

國際海洋能科技發展方向

研究一所 許中駿 副研究員

世界各國目前除積極精進相關海洋能源技術之開發外，全球亦已有不少國家陸續在海洋能發展上研擬相關策略、獎勵機制與發展藍圖，並投入資金進行基礎研發與測試。

一、國際海洋能科技政策發展

現今世界各國進行海洋能源開發建議採取海洋能源專區形式來進行，例如：英國即以 Orkney 群島的周圍海域進行環境影響評估並推動專區，故 Orkney 群島的周圍海域有極佳的波浪條件、極強的潮流、完善的電網聯結、受到屏障的港埠設施，以及關切再生能源與環境議題的優質社區，也促成後來英國成立歐盟海洋能源中心（The European Marine Energy Centre (EMEC) Ltd），並且擁有全球唯一波浪能與潮汐能的實驗場地。以日本為例，日本海洋基本法制定，具有綜合推動海洋政策之立法目的，成立綜合海洋政策本部，以內閣總理大臣為本部長，訂定海洋能基本計畫，提出 12 項基本政策，除以離岸風力發電、波浪、潮汐為主流外，尚預定以海洋溫差為對象，所需要設備為海底傳輸電纜、變電設施、與氣象海象觀測設備等。

國際間幾乎所有國際能源總署-海洋能源系統(IEA-OES)成員國都制定了促進海洋能源發展的支持政策，儘管其目標和範圍各不相同。政策不斷發展，包括海洋能源戰略計畫和路線圖、有助於開發新興技術的研究和創新政策，以及簡化和提高許可流程效率的監管計畫，及政府對海上測試的支持設施。在許多國家，政策制定者在經濟增長、可持續轉型和創造就業的巨大潛力的推動下，繼續調整立法和修訂海洋能政策，納入國家目標。實現國家計畫中設定的目標，需要全球所有國家的承諾和支持，以從試點和示範階段轉向商業化。表 1 為各國的相關政策舉措，對海洋能源發展產生了影響。表 2 為各國海洋能政策推動現況。

表 1、各國海洋能科技政策

國家	政策方向
美國	<ul style="list-style-type: none"> ● 2021 年批准基礎設施投資和就業法(為全國各種基礎設施和清潔能源項目提供大量資金，包括海洋能源)。 ● 美國能源部的資助機會(旨在將波浪能技術推向商業可行性。美國能源部正在資助多項舉措，包括獎項、測試基礎設施和專門針對海洋能源的競爭性)。
加拿大	<ul style="list-style-type: none"> ● 藍色經濟戰略正在磋商中(通過創新支持海洋部門的發展，重點是海洋能源，需要各級政府的合作以及大量私營部門投資)。 ● 海上再生能源法規倡議(制定與海上再生能源相關的勘探、建設、運營和退役活動的安全和環境保護法規)。
英國	<ul style="list-style-type: none"> ● 差價合約計畫第四輪分配(英國政府宣布每年投資 2,000 萬英鎊用於潮汐流能源，讓海洋能源部門有機會以類似於英國世界領先的離岸風電行業的方式開發技術並降低成本)。 ● 蘇格蘭波浪能(繼續利用蘇格蘭政府的資金為波浪能部門面臨的技術挑戰制定解決方案，推動創新技術項目進入商業化的競爭階段)。
法國	<ul style="list-style-type: none"> ● 再生能源的創新“實驗合約”(特別是對於海洋能源和浮動離岸風電，這項措施於 2019 年根據《能源和氣候法》制定，簡化並加快了小型項目上網電價的歸屬)。 ● 發布《Energy Pathways 2050》(引入海洋能源對能源結構的貢獻)。
比利時	<p>Blauwe Cluster (成立佛拉蒙組織，旨在發展和促進與海洋相關的經濟活動，並得到佛拉蒙創新和創業局(VLAIO)的支持；與來自行業和學術合作夥伴的成員一起，修訂海上再生能源研發</p>

