

本月專題

國際產業節能減碳技術推動情況與趨勢：2016 清潔節能 進展追蹤

黃啟峰¹、施沛宏²、李丞倫³、吳振廷⁴

摘要

2013 年全球工業部門能源消費成長至 152 EJ，占全球能源消費的 35%。由於經濟成長需求對達成 2°C 的目標將造成更大的壓力，到 2025 年 CO₂ 排放成長必須每年降低 0.7%，而能源成長必須限制在 2% 以內，同時創新的技術必須迅速擴張與布局。全球能源效率改善繼續以穩定的步伐向前邁進，然而建築與家電節能進展比其他部門更快速。根據 IEA 的減量情景，更積極與較低成本的短期措施對達到 2°C 目標與實現能源效率將在減碳方面扮演重要角色。

¹ 工業技術研究院 綠能所 資深研究員

² 工業技術研究院 綠能所 副研究員

³ 工業技術研究院 綠能所 副研究員

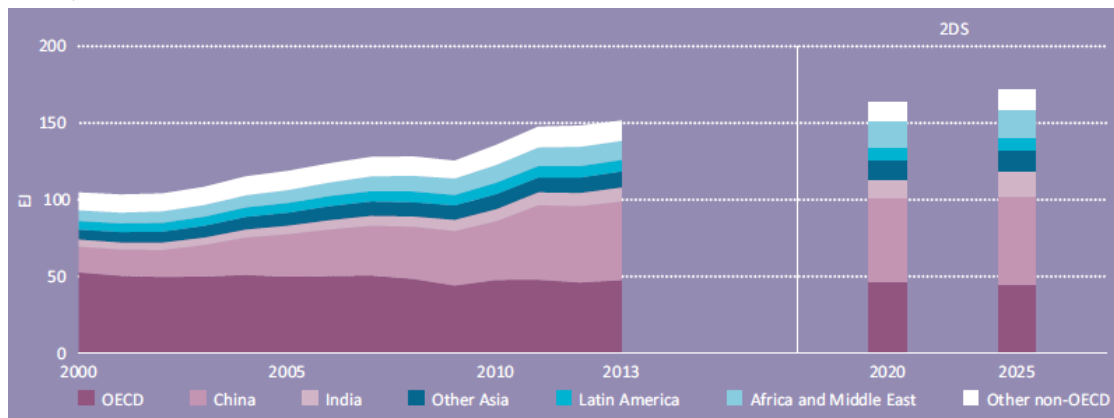
⁴ 工業技術研究院 綠能所 研究員

IEA 於 6 月 1 日發布 2016 年能源技術展望(Energy Technology Perspectives 2016)報告，其中針對全球清潔能源技術發展進行追蹤，檢視達到 2°C(2DS)的 2025 年中期目標之各種清潔能源技術進展。本文針對報告中的工業部門、建築物、建築外殼與設備、家電與照明等之節能進展加以摘錄與整理，作為後續擬定相關節能減碳推動策略之參考。

一、工業部門

(一)近期趨勢

2013 年工業能源消費成長了 2.3%，其中有 60%的貢獻來自於中國與印度，這兩國的工業最終能源消費成長了 3.6%。OECD 國家的工業能源使用成長了 3.3%，而非洲溫和成長 1.2%，中東地區則下降了 1.9%，拉美地區也下降了 0.9%。2013 年各行業的能源使用分布占比並沒有太大變化，能源密集產業能源消費占了工業能源使用約 68%。全球工業能源使用如圖 1 所示。



資料來源：IEA(2016), Energy Technology Perspectives 2016.

圖 1、全球工業能源使用

儘管預期未來幾年中國的工業產品需求放緩，以印度為首的非 OECD 國家仍有強勁的需求成長潛力。在一些地區，例如中國與歐洲，正在解決主要行業的產能過剩問題，特別是鋼

