

出國報告（出國類別：考察）

韓國淨零永續城鄉發展

服務機關：國家發展委員會等

姓名職稱：林副處長鐘榮等 8 人

派赴國家：韓國

出國期間：113 年 12 月 10 日至 12 月 14 日

報告日期：114 年 3 月

摘 要

為呼應全球淨零趨勢，我國政府刻正依循臺灣國家希望工程政策目標，積極推動綠能發展，未來將建構智慧共享之多元綠能，引導產業低碳轉型、發展綠色製造及循環經濟。花東及離島雖為偏遠地區，惟具備豐沛之觀光，以及太陽能、風能、地熱能、洋流能等資源，且已初步發展再生能源模式。

韓國，在 2022 年 3 月正式通過「應對氣候危機的碳中和綠色成長基本法」，在推動淨零排放已具相當成效，其中，濟州島相關再生能源發展業臻成熟，地方政府並據以提出 2035 年達成無碳島願景，相關再生能源設備、商業化模式已具成效，爰本次考察以濟州島為標的，考察其推動淨零政策之推展經驗，並安排拜會相關機關團體，作為花東及離島永續發展政策規劃之重要參考，提出下列建議：

- 一、推動多元能源發展：推動氫氣及綠氨等多元能源發展，促進能源轉型，達成 2050 淨零排放目標。
- 二、再生能源產業多角化策略：透過公私協力，結合觀光、產業等不同面向，達到多贏效益，並透過能源場站優化，帶動地方永續發展。
- 三、綠色能源產業國產化或在地化：推動能源相關技術及設備國產化，除促進產業升級，並可創造在地就業機會。
- 四、擇定示範地區漸進式推廣公共運輸自動駕駛系統：優先擇定交通量少、環境單純之示範地區，逐步調整推動公共運輸自動駕駛策略。
- 五、公私協力建構觀光休憩環境：參考濟州島偶來小徑模式，透過在地居民參與，於花東及離島地區推動低碳綠色觀光。

韓國淨零永續城鄉發展 出國報告 目 次

壹、目的.....	4
貳、過程.....	6
一、考察行程.....	6
二、考察紀要.....	7
(一) 耽羅離岸風場 탐라해상풍력단지.....	7
(二) 濟州特別自治道廳 제주특별자치도청도청.....	11
(三) 偶來基金會 제주올레.....	14
(四) CFI (零碳島) 能源未來館 CFI 에너지미래관.....	18
(五) 咸德綠氫充電站 함덕수소충전소.....	22
(六) 濟州能源公社 제주에너지공사.....	25
(七) Rideflux 自動駕駛巴士.....	32
(八) 濟州研究院 제주연구원.....	35
參、心得及建議事項.....	50
一、心得.....	50
二、建議.....	52
肆、參考文獻.....	54

韓國淨零永續城鄉發展 出國報告

壹、目的

一、緣起與目的

為回應全球淨零趨勢，我國政府於 2021 年 4 月 22 日世界地球日宣示，臺灣將以 2050 年達成淨零排放為目標。隨後，國家發展委員會（以下稱本會）於 2022 年 3 月公佈「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，提出「能源轉型」、「產業轉型」、「生活轉型」、「社會轉型」等四大轉型，以及「科技研發」、「氣候法制」兩大治理基礎，輔以「十二項關鍵戰略」，就能源、產業、生活轉型政策預期增長的重要領域制定行動計畫，落實淨零轉型目標，以促進技術創新，引導產業綠色轉型，帶動經濟成長。

根據彭博新能源財經（Bloomberg New Energy Finance, BNEF）發布之 2024 年「G20 國家零碳政策評比」（G20 Zero Carbon Policy Scoreboard），韓國是少數進入排名前四分之一的亞洲國家，除制定 2050 年淨零排放目標，並在再生能源及儲能設備方面採取相關積極措施。

韓國於 2022 年 3 月正式通過《碳中和綠色成長基本法》，明確規範 2030 年國家溫室氣體減排目標為較 2018 年排放量減少 35% 以上，並於 2050 年實現碳中和¹。此外，韓國政府亦宣佈「碳中和綠色成長推動戰略」，透過導入無碳能源、重組能源結構、利用資訊通訊技術提升能源效率、建立區域主導之碳中和執行系統，以及跨部會協作等措施，積極推動碳中和目標之實現。

濟州島於 2012 年宣佈「2030 無碳島」（Carbon-Free Island, CFI）願景，致力於推動以再生能源供電，並推廣電動交通工具，促使濟州島之再生能源佔比顯著提升，高於韓國整體平均水準。在 2021 年第 26 屆聯合國氣候變遷大

¹碳中和（carbon neutrality，NET ZERO）係指盡可能減少人類活動所產生的溫室氣體排放（正面因素），並透過森林吸收或碳捕獲、利用與封存（Carbon Capture Utilisation and Storage, CCUS）（負面因素）清除剩餘排放，有效地將淨排放量降至零。

會（COP26）上，濟州島因此獲得最佳合作夥伴獎 P4G（Partnering for Green Growth and the Global Goals 2030），彰顯其在推動碳中和方面之領先地位。2024 年濟州公佈「2035 無碳島」，設定 2035 年達到碳中和之目標，將較南韓政府之計畫提早 15 年實現。

考量花東及離島地區之產業結構係以服務業及農林漁牧業為主，與濟州島相似，且淨零排放為政府政策推動重點，因此前往韓國濟州島實地考察其碳中和政策規劃、推動機制及發展經驗，期協助花東及離島地區朝淨零排放目標邁進。

二、參加人員

本考察團參加人員包括本會國土區域離島發展處林副處長鐘榮、張科長鎮修、陳科長玉嬌、陳技正孝雯、韓專員孟志、何技正佑華、劉視察彥聖及徐科員韻涵等 8 人。

貳、過程

一、考察行程

行程自 113 年 12 月 10 日至 12 月 14 日共 5 天，內容如次：

日期	預訂行程	行程內容	接待人員
12/10 (二)	在途/ 考察	1.啟程/抵韓 (桃園機場 TPE-濟州機場 CJU) 2.拜會耽羅離岸風電場 탐라해상풍력단지。	●이성호 본부장 Lee, Seong ho 本部長 (The Director Of The Headquarters)
12/11 (三)	考察	1.拜會濟州特別自治道廳 제주특별자치도청도청。 2.拜會偶來基金會 제주올레。	●김철성 팀장 Kim, Chul-sung 組長 (Team Leader) ●안은주 대표이사 Ahn, Eun Joo 執行長 (CEO)
12/12 (四)	考察	1.參訪 CFI (零碳島) 能源未來館 CFI 에너지미래관。 2.參訪咸德綠氫充電站 함덕수소충전소 3.拜會濟州能源公社 제주에너지공사。	●양성준 처장 Yang, Sung Jun 處長
12/13 (五)	考察	1.參訪 Rideflux 自動駕駛巴士 탐라자율차。 2.參訪濟州研究院 제주연구원。	●양덕순 원장 Yang, Duk Soon 院長
12/14 (六)	在途	返程/抵台 (濟州機場 CJU-桃園機場 TPE)	

二、考察紀要

(一) 耽羅離岸風場 탐라해상풍력단지

1. 濟州耽羅離岸風場(제주도 탐라해상풍력발전단지, Jeju Tamra offshore wind farm, 以下稱風場)位於濟州島西北方, 當地平均風速每秒約 7.6 公尺, 水深約 16~20 公尺; 為韓國首個, 且最大之商業性離岸風場, 每年生產電力可供 24,000 戶濟州島家庭使用(約佔濟州島所有家庭之 8.5%), 成功吸引私人投資, 近期利用風力發電剩餘電力及電動車電池, 於海上風力發電機上安裝燈光, 開發為當地夜間旅遊景點。
2. 風場於 2006 年 8 月獲得興建許可, 惟當時韓國境內尚未有離岸風場建設之前例, 當地居民擔心附近海域魚類資源減少, 以及發電時產生之噪音影響生活, 因此強烈反對。為取得當地居民之同意及信任, 公司與居民溝通近 9 年, 於 2015 年 4 月才開始動工, 製造商為韓國斗山能源有限公司(Doosan Enerbility, 原名斗山重工, 以下稱斗山公司), 並至 2017 年 9 月完成安裝(施工期約 30 個月), 開始營運。
3. 風場面積佔水域約 81,062 平方公尺(約 11.4 個足球場大), 水面上共安裝 10 台 3 兆瓦(MW)容量之海上風力發電機, 距離陸地距離約 500 至 1,200 公尺, 每台發電機立柱高 80 公尺, 葉片長度 65 公尺, 機翼設



圖 1 耽羅離岸風力發電基地(無碳島濟州 2030 項目)

圖片來源: 翻譯自耽羅離岸風力發電有限公司(탐라해상풍력발전(주))網頁

計為在風速超過每秒 3m 時旋轉，並在風速超過 25m（約 10 級風以上）時，為避免風太強造成風機損壞而停止運轉。工程總成本為 1,650 億韓元，其中 80% 係由斗山公司以融資貸款方式取得。

4. 營運績效

廠區由「耽羅離岸風電有限公司」（탐라해상풍력발전(주), Tamra offshore wind power，以下稱耽羅公司）營運，營運期間為完工後 20 年（2018 年 1 月至 2037 年 12 月），自營運迄今 7 年，平均開工率²（operation rate）約 97.6%，平均容量因數（capacity factor）約 28.3%，高於計畫原定目標開工率 95%，並接近目標利用率 28.9%。

表 1 自 2017 年起耽羅離岸風場開工率及容量因數

年 (目標)	供應電力 (MWh) (76,013)	開工率 (%) (95)	容量因數 (%) (28.9)
第 1 年	86,048.8	99.7	32.7
第 2 年	76,991.5	99.9	29.3
第 3 年	80,773.3	99.0	30.7
第 4 年	68,020.9	97.2	25.9
第 5 年	72,565.4	98.3	27.6
第 6 年	73,491.4	95.1	28.0
第 7 年	62,875.7	94.2	23.9
平均	74,395.3	97.6	28.3

