

我國近零能源建築發展策略與 可行性研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 107 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)

107301070000G0031

PG10705-0063

我國近零能源建築發展策略與 可行性研究

研究人員：陳麒任、黃恩浩

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 107 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

**Development Strategy and Feasibility
Study of Near Zero Energy Buildings in
Taiwan**

BY

CHEN CHIREN, HUANG ENHAO

December , 2018

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.....	2
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 國際間對近零耗能建築之相關定義.....	7
第二節 近零耗能建築之核心元素及案例探討.....	11
第三節 我國有關建築節能及再生能源相關法規及 現況.....	17
第四節 我國建築節能之相關推動措施.....	27
第三章 歐盟及日本推動近零能源建築之剖析.....	39
第一節 歐盟對於近零能耗建築物 (NZEB) 之相關 規定.....	43
第二節 歐盟朝向近零能耗建築物 (NZEB) 之翻新 概況.....	49
第三節 歐盟近零能耗建築物 (NZEB) 之案例介紹.....	54

第四節 日本推動近零能源建築物 (NZEB) 之內容 與剖析	62
第四章 近零能源建築之發展策略與可行性探討	75
第一節 歐盟推動近零能源建築可供我國借鏡之 探討	75
第二節 我國推動近零能源建築之技術面策略	79
第三節 我國推動近零能源建築之可行性評估	87
第五章 結論與建議	95
第一節 結論	95
第二節 建議	97
附錄一 期中審查會議紀錄及處理情形	99
附錄二 期末審查會議紀錄及處理情形	105
參考書目	109

表次

表 2-1	NZEB 依再生能源來源的結構層次	11
表 2-2	屋頂透光天窗日射透過率 HWs 之基準值	17
表 2-3	外牆及立面開窗部位 (含玻璃與窗框) 之節能 基準值	18
表 2-4	空調型、住宿類、學校類及大空間類等建築之 節能基準值	19
表 2-5	建築物樓地板之最低活載重規定	20
表 2-6	屋頂隔熱及綠化改善工法之設置環境及法規限制	21
表 2-7	外遮陽及戶外遮棚之法規分析	22
表 2-8	經濟部能源局建築節能 (含耗能設備) 之相關獎 補助專案計畫	27
表 2-9	經濟部能源局診斷輔導與技術服務之相關專案計畫 ...	31
表 3-1	EPBD 對於近零能耗建築物 (NZEB) 之相關要求整理 ..	41
表 3-2	歐盟近零能耗建築物資料庫案例	57
表 3-3	日本平成 24 年(2012)~平成 26 年(2014)ZEH 補助事業 概要	69
表 3-4	BELS、CASBEE 及 LEED 系統比較表	73
表 4-1	我國對照歐盟及日本對於推動近零能源建築之背景條 件差異對照表	77
表 4-2	BEMS 之主要功能	82

表 4-3 各類辦公場所 EUI 數值彙整表	87
表 4-4 各類百貨商場 EUI 數值彙整表	88
表 4-5 各類醫院 EUI 數值彙整表	88
表 4-6 各類旅館 EUI 數值彙整表	89
表 4-7 各類住宅 EUI 數值彙整表	89
表 4-8 我國再生能源種類發電概況及所佔比率	90
表 4-9 106 年各縣(市)太陽光電容量因數表	91
表 4-10 各類型建築物於不同地區之再生能源佔耗電量比 例表.....	93

圖次

圖 1-1	研究流程圖	4
圖 2-1	基本的 NZEB 評量之操作機制	8
圖 2-2	三種餘額的 NZEB 平衡型式	9
圖 2-3	NZEB 核心元素之概念	12
圖 2-4	貝丁頓零耗能社區整體設計及應用概念整合	14
圖 2-5	美國國家再生能源實驗室-研究支援中心	15
圖 2-6	合法建築物屋頂如有違章時設置太陽光電備 類型	24
圖 2-7	我國再生能源發展策略目標	26
圖 3-1	EPBD 於 2010 年訂定的近零能耗建築物(NZEB) 之實施時間表	40
圖 3-2	NZEB 建築物可能的系統邊界	44
圖 3-3	NZEB 需定義之主要討論項目	45
圖 3-4	可能之可再生能源系統選項總覽	48
圖 3-5	歐盟 28 國既有住宅建築的建造期間	49
圖 3-6	以 2010 年為基期之歐盟 28 國建築翻新之許 可趨勢	50
圖 3-7	以 2010 年為基期之歐盟 28 國低能耗建築相的	

關設備銷售趨勢	50
圖 3-8 一些歐盟成員國的深度翻新率的變化情況	52
圖 3-9 當 2020 年及 2030 年時歐盟 28 國建築深度翻 新比例	53
圖 3-10 零能耗建築物的實際案例分布圖	54
圖 3-11 ZEH Builder 和 ZEH Planner 標章	63
圖 3-12 ZEB leading owner 及 ZEB planner 標章	64
圖 3-13 ZEH 設計概念圖	65
圖 3-14 ZEH 定義	65
圖 3-15 ZEH 與低碳住宅、智慧健康宅、LCCM 住宅 等制度比較圖	68
圖 3-16 ZEB 概念圖	71
圖 3-17 ZEB 定義	71
圖 3-18 BELS、CASBEE、LEED 等級與 ZEB 的相對關 係圖	74
圖 4-1 彙整建築技術規則對於外殼隔能性能之相關 規定	80

摘要

關鍵詞：既有建築、節能改善、節能策略、效益分析

一、研究緣起與目的

根據經濟部統計，106 年度電力消費工業部門占 53.5%，住宅及服務業部門共占 37.1%（其中住宅 18.2%、服務業 18.9%），代表各類建築物每年所消耗之能源，就約佔全國能源比例的三分之一以上。然而既有建築佔全國比例已超過 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之問題，若欲有效管控建築部門整體耗能，除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，達到低耗能甚至近零耗能之目標。

為因應極端氣候威脅，維護地球環境永續發展，近年許多先進國家如歐盟、美國等，提出了大量的近（淨）零能源建築倡議和政策，透過將建築節能與可再生能源技術結合，提出高性能建築的解決方案。例如歐盟訂出 2018 年前所有公共建築及 2020 年前所有新建建築，須符合「近零耗能建築」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。

目前我國雖對於近（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 潔淨能源發電結構及非核家園之目標，除了從開源角度尋求供電來源外，亦從節流的面向積極推動節電，將可提供未來推動近零能源建築之發展基礎。此外，「能源轉型白皮書」將近零能源建築納為建築部門節能計畫重要推動工作之一，亦是本研究主要探討課題。

本研究將進行我國近零能源建築之發展策略與可行性評估，針對我

國住商部門之建築分析其耗能特性，並蒐集近零能源建築常採用之技術，檢討其適用性與所涉及之相關法規或規範。依再生能源供應來源與技術，探討不同層次近零能源建築之推動方式與發展策略。

最後，本研究將就技術面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。

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，並探討我國現有相關法規對於推動近零能源建築不足之處。

(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：

藉由歐盟及日本等先進國家之推動近零能源建築經驗，比較分析我國推動近零能源建築之現況，探討適合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，就技術面研擬我國推動近零能源建築之發展策略。

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、日本等有關近零能源建築之相關推動措施與期程，並就目前推動近零耗能建築之執行內容與現況，作深入介紹與探討。

此外，完成探討歐盟與我國對於推動近零能源建築之背景條件差異，及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。最後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。

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後續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，對減緩都市熱島效應及降低夏季尖峰用電，亦將有莫大幫助。

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。

針對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。

在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。

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、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、建議事項

本研究已提出我國近零能源建築之發展策略，並進行可行性探討與分析。茲就建議部分說明如下：

建議一

進行我國綠建築與近零能源建築制度之調合研究：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、經濟部能源局

我國近(淨)零能源建築議題尚處於發展階段，惟目前我國「能源轉型白皮書」已將近零能源建築納為建築部門節能計畫重要推動工作之一。經盤點我國目前具備之基礎，建築技術規則已訂有綠建築專章，並且營建署刻正研擬建築物外殼耗能資訊透明機制，預計2020年實施；此外本所推動之綠建築標章系統將日常節能納為必要指標。為利未來有效推動近零能源建築，可參採日本推動模式，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。

建議二

賡續進行我國近零能源建築之路徑及執行措施規劃：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、經濟部能源局

目前已有許多先進國家訂出推動近零能源建築之路徑期程，如如歐盟訂出2018年前所有公共建築及2020年前所有新建建築，須符合「近零耗能建築」的基準。英國更則自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。建議後續可針對我國推動近零能源建築制度，研擬整體規劃路徑期程及執行配套措施，以作為我國推動近零能源建築之準備。

ABSTRACT

Keywords: Existing buildings, Energy saving improvement, Energy saving strategy, Benefit analysis

According to the statistics of the Ministry of Economic Affairs, the power consumption industrial sector accounted for 53.5% in the 2017, and the residential and service sector accounted for 37.1% (including 18.2% of residential and 18.9% of services), representing the annual energy consumption of various buildings. More than one-third of the national energy ratio. However, the proportion of existing buildings in the country has exceeded 97%, and the buildings built in the early days did not have energy-saving regulations at that time. There were widespread problems of energy consumption and ecological inconsistency. In order to effectively control the overall energy consumption of the construction sector, In addition to standardizing energy consumption, it is also necessary to carry out control measures from existing buildings and cooperate with renewable energy facilities to further reduce building energy consumption and achieve the goal of low energy consumption and even near zero energy consumption.

In order to cope with the extreme climate threats and maintain the sustainable development of the global environment, many advanced countries such as the European Union and the United States have proposed a large number of near-net energy-free construction initiatives and policies in recent years, combining building energy efficiency with renewable energy technologies. High performance building solutions. For example, the EU has set out all public buildings before 2018 and all new buildings before 2020, which must meet the benchmark of “near zero energy-consuming buildings”. The UK has taken the lead since April 2018, requiring all new buildings to meet the zero-carbon emission standards for carbon balance. The US

Department of Energy has proposed the "Net Zero Energy Commercial Building Initiative", which sets out that all commercial buildings should reach zero energy consumption standards by 2025. Japan also set a goal of zero-carbon construction before 2030.

This study will carry out the development strategy and feasibility assessment of Taiwan's near-zero energy buildings, analyze the energy consumption characteristics of the buildings in Taiwan's residential sector, and collect the technologies commonly used in near-zero energy buildings to review their applicability and related regulations. Or specification. According to the sources and technologies of renewable energy supply, explore the promotion methods and development strategies of different levels of near-zero energy buildings.

Finally, this study will further develop the development strategy and feasibility of Taiwan's promotion of near-zero energy buildings on the technical side, as a government's follow-up reference for promoting near-zero energy buildings, and let Taiwan and the international market promote the trend of near-zero energy buildings. In addition to the integration, and the implementation of the government's policy of energy conservation and carbon reduction, it will also help to alleviate the urban heat island effect and reduce the peak electricity consumption in summer.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與目的

一、研究緣起

根據經濟部統計，106 年度電力消費工業部門占 53.5%，住宅及服務業部門共占 37.1%（其中住宅 18.2%、服務業 18.9%），代表各類建築物每年所消耗之能源，就約佔全國能源比例的三分之一以上。然而既有建築佔全國比例已超過 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之問題，若欲有效管控建築部門整體耗能，除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，達到低耗能甚至近零耗能之目標。

為因應極端氣候威脅，維護地球環境永續發展，近年許多先進國家如歐盟、美國等，提出了大量的近（淨）零能源建築倡議和政策，透過將建築節能與可再生能源技術結合，提出高性能建築的解決方案。例如歐盟訂出 2018 年前所有公共建築及 2020 年前所有新建建築，須符合「近零耗能建築」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。

目前我國雖對於近（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 潔淨能源發電結構及非核家園之目標，除了從開源角度尋求供電來源外，亦從節流的面向積極推動節電，將可提供未來推動近零能源建築之發展基礎。此外，「能源轉型白皮書」將近零能源建築納為建築部門節能計畫重要推動工作之一，亦是本研究主要探討

課題。

二、研究目的

本研究將先收集國外有關近零能源建築推動措施之相關文獻，並整理探討國內推動近零能源建築之現況條件，以作為本研究後續研擬我國未來推動近零能源建築之參考基礎。

同時為因應我國能源轉型白皮書之建築部門節能計畫要求，本研究將進行我國近零能源建築之發展策略與可行性評估，並針對我國住商部門之建築分析其耗能特性，並蒐集近零能源建築常採用之技術，檢討其適用性與所涉及之相關法規或規範。依再生能源供應來源與技術，探討不同層次近零能源建築之推動方式與發展策略。

最後，本研究將就技術面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可行性，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，並探討我國現有相關法規對於推動近零能源建築不足之處。

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：

藉由歐盟及日本等先進國家之推動近零能源建築經驗，比較分析我國推動近零能源建築之現況，探討適合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，就技術面研擬我國推動近零能源建築之發展策略。

二、研究流程

本計畫之研究流程，詳圖 1-1 所示：

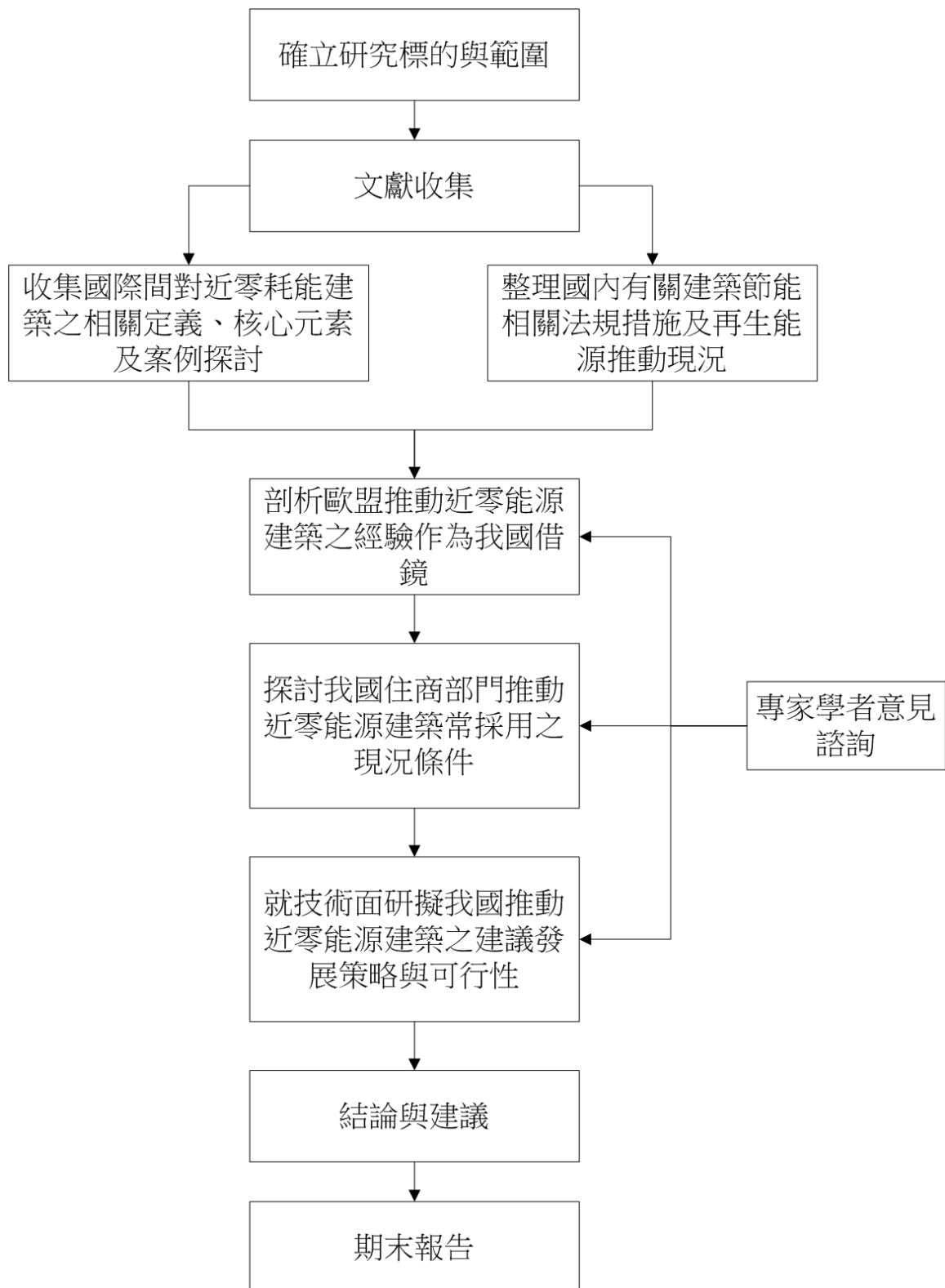


圖 1-1 研究流程圖

(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推動近零能源建築發展策略與可行性之依據。預定收集之文獻資料項目如下：

- 國內、外有關近零能源建築之相關研究參考文獻資料。
- 我國建築節能與再生能源之相關法規與發展現況。
- 國外有關近零能源建築之相關推動措施與期程。
- 國外推動近零能源建築成功案例之建置內容、成本與效益等相關資料。

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，及先進國家有關近零能源建築之相關推動措施與期程。
- 二、 完成研析我國對比歐盟及日本等先進國家，對於推動近零能源建築之背景條件差異。
- 三、 完成研擬我國推動近零能源建築於建築節能及再生能源兩大大面向之技術策略。
- 四、 完成我國住商部門推動近零能源建築之可行性評估。

第二章 相關文獻回顧與探討

本章首先從國際間對近零耗能建築之相關定義切入，整理有關近零耗能建築之核心元素及案例探討等基礎理論文獻資料，及收集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，以作為本研究後續研擬我國推動近零耗能建築發展策略及可行性之基礎。

第一節 國際間對近零耗能建築之相關定義

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 2-1 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。

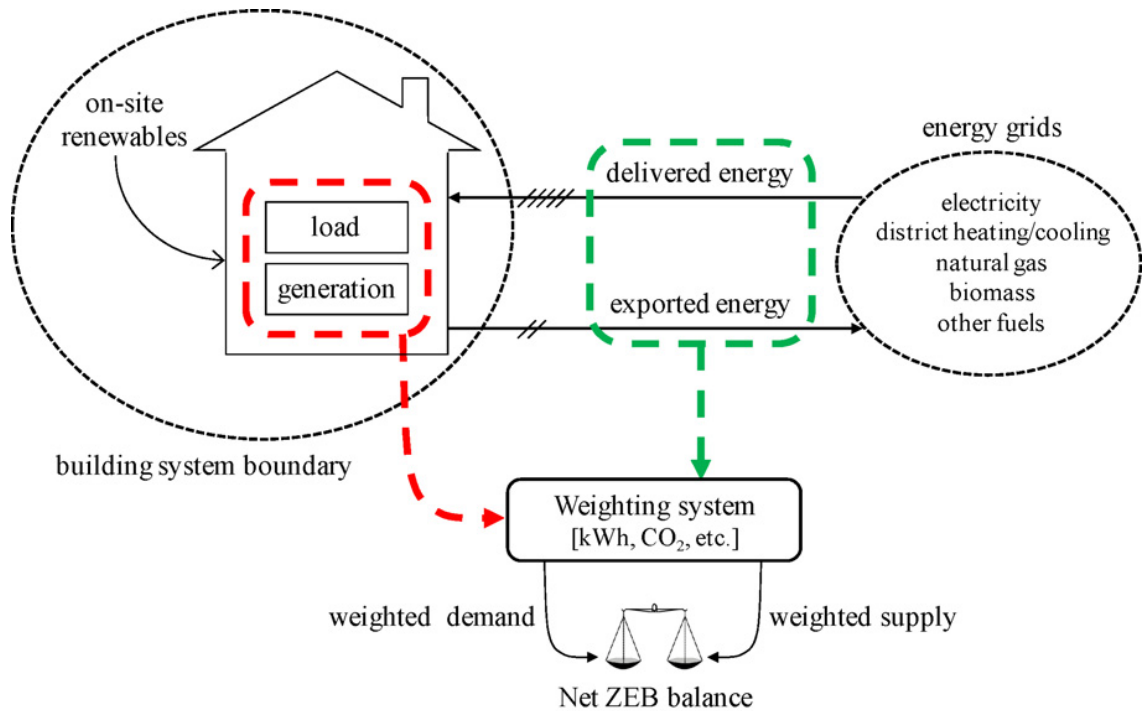


圖 2-1 基本的 NZEB 評量之操作機制

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(2-1)，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。

$$\text{NZEB 平衡：|加權供應| - |加權需求| = 0 \quad \dots\dots\dots (2-1)}$$

此外，Satori (2012) 以三種餘額的圖形來表示 NZEB 之平衡型式，如圖 2-2 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。

