

《大談藻礁：大潭藻礁的保育與經濟開發的爭議》

指導老師：蔡威立

學 生：黃郁晴

胡名函

彭郁荃

摘要

日本 311 地震福島核災後，因臺灣同樣位處板塊交界帶加劇電廠輻射外洩之疑慮，和核廢料本身的輻射性與掩埋問題，國人開始提倡非核家園的理念，而天然氣因其使用上較為安全且不若燃煤會產生大量細懸浮微粒 (PM2.5)，遂在能源使用比例中有上升的趨勢。然國內現有接收站營運量已達飽和，為了達成 2020 年的供氣目標，第三天然氣接收站的設置勢不可避免。

借鏡宜蘭拒絕六輕工業的進駐，區域發展產業策略以農業、觀光和輕工業做為主軸，再加上日後雪山隧道的通行，觀光人次大幅提升，對應現今「三軸、海環、離島的國土空間規劃」，宜蘭為三軸中「東部優質生活產業軸」的一部分，重視將樂活、慢活及養生休閒等新生活型式概念融入產業中，顯示當年抗爭石化業的開發反而為今日宜蘭帶來了更協調的人地關係，故維護自然環境資源亦能為當地帶來高度的生態經濟價值，所以保育藻礁有其必要性。

在桃園天然氣接收站開發與藻礁保育的衝突下，本研究整理文獻資料輔以地理資訊系統，將蒐集的統計數據進行查詢、地勢、疊圖、空間統計與環域分析後得到的地圖進行判讀，分別評估保育藻礁與設立天然氣接收站的必要性，並權衡兩者共存之可行性，如採浮式天然氣接收站的模式輸氣供至大潭電廠、或選擇替代方案遷址另建，以期降低對沿岸生態的衝擊，亦同時減少能源議題造成環境開發的爭議。

關鍵詞：液化天然氣接收站、藻礁、生物多樣性、熱點分析

Abstract

After the 2011 Tohoku earthquake in Japan, people in Taiwan began to promote the idea about nuclear-free homeland because of growing concern about the problem of burying the nuclear waste and the radiation of power plants, which is worsened by the fact that Taiwan is located in the boundary between tectonic plates. Since natural gas is safe to use, and it does not produce a great amount of particulate matter as the burning of coal does, there has been a sharp rise in the use of natural gas. However, the operation volume of the existing natural gas receiving stations has been saturated. To reach the goal of the provision in 2020, it is inevitable that the third natural gas receiving station should be set up.

Take Yilan for example. The number of tourists increases substantially because of its refusal of Formosa Petrochemical Corporation's Sixth Naphtha Cracking Project, industry and the opening of Hsuehshan tunnel. In response to the land and space development plan of three axis, ocean ring and outlying islands, Yilan is part of the Axis of Eastern Life Industry. The combination of the concepts of LOHAS, a new lifestyle and the industry shows that the previous protest against the petrochemical industry makes people in Yilan live in harmony with nature now. Preservation of natural environment and resources may bring the locals high value of ecological economy; thus, it is necessary to conserve algal reefs.

Under the conflict between the protection of algal reefs and the construction of Taoyuan LNG receiving station, this study aims to assess the conservation of algal reefs and the necessity of the construction of LNG receiving station respectively and to consider the possibility of coexistence by classifying data and geographic information system, doing query analysis, 3D analysis, overlay analysis, spatial analysis and buffer analysis and interpreting the maps. For example, either transporting gas to Dah-Tam Power Plant by means of floating LNG receiving station or adopting the alternative—building it in another place helps decrease the impact on coastal ecology and the controversial issue over energy development and environmental protection.

Key Words : Liquefied Natural Gas Receiving Station, Algal Reefs, Biodiversity, Hot Spot Analysis(Getis-Ord Gi*)

大談藻礁：大潭藻礁的保育與經濟開發的爭議

目錄

目錄.....	i
圖次.....	ii
表次.....	ii
第一章 緒論	1
一、研究動機.....	1
二、研究目的.....	1
三、研究範圍.....	2
四、研究方法與流程	2
第二章 桃園藻礁的空間分布與其危害因子	2
一、藻礁的空間分布與影響因素.....	2
（一）影響藻礁的生長與分布因素	2
（二）桃園藻礁分布	3
二、探討桃園藻礁危害狀況的影響因子	4
（一）危害因子：工業汙染.....	4
（二）危害因子：突堤效應.....	4
（三）危害因子：人為工程的開挖	5
第三章 天然氣接收站的設置與藻礁保育的衝突與共存	5
一、天然氣接收站的必要性與其評估要素	5
（一）臺灣依賴能源種類的結構變化.....	5
（二）設址區位考量的評估要素	6
二、藻礁生態保育與天然氣管線開發的衝突與共存	7
（一）藻礁生態保育對當地的功用	7
（二）人為開發工程與藻礁保育的權衡.....	9
第四章：結語與建議.....	10
一、結語	10
二、建議	10
參考文獻.....	I
附錄.....	III
附件一：生物多樣性調查	III

圖次

圖 1-1：研究範圍	2
圖 1-2：流程圖	2
圖 2-1：桃園沿海地區地質圖	2
圖 2-2：冬季臺灣海峽洋流示意圖	3
圖 2-3：衛星海面水溫及潮境分析圖	3
圖 2-4：臺灣及桃園周圍海域海水深度地形圖	3
圖 2-5：臺灣藻礁分布圖	3
圖 2-6：桃園藻礁分布圖	3
圖 2-7：桃園河川水質汙染程度圖	4
圖 2-8：連續突堤間的海積作用	5
圖 2-9：2001 至 2016 年桃園地區海岸線變遷	5
圖 3-1：2001 至 2016 年全臺核能、燃氣、燃煤發電電量占比折線圖	6
圖 3-2：北部液化天然氣接收站工址人口密度面量圖	6
圖 3-3：各工址幾何中心至專用港的距離色彩圖	6
圖 3-4：鄰近北部液化天然氣接收站工址之重大建設圖	7
圖 3-5：生物多樣性調查	7
圖 3-6：白玉藻礁生物多樣性熱點圖	8
圖 3-7：大潭藻礁生物多樣性熱點圖	8
圖 3-8：2002 至 2011 年永安漁港與竹圍漁港產量折線圖	8
圖 3-9：桃園藻礁區海岸線開發緩衝區環域範圍	9

