

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

題目名稱：洋流發電-論台灣附近黑潮洋流發電的可行性

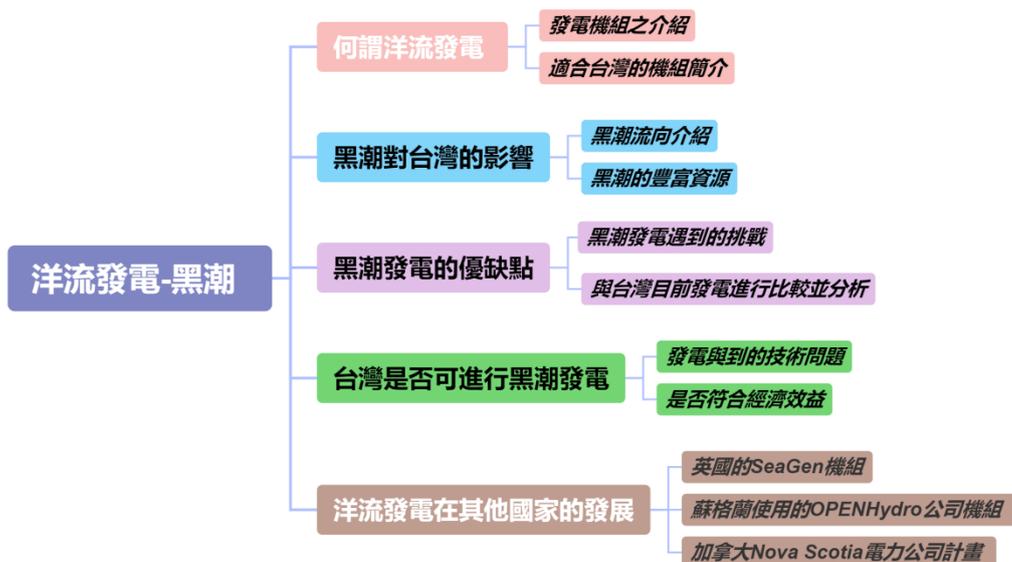
一、摘要：

海流能是利用洋流流動的動能來產生電力，由於洋流規律性強、穩定性高、能量可預測，且不佔用陸地面積，是具有發展潛力的可再生能源之一，但若長期設置發電系統，可能會對環境造成影響，發電機的震波也會危害到海洋生物，因此台灣還需進一步的改善及研究，來找出解決方法。

而透過這次研究這個主題後我們查詢到臺灣有 3 個海域潮流較強：一是西北的富貴角外海，水流受凸出的富貴角擠壓而加速；二是西南的澎湖海域，因為水深遽變及島嶼擠壓流域所致；三是南端海域，同樣是受凸出的岬角地形擠壓。這 3 個海域較有開發潮流發電的價值。因此我們未來應該要持續地去實驗以及發現是否還有方法能施行洋流發電。洋流發電是可替代的再生能源，因此全球都在積極研發，擬定適合的發電計畫，雖然台灣目前在測試階段，無法與風力太陽能發電比較，但預計再十幾年後將可成為供應台灣的電力，且較核能發電更環保便宜，是台灣近年來重要的能源議題之一。因此如果台灣在黑潮發電上有成功的研究，那麼便會在全球帶來廣大的回響。

二、探究題目與動機

當我們停下來仔細思考，一天當中我們發現從我們睜開眼睛開始，與我們形影不離的就是「電」，但是當科技日異月新、人工智慧不斷進步的同時，我們擁有的能源也越來越少，因此現今全球正努力的發展再生能源，節能減碳、發展替代性能源的聲浪也日漸高漲，台灣的黑潮發電再次成為討論焦點，所以我們決定研究洋流發電，探討黑潮發電對台灣的影響。



