南華大學科技學院永續綠色科技碩士學位學程

碩士論文

Master Program of Green Technology for Sustainability
College of Science and Technology
Nanhua University

Master Thesis

法務部矯正署澎湖監獄碳中和方向之初步規劃

Preliminary Planning for the Direction of Carbon Neutrality in Penghu Prison, Department of Corrections, Ministry of Justice

陳尚斌
Shan-Bin Chen

指導教授：洪耀明 博士
Advisor: Yao-Ming Hong, Ph.D.

中華民國 111 年 12 月
December 2022

南 華 大 學

南華大學永續綠色科技碩士學程

碩 士 學 位 論 文

法務部矯正署澎湖監獄碳中和方向之初步規劃

Preliminary Planning for The Direction of Carbon Neutrality in Penghu Prison, Department of Corrections, Ministry of Justice

研究生：陳尚斌

經考試合格特此證明

口試委員：蔡正偉

陳義松

陳柏青

洪耀明

指導教授：

系主任(所長)：周建明

口試日期：中華民國 111 年 12月 30日

序言

首先，感謝我的指導教授洪耀明老師與院長陳柏青，在做研究的過程中提點我尋找問題的核心，訓練出完整的邏輯及清晰思路，進一步培養出解決問題的能力，並且在研究的路上給予了我極大的支持與發揮空間，讓我可以在工作忙碌之餘，又能督促我讓我趕上相對應的進度，使得在做研究的日子中，縱然會覺得辛苦、疲倦，但只要想著老師還是很認真且毫不嫌棄我的教悔，我就不能讓進度有所延宕，所以這也讓我感到非常充實、也有一定的成就感。

此外感謝澎湖監獄黃建裕典獄長從我入行來一路提攜，同時對於在研究過程中所遭遇之資料蒐集問題進行相關協助，也謝謝口試委員教授們的各項提醒指導，是這一路上的貴人們。

中文摘要

近年來我國政府在全球趨勢下於 2021 年月推行了 2050 年淨零碳排之相關政策的規劃與研擬，於此項政策推行下，全國各行政機關誠如過往許多公司企業追求 ESG 一樣，各機關皆需要進行碳揭露計畫(Carbon Disclosure Project, CDP)，以電力需求端的角度，作為各界之示範場域，透過碳盤查之方式檢驗該機關之碳排放，同時爰引相關政策與策略，為該機構進行評估並提出預期改善方式。

本研究以法務部矯正署澎湖監獄為研究客體，研究方法依循著 ISO 14064 之碳盤查準則，同時採用「事業溫室氣體排放量資訊平台」搭配溫室氣體排放係數管理表 6.0.4 之計算表進行研究。研究結果得知澎湖監獄在直接排放與間接排放為主，其中又以直接排放之移動式燃燒排放量與冷媒逸散量最多。鑑此本研究也對於其改善方式提出相關建議，諸如電動車的使用、環保冷媒 R600 之運用等方式，將能有效降低澎湖監獄之碳排放總量，並執行未來碳中和規劃。

關鍵字：碳盤查、淨零碳排、碳中和

ABSTRACT

In recent years, Taiwan has implemented the planning and research of policies related to net zero emissions in 2021. Under this implementation policy, the administrative agencies start to plan some rule to pursue the to net zero emissions which same as many companies pursuing the ESG. Nowadays each organization needs to carry out a Carbon Disclosure Project (CDP) from the perspective of the power demand side and let it as a demonstration field. According the relevant policies and strategies, they try to use all improvements to carry out the CDP goal.

This study takes the Penghu as the research object. The research method followed the carbon inventory standard of ISO 14064n, used the "Enterprise Greenhouse Gas Emissions Information Platform" and the calculation table of Greenhouse Gas Emission Coefficient Management Table 6.0.4 to calculated all data. The result of the study show that direct emissions and indirect emissions are the main sources in Penghu Prison, the direct emissions from mobile combustion and refrigerant escape is the largest. In view of this outcome, this study also suggested some methods to solve it, such as the use of electric vehicles and the use of environmentally friendly refrigerant R600, etc. All of those methods will effectively reduce the total carbon emissions of Penghu Prison and implement the future carbon neutral plan.

Keywords：Carbon Inventory, Net Zero Emission, Carbon Neutrality

目錄

序言 I

中文摘要 II

ABSTRACT III

目錄 IV

圖目錄 VI

表目錄 VII

第一章 緒論 1

1.1 研究背景 1

1.2 研究動機 7

1.3 研究目的 8

1.4 研究流程 9

第二章 文獻探討 12

2.1 綠色能源 12

2.2 台灣離島綠能推行 14

2.3 ISO 14064 溫室氣體排放查驗 18

第三章 研究方法 24

3.1 研究課題介紹 24

3.2 研究架構 26

3.3 碳盤查方法 27

3.4 電氣設備碳排放量計算方法 30

第四章 碳盤查結果分析 31

4.1 澎湖監獄碳排放 31

4.1.1 類別一：直接排放 31

4.1.2 類別二：能源間接排放 35

4.1.3 排放總量 38

4.2 減碳策略研擬與計劃書預期效益 40

4.3 建議碳中和方式 42

4.3.1 再生能源 42

4.3.2 設備改善檢討 43

第五章 結論與建議 49

5.1 研究結論 49

5.2 研究建議 51

5.2.1 技術型建議: 51

5.2.2 設備型建議: 53

5.2.3 未來研究建議: 54

參考文獻 56

圖目錄

圖 1 A multi-organization high-level compilation of the latest climate science information.....3
圖 2 綠能科技產業創新推動方案.....6
圖 3 研究流程.....11
圖 4 台灣風力發電分布圖.....15
圖 5 台灣太陽光電分布圖.....16
圖 6 台灣低碳路徑.....19
圖 7 溫室氣體方案.....21
圖 8 澎湖監獄.....26
圖 9 研究架構.....27
圖 10 澎湖監獄汽柴油使用趨勢.....34
圖 11 澎湖監獄 110 年外購電力趨勢.....37

表目錄

表 1 我國太陽光電及風電發展目標及現況 6

表 2 澎湖監獄汽柴油使用量 31

表 3 澎湖監獄移動式燃燒排放源碳排量 34

表 4 澎湖監獄冷媒逸散量 35

表 5 澎湖監獄外購電力碳排量 36

表 6 各範疇排放比例 38

表 7 澎湖監獄排放總量清單 38

表 8 澎湖監獄排放總量計算 39

表 9 各類排放源排放比例 40

表 10 一般冷媒的分類 46

第一章 緒論

1.1 研究背景

根據世界衛生組織估計，全球因氣候變遷造成的死亡人數超過了150,000人之多，除因極端天氣事件外，氣候變遷更導致了疾病傳播、糧食減產等相關問題，因此各國皆相繼選擇再生能源，儘管相對昂貴，但能夠藉著不斷地提升綠色能源技術，降低成本並協助經濟擺脫化石燃料(Milliken et al.,2021)。據氣候和能源解決方案(Center for Climate and Energy Solutions,C2ES) 2020年之報告顯示，美國從2000年至2021年因極端氣候事件所造成的經濟損失高達10億美元之多(C2ES，2021)。根據 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2019年的報告指出，氣候變遷所造成之風險在美國各州是顯而易見的，諸如美西地區火災事件增多、美國中西部地區糧食系統供應不穩定、美國西南地區水資源短缺加劇，同時各地極端天氣事件發生率不斷地提升(Parker，2020)。

根據World Meteorological Organization (WMO)對於氣候變遷影響因素與結果報告指出，氣候變遷之發展並無放緩之情況，如圖1所示，近兩年COVID-19儘管對各國經濟與社會活動造成了嚴重衝擊，但並沒有減緩氣候變化的無情發展，儘管因二氧化碳排放量因經濟發

展放緩而出現了暫時性的波動，但於 COVID-19 疫情穩定後，二氧化碳排放量於各國也逐漸恢復(WMO，2021)。再生能源與能源使用效率一直是構成全球減緩地球暖化的一個戰略基石，除了再生能源代表著通往低碳的未來外，其更能滿足目前對於氣候變遷之目標所需，同時客可降低碳排放量。而避免全球暖化的最壞情況是全球至少有 85%的電力、至少三分之二的總能源需來自於再生能源，因此這也意味著各國需要對於脫碳能源轉型進行相關之決策與建設(IRENA，2018)。綠色能源在能源供應總量中越來越重要，各國也越發重視其各類再生能源之發展，根據國際能源署 2017 年之世界能源展望報告中指出，根據 IAM 評估模型估計，再生能源至 2040 年於世界佔比可達 20-30%(IEA，2017)。

圖 1 A multi-organization high-level compilation of the latest climate science information

（資料來源: World Meteorological Organization，2021）

面對全球溫室氣體減量趨勢與達成非核家園願景，我國政府規劃 2025 年再生能源發電占比 20%之政策目標，近年在風電及光電帶領下，能源轉型已有初步成果，離岸風電國家隊也已成軍並日漸茁壯(經濟部能源局，2021)。國際能源總署(International Energy Agency，IEA）提出了綠色復甦計畫，其建議全球政府於未來三年對推動產業

復甦的同時進行降低碳排量，以促進永續經濟發展(行政院國家永續委員會，2020)。未來對於全球在風力發電的商機是備受各界關注，以我國為例，近年來各大企業開始進駐國內，我國在離岸風電產業的整個市場上，也順勢地進入了亞太區風電產業的產業鏈，直至 2025 年，台灣風電廠所產生之再生能源量，將可達國內再生能源的 8.4%(Chris，2021)。

鑑於全球正處在能源轉型的關鍵時代，再生能源可以說是近年或是未來在影響各國經濟發展或是國家整體發展的的主要動力之一，誠如電動車趨勢帶動了許多國家在車載晶片或是充電樁的使用等，近年來發展綠色能源已成為國際趨勢，以我國來說，我國總體能源有 98%仰賴進口，然而又因我國是島嶼型國家，相較於美洲或是歐洲，在區域電力上無法透過電網等相關設備進行跨國電力支援，這也讓我國有關單位認為，對於提升我國在能源自主性及再生能源多元性與替代性發展上是需要關注的，同時隨著能源趨勢的改變，國際上為因應環境惡化與能源短缺之態勢，讓世界各國對於再生能源的使用上，有著一定的發展，而目前正是許多國家邁入能源轉型之關鍵時刻，對此我國政府也公告了預計於 2050 年再生能源發電量占比 20%之目標(行政院，2019)。為了改善並提升我國在能源使用上的自主性，並逐步達成非核家園目標，行政院於 105 年 10 月 27 日通過「5+2」產業創新