表次

表 2-1：桃園藻礁分區	4
表 2-2：桃園地區 2001 至 2016 年岸線變遷陸域面積之消長關係	5

第一章 緒論

一、研究動機

2013 年齊柏林獲得金馬獎的紀錄片「看見臺灣」風靡全臺，片中讓觀眾印象深刻的桃園藻礁引起不少討論，這塊陌生且不斷遭受破壞的瑰麗紅礁驚豔四座，讓大家開始關注這片孕育生態的重要地景。

臺灣土地面積僅佔全球 0.025%，魚類總數卻佔了全球近 10%，物種數的比率相對高於其他國家數倍。近年來才被科學家發現的熱泉、冷泉、海底山、藻礁等生態系也陸續在臺灣被發現。臺灣蘊藏多樣的海洋生態資源，尤其俗稱「海中熱帶雨林」的珊瑚礁養育了無數生物，是維持海中生物多樣性的一大關鍵。相對於動物造礁的珊瑚礁，植物造礁的藻礁亦屬海洋多孔隙環境，同樣也是海洋生物的育嬰房，讓許多魚蝦貝類都能在此棲息，吸引了許多生物前來覓食，形成了繁複的生態圈。《桃園藻礁委託研究案期中報告》指出，觀新藻礁的生物多樣性是高美濕地的 5 倍、香山濕地的 8 倍。然而形成藻礁的珊瑚藻生長與累積速率極為緩慢，造礁速度每年不到 0.1 公分，遠低於珊瑚礁的成長。在臺灣本島 1,139 公里綿長的海岸線中，藻礁分布的距離累積不到 50 公里，其中桃園藻礁就綿延了 27 公里長，這段全臺與世界皆少見且綿長的藻礁帶不但成為生物重要的棲地，超過 7500 年的歷史也紀錄了臺灣西部海岸地質、地層、氣候變遷的歷史。

然而臺灣桃園地區以外的藻礁如新北市三芝到石門一帶，其分布雖不如桃園廣闊，但受海流較強、水質污染情況尚未嚴重惡化，生長狀況較好。另外屏東縣恆春風吹砂的珊瑚藻礁同樣也因為環境條件較佳還很活躍。反觀桃園市觀音海岸的珊瑚藻就沒有那麼幸運。桃園市為臺灣海岸線上工業區最多的縣市，加上內陸工業區的污染藉由河川排流入海，此處的珊瑚藻大多已死亡，只剩下藻礁前緣部分存活下來。

如此廣大珍稀的地景，遭受工業污染，加上近日新聞報導受中油第三天然氣接收站建立的衝擊，未來將面臨消失的危機。為了滿足臺灣北部日益龐大的用電需求，中油在此處興建大潭電廠，並在選址評估後，計畫在此地繼續建設第三天然氣接收站。開發建設不但會增加氮氧化物排放濃度，同時衍伸的人工建築將一併迫使桃園觀音一帶的藻礁遭受嚴重破壞。但反之若沒有設立接收站的話，又將面臨缺電的窘境。因此，本研究欲探討中油天然氣接收站選址、人為開發突堤效應、工業廢水污染等，對我們家園重要生態功能的地景——桃園藻礁的分布與影響。

二、研究目的

本研究希望透過各類文獻資料佐以地理資訊系統（GIS）為工具，分析判讀桃園藻礁與天然氣接收站空間上的特徵，希冀能達到以下目的：

（一）分析桃園地區目前既有的藻礁分布與形成條件，進一步更認識海洋生物的育嬰房——藻礁之重要性。

（二）探討破壞桃園藻礁地景資源的影響因素，並剖析其中衝擊藻礁生態系最關

鍵的危害因子。

(三)瞭解臺灣能源使用狀況的趨勢，並比較天然氣接收站評估要素中各可能設港工址的優劣。

(四)權衡天然氣接收站帶來的經濟效益與藻礁環境保育可能提供的生態經濟價值，評估天然氣接收站與藻礁和平共存之可行性。

三、研究範圍

桃園地區屬古石門沖積扇的一部分，經河流作用沉積之礫石層構成的堅硬底質，有助於珊瑚藻的著床與造礁活動，因此在桃園地區竹圍漁港以南至永安漁港以北孕育出完整的藻礁生態系，為全臺分布最廣闊的藻礁帶，故本研究範圍擬定於桃園沿岸潮間帶地區（圖 1-1），而在探討天然氣接收站與藻礁保育之地理議題部分，會進一步著重於白沙岬燈塔至新屋溪口的大潭藻礁區。



圖 1-1：研究範圍

四、研究方法與流程

本研究透過資料的蒐集與整理，於研究區域有初步的認識後，遂進行地理實察，透過訪談、問卷與生物多樣性調查蒐集一手資料，而對研究區與研究對象有更深入的瞭解。藉由實察蒐集到的資料、政府與學術單位提供開放資料的統計數據，佐以 GIS 進行查詢、地勢、疊圖、空間統計與環域分析的輔助，將建置與分析的結果擬以 GIS 地圖展示的功能進行判讀，以探討研究目的之藻礁分布與評估天然氣接收站的影響因素，而提出開發與保育間的衝突，並思考兩者並存的可行性。研究流程如下（圖 1-2）：

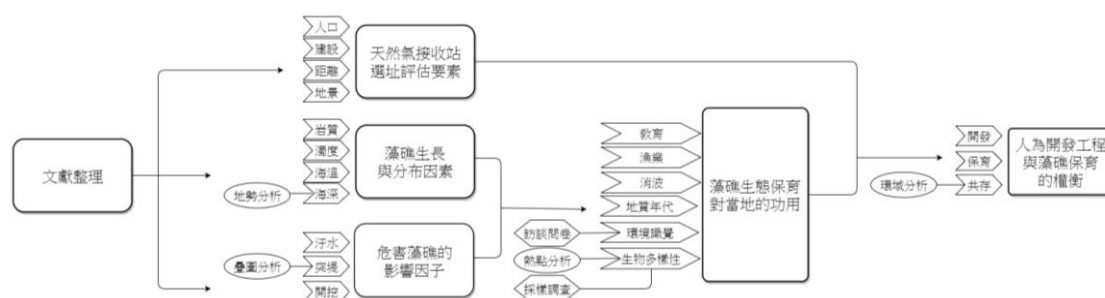


圖 1-2：流程圖

第二章 桃園藻礁的空間分布與其危害因子

一、藻礁的空間分布與影響因素

(一) 影響藻礁的生長與分布因素

1、岩質與懸浮物

在擁有堅硬底質的岩層才能讓珊瑚藻得以穩固附著其上形成藻礁，因此多為沙岸的臺灣西岸鮮有藻礁的分布。今日的桃園台地沿岸雖多為泥沙覆蓋，但其底層為古石門溪沖積層（圖 2-1），當退潮



