



弘光科技大學環境與安全衛生工程系碩士班
在職專班

碩士論文

水資源回收中心經營運作節能減碳之研究

Research on Energy Conservation and Carbon Reduction
in the Operation of Water Recycling Centers

研究生：褚陳瑋

指導教授：陳昌佑 博士

中華民國 113 年 7 月

誌謝

在這篇論文的完成過程中，有許多貴人和機構提供了寶貴的支持和幫助。

在此，我想向他們表達我最誠摯的謝意。

首先，我要感謝我的指導教授陳昌佑博士，在整個研究過程中給予我無盡的指導和支持。沒有您的耐心教導和專業建議，這篇論文不可能完成。

感謝口試委員劉惠銘博士和許振峯博士，在百忙之中蒞臨指導，感謝您們在論文審查過程中的寶貴意見和建議，這對於提升論文的質量起到了重要作用。

特別感謝吳昭邦先生、何保貴先生以及郭云吟同學，感謝您們在研究中給予的協助和支持。使得研究過程更加順利，你們的建議和幫助對於我的研究工作至關重要。

也要感謝研究標的工作人員，在資源缺乏環境中努力維持設備的妥善，確保放流水質能確保品質與穩定，在這裡要跟您們說辛苦了。

最後，我要感謝我的家人，尤其是我的太太，感謝妳在我攻讀學位期間的無怨無悔的支持和理解。妳的鼓勵和支持是我克服困難、完成這項研究的最大動力。

中文摘要

本研究旨在探討水資源回收中心如何通過改進運營方式實現節能減碳。水資源回收中心作為水資源管理的重要組成部分，其運作過程中會消耗大量能源並產生大量碳排放，因此提升其運營效率並減少碳足跡具有重要意義。

研究以中部某水資源回收中心的用電效率調查和數據分析為基礎，評估該中心的能源消耗和碳排放情況，並分析其主要碳排放來源。結果顯示，主要碳排放來自水處理過程中的電力消耗和污泥處理過程中的能量消耗。

首先，針對高耗能運轉馬達，建議更換為高效能馬達，預計可有效降低電力消耗，減少碳排放:14684.67 kg.CO₂e(年)。此外，在屋頂建置太陽能光電系統，平均每月能提供全廠約 3710 度(KWh)電力，有效減少外購電力需求及碳排放。

同時，將現有照明設備更新為 LED T5 燈管，可節省碳排放 267.795 kg.CO₂e(年)，LED 燈管製造過程不使用固態汞，壽命長(壽命目前有到 3 萬小時)，更換率減少，也更能達到減碳目標。導入 UASB 系統以降低好氧系統曝氣池的設備負荷，該系統具免曝氣、低耗能及低廢棄污泥產量的特點，並可回收利用沼氣，節省用電耗能。為減少污泥產生量及處理過程中的碳排放，建議採用黑水虻進食污泥分解技術，減輕污泥處理負擔並實現廢棄物資源迴圈再利用。最後，考慮將含 NO₃⁻的回收水用作農業氮肥，減少硝化與脫硝程式的電力耗能和碳排放，同時降低農業氮肥的需求。

綜合以上措施，本研究提出的節能方案不僅能顯著降低用電耗能及營運成本，還能減少碳排放，為工業節能減排提供了可行的解決方案。

關鍵字:水資源回收、高效馬達、LED 燈管、太陽能發電、**節能減碳**

Abstract

This study aims to explore how water recycling centers can achieve energy conservation and carbon reduction through improved operations. As an important part of water resources management, the water recycling center consumes a lot of energy and generates a lot of carbon emissions during its operation. Therefore, it is of great significance to improve its operational efficiency and reduce its carbon footprint.

Based on the electricity efficiency survey and data analysis of a water resources recycling center in central China, the study evaluates the center's energy consumption and carbon emissions and analyzes its main sources of carbon emissions. The results show that the main.

The main carbon emissions come from the electricity consumption in the water treatment process and the energy consumption in the sludge treatment process.

First of all, for high-energy-consuming operating motors, it is recommended to replace them with high-efficiency motors, which are expected to effectively reduce power consumption and reduce carbon emissions: 14684.67 kg.CO₂e (year). In addition, a solar photovoltaic system is installed on the roof, which can provide about 3710 kilowatt-hours (KWh) of electricity to the entire factory every month on average, effectively reducing the demand for purchased electricity and carbon emissions. At the same time, upgrading existing lighting equipment to LED T5 lamps can save carbon emissions of 267.795 kg.CO₂e (year). LED lamps do not use solid mercury in the manufacturing process, have long lifespan (currently 30,000 hours), and have a high replacement rate. Reduction can also better achieve carbon reduction goals. The UASB system is introduced to reduce the equipment load of the aeration tank of the aerobic system. This system has the characteristics of no aeration, low energy

consumption and low waste sludge production. It can also recycle biogas and save electricity and energy consumption. In order to reduce the amount of sludge produced and carbon emissions during treatment, it is recommended to use black soldier fly feeding sludge decomposition technology to reduce the burden of sludge treatment and realize recycling and reuse of waste resources. Finally, consider using recycled water containing ammonia nitrogen as agricultural nitrogen fertilizer to reduce the power consumption and carbon emissions of nitrification and denitrification processes, while also reducing the demand for agricultural nitrogen fertilizer.

Finally, consider using recycled water containing NO_3^- as agricultural nitrogen fertilizer to reduce the power consumption and carbon emissions of nitrification and denitrification processes, while reducing the demand for agricultural nitrogen fertilizer.

Keywords: water resources recycling, high-efficiency motors, LED lamps, solar power generation, energy conservation and carbon reduction

目錄

| | |
|--------------------------|----|
| 第一章前言 | 1 |
| 1.1 研究緣起 | 1 |
| 1.2 研究目的 | 2 |
| 1.3 名詞定義:..... | 3 |
| 第二章 文獻回顧 | 5 |
| 2.1 溫室氣體盤查之定義..... | 5 |
| 2.2 節能方式 | 7 |
| 第三章 研究架構與步驟 | 19 |
| 3.1 研究架構與步驟..... | 19 |
| 3.2.研究步驟流程 | 20 |
| 3.3 設定邊界 | 21 |
| 3.4 設定基準年..... | 23 |
| 3.5 電能耗能鑑別 | 23 |
| 3.6 活動數據收集 | 24 |
| 第四章 結果與討論 | 28 |
| 4.1 結果與討論 | 28 |
| 4.2 採用高效能馬達用電量減量分析 | 33 |
| 4.3 照明設備更換:..... | 36 |

| | |
|-------------------|----|
| 4.4 太陽能光電系統:..... | 37 |
| 第五章 結論與建議 | 39 |
| 5.1 結論 | 39 |
| 5.2 建議 | 39 |
| 第六章 參考文獻 | 41 |

圖目錄

| | |
|------------------------------------|----|
| 圖 1 111 年中部某水資源回收中心全廠使用電力分析 | 15 |
| 圖 2 標準型時間電價 | 16 |
| 圖 3 研究架構 | 19 |
| 圖 4 研究步驟流程 | 20 |
| 圖 5 中部某污水操作單元污水處理流程圖 | 22 |
| 圖 6 中部某水資源回收中心廠區設備位置圖 | 22 |
| 圖 7 中部某水資中心用電相關設備數量 | 24 |
| 圖 8 國家電力排放係數及台灣電力公司排放係數之比較圖 | 26 |
| 圖 9 中部某水資源中心操作單元配置圖 | 27 |
| 圖 10 中部某水資源回收中心組織邊界-廠區配置圖 | 28 |
| 圖 11 水資源中心操作單元用電情況分析表 | 31 |
| 圖 12 水資源中心用電設施%分析表 | 32 |
| 圖 13 操作單元使用一般馬達與高效率馬達用電量差異分析 | 35 |

表目錄

| | |
|---------------------------------------|----|
| 表 1 溫室氣體盤查範疇定義 | 5 |
| 表 2 中部某水資源回收中心操作單元馬達數量統計 | 8 |
| 表 3 螢光燈管 及 LED 燈管比較表 | 11 |
| 表 4 中部某水資源回收中心照明燈具耗能表 | 11 |
| 表 5 臺灣地區民國 106-113 年(1 月)年日照時數 | 13 |
| 表 6 中部某水資中心 111 年用電度數統計表 | 14 |
| 表 7 水資源回收中心非連續操作單元 | 17 |
| 表 8 排放源鑑別表 | 21 |
| 表 9 設備耗用電能盤查 | 23 |
| 表 10 操作單位用電量表 | 25 |
| 表 11 行政中心：照明設備用電量 | 26 |
| 表 12 排放係數參考表 | 29 |
| 表 13 各操作單元耗能分析 | 30 |
| 表 14 較大耗能操作單元使用一般馬達與高效率馬達用電量分析表 | 34 |
| 表 15 台灣電力公司電價表 | 38 |

第一章前言

1.1 研究緣起

隨著全球人口的增長和工業化的加速，對水資源的需求已經超越了地球自然循環的能力。水資源的持續開發和利用對環境造成了巨大的影響，包括水污染、生態破壞以及碳排放等問題。在這樣的背景下，水資源回收中心成為了一個重要的環境保護和資源循環利用的平台。

本論文旨在探討水資源回收中心在經營運作過程中設備減少能源消耗和節電方面的問題，並提出相應的解決方案和建議，藉以降低所產生之碳排放。首先，本文將分析水資源回收中心的運作模式和流程，確定能源消耗和電力消耗的主要來源和影響因素。其次，將綜合考慮設備及技術、管理和政策等方面的因素，提出降低碳排、節能節電的具體措施和策略。最後，通過案例分析或國內外文獻研究，驗證所提出方案的有效性和可行性。

本研究的意義在於提高水資源回收中心的經營效率，降低對環境的負面影響，促進可持續發展。希望通過本論文的研究，能夠為水資源回收中心的管理和營運提供新的思路和方法，同時對全球水資源保護和利用提供參考和借鑒。

1.2 研究目的

傳統的產業污水處理是以「處理」為設計考量，其設計重點聚焦在將污水處理到符合放流水標準，然後處理水就可以直接排放至自然水體。近年來，在「節能減碳」與「循環經濟」的大趨勢下，產業也想盡辦法在各方面達成ESG規範，以求公司能達到永續發展的目標。

因此，新的產業廢水處理概念便轉變成「節能」、「創能」、「減廢」與「水回收」等目標。其中，「節能」是指在廢水處理單元的設計與操作能達成節省能耗的目的，不論是採用更節能的設備與單元，或改用更精準的參數控制設備與技術等，皆可達成此目的。我們將透過碳盤查研究我們能夠更深入了解其在減少碳排放、節約能源、提高資源回收效率方面的潛在問題並提出更能節約與有效之管理運作方式【1】。

本研究主要目的：

1. 減少能源消耗
2. 降低碳排放
3. 節省成本/創新營收
4. 廢水污泥減容/減量

1.3 名詞定義:

本研究依據文獻回顧結果，將水資源回收中心、污水下水道系統、溫室氣體及相關節能方式、太陽能等名詞定義如下：

1. 水資源回收中心（以下簡稱水資中心），指由水利局管理或依促進民間參與公共建設法辦理之公共污水下水道系統所附屬之水資中心或污水處理廠。
2. 污泥:在污水處理過程中產生的半固態或固態物質，不包括柵渣、浮渣和沉砂。
3. 高效率馬達:符合 2003 年台灣公告之 CNS14400（例如:低壓三相鼠籠式感應馬達）效率標準之馬達。效率涵蓋範圍在 0.37KW(0.5HP)到 200KW(250HP)。因其設計上更為精密，運用高品質的材料，如導電性更佳的矽鋼片、純度高的銅線，而且在設計上會優化以減少能量損失。在馬達銘牌上會標示 IE3、IE4 或 IE5 能源效率等級，IE6 為目前馬達能源效率最高等級。
4. LED T8/T5 燈管 T5燈管/T8 燈管這邊的「T」所代表的是 Tube(管狀)，也是指燈管的直徑，單位是 1/8 英吋，T5 與 T8 因直徑上的差異，所以在相同長度下，T8 的功率會比 T5 還高。
5. 太陽能光電:指太陽電池板利用光生伏特效應吸收太陽光中 300 nm~1100 nm 波長部分，將吸收的光能直接轉變成電能輸出的一種發電方式【2】。

運用光電半導體材料受光線或其他電磁輻射照射的半導體或半導體與金屬組合的部位間產生電壓與電流的現象(光生伏特效應)，而將太陽能轉化為直流電能的設施。光電系統能大規模安裝在地表上成為光電電站，也可以置於建築物的房頂或外牆上，形成光電建築一體化。

