

# 工業技術研究院

Industrial Technology  
Research Institute

## 校園節能示範案例分享

報告人 綠能所 陳世溥 正研究員

中華民國 114年 12月11日

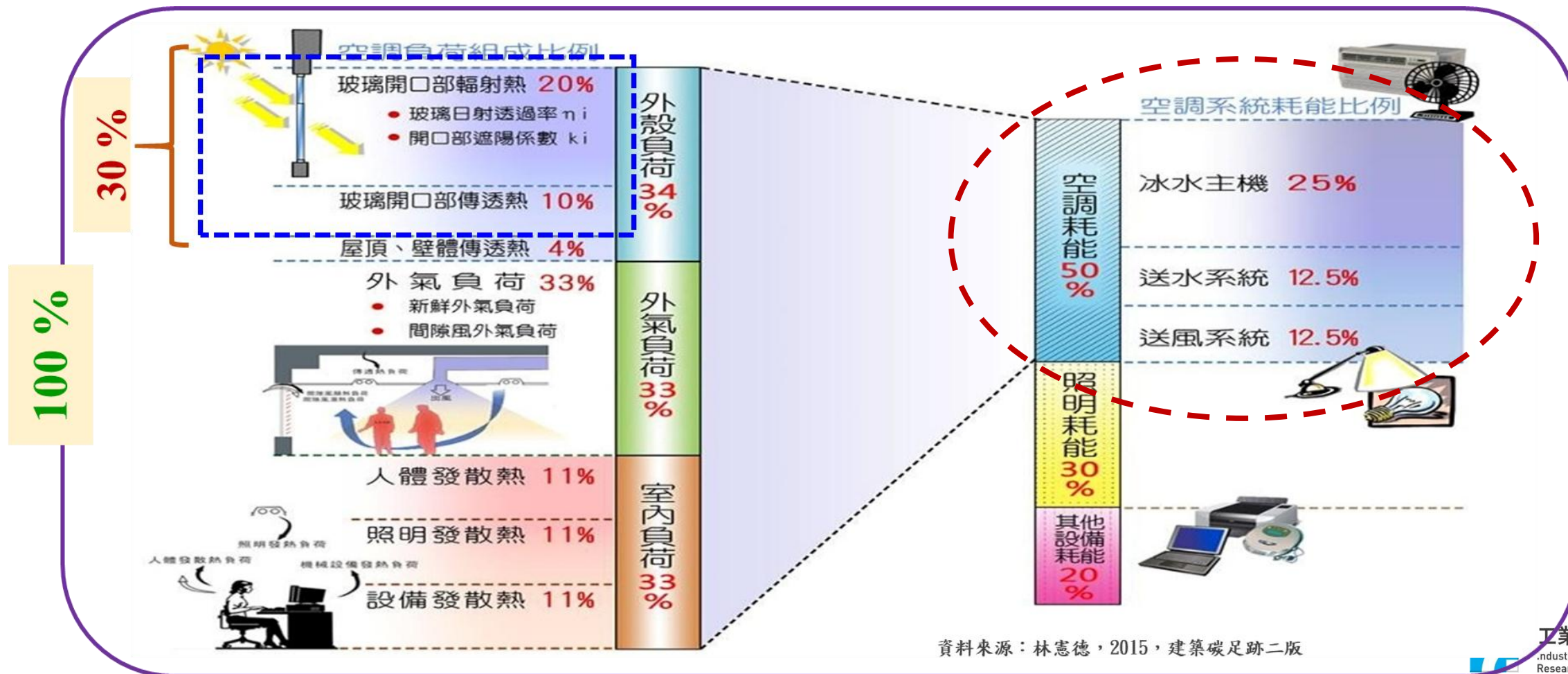
# 內 容 大 綱

- 一、背景說明
- 二、台南沙崙SPINLab (旋轉屋)對比測試
- 三、示範場域案例分享  
(新北市八里區永續環境教育中心)
- 四、工研院26館淨零改造- 數據驅動改善決策

