

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高職組 化工、衛工及環工科

第三名

091104

遠洋船舶淡水製造機造水原理之研究

學校名稱： 國立台南海事水產職業學校

作者：	指導老師：
職二 陳柏諺	陳維政
職二 郭品澍	林聰明

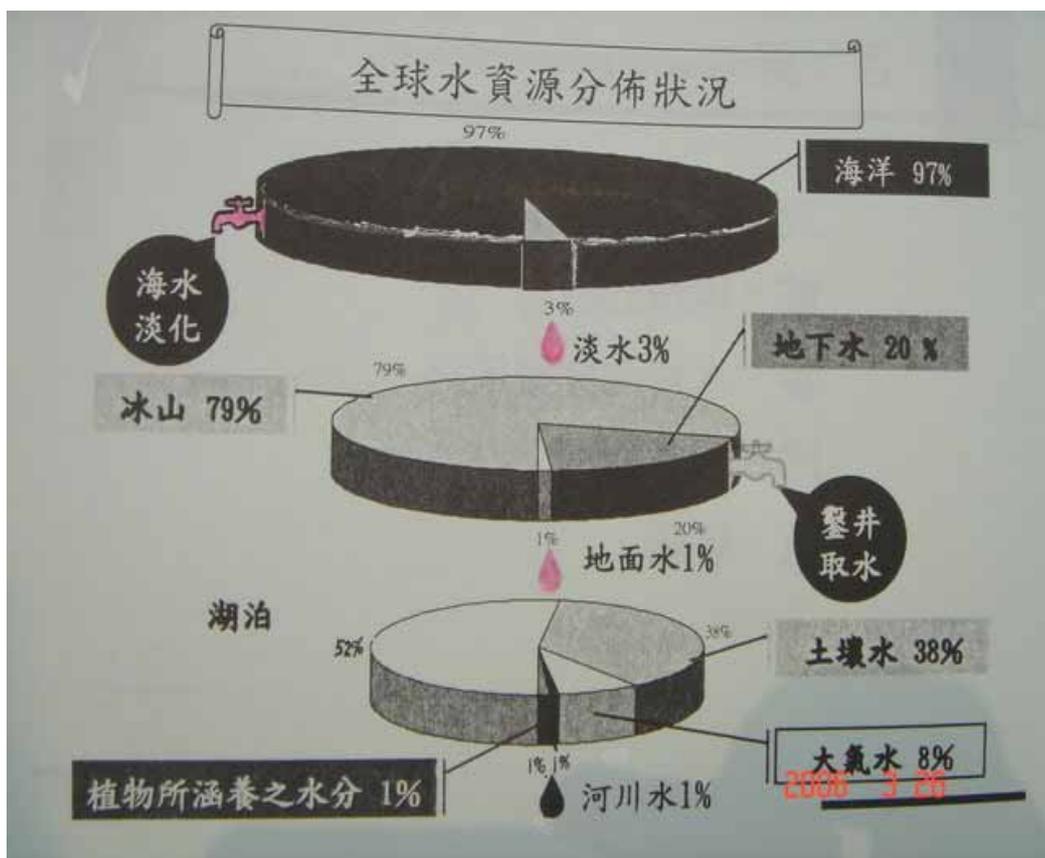
關鍵詞：淡水製造機、海水淡化、蒸餾原理

# 遠洋船舶淡水製造機造水原理之研究

## 壹、摘要

水資源匱乏的問題已被世界各國所重視，面臨缺水的危機，開發水資源成爲共同努力的方向，其中海水淡化是最具前瞻性與發展性措施之一。另外，長期海上作業的遠洋船舶，若具備淡水製造能力，將能提高船舶的續航里程。因此，本研究針對遠洋船舶淡水製造機所用之真空蒸餾法(0.4atm 至 0.05atm)，對其造水因素之真空壓力、沸點溫度、冷卻水溫度、海水含鹽量等進行實驗觀測，旨在尋求最佳造水操作條件及熱效率，以提供淡水製造機設計、製造及操作之參考。

實驗結果顯示，最適宜之真空海水淡化條件爲真空壓力=0.2atm、溫度=65(°C)、造水率=1320(ml)/仟瓦×小時、最佳熱效率=51.2(%)，所造之淡水含鹽度在 220ppm 以內，符合國家淡水標準(含鹽度 250ppm)，此操作條件可避免鍋垢之產生。



圖(一)全球水資源分佈狀況圖

## 貳、研究動機

水是世界上最寶貴的一種資源，也是人類賴以維生最重要的元素之一，由於經濟的快速發展與人口成長，伴隨而來的污染問題，都使得有限的水資源更顯短缺【1】。

水資源匱乏的問題已逐漸被世界各國所重視，聯合國更宣佈 2003 年為「國際淡水節」，希望喚起人們對水資源及淡水短缺問題的重視【2】。面臨缺水的危機，開發新的水資源就成了世界各國努力的方向，例如：開發地下水、污水淨化回收、跨流域水源調撥、修築水壩蓄水及海水淡化等，然而這些措施中，以海水淡化最具前瞻性與發展性【7】。

在高二化學第 4 章第 1 節學到海水淡化的方法【4】，高二下選修之「船舶概論」第 5 章第 1 節中提及目前已發展成熟之海水淡化技術大致分成兩大類：一為利用膜的方法，包括逆滲透法、電透析法；皆需高壓力或高電壓之工作環境，較浪費能源；另一為蒸餾法，包括傳統蒸餾法(1atm)、真空蒸餾法(1atm 以下甚至 0.1atm)，並結合船舶動力系統所排出的廢熱，作

