

113年度綠建築標章及建築能效標示  
評定小組成員教育訓練

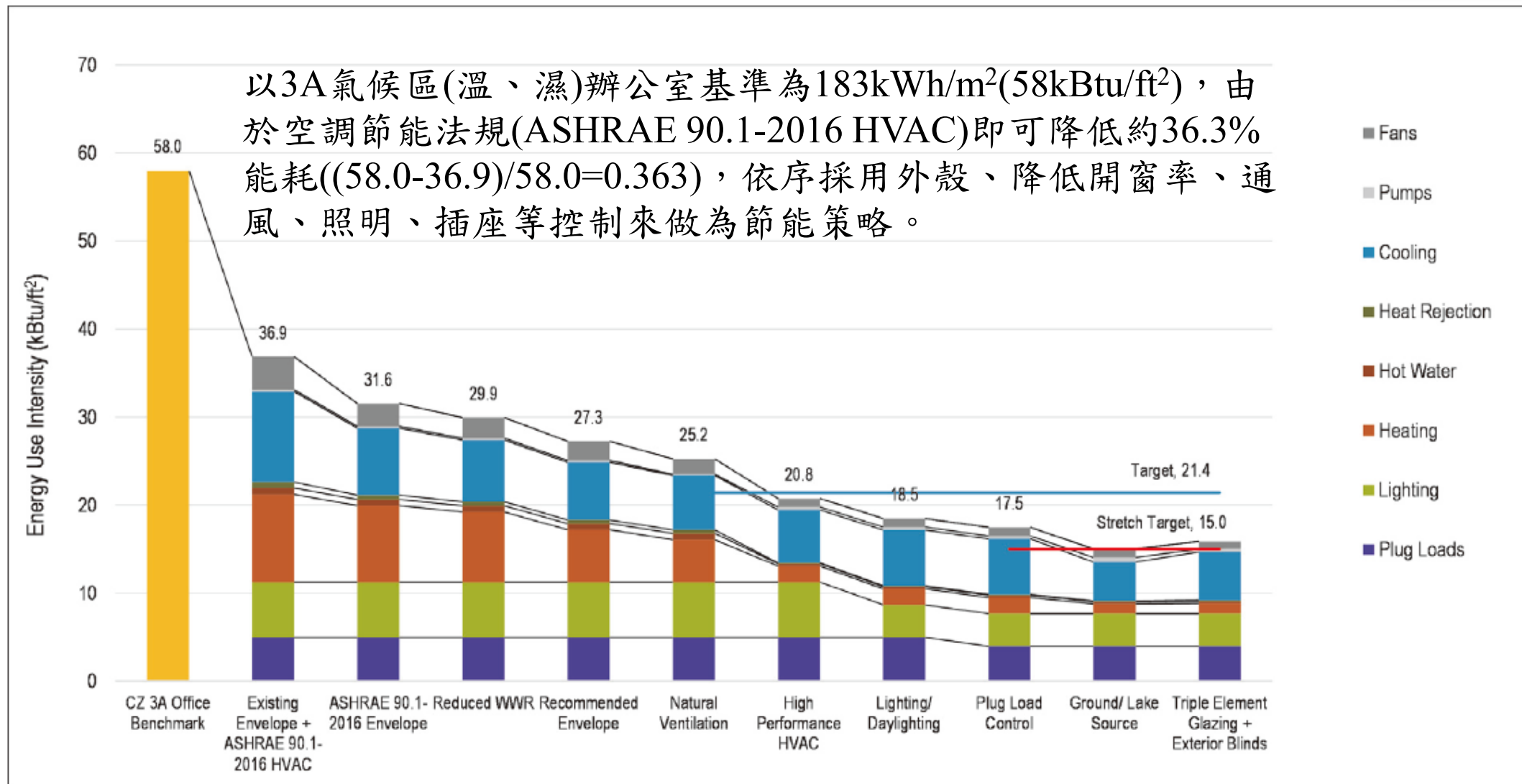
# 新建辦公類近零碳建築 成本效益分析之研究

台北科大 建築系 嚴佳茹  
2024.06.28

# 簡報大綱

- (一) 依據新建建築能效標示系統(BERSn)的能效得分評估法，分析空調、照明節能設備投資成本與能效得分的關係。
- (二) 研析**建築外殼節能效率EEV**等被動式(誘導式)節能設計對於建築能效之影響性分析。
- (三) 透過空調、照明相關專業技師對於空調、照明等節能技術及成本之問卷調查，分析「**空調系統設計效率EAC**」、「**照明節能設計效率EL**」設計的最佳成本效益。
- (四) 進行建築能效得分與最佳設備投資成本之敏感性分析。
- (五) 以最佳設備投資成本效益優化近零碳辦公建築設計策略。

# 美國辦公建築節能策略對能耗降低之影響



# 日本中小規模辦公增量成本

- 平成28年(西元2016年)作為建築物造價基準年
- 節能技術列表
- 高隔熱/遮陽在寒帶地區(北海道)要求高，而位於亞熱帶地區(沖繩)日照遮蔽則更為重要。

		高隔熱/ 遮陽	空調設備 (空調+通風)	電氣設備 (照明)	衛生設備 (熱水)	其他	增額率	增額率*1 (扣除建築外殼)
小規模辦公 2000 m <sup>2</sup>	增額率(%)	115	124	104	104		118	105
	節能率(%)	10	25	15	1	1 (換氣)	52	
	成本效益(節能率/百萬日元)*2	31.25%	156.25%	750.00%	50.00%			
中規模辦公 10000 m <sup>2</sup>	增額率(%)	112	161	117	100		112	108.4
	節能率(%)	8	27	15	0.4	2(換氣) 1(電梯)	53.4	
	成本效益(節能率/百萬日元)*2	6.67%	16.88%	26.79%	40.00%			

\*1本研究依據ZEB手冊中(各項節能項目增加預算總和-用於建築外殼隔熱費用)/原預算總和，所重新計算之增額率(計算至整數位)

[MJ/m<sup>2</sup>年]

1,500

1,200

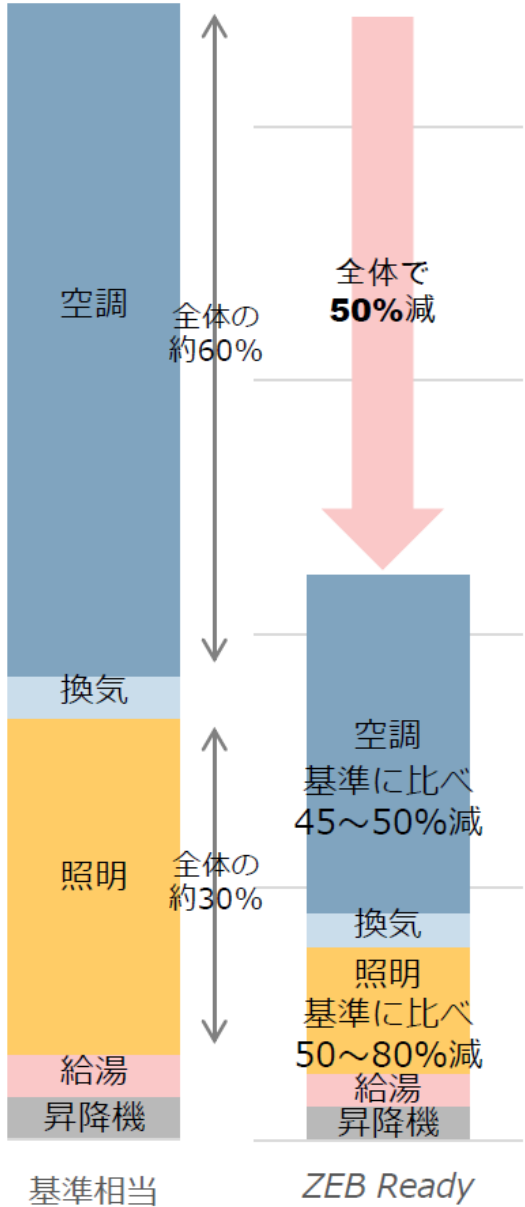
900

600

300

0

ZEB為節能50%  
空調/照明為主要節能技術





# 新建建築能效標示系統(BERSn)的能效得分評估法

節能率 $\leq 0.5$  (近零碳)