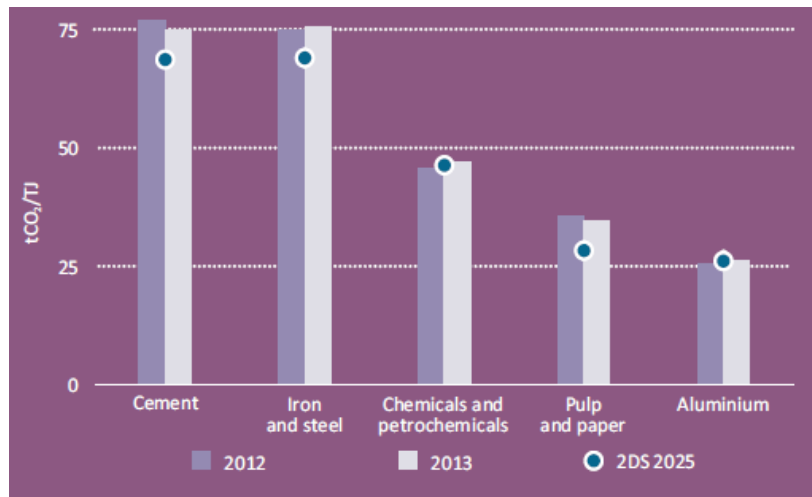
鐵、水泥，以提升經濟的競爭力，他們展現出能源效率改善機會與實施新技術的挑戰。

全球各地有越來越多的政府決策者已考量到跨行業的節能減碳機會。在中國有一個試行計畫，鼓勵循環再利用、資源效率利用、及生命週期的方法來降低工業產品的整體衝擊。印度的實施績效達成與交易⁵ (Perform Achieve and Trade, PAT) 計畫第二期的三年計畫也將擴大實施。公私合作夥伴關係，如 SPIRE、FPInnovations、歐洲的技術平台等，低碳技術發展的誘因與解決障礙也被採用。

(二) 追蹤進展

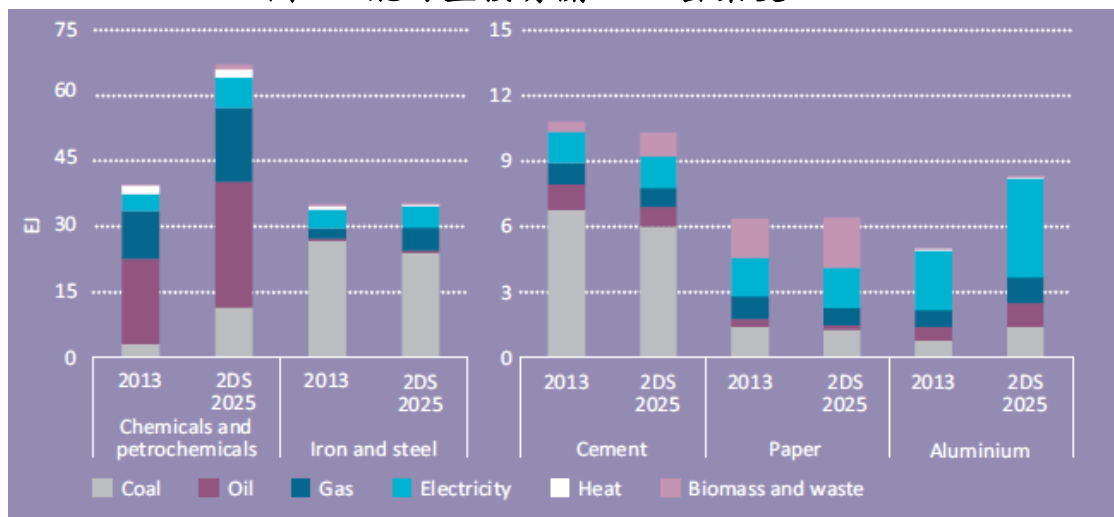
到 2025 年全球 CO₂ 必須限制在 9.7Gt，到 2020 年將達到排放高峰，而為達到 2025 年 2DS 的目標，工業能源消費年均成長率必須限制在 2% 以內。儘管能源消費持續成長，但透過能源效率的提升、採行最佳可行技術、改用低碳燃料、循環再利用、及長期的創新製程技術的實施，CO₂ 的排放減量目標仍可達成。工業的 CCS 需要儘快在 2020 年前導入，以及擴大捕獲量，到 2025 年達 209 Mt CO₂。能源直接有關 CO₂ 密集度與主要行業的能源組合如圖 2 與圖 3。

⁵ PAT 說明：PAT 為印度實施之節能排放交易，政府強制要求「能源大用戶」可透過達成節能目標之餘額或不足之數量來進行交易。而歐盟之能源效率交易則為政府強制要求「能源供應業者」須達成節能目標，賦予供應業者承擔起節能之義務，由能源供應業者對其客戶提供各種節能措施，最後總計其節能量，由能源供應業者進行達成節能目標之餘額或不足數量的交易。印度實施的 PAT 與歐盟國家實施之能源效率交易方式與內涵均有所不同。



資料來源：IEA(2016), Energy Technology Perspectives 2016.

