

既有辦公建築近零耗能的策略與技術

李浩銓^{1*} 江旭政² 蘇梓靖³

摘 要

全球氣候變遷，全球氣溫持續暖化，世界各國皆積極因應，以遏止溫室氣體排放，減緩暖化。本文的目的在探討既有建築近零耗能的技術與策略，並以國內一棟既有辦公類建築為案例，模擬分析國內既有建築的近零耗能改善的可行的技術方案。以「實施建築深度節能改善，再納入再生能源」作為既有建築趨近近零耗能建築的策略，其中建築深度節能改善採取全系統深度節能改善及應用新研發節能技術的策略。本文的研究方法採用國內商業建築節能改善之PDCA (Plan-Do-Check-Act, PDCA)程序，將國內一棟既有辦公建築做為示範案例，以模擬方式探討節能改善的新技術與ROI (Return of Investment, ROI)分析。結果顯示，建築物的耗能降低達到43%，8項節能改善項目綜合的回收年限為5年，建築物的耗能密度EUI (Energy Use Intensity, EUI)由127 kWh/m²·yr降低為72 kWh/m²·yr，有機會導入再生能源後成為近零耗能建築。

關鍵詞：既有辦公建築，近零耗能，建築節能

1. 前 言

全球氣候變遷，全球氣溫持續暖化，世界各國皆積極因應，以遏止溫室氣體排放，減緩暖化。根據國際能源署(International Energy Agency, IEA)統計，建築相關產業(包含建材生產、營建、住商部門日常使用)碳排放量約占全球總排放量的39% (International Energy Agency, 2019)。建築相關產業耗能占比高，碳排亦高，且生命週期長，動輒數十甚至百年，衍生出可觀的日常耗能，對環境衝擊甚鉅，因此建築節能減碳，減緩暖化，地球永續發展都是世界各國重視的議題。

在建築日常使用節能減碳上，各國在政策上頻繁更新建築節能法令，加強建築節能法規規範之外，亦帶動了新一波「零耗能建築」的熱潮。表1摘要積極推動國家如歐盟、美國(加州)、日本等的主要做法(Erhorn & Erhorn-Kluttig, 2015；Frontier Energy, Inc., 2019；New Buildings Institute, 2017；一般社團法人環境共創イニシアチブ，2020a；一般社團法人環境共創イニシアチブ，2020b)。日本有細膩的零耗能建築/住家分類，且在強制政策啟動前，先力推補助措施加速零耗能建築市場滲透；美國加州零淨耗能住家政策採用「時間應變評估(Time-Dependent Valuation, TDV)」計算住家用

¹工業技術研究院綠能與環境研究所 研究員

²工研院綠能所 組長

³工研院綠能所 資深工程師

*通訊作者，電話: 3-5915385, E-mail: haochuan_lee@itri.org.tw

收到日期: 2021年08月30日

修正日期: 2021年12月23日

接受日期: 2022年01月12日

表1 重要國家零耗能建築政策做法

重點國家零耗能建築政策摘要				
國家		歐盟各國	美國加州	日本
政策名稱		近零耗能建築 (Nearly Zero Energy Building, nZEB)	零淨耗能建築/住家 (Zero Net Energy, ZNE)	零耗能建築/住家(Zero Energy Building/Home, ZEB/ZEH)政策下，依建築節能比例與再生能源產能量而有細分定義。
政策目標		2019年新建公共建築2021年新建住宅	2020年新建住宅2030年所有新建建築	<ul style="list-style-type: none"> ● 2020年新建公有建築 ● 2030年新建私有建築
政策依循		歐盟EPBD (Energy Performance of Buildings Directive)	加州建築節能法令Title 24	建築省能法(建築物省エネ法)
要求內容	建築節能	新建築物最低能源效率指標 (住家熱水+冷暖房+通風+照明) $\leq 20\sim 200 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$ ，各會員國要求不一。	公訂節能計算指標EDR (Energy Design Rating)，採時間應變評估(Time-Dependent Valuation, TDV) 計算，需考量建築節能與再生能源，要求 $\text{EDR} \leq 0$ 表示零淨耗能；已強制要求新建低層住家設置太陽能光電系統。	<ul style="list-style-type: none"> ● ZEB：初級能源計算(熱水+冷暖房+通風+照明)優於法規標準30%以上。 ● ZEH：初級能源計算(熱水+冷暖房+通風+照明)優於法規標準20%以上。
	再生能源	需搭配再生能源發電，各會員國要求設置量不一；通常未設置再生能源之建築物無法通過最低能源效率指標要求。		可搭配再生能源發電。依建築節能比例與再生能源產能量，分訂為： <ul style="list-style-type: none"> ● 零耗能導向(ZEH/ZEB Oriented) ● 準零耗能(ZEH/ZEB Ready) ● 近零耗能(Nearly ZEH/ZEB) ● (淨)零耗能(ZEH/ZEB)
制度特色		基於EPBD逐年改版，逐步要求建立建築能源計算方法、建築能源證書制度、近零耗能建築制度。	納入時間應變評估(Time-Dependent Valuation, TDV)，給予不同時間用電或節能量不同權重。	詳盡定義出不同程度的零耗能建築/住家；近年來在尚未強制推動前，積極推出補助推廣措施。

資料來源：Erhorn & Erhorn-Kluttig, 2015；Frontier Energy, Inc., 2019；New Buildings Institute, 2017；一般社團法人環境共創イニシアチブ，2020a；一般社團法人環境共創イニシアチブ，2020b。

能，對於尖峰時間用電及節電評估權重較高，並要求設置現址(on-site)再生能源，亦配合全州去碳化(Decarbonization)策略及能源轉型，積極推動住家全電化。上述動態顯示，零耗能建築政策以建築深度節能為基本要求，再納入再生能源要求，甚至因應再生能源占比漸增，逐漸涉及電網衝擊評估。