之一的「綠能科技產業創新方案」，此方案是以「創能、儲能、節能、系統整合」為推動主軸，以綠能推動、產業發展、科技創新三大願景，聚焦節能、創能、儲能及系統整合等四大主軸，期望能促成「綠能推動促進產業發展」、「產業發展帶動科技創新」、「科技創新增益綠能推動」之正向循環，如圖 2 所示(行政院，2021)。其目前重點推動的項目包括「太陽光電 2 年推動計畫」、「綠能屋頂全民參與」、「風力發電 4 年推動計畫」、「智慧電表示範建置」，以及目前籌設中的「沙崙智慧綠能科學城」(行政院，2018)。

而我國政府一直鼓勵各產業進行綠色能源轉型，目標是到 2025 年全國 20%的電力由可再生能源提供，並進一步提出到 2050 年實現「淨零排放轉型」的目標，下述為目前台灣產業內之先驅成就(TETDC，2021)，分別為:

(一)、Sun Rise E&T Corporation 進軍全球綠色能源市場。

(二)、Swancor Renewable Energy 與產業鏈合作夥伴建設海上風電廠。

(三)、Sysgration Ltd. 通過智能電力存儲最大限度地利用可再生能源。

圖 2 綠能科技產業創新推動方案

（資料來源:行政院）

對於我國來說，為了能夠在兼顧能源安全、環境永續及綠色經濟等前提下進行能源轉型，目前我國政府主要以太陽光電與離岸風電做為能源轉型之主力，這也是在我國離岸周邊，能夠看到非常多風機的現象，而能源轉型下，我國在離岸風電規劃於 2025 年累計設置 5.7 GW、太陽光電累計設置 20GW，以風光並進方式促進能源多元化及自主供應(如表 1 所示)，建構再生能源發電友善 發展環境，帶動內需與就業，展現我國積極推動綠能發展之決心(行政院，2021)。

表 1 我國太陽光電及風電發展目標及現況

類別	109 年 6 月	109 年 12 月	110 年	114 年

太陽光電	4.7	6.5	8.8	20
陸域風電	0.7	0.8	0.8	1.2
離岸風電	0.1	0.5	1.3	5.7
合計	5.6	7.8	10.8	26.9

資料來源:經濟部能源局

1.2 研究動機

根據行政院環境保護署，於 2018 年所提出之「溫室氣體排放管制行動方案」內容，其中不僅僅提及了我國政府在推動能源轉型過程中，對於新節電運動是不可或缺的主軸外，其中為落實相關減碳目標，其主要合訂由我國六大部門包含了能源、製造、運輸、住商、農業及環境…等六大部門共同承擔減碳責任，持續整合跨部會量能，滾動檢討以逐步精進溫室氣體排放減量工作(行政院環境保護署，2021)。本研究之研究動機主要有鑑於政府之各機關對於碳揭露計畫之內容進行相關之規劃，其中主要為碳中和之內容進行吸光計算，其中本研究主要期望藉由不同部門的政府相關單位，其主力不僅僅針對其單位內部之工作進行相關的執行，也期望各機關在進行碳揭露計畫的過程中，能夠藉由有效的方式進行相關的碳盤查標規劃、設施改善、碳中和目標之減碳，此種方式不僅僅得以將目前研究之客體單位有小的進行碳排放之相關設備或是器械改善或是更換外，更期望藉由相關指標的建

立，提供有關單位得以快速且有效地進行碳盤查，進以達到中央之預期目標做到碳揭露計畫之宗旨，且有鑑於碳盤查之過程相對複雜且繁瑣，本研究之研究動機主要期望藉由實證研究客體在進行碳盤查之過程中，所建立之相關的碳揭露指標，進以達到氣候變遷減緩之功效，同時也希望藉由此種方式得以提供各級單位在進行相關計畫的過程中，能夠快速且便捷地找出其相對應所需要之指標，進已讓全國有關機關得以快速且有效達到減碳共識，進而做到碳中和之前瞻規劃，達到環境永續之目的。

1.3 研究目的

經濟部(2022)提出之 2025 淨零排放所指的不是不排放，而是讓人類所造成之溫室氣體排放量最小化，再利用負碳技術、森林碳匯等方式來進行碳排放抵銷，進一步達到淨零碳排放，根據環保署(2021)我國國家溫室氣體排放清冊報告中指出，我國於 2019 年我國全國溫室氣體排放量為 266 百萬噸 CO2e，而全球溫室氣體排放量為 33,622 百萬噸 CO2e，於全球排名上在 2019 年時排名為全球第 22 名。經濟部(2021)格拉斯哥氣候協議中指出，對於各國檢討 2030 年國家自訂貢獻目標強度而言，該協議要求於 COP27 前提交 2050 年長期低碳發展策略，藉由各種減碳方式，逐步減少燃煤與淘汰化石燃料補貼，進已達成 2030 年前強化非二氧化碳溫室氣體(如甲烷)的整個減量過程，

此亦即現行的國際碳市場規則。

本研究有鑑於我國政府 2021 年所推行之 2050 年淨零碳排、氣候變遷因應法與全國各機關之碳揭露計畫等相關減碳排放的法規作為論文之研究動機與背景之建構，其中本研究之研究目的欲了解根據 ISO14064-1 的規範，盤查澎湖監獄全年度溫室氣體排放量，其用藉由查核與分析澎湖監獄整年度在水、電、油之耗用數據，提出碳減量之策略方針，及為達成碳中和所需之經費方案，綜觀上述，本小節歸納出本研究之研究目的，如下所示:

(一)、 建立澎湖監獄初始碳盤查紀錄。

(二)、 瞭解澎湖監獄溫室氣體排放來源及排放現況。

(三)、 提供澎湖監獄減碳策略。

(四)、 為達成澎湖監獄碳中和所需之改善方向。

(五)、 法務部矯正署澎湖監獄率全國矯正機關之最先完成溫室氣體盤查。

(六)、 使全國矯正機關可參考本研究，逐步完成溫室氣體盤查及減碳規劃。

1.4 研究流程

本研究之研究流程主要藉由研究背景探討來進行研究動機與研

究目的之產生，其中藉由全球可再生能源倡議RE100宣告內容作為研究的基礎，其後根據我國各機關所進行的碳揭露計畫(Carbon Disclosure Project, CDP)，以電力需求端的角度來進行本研究，本研究藉由法務部矯正署澎湖監獄為研究客體，藉由建立碳盤查的計算模式，透過該機關內部資料獲得相關數據，同時以 ISO14064 作為溫室氣體排放查驗之碳盤查標準，藉以了解計算相關數據資料。

其後針對本研究中所闡述之主題進行相關文獻之蒐集與探究，如溫室氣體排放、碳中和、ISO14064-1、減碳策略及減碳規劃等，進一步的界定本研究之研究假設與研究架構，藉以訂定出本研究所要探討之研究主軸與研究方向。

藉由 ISO14064-1 所規範之碳盤查標準，針對澎湖監獄全年度溫室氣體排放量，估算該監獄實際碳排放量，同時藉由相關數據結果提出減碳策略與估計該監獄欲達成碳中和所需之經費等相關方案。最後確立本研究之研究成果，並提出相關減碳策略與建議，期望藉由本研究使全國矯正單位皆可參考本研究之方法，在機關內部進行碳揭露計畫，推估機關整年度的碳排放，然後進行碳中和規劃及減碳期程。

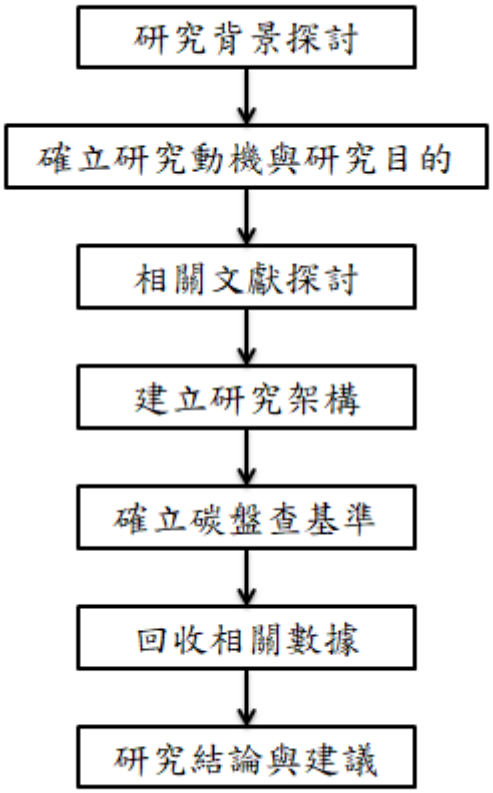

圖 3 研究流程

第二章 文獻探討

2.1 綠色能源

綠色能源係指由自然資源所產生之任意能源類型，諸如來自太陽能、風能、地熱能、生物質能、水力發電等可再生能源技術。通常與可再生能源被共同討論之，然而再生能源與綠色能源之間其實存在著一些差異，並非綠色能源皆是不會產生汙染的，誠如化石燃料即為自然資源的一種，但並不會被可再生能源行業加以運用；而燃燒有機材料之發電行為，也會產生 CO2，因此也並非為綠色能源，因此兩者並不能混為一談(TWI，2021)。

而目前各國對於能源之運用，其所講述之能源類型實則被稱為潔淨能源(Clean Energy)，其主要來源為風能、太陽能、潮汐能、海洋能或是核能等，其共同點之關鍵為此類能源皆不會造成溫室氣體排放而帶來氣候變遷之危害，而這些能源的發展更是許多國家推動安全能源的方向(Energy.gov，2020)。以印度而言，印度政府認為再生能源的主要目標是促進經濟發展、改善能源安全、改善能源獲取和減緩氣候變化，透過綠色能源的使用可持續能源並確保公民獲得負擔得起的、可靠的、可持續的和現代能源，可持續發展成為可能。因此在印度，其綠色能源相關之發展，在強而有力的政府支持和日益有利的經濟形

勢促使印度成為全球最具吸引力的可再生能源市場的領先者之一，印度政府不僅制定了政策、計劃和寬鬆的環境，以吸引外國投資，以快速推動該國在可再生能源市場的發展。其預計可再生能源部門在接下來的幾年裡可以創造大量的其國內就業機會(Kumar.J & Majid，2020)。

英國政府在 2020 年 12 月底由英國總理所提出的綠色工業革命十點計劃為基礎，英國的能源白皮書列出了政府將在未來十年內將工業、交通和建築排放量減少 2.3 億公噸的具體步驟，同時將通過促進能源零售市場的競爭來解決「忠誠度懲罰」之問題(ex.支付比新客戶更多的長期客戶)，並藉由提供至少 67 億英鎊的在接下來的 6 年裡為燃料貧乏和最貧困的人提供相關支持與援助。Renewable UK 的首席執行長 Hugh McNeal 表示英國的白皮書為在英國各地投資以實現英國對於淨零排放目標的公司提供了更清晰的信息，其中風能和可再生能源將成為英國各大企業與英國政府未來能源系統的核心，藉由這類再生能源所提供之循環經濟體，提供英國進行經濟脫碳所需的清潔電力和綠色氫，同時隨著英國從化石燃料過渡，下一代陸上和海上風電場將帶來數百億英鎊的投資，以支持綠色復甦並在全國創造數千個就業機會(The Rt Hon Alok Sharma MP，2020)。