圖 2、能源直接有關 CO₂ 密集度



資料來源：IEA(2016), Energy Technology Perspectives 2016.

圖 3、主要行業的能源組合

儘管在技術示範與支持性政策架構基礎方面，近期進展有溫和的往前，但工業 CCS 的發展仍然不完全。在能源價格波動的大環境下，節約能源的投資將面臨挑戰，仍需要穩定政策來減少短期的不確定性。

(三)建議行動

決策者應該繼續使用傳統的政策工具，例如提供租稅誘因、制訂設備的能源效率標準、及推廣能源管理系統，以支持高效能技術與做法的導入，並透過能源設施安裝的稽核和獎勵高能

效設備來提升對能源效率的影響，改善工業能源統計的技術細項目也有助於其節能的實施。

工業應最適化地使用當地現有能源與原物料資源，最大化程度的製程整合與效率改善，尋找鄰近可相配合使用的工業副產品，例如餘熱。政府應透過穩定、長期、及低碳的策略，例如強制性排放目標、碳訂價、或移除能源補貼等，來支持這些努力。改善國家與地方政策的調和也是非常重要的，例如能源基礎設施規劃中考慮到供冷、供熱的地理布局。產品供應鏈的公私夥伴關係可當作一項工具，來鑑別和優先考量能源與原材料效率的機會，此類型的合作還可以增進碳製程的研究、開發、示範及佈署的投資。

二、建築部門

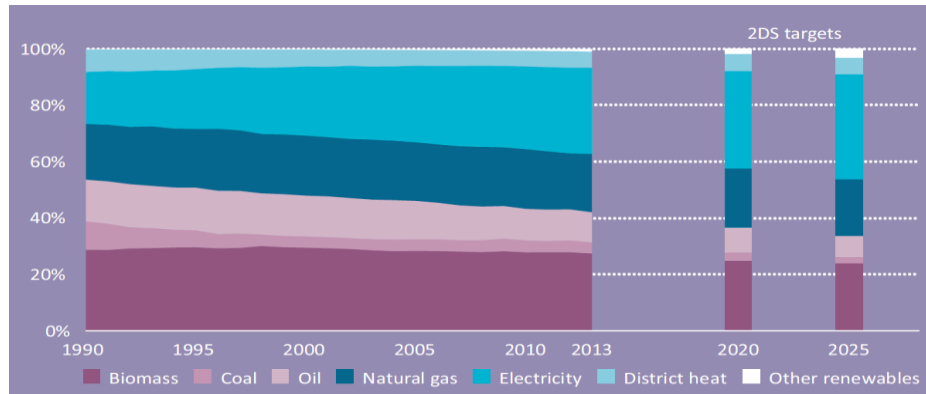
在許多地區，建築部門每平方米的能源密集度均已改善，然而仍不足以抵銷自 1990 年以來全球樓地板面積的倍增。目前仍有龐大的能源效率潛力尚未被開發，因此，必須確實執行並加速改善能源密集度至少 50%，並避免陷入無效率且生命週期又長的建築投資。

(一) 近期趨勢

2013 年全球建築部門消費超過 120 EJ，其占比超過全球最終能源消費的 30%。自 1990 年起，建築部門的直接煤炭消費顯著減少，而石油維持平穩，在此同時，天然氣的使用成長 40%，意味著總化石能源的消費成長大概 8%，而建築部門電力消費量較 1990 年已超過 2 倍。2013 年建築部門占全球電力需求的一半，若將其上游的發電碳排放量併入計算，建築部門約占全球 CO₂ 排放量的三分之一。全球建築能源消費如圖 4 所示。

