

# 臺大電力分析報告

Vol. 1 - 館舍用電特性分析



2023年 7月

# 報告摘要

- 本校**超過 90%**的溫室氣體排放來源來自於外購電力消耗。
- 本校近三年用電量大致**持平(約一億五千萬度)**，儘管有**學新館、基隆路溫室**等新建樓舍開始運轉，但舊館舍用電量隨空調、照明設施等更新而持續降低**(年減約2%)**，故總量並未增加。
- 依據近年日平均單位面積用電量大於**100 kWh/m<sup>2</sup>**及**日夜尖峰不顯著**原則，篩選出**53棟**建議優先啟動用電調查與設施改善對象。
- 上述53棟館舍用電量約佔全校用電量**68%**，如參考應力所設施改善與節電作為範例，應有顯著節電潛力。建議結合**總務處各館舍每日用電與環安衛中心各館舍實驗室管理等資訊**，啟動用電調查，研提設施改善與節電計畫。

# 目錄

一、前言	01
二、報告目的	05
三、資料來源及處理流程	06
四、分析結果	08
五、結論與未來工作	12
致謝	13
參考資料	14
附錄	15

# 第一章、前言



## 1.1 臺大減碳目標與用電之關係

國立臺灣大學(下稱本校)於2020年6月，發表了第一本大學社會責任報告書，同時也宣布將於2028年達成50%碳中和、2048年達成100%碳中和的目標；支持此減碳目標的背後資訊，除參考各國外大學的減碳目標外(如：劍橋大學宣布其範疇一及範疇二的碳排放量，於2048年達淨零碳排)，主要是建立在本校從99年起開始執行的溫室氣體盤查作業基礎之上。本校在99年及110年分別取得外部查證並取得聲明書(99年認證單位為SGS、110年認證單位為BSI)，皆為當時國內第一所完成溫室氣體外部查證並取得聲明書的國立大學。

表1，本校近年溫室氣體盤查結果。(資料來源：環境保護暨職業安全衛生中心)

年份	盤查版本	範疇一 (直接排放，公噸)	範疇二 (間接排放，公噸)	合計 (公噸)
2017	ISO-14064-1:2006	11,493	80,268	91,761
2018	ISO-14064-1:2006	7,650	78,802	86,452
2019	ISO-14064-1:2006	9,367	80,057	89,424
2020	ISO-14064-1:2018	5,776	68,189	73,965

而根據本校近年的溫室氣體盤查結果(表1)，無論是以何種盤查標準(2019以前採用ISO-14064-1:2006版本；2020年後採用ISO 14064-1:2018版本)，皆顯示本校溫室氣體主要的排放來源，為屬範疇二的部分；意即本校超過9成的溫室氣體排放來源，來自外界能源輸入至本校、所產生的間接溫室氣體排放量(主要為外購電力)；因此，節能及創能對於本校來說是最重要的減碳手段；為聚焦議題，本報告僅討論節能部分。

## 1.2 臺大用電現況及相關節電規範/挑戰

近年來，在政府的節能政策要求下(如：98年至104年—政府機關及學校四省專案計畫、105年至108年—政府機關及學校節約能源行動計畫、109年至112年—政府機關及學校用電效率管理計畫)，本校舊館舍的整體用電皆持續下降，但此節電成果常因新建築的完工而抵銷，故整體而言，近10年本校年度總用電量維持在約1億4千萬度至1億5千萬度左右；本校歷年用電統計資料及節電措施，可進一步參考[總務處年報](#)(臺大總務處，2023)。

然而，未來政府的節能法規要求上，有朝向更嚴格、尺度更小(單一建築物尺度)的方向發展。依照最新的政府機關及學校用電效率管理計畫要求，本校於112年之整體用電指標(Energy Use Intensity, EUI；EUI=年度總用電量/總樓地板面積，單位：kWh/m<sup>2</sup>)，需降到105(kWh/m<sup>2</sup>)以下。

依據內政部最新規劃(內政部建築研究所，2023)，未來每一棟建築物皆須有建築能效標示外(圖1)，還須滿足下列標準：

- 2030年：公有新建建築物達建築能效1級(EUI小於120)或近零碳建築(EUI小於100)。
- 2040年：50%既有建築物更新為建築能效1級或近零碳建築。
- 2050年：100%新建建築物及超過85%既有建築物為近零碳建築。



