

我國近零能源建築推動進程與 策略之研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 109 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)

GRB 系統編號：PR10904-0283

我國近零能源建築推動進程與 策略之研究

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 109 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 Promoting Process and Strategy of Near-Zero Energy Building in Taiwan

BY

CHEN CHI REN

December, 2020

目次

表次.....	III
圖次.....	V
摘要.....	VII
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	6
第四節 預期成果	6
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	15
第三節 我國綠建築對於節能之相關推動措施	25
第三章 國際間對近零能源建築之探討與案例分析	29
第一節 國際間對近零能源建築之相關定義	29
第二節 歐盟推動近零能源建築之概況	35
第三節 美國推動淨零能源建築之概況	40

第四節	日本推動近零能源建築之概況	54
第五節	國際間推動近零能源建築綜合探討	66
第四章	我國近零能源建築之執行方式、策略與進程 探討	73
第一節	近零能源建築之執行方式探討	73
第二節	我國近零能源建築計算模式、基準與定 義之探討	75
第三節	近零能源建築之相關技術探討	83
第四節	我國近零能源建築之推動策略探討	91
第五節	我國近零能源建築之推動進程探討	95
第五章	結論與建議	99
第一節	結論	99
第二節	建議	102
附錄一	建築物使用類組及變更使用辦法之附表 1、 附表 2	105
參考書目		111

表次

表 2-1 零能源建築 ZEB 的判斷基準（定量定義）	11
表 2-2 零能源住宅 ZEH 的判斷基準（定量定義）	12
表 2-3 屋頂透光天窗日射透過率 HWs 之基準值	15
表 2-4 外牆及立面開窗部位（含玻璃與窗框）之節能基準值.....	16
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.....	17
表 2-6 建築物樓地板之最低活載重規定	18
表 2-7 屋頂隔熱及綠化改善工法之設置環境及法規限制	19
表 2-8 外遮陽及戶外遮棚之法規分析	20
表 3-1 NZEB 依再生能源來源的結構層次	34
表 3-2 歐盟各成員國對 NZEB 之實施情形及基準概況...	38
表 3-3 美國未來對於建築永續之發展規劃	42
表 3-4 美國 2015 年能源效率改善法案	43
表 3-5 美國較佳建築（Better Buildings）法案主要內容	44
表 3-6 美國加州指定年度再生能源供電占比目標	46
表 3-7 美國建築能源資產評分系統適用建築類型	50
表 3-8 日本平成 24 年(2012)～平成 26 年(2014)ZEH 補助事業概要	61

表 3-9 BELS、CASBEE 及 LEED 系統比較表	65
表 3-10 歐盟、美國、日本與我國推動近零能源建築之 背景條件分析對照表	70
表 4-1 國際間建築能效評估系統的分類	73
表 4-2 TBERS 建築能效評估之分類系統	75
表 4-3 非住宅類建築之空調、照明、電器之設計採用基 準	78
表 4-4 住宅類建築之空調、照明、電器設計採用基準 ...	79
表 4-5 我國與日本之近零能源建築內容對照說明	80
表 4-6 BEMS 之主要功能	87
表 4-7 BERS 適用之 10 類建管行政建築分類表	92

圖次

圖 1-1 研究流程圖	5
圖 2-1 推動近零能源建築之進程目標建議	14
圖 2-2 合法建築物屋頂如有違章時設置太陽光電備類型	22
圖 2-3 我國再生能源發展策略目標	24
圖 3-1 基本的 NZEB 評量之操作機制	30
圖 3-2 三種餘額的 NZEB 平衡型式	31
圖 3-3 NZEB 核心元素之概念	33
圖 3-4 EPBD 於 2010 年訂定的近零能源建築物(NZEB) 之實施時間表	36
圖 3-5 美國能源之星 ENERGY STAR Scorecard 示意圖	49
圖 3-6 Building Energy Asset Score 操作頁面	51
圖 3-7 Building Energy Asset Score 示意圖	51
圖 3-8 Home Energy Rating System 示意圖	53
圖 3-9 ZEH Builder 和 ZEH Planner 標章	55
圖 3-10 ZEB leading owner 及 ZEB planner 標章	56
圖 3-11 ZEH 設計概念圖	57
圖 3-12 ZEH 定義	57
圖 3-13 ZEH 與低碳住宅、智慧健康宅、LCCM 住宅等	

制度比較圖	60
圖 3-14 ZEB 設計概念圖	63
圖 3-15 ZEB 定義	63
圖 3-16 BELS、CASBEE、LEED 等級與 ZEB 的相對關係圖	66
圖 4-1 動態分區 EUI 理論計算評估概念示意圖	76
圖 4-2 TBERS 的評分尺度模型概念圖	77
圖 4-3 新建建築物之建築能效標示範例	81
圖 4-4 既有建築之建築能效標示範例	82
圖 4-5 彙整建築技術規則對於外殼隔能性能之相關規定	84
圖 4-6 我國六大部門排放現況與短中長期減量目標	95

摘 要

關鍵詞：近零能源、綠建築、能效標示

一、研究緣起與目的

隨著地球暖化及極端氣候威脅等問題，為維護環境永續發展，許多先進國家如歐盟、美國、日本等，提出了大量的近（淨）零能源建築倡議和政策，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。包括歐盟訂出 2018 年前所有公共建築及 2020 年前所有新建建築，須符合「近零能源建築」的基準；美國能源部則提出「淨零能源商業建築倡議」，訂出 2025 年前所有商業類新建建築需達到零耗能標準；日本也設定 2030 年前需實踐零碳建築目標。

為推動落實節能減碳政策，行政院於 106 年核定「國家因應氣候變遷行動綱領」，明確擘劃我國推動溫室氣體減緩及氣候變遷調適政策總方針。其溫室氣體減量政策，係擘劃 119 年（2030 年）溫室氣體排放量降為 94 年（2005 年）溫室氣體排放量 80% 以下之中程願景，最終國家溫室氣體長期減量目標，係於 139 年（2050 年）溫室氣體排放量降為 94 年（2005 年）排放量 50% 以下。

然而我國目前尚未針對近零能源建築訂出具體路徑與推動方式。本研究將先收集歐盟、美國及日本等國有關近零能源建築之相關文獻，就目前推動近零能源建築之執行內容與現況，作深入介紹與探討，並完成研析對比我國推動近零能源建築之背景條件差異分析。

其次，本研究將探討近零能源建築之技術清單，研擬於現有綠建築標章評估系統下，結合建築能效標示之執行方式，並進一步研提我國推動近零能源建築之推動策略。最後，配合我國溫室氣體減量政策規劃期程，探討我國近零能源建築之推動進程，將可作為政府後續推動近零能源建築之施政參考，並與國際推動近零能源建築之趨勢接軌。

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：

收集國外先進國家有關近零能源建築推動措施，及整理近零能源建築主要之技術手法文獻資料。另探討國內於現有綠建築標章評估系統下，結合建築能效標示之推動方式，並整理我國溫室氣體階段管制目標，以探討推動近零能源建築之評估方式、可行性及進程。

（二）、專家諮詢法：

本研究將與國內專家學者諮詢請益有關近零能源建築之技術與策略建議，並配合調整修正研究成果。

（三）、比較分析法：

藉由歐盟、美國、日本等國推動近零能源建築之經驗，比較分析我國推動近零能源建築之發展策略與可行性。

（四）、總結法：

綜合上述相關資料進行通盤檢討後，就技術面及執行面等面向，研擬適合我國推動近零能源建築之策略及進程。

三、重要發現

本研究已完成蒐集國外如歐盟、美國及日本等有關近零能源建築之相關推動措施與期程，作深入介紹與探討，並完成對比我國推動近零能源建築之背景條件差異分析。其次，完成研擬我國推動近零能源建築之執行方式及技術清單，並參考國際作法，融合臺灣本土之綠建築技術及條件，據以研擬其推動策略。最後，就我國溫室氣體減量政策目標，完成探討我國近零能源建築之推動進程，可供作為後續規劃推動近零能源建築之施政參考。主要之研究結論如下：

(一)近零能源建築之推動策略

基於我國強制性之建築節能法規或自願性綠建築標章，現階段尚無法標示設計建築物之耗能量，亟待建立建築能效評估系統，方能作為近零能源建築之計算基礎。爰此，本所業於 109 年度完成「綠建築評估手冊-建築能效評估系統（EEWH-BERS）」草案，及研訂近零能源建築之定義及基準，建議未來可採分年分階段方式，以現有實施成效良好之綠建築標章制度為基礎，逐步發展建築能效標示制度，進而作為計算近零能源建築之依據。相關推動策略整理如下：

1、推動方式：

(1)透過實施成效良好之綠建築標章，帶動建築物自主標示建築能效等級。

(2)鼓勵標竿企業示範，帶動其他民間單位參與。

2、推動順序：

近零能源建築之標示，需配合綠建築標章之建築能效評估系統，考量綠建築標章涉及新建建築物之容積獎勵，影響層面較大需謹慎評估，故建議優先以鼓勵既有建築物自願申請方式試行推動，再逐步擴展至新建建築物。

3、實施範圍：適用對象包括

(1) 新建建築：

A.非住宅類：採八二法則之策略，優先選擇具高室內發散熱、高耗能、高節能潛力、高公共性等特性之建築物，標示其能效較具動效益。

B.住宅類：考量新建住宅於完工交屋時常為毛胚屋，僅公共設施空間如梯廳、管理室、交誼廳、健身房等方會裝設照明、空調及電器等設備，故針對此情況之住宅類建築，建議可針對公共設施空間作為標示範圍。

(2) 既有建築：

A.非住宅類：建議優先以具有官方能源統計驗證、具較高能效預測信賴性、具公共效益性等建築類型優先納入。

B.住宅類：考量其個別耗電密度不高且家電用電不易掌控，初期暫予排除適用。

4、評定方法：本所業於 109 年完成建築物能效計算基準與標示之草案研訂，規劃將於 110 年出版「綠建築評估手冊-建築能效標示 (EEWH-BERS)」，未來可作為評定建築能源效率之方法。

5、建築能源效率分級：將建築耗電密度(Energy Use Intensity, EUI)，參酌歐盟建築能效標示方式，及我國各類建築的 EUI 母體分佈，規劃由高至低依序採第 1 至 7 級能效分級，其中近零能源建築標示為第 1⁺級。

(二)近零能源建築之推動進程

為依循「國家因應氣候變遷行動綱領」之推動溫室氣體減量政策，建議我國推動近零能源建築之進程，可配合我國溫室氣體減量路徑，採分年分階段方式推動，透過實施成效良好之自願性綠建築標章，帶動建築物自主標示能效等級，進而有效提升綠建築設計水準，以引導達到近零能源建築標準。本研究針對綠建築標章體系下，研提我國近零能源建築之推動進程，說明如下：

1、鼓勵既有建築物自願參與階段(2021~2025 年)

初期針對既有之非住宅類建築物優先推動，至既有住宅類建築部分，因其個別耗電密度不高且使用行為不易掌握，將視整體推動情形再予逐步檢討納入。

2、納入新建建築物自願參與階段(2025~2030 年)

先針對新建之非住宅類建築物，除針對公有建築物全面實施外，考量整體耗能及公共性，建議優先以空調型非住宿類公共建築物為實施對象，再逐年檢討納入新建之住宅類建築物。

四、建議事項

本研究已提出我國近零能源建築之推動進程與策略。茲就後續建議部分說明如下：

建議一

辦理「綠建築評估手冊-建築能效評估系統(EEWH-BERS)」草案之試評作業：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：綠建築評定機構

本所業於109年度完成住宅類及非住宅類綠建築能源計算基準與標示之研究，提出「綠建築評估手冊-建築能效評估系統(EEWH-BERS)」草案。建議後續可辦理上開評估系統(草案)之案例試評作業，同時徵詢產學研各方意見，以利落實綠建築能效標示制度，作為未來推動近零能源建築之基礎，同時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。

建議二

辦理建築能效標示評估系統及近零能源建築設計技術之人員培訓講習：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：綠建築評定機構

未來我國推動自願性綠建築標章之建築能效標示，亟需凝聚建築業界共識與支持，建議應持續辦理建築能效標示評估系統及近零能源建築設計技術之人員培訓講習，有效提升綠建築之設計能效表現，以利後續制度之推動，並逐年增加我國近零能源建築之案量。

ABSTRACT

Keywords: Near-zero energy, green buildings, energy efficiency labels

With the global warming and extreme climate threats, in order to maintain the sustainable development of the environment, many advanced countries such as the European Union, the United States, Japan, etc., have proposed a large number of near (net) zero energy building initiatives and policies, mainly to introduce building energy efficiency Technology and combined with renewable energy to propose solutions to effectively reduce the overall energy consumption of buildings. Including the European Union's stipulation that all public buildings before 2018 and all new buildings before 2020 must meet the "Near Zero Energy Buildings" benchmark; the US Department of Energy puts forward the "Net Zero Energy Commercial Building Initiative", which stipulates that all commercial buildings before 2025 Such new buildings need to meet zero energy consumption standards; Japan has also set a goal of zero-carbon buildings before 2030.

In order to promote the implementation of energy-saving and carbon-reduction policies, the Executive Yuan approved the "National Action Program for Response to Climate Change" in 2017, which clearly defined my country's general policy on promoting greenhouse gas mitigation and climate change adjustment. Its greenhouse gas reduction policy is a mid-range vision of reducing greenhouse gas emissions in 2030 to below 80% of greenhouse gas emissions in 2005. The final national long-term greenhouse gas reduction goal is in 2050, greenhouse gas emissions will be reduced to below 50% of the 2005 emissions.

However, Taiwan has not yet formulated a specific path and promotion method for near-zero energy buildings. This study will first collect relevant literature on near-zero energy buildings in the European Union, the United

States, Japan and other countries, and make in-depth introductions and discussions on the current implementation of the implementation of near-zero energy buildings and the current situation, and complete the study and compare my country's promotion of near-zero energy Analysis of differences in architectural background conditions.

Secondly, this study will explore the technical list of near-zero energy buildings, and develop it under the existing green building mark evaluation system, combined with the implementation of building energy efficiency labels, and further research and develop Taiwan's promotion strategy for near-zero energy buildings. Finally, in conjunction with Taiwan's greenhouse gas reduction policy planning period, discussing the progress of Taiwan's near-zero energy buildings will serve as a reference for the government's subsequent promotion of near-zero energy buildings, and will be in line with the international trend of promoting near-zero energy buildings.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與目的

一、研究緣起

隨著地球暖化及極端氣候威脅等問題逐年惡化，為維護地球環境永續發展，許多先進國家如歐盟、日本、美國等，提出了大量的近（淨）零能源建築倡議和政策，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。包括歐盟訂出 2018 年前所有公共建築及 2020 年前所有新建建築，須符合「近零能源建築」的基準。英國更率先自 2018 年 4 月起，要求所有新建建築都必須符合碳平衡的零碳排放標準；美國能源部則提出「淨零能源商業建築倡議」，訂出 2025 年前所有商業類新建建築需達到零耗能標準；日本也設定 2030 年前需實踐零碳建築目標。

反觀國內用電結構，根據經濟部能源局最新統計，108 年度我國電力消費工業部門占 55.5%，住宅及服務業部門共占 35.37%（其中住宅 17.77%、服務業 17.6%），建築部門每年之電力消費佔全國比例仍佔三分之一以上。其中尤以既有建築物數量最為龐大，佔全國比例已超過 97%，且早期興建之建築物當時並無節能法規，普遍存在耗能及不符生態環境等問題，若欲有效管控建築部門整體耗能，除須針對新建建築予以規範能耗外，亦亟需從既有建築著手進行管控措施，並配合再生能源設施以進一步降低建築物能耗，方可達到低耗能或近零能源之目標。

為推動落實節能減碳政策，行政院於 106 年 2 月 23 日核定「國家因應氣候變遷行動綱領」（以下簡稱行動綱領），明確擘劃我國推動溫室氣體減緩及氣候變遷調適政策總方針。其溫室氣體減量政策，係擘劃 119 年溫室氣體排放量降為 94 年溫室氣體排放量 80% 以下之中程願景，最終國家溫室氣體長期減量目標，係於 139 年溫室氣

體排放量降為 94 年排放量 50%以下。

爰行政院環境保護署依溫室氣體減量及管理法第 9 條第 1 項規定，擬訂溫室氣體減量推動方案（以下簡稱推動方案），啟動國家整體及跨部門的因應行動，包括階段管制目標、推動期程、推動策略、預期效益及管考機制等項目。並由國家之能源、製造、運輸、住商及農業等各部門之中央目的事業主管機關依前項推動方案，訂定所屬部門溫室氣體排放管制行動方案，其內容包括該部門溫室氣體排放管制目標、期程及具經濟誘因之措施。

內政部為住宅部門及建築之主管機關，爰依溫室氣體減量及管理法第 9 條、溫室氣體減量及管理法施行細則第 6 條，以及行動綱領與推動方案中住商部門策略面向，整合現行內政部推動之「永續智慧城市—智慧綠建築與社區推動方案」及經濟部推動之「新節電運動方案」等相關設備器具效能提升作為，研訂住宅部門及建築溫室氣體排放管制之推動策略及措施，至住商部門的商因屬服務業，則由經濟部（商業司）擔任商業部門之彙整機關，以期達成第一期溫室氣體階段管制目標，並作為地方主管機關訂定「溫室氣體管制執行方案」之依循。

我國目前雖對於近（淨）零能源建築議題尚未訂出具體路徑或預計實施期程，惟依據上述推動方案制定之管制目標與期程，及我國「能源發展綱領」提出 2025 年達成能源轉型 20-30-50 潔淨能源發電結構¹及非核家園之目標，除從開源角度探討供電來源外，亦從節流的面向導入節電策略，以作為研擬我國近零能源建築推動進程及策略之基礎。

二、研究目的

本研究係因應我國能源轉型白皮書之建築部門節能計畫，納入

¹ 指訂定 2025 年發電量占比以再生能源提高至 20%、燃煤占比降至 30%、天然氣提高至 50%為目標，期能打造低碳潔淨能源供給，並兼顧穩定電力供應。

近零能源可行性評估，另本部建築研究所（以下簡稱本所）「創新循環綠建築環境科技計畫」之建築節能減碳與室內環境科技研究軸項，亦納入近零能源建築技術，爰亟需進行我國近零能源建築推動進程與策略之研擬。

本研究將先收集國外有關近零能源建築之推動進程、配套措施等相關文獻，並探討國內於現有綠建築標章評估系統下，結合建築能效標示之推動方式，以進一步研擬我國近零能源建築之基準及評估方法。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，探討我國住商部門推動不同層次近零能源建築之策略及進程。

最後，本研究將就技術面及執行面等面向，進一步研擬我國推動近零能源建築之發展策略與可行性，以作為政府後續推動近零能源建築之施政參考，除期讓我國與國際推動近零能源建築之趨勢接軌外，並可達到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

本研究除分析探討近零能源建築所需之相關技術與條件外，並探討我國推動近零能源建築之發展策略與進程，研究方法主要包括以下項目：

1、文獻回顧法：

收集國外先進國家有關近零能源建築推動措施，及整理近零能源建築主要之技術手法文獻資料。另探討國內於現有綠建

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。

築標章評估系統下，結合建築能效標示之推動方式，並整理我國溫室氣體階段管制目標，以探討推動近零能源建築之評估方式、可行性及進程。

2、專家諮詢法：

本研究將與國內專家學者諮詢請益有關近零能源建築之技術與策略建議，並配合調整修正研究成果。

3、比較分析法：

藉由歐盟、美國、日本等國推動近零能源建築之經驗，比較分析我國推動近零能源建築之發展策略與可行性。

4、總結法：

綜合上述相關資料進行通盤檢討後，就技術面及執行面等面向，研擬適合我國推動近零能源建築之策略及進程。

二、研究流程

本計畫之研究流程，詳圖 1-1 所示：

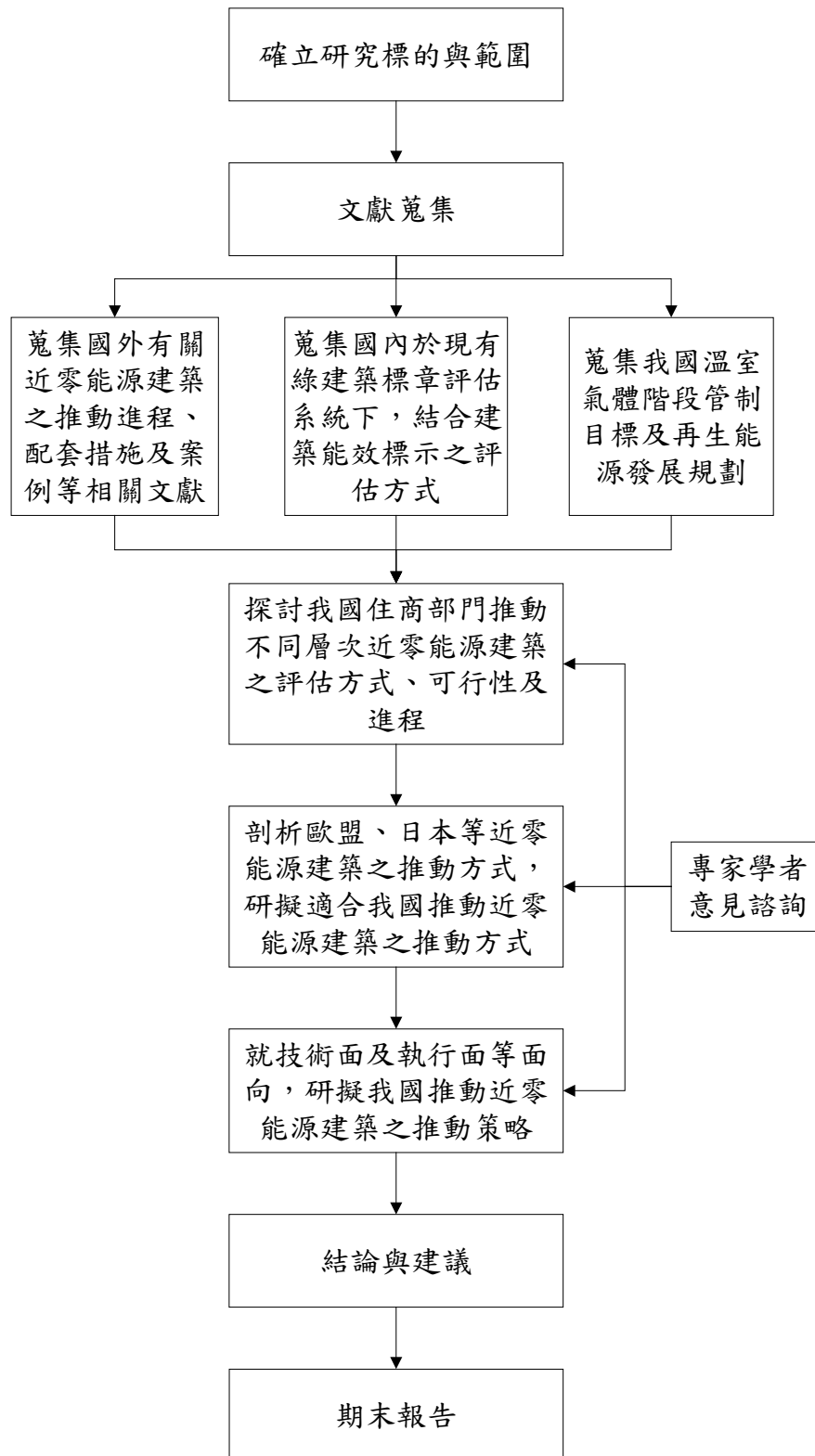


圖 1-1 研究流程圖
(資料來源：本研究整理)

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推動近零能源建築發展策略與可行性之依據。收集之文獻資料項目如下：

- 一、 國外先進國家有關近零能源建築推動措施及主要之技術手法文獻資料。
- 二、 國外推動近零能源建築案例之相關資料。
- 三、 我國綠建築標章評估系統結合建築能效標示之執行方式。
- 四、 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 研究成果

本計畫之研究成果，說明如下：

- 一、 完成蒐集國內、外有關近零能源建築之相關研究參考文獻資料，及國際上先進國家有關近零能源建築之相關推動措施與期程。
- 二、 完成探討藉由我國綠建築標章評估系統結合建築能效標示制度，作為推動近零能源建築之執行方式。
- 三、 依據我國溫室氣體階段管制目標及再生能源發展規劃，完成探討不同層次近零能源建築之推動進程。
- 四、 完成提出我國近零能源建築之技術面及執行面推動策略，以供政府後續推動近零能源建築之施政參考。

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，探討整理其對我國推動近零能源建築之建議重點。另收集整理國內有關建築節能及再生能源相關法規及現況，並介紹我國建築節能之相關推動措施，以作為後續研擬我國推動近零能源建築策略及可行性之基礎。

第一節 近零能源建築之相關文獻分析

一、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)

該研究首先蒐集彙整國際間各國(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。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「低碳建築聯盟」建築碳足跡評估(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)該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。

主要國家分期目標擇要整理如下：

- 1、歐盟：依據「建築物能源效益指令 (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD)」要求所 2018 年 12 月 31 日起所有公共建物、2020 年 12 月 31 日起所有新建物，皆需達到近零能源 (nearly zero energy building) 建築的目標。
- 2、美國：依據 2007 年「能源獨立及安全法案 (EISA 2007)」要求 2030