$$ESR = 1.0 - (AEUI_m \times \text{EAC} - \text{空調系統節能效率})$$

$$\frac{EEV \times Es + LEUI_m \times EL}{AEUI_m + LEUI_m}$$

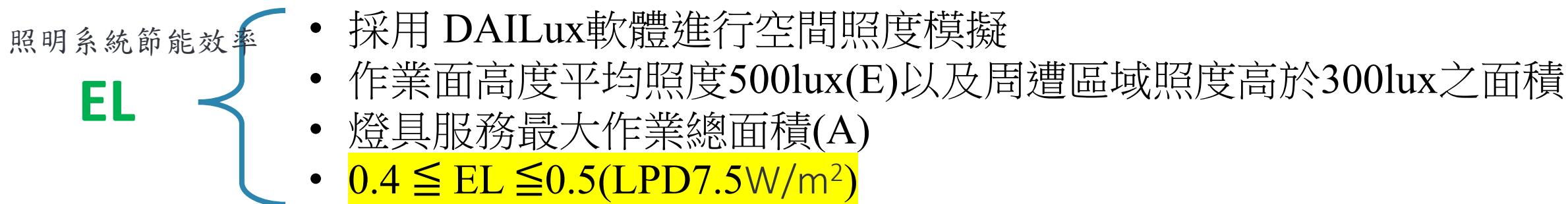
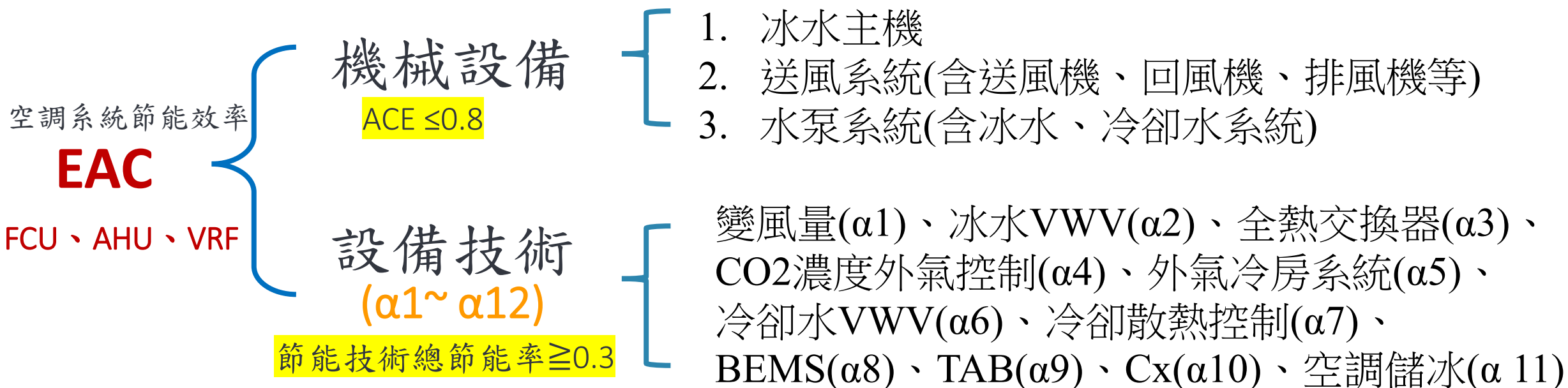
外殼設計空調節能效率      照明系統節能效率

日常節能指標計算

$$SCORE_{EE} = \text{原}SCORE_{EE} \times (1.0 + \underline{0.1 \times T \times RS}) \text{-----} (2-4.26)$$

Y 再生能源PV優惠係數

# 近零碳案條件 $EAC \leq 0.5$ 且 $EL \leq 0.5$ (節能率ESR應小於0.5)



外殼系統節能效率

**EEV**

當前的建築節能法規已接近成本最佳化狀況

# 基準案條件

為滿足當前綠建築標章的最低合格水準，亦即EAC=0.8、EL=0.8的條件

## 空調EAC=0.8

當前最簡單、最基本的空調設計水準

中央空調系統(AHU、FCU或VRF系統)設於3級能效  
高效率主機、效率0.9送風系統、效率0.9水泵系統、C級BEMS即可。

## 照明EL=0.8

T8螢光燈在

$LPD \leq 15 \times 0.8 = 12$ 條件下，  
滿足辦公建築作業平均照度500LUX

# 空調節能技術及成本問卷

- 辦公(<500RT；≥500~<1500RT；≥1500RT) (表1~表3FCU、表4~表6AHU、表7~表8VRF)

## ① 規模(小、中、大)

中央空調冰水系統： 小規模 辦公 (主機總噸數 < 500RT)																	
基本型為造價估算：_____元/RT、_____m <sup>2</sup> /RT，估算案空調供應總面積：_____m <sup>2</sup>																	
基本型定義為採用能源局製冷能源效率分級第3級標準、高效率風機系統、高效率水泵系統、C級BEMS系統之中央空調冰水系統等四項技術為準																	
空調型式： <input type="checkbox"/> FCU(含PAH) <b>③空調形式(FCU、AHU、VRF)</b>																	
外加節能技術成本  以2023物價水準估算	高效率主機以能源局COPc標準提升率(含設備搬運安裝、配電)			採用變頻主機噸位比例0~100%與成本填%與金額	高效率送風系統能效提升(含空氣側設備及風管施工費、配電)	高效率水泵系統能效提升(含冰水及冷卻水設備及水管施工費、配電)	α1 空氣側變風量VAV系統	α2 冰水VWV系統	α3 全熱交換器系統	α4 CO <sub>2</sub> 濃度控制外氣系統	α5 外氣冷房系統	α6 冷卻水VWV系統	α7 冷卻散熱系統	α8 BEMS	α9 TAB	α10 Cx	α11 空調儲冰系統
	3級	2級	1級											A級			
基本型造價成本(元/RT)																	
中階技術溢價成本(元/RT)，請每項填寫			COP達1級門檻		$0.7 < \sum \frac{PF_i}{PF_{ci}} \leq 0.9$	$0.7 < \sum \frac{PP_i}{PP_{ci}} \leq 0.9$		一次定頻/二次變頻冰水系統(含二次上)	無外氣旁通自動控制				出水溫度控制				儲冰率30%
高階技術溢價成本(元/RT)，請每項填寫			比1級門檻優15%		$\sum \frac{PF_i}{PF_{ci}} \leq 0.7$	$\sum \frac{PP_i}{PP_{ci}} \leq 0.7$		一次變頻冰水系統	有外氣旁通自動控制				最佳趨近溫度變頻控制				儲冰率50%

