

知識物件上傳表

- 一、計畫名稱：公部門用電效率管理計畫（2/4）
- 二、上傳主題：淨零能源建築之照明節能推動策略
- 三、提報機構：財團法人台灣產業服務基金會
- 四、提報時間：2022年06月14日
- 五、報告內容

與計畫相關	<input checked="" type="checkbox"/> 1. 是 <input type="checkbox"/> 2. 否
國別	<input type="checkbox"/> 1. 國內 <input checked="" type="checkbox"/> 2. 國外
能源業務	<input type="checkbox"/> 1. 能源政策（包含政策工具及碳交易、碳稅等） <input type="checkbox"/> 2. 石油及瓦斯 <input type="checkbox"/> 3. 電力及煤碳（包含電力供應、輸配、煤炭、核能等） <input type="checkbox"/> 4. 新及再生能源 <input checked="" type="checkbox"/> 5. 節約能源（包含工業、住商、運輸等部） <input checked="" type="checkbox"/> 6. 其他
能源領域	<input type="checkbox"/> 1. 能源總體政策與法規 <input type="checkbox"/> 2. 能源安全 <input type="checkbox"/> 3. 能源供需 <input type="checkbox"/> 4. 能源環境 <input type="checkbox"/> 5. 能源價格 <input type="checkbox"/> 6. 能源經濟 <input checked="" type="checkbox"/> 7. 能源科技 <input type="checkbox"/> 8. 能源產業 <input checked="" type="checkbox"/> 9. 能源措施 <input type="checkbox"/> 10. 能源推廣 <input checked="" type="checkbox"/> 11. 能源統計 <input type="checkbox"/> 12. 國際合作
決策知識類別	<input type="checkbox"/> 1. 建言（策略、政策、措施、法規） <input checked="" type="checkbox"/> 2. 評析（先進技術或方法、策略、政策、措施、法規） <input type="checkbox"/> 3. 標竿及統計數據 <input type="checkbox"/> 4. 其他：
重點摘述	<p>在建築之節能上，照明節能之重要性僅亞於空調系統之節能。在政府機關與學校方面，由於用電時間是屬於電力系統的用電尖峰時間，若能從政府機關辦公室以及學校教室照明部分著手改善，對節能具有相當程度的助益。除了節能外，教室照明品質影響學生視力甚鉅，更是不可忽略的課題。因此，如何在兼顧節能與照明品質的條件下，評選出適合辦公室及一般上課教室的最佳照明配置，並擬定推動策略，值得探討。</p> <p>照明系統之耗能佔建築總能耗的四分之一以上。因此，優化照明能源使用以實現淨零之目標是相當重要的。雖然目前照明節能燈具在市場上可容易購得，但在為了達到淨零能源建築，進一步的節能手法，需將照明系統結合自然採光之利用，透過建築外殼之形式、座向和建築開口部開窗設計將日(晝)光引入建築內以減少人工照明之使用。為有效善用晝光，照明系統之點滅需結合自動控制系統才有理想的照明節能量，此可透過晝光控制感知器、人體動作</p>

感知器應用輔助照明之點減可以進一步減少照明能源的使用。

一、淨零能源建築(NZEB)照明系統節能策略

照明系統之耗能佔建築總能耗的四分之一以上。因此，優化照明能源使用以實現淨零之目標是相當重要的。雖然目前照明節能燈具在市場上可容易購得，但在為了達到淨零能源建築，進一步的節能手法，需將照明系統結合自然採光之利用，透過建築外殼之形式、座向和建築開口部開窗設計將日(晝)光引入建築內以減少人工照明之使用。為有效善用晝光，照明系統之點減需結合自動控制系統才有理想的照明節能量，此可透過晝光控制感知器、人體動作感知器應用輔助照明之點減可以進一步減少照明能源的使用。

