



「淨零建築跨領域人才培育與產學研發展平台推廣計畫」



藉由建築設計與改善技巧，
讓建築等級再高一等

台北科大建築系 嚴佳茹 助理教授
2024/06/28

建築全生命週期碳足跡 應包含蘊含碳排EC與使用碳排OC



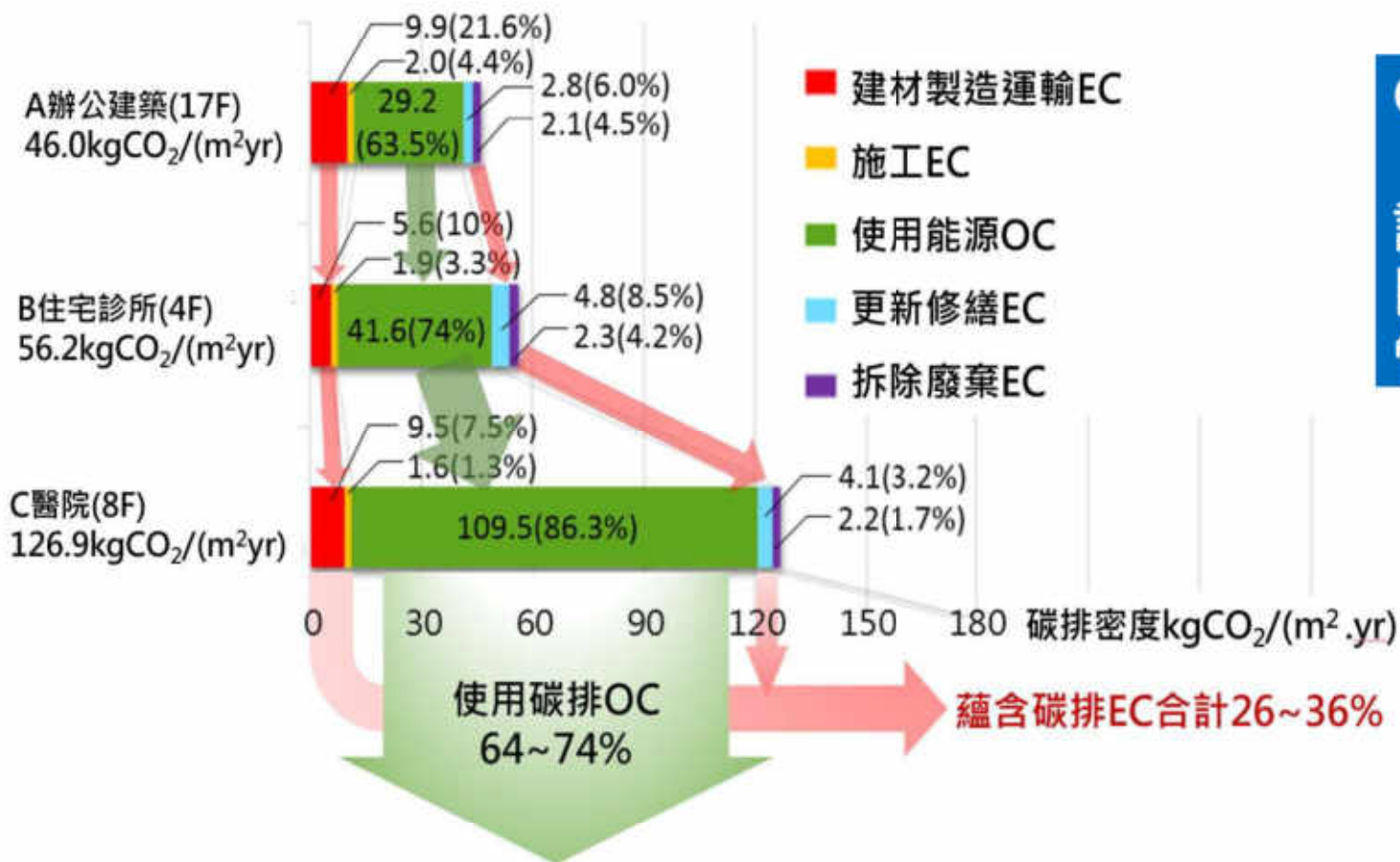
低碳（低蘊含碳）建築標示



建築全生命週期總碳排WLC=蘊含碳排EC+使用碳排OC



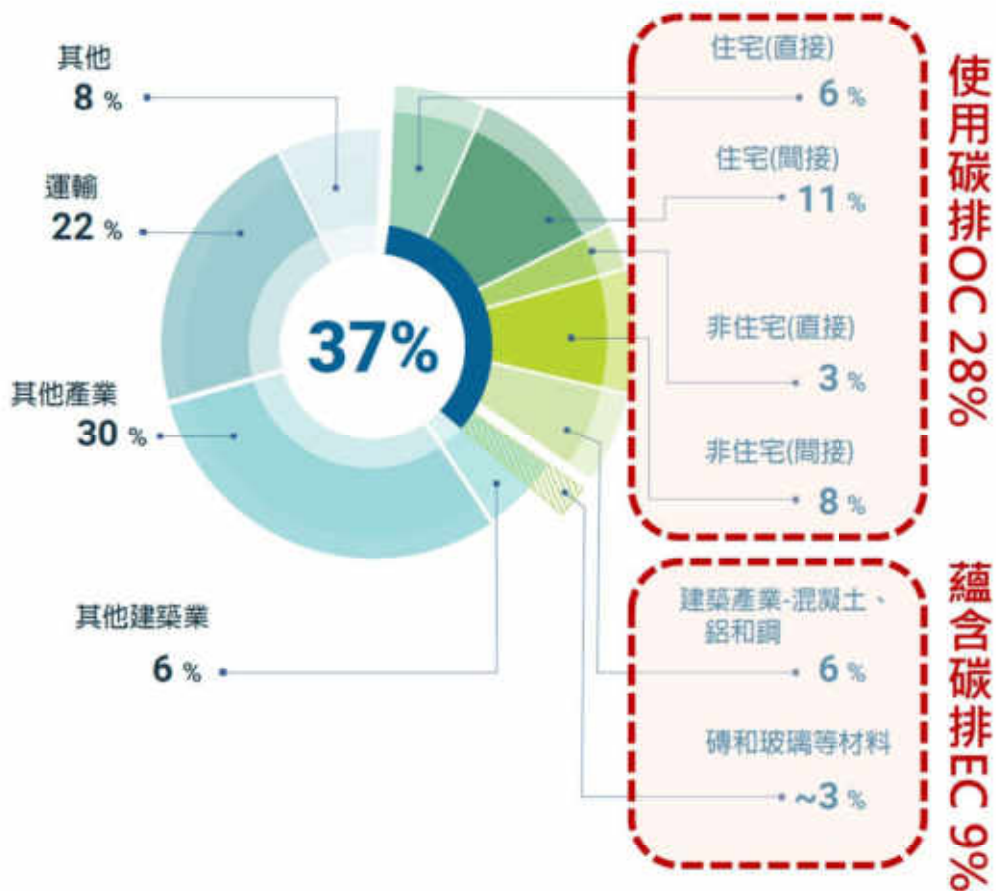
建築生命週期碳足跡評估



OC約為EC二至三倍，基於產業分工、設計專業、業務管轄等因素，兩者分開操作管理為上策



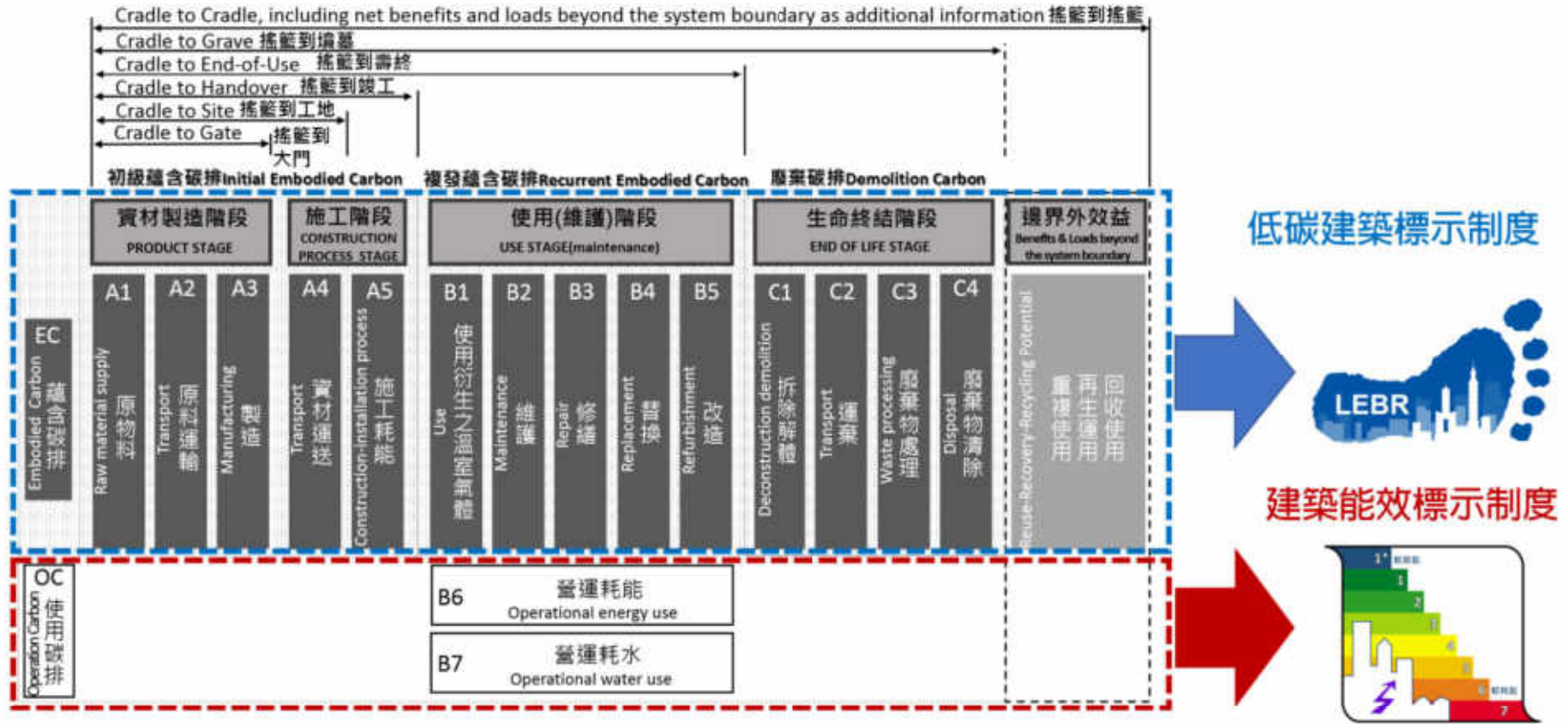
建築物蘊含碳排EC是ESG碳揭露的重點



全球建築物使用碳排OC與蘊含碳排EC在全球溫室氣體排放占比高達28%與9%(改繪自UNEP 2022)



建築能效與建築碳足跡雙軌標示的台灣淨零建築策略



第一把鑰匙：建築能效標示



蘊含碳排EC
Embodied Carbon
建材製造運輸、施工、更新修繕、拆除廢棄



使用碳排OC
Operational Carbon