為抵銷追求舒適生活及改善生活品質所持續產生的建築能源需求，全球對建築能源效率一致的努力是相當重要的。而

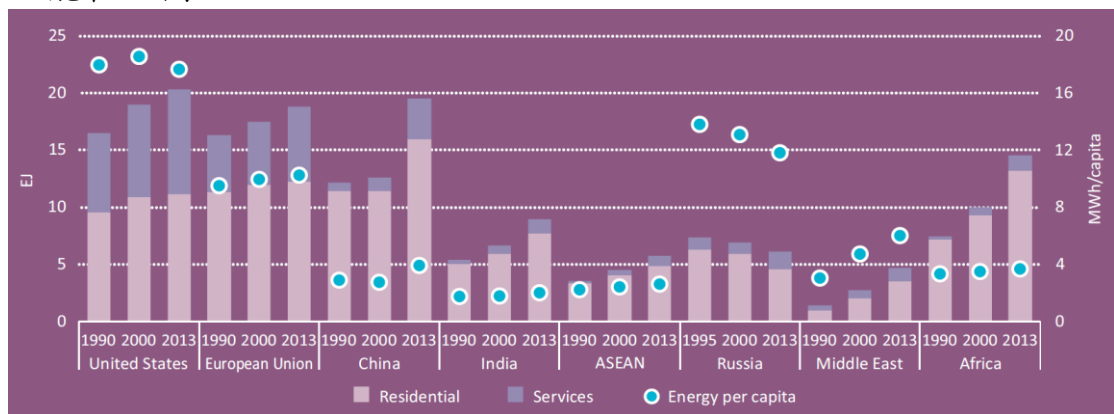
建築部門的能源效率潛力頗為可觀，在最佳可行技術及能源效率政策的部署下，在 2050 年以前，建築部門每年可節能超過 50 EJ，相當於中國、法國、德國、俄羅斯、英國及美國建築部門 2012 年能源使用之總和。



資料來源：IEA(2016), Energy Technology Perspectives 2016.

圖 4、建築能源使用(燃料別)

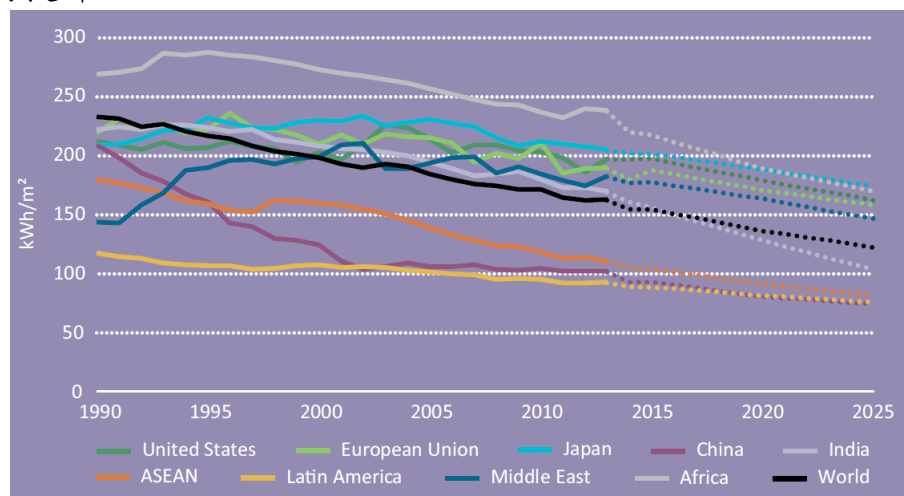
在許多建築能源法規與能源效率政策的發展與實行下，近 25 年來，全球建築能效(以每樓地板面積的最終能源消費計算)每年改善 1.5%，然而能源效率改善的進展仍不夠快，難以抵銷樓地板面積與耗能設備的成長。截至目前，非常少數國家之建築能源消費可與人口成長脫鉤，在大部分地區，人均能源消費仍在成長。主要國家建築能耗、人均能耗如圖 5，每平方米能耗如圖 6。



資料來源：IEA(2016), Energy Technology Perspectives 2016.