國家	政策方向
	路線圖)。
丹麥	北海未來能源島正在討論中(將北海確定為海上技術開發的戰略熱點；丹麥未來的能源島提供了一個獨特的機會，可以將波浪能整合到島嶼周圍的創新環境中，結合未來的離岸風電場和 Power2X 技術進行波浪能解決方案的研發和測試)。
西班牙	西班牙離岸風電和能源發展路徑(該計畫於 2021 年 12 月發布，還為波浪能設定了到 2030 年達到 40-60 兆瓦的目標)。
中國	國民經濟和社會發展“十四五”規劃綱要(2021-2025 年)和到 2035 年的中長期目標(2021 年提出，推動海洋能規模化發展)。
南韓	2030 年海洋能源發展規劃(發展和推廣海洋能源系統的战略計畫，包括建立公海試驗場、建設大型海洋能源牧場和配套政策的行動)。
新加坡	政府資助聖淘沙潮汐試驗場(旨在展示潮汐能提取作為新加坡可行和可持續的能源發電技術，為開發本地技術提供機會)。
澳洲	2021 年澳大利亞國家海上電力基礎設施法案獲得批准(在支持澳大利亞海洋能源發展方面向前邁出了一大步；為澳大利亞聯邦水域的海上電力項目提供了一個政策框架，支持國家規劃)。

資料來源：IEA-OES 2021。

表 2、各國海洋能政策推動現況

	總體策略				市場激勵機制						資金投入		
	海洋能目標量	海洋能源發展藍圖	詳細資源評估	海洋空間規劃	併網價格或額外費	可再生能源義務證	可交易綠色憑證TGC	可再生能源組合標	開放海洋測試中心	申請制度簡化	基礎研發	原型測試	測試中心
澳大利亞			■	■							■	■	
比利時			■	■			■		■	■	■	■	
加拿大	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■
中國	■	■	■	■				UD			■	■	■
丹麥		■			■				■	■	■		
歐洲聯盟		■									■	■	■
法國	■		■	UD					■	UD	■	■	■
德國			■	■						■	■		
印度			UD								■	■	
愛爾蘭	■	■	■	UD	■				■	UD	■	■	■
義大利	■				■						■	■	■
日本		■	■						■		■	■	■
韓國	■	■	■				■	■	UD		■	■	
墨西哥							■				■		
荷蘭			UD						■				
摩納哥				■						■			

	總體策略				市場激勵機制						資金投入		
	海洋能目標量	海洋能源發展藍圖	詳細資源評估	海洋空間規劃	併網價格或額外費	可再生能源義務證	可交易綠色憑證TGC	可再生能源組合標	開放海洋測試中心	申請制度簡化	基礎研發	原型測試	測試中心
挪威				■			■		■		■		
新西蘭			■	■					UD				
尼日利亞			UD										
葡萄牙	■			■					UD	■	■	■	
新加坡									UD		■	■	■
南非		UD											
西班牙	■		■						■	UD	■	■	■
瑞典			UD	UD			■		■		■	■	
英國	■		■	■	■	■			■	■	■	■	■
美國			■	■					■	UD	■	■	■

備註：UD (Under Development)

資料來源：能源知識庫(<https://km.twenergy.org.tw> › ReadFile)。

二、全球海洋能源研發方向

全球海洋擁有龐大潛能，國際能源總署-海洋能源系統(IEA-OES)指出海洋能的理論年發電量分別為：海洋溫差發電 10,000 TWh、波浪發電 8,000 ~ 80,000 TWh、海流(包括潮流和洋流發)電 800 TWh、潮汐發電 300 TWh、鹽差發電 2,000 TWh，其中波浪發電開發潛能為最大。然而現階段除潮汐發電已成熟商業化外，海洋能中之溫差、波浪、海流等型態海洋能之發電設備之技術水準，國際上尚無

成熟可商業化機組。目前國際上波浪發電測試機組已達百瓩級，潮流發電及溫差發電均達千瓩級，估計數年之間可望有商轉電場之開發。

海洋能源開發潛力龐大，英國、美國、法國、挪威、瑞典、丹麥、韓國等 13 個以上的國家均已投入海洋能發電系統研發，但因技術研發起步較晚且開發難度較高，目前僅以潮汐發電技術較為成熟於法國及韓國已有百 MW 及之潮汐發電的商轉電廠，其餘大多屬海上測試階段或示範發電階段，各國對於波浪能及海流能將規劃投入更多研發能量。波浪能機組型態構想甚多，但現多以蛇型波浪 (Bulge Wave)、點吸收式 (Point absorber)、擺盪衝擊式 (Oscillating Wave Surge Converter) 等，待進行長期海上測試後，可望近期將有第一座波浪發電廠。洋流發電尚存在許多待克服課題，如深海錨碇的施工技術、維護技術、遠離岸邊的電力輸送、對海洋生態的衝擊及對航運與漁撈的影響等問題存在，所要面對的技術與各方面的挑戰也最多，因此相對的研究也較少。