生命週期建築能源使用



建築全生命週期總碳排WLC=蘊含碳排EC+使用碳排OC

新
建
建
築
能
效
標
示

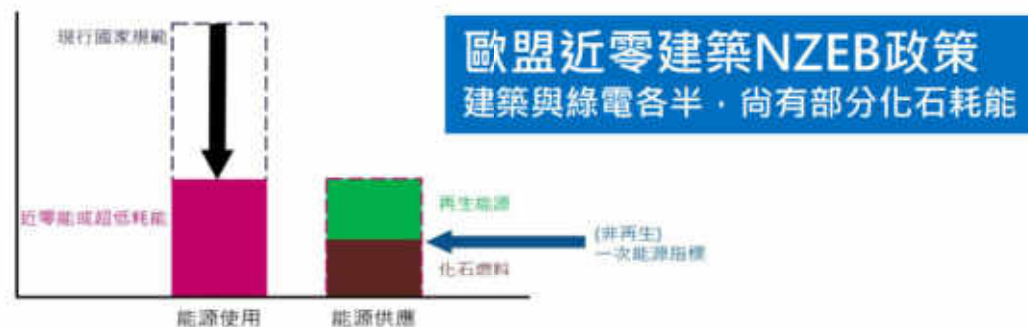
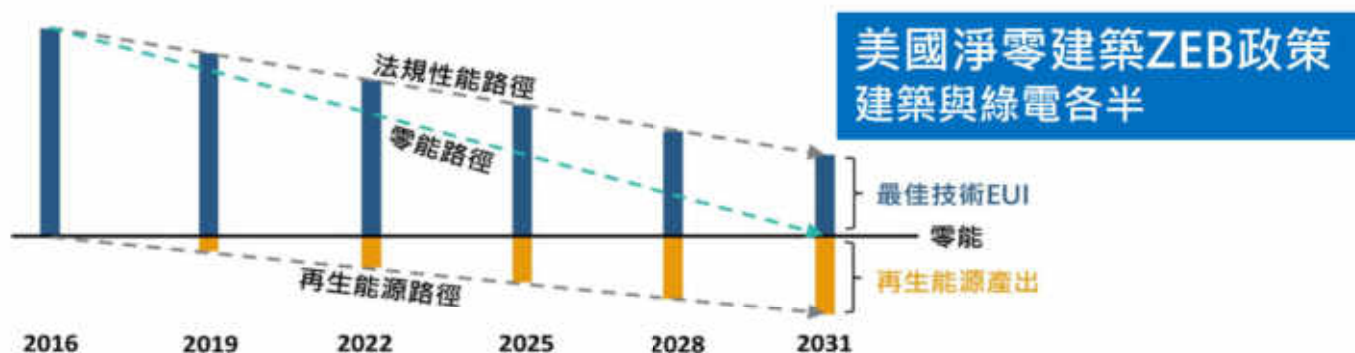
建築物名稱		
坐落地址		
總耗電密度 TEUI	[kWh/(m ² .yr)]	 能效得分95分
耗電密度指標 EU1*	[kWh/(m ² .yr)]	
碳排密度指標 CE1*	[kgCO ₂ /(m ² .yr)]	
節能率 ESR	(%)	
建築能效標示字號		
耗電密度 能效得分 kWh/(m ² .yr)		
≤ 100.0	90 ~ 100 1+	 96.0 kWh/(m ² .yr) 48.9 kgCO ₂ /(m ² .yr)
≤ 120.0	80 ~ < 90 1	
≤ 140.0	70 ~ < 80 2	
≤ 160.0	60 ~ < 70 3	
≤ 180.0	50 ~ < 60 4	
≤ 200.0	40 ~ < 50 5	
≤ 240.0	20 ~ < 40 6	
> 240.0	0 ~ < 20 7	
BERS_n 2024		