# 一、背景說明

## ➤ 建築外殼中以窗戶對建築熱負載影響最大

- ✓ 透過玻璃窗進入室內的太陽輻射熱及傳透熱等熱負載 **占總空調熱負載30%**，即建築**總耗能**中有**15%**受**玻璃窗**之熱負載影響。



# 一、背景說明

## ✓ 國內衡量隔熱紙效果的關鍵指標表格

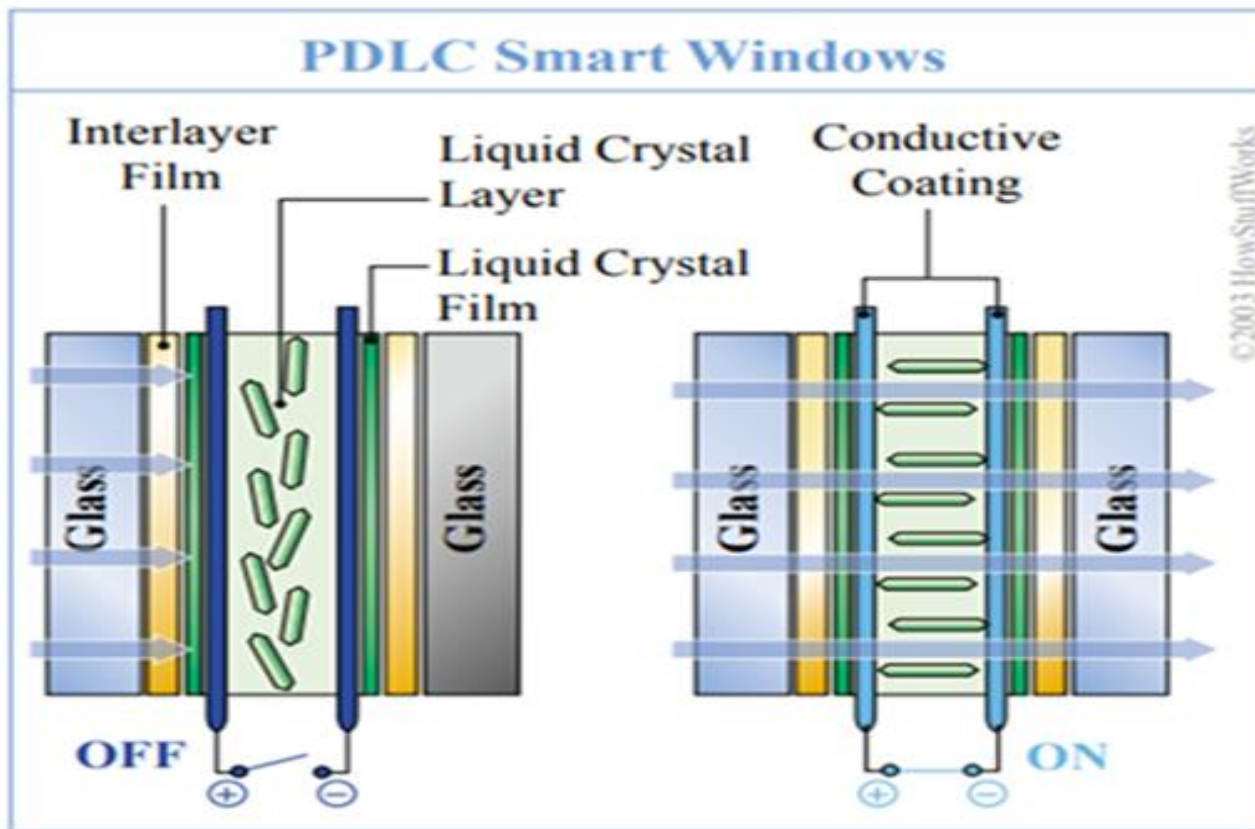
等級	可見光穿透率 (VLT)	紅外光阻絕率 (IRR)	紫外光阻絕率 (UVR)
優良	< 20% (高遮光、有效防止眩光與降低日射熱)	> 95% (幾乎完全阻隔熱輻射，顯著降低室內熱負荷)	> 99% (有效防止紫外線傷害與家具褪色)
中等	20% ~ 40% (具一定遮光與隔熱功能)	80% ~ 95% (具一定隔熱效果)	90% ~ 99% (具一定防護效果)
不足	> 40% (遮光與節能效果不足)	< 80% (隔熱效益有限)	< 90% (防護能力不足)

工研院綠能所整理

# 一、背景說明

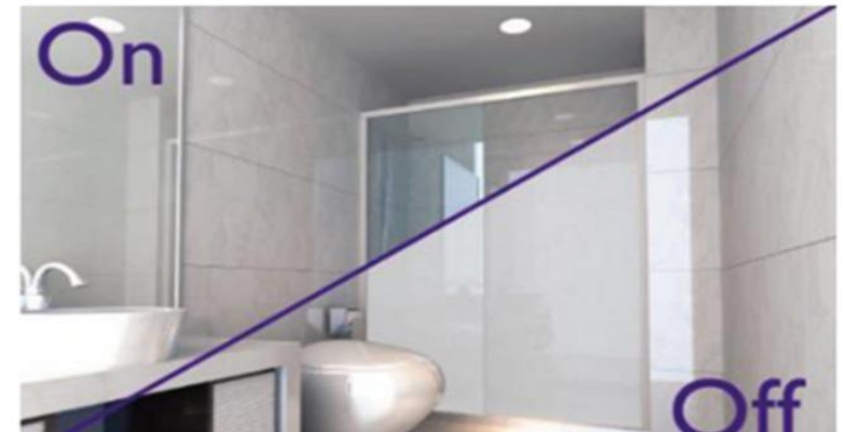
## ✓ 什麼是電致變色貼膜？

高分子分散型液晶技術(PDLC)