三、探究目的與假設

(1) 探討何謂洋流發電

洋流發電的概念及機組的介紹

(2) 黑潮對台灣的影響

研究黑潮的資源及各季節之流向

(3) 黑潮發電的優、缺點

分析黑潮發電與台灣目前使用的發電之優缺

(4) 台灣目前可否有可能進行黑潮發電

透過研究專業領域者的資料探討黑潮發電的可行性，並了解目前遇到的困難

(5) 洋流發電在其他國家的發展

歐洲國家在洋流發電的研究

四、探究方法與驗證步驟

1. 洋流發電是甚麼？

洋流發電是利用洋流的動能來產生電力，也是一種可再生能源。由於洋流有規律性、穩定性高，也不會佔用陸地面積，對海洋生態的影響有限，而為了實現永續發展，全球也積極發展再生能源中最有優勢的洋流發電。洋流發電的主要機組是由下列主件所構成：渦輪發電機群組、浮動平臺、上方錨錠系統、下方錨錠系統、輸電電纜。

但是洋流發電的機組有非常多種，對於洋流發電來說選擇正確的發電機組是最為重要的，而由於台灣附近的海岸深度以及颱風較為多寡，因此大部分的發電機組都是較不可行的，「創新方法是利用在水面下 100 公尺左右的浮動平臺，拉牽 20~30 臺渦輪發電機，在海面下 30 公尺處吸收海流能量驅動發電機發電。浮動平臺則以纜線錨定在 500 公尺深的海床上，可適應常年高風大浪而且地震頻繁的惡劣環境。」



圖一：黑潮發電圖示 取自台大應力所教授陳發林論文

2. 黑潮對台灣的影響

黑潮為北赤道流的分支，從呂宋島東北側北上的黑潮源流在通過呂宋島後會先偏向西北流進呂宋海峽，然後在恆春海脊南端轉為向北、繼而向北北東，再沿台灣東海岸走向北上，過了台灣東北角後轉向東北並沿著東海大陸棚外緣流動。且為一股由低緯度流向高緯度的溫暖海流，擁有高溫流速快的特性，成為魚類便捷的輸送帶。黑潮夾帶海底層的营养鹽可以養活魚蝦，吸引大量的迴游魚類，以及其他大型魚類前來覓食。「在黑潮海域可捕獲的魚類有鬼頭刀、旗魚、鮪魚、鯊魚、鰹魚、鯖魚、鰺魚等。」飛魚也是黑潮常見的迴游性魚類。黑潮帶來豐富的資源，造就台灣東部海域漁業興盛。



圖二：夏季海流 取自中央氣象局重繪



圖三：冬季海流 取自中央氣象局重繪

近年來環保意識抬頭，開始尋找綠能發電來取代傳統發電方式。而黑潮成為人們關注的焦點，「流速快、傳輸量大，源源不絕的能量正可以提供穩定的電力來源，也是最沒有污染的潔淨能源」，因此可評估是否能以此海流來發電。「臺灣地區可供發電的海流，以黑潮最具開發潛力，黑潮又叫北赤道海流，因受到地球自轉和盛行西風的作用而形成。它源於北赤道海洋，沿菲律賓群島朝北北西而上，在蘭嶼附近改向東方朝太平洋折流。黑潮流經臺灣東側海岸時，因受地形影響，在臺東附近最貼近海岸線，而後北向遠離臺灣。」

3. 黑潮發電的優缺點

參考國內外文獻資料及網絡資料整合如下：

優點

- 海流的電動量大於大氣的風力，設計的時候較容易進行**成本最適化**
- 海流渦輪機不占土地空間，在空間上能很好的解決，可使**視覺汙染降到最低**
- 最大的海流能資源靠近**人口稠密處，有利於開發**
- 海流渦輪機有可**模組化**的潛能，可**避免大型土木工程**施工

缺點

- 過度使用會**擾亂氣候**
- **黑潮流速快，很難裝置渦輪機**

- 國內缺乏技術人才
- 因為台灣常有颱風，因此海底電纜很難固定
- 海流渦輪機組及機械的維護成本皆偏高

從參考數據我們可得知，黑潮發電的缺點是因為黑潮的總能量約 100GW，台灣可取得的最大能量約 50GW，但只能取一小部分，否則會影響到日本的氣候和海洋環境；以及台灣在水深 20、30 公尺的近岸裝置測試的機器，深海卻沒有，因為黑潮流速快，很難裝置渦輪機在深海。當颱風來襲時，台灣東岸從水深 40 公尺到海岸的這一帶會因海浪擾動海底，而淘空這一帶的海沙，影響海底結構，因此海底電纜很難固定。此外，還有沿岸流、潮汐的影響力量。為海水具腐蝕性，渦輪機的抗腐蝕程度、軸承與密封系統將是一大挑戰，因此使海流渦輪機組的成本高於風力渦輪機。