根據 2020 年 5 月國際能源署(IEA)關於可再生能源的市場更新

所提供的一項分析顯示，IEA 研究人員分析了新冠肺炎疫情(Covid-19)對 2020 年和 2021 年可再生能源部署的影響，此一早期評估報告內容表明，新冠肺炎疫情(Covid-19)的危機正在迫害全球的可再生能源增長條件。其預期於 2021 年疫情繼續影響全球經濟和日常生活，然而對於可再生能源市場而言，在再生能源的發電技術，已經顯示出這些再生能源面對疫情危機的抵禦能力。

2.2 台灣離島綠能推行

為加速再生能源發展，我國政府於 2019 年 5 月完成「再生能源發展條例」修正，修正方向包含了明確地像社會大眾進行推廣，不僅推廣政策目標、更預期擴大全民參與、藉由公私部門活絡台灣整體綠電市場、鼓勵較小容量的再生能源發電設備設置、中央地方分級分流審查機制及增加再生能源併網彈性等方向，藉著各類發展以讓我國能夠具有更加全面且多元的角度健全再生能源發展環境(陳柏儒，2020)。根據台灣電力公司近年來能源分布圖中所示之成果顯示，截至 2020 年我國的再生能源發電量共計為 15,312,670 千度，其中水力發電為 3,019,152 千度、地熱發電 1,912 千度、太陽光電 6,095,329 千度、風力發電 2,433,124 千度、生質能發電 202,539 千度、廢棄物發電 3,560,613 千度，而其中以我國離島地區而言，澎湖縣風力發電機部分及有共計 14 部風力發電機，每年約產生 102,200 千瓦的電量；

金門縣共計 2 部，總產能為 4,000 千瓦。而以太陽光電部分而言，澎湖縣太陽光電總計高達 1,818.145 千瓦，如圖 4 與 5 所示。

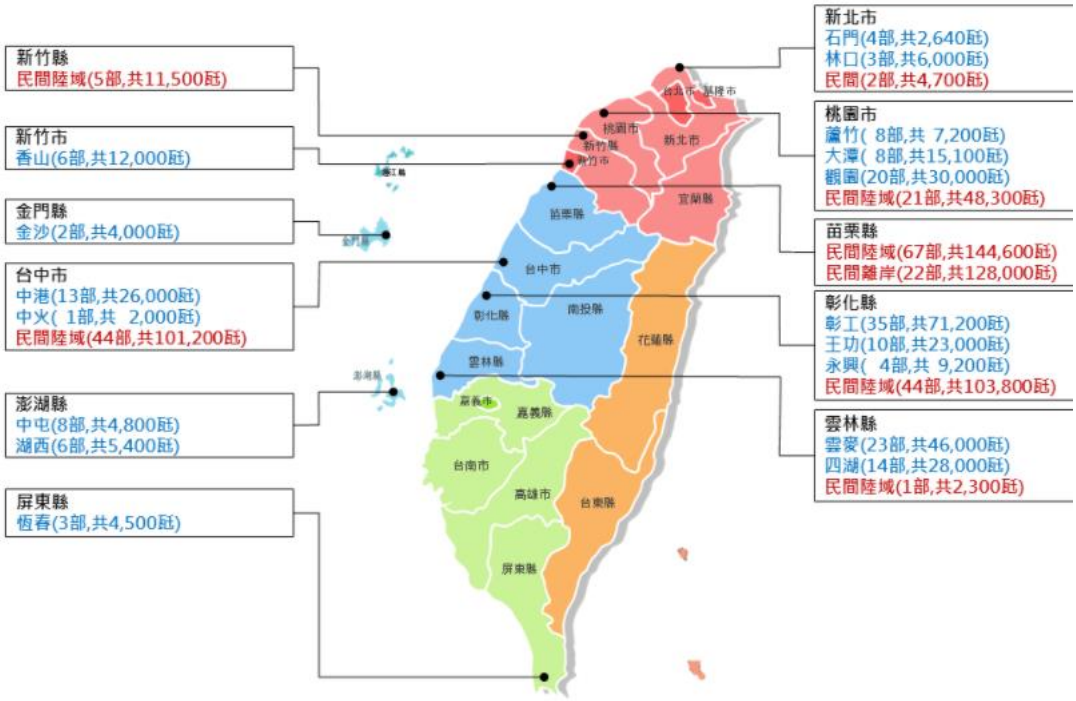

圖 4 台灣風力發電分布圖

（資料來源:台灣電力公司）

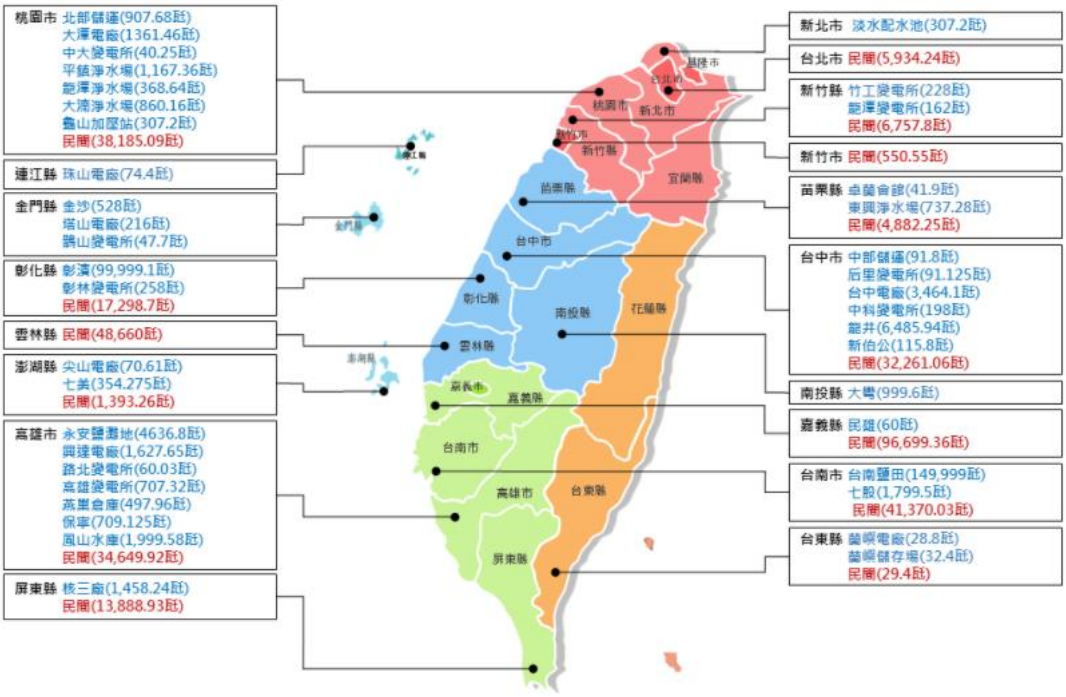

圖 5 台灣太陽光電分布圖

（資料來源:台灣電力公司）

而根據我國中央政府所制訂的再生能源發展方向與後續相關發展計畫時，中央政府亦相當重視我國在澎湖縣等離島地區的再生能源發展狀況，誠如我國行政院於 2010 年 3 月 4 日通過了節能減碳總計畫，該總計畫下將澎湖低碳島計畫列入總計畫中的 35 項標竿型計畫之中，而低碳島計畫亦即政府將採用地方結合中央之方式，規劃將澎湖打造為低碳示範島，根據經濟部能源局所推動的「建置澎湖低碳島專案」計畫內容，來進行整個再生能源設備引進、低碳計畫的運行，然而我國離島地區各有不同的再生能源發展潛力，如太陽光電、風力發電、生質能等， 因此各離島地區皆依據在地情形加以擬具再生能源發展策略，以致離島地區之推動方式各有不同，因此我國政府為了建立離島低碳生活圈之執行示範，行政院在後續於 2011 年核定了「建置澎湖低碳島專案計畫」，使澎湖成為我國第一個再生能源生活圈之低碳示範島，建置澎湖低碳島專案計畫整體推動時程為 5 年(2011 年至 2015 年)，規劃 8 大推動面向，包括再生能源、節約能源、低碳建築、綠色運輸、環境綠化、資源循環、推廣低碳生活及低碳教育等八項。因此透過澎湖低碳島中各種再生能源相關或是節能減碳相關的的示範建置，將技術、設備、服務及研發成果等相關設施或是服務等，全面導入綠色能源作為媒介或是執行，以全島能源供應 56%來自再生

能源為目標，打造了潔淨生活的低碳示範島，這也進一步地推動澎湖成為我國在低碳示範島嶼之根基。

而以我國建置澎湖低碳島專案計畫之內容而定，在該地區所推動之再生能源以「太陽光電」及「風力發電」兩種類型為主要的能源類別，截至 2015 年在澎湖縣當地，即已新增了太陽光電裝置容量 1.5MW 及風力發電裝置容量 96MW。其中太陽光電部分，在該低碳示範島專案計畫推動之前，澎湖本島本身僅有太陽光電裝置容量 68.1kW，因此我國中央政府考慮到澎湖當地民眾對太陽光電設置意願不高，因此規劃藉由公家機關與學校率先設置太陽光電系統之方式示範推動，藉由地方政府等行政機構進行相呼應，有利於整個示範島的居民等利害關係人有所連繫，因此經濟部能源局即推動「公共建築太陽光電示範計畫」，補助澎湖縣政府設置太陽光電設施，並協助澎湖縣政府相關推動事宜，至 2012 年完成設置 20 處太陽光電示範場域，包括馬公機場之公共藝術機車停車棚公車車棚、機場計程車車棚、漁港戶外休憩光廊、活動中心、澎湖國家風景區管理處廣場…等，全島總裝置容量高 1,560kW(行政院新聞傳播處，2019)。

而以我國另一個離島的在 2021 年積極趕工中的雲林離島新興區太陽能場，預定明年可完成 270MW（百萬瓦）裝置容量，經濟部長王美花於 2021 年 11 月 15 日至現場探勘時表示，整個雲林離島新興區

預計於 2021 年底可完 100MW 的裝置容量設備，對台灣全島供電幫助很大，至於區內 52 公頃未開發地，不排除朝向排碳再生轉型的綠氫與儲能等方向開發，讓新興區發展為國內最大的綠能基地。雲林台西離島新興區是一個以填海造地完成 283 公頃的新再生能源準備區，其荒廢長達 30 年未開發，直到最近配合綠能政策，積極趕工預定開發面積廣達 226 公頃的太陽能光電。蘇治芬表示台西離島新興區與六輕工業區僅僅只有一水之隔，在排碳大戶與綠能基地相鄰之下，雲林台西離島新興區除了擁有風電、光電，將來若能把六輕工業區的所有排碳量轉化為乾淨的綠氫新能源，此新興區將成為建構實質的減碳模範基地，更是將成為一座最佳的綠能教育場域(張朝欣，2021)。