值得注意的是，由政府主導的強制性零耗能建築政策多從新建築物開始推動，並且搭配建築能耗及再生能源系統產能計算模擬工具或方法。對我國而言，既有建築占97%以上，既有建築是否有可能達到「零耗能建築」或「近零耗能建築」？本文的目的在探討既有建築近零耗能的技術與策略，並以國內一棟既有辦公類建築為案例，說明國內既有辦公建築的近零耗能改造的可行的策略與技術。

2. 研究方法

本文採取「實施建築深度節能改善，再納入再生能源」作為既有建築趨近近零耗能建築的策略，其中建築深度節能改善採取「全系統節能改善」以及「導入新研發節能技術」的策略，目標是將既有建築的EUI (Energy Use Intensity, EUI)降低至50-70 kWh/m²•yr。再納入太陽能、風能等再生能源系統。

在研究方法上，將採用模擬方式進行涵蓋建築的各個系統的全系統節能方案評估。節能改善的步驟參考能源局計畫在105年建立之「國內商業建築節能改善之PDCA (Plan-Do-Check-Act, PDCA)程序」中的規劃階段(Plan)，如表2。PDCA作業流程包含：節能改善規劃(Plan)，進行節能改善(Do)、量測與分析(Check)、能源績效審查與推廣(Act) 4個階段與6個步驟。本研究只進行節能改善規劃(Plan)階段。

考慮本研究案例辦公建築的系統與設備的複雜性，並消除現勘結果因人而異的現象，本文現勘步驟執行方法參考ANSI/ASHRAE/ACCA Standard 211-2018 (ANSI/ASHRAE/ACCA Standard 211, 2018)標準(前身為美國ASHRAE能源審查程序(Procedures for Commercial Building Energy Audits, PCBEA)) (ASHRAE, 2011)，並考慮節能方案項目有交互影響現象，或與外氣狀況相關，因此導入模擬分析工具EnergyPlus來進行建築全系統的評估，先建立建築物能源模擬模型，再以能源模型進行節能方案的節能成效的效益評估與回收年限ROI (Return of Investment, ROI)評估。

本研究藉由一棟目前實際使用中的辦公建築做為示範案例，以深度節能改善作為近零耗能的初始目標，藉由模擬分析工具探討既有建築達成深度節能目標的策略應用與可行有效益的節能技術方案。

3. 示範案例

A案例為地上4層之鋼筋混凝土之私部門辦公類建築，總建築面積達3,495.30平方公尺，正面朝向東南方，2002年6月建築完工後開始營運，已使用19年。主要空間用途包含：辦公室、會議室、挑高接待大廳等。A案例外觀如圖1。

3.1 改善前EUI建築能源效率指標

A案例挑選的基線年的實際能源消耗為444,109 kWh/year，此為已經經過逐年節能改善後的現況，計算A案例的單位面積耗能密度EUI (Energy Use Intensity, EUI)在改善前為127.1 kWh/m²•yr。與「2020非生產性質行業能源查核年報」中辦公大樓類建築比較，A案例的EUI低於全國辦公大樓建築的平均單位面積耗能

表2 國內商業建築節能改善的作業程序

階段	步驟	內容
規劃(Plan)	一、現勘與診斷	<ol style="list-style-type: none"> 1. 取得建築物基本資料 2. 是否有監控系統與資料取得方式，以及與操作者/使用者訪談 3. 建立EUI指標，並與類似建築物進行比較 4. 產生建築各類能源的使用結構圖 5. 耗能設備盤查，並建立設備與使用操作上所有可能節能方案或建議 6. 確認進一步檢測系統項目與電表、Sensor裝置位置。
	二、節能方案預測評估	<ol style="list-style-type: none"> 1. 二次現勘，取得商業建築建模資料與進一步檢測 2. 建立能源模擬模型及校準 3. (詳細)耗能結構分析 4. EEMs (Energy Efficiency Measure)模擬與計算預測評估 5. 改善後建築物運轉策略與維護計畫評估
	三、建立能源基線	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建立長、短期節能績效驗證方法與改善前量測。 2. 與業主討論訂定節能目標、認可的節能績效驗證方式與財務計畫 3. 評估建立雲端能源監視系統
實施(Do)	四、進行節能改造	<ol style="list-style-type: none"> 1. 確認進行的節能方案與經費 2. 細部設計 3. 彙整廠商型錄與設計資料並建檔 4. 進行節能改造工程
成效驗證(Check)	五、量測與驗證	<ol style="list-style-type: none"> 1. 進行短期或長期測試 2. 量測改造前、後能源使用數據比較分析 3. 與設計資料模擬計算結果比對
行動(Act)	六、能源績效審查與推廣	<ol style="list-style-type: none"> 1. 節能KPI(Key Performance Indicators)效果驗證 2. ROI與財務計畫的驗證 3. 宣傳與推廣至其他分店



圖1 A案例外觀圖

密度EUI ($152.6 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$) (經濟部能源局，2020)，略高於前25%的 $125.3 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$ ，如表3。由表3的比較顯示A案例已是優於全國平均，接近前25%的節能辦公建築，在這基線上要更進一步地進行深度節能改善，擬定節能方案，是一件有難度的挑戰。

3.2 現勘

A案例依據美國能源審查程序PCBEA進行現勘，以確保節能診斷分析工作的完整性。現勘結果如下說明：

建築外殼

A案例外牆為RC結構，玻璃為單層與膠合強化玻璃；建築外殼，屋頂、牆壁、窗戶等相關設定參數包含熱傳係數、可見光反射率參

考內政部營建署「建築物節約能源設計技術規範」。A案例面朝東方，飽受夏日太陽直射困擾，屋頂及外牆高溫蓄熱，3F辦公室屋頂和4F會議室屋頂及外牆由於熱輻射效應，即使在使用空調的狀況之下，仍然有內部辦公員工未能滿意熱舒適度。也造成空調系統的負擔。