為加熱海水的能源，此法較為節能【3】【8】【9】。本實驗選用節能且操作溫度、壓力較低之真空蒸餾法，利用不同的真空壓力與沸點，藉由探討遠洋船舶淡水製造機的原理、觀測及其節能效率，以解決缺水的問題。

## 參、研究目的

此研究目的包含以下幾點：

- 一、透過簡易的設備與實驗，瞭解遠洋船舶淡水製造機的造水原理。
- 二、找出一種比傳統蒸餾法(在 1atm 下操作)較有效率的方法。
- 三、開發一個較高效率及較低操作成本的真空類型淡水製造機。
- 四、結合工業動力系統之餘熱利用、達到節能的目標。
- 五、在不同的真空壓力，不同沸點狀態下，求出所造淡水之鹽度與造水率。
- 六、找出最佳造水率之操作條件探討其熱效率，並提供淡水製造機設計製造及操作之參考。
- 七、透過簡易之方法，檢測所造淡水之鹽度、導電度等水質之優劣。

## 肆、研究設備及器材

一、實驗桌	1 台
二、自製簡易船舶淡水製造機 (圖二、圖八)	1 台
三、自製集水隔版	1 個
四、自製壓克力活塞	1 個
五、酒精溫度計	1 支
六、導電度計 (圖三)	1 台
七、真空幫浦(1/2 HP)(圖四)	1 台
八、真空壓力錶	1 個
九、恆溫加熱控制器	1 台
十、冷卻循環水幫浦(含冷卻銅管)	1 台
十一、電子秤 (0.1g~5000g)、(0.001~ 100g)(圖五)	各 1 台

十二、燒杯(50,100,200ml)	各 2 個
十三、量筒(25,50,100ml)	各 2 個
十四、碼錶	1 個
十五、精鹽	1 包
十六、冷卻冰水	1 桶
十七、熱水	1 桶
十八、海水	1 桶
十九、酒精燈	3 個
二十、鐵架	3 個
二十一、石棉心網	3 個
二十二、鹽度屈折計 (圖六)	1 台
二十三、去離子蒸餾水	3 瓶



圖(二)簡單船舶淡水製造機實體圖



圖(三)導電度計實體圖



圖(四)真空幫浦實體圖



圖(五)電子秤實體圖



圖(六)鹽度屈折計實體圖



圖(七)我們的實驗相片

圖(八)船舶淡水製造機構造圖

## 伍、研究過程與方法

在現今水處理技術朝向多元化時，利用真空蒸餾法來淡化水源之所以能引起重視，其最主要的原因是真空蒸餾法具有以下之優點【2】【3】：

- 一、產水品質高：在理論上能百分之百的去除離子、膠質、細胞和一些非揮發性物質。
- 二、操作溫度低：和傳統的蒸發法比較，因真空蒸餾法所需的操作溫度較低，不必像傳統蒸餾法須將工作流體加熱到 100°C，所以可利用較低階的能源來供應操作實所需的熱源，如太陽能、地熱、工業廢熱等。而且較低的操作溫度可使此法應用在對高溫敏感的工業上，如食品工業、醫藥領域。
- 三、操作壓力低：真空蒸餾在大氣壓力以下即可操作，所以和傳統以高壓力做為驅動力的逆滲透分離比較法，並不需要利用壓縮機來達到所需要的高壓，故可節省電源的消耗，而且系統的安全性也提高了。
- 四、設備費較低：因真空蒸餾過程不在高溫高壓的環境中進行，所以對於設備材料的成本相對的降低很多。

研究過程中所使用之原理和方法包括以下幾項：

### 一、基本蒸餾原理：

爲了進行船舶淡水製造機之研究，首須瞭解蒸發與冷凝之原理(蒸餾原理)，所謂蒸餾，即一種自液體產生氣體或水汽後再予凝結之過程，包括有三個基本概念，即(一)熱之轉移；(二)蒸發與冷凝；(三)壓力變化對液體沸騰溫度之效應【9】。

#### (一) 熱之轉移 (熱傳遞 heat transfer)

熱自一較熱之物體流至一較冷物體，其轉移率則依據：

1. 放熱與受熱兩物質間之溫差。
2. 熱流經過之表面積。
3. 熱必須流過物質之熱轉移係數。

## (二) 蒸發與冷凝

如將熱施於一液體時，則此液體之溫度將上升直至沸騰為止，此時如再繼續加熱(約等於液體蒸發潛能熱量，即蒸發熱)，則液體將在定溫定壓下開始蒸發(飽和蒸汽)，如果此時再將蒸發所得之水汽予以聚集，並用冷卻方法移去熱(約等於蒸發潛熱量即凝結熱或冷凝熱)，則此水氣將在一定溫(亦即水在相當定壓下之沸騰溫度)下冷凝，同時並恢復其液體狀態。

## (三) 壓力變化對沸騰溫度之效應

水在定壓下，其沸騰之溫度將一定，如果此時壓力增加，則其沸騰溫度亦將增加。反之，如果壓力下降，則沸騰溫度亦將下降。

(1) 目前船用淡水製造機無論是單級、雙級或多級皆利用蒸餾法、其基本原理是在不同的真空壓力下、造成不同的水沸騰點其關係如表(一)：

表(一)真空壓力與水沸騰溫度關係表

壓力(atm)	1	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05
沸騰點(°C)	100	93	89.5	89.5	80.9	75.4	68.7	59.7	45.5	38.8

二、對於造水機的熱效率(  $\eta$  )：

$$\eta = \frac{\text{蒸發潛熱} \times \text{造水量 (ml)}}{\text{加熱器熱消耗量} + \text{真空幫浦消耗之電能} + \text{冷卻循環器熱消耗量}} \times 100\%$$