「淨零」大不易，「近零」較務實



歐盟與美國採節能技術與再生能源各半的近零建築NZEB路徑



什麼是「耗電密度(EUI)」？



EUI (Energy Use Intensity)：代表每平方公尺的樓地板面積，在一年內的耗電度數（此數值越高代表這棟建築的每年單位面積用電量越高）。



$$EUI = \frac{\text{全年用電量 (用電度 } kWh)}{\text{建築樓地板面積 (} m^2)}$$

單位: kWh/m².yr



我國與先進國家建築能效標示與家電能效標示的比較



	日本	英國	德國	美國	台灣
非住宅					
住宅					
家電製品					

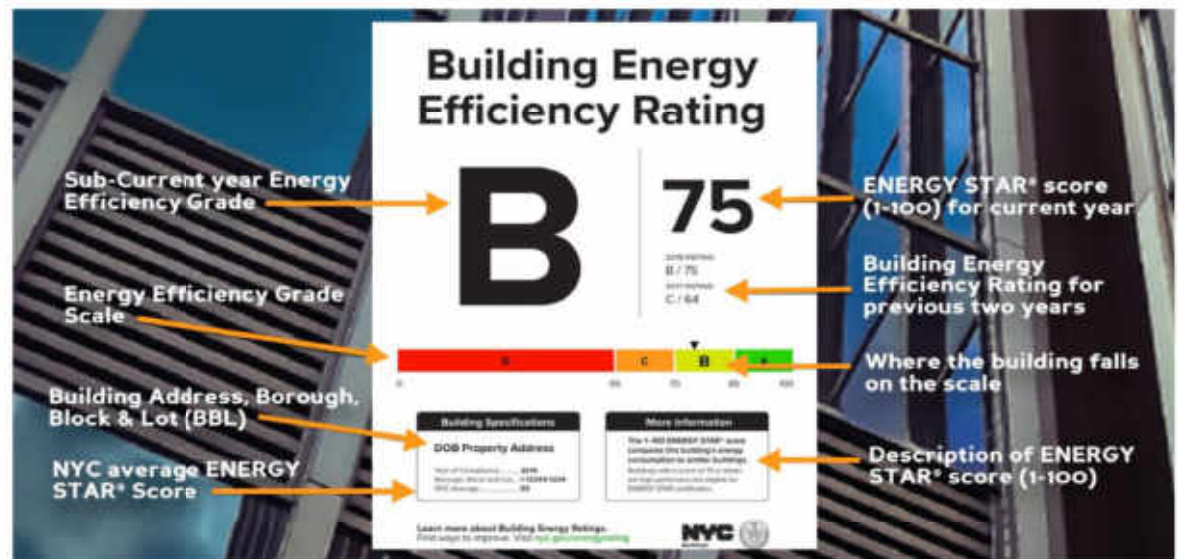


有公民監督功能的強制建築能效標示制度



連續採用ENERGY STAR標示的建築物，在四年內產生節能7%的成績。有Energy Star標示的辦公建築租金比一般高2~3%，交易價格高13~16%

ENERGY STAR標示
紐約市的能效標示



台灣為何需要BERS?



BERS 與建築外殼節能法規、綠建築日常節能指標對建築能效的規範能力比較

非住宅建築(辦公建築為例)					公寓住宅單元(141.2m ² 為例)							
既有建築能效評估 (BERSe)	新建建築能效評估 (BERSn)	綠建築標章	建築外殼節能法規	預測耗電占比	被規範的項目	被規範的項目	預測碳排占比	建築外殼節能法規	綠建築標章	新建住宅能效評估 (R-BERSn)	既有住宅能效評估 (R-BERSe)	
↑				20%	插座&其他	家電	50%				↑	
	↑			10%	電梯 Et			熱水器、爐台	10%			
		↑		60%	空調 EAC 照明 EL					空調 EAC 照明 EL	35%	
			↑	10%	建築外殼 EEV	建築外殼 EEV	5%	↑				



建築能效評估法到底怎麼操作？



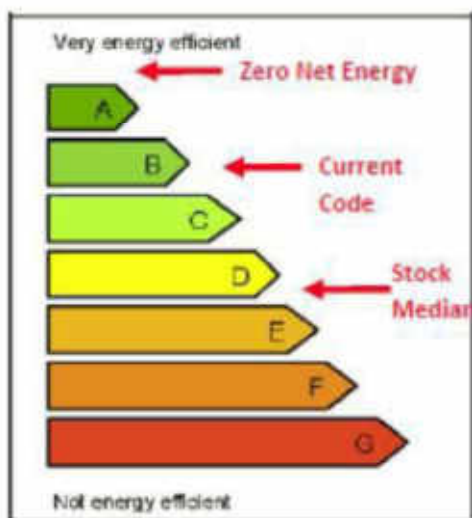
• 計算評估法 Calculated Rating

能源單據評估法 Measured Rating 兩類。

技術潛力尺度

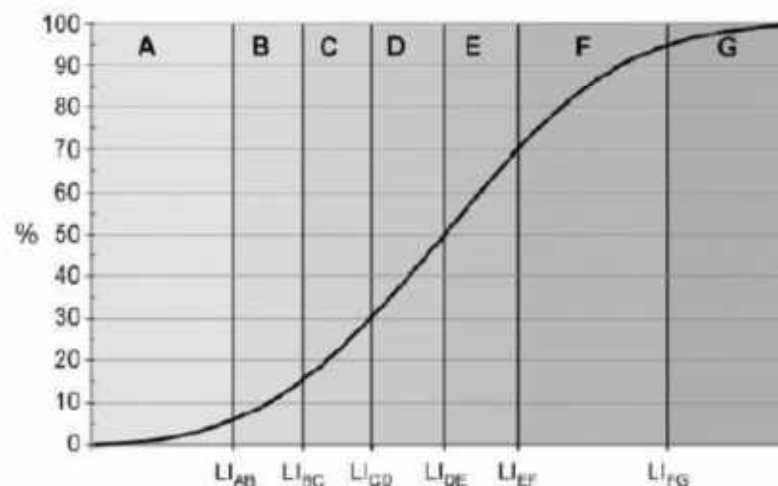
統計尺度

Technical Potential Scale



- 具有建築外殼、設備的耗能因子的操作、診斷、改善功能
- 因其輸入的人員、電器、使用排程常與實況有誤差
- 同儕比較來診斷能源相關的建築性能，並促進建築能效改善行動

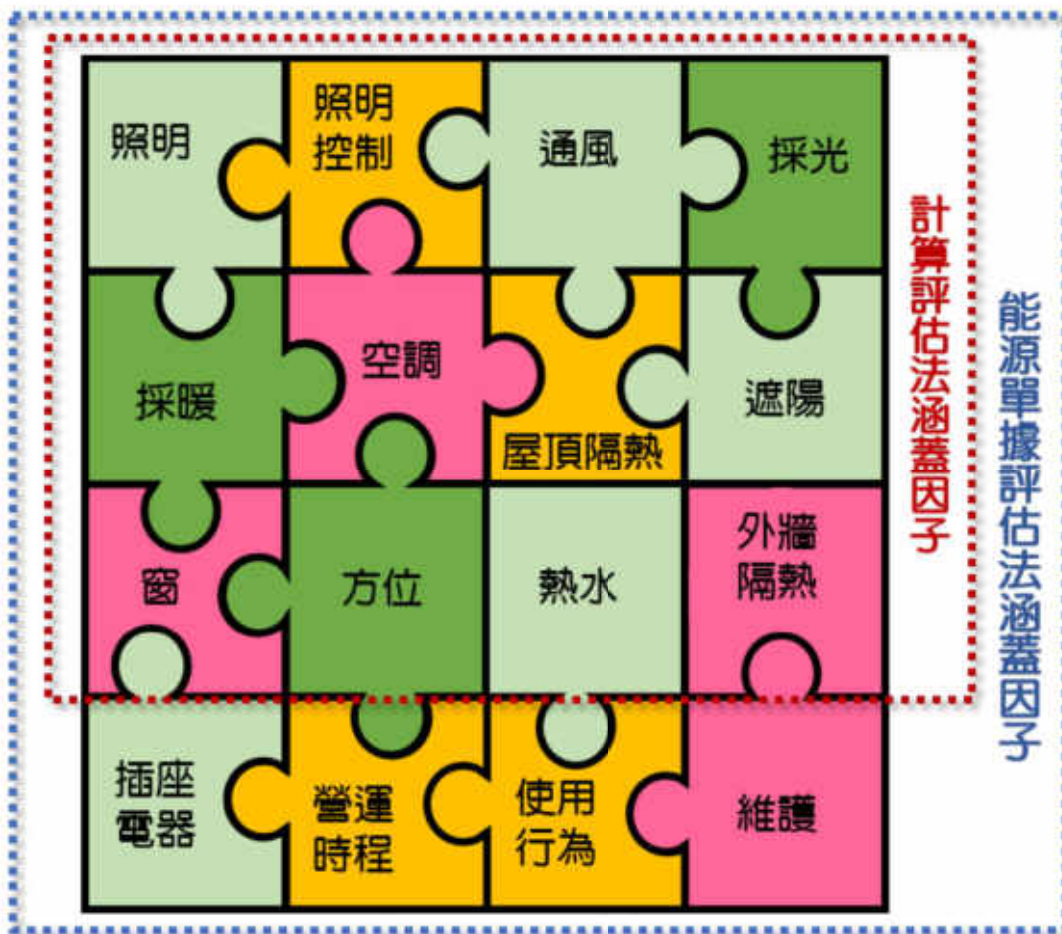
Statistical Scale



- 有實際**耗能單據**的背書而令民眾有感
- 只能顯示其同儕母體的耗能相對排行
- 難依此診斷節能熱點以執行精確的能效改善行動。



計算評估法與能源單據評估法的特性差異



國際間採用 建築能效評估法 的概況 (IPEEC, 2014)