PDLC技術示意圖

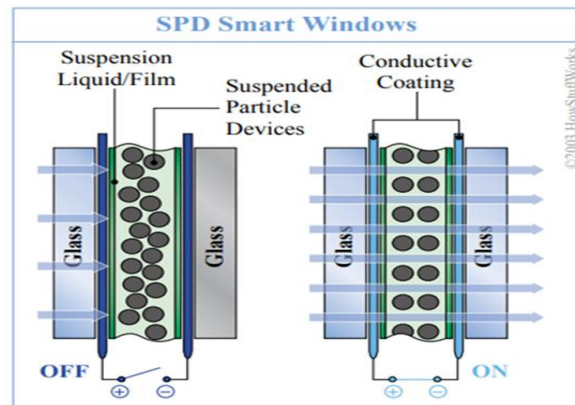
通電透明態，斷電霧態





# 電致變色貼膜技術應用與現況分析

## A. 懸浮粒子元件技術 (SPD)

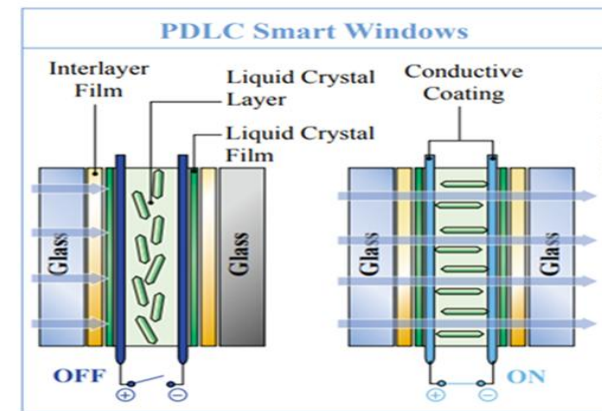


SPD技術示意圖

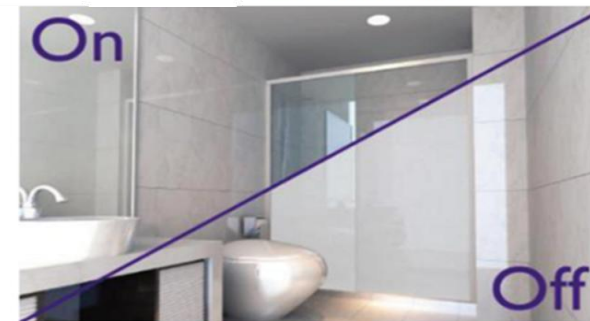


BMW Concept Active Tourer變色天窗

## B. 高分子分散型液晶技術 (PDLC)



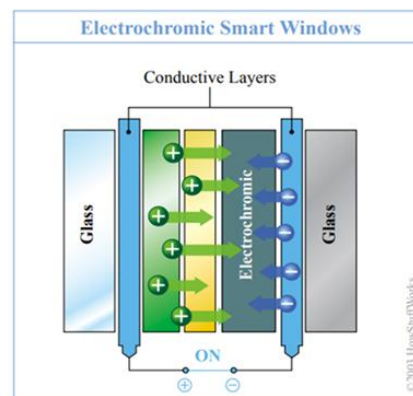
PDLC技術示意圖



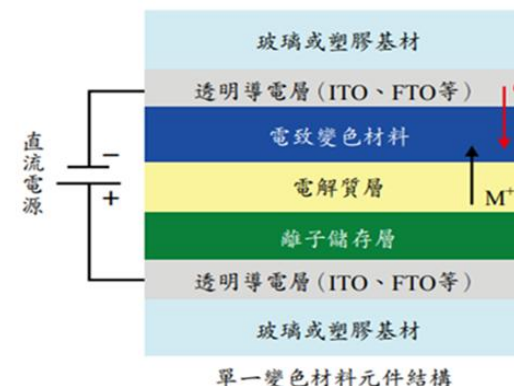
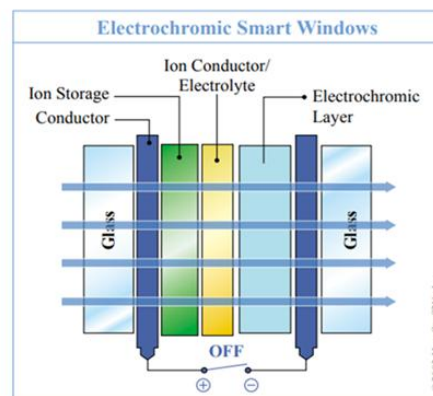
BenQ PDLC智慧調光膜

# 電致變色貼膜技術應用與現況分析

## C. 電致變色技術



電致變色技術示意圖



典型的電致變色元件結構



無機型電致變色相關運用產品

## 二、SPINLab (旋轉屋)對比測試

✓ 亞熱帶第一座、全球第三座建築旋轉測試平台



Flexlab, California, USA, Temperate zone  
Lawrence Berkeley National Laboratory  
UC Berkeley



SPINLab, Taiwan  
Subtropical zone  
BOE/MOEA、  
ITRI、NCKU



BCA SkyLab, Singapore, Torrid zone  
Nanyang Technological University (NTU)、  
National University of Singapore  
Singapore Institute of Technology

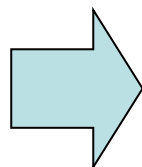


## 二、SPINLab (旋轉屋)對比測試

### ✓ SPINLab對比實驗 - 電致變色貼膜vs清玻璃對比測試



台南沙崙旋轉測試平台 (SPINLab) 外觀

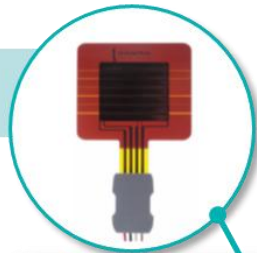


電致變色貼膜對比實驗情境

## 二、SPINLab (旋轉屋)對比測試

### ✓ 沙崙SPINLab室內量測儀器及設備

表面溫度及熱流



當地氣象站、各系統分電表、資料擷取系統



IAQ (PM10, PM2.5, VOC)