淨零能源建築(NZEB)的整體概念是高效能建築與電網的連結，使用可再生能源以彌補其自身的能源需求(IEA 2014)。根據美國能源部(DoE)的定義，零能耗建築被定義為能夠產生足夠的可再生能源以滿足自身年度能耗需求的建築(U.S. DoE 2015)。而根據歐盟法規，近零能耗建築是指具有非常高的節能性能的建築，而該建築的能耗要求必須很低，且大幅採用可再生能源，包括現場生產的能源或利用附近可取得之再生能源(European Commission)。有幾個指標可以定義建築物的性能，例如現地淨零能源建築(on-site NZEB)、淨零能源建築(NZEB)、淨零能源成本建築(Zero Energy Cost Building)和淨零能源排放建築(Zero Emission Building)。近零耗能建築之設計技術分為(1)被動式設計、(2)主動式設計與(3)再生能源運用等三個面向。下圖 1 顯示了多種達成淨零能源建築各種可能之節能措施，這些常見的建築節能措施包括自然採光、自然通風、建築方位、建築隔熱、建築遮陽、照明節能、空調節能、設備節能和能源管理等手法等，其中即包括了自然採光與高效率照明，是屬於被動式節能設計之一環。

一般而言 NZEB 要求建築在日常使用運轉階段其間，通常以一整年之能源使用需達平衡狀態。在能源使用平衡的過程中，首先必須先確定建築系統的邊界(building system boundary)。首先是「物理性的邊界」，這包括決定何種可再生能源需要納入考量(例如建築整個生命週期、基地內/或基地外的再生能源等)，單一建築或整個建築群皆納入評估等。其次是「平衡的邊界」，這裡必須確立進行評估的能源種類，這包括冷暖房、通風換氣、熱水、照明等，通常一般先納入評估計算的是空調系統、照明系統與熱水加熱設備的耗能量，至於電器設備的耗能有時是附加設定，不一定納入第一層級的平衡邊界計算中。

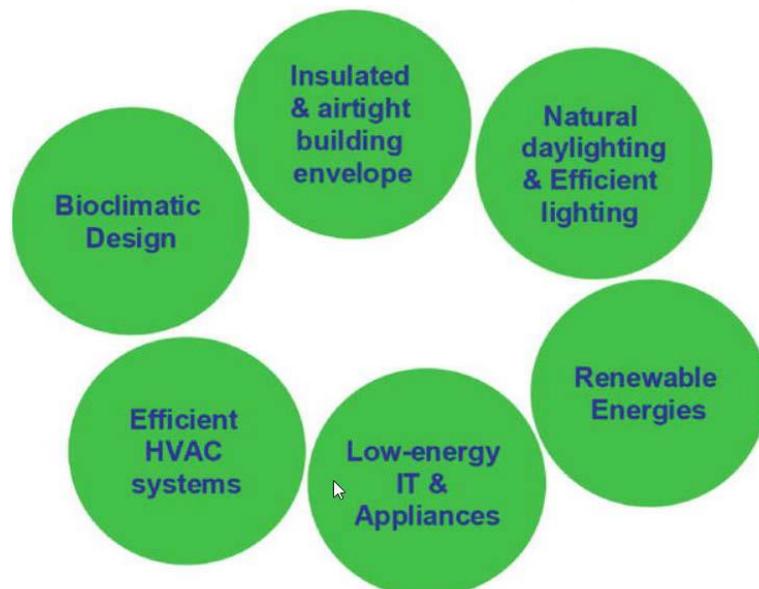


圖 1 淨零能源建築各種可能之節能措施
(資料來源：Shehadi 2020)

詳細說明

二、國內外有關照明節能技術彙整

從觀察全球照明政策發展方向可以發現，主要朝兩大方向推動，第一為提高照明產品發光效率或 minimum energy performance standard(MEPS)，藉此淘汰低效率光源。第二為投入高效率照明產品以及智慧照明研發，藉此達到節能減碳之目的。以 2018 年而言，可以發現不論是美國與歐盟，不同以往的照明政策陸續出爐，例如歐盟要求將所有光源發光效率達到 85 lm/W 以上，所以白熾燈泡發光效率約 10-15 lm/W、標準鹵素燈的發光效率約為 25 lm/W，而安定器內藏式螢光燈泡(省電燈泡)約達到 50-60 lm/W，若未來此三項產品技術無法持續提升，將表示白熾燈泡、鹵素燈泡以及省電燈泡將無法在歐洲各地銷售。2021 年歐盟全新能效標示已啟用，3 月先以大型家電用品進行推行，預計於 9 月推行燈泡及燈具之能效標籤。

