

臺灣離岸風電 發展現況與海洋環境影響

臺灣海洋大學航管系/曾柏興副教授

風能是一種替代能源，發展離岸風力發電(Offshore wind power)是目前各國政府推動綠色能源的重要政策，永續的風力發電可減少對於傳統燃油的依賴。過去臺灣已有一些陸域風力發電的經驗，該技術已發展成熟，市場發展的成長性趨緩且容易遭遇民眾的抗議(如風機的眩光、噪音干擾、視覺衝擊等)與困境(如土地取得不易)。離岸風力發電屬於新興市場，有市場開發的潛在性，有利於創造產業價值，透過關鍵技術的導入吸引外資投資臺灣相關產業或與臺灣的政府、民間部門合作來提供就業機會，藉此提升臺灣能源的自主性與多元化發展。

臺灣的中央山脈與大陸武夷山中間的臺灣海峽在冬天時可對臺灣西海岸(如新竹、苗栗、臺中、彰化等)帶來強勁的風力，提供許多潛力風場場址。歐洲(如丹麥、英國)、美國等先進國家在離岸風力發電的發展已有多年的實施經驗，臺灣政府在這幾年開始大力推動離岸風力發展，相較國外，正式投入商業運轉的風機仍屬不多，仍需有賴國外的經驗傳承與技術指導來逐步推動本土化的發展與帶動規模經濟效益。

臺灣的離岸風力發展產業鏈可區分為風場開發、風機系統、零組件供應鏈、水下基礎結構、海事工程、風場運維等，若以開發到營運階段可區分為上游(指風力機零組件製造，如齒輪箱、塔架、鑄件、葉片、發電機、控制系統、電力系統等)、中游(指風力發電機製造)、下游(指風力發電機裝設、風場規劃、風場營造、風場營運、風力機維護等)，圖1離岸風電的水下基礎結構。