空調系統

A案例原配置1台120 RT (Refrigeration Ton) 水冷式直膨式冰水機供應夏季尖峰需求，及2台氣冷式冰水機(如圖2)，供應夜間及秋冬季需求，冰水主機已老舊(使用18年)，原冰水機銘牌效率COP (coefficient of performance) 4.5，又經過19年的運轉，效率不佳，已有汰換高效率新冰水機的效益出現。又夜間及氣冷式空調機效率COP 2.5，容量整併，是個可評估的技術。

表3 能源大用戶單位面積年耗電量(扣除停車場) (經濟部能源局，2020)

建築類型	平均值 單位面積年耗電量 ($\text{kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$)	Top5% ($\text{kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$)	Top25% ($\text{kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$)	Btn25% ($\text{kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$)
辦公大樓	152.6	96.1	125.3	173.9



圖2 A案例2台舊氣冷式冰水機

在冰水機出水溫度方面已進行提高冰水溫度的節能控管，但因定頻直膨式冰水機，卸載節能效益不彰。

空調系統水側與氣側

A案例空調系統之冰水泵、冷卻水泵為使用19年的泵浦，定頻運轉。氣側室內配置室內送風機，其連接之三通閥有些已損壞。

照明系統

A案例使用T5燈具，在興建時沒有照明耗能密度(Lighting Power Density, LPD)的要求，

有平均照度偏高的現象，4樓尤其嚴重，且照度分布不平均，視覺感受不佳，如表4。改善前平均照明耗能密度LPD 14.95 W/m²。

插座用電與雜項用電

辦公室的插座設備中，電腦用電占70%以上，電腦的休眠時間根據使用者習慣一般均設定為最短固定時間甚至沒有設定，造成休眠時間短而浪費電力。

會議室在使用後會記得關燈光，但常忘了關投影機、空調、通風等設備。

其他類例如飲水機，已有訂定時程啟/停，

表4 A案例照度調查表

A案例	1F	2F	3F	4F
平均照度(lx)	627	649	779	1597
LPD (W/m ²)	14.04	15.13	12.36	11.12

電梯設備已推動多走樓梯等管理節能措施，不包含在本文節能評估中。

3.3 建立EnergyPlus建築能源模擬分析工具

A案例導入EnergyPlus建築能源模擬工具進

行能源模擬，EnergyPlus為美國能源部開發之建築能源模擬軟體，為目前國際使用最廣泛的建築能源模擬軟體之一。由於本文重點在創新節能技術導入，因此省略建模的過程。A案例經簡化後3D建築能源模型如圖3所示。並以歷年電費進行模型校準，如表5，平均年用電量誤

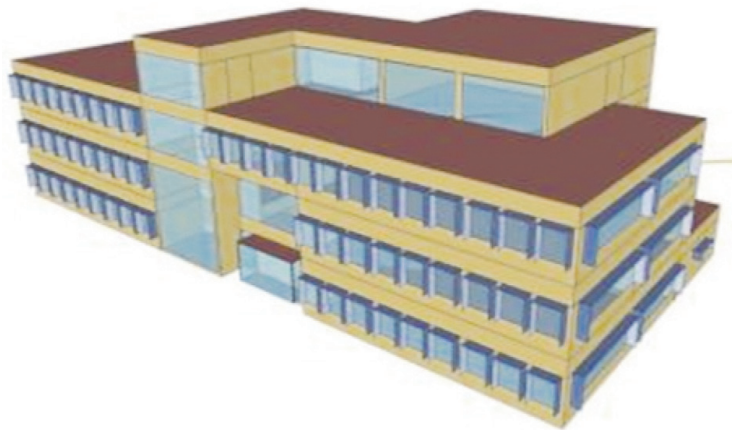


圖3 A案例3D能源模擬模型外觀圖

表5 A案例模擬用電與實際用電之逐月差異

月份	模擬用電(kWh)	實際用電(kWh)	差異(%)
1	33,746	33,507	0.71%
2	24,206	26,181	-7.54%
3	25,809	21,773	18.54%
4	33,747	34,006	-0.76%
5	35,222	32,830	7.29%
6	38,597	36,268	6.42%
7	42,959	42,378	1.37%
8	49,587	49,673	-0.17%
9	47,733	50,173	-4.86%
10	43,961	45,721	-3.85%
11	39,097	39,143	-0.12%
12	32,475	32,456	0.06%
TOTAL	447,139	444,109	0.68%

差為0.68%，在5%以內。校準後A案例建立之能源基線模擬如圖4所示，依模擬結果分析之耗能結構，如圖5所示，其中空調耗能占48%、照明耗能占32%、設備耗能占19%、其他占1%。