年前之商業新建築需達到淨零能源(Net Zero Energy)、2040 年前 50%商業建築需達到淨零能源、並於 2050 年前全部商業建築需達到淨零能源。

3、日本：提出在 2020 年所有新建的公有建築、在 2030 年新建建築須為近零能源建築。

(二)該研究蒐集 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)該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)該研究利用 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)該研究以「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。

二、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）

該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。研究成果擇要如下：

（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、新建建築物之外殼節能設計方面：

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。故建議於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：

該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，不利發展近零能源建築。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能源建築之水準。

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。

三、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。

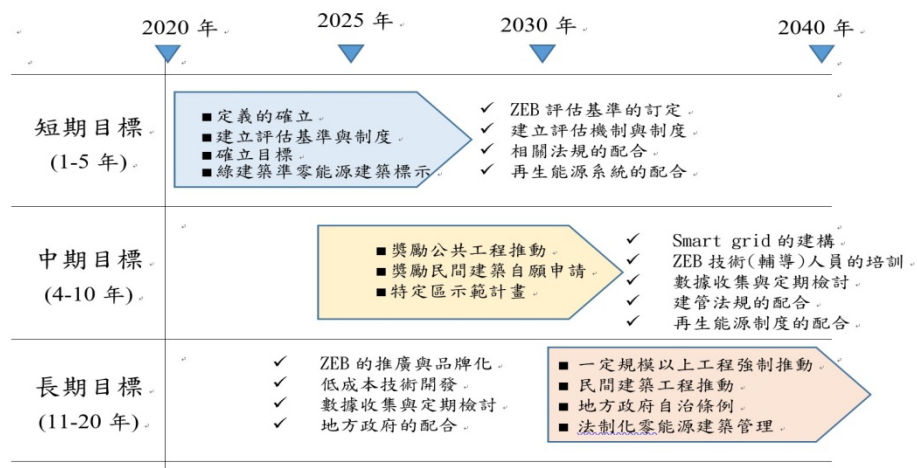


圖 2-1 推動近零能源建築之進程目標建議

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

建築類別		使用項目例舉	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	≤ 0.25
空調型建築	辦公廳類	政府機關、辦公室	建築外殼耗能量 ENVLOAD ⁸	北區	$< 80 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
				中區	$< 90 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
				南區	$< 115 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
	百貨商場類	百貨公司、商場	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	$< 240 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
				中區	$< 270 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
				南區	$< 315 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
	旅館餐飲類	旅館、觀光旅館、餐廳	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	$< 100 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
				中區	$< 120 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
				南區	$< 135 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
	醫院類	醫院、療養院	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	$< 140 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
				中區	$< 155 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
				南區	$< 190 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
住宿類建築	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	$< 15\%$
				南區	$< 18\%$
學校類建築	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	圖書館、體育館、禮堂、體育館、音樂廳、航空站、倉儲場、汽車商場等		窗面平均日射取得率 ASWG，依平均立面開窗率 X （無單位）計算基準值	北區	$< 146.2X^2 - 414.9X + 276.2 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
				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：隔熱材料對建築外殼隔熱性能及節能效益影響之研究，何明錦、林憲德，2011

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 $Req = (\sum \text{窗面積 } Agi \times \text{各方位日射修正係數 } fk \times \text{開窗部位外遮陽修正係數 } ki \times \text{開窗部位通風修正係數 } fvi) \div \text{外殼總面積 } A_{en}$ 。

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。

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，需經由土木或結構等專業技師簽證評估。
	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	隔熱磚鋪設(五腳隔熱磚)	承載力 $\geq 50\text{kg/m}^2$	
	隔熱塗料(淺色隔熱塗料)	(重量輕無設置環境限制)	

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) • 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) • 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，不符合法規且影響安全。
	垂直遮陽	適用西向窗戶	
	格子遮陽	(無特別限制)	
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。 • 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。

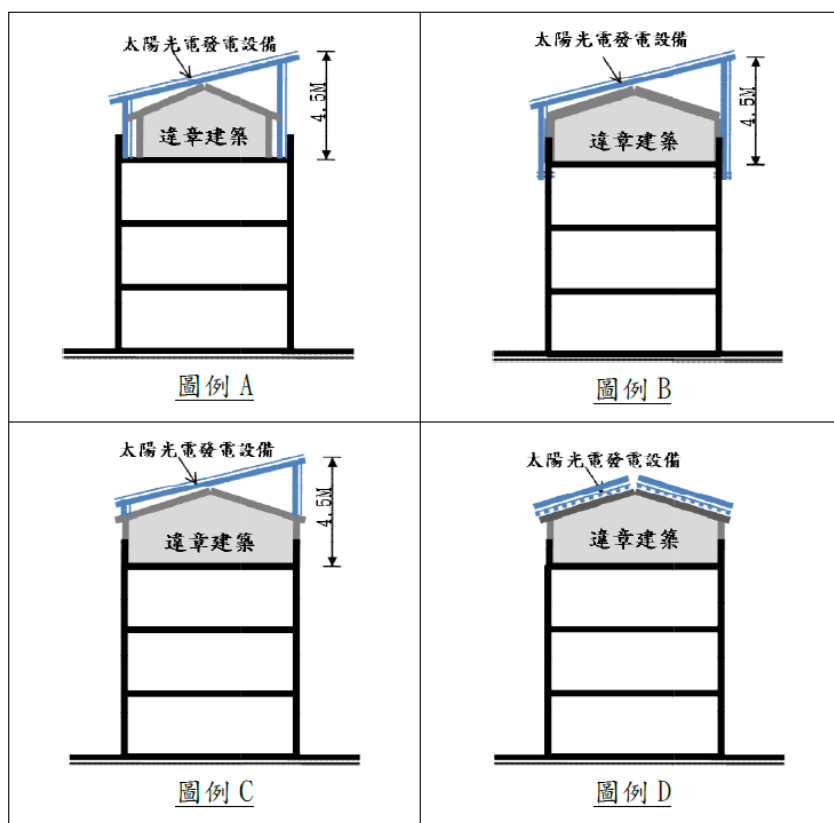


圖 2-2 合法建築物屋頂如有違章時設置太陽光電備類型

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)。

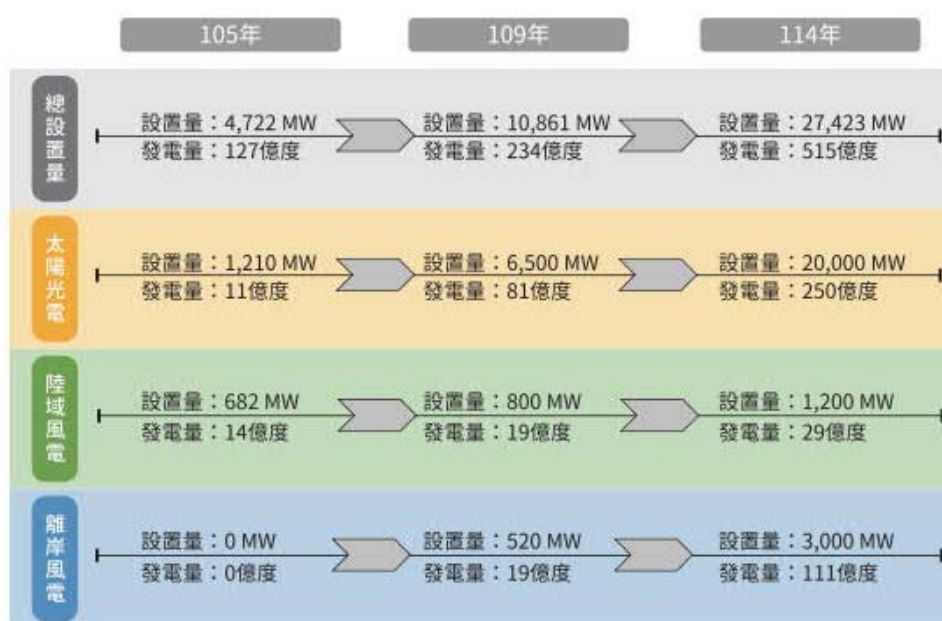


圖 2-3 我國再生能源發展策略目標

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>)

第三節 我國綠建築對於節能之相關推動措施

建築物生產及使用過程大量消耗能源及資源，衍生都市氣候環境變遷、生態環境破壞、建築污染、建築能源及資源不當耗用及室內生活環境品質不良等問題。為降低建築產業對環境之衝擊，內政部建築研究所歷年來持續積極辦理綠建築相關推動方案，以加強節能減碳，創造安全、健康、舒適及環保的居住環境。

內政部歷年辦理之綠建築相關推動方案，對於建築節能亦賡續推動相關措施，其中針對新建建築物部分，制定綠建築標章及智慧建築標章等制度，取得綠建築標章之新建建築物平均約有二成節能率與三成節水率，對建築節能貢獻甚巨；另針對既有建築物部分，辦理既有建築能源效率提升及綠廳舍改善之示範與推廣，92 年起至 109 年累計完成 789 件實際改善案例，節能成效良好。茲說明如下：

1、歷年辦理之綠建築相關推動方案

內政部於 88 年研訂完成綠建築評估系統，及建立綠建築標章制度後，行政院陸續於 90 年核定「綠建築推動方案」、96 年核定「生態城市綠建築推動方案」，透過由政府部門帶頭做起，積極推行以節能環保為導向之綠建築相關政策。迄今已完成綠建築法制化，對於綠建築節能、節水、生態環保等方面累積了非常顯著之績效。

此外，行政院為有效運用我國 ICT 產業優勢，以創造經濟價值，因此推動四大新興智慧型產業政策，於 99 年核定「智慧綠建築推動方案」，主要係藉由既有綠建築優勢，在維護環境永續發展及改善人民生活前提下，進行智慧型創新技術、產品、系統及服務之研發，以建構「生產」、「生活」、「生態」三生一體的優質居住環境，同時提升產業競爭力及掌握龐大創新產業產值與商機。

因上述方案於 104 年底屆滿，為延續擴大發展智慧綠建築相關成果，及建構符合未來生活需求之永續智慧社區環境，以達成促進環境永續發

展、提升民眾生活幸福、平衡城鄉發展及帶動產業升級之目標，內政部於 104 年研提「永續智慧城市-智慧綠建築與社區推動方案」，並經行政院核定實施，以「智慧綠建築深耕升級」及「永續智慧社區創新實證示範計畫」為推動主軸。

2、新建建築物之節能管制相關措施

歷年來上開方案於管制新建建築物之智慧綠建築設計方面，其中「綠建築標章」評估系統，係本部建築研究所於 88 年針對臺灣亞熱帶高溫高濕氣候特性，充分掌握國內建築物對「生態」、「節能」、「減廢」及「健康」之需求所訂定，除為亞洲第一個上路的評估系統，更為僅次於英國、美國及加拿大之後，成為全球第四個實施具科學量化的評估系統，同時也是第一個對高溫、高濕氣候進行綠建築評估的國家。

通過綠建築標章評定的建築物，在節水及節電方面至少約分別有 30%與 20%以上之效益，截至 109 年 11 月底止，累計已有 9,137 件公私有建築物取得綠建築標章或候選綠建築證書之評定，整體而言，這些綠建築完工啟用，在未來長達 40 年的生命週期中，預估每年可省電 21.19 億度，省水約 1 億 295 萬噸，合計減少之 CO₂ 排放量約為 120.15 萬噸，其減碳效益約等於 8.06 萬公頃人造林（約等於 2.96 個臺北市面積）所吸收的 CO₂ 量，每年節省之水電費約達 84.47 億元，成效良好。

這些取得綠建築認證的建築物中，民間私有建築物已累計達 2,656 件，且其比例由早期 91 年的 6%（7 案）逐年提升，在 104 年已突破 40%（266 案），至 106 年更創新高達到 44%（282 案），惟受景氣影響 108 年稍降為 38%（306 案）。

另為促進建築與資通訊產業整合，在建築物內導入智慧化相關產業技術，以達到安全健康、便利舒適、節能永續目的，自 93 年起推動「智慧建築標章」認證制度。民間建築物申請智慧建築標章或候選證書因屬自願性鼓勵申請，未具強制力，故早期申請案件數量有限，截至 109 年 11 月底，取得智慧建築標章與候選智慧建築證書案件數累計核發 604

件，其中智慧建築標章 166 件，候選智慧建築證書 438 件。

近年來取得智慧建築標章之整體案件數，亦呈現顯著成長，案件數由 102 年 11 件成長至 108 年 116 件，已大幅成長 10 倍，顯見申請智慧建築標章數量明顯成長。這些公私有建築物完工啟用，在未來 40 年的生命週期中，將成為我國示範應用資通訊感知控制技術，營造更為人性化空間，使建築物使用者身處之實質環境更為安全、健康、便利、舒適與節能之重要場所。

3、既有建築物之建築節能與綠廳舍改善

國內既有建築物約占建築物總量 97%，這些早期完工的建築物普遍存在耗能、不符生態環保等問題，若不改善將造成夏季尖峰用電吃緊與國土暖化加速等效應。針對上述問題，內政部建築研究所自 92 年開始，特別針對中央廳舍及國立大專院校選擇具改善潛力之既有建築物，進行節能改善示範計畫，協助輔導建築物進行各項節能改善工程，提升既有建築物能源使用效率，以降低建築耗能，減緩都市熱島效應，及帶動國內相關綠能產業之發展。

本計畫以建築物空調系統等主要耗能設備進行實際之節能改善工程，成效極佳。空調節能改善係針對中央空調系統超量設計或空調主機效率老化、耗電及嚴重浪費能源等問題，進行技術輔導及改善，平均約可省能 39%；另針對屋頂隔熱改善、外遮陽改善及照明改善等，約可節省 15%~30%之用電量。

自 92 年至 109 年已完成 789 案，經費計約 22.19 億元，總計改善成效每年約可節電 1 億 3,372 萬度，節省電費約 4.69 億元，成效良好，且本計畫亦同時帶動了我國中小型能源監控系統 BEMS 公司之興起，突破國外大型監控廠商寡占之局面，對於節能技術推廣應用及帶動國內相關綠能產業發展均有顯著效益。

另為配合行政院政策，內政部建築研究所配合於 107-109 年度補助地方政府辦理執行既有建築節能改善擴大計畫，以進一步擴大政府部門

節能成果，並帶動民間單位響應跟進。此外內政部亦率先推動所屬機關（構）廳舍節能診斷諮詢服務（106 年度共計辦理 30 案），協助內政部所屬單位推動建築節能改善之可行性評估，以帶頭擴大建築節能改善之成效，並作為中央各部會參考執行之示範案例。

第三章 國際間對近零能源建築之探討與案例分析

本章將先釐清國際間對近零能源建築之相關定義，並分別探討歐盟、美國及日本等先進國家，對於推動近零能源建築之相關措施及概況，及介紹分析國際實際之近零能源建築案例，以作為後續研擬我國推動近零能源建築進程與策略之參考。

第一節 國際間對近零能源建築之相關定義

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。然而以臺灣於零耗能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恐有困難，故以近零能源建築較符合我國需求。

為了明確界定 NZEB 評估之標的對象和技術邊界，Deng (2014) 提出了 NZEB 評量的操作機制與定義框架，藉由文字、數學方程式及圖形等方式來表示，並針對 NZEB 常用之節能措施，列舉其設計元素之架構與範圍。基本的 NZEB 評量之操作機制如圖 3-1 所示，其基本要素包括：建築系統、能源網路與權重系統。此評量機制首先應界定建築現址之可再生能源邊界，當可再生能源電力 (Renewable Energy Power, REP) 系統產生之電力大於建築物耗電量時，則建築系統可將現場可再生能源生產之多餘能量輸送到電網。然而權重系統亦常採用不同之計算方式，例如採取全年之淨總電量消耗 (kWh/y)、淨二氧化碳排放量 (CO₂/y)，乃至採用淨能源成本 (net energy costs \$ /y) 等之平衡概念來權衡計算。

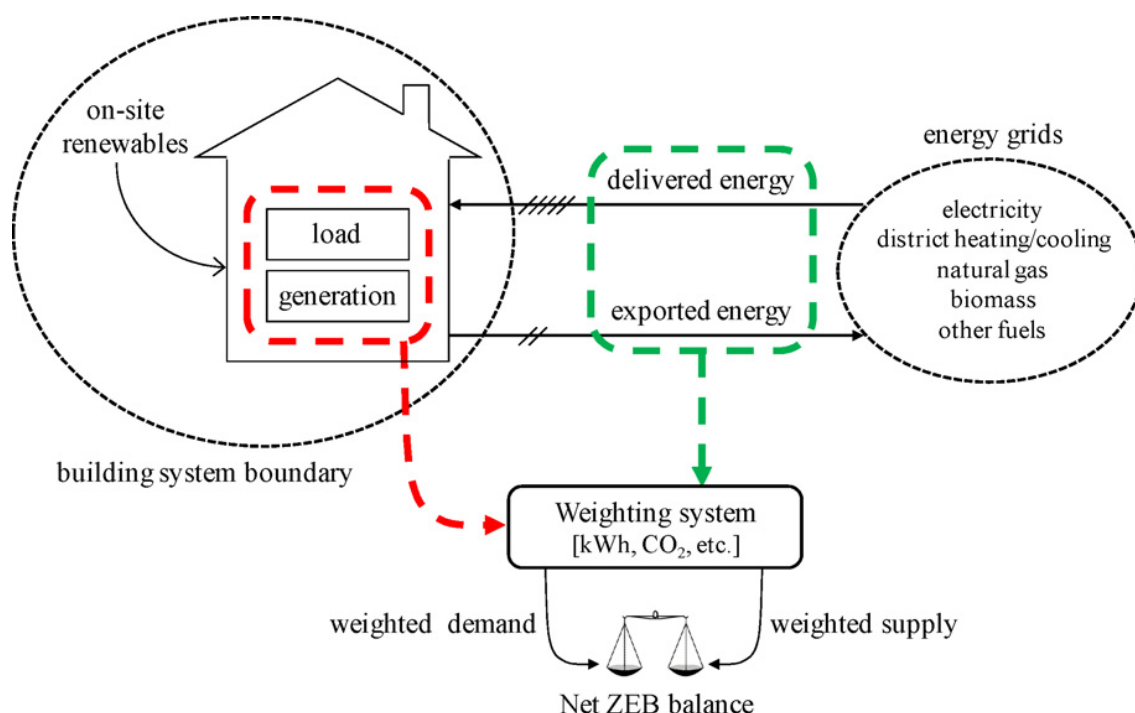


圖 3-1 基本的 NZEB 評量之操作機制

資料來源：Deng, 2014

上述評量之操作機制，Satori (2012) 提出了以數學方程式表示如公式(3-1)，指當建築區域的邊界是固定時，在某一段時間內(如 1 年)，該建築之供應(包含外部輸入能源及現址再生能源)和需求能量(即總消耗能量)之間可達到平衡。

$$\text{NZEB 平衡: } |\text{加權供應}| - |\text{加權需求}| = 0 \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

此外，Satori (2012) 以三種餘額的圖形來表示 NZEB 之平衡型式，如圖 3-2 所示，分別表示：加權發電和負荷間之平衡、加權出口和交付能量間之進出口平衡、以及加權發電和負荷的月淨值間之月淨餘額平衡。在 X 軸上權重需求 (weighted demand) 的基準值即參考建築之能源需求值，是根據當地法規的基本節能要求建成的建築物，或者是同類型建築物的代表性能源需求數值。當優化的建築能源需求設計值小於參考建築之能源需求值，則兩差之間在 X 軸上的差距代表節能效率 (energy efficiency) 之大小。

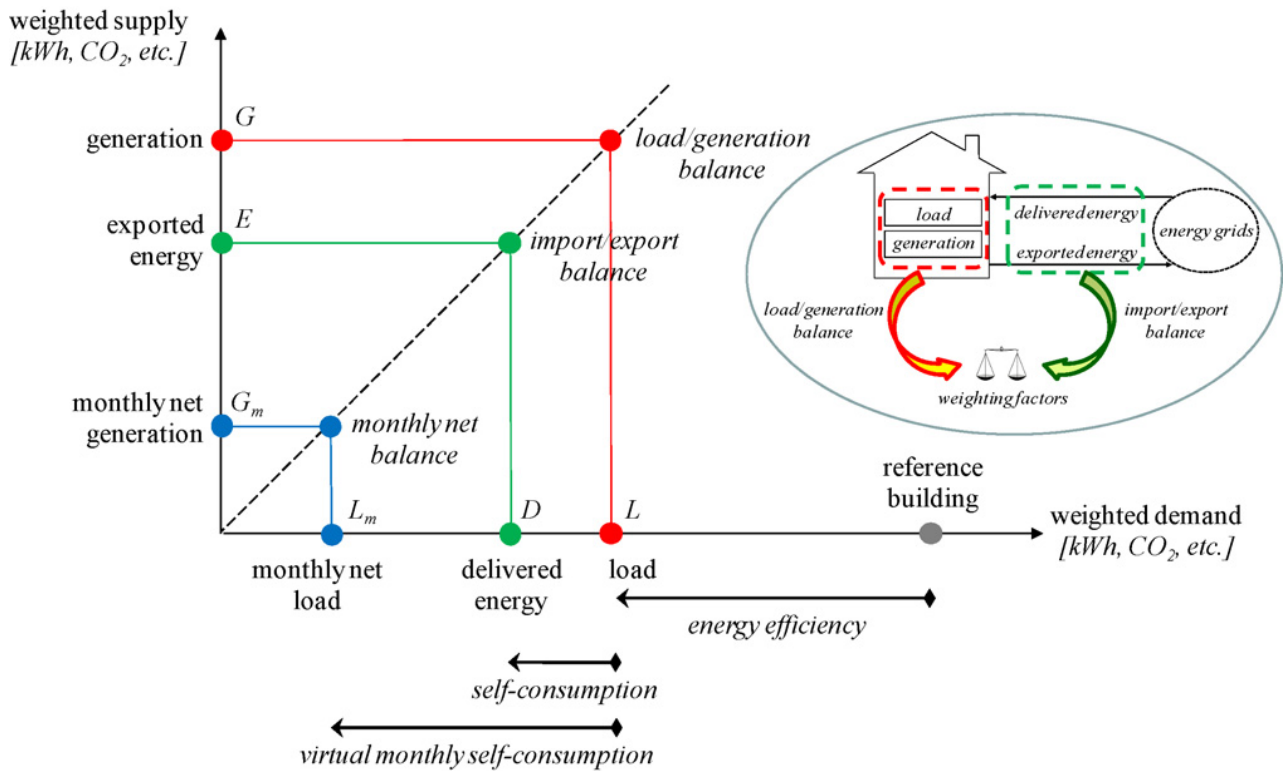


圖 3-2 三種餘額的 NZEB 平衡型式

資料來源：Satori, 2012

上圖中 E 和 D 分別代表加權輸出和交付之能量，這取決於估計現場產生能量的載體之自消耗（self-consumption）能力，可用於計算建築物之能量餘額。計算餘額的適當時間跨度通常假定為一年。年度平衡適用於涵蓋氣象條件，特別是連續性季節的所有操作設置。從能源效率測量和供應系統的設計角度來看，選擇較短的時間跨度（例如季節性或月度平衡）可能是非常嚴苛的，以便在關鍵時間（例如冬季時間）達到目標。

如以月淨值來計算餘額，對於每個能量載體，假設在同一個月發生的發電和負荷相互平衡，只匯總每月殘差以形成年度總數。這可以看作是對月度值執行的負載/生成餘額，或者假設虛擬月度自我消費（virtual monthly self-consumption）模式的進/出口餘額的特殊情況。這種程序已

經在德國建築能源法的框架中提出^{11、12}，其中主要集中在電力上，也可以應用於熱載體，這種方法可以被視為月淨餘額。

Deng (2014) 提出了 NZEB 之核心元素包括三大部分，第一是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。第二是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。第三則需考量設置「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，零能源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，直到符合接近零能源之績效目標為止，其核心元素之概念如圖 3-3 所示。

¹¹ : 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.

¹² : 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).