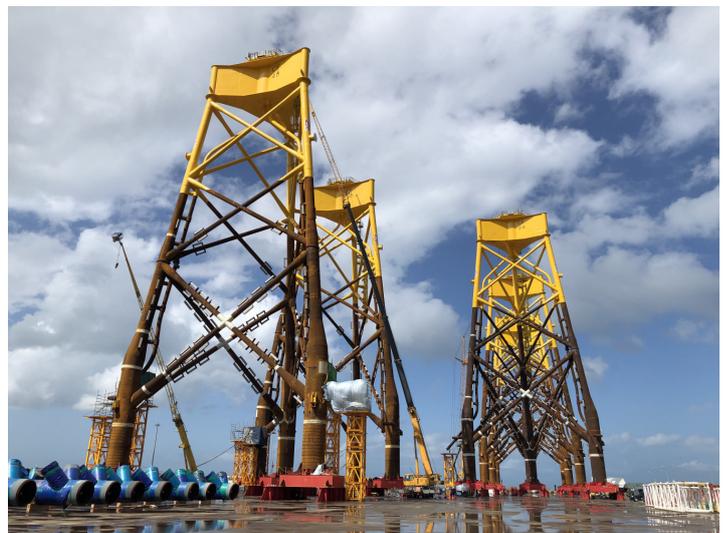


圖1 離岸風電水下基礎結構

離岸風力發電所推動的階段涉及專業知識皆屬不同，產業鏈的關係複雜，投入資金相當龐大，發展過程中常會面臨許多不確定的風險因素(如天然環境、財務、政治、法律、人為抗爭等)，譬如臺灣海峽在夏季時可能突然出現西南氣流或颱風，皆可能引發暴風雨導致工程必須停工，在強風暴雨或雷擊時下可能造成人員傷亡或葉片損壞。臺灣海峽的淺灘遭遇海流強勁時，單樁基礎可能受海床掏沙影響。近年來環保意識抬頭，離岸風力發電對於環境的影響逐漸受到重視，譬如施工過程中，打樁作業可能造成底泥揚起，對魚類與底棲生物將造成影響，打樁的噪音可能造成海洋哺乳動物的危害(如鯨豚(Dolphin)受到耳傷、迷失方向或擱淺，噪音過高時可導致鯨豚致命)，鯨豚的生活環境受到限制後，將導致被迫近親繁殖，故現行施工單位已有設置鯨豚觀察員制度，在施工現場進行監看，鯨豚過於接近時則須停工，避免其進入高噪音衝擊區。再者，離岸風力發電的施工與建置可能影響鯨豚的生存環境。此外，高聳的風佇立於海上可能造成鳥類撞擊，漁業團體認為離岸風力發電的設置會影響既有的捕撈區域進而影響漁獲量，應有合理的補償機制以降低收益的損失。此外，電子零組件在海洋環境容易損壞或者鋼構產生腐蝕現象，在品質不佳情況下，鏽蝕的電器用品對海洋生態而言會產生污染(如油漆剝落)。最後，離岸風力發電的生命週期最後一個階段為除役期，需依相關規定(如經過環境影響評估)將設施拆除，避免影響海事安全與環境生態，所遺留的廢棄物則須妥善處理。因此離岸風力發電的建造與營運過程中如何兼顧利害關係人的權益與降低對於海洋生態的衝擊會是未來的重要挑戰，對其資產應做好有效的管理與監測(如加強防蝕設計避免海生物附著以延長設備的使用壽命)。

離岸風力發電的施作與運維過程中，從業人員可能受到作業疏失(如吊車安裝失誤而崩塌)或不可抗逆外力影響(如受強風、海流產生意外事故)造成生命、財產的損失，故人員的培訓與養成教育實屬重要，以因應工作過程中所發生的突發或危急狀況(如人員在變電站失火時須能有效逃生)，圖2為離岸風力發電訓練場地。

再者，離岸吊車可能因吊臂支撐不足，吊裝機艙可能會掉落海裡產生自我毀損。施工的船舶、外海自升船或載運人員的運輸船可能意外事故造成翻覆、爆炸或沉沒，船舶的事故或漏油亦會產生海洋環境污染，圖3為臺中港港區運輸船。



圖2 離岸風力發電訓練場地



圖3 臺中港港區運輸船

為防範事故發生與提升效能，營運商或政府相關單位應進一步思考如何讓人員降低從事高風險的工作，傳統風機進行維修檢查時，運維工程師需搭乘運輸船至風機處，攀爬10幾層樓高處進行故障排除或保養，此時風機須停止運轉造成效能無法發揮，未來可使用空拍機進行拍攝，再由遠端遙控機器人進行維修。再者，水下機器人的應用亦可逐漸推廣來減少派遣潛水人員的工作危險。

臺灣的離岸風力發電可分為三階段，分別為示範系統、潛力場址開發、區塊開發。由政府向離岸風力發電營運商採購電力，採購費率計算採躉購制度，即用約定的費率對電力進行保證收購，躉購費率制度則定期檢討調整。風力發電量的單位為「瓩」(kW)，一般所稱的「度」(kWh)即為「瓩·小時」，風力機以1kW功率運轉1小時，產生的發電量為1度電。2017年4月18日海洋竹南風力發電廠開始正式商業運轉，目前臺中港為臺灣最大離岸風力發電國產化基地，提供風機預組裝與運維服務，臺北港南碼頭亦有風機基礎業者進駐進行營運。

現行臺灣離岸風力發電的發展雖具有潛力，然仍存在一些不確定因素(如欠缺發展本土化產業的關鍵技術)且需要政府相關部會(如交通部、經濟部、環境部、內政部、財政部、農委會、國防部、文化部、各縣市政府等)的溝通協調，並與利害關係人進行協商(如環保團體、漁權談判、補償機制、航道規劃、融資保險等)，期盼未來政府能扮演關鍵角色進行跨部會協調、建立完善的法規制度(如海洋空間規劃(Marine Spatial Planning)、環境影響評估、確定海域環境敏感地帶等)以保障利害關係人(如養殖業、漁業、航商等)的工作權益、推動人才培育等相關工作，藉此吸引更多廠商與資源投入，創造產業規模經濟與海洋生態永續發展。



