

行政院國家科學委員會補助
大專學生參與專題研究計畫研究成果報告

* ***** *
* 計 畫 *
* : 海水淡化之廢棄物能源再生技術研發 *
* 名 稱 *
* ***** *

執行計畫學生： 陳怡靜
學生計畫編號： NSC 99-2815-C-041-007-E
研 究 期 間： 99 年 07 月 01 日至 100 年 02 月 28 日止，計 8 個月
指 導 教 授： 盧明俊

處理方式： 本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2 年後可公開查詢

執 行 單 位： 嘉南藥理科技大學環境資源管理系

中華民國 100 年 03 月 30 日

目錄

摘要.....	02
第一章 緒論.....	03
1-1 前言.....	03
1-2 研究動機及問題.....	04
第二章 文獻回顧與探討.....	05
2-1 各式海水發電.....	05
2-2 各類電池.....	08
第三章 研究方法與步驟.....	10
3-1 研究方法與步驟.....	10
3-2 研究方法概述.....	11
3-3 研究步驟.....	12
第四章 結果與討論.....	14
第五章 結論	22
第六章 誌謝	23
參考文獻.....	24

摘要

能源是我們生活中不可缺少的東西，但也因為我們毫無節制的使用，已經使我們面臨全球能源危機的時代。一個又一個的替代能源如雨後春筍般冒出，而目前全球吹起環保節能風潮，科學家都把目光向了新興能源，除了可再生能源、風力發電、太陽能發電、水力發電外，連海水也能發電。

在海水淡化解決淡水資源短缺的同時，大量的濃海水排放也帶來了環境問題，因此海水淡化零排放成為研究的重點。本研究利用海水淡化後之廢水及濃海水再利用進行發電，利用電解原理來測量海水淡化廠所排放的廢水為高濃度海水當成電解質，再加上導電體就能產生電能，使我們可以有效的利用。本研究依序進行步驟：首先，先取得海水淡化廠所排出高濃度海水廢水，利用電解原理測量濃海水的電流量，再藉由改變各種變因，例如固體導體的材料，導體介質等等，利用三用電錶來測量其電流量找出最利於發電的條件。經實驗後發現竹碳與鎂金屬的搭配組合發電為最佳，而會影響海水導電強度的因素有海水與金屬接觸面積、海水的溫度高低、海水的體積大小，以及所加入的化學藥品的多寡等等都是會影響海水電池的發電效果。希望此研究結果可以減少濃海水及減少一般電池對環境所造成的污染，節省海水淡化廠處理廢液的成本，間接降低廢液對環境的衝擊。

關鍵詞：海水淡化、零排放、海水電池

第一章 緒論

1-1 前言

近年來科技越來越發達，人們為了求生存以及求更好的生存環境，人類不斷向大自然爭取生存空間，隨著人口快速增加、科技不斷突飛猛進人類的影響也不斷加速而且擴大影響範圍，成為影響環境變遷的因素之一。而科技越來越發達就表示人們也越來越依賴能源，自從工業革命以後，人類大量的製造溫室氣體造成全球暖化。近幾年全球平均氣溫迅速上升，不尋常的天氣與氣候現象頻頻發生頻率，使得氣候變遷成為世人矚目的議題。科學家們對於這種狀況針對綠色能源進行發展，希望可以取代傳統的火力發電以減少二氧化碳及其他有害物質的排放。⁽¹⁾

在當今世界能源消耗結構中，常規能源(煤炭，石油和天然氣等)仍然占絕對的優勢。從全球範圍看，煤炭仍是第一能源，其消費量占能源總消費量約半數。其次是石油和天然氣⁽²⁾。目前的綠色能源有太陽能、海島的風能、水力能、生質能、海洋能、潮汐能、波浪能、溫差與鹽差能等等各類再生能源，其中海洋能的利用最為多種，除潮汐能和潮流能是月亮和太陽引潮力的作用產生的以外，其他均來源於太陽輻射。海水是一個龐大的蓄能庫，只要有海水存在，海洋能永遠不會枯竭，所以人們常說的取之不盡、用之不竭的能源，不只是太陽能而已海洋能也是可以不斷再生的綠色新能源，而且開發海洋能不會產生廢水、廢氣，也不會占用大片良田，更沒有輻射污染。因此，海洋能被稱為"21世紀的綠色能源"，被許多能源專家看好。⁽³⁾

綜述21世紀是海洋世紀。現代海洋開發是融合了現代高科技成果而形成的技術密集。目前，世界各國均把海洋開發列入當代高科技領域。海洋高技術已形成用於研究、開發和管理海洋的高技術群。海洋高技術包括了海洋監測與探測技術、海洋深潛技術、海洋油氣勘探開發技術、海洋深海采礦技術、海洋生物技術、海水淡化技術、海洋化學資源提取技術、海洋能技術、海洋空間利用技術以及海洋信息技術等。海洋高技術的迅速發展，極大地推動了傳統海洋產業的技術改造。海洋能通常是指海洋中蘊藏的可再生能源，主要包括波浪能、潮汐能、海流能、溫差能、鹽差能等⁽⁴⁾。

地球表面積的71%是海洋，而海洋是一種巨大的能源。太陽注入地球表面的能量換算為電功率約為 10^{13} kW，而其中大約2/3是用來加熱海面表層的海水，使其深水的溫差超過 20°C 以上，適合發展溫差能發電。另外，據世界能源委員會統計，全世界僅沿海地帶便于開發的波浪能就有20億kW，沿岸和近海區的潮汐能17kW。海洋能具有取之不盡、用之不竭、開發利用不污染環境、不占用陸地等特點。目前，海洋能的開發已受到不少海洋國家的高度重視，它們投入相當大的人力、物力、財力研究海洋能開發利用技術，其中有些技術，如潮汐能和波浪能利用技術等，已趨於成熟，達到或接近商品化階段。據預測，到21世紀，海洋能源的開發利用可望形成商品化生產，並形成新的海洋能源產業。海洋能是人類未來能源的希望。⁽⁵⁾

新型綠色環保電池近年來已投入使用或正在研製，所以我們希望能夠利用海水當電解質和對環境衝擊較小的金屬及無污染的備長炭和竹炭來做生活中的家用小型電池。我們自製的小型電池是屬於普通電池，將化學能轉換成電能的裝置。未來綠色能源，綠色生產技術和綠色產業等等，都會是新課題。

1-2 研究動機與研究問題

海洋是一種無污染、很豐富的可再生能源，我國的海洋資源豐富，但在國內卻很少把海洋這種無汙染的可再生能源有效的利用。一般海洋能包含了波浪能、潮汐和潮流能、海洋溫差能、鹽梯度能、生質能、海流能等等。地球上的水資源總量，淡水僅佔2.5%，海水佔97.5%，由此可看出蘊藏在海水中的能源是十分巨大的，而學者們則是利用各種手段、方法和技術把這些能源轉換成動能、電能等等，根據海洋能的理論儲量是目前全世界各國每年所消耗能量的幾百倍甚至是幾千倍⁽¹⁾。

現今國際上對於海水淡化廠所產生的濃海水的處理大多是直接排入海水中或是稀釋直接排入海中，根據台灣澎湖地區水溫剖面的資料，一般隨海水深度加深而降低；表底層溫差範圍介於0~2.5℃，其差異與季節氣溫有關，鹽度剖面則隨深度增加而增加，表底層鹽度差範圍介於0~1.35psu，季節性之變異並不明顯⁽²⁾。所有水溫剖面及鹽度剖面成規律性變化，且均未受海淡廠排放水之顯著的影響。雖然目前還沒出現什麼問題，但還是引起環境學者的關注。而且稀釋海水也會提高成本，我們可以多研究如何把這些高濃度海水進行多方研究，以達到節省海水淡化廠處理廢棄物成本的目的，同時也希望減少一般電池對環境及人體的傷害。

由於家庭中使用電子器件的數量可多達數十件，消費者對於電池的選用須考量的層面也增多。威斯康辛州哈特蘭(Hartland)的Batteries Plus公司其首席執行官雷諾茲(Russ Reynolds)說：「當您如數家珍的算算所有需要電池的家用品，從停車庫的門禁控制到保全系統乃至於火災警報器等，它們累積起來的數量是可觀的。」。一般民眾對於電池污染的警覺性很低，有些人會想說丟一、兩個沒關係，有些人會因為回收電池很麻煩而隨意丟棄，疏不知電池對環境的污染有多嚴重，以一顆1號乾電池為例，若被棄置能使一平方公尺的土壤永久失去利用價值；而一顆鈕扣型電池，則可以是6百噸的水受到污染，相當於一個人一生的用水量，所以每戶家庭的電池用量與對環境的破壞是成正比的。

