

臺灣二〇〇三年國際科學展覽會

科 別：地球與太空科學科

作品名稱：台灣西部沿海地區海水倒灌的問題探究

學 校：臺中縣立豐東國民中學

作 者：陳柏昀

作者簡介



我是台中人，家境算是小康，母親擔任教職，父親則在藥廠上班，由於父母的遠見，從小就培養我對科學方面的興趣。在經歷過許多、許多次的親手做實驗下，也奠定了我這一方面濃厚的興趣及基礎。

我尤其對一些簡單有趣、卻又與我們生活息息相關的主題特別有研究的興趣，這或許就是我做這件作品的原因吧！不過最該感謝的還是指導我科展二年多的導師，有她的引導，讓我藉由有趣的科展比賽，進入了更浩瀚無垠的科學世界。

題目：臺灣西部沿海地區海水倒灌的問題探究

The Problem of Inwelling In Coastal Regions On the West Coast of Taiwan

摘要

海水倒灌一直是台灣西南沿海地區居民揮之不去的夢魘，所以本研究的目的即根據資料了解西南沿海地區的地質、地勢、現況以及參考專家分析造成海水倒灌的可能因素後，因此設計了【模擬沿海地區海水倒灌的模型箱】，再進行【超抽地下水會導致地層下陷及海水入侵的實驗】、【了解地下水鹽化灌溉農作物的生長情形】，最後企圖找出**農作物鹽化的即時處理及土壤鹽化恢復**的方法，還有利用**太陽能以低壓簡易蒸餾的方式模擬海水淡化的可行性**，希望能解決海水倒灌的後遺症問題。

Abstract

Inwelling is a problem which has affected the inhabitants of the coastal regions of Southwest Taiwan for many years. This study examines the geological and topographical structure of the coastal regions of Southwest Taiwan, and considers experts' views on the possible causes of inwelling. This information is used as the basis for designing a box for modeling inwelling in the coastal regions, experimentation to study land subsidence and inwelling caused by excessive extraction of groundwater, and examination of the impact on crop growth of irrigation using groundwater which has been affected by salinification. Finally, the study seeks to find methods for dealing promptly with the salinification of agricultural crops and for the remediation of salinified soil. In addition, solar energy is used (with a simple, low-pressure distillation method) to model the feasibility of desalinifying seawater in the region in question, in the hope that this will help to remedy some of the aftereffects of inwelling.

一. 研究動機

每逢暴雨或颱風來襲，電視新聞或報紙上就常有以下報導：台灣西南沿海的xxx低窪地區又出現了海水倒灌的嚴重後果，積水高達x公尺，常受水患之苦的居民早已將大部份的家當搬上頂樓以防水害…。

爾後，電視新聞或報紙上又常接著有以下報導：xxx地區因海水倒灌使農地鹽化，農民種植的農作物非乾即枯無法收成，看樣子農地又得被迫休耕幾年，可憐的農民生計又要陷入困境了。

由地球科學課程所學得知：「我們可用的水資源僅占不到 0.5%」，已少得可憐！如果再讓海水倒灌事件一再上演，地下水又被鹽化的話，那豈不是快變成無可用之水了？天災既不可免，但人禍應予杜絕且要積極的謀求解決之道才是啊！身為台灣的一份子，希望能做的就是為台灣土地盡一份心力，但願這件作品能夠有所迴響，使更多有能、有志之士，一起為解決海水倒灌問題而努力！

二. 研究目的

- 1.了解西南沿海地區地質及海水倒灌成因設計出模擬海水倒灌的模型箱
- 2.模擬超抽地下水及過度的人為開發會導致地層下陷的實驗
- 3.模擬超抽地下水會導致海水入侵、地下水鹽化的實驗
- 4.模擬鹽化的水質農作物生長情形
- 5.農作物鹽化的即時處理及土壤鹽化的恢復
- 6.利用太陽能以低壓簡易蒸餾的方式模擬海水淡化的可行性

三.研究設備器材

回收大塊保麗龍盒、珍珠板、塑膠管、吸管、矽膠及注射器、薊頭漏斗、中空玻璃管、L型玻管、砂子、玻璃紙、大型塑膠容器、回收塑膠容器、電動打蛋器(改裝扇葉)、鹽、石子、泥土、食鹽、電動天平、回收保特瓶、綠豆、過期報紙、小白菜種子、培養皿、1號濾紙、U形管、刻度板、鑽子、鑽孔器、硬質吸管、刻度尺、各種質量的砝碼和金屬塊、保麗龍板、膠帶、圓形玻璃水槽、燒杯、漏斗、漏斗架、濾紙、玻棒、回收透明圓柱形塑膠容器、黑色紙、紙箱、軟管、軟木塞、錐形瓶、有側口的圓柱形量筒、抽氣筒。

四.資料搜集與探究

(略)

總結參考專家分析造成海水倒灌的可能因素為：

1. 地層下陷
2. 排水不良
3. 颱風來襲或潮害

五.研究過程及方法

【研究一、設計模擬海水倒灌的模型箱】

由以上資料了解西南沿海地區地質及海水倒灌成因後，希望能藉由本設計，讓大家看到生活在沿海岸的居民所飽受的水患之苦，也給大家一個省思及關注的社會現象。

實驗一、設計模擬海水倒灌的模型

器材及準備：1.以最細的濾網將砂、石、泥等過篩，取出篩網下層的土粒備用。

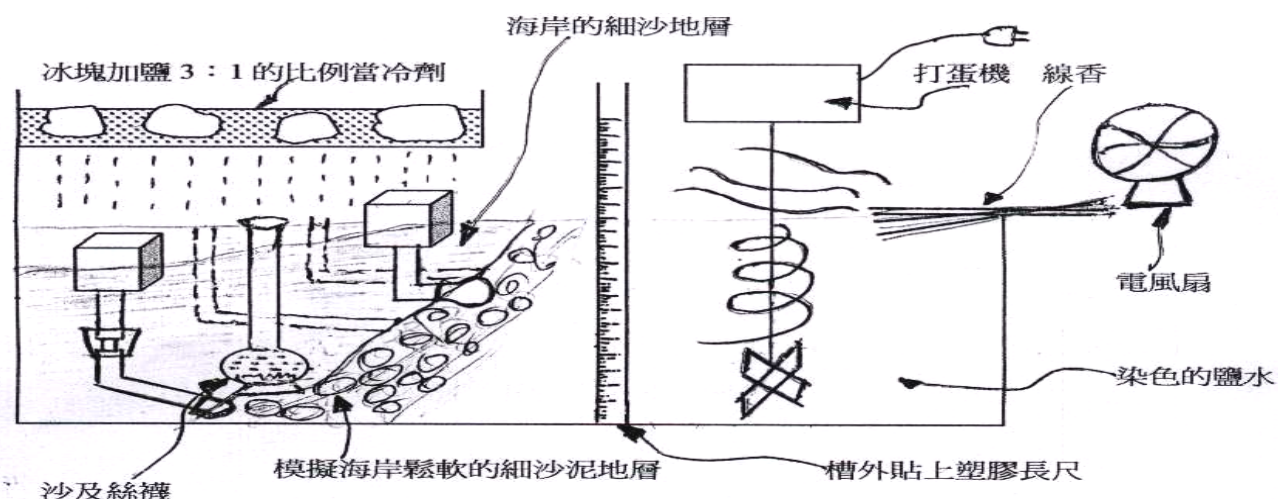
2.以回收的大保麗龍片、珍珠板、大型置物箱，模擬做出沿海岸線的模型箱。

3.將回收塑膠容器鑽洞，用玻璃彎管接好，並以矽膠填封，做出鹹水魚池及淡水魚池簡易模型，彎管處填入細沙泥，並以絲襪包裹，用細線綁好。。

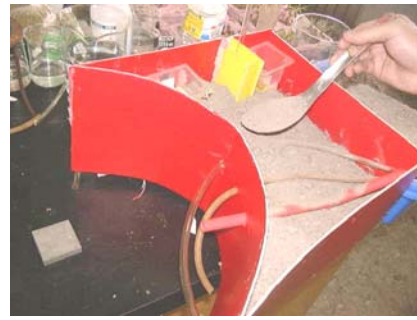
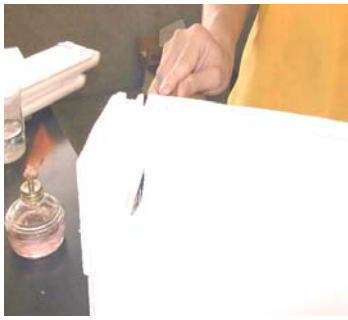
4.將薊頭漏斗倒立，以絲襪包裹，用細線綁好，模擬沿海地區的井水。