圖 1、常見波浪能機組型態

三、海洋能應用案例介紹

(一)波浪發電技術

目前國際間較成熟之機組(經過實海域測試)主要為西班牙之岸基式共振水柱波浪發電機組 Mutriku、西班牙點吸收式振盪水柱式機組 MARMOK-A-5、芬蘭點吸收式波浪發電機組 WELLO OY Penguin WEC，以及挪威 Fred Olsen BOLT Lifesaver。

Mutriku 岸基式震盪水柱發電機組位於西班牙 Biscay 海灣，機組內部具備 16 組發電機，每個發電腔體之長寬高為 4.5、3.1 及 10 米，總裝置量 296 瓩，機組總長度 102 米。其於 2009 年 3 月開始建造，2011 年 7 月開始運轉，截止於

2020 年已輸送 2GWh 至電網。MARMOK-A-5 為點吸收式波浪發電機，機組於西班牙 BiMEP (Biscay Marine Energy Platform) 測試場進行測試，為西班牙第一座併網之海洋能發電機。MARMOK-A-5 由西班牙公司 Oceantec 於歐盟計畫下進行研發製作，其佈放地點距離海岸 4 公里，使用海底電纜進行連結，機組裝置容量 30kW，機組直徑 5 公尺、高 42 公尺，於海水面上高度為 6 公尺，重量約 80 噸。測試期間佈放海域深度為 90 公尺，並以繫纜固定於海床上，測試期間機組已於 12 公尺波浪條件下存活。發電機組目前已回收，其於 2016 年 12 月展開測試計畫，並於 2019 年 6 月結束測試計畫。

Penguin WEC 是利用不對稱的船體構造使入射波對船體造成搖晃，進而使內部重錘轉動，以帶動發電機組發電。其關鍵組件及動件均於船體內部，未接觸海水，其外型猶如船體造型。Penguin WEC 波浪發電機組已通過 18 公尺波高之極端波浪條件測試，並使機組存活。Penguin WEC 之裝置容量為 600 kW、長 30 公尺、重 1,600 噸、高 9 公尺(水下 7 公尺，水上 2 公尺)。

挪威 Fred Olsen BOLT Lifesaver 為點吸收式波浪發電機組，其外型為一環型浮體結構並搭配驅動纜繩連結至海床，機組中發電系統、絞盤、控制系統及電力系統等元件均置於環形浮體結構內。環形浮體外部直徑為 16 公尺，內部直徑為 10 公尺，裝置容量為 30 kW。浮體受到波浪抬升時由纜繩帶動絞盤進行發電，浮體遇到波谷時發電機將轉為擔任馬達的腳色，回收纜繩以確保纜繩張力。



西班牙Mutriku



西班牙MARMOK-A-5



芬蘭Penguin WEC



挪威Fred Olsen BOLT Lifesaver

圖 2、波浪發電技術

(二)海流發電技術

全球海流發電現階段已邁進示範電廠開發階段，並已有多座陣列式電廠運轉中，例如：加拿大 Cape Sharp Tidal 計畫海流發電裝置量 2 MW，於 2016 年測試、2017 港口檢修；蘇格蘭 MeyGen 海流發電裝置量 6MW(4*1.5MW)，2017 運轉且為第一座陣列電廠；中國 LHD Tidal Current Energy 海流發電裝置量 3.4 MW，已於 2017 完成部署運轉中。



圖 3、海流發電技術

(三)溫差發電技術

目前全球溫差發電技術已達規模百 KW 至 MW 級之示範機組階段，例如：美國夏威夷 Makai OTECDemo 溫差發電裝置量 100 kW，自 2015 年開始示範運轉迄今；日本沖繩 Okinawa OTECDemo 溫差發電裝置量 100 kW，自 2013 年開始示範運轉迄今；韓國 SUPRCOTECDemo 溫差發電裝置量 20 kW，2017 年開始示範運轉迄今。



圖 4、溫差發電技術