三、由於船用淡水製造機其海水係利用動力系統排放之廢熱，加熱海水其平均溫度約達 40°C，加熱到沸騰所需之熱量整理如表(二)：

表(二) 不同壓力情況加熱海水至沸騰所需熱量表

壓力(atm)	1	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.08
所需熱量(cal/g)	60	53.1	49.5	45.5	41	35.5	29	19.7	5.5	0

$$\text{PS: } H = M * S * \Delta T$$

#### 四、電功率：功率與熱量之單位換算公式

$$P(\text{瓦特})=I(\text{安培})\times V(\text{伏特})$$

$$1 \text{ 瓦特} = 860 \text{ cal/小時}$$

$$1 \text{ 馬力} = 746 \text{ 瓦特/小時}$$

#### 五、測量海水鹽度之方法：

##### (一) 結晶法(此法較費時且誤差較大)

- 1、先將要裝生成淡水的燒杯洗淨，烘乾，並且秤重，再將每次所獲之淡水分別取樣倒入燒杯中，在秤其重量，即可求出生成淡水重量。
- 2、將此一獲得之淡水加熱至水份完全蒸發，然後再秤其重量即可獲得鹽分的重量。
- 3、配合步驟 1 所得到的生成淡水重，又因為蒸發的為純水分子，而其密度為 1g/ml，因此生成淡水重減去鹽重即水重，也等於水的體積。
- 4、此時再以兩者相除即可求出淡水的鹽度(ppm)。
- 5、以上所秤之重量皆是以電子秤來量測，如此一來可精確至小數點以下兩位，以減少誤差。

##### (二) 導電度法(此法較快速但須歸零校正)【5】

導電度計除了可測定導電度外，同時也可測量鹽度；及利用鹽度與導電度之關係所設計出之儀器稱為鹽度計。

海水之鹽度與導電度之關係如下：

$$S(\%) = -0.0899 + 28.29720C_{15}^1 + 12.80832C_{15}^2 - 10.67869C_{15}^3 + 5.98624C_{15}^4 - 1.32311C_{15}^5$$

$C_{15}$  為 15°C 時之導電度，單位  $\mu \Omega/\text{cm}$

##### (三) 鹽度屈折計法(此法較快速但須歸零校正精確度只達萬分之一；未達百萬分之一)【6】

鹽度屈折計乃利用水之折射率與鹽度成正比之關係，由折射率轉換成鹽度。使用屈折計時，用光線板蓋住，由另一端窺視則可讀出飼水之鹽度。

## 六、簡易船舶淡水製造機製造方法：

### (一) 頂蓋與底蓋基座：

將柱狀的鋁料挖凹槽，底蓋圓柱鋁料裝上加熱器，並鑽孔裝不鏽鋼管做為海水填充口，濃鹽水排出口，而孔頂蓋也要鑽孔裝入冷卻用的銅管及真空管線(圖十)。

### (二) 活塞：

將壓克力圓柱中間挖孔製成活塞，並製作一隔水版，且活塞要能浮於水面。

### (三) 各出入口：

將集水隔板黏於壓克力管中，在旁邊鑽孔接一水管為淡水出口，並將頂蓋和底蓋加裝油封(O-Ring)，在接壓克力管接合以保持密封，在海水補充口，濃鹽水排出口，淡水輸出口加裝閉氣閥。

### (四) 冷卻系統：

冷卻銅管的兩端接上水管，另一端接於散熱器和循環水幫浦上，真空管線接於真空幫浦 (圖九)。

### (五) 設備組裝：

將製作好的底蓋基座配置電力，把做好的內部活塞導管上方加裝導汽錐，頂蓋接上冷卻系統、真空幫浦，上下組合起來，在頂蓋與底蓋間加上螺桿鎖緊，即完成淡水製造機之組裝 (圖十四)。



圖(九)冷卻系統銅管加工



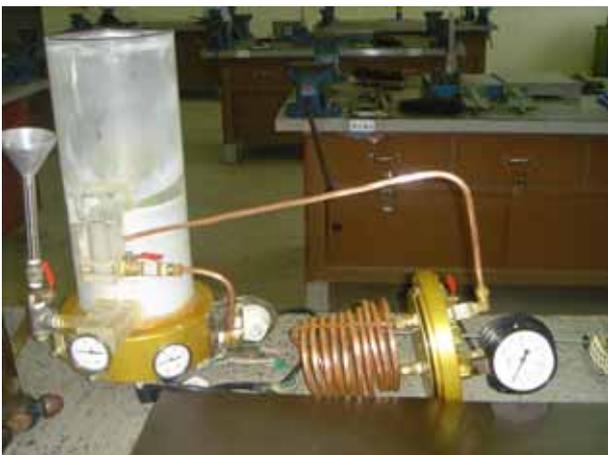
圖(十)頂蓋與底蓋加工



圖(十一)基座鑽孔加工



圖(十二)導汽錐實體圖



圖(十三)設備實體圖



圖(十四)設備組裝

## 七實驗步驟：

- (一)、從海水補充口加入適量之海水(約 1000ml)，並且事先取樣海水測其鹽度、導電度。
- (二)、檢查海水補充口，濃海水排出口，以及淡水輸出口之閉氣閥是否已關閉，以避免破壞真空系統。
- (三)、開始抽真空時，避免一下子抽的太多，抽到自己所預期的目標即可，如此可使海水不至於因為氣壓急速下降而整個往上衝到集水隔板中，影響實驗的精確度。
- (四)、開始抽真空置所需之真空度，此時即可關閉真空幫浦，並且開始加溫至海水沸騰，同時啟動冷凝器和循環水幫浦，使冷凝管的水開始循環。
- (五)、在實驗室的設備運轉測試中，我們以食鹽(NaCl)加蒸餾水調製 3.5%濃度的食鹽水來代替真實海水作為飼水溶液，當實驗運轉穩定後，固定每 10 分鐘量測一次數據，以比較不同真空壓力下所產生的水量和水中所含的鹽度、電導度。