5.將取不同材質的塑膠管(不能太軟的)為排水的排水管。

6.將打蛋機的攪拌器加裝珍珠板做的扇葉，以膠帶黏好。下圖為組裝好的模型簡圖。



模擬沿海地區狂風下雨、海水倒灌的模型箱



熱刀子很輕易的切割保麗龍 沿海地區模型箱的底座大致完成 埋設三種規格的排水管
(還有多張圖，如現場資料)

器材：自製模擬做出沿海岸線的模型箱、鹽、水及染料、線香、冰塊、打蛋器、電風扇、各種質量的砝碼

- 步驟：
- 1.在置物箱的底部放入粗石(本應放細砂，但為快速讓海水能滲入左側地層，只好放效果較佳的粗石)，以調好 45：40 鹽與水的混合比例當海水，並將海水染色，依上圖所示，組裝好模型箱備用。
 - 2.淡水魚池及井水處加清水使與海水達成水的平衡，觀察染色的海水滲入的情形，再於淡水魚池及井水處以注水器抽水(模擬抽地下水)，再觀察染色的海水滲入的情形。
 - 3.打開打蛋器第一段電源讓海水倒灌後，觀察染色海水能否由排水管快速的將海水排出？
 - 4.將不同質量的砝碼，排放入海岸的沙層上(模擬沿海地區過度超蓋及開發)，觀察染色的海水倒灌時能否由排水管快速的將海水排出？
 - 5.點燃線香，打開電風扇及打蛋器的電源，觀察冷劑箱下(模擬下雨的情形)是否有水滴開始掉落？

【結果討論】

這個實驗模型可以觀察沿海岸的魚塭因過度抽取地下水讓鹹水入侵的情形、模擬下雨的積水情形、尤其在浪高(例如潮汐、颱風來時)，狂風大作，海水倒灌又豪雨傾洩而下，再因人為過度的開發而發生排水不良的積水情形…更是雪上加霜了。

【研究二、模擬超抽地下水及過度的人為開發會導致地層下陷的實驗】

實驗二、模擬超抽地下水會導致地層下陷及補注水的情形

- 準備：
- 1.以兩種不同洞隙大小的塑膠濾網將砂、石、泥等過篩，分出三種規格顆粒大小的土粒。
 - 2.不同深度側漏的圓柱型水壓比較管內以撐開的絲襪黏蓋住洞口，管外貼上方格紙，並畫記體積及高度刻度線。
 - 3.將 1L 回收的保特瓶底部刺一小洞，接上細長管為注水器。

器材：量筒、500ml 燒杯、圓柱型水壓比較管、注水器、碼錶



裝各砂石層的側漏水壓比較管 量測至第三孔的溢水時間 撤第二孔塞子時的出水量及時間

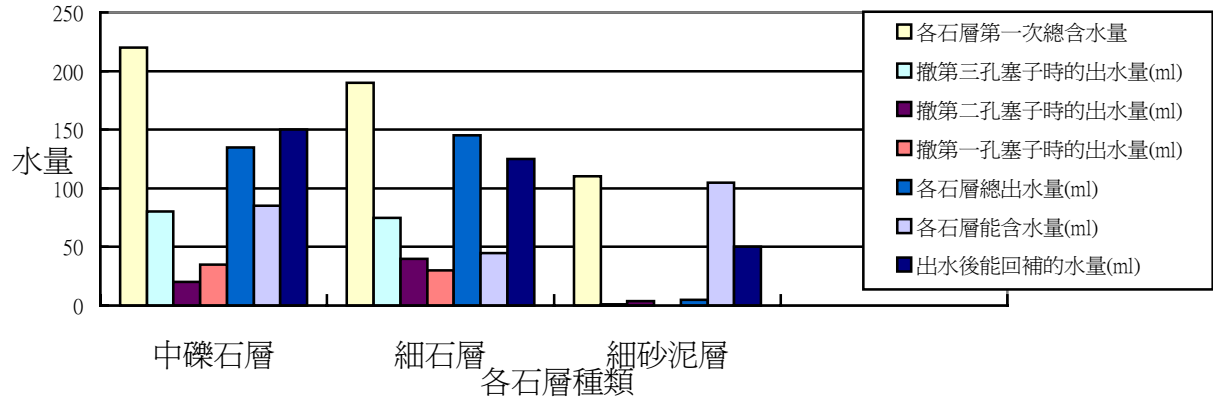
(還有多張圖，如現場資料)

步驟：1.將側漏的圓柱型水壓比較管第一管接上注水器的細長管(水量及高度須控制為相同)時立即以碼錶計時。

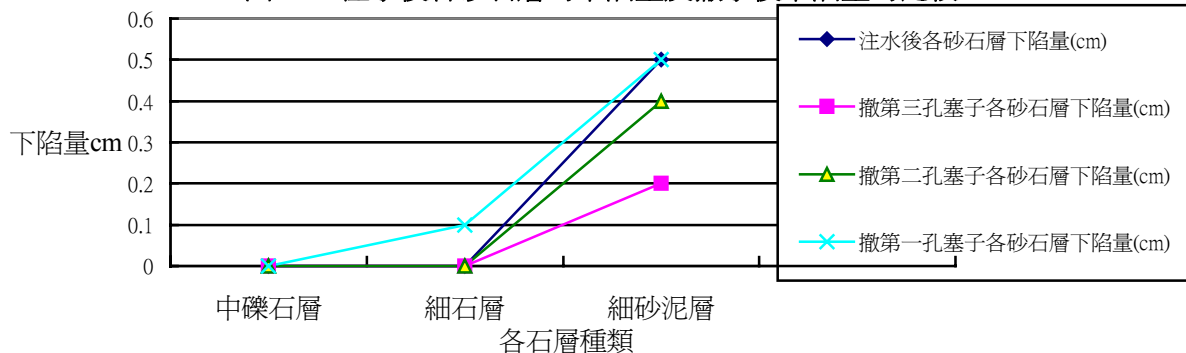
2.分別量測如下表的測量比較內容(當水從第二或三孔流出時，注水器內都要做記號，因為要算注水量，並將第二或三孔塞住)。

砂 石 層 種 類	中礫石層	細石層	細砂泥層
砂石層含空隙的高度(cm)	25	25	25
砂石層含空隙的體積(ml)	590	590	590
注水至第二孔溢水時間(s)	75	118	48
至第二孔的注水量(ml)	150	125	50
至第二孔的注水速率(ml/s)	2.00	1.05	1.04
至第三孔溢水時間(s)	102	190	42
至第三孔的注水量(ml)	70	65	60
至第三孔的注水速率(ml/s)	0.68	0.34	1.42
各石層第一次總含水量	220	190	110
注水時各砂石層的表面現象	無	無	有凹陷
注水高度(cm)	25	25	25
注水後各砂石層下陷量(cm)	0	0	0.5
撤第三孔塞子時的出水量(ml)	80	75	1
撤第三孔塞子時的出水時間(s)	291	161	97
撤第三孔塞子時的出水速率(ml/s)	0.27	0.46	0.01
撤第三孔塞子各砂石層下陷量(cm)	0	0	0.2
撤第二孔塞子時的出水量(ml)	20	40	4
撤第二孔塞子時的出水時間(s)	217	216	80
撤第二孔塞子時的出水速率(ml/s)	0.09	0.18	0.05
撤第二孔塞子各砂石層下陷量(cm)	0	0	0.4
撤第一孔塞子時的出水量(ml)	35	30	0
撤第一孔塞子時的出水時間(s)	143	245	0
撤第一孔塞子時的出水速率(ml/s)	0.24	0.01	0
撤第一孔塞子各砂石層下陷量(cm)	0	0.1	0.5
各石層總出水量(ml)	135	145	5
各石層能含水量(ml)	85	45	105
出水後能回補水至第二孔溢水時間(s)	75	118	48
出水後能回補的水量(ml)	150	125	50
回補水至第二孔的注水速率(ml/s)	2	1.05	1.04