即時室內溫、溼度感測



視覺舒適度(眩光感測)  
Daylight Glare Probability,

Scale	Thermal Sensation
+3	Hot
+2	Warm
+1	Slightly Warm
0	Neutral
-1	Slightly Cool
-2	Cool
-3	Cold

溫熱舒適度感測(PMV meter)



照度感測





## 二、SPINLab (旋轉屋)對比測試

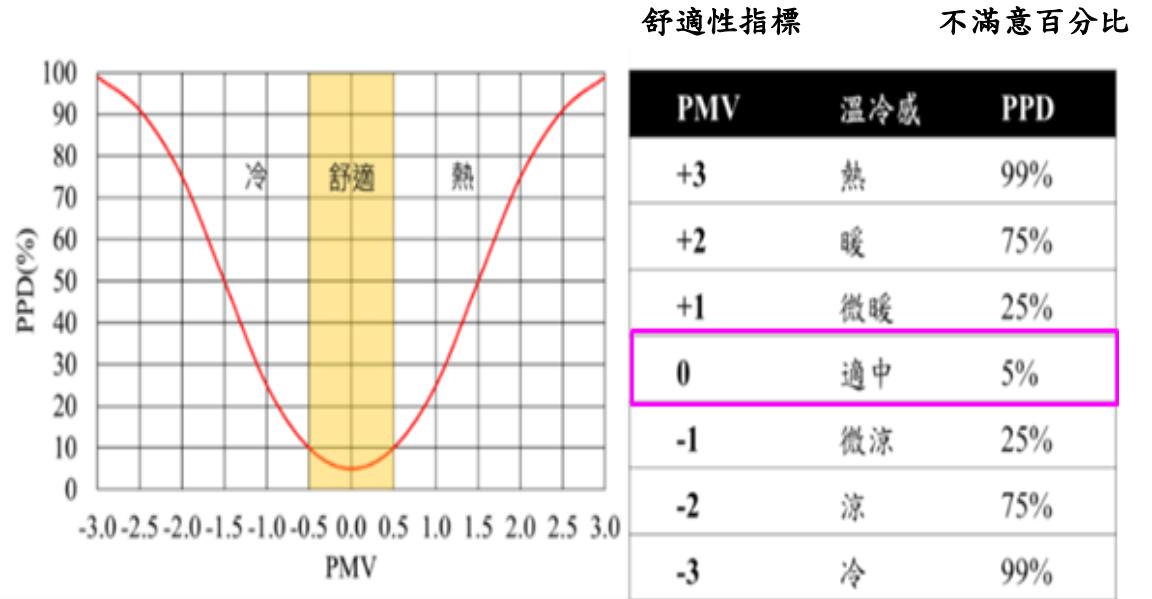
熱舒適指標(PMV)

### ✓熱舒適指標(Predicted Mean Vote, PMV)\*

PMV 為預測群體熱感受投票值，ISO 7730 依此指標制定熱舒適標準。以 **PMV±0.5為可接受熱舒適範圍** (代表90%以上的人滿意)

#### 影響PMV六大因子：

- 空氣溫度 (Air Temperature,  $T_a$ )
- 平均輻射溫度 (Mean Radiant Temperature,  $T_r$ )
- 相對濕度 (Relative Humidity, RH)
- 空氣流速 (Air Velocity,  $V_a$ )
- 人體活動水平 (Metabolic Rate,  $M$ )
- 衣著熱阻 (Clothing Insulation,  $I_{cl}$ )



\* ISO 7730 (2005), Ergonomics of the thermal environment

## 二、SPINLab (旋轉屋)對比測試

### ✓ 日照眩光指數(Daylight Glare Probability, DGP)\*\*

用以評估日照眩光機率，由德國Fraunhofer ISE依實驗影像分析法發展。以DGP<0.35代表為無視覺眩光。

#### DGP評估指標

感受性	DGP
不易察覺 Imperceptible	<0.35
可感知的 Perceptible	0.35-0.4
令人不安 Disturbing	0.4-0.45
無法忍受 Intolerable	>0.45

$$DGP = 5.87 \cdot 10^{-5} E_v + 9.18 \cdot 10^{-2} \log \left( 1 + \sum_i \frac{L_{s,i}^2 \cdot \omega_i}{E_v^{1.87} \cdot P_i^2} \right) + 0.16$$

#### 影響DGP兩大因子:

- 入眼垂直面照度 (E<sub>v</sub>)
- 眩光源亮度(L<sub>si</sub>)

\*\* J. Wienold, Fraunhofer ISE, 2013



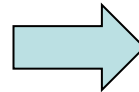
## 二、SPINLab (旋轉屋)對比測試

### ✓ SPINLab實驗情境-電致變色貼膜透明態與霧態應用成果比對

	對比實驗室	電致變色貼膜狀態	實驗條件(冬季實驗 / 113.12.)
情境	B室	無貼膜(一般玻璃)	✓ 開窗率40% ✓ 依據室內熱舒適PMV±0.5為基準，調整空調設定溫度(如24~27°C範圍)及風速(如強中弱) ✓ 依據室內平均照度(如500lux)為基準，調整LED照明輸出
	A室	全天都是由AI控制	