資料來源：탐라해상풍력단지，2024。

5. 耽羅離岸風場的推動意義

- (1) 韓國第一個離岸風電建設項目：風場是韓國首個商業化營運之離岸風力發電項目，具有韓國在離岸風電領域開端之指標意義。

²開工率係根據設備是否運作而定之正常開工率，如因雷電等天氣影響，或因維護等原因而停止運行，開工率則會下降；至容量因數，依經濟部資料顯示，為平均全年產能利用率，如核能機組扣除歲修時間可 24 小時穩定供電，其容量因數可達 90% 以上，另風力及太陽能易受天候因素影響，無風或無陽光時無法發電。以耽羅離岸風電為例，其發電量為 30MW，倘每小時發電量為 30MW，則該小時之利用率為 100%。

- (2) 實現離岸風電技術 100%國產化：該項目採用韓國國內研發、製造及安裝之風力發電技術與設備，強化韓國離岸風電技術之自主發展性。
- (3) 促進地方經濟發展及創造就業機會：耽羅離岸風場之建設與營運為濟州島帶來經濟效益、創造新就業機會，並促進當地相關產業及觀光發展。

6. 對海洋生態系之影響

依據考察時耽羅公司之簡報說明及會場提供資料顯示，風場自 2019 年以來，該公司持續對當地海洋生態進行監測，發現魚群量增加，且不影響海豚棲息地，惟該結果後續仍須透過長期監測驗證與確認。

- (1) 魚群數量增加：施工期間魚群確實變少，惟工程完成後，推測因離岸風電機組之基座產生人工魚礁功能，附著很多海草及貝殼，提供眾多海洋生物棲息地，並吸引魚群覓食及遊憩，魚群數量相較過去增加 3 倍以上，從而增加當地魚類之數量和多樣性，有利於風力發電與漁業共存。
- (2) 海豚棲息地不受影響：周邊居民對風力發電產生之噪音及輻射有所疑慮，惟當地海域仍經常看到海豚群蹤跡，因此，該公司推測風力發電未影響海豚之生存。

7. 對社區的回饋

- (1) 景觀燈安裝：風場刻藉由旅遊業實現「地方共存」之目標。2024 年 3 月在風力發電機機翼及支柱上安裝景觀照明燈（廢棄電動汽車電池及儲能系統 ESS），於夜晚閃爍各色燈光 2 小時，將其打造成當地夜間旅遊景點，透過社群媒體宣傳，吸引遊客走訪，活絡周邊觀光與商業行為，增加社區居民之額外收入，耽羅公司提到，景觀照明燈係透過專業人員審慎評估設置角度、亮度等，不會影響飛機之起降。
- (2) 舉辦活動：每年舉辦當地節慶活動，如海鮮節、風節或淨灘活動等，藉以提升地方知名度與獨特性及自明性，形塑地區居民之榮譽感。

- (3) 鄰里關係維護：常與村里互動溝通，瞭解村長及碼頭管理人等關鍵利害關係人之意見與需求，以及協助解決鄰里一般性庶務問題，促進敦親睦鄰之友好及地方融合關係。



圖 2 耽羅離岸風場監控室內、外景
圖片來源：本報告拍攝，2024。

(二) 濟州特別自治道廳 제주특별자치도청도청

濟州島提出 2035 淨零排放之目標，將較南韓政府之計畫提早 15 年實現。當地設置 1 座綠氫生產基地，生產之氫氣供巴士及轎車使用，濟州島還進一步將基礎電力轉換為綠氫，廣泛地應用在住宅用能源、農地等領域，同時擴充生產設施及充電站，實現「無碳之島」之夢想。

1. 濟州島過去 10 年發展成果：在韓國全國之再生能源發電比例最高，佔 19.2%。再生能源設施比例佔 48.7%；電動車比例 9.6%（截至 2023 年 12 月，共約 39,393 輛電動車），並成立濟州能源公司、濟州大學風力發電研究所，培育相關人才。
2. 惟再生能源擴張造成限電逐年增加³，爰引進分散式能源⁴，以創新能源供應系統。濟州島針對再生能源進行能源生產、轉換及管理，除本身需求，並能滿足附近地區之能源需求，兼具智慧生產、消費和交易再生能源政策，臺灣再生能源雖尚無過多之虞，惟未來花東、離島地區推動再生能源政策應引以為借鏡。
3. 濟州島專業電力生產消費模式—VPP（虛擬電廠）：因濟州島分散許多小型發電公司，造成電力系統不穩定，調度產生問題，爰透過虛擬電廠，利用 ICT，控制及交易小型分散式能源，如次頁圖三、四所示。

³濟州島上之太陽能、風力發電設備生產超出當地所需電力（電力過剩），造成電網超過負荷，迫使部分發電機組須停用，且停用次數持續增加，反造成經濟損失。據朝鮮日報資料顯示，濟州島電力過剩，導致發電停運之情形逐年增加，2015 年僅停機 3 次，2019、2020 年分別增加至 46、77 次。另為處理過剩電力，需有大容量儲能裝置（ESS），或可以向其他地區輸送電力之輸配電網，惟當地該等基礎設施嚴重不足，倘將剩餘電力輸送到陸地，鋪設海底電網需投入 4,000-5,000 億韓元（約 90-113 億元台幣）。

⁴ 分散式能源係指在需要能源之地區附近，生產及儲存能源，並解決剩餘電力問題之資源。

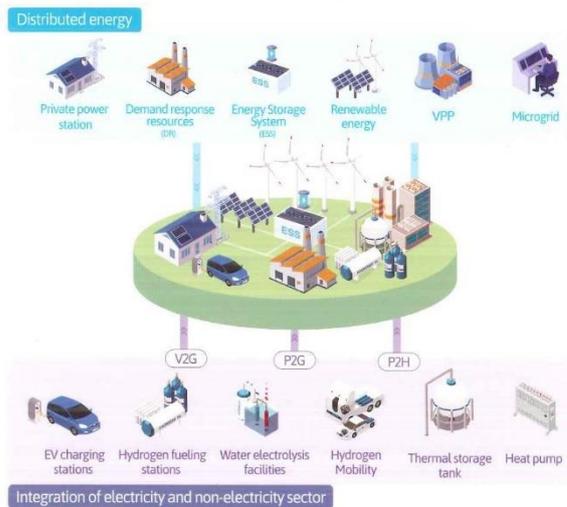


圖 3 分散式能源示意圖



圖 4 虛擬電廠結構圖

資料來源：Jeju Special Self-Governing Province (2024)。

4. 分散式能源利用方式：透過 P2H（電熱轉換）和 P2G（電力轉燃氣）等 2 種或多種不同類型技術，實現最佳化電力需求，以及供應平台。
 - (1) 再生能源限電期間使用熱泵與儲熱罐進行電熱轉換（P2H）。
 - (2) 藍色電池：使用海水之環保電力存儲。
 - (3) 綠氢能儲存與利用-P2G（電力轉燃氣）：綠氫係利用風力或太陽能等再生能源電解水製成之氫氣，因生產過程中無碳排放，爰又稱為終極潔淨能源。
 - (4) 使用可重複利用之行動電池進行電力儲存。
5. 2035 年目標：減少溫室氣體排放 474 萬噸、再生能源發電設施 7GW（或更高）、綠氫每年 6 萬噸以上、基礎發電（再生能源+氫氣）100% 轉化。
6. 期望達到效果：
 - (1) 濟州島專用電費單適用於分散式能源專用區域。
 - (2) 利用 VPP 活動促進再生能源積極利用，並提高效率。
 - (3) 利用價格實惠之再生能源，實現 RE100⁵。

⁵ RE100 指「100%再生能源」，係由氣候組織（The Climate Group）及碳揭露計畫（Carbon Disclosure Project, CDP）所提出之國際再生能源倡議，呼籲各國企業共同守護自然環境，採用百分百綠電生產，減少碳排放及環境污染，解決未來燃料缺乏與氣候變遷等問題，讓企業能夠永續經營。自 2015 年成立迄今，全球響應 RE100 企業已逾 400 家，包括 Apple、Google、Microsoft 等公司，會員國共生產 1,520 億度以上之綠電，綠電採用率成長 1 倍。



圖 5 濟州島能源設施分布圖

圖片來源：本報告拍攝，2024。



圖 6 本會代表與濟州特別自治道廳意見交流

圖片來源：本報告拍攝，2024。

(三) 偶來基金會 제주올레

1. 偶來基金會 (Jeju Olle Foundation) 成立於 2007 年，致力於推廣濟州島之徒步旅行文化。基金會之主要業務項目為打造和維護濟洲偶來小徑 (Olle Trail，以下稱偶來小徑)，規劃一系列環繞濟州島之徒步路線、打造一條可「一起玩耍、休息、徒步」之步道。
2. 偶來小徑
 - (1) 偶來小徑為濟州島上一系列徒步路線之統稱，總長度超過 437 公里，包含 27 條主要路線，其中 23 條路位於本島、4 條路線在鄰近小島，以及幾條分支路線。該等路線穿越濟州島之海岸線、小山丘、森林、鄉村及火山地形，僅能透過徒步旅行方能體驗到之自然環境、文化歷史及人文景觀。



圖 7 濟州偶來小徑圖

資料來源：Jeju Olle Foundation、Korea Tourism Organization (2022)。

- (2) 偶來中心：偶來基金會在每條路線設置有 Jeju Olle Information Center 或 Jeju Olle Information Kiosk，可透過該等中心獲得相關協助，如護照、路線指引、紀念品及諸如飲用水、照相服務、路線資訊等。

