

出國報告（出國類別：國際會議）

## 參加 APEC 支持國家照明設計中心 工作討論會議

服務機關：經濟部能源局

姓名職稱：薄校君專門委員

派赴國家：泰國

出國期間：102 年 9 月 4 日至 9 月 7 日

報告日期：102 年 11 月 6 日

# 目 錄

一、內容摘要.....	1
(一)目的 .....	1
(二)參加人員 .....	1
(三)行程記要 .....	1
(四)結論及建議.....	1
二、行程及工作內容 .....	2
2.1 討論會報告內容 (9/5~9/6).....	2
2.2 討論會具體結論 (9/6).....	29
三、心得與建議.....	31
四、附件及參考資料 .....	33
附件一 討論會議程(Workshop Agenda).....	34
附件二 我國代表報告內容.....	36
附件三 參考名片 .....	47

## 圖目錄

圖 一 泰國能源消耗分布 .....	4
圖 二 泰國進口能源分布與成長率 .....	5
圖 三 美國加州與全美平均比較的每人每年耗電 .....	6
圖 四 加州歷年節電量統計 .....	6
圖 五 加州的耗電分布，其中照明佔 1/4 .....	7
圖 六 以 LED 取代辦公建築原有的 T8/T12 燈具 .....	8
圖 七 藍鑽公司倉庫安裝 LED 照明情形 .....	9
圖 八 LED 螢幕藝術，採用極低解析度的像素呈現藝術畫面 .....	10
圖 九 醫院天花板上 LED 照明與螢幕藝術 .....	11
圖 十 重慶大學城市景觀照明設計案例 .....	12
圖 十一 南洋科技大學的能源研究院組織架構與研究內容 .....	14
圖 十二 根據使用者需求進行調變的建築節能概念 .....	15
圖 十三 新加坡照明研發中心 .....	15
圖 十四 充分利用日照的零耗能辦公建築設計 .....	17
圖 十五 在馬來西亞各地量測辦公建築內工作桌面照度(WPI)的結果，由圖上可知在白日不開燈的情況下，所有建物的 WPI 均過暗。 .....	17
圖 十六 越南使用 LED 做為城市景觀照明 .....	18
圖 十七 印尼的能源分級標示 .....	18
圖 十八 會議中我國代表說明我國 LED 照明推動情況 .....	19
圖 十九 泰國自願性分級標示 .....	20
圖 二十 KMUTT 關於家用爐具效率改善的研發 .....	22
圖 二十一 BEST/KMUTT 建築節能的研發，包含日照量測與實驗建築 .....	23
圖 二十二 BEST/KMUTT 建築外殼評估 .....	23
圖 二十三 BEST/KMUTT 空調輻射冷卻以及除濕研究 .....	24

圖 二十四	建築設計學院照明研發案例 - 日照與遮陽自動調整裝置	25
圖 二十五	建築設計學院照明研發案例 - 伊斯蘭建築日照研究	25
圖 二十六	建築設計學院照明研發案例 - 以塑膠瓶製作的裝飾照明	25
圖 二十七	建築設計學院照明研發案例 - 宗教建築照明	26
圖 二十八	零耗能建築 roadmap	27
圖 二十九	與家具結合的照明	27
圖 三十	使用 LED 的照明燈具，簍空設計有助光型分佈與散熱	27
圖 三十一	與雨傘意象結合的照明	28
圖 三十二	分組討論情形	30

## 一、內容摘要

### (一)目的

參加 APEC EGEEC 舉辦之工作討論會(workshop)，研擬在 APEC 區域推動國家照明設計中心之方案。

### (二)參加人員

薄校君、鄭名山

### (三)行程記要

9/4 去程

9/5 ~ 9/6 APEC Workshop to support the development of national lighting design centers

9/7 回程

### (四)結論及建議

此工作討論會背後主導者為加州大學戴維斯分校(UC-Davis)之加州照明科技中心。全美共有三個類似的由大學設立的照明中心，均由建築學院主導，而非工程學院。加州照明設計中心主任 Michael Siminovitch 尋求美國前任新及再生能源專家小組主席 Dr. Cary Bloyd 協助，申請 APEC 經費，舉辦這場工作討論會，期望藉由此活動建立各國專家的聯繫平台，而後擴大加州照明設計中心在 APEC 周邊國家的影響力。UC-Davis 與 KMUTT 參與的人士都是建築學院背景，因此所討論的照明設計聚焦在光環境設計，而非燈具設計。

由於本次工作討論會係由大學主導，因此學術研究的比重較高，此處所謂的照明設計中心，其實應該更名為照明研究中心，會更為貼切。此工作討論會後決議成立工作委員會，持續向 APEC 爭取經費，並成為一資訊分享平台，以有利於各會員國推動照明設計中心概念。目前已知泰國、新加坡、印尼已展開類似的努力，同時均有 UC-Davis 參與其中，此發展趨勢值得我國持續觀察，並適當地參與周邊國家建置照明中心與檢測實驗室的相關活動，將有助於擴展我國 LED 產業的影響力。

## 二、行程及工作內容

此工作討論會之緣起係加州大學戴維斯分校(UC-Davis)加州照明科技中心主任 Michael Siminovitch，與泰國 KMUTT(King Mongkut' s University of Technology Thonburi)洽談合作，欲仿效加州照明科技中心模式，在泰國與 APEC 其他地區設立國家級照明設計中心。Michael Siminovitch 之後尋求美國 PNNL(Pacific Northwest National Laboratory) 的 Dr. Cary Bloyd 協助，因此申請 APEC 經費協助，舉辦這場工作討論會，目的在邀集 APEC 各國專家，分享經驗，並建立聯繫平台，以利後續在 APEC 國家推動設立照明設計中心。此工作討論會為期兩天，第一天與第二天上午係由各國代表進行口頭報告，在第二天下午則進行分組討論，擬定設立照明設計中心的具體作法與建議。以下分成報告與具體作法結論兩大部分說明。

### 2.1 討論會報告內容 (9/5~9/6)

Workshop 議程如附件一，以下依序簡要說明各報告的重點內容。

#### (1) Introduction and overview of activities of the APEC Expert Group on Energy Efficiency and Conservation

報告人為 Dr. Cary Bloyd，來自美國 PNNL(Pacific Northwest National Lab)，他同時也是 APEC EWG(Energy Working Group)的資深官員。此報告介紹 APEC EWG 與 EGEEC (Expert Group on Energy Efficiency and Conservation)的組成以及投入的活動。APEC 會員經濟體佔 1/3 全球人口總數，54%全球 GDP，以及 44%全球貿易量，因此是相當重國際經濟組織。報告簡介了 EWG 目前進行中的各種計畫，其中有許多與建築節能相關，照明節能與照明設計中心也可看作是其中一環。EGEEC 在 APEC 之下與建築節能相關的計畫包括：

- i. EWG 11/2009A, Cool Roofs in APEC Economies: Review of Experience, Best Practices and Potential Benefits (USA)
- ii. EWG 13/2009A Energy-Saving Windows: Survey of Policies and Programs to Promote Advanced Window and Glazing Technologies in APEC Economies (USA)
- iii. EWG 10/2010T Harmonisation of LED Standards (Australia)

- iv. EWG 08/2010A Street & Outdoor LED Lighting Initiative Asia (SOLLIA)(USA)
- v. 2011 Self-funded: APEC Efficient Building Envelope Stakeholders Meeting and Workshop (USA, Thailand)
- vi. EWG 14/2011T, Energy Performance Evaluation Methodology Development and Promotion in APEC Economies (China)
- vii. EWG 14 2012A – Workshop to support the development of national lighting design centres in the APEC (US)
- viii. 2012 Self-funded APEC Workshop for the Promotion and Application of LED Technology (Chinese Taipei)

## (2) Energy Efficiency Policies and Strategies in Thailand ,

報告人為 Dr.Twarath Sutabutr , 是泰國能源部替代能源與能源效率處副處長(Deputy Director General, Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy) 。

此報告說明泰國目前整體能源情境與節能政策。泰國境內產油與天然氣，同時也有煤礦，但整體而言，仍為能源進口國。天然氣佔總體能源消耗約 44%，其中 81%為自產；石油佔整體能源消耗 36%，其中 15%為自產。燃煤的使用僅佔總體能源消耗 17%，此點與我國極為不同，燃煤自產比例為 31%。在 2010 年，泰國進口能源花費 1.4 兆泰銖(泰銖與台幣比例大約為 1:1)，並且持續快速成長，因此節能的重要性與日俱增。泰國能源情勢與進口成長比例可參閱圖一與圖二。

泰國 2012 年在工商業的能源密集度為 8.42 ktoe/million baht。在建築節能方面，泰國能源部制訂法規規範了外殼、照明、空調、熱水、再生能源使用以及建築物整體性能要求。這些規範對面積超出 2000 平方公尺的新建築或舊建築改造是強制性的規定，要求建築設計時必須符合規定。以照明為例，規範了各類場所的照明用電密度(LPD)，辦公室與學校不得高於 14W/m<sup>2</sup>，超級市場不得高於 18W/m<sup>2</sup>，旅館與醫院不得高於 12W/m<sup>2</sup>。泰國政府也針對零能建築訂出 roadmap，期望在 2030 年做到 20%新建建築是零

耗能。在 ESCO 部分，泰國政府自 2012 年起，將以三年的時間投資 10 億泰銖，補助 ESCO 案例，至目前為止，已獲補助計畫達到 54 案，帶動節能投資總金額達到 61 億泰銖。