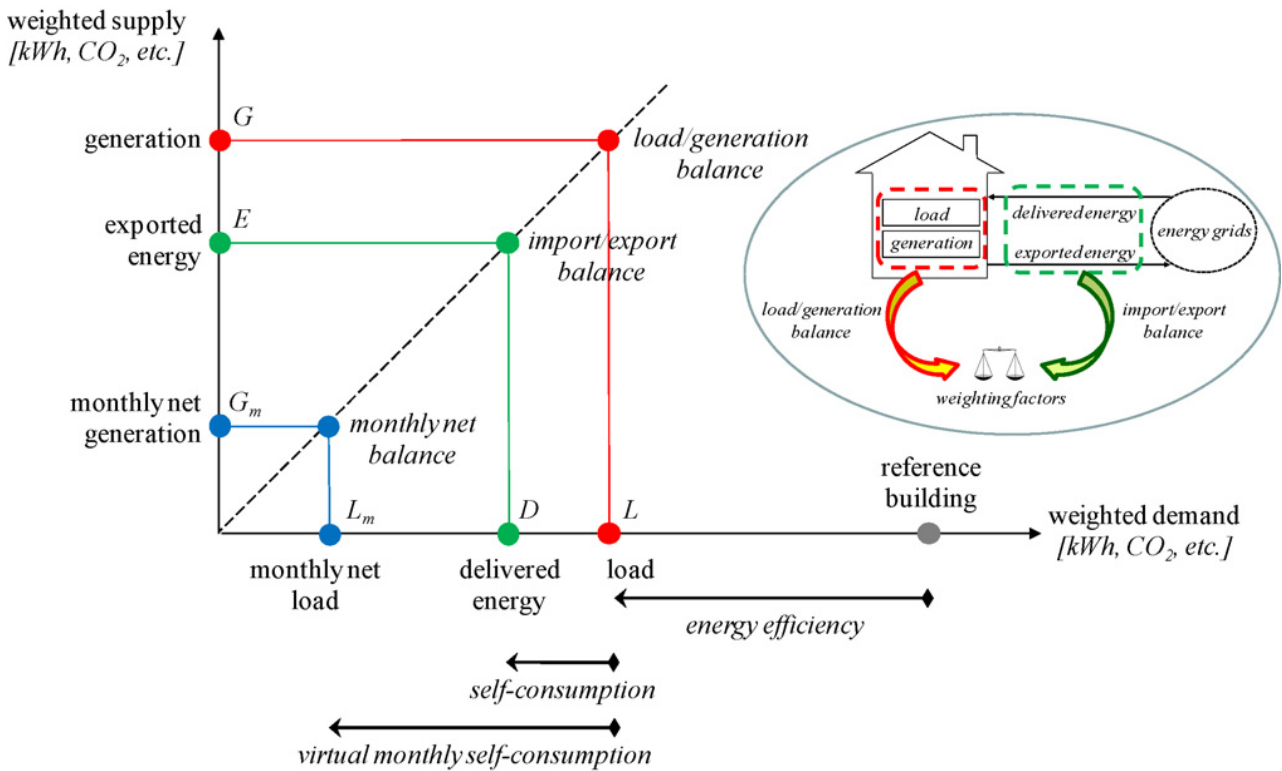


圖 2-2 三種餘額的 NZEB 平衡型式

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^{1、2}，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。

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³：

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)：

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 2-1 所示⁴，最基本的層次第 0 類為導入使用新節能技術的

¹ : 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.

² : 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).

³ : Torcellini, P. et al. 2006. Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, National Renewable Energy Laboratory, Retrieved 25 June 2014.

⁴ : 李浩銓，零耗能建築國際案例介紹，能源報導 2011 年 8 月

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 2-1 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	使用再生能源由建築物上設置之再生能源裝置產生	太陽光電PV、太陽能熱水系統、風力發電等裝置於建築物上的設備系統
2	使用再生能源由基地內建築物之外的再生能源裝置產生	同上、不在建築物上，只要在基地內皆可
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：李浩銓，零耗能建築國際案例介紹，能源報導 2011 年 8 月

第二節 近零耗能建築之核心元素及案例探討

一、近零耗能建築之核心元素

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 2-3 所示。

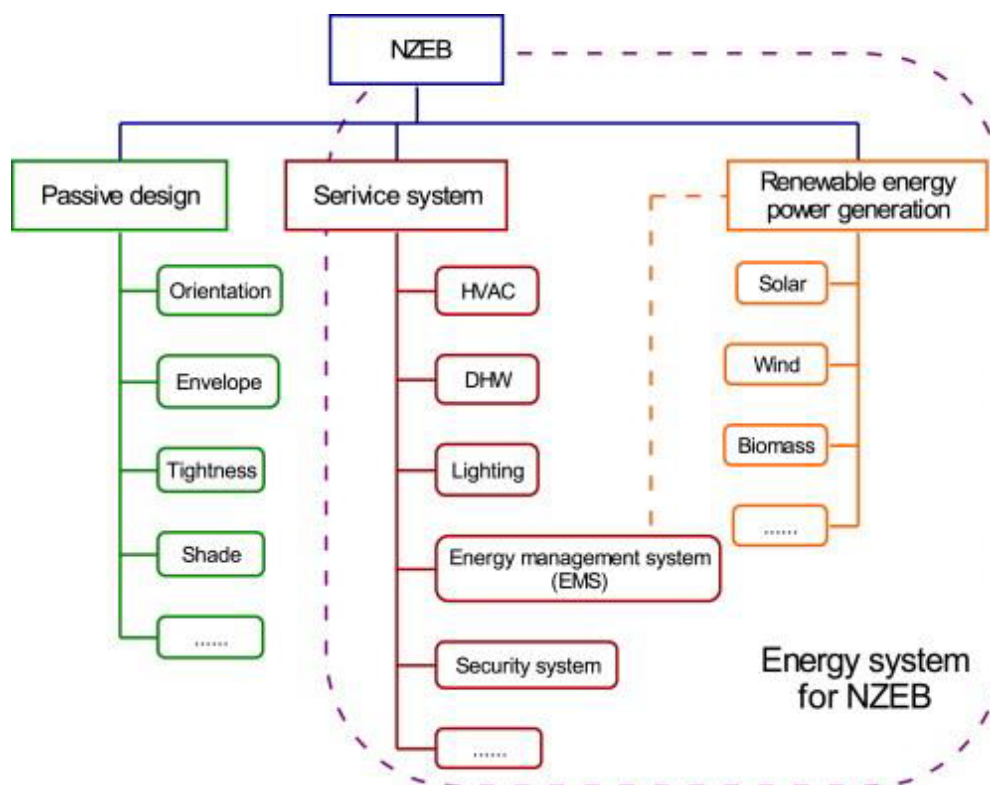


圖 2-3 NZEB 核心元素之概念

資料來源：Deng, 2014

二、近零耗能建築之案例探討

1、英國貝丁頓零耗能開發社區 (BEDdington Zero Energy Development, BedZED)⁵

此社區不僅是全英國最大的混合使用「零碳社區」，也是英國最早發展的環保社區。開發之資金來源包括倫敦市政府、歐盟發展基金，與世界野生動物基金會(WWF)的「一個地球生活」(One Planet Living)基金等。

本社區於 2002 年完工並有居民進住，共有 82 戶住宅單元，17 棟公寓式住宅，工作室與商業空間共 2,500 平方公尺，為英國目前最大的永續社區之一，也是此類社區中的典範與標竿。社區中約 25% 的住宅空間提供為社會住宅，為自治區政府所有，僅供租用，其它則包括 50% 開放市場自由買賣以及 25% 產權持有者使用等。規劃時除了將使用機能混和，讓住宅單元、工作室單元與屋頂花園相互交錯，亦計畫性的將各種社會階層適度混和，讓社區呈現不同於以往的多元性，為英國少有的高密度住商混和式社區。

本案設計特色包括被動式建築設計規劃方式、隔熱保溫設計及材料應用、通風系統設計概念(「風杓」設計)、節能生態屋頂設計、太陽能發電、廢棄建材再生計畫、水電錶設置方式、使用節能電器設備、水資源再生使用策略以及綠色運輸系統等。整體設計及應用概念整合如圖 2-4。

貝丁頓零耗能社區自 2002 年完工進駐至今，持續進行各項監測紀錄。監測調查內容包括居民使用食物、運輸、廢棄物以及各項生活態度之改變。計量監測部份包括水、電力、熱能以及廢棄物數量之紀錄。此社區各項節能減碳效益以及生態影響效應包括：

- (1) 能源使用效益：較一般平均減少 81% 熱能能源使用及 45% 電力使用。每年所供給電力 85.4 萬度，需求 81.2 萬度，不僅達到零

⁵：陳淑如，智慧綠建築案例介紹(四)-貝丁頓零耗能社區，智慧化居住空間專屬網站 (<http://www.ils.org.tw>)

耗能，多餘的電力還可以賣給電力網絡，籌措社區發展基金。

- (2) 運輸方面效益：較之國家平均，減少 64% 汽車里程，相當於每年 2,318 公里。
- (3) 水資源節省效益：每日每人使用 72 公升水量，較之一般平均減少 58% 水資源使用。
- (4) 垃圾減量效益：回收再利用高達 60% 的廢棄物。
- (5) 食物消耗減量效益：86% 的居民選購有機食物。
- (6) 社區和諧與人際相處效益：每位居民平均認識 20 位鄰居並知曉姓名。

除了以上量化的效益外，本社區更創造了新一代的社區價值。根據社區民眾的滿意度調查發現：因為鼓勵步行與騎車，除了省能少污染，也讓生活更健康。透過設計手法的規劃分析，住宅擁有好的舒適度、自然通風、自然採光，大幅降低英國冬季常見憂鬱症比例；也因為比一般家庭更低的能源開銷與交通支出，以及環保所帶來的榮譽感，讓居民比以往更加輕鬆快樂。

本社區成功呈現由民間發起，進而影響政府政策的具體實踐過程，足可做為政府設法提昇民眾集體參與永續環境營造，並在社區落實綠色生活營造的參酌範例。

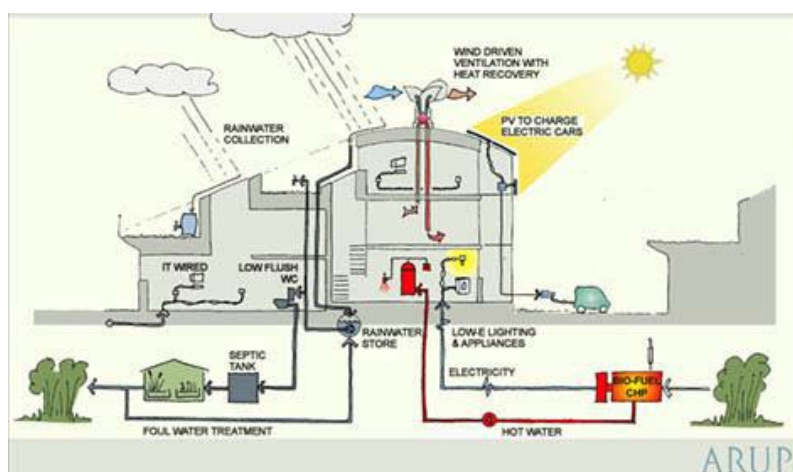


圖 2-4 貝丁頓零耗能社區整體設計及應用概念整合

資料來源：BedZED Toolkit Report, BioRegional

2、美國國家再生能源實驗室-研究支援中心 (National Renewable Energy Laboratory-Research Support Facility, NREL-RSF)⁶

該中心於 2010 年 10 月正式啟用，是一棟相當節能的建築。該棟建築的總面積大約為 23 萬平方英尺，員工人數約為 800 人，建築耗能密度 (EUI) 為每年 34kBtu/ft²yr (約 105kWh/m²yr)，其建築性能評比與美國冷凍空調協會 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE) 之 90.1 2004 之標準相較約高出 50%，並通過美國 LEED 的白金級建築認證，由於該建築的總花費約為 6,400 萬美元，換算成單位面積造價為 259 美元，與鄰近地區大樓建造費用相比屬中間偏高。未來此中心屋頂將裝設 1.6MW 的太陽能發電系統 (PV system⁷)，並加入當地購電電網，也將輸入由相鄰停車場屋頂產生之太陽能電力，以補足不夠的電能，將成為美國第 1 棟生活中 (非展示示範) 的大型辦公建築且能達到淨零耗能，如圖 2-5 所示。



圖 2-5 美國國家再生能源實驗室-研究支援中心
資料來源：

https://www.nrel.gov/about/assets/images/tour_rsf_19350_@2x.jpg

⁶：李浩銓，零耗能建築國際案例介紹，能源報導 2011 年 8 月

⁷：太陽光電系統，也稱為光生伏特，簡稱光伏 (Photovoltaics, PV；字源「photo-」光「voltaics」伏特)，是指利用光伏半導體材料的光生伏打效應而將太陽能轉化為直流電能的設施。光伏設施的核心是太陽能電池板。目前，用來發電的半導體材料主要有：單晶矽、多晶矽、非晶矽及碲化鎘等。

由該棟建築的節能技術應用來看，包括：大樓屋頂鋪設太陽能發電、利用太陽能熱水的供應、採用自然通風以及自然導光技術、地板空調系統、建築外殼隔熱技術及地底冷熱能儲存系統。除此之外，也運用高效率製冷／製熱系統、照明系統及智慧監控系統等。其中再生能源的應用部分，主要的發電來源來自於太陽能發電，該建築及停車場的屋頂全面鋪設太陽能板來進行發電，而鋪設在主建築的太陽能板約可提供 787kW 的發電量，設置在停車場的太陽能板約可提供 540kW 的發電量，另外少部分發電來源則是應用風能及生質能來發電。

根據估算，其整年的建築耗能密度對照ASHRAE 90.1 標準提供的基準值來看，可大幅降低至約 34kBtu/ft²，其中暖房加熱與照明降低的幅度最為顯著。在暖房加熱的部分，由 15.8kBtu/ft²降低至 5.8kBtu/ft²，主要降低原因係運用了太陽熱能收集裝置（Solar Wall）及地底冷熱儲存系統，並採用太陽熱能提供室內的熱水及暖氣使用；而在照明的部分，則由 9.2kBtu/ft²降低至 3.8kBtu/ft²，主要降低原因是該棟建築充分利用將戶外自然光導入室內，因而減少電燈的使用量。

在其他技術應用方面，研究支援中心約有 20%的建築材料來自於回收建材，例如採用廢棄天然氣接管做為建築的部分樑柱，1 樓大廳全部採用廢棄橡木來建造，而大樓部分牆壁也是使用廢棄或再回收的木材，圍牆則採用廢棄石材。除此之外，該建築同時應用不需要高科技的方式來達到節能的目的是，例如：增加公共空間的使用人數、將桌上型電腦代換成筆記型電腦、使用較高效率及可回收電能的電梯、使用高反射塗料增加室內光環境、隨手關燈、採用多功能事務機等相關節能措施。

第三節 我國有關建築節能及再生能源相關法規及現況

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^{*8}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^{*9}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 之基準值如表 2-2 所示。

表 2-2 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
$\text{HWa} < 30\text{m}^2$	$\text{HWsc} = 0.35$
$\text{HWa} \geq 30\text{m}^2$ 且 $\text{HWa} < 230\text{m}^2$	$\text{HWsc} = 0.35 - 0.001 \times (\text{HWa} - 30.0)$
$\text{HWa} \geq 230\text{m}^2$	$\text{HWsc} = 0.15$
計算單位 $\text{HWa} : \text{m}^2$; $\text{HWsc} : \text{無單位}$	

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

⁸：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。

⁹：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^{*10}則應低於表 2-3 所示之基準值：

表 2-3 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 ^{*11} > 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 ^{*12}	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 2-4 之基準值，則可不受表 2-3 之限制（亦即兩者擇一即可）。

¹⁰：窗平均遮陽係數=外遮陽係數 K_i × 玻璃日射透過率 η_i

¹¹：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。

¹²：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 2-4 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	$< 0.8 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{k}$
			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 ^{*13}	北區	$< 80 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$
				中區	$< 90 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$
				南區	$< 115 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$
	百貨商場類	百貨公司、商場	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	$< 240 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$
				中區	$< 270 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$
				南區	$< 315 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$
	旅館餐飲類	旅館、觀光旅館、餐廳	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	$< 100 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$
				中區	$< 120 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$
				南區	$< 135 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$
	醫院類	醫院、療養院	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	$< 140 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$
				中區	$< 155 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$
				南區	$< 190 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$
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 ^{*14}	不分區	$< 3.5 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{k}$
				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 ^{*15}	北區	$< 160 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$
				中區	$< 200 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$
				南區	$< 230 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$
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	$< 146.2X^2 - 414.9X + 276.2 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$
				中區	$< 273.3X^2 - 616.9X + 375.4 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$
				南區	$< 348.4X^2 - 748.4X + 436.0 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$

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

¹³：建築物外殼耗能量 ENVLOAD $[\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})]$ ，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。

¹⁴：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 $Req = (\sum \text{窗面積 } A_{gi} \times \text{各方位日射修正係數 } f_k \times \text{開窗部位外遮陽修正係數 } k_i \times \text{開窗部位通風修正係數 } f_{vi}) \div \text{外殼總面積 } A_{en}$ 。

¹⁵：窗面平均日射取得量（Average Window Solar Gain）簡稱 ASWG $[\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})]$ ，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，不得小於表 2-5 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 2-5 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表 2-6：

表 2-6 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	<ul style="list-style-type: none"> 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表 2-7 所示：

表 2-7 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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 2-6 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。