## 八、實驗注意事項：

- (一)、實驗真空度不得洩漏為實驗先決條件，所以在組裝測試單元時，每個零件的表面均必須用交叉所緊方式鎖緊，避免洩漏；除了實驗模型外，飼水與冷卻水之管路也必須擦拭乾淨，且加上橡皮墊片來防止實驗液體從元件接合處洩漏，固定螺絲在鎖緊時須避免洩漏情形發生，尤其是零件接合部份。
- (二)、導電度計、鹽度屈折計在使用前後必須用潔淨之去離子蒸餾水清洗，以維持其準確性。
- (三)、每次實驗完必須將濃度較高之滷水排出，洗淨後再重複進行一次之實驗。

## 陸、研究結果

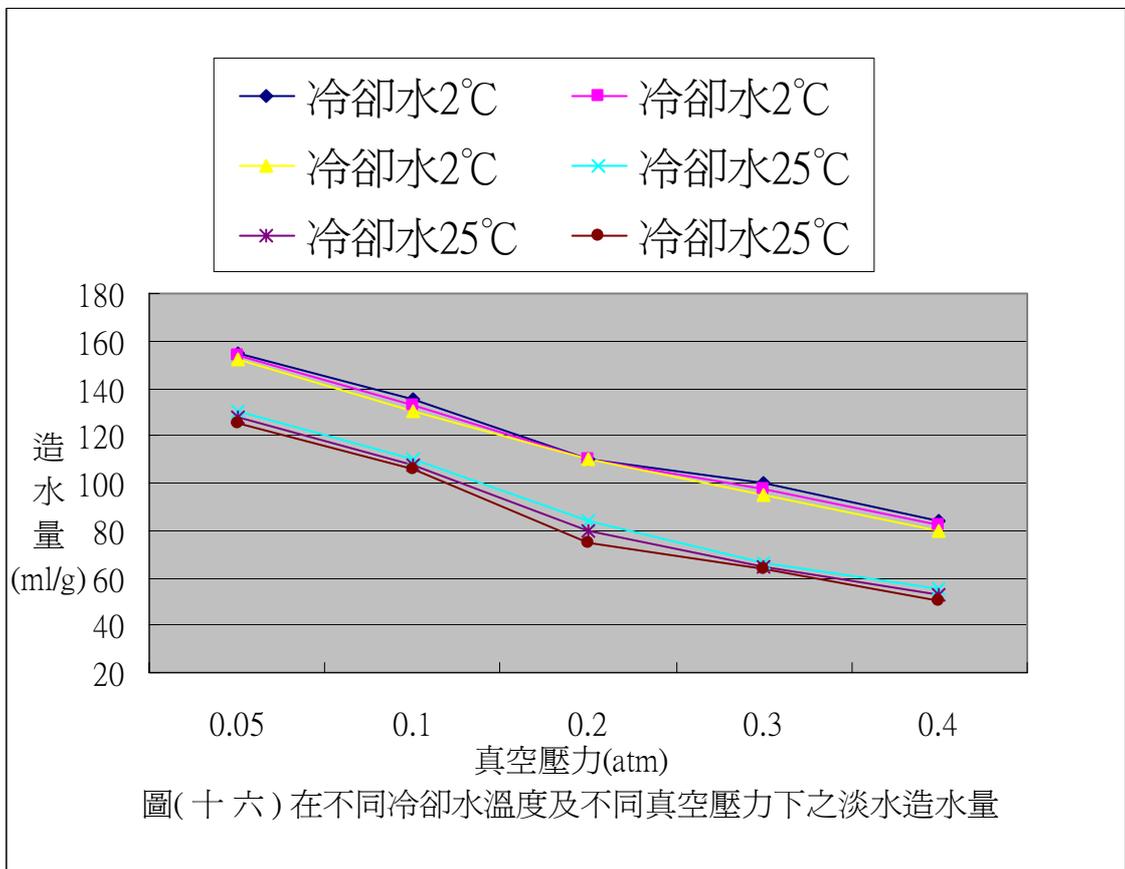
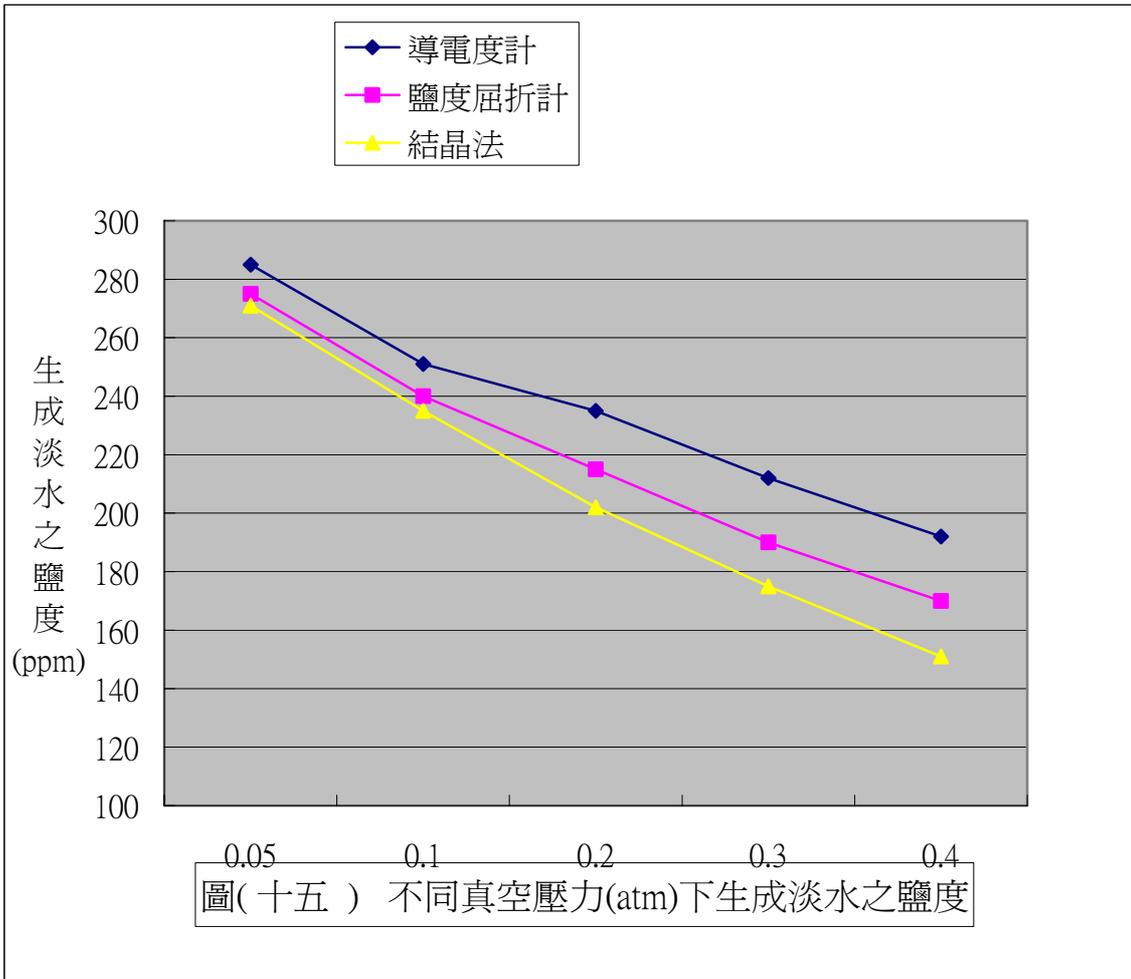
以海水鹽度，海水溫度和冷凝水溫度為變因之實驗數據表：

