

本月專題

國際建築部門邁向 2050 年淨零碳排之策略研析

王俊凱¹

摘要

因應氣候變遷、邁向淨零排放已成為各國家之共同目標。依據聯合國環境總署(UNEP)2020 年報告指出建築部門占全球業占全球能源消費總量的 35%、全球碳排放量的 38%，已高於工業部門和運輸部門排放。因此，如果全球要達成巴黎協定 2°C 以下目標，2050 年邁向淨零碳，建築部門必須大幅減少能源使用及碳排放，各國迫切需要根據《巴黎協定》採取更明確的行動和途徑來刺激低碳建造和投資來促使新建築和既有建築進行脫碳。

爰此，本文彙整國際能源總署(IEA)、世界經濟論壇(WEF)等國際組織建築部門淨零碳策略建議及英國、日本建築部門淨零碳策略規劃，期可提供作為國內研擬住商部門淨零碳路徑相關策略推動參考資訊。

一、前言

在 2015 年聯合國氣候峰會中通過巴黎協議後，減少溫室氣體、力抗氣候變遷已成為各國家之共同目標。依據聯合國環境總署(UNEP)2020 年報告指出建築部門占全球業占全球能源消費總量的 35%、全球碳排放量的 38%，已高於工業部門和運輸部門排放。除全球人口持續增長帶動建築樓地板面積成長 25%外，全球去貧困、最低生活水平提高也帶動民生能源需求增加。另一方面，發生越來越頻繁的全球極端氣候事件直接增加建築部門供暖、供冷的需求，建築部門用電量居高不下。因此，如果全球要達成巴黎協定 2°C 以下目標，2050 年邁向淨零碳，建築部門必須大幅減少能源及碳排放，這需要靠國

¹財團法人台灣綜合研究院 副研究員

家政策去刺激低碳建造和投資。然而聯合國環境總署(UNEP)2020年統計186國所提之國家自訂貢獻(Nationally Determined Contributions, NDC)中，有136國家提出建築部門相關貢獻，但僅有53個國家提到了建築能源效率、38個國家特別提到了建築能源法規，僅有少數國家在所提交的修訂後國家自訂貢獻提出一系列建築部門減量，包括減少建築材料碳含量、避免使用HCFC、鼓勵建置再生能源等。由於建築物部門作為全球和國家溫室氣體排放貢獻重大，各國迫切需要根據《巴黎協定》採取更明確的行動和途徑來促使新建築和既有建築進行脫碳

有鑒於此，本文彙整國際能源總署(IEA)、世界經濟論壇(WEF)等國際組織所建築部門提出淨零碳策略建議及英國、日本建築部門淨零碳策略規劃，期可提供作為國內研擬住商部門淨零碳路徑相關策略推動參考資訊。

二、全球建築部門排放現況

聯合國環境總署(UNEP)「2020年全球建築行業狀態報告(2020 Global Status Report For Buildings And Construction)」指出2019年全球建築部門的最終能源消耗約占全球能源消費總量的35%，其中住宅用能源約22%，非住宅用能源占8%，建築施工占5%(如圖1所示)。進一步檢視全球建築部門能源消費變動，由於樓地板面積及人口增加影響，建築部門能源消費自2012年起持續成長，單位樓地板面積的能源耗用有所改善，且人們從生物質、石油和煤炭使用轉向具有更高效率的電力、天然氣和再生能源，建築部門能源消費2018年至2019年首次呈現穩定(如圖2所示)。在建築部門碳排放方面，建築部門占全球能源相關二氧化碳排放總量的38%(1351百萬噸CO₂)，包括住宅排放17%(直接6%、間接11%)、非住宅11%(直接3%、間接11%)及建築施工10%進一步檢視排放來源，可分為煤、油、氣使用(9%直接排放)、電力使用(19%間接排放)、建材生產及建築過程耗能(10%)。