國家	計畫名稱	強制與否	評估方式		建築形態					
			計算評估*	營運評估*	新建	既有	公有	非住宅	獨立住宅	集合住宅
澳洲	NABERS			○	○	○		○	○	
	商業建築能源揭露認證	是		○		○		○		
	NatHERS	是	○		○	○			○	
巴西	PBE Edifica		○		○		○	○	○	○
	EnerGuide Rating		○		○	○			○	○
加拿大	ENERGY STAR			○	○	○	○	○		○
	REALpac 能源標竿計畫			○		○	○	○		
中國	三星能源效率評估		○	○	○	○	○	○		○
歐盟	能效認證(EPCs)	是	○	○	○	○		○	○	○
	能源揭露認證(DESs)	是		○			○			
法國	能效診斷(DPE)	是	○	○	○	○	○	○	○	○
德國	能源護照	是	○	○	○	○	○	○	○	○
印度	建築星級評分			○		○	○	○		
義大利	能源認證	是	○		○	○	○	○	○	○
日本	CASBEE		○	○	○	○	○	○	○	○
	BELS**		○		○			○	○	○
俄羅斯	能源護照		○		○	○	○	○	○	○
南韓	建築能效認證		○	○	○	○	○	○		○
英國	能效認證(EPCs)	是	○		○	○		○	○	○
	能源揭露認證(DESs)	是		○		○	○			
美國	ENERGY STAR			○		○	○	○		○
	Home Energy Score		○		○	○			○	
	商業建築能源評分		○		○	○	○	○		○
	HERS		○		○	○			○	
台灣 ***	BERSn		○		○		○	○		
	BERSe			○		○	○	○		
	R-BERS		○		○	○	○		○	○

*計算評估是以理論公式計算值來評估的方法，此處的營運評估法是指完工後以現場實測方法驗收的評估法，只有少部分採能源單據評估法(如 ENERGY STAR 或 DESs 法)。

** BELS 資料取自"一般社團法人住宅性能評價・表示協會，2017"

*** 本研究新增計畫



非住宅專用建築能效評估系統



大系統		次系統	適用建築類組	能效計算邊界 ECB
非住宅專用建築能效評估系統	新建	新建建築能效評估系統 BERSn	低於海拔八百公尺地區之非住宅建築	外殼、空調、照明、電梯、熱水(選項)
	既有	既有建築能效評估系統 BERSe	低於海拔八百公尺地區之(1) D-2 文教設施、(2) G-1 金融證券、(3) G-2辦公場所等 2 類 3 組建築物(即民間辦公、政府辦公、圖書館、博物館、美術館、文化中心等六種建築分類)。但若無法適用BERSe 時，應改用 E-BERSe。	外殼、空調、照明、電梯
		既有建築能效專家評估系統 E-BERSe	除了便利商店以外的所有非住宅建築之能效現況評估(含由 BERSe 改用 E-BERSe 者)。但既有非住宅建築改造工程之事前能效評估與事後能效評估，一律限用本 E-BERSe法。	外殼、空調、照明、電梯、熱水(選項)
		既有便利商店能效評估系統 BERSc	低於海拔八百公尺地區之既有連鎖便利商店單獨申請案(其他建築物內含便利商店之申請案應改用 E-BERSe)	空調、照明、電器與冷凍冷藏



非住宅建築的能效計算邊界 ECB



以汽車市場比擬的新舊建築能效評估法之差異



	新建建築能效評估 BERSn	既有建築能效評估 BERSe
目的	確保建築設計硬體能效	確保建築使用能效
汽車能效類比	新車出廠證明	舊車保養證明
評估時程	只有完工階段一次評估	有期限的定期評估
評估方法	參數模型計算評估法	能源單據評估法
評估案件邊界	以一宗建照範圍內所有建築物為評估範圍	可接受一棟、多棟建築物、或同一樓層多個使用單位，但可明確區分單位用電量與分攤公共用電之單位申請
評估邊界	只評估可控制的建築能效計算邊界	包括使用行為、營運管理、設備老化的全方位耗能狀況之總評估



台灣非住宅建築能效標示-新建



中華民國
能源效率標示
每年耗電量

約 982 度
本產品能源效率為第 1 級

名稱	冷氣機
型號	CU-LK36HA2
額定總冷量能力	3.6 kW
能源效率比	4.4 W/W 總冷量(W)/總輸入功率(W)

本產品能效標準符合國家標準，其分類係依據經濟部 89 年 5 月 22 日經農字第 09904601480 號公告之能源效率分類標準辦理。

登錄編號：AG-103-0023

經濟部能源署

能源局產品能效標示

耗電密度依案件所計算出來之數據（非定值）

新建建築能效標示

建築物名稱	
坐落地址	
總耗電密度 TEUI	[kWh/(m ² .yr)]
耗電密度指標 EUI*	[kWh/(m ² .yr)]
碳排密度指標 CEI*	[kgCO ₂ /(m ² .yr)]
節能率 ESR	[%]
建築能效標示字號	

能效得分 95分

1+

96.0 kWh/(m².yr)
48.9 kgCO₂/(m².yr)

耗電密度 kWh/(m ² .yr)	能效得分
≤ 100.0	90 ~ 100 1+
≤ 120.0	80 ~ < 90 1
≤ 140.0	70 ~ < 80 2
≤ 160.0	60 ~ < 70 3
≤ 180.0	50 ~ < 60 4
≤ 200.0	40 ~ < 50 5
≤ 240.0	20 ~ < 40 6
> 240.0	0 ~ < 20 7