圖1·建築能效標示系統。(資料來源：內政部)



根據總務處提供的資料，近年全校平均用電指標(EUI)，約在**100-105 (kWh/m<sup>2</sup>)**附近，但倘若未來法規有更嚴格的要求的話，將對本校是一大挑戰；此外，若進一步落實建築能校標示系統的話，本校將有相當多的館舍無法達到建築能效1級或近零碳建築的標準。

以109年本校各館舍EUI值為例，本校有**70棟建物的EUI值大於120 (kWh/m<sup>2</sup>)**，佔全校館舍數量的39% (共180棟建築)。以本校前20大EUI館舍來看(表2)，館舍的EUI值皆達到240 (kWh/m<sup>2</sup>)以上，即建築能效為7級；而扣除掉部分面積過小的館舍，EUI較大的館舍主要為電資、理、工、農相關科系的系館，或是具有高耗能設備的館舍。而根據最新的EUI資料，此排名變化不大，也顯示這些高EUI館舍之用電受疫情影響不大。



為了解這些高EUI館舍的用電流向及潛在的節電措施，總務處在過去15年間，也委託外部廠商針對高耗電館舍進行**電力健檢**(表3)。在這些電力健檢報告中，廠商會在館舍各用電迴路裝設監測儀器，針對館舍的用電流向進行觀測及分析，此外廠商也會透過實地勘查，針對易耗電之設備(如：空調系統、變壓器)，進行現況調查；最終透過上述結果，產出一份包含電力流向分析、節能改善措施及效益評估的建築節能評估報告書；而館舍後續可依循此份報告書，進行相關的節能措施。

表3，近15年來，本校已做過電力健檢的館舍名稱及委託廠商清單。(資料來源：總務處營繕組)

年份	館舍名稱	委託廠商
2007	總圖、電機二館、研三宿舍、生機一館、生機三館、知武館、獸醫一館、獸醫三館、博理館、中非大樓	工研院
2007	生命科學館	綠基會
2009	資工、綜體、一活、思亮館、土研、資訊大樓、應力所、人工氣候室、管二	綠基會
2010	電機一館、博理館、凝態、地質館	綠基會
2012	霖澤館、萬才館、工科海洋館、積學館、明達館	綠基會
2022	二號館、化學館、卓研、應力、海洋所	綠基會

然而，若委託外部廠商進行電力健檢，的確可以了解館舍當時的用電流向及節電潛力值，但受限於經費(**一棟建物健檢，約需數十萬**)及調查期程，目前本校尚未有大規模的館舍電力健檢；此外，館舍後續**是否能真正落實**電力健檢報告書中的**節能措施**，才是真正影響館舍後續EUI的變化。

以應用力學館為例，其於2009年報告中之EUI值為283.7(kWh/m<sup>2</sup>)，經訪談後得知該館舍在過去數年已投注相當大的資源在相關節能措施上，故其EUI值已於2022年降為122.2(kWh/m<sup>2</sup>)，相較2009年節電比率達48%，2020-2022年累積節電金額更超過3千2百萬，該館舍過去相關節電措施整理於[附件](#)。但以人工氣候室來說，其於2009年報告中之EUI值為851.7(kWh/m<sup>2</sup>)，但其2020年之EUI值仍為830.3(kWh/m<sup>2</sup>)，可能是設備仍未更新或者是有新增耗電設備，都需待進一步調查。

# 第二章、 報告目的



從上述資料顯示，本校各館舍的用電特性、過去是否施作/已施作的節電措施也不盡相同，過去電力健檢資料並未涵蓋所有館舍，且整體上僅以“年”為尺度作為用電計量標準(如EUI或總用電量)；若本校為達減碳目標而以相同節電目標來規範各館舍的話(如：節電%數，或是降至固定EUI值以下)，必然會受到各館舍管理單位的反彈(尤其是已節電館舍)。故理想上，勢必要針對各館舍訂定各自合理的節電目標，同時也訂定出節電措施的優先順序；但若施行大規模的電力健檢，將會因本校館舍數量眾多而所費不貲。