Global share of buildings and construction final energy and emissions, 2019

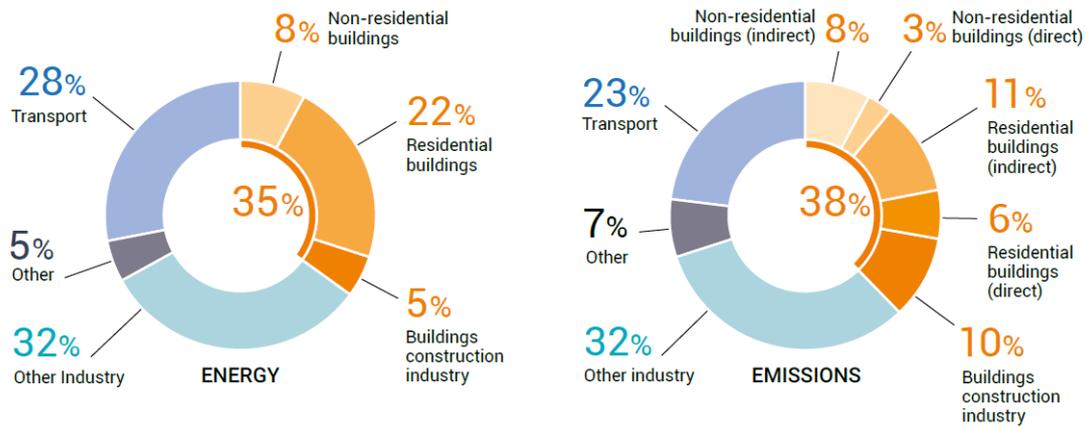


圖 1 2019 年建築部門占全球能源消費及碳排放比例

資料來源：UNEP(2020)。

Figure 3 - Global buildings sector final energy use by fuel type, 2010-19

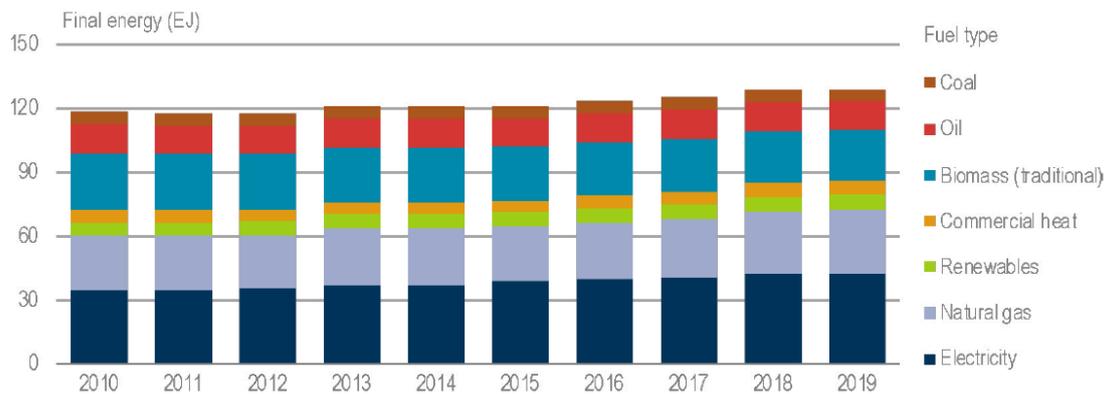


圖 2 2010-2019 年建築部門最終能源消費

資料來源：UNEP(2020)。

三、主要國家及國際組織 2050 年淨零排放建築策略

(一)IEA 淨零建築建議

IEA2021 年最新報告「2050 淨零排放：全球能源部門路徑圖(Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector.)」指出建築部門要達成淨零排放，提高能源效率和電氣化將是主要減量策略，行為改變可以不需花費額外成本的減量，剩餘的必要能源使用，則需要使用再生能源抵銷碳排放，詳如圖 3 所示。