4. 節能方案效益模擬評估

4.1 節能方案效益評估

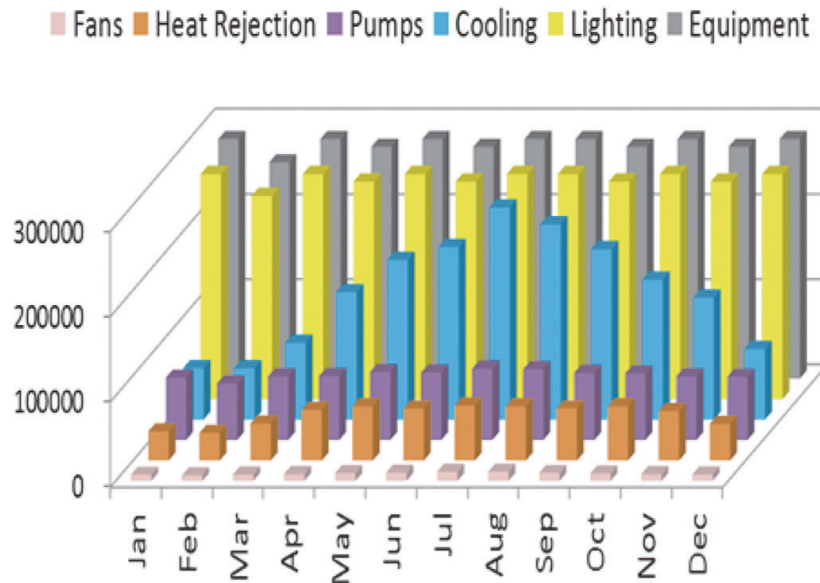


圖4 A案例EnergyPlus模擬結果

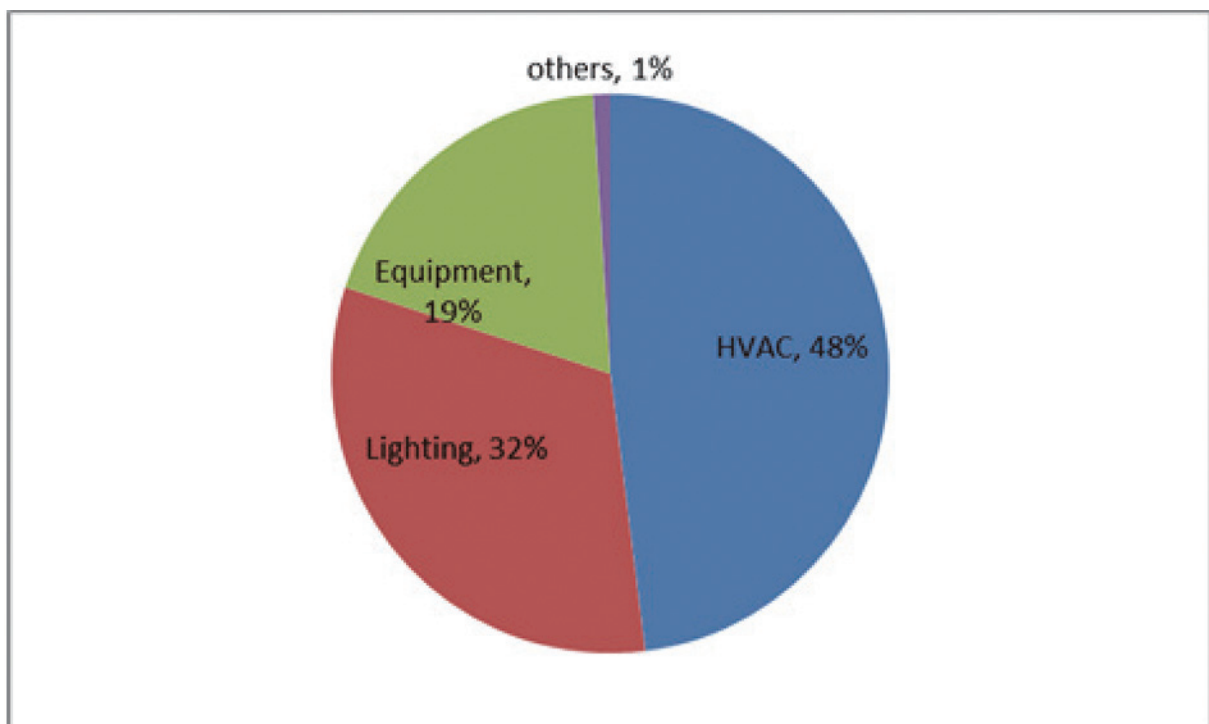


圖5 A案例耗能結構圖

參考A案例的耗能結構，空調及照明系統分別占48%、32%，節能方案的重點也放在空調、照明等系統。A案例深度節能的策略下，導入了相當多項的新技術，包含：屋頂外牆的高反射塗料、廣域高效率冰水機、水側智慧化變頻控制技術、照明LPD模擬技術、iBEMS (Intelligent Building Energy Management System, iBEMS)等，在降低插座設備電腦PC (Person Computer)的耗能，也導入新技術iSleep軟體，會議室也導入會議室智慧節能控制技術。

1. 建築外殼節能技術

為解決夏日太陽直射，屋頂及外牆高溫蓄熱，3F辦公室和4F會議室熱屋頂與熱外牆的熱輻射效應問題，採用屋頂塗布高反射NIR(Nano Infrared Blocking)隔熱塗料的新技術。NIR隔熱塗料為工研院材化所開發的新塗布材料，可將日光中高溫紅外線反射與並將降低熱傳導的塗料，將熱阻絕於室外，可提高員工的舒適度，並降低空調負載達到節電效果，塗料性質如表6所示。

表6 NIR隔熱塗料性質與施工塗層結構示意

樣品	水接觸角	Total Solar Reflectance	塗層施工塗層結構		塗層隔熱效果			
一般隔熱塗料	79°	78.08%	面漆			K值 (W/mK)	太陽光反射率	
國際品牌(日本)隔熱防污塗料	91.3°	66.62%	隔熱漆			未塗裝	1.4	< 40%
ITRI奈米防污隔熱塗料	116°	84.90%	底漆			塗裝	0.21	84.85%
			水泥(屋頂)					

表7 新/舊冰水主機全載與部分負載效率比較

螺旋式冰水機	型式	容量 tons	全載(目前) COP	部分負載 IPLV
原冰水機	定速	120	4.5(3.5)	6.5
新高效率冰水機	變頻	90	5.1	8.1

