

海洋能源科普教學國中組教學設計 「海洋能源-海洋溫差能教學模組」

陳麗巧

基隆市碇內國中

摘要

溫度與熱是國中八年級自然與生活科技教材中的一個單元，本教學模組設計在於教授到溫度與熱的課程後，繼續進行補充及延伸出來的海洋能源利用的課程。藉由地球資源短缺導入尋求開發替代能源，進而讓學生瞭解台灣四面環海，蘊藏著潛力無窮的海洋能源。透過影片的引導認識海洋溫差能。海水的溫度隨海洋深度而降低，利用低溫深層海水與表層差距，在封閉管路內利用溫度差，使工作流體汽化，進而推動渦輪發電機，而後再冷凝循環，便可利用溫差發電。透過認識溫差能，讓學生瞭解其對解決能源短缺重要性，並瞭解開發海洋能源對環境生態的影響。

實驗教學無法如預計單元融入，以七年級人與環境單元進行試教，學生對於熱量、溫度、物質的物理性質等僅粗具概念，上課時老師須補充說明一些名詞解釋，導致課程進行不太流暢。僅50%學生能達成本單元之教學目標，能知道海洋能源開發與利用情形及其對環境生態的影響，亦能體認開發再生能源的重要性。但因學生尚未學習理化的溫度與熱單元，且在能量轉換的概念模糊，後續對於能量與能源及海洋能源的概念與知識仍需進一步的瞭解。

壹、教學目標

八年級的溫度與熱單元中介紹熱量與比熱時，熱量由高溫傳像低溫處；介紹熱對物質的影響時會有溫度變化或體積改變及狀態改變等現象。以溫差發電為例讓學生了解實際運用的例子。本教學模組有下列四項目標：

- 一、瞭解海海洋溫差發電的基本原理。
- 二、瞭解海洋溫差發電的開發與利用情形。
- 三、瞭解開發海洋溫差能對環境生態的影響。
- 四、探討開發海洋能源的重要性。

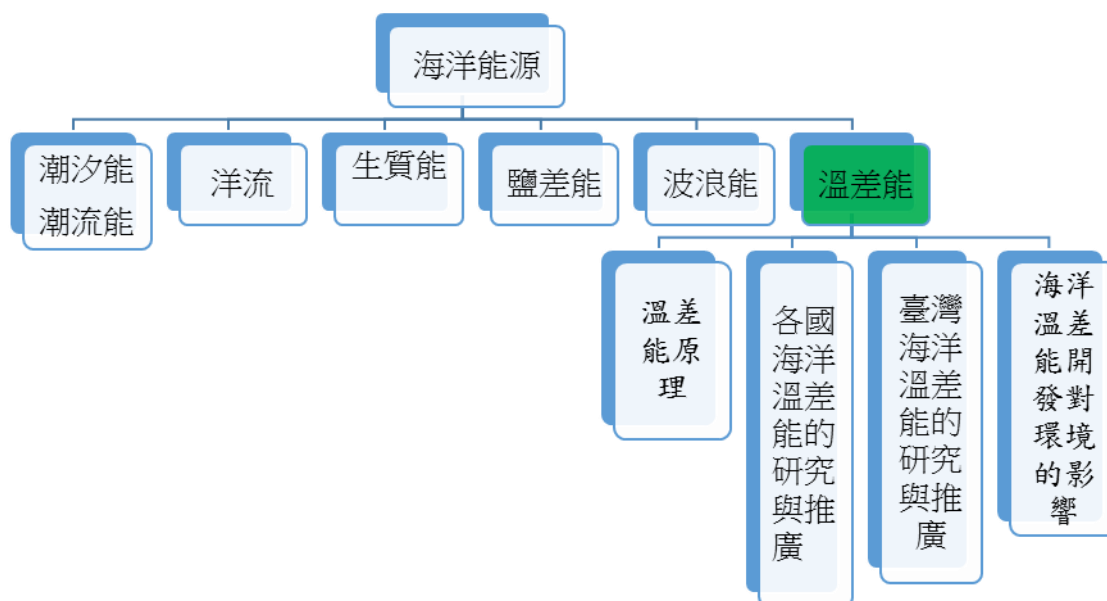
貳、課程規劃與教學實踐

一、設計理念與架構

現代化的生活中，有許多設備需要電能方能順利運行。目前的發電方式(火力發電、核能發電、水力發電等)對於地球環境造成許多破壞及影響。在學生學習完溫度與熱的單元之後，介紹利用海水溫差的發電方式，引導學生學習海洋能源的開發議題。