2.3 ISO 14064 溫室氣體排放查驗

有鑑於目前全球各國皆面對劇烈氣候變遷的影響，對於溫室氣體所造成的危害及環保愛地球意識，國際環保、綠色能源等相關議題皆已成為全球各國所重視的議題，並藉此提出了許多綠能指標以作為改善發展的標的，自從聯合國氣候變化綱要公約(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)於 1992 年通過後，全球政府與民間組織開始推動溫室氣體減量與能源管理相關措施。其中溫室氣體排放的相關公約與議定書在 1992 年後相繼簽訂與生效，依序如下所示:

(一)、 1992 年聯合國氣候變化綱要公約。

(二)、 1994 年 UNFCC 生效。

(三)、 1997 年簽訂京都議定書。

(四)、 2005 年京都議定書生效。

然而因我國並非是聯合國之成員國，因此對於我國而言，是無法簽屬 UNFCC 或是京都議定書等相關公約，然而面對此問題，我國政府為因應逐年增加的溫室氣體及環保意識抬頭，遵照聯合國在氣候變化綱要公約會議的內容，依據我國溫室氣體減量及管理法等相關法規，主動提出溫室氣體減量承議國家自訂預期攻陷(INDC)，如圖 6 所示。

圖 6 台灣低碳路徑

資料來源: 台灣目前低碳城市暨碳經濟之發展策略簡報(2015)

同時我國蔡英文政府於 2021 年 4 月提出了 2050 年淨零碳排，同時將溫管法改名為氣候變遷因應法，並開始鼓勵許多企業一起重視溫

室氣體的排放，推廣溫室氣體之盤查、報告及驗證，而這一切的種種碳排查等相關驗證報告或是規劃，政府也期望政府相關機構作為碳盤查之領頭羊，因此全國各機關皆須進行碳揭露計畫(Carbon Disclosure Project, CDP)，以電力需求端的角度，共同努力提升使用綠電的友善環境。

而目前我國政府所推行之溫室氣體排放量盤查，即是以ISO14064-1 管理系統進行組織內所有可能產生溫室氣體的來源，進行排放源清查與數據蒐集。而其中 ISO14064 溫室氣體管理系列標準含有**三項子標準**，各子標題分別說明了組織與專案層級，透過相關規範與指引要求事項來做為相關的規範準則：

(一)、 ISO 14064-1(2018)：企業各組織內部中，組織層級在溫室氣體排放與移除之量化及報告附指引之規範。

(二)、 ISO 14064-2(2019)：企業之計畫層級需針對該司之溫室氣體排放減量或移除增量之量化、監督及報告附指引之規範。

(三)、 ISO 14064-3(2019)：溫室氣體主張之確證與查證附指引之規範。

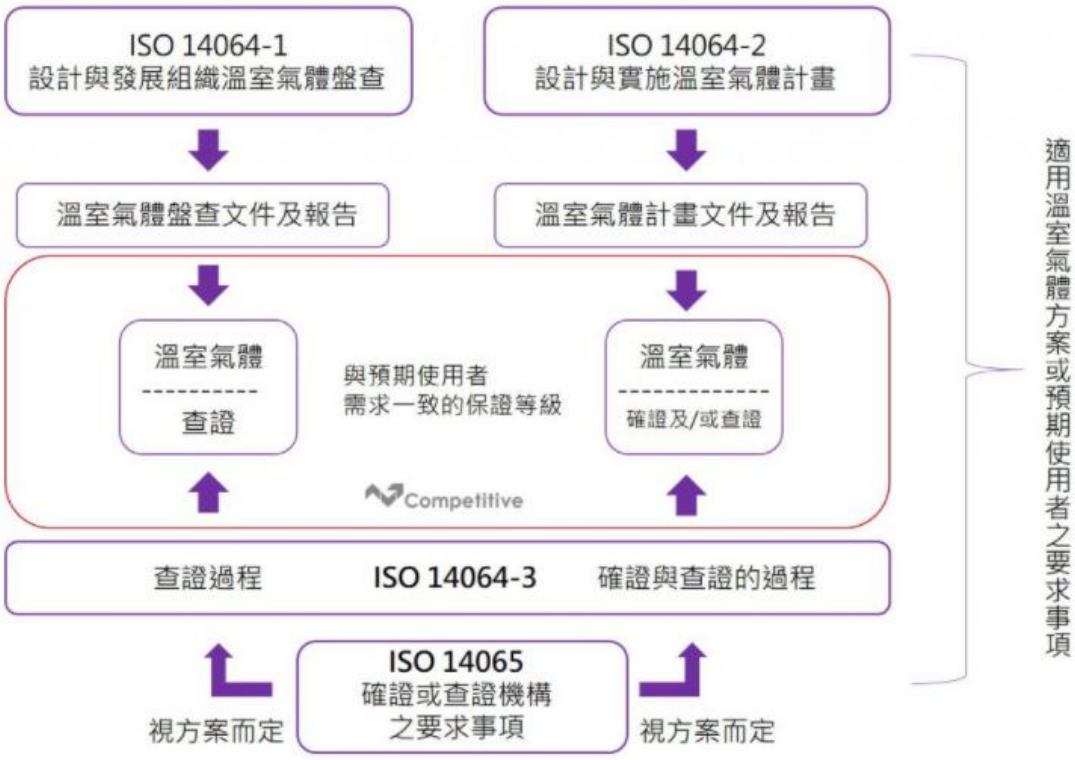

圖 7 溫室氣體方案

資料來源: 競爭力企管顧問團隊(2020)

其中，ISO14064-1 標準，是以公司企業或是組織作為其標準所建立的基本架構或是碳盤查基礎，就此單位進行溫室氣體盤查的設計、發展、管理及報告之原則與要求來進行整體規範。整個標準中包含了針對組織或公司在溫室氣體排放的界定、對於組織溫室氣體排放與移除的部分進行量化，並鑑別組織與公司特定的溫室氣體管理改善措施或活動之要求事項，以此針對盤查的品質管理、報告、內部稽核及組織在查證活動的責任之要求事項與指引(財團法人塑膠工業技術發展中心，2022)。整體而言，ISO 14064-1 標準規範之盤查作業，主要

可依循下列幾項原則，包含：相關性、完整性、一致性、準確性及透明度…等(Leadership,2019)，以確保溫室氣體排放盤查資料符合：

(一)、 相關性(Relevance):

對於企業組織而言，利用有效工具或是方式選擇合適的預期使用者需求之溫室氣體源、溫室氣體匯、溫室氣體儲存庫、數據及方法，考量預期使用者、適用溫室氣體類型與選用準則等之相關性。

(二)、 完整性(Completeness):

該規範中為了避免誤導規範使用者在進行編列過程問題，該規範納入報告之邊界內所有相關的溫室氣體排放與移除，組織需考量所有涵蓋之營運單位、製程、活動與設施之排放源。

(三)、 一致性(Consistency):

而為了使採用規範之緝獲或組織在溫室氣體相關資訊具備參考價值，組織對於盤查邊界的設定須注意是否與基準年做法一致，且相同設施之前後期間均採行同一量化方法；如活動數據的統計與排放係數的引用來源。

(四)、 準確性(Accuracy):

為有利於進行盤查之公司依據實際情況進行決策，藉以降低其偏差與不確定性，組織應注意盤查之量化方式；誠如活動

數據與排放係數，此種作法應為最能反應實際排放狀況，且相關數據須經由定期校驗儀器量測而得，並須確認校驗結果符合規範。

(五)、 透明度(Transparency):

為使溫室氣體相關資訊能充分地被有效利用，以利預期使用者在藉由資訊彙整後之內容與結論，做出合理且具高可信度及可靠度的決策，組織企業應取得所有與溫室氣體相關的佐證資訊；諸如相關指標的建立、計算方法的運用、文件變更及活動數與排放係數等(Leadership,2019)。

其中 ISO 14064 所制定的溫室氣體包含了 CO2、CH4、N20、PECs、HFCs、SF6 及 NF3 幾種，其排放源也有所不同(競爭力企管顧問團隊，2020)。而 ISO14064-1 之溫室氣體方案、準則、保證等級及事業登錄資料，組織應注意以下幾項查證重點，分別為:組織邊界、營運邊界、基準年排放量、量化方法、計畫文件與間接溫室氣體盤查(Leadership, 2019)。

第三章 研究方法

本研究主要目的是在探討澎湖監獄利用 ISO 14064 之準則來執行，因此本研究之研究方法將依循著 ISO 14064 的碳盤查準則來進行研究，其中依序將為:「界定組織邊界」、「界定營運邊界」、「計算溫室氣體排放量」、「文件化與紀錄」。此外將根據本研究之研究動機與研究目的，同時藉由文獻探討根據過往學者對於相關評估法之理論基礎，進一步地採用 ISO 14064 之方式，來進行資料的蒐集與驗證，同時藉由統計分析方法，驗證本研究之假說是否成立。

本章節共計三節，其中第一節為研究客體介紹，主要簡單介紹澎湖監獄的歷史與現行使用情況；第二節為研究架構，主要藉由研究架構圖確認本研究之各個流程之間的關係；第三節碳盤查方法之流程簡介；第四節為電器設備碳排放量計算方法。

3.1 研究課題介紹

澎湖監獄成立於民國 39 年，創建之初，以海底咾咕石為牆，上覆瓦片建造之平房，極為簡陋。民國 41 年復請款續建工場及圍牆，至此澎湖監獄建築初具雛形。然而由於過份簡陋，於民國 52 年奉核撥新台幣 60 萬元整，鳩工興建日新大樓，該大樓仿照原高雄看守所之建築型體，設雜居房 19 間，獨居房 10 間，可收容 300 人，面積

627,665 五平方公尺。民國 75 年 7 月於湖西鄉鼎灣村沙港段為遷建新監，佔地總面積 13 公頃，民國 77 年竣工啟用，建築總面積 10,246.35 坪，附設看守所、少觀所，澎監為普通及重刑毒品犯專業監，核定收容額為 1,637 人。

圖 8 澎湖監獄

資料來源:法務部矯正屬澎湖監獄(2020)

3.2 研究架構

本研究之研究架構主要藉由前述知研究動機與研究目的衍生出本研究之主要架構，其中研究架構主要將藉由 ISO 14064 之評估流程作為主軸，分為「界定組織邊界」、「界定營運邊界」、「計算溫室氣體排放量」、「文件化與紀錄」四個部分來進行，如下圖 9 所示。