2. 空調主機汰換

空調系統的改善策略為“適時適量Match the need”，A案例原配置一台120 RT水冷式直膨式冰水機供應夏季尖峰需求，及二台氣冷式冰水機供應夜間及秋冬季需求。因採用建築外牆節能技術、照明節能改善及智慧控制等技術，可減少33%負載需求，整併後夏季4~9月白天空調噸數需求約為80 RT，冬季或夜間加班最低可降至20 RT之能力，以此需求容量，重新設計配置90 RT滿溢式螺旋變頻冰水主機，以單一主機滿足廣域、高效率操作的需求，滿載效率COP 5.1，部分負載效率IPLV (Integrated Part Load Value)達到8.1，其運轉綜合效率超過7.0，較目前使用屋頂氣冷冰水機COP 2.5提高240%以上。在部分負載運轉超過6個月時間，新冰水機的高部分負載率特性也具有高的價值，如表7所示。

3. 空調水側變頻優化控制技術

除了高效率冰水機的汰換提升冰水機效

率之外，在空調水側系統也進行高效率IE3 (International Energy 3)水泵汰換，以及智慧節能變頻控制的改善。冰水泵加入變頻控制，另導入智慧化控制演算法，以冰水流量、出回水溫差與主機效率為控制變數，視季節需要，變動冰水管末壓差，使得冰水流量控制在最小耗能操作點，以降低冰水泵的耗能。

4. 空調氣側FCU (Fan Coil Unit)智慧控制技術

氣側室內配置室內送風機，其連接之三通閥有些已損壞，更換損壞之三通閥，並配合能管系統iBEMS進行排程與溫度控制。

5. 照明系統

A案例在興建時沒有照明耗能密度(Lighting Power Density, LPD)的要求，有平均照度偏高的現象，4樓尤其嚴重，且照度分布不平均，視覺感受不佳。合考量照明燈具包含功率、總光通量、發光效率、色溫、演色性、光度分布、輝度均勻度等特性，參考美國ASHRAE/IES 90.1 2007照明耗能密度標準，如表8，制定A案例照明耗能密度LPD改善的目標，調降至 10.8 W/m^2 以下。並使用DIALux模擬軟體進行空間照度模擬，最後根據模擬分析結果調整燈具功率(減盞)、位置、方向之調整，達到空間照度舒適化與省能的照明，經過模擬後應降低照度，進行減燈管與燈具排列改善。改善後，工作面的平均照度 563 lx ，照明耗能密度LPD由 14.95 W/m^2 降為 9.03 W/m^2 。

6. 插座設備節能技術

辦公室的插座設備中，電腦用電占70%以上，電腦的休眠時間根據使用者習慣一般均設定為最短固定時間甚至沒有設定，造成休眠時間短而浪費電力，iSleep軟體是工研院開發的一個小程式，具備智慧調控功能，自動判斷使用者的差勤狀態和日常電腦使用習慣，動態調整主機與螢幕的休眠時間，讓使用者自然適應電腦休眠，在不干擾工作情形下，極大化電腦休眠節電的效果。正常使用環境下(不含假日以及夜間時段)主機每日平均節電約15%，螢幕每日平均節電約7.5% (實驗計算非模擬結果)，如圖6。

7. 會議室節能管理技術

會議室採用智慧節能控制技術，示意圖如圖7，搭配智慧的人員感測器，可以避免發出錯誤的控制訊號，卻可以於無人時關閉空調、通風及照明等設備來減少能源浪費。

8. 智慧能源管理系統(Intelligent Building Energy Management System, iBEMS)

iBEMS除了提供建築物節能相關的分析與控制功能，例如建立耗能基線(baseline)，具體評估各項改善的節能量，即時顯示，以提醒員工能源使用現況，以及距離目標值，實現人因節能管理。

另外上述的智慧節能控制也可藉由iBEMS

表8 美國ASHRAE/IES 90.1應用在整體建築之照明耗能密度標準

建築形式	可容許之最大照明功率密度 (W/m^2) 根據 ASHRAE/IES 90.1 Standard (1989-2010)		
	1989	1999/2001	2004/2007
辦公室	13.6	14.0	10.8