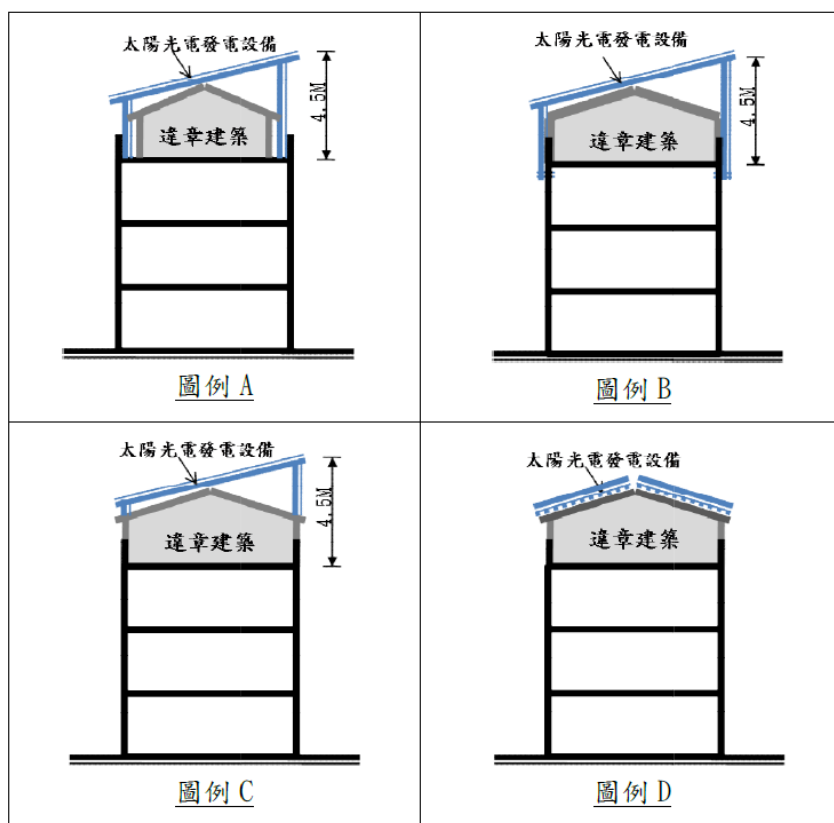


圖 2-6 合法建築物屋頂如有違章時設置太陽光電備類型

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)。

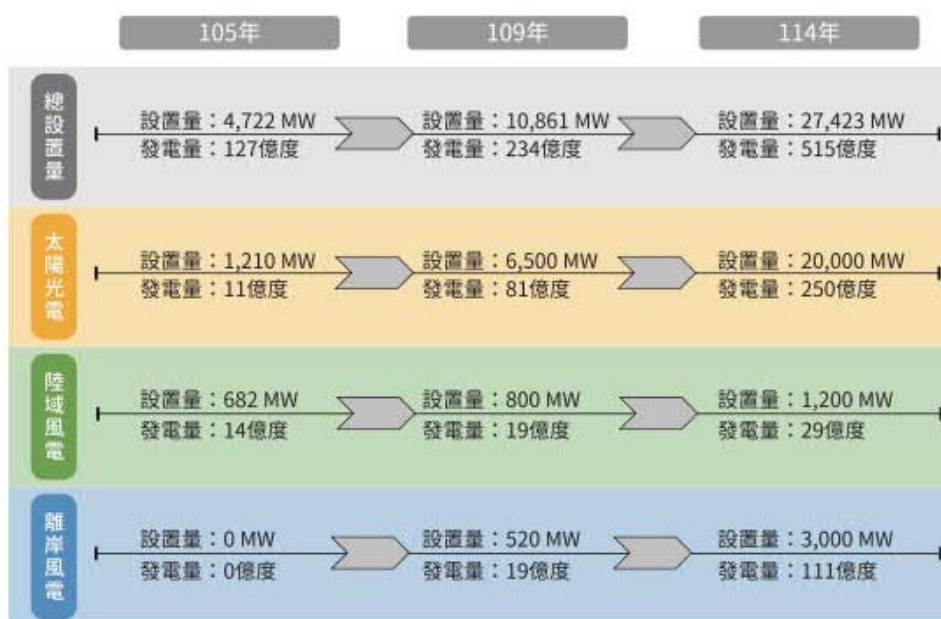


圖 2-7 我國再生能源發展策略目標

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>)

第四節 我國建築節能之相關推動措施

經查國內推動既有建築節能之相關措施，因全國能源主管機關係經濟部能源局，且主要預算皆由該局編列推動，故以該局辦理之相關獎補助及診斷輔導技術服務等專案計畫為大宗。另內政部歷年辦理之綠建築相關推動方案，對於建築節能亦廣續推動相關措施，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年起至今累計585件實際改善案例，成效良好。茲分別列舉說明如下：

一、經濟部能源局相關獎補助及診斷輔導技術服務專案計畫

經查經濟部能源局目前辦理之建築節能（含耗能設備）之相關獎補助專案計畫，包括：直轄市、縣(市)節電策略建構與推廣示範補助計畫、動力與公用設備補助計畫、發光二極體先進照明推廣補助計畫、節能績效保證專案示範推廣補助計畫、廢熱與廢冷回收技術示範應用專案補助計畫等5項，彙整如表2-8所示。

表 2-8 經濟部能源局建築節能（含耗能設備）之相關獎補助專案計畫

專案計畫名稱	計畫目的	補助對象	補助內容與範圍
直轄市、縣(市)節電策略建構與推廣示範補助計畫	推動節能減碳工作，辦理直轄市、縣(市)節電策略建構，促使地方政府推動服務業及住宅部門提升節電工作	直轄市及縣(市)政府	以受補助單位行政區內下列相關節電策略建構與推廣之研究發展必要費用為限： 1、從事縣市社經背景分析、縣市用電資訊調查分析、節電目標訂立、節電策略與措施路徑研擬、制

專案計畫名稱	計畫目的	補助對象	補助內容與範圍
			<p>度與組織籌劃等有助於規劃縣市節電藍圖事項，工作經費不得低於補助金額 20%。</p> <p>2、節電志工培育、教育宣導、示範推廣、稽查管理等有助於研究推動住宅與服務業因地制宜提升用電效率事項。</p>
動力與公用設備補助計畫	為推動節能減碳政策，鼓勵能源用戶使用高效率動力設備並加速汰換老舊設備，以提升產業生產效能及整體能源使用效率，期帶動國內動力與公用設備產業之發展。	依法設立登記之法人（如公司、財團法人、社團法人）、公法人（如農田水利會、行政法人）與經主管機關核准設立之醫療機構。	針對購置高效率空氣壓縮機、風機及泵等 3 項動力設備實施補助。
發光二極體先進照明推廣補助	為達節能減碳及創新照明節能應用之目標，藉由	直轄市及縣(市)政府所轄之鄉	1、補助項目：使用高效率低眩光 LED 照明燈具搭配智慧照明控制，汰換補助

專案計畫名稱	計畫目的	補助對象	補助內容與範圍
助計畫	照明用電密度限制及智慧照明控制規格要求，以高效率低眩光發光二極體(以下簡稱LED)照明燈具進行室內照明節能示範建置，促進先進照明技術與產品之應用，並活絡綠能產業發展。	(鎮、市、區)公所。	<p>對象及其所屬單位之室內螢光燈具。</p> <p>2、場域範圍：補助對象所屬單位之全部樓層或一層以上之完整樓層。</p> <p>3、執行方式：補助對象應視申請場域範圍之照明條件進行示範系統建置，依晝光利用、調光或時序控制等需求，進行智慧照明控制。示範場域之智慧照明控制系統必須具備照明能源管理之功能，完成後該場域範圍之照明用電密度(LPD)應低於 7W/m²。</p>
節能績效保證專案示範推廣補助計畫	為推動節約能源工作，辦理節能績效保證專案計畫，以開發帶動能源技術服務業，並提昇整體能源使用效率。	<p>1、中央及地方行政機關。</p> <p>2、醫院。</p> <p>3、製造業。</p> <p>4、服務業。</p>	<p>1、節能績效保證專案計畫之設備與其附屬週邊設備(包括檢測儀器、控制系統及其他相關設備)及技術與專利之費用。</p> <p>2、因安裝前款設備直接發生之材料、零件、設備使用費、工程施作及其他相關費用。</p> <p>3、其他與節能績效保證專案</p>

專案計畫名稱	計畫目的	補助對象	補助內容與範圍
			<p>計畫相關之必要費用(如保險費用、工安衛費用、節能績效驗證費用及其他相關費用)。</p> <p>4、專案管理技術服務費用。</p> <p>5、屬製造業整合自身及所屬工廠且累積契約用電容量達 2,000 瓩以上之績效保證計畫，每案補助金額以臺幣 1,500 萬元為上限，且以未超過計畫執行經費 1/5 為原則。</p> <p>6、屬服務業整合自身及所屬營業處所且累積契約用電容量達 1,000 瓩以上之績效保證計畫，每案補助金額以新臺幣 1,500 萬元為上限，且未超過計畫執行經費 1/5 為原則。</p>
廢熱與廢冷回收技術示範應用專案補助計畫	為推動節約能源工作，鼓勵業者進行廢熱與廢冷回收節約能源技術之研究及應用發展，成立廢熱與廢冷回收技術	契約用電容量超過 100 瓩，且依法設立登記之法人。	<p>1、以執行廢熱與廢冷回收相關技術研究開發及應用計畫，導入技術進行全廠或部分製程改造，所購置之全新設備為限。</p> <p>2、補助金額不得逾設備購置成本之 1/3，並以新臺幣</p>

專案計畫名稱	計畫目的	補助對象	補助內容與範圍
	示範應用專案，補助產業購置廢熱與廢冷回收相關設備提升整體能源使用效率，並帶動國內產業廢熱與廢冷回收再生利用。		500 萬元為上限。

資料來源：本研究整理

另該局亦辦理診斷輔導與技術服務相關專案計畫，包括：企業節能減碳技術服務計畫、服務業 ISO 50001 能源管理系統建置輔導計畫、政府機關及學校節約能源行動計畫、產業中小能源用戶節能技術服務、節能減碳技術服務團等 5 項，彙整如表 2-9 所示。

表 2-9 經濟部能源局診斷輔導與技術服務之相關專案計畫

專案計畫名稱	計畫目的	服務對象	服務內容與範圍
企業節能減碳技術服務計畫	提供工業、服務業及集合住宅能源用戶節約能源技術服務，並針對節能潛力大者導入能源技術服務業進行節能改善，以協助業者	1、工業及服務業契約用電容量超過 800kW 之能源用戶。	1、提供現場節能診斷、能源查核輔導、線上能源諮詢及契約容量評估服務。 2、現場節能診斷：進行現場之節能診斷技術服務工作，提供用戶節能改善建議及評估節能潛力報告。 3、能源查核輔導：輔導能源

專案計畫名稱	計畫目的	服務對象	服務內容與範圍
	加速落實節能。	2、集合住宅能源用戶。	<p>大用戶建立能源查核制度，訂定節約能源目標與推動計畫，追蹤其節約能源計畫執行成效，並評估其節能改善效果。</p> <p>4、線上節能諮詢：以電話、E-mail、書面答詢等方式，解答公部門各相關單位有關節能之問題，並藉由網頁，提供節能技術網路教學課程。</p> <p>5、契約容量評估服務：針對能源用戶電費單所載之用電資料進行最適契約容量評估。</p>
服務業 ISO 50001 能源管理系統建置輔導計畫	依 ISO/CNS 50001 國際標準輔導廠商建置能源管理系統及實施節能診斷，以協助業者建立能源管理制度及落實節能改善，並通過國際驗證。	<p>服務業部門依法設立登記滿3年，且持續營運之能源用戶。</p> <p>1、個案用戶：應符合用電契約容量超過 800</p>	<p>1、能源管理系統建置輔導：成立能源管理團隊、進行能源審查、建立能源基線與能源管理績效指標、設定能源管理目標、標的及行動計畫、製作能源管理系統程序文件、協助通過 ISO 50001 國際驗證(驗證費用須自行負擔)。</p> <p>2、能源管理教育訓練：培訓能源管理系統種子人員，</p>

專案計畫名稱	計畫目的	服務對象	服務內容與範圍
		貳； 2、企業集團用戶：除總公司以外，應具備 2 處以上營業據點。	培養對能源管理系統之認知與能力。 3、節能技術診斷服務：提供節能技術診斷，利用專業儀器，依現場作業需求，進行量測與分析，並提出節能潛力改善建議。
政府機關及學校節約能源行動計畫	提供政府機關(構)、學校能源用戶節約能源技術服務，協助政府部門加強節約用電，持續示範引導民間節能，共同朝國家減碳目標邁進。	1、行政院暨所屬 2 級機關。 2、各直轄市政府及各縣(市)政府暨所屬行政機關及學校。 3、教育部所屬國立學校。 4、公營事業機構。	1、能源填報統計：設置網路填報系統及節能執行成效統計分析，提供諮詢服務專線，解答政府機關(構)學校有關節能之問題。 2、進行現場節能診斷技術服務工作，提供節能改善建議及評估節能潛力報告。 3、提供中央空調冰水主機現場效率量測工作，以及評估汰換效益報告。 4、針對能源用戶電費單所載用電資料進行最適契約容量評估。
產業中小能源用戶節能技術	扶植大專院校成立節能診斷服務中心，提供產業	年計費度數達 60,000 度以上及	1、現場節能診斷量測(包含電力、照明及空調系統)及諮詢服務。

專案計畫名稱	計畫目的	服務對象	服務內容與範圍
服務	中小能源用戶在地化節能技術服務，以協助業者落實節能減碳之目標。	電力契約容量800瓩以下之營業性質用戶。	2、協助調查耗能設備使用情形及用能狀況。 3、產出節能診斷服務報告，建議節能改善方案。
節能減碳技術服務團	依各業別特性及需求提供技術服務。	製造業、中小企業、能源產業、商業、住商及公部門產業、工業部門、機關及學校、加工出口區內事業以及綠建築等。	1、臨場(on-site) 技術服務、專業技術訓練、技術及成功案例研討會、電話技術諮詢及網路資訊平台等服務。 2、依業界特性需求，提供包括節能技術及診斷服務、溫室氣體盤查及減量輔導、節能健檢及汰舊換新改善、能源監控管理及建築能源效率提升等全方位服務內容。

資料來源：本研究整理

二、內政部歷年辦理綠建築推動方案於建築節能之相關措施

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。

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 106 年 1 月底止，累計已有 6,242 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 15.54 億度，省水 7,350 萬噸（相當於 29,400 座國際標準游泳池的容量），合計減少之CO₂排放量約為 87.7 萬噸，其減碳效益約等於 5.88 萬公頃人造林（約等於 2.2 個臺北市面積）所吸收的CO₂量，每年節省之水電費約達 61.8 億元。

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 1,454 件，且其比例由早期 91 年的 6%（7 案）逐年提升，至 103 年已達到 36%（204 案），而這部分的比例在 104 年已突破 40%（266 案），105 年更創新高達到 42%（286 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，截至 106 年 1 月底累計通過智慧建築標章及候選智慧建築共計 192 案。

其中，通過認證之建築物中，公有建築物已累計達 100 件，其比例由早期 93 年的 0%，至 105 年已達到 67.3%（33 案）。相較以往智慧建築標章為公有建築物申請認證案件數較少，在內政部建築研究所推動公有建築物取得智慧建築標章後，公有建築物案件申請數量明顯成長。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。同時為推動平價之智慧建築，內政部建築研究所並推動合宜住宅及公營住宅 1 萬 2 千餘戶將智慧建築納入規劃設計。

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 106 年已完成 614 案，經費計約 15.8 億元，總計改善成效每年約可節電 1 億 186 萬度，節省電費約 3.5 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「新節電運動方案」，內政部建築研究所將配合執行既有建築節能改善擴大計畫，規劃於 107-108 年度補助地方政府辦理，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。此外內政部於 106 年度率先推動所屬機關（構）廳舍節能診斷諮詢服務（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 歐盟及日本推動近零能源建築之剖析

在前面章節中我們已經就相關文獻中，回顧與蒐集國際間對近零耗能建築之相關定義、核心元素及案例探討，並整理國內有關建築節能相關法規措施及再生能源推動現況。本章將進一步就目前歐盟推動近零耗能建築之執行內容與現況¹⁶，作深入介紹與探討，以作為後續研擬我國推行近零耗能建築發展策略與可行性之參考架構。

第一節 歐盟對於近零能源建築物（NZEB）之相關規定

由於歐盟結構特殊，各成員國經濟、地理、政治、技術等現況差異甚大，因此在歐盟體系中，各歐盟成員國無須全盤採納歐盟議會之決議，一切端視該決議之強度而有所差異，換言之，歐盟法共有兩種層級，其中一種為基礎法（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決定。

2002 年通過歐洲議會及歐盟理事會第 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

¹⁶ : Delia D'Agostino et al., Synthesis Report on the National Plans for Nearly Zero Energy Buildings (NZEBs), JRC Science for Policy Report, 2016.

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 3-1 所示。

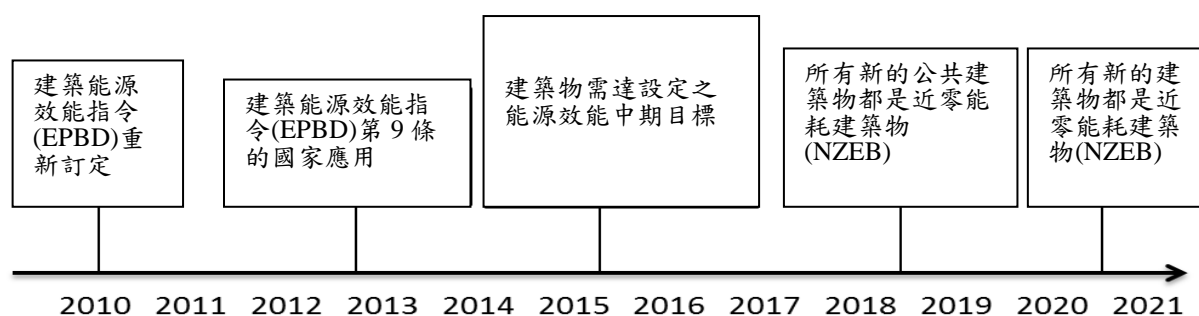


圖 3-1 EPBD 於 2010 年訂定的近零能源建築物(NZEB)之實施時間表

資料來源：EPBD，2010

歐盟議會雖對已對零耗能建築進行定義，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。

歐盟建築物能源效能指令（EPBD）針對平衡類型（與可再生能源如何計算/包含在能源平衡中有關），物理邊界（如單一建築物、建築物單元），系統邊界需求（例如空間加熱、生活熱水、冷卻、照明）和發電（亦即現場和非現場發電，包括附近場址），平衡期間（計算平衡的期間），標準化（例如總樓板面積、淨樓板面積），度量（例如能源需求、交付的能源、一次能源），時間依賴的權重（靜態，準靜態或動態轉換係數），由 RES 涵蓋的可再生能源比例等有所規定。茲整理歐盟建築物能源效能指令（EPBD）對於近零能耗建築物（NZEB）之相關要求如表 3-1 所示。

表 3-1 EPBD 對於近零能耗建築物（NZEB）之相關要求整理

EPBD 要求	EPBD 參考條文	NZEB 方面
成員國應在 2020 年 12 月 31 日前確保，所有的新建築都是近零能耗建築物(NZEB)，以及在 2018 年 12 月 31 日之後，公共當局佔用和擁有的新建築物都是近零能耗建築物(NZEB)	條文 9.1a/b	私人/公共
需要進行重大翻新的新建和現有建築物應滿足適應當地氣候的最低能源性能要求。成員國應 [...]	前言 15 條文 9.2	新建/翻新

EPBD 要求	EPBD 參考條文	NZEB 方面
刺激翻新的建築物轉型成近零能耗建築物(NZEB)。		
[...]建築物應該適當地被分類成 [...] 的類別。	附錄 I	建築類別
[...]建築物的能源效能意指為滿足能源需求[...]所需的計算或測量之能源量	條文 2.4	平衡類型
該指令對[...]建築物和建築單位的通用總體框架提出了要求。 [...] 建築物意指有牆和屋頂的結構，其能源用於調節室內氣候。	條文 1.2a 條文 2.1	物理邊界
[...] 建築物的能源效能意指為滿足建築物典型用途的能源需求而需要計算或測量的能源量，其中包括用於供熱，製冷，通風，熱水等的能源 和照明。	條文 2.4	系統邊界需求
[...] 來自可再生能源的能源意味著來自可再生非化石能源之能源，亦即風能，太陽能，熱能，地熱能，熱液能源和海洋能源，水力發電，生物質能，垃圾填埋氣，污水處理廠的天然氣和生物沼氣。 [...] 來自可再生能源的最低能源水準 [...] 透過區域供熱和製冷來滿足。	條文 2.6 (RED - 條文 13.4)	系統邊界生成
[...] 計算能源效能的方法不應僅僅取決於需要取暖的季節，而應該涵蓋年度能源效能[...]	前言 9	平衡期間
[...] 包括以kWh/m ² /y 表示的一次能源使用數值指標	條文 9.3a	標準化
建築物的能源表現應以透明的方式表達，包括基於每個能源載體的一次能源因素之一次能源使用的能源效能指標和數字指標，這可能會以國家或地區的年度	附錄 1 9.3a 條文 2.5	度量