## ② 設計基準(以基本型的設計為比較對象)

## ④ 中階/高階技術/每一項節能技術均請填寫



# 冰水主機基本空調設備成本單價(元/RT)參考表(2023市場調查)

FCU 冰水主機空調系統，空調設備服務面積:22.2(m <sup>2</sup> /RT)							
效率等級 (元/RT)	造價	高效率主機			100% 變頻主 機金額	高效率送風 系統 $\Sigma PPF_i/PPF_{ci}$	高效率水泵 系統 $\Sigma PPF_i/PPF_{ci}$
		3 級	2 級	1 級			C 級 BEMS
基本型	64,101	16,150				17,826	23,142
中階款			17,463	17,752	6,553	0.7<效率≤0.9 19,320	0.7<效率≤0.9 24,618
高階款				比 1 級優 15% 19,829	6,553	效率≤0.7 19,758	效率≤0.7 27,539
AHU 冰水主機空調系統，空調設備服務面積:22.2(m <sup>2</sup> /RT)							
基本款	74,860	15,956				30,082	20,266
中階款			17,637	18,265	6,826	0.7<效率≤0.9 32,371	0.7<效率≤0.9 21,779
高階款				比 1 級優 15% 19,231	6,826	效率≤0.7 34,427	效率≤0.7 23,444
氣冷式 VRF 系統，空調設備服務面積:22.2(m <sup>2</sup> /RT)							
基本款	88,352	47,958				40,394	
中階款			49,618	CSPF 比 1 級門檻優 15% 52,798		0.7<效率≤0.9 42,003	6,249
高階款				CSPF 比 1 級門檻優 25% 54,578		效率≤0.7 42,378	9,785

# 冰水主機空調節能控制技術設備成本單價(元/RT)參考表-1

(2023市場調查)

FCU 冰水主機空調系統，空調設備服務面積:22.2(m <sup>2</sup> /RT)												
變風量 α1	冰水 VWVα2	全熱交換器 α3	CO <sub>2</sub> 濃度外氣控制 α4	外氣冷房系統 α5	冷卻水 VWVα6	冷卻散熱控制 α7	BEMSα8		TABα9	Cxα10	空調儲冰 α11	
							A 級	B 級				
中階款	1,791	一次定頻/二次變頻冰水系統(含二次以上) 1,442	無外氣旁通自動控制 3,063	1,290	3,264	1,078	出水溫度控制 288		8,848	2,184	1,428	儲冰率 30% 18,606
高階款	1,791	一次變頻冰水系統 1,249	有外氣旁通自動控制 4,276	1,290	3,264	1,078	最佳趨近溫度變頻控制 615	1,288		2,184	1,428	儲冰率 50% 27,699
AHU 冰水主機空調系統，空調設備服務面積:22.2(m <sup>2</sup> /RT)												
中階款	4,442	一次定頻/二次變頻冰水系統(含二次以上) 1,317	無外氣旁通自動控制 3,828	1,122	1,970	906	出水溫度控制 246		9,759	2,452	1,400	儲冰率 30% 17,423
高階款	4,442	一次變頻冰水系統 1,043	有外氣旁通自動控制 5,344	1,122	1,970	906	最佳趨近溫度變頻控制 344	11,316		2,452	1,400	儲冰率 50% 20,963

# 以FCU冰水主機達成近零方案與成本為例

89,560  
元/RT

✓ FCU冰水主機達成空調設備總效率ACE ≤0.8之建議方案與成本

冰水主機FCU空調系統									
主機				送風系統		送水系統		總設備	成本小計 (元/RT)
主機級數	效率係數	變頻主機 安裝比例 *	效率係 數	送風效率	效率係 數	送水效率	效率係數	總效率係 數	
水冷式主機2級 效率	0.928	變頻主機 *	1.1	高效率送 風系統	0.7	高效率送水系 統	0.7	0.786	71,313

✓ 空調節能技術(R=0.3)之建議方案與成本

方案	變風量系統 α1	冰水VWV系統α2	CO2濃度控 制外氣系統 α4	冷卻水 VWV系統 α6	冷卻散熱系 統α7	BEMS α8	TAB α9	Cxα10	合計 R值	節能技術 採用數
價格									成本(元/RT)	
A	定風量系 統 α1=0	一次定頻/二次 變頻冰水系統( 含二次以上) α2=0.03	有設置 α4=0.03	無設置 α6=0	最佳趨近 溫度變頻 控制 α7=0.04	A級 α8=0.10	α9= 0.04	α10= 0.06	0.3	6
價格	-	中階 1,442	1,290	-	高階 615	高階 11,288	2,184	1,428	18,247	

# 近零碳空調方案組合成本(元/RT)

FCU 12組  
AHU 12組  
VRF 9組

設備	1		2		3		4	
節能技術	成本(元)	溢價比(%)	成本(元)	溢價比(%)	成本(元)	溢價比(%)	成本(元)	溢價比(%)
FCU 淨零方案組合成本(基本型為 64,101 元/RT；平均值 87,687 元/RT)								
A	89,560	39.7	85,373	33.2	88,567	38.2	89,197	39.2
B	88,911	38.7	84,724	32.2	87,918	37.2	88,548	38.1
C	88,748	38.5	84,561	31.7	87,755	37.0	88,385	37.9
AHU 淨零方案組合成本(基本型為 100,000 元/RT；平均值 100,000 元/RT)								
A	100,012	33.1	94,125	25.8	97,225	30.2	97,585	30.6
B	100,120	33.7	94,233	26.4	97,333	30.8	97,693	31.2
C	99,640	33.1	93,715	25.2	97,513	30.3	99,103	32.4
氣冷式 VRF 淨零方案組合成本(基本型為 88,352 元/RT；平均值 114,114 元/RT)								
A	114,850	30.0	115,740	31.0	116,255	31.6		
B	112,348	27.2	113,238	28.2	113,753	28.7		
C	112,848	27.7	113,738	28.7	114,253	29.3		