- 1. 提高能源效率技術：**大多減量技術目前都可在市場上取得，包括新與既有建築的外殼改善、熱泵、高效率用電器具與設備、具材料效率的建築設計等，而數位化和智能管理更有效率使用能源、降低排放。同時，全球所有新建築物均符合零碳排放標準，既有建築存量則需於 2050 年前完成翻新，以滿足零碳排建築能源標準。各國政府將需要找到建物能效提升(包括既有建物翻新、建造零碳建築)激勵方法，如建築能效證書，綠色租賃協議，綠色債券融資。
- 2. 行為改變：**例如像提高冷氣設定溫度、降低暖氣溫度等方式可以立即減量又不需花費額外成本。
- 3. 電氣化：**全球市場不再銷售化石燃料鍋爐，供暖用天然氣用量也將大幅下降，2050 年電力提供建築能耗將從 2020 年為 33% 提高至 66%。
- 4. 再生能源使用：**除無碳電力的使用外，生質能及其他再生能源使用讓化石燃料的能源消費占比於 2030 年降低 30%，2050 年更降至 2%。

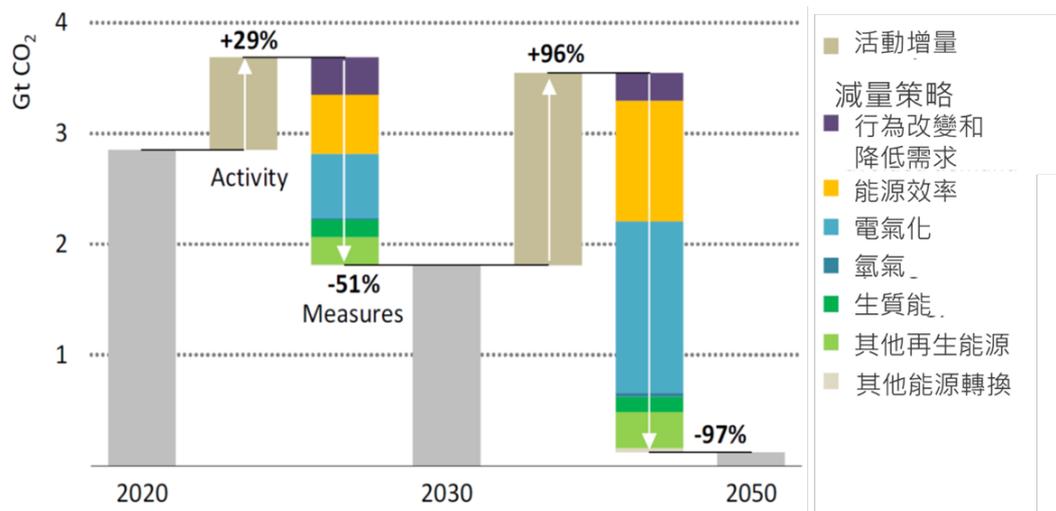


圖 3 建築部門淨零碳量策略

資料來源：UNEP(2020)。

(二)世界經濟論壇(World Economic Forum, WEF)

世界經濟論壇(WEF)2020 年報告「淨零挑戰：快速推進決定性氣候行動(The Net-Zero Challenge: Fast-Forward to Decisive Climate Action)」指出政府如何才能最有效地監管排放呢？不幸的是，不存在單一的銀彈解決方案。一個

雄心勃勃的政策框架 迫切需要有有意義的碳定價、消除化石燃料補貼及部門層級法規和激勵措施，推動部門行動。在建築部門法規跟策略包括：

- 1.管制建築零碳：制定新建築碳中和標準(如禁止化石燃料鍋爐)。
- 2.鼓勵供熱轉換：鼓勵從化石燃料供熱轉向電力和區域供熱。
- 3.提高標準：設定更嚴格的電器效率標準。
- 4.管制空調：強制性能源績效標準、製冷劑廢棄物管理。

(三)英國淨零建築推動策略

英國氣候變化委員會(Committee on Climate Change, CCC)2019 年提出「淨零技術報告 Net Zero Technical report」指出，建築部門碳排放佔英國碳排放總量四分之一以上，英國如果要達成 2050 政策目標，必須將英國 2,900 萬棟既有房屋改善作為推動國家基礎設施的優先事項。技術報告考慮建築物改善的成本與困難度提出漸進式推動策略情境，包括：