臺北縣環境教育輔導團研發組輔導員余秀琴表示，海水電池是把海水當成電解質，再加上導電體鋁及備長炭或木炭，就可以產生電能。這三項物質壓得愈緊，電壓愈穩定，增加愈多的炭，電力則愈強⁽⁴⁾。而我們會有這個實驗想法是因為既然水果可以發電那不管是礦物質或是元素都比水果還要多上好幾倍的海水為什麼不能發電呢？我們的實驗是利用經過海水淡化之後的高濃度海水來進行發電。這種海水發電技術很適合離島的國家，以我國澎湖地區為例，澎湖是屬於島嶼地區，雨量不豐，蒸發量大於降雨量，水庫及水面積小常有缺水現象，因此地下水源為該地區主要水源，而長期超抽地下水，導致地下水位下降，海水入侵鹽化。近年來澎湖旅遊人口增加更是突顯了水源了不足。澎湖四面環海，可以提供充足的海水，由以上幾點來看都足以證明此技術很適合島嶼行國家，且很多地區已經引進了像是逆滲透設備或使用高水壓通過膜管進而過濾掉鹽的技術淡化海水，或是用電解的方式透過膜分離鹽的陽離子。因此本研究採用電解方法來找出高濃度海水進行發電是否可行，同時也推動國內多利用海洋能這種豐富、無污染的可再生能源。

第二章 文獻回顧與探討

2-1 各方式海水發電

海水發電目前係利用其海洋能共包含了波浪能、潮汐和潮流能、海洋溫差能、鹽梯度能、生質能、海流能等等。

海洋波浪發電是利用波浪動能轉換為電能，根據資料顯示地球上海洋波浪蘊藏的電能可能達 5 千萬瓦大約等於全球的能量需求量，台灣是屬海島地形，全島共擁有長達 1,448 公里的海岸線，沿海地區由於受到強大季風的吹襲，根據台灣四周沿海及各主要離島所進行的初步波能評估研究結果顯示，北部海域及離島地區較具潛力，每公尺約有 13 千瓦之波能，東部及西北沿海居次，每公尺約有 7 千瓦之波能，西南及南部沿海較差，每公尺約只有 3 千瓦之波能，依初步估計台灣地區波能蘊藏量約為 1,000 萬千瓦，可開採量約為 10 萬千瓦。雖然波浪發電具有無污染以及不必耗費燃料之優點，但海洋波浪的不穩定性及發電設備需固定於海床上，承受海水之腐蝕、浪潮侵襲破壞，以及效率不夠顯著、施工及維修成本相對過高等問題，限制了目前波浪發電之發展，致使波能發電系統研究開發成長趨緩⁽⁶⁾。

海洋溫差發電根據計算，南北緯 20 度之間的海洋洋面，只要將其中一半用來發電，海水水溫僅平均下降 1°C，就能獲得 600 億千瓦的電能，相當於目前全世界所產生的全部電能⁽¹⁾。此種方法是利用表層海水和深層的海水溫差將儲存的太陽熱能轉換成電能。海洋溫差發電受到各國普遍重視。目前，日本、法國、比利時等國已經建成了一些海洋溫差能電站，功率從 100 千瓦至 5000 千瓦不等。上萬千瓦的溫差電站也在建設之中，我國東部海域水溫與地形條件有利於開發海水溫差發電，水深即深達八百公尺，水溫約 5°C。同時海面適有黑潮流通過，表層水溫達 25°C。由於地形及水溫條件俱佳，開發溫差發電的潛力雄厚，理論蘊藏量在 12 海浬領海內達 3,000 萬千瓦，若以 200 海浬經濟海域估算更可高達 25,000 萬千瓦，該區域領海範圍內若以適度開發 10% 估計，其技術蘊藏量可達 300 萬千瓦，每年約可發電 460 億度⁽⁷⁾。但報導指出我國的經濟部能源委員會原有意發展這項技術，但台電表示此項技術設備要運輸、安裝等不易要維修更是困難，颱風經常侵襲我國工程困難，初步估計其發電之經濟性尚不顯著，海水溫差發電尚無法與燃煤以及燃油發電競爭，所以至今尚未有商業性發電廠⁽⁸⁾。

潮汐發電，再依個具有廣大面積的海灣或河流出口，以築堤的方式分隔海水，形成內外兩個海域。漲潮時，外面的海平面較高，透過堤防底部開口所設置的水輪帶動發電機，當海水發電後流入內海，雙方水面一致時，即關閉水閘。等到退潮後，內海水面高於外海，再開啟水閘，再行發電，每次潮差都可以發一次電⁽⁹⁾。目前全世界僅有少數潮汐發電廠在運轉，其中法國、中國、蘇聯與加拿大的潮汐電廠總容量約 263 百萬瓦，根據估計，到 2020 年全球潮汐發電量將達到 1 億至 3 億兆瓦，目前世界上最大的潮汐發電站是法國北部英吉利海峽上的朗斯河口發電站，年發電量達到 5 億千瓦。我國漲退潮高低差距不大不適合發展，但金門、馬祖兩座離島其可供開發之潛力約有一萬瓩以上⁽¹⁰⁾。

海流發電是利用海洋中海流的流動推動水輪機發電，台灣地區可供開發海流發電應用之海流，以黑潮最具開發潛力。根據以往對黑潮所進行之調查研究瞭解，黑潮流經台灣東側海岸最近處，以北緯23度附近為最貼近，平均流心距台灣僅60-66公里，流心流速在1.6-0.3公尺/秒、平均流速0.9公尺/秒，依據所測得之流速及斷面推估其流量約為每秒 1,700-2,000萬立方公尺。黑潮發電構想係利用水深約在200公尺左右之中層海流，預計於海中鋪設直徑40公尺、長度為200公尺的沉箱，並於其內設置一座水輪發電機，成為一個模組式海流發電系統，出力約為1.5-2萬千瓦，未來更可視發電需要增加多個機組，且年組之間的間隔需維持於200-250公尺間，以避免紊流的干擾⁽⁶⁾。目前海流能之技術發展乃以風能之研發結果之基礎，所以海流渦輪機的結構和運轉原理與風力渦輪機相似，其優點是葉輪轉動速度相對較慢不會產生巨大噪音、不需向潮汐發電一樣築大壩、不會破壞周邊生態環境、恆流穩定存在、無激烈變化等等⁽¹⁾，其缺點為機組零件太大操作及維護皆不容易，而太小又不符合經濟成本。

鹽差發電是利用河口海域咸淡水之間鹽度的濃度明顯差異，混和時就會釋出化學能人們可從中獲得可再生能源或轉化為電能，而且不會像燒煤和石油釋出溫室氣體，加上河水川流不息，比受時間所限的太陽能及風力發電較優勝。挪威和荷蘭的科學家指出中國長江和美國密西西比河等全球河流出口一齊發電，可滿足全球20%電力需求。日本、美國、以色列、瑞典等國均在進行研究、試驗⁽⁷⁾。

將上述各海洋發電方式之再生能源、低設備成本、低運轉成本、降低環境衝擊、可預測性及降低視覺衝擊等等之比較，如表一所示。

表一 各海洋發電之比較⁽¹⁾

	再生能源	低設備成本	低運轉成本	降低環境衝擊	可預測	降低視覺衝擊
水力發電	O	O	O	X	O	X
波浪能	O	X	O	O	X	O
海流能	O	X	O	O	O	O
潮汐能	O	X	O	X	X	X
溫差能	O	X	O	X	O	X
鹽梯度能	O	X	O	O	O	X

挪威科學家開發出的海水滲透發電技術的本質也是水能原理，不過這裏使用了液體的滲透性，即低濃度液體向高濃度液體滲透，從而利用這一過程中產生的壓力來推動渦輪機發電。法挪威首都奧斯陸南部海岸和荷蘭海邊的海水倒灌地帶分別在進行小規模的試驗，並已開始發電，挪威能源集團在水箱的一邊裝鹽水，另外一邊裝淡水，中間用單向滲透薄膜隔開，由於兩邊所含的鹽分不同，淡水要流到另外一