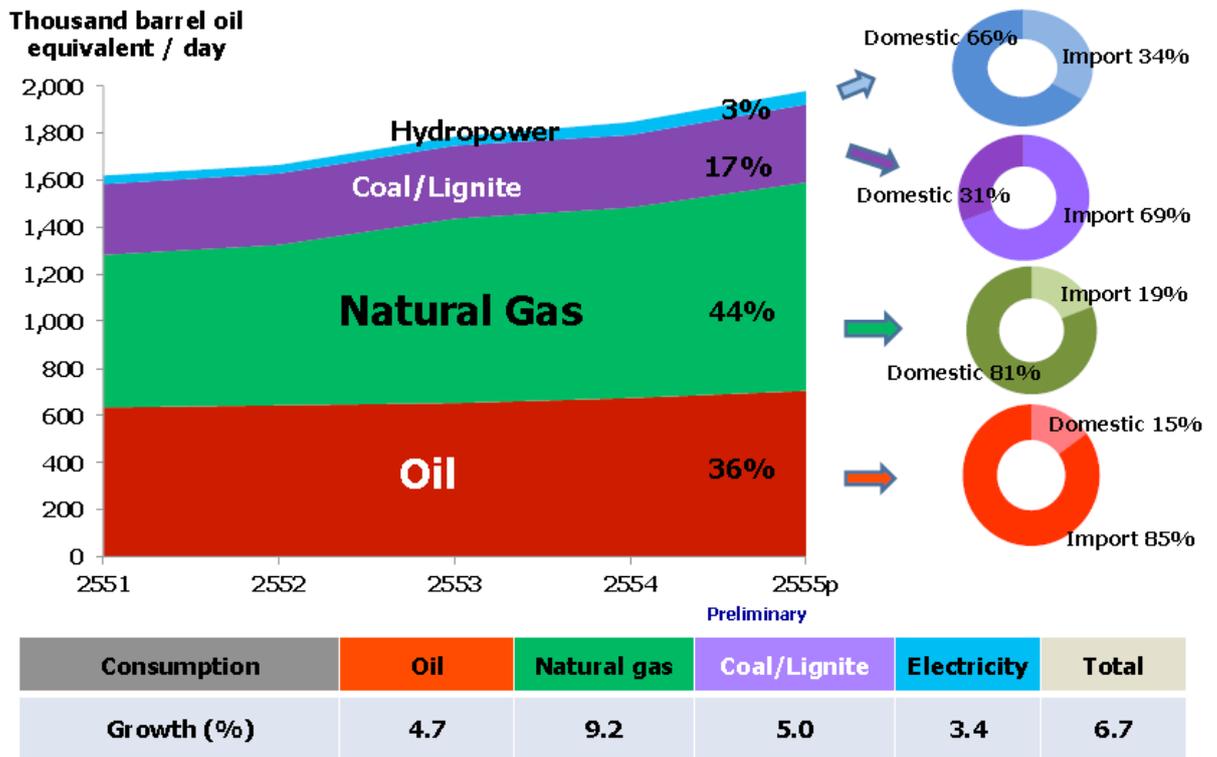
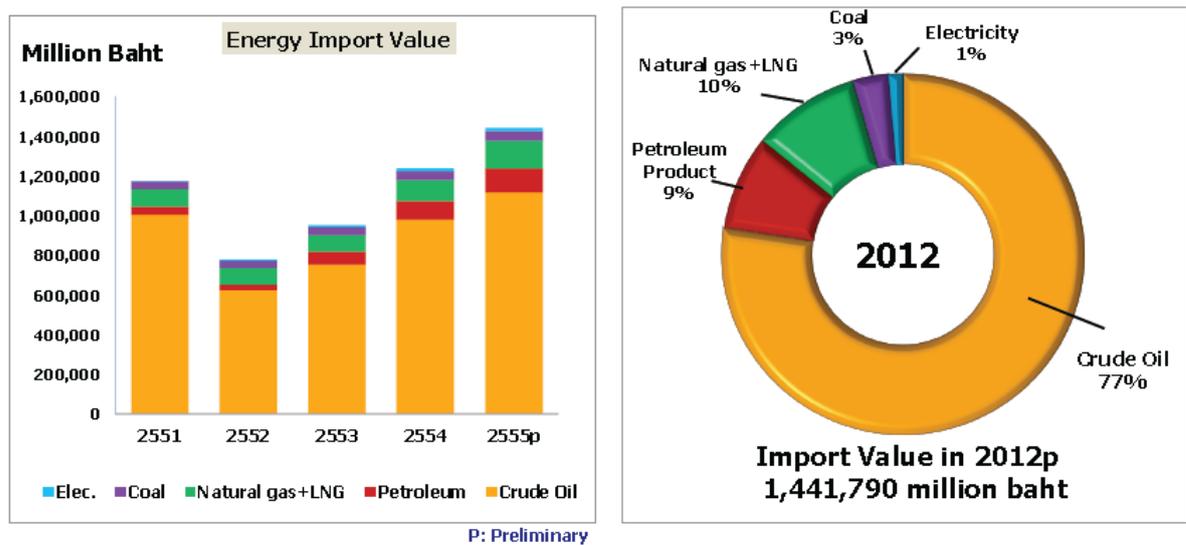


圖 一泰國能源消耗分布



2012	Crude oil	Petroleum Product	Natural gas +LNG	Coal	Electricity	Total
Import value (million baht)	1,115,366	122,634	138,952	46,770	18,069	1,441,790
Growth (%)	14.1	30.1	23.8	10.5	30.4	16.5

圖 二 泰國進口能源分布與成長率

(3) California Lighting Technology Center - lab to Marketplace

報告人為 UC-Davis 加州照明科技中心主任 Prof. Michael Siminovitch。報告內容主要在說明加州的各項節能政策。建築耗能佔全美耗能 40%，建築碳排放同時也佔全美碳排放的 48%，因此建築節能減碳是政策推動的重點。加州是全美各州中對潔淨能源與節能減碳最積極的地方之一，在 2006 年通過的加州全球暖化解決法案(California Global Warming Solution ACT)要求在 2020 年將碳排放降低至 1990 年水準。針對照明部分，在 2007 年通過了霍夫曼法案(Huffman Bill (AB1109))，預計在 2015 年住宅照明耗電降低至少 50%(相對於 2007)，商業照明與戶外照明則降低至少 25%(相對於 2007)。此外長期的能源效率政策規劃(California Long-term Energy Efficiency Strategic Plan)，也揭發了在 2020 年降低照明耗電 60%，並支持零耗能建築，目標是在 2020 年達到所有的新建住宅為零耗能，在 2030 年則達到所有的新建商業建築為零耗能。

透過這些努力，加州的能源密度已有顯著改善，以加州整體耗電(含住商工業各部門)除上人口數，得到每人每年平均耗電僅約 7000kWh/yr，遠低於全美平均每人每年耗電約 12000kWh/yr，而且自 70 年代之後，全美平均值持續成長，而加州的能源密度則大致維持定值，參見圖三。

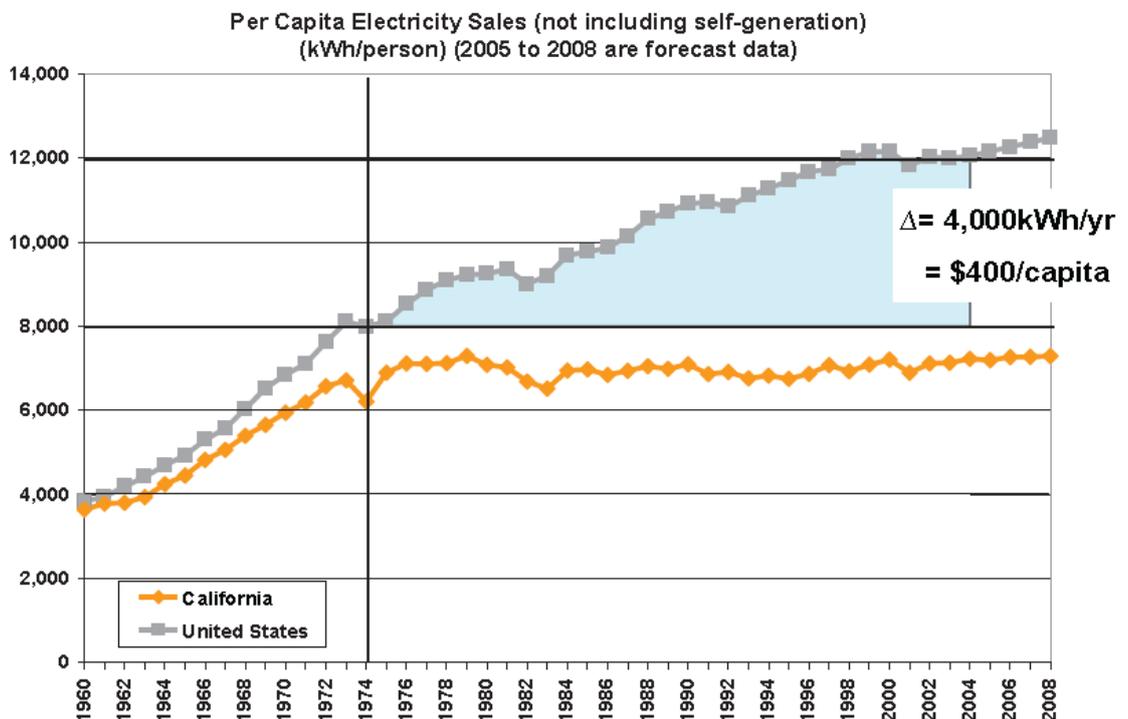


圖 三 美國加州與全美平均比較的每人每年耗電

自 70 年代迄今，加州表現優異的節能成果，主要的貢獻來自於照明節能，參見圖四。在 70 年代石油危機之後，加州透過各種節能政策，累積節能量已達 40,000GWh/yr，相當於 2003 年加州總耗電的 15%。其中節能貢獻來自於三種政策工具，分別為用電器具能效標準、建築標準法規、以及電力公司提供的能源效率提升與獎勵計畫。後者僅花費每年電力費用的 1%，但是產出最大的貢獻，其中相當大比例來自於照明耗電改善。

## California's Annual Energy Savings from Efficiency Programs and Standards

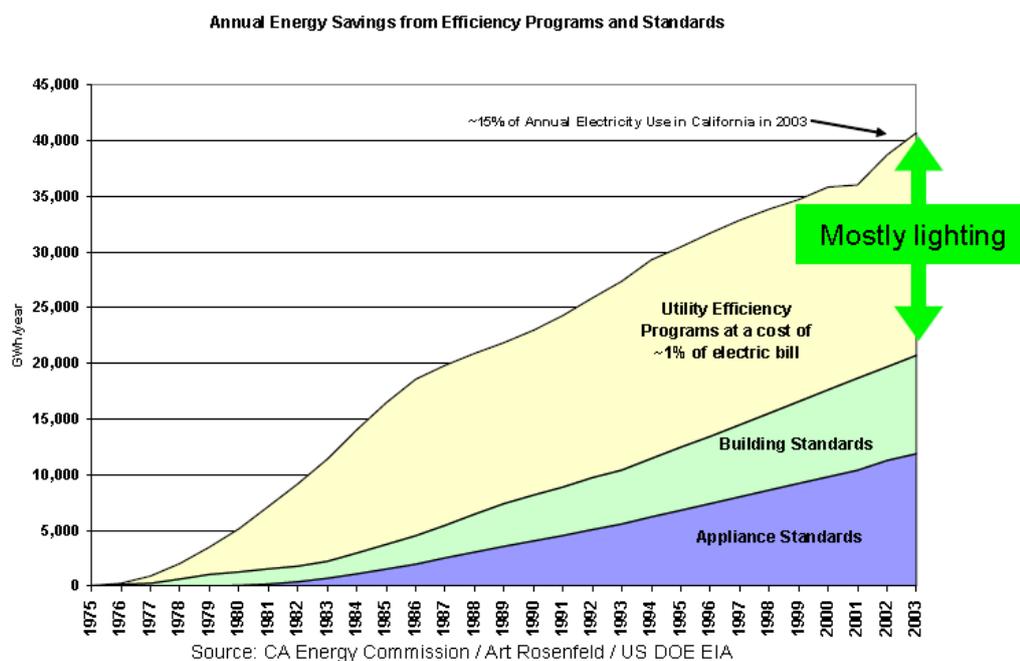
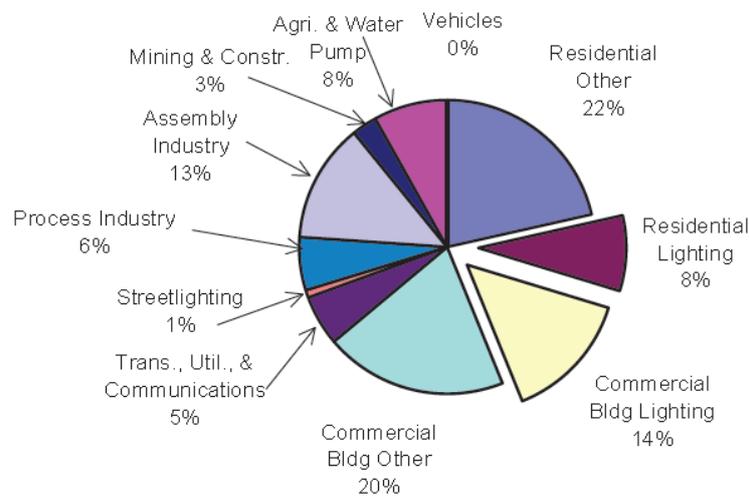


圖 四 加州歷年節電量統計

針對照明的標準與法規，在加州主要由 Title 20 與 Title 24 規範。前者是加州的用電器具效率標準，其中規範了各種照明光源與燈具的效率要求；後者是建築能源效率標準，規範了各種建築耗能標準，包括照明、空調、外殼、熱水等等。照明約佔加州總耗電 1/4，主要包括住商建築與路燈等等，參見圖五，而且這幾年由於固態照明技術的進步，照明節電是短