航海員職業探索：

「環遊世界的航海之路 勇敢追夢的冒險之旅」

磐石高級中學/生命教育科洪子秀教師

本校資處科二年級學生共139位，於10月13日在本校演藝廳參加了一場主題為「環游世界的航海之路 勇敢追夢的冒險之旅」的航海員職業探索講座。通過學生的反饋，我們瞭解到航海員這個職業的特點，包括高薪水、冒險性、以及與家人分開的困境。本文將深入探討航海員職業的優勢和挑戰，以及學生對這一職業的觀感和未來的職業規劃。

在這個全球化的時代，航海員的工作可能是許多人所不熟悉的一種職業。然而，這次的講座為我們打開了一扇窗，讓我們窺探了航海員這個神秘而富有挑戰性的職業。從學生的反饋中，我們可以看到他們對航海員職業產生了濃厚的興趣，同時也意識到這一行的優勢和困難。

「環遊世界的航海之路 勇敢追夢的冒險之旅」的航海員職業探索講座後，學生們的回饋中可以看出航海員的特點，有以下數點：

一、航海員職業的挑戰

(一)高薪水：

從學生的回饋中可以看出，很多人對航海員的薪水印象深刻。一位學生表示，「一個月淨賺60萬，這是多少人的夢想」。這顯示出高薪水是航海員職業的一個顯著特點，吸引了不少人對這個行業的關注。

(二)冒險性和勇氣：

航海員被形容為一群「勇敢的冒險者」。他們在浩瀚的海洋上航行，需要面對風暴和孤獨。這種冒險性和對未知的渴望成為航海員的一種象徵，也讓人們對這個職業充滿敬意。

(三)家庭分離：

與高薪水相對應的是與家人的長時間分離。許多學生在回饋中表達了對這一點的擔憂，認為這是航海員職業的一大缺點。一位學生坦言，「船員的薪水很高，只是代價是與家人再一起的時間就少了」。這也讓一些學生對選擇這個職業產生了疑慮。

(四)生活環境：

在船上長時間工作，生活環境不如陸地上的舒適。一些學生在講座後才意識到，原來船上的環境并非他們想像中的那樣不好，這讓他們對航海員職業有了新的認識。

二、學生觀感和未來規劃

(一)對航海員的嚮往：

儘管航海員職業存在著一些困難和挑戰，但許多學生在講座後表示對這個職業充滿嚮往。有學生表示，「經過這次的演講，讓我都想要去海上工作了呢！」。有一位學生在反饋中提到，這次的講座讓他們對未來的職業選擇有了新的思考。

(二)航海員職業的多樣性：

講座中，我們發現航海員的職業不僅僅局限于船員，還包括引水人、船長等不同職位。不同職位有著不同的職責和挑戰，這讓學生對航海員這個職業的多樣性有了更深入的理解。同時，這也讓他們意識到在這個領域中有著更多的發展機會，不僅僅是單一的船員工作。

(三)航海員的國際視野：

航海員的工作經常需要跨足不同的國家和地區，這使得他們擁有豐富的國際視野。學生們在講座後表示，這樣的國際化經驗是難以在其他職業中找到的，這也讓他們對航海員職業更加心動。這種國際視野的擴展，對於現代年輕人尋求更廣泛視野的職業生涯具有重要意義。他們認識到每個職業都有優缺點，而個人的努力則是影響未來的關鍵。



三、航海員的社會價值

(一)海洋保護和環境監測：

航海員的職責不僅僅是航行和引導船隻，他們還在維護海洋生態平衡方面發揮著積極的作用。一些學生在講座後表示，他們對航海員這個職業的社會價值有了更深的認識，特別是在海洋保護和環境監測方面。這種社會責任感也使得航海員職業在他們心中更加高尚。