EPBD 要求	EPBD 參考條文	NZEB 方面
加權平均數或現場生產的具體價值為基礎。		
[...] 一次能源是指未經過任何轉化或轉化過程的來自可再生和不可再生資源的能源 [...]	條文 9.3a	時間加權
一次能源因素 [...] 可能以國家或地區年平均值為基礎，並可能考慮到[...]歐洲標準。 成員國應該導入 [...] 適當的措施 [...] 以增加在建築部門中可再生能源在所有類別的能源中的佔比 [...], 要求在新建築物和現有建築物中使用可再生能源的最低能源水準[...] 所需接近零或是非常低的能源應該在很大程度上由可再生能源所涵蓋[...]	條文 2.2 (RED 條文 13.4)	可再生能源的部分
近零能耗建築物(NZEB)意指具有非常高能源效能的建築 [...]。 其能源效能 [...] 應該 [...] 包括一個能源效能指標和一次能源使用的數字指標 [...] 方法應該 [...] 考慮以下：熱力特性 [...], 供熱設施，熱水供應，空調，自然通風，機械通風，內建照明，建築的設計，定位和方向，戶外氣候，被動式太陽能系統和太陽能保護，[...] 內部負載。	附錄 1	能源效能
此指令 [...] 考慮了 [...] 室內氣候要求 [...] 此方法應該 [...] 考慮 [...] 室內氣候條件 [...] 其中包括 [...] 室內空氣品質，充足的自然光線 [...]	條文 1.1 附錄 1 前言 9	舒適 & IAQ
[...] 一個建築的能源效能意指計算或測量到所需的能源量 [...] 歐盟成員國應該鼓勵引入智能計量系統[...], 安裝自動化，控制和監控系統 [...]	條文 2.4 條文 8.2	監控

資料來源：EPBD，2010

註：上表中[...]表示由歐盟各成員國依自己國內情況需求自行訂定。

根據 EPBD 的要求，於歐洲規範標準 EN 15603：2008「建築物的能源效能 - 總體能源使用和能源評級的定義」中，進行了 NZEB 系統邊界的修改，並與現場可再生能源發電一起使用。在能源需求與使用、輸入和輸出能源方面，可以區分成三個系統邊界，如圖 3-2 所示。

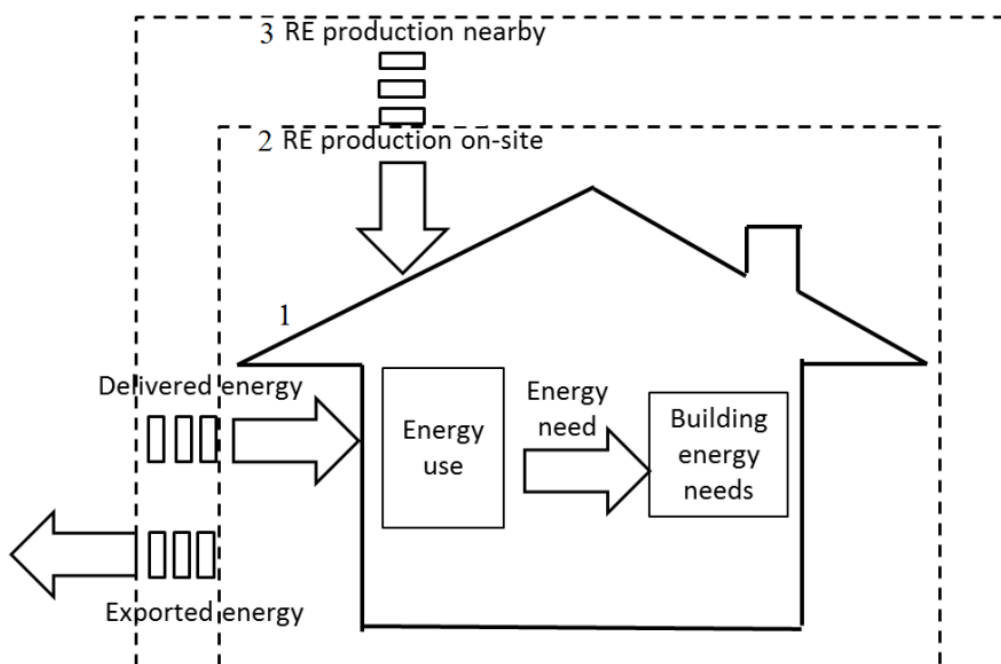


圖 3-2 NZEB 建築物可能的系統邊界

資料來源：歐洲規範標準 EN 15603，2008

在“能源使用”方面，考慮了建築技術系統之能源損失和轉換，其系統邊界也適用於可再生能源 (Renewable Energy, RE) 的比率計算，包括來自太陽能、地熱能、空氣動能和熱泵加熱冷卻過程之熱液能源。在“能源需求”方面，是指能夠滿足建築需求的總能源，主要包括供熱、製冷、通風、生活熱水 (Domestic Hot Water, DHW)、照明和電器等。太陽能和內部熱得必須包括在此平衡中。

上述“可再生能源”包括可在場址內 (基地內) 或場址外 (例如附近的電廠) 生產之供熱、製冷或電力。可以透過電力輸送、燃料、區域

供熱和製冷方式來提供。

歐盟在過去十年中關於 NZEB 的討論變得更加關注，特別是在某些面向仍需要適當的定義。其主要論點之示意如圖 3-3 所示，並與以下內容相關：物理邊界、平衡的周期和類型、能源使用類型，度量標準，可再生能源供應選項以及與能源基礎設施的連接等，茲分別說明如下：

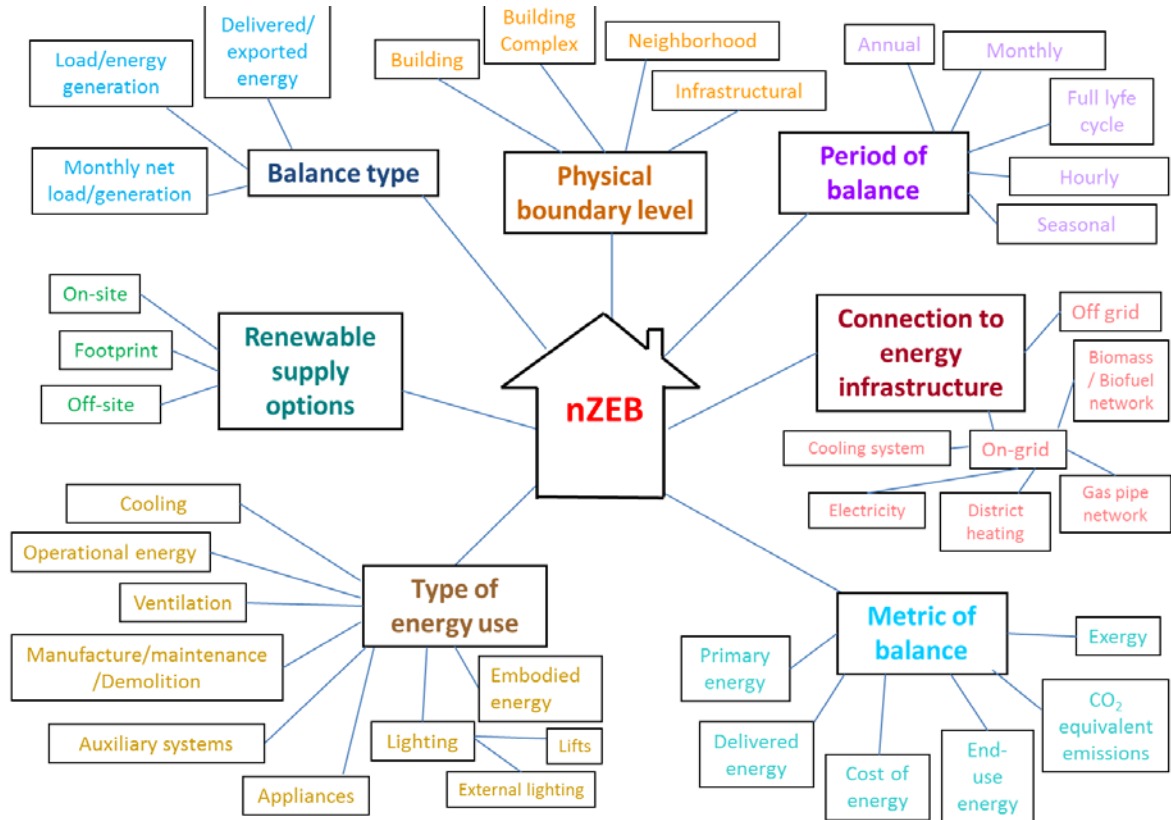


圖 3-3 NZEB 需定義之主要討論項目

資料來源：U. Desideri et al., Design of a multipurpose “zero energy consumption” building according to European Directive 2010/31/EU: Architectural and technical plants solutions, Energy (58) (2013): 157-167.

1、物理邊界：

物理邊界層面是討論最多的爭論之一，因為它與可再生能源之輸入有關，且可以包含或不包含在建築系統能源平衡中。系統的邊

界可以包括單個建築物或是一組建築物，於後者情況下，不一定要每座建築物的能源平衡分別幾近為零，只需這些建築物的綜合總能源能滿足能源平衡即可。可再生能源融入區域熱能系統通常是設在社區或基礎設施層面，而光伏系統（PV system）在建築或複合建築層面時大都考慮在內。如果在靠近建築物的某區域設有光伏電站，而物理邊界僅限於建築物本身時，則該光伏電站將被視為非現址（off-site），否則，只要光伏電站與該建築物連接到同一能源網絡（grid）時，該電站就視為是現址（on-site）。

2、平衡的期間：

計算平衡時採用的期間可能會有很大差異。因為評估期間可以是小時、每天、每月或季節，評估的持續時間甚至可以是每年，或者是建築物的整個生命週期或其運行時間。

3、連接到能源基礎設施：

另一個爭論點是與能源基礎設施的連接。大多數近零能耗建築物的定義隱含地假定連接到一個或多個公用事業網絡，例如電網、區域供熱和製冷系統、瓦斯管路系統，或生物質和生物燃料分配網絡等。因此，建築物可從這些能源網絡輸入和輸出能源，從而避免現場的電力儲存。儘管近零能耗建築物並網連接到一個或多個使用能源網絡作為電源和電網的能源基礎設施，但離網的近零能耗建築物在峰值負載時段或是可再生能源不可用時，需要有電力存儲系統。與能源效能，室內空氣品質，舒適度和監測相關的要求也是強制性的。

4、平衡度量：

另一個主要討論的要點是平衡度量。定義或計算方法中可以使用多種單位。最常用的單位是一次能源，最簡單的單位是最終的或傳輸的能源。其他選項還包括：最終（或稱為傳輸）、使用或未加權能源、二氧化碳當量排放、可用能源和能源成本。轉換因素也必須

在定義中指定。

5、能源使用的類型：

能源使用類型也有爭議。計算建築能耗的方法包括許多選項。許多定義僅涵蓋運行能源(供熱、冷卻、照明、通風、生活熱水等)，並忽略其他的能源使用(例如烹飪，家電)或計算中隱含的能源。但是，建築材料製造、維護和拆除所需的能源可能是相當可觀的。根據歐洲規範標準 EN 15603：2008，計算能源等級時，不應依賴於居住者行為、實際天氣條件或室內及環境條件等，例如供熱、冷卻、通風、生活熱水和照明(用於非住宅建築)。其他選項包括電器、中央服務和電動汽車。

6、可再生能源供應：

供應可再生能源之選項可以是現址或非現址，取決於其是否為現址可用性(如陽光、風力等條件)或是否運輸到現場(如生物質能)。Torcellini (2006) 提出了不同之可再生供電方案的優選應用排名。首先，透過低耗能技術(如足夠的絕緣、日光利用、高效 HVAC、自然通風、蒸發冷卻等)減少了現址一次能源的需求。現址供應選項使用建築物範圍內或建築物現址內的可再生能源(如 PV、太陽能熱水、衝擊水力、風力等)。非現址供應選項使用現址以外之可再生能源，包括於現址生成能源(如生質能、木質顆粒、乙醇，可進口的生質柴油，或現址用於發電和供熱的廢水)，或購買非現址可再生能源(如基於公用設施的風能，光伏發電，排放額度或其他“綠色”購買選項和水電)。可能之可再生能源系統選項總覽如圖 3-4 所示，不同的可再生能源系統選項和要納入可再生能源生產的部分也必須定義。

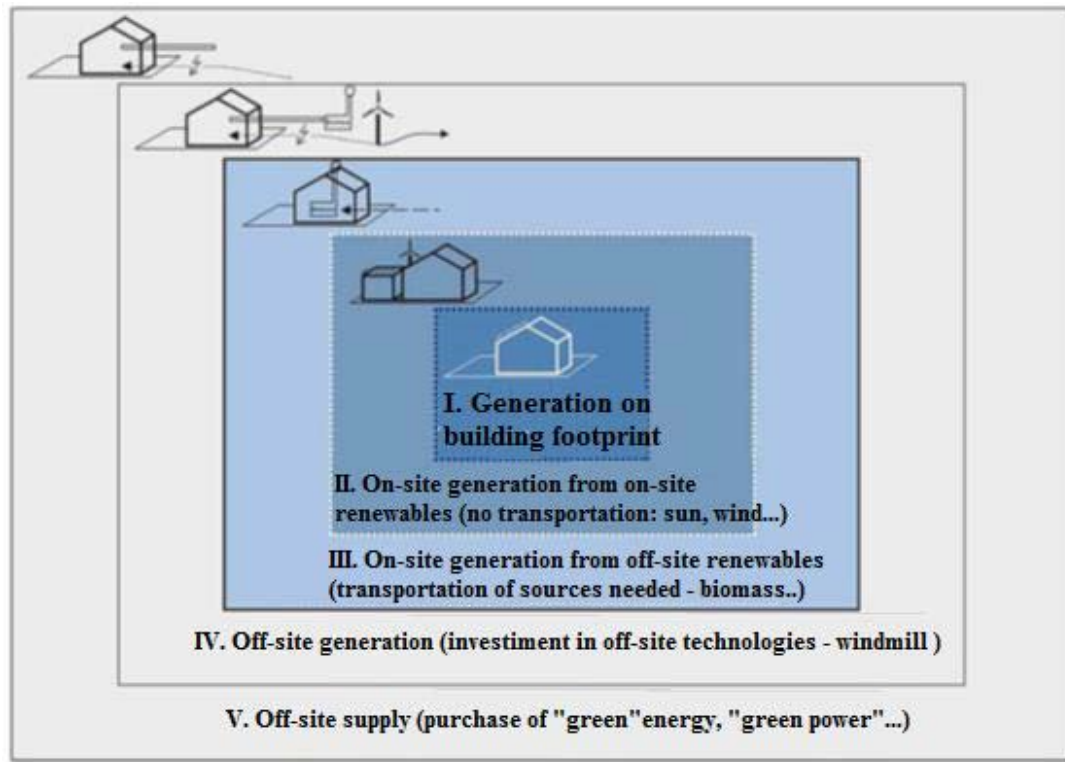


圖 3-4 可能之可再生能源系統選項總覽

資料來源：P. Torcellini et al., **Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition**, National Renewable Energy Laboratory and Department of Energy, US (2006).

關於平衡類型，若為非聯結至能源網絡（off-grid）的零能耗建築（ZEB），其能源使用必須透過可再生能源發電來抵消。若為並網（in grid-connected）的零能耗建築，有兩種可能的平衡：能源使用 vs. 可再生能源發電、傳輸到建築的能源 vs. 輸出到電網的能源。它們之間的主要區別在於應用期間：前者在建築設計階段是首選，後者在監測階段更適用，因為它可以將傳輸的能源與輸出到電網的能源達到平衡。

第二節 歐盟朝向近零能耗建築物 (NZEB) 之翻新概況

在建築能源效能指令 (EPBD) 和能源效率指令 (EED) 的框架內，歐盟委員會要求成員國制定並採取更具體的行動，以實現建築行業未實現的巨大節能潛力，以及其他相關之關鍵效益，包括：改進能源安全、創造就業機會、緩和燃料貧乏、改善室內舒適度、提高房地產價值及能源系統效益等。

歐盟 28 國既有住宅建築的平均屋齡大約為 55 年，如圖 3-5 所示。能源消耗問題是歐盟各會員國在經濟衰退期間面臨的主要挑戰之一，此點可由建築翻修許可證的發展 (如圖 3-6) 以及與低能耗建築相關的材料和設備之銷售情況 (如圖 3-7) 看出，因此近年來受到經濟危機影響而抑制建築物的翻新動力之假設是合理的。

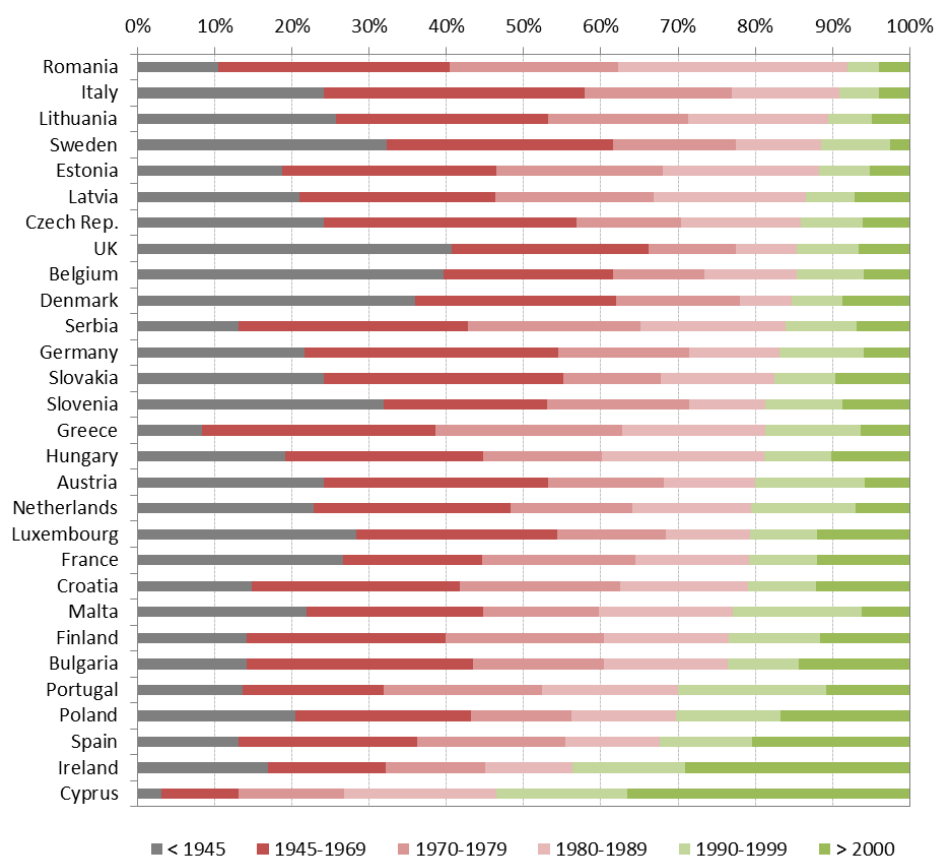


圖 3-5 歐盟 28 國既有住宅建築的建造期間

資料來源：ENTRANZE (<http://www.entranze.enerdata.eu/>)

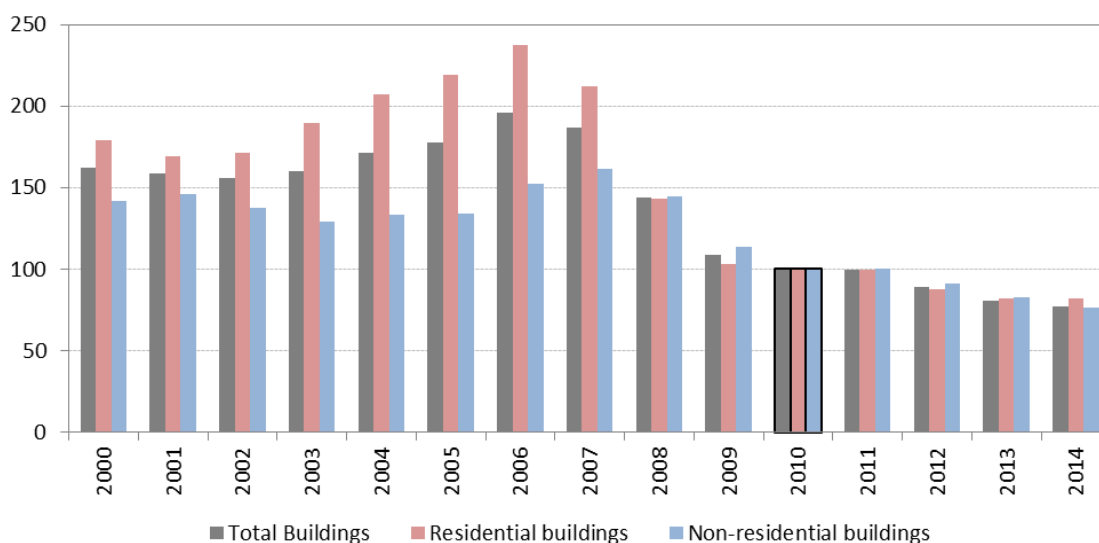


圖 3-6 以 2010 年為基期之歐盟 28 國建築翻新之許可趨勢

資料來源：EUROSTAT (<http://ec.europa.eu/eurostat>)