期內最有機會做到大幅節電的領域，這是照明耗電受到重視的主因。加州建築照明耗電的比重極高，住商類建築佔比接近 4 成，此點與台灣的情況不同。除了因為氣候條件與空調差異造成，美國建築內照明使用習慣與設計不良也是主因。在美國的住宅內通常大量採用間接照明，例如向上投射的立燈，而較少安裝在天花板直接向下投射的燈具，間接造成照明耗電提升。

### Lighting: 1/4 of CA Electricity Use



Source – Forecasting Department of CEC

圖 五 加州的耗電分布，其中照明佔 1/4

加州照明科技中心(CLTC)是 2003 年在加州大學戴維斯分校(UC-Davis)成立，主要的出資與成員包括美國能源部、電力公司、公協會(NEMA)、製造廠 (industrial partners)。CLTC 的任務包括：照明科技研究發展、照明示範、教育訓練、建築法規與政策研擬。各任務的主要活動內容概述如下：(1)研究發展，光學感測器、照明控制系統、電源供應器；(2)照明示範，現場測試、使用者與電力公司回饋訊收集；(3)教育訓練，照明電工訓練、加州照明改善訓練計畫-公有建築認證訓練；(4)建築法規與政策，適應性照明行動方案(Adaptive Lighting Initiative，已被納入 Title 24 規範中)、舉辦競賽(Best practice award)。

報告的最後列舉國家照明設計中心應該要擔負的主要任務，包括支持科技與設計創新、建構商機交流平台、教育與訓練、支援更有遠見的政策研擬。CLTC 希望規劃一個五年的計畫，以大學為中心建立國家照明設計中心。

#### (4) Sacramento Municipal Utility District (SMUD) - Lighting innovations

報告人為 Alan Suleiman，沙加緬度市電力公司(SMUD)能源與科技中心主任(Director，Energy and Technology Center，Sacramento Municipal Utility District)。SMUD 是全美排名第六的公有電力公司，有大約 600,000 戶使用者，安裝了 650,000 個智慧電表形成全區智慧電網。服務區域涵蓋 900 平方英里，雇用員工 2100 人。

SMUD 因為是市營公有，自 1989 年關閉核電廠之後，堅持不使用核電，因此在再生能源以及節約能源方面做了許多努力。SMUD 也與 CLTC 密切合作，包括示範計畫、案例分析、照明補助門檻等等。報告中列舉了數項 SMUD 進行的示範計畫，較顯著的例如聯合文具(United Stationer)的辦公建築，以 2x4LED、2x4LED、LED 投射燈以及無線控制，取代原有 T8/T12 燈具，配合適當照明設計，達到降低照度需求 73%，節約照明用電 91%，參見圖六。

- United Stationer's office complex
- **91% energy reduction, 73% demand reduction.**



original system was 3-lamp T8/T12 fixtures with switches



New system included 2X4 LED, 2X2 LED and LED down-lights + wireless controls

圖六 以 LED 取代辦公建築原有的 T8/T12 燈具

另一個案例是藍鑽公司(Blue Diamond)的倉庫，以 160W LED 取代 400W 高壓納燈，配合自動調光與人員行動感知器，每年照明耗電由 299,000kWh/yr 降低至 62,500kWh/yr，節電比例高達八成。每年節約電費約 20,000 美金。參見圖七。

HPS to LED with advanced controls)

- 400W HPS to 160W LED
- Dimming and on/off motion sensors

299,000kWh/yr to 62,500 kWh/yr

Over \$20,000 savings per year



Blue Diamond warehouse

圖 七 藍鑽公司倉庫安裝 LED 照明情形

#### (5) Lighting research and professional practice in China

報告人為中國同濟大學郝洛西教授，郝教授以設計上海世博會照明而知名，報告內容在介紹同濟大學建築系建築照明中心，以及若干照明設計案例。

報告中介紹了若干同濟大學照明人因研究，例如在道路照明的介視覺 (Mesopic) 環境下，LED 頻譜對辨識率影響，包括人臉辨識率、物體偵測比例、信號識別能力、色彩辨識力等等。以及研究中國人種在客廳環境下使用 LED 照明以及傳統照明的喜好，以提供在居家客廳環境使用 LED 照明的理論根據。此外也參與在國家游泳中心使用 ETFE 薄膜與 LED(水立方) 的研究，負責評估 ETFE 薄膜使用在室外帷幕以及室內，在不同場景下的視覺衝擊。

同濟大學也與諸如上海亞明等產業界合作開發燈具，目前已有五個發明專利(Invention Patent)，10 個新型專利(Utility Model Patent)，以及 25 個新式樣專利(Appearance Patent)。

郝教授也參與極地探險隊，在極地生活三個月，研究極地基地環境下，非視覺生理影響、褪黑激素與生理時鐘，並發展適合極地生活所需的 LED 照明頻譜。

關於人因照明研究，此報告最後總結其複雜程度高，主要困難在於跨學科需要多領域的合作、如何選擇被測樣本(數量、年齡、性別)、實驗控制、以及實驗數據收集分析。

報告中也舉例在 2011 年舉辦照明競賽，建築背景的學生發揮應用創意。例如一位聽障學生，將 LED 燈安裝在眼鏡上並與麥克風結合，每當聽障者在馬路上行走時，一但有車輛由後接近，LED 燈即亮起，警告聽障者有車輛接近。

此報告最後介紹各種場景的照明設計，包括城市景觀照明、2010 上海世博會、建築屋頂照明設計、LED 螢幕藝術(參見圖八)使用較大的像素較低解析度，因此較為節能，結合藝術可以造不同氣氛)、實驗性照明設計(Harmony tower and future pavilion)、醫院照明設計(利用照明降低醫護人員與病人壓力)。圖九是一個醫院照明應用案例，天花板的照明可以吸引病人注意力並降低病人壓力。



圖 八 LED 螢幕藝術，採用極低解析度的像素呈現藝術畫面



圖 九 醫院天花板上 LED 照明與螢幕藝術

#### (6) Lighting research and innovations in China

報告人為重慶大學顏永紅教授，介紹重慶大學的建築照明研究。由於重慶是一座山城，重慶大學的照明研究因此以山城照明為主軸。主要有四個實驗室，建築光學實驗室(Architectural Optics Laboratory)、建築照明實驗室(Architectural Lighting Laboratory)、隧道照明實驗室(Tunnel Lighting Laboratory)、健康照明實驗室(Healthy Lighting Laboratory)。

報告中列舉了數項在健康照明實驗室進行的人因照明實驗，包括在教室與學習照明的研究，進行了視覺性能、學習效率、視覺疲勞、精神疲勞、腦波測量、頻譜與能量的光生物學計算、短期記憶識別實驗等。此外也進行了工廠的動態照明環境下，工作疲勞的探討。上述這些人因實驗均有醫學團隊合作進行。

此外重慶大學團隊也參與了許多城市景觀照明設計案例，例如重慶、成都、桂林等等，圖十是部份城市景觀設計案例。重慶大學目前也正與重慶交通研究與設計學院(Chongqing communications research and Design

Institute Co., Ltd.)合作，建立隧道與橋樑照明實驗設施，將做為未來重慶大學照明研究中心的一環。



圖 十 重慶大學城市景觀照明設計案例

#### (7) Opportunities of lighting education, research, and practice

報告人為 Mr. Christopher Cuttle，是紐西蘭的照明設計顧問，此報告以照明設計顧問的角度提出目前照明設計的難題以及建議照明設計中心未來方向。主要的論述如下述。

照明光源技術已有重大變化，但可量測的照明指標參數定義已使用超出 50 年，均未有重大改變，有必要重新檢視這些指標參數。所謂的照明設計基本上就是以我們生活空間中的物體與表面的相對視覺重要性來決定光的分布。照明設計學生學習時應該更專注在人眼對照明反應失敗的案例，例如明視覺/介視覺/暗視覺的調整(例如在高速公路上快速地經歷不同明亮環境)、生理時鐘反應、頻譜分佈與演色性(目前的照明演色性指標(1967 CRI)是根據 1950 年代的研究制訂的，多年來已有更好的指標已被發

展出來，但人們還是普遍使用舊的 CRI)、光的空間分布(三維照明的概念)、以及光的時序分佈(調節與照明時間)。

#### (8) Lighting & Photometric Laboratory

報告人為澳洲昆士蘭科技大學(Queensland University of Technology)副教授 Ian Cowling，簡介澳洲昆士蘭科技大學的照明研究與設備。研究主題包括，日光照明、高效光源(LED)、光學測量(顏色、照度、螢光材料)、光害(人造光對動物的影響等)、人因照明(眩光研究)。此大學也擁有一個完整的照明檢測實驗室，除了教學研究之外，也提供商業測試服務。

關於國家照明設計中心，此報告建議納入以下研究主題：先進照明光源、燈具設計與性能測試、能源與永續議題(包含生命週期評估)、照明控制、人對光的感知、色彩學、日光利用、光學測量、數據收集分析(照明性能與趨勢)。

#### (9) Research Efforts in Lighting Technologies for Singapore

報告人為新加坡南洋科技大學的 Prof. Tseng King Jet，由於新加坡目前尚無類似的照明中心，此報告前半部以介紹新加坡綠建築委員會(Singapore Green Building Council, SGBC)相關活動為主。SGBC 的任務包括：舉辦綠建築活動促進商機與建立產業網絡、提升產業能力、提供工業對話與性能提升平台(認證)、擴散與公眾教育。新加坡自 2005 年開始實施建築綠標誌(Green Mark)認證，通過認證者由一般至白金級分為四等級。至 2013 年為止，已有 1655 棟建築獲得綠標誌，約占現存新加坡建物樓地板面積 20%。

南洋科技大學也設立能源學院，下有四個研究中心分別為，永續能源研究中心、航海能源研究中心、太陽能與太陽燃料中心、電動運輸中心。整體架構參見圖十一。照明相關的研究由永續能源中心下的建築能源相關研究負責。

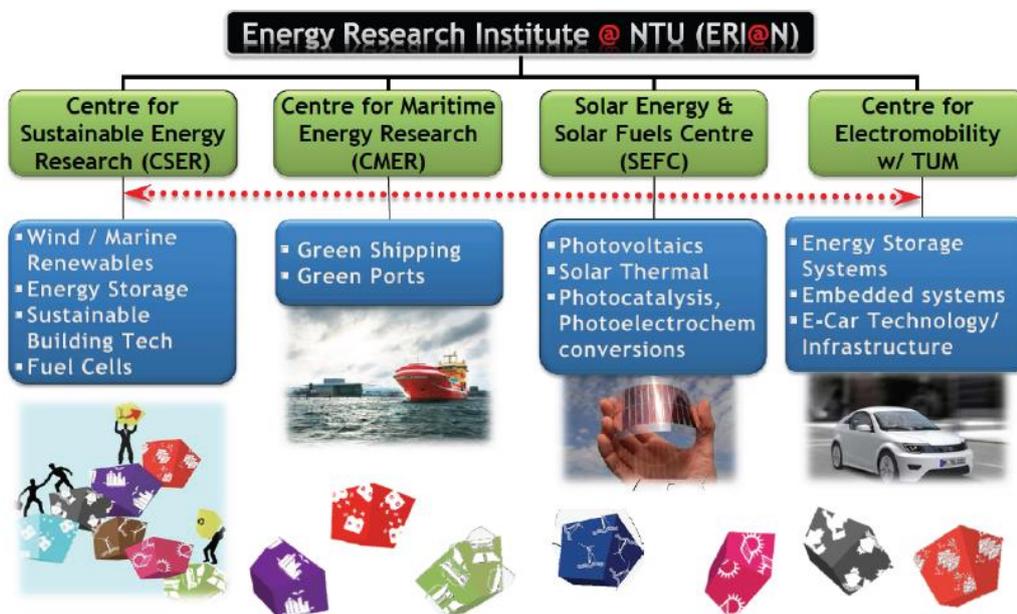


圖 十一 南洋科技大學的能源研究院組織架構與研究內容

新加坡也是高度仰賴進口能源的國家，由於地處熱帶，主要的建築耗電是空調。新加坡電力約 6GW，耗電佔整體耗能比例約 51%。建築耗電則佔總耗電 49%。以新加坡總耗電來計算，30%電力使用在空調，11%電力使用在照明。

