

新建集合住宅導入近零能源建築技術之推動策略研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 110 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

PR11006-0059

新建集合住宅導入近零能源建築技術之推動策略研究

研 究 人 員：陳 麒 任

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 110 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

Research on the Promoting Strategy of
applying Near-Zero Energy Building
Technology in Newly-built Residential
Building

BY

CHEN CHI REN

December, 2021

目次

表次.....	III
圖次.....	V
摘要.....	IX
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與目的	1
第二節 研究方法與流程	3
第三節 文獻收集項目	5
第四節 預期成果	5
第二章 相關文獻回顧與探討	7
第一節 近零能源建築之相關文獻分析.....	7
第二節 我國推動建築節能及再生能源概況	16
第三章 國際淨零排放趨勢下近零能源住宅技術之探討	27
第一節 全球 2050 年淨零排放路徑之探討分析	27
第二節 國際間推動近零能源住宅之概況	31
第四章 新建集合住宅導入近零能源建築技術之推動策略 ..	49
第一節 我國新建集合住宅之類型及能源使用情況	49

第二節 新建集合住宅導入近零能源建築技術之核心	52
第三節 新建集合住宅之外殼節能設計探討	54
第四節 新建集合住宅之耗能設備系統選用探討	64
第五節 新建集合住宅之再生能源系統選用探討	72
第六節 新建集合住宅達成近零能源建築之推動策略 探討	73
第五章 結論與建議	81
第一節 結論	81
第二節 建議	83
參考書目	85

表次

表 2-1 零能源建築 ZEB 的判斷基準（定量定義）	12
表 2-2 零能源住宅 ZEH 的判斷基準（定量定義）	13
表 2-3 屋頂透光天窗日射透過率 HWs 之基準值	16
表 2-4 外牆及立面開窗部位（含玻璃與窗框）之節能 基準值	17
表 2-5 空調型、住宿類、學校類及大空間類等建築之 節能基準值	18
表 2-6 建築物樓地板之最低活載重規定	19
表 2-7 屋頂隔熱及綠化改善工法之設置環境及法規限制	20
表 2-8 外遮陽及戶外遮棚之法規分析	21
表 3-1 DOE 對 ZERH 住宅的規範要求	38
表 3-2 日本平成 24 年(2012)～平成 26 年(2014)ZEH 補助事業概要	47
表 4-1 集合住宅之公共設施耗電組成	52
表 4-2 臺灣地區各方位及水平面之日射量比例	59
表 4-3 集合住宅大樓公共設備類別項目	69
表 4-4 集合住宅公共空間主要耗能設備之節能標章或 能效標示情形	71

表 4-5 新建集合住宅達成近零能源(近零碳)建築之 TOWS 策略矩陣.....	75
--	----

表 5-1 新建集合住宅達成近零能源建築之推動策略	83
---------------------------------	----

圖次

圖 1-1 研究流程圖	4
圖 2-1 推動近零能源建築之進程目標建議	15
圖 2-2 合法建築物屋頂如有違章時設置太陽光電發電設備類型	23
圖 2-3 我國再生能源發展策略目標	25
圖 3-1 2050 年各部門減排路徑及各階段里程碑	28
圖 3-2 IEA 2050 年淨零排放路徑之關鍵策略選項減排貢獻	29
圖 3-3 設計階段之候選證書(左)及完工階段之標示(右)...	34
圖 3-4 Home Energy Rating System 示意圖	35
圖 3-5 ZERH 標示示意圖	36
圖 3-6 DOE ZERH 對應 HERS 指標分數	37
圖 3-7 ZERH 住宅規範項目示意圖	39
圖 3-8 美國氣候分區圖	39
圖 3-9 Energy Star 新建住宅與 HERS 標示	40
圖 3-10 ZEH Builder 和 ZEH Planner 標章	42
圖 3-11 ZEH 設計概念圖	43

圖 3-12 ZEH 定義	43
圖 3-13 ZEH 與低碳住宅、智慧健康宅、LCCM 住宅等 制度比較圖	46
圖 4-1 我國各類住宅類型所佔比例	50
圖 4-2 我國住宅類建築耗電情況	51
圖 4-3 NZEB 核心元素之概念	53
圖 4-4 建築平面圖上開口大小對於風流動之影響	55
圖 4-5 立面圖上開口位置影響風的流動變化	56
圖 4-6 外遮陽種類與其適用窗戶朝向示意圖	57
圖 4-7 水平遮陽案例及示意圖	57
圖 4-8 垂直遮陽案例及示意圖	58
圖 4-9 框架(水平+垂直)遮陽案例及示意圖	58
圖 4-10 導光與遮陽並用案例及示意圖	59
圖 4-11 薄層式屋頂綠化案例及示意圖	61
圖 4-12 盆鉢式屋頂綠化案例及示意圖	61
圖 4-13 庭園式屋頂綠化案例及示意圖	62
圖 4-14 屋頂鋪設隔熱材料案例及示意圖	63
圖 4-15 屋頂鋪設冷屋頂材料案例	64

圖 4-16 我國建築物於使用階段之耗能來源組成	65
圖 4-17 我國節能標章標誌圖案	66
圖 4-18 我國能源效率分級標示圖例	67
圖 4-19 家庭能源管理系統(HEMS)架構組成示意圖	68

摘 要

關鍵詞：綠建築、集合住宅、近零能源、能效標示

一、研究緣起與目的

為因應全球氣候變遷及地球環境永續發展，國際間已有 130 個國家宣示淨零排放目標，而歐盟、美國及日本等相繼提出於 2050 年達成碳中和或淨零排放之倡議，並針對所屬之交通運輸、工業、能源、農業、環境及建築等部門，規劃不同程度之政策措施及策略，其中於建築部門方面，主要係導入建築節能技術並結合再生能源，提出有效降低建築總體耗能之解決方案。

我國行政院於 109 年 12 月正式啟動跨部會淨零排放路徑評估工作，並針對長期能源政策、運具電動化發展、淨零建築、低碳科技研發、濕地固碳等面向進行部會分工，其中內政部(以下簡稱本部)負責推動淨零建築路徑評估，亟需建立建築能效評估及標示之方法，因此，本部建築研究所(以下簡稱本所)規劃於現行綠建築標章制度，整合建築能效評估及標示系統，並定義近零碳建築及淨零建築，將可作為未來推動淨零建築之重要基礎。

此外本部近年來大力推動興建社會住宅，為重要施政亮點之一，未來若能於社會築宅示範導入近零碳建築技術，將有助於引導民間之新建集合住宅跟進響應。惟考量新建集合住宅之私有住宅單元規範不易，而公共空間單元設置之相關耗能設備為住戶共用共享，若能符合近零碳建築將具有環境教育及示範帶動意義。故本研究將針對新建集合住宅之住宅單元及公共空間單元，進行研擬導入近零碳建築技術之相關技術清單及推動策略，以供未來政府施政之參考。

二、研究方法及過程

依據上述研究目的，本研究的研究方法及過程概述如下：

(一)、文獻回顧法：

收集國際間有關住宅類淨(近)零能源建築之推動措施，及整理主要之技術手法及標示制度等文獻資料。另探討我國綠建築標章之建築能效評估及標示系統，針對住宅類建築達成近零碳建築等級之評估重點與條件，並整理分析我國溫室氣體階段管制目標及再生能源發展規劃。

(二)、專家諮詢法：

本研究將與國內專家學者諮詢請益，有關新建集合住宅符合近零碳建築等級可採用之技術與策略建議，並配合調整修正研究成果。

(三)、比較分析法：

藉由美國、日本等國推動住宅類近零能源建築之經驗，比較分析我國推動住宅類近零能源建築可導入之技術，研擬適合我國推動之方式。

(四)、總結法：

綜合上述相關資料進行通盤檢討後，就執行面研擬我國新建集合住宅導入近零能源建築之推動策略。

三、重要發現

本研究依據原規劃時程，已完成蒐集國內外推動近零能源住宅之相關文獻資料，及整理國內有關建築節能及再生能源相關法規及現況，並參考國際作法，融合臺灣本土之綠建築技術及條件，研擬我國新建集合住宅導入近零能源建築之規劃重點及技術清單，就我國當前國情環境研擬其推動策略及進程，以供政府未來推動之參考。主要之研究結論如下：

(一)我國新建集合住宅導入近零能源建築之技術清單：

新建集合住宅達成近零能源建築（近零碳建築），主要規劃重點包括建築物本體設計、耗能設備系統技術及再生能源系統等三個面向：

1、 新建集合住宅之外殼節能設計

建議於進行新建集合住宅建築物規劃設計時，應依台灣高溫高

濕之氣候特性及建築物型式，納入考慮建築本體之自然通風、遮陽及外殼(包括外牆及屋頂)隔熱等節能設計手法，以盡可能降低對空調之需求，達到降低建築能耗之目的。

2、 新建集合住宅之耗能設備系統選用

於選用耗能設備系統時，應避免超量設計，並優先採用取得經濟部能源局認證之節能標章或能源效率分級標示一級之家電設備產品，以提升能源使用效率。採外可導入家庭能源管理系統(HEMS)，藉由能源消耗情形之可視化，可有效引導住戶使用行為自主落實節能。

3、 新建集合住宅之再生能源系統選用

在再生能源運用方面，可結合再生能源技術例如太陽能光電板、太陽能熱水系統、風力發電等來節省能源。惟考量各種再生能源之特性，就風力發電而言，風場較佳之分佈多位於離岸或空曠之處，且風力機組運作時將產生大量噪音，故風力發電設備較不適合設置於都會地區建築物上。故建議集合住宅建築物設置之再生能源裝置，以太陽光電較為適合。

(二)我國新建集合住宅達成近零能源建築之推動策略：

集合住宅可區分為住宅單元及公共空間單元兩部分，其中住宅單元建議應優先針對空調、照明、熱水、爐台等四項固定耗能設備，採用具節能標章或能效標示一級之家電產品；至公共空間單元耗能占比，則建議應優先針對照明、電梯、揚水泵、抽排風機等大耗電項目(合計占比約 90%)，採用取得節能標章或能效標示一級之產品，或採用節能變頻之機種。如能落實上述原則，將較易達成近零能源(近零碳)建築水準。

近年來本部大力推動社會住宅，為重要施政亮點，若能於社會住宅導入近零能源(近零碳)建築，將亟具示範指標意義，考量住宅單元牽涉住戶隱私空間，故建議可針對社會住宅之公共空間單元作為示範展示之場域，本研究已針對建築物本體設計、耗能設備系統技術及再生能源系

統，盤點近零能源(近零碳)建築技術清單，可供社會住宅設計時參採，並建議結合能源可視化設備，如建築能源管理系統，連結相關固定耗能及再生能源設備，即時展示能源使用情形，及進行全年總用電統計分析，將可供民眾親身體驗如何達成近零能源(近零碳)建築，以帶動民間響應跟進。

至推動策略部分，本研究以 SWOT 分析相關文獻，包括前面章節介紹之國內新建集合住宅之類型及能源使用情況，及導入近零能源建築之核心系統技術，以 TOWS 策略矩陣進行交叉分析，研擬新建集合住宅達成近零能源建築之推動策略，如下表所示。

新建集合住宅達成近零能源建築之推動策略

SO 策略（進攻策略） 發揮優勢，掌握機會	WO 策略（轉進策略） 克服弱勢，爭取機會
SO1：擴大推動建築導入近零能源建築技術之相關方案。 SO2：結合綠建築標章制度，由公有建築優先推動近零能源(近零碳)建築，以帶動民間跟進。 SO3：積極輔導建築節能產業進行整合升級，研發精進建築節能技術，提升產業附加價值。 SO4：鼓勵集合住宅建置再生能源系統，以利達成近零能源建築。	WO1：針對耗能量大之建築物優先推動建築能效標示，逐步擴展至其他建築物。 WO2：提升跨部會協調平台為政院層級，發揮實質協調運作效益。 WO3：整合產官學資源，加強推廣及培育近零能源建築技術之專業人才。 WO4：跨部會協力推動導入近零能源建築技術，並統合政策方向。
ST 策略（迴避策略） 利用優勢，克服威脅	WT 策略（避險策略） 降低弱勢，避免威脅
ST1：強化我國建築節能產業轉型升級之誘因，扶助建築節能產業發展及推廣，以利推動近零能源建築。 ST2：運用大眾傳播媒體，推廣宣導近零能源建築技術。	WT1：強化時間電價制度，改變固定電價觀念。 WT2：辦理示範應用，以帶動產業發展。

資料來源：本研究整理

四、建議事項

本研究已提出我國 新建集合住宅導入近零能源(近零碳)建築，提出具體之技術清單及推動策略。茲就建議部分說明如下：

建議一

辦理近零碳建築評估及技術之培訓講習：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：財團法人台灣建築中心

為利推動新建集合住宅導入近零能源(近零碳)建築技術，未來建議針對建築師、空調技師及綠建築相關從業人員，辦理近零碳建築評估及技術之培訓講習，以利申請綠建築評估手冊之住宿類辦理建築能效評估及標示。

建議二

針對公有新建社會住宅辦理近零能源(近零碳)建築示範案例：立即可行建議

主辦機關：國家住宅及都市更新中心

協辦機關：營建署、財團法人台灣建築中心

為利帶動民間新建集合住宅於規劃設計時符合近零能源(近零碳)建築水準，建議可由公辦之社會住宅作為優先示範之場域，帶頭推動近零碳社會住宅示範案例，導入近零能源建築技術，藉由政府帶頭示範，以引導民間自主性參與跟進，擴大建築節能減碳成效，俾達示範推廣之綜效。

ABSTRACT

Keywords: Green building, collective housing, near zero energy, energy efficiency label

In response to global climate change and the sustainable development of the earth's environment, 130 countries in the world have declared net zero emissions targets, and the European Union, the United States, and Japan have successively proposed initiatives to achieve carbon neutrality or net zero emissions by 2050, and target their respective In the transportation, industry, energy, agriculture, environment and construction sectors, planning policies and strategies of varying degrees. Among them, the construction sector mainly introduces building energy-saving technologies and combines renewable energy to propose effective ways to reduce the overall energy consumption of buildings. solution.

The Executive Yuan of my country formally launched the evaluation of the net zero emission path of the inter-ministerial meeting in December 2020, and carried out the ministerial meeting on the long-term energy policy, the development of the electrification of vehicles, the net-zero construction, the research and development of low-carbon technology, and the carbon sequestration of wetlands. The Ministry of the Interior(MOI) is responsible for promoting the assessment of net-zero building paths. It is urgent to establish a method for building energy efficiency evaluation and marking. Therefore, Architecture and Building Research Institute of MOI(ABRI) is planning to integrate the current green building label and building energy-efficiency rating system, and defining near-zero carbon buildings and net-zero buildings, will serve as an important foundation for promoting net-zero buildings in the future.

In addition, the MOI has vigorously promoted the construction of

social housing in recent years, which is one of the important policy highlights. If in the future, the introduction of near-zero-carbon building technology in the construction of social housing will help guide the follow-up response of new collective housing from the private sector. However, it is not easy to consider the specifications of private housing units in newly built collective housing, and the related energy-consuming equipment installed in public space units is shared by residents. If it can meet the near-zero carbon building, it will have environmental education and demonstration driving significance. Therefore, this research will focus on the residential units and public space units of the newly built collective housing units to develop a list of relevant technologies and promotion strategies for the introduction of near-zero carbon building technologies for future government policies.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與目的

一、研究緣起

隨著世界各國持續國土開發及增加能源使用，全球氣候變遷及地球暖化情形日益加劇，為維護地球環境永續發展，國際間已有 130 個國家宣示淨零排放目標，其中有 6 個國家已將淨零目標入法，另有 6 個國家刻正推動入法中，而歐盟、美國及日本等相繼提出於 2050 年達成碳中和或淨零排放之倡議，並針對所屬之交通運輸、工業、能源、農業、環境及建築等部門，規劃不同程度之政策措施及策略，其中於建築部門方面，主要係導入建築節能技術並結合再生能源，提出有效降低建築總體耗能之解決方案。

反觀國內，近年來立法院、審計部及公民團體等，逐漸關注我國淨零排放議題，蔡總統亦公開呼應即將於 2021 年召開之第 26 屆聯合國氣候變化大會(COP26)¹，要求政府應積極與各界展開對話，找出最符合臺灣未來永續發展的氣候治理路徑，為臺灣的永續發展找出新方向。

為推動我國淨零排放政策，行政院於 109 年 12 月 2 日召開「我國淨零排放目標期程及因應作為研商會議」，正式啟動跨部會淨零排放路徑評估工作，並針對長期能源政策、運具電動化發展、淨零碳建築、低碳科技研發、濕地固碳等面向進行部會分工，最後由行政院環境保護署彙整我國淨零排放目標期程及因應作為，並持續徵詢各方意見，凝聚社會積極減碳的共識以利推動。

依上述部會分工，內政部(以下簡稱本部)負責推動淨零建築工

¹ 第 26 屆聯合國氣候變化大會將於 2021 年 11 月 1 日至 11 月 12 日在蘇格蘭格拉斯哥舉行，由英國與義大利合作舉辦。本次會議共合併三個國際公約締約國會議，包括：《聯合國氣候變化框架公約》第 26 次締約國會議、《京都議定書》第 16 次締約國會議以及《巴黎協定》第 3 次締約國會議。

作，惟推動前亟需先建立建築能效評估及標示之方法，因此，本部建築研究所(以下簡稱本所)規劃於現行綠建築標章制度，整合建築能效評估及標示系統，並定義近零能建築及零能建築，將可作為未來推動淨零建築之重要基礎。

二、研究目的

為利我國未來於 2050 年達成淨零建築之長期目標，基於本部為住宅部門主管機關，針對住宅部門研擬導入近零能源建築技術之推動策略，以提升住宅建築之能源使用效率，為本部必須及早因應之重要課題。

此外本部近年來大力推動興建社會住宅，為重要施政亮點之一，未來若能於社會築宅示範導入近零能源建築技術，將有助於引導民間之新建集合住宅跟進響應。惟考量新建集合住宅之私有單元不易規範，而公共空間設置之相關耗能設備為住戶共用共享，若能符合近零能源建築將具有環境教育及示範帶動意義。故本研究將針對新建集合住宅之住宅單元及公共空間，進行研擬導入近零能源建築技術之相關推動策略，以供未來政府推動之參考。

本研究將先收集國內、外有關住宅類建築導入淨(近)零能源建築之標示與採用節能技術等相關文獻，並探討我國針對住宅類建築達成近零能源建築之評估重點與條件。同時依據我國溫室氣體階段管制所訂定之 2025 年、2030 年及 2050 年目標²，配合我國再生能源發展規劃，探討我國新建集合住宅達成淨零能建築之可行性。

最後，本研究將就執行面，進一步研擬我國新建集合住宅推動近零能源建築之推動策略，以作為政府後續推動近零能源住宅之施政參考，除與國際推動淨(近)零能源建築之趨勢接軌外，並可達到

²採基準年為 94 年(西元 2005 年) 260.717 百萬公噸二氧化碳當量，並設定 109 年(西元 2020 年)較基準年減量 2%、114 年(西元 2025 年)較基準年減量 10%、119 年(西元 2030 年)較基準年減量 20%，及 139 年(西元 2050 年)較基準年減量 50%為目標，減量責任由我國能源、製造、運輸、住商、農業及環境部門共同承擔。

落實政府節能減碳之政策，對減緩都市熱島效應及降低夏季尖峰用電，亦將有莫大幫助。

第二節 研究方法與流程

一、研究方法

本研究除分析探討住宅類建築達成近零能源所需之相關技術與條件外，並探討我國新建集合住宅導入近零能源建築之推動策略，研究方法主要包括以下項目：

1、文獻回顧法：

收集國際間有關住宅類淨(近)零能源建築之推動措施，及整理主要之技術手法及標示制度等文獻資料。另探討我國綠建築標章之建築能效評估及標示系統，針對住宅類建築達成近零能源建築等級之評估重點與條件，並整理分析我國溫室氣體階段管制目標及再生能源發展規劃。

2、專家諮詢法：

本研究將與國內專家學者諮詢請益，有關新建集合住宅符合近零能源建築等級可採用之技術與策略建議，並配合調整修正研究成果。

3、比較分析法：

藉由美國、日本等國推動住宅類近零能源建築之經驗，比較分析我國推動住宅類近零能源建築可導入之技術，研擬適合我國推動之方式。

4、總結法：

綜合上述相關資料進行通盤檢討後，就執行面研擬我國新建集合住宅導入近零能源建築之推動策略。

二、研究流程

本計畫之研究流程，詳圖 1-1 所示：

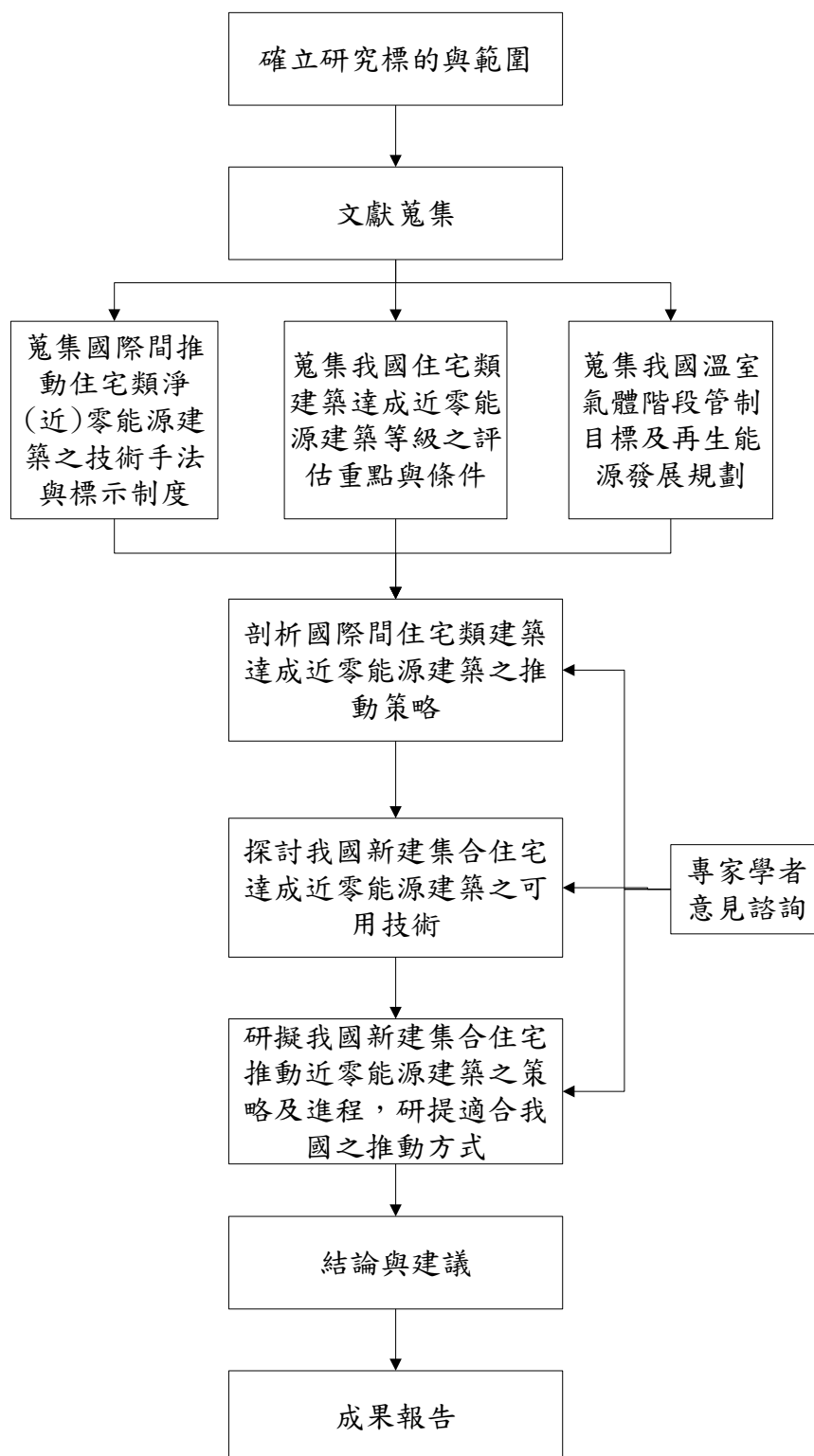


圖 1-1 研究流程圖
(資料來源：本研究整理)