空調溢價比(近零空調成本-基本型成本)/基本型  
(89,560-64,101)/64101=0.3972，溢價比為39.7%

# 近零碳空調方案小結

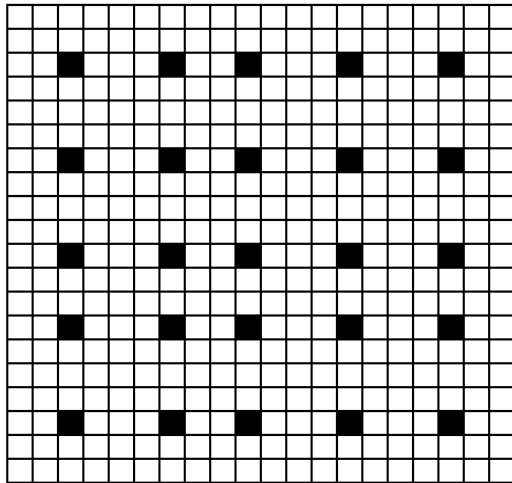
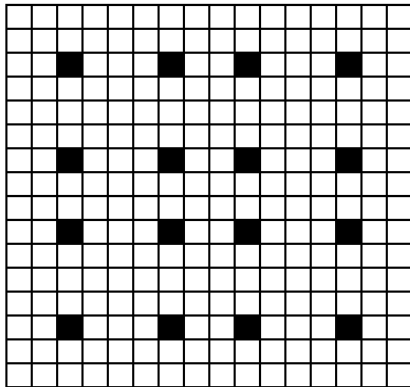
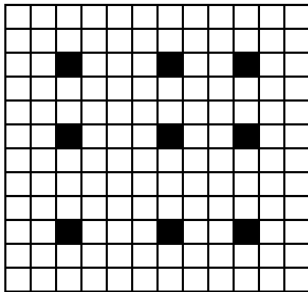
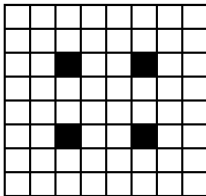
- 辦公類建築空調設備服務面積約**每一冷凍噸可供應22 m<sup>2</sup>**，基本造價FCU(64,101元/RT) < AHU(74,860元/RT) < 氣冷VRF (88,352元/RT)；
- 近零碳空調EAC ≤0.5為目標，針對中央空調AHU、FCU及多聯變頻VRF氣冷系統，**挑選出具有節能潛力大、容易執行及經濟效益的建議系統設備效率及空調系統節能技術方案。**
- AHU近零碳空調方案成本介於93,715~100,120元/RT，平均值97,777元/RT，基本型為74,860元/RT，**溢價比為25.2%~33.7%**，共計12組方案；
- FCU近零碳空調方案成本介於84,561~89,560元/RT，平均值87,687元/RT，基本型64,101元，**溢價比為31.9~39.2%**，依此可計算出12組FCU近零碳空調方案。
- 氣冷式多聯變頻VRF近零碳空調方案成本介於112,348~116,255元/RT，平均值114,114元/RT，基本型為88,352元/RT，**溢價比為27.2%~31.6%**，共計9組方案。



# 近零碳照明模擬

- 近零碳照明方案 $EL \leq 0.5$ 之照明設計，則辦公室之照明需在 $7.5W/m^2(15 \times 0.5 = 7.5)$ 且滿足辦公建築作業平均照度500LUX要求。
- 以光通量公式，透過更改空間面積大小，以找出符合CNS12112規定作業面高度平均照度500lux(E)以及周遭區域照度高於300lux之面積

燈具形式	燈具流明	燈具瓦數	節能標章
平板燈	3800	38	無
平板燈	4200	38	有
T8 LED 燈管 x 4	4000	40	無
T8 LED 燈管 x 4	3200	26	有
T8 LED 燈管 x 3	3000	30	無
T8 LED 燈管 x 3	2400	19.5	有



每樓層之換燈具數量 $n_i = 0.83 \times \text{樓層室內面積} A_{fi}(m^2) / 4.0(m^2) + 0.17 \times \text{樓層室內面積} A_{fi}(m^2) / 9.0(m^2)$

# 辦公室達成近零碳照明水準與單價分析

- LED平板燈或T8 LED燈具(包含具節能標章)可達成 $EL \leq 0.5$ 之近零碳照明水準
- 近零碳照明不增加成本

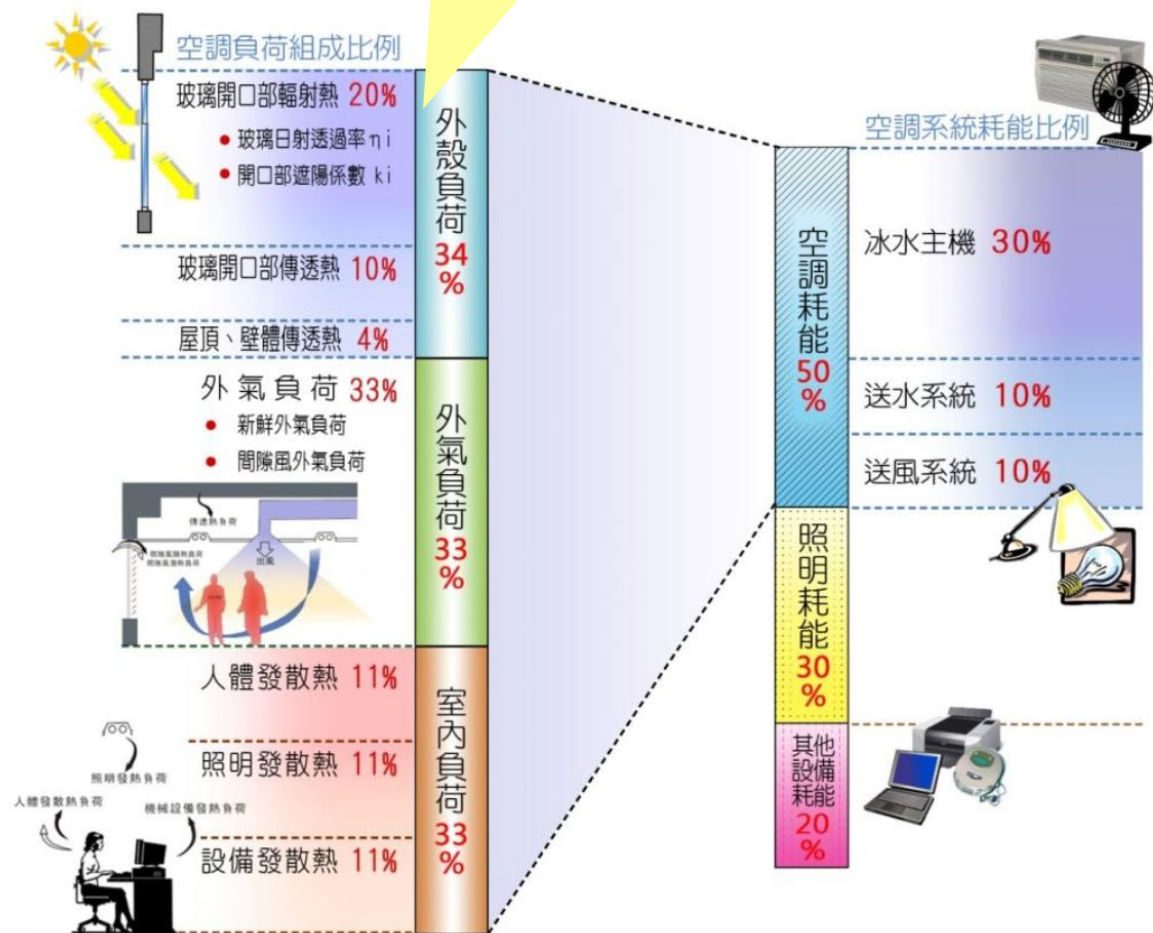
可否達近零 碳照明水準	燈具形式	瓦數/盞	最小 LPD(W/m <sup>2</sup> )	計算所得最 小EL數值	單價(元/盞)含燈具、 管線與工資*
可	節能標章LED 平板燈	38	5.8	0.40	2600
可	節能標章T8 LED燈	26	4.5	0.40	2000
可	LED平板燈	38	6.6	0.44	2100
可	T8 LED燈	40	6.9	0.46	1500
否	T5螢光燈	56	7.6	0.51	1600
否	T8螢光燈	80	7.9	0.53	1500
*資料來源:吳建興電機技師					