(二)國家經濟的推動者：

航海業是一個國家經濟的推動者，他們參與了國際貿易和海洋運輸，對於一個國家的經濟發展起到了不可忽視的作用。學生們在講座後意識到，航海員職業不僅僅是個人的事業選

擇，更是為整個國家經濟發展做出貢獻的重要力量。

(三)航海員的心靈素質：

航海員需要具備勇氣和冒險的心靈素質。學生們在講座後表示，這讓他們對自己的心理準備有了更深的思考。要成為一名航海員，不僅僅需要技術上的培訓，還需要擁有堅強的心靈和勇氣，面對各種未知的挑戰。

(四)家庭和職業的平衡：

講座中學生們提到的家庭分離問題引起了對於家庭和職業平衡的思考。成為一名航海員，需要面對長時間離開家人的現實，這對於有家庭的人來說可能是一項挑戰。然而，也有學生表示，這是一個需要在職業規劃中深入考慮的因素，通過更好的溝通和規劃，或許能夠找到平衡的方法。

四、結論

這次航海員職業講座在本校資處科舉辦，藉由學生的熱烈反饋，我們深入探討了這個神秘而充滿挑戰的職業。不僅是一場職業探索，更是一場啟發新一代年輕人尋找夢想和有意義職業的冒險之旅。這次活動為學生提供了深入瞭解航海員職業的機會，讓他們窺探這個領域的多元面貌。透過學生的參與，我們得以全面分析航海員職業的優勢和挑戰。從學生的熱烈回應來看，這不僅是一次知識的傳遞，更是對他們未來職業規劃的啟示。



這場講座讓學校意識到類似的職業探索活動的價值，為學生提供了一個豐富多彩的視野。這也成為未來舉辦更多類似活動的參考和啟發，以更好地滿足學生對不同職業的瞭解需求。這樣的活動不僅僅是一場講座，更是一場啟發青年尋找夢想和有意義職業的旅程。學生的嚮往和思考展現了新一代年輕人對於冒險、夢想的渴望。這次講座為他們打開了通往未知世界的大門，讓他們更勇敢地面對未來。

整體而言，這次活動深刻地影響了參與的學生。他們對航海員職業的深入瞭解，使他們對這一領域充滿興趣。藉由實際的案例和專業知識，學生們不僅增加了對航海員的認識，更意識到這個職業的多面性。在這次講座中，學生們逐漸認識到不同職業的特點、優勢和挑戰。這有助於他們更明智地選擇未來的職業道路，考慮到自己的興趣和目標。這種覺醒有助於年輕人更有自信地面對未知的未來，並為他們的人生規劃提供了有益的指引。

整體而言，這場講座是一個成功的職業探索活動，為學生提供了寶貴的機會。透過深入分析與學生的互動，我們不僅將知識傳授給他們，更激發了他們對未來的熱情和動力。這次活動為學生提供了一次深入瞭解職業世界的機會，對於他們的成長和未來職業規劃都具有積極的影響。