BERS_n 2024

「1+」為比2000年節能>50%水準為最高「近零碳」等級標示

耗電密度標示
排碳密度標示



非住宅建築EUI指標右偏分布模型與評分尺度概念圖



$$EUI_n = UR \times (0.5 \times (AEUI + LEUI + EtEUI + HpEUI) + EEUI)$$

空調、照明、電梯、熱水節能 50%

$$EUI_g = UR \times (0.8 \times (AEUI + LEUI + EtEUI + HpEUI) + EEUI)$$

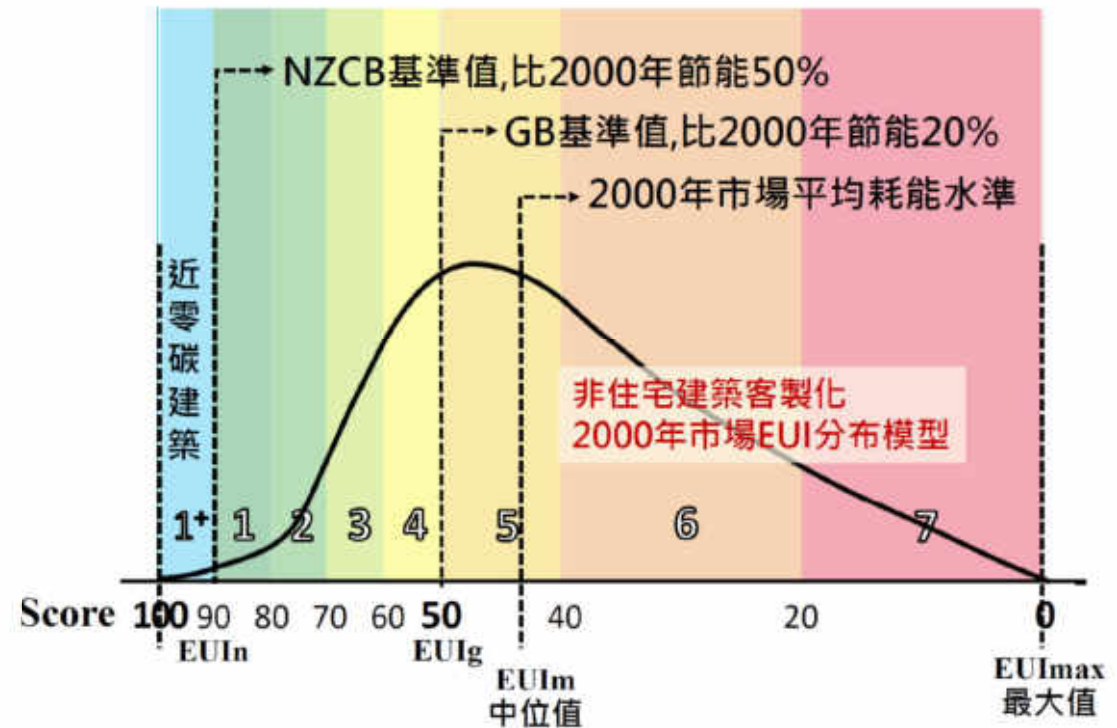
空調、照明、電梯、熱水節能 20%

$$EUI_m = UR \times (AEUI + LEUI + EtEUI + HpEUI + EEUI)$$

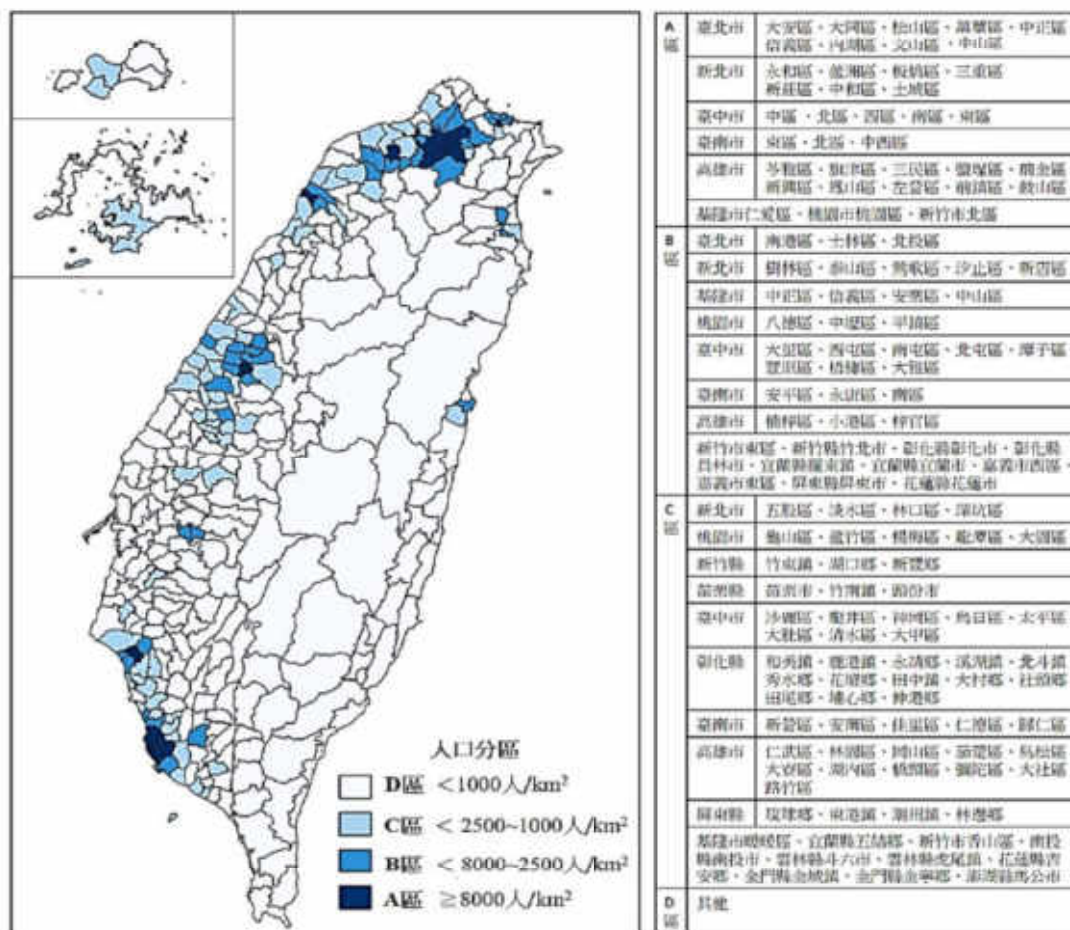
空調、照明、電梯、熱水合計 EUI

$$EUI_{max} = UR \times (2.0 \times (AEUI + LEUI + EtEUI + HpEUI) + EEUI)$$

空調、照明、電梯、熱水耗能 200%



城鄉係數UR的人口密度分布圖與其行政分區



排除「免評估分區」



先扣除會嚴重干擾評估敏感度的免評估分區，其免評估分區為**室外樓地板面積**、**室內停車區**以及**單一或相鄰接50m²以上之儲藏與設備空間** (包括雜物間、機械間、電氣設備間、器材室、倉庫、檔案室、維修平台等)，低於50m²之儲藏與設備空間則忽略之。



BERSn 能效指標EEI 計算法



空調用電權重 $a = AEUI / (EtEUI + AEUI + LEUI)$

照明用電權重 $b = LEUI / (EtEUI + AEUI + LEUI)$

電梯用電權重 $c = EtEUI / (EtEUI + AEUI + LEUI)$

能效指標 $EEI = a \times (EAC - EEV \times Es) + b \times EL + c \times Et$
外殼對空調節能效率

$EtEUI = (0.6 \times \sum_{1 \sim j} Ne_j \times Ee_j \times YOH_j) / AFe$



各建築類組之外殼最大 空調節能率 E_s

外殼節能效率 $EEV=1.0$ 時之
最大空調節能率

建築類組	外殼最大空調節能率 E_s (無單位)				電梯年營運時間 YOHj(h/yr)
	<5000	5000~ <20000	20000~ <40000	> 40000	
地面以上建築樓板面積(m ²)					
A-1 之集會表演	0.04	0.03	0.02	0.01	2250
A-1 之體育專用場館	0.04	0.03	0.02	0.01	2250
A-2 之國際航站	0.04	0.03	0.02	0.01	6570
A-2 車站、船站、國內航站	0.04	0.03	0.02	0.01	4700
B-1 娛樂場所	0.04	0.03	0.02	0.01	4700
B-2 商場百貨	0.04	0.03	0.02	0.01	4700
B-3 餐飲場所	0.04	0.03	0.02	0.01	4700
B-4 旅館	0.06	0.05	0.04	0.03	6570
C-2 之有清潔生產之工廠	0.04	0.03	0.02	0.01	依實況統計
C-2 之一般生產之工廠	0.08	0.06	0.05	0.04	依實況統計
D-1 之健身休閒	0.06	0.05	0.04	0.03	5800
D-1 之體育專用場館	0.04	0.03	0.02	0.01	2250
D-2 之文教設施	0.06	0.05	0.04	0.03	2250
D-2 之特殊功能場館	0.04	0.03	0.02	0.01	2250
D-3& D-4 之教學辦公樓	0.06	0.05	0.04	0.03	2500
D-3 之教室	0.10	0.09	0.08	0.07	1430
D-4 之教室	0.10	0.09	0.08	0.07	1880
D-5 補教課後照顧機構	0.10	0.09	0.08	0.07	依實況統計
E 宗教殯儀設施	0.04	0.03	0.02	0.01	依實況統計
F-1 之醫療照護(日照)	0.04	0.03	0.02	0.01	2500
F-1 之醫療照護(醫院、長照)	0.04	0.03	0.02	0.01	6570
F-2 小型照護訓練機構	0.10	0.09	0.08	0.07	2500
F-3 兒少機構	0.10	0.09	0.08	0.07	2500
G-1 金融證券	0.06	0.05	0.04	0.03	2500
G-2 辦公場所	0.06	0.05	0.04	0.03	2500
G-3 門診零售服務	0.04	0.03	0.02	0.01	4700
H-1 及 H-2(住宅、集合住宅 除外)	0.10	0.09	0.08	0.07	4000