新加坡在國際合作上相當積極，加州大學柏克萊分校在新加坡成立 BEARS(Berkeley Education Alliance for Research in Singapore Limited)，南洋大學與其合作，進行 SinBerBest 計畫(Singapore-Berkeley Building Efficiency and Sustainability in Topics)，進行建築節能研究。圖十二是此計畫降低建築能耗的概念，簡言之，在建築的設計與使用各階段，透過感測、模擬、預測、規範、最佳化等各種手段，達到建築節能。

A building responding to demand from occupants & processes

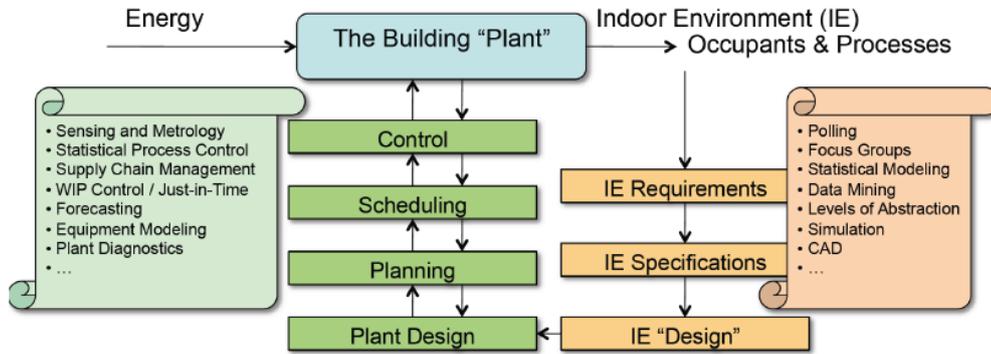


圖 十二 根據使用者需求進行調變的建築節能概念

報告最後說明新加坡目前已開始籌畫國家照明研究中心，主要的合作夥伴包括南洋科技大學、SinBerBest、綠建築委員會(GBC)、半導體照明與顯示卓越中心(Center of Excellence for Semiconductor Lighting and Displays)。此研究中心預計將進行量測、室內/戶外照明、日光、能源效率、舒適度與健康、控制與設計策略等多面向研究，參見圖十三。

**Proposed lighting research center of Singapore**  
**Six Main Research Areas**

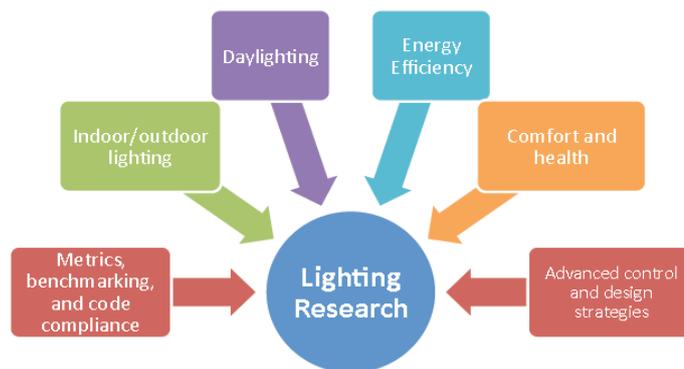


圖 十三 新加坡照明研發中心

(10) Daylighting and green building research and policies in Malaysia

報告人為 Mohd Zin Kandar，馬來西亞 Teknologi 大學建築環境副教授。  
報告內容主要是建築節能與日照利用手法。

馬來西亞的能源效率行動方案(EE Initiative)包括馬來西亞工業能源效率改善計畫(Malaysian Industrial Energy Improvement Project)、能源效率財稅優惠(Tax Incentives for Energy Efficiency)、需量管理之能效評比與標示(Demand Side Management: Energy Rating and Labeling)、教育與訓練中心、新低能耗辦公建築設計、既有建物改造計畫、馬來西亞 BIPV 等。以低能耗辦公建築為例，在馬來西亞的氣候條件下可以達到  $EUI < 100 \text{ kWh/m}^2$ ，主要的技術手段則包括牆壁與屋頂隔熱、外遮陽、照明效率提升、照明控制、變頻空調與節電辦公設備。

馬來西亞的綠建築標章稱做 GBIM(Green Building Index Malaysia)，評比項目包括能源效率、室內環境品質、基地規劃與管理之永續性、材料與資源、水資源使用效率、創新性。馬來西亞同時也投入零耗能辦公建築的示範，由於地處熱帶，日照的利用在零耗能建築中扮演重要角色，如圖十四，是零耗電辦公建築的設計範例，目的是在白天百分之百使用日照，而仍能維持室內均勻舒適的照度。在馬來西亞各城市的實地測試資料顯示，大型辦公建物的工作桌面照度(WPI)大都不甚理想，顯然照明設計不佳，而在白天如果不開燈單靠日照的狀況下，室內工作桌面照度遠低於 100Lux，某些情況甚至低於 10Lux，參見圖十五。顯示在陽光充沛的馬來西亞，日照尚未被充分使用，是未來既有建築照明改善的重點工作。

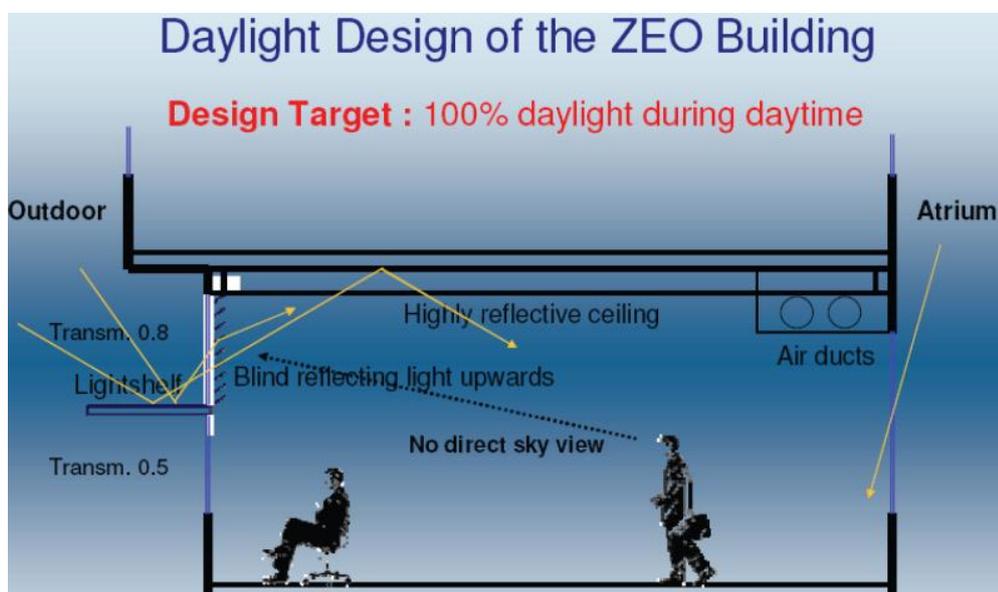
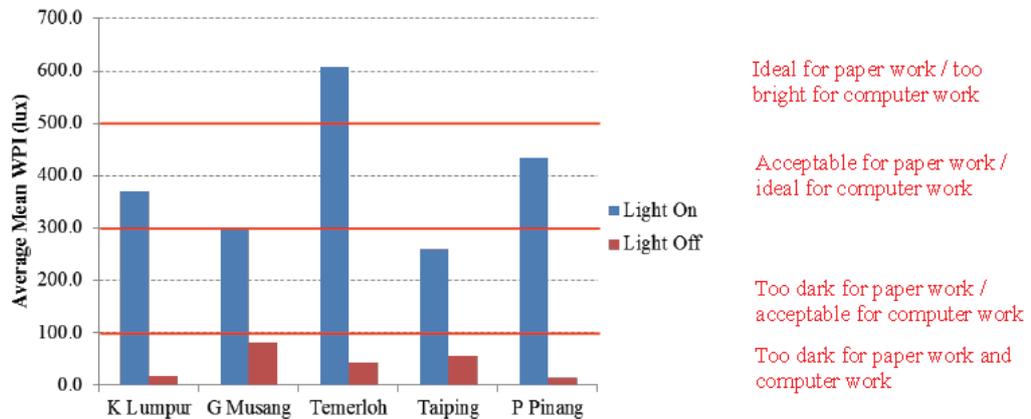


圖 十四 充分利用日照的零耗能辦公建築設計

- Mean Work Plane Illuminance (WPI)



Comparison of average mean WPI when electric lights on and off

圖 十五 在馬來西亞各地量測辦公建築內工作桌面照度(WPI)的結果，由圖上可知在白日不開燈的情況下，所有建物的 WPI 均過暗。

(11) Urban lighting research and implementations in Vietnamese cities

報告人為 Dr. Luong Thi Ngoc Huyen，來自越南的建設顧問公司 Coninco(Consultant and Inspection Joint Stock Company of Construction Technology and Equipment)。報告內容主要說明越南的公共照明能源效率計畫(Energy Efficient Public Lighting project, EEPL)，協助降低公共照明耗電。越南在照明科技與照明節能政策方面正在起步，LED 在城市景觀照明大量應用，參見圖十六。但光害問題也日益嚴重，相關的法規與規範是越南目前研究中的課題。

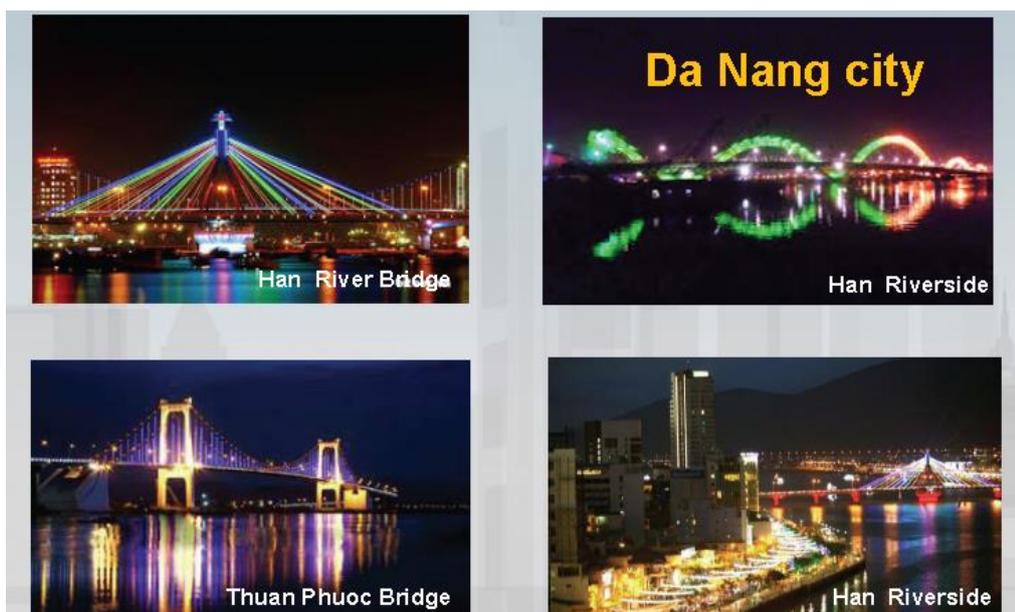


圖 十六 越南使用 LED 做為城市景觀照明

(12) The status of lighting programs in Indonesia

報告人為 Totok Sulistiyanto，擔任 USAID 之印尼潔淨能源發展計畫 (Indonesia Clean Energy Development Project) 照明顧問，同時也是印尼綠建築委員會發起人之一。報告內容簡介印尼的建築節能措施，也較紹了印尼的能源分級標示，如圖十七。此外印尼也是日照充沛的國家，因此日光引用是重要的課題。