台南沙崙旋轉測試平台 (SPINLab) 外觀



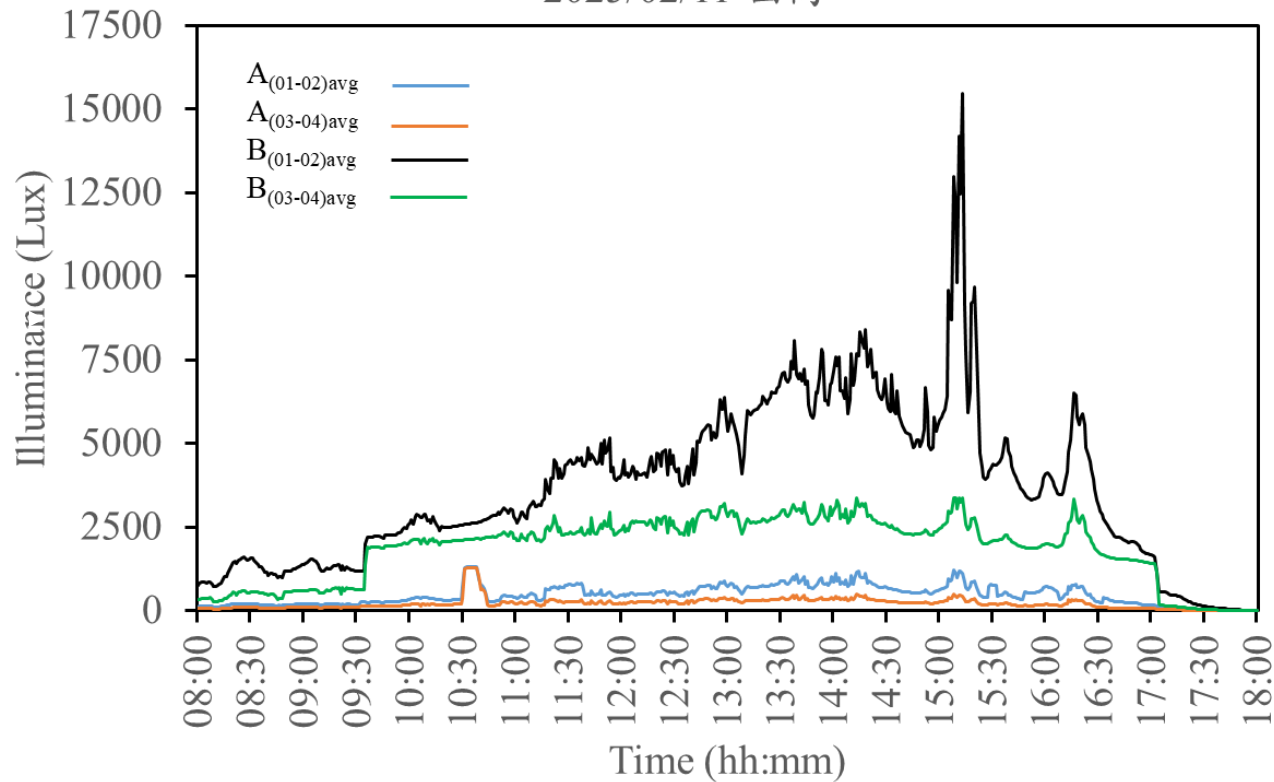
電致變色貼膜對比實驗情境

## 二、SPINLab (旋轉屋)對比測試

✓ 情境：B室一般玻璃（無貼膜） v.s A室電致變色貼膜（AI控制）

✓ 透過自動控制，A室桌面照度維持穩定數值

2025/02/11-西向



桌面照度趨勢圖



## 二、SPINLab (旋轉屋)對比測試

- ✓ 西向、南向窗戶採電致變色貼膜，透明態或霧態皆有明顯空調節電量；且有戶外溫度越高節電量越高之趨勢。北向無直射日照，節電不明顯。
- ✓ 電致變色貼膜霧態節電量較透明態為高。
- ✓ 電致變色貼膜有效降低DGP值(採光造成之眩光干擾)，增進室內視覺舒適。
- ✓ 電致變色貼膜有效降低PMV值(舒適度指標)，可改善偏熱季節室內熱舒適性(過熱→中性舒適)。
- ✓ LightGBM + 智慧自動控制：綜合控制貼膜狀態、空調、照明運轉參數，具明顯節能、提升舒適性效果，目前測試發現降低總能源消耗 50% 以上。