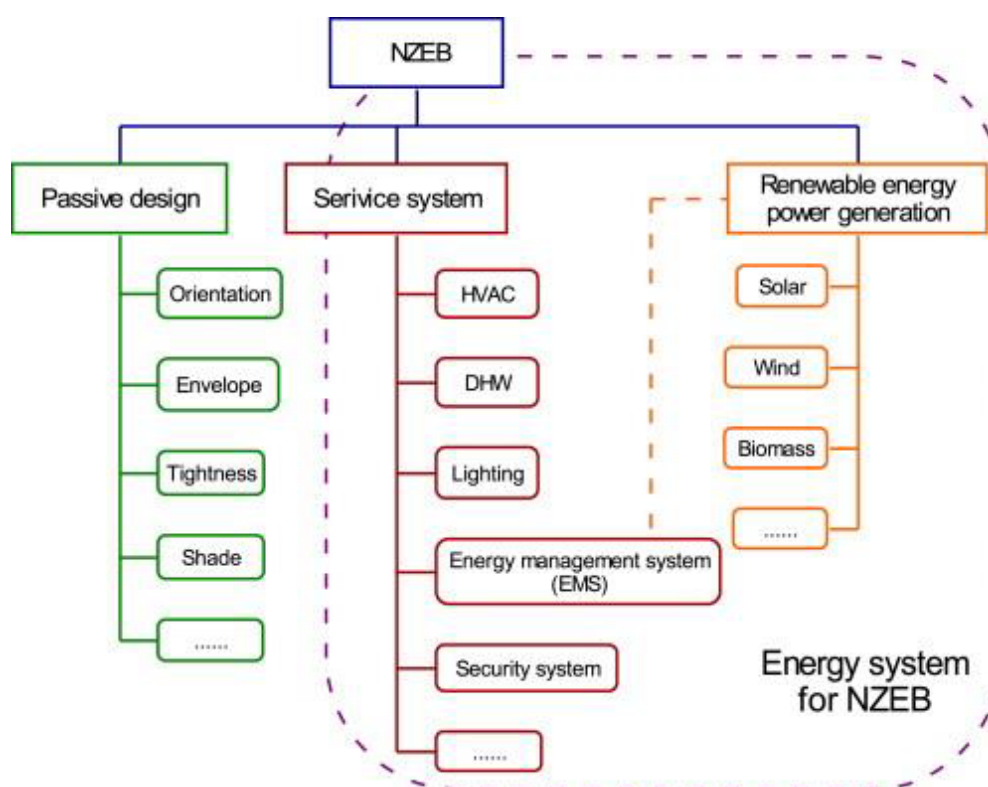


圖 3-3 NZEB 核心元素之概念

資料來源：Deng, 2014

因此，根據上述定義框架、數學方程式、圖像表達，美國能源部門 D.O.E（U.S. Department of Energy）從狹義變化到廣義，提出下列四種 NZEB 定義和能源使用的分類¹³：

1、淨零在地耗能 (Net Zero Site Energy)：

在基地上，淨零耗能建築產生的再生能源，等於或大於它一年所使用的能源。

2、淨零資源耗能 (Net Zero Source Energy)：

在資源上，淨零耗能建築產生或購買的再生能源，等於或大於它一年所使用的能源。

3、淨零能源成本 (Net Zero Energy Costs)：

¹³ : P. Torcellini et al. (2006). Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition. ACEEE Summer Study on Innovation for Our Energy Future, California.

在成本上，淨零耗能建築產生再生能源賣給市電的收入，等於或大於它一年所使用、付出給市電的成本。

4、淨零排放 (Net Zero Emissions)：

在溫室氣體排放量上，淨零耗能建築產生或購買的再生能源，等於或大於它一年如果使用市電的溫室氣體排放量。

然而，依照建築物相關人員關注點不同，對零耗能建築 (Zero-energy Building) 的定義可能會有差異，美國柏克萊國家實驗室 (LBNL) 則認為，以技術觀點而言，零耗能建築應依再生能源的來源而有不同層次的定義，詳如表 3-1 所示，最基本的層次第 0 類為導入使用新節能技術的低能耗建築，城市中心高人員密度的大樓或許裝置再生能源的空間不足，則可購買基地外的再生能源電廠之電源，定義上屬於第 4 類零耗能建築；在美國綠建築 LEED 評估中，也採用相同的定義。

表 3-1 NZEB 依再生能源來源的結構層次

結構層次	再生能源供應來源	技術與說明
0	應用節能技術建立之低耗能建築	日光照明、高效率冷凍空調設備、自然通風、蒸發冷卻技術等
從基地內的來源		
1	使用由建築物上的再生能源裝置產生之能源	太陽光電 PV、太陽熱水系統、風力發電等設備
2	使用設置於基地之內(建築物之外)的再生能源裝置產生之能源	同上，但不在建築物上而是在建築物基地內
從基地外的來源		
3	使用基地外再生能源燃料，在基地內生產能源	生質能、木材、酒精、生物柴油以及基地內的廢棄物
4	購買基地外再生能源的電力	風力、太陽能等再生能源

資料來源：P. Torcellini et al. (2006). Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition.

第二節 歐盟推動近零能源建築之概況

由於歐盟各成員國經濟、地理、政治、技術等現況差異甚大，因此各歐盟成員國無須全盤採納歐盟議會之決議，端視該決議之強度而有所差異。歐盟法律有兩種層級，一種為基礎法（又稱為創始條約），另一種為歐盟與第三國間、成員國間或成員國與第三國間之國際條約，頒布時共有五種層級：規則（Regulation）、指令（Directive）、決定（Decision）、建議（Recommendation）與意見（Opinion）。其中所謂指令的意義便是考量到各國之差異，因此僅公布原則事項，而將施行細節交由各成員國自行決定。

歐洲議會及歐盟理事會於 2002 年通過第 2002/91/EC 號的《建築能源效能指令》（Energy Performance of Buildings Directive, EPBD），是目前歐盟最重要的和綱領性的建築節能政策文件。EPBD 在 2003 年 1 月已經正式成為歐盟強制性法律文件，並要求各成員國在 2006 年 1 月前將該文件結合成員國的具體情況在轉化期限內立法實施。自 EPBD 生效以來，歐盟各成員國紛紛考量本國具體情況並依 EPBD 的要求採取相應的建築節能措施。EPBD 對歐洲建築節能影響範圍廣大，並且不斷持續改良精進中。

EPBD 根據不同建築物的能源消耗特徵及附屬設施情況，制定計算能源利用情況的架構方法，同時，EPBD 要求歐盟成員國利用該指令所提供的方法，制定出新建築以及需要改造的現有建築的能源利用標準。對於建築物能耗要求，重視的項目包括：能耗設備（例如：鍋爐、空調等必需定期檢查效率以及能耗）、建築本體氣密性、以及外圍結構保溫性。對歐盟各成員國產生最大影響為建築物能源護照（EPC）制度之推動，必需建立專家制度，由獨立、具有能力的人員進行檢查，以及提供必要建議。

EPBD 於 2010 年納入近零能源建築（Nearly Zero-energy Building,

NZEB)之實施時程要求,該指令第二條針對近零能源建築定義為:「能源效率甚高之建築,並以一年內整體消耗之初級能源(Primary Energy)總量做考量,需小於或等於由現址(On-site)再生能源所產生之能源,亦即由他處生產之再生能源不能列入計算,例如生質燃料、離岸風力等」,該指令強制規範各成員國(Member States)須於2018年12月31日前所有公有建物以及2020年12月31日所有新建物均達到近零能源建物的目標,為目前世界各國推動建築節能最為積極之單一區域。EPBD所訂定之實施時程如圖3-4所示。

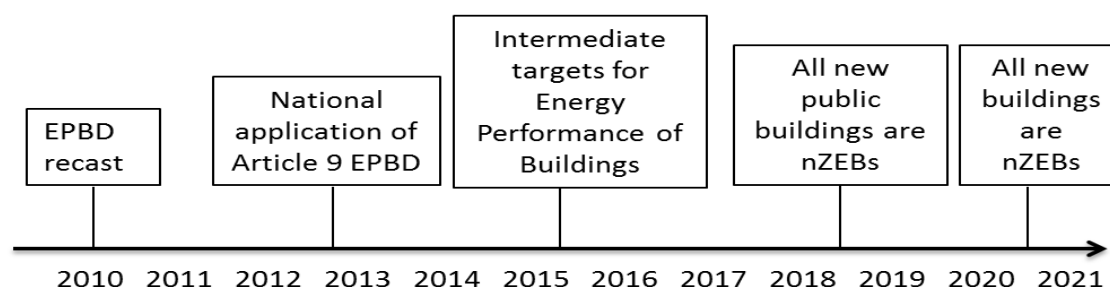


圖 3-4 EPBD 於 2010 年訂定的近零能源建築物(NZEB)之實施時間表

資料來源：EPBD，2010

另根據歐洲議會於2018年4月最新通過的《建築能源效率指令》(Energy Performance of Buildings Directive, EPBD)修正案¹⁴,要求歐盟會員國須在2020年3月前制定或修正國內相關建築法規以符合EPBD要求,該修正案於2018年7月6日已正式生效。這次修正有兩大重點:

1、既有建築物的翻修政策:

歐盟的建築部門占能源消耗約40%,為最大的能源消耗部門,考量歐盟有35%的建築超過50年,大部分既有建築物屬於老舊且未使用節能建材與設備,經調查約有75%的建築物能效不佳。然而各會員國對於既有建築翻修缺乏有力的策略,每年翻修率僅介於0.4%-1.2%之間,故本次EPBD 2018修正案中,要求會員國於2050年以前全

¹⁴: Commission welcomes final vote on energy performance of buildings.
(https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_18_3374)

部建築物需達到低碳排或零碳排標準 (low and zero-emission)，並提出明確路徑圖與政策，以加速既有建築翻修，除可帶來能源效益外，並具有帶動節能產業經濟發展等雙重利益。

2、加強建築能源管理與能源監測：

導入智慧科技的運用，加強建築物的自動化控制，要求耗能達一定規模的建築物應加裝能源管理系統，以掌握即時能源消耗資訊，如果發現異常能耗，就可以即時發現問題。並建立建築智慧指標 (smart readiness indicator)，代表建築物智慧就緒 (smart ready) 的程度，例如使用智慧系統與能源管理的能力，包括建築物的空氣品質、耗能、溫度自動監測資訊、網路連線等內容，惟並無強制性。此外這次修正也規定建築必須配有電動車的充電設備或預留管線。

歐盟議會雖已對近零能源建築進行原則性定義，但實施日程、金融補助等細節仍需要各個成員視國情以及條件，在未來持續進行訂定。各成員國針對建物制定能源效率標準時，仍應包含下列內容：建物外殼性能 (Air Tightness)、通風性能、空調性能 (Heating and Cooling) 建物座向、地理位置、被動式太陽能系統 (Passive Solar System)、被動式建物設計 (Passive Solar Protection)、與室內溫溼度條件 (Indoor Climate)，其中非住宅用建物尚需另外考慮照明 (Built-in Lighting)、主動式太陽能系統 (Active Solar System) 或其他再生能源、汽電共生、區域冷暖調度、自然採光等。

然而由於歐盟各會員國橫跨不同氣候帶，各地的能源價格、施工成本、和建築形式都不同，導致能效的計算方式也不一樣，為了讓政策具備經濟可行性，故歐盟並未對「近零能源」定義賦予一致標準，反而開放各會員國自行就國內現況與市場機制，以成本效益 (cost-effectiveness) 原則加以定義。

根據歐洲建築性能研究所 (Buildings Performance Institute Europe,

BPIE) 2015 年發表之《Nearly Zero Energy Buildings Definitions Across Europe》報告¹⁵，經整理歐盟各成員國對於近零能源建築之實施情形及初級能耗基準如表 3-2 所示，其中各國之每年初級能耗基準用電量從 25 度到 270 度都有，相差超過 10 倍，顯然某些國家的標準過於寬鬆，且還允許用購買「部分」綠電的方式達到近零能源，惟並未明定「部分」綠電之比例是多少。

表 3-2 歐盟各成員國對 NZEB 之實施情形及基準概況

序號	成員國	NZEB 定義情況	強制實施年份		新建建築物最大初級能源基準 (kWh/m ² .y)		既有建築物最大初級能源基準 (kWh/m ² .y)	
			公共建築	非公共建築	住宅	非住宅	住宅	非住宅
1	奧地利	已訂定	1/1/2019	1/1/2021	160	170	200	250
2	比利時-布魯塞爾	已訂定	1/1/2015	1/1/2015	45	90	54	108
	比利時-法蘭德斯	已訂定	1/1/2019	1/1/2021	30% PE	40% PE	研訂中	研訂中
	比利時-瓦隆	研訂中	1/1/2019	1/1/2019	研訂中	研訂中	研訂中	研訂中
3	保加利亞	待核定	1/1/2019	1/1/2021	30-50	40-60	30-50	40-60
4	克羅地亞	已訂定	1/1/2019	1/1/2021	33-41	研訂中	無資料	無資料
5	塞浦路斯	已訂定	1/1/2019	1/1/2021	100	125	100	125
6	捷克共和國	已訂定	2016-2018 視建物規模	2018-2020 視建物規模	75-80% PE	90% PE	75-80% PE	90% PE
7	丹麥	已訂定	1/1/2019	1/1/2021	20	25	20	25
8	愛沙尼亞	已訂定	1/1/2019	1/1/2021	50-100	90-270	未定義	未定義
9	芬蘭	已訂定	1/1/2018	1/1/2021	無資料	無資料	無資料	無資料
10	法國	研訂正能源建築定義中	28/10/2011	1/1/2013	40-65	70-110	80	60% PE
11	德國	研訂中	1/1/2019	1/1/2021	40% PE	研訂中	55% PE	研訂中

¹⁵ : BPIE 2015 報告 : Nearly Zero Energy Buildings Definitions Across Europe.
(http://bpie.eu/uploads/lib/document/attachment/128/BPIE_factsheet_nZEB_definitions_across_Europe.pdf)

第三章 國際間對近零能源建築之探討與案例分析

序號	成員國	NZEB 定義情況	強制實施年份		新建建築物最大初級能源基準 (kWh/m ² .y)		既有建築物最大初級能源基準 (kWh/m ² .y)	
			公共建築	非公共建築	住宅	非住宅	住宅	非住宅
12	希臘	研訂中	1/1/2019	1/1/2021	無資料	無資料	無資料	無資料
13	匈牙利	研訂中	1/1/2019	1/1/2021	50-72	60-115	研訂中	研訂中
14	愛爾蘭	已訂定	1/1/2019	1/1/2021	45	60% PE	75-150	研訂中
15	義大利	研訂中	1/1/2019	1/1/2021	研訂中	研訂中	研訂中	研訂中
16	拉脫維亞	已訂定	1/1/2019	1/1/2021	95	95	95	95
17	立陶宛	已訂定	1/1/2019	1/1/2021	需達 A++ 等級		需達 A++ 等級	
18	盧森堡	已訂定	1/1/2019	1/1/2021	需達 AAA 等級		無資料	無資料
19	馬耳他	研訂中	1/1/2019	1/1/2021	40	60	無資料	無資料
20	荷蘭	已訂定	1/1/2019	1/1/2021	建築需要符合能源性能係數= 0		無資料	無資料
21	挪威	研訂中	1/1/2019	1/1/2021	研訂中	研訂中	無資料	無資料
22	波蘭	研訂中	1/1/2019	1/1/2021	60-75	45-70	無資料	無資料
23	葡萄牙	研訂中	1/1/2019	1/1/2021	依現有建築法規要求		無資料	無資料
24	羅馬尼亞	已訂定	1/1/2019	1/1/2021	93-217	50-192	無資料	無資料
25	斯洛伐克	已訂定	1/1/2019	1/1/2021	32-54	34-96	無資料	無資料
26	斯洛文尼亞	待核定	1/1/2019	1/1/2021	45-50	70	70-90	100
27	西班牙	研訂中	1/1/2019	1/1/2021	需達 A 等級		研訂中	研訂中
28	瑞典	研訂中	1/1/2019	1/1/2021	30-75	30-105	無資料	無資料
29	英國（英格蘭）	已訂定	1/1/2018	1/1/2019	44	無資料	無資料	無資料
					建築物需要符合碳排放量 0			

註：上表中 30% PE 係指建築物最大初級能源基準為參考建築物一次能源消耗(PE)的百分比 30，餘以此類推。

資料來源：BPIE 2015 報告及本研究整理

第三節 美國推動淨零能源建築之概況

依據美國能源資訊管理局（EIA）統計資料顯示，歷年來美國各部門之能源消費，最多的為工業部門、運輸部門，商業部門消費最少。以2017年統計為例，依序為工業部門(23.4%)，運輸部門(20.9%)、住宅部門(20.3%)和商業部門(13.4%)，若以住宅及商業部門統稱建築部門來看，建築部門就佔美國能源消費比例約達三分之一，因此面對能源需求提高，美國政府運用法規、強制性和自願性標準、稅收激勵、技術支持、研發活動等政策措施推動節能工作，進而搭配再生能源達到淨零能源建築之目標。以下將就歷年來美國針對建築部門之節能及淨零能源建築相關推動政策或措施整理如下：

一、1992 年能源政策法（the Energy Policy Act of 1992，EPA 1992）¹⁶

美國能源部(Department of Energy，DOE) 依據此法案建置「建築能源模範法典計畫」(Building Energy Codes Program，BECF)，以支持國家建築能源規範之發展，並協助各州採行更有效率之規範，分別對民間部門及聯邦政府部門制定建築能源效率規範或標準，供作設計及建造新建或既有建築改善翻新應達能源效率之最低要求。

二、2005 年能源政策法（the Energy Policy Act of 2005，EPA 2005）¹⁷

該法案主要針對消費者與企業主購買節能、環境友善與高能源效率之車輛、設備及建築物等，給予聯邦租稅的減免（Federal Tax Credit），並已於2006年1月正式實施。並要求所有政府建築自2006年到2015年間，單位面積的建築能耗應較2003年每年降低2%；到2015年達到相對2003年節能20%的目標。

¹⁶：財團法人資訊工業策進會，能源資訊系統應用技術推廣計畫-我國節約能源推動策略及配套法制研究（二），2002

¹⁷：工業技術研究院綠能與環境研究所，方端言，美國能源政策評析報告，國家能源發展策略規劃及決策支援能量建構計畫，2018-11

三、2007 年能源獨立與安全法案(Energy Independence and Security Act of 2007, EISA 2007)¹⁸

針對商業及聯邦建築物訂定淨零能源目標期程，包括 2025 年起所有新建商業建築須達淨零耗能，並於 2050 年所有新舊商業建築皆須達到淨零耗能，另要求 2030 年起所有新的聯邦建築必須實現碳中和(零碳)。旨在增加再生燃料的生產，減少對石油的依賴，以提高能源安全及面對氣候變遷的能力。

四、2009 年潔淨能源與安全法案(American Clean Energy and Security Act of 2009, ACESA 2009)¹⁹

旨在促成再生能源技術的發展，獎勵能源效率及產品的應用，並鼓勵高耗能產業轉型為潔淨型產業，加大對能源效率和可再生能源的投資。該法案內容包括潔淨能源、能源效率、全球暖化及轉型等四大部分，其中關於提升建築能源效率部分，主要內容節錄如下：

- 1、建築物能源效率：為促進新建築物能源效率，該法案規定聯邦政府應透過訓練及融資方式，協助州政府制定新效率標準。同時也融資既存之住商建築物，提高其能源效率。此外，美國環保署(EPA)亦將發展建築物能源效率評等制度。
- 2、老舊建築物汰舊換新獎勵：為促進老舊建築物汰舊換新，該法案針對 1976 年以前建造的老舊住宅，且為低所得家庭，購買具「能源之星標章」之新建築物，將提供獎勵措施。
- 3、器具設備能源效率：該法案制定四種照明效率標準，以及四種其他器具設備效率標準。大幅改善能源部有關制定能源效率標準、加強訂定標準的成本效益測試、以及要求資訊揭露的程序。此外，該法

¹⁸：維基百科，2007 年能源獨立與安全法
(https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_Independence_and_Security_Act_of_2007#C. Federal_buildings)

¹⁹：柯亮群，2009 年美國潔淨能源與安全法案介紹與對我國之啟示

案亦針對銷售大量高能源效率器具的零售商，提供財務誘因機制。

五、未來十年聯邦永續發展規劃 (Planning for Federal Sustainability in the Next Decade) ²⁰

本項行政命令 (EO 13693) 係美國總統歐巴馬於 2015 年 3 月 19 日簽署生效，訂定聯邦政府潔淨能源與減排目標，包括 (1) 未來十年聯邦政府溫室氣體 (GHG) 排放量以 2008 年為基準將減少 40%；(2) 聯邦政府所消耗電力來自可再生能源佔總消耗電力將增加至 30%。此外，行政命令指示聯邦機構相關項目及具體目標如表 3-3 所示。

表3-3 美國未來對於建築永續之發展規劃

項次	項目	具體目標
1	推進並提高建築節能，效率和管理	2015年至2025年期間每年降低聯邦大樓2.5%的能源使用
2	確保在特定百分比，建築所消耗的電力和熱能來源來自可再生電能源和替代能源的最低限度	聯邦大樓2025年總能量消耗的25%需來自清潔能源
3	提高機構水資源利用效率和管理	至2025年聯邦大樓每年降低2%的用水強度
4	提高機構車隊和車輛的使用效率和管理，如果該機構有20輛以上汽車組成的車隊	2025年需減少聯邦車隊每英里溫室氣體排放量30%（以2014年為基準）

資料來源：<http://www.bmwi.de/>

六、2015 年能源效率改善法案 (the Energy Efficiency Improvement Act of 2015) ²¹

為改善建築能源效率提供法源基礎，美國總統歐巴馬於 2015 年 4 月 30 日簽署了本項法案，授權美國環境保護署 (EPA) 與能源部 (DOE)

²⁰：工業技術研究院，低耗能住商節能減碳技術整合與示範應用計畫，2015 年

²¹：工業技術研究院，低耗能住商節能減碳技術整合與示範應用計畫，2015 年

針對 EPA 成功推行能源之星建築計畫，包含（1）透過當前的能源之星框架內制定新的自願能源計畫；（2）透過採用具有智慧電網功能熱水器之新規定；（3）促進能源標竿和公開披露建築物的能源消耗量。藉此促進承租戶和業主更清楚建築物的能源性能，租用者易於瞭解所使用之建築物能效，以達到商業建築提高能效之目標。

法案內容主要分為三部分，包含較佳建築（Better Buildings）、可連電網之熱水設備以及商業建築能源使用資訊，法案主要部分及詳細內容如表 3-4 所示。

表 3-4 美國 2015 年能源效率改善法案

類型	法案主要部分	詳細內容
Title I	較佳建築	- 聯邦及其相關建築物的能源效率 - 出租商用建物的高效能能源效率措施 - 房客之星計畫(Tenant Star Program)
Title II	可連電網之熱水設備	增修"GRID-ENABLED WATER HEATERS" 的標準以鼓勵可參與需求響應的儲熱熱水器(主要是針對熱泵)之生產製造
Title III	商業建築能源使用資訊	- 要求聯邦政府單位所租賃的商業建築物，若未取得Energy Star標章，需提供建物能耗相關資訊，且須為同類建物的能耗標竿建物 - 要求能源部持續維護商業建築與集合式住宅的能源使用資訊庫，並得以適當形式公開相關數據

資料來源：美國 DOE，2015/05

其中有關較佳建築（Title I）係分別針對聯邦建築及出租商用建築之能源效率訂定相關措施，詳細內容如表 3-5 所示。

表 3-5 美國較佳建築（Better Buildings）法案主要內容

項次	主要項目	詳細內容
1	聯邦及其相關建築物的能源效率	• 主管機關應於限期內訂定可鼓勵建築物所有人與租賃使用者共同投資提升用能與用水效率相關設備的商用建築租賃契約範本。無論是作為房東或房客的聯邦政府單位及其相關客戶得使用該範本議約 • 主管機關應為聯邦不動產服務部門研訂執行建物相關能源效率措施相關的政策與常規(包括教育訓練)
2	出租商用建物的高效能能源效率措施	• 主管機關一年內完成可以鼓勵建物所有者與租用者經由設計與建造明顯改善商用建物的能源效率的可行性分析報告
3	房客之星計畫	• EPA應在自願性的Energy Star program 內研訂Tenant Star • 擴大調查數據，經由EIA的商業建築物能源使用調查蒐集如數據中心、交易大廳、餐廳及其他能源大用戶，並以整合性(以防侵犯隱私權)形式公諸於大眾 • 仿Energy Star program彰顯符合Tenant Star之建物所

資料來源：美國 DOE，2015/05

上表中房客之星計畫（Tenant Star Program）將列為目前能源之星計畫中建築物節能措施的一部分，提供獎勵予承租辦公大樓之用戶，安裝節能燈具和系統，是美國政府第一個商業大樓內租用空間永續設計和運行的認可標章。其主要目的希望藉由 DOE 於一年內完成商用建築物能源效率明顯改善之可行性分析報告，以提供並鼓勵建築物所有者或租用者應用並升級現有商用建築物，達到租用空間高效節能、智慧化與高性價比的投資，預期未來數年廣泛採用將可節省企業能源成本達數十億美元。

至於可連電網之熱水設備 (Title II) 係根據美國能源部 2010 年完成的節能標準修訂，規定電熱水器容量大於 55 加侖之能源因數值 (energy factor) 在 2015 年需達到 1.98，約為目前高效率電熱水器效率的兩倍，只有熱泵熱水器可以符合此項新標準。2015 年能源效率改善法案通過容量為 75 加侖以上之可連網熱水器，其能源因數值需達 1.061 或以上才可販賣，並規定電熱水器製造商與使用者必須每年申報製造與應用的熱水器數量。

另關於商業建築能源使用資訊 (Title III) 部分，要求能源資訊署 (Energy Information Administration, EIA) 透過商業建築能源消耗調查，擴大數據收集，並鼓勵商業建築做能源標竿 (energy benchmarking)。此外，聯邦政府單位所租賃的商業建築物，若未取得 Energy Star 標章，需提供建物能耗相關資訊。