表 1 中整理了各國之主要照明節能政策，包括歐盟(Lighting Europe 2017, European Commission 2020, European Union 2021)、美國(U.S. Department of Energy 2018, Leah C. Stokes, Olivia Quinn et al. 2021, The Climate Reality Project 2021, U.S. Agency for International Development 2021)、新加坡(National Environment Agency 2018, National Environment Agency 2019, National Environment Agency 2019, National Environment Agency 2021)、中國(LED inside 2011, 城市光網 2020, TrendForce 2021)、日本(經濟產業省 資源エネルギー庁 2015, 經濟產業省 資源エネルギー庁 2019, Japan Lighting Manufacturers Association 2020)等。所示因此可以發現全球照明節能與環保政策發展更加嚴謹，並且持續朝提高照明產品最低能效標準發展，值得我國效法與跟進。

表 1 各國照明節能主要政策

國家	以前	現在(2021 年)	未來
歐盟	<ul style="list-style-type: none"> 2018/9/1 起禁止銷售鹵素燈 serviceable luminaires in a circular economy 白皮書 歐盟科研架構計畫「Horizon2020」能效標籤草案研擬(採用發光效率分級依據) 7th 環境行動綱領 	<ul style="list-style-type: none"> 2021/3/1 歐盟最新能效標籤(冰箱、洗碗機、洗衣機、電視機)適用 2021/9/1 燈泡及燈具之新標籤實施，而其他產品則陸續實施 	<ul style="list-style-type: none"> 2023/9 起開始淘汰辦公室常見的鹵素燈及傳統螢光燈
美國	<ul style="list-style-type: none"> 2018 後所用的白熾燈發光效率需達 45lm/w 2018 年美國能源部(Department Of Energy,DOE)宣布推動固態照明(Solid-state lighting,SSL)技術 四大主要方向 (1) LED、OLED 和跨領域照明研究的核心技術研究 	<ul style="list-style-type: none"> 街道照明更改成節能 LED 計畫 預計國會通過 Clean Electricity Standard (CES) 法案 	<ul style="list-style-type: none"> 2035 年實現 100% Clean Electricity

	<ul style="list-style-type: none"> (2) LED 和 OLED 的概念驗證和原型開發 (3) 探索 LED 先進製造方法，OLED 基板和封裝製造以及 OLED 面板製造 (4) 在有限的模擬現場應用設置中，評估創新的照明技術 		
新加坡	<ul style="list-style-type: none"> • 新加坡國家環境局(NEA)於2018年10月26日宣布，將逐步淘汰低效率光源效的燈泡 	<ul style="list-style-type: none"> • 提高燈泡最低能效標準 (MEPS) • 擴大強制性能源標籤計畫 (MELS) 範圍 	<ul style="list-style-type: none"> • 2023 年起市售之燈泡能源效率需達到 LED 標準 • 在 2023 年之前審查碳稅率，並計畫在 2030 年之前將其提高到每噸溫室氣體排放 10 至 15 美元之間。
中國	<ul style="list-style-type: none"> • 2016 禁售 15 瓦以上白熾燈泡 • 2018 公布第 23 期節能產品政府採購清單，其中省電燈泡已於清單中剔除 • 2017「半導體照明節能產業規劃」開展知名建築照明應用、建築智慧照明節能改照 • 2016-2020「工業綠色發展規劃」將綠色發展理念成為工業全領域全過程的普遍要求 	<ul style="list-style-type: none"> • 將推動淘汰含汞電池、螢光燈產品的生產與使用 • 發展三大主軸: <ul style="list-style-type: none"> (1) 智慧照明 (2) 人因照明 (3) 新興國家照明 	
日本	<ul style="list-style-type: none"> • 由日本照明工業會(JLMA)所發布的照明成長戰略 2020，制定 2020 年固態照明燈具流量朝向 100%，市場上現有固態照明燈具達 50%。 • 汞燈於 2020 年生產限制且不可使用 • 2019/4《節能法》的「トップランナー制度」宣布了新的 LED 照明燈具節能標準 	<ul style="list-style-type: none"> • 發展固態照明燈具 	<ul style="list-style-type: none"> • 2030 年市場上現有固態照明燈具達 100%。

(資料來源：本研究整理)