第三節 文獻收集項目

依據本計畫研究之目的及研究內容，本計畫擬收集下列相關文獻及資料，以作為進行研擬我國新建集合住宅導入近零能源建築技術推動策略之依據。預定收集之文獻資料項目如下：

- 國際間有關住宅類淨(近)零能源建築之推動措施、技術手法及標示制度等相關資料。
- 國外推動住宅類淨(近)零能源建築之案例。
- 國內新建集合住宅案例，如沙崙智慧綠能住宅。
- 我國綠建築標章之建築能效評估系統，對於住宅類近零能源建築之評估重點及基準。
- 我國溫室氣體階段管制目標及再生能源發展規劃。

本計畫將彙整上述資料進行分析探討，詳細探討內容將於後面各章節說明。

第四節 預期成果

本計畫之預期成果，說明如下：

- 一、 完成蒐集國際間有關住宅類淨(近)零能源建築之推動措施、技術手法及標示制度等相關資料。
- 二、 完成國際淨零排放趨勢之剖析，探討住宅導入近零能源技術之推動方式。
- 三、 完成研擬我國新建集合住宅達成近零能源建築之可用技術。
- 四、 完成研提我國新建集合住宅推動近零能源建築之策略，以供政府後續施政推動之參考。

第二章 相關文獻回顧與探討

本章將先回顧國內有關近零能源建築之相關文獻資料，探討整理針對我國推動近零能源建築之建議重點。另整理國內有關建築節能相關法規及再生能源發展概況，以作為後續研擬我國新建集合住宅導入近零能源建築技術推動策略之參考。

第一節 近零能源建築之相關文獻分析

一、高雄氣候下零耗能住宅設計策略之研究（吳政祐，2013）

該研究透過調查高雄地區住宅現況，發現高雄地區的住宅型態最多為連棟式住宅，佔高雄地區住宅類型的 39.69%，其次是公寓大樓，佔 31.78%，而獨棟式住宅佔 18.9%，該研究主要探討的對象為連棟及獨棟式住宅，針對這兩種類型的住宅進行節能設計，並以 EnergyPlus 耗能模擬軟體計算各種住宅節能的設計策略，經過分析與探討，提出適合高雄地區的獨棟及連棟式住宅，並同時運用小型再生能源（太陽能）進行零耗能住宅的模擬分析，以提出適合高雄氣候之零耗能住宅設計策略。相關設計策略結論整理如下：

(一)零耗能住宅的設計提案，需因地制宜予以考量。高雄日照時數為全台第二高，且全年日射充足，因此非常適合發展太陽能，雖然初期成本較高，可將當日多餘的電賣給台電，若日照不夠充足時，再跟台電進行購買，可減少儲電空間之成本。

(二)高雄地區住宅於設計階段，因住宅型態大多為獨棟及連棟的透天厝，可盡量增加外觀變化。並且盡量避免把需要長時間使用空調之空間設置於高樓層，可有效降低空調耗電量。例如

- 1、需要使用冷房之空間應避免設置於西側，且越高層空間耗電量越大，臥房等較需要空調使用的空間盡量避免設置於西側。
- 2、根據模擬結果顯示，以雙面斜屋頂東西向最為節能，若要設置單

斜面屋頂，則以面西屋頂優先考慮。

3、在各個面向開窗時，除了避免西邊開窗外，其他面向開窗應設置遮陽板，模擬結果顯示最佳遮陽深度為 60~80cm，在增加遮陽深度並無明顯差異。

4、面西之外牆，不設置陽台，且盡量避免開大窗，西側空間以配置短時間使用之空間為主，如廁所、樓梯、廊道等。

5、根據模擬結果，設計案若加上自然通風，可節能 8.8%以上。

(三)連棟式住宅的特性為屋身較長，中段空間常有自然採光不足及通風不佳的問題，因此在設計上可考量在中間設計中庭挑空，除了可以增加自然通風，也能解決自然採光不足的問題。

二、我國近零能源建築設計與技術可行性研究(何明錦、趙又嬋, 2015)

本研究首先蒐集彙整國際間各國(歐盟、美國、日本…等)對於近零耗能建築政策的推動方針、分期目標與執行策略，做為我國日後推動近零能源政策參考。同時蒐集亞洲地區零耗能建築案例與臺灣再生能源運用之現況，並分析(1)被動式設計(2)主動式設計(3)再生能源等三個面向的節能技術。最後透過 BCF 法，針對臺灣住宅進行 ZEB 的量化與可行性評估。綜合本文的研究成果與分析，有以下之結論：

(一)本研究蒐集彙整國際間(歐盟、美國、日本…等)對於近零能源建築政策的推動方針、分期目標與執行策略，做為我國日後推動近零能源政策參考。ZEB 以初級能源為計算基準，各國推動近零能源建築的時間表不一，但大多以每 5 年作為政策目標的階段性檢視。國際間重要的 nZEB 政策執行時間點為：2020 年、2025 年、2030 年。

(二)本研究蒐集 10 個位於日本、韓國、新加坡、馬來西亞、香港、印度等地的近零能源案例，做為臺灣近零能源建築技術的借鏡。「被動式設計」中，較常使用的包括「晝光利用」、「自然通風」、「建築外殼

節能設計」，「主動式設計」中，以空調（HVAC）部分的設計手法最為重要，「再生能源」中，太陽能光電與太陽能熱水最常被應用，同時也均使用 HEMS、EMS 等智慧化能源管理系統。案例技術因應亞洲地區夏季較炎熱的氣候特性，故節能技術適用性高。

- (三)本研究蒐集臺灣再生能源技術應用現況，以及臺灣目前的再生能源相關政策，包括太陽能、風能、水力、生質能、地熱與海洋能…等，以進一步評估臺灣再生能源應用於 ZEB 之潛力。由資料得知，現階段推動再生能源主要以風力發電及太陽光電為主，陸域優良風場大都開發殆盡，風力發電將朝向離岸發展，現以太陽光發電為最具發展潛力的再生能源。
- (四)本研究利用「低碳建築聯盟」的建築碳足跡評估 BCF 法，在不將耗能量換算為 CO₂ 排放當量的前提下，在「住宅標準情境」中透過操作建築外殼設計、通風、照明、家電設備等因子，計算住宅在各種節能手法下的「建築用電密度 EUI」，評估其 ZEB 之可行性，結果得出在現今一般的節能手法運用下，住宅總 EUI 可由 50(kWh/m².yr) 降至 33 (kWh/m².yr)，最大節能效益可達 34%。
- (五)本研究以「太陽能光電」為主要再生能源進行 ZEB 可行性之評估，在臺灣住宅居住水準平均每戶建坪 46.02 坪(約 150 m²)，EUI 為 33 (kWh/m².yr) 的前提下，若不計設備投資成本，利用屋頂及部分基地內空地設置太陽能光電板，目前小規模的「單戶住宅」有達成 ZEB 的潛力。但若為複數以上集合住宅，則需導入全立面的 BIPV 設計與高轉換效率的太陽能電池後，方有成為 ZEB 的潛力。

三、我國近零能源建築發展策略與可行性研究（陳麒任、黃恩浩，2018）

本研究就建築節能及再生能源兩大面向，檢討適合我國推動之近零能源建築技術策略及其涉及之相關法規或規範。並就節能及創能兩個面向，進行我國推動近零能源建築之可行性評估。研擬之研究結論說明如

下：

(一)近零能源建築之技術發展策略：

近零能源建築之主要重點係建築節能及再生能源兩大面向，前者包括建築外殼隔熱、通風、導光及低耗能電器設備，並融入能源管理系統、高效率儲電電池及高效率電力系統等。後者包括有效利用太陽能、風能、氣電共生等再生能源，來抵消或降低建築物之耗能需求。考量重點說明如下：

1、新建建築物之節能設計方面：

目前我國建築技術規則綠建築基準專章對於建築物節約能源，在建築外殼方面採用 ENVLOAD、Req 指標之強制型規範，為較先進的性能式法規，透過(1)屋頂與外牆隔熱性能、(2)建築外殼耗能量、(3)立面開窗部位之窗熱傳透率與遮陽係數、(4)窗面平均日射取得量及(5)外殼等價開窗率等，管制建築物來自外部的熱能，以減低建築空調負荷與耗能。

2、既有建築節能改善方面：

包含既有建築物之建築與基地類隔熱性能改善，以及設施設備類之能源效率提升等兩大面向，前者包括屋頂隔熱、外遮陽、屋頂綠化等，係針對建築本體進行隔熱性能改善；後者包括室內照明、空調系統、熱泵系統、測試調整平衡(TAB)及建築能源管理系統(BEMS)等，係針對建築附屬耗能設施設備進行提升能源效率改善。

3、再生能源運用方面：

可結合再生能源技術例如太陽能光電板、太陽能熱水系統、太陽能照明系統、風力發電及生物氣體發電等來節省能源。惟考量各種再生能源之特性，就風力發電而言，風場較佳之分佈多位於離岸或空曠之處，且風力機組運作時將產生大量噪音，故風力發電設備較不適合設置於都會地區建築物上。至於生質能發電，多採用之油

菜或玉米來煉製生質燃油，不但恐反增加溫室氣體的排放量，亦恐引發糧食危機和價格上漲等疑慮。故建議建築物設置之再生能源裝置，以太陽光電較為適合。

(二)住商部門達到近零能源建築之可行性評估：

本研究係針對建築物本身可設置之再生能源裝置，如欲符合近零能源建築水準，以位於臺中市、高雄市之透天式住宅較易達成，臺北市地區因太陽光電發電容量因數甚低，故建築本身之再生能源發電量亦甚低，不利發展近零耗能建築。此外，對於中南部之 4-7 層樓之公寓式或集合式住宅，其再生能源佔耗電量比例約介於 40%~70%之間，若能進一步降低建築物之耗能，仍有機會達到低耗能甚至近零耗能建築之水準。

至於辦公大樓，無論是獨立空調型或是中央空調型，其再生能源佔耗電量比例約介於 2%~12%之間，主要是因為建築物量體較大，整體耗能亦較大，而能設置太陽光電設施之面積有限，相對其再生能源發電量遠低於建築物整體耗能，故有關大樓建築推動近零能源之策略部分，建議以建築節能為主，再生能源為輔之方式進行較為可行。

四、綠建築與近零能源制度之調合研究（王榮進、鄭政利，2019）

本研究參採國際零能源建築推動模式，結合綠建築與近零能源建築系統，以延續我國綠建築政策及推廣成果，並銜接國際推動近零能源建築之趨勢。彙整我國綠建築日常節能指標與住宅建築能耗之關聯，研擬我國綠建築與近零能源建築系統之調合發展策略。主要成果摘述如下：

(一)調和綠建築之近零能源建築基準：

以零能源建築 ZEB 的判斷基準（定量定義），如表 2-1 所示，為滿足以下定量要件之建築物：

1、準零能源建築 RZEBTB (Ready Zero Energy Building in Taiwan Building)：

- (1) 不含可再生能源，減少 30% 以上的能源基準消耗量。
- (2) 綠建築日常節能評估系統得分 RS4 大於或等於 16 以上之建築。
- (3) 建築外殼節能效率 $EEV \leq 0.8$ 。

2、近零能源建築 NZEBTB (Nearly Zero Energy Building in Taiwan Building)：

- (1) 不含可再生能源，減少 50% 以上的能源基準消耗量。
- (2) 加上可再生能源，減少 75% 以上、未滿 100% 的能源基準消耗量。
- (3) 建築外殼節能效率 $EEV \leq 0.7$ 。

3、零能源建築 ZEBTB (Zero Energy Building in Taiwan Building)：

- (1) 不含可再生能源，減少 50% 以上的能源基準消耗量。
- (2) 加上可再生能源，減少 100% 以上的能源基準消耗量。
- (3) 建築外殼節能效率 $EEV \leq 0.7$ 。

表 2-1 零能源建築 ZEB 的判斷基準 (定量定義)

	零能源建築 ZEBTB	近零能源建築 NZEBTB	準零能源建築 RZEBTB	符合綠建築節能基準建築
節能率	100% 以上 (包含可再生能源)	75% 以上 (包含可再生能源)	30% 以上 (不含可再生能源)	強化外殼節能指標 20%
一次性能源節能率門檻	50%	50%	30% 或 RS4 大於等於 16.0	
節能率估算對象範圍	空調、通風、照明、採光			空調、通風、照明
估算方法	綠建築節能基準及建築碳足跡所認定的計算方法			
北部氣候區	建築外殼節能效率 $EEV \leq 0.7$		建築外殼節能效率 $EEV \leq 0.8$	
中部氣候區				
南部氣候區				

資料來源：綠建築與近零能源制度之調合研究 (王榮進、鄭政利，2019)

(二) 調和綠建築之近零能源住宅基準：

以零能源住宅 ZEH 的判斷基準 (定量定義)，如表 2-2 所示，

為滿足以下定量要件之建築物：

1、準零能源住宅 RZEHTH(Ready Zero Energy House in Taiwan House)：

- (1) 不含可再生能源，減少 20%以上的能源基準消耗量。
- (2) 綠建築日常節能評估系統得分 RS4 大於或等於 12 以上之住宅。
- (3) 建築外殼節能效率 $EEV \leq 0.8$ 。

2、近零能源住宅 NZEHTH (Nearly Zero Energy House in Taiwan House)：

- (1) 不含可再生能源，減少 20%以上的能源基準消耗量。
- (2) 加上可再生能源，減少 75%以上、未滿 100%的能源基準消耗量。
- (3) 建築外殼節能效率 $EEV \leq 0.7$ 。

3、零能源住宅 ZEHTH (Zero Energy House in Taiwan House)：

- (1) 不含可再生能源，減少 20%以上的能源基準消耗量。
- (2) 加上可再生能源，減少 100%以上的能源基準消耗量。
- (3) 建築外殼節能效率 $EEV \leq 0.7$ 。

表 2-2 零能源住宅 ZEH 的判斷基準（定量定義）

	零能源住宅ZEHTH	近零能源住宅 NZEHTH	準零能源住宅 RZEHTH	符合綠建築節能基準 住宅
節能率	100%以上 (包含可再生能源)	75%以上 (包含可再生能源)	20%以上 (不包含可再生能源)	強化外殼節能指標 20%
一次性能源節能率 門檻	20%	20%	20% 或RS4大於等於12.0	
節能率估算對象範圍	空調、通風、照明、採光			空調、通風、照明
估算方法	綠建築節能基準及建築碳足跡所認定的計算方法			
北部氣候區	建築外殼節能效率 $EEV \leq 0.7$		建築外殼節能效率 $EEV \leq 0.8$	
中部氣候區				
南部氣候區				

資料來源：綠建築與近零能源制度之調合研究（王榮進、鄭政利，2019）

(三)零能源建築評估制度擬議

- 1、準零能源建築 RZEBTB 與準零能源住宅 RZEHTH 以建築節能為目標，無需評估再生能源之採用，延續綠建築評估方法與基準，執行

制度上可以納入綠建築標章制度執行評估，並於日常節能指標中標示與登錄。

- 2、近零能源建築 NZEBTB 與零能源建築 ZEBTB 除了建築節能門檻評估外，須採納再生能源之發電評估與平衡計算，而再生能源之推動制度與相關措施屬經濟部權責，必須跨部會合作執行方有成效，故有待經濟部來共同推動，由內政部協助提供評估方法與計算基準。

(四)推動近零能源建築之進程目標建議

近零能源建築的制度推動與落實，需要積極從經濟能源政策與產業輔導面相來配合實施，政府機構權責分工適合由經濟部做為政策主導的舵手，搭配建築管理（內政部營建署、建築研究所）來配合推行，如圖 2-1 所示。

- 1、配合非核家園政策目標，零能源建築推動短期目標，建議以 2025 年為目標年度，作為短期推動工作之檢核年度。包括零能源建築定義的確立與公告，建築能源標示制度的實施，建立評估基準與制度，確立執行目標。
- 2、中期目標建議以 2030 年為目標年度，獎勵公共建築與民間建築的申請與投入，建構智慧電網 Smart grid 與再生能源制度配套，輔導 ZEB 技術人員的培訓，實務數據的收集與定期檢討等。
- 3、長期目標建議導入法制化零能源建築管理，強制一定規模以上工程檢討，地方政府建管配合推動，低成本技術持續開發，ZEB 品牌化普及推廣等。

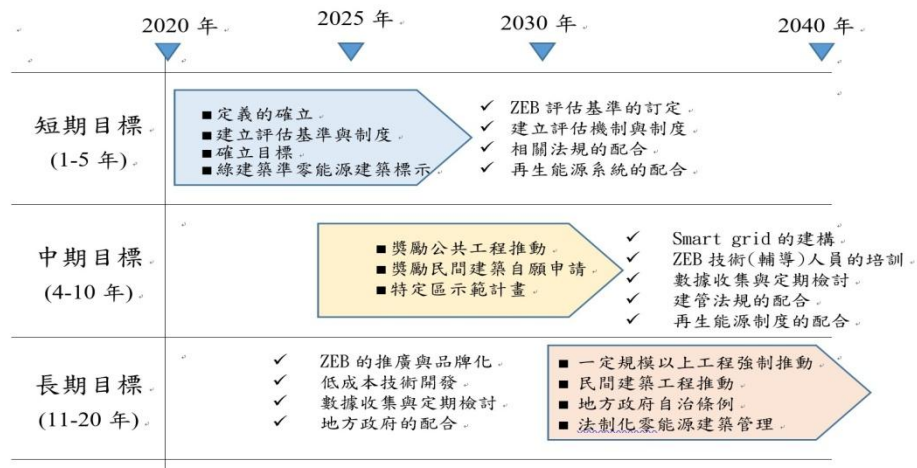


圖 2-1 推動近零能源建築之進程目標建議

資料來源：綠建築與近零能源制度之調合研究(王榮進、鄭政利，2019)

第二節 我國推動建築節能及再生能源概況

一、建築技術規則對於新建建築外殼隔熱性能之要求

台灣地區屬於亞熱帶³氣候，主要用電以空調冷房為大宗，故整體建築耗能相對較歐、美、日等溫帶⁴地區國家低很多，加上我國營建業者為了節約成本，通常不會特別施作外殼隔熱。因此我國歷次在檢討修訂外殼節能法規時，常因顧慮民間營建習慣與投資效益，對建築外殼隔熱之相關基準，相較其他歐、美、日乃至中國等位處溫帶之國家低很多。

例如美國佛羅里達州對屋頂的隔熱性能規定約為台灣的 3.3~7.8 倍，對外牆的隔熱性能規定約為台灣的 4.0~6.9 倍，中國華南對外牆的隔熱性能約為台灣的 2.3 倍，對屋頂的隔熱性能約為台灣的 1.0~1.2 倍等，故相對之下我國建築之居住環境較易有悶熱而不舒適的情形。為此我國經多次檢討修正建築技術規則中有關建築外殼耗能相關規定，其中關於屋頂隔熱性能部分，已要求屋頂之平均熱傳透率 U 值應低 $0.8\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{k}$ 。

另當設有水平仰角小於 80 度之屋頂透光天窗之水平投影面積 HWa 大於 1.0 平方公尺時，其透光天窗日射透過率 HWs 應低於下表之基準值 $HWsc$ 。但建築物外牆透空二分之一以上之空間，不在此限。屋頂透光天窗日射透過率 HWs 之基準值如下表所示。

表 2-3 屋頂透光天窗日射透過率 HWs 之基準值

水平投影面積 HWa 條件	透光天窗日射透過率基準值 $HWsc$
$HWa < 30\text{m}^2$	$HWsc = 0.35$
$HWa \geq 30\text{m}^2$ 且 $HWa < 230\text{m}^2$	$HWsc = 0.35 - 0.001 \times (HWa - 30.0)$
$HWa \geq 230\text{m}^2$	$HWsc = 0.15$
計算單位 HWa : m^2 ; $HWsc$: 無單位	

資料來源：「建築技術規則」建築設計施工編第十七章綠建築基準

³：亞熱帶是地球上的一種氣候地帶。一般亞熱帶位於溫帶靠近熱帶的地區（大致 23.5°N - 40°N 、 23.5°S - 40°S 附近）。亞熱帶的氣候特點是其夏季與熱帶相似，但冬季明顯比熱帶冷，最冷月在攝氏 0 度以上。

⁴：由南回歸線至南極圈，以及北回歸線至北極圈附近的中緯度地區。每年的平均氣溫大多在攝氏 20 度到 0 度之間，例如美國、德國、中國、日本等。

關於建築物外牆、窗戶與屋頂所設之玻璃對戶外之可見光反射率不得大於 0.25。受建築節約能源管制建築物之外牆平均熱傳透率、立面開窗部位（含玻璃與窗框）之窗平均熱傳透率及窗平均遮陽係數⁵則應低於下表所示之基準值：

表 2-4 外牆及立面開窗部位（含玻璃與窗框）之節能基準值

類別	外牆平均熱傳透率基準值 W/ (m ² .K)	立面開窗率 ⁶ >0.5		0.5≥立面開窗率>0.4		0.4≥立面開窗率>0.3		0.3≥立面開窗率>0.2		0.2≥立面開窗率>0.1		0.1≥立面開窗率	
		窗平均熱傳透率基準值 ⁷	窗平均遮陽係數基準值	窗平均熱傳透率基準值	窗平均遮陽係數基準值	窗平均熱傳透率基準值	窗平均遮陽係數基準值	窗平均熱傳透率基準值	窗平均遮陽係數基準值	窗平均熱傳透率基準值	窗平均遮陽係數基準值	窗平均熱傳透率基準值	窗平均遮陽係數基準值
住宿類建築	2.75	2.7	0.10	3.0	0.15	3.5	0.25	4.7	0.35	5.2	0.45	6.5	0.55
其他各類建築	2.0	2.7	0.20	3.0	0.30	3.5	0.40	4.7	0.50	5.2	0.55	6.5	0.60

資料來源：「建築技術規則」建築設計施工編第十七章綠建築基準

至於空調型、住宿類、學校類及大空間類等建築，其建築節能設計基準若能符合表 2-5 之基準值，則可不受表 2-4 之限制（亦即兩者擇一即可）。

⁵：窗平均遮陽係數=外遮陽係數 K_i × 玻璃日射透過率 η_i

⁶：立面開窗率 WR[無單位]係所有開窗部位（包括開口玻璃以及窗框）總面積對總建築立面面積之比值。

⁷：窗平均熱傳透率 Uaf (Average Fenestration U Value) 係所有建築立面開窗部位熱傳透率之平均值。

表 2-5 空調型、住宿類、學校類及大空間類等建築之節能基準值

建築類型/類組	建築使用分區	節能指標	氣候分區	基準值
基本門檻指標	所有受管制建築物	屋頂平均熱傳透率 U_{ar}	不分區	$< 0.8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$
		屋頂天窗日射透過率 η	不分區	$< 0.35 \sim 0.15$
		玻璃可見光反射率	不分區	≤ 0.2
空調型建築 (包括 A 類第二組、B 類、D 類第二組、D 類第五組、E 類、F 類第一組、F 類第三組、F 類第四組及 G 類空調型建築物，及 C 類之非倉儲製程部分等)	辦公、文教、宗教、照護分區	建築外殼耗能量 ENVLOAD ⁸	北區	$< 150 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
			中區	$< 170 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
			南區	$< 180 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
	商場餐飲娛樂分區	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	$< 245 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
			中區	$< 265 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
			南區	$< 275 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
	醫院診療分區	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	$< 185 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
			中區	$< 205 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
			南區	$< 215 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
	醫院病房分區	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	$< 175 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
			中區	$< 195 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
			南區	$< 200 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
	旅館、招待所客房區	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	$< 110 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
			中區	$< 130 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
			南區	$< 135 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
	交通運輸旅客大廳分區	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	$< 290 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
			中區	$< 315 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
			南區	$< 325 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
住宿類建築 (H 類第一組、H 類第二組)	住宅、集合住宅、寄宿舍、養老院、安養中心、招待所	外牆平均熱傳透率 U_{aw} 等價開窗率 Req^9	不分區	$< 3.5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$
			北區	$< 13\%$
			中區	$< 15\%$
學校類建築 (D 類第三組、D 類第四組、F 類第二組)	普通教室、特殊教室、行政辦公室、學校附屬圖書館	窗面平均日射取得率 ASWG ¹⁰	北區	$< 160 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
			中區	$< 200 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
			南區	$< 230 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
大空間類建築 (包括 A 類第一組、A 類第二組)	圖書館、體育館、禮堂、體育館、音樂廳、	窗面平均日射取得率 ASWG，依平均立面開窗率 X (無單位) 計算基	北區	$< 146.2X^2 - 414.9X + 276.2 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$