(表三)正常海水鹽度以室溫水冷凝之實驗數據表（海水鹽度 35000ppm,溫度為 25℃）

實驗次數	真空壓力 (atm)	海水沸點 (°C)	生成淡水之鹽度 (ppm)			所得到的水量 (ml)	實驗時間 (minute)
			導電度計	結晶法	鹽度屈折計		
1	0.05	45.5	290	269	280	130	10
2	0.05	45.5	281	272	270	125	10
3	0.1	57	260	236	250	110	10
4	0.1	57	242	233	230	106	10
5	0.2	65	240	203	220	84	10
6	0.2	65	230	202	210	75	10
7	0.3	72	222	178	200	66	10
8	0.3	72	201	171	180	64	10
9	0.4	79	202	152	180	55	10
10	0.4	79	183	150	160	50	10

(表四)正常海水鹽度以冰冷水冷凝之實驗數據表（海水鹽度為 35000ppm,溫度 25℃）

實驗次數	真空壓力 (atm)	海水沸點 (°C)	生成淡水之鹽度 (ppm)			所得到的水量 (ml)	實驗時間 (minute)
			導電度計	結晶法	鹽度屈折計		
1	0.05	45.5	309	284	300	155	10
2	0.05	45.5	300	280	290	152	10
3	0.1	57	265	245	250	135	10
4	0.1	57	252	242	240	130	10
5	0.2	65	243	220	230	110	10
6	0.2	65	241	214	230	110	10
7	0.3	72	225	188	200	100	10
8	0.3	72	217	183	210	95	10
9	0.4	79	200	162	190	80	10
10	0.4	79	204	159	190	84	10