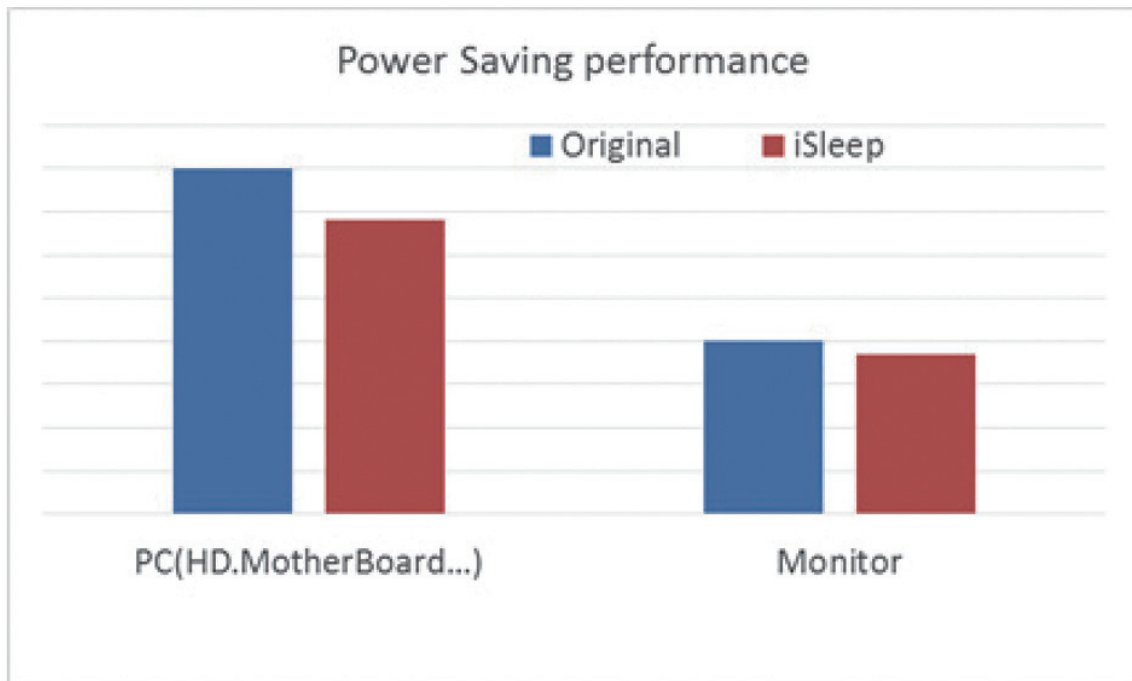


圖6 iSleep軟體對電腦主機與螢幕的省電效果比較

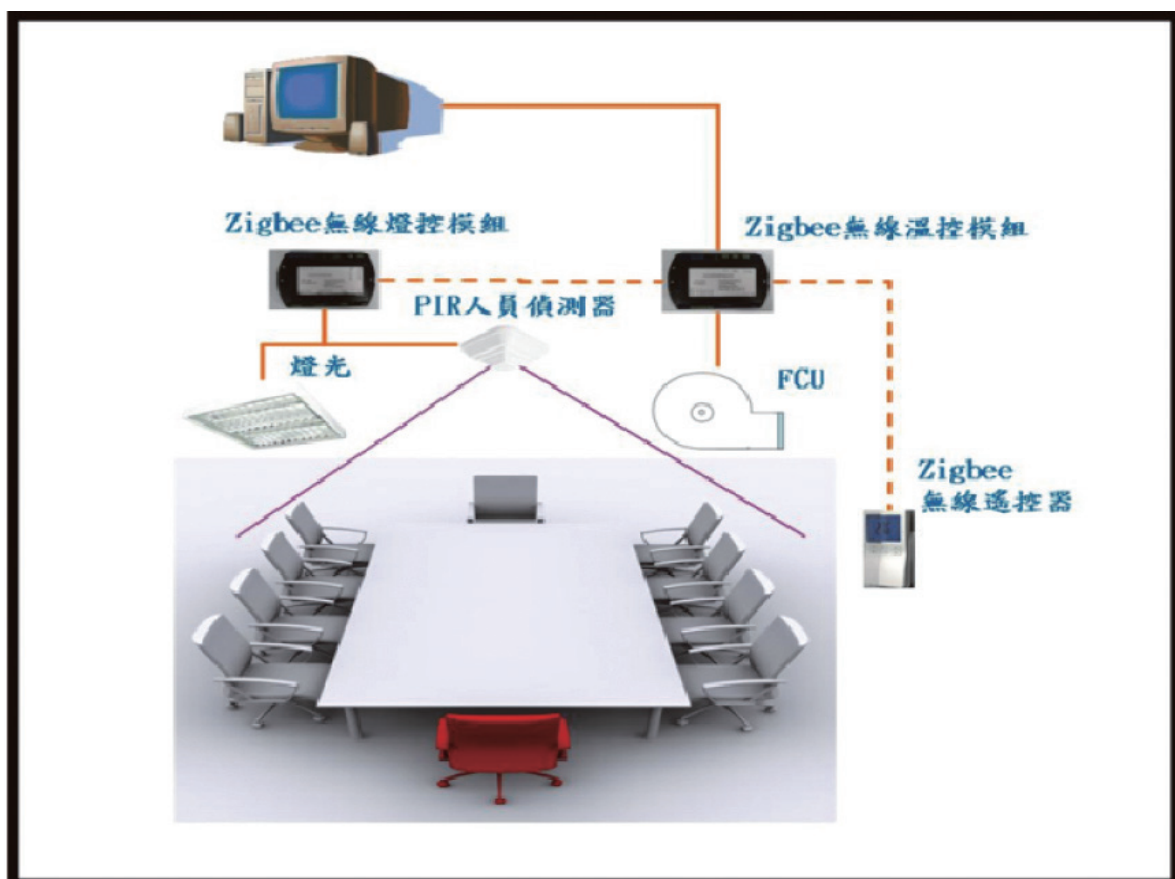


圖7 會議室智慧節能控制示意圖

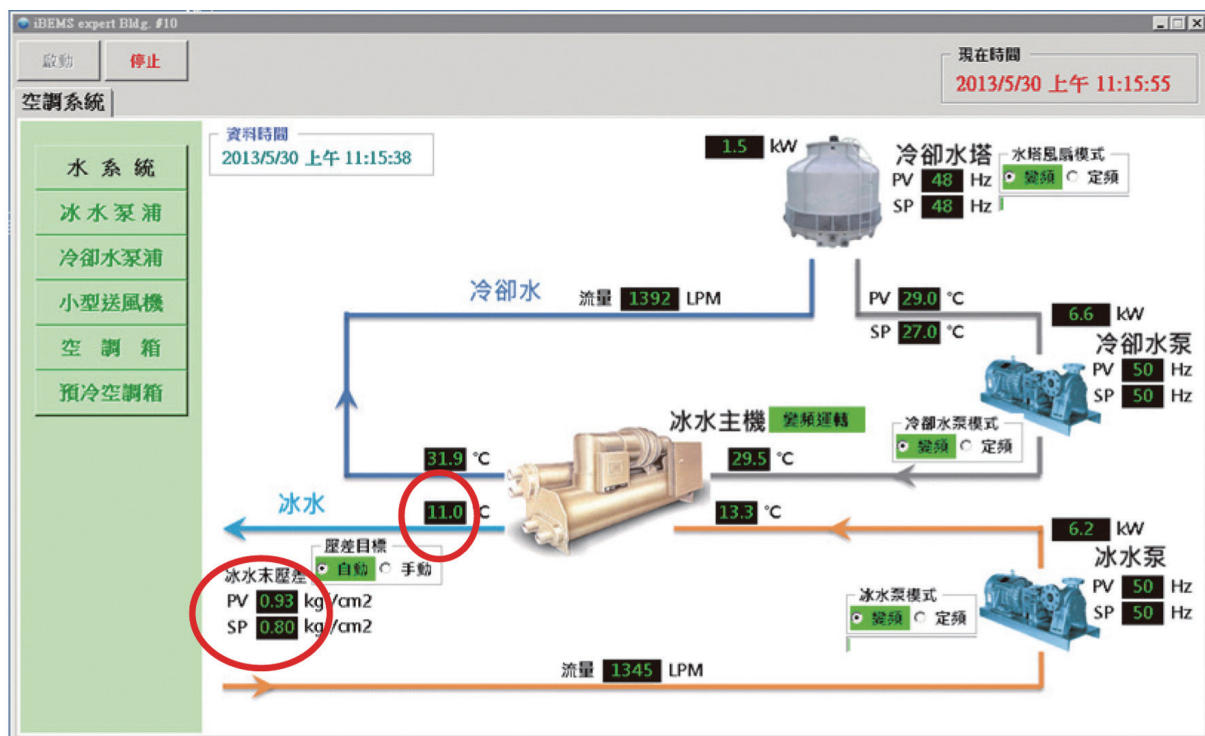


圖8 智慧能源管理系統-空調系統動態冰水出水溫度控制

系統實施，控制功能包含：一般設備時序控制（降低尖峰）、變頻設備頻率控制、會議室智慧節能控制、FCU節能控制、AHU (Air Handle Unit)節能控制、空調動態出水溫度控制(冰水出水溫度調控在11°C) 如圖8、空調水側系統節能控制、智慧化燈光控制以及iSleep電腦智慧休眠等功能。

智慧能源管理系統的節能率在扣除上述節能方案智慧控制後約為5.3%，此為實驗室估算，非模擬。節能項目包含：設備排程控管(例如午休時間照明關閉，飲水機定時開/關等等以及人因節能管理等。

A案例各系統的8項節能方案，在進行模擬評估(iBEMS、插座部分為計算概估)，改善前基線年年耗電為444,109 kWh/year，8項節能方案改善後年能耗減為251,509 kWh，每年可節電192,600 kWh，節電率43%，如表9。回收年限(Return of Investment, ROI)評估，8項節能改善項目綜合的回收年限為5年回收，如表9。

4.2 改善後EUI建築能源效率指標分析