圖 5、建築總能源及人均能源使用

2015 年值得注意的是，全球建築與建造聯盟(Global Building Alliance for Buildings and Construction)於巴黎 COP 21 提出建築部門如何在低碳經濟的支持下的轉型預告。全球環境基金(Global Environment Facility)、世界資源研究機構(World Resources Institute)以及聯合國環境規劃署(United Nations Environment Programme)也宣布 Buildings Efficiency Accelerator (BEA)將有新的基金促進發展中國家建築能源效率的提升。



資料來源：IEA(2016), Energy Technology Perspectives 2016.

圖 6、各國建築每平方米能源使用狀況

(二) 追蹤進展

現有的建築能源效率投資將無法如期達成 2DS 目標。越來越多國家雖已經執行或完善建築建造相關之政策，然仍無法抵銷舒適生活與耗能產品的需求增加。能源效率的採納及實行需要被加速，尤其是在新興經濟體，如中國、印度，這些地區未來建築能源需求改善的機會仍然存在，但亦要避免陷入無效、生命週期又長的建築投資。在已開發國家，提升既有建築的深度翻新和高效率建築產品的安裝，對達到 2DS 目標是重要的。就全球而言，建築能效的改善需要從過去 10 年的每年 1.5%，提升至接下來 10 年每年至少 2.5%。

(三)建議行動

政府需要針對新及既有建築，發展或完善其建築能源法規及效能標準。另外，教育計畫、能力建置以及改善建築能源數據解析等，應被利用於告知並改善政策設計、採納與實行。有效的政策與財政激勵是必須的，其具有槓桿積極的建築能源效率行動之作用，以建立市場需求。上述之作為在短期相當重要，若能源效率行動在接下來的 10 年內沒有被實行在許多生命週期較長的建築投資上，2DS 目標將難以達成。

三、建築外殼與設備

自 1990 年起，建築法規與能源效率設備的持續實行，已經改善供冷、暖的密集度，然而其投資並沒有跟上建築部門成長，以及對舒適生活需求之步伐，尤其是針對新興經濟體而言。既存建築的深度節能改造之速度，也不足以達成 2DS 目標。。

(一)近期趨勢

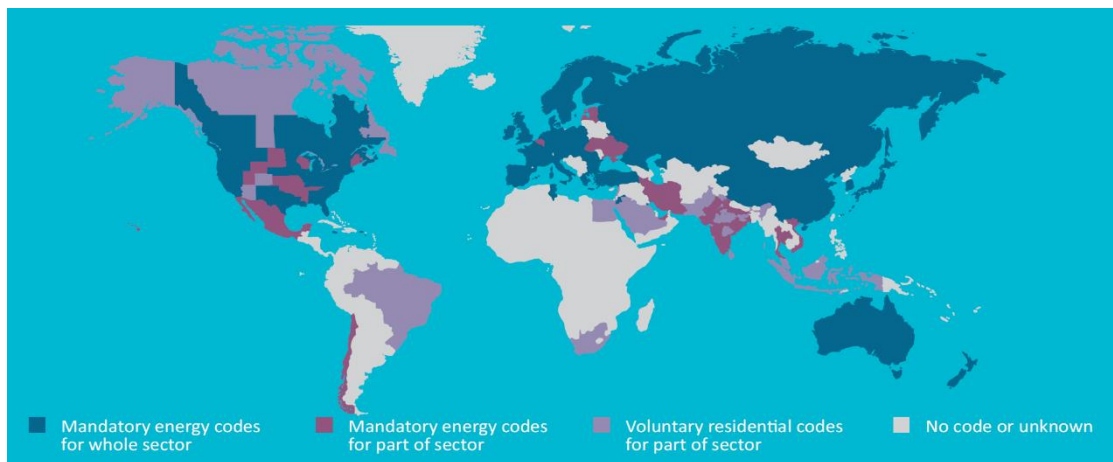
建築供冷與供暖(包含熱水)約占全球建築能源消費的 55%。在建築終端能源使用上，供暖占比仍為最大，約占 2013 年全球建築能源使用的 35%，而供冷則是自 1990 年以來成長最快，每年增加超過 4%。設備與建築隔熱效能之改善已有長足之進展，其對供熱冷的需求影響最大，然而，能源密集度的改善(全球每年約 2%)仍不足以抵銷總建築樓地板面積與對舒適需求的成長。