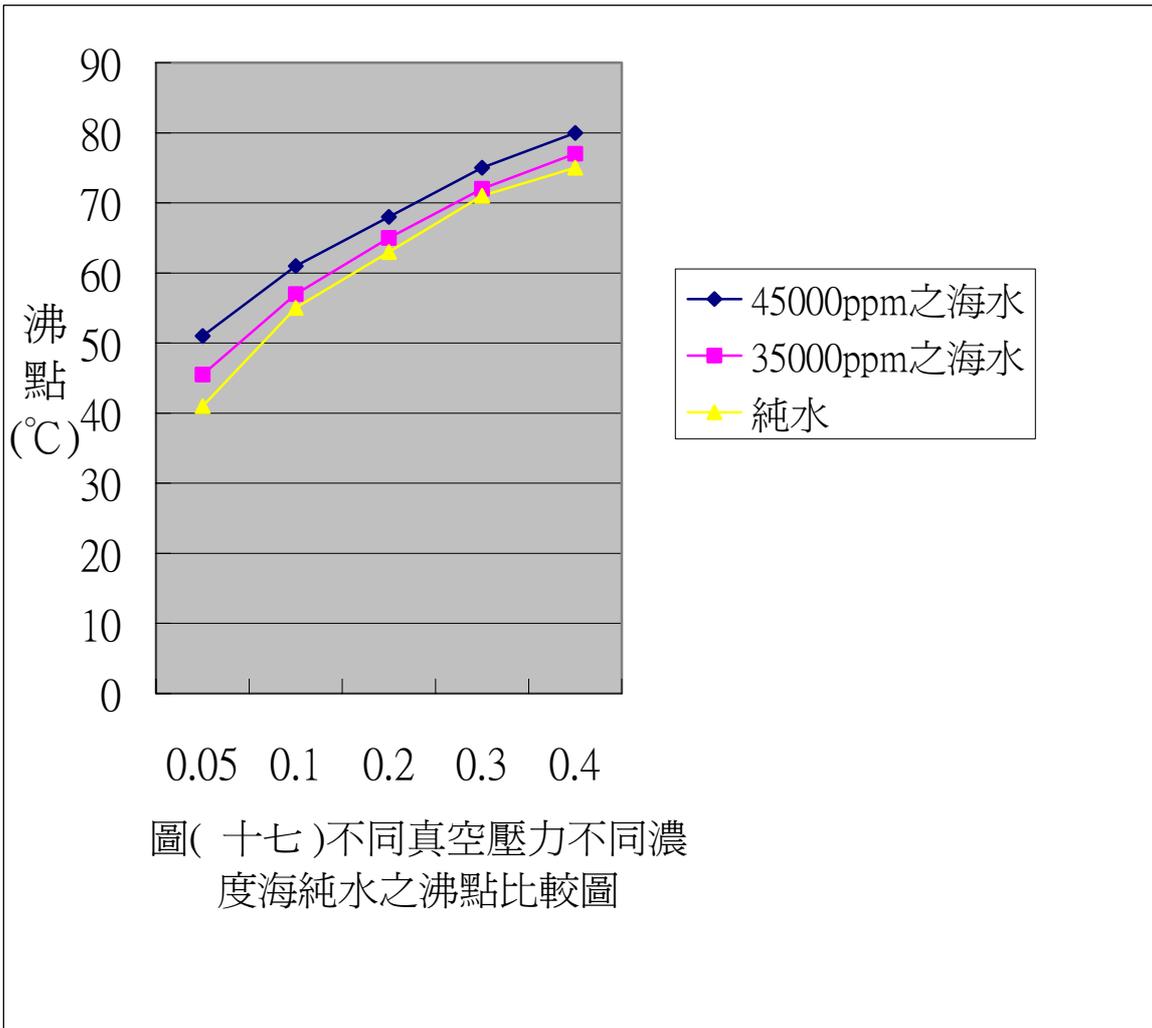


(表五)正常海水鹽度以不同溫度海水之實驗數據表 (海水鹽度為 35000ppm,溫度 40℃)

實驗次數	真空壓力 (atm)	海水沸點 (°C)	生成淡水之鹽度 (ppm)			所得到的水量 (ml)	實驗時間 (minute)
			導電度計	結晶法	鹽度屈折計		
1	0.05	45.5	305	267	290	138	10
2	0.05	45.5	2922	270	280	140	10
3	0.1	57	257	245	250	122	10
4	0.1	57	254	231	240	120	10
5	0.2	65	236	207	220	100	10
6	0.2	65	235	204	220	96	10
7	0.3	72	224	177	210	82	10
8	0.3	72	199	175	180	80	10
9	0.4	79	190	155	170	74	10
10	0.4	79	186	152	170	71	10

(表六)不同海水鹽度以室溫水冷凝之實驗數據表 (海水鹽度為 45000ppm,溫度 25℃)

實驗次數	真空壓力 (atm)	海水沸點 (°C)	生成淡水之鹽度 (ppm)			所得到的水量 (ml)	實驗時間 (minute)
			導電度計	結晶法	鹽度屈折計		
1	0.05	51	301	280	292	112	10
2	0.05	51	290	276	285	103	10
3	0.1	61	275	250	260	86	10
4	0.1	61	267	244	252	80	10
5	0.2	68	246	226	240	65	10
6	0.2	68	240	218	234	63	10
7	0.3	75	240	202	220	58	10
8	0.3	75	226	200	210	56	10
9	0.4	80.5	210	188	190	48	10
10	0.4	80.5	200	174	180	44	10