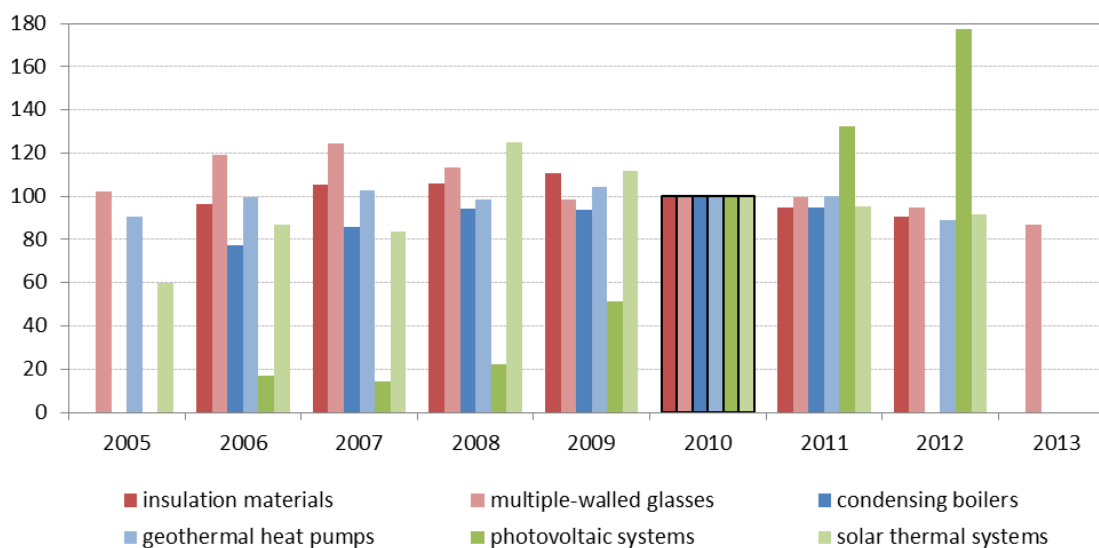


圖 3-7 以 2010 年為基期之歐盟 28 國低能耗建築相關設備的銷售趨勢

資料來源：ZEBRA2020 數據的詳細說明

(<http://www.zebra-monitoring.enerdata.eu/>)

在 2011 年，BPIE¹⁷指出，大多數估算的翻新率（除了與單一節能

¹⁷：歐洲建築性能研究所（Buildings Performance Institute Europe, BPIE）致力於提高整個歐洲建築的能源性能，從而有助於減少建築物所用能源的二氧化碳排放。BPIE 是一個非營利性研究單位，專注於獨立分析和知識傳播，支持建築物能源績效領域的循證決策。

措施有關的估計值) 主要約為建築物存量的 0.5% 至 2.5% 之間。歐洲的翻新率正常來說約為 1%，會出現較高的比率係反映了前幾年在某些特殊情況(例如改造計畫)有關的活動。這個數值與歐盟委員會領導的弗勞恩霍夫研究所進行之研究一致，其中西北歐、南歐和新成員國的翻新率相對地分別為 1.2%，0.9% 和 0.5%。

然而，既有建築物惟有經過“深度翻新”，才有可能達到近零能耗建築物的水準，此處所稱之翻新，指建築圍護結構(即牆壁和窗戶)的改造、能源系統(HVAC，照明等)以及可再生技術安裝的能源節約。歐盟能源效率指令(EED)將其定義為：「深度翻新導致的改造，與翻新前的水準相比，建築物的傳輸和最終能耗降低了很大百分比，從而實現了非常高的能源效能」。歐洲議會在其 2012 年 7 月的報告(修正案 28 第 2 條第 1 款第 27.a)中，針對深度翻新提出了定義：「建築物改造後，傳輸及最終能源消耗，至少比裝修前水準減少 80%」，在歐盟委員會成員工作文件(Staff Working Document, SWD)(2013) 143 的總結，歐盟成員國應鼓勵對既有建築物進行深度翻新，從而導致重大的建築物能源效率改進(通常超過 60%)。

依照 BPIE 的建議，建築物的能源效能可透過實施單一措施(如新的加熱發電機或屋頂保溫層)而得以改善。一般來說這些措施被稱為小翻新(small retrofit)或次級翻新(minor renovation)。通常情況下，透過應用 1-3 個低成本/易於實施的措施，可以節約高達 30% 的能源。在規模的另一端，若進行更大規模之建築更換或升級之改善，並安裝可再生能源技術以減少能源消耗並使其接近於零，根據 EPBD-r 的定義，可以細分為中等翻新(moderate renovation)，通常指大於 3 項改善措施，可以獲得 30-60% 的能源節約；深度翻新(deep renovation)，涉及高度改進的整合，能夠達到 60-90% 的節能效果。

根據ZEBRA2020¹⁸收集之數據顯示，儘管歐盟成員國已經做出努力，目前只有少數幾個國家可以實現較高的翻新率，但該翻新率仍顯著低於整個建築物庫存的1%，如圖3-8所示。

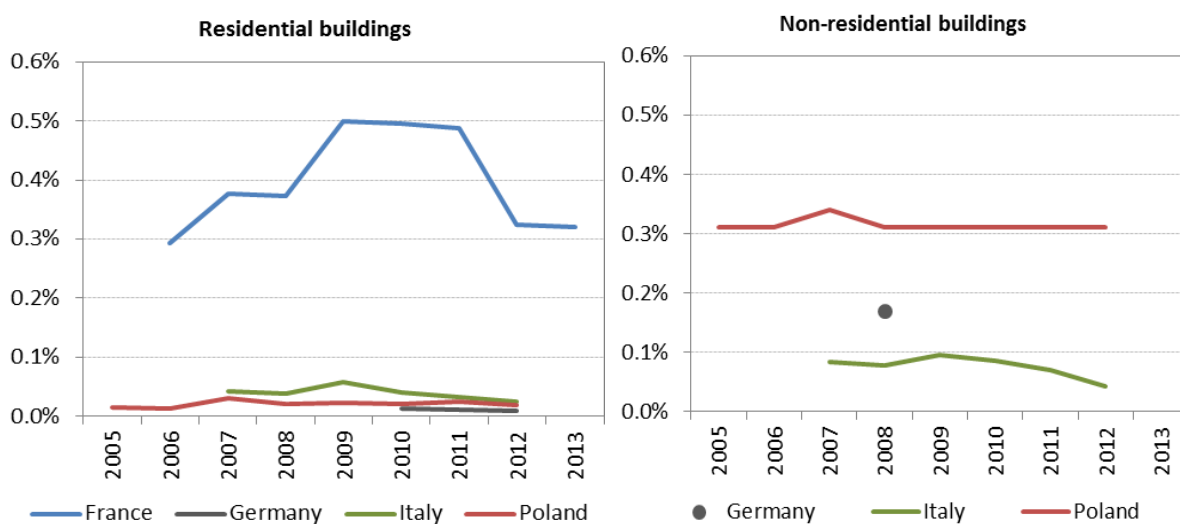


圖 3-8 一些歐盟成員國的深度翻新率的變化情況

資料來源：ZEBRA2020 (<http://www.zebra-monitoring.enerdata.eu/>)

COHERENO 專案¹⁹制定了一套標準，以確定單戶住宅的不同類型近零能耗建築物 (NZEB) 的翻新，包括整體翻新、接近 NZEB 水準的翻新和建築部件 (如牆壁、窗戶、屋頂等) 的深度翻新。其標準是根據四個國家 (奧地利，比利時，德國，荷蘭) 的市場情況，使用能源效能證書 (EPC) 等現有工具，以實用和簡單的方式關注相關專案。例如奧地利採用了國家氣候倡議 klimaaktiv²⁰ 的最低要求，德國採用了 KfW 銀行 (德國政府擁有的開發銀行) 用於資助計劃²¹ 的方法。

¹⁸：ZEBRA2020 專注於跟踪市場向近零能耗建築 (nZEBs) 的過渡，為建築行業和政策制定者提供建議和策略，並加速市場對 nZEB 的吸收。

¹⁹：歐洲智能能源 (IEE) 資助的住房近零能源改造項目 (COHERENO) 旨在加強企業在創新業務計劃方面的合作，以實現單家庭業主自住房屋的近零能耗建築改造。

²⁰：供熱需求量：對於 SFH(A/V = 0.8) 為 51 kWh/m²/a；一次能源需求量：200 kWh/m²/a；CO₂ 排放量：32 kg/m²/a。

²¹：效率房 55 或更高，與新建築的要求相比，一次能源的需求減少 45%。2009 年之前改造的房屋如果一次能源需求低於 40 kWh/m²/a 而且傳輸熱損失低於 0.28 W/m²K 者，則被視為近零能耗建築物。

ENTRANZE專案²²調查了 10 種歐洲背景下 4 種典型建築類型（單戶住宅、公寓樓、辦公室和學校），採用深度翻新措施可達到的效能水準，並聚焦於近零能耗建築目標，分別確認了南歐、中歐及北歐一次能源可獲得的最大值，分別為 40、75 和 100kWh/m²/a。此外，近零能耗建築物在經濟效益上會比基礎改造²³更具優勢，特別是在中歐和北歐。

根據ENTRANZE專案展開的情境分析，按照目前已經實施的政策措施（BAU情境），當 2020 年及 2030 年時，歐盟 28 國建築物深度翻新（或達到NZEB水準）的比例，約可達佔建築物存量的 2.5%及 5-5.5%；若再額外適度的努力²⁴，將可增加到 3.7%及 8.7%；若再更積極的改善²⁵，則可將這些佔比增加到 5.4%及 14.4%。如圖 3-9 所示。

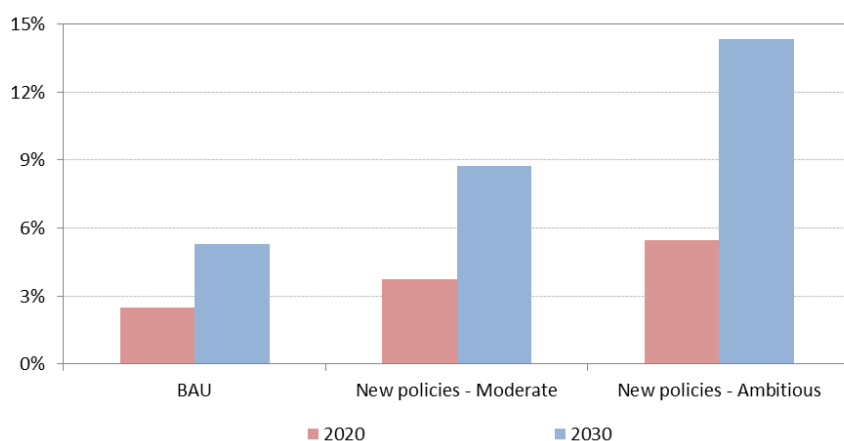


圖 3-9 當 2020 年及 2030 年時歐盟 28 國建築深度翻新比例

資料來源：ENTRANZE (<http://www.entranze-scenario.enerdata.eu/site/>)

展望未來，一個關鍵問題將是制定和採用新的國家政策，但同樣重

²²：ENTRANZE 專案的目標是通過提供所需的數據，分析和指導實現 nZEB 和 RES-H / C 在現有國家建築庫存中的快速和強大滲透，積極支持政策制定。該項目旨在將來自歐洲研究和學術界的建築專家與國家決策者和主要利益相關者聯繫起來，以期制定雄心勃勃但現實證明的政策和路線圖。

²³：它代表效率較低的翻新水準，並且不考慮翻新對建築構件沒有影響熱能需求的情形，包括：建築立面和屋頂(裝飾材料)的修復、舊的窗戶系統和舊的供熱/冷卻系統用類似的組件代替、安裝主動冷卻系統(以保證類似的熱舒適條件)。

²⁴：努力於更加創新和一貫的政策方案，如採取適量的能源稅措施、適度的增加建築翻新和 RES 補貼的預算等。

²⁵：採取更加創新和一貫的政策，如採用高能源稅措施，並配合社會政策，特別是支持低收入家庭。增加建築改造和 RES 補貼的預算等。

要的將會是歐盟委員會的指導作用。例如，相關利益方正在要求對近零能耗建築物之翻新提供明確的指導，並可能在建築能源效能指令評估的背景下進行後續工作。此外，多位專家指出，淨年度一次能源指標不足以描述近零能耗建築物的特徵：例如 Hermelink 等人建議實施數個指標，以便更加完整和正確地描述和排序近零能耗建築物。

第三節 歐盟近零能耗建築物（NZEB）之案例介紹

歐洲各成員國已普遍有各種各樣的高能效或低能耗建築之概念、模型和案例。歐洲各國之政策也促使民間建築業採取主動的行動，朝向近零能耗建築物轉型。然而，目前歐盟大多數近零能耗建築物仍然只是示範性的個案，尚未達到全面實施落實之程度。

國際能源總署（IEA）已經創建了一個遍布歐洲的零能耗建築物數據庫。該網站資料顯示，目前在世界很多國家都有零能耗建築物的實際案例，其中以歐盟地區最多，其次是美國、加拿大等，如圖 3-10 所示，歐盟有相當數量的案例都位於奧地利（AT）、德國（DE）、丹麥（DK）和瑞典（SE）等地。



圖 3-10 零能耗建築物的實際案例分布圖

資料來源：IEA, SHC Task 40 / Annex 52, towards net zero energy solar buildings, IEA SCH task 40 and ECBCS Annex 52, Available: <https://batchgeo.com/map/net-zero-energy-buildings>.

於JRC²⁶國家近零能耗建築物（NZEBs）規劃綜合報告中，制定了共同之近零能耗建築物完成案例之資料填寫表件，並於2016年提供給各成員國填報其推動情況後予以彙整。然而各國所填報之現有案例的能源數據，反映了各國計算方法和能源消耗的不確定性。此外，在所填報案例之運行期間，還應在已建立的近零能耗建築物進行測量，以驗證其聲明的效能和解決方案實施後的有效性。

被選定的範例應該盡可能準確地反映該國實際的近零能耗建築物翻新建築物庫存，以便實現所取得成果的可重複性，並將過去經驗轉化為未來推動之程序路徑。該表件的填寫內容主要如下：

1、一般資訊：包括

- (a)建築物的名稱；
- (b)國家；
- (c)建設年份和改造年份；
- (d)以 m^2 為單位的面積（面積不是統一值，可以是受熱面積或淨面積或是未規定）；
- (e)氣候條件等。

2、建築類別：包括

- (a)不同類型的單戶住宅；
- (b)公寓樓；
- (c)辦公室；
- (d)教育建築物；
- (e)醫院；

²⁶：聯合研究中心（Joint Research Centre, JRC）是歐盟委員會的科學和知識服務團隊。JRC 聘請科學家進行研究，以便為歐盟政策提供獨立的科學建議和支持。

- (f)飯店和餐廳；
 - (g)運動設施；
 - (h)批發和零售貿易服務建築物；
 - (i)其他能源消耗類型的建築物。
- 3、消耗和節約：收集翻新後的能源消耗絕對值。所獲得的節約額以相對比例(%)進行分析。
 - 4、技術措施：分為 8 個主要領域，它們被認為是近零能耗建築物之翻新建築的共同特徵：外殼圍護、供熱、製冷、通風、照明系統、控制系統、可再生能源等。有關圍護部分包括地下室、屋頂、外牆和窗戶類型，通常被視為不同組成部分。在可能的情況下，應報告每個部件的熱傳透率值。
 - 5、財務參數：考慮的經濟參數有兩個：投資成本（歐元或歐元/m²）和貼現回收期（y）。如翻新適用財務獎勵措施時應一併敘明。
 - 6、近零能耗建築物定義：如果建築物所在的歐盟成員國有近零能耗建築物定義，則成員國應敘明參考值以及可再生能源所涵蓋的能源百分比。

從各國填報提供之案例中，很難得出歐盟在實施建築能源效能指令之近零能耗建築物要求方面，具有統一之技術水準，且資訊分散不均勻，並缺少一些重要數據。建立歐盟翻新建築物基準數據庫是透過統一的方法收集的，雖然尊重歐盟成員國之間的差異，但這種比較價值方法，可能是未來對近零能耗建築物研究的一個重要步驟。

茲整理列舉歐盟資料庫中資料較為完整之近零能耗建築物案例如表 3-2 所示，可供我國未來推動之參考。

表 3-2 歐盟近零能耗建築物資料庫案例

建築物名稱	Sems Have, Roskilde
國家	丹麥
位置	Roskilde
類別	公寓樓
建設年份	n/a
改造年份	n/a
面積 (類型)	3,388 m ² (翻新後的總樓板面積)
翻新後的能源消耗量 (能源措施和類型按來源定義報告)	16.17 kWh/m ² yr (一次能源使用)
節約百分比	70%
圍護類型	預製, 重量輕, 可達 480 mm 絕緣
屋頂 U 值 [W/m ² K]	0.09
外牆 U 值 [W/m ² K]	0.2
地下室 U 值 [W/m ² K]	1.1
窗戶類型或 U 值 [W/m ² K]	1
供熱技術	區域供熱
通風技術	平衡機械通風系統, 具有比風扇功率(SFP)係數為 2 J/m ³ + 熱回收效率 84%。
冷卻技術	n/a
照明系統	n/a
控制系統	n/a
可再生能源來源 / 技術	PV
% of RES (能源水準)	16% (佔總最終能源)
投資成本歐元或歐元/m ² (或是按來源定義報告)	n/a
財務獎勵	翻新工程採用傳統方式, 透過建築協會提供的貸款和資金
折扣回收期限 [yr]	n/a
在此國家是否為NZEB能源效能 (是/否)	是: 20 kWh/m ² /y
最終在成員國中建立的參考值或標準	丹麥式建築物等級 2020 (NZEB)
專案/來源	EPB協同行動 - 近零能耗建築物精選範例 - 2014 年詳細報告

我國近零能源建築發展策略與可行性研究

建築物名稱	Powerhouse Kjørbo
國家	挪威
位置	Kjorbo
類別	辦公室
建設年份	1980
改造年份	n/a
面積 (類型)	5,200 m ² (淨樓板面積)
翻新後的能源消耗量(能源措施和類型按來源定義報告)	28.3 kWh/m ² yr (一次能源使用)
節約百分比	100% 的總最終能源。剩餘的 18.4 kWh/m ² yr，考慮到運行能源和材料中包含的能源
圍護類型	高度絕緣的木質框架牆和炭化的木質包層，以保持舊的黑色玻璃外觀的美感
屋頂 U 值 [W/m ² K]	0.08
外牆 U 值 [W/m ² K]	0.13
地下室 U 值 [W/m ² K]	0.14
窗戶類型或 U 值 [W/m ² K]	三重玻璃 - 0.80
供熱技術	地熱熱泵
通風技術	熱回收
冷卻技術	地熱熱泵； 外部防曬自動系統
照明系統	需求控制之照明
控制系統	n/a
可再生能源來源 /技術	PV； 地熱系統
% of RES (能源水準)	n/a
投資成本歐元或歐元/m ² (或是按來源定義報告)	來自國家現有建築物升級支持計劃 (ENOVA)的 1490 萬挪威克朗(NOK) (181 萬歐元) 的資金。
財務獎勵	國家現有建築物升級支持計劃 (ENOVA)
折扣回收期限 [yr]	n/a
在此國家是否為NZEB能源效能 (是/否)	否
最終在成員國中建立的參考值或標準	滿足非重建建築挪威被動房標準的所有要求。該專案的目的在實現BREEAM-NOR分類
專案/來源	EPB協同行動 - 近零能耗建築物精選範例 - 2014 年詳細報告