圖一、各砂石層的注水量、含水量、出水量及回補水量的比較



圖二、注水後各砂石層的下陷量及撤水後下陷量的比較



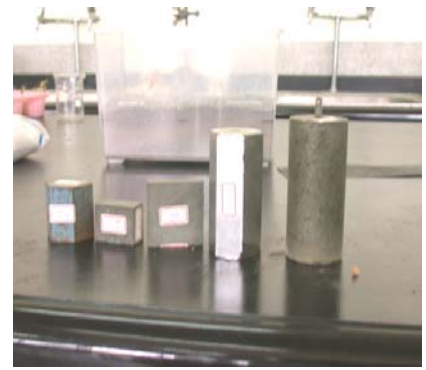
【結果討論】

- 1.各石層的顆粒大小為：中礫石層>細石層>細砂泥層，在各砂石層高度及體積均相同的情形下，各石層的總含水量多寡為：中礫石層>細石層>細砂泥層，由此顯示，各石層的總空隙量大小為：中礫石層>細石層>細砂泥層。
- 2.第一次注水時各砂石層的表面均無影響，但細砂泥出現了凹陷的現象，由此顯示，乾的細砂泥層的土壤結構較鬆動，一旦有水的存在，空隙中的空氣不能溶於水，就被水排開了，這時空氣密度小會往上跑，而細砂泥地層因受地球重力作用而下陷。
- 3.依序撤除各孔的塞子，比較其總出水量時，細石層>中礫石層>細砂泥層，分析其中原因應為中礫石層的石頭內有一些空隙可以留住水，而細石層較無多餘空隙可以留住水，所以總出水量時，細石層略大於中礫石層，至於細砂泥層本來的進水量就少，出水量也因出水速率過慢而小得可憐！
- 4.從第一次進水到第一次放水，各石層的能含水量是細砂泥層>中礫石層>細石層，這顯示細砂泥層的排水相當不易，而中礫石層因石頭內有一些空隙可以留住水，所以排第二所致。
- 5.從第一次放水到第二次進水，各石層的能回補的水量是中礫石層>細石層>細砂泥層，再次顯示細砂泥層(模擬沿海地區的淺層地層)的補注進水相當不易，一旦超抽地下水讓地層下陷，就很難恢復！
- 6.更糟糕的是，只要一撤水量，細砂泥層就會地層下陷，顯示細砂泥層(模擬沿海地區的淺層地層)實在應嚴格禁止超抽地下水。

實驗三、模擬沿海地區過度人為開發導致地層下陷及不穩定的實驗

器材準備：壓克力透明水槽、砂子、自製鑲空建物紙板、角度板、直尺、各種質量的砝碼、立方塊

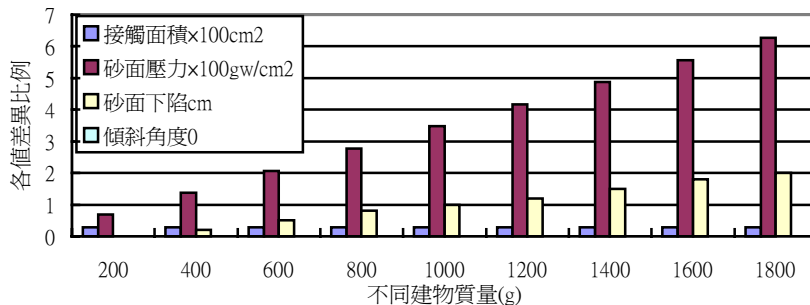
- 步驟：1.將各種砝碼、立方塊置於紙板上畫好底線，框內挖洞（模擬建築物的地基位置）。
- 2.壓克力透明水槽內裝 5 分滿的砂子，在水槽砂面處當做地平線，做上記號。
- 3.將自製鑲空建物紙板置於砂子上端，確定板面與地平線一致，依序由洞內放入各種質量的砝碼、立方塊，記錄砂面下陷及傾斜角度。



簡易組裝沿海地區地層實驗槽及模擬建物的砝碼

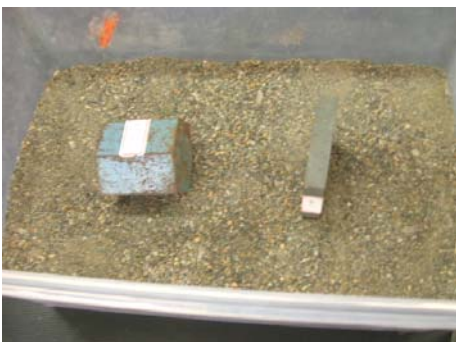
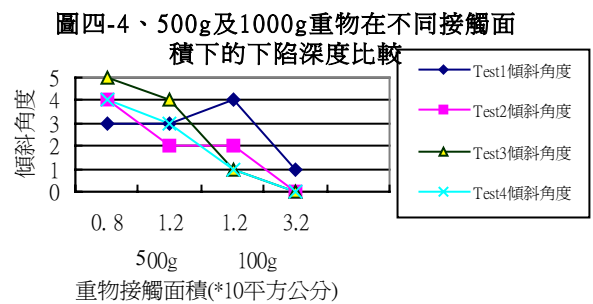
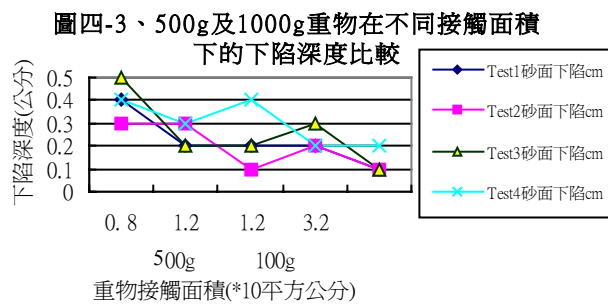
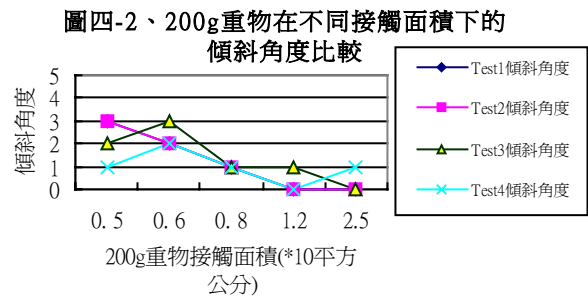
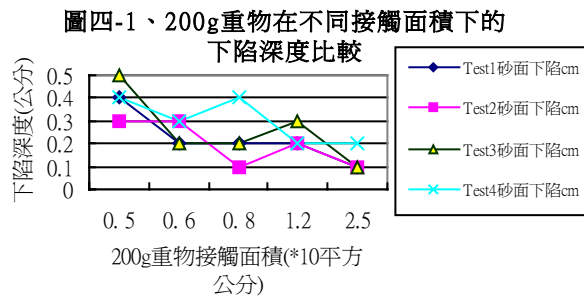
放重物 g	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800
接觸面積×100cm ²	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283
砂面壓力×100gw/cm ²	0.691	1.382	2.072	2.763	3.485	4.176	4.867	5.558	6.280
平均砂面下陷 cm	0	0.2	0.5	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0
平均傾斜角度 ⁰	0	0	0	0	0	0	0	0	0