美國聯邦政府過去所提出之建築能效相關法規，通常係針對聯邦政府所管轄的建築物。其中 2015 年之能源效率改善法案，包含：

- (1) 透過當前的能源之星框架內制定新的自願能源計畫
- (2) 透過採用具有智慧電網功能熱水器之新規定
- (3) 促進能源標竿和公開披露建築物的能源消耗量

藉由上述方式促使承租戶和業主需更清楚自己使用的建築物目前能源性能，期望藉由教育推廣使租用者易於瞭解和取得所使用之建築物能效，打破過去因使用者與業主不同所導致之建築節能實施障礙，以達到商業建築提高能效之目標。

七、2017 年促進能源獨立與經濟成長 (Promoting Energy Independence and Economic Growth of 2017) 行政命令²²

本項行政命令係由美國川普總統於 2017 年 3 月簽署，目的為同時兼顧環境保護並促進經濟成長。該行政命令將致力於促進潔淨並安全地

²²：經濟部能源局能源知識庫電子報第 30 期
(<https://km.twenergy.org.tw/Content/Epaper/201751615414.html>)

發展美國龐大的能源資源，同時避免可能阻礙能源製造、限制經濟成長以及不利創造就業的管理與障礙。為了達成上述目標，該行政命令一併撤回前任歐巴馬政府所提的各項環保政策，其中包含具有爭議且致力於減緩溫室氣體排放的「潔淨電力計畫(Clean Power Plan)」。

此外，該行政命令要求美國聯邦機構立即全面檢視現行可能會影響美國能源開發或執行效率的計畫，並要求各單位應於 180 日內研提新的報告，來說明要如何處理既有的法規、行政命令、指導綱領及政策，以減緩過去賦予廠商的義務、責任與限制。此舉將無法達成，潔淨電力計畫中要求美國發電廠到 2030 年減排 32%(以 2005 年的基礎)，同時也就無法達成歐巴馬政府提出的 INDC 減量目標：2025 年全球溫室氣體排放量應減少到低於 2005 年水準 26%。

八、2018 年加州潔淨能源法案 (SB100—The California Clean Energy Act of 2018) ²³

本項法案係美國加州於 2018 年 9 月 10 日簽署生效，係以「公用事業法規」(Public Utilities Code)內能源專章為基礎，重點說明如下：

- 1、設定 2045 年 12 月 31 日前加州電力市場全面 100%供應再生能源及零碳排能源電力。
- 2、原訂 2030 年再生能源電力占比 50%，提高到 60%，2045 年則達到 100%，各年目標如下表。

表 3-6 美國加州指定年度再生能源供電占比目標

年份	2016	2020	2024	2027	2030	2045
占比(%)	25	33	44	52	60	100

資料來

源：https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billCompareClient.xhtml?bill_id=201720180SB100

²³：經濟部能源局能源知識庫 (https://km.twenergy.org.tw/Data/db_more?id=3572)

- 3、為達到目標，不應增加美國西部電網其他地區之碳排放量，並且不允許混入其他能源電力來源。
- 4、本法案應於 2021 年 1 月 1 日提出檢討報告，並於此後每隔四年更新提出一次。

九、2019 年綠色新政（Green New Deal of 2019）²⁴

美國歐巴馬總統上任後，於 2009 年提出美國復興與再投資法案，大舉提升再生能源與能源效率的投資。惟川普總統上任後，在 2018 年 7 月推翻了歐巴馬時期的法規（該法規旨於減少燃煤發電廠排放的溫室氣體）。故美國民主黨眾議員於 2019 年 2 月 7 日提出了綠色新政（Green New Deal）決議文，明示其目的為對抗全球氣候及環境變遷問題，具體設定了因應目標（Green New Deal goals），²⁴ 在 2030 年時達成溫室氣體淨零排放目標。綠色新政係承接自美國前總統羅斯福在 1933 年為動員全美對抗經濟大蕭條（Great Depression）所推出的新政（The New Deal）。美國的綠色新政設定了下列五大目標：

- 1、達到淨零溫室氣體排放，轉型過程須對所有社群與勞工公平與公正。
- 2、創造數百萬個高薪工作機會，確保全民繁榮與經濟安全。
- 3、投資基礎設施與產業，以永續方式因應 21 世紀的挑戰。
- 4、確保潔淨的空氣與水質、打造氣候與社群韌性、健康的食物系統、親近大自然的管道，以及全民永續環境。
- 5、提倡正義與公平，避免未來對氣候脆弱度較高的前線與脆弱社群造成壓迫。

除了上述五大目標外，尚有對應之 14 項行動計畫配套措施，包括「美國境內所有建築均需進行升級，符合最高能效標準、省水標準、安全與耐用度」、「以 100%潔淨、再生能源與零排放能源供應全國電力需

²⁴：經濟部能源局能源知識庫 (https://km.twenergy.org.tw/Data/db_more?id=3637)

求」、「大規模增加對於美國製造業的潔淨生產投資，達到零污染與零碳排」、「全盤改造運輸系統，達到零污染與零碳排」等。

十、美國建築能效評估系統

1、能源之星建築能效評估系統 (ENERGY STAR Portfolio Manager®)²⁵

由美國環保署 (Environmental Protection Agency, EPA) 創建了一套線上免費建築能效評估系統 ENERGY STAR PortfolioManager®, 透過統計模型以評估建築實際耗能數值，適用於 18 大類、80 多種用途別之建築類型。該在線工具可用於測量和跟 踪能源和水的消耗以及溫室氣體的排放。在安全的在線環境中，使用它來對一棟建築物或整個建築物的性能進行基準測試。

該系統係採取與同類型建築作比較，依據美國能源資訊管理署 (Energy Information Administration, EIA) 的商業建築普查 (Commercial Building Energy Consumption Survey, CBECS) 之歷年用電普查統計資料，其中包含詳細的建築營運狀況調查問卷，內容包含有建築尺寸與屋齡、主要活動、人員負荷與工時、能源供給源、終端使用與設備、其他各式設備、電力、天然氣瓦斯、區域熱水使用等。經由統計分析各營運條件與建築 EUI 之關係，最終建立了 EUI 營運正規化修正模式，使建築個案的實際 EUI，能與面對之 EUI 比較基準在相同條件下進行比較。

Energy Star Portfolio Manager 係透過輸入電費單據及建築營運基本資料，可得能源消耗等級、用水消耗及溫室氣體排放量。該評分系統係將建築物的能源性能與全美國同類建築物進行比較，50 分為能源表現中位數，而 75 分則代表個案建築物比全美國 75% 的類似建築物還要好，並可能獲得 ENERGY STAR 認證。以 1-100 ENERGY STAR Score 為能源消耗標示分數，依顏色區分為三個等級，綠色為得分 75-100、黃色為

²⁵ : Energy Star Portfolio Manager website
(<https://www.energystar.gov/buildings/facility-owners-and-managers/existing-buildings/use-portfolio-manager>)

得分 26-74、紅色為得分 0-25。得分 50 代表個案建築物的能耗表現中等，表示其能源效率優於 50% 的同類型建築物，分數越高代表能源效率越好、溫室氣體排放越低。

獲得 ENERGY STAR Score 75 分或以上之建築物可申請能源之星證書（ENERGY STAR certification），該認證為逐年進行，因此建築物需保持高能源效率才能逐年認證，且認證申請需由經認證的專業工程師或註冊建築師進行驗證才能獲得批准。

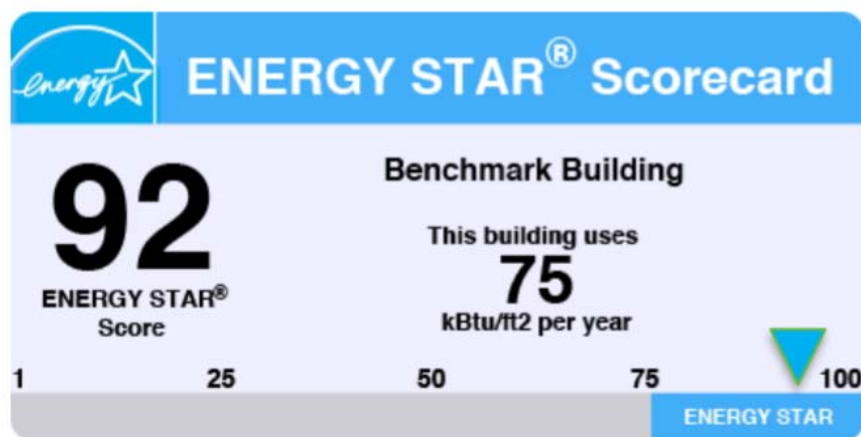


圖 3-5 美國能源之星 ENERGY STAR Scorecard 示意圖

資料來源：ENERGY STAR 官方網站資料

2、建築能源資產評分系統（Building Energy Asset Score, BEAS）²⁶

美國能源部（Department of Energy，DOE）開發的建築能源資產評分系統（資產評分），是用於評估商業和多戶住宅建築物的物理和結構能效的國家標準化工具。資產評分可生成簡單的能效等級，從而可以在建築物之間進行比較，並確定投資於能效升級的機會，為另一套線上免費建築耗能評分系統。該系統係自願性質，並且提供免費使用。

本系統內建的標準排程與使用模式評估，排除營運條件的影響，單就建築資產的能源效率表現做評估，如建築屋頂、外牆、窗戶、照明、

²⁶ : Building Energy Asset Score website
(<https://www.energy.gov/eere/buildings/building-energy-asset-score>)

熱水和空調 HVAC 系統等，適用於下表所列建築類型。

表 3-7 美國建築能源資產評分系統適用建築類型

辦公室	圖書館
零售	住宿
多戶家庭	醫療辦公室
輔助生活	停車庫
市政府	警察局
社區中心	郵政局
法院大樓	高級中心
教育性（包括 K-12 學校）	倉庫（非冷藏）
禮拜堂	混合使用（以上類型）

資料來源：Building Energy Asset Score 官方網站資料

雖然建築物中的租用戶和能源使用方式經常變化，但其物理結構和主要設備仍保持不變。這些潛在的能源“資產”，例如建築物的圍護結構（屋頂，牆壁和窗戶）以及照明，熱水和 HVAC 系統，對建築物內能源的使用效率產生重大影響，該評分系統採取在標準操作條件下估算建築能源總使用量和最終用途（照明，供暖，冷氣，熱水）的能源使用，並沿襲多數建築耗能評估方式，計算建築所有形式耗能，轉換為一次能源，再除以樓地板面積成為 Source EUI 做為評分依據。對於建築 EUI 的模擬與評分則使用線上評估工具進行運作，係利用 EnergyPlus 作為集中能源模型引擎。

使用者介面資料輸入端有預覽（Preview）、完整報告（Full report）兩種模式。預覽模式使用預設值建立建築模型，對於建築形狀、外殼或系統等資訊所需較少，可用於單一用途類型、幾何形狀簡單和單一 HVAC 系統之建築物。完整報告模式輸入資料包含建築幾何形狀、建築外殼結構、機械及照明系統和操作等詳細資訊。可用於單一或混合使用，以及單一或多種 HVAC 系統類型之建築物。

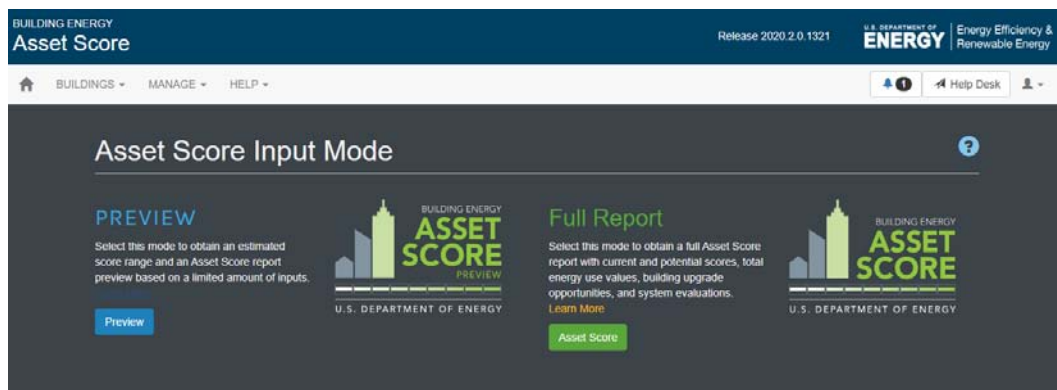


圖 3-6 Building Energy Asset Score 操作頁面

資料來源：Building Energy Asset Score 官方網站資料

Building Energy Asset Score 依據建築外殼、機械、電力和熱水系統的能源效率進行評分，得分為 1 到 10，其中 10 分代表為 Zero-energy ready，若再生能源能與建築耗能平衡，即為淨零耗能建築。此外，評估報告內容包含建築各獨立系統的能源效率、標準營運情況下的預估總能源使用量、提升建築能效的機會及預估能耗提升後的得分，評分等級如下圖。

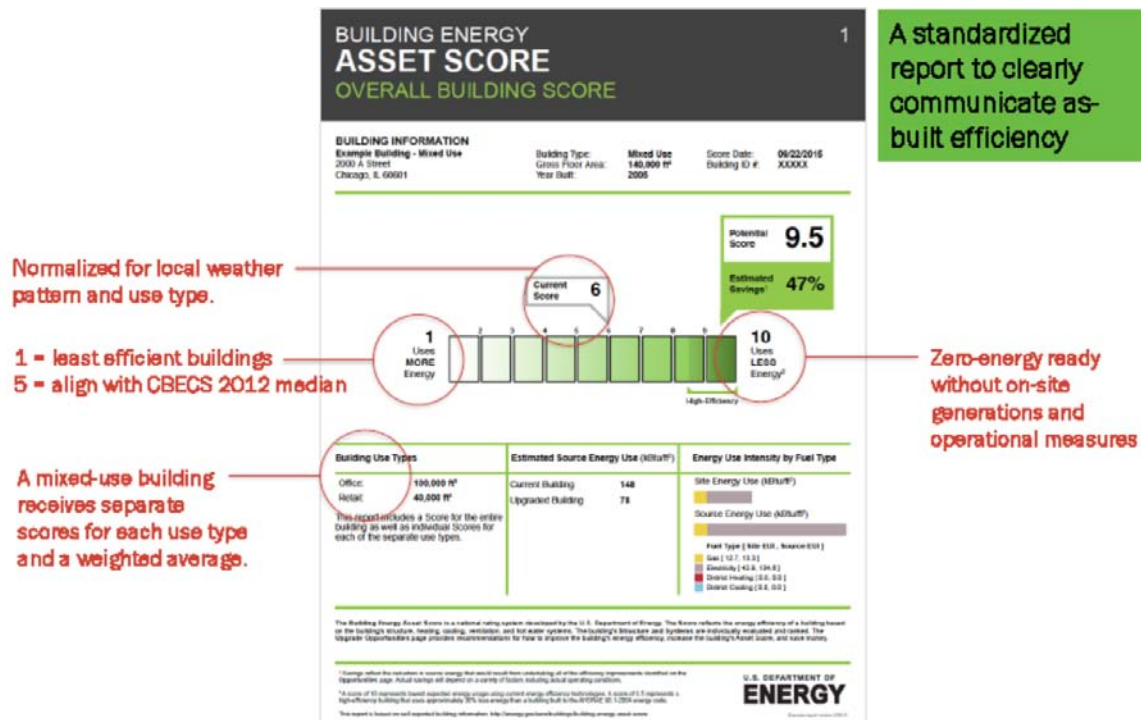


圖 3-7 Building Energy Asset Score 示意圖

資料來源：Office of Energy Efficiency and Renewable Energy

3、住宅能源評級系統系統（Home Energy Rating System, HERS）²⁷

住宅能源評級系統指數（又稱為 HERS 指數）是一種用於衡量住宅能源效率的評分系統。HERS 指數係由住宅能源服務網絡（The Residential Energy Services Network, RESNET）於 2006 年開發推出，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，至今在美國已累積 286 萬多戶住宅採用 HERS 指標評估（2020，RESNET 網站），並納入 2018 IECC（International Energy Consulting Company）之中，具有實際執行與公信力之評估工具。

要計算房屋的 HERS 指數得分，需要經過認證的 RESNET HERS 評分器對房屋進行能源評級，然後將數據與“參考標準房屋”（與實際房屋大小和形狀相同的設計模型房屋）進行比較，得分取決於所居住房屋的大小、形狀和類型。其需輸入之主要變數包括：

- (1)建築外殼：如所有外牆、地板、天花板、屋頂閣樓、地基和門窗，以及通風口和管道系統等。
- (2)耗能設備：包括暖通空調系統、熱水系統和恆溫器等（未包含家電電器）。
- (3)再生能源系統：如太陽能等。

在美國，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）標準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。簡單來說，HERS 指數得分為 70 的房屋，意味著比標準新房屋的能源效率高 30%，而得分 130 的房屋比標準新房屋的能源效率低 30%，若得分為 0 時，則代表再生能源能完全抵銷建築耗能，達到淨零耗能住宅。以下圖為例，HERS 指數為 65 分，則代表比標準新房屋的能源效率低 35%。

²⁷：HERS website (<https://www.hersindex.com/hers-index/what-is-the-hers-index/>)

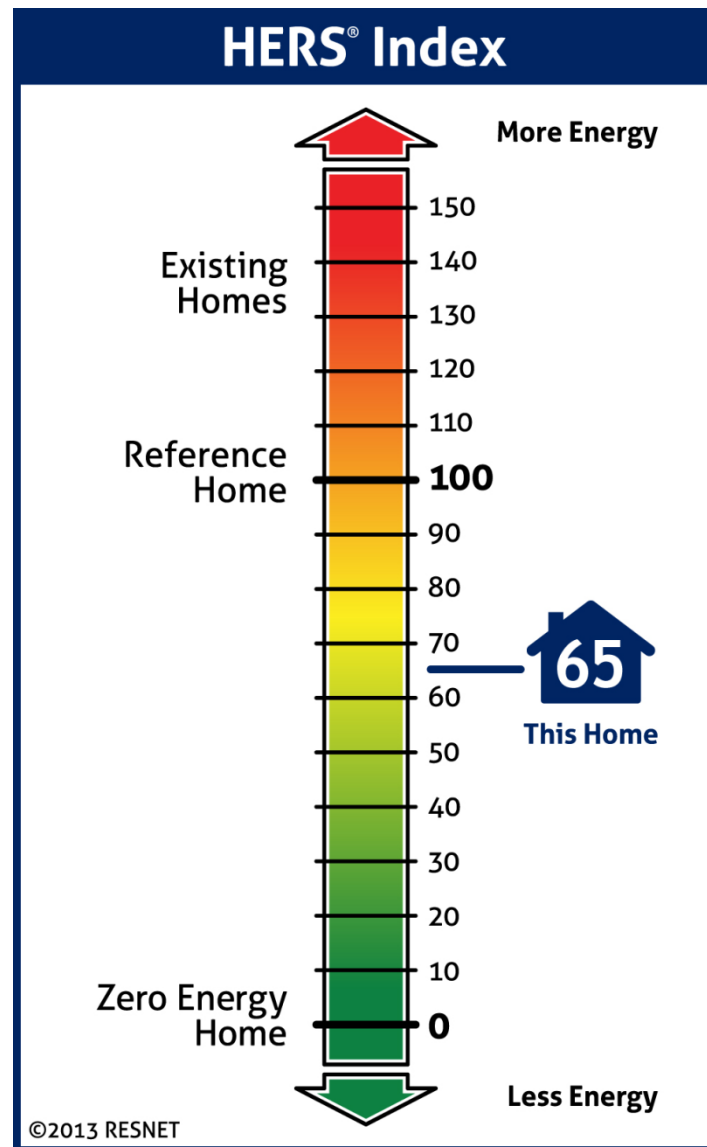


圖 3-8 Home Energy Rating System 示意圖

資料來

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

第四節 日本推動近零能源建築之概況

一、日本推動住宅及建築物之零能源化（ZEH 及 ZEB）概要

日本經產省、國土交通及環境省共同推動住宅（House）及建築物（Building）之零能源化。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²⁸。

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²⁹，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³⁰。

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，因此要達成 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

²⁸：〈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）。

²⁹：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）。

³⁰：〈エネルギー基本計画（案）〉，34 頁（2018 年 5 月 16 日）。

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 3-9 ZEH Builder 和 ZEH Planner 標章

資料來源：日本經產省

ZEB在 2017 年開始，為ZEB普及化，對自主地採取相關措施之設計公司、設計施工公司、以及顧問公司等作為「ZEB planner」者，建築物所有人作為「ZEB leading owner」，透過補助金項目，促進登記數量擴大，繼續為實現ZEB時程表目標推進而努力，進行相關檢討³¹。至 2018