⁸：建築物外殼耗能量 ENVLOAD[kWh/(m²·a)]，係為維持室內環境之舒適性，建築物之單位外周區空調樓地板面積全年冷房顯熱負荷量。計算公式詳見各類型建築物節約能源設計技術規範。

⁹：建築外殼等價開窗率 Req ，是指建築物「各方位」外殼之透光部位，經標準化日射、遮陽及通風修正計算後之開窗面積，對建築外殼總面積之比值。外殼等價開窗率 $Req = (\sum \text{窗面積 } Agi \times \text{各方位日射修正係數 } fk \times \text{開窗部位外遮陽修正係數 } ki \times \text{開窗部位通風修正係數 } fvi) \div \text{外殼總面積 } Aen$ 。

¹⁰：窗面平均日射取得量 (Average Window Solar Gain) 簡稱 AWSG [kWh/(m²·a)]，係除了屋頂部位以外之建築物所有透光部位開窗表面之平均日射取得量。計算公式詳見各類型建築物節約能源設計技術規範。

建築類型/類組	建築使用分區	節能指標	氣候分區	基準值
組、B類第一組、C類第一組、C類第二組、D類第一組、D類第二組、E類等)	航空站、倉儲場、汽車商場等	準值	中區	$< 273.3X^2 - 616.9X + 375.4 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{yr}$
			南區	$< 348.4X^2 - 748.4X + 436.0 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{yr}$

資料來源：「建築技術規則」建築設計施工編第十七章綠建築基準，本研究整理

上述各節能指標中，「空調型建築」的 ENVLOAD 指標屬於目前最先進的「建築外殼耗能指標」；「住宿類建築」的 Req 與「學校及大型空間類建築」的 AWSG 兩種指標屬於「綜合熱性能指標」；而其他類建築的屋頂隔熱 Uar 值與日射取得率則屬於最簡單的「部位熱性能指標」。這些均依據其耗能比重、操作簡易度與建築專業人員之專業要求度，而作的分類規範系統。

二、既有建築節能改善所涉相關法令分析

1、屋頂設計載重法規說明

依據「建築技術規則」建築構造篇第 10 條、第 16 條之規定，屋頂綠化部分係屬活載重，故屋頂綠化之活載重以不超過規範屋頂單位活載重即屬安全範圍。而「建築技術規則」建築構造篇第 17 條所附建築物構造之最低活載重規定：建築物構造之活載重，因樓地板之用途而不同，不得小於下表所列；不在表列之樓地板用途或使用情形與表列不同，應按實計算，並須詳列於結構計算書中。

表 2-6 建築物樓地板之最低活載重規定

樓地板用途類別	載重(公斤／平方公尺)
一、住宅、旅館客房、病房。	200

二、教室。	250
三、辦公室、商店、餐廳、圖書閱覽室、醫院手術室及固定座位之集會堂、電影院、戲院、歌廳與演藝場等。	300
四、博物館、健身房、保齡球館、太平間、市場及無固定座位之集會堂、電影院、戲院歌廳與演藝場等。	400
五、百貨商場、拍賣商場、舞廳、夜總會、運動場及看臺、操練場、工作場、車庫、臨街看臺、太平樓梯與公共走廊。	500
六、倉庫、書庫。	600
七、走廊、樓梯之活載重應與室載重相同，但供公眾使用人數眾多者如教室、集會堂等之公共走廊、樓梯每平方公尺不得少於 400 公斤。	
八、屋頂露臺之活載重得較室載重每平方公尺減少 50 公斤，但供公眾使用人數眾多者，每平方公尺不得少於 300 公斤。	

資料來源：「建築技術規則」建築構造篇第 17 條

2、屋頂隔熱及綠化改善工法之設置環境及法規限制分析

屋頂隔熱及綠化改善工法之法規限制主要在於結構安全考量，相關法規限制說明如下表所示。

表 2-7 屋頂隔熱及綠化改善工法之設置環境及法規限制

類型		設置環境限制	法規限制
屋頂綠化	盆鉢型綠屋頂	承載力 $\geq 250\text{kg/m}^2$ ，適用於坡度 10 度以下之平屋頂	依建築技術規則建築構造編第 17 條規定，一般屋頂層樓版之單位面積活載重設計值偏低（約介於 $200\sim 300\text{kg/m}^2$），若設置載重較大相關設施（例如太陽能板或庭園型綠屋頂），恐有影響屋頂結構安全及耐震能力之虞，
	薄層綠屋頂	承載力 $\geq 200\text{kg/m}^2$ ，適用於坡度 45 度以下之平屋頂	
	庭園綠屋頂	承載力 $\geq 450\text{kg/m}^2$ ，適用於坡度 10 度以下之平屋頂	
屋頂	隔熱磚鋪設(五腳隔熱磚)	承載力 $\geq 50\text{kg/m}^2$	

隔熱	隔熱塗料(淺色隔熱塗料)	(重量輕無設置環境限制)	需經由土木或結構等專業技師簽證評估。
----	--------------	--------------	--------------------

資料來源：本研究整理

3、外遮陽及戶外遮棚之法規分析

外遮陽及戶外遮棚之法規限制主要在於是否計入建築面積及是否突出建築線與地界線等之檢討，相關法規限制說明如下表所示。

表 2-8 外遮陽及戶外遮棚之法規分析

外遮陽工法		設置環境條件	法規限制
活動式	棚架式外遮陽	適用南向窗戶	依建築法第 51 條規定，建築物不得突出於建築線之外，故外遮陽棚架及外加式百葉窗均不可突出建築線(或地界線)。
	外加式百葉窗	(無特別限制)	
固定式	水平遮陽	適用南向窗戶	牆面進行遮陽版設置，同樣必須採用二分之一以上透空遮陽版，否則必須納入建築面積。(建築技術規則建築設計施工編第 1 條第 3 款)
	垂直遮陽	適用西向窗戶	二分之一以上透空之遮陽板，其深度在二公尺以下者，得不計入容積總樓地板面積。(建築技術規則建築設計施工編第 162 條第 2 款)
	格子遮陽	(無特別限制)	早期建築物緊鄰建築線興建，或與鄰棟間防火間隔不足，遮陽版或屋頂出簷設置，不合法規且影響安全。
類型		法規限制	
戶外遮棚		- 地面之一般遮棚，需申請建造或雜項執照，並檢討建蔽率及容積率。 - 屋頂遮棚係屬屋頂突出物，依建築技術規則建築設計施工編第 1 條第 10 款第 5 目規定，突出屋面之三分之一以上透空遮牆、三分之二以上透空立體構架供景觀造型、屋頂綠化等公益及綠建築設施，其投影面積不計入樓梯間、升降機間、無線電塔及機械房等屋頂突出物水平投影面積之和。但與上開屋頂突出物水平投影面積之和，以不超過建築面積百分之三十為限。	

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">• 屋頂遮棚一般需辦理建築執照檢討建蔽率及容積率，惟如採加裝太陽光電設施之方式，依設置再生能源設施免請領雜項執照標準第 5 條規定，設置於建築物屋頂或露臺，其高度自屋頂面或露臺面起算三公尺以下，得免依建築法規定申請雜項執照。第 6 條規定，由開業或執業之建築師、土木技師或結構技師，就個案建築物出具結構安全證明文件，送所在地主管建築機關備查，可簡化辦理程序。 |
|---|

資料來源：本研究整理

4、上述改善措施於公寓大廈管理條例之相關限制規定

依公寓大廈管理條例第 8 條規定：「公寓大廈周圍上下、外牆面、樓頂平臺及不屬專有部分之防空避難設備，其變更構造、顏色、設置廣告物、鐵鋁窗或其他類似之行為，除應依法令規定辦理外，該公寓大廈規約另有規定或區分所有權人會議已有決議，經向直轄市、縣（市）主管機關完成報備有案者，應受該規約或區分所有權人會議決議之限制。」故於公寓大廈加裝屋頂隔熱、屋頂綠化、外遮陽及戶外遮棚等，應符合規約或區分所有權人會議決議之限制。

三、國內建築推動再生能源現況說明

1、違章建築新設太陽光電之調合措施

考量到台灣許多屋頂為頂樓加蓋，政府自 2018 年公告《違章建築與新設太陽光電調和辦法》，有條件開放違章屋頂就地合法，明訂只要違建頂樓不影響公共安全，就可以參與綠能屋頂計畫。細項包括頂樓違建未達兩層以上、屋頂非避難平台、非整棟違建與不是優先拆除等，滿足以上標準才可在違章屋頂架設綠能設施。

目前合法建築物屋頂如有違章時，可設置太陽能板的類型可分為 4 種，如圖 2-2 所示，其中「結構分立型」是讓光電設備與違建結構分開設置，又再細分為圖中之 A、B 兩項；「結構共構型」是在屋頂架高設置太陽能板，如圖中之 C；「設備安裝型」則是住戶可直接在屋頂上鋪上太

陽能板，如圖中之 D。而違章建築除了得符合這些標準，還要有專業技師簽證負責。

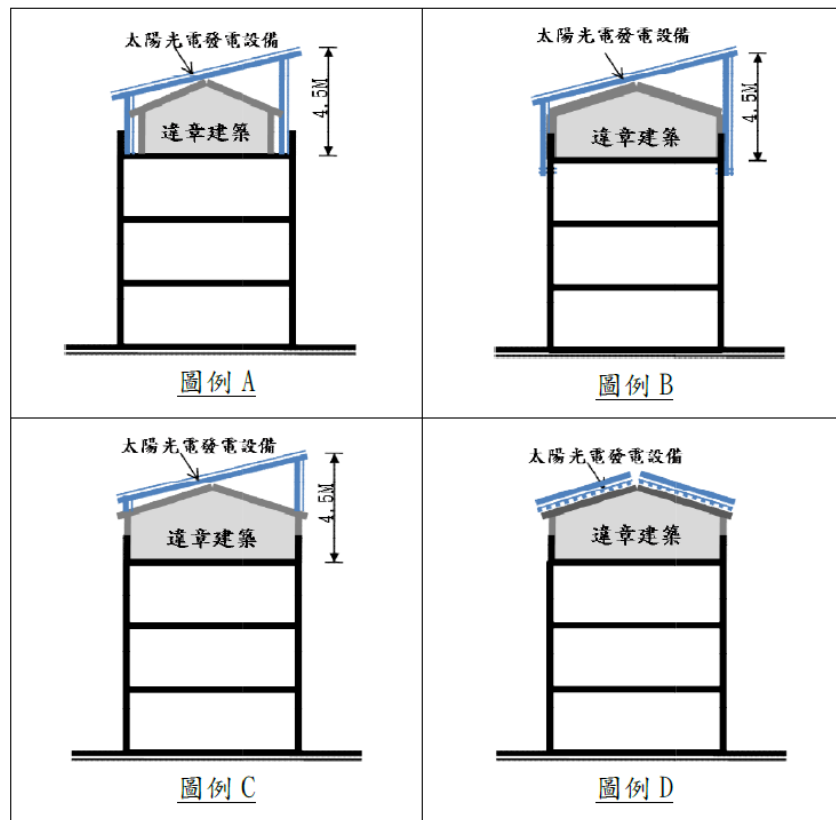


圖 2-2 合法建築物屋頂如有違章時設置太陽光電發電設備類型

資料來源：設置屋頂太陽光電免請領雜項執照處理原則，內政部，2018

2、太陽光電推動措施

為達成非核家園計畫，政府大力推動太陽光電與離岸風電發展，而為鼓勵公務機關、國營事業、工廠及一般民眾設置太陽光電系統，於 2016 年 7 月起實施「太陽光電 2 年推動計畫」，2018 年目標是新設置 1,520 MW 太陽能。截至 2017 年 8 月底，太陽光電累積設置容量達 1,388.4 MW，其中屋頂型占 95%（約 1,318.7 MW），地面型則為 5%（約 69.7 MW）。

相較地面型太陽光電，因屋頂型太陽光電的推動涉及面向相對單純，設置速度相對較快，經濟部於 2017 年 10 月再宣布推動「綠能屋頂全民參與推動方案」，採用民眾零出資、政府零補助之原則，由地方政府遴選適當營運商來協助民眾設置屋頂太陽光電系統，透過民間技術與資金

引導全民參與太陽光電設置。綠能屋頂所產生電力將由民眾優先自用，剩餘電力再由協助民眾設置太陽光電設備的營運商「全額躉購」（即一次性全部購入剩餘電量），轉賣給台灣電力公司提供企業及其他住宅用戶使用。屋主免出資參與綠能屋頂改造，營運商以電能保證收購費率長期維運達 20 年，分享至少 10%躉購費率回饋金給民眾，另外回饋 3%的躉購費率給地方政府成立綠電發展基金來支持綠能及鄰里建設。打造綠能屋頂，建立分散式自發自用乾淨能源，鼓勵全民一起來協助達成 2025 年非核家園目標。

上述方案目前屋頂型太陽能有台中市、雲林縣、嘉義市、台南市、屏東縣等 5 個縣市、共 5,000 戶參與示範。相較於中南部的踴躍報名，或許因為日照較少，北部較不積極參與。而在台中、雲林、嘉義、台南、屏東 5 個示範縣市當中，台南市率先搶下發電首例，已於 2018 年 7 月陸續併聯發電。其中台南安南區有部分建築為違章建築，此案例也將進一步成為違章建築與綠能屋頂調和的示範點。

3、我國再生能源發展策略目標

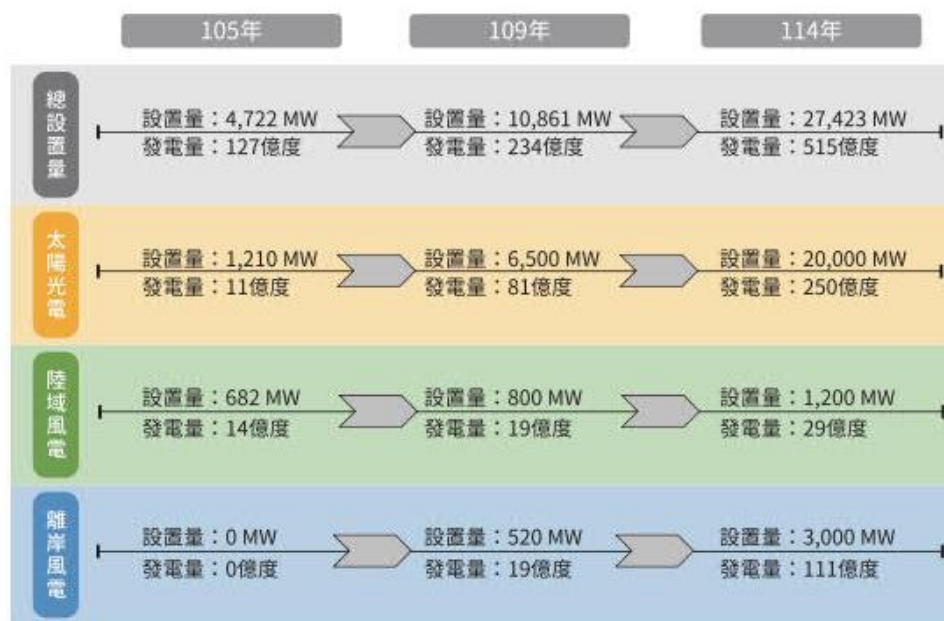
再生能源的總設置量，在 105 年設置量為 4,722MW、發電量為 127 億度，109 年設置量目標為 10,861MW、發電量為 234 億度，114 年設置量目標為 27,423 MW、發電量為 515 億度。

其中太陽光電在 105 年設置量為 1,210MW、發電量為 11 億度，109 年設置量目標為 6,500MW、發電量為 81 億度，114 年設置量目標為 20,000MW、發電量為 250 億度。太陽光電 2 年計畫完成新增設置 1.52GW，規劃及執行太陽光電併網輸電系統建置，盤點設置土地、水域空間、未使用工業區及屋頂可設置面積(目前已掌握約 1 萬 2 千公頃)。

另在陸域風電方面，在 105 年設置量為 682MW、發電量為 14 億度，109 年設置量目標為 800MW、發電量為 19 億度，114 年設置量目標為 1,200MW、發電量為 29 億度，已取得施工許可案場優先推動(107 年為 727MW)，協助陸域已取得籌設許可案場完成設置(109 年目標 800MW)；離

岸發電在 105 年設置量為 0MW、發電量為 0 億度，109 年設置量目標為 520MW、發電量為 19 億度，114 年設置量目標為 3,000MW、發電量為 111 億度。106 年完成 4 架示範機組 16MW 設置，完成彰化地區離岸風力陸上併網容量建置(114 年目標至少 4,000MW，未來規劃擴大至 8,000MW)，107 年完成離岸風電組裝碼頭建置(臺中港 5A 及 5B)，108 年完成水下基礎組裝碼頭建置(興達港)，推動離岸風電區塊開發，114 年累計設置目標達 3GW，台電公司完成彰濱地區離岸風電電網併聯點強化工程。並配合建立綠色金融制度(成立再生能源發展金融推動小組，建立綠色金融管考與獎勵機制等)。

圖 2-3 我國再生能源發展策略目標



資料來源：綠能科技產業創新推動方案，經濟部能源局，2017
 (<https://www.re.org.tw/information/more.aspx?cid=192&id=769>)

第三章 國際淨零排放趨勢下近零能源住宅技術之探討

本章將先針對國際間規劃之 2050 年淨零排放路徑進行剖析，其次整理國際間如歐盟、美國及日本等國家，對於推動近零能源住宅之相關措施及概況，再探討適合我國新建集合住宅導入之近零能源建築技術，以作為後續研擬我國推動策略之參考。

第一節 全球 2050 年淨零排放路徑之探討分析

國際能源總署(IEA)於 2021 年 5 月 17 日發表「全球能源部門 2050 年淨零排放路徑」報告，針對於 2050 年如何達到淨零排放，同時確保穩定和可負擔的能源供應、普遍獲取能源和促進強勁經濟增長，進行綜合分析。在該報告提出的淨零排放路徑中，預估 2030 年世界經濟規模將比 2021 年成長 40%，但使用的能源需減少 7%。因此於全球各部門領域大力推動提高能源使用效率，是達成淨零排放的重要關鍵之一，到 2030 年時，每年平均之能源效率需提升 4%，大約是過去二十年平均速度的三倍。

另一關鍵是能源部門，其減排不僅限於二氧化碳，而是包括所有可用的減排措施和技術，如化石燃料供應的甲烷排放量在未來十年內需下降 75%。越來越便宜的再生能源技術，將有利於將使用電力中和至零。該路徑要求在未來十年需迅速擴張太陽能 and 風能的規模，到 2030 年太陽光電(PV)每年需新增 630GW、風能需新增 390GW，這將較 2020 年水準成長四倍，若以太陽光電安裝面積來比喻，相當於每天需新設安裝世界上最大的太陽能公園¹¹面積。

另 IEA 報告指出，水力發電和核電是當今低碳電力的兩大來源，為能源轉型提供了重要基礎，隨著電力部門變得更清潔，電動化成為減少排放的重要經濟工具，未來到 2030 年時，電動汽車(EV)占全球汽車銷

¹¹: 目前世界上最大的太陽能電站是印度巴德拉(Bhadla)太陽能發電站，占地總面積約為 5,783 公頃，總裝機容量約為 2.2GW。

於 2050 年的淨零排放情景(the Net-Zero Emissions by 2050 Scenario, NZE) (如圖 3-2) 中，更快速導入節能技術、電動化和再生能源，對於減少各部門別碳排放將發揮重要核心作用。預估到 2050 年時，有將近 70% 的發電量需來自再生能源，此外，針對工業和建築部門之非電力能源使用，新興燃料和技術則將發揮重要作用，尤其是在減少碳排最具挑戰性的領域，例如氫和氫基燃料、生物能源及 CCUS 等。總結來說，於 IEA 之 2050 淨零排放情境中，再生能源和電動化對減排的貢獻最大，但需要採取廣泛的措施和技術來實現淨零排放，亦即須仰賴更多再生能源、更高能效及氫能應用來達成。

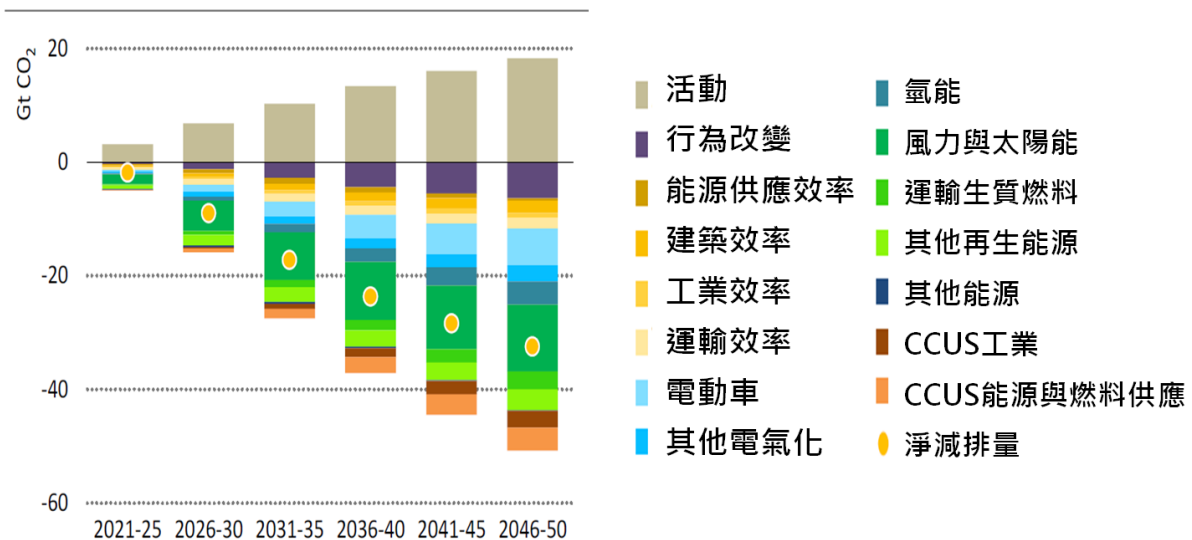


圖 3-2 IEA 2050 年淨零排放路徑之關鍵策略選項減排貢獻

資料來源：Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector, IEA 及行政院環保署簡報整理

至 IEA 對於建築部門之淨零排放策略重點，為如何達成「近零碳建築」，此種建築具有很高的能源使用效率，並可搭配使用再生能源。到 2050 年時，如能使用完全零碳排的能源供應，則近零碳建築將成為零碳建築，而無需對建築或其設備再進行任何改善。近零碳建築應根據用戶需求進行調整，並最大程度高效和智慧化使用能源、材料和空間，以促

進達成零碳排。主要考慮因素包括：

- 1、建築生命週期範圍：近零碳建築之碳排放計算周期，應含括建築營運以及建築材料和組件製造等階段之碳排放。
- 2、能源使用：近零碳建築之節能規範，應含括被動設計特徵、建築圍護結構改進和高能效設備等，於降低能源需求及建築營運成本方面，發揮重要的作用。
- 3、能源供應：無論是新建或既有的近零碳建築，應盡可能整合當地可用的再生能源，並需要結合熱能或能源儲存電池，例如太陽熱能、太陽能光電、光伏熱和地熱，以減少對公用事業能源之需求。
- 4、電力系統整合：要求建築成為能源管理系統的靈活調配場域，利用連接性和自動化來管理建築電力需求和儲能設備（包括電動汽車）的運行。
- 5、建築和施工價值鏈：近零碳建築還應針對使用的建築材料，納入計算碳排放。與基線趨勢相比，提升材料使用效率之策略，可以將建築的水泥和鋼鐵需求減少三分之一以上，並且可以透過採用生質來源和創新建築材料來進一步減少隱含排放。