圖 2-1：桃園沿海地區地質圖

時，漂沙離開便會露出下面適合藻礁附著的礫石基底。再加上季風、河流輸沙和地形等因素使得當地沙丘群落發達，影響水質濁度，相對珊瑚來說更適合珊瑚藻生長，因此孕育出了千年以上的藻礁層。

2、洋流與海溫

珊瑚藻適應環境的耐受力較高，雖在溫暖清澈的淺海地區無法成為優勢物種，但在溫度較低的水域仍可生長造礁。發源於黃海北部的中國沿岸流，冬季在東北季風的吹送下（圖 2-2），挾帶著大量注入的河水南下流經臺灣西岸，此低溫、低鹽的海流，讓臺灣北部岩岸地區較同緯度地區來說海溫偏低（圖 2-3），而可見到藻礁的身影。

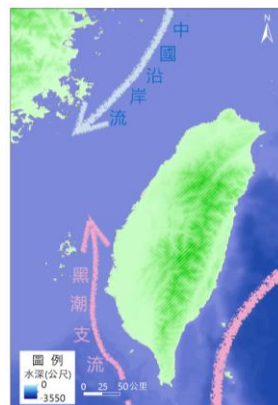


圖 2-2：冬季臺灣海峽洋流示意圖

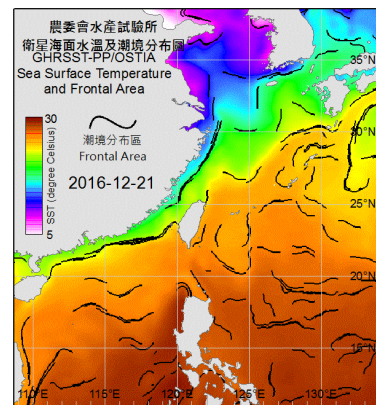


圖 2-3：衛星海面水溫及潮境分析圖（資料來源：行政院農委會水產試驗所）

3、水深

由於珊瑚藻需行光合作用，若是水域太深，陽光難以穿透，則造礁作用式微，不利礁體形成。利用美國國家海洋暨大氣總署（NOAA）提供全球的數值高程模型（DEM）進行地勢分析，模擬臺灣周圍海域的地形起伏。可發現臺灣東部海岸為大陸坡，多數地區離岸不遠處高度即發生劇降。而西側海岸包含桃園沿海地區為大陸棚（圖 2-4），低淺的潮間帶平緩寬廣，珊瑚藻得以接觸陽光，綜合適合造礁的其他生長因素，而可在當地見到藻礁。

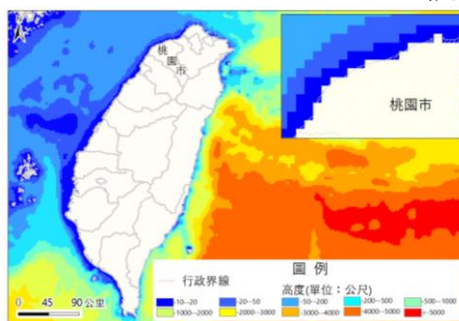


表 2-1：桃園藻礁分區

藻礁分區	地理位置	藻礁生長狀況
沙崙藻礁	竹圍漁港南側到埔心溪口	汙染嚴重、藻礁地形十分破碎且不明顯。
許厝港溼地藻礁	埔心溪到老街溪北岸	北側是溼地生態系，牡蠣眾多，但藻礁並不明顯。南側面積較大且完整，可見許多潮池。
草漯藻礁	老街溪到大堀溪口	沙丘地形發達，當地藻礁因受侵蝕而成白色，露出面積較小。南側大堀溪口由於鄰近觀音工業區，汙染嚴重，生態較差。
白玉藻礁	大堀溪到觀音溪	仍在持續造礁，且生態較好。
大潭藻礁	觀音溪到小飯壠溪	此地曾發現保育類的柴山多杯孔珊瑚、尚未定名的新種章魚，生物多樣性值得探究。
觀新藻礁	小飯壠溪到永安漁港	為目前全臺最完整、面積最大的藻礁區，珊瑚藻也在持續生長。

二、探討桃園藻礁危害狀況的影響因子

（一）危害因子：工業汙染

桃園市工業產值乃全臺第一，如此龐大的經濟奇蹟背後，卻是地方自然環境的犧牲。不只沿海工業區所產生的汙染，內陸地區也時聞工廠非法排放工業廢水至河川。廢水成份中的重金屬將造成沿海生態系的毀滅性破壞；排出的黃泥則會堵塞藻礁孔隙。目前，白玉以北的藻礁雖然仍存有礁體，但珊瑚藻已不再造礁，若要復育此段藻礁，唯有改善污水偷排現象，才能使桃園海岸恢復生機。



圖 2-7：桃園河川水質汙染程度圖

由『行政院環保署 2010 年河川水質歷史資料』統計桃園地區三條河流（南崁溪、老街溪與社子溪）的測站資料，將這些測站的溶氧量、生化需氧量、懸浮固體量與氨氮的統計數據加權後，取得平均值，依河川汙染指數判定河川水質汙染程度，再製作成統計地圖（圖 2-7）。由於桃園地區人口眾多，汙水下水道工程也尚未鋪設完全，可發現這三條河川大部分皆為中度汙染，而大樹溪橋由於鄰近桃園車站，周邊為桃園市核心區，推測是因家庭廢水排放的緣故造成此地汙染指數偏高。唯獨坐落山區的永寧一號橋測站測出的水質較為乾淨。

其中，鄰近出海口的竹圍大橋測站與許厝港一號橋測站皆為重度汙染，且兩地周圍皆有工業區或工廠林立，偷排廢水的報導也在網路社群與媒體平臺中時有所聞。這些重度汙染的河水流入海中，將造成沿海生態的衝擊，礁石上只餘零星的綠牡蠣、原本棲息於此的螃蟹、海鳥數量銳減、珊瑚藻也不再造礁。