# 外殼節能效率EEV

- 外殼節能效率已充分納入相關建築規範之中。
- 辦公建築外殼節能率佔8.5%的總用電量節能效益

外殼節能率= (最大可能節能比50% × 外殼影響空調耗能占比34% × 空調耗能占50%)

- 目前市場對於空調、照明、熱水、電梯等固定式建築設備系統的節能技術最大約有 50%的節能潛力。



# 被動式(誘導式)設計(Passive Design)

- 在建築設計過程中，利用自然之陽光、風力、氣溫、濕度等自然原理，儘量以不仰賴機器設備能源之力，以計劃、配置、外殼、植栽等建築設計的手法
- 包含在EEV、EAC、EL、通風潛力VP、外遮陽係數K、照明節能優惠係數、BEMS等綠建築指標與BERS系統評估因子之內，亦即現有綠建築指標與BERS系統已充分提供大部分(誘導式)被動式設計之優惠獎勵計算，較少妥善被利用；
- 創新式被動式設計(如通風塔自然通風、浮力通風)已在綠建築的新型工法認證辦法中開闢有申請優惠計算之途徑

# 自然通風設計

節能潛力  
大

間歇空調節能效率的重要!!

- 建築節約能源設計技術規範，附錄三、建築物自然通風空調節能評估法，就是以建築物整體評估之觀點，提供建築物自然通風性能的評估法，

$$\text{VP} = \frac{(\sum \text{Avi} + \frac{\sum 3.0 \times \text{Acj}}{\sum \text{Ak}})}{\sum \text{Ak}} \text{----- (4)}$$

自然通風潛力 單側通風窗面積 可對流窗面積 通風檢討面積

VP是指可形成自然通風實效面積相對於室內自然通風檢討空間樓板面積之比例。



若  $\text{VP} \geq 0.05$  則  $\text{Vac}$  計算之:

**非住宿類建築**  $\text{Vac} = 0.9 - 0.1 \times (\text{VP} - 0.02) / 0.13$ ，且  $\text{Vac} \geq 0.8$  -- (6)

$\text{Vac} = 0.86$  其說明自然通風條件良好，可

節約空調能源14%

(相對於全年中央空調型辦公建築)



$$\text{ENVLOAD}_m = a_{1m} + [a_{2m} \times L_m \times \text{DH} + a_{3m} \times (\sum M_{mk} \times \text{IH}_k)] \times \text{Vac}_m$$



# 建築物自然通風空調節能評估法

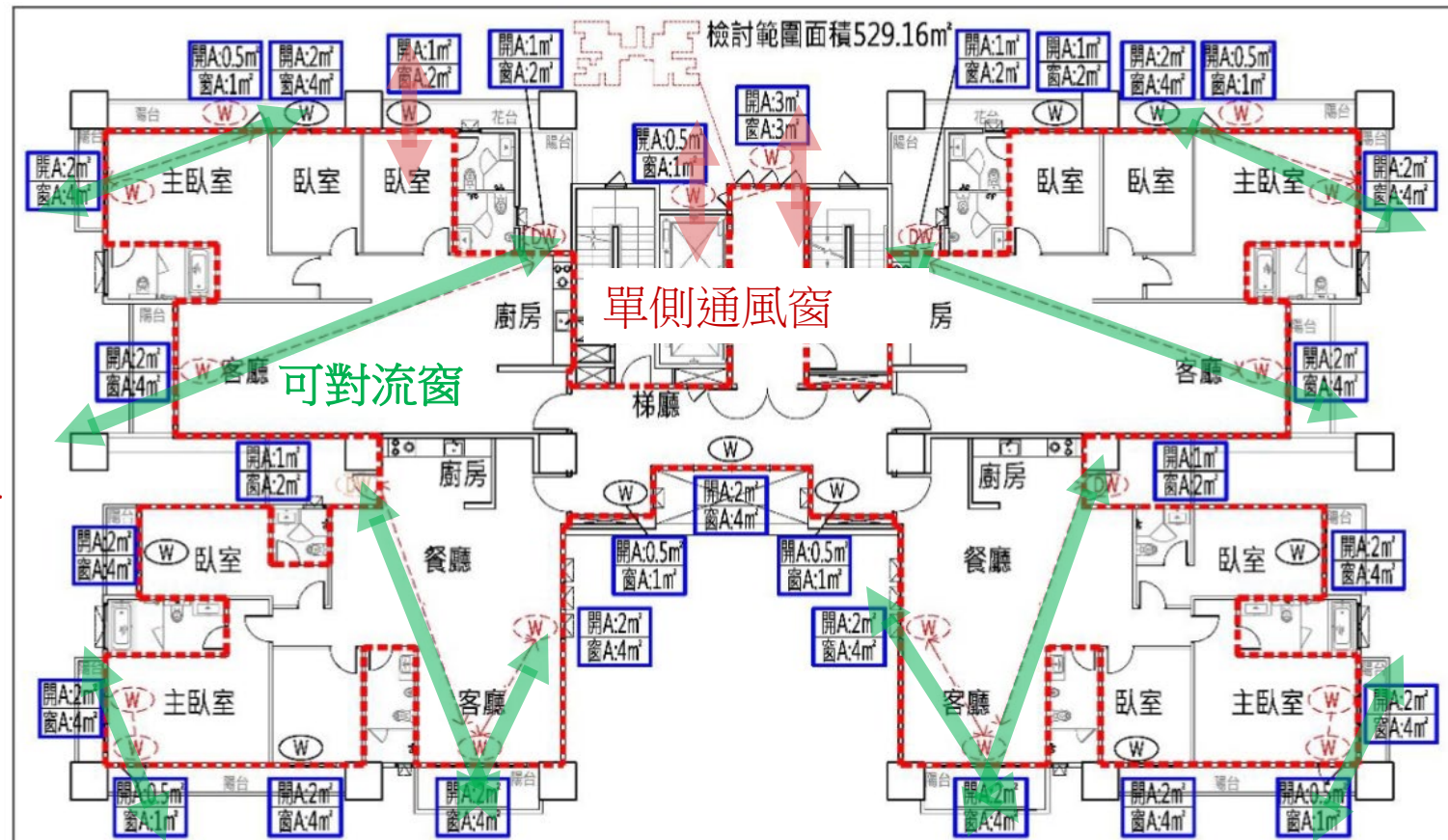
空調節能  
20%

僅限於可自然通風類建築物，亦即在涼爽季節中可停止空調而採用自然通風的建築類型，**自然通風空調節能率  $V_{ac}$** 在可自然通風建築物中，因自然通風設計條件讓使用者可減少空調運轉時間而減少空調耗能的比例。

$V_{ac}=0.87$ ，其意義為因自然通風條件良好而**可節約空調能源 13%之意**(相對於通風最差的間歇空調住宅)

通風潛力  $VP=$   
 $(17.0 + \frac{3.0 \times 29.5}{\text{可對流窗}}) / 529.16 = 0.2$

可對流窗面積單側通風窗有3倍之自然通風效益



# 節能玻璃設計

節能潛力  
中

Uar 屋頂平均熱傳透率 ( $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ )

Ufi

i開窗窗框部位熱  
傳透率 ( $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ )

Ugi

i部位之玻璃熱傳透率  
( $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ )

Uri

i部位之不透光屋頂部位熱傳透率 ( $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ )



Uaf 立面窗平均熱傳透率 ( $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ )

Ugi

i部位之玻璃熱傳透率  
( $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ )

Ufi

i開窗窗框部位熱  
傳透率 ( $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ )



# 建築外殼因子

隔熱性能  
遮陽性能

開窗率(窗牆比) > 窗面遮陽 > 方位配置

外殼因素 氣候(代表點)	方位	開窗率	窗面遮陽(外遮 陽與玻璃遮蔽係 數SC)	外殼保溫(窗面與 屋頂外牆熱傳係數 Ui)	其他
嚴寒氣候(哈爾濱)	5.0%	17.9%	0.0%	72.3%	4.7%
寒冷氣候(北京)	7.7%	36.3%	15.8%	29.0%	11.2%
北亞熱帶(上海)	3.6%	37.1%	8.7%	44.8%	5.9%
北亞熱帶(東京)	4.7%	43.2%	20.1%	20.3%	11.7%
南亞熱帶(台北)	5.5%	49.0%	42.7%	0.0%	6.5%
南亞熱帶(香港)	4.8%	44.2%	45.7%	0.0%	6.3%
熱帶(新加坡)	10.0%	40.4	47.0	0.0%	6.3%

模擬建築外殼因子與水準為:方位(八方位)、開窗率(25、50、75%)、水平外遮陽(0、50、100cm)、玻璃遮陽係數(0.33、0.52、0.81)、玻璃熱傳數(1.86、2.98、6.07、外牆熱傳數(0.90、1.98、3.49)、屋頂熱傳係數(0.80、1.39、2.89、外牆隔熱材厚(0.0、2.5、5.0cm)

模擬空調設備條件:AHU+CAV系統，主機效率COP=5.5。

模擬建築條件:地上十層樓、標準層平面25x50m、地上層樓地板面積12500m<sup>2</sup>。



# 隔熱性能、遮陽性能

## • 住宿類建築節能設計指標REQ

「遮陽性能」-

$$Req = (\Sigma \text{窗面積 } A_{gi} * \text{日射加權 } f_k * \text{遮陽修正 } k_i * \text{自然通風空調節能率 } Vac) / \text{外殼總面積 } A_{en} < \text{基準值 (北0.13、中0.15、南0.18)}$$

「隔熱性能」-  $U_{aw} < \text{基準值 } 3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

## • 學校及大型空間類建築節能設計指標AWSQ

「遮陽性能」-

$$\frac{\sum I H k_i * K_i * \eta_i * A_i}{\sum A_i} \leq \text{AWSGs (kWh/m}^2\text{)}$$

## • 空調型建築節能設計指標ENVLOAD

$$\text{ENVLOAD} = \frac{a_1 + a_2 * \text{熱損失係數 } L * \text{冷房度時 } DH}{\text{常數} \quad \text{常數} \quad \text{溫差熱得}} + \frac{a_3 * (\Sigma \text{日射取得係數 } M_k * \text{日射量 } I H K)}{\text{常數} \quad \text{日射熱得}} * \text{Vac}$$

自然通風  
空調節能率

「遮陽性能」-

$$M_k = [ \Sigma (\eta_i * A_i * K_i) + 0.035 * \Sigma (U_i * A_i) ] / \text{樓地板面積 } A_{Fp}$$

透光開窗日射取得係數      不透光實牆日射取得係數

「隔熱性能」-

$$L = [ \Sigma (U_i * A_i) / \text{樓地板面積 } A_{Fp} ]$$

玻璃與實牆熱傳透係數

# 適當隔熱的重要-以避免「保溫產生反效果(Anti insulation)現象」





# 世界各國對住宅外殼最大熱傳透率U值 (W/(m<sup>2</sup>.K)) 規定與全年室內外溫差TDD比較

國家 (城市)	氣候寒暑程度(註)			住宅外殼保溫性能U值國家規範			平均U*值(與柏林同保溫水準之平均U值)	保溫法規寬鬆度指標L
	HDD18 K.days	CDD21 K.days	TDD K.days	A.外牆U值 W/(m2.K)	B.外窗U值 W/(m2.K)	平均U值 (A+B)/2		
Sweden(Stockholm)	4239	2	4241	0.17	2.0	1.09	0.75	1.45
Canada(Toronto)	4088	67	4155	0.36	2.86	1.61	0.77	2.09
U.S. ( Boston )	3121	175	3296	0.2(木造)	1.98	2.18	0.97	2.25
Japan ( 札幌 )	3577	71	3648	0.42	2.33	2.75	0.88	3.12
Germany(Berlin)	3155	58	3218	0.50	1.5	1.00	1.00	1.00
China ( 北京 )	2792	469	3261	0.45(≤4F) 0.60(≥5F)	2.8	1.63(≤4F) 1.70(≥5F)	0.99	1.64(≤4F) 1.71(≥5F)
England (Landon)	2868	2	2870	0.45	3.3	1.88	1.12	1.68
Japan ( 東京 )	2312	229	2541	0.87	6.51	3.69	1.27	2.91
China ( 上海 )	1584	619	2203	1.5	4.7	3.10	1.46	2.12
台灣(台北)	226	1207	1433	3.5	6.5	5.00	2.25	2.22
U.S. ( Miami )	67	1487	1554	0.51(木造)	3.8	2.16	2.07	1.04
新加坡	0	2359	2359	依OTTV 指標計算			-	-

寬鬆度指標L=現行外殼平均U值/平均U\*值  
來表示各國節能保溫  
規範寬鬆程度

越小表示該國的建築保溫規定越嚴格!!

5/2.25=2.22

平均U\*值  
1\*(3218柏林  
TDD/1433台灣  
TDD)=2.25

註: HDD<sub>18</sub>、CDD<sub>21</sub> 為以18°C、21°C為基礎溫度所計算的採暖度日、空調冷房度日，為黃國倉教授統計自各地平均氣象年，TDD為HDD18與CDD21之和

# EEV外殼效率之誘導式(被動式)設計手法一覽表

被動式(誘導式)設計手法	現有法規與綠建築已具備評估因子(最終已反映在BERS中)	節能潛力	備註
自然通風設計	VP的自然通風空調節能率Vac優惠	大	它與間歇空調連動效果大，但在BERS中已反映
建物方位配置	Envload、Req	中	
外遮陽設計	Ki值、Envload、Req	中	
節能玻璃設計	U、Ki值、Envload	中	
自然採光、晝光利用設計	照明EL的優惠係數 $\beta$	小	必須結合BEMS
外殼保溫隔熱	U值、Envload、Req	小	
氣密窗設計	無	小	相當於隔熱設計
雙層外窗(double skin)	U、Ki值、Envload	小	
屋頂花園	屋頂Uar	小	由於現有法規屋頂U值0.8已相當嚴格，改變屋頂隔熱效果有限
薄層綠化			
雙層通風屋頂			
變色玻璃、PV外殼、cool roof、cool painting等其他創新被動式設計	綠建築新型技術認定	未知	由於外殼性能影響空調耗能最多10%，但這些外殼性能改善技術效益可能不大