淘汰低效率的白熾燈泡已成為全球照明節能政策首要目標，我國雖然已禁用鹵素燈泡且開始禁用 25W 以上的白熾燈泡產品為一般照明用途，但 MEPS 規範也遠低於歐美最新標準 (25W 以下並無相關管制)，因此，建議未來政府可以朝著持續提高 MEPS 規範的方向著手，進一步降低我國照明能耗標準。此外，2018 年歐盟能效標籤法規的新草案中將採用發光效率作為分級依據，發現若要達到 A 級，產品發光效率須達到 210 lm/W 以上，因此可見歐盟對於未來 LED 照明效率提升仍相當有信心且配合歐盟生態設計法律草案中提出所有光源的最低發光效率要求為 85 lm/W，因此將其最低效率的產品訂在 85 lm/W 以下。以現今 2021 來看，歐盟的最新能效標籤法規已在實施且已有完善的相應配套，顯而易見的歐盟在於其重大政策的推行上是有效率及準確性的。

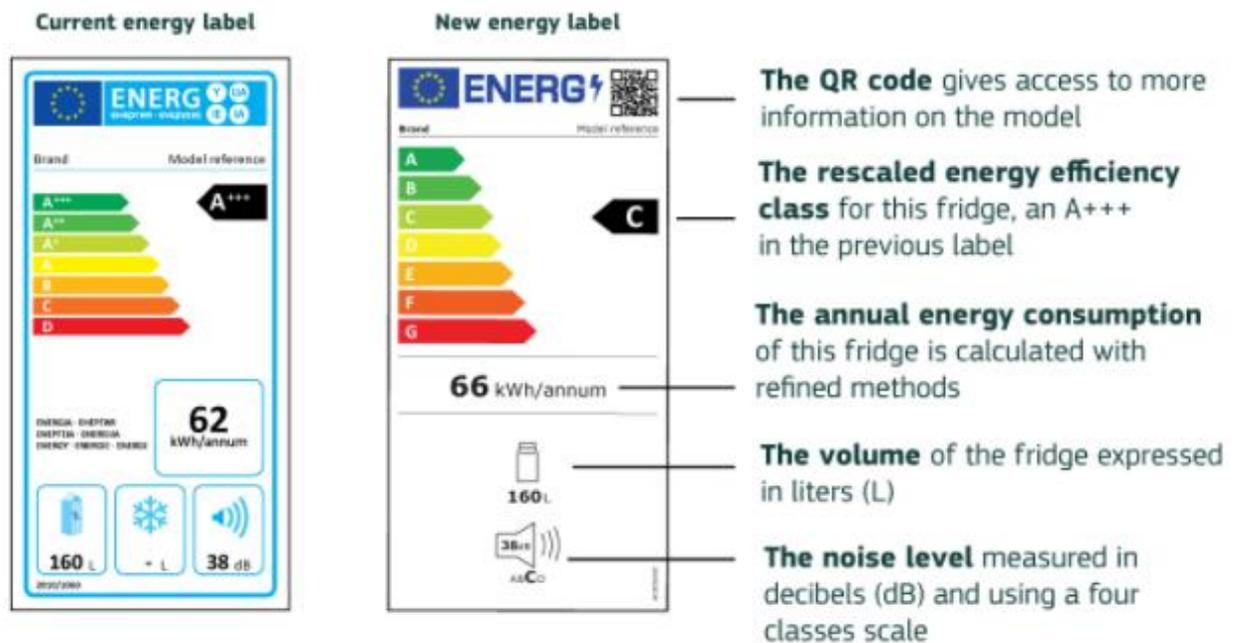


圖 2 歐盟最新能效標籤
(圖片來源：European Commission)

反觀我國 LED 燈管容許耗用能源基準設在 105 lm/W，僅為歐盟能效標籤中的 E 級(A 為最高級 ≥ 210 lm/W；G 為最低效率 < 85 lm/W)。因此建議未來可參考主要國家最低能效標準變化，進一步提高我國照明產品能效標準，以達到刺激國內廠商技術提升且達到照明節能之目的。

LED 燈管容許耗用能源基準

分類	不可進行調光控制且不可調整色點		可進行調光控制或可調整色點
	額定光通量 600 lm 以上	額定光通量 小於 600 lm	
發光效率 基準(lm/W)	105.0	95.0	95.0

圖 3 2020 年國內 LED 燈管容許耗用能源基準
(資料來源：(經濟部 2020))