圖三、不同建物質量下壓相同接觸面積所形成的砂面壓力及砂面下陷深度的比較



不同建物質量下壓致砂面下陷的實驗，模擬沿海地區過度人為開發的情形

放重物 g	200	200	200	200	200	500	500	1000	1000
接觸面積×10cm ²	0.5	0.6	0.8	1.2	2.5	0.8	1.2	1.2	3.2
砂面壓力×100gw/cm ²	0.40	0.33	0.25	0.16	0.08	0.63	0.42	0.83	0.31
Test1 砂面下陷 cm	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.4	0.3
Test2 砂面下陷 cm	0.3	0.3	0.1	0.2	0.1	0.4	0.5	0.5	0.2
Test3 砂面下陷 cm	0.5	0.2	0.2	0.3	0.1	0.5	0.2	0.4	0.3
Test4 砂面下陷 cm	0.4	0.3	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	0.6	0.4
Test1 傾斜角度	3	2	1	0	0	3	3	4	1
Test2 傾斜角度	3	2	1	0	0	4	2	2	0
Test3 傾斜角度	2	3	1	1	0	5	4	1	0
Test4 傾斜角度	1	2	1	0	1	4	3	1	0



模擬各建物質量在下壓不同接觸面積下所導致地層下陷及不穩定(建物傾斜)的實驗
【結果討論】

1. 理化第一冊第六章，計算固體壓力時， $P = F/A$ ，不同建物質量下壓相同接觸面積所形成的砂面壓力是質量愈大，壓力愈大，所以砂面下陷的深度愈深。
2. 建物質量愈大，壓力愈大，所以砂面下陷的深度愈明顯，建物傾斜的角度也愈多，而建物接觸面積愈大，壓力愈小，則建物傾斜的角度也愈少；反之亦然！

【研究三、模擬超抽地下水會導致海水入侵、地下水鹽化的實驗】

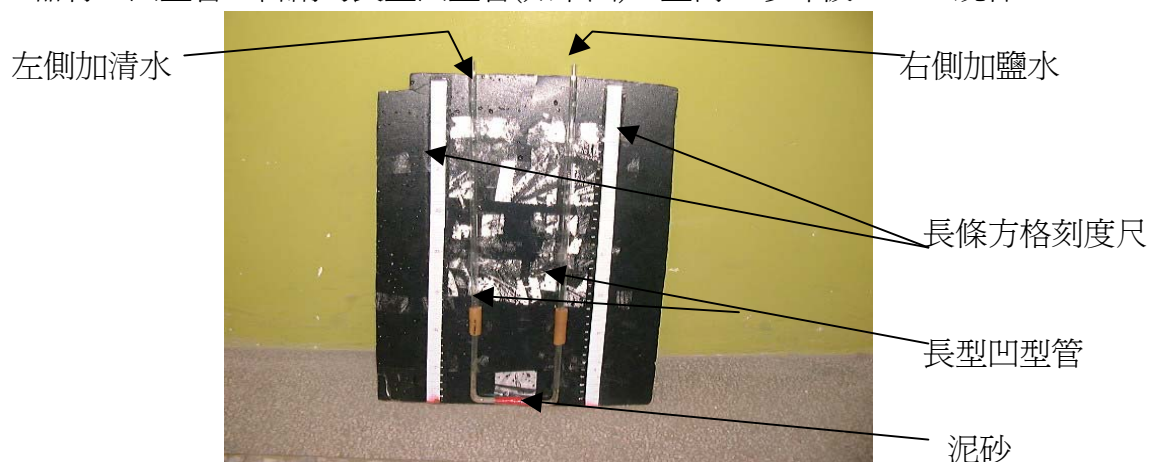
準備：1.配製 1.0M~5.0M 食鹽水以天平精稱 5.85g、11.70g、17.55g、23.40g、29.25g 的食鹽分別加水溶解，稀釋至 100 毫升的體積。。

2. 0.1M~1.0M 食鹽水加色粉加以調色。

3.將中空玻璃管與 L 型彎管用一小截橡皮管接好，像這樣做兩組；然後在兩彎管內置入砂子再用一小截橡皮管接好，接縫的地方再以止洩帶纏好，如此即為自創的長型凹型管了。

4.注射針筒加細長的透明管子，即為可伸入長型凹型管中的特製抽水管

器材：凹型管、自創的長型凹型管(如下圖)、量筒、珍珠板、50ml 燒杯



實驗四、清水與不同鹽水的水壓高度比較

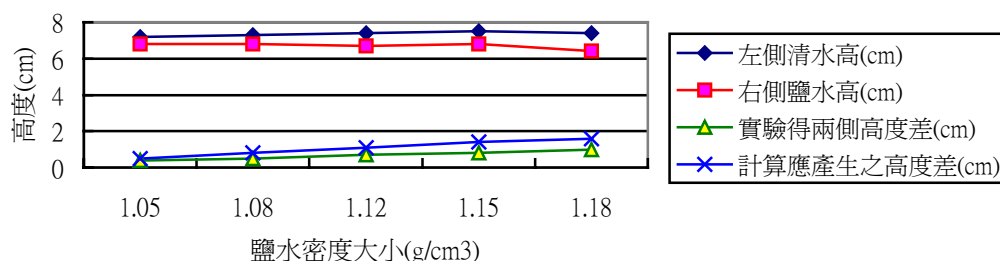
步驟：1.將珍珠板黏成互相垂直的板子，高度須高於凹型管的高度，貼上已影印好的直尺刻度兩條，這兩條間距須恰好為凹型管的兩側管的間距。

2.各水質先以比重計量測其密度大小。

3.以注射針筒左側注入清水，右側注入等體積的鹽水，注意其兩側的高度變化。.

鹽水濃度(M)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
鹽水密度(g/cm ³)	1.05	1.08	1.12	1.15	1.18
左側清水高(cm)	7.2	7.3	7.4	7.5	7.4
右側鹽水高(cm)	6.8	6.8	6.7	6.8	6.4
實驗得兩側高度差(cm)	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0
計算清水與鹽水的高度比	1 : 0.952	1 : 0.926	1 : 0.893	1 : 0.869	1 : 0.847
計算應產生之高度差(cm)	0.35	0.54	0.79	0.98	1.13

圖五、清水與不同鹽水的水壓高度比較



【結果討論】

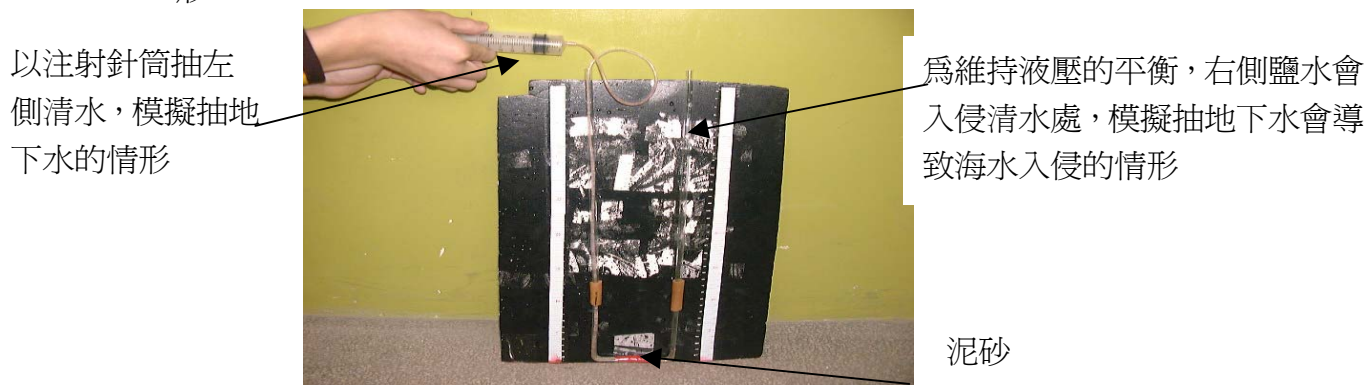
1.計算清水與 1.0M 的鹽水的高度差時，與實驗測得的高度差大致上符合，由此可見，本裝置設計是可行的。平衡時，左側水壓=右側鹽水壓，故假設左側 1cm 水高，右側則為 hcm 鹽水高， $P_{\text{水}} = P_{\text{鹽水}}$ $1 \times 1 = h \times 1.05$ $h = 0.952$ ，亦即每 1cm 清水與鹽水的高度差為 0.048cm，