過去本校部分館舍，已透過學生結合社團、課程、系所管理單位來進行節電專案(何威融，2020)；他們的專案成果顯示，若從各館舍高時間解析度(小時)的用電特性分析上，能協助解決上述部分問題。因此，本報告希望透過**大規模且高時間解析度(小時)**的用電資料分析成果，協助回答下列本校在節電議題上的核心問題：

- 本校各館舍的用電特性。
- 館舍的用電大戶用電特徵及可能的節電方向。

本報告將介紹本校各館舍的小時用電資料蒐集及計算流程，並依據長時間的館舍小時用電資料，來分析各館舍的用電特徵，並區分不同用電特性的館舍，以供後續分析使用；資料蒐集經驗、處理過後的小時電力資料，未來也可供其他單位參考及使用。

# 第三章、 資料來源及處理流程

本報告及後續研究所使用的用電資料，皆來自於國立臺灣大學校園數位電錶監視系統(圖2)。此系統由本校總務處負責維運，其即時蒐集超過600個數位電錶(用電迴路)的用電資料，時間解析度為每5分鐘一筆資料。在此系統上，除可查詢單一數位電錶的即時用電量外，也可以查詢不同館舍的即時/歷史用電資料，但館舍用電資料的時間解析度為每日一筆。



圖2．國立臺灣大學校園數位電錶監視系統頁面。

為獲得館舍、高時間解析度(小時)的用電資料，本報告及後續研究的資料處理步驟如下：

- 步驟一：利用網路爬蟲程式，從校園數位電錶監視系統上，下載各用電迴路(共661個)之小時用電資料。
- 步驟二：利用館舍編號/迴路對照表，計算各館舍之小時用電量。
- 步驟三：若有任一用電迴路之用電值為缺值(註一)，則視為缺值，不列入館舍小時用電量之計算。

註一：

在用電即時資料上有時候會因資料回傳問題而有缺值，總務處會事後另請廠商將資料補齊，以供後續EUI或電費計算使用。



過去校內許多研究團隊，皆能執行到**步驟一**，但受限於**本校**大多數建物老舊，單一館舍用電往往由多個用電迴路所構成，故無法由用電迴路之小時用電資料計算出館舍小時用電資料，往往造成計算上誤差的情形。

有鑑於此，在此研究中**永續辦公室與總務處合作**，製作出本校之館舍編號/迴路對照表；例如，在計算化學系館用電資料時，須依循下列算式： $AT1040$  (化學系館) =  $01B\_P1\_01 - 01B\_P1\_02 - 01B\_P1\_03 - 01B\_P1\_05 - 01B\_P1\_06$ 。此對照表為永續辦公室所製，並經總務處營繕組水電股於2022年11月底確認及補充後完成。

截至2023年7月，永續辦公室已依循前述資料處理步驟，處理完成本校2014年至2023年5月15日、共145棟建築物(部分館舍並無用電表資料)的小時用電資料。經小波分析(wavelet analysis)後發現，大部分館舍小時用電資料在頻率為24小時的時候、有最強的週期訊號，故本報告後續分析將著重於**各館舍、一天週期內**的用電變化分析。