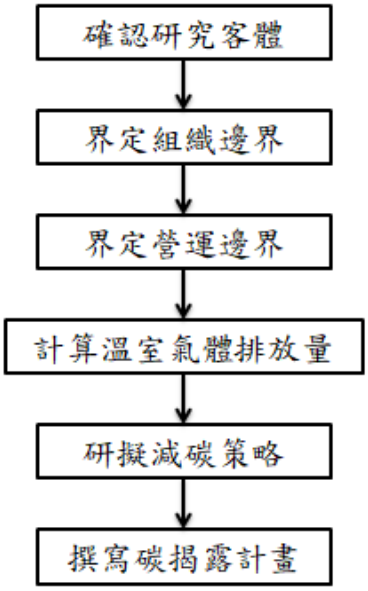

圖 9 研究架構

3.3 碳盤查方法

本研究將採用 ISO14064-1 溫室氣體盤查標準執行方法與步驟，其中各階段之執行與評估方法依序如下所示:

(一)、 界定組織邊界

利用組織邊界的界定協助釐清組織應盤查的範圍，一般可採用下列兩種方法：

1. 股權比例法(equity share)：

   此種方法亦即公司依照其內部事業體之持股比例進行認列，依據持股比例認列其事業體所需要規範之溫室氣體排放量。因此在計算溫室氣體排放量時，各事業體擁有的股權百分比，等同於其對於公司整體所代表的經濟風險及利益分攤比例。

2. 控制法(control)：

公司對所控制的事業體溫室氣體排放，採100%認列方式處理。控制又區分為財務控制或營運控制兩類準則，由公司選擇最能反應實質控制力量的準則執行。

(二)、 界定營運邊界

針對組織邊界內的排放來源，來定義其是屬於直接或是間接排放的規範範疇，共分為六大類(之前為三類)：

1. 直接溫室氣體排放和移除(大致上與之前範疇一相同)。於廠內使用汽油、重油等。
2. 輸入能源的間接溫室氣體排放(大致上與之前範疇二相同)。例如購買之電力、汽電共生等。
3. 運輸中的間接溫室氣體排放。
4. 使用產品的間接溫室氣體排放(上游)。
5. 與使用產品有關的間接溫室氣體排放(下游)。
6. 其他來源的間接溫室氣體排放(非上述3~5的分類)。

(三)、 計算溫室氣體排放量

組織應降低不確定性，並選擇與使用合理產生準確、一致及再現性結果的量化方法，如：

1. 排放係數法：

此種計算方法是目前我國最常被拿來使用的方法，此種計算方法主要是之照排放源之活動數據(如用油量、耗電量)乘上已被碳盤查表內所既定之排放係數來進行計算。

2. 質量平衡法：

此種方法常被運用於生產線製程排放的計算上，此種方法主要是以質量平衡的方式來驗算，藉由估算原料投入後，經化學反應所產生的溫室氣體排放量來作為整個質量平衡法的結論。

3. 連續及間歇量測：

這種方法是最麻煩，但是最有效率的方式，是透過設備採用直接監測排氣濃度和流量，以估算溫室氣體排放量。

整體而言，在計算溫室氣體排放時，組織應使用公噸作為量測單位，並應將每種溫室氣體之排放量，使用適切的全球暖化潛勢(GWP)轉換成二氧化碳當量公噸後，予以加總為組織之溫室氣體排放量。

(四)、 文件化

對於本研究而言，經由上述三階段之步驟執行後，其所獲得之相關數據，將作為本研究對於客體進行減碳策略之訂立與標準，進一步的將衍擬出相關減碳策略，同時也作為未來轉寫相關碳揭露計畫的基礎。

3.4 電氣設備碳排放量計算方法

本研究針對電氣設備之碳排放量進行探討，其中將針對研究客體之澎湖監獄的所有電器設備，誠如鍋爐、冷氣使用、其餘電器設備電量使用…等進行電力使用計算，同時藉由碳盤查之方法與各指標進行相關之數值轉換，其中以冷氣來說，本研究將藉由現行之冷氣型號來估計澎湖監獄於 2021 年之該年度冷氣用電量，同時藉由碳盤查相關指標來計算冷氣設備之碳排放量，而其餘電氣設備則採用每月使用之電量來計算，進以了解澎湖監獄在扣除冷氣使用下，其餘電器之碳排放量情形，藉由整個澎湖監獄在 2021 年整年度碳排放量進行相關探討，同時藉由研究之結果了解為本研究之主題，碳揭露之情況，藉由第四章之實證結果進行相關研究分析，進以了解未來於前瞻計畫下該如何執行並提出相關建議。

第四章 碳盤查結果分析

4.1 澎湖監獄碳排放

依據 ISO14064-1 規範，本研究分析類別一:直接排放，及類別二:能源間接排放，分析如下：

4.1.1 類別一：直接排放

根據澎湖監獄於汽柴油使用量來說，於 110 年 1 月~12 月總用油量如下表 4.1 所示，其中 92 無鉛汽油總公升為 575.21 公升、95 無鉛汽油總公升為 1851.74 公升、超級柴油總公升為 3565.53 公升，此外本研究藉由溫室氣體碳排放清冊之計算方式進行統計分析了解(如表 4.2)，澎湖監獄於 110 年間所使用汽柴油所產生的總溫室氣體碳排量為 13.97 公噸 CO2e/年。

表 2 澎湖監獄汽柴油使用量

時間	品名	數量(LE)	單價	金額
2021 年 1 月	92 無鉛汽油	73.000	21.5342	1,572
	95 無鉛汽油	164.260	22.6714	3,724
	超級柴油	314.9930	18.2104	5,735
2021 年 2 月	92 無鉛汽油	32.000	21.6810	694

	95 無鉛汽油	139.690	23.1656	3,236
	超級柴油	174.610	20.1095	3,511
2021 年 3 月	92 無鉛汽油	37.020	22.4810	832
	95 無鉛汽油	160.140	23.3810	3,744
	超級柴油	320.370	20.1236	6,447
2021 年 4 月	92 無鉛汽油	36.110	23.3810	844
	95 無鉛汽油	114.840	24.11815	2,777
	超級柴油	253.770	20.8535	5,292
2021 年 5 月	92 無鉛汽油	35.290	23.6810	836
	95 無鉛汽油	186.820	25.1810	4,704
	超級柴油	579.540	21.7655	12,614
2021 年 6 月	92 無鉛汽油	36.000	23.6810	853
	95 無鉛汽油	183.700	25.0735	4,606
	超級柴油	242.820	21.5798	5,240
2021 年 7 月	92 無鉛汽油	33.000	24.3810	805
	95 無鉛汽油	136.810	25.7510	3,523
	超級柴油	189.630	22.1642	4,203
2021 年 8 月	92 無鉛汽油	67.101	25.1455	1,685
	95 無鉛汽油	122.580	26.7662	3,281

	超級柴油	239.560	23.1508	5,546
2021 年 9 月	92 無鉛汽油	35.550	25.1810	895
	95 無鉛汽油	94.330	26.2271	2,474
	超級柴油	248.580	23.3929	5,815
2021 年 10 月	92 無鉛汽油	32.000	24.8810	796
	95 無鉛汽油	16.500	26.4611	4,247
	超級柴油	443.510	23.0863	10,239
2021 年 11 月	92 無鉛汽油	33.000	26.2810	867
	95 無鉛汽油	202.110	27.2179	5,501
	超級柴油	396.470	23.7445	9,414
2021 年 12 月	92 無鉛汽油	33.230	26.8810	893
	95 無鉛汽油	90.960	28.0783	2,554
	超級柴油	161.740	25.5966	4,140

資料來源:本研究整理

而根據澎湖監獄於 110 年各月份汽油與柴油使用趨勢圖，如圖 4.1 可以明確地發現到，澎湖監獄之車輛每年主要是以柴油車為主要的消耗，其中 5 月、10 月與 11 月的柴油消耗量業更大於其餘月份之平均，需更進一步探究才得以了解為什麼會有此原因產生，但因此部分屬於本研究之研究限制範疇中的，非藉由數據資料有辦法

獲取之相關數據項目，因此不加以探討之。

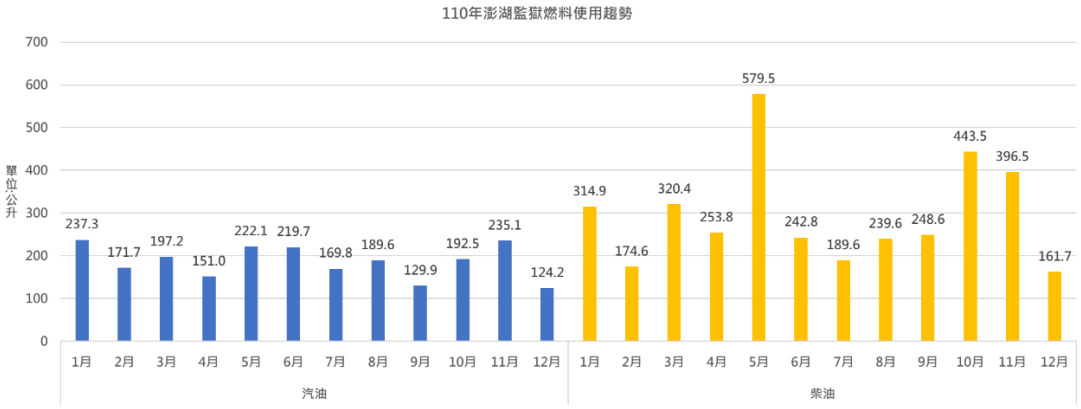

圖 10 澎湖監獄汽柴油使用趨勢

資料來源:本研究整理

而透過澎湖監獄移動式燃燒排放源碳排量總表(盤查清冊)來看，可以很明顯的了解車用燃料是澎湖監獄產生移動式燃燒排放源碳排量的主要來源，因此未來政策研擬，須對此部分進行著墨。

表 3 澎湖監獄移動式燃燒排放源碳排量

能源類別	使用量		溫室氣體排放量				占總排放量比例(%)
	數量	單位	CO_2（公噸/年）	CH_4（公噸/年）	N_2O（公噸/年）	總溫室氣體（公噸 CO_2e/年）	
車用汽油	2.11	公秉/年	4.78	0	0	4.78	0.83
車用柴油	3.40	公秉/年	8.86	0	0	8.86	1.54
移動式燃燒排放源排放總合			13.64	0	0	13.64	2.37

資料來源:本研究整理

澎湖監獄 110 年冷媒逸散量對於溫室氣體排放量之總量為主要來源為冷氣機的使用，其中澎湖監獄所採用的分離式冷氣所採用的冷媒，主要是使用 R407a(R32)、R410a 與 R410c 三種類型的冷媒，

而其餘冷媒使用主要是採用 R600a，但因 R600a 屬於環保冷媒，因此於碳盤查中不列入計算。整體來說由冷氣冷媒所造成的溫室氣體排放量，總計為 21.8338 公噸 CO2e/年，主要是以 HFC 為主要排放氣體。