若清水為 7.2cm，鹽水就應為 6.85cm，兩者差為 0.35cm，與實際 0.4cm 差不多。

- 2.此設計的長型凹型管讓實際清水及鹽水兩側液壓平衡的高度差與理論上計算的高度差很接近，表示此裝置設計可算成功。

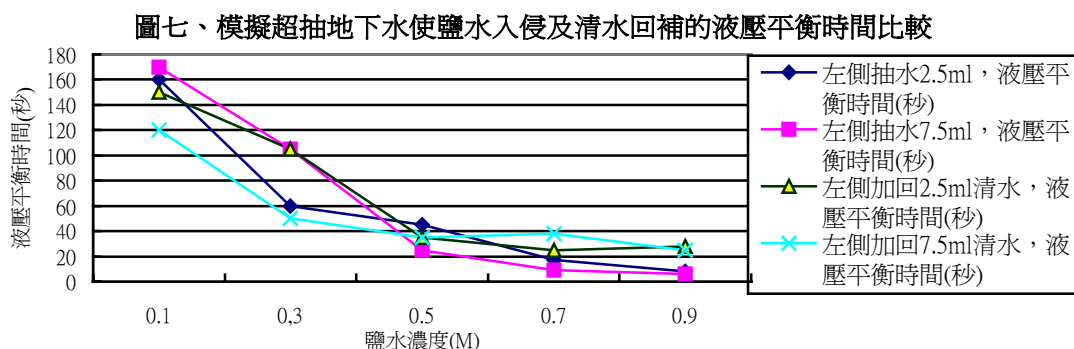
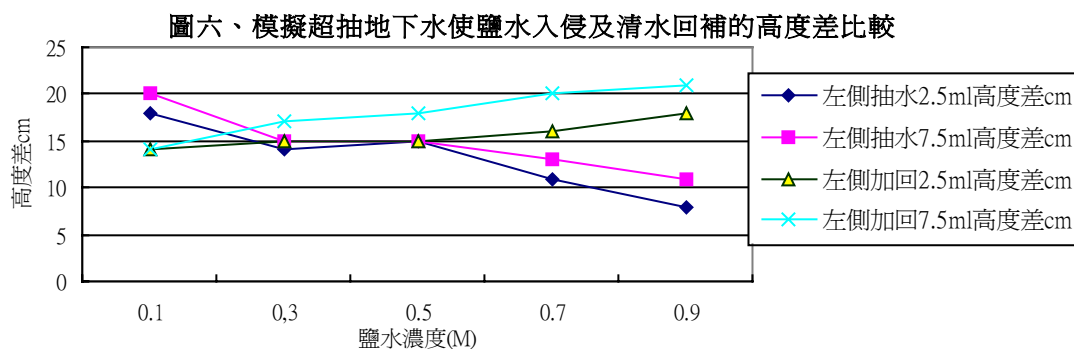
實驗五、模擬超抽地下水會導致海水入侵、地下水鹽化的實驗

- 步驟：1.將珍珠板黏成互相垂直的板子，高度須高於自製長型凹型管的高度，貼上已影印好的直尺刻度兩條，這兩條間距須恰好為凹型管的兩側管的間距。
- 2.將已塞好砂子的長型凹型管放在珍珠板上，兩人同時左側倒入清水，右側倒入等體積的鹽水，立即將此兩側高度比較測量出來。
 - 3.左側開始用特製的細抽水管抽水 5ml，觀察其液面的高度變化及有色鹽水入侵的情形，再繼續抽水 5ml，每再抽一次就記錄其液面的高度變化及有色鹽水入侵的情形。



(還有多張圖，如現場資料)

鹽水濃度(M)		0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
比重		1.01	1.02	1.02	1.04	1.04
左側清水高 cm		38	38	38	38	38
右側清水高 cm		38	38	38	38	37
兩側高度差 cm		0	0	0	0	1
左側抽水 2.5ml 高度差 cm	清水高 cm	18	21	22	25	29
	鹽水高 cm	36	36	37	36	37
	高度差 cm	18	14	15	11	8
兩側液壓平衡時間(秒)		160	60	45	17	8
左側抽水 7.5ml	清水高 cm	16	20	18	17	21
	鹽水高 cm	36	35	33	30	32
	高度差 cm	20	15	15	13	11
兩側液壓平衡時間(秒)		170	105	25	9	6
左側加回 2.5ml	清水高 cm	39	41	41	40	41
	鹽水高 cm	25	26	26	24	23
	高度差 cm	14	15	15	16	18
兩側液壓平衡時間(秒)		150	105	35	25	28
左側加回 7.5ml	清水高 cm	43	42	42	44	43
	鹽水高 cm	29	25	24	24	22
	高度差 cm	14	17	18	20	21
兩側液壓平衡時間(秒)		120	50	35	38	25

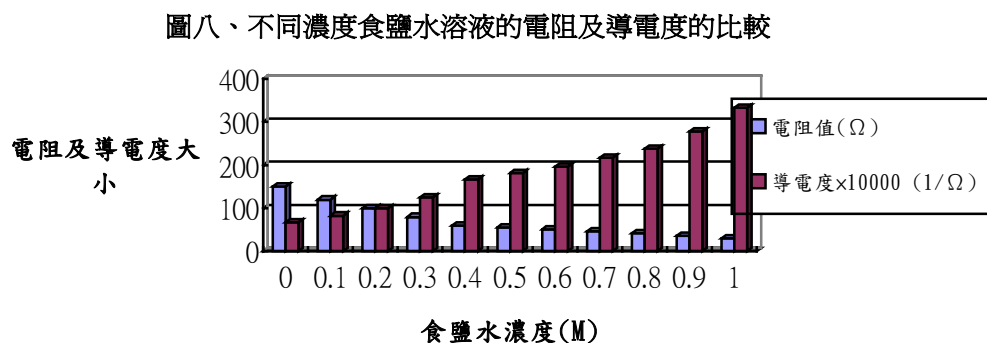


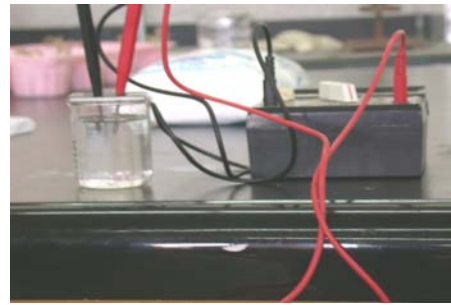
【結果討論】

- 1.由圖六可模擬當超抽地下水(左側抽水 2.5 或 7.5ml)時，鹽水濃度愈高，入侵至地下水的速率愈快，兩者的高度差變小；反之，回補地下水(左側加回水 2.5 或 7.5ml)時則恰好相反。
- 2.由圖七的實驗過程中，我們發現抽清水(模擬抽地下水)時，鹽水濃度愈高滲入淡水的速率愈大，以致於兩側液壓平衡的時間愈短。
- 3.回補水後濃度高的反而平衡的速率愈快，其原因是：當加入清水進清水側後，因為分子的擴散作用，尤其濃度愈高的鹽水，滲透、擴散作用愈快，所以濃度高的平衡速度反而較濃度低的來得快，而最後鹽水側和清水側便混合，而濃度就一樣了。

實驗六、模擬地下水鹽化的導電實驗

鹽水濃度(M)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
電阻值(Ω)	150	120	100	80	60	55	51	46	42	36	30
導電度 $\times 10000$ ($1/\Omega$)	67	83	100	125	167	182	196	217	238	278	333