全球現有建築深度節能改造(deep energy renovation)的進展緩慢，欲達到 2DS 目標，每年深度節能改造率需從 2%改善至 3%，然目前進展與此目標仍有差距。某些國家，如德國與法國，以完善的建築改造激勵措施取得顯著的進展，近年約花費 150-200 億美元在建築能源效率上。

目前針對新建築所制訂或完善可執行之強制性建築法規

之進展緩慢，尤其是在快速發展的新興國家，其能源效率改善之步伐趕不上建築部門的成長。新興國家中，近來有顯著發展的包含印度提高其行政區水準(state-level)之建築法規，有 23 個邦(state)或聯邦屬地(territories)⁶已採行或採行中的節能建築法規(Energy Conservation Building Code)。然而，大多數國家仍然只有自願性或是尚無建築能源法規。各國建築能源法規實施現狀如圖 7 與圖 8 所示。

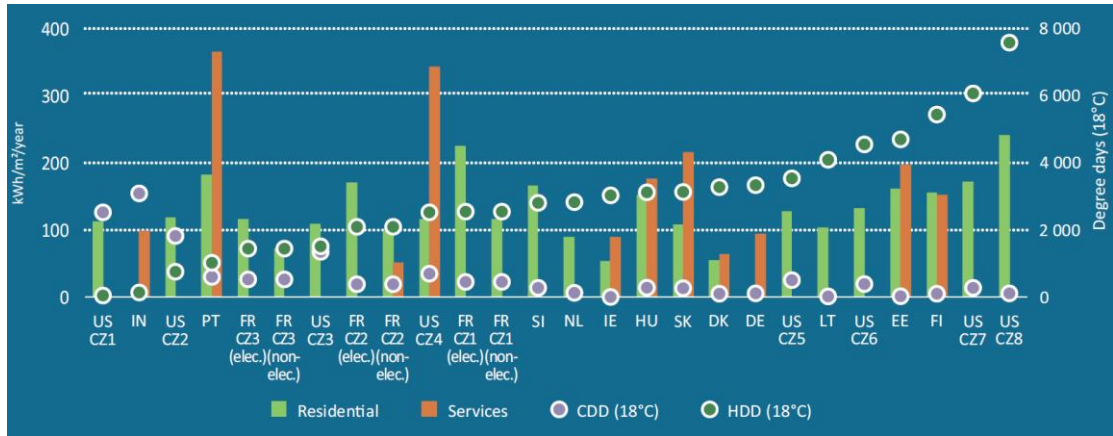
有鑑於許多國家已經制定強制或最低能效標準(MEPS)，故未來持續地採用有效率的供暖、供冷及熱水設備之可期的。然而，許多市場的設備標準與平均產品效率仍遠低於最佳可行技術(BAT)，需要強勁的推力以確保高效率設備的安裝，並盡可能縮小 MEPS 與最佳設備效率的差距。各國建築設備標準與最佳設備之比較如圖 9 所示。



資料來源：IEA(2016), Energy Technology Perspectives 2016.

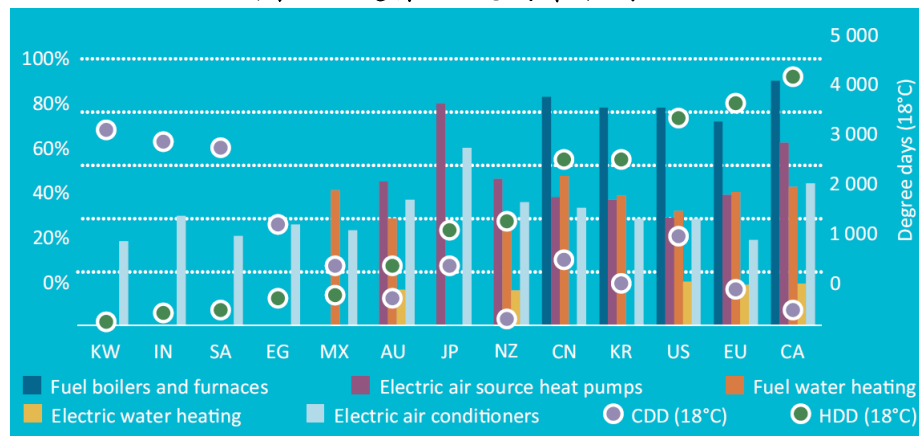
圖 7、建築能源法規涵蓋概況

⁶印度共有 28 個邦、7 個聯邦屬地及一個國家首都轄區。



資料來源：IEA(2016), Energy Technology Perspectives 2016.