（二）危害因子：突堤效應

1990 年代東帝士集團提出觀塘工業區之計畫，由於當時尚未對藻礁有深刻的認知，環評獲准，工程初期填海造陸約 2 公頃，並建設一突堤型態的港口。

2001 年大潭電廠開始興建，並在後續又興築了入水、出水兩座導流堤，連續突堤造成突堤間形成堆積作用（圖 2-8）。

透過 SPOT 衛星影像 WMTS 圖磚資源數位化 2001、2010 與 2016 海岸線後進行疊圖分析，比較歷年岸線變遷（圖 2-9），將變遷消長的空間範圍疊圖後經空間統計（表 2-2），可知桃園地區 2001 年後雖受突堤效應、海流等影響部分地區分別發生侵蝕與堆積作用，但整體而言海岸線前進、陸域面積增加，顯示當地海積作用旺盛。強盛的堆積作用帶來淤沙，使得藻礁被漂沙所覆蓋導致孔隙堵塞，無法再讓生物幼苗棲息，珊瑚藻也無法再造礁，對藻礁生態系造成十分嚴重的傷害。

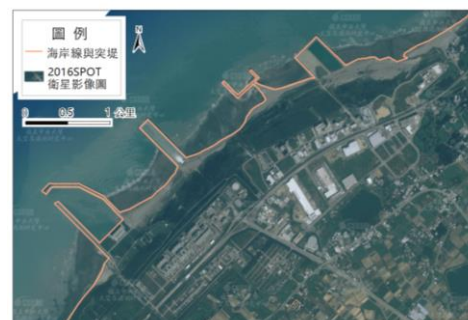


圖 2-8：連續突堤間的海積作用



圖 2-9：2001 至 2016 年桃園地區海岸線變遷

表 2-2：桃園地區 2001 至 2016 年岸線變遷陸域面積之消長關係

年代	桃園市面積 (平方公里)	年代	桃園市面積 (平方公里)	消長面積 (平方公里)
2001	1208.884	2016	1210.520	增加 1.636

（三）危害因子：人為工程的開挖

2007 年中油在觀音保生里沿岸埋設天然氣管線，施工平台直接建於藻礁上並開挖深溝，使得礁體破碎而無法繼續造礁。2014 年亞東石化「高架橋下穿越降挖路面工程」在大堀溪口進行臨時碼頭工程，挖出、破壞大量的藻礁。2015 年中油「桃園煉油廠第二外海卸油浮筒海底管線汰換工程」，以單點打樁的方式穿透藻礁層，至此已是第三度人為工程開挖造成藻礁的破壞。

今次中油第三天然氣接收站開發案將填海造陸，若完整開發勢必填埋逾 120 公頃的藻礁海岸，此會導致桃園藻礁遭受歷年來最嚴重的破壞。儘管中油公司提出異地補償的概念，希望可以藉此保育藻礁，但藻礁並非動植物，其最大的價值在於歷年沉積的礁體，只要工程破壞造成礁體受損，生物就無法棲息於原本多孔隙的環境中，因此也不再吸引魚蝦聚集，棲地功能下降。

第三章 天然氣接收站的設置與藻礁保育的衝突與共存

一、天然氣接收站的必要性與其評估要素

（一）臺灣依賴能源種類的結構變化

自 311 地震以來，非核家園逐漸成為國人的共識，核四停建後，其他核電廠不再延役，加上近年來 PM2.5 空汙嚴重，再生能源尚未足以應付大部分電力需

求，汙染較低的天然氣逐漸成為目前最好的發電選項。由於大潭電廠預留腹地廣，將規劃成為全國最大的火力氣發電廠。

由『臺電系統歷年發購電量』將 2001 年到 2016 年的數據整理成折線圖（圖 3-1），顯示自 311 大地震後（2011 年），加劇民眾意識到核能發電帶來的隱憂，核能發電量占比也隨之下降；同時，近年來燃煤因國人逐漸重視 PM2.5 的影響，儘管現在仍為發電最大宗，但其占全臺發電量的比例也顯著下降；反之，天然氣發電億度與比例則連年上升，這也表示臺灣對燃氣發電的依賴度逐年加深。

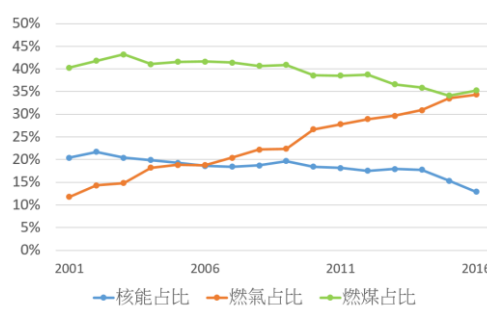


圖 3-1：2001 至 2016 年全臺核能、燃氣、燃煤發電電量占比折線圖（整理自『臺電系統歷年發購電量』）

為了因應非核家園的理念與日益提升的用電需求，汙染較低的燃氣發電將取代燃煤成為臺灣能源的新出路。然而臺灣僅有的兩座接收站分別設於臺中、高雄，反而全臺用電量最高的北部地區，雖有燃氣電廠，卻僅能依賴臺中、永安港接收站來南氣北輸，而兩座接收站目前營運量皆趨於飽和，故設立天然氣接收站成為十分迫切的議題。中油公司為達到政府 2025 年非核家園之目標，決定在北部設立第三天然氣接收站，考量其因距大潭電廠較近、不用額外埋設海管破壞沿海生態、且環評已經通過，可減少流程時間、增加效率，故評估欲在大潭海岸設址。

（二）設址區位考量的評估要素

1、考量設址區位的評估要素：人口密度

由於接收站的建設及後續營運可能會影響當地環境，因此評估選址的要素常以人口密度作為指標。將原定七個可能工址的沿岸人口資料（整理自『社會經濟地理統計資訊網』的 105 年村里人口密度），進行空間統計分析繪製各大工址人口密度面量圖（圖 3-2），可發現其中淡水工址人口密度最高，單位面積影響的人數最多，較不適合開發建港；反之，八里及永安南端工址的人口密度較低，單就人口分布要素判斷，相較於先前評估最佳工址的大潭來得適合開發。