6. 上流式厭氣污泥床: (UASB) 是一種處理污水的厭氧生物方法，利用厭氧性微生物代謝反應將污水中的有機物分解成二氧化碳 (CO_2) 及甲烷 (CH_4)【3】。UASB 設計操作上是不需要藉任何動力機械性攪拌，污水進流由污泥筒槽下方進入，經上流速度的控制及反應產生之氣體攪動而使污泥懸浮，反應器底部有一個高濃度、高活性的污泥床，污水中的大部分有機污染物在此間經過厭氧發酵降解為甲烷和二氧化碳，這些上流的氣體、液體和污泥經過處理槽頂部的氣體、固體、液體三相分離裝置，收集產生的氣體，並使污泥沉降再迴流內部，處理水則由沉澱區溢流出處理槽【4】。
7. 黑水虻（學名：*Hermetia illucens*）又名亮斑扁角水虻，是雙翅目水虻科扁角水虻屬的一種昆蟲，廣泛分布於世界各地。黑水虻為新興飼料用蟲，其 5 齡之前的幼蟲能將動物糞便、腐爛的有機物如腐肉和植物性垃圾等轉化為高品質蛋白質。此外，黑水虻可應用於處理廚餘，其生存力強，能掠奪蠅蛆的食物，進而驅逐蠅蛆。

第二章 文獻回顧

2.1 溫室氣體盤查之定義

1. 溫室氣體盤查之定義

ISO 14064-1:2018 標準，讓組織在進行溫室氣體盤查或計畫的量化監督、報告、確證/查證得採用清晰度及一致性相當的標準，確證與查證的規範與指引要求事項【5】。其說明如表 1。

表 1 溫室氣體盤查範疇定義

| 項目 | 排放源 | 活動數據來源 |
|------|-------------------------------|-------------------------------|
| 類別 1 | 固定排放:固定燃燒燃料轉換能源產生之溫室氣體排放 | 鍋爐、熱風爐、緊急發電機 |
| | 製程排放:生產過程產生之直接排放 | 切割、熱熔、輕油分解 |
| | 移動排放:組織所屬獲控制之交通運輸設備產生之排放 | 公務車、堆高車、吊車 |
| | 逸散排放:日常營運中設備之冷媒逸散或故障維修 | 滅火器(CO ₂)、冷媒(HFC) |
| 類別 2 | 能源間接排放:使用外購電力，熱或蒸氣產生之間接溫室氣體排放 | 向台電購電(電力)購買綠電/再生能源憑證蒸氣、熱能、冷能 |
| 類別 3 | 間接溫室氣體排放－運輸 | 上下游配送、員工通勤、客戶拜訪等。 |
| 類別 4 | 間接溫室氣體排放－組織使用產品 | 供應商產品或服務的排放。 |
| 類別 5 | 間接溫室氣體排放－組織生產產品 | 使用組織所生產的產品造成的排放。 |
| 類別 6 | 間接溫室氣體排放－其他 | 其他 |

資料來源: ISO 14064-1:2018 標準

2. ISO 14064-2:2019

此標準提供待查證與確證的溫室氣體專案之基準。量化、監督及報告排放減量與移除增量，將溫室氣體專案文件化與報告【6】。

3. ISO 14064-3:2019

溫室氣體主張確證與查證附指引之規範【7】。

4. 氣候變遷因應法

管制的溫室氣體包括七種：指二氧化碳（ CO_2 ）、甲烷（ CH_4 ）、氧化亞氮（ N_2O ）、氫氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物(PFCs)、六氟化硫（ SF_6 ）、三氟化氮（ NF_3 ）及其他經中央主管機關公告者【8】。

5. ISO 46001

2019 水資源效率管理系統:用水績效目標、行動計劃、績效指標與基準、監控與分析、定期檢討及審查機制等管理行動實現有效的水資源管理，並透過減少替代或再利用的方法來提升企業水資源利用效率及降低成本【9】。

6. AR6 Synthesis Report

Climate Change 2023 聯合國氣候變遷專門委員會（IPCC）第六次評估報告近日公開最後一冊：總結報告彙整當前氣候變遷與其廣泛影響和風險，以及如何減緩與調適的知識【10】。

2.2 節能方式

1. 更新高效能馬達

提高馬達運轉用電效率方法有：選擇合適的馬達、採用變頻或變速裝置、改善功率因素按【11、12】研究預設。

改善前：預設馬達額定馬力目前為

(IE3)100HP，額定效率 80%，年使用時間 3650 小時。改善後：採用高效率馬達(IE5)，額定效率 95%。

改善前耗電量： $100\text{HP} \times 0.746\text{kW/HP} \times 1 \times 3,650 \text{ 小時/年} \div 0.8 = 340,363$ 度/年。

改善後耗電量： $100\text{HP} \times 0.746\text{kW/HP} \times 1 \times 3,650 \text{ 小時/年} \div 0.95 = 286,621$ 度/年。

這樣預計能達成目標為：

節約用電量(度/年)： $340,363 \text{ 度/年} - 286,621 \text{ 度/年} = 53,741 \text{ 度/年}$ 。

節約金額(萬元/年)： $53,741 \text{ 度/年} \times 2.58 \text{ 元/度} \div 10,000 = 16.1 \text{ 萬元/年}$ 。

(依照臺灣電力公司 111 年公告營業用每度平均電價 2.58 元)。

節能率(%)： $53,741 \text{ 度/年} \div 340,363 \text{ 度/年} \times 100\% = 15.3\%$ 。

預估投資費用：60 萬元，該水資中心設備詳見表 2。

依此投資金額預估回收年限(年)： $60 \text{ 萬元} \div 16.1 \text{ 萬元} = 9.3 \text{ 年}$ 。

表 2 中部某水資源回收中心操作單元馬達數量統計

| 水資源回收中心各操作單元設備數量 | | | |
|------------------|---------|------------|----|
| 單元名稱 | 設備名稱 | 設備規格 /HP/W | 數量 |
| 攔污柵 | 抽水機 | 1HP | 2 |
| 渦流沉砂池 | 渦流攪拌機 | 0.5HP | 1 |
| 初沉池 | 刮泥機 | 1HP | 1 |
| | 污泥泵 | 0.5HP | 2 |
| 厭氧槽 | 循環攪拌機 | 1HP | 2 |
| 曝氣池 | 鼓風機 | 5HP | 3 |
| | 硝化液循環泵 | 1HP | 2 |
| 二級沉澱池 | 刮泥機 | 0.5HP | 1 |
| | 廢棄污泥泵 | 1HP | 2 |
| 快混池 | 攪拌機 | 1HP | 1 |
| | 加藥機 | 40W | 1 |
| 慢混池 | 攪拌機 | 0.5HP | 2 |
| | 加藥機 | 40W | 2 |
| 化學處理沉澱池 | 刮泥機 | 0.5HP | 1 |
| 快濾設備 | 抽水機 | 3HP | 2 |
| 污泥迴流 IFAS | 污泥迴流泵 | 1HP | 1 |
| 揚水站 | 抽水機 | 1HP | 1 |
| 紫外線殺菌器 | 液位計 | N/A | |
| | 濁度計與流量計 | N/A | |
| | 合計 | 37.65HP | 32 |

資料來源：收集 111 年中部某水資源回收中心數據

2. 照明及空調節能

照明設備是建築能耗的一個重要部分，特別是在建築和公共設施中使用高效照明設備可以顯著降低電力消耗，減少能源需求，從而減少電力系統的負荷，辦公大樓燈管由 T8 燈管全面改為較為省電之 T5 燈管，並選擇性跳盞使用或是平時減少燈具的開啟等管理措施。

按經濟部能源署，太陽光電推動方案【13】說明，傳統 T9 日光燈管口徑 9/8 英吋(=2.9 公分)，T8 日光燈管口徑 8/8 英吋(=2.6 公分)，T5 日光燈管口徑 5/8 英吋(16mm)管口徑較細小，但其發光效率卻高於 T9 與 T8 燈管【14】。T5 燈管採用固態汞 T5 日光燈管，水銀劑量僅為傳統燈管的 20% (T9)，即水銀污染僅有原有的 20%。

T5 使用固態汞，其最佳工作溫度約為攝氏 35 度，LED 一般用估算方法為測量鋁基板背面溫度，控制在 60-85 度。若以理論值來計算實驗室的燈管連續使用 1 年來計算碳排放量，依照台灣電力公司 111 年數據顯示為 1 度電產生 0.495(kg.CO₂e)的碳排放量。

照明燈管耗電計算公式: $P_{(W)(瓦)} = \Phi_{V(LM)(流明)} / \eta_{(流明/瓦)}$

表 3 為螢光燈管 及 LED 燈管:流明、使用瓦數/小時、使用流明/功率表，本次採用研究場域較接近之規格作為比較表 4，並參考【14】研究計算:

LED 燈管 T8-18W 流明耗電計算: 3682(lm)/204.5(lm/W)=18 W

LED 燈管 T5-15W 流明耗電計算:3070(lm)/204.5 (lm/W)=15 W

LED 燈管 T8-18W (單支)年碳排放量計算:

使用功率 $18W * (7*52) \text{ 次/周} * 8 \text{ 小時} / 1000Wh * 0.495(\text{公斤/度})$

$= 25.94 \text{ kg.CO}_2\text{e}(\text{年/碳排放量})$

LED 燈管 T5-15W(單支)年碳排放量計算:

使用功率 $15W * (7*52) \text{ 次/周} * 8 \text{ 小時} / 1000Wh * 0.495(\text{公斤/度})$

$= 21.62 \text{ kg.CO}_2\text{e}(\text{年/碳排放量})$

使用每支 LED T5-15W 燈管可節省碳排放 $25.94 - 21.62 = 4.32 \text{ kg.CO}_2\text{e}$,

LED 燈管製造過程不使用固態汞，加上壽命長(壽命目前有到 3 萬小時)，更換率減少，也更能達到減碳目標。

表 3 螢光燈管 及 LED 燈管比較表

| T5/T8/T9 螢光燈管 及 LED 燈管比較 | | | | |
|--------------------------|--------|--------|-------|-----------|
| 規格 | 長度 | 流明(lm) | 瓦數(W) | lm/W 流明功率 |
| 螢光燈管 | | | | |
| T5-14W | 22in | 1275 | 14 | 91 |
| T8-17W | 24in | 1200 | 17 | 71 |
| T9-18W | 604mm | 1150 | 18 | 64 |
| T5-24W | 22in | 1895 | 24 | 79 |
| T8-21W | 36in | 2000 | 21 | 95 |
| T8-28W | 46in | 2750 | 28 | 98 |
| T8-25W | 36in | 2050 | 25 | 82 |
| T9-38W | 1198mm | 3400 | 38 | 89 |
| T5-39W | 34in | 3320 | 45 | 75 |
| T5-54W | 46in | 3450 | 32 | 88 |
| LED | | | | |
| T5-15W | 46in | 3070 | 15 | 204.6 |
| T8-18W | 46in | 3682 | 18 | 204.5 |

資料來源:內政部建築研究所

表 4 中部某水資源回收中心照明燈具耗能表

| 水資源回收中心照明設備耗能分析 | | | | |
|-----------------|------|------------|----|-----------|
| 單元名稱 | 設備名稱 | 設備規格 | 數量 | 操作時間 |
| 行政中心 | 燈管 | T8 LED 4 呎 | 62 | 8hr/7 次/周 |

資料來源: 收集 111 年中部某水資源回收中心數據

3. 太陽能光電

本研究標的 3F 屋頂可架不透光型太陽能板，因四周透空其光線充足又能達到遮陰效果，設置太陽能板發電其計算公式參照【15】：

依其屋頂面積 62 坪計算，一年的電量計算為： $62(\text{坪})/2=31\text{Kw}$ ，這是裝置容量。參照能源局發布的日照量，依表 5 說明台中 111 年平均日照時數為 2094.2 小時，那麼一年估算的發電度數為：

設置地區平均年日照小時 \times (設置面積 (坪) / 2) = KW。

每日發電量參照【15】計算：

$2094.2 \times (62/2) / 365 = 177.86(\text{度/日})$ ，再考慮到充電效率及損耗約 70%，

$177.86 \text{ 度} \times 0.7 \times 30 = (\text{平均每月能提供全廠約}) = 3717 \text{ 度(KWh)} \times 0.495(\text{碳排量為 } 1836.4500 \text{ kg.CO}_2\text{e/月})$ 。