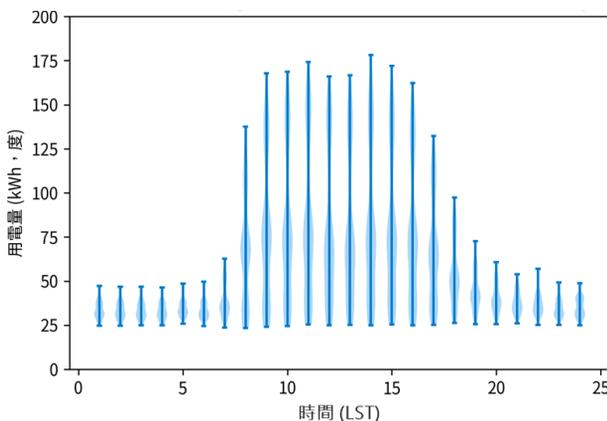
# 第四章、 分析結果



圖3為各館舍於2021年、不同當地時間(Local sidereal time, LST)之小時用電量小提琴圖(Violin chart，註二)。

以A建築為例(圖3a)，主要用電離峰時間為20點至7點之間，小時用電量介於25-50度之間，用電量略呈雙峰分布，應與機房之空調用電冷/暖季差異有關；而用電尖峰時間為8點到19點之間，小時用電量介於25-175度之間，整體用電量呈三峰分布，推測應為假日用電(基本用電及機房用電)、暖季上班(辦公區空調、文書用電、機房用電及基本用電)、冷季上班(文書用電、機房用電及基本用電)等三種情境所構成，能發現A建築的尖/離峰用電差異相當明顯。而C建築(圖3c，p.09)之小時用電量，僅在尖峰時段(8-16)點呈現雙峰分布，用電量分別集中在每小時約30度或80度之間，應是由暖季上課(中央空調及教學用電)、冷季上課(教學用電)兩種情境所組成，尖/離峰用電差異明顯，而C大樓用電量於16點開始降低，也與管理員關閉中央空調之時間一致；而這種尖/離峰用電差異明顯，且尖峰時刻的雙峰用電特徵，也同時出現於B建築(圖3b)以及大多館舍之小時用電上。

(a)



(b)

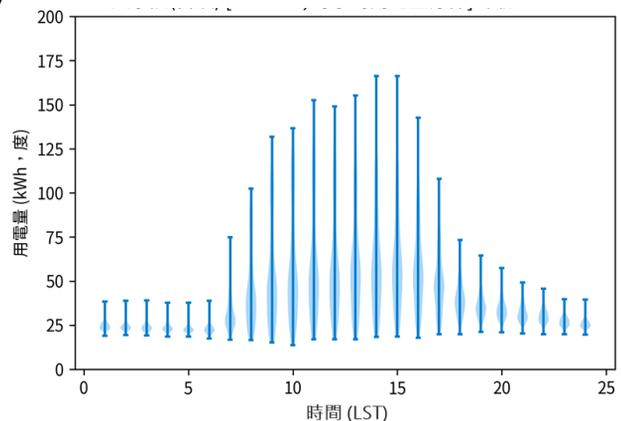


圖3 · 2021年 (a)A建築與(b)B建築，其於不同當地時間(Local sidereal time, LST)之小時用電量小提琴圖(Violin chart)；圖中陰影部分為用電量之機率分布值、範圍越大代表機率值越高。

註二：本報告使用小提琴圖而非盒鬚圖(Box chart)的原因是，在分析過程中發現部分館舍的用電值並非態分布；為呈現館舍於特定時刻之小時用電機率分布，故選用小提琴圖來呈現。



然而，本校仍有相當多的館舍並不滿足上述用電特徵。以E建築的各小時用電為例(圖3e)，其在離峰用電上並無出現雙峰分布，且離峰用電值皆達到每小時300度以上，而到了尖峰時段，小時用電量也才略增至400度左右，尖/離峰用電差異不明顯；因E建築內部因設有全校性服務機房緣故，空調及伺服器全天開機，故推測E建築用電由機房相關用電(含空調及伺服器)及辦公教學用電，兩種模式於不同時段混合而成。而D建築的小時用電分布(圖3d)顯示，該館舍整年用電量並無呈現多峰分布，而館舍小時用電量介於每小時130度-180度電之間，尖/離峰用電同樣不明顯。而F建築小時用電量(圖3f)分布則顯示，其在尖離峰時段之各小時用電皆有雙峰分布，但離峰期間的小時用電仍有350度或420度左右，且尖/離峰用電差異也有不明顯的情形；雖目前沒有更細的用電流向資料供進一步分析，但此兩館舍(D建築及F建築)應有需24小時開機的實驗相關設備。