表 4 澎湖監獄冷媒逸散量

使用物種	逸散 / 補充量（公噸/年）	全球暖化潛勢（GWP）	溫室氣體排放量（公噸 CO_2e/年）
範例：SF_6	10	22,200	222,000.0000
二氧化碳滅火器		—	0.0000
R407a，R32/125/134a（20/40/40）	0.0021	2,107	4.4247
R407c，R32/125/134a（23/25/52）	0.0082	1,774	14.5012
R410a，R32/125（50/50）	0.0014	2,025	2.9079
溶劑、噴霧劑與冷媒等溫室氣體的逸散排放總合：		CO2 ：	0.00
		HFCs ：	21.83
		SF6 ：	0.00
		總溫室氣體 ：	21.83

資料來源:本研究整理

4.1.2 類別二：能源間接排放

而藉由 110 年澎湖監獄外購電力區來看，實則與一般公家機關於整體用電趨勢相符合，其中夏季用電仍屬於外購電力使用之高峰，其中平均每月外部電力使用度數為 78,909.1 度，而平均每日外購電力使用度數為 2587.5 度，整體來說依照碳盤查之內容對於澎湖監獄而言，若要降低整個澎湖監獄的外購電力使用碳排總合，需藉

由相關措施的調整，以降低整個機關的外購電力使用，才有辦法執行。

由電量使用量進行探討，澎湖監獄整體溫室氣體碳排量於 110 年 1 月至 12 月總用電度數為 931,960 度，總碳排量為 580.61 公噸，平均月用電為 77,663 度。本部分所採取之計算方式主要是透過每月澎湖監獄整體用電量度數進行計算。

表 5 澎湖監獄外購電力碳排量

電力使用		使用量/外售量(千度/年)	排放係數(公噸/千度)			購電來源	溫室氣體排放量				占總排放量比例(%)
			CO_2	CH_4	N_2O		CO_2(公噸/年)	CH_4(公噸/年)	N_2O(公噸/年)	總溫室氣體(公噸 CO_2e/年)	
外購電力	台電	868	0.623	0	0	台電	580.61	0.00	0.00	580.61	94.19
	汽電共生廠						0.00	0.00	0.00	0.00	
自發電力外售(1 號機)						—	0.00	0.	0.00	0.00	

							0 0			
自發電力外售(2號機)						0.00	0.00	0.00	0.00	
外購電力使用排放總合：						**580.61**	**0.00**	**0.00**	**580.61**	**94.19**

資料來源:本研究整理

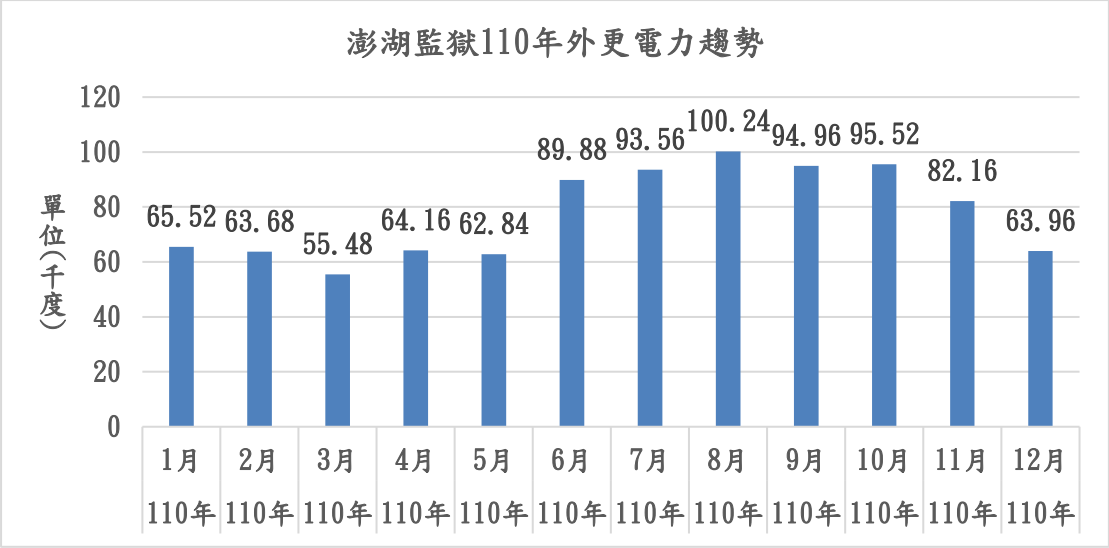

圖 11 澎湖監獄 110 年外購電力趨勢

資料來源:本研究整理

綜合上述兩範疇之結果，如下表 6 所示，其中範疇 1 占總排放量比例 5.81%，而範疇 2 占了 94.19%。

表 6 各範疇排放比例

各範疇排放比例	範疇 1	範疇 2
溫室氣體排放量（公噸 CO2e/年）	35.80	580.61
占總排放量比例（%）	5.81	94.19

4.1.3 排放總量

在排放總量部分，本研究透過行政院環境保護署之事業溫室氣體排放量資訊平台進行排放總量計算，其中澎湖監獄所能獲取之相關資訊，在該平台中之排放總量計算清單如下表 7 所示:

表 7 澎湖監獄排放總量清單

範疇別	排放型式	原燃物料代碼	原燃物料名稱	活動數據	單位
直接	F（逸散）	GG1814	冷媒－R410a，R32/125（50/50）	0.0014	公噸/年
直接	F（逸散）	GG1835	HFC-134a/R-134a，四氟乙烷 HFC-134a/R-1	0.0006	公噸/年
直接	F（逸散）	GG1816	冷媒－R407c，R32/125/134a（23/25/52）	2.1268	公噸/年
直接	F（逸散）	GG1816	冷媒－R407c，R32/125/134a（23/25/52）	0.0082	公噸/年
直接	T（移動）	170001	車用汽油	2.1100	公秉/年
直接	E（燃料燃燒）	170006	柴油	3.4000	公秉/年
間接	電力使用	350099	其他電力	868,000.0000	千度/年

資料來源: 事業溫室氣體排放量資訊平台(2022)

而藉由事業溫室氣體排放量資訊平台，本研究也獲得了排放總量之結果，此結果如下表 8 所示。

表 8 澎湖監獄排放總量計算

原燃物料名稱	溫室氣體	排放係數值	單位	排放量	GWP	排放當量
冷媒－R410a，R32/125（50/50）	HCFS	1	公噸/公噸	1.436	2088	2998.368
冷媒－R407c，R32/125/134a（23/25/52）	HCFS	1	公噸/公噸	0.0082	1774	14.5468
冷媒－R407c，R32/125/134a（23/25/52）	HCFS	1	公噸/公噸	2.1268	2088	4440.758
HFC-134a/R-134a，四氟乙烷 HFC-134a/R-1	HCFS	1	公噸/公噸	0.0006	1430	0.858
車用汽油	CO2	2.263132872	公噸/公秉	4.7752	1	4.7752
	CH4	0.000816426	公噸/公秉	0.0017	25	0.0425
	N2O	0.000261256	公噸/公秉	0.0006	298	0.1788
柴油	CO2	2.606031792	公噸/公秉	8.8605	1	8.8605
	CH4	0.000105507	公噸/公秉	0.0004	25	0.01
	N2O	2.11015E-05	公噸/公秉	0.0001	298	0.0298
其他電力	CO2	0.509	公噸/千度	441812	1	441812

備註:

- 排放係數類型:預設
- 排放係數來源: 溫室氣體排放係數管理表 6.0.4 版、能源局公告
- 排放量單位:公噸/年
- 排放當量單位:公噸 CO2e/年

資料來源: 事業溫室氣體排放量資訊平台(2022)

綜觀上述可以得知 CH4 排放當量為 0.0525 公噸 CO2e/年、CO2

441825.6357 公噸 CO2e/年、HCFS 排放當量為 7454.5312 公噸 CO2e/年、N2O 排放當量為 0.2086 公噸 CO2e/年。

此外各類排放源排放比例如下表 9 所示，從中可以發現主要的排放源為能源間接排放為主，佔了 93.79%。

表 9 各類排放源排放比例

各類排放源排放比例	固定式燃燒排放源	移動式燃燒排放源	逸散排放源	製程排放源	能源間接排放
溫室氣體排放量（公噸 CO2e/年）	0.00	13.97	21.83	0.00	540.76
占總排放量比例（%）	0.00	2.42	3.79	0.00	93.79

4.2 減碳策略研擬與計劃書預期效益

面對全球環境變遷問題，我國地方政府於各公家機關執行單位中皆開始推行各機關碳盤查的盤查機制藉以了解各公家機關自身營運所產生的碳排放量，促進地方朝向低碳永續發展。各地方縣市進行政府機關溫室氣體盤查，有幾項益處分別為協助我國地方政府瞭解自身營運產生的排放量、依盤查結果對症下藥，進一步地作為研擬減量策略的各種機制參酌，並逐步進行改善。

(1) **研擬之前置作業**

鑑此澎湖監獄對於目前現行碳盤查之結果，將對於減碳排放部分進行相關計畫執行之研擬，其中包含了配合主管機關執行相關減碳措施的推動。此外依據現行各地方政府所推動之碳盤查卻立即檢

視作業，原則須確立幾個項目，其中包含了設立盤查邊界，此意即要根據相關規則定義出澎湖監獄目前所需要進行盤查的範圍，藉由此範圍內所以的溫室氣體排放來源資料進行蒐集與了解，將之納入盤查內容，並計算其實際排放另，最終將之放置於計畫報告書中。

A. **盤查邊界**

因此在整個鑑探計畫政策研擬上，根據政府所規定之因此，政府機關盤查邊界設定的原則，需針對澎湖監獄所具有營運控制權的設施、建築或是活動等會造成溫室氣體排放之排放源進行盤查，並將之劃入盤查邊界內，因此鑑於上述，本研究所進行的碳盤查邊界，主要是整個澎湖監獄所擁有的相關設備、建築等。

B. **基準年**

根據碳盤查規定，盤查年度通常為日立年的一整年，因此鑑於本研究主要因研究限制的問題，澎湖監獄基準年度則是以 110 年為本研究之盤查基準年。

C. **鑑別溫室氣體排放來源及範疇別**

根據政府機關主要排放來源鑑別表進行判別，其中澎湖監獄碳主要相關能源包含了建築大樓與設施之內容，其中可能來源為電力、天然氣、瓦斯、液化石油氣等，而部分則為機關公務車的用油量與用電量為主要的移動式燃料，此外剩餘部分則為固定式或移動

式設備使用冷媒等設備所造成的逸散排放。綜觀上述，本研究中所探討的範疇主要即為「電力」、「燃料」與「逸散量」。

綜合上述之前置作業，本研究完成了澎湖監獄碳盤查的先行作業與資料蒐集和分析，根據本章節 4.1.1 中的分析結果，明確的瞭解到現行澎湖監獄在碳排放的主要排放來源，建此將此研究中的分析內容作為澎湖監獄碳盤查實行計畫的參酌，同時藉由相關計畫的實踐，以達成碳排放減量的預期成效，