邊鹽水濃度高的水箱，在這一過程中就產生了海水滲透的壓力，這個壓力就可以用來發電，這是一種被人們忽視了的海洋能量。研究人員認為，河水入海處一般是人口比較密集的地區，一個足球場大小的海水滲透發電站應該至少能夠為1.5萬戶家庭提供電力。目前，挪威每平方米隔膜的發電功率只有3W，專家認為，只有達到每平方米5W，才具有經濟效益。海水滲透發電技術既不產生垃圾，也沒有二氧化碳排放，更不受氣候變化的影響，可以說是一種取之不盡，用之不竭的潔淨能源。研究人員認為，在鹽水濃度更高的水域，滲透發電技術的效果會更好，比如，地中海，死海等地。

以色列一位名叫洛布的科學家在死海與約旦河交匯處進行過實驗，取得了令人滿意的成果。美國俄勒岡大學的科學家利用滲透原理，研制出了一種新型的海水滲透壓式鹽差能發電系統。這項應用技術的核心產品滲透膜成本很高，尚不能進行商業性規模生產⁽¹²⁾。

逆滲透設備或使用高以水壓通過膜管進而過濾掉鹽的技術淡化海水或是用電解的方式透過膜分離鹽的陽離子，這兩種方式都必須耗費相當大的資源。一般傳統的熱蒸餾海水淡化設施不只沒效率，蒸餾過程中產生的高濃度鹽水會造成生態問題而且經濟成本高昂，各類淡化方式比較如表二所示，而滲透式鹽差發電技術不但可以解決淡水問題也可以產生能源，同時還可以從中得到陸上較為稀少的物質、結晶物，標準海水成分和淡水指標如表三所示，海水成分中鎂在工業上對鎂的需求量是相當大的、溴在地殼中的含量稀少、鉀多運用在農業上的肥料或是重水(氧化氘)用於核子反應爐的緩衝劑。

表二 各種海水淡化製程生產每噸淡化水的能源耗費比較表⁽¹²⁾

能源種類 淡化方式	用電量	蒸汽耗廢量	每噸水成本 (每度電以 2 元估算)
1.逆向滲透式(R.O.)	8.5kehr	—	17 元
(能量回收)	(5.0 kehr ~6.0 kehr)	—	—
2.多級閃化式(M.S.F.)	3.1 kehr	0.1 噸	6.2 元
3.多級效應式(M.E.D.)	1.6 kehr	0.083 噸	3.2 元
4.蒸汽壓縮式(V.C.)	8.5 kehr ~ 10 kehr	—	17~20 元
5.電析互換式	7.8 kehr ~12 kehr	—	15.6~24 元

註：實際耗電量將受海水溫度影響而有所變動，以上提供的數據為一般平均值。

資料來源：林傳鐙，(技師報：離島海水淡化處理技術與發展趨勢)

表三 標準海水成分和淡水指標⁽¹⁵⁾

成分	濃度	淡水指標
Na ⁺ (mg/L)	10560	<200
Mg ²⁺ (mg/L)	1270	
Ca ²⁺ (mg/L)	400	
K ⁺ (mg/L)	390	
Cl ⁻ (mg/L)	18980	<250
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	2660	<250
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	140	
Br ⁻ (mg/L)	70	
總離子濃度(mg/L)	34500	電導<2.5mS/cm(20°C)
pH	8.2	6.5~9.5
密度(kg/L)	1.024	

2-2 各類電池

市面上電池的種類有非常多，有一般電池、可充電電池、化學電池、乾電池、液體電池、燃料電池。

化學電池是通過氧化還原反應，把正極、負極活性物質的化學能，轉化為電能的一類裝置。化學電池又分為兩類，第一類為一次性電池也是一般電池（Primary Battery）俗稱「用完即棄」電池，常見的電池包括鹼錳電池、鋅錳電池、鋰電池、鋅電池、鋅空電池、鋅汞電池、水銀電池、氫氧電池和鎂錳電池；第二類為二次性電池，是一般的可充電電池又稱蓄電池、二次電池，常見的有鉛酸電池、鎳鎘電池、鎳鐵電池、鎳氫電池、鋰離子電池(Li-ion)、鋰高分子(Li-Polymer)等。其優點是循環壽命長，它們可全充放電兩百多次，有些可充電電池的負荷力要比大部分一次性電池高。普通鎳鎘、鎳氫電池使用中，特有的記憶效應，造成使用上的不便，常常引起提前失效⁽¹⁵⁾。

乾電池和液體電池的區分僅限於早期電池發展的那段時期。最早的電池由裝滿電解液的玻璃容器和兩個電極組成。後來推出了以糊狀電解液為基礎的電池，也稱做乾電池。

現在仍然有「液體」電池。一般是體積非常龐大的品種。如那些做為不間斷電源的大型固定型鉛酸蓄電池或與太陽能電池配套使用的鉛酸蓄電池。對於移動設備，有些使用的是全密封，免維護的鉛酸蓄電池，這類電池已經成功使用了許多年，其中的電解液硫酸是由矽凝膠固定或被玻璃纖維隔板吸附的⁽¹⁵⁾。

燃料電池是一種將燃料的化學能透過電化學反應直接轉化成電能的裝置，燃料電池是利用氧氣或空氣在陽極進行氧化反應，而陰極部分則是以氫或者是煤氣等為主，在電極表面反應產生電能、熱能及水。燃料電池又被稱為連續電池，特色是陰陽兩極並無活性物質的存在，而是透過外部的系統提供，所以只要持續地提供活性物質，電池就可以持續的放電⁽¹⁵⁾。燃料電池一電解液的不同可分為：

- 1.磷酸燃料電池（PAFC），
- 2.熔融碳酸鹽燃料電池（MCFC），
- 3.固態氧化物燃料電池（SOFC），
- 4.鹼性燃料電池（AFC）。

其中以PAFC發展歷史最久⁽¹⁵⁾。

在海水淡化解決淡水資源短缺的同時，大量的濃海水排放也帶來了環境問題，因此海水淡化零排放成為研究的重點。本研究利用海水淡化後之廢水及濃海水再利用進行發電，利用電解原理來測量海水淡化廠所排放的廢水為高濃度海水當成電解質，再加上導電體就能產生電能，使我們可以有效的利用。海水電池不僅可以廢棄物再利用更能發展新的替代能源，可取代一般電池對環境造成之汙染。

以澎湖離島為例，利用風力發電供應當地現有海水淡化廠所需，即可省去由澎湖本島輸送電能及當地火力發電所需燃油之繁複工作，使居民用水無虞，如此一來不僅無須花費高價由台灣運水，可降低造水成本，使本縣水資源豐沛，解決民生用水之問題，亦能符合環保效益，減低火力發電所必須燃燒化石燃料而產生的二氧化碳、大量煙塵和廢氣（部份有毒）等空氣污染，減緩地球氣候高溫化、酸雨、森林枯絕、臭氧層破壞、異常氣候等連鎖性的現象⁽¹²⁾。

第三章 研究方法及步驟

3-1 研究設備與器材

實驗中使用的儀器

分析項目

1.DMM-93B 三用電錶

1. 電壓(V)

2. 電流(A)

2.SC-110 手提式 微電腦導電率測定儀

3. 導電度($\mu\text{S}/\text{m}^2$)

3.TS-1 手提式 酸鹼度 氧化還原 溫度測定儀

4. PH值

4.溫度計

5. 溫度($^{\circ}\text{C}$)

6. 導體介質正負配對
(銅、鎂、竹碳...)