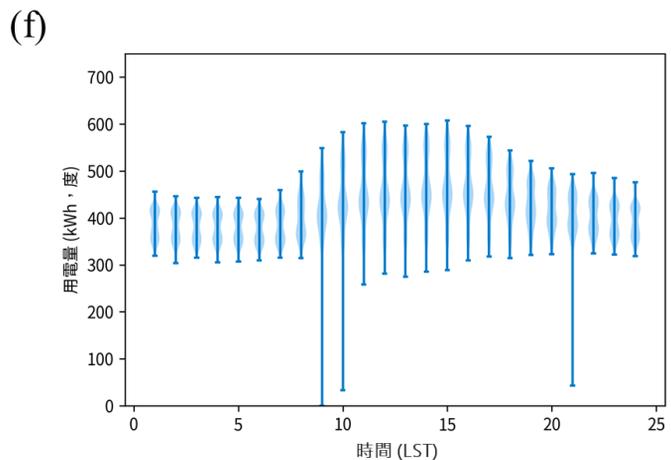
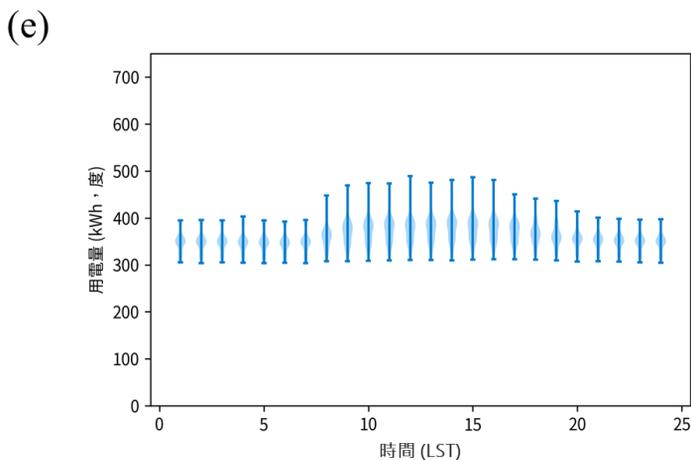
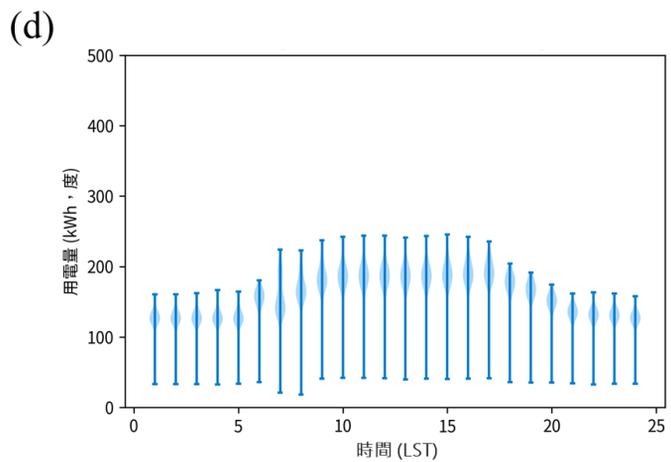
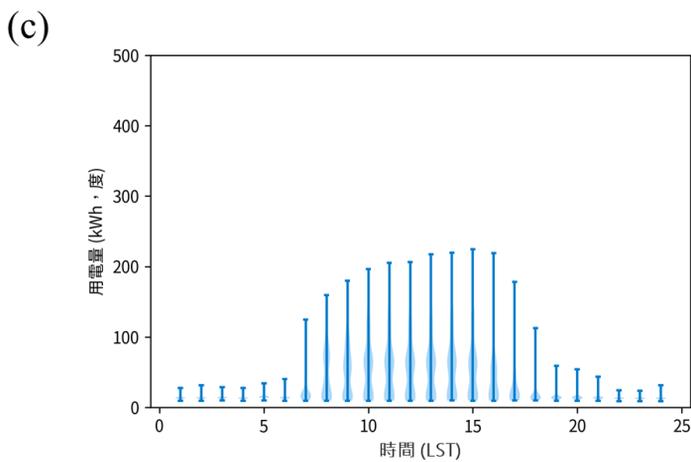


圖3 續，2021年 (c)C大樓(d)D大樓(e)E建築(f)F建築，其於不同當地時間 (Local sidereal time, LST)之小時用電量小提琴圖(Violin chart)。



簡而言之，根據各館舍一天週期內的用電變化分析結果顯示，本校部分館舍的用電特徵可依尖離峰用電差異的明顯程度來做區分，而尖峰時間大多為午後時段、離峰時間則為凌晨時段；為快速呈現全校145棟建物的尖離峰用電差異程度(大多為日夜差異)，本研究訂定日夜用電差異指標如下式：