下表 2 中統整整理了各國之主要照明節能政策，包括歐盟(Lighting Europe 2017, European Commission 2020, European Union 2021)、美國(U.S. Department of Energy 2018, Leah C. Stokes, Olivia Quinn et al. 2021, The Climate Reality Project 2021, U.S. Agency for International

Development 2021)、新加坡(National Environment Agency 2018, National Environment Agency 2019, National Environment Agency 2019, National Environment Agency 2021)等。由表中可發現全球照明節能與環保政策發展更加嚴謹，並且持續朝提高照明產品最低能效標準發展。

表 2 各國照明節能主要政策簡表

國家	政策項目
美國	<ul style="list-style-type: none"> • 2018 推動固態照明(Solid-state lighting,SSL)技術 • 2021 國會預計完成通過 Clean Electricity Standard (CES)法案 • 2035 實現 100% Clean Electricity
歐盟	<ul style="list-style-type: none"> • 2020「Horizon2020」能效標籤草案研擬(採用發光效率分級依據) • 2021/3 最新能效標籤實施 • 2023/9 起開始淘汰辦公室既有的鹵素燈及傳統螢光燈
新加坡	<ul style="list-style-type: none"> • 2021 提高燈泡最低能效標準 (MEPS) • 2021 擴大強制性能源標籤計畫 (MELS) 範圍 • 2023 年起市售之燈炮要率需達到 LED 標準

根據美國能源部 DOE 曾指出，未來照明技術發展方向將朝(1)照明性能和設計，以及(2)聯網照明等二方向，此皆可明確看出智慧照明技術的重要性。本研究針對建築照明技術之照明性能和設計與聯網照明做文獻回顧，整理如下表 3。

表 3 新興建築照明技術回顧簡表

發展方向	內容
照明技術	<ul style="list-style-type: none"> • 固態照明技術(SSL)結合 LED、OLED 等先進照明技術
聯網設計	<ul style="list-style-type: none"> • 藍芽 2.0 的建築照明控制(US LED 2021) • 建築物聯網(IoT)照明(IotaComm 2019)

資料來源：

- [1] BPIE (2014). ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATES ACROSS THE EU, BPIE.
- [2] Cohen, R., W. Bordass and J. Field (2006). EP Label: a graduated response procedure for producing a building energy certificate based on an operational rating. Building Performance Congress. Pg.
- [3] Department of Energy (2015). "American State Building Codes." <https://www.buildingsguide.com/blog/resources-building-codes-state/>(Accessed Date: 2021.02.15).
- [4] Deutsche Energie-Agentur "zukunft haus." <https://www.zukunft-haus.info/start/>(Accessed date: 2021.02.15).
- [5] DISER (2021). Appliances, lighting and equipment <https://www.energy.gov.au/government-priorities/appliances-lighting-and-equipment>.
- [6] DISER (2021). Trajectory for Low Energy Buildings. <https://www.energy.gov.au/government-priorities/buildings/trajectory-low-energy-buildings>.
- [7] European Commission "Energy." https://ec.europa.eu/energy/content/nzeb-24_en.
- [8] European Commission. (2020). "Horizon 2020." from <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/>.
- [9] European Commission, J. R. C. J., PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, (2013). "Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR), Release Version 4.2 FT2010." <http://edgar.jrc.ec.europa.eu>.
- [10] European Union. (2021). "New EU energy labels applicable from 1 March 2021." Retrieved 2021.05.12, from https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_818.
- [11] Federal Ministry for Economic Affairs and Energy "Energiewende."