依照環保署公告之標準檢測方法

項目

標準方法編號

水中導電度測定方法－導電度計法

NIEA W203.51B

水中鹽度檢測方法－導電度法

NIEA W447.20C

實驗中使用的導體介質

1.竹炭

5.鎂帶

2.銅片

6.錫片(我們將錫粒熔為片狀)

3.鐵片

7.氯化鈉(NaCl)

4.鋁片

8.海水

實驗器材：

1.燒杯

9.老虎鉗

2.量杯

10.電線(單一銅線)

3.電子天秤

11.電線(多條單芯線)

4.滴管

5.攪拌棒

6.塑膠夾子

7.尺

8.焊槍

12.鐵罐

13.發光二極體燈

14.砂紙

15.剪刀

16.麵包板

3-2 研究方法概述

當電荷(電子或離子)從一處移動至另一處時，就產生電流，而電流為單位時間流過一定點的電荷量。能在導線中移動的電荷是電子，能在溶液中導電的流動物質則是離子。物質進行氧化或還原反應的能力，決定電荷或電流的移動趨勢，此相對趨動力就是電壓或是電池的電動勢。

一般金屬有較大的游離傾向，將游離傾向較大的 M1 浸入游離傾向較小的 M2 如圖 1 所示，將兩個不同的金屬片 M1 和 M2 插入高濃度海水中，作為兩電極，並依原理將兩個不同金屬片和鉤錶相連⁽⁸⁾。

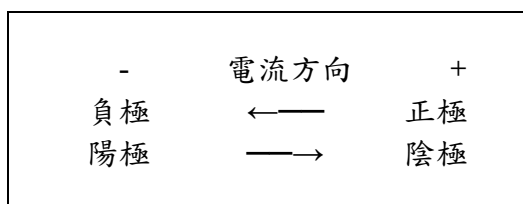


圖 1 電流流動方向

本研究利用各種不同的固體導體及導體介質來測量高濃度海水所產生的電流量。研究中採用不同的金屬片如：做為海水的導體及分別加入不同的導體如：介質來進行比較何種組合為最佳條件之海水發電。

(1)先模擬海水淡化廠所排出的廢水。

(2)用砂紙將石墨、各種金屬、鐵釘等磨亮去銹。

(3)取不同的固體導體以不同的配對做電流的比較。

(4)各種金屬電極的電壓計算方法

$$(\text{電池電壓}) = (\text{正極電壓}) - (\text{負極電壓})$$

(5)以三用電錶來確認是否有電流量。

(6)取不同的導體介質以不同的組合做電流的比較。

(7)看加入介質後電能是否有增強。

(8)使用串聯或並聯等方式使小型燈泡發亮

3-3 研究步驟

- (1) 先將其他混雜物分離出來，海水先經由過濾器〔砂濾機〕過濾一般雜質，在經由過濾器進行細濾，以除去較細微的雜質。要注意一點，有些海水淡化公司為防破壞逆滲透膜，會加入氯中和劑〔85%亞硫酸鈉〕除氯，而海水水質差時添加防垢劑〔20%硫酸〕以防生垢。所以實驗前應問清楚廢水中是否有加其他物質。
- (2) 用砂紙將石墨、各種金屬、鐵釘等磨亮去銹。(銅、鋁、鎂...金屬表層易形成氧化膜，干擾電極反應，因此必須先磨光才可進行實驗。)
- (3) 取不同的固體金屬做為海水的導體，銅片加鋅片，兩金屬片分別為銅和鋅，銅的電位是+0.34V而鋅的電位是-0.76V 於是 銅—鋅 兩電極間所能輸出的最大的電壓便是+1.1V，以三用電錶來確認是否有電流量。
 - a.取不同的導體物質作為介質，銅片加鋅片然後再加入石墨。
 - b.取不同的導體物質作為介質，銅片加鋅片然後再加入木炭。
 - c.取不同的導體物質作為介質，銅片加鋅片然後再加入備長炭。
- (4) 取不同的固體金屬做為海水的導體，銅片加鉛片，兩金屬片分別為銅和鉛，銅的電位是+0.34V而鉛的電位是-0.13V 於是 銅—鉛 兩電極間所能輸出的最大的電壓便是+0.47V，以三用電錶來確認是否有電流量。
 - a.取不同的導體物質作為介質，銅片加鉛片然後再加入石墨。
 - b.取不同的導體物質作為介質，銅片加鉛片然後再加入木炭。
 - c.取不同的導體物質作為介質，銅片加鉛片然後再加入備長炭。
- (5) 取不同的固體金屬做為海水的導體，銅片加鋁片，兩金屬片分別為銅和鋁，銅的電位是+0.34V而鋁的電位是-1.7V 於是 銅—鋁 兩電極間所能輸出的最大的電壓便是+0.51V，以三用電錶來確認是否有電流量。
 - a.取不同的導體物質作為介質，銅片加鋁片然後再加入石墨。
 - b.取不同的導體物質作為介質，銅片加鋁片然後再加入木炭。
 - c.取不同的導體物質作為介質，銅片加鋁片然後再加入備長炭。
- (6) 取不同的固體金屬做為海水的導體，銅片加錫片，兩金屬片分別為銅和錫，銅的電位是+0.34V而錫的電位是-0.14V 於是 銅—錫 兩電極間所能輸出的最大的電壓便是+0.48V，以三用電錶來確認是否有電流量。
 - a.取不同的導體物質作為介質，銅片加錫片然後再加入石墨。
 - b.取不同的導體物質作為介質，銅片加錫片然後再加入木炭。
 - c.取不同的導體物質作為介質，銅片加錫片然後再加入備長炭。
- (7) 取不同的固體金屬做為海水的導體，銅片加鎂片，兩金屬片分別為銅和鎂，銅的電位是+0.34V而鎂的電位是-2.36V 於是 銅—鎂 兩電極間所能輸出的最大的電壓便是+2.7V，以三用電錶來確認是否有電流量。
 - a.取不同的導體物質作為介質，銅片加鎂片然後再加入石墨。
 - b.取不同的導體物質作為介質，銅片加鎂片然後再加入木炭。
 - c.取不同的導體物質作為介質，銅片加鎂片然後再加入備長炭。
- (8) 取不同的固體金屬做為海水的導體，銅片加鐵片，兩金屬片分別為銅和鐵，

銅的電位是+0.34V而鐵的電位是-0.44V 於是 銅—鐵 兩電極間所能輸出的最大的電壓便是+0.78V，以三用電錶來確認是否有電流量。

- 取不同的導體物質作為介質，銅片加鐵片然後再加入石墨。
- 取不同的導體物質作為介質，銅片加鐵片然後再加入木炭。
- 取不同的導體物質作為介質，銅片加鐵片然後再加入備長炭。

(9) 表三各金屬電極半反應往下推導。

(10)表四為實驗中所使用各種不同的固體導體組合，共二十多種組合。

(11)以三用電表測量加入介質或不加因素後的海水電能是否有增強。

(12)以串聯或並聯等方式使小型環保電池應用在小家電上。

表三 各金屬電極半反應⁽¹⁷⁾

元素	鋁	鐵	錫	鉛	銅	鎂	碳
電位 V	-1.7	-0.44	-0.14	-0.13	+0.34	-2.36	+0.7

表四 各種不同的固體導體組合

陰極 (正極)	陽極 (負極)	陰極 (正極)	陽極 (負極)	陰極 (正極)	陽極 (負極)	陰極 (正極)	陽極 (負極)
竹炭	銅片	銅片	鐵片	鐵片	鋁片	鋁片	鎂帶
竹炭	鐵片	銅片	鋁片	鐵片	鎂帶	鋁片	錫
竹炭	鋁片	銅片	鎂帶	鐵片	錫		
竹炭	鎂帶	銅片	錫			鎂帶	錫
竹炭	錫						

陰極 (正極)	陽極 (負極)	陰極 (正極)	陽極 (負極)	陰極 (正極)	陽極 (負極)	陰極 (正極)	陽極 (負極)
銅片	竹炭	鐵片	銅片	鋁片	鐵片	鎂帶	鋁片
鐵片	竹炭	鋁片	銅片	鎂帶	鐵片	錫	鋁片
鋁片	竹炭	鎂帶	銅片	錫	鐵片		
鎂帶	竹炭	錫	銅片			錫	鎂帶
錫	竹炭						

第四章 結果與討論

以銅、鋁、鐵、鎂、錫、竹炭、等各種導體介質進行搭配，將導體介質兩兩一組放入濃海水中，使用三用電表、導電度測定儀等儀器測量其電壓、電流、導電度等相關數據。在日常生活中所用的一號、二號、三號、及四號電池都有1.5伏特的電壓，一號電池有1.8安培的電流，三號電池有1安培的電流，而四號電池則有0.7~0.9安培左右的電流。要使小型環保電池應用在小家電上其電壓及電流至少要有四號電池的標準。