建築部門的淨零排放路徑，需要在能源效率和靈活性方面進行逐步改進，並完全擺脫化石燃料。為實現此目標，IEA 規劃到 2050 年時，85%以上的建築需要符合近零碳建築之規範。這意味著到 2030 年時，所有地區都需要針對新建建築引入強制性近零碳建築之能源規範，到 2050 年時，需要對大多數既有建築進行改造，使它們能夠滿足近零碳建築的能源規範要求。

到 2030 年時，已開發經濟體的建築翻新率，將從目前的每年不到 1%，增加到每年約 2.5%，這代表每年約需有 1,000 萬套住房進行翻新。在新興市場和發展中經濟體，建築物的使用壽命通常低於已開發經濟體，預估到 2030 年時，其達成淨零排放的改造率較低，約為每年 2%，

亦即到 2030 年時，平均每年需要針對 2,000 萬套住房進行改造，且為了以最低成本並最大程度地減少中斷，改造需要是全面和一次性的。

第二節 國際間推動近零能源住宅之概況

目前國際間對於零能源建築的定義大致可分為「淨零能源建築 (Net Zero Energy Building, NZEB)」與「近零能源建築 (Nearly Zero Energy Building, NZEB)」兩類，其中採用前者以美國為主，採用後者則為歐盟，且世界上許多國家各有傾向之定義類型。惟不論是何種，兩者意義相近，首先要求建築物本身（含使用之耗能設備）需具備高效節能，其次是建築物耗能，能與經由基地自身產出或鄰近供應之可再生能源相抵銷，使整體耗能接近或達到能源消耗與產出之平衡。然而以臺灣於零能源建築之推動現狀尚處於起步階段，若要達到能源消耗完全平衡，仍需仰賴完全使用再生能源，故現階段以近零能源建築較符合我國需求。

本節將探討國外有關於住宅類型之近零能源建築相關概況，說明如下：

一、歐盟：

歐盟係透過法律層級之《建築能源效能指令》(EPBD)，要求各成員國訂定國內施行細節據以辦理，並藉由 EPBD 訂定之推動期程，促使各國需加速推動以符合歐盟規定。然而在中間過渡期，許多成員國會制定中期目標，針對新建建築物方面，常採用之措施包括加強要求降低建築物一次能源需求之規定，或要求在特定的年份新建建築物需達到某等級以上之能源效能證書等，但也有少數國家針對新建建築物和新建公共建築物設定了達成實際數量之目標，例如荷蘭設定在 2015 年前達成 60,000 戶新建的近零能耗住宅建築物。

至於在既有建築物方面（包括住宅和非住宅既有建築物），歐盟成員國多採取鼓勵或誘導方式，促使公私部門既有建築進行深度翻新改善，以更符合近零能耗之目標。常採取之相關措施諸如財務獎勵補助、

低利補貼貸款、建築翻修費用可扣抵所得稅、能源消費稅、公部門建築優先示範施行、成立專責機構推動專業人才培訓、教育活動及提供建築翻新專業建議服務等。

綜合歐盟推動近零能源建築之要素主要包括三部分：

1、建立近零能源建築定義：

歐盟相關組織針對近零能源建築提出一些定義，包括如何界定建築邊界及計算能源平衡相關事項。由歐盟推動之歷程可發現，早期各國多致力於降低建築本身之能耗，尤其是改善建築外殼圍護性能及採用高效率之供熱及製冷設備。

2、建築能效標示系統：

需針對建築物之耗能狀況進行評定，因此結合建築能源證書(EPC)制度之推動，不但可了解建築物之耗能水準，更可藉由法規及市場之力量，有效抑制高耗能建築，促使建築業主或所有權人必須主動進行改善。

3、結合再生能源系統：

當有效降低建築物能耗至符合低耗能水準後，就能運用再生能源技術，諸如 PV、太陽能熱水、衝擊水力、風力等所產生之再生能源，扣抵或供應建築物耗能之需求，以使建築物整體能源達到平衡或接近平衡之目的。

以英國為例，2006 年英國先推出永續住宅標準(Code of Sustainable Home)，惟為了使 2016 年以後新建住宅進一步達到零碳排放的標準，於 2015 年取消永續住宅標準，改採由英國建築研究所(Building Research Establishment, BRE)新開發與發布執行的「住宅品質標示系統」¹²(Home Quality Mark, HQM)，做為新建住宅的認證，亦是延續 BREEAM¹³的住

¹² <https://www.homequalitymark.com/>

¹³ BREEAM 最初由建築研究機構於 1990 年發布，是世界上建立時間最長的評估，評定和證明建築可持續性的方法。超過 550,000 棟建築獲得了 BREEAM 認證，並且在全球 50 多個國家/地區註冊了超過 200 萬棟建築。住宅標準評量 <https://www.breeam.com/discover/technical-standards/homes/>

宅標準評量，透過 GreenBookLive¹⁴ 第三方進行認證，允許消費者在可能的營運成本和環境足跡進行比較，並提供更健康房屋的衡量標準，作為購買或租賃房屋時之選擇參考。

HQM 評估包括兩階段審查，以確保在設計階段（候選證書）積極改善房屋性能，並在施工、驗證以及完工階段的项目落實（最終評估和證書）。針對住宅品質標示系統所發布的技術手冊¹⁵，包括：全區、英格蘭地區、威爾斯地區與蘇格蘭地區(不包含北愛爾蘭地區)。適用範圍僅包括新建住宅，須為獨立住宅單元(指單一家庭所有)，不適用於翻新住宅或新建案包含多元居住使用對象，例如宿舍、養護之家、或者集合住宅等超過單一住宅單元。

此認證分為五等級，第五等級表示最優，所評分的项目分為三大項，包括：居住成本(My Costs)、健康福祉(My Wellbeing)和環境足跡(My Footprint)：

- 1、居住成本包括家庭生活總成本，包含能源成本、材料年限、維護成本、極端氣候下的性能、可到達交通、便利設施之程度，此居住成本指標將會影響抵押貸款、保險與建設籌資。
- 2、健康福祉則以居住空間品質(室內空氣、溫度、光線與噪音)以及當地便利設施。
- 3、環境足跡則有新建築宅對環境排碳量、住宅建造環境衝擊與對生態加強或保護措施。

以上將會以計分卡形式來呈現，如下圖所示，包含兩個階段，候選證書階段為 HQM 設計評估階段，標章階段為完工階段。

¹⁴ GreenBookLive 係由 BRE Global 建立，是一個免費使用的在線數據庫，旨在幫助規範者和最終用戶，識別有助於減少對環境影響的產品和服務。BRE Global 是獨立的第三方認證機構，為國際市場提供防火、安全和永續性產品和服務的認證。

¹⁵ 技術手冊 <https://www.homequalitymark.com/professionals/standard/>

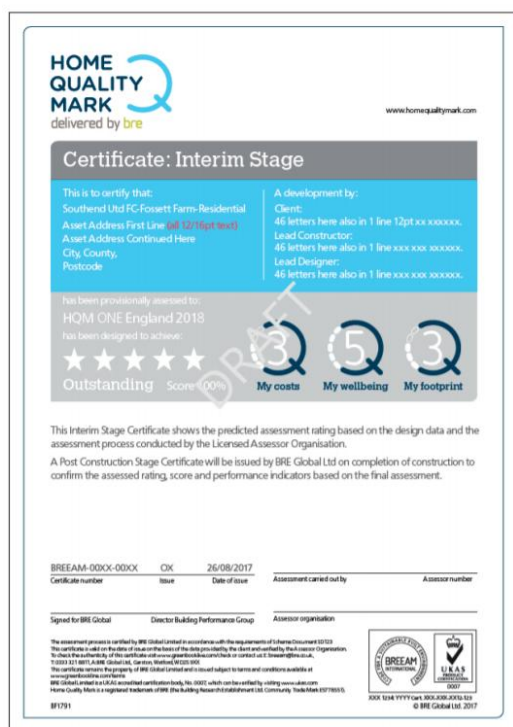


Figure 1: example of an interim certificate awarded during the HQM assessment process

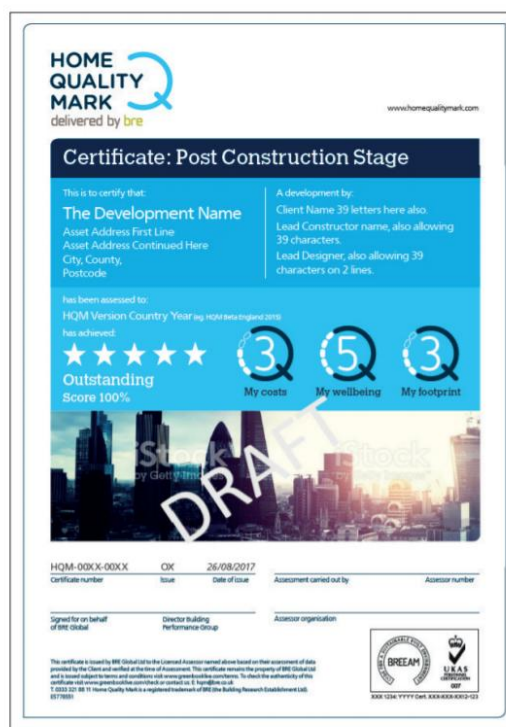


Figure 2: example of the final certificate awarded after construction

圖 3-3 設計階段之候選證書(左)及完工階段之標示(右)

資料來源：<https://www.homequalitymark.com/>

二、美國：

美國於住宅之近零能源建築標示系統中，以非營利組織住宅能源網絡 (Residential Energy Services Network, Resnet) 於 2006 年所開發推出的 HERS 指標(House/home energy rating systems, HERS)，並經美國能源部認可，為一種用於檢查和計算住宅能源性能的系統，係最早與廣泛認可採用，迄今約有 300 多萬戶住宅採用 HERS 指標評估，得分 0 才稱為淨零能源住宅(Zero Energy Home)，代表建築能源消耗完全由再生能源替代。

美國典型的二手房，在 HERS 指數上的評級為 130，而在符合當前國際能源節約法規 (IECC) 的標準新房中得分為 100。這些數字由美國能源部確定，數字越低代表房屋的能源效率就越高。舉例來說，HERS 指數得分為 65 的房屋，意味著比標準新房屋的能源效率高 35%，而得

分 130 的房屋比標準新房屋的能源效率低 30%，如下圖所示。

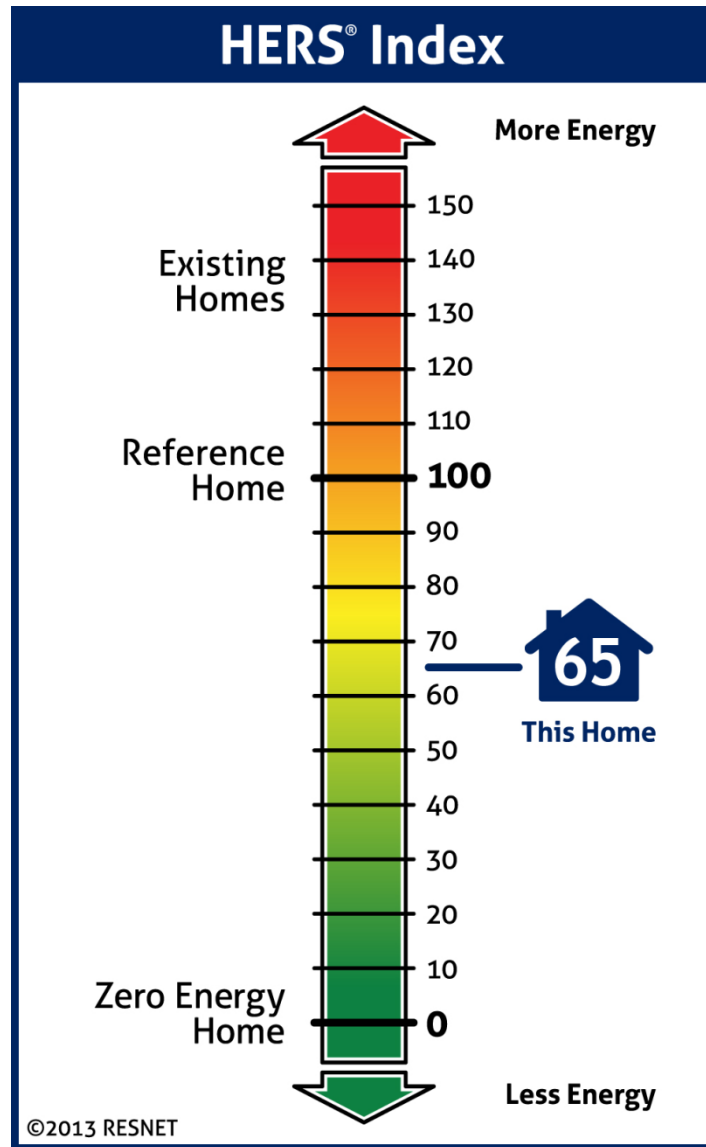


圖 3-4 Home Energy Rating System 示意圖

資料來源：<https://www.hersindex.com/hers-index/what-is-the-hers-index/>

而 2017 年起由美國能源部(Department of Energy, DOE)與再生能源辦公室(Office of Energy Efficiency & Renewable Energy)進行 ENERGY STAR 與 HERS 指標相關規範接軌¹⁶，推動準零耗能住宅(Zero Energy Ready Home, ZERH)標示系統，如下圖所示，主要目標是減少新建住宅

¹⁶ 接軌換算方式

https://www.energystar.gov/ia/partners/bldrs_lenders_raters/downloads/rev_8/ES%20HERS%20Index%20Target%20Procedure%20v36%202015-06-11_clean_508.pdf

能源消耗(以 2009 年為基準年)，依據 2019 年 5 月公布之國家計畫標準 (National Program Requirements Rev.07)¹⁷，若取得標示之新建住宅，將可較基準年之新建住宅節能約 40~50%。此外美國以加州地區最為積極，訂定 DOE ZERH 計畫要求¹⁸，包括應符合加州家庭基線、相關外殼規定、更好的照明與設備使用效率等，且均符合 HERS 指標。



圖 3-5 ZERH 標示示意圖

資料來源：<https://www.echotape.com/blog/realistic-zero-energy-ready-homes/>

「準零耗能住宅」主要分為單戶家庭¹⁹(Single Family)與多戶家庭²⁰(Mutifamily)兩大類，其規範標準以美國《國際節能規範》(International Energy Conservation Code, IECC)所分八個氣候區域來進行查核，DOE

¹⁷ <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/04/f62/DOE%20ZERH%20Specs%20Rev07.pdf>

¹⁸ 加州地區 DOE ZERH 計畫要求
<https://www.energy.gov/sites/default/files/2018/07/f53/DOE%20Zero%20Energy%20Ready%20Home%20CALIFORNIA%20Program%20Requirements%20Rev%2007.pdf>

¹⁹ ZERH 單戶家庭規範
https://www.energystar.gov/partner_resources/residential_new/homes_prog_reqs/national_page

²⁰ ZERH 多戶家庭規範
https://www.energystar.gov/partner_resources/residential_new/homes_prog_reqs/multifamily_national_page

網站也同時提供相關 ZERH 住宅案例與製造商供民眾進行查詢²¹，其中需注意的是，Energy Star 將針對多戶型新建住宅進行變革，2019 年多戶型新建住宅(Multifamily New Construction program)適用規範標準為 ERI and Prescriptive (IECC)或 ASHRAE / Title 24 規範標準，將於 2021 年 7 月 1 日後，改採多戶高層住宅(Multifamily High Rise Program)，也就是說若新建築住宅低於三樓層且居住單位佔建築面積 80%採用 Energy Star Certified Homes，六層樓以上且居住單位未佔建築面積 80%採用 ENERGY STAR Multifamily High Rise。

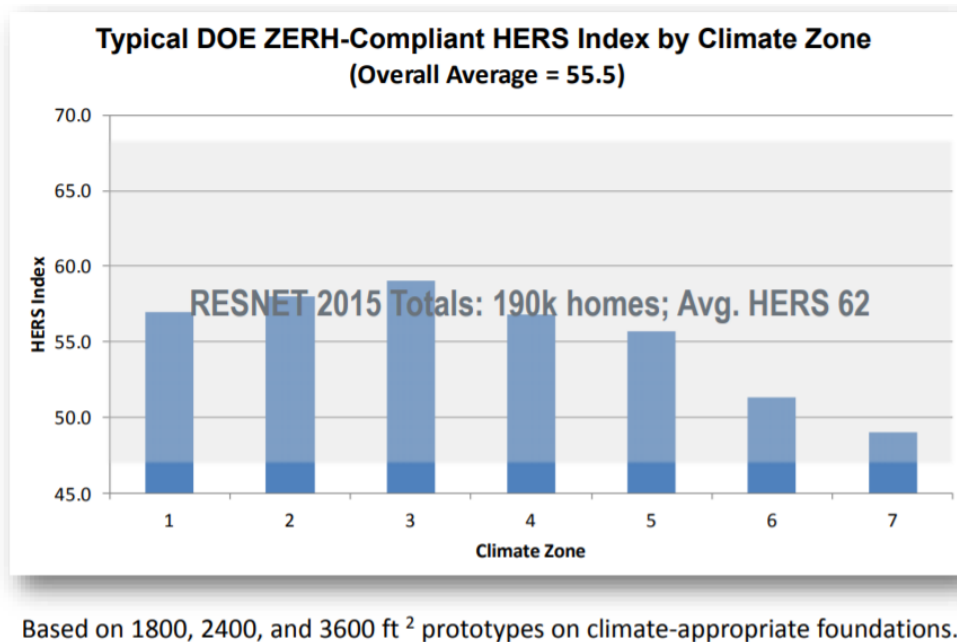


圖 3-6 DOE ZERH 對應 HERS 指標分數

資料來源：

<http://conference2016.resnet.us/data/energymeetings/presentations/RESNET-2016-DOE-Zero-Energy-Ready-Homes-Part-2-Rating-and-Verifying.pdf>

²¹ <https://www.energy.gov/eere/buildings/maps/doe-tour-zero>

表 3-1 DOE 對 ZERH 住宅的規範要求

項目	規範要求																			
1. 能源之星家庭基線 (依住宅類型)	□取得能源之星「合格居住計畫」(ENERGY STAR Qualified Homes Program)3、3.1 或 3.2 版本(之前版本規範較為寬鬆)²² □或取得能源之星「多戶家庭新建住宅居住計畫」(ENERGY STAR Multifamily New Construction program Version)1.0 或 1.1 版本²³																			
2. 建築外殼	□U 值與太陽熱得係數(SHGC) <table><tr><td rowspan="3">Window Specs Required for DOE Zero Energy Ready Home Projects</td><td colspan="2">Hot Climates IECC CZ 1-2</td><td colspan="2">Mixed Climates IECC CZ 3-4 except Marine</td><td colspan="2">Cold Climates IECC CZ 5-8 and 4 Marine</td></tr><tr><td>U-Value</td><td>SHGC</td><td>U-value</td><td>SHGC</td><td>U-Value</td><td>SHGC</td></tr><tr><td>0.40</td><td>0.25</td><td>[CZ 3] 0.30 [CZ 4] 0.30</td><td>[CZ 3] 0.25 [CZ 4] 0.40</td><td>0.30 0.31 0.32</td><td>Any ≥0.35 ≥0.40</td></tr></table> □2015 IECC level 標準之天花板、牆面、地板和隔熱	Window Specs Required for DOE Zero Energy Ready Home Projects	Hot Climates IECC CZ 1-2		Mixed Climates IECC CZ 3-4 except Marine		Cold Climates IECC CZ 5-8 and 4 Marine		U-Value	SHGC	U-value	SHGC	U-Value	SHGC	0.40	0.25	[CZ 3] 0.30 [CZ 4] 0.30	[CZ 3] 0.25 [CZ 4] 0.40	0.30 0.31 0.32	Any ≥0.35 ≥0.40
Window Specs Required for DOE Zero Energy Ready Home Projects	Hot Climates IECC CZ 1-2		Mixed Climates IECC CZ 3-4 except Marine		Cold Climates IECC CZ 5-8 and 4 Marine															
	U-Value		SHGC	U-value	SHGC	U-Value	SHGC													
	0.40	0.25	[CZ 3] 0.30 [CZ 4] 0.30	[CZ 3] 0.25 [CZ 4] 0.40	0.30 0.31 0.32	Any ≥0.35 ≥0.40														
3. 風管系統	□風管系統配置於住宅隔熱與空氣邊界間，或達同等性能 □空調配置於住宅熱區與空氣邊界間																			
4. 用水效率 (二擇一)	□熱水輸送系統(分散或集中式)滿足高效率設計要求 □熱水器和固定裝置應符合效率標準																			
5. 照明與設備	□所有安裝的冰箱、洗碗機和洗衣機均符合能源之星標準 □80%的照明燈具在至少 80%的插座中符合 ENERGY STAR 標準或 ENERGY STAR 燈（燈泡） □所有安裝的浴室通風和吊扇均符合能源之星標準																			
6. 室內空氣品質	□通過 EPA Indoor airPLUS 認證																			
7. 可再生能源	□完成美國能源部準零耗能家庭太陽能就緒清單																			

資料來源：<https://www.energy.gov/eere/buildings/zero-energy-ready-homes>

²² <https://www.energystar.gov/sites/default/files/National%20Program%20Requirements%20Version%203Rev%2011.pdf?2f13-f801>

²³ https://www.energystar.gov/sites/default/files/asset/document/ENERGY%20STAR%20MFNC%20National%20Program%20Requirements%20Version%201.1_OR-WA_1.2_Rev02.pdf?859d-5140