# 工業技術研究院

Industrial Technology  
Research Institute

## 案例與工研院量能分享

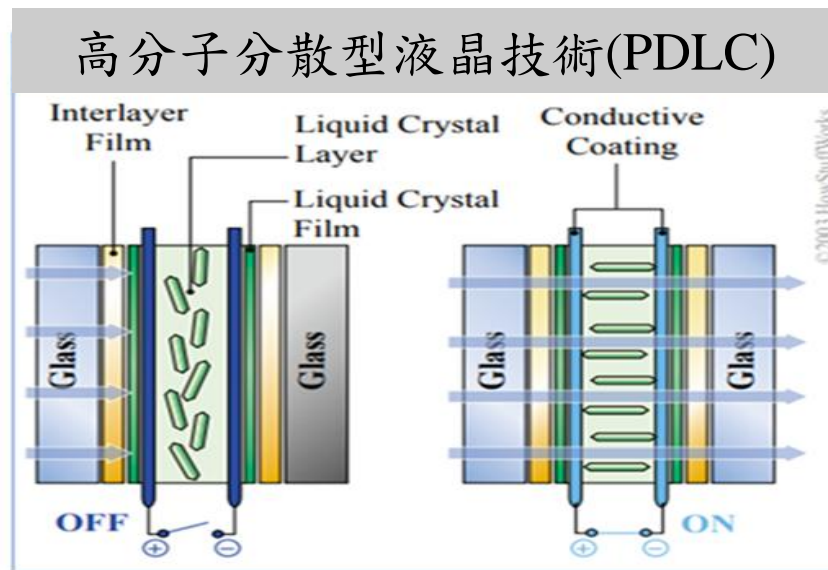




### 三、示範場域案例分享 - 永續環境教育中心

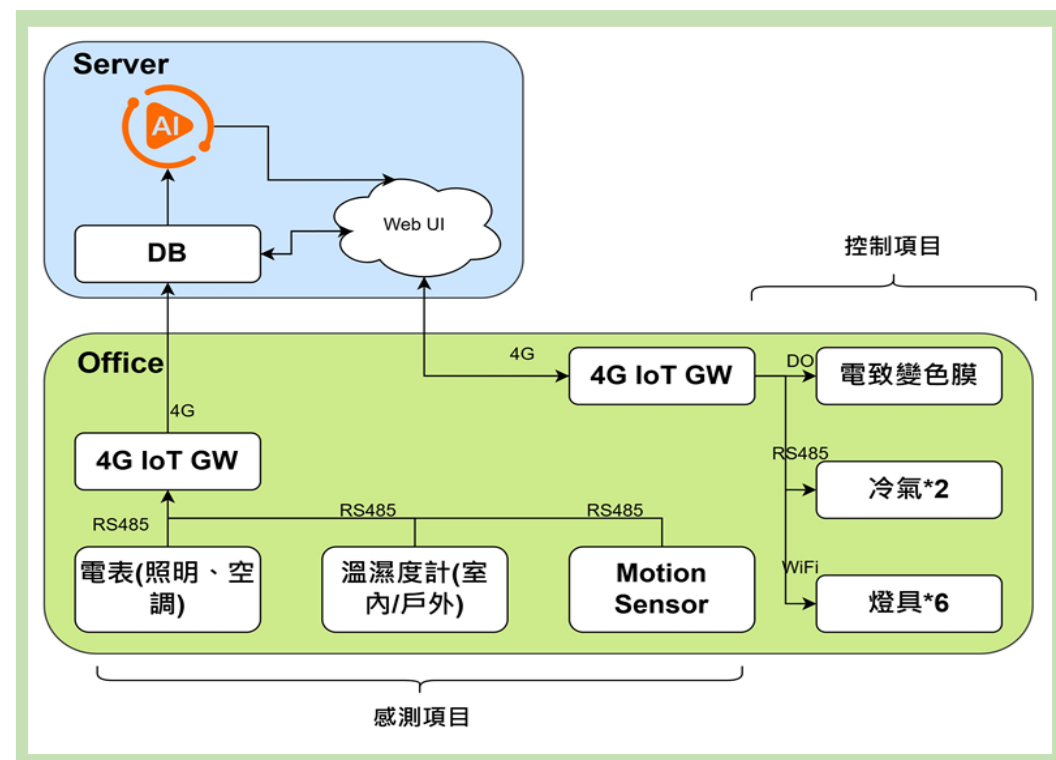
環境部計畫支持，示範新型建築玻璃隔熱解決方案- 電致變色貼膜+AI整合

- 特點1：液晶通/斷電排列狀態不同→視覺穿透/不穿透
- 特點2：隔熱節能
- 應用：隔間、汽車天窗、帷幕、窗玻璃等



### 三、示範場域案例分享 - 永續環境教育中心

- 節能控制系統：AI控制系統將根據感測器數據，即時調整照明和空調及電致變色貼膜狀態，達節能效果。





### 三、示範場域案例分享 - 永續環境教育中心



# 三、示範場域案例分享 - 永續環境教育中心

## ■ 控制平台系統建置





### 三、示範場域案例分享 - 永續環境教育中心

- 本次利用AI控制的照度設定，在辦公區由於照度計是放在書櫃上，將基準值設定在750-800 Lux。
- 會議區的照度計是擺放在桌上，量測高度低於書櫃，所以在量測出的照度值會低於辦公區的量測值，在AI控制的基準值設定的量測值，設定在600 Lux。



2F辦公室(東南向)辦公區



2F辦公室(西北向)會議區

### 三、示範場域案例分享 - 永續環境教育中心

- (一)、環教中心示範案於加裝電致變色貼膜後，節能成效已初步顯現。根據能源管理系統資料，114年8月全館用電量較113年同期減少用電降幅約11.9%。
- (二)、AI控制系統在照明方面亦具節能效果，平板燈於AI控制模式下平均每日用電1.5 kWh，較非控制模式的1.9 kWh 減少約20~25%。