在教學架構上，並不是由原本的教科書天文課程的架構下所衍伸出來，而是由海洋能源的整體架構下延伸。除了原本的概念結構外，並對國內外溫差發電的研究與推廣及對於利用能源對環境造成的衝擊加以延伸。

本單元的設計架構是源自海洋能源，如下圖。



二、教學的歷程

先透過影片認識海洋溫差發電，瞭解其發電原理，引導學生探討何種物質的物理性質適合選擇做為”工作流體”將溫差能轉化為動能進而發電，瞭解各國海洋溫差能的研究與推廣現況，認識台灣開發海洋溫差能源的可能性與開發海洋溫差能對環境生態的影響。

(一)異質性分組：

首先班上同學依自然科段考成績高低，第1名至第6名分別成為第一組至第六組的組員，倒數第1名至倒數第6名也別成為第一組至第六組的組員，將班上高能力的與低能力同學依此模式強制分成六組，並指定第1名至第6名分別為該組的組長。

(二)引發動機：

利用各式影片播放，用實際的影片開啟學生學習的興趣，也能了解原來地球上許多地方的潮差如此的大，潮流如此的急速。

(三)發展活動：

主要利用口頭陳述，搭配PPT上的圖片，進行學習主題的概念講解，並分析各式能源的經濟價值以及對於環境的相關影響。

(四)心得分享與發表

請各組代表上台將該組於剛剛的討論時間所討論出來的結果，用口頭報告的模式呈現。

三、對課程規劃與教學實踐的檢討

(一)課程規劃

課程規劃20分鐘的時間其實是不夠充分，因為學生背景知識的不足，解釋相關名詞花費許多時間，中間的發展活動的口頭解說時間太短，希望能夠多給後段同學彼此討論多一點時間，應可將時間拉長為45分鐘比較適當。

(二)教學實踐

原本課程設計於八年級上學期實施，但夥伴教師在七年級試教，由於與學生課程連結度不高，學生學習成果不如預期。

在影片播放之後，教師直接解說原理，學生理解狀況不如預期。可能須由他們生活經驗

連結(例如被高溫的鍋子燙到、燒開水時水壺的汽笛發出聲音…)，接下來提問，讓學生說出海水溫度隨著深度改變的情形，察覺深度 1000m 的海水與表層海水的溫差，再引導學生思考”工作流體”的選擇，增加學生探究思考的提問，而非只是知識的傳遞。

參、學生的學習情形

一、課堂中的反應與互動情形

商請夥伴協助於任教班級實施試教，但是海洋溫差能課程適合融入八上溫度與熱單元，八年級下學期課程無法中途插入海洋溫差發電內容，故選擇在七年級第六章人類與環境單元進行，學生對於熱量、溫度、物質的物理性質等僅粗具概念，上課時老師須補充說明一些名詞解釋，導致課程進行不太流暢。藉由短片播放及教師講述說明能引起學生學習動機，並增進學生認知海洋溫差能知識的能力。雖然是補充的課程內容，部分學生學習狀況較低，但尚能專心聽講。

二、對海洋能源的學習成效

學生自評表結果如下：

項次	評量項目	學生自評 (請勾選)			
		很滿意	滿意	普通	待改進
1	我能仔細聽講，並發表自己的看法。	11%	14%	57%	18%
2	我能瞭解海洋溫差能。	0%	18%	64%	18%
3	我能說出海洋溫差能發電設備。	0%	18%	29%	54%
4	我能瞭解臺灣海洋溫差發電的研究與推廣。	4%	21%	50%	25%
5	我能說出開發海洋溫差能發電的優點。	14%	32%	29%	25%
6	我能瞭解海洋溫差能的開發對環境的影響。	11%	36%	43%	11%