而黑潮發電的優點因為海流渦輪機的能源密度是風力發電機之四倍，所以在相同功率下，前者葉片直徑只需要後者的一半。海流的電動量遠遠大於大氣中的風力，所以設計時較容易進行成本最適化。隨著土地使用所引發的衝突，因為海流渦輪機不佔土地空間，所以在空間使用上能很好的解決，並讓視覺污染的衝擊降到最低，甚至沒有視覺污染。

表一：黑潮發電優缺點比較

	黑潮發電	風力發電	水力發電	火力發電	核能發電
發電功率 (%)	20~45	20~40	90	36.8	33
是否易維修	困難	困難	簡單	困難	困難
發電費用 (元/度)	6.25	1.86	1.32	1.59	1.94
運轉成本	低	低	低	高	高
建造費用 (美元)	2 億	180 萬	100~500 萬	6.5 億	30 億
環境影響	魚類	噪音汙染	破壞河川生態	空汙、酸雨、溫室效應	核廢料處理
可再生能源	是	是	是	否	否

由上表得知，火力發電以及核能發電兩者的建造費用是最高的，且兩者需付出的環境成本也是最高的，而黑潮發電相較於兩者來說雖然計算成本若只以經濟來看，黑潮發電所需成本較高。但若計算環境成本，仍是划算的發電方式。而有研究學者指出「黑潮發電是台灣很好的機會。黑潮發電的優點在於「乾淨」，零二氧化碳排放；且發電量大，發電裝置容量可達 60GW (百萬瓩)。台灣目前總發電裝置容量約 34GW。」

4.台灣目前可否進行黑潮發電

黑潮帶給台灣大量能源，因此近年來學研單位與專業領域的學者專家積極研究、分析改善，終於在 2016 年測試成功，能進行黑潮發電。雖然黑潮潮流穩定性高，發電場域的水深較淺也較容易施工，但目前還未發展出完整的潮流發電驗證系統，我國尚在示範測試階段，

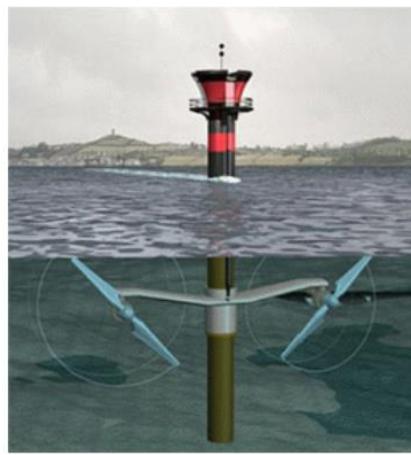
需改善機組的承受能力及技術，才能接續開發海洋能電廠。而且研究顯示：「海事工程較陸上工程複雜且花費高很多，因此機組構件必須簡單可靠，使維修降至最低。另外若針對黑潮，還有一個非常嚴重的問題，即黑潮的水深很深，要如何固定安裝？深海鑽油平臺有張力腳（tension leg）的安裝方式，費用很高，但因為開發石油的產值很高，是可以負擔的。可是海流發電回收不高，必須找到經濟有效的方式，否則就不可行。」

5. 洋流發電在其他國家的發展

洋流發電研究約在 1970 年代開始，包括英國、美國、澳洲、加拿大等都陸續投入研究，目前為止，英國是擁有相關研發公司，且開發出的機組模式最豐富的國家。其中，世界第一個連結電腦的海流發電計畫—SeaGen 機組，就是由英國貿易及工業局以 850 萬英鎊所建設的，預計可供應 800 戶使用，英國的 OPENHydro 公司也在蘇格蘭的歐洲海洋能中心安裝了渦輪發電機，預計能供應整個 Eday 島上的 120 戶居民。加拿大 Nova Scotia 電力公司也宣布即將在 Fundy 灣進行洋流發電與電網並聯示範計畫。而澳洲的發明家 Mick Perry 發明一種發電機，可在一定的流速下發電 1MWe 供應 660 戶使用。儘管許多國家積極投入洋流能源開發，卻因為各種原因及阻礙，皆停留在測試階段，還未有完整發電系統被開發出來。