第三章 歐盟及日本推動近零能源建築之剖析

建築物名稱	Brogården
國家	瑞典
位置	Alingsås
類別	公寓樓
建設年份	1971-73
改造年份	2008-2014
面積 (類型)	19,500 m ² (加熱的面積)
翻新後的能源消耗量 (能源措施和類型按來源定義報告)	48 kWh/m ² /yr (n/a)
節約百分比	60%
圍護類型	額外的絕緣 430-480 mm.
屋頂 U 值 [W/m ² K]	n/a
外牆 U 值 [W/m ² K]	n/a
地下室 U 值 [W/m ² K]	n/a
窗戶類型或 U 值 [W/m ² K]	0.85 W/m ² K
供熱技術	被通風空氣加熱的建築物(被動房屋概念)
通風技術	中央ESX通風系統的安裝
冷卻技術	n/a
照明系統	n/a
控制系統	n/a
可再生能源來源 /技術	太陽能熱電廠
% of RES (能源水準)	n/a
投資成本歐元或歐元/m ² (或是按來源定義報告)	3650 萬歐元 - 來自歐盟的貸款和少量捐款 (68 萬歐元) 以及大約 40 萬歐元來自郡管理委員會。
財務獎勵	n/a
折扣回收期限 [yr]	n/a
在此國家是否為NZEB能源效能 (是/否)	是, 30-105 kWh/m ² /y 對於現有的建築物
最終在成員國中建立的參考值或標準	n/a
專案/來源	NeZeR - 由歐盟智能能源歐洲計劃共同出資

我國近零能源建築發展策略與可行性研究

建築物名稱	Jean-Paul-Platz Nürnberg
國家	德國
位置	紐倫堡
類別	公寓樓
建設年份	1930
改造年份	2002
面積 (類型)	897 m ² (n/a)
翻新後的能源消耗量 (能源措施和類型按來源定義報告)	49.3 kWh/m ² /yr (n/a)
節約百分比	84%
圍護類型	石墨改性聚苯乙烯板
屋頂 U 值 [W/m ² K]	0.12
外牆 U 值 [W/m ² K]	0.15
地下室 U 值 [W/m ² K]	n/a
窗戶類型或 U 值 [W/m ² K]	3-格熱保護玻璃窗
供熱技術	低溫鍋爐
通風技術	熱回收
冷卻技術	n/a
照明系統	n/a
控制系統	n/a
可再生能源來源 /技術	太陽能熱電廠
% of RES (能源水準)	n/a
投資成本歐元或歐元/m ² (或是按來源定義報告)	503 歐元/m ²
財務獎勵	n/a
折扣回收期限 [yr]	2 年
在此國家是否為NZEB能源效能 (是/否)	是, 55 % PE對於現有的建築物
最終在成員國中建立的參考值或標準	與來自SOLANOVA - 專案現有的數據比較
專案/來源	TREES - 節能社會住房翻新培訓(歐洲智能能源計劃)

第三章 歐盟及日本推動近零能源建築之剖析

建築物名稱	Sleephelling
國家	荷蘭
位置	鹿特丹
類別	公寓樓
建設年份	1903
改造年份	2009
面積 (類型)	n/a
翻新後的能源消耗量 (能源措施和類型按來源定義報告)	空間供熱和冷卻： 25 kWh/m ² /year 總計：130 kWh/m ² /yr (一次能源使用)
節約百分比	n/a
圍護類型	內部絕緣 300 mm 石綿； 背面絕緣 350mm 聚苯乙烯+石膏覆蓋
屋頂 U 值 [W/m ² K]	n/a
外牆 U 值 [W/m ² K]	n/a
地下室 U 值 [W/m ² K]	n/a
窗戶類型或 U 值 [W/m ² K]	雙層玻璃，低U值和三層玻璃
供熱技術	個別高效率的燃氣鍋爐
通風技術	熱回收
冷卻技術	遮陽裝置，防止夏季過熱
照明系統	n/a
控制系統	n/a
可再生能源來源 /技術	水鍋爐
% of RES (能源水準)	n/a
投資成本歐元或歐元/m ² (或是按來源定義報告)	n/a
財務獎勵	n/a
折扣回收期限 [yr]	n/a
在此國家是否為NZEB能源效能 (是/否)	是， 60 kWh/m ² /y 對於現有的建築物
最終在成員國中建立的參考值或標準	標籤 A++ (被動房屋等級)。
專案/來源	NeZeR - 由歐盟智能能源歐洲計劃共同出資

資料來源：Delia D'Agostino et al., Synthesis Report on the National Plans for Nearly Zero Energy Buildings (NZEBs), JRC Science for Policy Report, 2016.

第四節 日本推動近零能源建築物 (NZEB) 之內容與剖析

一、日本推動住宅及建築物之零耗能化 (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) 之零耗能化。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²⁷。

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²⁸，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²⁹。

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，不僅是賣電而需以自家消費觀點，進行是否合理使用之選擇與檢討。

²⁷：〈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)。

²⁸：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)。

²⁹：〈エネルギー基本計画 (案)〉，34 頁(2018 年 5 月 16 日)。

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 3-11 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³⁰。至 2018 年 5 月為止，ZEB planner 有 111 家公司登錄，ZEB leading owner 有 65

³⁰：〈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）。

家公司，其設計標章如圖 3-12 所示。



圖 3-12 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 3-13，定義如圖 3-14 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。

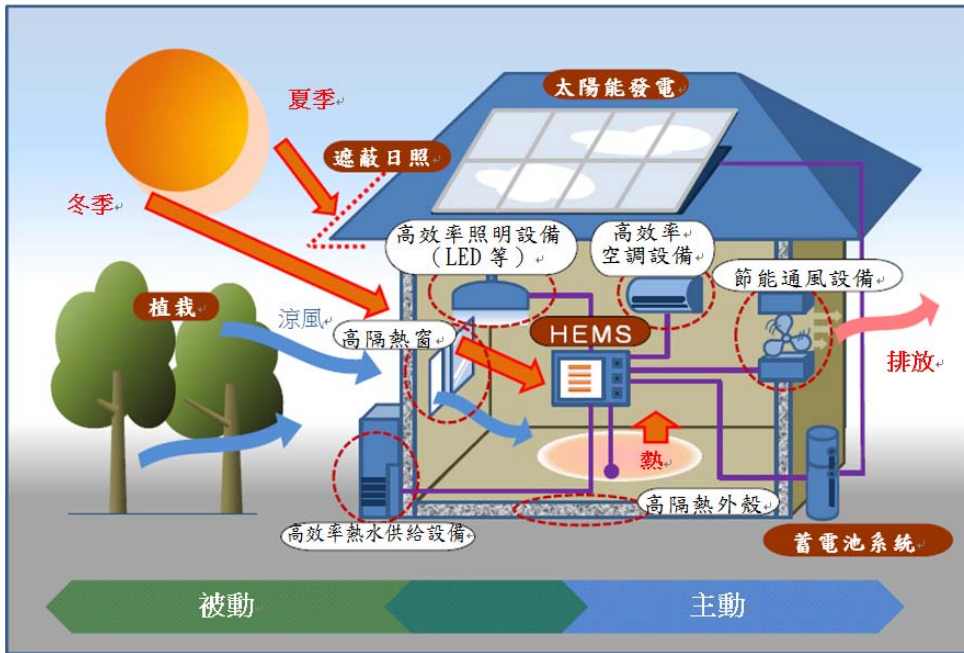


圖 3-13 ZEH 設計概念圖

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

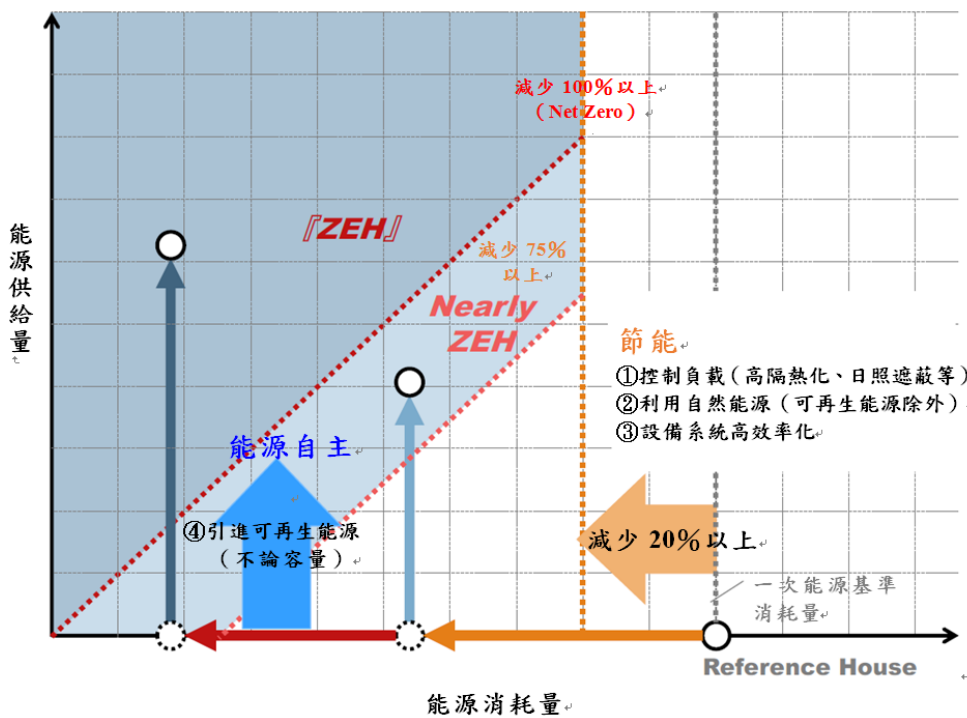


圖 3-14 ZEH 定義

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 η_A 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 η_A 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 3-15 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 3-3 所示。

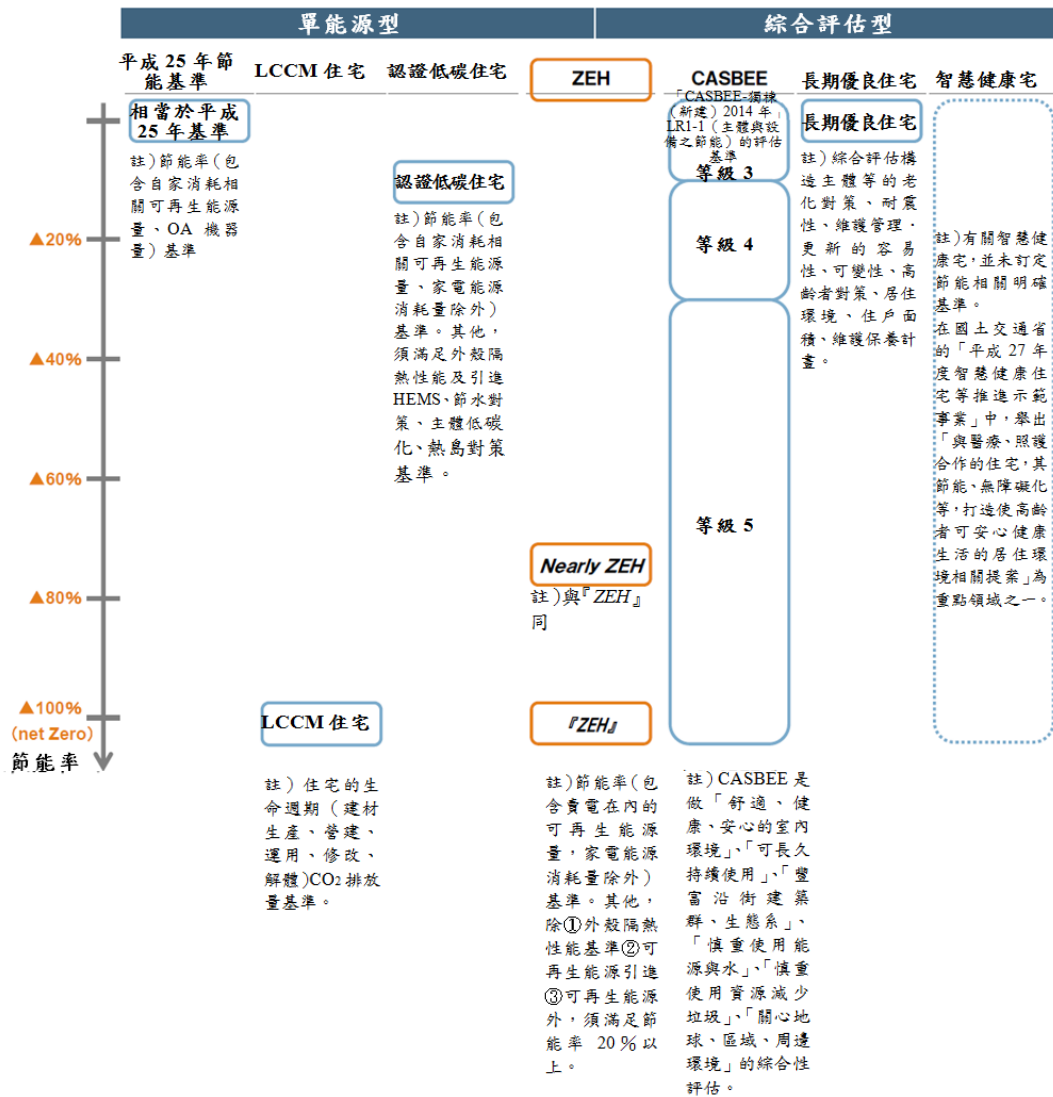
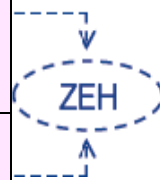


圖 3-15 ZEH 與低碳住宅、智慧健康宅、LCCM 住宅等制度比較圖

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 3-3 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 3-16，定義如圖 3-17 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。

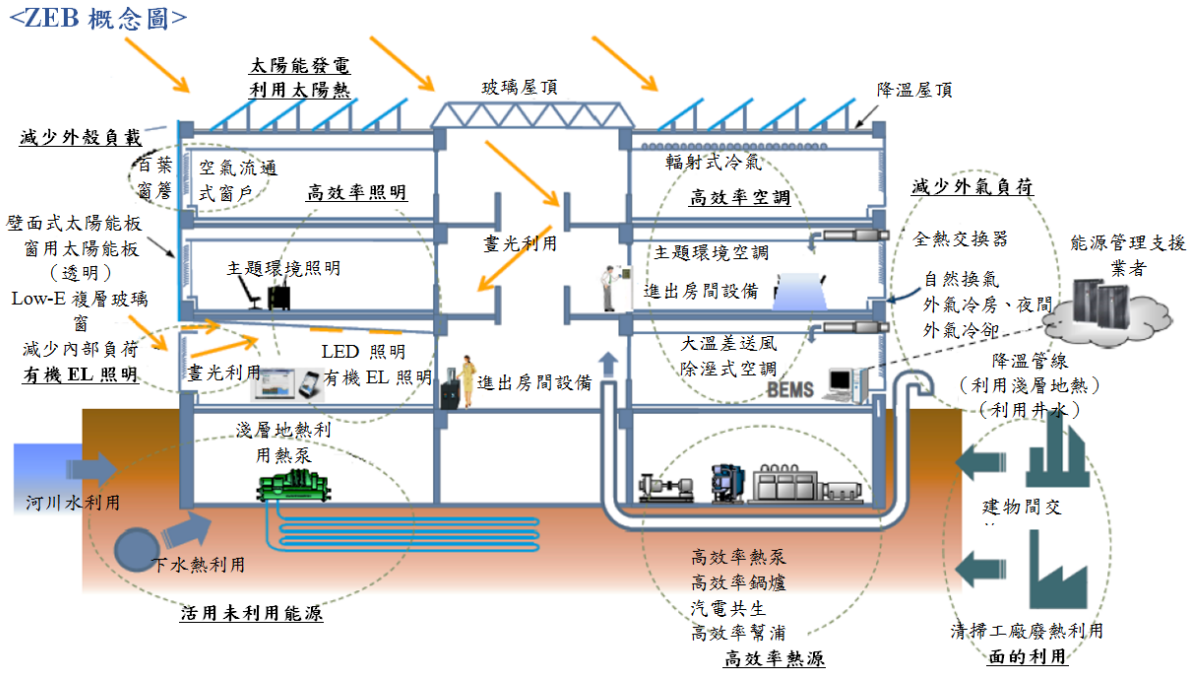


圖 3-16 ZEB 概念圖

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

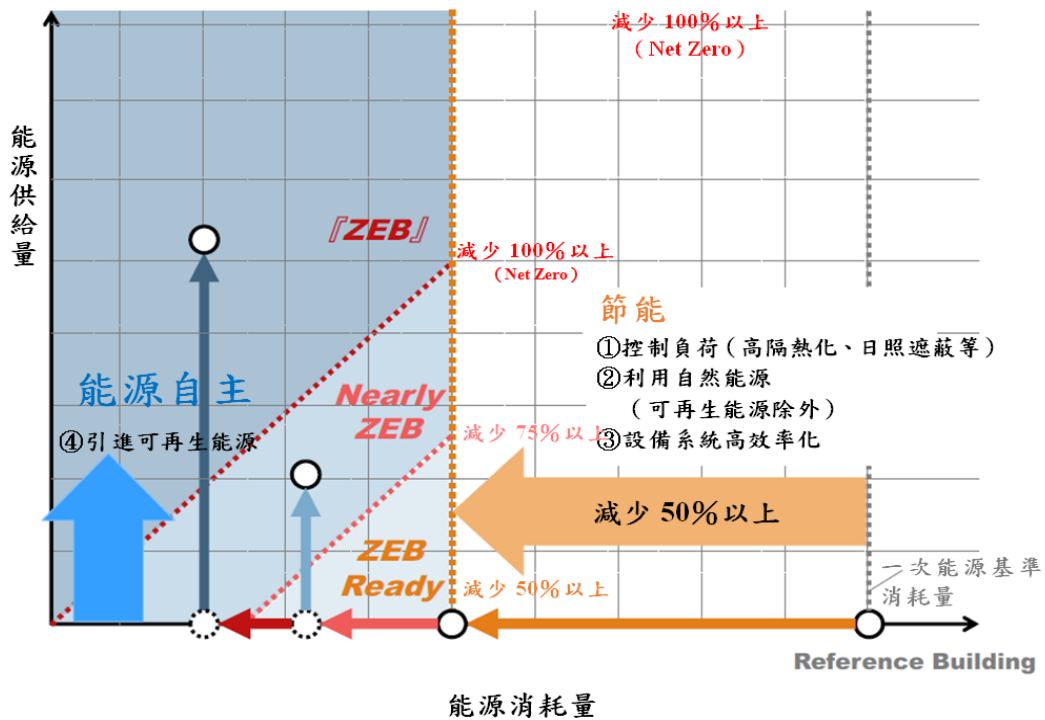


圖 3-17 ZEB 定義

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。

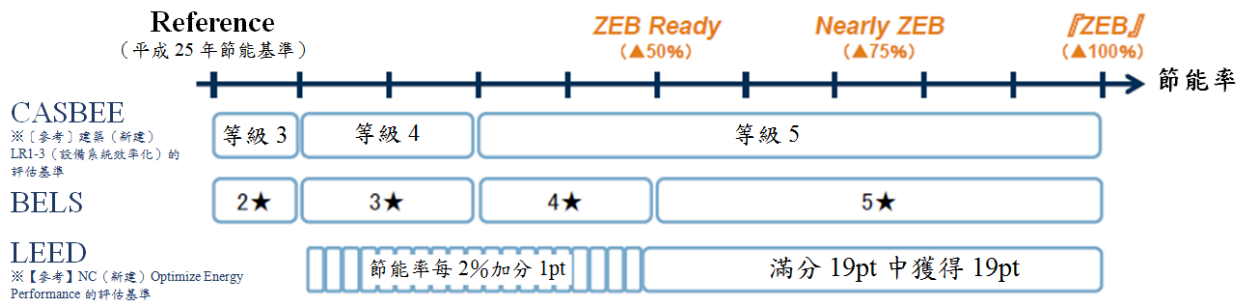
一次性能源消耗量的對象,為平成 25 年節能基準訂定的空氣節設備、空氣調節設備以外的機械通風設備、照明設備、熱水供給設備及電梯(扣除「其他一次性能源消耗量」)。另外,可再生能源量的對象,限定為基地內(on-site),自家消耗量、賣電量也列入對象。但有鑑於能源自給的宗旨,可再生能源不會全額收購,應以收購剩餘電力為前提。