學習單中有 14 位學生(50%)無法列舉海洋溫差能發電設備，其他學生多僅回答密閉的管子或渦輪發電機，與學生自評表的第三題結果(54%待改進)符合。而在第二題(列舉海洋溫差發電優點)則有 7 位同學(25%)回答不知道也與自評表的第五題結果(25%待改進)符合。可見學生的自評是誠實以對而非隨意胡亂勾選。

學生回答學習單第二題的情形較第一題好，可能是因為課程剛好上到人類與環境多能回答溫差發電對環境影響較小，還有學生寫出此能源源源不絕，可見學生對於能源議題已略具概念。

透過課程實施 50%學生能達成本單元之教學目標，能知道海洋能源開發與利用情形及其對環境生態的影響，亦能體認開發再生能源的重要性，對教師的提問也能進行思考、回答與自評。雖然僅以 20 分鐘進行教學，但由學生回答問題情形與自評表可以反映學生的學習狀況，但因學生尚未學習理化的溫度與熱單元，且在能量轉換的概念模糊，後續對於能量與能源及海洋能源的概念與知識仍需進一步的瞭解。

本次的教學模組是要設計為讓有意操作海洋能源教學的教師參考，不過由於沒有自行研發影音素材，所以上課所使用的影音素材都是從 youtube 網站上擷取下來使用，在不確定是否有授權教學使用的情況下，如果公開恐有智慧財產權的問題，簡報程式中所使用的一些圖片也有相同的問題，目前還沒克服。

肆、教師的學習心得

加入海洋能源計畫之前，對於海洋能源一無所知，抱持著學習的心加入團隊，內心忐忑。在數次增能課程與兩次研討會(海洋生質能、海洋機械能)之後，跟著夥伴一起完成海洋能源科普教材。對於海洋能源的認識與開發問題有了深入的認識之後，也試著思考及練習將其融入課程之中，帶給學生更多面向的學習。

國中課程與實施方式與國小明顯不同，分科教學與強調專業知能，讓我鮮少思考其他科目或領域的內容與我的課程連結關係，甚至同領域的內容亦僅依自己過去學習的經驗粗具概念。透過此次海洋能源的教材開發、教案設計、試教及每一次會議的交流，國小組的教學方式讓我重新思索如何由學習者的角度設計教學，和國中組夥伴的交流與討論更是讓我在自然領域的視野不再僅專注在自己專長的生物部分，對於八九年級的理化與的科課程，在討論、尋找融入海洋能源課程的切入點時有了較深入的認識。

伍、結語

參加海洋能源課程團隊，認識許多在國小及其他學校的夥伴，加上熱心的三位教授指導與協助，在每次的聚會與討論中，不只充實了海洋知識，也交流了教學設計與方法，並且檢討及反思如何教學會更有效，讓學生學得快又學的好，期待未來還有機會參與與大家一起為學生的學習、環境的保護與能源議題的研究共同努力。期許自己將設計教學方法、檢討修正教案、省思教學的力成用於教學現場，精進教學。

陸、參考資料

1. 南一版，國中七、八年級自然與生活科技教材
2. 許繼哲、張志成、陳麗巧，國中海洋能源科普教材，「海洋能源專業人才培育與科普教育之整合型研究-子計畫三:海洋能源科普教育實踐於中小學之研究(NSC 100-3113-S-019-004)」海洋能源教材編纂工作坊

附件一：教學設計

單元名稱	溫差能		適用年級	八年級
結合領域或議題	自然與生活科技與海洋教育		教學節數	20 分鐘
設計者	陳麗巧		教學者	陳麗巧
教學理念與主要概念	<div style="text-align: center;"> </div> <p>人類對自然資源需求與日俱增，造成資源短缺現象日益嚴重，能源危機已成為全球迫切解決的重要議題，科學家正尋求各種替代能源來解決能源危機。</p> <p>本單元藉由地球資源短缺導入尋求開發替代能源，進而讓學生瞭解台灣四面環海，蘊藏著潛力無窮的海洋能源，透過認識溫差能，瞭解其對解決能源短缺重要性，並瞭解開發海洋能源對環境生態的影響。</p>			
建構教學目標	融入能力指標與學習指標		教學目標	
	融入相關領域或議題能力指標	海洋能源學習指標	(由「教學理念與主要概念」結合「融入能力指標與學習指標」而形成)	