- 1.核心措施情境(Core scenario, 預估於 2050 年達成減量 80%目標)：新房、適合區域供暖的房屋和易於改修的房屋透過提高使用能源效率(包括照明和設備效率)和低碳供暖措施的組合進行脫碳；訂定未來家庭標準(Future Homes standard)及未來建築標準(The Future Buildings Standard)，要求具有世界領先水平能源效率、實現零碳的新建住宅及高效建築；並逐步淘汰燃氣電網中高碳化石燃料供暖裝置。
- 2.加強措施情境(Further ambition scenario, 預估於 2050 年達成減量 96%目標)：為成本更高和難以脫碳的建築(如受空間限制的房屋，及具有遺產價值的房屋等)部署低碳供暖和能源效率措施，例如以氫氣和將生物甲烷替代天然氣。
- 3.高度不確定性措施情境(Speculative scenario, 預估於 2050 年達成減量 100%目標)：為脫碳成本最高的建築(預估措施總成本超過約 420 英鎊/噸二氧化碳當量)提供減量策略呈現部門原有減量規劃與其他加強措施，以及具高度不確定性的措施(如：執行上有難度、具高成本或民眾接受度低的措施等)的減量效果。

英國綠色建築委員會(UK Green Building Council, UKGBC)2019 依據巴黎協定目標制定“淨零碳建築：框架定義(Net Zero Carbon Buildings: A Framework Definition)”了，Arup 公司依此提出白皮書「現有旅館業淨零碳轉型(Transforming Existing Hotels to Net Zero Carbon)」以現存旅館業為例，探討既有建築達成淨零排放建築推動策略，白皮書指出從建築物建造、營運使用到廢棄處理都必須降低碳排放，才能達成淨零碳排放，其策略如下。

- 1.建築物減碳：**從建築價值鏈考量生命週期排放量，從設計階段採用低碳建材到建築廢棄物循環再利用，但對於既有商業建築拆除重建還是翻新再利用需要更多權衡考量，除新建築本身節能減碳成效外，還涉及成本考量。
- 2.建築物營運減碳：**在建築物使用期間減少能源使用(包括減少需求及提高能源使用效率等措施)並使用再生能源(包括自行設置或使用電網無碳電力)，剩餘必要能源消費產生的碳排放。
- 3.建築物用電量減少目標：**商業建築物 2050 年單位面積用電量應較現況減少 56-60%，其所需電力應為自身或電網無碳電力，如旅館業單位樓地板面積用電量應該從當前 340kWh/m²yr 降低至 135kWh/m²yr(Arup, 2021)。

(四)日本淨零建築推動策略

日本於第 5 次能源基本計劃(2018 年 7 月內閣決定)即已訂定 2030 年實現新住宅平均達成零能耗房屋(Zero Energy House, 簡稱 ZEH)、既有住宅節能標準 2 倍的目標，主要方式為使用高隔熱的外部建材、導入能源管理系統及高效率設備、使用再生能源(ex 太陽能)以大幅降低能源的使用，讓來自電力公司的電量趨近 0 度。同時，日本國土交通省、產經省、環境省也進一步共同提出生命週期減碳住宅(LCCM 住宅：Life Cycle Carbon Minus: ライフサイクルカーボンマイナス住宅)，除使用階段的 CO₂ 排放外，在整個生命週期(從建造到拆除、再利用等)減少減少材料、製造和施工、修繕階段及廢棄處理的 CO₂ 排放，不但要滿足生命週期零碳排及零能耗房屋條件外，還要確保住宅的居住品質，如圖 4 所示。