耗電密度EUI基準

大分類	次分類	都會區舒適健康水準且正常營運情況下 的耗電密度 EUI 基準(kWh/m ²)						城鄉係數 UR				
		全年空調型建築			間歇空調型建築			評估案所在圖 1 之分區				
		空調 AEUI	照明 LEUI	電器 EEUI	空調 AEUI	照明 LEUI	電器 EEUI	A 區	B 區	C 區	D 區	
		總用電密度 TEUI*1			總用電密度 TEUI*1							
A.民間辦公 (金融證券、 辦公場所)	A1. 位於 A、B 區之頂級民間辦公大樓滿足位於 A、B 區、十六層以上、中央空調、大廳有大訪客休息區、每層平均樓地板面積大於 1000m ² 、有充足停車面積之所有條件)	75.6	45.4	30.2				1.0				此三區無該建築分類
		(TEUI=168.0)										
	A2. 其他類民間辦公建築(一般商辦、分租型辦公)	65.2	39.1	26.1	45.6	39.1	26.1	1.0	0.95	0.8	0.7	
		(TEUI=144.7)			(TEUI=125.1)							
B.政府辦公 (政府一般行政辦公建築)	B1. 位於 A、B 區之頂級政府辦公大樓滿足位於 A、B 區、十六層以上、中央空調、每層平均建築面積大於 1000m ² 、有充足停車面積之所有條件)	58.7	35.2	23.5				1.0				此二區無該建築分類
		(TEUI=130.5)										
	B2. 其他類政府辦公建築與大專院校行政辦公棟	48.0	28.2	18.8	33.6	28.2	18.8	1.0	0.95	0.8	0.7	
		(TEUI=106.7)			(TEUI=92.3)							
C.圖書館	C1. 行政院所屬圖書館或六部總圖書館或大學總圖書館	52.0	31.2	20.8	36.4	31.2	20.8	因建築等級分類明確，A、B、C、D 四區之 UR 均為 1.0				
		(TEUI=115.5)			(TEUI=99.9)							
	C2. 其他類圖書館	46.2	27.7	18.5	32.3	27.7	18.5	1.0	0.95	0.8	0.7	
		(TEUI=102.7)			(TEUI=88.8)							



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



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



Sustainable Building Plan

空調系統節能效率

EAC

FCU、AHU、
VRF

機械設備

$ACE \leq 0.8$

1. 冰水主機
2. 送風系統(含送風機、回風機、排風機等)
3. 水泵系統(含冰水、冷卻水系統)

設備技術

($\alpha 1 \sim \alpha 12$)

節能技術總節能率 ≥ 0.3

變風量($\alpha 1$)、冰水VWV($\alpha 2$)、全熱交換器($\alpha 3$)、CO2濃度外氣控制($\alpha 4$)、外氣冷房系統($\alpha 5$)、冷卻水VWV($\alpha 6$)、冷卻散熱控制($\alpha 7$)、BEMS($\alpha 8$)、TAB($\alpha 9$)、Cx($\alpha 10$)、空調儲冰($\alpha 11$)

照明系統節能效率

EL

- 採用 DAILux軟體進行空間照度模擬
- 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
- 燈具服務最大作業總面積(A)
- $0.4 \leq EL \leq 0.5$ (LPD7.5W/m²)

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



近零碳辦公建築溢價成本、溢價比與投資回收年限



Sustainable Building Plan

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 ²)	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	38.6	84,557	32.0	87,751	37.0	88,381	38.0
AHU 淨零方案組合成本(基本型為 77,500 元/RT；平均值 99,114 元/RT)								
A	100,012	33.7	93,125	25.0	97,513	30.3	99,103	32.4
B	100,120	33.7	93,234	25.0	97,622	30.3	99,212	32.4
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	116,770	32.2
B	112,348	27.2	113,238	28.2	113,753	28.7	114,268	29.2
C	112,848	27.7	113,738	28.7	114,253	29.3	114,768	29.8

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 m²**，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。



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^2)	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



電梯效率Et



- 一般交流變壓 ACVV 電梯 1.0(基準值)
- 變壓變頻控制螺旋齒輪 VVVF 電梯 0.6
- 變壓變頻控制永磁同步馬達 VVVF 電梯 0.5
- 變壓變頻控制螺旋齒輪 VVVF+電力回生裝置電梯 0.5
- 變壓變頻控制永磁同步馬達 VVVF+電力回生裝置電梯 0.4



(圖片來源:經濟部能源局, 2016, 電梯電力回生裝置節能應用技術手冊)

樓層數	額定人數 (人/台)	額定載重 (kg/台)	額定速度 (m/min)	電梯耗電量基準 Eelj (kWh/(台 hr))
2F-6F	15	1000	60	3.49
7F-16F	20	1350	105	8.24
17F-30F	20	1350	120	9.42
31F 以上	20	1350	210	16.48
	20	1350	300	23.55
	20	1350	420	32.97

註 1: 30F 以下不依額定人數、額定載重、額定速度讀取數據, 只依樓層數讀取 Eelj 即可。31F 以上應依實際額定速度就近讀取 Eelj 數據

註 2: Eelj 依電梯服務樓層高度有不同基準, 若所有電梯服務樓層數均同, 則 $j=1$, 式 3.2 計算一次即可。

註 3: 本表數值計算邏輯引自《日本の省エネルギー基準と計算の手引-新築増改築の性能基準 (PAL/CEC)》p347。電梯全負荷耗電量 Fel (kWh/hr) = 額定載重 V(kg) × 額定速度 L(m/min) × 電梯係數 Fr + 860kcal/kWh。電梯係數 Fr 以一般 ACVV 電梯 0.05(1/20) 計算。



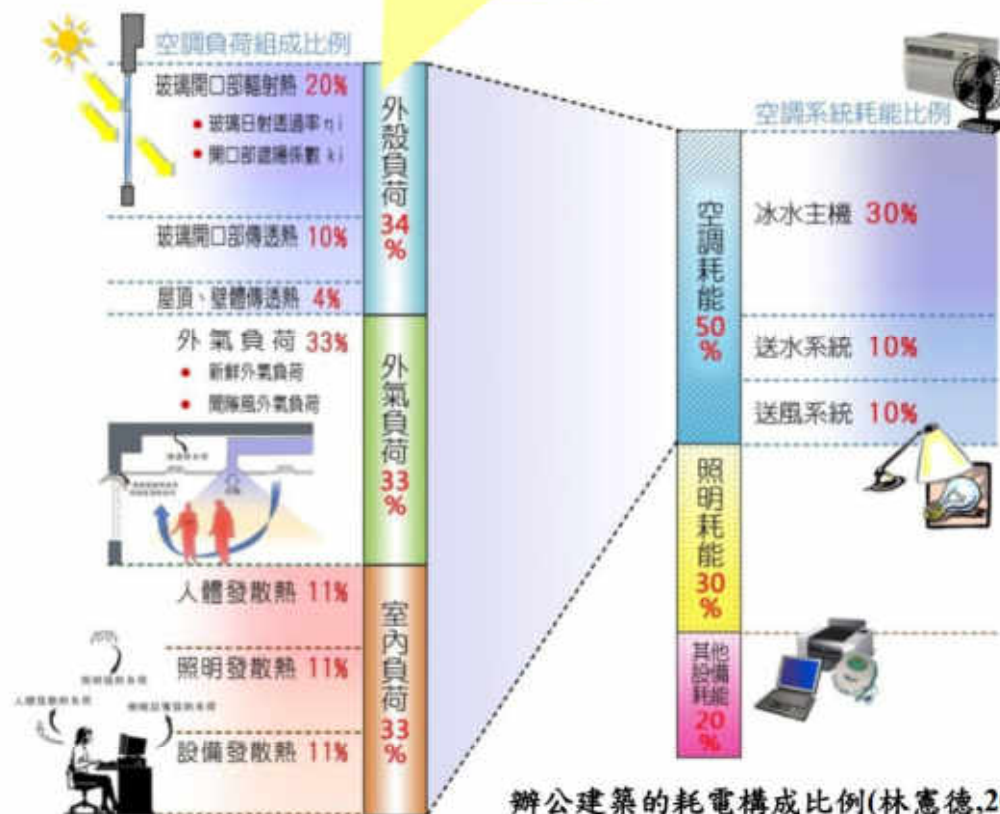
外殼節能效率EEV

- 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。

外殼最大節能
潛力效益8.5%



辦公建築的耗電構成比例(林憲德,2023)