圖四 SeaGen 海流發電機示意圖 取自林盛豐論文



圖五英國公司發電機 取自科技產業資訊室

五、結論與生活應用

隨著人類快速發展，加劇對地球自然生態的破壞。科技的進步使人類需要大量的電，而傳統的火力與核能發電對地球有嚴重的破壞，環保意識的抬頭使人類尋找能夠替代火力發電的綠色能源。黑潮海流強勁，巨大的能量通過台灣東部海域，若經過適當的運用，將是一股乾淨的再生能源，是否能透過洋流發電是未來重要的議題。

洋流發電是指利用洋流的動能來產生電力，而透過這次研究這個主題後我們查詢到臺灣有 3 個海域潮流較強：一是西北的富貴角外海，水流受凸出的富貴角擠壓而加速；二是西南的澎湖海域，因為水深遽變及島嶼擠壓流域所致；三是南端海域，同樣是受凸出的岬角地形擠壓。這 3 個海域較有開發潮流發電的價值。因此我們未來應該要持續地去實驗以及發現是否還有方法能施行洋流發電。洋流發電是可替代的再生能源，因此全球都在積極研發，擬定適合的發電計畫，雖然台灣目前在測試階段，無法與風力太陽能發電比較，但預計再十幾年後

將可成為供應台灣的電力，且較核能發電更環保便宜，是台灣近年來重要的能源議題之一。因此如果台灣在黑潮發電上有成功的研究，那麼便會在全球帶來廣大的回響。

參考資料

1. 蘇蜂鈞 (2015) 。黑潮的前世今生與未來。2021 年 1 月 2 日取自科技大觀園
<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/s2IZ.htm>
2. 連嘉玟 (2016) 洋流發電在臺灣的發展。2021 年 1 月 2 日取自
<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=73238>
3. 蘇達貞、鍾珍 (2004) 。再生能源：海洋能源的魅力。2021 年 1 月 2 日取自科技大觀園
<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/s2EP.htm>
4. 柯永澤 (2012) 。海洋能源：海流變電流。2021 年 1 月 2 日取自科技大觀園
<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/s2bZ.htm>
5. 陳發林 (2013) 。臺灣黑潮電廠—世紀大工程。2021 年 1 月 2 日取自科技大觀園
<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sVyT.htm>
6. 呂錫民 (2013) 。新型深海洋流發電廠和系統。2021 年 1 月 2 日取自科技大觀園
<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sW9E.htm>
7. 聯合新聞網 (2008) 。台大研究：黑潮發電 夠台灣用還有剩。2021 年 1 月 2 日取自
<https://e-info.org.tw/node/39730>
8. 黃祈諭 (無日期) 。第十五屆旺宏科學獎。2021 年 1 月 2 日取自
https://www.mxeduc.org.tw/scienceaward/history/projectDoc/15th/doc/SA15-160_final.pdf
9. 陳陽益 (2017) 。氈級黑潮發電先導機組研發與實海域測試平台建置計畫。2021 年 1 月 2 日取自
https://www.pthg.gov.tw/pt-mfam/News_Content.aspx?n=8DA3ABF103486DB8&sms=7AC79D5D61B1F42B&s=F79FC3D563843FCB
10. 唐佩君 (2007) 。黑潮洋流發電 彰顯台灣國際政經戰略地位。2021 年 1 月 2 日取自
<https://www.epochtimes.com/b5/7/6/24/n1753457.htm>
11. 董東璟、蔡政翰 (2012) 。海洋能源：波浪與海流發電。2021 年 1 月 2 日取自科技大觀園
<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/s2be.htm>
12. 詹森 (2018) 。台灣區域海洋學 (二版) 。