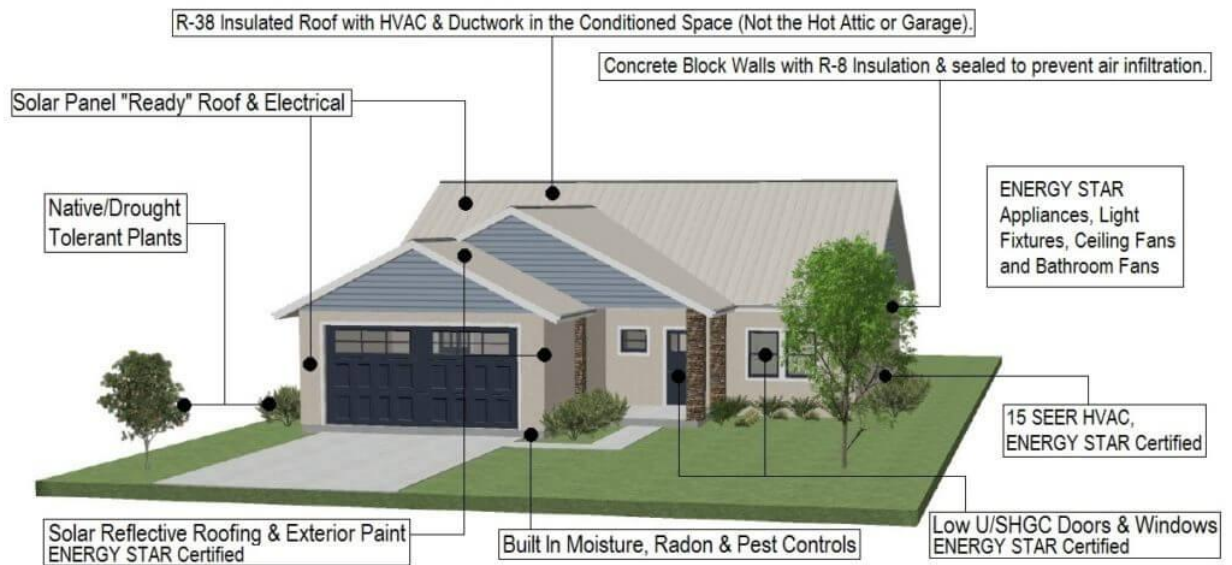


圖 3-7 ZERH 住宅規範項目示意圖

資料來源：<https://www.echotape.com/blog/realistic-zero-energy-ready-homes/>

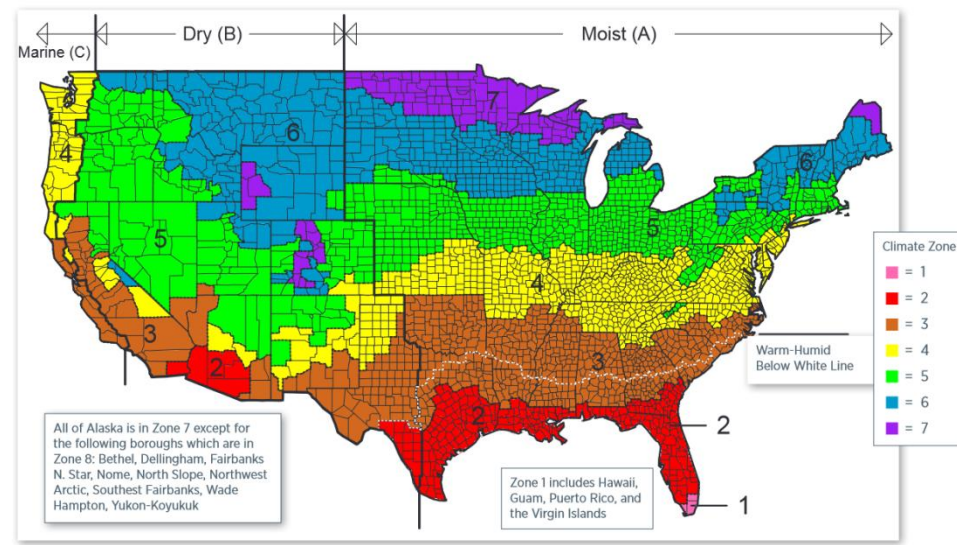


圖 3-8 美國氣候分區圖

資料來源：<https://www.energy.gov/eere/buildings/zero-energy-ready-homes>

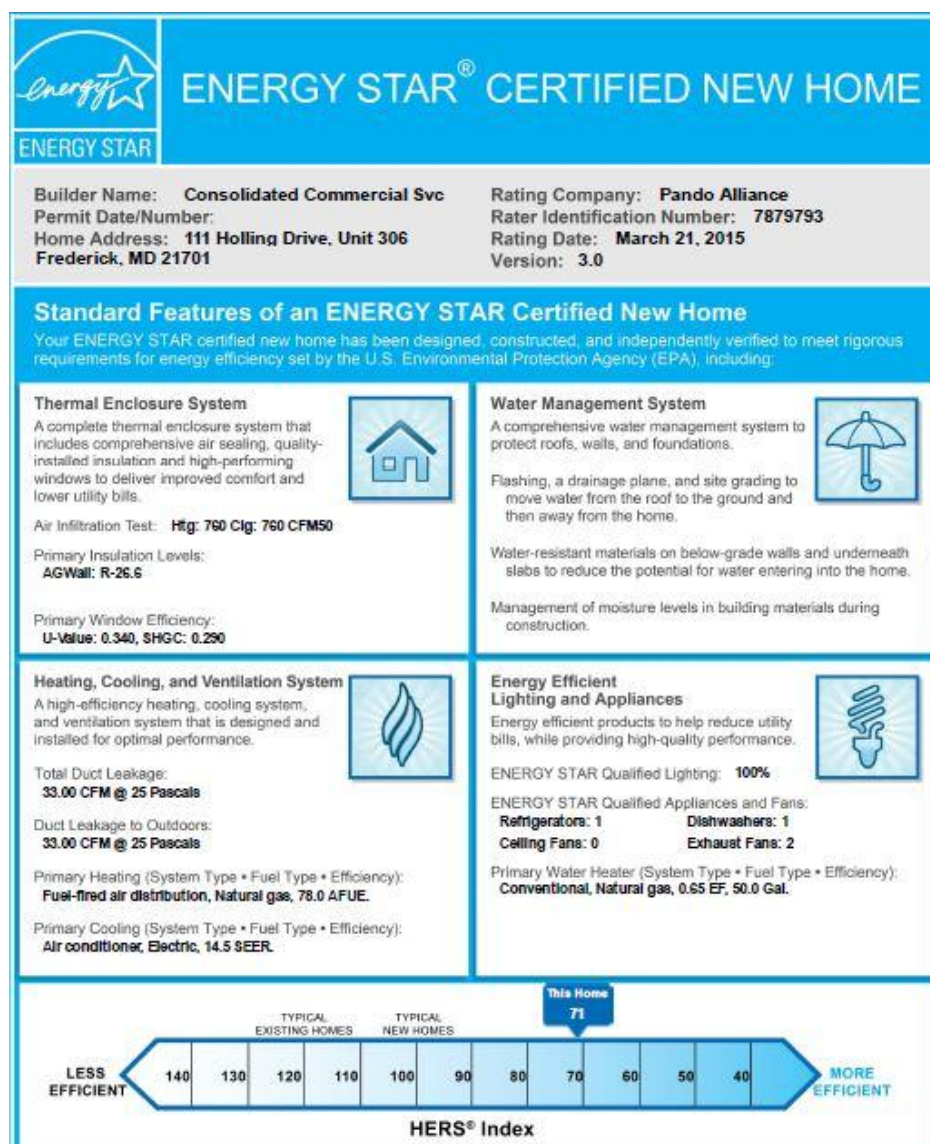


圖 3-9 Energy Star 新建住宅與 HERS 標示

資料來源：

<https://www.eastofmarketapts.com/an-energy-star-certified-community/>

三、日本：

日本係由經產省、國土交通及環境省共同推動住宅（House）及建築物（Building）之零耗能化。其中 ZEH（Net Zero Energy House）制度之推動，係以提高住宅之隔熱性及節能功能，實現超過節能基準 20% 以上之節能，並活用太陽能發電等創造能源，使得年間一次消費能源量（空

調、熱水器、照明及換氣)等之收支為負數或0以下之住宅²⁴。

在2014年日本內閣決議之能源基本計畫中，要求「2020年之過半新建住宅、2030年為止所有新建住宅實現ZEH之目標」。2017年6月內閣決議之「未來投資戰略2017」中，則再進一步針對集合住宅建築，2030年為止之新建住宅及建築物，達成ZEB(Net Zero Energy Building)為目標²⁵，以徹底推動節能。目前最新是在2018年7月日本內閣通過的第5次能源基本計畫中，也特別提到為了推動ZEH及ZEB，須留意不可欠缺之再生能源，於引進導入時之相關政策及協調，應採取相關普及促進措施²⁶。

為了達成上述目標，經產省創設ZEH及ZEB相關建築業者(ZEH builder)及(ZEB planner)登錄制度。經產省定期公佈ZEH之販售目標及販售成績等，對於積極實現ZEH之大型建商、地方小型建商等，作為「ZEH builder」，採以「ZEH builder」之建築作為接受ZEH補助金之援助要件。ZEH之販賣件數過去3年急速增加，至2016年達到3.4萬戶，2016年終時有5,566家ZEH builder，但是2016年度自公司販賣目標之達成僅有24%程度，要達成2020年及2030年之時程表目標，仍有待解決之課題。因此對於再生能源發電成本的降低，不僅是賣電而需以自家消費觀點，進行是否合理使用之選擇與檢討。

日本從2016年3月開始實施ZEH建商支援補助業務，採取ZEH建築業者公開徵選、登記制度以及目標值公布等制度，從施行開始一年多，到2018年1月為止總共有6,303家登記，登錄的業者比預期多，對於ZEH制度的普及有正向意義。登錄之ZEH相關建築業者可申請ZEH builder標章，此標章可標示在受有第三方認證之節能評價住宅及ZEH builder所印製之住宅型錄上，以及實現ZEH所必要之高機能建材與高

²⁴：〈ZEH(ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス)に関する情報公開について〉
http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/zeh/ (最後瀏覽日:2018/06/25)。

²⁵：未來投資戰略2017-society5.0の実現に向けた改革—(2017年6月9日)
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/miraitousi2017_t.pdf (最後瀏覽日:2018/06/25)。

²⁶：〈エネルギー基本計画(案)〉，34頁(2018年5月16日)。

效率設備等。

此一標章以 ZEH 之特徵，即「舒適之屋內環境」以及「好住的家」為象徵，在「節能生活」之樹葉象徵下予以一體化，依照申請次序發給登記號碼。此一標章制度與建築節能法第 7 條節省機能標章之 BELS(第三方認證制度) 互相統合，個別住宅已受 ZEH 標章標示者，也同時取得 BELS 標章。



圖 3-10 ZEH Builder 和 ZEH Planner 標章

資料來源：日本經產省

日本對於 ZEH 之定性定義，係指「大幅提升外殼隔熱性能等的同時，藉由引進高效率設備系統，維持室內環境品質並實現大幅度節能，並透過引進可再生能源，目標為全年一次性能源消耗量收支為零的住宅」，至於日本 ZEH 政策對象範圍為新建住宅。

ZEH 之設計概念如圖 3-11，定義如圖 3-12 所示。為了普及 ZEH，依據上述，ZEH 又可分為：

1. ZEH (NET · ZERO · ENERGY · HOUSE)：備有外殼高隔熱化及高效率節能設備，藉由可再生能源，使全年一次性能源消耗量淨值為零或負值的住宅。
2. Nearly ZEH (Nearly · NET · ZERO · ENERGY · HOUSE)：著眼於 ZEH 的先進住宅，備有外殼高隔熱化及高效率節能設備，藉由可再生能源，使全年一次性能源消耗量趨近於零的住宅。

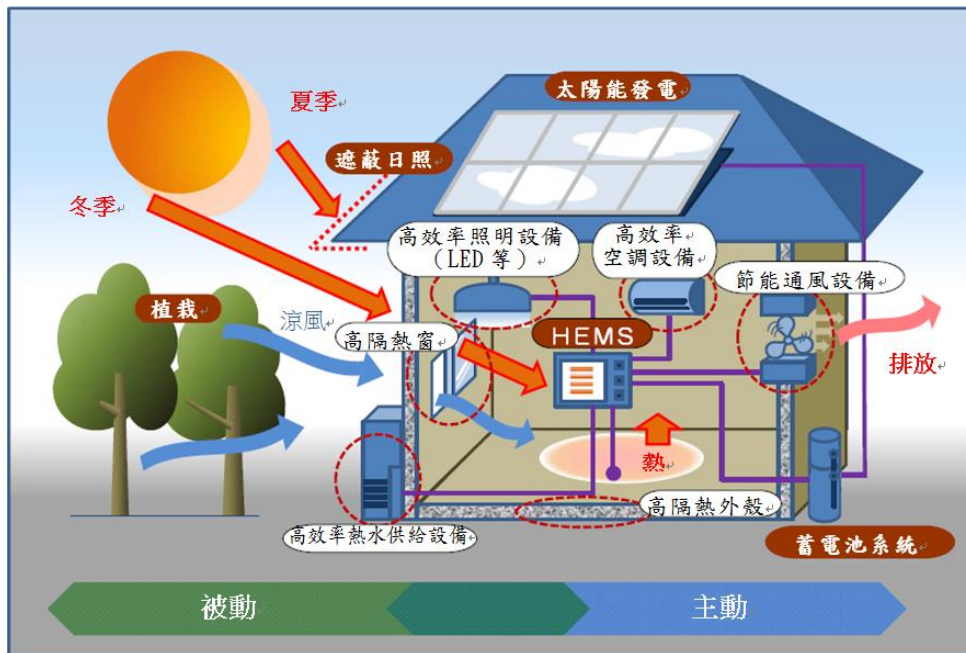


圖 3-11 ZEH 設計概念圖

資料來源：平成 26 年度補助住宅、建築物創新節能技術引進促進事業，
日本經產省

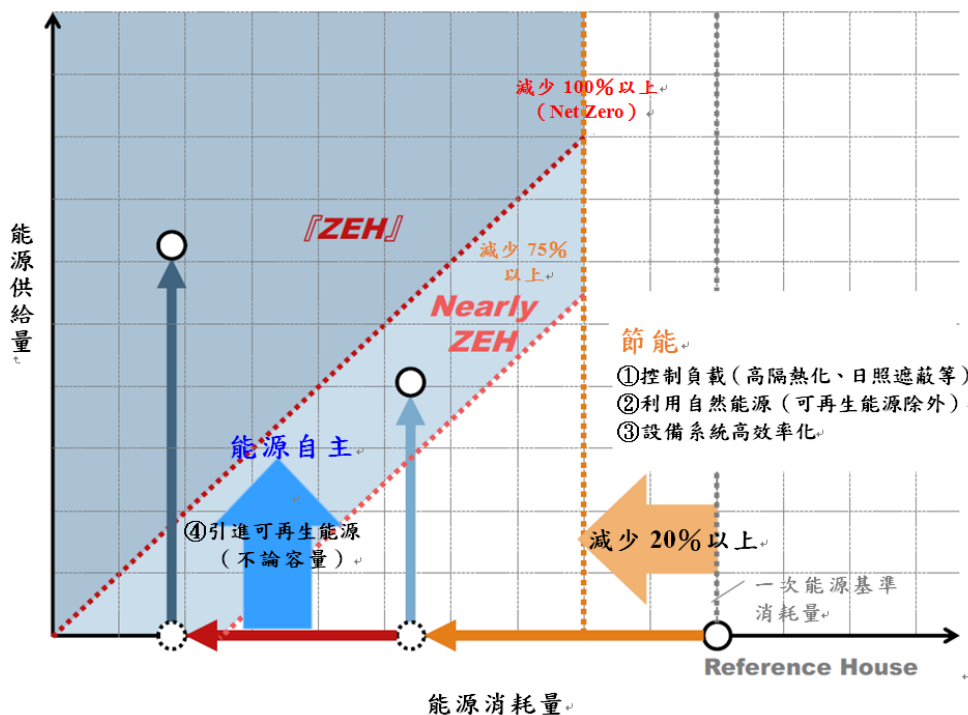


圖 3-12 ZEH 定義

資料來源：平成 26 年度補助住宅、建築物創新節能技術引進促進事業，
日本經產省

在此情況下，為了確保今後數十年～半世紀住宅領域的能源節省，並打造優良住宅建物，對於竣工後難以做根本上改善的房屋主體及外殼，有必要在新建時引進高性能建材。惟住宅實際使用能源，受居住者家庭結構、年齡、氣候等影響甚大，故在設計階段很難全面預測、因應。因此，日本對於 ZEH 之評估，係針對設計階段做評估，而不包括營運使用階段。

至於 ZEH 的判斷基準（定量定義），為滿足以下定量要件之住宅：

1. ZEH：完全符合以下①～④的住宅

- ①滿足強化外殼基準（1～8 地區平成 25 年（2013）節能基準（確保 ηA 值、氣密・防結露性能等留意事項），且 UA 值 1、2 地區：相當於 $0.4 [W/m^2 K]$ 以下；3 地區：相當於 $0.5 [W/m^2 K]$ 以下；4～7 地區：相當於 $0.6 [W/m^2 K]$ 以下）。
- ②除可再生能源之外，減少 20% 以上的一次性能源基準消耗量。
- ③引進可再生能源（不論容量）。
- ④加上可再生能源，減少 100% 以上的一次性能源基準消耗量。

2. Nearly ZEH：完全符合以下①～④的住宅

- ①滿足強化外殼基準（1～8 地區平成 25 年節能基準（確保 ηA 值、氣密・防結露性能等留意事項），且 UA 值 1、2 地區：相當於 $0.4 [W/m^2 K]$ 以下；3 地區：相當於 $0.5 [W/m^2 K]$ 以下；4～7 地區：相當於 $0.6 [W/m^2 K]$ 以下）。
- ②除可再生能源之外，減少 20% 以上的一次性能源基準消耗量。
- ③引進可再生能源（不論容量）。
- ④加上可再生能源，減少 75% 以上、未滿 100% 的一次性能源基準消耗量。

日本於一次性能源基準消耗量、一次性能源設計消耗量的對象為冷暖氣、通風、熱水供給、照明。計算方法則依照平成 25 年節能基準訂定的方法。另因法令修改等需修正計算方法時，以最新節能基準的計算

方法為準。

針對可再生能源量的對象，限定為基地內（on-site），自家消耗量、賣電量也列入對象。但是從能源自給的觀點出發，可再生能源不會全額收購，只會收購剩餘電力。此外，期待能活用蓄電池，貯存可再生能源，讓發電時間以外也可使用。另外值得注意的是，日本 ZEH 之目標對象為新建住宅中的新建獨棟住宅。推動集合住宅節能雖也是重要課題，不過，與該建築物的能源消耗量相比，產出可再生能源的面積（屋頂面積）受限，處於難以達成的狀況，故而傾向將集合住宅從能源基本計畫的 ZEH 目標對象排除。

此外，日本存在許多認證低碳住宅、智慧健康宅、LCCM（Life Cycle Carbon Minus）住宅等類似制度，為明確化與這些制度與 ZEH 的差異及關係，整理如圖 3-13 所示。

日本經濟產業省資源能源廳，自平成 24 年度（2012 年）起，針對結合高隔熱性能之建築外殼、高性能設備及控制機構等，可達成全年一次性能源消耗量淨值為零之住宅，引進「住宅、建築物創新節能技術引進促進事業（NET ZERO ENERGY HOUSE 支援事業）」實施費用補助。日本平成 24 年（2012）～平成 26 年（2014）ZEH 補助事業概要如表 3-2 所示。

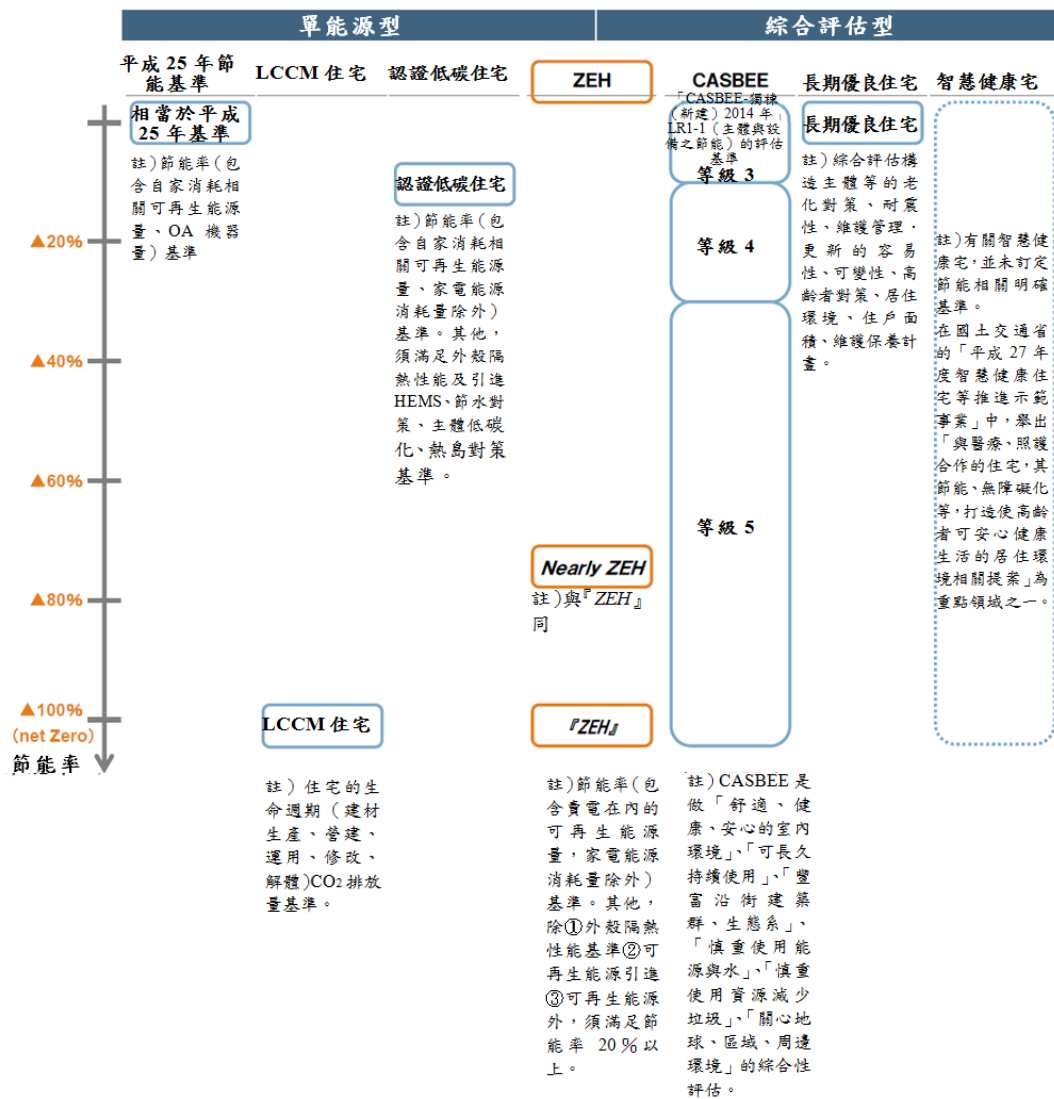
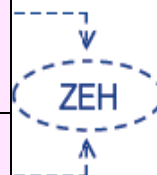


圖 3-13 ZEH 與低碳住宅、智慧健康宅、LCCM 住宅等制度比較圖

資料來源：平成 27 年 ZEH 路線圖審查委員會摘要，日本經產省

表 3-2 日本平成 24 年(2012)～平成 26 年(2014)ZEH 補助事業概要

	H24 年度	H25 年度	H26 年度	H26 年度補助
隔熱性能 () 內為寒冷 地區數值	Q 值 1.9(1.4)以 下	Q 值 1.9(1.4)以 下	UA 值 0.6(0.4) 以下 Q 值 1.9(1.4)以 下	UA 值 0.6(0.4) 以下 Q 值 1.9(1.4)以 下
太陽能除外 一次性能源 減少消耗率	未設定要件 (但為審查項 目)	未設定要件 (但為審查項 目)	明白標示為審 查項目	設定 20% 以上
其他	必須引進先進 節能系統	必須引進 PLUS ONE 系 統	必須引進 PLUS ONE 系 統	
太陽能發電	剩餘收購 (無上限)	剩餘收購 (無上限)	剩餘收購 (無上限)	剩餘收購 (上限為未滿 10Kw) ※
補助金額	補助對象費用 1/2 以內 上限 350 萬日 圓	補助對象費用 1/2 以內 上限 350 萬日 圓	補助對象費用 1/2 以內 上限 350 萬日 圓	固定為 130 萬 日圓 (寒冷地區特 別規格為 150 萬日圓)
補助對象費用 計算	隔熱及通風設 備採差額計價 設備採個別計 價	隔熱可選擇簡 易計算或差額 計價 設備採個別計 價(設定上限 單價)	隔熱依性能採 簡易計算 設備採個別計 價(設定上限 單價)	採定額制，故 不需要
實績(確定給 付基準)	443 件	1,055 件	938 件	6,146 件



※備註：太陽能板標稱最大輸出未滿 10kW，或電源調節器額定輸出未滿 10 kW。

資料來源：日本經產省

第四章 新建集合住宅導入近零能源建築技術之推動策略

前章業已就國際間推動近零能源住宅之概況及內容進行介紹。本章將參考國際作法，融合臺灣本土之綠建築技術及條件，研擬我國新建集合住宅導入近零能源建築之規劃重點及技術清單，並就我國當前國情環境研擬其推動策略及進程，以供政府未來推動之參考。

第一節 我國新建集合住宅之類型及能源使用情況

依據「建築技術規則」設計施工篇第一章第一條第二十一款之規定，集合住宅定義為：「具有共同基地及共同空間或設備，並有三個住宅單位以上之建築物」。亦即集合住宅係指有多個住宅單元，且具有共同持分土地產權、公共設施²⁷的建築物，只要符合上述條件的透天連棟、獨棟或公寓大廈，均為集合住宅。另依照公寓大廈管理條例之定義，「共用部分」指公寓大廈專有部分以外之其他部分及不屬專有之附屬建築物，而供共同使用者。

另依據營建署最近一次住宅狀況抽樣調查報告²⁸指出，我國住宅類型中，主要以透天厝 49.20%居多，其次是公寓占 19.20%及大樓占 19.18%，再其次是華廈占 11.65%，以農舍的 0.78%最少，如圖 4-1 所示。惟依照我國國情，透天厝通常為獨戶住宅，而農舍亦通常為獨棟獨戶，故本研究係針對下列常見之集合住宅類型進行探討：