³¹：〈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）。

年 5 月為止，ZEB planner 有 111 家公司登錄，ZEB leading owner 有 65 家公司，其設計標章如圖 3-10 所示。



圖 3-10 ZEB leading owner 及 ZEB planner 標章

資料來源：日本經產省

二、ZEH 定義、政策對象及判斷基準

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。

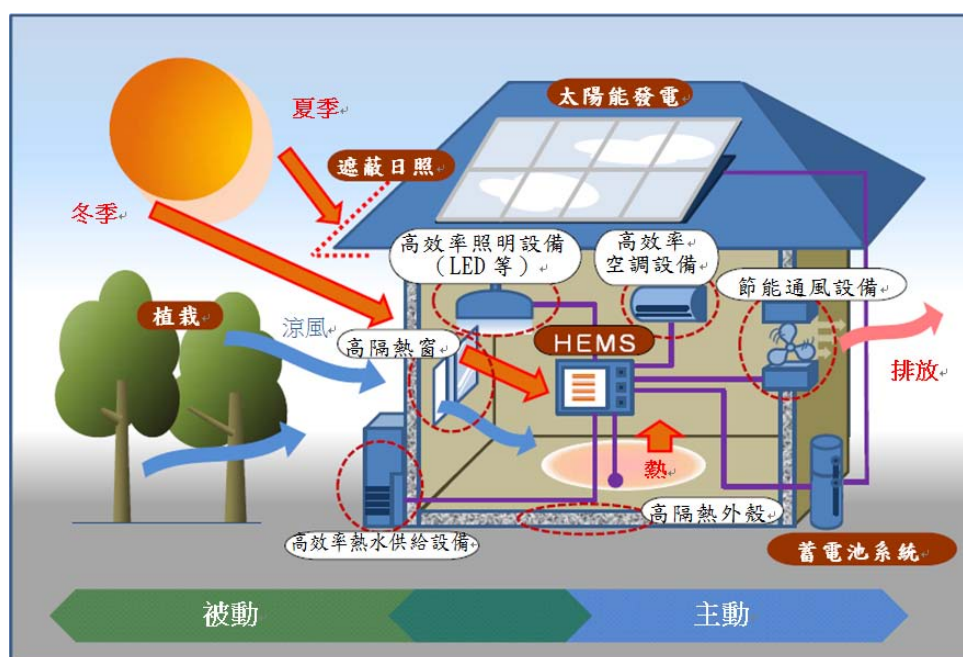


圖 3-11 ZEH 設計概念圖

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

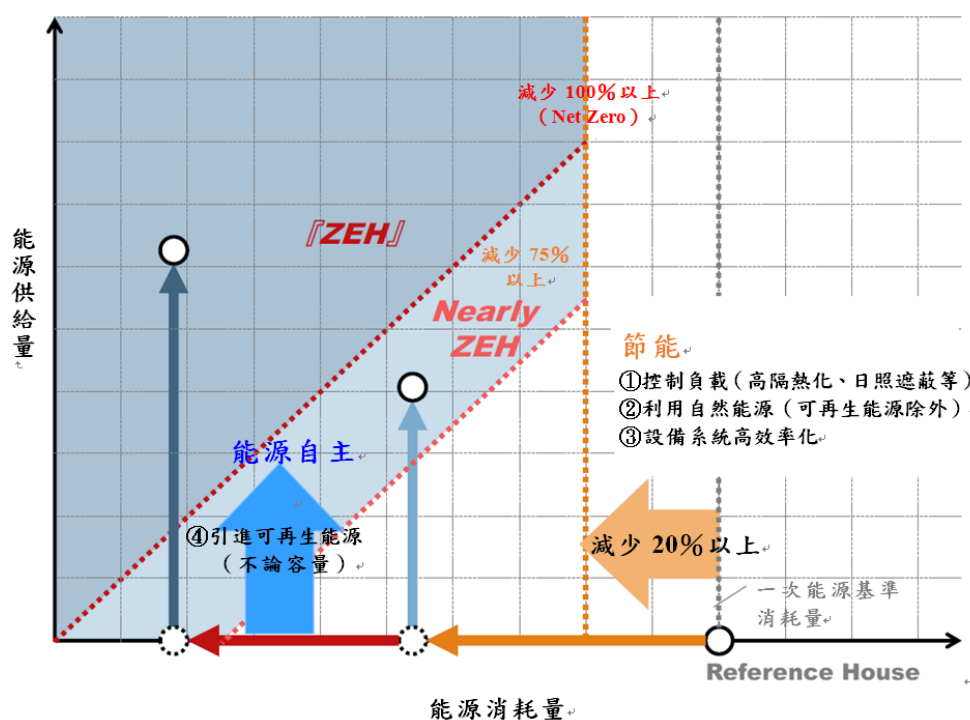


圖 3-12 ZEH 定義

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 3-8 所示。

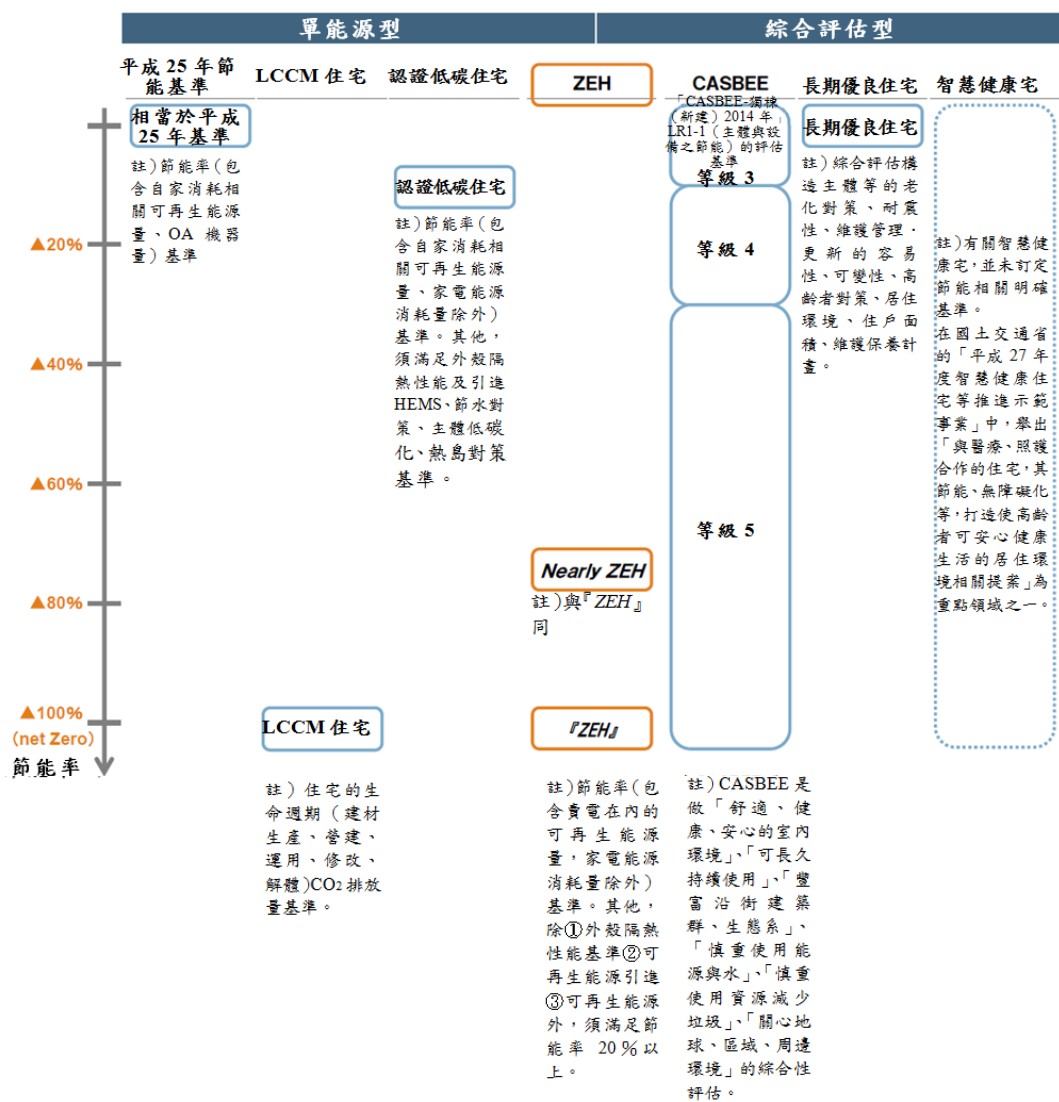
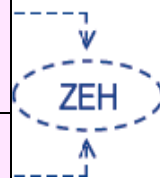


圖 3-13 ZEH 與低碳住宅、智慧健康宅、LCCM 住宅等制度比較圖

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 3-8 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

三、ZEB 定義、政策對象及判斷基準

所謂 ZEB 之定性定義是指「藉由先進的建築設計，控制能源負載；透過採用被動技術，積極活用自然能源；經由引進高效率設備系統，維持室內環境品質並實現大幅節能；並藉由引進可再生能源，極力提高能源自主程度；目標為全年一次性能源消耗量收支為零的建築物」。

ZEB 設計階段的重點是：最大限度活用隔熱、遮蔽日照、自然換氣、自然光利用等建築規劃手法（被動手法），提升壽命長、修改困難的建築外殼之隔熱性能，並在建築設備上加以升級，即所謂分層處理的設計概念。此外考量營運使用階段，很難評估建築物的運作時間、人口密度、氣候、承租者狀況等影響建築物能耗表現之部分，因此，ZEB 只針對設計階段評估。另 ZEB 政策對象範圍為新建建築物、不包含新建獨棟住宅。

ZEB 之概念如圖 3-14，定義如圖 3-15 所示。為了普及 ZEB，依據上述，ZEB 又可分為：

1. ZEB (NET · ZERO · ENERGY · BUILDING)：全年一次性能源消耗量淨值為零或負值的建築物。
2. Nearly ZEB (Nearly · NET · ZERO · ENERGY · BUILDING)：近乎 ZEB 的建築物，滿足 ZEB Ready 的要件，並藉由可再生能源，使全年一次性能源消耗量趨近於零的建築物。
3. ZEB Ready (NET · ZERO · ENERGY · BUILDING · Ready)：著眼於 ZEB 的先進技術，具備外殼高隔熱化及高效率節能設備的建築物。

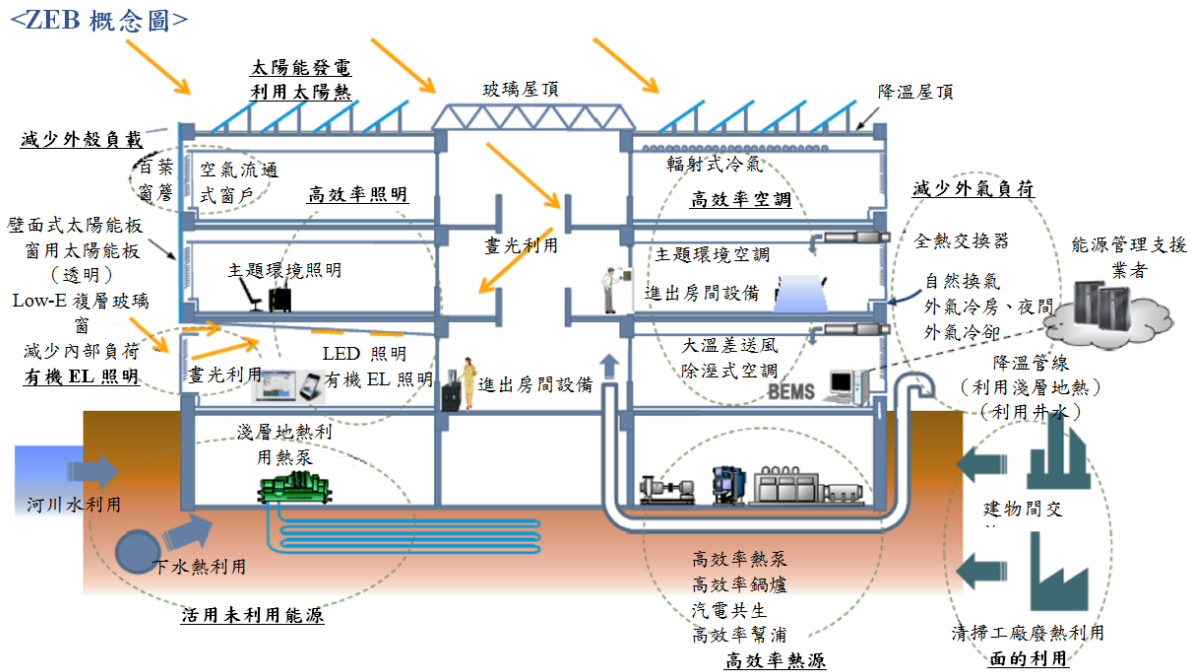


圖 3-14 ZEB 設計概念圖

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

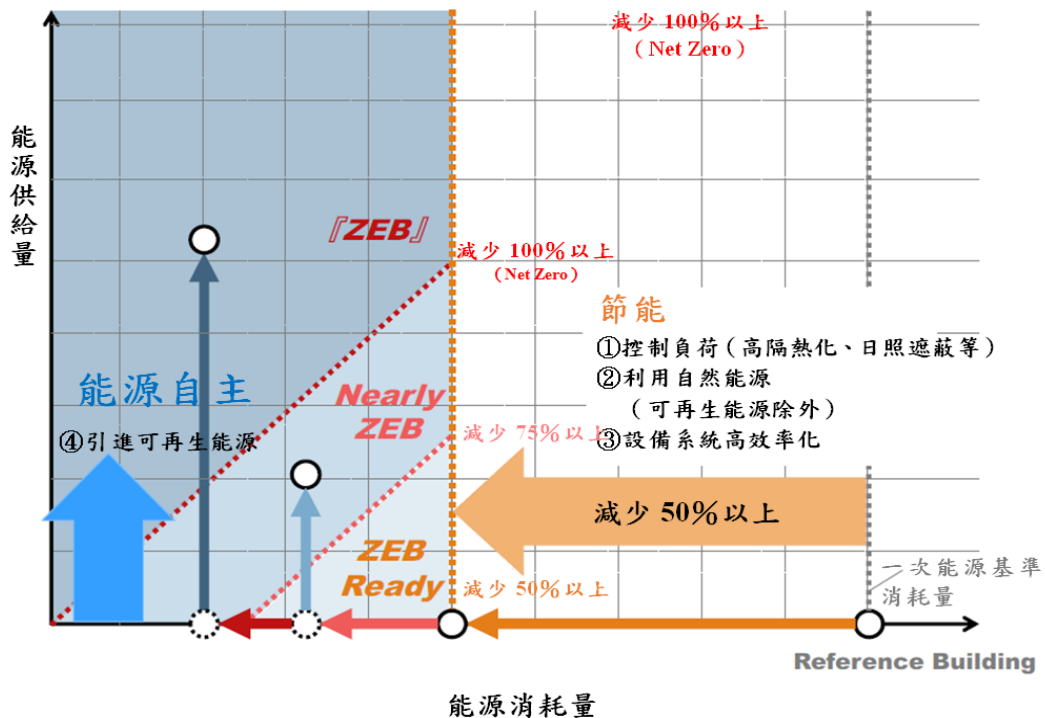


圖 3-15 ZEB 定義

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

至於 ZEB 的判斷基準(定量定義),為滿足以下定量要件之建築物:

1. ZEB: 完全符合以下①~②的建築物

①扣除可再生能源,減少 50%以上的一次性能源基準消耗量。

②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 ZEB: 完全符合以下①~②的建築物

①扣除可再生能源,減少 50%以上的一次性能源基準消耗量。

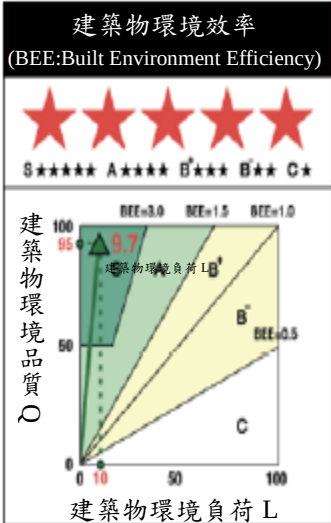
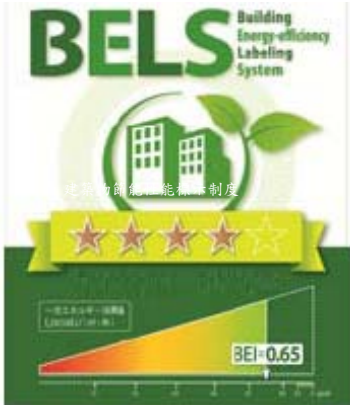
②加上可再生能源,減少 75%以上、未滿 100%的一次性能源基準消耗量。

3. ZEB Ready: 扣除可再生能源,減少 50%以上的一次性能源基準消耗量。

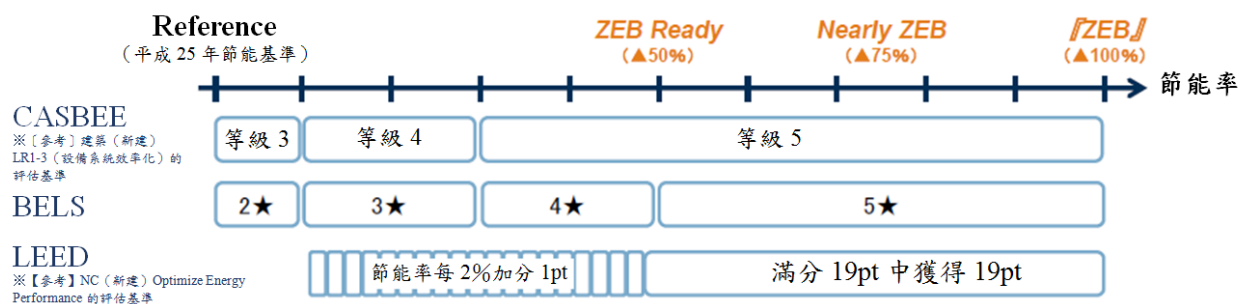
一次性能源消耗量的對象,為平成 25 年節能基準訂定的空氣節設備、空氣調節設備以外的機械通風設備、照明設備、熱水供給設備及電梯(扣除「其他一次性能源消耗量」)。另外,可再生能源量的對象,限定為基地內(on-site),自家消耗量、賣電量也列入對象。但有鑑於能源自給的宗旨,可再生能源不會全額收購,應以收購剩餘電力為前提。

ZEB 與現階段的建築物節能性能標示制度 BELS (Building Energy-efficiency Labeling System)、建築環境綜合性能評估系統 CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) 及美國綠建築基準 LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) 之定位比較如表 3-9 及圖 3-16 所示。

表 3-9 BELS、CASBEE 及 LEED 系統比較表

	CASBEE 建築環境綜合性能評鑑系統	BELS 建築物節能性能標示制度	LEED Leadership in Energy & Environmental Design
評估要件	①建築物生命週期、②「環境品質(Q)」與「環境負荷(L)」、③以環境效率概念為基礎的評估指標「BEE(Built Environment Efficiency)」三個觀點做評鑑 - 評鑑結果分為 S 級 (BEE3.0 且 Q50 以上)、A 級 (BEE1.5 以上)、B+級 (BEE1.0 以上)、B-級 (BEE0.5 以上)、C 級 (未滿 BEE0.5) 5 等級	- 以新建、既有非住宅建築為對象，評估一次性能源消耗量及 BEI(Building Energy Index=設計一次性能源/基準一次性能源) - 評鑑結果分成 5★ (BEI≤0.5)、4★ (0.5<BEI≤0.7)、3★ (0.7<BEI≤0.9)、2★ (0.9<BEI≤1.0)、1★ (1.0<BEI≤1.1 ※僅既有) 5 等級	- 由①Sustainable Sites、②Water Efficiency、③Energy & Atmosphere、④Material & Resources、⑤Indoor Environmental Quality、⑥Innovation Design、⑦Regional Priority 等 7 個觀點評估 - 評鑑結果分為 Certified (40~49pt)、Silver (50~59pt)、Gold (60~79pt)、Platinum (80pt~) 4 等級
標章			

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



註：

1. 上圖 CASBEE、LEED 的評估軸，不光是一次性能源消耗量，又 LEED 的基準值，也不是以節能法為基礎的一次性能源基準消耗量，只是權且當做目標值，用做部分評估項目相關記述。
2. BELS(BEI)是由一次性能源基準消耗量來評估節能量，因此，數值上接近 ZEB 定義，不過，在 ZEB 的「未計入插座負荷之能源消耗量」「可再生能源包含賣電部分」這兩點上，則有數值上差異。
3. BELS、CASBEE 今後也有修訂的可能性，另在 LEED 下一版 v5 中，也正研討把 ZEB(Zero Impact) 列為評估對象。

圖 3-16 BELS、CASBEE、LEED 等級與 ZEB 的相對關係圖

資料來源：平成 27 年 ZEB 路線圖審查委員會摘要，日本經產省

第五節 國際間推動近零能源建築綜合探討

茲就上述各節介紹之國際間推動近零能源建築概況，綜合探討可供我國借鏡之處，說明如下：

一、歐盟推動近零能源建築

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 戶新建的近零能源住宅建築物。

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，以更符合近零能源之目標。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。

二、美國推動淨零能源建築

美國推動淨零能源建築之過程，一開始係先從節能方面開始進行，自 1992 年起，美國能源部即推動一系列能源政策相關法案，分別對民間部門及聯邦政府部門之建築能源部分，制定建築能源效率規範或標準，及協助各州採行更有效率之規範，並逐年設定節能量化目標。直至 2007 年制定能源獨立與安全法案（EISA 2007）後，開始針對商業及聯邦建築物訂定淨零能源目標期程，包括 2025 年起所有新建商業建築須達淨

零能源，並於 2050 年所有新舊商業建築皆須達到淨零能源，另要求 2030 年起所有新的聯邦建築必須實現碳中和（零碳）。

然而光靠節能並無法達到淨零能源目標，故美國聯邦政府於 2009 年制定潔淨能源與安全法案（ACESA 2009），加大對能源效率和可再生能源的投資，其中及包括美國環保署（EPA）推動之「能源之星標章」制度，可針對建築物進行能源效率評等。後於 2017 年美國川普總統上任後，撤回前任歐巴馬政府所提致力於減緩溫室氣體排放的「潔淨電力計畫（Clean Power Plan）」，要求避免可能阻礙能源製造、限制經濟成長以及不利創造就業的相關措施。惟美國仍有許多州政府致力於溫室氣體排放減量政策，如美國加州 2018 年簽署之加州潔淨能源法案即是一例，並且美國民主黨眾議員於 2019 年也推動綠色新政決議文，致力於 2030 年時達成溫室氣體淨零排放目標。

綜合以上推動政策，美國政府運用法規、強制性和自願性標準、稅收激勵、技術支持、研發活動等政策措施推動節能工作，進而搭配再生能源達到淨零能源建築之目標。

三、日本推動近零能源建築

日本對於建築能源政策之政府分工體制，主要是由國土交通省、經濟產業省及環境省等 3 個平行單位跨部會合作，就專業領域分工，並擬訂中長程政策。其中國土交通省負責制定建築物節能法令及建築耗能計算基準等，並推動建築能效標示制度（Building-Housing Energy-efficiency Labeling System，簡稱 BELS）；環境省則以巴黎協定減少二氧化碳之低碳社會為目標，以一般民眾為對象，制定減碳推廣政策；經濟產業省則研擬日本國家之能源基本計畫，並研擬相關前瞻對策。

在建築節能相關法令方面，配合日本政府（環境省）在 2015 年巴黎協定中提出溫室氣體減排目標，規劃在 2030 年溫室氣體排放量應較 2013 年減量 26%，其中住宅與非住宅建築應較 2013 年減量 40%。因此，國土交通省在 2015 年 7 月，頒布了《建築節能法》，並於 2016 年 4 月

開始實施，其中提出對於獲得具有較佳節能性能認證之建築物，提供容積獎勵，並推行 BELS 制度等政策，成為近零能源建築發展的基礎。

歷經推動 BELS 一年多後，國土交通省在 2017 年 4 月開始針對大規模的非住宅類建築（2,000m² 以上）必須強制通過 BELS 認證，中等規模以上的所有建築物（300m² 以上）則都必須於申請建造執照時提出建築耗能指數（BEI）的計算結果等強制性政策，以進一步強化建築節能之執行成效。後於 2019 年 5 月，再對《建築節能法》進行調整修訂，僅針對所有中等規模非住宅類建築物（300m² 以上），規定必須強制計算建築耗能指數（BEI），並應符合《建築節能法》所定之節能基準、新增複合型建築物節能性能評價，並制定設計單位應將建築節能性能向建築所有人說明之義務。

日本政府係先建立建築能源性能標示制度（BELS）及建築能源計算工具為基礎，再於 2015 年研擬公布 ZEB 與 ZEH 的推動藍圖，針對新建建築物係採取漸進式強制規範，既有建築務則採取補助與鼓勵方式推動。首先在非住宅建築部分，要求公有新建建築於 2020 年前率先符合準零耗能標準（ZEB Ready），在逐步擴大範圍至所有民間新建建築，要求於 2030 年前所有新建建築須達符合零耗能標準（Zero Energy Building, ZEB）。至住宅部分，則要求 2020 年前 50% 新建住宅應符合準零耗能標準（ZEH Ready），並在 2030 年前所有新建住宅符合準零耗能標準（Zero Energy Housing, ZEH）。

依據 2018 年日本 ZEB 與 ZEH 委員會公布之推動成果，ZEB 部分已提前達成目標，而 ZEH 部分 16% 新建住宅已符合 ZEH 標準，並針對推動結果提出改進措施與調整政策方向。

四、歐盟、美國、日本與我國推動近零能源建築之背景條件分析

茲就歐盟、美國、日本與我國推動近零能源建築之背景條件，整理分析對照如表 3-10 所示。

表 3-10 歐盟、美國、日本與我國推動近零能源建築之背景條件分析對照表

條件差異	歐盟	美國	日本	我國
法規及政策措施方面	1.透過建築能源效能指令 (EPBD) 明定推動期程及目標 (須於 2018 年 12 月 31 日前所有新建公有建物以及 2020 年 12 月 31 日所有新建物均需達到近零能源建物的水準), 要求成員國依各國需求情況自訂國內法來推動執行。 2.各成員國各自訂定過渡期之中期目標, 朝降低建築物一次能源需求、加強獲得能源效能證書等級, 及示範達成近零能源建築物實際數量等面向, 制定相關政策措施。 3.針對既有建築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。	1.美國推動淨零能源建築之過程, 係先從節能進行, 分別對民間及聯邦政府部門之建築能源部分, 制定能源效率規範或標準, 及協助各州採行更有效率之規範, 並逐年設定節能量化目標。 2.2007 年開始針對商業及聯邦建築物訂定淨零能源目標期程, 包括 2025 年起所有新建商業建築, 並於 2050 年所有新舊商業建築皆須達到淨零耗能, 另要求 2030 年起所有新的聯邦建築必須實現碳中和 (零碳)。 3.美國政府運用法規、強制性和自願性標準、稅收激勵、技術支持、研發活動等政策措施推動節能工作, 進而搭配再生能源達到淨零能源建築之目標。	1.依 2002 年「能源政策基本法」規定, 每隔 3 年應檢討修訂「能源基本計畫」, 做為能源政策推動的方針。 2.依 2018 年 7 月 3 日最新公布的「第 5 次能源基本計畫」, 提出日本能源轉型和脫碳化戰略的情境設計方向, 做為 2030 年和 2050 年中長期能源發展規劃的政策指引和行動綱領。 3.其中於「實現徹底的節能社會」, 針對非住宅建築部分, 訂定 2020 年新建公共建築、2030 年所有新建建築為 ZEB(零耗能建築)。至住宅部分, 則要求 2020 年新建獨棟住宅一半以上、2030 年所有新建住宅為 ZEH(零耗能住宅)。	1.目前僅建築技術規則針對新建建築外殼之隔熱性能訂定相關強制規定。 2.經濟部雖有訂定之建築耗能設備 (如空調、照明、家電等) 能源效率標準, 惟並無建築耗能設備之合理設計基準值, 故仍無法管控新建建築之整體能耗基準。 3.經濟部「政府機關及學校節約能源行動計畫」針對公部門進行逐年要求能耗降低之管控, 但僅佔整體用電佔比不到 2%, 效果有限。 4.行政院於 109 年 11 月核定「能源轉型白皮書」, 依部會分工, 本部為《建築部門節能計畫》重點推動方案之主辦機關, 並納入辦理評估推動近零能源建築可行性。
近零能源建築之相關細節定	1.依歐盟「建築能源效能指令 (EPBD)」第二條針對近零能源建築定義為:「能源效率	1.美國能源部門針對淨零耗能建築的分類, 包括: (1)淨零在地耗能: 基地內建	1.日本經產省、國土交通及環境省共同推動住宅 (House) 及建築物 (Building) 之零	1.我國推動近零能源建築尚處於研究跟推廣之起步階段, 目前尚未公布相關定義