我們依表 6 及圖 1 全廠使用電力分析得知 111 年全廠電力每月平均使用約 7543 度(KWh) (碳排量為 3733.7550 kg.CO₂e)。

裝置此容量能提供本研究水資源回收中心近 49% 電力。 $3717 \text{ 度(KWh)} / (7543 \text{ 度(KWh)} / (\text{每月使用})) = 49\%$ ，減少碳排放量 $3733.7550 - 1836.4500 = 1897.305 \text{ kg. CO}_2\text{e}(\text{每月})$ 。

表 5 臺灣地區民國 106-113 年(1 月)年日照時數

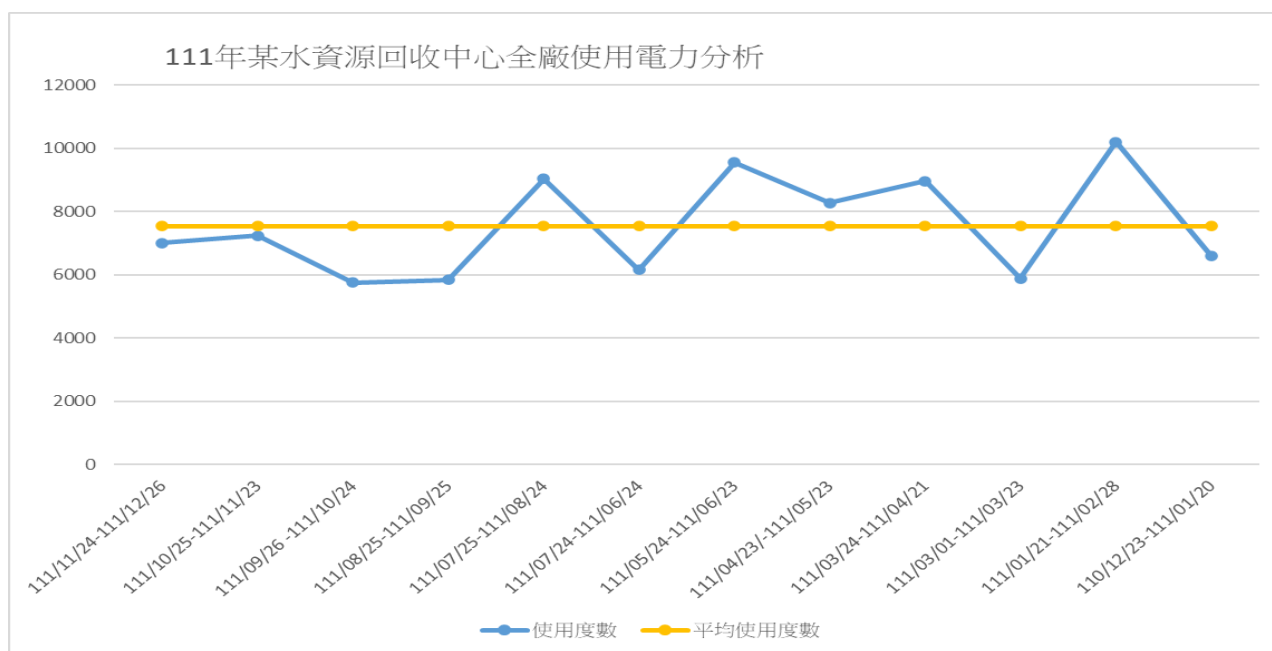
| 年(月)別 | 淡水 | 基隆 | 臺北 | 新竹 | 宜蘭 | 臺中 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 106 年 | 1578.1 | 1355.0 | 1237.1 | 1879.3 | 1391.1 | 1982.0 |
| 107 年 | 1577.1 | 1529.6 | 1401.1 | 1933.0 | 1513.1 | 2023.8 |
| 108 年 | 1560.0 | 1264.8 | 1301.2 | 1865.7 | 1316.1 | 1934.3 |
| 109 年 | 1665.0 | 1427.6 | 1352.5 | 2024.0 | 1363.1 | 2296.6 |
| 110 年 | 1759.1 | 1459.0 | 1692.4 | 2046.7 | 1598.8 | 2292.6 |
| 111 年 | 1453.7 | 1245.9 | 1347.8 | 1733.8 | 1391.4 | 2094.2 |
| 112 年 | 1684.1 | 1522.0 | 1643.4 | 1848.6 | 1481.0 | 2079.8 |
| 113 年(1 月) | 106.1 | 79.8 | 107.1 | 125.0 | 97.3 | 206.5 |

資料來源:中央氣象署 2023

表 6 中部某水資中心 111 年用電度數統計表

| 台中市水利局 OO 水資源中心用電碳排盤查 | | | |
|-----------------------|-------|--|----|
| 日期 | 使用度數 | 電力碳足跡(2022) 0.495 Kg.CO ₂ e | 備註 |
| 110/12/23-111/01/20 | 6600 | 3267 | |
| 111/01/21-111/02/28 | 10200 | 5049 | |
| 111/03/01-111/03/23 | 5880 | 2910.6 | |
| 111/03/24-111/04/21 | 8960 | 4435.2 | |
| 111/04/23-111/05/23 | 8280 | 4098.6 | |
| 111/05/24-111/06/23 | 9560 | 4732.2 | |
| 111/07/24-111/06/24 | 6160 | 3049.2 | |
| 111/07/25-111/08/24 | 9040 | 4474.8 | |
| 111/08/25-111/09/25 | 5840 | 2890.8 | |
| 111/09/26-111/10/24 | 5760 | 2851.2 | |
| 111/10/25-111/11/23 | 7240 | 3583.8 | |
| 111/11/24-111/12/26 | 7000 | 3465 | |
| 使用度數 | 90520 | 44807.4 | |
| 平均值 | 3717 | 3733.7550 | |

資料來源: 收集 111 年中部某水資源回收中心數據

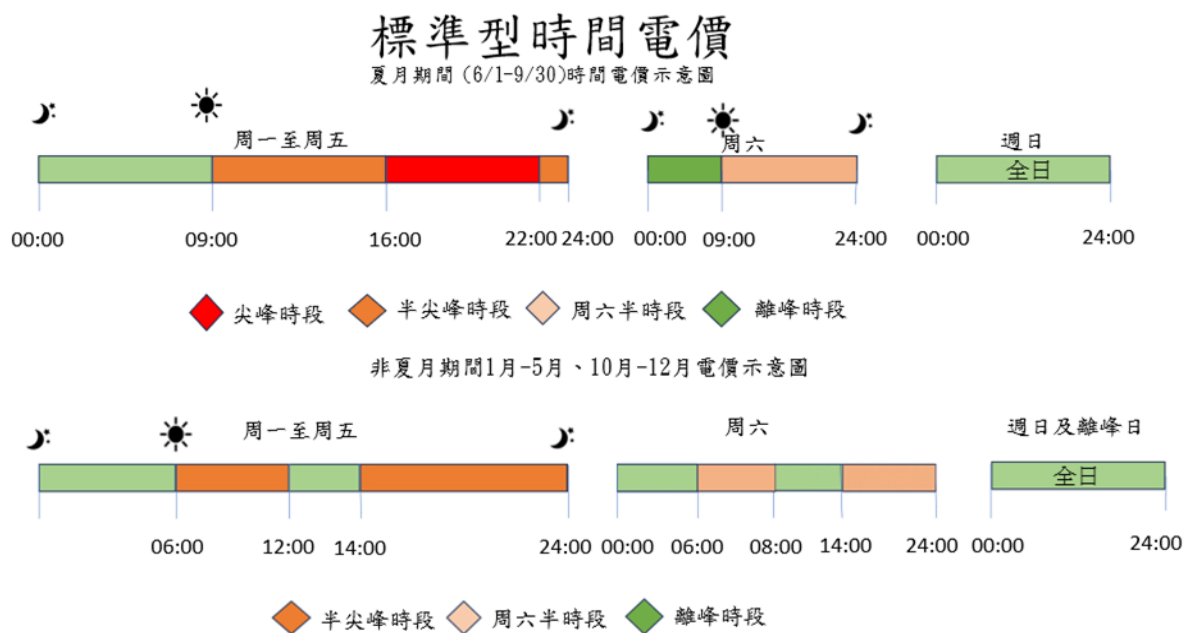


資料來源：收集 111 年中部某水資源回收中心數據

圖 1 111 年中部某水資源回收中心全廠使用電力分析

4. 調整尖峰用電時間:

污水處理廠是耗電大戶，其用電量對電網影響顯著，電力公司通常在高峰時段收取更高的電價。通過避開高峰時段用電，污水處理廠可以顯著降低電費開支，依圖 2 標準型時間電價，適當調節用電時間，減少高峰時段的電力需求，依本次研究水資中心可調將部分非需要全時運轉設備表 7 改在離峰電力時間運轉，污水處理廠調整尖峰用電時間不僅可以顯著降低運營成本和能源消耗，亦可達到節省電費目的。通過避開高峰時段用電，污水處理廠可以間接減少溫室氣體和其他污染物的排放，促進環境保護。



資料來源: 台灣電力公司 111 年電價公告

圖 2 標準型時間電價

表 7 水資源回收中心非連續操作單元

| 單元 | 設備名稱 | 操作時間 |
|--------------|--------|------------------|
| 進流抽水井 | 抽水機 | 液位操作 |
| 初沉池 | 污泥泵 | 5 min/次，3 次/天 |
| 曝氣池 | 硝化液循環泵 | 動 1.5 hr，休 0.5hr |
| 二級沉澱池 | 廢棄汙泥泵 | 5 min/次，3 次/天 |
| 污泥迴流 IFAS | 污泥迴流泵 | 15 min/次，3 次/天 |
| 快濾設備 | 抽水機 | 1 次/天 |

資料來源: 收集 111 年中部某水資源回收中心數據

5. 上流式厭氣污泥床 (Upflow Anaerobic Sludge Bed) :

簡稱 UASB，主要透過厭氧微生物族群之生化代謝途徑將廢水中之有機物質轉換（還原）為甲烷以及二氧化碳等，達到去除廢水中有機物濃度如 COD (Chemical Oxygen Demand)、BOD (Biological Oxygen Demand) 等之目的【17】。

由於厭氧微生物族群的生化代謝途徑有異於一般好氧微生物（如活性污泥法等），因此相關特點如下圖 7 所示，具有免曝氣、低耗能、低廢棄污泥產量且有能源回收再利用（沼氣）之特點。因此，近年來受到廢水處理應用上之重視。

6 利用黑水蛇消化污水有機污泥:

黑水蛇轉換有機污泥物產生的蛇糞，由於富含有機質，是相當良好的土壤改良資材【29】，有機物質經過黑水蛇轉換後的蛇糞，可視為昆蟲堆肥，

能夠被直接應用於農園藝生產操作，用於替代化學肥料，提供部分葉菜類所需營養。黑水虻的規模化應用，不僅可以減低污泥脫水設備耗能，也能讓污泥轉變為永續再生產物。

第三章 研究架構與步驟

3.1.研究架構與步驟

主要研究方式為蒐集國內水資源回收中心，以國內中部某水資源回收中心為例，參考國內外文獻及成功案例，蒐集研究標的操作單元及行政中心用電量相關數據分析，模擬節能方式及設施，以求得各單元節能之改善方法圖