圖 十七 印尼的能源分級標示

(13) The research and deployment of standardized LED lighting in Taiwan

此份報告由能源局薄校君與工研院綠能所鄭名山共同準備，詳細內容列在附件二。進行報告之照片如圖十八所示。此份報告主要說明在 LED 照明推動的成果，包含路燈、交通號誌燈、道路標示牌、LED 燈泡等等。



圖 十八 會議中我國代表說明我國 LED 照明推動情況

我國在 LED 照明的推動上相對而言屬於技術領先國，我國是全球第二個百分之百全面採用 LED 交通號誌燈的國家(第一個國家為程式國家新加坡)。我國也正進行數個道路標示牌先導試驗計畫，以評估 LED 道路標示牌的成效。我國在今年起針對市內照明進行推廣，由政府採購 50 萬顆燈泡分送給中低中入戶與社福機構。藉由政府統購，除刺激廠商降低成本之外，在採購規範中也提高了燈泡的性能規格，讓市場 LED 燈泡品質獲得提升。

此外我國在能源局的大力推動之下 LED 路燈安裝盞數將超出 30 萬盞，佔全國路燈總數逼近 20%，是全球 LED 路燈滲透率最高的國家。藉由大規模換裝經驗，我國已發展出完整的路燈標準與檢測實驗室體系，讓我國 LED 路燈之產品性能與品質獲得大幅度提升。我國是全球第一個制定 LED 路燈國家標準(CNS15233)的國家，在能源局之設置計畫中更進一步訂定統一的電器介面規格，解決未來不同廠牌路燈維修替換的難題。凡此種

種，均使我國在 LED 路燈之產品技術、應用技術、與標準規範各方面居於世界領先地位。

藉由過去幾年內需市場的扶植，我國數家路燈大廠以及交通號誌燈大廠已具有國際競爭力，並正拓展外銷市場。其中大陸市場因地方保護主義盛行，我國產業進入障礙高，目前主要外銷市場集中在美、日。我國目前已是北美市場交通號誌燈的主要供應國，此外週邊東南亞國家，包括泰國、印尼、菲律賓等，未來數年將陸續開始換裝 LED 路燈，也是我國廠商正積極開拓的市場之一。在此背景之下，於此 APEC 會議報告我國的成果，可讓各國了解我國的進展，同時藉由國際交流，有機會讓我國標準與介面規格影響週邊國家，未來甚至可協助建置標準與檢測實驗室體系，將可降低我國產品外銷的技術障礙。同時藉由持續性的交流，也可宣傳我國 LED 路燈實績，提升產業國際知名度。

(14) Lighting Energy Efficiency implementation in Thailand

報告人為 Pitarn Chaichinda，是泰國電力公司需量管理處長(Director，Demand side Implementation Division，Electricity Generation Authority of Thailand，E.G.A.T.)，報告內容主要在介紹泰國的自願性能源標示制度(Thailand Voluntary Labeling Program by EGAT)。圖十九是泰國的自願性分級標示。



圖 十九 泰國自願性分級標示

報告內容花相當大篇幅說明對測試誤差容許度(Tolerance)的規範，同時也說明制度實施所遭遇的困難，例如費用高，包括測試費用、測試程序、樣品數目等問題。此外也需要市場上的領導廠商參與以擴大制度的影響力，但是目前有許多領導廠商的產品不符合能源效率規範要求，因此參與度極低。此點明顯與日本的 Top Runner 制度結果不同，後者造成製造廠努力提高效率，以爭取 Top Runner 地位。造成差異的原因包含了制度設計與產業技術能力，值得我們深思借鏡。

(15) Energy efficiency research and industry partnerships at KMUTT

報告人為 Bundit Fungtammasan，是 KMUTT(King Mongkut's University of Technology Thonburi)研發副校長。此報告簡介 KMUTT 歷史以及能源相關研發。KMUTT 之前身為一科技學院，於 1960 年成立，1998 年擴張更名為 KMUTT，是泰國首屈一指的研究大學，全球排名第 389(World University Ranking, 2012-2013)，是泰國唯一進入前 400 排名的學校，在東南亞國協國家中排名第三。目前學生人數 17900，研究生 5900，包含 740 位博士班學生，學術研究教師人數約 860 人。

KMUTT 致力於永續發展，在 Green Metric World Universities 2010 年排名第 17。在能源領域的研發起步也很早，在 1976 年即成立泰國第一個能源與材料研究科系，在 80 年代整合與帶領東南亞國協國家非傳統能源的研究，在 1998 年成立 JGSEE (Joint Graduate School of Energy and Environment)。主要研究領域包括政策、工業、運輸、與建築等方面。

在政策研究方面，由 JSGEE 下的能源與環境政策實驗室主導，內容包括節能科技評估、制定至 2030 年的能源效率發展藍圖、能源效率研發十年研發計畫等。在工業方面，主要進行與燃燒相關的研究，包括家用爐具與糖業用鍋爐，此外也進行空調熱交換器研發以及能源資訊收集。圖二十是一家用爐具改善的研發案例，平均可以提升爐具能源效率 15~20%。

在建築節能方面，由 JGSEE 下的 BEST(Building Energy Science and Technology)負責。研發的題目有外殼、照明與日光利用、空調等。同時也參與政策工作，例如建築系統規格、建築法規與建築標示等。圖二十一至

圖二十三舉例 BEST 所進行的一些建築節能研究。相當有趣的是在泰國也進行空調輻射冷卻的研究。輻射冷卻在台灣使用者極少，主因包括冷卻能力不足以及無法除濕並造成輻射冷板凝結水的議題。泰國的氣候比台灣更熱且濕度也大，輻射冷卻應該會遭遇相同的問題，因此 BEST 在研究輻射冷卻的同時也投入除濕研究。

BEST 也協助建築法規與建築能源效率評估工作。在 2010 年 EST 也舉辦建築節能競賽 (Best Energy Award of Thailand)，可參閱網站 [www.beat2010.net](http://www.beat2010.net)。配合政府補助，共有 17 棟建築參與競賽，並進行長期的用電耗能監測，達成了降低 11000 噸二氧化碳排放的成果。

## EE in Gas Cookers and Burners

- ◇ Baseline data for standard development
- ◇ Design improvement through R&D
- ◇ Innovative porous media augmented gas burners for domestic industry  
15-20% saving  
(laser diagnostics, PIV, PLIF)

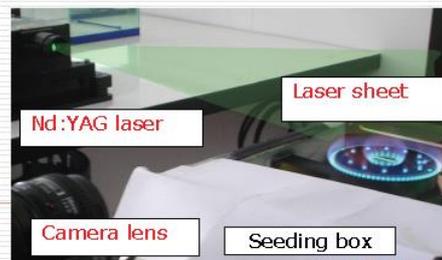


圖 二十 KMUTT 關於家用爐具效率改善的研發

# Research Facilities at BEST



## Solar and daylight measurement

- More than 20 sensors
- ✓ daylight illuminance
- ✓ sky luminance distribution
- ✓ solar radiation,
- ✓ Air temperature, wind speed, etc.

## Experimental building

- 3 experimental buildings
- >150 sensors installed for measuring indoor air temp, illuminance, heat gain and cooling load, etc.



圖 二十一 BEST/KMUTT 建築節能的研發，包含日照量測與實驗建築

# Energy Efficient Envelope

## Opaque

- Use of wall mass (thick wall) not applicable for energy conservation in buildings in Thailand.
- For office buildings, walls with 50 mm interior insulation conserve energy in AC system at the best cost effectiveness.

## Roof

- insulated walls trap heat and cause higher AC load.
- Installation of insulation above ceiling cost effective for all building functions
- Inclusion of aluminium foil under roof tiles enhances thermal performance



圖 二十二 BEST/KMUTT 建築外殼評估

# Low-energy Air-conditioning system

## Radiant

- Radiant cooling appropriate for tropical climate (high temp & humidity)?
- Max. heat extraction rate of cooling panel ?
- Envelope heat gain to be minimized.



Roof with radiant cooling

## Dehumidification

- Dehumidification of ventilation air enhances performance of radiant cooling and applicable in the tropics.
- Ventilation air can be dehumidified by desiccant adsorption or refrigerant cooling.

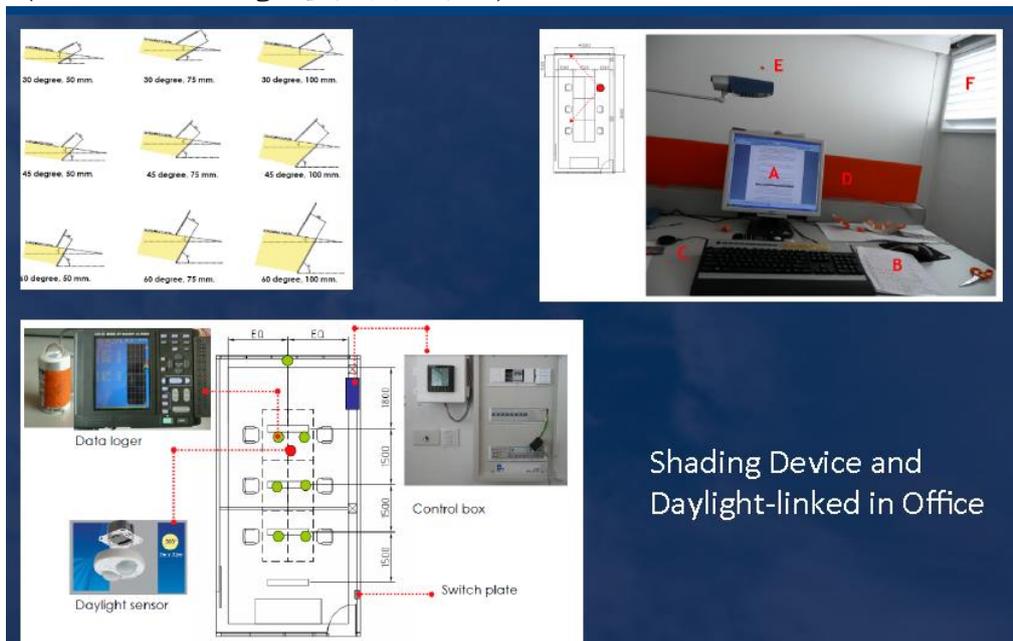


A study of desiccant

圖 二十三 BEST/KMUTT 空調輻射冷卻以及除濕研究

## (16) Lighting research future vision in Thailand - KMUTT

報告人為 Dr. Acharawan Chutarat，來自 KMUTT 建築設計學院。報告內容說明建築設計學院在照明方面的研究工作，例如辦公環境背景光與工作照明、辦公環境日照與遮陽自動調整裝置(參見圖二十四)、伊斯蘭建築日照研究(參見圖二十五)、城市裝飾照明(參見圖二十六)、宗教建築照明(Landmark Building，參見圖二十七)