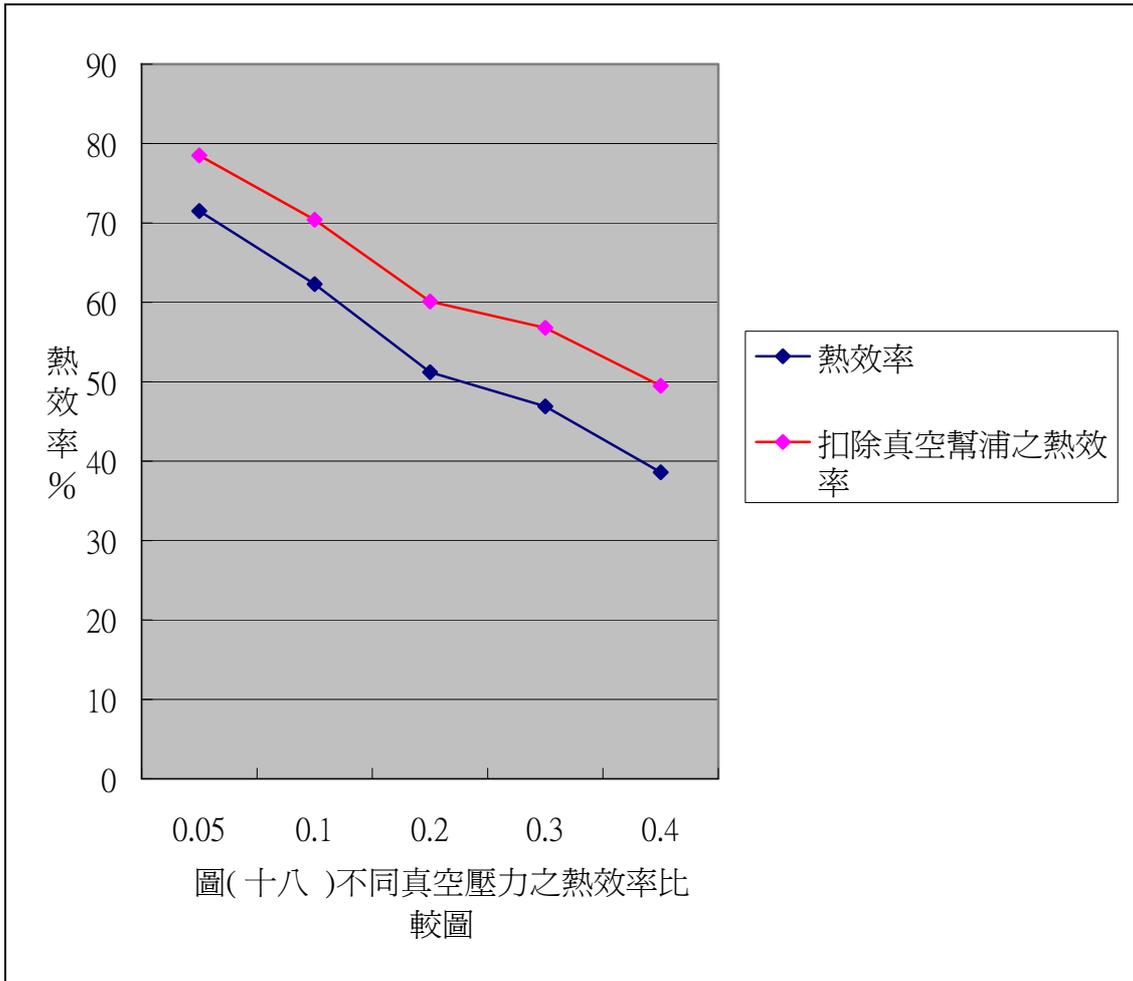
(表七)在不同的真空壓力情況下之熱效率

真空壓力 (atm)	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4
加熱至沸騰所須熱量(cal/g)	0	5.8	19.7	29	35.5
汽化熱 (cal/g)	577.5	572.2	562.5	558.1	554.1
蒸發潛熱 (cal/g)	577.5	578	582.2	587.1	589.6
熱效率 (%)	71.5	62.3	51.2	46.9	38.6
扣除真空幫浦耗電量之熱效率 (%)	78.5	70.4	60.1	56.8	49.5

備註：加熱器熱消耗量 450 瓦特

冷卻循環器熱消耗量 50 瓦特

真空幫浦消耗之電能 373 瓦特(抽氣達設定之真空壓力後，立即關閉真空幫浦，即可維持其設定真空壓力約 30 分鐘)



## 柒、討論

一、以海水鹽度、海水溫度和冷凝水溫度為變因之實驗數據：

- (一)、若保持海水的鹽度和溫度不變而只改變循環水之溫度的話，可由表三、表四和圖(十六)發現當冷卻水溫降低時，整個系統所產生的淡水有明顯增加的趨勢。
- (二)、若保持海水鹽度和冷凝水溫度不變而只改變海水溫度的話，對於整個實驗過程幾乎沒有甚麼影響。
- (三)、若保持海水溫度和冷凝溫度不變，而只改變海水鹽度的話，由表三和表六則發現生成淡水的量隨海水鹽度的增加有些許的減少。
- (四)、對於生成淡水鹽度之檢測，不論是使用導電度計、結晶法、鹽度屈折計皆可發現，隨著真空壓力由 0.4 大氣壓力降至 0.05 大氣壓力過程中，淡水鹽度是持續增加的；此乃因真空壓力降低，水面的汽化速率增加，導致淡水生成量增加，水汽攜帶的鹽份亦相對提高。

二、在真空度不同的情況下所獲得的水量：

- (一)、真空壓力由 0.4 大氣壓力降至 0.05 大氣壓力時，由表三至表六發現隨著壓力的降低，沸騰溫度也降低，所獲得的水量也顯著的增多。
- (二)、隨著海水鹽度的增加，所獲得之淡水有少許的減少。

三、在真空度不同的情況下所生成之淡水的鹽度：

- (一)、真空壓力由 0.4 大氣壓力降至 0.05 大氣壓力的過程中，由表三至表六發現生成之淡水鹽度越來越高；因真空壓力降低時，海水沸騰汽化速率加快，水蒸汽突破水面的速度也增快，水汽攜帶鹽份增加所致。
- (二)、以冰水作為冷卻流體時，所生成之淡水鹽度有稍為提高一些，其原因是因為冰水和一般的室溫水相對於蒸汽而言溫差較大，較容易將熱量帶走，也因此可將大量的蒸汽冷凝，故跑上來的水分子也較快，比較容易帶鹽份上來。