以三用電錶測各不同濃度的鹽水電阻大小

探針等距浸入鹽水面下測出電阻大小

【結果討論】

- 1.食鹽為強電解質，當鹽水濃度愈高，測得的電阻值也愈小，所以導電的情形就愈不好。
- 2.由此可證明，要檢測當地的地下水是否被鹽化，可利用導電度計(本校因沒有此儀器，故以三用電錶來代替，唯實驗時需特別注意控制兩支探針的距離需相等、且伸入液面的高度也需相同，所以我用珍珠板一片固定在杯口上，並將探針插入預先標誌好的洞內，且保持垂直才行)。

【研究四、模擬鹽化的水質農作物生長情形】

實驗七、鹽化的水質小白菜種子的發芽率生長情形

準備：1.收集各保特瓶並貼上 0.1M~1.0M 的食鹽水溶液標籤。

2.配製 0.1M~1.0M 食鹽水以天平精稱 5.85g、11.70g、17.55g、23.40g、29.25g、35.10g、40.95g、46.80、52.65g、58.50g 的食鹽分別加水溶解，稀釋至 1 升的體積。

3.收集回收的奶茶托盤 22 個，其中 11 個以鑽子將底部刺多個小洞，並各置於沒刺洞的托盤上，做為種植綠豆的水耕容器。

器材：自製的小型水耕容器、綠豆、量筒、濾紙、培養皿、小白菜種子、三用電錶、珍珠板、50ml 燒杯

步驟：1.將 NO1 濾紙各置入已寫上編號的培養皿中，並將各邊緣整齊的壓入凹槽內。

2.各凹槽內均放入 25 粒小白菜種子，然後各依編號加入 10ml 清水或各不同濃度的食鹽水。

3.每天加固定的液體量，觀察並記錄小白菜種子的發芽及生長情形。

鹽水濃度(M)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
第一天發芽數	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
第二天發芽數	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
第三天發芽數	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
發芽率(%)	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



三天後只有清水槽會發芽而鹽水槽都不會

實驗八、鹽化的水質綠豆的水耕生長情形

步驟：1.各奶茶托盤的四個凹槽內均放入 50 顆綠豆，凹槽上寫好標誌，清水倒入凹槽內清洗綠豆，上下盤分開，將下盤洗過綠豆的水倒掉，如此重覆三次，最後加四倍以上(約 30ml)的清水，放置至第二天(約 24 小時)。

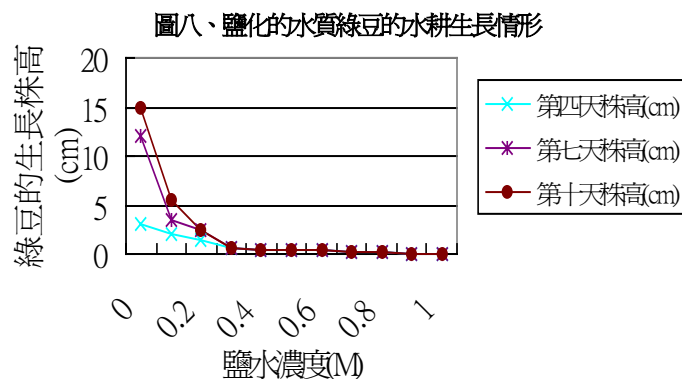
2.將各奶茶托盤的上下盤分開，將下盤浸過綠豆的水倒掉，再將綠豆過水後，各槽不再加水，濕蓋至翌日。

3.各水質先以比重計量測其密度大小。

4.綠豆槽內依標誌，分別加 20ml 清水或各濃度的食鹽水做綠豆的水耕栽種，每天加固定的液體量，每天觀察並記錄綠豆的發芽及生長情形。

鹽水濃度(M)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
鹽水比重	1	1.01	1.015	1.02	1.02	1.02	1.03	1.04	1.04	1.04	1.05
第三天綠豆發數	150	150	150	150	150	68	65	57	54	38	18
第四天綠豆發數	150	150	150	150	150	150	150	70	66	40	20
第四天株高(cm)	3	2	1.5	0.7	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1
第七天株高(cm)	12	3~4	2~3	0.7	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1
第十天株高(cm)	15	5~6	2~3	0.7	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1
第十天生長情形	☆	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×

符號☆表生長情形良好，△表生長情形遲緩，×表生長情形抑制、開始發臭



清水對照槽生長情形良好
鹽水槽則生長遲緩受抑制

(還有多張圖，如現場資料)

【研究五、農作物鹽化的即時處理及土壤鹽化的恢復】

實驗九、鹽化土壤恢復的時效性研究

- 準備：
- 1.收集回收的奶茶托盤含六凹槽的數個，以鑽子將底部刺多個小洞，並各置於沒刺洞的托盤上，做為種植綠豆的土耕容器。
 - 2.配製接近海水的鹽水濃度。
 - 3.紗布剪成長條狀，以鐵絲固定成可以提起的提把，如下圖 4。
 - 4.將沙石過篩，以細沙(模擬沿海地層)準備鹽化的土耕實驗。

步驟：如下各圖所示。



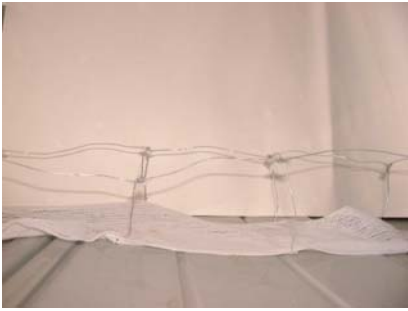
1 托盤的六個凹槽內均放入 50 顆綠豆，凹槽上寫好標誌(每盤需有清水對照組)



2 清洗綠豆，重覆三次，水倒掉，加約 30ml 的清水，濕蓋至翌日。



3 浸過綠豆的水倒掉，再將綠豆過水後，下盤不再加水，濕蓋至翌日使之發芽。



4 以鐵絲固定長條狀紗布成可以提起的提把



5.將含提把的紗布置放在各盤的凹槽上



6 模擬沿海細砂做為土耕的地層



7 將細砂一勻加到各凹槽內，並以相同水量濕潤



8 各槽均已順利發芽的綠豆



9 將已發芽的綠豆移至模擬的沿海地層上



10 已順利適應一天細砂地質的綠豆



11 室內栽種綠豆的土耕環境



12 清水組生長正常，表土耕環境 OK



13 提起上托盤，以針筒進行換水



14 第六天綠豆土耕生長的情形



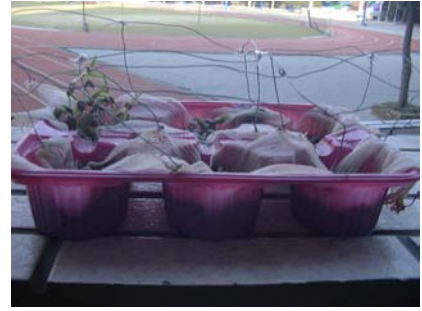
15 第七天清水組的苗高已有超過 5cm 的



16 以針筒補注定量的水



17 清水組生長正常，鹽化組的生長受抑制



18 清水組的苗高遙遙領先，鹽水組的大都藏而不露



19 紗網整個提起，底座洗得乾淨些



20 鹽化 2 小時的也開始綠苗初長了



21 所有各盤的清水組都生長正常



22 清水組的苗高 10cm 時，鹽化 1 小時的也已有超過 5cm 了



23 觀察十天了，鹽化沒及時處理的綠豆都長不起來

(還有多張圖，如現場資料)

【結果討論】

1. 因為鹽化的土壤，在標示時間到時，都只用清水洗一次來對照下，鹽化 1 小時及 2 小時的綠豆生長雖受抑制但都救得活，且後來能開始生長。但鹽化 3 小時~五天的各凹槽則沒看見有綠葉長出來的。
2. 實驗顯示鹽化時間短且有及時去鹽處理的仍可讓作物生長，沒有去鹽的則毫無生機可言。

