不同寬度水滴生成量的趨勢圖中，我們發覺水滴生成量與寬度成一次函數的關係，所以寬度可無限延伸。

玖、用途介紹

- 一、可放置漁船的船頂上，收集飲用水之用
- 二、台東的藍金---製造海洋深層水
- 三、在沙烏地阿拉伯等近海國家，此裝置如同一簡易式的海水淡化廠，可置於屋頂收集飲用水，提升房屋屋頂的利用率
- 四、在沙漠地區等水資源缺乏的國家，可做簡易式的汙水處理，將使用過的廢棄用水，再度循環使用

拾、經濟效益分析

一、放置船屋頂上的經濟效益分析

我們假設船上配置了 4 坪土地面積的海水淡化槽

(一)海水淡化槽寬度的設定

因為長度的最佳值為 43 公分，寬度則符合 $y = 2.9939x - 21.392$ (其中 x 表寬度， y 表水滴生成量)，所以我們可得出不同寬度水滴生成量一天的預估值

| 寬度 (公分) | 一天下來最佳的水滴生成量(ml) | | |
|-------------|-------------------|-----|-------------------|
| | 寬度 30 公分 長的理論值 | 倍 數 | 寬度 43 公分 長的實際值 |
| 60 (基準點) | 158.2 | 1 | 384.1 |
| 150 | 427.7 | 2.7 | 1037.1(預估) |
| 300 | 876.8 | 5.5 | 2112.6(預估) |

表 17：各種不同寬度一天下來最佳的水滴生成量(ml)

我們設定海水淡化槽的寬為 150 公分，其原因如下

- 1.由表 17 可知，當寬度由 60 公分變為 150 公分時(寬度放大 $150/60=2.5$ 倍)，水滴生成量放大 2.7 倍。但若由 150 公分變為 300 公分時(寬度放大 2 倍)，水滴生成量卻只放大 $876.8/427.7=2.05$ 倍，所以我們選定海水淡化槽的寬為 150 公分。
- 2.玻璃若太長容易損壞，也太重。
- 3.若海水淡化槽過長，則水槽的材質厚度勢必要增加，否則水槽就不會堅固。

(二)以 4 坪土地面積做海水淡化槽的配置圖

因為 1 坪土地 ≈ 1.8 公尺 $\times 1.8$ 公尺，若以 4 坪的屋頂面積(3.6 公尺 $\times 3.6$ 公尺)而言，我們打算以可滑動的軌道式海水淡化槽，來節省通道面積的設置，當海水淡化槽需進行維護或清除食鹽時，只需移動適當的海水淡化槽至適當的位置即可。由下圖可知，4 坪的土地面積可配置 150 公分寬的海水淡化槽 14 個。

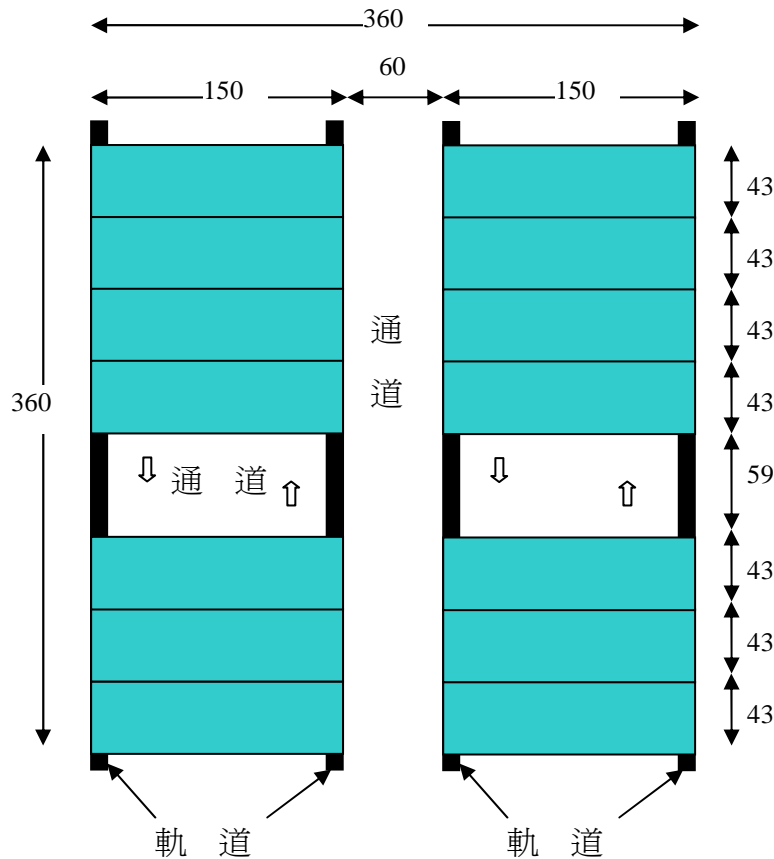


圖 17：四坪土地面積的海水淡化槽配置表

(三)4 坪土地面積 1 年產生的水量分析

1.基本假設

- (1)一個 150 公分(寬 43 公分長)的海水淡化槽一天最佳產量由表 17 可知為 1037.1 ml，但因每天的日照並非為最佳化，所以我們選取其一半為正常日照下的平均水量
- (2)在行船時的一年 365 天我們都設定為日照天，因為若有下雨，更好，剛好可用來收集雨水用

2.四坪土地面積 1 年產生的水量

$$14(\text{個}) \times 1037.1 \div 2(\text{ml}/\text{天}) \times 365(\text{天}) = 2,649,791 \text{ ml 水} \approx 2,650 \text{ 公斤的水}$$