(3) 特色

- A. 文化體驗：偶來小徑串接不同的聚落，讓遊客藉由徒步行走之際，同時可體驗濟州之生活方式及傳統文化。
- B. 標誌系統：路徑上皆有明確之標示系統，藍色、黃色明顯之箭頭標誌，以及代表小馬的藍/橘色絲帶，讓遊客輕鬆辨識路徑方向。
- C. 低影響旅遊：基金會倡導對環境低度影響之慢旅遊方式，鼓勵旅客放慢腳步，並與自然融合。
- D. 濟州偶來路線 21 路線之起點與終點皆為大眾運輸可到達之地方，可及性高。



圖 8 偶來小徑指標

圖片來源：本報告拍攝，2024。

- (4) 友誼步道：偶來基金會透過「友誼步道」(Friendship Trail) 計畫，與其他有徒步路線規劃之國家建立合作關係，促進國際間文化交流。自 2007 年基金會成立以來迄 2021 年，偶來步道已與 11 個國家，共建立 16 條友誼步道，並擁有 3 條姊妹徑（包括九州偶來、宮城偶來及蒙古偶來）。其中，臺灣在 2017 年，由客家委員會與千里步道協會共同合作，以「樟之細路國家綠道」之鳴鳳古道與偶來第 15 號小路締結為友誼步道，並於 2019 年完成互設指標，承諾未來將持續互訪，並於媒體平台合作推廣。

- (5) 自 2010 年開始，每年秋季在濟州偶來小徑皆會舉行 3 天之慶典活動，提供當地居民、志工及表演者多元文藝表演及地區美食。
3. 偶來基金會組織架構（主要工作者大約 20 位，另有法人工作者大約 45 位）：
 - (1) 步道分部：負責管理及維護濟州偶來小徑。
 - (2) 企劃科：募款、教育（包括濟州偶來學院、路線嚮導計畫、路線調查計畫）、規劃（清潔偶來小徑、海洋垃圾收集活動、資源回收活動等）。
 - (3) 行銷及公關部：專責「濟州偶來」內容開發、公關、出版等事宜。
 - (4) 財務行政部：負責濟州偶來之人力資源、勞工、總務、會計等事項。
 - (5) 品牌管理事業部：強化濟州偶來作為徒步旅行先驅之地位，並帶頭維護濟州當地之價值觀與環境。
4. 「濟州偶來步道」為公私協助之典範，由民間團體－濟州偶來基金會（Jeju Olle Foundation）與政府協力維護及管理。偶來基金會推動偶來步道之始，政府機關並不關注，慢慢出名氣之後，地方政府開始予以補助。透過政府挹注經費預算及提供行政管理支持，並設置基礎設施－服務中心與基礎設施（如洗手間、安全圍欄），並為企業提供支援金（企業及個人之贊助額約每年 10 億韓元）；而基金會則負責企劃、提案、營運與執行，持續開發能夠活用地區資源之商品與活動，除具廣告效益，並可達到 ESG 指標項目，且具節稅功能。
5. 居民合作參與方式，包括居民自願參加，幫忙垃圾清理或簡單之協助工作；協助導覽，包括收費，或自發性義務導覽。
6. 據偶來基金會統計資料顯示，偶來小徑每年約 60-70 萬人參訪，其中外國遊客約佔 10%，總體經濟效益約 3,600 億韓元，且偶來市場每年

約有 30%之增長銷售額。



圖 9 偶來小徑住宿大廳



圖 10 偶來市場

圖片來源：本報告拍攝，2024。



圖 11 偶來小徑紀念品販售中心



圖 12 與偶來基金會合影

圖片來源：本報告拍攝，2024。

(四) CFI (零碳島) 能源未來館 CFI 에너지미래관

1. CFI (零碳島) 能源未來館 (以下稱未來館) 致力於展示及推廣可再生能源技術與應用之展覽館，主要係透過教育與互動展示，提升公眾對於綠色能源之認識與支持，為可直接體驗濟州島倡導「零碳島」之科技與複合文化空間，該館自 2010 年 5 月 19 日開幕營運。
2. 主要願景：
 - (1) 推廣可再生能源技術，提升公眾環保意識。
 - (2) 提出因應氣候危機，100%環保能源轉型，以及第 4 次工業革命之領先模式。
3. 主要功能：交流能源政策與技術訊息，期實現「濟州島成為無碳島」。
4. 展示內容：能源未來館內設有多個展區，展示各種可再生能源技術，包括太陽能、風能、地熱能和海洋能等。該等展區透過互動展示與實驗，讓參觀者能夠親身體驗與瞭解該等技術之運作原理與應用前景。
5. 教育與互動：館內設有教育體驗區，提供各種環保與能源相關之教育活動及講座，旨在提高公眾之環保意識與知識水準。此外，未來館亦透過舉辦各類工作坊與互動活動，讓參觀者能夠更深入瞭解及參與可再生能源之發展過程。
6. 主要設施：
 - (1) 館內：
 - 1 樓：CFI 2030 (全球能源的未來) 介紹、4D 影視影院、能源交流與咖啡廳。
 - 2 樓：CFI 綠色新政願景館、第 4 次工業革命館、氣候危機大廳、加波島微電網館、新能源與再生能源館、智慧能源小鎮及城市大廳。
 - (2) 館外：風力發電機、太陽能、電動車充電機、ESS (儲能系統) 及綠氫儲存系統。

7. 主要經營業務：

- (1) SNS 社群網路服務（濟州島能源 Instagram）經營。
- (2) 氣候變遷體驗、新能源與再生能源小學生連結教育。
- (3) 推廣生態家庭教育，家庭層面的體驗項目。
- (4) 針對中小學生區域客製化體驗項目。
- (5) 每月最後 1 周有電影放映活動，為居民與遊客提供休閒文化體驗機會。

8. 未來主要倡導目標：

- (1) 核心任務及挑戰：擴大再生能源使用，轉型綠氫能源，並朝向生活化，創造相關就業機會，培育企業保護弱勢族群。
- (2) 基於未來將全面轉換成新能源與再生能源架構下，須提高民眾同理心與企業參與度、靈活運用相關資源、啟動吸引 RE100 企業參與，以及提倡分散式能源相關專業領域。
- (3) 將綠氫能源廣泛應用在住宅用能源、農業等領域，如現階段柑橘栽種係使用電力及石化燃料維持溫室之功能，未來可使用綠氫等再生能源取代傳統石化燃料。
- (4) 濟州島將擴大風能、太陽能等再生能源之公用性，產生之利潤將回饋予當地居民。
- (5) 尋找濟州島適當場址建造可生產、儲存綠色能源，以及氫能營運之中心，以達成未來 100% 新能源與再生能源、持續開發可實現碳中和之淨零能源的商業模式，並實現濟州島未來氫經濟與分散式能源之區域模式，該營運中心主要上、下游設施，說明如次：

A. 上游設施：包含氫聯合循環發電廠、儲氫設備、水電解設施、樞紐變電所、風力發電機、垃圾焚化發電廠及儲能中心等。

B. 下游設施：氫氣充電站、RE100 企業（支援加災難復原）、資料儲存系統、資源傳遞中心、智慧 PIM、住戶公寓及大樓。

(6) 全面提倡濟州島 2035 年碳中和目標：

- A. 每年生產 6 萬噸綠氫。
- B. 每年使用再生能源發電 7GW。
- C. 每年抵消 474 萬噸溫室氣體排放。



圖 13 CFI 綠色新政願景館
圖片來源：本報告拍攝，2024。



圖 14 綠色能源和氫能的營運中心
 圖片來源：本報告拍攝，2024。



圖 15 CFI 能源未來館外綠氫生產儲存系統
 圖片來源：本報告拍攝，2024。

(五) 咸德綠氫充電站 함덕수소충전소

1. 咸德綠氫充電站(以下稱咸德充電站)係由濟州特別自治道設立之國內首座利用再生能源生產綠氫，並進行商業銷售之加氫站。設立目的包括：
 - (1) 推動氫能經濟：濟州島致力於推動氫能經濟，建立綠氫之生產與供應基礎設施。咸德充電站為政策推動之重要部分，旨在透過商業模式銷售氫氣，為氫能經濟奠定基礎。
 - (2) 實現碳中和目標：綠氫係利用再生能源生產，不產生二氧化碳，有助於實現濟州島設定 2035 年實現碳中和之目標。
 - (3) 最大化再生能源利用：濟州島利用風能和太陽能等再生能源生產綠氫。咸德綠氫充電站透過將該等再生能源轉化為氫氣，並用於車輛燃料，最大化再生能源之利用效益。
 - (4) 提升能源自給率：氫氣可以透過多種途徑生產，從而提高能源自給率，咸德充電站為提升濟州島能源自給率之重要基礎設施。
2. 技術特點：
 - (1) 綠氫生產：咸德充電站利用附近風力發電場生產的電力進行水電解，生產綠氫。此過程不產生二氧化碳，爰被稱為「綠氫」，又稱為終極清潔能源。
 - (2) 氫氣儲存與壓縮：生產之氫氣儲存在高壓儲氫罐中，用於使用氫燃料車輛加氫氣。另為確保安全，設置多重安全裝置。
 - (3) 氫氣加注基礎設施：咸德充電站建置氫燃料巴士與小客車加氫之設施。該充電站每小時最多可充 100 公斤之綠氫，能夠同時滿足 4 輛氫燃料巴士與 20 輛氫燃料小客車使用。每輛氫燃料巴士加氫約需 30 分鐘，小客車約需 5 分鐘。

3. 成效與影響：

- (1) 擴大氫燃料車輛普及：咸德充電站之設立提高濟州島氫燃料車輛之普及率。目前濟州島共有 12 輛氫燃料巴士、1 輛氫燃料垃圾車與 45 輛氫燃料小客車，未來地方政府將持續擴大氫燃料車輛之普及，預計至 2030 年，氫燃料巴士將增加到 300 輛，並採購 200 輛氫燃料垃圾車。
- (2) 減少碳排放：使用氫燃料之車輛運行過程僅排放水，有助於減少空氣污染與實現碳中和目標。
- (3) 促進地方經濟：咸德充電站之設立改善周邊交通環境、帶動地方經濟發展，吸引更多遊客到訪，提升當地居民之生活水準。
- (4) 推動技術創新：作為國內首座商業化綠氫加氫站，咸德充電站推動氫能技術之創新與發展，為韓國氫能技術進步之重要指標。