初步使用一般海水以及濃海水分別測量其導電度、電壓及電流，發現兩者的數值差距都不大，導電度都相差約0.1~0.5 ms/cm左右，電壓相差約0.01~0.05伏特左右，至於電流大多介在0.000~0.001毫安培之間。再使用沿岸的海水以及較遠海的海水進行比較，遠海的海水所含鹽度較沿岸海水高，一般遠海的鹽度是35‰，而沿海的海水鹽度只有10‰左右。由於一般海水及濃海水所測得的數值都相差不大，所以，實驗我們都是使用較易取得的一般遠海海水，分別為安平觀夕平台入海口堤防旁，以及，小港港口的海水進行研究，將銅、鋁、鐵、鎂、錫、竹炭、等各種導體介質進行搭配，如表五。可以發現其電流大部分都為零，只有銅跟鋁及竹炭跟鋁有微量的電流量約0.001毫安培左右，而電壓則是以竹炭跟鎂的組合為最高有1.830伏特。有此可以知道竹炭跟鎂帶的組合為最佳。

表五 各種導體介質進行搭配

金屬 (+)	金屬 (-)	導電度 (ms/cm)	溫度 (°C)	PH 值	電壓 (V)	電流 (mA)	面 積	接 觸 面 積
銅	鋁	45.9	26	8.48	0.489	0.001	銅 8*2.5/鋁 4*2.4	銅 5*2.5 鋁 3.5*2.4
鋁	鐵	45.9	26	8.51	0.268	0.000	鋁 4*2.4/鐵 8*2	鋁 3.5*2.4 鐵 4.5*2
竹	鋁	45.9	26	8.54	0.837	0.001	竹 10*3.5/鋁 4.4*3	竹 5*3.5 鋁 3.7*3
竹	鎂	39.9	12.9	8.42	1.830	0.000	竹 10*3.5/鎂 8*0.3	竹 5*3.5 鎂 5*0.3
錫	鋁	39.9	13.2	8.03	0.160	0.000	錫 14.482g/鋁 6*2.7	錫 3*2.5/鋁 4*2.7
鋁	鎂	39.9	13.2	8.04	0.190	0.000	鋁 3.5*2.5/鎂 7*0.3	鋁 2.5*2.5/鐵 4.4*0.3

完整的配對組合如下圖2~圖7，共15組。大部分的電流都在0.000~0.002毫安培之間，除了鎂與鐵、錫的組合電流分別為0.08毫安培及0.03毫安培，電壓則是以竹炭與鎂為最佳，其比較如下：竹炭與鎂>銅與鎂>鋁與鎂>錫和鎂>其他組合，其電壓數值分別為1.830V > 1.49V > 1.35V > 1.23V > 1.086V > 0.61V~0.12V，而導電度則是大部分都在39.9 ms/cm ~47.5 ms/cm之間，鐵與錫的導電度為最低，只有3.0 ms/cm。

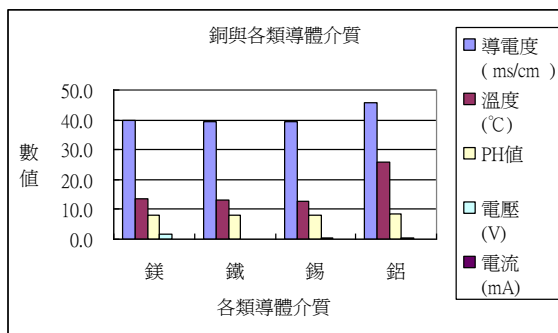


圖2 銅與各類導體介質

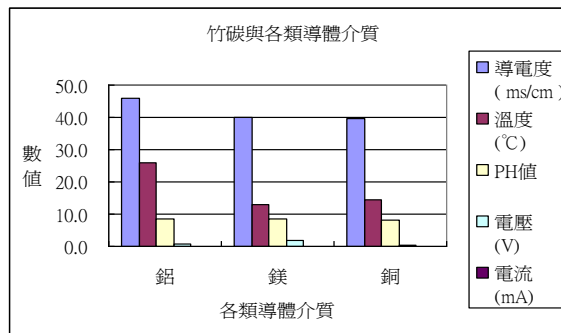


圖3 竹碳與各類導體介質

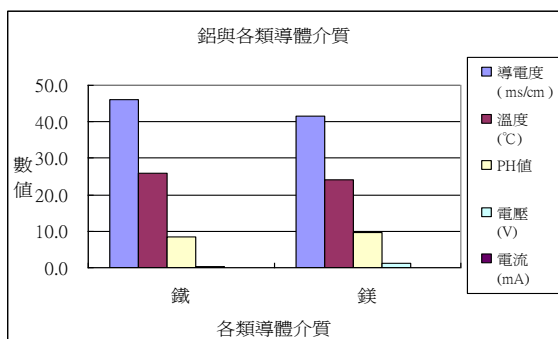


圖4 鋁與各類導體介質

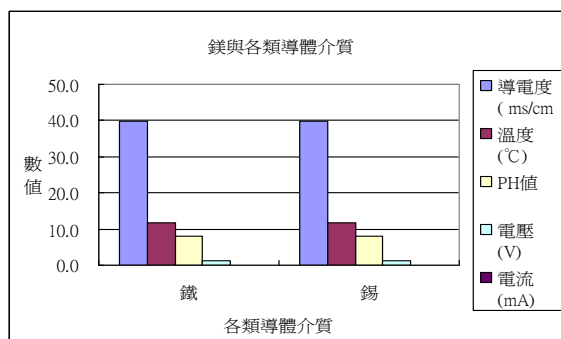


圖5 鎂與各類導體介質

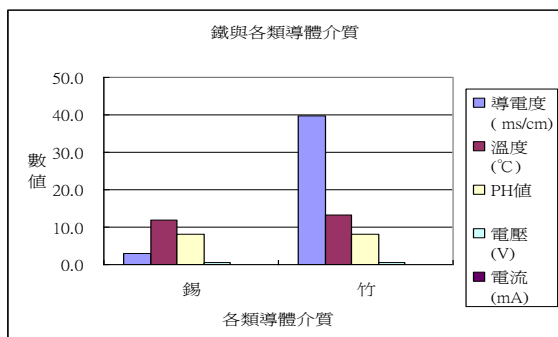


圖6 鐵與各類導體介質

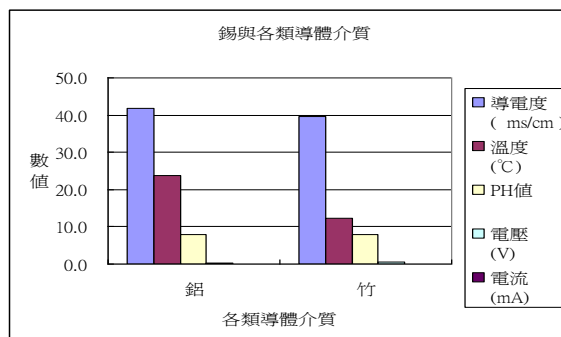


圖7 錫與各類導體介質

取兩組銅與鋁及竹碳跟鋁靜置於海水中一個禮拜，導體泡在海水中未拿起，觀察時間的改變是否會使導電度、電壓、電流等數值有所不同。圖2為銅與鋁電壓及電流的變化，可以清楚的看出電壓在最後一天有明顯的上升。電壓在第一天為0.489V，而最後一天的電壓則有0.532V，但是電流卻沒有明顯的變化大約都在0.000~0.001毫安培左右跳動，至於，導電度沒有明顯的改變其數值大約都是在45.8~46.9 ms/cm之間，如表六所示。其水體有淺藍綠色的沉澱物，可能是導體遭海水侵蝕所產生的或是海水中的雜質與銅和鋁結合沉澱。

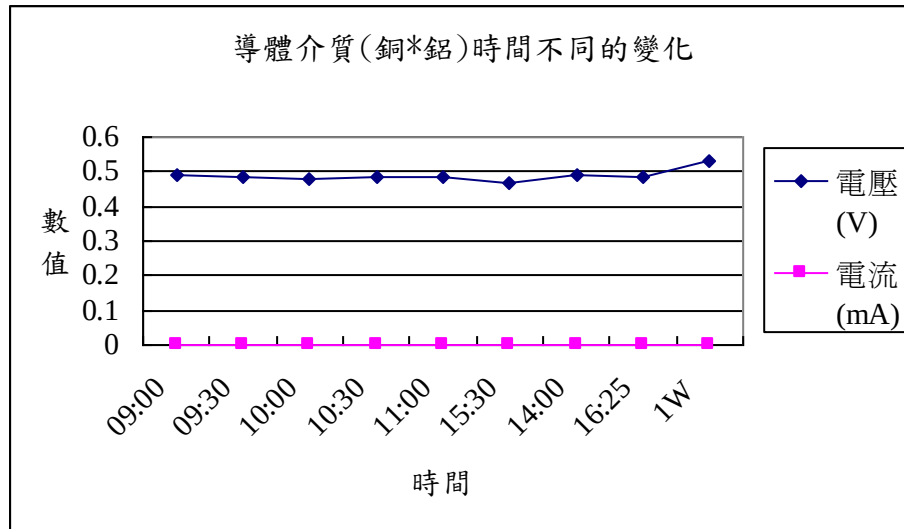


圖8 導體介質(銅*鋁)時間不同電壓、電流的變化

表六 導體介質(銅*鋁)時間不同導電度的變化

	時間	金屬 (+)	金屬 (-)	導電度 (ms/cm)
12 月 7 日	09:00	銅	鋁	45.9
	09:30	銅	鋁	46.4
	10:00	銅	鋁	46.3
	10:30	銅	鋁	46.3
	11:00	銅	鋁	45.8
	15:30	銅	鋁	46.3
12 月 8 日	14:00	銅	鋁	42.6
12 月 9 日	16:25	銅	鋁	46.6
12 月 14 日	1W	銅	鋁	46.5