# 辦公類建築七案例工程造價表

案 例	建築工程		機電消防工程		空調工程		總計		總樓地 板面積 (m <sup>2</sup> )	單位 造價 (元/m <sup>2</sup> )	完工年 份	備註
	金額 (萬元)	佔比 (%)	金額 (萬元)	佔比 (%)	金額 (萬元)	佔比 (%)	金額 (萬元)	佔 比 (%)				
1	231,517	73.2	63,106	20.0	21,489	6.8	316,111	100	54,073	58,460	2028 (預期 完工)	地上 11 層/ 地下 3 層
2	135,221	64.5	45,700	21.8	28,859	13.8	209,780	100	48,793	42,994	2023	地上 10 層/ 地下 2 層
3	1,094,457	77.6	245,609	17.4	71,190	5.0	1,411,255	100	168,518	83,745	2028 (預期 完工)	地上 19 層/ 地下 5 層
4	78,551	83.5	11,645	12.4	3,877	4.1	99,880	100	15,000 (空調 VRF)	66,587	2023	地上 10 層/ 地下 4 層
5	104,147	82.5	19,461	15.4	2,646	2.1	127,452	100	22,824	55,841	2023	地上 14 層/ 地下 4 層
6	52,645	78.7	11,111	16.6	3,148	4.7	66,904	100	21,253	31,480	2020	地上 7 層/ 地下 3 層
7	16,033	79.0	3,033	14.9	1,224	6.0	20,290	100	5823	34,844	2020	地上 3 層

## 方案1 近零方案總工程造價溢價比

1.15%

方案1地上樓地板面積為42486 m<sup>2</sup>，空調面積佔80%地上樓地板面積，辦公空調設備服務面積為22m<sup>2</sup>/RT，則方案所需空調噸數為1545噸 ---((42486m<sup>2</sup>\*0.8)/22m<sup>2</sup>)

本案使用FCU空調系統組合方案成本平均值87,687元/RT，基本型為64,101元/RT，故空調溢價成本計算為1545\*(87,687-64,101)/10000=3644萬元。

照明系統、外殼設計不增加成本。

總工程造價溢價比為3644/ 316,111(總工程造價金額)=1.15%

# 方案1 近零方案節省電費與回收年限

- 若以方案1來說，使用FCU系統，每年可節省  
 $42.32 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$   
回收年限為  $3644/628=6.0$  年，若計算年金現值函數來折現收益，則需要7.0年回收。

大分類	耗能分區	電器 EEUI (kWh /(m <sup>2</sup> ·yr))	照明 LEUI LEUImin, LEUIm, LEUImax (kWh /(m <sup>2</sup> ·yr))	空調 AEUI(kWh/(m <sup>2</sup> ·yr))					
				全年空調 AEUI			間歇空調 AEUI*1		
				北部 AEUImin, AEUIm, AEUImax	中部 AEUImin, AEUIm, AEUImax	南部 AEUImin, AEUIm, AEUImax	北部 AEUImin, AEUIm, AEUImax	中部 AEUImin, AEUIm, AEUImax	南部 AEUImin, AEUIm, AEUImax
B.行政辦公大樓	B1.企業商辦大樓(五都主要商圈、中央空調、大銀行或大國際品牌企業進駐、大廳有大訪客休息區)	39.94	26.00 38.51 65.28	46.70 64.72 90.74	49.09 70.01 99.38	55.96 79.96 112.79	35.26 49.66 69.80	37.25 53.46 75.65	48.83 69.76 98.12
	B2. 企業商辦大樓專用大廳或專用走廊休息區等次空間	1.65	16.77 21.03 42.06	14.67 19.05 29.36	16.07 22.50 35.19	17.67 23.90 36.44	10.78 14.42 22.18	11.91 16.84 26.17	15.27 20.72 31.41
	B3. 一般辦公大樓(一般商辦、政府辦公、分租型辦公)	16.93	15.86 31.61 52.77	30.66 46.29 68.33	34.22 52.85 79.07	36.57 56.55 83.09	22.36 34.27 50.67	24.78 38.43 57.17	31.19 48.10 71.29
	B4. 一般辦公大樓專用大廳或專用走廊休息區等次空間	1.83	12.07 24.00 40.15	17.06 26.36 40.79	17.71 28.38 44.59	19.47 31.37 48.43	12.77 20.42 31.30	13.67 22.04 34.36	17.20 27.63 42.93

- 中部以台中全年空調AEUI中位值AEUIm=52.85(kWh/m<sup>2</sup>·yr)，照明LEUIm=31.61，在節能率50%，即節能EUI=84.46之一半  
 $((52.85+31.61)/2)$
- 表示空調與照明系統能耗為42.23(kWh/m<sup>2</sup>·yr)，且平均電費3.5元/kWh條件下計算近零碳投資回收年限。