	海 5-5-4 瞭解台灣海洋生物資源與環境的關係，及其永續利用的具體策略。	2.3 能了解海洋能源開發與利用情形。 2.4 能了解開發海洋能源對環境生態的影響。	1. 認知方面 1-1 能知道海洋能源開發與利用情形。 1-2 能瞭解開發海洋能源對環境生態的影響。 2. 情意方面 2-1 能體認開發海洋能源的重要性。 3. 技能方面 3-1 能針對教師提出的問題審慎思考並踴躍回答。
學生能力分析	1. 國二自然與生活科技 3：第五章溫度與熱。 2. 學生已知道熱量具有從高溫傳至低溫的特性；熱經由流體，從高溫傳到低溫的方式，稱為對流。		
教材來源	「海洋能源專業人才培育與科普教育之整合型研究-子計畫三:海洋能源科普教育實踐於中小學之研究(NSC 100-3113-S-019-004)」~海洋能源教材編纂工作坊，國中海洋能源科普教材 K-12 中小學能源科技教育推動中心種子教師教材		
教學準備	1. 教室資源：黑板、粉筆、布幕、單槍投影機、筆記型電腦 2. 教學媒材：自製 ppt、網際網路資訊、學習單 3. 準備活動：預習本章節之內容、準備與本單元相關的教學資料		

教學目標	教學歷程	教學活動	時間(分)	教學資源	教學評量
1-1	階段一： 探索體驗	一、引起動機 播放短片引發學生對海洋溫差能的好奇心。	5		
1-1 2-1	階段二： 術語引介	二、發展活動 (一) 說明「海洋溫差能」。 (二) 介紹各國海洋溫差能的研究與推廣。 (三) 介紹臺灣海洋溫差能的研究與推廣。	8	課本、 黑板、 筆記型 電腦、 單槍投 影機	口頭 評量
1-2 3-1	階段三： 概念應用	三、綜合活動 (一) 舉出海洋溫差能發電設備？ (二) 舉出海洋溫差發電的優點？ (三) 學生之學習自評	7	學習單	學習 自評 表

附件二：海洋溫差發電概說

水(H₂O)分子在4°C時密度最大，體積最小，所以大型的深水湖泊或海洋，其湖底或海底的溫度都是4°C上下，而表面的海水吸收了太陽光能量，使海水表面的溫度較高。只要在封閉管路內利用溫度差，使工作流體汽化，進而推動渦輪發電機，而後再冷凝循環，便可利用溫差發電。

海洋依照海水溫度對深度的變化可分為三層，分別為表層的混合層，中間的斜溫層(溫躍層)及最下面的深水層，在北(南)迴歸線的附近，表層水溫約為23°C~28°C之間，至1000m已下降為4°C左右，即可造成19~24°C之間的溫差，而表面的混合層與深水層之間的溫差越大，其發電效率越高。一般而言，在赤道至南北緯30度之間的海域，也就是熱帶至副熱帶地區的海域，較適合執行海洋溫差發電。

海洋溫差發電又稱為海洋熱能轉換〔OTEC, Ocean Thermal Energy Conversion〕主要工作原理為海水吸收太陽能後，造成海水表面及下層溫度之差約在20°C以上，此時如果採用適當的工作媒體來搬運熱能，使之推動汽渦輪機再驅動發電機即可發電。溫差發電能源轉換系統，可分「開路式」及「閉路式」兩類。在開路式溫差發電系統中，海面較溫熱的海水，經除去CO₂等氣體後，送入真空蒸發槽變成蒸汽，此蒸汽推動熱機，產生動力以驅動發電機發電，用過的蒸汽經冷凝變成淡水，冷水是藉助海面下層較低溫的水。

閉路式溫差發電系統中，常採氦為工作媒體，溫熱的海水流入蒸發器使氦汽化，此氦蒸汽送入渦輪機產生動力，然後導入冷凝器，而被來自較深處之低溫海水所冷凝，變成液氦流回蒸發器繼續使用。