另一組竹碳跟鋁靜置於海水中一個禮拜，圖3為竹碳與鋁電壓及電流的變化，可以清楚的看出電壓在一個禮拜中都沒有明顯的變動。電壓在第一天為0.837V，而最後一天的電壓則有0.830V，電流也沒有明顯的變化大約都在0.000~0.001安培左右，導電度同樣沒有也明顯的改變其數值大約都是在45.9~47.5 ms/cm之間，如表六所示。

由上述兩主的例子可以知道改變時間其導電度、電壓及電流並不會有明顯的增加或減少。其水體有淡灰色的沉澱物，可能是導體遭海水侵蝕所產生的或是海水中的雜質與竹碳和鋁結合沉澱。

使用鐵與鋁置於海水中一個禮拜，其水體有橙色的沉澱物，有顏色可能是導體遭海水侵蝕所產生的，而沉澱物可能是海水中的雜質。

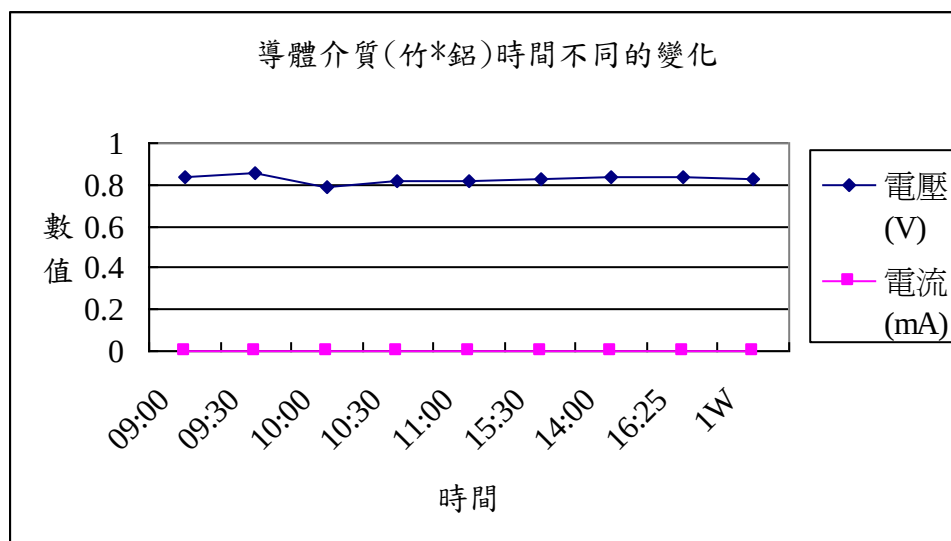


圖9 導體介質(竹碳*鋁)時間不同電壓、電流的變化

表七 導體介質(竹碳*鋁)時間不同導電度的變化

	時間	金屬 (+)	金屬 (-)	導電度 (ms/cm)
12月7日	09:00	竹	鋁	45.9
	09:30	竹	鋁	46.1
	10:00	竹	鋁	46.1
	10:30	竹	鋁	46.3
	11:00	竹	鋁	45.9
	15:30	竹	鋁	46.3
12月8日	14:00	竹	鋁	46.7
12月9日	16:25	竹	鋁	47.2
12月14日	1W	竹	鋁	47.5

取三組試驗接觸面積的不同電壓、電流及導電度數否會改變，這三組的組合分別為竹與鎂、銅與鋁、銅與鐵其導體分為有鑽洞及未鑽洞，鑽洞是為了增加導體與海水的接觸面積，結果如表八，導體有鑽洞的電壓比導體未鑽洞的電壓要低0.1伏特左右，第三組的電流在增加接觸面積後些微的提升，由0.000毫安培上升0.001~0.002毫安培。

表八 導體介質接觸面積不同相關數值的變化

金屬 (+)	金屬 (-)	導電度 (ms/cm)	溫度 (°C)	PH 值	電壓 (V)	電流 (mA)	備 註
竹	鎂	42.6	23.7	8.00	1.790	0.000	金屬有鑽洞
銅	鋁	42.7	23.7	8.02	0.430	0.000	金屬有鑽洞
銅	鐵	42.8	23.6	8.02	0.700	0.001~0.002	金屬有鑽洞

竹	鎂	42.6	23.7	8.00	1.830	0.000	金屬未鑽洞
銅	鋁	42.7	23.7	8.02	0.465	0.000	金屬未鑽洞
銅	鐵	42.8	23.6	8.02	0.800	0.000	金屬未鑽洞

將海水結凍使其溫度在零下低溫、加熱、置於常溫下，測量電壓、電流及導電度，在零下低溫時海水為固體狀無法測其pH值、電壓以及電流，放置在冰箱溫度為12.9℃的海水導電度比結冰時還要高，在常溫下的海水導電度比放置在冰箱的海水導電度高，可以知道溫度較高的海水其導電度也會比較高，三者中以溫度為12.9℃的電壓為最高，而加熱的海水其電壓、電流不穩定無法測得準確的值。

表八 導體介質溫度不同相關數值的變化

金屬 (+)	金屬 (-)	導電度 (ms/cm)	溫度 (°C)	PH 值	電壓 (V)	電流 (mA)	備 註
竹	鎂	37.2	-6.8	-	-	-	海水為固體狀
竹	鎂	39.9	12.9	8.42	1.830	0.000	海水量 100ml
竹	鎂	42.4	24.1	8.86	1.670	0.000	

使用最佳組合竹碳跟鎂帶，分別放入400ml和100ml的海水中，進行測量比較。400ml的海水量導電度為46.9 ms/cm大於100ml海水量的導電度，但其電壓1.740伏特小於100ml海水量1.830伏特。由此可知海水量越多導電度越高，其發電的可能也越高。

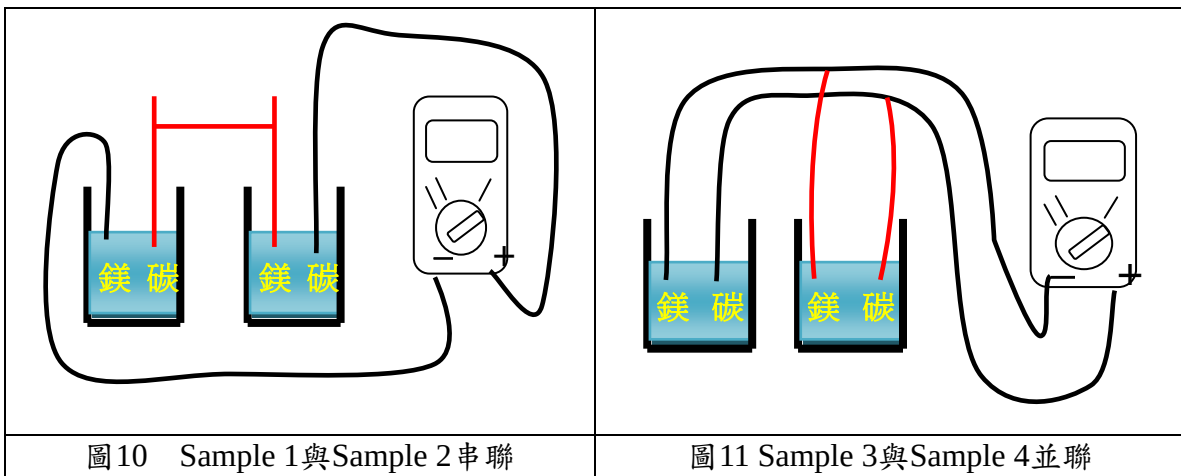
表九 導體介質海水量不同相關數值的變化

金屬 (+)	金屬 (-)	導電度 (ms/cm)	溫度 (°C)	PH 值	電壓 (V)	電流 (mA)	備 註
竹	鎂	49.6	12.9	8.42	1.740	0.000	海水量 400ml
竹	鎂	39.9	12.9	8.42	1.830	0.000	海水量 100ml