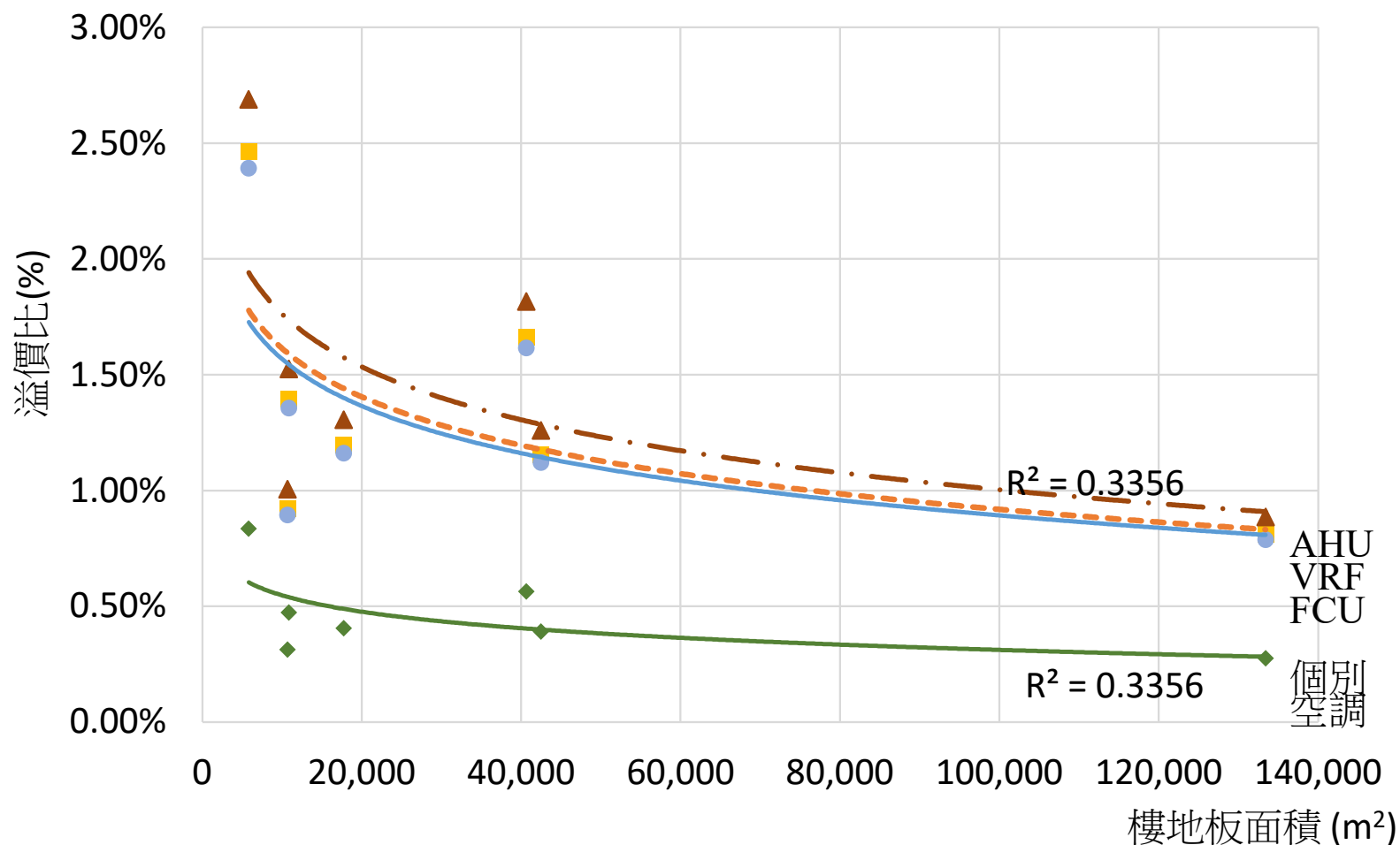


# 近零碳辦公建築溢價成本、溢價比與投資回收年限

方案	1	2	3	4	5	6	7
造價金額(萬元)	316,111	209,780	1,411,255	99,880	127,452	66,904	20,290
地上樓地板面積(m <sup>2</sup> )	42486	40661	133410	10714	17752	10883	5823
照明溢價成本(萬元)*1	0	0	0	0	0	0	0
中央空調型節省電費	628	601	1,972	158	262	161	86
FCU 空調 系統 *2	近零碳投資溢價成本 (萬元)						
	3644	3487	11442	919	1523	933	499
	近零碳投資溢價比%						
	1.15%	1.66%	0.81%	0.92%	1.19%	1.40%	2.46%
	近零碳投資回收年限						
	5.8(不計利率)，6.0(計入年利率 1%)*4						
AHU 空調 系統 *2	近零碳投資溢價成本 (萬元)						
	3541	3388	11118	893	1479	907	485
	近零碳投資溢價比%						
	1.12%	1.62%	0.79%	0.89%	1.16%	1.36%	2.39%
	近零碳投資回收年限						
	5.6(不計利率)，5.8(計入年利率 1%)*4						
VRF 空調 系統 *2	近零碳投資溢價成本 (萬元)						
	3980.0	3809	12498	1004	1663	1020	545
	近零碳投資溢價比%						
	1.26%	1.82%	0.89%	1.00%	1.30%	1.52%	2.69%
	近零碳投資回收年限						
	6.3(不計利率)，6.58(計入年利率 1%)*4						
個別 空調 *3	近零碳投資溢價成本 (萬元)						
	1236	1183	3881	312	516	317	169
	節省電費(萬元)						
	521	498	1,635	131	218	133	71
	近零碳投資溢價比%						
	0.39%	0.56%	0.27%	0.31%	0.41%	0.47%	0.83%
	近零碳投資回收年限						
	2.4(不計利率)，2.4(計入年利率 1%)*4						

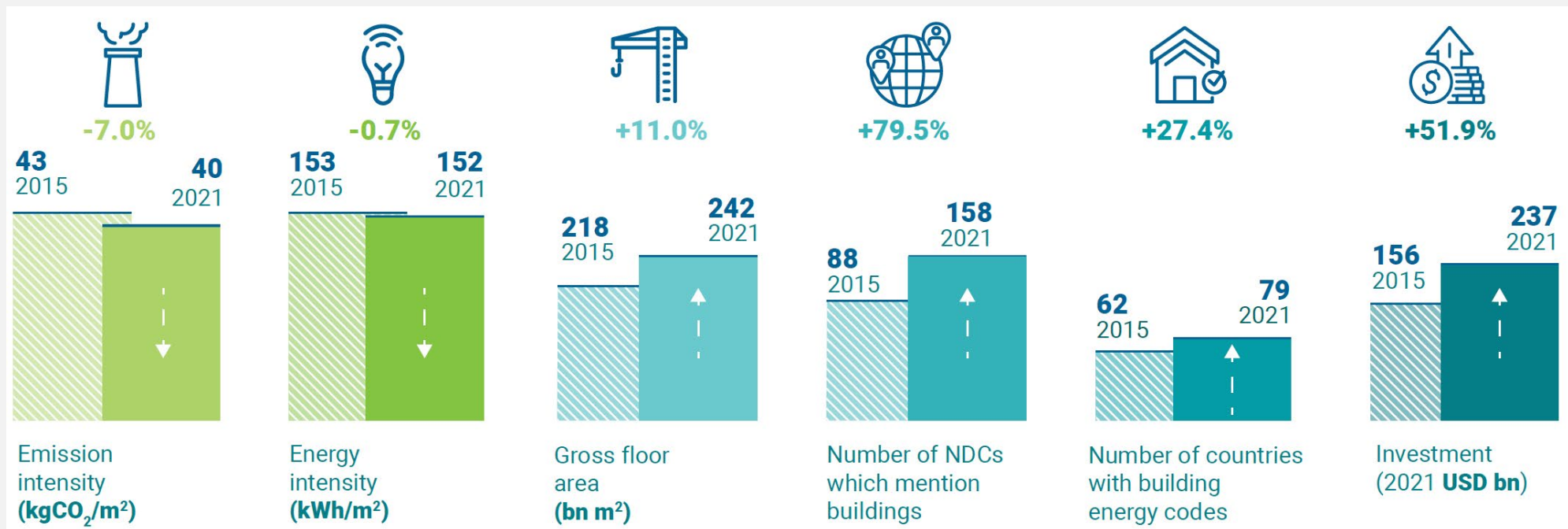
# 近零碳辦公建築投資溢價比趨勢圖

台灣近零碳辦公建築設計的溢價成本、溢價比、投資回收年限在40000m<sup>2</sup>以下小規模有略高現象，同時依採用間歇空調之個別空調系統、AHU空調系統、FCU空調系統、VRF空調系統之次序有遞增現象，但不論規模、不論空調形式的全面趨勢在國際比較之下均為很低、很有投資效益之政策。



# 總結

- 台灣的近零碳辦公建築設計均是採用目前市場設備條件之投資設備策略與節能技術，**總工程造价溢價比為0.46~1.50%、投資回收年限約2.4~6.6年**
  - ✓台灣因亞熱帶氣候可不採用低成本效益的**外殼隔熱設計**即可讓近零碳設計之溢價成本與溢價比大幅降低。
  - ✓近年新建辦公建築已普遍採用**LED照明設計**可達成近零照明設計而不增加經費
  - ✓近零碳辦公建築設計溢價成本僅需考量**近零空調設計**EAC由0.8提升至0.5的溢價成本，其**空調溢價成本僅為25.5~39.7%**
- 我國淨零建築政策成本最佳化的策略，值得我政府與民間大力推動，也證實EEWH-BERS可以提供合乎邏輯、平價化且符合市場條件需求之可行解決方案。



2015 年和 2021 年全球建築和施工主要趨勢(聯合國環境規劃署 (2022))

簡報結束 敬請指教