# Summary

## ➤ 如何增進環境控制之精確性(節能)

- ✓ 感測器布點位置(優化感測器配置並增加數量)
- ✓ 使用者行為影響(加強示範區人員溝通與操作引導)
- ✓ 空調設備的控制(使用變頻空調、正確的設置空調位置)
- ✓ 照明光源的型式(使用平面光源、亮度可調)
- ✓ 環境控制區域之熱負載源降低(能源設備使用需要專區設置)

## ➤ 如何增進環境之舒適度(健康)

- ✓ 使用亮度可調式平面光源
- ✓ 舒適度量測(使用AI控制須先建立環境預測模型並輸入環境參數)



## 四、工研院26館淨零改造- 數據驅動改善決策(1)

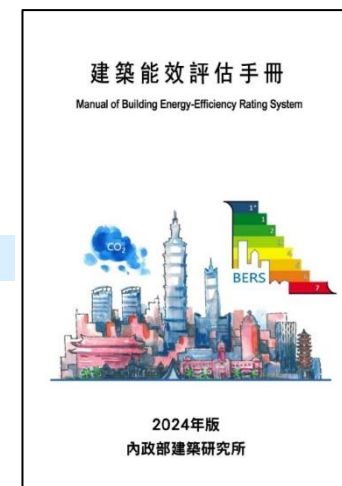
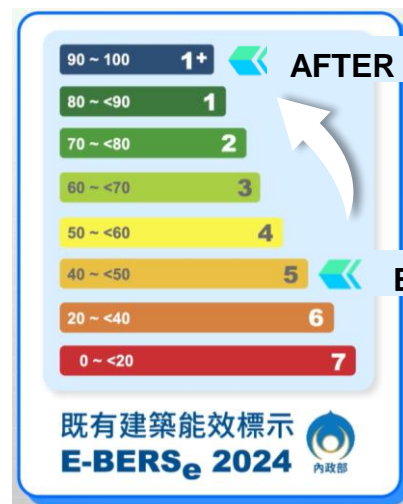
穿著西裝改西裝：老舊、仍在使用的建築，體質尚可

- 2023年總用電量38249kWh
- 總樓地板面積：618.43m<sup>2</sup>
- 屋頂面積：275.68m<sup>2</sup>

### 1. 依國內建築能效評估系統檢討：

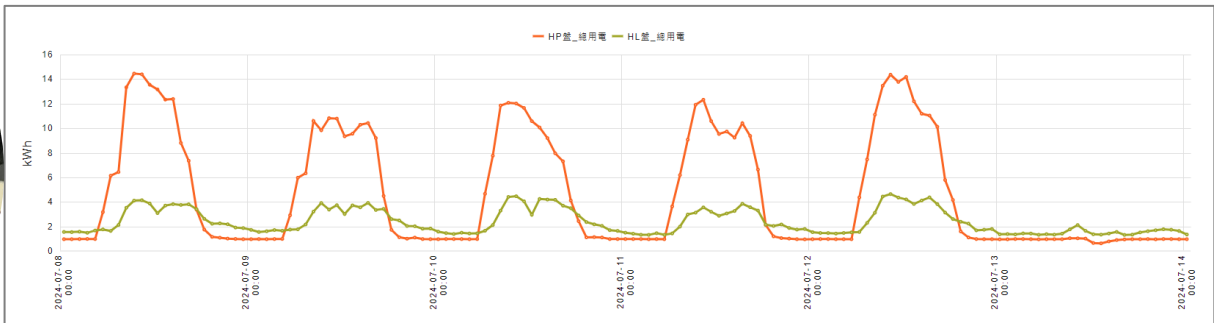
現況建築能效等級  
未達1+級

項目	現況描述
空調	• 共計15台分離式冷氣，其中6台已是1級能效，其餘使用年限已久已不符合現今1級能效標準
照明	• 已是LED平板燈，但部分空間照度超過CNS建議值
外殼	• 既有窗戶的隔熱貼膜老舊 • 屋頂無隔熱





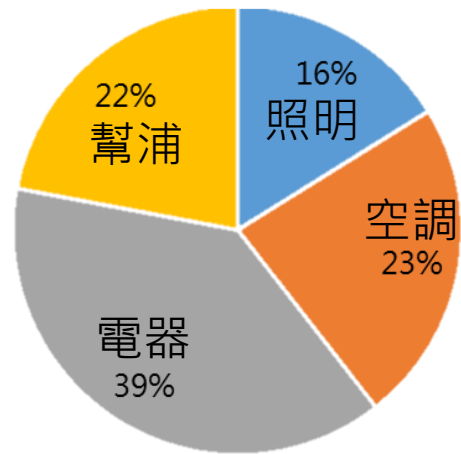
# 四、工研院26館淨零改造- 數據驅動改善決策(2)



Power Tab-低成本電力監測技術

2. 現況數據發現問題：  
用電指標稍高，監測發現220V電盤有持續異常用電，盤查發現為水塔加壓馬達異常運轉

3. 模擬數據幫助決策：  
規劃能效改善方案，搭配成本、回收年限供決策導入適當改善技術



情境	節電量(kWh)	節能率
1. 平屋頂PV隔熱	543	1.4%
2. 全部屋頂PV隔熱	1,005	2.6%
3. 使用低碳吊扇並調高空調溫度至28度	1,009	2.6%
4. 汰換舊空調為能效1級空調	1,241	3.2%
5. 外牆使用隔熱砂漿+高反射塗料	737	1.9%
6. 外牆使用高反射塗料	1,008	2.6%
7. 所有窗戶使用隔熱貼膜	543	1.4%
8. 照明減盞及調低亮度	582	1.5%
9. 水塔馬達控制修繕	4,189	10.8%
10. 汰換成具隔熱性能氣密窗	1,049	2.7%