3。

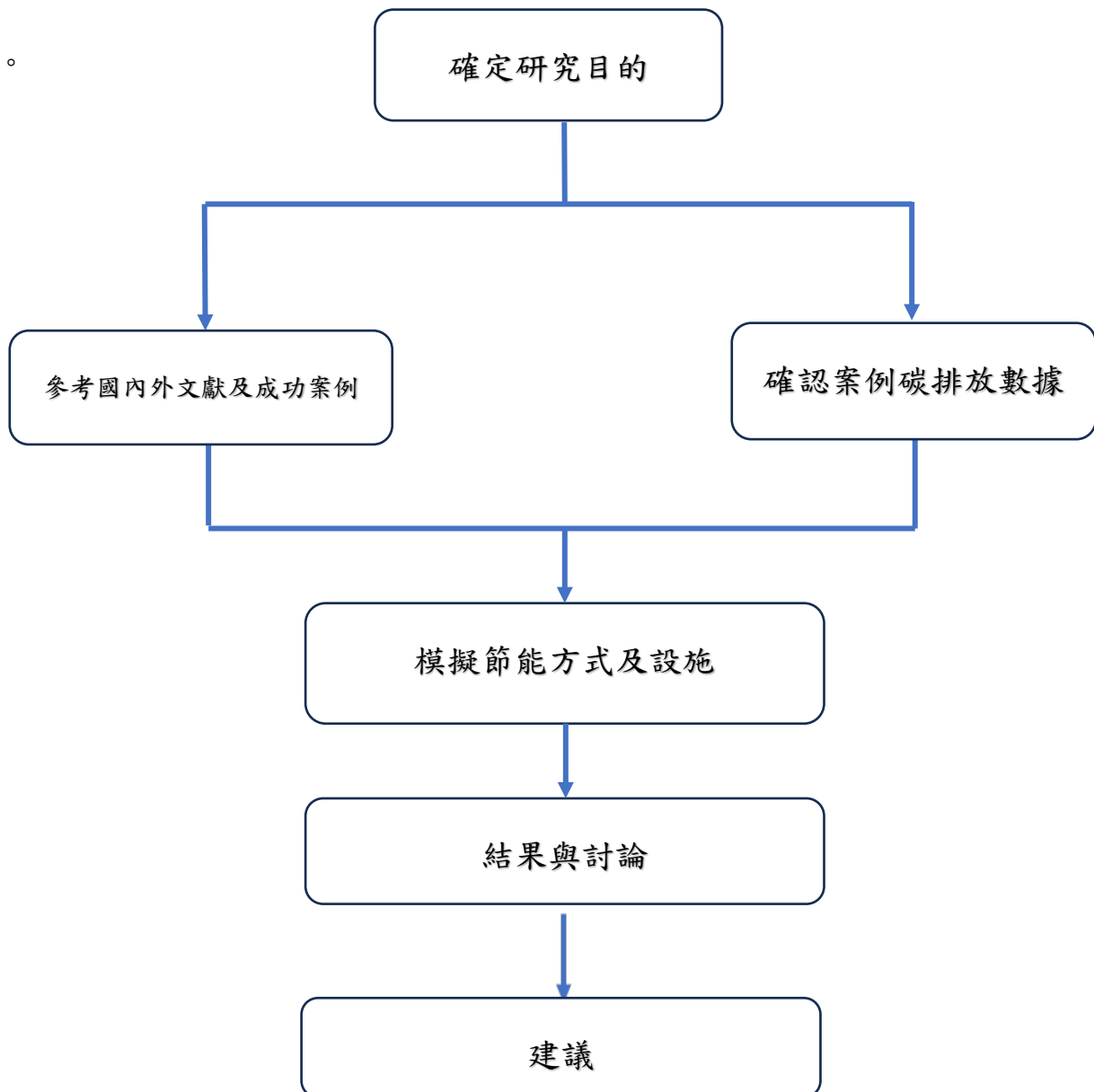


圖 3 研究架構

3.2. 研究步驟流程

本研究步驟將先確認盤查範疇，設備規格及數量，用電情況，模擬更新高效能設備後節能情況，並提出建議圖 4。

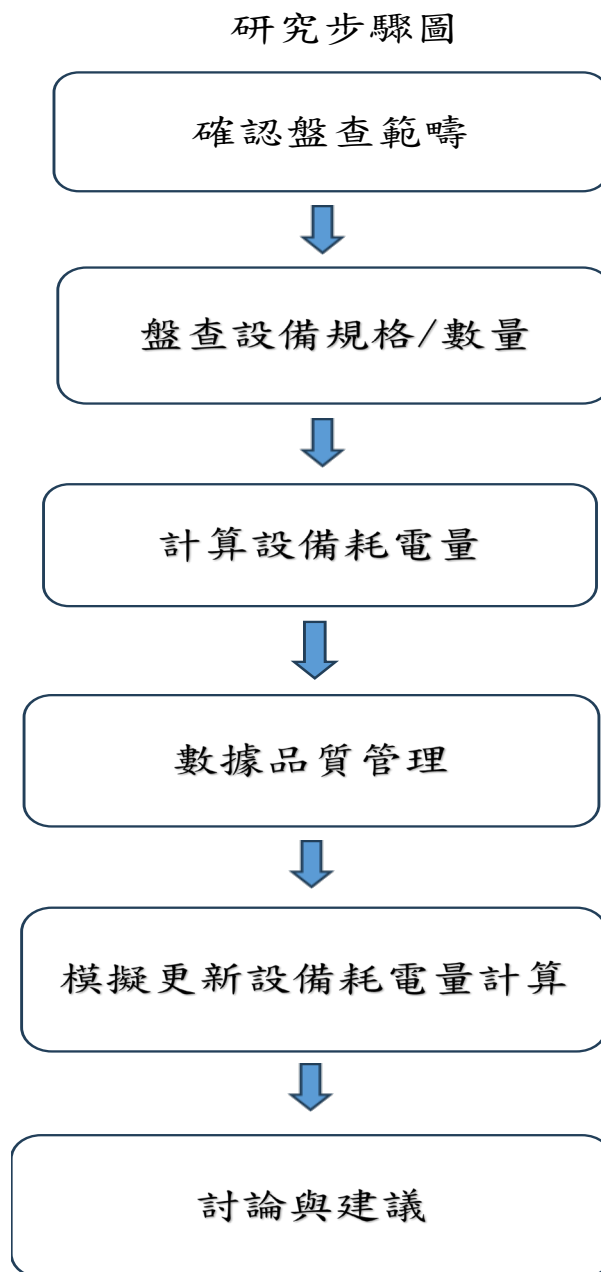


圖 4 研究步驟流程

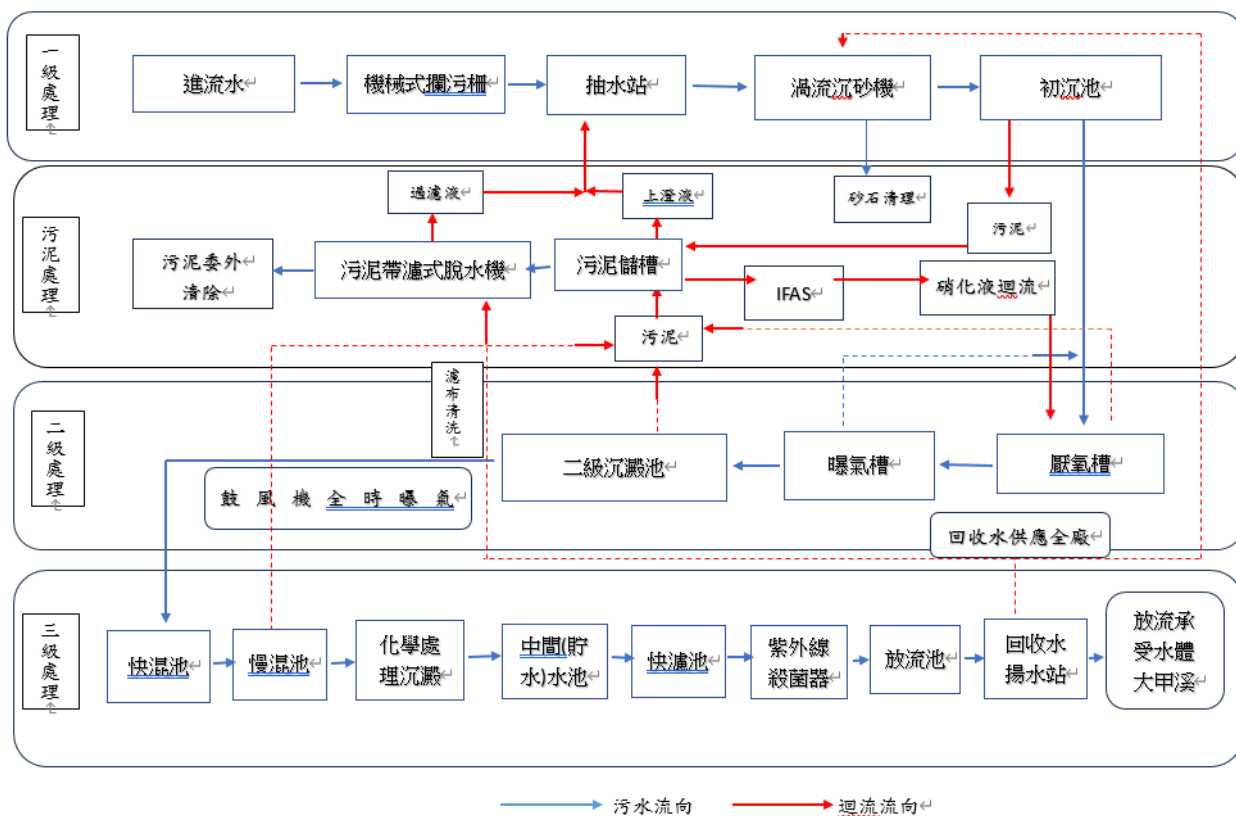
3.3 設定邊界

案例廠區用地面積約 0.1204 公頃，主要處理生活污水，污水設計平均日處理量為 400 CMD，採複合式固定膜活性污泥法(IFAS)。本研究之組織碳排放包含表 8 所列本水資中心 111 年排放源相關活動及設施，圖 5 為本水資中心污水操作單元污水處理流程，圖 6 廠區設備設置位置。

表 8 排放源鑑別表

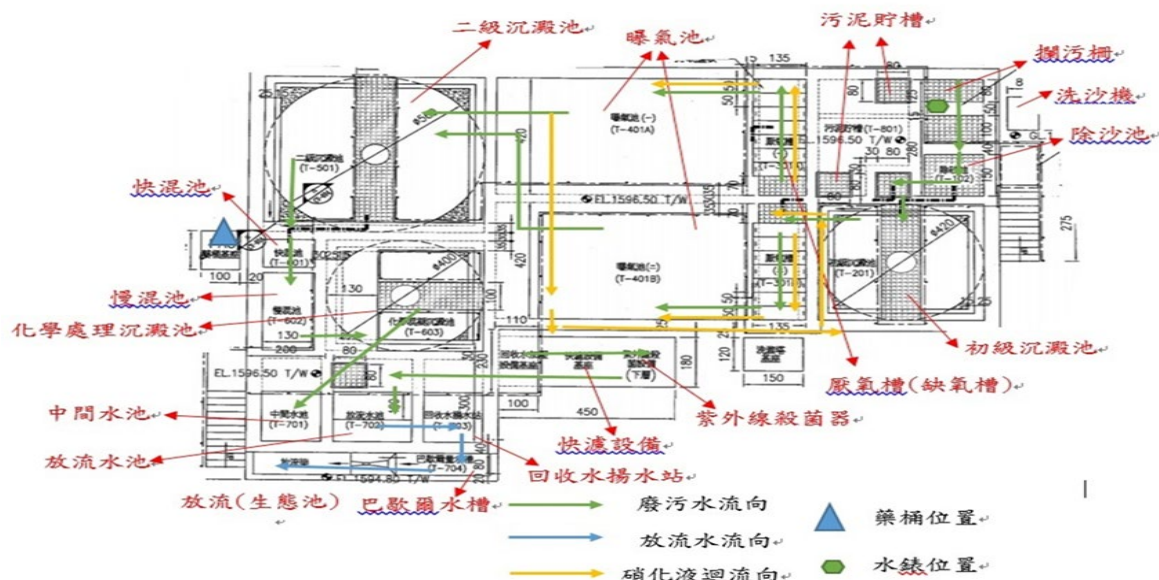
| 項次編號 | 活動/設施 | 排放源 | kg/CO ₂ e | | 台數 | 備註 |
|------|---------------|-------------|----------------------|--|----|----|
| G1 | 緊急發電機 | 柴油 | 84.70 | | 1 | |
| G5.1 | 水體-含碳污染物移除 | 水體逸散 | 2219.20 | | 1 | |
| G5.2 | 水體-含氮污染物移除 | 水體逸散 | 327.20 | | 1 | |
| G8.1 | 冰箱 R-134a | 冷媒種類：R-134a | 0.18 | | 2 | |
| G12 | 用電設施-辦公室、處理單元 | 外購電力 | 89680.00 | | 1 | |

資料來源: 收集 111 年中部某水資源回收中心數據



資料來源：收集 111 年中部某水資源回收中心數據

圖 5 中部某污水操作單元污水處理流程圖



資料來源：收集 111 年中部某水資源回收中心數據

圖 6 中部某水資源回收中心廠區設備位置圖

3.4 設定基準年

基準年調整原則：依據以下原則(節錄自溫室氣體盤查議定書)辦理。

1. 當排放源的所有權/控制權發生轉移時，基準年的排放量應進行調查。
2. 當計算方法有所改變，進而導致在計算溫室氣體排放數據有重大變動時，基準年排放量應隨之調整。

本研究採計案例廠區 111 年活動數據進行溫室氣體排放盤查。

3.5 電能耗能鑑別

盤查原則:依照本案例用單據及設備盤查登錄排放源，應就其管制編號之地理邊界內，依營運控制權法將其可控制運作的排放設施表 9 納入盤查邊界。

表 9 設備耗用電能盤查

| 設備耗用電能盤查 | | 是否盤查 |
|--------------|-------------------------|------|
| 1.設備運轉需電力來源: | 自備發電 | V |
| | 外購電力 | V |
| | 綠能電力 | V |
| | 設備生產附加 電能/熱能產生 電力 | V |
| 2.設備運轉不需電力: | | V |
| 3.其他 | | N/A |