### 日夜用電差異指標

$$= \log\left(\frac{\text{該館舍於午後 (12-18) 時段、小時用電量的90百分位數}}{\text{該館舍於凌晨 (00-06) 時段、小時用電量的90百分位數}}\right)$$

在計算日夜用電差異指標時，易受小時用電量之極端值影響，故在測試後取整年度、不同時段小時用電量之**90百分位數**作為計算；此外，因部分館舍之小時用電量之日夜差異可達10倍以上，故最後將日夜差異**取log**，以縮小指標之間的數量差異。

圖4為本校各館舍之日夜用電差異指標(x軸)、各館舍109年之EUI值(y軸)及館舍所屬管理分類(圖標，依使用單位來分類)之關係圖。

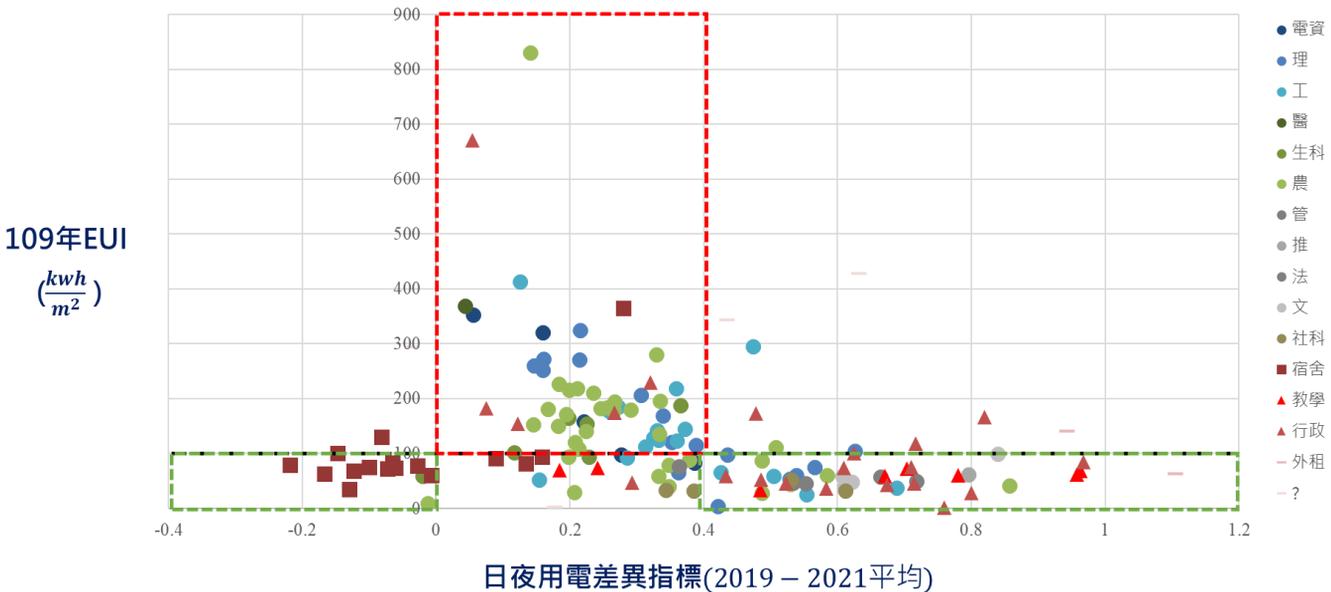


圖4，本校各館舍之日夜用電差異指標(x軸，107-110平均值)與該館舍109年EUI值(y軸，單位：kWh/m<sup>2</sup>)之散佈圖；圖中黑色虛線為EUI為100之等值線，；**紅色**虛線框內為第一類館舍、**綠色**虛線框內為第二類館舍



圖4中，館舍若越接近0值線，表示該館舍日夜用電差異不大，反之則表示日夜用電差異明顯；整體而言呈一“凸”字形散佈，越接近圖中央上方，表示該館舍日夜用電差異不大且EUI值高。若以館舍管理單位來看，全部教學館舍之EUI值皆在100以下，且大多日夜用電差異相當大(集中於圖中右下角)；若以宿舍來看，大部分EUI值為100以下，除餐廳外館舍主要尖峰用電為夜間至凌晨時段，故其日夜用電差異指標皆為負值，僅有少部分宿舍包含系館、餐廳等用電，故差異指標為正值。