4.3 建議碳中和方式

4.3.1 再生能源

以澎湖監獄來說，現行儲能設備的使用主要是利用監獄屋舍裝置太陽能板為發電自用的場所，澎湖監獄在 2018 年也成為了離島首座第一型再生能源專業電廠，每年約可發電 184 萬度電，同時能減少近 1,000 公噸的二氧化碳排放量，是公務機關屋頂太陽能發電案場中，以電業籌設模式申請設立的第一型再生能源專業電廠。澎湖監獄最初是以公開標租方式，引進友達光電旗下森勁電力公司投資興建太陽能發電電廠，除能供應監獄用電，所裝置的太陽能板因能阻絕陽光直射，還可使舍房降溫 3℃，不僅省下許多費用來進行隔熱設備的搭建，且每年可帶進自用收入，讓澎湖監獄成為離島綠色能源的生力軍。

因此以本研究來說，澎湖監獄現行採用的再生能源方式，對於未來整個碳盤查計畫的執行上，是屬繼續執行或是運用其所產生之電力，解決目前澎湖監獄所遭遇之問題。

4.3.2 設備改善檢討

根據本研究分析結果，藉由碳盤查了解到澎湖監獄在與溫室氣體排放的相關設備，其中涵蓋的部分主要為移動式燃料排放源(汽機車)、冷媒等相關溫室氣體排放源(冷氣、冰箱)，因此在設備改善部分，本小節將藉由此兩大類進行探討。

一、 汽機車排碳減量:

根據台灣智慧移動產業協會(SMRT)於 2021 年調查之結果顯示，我國民眾對運輸工具對於淨零碳排的普遍認知是嚴重不足的，目前部份機車仍為傳統化油器機車之設計，屬於高污染之交通工具，若因車主或使用人欠缺機車定期維護保養觀念，加上車齡老舊，無形中容易加速污染排放惡化，直接對環境空氣品質造成嚴重的衝擊。依據空氣污染防制法規定，車主每年應主動至機車排氣檢驗站(以下簡稱：檢驗站)進行排氣定期檢驗(以下簡稱：定期檢驗)，以確保車輛排氣符合排放標準，若定期檢驗不合格，可於檢驗站調整維修，以完成不合格改善。

為了有效降低機動車輛所排放之空氣污染物，行政院環境保護

署於 100 年 1 月 1 日起訂定規範，要求出廠滿 5 年之機車，每年應於發照月份之前後 1 個月，接受 1 次定期排氣檢驗，以促使車輛使用者定期保養自己的愛車，藉此降低機動車輛排放廢氣之污染程度。此外於 2022 年起我國政府更是推出了相關方案，民眾淘汰老舊機車且換購電動機車，可獲環保署發放的「溫室氣體減量效益」憑證，被視為「碳權」且可買賣。每輛老舊機車汰換為電動機車，約可減少 2.3 公噸的二氧化碳，民眾獲得憑證後，可賣給需要通過環評審查的開發單位或地方政府，藉此作為溫室氣體的增量抵換。根據環保署憑證交易平台資料統計顯示，2022 年 6 月 10 日憑證交易平台上線後，截至 2022 年 9 月底，全國已完成 8460 件媒合收購案，這也代表著目前對於汽機車換汰換為電動車或是油電混合車皆已逐漸被大眾所認可。

二、 冷媒等相關溫室氣體排碳減量:

對於冷媒為主的排碳原來說，最容易改善與汰換的設備，主要為冷氣類型的產品，其中以冷氣空調的改善來說，冷氣空調為降低室內溫度或達到除濕效果，必須透過壓縮機、冷凝器、膨脹閥與蒸發器整套的冷凍循環，將存在空調機的冷媒從液態轉成氣態，使其吸收熱能、再排出室外，因此冷氣的使用，除了消耗電力之外，還

對臭氧層造成的破壞，有幾種方式可以針對冷氣低碳製冷技術進行修正，藉以降低危害環境的問題。

方法一:改為使用綠電儲能型空調

近年來世界各國對於冷氣使用，開始出現了與再生能源相結合的使用情形，因此屋頂型太陽能供電的新型冷氣也相繼出現，此外太陽能冷氣已發展出了三種類型，直流供電（DC)、交流供電（AC）與混合型（Hybrid）三種類型，其中對於我國而言，混合型機種最具彈性，可在綠電不足時改採用一般電力，直流供電型的機種則由太陽能發電直接驅動，毋須透過逆變器轉換，運作效率最高。這類新型冷氣搭配了儲能設備，將白天發的太陽能存下來到晚間使用，提高家戶能源自給率，也較不易受到缺電或天災影響，是近年來對於冷氣的新選擇。

方法二:改用自然冷媒

過去歐盟曾對於氟化氣體 F-gas 進行相關的市場禁止條例，其中主要是藉由 GWP 係數作為其制定相關法規的基礎，GWP 係數是全球暖化潛勢、全球暖化係數（Global warming potential，GWP)，GWP 係數越高，就會更多的使全球暖化。關於自然冷媒的研究與使用也陸續得到提倡，由於過往人造冷媒是產生更是高暖化潛勢值（GWP）的強力溫室氣體來源，自然冷媒是原本就存在於自然界的物

質，包含二氧化碳、氨、丙烷等，都是環境友善的冷媒，因其不同特性，如二氧化碳的操作壓力高、丙烷具可燃性等，空調機具的設計、材料與控制系統，也需隨之調整。

在過去的幾十年裡，R404A 一直是商業和工業製冷應用中的卓越冷媒，由於 R404A 的化學特性，使其成為了低溫、中溫甚至高溫應用的完美製冷劑。而對於冷媒的差異而言，近期最被提倡的理應是採用環保冷媒來取代，冷媒的分類如下表 8 所示，而目前市面上較常見的冷媒，主要為 R410A 與 R32 兩種冷媒，這兩種冷媒的臭氧層破壞潛勢都是「零」，亦即採用此兩種冷媒，不會加速地球臭氧層破洞擴大。然而與 R410A 冷媒兩者相較下，R32 環保冷媒節能減碳的效果更好，R32 的「地球暖化係數」約為 R410A 冷媒的 1/4，這意味 R32 更不會造成全球暖化。此外，R32 冷媒的填充量只需要 R410A 的 70～90%，但就能達到與其他冷媒一樣的的冷房效果，這也代表了使用 R32 冷媒取代其他冷媒進行填充，除了降低填充量，同時也提高了約莫 10%的能源效率。

表 10 一般冷媒的分類

冷媒類型	項目
氯氟烴(ChloroFluoroCarbons, CFC)	R11、R12、R115

氫氯氟烴 (Hydrochlorofluorocarbons, HCFC)	R22、R123、R124
氫氟碳化合物 (Hydrofluorocarbons, HFC)	R32、R134a、R404A、R410A
天然	二氧化碳(CO2 R-744)、 氨(NH3 R-717)

資料來源:本研究整理

根據台電資料顯示，一般家電用品來說，主要是以冷氣機新舊而論，其新舊差異主要將影響其能源效率。因此在選用冷氣機時，消費者應比較 CSPF 節能指標，透過節能指標示的內容與明確的標記，才能方便的購買到真正最省電的冷氣機。此外根據能源局對於冷氣節能相關推薦來說，其主要是採用「CSPF 節能指標」作為推薦給消費者進行節電等相關觀念的一個主要指標，其中 CSPF 值愈高代表冷氣愈省電。「CSPF」(Cooling Seasonal Performance Factor，冷氣季節性能因數)，該性能因數主要是考慮到冷氣使用季節的外氣溫度條件，更準確地計算一台冷氣的能源效率，其中 CSPF 值每提高 0.1 分，就可節約 2～3%冷氣機用電，因此根據能源局對於冷氣機選擇推薦與相關推廣時，其指出若消費者要真正達到省電目的，除了選擇一級能效

的空調，也應該選擇 CSPF 值最高的機種。我國 2017 年起，即以 CSPF 取代過去國人在選擇冷氣機的標準所使用的 EER(Energy Efficiency Ratio，能源效率比值)，CSPF 的計算中更納入季節因素，較符合我國國人的冷氣使用習慣，藉此也能更精準的彰顯冷氣的節電效益。此外再結合「R32 環保冷媒」的使用，不僅節能省電，更降低了冷媒逸散量所造成的溫室氣體排放問題。

綜觀上述計劃書內容之研擬，同時結合本研究中利用碳盤查方式所獲取的資料進行交叉分析，可以了解以澎湖監獄對於計畫研擬來說其執行方面可以依據其目前所產生的溫室氣體排放源進行更完整的資料蒐集，同時更可配合現有儲能設備進行相結合，達到有效的資源應用。而以預期成效來說，目前整體來說預期成果為若是能夠藉由將冷媒全部汰換為使用 R32 環保冷媒，整體來說將可以節省約 1 公噸的冷媒逸散量，而若是能將車輛全數轉換成使用電動車或是油電混合車，將能更有效的降低至少一成的燃油使用量，同時運用充電樁結合太陽光電充電技術，將能讓自產電力更有效的運用，不僅僅達到節電效果，更能降低溫室氣體排放量。

第五章 結論與建議

5.1 研究結論

綜觀近年來許多相關行政機關或私人企業對於碳盤查做出相關的研究報告，可以明確的瞭解到，一份溫室氣體排放報告書，其中需含蓋的內容不僅僅須包含組織邊界、營運邊界、溫室氣體量化表、基準年界定、資料查證與結果探討(溫室氣體減量策略)…等，而其中對於減量策略而言，不免除都是較常見的策略因應，諸如推廣節約能源、降低電力使用或是提高能源使用效率避免不必要的冷媒逸散。

鑑於國內對於碳盤查之基準會因為各機關之使用情形有所差異，因此誠如本研究採用「事業溫室氣體排放量資訊平台」再結合碳盤查計算表進行相關計算，得以有效將研究中排放來源進行相關的歸類，同時也可以明確了解排放係數值，透過該平台可以快速且有效率地掌控整個資訊使用情形，並藉由相關資料進行評估，總體而言對於行政機關在進行碳盤查之情況是具有實質效果，誠如透過該平台之計算，像是車用汽油與柴油之使用，其所排放之溫室氣體種類就會與自行進行碳盤查填表有所差異，此外對於冷媒的分類，在兩種計算方式上，確實皆有分類方式，但部分仍會有所差異，因