圖 16 咸德綠氫充電站場景
圖片來源：本報告拍攝，2024。



圖 17 氫燃料巴士加氫過程
圖片來源：本報告拍攝，2024。



圖 18 本會參訪合影
圖片來源：本報告拍攝，2024。

(六) 濟州能源公社 제주에너지공사

1. 濟州能源公社 (Jeju Energy Corporation, JEC) 組織簡介：

濟州能源公社（以下稱能源公社）由濟州特別自治道政府 100%出資，並於 2012 年成立，旨在推動濟州島之可再生能源發展，並將再升能源做為公共資源進行系統化管理，實現居民利益最大化。該組織任務係以實現濟州島碳中和為目標，成為致力於推動能源轉型之環境友善組織為其經營願景，主要推動事項由兩個部門（5 個團隊），以及 1 個研發中心進行。



圖 19 濟州島能源公社經營口號（任務及願景）

資料來源：濟州能源公社官網，<https://www.jejuenergy.or.kr/>，2025。



圖 20 濟州能源公社組織編制圖

資料來源：濟州能源公社官網，<https://www.jejuenergy.or.kr/>，2025。

2. 任務及政策目標

世界各國因巴黎氣候協定⁶，將全球平均氣溫上升上限設定為攝氏 1.5 度，歐盟並將於 2026 年開始施行碳邊境調整機制（Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM）⁷，因此，將傳統石油與天然氣化石燃料生產系統轉型為綠色能源，已成為全球經濟產業鏈下之國家之必要作為。作為高度依賴貿易國家，韓國亦轉向低碳社會發展，將目標設定為 2030 年溫室氣體排放量較 2020 年之溫室氣體基線（BAU⁸）減少 30%。

濟州島在國際與國內之低碳能源政策居領先地位，達到全國最高之再生能源比例（19.2%）。惟囿於濟州島再生能源供過於求，輸出南韓本島之再生能源基礎設施尚待強化，呈現濟州島再生能源供需失衡情況。另現階段濟州島二級產業（含出口企業）比重僅 10.6%，須透過新興產業（如再生能源）成長動力，創造濟州島新之就業機會與振興在地經濟。

濟州島以 Cabon Free Island 2030 JEJU 政策為先導，透過電氣化實現 100% 之綠色電力，並擴充以風力與太陽能為中心之 4GW 再生能源發電設施，目標為運營 37.7 萬台電動車，並配合國際形勢與國內政策，將計畫升級，設定透過能源大轉型，進而實現 2035 碳中和之政策目標，升級目標包括，年產 6 萬噸綠氫、7GW 再生能源設施容量及抵消 474 萬噸之溫室氣體排放。

⁶ 巴黎協定（Paris Agreement）係由聯合國 195 個成員國於 2015 年 12 月 12 日，在 2015 年聯合國氣候峰會中通過之氣候協議，期能共同遏阻全球暖化趨勢，並訂定明確之目標—將全球平均氣溫升幅控制在工業化前水平以上低於 2°C 之內，並努力將氣溫升幅限制在工業化前水平以上 1.5°C 之內。

⁷ 歐盟碳邊境調整機制（Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM）旨在為進入歐盟的高碳排產品於生產過程中排放的碳定價，並鼓勵非歐盟國家以更友善環境的方式進行工業生產。CBAM 於 2023 年 10 月開始試行後，同年第四季出口至歐盟的產品，須於隔年 1 月完成第一次碳含量申報。2023 年至 2025 年為法案過渡期，2026 年正式實施。

⁸ 溫室氣體基線（BAU）排放量係假設在政府完全不採取任何溫室氣體減量要求之政策，任由自由市場力量引導的經濟成長下，因溫室氣體排放源之自發行為，而增加溫室氣體排放量。

改用100%綠色能源 實現碳中和

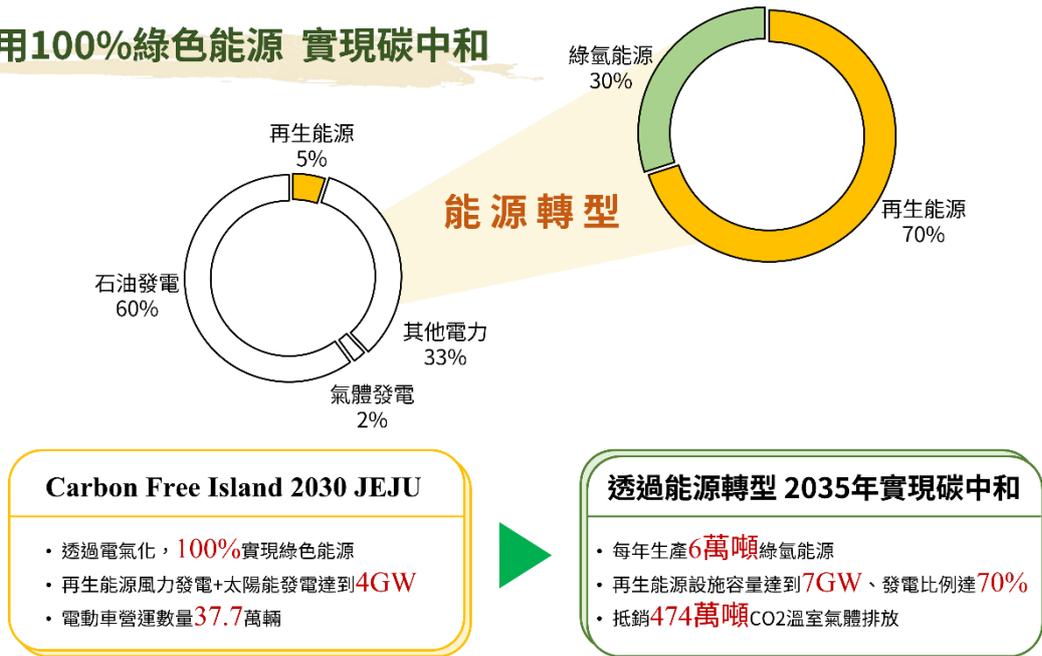


圖 21 濟州島政策發展目標

資料來源：翻譯自韓國濟州能源公社簡報資料，2024。

3. 能源公社主要營運業務

(1) 新能源及再生能源業務

A. 綠氫生產、儲存和驗證

建造韓國最大之綠氫生產系統，利用氫氣垃圾車、巴士及燃氣渦輪機混合燃燒，透過驗證電解技術與在地研究，建立綠氫認證系統與設施安全標準，打造濟州島內運輸、分配及利用之全循環價值鏈，為濟州島工業化奠定基礎、創造就業機會，並扶植在地公司。

B. 風力發電開發項目及營運管理

透過風力發電區之選址及相關審核程序，建置及營運管理濟州大型風力發電園區（如東福、北村、加西里、行原）及小型風力發電廠（金寧、新昌），為全濟州島家戶提供新能源與再生能源，並透過建立系統性的維修體制，來確保設施順利運作及穩定之電力供應，致力於提高居民之接受度及參與度。另能源公社亦透過「新能源和再生能源綜合營運中心」進行監控，防止風力發電設施發生安全事故。

C. 太陽能發電開發項目及營運管理

能源公社規劃優先利用公有土地開發太陽能發電，除減少溫室氣體排放，亦致力於將再生能源開發之利潤歸還予在地居民，並利用共享基金，推動太陽能發電相關計畫，以實現濟州島再生能源自給自足，達成碳中和發展目標。

D. 複合式電動車充電基礎設施

能源公社試圖透過營運，以及管理濟州島「太陽能+ESS（Energy Storage System）+電動車充電器」複合式電動車充電站，探索新的商業模式，為電動車產業振興做出貢獻。

(2) 分散式能源業務

能源公社規劃創造濟州島分散式能源之商業模式，為新興電力市場做好準備，並透過鬆綁能源輸出管制及利用剩餘電力，來拓展新興業務。

(3) 能源技術研究

濟州能源公社轄下之區域能源研究中心擁有專業知識及技術，致力於發展新能源項目、進行可行性研究及推廣。

4. 營運現狀

能源公社依濟州島特別自治法第 304 條、地方公共企業法第 49 條、第 53 條設立，並訂定能源公社設立及營運條例，成為韓國第 1 家新能源及再生能源地方公營企業。過去 12 年間，能源公社之營業額增長 10 倍、資本金增長 2 倍。能源公社透過持續、有效利用豐富之自然資源，以實現永續之能源轉型，與臺灣政府推動淨零政策之目標與作法相近。



圖 22 能源公社介紹基礎資料介紹

資料來源：翻譯自韓國濟州能源公社資料，2024。

能源公社在濟州島全境建立風力及太陽能為基礎之新再生能源設施及電池儲能系統 (BESS)，擁有韓國首座新再生能源融合 EV 充電站，以及新再生能源利用之綠色氫電解設施。總計有 5 個風力發電園區 (38 台風力發電機)、5 個太陽能發電園區，總發電容量約為 58MW，並營運濟州島道內 641 台 EV 充電樁。位於行原 (행원/Haengwon) 的 3.3MW 綠色氫生產營運示範園區，將於 2023 年竣工並投入營運，現有設施如下圖所示。



圖 23 能源公社主要營運設施分布圖

資料來源：翻譯自韓國濟州能源公社資料，2024。

5. 未來發展課題

為實現 2035 碳中和政策目標，能源公社設定短、中、長程目標。其中，2026 年之短期目標包含：建設 100MW 公共主導之離岸風電、15MW 的綠氫生產設施、300 台氫燃料商用車及 200 台氫燃料清掃車、建立 Net-ZERO 智慧電網，系統性管理濟州島電力市場之供給與需求。