海洋溫差發電的優點如下：

1. 是取之不盡用之不竭之能源，且不需要燃料，可不受制於人。
2. 溫差發電是連續性的輸出，不像太陽能或風力會受時間、氣候等影響而隨時變動。
3. 溫差發電過程產生污染甚少，必要時可以做到無污染，對環境破壞的也最小。
4. 海洋溫差發電，遠離城市及海濱，對於居住環境沒有干擾及不良影響。
5. 溫差發電可伴生淡水，以100MW的電而言，每天可分餾出一百萬加侖的淡水；可供食用及農業灌溉、養殖用。
6. 溫差發電過程產生的廢熱，可以回收利用，供小型動力機械或農漁業使用。
7. 溫差發電廠發出的電能，除了供給城市用電，也可以就近設廠製造淡水、食鹽、海產加工、製取氫氣等。

(一)各國海洋溫差能的發展與現況

以全球海洋而言，表層海水與深層海水(約1000m深)溫差達20°C的區域多位於北緯四十度至南緯三十度的熱帶及亞熱帶海洋上。目前全球投入溫差發電研究的國家有20個，大多為熱帶與亞熱帶國家(如：古巴、印度、印尼、波多黎各、斯里蘭卡、日本、美國、諾魯等)，其中約有半數國家為太平洋上缺乏天然資源的島國。西太平洋諾魯共和國曾委託日本，建設陸上溫差發電廠，1000千瓦的有2台，已於西元1982年中完成並正式運轉。

海洋溫差發電的發展歷史相當久遠，早在1881年達森瓦(J. D' Arsonval)便提出利用海洋表層與深層間之溫度差異來發電。1927年法國科學家克勞德在古巴哈瓦那附近瑪丹札斯海岸，進行岸上式海水溫差發電實驗，實際發出22瓩的電力。1930年克勞德在古巴建立第一座開放式溫差電廠，證實了利用海洋溫差來生產電能的可能。1940年克勞德以「自天然水

中取得動力的方法及其裝置」的發明專利，獲得法國政府的大力支持，該計畫一直持續到 1955 年。

1965 年美國人安德森重新檢討克勞德設計的溫差電廠，並提出改進意見，使得海洋溫差發電再度引起人們的注意。1979 年夏威夷群島可納外海，由洛克希德公司建造的 Mini-OTEC 海洋溫差發電實驗，成功產生 50 瓩的發電量。1980 年美國能源部正式建造發電量是一千瓩 OTEC-1 的海洋溫差發電實驗廠。1981 年日本東京電力、東電設計公司、東芝及清水建設等公司在日本政府的資助下在諾魯共和國建造一百瓩海洋溫差發電廠，供給小學電力，為世界首次海洋溫差發電民生化。接著法國在大溪地、英國在加勒比海、荷蘭在巴里、瑞典在牙買加、日本在沖繩島、美國在夏威夷、關島等地，各自投入人力及經費加強開發研究。台灣自 1980 年起，由台電公司、工研院能資所在經濟部的支援下開始進行海洋溫差發電的發展動態及各項技術的研發及規劃，並在經濟部能源委員會的贊助下成立「國際海洋溫差發電協會」，委託工研院能資所執行。

(二)台灣海洋溫差能的發展與現況

臺灣東海岸的花蓮、臺東海域有黑潮暖流經過，表層海水溫度終年達 $24^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，且位於大陸棚邊緣，離岸 3 至 5 km 水深達 1,000 m，水溫降至 4°C ，可以取得整年溫差在 20°C 以上的不同海水，是開發溫差能最好的廠址。但是建一座溫差電廠必須考量熱交換器的腐蝕、耐久性以及海水管路、電纜因生物附著，導致重量過重而斷裂的問題。對大型之海洋溫差發電而言，大型海上平台、冷凝器、冷水管，以及高效率海底電力輸送電纜等關鍵技術都是很大的挑戰。



圖 2.6 美國 TRW 公司設計的商業化浮台式溫差電廠(圖片引用自科學發展 2004 年 11 月，383 期)