全球海平面溫度持續破紀錄的高溫

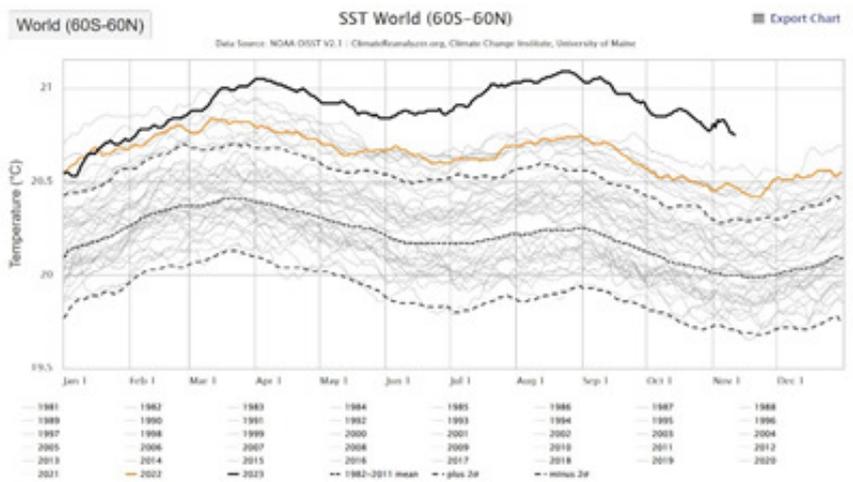
新北市光復高級中學/林恩璋老師

“海洋，是地球上許多生命孕育的場所，包括各種不同的海洋動物、植物等，海洋環境提供了各式各樣的循環系統，此外，海洋因為比熱很大，所以還能調節地球的氣候。

“然而從三月中開始，海洋表面溫度急遽上升，上升的幅度遠超過大家的想像。根據美國國家海洋暨大氣總署 (NOAA) 的全球每日海表層水溫資料庫 (Optimum Interpolation Sea Surface Temperature, OISST)，目前的海溫已是1981年開始觀測以來最高的溫度，而且每天都在持續破紀錄中。以今年8和9月份海表面溫度增加 1.03°C ，然而這個變化的幅度，目前看起來沒有要下降的趨勢，這表示這次的突然增溫不是短期的現象，而是長期上升的趨勢更加明顯了。

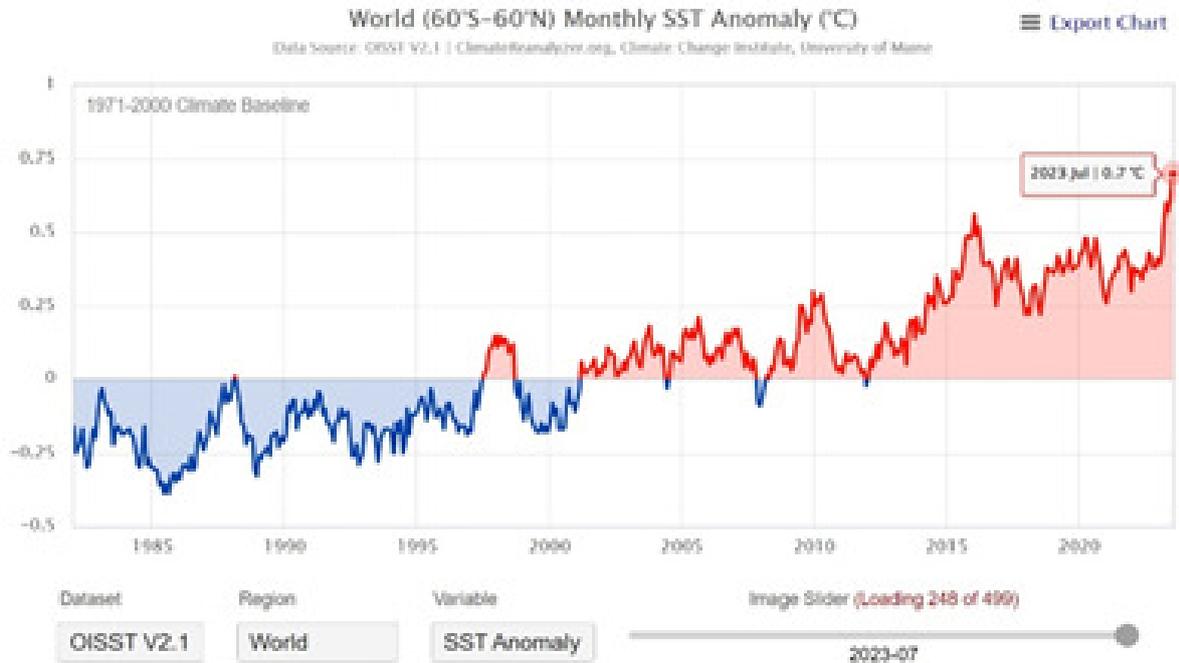
“美國國家大氣海洋總署在9月全球氣候報告中指出，今年9月全球地表溫度平均比20世紀的 15.0°C 高 1.44°C ，是有紀錄以來最熱的9月。而且包含今年9月在內，已經連續49年的9月超過20世紀平均值；若以單月算，則已經連續535月氣溫高於20世紀平均值。2023年成為有史以來今年迄今為止最熱的時期。創紀錄的高溫覆蓋了全球20%的地表，這是自1951年有記錄以來任何月份的最高比例。南極洲也迎來了有史以來最溫暖的9月，而海冰繼續保持在歷史最低水平。