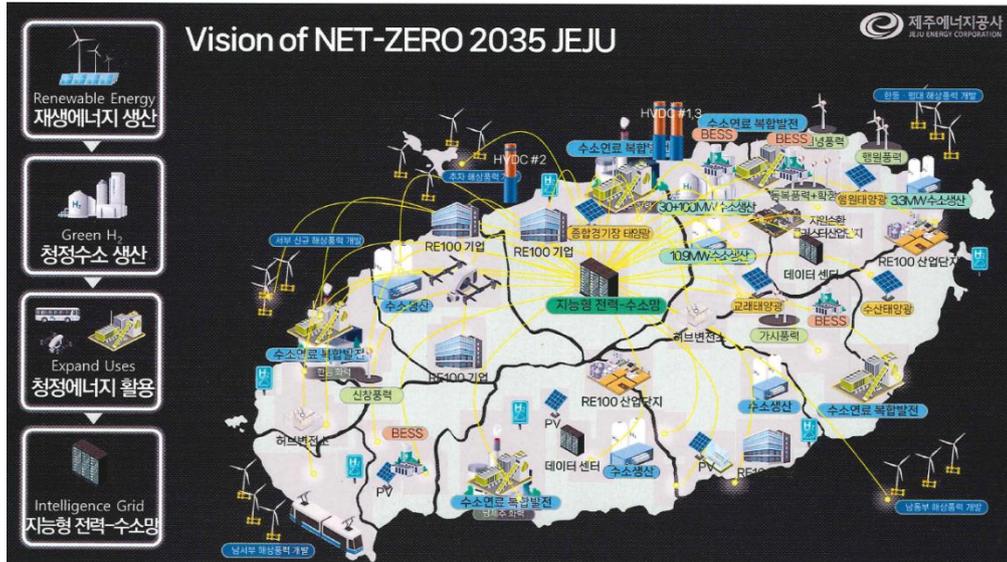


圖 24 濟州島 2035 智慧電網願景

資料來源：韓國濟州能源公社資料，2024。

2030 年之中程目標包含：新增陸岸及離岸風電裝置 150MW、30MW 之大規模綠氫電解能源、建立綠色能源專區、利用牲畜糞便等生質能源製造乾淨之氫氣能源。

2035 年之長期目標則包括，興建大型離岸風力發電園區、興建大規模 P2G、將氫燃料電池發電轉為基礎發電，以及引進氫能有軌電車並建立氫能港口。

能源公社持續以成為實現濟州碳中和的先導機構為目標，透過生產再生能源，迅速將現有電力轉換為使用再生能源，並將部分電力用於電解綠氫生產，再將產生之綠氫積極用於氫燃料巴士、氫燃料清掃車、氫燃料有軌電車和城市航空移動（UAM）、氫燃料基礎發電等，並期望透過智慧電網實現濟州之淨零排放政策目標。



圖 25 本會參訪合影
圖片來源：本報告拍攝，2024。



圖 26 本會向能源公社簡報本國淨零轉型政策
圖片來源：本報告拍攝，2024。

(七) Rideflux 自動駕駛巴士

1. 推動背景

韓國政府積極推動智慧交通政策，濟州島作為韓國主要旅遊勝地之一，為實現綠色交通與環境保護等雙重目標，濟州島積極推動自動駕駛巴士之發展，不僅可以提升公共運輸效率，還能降低交通事故率。同時，導入電動自動駕駛巴士將助於減少溫室氣體排放，符合濟州島推行綠色低碳發展之戰略目標。

由於自動駕駛技術在實際場景中之應用仍面臨多項挑戰，濟州島具備相對封閉之道路結構與穩定之交通環境，符合自動駕駛巴士之技術測試環境條件，在現行法規下，任何車輛只要加裝相應系統、駕駛人有駕駛證，皆可在濟州島運行自動駕駛。自動駕駛巴士政策之推動不僅為新興技術之推進，也為韓國自動駕駛產業向全球市場輸出之試驗平台。

2. 推動情形

濟州自動駕駛巴士（탐라자율차）由 Rideflux 公司經營，自 113 年 7 月 24 日至 113 年 12 月 31 日開始試運行於濟州島主要公車站間，為濟州島遊客與當地居民提供服務之大眾運輸工具，惟依當地法律規定，自動駕駛車上路須有安全駕駛員同行，尚無法完全讓巴士自動駕駛。運作方式及候車站牌與一般公車相同，現有「901（濟州市政廳-西歸浦轉乘站）」及「902（濟州市政廳-濟州國際機場）」2 條路線運行。

- (1) 票價：與市內公車費用相同，成人 1,150 韓元，青少年 850 韓元，可使用交通卡。
- (2) 班次：
 - A. 901 路線每日 2 班，去程 11：00-12：45，回程 14：15-16：00。
 - B. 902 路線每日 2 班，去程 16：30-17：05，回程 17：25-18：00。
- (3) 乘車方式：按時刻表於巴士站乘車，亦可轉乘其他大眾運輸。

- (4) 營運：1 輛自動駕駛巴士營運，最多容納 12 名乘客（不允許站立）；因無安全座椅，6 歲以下兒童無法搭乘，另導盲犬及安置於寵物外出包之寵物亦可乘坐。
- A. 901 路線：濟州市政廳-濟州國際機場-中文旅遊園區-西歸浦第一政府大樓」等 17 個站點（下圖藍色路線）。
- B. 902 路線：濟州市政廳-濟州巴士客運站-濟州國際機場-濟州市政府等 3 個站點（下圖橘色路線）。



圖 27 Rideflux 自動駕駛巴士路線圖

圖片來源：每日經濟，2024。

3. 執行成效

- (1) 濟州自動駕駛巴士路線藉由將站點設立於市中心之機關、機場、客運站、大型超市等，以及民眾生活圈之移動範圍，增加車輛曝光度，吸引，並普及大眾在日常生活中體驗自動駕駛服務，引領濟州島未來交通模式，每天約有 100 人搭乘自動駕駛巴士。
- (2) 自動駕駛巴士推動過程，成功實現多項技術功能，如精確的道路感知、智慧型避障及車輛自主排程等，系統並能在各種天氣條件及道路情況下保持穩定執行，為自動駕駛技術商業化提供寶貴資料。



圖 28 Rideflux 自動駕駛巴士停靠站牌及車內感應系統
圖片來源：本報告拍攝，2024。

(八) 濟州研究院 제주연구원

1. 濟州研究院 (제주연구원, Jeju Research Institute, JRI) 成立於 1997 年，致力於提供濟州島永續發展之政策研究與諮詢，並作為「無碳島 2035」計畫的主要推動機構之一，負責制定與實施各項具體措施，以及進行相關研究與技術開發。
2. 濟州碳中和支援中心 (제주탄소중립지원센터, Jeju Carbon Neutrality Research & Support Center)
 - (1) 設置依據：
 - A. 依據「應對氣候危機的碳中和綠色成長基本法」(기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(안)，簡稱 탄소중립기본법碳中和基本法) 第 68 條，地方政府應建立或指定機關設立並運作碳中和支援中心，中央並得在預算範圍內提供該中心財政支援。
 - B. 濟州特別自治道依據上開條文，於「濟州特別自治道應對氣候危機的碳中和及綠色成長基本條例」第 38 條，指定濟州研究院設立濟州碳中和支援中心，並於該條文規範相關應履行之職責及營運內容。
 - (2) 設立目的：
 - A. 強化地方政府之領導角色，使其成為實踐碳中和之主要推動者。
 - B. 透過制定實施濟州碳中和與綠色成長計畫，以及促進能源轉型，支持朝向碳中和社會轉型，並推動綠色成長。
 - (3) 願景、使命及核心目標：
 - A. 願景：建立反映區域特色之全球級碳中和支援與研究平台。
 - B. 使命：藉由具濟州地區獨特特色之科學研究與系統開發，為碳中和社會奠基。
 - C. 核心目標：
 - (A) 建立 1 個具科學，且高度可靠之碳中和模式與支持系統。
 - (B) 系統化溫室氣體管理與資訊資源支持。

- (C) 通過網絡活動促進雙方合作。
- (D) 為中心建立穩固之營運基礎。
- (4) 主要功能：
 - A. 碳中和規劃功能，包括支持制定與實施基本之碳中和計畫及氣候危機適應措施、進行碳中和之區域研究，以及加強碳中和之政策執行能力。
 - B. 特定領域實施功能，包括促進區域能源轉換、開發及傳播轉換模型，建立交通、建築、廢棄物、農漁業等特定領域之模型，並蒐集溫室氣體統計相關資訊。
 - C. 提高公眾意識功能，包括促進社區參與碳中和行動，透過教育及宣傳提高公眾意識，並促進區域間合作。
- (5) 主要工作：
 - A. 支援碳中和與氣候危機政策
 - (A) 支援制定濟州特別自治道碳中和綠色成長總體規劃。
 - (B) 評估碳中和總體規劃與氣候危機適應措施之執行成效。
 - (C) 支援溫室氣體減量認知預算系統之試點運作，包括建立與修訂溫室氣體減量認知預算系統之預算及結算報告準則；溫室氣體減量認知預算系統之預算及結算報告編制培訓與諮詢。
 - (D) 濟州居民對碳中和認知之相關調查與研究，包括碳中和政策認知及政策議題優先順序調查。
 - B. 綜合溫室氣體管理與模型推廣研究
 - (A) 濟州溫室氣體清單統計之製作與管理。
 - (B) 開發溫室氣體排放交易系統外部項目之培訓計畫，包括開發排放交易系統外部項目整個流程之培訓計畫；對相關利害相關人進行培訓，內容包括排放交易系統之外部項目申請、批准、實施與認證過程等。
 - C. 碳中和教育、宣傳與能力建構