Shading Device and Daylight-linked in Office

圖 二十四 建築設計學院照明研發案例 - 日照與遮陽自動調整裝置

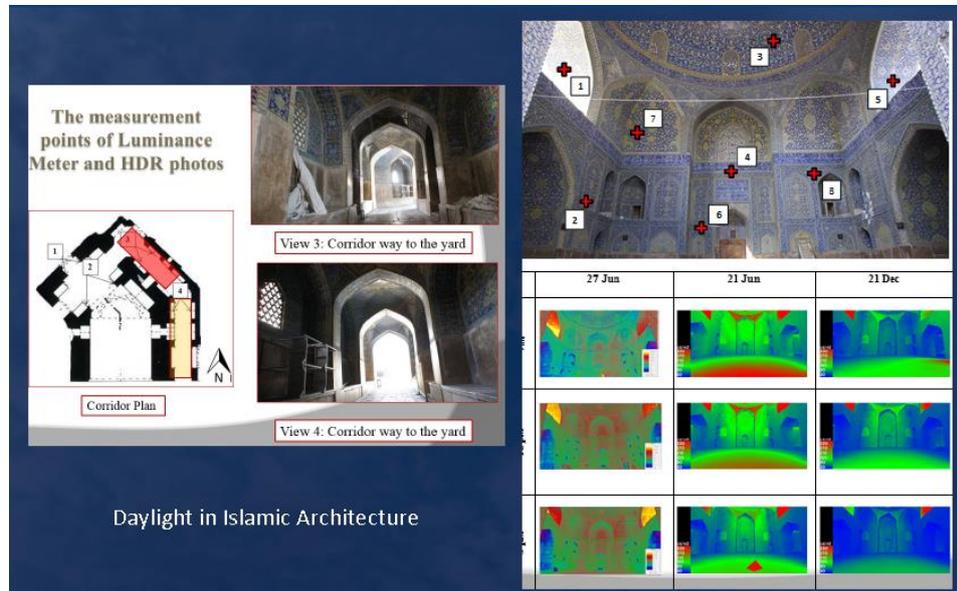


圖 二十五 建築設計學院照明研發案例 - 伊斯蘭建築日照研究



圖 二十六 建築設計學院照明研發案例 - 以塑膠瓶製作的裝飾照明



圖 二十七 建築設計學院照明研發案例 - 宗教建築照明

(17) Future Vision on Lighting

報告人為來自泰國照明工程協會(TIEA, The Illumination Engineering Association of Thailand)的 Kitti Sukutamantani, 由照明設計師的角度說明未來照明的需求。其中照明節能是相當重要考量, 他舉泰國在零耗能建築的規劃為例, 參見圖二十七, 在零耗能建築的 roadmap 中, 照明用電密度(LPD)將必須降低至 2W/sq.m。此報告也列舉了環境照明設計與照明燈具設計的創新案例, 可以看出在未來的產品中, 善用 LED 的特性結合設計創意是大趨勢。圖二十八至圖三十列舉了數個創意燈具的案例。

## Thai ZEB road map to 2030

ปีที่ =>	2012	2015	2018	2021	2024	2027	2030
ระดับความเข้มข้น	BEC	BEC+	HEPS	HEPS+	LEB	LEB+	ZEB
OTTV, W.m <sup>-2</sup>	50	45	40	35	30	25	20
LPD, W.m <sup>-2</sup>	14	12	10	8	6	4	2
A/C, kW.RFT <sup>-1</sup>	1.12	0.95	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4
Building, %	80	70	60	50	40	30	20



BEC = building energy code, HEPS = higher performance standards, LEB = low energy building, ZEB = zero energy building  
 OTTV = overall thermal transfer, LPD = lighting power density, A/C = air-conditioning

圖 二十八 零耗能建築 roadmap



圖 二十九 與家具結合的照明



圖 三十 使用 LED 的照明燈具，簍空設計有助光型分佈與散熱



圖 三十一 與雨傘意象結合的照明

## 2.2 討論會具體結論 (9/6)

在各國代表報告之後，進行分組討論。共分為 A/B/C 三組，目的在導出具體作法，提供各國建立照明中心之參考。討論之方法係由設計中心的目標(Goal)、任務(Mission)、能力建構(Capability)、活動(Activities)、市場網路(Market Connection)與策略夥伴(Partnership)各方面去探討，最後得出具體建議做法。圖三十一是討論會進行過程的照片。

經過一個下午的分組討論後，各組得出針對設立照明設計中心未來建議做法 (Next Steps)與結論如下。

### (1) A 組

1. 形成指導委員會(Advisory Board)
2. 在委會內形成執行組(Steering Group)
3. 舉辦夥伴與利害關係人會議(Stakeholder meeting)制定藍圖(roadmap)
4. 透過 APEC 平台建立工作組(Working Group)
5. 與夥伴聯合分派任務(Mission Assignment)
6. 與大學合作並取得一致方向(University Alignment)
7. 建立領導班子(leadership and facilitator)
8. 制定章程並獲得認可(Charter)

### (2) B 組

1. 建立工作組(set up working groups)
2. 建立專家溝通網絡，以分享知識、資料庫、溝通窗口
3. 進行預算規劃(Budget Planning)
4. 制定營運計劃書，在各種支出與收入間取得平衡，以確保永續經營
5. 定義設計中心的 KPI 及其參數條件

### (3) C 組

1. 建立專家網絡，創造交流分享平台，讓 APEC 經濟體的專家合作，並為照明設計中心儲備人才。
2. 尋找經費來源。
3. 尋找夥伴與利害關係人。
4. 定義區域特殊需求，並將視為各區域專家的核心能力
5. 盡速行動，先設置一部分小規模照明設計中心

由以上各組論的結論可以看出，大部分代表的共識都是必須建立專家溝通交流網絡。此外如何獲得經費來源維持此一專家平台也是會議結論時討論的重點。此次 Workshop 是由 APEC 出資，因此 UC-Davis 的 Michael Siminovitch 當場也詢問 Cary Bloyd 是否有可能由 APEC 持續出資，建立專家平台。Cary Bloyd 表示 APEC 計畫都必須有一定的申請程序，可以嘗試申請，但是有一定的過程。而在 APEC 之下建立專家工作組比較複雜，APEC 的架構下的工作組是類似 EWG(Energy Working Group)這樣的組成，在 EWG 之下又分成不同的專家組(Expert Group)，例如 EGEEC(Expert Group of Energy Efficiency and Conservation)。單獨為照明設計中心成立工作組或是專家組的難度都很高，比較可能的情況是計畫成立之後，在某個專家組下成立工作小組(Task Force)。在計畫尚未成立之前，也可利用 APEC 現有的溝通交流平台，例如由 Penn. State 管理的資訊交流平台。



圖 三十二 分組討論情形

### 三、心得與建議

此次 workshop 可以看出 UC-Davis 加州照明科技中心積極擴張在亞洲的影響力。會後大約一星期，UC-Davis 即與新加坡綠建築委員會(SGBC)以及新加坡建築與建設部(Building and Construction Authority, BCA)簽署三方合作備忘錄，將共同在新加坡推動高效率照明示範與訓練中心。美方積極的動作，除了 UC-Davis 本身的利益之外，長遠來看美國的標準、規範與制度逐漸在亞洲發揮影響力，對美國的產業將有正面助益。

我國在 LED 照明技術上相對於大部分 APEC 國家要進步很多，經過多年的培養，國內大廠已逐漸建立國際競爭力，目前正開始透過外銷實績，擴大產業基礎。我國產業在 LED 中上游的製造能力強，但是在國際競爭中，由於缺乏品牌與通路，近年逐漸走向代工。此一趨勢若不扭轉，代工市場終將面臨其他國家競爭，不利產業永續發展。我國在推動 LED 照明，尤其是戶外照明，起步甚早，各項配套措施、標準、規格已趨完整，此推動經驗對於 APEC 其他國家是寶貴的經驗，可善用此優勢發揮影響力，來協助我國產業發展。後續建議具體做法如下。

1. 持續參與國際交流，藉由專家資訊平台，讓更多 APEC 會員了解我國的發展，並推銷我國標準。此次 Workshop 報告我國經驗之後，與會代表均感到極大興趣，當場即有澳洲、印尼、泰國等國代表索取我國 LED 路燈相關標準規範。事後將英文版本的 LED 路燈標準(CNS 15233)寄給有興趣的代表，預期會引起更大迴響。以後應持續參與 APEC 相關活動，並爭取機會持續將我國的進展讓各國了解。另外也可主動邀請 APEC 會員代表來我國參觀交流，例如此次與會結識泰國與印尼代表，事後即透過代表邀請該國負責 LED 路燈推動的窗口來台，於九月二十五日在台北舉辦 LED 路燈國際論壇，並讓與會代表實地參觀台北安裝的路燈實績，預期將有助於我國 LED 路燈產業在印尼與泰國市場的推動。
2. 透過外交管道，以我國產品進行海外示範。尤其在公共領域，例如路燈，透過大規模的補助示範，是建立品牌知名度與市場信心的最佳手段。事實上，德國產業在印尼路燈市場正是採取這種策略，藉由捐贈數十公里公路路燈，建立形象並與政府部門窗口建立聯繫。

透過示範工程也可以找到當地策略夥伴，有助於未來拓展。我國產業普遍規模較小，無法自行負擔大型的海外示範捐贈，政府的補助與協助將更形重要。

#### 四、附件及參考資料

附件一 討論會議程(Workshop Agenda)

附件二 我國代表報告內容

附件三 參考名片

附件一 討論會議程(Workshop Agenda)

**Date :** Thursday, 5 September 2013  
**Venue:** Chatrium Hotel Riverside, Bangkok, Thailand  
**Time:** 8:30 PM - 16:30 PM  
**Event:** Meeting Day 1

Time	Event	Presenter
8:30 AM	Registration	All
9:00 AM	Welcome speech by Assoc. Prof. Dr. Bundit Funghthamasarn	Vice President of KMUTT
9:10 AM	Introduction and overview of activities of the APEC Expert Group on Energy Efficiency and Conservation	Dr. Cary Bloyd, PNNL
9:25 AM	Keynote speaker 1: Energy-efficiency policies and strategies in Thailand	Dr. Thawarat Sutabutre
9:45 AM	Keynote speaker 2: Energy-efficient lighting implementations in Thailand	Mr. Pitarn Chajjinda, EGAT
10:20 AM	Coffee break	
<b>Presentations (lighting opportunities and center recommendations)</b>		
10:40 AM	California Lighting Technology Center - UC Davis, USA	Prof. Michael Siminovitch
11:00 AM	Sacramento Municipal Utility District (SMUD) - Lighting innovations, USA	Mr. Alan Suleiman
11:20 AM	Lighting research and professional practice in China - Tongji University, China	Prof. Louxi Hao
11:40 AM	Lighting research and innovations in China - Chongqing University, China	Prof. Yan Yonghong
12:00 AM	Lunch break	
<b>Presentations (lighting opportunities and center recommendations)</b>		
13:30 PM	Opportunities of lighting education, research, and practice - New Zealand	Mr. Christopher Cuttle
13:50 PM	Lighting & Photometric Laboratory - Queensland University of Technology, AUS	Assoc. Prof. Ian Cowling
14:10 PM	Lighting research and practice in Thailand - Chulalongkorn University, Thailand	Assit. Prof. Voraprt Inkarojrit
14:30 PM	Research Efforts in Lighting Technologies for Singapore - Nanyang Technological University	Prof. Tseng King Jet
14:50 PM	Coffee break	
<b>Presentations (government agencies and national lighting institutes)</b>		
15:10 PM	Daylighting and green building research and policies in Malaysia	Prof. Mohd Zin Kandar
15:30 PM	Urban lighting research and implementations in Vietnamese cities - Vietnam	Dr. Luong Thi Ngoc Huyen
15:50 PM	The status of lighting programs in Indonesia - Indonesia	Mr. Totok Sulistiyanto
16:10 PM	The research and deployment of standardized LED lighting in Taiwan	Mr Bor and Dr. Jeng