其他資料

- <https://www.bmwi.de/Navigation/DE/Home/home.html>(Accessed date: 2021.02.15).
- [12] Field, J. and P. Efficiency (2020). "Implementation of EPBD Article 7.3 in Germany and the UK: Comparison of Methodologies and Procedures."
- [13] Healy, D. (2013). Asset Ratings and Operational Ratings-The relationship between different energy certificate types for UK buildings. Liverpool, UK: CIBSE Technical Symposium, Liverpool John Moores University.
- [14] International Energy Agency (2012). "CO2 Emissions from Fuel Combustion. Beyond 2020 Online Database." Available at: <http://data.iea.org>.
- [15] International Energy Agency (2013). "IEA Online Data Services." <http://data.iea.org/ieastore/statslisting.asp>.
- [16] IotaComm. (2019). "The Bright Future of LED & IoT Lighting." Retrieved 5.21, 2021, from <https://www.iotacommunications.com/blog/the-bright-future-of-led-iot-lighting/>.
- [17] Japan Lighting Manufacturers Association (2020). 照明成長策略-Lighting Vision 2030. Japan.
- [18] Leah C. Stokes , Olivia Quinn , Sam Ricketts , Bracken Hendricks and Narayan Subramanian (2021). A Roadmap to 100% Clean Electricity by 2035. U.S., Evergreen Collaborative.
- [19] LED inside. (2011). "中國將透過白熾燈淘汰政策與 LED 照明補貼政策來推升 LED 市場需求." Retrieved 5.15, 2021, from <https://www.semi.org/en/node/zh-22736>.
- [20] Lighting Europe (2017). Serviceable Luminaires in a Circular Economy.
- [21] NatHERS (2021). Industry, Science, Energy and Resources <https://www.nathers.gov.au/WholeofHome>.
- [22] National Environment Agency. (2018). "All Light Bulbs Sold In S'pore To Be Minimally Of LED Efficiency Level From 2023." Retrieved 5/12, 2021, from <https://www.nea.gov.sg/media/news/news/index/all-light-bulbs-sold-in-s-pore-to-be-minimally-of-led-efficiency-level-from-2023>.
- [23] National Environment Agency (2019). Enhancements to MEPS and MELS with effect from 1 November 2019.
- [24] National Environment Agency. (2019). "Reporting of emissions and payment of carbon tax " Retrieved 5/13, 2021, from <https://www.nea.gov.sg/our-services/climate-change-energy-efficiency/climate-change/carbon-tax>.
- [25] National Environment Agency. (2021). "Minimum Energy Performance Standards." Retrieved 5.13, 2021, from <https://www.nea.gov.sg/our-services/climate-change-energy-efficiency/energy-efficiency/household-sector/minimum-energy-performance-standards>.
- [26] NCC (2021). NCC 2022 energy efficiency project development process <https://www.energy.gov.au/publications/australian-energy-update-2021>. f. B. E. Council: <https://www.energy.gov.au/publications/australian-energy-update-2021>.
- [27] Shehadi, M. (2020). Net-Zero Energy Buildings: Principles and Applications, IntechOpen.
- [28] The Climate Reality Project. (2021). "What are clean electricity standards?" Retrieved 5/10, 2021, from <https://www.climate realityproject.org/blog/what-are-clean-electricity-standards>.
- [29] The IPCC Working Group III (2014). "Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change." Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change.
- [30] the White House "Executive Order -- Planning for Federal Sustainability in the Next Decade." <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2015/03/19/executive-order-planning-federal-sustainability-next-decade>(Accessed date: 2021.02.15).
- [31] TrendForce. (2021). "2021 全球 LED 照明市場展望與機會挑戰分析." Retrieved 5.16, 2021, from <https://www.ledinside.com.tw/research/20210204-37172.html>.
- [32] U.S. Agency for International Development. (2021). "lighting standards." Retrieved 5/12, 2021, from <https://www.usaid.gov/energy/powering-health/technical-standards/lighting>.

- [33] U.S. Department of Energy (2018). solid-state lighting r&d workshop agenda. U.S. .
- [34] U.S. DoE (2015). A common definition for zero energy buildings, The National Institute of Building Sciences for the U.S. Department of Energy.
- [35] US LED. (2021). "smart blu2.0 - This is networked lighting controls your way." Retrieved 5.21, 2021, from <https://info.usled.com/smart-blu-network-lighting-controls>.
- [36] 城市光網. (2020). "2020 年中国照明工程行业国家及省市政策汇总." Retrieved 5.16, 2021, from <https://www.urbanlight.cn/newsdetail/edef7539-30cb-40e2-945b-9427eea3a247>.
- [37] 經濟産業省 資源エネルギー庁 (2015). ト ッ プランナー制度. 日本.
- [38] 經濟産業省 資源エネルギー庁. (2019). "LED 照明器具も「省エネ基準」の対象に～先進技術にも対応するト ッ プランナー制度." Retrieved 5.17, 2021, from https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/shoene_led.html.
- [39] 陳麒任 (2017). "推動既有建築節能改善策略與效益之研究." 內政部建築研究所自行研究報告.
- [40] 經濟部 (2020). 雙燈帽 LED 燈管容許耗用能源基準、標示與其檢查方式. 台北.