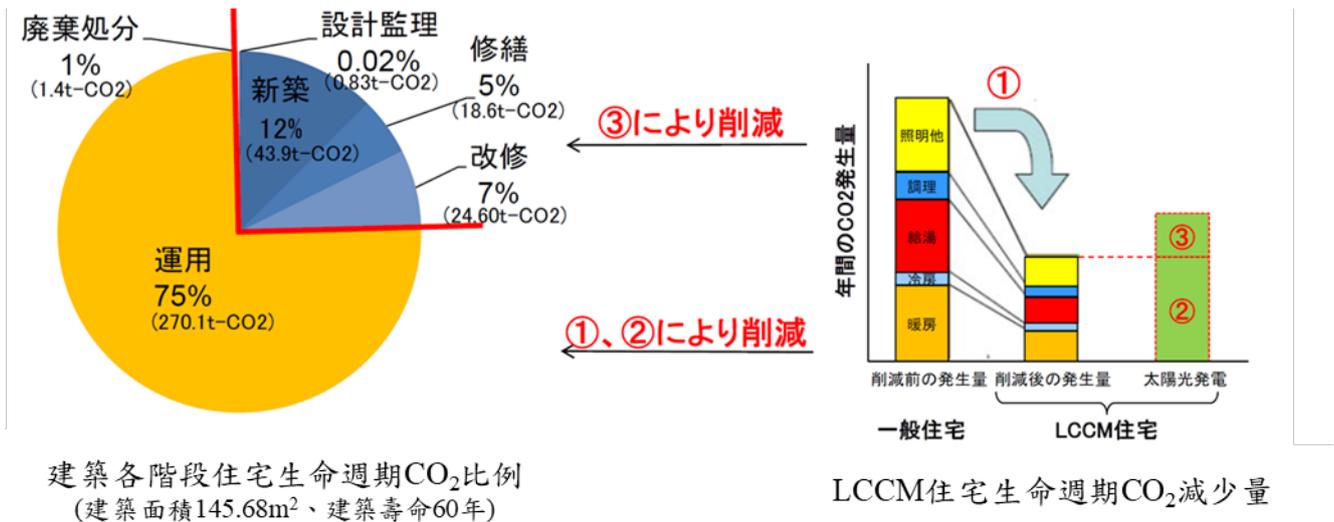


圖 4 日本生命週期減碳住宅生命週期減量

資料來源：日本環境省(2018)。

2020 年日本首相菅義偉宣示將於 2050 年達成淨零碳排目標，日本開始陸續提出邁向 2050 碳中和的各種對策，如產經省於 2020 年 12 月 25 日提出「2050 年碳中和綠色成長戰略(2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戰略)」，內閣官房成長戰略會議事務局在 2021 年 6 月 18 日發布了「成長戰略執行計畫(成長戰略実行計画案)」及「成長戰略推進案(成長戰略フォローアップ案)」，指出日本應順應國際碳中和的潮流，改變傳統思維，主動因應浪潮下產業結構和社會經濟變革方向，期能達成 2050 年淨零碳排目標，其中，建築產業規劃方向包括：

- 1.提高建築強制性節能標準：生命週期減碳住宅(LCCM 住宅)、零能耗房屋/建築(ZEH/ZEB²)、省能住宅持續提高標準，並推動既有建築改善節能率。
- 2.應用人工智慧(AI)、物聯網(IoT)等技術進行能源管理：使用智慧電錶、人工智慧(AI)及物聯網(IoT)等技術追求設備最適使用效率，達到最佳能源管理成效。
- 3.使用高性能建材、設備：持續使用標竿制度提高建築材料和設備的效能，並通過補貼等方式支持次世代節能建築材料的示範和引進。

² 零能耗建築(Zero Energy Building, 簡稱 ZEB)

4. **普及木造建築物**：木造建築可以固定碳，提高減碳貢獻，值得推廣普及。未來將透過建築標準設計及培植設計師等方式擴展。
5. **使用次世代型太陽光電**：通過推廣高效率太陽能發電，努力將房屋和建築物的能源消耗降低到零。

四、我國住商部門減量策略

我國住宅部門與商業部門兩者合計近似建築部門，其中建築物改善策略由內政部主導，但建築物使用階段的節能減碳策略則由經濟部主導。為積極部署我國 2050 年朝淨零排放目標努力的可能路徑，目前，行政院已成立淨零排放路徑專案工作組，將透過「去碳能源」、「產業及能源效率」、「運具電氣化」及「負碳技術」等四大工作圈同步進行不同領域之淨零排放規劃，以強化跨部會整合與加強各界溝通。住宅部門與商業部門淨零排放規劃在「產業及能源效率」工作圈討論。