第三章 國際間對近零能源建築之探討與案例分析

條件差異	歐盟	美國	日本	我國
義	甚高之建築，並以一年內整體消耗之初級能源(Primary Energy)總量做考量，需小於或等於由現址(On-site)再生能源所產生之能源，亦即由他處生產之再生能源不能列入計算，例如生質燃料、離岸風力等」。 2. 惟考量到各國之差異，因此該指令僅公布原則事項，並未對「近零能源」定義賦予一致標準，反而開放各會員國自行就國內現況與市場機制，以成本效益(cost-effectiveness)原則加以定義，並將施行細節交由各成員國自行決定。 3. 歐盟各成員國對於近零能源建築所定之初級能耗基準用，其差異幅度最大超過10倍，顯然某些國家的標準過於寬鬆，且還允許用購買「部分」綠電的方式達到近零能源，惟並未明定「部分」綠電之比例是多少。	築產生的再生能源，等於或大於使用的能源。 (2) 淨零資源耗能：建築產生或購買的再生能源，等於或大於使用的能源。 (3) 淨零能源成本：建築產生再生能源賣給市電的收入，等於或大於付出給市電的成本。 (4) 淨零排放：建築產生或購買的再生能源，等於或大於使用市電之碳排放量。 2. 美國柏克萊國家實驗室依再生能源來源而有不同層次的定義，包括： (1) 應用節能之低能耗建築。 (2) 使用基地內(分為建築內及建築外)產生的再生能源，達到淨零耗能建築。 (3) 使用基地外產生的再生能源，包括使用再生能源燃料或購買基地外再生能源電力，達到淨零耗能建築。 3. 在美國綠建築 LEED 評估中，也採用相同的定義。	耗能化。 2. 分別針對 ZEH、ZEB 提出定性及定量之定義，說明如下： (1) 住宅之一次能源基準消耗量需降低至少 20%，並由可再生能源減少 75%~100%以上的一次性能源基準消耗量，方能符合 Nearly ZEH 或 ZEH 基本門檻。 (2) 建築之一次能源基準消耗量需降低至少 50%，即符合 ZEB Ready，並由可再生能源減少 50%~100%以上的一次性能源基準消耗量，方能符合 Nearly ZEB 或 ZEH 基本門檻。	跟基準。 2. 考量本部歷年推動綠建築標章制度成效良好，為進一步提升建築節能成效，並調合我國自願性綠建築標章與能源政策，經參酌國際間推動建築節能策略之新趨勢，本所規劃建立綠建築標章之建築能效標示系統，同時納入近零能源建築之定義及基準，期透過實施成效良好之綠建築標章，帶動建築物自主標示建築能效等級，並鼓勵建築設計達到近零能源建築水準。 3. 本所目前規劃透過建築本體及主要耗能設備採用節能設計，來達成近零能源建築目標，並定義為建築設計採用現行最佳節能技術與策略，使其建築能效超越第1級(評分80分以上)能效等級之前百分之五十者(評分達90分)，其標示為第1+級。

條件差異	歐盟	美國	日本	我國
針對建築物之耗能狀況進行評定方式	歐盟制定建築能源證書(EPC)制度，供各成員國遵循或自行訂定施行細則，例如德國聯邦政府制定 EnEG、EnEV 等相關法令，由法令規範降低能源需求。	美國針對淨零耗能建築之建築能效評估系統包括： (1)建築能源資產評分系統(BEAS)：用於評估商業和多戶住宅建築物。採標準排程與使用模式評估，排除營運條件的影響，得分為 1~10 分，其中 10 分為 Zero-energy ready，若再生能源能與建築耗能平衡，即為淨零能源建築。 (2)住宅能源評級系統系統(HERS)：用於衡量住宅能源效率，採與參考標準房屋(與實際房屋大小和形狀相同的設計模型房屋)進行比較。HERS 指數數字越低代表房屋的能源效率就越高，標準新房得分為 100，若得分為 0 時，則代表再生能源能完全抵銷建築耗能，達到淨零耗能住宅。	1.根據「建築物節能法」強制建築物符合節能基準，重新檢討建築物符合節能基準的必要性及均衡性等，規劃於 2020 年強制要求新建住宅、建築物需符合建築物節能基準。 2.建立建築能源性能標示制度(BELS)及建築能源計算工具，於申請建造執照時，強制計算建築耗能指數(BEI)，須符合建築節能法所定之節能基準，並新增複合型建築物節能性能評價，及制定設計單位應將建築節能性能向建築所有人說明之義務，以進一步強化建築節能之執行成效。	1.我國建築節能法令注重隔熱、遮陽、通風之設計，透過管制建築物來自外部的熱能，以減低建築空調負荷與耗能，並未針對建築整體能耗規定基準進行管控。 2.針對建築物外殼部分，本部營建署刻正研擬建築外殼耗能資訊揭露及分級方式，並評估於建築執照與房屋買賣定型化契約登載之可行性，以利民眾了解其房屋之外殼耗能資訊。 3.為利評估建築整體耗能狀況，並跟進國際建築能效標示趨勢，本所規劃建立綠建築標章之建築能效標示系統，依綠建築評估手冊所訂定之建築能效標示方法，評定建築能效等級，由高至低依序為第 1 至 7 等七等級，並針對第 1 級之前百分之五十部分，定義為近零能源建築第 1+級。

資料來源：本研究整理

第四章 我國近零能源建築之執行方式、策略與進程探討

前章業已就國際間推動近零能源建築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，研擬我國推動近零能源建築之執行方式及技術清單，並研擬其推動策略。另外並就我國溫室氣體減量政策目標，探討我國近零能源建築之推動進程，以供政府未來推動近零能源建築之參考。

第一節 近零能源建築之執行方式探討

國際間許多國家如美國、日本等，都是先推動綠建築標章後，再逐步結合建築能效評估系統，進而作為推動近零能源建築之基礎。關於建築能效評估系統，國際間主要可分為計算評估法（Calculated Rating）與能源單據評估法（Measured Rating）兩大類，如表 4-1 所示。前者計算評估法是採用理論模型與明確耗能因子逐項累算，適用於新設計建物的評估方法，故又稱設計評估法（Design Rating）、模型評估法（Model-based Rating），例如歐盟的 Energy Performance Certificate（EPC）、美國的 Home Energy Rating System（HERS）或 Building Energy Asset Score 法等。後者能源單據評估法是採用實測耗能數據，無法分解分項耗能結構，而適用於已營運舊建物的評估方法，由於必須有大量可靠的既有建築量測耗能統計數值，但其成本昂貴，目前僅有美國環保署 ENERGY STAR 係採用此法，其他大多國家均以採用計算評估法為主。

表 4-1 國際間建築能效評估系統的分類

系統分類	建物案	輸入數據			用途目的
		使用情境	氣候條件	建築條件	
計算評估 Calculated Rating	設計案	標準條件	標準條件	設計條件	建築許可、認證
	標準案	標準條件	標準條件	實際條件	能效認證、法規
能源單據評估 Measured Rating	營運案	實際條件	實際條件	實際條件	能效認證、法規

資料來源：EN15203(2006)與 ISO16346 (2013)

而我國自 88 年起推動之綠建築標章制度，係屬自願申請性質，以生態（Ecology）、節能（Energy Saving）、減廢（Waste Reduction）及健康（Health）為主軸，簡稱 EEWB 系統，評估系統採「綜合性能」評估，包括 9 大指標³²，對建築物節能及減少 CO₂ 排放成效良好。其中「日常節能」為門檻指標，因採高於法規標準設計，故約有 20% 的節電成效，計算而得的碳排量，如再加計另一項「水資源」門檻指標，其約有 30% 的節水減碳成效量，且綠建築尚有「綠化量」、「基地保水」、「二氧化碳減量」等其他 7 項指標效益，其整體減碳量將更為可觀，除可落實綠建築在「節能」面向之減碳成效外，尚能達到綠建築其在「生態」、「減廢」及「健康」等面向的效益，將有助整體居住環境品質提升。

然而上開日常節能指標，主要評估項目為建築物外殼節能效率（EEV）、空調系統節能效率（EAC）、室內照明系統節能效率（EL）等，其單位皆為無因次，僅能反映出較法規基準值或合理設計值之相對節能比例，並無法計算出建築物之單位面積耗能量。

為進一步標示建築能源耗能情形，以跟進國際間推動建築能源證書相關制度之趨勢，我國亟需評估綠建築標章與建築能效標示整合之可行性，爰本所於本（109）年度參考國際間相關推動策略，辦理我國綠建築能源計算基準與標示系統之研究³³，以精確掌握建築物能源使用特性，提供新建或既有建築物建築能效之計算、評分與標示之標準方法，此系統為亞熱帶台灣所量身打造的建築能效評估系統，又稱 TBERS（Taiwan Building Energy-Efficiency Rating System），整理如表 4-2 所示。期透過實施成效良好之綠建築標章，進而帶動建築物自主標示建築能效等級。

³² 9 大指標包括 1.生物多樣性、2.綠化量、3.基地保水、4.日常節能、5.二氧化碳減量、6.廢棄物減量、7.室內環境、8.水資源、9.污水垃圾改善。

³³ 本所為整合綠建築標章與建築能源標示，於本(109)年度刻正辦理「住宅類綠建築能源計算基準與標示之研究」、「非住宅類綠建築能源計算基準與標示之研究」及「既有建築綠建築能源耗用案例試評之研究」等 3 項計畫，以評估我國綠建築標章與能源標示整合之可行性。

表 4-2 TBERS 建築能效評估之分類系統

	新建建築物	既有建築物
	R-BERSn	R-BERSe
住宅類 R-BERS	<u>綠建築指標法：</u> 採用 EEWH-RS (2019 年版) 之綠建築指標 EEV (Req)、EAC、EL 換算住宅建築耗電密度指標 EUI*。	考量住宅類之既有建築物個別耗電密度不高，且使用行為不易掌握，初期暫排除適用，未來視整體推動情形再予檢討納入。
	BERSn	BERSe
非住宅類 BERS	<u>綠建築指標法：</u> 採用 EEWH-BC (2019 年版) 之綠建築指標 EEV、EAC、EL 換算非住宅建築耗電密度指標 EUI*。	<u>綠建築指標法：</u> 適合曾經取得綠建築標章之案例，比照新建建築物方式計算。 <u>電費單評估法：</u> 以實際電費資料經理論修正後的耗電密度指標 EUI*來評估。

資料來源：本研究整理

第二節 我國近零能源建築計算模式、基準與定義之探討

考量我國建築物普遍有各類用途空間混合使用之情況，若以單一建築類型空間標準能耗計算，可能產生嚴重的評估誤差。爰依照林憲德教授提出的動態分區 EUI 理論 (Dynamic Zone EUI Method)³⁴，將所有建築物空間拆解成數十種以空調營運模式、室內發熱水準分類的耗能分區，並建立各分區的標準化耗能密度 EUI，再以此標準化耗能密度 EUI 與其建築外殼與設備之設計條件來預測整體建築耗能，進而累算各分區的耗能量，才能精確的預測整體建築物耗能。

³⁴ 依建築內各耗能分區在空調、照明、電器等三設備之 EUI 標準，此標準值是其根據其空調營運時程、室內發熱之標準情形，採用 e-QUEST 軟體所模擬出來的標準耗能密度。

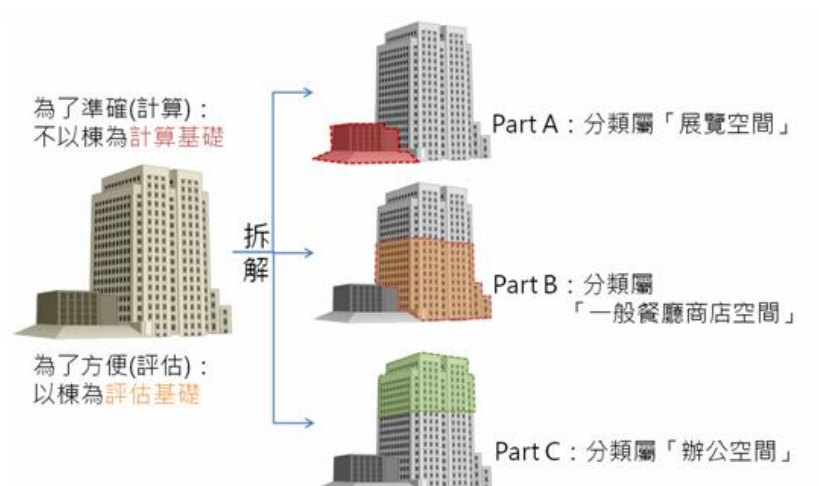
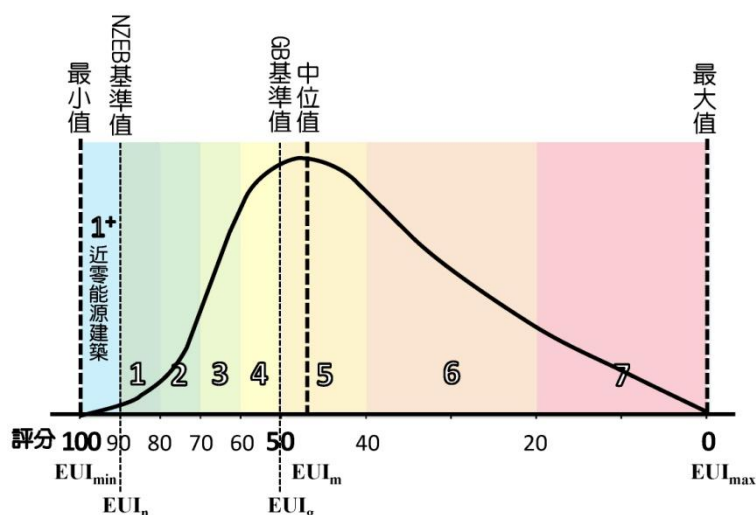


圖 4-1 動態分區 EUI 理論計算評估概念示意圖

資料來源：綠建築評估手冊-基本型，2015 年版

建築能效評估系統必須有其 EUI 評量尺度，且通常建立於 EUI 的市場母體分佈上。依照相關文獻資料³⁵，TBERS 的技術潛力評分尺度採用建築 EUI 的偏態分佈理論（偏右分佈），採用歐美盛行的技術潛力尺度法（Technical potential scale），以建築市場一般節能法規合格水準為中位值，以政策上的近零能源建築基準 EUI_n 設定為最佳節能技術潛力之參考點，此評分尺度之概念模型如圖 4-2 所示，以近零能源建築基準 EUI_n、建築市場一般設計平均基準 EUI_m、建築市場可能最差水準 EUI_{max} 分別設為 90、50、0 分之基準點。



³⁵ 建立於大部分建築類型的 EUI 市場分佈均具有右偏分佈 right skewed distribution 的特性，例如 Sharp (1996)、Kaskhedikar (2013)、Environmental Commissioner of Ontario (2016) 等文獻均提到大部分的建築 EUI 都呈現右偏分佈，另外在 ENERGY STAR EUI 分佈(EPA 2015)以及我國能源局能源查核之建築 EUI 分佈也都呈現右偏分佈。

圖 4-2 TBERS 的評分尺度模型概念圖

資料來源：非住宅類綠建築能源計算基準與標示之研究

依綠建築評估手冊所訂定之建築能效標示方法，評定建築能效等級，其中近零能源建築基準 EUIn（訂為 90 分）係指設計採現行可能最佳節能技術與策略所模擬得到的耗能值，中位值 EUIm（訂為 50 分）則指設計符合法規或 EEWH-BC 2019 之最低合格標準所模擬得到的耗能值。

綠建築標章之建築耗能評估系統建立之 EUi 評分尺度，由中位值左側 EUIn-EUIm 間分割成 40 分之 90~50 分刻度，另中位值右側 EUIm-EUImax 間分割成為 50~0 分之刻度，其中能效評分由高至低依序為第 1 級（80~100 分）、第 2 級（70~79 分）、第 3 級（60~69 分）、第 4 級（50~59 分）、第 5 級（40~49 分）、第 6 級（20~39 分）及第 7 級（0~19 分）等七級，行政上以第 4 級為綠建築標章之合格基準線，第 5~7 等級作為不合格等級之標示。至近零能源建築之定義，係採建築能效分級屬第 1 級之建築物，且能效評分達 90 至 100 分，屬第 1 級能效評分尺度前百分之五十者，定義為「近零能源建築」，以第 1+級標示。

前述之近零能源建築基準 EUIn、建築市場一般設計平均基準 EUIm，於新建建築 BERSn 與既有建築 BERSe 有不同的設定方法，茲分別就建築空調、照明、電器之設計採用基準，說明如表 4-3、表 4-4 所示。綜合而言，近零能源建築之基準 EUIn，係指設計採現行可能最佳節能技術與策略所模擬得到的耗能值。至中位值之建築市場一般設計平均基準 EUIm，則指設計符合法規或 EEWH-BC 2019 之最低合格標準所模擬得到的耗能值。

我國近零能源建築係參酌日本之作法，首先要求建築物需採用最佳節能技術與策略，盡可能提升能源效率，其中針對非住宅類建築設定節省空調、照明耗能約 45%以上、住宅類建築則為約 25%以上。其次納入建築物設置之再生能源或直接購買綠電，來進一步抵銷建築物能耗。茲就我國與日本之近零能源建築內容對照說明如表 4-5。

表 4-3 非住宅類建築之空調、照明、電器之設計採用基準

耗能設備種類		建築市場一般設計平均基準 (EUI _m)	近零能源建築「1+」設計基準 (EUI _n)
空 調	外殼(影響權重最多約佔10%)	指採用現行技術規則之最低外殼合格基準值，約為 EEWB-BC 2019 版計算值 EEV=0 (即設計之建築外殼耗能指標 EV=建築外殼耗能基準 EV _c)	指外殼節能極限值 EV _{min} ，約為 EEWB-BC 2019 版計算值 EEV=0.5
	空調設備	指外殼與空調系統合併之空調節能率，約為 EEWB-BC 2019 版計算值 EAC=0.9	為現行最佳空調節能技術所能達到水準，為 EEWB-BC 2019 版由表 2-4.10 空調節能技術 $\alpha 1 \sim \alpha 10$ 所計算之最佳效率，約為 EAC=0.55
照 明		為 EEWB-BC 2019 所計算之最低合格基準，約為 EL=1.0	為 EEWB-BC 2019 所計算之最低合格基準，約為 EL=0.55
電 器		採用耗能分區耗電密度 EUI 標準表之電器耗能基準值 EEUI	EEUI×Ep Ep：電器系統節能效率，無單位，指夜間待機用電停機自動控制設計，有待機自動停機線路設計圖說證明時取 0.9，無則為 1.0

資料來源：本研究整理

表 4-4 住宅類建築之空調、照明、電器設計採用基準

耗能設備種類		建築市場一般設計平均基準 (EUI_m)	近零能源建築「1+」之設計採用基準(EUI_n)
空調	外殼(影響權重最多約佔 5%)	指採用現行技術規則之最低外殼合格基準值，約為 EEWB-BC 2019 版計算值 $EEV=0$ (即設計之建築外殼耗能指標 $EV=$ 建築外殼耗能基準 EV_c)	指外殼節能極限值 EV_{min} ，約為 EEWB-BC 2019 版計算值 $EEV=0.5$
	空調設備	根據透天與集合住宅在不同格局下的標準空調耗能，因住宅空調耗電受外殼影響較小，故約近 $EAC=0.95$	為現行最佳空調節能技術所能達到水準，依據 EEWB-RS 2019 版空調能效等級所計算之最佳效率， $EAC=0.65$
照明		依 EEWB-RS 2019 規範，若新建住宅的私人居住單元仍無法評估時，計算之最低合格基準，取 $EL=1.0$	約為 EEWB-BC 2019 所計算之最低合格基準，約為 $EL=0.55$
電器		採用透天與集合住宅在不同格局下的標準家電耗電密度 $EEUI$	$EEUI \times Ef$ Ef ：高效率家電設備修正係數，無單位。由家庭中四項最大家電設備之效率係數計算而來，最大節能時為 0.84，無則為 1.0

資料來源：本研究整理

表 4-5 我國與日本之近零能源建築內容對照說明

日本		我國	
非住宅	住宅	非住宅	住宅
ZEB Ready： 減少能源消耗量 50%以上	ZEH Ready： 減少能源消耗量 20%以上	綠建築標章-BC： 日常節能指標平 均節能 20%以上	綠建築標章-RS： 日常節能指標平 均節能 20%以上
Nearly ZEB： 1.需先節省能源消 耗量 50%以上 2.結合設置再生能 源，減少能源消 耗量 75%以上、 未滿 100%	Nearly ZEH： 1.需先節省能源消 耗量 20%以上 2.結合設置再生能 源，減少能源消 耗量 75%以上、 未滿 100%	近零能源建築： 1.節省空調、照明 耗能約 45%以上 2.結合設置再生能 源者，日常節能 指標中之空調系 統節能效率 (EAC)及室內照 明系統節能效率 (EL)，訂有再生 能源優惠，可提 升上述節能效率	近零能源建築： 1.節省空調、照明 耗能約 25%以上 2.結合設置再生能 源者，日常節能 指標中之空調系 統節能效率 (EAC)及室內照 明系統節能效率 (EL)，訂有再生 能源優惠，可提 升上述節能效率
ZEB： 1.需先節省能源消 耗量 50%以上 2.結合設置再生能 源，減少能源消 耗量達 100%	ZEH： 1.需先節省能源消 耗量 20%以上 2.結合設置再生能 源，減少能源消 耗量達 100%	零能源建築： 以近零能源建築 能效等級為基 礎，結合設置再生 能源，可使能源消 耗需求與再生能源 供給達到平衡 (零)	零能源建築： 以近零能源建築 能效等級為基 礎，結合設置再生 能源，可使能源消 耗需求與再生能源 供給達到平衡 (零)

資料來源：本研究整理

此二類建築物的能效評估與認證結果標示範例如圖 4-3、4-4 所示。行政上通常以 4 級為合格基準線，以 5~7 等級作為不合格等級之標示。其中於非住宅類建築，BERS 中「1+」等級之近零能源建築係以節約空調、照明 45%為設定值；於住宅類建築，R-BERS 中「1+」等級之近零能源建築則係以節約空調、照明 25%為設定值。