此計算結果也會有所不同，但整體而言，透過有效的工具針對碳排放量進行盤查，是有助於整個碳盤查資料的建構。

整體來說澎湖監獄在移動式燃燒排放量相較於其餘的溫室氣體排放源是最多的，其中對於未來碳排查內容的策略研擬，未來可以透過以下幾種方式進行相關規劃，更有利於整格個澎湖監獄在碳排放的減量，誠如前述第四章分析結論中所講的，車輛使用若將之改變為全數使用油電混合或是電動車，結合澎湖監獄於 2018 年後所建設的太陽光電供電系統，亦可結合目前台電與能源局預期規劃的充電樁系統進行結合，此種作法不僅僅對於整個澎湖監獄有降低碳排放之效果，同時也更能配合政府對於 2050 淨零碳排政策進行結合，達相輔相成之效，同時這也展現了公家機關作為民眾心中的一種示範，誠如工研院於 2022 年之研究報告顯示，電動車或是油電混合車的使用還說，目前市佔率是極低，其中純電動車全台灣僅有 200 多位車主，相較於政府為了政策推展，參酌美國加州電力公司與台電進行相關資源的整合，若是澎湖監獄能夠有效的對內推行，同時做出一個更有規範的相關機制，不僅做為一個離島能源展示中心外，更可以做為各行政機關在儲能裝置結合政府政策的一種典範。

5.2 研究建議

針對本研究中所提出之相關盤查內容與資料分析時，可以發現一些比較常見的量化問題，儘管本研究因資料限制問題無法有效的進行更深入評估，但是若是基於有關單位在內部執行碳盤查的同時，可以從量化數據精準度下手，以下將分別從幾項建議進行探討，分別為技術型建議與設備型建議針對澎湖監獄碳盤查結果進行更進一步的探討。

5.2.1 技術型建議:

量化指標的精確度提升，可以說是整個碳盤查中最為重要的部分，在溫室氣體盤查工具應用上，除了使用環保署所提供之溫室氣體盤查表單進行溫室氣體盤查外，其中需要注意的是排放源的鑑別與數據品質管理部分，此外可以依據 EPA 事業溫室氣體碳放量資訊平台下載溫室氣體排放係數管理表，來進行數據品質的提升。

而以本研究中所調查與資料蒐集結果，對於後續研究學者提出許多建議，相較於直接使用碳盤查表格內容，實則很難有效界定在碳盤查中的營運疆界，當然可以確定的是固定式燃料排放源的設備，針對固定式燃燒排放資料統計而言，應該要針對整個耗用資料及使用量進行了解，其中除了藉由月報、年報與實際用量進行比對外，使用量計算也應適用下列公式同時比對能源局油價資訊管理與

分析表進行資料統整，進以確認整個資料的準確性。

而面對移動式燃燒排放量化的方式，其對象主要是運輸設備之內燃燒計算，因此其量化排放係數的計算法為:

溫室氣體排放量 = 活動數據(燃料耗用量) * GHG 排放係數 * GWP 值

而此種計算方式，可信度最佳的資料源為實際加油單據，而其中最需要注意的是固定式燃燒與移動式燃燒的排放係數不同，因此在製表程中皆需要注意。

而若是探討人為系統逸散(F)之排放量來說，其中人為系統所釋放的溫室氣體所產生的直接逸散性排放，其類別實則應該細部探究，因為其中將包含了化糞池、廢水厭養處理、空調冷藏設備之冷媒逸散與滅火器的使用。整體來說本研究中僅探討了空調冷媒逸散量，但對於人為系統逸散(F)之排放量應在增加其餘的相關內容，誠如許多研究中對於滅火器使用並未詳加去著墨，整體來說滅火器屬於消防設備一環，且根據能源局與消防署共動制定儲能設備消防安全規範中，目前已有專法針對儲能裝置進行相關的規範，而澎湖監獄本身又是屋頂型太陽光電系統的擁有者，那相對於一般的公家機關設施來說，一般的公家機關在計算滅火器排放量的情況，僅能藉由滅火器數量進行相關的預估排放量，但若是結合儲能裝置進行探討的同時，因為儲能裝置對於消防設備安全專法之問題，消防設備

逸散量將會更多，因此未來相關研究建議對於此部分能夠多加著墨。

5.2.2 設備型建議:

以設備方向來探討，綜合第四章分析結果可以得知，澎湖監獄在設備上以移動式燃料源來探討的話，其中主要是使用汽油與柴油，此兩種設備的使用多數為交通設備，同時藉由澎湖監獄中的車輛列表清單明顯得知，澎湖監獄中使用的車輛主要因車輛年份都是屬於較舊型車種，且同時車輛皆屬於汽油車或是柴油車，有鑑於近年來政府於澎湖監獄所推行之相關儲能設施的使用與建置，同時澎湖地區又屬於離岸再生能源的最大示範島，由此可見在車輛使用上，未來建議澎湖監獄於車輛購買與使用上，可同時結合未來能源局與台電所推廣的車輛充電樁設計，結合相關的儲能設備將燃油排放的相關問題降到最低，同時也藉由儲能設備的相關供電，有效的利用離峰時段替公務車進行充電，此種方式不僅能快速且有效的達到能源節約或是餘電使用的效果，對於太陽光電所獲得的電力，不僅僅得藉由憑證販售機制進行相關電價的回收，同時也可以藉由充電樁機制對於未來在交通設備使用上，有著更有效的資源利用。

此外以冷媒逸散量來說，澎湖監獄空調等相關使用冷媒之設備，主要使用的冷媒有兩種，其中有一半是使用 R32 環保冷媒，未

來也建議在設備汰換上，得以選擇一級能效的空調，也應該選擇 CSPF 值最高的機種，結合環保冷媒 R32 的使用，此種方式將能有效改善整個澎湖監獄的冷媒逸散量。

綜觀上述結果可以得知，根據近期多數公司企業或是行政機關在推行碳盤查等相關規劃與計劃的過程與其成果展望，可以很明確的瞭解到，以公家機關來說，不僅僅需要配合政府進行相關的示範與實行，同時也需要視該機關之情況進行適當的調節，才能有效的達到碳盤查的成果，而當然除了相關設置的推廣外，該行政機關內的同仁也需要有相關的知識推廣，才得以獲得相輔相成之效，鑑此本研究也期望此篇研究之研究成果，得以獲得有關機關的參酌，進行更有深度的探索與更細部的碳盤查，僅因本研究本身具有相關研究限制問題，於資料取得上仍會與該機關全數所擁有的相關資料有所落差，因此也希望未來政府機關在進行碳盤查的過程中，可以參酌本研究對於碳盤查的執行狀況，鑑以獲得更有效的碳盤查之效。

5.2.3 未來研究建議:

以未來研究建議而言，本研究建議未來學者進行悉相關研究之前，需先於界定組織邊界的情況下，先行考量研究中所需之數據取得資料難易度，或是是否可以有效取得，此種方式可以避免於研究過程中因研究數據取得之問題，而造成研究上的限制。此外對於未

來碳盤查規劃書之撰寫，對於公務機關來說，最大的問題在於經費使用限制上，對於公務機關來說，每一年所能運用之經費有限制，因此在整個未來規劃上，需考量該機關本身能運用之經費進行相關衡量，此種方式將有利於該機關在規劃上能夠做到更完善。

參考文獻

行政院(2019)。推動智慧電網—確保電力穩定供應。

行政院(2018)。能源轉型，打造綠能科技島—綠能科技產業創新推動方案。

胡耀祖(2017)。臺灣能源期刊第 4 卷第 4 期內容。

左俊德(2018)。分散式電力系統相關經濟與產業效益分析。

行政院(2021)。綠能科技產業創新推動方案。

國家產業發展處(2020)。2025 打造臺灣成為亞太綠能發展典範。

蔡依倫(2018)。想像澎湖的發展願景：從賭場到綠能低碳島。

台灣光華雜誌(2019)。綠色低碳島，七美智慧電網。

林法正、陳彥豪、盧思穎、陳毓文(2017)。澎湖智慧電網示範介紹。

Tzeng, G. H., Lin, C. W., & Opricovic, S. (2005). Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportation. Energy Policy, 33(11), 1373-1383.

Taiwan External Trade Development Council. (2021). The Key to the International Success of Taiwan's Renewable Energy Industry.

行政院國家永續發展委員會(2020)。IEA 提 3 兆美元綠色經濟復甦計畫。

Chris Chang. (2021). Taiwan to boost renewable energy to 20% by 2025, introduce trillion-dollar investment.

Lindsay Milliken, Tricia White & Michael A. Fisher. (2021). Countering Climate Change With Renewable Energy Technologies.

Center for climate and energy solutions (C2ES). (2021). Extreme Weather and Climate Change.

International Energy Agency (IEA). 2017. World Energy Outlook.

Stephanie Parker.(2020). How climate change has affected each state.

World Meteorological Organization. (2021). Climate change and impacts accelerate.

李世光(2016)。第二期能源國家型科技計畫之辦公室運作計畫。
TWI, 2021, What is green energy? (Definition, Types and Examples).
Energy.gov. (2020). Clean Energy.
陳柏儒(2020)。離島地區綠色能源發展現況與展望。國土及公共治理季刊，第八卷第二期 109 年 6 月。
行政院新聞傳播處(2019)。推動風力發電 4 年計畫—潔淨能源 乘風而起。2019 年 6 月 14 日。
張朝欣(2021)。開發雲林離島工業區 王美花：跨部會協助發展綠能。2021 年 11 月 15 日。
Charles Rajesh Kumar. J & M. A. Majid. (2020). Renewable energy for sustainable development in India: current status, future prospects, challenges, employment, and investment opportunities.
The Rt Hon Alok Sharma MP. (2020). Government sets out plans for clean energy system and green jobs boom to build back greener.
K. Jenab, A. Sarfaraz, P. D. Weinsier, A. Moeini, & A. M. A. Al-Ahmari. (2015). I-DEMATEL method for integrated manufacturing technology selection. Journal of Manufacturing Technology Management, vol. 26, no. 3, pp. 349–363, 2015.
L. Abdullah & N. Zulkifli. (2015). Integration of fuzzy AHP and interval type-2 fuzzy DEMATEL: an application to human resource management. Expert Systems with Applications, vol. 42, no. 9, pp. 4397–4409, 2015.
C.-Y. Huang, J. Z. Shyu & G.-H. Tzeng. (2007). Reconfiguring the innovation policy portfolios for Taiwan´s SIP mall industry. Technovation, vol. 27, no. 12, pp. 744–765, 2007.
L. A. Zadeh. (1965). Fuzzy sets," Information and Control, vol. 8, no. 3, pp. 338–353, 1965.
J. L. Deng. (1989). Introduction to grey system theory,"

The Journal of Grey System, vol. 1, no. 1, pp. 1－24, 1989.

競爭力企管顧問團隊，2020，關於 ISO 14064 溫室氣體排放查證/確證。Source: https://iso.24go.com.tw/aboutiso14064/.

Leadership.(2019). ISO 14064-1：2018 Greenhouse gases Part 1：Specification with guidance. Source: https://www.isoleader.com.tw/home/iso-coaching-detail/ISO14064-1.

財團法人塑膠工業技術發展中心，2022，ISO 14064 溫室氣體排放量盤查。Source: https://www.pidc.org.tw/safety.php?id=147。