附件三：學習單 & 學習自評表

班級：_____組別：_____小組成員(姓名)：_____

一、動動腦 想一想：(認識海洋溫差能後，回答問題)


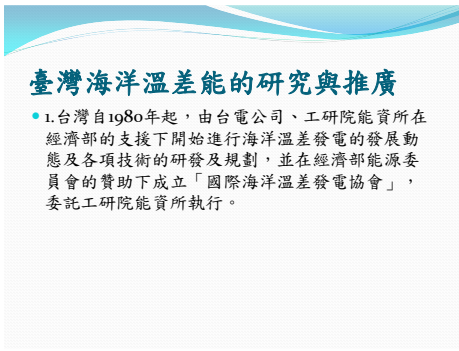
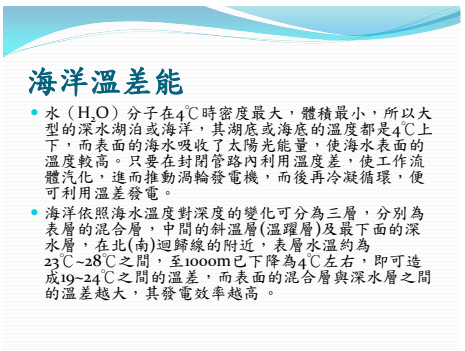
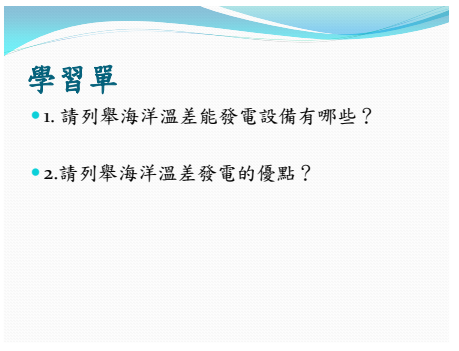
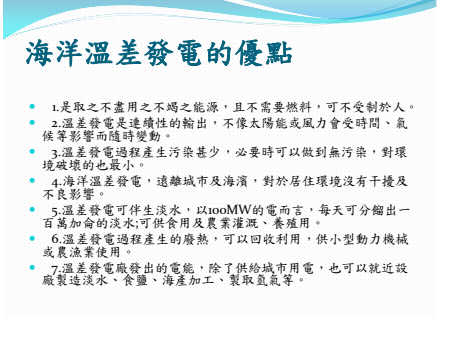

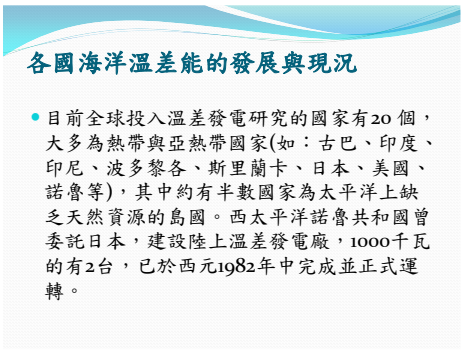
1. 請列舉海洋溫差能發電設備有哪些？

2. 請列舉海洋溫差發電的優點？

二、學習自評表

項次	評量項目	學生自評 (請勾選)			
		很滿意	滿意	普通	待改進
1	我能仔細聽講，並發表自己的看法。				
2	我能瞭解海洋溫差能。				
3	我能說出海洋溫差能發電設備。				
4	我能瞭解臺灣海洋溫差發電的研究與推廣。				
5	我能說出開發海洋溫差能發電的優點。				
6	我能瞭解海洋溫差能的開發對環境的影響。				