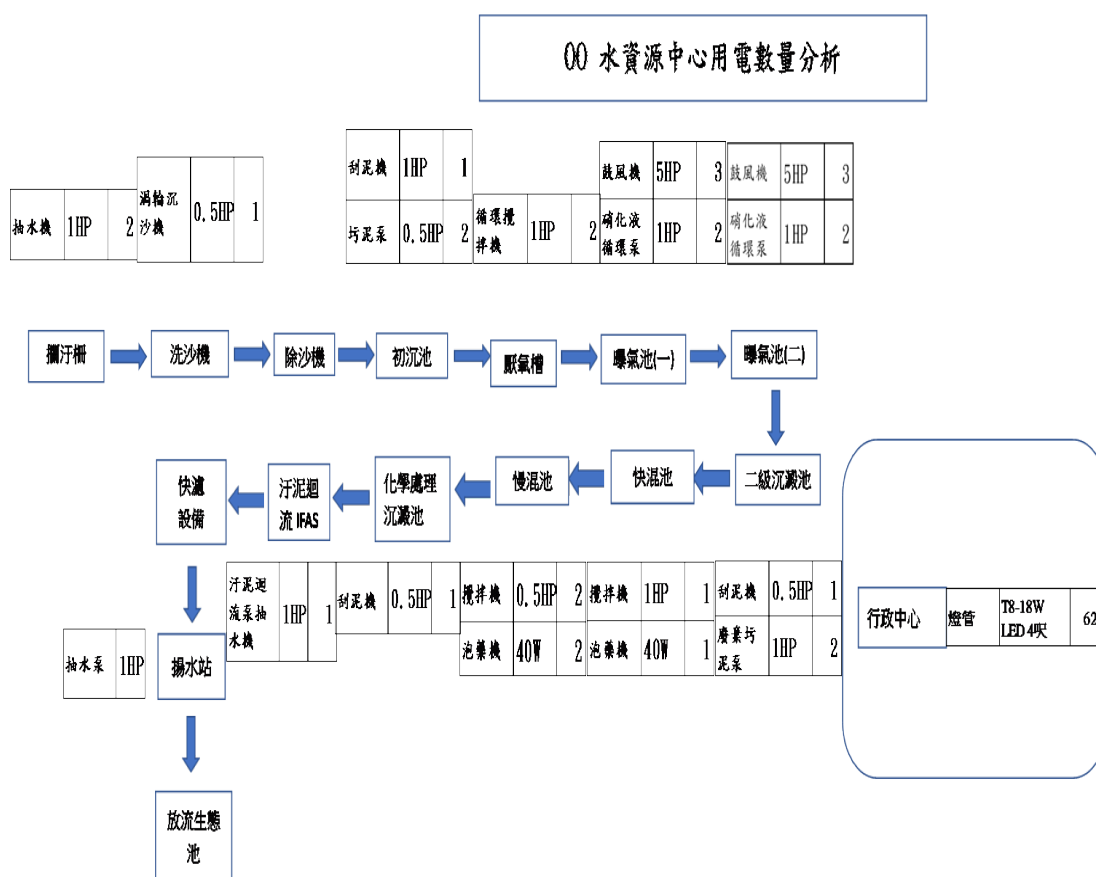
資料來源: 收集 111 年中部某水資源回收中心數據

3.6 活動數據收集:

電力耗能計算：藉由圖 7 所列目前水資中心用電設備數量及操作時間

之電表統計用電量計算。

- i. 計算操作單元表 10 中所列之單位用電量=設備馬力數*設備數量*操作時數。
- ii. 行政中心表 11 中所列之單位用電量=設備耗能*設備數量*操作時數。



資料來源：收集 111 年中部某水資源回收中心數據

圖 7 中部某水資中心用電相關設備數量

表 10 操作單位用電量表

| 水資源回收中心各操作單元耗能分析 單位：度/年 | | | | |
|----------------------------|--------|---------------|----|------------------------------|
| 單元名稱 | 設備名稱 | 設備規格 /HP/W | 數量 | 操作時間 |
| 攔污柵 | 抽水機 | 1HP | 2 | 液面操作(2912hr) |
| 渦流沉砂池 | 渦流攪拌機 | 0.5HP | 1 | 連續操作(2912hr) |
| 初沉池 | 刮泥機 | 1HP | 1 | 連續操作(2912hr) |
| | 污泥泵 | 0.5HP | 2 | 5min/次 3次/天 (0.4hr/天)146天 |
| 厭氧槽 | 循環攪拌機 | 1HP | 2 | 連續操作(2912hr) |
| 曝氣池 | 鼓風機 | 5HP | 3 | 連續操作(2912hr) |
| | 硝化液循環泵 | 1HP | 2 | 8hr/天(2080hr) |
| 二級沉澱池 | 刮泥機 | 0.5HP | 1 | 連續操作(2912hr) |
| | 廢棄污泥泵 | 1HP | 2 | 5min/次 3次/天 (0.4hr/天)146天 |
| 快混池 | 攪拌機 | 1HP | 1 | 連續操作(2912hr) |
| | 加藥機 | 40W | 1 | 連續操作(2912hr) |
| 慢混池 | 攪拌機 | 0.5HP | 2 | 連續操作(2912hr) |
| | 加藥機 | 40W | 2 | 連續操作(2912hr) |
| 化學處理沉澱池 | 刮泥機 | 0.5HP | 1 | 連續操作(2912hr) |
| 污泥迴流IFAS | 污泥迴流泵 | 1HP | 1 | 5min/次 3次/天 (0.4hr/天)146天 |
| 揚水站 | 抽水泵 | 1HP | 1 | 連續操作(2912hr) |
| | 合計 | 37.65HP | 25 | |

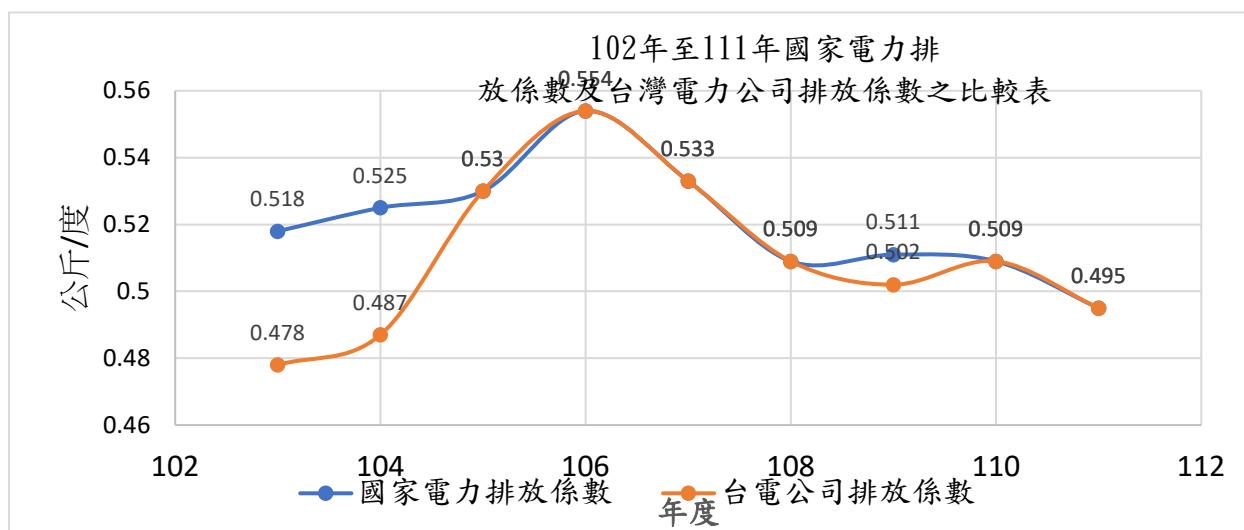
資料來源：收集 111 年中部某水資源回收中心數據

表 11 行政中心: 照明設備用電量

| 水資源回收中心照明設備耗能分析 | | | | | | |
|-----------------|------|------------|----|-----------|----------|----|
| 單元名稱 | 設備名稱 | 設備規格 | 數量 | 操作時間 | 耗能 | 備註 |
| 行政中心 | 燈管 | T8 LED 4 呎 | 62 | 8hr/7 次/周 | 3249.8 度 | |

資料來源: 收集 111 年中部某水資源回收中心數據

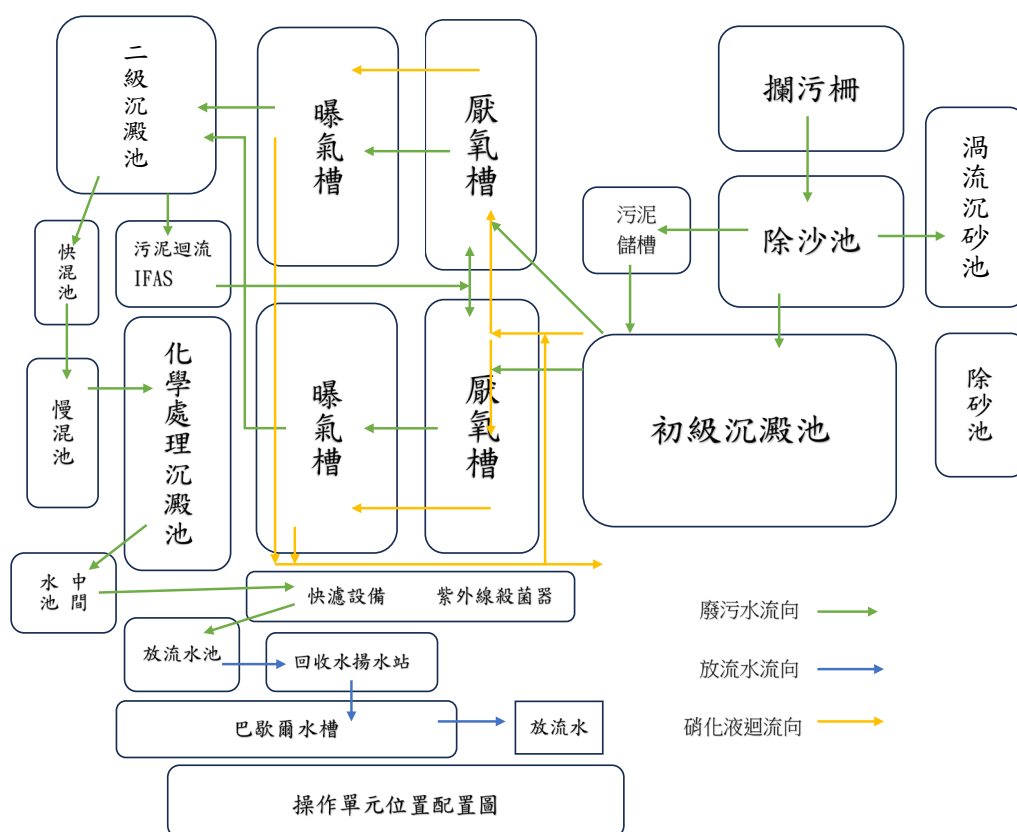
經比對台灣電力公司公佈之民國 111 年度電力使用 CO₂e 排放係數資料，每發一度電平均產 0.487 公斤的 kg.CO₂e，而由國家電力排放係數為一度電平均產 0.528 公斤的 kg.CO₂e 【18】，截取民國 102 年至 111 年國家電力排放係數及台灣電力公司排放係數之比較如圖 8 所示。本研究將採以 111 年排放係數平均值 0.495 kg.CO₂e。(兩者平均值)。



資料來源: 102-111 年經濟部能源局

圖 8 國家電力排放係數及台灣電力公司排放係數之比較圖

溫室氣體直接排放量依文獻回顧之污水處理反應機制，可歸納出本次研究目標產生溫室氣體直接排放之單元設施：為攔汙柵、洗砂機、除殺機、初級沉澱池、厭氧槽、曝氣池(一)、曝氣池(二)、二級沉澱池、快/慢混池、化學處理沉澱池、紫外線殺菌器、快濾設備、揚水站、放流生態池。又參考【30】研究發現初級沉澱池與最終沉澱池亦有部份溫室氣體排放量。故本研究將圖 9 上述設備列為溫室氣體直接排放量之評估單元設施。