- (A) 提升濟州社區對碳中和之認知教育，包括溫室氣體排放交易系統外部項目參與者之培訓、碳中和教材及課程之開發與分發等
- (B) 推廣碳中和之日常實踐，如透過網站等社群媒體揭露、推廣碳中和研究或政策等相關報告資料。
- (C) 建立與運作「公民監測小組」，以促進向碳中和社會之轉型，如在濟州地區招募居民組建公民監測小組；召開促進碳中和社會轉型政策議題相關會議，並制定公民參與之實際措施。
- (D) 建立與碳中和相關組織之合作框架，包括與相關組織簽署合作協議，並聯合舉辦論壇、研討會、培訓等活動。

3. 濟州碳中和議題

- (1) 濟州島傳統依賴化石燃料進行發電和供應能源，不僅產生大量溫室氣體，並存在能源供應不穩定之風險。隨著國際社會意識到氣候變遷產生之危機，繼「京都議定書」後，2015 年聯合國氣候峰會通過「巴黎協定」，期能共同遏阻全球暖化的趨勢。
- (2) 氣候變遷對濟州島之影響
 - A. 氣溫變化
 - (A) 在過去 63 年（1961-2023）中，濟州島之年平均溫度每 10 年上升 0.3°C；年平均最高溫度變化：每 10 年增加 0.25°C、年平均最低溫度變化：每十年增加 0.45°C。
 - (B) 在過去 30 年（1993-2022）濟州地區冷房度日⁹呈增加趨勢，暖房度日則呈現減少趨勢。冷房度日 1995 年（117.4 度日）相比 2022 年（164.1 度日）增加 46.7 度日；暖房度日 1995 年（237.3 度日）相比 2022 年（209.0 度日）減少 28.3 度日。

⁹度日（Degree Days）為衡量因為室外溫度所引起建築物供暖或製冷需求之單位，基於室外溫度與基準溫度間之差異計算得出。臺灣將冷房度日（Cooling Degree Days）訂為 1 年當中每日均溫超過 28°C 者，減去 26°C 後之累計加總值，為溫度差距加總；暖房度日（Heating Degree Days）則指室外溫度低於基準溫度之天數與溫差加總。度日數值越高，表示暖氣開機或冷氣開機的日數越多。

表 2 濟州島各地冷房度日及暖房度日表

年度	冷房度日					暖房度日				
	合計	濟州市	高山	西歸浦	城山	合計	濟州市	高山	西歸浦	城山
1995	117.4	32.5	28.4	30.9	26	237.3	58.4	58.3	52.3	68.3
2015	125	37.3	28.4	31.5	27.8	204.6	48.4	53.8	44.7	57.7
2020	134.3	39.8	31.7	31.8	31.0	195.4	47.9	50.3	41.4	55.8
2022	164.1	46.2	39.7	40.1	38.1	209	51.6	51.6	46.4	59.2

資料來源：제주연구원，2024。

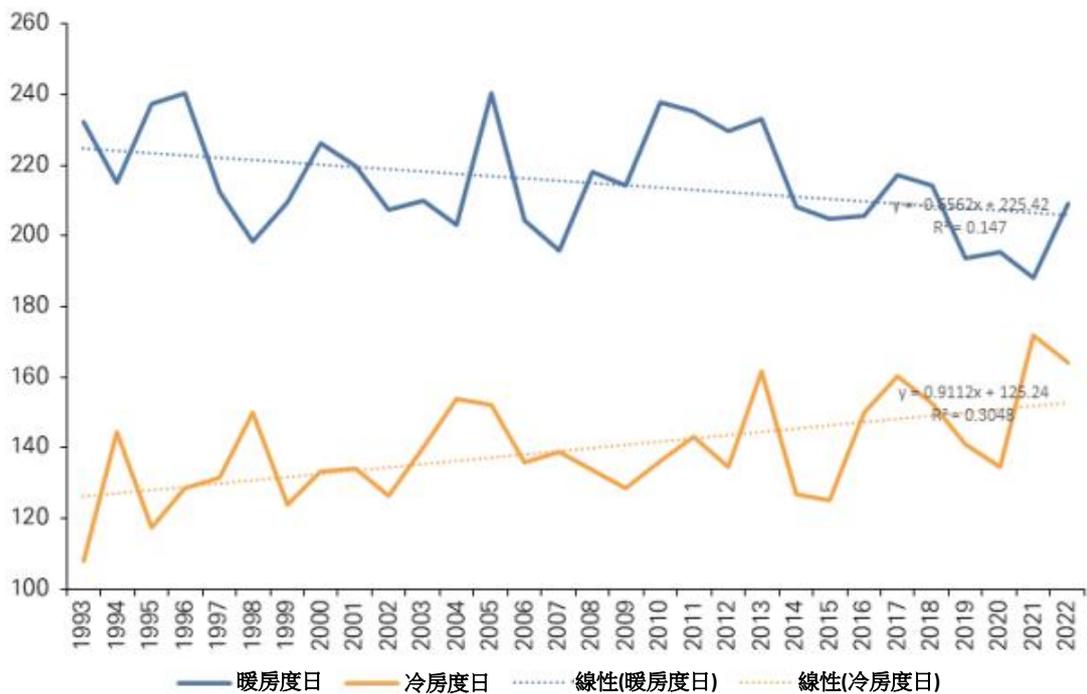


圖 29 濟州島冷暖房度日變化趨勢

資料來源：제주연구원，2024。

B. 熱浪和熱帶夜¹⁰

- (A) 濟州夏季平均氣溫為全南韓第 1，熱帶夜天數及熱浪天數為第 3。
- (B) 過去 10 年（2015-2024），濟州熱浪平均日數為 7.1 天，熱帶夜平均日數為 34.1 天，與前幾年相比有所上升。

¹⁰ 依據韓國氣象局官網資料指出，熱帶夜（열대야）係指夜間最低溫高於 25℃ 的日子，當即使在夜間氣溫也不低於 25℃ 時，即過熱，人們無法入睡，因此熱帶夜被用作炎熱之指標；當日最高感知氣溫預計持續 2 天以上 35℃，或以上時即發布熱浪（폭염）警報。

- (C) 濟州熱浪日數和熱帶夜日數最多的前 5 年，均發生於 2010 年代，顯示近 10 年熱浪日數和熱帶夜數的頻率急劇上升。
- (D) 濟州 2022 年夏天熱帶夜天數創下歷史最高記錄。
 - 2022 年夏季濟州的平均氣溫為 26.0°C(比年平均高出 1.5°C)，平均最低氣溫為 23.6°C(比往年平均高出 1.5°C)，歷史最高，平均最高氣溫為 29.0°C(比往年平均高出 1.5°C)，歷史第二。
 - 夏季平均氣溫排名：第 1 名 2022 年(26.0°C)、第 2 名 2017 年(25.9°C)、第 3 名 2013 年(25.7°C)、第 4 名 2021 年(25.5°C)。

表 3 濟州島 2022 年氣溫、熱浪天數及熱帶夜天數

區分	平均氣溫		平均最高氣溫		平均最低氣溫		熱浪天數		熱帶夜天數	
	值(°C)	排名	值(°C)	排名	值(°C)	排名	值(日)	排名	值(日)	排名
濟州島	26.0	1	29.0	2	23.6	1	9.0	3	40.3	3
濟州市(北部)	27.2	1	30.7	1	24.3	1	28.0	1	53.0	1
西歸浦市(南部)	25.7	7	29.1	2	22.5	6	-	-	41.0	8
城山(東部)	25.6	1	28.7	4	23.4	1	7.0	5	30.0	3
高山(西部)	25.6	1	28.6	4	23.5	1	1.0	9	39.0	4

資料來源：제주연구원, 2024。

C. 季節變化

- (A) 過去 60 年(1961-2020)間，濟州島季節開始發生變化：春季提前 7 天，夏季提前 8 天，而秋季則延遲 7 天。
- (B) 季節之長度亦發生變化，夏季延長 15 天，而秋季則縮短 14 天。

D. 氣候變遷影響實例

- (A) 海平面上升：由於海平面上升，接近海拔高度之步道(如龍頭海岸 Yongmeori Coast 及飛揚島步道 biyangdo) 被淹沒之速度正在加快。
- (B) 韓國冷杉樹之死亡：由於高溫壓力導致韓國冷杉樹枯死，冷杉分佈面積迅速減少。

(3) 能源消耗趨勢與可再生能源現況

- A. 能源消耗之趨勢：濟州地區能源消耗呈現持續成長之趨勢。2021 年能源消耗情形，計有石油約 60%、電約 31%、再生及其他能源約 7%、瓦斯則約 2%。
- B. 部門別消費比重及趨勢：自 2014 年起，各部門的能源消費量逐漸增加。2021 年各部門的能源消費量比重：運輸（約 43%）、家庭/商業（約 33%）、工業（約 16%）、公共/其他（約 7）。
- C. 再生能源供應設施容量趨勢：再生能源供應設施容量在 2017 年最低（40,978 千瓦），在 2019 年最高（238,822 千瓦）。2018 年和 2019 年太陽能、風能和生質能佔比增加，導致供應設施容量增加。