- 1、 公寓：一般指樓層數較少、沒有電梯設備且公設比較低之集合住宅，其公設比約 10%左右甚至更低。
- 2、 華廈：一般指 10 層以下並擁有電梯的集合住宅，通常只會有梯廳、警衛管理室、地下停車場等公共設施，公設比大約介於 13-25%。
- 3、 大樓：一般指超過 10 層樓並擁有電梯的集合住宅，常見包括中庭

²⁷ 所謂公共設施泛指有關「共用空間」的相關設施，如為休閒設施、文教設施、服務設施、公益設施、交通運輸設施或空間等，簡稱公設。

²⁸ 營建署每 10 年進行一次我國住宅狀況調查，最近一次調查係 105 年 4 月 1 日至 7 月 15 日期間。

花園、地下停車場、警衛管理室、健身房、游泳池等多樣公共設施，公設比約在 30-40%不等甚至更高。

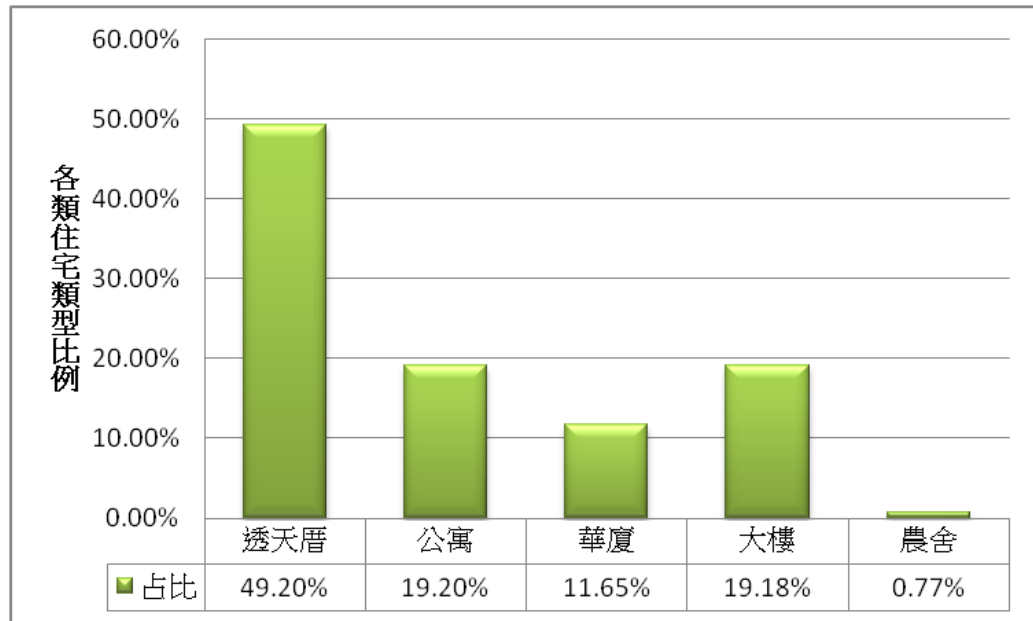


圖 4-1 我國各類住宅類型所占比例

資料來源：營建署住宅狀況抽樣調查報告及本研究整理

綜上所述，集合住宅可區分為兩部分，一為專屬之住宅單元，係供住戶生活之私人空間；二為共用之公共設施單元，係供住戶共同持有使用之相關設施空間，如梯廳、地下停車場、管理室、閱覽室、會客室、交誼廳、健身房、咖啡廳、室內球室等。依據國內針對公寓大廈公共設施用電相關文獻²⁹顯示，公共設施用電約占整棟集合住宅建築用電 33~38%，顯見公共設施單元之用電量不容小覷，若能落實導入建築節能改善或管理，將對住宅部門之節能減碳有相當大之貢獻。

本研究經蒐集國內住宅用電之相關文獻，整理其能源使用情形說明如下：

1、住宅單元部分：

²⁹ 紀柏全、蘇梓靖等，2016，新北市公寓大廈社區公共設施節能狀況探討。

依據國內研究調查顯示³⁰，公寓類型建築物全年度耗電以家電耗電佔比最高達到 51%，其次為照明佔 27%、空調佔 22%。透天類型建築物全年度耗電以家電耗電佔比最高達到 48%，其次為照明佔 34%、空調佔 18%，如圖 4-2 所示。惟國內一般建築物當申請建築使用執照、建商交屋或房屋買賣時，幾乎所有電器設備皆尚未裝設，所以在前述階段檢核的重點，似乎僅有建築物外殼對未來空調需求的影響，惟該部分已涵括在建築技術規則及綠建築標章制度的「日常節能」評估內容中。所以在取得使用執照或新成屋買賣時，除非建商針對私有之住宅單元已先行裝設空調、照明、必要家電(如冰箱、熱水器、電視等)設備，否則進行建築能效標示之意義不大。

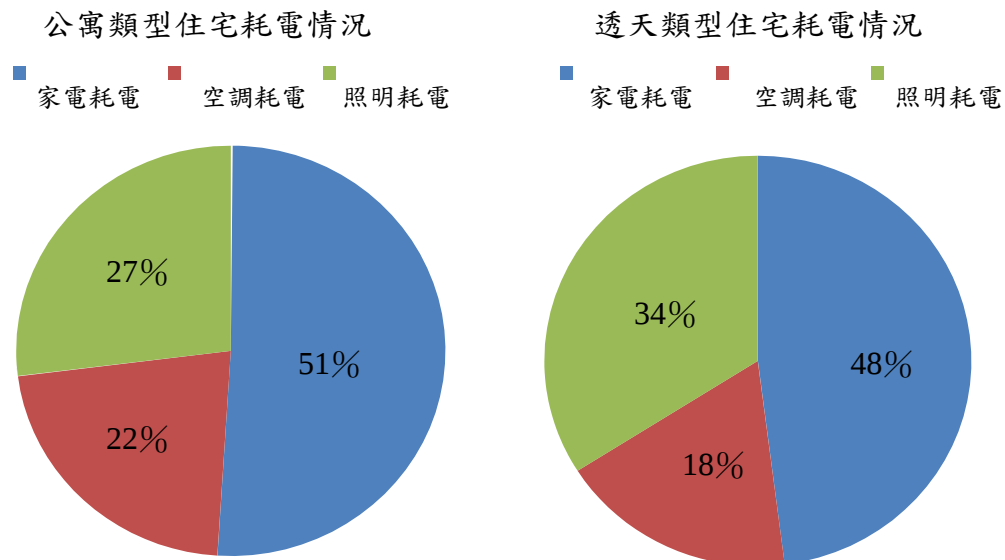


圖 4-2 我國住宅類建築耗電情況

資料來源：郭柏巖，2008，住宅類建築耗電測與解析

2、公共設施單元部分：

根據相關文獻調查³¹顯示，公共用電主要設備之的用電比例如表 4-1 所示，其中耗電占比最大設備項目，依序為照明 33~38%、電梯動力 27~40%、給排水泵及抽排風機設備 16~29%，反而因為公共空間之空調

³⁰ 郭柏巖，2008，住宅類建築耗電測與解析。

³¹ 何信志，2011，集合住宅耗能與節能潛力(簡報)。蔣順田，2005，高層集合住宅大樓公共設備節能綜效之研究－以臺灣南部地區為例。

設備因住戶使用時間不長，通常管委會要求節省少開冷氣，故其空調耗電占比偏低僅不到 10%。因此，若要針對公共設施單元用電進行建築能效標示，主要之大耗電項目為照明、電梯、揚水泵、地下停車場抽排風機等。

表 4-1 集合住宅之公共設施耗電組成

調查文獻	耗電分類	耗電占比
蔣順田， 2005	照明耗電	33%
	水泵耗電	29%
	電梯耗電	27%
	其他耗電	11%
何信志， 2011	照明耗電	38%
	給排水、抽排風、泳池耗電	16%
	動力、電梯耗電	40%
	空調耗電	6%

資料來源：整理自蔣順田，2005 及何信志，2011

第二節 新建集合住宅導入近零能源建築技術之核心

根據學者 Deng (2014) 提出了 NZEB 之核心元素包括三大部分：

- 1、建築物本體應採取良好的「被動式建築設計」，包括建築物合宜的座向、高性能隔熱、良好的密封性，及窗戶的外遮陽等。
- 2、建築物內之耗能設備需採用高效率的「主動式設備設施」，以有效的降低建築能耗的負載，並維持室內環境之健康與舒適，如 HVAC（加熱，通風，空調）系統、DHW（家用熱水）系統、照明系統、EMS（能源管理系統）等。
- 3、需考量設置「再生能源發電系統」，以抵消其負載，可分為現址的（on-site）再生能源，例如太陽能、風能、水力、生質能、地熱與

海洋能等；或是現址以外的（off-site）再生能源，例如來自社區規模的能源設施，以及公用電廠提供的「綠色電力」（Green power）等。

此處需特別強調的是，零耗能建築除需使用再生能源發電外，尚需搭配電池儲能系統、分散式供電系統及周圍電網（grid）共同組成，將可調節尖離峰時段之用電，改善再生能源供給不穩定，或發電時段與用電時段之落差，有助於穩定供電品質。綜合而言，NZEB 的設計過程，需持續進行改善設計、分析，直到符合接近零耗能之績效目標為止，其核心元素之概念如圖 4-3 所示。

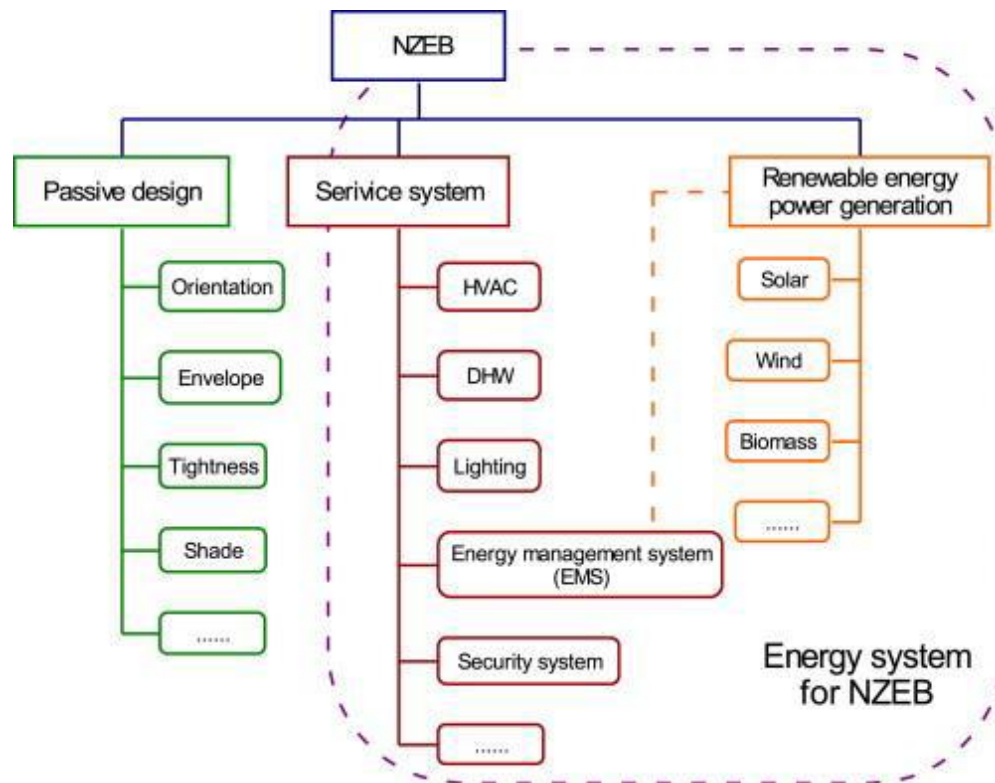


圖 4-3 NZEB 核心元素之概念

資料來源：Deng, 2014

為提升我國建築物能源效率，本所參酌國際間推動建築節能策略之新趨勢及我國亞熱帶高溫高濕氣候與國情，於現有之綠建築標章制度

下，整合建築能效評估與標示系統，並定義近零碳建築及淨零建築。其中近零碳建築係指建築設計採用現行最佳節能技術與策略，達到最佳能耗表現，其節能率達 50% 以上，惟此處需特別說明，原採用之「近零能源建築」改採「近零碳建築」的原因，乃考量依行政院宣示之淨零排放政策目標，係以減碳為目的。至淨零建築，需先達近零碳建築水準，且其剩餘用電量採用再生能源碳中和至零排放。

因本研究係針對新建集合住宅達成近零能源建築（近零碳建築）之技術範疇，其中如建築物使用再生能源時，於評定建築能效等級時設有優惠計算方式。因此為利新建集合住宅達成近零能源建築（近零碳建築），後續各節將針對建築物本體設計、耗能設備系統技術及再生能源系統等三個面向進行探討。

第三節 新建集合住宅之外殼節能設計探討

台灣位於亞熱帶氣候區，根據中央氣象局統計資料顯示，全年相對濕度幾乎高於 70%，且夏季最高溫度可達 38°C 以上，在這種高溫高濕的氣候下，如何有效運用建築設計之策略，來提升住宅之能源使用效率及舒適度，為重要課題。國際上有許多學者進行相關研究，例如 Hyde（2000）針對熱濕氣候下的氣候特徵，提出住宅之設計手法³²，如住宅規劃設計採東西向長走道、挑高天花板、屋頂通風設計、窗戶外遮陽、露臺遮陰處理等方式，以達到冬暖夏涼、增加通風量及降低戶外熱輻射傳至室內之效果。在 Miller et al.（2011）所提出的住宅設計案中³³，也運用遮陽、蓄熱牆等設計策略來提升住宅的舒適度，並有效的降低能源使用。

本研究經參考相關研究文獻資料，針對亞熱帶氣候住宅歸納出有效之建築節能設計技術策略，說明如下：

³² R. Hyde, Climate Responsive Design, New York, 2000.

³³ W. Miller, L. Buys, Anatomy of a sub-tropical Positive Energy Home (PEH), Solar Energy doi:10.1016/j.solener.2011.09.028, 2011.

一、建築通風設計

通風換氣的目的係為充分供給新鮮氧氣、排出室內污濁空氣及部分室內熱負荷等。自然通風的路徑可簡單區分為單側開窗、相鄰開窗、相對側開窗等方式。但在設計上須考量通風路徑是否可將新鮮外氣帶入室內，並將室內污染物排出，避免產生通風死角。一般而言，單邊開窗之縱深超過 6 公尺、雙邊開窗之縱深超過 12 公尺，將不利自然風力通風。

通風最大效能是改善環境熱舒適性，並且提升工作效率。根據文獻顯示（林憲德，2008）³⁴，通風策略與開口部方位、大小、高低等有密切關係，開口位置的選擇與風的動向、日射量息息相關，適當的開口可增加通風效益；在亞熱帶氣候區中，日射量大，開口率對於空調耗電的影響相對也高，因此需依照不同的機能選擇適當的開口大小，且開口大小影響風量的流動與進出的多寡，如圖 4-4 所示；另開口位置的高低則會產生溫度差，進而影響浮力通風之效果，且擅用「多孔隙外殼」或「水平導風板」可引導風的流動，如圖 4-5 所示。風力與浮力兩種通風策略皆適宜運用於台灣亞熱帶氣候的建築設計，但風力通風效果仍較浮力通風為佳。

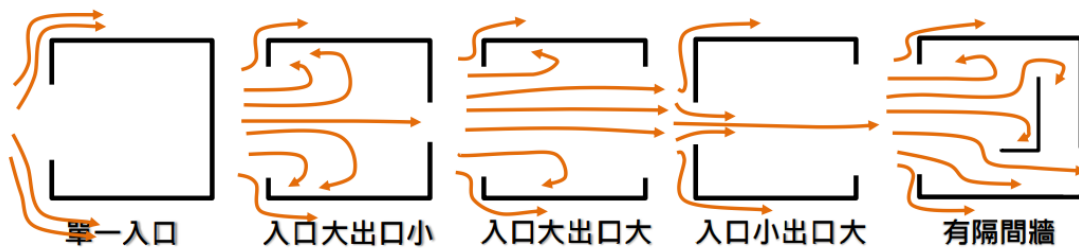


圖 4-4 建築平面圖上開口大小對於風流動之影響

資料來源：林憲德，2008，綠色建築

³⁴ 林憲德，綠色建築，詹氏書局，台北，2008。

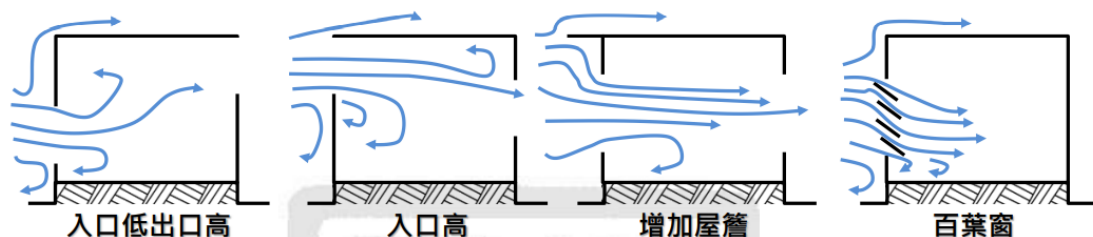


圖 4-5 立面圖上開口位置影響風的流動變化

資料來源：林憲德，2008，綠色建築

二、建築遮陽設計

建築外殼的開口部之設計，除了影響通風效果，也會影響到室外太陽輻射熱進入室內的程度，降低室內環境溫度，進而影響空調耗電，因此若能善用遮陽與採光將可有效降低建築能耗。

遮陽可分為內遮陽與外遮陽，其中內遮陽為窗內的遮陽，例如窗簾。外遮陽則是在建築物的開口部(門、窗戶)外側，裝置各種型式的構件，用來阻隔過多的太陽輻射熱進入室內，外遮陽設計在亞熱帶地區是節能最有效的方法之一，根據文獻分析顯示，1 公尺深的水平外遮陽，各方位平均約可節省 12% 空調用電，若僅考量空調尖峰用電的夏季月份，減幅更高達 17%，節能成效顯著（郭斯傑，2013）³⁵。上述內遮陽雖可阻隔陽光直接照射室內，惟因太陽輻射熱已經穿過窗戶玻璃，熱能仍將透過熱傳導逐漸進入室內環境，而外遮陽則於室外就已阻隔太陽輻射熱，降低外部熱能進入室內，故外遮陽效果遠大於內遮陽。

因建築於不同面向之太陽日射角度有所不同，故所需設置之外遮陽型式亦不同。一般來說，水平式適用於南向開窗；水平+垂直（格子）式適用於東南或西南向；東向或西向則適用垂直式。但由於東、西向的日照角度較低，垂直式僅能遮住部分日照，應將其朝向偏北或設計為活動式。圖 4-6 為各種外遮陽型式適宜的朝向示意圖，一般可分為 3 類：

³⁵ 郭斯傑，既有建築物外遮陽改善對空調用電影響之研究，2013。

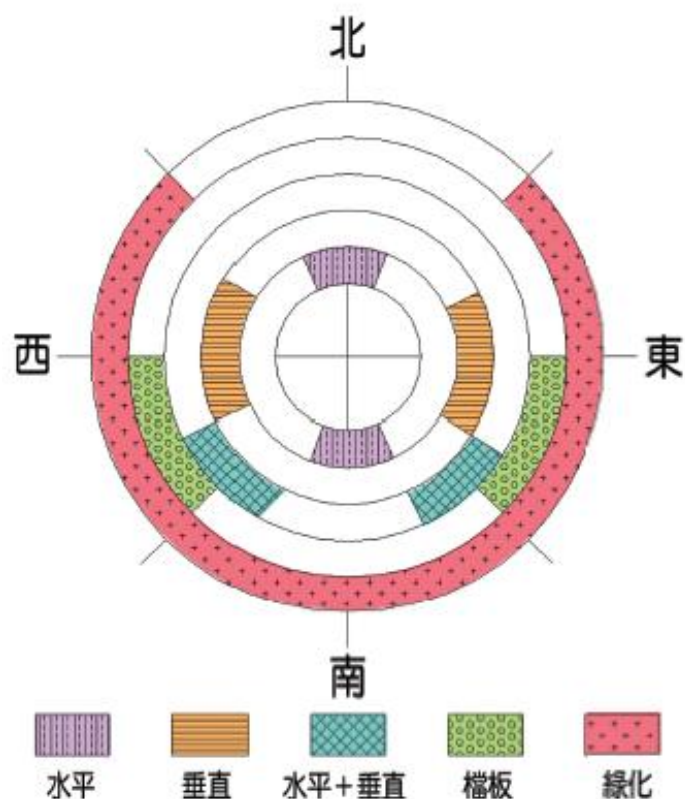


圖 4-6 外遮陽種類與其適用窗戶朝向示意圖

資料來源：內政部建築研究所，建築物外遮陽暨屋頂隔熱設計參考手冊

- 1、水平遮陽：可阻擋高角度傾射之太陽輻射線，台灣位於北半球，南向立面最適用水水平遮陽，如圖 4-7 所示。



圖 4-7 水平遮陽案例及示意圖

資料來源：內政部建築研究所，綠建築更新診斷與改造計畫

- 2、垂直遮陽：東西向太陽早晚射入室內的角度低，水平遮陽較無效果，可採垂直遮陽，如圖 4-8 所示。惟垂直遮陽對於風向具引導及屏障兩種作用，需留意處理避免造成通風不良。

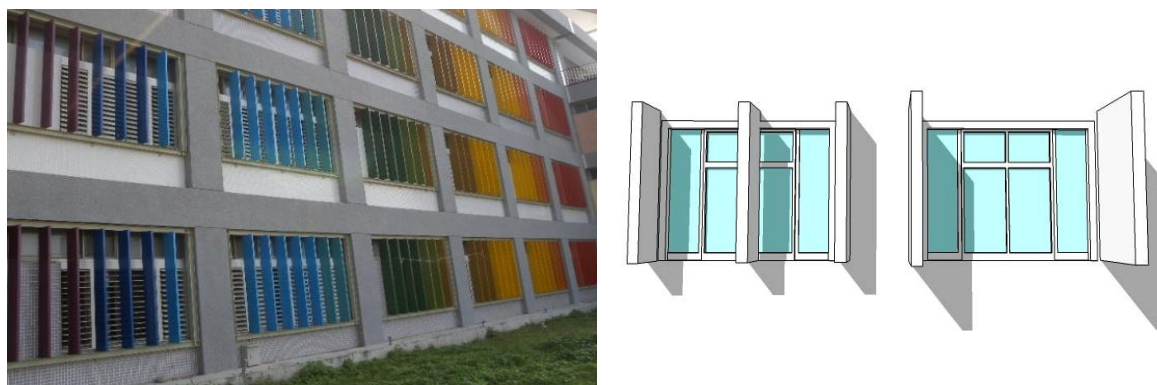


圖 4-8 垂直遮陽案例及示意圖

資料來源：內政部建築研究所，綠建築更新診斷與改造計畫

- 3、框架(水平+垂直)遮陽：兼具水平及垂直遮陽之優缺點，各方位的效果差異不大，為理想的遮陽形式，如圖 4-9 所示。



圖 4-9 框架(水平+垂直)遮陽案例及示意圖

資料來源：網路資料巴爾曼住宅

(<http://www.ideamsg.com/2011/01/balmain-house/>)

- 4、導光與遮陽並用：利用可改變角度或長度之導光板來採光，並同時

遮陽，例如以金屬穿孔板，百葉板、流線型板、半透明板、太陽能板，組合設計而成的遮陽板，令人為之耳目一新，如圖 4-10 所示。



圖 4-10 導光與遮陽並用案例及示意圖

資料來源：內政部建築研究所，綠建築更新診斷與改造計畫

三、建築外殼隔熱設計

建築物外殼分為屋頂與外牆兩部分，除區隔室內外空間外，主要為降低室外氣候對於室內環境之影響。經查文獻顯示，受太陽照射角度之差異，臺灣地區各方位及水平面之日射量比例如表 4-2 所示，水平方位的日射量為南向的 2.78 倍，故於接近正午時屋頂最為接近太陽光垂直照射，此時太陽輻射最大，對室內環境熱舒適性影響也最大，而外牆則因太陽照射角度較低，相對屋頂承受之太陽輻射熱，影響程度較小，故建築技術規則規定住宿類建築物的熱傳透率 U 值（Heat Transfer Coefficient），於屋頂應低於 $0.8 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ ，外牆應低於 $3.5 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ 。