資料來源：收集 111 年中部某水資源回收中心數據

圖 9 中部某水資源中心操作單元配置圖

第四章 結果與討論

4.1 結果與討論

本研究此次碳盤查基本年係以 111 年 1 月~111 年 12 月於本案例報告邊界範圍內產生之所有溫室氣體為盤查範圍圖 10，並採用營運控制法進行組織邊界之設定，用地面積約 0.1204 公頃。



資料來源：收集 111 年中部某水資源回收中心數據收集

圖 10 中部某水資源回收中心組織邊界-廠區配置圖

主要處理生活污水，污水設計平均日處理量為 400 CMD，採**複合式固定膜活性污泥法**(IFAS)。

本案例採計 111 年 1 月~111 年 12 月盤查之電力，按環境部開放平台，溫室氣體排放量資訊平台計算【19】，依表 12、13 分類碳排放量與排放

清冊及排放數據耗能計為 46.4485 公噸.CO₂e，以本次研究標的總用電度

數表 90520(度/年)乘以 0.495 kg.CO₂e /度碳排係數，得知本水資中心 111

年 1 月至 111 年 12 月總碳排放為:44.8074 kg.CO₂e。

表 12 排放係數參考表

| 5. 碳排放量與排放清單 | | a | | | | | | | | | | b | | | | | | | | | | a*b | |
|--------------|------------------|--------|----------------------|------------------------|-------------|----------------------|------------------------|----------|----------------------|----------------------------|----------|-------------|-----------|--------|----------------|---|--------------------------------|---------------------------------|--|--|--|-----|--|
| 項次 編號 | 活動設施 | 111年用量 | CO ₂ 排放係數 | | 排放量 (kg) | CH ₄ 排放係數 | | 排放量 | N ₂ O排放係數 | | 排放量 | HFCs逸散係數 | | 排放量 | 溫室氣體排放係數總合 | | 碳排放量 (kg CO ₂ e) | 碳排放量 (ton CO ₂ e) | | | | | |
| G1 | 緊急發電機 | 84.70 | 2.606031792 | Kg CO ₂ /L | 221 | 0.000105507 | Kg CH ₄ /L | 0.22 | 0.000021101 | Kg N ₂ O/L | 0.53 | - | kgHFCs/kg | - | 2.6149575650 | kg CO ₂ e/L | 221.4869 | 0.2215 | | | | | |
| G2.1 | 山貓車 | 0.00 | 2.606031792 | Kg CO ₂ /L | - | 0.000137160 | Kg CH ₄ /L | 0.0000 | 0.000137160 | Kg N ₂ O/L | 0.0000 | - | kgHFCs/kg | - | 2.6503343430 | kg CO ₂ e/L | 0.0000 | 0.0000 | | | | | |
| G2.2 | 堆高機車 | 0.00 | 2.606031792 | Kg CO ₂ /L | - | 0.000137160 | Kg CH ₄ /L | 0.0000 | 0.000137160 | Kg N ₂ O/L | 0.0000 | - | kgHFCs/kg | - | 2.6503343430 | kg CO ₂ e/L | 0.0000 | 0.0000 | | | | | |
| G3.1 | 背負式割草機 | 0.00 | 2.606031792 | Kg CO ₂ /L | - | 0.000105507 | Kg CH ₄ /L | 0.0000 | 0.000021101 | Kg N ₂ O/L | 0.0000 | - | kgHFCs/kg | - | 2.6149575650 | kg CO ₂ e/L | 0.0000 | 0.0000 | | | | | |
| G3.2 | 乘坐式割草機 | 0.00 | 2.606031792 | Kg CO ₂ /L | - | 0.000137160 | Kg CH ₄ /L | 0.0000 | 0.000137160 | Kg N ₂ O/L | 0.0000 | - | kgHFCs/kg | - | 2.6503343430 | kg CO ₂ e/L | 0.0000 | 0.0000 | | | | | |
| G3.3 | 廚房瓦斯爐 | 0.00 | 1.752881276 | Kg CO ₂ /L | - | 0.000027779 | Kg CH ₄ /L | 0.0000 | 0.000002778 | Kg N ₂ O/L | 0.0000 | - | kgHFCs/kg | - | 1.7544035879 | kg CO ₂ e/L | 0.0000 | 0.0000 | | | | | |
| G3.4 | 製程烘乾 | 0.00 | 3.187000000 | Kg CO ₂ /kg | - | 0.000050500 | Kg CH ₄ /kg | 0.0000 | 0.000005050 | Kg N ₂ O/kg | 0.0000 | - | kgHFCs/kg | - | 3.1897674000 | kg CO ₂ e/kg | 0.0000 | 0.0000 | | | | | |
| G4 | 公務車 | 0 | 2.263132872 | Kg CO ₂ /L | - | 0.000816426 | Kg CH ₄ /L | 0.0000 | 0.000261256 | Kg N ₂ O/L | 0.0000 | - | kgHFCs/kg | - | 2.3613979050 | kg CO ₂ e/L | 0.0000 | 0.0000 | | | | | |
| G5.1 | 水體-含碳污染物移除 | 2219 | - | Kg CO ₂ /kg | - | 0.003842691 | Kg CH ₄ /kg | 213.1925 | - | Kg N ₂ O/kg COD | - | - | kgHFCs/kg | - | 0.0960672790 | kg CO ₂ e/kg COD | 213.1925 | 0.2132 | | | | | |
| G5.2 | 水體-含氮污染物移除 | 327 | - | Kg CO ₂ /kg | - | - | Kg CH ₄ /kg | - | 0.003752523 | Kg N ₂ O/kg TN | 365.8920 | - | kgHFCs/kg | - | 1.1182519840 | kg CO ₂ e/kg TN | 365.8920 | 0.3659 | | | | | |
| G6 | 飲水機R-134a | 0.0 | - | Kg CO ₂ /kg | - | - | Kg CH ₄ /kg | - | - | Kg N ₂ O/kg | - | 0.003000000 | kgHFCs/kg | 0.0000 | 4.2900000000 | kg CO ₂ e/kg | 0.0000 | 0.0000 | | | | | |
| G7.1 | 冷氣R-410A | 0.0 | - | Kg CO ₂ /kg | - | - | Kg CH ₄ /kg | - | - | Kg N ₂ O/kg | - | 0.030000000 | kgHFCs/kg | 0.0000 | 62.6400000000 | kg CO ₂ e/kg | 0.0000 | 0.0000 | | | | | |
| G7.2 | 冷氣R22 | 0.0 | - | Kg CO ₂ /kg | - | - | Kg CH ₄ /kg | - | - | Kg N ₂ O/kg | - | 0.030000000 | kgHFCs/kg | 0.0000 | - | kg CO ₂ e/kg | 0.0000 | 0.0000 | | | | | |
| G8.1 | 冰箱R-134a | 0.2 | - | Kg CO ₂ /kg | - | - | Kg CH ₄ /kg | - | - | Kg N ₂ O/kg | - | 0.003000000 | kgHFCs/kg | 0.7508 | 4.2900000000 | kg CO ₂ e/kg | 0.7508 | 0.0008 | | | | | |
| G8.2 | 冰箱R-600a | 0.0 | - | Kg CO ₂ /kg | - | - | Kg CH ₄ /kg | 0.0000 | - | Kg N ₂ O/kg | 0.0000 | 0.003000000 | kgHFCs/kg | 0.0000 | 0.0000000000 | kg CO ₂ e/kg | 0.0000 | 0.0000 | | | | | |
| G9 | 沼氣燃燒設施 | 0 | 2.750000000 | Kg CO ₂ /kg | - | - | Kg CH ₄ /kg | - | - | Kg N ₂ O/kg | - | - | kgHFCs/kg | - | 2.7500000000 | kg CO ₂ e/kg CH ₄ | 0.0000 | 0.0000 | | | | | |
| G10 | 實驗室原子吸收光譜儀燃料 | 0.0 | 3.384615385 | Kg CO ₂ /kg | - | - | Kg CH ₄ /kg | - | - | Kg N ₂ O/kg | - | - | kgHFCs/kg | - | 3.3846153850 | kg CO ₂ e/kg | 0.0000 | 0.0000 | | | | | |
| G11 | 公務車冷媒 | 0.0 | 0.000000000 | Kg CO ₂ /kg | - | - | Kg CH ₄ /kg | - | - | Kg N ₂ O/kg | - | 0.200 | kgHFCs/kg | - | 286.0000000000 | kg CO ₂ e/kg | 0.0000 | 0.0000 | | | | | |
| G12 | 用電設施-辦公室、處理單元 | 89,680 | 0.509000000 | Kg CO ₂ /度 | 45,647 | - | Kg CH ₄ /度 | - | - | Kg N ₂ O/度 | - | - | kgHFCs/kg | - | 0.5090000000 | Kg CO ₂ e/度 | 45,647.1200 | 45.6471 | | | | | |
| G13 | 廢棄物產出 | 0 | | | - | | | - | | | - | | | | | | - | - | | | | | |
| | 滅火器(全為乾粉滅火器/不列計) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | 46,448.4422 | 46.4485 | | | | | |

資料來源: 收集 111 年中部某水資源回收中心數據收集

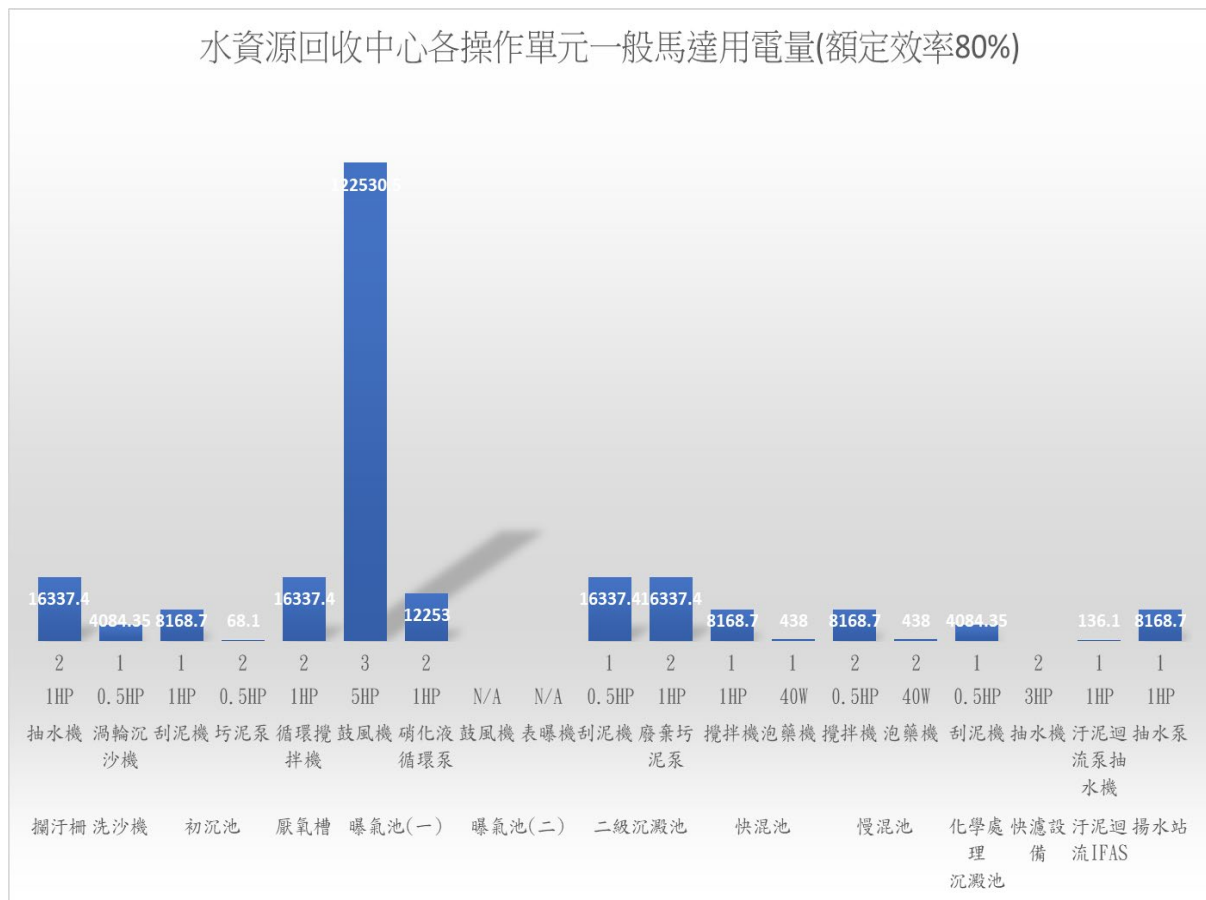
本次研究之用電情況分析表 13、圖 11、12 顯示中部某水資源回收中心各類型用電設施-辦公室、處理單元為最大宗，耗能最大為處理單元之運作，故我們將針對此進行節能減碳之可行方法提出討論。