附件四：教學簡報 ppt

投影片 1	 <p style="text-align: center;">海洋溫差能概說</p> <p style="text-align: center;">陳麗巧</p>	投影片 5	 <p style="text-align: center;">臺灣海洋溫差能的研究與推廣</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. 台灣自1980年起，由台電公司、工研院能質所在經濟部之支援下開始進行海洋溫差發電的發展動態及各項技術的研發及規劃，並在經濟部能源委員會的贊助下成立「國際海洋溫差發電協會」，委託工研院能質所執行。 																																													
投影片 2	 <p style="text-align: center;">海洋溫差能</p> <ul style="list-style-type: none"> • 水 (H₂O) 分子在4℃時密度最大，體積最小，所以大型的深水湖泊或海洋，其湖底或海底的溫度都是4℃上下，而表面的海水吸收了太陽光能量，使海水表面的溫度較高。只要在封閉管路內利用溫度差，使工作流體汽化，進而推動渦輪發電機，而後再冷凝循環，便可利用溫差發電。 • 海洋依照海水溫度對深度的變化可分為三層，分別為表層的混合層，中間的斜溫層(溫躍層)及最下面的深水層，在北(南)迴歸線的附近，表層水溫約為23℃-28℃之間，至1000m已下降為4℃左右，即可造成19-24℃之間的溫差，而表面的混合層與深水層之間的溫差越大，其發電效率越高。 	投影片 6	 <p style="text-align: center;">學習單</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1. 請列舉海洋溫差能發電設備有哪些？ • 2. 請列舉海洋溫差發電的優點？ 																																													
投影片 3	 <p style="text-align: center;">海洋溫差發電的優點</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1. 是取之不盡用之不竭之能源，且不需要燃料，可不受制於人。 • 2. 溫差發電是連續性的輸出，不像太陽能或風力會受時間、氣候等影響而隨時變動。 • 3. 溫差發電過程產生污染甚少，必要時可以做到無污染，對環境破壞的也最小。 • 4. 海洋溫差發電，遠離城市及海濱，對於居住環境沒有干擾及不良影響。 • 5. 溫差發電可伴生淡水，以100MW的電而言，每天可分餉出一百萬加侖的淡水；可供食用及農業灌溉、養殖用。 • 6. 溫差發電過程產生的廢熱，可以回收利用，供小型動力機械或農漁業使用。 • 7. 溫差發電廠發出的電能，除了供給城市用電，也可以就近設廠製造淡水、食鹽、海產加工、製取氫氣等。 	投影片 7	 <p style="text-align: center;">學習自評表</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">項次</th> <th rowspan="2">項次</th> <th rowspan="2">評量項目</th> <th colspan="3">學生自評 (請勾選)</th> </tr> <tr> <th>知</th> <th>能</th> <th>情感</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>我能仔細聽講，並發表自己的看法。</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> <td>我能瞭解海洋溫差能。</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> <td>我能說出海洋溫差能發電設備。</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> <td>我能瞭解臺灣海洋溫差能的研究與推廣。</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>5</td> <td>我能說出開發海洋溫差能發電的優點。</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>6</td> <td>我能瞭解海洋溫差能的開發對環境的影響。</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	項次	項次	評量項目	學生自評 (請勾選)			知	能	情感	1	1	我能仔細聽講，並發表自己的看法。				2	2	我能瞭解海洋溫差能。				3	3	我能說出海洋溫差能發電設備。				4	4	我能瞭解臺灣海洋溫差能的研究與推廣。				5	5	我能說出開發海洋溫差能發電的優點。				6	6	我能瞭解海洋溫差能的開發對環境的影響。			
項次	項次	評量項目	學生自評 (請勾選)																																													
			知	能	情感																																											
1	1	我能仔細聽講，並發表自己的看法。																																														
2	2	我能瞭解海洋溫差能。																																														
3	3	我能說出海洋溫差能發電設備。																																														
4	4	我能瞭解臺灣海洋溫差能的研究與推廣。																																														
5	5	我能說出開發海洋溫差能發電的優點。																																														
6	6	我能瞭解海洋溫差能的開發對環境的影響。																																														
投影片 4	 <p style="text-align: center;">各國海洋溫差能的發展與現況</p> <ul style="list-style-type: none"> • 目前全球投入溫差發電研究的國家有20個，大多為熱帶與亞熱帶國家(如：古巴、印度、印尼、波多黎各、斯里蘭卡、日本、美國、諾魯等)，其中約有半數國家為太平洋上缺乏天然資源的島國。西太平洋諾魯共和國曾委託日本，建設陸上溫差發電廠，1000千瓦的有2台，已於西元1982年中完成並正式運轉。 																																															