2、考量設址區位的評估要素：輸氣距離成本

不同工址到大潭電廠的距離，將會影響興築海管的成本，透過 GIS 向量資料處理工具的幾何計算（Calculate Geometry）功能，以觀塘工業專用港作為海管



圖 3-2：北部液化天然氣接收站工址人口密度面量圖



圖 3-3：各工址幾何中心至專用港的距離色彩圖

終點，計算各工址幾何中心到專用港的距離（圖 3-3），可判讀其中淡水、八里工址距離最遠，海管長度較長，成本較高；大潭工址距離最近，且無需另接海管，可減少成本支出，依比較利益原則為最佳工址地點。

3、考量設址區位的評估要素：當地重大建設

為了減少接收站設立後可能對當地原有建設及規劃的影響，利用鄰近北部液化天然氣接收站工址之重大建設圖（圖 3-4），可看出僅大園南端工址沒有大型建設，即在該處開發建港後對產業與環境產生的衝擊可以相對較低。

另一方面，大潭工址境內已建設的觀塘工業專用港則有助接收站之設立，且距電廠較近，可減少海管連結到大潭電廠的成本，因此綜合輸氣距離成本與重大建設要素評估，大潭工址開發的成本較低，也有助於當地既有建設的發展。



圖 3-4：鄰近北部液化天然氣接收站工址之重大建設圖

4、考量設址區位的評估要素：地景評估

十九世紀以來，工業化與都市化破壞了許多自然景觀，然而隨著生活水準的提高，人們逐漸意識到景觀維護的必要性，在環境影響評估中也將景觀美質、文化資源等考慮進去。然而在 1994 年《北部液化天然氣接收站港址研選》中，由於當時藻礁尚未為學界熟知，故大潭工址在環境可行性評估中並未參考討論到藻礁地景及日後成立之保護區的特殊性。

近年來，越來越多學者、專家及民間團體為藻礁發聲，試圖讓國人開始重視藻礁的珍貴性。就景觀美質評估的五項原則作為評估要素（生動性、繁雜性、稀少性、統一性與完整性），其中藻礁富含生動性、稀少性及統一性。加上目前已成立觀新藻礁生態系野生動物保護區，若建址在大潭工址或永安北端工址，勢必對鄰近的保護區與周邊藻礁分布造成影響。故考量設址區位地景評估要素下，大潭工址顯然已不再是最適當的地點。

二、藻礁生態保育與天然氣管線開發的衝突與共存

（一）藻礁生態保育對當地的功用

1、藻礁生態保育的價值：生物多樣性

為瞭解藻礁區的生物多樣性，透過實察採樣，使用方型樣框（大小為 30x30 公分）在大潭、白玉藻礁區乾潮時間進行調查，分別紀錄採樣點樣框內的生物數量、GPS 定位座標，並拍照紀錄（圖 3-5），共在大潭樣帶得到 105 個、白玉樣帶得到 90 個樣點資料。將生物多樣性調查得到的資料，輔以 GIS 空間統計的熱點（Getis-Ord Gi*）分析，對實察統計數據的要素進行計算，判讀所得到 z 得分（z-score）和 p 值（p-value），如果要素的 z 得分高且 p 值小，表示有一高值的空間聚類；反之若 z 得分低並為負數且 p 值小，則表示有一低值的空間聚類。z 得分越高（或越低），



圖 3-5：生物多樣性調查

聚類程度就越大；若 z 得分接近於 0，則表示不存在明顯的空間聚類，透過此分析可知調查區內生物數量高值或低值在空間上發生聚類的位置。

將 Getis-Ord G_i^* 量化空間模式的數據進行距離反比加權法 (IDW)，IDW 為空間內插估計最常用的方法之一，利用鄰近採樣點的數據加權，推估目前位置的變數值，加權的方式與距離的次方呈反比，距離越大權數越小，反之距離越近權數越大，以此製作白玉藻礁與大潭藻礁周圍的生物多樣性熱點圖 (圖 3-6、圖 3-7)。

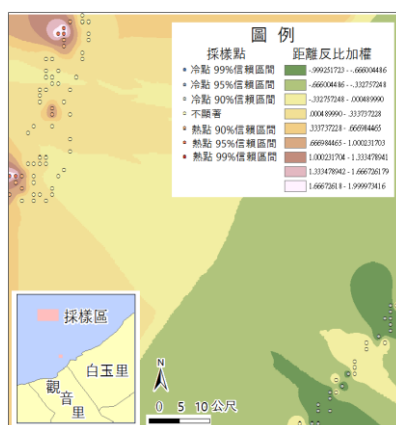


圖 3-6：白玉藻礁生物多樣性熱點圖

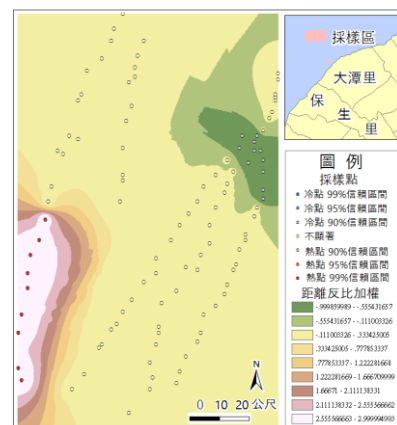


圖 3-7：大潭藻礁生物多樣性熱點圖

綜合判讀兩地生物多樣性熱點圖可發現內陸地區多形成冷點，而藻礁分布範圍的潮間帶則為熱點，推估藻礁提供了多孔隙的環境而有利生物棲息，能在空間上形成顯著聚類，若是人為開發工程進駐於藻礁區，勢必會破壞礁體本身，讓生物喪失原有棲地，使得多樣性隨之下降，凸顯藻礁在生態上的價值。

進一步探討大潭地區的熱點圖，其南端空間上生物有顯著集中的特徵，推論南段海域較接近保護區，而使當地的生物數量仍可成為生態熱點。若是天然氣接收站進駐於大潭藻礁區，勢必讓當地目前的生態熱點遭受人為工程的衝擊，使生物既有聚類的特徵消失，因此欲在此設立接收站仍須謹慎評估。