A案例改善前基線的實際能源消耗為444,109 kWh/year，EUI值為127 kWh/m²·yr，在應用8項節能改善方案後模擬計算，年能耗為251,509 kWh/year，節電率可達到43%，經計算後EUI降低至72.0 kWh/m²·yr，低於國內辦公建築EUI的前25%之125.3 kWh/m²·yr，如圖9所示，進入Top5% 96.1 kWh/m²·yr範圍，已非常接近深度節能的目標50-70 kWh/m²·yr。

5. 結 論

本研究藉由一棟目前實際使用中的辦公建築做為示範案例，以深度節能改善作為趨近近零耗能建築的初始目標，以模擬分析工具探討既有建築達成深度節能目標的策略應用與可行有效益的節能技術方案。A案例為使用近19年

表9 節能改善項目之節電量與回收年限彙整表

節能改善項目	節電 (萬度/年)	減碳 (噸/年)* ¹	節電率 (%)	預估經費 (仟元)	回收年限 (年)* ²
1. 高日光反射隔熱塗料技術	0.80	4	1.8	311	14.6
2. 更換高效率冰水機，容量重新配置	8.81	47	19.8	1,575	6.7
3. 空調水側變頻優化控制	2.19	12	4.9	60	1.0
4. 空調氣側FCU智慧控制	0.06	0	0.1	30	18.7
5. 照明用電密度(LPD)最佳化調整	2.67	14	6	280	3.9
6. 插座設備節能(電腦，isleep)	1.93	10	4.3	5	0.1
7. 會議室節能管理控制	0.44	2	1	20	1.7
8. 智慧能源管理系統	2.36	13	5.3	300	4.8
小計	19.26	103.42	43.20	2,581	5.0