【研究六、利用太陽能以低壓簡易蒸餾的方式模擬海水淡化的可行性】

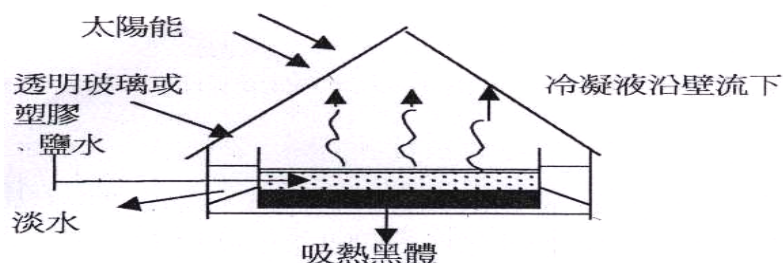
實驗十、鹽水變淡水的簡易太陽能蒸餾法設計

器材及準備：

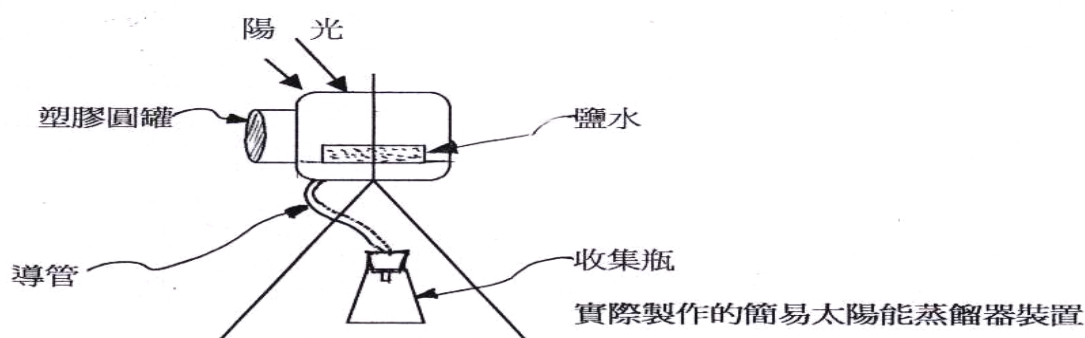
- 1.回收硬質透明塑膠寬口圓筒瓶口及瓶底下方以鑽子各鑽一個洞，兩側將細管接上，並以 AB 膠或保麗龍膠粘好使之不漏。
- 2.橫切保特瓶，取下一截的三分之一瓶底，瓶底外以黑色的壁報紙包圍，再以回收的紙箱做好襯墊的支架，放進回收硬質透明塑膠寬口圓筒內時，稍修飾保麗龍襯墊的底部使能放穩，此即為簡易型的太陽能蒸餾器。
- 3.使用簡易型的太陽能蒸餾器時，先將裝好鹽水的保特瓶底容器等放入圓筒中，圓筒下端以導管接到收集瓶中，如此即可進行簡易型的太陽能蒸餾了。

步驟：1.將混有鹽的砂土以溶解過濾法將鹽水濾出後，量 50ml 的鹽水放入回收已橫切一截的保特瓶底，再將整個放入圓筒中。

- 2.將自製簡易的太陽能蒸餾器置於太陽光下，日曬一天後，觀察收集瓶內有無淡水餾出並測其導電度大小。



【參考簡易型的太陽能蒸餾器圖示】



1 第一代簡易太陽能蒸餾器正照光時



2 水蒸氣在圓筒壁頂凝結成水滴



3 水滴順著筒壁下滑至集中瓶內

【結果討論】

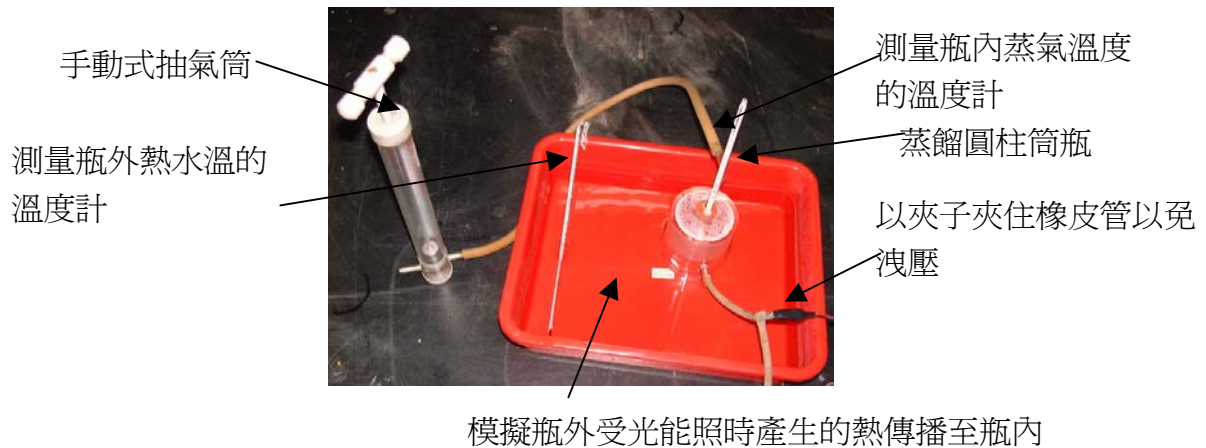
- 1.此常壓簡易太陽能蒸餾法餾出的淡水需時較長，餾出的速率也較慢。
- 2.仔細觀察，鹽水內完全無氣泡，顯示餾出物只是鹽水表面蒸發達飽合時在圓筒壁上凝結而滑落至集中瓶內而已，如果能讓鹽水內產生氣泡(例如：沸騰)，則蒸餾速率應可以更快才是。

實驗十一、設計低壓低溫蒸餾法的可能性

器材及準備：

1. 硬質透明有上及側孔的圓筒瓶，側管接上適當的橡皮管，瓶口上方仔細以鑽孔器鑽二個可插溫度計及套接玻璃彎管的洞，裝置如下圖所示。
2. 配製接近海水的鹽水濃度裝入圓筒瓶內。
3. 使用簡易型的太陽能蒸餾器時先將裝好鹽水的保特瓶底容器等放入圓筒中，圓筒下端以導管接到收集瓶中上注射針頭準備抽氣，如此即為簡易型的太陽能低壓蒸餾器了。

步驟：如下圖示說明



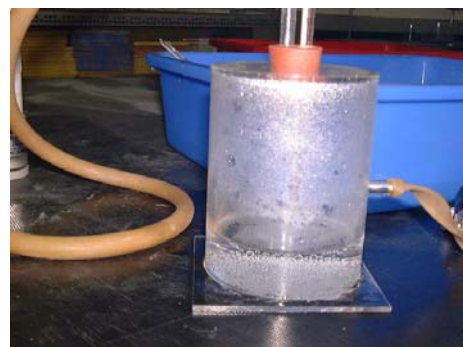
1 連續抽氣時，餾出口的橡皮管因瓶內減壓而呈扁平狀



2 蒸餾圓柱筒瓶內呈蒸氣飽和且有水珠凝結



3 連續抽氣後，瓶內溫為 30 幾度時就已沸騰因水溫不高，所以徒手拿一點也不熱



4 移至桌面上仔細觀察，筒壁有大量水珠凝結而鹽水面及水面下也均可看到大量氣泡

【結果討論】

由上述圖示步驟的詳細說明，證明了低壓下可使液體低溫就沸騰外，也可使液相快速變氣相而在溫度稍低的筒壁上方、側方遇冷凝結為液相，此即為模擬低壓的太陽能蒸餾法的原理，且為很可行的方法才是。

實驗十二、鹽水變淡水的簡易太陽能低壓蒸餾法設計

器材及準備：

- 1.回收透明塑膠寬口中型圓筒瓶，瓶口及瓶底下方以鑽子各鑽一個洞，兩側將橡皮管接上，並以 AB 膠或保麗龍膠粘好使之不漏。
- 2.淺的方型寬口槽底外以黑色的壁報紙包圍，當作吸收光能的黑體物質。
- 3.剪兩長條狀的保麗龍以膠帶貼好於紙板上「再將此瓦楞紙板以膠帶固定於圓筒側面做為襯墊的支架。