2、藻礁生態保育的價值：漁業資源

當地的自然環境會影響漁業資源，藻礁帶來的生態系也是影響漁獲的原因之一，根據《桃園藻礁委託研究案期中報告》之數據，比較桃園市內兩大漁港產量 (圖 3-8)，可發現桃園南端的永安漁港產量高於北側的竹圍漁港，輔以藻礁分布狀況探討，近竹圍漁港的北側藻礁生長狀況較差，使之近海漁業產量較少、漁獲較少；近永安漁港的南端藻礁因保護區的設立保存完整，生長狀況較佳，吸引魚類聚集洄游，漁獲較豐。

3、藻礁生態保育的價值：消波

沿海的人工消波塊造價昂貴，且會產生強烈的反射作用進而加速底質流失，只能惡性循環地不斷透過投放消波塊以暫時性解決侵蝕問題。根據『環境資訊中心』外電報導：Filippo Ferrario 博士及其團隊研究發現，珊瑚冠頂是最先讓海浪破碎的地方，能夠削減大部分的海浪能量，且維護珊瑚礁 (珊瑚礁重建計畫) 的費用比人工防波堤便宜了近 20 倍。而藻礁與珊瑚礁同為天然造礁，在乾潮時大片出露的藻礁礁體亦具有消波作用，有助於減緩波浪侵蝕，得以保護海岸線，且不若消

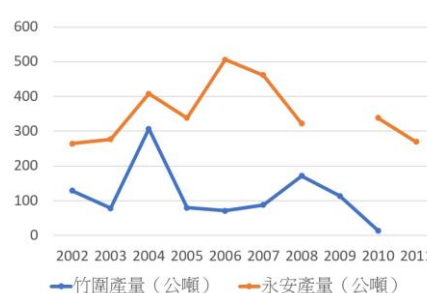


圖 3-8：2002 至 2011 年永安漁港與竹圍漁港產量折線圖 (整理自《桃園藻礁委託研究案期中報告》)

波堤造成海岸地形的改變、破壞地景與高昂花費成本，故可被稱為天然消波塊。

（二）人為開發工程與藻礁保育的權衡

1、天然氣接收站的進駐

接收站設立於大潭工址雖會對藻礁造成不可恢復的傷害，但在綠電發展尚未健全前，燃氣能有效紓解能源需求的急迫性，除能提供北部地區未來產業與民生用電的穩定性，也能為當地帶來就業機會，成為吸引青壯年移往大潭地區的拉力，亦解決年輕人口外流衍生的問題。

2、千年藻礁的永續發展

就工程技術層面來說，興建天然氣接收港於大潭地區可能影響電廠進出水口導流堤的效能，即便其輸氣舒緩了北部供氣需求，但也僅能暫時性的再運轉數年，過程中卻使藻礁永久性毀損，故長遠來看，開發不如保育藻礁為人類提供的生態系服務、藝術欣賞、還有尚未被發掘的生態經濟價值。

聯合國教科文組織透過地質公園的設置，推動生態旅遊，以兼顧當地的環境與經濟保育開發，儘管臺灣非聯合國會員國，行政院農委會也推動將特殊地景劃設為「地質公園」，雖桃園藻礁區尚未劃設為地質公園之一，但其地質遺產深具保護的價值。結合地景保育與地質研究，透過生態旅遊可以強調人與環境間的倫理關係，並以解說教育引導遊客主動學習、體驗生態之美的重要性，用負責任的態度與回饋行為保護當地的生態與地景資源。

地質公園的建設除可兼顧遊憩觀光與地景保育，也能為當地帶來就業機會，促進地方發展，達到環境資源永續利用。拒絕接收站的進駐，強調藻礁的保育，除了維持當地生物多樣性、地景完整性外，亦富含高度存在卻尚未被發掘的生態經濟價值。

3、接收站與藻礁共存的可行性

近年來接收站已提出浮式液化天然氣接收氣化站（FSRU）的概念。FSRU 的優點在於規模小、建設成本相對低、使用上更為靈活、只要有碼頭或是海管便可運輸回陸地，不須另外大規模填海造陸而影響範圍較小，或許可為接收站設立的另一種可行性。

依『墾丁國家公園計畫圖』中評估，將距珊瑚礁海岸 1 公里內的海域劃設為國家公園作為保育範圍的一部分。依此觀點進行 GIS 環域分析，將桃園藻礁區海岸線內外 1 公里的距離作為人為開發工程應該避免的範圍（圖 3-9），以期減少開發對藻礁造成的衝擊。兼若採行 FSRU 的概念，將船停泊在此區域外，可在同時供應大潭電廠天然氣的前提下，降低對藻礁的破壞程度。



圖 3-9：桃園藻礁區海岸線開發緩衝區環域範圍

由於 1999 年觀塘工業區（港）的環評已經通過，對中油來說設址於此直接開工，可減少許多申請流程的時間，而達到 2020 年的供氣目標。然而昔日的環

評並未將藻礁納入評估因子，加上中油曾提及若是大潭工址位於藻礁保護區內，接收站便會另找替代方案，代表尚有其他未分布藻礁的替代工址可供選擇，如欲兼顧生態的完整性與天然氣接收站的設立，遷址另建或許為另一可行的方案。

但無論是追求環境保育——藻礁的永續發展，亦或並存接收站與藻礁的方案，透過「節能」觀念的宣導與落實、降低非必要的用電消耗、並研發新興替代能源，才能真正減少能源議題造成環境開發與保育的爭議。

第四章 結語與建議

一、結語

本研究透過資料的蒐集與整理，佐以 GIS 進行查詢、地勢、疊圖、空間統計與環域分析，探討桃園地區藻礁與接收站設立的地理議題。結論如下：

（一）桃園地區因昔日古石門溪沖積的堅硬底質岩層、漂沙活動使之海域水質濁度偏高、相對同緯度地區海溫偏低，而化育出全臺最大的藻礁生態系，其中南段礁群富生物多樣性，並仍在持續造礁中，是十分珍貴的地景與生態資源。

（二）桃園藻礁受到工業與家庭廢水的汙染、加上突堤效應導致漂砂覆蓋礁體孔隙，進而波及沿海生態。人為工程的開挖如填海造陸、埋設管線甚至直接破壞礁體本身，將導致難以恢復的影響，此並非能通過中油公司闡言異地補償之概念可進行的生態補償。