**Date :** Friday, 6 September 2013  
**Venue:** Chatrium Hotel Riverside, Bangkok, Thailand  
**Time:** 8:30 PM - 16:30 PM  
**Event:** Meeting Day 2 and farewell dinner

Time	Event	Presenter
8:30 AM	Registration	All
9:00 AM	Energy efficient lighting and green building design in Thailand and ASEAN - The association of Siamese Architect under the Royal Patronage (ASA)	President of ASA
9:20 AM	Presentation of energy efficiency research and industry partnerships at KMUTT	Vice President of KMUTT
9:40 AM	Lighting research and future vision at KMUTT	Dr. C. Chuntamara
10:00 AM	Overview of the workshop and roundtable discussions	Dr. Acharawan Chutarat
10:20 AM	Coffee break	
<b>Input from government and lighting industry on lighting research</b>		
10:40 AM	Needs from professionals- The Illuminating Engineering Association of Thailand	Mr. Kitti S.
11:00 AM	Needs from industry- Representatives from lighting industry in the region	(TBC)
11:20 AM	Input from key stakeholders: government representatives and utilities	(TBC)
12:00 AM	Lunch break	
<b>Development of Roadmap: moderated by (TBC)</b>		
13:30 PM	Input and discussions by key stakeholders: professionals and researchers	All
14:30 PM	Initial strategies on the development of lighting design/research centers	All
14:50 PM	Coffee break	
<b>Roundtable discussions: moderated by (TBC)</b>		
15:10 PM	Adjusted strategies on the development of lighting design/research centers	All
16:00 PM	Roadmap and recommendations toward the goals	All
16:15 PM	Workshop outcomes and summary	Dr. C. Chuntamara
16:30 PM	Closing	
<b>Farewell Dinner (hosted by KMUTT)</b>		
18:00 PM	Meeting at Chatrium Pier and depart for <b>Supatra River House</b> Restaurant	All
21:00 PM	Depart from <b>Supatra River House</b> Restaurant back to Chatrium	All



## LED Lighting

The Research, Deployment and Standardization in Taiwan

September 2013

Shiaw-Jiun Bor<sup>1</sup>, and Ming-shan Jeng<sup>2</sup>

1. Bureau of Energy, Chinese Taipei

2. Green Energy & Environment Research Laboratories/ITRI, msjeng@itri.org.tw



1

## Topics

- LED lighting promotion policies in Taiwan
- LED street lighting demonstration in Taiwan
- The world's first National Standard for LED street lighting CNS15233
- Survey on the failure causes and public acceptance of LED street lighting
- LED lighting research in ITRI
- Conclusion



2

## LED lighting promotion policies

- “Energy Label” program

- Government-backed voluntary labeling system to recognize higher energy efficiency products

[www.energylabel.org.tw/index\\_en.asp](http://www.energylabel.org.tw/index_en.asp)

- Evaluated 43 product categories & 7332 products (including LED street lights and LED lamps)



- Subsidy of ESPC Project

(Energy Saving Performance Contract)

- Using energy savings to pay for the work
- Up to USD 500k subsidy for each case

- Green Act

- At least 6% of the public construction budget must be green content

## LED street lighting promotion in Taiwan

- BOE of MOEA as the major sponsor behind all demonstration projects
- 2006: Began replacing mercury vapor lamps with LED street lamps
- 2008 – 2011 expanding to more than 45 counties/cities with more than 20,000 LED lamps installed
- 2012: Large scale demonstration and installations, roughly 300,000 lamps, accounting for 20% of all the street lamps in the country



## On-going demonstration projects in Taiwan

### Latest Demo Projects based on the domestic demand expansion

Joint procurement and installation of lighting equipment by city or county government with lower cost under the **ESPC business mode**

Project name	Execution period	Subject	Street lights to be replaced	Budget amount and source
Extended LED street lights installation and energy saving project	2012	5 municipalities and 11 cities and counties	210,000	TWD 2 billion from central special tax redistribution
LED street lights energy saving project	2012	Remote area and outlying islands	21,000	TWD 180 million from Energy Research and Development Fund
LED street lights demo city project	2012 - 2014	Keelung, Hsinchu and Chiayi City	53,000	TWD 588 million from grants and contributions provided by Taipower

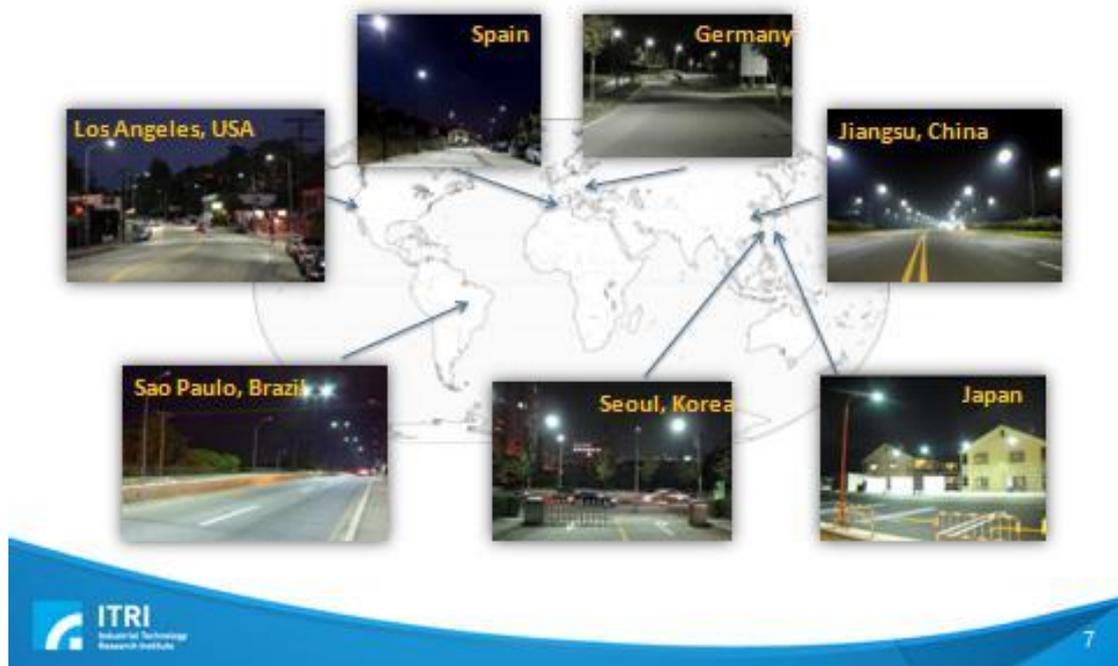
> A total of 284,000 LED street lights will be installed in 2012-2014  
 > Increase energy saving up to 1.87 hundred million kWh/year and reduce 112,000 ton/year CO<sub>2</sub> emission

## Sample Projects in Taiwan

2009 ~ 2011: A total of 16 suppliers participated in the 87 LED street lighting demonstration programs



## Sample Projects around the world using Taiwan's LED street lighting products



## Establishing LED street lighting Standards

- **CNS 15233 – the world’s first LED street light national standard was announced on 12/04/08 and revised on 07/27/12**
  - Surge protection: LED street lights shall feature surge protection compliant with CNS 14676-5 level 4
  - Lumen maintenance rate: Greater than 92% after 3,000 hours lighting (excluding the 1,000 hours of aging lighting)
- **2011 added 12 new standards covering from LED chip, components, to light modules, luminaires and system; this brings to total 22 national standards in Taiwan**
- **Harmonized with IEC International standards for LED street light safety standards**

## Standardized Electrical Interface

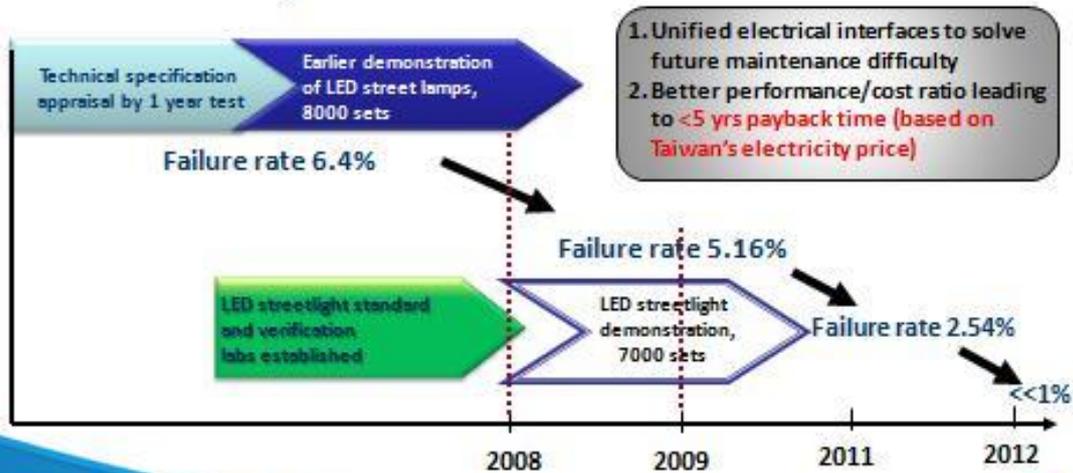
- **Reduce maintenance issue of dealing with incompatibility thru establishing standard brand-neutral interface specification**
- **To ensure electrical interface forward compatibility**

表 3 額定功率 70W-100W 之 LED 路燈電源供應器規格

項目	規格	
輸入 Input	額定電壓 Rated Voltage	110-277 Vac
	額定頻率 Rated Frequency	50/60 Hz
	功率因數 PF	>0.92 @ 220Vac at 70% load & full load
	效率 Efficiency	> 90% @ 220Vac at full load
輸出 Output	額定輸出電流 Current Rating	700 mA ± 5%
	輸出電壓 Voltage Rating	≤140V
	電源電壓調整率 Line Regulation	± 3% @ full load
	輸出漣波電流 Ripple current	± 20% @ 220Vac at full load
	可調光 Dimmable	Optional

# Impact of LED Street Light Standard

- A big improvement of the quality of LED street lamp products from various companies due to the new standards and verification process



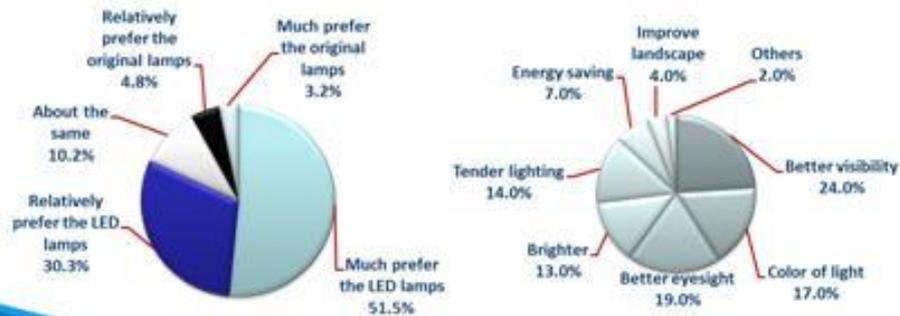
# LED Street Light Failure Causes Analysis

- The failure rate of LED street light over one year period was 5.16% in 2009 according to field statistic in Taiwan; but if including electrical factors such as leaking circuit breakers and power line problems then it would increase to 7.44%
- Lamp damages (36.68%) were the most frequent causes of failure (including some lamps with built-in power supply)
- LED street lamps have a higher failure rate in summer thunderstorm season caused by poor ingress protection (IP) designs
- It has been observed that power supply failure were the major cause of LED street light failure