步驟：1.將鹽水放入回收已橫切一截的保特瓶底，再將整個放入圓筒中。

- 2.按下圖示操作次序，將此自製簡易的低壓太陽能蒸餾器置於太陽光下，日曬一天後，觀察收集瓶內有無淡水餾出並測其導電度大小。



1 塑膠圓筒瓶加工製作的後期置



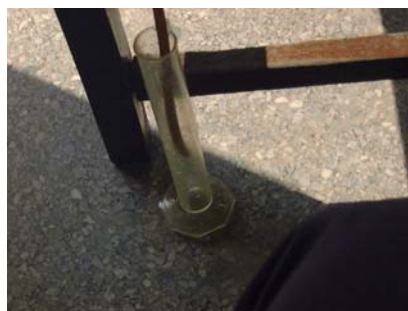
2 以抽氣筒試抽此蒸餾筒的密閉效果



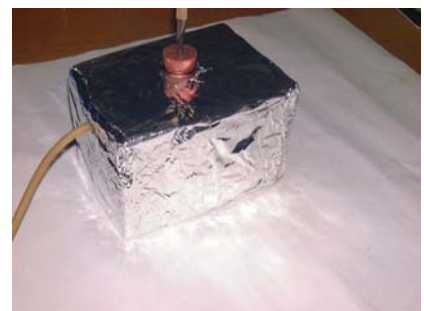
3 餾出口為開放系的裝置



4 出口端夾緊後以抽氣筒抽氣減壓很快出現筒壁大量的霧氣



5 但出口夾子取開洩壓卻收不到淡水



6 改為餾出口為密閉的則可收到淡水

(還有多張圖，如現場資料)

【結果討論】

- 1.因這次回收的塑膠筒瓶非硬質塑膠，故在快速抽氣時，圓筒瓶內呈低壓，鹽水來不及蒸發為氣相，瓶外大氣壓力就把瓶子壓扁而變形。所以，減壓抽氣時，拉抽氣筒的速度宜適中而不宜太快。
- 2.由上圖可知，整個低壓太陽能蒸餾器及餾出口均應在密閉下進行，否則即使抽氣時餾出口夾緊再放開也是徒勞無功的。
- 3.黑體(裝鹽水的方形淺槽外包裹物)易吸收光能，而銀白色光滑面(餾出瓶外無底的擋箱)則可反射太陽光能，如此設計可使鹽水槽溫度較高而餾出瓶溫度較低，溫度高者蒸氣壓會於溫度低者，故更易使淡水流入餾出瓶內。

六.心得討論與建議

- 1.研究一【**設計模擬海水倒灌模型箱**】的實驗一可以觀察模擬西南沿海的居民，尤其是低窪地區，當暴雨傾洩、狂風巨浪時海水倒灌的情形，天災加上因過度抽取地下水、過度的人為開發又排水不易的人禍，想想久居海水淹腳目的人啊！這可是台灣西南沿海居民永無休止的悲歌！
- 2.研究二【**模擬超抽地下水及過度的人為開發會導致地層下陷**】的實驗二結果模擬沿海地區的細砂泥層在注水時細砂泥出現了凹陷的現象，由此顯示，乾的細砂泥層的土壤結構較鬆動，一旦有水的存在，空隙中的空氣不能溶於水，就被水排開了，這時空氣密度小會往上跑，而細砂泥地層因受地球重力作用而下陷。而各石層的能回補的水量是細砂泥層最少(模擬沿海地區的淺層地層)的補注進水相當不易，一旦超抽地下水讓地層下陷，就很難恢復！只要一撤水量，細砂泥層就會地層下陷，顯示細砂泥層(模擬沿海地區的淺層地層)實在應嚴格禁止超抽地下水。
實驗三的結果可知，由不同建物質量或接觸面積都顯示，沿海地區過度的人為開發會導致地層下陷、建物傾斜的情形。
- 3.研究三【**模擬超抽地下水會導致海水入侵、地下水鹽化**】的實驗四證明所設計的長型凹型管讓實際清水及鹽水兩側液壓平衡的高度差與理論上計算的高度差很接近，表示此裝置設計可算成功。
實驗五結果當抽取左側清水時，右側鹽水濃度愈高滲入清水的速率就愈大，所以兩側液壓平衡的時間才會愈短。由此顯示在臨海地區若抽取地下水，會破壞液壓的平衡，且為回復到液壓平衡的狀態，會迫使海入侵地下水層，且抽得愈多，入侵的速率愈快！
- 4.研究四【**模擬鹽化的水質農作物生長情形**】的實驗七受鹽化的水質根本無法讓任一顆的小白菜種子發芽，而清水組的 25 粒種子則 100%全部發芽，由此證實鹽化的水質無法育苗。實驗八的綠豆水耕中，各盤的清水對照組都長得很好，除了 0.1M 最低濃度鹽水生長抑制、勉強生長外，其餘的濃度(包括如海水的濃度)全部都受抑制且開始腐壞變臭，結果證實鹽化的生長環境真的讓植物毫無生機可言。

- 5.研究五【**農作物鹽化的即時處理及土壤鹽化的恢復**】的實驗九中已可明確的證實，鹽化的土壤不經處理，農作物是完全沒有生機的，但如果掌握鹽化的時效性，在愈短的時間內，將受海水倒灌而鹽化的土壤立即排水且以淡水沖洗去鹽，植物生長雖短暫受到抑制，最後仍可繼續生長下去，我以相當簡易的方法，且只沖洗一次受鹽化的土壤，就可以將短暫受鹽化的土壤恢復生機。所以，如果我有一片農田，就像現在西南沿海地區的農民一樣，我絕不與環境及逆境妥協，雖受天災而鹽化的土壤就想辦法趕快自己救，引水灌溉也會小心一點，每家一定有三用電錶，沒有就到電料行去買(一台三百多元而已)，先將水質以電錶測其電阻有無變小(和自來水或瓶裝礦泉水對照)，就知道水質有無鹽化了。我相信沒有解決不了的問題，農民們與其消極的等待天災後政府的補助而自怨自艾，不如配合政府，也想辦法自救、防患未然，積極的謀求合理生存的解決之道才是！
- 6.研究六【**利用太陽能以低壓簡易蒸餾的方式模擬海水淡化的可行性**】的實驗十~十二中已明顯比較出常壓的簡易太陽能蒸餾效率不如低壓即已沸騰的太陽能蒸餾效率，兩者均應在密閉系統內餾出淡水，且餾出瓶若能設計為反射太陽能光的照射(溫度會較低)，而裝鹽水的寬淺槽則為易吸收太陽光能照射的黑體槽(溫度會較高)，這樣的餾出淡水的效果會更快！
- 7.最後我要感謝從一年級就開始啟發我做科展的指導老師，二年多了，她常說我是鬼點子特多的實作者，耐操、耐磨、死不服輸！就是這樣，裝置就一樣樣的拼湊出來了。我也要感謝曾陪伴我同做地科的伙伴們，有她們細心的協助，在全國科展拿到佳作及最佳創意獎後，在老師的鼓勵下，我決定再把它缺點改進得更好，尤其是單飛後，在後兩項研究上，已明確的證實**農作物鹽化即時處理的可行性及太陽能低壓簡易蒸餾海水淡化的餾出效率**上，均是可推行的不錯作法。

七.參考資料

- 1.國中地球科學課本
- 2.國中理化課本應用
- 3.本校歷屆科展作品
- 4.經濟部水資源局 地層下陷區土地特性之調查
- 5.環境地質學 潘國樑 編著地景企業股份有限公司
- 6.網站資料 離島海水淡化處理技術與發展趨勢 林傳鑑 技師
<http://www.ecivil.com.tw/popular/90-05-06.htm>
7. <http://www.ilan.gov.tw/tonshan/map1.htm> 台西及麥寮地區的地層下陷
8. E.P.A 海水養殖對地下水及土壤鹽化之研究第四章
- 9.失落的地平線 莊文星
10. <http://www.tnrs.org/submenu/classroom/red/htm/10.htm> TNRS
潮間帶上的海上森林 台中縣鄉土自然研究學會