表 13 各操作單元耗能分析

| 水資源回收中心各操作單元耗能分析 單位：度／年 | | | | | | |
|-------------------------|------------|---------------|----|--------------------------------|----------------------------|------------|
| 單元名稱 | 設備名稱 | 設備規格 /HP/W | 數量 | 操作時間 | 一般馬達用電量(額定 效率 80%)(年/度) | 耗電量% |
| 攔污柵 | 抽水機 | 1HP | 2 | 液面操作 (2912hr) | 5430.88 | 0.06759707 |
| 渦流沉砂 池 | 渦流攪拌機 | 0.5HP | 1 | 連續操作 (2912hr) | 1357.12 | 0.0168918 |
| 初沉池 | 刮泥機 | 1HP | 1 | 連續操作 (2912hr) | 5430.88 | 0.06759707 |
| | 污泥泵 | 0.5HP | 2 | 5min/次 3 次/天 (0.4hr/天)146 天 | 54.458 | 0.00067783 |
| 厭氧槽 | 循環攪拌機 | 1HP | 2 | 連續操作 (2912hr) | 5430.88 | 0.06759707 |
| 曝氣池 | 鼓風機 | 5HP | 3 | 連續操作 (2912hr) | 40731.6 | 0.50697801 |
| | 硝化液循 環泵 | 1HP | 2 | 8hr/天(2080hr) | 3879.2 | 0.04828362 |
| 二級沉澱 池 | 刮泥機 | 0.5HP | 1 | 連續操作 (2912hr) | 2521.94 | 0.03139008 |
| | 廢棄污泥泵 | 1HP | 2 | 5min/次 3 次/天 (0.4hr/天)146 天 | 108.9 | 0.00135546 |
| 快混池 | 攪拌機 | 1HP | 1 | 連續操作 (2912hr) | 5430.88 | 0.06759707 |
| | 加藥機 | 40W | 1 | 連續操作 (2912hr) | 135.77 | 0.0016899 |
| 慢混池 | 攪拌機 | 0.5HP | 2 | 連續操作 (2912hr) | 2715.44 | 0.03379853 |
| | 加藥機 | 40W | 2 | 連續操作 (2912hr) | 271.54 | 0.0033798 |
| 化學處理 沉澱池 | 刮泥機 | 0.5HP | 1 | 連續操作 (2912hr) | 1357.12 | 0.0168918 |
| 污泥迴流 IFAS | 污泥迴流泵 | 1HP | 1 | 5min/次 3 次/天 (0.4hr/天)146 天 | 54.458 | 0.00067783 |
| 揚水站 | 抽水泵 | 1HP | 1 | 連續操作 (2912hr) | 5430.88 | 0.06759707 |
| | 合計 | 37.65HP | 25 | | 80341.946 | |

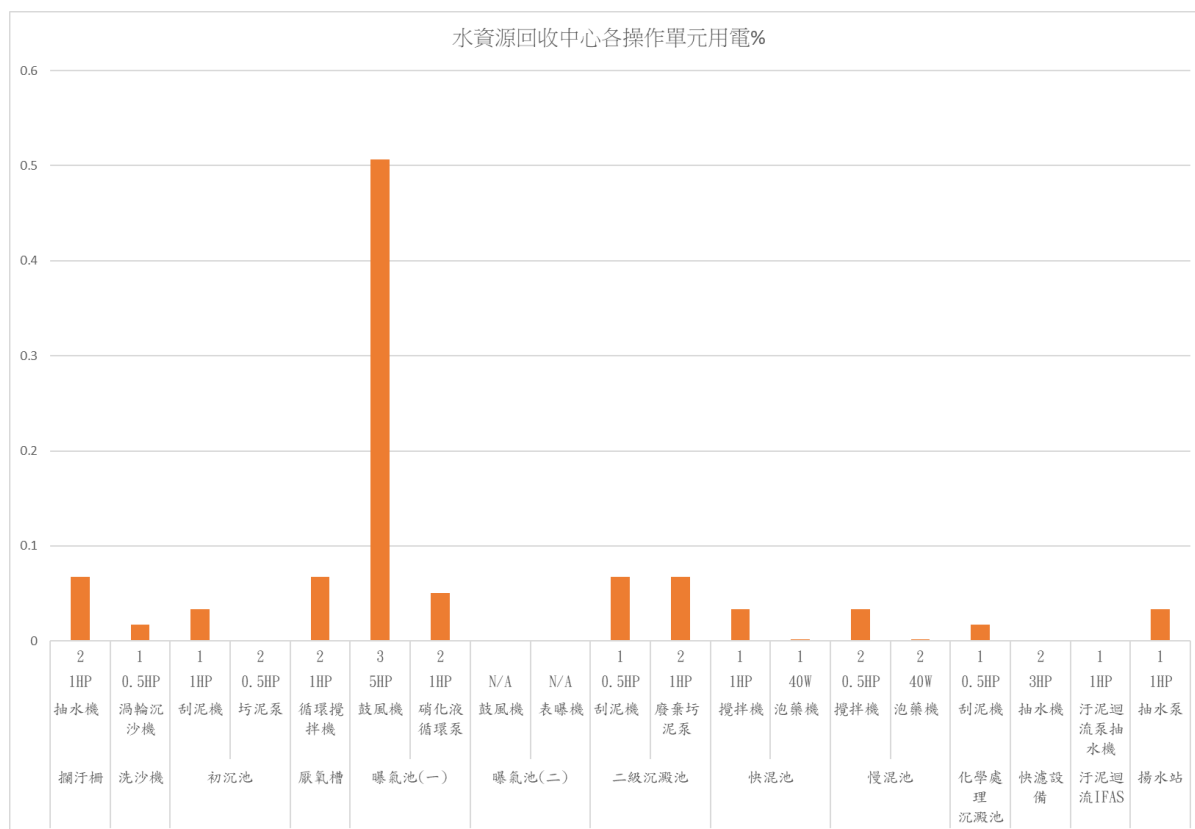
| 單元名稱 | 設備名稱 | 設備規格 | 數量 | 操作時間 | 耗能(度) |
|------|------|------------|----|-----------|--------|
| 行政中心 | 燈管 | T8 LED 4 呎 | 62 | 8hr/7 次/周 | 3249.8 |

資料來源:收集 111 年中部某水資源回收中心數據



資料來源：收集 111 年中部某水資源回收中心數據

圖 11 水資源中心操作單元用電情況分析圖



資料來源：收集 111 年中部某水資源回收中心數據

圖 12 水資源中心用電設施%分析圖

4.2 採用高效能馬達用電量減量分析

設定依表 14 假設將所有較大耗能(用電量超過 16000 度/年)者，原操作單元馬達額定效率 80%，更新之高效率馬達，額定效率 95%，更新改善效能計算如下：

改善前耗電量，(依表 13、圖 11、圖 12 選定耗能超過 0.06%，5 項操作單元設備為研究標的)

$$(1) 1\text{HP} \times 0.746\text{kW/HP} \times 10 \times 2912 \text{ 小時/年} \div 0.8 = 27154.4 \text{ 度/年}$$

$$(2) 5\text{HP} \times 0.746\text{kW/HP} \times 3 \times 2912 \text{ 小時/年} \div 0.8 = 40731.6 \text{ 度/年}$$

$$27154.4 + 40731.6 = 67886 \text{ 度/年}$$

改善後耗電量，(依表 13、圖 11、圖 12 選定耗能超過 0.06%，5 項操作單元設備為研究標的)

$$(1) 1\text{HP} \times 0.746\text{kW/HP} \times 10 \times 2912 \text{ 小時/年} \div 0.95 = 22866.86 \text{ 度/年}$$

$$(2) 5\text{HP} \times 0.746\text{kW/HP} \times 3 \times 2912 \text{ 小時/年} \div 0.95 = 34300.29 \text{ 度/年}$$

$$22866.86 + 34300.29 = 57167.15 \text{ 度/年。}$$

$$\text{節約用電量(度/年)} : 67886 - 57167.15 = 10718.85 \text{ 度/年。}$$

$$\text{節約金額(萬元/年)} : 10718.85 \text{ 度/年} \times 2.58 \text{ 元/度} \div 10,000 = 2.76 \text{ 萬元/年。}$$

投資費用：60 萬元。(按本研究較大耗能設備數量估算)

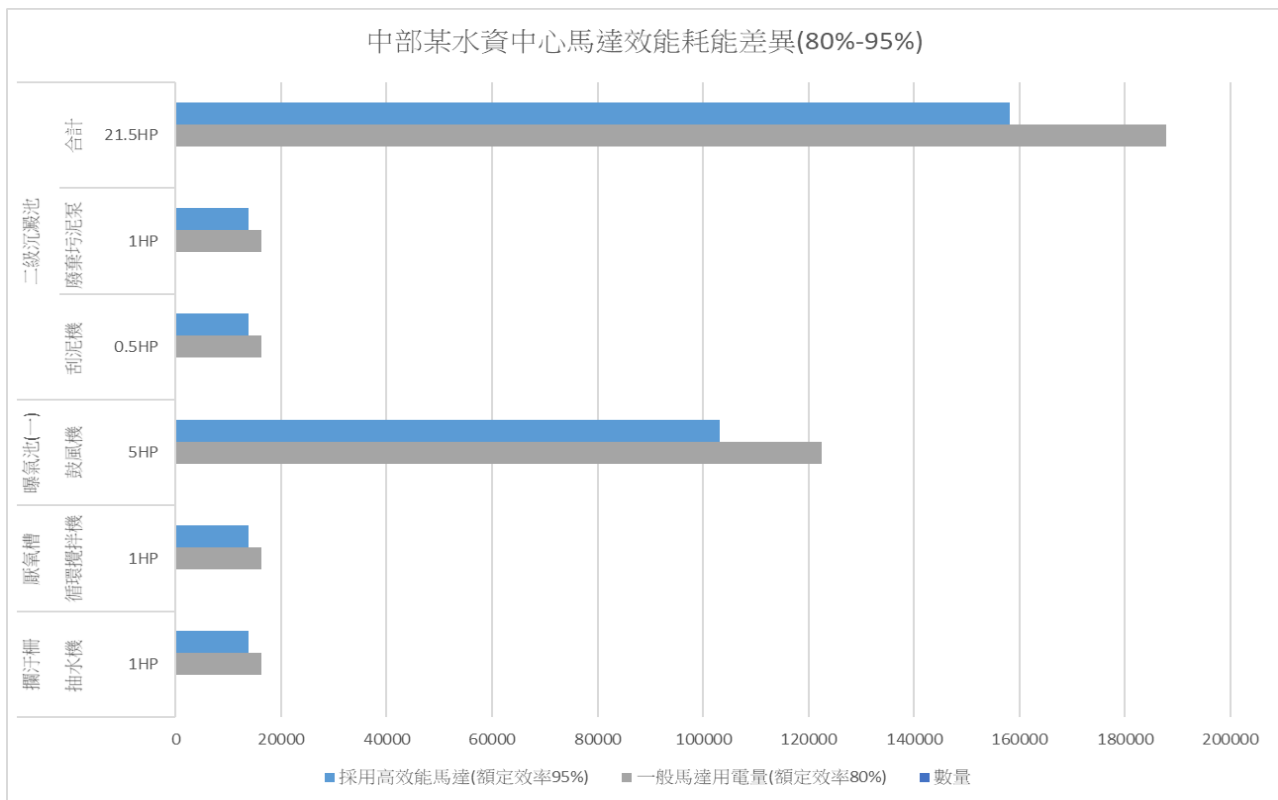
$$\text{節能率(\%)} : 67886 \text{ 度/年} \div 10718.85 \times 100\% = 6.3\%。$$

$$\text{回收年限(年)} : 60 \text{ 萬元} \div 2.76 \text{ 萬元} = 21.73 \text{ 年。}$$

表 14 較大耗能操作單元使用一般馬達與高效率馬達用電量分析表

| 水資源回收中心較大耗能設備分析，單位:度/年 | | | | | | | |
|------------------------|-------|---------------|----|------------------|-------------------------|------------|-----------------------|
| 單元名稱 | 設備名稱 | 設備規格 /HP/W | 數量 | 操作時間 | 一般馬達用電量(額定效率 80%)(度) | 耗電量% | 採用高效能馬達 (額定效率 95%) |
| 攔污柵 | 抽水機 | 1 | 2 | 液面操作 (2912hr) | 2715.44 | 0.04251731 | 2715.44 |
| 初沉池 | 刮泥機 | 1 | 1 | 連續操作 (2912hr) | 5430.88 | 0.08503461 | 5430.88 |
| 厭氧槽 | 循環攪拌機 | 1 | 2 | 連續操作 (2912hr) | 8146.32 | 0.12755192 | 8146.32 |
| 曝氣池 | 鼓風機 | 5 | 3 | 連續操作 (2912hr) | 40731.6 | 0.6377596 | 40731.6 |
| 快混池 | 攪拌機 | 1 | 1 | 連續操作 (2912hr) | 2715.44 | 0.04251731 | 2715.44 |
| 揚水站 | 抽水泵 | 1 | 1 | 連續操作 (2912hr) | 2715.44 | 0.04251731 | 2715.44 |
| | 合計 | 10 | 13 | | 63866.698 | | 65951.89 |