表 4-2 臺灣地區各方位及水平面之日射量比例

方位	東面	南面	西面	北面	水平面
日射量比例	1.24	1	1.24	0.81	2.78

資料來源：內政部建築研究所，2007，建築物外遮陽暨屋頂隔熱設計參考手冊

以台灣濕熱型氣候條件而言，符合法規之 RC 構造的建築外牆，已具備適合生活居住之保溫效果，相對而言，建築物阻隔太陽輻射熱的屋

頂隔熱性能反而更顯重要。改善屋頂隔熱最多約可減少頂樓層 20% 空調用電，亦可增加室內熱環境舒適性。屋頂隔熱方式甚多，包括屋頂綠化，不但可替建築物室內降溫、綠美化都市環境以及淨化都市空氣，亦可降低都市熱島效應以減緩地球暖化；或是採用鋪設隔熱層，利用材料的熱阻特性來阻擋太陽輻射熱傳遞入室內；或是採用涼屋頂，藉由反射太陽輻射熱方式，減少屋頂吸收的太陽輻射熱，以降低屋頂層室內溫度，達到節能減碳及改善室內熱舒適度的效果。

茲整理屋頂隔熱技術說明如下：

1、施作屋頂綠化

在屋頂上進行綠化可達到建築隔熱降溫、減緩暴雨逕流、降低室內空調費用、淨化空氣污染等改善都市生態環境之目的。而常見綠屋頂做法包括盆鉢式屋頂綠化、薄層式屋頂綠化及庭園式屋頂綠化。而在綠屋頂鋪設過程中所鋪設之塑膠排水墊、碎石、土壤及其之間的空氣層都有阻熱的功能。

經過綠化之屋頂，可藉由土壤層與植被層吸收太陽輻射熱及蒸散水分，有效降低屋頂的表面溫度、外部周圍空氣溫度及屋頂的平均輻射溫度，減少太陽輻射熱對建築物的影響，降低屋頂表面熱流通過，進而降低建築物室內溫度與能源消耗。常見之屋頂綠化種類可分為薄層式屋頂綠化、盆鉢式屋頂綠化、庭園式屋頂綠化等，其採用之節能技術策略分別說明如下：

(1) 薄層式屋頂綠化：建造及維管費用低，且可大面積綠化，但植栽種類有限，人為活動空間較小，以體現生活、生態功能與環境的協調性為目的，新莊國民運動中心之屋頂薄層綠化即為典型案例，如下圖所示。至其設置條件之限制如下：

- A. 不限於平屋頂(適於屋面坡度 45 度以下)。
- B. 屋頂承載力需 $\geq 200\text{kg/m}^2$ 。
- C. 植栽種類有限，人為活動空間較小。



圖 4-11 薄層式屋頂綠化案例及示意圖

資料來源：內政部建築研究所，綠建築更新診斷與改造計畫

(2) 盆鉢式屋頂綠化：盆鉢式屋頂綠化需有高頻度人力維護管理為首要選擇條件，應盡量選擇有志工或居民可自行管理區域為佳，以快速綠化且短期使用為目的，受環境因素限制小，如下圖所示。至其設置條件之限制如下：

- A. 設於平屋頂(適於屋頂坡度 10 度以下)。
- B. 屋頂承載力需 $\geq 250\text{kg/m}^2$ 。
- C. 維護管理頻度高、費用中等。
- D. 須經常換植、除草，費工需有高人力維管為首要選擇條件。



圖 4-12 盆鉢式屋頂綠化案例及示意圖

資料來源：內政部建築研究所，綠建築更新診斷與改造計畫

(3) 庭園式屋頂綠化：庭園式屋頂綠化除需高頻度維護管理且需具技術性，建築物承載量和喬木固定問題是施作點首要考量條件，為永久性設置景觀設施，可供美觀欣賞及休憩功能之用，如下

圖所示。至其設置條件之限制如下：

- A. 設於平屋頂(適於屋頂坡度 10 度以下)
- B. 屋頂承載力需 $\geq 200\text{kg/m}^2$ (營業性屋頂庭園 $\geq 600\text{kg/m}^2$)
- C. 建造複雜，設計費用高，管理頻度也較高，建築物之承載量和喬木固定問題是施作點首要考量條件。



圖 4-13 庭園式屋頂綠化案例及示意圖

資料來源：技嘉科技企業總部屋頂綠化案例及內政部建築研究所

2、屋頂鋪設隔熱材料

隔熱材料主要是根據熱傳導原理，在底層利用不良熱導體（如：空氣層、橡膠、保麗龍等）以作為斷熱處理，一般常見有五角隔熱磚、PU 隔熱磚、PS 隔熱磚等。其中 PU 泡棉具有熱傳導率低、吸水率低、以及質輕等特點。本工法施工簡單，可自行施工，且外觀多樣美觀。

屋頂隔熱設計，係於原有的屋頂結構以及防水層上鋪設各種良好的隔熱材料，例如在防水層上面使用軟底施工法，設計 3 公分厚的 1:3 水泥砂漿，在水泥砂漿上面再鋪上一層 4 公分隔熱性能優良的包覆式 PS 板隔熱磨石磚，藉此方式降低屋頂層的 U 值，可降低太陽輻射熱進入到室內，增加室內人員的熱舒適性，減少空調開啟時間，達到節能減碳之目的。常見屋頂隔熱磚施作方式如下圖所示。至其設置條件之限制如下：

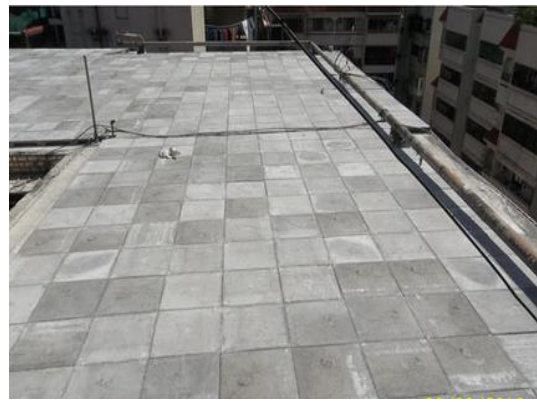
- A. 較不耐壓。
- B. 需注意隔熱磚下方與間隙積水情況。

C. 屋頂結構層無漏水情況。

D. 屋頂表層無障礙物(例如管線)者佳。



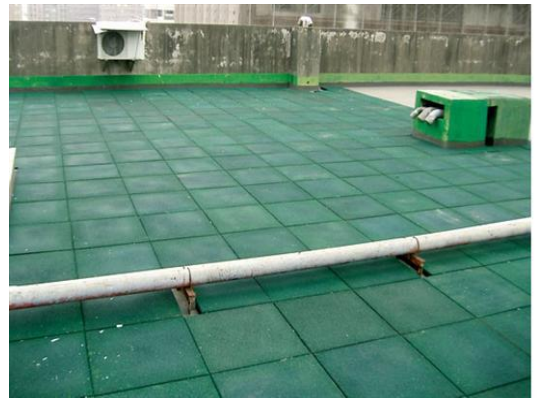
五角隔熱磚



完工後照片



包覆式 PS 板隔熱磚



完工後照片

圖 4-14 屋頂鋪設隔熱材料案例及示意圖

資料來源：內政部建築研究所，綠建築更新診斷與改造計畫

3、屋頂塗佈隔熱塗料

所謂的冷屋頂是於屋頂表面選用色彩明度高的材料（例如白色），藉以反射太陽的輻射熱，防止屋頂吸收過多的熱；此外，亦可藉由色彩明度高的隔熱塗料（例如白色）進行塗裝，來達成相當之效果，由於淺色漆對陽光本身就有一定的反射率，加上塗料中所添加之反射物質更能提昇太陽的輻射熱之反射率。本工法操作容易，可自行施工，且費用較低，另部分塗料兼具有防水功能，但價格較高。

惟台灣地處亞熱帶氣候的特徵為全年高溫，室內外的溫差不大，故

控制材料的反射隔熱的特性對建築全年耗能的影響效果有限。此外，台灣都市建築高度不一，採用高反射材料，有可能干擾鄰房的視覺舒適度，地面及牆面採用高反射材，會影響行人的熱舒適度，降低都市環境品質。故高反射率材質及塗層之使用應審慎評估。

常見冷屋頂施作方式及完成後如下圖所示。至其設置條件之限制如下：

- (1) 用久後，表面容易變髒，反射光及隔熱效果會變差，通常使用年限約 3~5 年。
- (2) 由於漆的厚度太薄，很難阻擋熱傳導的部分熱能，紅外線的熱能還是會借由二次輻射與熱傳導傳至下層屋頂。
- (3) 需注意於都市建築密集地區，施作冷屋頂後因反光造成之光害問題。



圖 4-15 屋頂鋪設冷屋頂材料案例

資料來源：網路資料美國拉斯維加斯沃爾瑪超市冷屋頂

(<http://e-info.org.tw/node/99946>)

第四節 新建集合住宅之耗能設備系統選用探討

依據國立成功大學林教授憲德研究調查文獻指出，我國建築物於使用階段之耗能來源組成如下圖所示，其耗能比例組成，住宅類建築耗能

比例，約為空調(20%)、照明(30%)、其他設備(50%)，以家電設備為主。至辦公類建築耗能比例，約為空調(50%)、照明(30%)、其他設備(20%)，以空調為主。

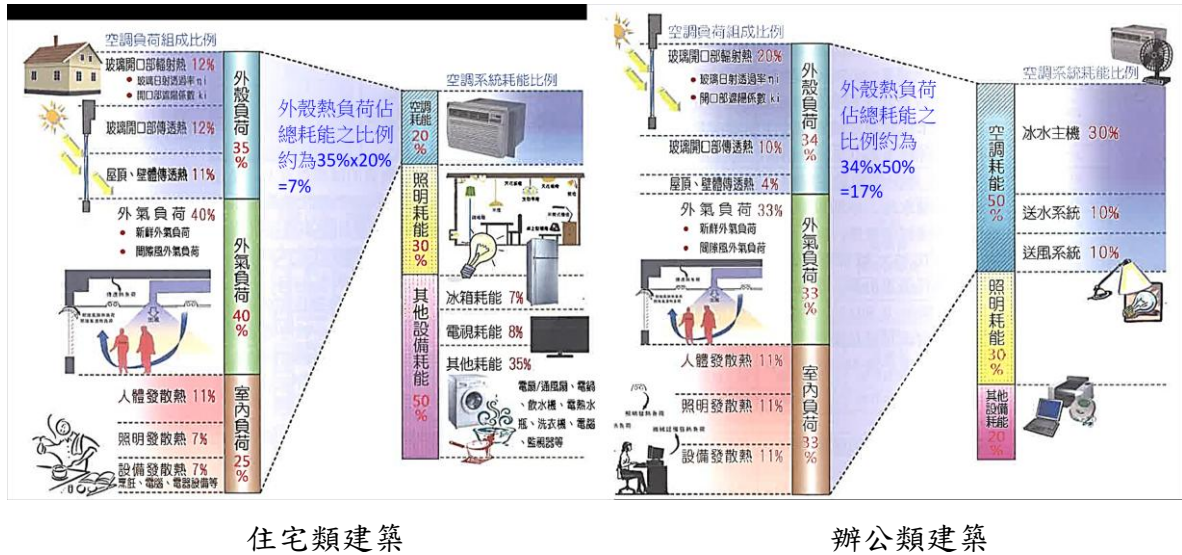


圖 4-16 我國建築物於使用階段之耗能來源組成

資料來源：林憲德，104 年，建築碳足跡

至於我國集合住宅建築之耗能，主要區分為住宅單元及公共空間用電兩部分，若新建集合住宅要達到近零能源建築（近零碳建築），耗能設備之採用建議如下：

一、住宅單元：

主要耗能為照明設備、空調設備、固定設備(如熱水器、爐台等)、移動式家電(如冰箱、電鍋、熱水瓶、電視、電扇等)及其他小型電器。除照明及空調設備於規劃設計時應避免超量設計外，建議優先採用取得經濟部能源局認證之節能標章或能源效率分級標示一級之家電設備產品，以提升能源使用效率。另可導入家庭能源管理系統(HEMS)，藉由能源消耗情形之可視化，可有效引導住戶使用行為自主落實節能。茲就具有節能標章、能源效率分級標示之電器設備產品及家庭能源管理系統(HEMS)說明如下：

(一) 節能標章產品

節能標章係針對使用能源之設備及器具的能源效率進行標誌，為自願性認證標章，除標章本身之圖示（如下圖所示）外，並沒有提供任何能源資訊說明，凡通過節能標章認證之產品，代表其為同類型產品前 15~30%之高能源效率產品，或其能源效率比中華民國國家標準(CNS)約高出 10%~50%，代表在相同的使用條件下，更省能源。

根據經濟部能源局官方資料顯示，截至 110 年 11 月底我國已通過認證 51 種產品，共計 324 家品牌、9734 款節能標章產品可供消費者選用，主要包括家電設備、廚房設備、熱水設備、飲水設備、3C 設備、照明設備、抽風設備及汽機車等產品。



圖 4-17 我國節能標章標誌圖案

資料來源：經濟部能源局節能標章官方網頁

(<https://www.energylabel.org.tw/index.aspx>)

(二) 能源效率分級標示產品

能源效率標示為強制性的制度，主要透過揭露家電產品之能源效率、能源效率等級、年耗電量等資訊，更進一步顯示使用本產品的耗電量及省能效果，讓產品能源效率更佳透明化，讓民眾在選購時能依據能源效率資訊，比較並選購合適的節能產品。

標示以溫度計區分產品的能源效率等級，共有 1 到 5 級，其中

1 級代表產品最省電、能源效率最好，供民眾於選購家電產品時參考，標示圖例如下圖所示。截至 110 年 11 月底共計有 34,101 款家電產品，取得經濟部能源局核准之能源效率分級標示，其產品類別共分為 14 項，包括：安定器內藏式螢光燈泡(省電燈泡)、燃氣台爐(瓦斯爐)、即熱式燃氣熱水器(瓦斯熱水器)、電熱水瓶、貯備型電熱水器、無風管空氣調節機(窗(壁)型及箱型冷氣機)、溫熱型開飲機、冰溫熱型開飲機、溫熱型飲水機、冰溫熱型飲水機、除濕機、電冰箱、電鍋、空氣清淨機等。



圖 4-18 我國能源效率分級標示圖例

資料來源：中華民國能源效率分級標示管理系統網頁

(<https://ranking.energylabel.org.tw/index.aspx>)

(三) 家庭能源管理系統(HEMS)

家庭能源管理系統(Home Energy Management System, HEMS)係透過環境感測、資料分析等方式，判斷家電設備之能源需求，進而調整家電設備之運轉方式，以降低家庭之能源需求。其主要項目通常包括：智慧電表、能源顯示器、家庭網路與智慧家電，並可結合太陽光電發電系統及儲能系統，其架構組成如下圖所示。

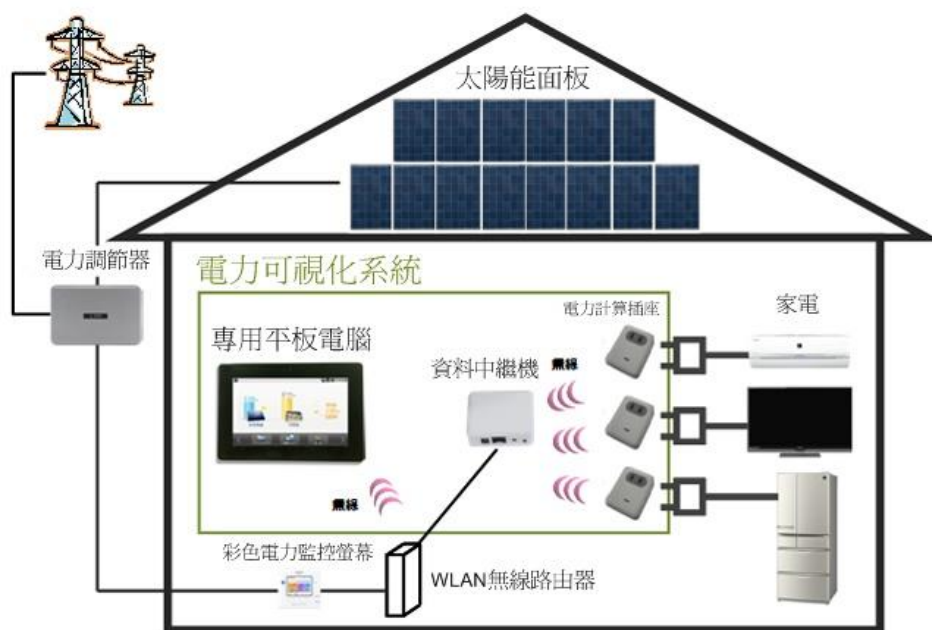


圖 4-19 家庭能源管理系統(HEMS)架構組成示意圖

資料來源：iThome 網路資料(<https://www.ithome.com.tw/news/69551>)

HEMS 並可透過網路協定，將電表資訊與電廠即時同步，讓電廠可以更精準的調配發電比例。同時也讓社會大眾透過 App 看見每天的用電度數與時間電價，有助於提高節能意識，間接降低電力的尖峰負載，降低電力供給壓力。

此外，亦可進一步透過 HEMS 比較分析，觀測每日、每月的用電量發展趨勢，進而與歷史用電資料進行比對，從中掌握居家能源資訊，即可針對耗能較高的用電行為，展開必要改善措施，例如透過電腦、手機或平板等裝置，隨時控制空調、照明或其他家電，藉由隨手輕易遙控電源，避免不必要的電源浪費，導正用電行為；同時，借助智慧插座自動開啟及切斷電器電源，再配合用電習慣，不斷進行優化調整，創造當用則用、應省則省的效應，徹底節省電費支出。根據相關調查文獻³⁶顯示，住宅部門導入家庭能源管理系統(HEMS)，平均約有 3%~7%之節能率。

³⁶ 工業技術研究院調查文獻(<https://km.twenergy.org.tw/ReadFile/?p=Board&n=20139119228.pdf>)。

惟 HEMS 系統一般需於住房建造前即先規劃建置，亦即只有新建或改建才有可能安裝整套 HEMS 系統，對於未能於住房建造前事先規劃安裝 HEMS 之民眾而言，是一件困難且具負擔的事。因此，目前已有許多能源服務廠商，開發出可以透過物聯網(IoT)為這個問題提供解決方案，無須額外進行住房管路改裝，例如結合物聯網概念，用手機 App 即可監控自家用電、甚至設定電費上限，還可以遠端控制冷氣、電鍋、洗衣機等。

二、公共空間單元：

常見之公共空間包括梯廳、地下停車場、管理室、閱覽室、會客室、交誼廳、健身房、咖啡廳、室內球室等，依國內集合住宅大樓公共設備調查文獻³⁷顯示，相關耗能設備類別包括空調、照明、電梯、揚水、公共用水、停車場、監控、汙廢水處理、消防及其他電器等，如表 4-3 所示。

表 4-3 集合住宅大樓公共設備類別項目

設備類別	用途說明
空調設備	公共設施空調
照明設備	公共空間照明
	戶外景觀照明：如景觀照明、中庭照明等
	24 小時使用照明：如緊急照明、安全門燈、避難方向燈等
電梯設備	公共電梯
揚水設備	揚水泵(抽水馬達)
公共用水設備	中庭、花園(定時)噴灌設備
	公共熱水器
	泳池、SPA 水療等加熱設備
	泳池過濾設備
停車場相關設備	停車場抽排風機
	鐵捲門

³⁷ 蔣順田，2005，高層集合住宅大樓公共設備節能綜效之研究－以臺灣南部地區為例。

設備類別	用途說明
監控設備	中央監控設備
	防盜安全監視設備
汙廢水處理設備	汙水泵
	廢水泵
	汙水處理設備，如汙水室排風機、鼓風機等
消防相關設備	消防(中繼)泵
	自動灑水(中繼)泵
	泡沫泵
	採水泵
	消防排煙機
其他	廣播設備、公用對講機設備、通訊設備、電視天線擴大器、發電機充電器、管理室辦公設備、垃圾冷藏設備等

資料來源：蔣順田，2005，高層集合住宅大樓公共設備節能綜效之研究
—以臺灣南部地區為例

前述公共空間單元之耗能設備，以照明、電梯、揚水泵、地下停車場抽排風機為主要之大耗電項目。經就經濟部能源局公告之節能標章或能效標示產品項目，調查整理前述主要耗電項目之情形，如下表所示。

表 4-4 集合住宅公共空間主要耗能設備之節能標章或能效標示情形

產品種類	節能標章產品名稱	能效標示產品名稱
照明	1. 螢光燈管 2. 安定器內藏式螢光燈泡 3. 出口及避難指示燈 4. 室內照明燈具 5. 緊密型螢光燈管 6. 螢光燈管用安定器 7. 發光二極體燈泡 8. 發光二極體平板燈具 9. 天井燈 10. 筒燈及嵌燈 11. 室內停車場智慧燈具	安定器內藏式螢光燈炮
電梯(升降梯)	無	無
送風機	1. 軸流式風機 2. 後傾離心式風機 3. 前傾離心式風機	無
揚水泵	無	無

資料來源：本研究整理

於規劃集合住宅公共空間選用耗能設備時，需特別針對機械設備之耗能予以規範，建議優先使用取得節能標章或能效標示之產品，如梯廳、地下室之照明設備、送風設備，至目前無取得節能標章或能效標示之產品，如升降設備可採用變頻節能電梯或電力回收電梯、水塔揚水泵採變頻節能機種等，整體約有 20%~40%之節能潛力。另建議針對梯廳及地下停車場之照明系統，可導入自動偵測點滅控制，平常無人時只需維持最低照度，將可大幅節省不必要之能源消耗。

第五節 新建集合住宅之再生能源系統選用探討

再生能源由天然可補充之元素所產生，如陽光、風、潮汐及源自地心的熱能。有別於一般傳統能源之煤、石油及其它化石燃料，且再生能源供應充足，於使用時不會產生溫室氣體排放。

集合住宅建築物可結合再生能源設備來節省對市電之依賴，例如太陽能光電板、太陽能熱水系統、風力發電等。茲列舉集合住宅可選用之再生能源技術手法說明如下：

一、太陽光電系統（Photovoltaic Energy, PV System）

鼓勵新建集合住宅於設計時即考量於屋頂、牆面及遮陽設施結合太陽光電系統，主要是由太陽電池組列（太陽能發電板）、電力調節器（Power Conditioner，即包括直/交流轉換器（Inverter）、系統控制器及併聯保護裝置等）、配電箱、蓄電池等所構成，依型式又分為獨立型、混合型與市電併聯型等系統。

1. 獨立型太陽光電系統：以蓄電池組作為儲能元件，於白天太陽能充足時，將轉換剩餘之電力儲存起來，在夜間或太陽能不足時，由蓄電池組供應電力維持負載正常運轉。
2. 混合型太陽光電系統：為獨立型系統配置輔助發電機系統。
3. 市電併聯型（Grid-Connected）太陽光電系統：將市電網路視為一個大型能量池系統，太陽光電系統將太陽能轉換成電力，於負載未完全消耗時，將多餘電力送上市電網路。當太陽光電系統所轉換之電力，無法供應負載正常運轉需求時，由市電網路供應不足之電力。

二、太陽熱能系統（Solar Thermal Energy System）

太陽能熱水器可應用於集合住宅之熱水需求，其作用原理是將來自太陽的輻射能量吸收下來並用以加熱水溫，其構造主要是由集熱器、儲熱桶、管路與輔助電熱器等四部分構成。太陽能熱水器之種類主要可分為：

1. 自然循環式：水流經集熱器，吸收太陽能輻射熱，溫度升高密度變小，往上升至儲熱桶內，儲熱桶內密度較大，較冷的水往下流至集熱器，產生自然對流循環而將儲熱桶內的水加熱。
2. 強制循環式：利用集熱循環幫浦，藉溫差控制使儲熱桶內的水，依所設定的條件，強制流經太陽能集熱器，將集熱器所吸收的太陽能輻射熱帶回儲熱桶。此類型系統多為用水量大的大型系統。
3. 儲置式：集熱器與儲熱桶合而為一的太陽能熱水器，儲熱桶本身不僅有儲水的功能，同時又具有收集太陽熱能的作用。