(四)經濟效益分析

若漁船一次出海半年(183 天)，並配置了 4 坪的海水淡化槽，則可獲得的效益有

- 1.可以少帶 $2650 \div 2 = 1325$ 公斤的水，並節省燃油成本，增加漁獲空間
- 2.以 1 人 1 天需飲水 3 公斤來計算，共可提供 $1325 \div 3 = 441.7$ 天次/人的飲用水；亦即可提供 $441.7 \div 183 = 2.41$ 人每天在船上的飲水用
- 3.下雨天時，可用來收集雨水用，所以實際上可少帶更多的水
- 4.當遭遇船難時，可提供救命的飲用水，等待救援

二、台東的藍金---製造海洋深層水的經濟效益評估

(一)基本假設

- (1)依據中央氣象局統計資料：1971~2000 年台東平均年降雨日數為 135 天，所以每年有效的日照日數為 230 天。
- (2)一個 150 公分(寬 43 公分長)的海水淡化槽一天最佳產量由表 17 可知為 1037.1 ml，但因每天的日照並非為最佳化，所以我們選取其一半為正常日照下的平均水量
- (3)選定台東的原因在於臨太平洋，可取得無污染的海洋深層水，且日照強烈
- (4)生產產值的設定
現市面上台鹽的海洋深層水 1 瓶 1500 ml，定價 30 元，大賣場促銷價 19 元，扣除管銷成本，1 瓶 1500 ml 的生產產值可設為 10 元。

(二)以四坪土地面積做海水淡化槽來生產海洋深層水的經濟效益評估

我們以圖 17 的可滑動軌道式海水淡化槽來配置 4 坪的土地面積，所以可配置 150 公分(寬 43 公分長)的海水淡化槽 14 個。

- 1.一個 150 公分寬的海水淡化槽一天平均水量為 $1037.1 \div 2 = 518.6 \text{ ml}$ 。
- 2.四坪土地面積 1 年產生的水量
 $14(\text{個}) \times 518.6(\text{ml}/\text{天}) \times 230(\text{有效日照天數}) = 1,669,892 \text{ ml} \approx 1,670 \text{ 公斤的水}$
- 3.四坪土地面積 1 年的生產產值
 $1669892 \div 1500 \times 10 = 11,133 \text{ 元}$
- 4.四坪土地面積做海水淡化槽的設備成本
1 只海水淡化槽的生產成本設為 1000 元，所以
總設備成本 = $14(\text{只}) \times 1000(\text{元}/\text{只}) + 3000(\text{軌道成本}) = 17,000 \text{ 元}$
- 5.成本回收期限：約 1.53 年

(二)以民家屋頂 20 坪來配置海水淡化槽，1 年的生產產值

$11133 \times 20 \div 4 = 55,665 \text{ 元}$

(三)以 1 分農地(293.4 坪)來配置海水淡化槽，1 年的生產產值

$11133 \times 293.4 \div 4 = 816,606 \text{ 元}$

(四)經濟效益分析

- 1.若以農作物生產量不佳的農地 1 分來進行生產，一年可有 82 萬元的產值，若結合網路專業行銷，將可節省更多的管銷成本，增加更多的產值
- 2.因為幾天才需做 1 次維護及清理工作，所以不需消耗過多的人力
- 3.有附加物質---食鹽的產出
- 4.由政府統一從深海抽取海水，再輸送至各生產點，將可大幅改善農村經濟，再造農村的藍金奇蹟
- 5.完全不用擔心地球暖化的問題

拾壹、結論

一、玻璃傾斜度部分

(一)傾斜度必須大於 3° 以上，才能使產生的水滴下流

(二)水滴生成量與傾斜度成三次函數關係，經由計算可得到傾斜度 17.89° 時，水滴生成量會有最大

二、寬度部份

(一)寬度愈大，收集的水量會愈多

(二)水滴生成量與寬度成一次線性函數關係，所以海水淡化槽在設計時，我們可根據實際的情形來彈性調整寬度的大小。

三、長度部份

(一)長度愈長，收集的水量會愈多，但長度卻不能無限制的增加，因為在固定的傾斜度下，長度愈長，相對的散熱面積的增加幅度愈大

(二)水滴生成量與長度成二次函數關係，經由計算可得到長度 42.69 (cm) 時，水滴生成量會有最大

四、深度部分

(一)16~20 號水滴生成量最大~最小的差距不大，主要是因集熱、散熱面積變化率並不大

(二)水滴生成量與深度成三次函數關係，且我們選定深度為 5.5 (cm)，期產生最佳的水滴生成量

五、最佳海水淡化槽

(一)最佳海水淡化槽尺寸：玻璃傾斜角： 18° 、長度：43 公分、寬度：60 公分(可視情況來調整)、前深度：5.5 公分

(二)在製造海水淡化槽時，風力的阻絕為最重要的基礎，否則會嚴重的影響水滴的生成。

(三)至目前為止，水滴生成量最高為 384.1ml (5 月 9 日天氣：晴朗；地面最高溫度： 45°C)

六、經濟效益評估

(一)四坪土地面積 1 年可產生 1,670 公斤的水

(二)1 分農地一年可有 82 萬元的海洋深層水產值

(三)可做簡易式的汙水處理，將使用過的廢棄用水，再度循環使用

(四)完全不用擔心地球暖化的問題

拾貳、參考資料

「工業技術研究院能源與環境研究所」的再生能源網/太陽能
中央氣象局全球資訊網

取自：<http://re.org.tw/>

取自：<http://www.cwb.gov.tw/>

【評語】 030816

該研究作品利用太陽能開發海水淡化槽，頗具創意巧思。未來在材質改良、改變槽內外溫度差等因素善加改進，仍有深入研究的空間。