## Public Acceptance Survey Result

- Public Survey was conducted in Nov., 2011 to around 623 people for their opinions on LED lighting
- 73% participants noticed the lamp replacement
- More than 80% participants preferred the LED lamps than the conventional ones



## LED Street Lights Testing in ITRI

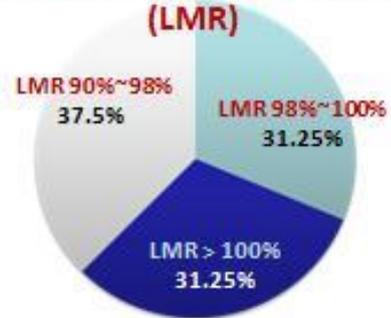
- Totally 32 LED lamps from 16 brands (companies) join this project
- All LED lamps installed in parking lot
- Continued for 8,200 hrs (more than 2 years)
- Tested items: Lumen Maintenance, Input Power, Luminous Efficiency and Color Temperature variation



## LED Street Lights testing in ITRI

- Lumen maintenance rates of all LED lamps are between -9.7% ~ 9.0%
- Excluding impact of dirt and dust adhered to some lighting equipment, the LED street lights present good lumen maintenance rate
- Impact of dirt and dust on street lights in traffic environment are significant. When designing road lighting system, impact of the luminaire dirt depreciation (LDD) effect should be considered

### Lumen maintenance rate (LMR)



### Testing of LED Street Lights

Item	Input Power	Luminous Efficacy	Color Temperature	Lumen Maintenance
Average Rate of Change	-0.28%	-1.57%	-107.5 K	-2.01%
maximum Variation	-4.40%	-11.50%	-850 K	-9.70%

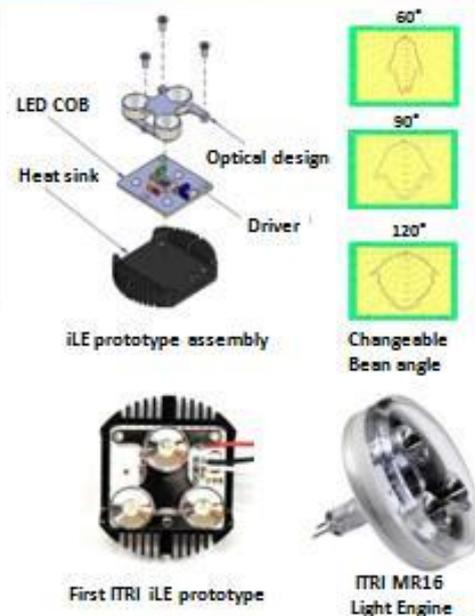
## LED integrated Light Engine

- “integrated Light Engine, iLE”
  - Using IC technology for driving light engine
  - Improve energy efficiency, cost and intelligence of the system
  - Integrating unique optical package, advanced thermal management technology and high efficacy LED chip together with intelligent driver IC
- The LED iLE will follow the specifications announced by light engine standard organizations, such as ZHAGA, to ensure compatibility with others.



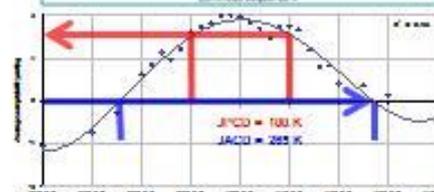
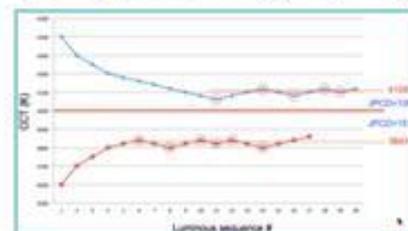
## ITRI LED iLE

- **First prototype**
  - Driver IC and LED chip on board (COB)
    - ✓ 3W, 290 lm
    - ✓ Electrical efficiency: 93.6 %
    - ✓ 12-36 V input
    - ✓ 4 power mode
  - Heat distribute substrate
    - ✓ Al and graphite compound material
    - ✓  $K_{xy} = 550 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - Changeable beam angle
    - ✓ 60 – 120 degree
  - Total efficacy 86.9 lm/W
- **MR 16 application**



## Human factor research in lighting

- **Just-Perceivable Chromaticity Difference (JPCD) between Two Adjacent Luminaires**
  - To find JPCD in a office panel lighting scenario
  - Using double staircase method
  - To find the Just-Acceptable Chromaticity Difference (JACD) at the same time
- **JPCD = 100K in CCT**
  - JACD = 250 K in CCT
- **Optimize the CCT resolution of a self-control lighting system accordingly**



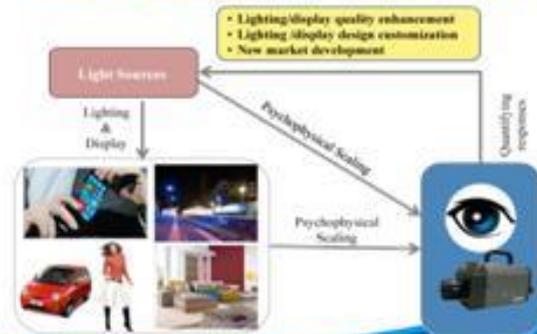
# Human factor lighting application

- **Niche Market**

- Ex: Hospital application
  - ✓ Elderly-care facility
  - ✓ Hemodialysis center
  - ✓ Patient room
  - ✓ Nurse station

- **Verifying with experiment**

- **Perceptibility and acceptability**
  - ✓ Psychological questionnaire
- **Quantization and modeling**
  - ✓ Shorten time-to-market of lighting application



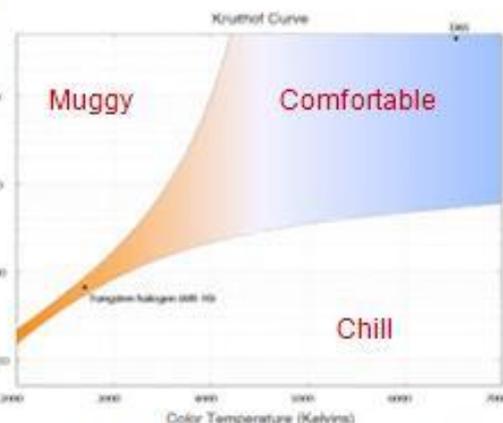
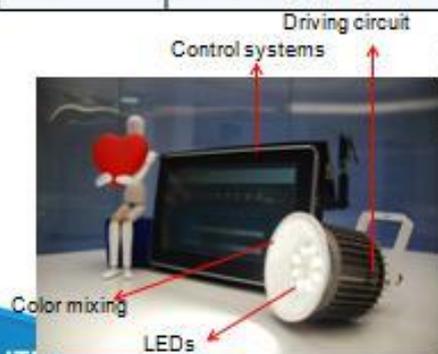
# Human factor lighting application Sun light simulation

- **The color temperature of the sun changes through the day**

Time of Day	Color Temperature
Early morning	3000-4000K
Midday	5500K
Afternoon	3000-4000K
Sunset	2000-2500K

- **Human Factors**

The feeling for lighting could be controlled by color and intensity tuning



Ref.: Knuthof, A. A. (1941), Tubular Luminescence Lamps for General Illumination, Philips Technical Review, 655-66

## Conclusion

- Taiwan has established a strong LED lighting industry and a robust supply chain with many companies already worked on foreign projects
- Taiwan government (BOE of MOEA) sponsored major programs to promote large scale deployment of LED street light in cities.
  - standards and certification scheme played an important role in improving LED street lighting
  - LED street lights showed better properties than traditional ones
- The new iLE technology will enhance the competitiveness of LED industry thru better light engine efficiency, lower cost and intelligence of the system
- We would be glad to assist APEC countries' energy saving projects and build eco-friendly cities

*Thank you for your attention !*



[msjeng@itri.org.tw](mailto:msjeng@itri.org.tw)



**BEARS**

BERKELEY EDUCATION ALLIANCE FOR  
RESEARCH IN SINGAPORE LIMITED

**CHIEN SZU-CHENG, PH.D.**  
SinBerBEST | Research Fellow

CREATE TOWER  
1 CREATE WAY, #11-01  
SINGAPORE 138602

Tel : +65 6601 3193  
Email : SCChien@ntu.edu.sg



**Totok Sulistiyanto M.Eng.Sc., Jr.**  
Member No.: 8089054  
President Elect 2012-2013  
Chapter Secretary 2011-2012  
Chapter Board of Governor 2010-2011  
Vice President 2009-2010  
Chapter Secretary 2007-2009



**PT. Narama Mandiri**  
O : +62 21 741 9112  
F : +62 21 742 7901  
M : +62 811 80 8836  
E : totok.sulis@cbn.net.id

Indonesia Chapter

American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.  
Jl. Layur No. 35 - Pemuda Pulogadung, Jakarta Timur 13220 - Indonesia  
Telp : 62 21 4711555 Fax : 62 21 4711556 Email : aic.office@mail.ashrae.org



**UC DAVIS**  
UNIVERSITY OF CALIFORNIA

**MICHAEL SIMINOVITCH**  
ROSENFELD CHAIR IN ENERGY EFFICIENCY  
Professor, Design Department  
Director, California Lighting Technology Center

TEL (530) 747-3835  
FAX (530) 747-3812

633 Pena Drive  
Davis, CA 95618

mjsimnovitch@ucdavis.edu



**A/Prof Ian Cowling**  
BSc(Hons) PhD Fln

**Course Coordinator, P/G  
Lighting Courses**

Director, QUT Photometric  
Laboratory  
Chemistry, Physics and  
Mechanical Engineering  
Science and Engineering Faculty

**Queensland University of Technology**  
2 George St GPO Box 2434  
Brisbane Qld 4001 Australia

**Phone +61 7 3138 2592**  
Fax +61 7 3138 1402  
Mobile 0421 334 393  
A/H +61 7 3844 0063  
Email i.cowling@qut.edu.au  
[www.lighting.qut.edu.au](http://www.lighting.qut.edu.au)

CRICOS No. 00213J

**Sakarindr Bhumiratana, Ph.D.**  
President  
sakarindr.bhu@kmutt.ac.th



King Mongkut's University  
of Technology Thonburi  
126 Pracha Uthit Rd., Bang Mod,  
Thung Khru, Bangkok 10140 Thailand  
[www.kmutt.ac.th](http://www.kmutt.ac.th)

T +66 2470 8001  
F +66 2872 9087



**Alan Suleiman**  
Customer Strategy

Office 916-732-6834  
Fax 916-732-6752  
[alan.suleiman@smud.org](mailto:alan.suleiman@smud.org)



**Chanyaporn Chuntamara, Ph.D.**  
Head of Lighting Design Track  
[chanyaporn.chu@kmutt.ac.th](mailto:chanyaporn.chu@kmutt.ac.th)

**School of Architecture & Design**

49 Soi Thian Thale 25, Bang Khun Thian Chai Thale Rd.,  
Tha Kham, Bang Khun Thian, Bangkok Thailand 10150  
T.+66 (0)2470 9940-1 F.+66 (0)2452 3792 M.+66 (0)80 910 9225



**Acharawan Chutarat, Ph.D.**  
Lecturer  
[iacharat@kmutt.ac.th](mailto:iacharat@kmutt.ac.th)

**School of Architecture & Design**

49 Soi Thian Thale 25, Bang Khun Thian Chai Thale Rd.,  
Tha Kham, Bang Khun Thian, Bangkok Thailand 10150  
T.+66 (0)2470 7888 F.+66 (0)2452 3792 M.+66 (0)89 923 1024