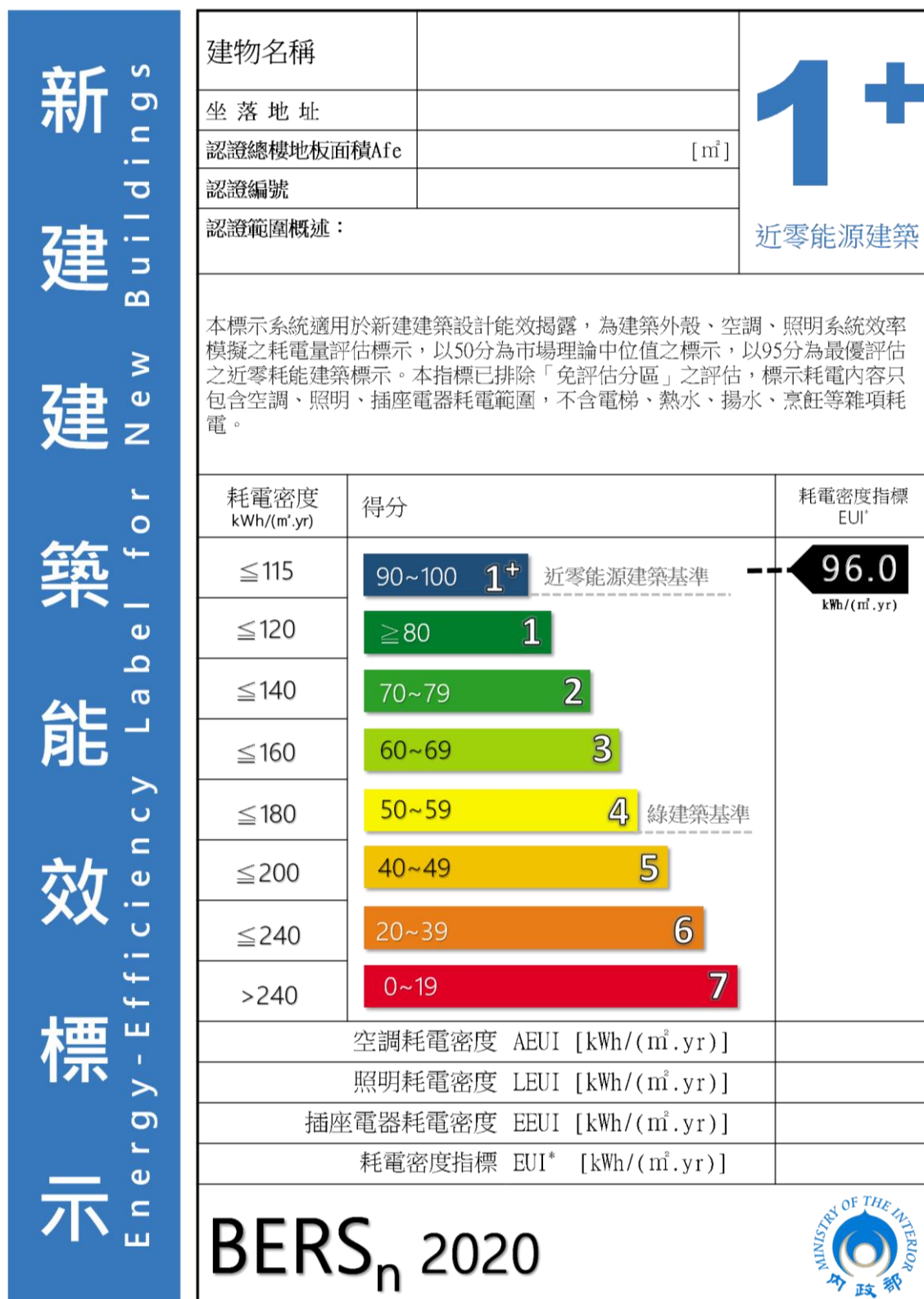


圖 4-3 新建建築物之建築能效標示範例

資料來源：非住宅類綠建築能源計算基準與標示之研究及本研究整理

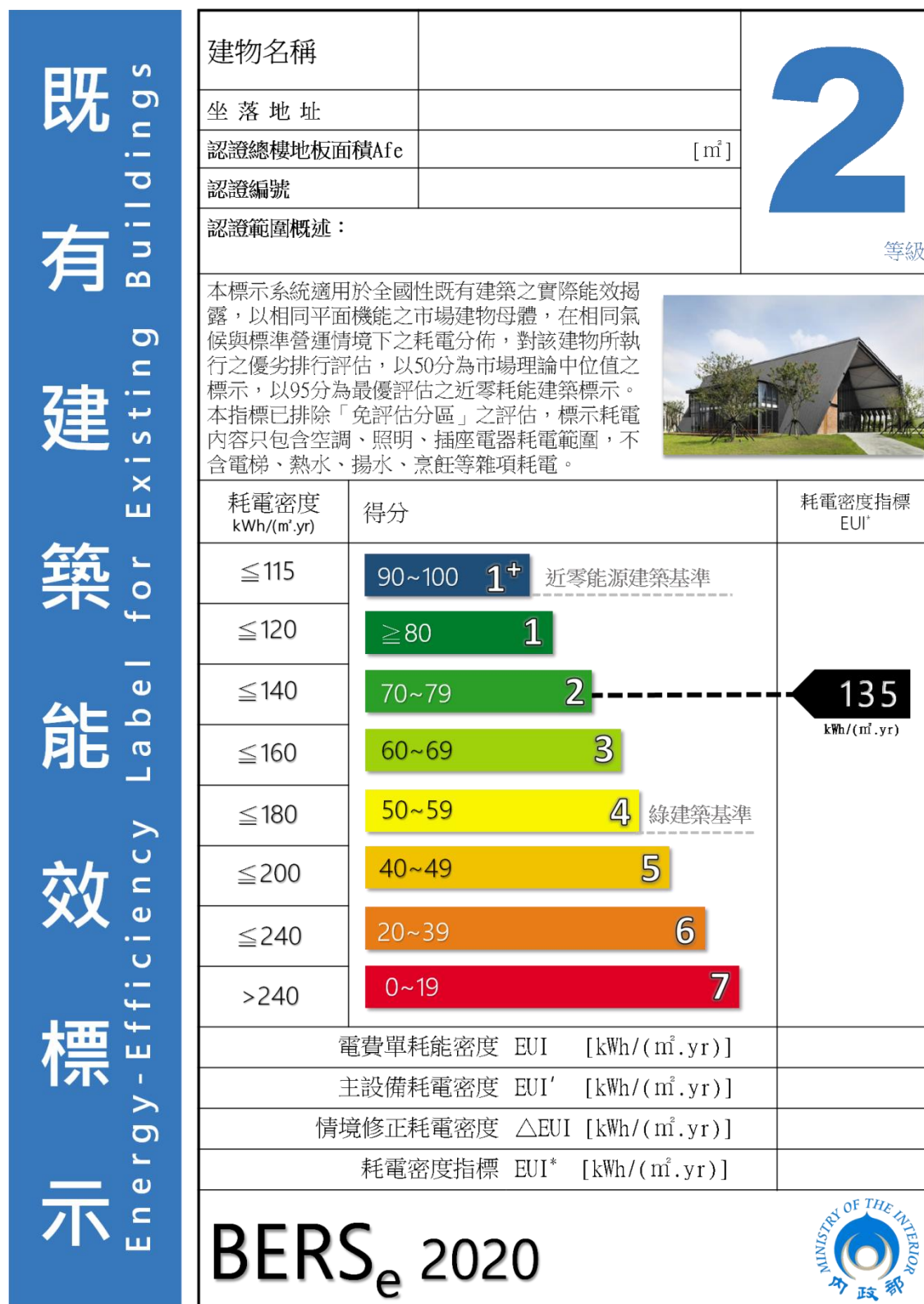


圖 4-4 既有建築之建築能效標示範例

資料來源：非住宅類綠建築能源計算基準與標示之研究及本研究整理

第三節 近零能源建築之相關技術探討

要達成近零能源建築，就技術面而言，可從建築節能及再生能源兩大面向進行，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。茲分別就上述相關技術整理說明如下：

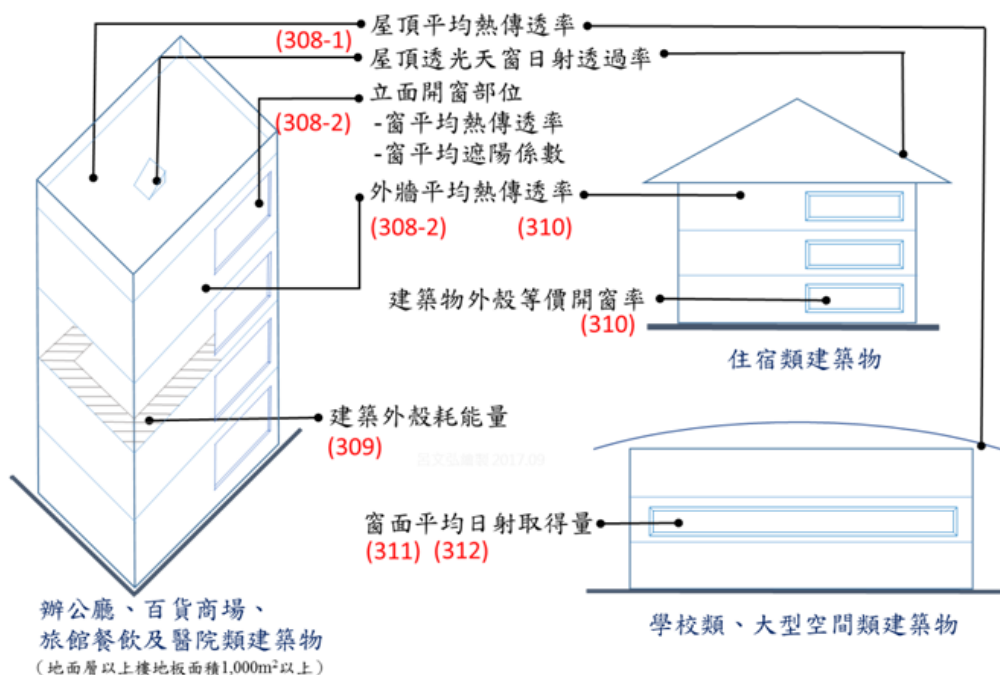
一、建築節能部分：

各國建築節能法規均以建築外殼及空調等節能設計管制為主，其管制方式有分項管制法（如日本、中國）及一次能源總量管制方法（如德國），均以訂定基準值來管制。然而各國建築節能法令中，歐美等溫帶先進國家偏重於建築隔熱保溫規定，熱帶國家則偏重於外殼遮陽的規定，難以適用於亞熱帶的台灣，不同氣候條件所訂定之法規亦難以比較。

（一）新建建築物：

我國於 93 年訂定發布建築技術規則綠建築基準專章，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，另於 101 年增訂建築物外牆及開窗部位之隔熱與遮陽基準，二種檢討方式擇一適用。其適用範圍為學校類、大型空間類、住宿類建築物不限面積全面適用，除特殊情況外，其他各類建築物樓地板面積超過 1,000 平方公尺亦應適用，每年新建建築物全國總樓地板面積 85% 以上已納入管制。總結建築技術規則對於外殼隔能性能之相關規定，如圖 4-1 所示。

為防止中央空氣調節系統超量設計，本部業於 102 年 6 月 19 日會銜經濟部訂定發布「新建建築物節約能源設計標準」，將中央空調系統納入節能管制規定。惟目前我國仍並未針對新建建築物之空調、照明設計基準值，從法規層面訂定合理之設計基準值，故尚無法針對新建建築整體進行設計能耗基準管制，建議未來可依「能源管理法」第 17 條，授權由中央主管機關（經濟部）或建築主管機關（內政部）據以訂定。



註：上圖中括弧內數字係建築技術規則條文編號

圖 4-5 彙整建築技術規則對於外殼隔能性能之相關規定

資料來源：建築技術規則整理

此外，為配合住商部門溫室氣體排放管制行動方案（第一期階段），提升新建建築物之建築外殼節約能源設計基準值，以 109 年達成較 105 年提高百分之十為目標。爰內政部營建署於 108 年 8 月 19 日修正建築技術規則建築設計施工編部分條文，將自 110 年 1 月 1 日施行，其中關於外殼耗能部分，包括：

- 1、修正建築物外殼耗能量定義，並增訂耗能特性分區定義（修正條文第二百九十九條）。
- 2、增訂高海拔地區建築物外牆及外窗之最低保溫規定（修正條文第三百零八條之二）。
- 3、將空調型建築物³⁶納入建築物外殼耗能量管制對象，並減少窗面平均日射取得量管制對象，以及將建築物外殼耗能量修正改採依各耗能特性分區樓地板面積加權計算之檢討方式（修正條文三百零九條、

³⁶ A 類第二組、B 類第一組、C 類、D 類第二組、D 類第五組、E 類、F 類第三組、F 類第四組、G 類、C 類之非倉儲製程部分等。

三百十一條、第三百十二條及第三百十四條)。

(二) 既有建築物：

我國既有建築物約占全國建築物總量 97%以上，數量龐大。這些早期興建之建築物，當時並無建築節能法規，普遍存在耗能問題，既有建築物如進行建築節能及綠建築改善，將可提升建築物使用成效，促進生態、節能、減廢、健康之綠建築目標，除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負載，亦有莫大幫助。

本所作為引領我國綠建築發展政策之角色，長期以來持續推動既有建築節能改善之示範與推廣。然而，建築節能改善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；後者則包括室內照明、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，係針對建築附屬之耗能設施設備進行提升能源效率改善。茲針對既有建築節能改善之技術手法說明如下：

1、中央空調設備系統節能改善

整體之中央空調系統可依照不同元件，包括空調主機、外氣量控制系統及外氣冷房系統、變風量系統、變水量系統等，可因應使用單位之需求，導入適當之運轉控制模式進行節能改善。常用之節能技術包括：

- (1) 冰水主機台數控制：因冰水主機處於高負載或滿載時，其運轉效率較高，故使用多台較小容量的冰水主機處於滿載運轉，將比使用大容量的冰水主機但處於部分負載運轉，相對下更加節能。
- (2) 外氣量控制：將空調排氣與引入之外氣先做全熱(顯熱及潛熱)交換，使外氣先行預冷及除濕至趨近室內溫濕度後，再送至空調箱冷卻，將可減少處理新鮮外氣所需耗用的能源。
- (3) 外氣冷房系統：當外氣熱焓低於室內回風熱焓時（例如下雨過

後、夜晚)，此時可引進部分或全外氣來供應室內空調，如此便可降低空調主機之運轉耗能，甚至關閉空調主機減少耗能。

- (4) 變風量系統：提供某一固定溫度之空氣，根據室內負載變化，自動調節送風機之送風量，因此可達到減少送風機耗電並維持室內空調於舒適範圍。
- (5) 變水流量系統：提供一固定溫度之冰水，於泵浦加裝變頻器或以台數控制來改變送水流量，再藉由共通管與加裝二通閥，隨空調負載變化調節進入冷卻盤管之冰水流量，以節省泵浦耗電量。
- (6) 冷卻水與冷卻水塔：影響冷卻水塔冷卻效果的因素很多，如填充材、氣水比等基本參數外，另與整體之設計或設置、外界環境因素有關，如風機與風筒的關係、放置位置及冷卻水之水質等。

2、熱泵設備系統節能改善

利用輸入至壓縮機的電能，使低溫區之熱量排放至高溫區，與空調系統不同之處為，空調係利用冷凍循環之低溫段製造冷氣，而熱泵則為使用高溫段製造熱水。對於熱水使用需求量高的場所，尤其是醫院、宿舍、旅館等，若能適當選用高效率熱泵系統取代老舊鍋爐或電熱水系統，最高可達節約一半以上能源之效果。

3、建築能源管理系統（BEMS）節能改善

在系統中具有控制點及終端操作設備，可做電力控制及監測，並整合所有建築之控制及管理功能，包含空調系統、照明系統、保全系統、維修管理系統及能源管理系統等。

可藉由了解建築內各耗能系統之電能消耗狀況和能源支出，透過遙控與智能自動化控制，來降低運營成本，並可偵測異常用電，確保用電安全。應用的範圍大致上可以歸類出 5 項主要功能，如表 4-6 所示。

表 4-6 BEMS 之主要功能

項次	主要功能說明
1	設定耗能設備自動化啟停控制
2	耗能設備系統依室內負荷需求自動控制使運轉最佳化
3	監測及記錄耗能設備之運轉及室內環境參數
4	提供可視化能源資訊及用電管理
5	可透過雲端網路進行遠端之耗能設備系統監控

資料來源：本研究整理

4、空調系統測試調整平衡（TAB）節能改善

TAB 實際為調整平衡及量測所有系統之功能是否符合設計需求，例如在調整空調之風量時，風量是否達到原先設計值的要求，亦是否依據空調負荷的需求而分布，避免有區域過冷或不冷。當採用節能變風量系統時，風量是否依據負荷之變動而做風量之變化，以達到節能的目標。又例如水量平衡時，若水量調整不平衡，會造成冰水流量過多使空調設備溫度過低，若冰水流量過少則會使空調設備溫度過高。

5、照明設備系統節能改善

在提供適當之照度前提下，挑選高效率與防眩光的燈具以達到室內照明節能之訴求。常用之改善方式如下：

- (1) 採用高效率燈具設備：僅依照明設備原設置位置，採一對一方式以高效率燈具取代舊有燈具，以提升設備照明效率與節約能源使用。
- (2) 依照度需求重新規劃燈具數量：為了減少能源浪費，可以模擬軟體，依實際空間建立 3D 虛擬模型，並藉由照明廠商所提供之照明設備 ies 檔進行改善後之照度模擬，再依結果進行照明設備之建置。
- (3) 依家具設置重新調整燈具配置：當空間使用型態變更後，家具

設置重新調整，與原先照明設備之配置相衝突。此時應依空間使用需求與家俱位置重新檢討燈具配置位置，以提升照明設備使用效率。

(4) 減少全面照明加強局部照明：當天花板高度較高或實際作業面積較小，無需大量高照度之全面照明，則可降低全面照明之照度，於作業面加強局部照明之方式輔助，使其符合作業之所需。

(5) 增設周邊節能輔助設施：當空間具有大面積開窗，則靠窗的燈可採用調光型電子式安定器搭配晝光感測器來進行光源輸出功率調控，引入自然光線來取代人工光源，達到節能效果。

6、屋頂隔熱與屋頂綠化節能改善

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。

7、外遮陽節能改善

在建築物的開口部（門、窗戶）外側，裝置各種型式構件，用來阻隔過多太陽輻射熱進入室內。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。

二、再生能源部分：

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，如煤、石油及其它化石燃料，再生能源供應充足，並於使用時不會產生溫室氣體。

建築物可視環境條件設置再生能源系統設備，並建議應優先自用以

降低對市電之需求消耗，以利進一步降低建築物整體能耗至近零能源水準。常用之再生能源類型包括太陽能光電板、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，茲列舉說明如下：

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

推動鼓勵新建建築物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。

2、太陽熱能系統（Solar Thermal Energy System）

太陽能熱水器的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。

3、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。由於西部沿海一帶大多為農田、魚塭及防風林，地區廣闊可與農漁業共生利用，非常適合開發風力發電。風力機組運作模式主要可分為：

- (1) 與電力網直接併聯發電系統：目前風力發電約 90%以上都是與電網併聯方式使用，當風力發電量不足建築用戶負載時，則由市電電網傳輸電力支援用戶，反之，則多餘之風力發電量則輸往電網系統。
- (2) 與柴油機混合發電系統：風力機傳送到蓄電池組，透過直流匯流排傳送到三個地方，第一是到充電器，第二是直流負載，第三是到變流器後再到交流負載。而柴油機組（燃料箱及柴油機）則從另一端透過切換開關到交流負載。
- (3) 獨立使用：獨立系統一般使用於偏遠地區或電力網無法到達的地方。

4、生質能發電系統（Biomass Energy System）

生質能是指農林植物、沼氣及有機廢棄物等直接利用或經處理所產生之能源。生質能利用的技術範圍相當廣泛，其轉換為能源的方式一般可概分為：

- (1) 直接燃燒技術：將廢棄物以直接燃燒方式產生熱能與電力，如

焚化垃圾進行發電。

- (2) 物理前處理技術：將廢棄物經破碎、分選、乾燥、混和添加劑及壓縮成形等過程而製成品質良好、易於運輸及儲存之第五類廢棄物衍生燃料³⁷，作為鍋爐、水泥窯之燃料。
- (3) 熱轉換技術：將廢棄物利用氣化與裂解等熱轉換程序產生合成燃油或燃氣，作為燃燒與發電設備之燃料。
- (4) 化學/生物轉換技術：經發酵、酯化等化學或生物轉換程序已產生沼氣、生質酒精、生質柴油、氫氣等，作為引擎、發電機或燃料電池的燃料。

第四節 我國近零能源建築之推動策略探討

我國建築技術規則建築設計施工編第 17 章綠建築基準專章，包括：

(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，現行外殼性能管制基準規定已相當完善，雖可管制建築物來自外部的熱能，有效減低建築空調負荷與耗能，惟因建築技術規則僅針對建築構造體本身，未包含耗能設備，故未針對建築主要之耗能設備如空調、照明等，訂定設計之耗能基準。

而我國綠建築標章係屬自願申請性質，以生態(Ecology)、節能(Energy Saving)、減廢(Waste Reduction)及健康(Health)為主軸，簡稱 EEWH 系統，評估系統採「綜合性能」評估，包括 9 大指標³⁸，其中日常節能指標，係以設計手法為主，包括建築外殼、空調及照明等 3 部分進行建築物的節能設計把關，要求比現行建築法規規定嚴格 20%，惟綠建築分級評估係屬綜合性能評估，非針對能源單一性能所定，亟需強化綠建築標章之建築能效標示。

³⁷：第五類廢棄物衍生燃料（refuse derived fuel, RDF-5）是指將生質物進行破碎、分選、乾燥、混合添加劑及壓縮成形等過程而製成之錠型燃料，再供應終端能源設備使用。

³⁸：9 大指標包括 1.生物多樣性、2.綠化量、3.基地保水、4.日常節能、5.二氧化碳減量、6.廢棄物減量、7.室內環境、8.水資源、9.污水垃圾改善。

惟無論是強制性節能法規或自願性綠建築標章，現階段皆無法計算出設計建築物之耗能量，亟待建立建築能效評估系統，方能作為推動近零能源建築計算之基礎。爰此，本所業於 109 年度完成綠建築標章系統下發展建築能效評估系統（BERS）草案，及研訂近零能源建築之定義及基準，未來將採分年分階段方式，以現有之綠建築標章制度為基礎，逐步發展建築能效標示系統，進而作為計算近零能源建築之標準。

考量評估系統的信賴度與節能效益，BERS 暫時被限用於較具規律使用特性的建築物，係因此類建築物有高室內發熱、空調時間長、耗能較高、較具公共利益，且此類建築物較具穩定營運模式因而較能確保系統評估的精準度。依照「建築物使用類組及變更使用辦法」之附表一及附表二（詳附錄一），BERS 暫時設定適用於以下 10 類建管行政建築分類之範圍，如表 4-7 所示，非此範圍的建築類型因商場效益、私人隱私、營運模式差異大、耗能預測精準度較差，暫被排除於 BERS 的適用範圍之外。

表 4-7 BERS 適用之 10 類建管行政建築分類表

項次	組別	組別定義
1	A-1 集會表演	供集會、表演、社交，且具觀眾席及舞臺之場所
2	B-1 娛樂場所	供娛樂消費，且處封閉或半封閉之場所
3	B-2 商場百貨	供商品批發、展售或商業交易，且使用人替換頻率高之場所
4	B-3 餐飲場所	供不特定人餐飲，且直接使用燃具之場所
5	B-4 旅館	供不特定人士休息住宿之場所
6	D-1 健身休閒	供低密度使用人口運動休閒之場所
7	D-2 文教設施	供參觀、閱覽、會議，且無舞臺設備之場所
8	F-1 醫療照護	供醫療照護之場所
9	G-1 金融證券	供商談、接洽、處理一般事務，且使用人替換頻率高之場所
10	G-2 辦公場所	供商談、接洽、處理一般事務之場所（含研究實驗空間）

資料來源：本研究整理

本研究研擬之我國近零能源建築推動策略，說明如下：

1、推動方式：

- (1) 透過實施成效良好之綠建築標章，帶動建築物自主標示建築能效等級：

未來新建建築物申請綠建築評估系統-基本型 (EEWH-BC)，或既有建築物申請綠建築評估系統-舊建築改善類 (EEWH-RN)、既有建築類 (EEWH-EB) (草案) 時，均可自主選擇於取得標章時，同時標示建築物能效等級及單位樓板面積耗能量 (EUI)，藉由現有綠建築市場規模作為出發點，結合建築能效標示制度，將可有效推動近零能源建築之認證工作。

- (2) 鼓勵標竿企業示範，帶動其他民間單位參與：

藉由全球「社會責任投資(SRI)」與「企業社會責任 (CSR)」概念興起，可鼓勵國內知名企業所屬建築物優先符合近零能源建築水準，藉由標竿企業之示範，除可帶動其他民間單位參與外，亦可提升該企業之環保永續與綠色形象，有利爭取國際大廠合作，為雙贏策略。

2、推動順序：

近零能源建築之標示，需配合綠建築標章之建築能效評估系統，考量綠建築標章涉及新建建築物之容積獎勵，影響層面較大需謹慎評估，故建議優先以鼓勵既有建築物自願申請方式試行推動，再逐步擴展至新建建築物。

3、實施範圍：適用對象包括

- (1) 新建建築：

A. 非住宅類：選擇具高室內發散熱、高耗能、高節能潛力、高公共性等特性之建築物，標示其能效較具動效益 (八二法則³⁹之策略)，故建議以表 4-7 所列之 10 類空調型非住宿類公共建築物

³⁹：19 世紀末由義大利經濟學家帕累托所提出，指任何一組東西中，最重要的只占其中一小部分，約 20%，其餘 80% 儘管是多數，卻是次要的，因此又稱八二定律。

為初期適用範圍，再視推動情形逐步檢討納入其他類型建築物。惟上述 10 類建築類型中，考量其整體耗能及公共性，建議可先就 B-2 商場百貨、F-1 醫療照護、B-4 旅館納入，再逐步納入上述其餘類型場所。

B.住宅類：建議以 H-1 供特定人短期住宿之場所、H-2 供特定人長期住宿之場所等納入實施。惟考量新建住宅於完工交屋時常為毛胚屋，僅公共設施空間如梯廳、管理室、交誼廳、健身房等方會裝設照明、空調及電器等設備，故針對此情況之住宅類建築，建議可針對公共設施空間作為標示範圍。

(2) 既有建築：

A.非住宅類：現階段優先以具有官方能源統計驗證、具較高能效預測信賴性、具公共效益性者為對象，包括 B-2 商場百貨(僅限於獨立使用之便利商店)、B-4 旅館、D-1 健身休閒、D-2 文教設施、F-1 醫療照護、G-1 金融證券、G-2 辦公場所等 7 類場所優先納入。

B.住宅類：考量其個別耗電密度不高且家電用電不易掌控，初期暫予排除適用。

4、評定方法：本所於本(109)年度刻正辦理建築物能效計算基準與標示之研訂，規劃將於 110 年出版「綠建築評估手冊-建築能效標示(EEWH-BERS)」，未來可作為評定建築能源效率之方法。

5、建築能源效率分級：將建築耗電密度(Energy Use Intensity, EUI)，參酌歐盟建築能效標示方式，及我國各類建築的 EUI 母體分佈，規劃由高至低依序採第 1 至 7 級能效分級。其中建築能效超越第 1 級能效等級之前百分之五十者即符合近零能源建築，其標示為第 1+級。

第五節 我國近零能源建築之推動進程探討

依我國「溫室氣體減量及管理法」(以下簡稱溫管法)第 4 條明確規定，國家溫室氣體長期減量目標為 139 年(西元 2050 年)溫室氣體排放量，需降為基準年 94 年(西元 2005 年)溫室氣體排放量之 50%以下。爰行政院於 106 年 2 月 23 日核定「國家因應氣候變遷行動綱領」(以下簡稱行動綱領)，明確擘劃我國推動溫室氣體減緩及氣候變遷調適政策總方針，並由行政院環境保護署會同相關部會訂定我國溫室氣體階段管制目標，以每五年為一階段滾動檢討。

經相關部會研商之共識，我國溫室氣體減量路徑將規劃採先緩後加速的方式，如圖 4-6 所示，並設定我國 109 年(西元 2020 年)溫室氣體排放量較基準年 94 年(西元 2005 年)減量 2%，並將以 114 年(西元 2025 年)較基準年減量 10%及 119 年(西元 2030 年)較基準年減量 20%為努力方向，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。