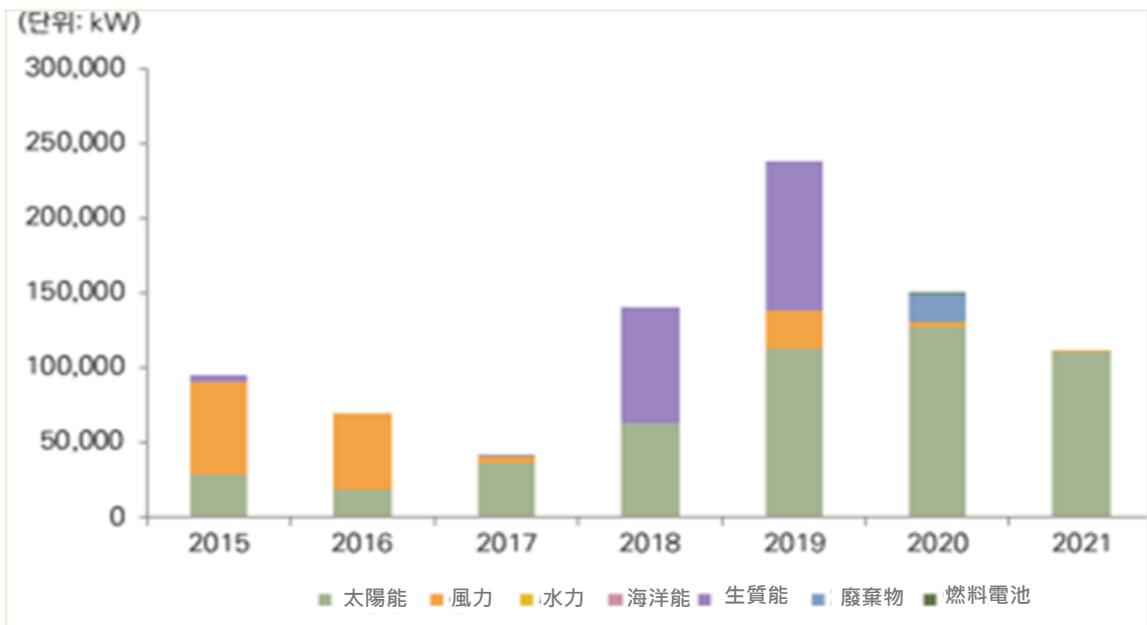


圖 30 濟州島再生能源供應容量趨勢 (2015~2021)

資料來源：제주연구원, 2024。

D. 再生能源的製造趨勢:從 2012 年(65,627toe)到 2021 年(623,944toe)約增加 9.5 倍，呈持續增長趨勢。自 2014 年起顯示出大幅增長的趨勢，其中太陽能、風力和生質能源的比重較高。



圖 31 濟州島再生能源的生產量趨勢 (2012~2021)

資料來源：제주연구원，2024。

(4) 濟州電力輸出控制議題

A. 由濟州之島嶼特性，使其具有獨特之電力結構，電力生產及供應以火力發電為主(51%)，其次海底電纜(30%)與再生能源(19%)。由於再生能源發電量超過當地電網之負載量，導致需要限制再生能源之生產與輸出，以維持電網之穩定。

表 4 再生能源設施增加趨勢

年	太陽能	風力	小計	總需用量
2015	76.0	220.7	296.7	547.0
2016	96.2	270.9	367.1	609.0
2017	125.4	274.2	399.6	654.0
2018	184.9	295.0	266.5	745.6
2019	293.8	319.3	613.1	818.7
2020	414.4	395.3	700.7	927.1
2021	525.6	298.7	823.3	670.0

資料來源：제주연구원，2024。

B. 輸出控制情況

隨著再生能源發電設施之增加，尤其是太陽能與風能發電之快速增長，濟州島開始產生電力過剩之問題。為維持電網穩定，必須對再生能源之輸出進行控制。根據資料，2015 年至 2023 年間，濟州島之輸出控制／停機次數從 3 次增加到 181 次，控制量也顯著上升。另自 2021 年起，民間太陽能發電亦開始受到輸出控制。

表 5 濟州風力發電輸出控制情形

年	控制量 (MWh) / 次數	控制比率
2015	152 (3 次)	0.04%
2016	252 (6 次)	0.05%
2017	401 (14 次)	0.07%
2018	1,366 (15 次)	0.25%
2019	9,223 (46 次)	1.65%
2020	19,499 (77 次)	3.32%
2021	12,016 (64 次)	2.18%

資料來源：제주연구원, 2024。

C. 因應措施

- (A) 雙向海底電纜：規劃建置濟州至莞島之第 3 條海底電纜(200MW)，以增強與韓國本島之電力連接，提升電力調度能力。
 - (B) 能源儲存系統 (ESS)：規劃在 2024 年至 2026 年間，設置總容量達 160MW 的能源儲存系統，以平衡電力供需，減少電力輸出控制次數。
 - (C) 氫氣生產：推動綠氫之生產與利用，作為再生能源的儲能與應用方式之一，促進能源多元化。
 - (D) 分散式能源系統：鼓勵地方社區實現當地再生能源發電及運用，減少對傳統電網之依賴，提升能源自主性。
- (5) 循環經濟議題：
- A. 2040 無塑島濟州計畫

- (A) 基於減少一次性用品與回收廢棄物的原則，濟州於 2022 年宣布「2040 零塑料濟州願景」，目標在 2040 年前實現「無塑島」，以減少塑料污染，推動循環經濟。
 - (B) 濟州特別自治道與韓國環境部於 2022 年 9 月 26 日簽署業務協約，旨在推動減少拋棄式塑膠製品之使用，並推廣可重複使用之替代品，以支援濟州島實現「2040 無塑島」之目標。
 - (C) 韓國環境部於 2022 年 12 月 2 日起在濟州試行「拋棄式用品保證金制度」，透過對拋棄式塑膠用品收取保證金，鼓勵市民及遊客將該等用品回收利用，以減少環境污染。
- B. 濟州型循環資源產業群聚園區
- (A) 循環資源產業群聚園區濟州特別自治道於 2022 年啟動循環資源產業群聚園區計畫，發展培育塑料、乙烷基、廢電池、太陽能面板等廢棄資源之回收產業。該產業園區計畫位於濟州市舊左邑東福里一帶，佔地約 227,061 平方公尺，規劃投資 495 億韓元。
 - (B) 發展電池廢棄物、太陽能光板廢棄物新產業，透過設立專門之回收與再製造設施，將廢棄物材料之回收利用率最大化，並轉化為可再生資源，創造更多之就業機會。
 - (C) 塑膠、乙烷基等廢棄物之 100%資源化，實現零廢棄目標。



圖 32 濟州型循環資源產業群聚園區示意圖

資料來源：제주연구원，2024。

4. 濟州 2030 無碳島 CFI 2030 (Carbon Free Island) 推動成果及執行檢討

- (1) 核心價值：潔淨（環境與氣候調和）、穩定（能源供應）、成長（產業生態系）。
- (2) 政策目標：包括以再生能源替代島內電力需求、電動車轉換、提高能源效率與需求管理、培育能源新產業。
- (3) 推動成果：被定位為韓國碳中和之前哨（Frontier）地區。
 - A. 全國最高再生能源發電比重 18.3%（以 2021 年為基準），達到 2030 年預定發電目標比重（21.6%）之 85%。
 - B. 電動車數量突破 3 萬輛（32,976 輛），占全島車輛的 8.05%，高於南韓平均 1.5%。
 - C. 利用電動車廢舊電池育成相關產業，建設及運營全國首座電動車電池產業化中心，並推動相關產業發展。
 - D. 濟州能源公社與濟州大學設立風力研究院，為產業和人才培養奠定基礎。
 - E. 獲得 P4G（Partnering For Green Growth and the Global Goals 2030）能源領域最佳夥伴獎（第 21 屆 COP26）
- (4) 執行檢討：
 - A. 再生能源 4,085MW，電動車 37 萬輛等再生能源設備、電動車普及等目標未達成。
 - B. 須建立靈活之資源調整機制，以緩解輸出控制問題：由於再生能源發電量超過當地電網的吸收能力，2015 年濟州島首次面臨再生能源輸出控制問題，導致須限制再生能源之輸出，以維持電網穩定。2022 年為應對再生能源輸出過剩的問題，濟州島開始限制民間太陽能發電設施在高峰時段之輸出，以確保電網之穩定運行。
 - C. 須擴展再生能源之應用領域，包括一級產業（如農業）、旅遊業、服務業、生活領域及發電廠等。

- (A) 農業部門須採用更多之再生能源技術，如太陽能及風能，以減少對傳統能源之依賴，並提高能源效率，進而降低農業生產成本與減少碳排放，促進永續發展。
 - (B) 旅遊業為濟州島之重要經濟支柱，透過推廣綠色旅遊與再生能源設施，如電動車與太陽能旅館，吸引更多具環保意識之遊客，提升旅遊業之永續性。
 - (C) 餐飲、住宿及零售等服務業，須採用更多節能技術與再生能源，以降低運營成本及環境影響，如安裝太陽能板及使用節能設備。
 - (D) 居民生活領域之能源轉換，可減少家庭能源消耗與碳排放，如推廣家庭使用太陽能板、節能家電及電動車等。
 - (E) 升級與改造現有之發電廠，以有效整合再生能源，包括改進電網基礎設施，以提高能源輸送及管理效率。
- D. 須與居民協調溝通達成對碳中和與能源轉換之共識，並建立有效之合作體系，以推動相關政策及措施。
- E. 透過滾動檢討執行成效，制定改善計畫，以達成目標。

5. 濟州 2035 無碳島 CFI 2035 (Carbon Free Island)

- (1) 願景：可持續性之全球碳中和示範城市。
- (2) 戰略
 - A. 化石燃料轉換為再生能源（綠氫）。
 - B. 創新綠色產業轉型及升級。
 - C. 生活中碳中和環境之營造及模式轉型。
 - D. 公正轉型邁向碳中和。
- (3) 目標
 - A. 2035 年達成「碳中和」。
 - B. 2030 年相比 2018 年溫室氣體減少 53%。在地方政府控制下，將減少 35%的排放量，額外加上 162.2 萬噸二氧化碳當量。

(4) 濟州能源轉換願景

- A. 願景：打造濟州成為綠氫之全球樞紐，促進氫能產業之發展。
- B. 能源生產
 - (A) 再生能源生產：擴大風力與太陽能等再生能源之生產，提升能源自給率。
 - (B) 綠氫生產：推動綠氫之生產，實現混合燃燒與全氫燃燒發電。
- C. 利用與轉換
 - (A) 一級產業：推動農業等一產業之能源轉換，提升生產效率。
 - (B) 旅遊業：促進綠色旅遊，創造更多就業機會。
 - (C) 交通領域：推動公共交通工具，如巴士、卡車、船舶和有軌電車之能源轉換，實現低碳交通。
- D. 產業化與弱勢群體保護：
 - (A) 產業化：推動能源轉換相關產業的發展，吸引企業投資。
 - (B) 保護弱勢群體：在推動能源轉換之同時，確保對弱勢群體之平等與保護，提供更多之就業機會及資源。