圖 8、建築法規的最低承諾



資料來源：IEA(2016), Energy Technology Perspectives 2016.

圖 9、各國建築設備標準與最佳設備之比較

(二) 追蹤進展

儘管已有部分針對既有建築深度節能改造之進展，然目前的改造率仍無法達到建議的每年建築改造水準從 2% 上升至 3%。產業與政府資助的研發計畫已經持續進行先進的建築外殼與設備技術示範與佈署，這些努力成果包含超級隔熱材料的發展、氣封技術的完備以及寒冷氣候熱泵技術的進展。區域協調與提高最低能效標準的進展緩慢，使得投資訊號仍顯得微弱。

(三) 建議行動

政府與產業應該持續資助能源效率技術的研發，包含支持

透過 IEA 技術合作的國際研究計畫。政府也應該提高能源效率設備的規格，以及藉由增加深度翻修計畫的投入金額，以因應既有建築的能源使用，另外，也應促進公共建築的節能改造行動，以做為這些改造的經濟價值潛力之示範。

四、家電與照明節能進展

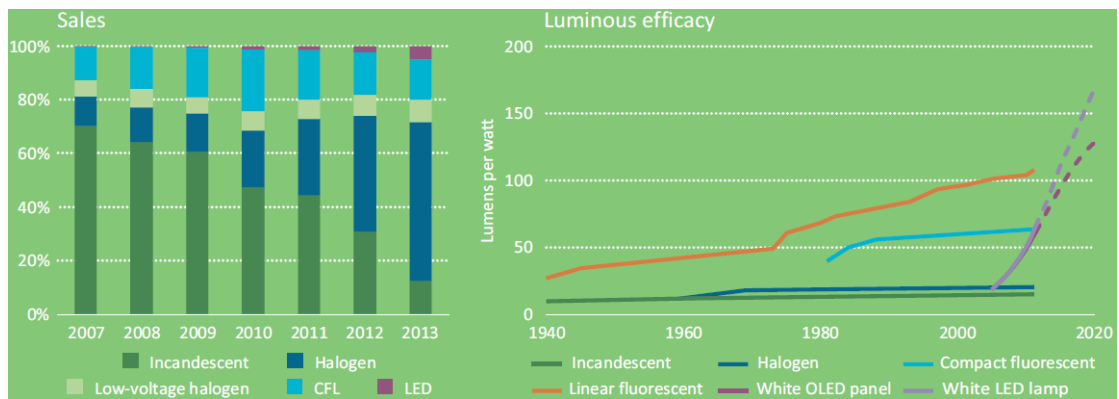
基於至今顯著的成果，能效標準與標章(EESL)計畫應持續推廣以提升採行的國家數量，以及增廣涵蓋的產品種類範疇，隨著高效率照明、家電以及馬達的技術演進，EESL 計畫需致力於持續調整其規範內容，以維持高效率產品的佈署。

(一)最近的趨勢

EESL 計畫雖然抑低了家電、照明及其他設備⁷的能源需求成長，但此些設備的總能源使用量仍持續上升，從 2015 年各採用 EESL 計畫的國家可以發現，長期以來主要家電設備的能源效率年成長率大約維持在 3~4%，與年成長率 0.5~1%的技術發展相比可視為佐證，而其中推動 EESL 計畫最成熟的國家預估可以節約 25%的能源使用量。歐盟住宅部門照明銷售及效率如圖 10 所示。

值得注意的是，從 2015 年開始歐盟和美國(2016 年初)針對變壓器和熱水器制訂強制規範；以及為達到年節約 350 億度電的決議，東南亞國家協會(ASEAN 簡稱東協)成員國致力於區域性統一照明標準及政策；另外於潔淨能源部長級會議(CEM)上啟動的全球照明挑戰計畫(GLC)亦宣布需加速高效率、高品質又經濟實惠的照明產品，以盡快達到 100 億的銷售目標。

⁷ 其他設備：包含泵、馬達、辦公設備及和建築相關的電子裝置。



資料來源：IEA(2016), Energy Technology Perspectives 2016.