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，

$$VP = \frac{(\sum A_{vi} + \sum 3.0 \times A_{cj})}{\sum A_k} \quad (4)$$

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 $VP \geq 0.05$ 則 V_{ac} 計算之:

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

$V_{ac} = 0.86$ 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)

$$ENVLOAD_m = a_{1m} + [a_{2m} \times L_m \times DH + a_{3m} \times (\sum M_{mk} \times IH_k)] \times V_{acm}$$



建築物自然通風空調節能評估法

空調節能
20%

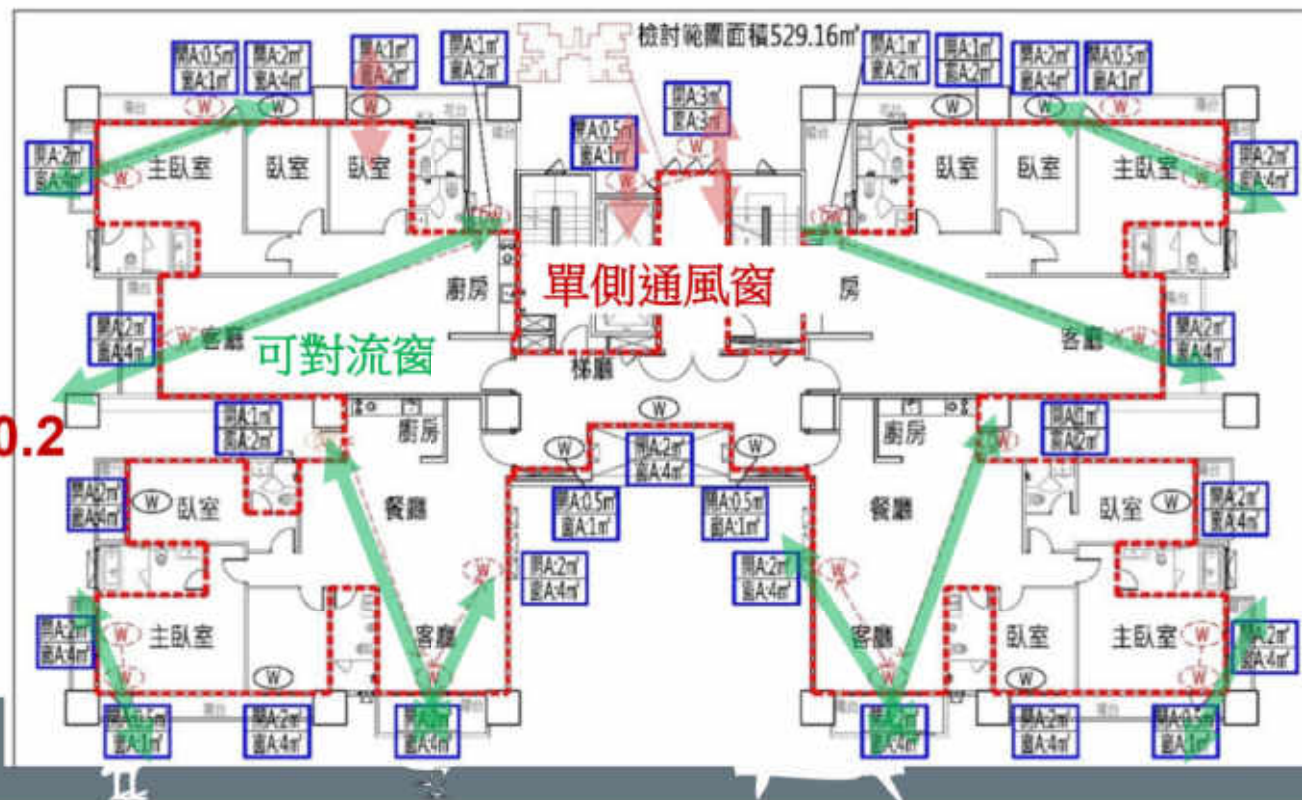


僅限於可自然通風類建築物，亦即在涼爽季節中可停止空調而採用自然通風的建築類型，**自然通風空調節能率 V_{ac}** 在可自然通風建築物中，因自然通風設計條件讓使用者可減少空調運轉時間而減少空調耗能的比列。

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

通風潛力 $VP = (17.0 + 3.0 * 29.5) / 529.16 = 0.2$
可對流窗

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 (W/m².K)

Ufi

開窗窗框部位熱傳透率 (W/m².K)



Ugi

i 部位之玻璃熱傳透率 (W/m².K)



Uri

i 部位之不透光屋頂部位熱傳透率 (W/m².K)



Uaf 立面窗平均熱傳透率 (W/m².K)

Ugi

i 部位之玻璃熱傳透率 (W/m².K)



Ufi

i 開窗窗框部位熱傳透率 (W/m².K)



建築外殼因子

隔熱性能
遮陽性能



Sustainable Building Plan

開窗率(窗牆比) > 窗面遮陽 > 方位配置

外殼因素	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 U_i)	其他
氣候(代表點)					
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12500m²。

(資料來源:林憲德,熱溼氣候的人居熱環境,2020)



隔熱性能、遮陽性能



• 住宿類建築節能設計指標REQ

「遮陽性能」-

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

「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」-

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

• 空調型建築節能設計指標ENVLOAD

$$\text{ENVLOAD} = (\underbrace{a_1}_{\text{常數}} + \underbrace{a_2}_{\text{常數}} * \underbrace{\text{熱損失係數 } L}_{\text{溫差熱得}} * \text{冷房度時 } D_H) + \underbrace{a_3}_{\text{常數}} * (\underbrace{\sum \text{日射取得係數 } M_k}_{\text{日射熱得}} * \underbrace{\text{日射量 } I_{HK}}_{\text{自然通風空調節能率}}) * V_{ac}$$

「遮陽性能」-

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

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」-

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

玻璃與實牆熱傳透係數



適當隔熱的重要



- 避免「過度保溫產生節能反效果(Anti-insulation)現象」-尤其是溫帶氣候，全年空調負荷少之地區。



(資料來源: 林憲德改繪自 Friess et al. 2017)



世界各國對住宅外殼最大熱傳透率U值 (W/(m².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/(m ² .K)	B.外窗U值 W/(m ² .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!!

$$5/2.25=2.22$$

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

註: HDD₁₈、CDD₂₁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	現有的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β	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	由於現有的法規屋頂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