(5) 各領域減碳政策

- A. 建築：擴大綠色建築，並加強相關支持系統。
- B. 交通：交通需求管理及零排放車輛轉換。
- C. 農業、漁業、水產：擴大友善環境農業，並加強相關支持系統。
- D. 廢棄物：達成零廢物與循環經濟環境。
- E. 碳吸收源：建構及擴大抵銷型碳吸收源。
- F. 產業：構建低能耗及高效率之產業生態系。
- G. 轉換：促進與實現清潔能源。
- H. 氫氣：構建濟州型綠氫生態系。

(6) 強化執行基礎政策

- A. 促進綠色產業成長：利用氣候科技，如碳捕集技術、食品科技、生態科技、地質科技，制訂綠色產業成長促進方案。

- B. 氣候危機適應：氣候變遷之影響分析、脆弱性及風險評估。
- C. 公正轉型：構建以利害關係人為對象之支援體系及參與計畫。
- D. 教育溝通、人才培育：碳中和教育與宣傳，並強化地方社會參與、公私合作之治理機制。
- E. 公共財產：制訂濟州自然環境損失之因應措施與執行方案。



圖 33 濟州能源轉型願景圖
圖片來源：제주연구원，2023。



圖 34 拜會濟州研究院양덕순院長
圖片來源：本報告拍攝，2024。

參、心得及建議事項

一、心得

(一) 再生能源之成功應用

濟州島擁有豐沛之風力資源，在政府積極推動風力發電設施之建設下，2021 年風力發電量已達到全島電力需求之 13.5%，因此，濟州島在推動再生能源方面實具顯著成效，尤其在風力和太陽能發電之應用上。而風力發電相關技術與設備生產之國產化，不僅促使相關產業的發展，亦讓整體營運成本降低，是濟州島成功推動風力發電重要因素之一。

濟州島亦積極發展太陽能發電，2022 年太陽能發電量達到全島電力需求之 4.8%。濟州島自 2010 年起推動大規模智慧電網計畫，整合風力與太陽能發電，實現能源之高效管理與分配，並強調再生能源之公共性，將再生能源產生之利潤回饋給居民，促進社區的永續發展。濟州島在再生能源應用方面之寶貴成功經驗，可為花東、離島地區推動再生能源政策之參據。

(二) 綠氫之創新發展

濟州島積極推動綠氫之生產與應用，並建立氫能生產基地。透過利用風力與太陽能等再生能源電解水製成氫氣，每日最多可生產 1 噸之綠氫，並藉由壓縮技術，得以將其保存至儲罐中，以利後續各領之廣泛運用。濟州島已將綠氫應用於公共交通、住宅能源中，目前已有 9 輛氫氣公車，至 2030 年將增加至 300 輛。

針對氫氣充電站建置部分，每小時最多可充 100 公斤的綠氫，能夠滿足 4 輛氫氣公車和 20 輛氫氣轎車的使用需求，此外，氫氣被用廣泛應用在住宅、農漁業及旅遊業等各行各業之需求中。氫能可謂清潔且高效之能源，濟州島的氫氣創新舉措，展示開發新能源及推動碳中和之潛力。

(三) 電動車的普及

濟州島已在主要公共場所及社區建設超過 11,000 個充電站，其中，包括 2,000 多個公共充電站，提供電動車之充電服務。此外，濟州島之電動車普及率逐年提高，屆至 2030 年將實現全島電動車化，實現汽車零碳排放之目標。

(四) 自動駕駛巴士之推廣

本次考察體驗之自動駕駛巴士係將相關軟硬體套件安裝在市售車輛上，提供原非自動駕駛車款之額外加裝之彈性，惟其提供展示與體驗之設備體積較大僅適用中大型車輛，且價格高達 2 億韓元（約 452 萬元），是否可普及推動至販售市場，仍待觀察；另濟州島之交通環境較臺灣單純，未來臺灣推廣自動駕駛系統將面臨較多挑戰。

(五) 偶來小徑散步系統之建置

偶來小徑為標榜一條「大家一起玩耍、休息、徒步」之步道，提供徒步者深度體驗濟州島特殊之自然、文化及人文景觀。不僅具有提供在地居民生活休憩、國內外觀光人士體驗觀光功能，更具有生態保育、振興地方經濟及打造地方品牌之效。相較建構自行車系統，步道系統建置成本更低、使用者觸及層面更廣，更具有低碳樂活之效益。

偶來基金會利用民眾參與及溝通，於每條步道之推動皆有一事業體、商號或店家進行認養，因此，步道除帶來觀光旅次增加地方店家之收益，更提升地方認同感及參與度，在整體知名度提升後，亦讓地方政府重視，並投入資源強化相關公共設施服務，提高整體步道體驗品質。

二、建議

(一) 推動多元能源發展

臺灣致力於 2050 淨零轉型目標，在能源發展上建議採取多元化策略，氫能作為潔淨能源，是實現淨零排放或碳中和目標的關鍵選項之一，透過建設氫能生產、儲存及運輸等基礎設施，並與主要氫能生產國合作，確保長期且穩定供應。然而，由於氫氣相對不穩定¹¹，未來運用時應加強技術研發，提升氫能技術的穩定性與安全性。

除發展氫能外，可參考日本推動綠氨的經驗，利用綠氨較高穩定性，結合現有天然氣基礎設施，無需將氨還原為氫，即可直接運用於各類發電機，大幅提升應用便利性。未來在能源結構轉型上，為確保能源安全與穩定供應，可結合氫氣及綠氨多元化發展。

(二) 再生能源產業營運納入多角化策略

為利花東及離島等地區培育在地再生能源產業系統，未來能源場站設施於規劃階段，可評估兼具能源、觀光、產業、公私協力雙贏等多重效益，並透過與在地居民建立夥伴關係，利用場站特色優化地方景貌，帶動花東及離島地區再生能源事業永續發展，並建立在地化觀光特色。

(三) 綠色能源產業國產化或在地化

濟州島風力發電得以降低成本，並持續營運之關鍵因素，在於相關技術及設施設備之製造、營運管理等皆國產化，除促進相關產業持續升級發展，並提供當地居民工作機會。另臺灣因氣候因素，用電高峰之夏季反而是風力發電量能較低之季節，電力儲能技術之發展與應用相形重要。

¹¹ 台視新聞網(<https://news.ttv.com.tw/news/11312240039400M>)報載，2025 年 12 月 23 日韓國氫能公車發動 10 秒爆炸 3 人噴飛重傷事故，為安全起見，當地市府下令暫停所有氫能公車行駛上路。

(四) 公共運輸自動駕駛系統推廣

濟州島之交通環境相對單純，利於自動駕駛系統之運行與推廣，現階段世界各大車廠所發展之自動駕駛系統技術成熟度落差不大。臺灣相對複雜（機車量龐大）之交通環境可否推廣、適用，仍待評估。因此，建議可擇定交通量較小、交通環境單純、相對封閉型之用車環境進行試點推動，待相關技術更加成熟、民眾接受度高，以及相關配套更完善後，再予逐步推廣。

(五) 公私協力建構良善觀光休憩環境

偶來基金會運用民間力量，推動步道系統之建立，除在地居民平時之休憩使用外，亦提供韓國國內民眾，甚至國際觀光客一個低碳之體驗觀光活動空間，並活絡地方經濟、提升公共設施服務品質，以及推廣生態、文化、綠色生活等理念，可為花東或離島地區推動環保、低碳、綠色觀光旅遊之經濟或生活模式參考。

肆、參考文獻

- 一、 탐라해상풍력단지 (2024)。 *Tamra Offshore Wind Farm*.
- 二、 탐라해상풍력발전(주) (2019)。 2024/12/31， 取自：<http://tamra-owp.co.kr/2019/>
- 三、 Jeju Special Self-Governing Province、 Jeju Carbon Neutrality Research & Support Center (2024)。 *We establish and implement Jeju carbon neutrality and green growth plans supporting the transition to a carbon-neutral society and promoting green growth through the facilitation of energy transition.*
- 四、 Jeju Special Self-Governing Province (2024)。 *Jeju-specialized Distributed Energy for Net-Zero by 2035.*
- 五、 Jeju Olle Foundation、 Korea Tourism Organization (2022)。 *Jeju Olle Trail*.
- 六、 제주특별자치도청도청 (2024)。 2025/01/10， 取自：<https://www.jeju.go.kr/index.htm>。
- 七、 제주에너지공사 (2024)。 제주 에너지대 전환 정책과 제주에너지공사의 역할。
- 八、 제주에너지공사 (2024)。 2025/01/08， 取自：<https://www.jejuenergy.or.kr/>。
- 九、 제주연구원 (2024)。 제주탄소중립지원센터 소개 및 제주의 탄소중립 이슈。
- 十、 제주특별자치도 (2023)。 제주 에너지 전환 로드맵。
- 十一、 每日經濟 (2024)。 國內無人駕駛創業公司"Ride Flux" 濟州首條線路公車型自動駕駛大眾交通服務啟動。 2025/01/10， 取自：<https://www.mk.co.kr/cn/it/11074553>。
- 十二、 朝鮮日報 (2021)。 濟州的「風力搞笑劇」亂建發電機導致電力過剩，設備被迫停機， 2025/01/10， 取自：
<https://cnnews.chosun.com/client/news/viw.asp?nNewsNumb=20210555396&cate=&mcate=>。
- 十三、 台視新聞網 (2024)。 轟！韓國氫能公車發動 10 秒爆炸 3 人噴飛重傷， 2025/01/10， 取自：<https://news.ttv.com.tw/news/11312240039400M>。