加上睽違七年的聖嬰現象在今年6月來臨，從東印度洋、太平洋熱帶地區、中美洲和南美洲北部的降雨異常現象，造成南亞季風在陸地上比平均濕潤。而且全球熱帶輻合區 (ITCZ) 在9月降雨強度創下歷史新高；但美洲和歐洲某些區域的乾旱仍在持續，對經濟活動也造成影響，像是巴拿馬運河因為乾旱的關係，每天通過的船隻已經從平均35艘降至25艘，若乾旱持續下去，會再繼續調降數量。還有許多農作物也因此受到影響而欠收。



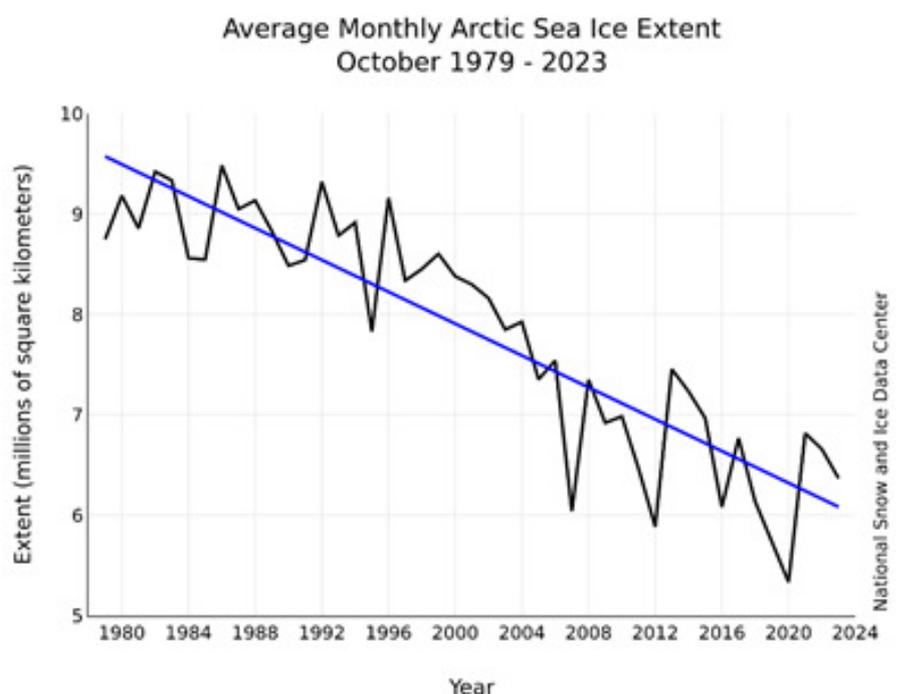
全球海溫上升圖 (資料更新至2023年11月13日)。圖片來源：Daily Sea Surface Temperature, Climate Reanalyzer, Climate Change Institute. (<https://ClimateReanalyzer.org>)

根據新聞報導，今年八月，地中海的海表面溫度以往年要高出許多，部分地區甚至超過30°C。同時也有報導稱，今年七月，佛羅裡達州馬納蒂灣的海表面溫度有到38.4°C，就有人戲稱下海游泳就像泡溫泉一樣。大海簡直不是在變暖，而是在沸騰。大家都覺得今年的溫度很不尋常，的確我們從每月海面溫度圖就可以發現，增溫幅度已經是比2016年要增加許多。



每月海面溫度圖（資料更新至2023年7月）。圖片來源：Monthly Sea Surface Temperature, Climate Reanalyzer, Climate Change Institute. (<https://ClimateReanalyzer.org>)