圖 10、歐盟住宅部門照明銷售及效率

家電、照明及設備的使用成長率持續超越能源效率提升的速度(如圖 11)，此趨勢以電視產品尤為明顯，其產品大小(如螢幕大小)減緩了能源效率的提升速率，其他種的插座設備(如小型家電、儀器)亦在無能源效率的規範下持續快速增加。

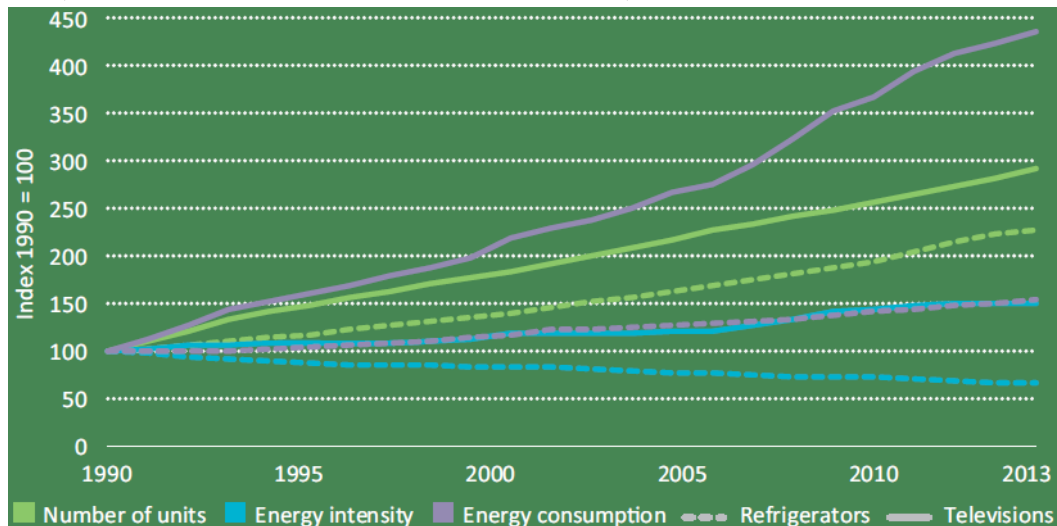
儘管利用政策的設計可以促進更多高效率家電及設備使用，但其中技術的選擇卻會流失更多節約能源的機會，如歐盟採用鹵素燈而非節能燈、LED 照明即為一典型的例子，不過在其他市場如美國 LED 照明技術的採用於近年來正快速地增加。

「智慧」家電及網絡設備的市占率不但持續成長，且在能源管理的改善方式上有很大的應用潛力，但如果無適當的操作反而會造成提升能源耗用的反效果，從 IEA 4E TCP 近期對於智慧燈具的測試報告便可證明，網絡設備全球能源使用量不但超過 6000 億度電，且正快速成長，國際政策迄今對於智慧家電和網絡設備已有不同的應變，其中前景被看好的是連接設備連盟⁸致力於發展所有網絡設備以進行節能量極大化、能源使用量極小化的國際方案。

(二) 追蹤進展

⁸ 連接設備連盟：由 G20 能源效率行動計畫底下的網絡設備計畫於 2015 所建立之聯盟，由超過 350 個政府及企業所組成。

目前已有超過 80 個國家針對超過 50 種家電和設備採用 EESL 計畫，另外尚有許多國家正在擬定或考慮中，雖然當前最重要的任務是將網絡及插座設備(如行動電子設備、小型家電)納入 EESL 計畫的範疇，不過對於其他家電與設備的涵蓋範圍亦同時持續擴大，在 2DS 的目標下，電力消費的年成長率必須從現在的 3% 至 10 年前的一半，即 1.5%。



資料來源：IEA(2016), Energy Technology Perspectives 2016.

圖 11、全球冰箱及電視能源使用指標

(三)建議行動

EESL 計畫需要被定期檢視，以確保能源效率要求持續跟上技術的演進與政策目標的一致性，各國亦需逐步增加 EESL 計畫的嚴謹性，以確保計畫持續涵蓋高效率技術。