三、風力發電系統（Wind Energy System）

風能轉換靠風力機，主要是藉由空氣流動轉動葉片並帶動發電機來發電。葉片越長，其受風面積越大，所能擷取的風能就越多。一般而言，風力機之輸出電能約與葉輪直徑平方成正比，與風速三次方成正比。

台灣地區風力資源相當豐富，主要分布於台灣海峽、西部沿海與澎湖離島等地區，年平均風速可達 5~6 公尺/秒以上，甚具開發潛力。惟考量風場較佳之分佈多位於離岸或空曠之處，且風力機組運作時將產生大量噪音，故風力發電設備較不適合設置於都會人口密集地區之集合住宅建築物上。

第六節 新建集合住宅達成近零能源建築之推動策略探討

考量集合住宅之耗能組成分佈中，空調約占 20%、照明約占 30%，家電產品(如冰箱、電視、洗衣機、飲水機、電熱水瓶、電扇等)約占 50%，其中住宅之外殼熱負荷，占空調耗能之比例僅約 35%，亦即住宅外殼隔熱最多僅影響總耗能之 7% ($20\% \times 35\% = 7\%$)，故住宅之主要節能標的應優先以提高耗能設備之能源效率著手。

集合住宅可區分為住宅單元及公共空間單元兩部分，其中住宅單元耗能占比依序為照明燈具、無風管空氣調節機(即分離式或窗型冷暖氣

機)、熱水器、爐台、冰箱、電視、洗衣機、除濕機等，根據相關文獻³⁸顯示，建議應優先針對空調、照明、熱水、爐台等四項固定耗能設備，採用具節能標章或能效標示一級之家電產品；至公共空間單元耗能占比，則依序為照明、電梯、揚水泵、抽排風機為主要之大耗電項目(合計占比約 90%)，應優先使用取得節能標章或能效標示之產品，或採用節能變頻機種。如能落實上述原則，將較易達成近零能源(近零碳)建築水準。

至推動策略部分，本研究以 SWOT 分析相關文獻，包括前面章節介紹之國內新建集合住宅之類型及能源使用情況，及導入近零能源建築之核心系統技術，以 TOWS 策略矩陣進行交叉分析，研擬新建集合住宅達成近零能源建築之推動策略，如下表所示。

³⁸ 林憲德、郭柏巖、嚴佳茹，2021，住宿類綠建築導入建築能效標示應用推廣計畫。

表 4-5 新建集合住宅達成近零能源(近零碳)建築之 TOWS 策略矩陣

內部環境 外部環境	優勢 (S)	劣勢 (W)
	1.推動節能減碳為政府長期推動之重要政策。 2.政府鼓勵推廣智慧綠建築，有助於建築導入近零能源建築技術。 3.建築節能相關產業之應用及創新能力強。 4.政府大力推動再生能源相關措施。	1.我國建築能效評估系統正處於起步階段，後續尚待辦理推廣宣導及教育訓練。 2.政府部門受限權管業務，跨部會整合推動不易。 3.專業人力有限，教育訓練亦不足。 4.國內電價長年偏低，造成推動近零能源建築之誘因不足。
機會 (O)	SO 策略 (進攻策略) 發揮優勢，掌握機會	WO 策略 (轉進策略) 克服弱勢，爭取機會
1.國際上 IEA、歐盟、美國及日本等國家推動淨零排放相關政策已成必然趨勢。 2.建築節能相關設備產業處於成長階段，市場需求大於供給。 3.產學研願意配合政府政策推動發展近零能源建築技術，未來可提供產業人才，亦可增加就業機會。 4.民間集合住宅裝設再生能源系統尚有很大成長空間。	SO1：擴大推動建築導入近零能源建築技術之相關方案。 SO2：結合綠建築標章制度，由公有建築優先推動近零能源(近零碳)建築，以帶動民間跟進。 SO3：積極輔導建築節能產業進行整合升級，研發精進建築節能技術，提升產業附加價值。 SO4：鼓勵集合住宅建置再生能源系統，以利達成近零能源建築。	WO1：針對耗能量大之建築物優先推動建築能效標示，逐步擴展至其他建築物。 WO2：提升跨部會協調平台為政院層級，發揮實質協調運作效益。 WO3：整合產官學資源，加強推廣及培育近零能源建築技術之專業人才。 WO4：跨部會協力推動導入近零能源建築技術，並統合政策方向。
威脅 (T)	ST 策略 (迴避策略) 利用優勢，克服威脅	WT 策略 (避險策略) 降低弱勢，避免威脅
1.國際上許多國家開始管制溫室氣體排放，實施碳權或碳交易，而我國尚在研擬制度階段。 2.我國平均薪資長年低於鄰近國家，建築節能人才易流失。 3.民眾及企業對於近零能源建築技術之認知不足，造成能源浪費。	ST1：強化我國建築節能產業轉型升級之誘因，扶助建築節能產業發展及推廣，以利推動近零能源建築。 ST2：運用大眾傳播媒體，推廣宣導近零能源建築技術。	WT1：強化時間電價制度，改變固定電價觀念。 WT2：辦理示範應用，以帶動產業發展。

資料來源：本研究整理

本研究所研擬之新建集合住宅達成近零能源(近零碳)建築之推動策略，說明如下：

一、SO 策略（進攻策略）：發揮優勢，掌握機會

1、擴大推動建築導入近零能源建築技術之相關方案

我國政府於 90 年開始將綠建築納入發展重點，行政院自 90-96 年開始實施「綠建築推動方案」起，陸續推動 97-100 年「生態城市綠建築推動方案」，99-104 年「智慧綠建築推動方案」，105-109 年「永續智慧城市-智慧綠建築與社區推動方案」迄今，上述方案主要重點係推動新建建築物之智慧建築、綠建築及綠建材等標章，以及既有建築之智慧綠改善，在內政部及相關部會及民間業界共同努力下，成效卓著。

依行政院 2050 年淨零建築願景目標，行政院環境保護署刻正研提「淨零排放路徑中長程個案計畫」(草案)，其中本部辦理淨零建築路徑規劃，未來亟需辦理推動淨零建築相關應用推廣工作，爰本所業提報 112-115 年「我國推動淨零建築與應用推廣計畫」(草案)送該署統一彙整後陳報行政院審議，以利未來擴大推動建築導入近零能源建築技術相關作業。

2、結合綠建築標章制度，由公有建築優先推動近零能源(近零碳)建築，以帶動民間跟進。

為提升我國建築物能源效率，以利達成 2050 年淨零建築願景目標，本所參酌國際間推動建築節能策略之新趨勢，及我國亞熱帶高濕高熱氣候條件與國情，於綠建築標章制度建立建築能效評估系統，並定義近零碳建築及淨零建築之基準。規劃採分年分階段方式辦理，初期將採鼓勵申請方式，由公有建築帶頭做起，以引導民間跟進，以利逐步推動達成近零能源(近零碳)建築。

3、積極輔導建築節能產業進行整合升級，研發精進建築節能技術，提升產業附加價值

加強產官學研融合，加速推動建築節能產業導入近零能源建築相關技術，藉由產官學研之鏈結合作，開發提升相關節能設備之能源效率，完成產學之升級轉型，提升產業附加價值，為產業創造永續競爭力。

4、鼓勵集合住宅建置再生能源系統，以利達成近零能源建築

建議可積極鼓勵集合住宅建置再生能源系統，例如經濟部能源局推動之「綠能屋頂全民參與推動計畫」，由地方政府遴選適當營運商來協助民眾設置屋頂太陽光電系統，透過民間技術與資金引導全民參與太陽光電設置。民眾只需提供自宅屋頂空間供營運商架設太陽光電系統，並且免負擔設備支出，還可獲得回饋金額外增加參與誘因。綠能屋頂所產生電力將由民眾優先自用，剩餘電力再由協助民眾設置太陽光電設備的營運商「全額躉購」，將可有助於達成近零能源建築。

二、WO 策略（轉進策略）：克服弱勢，爭取機會

1、針對新建集合住宅推動建築能效標示，再滾動檢討擴展至既有集合住宅之可行性

國際上如歐盟各國推動建築能效標示制度，多係以自願申請認證先行推動，再逐步透過法令強制規範；同時由新建建築物開始推動，逐步擴展至既有建築物。考量我國亞熱帶高濕高熱氣候條件與國情，有關住宅部門建築，建議先針對新建集合住宅推動建築能效標示，再滾動檢討擴展至既有集合住宅之可行性，期透過揭露住宅建築能效等級以及建物市場買賣機制，促使屋主自主進行節能改善，以節省電費開銷。

2、提升跨部會協調平台為政院層級，發揮實質協調運作效益

我國推動淨零建築路徑，不僅涉及內政部權責，還需經濟部、財政部、行政院環境保護署及各地縣市政府等協助配合共同推動，為了強化現有跨部會平台（例如行政院能源及減碳辦公室）運作效能，建議可由行政院指派政務委員以上層級來主持跨部會政策協調會議，由內政部擔

任主要幕僚機關，綜整經濟部、行政院環境保護署等之執行策略及可用資源，依短、中、長期優先順序訂出政策綱領，督導各部會依分工權責共同推動淨零建築相關措施，以讓有限資源落實優先用於最有需求之政策，避免資源重複投入，發揮跨部會資源整合的實質效益。

3、整合產官學資源，加強推廣及培育近零能源建築技術之專業人才

近零能源建築技術需要經由產、官、學合作，於本土深耕帶動建築節能產業發展，孕育具備智慧創新與整合實作特質的培育環境，並貼近民眾需求。建議可積極推動近零能源建築技術之整合與應用，加強專業人才培育，並推廣宣導提升全民正確建築節能觀念，以促進落實建築節能減碳。

4、跨部會協力推動導入近零能源建築技術，並統合政策方向

我國目前之建築能源相關行政體系，在中央之能源主管機關為經濟部能源局，建築管理主管機關為內政部營建署，本所則負責建築研究及推廣等業務。至地方執行單位則由各縣市政府之工務局、建設局或建築管理處負責執行。建議可參考日本零能源建築的推動模式，由國土交通省(相當我國內政部與交通部)、經濟產業省(相當我國經濟部)及環境省(相當於我國環保署)等 3 個平行單位跨部會合作、專業分工，擬訂中長程政策，分就推動建築能效標示(國土交通省)、ZEB/ZEH 定義及登錄制度建立(經濟產業省)、產業補助推廣(經濟產業省與環境省)等多個面向，並由經產省統籌定期追蹤並修正全國的政策方向。

綜合上述考量，未來推動新建集合住宅導入近零能源建築技術，可由內政部、經濟部及環保署共同協力推動，並由經濟部來統合全國推動近零能源建築之政策方向。

三、ST 策略（迴避策略）：利用優勢，克服威脅

1、強化我國建築節能產業轉型升級之誘因，扶助建築節能產業發展及推廣，以利推動近零能源建築

解決夏季尖峰用電備載不足問題，不宜只會蓋更多電廠，應先從節流面向思考，讓國內建築節能產業轉型，若能將蓋電廠經費省下，用於從稅制面及財政面改善節能產業之營運環境，提供企業降低稅賦、低利率貸款或專案補助，鼓勵發展智慧節能技術升級，並推廣應用於國內市場，不但可強化我國節能產業結構升級，更有機會以更低成本提升更多夏季用電備載容量，此外當企業茁壯後，才更有能力回饋提升員工薪資及加強培訓，形成良性循環。

2、運用大眾傳播媒體，推廣宣導近零能源建築技術

現今社會推廣宣導之途徑，已非傳統藉由報紙、雜誌、電視等，而是透過社群媒體方式，諸如臉書(Facebook)、Instagram(簡稱 IG³⁹)、YouTube、LINE 等媒介，藉由意見領袖(如知名之專家學者、直撥主等)之大力宣導，更可說服民眾或企業願意投入資源採用近零能源建築技術，達到提倡建築節能減碳之目的。

四、WT 策略（避險策略）：降低弱勢，避免威脅

1、強化時間電價制度，改變固定電價觀念

傳統電價計價方式，考量用戶便利性、電價穩定、作業成本及計量技術等因素，一般仍採劃分時間帶、成本均化之概念進行設計，例如台電公司之 2、3 段式時間電價。然而隨著國內資通訊技術成熟，以及高壓用戶全面布建智慧電表基礎設施（Advanced Metering Infrastructure, AMI），即時電價（Real Time Pricing, RTP）成為電力管理的發展策略之一，並已被行政院「智慧電網總體規劃方案」列為工作項目。此種訂價方式對電業而言可真實反映供電成本，避免不同時段之用電交叉補貼，對用戶而言可誘導其改變用電行為，兼顧計費公平與抑低尖峰負載用電。建議可強化時間電價制度，改變民眾傳統之固定電價觀念，將可

³⁹：Instagram 是 Facebook 公司旗下一款免費提供線上圖片及視訊分享的社交應用軟體，於 2010 年 10 月發布。它可以讓用戶用智慧型手機拍下相片後再將不同的濾鏡效果添加到相片上，然後分享到 Facebook、Twitter、Tumblr 及 Flickr 等社群網路服務、或是 Instagram 的伺服器上。

引導民眾自主落實建築節能，有助於達成近零能源建築之目的。

2、辦理示範應用，以帶動產業發展

為利帶動民間新建集合住宅於規劃設計時符合近零能源(近零碳)建築水準，建議可由公辦之社會住宅作為優先示範之場域，帶頭推動近零碳社會住宅示範案例，導入近零能源建築技術，藉由中央及地方政府帶頭示範，以引導民間自主性參與跟進，擴大建築節能減碳成效，俾達示範推廣之綜效。

第五章 結論與建議

本研究依據原規劃時程，已完成蒐集國內外推動近零能源住宅之相關文獻資料，及整理國內有關建築節能及再生能源相關法規及現況，並參考國際作法，融合臺灣本土之綠建築技術及條件，研擬我國新建集合住宅導入近零能源建築之規劃重點及技術清單，就我國當前國情環境研擬其推動策略及進程，以供政府未來推動之參考。

目前國際間如歐盟、美國、日本等國家，均致力於推動淨零排放相關政策措施，勢必影響未來國內相關政策及建築節能產業發展動向。本研究成果，可供政府作為規劃新建集合住宅達成近零能源(近零碳)建築推動策略之施政參考，期能落實政府節能減碳之政策，並銜接國際推動淨零排放之最新趨勢，對減緩都市熱島效應及達成淨零建築目標，亦將有莫大幫助。

第一節 結論

根據上述研究成果，本計畫研擬之研究結論說明如下：

一、我國新建集合住宅導入近零能源建築之技術清單：

新建集合住宅達成近零能源建築（近零碳建築），主要規劃重點包括建築物本體設計、耗能設備系統技術及再生能源系統等三個面向：

（一）新建集合住宅之外殼節能設計

建議於進行新建集合住宅建築物規劃設計時，應依台灣高溫高濕之氣候特性及建築物型式，納入考慮建築本體之自然通風、遮陽及外殼(包括外牆及屋頂)隔熱等節能設計手法，以盡可能降低對空調之需求，達到降低建築能耗之目的。

（二）新建集合住宅之耗能設備系統選用

於選用耗能設備系統時，應避免超量設計，並優先採用取得經濟部能源局認證之節能標章或能源效率分級標示一級之家電

設備產品，以提升能源使用效率。此外可導入家庭能源管理系統(HEMS)，藉由能源消耗情形之可視化，可有效引導住戶使用行為自主落實節能。

(三) 新建集合住宅之再生能源系統選用

在再生能源運用方面，可結合再生能源技術例如太陽能光電板、太陽能熱水系統、風力發電等來節省能源。惟考量各種再生能源之特性，就風力發電而言，風場較佳之分佈多位於離岸或空曠之處，且風力機組運作時將產生大量噪音，故風力發電設備較不適合設置於都會地區建築物上。故建議集合住宅建築物設置之再生能源裝置，以太陽光電較為適合。

二、我國新建集合住宅達成近零能源建築之推動策略：

集合住宅可區分為住宅單元及公共空間單元兩部分，其中住宅單元建議應優先針對空調、照明、熱水、爐台等四項固定耗能設備，採用具節能標章或能效標示一級之家電產品；至公共空間單元耗能占比，則建議應優先針對照明、電梯、揚水泵、抽排風機等大耗電項目(合計占比約 90%)，採用取得節能標章或能效標示一級之產品，或採用節能變頻之機種。如能落實上述原則，將較易達成近零能源(近零碳)建築水準。

近年來本部大力推動社會住宅，為重要施政亮點，若能於社會住宅導入近零能源(近零碳)建築，將亟具示範指標意義，考量住宅單元牽涉住戶隱私空間，故建議可針對社會住宅之公共空間單元作為示範展示之場域，本研究已針對建築物本體設計、耗能設備系統技術及再生能源系統，盤點近零能源(近零碳)建築技術清單，可供社會住宅設計時參採，並建議結合能源可視化設備，如建築能源管理系統，連結相關固定耗能及再生能源設備，即時展示能源使用情形，及進行全年總用電統計分析，將可供民眾親身體驗如何達成近零能源(近零碳)建築，以帶動民間響應跟進。

至推動策略部分，本研究以 SWOT 分析相關文獻，包括前面章節

介紹之國內新建集合住宅之類型及能源使用情況，及導入近零能源建築之核心系統技術，以 TOWS 策略矩陣進行交叉分析，研擬新建集合住宅達成近零能源建築之推動策略，如表 5-1 所示。

表 5-1 新建集合住宅達成近零能源建築之推動策略

SO 策略（進攻策略） 發揮優勢，掌握機會	WO 策略（轉進策略） 克服弱勢，爭取機會
SO1：擴大推動建築導入近零能源建築技術之相關方案。 SO2：結合綠建築標章制度，由公有建築優先推動近零能源(近零碳)建築，以帶動民間跟進。 SO3：積極輔導建築節能產業進行整合升級，研發精進建築節能技術，提升產業附加價值。 SO4：鼓勵集合住宅建置再生能源系統，以利達成近零能源建築。	WO1：針對耗能量大之建築物優先推動建築能效標示，逐步擴展至其他建築物。 WO2：提升跨部會協調平台為政院層級，發揮實質協調運作效益。 WO3：整合產官學資源，加強推廣及培育近零能源建築技術之專業人才。 WO4：跨部會協力推動導入近零能源建築技術，並統合政策方向。
ST 策略（迴避策略） 利用優勢，克服威脅	WT 策略（避險策略） 降低弱勢，避免威脅
ST1：強化我國建築節能產業轉型升級之誘因，扶助建築節能產業發展及推廣，以利推動近零能源建築。 ST2：運用大眾傳播媒體，推廣宣導近零能源建築技術。	WT1：強化時間電價制度，改變固定電價觀念。 WT2：辦理示範應用，以帶動產業發展。

資料來源：本研究整理

第二節 建議

本研究已提出我國新建集合住宅導入近零能源建築，提出具體之技術清單及推動策略。茲就建議部分說明如下：

建議一

辦理近零碳建築評估及技術之培訓講習：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：財團法人台灣建築中心

為利推動新建集合住宅導入近零能源(近零碳)建築技術，未來建議針對建築師、空調技師及綠建築相關從業人員，辦理近零碳建築評估及技術之培訓講習，以利申請綠建築評估手冊之住宿類辦理建築能效評估及標示。

建議二

針對公有新建社會住宅辦理近零能源(近零碳)建築示範案例：立即可行建議

主辦機關：國家住宅及都市更新中心

協辦機關：營建署、財團法人台灣建築中心

為利帶動民間新建集合住宅於規劃設計時符合近零能源(近零碳)建築水準，建議可由公辦之社會住宅作為優先示範之場域，帶頭推動近零碳社會住宅示範案例，導入近零能源建築技術，藉由政府帶頭示範，以引導民間自主性參與跟進，擴大建築節能減碳成效，俾達示範推廣之綜效。

參考書目

國內文獻：

1. 建築技術規則，2021。
2. 經濟部能源局，綠能科技產業創新推動方案，2017。
3. 內政部，設置屋頂太陽光電免請領雜項執照處理原則，2018。
4. 內政部建築研究所，建築物外遮陽暨屋頂隔熱設計參考手冊，2007。
5. 內政部營建署，住宅狀況抽樣調查報告，2007。
6. 吳政祐，高雄氣候下零耗能住宅設計策略之研究，2013。
7. 何明錦、趙又嬋，我國近零能源建築設計與技術可行性研究，2015。
8. 陳麒任、黃恩浩，我國近零能源建築發展策略與可行性研究，2018。
9. 王榮進、鄭政利，綠建築與近零能源制度之調合研究，2019。
10. 王榮進、郭柏巖，住宅類綠建築能源計算基準與標示之研究，2020。
11. 林憲德，綠色建築，詹氏書局，台北，2008。
12. 林憲德，建築碳足跡，2015。
13. 郭斯傑，既有建築物外遮陽改善對空調用電影響之研究，2013。
14. 紀柏全、蘇梓靖等，新北市公寓大廈社區公共設施節能狀況探討，2016。
15. 郭柏巖，住宅類建築耗電測與解析，2008。
16. 何信志，集合住宅耗能與節能潛力(簡報)，2011。
17. 蔣順田，高層集合住宅大樓公共設備節能綜效之研究－以臺灣南部

地區為例，2005。

- 18.林憲德、郭柏巖、嚴佳茹，2021，住宿類綠建築導入建築能效標示應用推廣計畫。

國外文獻：

- 19.Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector, IEA(2021).
- 20.R. Hyde, Climate Responsive Design, New York,2000.
- 21.W. Miller, L. Buys, Anatomy of a sub-tropical Positive Energy Home (PEH) , Solar Energy doi:10.1016/ j.solener.2011.09.028,2011.
- 22.P. Torcellini et al. (2006). Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition. ACEEE Summer Study on Innovation for Our Energy Future, California.
- 23.M. Heinze, K. Voss, Goal: zero energy building – exemplary experience based on the Solar Estate Solarsiedlung Freiburg am Schlierberg, Journal of Green Building 4/4 (2009).
- 24.K. Voss, E. Musall, M. Lichtmeß, From low energy to net zero energy buildings – status and perspectives, Journal of Green Building 6/1 (2011) 46–57.
- 25.Delia D'Agostino et al., Synthesis Report on the National Plans for Nearly Zero Energy Buildings (NZEBS), JRC Science for Policy Report, 2016.
- 26.經濟産業省、環境省，集合住宅における ZEH 支援事業の主なポイント，平成 30 年 3 月 27 日。

27.経済産業省 資源エネルギー庁，Z E Hロードマップ検討委員会とりまとめ，平成 27 年 12 月。

28.一般社団法人 環境共創イニシアチブ，ネット・ゼロ・エネルギー・ビル ZEB 実証事業について，平成 30 年。

29.経済産業省 資源エネルギー庁，Z E B ロードマップ検討委員会とりまとめ，平成 27 年 12 月。

網路資料：

30.經濟部能源局節能標章官方網頁

(<https://www.energylabel.org.tw/index.aspx>)

31.中華民國能源效率分級標示管理系統網頁

(<https://ranking.energylabel.org.tw/index.aspx>)

32.Building Research Establishment, BRE

(<https://www.homequalitymark.com/>)

33.Home Energy Rating System, HERS

(<https://www.hersindex.com/hers-index/what-is-the-hers-index/>)

34.Zero Energy Ready Home, ZERH

(<https://www.echotape.com/blog/realistic-zero-energy-ready-homes/>)

35.Energy Star Portfolio Manager website

(<https://www.energystar.gov/buildings/facility-owners-and-managers/existing-buildings/use-portfolio-manager>)

36.〈ZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）に関する情報公開について〉

http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/zeh/ (最後
瀏覽日:2018/06/25)

37. 未來投資戰略 2017-society5.0 の実現に向けた改革—（2017 年 6 月 9 日）
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/miraitousi2017_t.pdf
（最後瀏覽日：2018/06/25）
38. 〈ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビルに関する情報公開について）〉、
http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/zeb/
（最後瀏覽日:2018/06/25）