內政部規劃建築物淨零排放策略，考量住商部門建築設計採用最佳節能技術與策略下，僅能達成近零能源建築，最高可節能 45%。無法完全不使用電力，其餘 55% 用電量需靠導入再生能源發電替代電力，才能達到真正淨零排放，必須導入 100% 使用再生能源產生之電力。另外，針對提高新建建築物節約能源採逐步提高標準、法制與鼓勵並行方式推動：並規定建築物屋頂設置太陽光電，以提高再生能源比例。惟針對既有建築物減量策略，內政部未多加著墨，然根據內政部不動產資訊平台最新統計，今年第一季全國房屋稅籍住宅類近 890 萬宅，平均屋齡約 31 年，其中 30 年以上老屋逾 436 萬宅，接近 49.0%，比重超高，而 5 年內新屋不到 60 萬宅僅占 6.6%，未來老舊住宅如何邁向近零能源將是住宅部門減量一大課題。

經濟部透過落實節約能源法規及措施，落實輔導企業自主減碳，使用無碳燃料，協助企業導入節能減碳商業模式等多項措施，預故可減少碳排放 10 以上。

五、結論

為達成巴黎協定 2°C 以下目標，全球 2050 年邁向淨零碳，建築部門必須大幅減少能源使用及碳排放，各國迫切需要根據《巴黎協定》採取更明確的行動和途徑來刺激低碳建造和投資來促使新建築和既有建築進行脫碳。基此，本文彙整上述國際能源總署(IEA)、世界經濟論壇(WEF)等國際組織建築部門淨零碳策略建議及英國、日本建築部門淨零碳策略規劃，提出以下三點建議，期可提供作為國內研擬住商部門淨零碳路徑相關策略推動參考。

(一)建築淨零排放由使用階段淨零排放擴展至生命週期淨零排放

由於建築部門在建材生產及建築過程耗能高達 10%，因此，英國及日本建築部門淨零策略均已擴展至全生命週期淨零排放，可供我國研擬策略參酌。現階段，我國內政部已研擬近零排放建築策略，也推動低碳建材研發，經濟部與環保署也在推動邁向循環經濟，若能結合近零排放建築策略及循環經濟兩者，對於我國建築節能減碳將更有助益。

(二)建築部門再生能源需求將快速增加，應增加無碳電力供給量

內政部規劃近零能源建築最高可節能 45%，其餘 55%用電量需靠自設再生能源或導入電網無碳電力，才能達到真正淨零排放，這表示我國未來建築部門再生能源需求將快速增加。惟考量我國現階段主要綠電來源為綠電交易市場，以電證合一方式進行交易，目前綠電主要需求者為用電大戶及再生能源百分百供應鏈廠商，未來應增加綠電供給量，以讓建築亦能取得足夠無碳電力，抵銷建築必要能源使用及碳排放。

(三)老舊住宅眾多，應及早規劃老舊節能減碳推動策略

依據內政部統計，我國住宅平均屋齡已達 31 年，屋齡偏高，其中 30 年以上老屋逾 436 萬宅近 49.0%，如老屋新屋比重未能改善，則至 2050 年我國住宅平均屋齡將超過 50 年以上，而依據國際能源總署建議既有建築在 2050 年前完成翻新，以滿足零碳排建築能源標準。基此，內政部與經濟部如何合作，提出節能策略及誘因機制，提高未來老舊住宅翻新意願，以邁向近零能源，將是住宅部門減量一大課題。

參考文獻

- 1.ARUP(2021), Transforming Existing Hotels to Net Zero Carbon.
- 2.IEA(2021), Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector.
- 3.UK Green Building Council(2019), Net Zero Carbon Buildings: A Framework Definition.
- 4.UNEP(2020), 2020 Global Status Report For Buildings And Construction.
- 5.WEF(2020), The Net-Zero Challenge: Fast-Forward to Decisive Climate Action).
- 6.日本產經省 (2020). 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略.
- 7.日本環境省(2018), LCCM 住宅の展開～LCCM 住宅の基本的考え方～.
- 8.自由時報 (2021), 全國逾 30 年老屋 436 萬宅 新屋的 7.5 倍, <https://ec.ltn.com.tw/article/paper/1454867>