註：1 減碳量依據節電量計算，二氧化碳排放係數為0.53公斤CO₂e/度

2 回收年限計算，每度電以2.67元估算

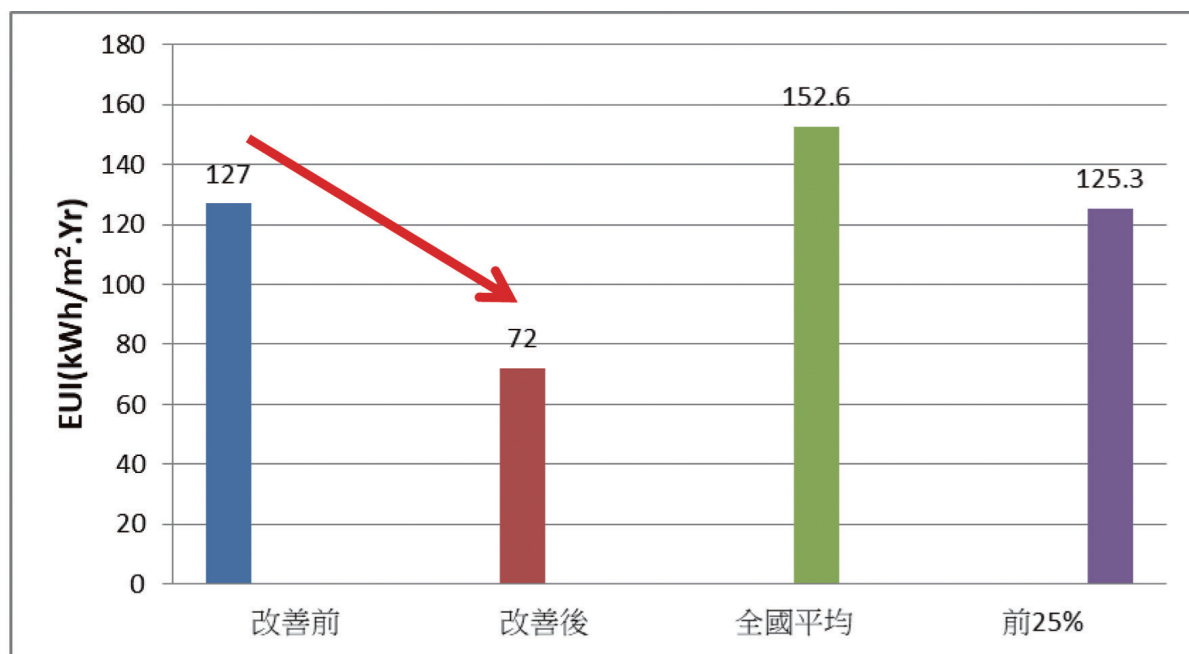


圖9 A案例節能改善EUI改善前、改善後EUI變化

的既有辦公建築，在本研究之前已進行許多節能改善，造成本案例的基線為EUI 127 kWh/m²•yr，約落在全國辦公建築前25%附近，在已是節能建築的示範案例，本研究藉由「全系統改造」及「導入創新研發節能技術」等深度節

能策略的細膩運用，仍在本研究中獲得43%的節能效果，EUI也由127 kWh/m²•yr降低至72.0 kWh/m²•yr。導入的創新節能技術包含：屋頂外牆的高反射塗料、廣域高效率冰水機、水側智慧化變頻控制技術、照明LPD模擬技術、

iBEMS、電腦PC的節能新技術iSleep軟體、會議室智慧節能控制技術等，皆為有效的節能方案，可供其他既有辦公建築進行深度節能改善之參考。A案例未來仍有持續節能的方向包含：導入磁浮冰水機、照明燈具汰換為LED (Light-Emitting Diode)、電梯再生回收系統等，將有機會達成深度節能的目標，EUI降低至50-70 kWh/m²•yr。配合在屋頂及週邊停車場導入潔淨再生能源，例如PV (Photovoltaic)系統、風力發電系統，有機會實現既有辦公建築近零耗能的最終目標。

致 謝

本文感謝經濟部能源局，經費的支援，以及多年來提供研發經費，研發許多建築節能改善的新技術，提升國內建築節能的技術與產品設備，也要感謝工研院Green Campus技術團隊提供院區建築節能減碳實際改善與驗證，完成此案例。

參考文獻

- 一般社団法人環境共創イニシアチブ，2020。
ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス支援事業調査発表會 2020。Online available at: https://sii.or.jp/meti_zeh02/uploads/ZEH_conference_2020.pdf。
- 一般社団法人環境共創イニシアチブ，2020。
ネット・ゼロ・エネルギー・ビル実証

- 事業調査発表會 2020。Online available at: https://sii.or.jp/zeb02/uploads/ZEB_conference_2020_03.pdf。
- 經濟部能源局，2020。“2020年非生產性質行業能源查核年報”，p28。
- ANSI/ASHRAE/ACCA Standard 211, 2018. Standard for Commercial Building Energy Audits.
- ASHRAE, 2011. “Procedures for Commercial Building Energy Audits”, second edition.
- Erhorn, Hans and Heike Erhorn-Kluttig, 2015. Overview of national applications of the Nearly Zero-Energy Building (NZEB) definition, online available at: http://www.epbd-ca.eu/wp-content/uploads/2016/01/Overview_of_NZEB_definitions.pdf.
- Frontier Energy, Inc., 2019. Cost-effectiveness Study: Low-Rise Residential New Construction. Online available at: https://drive.google.com/file/d/1FzSH6-tB6QBW_CIF80sqVKpWgxPFGGN_/view.
- International Energy Agency, 2019. IEA 2019 Global Status Report for Buildings and Construction.
- New Buildings Institute, 2017. The Vocabulary of ZNE: A Guide to Zero Net Energy Terminology. Online available at: https://gettingtozeroforum.org/wp-content/uploads/sites/2/2017/08/ZNE_NBI_CommsToolkit_Terminology_.pdf.

Strategies and Technologies for Near-Zero Energy Consumption in Existing Office Buildings

Hao-Chuan Lee^{1*} Hsu-Cheng Chiang² Tzu-Ching Su³

ABSTRACT

Global climate changed, global temperature continues to warm, countries all over the world are actively responding to curb greenhouse gas emissions and slow down warming. The purpose of this article is to discuss the technology and strategy of near-zero energy consumption in existing buildings, and take an existing office building as a case to simulate and analyze feasible technical solutions for improving near-zero energy consumption in existing buildings. “Implementing deep energy-saving improvements in buildings and incorporating renewable energy” as the strategy for existing buildings to approach zero energy-consuming buildings, in which deep energy-saving improvements in buildings adopt the strategy of deep energy-saving improvements throughout the system and the application of newly developed energy-saving technologies. The research method of this article adopts the PDCA (Plan-Do-Check-Act) procedure for energy-saving improvement of domestic commercial buildings, taking an existing office building in China as a demonstration case, and discussing new technologies and ROI analysis of energy-saving improvement in a simulation method. The results show that the energy consumption of the building has been reduced by 43%, and the energy density EUI of the building has been reduced from 127 kWh/m²•yr to 72 kWh/m²•yr. There is a chance that it will become a near-zero energy-consuming building after the introduction of renewable energy.

Keywords: Existing Office Buildings, Near-Zero Energy Consumption, Building Energy Efficiency

¹ Researcher, Green Energy and Environment Research Laboratories, Industrial Technology Research Institute.

² Division Director, GEL, ITRI.

³ Senior Engineer, GEL, ITRI.

* Corresponding Author, Phone: +886-3-5915385, E-mail: haochuan_lee@itri.org.tw

Received Date: August 30, 2021

Revised Date: December 23, 2021

Accepted Date: January 12, 2022