（三）因應非核與減碳的理念，燃氣發電成為過渡主流能源，在設廠必需性的前提下，考慮重大建設與距專用港距離，設港於大潭工址較佳；考量人口密度要素，則八里和永安南端工址區位較好；但依景觀美質評估來說，近年才逐漸被重視的藻礁地景資源，使得大潭與永安北端工址已不若昔日報告評估中來的適合建港。

（四）六輕原擬定進駐宜蘭，希冀開發同時也提供宜蘭就業機會、帶動經濟發展，但當時居民與地方政府極力反對，以悖離當地農業、觀光、輕工業的產業策略為由，終使六輕移往雲林麥寮，而讓宜蘭能繼續保有今日生態、優質生活產業等協調的人地關係。以宜蘭作為借鏡，追求環境保育亦具高度的生態經濟價值，故藻礁的保育應有其必要性。

（五）欲兼顧接收站開發設立與桃園藻礁共存的可行性中，可利用環域分析劃設緩衝區，兼採浮式接收站的方法，降低對沿岸地形的影響。或重新進行選址評估在他處設港，而在供給足夠的能源下，亦保留藻礁地景資源給下一代。但無論何種方案，落實節能的環境教育，才能真正減少能源議題造成環境開發與保育的爭議。

二、建議

受限於高解析度海岸地形的 DEM 難以取得，僅能仰賴 NOAA 的 ETOPO1 數值水深地形資料，但其解析度相當於 1.667 公里，難以精確的進行地勢分析模擬出藻礁可能分布地。且鑲嵌而成的衛星影像 WMTS 圖磚資源拍攝時間非乾潮時段，亦無法將地勢分析的結果輔以影像判讀，數化出精確的藻礁分布範圍。

參考文獻

- 李永展、伏嘉捷、王塗發、李欣哲、劉志堅、鄭益明、王俊秀（2000），臺灣現況，看守臺灣研究中心，189 頁。
- 陳錦嫻、黃國展（2007），GIS 與空間決策分析 ArcGIS 入門與進階，新文京開發出版股份有限公司，576 頁。
- 戴昌鳳、王士偉、張睿昇、鄭安怡（2009），桃園觀音藻礁生態解說手冊，台灣中油股份有限公司液化天然氣工程處，97 頁。
- 戴昌鳳（2011），臺灣珊瑚礁地圖（上）臺灣本島篇，臺北：天下遠見出版股份有限公司，頁 42-43。
- 潘忠政（2013），藻礁媽媽，桃園縣政府文化局，43 頁。
- 劉靜榆（2013），珍愛·桃園藻礁，行政院農委會特有生物研究保育中心，231 頁。
- 戴昌鳳等（2014），臺灣區域海洋學，國立臺灣大學出版中心，頁 273、289-296。
- 王士偉（1997），“找礁 藻礁 找藻礁”，國立自然科學博物館館訊第 275 期，頁 1-8。
- 許民陽（2002），“臺灣西北海岸的藻礁”，地質 Ti-Chih 第 31 卷第一期。頁 64-73。
- 林宗政（2008），“臺灣西部海岸隱藏的珠寶——珍貴稀有的藻礁地形”，自然保育季刊第 58 期，頁 70-74。
- 劉靜榆（2012），“搶救臺灣藻礁——消失中的生命聚寶盆”，農委會特有生物研究保育中心，頁 1-44。
- 湯曉虞、劉靜榆（2008），“錯失良機 桃園觀音藻礁海岸之危機與轉機”，大自然第 98 期，頁 24-31。
- 劉靜榆（2016），“走進藻礁海岸的時光隧道”，自然保育季刊第 95 期，頁 10-19。
- 劉光哲（2016），“潔淨能源新發展——液化天然氣的海上之路”，能源報導 2016：Nov，頁 34-35。
- 何榮峰（1990），“中油液化天然氣接收站對永安鄉社會影響之研究”，國立成功大學碩士論文，140 頁。
- 許勝田、王志成、潘文炎、廖東林（1994），“北部液化天然氣接收站港址研選”，中華民國第十六屆海洋工程研討會論文集，頁 261-272。
- 王士偉、戴昌鳳、謝凱旋（2008），“桃園地區全新世礁灰岩之地質調查”，第 5 屆臺灣地層研討會論文集，頁 150。
- 臺灣濕地協會（2013），“桃園藻礁委託研究案期中報告”，桃園縣政府農業發展局，399 頁。

Using Spatial Analyst , ESRI Developer Network ,
http://opencourse.ndhu.edu.tw/pluginfile.php/341/mod_resource/content/0/Using_ArcGIS_Spatial_Analyst.pdf , (最後搜尋時間：2017.07.23)

Geoprocessing overlay tools poster , ESRI Developer Network ,
http://resources.esri.com/help/9.3/arcgisengine/java/gp_toolref/analysis_toolbox/Geoprocessing_overlay_tools_poster.pdf , (最後搜尋時間：2017.07.23) 。

墾丁國家公園計畫圖 , 墾丁國家公園管理處全球資訊網 ,
<http://www.ktnp.gov.tw/cp.aspx?n=E611B38FE00C641B> (最後搜尋時間：2017.07.22)

美國國家海洋暨大氣總署 (NOAA) , <http://www.noaa.gov/> , (最後搜尋時間：2017.07.23)

行政院農業委員會水產試驗所 ,
<http://www.tfrin.gov.tw/ct.asp?xItem=283362&ctNode=1228&mp=1> , (最後搜尋時間：2017.07.23)

行政院環保署 2010 年河川水質歷史資料 ,
<http://wq.epa.gov.tw/Code/Report/DownloadList.aspx> (最後搜尋時間：2017.07.21)

研究量化珊瑚礁價值 比修防波堤有效又省錢 , 環境資訊中心 ,
<http://e-info.org.tw/node/99715> , (最後搜尋時間：2017.07.21)

中油天然氣站恐毀千年藻礁 學者籲保留珍貴古氣候線索 , 環境資訊中心 ,
<http://e-info.org.tw/node/201420> , (最後搜尋時間：2017.07.23)

臺灣是海洋生物多樣性之島 , 國家地理雜誌中文版 ,
<http://www.natgeomedia.com/news/ngnews/12596> , (最後搜尋時間：2017.07.23)