EUI=62.7

↓

EUI=50.6

節電19.3%

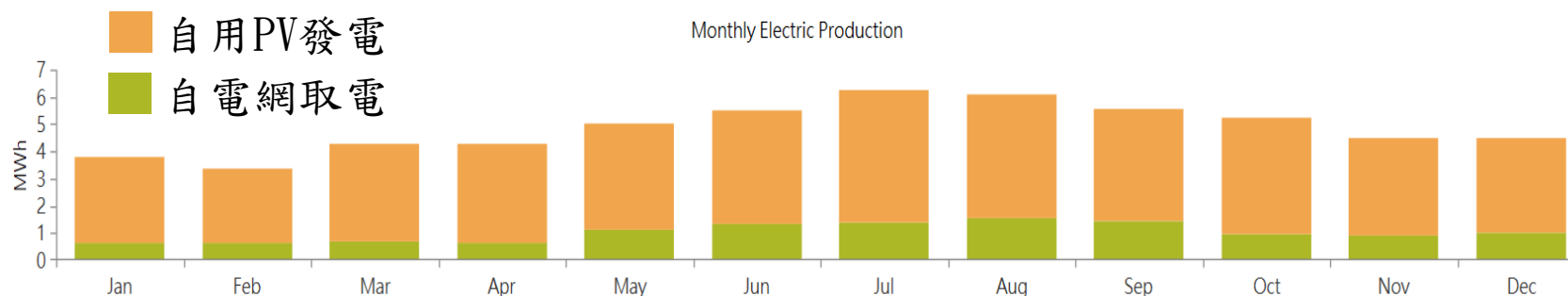
## 四、工研院26館淨零改造- 數據驅動改善決策(3)

### 3. 模擬數據幫助決策-屋頂太陽光電設置模擬

- 屋頂滿鋪容量：450W×80片=36kW
- 年發電量：46,038kWh
- 用電行為符合PV發電區間，故增加PV可直接提高綠電佔比(RE)
- PV容量36kWp (RE~78.6)、PV容量100kWp (RE~94)



PV容量 (kW)	總用電量 AC(kWh/yr)	PV發電量 DC(kWh)	PV發電量 AC(kWh)	市網購電量 (kWh)	餘電回送 (kWh)	綠電使用 SSI佔比(%)
36	32,393	46,038	45,117	12,315	25,039	78.56%





# 工研院一站式監-診-控節能與近零解決方案

低能效舊建築  
(舊建築佔97%)



識能

節能

確效

有效節能改善

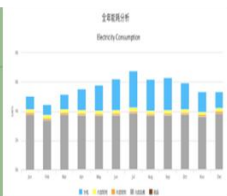
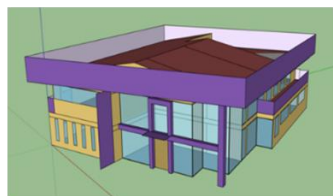
系統改善標準化，監-診-控一站式解決方案

低成本能源量測  
診斷、掌握問題

快速模擬分析診斷  
量化預測改善效益，準確決策

高效率設備  
AI系統整合控制  
低成本嵌入式監控  
改善關鍵系統能效

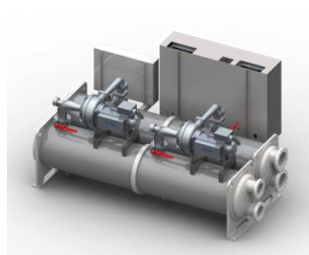
中長期量測驗證  
取得建築標章、能效  
日常智慧監控  
持續優化



快速模擬綜合分析技術



Power Tab-低成本量測技術



高效率磁浮軸承冰水機



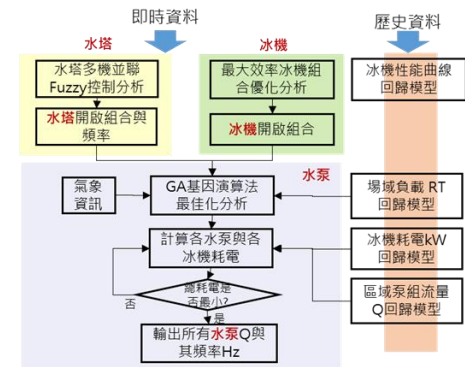
節能建材



高效率TOPCon 太陽電池



高效智慧人因LED照明



智慧偵測

智慧分析

智慧節能

智慧控制



資訊可視  
雲端操作  
統計分析  
異常警示

能源管理：  
AI系統節能控制.日常優化



工業技術研究院  
Industrial Technology  
Research Institute



# 服務知名企業實績彙整

一站式監診控節能改善實績  
>50處

建築能源管理系統建置實績  
>100處

綠建築標章.建築能效實績  
>10處



感謝聆聽 敬請指教