(三)、改變海水的鹽度對於本實驗的影響非常的小，可以忽略不計。

#### 四、在真空度不同的情況下的沸點：

(一)、隨著真空壓力由 0.4 大氣壓力降至 0.05 大氣壓力，由表三至表六中發現沸點也相對的降低。

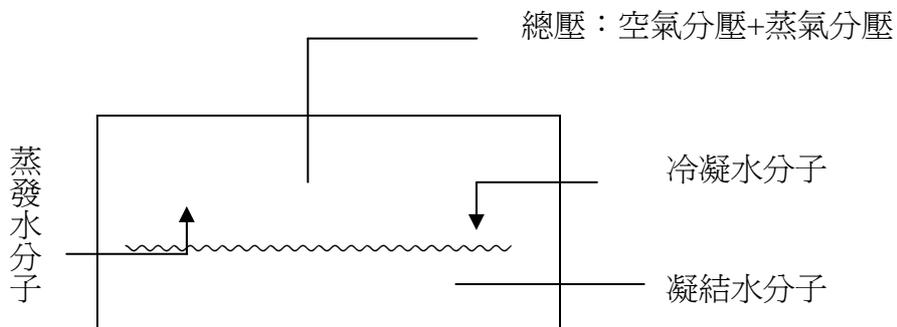
(二)、由圖(十五)中發現，隨著海水含鹽濃度的不同，會使得沸點略為的提高。

#### 五、在真空度不同的情況下之熱效率：

(一)、由表七中發現整個系統之熱效率，會隨著真空壓力的降低而提高；當真空壓力在 0.4atm 時，其熱效率為 38.6%，而真空壓力降低至 0.05atm 時，其熱效率高達 71.5% (如圖十八)，此乃因為在低壓低溫之操作條件下，加熱器所需消耗熱能較少。

(二)、抽氣達設定之真空壓力後，立即關閉真空幫浦，即可維持其真空壓力，因為當內部達到所需真空時，雖然海水不斷的蒸發但銅管也不斷冷凝水下來，正所謂達成一個動態的平衡(如圖十九)而液面的體積皆不變，所以不會破壞真空，如此一來即可省下大量的能源。

(三)、在一般 1atm 的情況下船舶所產生的低溫廢熱，無法使海水沸騰，以致無法利用，因為本系統強調以低壓狀態為操作條件，可使海水之沸點降低，而可充分使用廢熱促使海水沸騰，節省海水蒸發時所須的蒸發潛熱。



圖(十九)水與水蒸汽動態平衡圖

## 捌、結論

- 一、因為國家的海水淡化標準為 250ppm 而本實驗是強調符合飲用水之標準，故 0.05atm 之情況下不符合，而一般的廢熱也因其為低溫廢熱，因此無法使海水溫度上升至 70-80°C，故壓力在 0.2atm 之情況以上所得之淡水皆符合國家淡水標準，而經實驗可得知如下數值：符合引用淡水標準，最適宜之真空海水淡化條件為真空壓力 = 0.2atm、溫度 = 65(°C)、造水率 = 1320(ml)/仟瓦×小時、最佳熱效率 = 51.2(%)如圖(十八)，此操作溫度又可避免海水中鈣離子、鎂離子等兩價離子所形成之沉澱物，減少造水機內鍋垢之產生。
- 二、經由本系統製作淡水後，所產生的濃食鹽水可提煉食鹽，並可精煉金屬礦物，且海水為源源不斷之資源故可大量運用。
- 三、本系統可同時應用在廢液之濃縮處理上，可大大降低廢液的處理量，一方面可有效回收乾淨純水，同時達到降低處理廢液成本的目標，在特殊情況下甚致可將濃縮液直接回收使用。
- 四、此一真空海水淡化系統所須之能源，為工廠排放的廢熱和廢氣，如此一來可減低全球性的溫室效應，避免造成生態的破壞。
- 五、長期海上作業的遠洋船舶，常因考量載貨量，而犧牲淡水的裝載空間，以提高載貨空間，為了同時解決淡水及載貨量的問題，船舶本身必須具備淡水製造能力。這樣的需求動力開啓我們的研究動機，在此次研究中，除真對真空蒸餾法造水原理、水質檢測(導電度、鹽度)、電熱能利用率、熱效率等項目做實驗觀測與探討外，對於簡易造水機之規劃、製作、防漏監控與改善，都讓我們深刻體驗到做中學之寶貴經驗，更帶動全班、全科同學對實驗研究之喜好。

## 玖、未來展望

- 一、希望結合太陽能集熱板、蓄電池直接啓動小型真空幫浦，讓此設備可應用於每艘救生艇上，提供艇上人員淡水需求，延續生命提高獲救機會。
- 二、在陸地上可與汽電共生系統或重工業結合；將海水淡化所需的能源利用汽電共生或工業的廢熱來供應，降低造水成本，並使能源利用來達到最高效率，儘速解決各地缺淡水之問題，改善地球村的生活品質(圖二十)。



圖(二十)好的海水淡化技術將造就低的造水成本

## 拾、參考資料

- 1.王世昌，海水淡化工程，化學工業出版社，台灣，p33-35，66-69，131-139，民 90
- 2.李至倫，海水淡化之趨勢與未來性分析，國家發展基金會，p26-31，民 92
- 3.吳光正等，輔機(三)，台灣，華香園書局，p.71-150，民 80
- 4.陳平山等，化學，2 版，台灣，復文書局，p.47-52，民 83
- 5.陳建初，水質分析實習，初版，台灣，華香園書局，p.31-35，民 81
- 6.陳昌佑，水質分析檢測及實驗，台灣，京文圖書，p.97-110，民 92
- 7.陳茂景，海水淡化技術介紹，台電工程月刊，第 663 期，p50-66，民 92
- 8.薛少俊，發電機組結合海水淡化廠的研究，能源季刊，第二十八卷，p106-114，民 87
- 9.海事水產類科技職教育課程發展中心發行之船舶概論(第 5 章第 1 節)
- 10.Robert B.Powe,1993,Steam Jet Ejectors for the Pricess Industries,McGraw-Hill.
- 11.The Internation Desalination & Water Reusl 2000,8.

## 評 語

### 091104 遠洋船舶淡水製造機造水原理之研究

1. 本實驗利用真空蒸餾法探討海水淡化最佳條件以為設計製造者或操作者之參考。
2. 學生學以致用，自製淡水製造機，值得肯定。
3. 實驗設計不夠周密，數據分析宜再加強。