中油天然氣接收站遭台電「吐槽」 不改設計只能供電 10 年 , 蘋果即時新聞 ,
http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/new/20170605/1133446/?utm_source=FB&utm_medium=MWeb_Share&utm_campaign=http%3A%2F%2Fwww.apple.com.tw%2Frealtime%2Farticle%2Fnew%2F20170605%2F1133446%2F ,
(最後搜尋時間：2017.07.23) (最後搜尋時間：2017.07.23)

附錄

附件一：生物多樣性調查

調查地點：大潭與白玉藻礁潮間帶

調查時間：7 月 22 日下午低潮時間 15：52（大潮）

大潭藻礁區							
X	Y	Height(m)	生物數	X	Y	Height(m)	生物數
254962	2769986	9	0	254918	2769993	4	3
254963	2769990	7	2	254918	2770005	3	5
254962	2769995	7	2	254919	2770011	2	4
254964	2770001	5	1	254921	2770020	1	10
254965	2770005	17	4	254921	2770025	1	3
254965	2770007	31	2	254922	2770031	1	3
254966	2770015	27	1	254925	2770036	1	5
254971	2770019	25	3	254927	2770043	1	4
254974	2770027	25	6	254928	2770049	0	7
254978	2770026	25	1	254929	2770054	3	6
254979	2770031	24	4	254931	2770066	1	4
254982	2770035	23	3	254933	2770065	1	3
254982	2770041	23	0	254938	2770070	2	4
254984	2770047	22	1	254935	2770071	1	3
254987	2770052	20	3	254938	2770083	2	5
254988	2770055	20	1	254939	2770085	2	8
254990	2770059	18	2	254941	2770093	2	2
254995	2770062	19	0	254946	2770097	2	7
254997	2770066	18	5	254949	2770103	2	5
254997	2770069	18	6	254950	2770107	2	2
254993	2770071	16	1	254953	2770112	2	9
254992	2770067	16	1	254971	2769988	68	1
254988	2770063	15	4	254972	2769992	57	0
254984	2770058	16	1	254974	2769997	55	3
254980	2770054	14	1	254978	2770002	47	1
254978	2770049	12	3	254979	2770005	40	3
254975	2770045	12	4	254980	2770011	39	2
254972	2770041	12	10	254984	2770014	35	4
254969	2770036	11	2	254987	2770018	31	3
254964	2770030	11	4	254988	2770021	28	1
254964	2770025	10	4	254990	2770026	26	1
254960	2770022	9	4	254991	2770028	25	1
254956	2770016	9	7	254992	2770033	25	2
254953	2770012	9	2	254994	2770036	23	1

大潭藻礁區							
X	Y	Height(m)	生物數	X	Y	Height(m)	生物數
254951	2770008	8	4	254994	2770038	20	3
254949	2770006	7	3	254997	2770044	20	3
254946	2770001	7	3	254998	2770047	19	1
254945	2770000	7	5	255000	2770050	19	1
254940	2769991	6	6	255000	2770053	17	2
254936	2769986	6	6	255000	2770059	16	1
254951	2769973	5	2	255000	2770063	14	5
254955	2769978	5	3	254999	2770066	15	0
254919	2769989	4	2	254998	2770071	13	1
255003	2770079	9	1	255000	2770073	10	2
255004	2770083	8	2	255002	2770077	12	1
255004	2770084	10	3	254954	2770076	1	2
255004	2770085	9	2	254956	2770081	2	1
255005	2770090	8	3	254955	2770089	2	2
255005	2770092	6	2	254957	2770091	2	1
254952	2770049	4	4	254957	2770094	1	1
254953	2770056	2	0	254958	2770098	2	1
254953	2770058	4	2	254960	2770103	1	2
254953	2770067	4	0				
白玉藻礁區							
X	Y	Height(m)	生物數	X	Y	Height(m)	生物數
257497	2771246	59	2	257541	2771209	1	0
257498	2771247	61	2	257540	2771209	1	0
257498	2771248	56	3	257539	2771210	1	0
257499	2771250	53	1	257541	2771210	1	0
257500	2771251	50	2	257542	2771210	1	0
257501	2771254	45	2	257542	2771212	1	0
257501	2771256	37	7	257542	2771213	1	0
257501	2771260	34	9	257542	2771212	1	0
257500	2771262	32	6	257544	2771212	1	0
257501	2771264	30	3	257544	2771214	1	0
257502	2771266	27	4	257544	2771215	1	0
257503	2771269	25	3	257545	2771215	1	0
257503	2771270	25	6	257546	2771216	1	0

白玉藻礁區							
X	Y	Height(m)	生物數	X	Y	Height(m)	生物數
257504	2771272	23	4	257545	2771217	1	0
257504	2771273	22	7	257547	2771218	1	0
257504	2771275	19	2	257548	2771218	1	0
257503	2771275	18	6	257548	2771219	1	0
257503	2771276	17	3	257548	2771220	1	0
257503	2771275	15	5	257550	2771222	1	0
257501	2771275	13	10	257550	2771223	1	0
257500	2771274	12	3	257552	2771224	1	0
257500	2771273	12	17	257553	2771223	1	0
257500	2771272	10	3	257554	2771225	1	0
257499	2771273	9	8	257553	2771227	1	0
257500	2771271	7	7	257554	2771228	1	0
257498	2771269	8	1	257554	2771227	1	0
257497	2771269	6	3	257554	2771226	1	0
257499	2771267	6	4	257554	2771229	1	0
257498	2771266	6	7	257555	2771229	1	0
257497	2771267	6	9	257558	2771226	1	0
257499	2771265	6	0	257497	2771252	2	2
257498	2771265	6	0	257495	2771252	2	0
257497	2771266	4	2	257494	2771252	2	3
257497	2771264	4	0	257492	2771250	2	8
257496	2771263	4	7	257493	2771250	2	10
257496	2771264	4	4	257495	2771250	2	0
257496	2771262	4	10	257495	2771249	2	0
257498	2771260	4	2	257492	2771249	2	12
257498	2771261	4	8	257491	2771250	2	7
257498	2771258	4	8	257496	2771247	2	0
257495	2771258	4	1	257495	2771247	2	5
257494	2771257	4	9	257493	2771248	2	13
257497	2771253	3	4	257495	2771246	2	8
257496	2771253	2	3	257493	2771246	2	2
257496	2771252	2	9	257491	2771247	2	0