使用最佳組合竹碳跟鎂帶，分別以串聯及並聯進行測量比較。串聯之後可以發現電壓值有明顯的提升，電流由0毫安培上升為0.002毫安培，而並聯之後電壓直沒有上升反而由1.72伏特下降為1.67伏特，但是電流由0毫安培上升為0.003毫安培，電壓值以串聯為高，而電流值則以並聯為高。Sample 1與Sample 2串聯如圖10，Sample 3與Sample 4並聯如圖11所示。

表十 串聯與並聯的比較

編號	金屬 (+)	金屬 (-)	導電度 (ms/cm)	溫度 (°C)	PH 值	電壓 (V)	電流 (mA)	備 註
Sample 1	竹	鎂	948.0	10	7.90	1.695	0.000	
Sample 2	竹	鎂	952.0	11	7.90	1.750	0.000	
Sample 1+2	-	-	-	-	-	1.830	0.002	串聯
Sample 3	竹	鎂	57.7	10.7	7.99	1.72	0.000	
Sample 4	竹	鎂	57.7	10.7	7.99	1.72	0.000	
Sample 3+4	-	-	-	-	-	1.67	0.003	並聯



由上一個實驗發現並聯的電流比串聯的高，所以以下實驗多以並聯為主。使用鐵罐用剪刀把瓶緣剪齊，用細砂紙磨鐵罐中的乙烯樹脂，以鐵罐當陰極。NaCl 20g加入RO水180ml其濃度為0.01ppm，正極為備長炭，如表十一，可以看出溫度較高的溶液其導電度也比較高，用麵包板接地並聯，如表十二、圖12。Sample1+ Sample3的電壓值0.37伏特比其他兩組要來的高，但電流量卻比其他兩組低，其電流量為0毫安培。將Sample1、 Sample 2 、Sample 3三組並聯電流可以達到0.04安培。

表十一 RO水加入NaCl 20g的比較

	體積 ml	NaCl(g)	pH 值	導電度 ms/cm	溫度	電壓(v)	電流 (mA)
Sample 1	180	20	7.6	126.8	21.5	0.41	0
Sample 2	180	20	7.8	135.2	23.2	0.23	0.02
Sample 3	180	20	7.9	133.0	23.1	0.58	0

表十二 RO水加入NaCl 20g串聯與並聯的比較

	電壓(v)	電流(mA)
Sample 1 + Sample 2	0.19	0.03
Sample 1 + Sample 3	0.37	0
Sample 2 + Sample 3	0.19	0.03
Sample 1 + Sample 2 + Sample 3	0.19	0.04

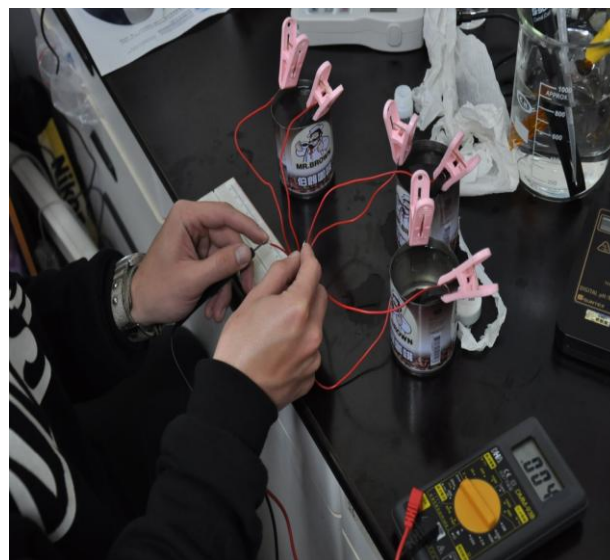
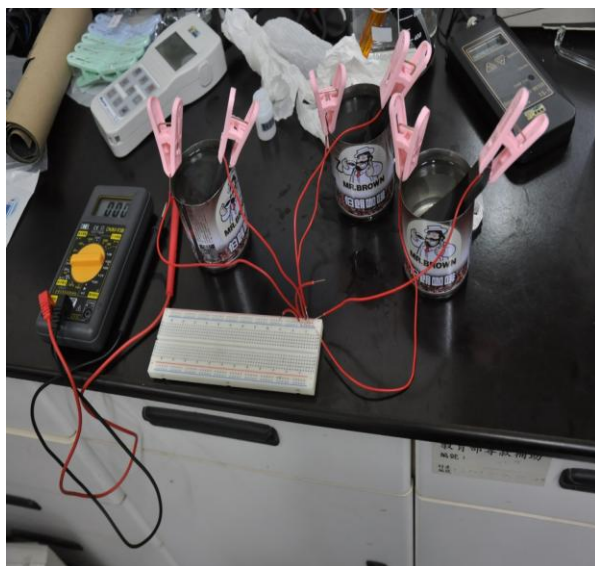


圖 12 實驗設計圖片

嘗試使用自來水加不同重量的氯化鈉，一般氯化鈉溶解於水在常溫下的飽和度，是36 (g/ 100gH₂O)，也就是每100克的水，最多可以溶解約36克的食鹽。實驗中使用最佳組合竹碳跟鎂帶，在自來水中分別加5克、10克、15克及20克的氯化鈉再將這四組分別並聯進行比較。自來水加10克氯化鈉其電壓有明顯的上升比加5克氯化鈉的電壓高0.1伏特，但自來水加15克氯化鈉的電壓卻沒有比加10克氯化鈉的電壓高，雖然電壓沒有變高，可是電流卻有明顯的上升，其電流值由0毫安培上升到0.005毫安培。加入20克氯化鈉的電壓及電流跟加入15克氯化鈉的情況一樣，都是電壓下降，但其電流量上升為0.02毫安培。隨著加入氯化鈉克數的增加其導電度也跟著上升。

將Sample 1與Sample2並聯電壓下降，電流一樣為0毫安培，將Sample 3與Sample 4並聯，電壓下降為1.530伏特，電流值為0.025毫安培。將Sample 3與Sample 4並聯並接上小燈泡可使其燈泡發亮。以同樣方法將Sample 5與Sample 6並聯接上小燈泡也可以使其燈泡發亮，但是亮度較Sample 3與Sample 4並聯的亮度要來的微弱許多。

表十三 水加不同重量氯化鈉的改變及並聯的比較

編號	金屬 (+)	金屬 (-)	導電度 (ms/cm)	溫度 (°C)	PH 值	電壓 (V)	電流 (mA)	備 註
Sample 1	竹	鎂	60.7	22.5	7.46	1.800	0.000	100mL 自來水+5g 氯化鈉
Sample 2	竹	鎂	115.0	22.3	7.51	1.900	0.000	100mL 自來水+10g 氯化鈉
Sample 3	竹	鎂	143.7	22.4	7.46	1.800	0.005	100mL 自來水+15g 氯化鈉
Sample 4	竹	鎂	178.1	22.4	7.29	1.770	0.020	100mL 自來水+20g 氯化鈉
Sample 1+2	竹	鎂	-	-	-	1.777	0.000	並聯
Sample 3+4	竹	鎂	-	-	-	1.530	0.025	並聯；有亮
Sample 5	竹	鎂	173.7	22.5	7.65	1.640	0.003	100mL 海水+20g 氯化鈉
Sample 6	竹	鎂	179.9	22.5	7.65	1.590	0.014	100mL 海水+20g 氯化鈉
Sample 5+6	竹	鎂	-	-	-	-	-	串聯，微亮