今年美國國家冰雪數據中心（NSIDC）發文表示，根據衛星記錄，10月北極海冰範圍呈線性下降趨勢，每年減少79,300平方公里，或相對於1981年至2010年平均值每十年減少9.5%。根據線性趨勢，自1979年以來，10月已經失去了349萬平方公里的冰。這相當於阿拉斯加面積的兩倍。



每年海冰面積圖，1979年至2023年10月的冰面積顯示每十年減少9.5%。圖片來源：October 2023 compared to previous years, National Snow and Ice Data Center. (<https://nsidc.org/arcticseaicenews/>)

海洋變暖可能有很多原因；但海水在高溫的情況下體積膨脹，會加速海平面上升，兩極溫暖的海水會加速冰蓋的融化。海洋溫度變高對於海洋生態系統來說也可能是糟糕的，因為物種可能很難或不可能適應。像是珊瑚可能遭受毀滅性的白化，因為海水溫度的上升會導致與之共生並提供食物的藻類的大量死亡，導致珊瑚礁「白化」甚至死亡。更糟的是，由於海洋吸收大量的二氧化碳，使得海洋酸化嚴重，珊瑚礁的生長變得減緩，促使珊瑚礁死亡。這樣會對於海草床和魚類等生物造成生存壓力。海洋生態系統的變化不僅危害了海洋生物的生態平衡，還對全球漁業產業和食物安全構成了嚴重威脅。

珊瑚礁大約是25%以上海洋生物的家園，也能保護海岸線免受到風浪侵蝕，還可以為當地提供觀光活動的經濟收入和就業機會。就像全球有許多熱帶小島和珊瑚礁國家受惠於珊瑚礁，直接受益於珊瑚礁。但在全球暖化下，珊瑚礁的總體數量呈現出逐年下降的趨勢。根據聯合國環境規劃署估計，全球已經有約四成的珊瑚礁遭到破壞，如果不大幅減少溫室氣體排放，到2100年，所有海域內的珊瑚礁都將死亡。雖然只是估計，但這也表示地球的環境正在面臨巨大的考驗。

除了珊瑚礁，海洋暖化也會造成其他一些海洋物種的遷移和滅絕。海洋中的食物鏈一環扣一環，當食物鏈底層生物滅絕或是遷移都會造成上層消費者生物產生巨大的影響。例如海鳥因為沒有食物大量餓死、鯨魚為了覓食改變了平常的路線而擱淺或是其他原因導致死亡。

海洋目前還在不停的吸收著大氣中的熱與二氧化碳；但是隨著海表面溫度逐漸的升高，會使得海洋溶解二氧化碳的能力逐漸下降。過去經歷了少有的連續三年反聖嬰現象，熱帶太平洋地區較平常涼爽許多，但從今年到明年的聖嬰現象來勢洶洶，會讓太平洋地區的海表面溫度上升不少，對於氣候又會有什麼影響，這都令人擔憂。

全球海平面溫度持續升高是一個警訊，提醒我們不能再對氣候變遷視而不見。國際社會必須共同努力來面對，採取有效的措施，保護地球的氣候和生態系統，並學習如何調整我們的生活型態來適應氣候變遷下的我們。政府和民間都應該採取積極行動，像是減少溫室氣體排放、推動可再生能源發展、垃圾減量、強化生態保護、降低製造容易對環境造成破壞的產品等方法，這些都是應對氣候變遷的措施。減緩氣候變遷導致人類生存環境的威脅，只有這樣，我們才能為未來世代營造一個更加穩定、安全和可永續的地球環境。

參考資料：

1. <https://climatereanalyzer.org/>
2. <https://www.theguardian.com/environment/2023/apr/26/accelerating-ocean-warming-earth-temperatures-climate-crisis>
3. <https://www.ncei.noaa.gov/access/global-ocean-heat-content/>
4. <https://nsidc.org/arcticseaicenews/>
5. <https://www.unep.org/interactives/status-world-coral-reefs/>
6. <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202309>
7. <https://www.ncei.noaa.gov/news/global-climate-202309>