整體而言，本校大多低EUI值(小於100)的館舍，其用電日夜差異相當明顯，此類館舍，主要是屬於教學、行政、宿舍、文、法，以及社會科學相關系所使用之館舍(圖3a, b, c)；而本校高EUI值的館舍，其日夜用電差異指標大多落在0.1至0.4之間，即日夜用電差異不明顯，此類館舍，大多是屬於理、工、農、生科、電資所使用之館舍(圖3d, f)；或是部分特殊全校性服務館舍，如E建築(圖3e)。

進一步依館舍EUI及日夜用電差異指標區分館舍用電特徵，本校館舍大致可分為三類：

1. 高EUI值(>100)且用電差異(0-0.4)不明顯的館舍(圖4 紅框)：約有**53棟**館舍，共約佔**68%**所有館舍年度(109年)用電。
2. 低EUI值(<100)且用電差異明顯(0-0.4之外)的館舍(圖4 綠框)：約有**57棟**館舍，共約佔**18%**所有館舍年度(109年)用電。
3. 其他(非前兩類)：約有**35棟**館舍，共約佔**14%**所有館舍年度(109年)用電。

# 第五章、 結論與未來工作

為了解臺大各館舍的用電特性，本報告介紹永續辦公室各館舍的小時用電資料蒐集及計算流程，並依據長時間的館舍小時用電資料，訂定日夜用電差異指標來分析各館舍的用電特徵，並依館舍EUI及日夜用電差異指標區分館舍用電特徵將全校館舍分為三類。

整合過去之電力健檢報告、111年節能工作坊及其他蒐集到之資料，永續辦公室建議未來需要針對**第一類館舍(53棟，以109年為例，佔68%總館舍用電)**進行更細部分分析及盤查，執行策略如下：

- **分析館舍不同用途用電比例：**  
因第一類的館舍都有需24小時開機的耗電/產熱設備，如同伺服器、高耗能儀器、低溫冰櫃、烘箱/培養箱...等，也因此同時需要搭配空調24小時運轉，造成全天高用電需求。這些用電需求無法用傳統的空調、照明、其他三類用電來區分，需重新估計館舍用電比例；辦公室將嘗試以教學、行政、研究三類用電來分析各館舍用電，方便未來估算館舍潛在節電量。
- **盤查部分館舍電力設備狀態：**  
建議這些館舍需先清查電力設備狀態(配電盤、電路狀態)，方便後續追查電力流向。
- **盤查館舍內部高耗能空間盤點及高耗電器材：**  
在節電工作坊進行中，各館舍管理人皆反應其實他們無法掌握各研究室內的設備/耗電情形，未來應可與總務處及環安衛中心合作，配合例行性業務共同盤點出各館舍潛在的耗電設備，以及在現行館舍平面圖上，找出高耗能的空間(如：伺服器機房)，除更新校方掌握的資訊外，也可更精確找出各館舍的老舊耗電設備。

# 致謝



本報告的在資料蒐集及分析上，特別感謝**臺大總務處**(尤其是營繕組)，提供過去的館舍電力健檢報告及經驗分享，並協助電力資料的蒐集及協助完成館舍電錶對照表；也特別感謝**臺大環境保護暨職業安全衛生中心**，提供自98年起之溫室盤查結果及盤查經驗，以及**應力所**提供詳細的節電經驗及成果報告。本報告也特別感謝**何威融先生**在校園節電議題上的經驗分享，以及土木系**謝尚賢老師**、**詹滢潔老師**等研究團隊一起討論館舍用電分析成果，辦公室才得以快速了解此議題的問題所在之處。

若需要相關分析的程式碼、分析圖集，也歡迎來信至臺大永續辦公室索取。

# 參考資料



## 相關網站

- 臺大環境保護暨職業安全衛生中心，  
<https://esh.ntu.edu.tw/epc/index.php?id=NTlw#a>
- 國立臺灣大學校園數位電錶監視系統，  
<https://epower.ga.ntu.edu.tw/>