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 3-4 及圖 3-18 所示。

表 3-4 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	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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	 <p>建築物環境效率 (BEE:Built Environment Efficiency)</p> <p>建築物環境品質 Q</p> <p>建築物環境負荷 L</p>	 <p>BELS Building Energy-efficiency Labeling System</p> <p>建築物節能性能標示制度</p> <p>BEI=0.65</p>	 <p>40-49 50-59 60-79 80+</p> <p>Points</p>

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 3-18 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

第四章 近零能源建築之發展策略與可行性探討

前章業已就歐盟推動近零能源建築之期程及內容進行介紹。本章將藉由歐盟推動之模式，探討可供我國借鏡之處，融合臺灣本土之建築技術及條件，就執行面及政策面研擬其推動策略，並就新建及既有建築探討推動之可行性，以供政府未來推動近零能源建築之參考。

第一節 歐盟推動近零能源建築可供我國借鏡之探討

歐盟推動近零能源建築，是透過法律層級之《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，首先，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。

其次，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。

最後，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。

反觀我國目前推動近零能源建築之現狀，並未如歐盟具有法律層級之強制措施，尚處於研究跟推廣之起步階段，且相關環境、制度及財稅等條件也不盡相同。茲整理歐盟與我國對於推動近零能源建築之背景條件對照如表 4-1 所示。

表 4-1 我國對照歐盟及日本對於推動近零能源建築之背景條件差異對照表

條件差異	歐盟	日本	我國
法規及政策措施方面	<ol style="list-style-type: none"> 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耗能建物的水準), 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, 及示範達成近零耗能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。 	<ol style="list-style-type: none"> 1、依據 2002 年「能源政策基本法」之規定, 日本政府應考量國內外能源情勢變化和能源政策實施情況, 每隔 3 年檢討修訂「能源基本計畫」, 做為能源政策推動的方針, 目前最新版本為 2018 年 7 月 3 日公布新的「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。 2、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。 	<ol style="list-style-type: none"> 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、我國建築部門並未針對推動近零耗能建築訂定相關期程或目標。
近零能源建築之相關細節定義	<ol style="list-style-type: none"> 1、於歐洲規範標準 EN 15603 (2008) 界定 NZEB 建築物可能的系統邊界, 並與現場可再生能源發電一起使用。 2、歐盟所屬相關研究機構, 針對 NZEB 之物理邊界、平衡的周期和類型、能源使用類型, 度量標準, 可再生能源供應選項以及與能源 	<ol style="list-style-type: none"> 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 	我國推動近零能源建築尚處於研究跟推廣之起步階段, 目前尚未制定相關細節定義標準。

條件差異	歐盟	日本	我國
	基礎設施的連接等，提出共通性之定義。	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。	
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。	日本政府於 2018 年 7 月 3 日公布新的「第 5 次能源基本計畫」，於「實現徹底的節能社會」政策措施中，針對住商部門提出下列措施： (1)擴大耗能設備、建材之領跑者 (Top Runner) 制度適用對象。 (2)為實現 2020 年新建公共建築、2030 年新建建築平均為 ZEB (淨零能耗建築)、2020 年新建獨棟住宅一半以上、2030 年新建住宅為 ZEH (淨零能耗住宅)，經產省創設 ZEH 及 ZEB 相關建築業者 (ZEH builder) 及 (ZEB planner) 登錄制度，推動 ZEH Builder、ZEH Planner、ZEB leading owner 及 ZEB planner 等標章評定。	1、我國對於建築耗能之評定，於綠建築標章之日常節能指標中有相關評定計算，惟該標章係屬自願申請性質並無強制力，且並未針對建築整體能耗規定基準進行管控。 2、我國建築節能法令是一部完全以本土氣象資料發展的亞熱帶型節能法令，注重隔熱、遮陽、通風設計的評估方法。新建建築物外殼耗能資訊公開方式、配套措施與標示制度，將於 2020 年完成並實施。 ²⁷

資料來源：本研究整理

²⁷：營建署刻正於 107 年度委託進行建築物外殼耗能資訊透明機制之先期研究，後續將依研究成果召會研商，訂定公開方式、配套措施與標示制度。

第二節 我國推動近零能源建築之技術面策略

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。茲分別就上述兩大面向說明其技術面策略如下：

一、建築節能技術面策略：

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策略，該策略有分項管制法(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，歐美先進國偏重於建築隔熱保溫的規定，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) 新建建築物部分：

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。

此外，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。

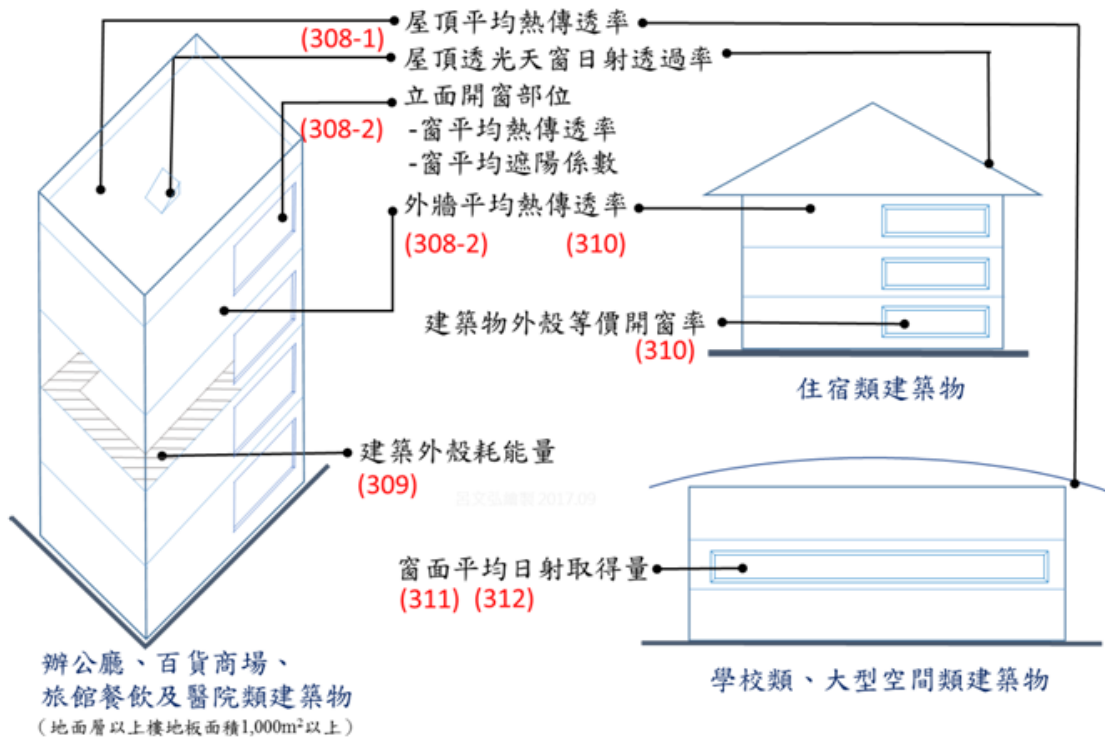


圖 4-1 彙整建築技術規則對於外殼隔能性能之相關規定

資料來源：建築技術規則整理

註：上圖中括弧內數字係建築技術規則條文編號

(二) 既有建築物部分：

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。

內政部建築研究所（以下簡稱本所）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與採用策略說明如下：

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。常用之策略包括：

- (1) 冰水主機台數控制節能技術策略：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) 外氣量控制節能技術策略：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) 外氣冷房系統節能技術策略：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) 變風量系統節能技術策略：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) 變水流量系統節能技術策略：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) 冷卻水與冷卻水塔節能技術策略：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。

可借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 4-2 所示。

表 4-2 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。常用之策略如下：

- (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) 依家俱設置重新調整燈具配置：當空間使用型態變更後，家俱設置重新調整，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、再生能源技術面策略：

可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，可再生能源供應充足，並於使用時不會產生溫室氣體。

建築物應盡量結合再生能源技術來節省能源。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。茲列舉再生能源之技術手法與採用策略說明如下：

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³²，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。

³²：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。

第三節 我國推動近零能源建築之可行性評估

如欲評估我國各類型建築物是否可達近零能源建築要求，須由節能及創能兩個面向進行，分別為介定各類建築之耗能標準及評估其再生能源之利用潛力。

一、我國各類型建築物能耗標準之建議

依陳瑞鈴、林憲德等研究³³發現，過去建築物的耗能分類標準多有賴於可靠又大量的建築物耗能量統計基礎，這些統計在國外多透過電力公司進行，而台灣電力公司對於建築物耗能管理著力不深，致使於國內建築物用電密度EUI分析與研究統計樣本數有限，現階段尚無法同時區分建築物型態、樓層高低、使用時間、設備密度對於EUI差異的影響，該研究經過蒐集調查歸納出我國各類建築物的EUI平均水準，如表 4-3 至 4-7 所示，可作為本研究評估住商建築物之耗能標準參考值。

表 4-3 各類辦公場所 EUI 數值彙整表

辦公類建築物分類		分析樣本數	平均 EUI(kWh/m ² -yr)	最大值 (kWh/m ² -yr)	最小值 (kWh/m ² -yr)
公家機關 辦公場所	地方政府所屬 機關	292	122.47	425.52	28.80
	鄉鎮市公所	540	76.50	278.30	24.30
	行政院及所屬 機關	302	141.72	446.86	42.16
私人辦公 場所	獨立空調辦公 大樓	20	124.92	230.74	82.26
	中央空調辦公 大樓	96	205.52	566.97	110.89

資料來源：建築物節能減碳標示制度規劃之研究(二)－建築能源證照耗能分級基準之研究，內政部建築研究所報告

³³：陳瑞鈴、林憲德等，建築物節能減碳標示制度規劃之研究(二)－建築能源證照耗能分級基準之研究，內政部建築研究所報告，2010。

表 4-4 各類百貨商場 EUI 數值彙整表

百貨商場類建築物分類	分析樣本數	平均EUI (kWh/m ² -yr)	最大值 (kWh/m ² -yr)	最小值 (kWh/m ² -yr)
購物中心(95 年度)	15	525.20	635.00	415.00
購物中心(96 年度)	12	205.90	298.00	35.20
百貨公司(95 年度)	80	457.40	520.00	395.00
百貨公司(96 年度)	48	382.70	542.40	249.80
量販店(95 年度)	54	586.20	649.00	523.00
量販店(96 年度)	84	327.80	738.10	81.20

資料來源：建築物節能減碳標示制度規劃之研究(二)－建築能源證照耗能分級基準之研究，內政部建築研究所報告

表 4-5 各類醫院 EUI 數值彙整表

醫院類建築物分類	分析樣本數	平均 EUI(kWh/m ² - yr)	最大值 (kWh/m ² -yr)	最小值 (kWh/m ² -yr)
地區醫院(95 年度)	37	205.30	250.00	160.00
地區醫院(96 年度)	27	197.1	317.20	119.9
區域醫院(95 年度)	59	310.10	376.00	244.00
區域醫院(96 年度)	55	273.3	354.9	190.1
醫學中心(96 年度)	17	260.00	322.10	207.9

資料來源：建築物節能減碳標示制度規劃之研究(二)－建築能源證照耗能分級基準之研究，內政部建築研究所報告

表 4-6 各類旅館 EUI 數值彙整表

旅館類建築物分類	分析樣本數	平均EUI (kWh/m ² -yr)	最大值 (kWh/m ² -yr)	最小值 (kWh/m ² -yr)
一般觀光旅館(95 年度)	124	190.60	230.00	151.00
一般觀光旅館(96 年度)	13	230.10	311.90	151.60
國際觀光旅館(95 年度)	29	239.40	356.00	274.00
國際觀光旅館(96 年度)	31	314.90	307.30	188.30

資料來源：建築物節能減碳標示制度規劃之研究(二)－建築能源證照耗能分級基準之研究，內政部建築研究所報告

表 4-7 各類住宅 EUI 數值彙整表

住宅類建築物分類	分析樣本數	平均EUI (kWh/m ² -yr)	最大值 (kWh/m ² -yr)	最小值 (kWh/m ² -yr)
透天住宅	1930	39.31	71.29	18.59
公寓住宅	3728	45.58	80.34	20.74
公寓停車場	17	18.12	25.79	13.26

資料來源：建築物節能減碳標示制度規劃之研究(二)－建築能源證照耗能分級基準之研究，內政部建築研究所報告

另針對我國各類型建築物之能耗標準方面，本所及國科會已陸續完成各類建築物耗能（EUI）推估模式³⁴，可作為設計及完工階段之基準，該成果均係推估各類型建築在「標準營運模式」下之耗能，採用各類型用途別之樓地板面積，依加權方式累計其標準耗能EUI值。

二、我國各類型再生能源之利用潛力分析

根據經濟部能源局提出之我國各種再生能源之發展規劃，若以 2025

註³⁴：包括內政部建築研究所之「建築物節能減碳標示制度規劃之研究(一)、(二)」及國科會「低碳臺灣『建築能源證書』評估系統及關鍵技術之研究」。

年之目標來看，其中太陽光電的裝置容量目標為 20GW，預估發電量為 250 億度，約占再生能源發電量的 50.3%，其次分別是風力發電（含陸域跟離岸）約 28.17%、生質能約 11.87%，如表 4-8 所示。

另考量我國建築物設置前述各種再生能源之特性，就風力發電而言，考量風力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，根據 1995 年諾貝爾化學獎得主 Paul J. Crutzen 估計，生質能常採用之油菜或玉米來煉製生質燃油，其中油菜或玉米可排放比石油多 70%、50% 之溫室氣體，恐反增加溫室氣體的排放量，此外當農地轉種能源作物後，亦恐引發糧食危機和價格上漲等疑慮。故本研究針對未來建築物設置之再生能源裝置，將以太陽光電為主要分析對象，其他再生能源種類則不列入分析。

表 4-8 我國再生能源種類發電概況及所佔比率

再生能源種類	2015年			2020年			2025年		
	裝置容量(MW)	發電量(億度)	佔再生能源發電量比率(%)	裝置容量(MW)	發電量(億度)	佔再生能源發電量比率(%)	裝置容量(MW)	發電量(億度)	佔再生能源發電量比率(%)
太陽光電	842	11	8.66%	6,500	110	43.82%	20,000	250	50.30%
陸域風力	647	16	12.60%	800	19	7.57%	1,200	29	5.84%
離岸風力	-	-	0.00%	520	19	7.57%	3,000	111	22.33%
生質能	741	54	42.52%	768	56	22.31%	813	59	11.87%
水力	2,089	46	36.22%	2,100	47	18.73%	2,150	48	9.66%
合計	4,319	127	100.00%	10,688	251	100.00%	27,163	497	100.00%

資料來源：經濟部能源局網站及本研究整理

目前國內針對太陽光電的發電量評估，多以固定的容量因數³⁵進行，以我國再生能源發展目標為例，由 2020 年及 2025 年太陽能的裝置量及發電量目標來計算，其所使用之容量因數約為 0.143。而太陽光電全年之發電量可以下列方式估算：

$$\text{全年發電量(kWh/yr)} = \text{太陽光電裝置容量(kWp)} \times \text{全年總時數(8,760 hr/yr)} \\ \times \text{容量因數(\%)} \dots\dots\dots(4-1)$$

惟上式之容量因數受不同地域別之天候影響甚大，太陽能系統設置位置的日照量越高，發電量就越高，故上述之容量因數約為 0.143 係指全國平均值，依據台灣電力公司公布 106 年度全國各縣(市)實際設置太陽光電之裝置容量與發電量統計資料顯示³⁶，106 年各縣(市)之太陽光電發電容量因數如表 4-9 所示。

表 4-9 106 年各縣(市)太陽光電容量因數表

縣市	太陽光電裝置 容量(瓩) A	太陽光電 發電量(度) B	每瓩日平均 發電量(度) B/A/365天	每瓩年平均 發電量(度) B/A	容量因數 B/(A×8760 小時)
基隆市	65	10,954	0.46	169	1.92%
台北市	6,029	3,390,662	1.54	562	6.42%
新北市	13,586	12,473,758	2.52	918	10.48%
桃園市	54,443	51,821,423	2.61	952	10.87%
新竹市	3,182	3,740,691	3.22	1,176	13.42%
新竹縣	13,953	14,448,255	2.84	1,035	11.82%
苗栗縣	13,497	14,610,937	2.97	1,083	12.36%
台中市	74,519	96,764,231	3.56	1,299	14.82%
彰化縣	185,019	216,516,306	3.21	1,170	13.36%
南投縣	25,803	28,264,331	3.00	1,095	12.50%
雲林縣	275,702	349,216,789	3.47	1,267	14.46%
嘉義市	8,353	7,773,356	2.55	931	10.62%
嘉義縣	119,977	140,478,702	3.21	1,171	13.37%
台南市	224,340	264,108,806	3.23	1,177	13.44%

註³⁵：亦即指全年產能利用率，依據台電公司資料顯示，我國核能發電之容量因數約 90%、火力約 65%、風力約 28%、太陽能約 14%。

註³⁶：<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=207&cid=165&cchk=a83cd635-a792-4660-9f02-f71d5d925911>

高雄市	170,636	201,734,052	3.24	1,182	13.50%
屏東縣	152,558	169,147,663	3.04	1,109	12.66%
宜蘭縣	10,690	9,174,825	2.35	858	9.80%
花蓮縣	2,284	1,016,596	1.22	445	5.08%
台東縣	12,025	12,398,885	2.82	1,031	11.77%
澎湖縣	11,243	12,518,548	3.05	1,113	12.71%
金門縣	5,386	6,571,017	3.34	1,220	13.93%
連江縣	12	0	0.00	0	0.00%
合計	1,383,302	1,616,180,787	3.20	1,168	13.34%

而太陽光電裝置容量代表太陽能發電系統的最大電力輸出功率，其單位為一峰瓩（1kWp，裝置容量的單位），依照目前國內施作太陽光電系統之經驗，每設置 1kWp 之太陽光電系統約需 3 坪的需求面積；也就是說，建築物屋頂或空地面積除以 3，就可以大約換算出可建置的太陽光電裝置容量大小。

當然在相同的設置面積下，若設計上採用高效能的太陽能模組（以目前的技術來說，單晶太陽能模組的功率已可達 290~305W），則裝設的系統裝置容量也會較大，一般而言設置面積有限且寶貴，因此以長期效益來看，高效能的模組會是較划算的選擇。惟本章節研究之目的係評估太陽光電全年之發電潛力，故採整體概估方式，暫不考慮個案之發電功率、遮蔽效果等影響因素。

三、住商部門達到近零能源建築之可行性評估

為評估住商部門達到近零能源建築之可行性，茲分別就透天式住宅、公寓式住宅、集合式住宅、獨立空調辦公大樓、中央空調辦公大樓等類型進行探討，為比較台灣北、中、南地區太陽光電發電之差異性，此處選取臺北市、臺中市及高雄市作為代表進行評估比較，並假設各類型建築之單層面積、樓層數如下表中之(A)、(B)欄位，各類型建築物之耗能密度值參照表 4-3 及表 4-7，各縣(市)太陽光電容量因數值則參照表 4-5，並依照公式(4-1)計算整理後，可得各類型建築物於不同地區之再生能源