台灣非住宅建築能效標示-新建



能源局產品能效標示

新建建築能效標示



「1+」為比2000年節能>50%水準為最高「近零碳」等級標示

耗電密度標示
排碳密度標示

耗電密度依案件所計算出來之數據（非定值）



台灣非住宅建築能效標示-既有



Sustainable Building Plan



既有建築能效評估系統
適用電費單評估



既有建築專家能效評估系統
適用專家現場評估



既有便利商店能效評估



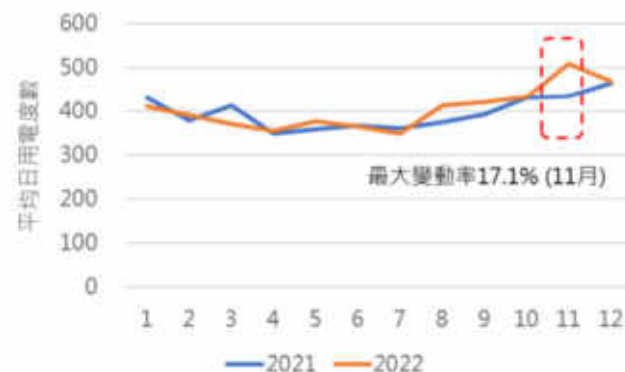
適用電費單評估的BERSe與適用專家現場評估



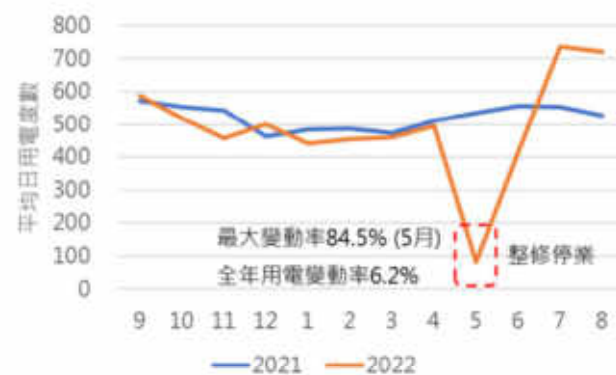
適用電費單-電費單檢驗



- 取得使照滿三年以上且為最近四年內連續24個月之用電度數資料。
- 電表用電數據的用電範圍必須與申請案之用電範圍一致。
- 不可內含申請案件以外面積之用電數據。
- 逐月或雙月的用電度數變動率必須在50%以內(以較大值為分母)，且全年用電量變動必須在20%以內。



變動率小 (可用)



變動率大 (不可用)



排除「免評估分區」與「未使用空間」



免評估分區分類 (面積標示為 Afk)		年耗電量 Enk(kWh/yr) 計算公式	Enk 計算基準備註
室內停車場分區*1 (照明密度 2.5 W/m ² , 250 上班日)	N1.地下一樓停車區	En1=21.3 kWh/(m ² .yr) ×停車區分區面積 Af1(m ²)	夜間 20~6hr 與非上班日 五分之一照明，照明 EUI 9.88 kWh/(m ² .yr) ， 上班日才開機械換氣， 機械換氣時間 3.25hrs/ 日，地下一樓機械換氣 EUI11.4kWh/(m ² .yr) ，地 下二樓以下樓層機械換 氣 EUI20.0kWh/(m ² .yr)
	N2.地下二樓以下 停車區	En2=29.9 kWh/(m ² .yr) ×停車區分區面積 Af2(m ²)	
專用 儲藏	N3.單一或鄰接 50m ² 以上無空調之 雜物間、機械間、電氣設備間、器 材室、維修平台(LPD4.0W/m ² ，每 天開燈 1hr，緊急照明 0.2 W/m ²)	En3=3.2 kWh/(m ² .yr) × 分區面積 Af3(m ²)	本空間若為小於 50m ² 面 積則不納入免評估範圍
	N4.單一或鄰接 50m ² 以上無空調之 貨品倉儲、書庫、檔案室 (LPD4.0W/m ² ，每天開燈 3hr，緊急 照明 0.2 W/m ²)	En4=6.1kWh/(m ² .yr) × 分區面積 Af4(m ²)	
	N5.單一或鄰接 50m ² 以上有全年空 調之貨品倉儲、書庫、檔案室 (LPD4.0W/m ² ，每天開燈 3hr，緊急 照明 0.2 W/m ²)	En5=80.0kWh/(m ² .yr) ×分區面積 Af5(m ²)	
N6.屋突面積		En6=免計	
N7.閒置未使用空間		En7=免計	
N8.其他申請者認為不應評估空間*2		自行舉證計算之(本空間若為小於 50m ² 面積則 可不納入免評估範圍)	



BERSe 總耗電密度 TEUI、耗電密度指標 EUI*與 碳排密度指標 CEI*



$$TEUI = TE / AFe$$

$$EUI^* = \left[\frac{TE}{\text{年總用電量}} - UR \times \left(\frac{EN}{\text{城鄉係數}} + \frac{Ees}{\text{免評估分區}} + \frac{Ep}{\text{電扶梯}} \right) - \frac{Ee}{\text{揚水}} \right] \div AFe$$

年總用電量 城鄉係數 免評估分區 電扶梯 揚水 其他

$$CEI^* = EUI^* \times \beta_1$$



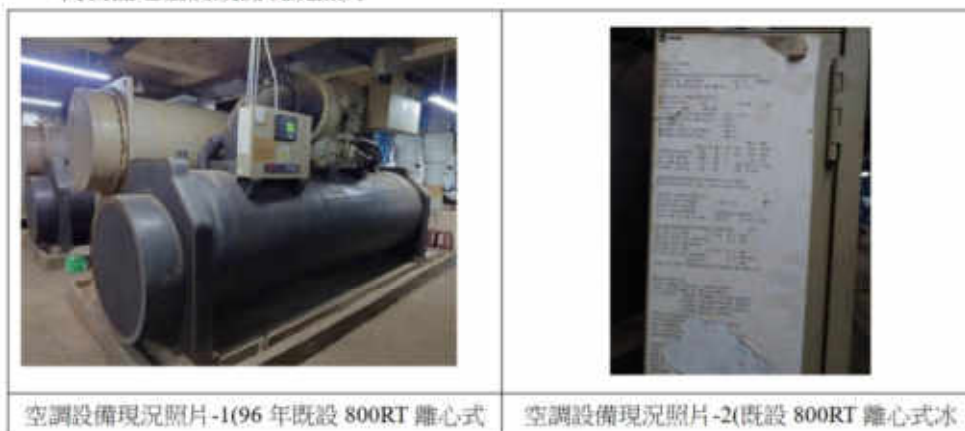
既有建築能效專家評估系統 E-BERSe



既有建築專家診斷評估系統 E-BERSe 評估總表			
兩向建築外觀照片(左二圖為外觀示意)			
建築物名稱	○○○○○○○○○辦公大樓		
地址	高雄市○○區○○路○○○號		
城鄉係數 UR			
委託評估單位		指定評定機構	
委託單位會勘人員人名		連絡電話	
申請人或委託之建築能效評估專家人名		連絡電話	
建築類別	B2 政府辦公建	會勘日期	112 年 8 月 1

PART A 為應完成的建築能效等級診斷評估
PART B 評分尺度與能效標示。

代表性之空調設備現況照片



本案主要作業空間照明現況照片如下:



既有建築能效評估專家現場診斷指引



- 既有建築能效評估專家，必須是合格開業冷凍空調技師，且必須以本指引為教材，經由 ABRI 之建築能效指定評定機構會同冷凍空調技師相關機構所公開開設之培訓班培訓合格，並取得該指定評定機構之證書者。

一、EAC 現場診斷指引

1. 空調圖說嚴重不全之中央空調型建築物
2. 空調圖說尚可且主機總容量 >50 USRT 中央空調型建築物
3. 空調圖說尚可且主機總容量 ≤ 50 USRT 中央空調型建築物
4. 採個別空調系統建築物

二、EL 現場診斷指引

三、內含中央熱水系統之建築物：醫院、長照機構、旅館、健身休閒、宿舍等五類建築物，其應採用熱泵設備用電功率加權係數 c ；再合併評定之 EAC、EL



總結



- 位於得天獨厚的亞熱帶溫暖氣候，**建築外殼**保溫趨近成本最佳化狀態，可著重於設備能效改造，溢價比與回收年限大幅下降。
- **空調節能**是整體節能最重要一環，精進效率設計可提供最大節能效益。
- **照明節能**為次重要，已全面推動LED照明可省下投資成本。
- BERS是依亞熱帶氣候特色，落實於最平價、最高投資報的新建建築淨零戰略，仰賴過往**外殼節能法規**、**綠建築標章**、**節能標章**設備的把關。
- **建築能效標示制度**是全球公認最有效的建築減碳政策，有賴建築與設備系統的完整能效設計，誠實正確的執行能效評估,才能落實淨零排放美景





感謝聆聽

特別感謝

內政部建築研究所 /

成功大學 建築系 林憲德 講座教授(資料引用)