## 參考文獻

- 內政部建築研究所 (2023)。淨零建築路徑規劃及推動策略。 *台灣經濟論衡*，21，1，21-30。  
<https://ws.ndc.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9hZG1pbmlzdHJhdG9yLzEwL3JlbGZpbGUvMC8xNTI0NC9jZjE4Yjg3Ny03YzMyLTRjMmltYTQxOC04Zjc5OTY4ZmViN2YucGRm&n=MjAyM%2be2k%2ba%2fn%2birluihoV%2fmmKXlraPomZ9fMy0yLuWwiOmhjOWgseWwjl%2f mt6jpm7blu7rnr4not6%2flvpHopop%2flioPlj4rmjqjli5XnrZbnlaUucGRm&icon=.pdf>。
- 何威融 (2020)。氣候變遷下校園節電推動困境之探討——以國立臺灣大學校總區為例。 *碩士論文*。國立臺灣大學。  
<https://hdl.handle.net/11296/y9ccj4>。
- 臺大總務處 (2021)。臺大總務處年報。  
[https://ga.ntu.edu.tw/main\\_ch/docDetail/2527/57/30610/2021](https://ga.ntu.edu.tw/main_ch/docDetail/2527/57/30610/2021)。

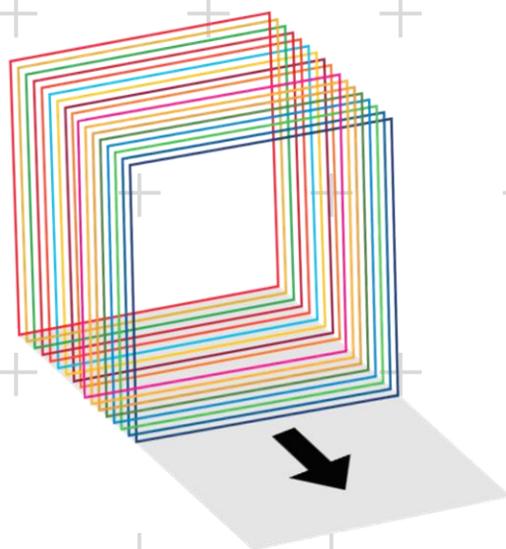
# 附錄

表A，應力所近年節電措施整理表。(資料來源：應力所)

年份	節電措施	目的
99	全面更換T5燈具	減少照明所需用電
	縮短中央空調開啟時間	依氣溫調整主機負載
101	依使用空間比例分攤電費	使用者付費
103	部分空間裝設分離式冷氣且裝設電表	減少使用中央空調及使用者付費
	長時間耗能設備裝設電表	使用者付費
	教室、討論室加裝風扇	減少空調使用
104	國際會議廳通風工程	減少秋冬啟用中央空調
	室內機改裝定時控制器(2小時自動關機)	降低因忘記關空調而造成的電力浪費
110	全棟更換LED燈具	減少照明所需用電
其他	定期保養空調系統	增加冷房效率
	走廊裝設自動點滅器、自動點燈並跳盞照明	避免長時間開啟全部燈具，並減少不需要之照明用電
	廁所裝設亮度及動作感應器	
	開關標示照明區域	
	改善變電站通風	減少產熱設備所需之空調用電
	整修紗窗	減少空調使用
	請廠商評估節能方案	了解現況及改進方向

應力所節電績效：

- 100年度，全校節約用電獎勵評比第3名。
- 101年度，全校節約用電獎勵評比第2名。
- 102-108年度，每年均獲節電超標獎勵。
- 111年度節電比率達48%(相較98年)；99-111年度，累積節電金額超過3千2百萬。



創造永續未來



國立臺灣大學

聯絡窗口：永續辦公室 Office of Sustainability

地址：10617 臺北市羅斯福路四段一號

電話：02-3366-2393

電子郵件：[ntusustain@ntu.edu.tw](mailto:ntusustain@ntu.edu.tw)

臺大官網：<https://www.ntu.edu.tw/>

臺大永續辦公室：<https://sustainable.ntu.edu.tw/>



永續臺大

SUSTAINABLE NTU