佔耗電量比例，如表 4-10 所示。

表 4-10 各類型建築物於不同地區之再生能源佔耗電量比例表

建築物使用類別	縣(市)	單層面積 (m ²)	樓層數	耗能密度 (kWh/m ² ·yr)	年耗電量 (kWh/yr)	太陽光電裝置容量 ³⁷ (kWp)	容量因數 (%)	全年發電量 (kWh/yr)	再生能源佔耗電量比例(%)
		(A)	(B)	(C)	(D)=(A)* (B)*(C)	(E)=(A)/10	(F)	(G)=(E)* 8,760*(F)	(H)= (G)/(D)
透天式住宅	臺北市	49.5	3	39.31	5,842	4.95	6.42%	2,786	48%
	臺中市	49.5	3	39.31	5,842	4.95	14.82%	6,431	110%
	高雄市	49.5	3	39.31	5,842	4.95	13.50%	5,858	100%
公寓式住宅	臺北市	115.6	4	45.58	21,074	11.56	6.42%	6,501	31%
	臺中市	115.6	4	45.58	21,074	11.56	14.82%	15,006	71%
	高雄市	115.6	4	45.58	21,074	11.56	13.50%	13,669	65%
集合式住宅	臺北市	198.2	7	45.58	63,222	19.82	6.42%	11,144	18%
	臺中市	198.2	7	45.58	63,222	19.82	14.82%	25,724	41%
	高雄市	198.2	7	45.58	63,222	19.82	13.50%	23,433	37%
獨立空調辦公大樓	臺北市	330.3	9	124.92	371,293	33.03	6.42%	18,573	5%
	臺中市	330.3	9	124.92	371,293	33.03	14.82%	42,874	12%
	高雄市	330.3	9	124.92	371,293	33.03	13.50%	39,055	11%
中央空調辦公大樓	臺北市	660.5	12	205.52	1,628,952	66.05	6.42%	37,146	2%
	臺中市	660.5	12	205.52	1,628,952	66.05	14.82%	85,748	5%
	高雄市	660.5	12	205.52	1,628,952	66.05	13.50%	78,111	5%

資料來源：本研究整理

由上表可看出，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。

註³⁷：依據光電廠商實際設置經驗，每 1 kWp 太陽光電裝置容量約需 10m²(或 3 坪)之面積大小。

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。

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、日本等有關近零能源建築之相關推動措施與期程，並就目前推動近零耗能建築之執行內容與現況，作深入介紹與探討。

此外，完成研析我國對比歐盟及日本等先進國家，對於推動近零能源建築之背景條件差異，並就建築節能及再生能源兩大面向，研擬適合我國推動之近零能源建築技術策略及探討其涉及之相關法規或規範。最後並就節能及創能兩個面向，進行我國住商部門達到近零能源建築之可行性評估。

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後續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：

1、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。

針對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。

在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。

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、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。

2、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

第二節 建議

本研究已提出我國近零能源建築之發展策略，並進行可行性探討與分析。茲就建議部分說明如下：

建議一

進行我國綠建築與近零能源建築制度之調合研究：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、經濟部能源局

我國近(淨)零能源建築議題尚處於發展階段，惟目前我國「能源轉型白皮書」已將近零能源建築納為建築部門節能計畫重要推動工作之一。經盤點我國目前具備之基礎，建築技術規則已訂有綠建築專章，並且營建署刻正研擬建築物外殼耗能資訊透明機制，預計 2020 年實施；此外本所推動之綠建築標章系統將日常節能納為必要指標。為利未來有效推動近零能源建築，可參採日本推動模式，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。

建議二

廣續進行我國近零能源建築之路徑及執行措施規劃：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、經濟部能源局

目前已有許多先進國家訂出推動近零能源建築之路徑期程，如如歐盟訂出 2018 年前所有公共建築及 2020 年前所有新建建築，須符合「近零耗能建築」的基準。英國更則自 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。建議後續可針對我國推動近零能源建築制度，研擬整體規劃路徑期程及執行配套措施，以作為我國推動近零能源建築之準備。

附錄一 期中審查會議紀錄及處理情形

時間：107年8月9日（星期四）上午9時30分整

地點：本所簡報室

主席：羅組長時麒

出席人員：略

審查委員意見	研究案主持人回應
<p>周教授鼎金：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究對於「零能源建築」或「零耗能建築」名詞，建議探究確定後，一致採用。 2. 近零能源建築之政策，不但是國際趨勢，也是國家重要願景，若能發展鼓勵性之評估指標及自願性認證，取代能源護照的困難之處，可作為建議政府施政的亮點。 3. 貴所目前智慧綠建築標章的策略發展，有機會以低耗能、零耗能之主軸或評估重點，達成此項目標。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝提供寶貴意見。本研究將統一採用近零能源建築。 2. 謝謝提供寶貴意見。 3. 謝謝提供寶貴意見。將納入後續推動智慧綠建築標章參採。
<p>張建築師矩墉：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 目前世界各國對近零耗能建築仍以示範性居多，即使推動最積極之歐盟地區亦是如此。 2. 能否達到近零耗能，端看其定義及邊界條件，若扣除一些個人使用行為上的耗能，並非無法達成。惟我國要發展近零耗能建築所面臨之特殊問題，一是我國氣候條件與歐美等溫、寒帶國家差異甚大，既無暖氣需求，使用空調月份亦有限，全年中有許多時間僅靠外氣通風就可符合舒適度，故未必需過度降低外殼構造 U 值。其二是我國地狹人稠，都會區建築物密集又有高低差，太陽光電系統之鋪設面積有限且干 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝提供寶貴意見。 2. 謝謝提供寶貴意見。將配合納入檢討修正。 3. 謝謝提供寶貴意見。將配合納入參採。

審查委員意見	研究案主持人回應
<p>擾甚大，另濕度高致使光電發電效率不高，若要發展基地現址的再生能源有其劣勢。</p> <p>3. 我國既有建築數量非常龐大，若以此為標的推動近零能源建築，可能比新建建築面臨更多問題，除非政府能提出更大誘因，否則不易從其開始。此外對於遮陽及戶外遮棚之設置，需注意得取得全體住戶多數同意。</p>	
<p>黃教授瑞隆：</p> <p>1. 進度與成果符合預期，研究人員之努力值得肯定。</p> <p>2. 達成淨零能源（或耗能）建築的方法，除了強調建築外殼效能、空調設備或照明效能提升等節流措施外，還要有開源措施如再生能源之使用。報告書中對於國內法規探討仍較偏重節流相關措施，建議適當增加開源措施之相關法令。</p> <p>3. 以台灣都市建築密集程度，要在大都市中推近零能源建築恐相當困難。建議後續可針對建築基地現址或非現址產生之再生能源種類，探討適用之地域別，以利達到近零能源建築目標。</p>	<p>1. 謝謝委員肯定。</p> <p>2. 謝謝提供寶貴意見，將於後續檢討納入再生能源之使用。</p> <p>3. 謝謝提供寶貴意見，後續將於第四章補充探討適用近零能源建築之地域別。</p>

審查委員意見	研究案主持人回應
<p>廖建築師慧燕：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究對近零能源（或耗能）建築之定義已有清楚探討，如表 2-1 依基地內、外產生之再生能源種類區分，建議後續應提出適合我國採用之近零能源建築定義。 2. 目前政府部門建築能源管制缺乏具體效益，如公部門四省專案係以前、後年度比較，未能具體顯示是否節能，建議宜以合理的 EUI 基準作為比較之基礎。 3. 建議分析國外零耗能案例之具體技術，以作為國內推動之參考，如建築類型、基地特色及國內可應用之技術等。 4. 建議蒐集分析國內不同地區，每單位面積之太陽能發電板，平均每年可產生多少電，以了解如以住宅為例需要多大面積之太陽能板，方能達到零耗能。 5. 國內再生能源幾乎都是賣給台電，建議可探討再生能源賣給台電之躉購電價，大於台電市售電價所衍生之問題。以國內目前的電價而言，發展推動綠能自用缺乏實際誘因。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員提醒，將於後續檢討納入。 2. 謝謝提供寶貴意見，現階段尚無法同時區分建築物型態、樓層高低、使用時間、設備密度對於 EUI 差異的影響，惟本所過去曾完成蒐集調查歸納出我國各類建築物的 EUI 平均水準，如表 4-3 至 4-7 所示，可作為本研究評估住商建築物之耗能標準參考值。 3. 謝謝提供寶貴意見，業於第二章第二節介紹分析國外零耗能案例之具體技術。 4. 謝謝提供寶貴意見。後續將於第四章補充納入。 5. 謝謝提供寶貴意見。後續將納入探討。
<p>中華民國全國建築師公會（陳建築師俊芳）：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 欲達成近零耗能之目標，節能及開源至關重要，第四章第二節建議可依此兩大架構調整： <ol style="list-style-type: none"> (1) 節能策略： <ol style="list-style-type: none"> (A) 減少戶外熱量進入室內，如採用較佳外殼隔熱材料、外遮陽、隔熱膜等。 (B) 誘導民眾於舒適的戶外較多活動時 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝提供寶貴意見，將於期末報告納入檢討。 2. 謝謝提供寶貴意見，將於期末報告納入檢討。

審查委員意見	研究案主持人回應
<p>間。</p> <p>(C)使用高效率設備，如 LED 照明、熱泵熱水器、筆電取代桌機、能效一級之空調、冰箱等，以降低室內發散熱，並提升產業發展。</p> <p>(D)良好之誘導式設計，以降低設備容量、長期電力運作及維管等需求。</p> <p>(2)開源策略：住商部門設置再生能源設備（如 PV 等），以供應自身需求為主。</p> <p>2. 後續政策面策略，建議可考慮：</p> <p>(1)所內目前進行 EEWH-RN 修訂，擬納入既有建築局部空間之申請，朝以 EUI 之改善為評估方式（如空調、照明等），建議 EEWH-BC 版之日常節能指標納入檢討得分項目，RN 版之改善宜考量獎勵補助措施。</p> <p>(2)可配合建築能源效率分級標示，並採自願登記於建物謄本之政策。</p>	
<p>財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所（林研究員鴻文）：</p> <p>1. 國際間多以零耗能建築為發展主軸，本研究以近零能源建築為題，定義差異可再確認。</p> <p>2. 德國推動 EPC 多以強制性為主，但國內國情不同，於資料揭露部分已有 Envload、Req 等指標，應可再研擬增加揭露項目以提升建物能效。</p>	<p>1. 謝謝提供寶貴意見，將於後續檢討納入。</p> <p>2. 謝謝提供寶貴意見，本部營建署刻正進行研議可行之建築物外殼耗能資訊揭露方式，建立建築外殼耗能分級制度，並登錄於建築執照，結合房屋買賣定型化契約，作為民眾購屋之參考。</p>

審查委員意見	研究案主持人回應
<p>財團法人工業技術研究院材料與化工研究所 (李經理彬州)：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 報告書表 4-1 整理歐盟與我國對於推動近零能源建築之背景條件差異至為重要，可供貴所後續擬定發展策略之參考。 2. 本研究國內、外資料盤點相當完整與具參考性。 3. 第四章第二節將新、舊建築業界常用之各種節能策略進行詳細整理，建議後續可就各項節能技術與政策形成之可行性再深入探討。 4. 建立我國近零耗能建築之相關細節定義時，應考量我國地理位置、天氣型態與所處環境，適度參考國外政策予以調整。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員肯定。 2. 謝謝委員肯定。 3. 謝謝提供寶貴意見，將於後續檢討納入。 4. 謝謝提供寶貴意見，將於第四章補充分析納入。
<p>財團法人資訊工業策進會(洪經理政緯、周研究員晨蕙)：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 報告書第 71 頁列舉再生能源技術策略，可參考日本於 2018 年 5 月公布之 ZEH Road Map，結合 ZEH 與再生能源政策，可作為合適之發展方向，惟並非每一種再生能源均適合結合 ZEH，仍需針對能源種類進行分析。 2. 太陽能或許是再生能源最適合選項之一，惟我國夏秋兩季常有颱風，如何避免太陽能板被颱風吹落等安全、維護及回收等問題，建議可於後續進一步探討。 3. 報告書第 24 頁有關綠能屋頂電力優先民眾自用，剩餘「全額躉購」1 節，請再確認後者是否指 Fit 制度，自用與躉購應無法併用。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝提供寶貴意見，將於後續檢討納入。 2. 謝謝提供寶貴意見，有關太陽能板被颱風吹落等安全問題，應經由專業技師簽證負責，至維護及回收等問題非本研究探討範圍。 3. 謝謝提供寶貴意見，將於後續納入檢討。

審查委員意見	研究案主持人回應
<p>主席：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究係因應能源轉型白皮書要求，後續可分兩部分進行，一是盤點各國設定之目標，二是推動之作法，例如德國推動近零耗能建築之策略，係採動態電價模式來誘導民間於尖峰用電時段，將再生能源發電優先自產自用而非賣給市電。 2. 報告書有關「被動式建築」，請修正為「誘導式建築」。 3. 建議後續補充日本推動 ZEB、ZEH 之作法，例如日本針對 ZEB 採分級方式去定義，甚至除以整棟評估外，亦可以家戶為單位，此部分可供我國推動之參考。 4. 有關電動車等新運具在宅充電，對於住宅部門而言，係將運輸部門用電轉移至住宅部門增加用電量，本研究後續應注意其對我國推動 NZEB 之影響。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝主席提供寶貴意見，本研究將參採納入。 2. 謝謝主席提供寶貴意見，已配合修正。 3. 謝謝主席提供寶貴意見。將於第三章補充納入日本推動 ZEB、ZEH 之作法。 4. 謝謝主席提供寶貴意見，本研究將參採納入。

附錄二 期末審查會議紀錄及處理情形

時間：107 年 11 月 27 日(星期二) 下午 2 時 30 分整

地點：本所簡報室

主席：羅組長時麒

出席人員：略

審查委員意見	研究案主持人回應
<p>陳副總經理志仁：</p> <ol style="list-style-type: none"> 綠建築標章制度係屬設計階段評估，建議近零能源建築可著重於使用階段，俾利建構完整之建築能耗評估制度。 建議針對大樓建築應朝降低建築耗能方向推動，例如大樓空調或電腦機房等之節能改善。 	<ol style="list-style-type: none"> 謝謝提供寶貴意見。將配合納入參採。 謝謝提供寶貴意見。將配合納入參採。
<p>陳委員伯勳：</p> <ol style="list-style-type: none"> 能源相關議題近年來頗受政府與民間各界重視，本研究成果可供未來發展策略參考，值得肯定。 建議未來可研議將 EAG 易構屋展示空間，納入建置近零能源示範場域之可能，俾利後續推廣。 建議補充期中審查會議紀錄回應表及英文摘要，以茲完整。 	<ol style="list-style-type: none"> 謝謝委員肯定。 謝謝提供寶貴意見。有關近零能源建築可結合本所 EAG 易構屋場域予以展示推廣之建議，將於後續年度納入相關計畫研議。 謝謝提供寶貴意見。將補充納入。

審查委員意見	研究案主持人回應
<p>練協理文旭：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 近零耗能為各先進國家發展重點，本研究值得肯定與持續推動。 2. 考量臺灣北、中、南環境及建築型態，建議除 ZEB、NZEB 外，可增加 ZEB Ready 等不同等級，以逐步落實提升。如集合式住宅、商用建築等，由於數量龐大且為耗能主要建築物，雖然很難達到 ZEB 標準，但低耗能建築物仍值得推動。 3. 建議未來可針對中、南部透天厝，就達成近零能源建築所需投入之成本效益及回收期進一步研究。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員肯定。 2. 謝謝提供寶貴意見。將配合納入參採。 3. 謝謝提供寶貴意見。將於後續年度研究納入參採。
<p>陳建築師嘉懿：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 有關報告書建議事項一，建議能納入智慧建築標章中現行節能管理指標所涵蓋之項目，進行通盤檢討。針對未納入之項目，也可思考在智慧創新指標中增列，以對應現有評估系統和近零要求的差距及需努力之面向。 2. 「零耗能」及「零碳」兩者定義及評估方式不盡相同，建議在關鍵字使用上再檢討斟酌。 3. 對於大樓等高耗能建築之創能、節能方式，建議可再參考更多國際案例，尋求除了太陽光電以外之平衡耗電方式(如高樓風渦輪發電或電梯動能回收等)。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝提供寶貴意見。將配合納入參採。 2. 謝謝提供寶貴意見。將配合檢討修正。 3. 謝謝提供寶貴意見。業於第二章第二節介紹分析國外零耗能案例之具體技術。

審查委員意見	研究案主持人回應
<p>經濟部能源局（簡專員津浩）：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 有關各類營業型態之 EUI 數值或可參考本局「非生產性質行業能源查核年報」。 2. 歐洲及日本於推動背景上與我國不同（如歐洲已建置 EPC 制度，在既有體制上推動 ZEB），建議可再評估我國導入之成本與效益，或另可考慮由綠建築制度中先行導入試驗。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員指教。本所過去曾完成蒐集調查歸納出我國各類建築物的 EUI 平均水準，如表 4-3 至 4-7 所示，可作為本研究評估住商建築物之耗能標準參考值。 2. 謝謝委員指教。將於後續研究納入參考。
<p>財團法人台灣建築中心（連工程師俊傑）：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究內容符合預期目標。 2. 本研究分析比對國內外近零能源政策及技術，並據以提出國內可行之推動建議，研究成果具應用價值，建議後續研究可納入國內外相關個案作為研究分析之示範案例。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員肯定。 2. 謝謝委員肯定。將於後續研究納入參考。
<p>財團法人資訊工業策進會（洪經理政緯）：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究蒐集資料豐富完整，具參考價值。 2. 法制研究部分，建議可參考歐盟、日本推動策略，係從強制要求著手，法規扮演重要角色，如何研擬推動策略，宜從規範面著手。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員肯定。 2. 謝謝委員肯定。已於第三章補充納入。
<p>主席：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 報告書結論有關辦公大樓不適合推動近零耗能建築 1 節，建議再調整文字表達方式以保留彈性。 2. 有關近零能源建築議題，本所後續將規劃與德國、日本等進行近零耗能技術交流。 3. 建議本研究第一年，應著重在蒐集國外推動近零能源建築之制度及相關補貼措施，並 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝主席提供寶貴意見，有關大樓建築推動近零能源之策略部分，將調整為以建築節能為主，再生能源為輔之方式進行。 2. 謝謝主席提供寶貴意見。將於後續年度配合規劃與德國、日本等進行近零耗能技術交流。

審查委員意見	研究案主持人回應
檢討國內目前具備之系統基礎。	3. 謝謝主席提供寶貴意見。本研究已納入修正。

參考書目

1. 建築技術規則，2014。
2. 中華民國全國建築師公會，綠建築設計技術規範，2012。
3. 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。
4. 經濟部能源局，106 年能源局資源手冊，2017。
5. 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。
6. 蕭子訓、黃孔良、張耀仁，太陽光電年發電量預測模型建置及策略研究，臺灣能源期刊第四卷第四期第 401-430 頁，106 年 12 月。
7. 林祥輝、許雅音，日本第 5 次能源基本計畫—2030 年的基本方針和政策對應，2050 年能源轉型和脫碳化的挑戰，2018。
8. 經濟產業省、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。
9. 經濟產業省 資源エネルギー庁，ZEH ロードマップ検討委員会とりまとめ，平成 27 年 12 月。
10. 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。
11. 經濟產業省 資源エネルギー庁，ZEB ロードマップ検討委員会とりまとめ，平成 27 年 12 月。
12. Delia D'Agostino et al., Synthesis Report on the National Plans for Nearly Zero

Energy Buildings (NZEBs), JRC Science for Policy Report, 2016.

13. ENTRANZE (<http://www.entranze.enerdata.eu/>)
14. EUROSTAT (<http://ec.europa.eu/eurostat>)
15. ZEBRA2020 (<http://www.zebra-monitoring.enerdata.eu/>)
16. 「ZEBロードマップ」をとりまとめました (METI/経済産業省) <http://www.meti.go.jp/press/2015/12/20151217002/20151217002.html>
17. 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/
18. 平成30年度 ネット・ゼロ・エネルギー・ビル (ZEB) 実証事業 <http://sii.or.jp/zeb30/>
19. ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス 支援事業調査結果 (2017年版) http://sii.or.jp/zeh29/file/doc_20171128.pdf?1215