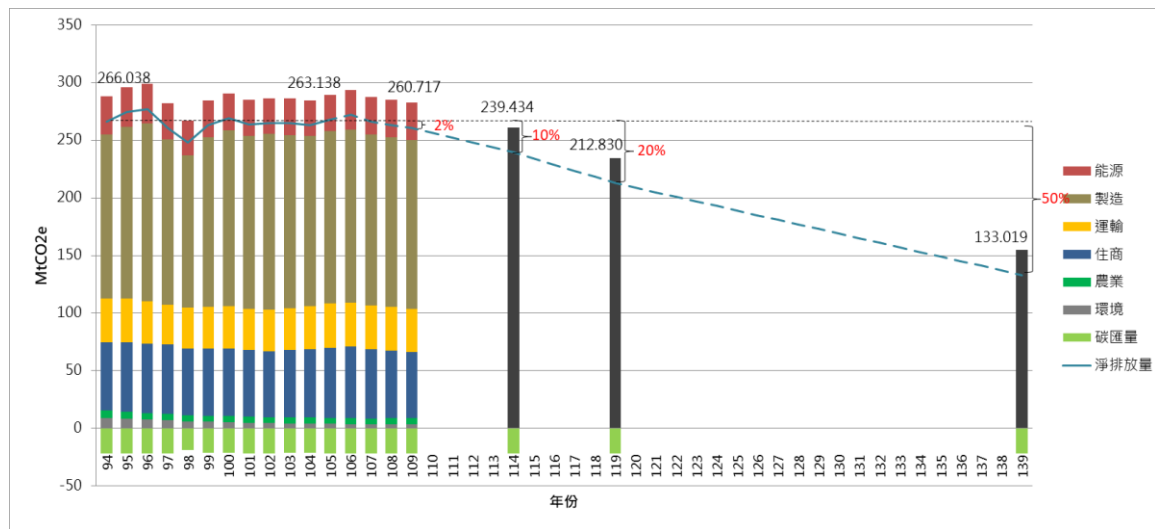


圖 4-6 我國六大部門排放現況與短中長期減量目標

資料來源：第一期溫室氣體階段管制目標，行政院環保署

為依循行動綱領之推動溫室氣體減量政策，建議我國推動近零能源建築之進程，可配合我國溫室氣體減量路徑，採分年分階段方式推動，

透過實施成效良好之自願性綠建築標章，帶動建築物自主標示能效等級，進而有效提升綠建築設計水準，以引導達到近零能源建築標準。本研究針對綠建築標章體系下，研提我國近零能源建築之推動進程及規劃工作項目，說明如下：

1、鼓勵既有建築物自願參與階段(2021~2025 年)

初期針對既有之非住宅類建築物優先推動，至既有住宅類建築部分，因其個別耗電密度不高且使用行為不易掌握，將視整體推動情形再予逐步檢討納入。考量就高耗能、高公共性等特性之建築物納入實施較具推動效益，建議初期可優先納入 B-2 商場百貨(初期僅限於獨立使用之便利商店)、F-1 醫療照護、B-4 旅館等使用類別建築物，以達立竿見影之節能效果。

本階段規劃之工作項目如下：

- (1)建立綠建築標章之建築能效標示制度、訂定近零能源建築之定義及評估基準。
- (2)修正「綠建築標章申請審核認可及使用作業要點」部分規定，以配合建築能效標示制度之實施。
- (3)辦理綠建築標章之建築能效標示案例之試評工作，並滾動檢討建築能效標示評估系統。
- (4)邀集產學研召會研商綠建築標章之建築能效標示評估系統內容，並辦理公開閱覽廣徵各界意見。
- (5)新增發布「綠建築評估手冊-建築能效標示 (EEWH-BERS)」、「綠建築評估手冊-既有建築類 (EEWH-EB)」。
- (6)辦理建築能效標示評估系統及近零能源建築設計技術之人員培訓講習。

2、納入新建建築物自願參與階段(2025~2030 年)

先針對新建之非住宅類建築物，除針對公有建築物全面實施外，考量整體耗能及公共性，建議優先以空調型非住宿類公共建築物為實施對

象，再逐年檢討納入新建之住宅類建築物。

本階段規劃之工作項目如下：

- (1)檢討修正發布「綠建築評估手冊-基本型（EEWH-BC）」、「綠建築評估手冊-住宿類（EEWH-RS）」。
- (2)持續辦理建築能效標示評估系統及近零能源建築設計技術之人員培訓講習。
- (3)受理新建及既有建築申請綠建築標章及建築能效標示案件，透過綠建築標章審核認可，逐步累積我國近零能源建築案量。

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、外有關近零能源建築之相關研究參考文獻資料，及先進國家如歐盟、美國及日本等有關近零能源建築之相關推動措施與期程，就目前推動近零能源建築之執行內容與現況，作深入介紹與探討。並完成研析我國對比歐盟、美國及日本等先進國家，對於推動近零能源建築之背景條件差異分析。

此外，本研究已完成綜整我國推動近零能源建築之執行方式及技術清單，並參考國際作法，融合臺灣本土之綠建築技術及條件，據以研擬其推動策略。另外並配合我國溫室氣體減量政策規劃期程，完成探討我國近零能源建築之推動進程。

未來當歐盟、美國、日本等先進國家，逐漸達成設定之近零能源建築期程目標後，勢必影響國際相關建築設計發展之動向。本研究成果可供政府作為初期規劃推動近零能源建築之施政參考，期能落實政府節能減碳之政策，並銜接國際推動近零能源建築之趨勢，對減緩我國都市熱島效應及降低夏季尖峰用電，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、近零能源建築之推動策略

基於我國強制性之建築節能法規或自願性綠建築標章，現階段尚無法標示設計建築物之耗能量，亟待建立建築能效評估系統，方能作為近零能源建築之計算基礎。爰此，本所業於 109 年度完成「綠建築評估手冊-建築能效評估系統（EEWH-BERS）」草案，及研訂近零能源建築之定義及基準，建議未來可採分年分階段方式，以現有實施成效良好之綠建築標章制度為基礎，逐步發展建築能效標示制度，進而作為計算近零能源建築之依據。相關推動策略整理如下：

1、推動方式：

(1)透過實施成效良好之綠建築標章，帶動建築物自主標示建築能效等級。

(2)鼓勵標竿企業示範，帶動其他民間單位參與。

2、推動順序：

近零能源建築之標示，需配合綠建築標章之建築能效評估系統，考量綠建築標章涉及新建建築物之容積獎勵，影響層面較大需謹慎評估，故建議優先以鼓勵既有建築物自願申請方式試行推動，再逐步擴展至新建建築物。

3、實施範圍：適用對象包括

(1)新建建築：

A.非住宅類：採八二法則之策略，優先選擇具高室內發散熱、高耗能、高節能潛力、高公共性等特性之建築物，標示其能效較具動效益。

B.住宅類：考量新建住宅於完工交屋時常為毛胚屋，僅公共設施空間如梯廳、管理室、交誼廳、健身房等方會裝設照明、空調及電器等設備，故針對此情況之住宅類建築，建議可針對公共設施空間作為標示範圍。

(2)既有建築：

A.非住宅類：建議優先以具有官方能源統計驗證、具較高能效預測信賴性、具公共效益性等建築類型優先納入。

B.住宅類：考量其個別耗電密度不高且家電用電不易掌控，初期暫予排除適用。

4、評定方法：本所業於 109 年完成建築物能效計算基準與標示之草案研訂，規劃將於 110 年出版「綠建築評估手冊-建築能效標示 (EEWH-BERS)」，未來可作為評定建築能源效率之方法。

5、建築能源效率分級：將建築耗電密度(Energy Use Intensity, EUI)，參

酌歐盟建築能效標示方式，及我國各類建築的 EUI 母體分佈，規劃由高至低依序採第 1 至 7 級能效分級，其中近零能源建築標示為第 1⁺級。

二、近零能源建築之推動進程

為依循「國家因應氣候變遷行動綱領」之推動溫室氣體減量政策，建議我國推動近零能源建築之進程，可配合我國溫室氣體減量路徑，採分年分階段方式推動，透過實施成效良好之自願性綠建築標章，帶動建築物自主標示能效等級，進而有效提升綠建築設計水準，以引導達到近零能源建築標準。本研究針對綠建築標章體系下，研提我國近零能源建築之推動進程，說明如下：

1、鼓勵既有建築物自願參與階段(2021~2025 年)

初期針對既有之非住宅類建築物優先推動，至既有住宅類建築部分，因其個別耗電密度不高且使用行為不易掌握，將視整體推動情形再予逐步檢討納入。

本階段規劃之工作項目如下：

- (1)建立綠建築標章之建築能效標示制度、訂定近零能源建築之定義及評估基準。
- (2)修正「綠建築標章申請審核認可及使用作業要點」部分規定，以配合建築能效標示制度之實施。
- (3)辦理綠建築標章之建築能效標示案例之試評工作，並滾動檢討建築能效標示評估系統。
- (4)邀集產學研召會研商綠建築標章之建築能效標示評估系統內容，並辦理公開閱覽廣徵各界意見。
- (5)新增發布「綠建築評估手冊-建築能效標示 (EEWH-BERS)」、「綠建築評估手冊-既有建築類 (EEWH-EB)」。
- (6)辦理建築能效標示評估系統及近零能源建築設計技術之人員培訓講習。

2、納入新建建築物自願參與階段(2025~2030 年)

先針對新建之非住宅類建築物，除針對公有建築物全面實施外，考量整體耗能及公共性，建議優先以空調型非住宿類公共建築物為實施對象，再逐年檢討納入新建之住宅類建築物。

本階段規劃之工作項目如下：

(1)檢討修正發布「綠建築評估手冊-基本型 (EEWH-BC)」、「綠建築評估手冊-住宿類 (EEWH-RS)」。

(2)持續辦理建築能效標示評估系統及近零能源建築設計技術之人員培訓講習。

(3)受理新建及既有建築申請綠建築標章及建築能效標示案件，透過綠建築標章審核認可，逐步累積我國近零能源建築案量。

第二節 建議

本研究已提出我國近零能源建築之推動進程與策略。茲就後續建議部分說明如下：

建議一

辦理「綠建築評估手冊-建築能效評估系統(EEWH-BERS)」草案之試評作業：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：綠建築評定機構

本所業於109年度完成住宅類及非住宅類綠建築能源計算基準與標示之研究，提出「綠建築評估手冊-建築能效評估系統(EEWH-BERS)」草案。建議後續可辦理上開評估系統(草案)之案例試評作業，同時徵詢產學研各方意見，以利落實綠建築能效標示制度，作為未來推動近零能源建築之基礎，同時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。

建議二

辦理建築能效標示評估系統及近零能源建築設計技術之人員培訓講習：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：綠建築評定機構

未來我國推動自願性綠建築標章之建築能效標示，亟需凝聚建築業界共識與支持，建議應持續辦理建築能效標示評估系統及近零能源建築設計技術之人員培訓講習，有效提升綠建築之設計能效表現，以利後續制度之推動，並逐年增加我國近零能源建築之案量。

附錄一 建築物使用類組及變更使用辦法

附表一、建築物之使用類別、組別及其定義

類別		類別定義	組別	組別定義
A 類	公共集會類	供集會、觀賞、社交、等候運輸工具，且無法防火區劃之場所。	A-1	供集會、表演、社交，且具觀眾席之場所。
			A-2	供旅客等候運輸工具之場所。
B 類	商業類	供商業交易、陳列展售、娛樂、餐飲、消費之場所。	B-1	供娛樂消費，且處封閉或半封閉之場所。
			B-2	供商品批發、展售或商業交易，且使用人替換頻率高之場所。
			B-3	供不特定人餐飲，且直接使用燃具之場所。
			B-4	供不特定人士休息住宿之場所。
C 類	工業、倉儲類	供儲存、包裝、製造、檢驗、研發、組裝及修理物品之場所。	C-1	供儲存、包裝、製造、檢驗、研發、組裝及修理工業物品，且具公害之場所。
			C-2	供儲存、包裝、製造、檢驗、研發、組裝及修理一般物品之場所。
D 類	休閒、文教類	供運動、休閒、參觀、閱覽、教學之場所。	D-1	供低密度使用人口運動休閒之場所。
			D-2	供參觀、閱覽、會議之場所。
			D-3	供國小學童教學使用之相關場所。(宿舍除外)
			D-4	供國中以上各級學校教學使用之相關場所。(宿舍除外)
			D-5	供短期職業訓練、各類補習教育及課後輔導之場所。
E 類	宗教、殯葬類	供宗教信徒聚會、殯葬之場所。	E	供宗教信徒聚會、殯葬之場所。
F 類	衛生、福利、更生類	供身體行動能力受到健康、年紀或其他因素影響，需特別照顧之使用場所。	F-1	供醫療照護之場所。
			F-2	供身心障礙者教養、醫療、復健、重健、訓練、輔導、服務之場所。
			F-3	供兒童及少年照護之場所。
			F-4	供限制個人活動之戒護場所。
G 類	辦公、服務類	供商談、接洽、處理一般事務或一般門診、零售、日常服務之場所。	G-1	供商談、接洽、處理一般事務，且使用人替換頻率高之場所。
			G-2	供商談、接洽、處理一般事務之場所。
			G-3	供一般門診、零售、日常服務之場所。
H 類	住宿類	供特定人住宿之場所。	H-1	供特定人短期住宿之場所。
			H-2	供特定人長期住宿之場所。

I 類	危險物品類	供製造、分裝、販賣、儲存公共危險物品及可燃性高壓氣體之場所。	I	供製造、分裝、販賣、儲存公共危險物品及可燃性高壓氣體之場所。
-----	-------	--------------------------------	---	--------------------------------

附表二、建築物使用類組使用項目舉例

類 組	使 用 項 目 舉 例
A-1	1. 戲（劇）院、電影院、演藝場、歌廳、觀覽場等類似場所。 2. 觀眾席面積在二百平方公尺以上之下列場所：體育館（場）及設施、音樂廳、文康中心、社教館、集會堂（場）、社區（村里）活動中心等類似場所。
A-2	1. 車站（公路、鐵路、大眾捷運）。 2. 候船室、水運客站。 3. 航空站、飛機場大廈。
B-1	1. 視聽歌唱場所（提供伴唱視聽設備，供人唱歌場所）、理髮（理容）場所（將場所加以區隔或包廂式為人理髮理容之場所）、按摩場所（將場所加以區隔或包廂式為人按摩之場所）、三溫暖場所（提供冷、熱水池、蒸烤設備，供人沐浴之場所）、舞廳（備有舞伴，供不特定人跳舞之場所）、舞場（不備舞伴，供不特定人跳舞之場所）、酒家（備有陪侍，供應酒、菜或其他飲食物之場所）、酒吧（備有陪侍，供應酒類或其他飲料之場所）、特種咖啡茶室（備有陪侍，供應飲料之場所）、夜總會、遊藝場、俱樂部等類似場所。 2. 電子遊戲場（依電子遊戲場業管理條例定義）。 3. 錄影帶（節目帶）播映場所。 4. B-3 使用組別之場所，有提供表演節目等娛樂服務者。
B-2	1. 百貨公司（百貨商場）商場、市場（超級市場、零售市場、攤販集中場）、展覽場（館）、量販店、批發場所（倉儲批發、一般批發、農產品批發）等類似場所。 2. 樓地板面積在五百平方公尺以上之下列場所：店鋪、當舖、一般零售場所、日常用品零售場所等類似場所。
B-3	1. 飲酒店（無陪侍，供應酒精飲料之餐飲服務場所，包括啤酒屋）、小吃街等類似場所。 2. 樓地板面積在三百平方公尺以上之下列場所：餐廳、飲食店、飲料店（無陪侍提供非酒精飲料服務之場所，包括茶藝館、咖啡店、冰果店及冷飲店等）等類似場所。
B-4	1. 觀光旅館（飯店）、國際觀光旅館（飯店）等之客房部。 2. 旅社、旅館、賓館等類似場所。 3. 樓地板面積在五百平方公尺以上之下列場所：招待所、供香客住宿等類似場所。
C-1	1. 變電所、飛機庫、汽車修理場（車輛修理場所、修車廠、修理場、車輛修配保

	管場、汽車站房)等類似場所。 2. 特殊工作場、工場、工廠(具公害)、自來水廠、屠(電)宰場、發電場、施工機料及廢料堆置或處理場、廢棄物處理場、污水(水肥)處理貯存場等類似場所。
C-2	1. 倉庫(倉儲場)、洗車場、汽車商場(出租汽車、計程車營業站)、書庫、貨物輸配所、電信機器室(電信機房)、電視(電影、廣播電台)之攝影場(攝影棚、播送室)、實驗室等類似場所。 2. 一般工場、工作場、工廠等類似場所。
D-1	1. 保齡球館、室內溜冰場、室內游泳池、室內球類運動場、室內機械遊樂場、室內兒童樂園、保健館、健身房、健身服務場所(三溫暖除外)、公共浴室(包括溫泉泡湯池)、室內操練場、撞球場、室內體育場所、少年服務機構(供休閒、育樂之服務設施)、室內高爾夫球練習場、室內釣蝦(魚)場、健身休閒中心、美容瘦身中心等類似場所。 2. 資訊休閒服務場所(提供場所及電腦設備,供人透過電腦連線擷取網路上資源或利用電腦功能以磁碟、光碟供人使用之場所)。
D-2	1. 會議廳、展示廳、博物館、美術館、圖書館、水族館、科學館、陳列館、資料館、歷史文物館、天文臺、藝術館等類似場所。 2. 觀眾席面積未達二百平方公尺之下列場所:體育館(場)及設施、音樂廳、文康中心、社教館、集會堂(場)、社區(村里)活動中心等類似場所。
D-3	小學教室、教學大樓等相關教學場所。
D-4	國中、高中、專科學校、學院、大學等之教室、教學大樓等相關教學場所。
D-5	1. 補習(訓練)班、文康機構等類似場所。 2. 兒童課後照顧服務中心等類似場所。
E	1. 寺(寺院)、廟(廟宇)、教堂(教會)、宗祠(家廟)、宗教設施、樓地板面積未達五百平方公尺供香客住宿等類似場所。 2. 殯儀館、禮廳、靈堂、供存放骨灰(骸)之納骨堂(塔)、火化場等類似場所。
F-1	1 設有十床病床以上之下列場所:醫院、療養院等類似場所。 2. 樓地板面積在一千平方公尺以上之診所。 3. 樓地板面積在五百平方公尺以上之下列場所:護理之家機構(一般護理之家、精神護理之家)、產後護理機構、屬於老人福利機構之長期照顧機構(長期照護型)、長期照顧機構(失智照顧型)等類似場所。
F-2	1. 身心障礙福利機構(全日型住宿機構、日間服務機構、樓地板面積在五百平方公尺以上之福利中心)、身心障礙者職業訓練機構等類似場所。 2. 啟智(聰、明)學校、盲啞學校、益智學校。

	3. 日間型精神復健機構。
F-3	兒童及少年安置教養機構、幼兒園、幼兒園兼辦國民小學兒童課後照顧服務、托嬰中心、早期療育機構等類似場所。
F-4	精神病院、傳染病院、勒戒所、監獄、看守所、感化院、觀護所、收容中心等類似場所。
G-1	含營業廳之下列場所：金融機構、證券交易場所、金融保險機構、合作社、銀行、證券公司（證券經紀業、期貨經紀業）、票券金融機構、電信局（公司）郵局、自來水及電力公司之營業場所。
G-2	1. 不含營業廳之下列場所：金融機構、證券交易場所、金融保險機構、合作社、銀行、證券公司（證券經紀業、期貨經紀業）、票券金融機構、電信局（公司）郵局、自來水及電力公司。 2. 政府機關（公務機關）、一般事務所、自由職業事務所、辦公室（廳）、員工文康室、旅遊及運輸業之辦公室、投資顧問業辦公室、未兼營提供電影攝影場（攝影棚）之動畫影片製作場所、有線電視及廣播電台除攝影棚外之其他用途場所、少年服務機構綜合之服務場所等類似場所。 3. 提供場地供人閱讀之下列場所：K書中心、小說漫畫出租中心。 4. 身心障礙者就業服務機構。
G-3	1. 衛生所（健康服務中心）、健康中心、捐血中心、醫事技術機構、牙體技術所、理髮場所（未將場所加以區隔且非包廂式為人理髮之場所）、按摩場所（未將場所加以區隔且非包廂式為人按摩之場所）、美容院、洗衣店、公共廁所、動物收容、寵物繁殖或買賣場所等類似場所。 2. 設置病床未達十床之下列場所：醫院、療養院等類似場所。 3. 樓地板面積未達一千平方公尺之診所。 4. 樓地板面積未達五百平方公尺之下列場所：店鋪、當舖、一般零售場所、日常用品零售場所、便利商店等類似場所。 5. 樓地板面積未達三百平方公尺之下列場所：餐廳、飲食店、飲料店（無陪侍提供非酒精飲料服務之場所，包括茶藝館、咖啡店、冰果店及冷飲店等）等類似場所。
H-1	1. 民宿（客房數六間以上）、宿舍、樓地板面積未達五百平方公尺之招待所。 2. 樓地板面積未達五百平方公尺之下列場所：護理之家機構（一般護理之家、精神護理之家）、產後護理機構、屬於老人福利機構之長期照顧機構（長期照護型）、長期照顧機構（失智照顧型）、身心障礙福利服務中心等類似場所。 3. 老人福利機構之場所：長期照顧機構（養護型）、安養機構、其他老人福利機構。 4. 身心障礙福利機構（夜間型住宿機構）、居家護理機構。 5. 住宿型精神復健機構、社區式日間照顧及重建服務、社區式身心障礙者日間服

	務等類似場所。
H-2	1. 集合住宅、住宅、民宿（客房數五間以下）。 2. 設於地面一層面積在五百平方公尺以下或設於二層至五層之任一層面積在三百平方公尺以下且樓梯寬度一點二公尺以上、分間牆及室內裝修材料符合建築技術規則現行規定之下列場所：小型安養機構、小型身心障礙者職業訓練機構、小型日間型精神復健機構、小型住宿型精神復健機構、小型社區式日間照顧及重建服務、小型社區式身心障礙者日間服務等類似場所。 3. 農舍。 4. 社區式家庭托顧服務、身心障礙者社區居住服務場所。
I	1. 化工原料行、礦油行、瓦斯行、石油煉製廠、爆竹煙火製造儲存販賣場所、液化石油氣分裝場、液化石油氣容器儲存室、液化石油氣鋼瓶檢驗機構（場）等類似場所。 2. 加油（氣）站、儲存石油廠庫、天然氣加壓站、天然氣製造場等類似場所。

參考書目

1. 建築技術規則，2019。
2. 財團法人資訊工業策進會，能源資訊系統應用技術推廣計畫-我國節約能源推動策略及配套法制研究（二），2002。
3. 中華民國全國建築師公會，綠建築設計技術規範，2012。
4. 工業技術研究院綠能所，住商節能減碳技術整合與示範應用計畫，2012。
5. 工業技術研究院，低耗能住商節能減碳技術整合與示範應用計畫，2015 年。
6. 經濟部能源局，綠能科技產業創新推動方案， 2017。
7. 工業技術研究院綠能與環境研究所，方端言，美國能源政策評析報告，國家能源發展策略規劃及決策支援能量建構計畫，2018。
8. 何明錦、林憲德，隔熱材料對建築外殼隔熱性能及節能效益影響之研究， 2011。
9. 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。
10. 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。
11. 王榮進、鄭政利，綠建築與近零能源制度之調合研究，2019。
12. 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。
13. 林憲德，非住宅類綠建築能源計算基準與標示之研究，2020。
14. 羅時麒、林子平，既有建築綠建築能源耗用案例試評之研究，2020。
15. P. Torcellini et al. (2006). Zero Energy Buildings: A Critical Look at the

Definition. ACEEE Summer Study on Innovation for Our Energy Future, California.

- 16.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).
- 17.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.
- 18.Delia D'Agostino et al., Synthesis Report on the National Plans for Nearly Zero Energy Buildings (NZEBS), JRC Science for Policy Report, 2016.
- 19.経済産業省、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。
- 20.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。
- 21.一般社団法人 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。
- 22.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。
- 23.ENTRANZE (<http://www.entranze.enerdata.eu/>)
- 24.EUROSTAT (<http://ec.europa.eu/eurostat>)
- 25.ZEBRA2020 (<http://www.zebra-monitoring.enerdata.eu/>)
- 26.Commission welcomes final vote on energy performance of buildings.

(https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_18_3374)

27.BPIE 2015 報告：Nearly Zero Energy Buildings Definitions Across Europe.

(http://bpie.eu/uploads/lib/document/attachment/128/BPIE_factsheet_nZEB_definitions_across_Europe.pdf)

28.維基百科，2007 年能源獨立與安全法

(https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_Independence_and_Security_Act_of_2007#C._Federal_buildings)

29.經濟部能源局能源知識庫電子報第 30 期

(<https://km.twenergy.org.tw/Content/Epaper/201751615414.html>)

30.Energy Star Portfolio Manager website

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

31.Building Energy Asset Score website

(<https://www.energy.gov/eere/buildings/building-energy-asset-score>)

32.HERS website

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

33.〈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)

34.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)

35.〈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）

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