資料來源: 收集 111 年中部某水資源回收中心數據



資料來源：收集 111 年中部某水資源回收中心數據

圖 13 操作單元使用一般馬達與高效率馬達用電量差異分析

4.3 照明設備更換:

若以四尺燈管比較，耗電量為 $T8(40W) > T5(28W) > T8\ LED(18W) > T5\ LED(15W)$ ，照度可用 lm/W (每一瓦特產生多少流明) 推算，傳統 T8 約 $80\ lm/W$ ，T8 三波長可達 $96\ lm/W$ ，T5 則是 $103\ lm/W$ 。省電燈泡約 $50\ lm/W$ 遠不如日光燈，撇開美觀考量，把日光燈換成省電燈泡是不智之舉，LED 則約在 $100\ lm/W$ 左右，推算照度，T8 三波長 $40W\ 3600\ 流明 > T8\ 40W\ 3200\ 流明 > T5\ 28W\ 2900\ 流明 > T8\ LED\ 18W\ 2000\ 流明$ ，若 T8 燈具仍堪用，將 T8 傳統燈管換成 T8 LED 燈管是最省事的做法，使用壽命及省電效率瞬間提升。但要留意，若更換 T5 LED 後照度會從 $3682\ lm$ 降到 $3080\ lm$ 甚至更低，省電一倍但照度也會減少，要做取捨，而實測一年耗電，LED T8 燈管 1 支耗電約 $18W$ ：

$$18W * 62(支) * 8hr * 7 * 52(次/周) = 3249792 / 1000 = 3249.8\ 度，$$

LED T5 燈管 1 支耗電約為 $15W$

$$15W * 62(支) * 8hr * 7 * 52(次/周) = 2708160 / 1000 = 2708.1\ 度，$$

$$3249.8 - 2708.1 = 541\ 度/年，降幅達 0.17\%。$$

$$541\ 度/年 * 0.495\ kg.CO_2e = 267.795\ kg.CO_2e(年)$$

4.4 太陽能光電系統:

本研究案例 3F 屋頂可架不透光型太陽能板因四周透空其光線充足又能達到遮陰效果，預估能設置系統為 62 坪(一片太陽能板為 1.7(平方公尺=0.5 坪)，裝置量太陽能板最高發電量為以 62 坪的屋頂，那麼一年估算的發電度數大約為 $31 \times 5.7 = 176.7$ 度 $\times 0.7 \times 30 =$ (平均每月能提供全廠約) 3710 度(KWh)，這是平均每月能提供全廠的電力，全廠使用電力分析得知 111 年全廠電力每月平均使用約 7543 度(KWh)，裝置此容量能提供本研究水資源回收中心近 49% 電力。(3710 度(KWh)/ 7543 度(KWh)=49%)，如此一來不僅能減少外購電力需求，更能減少碳排放。

太陽能板裝置價格以設備容量（瓩，KW）作為計費標準，約為 \$4 萬~\$7 萬/瓩，安裝 1 瓩太陽能板約需佔用 2 坪面積。本研究案例場地預估有 62 坪的屋頂，設置容量為 $62 \text{ 坪} / 2 = 31 \text{ Kw}$ ，約需費用 3,400,000 元，其回收年限計算如下: $\text{回收年限} = \text{發電度數} \times \text{每度平均電價} / \text{設置費用} = \text{回收年限}$

依照臺灣電力公司公告表 15 每度平均電價 2.58 元。

$\text{回收年限} = 3710 \times 2.58 = 9571.8 (\text{月/元}) / 3,400,000 \text{ 元} = 29.6 \text{ 年}$

設置太陽能板不僅可提供部分廠內電力需求，減外購電力成本，亦可降低台電電力負載，且可抵換碳權。

表 15 台灣電力公司電價表

(一)非時間電價：

單位：元

資
料
來
源：
台
灣

| 分 類 | | | 夏 月 (6月1日至 9月30日) | 非夏月 (夏月以 外時間) | |
|------------|----------|---------|-------------------------|---------------------|--------|
| 基 本 電 費 | 裝 置 契 約 | | 每 瓦 每 月 | 137.50 | |
| | 需量 契約 | 經 常 契 約 | | 236.20 | 173.20 |
| | | 非夏月契約 | | — | 173.20 |
| 流 動 電 費 | | | 每 度 | 2.58 | 2.45 |

電力公司 111 年電價表對照表

第五章結論與建議

5.1 結論

由上述分析中發現若能採用下列節能作法，將能降低用電耗能減少碳排：

1. 耗能超過 16000 度/年(約耗能 $<0.05\%$)操作單元運轉馬達建議更換高效能馬達，預期能有效降低電力耗能 15.78%，減少用電 29666 度，節約用電量(度/年)： $187880.1-158214.1=29666$ 度/年。

減少碳排放： $14684.67\text{kg.CO}_2\text{e(年)}$

節約金額(萬元/年)： $29666 \text{ 度/年} \times 2.58 \text{ 元/度} \div 10,000 = 7.7$ 萬元/年。

預估投資費用：60 萬元。

節能率(%)： $29666 \text{ 度/年} \div 187880.1 \times 100\% = 15.78\%$ 。

回收年限(年)： $60 \text{ 萬元} \div 7.7 \text{ 萬元} = 7.79$ 年。

2. 建置太陽能光電系統本研究案例 3F 屋頂可架不透光型太陽能板因四周透空其光線充足又能達到遮陰效果，平均每月能提供全廠約 3710 度(Kwh)電力，而 111 年全廠電力使用量每月平均使用約 7543 度(Kwh)，能提供近 0.49%電力。能減少外購電力需求，更能減少碳排放。
3. 照明設備將 LED T8 燈管更新為 LED T5 燈管，能由目前年耗電為 3249.8 度降為 2708.1 度，降幅達 0.17%。亦能減少部分的用電碳排。

5.2 建議

1. 建議導入 UASB 系統降低好氧系統曝氣池設備負荷，在本研究案例

許可核定值及放流水標準依目前實際排放值均能有效達標情況甚至在導入 UASB 系統後，將可以不用電力機械運轉運行(本案例此部分耗電耗能佔操作單元耗電 21%)，其特色在於具免曝氣、低耗能、低廢棄污泥產量且有能源回收再利用（沼氣）之特點能節省用電耗能，另外因污泥產出量因此系統之運作減少污泥乾燥處理單元用電及污泥最終運送過程產生的碳排【20-25】。

2. 污泥產出後為減輕重量(含水量)，需要運用動力壓擠或熱源烘烤，最後產出的污泥還需要運送，如此需要相關的電力或熱能再加上燃料的碳排將增加水資源中心的碳排放。這些污泥可運用黑水虻進食污泥分解處理，以達污泥減量之目的，許多研究驗證了黑水虻在處理有機廢棄物的優勢，甚至可取代傳統焚化爐之功能。本研究案例污泥每年產生量可達 724.41kg，導入黑水虻養殖技術處理將水資源回收中心的廢棄污泥以黑水虻進食污泥分解處理，除了能減少污泥產生量降低污泥含水量減輕污泥處理負擔，更能將蟲體及蟲糞可做為肥料，做為循環再利用【26、27】。
3. 另外也可考慮將含氮的回收水提供給需氮作為農業氮肥使用，降低操作單元硝化與脫硝程序之耗能，因硝化需要大量曝氣，以提供氧氣使氨氧化成硝酸鹽，如此不僅可以減少硝化與脫硝所耗費之電力及曝氣(耗氧)也能減少農業氮肥使用(降低上游製造)，減少類別 3-6 之碳排【28】。

第六章 參考文獻

- 【1】環境部氣候變遷署，“中華民國國家溫室氣體排放清冊報告”，2023。
<https://www.cca.gov.tw/search.html?q>
- 【2】陳昱勝，“基於二氧化鈦奈米柱之鈣鈦礦太陽能電池室溫後處理技術開發”，碩士論文。2020
- 【3】林明賢，“產業放流水溶解性有機光學特性”，碩士論文，2012。
- 【4】馬家珍，“以厭氧法串聯人工濕地處理生活污水之操作性能研究”，碩士論文，2005。
- 【5】經濟部產業發展署國際環保標準規範資訊，“14064-1 組織層級溫室氣體排放減量與移除之量化與報告附指引之規範”，2018。
- 【6】經濟部產業發展署國際環保標準規範資訊，“14064-2 專案層級溫室氣體排放減量與移除增進之量化、監督及報告附指引之規範”，2019。
- 【7】經濟部產業發展署國際環保標準規範資訊，“ISO 14064-3 溫室氣體主張確證與查證附指引之規範”，2019。
- 【8】全國法規資料庫，“氣候變遷因應法”，2023。<https://law.moj.gov.tw/>
- 【9】經濟部水利署，“ISO 46001 水資源效率管理系統-要求與使用指南”，2023。
- 【10】臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫，“AR6 IPCC 第六次評估報告”，2022。

- 【11】 財團法人台灣綠色生產力基金會，“電能系統節能應用”，2023。
<https://www.tgpf.org.tw/service/2>
- 【12】 林哲宇，“考量實際負載率變動與時間電價之馬達回收年限研究”碩士學術論文，2010。
- 【13】 經濟部能源局，“太陽光電推動方案”，2017。
https://www.moeaea.gov.tw/ECW/populace/home/TextSearch.aspx?menu_id=2314&cx=f635b8cf2ce78448c&q=
- 【14】 李怡萱，“燈具應用技術與評估”碩士論文，2016。
- 【15】 許廷祥，“光電太陽能系統發電量評估”碩士論文，2016。
- 【16】 台中市政府新聞局，“台中市福田水資中心設太陽能板“，年發電量160萬度“，2018。
- 【17】 唐禮旗，“上流式厭氧污泥床(UASB)串聯薄膜生物反應器(MBR)提升二甲醯亞胺類農藥原體廢水處理成效之研究”碩士論文，2016。
- 【18】 經濟部能源局，電力排碳係數。
<https://www.moeaboe.gov.tw/ecw/populace/home/Home.aspx>
- 【19】 環境部開放平台，“溫室氣體排放量資訊平台”，
<https://ghgregistry.moenv.gov.tw/>
- 【20】 張冠甫，“低汙泥、低耗能、高效率之廢水處理技術，厭氧生物處理技術“，工業技術研究院環能所，2010。
<https://www.itri.org.tw/search.aspx?SiteID=1&keyword=UASB>
- 【21】 唐禮旗，“上流式厭氧污泥床(UASB)串聯薄膜生物反應器(MBR)提升

二甲醯亞胺類農藥原體廢水處理成效之研究“ 碩士論文，2016

- 【22】 林映佐“高有機質廢液連續式產氫及甲烷”，碩士論文，2014。
- 【23】 洪仁陽、張敏超、邵信、張王冠，“淨水廠之污泥減量技術”，自來水會刊第二十二卷第一及二期，pp61-66， 2003。
- 【24】 洪仁陽，“污泥水解減量技術”，化工資訊月刊，第 6 期，第 66-73 頁，2003。
- 【25】 張麗琴。“黑水虻去化有機廢棄物於生質能轉換及溫室氣體排放之研究“，碩士論文，2021。
- 【26】 梁世祥、楊庭豪、王思涵，“黑水虻在友善農耕上之開發與應用”。2019 有益昆蟲在友善農耕之應用研討會，2010。
- 【27】 中華民國國家發展委員會，“水資中心導入黑水虻養殖技術廢棄污泥去化再利用”， 2024。
- 【28】 經濟部產業發展署，“有機污泥減量 BACT 技術建置”，工業污染防治第 112 期，2009
- 【29】 Reference: Kumar A, et al. 2018. Daughter-cell-specific modulation of nuclear pore complexes controls cell cycle entry during asymmetric division. Nat Cell Biol 20(4):432-442
- 【30】 Kyung, D., Kim, M., Chang, J., Lee, W., 2015. Estimation of greenhouse gasemissions from a hybrid wastewater treatment plant. J. Clean. Prod. 95,117-123.