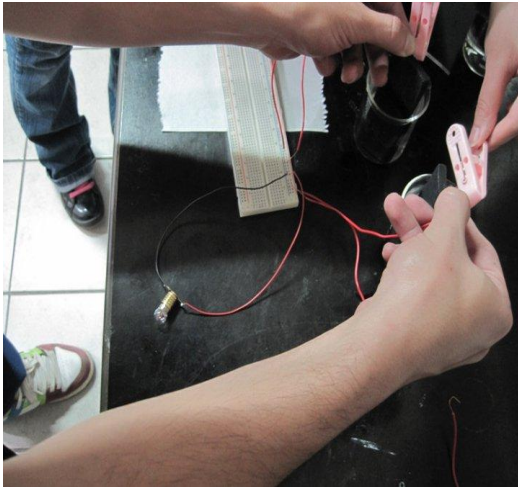


圖13 並聯的方式(實作)

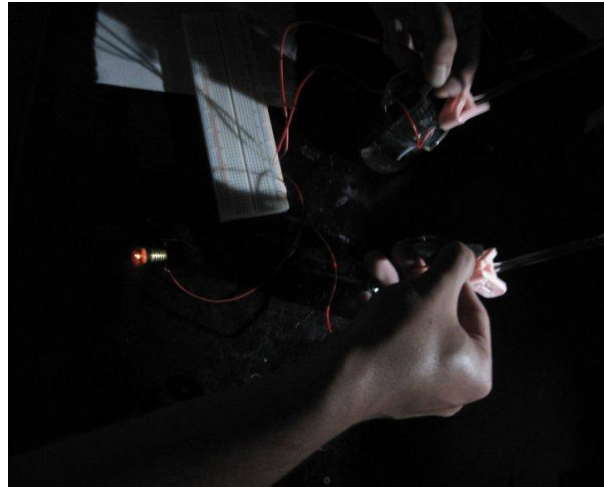


圖14 並聯使小燈泡發亮

第五章 結論

1. 經實驗發現竹碳與鎂的組合是最適合發電的，但由於一般家庭不易有鎂帶所以也可以選擇竹碳與鋁的組合，鋁罐比鐵罐的導電性好、容量大、海水多的導電性也會比較好，且容易取得，如果使用竹碳與鋁的組合要使發光二極體發亮，須串聯8~9顆海水電池。
2. 由於海水會侵蝕金屬物質，所以在製作簡易環保海水電池時不建議使用對環境衝擊大的有毒金屬物質，竹碳不建議使用木炭，烤肉用木炭炭燒溫度只有400-500°C是完全無法導電的，使用市面上的備長碳或竹碳的導電度都比木炭來的佳。
3. 有鑽洞的金屬其電壓下降，但電流上升，接觸面積越大，導電的強度越強其發電的可能性就越高。
4. 將海水結凍使其溫度在零下低溫、加熱、置於常溫下，放置在冰箱的海水導電度比結冰時還要高，在常溫下的海水導電度比放置在冰箱的海水導電度高，可以知道溫度較高的海水其導電度也會比較高。
5. 使用最佳組合竹碳跟鎂帶，分別放入400ml和100ml的海水中，發現400ml的海水量導電度大於100ml海水量的導電度，由此可知海水量越多導電度越高，其發電的可能也越高。
6. 使用自來水加不同重量的氯化鈉，隨著加入氯化鈉克數的增加其導電度也跟著上升。加入濃食鹽水越多電流量就較強，小型電池效果也越佳。氯化鈉中的鈉離子和氯離子是良好的導電離子。
7. 此研究在海水淡化解決淡水資源短缺的同時，可降低、替代常見的一般電池包括鹼錳電池、鋅錳電池、鋰電池、鋅電池、鋅空電池、鋅汞電池、水銀電池、氫氧電池和鎂錳電池等等，以達到減少一般電池對環境所造成的污染，節省海水淡化廠處理廢液的成本，間接降低廢液對環境的衝擊。

第六章 誌謝

本研究謝謝國家科學發展委員會給予^生機會，通過大專生申請計畫，過程中非常感謝盧明俊老師、許菁珊老師的指導並供所有研究所須之裝備、設施和空間及C401 實驗室夥伴們無怨無悔的付出，讓此份計畫結案報告書得以順利如期完成。僅此謝忱。

參考資料

1. 許晃雄，人為的全球暖化與氣候變遷，The 4th International Conference of Atmospheric Action Network East Asia, Taiepi, 19998/9/26-27。
2. 莫杰，海洋信息，Marine Information, 編輯部郵箱 1997年 09期，p24-25。
3. 肖鋼，前景誘人的海洋能，能源技術與管理，Energy Technology and Management, 編輯部郵箱 2010年 02期，p21。
4. 毛秀珍；徐燕椿，海洋能是人類未來能源的希望，今日科技，編輯部郵箱 1998年 02期，p5-6。
5. 袁思銳，世界海洋發電技術的發展展望，2006年大電機技術，p743。
6. 海流能，http://ind.ntou.edu.tw/~metex/slide/Wave_power.pdf（搜尋日期99年3月1日）。
7. 王技工程顧問有限股份公司，澎湖縣海水淡化場新建工程環境影響說明書/定稿本，台灣省自來水公司南區工程處，88年3月。
8. 陳康宜，海水發電，小學生創意節能，台北教育e週報，2007.11.25。
9. 海洋能源發電應用研究，<http://www.ncor.ntu.edu.tw/odbs/main/mrc/electric.html>（搜尋日期99年3月1日）。
10. 海洋溫差、鹽差發電，
<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!kjs0TMefCB2degiBao7O2Q--/article?mid=13>（搜尋日期99年3月1日）。
11. 游明金、游繡華，海洋深層水 就要made in Taiwan，海洋溫差發電曾是理想，自由時報94.5.31。
12. 海水發電的大致方法，
<http://www.tier.org.tw/07publication/energy/9009/%B9q%A4O%B1q%C0Y%BB%A1.htm>（搜尋日期99年3月1日）。
13. 科技產業資訊室，
http://cdnet.stpi.org.tw/techroom/market/energy/2008/energy_08_009.htm
14. 大有希望的“鹽能”，
http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/news.xinhuanet.com/world/2008-03/27/content_7865507.htm（搜尋日期99年3月1日）。
15. 中國鹽差能資源，
<http://www.hostingphpbb.com/forum/viewtopic.php?p=741&mforum=wealthofchinese&sid=111bbf72bd0ca5aebc308cc8eceb14d3>（搜尋日期99年3月1日）。
16. 維基百科—電池，<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%94%B5%E6%B1%A0>（搜尋日期99年3月1日）。
17. 澎湖縣風力發電應用於海水淡化之評估計畫書概要
18. 廖泰杉，環保電池—鎳鎘 / 鎳氫充電電池特性極快充器實務（一），科儀新知第十五卷第二期，82年。
19. 姜仁章、郭素卿，普通化學實驗，高麗圖書有限公司。
20. 電池，

- <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/html.php?html=Notes/electronics/battery> (搜尋日期99年3月1日) 。
21. 馬麗，海洋溫差發電前景誘人，溫差1°C 600億千瓦電，解放日報，93.8.30。
 22. 周立民，劉峙嶸，許文苑，蒸餾與反滲透，海湖與化工，2005年第35卷第2期
 23. 滲透壓原理，
<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1406010815332&q=1007120610011&p=%E6%BB%B2%E9%80%8F%E5%A3%93> (搜尋日期99年3月1日) 。
 24. 張宇，鄭莉萍，李麗麗，楊沛珊等人，海水淡化中濃海水的綜合利用，海洋科學，2008/第32卷/第6期。
 25. 生活中的物理--電池，
<http://www.phy.ntnu.edu.tw/moodle/mod/resource/view.php?id=79> (搜尋日期99年3月1日) 。
 26. 吳禮光，周勇，張林，陳歡林，高從堦，反滲透複合膜功能材料研究發展，化學進展，2008年8月20卷第 7/8期。
 27. 蕭蒨華，傅崇德，環境工程化學，滄海書局。
 28. 尚祥，李松鵬，張維新，陳鋒，戴泳，黃張麗，反滲透膜法濃縮處理鍍鎳廢水，材料保護，第40卷第12期 2007年12月。
 29. 何杰文，范華，反滲透純水制備系統的維護和清洗方法，現代食品與藥品雜誌，2007年第17卷第5期。
 30. 奧斯陸的托夫特將興建海水實驗發電廠，路透社，
<http://paper.wenweipo.com/2008/03/20/GJ0803200025.htm> (搜尋日期99年3月1日) 。
 31. 中央社，海淡水滲透壓發電，挪威發展再生新能源，
<http://eem.pcc.gov.tw/eem/?q=node/31150> (搜尋日期98年11月25日) 。